

社会資本のライフサイクルをととした 環境評価技術の開発に関する報告

- 社会資本 LCA の実践方策 -



社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発に関する報告
— 社会資本 LCA の実践方策 —

国土交通省国土技術政策総合研究所
公益社団法人土木学会



社会資本のライフサイクルをととした
環境評価技術の開発に関する報告
— 社会資本LCAの実践方策 —

2012年2月発行
編者・発行者 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 道路環境研究室
TEL 029-864-2606 / FAX 029-864-7183

平成 24 年 2 月



国土交通省国土技術政策総合研究所

公益社団法人土木学会

まえがき

本報告書は、平成 20 年度から平成 22 年度にかけて行われた総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをとおした環境評価技術の開発」（以下、「本プロジェクト」という。）の主要な研究開発成果を取りまとめたものであり、土木学会の精査・検証を受けている。

本プロジェクトは、土木学会が主催する延べ 42 回の委員会による議論と国土技術政策総合研究所が実施した 150 回以上のインタビュー及びヒアリング調査の結果を踏まえて進めてきた。

本報告書の各章の内容及び想定している読者は、以下のとおりである。

第 1 章：社会資本 LCA の概要、あり方、当初課題等について記述している。

第 2 章：社会資本 LCI 理論について記述している。主な読者として、LCA 分野の研究者を想定している。

第 3 章：社会資本 LCI の具体的計算方法を記述している。主な読者として、環境負荷の計算実務者を想定している。

第 4 章：社会資本 LCI を技術判断の一部として適用する場合の具体例を記述している。主な読者として、現場の土木技術者を想定している。

第 5 章：社会資本 LCA の活用方策について提案をしている。主な読者として、社会資本整備の行政担当者を想定している。

なお、本報告書は、本プロジェクトの研究開発成果に加えて、プロジェクト期間前後の平成 18 年度から平成 19 年度にかけて開催された「LCA 手法検討会」、平成 23 年度に開催された「持続可能性指標の統合に関する検討委員会」「LCI 計算ワーキンググループ」の検討内容が反映されたものとなっている。

本報告書が、社会資本の整備に携わる研究者・計算実務者・土木技術者・行政担当者をはじめ地球温暖化問題に関心のある多くの方々に活用され、低炭素社会実現に向けた取り組みを推進していくための一助となれば幸いである。

平成 24 年 2 月

総合技術開発プロジェクトリーダー 岸田弘之

土木学会 LCA 活用方策検討委員会座長 石田東生

土木学会インベントリ・データ作成手法検討委員会座長 花木啓祐

土木学会 LCA 理論検討委員会座長 藤田 壮

土木学会インベントリ・データ・ベース作成委員会座長 岸田弘之

土木学会 LCI 試算ワーキンググループ長 鶴巻峰夫

社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発に関する報告 (社会資本 LCA の実践方策)

まえがき

目次	i
報告書要旨	vi
執筆者・監修体制	x

第1章 社会資本 LCA の導入による社会変革

1. 1 持続可能な社会	1-1
1. 1. 1 持続可能性に関する意識の高まり	1-1
(1) 環境基本法における持続可能な社会の位置付け	1-1
(2) 地球温暖化に関する対策と温室効果ガスの排出の現状	1-1
(3) 資源利用に関する現状と今後の見通し	1-2
1. 1. 2 持続可能な社会に果たす社会資本整備の役割	1-4
(1) 二酸化炭素排出量	1-4
(2) 廃棄物最終処分量・天然資源投入量	1-5
1. 2 ライフサイクルアセスメント (LCA)	1-7
1. 2. 1 LCA の概要	1-7
(1) LCA が特に強く求められる環境要素	1-7
(2) LCA に関する国際規格の作成経緯	1-8
(3) 目的及び調査範囲の設定	1-9
(4) インベントリ分析	1-10
(5) 影響評価	1-11
(6) 解釈	1-12
1. 2. 2 LCA の開発動向	1-13
(1) 社会資本 LCA の開発状況	1-13
(2) 他分野における LCA の開発・実施状況	1-16
(3) 諸外国における LCA の開発・実施状況	1-19
(4) 国際規格等への導入の動き	1-20
(5) 社会資本整備に大量投入される材料分野における検討	1-21
1. 3 社会資本 LCA のあり方	1-22
1. 3. 1 社会資本 LCA の導入による持続可能な社会への変革	1-22
1. 3. 2 社会資本整備の各意思決定レベルにおける LCA の活用	1-24
1. 4 社会資本 LCA の当初課題	1-25
1. 4. 1 社会資本 LCA の枠組み構築に向けた基本的認識	1-25
(1) 将来シナリオ固定が不可能・廃棄シナリオの特殊性	1-25
(2) 大量調達・主要資材の限定	1-28
(3) 注文生産・現場生産	1-30

1. 4. 2	社会資本 LCA の技術開発に向けて解決すべき課題	1-32
(1)	LCI に利用可能な既存のデータ基盤	1-32
(2)	社会資本 LCI のためのインベントリデータベースにおける課題	1-34
第2章	社会資本 LCI の枠組みの確立	2-1
2. 1	本研究における社会資本 LCI の位置付け	2-1
2. 1. 1	各意思決定レベルにおける LCI で対象とすべき環境負荷の発生原因と本社会資本 LCI の関係	2-2
(1)	構想レベル	2-2
(2)	設計レベル	2-2
(3)	施工レベル	2-2
(4)	資材選定レベル	2-3
2. 1. 2	供用以降の環境負荷量の取り扱いに関する現状の課題	2-4
(1)	事業分野ごとに異なる社会資本整備の波及影響	2-4
(2)	確からしい設定が困難なライフサイクルシナリオ	2-4
(3)	社会資本の捉え方によって異なるライフサイクル	2-5
2. 2	社会資本 LCI の開発方針	2-7
2. 2. 1	環境負荷量を算出する時間範囲 -多様なライフサイクルの概念との対応-	2-8
(1)	利用する環境負荷原単位の年次	2-8
(2)	構造物の廃棄段階に関する環境負荷量の取扱い	2-9
(3)	環境負荷原単位の算定における配分手法	2-11
2. 2. 2	社会資本整備に係わる既存の仕組みに対応した環境負荷原単位一覧表の整備	2-15
(1)	主要な建設資材に関する公的統計、業界統計	2-16
(2)	公的統計、業界統計等により把握可能な環境負荷量の割合	2-20
2. 2. 3	資本の形成・減耗に関する環境負荷量の考慮	2-22
2. 2. 4	現場条件等に応じた環境負荷の差異化を行う計算システムの開発	2-23
2. 3	社会資本 LCA 手法の枠組み、及び社会資本 LCI に用いるデータ基盤の特徴	2-24
2. 3. 1	社会資本 LCA の枠組みの具体化	2-24
(1)	目的及び調査範囲の設定	2-24
(2)	インベントリ分析	2-32
(3)	影響評価	2-35
(4)	解釈	2-39
2. 3. 2	社会資本 LCI のためのデータ基盤の改良	2-42
(1)	データ基盤作成の全体像	2-42
(2)	算出手法の共通化	2-46
(3)	環境負荷削減効果の可視化	2-47
(4)	活用用途別環境負荷原単位一覧表の整備	2-53
(5)	影響の大きい環境負荷原単位の更新簡素化・迅速化	2-53
(6)	コンクリートの炭酸化が建設資材の二酸化炭素排出原単位及びライフサイクルを通じた二酸化炭素排出量に及ぼす影響	2-55

2. 4	社会資本 LCI の各意思決定レベルへの導入で必要となる網羅性と一意性の水準	2-63
2. 4. 1	構想レベルの意思決定に用いる社会資本 LCI の網羅性と一意性のレベル	2-64
2. 4. 2	設計レベルの意思決定に用いる社会資本 LCI の網羅性と一意性のレベル	2-65
2. 4. 3	施工レベルの意思決定に用いる社会資本 LCI の網羅性と一意性のレベル	2-66

第3章 社会資本 LCA に用いるライフサイクルインベントリアナリシス手法の開発

		3-1
3. 1	社会資本整備の各意思決定レベルにおける社会資本 LCA による環境評価	3-1
3. 1. 1	各意思決定レベルで求められる「網羅性」と「一意性」	3-3
(1)	構想レベル	3-4
(2)	設計レベル	3-4
(3)	施工レベル	3-5
(4)	資材選定レベル	3-5
3. 1. 2	各意思決定レベルのライフサイクルインベントリアナリシス手法 (LCI)	3-7
(1)	構想レベル	3-7
(2)	設計レベル	3-8
(3)	施工レベル	3-8
(4)	資材選定レベル	3-9
3. 1. 3	各意思決定レベルの LCI 計算に用いる数量の算出方法	3-11
(1)	構想レベル	3-11
(2)	設計レベル	3-11
(3)	施工レベル	3-12
(4)	資材選定レベル	3-12
3. 2	環境負荷原単位の算定方法及び算定結果	3-14
	【構想レベルの環境負荷の算出】	
3. 2. 1	構造物当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果 (案)	3-15
(1)	構造物当たりの環境負荷原単位の算定方法	3-15
(2)	構造物当たりの環境負荷原単位の算定結果	3-16
(3)	精度向上に向けた今後の課題	3-17
(4)	原単位の更新における懸案事項	3-18
	【設計レベルの環境負荷の算出】	
3. 2. 2	工種当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果	3-19
(1)	工種当たりの環境負荷原単位の算定フロー	3-24
(2)	計算対象とする工事事例の選択	3-24
(3)	資材、運搬、建設機械、仮設材等に係る数量の整理	3-39
(4)	資材の環境負荷原単位の適用等の検討	3-44
(5)	各工事事例における環境負荷量の計算	3-48
(6)	工種当たりの環境負荷原単位の整理	3-60
(7)	原単位の更新における懸案事項	3-77
	【施工レベルの環境負荷の算出】	
3. 2. 3	資材 (一般品) の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果	3-78

(1) 資材（一般品）の環境負荷原単位の算定方法の考え方.....	3-85
(2) 資材（一般品）の環境負荷原単位の算定フロー.....	3-86
(3) 社会資本 IO 表の作成.....	3-88
(4) 社会資本 IO 表の修正、区分化.....	3-95
(5) 主製品と副産物の環境負荷の配分と副産物の再利用に伴う環境負荷の 回避プロセス.....	3-120
(6) 基準単位の換算及び名称の再整理による資材（一般品）の環境負荷 原単位一覧表の作成.....	3-123
(7) 再生砕石による二酸化炭素固定化を含めた環境負荷原単位の算定.....	3-126
(8) 固定資本(生産設備)の減耗を含めた環境負荷原単位の算定.....	3-127
(9) 様々な機関による環境負荷原単位の取り扱いの注意点.....	3-130
(10) 原単位の更新における懸案事項.....	3-131
3. 2. 4 運搬の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果.....	3-132
(1) 運搬の環境負荷原単位の算定方法.....	3-132
(2) 運搬の環境負荷原単位の算定結果.....	3-133
(3) 原単位の算定における留意事項.....	3-134
3. 2. 5 建設機械の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果.....	3-135
(1) 建設機械の環境負荷原単位の算定方法.....	3-135
(2) 建設機械の環境負荷原単位の算定結果.....	3-139
3. 2. 6 仮設材の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果.....	3-146
(1) 仮設材の環境負荷原単位の算定方法.....	3-146
(2) 仮設材の環境負荷原単位の算定結果.....	3-148
【資材選定レベルの環境負荷の算出】	
3. 2. 7 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果.....	3-151
(1) 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法.....	3-151
(2) 各主要建設資材（個別品）の環境負荷原単位の算定結果.....	3-153
(3) 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定イメージ.....	3-178
(4) 原単位の更新における懸案事項.....	3-180

第4章 社会資本 LCI の適用性検討.....	4-1
4. 1 社会資本 LCI の有効性.....	4-1
4. 1. 1 LCI 試算の目的と試算事例選定の考え方.....	4-1
4. 1. 2 社会資本 LCA の適用性の評価.....	4-5
4. 1. 3 LCI の確からしさの確保.....	4-9
4. 1. 4 LCI 試算の問題点.....	4-13
4. 1. 5 本研究で構築した LCI 理論および基盤に関する今後の課題.....	4-17
4. 2 社会資本 LCI の実践.....	4-20
4. 2. 1 LCI 試算の基本的考え方.....	4-20
4. 2. 2 施工レベルにおける LCI 試算方法イメージ.....	4-21
4. 2. 3 設計レベルにおける LCI 試算方法イメージ.....	4-23
4. 3 社会資本 LCI 試算.....	4-27
4. 3. 1 施工レベルにおける試算対象.....	4-27

4. 3. 2	施工レベルにおける LCI 結果	4-27
4. 3. 3	施工レベルにおける LCI 結果のまとめ	4-88
4. 3. 4	設計レベルにおける道路構造物の試算対象	4-89
4. 3. 5	設計レベルにおける LCI 結果	4-90
4. 3. 6	設計レベルにおける構造物の比較検討事例	4-99
4. 3. 7	設計レベルにおける構造物の比較検討結果	4-100
4. 4	LCI に関する FAQ	4-133

第5章 社会資本 LCA の活用について5-1

5. 1	社会資本 LCA の意義と求められる「網羅性」と「一意性」	5-1
5. 1. 1	社会資本 LCA の意義	5-1
5. 1. 2	社会資本 LCA に求められる「網羅性」と「一意性」	5-3
5. 2	想定される社会資本 LCA の用途	5-5
5. 2. 1	政策レベルでの用途	5-5
5. 2. 2	構想レベル（プロジェクトレベル）における用途	5-6
5. 2. 3	設計レベルにおける用途	5-8
5. 2. 4	施工レベルにおける用途	5-12
5. 2. 5	その他の用途	5-14
5. 3	今後の課題	5-15
5. 3. 1	社会制度への導入促進のための課題解決（短期的課題）	5-15
5. 3. 2	社会資本 LCA の精度向上（長期的課題）	5-16

用語集
謝辞

報告書要旨

第1章 社会資本 LCA の実施による社会変革

地球温暖化は極めて深刻な問題であり、この問題に対処するためには低炭素社会の実現が必須である。我が国の温室効果ガス総排出量に占める建設関連部門（建設会社、コンサルタント、資材製造業者、運搬業者等）の割合は大きい。したがって、社会資本の整備に当たって国土交通省が率先して低炭素化を行うことの意義は大きい。国の組織である国土交通省が先導的に取り組みを実施することは、地方自治体等の取り組みを促すことになる。国土交通省等の公的機関が社会資本整備の構想レベル・設計レベル・施工レベル・資材選定レベル等の各意思決定レベルにおいて低炭素化に向けた取り組みを促進することは、建設関連部門全体の低炭素化を進めることになる。

社会資本の各意思決定レベルにおける低炭素化を実現するためには、取り組みを適切に評価する手法の導入が必要である。評価手法の要件として、二酸化炭素削減量の多寡が判断できること、構想レベルから資材選定レベルまで同一の考え方に基づいていること、技術革新に迅速に対応できること、リサイクルの有用性を評価できること等が挙げられる。これら要件全てに対応できる既存評価手法が存在していなかったことから、本プロジェクトにより社会資本の各意思決定レベルで利用可能な LCA（ライフサイクルアセスメント）技術（以下、「社会資本 LCA」という。）の開発を行うこととした。

第2章 社会資本 LCI の枠組みの確立

社会資本 LCA を実施するにあたって環境負荷削減量を定量的に評価する手法を開発することは前提条件である。本プロジェクトで開発した LCI（ライフサイクルインベントリアナリシス手法）（以下、「社会資本 LCI」という。）は、構造物の新設、維持管理から解体廃棄に至るライフステージの CFP（カーボン・フット・プリント）を社会資本整備の構想レベルから資材選定レベルに至る意思決定レベル毎に計算する手法とした。

社会資本 LCI の特徴は大きく 4 点ある。

1 点目は、構造物として、盛土構造のように半永久的な寿命を持つものから、舗装の表層材のように短いときは 5 年程度の寿命となるものまでを対象に、構造物それぞれに応じた CFP を設定することとしたことである。また、資材のライフステージにおける再生処理プロセスと製造プロセスを一体として取り扱うこととした。

2 点目は、主要資材に関わる業界団体の協力により得られた集計値と総務省が発行する産業連関表を組み合わせた社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表（以下、「社会資本 IO 表」という。）を作成したことである。日本国内の建設資材の平均的環境負荷量は、この社会資本 IO 表の逆行列によって求めた。業界団体の協力によって詳細な集計値が得られたことにより、産業連関表よりも詳細な品目設定が可能となった。また、集計値は毎年更新されるため、平均的環境負荷量を毎年更新することも可能となった。総務省発行の産業連関表により国内の経済活動全般、業界団体の集計値により海外活動分を加えて CFP の計算対象とすることが可能となった。

3 点目は、建設機械の償却や建設資材の生産設備の資本減耗に相当する環境負荷を加えたことである。

大量生産品を対象とした LCA では、資本減耗分の比率が相対的に小さかったため、計算対象外としても総負荷量への影響は無視しうるものであった。これに対して一品生産である社会資本の構造物は、資材の環境負荷に対して建設機械の償却等に関わる環境負荷が相対的に高く、建設資材の受入れ形態が多様であるという特徴を持つからである。

4 点目は、未集計分等見込み値を設定したことである。未集計分等見込み値とは、業界団体の集計値等を得られない活動について、社会資本 IO 表を基本にして見込んだ環境負荷量である。現場条件等に応じた積み上げ計算による個別品の環境負荷量と日本国内の資材の平均的環境負荷量とが同一のシステム境界を持つことになり、個別品の環境負荷量を構造物や部材の原単位として平均的環境負荷量と置き換えて使用することが可能となった。

第 3 章 社会資本 LCA に用いるライフサイクルインベントリアナリシス手法の開発

本プロジェクトで開発した社会資本 LCI による環境負荷量の算出方法及び計算の基本となる IDB (インベントリデータベース) を掲載している。各 IDB の関わり及びデータ更新の方法についても記述している。

構想レベル

本来、構想レベルで対象となる環境負荷は、構造物を整備・管理することによって発生する環境負荷 ($\sum_j (S_j \times \overline{ES}_j)$)、構造物を使用することによって発生する環境負荷 (EU)、公的機関が構造物の計画の立案、作成を行うに当たり用地取得や PI 等を実施することによって発生する環境負荷 (EA) の三者とするべきである。

本プロジェクトで開発した社会資本 LCI では、構想レベルの環境負荷量を構造物の整備・管理の環境負荷を構成する活動量と環境負荷原単位の積和とし、構造物の使用及び計画に伴う環境負荷は計算対象外とした。構造物の使用、計画に伴う環境負荷量の算出手法の開発は、今後の課題である。

$$EP = \sum_j (S_j \times \overline{ES}_j) + [EU] + [EA]$$

EP : 事業全体の環境負荷量 S : 構造物の規模 EU : 構造物の使用に係る環境負荷量
 j : 構造物の種類 \overline{ES} : 構造物当りの原単位(環境負荷量) EA : 構造物の計画に係る環境負荷量

設計レベル

設計レベルの環境負荷は、本来、構造物建設時の工種毎の環境負荷と作業量の積和 ($\sum_k (W_k \times \overline{EW}_k)$) と設計すること自体に伴う環境負荷 (ED) の合計とするべきであるが、本プロジェクトで開発した社会資本 LCI では、設計に伴う環境負荷を計算対象外とした。工種の環境負荷原単位には、作業に用いる資材毎の環境負荷、運搬に伴う環境負荷、施工に伴う環境負荷が含まれる。構造物の設計に伴う環境負荷量の算出手法の開発は、今後の課題である。

$$ES = \sum_k (W_k \times \overline{EW}_k) + [ED]$$

ES : 構造物の環境負荷量 W : 各工種の作業量 ED : 構造物の設計に係る環境負荷量
 k : 工種の種類 \overline{EW} : 工種当りの原単位(環境負荷量)

施工レベル

施工レベルの環境負荷は、資材毎の環境負荷 ($\sum_l (M_l \times \overline{EM}_l)$)、運搬に伴う環境負荷 ($\sum_m (T_m \times \overline{ET}_m)$)、施工に伴う環境負荷 ($\sum_n (C_n \times \overline{EC}_n)$) の和であるとした。

施工レベルが設計レベルと異なる点は、設計に伴う環境負荷が含まれないことに加えて、資材・運搬・施工の具体性が高まることである。これに対応するため、具体的な資材・運搬・施工方法の環境負荷を算定し、代表的な環境負荷と置き換えることができるようにしている。これにより、施工者等による具体的提案が、平均的な資材・施工方法に比べてどの程度有効であるか、工事全体の中でどの程度の割合の改善効果があるかを算出することが可能となった。

$$EW = \sum_l (M_l \times \overline{EM}_l) + \sum_m (T_m \times \overline{ET}_m) + \sum_n (C_n \times \overline{EC}_n)$$

EW : 工種の環境負荷量 M : 資材の数量 m : 運搬の車種等 \overline{ET} : 運搬に係る原単位(環境負荷量)
 C : 施工に係る数量(掘削量等) l : 資材の種類 \overline{EM} : 資材の原単位(環境負荷量) T : 運搬距離
 n : 施工に係る環境負荷(建設機械、仮設材等)の種類 \overline{EC} : 施工に係る数量(掘削量等)

資材選定レベル

資材選定レベルの環境負荷量は、主要な原材料 ($\sum_o (R_o \times \overline{ER}_o)$)、主要な投入エネルギー ($\sum_p (E_p \times \overline{EE}_p)$)、未集計分等見込み値 (EO) の環境負荷量の和とした。現場条件や新規の技術開発による環境負荷削減量を適切に評価するため、主要な原材料、投入エネルギーによる環境負荷量は積み上げ法で算出する。一方、積み上げ計算が困難な諸活動は、類似資材の国内の平均的環境負荷量の該当分を未集計分等見込み値として付加する。

未集計分等見込み値とは、資材選定レベルの環境負荷量を積み上げ法で計算する際に対象とする主要部門、項目以外の環境負荷であり、積み上げ法の対象とする主要部門、項目とは、基本式の第 1、2 項で算定される原材料と投入エネルギーである。未集計分等見込み値に係る環境負荷量は、社会資本 IO 表に基づいて設定する。

$$EM = \sum_o (R_o \times \overline{ER}_o) + \sum_p (E_p \times \overline{EE}_p) + EO$$

EM : 資材の環境負荷量 R : 原材料の数量 p : 投入エネルギーの種類
 \overline{EE} : 投入エネルギーに係る原単位(環境負荷量) o : 原材料の種類 E : 投入エネルギーの量
 \overline{ER} : 原材料に係る原単位(環境負荷量) EO : 未集計分等見込み値に係る環境負荷量

第 4 章 社会資本 LCI の適用性検討

本プロジェクトで開発した社会資本 LCI は、活動量(構造物の規模、工種の作業量、資材の数量等)と環境負荷原単位の積和で算出するものである。ここでは、社会資本 LCI の結果の変動要因及び技術的判断への有効性に関する考察を行っている。

社会資本 LCI の結果の変動要因は大きく三つに分類できる。①工事数量について見積もりと実使用量の差 (S 、 W 、 M 、 T 、 C 、 R 、 E の変動)、②環境負荷原単位の設定について諸説有り確定していない場合等 (\overline{ES} 、 \overline{EW} 、 \overline{EM} 、 \overline{ET} 、 \overline{EC} 、 \overline{ER} 、 \overline{EE} の変動)、③主として設計レベルにおいて使用する資材等が確定していないこと (j 、 k 、 l 、 m 、 n 、 o 、 p の変動) である。

- ① 見積もりと実使用量の差による影響について、資材は概ね問題のない範囲で変動するが、施工機械の稼働時間や仮設材は相当程度大きく変動する可能性が示唆された。これらの詳細については、今後の検証が必要である。
- ② 確定していない環境負荷原単位による影響については、原単位のシステム境界を共通化した上で計算手法の整理を行った。検討を行った結果、以下の三つの要素により今後システム境界を変更する可能性がある。1) 社会資本 LCI の原単位は単年の値で計算しているものの複数年の平均値で考えるべきとの意見があること、2) 社会資本 LCI の原単位は海外活動分も含めた CFP を求めているが京都議定書では国内分に限っていること、3) 社会資本 LCI の原単位は一部のセメント系資材で二酸化炭素吸着分を見込んでいるが吸着の取り扱いに関しては見解が確定していないこと等である。
- ③ 資材が確定していないことによる変動幅は、結果にほぼ影響を与えないレベルであることを試算結果から確認した。

技術的判断にあたっては、代替案の比較において、改善効果が変動幅及び工事全体の環境負荷量に比して十分に大きいか判断の一つの目安となる。本章で記述したいくつかの試算の結果、社会資本 LCI が概ね環境負荷に係る技術的判断に活用できることが確認された。ただし、今後のシステム境界の変更により影響を受ける資材間の比較を伴う技術的判断は、慎重に行うべきであることが確認された。

第5章 社会資本 LCA の実現について

社会資本整備の低炭素化を達成するためには、具体的な各種低炭素技術を採用することが必要である。本プロジェクトで開発した社会資本 LCI により各種技術の低炭素化の度合いを算出することが可能となった。

社会資本 LCA とは、社会資本 LCI の結果を用いて何らかの判断を行う仕組みである。ここでは、構想レベル、設計レベル、施工レベルにおける社会資本 LCA の活用方策について提案を行っている。

社会資本 LCI は開発されたばかりであり、現場における利用実績がほとんど存在しないのが実情である。社会資本 LCI が多くの関係者に活用されることによって、社会資本 LCA が社会に普及し、はじめて低炭素社会の実現が可能となる。

今後の社会資本 LCI の主な課題として以下3点が残された。

- ・ 社会資本 LCI を活用した環境負荷の評価方法の整備
- ・ 社会資本 LCI における複数年の環境負荷配分の考え方の整理
- ・ 社会資本 LCI における構造物の利用、解体に係る環境負荷の考え方の整理

執筆者一覧

岸田 弘之	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	前部長	
山本 聡	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	部長	
曾根 真理	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	室長
並河 良治	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	前室長
瀧本 真理	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	前研究官
神田 太朗	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	研究官
木村 恵子	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	研究官
下田 潤一	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	前研究官
菅林 恵太	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	道路環境研究室	部外研究員
天野 邦彦	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	河川環境研究室	室長
池田 鉄哉	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	河川環境研究室	前主任研究官
竹本 典道	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	河川環境研究室	主任研究官
松江 正彦	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	緑化生態研究室	室長
武田 ゆうこ	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	緑化生態研究室	主任研究官
山岸 裕	国土交通省	国土技術政策総合研究所	環境研究部	緑化生態研究室	主任研究官

LCA 活用方策検討委員会

座長

石田 東生 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 社会システム・マネジメント専攻 教授

委員

小澤 一雅 東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 教授

加藤 博和 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻 准教授

堺 孝司 香川大学 工学部 安全システム建設工学科 教授

辻本 哲郎 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 教授

靄巻 峰夫 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授

中村 敏一 独立行政法人土木研究所 技術推進本部 本部長

奈良 松範 諏訪東京理科大学 システム工学部 機械システムデザイン工学科 教授

花木 啓祐 東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻 教授

藤田 壮 独立行政法人国立環境研究所

アジア自然共生研究グループ 環境技術評価システム研究室 室長

山本 修司 財団法人沿岸技術研究センター 国際沿岸技術研究所 理事

行政関係者委員

勢田 昌功 国土交通省 大臣官房技術調査課 建設システム管理企画室 室長

岸田 弘之 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 部長

佐藤 浩 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究部 部長

鈴木 武 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 部長

森 望 国土交通省

国土技術政策総合研究所 総合技術政策研究センター 建設マネジメント研究官

(敬称略、所属等は平成 22 年 2 月時点)

LCA 活用方策検討委員会の経緯

■平成 20 年度 ○第 1 回 開催日：平成 21 年 3 月 13 日

■平成 21 年度 ○第 1 回 開催日：平成 21 年 7 月 3 日

○第 2 回 開催日：平成 21 年 11 月 30 日

○第 3 回 開催日：平成 22 年 2 月 23 日

■平成 22 年度 ○第 1 回 開催日：平成 22 年 7 月 12 日

○第 2 回 開催日：平成 22 年 9 月 8 日

○第 3 回 開催日：平成 22 年 12 月 17 日

○第 4 回 開催日：平成 23 年 3 月 9 日

インベントリ・データ作成手法検討委員会

座長

花木 啓祐 東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻 教授

委員

久保 和幸 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ 舗装チーム 上席研究員

栗島 英明 芝浦工業大学 工学部 共通学群（人文社会） 准教授

堺 孝司 香川大学 工学部 安全システム建設工学科 教授

白川 直樹 筑波大学 システム情報工学研究科（国際総合学類担当） 講師

靄巻 峰夫 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授

野口 貴文 東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 准教授

橋本 征二 独立行政法人国立環境研究所

循環型社会・廃棄物研究センター 循環型社会システム研究室 主任研究員

藤田 壮 独立行政法人国立環境研究所

アジア自然共生研究グループ 環境技術評価システム研究室 室長

松野 泰也 東京大学大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 准教授

委託側委員

岸田 弘之 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 部長

（敬称略、所属等は平成 22 年 2 月時点）

インベントリ・データ作成手法検討委員会の経緯

■平成 20 年度 ○第 1 回 開催日：平成 21 年 1 月 30 日

○第 2 回 開催日：平成 21 年 3 月 4 日

■平成 21 年度 ○第 1 回 開催日：平成 21 年 7 月 14 日

○第 2 回 開催日：平成 21 年 9 月 17 日

○第 3 回 開催日：平成 21 年 10 月 15 日

○第 4 回 開催日：平成 22 年 1 月 13 日

■平成 22 年度 ○第 1 回 開催日：平成 22 年 7 月 15 日

○第 2 回 開催日：平成 22 年 10 月 20 日

○第 3 回 開催日：平成 23 年 1 月 27 日

○第 4 回 開催日：平成 23 年 2 月 3 日

LCA 理論検討委員会

座長

藤田 壮 独立行政法人国立環境研究所
アジア自然共生研究グループ 環境技術評価システム研究室 室長

委員

荒巻 俊也 東洋大学 国際地域学部 国際地域学科 教授
加藤 博和 名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻 准教授
栗島 英明 芝浦工業大学 工学部 共通学群（人文社会） 准教授
靄巻 峰夫 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授
橋本 征二 独立行政法人国立環境研究所
循環型社会・廃棄物研究センター 循環型社会システム研究室 主任研究員
藤井 実 独立行政法人国立環境研究所
アジア自然共生研究グループ 環境技術評価システム研究室 研究員
松本 亨 北九州市立大学 国際環境工学部 教授

委託側委員

曾根 真理 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室 室長

（敬称略、所属等は平成 22 年 2 月時点）

LCA 理論検討委員会の経緯

- | | | |
|-----------|--------|----------------------|
| ■平成 20 年度 | ○第 1 回 | 開催日：平成 21 年 1 月 26 日 |
| | ○第 2 回 | 開催日：平成 21 年 3 月 18 日 |
| ■平成 21 年度 | ○第 1 回 | 開催日：平成 21 年 7 月 1 日 |
| | ○第 2 回 | 開催日：平成 21 年 8 月 7 日 |
| | ○第 3 回 | 開催日：平成 21 年 10 月 2 日 |
| | ○第 4 回 | 開催日：平成 21 年 11 月 9 日 |
| | ○第 5 回 | 開催日：平成 21 年 12 月 8 日 |
| | ○第 6 回 | 開催日：平成 22 年 1 月 22 日 |
| | ○第 7 回 | 開催日：平成 22 年 3 月 10 日 |
| ■平成 22 年度 | ○第 1 回 | 開催日：平成 22 年 7 月 5 日 |
| | ○第 2 回 | 開催日：平成 22 年 8 月 30 日 |
| | ○第 3 回 | 開催日：平成 22 年 12 月 6 日 |
| | ○第 4 回 | 開催日：平成 23 年 2 月 10 日 |
| | ○第 5 回 | 開催日：平成 23 年 3 月 8 日 |

インベントリ・データ・ベース作成委員会

座長

岸田 弘之 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 部長

委員

久保 和幸 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ 舗装チーム 上席研究員

栗島 英明 芝浦工業大学 工学部 共通学群（人文社会） 准教授

堺 孝司 香川大学 工学部 安全システム建設工学科 教授

白川 直樹 筑波大学 システム情報工学研究科（国際総合学類担当） 講師

靄巻 峰夫 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授

野口 貴文 東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 准教授

橋本 征二 独立行政法人国立環境研究所

循環型社会・廃棄物研究センター 循環型社会システム研究室 主任研究員

花木 啓祐 東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻 教授

藤田 壮 独立行政法人国立環境研究所

アジア自然共生研究グループ 環境技術評価システム研究室 室長

松野 泰也 東京大学大学院 工学系研究科 マテリアル工学専攻 准教授

関連業界委員

細谷 俊夫 セメント協会 生産・環境部門 統括リーダー

伊藤 康司 全国生コンクリート工業組合連合会 技術部 部長代理

奥村 博昭 鉄鋼スラグ協会 技術部 部長

亀龍 恒一 日本アスファルト合材協会 業務部 部長

吉田 幸稔 日本砕石協会 四国地方本部 事務局長

オブザーバー

川合 良彦 新日本製鐵株式会社 参与

（敬称略、所属等は平成 22 年 2 月時点）

インベントリ・データ・ベース作成委員会の経緯

■平成 20 年度 ○第 1 回 開催日：平成 21 年 3 月 4 日

■平成 21 年度 ○第 1 回 開催日：平成 21 年 12 月 1 日

○第 2 回 開催日：平成 22 年 1 月 13 日

■平成 22 年度 ○第 1 回 開催日：平成 22 年 7 月 15 日

○第 2 回 開催日：平成 23 年 2 月 3 日

LCI 試算ワーキンググループ

WG 長

靄巻 峰夫 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授

顧問

奈良 松範 諏訪東京理科大学 システム工学部 機械システムデザイン工学科 教授

河合 研至 広島大学大学院 工学研究院 社会環境空間部門 建設構造工学講座 教授

メンバー

野本 克己 建設コンサルタンツ協会道路構造物専門委員会委員長

いであ株式会社 建設技術事業本部 橋梁部 グループ長

馬場 正敏 建設コンサルタンツ協会 道路専門委員会 委員長

八千代エンジニアリング株式会社 総合事業本部 道路部

館山 晋哉 建設コンサルタンツ協会 河川構造物専門委員会 委員長

いであ株式会社 建設技術事業本部 水工部 部長

原 文宏 建設コンサルタンツ協会 海岸・海洋専門委員会 委員長

株式会社建設技術研究所 海岸・海洋部

畑中 克好 建設コンサルタンツ協会 環境専門委員会 委員

パシフィックコンサルタンツ株式会社 社会政策本部 道路計画部 道路整備グループ

熊谷 忠輝 建設コンサルタンツ協会 港湾専門員会 委員長

株式会社日本港湾コンサルタント 専務取締役 管理本部 部長

柳 雅之 日本建設業団体連合会

鹿島建設株式会社 土木管理本部 土木工務部 次長

大川 英一 日本建設業団体連合会

清水建設株式会社 土木技術本部 基盤技術部 課長

湯田坂 貞利 日本建設業団体連合会

大成建設株式会社 土木本部企画室 室長

加畑 敏明 日本建設業団体連合会

東急建設株式会社 安全環境本部 環境部 環境支援グループ グループリーダー

斉藤 栄一 日本建設業団体連合会

株式会社間組 技術・環境本部環境部 温暖化対策プロジェクト推進室 室長

宇田川 義夫 日本建設業団体連合会

株式会社フジタ 建設本部土木エンジニアリングセンター 技術企画部 主席コンサルタント

大竹 利幸 日本建設業団体連合会

前田建設工業株式会社 本店 CSR・環境部 マネージャー

国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 河川環境研究室 室長

曾根 真理 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室 室長

菅野 甚活 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施工システム課 課長

笛田 俊治 国土交通省 国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター 建設マネジメント技術研究室 室長

オブザーバー

高橋 丞二 国土交通省 北海道開発局 事業振興部 技術管理課 技術管理企画官

(敬称略、所属等は平成 22 年 2 月時点)

LCI 試算ワーキンググループの経緯

■平成 22 年度

○第 1 回 開催日：平成 22 年 8 月 9 日

○第 2 回 開催日：平成 22 年 10 月 1 日

○第 3 回 開催日：平成 22 年 11 月 29 日

○第 4 回 開催日：平成 23 年 2 月 4 日

○第 5 回 開催日：平成 23 年 3 月 8 日

第1章 社会資本 LCA の導入による社会変革

1. 1 持続可能な社会

1. 1. 1 持続可能性に関する意識の高まり

世界経済が目覚ましい発展を遂げ、今後も経済活動が一層活発化することが確実視される中、持続可能な発展を維持していくために、地球環境問題への対応はますます重要になりつつある。重点的に取り組むべき具体的な課題として、有限な資源の利用に直接的に関連する資源循環の促進や、経済活動との関連が立証された地球温暖化の防止・抑制が挙げられる。

人間活動に伴う環境負荷を低減し、将来にわたって持続的に経済発展を続けられる社会の実現が必要とされている。

【解説】

(1) 環境基本法における持続可能な社会の位置付け

環境基本法における基本理念の一つに、環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会の構築等が示されている。

環境基本法

(環境への負荷の少ない持続的発展が可能な社会の構築等)

第四条 環境の保全は、社会経済活動その他の活動による環境への負荷をできる限り低減することその他の環境の保全に関する行動がすべての者の公平な役割分担の下に自主的かつ積極的に行われるようになることによって、健全で恵み豊かな環境を維持しつつ、環境への負荷の少ない健全な経済の発展を図りながら持続的に発展することができる社会が構築されることを旨とし、及び科学的知見の充実の下に環境の保全上の支障が未然に防がれることを旨として、行われなければならない。

(2) 地球温暖化に関する対策と温室効果ガスの排出の現状

我が国における温室効果ガス排出量の推移を図 1. 1-1 に示す。我が国においては、京都議定書で約束された第一約束期間における基準年に対する 6%の温室効果ガス削減のため、地球温暖化対策の推進に関する法律の下、京都議定書目標達成計画に示される対策を始めとした各種の対策に国・地方公共団体・事業者・国民の各々が自発的に取り組んでいる。京都議定書において約束された削減目標のほか、中長期的には 2020 年に 1990 年比 25%減、2050 年に 1990 年比 80%減を達成するとの国際公約がある。

最新年（2009 年度）の温室効果ガス排出量は、約 12 億トンであると報告されており、京都議定書における基準年（1990 年）に比べて微かに減っている。しかしながら、この減少は金融危機の影響を受けていることが環境・循環型社会・生物多様性白書においても指摘されており、堅牢なものであるとは言い難い。実際、京都議定書における第一約束期間の初年である 2008 年の温室効果ガス排出量は基準年に対して増大であった。

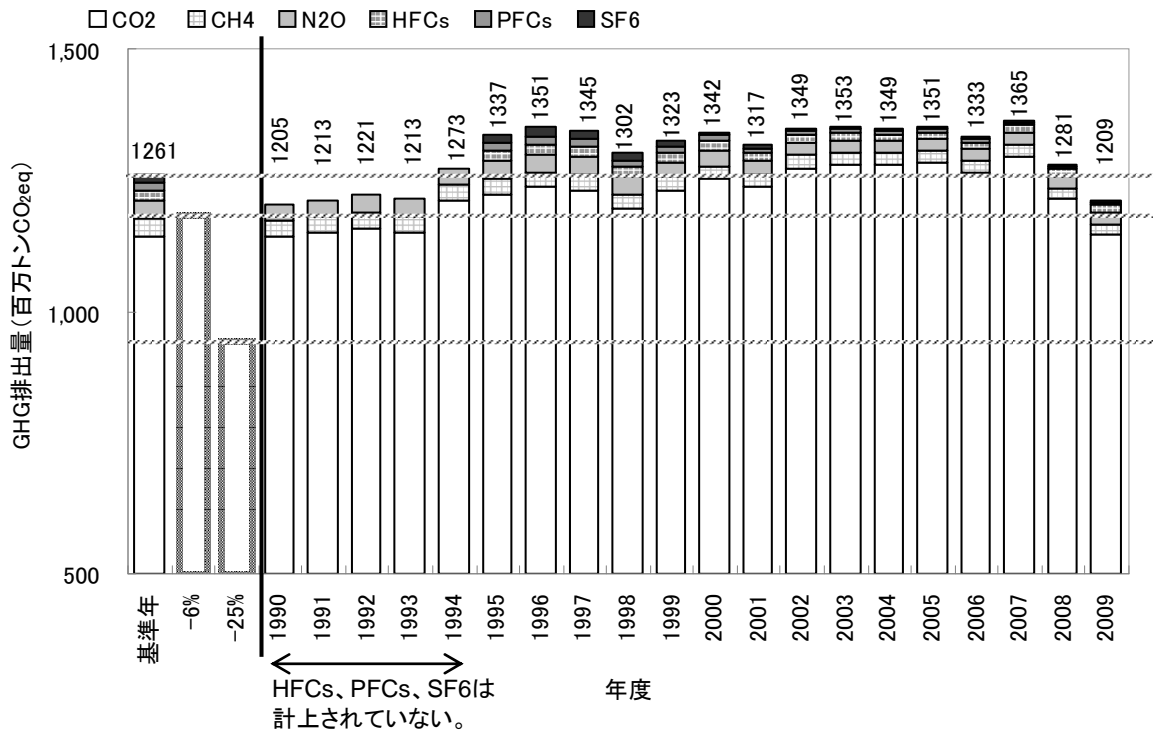


図 1. 1-1 京都議定書目標達成計画の進捗状況

数値根拠：温室効果ガスインベントリオフィス、日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2011 年 4 月版

(3) 資源利用に関する現状と今後の見通し

循環型社会は、製品等が廃棄物等となることが抑制され、循環資源が適正に循環的に利用され、廃棄物等が適正に処分されることが確保されることで、天然資源の消費が抑制され環境への負荷ができる限り抑えられる社会である。

循環型社会の形成に関する基本原則等を定めた循環型社会形成推進基本法に基づき、政府は、循環型社会の形成に関する基本的な計画（循環型社会形成推進基本計画）を定めている。

平成15年に定められた第1次計画を引き継ぐ形で、平成20年に第2次循環型社会形成推進基本計画が定められた。第2次循環型社会形成推進基本計画においては、第1次計画に引き続き資源生産性、循環利用率、最終処分量の三指標について数値目標が定められている。第1次基本計画において平成22年度であった目標年次は平成27年度とされ、個別の数値目標は、資源生産性が42万円/トン（第1次は37万円/トン）、循環利用率が14～15%（第1次は14%）、最終処分量が23百万トン（第1次は28百万トン）とされている。

平成20年度におけるわが国の物質フローの模式図を図 1. 1-2に示す。三指標の進捗状況は、資源生産性が36.1万円/トン、循環利用率が14.1%、最終処分量が22百万トンとなっている。資源生産性は数値目標の達成に向けて堅調に上昇しており、循環利用率と最終処分量は数値目標を既に達成している。

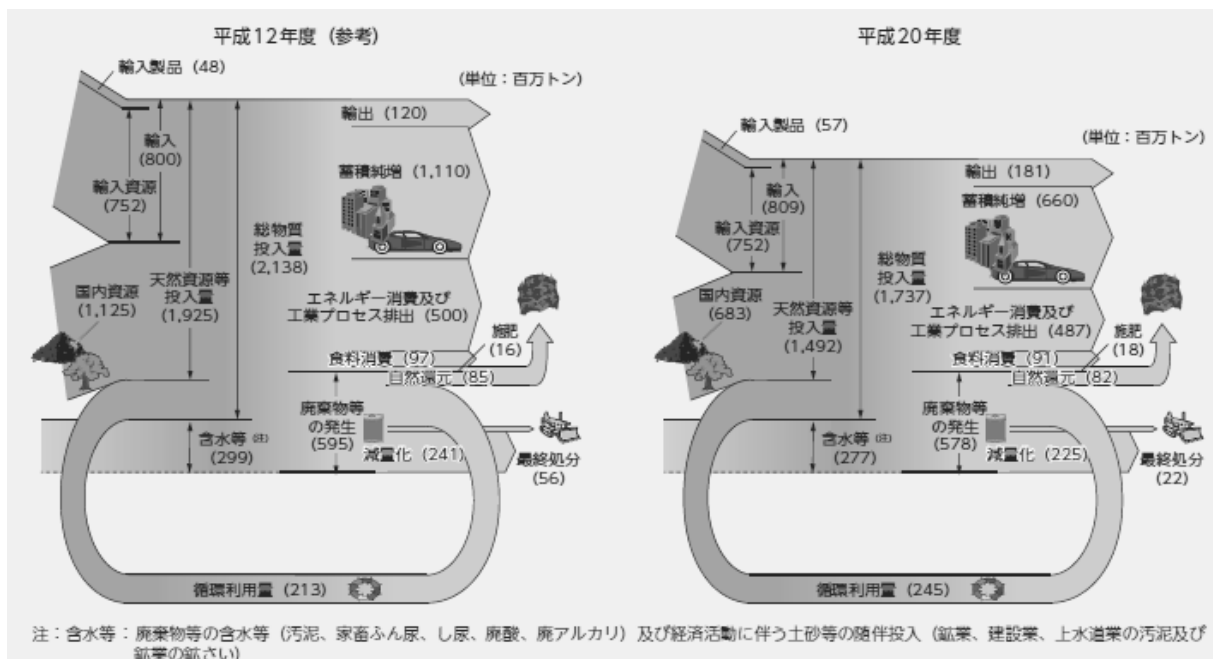


図 1. 1-2 平成 20 年度の我が国における物質フローの模式図

左は循環型社会形成推進基本法が成立した平成 12 年度の物質フローの模式図 (参考)。

出典: 環境省、平成 23 年版環境・循環型社会・生物多様性白書

1. 1. 2 持続可能な社会に果たす社会資本整備の役割

代表的な温室効果ガスである二酸化炭素排出、廃棄物最終処分、天然資源投入等に対して社会資本整備が及ぼす影響は大きい。

(1) 二酸化炭素排出量

日本全体の排出量の 14%が建設を目的とした事業から排出されている。また、社会資本整備は人々の活動様式を変化させ、関連する二酸化炭素排出量を変化させる。

(2) 廃棄物最終処分量・天然資源投入量

日本全体の物質フローの 46%が建設業に利用されている。その中には、他産業由来の副産物・廃棄物や建設リサイクルによるものも多く含まれる。

従って、社会資本整備に関連する活動まで遡及し、かつ社会資本整備の影響まで波及して、社会資本のライフサイクルをとおした環境負荷を着実に低減していくことが必要である。

ライフサイクルをとおした環境評価手法として、ライフサイクルアセスメント (LCA) がある。

【解説】

(1) 二酸化炭素排出量

社会資本整備による二酸化炭素には、建設現場で直接排出されるもののほか、建設資材、建設機械、仮設材の製造や運搬等の活動に伴って間接的に排出されるものがある。建設現場からの直接排出量は国内の総排出量の 1%に過ぎないのに対して、社会資本整備に係る活動を遡及すると 14%に及ぶ。14%の内訳では、コンクリートや鋼材等材料に関するもの、道路貨物輸送等運搬に関するものの割合が大きい。(図 1. 1-3 参照)

更に、社会資本整備は、社会資本が利用されることによる二酸化炭素排出にも大きく影響する。道路については、道路整備による二酸化炭素排出は国内の総排出量の 2%であるのに対して、利用することによる二酸化炭素排出は 16%に及ぶ(図 1. 1-4 参照)。道路整備によって利用側の交通量配分や走行速度が変わるため、整備で二酸化炭素が排出されるものの、それ以上の利用側の二酸化炭素排出を削減することもあり得る(図 1. 1-5 参照)。社会資本整備による二酸化炭素排出量と利用による二酸化炭素排出量の関係は、事業分野ごとに異なるものと思われる。

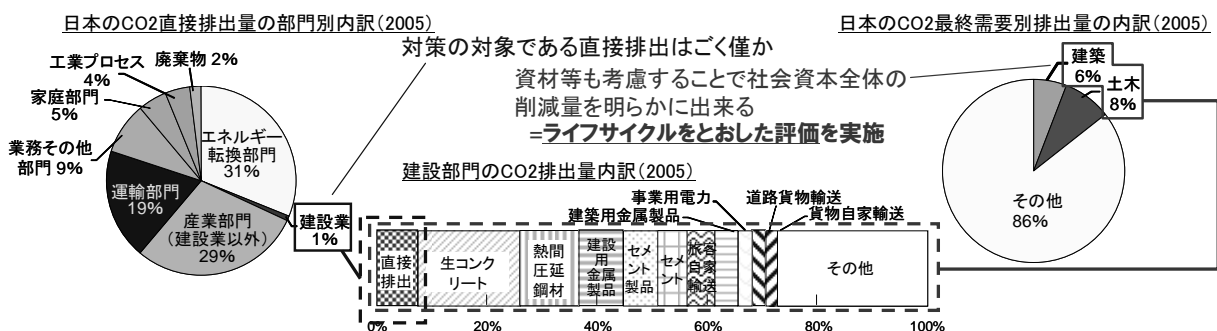


図 1. 1-3 建設部門の二酸化炭素排出量内訳

算出根拠：産業連関表(2005年版)、3EID(2005β)

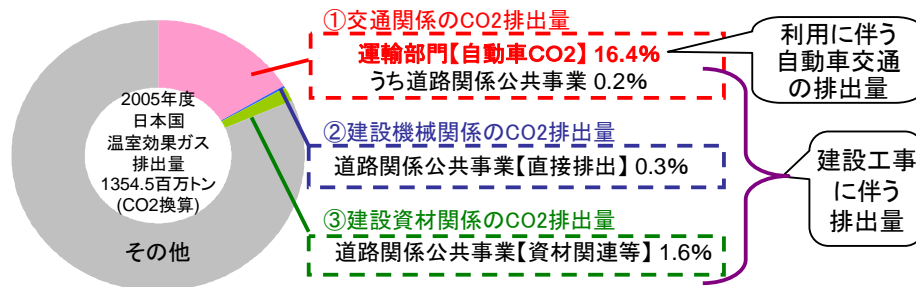


図 1. 1-4 道路関係二酸化炭素排出量の内訳

算出根拠：国立環境研究所 3EID、国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」

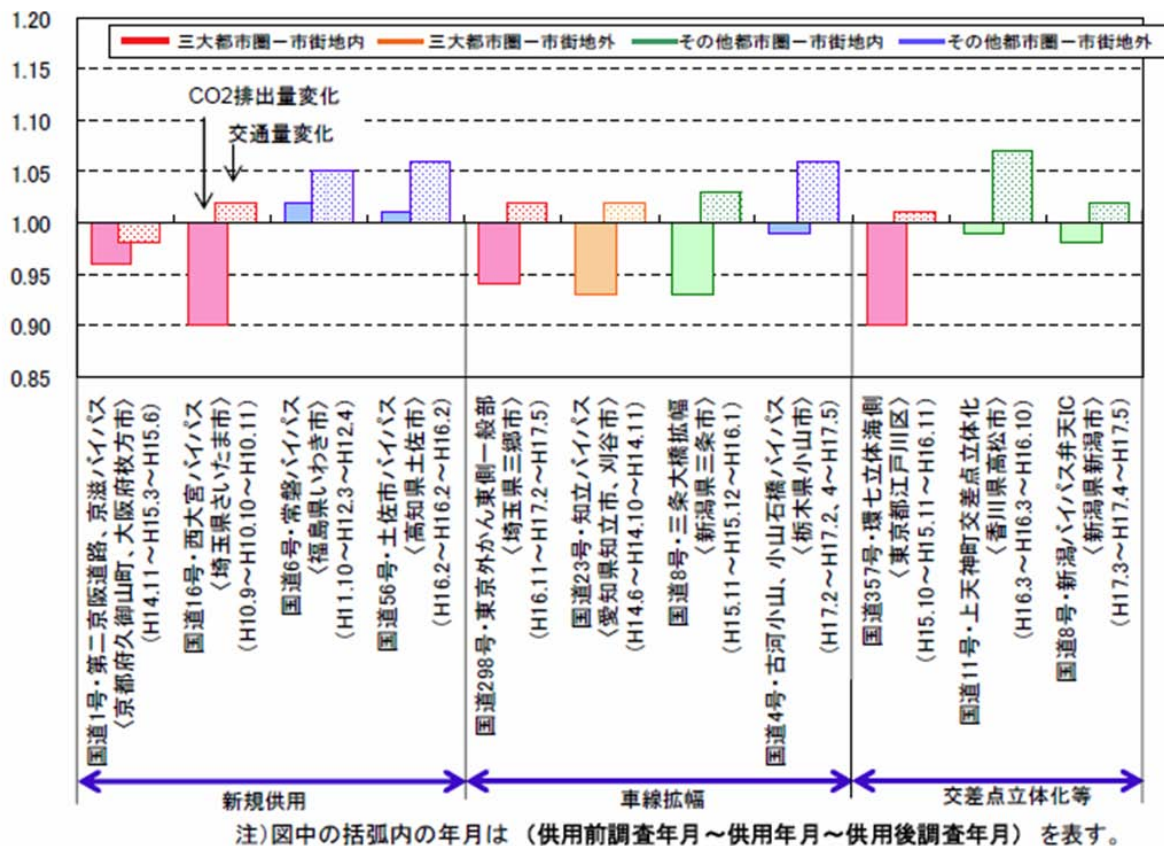


図 1. 1-5 道路整備前後の交通量及び二酸化炭素排出量比

出典：地球温暖化防止のための道路政策会議

(2) 廃棄物最終処分量・天然資源投入量

公共事業においては、工事で生じる建設廃棄物や建設発生土を有効利用しているだけでなく、他産業から発生した副産物・廃棄物についても建設資材への投入を通じて大量に再生利用している。国内の物質フローにおいて、社会資本整備等に利用される建設資材が占める割合は4割を占めており、大きな影響を有している。従って、公共工事において資源の有効利用がなされることで、循環型社会の形成に大きく貢献している。(図 1. 1-6 参照)

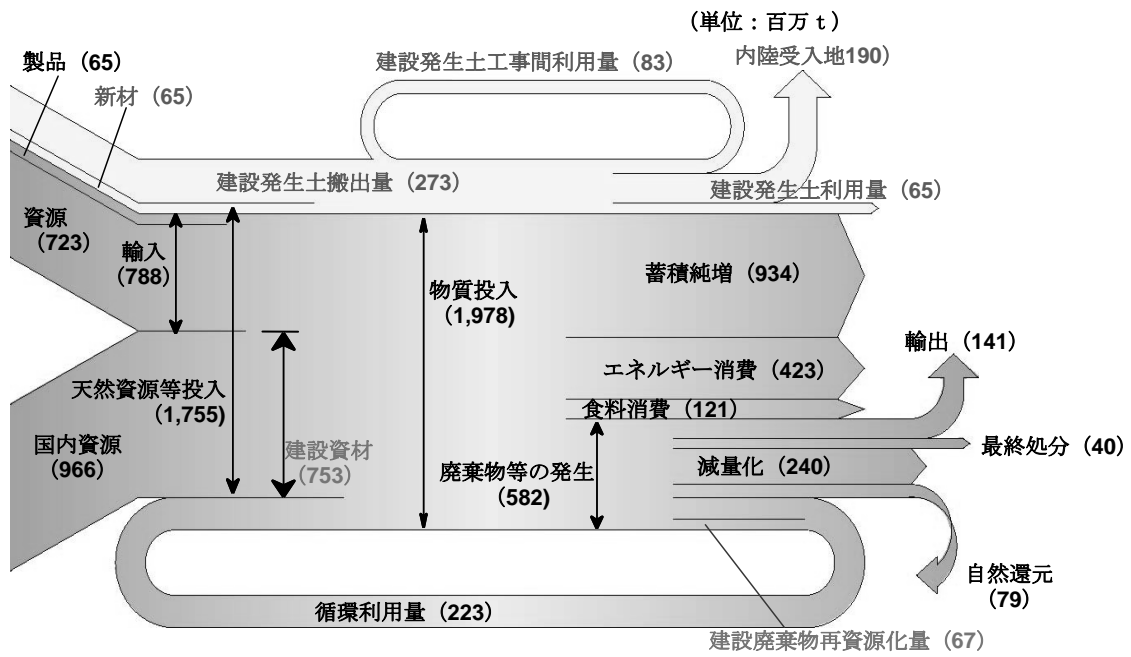


図 1. 1-6 国内の物質フロー

出典：曾根ら：公共工事におけるグリーン購入と循環型社会形成について、建設マネジメント研究論文集、Vol. 14、

2007、pp. 349-360

1. 2 ライフサイクルアセスメント (LCA)

1. 2. 1 LCAの概要

ライフサイクルアセスメント (Life Cycle Assessment : LCA) は、「製品の原材料の採取から製造、使用及び処分に至る生涯 (すなわち、ゆりかごから墓場まで) を通しての環境側面及び潜在的影響を調査するものである」と、関連する国際規格 (ISO14040 シリーズ) に記述されている。

この記述からも明らかなように、LCA は、社会資本整備を通しての二酸化炭素、廃棄物、天然資源等の入出力及び排出、並びにその影響について包括的に調査する手法として適している。

他方、自然破壊 (事業実施箇所におけるものに限る) や健康被害等の環境問題に関しては、相対的に狭い範囲における環境の保全が重要であり、二酸化炭素、廃棄物、天然資源等の広域的な環境問題とは、対象の空間的広がり異なる。なお、自然破壊や健康被害に関しては、従来、環境アセスメント等で対応がなされ、環境基準等の達成を基準とした影響の予測・評価や環境保全措置がなされている。

LCA に関する規格を定めた ISO14040 シリーズ (または JIS14040 シリーズ) においては、LCA の構成段階として、1) 目的及び調査範囲の設定、2) インベントリ分析 (Life Cycle Inventory-analysis、LCI)、3) 影響評価 (Life Cycle Impact Assessment、LCIA)、4) 解釈が挙げられている (図 1. 2-1 参照)。1)、2)、4) は必須要素であり、3) を除くこれらの一連の調査はライフサイクルインベントリ調査と呼ばれる。LCA は反復的手法であり、追加調査が必要と判断される場合には、前の構成段階に立ち戻って修正を加えることもある。

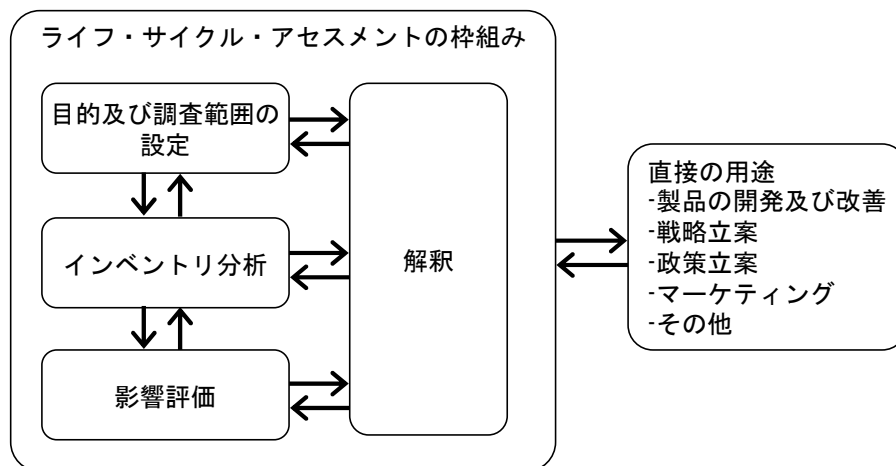


図 1. 2-1 LCA の構成段階

出典：日本規格協会、JIS ハンドブック 58-2 環境マネジメントを元に作図

【解説】

(1) LCA が特に強く求められる環境要素

二酸化炭素等の排出量の抑制等に向けて、各主体が実施可能な取組みを進めることが重要であることは言うまでもないが、実施する取組みの決定にあたっては、ライフサイクルを通じた総量を削減する視点が重要である。これは、二酸化炭素は大気中で安定であり、その影響は長期かつ広範囲に及ぶことから、特定の時点・地点における排出量ではなく、総量の削減が必要であるためである。ライフサイクルを通じた総量が重要である点は、地球環境問題が、騒音や大気質とい

った従来の公害型の問題と決定的に異なる特徴の一つである（図 1. 2-2 参照）。

従来、自然破壊や、事業実施区域や周辺における地域性の強い環境問題に対しては、環境アセスメント等で対応がなされ、環境基準の達成を指標とした影響の予測・評価や環境保全措置がなされてきた。このような実態や問題の影響範囲を踏まえて、優先的に対象とすべき影響領域を選定することが合理的である。すなわち、既存の制度で対応が図られている地域的な問題について、LCA を用いた別の評価を行うことは、適当ではないと考えられる。

なお、LCA の有識者を対象として、評価対象に含めることが望ましいと考える影響領域を調査した 8 種類の製品等についてのアンケート結果（郵送デルファイ法）より、推奨影響領域を示した既存研究がある。土木構造物については、地球温暖化、化石燃料・資源消費、自然の物理的改変、固形廃棄物が推奨影響領域として示されている。このことから、地域的な問題に対する LCA 適用については、LCA の専門家の間でも優先的な課題として認識されていないものと考えられる。

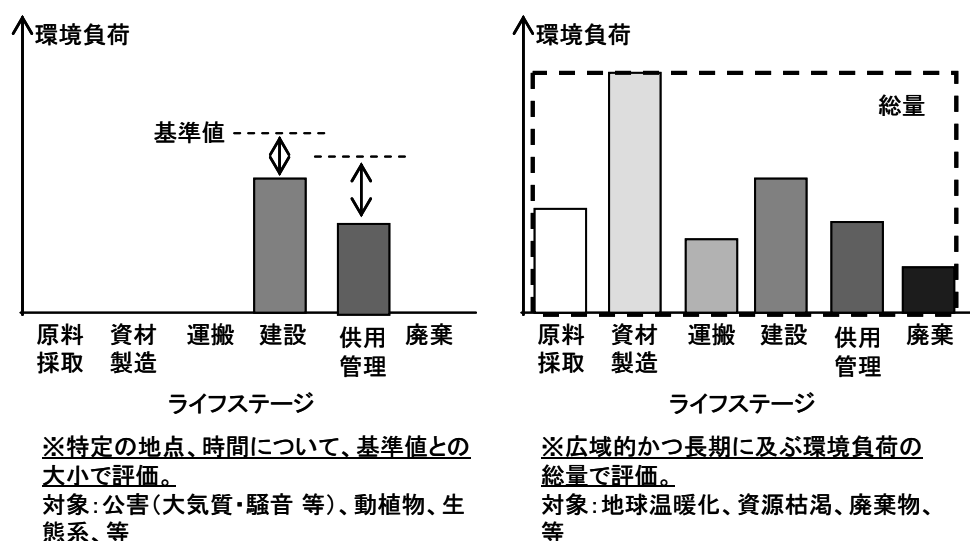


図 1. 2-2 従来の環境問題と地球環境問題の相違

(2) LCA に関する国際規格の作成経緯

LCA とは、製品やサービスのライフサイクル全段階において、地球環境に与える影響を分析する手法であり、環境負荷の低減を図るためのツールとして期待され、国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）により ISO14040～14043 として 2000 年に国際規格化された。また、日本工業規格（JIS）化も進み、JIS Q 14040～14043 として 2002 年に日本の国内規格として発行された。さらに、ISO14040～14043 は、約 5 年の歳月を掛けて見直しが行われ、2006 年に環境ラベル：ISO14025、環境適合設計（DfE：Design for Environment）：ISO/TR14062 等の規格に対応した ISO14040/14044 の 2 つに再編され、環境影響評価を行うために必須の規格となった。しかしながら、規格は「LCA がまだ開発の初期段階にあるとの認識に立って」作成されたものであり、特に、「影響評価等一部の LCA 技法の構成段階は、相対的にまだ揺らん（籃）期にある」ことが断られている。「LCA の実践水準を更に向上させるために検討すべき事柄が多く残されており」、今後、「実地的な経験を蓄積する必要もある」ことが指摘されている。

なお、LCA の国際規格（ISO14040/44）は具体的な方法を定めているものではない。

国際規格である「環境ラベル及び宣言」、「環境パフォーマンス評価」においては、LCA の利用

に関する言及がなされている。

・環境ラベル及び宣言（JIS 14020 シリーズ）

環境ラベル及び宣言は、製品またはサービスについて、その全体の環境特性、特定の環境側面、またはいくつかの側面に関する情報を提供するものである。

一般原則の一つとして、「環境ラベル及び宣言の作成は、製品のライフサイクルにおける、関連する側面のすべてを考慮したものでなければならない」とある。ただし、「これは、必ずしもライフサイクルアセスメントを実施するべきであるという意味ではない」との断りもある。とはいえ、LCAがこの原則を満たすための有力なツールであることは確かであろう。

・環境パフォーマンス評価（ISO 14030 シリーズ）

環境パフォーマンス評価は、「組織の環境パフォーマンスが組織のマネジメントによって決められた基準を満たしているか否かを判定するために、信頼ができて検証可能な情報を、いつでもマネジメントに提供する内部的なプロセスであり、ツールである」。従って、直接LCAを求めるものではないものの、環境パフォーマンス評価に情報を提供するツールとして、環境レビューに加えて、LCAが挙げられている。

(3) 目的及び調査範囲の設定

目的及び調査範囲の設定は、LCA 調査の第一段階であり、LCA 調査を行う目的を明らかにした上で、目的に見合った結果が得られるように調査範囲を定めるものである。この段階、及び続く LCI については、「JIS Q 14041 環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー目標及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析」、及びその基規格である ISO 14041 に規格化されている。

LCA 調査の以降の構成段階である、LCI、LCIA 及び解釈は、この段階で設定した目的と調査範囲に照らして実施される。よって、目的及び調査範囲の設定は、LCA 調査の全体のあり方を規定する段階である。規格で規定されている、明示する内容または考慮する事項には、以下が含まれる。

1) 目的には、以下の事項があいまいさのないように記述されなければならない。

- 意図する用途
- 調査を実施する理由
- 意図する伝達先、すなわち、調査の結果を伝えようとしている相手

2) 調査範囲の設定にあたっては、以下の事項が考慮され、明確に記述されなければならない。

- 製品システムが持つ機能
- 機能単位
- 調査対象の製品システム
- 製品システム境界
- 配分の手順
- LCIA の手法、及び引き続いて実施される解釈の方法
- 必要とされるデータ
- 前提条件
- 限界
- 初期のデータ品質要件

LCA は反復的な手法であり、以降の段階の結果に応じ、目的と調査範囲を見直すこともある。

【解説】

調査の目的、範囲及び意図する用途は、調査の地理的・時間的広がり及び要求されるデータ品質等を規定することによって、調査の方向性及び詳細度に影響を及ぼすことになる。

(4) インベントリ分析

LCI は、設定した目的及び調査範囲に基づき、対象とする物質（二酸化炭素、廃棄物、天然資源、等）の入出力及び排出に関するデータを収集整理し、定量化する段階である。

データの収集整理にあたって、単一の工業プロセスから複数の製品が産出されたり、製品の製造のために副産物・廃棄物が有効利用されたりすることが多いことに留意が必要である。このような場合には、二酸化炭素等の排出量を関連する複数製品のそれぞれに対して割りあてる（配分する）方法を明確に定める必要がある。配分の優先順位は、1) 配分の回避、2) 物理的關係による配分、3) 経済価値等、物理的關係以外による配分、となる。

【解説】

ISO 14041 の配分原則では、適用例として以下のものが挙げられている。

- ・ 共製品・・・同一の単位プロセスからもたらされる二つまたはそれ以上の製品がある場合の配分。
たとえば、石油製品が挙げられる（図 1. 2-3 参照）。
- ・ エネルギーの内部配分・・・投入、発生したエネルギーが複数の工程で消費される場合の各工程へのエネルギーの配分。たとえば、高炉ガスの多段階利用が挙げられる。
- ・ サービス（例えば、輸送、廃棄物処理）・・・複数の製品を一度の輸送、廃棄物処理で取り扱う場合の配分。
- ・ リサイクル・・・リサイクルされる側とする側の配分。

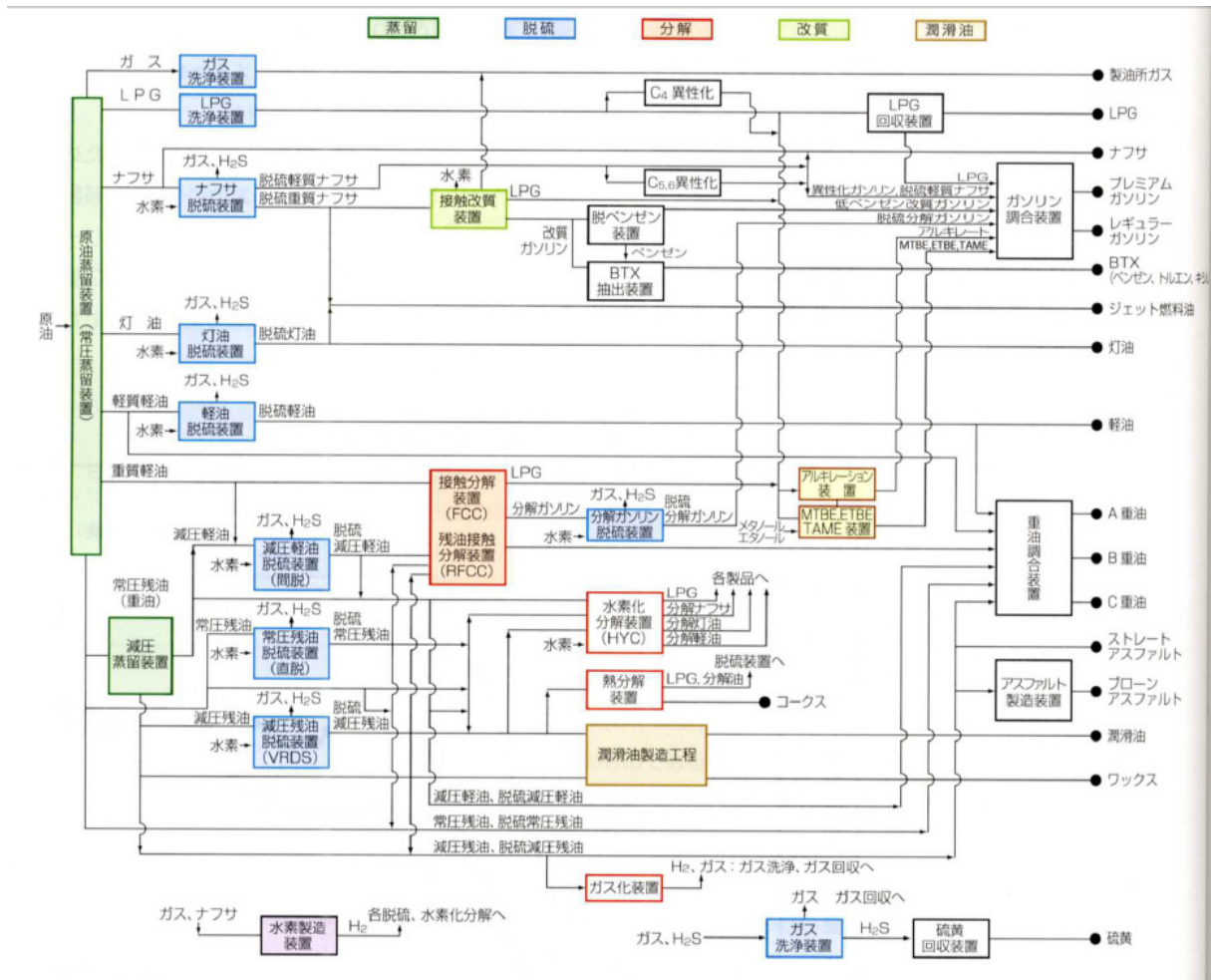


図 1. 2-3 石油精製プロセス

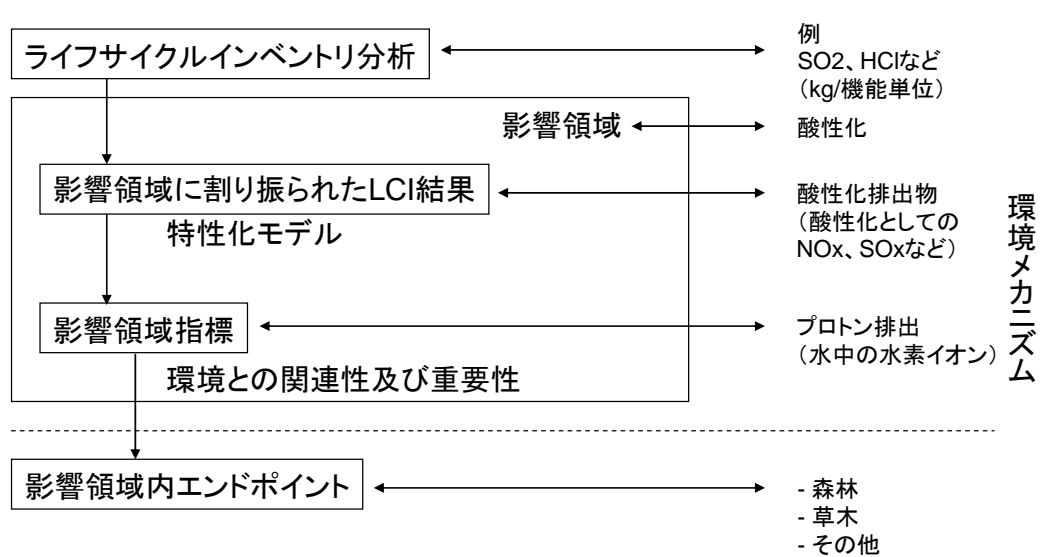
原油から様々な石油製品が製造される。出典：石油製品のできるまで（石油連盟）

(5) 影響評価

LCIAは、LCIで定量化された各環境負荷量を、懸念している環境問題（地球温暖化、等。）に割り振り、適切なモデルを用いて、その影響の程度を示す指標を数値化し、環境問題との関連性を明らかにする段階である。

【解説】

LCIAは、LCI結果に関連する影響領域及び影響領域指標を使って、環境という視点から製品システムを調査することが目的である。LCIA段階は、ライフサイクル解釈段階のための情報も提供する。LCIAの手順を図 1. 2-4に示す。LCIAは、LCI結果を影響領域に割り振る。それぞれの影響領域で、影響領域指標を選び、影響領域指標結果を計算する。また、LCIAの任意の要素として、影響領域指標の正規化、グルーピングまたは重み付け、及びデータ品質分析技法がある。正規化は、影響領域指標結果を参考情報と対比した強度を計算することである。グルーピングは、影響領域を分類し、可能であれば順位づけをすることである。重み付けは価値観の選択に基づく様々な係数を使い指標結果を換算し、可能であれば影響領域にまたがって集計することである。データ品質分析技法は指標結果の集合であるLCIAプロフィールの信頼性をより理解することである。



※影響領域：懸念する環境関連事項を表示し、LCI 結果が割り振られる領域

※影響領域指標：影響領域を定量化して表現したもの

※影響領域内エンドポイント：懸念する環境関連事項を特定する自然環境、人の健康若しくは資源の属性または側面。

図 1. 2-4 環境領域指標の概念 (例:酸性化の影響領域)

出典：JIS ハンドブック 58-2 環境マネジメント

(6) 解釈

解釈は、1) 目的及び調査範囲の設定から 3) LCIA までの先行する段階の知見に基づいて、結果を分析し、結論を導き、限界を説明し、提言を行うことを目的とする段階である。このため、以下の特徴を有することが規格に記されている。

- 調査の目的及び調査範囲に記述した用途に対する要求事項を満たすために、LCA または LCI 調査の知見に基づいた結論を特定し、検証し、点検し、評価し、そして提示する体系的な手順を使用する。
- 解釈段階の内部、及び LCA または LCI 調査の他の段階との間で反復的な手順を使用する。
- 調査の目的及び調査範囲の設定に関する LCA または LCI 調査の長所と限界を強調することによって、LCA と他の環境マネジメント技法との連携を可能にする。

結論を取りまとめるまでの調査結果の評価は、(1) 完全性点検、(2) 感度点検、(3) 整合性点検の技法を考慮して実施する。

【解説】

「ライフサイクル解釈」の目的は、LCA または LCI 調査の先行段階の知見に基づいて、結果を分析し、結論を導き、限界を説明し、提言を行うことである。さらに、ライフサイクル解釈の結果を透明な形で報告することである。

1. 2. 2 LCA の開発動向

社会資本整備を対象とした LCA は、研究レベルで個別の調査事例は蓄積されつつあるものの、調査の条件は必ずしも共通ではなく、相互の結果を比較することが困難な状況である。また、社会資本整備に係わる手続の中で利用していくことが可能な共通の技術手法は開発されていないため、環境負荷削減の駆動力として機能することが出来ていない。

他分野においては、建築分野も含めて、環境ラベル制度等で、ライフサイクルを通じた二酸化炭素排出量を中心に、現実に活用されつつある。諸外国においても状況は同様であり、社会資本整備に比べて建築分野において研究事例の蓄積がより一層進んでいる。また、社会資本に関連する分野（たとえば、コンクリート分野）において、国際規格の中で LCA 手法を定めていこうとする動きがある。

以下に、各分野における LCA の開発動向をレビューする。

(1) 社会資本 LCA の開発状況

社会資本分野において LCA の研究や取り組みは蓄積されてきているものの、環境負荷の調査範囲や計算方法は様々であり、実用可能な状況にはない。

【解説】

1) 環境分野における過去の検討について

① 土木学会地球環境委員会 環境負荷評価（LCA）研究小委員会¹

検討期間：平成 6 年度から平成 8 年度まで。

検討内容：土木建設構造物を対象とした LCA の適用性検討を実施。

検討成果：二酸化炭素を対象に資材等の品目ごとの推奨原単位を公表。

交通システムを担う構造物・施設、水の供給処理を担う構造物・施設及び都市インフラ複合体（ニュータウン整備、港湾施設）を対象とした LCA（二酸化炭素排出量）の事例研究を実施。

② 「社会資本整備に係る LCA 手法の体系化と環境影響の総合化」研究（文部省科学研究費）²

検討期間：平成 8 年度から平成 10 年度まで。

検討内容：交通システム、廃棄物処理システム・リサイクルシステム、水道システム・下水道システム等を対象として、構造物にとどまらないより広いシステム境界を設定した ILCA の事例研究を実施。

産業連関表に基づく環境負荷原単位の収集と整理、環境負荷原単位データの比較分析を実施。

検討成果：公共事業として実施されることの多い社会資本整備における LCA の適用を、ILCA（インフラ LCA）と呼んで区別することを提唱。

実施設計以前の早期の意思決定レベルにおいて概略の環境負荷量を見積もる考え方を提案。

指摘課題：LCA の理想（概念・手法）と実施された事例研究との間にはギャップがあることを指摘し、以下の課題があることを指摘している。

¹ 土木学会地球環境委員会 LCA 評価・環境パフォーマンス評価研究小委員会「ISO14030-40 の規格化による建設業の環境パフォーマンス評価とライフサイクルアセスメント」、鹿島出版会、2000

² 井村秀文 編著「建設の LCA」、オーム社、2001

①時間境界の設定、②空間境界と影響範囲の設定、③環境指標、④意思決定への反映（経済と環境の統合的評価）、⑤データ基盤の改善

特に、「⑤データ基盤の改善」については、次のように述べられている。

「産業連関表に基づく原単位データについては整備が進んでいる。しかし、産業連関表による項目分類では正確に把握できない項目が多い。また、全国平均、業界平均の値しか得られないから、工法や資材による環境負荷の差を検出することは初めから無理な注文である。この目的のためには、資材の製造者、工事施工者などに、それぞれの実態に合わせた正確なデータを「積み上げデータ」として整備してもらう必要がある。データ基盤の改善とともに、作成・提示が可能な環境指標の項目・内容も変わってくる。」（出典）井村秀文 編著「建設のLCA」、オーム社、2001

2) 各社会資本分野における過去の検討について

① コンクリート分野

i) 土木学会コンクリート委員会

「コンクリート構造物の環境性能照査指針（試案）」³を策定し、その中でコンクリート構造物のライフサイクルにおける環境負荷の定量的な評価と、合理的な環境負荷低減システムを示した。同書で提示されている資材等の環境負荷原単位は「積み上げ法」による。

ii) 日本コンクリート工学協会（現 日本コンクリート工学会）

「コンクリートセクターにおける地球温暖化物質・廃棄物の最小化研究委員会」（平成20～21年度）を設置し、コンクリートセクターから排出される地球温暖化物質と廃棄物を最小化するための要素技術、総合技術システム、社会制度等を提案することを目指し、検討を実施。検討成果をまとめた報告書が2010年7月に取りまとめられた。

② 舗装分野

i) 日本道路協会舗装委員会

環境配慮型の舗装技術に関する調査・検討成果が反映された、次に示す図書において、土木研究所を中心として研究が進められている舗装資材の環境負荷原単位（その多くは「積み上げ法」による。）や環境配慮型施工法の効果等といった定量的な数値が示されている。

- ・平成17年3月 「環境の改善を目指した舗装ガイドブック（2004年版）」
- ・平成20年3月 「舗装性能評価法別冊」
- ・平成21年6月 「環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック」

③ 下水道分野

i) 国土技術政策総合研究所・日本下水道事業団・日本下水道処理施設管理業協会・上下水道コンサルタント協会^{4, 5}

想定目標： 政策立案レベルにおける意思決定支援ツールとしてLCAを適用すること

検討内容： 建設、供用、解体・廃棄に係る二酸化炭素排出量とエネルギー消費量の把握、下

³ 土木学会コンクリート委員会示方書小委員会環境側面検討部会「コンクリートライブラリー125号 コンクリート構造物の環境性能照査指針（試案）」、土木学会、2005

⁴ 山中大輔「下水道システムとLCA」EICA、第13巻、第4号、40-43、2009
ISO14040に準拠して下水に応用できる手法を検討した。環境負荷原単位は建築学会の90年表（産連法）を利用している。建設（資材製造含む）、供用（運転、補修を含む）、解体・廃棄をライフ・サイクルとし、CO2排出量とエネルギー消費量を設定して環境負荷を把握した。リサイクル材の按分法は今後の課題としている。

⁵ 国土技術政策総合研究所「下水道におけるLCA適用の考え方」国土技術政策総合研究所資料第579号、平成22年2月

水道システムの特性を踏まえた環境負荷の評価。

検討の特徴： 異なる環境要素の総合的評価に向け、下水道が公共用水域への環境負荷を削減する機能を評価する、環境依存指数（LID：負荷排出環境要素/負荷削減環境要素）という指標の適用について検討。

環境負荷原単位は、産業連関法に基づく既存の環境負荷原単位を「基礎原単位」と呼んで引用し、さらに単位工事数量あたりの環境負荷原単位を「組立原単位」と呼んでいる。また、施設単位規模あたりの環境負荷原単位を作成するものを「イベントリ分析による原単位」と呼んでいる。

検討成果： 下水道分野で頻用される工種について環境負荷原単位（組立原単位）を作成。

計画・設計レベルを適用範囲とした検討において、下水道施設に着目したライフサイクルとしては建設、供用、解体・廃棄を対象として、地球温暖化及びエネルギー資源消費について1年あたりに換算した環境負荷量を表示すること等の考え方を提示。

指摘課題： 各環境要素の重み付けや許容される環境負荷量といった視点が不十分であることを指摘。

④ 空港・港湾分野

i) 国土技術政策総合研究所⁶

検討内容： 工種別・工法別の環境負荷低減効果の試算、環境負荷低減効果の評価方法の検討、及びグリーン購入による環境負荷低減の効果を明らかにするための検討を実施。

検討の特徴： 資材調達、輸送、施工を対象に、二酸化炭素排出量、廃棄物発生量は、資源消費量の環境負荷を試算した。二酸化炭素排出量は、当該工事で積算された数量等に資材や燃料、輸送車両、建設機械ごとの二酸化炭素排出原単位の積和とした。廃棄物排出量は、当該工事で発生する土砂等のうち、最終処分される量と、使用される副産物の量とした。資源消費量は、当該工事に使用する各資材の量を容積として算定した。

検討成果： 試算に基づき、品目審査にあたって重点的に取り組むことが望ましい工種、環境物品の調達が環境負荷低減に効果的な工種を示すことができたとされている。

⑤ 土木計画・交通計画分野

i) 加藤・柴原⁷

検討内容： 拡張ライフサイクル環境負荷（Extended Life Cycle Environmental Load, ELCEL）の概念に基づき、交通システム整備の波及影響を取り扱う手法について検討を実施。

検討の特徴： 従来多く用いられていた SyLCEL（System Life Cycle Environmental Load）が、代替案を検討する交通システム自体の評価であり、代替案と評価対象で範囲が一致しているのに対し、その交通システムの整備により影響が及ぶ範囲での評価となり、代替案が設定される範囲よりも広いものとして定義する。

指摘課題： 社会システムへの影響を含む機能単位の設定が必要であるものの、空間的システム境界の取り扱い、時間的変化の取り扱い、バウンダリと不確実性のトレードオフの管理、LCA を用いた評価のフレームワークについて課題があるとされている。空

⁶ 国土技術政策総合研究所港湾研究部港湾施工システム課「港湾・空港等沿岸工事におけるグリーン調達による環境負荷低減に関する参考資料～環境負荷低減に関する基本情報～環境負荷低減効果の算定・評価編～」、平成20年3月

⁷ 加藤博和・柴原尚希「ELCEL 概念による Social/Dynamic LCA への挑戦」日本 LCA 学会誌、5(1)、12-19、2009

間的システム境界の取り扱いとして、積み上げ法による評価の場合、波及効果を完全に把握することができないため、完全性がどの程度が確保されているか検討する必要があるとされている。時間的変化の取り扱いには、インフラはライフタイムが長いことから、その設定が重要となり、感度分析や、パラメーターに構成要素の技術・ライフタイム変化シナリオとともに、需要変化シナリオを与えたシミュレートの実施の必要性が考えられるとされている。バウンダリと不確実性のトレードオフの管理として、確率的扱い、感度分析、割引の三つの方法が考えられるとされている。LCA を用いた評価のフレームワークは、経済的便益と環境負荷を評価軸とすることや、エコロジカルペイバックタイムや環境収益率を指標として用いることが有効であると指摘している。

(2) 他分野における LCA の開発・実施状況

LCA に基づく環境評価は、工業製品や建築物等の環境ラベル制度等で、ライフサイクルを通じた二酸化炭素排出量を中心に、現実に活用されつつある。

商品やサービスのカーボンフットプリント制度や建築分野における CASBEE（建築環境総合性能評価システム）において LCA の考え方が活用されている。

これらの活用にあたっては、ISO 規格だけでは LCA 実施者による恣意性が大きく、かつ LCA 実施者の負担が大きいため、制度化においては計算手法の基準や環境負荷原単位のデータベース等を整備・提供することで、比較可能性の確保や算定実施者の負担の低減が図られている。

LCIA の手法としては、LIME 等が代表的である。

【解説】

1) カーボンフットプリント制度

最近では、経済産業省による「カーボンフットプリント」制度の構築に向けた取組みが、多数の民間企業等も参画する形で進められている。この取組みでは、商品種別間で共通的な規準、商品等の定義と範囲、データ収集のルール等を示した「PCR の策定基準」を制定した上で、商品種別毎に PCR（Product Category Rule、製品分類別基準）の策定が進められつつある。PCR の策定基準では、二酸化炭素排出原単位データとして、国や公的機関が整備を行う積み上げ法のデータベースを活用することを原則とし、現状利用可能なデータベース（LCA 日本フォーラムデータベース、JEMAI-LCA データベース等）を活用して特定することとされているものの、信頼性・汎用性・網羅性が高く、最新のデータが整備・管理されている共通の二酸化炭素排出原単位データベースの整備が望まれると指摘されている。

LCA の国際規格である ISO14040/44 では、前述のとおり具体的詳細は実施者に委ねられている領域が広く、異なる LCA 調査間の比較可能性を担保することが難しい。従って、定量的環境ラベルの国際規格 ISO14025 では、同一表示制度における同一製品分類の中で比較可能性を確保することを求めており、そのために PCR の策定を要求している。

産業環境管理協会では、エコリーフ環境ラベルを 2002 年から本格運用している。エコリーフ環境ラベルは、LCA の手法で温室効果ガス排出量等の環境負荷量を定量的に把握し、それらの結果を、インターネットを通じて消費者に開示するもので、ISO の環境ラベルの分類ではタイプ III に分類されるものである（図 1. 2-5 参照）。現在までに累計で 1000 を超える製品の情報が公開されている。

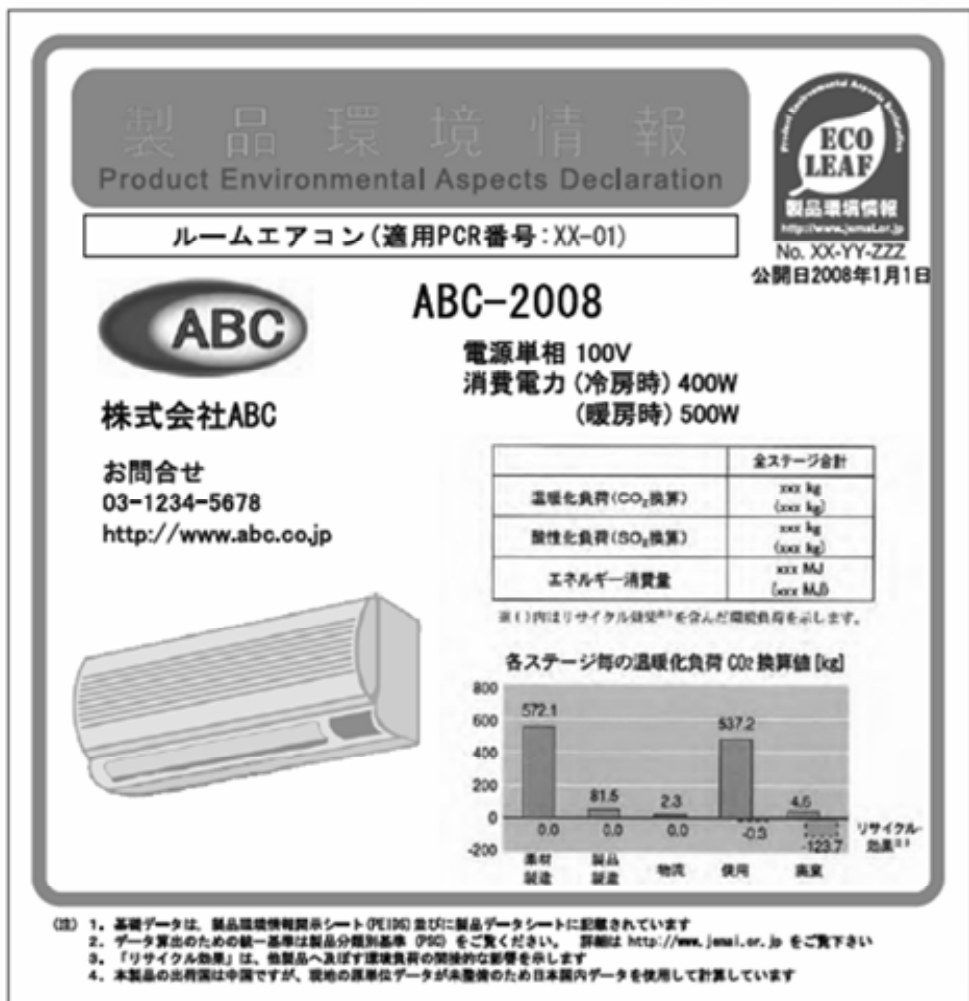


図 1. 2-5 カーボンフットプリントの表示例

出典：産業環境管理協会（エコリーフ環境ラベル）

2) 建築分野における CASBEE

建築物を環境性能で評価し格付けする手法である「建築環境総合性能評価システム」(CASBEE)が、国土交通省住宅局の支援のもと産官学共同プロジェクトとして開発され、一部の自治体における制度等で活用されつつある。

CASBEE は、建物の敷地境界等で区分された仮想空間の内外のそれぞれについて、「建築物の環境負荷 L：仮想閉空間を越えてその外部（公的環境）に達する環境影響の負の側面」と「建築物の環境品質 Q：仮想閉空間内における建物ユーザーの生活アメニティの向上」を数値化し、この比で定義される $BEE=Q/L$ により、「建築物の環境効率」をランク付けするものである（図 1. 2-6 参照）。

CASBEE の基本ツールは、建築物のライフサイクルに対応して「CASBEE-企画」、「CASBEE-新築」、「CASBEE-既存」、「CASBEE-改修」の4つで構成される。このうち、CASBEE-新築においては、2008年版よりライフサイクル CO₂ (LCCO₂) が評価指標に含まれるようになった。

CASBEE-新築での LCCO₂ は標準計算と個別計算から構成される。簡易に概算を行える標準計算手法の構築では、資材の製造にかかわる二酸化炭素排出原単位の算定及び建設等における資材量に伴う二酸化炭素排出量の算出が、日本建築学会の「建物の LCA 指針」に含まれる環境負荷原単位

データベース及び LCA ツールを利用することにより行われた⁸。また、個別計算は、評価者自身が詳細なデータ収集と計算を行って LCCO₂ を算出するものであるが、その手法としては、「建物の LCA 指針」を利用することが想定されている⁹。建物の LCA 指針は、日本建築学会が 1999 年に発行し、その後、二回の改訂を経て現在は 2006 年に発行されたものが最新である。このような環境負荷原単位データベースと LCA 計算手法・計算ツールの継続的な開発成果が基盤となり、CASBEE-新築での LCCO₂ の導入は迅速に可能であったものと考えられる。

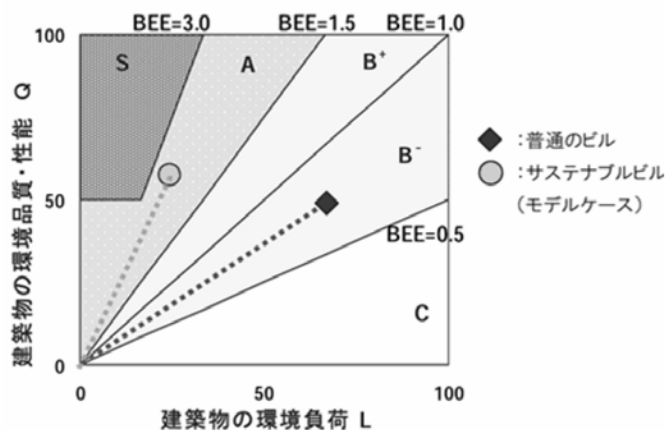


図 1. 2-6 CASBEE の評価指標「BEE」

出典：評価の仕組みと BEE (<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/method.htm>)、CASBEE ウェブサイト (<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/index.htm>)、2012 年 1 月 30 日参照

3) LIME による LCIA

LCIA の手法として、我が国では LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling、被害算定型環境影響評価手法) が利用されることが多い。LIME は、独立行政法人産業技術総合研究所が開発した手法で、現在は改善を加えた LIME2 が公開されている。LIME2 では、LCI の結果を受けた環境影響の評価が、次の手順で検討されている。

- ①運命分析：環境負荷物質の環境中の濃度変化を分析する。
- ②曝露分析：①を受けて、人間等（レセプタ）の曝露量の変化を分析する。
- ③影響分析：②を受けて、人間等の潜在的影響量の変化を被害態様ごとに評価する。
- ④被害分析：③の結果を、人間健康等のカテゴリーに集約する。
- ⑤統合化：④の各カテゴリーの重要性を重みづけ、統合化指標として単一の数値を得る。

これらの検討の結果として、LCIA の実施者が利用可能な、特性化係数、被害係数、統合化係数が提供されている。

特性化係数は、各環境負荷（例えば、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素）の排出が各影響領域（例えば、地球温暖化）に及ぼす影響の強度の基準値（例えば、二酸化炭素）の比として整理したものである。これを用いて、各環境負荷がある影響領域に及ぼす影響の比較や統合が可能になる。

⁸ 佐藤正章，村上周三，伊香賀俊治，高井啓明，林立也，遠藤純子，「建築物の総合環境性能評価手法 CASBEE に関する研究 その 72：CASBEE-新築に対する LCCO₂ 評価の導入」，学術講演梗概集.D-1，社団法人日本建築学会，2008，1077-1078

⁹ 財団法人建築環境・省エネルギー機構「CASBEE 新築（簡易版）評価マニュアル（2008 年版）」

被害係数は、各環境負荷の排出によって引き起こされる影響領域の変化（例えば、二酸化炭素排出による地球温暖化の進行）が、開発にあたって設定した被害様態（例えば、感染症、熱ストレス、農業生産、土地消失）に及ぼす影響を各分野の知見を元に設定したダメージ関数によって算出し、人間健康被害や社会資産等の保護対象のカテゴリーに集約した係数である。同一の保護対象を対象にした係数であれば、影響領域が異なっても比較や加算が可能である。

統合化係数は、各保護対象の被害に対する国民の選好についてアンケート調査を実施し、各保護対象の重要性を重み付け、被害係数として整理した被害の強度を乗じたものである。

これら3つの係数の内、特性化係数は比較的信頼性が高いとされる。一方、被害係数は多くの課題があるとされる。統合化係数は、価値感の影響を不可避免的に受ける数値である。

(3) 諸外国における LCA の開発・実施状況

諸外国においても、建設に係る LCA に関する研究が、欧米を中心に近年行なわれている。

建設に係る LCA 研究事例としては、建設資材に係る LCA と建設プロセス全体に係る LCA とがある。後者では建築物の LCA の事例と土木構造物の LCA の事例があり、これまでのところ建築物の事例研究が多い。なお、建築分野では、LCA を取り入れた定量的評価ツールが諸外国においても存在する。

また、交通システム、水処理・供給システム、廃棄物処理システム等社会資本の各分野でのシステム全体に着目した LCA 研究も行われている。

ただし、LCA を社会資本整備の実務に組み入れた事例（国）は、確認されなかった。

【解説】

建設分野において近年¹⁰実施された LCA をレビューした Ortiz ら (2009)¹¹は、建設産業に係る LCA を、建設資材 (Building Material and Component Combinations) に係る事例と、建設プロセス全体 (Whole Process of the Construction) に区分して整理している。事例研究のほとんどは、欧米の先進国のものとされている。

1) 建設資材に関する LCA 事例

上記レビューでは、建設資材に係る LCA の事例が多数示されている。なお、建設資材に係る LCA に関して、最近では、北海道大学、土木学会複合構造委員会、建設用先端複合材技術協会等の主催により、日米ワークショップ「環境に優しい社会基盤材料のライフサイクルアセスメント」が 2009 年秋に北海道で開催され、専門家による意見交換が行われている¹²。

2) 建設プロセス全体に関する LCA 事例

一方、建設プロセス全体としては、建築物の LCA で示されている事例数に比べて、土木構造物の LCA で示されている事例数は同レビューでは限られており、いずれも道路建設である。なお、建築分野では、LCA を取り入れた定量的評価ツールが諸外国においても存在する (ATHENA (カナ

¹⁰ 2000～2007 年の文献を対象としたレビューである。

¹¹ Oscar Ortiz, Francesc Castells and Guido Sonnemann, “Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA”, Construction and Building Materials, 23(1), 2009, 28-39

¹² “US-Japan Workshop on Life Cycle Assessment of Sustainable Infrastructure Materials”, 2009. Final Report (Jul. 20, 2010)

ダ)、Eco-Quantum (オランダ)、BEES (米国) 等¹³⁾。

3) 社会資本システム全体に関する LCA 事例

また、構造物を対象とするのではなく、社会資本の供用時の機能に着目してシステム全体として LCA を実施した研究もおこなわれている。例えば、カリフォルニア大学バークレー校では、米国における旅客輸送の LCA 研究のプロジェクト¹⁴⁾を実施しており、車両 (製造、走行等)、インフラ (建設、維持管理等)、燃料 (製造、供給) を対象範囲に設定して、自動車、鉄道及び航空についての LCI が実施されている¹⁵⁾。また、水処理システムや水供給システムについての LCA 研究も実施されている¹⁶⁾。廃棄物処理システムについては、世界各国で LCA のためのモデル (ソフトウェア) がツールとして開発されている。ただし、それらのモデルの中には処理施設の建設段階を環境負荷算定の対象範囲として含まないものも見られる¹⁷⁾。

(4) 国際規格等への導入の動き

ISO の Technical Committees 71 (TC71 : Concrete, reinforced concrete and pre-stressed concrete) の Subcommittee 8 (SC8 : Environmental management for concrete and concrete structures) においては、ISO13315 シリーズとして、コンクリート分野の関係者が誤解なく適切に環境負荷評価を行うためのルールの構築が進められている。これは、ISO 14000 シリーズやその他の関連規格のみではコンクリート分野の環境負荷評価を行うことは容易ではないとの判断から、これらの規格との整合性を図りつつ、コンクリート分野によるコンクリート分野のためのルールを作成しようという動きである。現在までに、Part 1 の General principles が発刊に向けた最終段階 (Approval stage) にあり、Part 2 の System boundary and inventory data が審議段階にある。

また、Technical Committees 59 (TC59 : Building construction) においては Subcommittees 17 (SC17 : Sustainability in buildings and civil engineering works) が活動しており、その対象範囲には土木構造物も含まれている (図 1. 2-7 参照)。

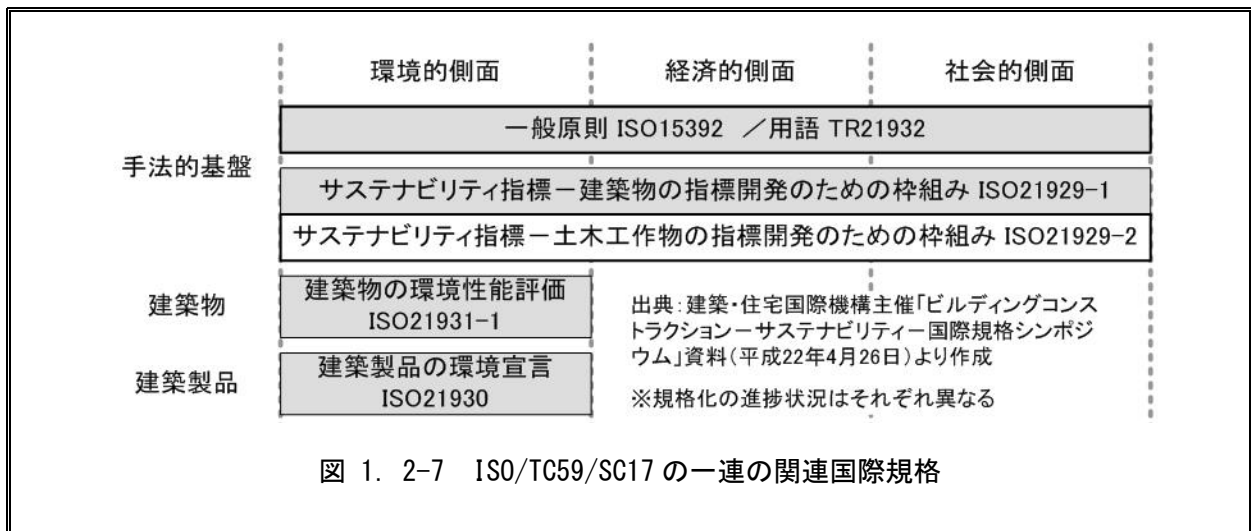
¹³⁾ Martin Erlandsson and Mathias Borg, "Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services-today practice and development needs", Building and Environment, 38(7), 2003, pp. 919-938

¹⁴⁾ <http://www.sustainable-transportation.com/>

¹⁵⁾ Mikhail V Chester and Arpad Horvath, "Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains", Environmental Research Letters, 4(2), 2009.

¹⁶⁾ 例えば、Environmental Science & Technology (ES&T) 誌に最近掲載された論文としては、Stokes, J. and Horvath, A. "Energy and Air Emission Effects of Water Supply", ES&T, 2009, 43(8), pp. 2680-2687 や、Jorgelina C. Pasqualino, Montse Meneses, Montserrat Abella and Francesc Castells, "LCA as a Decision Support Tool for the Environmental Improvement of the Operation of a Municipal Wastewater Treatment Plant" ES&T, 2009, 43(9), pp 3300-3307 等がみられる。

¹⁷⁾ Gentil EC, Damgaard A, Hauschild M, Finnveden G, Eriksson O, Thorneloe S, Kaplan PO, Barlaz M, Muller O, Matsui Y, Ii R, Christensen TH. "Models for waste life cycle assessment: review of technical assumptions", Waste Management, 2010, 30(12):2636-48.



(5) 社会資本整備に大量投入される材料分野における検討

各材料分野における LCA の検討データは、LCA 日本フォーラム等に登録されているものも数十にのぼる。社会資本整備に大量投入される材料では、セメント（セメント協会）、鉄鋼製品（日本鉄鋼連盟）、石油製品（石油連盟）が工業会提供データを LCA 日本フォーラムに登録している。また、舗装材料、骨材、産業廃棄物等についても、業界団体が中心となり、環境負荷量の把握や削減対策の推進に向けた取組みを実施している。

1. 3 社会資本 LCA のあり方

1. 3. 1 社会資本 LCA の導入による持続可能な社会への変革

社会資本整備に携わる多種多様な関係者は、各々個別に環境負荷削減に取り組んでいるものの、各取組みの効果を地球規模で把握することは困難な状況である。自身の責任において実行可能な取組を、関係者各位が各々実施することが重要であることは当然であるが、それらの取組が総体として地球環境の改善につながる構造となっているかを見極めることが必要である。

LCA は空間的・時間的に包括的な環境影響を評価可能な手法であるため、社会資本整備を対象とした LCA の共通手法を開発し、関係者の取組みの環境面の影響を適切に評価することで、社会資本整備全体としての環境負荷削減に資する取組を選択していくことが期待される。また、評価の結果を公表し、環境面に優れた技術を積極的に標準化していくことで、一層の環境負荷削減に資する技術開発が促進されることも期待できる。評価、公表、技術開発の一連のサイクルを繰り返すことで、社会資本分野が一丸となって、持続可能な社会の実現に貢献していくことが期待される（図 1. 3-1 参照）。

さらに、LCA の導入によって、個別の技術に関する環境面への貢献のほか、社会資本整備全体として、従来果たしてきた貢献、及び一連のサイクルの繰返しによって一層進んだ貢献についても評価が可能である。社会資本整備の環境への貢献は従来定量化が困難であり、従って、一般社会に対して発信し、認知されることもできなかった。LCA を活用していくことで、関係者自らが社会資本整備の新たな機能を発見するとともに、一般社会への積極的な発信によって、社会資本整備を見つめる国民の視界を広げていくことも可能であると期待される。

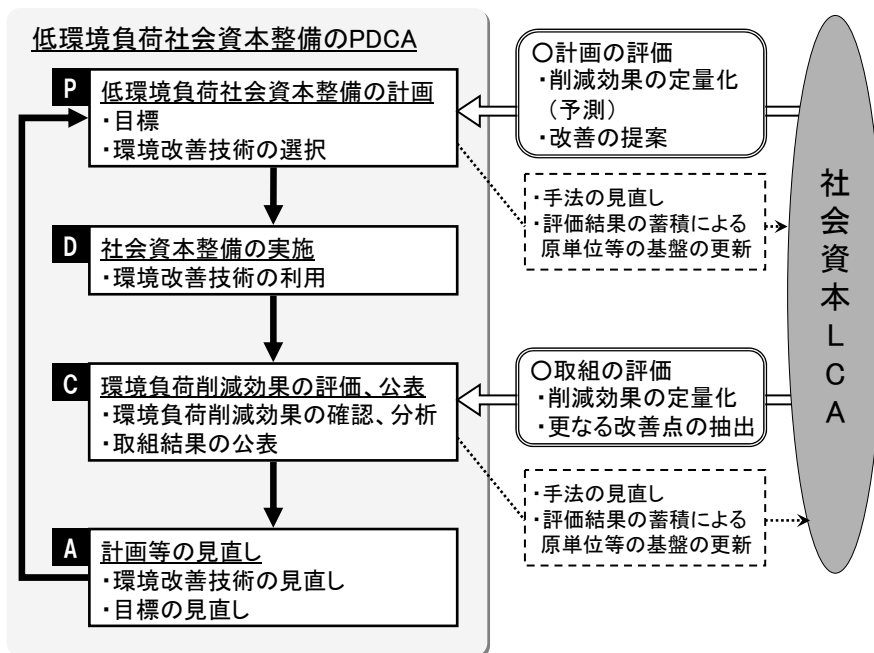


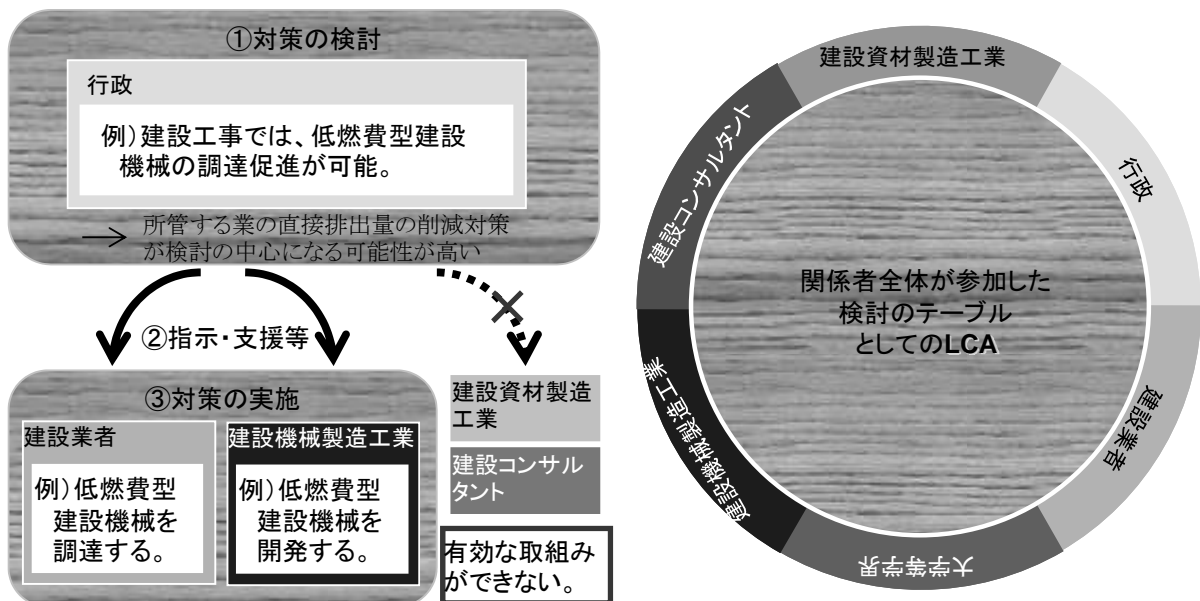
図 1. 3-1 LCA を用いた低環境負荷社会資本整備の PDCA

【解説】

関係するあらゆる主体が環境負荷の削減に取り組むことが重要であることはいままでもないことである。ただし、それらの取組みは、地球環境全体の改善（全体最適）につながっているものでなければならない。狭い範囲で求めた部分最適の取組みは、全体としては環境負荷を増大させていることがあり得る。社会資本整備における低炭素化に向けて、建設業に限らず、関連する他

の産業界や大学等の学界とも認識を共有し、各々の役割を明確化するための共通手法が必要である。

また、従来の上位下達型のモデルでは、対策が部分的なものに留まりかねず、それらの積み重ねは全体最適につながらないことがあり得る。関係者が多岐にわたる地球環境問題については、実施する主体が自ら対策を検討する手法が求められる。関係者が自ら全体最適のシナリオを検討する共通の手法として、対象のゆりかごから墓場までを通しての環境に及ぼす影響を評価するLCAは適している（図 1. 3-2 参照）。



(a)上位下達型 対策の実施主体が限定されるため、地球環境問題に不向き。

(b)関係者連携型 関係する主体全体としての最適化が図れるため、地球環境問題に適する。連携を図る手法としてLCAが有効。

図 1. 3-2 地球温暖化を例にした、上位下達型の検討と、LCA を中心とした関係者連携型の検討の相違

1. 3. 2 社会資本整備の各意思決定レベルにおける LCA の活用

社会資本整備は、構想、設計、施工などのレベルを経てなされる。各レベルにおける意思決定は、全体的な概略計画から、工事実施に必要となる個別の具体的事項へと順に詳細になる。より具体的には、構想レベルは、河川事業における計画検討、道路事業における概略計画、港湾事業における長期構想など、事業の概ねの計画を決定するレベルである。設計レベルは、事業における工事対象となる構造物の形状や概略の工数などを決定するレベルである。施工レベルは、具体的な資機材を決定し、工事を実施するレベルである。

意思決定のレベルによって決定が及ぼす影響や取り得る選択肢が異なるため、それぞれのレベルに環境負荷削減の余地がある。よって、各レベルの意思決定の目的（影響や選択肢）に応じて適切な調査範囲を設定し、LCA を実施することで、一連の手続を通じた環境側面の評価・改善が可能である（図 1. 3-3 参照）。以上から、各意思決定レベルに LCA を活用した社会資本整備の実施によって、持続可能な社会の実現に大いに貢献していくことが期待できる。

意思決定レベル別の決定事項について、道路事業を例に示すと、次のとおりである。

- ・ 構想レベル：道路の機能（計画交通量、車線数）、基本構造（平面・高架・トンネル）
- ・ 設計レベル：道路線形、構造物断面
- ・ 施工レベル：使用資機材

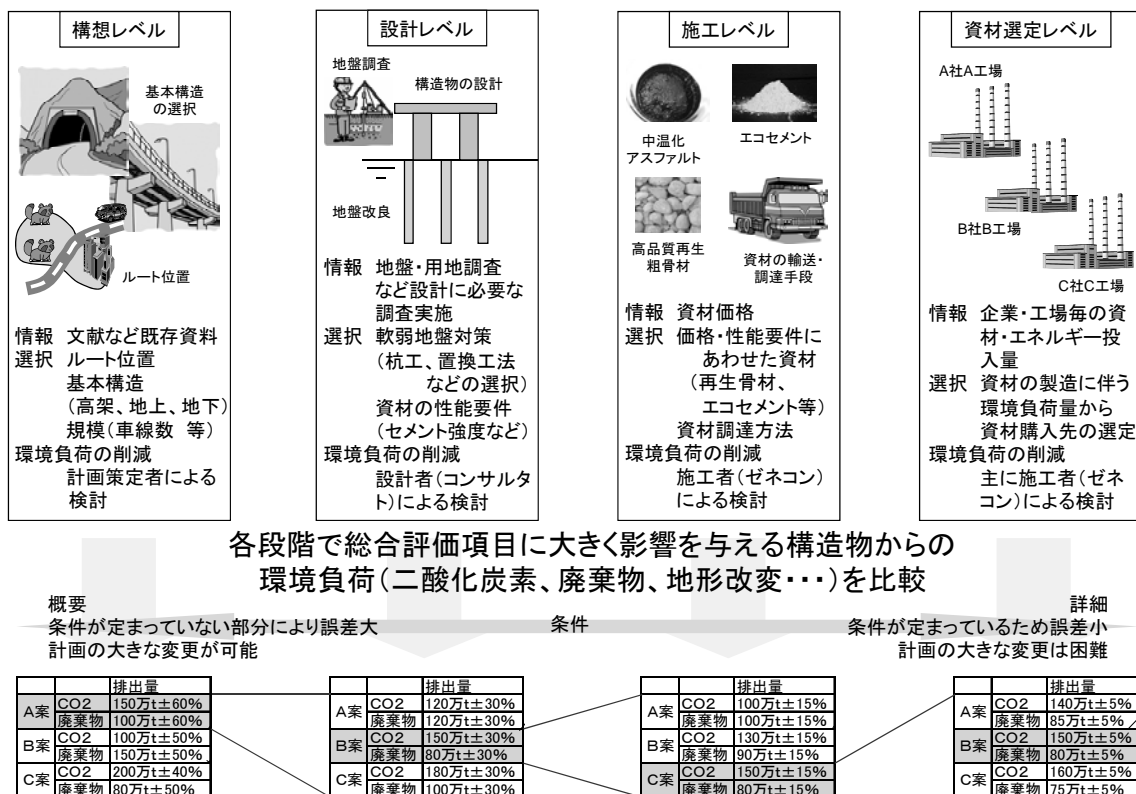


図 1. 3-3 各意思決定レベルにおける環境負荷低減検討イメージ

1. 4 社会資本 LCA の当初課題

社会資本整備を対象とした LCA（社会資本 LCA）の本格的運用により、社会資本整備分野が持続可能な社会の形成へ貢献していくことが期待されるものの、現状では、社会資本 LCA 実施にあたって留意が必要な一般的な事項（枠組み）や LCA 実施にあたって基盤となるデータベースについて、十分な整理や開発がなされていない。これらの整理開発にあたっては、社会資本の特徴を十分に考慮する必要がある。

1. 4. 1 社会資本 LCA の枠組み構築に向けた基本的認識

社会資本整備は次に示す特徴を有する。社会資本 LCA 実施はこれらの特徴を十分に考慮してなされなければならない。そのためには、これらの特徴が、LCA 実施の前提となる社会資本 LCA の枠組みに反映されていることが必要である。

(1) 将来シナリオ固定が不可能・廃棄シナリオの特殊性

社会資本整備は社会的に及ぼす影響が非常に大きく、かつ長期におよぶため、意思決定における環境面の考慮にあたって、この波及影響が重要な場合がある。社会資本整備の計画においては、長期にわたる社会情勢の推移の中で社会資本の運用が受ける影響を十分な蓋然性をもって想定することは容易ではない。すなわち、供用中や廃止後に関する遠い将来のシナリオを、事業実施のレベルで固定することは不可能である。特に、地下構造物や港湾構造物、過疎地の道路等は、廃止に伴って解体・撤去が行われなこともあり、実際には解体・撤去は建設需要に伴って行われる。また、建設廃棄物は、ほとんど全量が再資源化され、再利用されている。

(2) 大量調達・主要資材の限定

- ・大量調達される資材は、土、骨材、コンクリート、鉄鋼、アスファルト混合物等少数のグループに分類できる
- ・骨材や土等を大量に運搬するため、運搬に係る環境負荷の比率が高い。

(3) 注文生産・現場生産

- ・注文生産であるため、大量生産される既成品に比べて生産設備の資本形成・減耗に係る環境負荷の変動が大きい。また、建設現場における建設資材等の受入れ形態は多様である。
- ・調達される資材や利用される施工方法に関する詳細な条件は、事業ごと箇所ごとの現場条件で決まる側面が強く、様々である。また、建設機械の稼働状況、資機材の輸送距離等は、現場条件の影響を強く受ける。

(4) 分業性

社会資本整備には、原料の採取、運搬、資材の製造、加工、構造物の施工、管理、解体、廃棄・再資源化等多数の関係者が携わり、分業化されている。関係者ごとに、社会資本整備に担う役割が異なることから、環境負荷削減に向けて可能な取組みやその前提となる社会資本の捉え方も異なる。

【解説】

(1) 将来シナリオ固定が不可能・廃棄シナリオの特殊性

1) 社会資本の寿命

社会資本の寿命は、一般にライフサイクルシナリオを見通せないほど長い。たとえば、平成 8

年7月から18年6月までに架け替えられた橋梁について、供用年数を整理した結果を図1.4-1に示す。平均供用年数は約40年と長い。ピークは36～40年と66～70年に見られる。81年以上は、大正・明治時代に建設されたものである。なお、この図は、架け替えられた橋梁を対象とした調査結果から作成したため、架け替えられることなく更に長い期間供用されているものもあるものと推察される。

40年前に現在の社会、経済、科学技術等を予見し得たかと考えるまでもなく、数十年に及ぶライフサイクルシナリオを固定することは現実的ではない。また、各活動に起因する環境負荷も数十年のスパンでは大きく変化することが予想されるものの、現状では、単年度の数値を用いた計算をせざるを得ない。

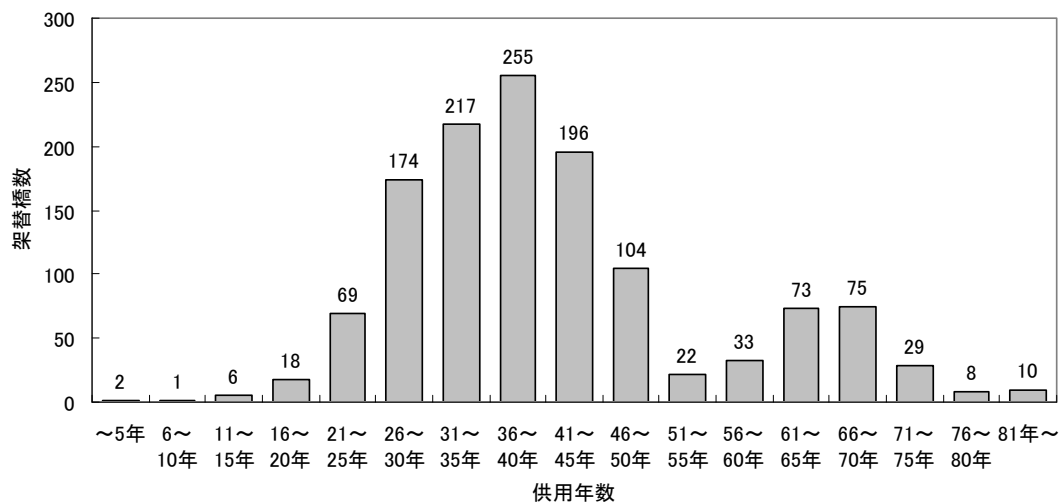


図 1. 4-1 架け替えられた橋梁の供用年数（平成 18 年度調査）

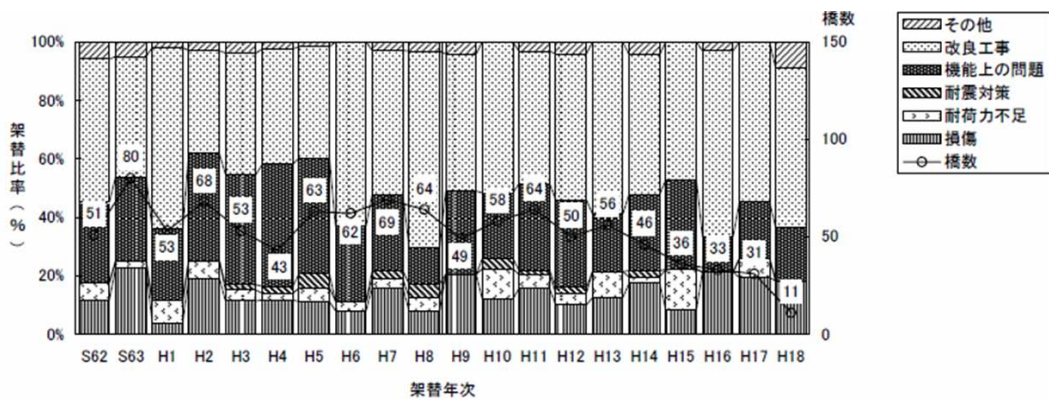
数値根拠：国土技術政策総合研究所「橋梁の架替に関する調査結果（IV）」

2) 廃止後の解体の取り扱い

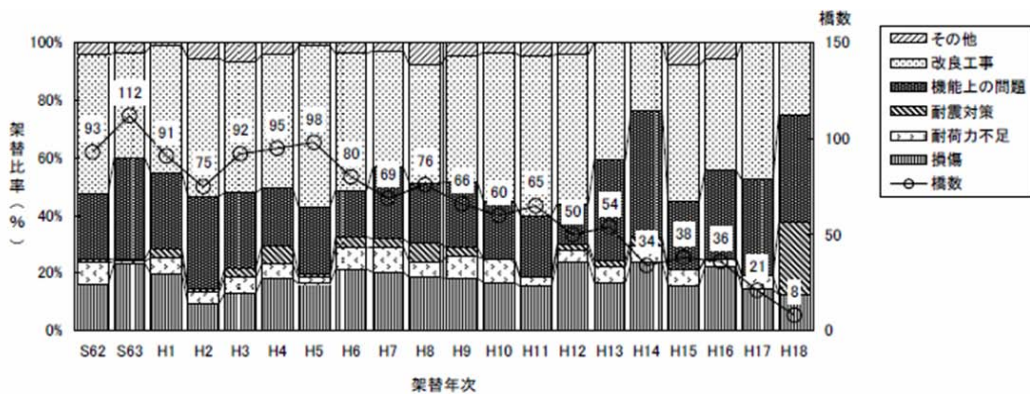
橋梁の架替に関する調査結果によれば、架替は「(道路線形や河道等の) 改良工事」、「機能上の問題」によってなされるものが8割程度であり、「損傷」等の物理的要因によってなされるケースは非常に少ない。すなわち、解体は建設需要によってなされている（図1.4-2参照）。

また、道路や地下構造物等、供用を終えて廃止された後も、解体・撤去がなされないことがある。この点に関する傍証として、S. Hashimoto et al(2007)は、廃棄物の発生状況について、建設実績からの推定量と実態に大きな乖離があることを指摘している。

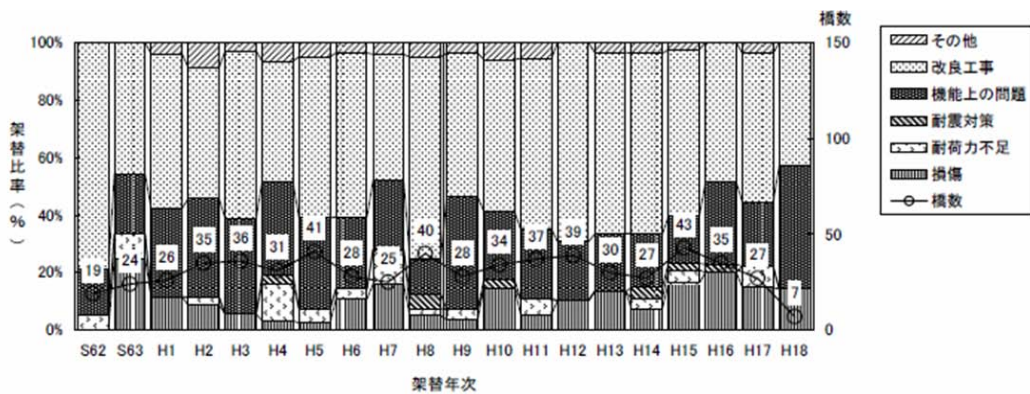
以上から、将来の解体を前提としたライフサイクルの設定は適切ではないと考えられる。



(a) 鋼橋



(b) RC 橋



(c) PC 橋

図 1. 4-2 橋種別の架替理由の経年変化 (a) 鋼橋、(b) RC 橋、(c) PC 橋

出典：国土技術政策総合研究所資料 No. 444 「橋梁の架替に関する調査結果 (IV)」

3) 解体・撤去後の廃棄物等の処理の実態

建設需要によって発生した建設副産物（建設廃棄物及び建設発生土）は、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」の公布以降、再資源化の動きが高まっている。代表的な建設廃棄物であるコンクリート塊やアスファルトコンクリート塊は、平成 20 年度において約 98%が再資源化されている（表 1. 4-1 参照）。

表 1. 4-1 建設副産物の再資源化等率

	平成17年度	平成20年度	増減
アスファルト・コンクリート塊の再資源化率 ^(注5)	98.6%	98.4%	-0.2%
コンクリート塊の再資源化率	98.1%	97.3%	-0.8%
建設発生木材の再資源化率	68.2%	80.3%	12.1%
建設発生木材の再資源化等率	90.7%	89.4%	-1.3%
建設汚泥の再資源化率	47.9%	69.8%	21.9%
建設汚泥の再資源化等率	74.5%	85.1%	10.6%
建設混合廃棄物の排出量	293万トン	267万トン	-26万トン
建設廃棄物の再資源化等率	92.2%	93.7%	1.5%
利用土砂の建設発生土利用率	80.1%	78.6%	-1.5%

出典：国土交通省「平成20年度建設副産物実態調査」

(2) 大量調達・主要資材の限定

1) 社会資本整備への資源（材料）投入状況

社会資本整備への天然資源の投入状況を図 1. 4-3 に示す。なお、この図は、後述する弾力性分析によって作成したものであり、影響が一定以上大きいもののみを示している。

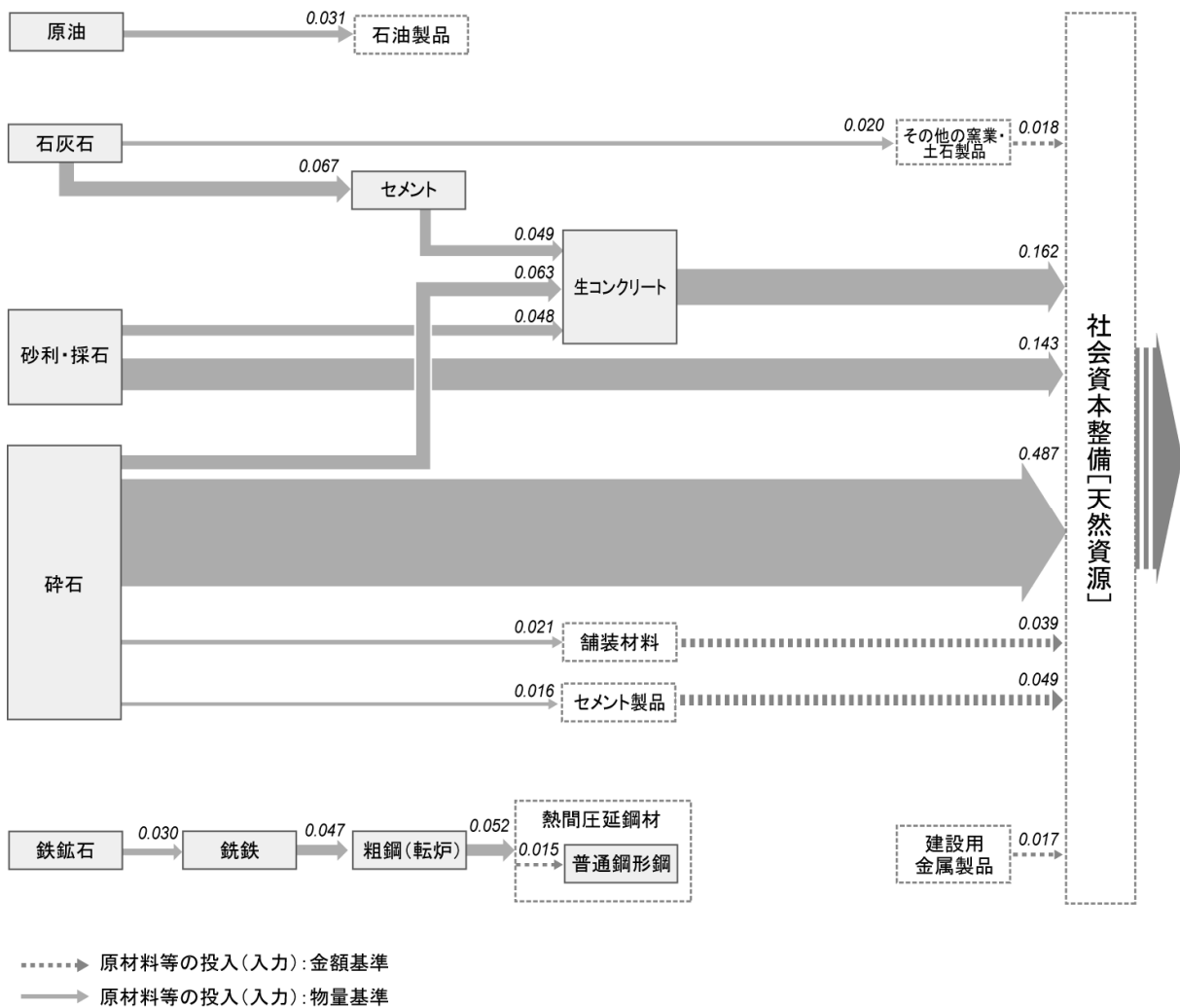
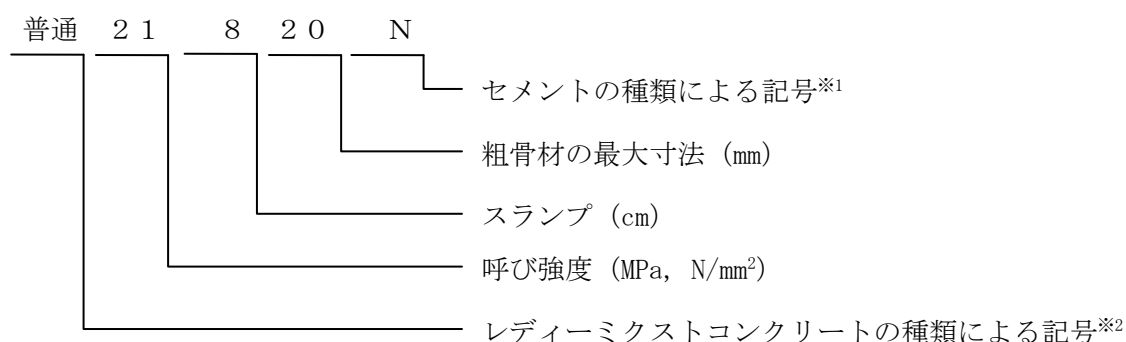


図 1. 4-3 社会資本整備への天然資源の投入状況

コンクリート（生コンクリート、セメント製品）、骨材（砂利・採石、碎石）、アスファルト混合物（舗装材料）、鉄鋼製品（建設用金属製品）が直接投入されるものとして多い。よって、これらの主要資材に係る環境負荷量を上流工程も含めて精度良く推計できれば、一般的な社会資本整備における環境負荷量の推計の精度を効率的に高めることができる。主要資材の種類が限られ、かつ、自動車等ほかの工業製品に比べれば加工度が相対的に低いことが建設資材の特徴である。

一方、同一分野の製品であっても規格は様々であり、規格に応じて環境負荷量も異なると考えられる。たとえば、レディーミクストコンクリートでは、以下の記号により、レディーミクストコンクリートの種類、呼び強度、スランプ、粗骨材の最大寸法、セメントの種類等が指定される。

（図 1. 4-4 参照）



※1 セメントの種類

N, NL, H, HL, UH, UHL, M, ML, L, LL, SR, SRL,
BA, BB, BC, SA, SB, SC, FA, FB, FC, E

※2 レディーミクストコンクリートの種類

普通、軽量1種、軽量2種、舗装、高強度

図 1. 4-4 コンクリートの表記

2) 社会資本整備を目的とした環境負荷に対する運搬比率について

図 1. 4-5 に示すように、公共事業の環境負荷に占める運輸部門からの二酸化炭素排出量は、工業製品である「精密機械」、「輸送機械」、「電子部品」、「情報・通信機器」、「電気機械」、「一般機械」等に比べて大きい。

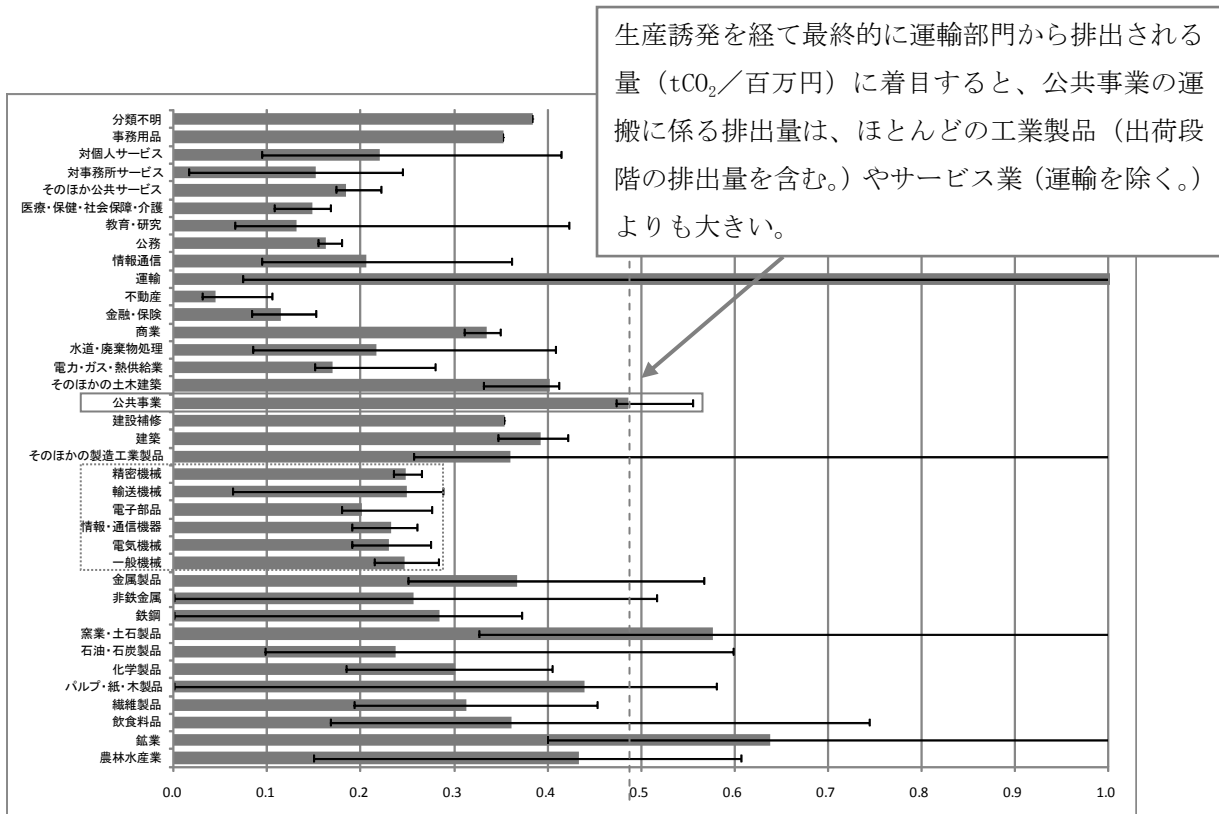


図 1. 4-5 購入者価格二酸化炭素排出原単位 (tCO₂/百万円) の最終誘発量のうち運輸部門からの排出量

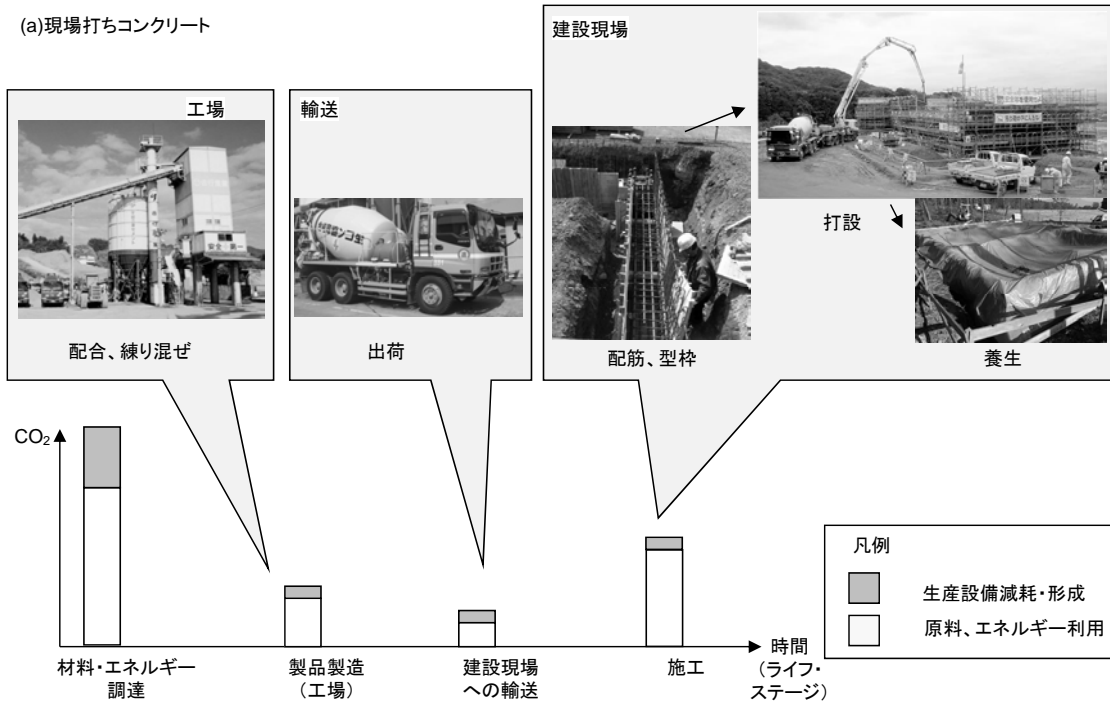
算出根拠：国立環境研究所 3EID (2005 年β+版)

(3) 注文生産・現場生産

1) コンクリートを例にした生産設備の資本形成・減耗に係る環境負荷の変動について

コンクリートには、レディーミクストコンクリートを注文して建設現場で打設する「現場打コンクリート」、セメントや骨材を注文して現場で練混ぜる「現場練りコンクリート」、成型されたコンクリート製品を注文して現場で架設する「プレキャストコンクリート」と、様々な注文形態が用いられる (図 1. 4-6 参照)。原料採取から施工まで通してみれば、いずれの注文形態であっても同様の工程を経るものの、各工程で使用する生産設備の機能・規模は異なる。従って、生産設備の資本形成・減耗に係る環境負荷も多様であると推察される。よって、多様な注文形態について同様の計算を可能とするためには、生産設備の資本形成・減耗を考慮することが必要である。

(a)現場打ちコンクリート



(b)プレキャストコンクリート

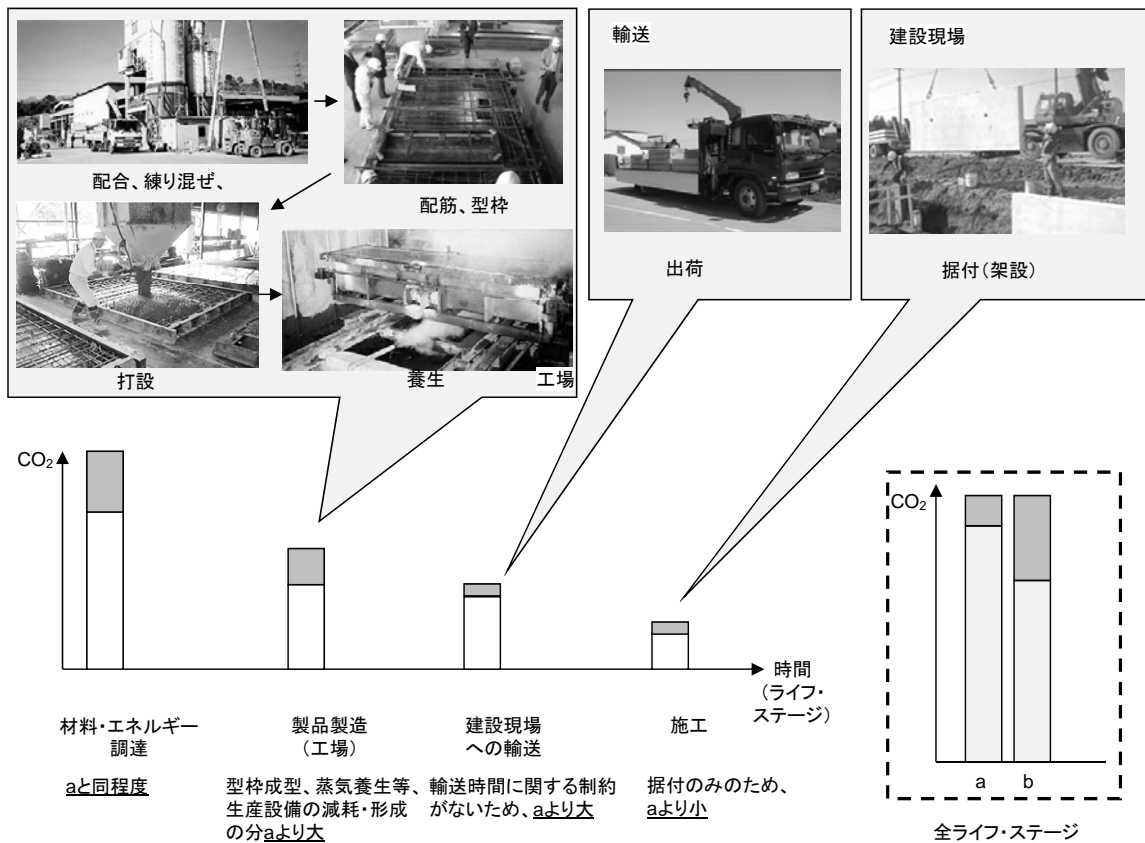


図 1.4-6 現場打ちコンクリートとプレキャストコンクリートの二酸化炭素排出量内訳イメージ

各ライフステージの影響が異なるとともに、全ライフステージの合計では、生産設備由来の二酸化炭素の比率が異なる。

1. 4. 2 社会資本 LCA の技術開発に向けて解決すべき課題

(1) LCI に利用可能な既存のデータ基盤

LCI に利用するデータ基盤（環境負荷原単位一覧表、IDB）の作成方法は、「産業連関法」と「積み上げ法」、及び両者を組み合わせた手法に大別できる。これまでの代表的な IDB の開発経緯を図 1. 4-7 に示す。

産業連関法は、総務省が作成している「産業連関表」に示された国内の経済フローに基づいて環境負荷原単位一覧表を構築する手法である。産業連関法によって継続的に作成されてきている環境負荷原単位一覧表として、慶応大学の「環境分析用産業連関表」、国立環境研究所の「3EID」、日本建築学会の「建物の LCA 指針」等が挙げられる。

積み上げ法は、各産業における製品製造プロセスから重要な物質フローを特定し、環境負荷原単位一覧表を構築する手法である。積み上げ法を用いた環境負荷原単位一覧表として、LCA ソフトウェアの附属データベース等のほか、経済産業省が LCA プロジェクトで開発したもので、各工業会が提供しているデータを中心に構成されているデータベースが挙げられる。コンクリートや舗装等個別の分野における既往の LCI 検討にあたっては積み上げ法が用いられている。

土木学会 LCA 検討小委員会（1996）¹⁸では、主要な資材については積み上げ法を、それ以外は空調衛生工学会・建築学会（1995）による産業連関法を用い、両者を組み合わせた環境負荷原単位一覧表を推奨値として提案した。しかしながら、平成 8 年度以降更新されていない。

また、土木研究所では、二酸化炭素排出量について材料別原単位、事業別原単位、構造物別原単位、工法別原単位を作成している。材料別原単位では、一般的な材料は産業連関法を、リサイクル材料、特殊な材料は積み上げ法を用いて作成し、木嶋ら¹⁹はその算出数値を公表している。しかしながら、積み上げ法自体が材料生産のライフサイクルを全て考慮に入れていないため、結果的にバーゲン材や従来材料に比べて低い値となり、結果の取扱いに注意が必要であるとされている。なお、事業別原単位は、産業連関表の建設部門分析用産業連関表を取り込むことにより算定されたものである。また、構造別原単位は、「土木工事積算基準マニュアル」に記載されている標準的な 12 工事の、新設、維持管理、解体廃棄のライフサイクルを対象に、積み上げ法で算定された。工法別原単位は、この 12 工事を対象に、工種、種別、細別区分にまで細分化し、種別ごとに推計されたものである。

¹⁸土木学会地球環境委員会、環境負荷（LCA）評価検討小委員会：土木建設業における環境負荷評価（LCA）検討部会、平成 7 年度調査研究報告書

¹⁹木嶋健・寺田剛・明嵐政司・西崎到「建設事業における CO₂ 排出量に関する検討」月刊土木技術資料、48(12)、60-65、2006

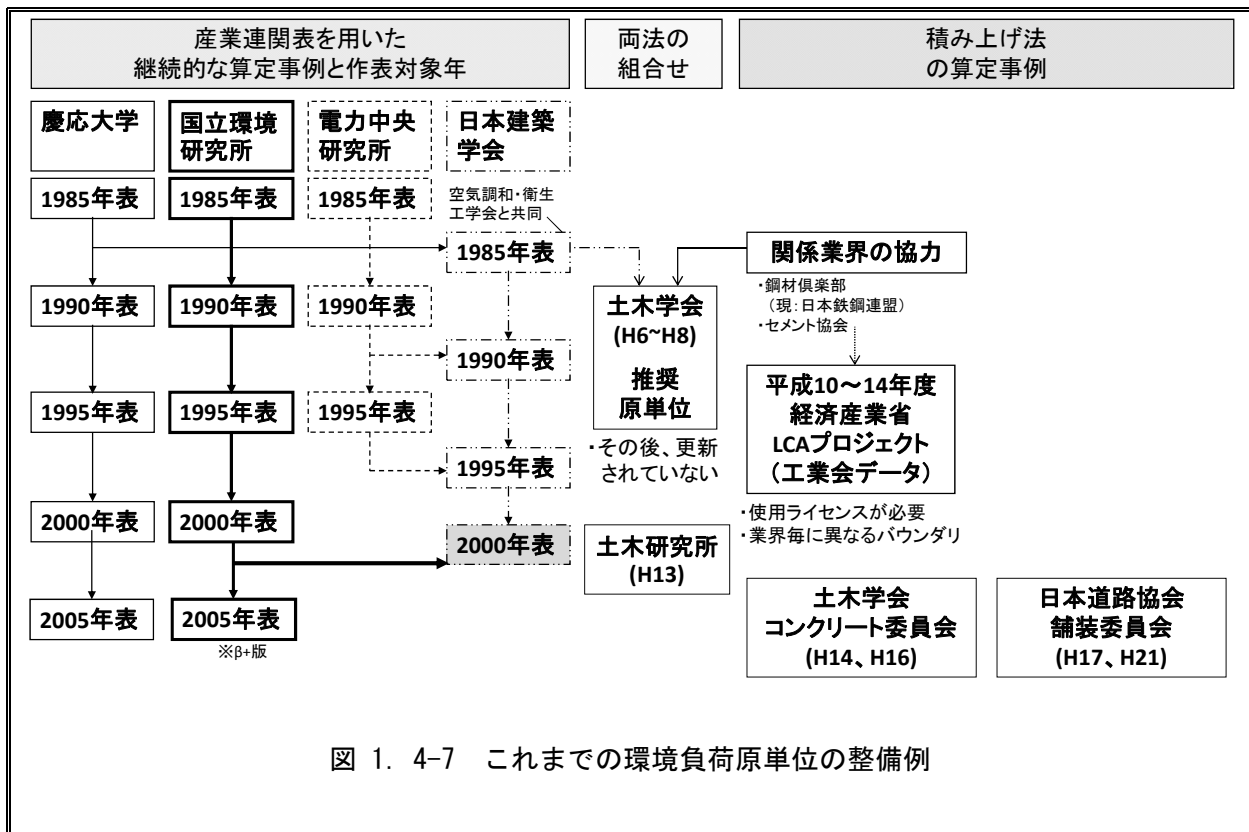


図 1. 4-7 これまでの環境負荷原単位の整備例

【解説】

産業連関法と積み上げ法の利点・欠点は表 1. 4-2 のとおりである。整合性、精度、透明性、網羅性、差異化における利点、欠点は相補的である。

産業連関法による環境負荷原単位一覧表は、日本国内全体の生産活動の部門で構成されており、網羅性、整合性を保つことができる。しかしながら、産業連関表の更新頻度は5年に1回であり、新技術の開発や調達材料の変化等による環境負荷原単位の変動を逐次反映することが困難である。また、産業連関表の数百の部門ごとの環境負荷原単位しか設定できないため、詳細な品目毎の評価ができない。

積み上げ法は、詳細な品目について環境負荷原単位が作成でき、最新データによる更新も可能である。しかしながら、評価者によって環境負荷計算のシステム境界や計算根拠が異なりうる。

表 1. 4-2 産業連関法と積み上げ法の特徴の比較

		産業連関法	積み上げ法
算定方法		日本全体の経済活動を区分した部門（業種）間の取引額を利用 →約500の部門分類毎に推計	対象及び関連活動の物質・エネルギーフローの調査結果と既存のデータベース利用 →詳細なプロセス毎に環境負荷量を設定可能
特性	① 信頼性		
	整合性	○業種間で評価条件・評価範囲が同一	×評価実施者の任意性が高い →業種間で評価条件・範囲が異なりうる
	精度	×500部門なので詳細な品目毎の評価不可能 ×マテリアルフローのため、技術的実態と不一致 ×更新間隔が5年のためタイムラグがある	○調査内容に応じて詳細な分析が可能 ○物質・エネルギー収支との対応が明確 ○最新データによる一部更新が容易
透明性	○公的統計に基づく	×内訳や根拠が十分公開されない場合がある	
② 網羅性	○各経済活動は何れかの部門に区分 ○サービス調達なども含めて遡及評価 ○各部門の合算により国全体の環境負荷量へ	×全ての資材を調査することは不可能 ×全ての関連プロセスの調査は不可能。 →カウントロスによる過小評価	
③ 差異化	×個別企業環境負荷軽減努力が示されない	○製造方法・地域条件の違いを反映可能	

(2) 社会資本 LCI のためのインベントリデータベースにおける課題

社会資本分野の持続可能な社会の実現への貢献のためには、各関係者による取組の評価にあたって、環境負荷算定手法、及びベースラインとなる数値が整備されていなければならない。これらの整備にあたって、次に示す課題を解決する必要がある。

1) 比較対象間の算定手法の相違

環境負荷の比較を行う対象間において、共通の条件の下で環境負荷の算定がなされなければならない。しかしながら、ライフサイクルの考え方、具体的なシステム境界等の共通化がなされていない。

2) LCA 実施による環境負荷削減効果の見えにくさ

- ・ 既存のデータベースは社会資本整備の意思決定レベルにおける選択肢に対応した区別がなされていないため、選択肢間の環境負荷の相違が見えない。
- ・ 一組織等限られた範囲の部分最適が社会資本の遡及・波及効果を含めた全体最適とならない場合があるため、日本国内全体や地球全体等広い範囲に及ぼす環境影響を取り扱う必要がある。しかしながら、技術開発者、技術利用者、意思決定者等の関係者が個別に情報を収集できる範囲は限られる。

3) 計算の煩雑さ

意思決定の上位レベルにおける環境負荷の算定は、技術的には下位レベルの決定事項に対応した詳細な数量と環境負荷原単位を用いて可能であるものの、上位レベルにおいて得られる情報は限られることから多くの仮定が必要になることや、影響範囲が広いため、全ての数量と環境負荷原単位を下位レベルと同様に把握・整理することは作業量が膨大となることから、計算が非常に煩雑であり、現実的でない。

4) 社会情勢・技術開発への対応の遅れ

環境面に優れた技術開発は目覚ましく、また、環境負荷は技術開発動向だけではなく、社会情勢等の影響を受ける。そのため、社会情勢・技術開発へ即応する必要があるものの、以下の課題がある。

- ・ データベース化された環境負荷原単位のみでは、新技術の計算を行えない場合がある。
- ・ 定期的に更新されている既存のデータベースは、膨大な情報を取り扱っており、更新自体に大きな労力と長い作業時間を要する。

第2章 社会資本 LCI の枠組みの確立

2. 1 本研究における社会資本 LCI の位置付け

社会資本の環境負荷は、①社会資本の整備に伴い発生するもの（遡及分）、②社会資本の供用に伴い発生するもの（波及分）に分類できる。社会資本 LCI の実施にあたっては、意思決定の影響の広さに応じて調査範囲を設定しなければならない。従って、遡及分、波及分双方に影響が及ぶ意思決定への活用を目的とする場合には、当然のことながら、両者を調査範囲としなければならない。

しかしながら、波及分については、事業分野によって社会資本の運用方法が異なるとともに、利用者側の影響で決まる要素が大きいことから、事業分野横断的に共通の枠組みを定められるべきものではない。また、事業実施段階において、波及分の算定に不可欠な確からしいライフサイクルのシナリオを想定するためには、知見の蓄積が十分ではない。

そこで、波及分については、各事業分野における検討等を踏まえて適切な枠組み・手法が開発されるべきであると考え、本研究における社会資本 LCI は、社会資本整備（遡及分）のみの環境負荷量を算出する手法として位置づけた（図 2. 1-1 参照）。

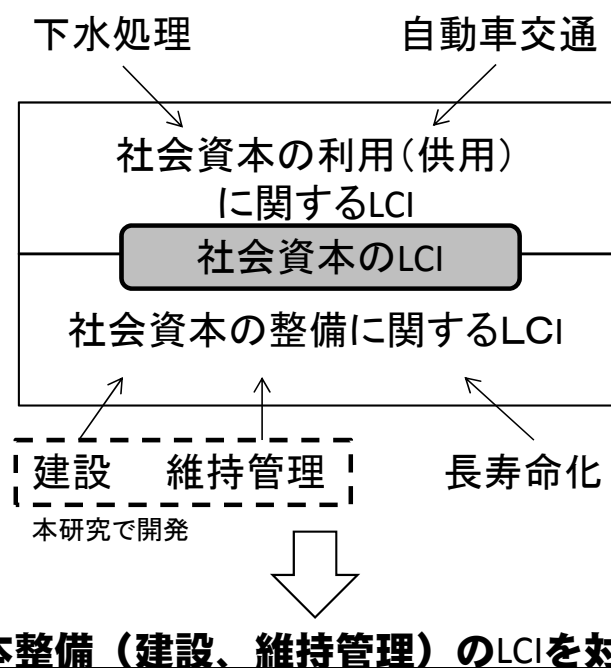


図 2. 1-1 社会資本整備の関連範囲と本研究の検討対象の関係

【解説】 特になし

2. 1. 1 各意思決定レベルにおける LCI で対象とすべき環境負荷の発生原因と本社会資本 LCI の関係

本研究は供用に伴って発生する環境負荷を検討の対象外とした。社会資本 LCI の実施者は、その結果を活用する意思決定が波及分へ影響する場合には、本報告書に記載の手法によって遡及分を算出するほか、その他の適切な手法によって波及分を別途算出しなければならない。

【解説】

各意思決定レベルにおける環境負荷量は以下に示す式で計算できる。

(1) 構想レベル

$$EP = \sum_j (S_j \times \overline{ES}_j) + [EU] + [EA] \quad \text{式(2-1)}$$

ここで

- EP : 事業全体の環境負荷量(Emission by Project)
- j : 構造物の種類
- S : 構造物(Structure)の規模
- \overline{ES} : 構造物当りの環境負荷原単位(環境負荷量) (Emission by Structures)
- EU : 構造物の使用に係る環境負荷量(Emission by Using)
- EA : 構造物の計画に係る環境負荷量(Emission by Administering)

(2) 設計レベル

$$ES = \sum_k (W_k \times \overline{EW}_k) + [ED] \quad \text{式(2-2)}$$

ここで

- ES : 構造物の環境負荷量(Emission by Structure)
- k : 工種の種類
- W : 各工種(type of Work)の作業量
- \overline{EW} : 工種当りの環境負荷原単位(環境負荷量) (Emission by types of Work)
- ED : 構造物の設計に係る環境負荷量(Emission by Designing)

(3) 施工レベル

$$EW = \sum_l (M_l \times \overline{EM}_l) + \sum_m (T_m \times \overline{ET}_m) + \sum_n (C_n \times \overline{EC}_n) \quad \text{式(2-3)}$$

ここで

- EW : 工種の環境負荷量(Emission by type of Work)
- l : 資材の種類
- M : 資材(Material)の数量
- \overline{EM} : 資材の環境負荷原単位(環境負荷量) (Emission by Materials)
- m : 運搬の車種等
- T : 運搬距離(Transport distance)

- \overline{ET} : 運搬に係る環境負荷原単位(環境負荷量)(Emission by Transport)
 n : 施工に係る環境負荷(建設機械、仮設材 等)の種類
 C : 施工(Construction)に係る数量(掘削量 等)
 \overline{EC} : 施工に係る環境負荷原単位(環境負荷量)(Emission by Construction)

(4) 資材選定レベル

$$EM = \sum_o (R_o \times \overline{ER}_o) + \sum_p (E_p \times \overline{EE}_p) + EO \quad \text{式(2-4)}$$

ここで

- EM : 資材の環境負荷量(Emission by Material)
 o : 原材料の種類
 R : 原材料の数量(Raw-material)
 \overline{ER} : 原材料に係る環境負荷原単位(環境負荷量)(Emission by Raw-material)
 p : 投入エネルギーの種類
 E : 投入エネルギー(Energy)の量
 \overline{EE} : 投入エネルギーに係る環境負荷原単位(環境負荷量)(Emission by Energy)
 EO : 未集計分等見込み値に係る環境負荷量(Emission by Others)

未集計分等見込み値については、本章第2節第4項を参照。

2. 1. 2 供用以降の環境負荷量の取り扱いに関する現状の課題

社会資本の供用に伴い発生する環境負荷は事業分野ごとに特性が異なると考えられるため、その具体的な取扱いは事業分野横断的に定めるよりも、各事業分野における検討を踏まえて定められる方が望ましいと考えられる。

現時点では、いずれの事業分野においても供用以降の環境負荷量の推計は困難であると考えられる。課題として、ライフサイクルシナリオの固定の困難さが挙げられる。寿命の決定要因を確からしく設定することすら非常に難しい。寿命は、社会資本 LCI の対象を社会資本の機能とするのか、構造物とするのか、一部の部材や材料とするのかによっても全く異なることが予想される。

【解説】

(1) 事業分野ごとに異なる社会資本整備の波及影響

社会資本の供用に伴い発生する環境負荷の原因として、自動車交通や下水処理が挙げられる。

供用（運用・利用）に伴う環境負荷量の算出手法を事業分野横断的に定めることは現実的ではない。これは、社会資本整備の内容によって波及影響の性質が異なるため、LCA の第一段階である調査範囲の設定を一概に定められないためである。

たとえば、道路整備では、波及影響をネットワークで捉えることが重要である。環境負荷の例として二酸化炭素排出を取り上げると、整備された区間には新規の交通需要が発生するため、自動車交通による二酸化炭素排出量は増大する。一方、周囲の既存路線の交通量は、新規路線の需要に応じて増大するかもしれないし、交通経路の転換が進んで減少するかもしれない。また、渋滞解消効果が見込める事業であれば、周辺地域全体で平均旅行速度が上昇することで燃費効率が上がり、走行距離あたりの二酸化炭素排出量は減るであろう。従って、道路整備の影響は当該路線だけでなく、ほかの路線も含めて面的なものであることから、ネットワークで捉えることが重要である。また、下水道整備では、下水処理による環境負荷発生が波及影響としてすぐに思いつくが、処理水の放流先での富栄養化等を通じて生じる温室効果ガスを加えて環境負荷量を算出することもあり得る。このように波及影響については、社会資本整備の分野ごとに広がりが多様であることから、一概に調査範囲や計算手法を定められるものではない。

さらに、供用に伴う環境負荷量は、利用者側の性質で大きく変化する要素も大きい。たとえば、自動車交通に起因する二酸化炭素排出量は、交通量や速度のほか、自動車の性能の選択、アイドリングストップ等ドライバーの意識によって変化するものである。

(2) 確からしい設定が困難なライフサイクルシナリオ

事業分野を問わず、ライフサイクルシナリオを固定することが困難であることが課題である。社会資本整備の影響は広い範囲に及ぶと同時に長期に及ぶ。よって、波及分の環境負荷量を確からしく求めるためには、空間的な影響範囲を適切に定めることのほか、社会資本のライフサイクルシナリオ（供用年数等）を適切に定めることが必須である。

供用年数を定める要因としては、構造物の損傷や劣化の進行等の物理的要因のほか、構造物の存在が社会に果たす役割が陳腐化すること等の社会的要因がある。物理的要因で決まる供用年数は、初期の性能のほか、供用時の維持管理方法によって変化する。また、社会的要因で決まる供用年数は、人々の価値観や生活様式等によって大きく変化する。

これまでのところ、供用年数を設定する指標（物理的要因、社会的要因）を定めるための知見ですら十分にはない状況であると見られる。従って、波及分について蓋然性のあるライフサイク

ルシナリオを設定することは困難である。

また、長寿命化等による環境負荷削減については、波及分と同様に、効果を定量化するためにライフサイクルシナリオの固定が必要であることから、本報告書で示す手法の対象外とする。

(3) 社会資本の捉え方によって異なるライフサイクル

本研究では社会資本のライフサイクルの具体的な設定手法までは言及できない。ライフサイクルシナリオの固定に向けた検討を今後進める際には、社会資本 LCI にあたって社会資本を「機能」、「構造物」、「材料（の集合体）」のいずれの視点で捉えるかが重要であると考えられる。これらの捉え方は、社会資本 LCI を実施する意思決定レベルと密接に関連すると思われる。意思決定レベルごとの社会資本の捉え方は表 2. 1-1 に示す整理が考えられる。

構想レベルにおいては、社会資本を機能面から捉えていると考えられる。すなわち、社会・経済活動等の変化を意図して、社会資本の存在による影響や、そのための前提となる整備による影響について様々な側面から検討を実施するのが構想レベルである。従って、機能は、ひとたび発揮されれば、社会的に必要十分である限り、保持されることが基本である。社会資本を構成する構造物が物理的要因によって寿命を迎えたとしても、補修等の実施によって機能は保持されるため、ライフサイクルは継続する。補修等による機能としてのライフサイクルの継続は、一級河川の治水・利水等の河川構造物、幹線道路、基幹港湾等の、特に重要な役割を担う社会資本について、よくあてはまる。特に重要な役割を担う社会資本については、これまでのところ、構造面の補修を行いながら、機能としては半永久的に保持されてきたと見られる。

設計レベルにおいては、社会資本を構造面から捉えることが主であると考えられる。すなわち、期待される機能や社会・経済的制約条件を前提としつつ、強度等の所要性能を備えた構造物をデザインするのが設計レベルである。従って、設計レベルにおいては、構造物の寿命を物理的に捉えることが基本である。しかしながら、物理的寿命よりも先に社会的寿命が訪れる構造物が多数見られる。このような、従来の設計時において考慮してきた事項から想定されるライフサイクルと現実のライフサイクルのギャップが、社会資本 LCI の実施における課題である。また、維持管理シナリオについても検討する際には、構造物を構成する部材（材料）のライフサイクルにも留意が必要である。

施工レベルにおいては、社会資本を材料面から、構成する建設資材の集合体として捉えていると考えられる。従って、社会資本よりむしろ材料としてのライフサイクルが重要である。なお、材料の補修が維持管理（補修）シナリオに及ぼす影響については、設計レベルで検討されることから、施工レベルにおける材料のライフサイクルとは、いわゆる「寿命」ではなく、社会資本整備の竣工までを指すものと考えて差し支えないと思われる。従って、論点は、再生資源の使用に関する環境負荷配分の取扱いが主である。この点については、本研究において整理した。

表 2. 1-1 意思決定のレベル、目的ごとの社会資本の捉え方とライフサイクルの想定における課題

社会資本の捉え方	関係する意思決定段階	ライフサイクル範囲 (原料採取から廃止(≠廃棄)まで)	ライフサイクルの決定要因	ライフサイクルに関する具体的課題の例
<p>【機能】 社会的便益を必要水準まで高めるために必要な機能</p>	<p>・構想レベル 社会資本の機能面を見る。</p> <p>・設計レベル 社会資本の構造面を見るのが基本であるものの、構造物のLCAにあたっては、<u>構造物としての寿命(物理的寿命)</u>と<u>機能としての寿命(社会的寿命)</u>の両者に留意が必要。また、維持管理のシナリオの想定では、<u>材料(部材)ごとの寿命</u>に留意が必要。</p>	<p>【廃止時期は、社会的寿命(機能上の問題)が規定】</p>  <p>木造(左、1603-1911)から石造(右、1911-現在)に架け替えられ、機能を発揮し続ける日本橋。 構造物は木造と石造で違うものの、機能は同じ「日本橋」。</p>	<p>【社会的寿命】 1) 需要増大による機能不足 2) 需要減少による機能過剰 3) 代替機能への需要転換</p>	<p>1) 社会的寿命の想定が困難 2) 廃止後の処理の想定が困難</p>  <p>線形改良によって廃止され、放置された、中央高速自動車道一部区間(山梨県上野原市)。なお、言うまでもなく、中央高速自動車道の機能は継続。</p>
<p>【構造物】 必要な機能を発揮し、かつ様々な側面の所要性能等を満たす構造物</p>	<p>・設計レベル 社会資本の構造面を見るのが基本であるものの、構造物のLCAにあたっては、<u>構造物としての寿命(物理的寿命)</u>と<u>機能としての寿命(社会的寿命)</u>の両者に留意が必要。また、維持管理のシナリオの想定では、<u>材料(部材)ごとの寿命</u>に留意が必要。</p>	<p>【廃止時期は、社会的寿命(機能上の問題)、物理的寿命(所要性能を発揮する期間)が規定】</p>  <p>強風への安全性の課題とそれに対応するための機能低下が相まって架け替えられた、旧余部鉄橋(左)と現在の余部鉄橋(右)。構造物としては旧橋と現橋は別物。</p>	<p>【社会的寿命】 同上 【物理的寿命】 1) 強度、耐久性等の性能低下</p>	<p>1) 社会的寿命の想定が困難であることにより、ライフサイクルが不明確。</p>
<p>【材料】 構造物を具現化するための建設資材の集合体、又は建設活動の成果品</p>	<p>・施工レベル 社会資本の材料面を見る。</p>	<p>【設計レベルに おいて想定するライフサイクル範囲では、構造部材の維持補修シナリオが重要】</p> <p>【施工レベルに おいて想定するライフサイクル範囲では、再生資源の環境負荷配分が重要】 ※構造物としての寿命に特段の注意を払う必要はない。</p>	<p>-</p>	<p>1) 構造物のライフサイクルが不明確であることにより、維持修繕シナリオ間の比較が困難。</p> <p>1) 再生資源の利用に伴う環境負荷を、発生側と利用側に配分するルール設定が必要。 →本研究では、0:100で配分し、実質的な配分の手間を回避。</p>

2. 2 社会資本 LCI の開発方針

社会資本整備に関する環境負荷量を算出・比較し、削減していくために、社会資本 LCI は次の要件を満たす必要がある。

- ・多様な寿命分布を有する様々な構造物について環境負荷量を算出する時間範囲を一貫した考え方に従って定めること (2. 2. 1 参照)

本要件は、社会資本は整備、供用のいずれも長期にわたり、工期短縮や長寿命化等による環境負荷量の削減技術も開発されていることや、社会資本を機能、構造物、材料のいずれの視点で捉えるかによって、ライフサイクルの概念が異なることから必要である。

- ・社会資本整備に係わる既存の仕組みに対応した環境負荷原単位一覧表を整備すること (2. 2. 2 参照)

本要件は、社会資本整備は複数の意思決定レベルを経てなされており、環境負荷量の削減の余地は意思決定の内容ごとに異なること、各意思決定レベルで環境負荷量の算出の前提となる条件の具体性が異なること、意思決定に必要な精度を保ちつつも、社会資本 LCI の社会への普及や適切・迅速な社会資本整備の実施のため、算出手法は可能な限り簡易なものとする必要があることから必要である。

- ・建設資材の製造設備や建設機械等の資本の形成・減耗に関する環境負荷量を考慮すること (2. 2. 3 参照)

本要件は、注文生産の特徴を有する社会資本は、大量生産品に比べて生産設備の減耗に関する環境負荷の影響が重要になりうること、建設現場における建設資材等の受入れ形態は多様であり、受入れ形態によらず同一の環境負荷量の算出条件が必要であること、社会資本整備に用いられる建設機械の規模や使用頻度は工事工種や現場条件によって様々であり、それら資本の形成・減耗にかかわる環境負荷量は広く分布すること、建設資材の使用量が少ない工事では総環境負荷量に対して建設機械の稼働や減耗の影響が大きくなることから必要である。

- ・現場条件や新技術に対応した環境負荷量の差異化を可能にする算出手法を開発すること (2. 2. 4 参照)

本要件は、千差万別の現場条件が調達可能な建設資材や実施可能な工法、建設機械の稼働状況に影響するため、対象とする工事の現場条件に応じた独自の環境負荷量を算出可能にする必要があること、新工法、新材料の開発等の関係者の環境負荷量削減の努力を評価するため、比較される従来工法、従来材料の環境負荷原単位の分類を細分化するとともに、投入される材料やエネルギー等に応じた個別の環境負荷量の算出を可能にする必要があることから必要である。

2. 2. 1 環境負荷量を算出する時間範囲 –多様なライフサイクルの概念との対応–

利用する環境負荷原単位の年次、構造物の廃棄段階に関する環境負荷量の取扱い、環境負荷原単位の算定における配分手法の基本的考え方を整理した。

(1) 利用する環境負荷原単位の年次

多年度にわたる整備であっても、利用可能な最新年次の環境負荷原単位を用いる。

【解説】

LCA の国際規格においてライフサイクルとは、「原材料の採取、又は天然資源の産出から最終処分までの、連続的で相互に関連する製品システムの段階」と定義されている。社会資本 LCA でも、評価対象とするシステム全体の範囲は、通常 LCA のライフサイクルと同様であり、本来は、環境負荷原単位の将来の変化を考慮し、環境負荷が生じる時点の環境負荷原単位を用いることが望ましい。

しかしながら、将来の変化を確からしく見通すことは現実的に困難であり、確からしい想定ができないにもかかわらずその手間は非常に煩雑である。従って、計算結果が解釈によって変化する恐れを低減させるため、現状では多年度にわたる整備であっても単一年の環境負荷原単位を用いることと定める方が評価者にとって望ましいと考えられる（図 2. 2-1 参照）。これは、現在のところ、社会資本に限らず工業製品等の他の分野の LCA でも一般的な慣行である。なお、環境負荷原単位の更新性を高めることによって、環境負荷量の誤差の事後確認や修正は迅速に可能である。

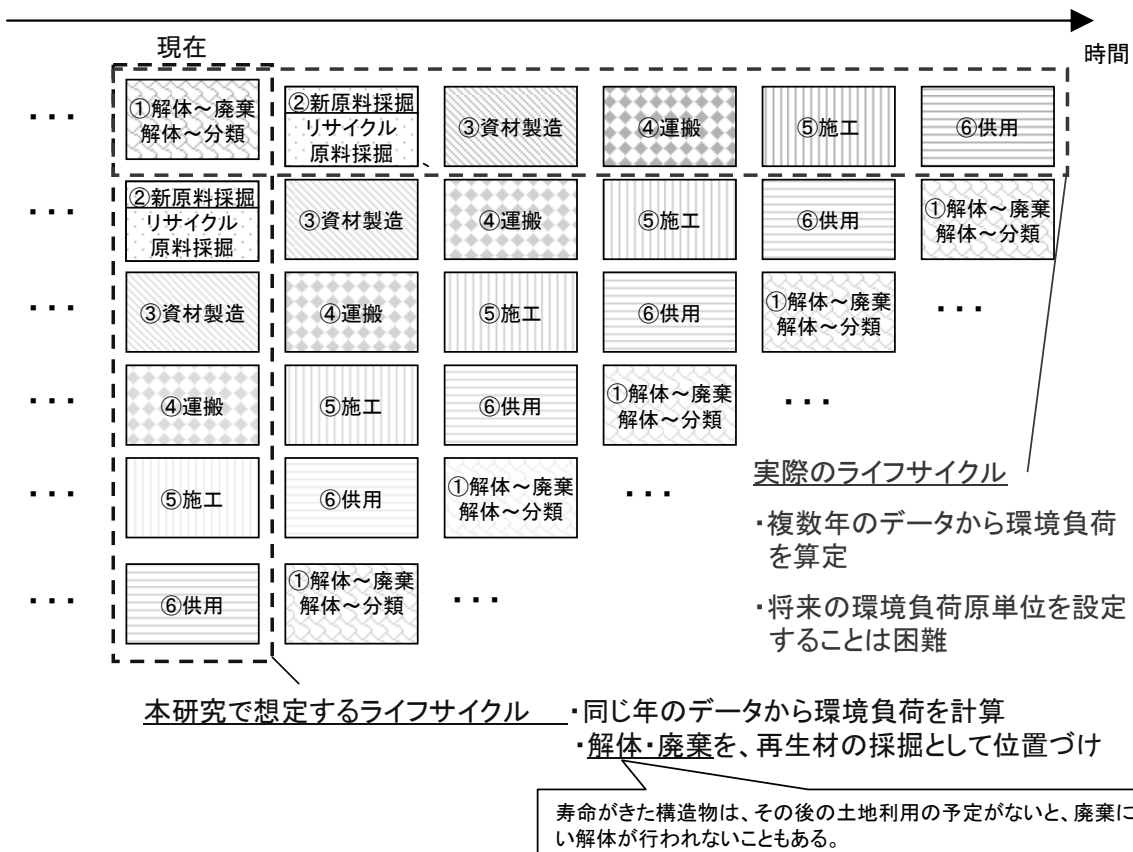


図 2. 2-1 社会資本のライフサイクルの計算上の考え方

一方、事後評価のように過去のデータのみで評価可能な場合には、真のライフサイクルの評価も可能であるといえる。また、新技術を導入する場合には、いずれにせよ実績データは利用できないので、何らかの仮定を置いて推計する必要がある。

さらに、社会資本の供用（構造物の利用）をライフサイクルに含める場合には、構造物の利用に伴い直接的に発生する環境負荷を計上する必要があることは無論として、社会資本整備によって生じる効果が波及する範囲をどこまで捉えて評価するかというシステム境界の設定（拡張）が重要である。（加藤、2009）¹

比較評価案で耐用年数等が異なる場合や、供用段階の維持管理の環境負荷量と総合して評価する場合等においては、評価期間を設定する等の何らかの対応を行う必要が生ずる。しかしながら、これを LCA において事前に設定することは困難かつ恣意的な面がある。社会資本の耐用年数（寿命）の評価は今後の課題である。

(2) 構造物の廃棄段階に関する環境負荷量の取扱い

社会資本の機能、または構造物のライフサイクルの環境負荷量の算出においては、解体、撤去、廃棄に伴う環境負荷を計上しない。

ただし、将来における解体、撤去、廃棄に伴う環境負荷量が現在の通常の方法から大きく変化することが想定される場合は、将来の解体等も算出対象に含む等、個別の LCI の実施目的や実施時点における知見の蓄積状況に応じて、柔軟な対応がなされる必要がある。

【解説】

社会資本においては「廃棄段階」が必ずしも明確にできない構造物も少なくないことが特徴的である。（鶴巻、2000）²

すなわち、社会資本は寿命が長く、かつ、地下構造物や港湾構造物、過疎地の道路等、廃棄に伴って解体が行われない構造物もある。実際には、解体は建設需要に伴って行われる。また、わが国の現状としては、解体に伴い発生する建設副産物はほとんどが再生資源として利用されている。

これらの状況により、機能、または構造物として捉えた社会資本について、解体、撤去、廃棄に起因する環境負荷量を計上しないことは現状では妥当な判断であると考えられる。その理由を整理すると次の 1) ～4) に示すとおりである。

- 1) 社会資本の供用期間は一般に長く、物理的要因と社会的要因の両者に影響されうするため、ライフサイクルの固定が困難である
- 2) 特に、解体、撤去、廃棄は建設需要によって発生することが多いため、機能の廃止に伴って必ずしもなされるとは言えない
- 3) 解体、撤去、廃棄がなされる場合であっても、社会資本の供用期間は一般に長いため、ライフサイクルをとおした総環境負荷量に重要なウェイトを占めるとは考えにくい
- 4) また、施設更新等による解体については、新規事業において構造物取壊しに関する設計や施工がなされることから、この時点で環境負荷量を計上することが既存の制度と馴染みやすい

¹ 加藤博和・柴原尚樹「ELCEL 概念による Social/Dynamic LCA への挑戦」日本 LCA 学会誌、5(1)、2009、12-19

² 鶴巻峰夫「土木建設構造物のライフサイクルとは」（土木学会地球環境委員会 LCA 評価・環境パフォーマンス研究小委員会「ISO14030-40 の規格化による建設業の環境パフォーマンス評価とライフサイクルアセスメント」、鹿島出版会、2000）

社会資本のライフサイクルの設定に関する課題については、土木学会環境システム委員会の過去の活動成果とも言える井村（2001）において次の記述がある。

「一般の製品の場合、消費財の寿命はせいぜい数年と短く、自動車や家電製品のような耐久消費財でも5年とか10年のことが多い。これに対して、インフラの寿命ははるかに長い。維持・管理を継続すれば寿命は半永久的^(a)とも言える。ダムや港湾などでは、その寿命を設定することが現実的に難しいし、廃棄、すなわちインフラの解体という事態を真剣に念頭に置くこともなかったので、解体に関するデータ収集は現実には難しい。また、供用期間を終えた後も解体されず放置されるケースもある^(b)。こうした事情もあって、これまでに実行されたILCAは、建設ステージに重点を置く例が多い。他方、道路舗装における再生路盤材の利用評価などにおいては、廃棄ステージの評価が重要な意味を持つ^(c)。」

（出典）井村秀文編著「建設のLCA」、オーム社、2001。ただし、下線及び下付きのアルファベットは、原著にはない。

ここで、下線（a）は構造物として捉えた場合の記述、下線（b）は機能、または構造物として捉えた場合の記述、下線（c）は材料として捉えた場合の記述として、それぞれ分類できる。機能、または構造物として捉える場合のライフサイクルの設定では、これらに加えて、寿命が社会的要因によるものか物理的要因によるものかの想定が困難であることが課題である。

ただし、想定したシナリオの将来の解体や建設副産物の中間処理に伴う環境負荷量が現在の水準から大きく変わると考えられる場合は、できるだけ評価に加えることが望ましい。将来における解体、撤去、廃棄に伴う環境負荷量が現在の通常の方法から大きく変化する事象は、ライフサイクルコストの縮減の一環として長寿命化や維持管理の省力化技術の開発・採用が盛んに行われていることから、今後増大する可能性がある。供用期間が長期に及びこの技術が期待される性能を十分に発揮すれば、供用中の環境負荷量は低減されると見込まれる。一方で、長寿命化等のために特殊な添加物が利用されることで分別が煩雑化し、結果として解体時の環境負荷量が増大する等の可能性も考えられる。一方、廃止後のリサイクルを念頭に、解体や分別を容易にする技術も開発されている。

(3) 環境負荷原単位の算定における配分手法

他産業由来の副産物・廃棄物については、それらが発生するまでの活動は主製品を製造するためのものであることから、それらを受け入れる建設資材や社会資本整備のシステム境界に含めない。発生後、建設資材に利用するための搬出、加工等による環境負荷量は、建設資材側に計上する。

建設廃棄物に由来する再生資源の環境負荷原単位の算定においては、再資源化プロセスの一部として解体、撤去、廃棄に伴う環境負荷量を取り扱う。

再生資源の使用に関する環境負荷の配分に関するこの考え方は、鉄鋼に代表される、繰返し利用され、新材製造と再生材製造が互いに関連している製品に対しては、必ずしも妥当であるとは言いきれない。鉄鋼製品の環境負荷算定にあたってのリサイクルの取扱いについては、今後の知見の蓄積を踏まえて、一層の検討がなされる必要がある。十分な検討がなされるまでは、他製品との環境負荷量の比較はできない。

【解説】

1) 国際規格における配分原則との対応

わが国では、解体等によって発生した建設副産物は、ほとんど全量が再資源化され、重要な建設資材として再利用されている。よって、代替品である新材との環境負荷量の比較を可能にするため、原料採取に相当する解体以降の環境負荷量は、再生材の環境負荷量とすることが妥当である。

また、再生資源の使用に関する環境負荷量の配分について、ISO14041では、可能であれば回避することが望ましいとされている。これは、配分方法による環境負荷量の不確実性を排除するためである。各活動の目的に着目した本方針は、0:100の配分であることから、計算実施上の解釈による不確実性を生じないため、配分のデメリットを回避していると言える。従って、LCAの規格に照らして妥当な判断であると考えられる。また、現状では、他産業由来の副産物・廃棄物の多くの種類は、建設資材に用いられない場合でも他の用途にリサイクルされうることや、構造物の解体や撤去が社会資本の更新等の建設需要によって行われることが多いことから、本方針は現実に即したものであると言える。

2) 社会資本整備を通じた循環資源の利用状況

① 材料分野における他産業由来副産物・廃棄物の受入れ

セメント産業を例に、他産業由来副産物・廃棄物の受入れ状況を表2.2-1に示す。1tのセメント製造のために400kgを超える他産業由来副産物・廃棄物を受け入れており、循環型社会の形成に顕著に貢献している。副産物・廃棄物の受入量は地域の実情に応じて大きく変化するものであり、セメント産業が意図して発生させているものではないことから、発生するまでの環境負荷量をセメント産業に計上することは適切ではないと考えられる。

表 2. 2-1 セメント業界の廃棄物・副産物使用量の推移（2005-2010 年度）

（単位：千 t）

種類	主な用途	2005 年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度
高炉スラグ	原料、混合材	9,214	9,711	9,304	8,734	7,647	7,345
石炭灰	原料、混合材	7,185	6,995	7,256	7,149	6,789	6,443
汚泥、スラッジ	原料	2,526	2,965	3,175	3,038	2,621	2,514
副産石こう	原料(添加材)	2,707	2,787	2,636	2,461	2,090	1,974
建設発生土	原料	2,097	2,589	2,643	2,779	2,194	1,931
燃えがら(石炭灰は除く)、 ばいじん、ダスト	原料、熱エネルギー	1,189	982	1,173	1,225	1,124	1,261
非鉄鉱滓等	原料	1,318	1,098	1,028	863	817	654
木くず	原料、熱エネルギー	340	372	319	405	505	564
鋳物砂	原料	601	650	610	559	429	478
廃プラスチック	熱エネルギー	302	365	408	427	440	413
製鋼スラグ	原料	467	633	549	480	348	400
廃油	熱エネルギー	219	225	200	220	192	269
廃白土	原料、熱エネルギー	173	213	200	225	204	236
再生油	熱エネルギー	228	249	279	188	204	195
廃タイヤ	原料、熱エネルギー	194	163	148	128	103	87
肉骨粉	原料、熱エネルギー	85	74	71	59	65	61
ボタ	原料、熱エネルギー	280	203	155	0	0	0
その他	—	468	615	565	527	518	591
合計	—	29,593	30,890	30,720	29,467	26,291	25,415
セメント1t当りの使用料(kg/t)		400	423	436	448	451	469

数値根拠：セメントハンドブック

② 建設リサイクル

建設リサイクルの状況を図 2. 2-2 に示す。平成 12 年度以降建設リサイクルの再資源化等率は顕著に高まっている。発生量の大きいアスファルト・コンクリート塊やコンクリート塊については 98%程度の再資源化率で推移している。平成 20 年度におけるアスファルト・コンクリート塊とコンクリート塊の再資源化量は約 5000 万トンに上る。建設廃棄物や土砂（両者を合わせて建設副産物という。）の発生量は建設需要と関連することが確認されている。すなわち、建設副産物は新規事業のライフサイクルにおいて発生し、解体、撤去、再資源化のプロセスは、建設産業全体としては再生資源の原料採取から製造に相当している。

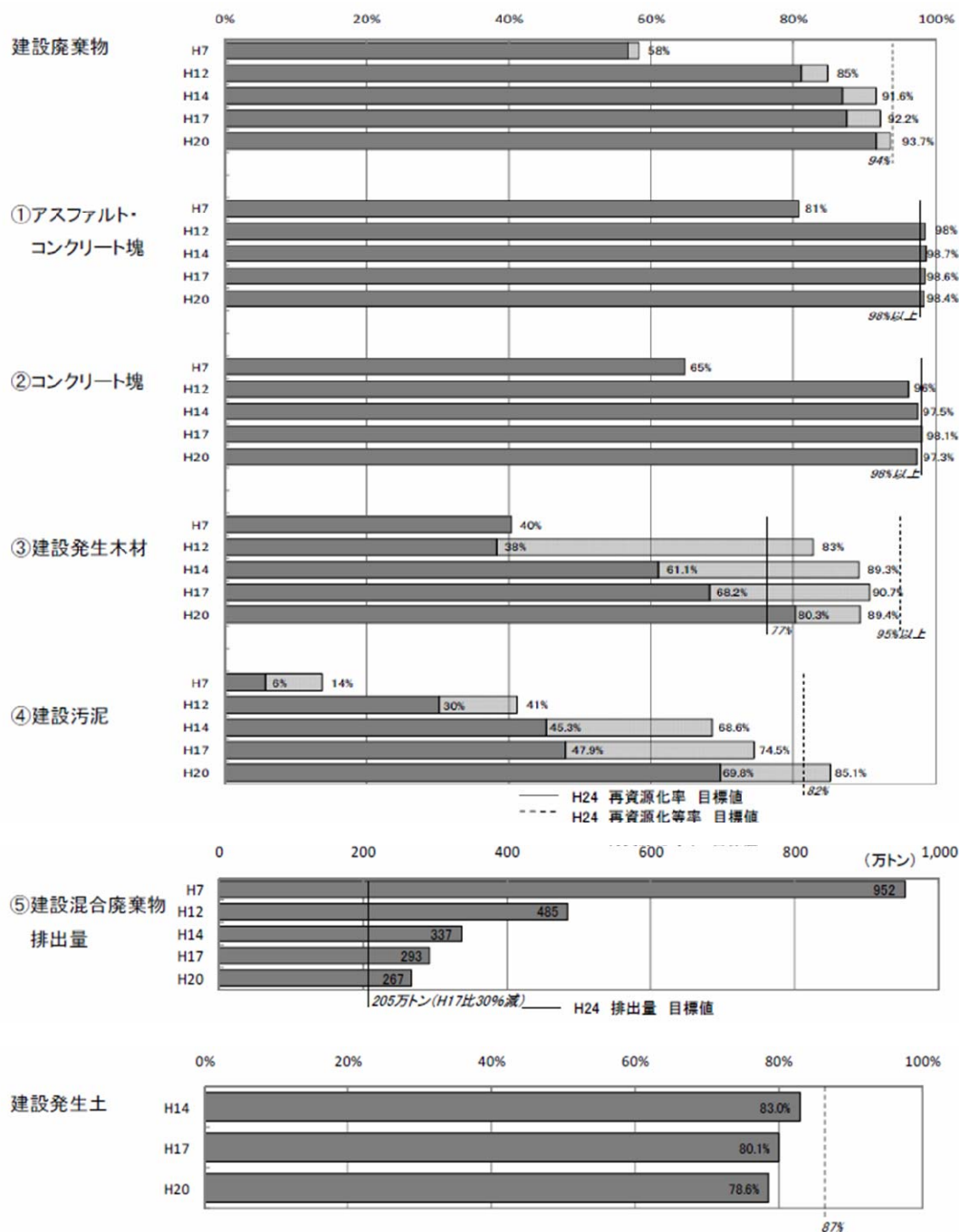


図 2. 2-2 建設リサイクルの推移

出典：平成 20 年度国土交通省建設副産物実態調査結果参考資料

3) 鉄鋼製品のリサイクルにおけるマルチステップリサイクリングシステム

鉄鋼分野においては、マルチステップのリサイクリングシステム（マルチステップリサイクリングのほか、エンドオブライフサイクルリサイクリングとも言う。）が確立しており、LCA におけるリサイクルの取扱い手法に反映されている。

$$LCI = (X_{pr} - X_{re}) \left[\frac{1 - RR \cdot Y}{1 - RR \cdot Y^n} \right] + X_{re} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} X_{pr} - RR \cdot Y (X_{pr} - X_{re}) \quad \text{式(2-5)}$$

マルチステップリサイクリングシステムは、無限回と見なせる鉄鋼のリサイクル過程で生じる環境負荷を、新材から再生材まで等分に割り当てるという考え方に基いている（図 2. 2-3 参照）。鉄スクラップの鉄鋼製造における利用方法等から、新材と再生材の製造が一体不可分の関係

2. 2. 2 社会資本整備に係る既存の仕組みに対応した環境負荷原単位一覧表の整備

以下に示す方針に従って環境負荷原単位の一覧表を整備した。

- ・計画の構想、設計、施工等の意思決定レベルにおける検討事項と前提条件に対応した、階層的な環境負荷原単位一覧表を構築する
- ・最も具体的な条件が決定される施工レベルにおける環境負荷原単位の開発を基礎として、それらを集約することで上位の設計、構想の意思決定に用いる環境負荷原単位を構築する
- ・施工レベルの環境負荷原単位は、業界団体の協力により得られた詳細な品目区分の集計値を用いて、積算における建設資材等の種類に対応可能な品目区分で整備する。それらを集約することで、設計レベルは工種区分、構想レベルは構造形式区分に対応した環境負荷原単位を整備する
- ・比較対象となる環境負荷原単位の算定条件（システム境界）を共通化するため、詳細な集計値を得られない活動に関しては産業連関表を援用する。なお、国外における活動の影響が大きい原油、鉄鉱石、石炭については、業界団体の提供値や文献値を参照し、国外における採取や国外輸送分まで遡及する。その他の原料、燃料の環境負荷原単位については、輸入品であっても国産品と同等であると仮定する。

産業連関表の援用の妥当性は、社会資本整備の遡及活動がほとんどすべて国内に完結し、かつ国外に及ぶ場合であっても十分な資料が整っていることを前提としている。従って、もしこの前提が適さない製品を対象とするならば、調査範囲の共通性、網羅性を確保するための適切な追加処置を実施した上でなければ、環境負荷の比較を実施してはならない。

また、今後の社会情勢・技術革新の動向によっては、物質フローに大きな変化が生じる可能性がある。新たな物質フローが環境負荷原単位に対して無視しえない影響を及ぼしうる場合には、十分な調査の上で、適切な物質フローを適宜構築することが必要である。

【解説】

環境負荷原単位の算定にあたっての計算範囲は産業連関表の調査範囲を基本とする。産業連関表は、調査範囲の共通性、網羅性の点で優れているものの、経済フローを表現したものであり、環境負荷原単位に直接関係する物質フローを表すものではない。特に、同一の産業区分であっても、社会資本用途以外の製品を多く含み、かつ社会資本用途と他用途で製品の経済価値や製品機能が異なる場合には経済フローを環境負荷原単位と結びつけることは困難である。

そこで、社会資本整備に関する環境負荷原単位に重要な影響を及ぼす製品については、適切な公的統計、業界統計等の資料を可能な限り参照し、物質フローに基づいた投入産出表に改める。

本方針の採用は、次の条件が満たされる場合に可能である。

- ・影響の大きな選択肢について、物質フローに関する資料が充実し、かつ入手可能であること
- ・影響の大きな選択肢の数が限られ、物質フローの作成が効率的に実施可能であること
- ・入手した資料の調査範囲が、社会資本用途の製品で閉じているか、または他用途の製品も同様の製造方法によっていること

社会資本整備に係る活動を遡及すると、環境負荷原単位に及ぼす影響が大きい選択肢は、主要な建設資材に絞られる。主要な建設資材に関しては、一つ目の条件について、公的統計や業界統計等が充実し、物質フローに関する情報を得ることが可能である。二つ目の条件について、上位数種類の主要な建設資材が物質フローのほとんどを占めることから、効率的な物質フロー作成が可能である。三つ目の条件について、主要な建設資材は、ほとんど全量が社会資本整備用途

に用いられているものであるか、または他用途の製品も同様の方法によって製造されているものである。

本方針は、物質フローに基づく環境負荷原単位の算定が可能になることのほか、副次的に、製品区分の詳細化による比較対象の拡大や、根拠資料の更新頻度が高まることによる社会情勢の変化に即応した環境負荷原単位の更新等の利点がある。

(1) 主要な建設資材に関する公的統計、業界統計

本研究で利用したものを中心に、主要な建設資材に関する公的統計、業界統計等の一部を表 2. 2-2 に示す。

表 2. 2-2 主要な建設資材に関する公的統計、業界統計等 (1/5)

	使用方法	データ区分	統計・文献名	発行・著者	対象年	調査対象	調査方法	調査項目
セメント	-	公的統計	窯業・建材統計年報	経済産業省 経済産業政策局調査統計部	平成 17年	本社及び事業所全部	生産動態統計調査	ポルトランドセメント(早強・中庸熱、普通)、フライアッシュセメント、高炉セメント、その他セメント、ポルトランドセメントクリンカ
	○:輸出用クリンカの量を把握。なお、早強・中庸熱ポルトランドセメントの生産量も区分して把握。	業界統計	セメントハンドブック	社団法人セメント協会	平成 17年度	協会加盟の18社、32工場(白色セメントとエコセメント以外の全部)	業界集計	ポルトランドセメント(早強、中庸熱、普通、低熱、耐硫酸塩、その他)、フライアッシュセメント、高炉セメント、シリカセメント、その他混合セメント、その他のセメント、輸出用クリンカ
	○:自家発電用と、セメント製造用の燃料使用量を推計。	公的統計	石油等消費動態統計年報	経済産業省 経済産業政策局調査統計部	平成 17年	全部	生産動態統計調査	ガソリン、灯油、軽油、A重油、B・C重油、炭化水素油、液化石油ガス、オイルコークス、石炭、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス、廃タイヤ、電力、蒸気
	○:循環資源の投入量を設定。	業界統計	セメントハンドブック	社団法人セメント協会	平成 17年度	協会加盟の18社、32工場(白色セメントとエコセメント以外の全部)	業界集計	石炭、石油コークス、重油、購入電力、自家発電、廃プラスチック、木くず、再生油、廃油、廃白土、ボタ、廃タイヤ、肉骨粉、
	△:セメント種別の燃料投入量の按分比率を算出。	業界データ	セメントのLCIの概要	社団法人セメント協会	平成 17年度	協会加盟の18社、32工場(白色セメントとエコセメント以外の全部)	各社の実測を基本としたデータを生産量で加重平均。	石炭、石油コークス、C重油、その他化石燃料、リサイクル期限(化石起源(副産物、廃棄物)、バイオマス(副産物、廃棄物))、購入電力

表 2. 2-2 主要な建設資材に関する公的統計、業界統計等 (2/5)

	使用方法	データ区分	統計・文献名	発行・著者	対象年	調査対象	調査方法	調査項目	
セメント(続き)	原料	-	公的統計	窯業・建材統計年報	経済産業省 経済産業政策局調査統計部	平成17年	本社及び事業所全部	生産動態統計調査	石灰石、粘土、珪石、石こう(天然及び化学を含む)、鉱さい
		○:循環資源の投入量を設定。	業界統計	セメントハンドブック	社団法人セメント協会	平成17年度	協会加盟の18社、32工場(白色セメントとエコセメント以外の全部)		石灰石類、粘土類、珪石類、鉄原料、石こう、高炉スラグ、石炭灰、汚泥・スラッジ、建設発生土、副産石こう、燃え殻・ばいじん・ダスト、非鉄鉱さい等、鋳物砂、製鋼スラグその他
		△:セメント種別の原料投入量の按分比率を算出。	業界データ	セメントのLCIの概要	社団法人セメント協会	平成17年度	協会加盟の18社、32工場(白色セメントとエコセメント以外の全部)	各社の実測を基本としたデータを生産量で加重平均。	石灰石、粘土、珪石、その他天然原料、鉄原料(副産物、廃棄物)、リサイクル(副産物、廃棄物)、石こう(天然、副産)、高炉スラグ、微粉末スラグ、フライアッシュ
生コンクリート	生産量	-	公的統計	生コンクリート統計年報	経済産業省 製造産業局住宅産業窯業建材課	平成17年	製造設備の混練能力が月産14,000m ³ 以上の事業所	生コンクリート流通統計調査	生コンクリート
		-:産業連関表と工業統計が一致することを確認し、産業連関表の値を利用。	公的統計	工業統計	経済産業省 経済産業政策局調査統計部	平成17年	全部	生産動態統計調査	生コンクリート
	燃料	-	-	-	-	-	-	-	
	原料	○:骨材(砂利・砂、碎石、石灰石、碎石(屑))は産業連関表の投入量が過小であるため修正。	公的統計	生コンクリート統計年報	経済産業省 製造産業局住宅産業窯業建材課	平成17年	製造設備の混練能力が月産14,000m ³ 以上の事業所	生産動態統計調査	セメント、砂(河川砂、山陸砂、海砂、その他)、砂利(河川砂利、山陸砂利)、碎石、人口軽量骨材、高炉スラグ、その他の骨材
		△:呼び強度別の水セメント比を推計。	調査事例	「コンクリート構造物の環境性能照査指針」(2005年、土木学会)	土木学会 コンクリートの施工性評価小委員会	確認中	全国の生コンクリート製造工場(調査数不明)	ヒアリング調査	セメント水比
		△:呼び強度別の単位セメント量、骨材量、水量を推計。	調査事例	コンクリート標準示方書(施工編)	土木学会 コンクリート委員会 コンクリート標準示方書改訂小委員会	-	-	-	コンクリートの単位粗骨材容積、細骨材率、単位水量の概略値

表 2. 2-2 主要な建設資材に関する公的統計、業界統計等 (3/5)

	使用方法	データ区分	統計・文献名	発行・著者	対象年	調査対象	調査方法	調査項目	
舗装材料	生産量	-:生産額しか把握できないため、使用しない。	公的統計	工業統計	経済産業省 経済産業政策局調査統計部	平成 17年	品目編は3人以下と4人以上の計895事業所)	生産動態統計調査	アスファルト舗装混合材、タール舗装混合材(アスファルトブロック、タールブロックを含む)の生産額
		○:新規合材、再生合材の生産量を設定。	業界統計	アスファルト合材統計年報	社団法人アスファルト合材協会	平成 17年度	1,325工場(回収率96.0%、全国1,381工場(破砕専用10工場及び休止86工場を含む)	業界集計	新記合材(細粒、密粒、粗粒、AS安定、常温合材、改質Ⅰ、改質Ⅱ、高粘度、その他)、再生合材(細粒、密粒、粗粒、AS安定、常温合材、改質Ⅰ、改質Ⅱ、高粘度、その他)
	燃料	○:A重油、B重油・C重油の値を修正。事業用電力の値を修正。	業界統計	アスファルト合材統計年報	社団法人アスファルト合材協会	平成 17年度	1,325工場(回収率96.0%、全国1,381工場(破砕専用10工場及び休止86工場を含む)	業界集計	燃料、電力量
		○:再生骨材製造用のA重油、B重油・C重油、軽油、事業用電力の値を修正。	調査事例	舗装材料の生産に関する環境負荷原単位について、第11回北陸道路舗装会議、2009	新田ら	不明	北海道から九州までのアスファルト合材工場30工場、アスファルト合材統計年報の工場	ヒアリング調査	軽油、電力
	原料	○:A重油、B重油・C重油の値を修正。事業用電力の値を修正。	業界統計	アスファルト合材統計年報	社団法人アスファルト合材協会	平成 17年度	1,325工場(回収率96.0%、全国1,381工場(破砕専用10工場及び休止86工場を含む)	業界集計	再生骨材、天然砂、砕石、その他細骨材、石粉、アスファルト
砕石	生産量	○:砕骨材の生産量を把握。	公的統計	砕石等統計年報	経済産業省 経済産業政策局住宅産業課	平成 17年	採石法第2条に定められた岩石及び鉱業法第3条に定められた鉱物のうち、石灰石、けい石、ドロマイトの砕石を行っている事業者(1,270事業所)。	砕石動態統計調査	道路用(単粒度砕石、粒度調整砕石、クラッシャーラン、スクリーニングス、その他)、コンクリート用(単粒度砕石、砕砂)、その他用(割栗石、その他)
		-	公的統計	採石法施行規則第11条の規定による報告	資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課	平成 17年	採石法により報告義務のある採石事業者(2,852事業者、全国3,087事業者)	採石法施行規則第11条の規定による報告	砕骨材(道路用、コンクリート用、砂、鉄道道床用、その他)、石材(切石、間知石割石、割栗石、その他)、工業用原料

表 2. 2-2 主要な建設資材に関する公的統計、業界統計等 (4/5)

	使用方法	データ区分	統計・文献名	発行・著者	対象年	調査対象	調査方法	調査項目
砕石(続き)	燃料	公的統計	砕石等統計年報	経済産業省 経済産業政策局住宅産業課	平成17年	採石法第2条に定められた岩石及び鉱業法第3条に定められた鉱物のうち、石灰石、けい石、ドロマイトの砕石を行っている事業者(1,270事業所)。	砕石動態統計調査	灯油、軽油、重油、購入電力
	原料	-	-	-	-	-	-	-
再生砕石	生産量	-	-	-	-	-	-	-
	燃料	調査事例	コンクリートがらリサイクルの環境面からの評価, 土木学会論文集, No.657/VII-16, 2008	橋本ら	不明	再生砕石製造業者3社(京都府内)	ヒアリング調査	軽油、電力
		調査事例	○: 砕骨材の単位投入量のうち、橋本ら、土手ら、野口らの調査結果より、事業用電力、軽油、A重油、B重油・C重油の単位投入量を修正。	環境負荷の観点からのコンクリート塊リサイクルの評価, 廃棄物学会論文集, Vol.13, No.5, 2002	土手ら	平成9年	宮崎県内及び近郊の再資源化業者6社	ヒアリング調査	軽油、電力
調査事例	コンクリート産業における環境負荷評価の開発及び最適化支援システムの構築に関する研究, 平成19年度廃棄物処理等科学研究費総合研究報告書	野口	不明	首都圏の中間処理場33件、北海道7件	ヒアリング調査	重油、軽油、ガソリン、ガス、購入電力		

表 2. 2-2 主要な建設資材に関する公的統計、業界統計等 (5/5)

	使用方法	データ区分	統計・文献名	発行・著者	対象年	調査対象	調査方法	調査項目
再生砕石(続き)	原料 ○:砕骨材の単位投入量のうち、アスファルトコンクリート塊、コンクリート塊、粒度調整用の砕石の投入量を修正。	調査事例	建設副産物実態調査	国土交通省	平成17年度	公共工事発注機関、民間公益企業、民間企業	アンケート調査	アスファルト・コンクリート塊、コンクリート塊、建設発生木材、建設汚泥、建設混合廃棄物、その他(金属くず、廃プラスチック類など)、建設発生土

(2) 公的統計、業界統計等により把握可能な環境負荷量の割合

後述するように、本研究では、社会資本整備の環境負荷量に及ぼす影響が大きい投入部門を弾力性の分析により抽出し、抽出された各々の環境負荷原単位を物質フローに基づいて算定することに努めた。抽出された部門は、骨材、コンクリート、鉄鋼製品、加熱アスファルト混合物等の建設資材である。従って、これらの主要な建設資材に関して、大部分の物質フローを把握することが重要である。公的統計や業界統計等の利用によって、主要な建設資材の各々の環境負荷原単位(二酸化炭素排出原単位の例)のうち、表 2. 2-3 に示す割合を物質フローに基づき算定することができた。

直接排出の割合が高いセメントやセメントを主原料として用いる生コンクリートでは、9割以上の二酸化炭素排出量を物質フローに基づく積み上げ計算で算出可能であった。アスファルト合材や骨材についても、出荷まで含めればほとんどの環境負荷量を物質フローに基づいて算出することが可能であった。

表 2. 2-3 物質フローに基づき算定した二酸化炭素排出量の割合（一部資材抜粋）

	品目・規格	間接排出			直接排出			合計		
		積み上げ計算	未集計分見込み値		積み上げ計算	未集計分見込み値		積み上げ計算	未集計分見込み値	
セメント	早強ポルトランドセメント	11%	1%	12%	88%	0%	88%	99%	1%	100%
	中庸熟ポルトランドセメント	11%	1%	12%	88%	0%	88%	99%	1%	100%
	普通ポルトランドセメント	11%	1%	12%	88%	0%	88%	99%	1%	100%
生コンクリート	早強ポルトランドセメント	93%	6%	99%	0%	1%	1%	93%	7%	100%
	中庸熟ポルトランドセメント	93%	7%	99%	0%	1%	1%	93%	7%	100%
	普通ポルトランドセメント	93%	7%	99%	0%	1%	1%	93%	7%	100%
ルトアスファルト合材	新規合材	38%	16%	54%	45%	0%	46%	84%	16%	100%
	再生合材	28%	17%	45%	55%	0%	55%	83%	17%	100%
骨材	砕骨石	24%	28%	52%	47%	1%	48%	71%	29%	100%
	再生砕石	15%	75%	90%	9%	1%	10%	24%	76%	100%

※再生砕石は、原材料のセメントによる二酸化炭素吸着分をマイナス値で計上している。

※「間接排出」とは、各建設資材のプラントより上流側の活動に起因するもの、「直接排出」とは、各建設資材のプラントの活動に起因するものを表す。

※「積み上げ計算」とは、公的統計や業界統計等により把握可能な物質フローに基づく計算であることを意味し、「未集計分等見込み値」とは経済フロー等に基づく計算であることを意味する。

2. 2. 3 資本の形成・減耗に関する環境負荷量の考慮

具体的な開発方針は次のとおりである。

- ・建設機械の減耗等については、「建設機械等損料表」における各建設機械の標準使用年数等を勘案しつつ、維持修理、償却、管理にかかわる環境負荷を機械質量別の環境負荷原単位として整備する。それぞれの計算方法は、次のとおり。

維持修理費・・・供用日あたりの維持修理費（建設機械等損料表）に機械修理部門の環境負荷原単位（産業連関表）を乗じることで求める。従って、年間の維持修理費が安いほど、長く使えるほど、使用頻度が高いほど、環境負荷原単位は小さく求まる。なお、維持修理は、機械修理部門のほか、建設機械器具賃貸業部門や自動車修理部門とのアクティブティの関連性が認められる。いずれの環境負荷原単位が最も妥当であるかの検証はなされていない。機械修理部門は建設機械以外の幅広い機械を含むことから、ほかの部門の方が妥当である可能性も否定はできないため、全体として環境負荷原単位が変化する可能性はある。

償却費・・・供用日あたりの機械質量（建設機械等損料表）に建設・鉱山機械部門の環境負荷原単位（産業連関表）を乗じることで求める。従って、質量が小さいほど、長く使えるほど、使用頻度が高いほど、環境負荷原単位は小さく求まる。なお、供用日あたりの環境負荷量は、機械質量と比例する傾向が確認されているものの、その比例定数はいくつかの分布を有している。従って、一律に建設・鉱山機械部門の環境負荷原単位を乗じることは必ずしも妥当とは言い切れないことに留意が必要である。

管理費・・・供用日あたりの管理費（建設機械等損料表）に、建設機械の管理に関する環境負荷原単位（管理費の内訳に関する関係者へのヒアリング及び産業連関表）を乗じることで求める。従って、管理費が安いほど、使用頻度が高いほど、環境負荷原単位は小さく求まる。なお、建設機械によって管理費の内訳が異なる可能性はあるものの、ここでは考慮されていない。

- ・生産設備の資本形成・減耗については、産業連関表の外生部門である固定資本減耗を元に環境負荷量を算定する。

【解説】

維持修理費と管理費に相当する環境負荷原単位は、上述の不確実性に考慮が必要である。また、機械質量あたり供用日あたりの環境負荷原単位を各建設機械について求め回帰させたところ、ブルドーザ（掘削、運土、敷き均し、転圧等に用いる）、バックホウ（掘削、積込み等に用いる油圧ショベル）、ホイールローダ（掘削、積込み等に用いる4輪駆動型の機械）、ラフテレーンクレーン（荷役に用いる機械で移動性に優れた機械）等について、非常によい一致を示したものの、環境負荷原単位が大きく異なる建設機械も見られた。しかしながら、現時点ではその原因を詳細に調べ切れていないことや、使いやすい環境負荷原単位の分割方法の検討が十分ではないことから、1種類の環境負荷原単位を示している。後に示す建設機械ごとの設定値からの乖離に留意する必要がある。

2. 2. 4 現場条件等に応じた環境負荷の差異化を行う計算システムの開発

具体的な開発方針は次のとおり。

- ・一覧表として整備する国内の平均的な環境負荷原単位と比較可能な形で現場条件等に応じた環境負荷量の算定を可能にするため、国内の平均的な環境負荷原単位の算定根拠を明らかにする。具体的には、物質フローを把握し積み上げるものとした投入部門の名称及び数値の設定根拠を示すとともに、計算条件を共通化するために付加した経済フローに基づく定数を示す。
- ・【積み上げ計算の方法】主要な原料や燃料等については積み上げ法による計算を行うものとして、その具体的方法を明らかにするために国内の平均的な数量等の算出に用いた既存資料を示す。
- ・【未集計分等見込み値】その他の原料や燃料等については、国内の平均的な環境負荷原単位の算定にあたって産業連関法を援用していることから、それらの合計値を「未集計分等見込み値」として資材ごとに示す。積み上げ法によって算定された環境負荷量に未集計分等見込み値を付加することで、国内の平均的な環境負荷原単位との比較が可能である。

未集計分等見込み値は定数として付加されるものである。よって、未集計分等見込み値に含まれる原料等の投入量が増えることで、積み上げ計算の対象となる原料等が減る技術等の評価に対して、本手法をそのまま用いることはできない。そのような技術等の評価を行う場合には、通常は未集計分等見込み値に含まれる原料等であっても、積み上げ計算の対象とすることが必要である。

【解説】

現場条件や技術開発に応じた個別の環境負荷量を算出し、全国の平均的な環境負荷原単位等と比較するためには、現場条件や技術開発による投入量の変化を反映する積み上げ計算が必要である。一方、現実的なデータの収集には限界があるため、変化したあらゆるデータを置き換えることはほとんど不可能である。そこで、公的統計や業界統計等によって集計されている活動量は、全体の環境負荷量に対する影響が大きく、かつ、現場条件や技術開発の影響を受けやすいものであると考え、これらの項目を積み上げ計算によって求めることを基本とした。その他の活動については、全国平均値を算定した際の内訳値をデフォルトとして、それらの小計値を未集計分等見込み値として定義する。このようにすることで、積み上げ計算と未集計分等見込み値の合計は、全国平均値と同一の算定範囲を対象としていることになるため、環境負荷量の比較が可能になる。

2. 3 社会資本 LCA 手法の枠組み、及び社会資本 LCI に用いるデータ基盤の特徴

2. 3. 1 社会資本 LCA の枠組みの具体化

前章で示した社会資本整備の特徴及び本章で示した開発方針に沿って、社会資本 LCA の枠組みを具体化する。今後、各社会資本分野の特徴及びこれまでの LCA に関する検討の蓄積を反映しつつ、本枠組みが、マニュアルやガイドライン等の LCA 実施の手引きに反映されていくことが期待される。

なお、製品比較を目的とする LCA 実施にあたっては、「クリティカルレビュー」が求められるものの、本報告書ではクリティカルレビューの具体的手続きまでは述べない。従って、活用用途に応じたクリティカルレビュー手続きの実務的な設計については、今後検討が必要である。

(1) 目的及び調査範囲の設定

1) 目的

LCA 調査の目的が意思決定レベルによって異なることは既に述べたとおりである。目的は各 LCA 調査の実施者が設定するものであるが、記述されなければならない事項について、例えば表 2. 3-1 の整理が参考となる。

表 2. 3-1 施工レベル、設計レベルの LCA 調査における目的の記述例

意思決定レベル	施工レベル	設計レベル
意図する用途の例	<ul style="list-style-type: none"> ・グリーン購入法に係る特定調達品目の指定や判断の基準の決定 ・入札契約制度における環境負荷量の評価 	・構造物の断面検討における環境面の評価
調査実施理由	例:A 社において環境負荷の低減を意図した製品が販売可能となったため、特定調達品目の判断基準を満たすことを示す。	例:環境負荷の小さい構造型式、断面形状、工種等の検討
意図する伝達先	特定調達品目の調達者	構造物の発注者
一般に開示されることを意図した比較主張への使用	該当しないと考えられる。 ・いずれも一般品あるいは基準値や、一般的な設計等との比較であり、LCA 実施者自身が直接に競合他社製品等と比較するものではない。	
LCA 実施主体※	特定調達品目の製造・販売者	建設コンサルタント 発注者

※は、ISO 14044 には記載はないものの、LCA 報告書に記載すべき項目。

2) 調査範囲

調査範囲は LCA の目的に見合ったものを設定する必要がある。機能及び機能単位、製品システム及びシステム境界について次に示す設定が考えられる。

- 機能及び機能単位：
調査対象に関する仕様、または上位の意思決定レベルで決定され、前提となる社会資本の機能。
- 調査対象の製品システム及びシステム境界（ライフサイクルの考え方及び環境負荷を調査する活動範囲）：
社会資本のライフサイクルは、既設構造物の解体・撤去を含む工事から供用物の廃止までと設定する。システム境界は、ライフサイクルを通じた物質の入出力に関する遡及的、波及的活動を含むように設定するものとするが、その中で意思決定が及ぶ範囲に限る。意思決定が及ぶ範囲を道路事業の例で示すと、通常は表 2. 3-2 の整理が考えられる。

表 2. 3-2 各意思決定レベルにおけるシステム境界の例

構想レベル	整備及び供用。 波及については、本報告書では言及しないため、LCA 調査の目的に照らして必要である場合には、別途調査が必要である。
設計レベル	整備の構成要素全て。具体的には、資材調達、建設機械の調達・稼働、仮設資材調達。 ここに、調達とは、原料採取～製造、運搬、生産設備の資本形成・減耗等の総称である。
施工レベル	工事の構成要素のうち、施工レベルで意思決定がなされるもの。なお、活用方法によっては、計算の厳密性・正確性（一意性）の観点から絞り込まれる場合がありうる。

- 対象とする影響領域：
対象とする影響領域は、「地球温暖化」、「廃棄物」及び「地形改変」を基本とし、それぞれの評価指標は、二酸化炭素排出量、最終処分量、天然資源投入量とする。

【解説】

① 調査範囲に含まれる具体的な活動

i) 対象とする活動

建設のライフステージにおける環境負荷は、資材等の製造、運搬、施工及び解体・廃棄によるものに大別される。資材等には、建設機械や仮設材等の工事目的物以外に使用する生産手段も含まれる。

社会資本 LCA では、工事目的物の材料や建設機械等の燃料等として使用される資材に係る環境負荷（資源採取、製造、輸送及び燃料の燃焼等）に加え、生産手段（建設機械や仮設材）の使用（減耗）に係る環境負荷を含める。このため、資材に係る環境負荷の算定においても、生産設備の減耗も含める（表 2. 3-3、図 2. 3-1 参照）。

表 2. 3-3 環境負荷の算定対象範囲

段 階		直接的に環境負荷を発生させる行為 (例)	間接的に環境負荷を発生させる行為 (例)		
建設時	解体・廃棄	解体工事	施工機械の燃料消費*	施工機械を製造するために必要な資材・エネルギーの消費(=施工機械の利用に伴う償却)	施工機械の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
		廃棄物の輸送	輸送車両の燃料消費*	輸送車両を製造するために必要な資材・エネルギーの消費(=輸送車両の利用に伴う償却)	輸送車両の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
		廃棄物の処理・処分	処理設備の燃料消費*	処理設備を製造するために必要な資材・エネルギーの消費	処理設備の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
	資材の消費	原料採取	施工機械の燃料消費*	施工機械を製造するために必要な資材・エネルギーの消費	施工機械の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
		輸送(採掘地から工場まで)	輸送車両の燃料消費*	輸送車両を製造するために必要な資材・エネルギーの消費	輸送車両の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
		製品加工	工作機械の燃料消費*	工作機械を製造するために必要な資材・エネルギーの消費	工作機械の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
	資材の輸送(資材調達先から現場まで)		輸送車両の燃料消費*	輸送車両を製造するために必要な資材・エネルギーの消費(=輸送車両の利用に伴う償却)	輸送車両の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
	施 工		施工機械の燃料消費*	施工機械を製造するために必要な資材・エネルギーの消費(=施工機械の利用に伴う償却)	施工機械の製造に必要な工場の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
	併用時	管 理	照明設備等のエネルギー消費	火力発電における燃料消費・や発電過程で必要となるエネルギーの消費等	発電に必要な発電所等の固定資本を形成するために必要な資材・エネルギーの消費
維持補修工事		(建設時と同様)			

*燃料消費に関しては、燃料の消費(燃焼)に伴い直接発生するCO₂などの環境負荷だけでなく、原料となる原油を採掘するために必要なエネルギーの消費や、原油から各種燃料を精製するために必要なエネルギーの消費など、間接的に発生する環境負荷が算定対象範囲となる。

出典：井村（2001）より改変（元の出典は運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所・財団法人港湾空間高度化センター「ライフサイクルアセスメント手法を導入した環境影響評価手法開発調査報告書」）

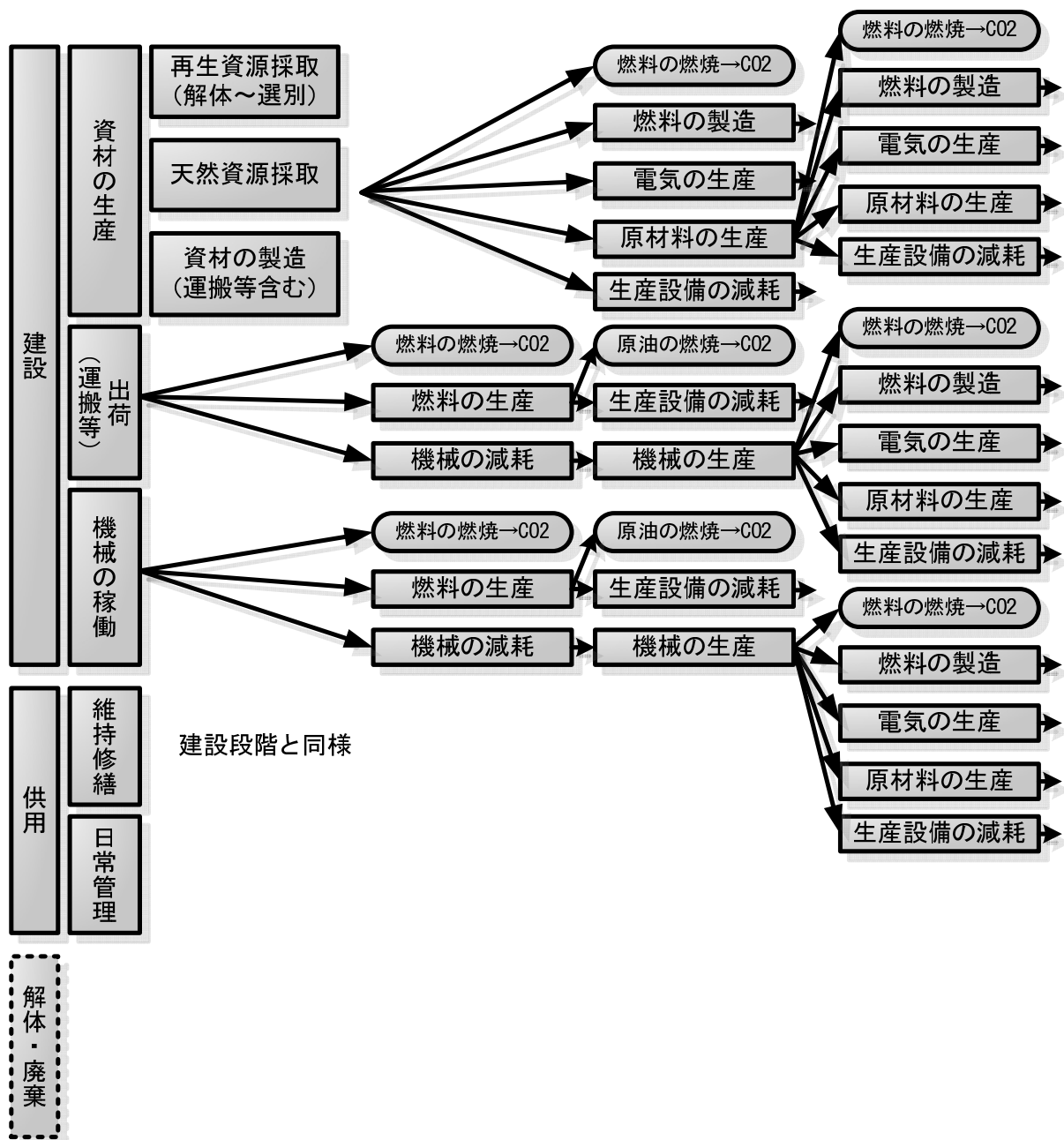


図 2. 3-1 環境負荷の算定対象範囲における活動の連鎖と環境負荷（二酸化炭素）誘発のイメージ

ii) 地理的範囲

LCA の原則 (ISO 14040) の一つが、ライフステージ間やプロセス間での環境負荷のシフトを把握・回避しうるシステム的な観点を意味する「ライフサイクル視点」である。

この基本的枠組みで対象としている地球温暖化等の環境問題でも、国内の排出を減らすかわりに、国外の排出を増やしても、環境影響は緩和されない。よって、地理的範囲としては、国外のみならず、国外での環境負荷も含むものとする。

② 影響領域と本研究で取り扱う環境負荷の関係について

LCA は本来、自然環境、人間健康及び資源の全ての属性ないし側面を考慮することを原則とする (ISO 14040)。社会資本 LCA においても、潜在的トレードオフを把握・評価する視点を持ちつつ、評価対象の特性や活用用途における他の環境評価制度との関係も踏まえて、対象とする影響

領域を選択する必要がある。

ここで、環境負荷が集積・蓄積することで環境影響が生じる環境問題が、LCA の特性を發揮しやすい影響領域といえる。一方、事業実施区域や周辺における地域性の強い環境問題については、これまでも環境アセスメント等で対応がなされてきた。このような実態を踏まえて、優先的に対象とすべき影響領域を選定することが合理的である。

温室効果ガスのうち二酸化炭素は、社会資本整備に係る様々な段階から発生し、大気中に蓄積することで地球温暖化の原因となる。また、社会資本整備では、大規模な構造物を建設することから事業区域の外部での天然資源採取に影響を及ぼす一方で、様々な循環資源を直接・間接に受け入れている側面も有する。これらの環境問題は、従来の環境アセスメント等では十分に評価することは困難であった。

よって、社会資本 LCA では、様々な環境問題を網羅的に評価対象とするよりも、まずは、これらの環境問題に限定して実施していくことが効果的・効率的である。

また、本研究では、地球温暖化の防止や循環型社会の形成等、重要かつ喫緊の社会的課題となっており、かつ、色々な段階で色々な主体が関係して全体として対策に取り組むことが必要な環境問題に着目している。ここで対象とする環境問題は、関係者横断的な性格を有する LCA の特性にも合致するものである。その他の影響領域への展開については、既存制度における取扱いも踏まえて、必要に応じて検討していくことが合理的であると考えられる。

i) 地球温暖化

温室効果ガス排出量のうち、わが国で大部分を占める二酸化炭素排出量については、建設活動による誘発効果は約 2 割を占め、直接排出以外の対策の必要性が高いことから、地球温暖化を影響領域として選定する。

温室効果ガス全般が社会資本 LCA での LCI の対象となり得るが、社会資本分野、特に構造物の建設等においては、二酸化炭素の排出量が大部分を占め、それ以外の温室効果ガスの排出は少なく、データ基盤整備対象とする優先順位は低いと考えられる（図 2. 3-2 参照）。そのため、本研究では温室効果ガスについては二酸化炭素に限定してデータ基盤整備を実施した。

なお、下水道分野等においては、 CH_4 や N_2O も重要となる場合があると考えられる。

(参考) 社会資本整備の温室効果ガス排出量に影響の大きい資材の二酸化炭素以外のガスの寄与

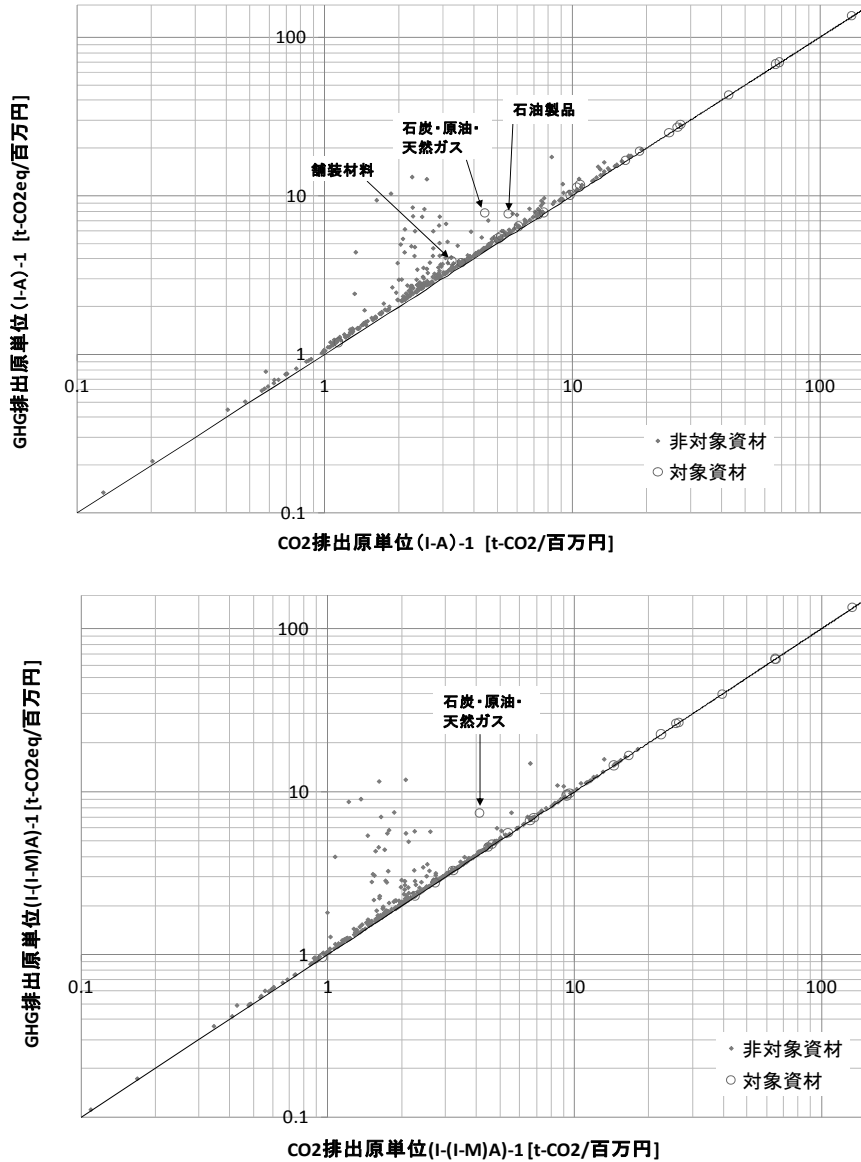


図 2. 3-2 二酸化炭素排出原単位と GHG 排出原単位の比較（上：輸入品国産仮定の場合、下：国内排出限定の場合）

国立環境研究所 3EID2005 年 β + 版を参照し、各産業部門の二酸化炭素誘発原単位と GHG 誘発原単位を比較したもの（百万円あたりの生産者価格原単位）。

図では、社会資本の二酸化炭素排出量に及ぼす感度が高い部門を、「対象資材（○）」として示した。対象資材の中では、「石油・原油・天然ガス」、「石油製品」及び「舗装材料」が $(I-A)^{-1}$ 型（国産仮定型：輸入品の環境負荷は国産品と同等であると仮定するもの）の逆行列による原単位において二酸化炭素と GHG の乖離の比率が大きい。一方、 $(I - (I-M)A)^{-1}$ 型（国内限定型：輸入品の影響を除外し、国産品のみ環境負荷を算定するもの）の逆行列において乖離が大きいのは「石油・原油・天然ガス」部門にとどまる。このことから、①（国産の）「石油・原油・天然ガス」において二酸化炭素と GHG で原単位の乖離が大きく、②国産仮定型の原単位において「石油製品」及び「舗装材料」で二酸化炭素と GHG が乖離しているのは「石油・原油・天然ガス」に由来していること、が分かる。

「石油・原油・天然ガス」について、二酸化炭素以外の GHG の排出要因を確認したところ、「エネルギー・石灰石起源以外」の二酸化炭素と、特に CH_4 の排出量が大きな値となっていた（表 2. 3-4 参照）。従って、 $(I-A)^{-1}$ 型（国産仮定型）で、石油製品と舗装材料で、二酸化炭素と GHG が乖離しているように見えるのは、原油由来で

はなく、天然ガス生産や石炭生産に由来する CH₄ 等が、「石炭・原油・天然ガス」の部門が分離されていないために、みかけ上、誘発されている部分が大きいと考えられる。

よって、本研究のデータ基盤整備において、二酸化炭素のみに限定した原単位を整備する方針で大きな問題はないことが確認される。ただし、石炭・原油・天然ガスについては CH₄ 由来の排出割合が大きく、将来的には原単位の対象ガスを拡大していくことも考えられる。同様に、現在の二酸化炭素排出原単位（国内分）では含まれないフレアリング（漏出）による二酸化炭素排出等についても、国外での排出の設定とあわせて検討することが課題として考えられる。

表 2. 3-4 「石炭・原油・天然ガス」部門の直接 GHG 排出量の構成（二酸化炭素換算量）

直接二酸化炭素排出量	19627
直接二酸化炭素排出量（エネルギー・石灰石起源以外）	37595
直接 CH ₄ 排出量	359892
直接 N ₂ O 排出量	564
直接 HFCs 排出量	0
直接 PFCs 排出量	0
直接 SF ₆ 排出量	0
直接 GHG 排出量	417677

出典：NIES「3EID2005年β版」（E表）

i) 廃棄物

社会資本整備は循環型社会の形成のために大いに貢献しており、循環利用量に占める建設産業の割合も大きいとみられる。

本基本的枠組みでは、再生材利用に伴う廃棄処分回避効果を含めて評価することにより、この視点が計算結果に反映可能である。

なお、建設残土（捨土）は法令上廃棄物には含まれず、政府の循環基本計画等でも、最終処分量として考慮されていない。よって、社会資本 LCA でも最終処分量に含めないこととした。

ii) 地形改変

物質フローに占める建設産業の割合は大きい。大規模な構造物を建設するために大量の資材を調達することがあり、その採取による地形改変等の影響を評価に含める必要があると考えられる。その要因となる環境負荷として、天然資源投入量を算定対象とする。

なお、地形改変という観点からは、土³の採取を含める必要がある。工事積算上、使用する土は、流用土、発生土、購入土、採取土⁴に区分される。地形改変の観点から、購入土、採取土を算定対象とし、他工事からの発生土は使用側では計上しない。事業区域内にとどまる環境負荷について

³ 土の採取量（生産量）の統計はなく、産業連関表においても該当する部門がないとみられ、一般品環境負荷原単位一覧表の整備で直接に原単位を算定することは困難であった。なお、土も調査対象に含めている調査としては、建設副産物調査が挙げられる。

⁴ 一般的に「土の流れ」すなわち採取場所と最終運搬先の組み合わせを基本として、流用土、発生土、捨土、購入土、採取土の5種類に分類されることが多い。【土の利用形態別分類】流用土：自工区内で利用する土、発生土：他工事へ搬出される土、または他工事から搬入される土、捨土：土捨場へ搬出される土、購入土：盛土に利用するため購入する土、採取土：盛土に利用するため工区外で採取する土

は本基本的枠組みでは対象外としているため、自工区内で発生（採取）した土については LCI で計算する天然資源投入に含めないこととなる⁵。これは、社会資本の存在による影響については、既存の環境アセスメントで対象とされていることから、重複を避けるための対応である。

iii) 化学物質

建設に用いる資材については、建設副産物に係るものを中心として、土壤環境基準を超える濃度で溶出するおそれのある場合が報告されているものについては、施工にあたっては予め測定を行い、環境安全性が確認されている。

また、本研究では、資材の数量と環境負荷原単位の積和で環境負荷量を算出する部分が多い一方で、同様の資材間で化学物質に関する環境負荷原単位は変動性が相当大きい可能性もありうる。従って、有害化学物質について、社会資本 LCA では優先順位が低く、今回は対象外とした。

iv) その他の影響領域

その他の影響領域としては、例えば、ヒートアイランド、光化学オキシダント、酸性化、富栄養化等が挙げられるものの、本研究では対象としない。

③ 環境分野の動向に関する留意点（オフセット、グリーン電力）

LCA におけるオフセットの取扱いについては確立した考え方はなく、オフセットクレジットは、社会資本 LCA の対象としない。社会資本 LCA とオフセットクレジットの関係としては、オフセットクレジットを LCI 結果の段階で埋め込むのではなく、LCA の結果を踏まえて、オフセットすべき量を決定する等の性格のものと考えられる。また、二酸化炭素にオフセットを認めるならば、土地改変についても議論が必要となろう。

グリーン電力については、本来算定範囲に含めるべきとの考え方もあるが、実際に反映させるためには検討すべき課題がある。例えば、企業が購入したグリーン電力の工事間の重複排除の確保の措置の必要性や、含めた場合には本研究における一般品環境負荷原単位で算定している電力の二酸化炭素排出原単位等との二重計上の恐れ（仮にグリーン電力が拡大すると数値的にも問題となりうる。）があること等が、課題として挙げられる。

少なくとも証書によるグリーン電力については、カーボンオフセットと同様の課題もあることも考えられ、当面は、LCI の対象外（通常の電力と同一の環境負荷原単位で評価する。）とすることが現実的と考えられる。

ただし、いわゆる「生グリーン電力」のようなものを考えると、今後、電気事業者別の区分方法も検討していく必要もあると考えられる⁶。また、地球温暖化対策推進法に基づく事業者の温室効果ガス排出量の算定等のために、電気事業者別の排出係数が公表されているが、化石燃料の燃焼分のみであり、LCA で用いる環境負荷原単位と整合させるためには、実務的な検討が必要である。さらに、同法では、電気事業者が償却した炭素クレジットを控除した電気の排出係数も「調

⁵ よって、発生土は搬出側、及び搬入側のいずれでも環境負荷として計上しない。

⁶ 本研究で開発した一般品環境負荷原単位において、電気については、電気事業者別に区分化していない。これは、社会資本 LCA の比較評価案では、構造物の立地地域が全く異なることで一般電気事業者が異なる場合の比較は想定しがたく、施工で用いる電気事業者が異なる場合は少ないと考えたことによる。なお、各資材については事業所ごとに製造地域（電力事業者）は異なると考えられるが、現時点で、一般品の環境負荷原単位一覧表にその点を反映させることは容易ではない。また、他の地域差要因と比べてバランスを欠くようにも考えられる。

整備後排出係数」として、実排出係数とあわせて提示するようになっており、このような概念への社会資本 LCA での対応方針は将来的な検討事項である。

(2) インベントリ分析

1) LCI の基本原則

LCI は、原則として、活動量と環境負荷原単位の積和計算によって行う。社会資本分野では積算体系において積和計算が浸透していることから、可能な限り積算体系に一致した活動量を用いるものとし、これに対応する環境負荷原単位を当てはめるものとする。

【解説】

わが国における社会資本整備は、かつては発注者自らが直営により実施してきた。そのためのノウハウとして、ある作業を行う場合に必要となる材料や労務、機械の単位数量が「歩掛（ぶがかり）」として発注者において整理されてきた。現在では、民間企業が施工を請け負っているものの、その予定価格はやはり歩掛に基づく原価の積算が基本となっている。

近年、国土交通省では、従来の積算体系について、合理的・機動的、かつ、統一性・一貫性のある体系への見直しを行い、新しい積算の枠組みを作るため、「新土木工事積算大系」として、体系化を進めている。

新土木工事積算大系の一環として、工事工種の体系化が行われており、図 2. 3-3 のようなツリー構造で階層化が行われている。ただし、工事工種の体系化とは、工事数量総括表について、階層数や階層定義、細分化法等の構成方法、用語名称や単位数量等の表示方法を工種毎に標準化・規格化することを狙いとしたものである。よって、上位の工事工種レベルであるからといって、上位の意思決定レベルで検討される工事工種の構成方法、表示方法と対応しているわけではないことに留意する必要がある。

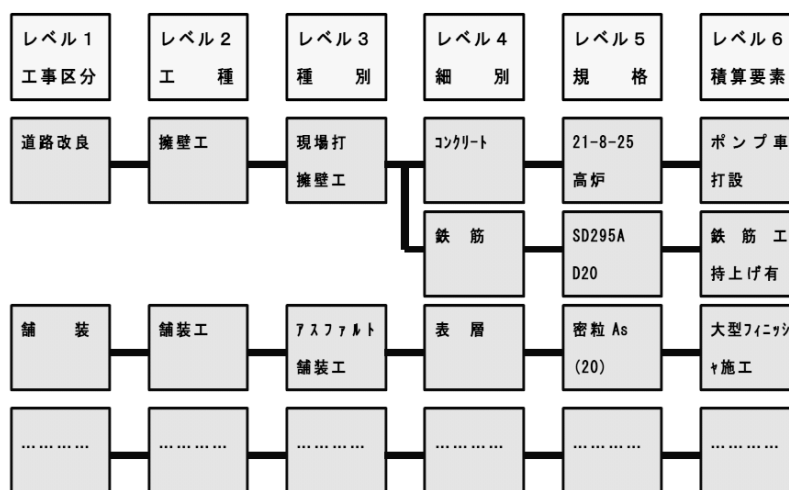


図 2. 3-3 工事工種のツリー構造の例

出典：国土技術政策総合研究所「新土木工事積算大系と積算の実際」

最近では、市場単価方式や、さらにはユニットプライス型積算方式⁷等、材料や機械の歩掛に基

⁷ 工種単位で労務費、材料費、機械経費、及び諸経費込みの取引単価（発注者と受注者（元請企業））を用いる。

づかない形の積算方式も導入されつつある。とはいえ、現状では、従来の積算方式が主流である。

ここで、LCI は、評価対象製品の製造過程等を関連する工程に分解し、各工程が使用している原材料・エネルギーや天然資源・環境負荷物質の単位入出力量を整理し、関連する工程を遡及的に調査・関連づけて、単位入出力量の連鎖から全体の環境負荷量へと「積み上げ」ることにより求められる。

構造物の建設等に必要な材料・エネルギーの使用数量を積み上げる必要がある点では、社会資本 LCI は、工事原価の積算と同様の手順といえる。

他方、社会資本 LCI では、構造物にとどまらず、構造物に用いられる材料の製造原価についても「積算」を実施することが環境負荷量を求めるために必要である。これは、工事原価の積算では材料等の市場価格調査結果の参照や見積もりの徴収に相当する部分であると考えられる。ただし、積算では製造原価の内訳まで調査しているわけではない。この点が社会資本 LCI と積算で調査深度が相違してくる点といえる。しかしながら、LCA 調査においても、現実の分析作業としては、各種材料等の製造工程等を全て遡って LCA 実施者が自ら調査しているわけではなく、評価対象固有で重要な部分の工程は独自に調査し、重要でないかあるいは評価対象に固有ではない一般的な工程の環境負荷量は既存の環境負荷原単位を参照することが通常である。

よって、材料の市場単価等に相当する数値を環境負荷原単位として一覧表に整備すれば、積算と同様の手順で社会資本 LCI を実施することが可能である。

社会資本 LCI による環境負荷量の計算イメージを表 2. 3-5 に示す。資材等の環境負荷原単位による計算は基本的には事業区域外で排出される環境負荷量（資材等の製造工場から発生する環境負荷量）に対応する。建設機械の稼働に係る燃料の燃焼については、建設機械の環境負荷原単位等を用いて材料とは別途計算し加算する。

表 2. 3-5 環境負荷量の計算イメージ

材料	数量	単価	環境負荷原単位		
			温室効果ガス (二酸化炭素排出量)	廃棄物 (廃棄物最終処分量)	天然資源 (天然資源投入量)
品目 1	x1	p1	g1	w1	n1
品目 2	x2	p2	g2	w2	n2
品目 3	x3	p3	g3	w3	n3
.....

・原則としてコスト計算と同様の手順（積和）で計算を行う。

$$\text{環境負荷量 } E(g, w, n) = (\sum x_i \cdot g_i, \sum x_i \cdot w_i, \sum x_i \cdot n_i)$$

活動量は、設計成果等に基づき LCA 実施者が準備する。一方、環境負荷原単位は、既存の環境負荷原単位一覧表からの引用が基本となる。データ収集範囲のイメージを図 2. 3-4 に示す。

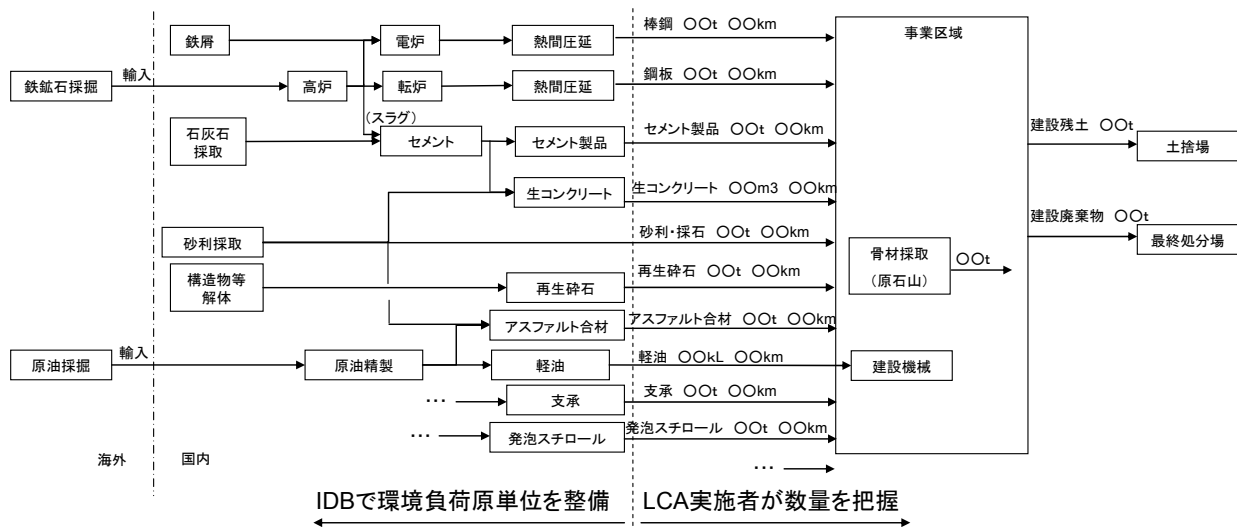


図 2. 3-4 環境負荷量の計算における LCA 実施者のデータ収集範囲（施工レベルの LCA のイメージ）

- ・ 例えば、アスファルト合材の環境負荷原単位は、合材工場の重油燃焼等に伴う二酸化炭素排出量にとどまらず、骨材の採取やアスファルトの精製等の過程を累積した（遡及）したものとして整備する必要がある。
- ・ 環境に配慮した特別な資材等を用いた場合を評価するためには、特別な資材の環境負荷原単位は一覧表には存在しないので、資材供給者からデータ提供を受けて個別品の環境負荷原単位を入手・作成する必要がある。

2) LCI に用いるデータ

①活動量に関するデータ

活動量は、設計成果等に基づき LCA 実施者が準備する。具体的な項目は、設計成果等に基づき用意される内容のほか、評価で求められる厳密性と網羅性の程度に留意して決定する。

②環境負荷原単位に関するデータ

本報告書に示す環境負荷原単位を引用するか、または本研究と同様の手法によって環境負荷原単位を独自に設定する。独自の環境負荷原単位を設定するためには、資材等の供給者が提供する環境負荷原単位を入手・参照するか、もしくは、資材供給者からデータ提供を受けることが必要である。

環境負荷原単位の引用・設定にあたっては、比較対象の間で環境負荷原単位が異なると思われるならば、それらが差別化されている必要がある。それができなければ、結果の限界として、LCA 調査報告書の解釈部分において明記する必要がある。

【解説】

① 活動量の設定

設計・施工レベルにおいて基本とする算定範囲を、工事費の内訳との対応として図 2. 3-5 に示す。実際の社会資本 LCI では、評価で求められる厳密性と網羅性の程度により、この中から算定範囲を限定することもある。

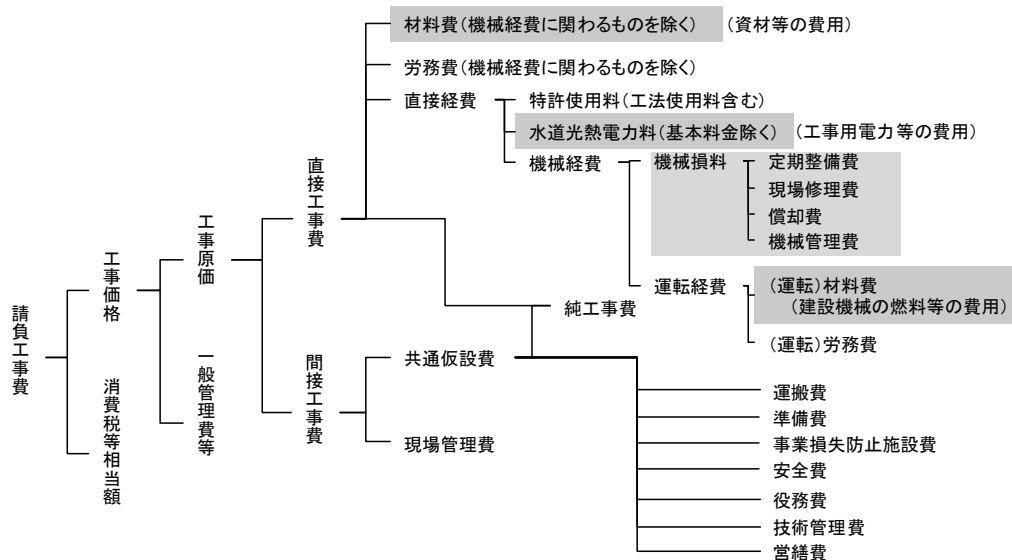


図 2. 3-5 工事費の内訳との対応でみた設計・施工レベルにおいて基本とする算定範囲（網掛け部）

注 1) 評価で求められる厳密性の程度により、この中から算定範囲を限定する。

注 2) 材料費部分については、購入材料及び支給材料を算定対象とし、流用材料は基本的には含めない。

購入（または支給）材料等以外で工事に伴い発生する環境負荷量（採取土の投入量や、現場で発生した建設廃棄物の最終処分量）は、社会資本 LCI 実施者が直接に把握する。

② 環境負荷原単位の引用

目的に見合った環境負荷原単位の選択が重要である。つまり、比較対象の間で異なる材料を一定以上用いている場合に、それらの材料の環境負荷量が有意に異なると思われるならば、それらが差別化された環境負荷原単位を選択する必要がある。それができなければ、結果の限界として、社会資本 LCA 調査報告書の解釈部分において明記する必要がある。

本研究では、一般品の環境負荷原単位一覧表の開発と、個別品の計算手法の開発を行った。また、繰り返し利用される建設機械や仮設材等の施工に関する環境負荷原単位を開発した。

材料の環境負荷原単位は、一般品については既存の環境負荷原単位を参照する。その際は、社会資本分野で用いられる多くの材料は物量基準の環境負荷原単位を優先して用いることが適切であると考えられる。

個別品については資材等の供給者が提供する環境負荷原単位を入手・参照するか、もしくは、資材供給者からデータ提供を受けて個別品の環境負荷原単位を自ら作成する必要がある。これは、工事原価の積算でいえば、既存の市場調査単価を参照するのではなく、見積もりによる単価を設定する場合に相当する。

(3) 影響評価

影響評価（Life Cycle Impact Assessment、LCIA）は、評価対象システムの潜在的な環境影響の大きさと重要度を把握・評価する段階である。LCA の国際規格では、LCIA は、必須要素である「分類化」、「特性化」と、任意要素である「正規化」、「統合評価（重みづけ）」から構成される。

本報告書では、「地球温暖化」、「廃棄物（最終処分）」及び「地形改変（天然資源採取）」を優先的な影響領域として選定する。これらについて規格の必須要素である分類化と特性化を実施する

(表 2. 3-6 参照)。社会資本 LCA にあたってこれらの手続きを意識する場合はほとんど無いと考えられる。なお、任意要素については今後の検討に委ねる。

- 分類化

LCI 結果を各影響領域へ割り当てる。本基本的枠組みで取り扱う環境負荷項目は影響領域との対応関係が明確であるため、実際にはこの手順を特別に意識する必要はない。

- 特性化

LCI 結果を共通単位（評価指標）へ換算し、集計する。本報告書では各影響領域に対して単一の指標を採用していることから、実際にはこの手順を特別に意識する必要はない。なお、二酸化炭素以外の温室効果ガスについても LCI を実施した場合には、温室効果ガス別の地球温暖化係数等を用いて、二酸化炭素換算量に特性化すればよい。

表 2. 3-6 対象とする環境負荷物質の分類化、特性化

LCI 結果における 環境負荷項目	分類化する 影響領域	評価指標（特性化結果）	単位
二酸化炭素（及びその他の温室効果ガス）	地球温暖化	二酸化炭素換算排出量	重量
廃棄物	廃棄物	最終処分量（重量合算値）	重量
天然資源	地形改変	天然資源投入量（重量合算値）	重量

【解説】

LCIA は、表 2. 3-7 に示す手順から構成される。これらのうち、分類化及び特性化は必須要素であり、正規化、グルーピング及び重みづけは任意要素である。（その他の任意要素としてデータ品質分析がある。）

表 2. 3-7 LCIA の構成要素

構成要素	必須/任意	説明
分類化	必須	LCI 結果（環境負荷量）を各影響領域へ割り当てること。例えば、特定フロン（CFC）は、オゾン層破壊原因物質であると同時に温室効果ガスであるので、オゾン層破壊と地球温暖化という二つの影響領域に割り当てられることになる。
特性化	必須	影響領域ごとに、環境負荷項目ごとの環境負荷量と「特性化係数」（地球温暖化であれば地球温暖化係数（GWP）が代表的）の積和を求め、環境影響の評価を行うこと。
正規化	任意	特性化結果を、例えば日本全体で発生している年間影響量（年間環境負荷量の特性化結果）で割ることで、相対的な大きさに変換すること。
グルーピング	任意	特性化や正規化等の影響領域ごとの評価結果について、一つまたは複数のグループに割り当てること。
重みづけ	任意	影響領域ごとの評価結果を重み付けて、単一指標化を行うこと。

LCA の国際規格化が進められた時点では、LCIA 手法は発展途上段階にあり、LCI に比べて、実

施事例が十分に蓄積されていなかった。その後、内外において LCIA 手法の研究開発が盛んに進められた。日本で開発された LCIA 手法としては、経済産業省 LCA プロジェクトによる「LIME」等が挙げられる。

現在では、工業製品の LCA や、企業活動の評価に各種の LCIA 手法が利用される状況となっている。また、構造物を対象とした研究事例においても、このような既存の LCIA 手法を利用した事例がみられる。

(参考) ミッドポイント型手法とエンドポイント型手法 (表 2. 3-8 参照)

LCIA 手法は、近年、大きくミッドポイント型 (問題比較型) とエンドポイント型 (被害算定型) に区分して、論じられることが多い。

ただし、エンドポイント型 (被害算定型) の LCIA 手法においても、特性化 (ミッドポイントレベルの評価) も採用されており、信頼性が相対的に高く、エンドポイント型の評価や重みづけ結果を補完する上で大変有用とされている。なお、エンドポイント型評価 (被害評価) は、広義には特性化に含まれるとみることができ、特性化と重みづけの間に位置するステップであると考えた方が理解しやすいであろう。

表 2. 3-8 LCIA 手法における問題比較型と被害算定型の特徴の比較

	問題比較型	被害算定型
比較項目数	多い(10項目以上)	少ない(5項目以下)
透明性	低い(環境問題を通じて発生する被害のうち、どの被害態様について評価に含めるかが明確ではない)	高い(どの被害態様について評価に含めているのか明示されている)
価値判断の範囲	広い(疫学や毒性学等学術的知見を評価に含めない)	エンドポイントと単一指標化の間のみ
比較対象に関する定量的表示方法	実際の環境影響とは異なる(例：二酸化炭素排出等価量)	エンドポイントの被害量(例：損失余命)
被害評価の有無	含めない	LCIAの1ステップとして評価結果をみることができる

出典：伊坪徳宏・稲葉敦「LIME2－意思決定を支援する環境影響評価手法」社団法人産業環境管理協会、2010

1) LCIA の必須要素 (分類化、特性化)

LCI では、廃棄物や天然資源について、多くの種類の入出力量が計上されるため、特性化を行い、少数の指標に集約することが有用である。二酸化炭素以外の温室効果ガスを対象に含める場合も同様である。

「地球温暖化」については、地球温暖化係数 (GWP) を特性化係数として用いることが一般的である。ただし、GWP は物理定数ではなく、算出時期や評価期間あるいは考慮する効果の範囲により値が異なる。我が国の地球温暖化対策に係る法令や行政計画では、京都議定書に定められた数値 (IPCC 第二次評価報告書に示された GWP100 年値) が用いられている。この GWP は、必ずしも最新の科学的知見に基づくわけではない点で、LCA の原則 (自然科学に基づく決定が国際条約よりも優先される。(ISO14040)) に十分には整合しないとの見方もありうる。とは言え、これを特性化係数として用いることが、現時点では社会資本 LCA の実務上は適すると考えられる。

「廃棄物」及び「地形改変」に関しては、循環型社会形成推進基本計画では、最終処分量 (重量) 及び資源生産性 ($GDP \div$ 天然資源等投入量 (重量)) が数値指標とされている。

社会資本 LCA においては、有害廃棄物や重量に比して環境影響が著しく大きい資源投入等が焦点となることは多くないと想定されることを踏まえ、それぞれの重量（廃棄物の最終処分量、天然資源投入量）を影響領域指標とする。

ここでの地形改変は、資材製造に伴う資源採取による地形改変である。前述のとおり、本研究においては、社会資本の存在・供用を評価対象範囲外としており、社会資本の建設工事による地形改変は含まれない。

本来、地形改変を問題とする視点からは、そもそも LCI において地形改変量（土地改変面積）を把握すべきとも考えられる。そのために必要なデータ整備も含めて、将来的な検討課題と考えられる。また、社会資本 LCA においては、地域性が重要となる部分も多いと考えられる。LCI における空間的区分の進展とあわせて、LCIA においても、このような地域性を反映できる LCIA 手法が検討なされていくことが望まれる。

なお、特性化に先だつ分類化（LCI 結果の影響領域への割り振り）では、「地形改変」が資源採取のみを対象とし、廃棄物を対象としていないことから、複数の影響領域に係る LCI 結果はない。

2) LCIA の任意要素（正規化、重みづけ）

① 正規化

正規化することで、解釈における「重要な項目（影響領域）の特定」に資する場合がある。

正規化を実施するためには、対象とする影響領域について、例えば、日本全体の環境負荷量（規格値）の特性化結果が必要となる。

② 重みづけ（統合評価）

特性化及び正規化した後の LCIA 結果は 3 つの指標で表されることとなる。これらの指標を 1 つに集約するためには、影響領域指標間を重みづけて、統合評価を行う必要がある。

重みづけを行うメリットは、影響領域間のトレードオフが解消されることにより、結果の解釈が容易となることである。特に、重みづけ結果が貨幣価値等の既存の尺度で表わされる場合には、解釈の容易性が増す（表 2. 3-9 参照）。

問題点としては、この過程は、手法の選択のみならず、重みづけ係数の値自体についても、主観的な評価に依存することが多い点が挙げられる。とりわけ、地球温暖化等に関しては、問題が長期にわたることを鑑みると、現世代が将来の影響を貨幣価値等に換算する行為について、主観の論拠を用意することは本質的に困難であるとも考えられる。

また、貨幣価値評価を行うことで、LCA による環境面の評価が、経済面の評価に埋没する恐れもある。

本基本的枠組みでは、特性化結果の指標の数が 3 つと比較的少数にとどまることから、重みづけに関する困難点を踏まえると、重みづけを必須とするには至らないと考えられる。

しかしながら、想定されうる用途のなかには、事業評価（費用便益分析）のように、多くの評価項目を貨幣価値で評価することを前提としている場合もある。環境面の評価結果が副次的に位置づけられる場合には、貨幣換算値等を用いて異なる種類の環境負荷量を統合的に評価できることの利便性は認められる。

工事の総合評価等においては、最終的に環境面以外の側面と重みづけるための点数化がおこなわれることとなるが、そのための重みづけは最終的には個別の工事の発注者に委ねられるべきであると考えられる。

表 2. 3-9 生活の質・環境改善とのトレードオフ

トレードオフの種類	例	有効な手法	留意点
A	同一環境負荷間（環境影響に地域性なし） 太陽電池の〔運用時CO2削減〕対〔製造時CO2排出〕比較	LCA（インベントリー分析）	
B	同一環境負荷間（環境影響に地域性あり） 〔脱硝設備のNOx削減〕対〔資材・製造時NOx排出〕比較	LCA（インベントリー分析）	地域による環境影響の差を評価することが課題
C	異種環境負荷 〔排水処理による水環境改善〕対〔運用に伴うCO2排出〕	LCA（インパクト分析） 金銭価値評価	インパクト分析の手法により結論が異なる 地域的な環境影響を把握できるが環境負荷の網羅的把握困難
D	リスク軽減と環境負荷 〔水道による健康リスク軽減〕対〔建設・運用に伴う各種環境負荷〕	被害算定型LCAによる比較 金銭価値評価	受苦者が異なるリスクを比較する際の公平性の問題 リスクの金銭価値変換の問題
E	生活の質と環境負荷 〔街並み整備〕対〔整備に伴う各種環境負荷〕	金銭価値評価	環境負荷の網羅的把握困難。 文化の多様性評価困難

出典：花木東京大学教授（社会資本のLCAに関するシンポジウム、2009）

(4) 解釈

解釈は、分析・評価結果をその限界とともに要約し意思決定の基礎とするための段階であり、社会資本LCAにおいても重要である。国際規格では、「解釈」には、1)重要な項目の特定、2)点検に基づく評価、3)結論、限界及び提言が含まれる。

解釈における実施内容については、活用用途ごとに、ケーススタディ等を通じてさらに知見を蓄積し、そのあり方を明確化していくことが必要な状況にあると考えられることから、LCA実施者は、本報告書や既往事例を参考としつつも、個々の調査目的や内容に応じて、適切な解釈を実施していくことが期待される。

1) 重要な項目の特定

具体的な検討内容及び留意事項は次のとおりである。

- ①LCI及びLCIA結果を、図表等を用いてわかりやすく整理する。
- ②環境負荷量の全体に占める割合を分析し、重要な活動を明らかにする。
- ③複数案の比較では、結果の相違の原因を明らかにすることが重要である。

2) 点検に基づく評価

点検の目的は、LCA結果の確実性と信頼性を検証し、改善することである。国際規格では、次の点検項目が定められている。

- ①完全性点検（解釈に必要なデータが揃っているか）、
- ②感度点検（結論が手法や仮定に影響を受けず、信頼できるものであるか）、
- ③整合性点検（前提条件やデータは目的及び調査範囲と整合しているか）

遡及影響のみを対象とする社会資本LCAに対しては、本報告書に示すデータで完全性は確保されるものと考えられる。

環境負荷原単位等の算定に仮定が含まれる場合には、仮定によって結論が変わらないことを感度点検で確かめる必要がある。

整合性点検については、本報告書に示すデータを適切に運用すれば、満足されるものと考えられる。

環境負荷原単位一覧表は、数値のみならず、LCA 実施者による点検作業を支援するための情報を提供できることが望ましい。

3) 結論、限界及び提言

個別の LCA 調査の限界は、本基本的枠組み自体が有する限界、使用した環境負荷原単位が有する限界、及び LCA 実施者による判断や調査における限界から生じる。LCA 実施者による判断（LCA 実施者が個別に工夫した点）は、調査報告書に記載する必要がある。

【解説】

1) 重要な項目の特定にあたっての留意事項

複数案の比較においては、結果の相違が何に起因するものなのかを明らかにすることが重要である。例えば、同一の材料で使用量が違うことによる差である場合には比較結果の信頼性は高いと考えられる一方、異なる材料で環境負荷原単位が違うことのみによる差である場合には、環境負荷原単位の限界によって結論の確からしさが左右される。

なお、本基本的枠組みでは、異なる影響領域の統合評価（重みづけ）は基本的に行わない。このため、評価結果において影響領域間でトレードオフが生じた場合には、どのような結論を導けばよいか問題となる。

2) 点検にあたっての留意事項

評価においては、次に示すような点検を実施することが考えられる。

① 完全性点検

環境負荷原単位を当てはめることができたカバー率（重量、価格）を点検する。ある資材等について環境負荷原単位が利用できない場合に、他の資材等の環境負荷原単位で代用した場合には、両者を区別してカバー率を整理することも有用であろう。

② 感度点検

採用した前提条件や手法、データの違いが結果に及ぼす影響を分析する。例えば、環境負荷原単位を適用するために行った単位の換算値その他重量等の推計方法の違いによる感度、LCI において特別な配分を実施した場合にはその方法による違いによる感度、あるいは、輸送距離等を仮定した場合にはその違いによる感度等を点検する。

③ 整合性点検

例えば、比較する複数案において差異のある部分に対して、信頼性の異なる環境負荷原単位が使われていないか等を点検する。

本基本的枠組みで提示した LCI 手法では、事業実施区域外の多くの活動が誘発する環境負荷量の推計は、LCA 実施者自身の調査ではなく、環境負荷原単位一覧表の値を用いて計算することになる。このため、環境負荷原単位一覧表が点検作業を支援するための情報を提供しなければ、LCA 実施者が感度点検や整合性点検を十分に実施することは難しい。そこで、例えば、LCA 実施者による感度点検や整合性点検を支援するために、環境負荷原単位の一覧表において、数値のみならず、データ品質に関する情報が提供されることが望ましいと考えられる。

3) 結論、限界及び提言にあたっての留意事項（本研究成果を参照する場合に生じうる限界）

個々の LCA 調査における適切な解釈の実施に資するために、本基本的枠組み自体の限界、及び本報告書で示す環境負荷原単位の限界を次に示す。

① 本研究の調査範囲から生じる限界

繰返し述べているとおり、本研究においては社会資本整備の遡及分のみを扱っている。従って、波及分に対して影響する意思決定を実施するレベルにおいては、本報告書に基づく環境負荷量の算出のみで意思決定の判断材料としてはならない。

② 開発方針から生じる限界

将来における材料のリサイクルの反映等については、異なる考え方にに基づき算定を行うことも可能であり、本報告書で掲げ、環境負荷算定に用いた方針が合理的であるとの社会的合意は確立されていない。もとより、本研究で開発した環境負荷原単位は、リサイクルシステムが異なる材料間の比較を行う趣旨のものではないことから、もし LCA 実施にあたって材料間の環境負荷原単位の差異にのみ基づく比較がなされるならば、結果の解釈では特別の注意が必要である。

また、社会資本 LCA の目的に照らして、国外活動も含めて環境負荷量を計上し、環境負荷原単位一覧表を整理している。国外活動に起因する環境負荷量は、主要なものについては既存文献を調査の上で引用し、その他は輸入率が十分に低いとして国内と同一の値を見込んだ。従って、調査データを直接利用しているわけではなく、一定の仮定に基づいていることから、正確性は国内活動に比べて低い。LCA 実施の結果、排出内訳において国外分の寄与が大きい場合には、その部分の結果の信頼性は相当程度低いものとして結果を解釈する必要がある。

③ 開発した環境負荷原単位の限界

本報告書では、利用者の便宜のために、積算に用いられる一般的な材料名に即した名称で環境負荷原単位一覧表を整理した。環境負荷原単位の積算体系に即した名称変換にあたっては、同様の材料については同一の環境負荷原単位数値を当てはめられると仮定しているものの、実際には、厳密に同一ではない。もとより、同一の材料においても製造設備、技術、原材料等の違いにより環境負荷原単位は変動する値である。従って、本報告書に示された数値を類似品に引用する際には、算定根拠が個別の LCA 実施主旨に適したものであるかの観点からも解釈が必要である。

2. 3. 2 社会資本 LCI のためのデータ基盤の改良

従来の LCI 用データ基盤に関する課題に対して、本研究の開発方針に沿った改良を実施した。改良されたデータ基盤の特徴として、次のものが挙げられる。

- ・算出手法の共通化
- ・環境負荷削減効果の見える化
- ・活用用途別環境負荷原単位一覧表の整備
- ・影響の大きい環境負荷原単位の更新簡素化・迅速化

改良されたデータ基盤の特徴、及び改良の具体的手順を示す。なお、既に述べたとおり、データ基盤構築の基礎的作業は施工レベルに関するデータの作成であることから、特に断らない限り、本項においては施工レベルに関するデータ基盤を想定した記述とする。

また、従来のデータ基盤において見落とされていた、セメント系材料による二酸化炭素固定量に関する独自の調査を実施し、再生砕石の二酸化炭素排出原単位に反映した。

【解説】

(1) データ基盤作成の全体像

施工レベルにおける LCA であれば厳密さが求められるため、資材等の環境負荷原単位を積み上げていくことが必要である。しかしながら、構想レベル、設計レベルにおいては入手可能な情報が概略的であることから多くの仮定が必要であり、また、環境負荷を網羅的に把握することが求められることから資材等の環境負荷原単位を積み上げることは大きな労力を必要とする。LCI 実施者の負担軽減のため、手法の簡素化、省力化を考慮する必要がある。

そのため、施工レベル用に開発した資材等の環境負荷原単位を集約することで工種あたり、構造物あたりの環境負荷原単位を整備する。一般的な工種、構造物の環境負荷原単位を用いて計算できるようにすることで、LCI 実施者の負担を軽減する。

本研究では、図 2. 3-6 に示す階層的な環境負荷原単位を整備した。社会資本整備は、構想レベルから施工レベルへと進むにつれ、検討範囲が狭まり、同時に、検討の詳細度が増す。一方、環境負荷量は、資材の環境負荷原単位を基盤として、より高次の環境負荷原単位を組み立てながら、上位の意思決定レベルほど集約的な方法で算出されることになる⁸。資材、工種、構造物の順に下層の環境負荷原単位の積和により算定する。

なお、新土木工事積算大系での工事工種の階層を参考に、階層的な環境負荷原単位を提示した既存研究としては、(木嶋ら、2006)⁹が挙げられる。

⁸ 「下水道における LCA 適用の考え方」(国土技術政策総合研究所資料 No. 579、2010) では、工事数量に対応した原単位を、組立原単位と呼んでいる。

⁹ 木嶋 健・寺田 剛・明嵐政司・西崎 到「建設事業における CO₂ 排出量に関する検討」、土木技術資料、48、60-65、2006

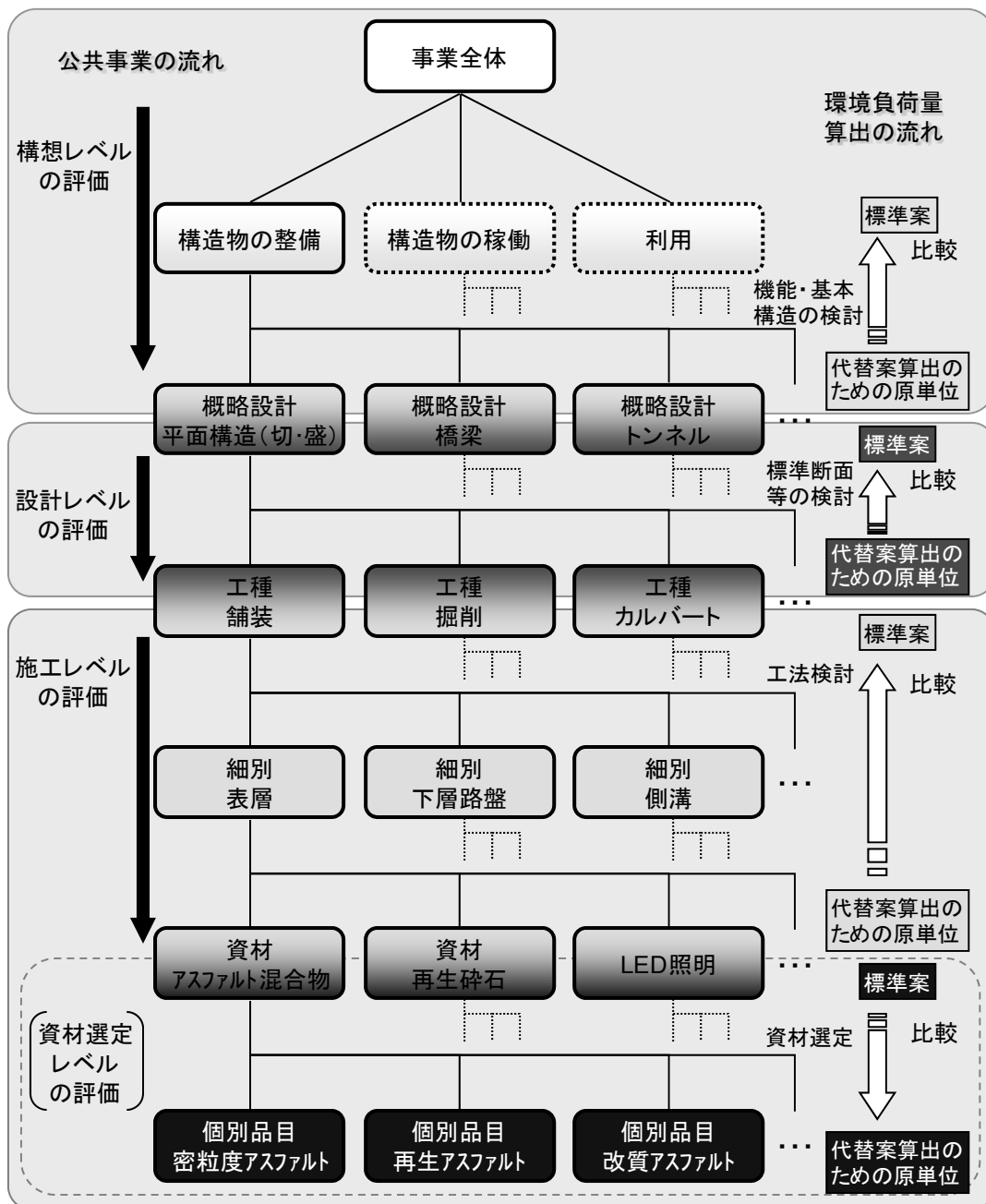


図 2. 3-6 階層的な環境負荷原単位

1) 資材製造に関するデータ基盤作成方法

社会資本 LCI に用いる資材等の環境負荷原単位は、使用される資材間でライフサイクルの考え方が統一されている必要がある。システム境界も資材間で統一され、かつ、個別の取組による国内の平均的な環境負荷量からの環境負荷削減量を算出できるようにする必要がある。また、次々と開発される新技術に対応できるように、最新のデータへ素早く簡単に更新できる仕組みが必要である。

そこで、社会資本整備の環境負荷原単位の算定において、感度の高い重要なフロー（主要部分の物量）については公的一次統計や業界統計等の物量データを用い、これを産業連関表の物量表、金額表で補完することにより、積み上げ法の長所である精度、更新性と産業連関法の長所である網羅性、整合性とを両立させた環境負荷原単位算定手法を開発し、主要資材を含む「一般品」の環境負荷原単位を一覧表として整理した（図 2. 3-7 参照）。

なお、資材製造工場の設備等の損耗分の環境負荷量を含めた場合についても算定し、建設機械等と資材の一般品環境負荷原単位との間で算定範囲を整合させた。

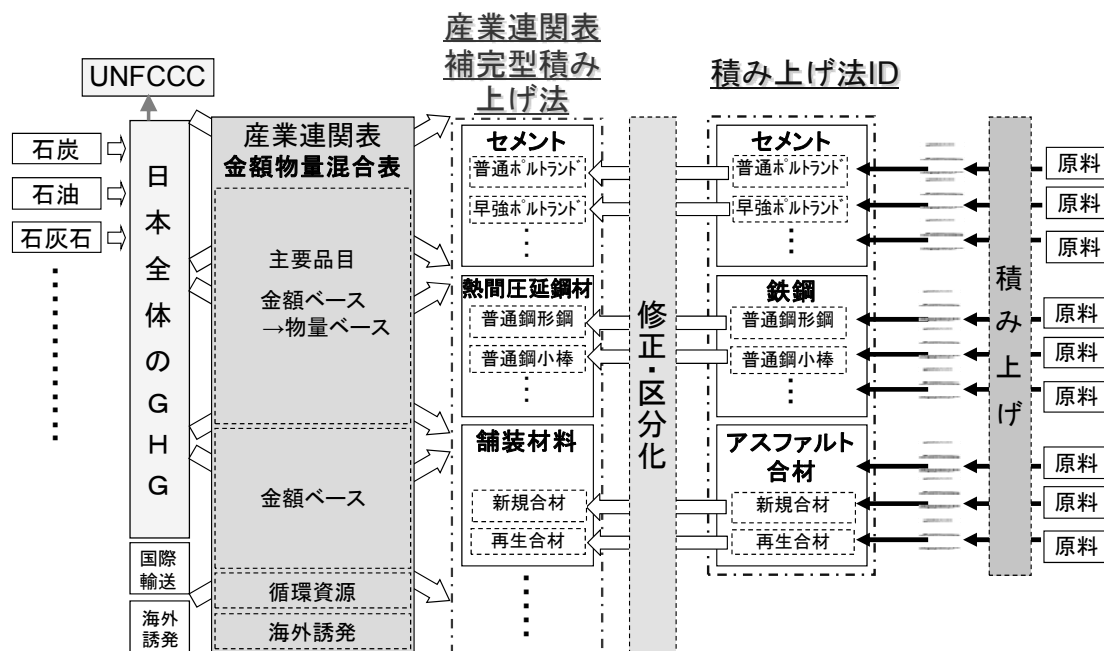


図 2. 3-7 産業関連表補完型修正積み上げ法と積み上げ法の関係

社会資本整備に関係する設計者、施工者、資材製造者等が、環境負荷の削減効果のある資材の選択、開発等を行った場合は、その取組みを評価できるようにする必要がある。そのためには、比較対象となる一般品の環境負荷原単位と共通の計算手法によって個別品の環境負荷量を算出可能とすることが必要である。

そこで、個別品の環境負荷原単位は、環境負荷量に占める割合や変動が大きい原燃料等について積み上げ法により計算し、それ以外の環境負荷量について一般品と同じ定数（未集計分等見込み値）を付加することで環境負荷量を計算するものとする（図 2. 3-8 参照）。

資材あたりの環境負荷原単位に対して影響の大きい原燃料等を積み上げ法によって計算することで、独自の取組みの効果を反映することが可能である。また、未集計分等見込み値を付加することにより、計算範囲の共通化が実現するため、一般品や代替品との計算結果の比較が可能である。

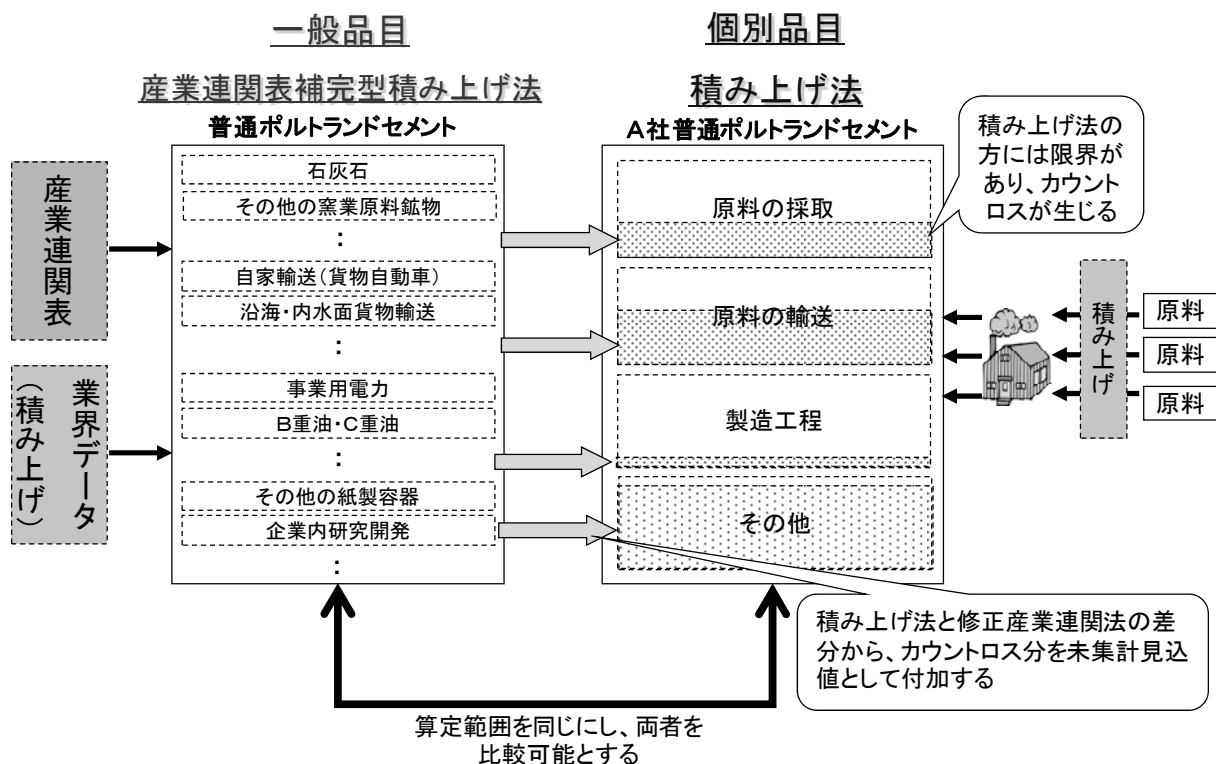


図 2. 3-8 未集計分等見込み値のイメージ

2) 建設機械、仮設材の減耗に関するデータ基盤作成方法

社会資本整備は現場の独自性が強く、一つ一つの注文を受けて生産されるものであり、建設機械の稼働の影響を受ける。また、建設業は「建設工事の完成を請け負う営業」であるため、建設活動に伴う環境負荷量を算出する必要がある。

そのため、製品として納入されない建設機械、仮設材の減耗に係る環境負荷原単位を整備する。なお、環境負荷量の算出に係る LCA 実施者の負担が大きくなるように、積算に使用する数量等と整合した環境負荷原単位を整備する。

建設機械の損耗等に係る環境負荷原単位は、損料を構成する維持修理費、償却費、管理費に対応させて算出した環境負荷原単位を整備する。LCA 実施者はこの環境負荷原単位と、設計数量から供用日、建設機械等損料表から建設機械の質量を引用することで環境負荷量を算出する。

仮設材については、積算の実態に合わせて賃料基準の環境負荷原単位を、損耗分と賃貸に係る活動の環境負荷の和から算出して整備した。

3) 運搬に関するデータ基盤作成方法

社会資本整備では、骨材や土等を大量に運搬するため、運搬に係る環境負荷量の比率が大きくなる傾向が確かめられている。

そのため、運搬距離に対応した環境負荷原単位を整備する。計算方法を単純とし、かつ、最大積載量が大きい車両で積載率を高める方向に積極的に誘導する観点から、環境負荷量の全てが燃料消費量に比例するものとして、道路貨物輸送燃料消費量あたりの形式で環境負荷原単位を整備した。

(2) 算出手法の共通化

算出手法については、国外活動も含めたあらゆる遡及的活動の網羅、配分手法の具体化、リサイクルによる回避プロセスの具体的設定を実施することで共通化し、社会資本 LCI 実施者による計算条件の相違が生じないものとした。

1) 国内活動の取扱い

先に述べたとおり、環境負荷量の算出範囲は、産業連関表の調査範囲に一致させることで共通化している。産業連関表の調査範囲は国内の経済活動の範囲を網羅していると考えられるため、積み上げ法では追い切れない活動に伴う環境負荷量を含めた算出が可能になっている。

2) 国外活動の取扱い

社会資本整備に直接・間接に関連する活動の範囲は概ね国内に閉じていると考えられるものの、一部の原料、燃料については、国外活動の影響が重要であると考えられる。本報告書では、国外でなされる活動について、以下の方法によって取り扱った。

- 輸入割合が一定以上高い等、国外での活動が全体の環境負荷量に及ぼす影響が一定程度見込まれる、原油、鉄鉱石、石炭については、国外における原料採掘と国際輸送に係る環境負荷量を付加した。
- その他の製品については、輸入割合が低かったり社会資本整備への投入量が小さかったり、影響はわずかであると考えられたことから、輸入品と国産品の環境負荷は同等であると見なした。

3) 循環資源の利用に関する取扱い（配分と回避）

① 配分

- 他産業由来副産物・廃棄物については、社会資本整備へ利用するための搬出、加工等の活動によって発生する環境負荷量を計上する。
- 建設副産物については、解体・撤去以降の環境負荷量を新規の社会資本整備に計上する。

② リサイクルによる代替活動の回避の取扱い

社会資本整備においては大量の他産業由来副産物・廃棄物や建設副産物を受け入れていることから、これらを再利用することによる社会的影響を評価可能とした。すなわち、リサイクルによって回避された廃棄物最終処分等のプロセスに起因する環境負荷量を控除するものとした。回避プロセスの具体的設定は、実態との一致に注意して、次の方法によって行った。

- リサイクル用途が複数あり、建設業に利用されないならば他の産業等へリサイクルされる場合、他の産業等へのリサイクルプロセスを回避するものとする。具体例として、高炉水砕スラグについては、輸出の実績がセメント原料代替に次いで多いことから、セメント原料代替に用いる場合には輸出を回避しているものとした。
- リサイクル方法が単一で、建設業に用いられないならば最終処分される場合、最終処分を回避するものとする。

【解説】 特になし

(3) 環境負荷削減効果の可視化

施工レベルにおける環境負荷量の算出については、具体的な資機材の規格や調達先等の現場条件を変えた場合の計算を実施可能にすることが必要である。本研究では、環境負荷原単位の算定を物量データに基づく手法にすることで、1) 詳細な品目区分で環境負荷原単位の比較を可能にするとともに、2) 個別の現場条件等を考慮した環境負荷原単位の算定手法を標準化した。これらの対応によって、環境負荷量の削減効果の見える化が可能になった。

1) 詳細な品目区分による環境負荷原単位の算定

物量フローに基づいた算定とするため、公的統計や業界統計等を用いた環境負荷原単位を整備した。具体的な検討は以下の手順で実施した。なお、社会資本整備全体の環境負荷量に対する感度が高い建設資材のみを対象とした。

① 対象とする主要資材の抽出

各活動により直接的に排出される環境負荷量、または各部門間のフローの変化による、社会資本整備に関連する総環境負荷量の感度（弾力性）を指標とし、弾力性が一定以上の製品を、「変動した場合に LCI 結果に及ぼす影響が大きい」主要資材として抽出した。環境負荷の項目は、二酸化炭素、廃棄物最終処分、天然資源投入とし、判断の基準となる弾力性は 0.015 とした。

その結果、骨材、セメント、生コンクリート、鉄鋼製品、アスファルト混合物が主要資材に抽出された。これらの主要資材による社会資本整備に関連する総環境負荷量（遡及分）のカバー率は、二酸化炭素排出量、天延資源投入量、廃棄物最終処分量のいずれについても 8 割を超えた。

② 主要資材の物質フローの修正・区分化

主要資材は社会資本整備に関連する総環境負荷量に及ぼす影響が大きいことから、それらの環境負荷量の算定は物質フローに基づくものに修正した。具体的には、公的統計や業界統計によって物質フローを作成し、埋められないフローのみ産業連関表で補完するものとした。産業連関表で補完した活動に起因する環境負荷量は、算定範囲の共通化のために必要な仮定値であり、「未集計分等見込み値」と名付けた。

その結果、主要資材の環境負荷量（二酸化炭素）の多くを物質フローに基づいて算定することが可能になるとともに、製品の分類を建設事業者が区別するレベルに近いものまで細分化することができた。

【解説】

社会資本 LCI 結果において、環境負荷量に及ぼす影響が大きい品目の環境負荷原単位を精度良く計算することができれば、排出量の大部分を精度良く計算できることになる。

このような社会資本に用いられる頻度、環境負荷量等を考慮した上で品目を選定する手法として、弾力性分析がある。すなわち、環境負荷量の算定精度の観点からは、「分布が幅広く（変動が大きく）」、かつ、「変動した場合に LCI 結果に及ぼす影響が大きい」部分について正確かつ詳細な環境負荷原単位を算定することが重要であると考えられる。このうち、「LCI 結果に及ぼす影響が大きい部分」は、産業連関表に基づく環境負荷量算定に関する弾力性分析により、大まかな特定が可能である。

本研究では、国土交通省所管公共事業を中心とする社会資本整備部門（産業連関表の「道路関係公共事業」と「河川・下水道・その他の公共事業」に相当）の環境負荷原単位の弾力性の評価を行い、対象品目を選定する。

使用する産業連関表は、産業連関表のシステム境界をデフォルトとして使用しつつ、付帯物量

表で把握できる部分は物量の取引量に置き換えた、社会資本用金額物量混合型産業連関表（2005年表）とする。

弾力性は、「資材の投入係数及び直接環境負荷量の変動率」と「評価対象の環境負荷量の変動率」の比である。この弾力性の大きい投入係数等を有する品目を主要な建設資材として選定した。

弾力性の定義式と、本研究で用いた実際の計算式は表 2. 3-10 に示すとおりである。定義式はパラメータの任意の変動量に対する一般解であるため、実際の計算は一次近似（1 階微分）して解析的に一つの解を算定するものとする。

表 2. 3-10 弾力性の定義と計算式

	弾力性の定義	実際の計算式 ¹⁰ (一次近似による計算式)
直接排出係数 (e) の弾力性	$S_i^k = \frac{\Delta \varepsilon_k / \varepsilon_k^0}{\Delta e_i / e_i^0}$ 式(2-6)	$S_i^k = \frac{\bar{b}_{ik} e_i^0}{\varepsilon_k^0}$ 式(2-7)
投入係数 (A) の弾力性	$S_{ij}^k = \frac{\Delta \varepsilon_k / \varepsilon_k^0}{\Delta a_{ij} / a_{ij}}$ 式(2-8)	$S_{ij}^k = \frac{\bar{a}_{ij} \varepsilon_i^0 \bar{b}_{jk}}{\varepsilon_k^0}$ 式(2-9)
式の説明等	直接排出量の変動 (Δe_i) もしくは投入係数の変動 (Δa_{ij}) に伴い、第 k 部門の環境負荷原単位 (ε_k) が変動するときの、基準値における e_i もしくは a_{ij} の変動率に対する ε_k の変動率の比とした。	弾力性の定義式を 1 次近似 (1 階微分) とした解析的計算式を用いる。これにより、入力量の変動率の設定が不要となり、弾力性は一定値となる。

注：表記の説明

環境負荷原単位：下記の計算式による。

$$\varepsilon = e^T (I - A)^{-1} \quad \text{式(2-10)}$$

n ：部門数

ε ：各部門の環境負荷原単位ベクトル（うち、「社会資本整備」部門等に着目）

e ：各部門からの直接環境負荷係数ベクトル（二酸化炭素直接排出量，天然資源投入量¹¹）

A ：投入係数行列（金額基準または重量基準。 $n \times n$ の正方行列） ※国産仮定型

S_i^k ：直接排出係数の弾力性

S_{ij}^k ：投入係数の弾力性

a_{ij} ：投入係数行列の要素

$$\bar{b}_{ij} = \left[(I - \bar{A})^{-1} \right]_{ij}$$

¹⁰本藤祐樹・酒井信介・丹野史郎「産業連関表を用いて推計された CO₂ 排出原単位の感度分析」エネルギー・資源、22(4)、322-328、2001

¹¹ 天然資源投入部門について生産単位数量あたりの重量を要素とし、その他の部門は 0 であるベクトル。

2005年の金額物量混合型産業連関表で、社会資本整備部門を対象に弾力性を計算し、0.015を基準として主要なフローを抽出した。その結果は図 2. 3-9～図 2. 3-12 に示すとおりである。0.015を基準とした抽出により、社会資本整備部門の二酸化炭素排出原単位の85.5%、天然資源投入原単位の96.3%、最終処分原単位の83.9%をカバーすることができる。なお、このカバー率は、社会資本整備からの直接分と、資材等の生産による間接分の環境負荷量を含んだ値である。なお、土については、採取土（土地改変－天然資源）及び建設残土（最終処分）のいずれも、計算対象として含めていない。

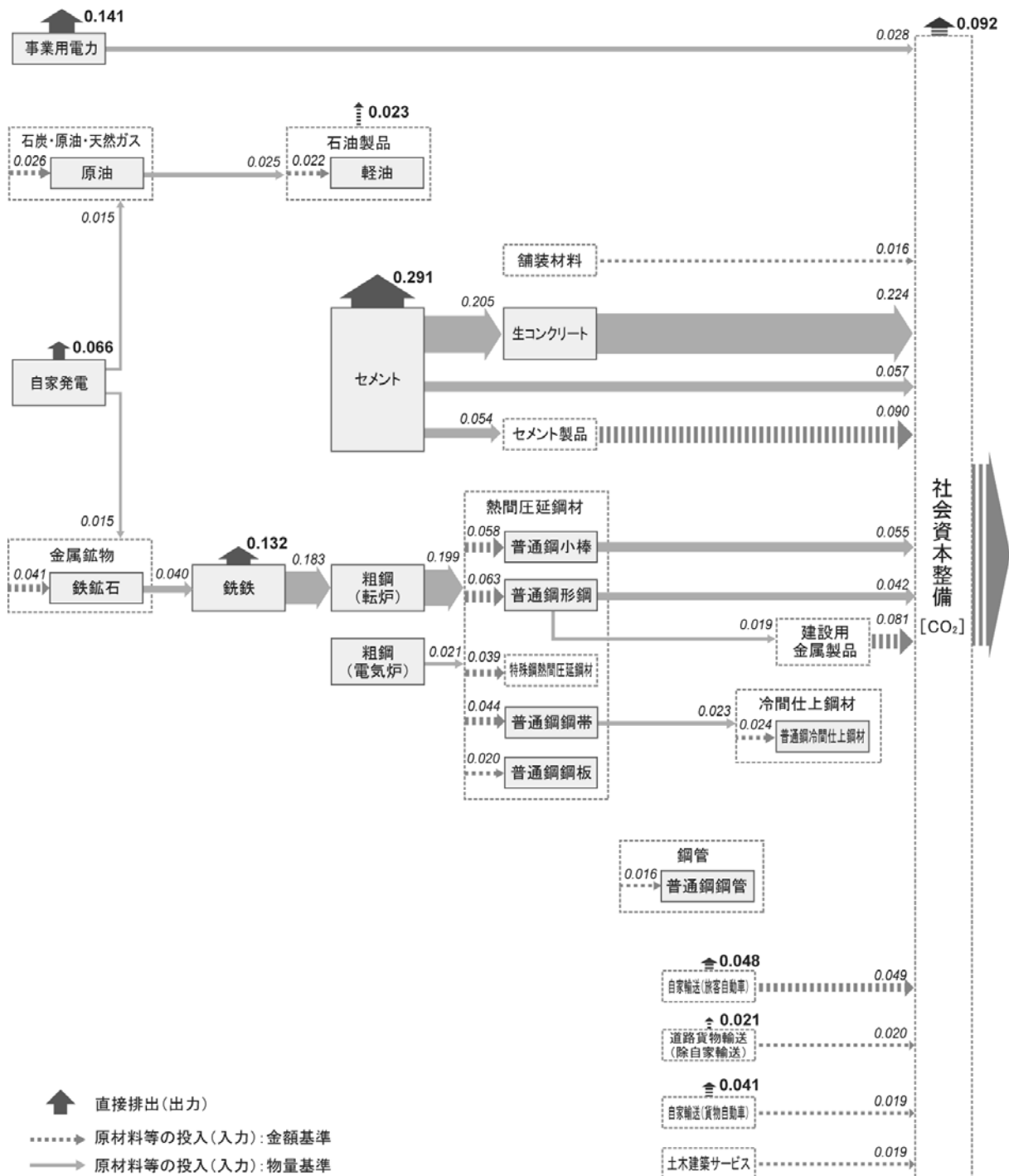


図 2. 3-9 2005年 金額物量混合表 社会資本整備 二酸化炭素（弾力性 0.015 以上）

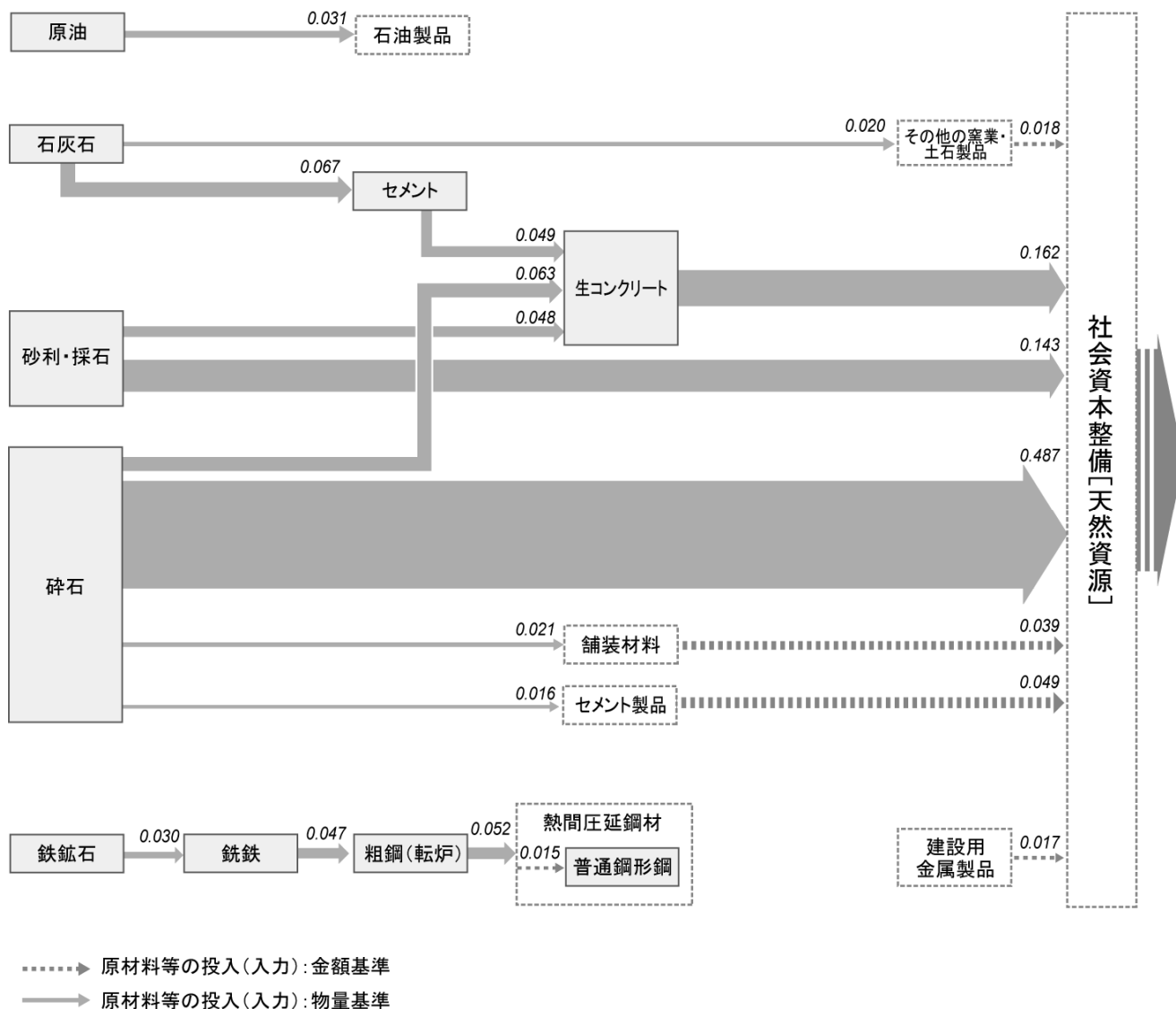


図 2. 3-10 2005 年 金額物量混合表 社会資本整備 天然資源 (弾力性 0.015 以上)

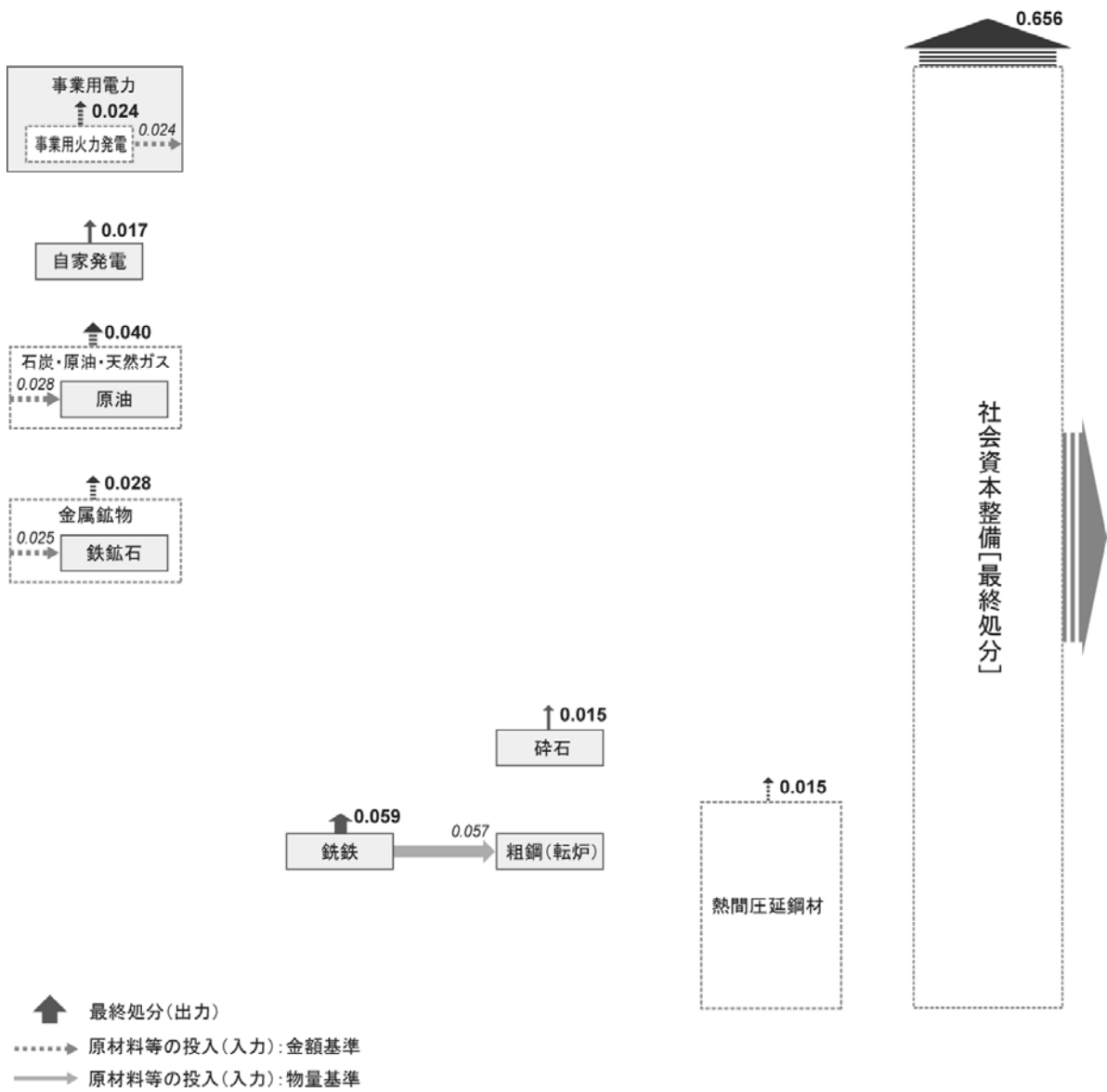


図 2. 3-11 2005 年 金額物量混合表 社会資本整備 最終処分 (弾力性 0.015 以上)

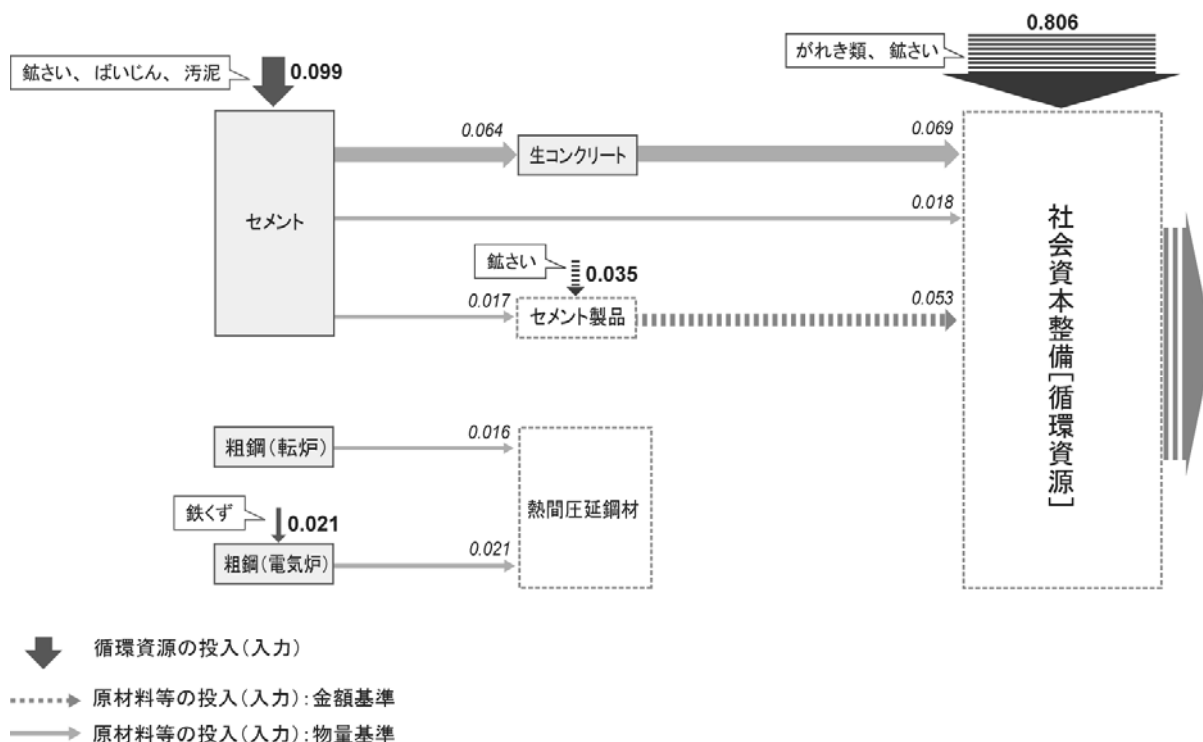


図 2. 3-12 循環資源投入の弾力性

注) 環境省循環利用量実態調査に基づき簡易的・一律的に循環資源投入量を設定した段階で弾力性を評価した。二酸化炭素等と同様に、本図の段階では、資材ごとの検証(修正・区分化)はまだ実施しておらず、最終的には、修正・区分化に伴い、作図結果は変更される。

例えば、がれき類(アスファルトコンクリート塊等)については、直接道路関係公共事業に投入する設定としているため、舗装資材(再生合材)への投入量が本図では表現されていない。

2) 個別の現場条件等を考慮した環境負荷原単位の算定手法の標準化

調達先の製造工場等、現場に固有の条件に応じて環境負荷を算定する手法を標準化した。具体的手法は次のとおりである。

- ・ 公的統計や業界統計で物質フローを作成した活動について、引用した統計と同様の手法によって調査した個別の工場等の物質フローを作成し、当該部分の環境負荷量を積み上げる。
- ・ 積み上げ法によって算出した環境負荷量に、未集計分等見込み値(定数)を付加する。

この手法は、調査対象となる企業等の範囲が異なるものの、基本的には一般品の環境負荷原単位算定手法と同じであり、物質フロー作成にあたって、公的統計や業界統計の代わりに、同様の手法で調査された個別の工場等の数値を代入しているに過ぎない。よって、公的統計や業界統計から作成した全国平均値との比較が可能である。

【解説】

未集計分等見込み値は、環境負荷原単位算定の範囲を共通化するために付加するものである。従って、公的統計や業界統計等を用いて数値の置換えを実施した活動以外が含まれる。未集計分等見込み値が材料全体の環境負荷量に及ぼす影響は、主要資材に関する限りでは大きくないことを確認している。

(4) 活用用途別環境負荷原単位一覧表の整備

社会資本 LCI 実施にあたっての、作業負荷の軽減、及び計算の一貫性の確保の狙いから、活用用途別の環境負荷原単位一覧表を整備した。具体的には、1) 積算体系等の製品区分に合致した環境負荷原単位整備、2) 工種別、構造型式別等、上位レベルにおける利用を想定した環境負荷原単位整備である。

1) 社会資本整備分野の資料に合わせた環境負荷原単位の変換

施工レベル用の環境負荷原単位作成に用いた公的統計や業界統計と、社会資本整備実施にあたって利用される積算体系等では、材料等の製品区分が厳密には一致していない。本研究は社会資本整備の実務者に利用されることを想定しているものであることから、公的統計や業界統計を元に算定した環境負荷原単位を積算体系に則った製品区分に名称変換する作業を実施した。

2) 上位レベルにおける利用を想定した環境負荷原単位整備

社会資本整備は、構想レベルから施工レベルへと進むにつれ、検討範囲が狭まり、同時に、検討の詳細度が増す。一方、環境負荷量は、資材の環境負荷原単位を基盤として、より高次の環境負荷原単位を組み立てながら、上位の意思決定レベルほど集約的な方法で算出されることが精度を高める観点から望ましいと考えられる。

この考えに従って、設計レベル用、構想レベル用の環境負荷原単位一覧表を整備した。先ず、施工レベル用の環境負荷原単位（資材別、建設機械別等）を、新土木工事積算体系等を参照して工種レベルに集約し、設計レベル用の環境負荷原単位とした。さらに、設計レベル用の環境負荷原単位を構造型式レベルに集約し、構想レベル用の環境負荷原単位とした。

【解説】 特になし

(5) 影響の大きい環境負荷原単位の更新簡素化・迅速化

環境負荷原単位のデータ基盤整備に用いた公的統計や業界統計の多くは、毎年（度）更新されている。一方、環境負荷量の算定範囲の設定にあたって基本とした産業連関表は5年に一度の更新である。よって、公的統計や業界統計を利用することで、環境負荷原単位の数値の更新頻度を上げることができる。設計レベルや構想レベル用の環境負荷原単位は、その集約過程において施工レベル用の環境負荷原単位と関連づけられていることから、資材別の環境負荷原単位だけでなく、工種別、構造型式別の環境負荷原単位も毎年度更新が可能である。

よって、社会情勢や技術革新等による環境負荷原単位の変化に対して、従来よりも迅速かつ簡易な更新が可能である。

【解説】

公的統計や業界統計によって毎年更新可能な数値だけを更新することの妥当性について、セメント部門の二酸化炭素排出原単位を対象にして確認した。

2000年の金額物量混合型産業連関表の一部を2005年の値で置き換えた場合のセメント部門の二酸化炭素排出原単位を計算し、2005年本来の値と比較した。ここで、2000年表の数値を2005年表の値に置き換えた原燃料は、積み上げ法により数値を修正した原燃料であり、投入係数を2005年の値に置き換えている。投入量に乗じる二酸化炭素排出原単位は2000年表と同様の値を用いている。

結果を表 2.3-11に示す。2000年表を2005年の数値で置き換えた二酸化炭素排出原単位は0.766 t-CO₂/tであり、2000年表の二酸化炭素排出原単位の0.693t-CO₂/tから大きく増大し、2005年表

の二酸化炭素排出原単位である 0.758t-CO₂/t に近づいている。なお、2000 年から 2005 年で値が大きく増大している主な原因は、2005 年では一般炭・亜炭・無煙炭の単位投入量が増加したことである。

この比較において、2005 年数値との近似は、一部を 2005 年の値で置き換えた方がよい結果を得ている。セメント部門に関しては、積み上げ法により修正した原燃料からの排出量が全体の排出量の大部分を占める。セメントのように積み上げ法で把握する部分からの排出量が多い資材については、公的統計や業界統計を用いた環境負荷原単位の更新は妥当であると考えられる。

他方、公的一次統計や業界統計を用いた更新であっても、1 年以上前の環境負荷原単位となることは避けられない。従って、特異的な事象が生じることで、1 年前の数値が現在の数値と大きく異なると考えられる場合には、逐一更新は現実との乖離をかえって大きくする方に作用しうる。環境負荷原単位更新にあたっては、個々の数値の変化に特異的な事象が影響していないかについて、精査が必要である。

表 2. 3-11 更新性を高めることによる二酸化炭素排出量の再現性の試算（セメントの例）

	単位	2000年金額物量 混合表	2000年金額物量 混合表を2005年の 数値で修正	2005年金額物量 混合表		
		単位投入量(※/t)	単位投入量(※/t)	単位投入量(※/t)		
積み上げ計上分	投入量	自家発電	百万kWh	5.45E-05	5.12E-05	5.12E-05
		事業用電力	百万kWh	1.59E-05	4.39E-05	4.39E-05
		石炭	t	5.29E-02	7.74E-02	7.74E-02
		A重油	kl	7.26E-05	2.44E-04	2.44E-04
		B重油・C重油	kl	1.05E-03	1.85E-03	1.85E-03
		石灰石	t	1.02E+00	7.84E-01	7.84E-01
		セメント	t	4.82E-03	1.58E-03	1.58E-03
		碎石【屑】※	千t	—	—	4.47E-05
	原燃料消費量	石灰石	t	1.03E+00	1.03E+00	1.03E+00
		一般炭・亜炭・無煙炭	t	5.29E-02	7.74E-02	7.74E-02
		原料炭	t	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
		A重油	kl	7.26E-05	2.44E-04	2.44E-04
		B重油・C重油	kl	9.54E-04	2.70E-03	2.70E-03
		石油コークス	t	1.42E-02	1.14E-02	1.14E-02
		廃油※	t	—	—	6.07E-03
		廃プラスチック	t	7.12E-09	4.10E-03	4.10E-03
		廃タイヤ	t	4.32E-03	2.46E-03	2.46E-03
廃材	絶乾t	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		
生産量	t	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00		
直接CO2排出原単位	排出原単位計	t-CO2/t	0.641	0.707	0.712	
	積み上げ計上分	t-CO2/t	0.638	0.704	0.707	
間接CO2排出原単位	排出原単位計	t-CO2/t	0.052	0.059	0.081	
	積み上げ計上分	t-CO2/t	0.043	0.051	0.071	
誘発CO2排出原単位	排出原単位計	t-CO2/t	0.693	0.766	0.793	
	積み上げ計上分	t-CO2/t	0.681	0.754	0.778	

※2000 年金額物量混合型産業連関表では、部門または原燃料を設定していないため数値を示していない。

※表に示した主要項目以外の単位投入量と投入量に乗じる二酸化炭素排出原単位は 2000 年のままである。

(6) コンクリートの炭酸化が建設資材の二酸化炭素排出原単位及びライフサイクルを通じた二酸化炭素排出量に及ぼす影響

－本研究における調査で新たに発見され、具体的対応が定まっていない課題

コンクリート（セメント水和物）は、大気等の周辺環境中の二酸化炭素を固定する作用があるものの、これまでその定量的な知見の蓄積は十分になされてこなかったため、LCI に反映することが困難であった。セメント、生コンクリート、コンクリート製品については、構造物の供用中における二酸化炭素固定を考慮しない LCI は、ライフサイクルを通じた二酸化炭素排出量を過大に見積もっている懸念がある。また、コンクリート塊等を再資源化した再生砕石については、資材製造段階において二酸化炭素固定が進行することから、この固定量を二酸化炭素排出原単位に反映することが妥当である。

本研究において、コンクリート塊の破碎直後の試料を対象に全国調査を実施した限りでは、コンクリートの供用中、再資源化時の二酸化炭素固定量は次のとおりであった。なお、ここで言う「コンクリートの供用中」とは、厳密には、解体工事やコンクリート塊の中間処理場・最終処分場への搬出・運搬等を含んだ期間であることに留意が必要である。

- コンクリートの供用中：15.2kg-CO₂/t-コンクリート（セメント換算で、約100kg-CO₂/t-セメント）
- 再生砕石等への再資源化時：8.5kg-CO₂/t-コンクリート塊

コンクリートの供用中の固定量については、ライフサイクルの取扱いが定まっていないことから、二酸化炭素排出原単位一覧表に反映できていない。従って、ライフサイクル等長期の二酸化炭素排出量の比較を目的として本研究成果を用いる場合には、供用中の二酸化炭素固定量について別途考慮が必要である。

【解説】

1) コンクリートによる二酸化炭素固定のメカニズム

コンクリートの練混ぜによって、セメント中の各化合物と水は、水和反応と呼ばれる化学反応を起こす。この水和反応の生成物をセメント水和物という。代表的なセメント水和物は、けい酸カルシウム水和物 ($n\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, C-S-H)、水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, CH)、エトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$)、モノサルフェート水和物 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) である（エトリンガイトは、セメント中のアルミネート相と呼ばれる化合物とせっこうの水和生成物であり、それ自体と未水和のアルミネート相の反応によってモノサルフェート水和物に次第に変化する。）（図 2. 3-13参照）。

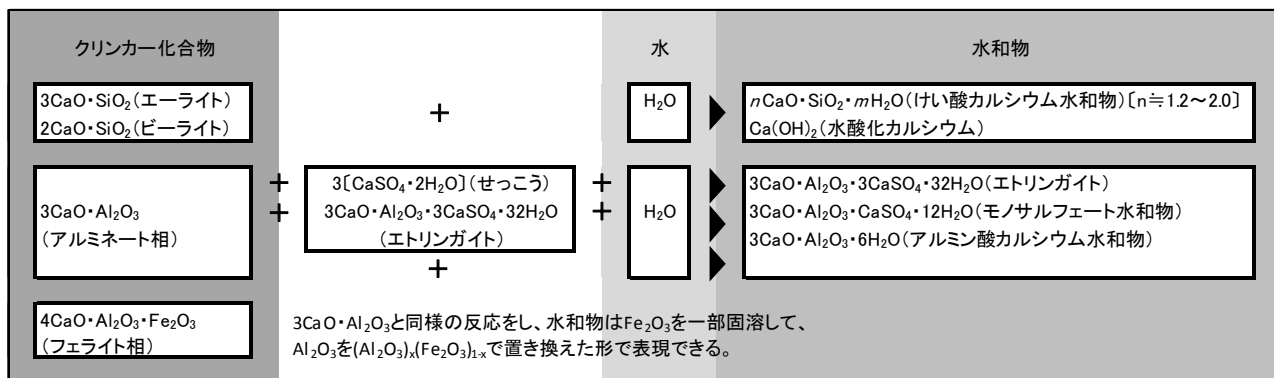


図 2. 3-13 セメントの水和反応

出典：社団法人セメント協会「セメントの常識」を元に作成

これらのセメント水和物は、pHが概して高い。フレッシュなコンクリートではpHは約12.5である。コンクリートの微小な毛細管を進入してきた二酸化炭素は、コンクリート内部の水に溶けて、炭酸イオン等のイオンになる。これがセメント水和物由来のカルシウムイオンと反応し、 CaCO_3 を生成し、コンクリート中に固定される（図 2. 3-14参照）。

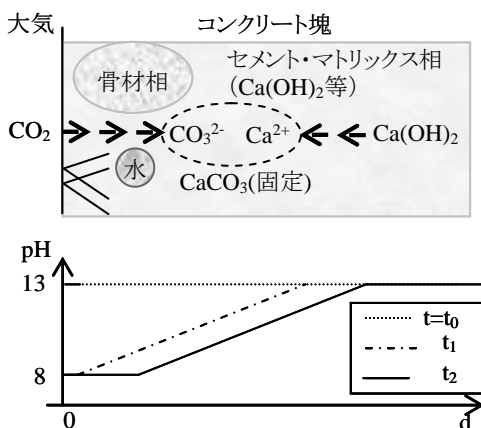
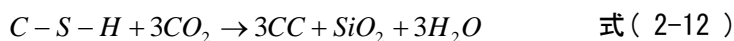


図 2. 3-14 コンクリートの炭酸化機構

最も容易に二酸化炭素を固定するのは水酸化カルシウムである。水酸化カルシウムによる固定が進行すると、コンクリート内部のOH濃度が低下し、OH濃度を保つためにけい酸カルシウム水和物等のイオン化が引き起こされ、二酸化炭素を固定する。

水酸化カルシウムとけい酸カルシウム水和物によるコンクリートの二酸化炭素固定は、簡略的に以下の反応式で表せる。



コンクリート塊の再資源化においては、再生砕石に望まれる所定の粒度分布を得るため、破碎が行われる。破碎によってセメント水和物の比表面積が増大し、かつ新しい断面は炭酸化が進行していないフレッシュな状態がほとんどであることから、二酸化炭素固定速度が上昇する。

2) 本研究で実施した調査概要

コンクリート塊の受入れ、及び再生砕石の製造を行っている中間処理工場から再生砕石を収集し、炭酸カルシウム含有量の測定結果から、二酸化炭素固定量を算出するものとする。コンクリート構造物の利用中の二酸化炭素固定量と再資源化による二酸化炭素固定量をそれぞれ求められるように、既往研究を参考にし、破砕直後の試料の炭酸カルシウム含有量（利用中の固定を示す）のほか、破砕後に一定期間の大気暴露を経た試料の炭酸カルシウム含有量（利用、及び再資源化の総固定量を示す）を測定する。破砕後の暴露は、中間処理工場における製品化から出荷までの期間を再現するものである。再資源化による二酸化炭素固定量は大気暴露による炭酸カルシウム含有量の増分から算出する。また、既往研究との比較を可能にするとともに、粒径5mm以上の粗大粒子による二酸化炭素固定に関する知見を得るため、CC含有量の測定は、5mm未満の粒群、5-20mm未満の粒群ごとに実施するものとする。本調査における再資源化による二酸化炭素固定量の定義は図 2. 3-15に示すとおりである。

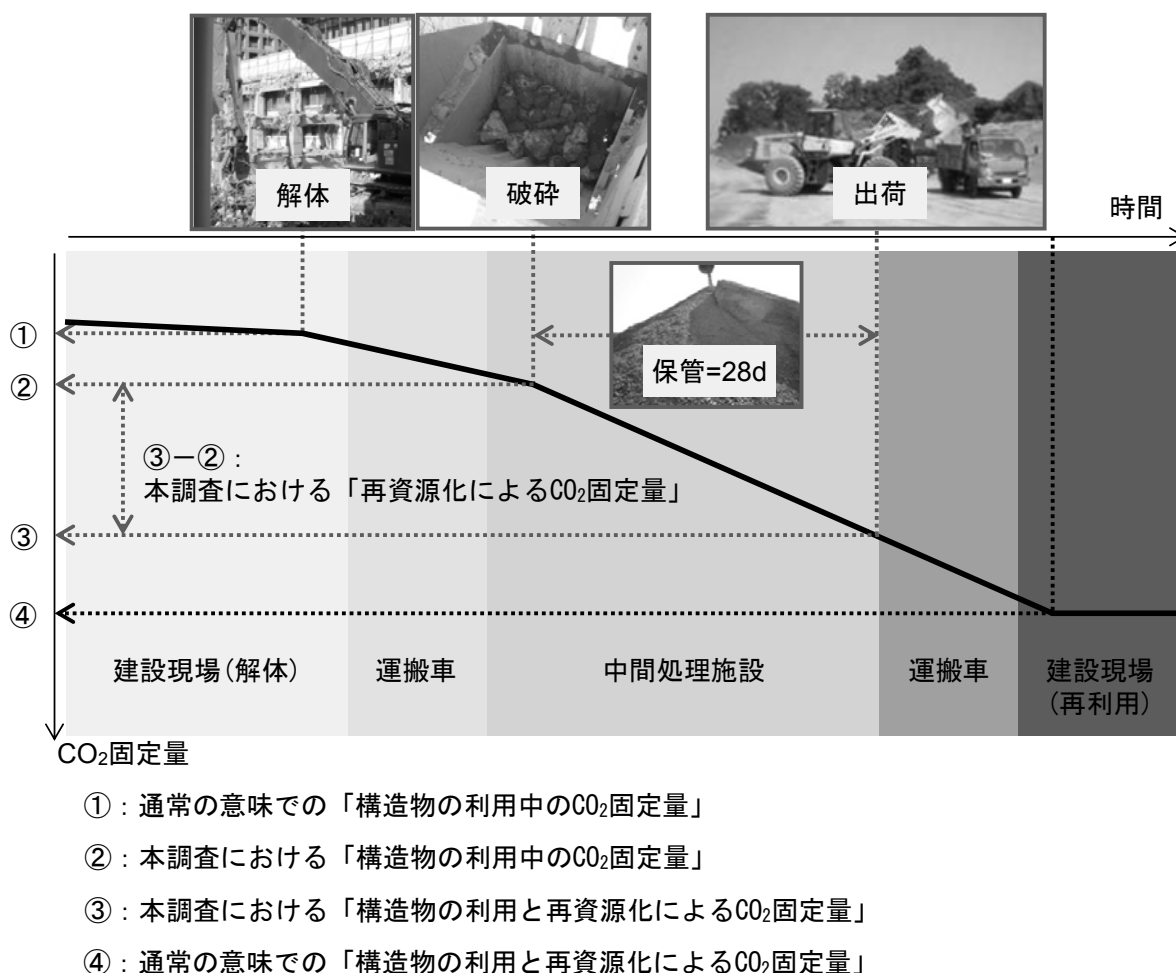


図 2. 3-15 再資源化による二酸化炭素固定量の定義

① 対象試料の収集

測定に供する再生砕石試料は、45都道府県の46工場から収集した。試料収集工場は、アスファルト・コンクリート塊の混入を極力抑えられること、試料収集が日常業務の支障とならないこと等を条件に選定した。選定した工場において、RC40を基本に、製造ライン上または製品山から破

砕直後の試料を採取し、粒度が均質となるように四分法、またはその他の手法を用いて約25kgまで縮分した。ただし、測定のためには一定量以上の微粒分が必要であることから、微粒分を優先的に採取した場合もある。採取した試料は、直ちに厚手のビニール袋とペール缶で密封し、大気との接触を断った状態で速やかに実験室に送付した。

② 再資源化による二酸化炭素固定量算出のための前処理

実験室に到着した試料は、物理試験用、化学試験用、二酸化炭素固定量試験用に分割した。二酸化炭素固定量試験用は、さらに、即時分析用試料 (0d) と大気暴露後分析用試料 (28d) に分けた。28d用の試料については、空調を一定に管理 (温度約20℃、湿度約50%) した実験室内において、28日間の大気暴露を実施した。暴露時間は、中間処理工場における破碎から出荷までの仮置き期間に関する既往知見を参考に定めた。大気暴露中は、国内における平均的な降雨頻度を考慮し、一週間に2度の散水を実施し、散水後の含水比を約15%に調整した。また、大気暴露中における室内の二酸化炭素濃度を計測し、400ppm程度でほぼ安定していることを確認した。なお、炭酸カルシウム含有量分析に供するための微粉碎は、微粉碎後の二酸化炭素固定を防ぐため、試料を窒素雰囲気中で乾燥させた上で実施した。

③ 分析項目、手法

分析項目、手法を表 2. 3-12に示す。分析項目は、炭酸カルシウム含有量のほか、炭酸化の進行を示すCH含有量、炭酸化に影響を及ぼすと考えられる、粒度分布、セメント含有量 (不溶残分、Ca0から推計) 等とした。粒度分布を除く分析項目については、対象を粒径20mm未満の粒径に限った。炭酸カルシウム含有量は、示差熱分析 (TG-DTA) により測定した。事前に実施したTG-MS試験の結果から、450-500℃における質量変化をCH中のH₂Oの脱水、600-1000℃における質量変化を炭酸カルシウムの脱炭酸によるものとみなした。二酸化炭素固定量は、炭酸カルシウム含有量から式(2-13)により、セメント含有量は、不溶残分量、及びCa0含有量の測定結果から、式(2-14)、式(2-15)により推計した。

$$CO_2 = CC \times \frac{M_{CO_2}}{M_{CC}} \quad \text{式(2-13)}$$

$$a = \frac{u_m}{u_a} \times 100 \quad \text{式(2-14)}$$

$$c = \frac{CaO_m - a \times CaO_a / 100}{CaO_c} \times 100 \quad \text{式(2-15)}$$

ここで、CO₂: 二酸化炭素固定量、CC: 炭酸カルシウム含有量、M: 分子量、a: 骨材量、u: 不溶残分量、c: セメント含有量、Ca0: Ca0含有量であり、添え字CO₂、CC、a、c、m、はそれぞれ、二酸化炭素、炭酸カルシウム、骨材、セメント、コンクリート (再生砕石) を表す記号である。石灰石骨材が利用されていると考えられた試料については、試験方法の性質上セメント含有量を過大に見積もってしまうため、結果の整理では除外した。

表 2. 3-12 分析手法

分析項目	対象試料	分析手法	結果の利用
CaCO ₃ (CC)	0d、28d/2粒群	示差熱分析 (TG-DTA)	二酸化炭素固定量
Ca(OH) ₂ (CH)			炭酸化進行
粒度分布	0d	JIS A 1102、舗装再生便覧	二酸化炭素固定量との関係
不溶残分	0d/2粒群	セメント協会F-18	セメント量推計、二酸化炭素固定量との関係
CaO (C)			
含水比	0d/28d	JIS A 1203	乾湿繰返し状況の把握

3) 調査結果

① 粒度試験

粒度試験の結果を図 2. 3-16に示す。多くの試料の粒度分布は再生クラッシュラン (RC40) の望ましい粒度範囲に分布し、平均もこの範囲に収まった。0-5mmの粒群と5-20mmの粒群の割合は、質量でそれぞれ平均的に、32%、44%であった。なお、再生クラッシュランの望ましい粒度範囲よりも細粒側に分布している試料も散見されるものの、これは主として、分析に必要となる量の試料を得るためにあえて細粒分を多めに採取した試料もあったためである。

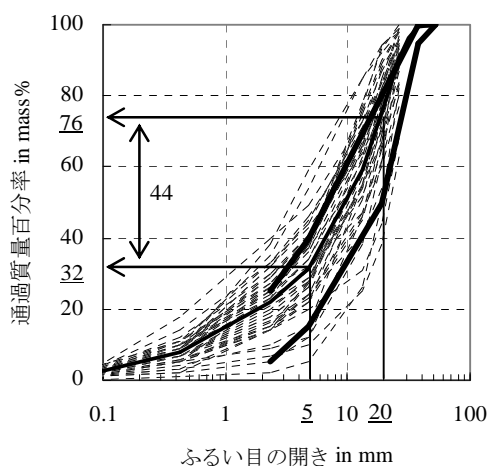


図 2. 3-16 粒度試験の結果

(実線は全試料の平均曲線、太実線は再生クラッシュランの望ましい粒度範囲を示す。)

② 配合推定

骨材量、セメント量の推計結果を表 2. 3-13に示す。骨材量の平均は81%、セメント量の平均は14%であり、両者ともコンクリートの一般的な配合であった。また、地域による相違はわずかであり、配合はほぼ安定していた。粒群別には、骨材は粗粒分 (5-20mm) に多く、セメントは細粒分 (0-5mm) に多い結果であった。

表 2. 3-13 配合推定の結果

粒径(mm)	骨材量 in mass%			セメント量 in mass%		
	-5	5-20	-20	-5	5-20	-20
北海道・東北	75.8	84.1	80.3	16.4	11.0	13.5
関東	75.0	82.8	79.7	17.5	12.5	14.5
北陸	78.7	85.3	82.0	14.9	10.7	12.7
中部	75.8	85.6	81.9	17.0	10.6	12.9
近畿	76.0	84.1	81.1	17.5	12.1	14.0
中国	75.6	84.6	80.6	17.5	11.0	13.9
四国	79.8	87.6	83.9	14.0	9.3	11.5
九州・沖縄	76.2	81.7	80.3	17.7	12.9	14.3
全国	76.3	84.2	81.0	16.7	11.4	13.6

③ 熱分析 (TG-DTA) 試験

熱分析 (TG-DTA) 試験の結果から求めた二酸化炭素固定量を図 2. 3-17に示す。二酸化炭素固定量は、粒度試験の結果によって0-5mm、5-20mmの二酸化炭素固定量を重み付け、採取したコンクリート破砕物1tあたりの0-20mmの粒群の固定量として示している。

収集直後 (0d)、大気暴露後 (28d) の二酸化炭素固定量は、それぞれ、平均15.2、23.6kg-CO₂/tであった。コンクリート破砕物の発生後 (28d-0d) の二酸化炭素固定量は、両者の差分として、平均8.5kg-CO₂/tであったが、試料によって大きく異なり、全く固定が進まない試料から最大では17.0kg-CO₂/tを固定する試料まであった。

0-5mmと5-20mmの粒群別の二酸化炭素固定量は、0dについては、それぞれ、7.5kg-CO₂/t、7.7kg-CO₂/tで同程度であった。一方、28d-0dの二酸化炭素固定量は、0-5mmの粒群が8割近くを占めていた。

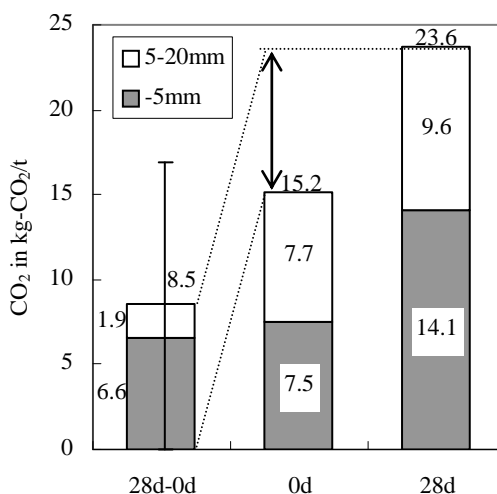


図 2. 3-17 二酸化炭素固定量

4) 調査結果を踏まえた再生砕石の二酸化炭素排出原単位の検討

コンクリート破砕物の発生後の二酸化炭素固定原単位 (8.5kg-CO₂/t) を用いてわが国のコンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定量を推計した。結果を表 2. 3-14 に示す。

建設副産物実態調査によれば、我が国では平成 20 年度に 3043 万トンのコンクリート塊が再資源化されている。これらが平均的に 8.5kg-CO₂/t の二酸化炭素を固定しているとする、一年間での二酸化炭素固定量は約 26 万トンである。

二酸化炭素固定原単位が一定であれば、二酸化炭素固定量はコンクリート塊の再資源化量の経年変化に従って推移する。コンクリート塊の発生量は、平成 7 年度以降減少傾向が続いている。一方、再資源化率については、建設リサイクルの発達によって平成 7 年度から 12 年度にかけて急激に高まり、平成 14 年度以降は 98% 程度の高い水準を維持している。結果として、コンクリート塊の再資源化量は平成 14 年度にピークを迎え、近年は減少傾向である。

本調査で得られた二酸化炭素固定量を LCCO₂ の計算に反映し、消費者の意思決定に役立てる上では、コンクリート塊 1t あたりの二酸化炭素固定原単位よりも、再生砕石 1t あたりの二酸化炭素固定原単位が便利であると考えられる。わが国では、再生砕石の原料としてコンクリート塊のほか、アスファルト・コンクリート塊が従来利用されている。従って、コンクリート塊とアスファルト・コンクリート塊の再生砕石への投入比率を考慮することで、再生砕石 1t あたりの二酸化炭素固定原単位が算出される。コンクリート塊、及びアスファルト・コンクリート塊の再生砕石への投入量は、それぞれ、建設副産物実態調査、アスファルト合材統計年報によって把握できる。近年は、建設廃棄物の用途が、コンクリート塊であれば再生砕石、アスファルト・コンクリート塊であれば再生加熱アスファルト混合物と区別されつつあり、再生砕石の原料としてはコンクリート塊の割合が上昇している。その結果、再生砕石の二酸化炭素固定原単位は増大する傾向である。平成 17 年度は 6.3kg-CO₂/t であった。砕石 (新材)、再生砕石の二酸化炭素排出原単位は、熱エネルギー利用等による排出量を積み上げたのみの場合、同程度であると考えられる。従って、二酸化炭素固定の影響を考慮すれば、再生砕石の二酸化炭素排出原単位は砕石 (新材) に比べて著しく小さいと考えられる。

本調査結果の LCCO₂ への影響を整理すると、表 2. 3-15 に示すとおりである。

表 2. 3-14 再生砕石による二酸化炭素固定原単位、及び年間固定量

(Co塊の再資源化用途は、砕砂等がわずかに含まれるものの、再資源化工程は再生砕石と類似であるため、全量再生砕石であると仮定して計算している。)

年度	コンクリート破砕物の一年間の二酸化炭素固定量		再生砕石の二酸化炭素固定原単位		
	Co塊の再資源化量 (1) 1000t	年間の二酸化炭素 固定量 (2) 1000t/year	As・Co塊の再生砕石 への投入量 (3) 1000t	再生砕石への投入 量のCo塊割合 (4) mass%	再生砕石の二酸化 炭素固定原単位 (5) kg-CO ₂ /t
H7	23590	201	21435	52.4	4.5
H12	33940	289	16104	67.8	5.8
H14	34250	291	14529	70.2	6.0
H17	31550	268	10854	74.4	6.3
H20	30430	259	4050	88.3	7.5
根拠	建設副産物実態調査	8.5*(1)	アスファルト合材 統計年報	(1)/((1)+(3))*100	8.5*(4)/100

表 2. 3-15 二酸化炭素固定の LCCO₂ への影響

二酸化炭素固定原 単位	コンクリート破砕物	8.5kg-CO ₂ /t
	再生砕石	7.5kg-CO ₂ /t (平成 20 年度)
二酸化炭素固定量	一年間	26 万トン (平成 20 年度)
	平成 12 年度 (建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律公布) から平成 20 年度まで	248 万トン

2. 4 社会資本 LCI の各意思決定レベルへの導入で必要となる網羅性と一意性の水準

各意思決定レベルにおける社会資本 LCA にあたっては、各意思決定の内容や選択肢間の有意性に応じた調査範囲と要求精度を満足する適切な社会資本 LCI の結果を参照することが必要である。また、社会資本 LCI の実施にあたって生じる技術的制約として、投入できる労力や入手可能な資料の詳細さについても、意思決定レベルごとに異なる。

以上から、意思決定レベルごとの社会資本 LCI 実施にあたって配慮すべき指標として、必要な調査範囲と動員できる労力のバランスを勘案して設定すべき「網羅性」と、要求精度と入手可能な資料のバランスを勘案して設定すべき「一意性」の二つが挙げられる。意思決定レベルに応じた網羅性と一意性に配慮することで、最小の労力で技術的要件を満足する実用的な社会資本 LCI の実施が可能であると考えられる。

【解説】 特になし

2. 4. 1 構想レベルの意思決定に用いる社会資本 LCI の網羅性と一意性のレベル

構想レベルは、道路の概略計画、河川整備計画や港湾の長期構想等、事業の概略計画を行うレベルである。道路の概略計画であれば、道路の機能（計画交通量、車線数等）、基本構造（平面、高架、トンネル等）等を決定する。

構想レベルにおける環境負荷量の比較イメージを図 2. 4-1 に示す。構想レベルでは、意思決定の影響が広範囲に及ぶことから、網羅性の高い社会資本 LCI を実施することが必要である。網羅が必要な内容には、遡及分に加えて、本研究では対象としていない波及影響も含まれる。一方、一意性については、意思決定の内容が概略的であることから高い水準が求められることはないと考えられる。むしろ、このレベルにおいて利用可能な情報に基づく社会資本 LCI の結果は、後の設計や施工の意思決定レベルにおける環境負荷量の削減の余地を必然的に含むことから、選択肢間の環境負荷量の相違の有意性を見誤らないことが重要であると考えられる。

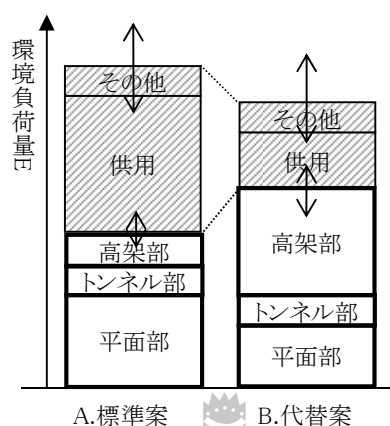


図 2. 4-1 構想レベルのシステム境界

道路整備の例。網掛けは本研究の対象範囲外であることを意味する。この図の結果では、道路整備（建設）に伴う環境負荷量は A 案の方が少ないものの、ルート距離等によって供用時、その他を含めると環境負荷量が平均的に逆転している。また、両者の差は誤差の範囲であることから、誤差要因を精査した上で有意性を判断する必要がある。

【解説】 特になし

2. 4. 2 設計レベルの意思決定に用いる社会資本 LCI の網羅性と一意性のレベル

設計レベルは、社会資本の構造形式、構造諸元を検討するレベルであり、構造物の断面形状、概略の材料や工種別数量等を決定する。

設計レベルにおける環境負荷量の比較イメージを図 2. 4-2 に示す。このレベルの意思決定の影響は遡及分全体に及ぶことから、社会資本 LCI に求められる網羅性は構造物の整備全体の環境負荷量である。社会資本 LCI に用いるバックデータは設計図書等に記載の工種別数量等であり、具体的に資材の種類・数量や建設機械の種類・稼働時間を計算するものではない。従って、社会資本 LCI の結果は、工種ごとの環境負荷原単位が有する揺らぎによる誤差を含んだものとなる。一意性は構想レベルに比べて高まるものの、意思決定にあたっては選択肢間の環境負荷量の相違の有意性に対して留意が必要である。

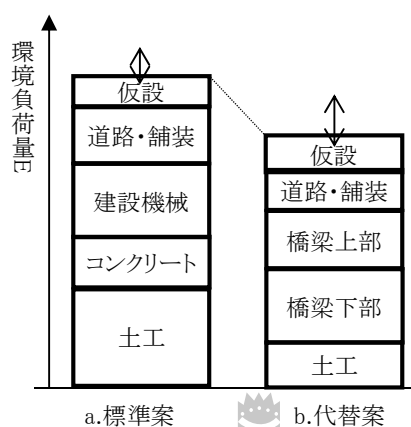


図 2. 4-2 設計レベルのシステム境界

【解説】 特になし

2. 4. 3 施工レベルの意思決定に用いる社会資本 LCI の網羅性と一意性のレベル

施工レベルは、施工方法や使用資材等を決定し、社会資本を建設するレベルである。工事価格を見積もるための積算では、材料の種類、規格、投入量や建設機械の種類、規格、供用日数等が詳細に設定される。

施工レベルにおける環境負荷量の比較イメージを図 2. 4-3 に示す。このレベルの意思決定は、工事価格等の詳細な計算に基づき、厳密に実施されることから、環境面を考慮するにあたっても高い水準の一意性が求められる。また、材料や建設機械の詳細が設定されることから、一意な計算の実施が可能である。

一方、設計レベルまでで既に厳密な計算がなされている部分や選択肢間で違いのない部分について社会資本 LCI を実施することは、比較の上では無意味であるため、調査範囲はこのレベルの意思決定で変化する余地があるものに限ってよい。すなわち網羅性は他のレベルに比べて低くて構わない。

社会資本 LCI の実施を求める主体は、環境負荷原単位、数量の設定方法、計算範囲を厳密に指定する等し、一意な計算を導くための配慮をする必要がある。環境負荷量 E を一意に計算させるためには、LCI の積和計算に含まれる変数 i 、 e 、 x の設定方法を厳密に定めればよい。

$$E = \sum_i (e_i \times x_i) \quad \text{式(2-16)}$$

ここに、 E : 環境負荷量 e : 環境負荷原単位、 i : 活動を示す記号、 x : 活動量 (資材数量等)

(1) システム境界 (i) を共通に定める

システム境界は、選択肢間で共通に設定する (図 2. 4-4 参照)。現場条件や新工法等を反映するために積み上げ計算をする場合には、積み上げ計算を行なえない項目については未集計分等見込み値を付加することで、システム境界の共通化が可能である。

(2) 環境負荷原単位 (e) を固定する

共通の考え方に基づいて作成された環境負荷原単位を用いることが必要である。

(3) 数量 (x) の設定方法を一意に定める

材料の数量や建設機械の供用日数は、積算資料等を用いて設定できる。輸送距離等、複数の設定方法が考えられる数量については、一意に設定方法を定めることが必要である。

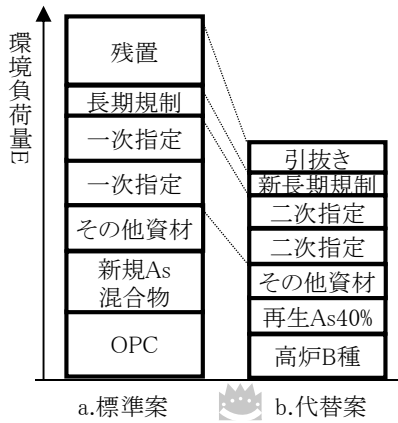


図 2. 4-3 施工レベルのシステム境界

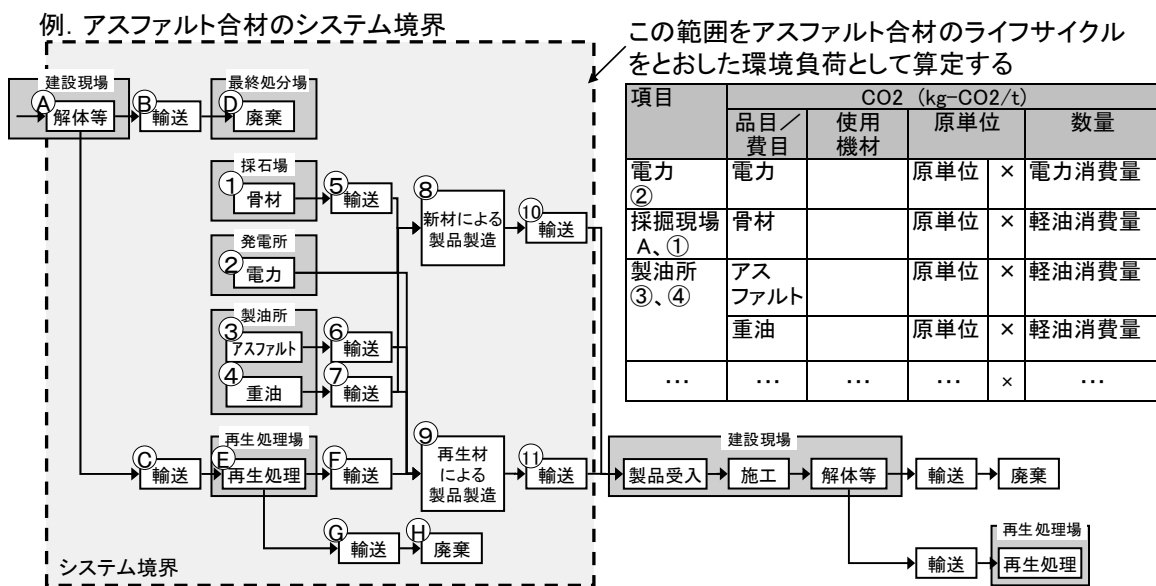


図 2. 4-4 新工法等に関する社会資本 LCI を実施する際の積み上げ計算の項目の指定例

第3章 社会資本 LCA に用いるライフサイクルインベントリアナリシス手法の開発

3. 1 社会資本整備の各意思決定レベルにおける社会資本 LCA による環境評価

社会資本整備には様々な関係者が係わっており、各々環境負荷削減に取り組んでいる。

LCA を社会資本整備の各意思決定レベルで制度へ導入し、環境負荷の少ない社会資本の整備に取り組むことで環境改善技術が促進される。社会資本 LCA は、構想、設計、施工、維持管理の各レベルにおいて同じ考え方に基づいて実施することが重要である。この技術の評価・公表し、その技術を標準化していくことで、更なる改善技術の向上を求めることが出来る。

このように、LCA を制度へ導入することで定着させること、社会資本整備関係者の取組を適切に評価し、低炭素社会・循環型社会の形成に対するインセンティブを与えて取り組みの推進を図ることにより、持続可能な社会の実現を目指す。

【解説】

社会資本整備は、図 3. 1-1、2 に示すとおり構想、設計、施工、維持管理等のレベル毎に意思決定がされ、より公正かつ合理的な整備が行われる。各レベルにおいて環境評価を行うことで、環境負荷の少ない社会資本整備を実施することができる。

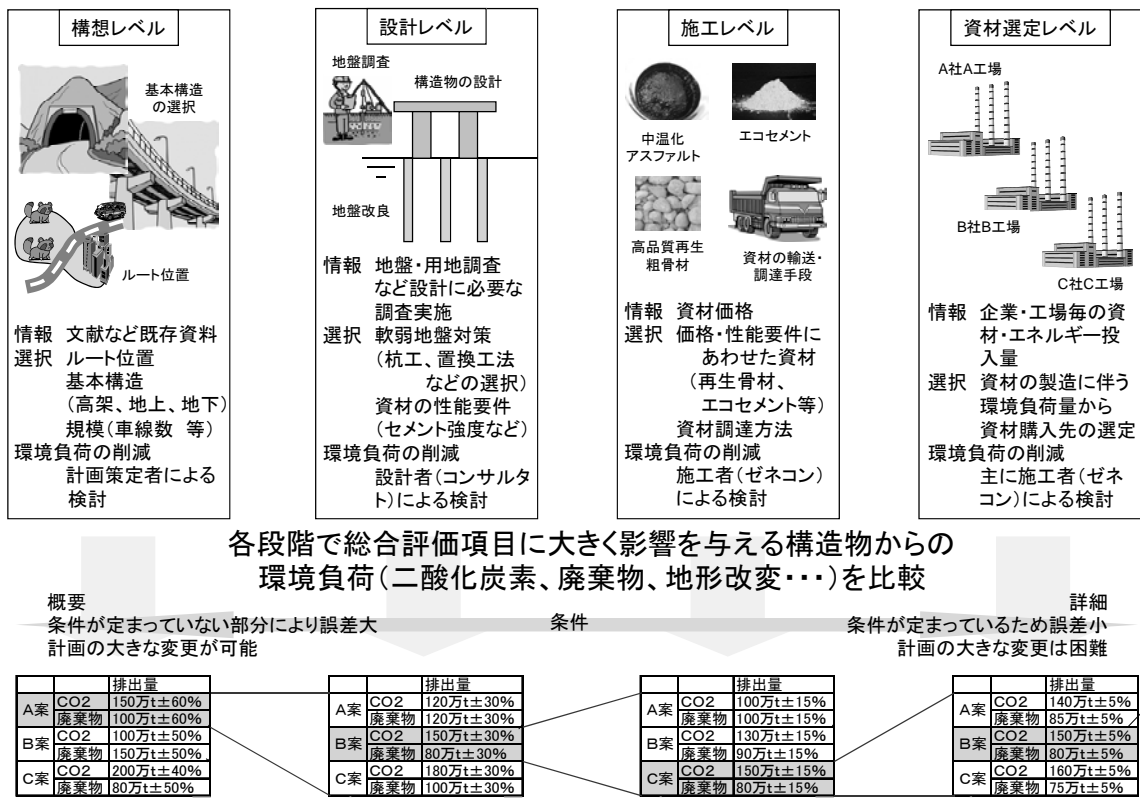


図 3. 1-1 各意思決定レベルにおける環境評価のイメージ(再掲)

社会資本 LCA による環境評価を行う際には、各レベルにおいて意思決定事項、インベントリ分析に用いる社会資本整備の情報(工数、資材数量など)が異なることに留意しなければならない。

本研究では、社会資本 LCA の利用者の視点に立ち、各レベルで求められるインベントリ分析の精度、各レベルの環境負荷量の算出式の開発、各レベルの環境負荷量算出式での利用を想定した環境負荷原単位(インベントリデータベース(IDB))の整備について検討した。

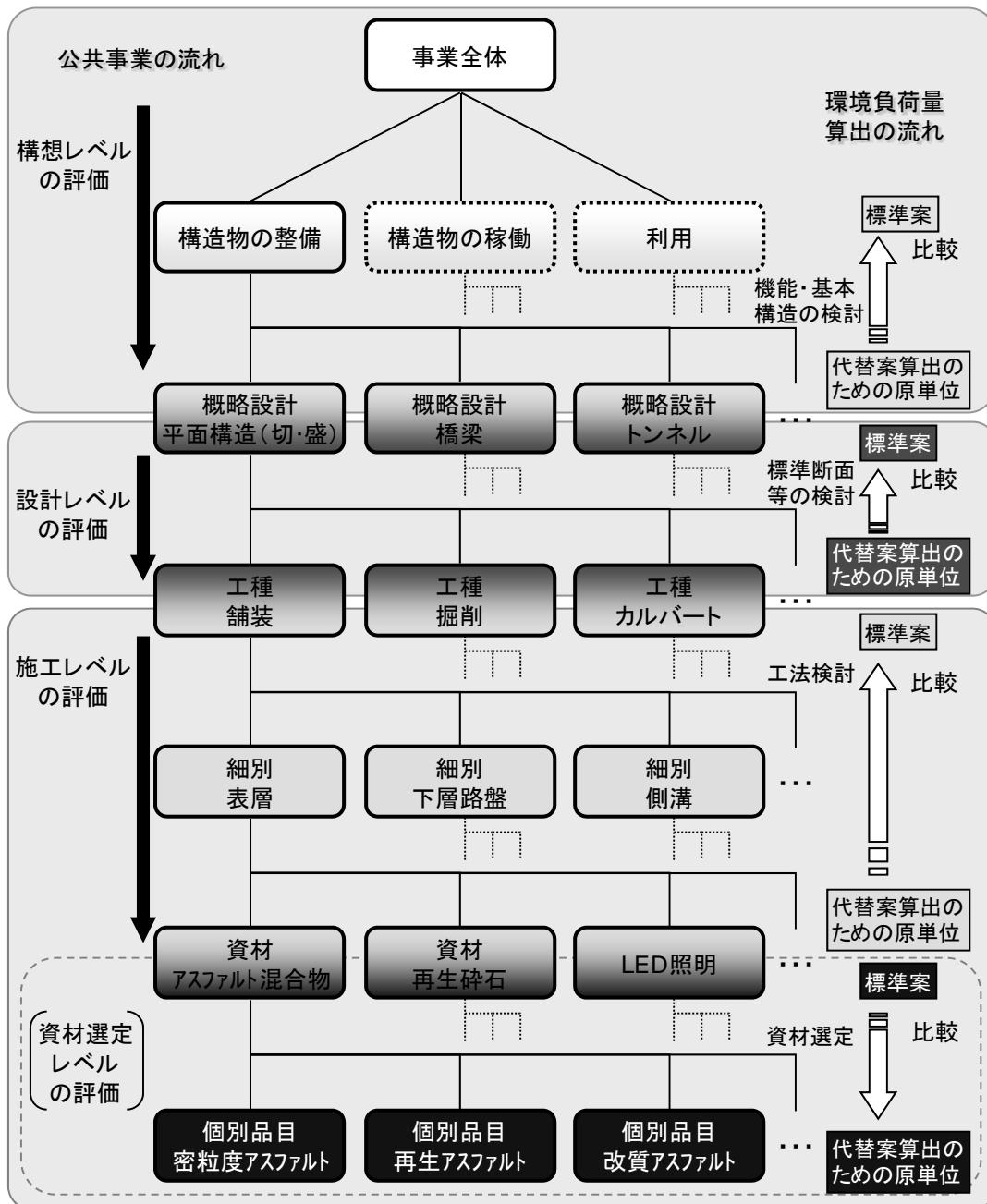


図 3. 1-2 公共事業及び環境負荷量算出の流れ(再掲)

3. 1. 1 各意思決定レベルで求められる「網羅性」と「一意性」

社会資本整備は、構想、設計、施工、資材選定レベル毎に意思決定がされ、より公正かつ合理的な整備が行われる。社会資本 LCA を各レベルにおいて実施することで、環境負荷の少ない社会資本整備を実施することができる。

社会資本 LCA の計算では、「網羅性：評価が必要な項目全てを漏れなく全て計算すること」、「一意性：計算方法の一つに定め、解釈の違いによる誤差が生じないようにすること」が求められる。各レベルでは意思決定を行う事項が異なるため、求められる精度も異なる。

- ①構想レベル：
 - ・ 機能、基本構造の決定するレベル。
 - ・ 社会資本の整備に加え、社会資本の計画、供用時の施設利用を含めた*環境負荷量を「網羅的」に把握することが重視される。
 - ・ 一方、構想レベルでは社会資本整備の詳細が決まっていないことから、「一意性」はそれほど重要視されない。
- ②設計レベル：
 - ・ 構造物の断面形状、概略の工数等を決定するレベル。
 - ・ 社会資本の整備、維持管理に係る環境負荷量を「網羅的」に把握することが重視される(機能は決定しており、供用時の環境負荷は変化しない)。
 - ・ 社会資本の整備に加え、設計に伴う*環境負荷量を把握することが求められる。
 - ・ 「網羅的」に把握するために原単位のみなし値の使用、数量の推定を行うことから、「一意性」はそれほど重要視されない。
- ③施工レベル：
 - ・ 具体的な資材、施工機械を決定するレベル。
 - ・ 契約制度等への活用が考えられることから、環境負荷計算方法の「一意性」と工事に伴う全ての環境負荷の評価する「網羅性」が求められる。
 - ・ 計算条件である施工計画と実際の施工では、運搬距離、施工機械の稼働時間、仮設材の取り扱い等が変わることが多く、計算結果と実際の環境負荷量の誤差の原因となる。今後、この誤差を小さくすることが課題となる。
- ④資材選定レベル：
 - ・ 個別の資材の製造に伴う環境負荷を評価するレベル。
 - ・ グリーン購入法等への活用が考えられることから、「一意性」と「網羅性」が求められる。
 - ・ 「一意性」のために全ての資材で同じシステム境界を設定し、「網羅性」のためにシステム境界内の全ての環境負荷を計算する必要がある。そのため、統計データ等で積み上げ切れない項目を推定する未集計分等見込み値が必要である。

※：計画、設計、供用時の利用に係る環境負荷量の算出方法の開発は、今後の課題である。

【解説】

各レベルでは意思決定を行う事項が異なるため、環境評価に求められる精度も異なる。例えば、事業計画を検討する際には、事業全体の広範な分析が求められるが、施工技術の選択に用いる場合には詳細な分析が求められる。社会資本LCAに求められる精度とは、システム境界とした項目全てを漏れなく計算する「網羅性」と、インベントリの計算方法の一つに定め、解釈の違いによる誤差が生じないようにする「一意性」が挙げられる。従って、社会資本LCAを実施するにあたっては、その意思決定レベルにおける決定事項に合わせたシステム境界を設定し、網羅性、一意性のある計算手法でインベントリ分析を行うことが必要である。

(1) 構想レベル

構想レベルは、道路の概略計画、河川整備計画や港湾の長期構想等、事業の概略計画を行うレベルである。道路の概略計画であれば、道路の機能(計画交通量、車線数等)、ルート、基本構造(平面、高架、トンネル等)等の決定を行う(図 3. 1-3 参照)。

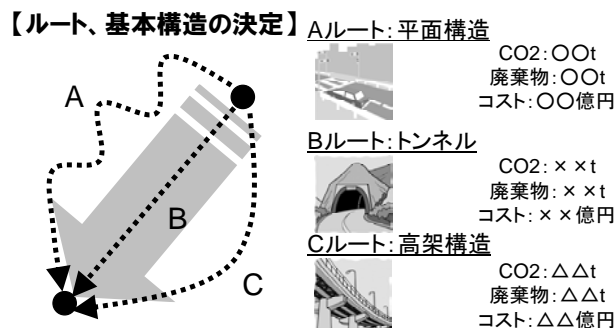


図 3. 1-3 構想レベルの決定事項の例(ルート、基本構造)

構想レベルでは、事業実施、事業概要(機能、構造)の決定における要素の一つとして環境評価を行うことが考えられる。従って、決定事項に伴って変化すると考えられる項目全てをシステム境界に設定する。すなわち、社会資本の整備、維持管理の他に、社会資本の設計や計画、施設の利用等の全ての項目を含む網羅性が求められる。

しかし、社会資本の整備、維持管理以外の環境負荷量とは、自動車交通で例を挙げると自動車の性能の選択やアイドリングストップ等があり、利用者側の影響で決まることが多いものであることから、本研究においては社会資本の設計や計画、施設の利用に係る環境負荷量を計算対象としていない。今後、それらを含めた網羅的な計算手法の開発が課題である。

また、構想レベルは概略を決めるレベルであり、社会資本整備の詳細(構造形式、工事数量、資材等)については決められていない。このことから、インベントリ分析は多くの仮定に基づき行うため、構想レベルでは計算手法を一意的に定めることは困難である。

(2) 設計レベル

設計には予備設計、概略設計、詳細設計等がある。社会資本の構造形式、構造諸元を検討する設計レベルとは、主に「予備設計」や「概略設計」を指すものである。設計レベルの検討において、構造物の断面形状、概略の材料や工種別数量等の決定を行う(図 3. 1-4 参照)。

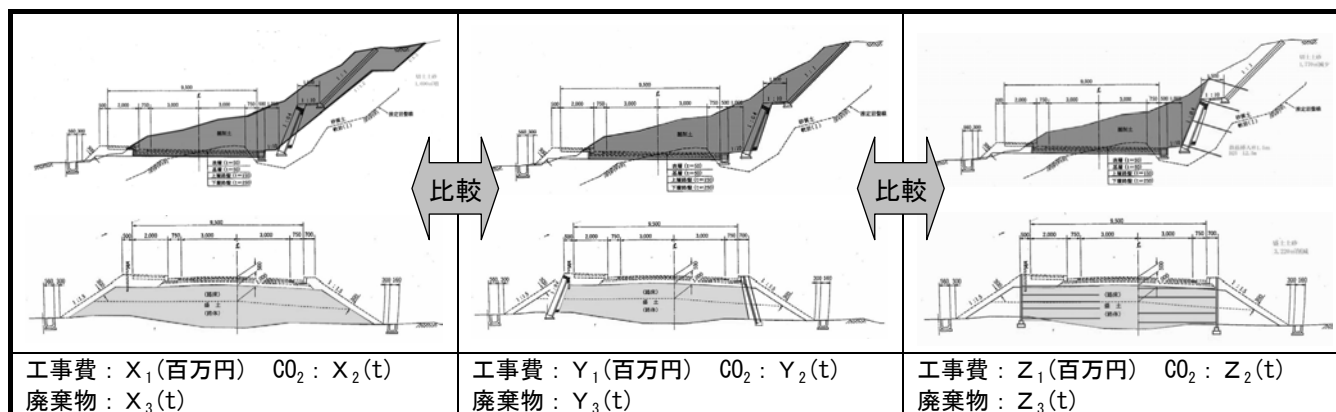


図 3. 1-4 設計レベルの決定事項の例(構造物の断面形状)

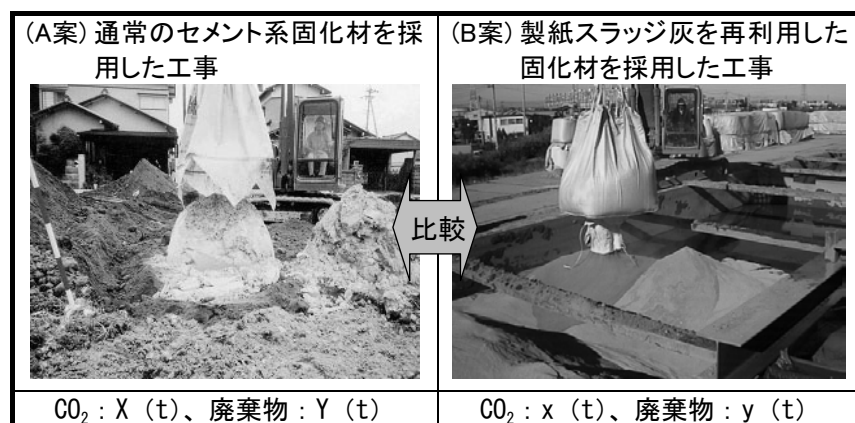
設計レベルでは、概略設計における構造形式の比較検討、設計VEにおいて環境の観点を含めた品質評価が行われることが考えられる。従って、システム境界は整備及び維持管理に係る建設資材、建設機械、仮設材等の全ての項目を含むことが求められ、環境負荷を網羅的に計算することが必要である。

社会資本整備には、多種多様な建設資材が用いられる。設計図書等のデータからでは、素材が複数あり一つに確定できない建設資材、そもそも素材の特定が困難である建設資材があり、分析に当っては判断が困難な場合がある。このような場合には、類似すると考えられる資材を推定し、類似する資材と見なして検討を進めるなどの工夫が必要となる。このように、網羅性確保のためには、計算手法を一意に定められないことはやむを得ないと考えられる。

また、計算条件である施工計画と実際の施工では、運搬距離、施工機械の稼働時間、仮設材の取り扱い等が変わることが多く、計算結果と実際の環境負荷量の誤差の原因となる。今後、これらの誤差を小さくすることが課題となる。

(3) 施工レベル

施工レベルは、施工方法や使用資材を決定し、社会資本を建設するレベルである。施工方法であれば具体的な施工機械を決定し、使用資材については具体的な製品をどこの製造工場から購入するかも含めて決定を行う(図 3. 1-5参照)。



出典：左写真はセメント協会 HP (<http://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/jf1.html>)、右写真は NETIS 新技術情報提供システム HP (<http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/NewIndex.asp>)

図 3. 1-5 施工レベルの決定事項の例(具体的な施工方法)

施工レベルでは、入札契約制度における加点要素の一つとして環境評価の実施が考えられる。従って、価格と並べて評価されるため、社会資本LCAの利用者の解釈の違いによって環境負荷量の計算結果に違いがでてしまってはいけない。システム境界、環境負荷原単位の解釈の違いによる誤差が生じない環境負荷量計算の一意性が求められる。

施工レベルでは、工種、資材全般、主要資材の製造プロセスを評価する場合は考えられる。システム境界は社会資本の整備とし、原単位及び数量の推定が必要となる項目は含まずに、計算方法を一意に定めることのできる項目を計算範囲とする。

(4) 資材選定レベル

資材選定レベルは、個別の資材の製造に伴う環境負荷を評価するレベルである。資材の製造に伴って発生する環境負荷は、製造する企業、工場毎に評価することによって、環境負荷の小さい資材を選択することが可能となる。(図 3. 1-6参照)。

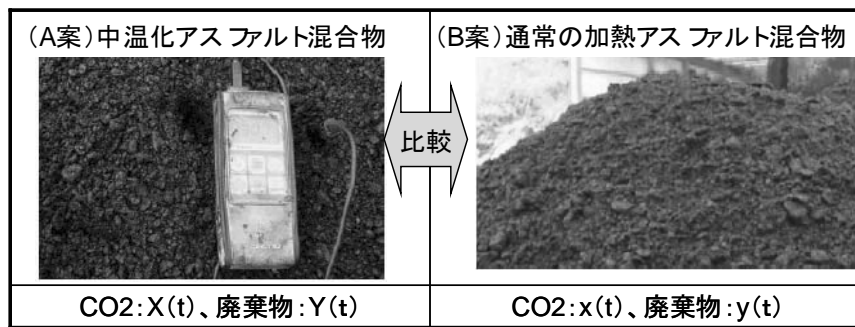


図 3. 1-6 資材選定レベルの決定事項の例(具体的な資材)

資材選定レベルでは、グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準等に活用することが想定される。解釈の違いによって環境負荷量の計算結果に違いが出てきてはならず、システム境界、環境負荷原単位の解釈の違いによる誤差が生じない環境負荷量計算の一意性が強く求められる。また、環境負荷を適切に把握するため、システム境界内の全ての環境負荷を漏れなく計算する網羅性が求められる。

全ての資材に対して共通のシステム境界を設定し、システム境界内全ての環境負荷を計算するためには、統計資料や工場毎に集計される通常のデータでは積み上げ切れない(データが集められていない)細かな環境負荷も計算する必要がある。本研究では、この積み上げ切れない環境負荷を産業連関表に基づいて「未集計分等見込み値」として整理し、データがない場合でも計算可能な推定手法を作成した。

3. 1. 2 各意思決定レベルのライフサイクルインベントリアナリシ手法 (LCI)

LCA に基づいて環境負荷を計算する手法を「ライフサイクルインベントリアナリシ手法 (Life Cycle Inventory Analysis : LCI)」と呼ぶ。本報告書では、本プロジェクトにより開発した社会資本整備を対象とする LCI を「社会資本 LCI」と呼ぶこととした。

社会資本分野では、原価の「積み上げ」により工事費用を算出する工事価格の積算体系が発達している。社会資本 LCI は、この積算体系に準じて、資材等の数量とそれらの環境負荷原単位の積和により計算する手法とした。

以下の式は温室効果ガス (GHG) の算出式の例であり、GHG 排出量及び GHG 排出原単位を変えることによって、その他の環境負荷の算出式とすることが出来る。

社会資本 LCI の基本式 (温室効果ガスの算出式の例 (TS Q 0010 より))

$$GHG\text{排出量} = \sum_i (\text{活動量}_i \times GHG\text{排出原単位}_i)$$

GHG : 温室効果ガス (Greenhouse Gas) i : プロセス

【解説】

社会資本 LCA に基づく環境負荷量は、社会資本の整備や維持管理に係る資材、作業等それぞれの単位当たりの環境負荷量 (原単位) とその数量の積の合計によって計算される。環境負荷量の算出式の例として、JIS の標準仕様書 (TS Q 0010) に示される温室効果ガスの算出式は、以下のとおりである。

$$GHG\text{排出量} = \sum_i (\text{活動量}_i \times GHG\text{排出原単位}_i) \quad \text{式 (3-1)}$$

公共事業及び環境負荷算出の流れは図 3. 1-2 に示すとおりであり、社会資本整備の意思決定は、1) 構想レベルで事業全体の計画を行い、2) 設計レベルで構造物の形式を決め、3) 施工レベルで詳細な工法、4) それぞれの工法に応じた個別の資材を決める、という順に行っていく。そのため、例えば設計レベルでは使用する個別の資材が確定していないように、社会資本整備の計画・実施の進捗に応じて、環境負荷量の算出に使用することが出来るデータが異なる。また、各レベルにおいて計算の実施者は異なり、必ずしもそれぞれの情報から各数量を算出することに長けている訳ではないことから、社会資本 LCA は各レベルに求められる精度に応じた計算実施者が利用しやすいツールであることが望まれる。

式 (3-1) に基づいて、各意思決定レベルにおけるそれぞれの環境負荷量の算出式を以下に示す。

(1) 構想レベル

本来、構想レベルで対象となる環境負荷は、構造物を整備・管理することによって発生する環境負荷 ($\sum_j (S_j \times \overline{ES}_j)$)、構造物を利用することによって発生する環境負荷 (EU)、公的機関が用地取得や PI 等を実施 (計画) することによって発生する環境負荷 (EA) の三者とするべきである。

本研究で開発した社会資本 LCI では、構想レベルの環境負荷量を構造物の整備・管理の環境負荷を構成する活動量と環境負荷原単位の積和とし、構造物の使用及び計画に伴う環境負荷は計算対象外とした。構造物の使用及び計画に伴う環境負荷量の算出手法の開発は、今後の課題である。

構想レベルの環境負荷量を算出する基本式は、以下のとおりである。

$$EP = \sum_j (S_j \times \overline{ES}_j) + [EU] + [EA] \quad \text{式(3-2)}$$

- EP** : 事業全体の環境負荷量(Emission by Project)
j : 構造物の種類
S : 構造物(Structure)の規模
 \overline{ES} : 構造物当たりの原単位(環境負荷量) (Emission by Structures)
EU : 構造物の使用に係る環境負荷量(Emission by Using)
EA : 構造物の計画に係る環境負荷量(Emission by Administering)

(2) 設計レベル

設計レベルの環境負荷は、本来、構造物建設時の工種毎の環境負荷と作業量の積和 ($\sum_k (W_k \times \overline{EW}_k)$) と設計を行うこと自体に伴う環境負荷 (**ED**) の合計とするべきである。

本研究で開発した社会資本 LCI では、構造物の設計に伴う環境負荷は計算対象外とした。構造物の設計に伴う環境負荷量の算出手法の開発は、今後の課題である。工種の環境負荷原単位には、作業に用いる資材毎の環境負荷、運搬に伴う環境負荷、施工に伴う環境負荷が含まれる。

設計レベルの環境負荷量を算出する基本式は、以下のとおりである。

$$ES = \sum_k (W_k \times \overline{EW}_k) + [ED] \quad \text{式(3-3)}$$

- ES** : 構造物の環境負荷量(Emission by Structure)
k : 工種の種類
W : 各工種(type of Work)の作業量
 \overline{EW} : 工種当たりの原単位(環境負荷量) (Emission by types of Work)
ED : 構造物の設計に係る環境負荷量(Emission by Designing)

(3) 施工レベル

施工レベルにおける環境負荷は、資材毎の環境負荷 ($\sum_l (M_l \times \overline{EM}_l)$)、運搬に伴う環境負荷 ($\sum_m (T_m \times \overline{ET}_m)$)、施工に伴う環境負荷 ($\sum_n (C_n \times \overline{EC}_n)$) の和であるとした。

施工レベルが設計レベルと異なる点は、設計に伴う環境負荷が含まれていないことに加えて、資材・運搬・施工の具体性が高まることである。これに対応するため、具体的な資材・運搬・施工方法の環境負荷を算定し、代表的な環境負荷と置き換えることができるようにしている。これにより、施工者等による具体的提案が、平均的な資材・施工方法に比べてどの程度有効であるか、工事全体の中でどの程度の割合の改善効果があるかを算出することが可能となった。

施工レベルの環境負荷量を算出する基本式は、以下のとおりである。

$$EW = \sum_l (M_l \times \overline{EM}_l) + \sum_m (T_m \times \overline{ET}_m) + \sum_n (C_n \times \overline{EC}_n) \quad \text{式(3-4)}$$

- EW** : 工種の環境負荷量(Emission by type of Work)
l : 資材の種類
M : 資材(Material)の数量
 \overline{EM} : 資材の原単位(環境負荷量) (Emission by Materials)
m : 運搬の車種等
T : 運搬距離(Transport distance)

- \overline{ET} : 運搬に係る原単位(環境負荷量)(Emission by Transport)
 n : 施工に係る環境負荷(建設機械、仮設材等)の種類
 C : 施工(Construction)に係る数量(掘削量等)
 \overline{EC} : 施工に係る原単位(環境負荷量)(Emission by Construction)

(4) 資材選定レベル

資材選定レベルにおける環境負荷量は、主要な原材料 ($\sum_o (R_o \times \overline{ER}_o)$)、主要な投入エネルギー ($\sum_p (E_p \times \overline{EE}_p)$)、未集計分等見込み値 (EO) の環境負荷量の和とした。現場条件や新規の技術開発による環境負荷削減量を適切に評価するため、主要な原材料、投入エネルギーによる環境負荷量は積み上げ法で算出する。一方、積み上げ計算が困難な諸活動は、類似資材の国内の平均的環境負荷量の該当分を未集計分等見込み値として付加する。

未集計分等見込み値とは、資材選定レベルの環境負荷量を積み上げ法で計算する際に対象とする主要部門、項目以外の環境負荷であり、積み上げ法の対象とする主要部門、項目とは、基本式の第1、2項で算定される原材料と投入エネルギーである。未集計分等見込み値に係る環境負荷量は、社会資本 I0 表に基づいて設定する。

資材選定レベルの環境負荷量を算出する基本式は、以下のとおりである。

$$EM = \sum_o (R_o \times \overline{ER}_o) + \sum_p (E_p \times \overline{EE}_p) + EO \quad \text{式(3-5)}$$

- EM : 資材の環境負荷量(Emission by Material)
 o : 原材料の種類
 R : 原材料の数量(Raw-material)
 \overline{ER} : 原材料に係る原単位(環境負荷量)(Emission by Raw-material)
 p : 投入エネルギーの種類
 E : 投入エネルギー(Energy)の量
 \overline{EE} : 投入エネルギーに係る原単位(環境負荷量)(Emission by Energy)
 EO : 未集計分等見込み値^{※1}に係る環境負荷量(Emission by Others)

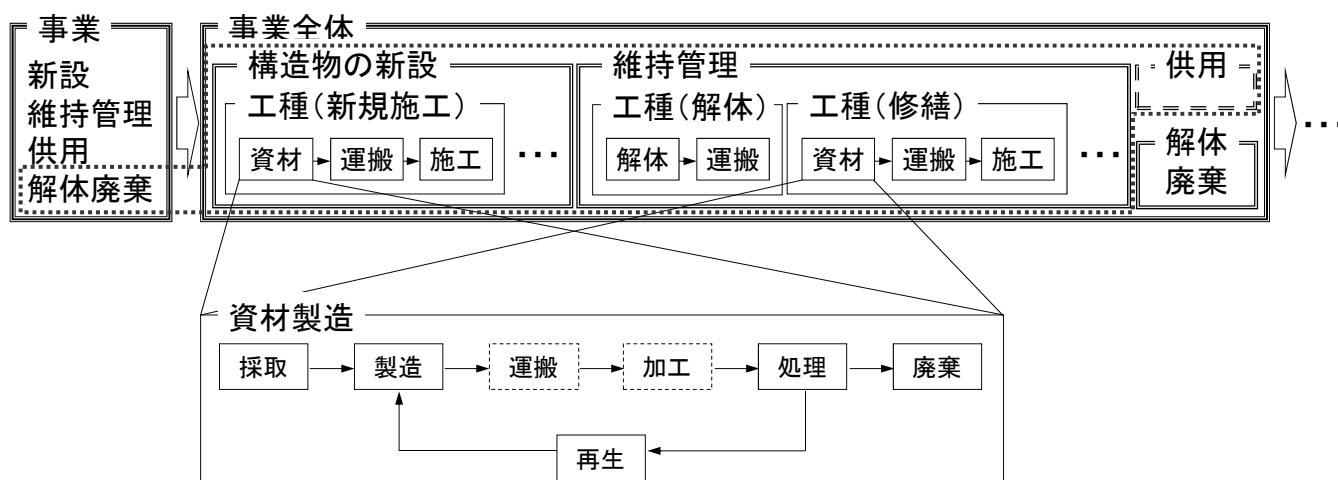
注：※1: 企業・工場等の個別データ等で積み上げ計算を行う場合、産業連関表と比較して積み上げられない部門の合計値を「未集計分等見込み値」と呼び、社会資本I0表を用いて別途加算することとした(「3. 2. 7 資材(個別品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)。

式(3-2)～(3-5)に用いた「原単位」、「数量」を表 3. 1-1に整理する。なお、構想レベルにおける「構造物の計画に伴う環境負荷量」及び「構造物の使用に伴う環境負荷量」、設計レベルにおける「構造物の設計に伴う環境負荷量」の算出手法の開発は今後の課題である。

構想、設計、施工レベルの計算により算出される「事業全体の環境負荷量」、「構造物の環境負荷量」、「工種の環境負荷量」は、図 3. 1-7に示すとおり入れ子構造になっており、資材の原単位から積み上げることで事業全体の環境負荷量を算出することが出来る。なお、再利用を行う一部の資材原単位においては、再利用による環境負荷量の削減効果を見込むため、再利用しない場合に発生が想定される環境負荷量相当分を控除している。

表 3. 1-1 各意思決定レベルにおける「原単位」、「数量」の例

意思決定レベル	原単位	数量
構想レベル	<u>構造物当たりの原単位</u> (例えば、道路延長1km、1車線当たりの道路設置に係る二酸化炭素排出量)	<u>構造物の規模</u> (例えば、新設する道路延長距離)
設計レベル	<u>工種当たりの原単位</u> (例えば、1m ³ の土砂を掘削する(工種：掘削工)際の二酸化炭素排出量)	<u>各工種の作業量</u> (例えば、掘削する土砂の量)
施工レベル	<u>資材(一般品・個別品)の原単位</u> (例えば、セメント1t当たりの製造時に発生する二酸化炭素量)	<u>資材(一般品・個別品)の数量</u> (例えば、使用するセメント量)
	<u>運搬に係る環境負荷量</u> (例えば、ある車種が1km走行する際に排出する二酸化炭素量)	<u>運搬に係る数量</u> (例えば、運搬距離 等)
	<u>施工に係る環境負荷量</u> <u>建設機械に係る環境負荷量</u> (例えば、ある建設機械を1日使用した際に発生する二酸化炭素量) <u>仮設材に係る環境負荷量</u> (例えば、ある仮設材のリース代当たりの二酸化炭素排出量(仮設材の製造、管理等に伴う二酸化炭素))	<u>建設機械に係る数量</u> (例えば、建設機械使用日数 等) <u>仮設材に係る数量</u> (例えば、仮設材のリース代 等)
資材選定レベル	<u>原材料の原単位</u> (例えば、砕石1t当たりの二酸化炭素排出量)	<u>原材料の数量</u> (例えば、使用する砕石の量)
	<u>投入エネルギーに係る環境負荷量</u> (例えば、重油1L当たりの二酸化炭素排出量(石油の精製、輸送等に伴う二酸化炭素排出量 + 実際の燃焼に伴う二酸化炭素排出量))	<u>投入エネルギーの量</u> (例えば、使用する重油量)
	<u>未集計分等見込み値に係る環境負荷量</u>	—



事業全体の環境負荷量の計算対象範囲を示す。社会資本の整備を行う際は、一般的に既設の構造物を解体し、発生した廃棄物を再生材として新設する構造物の材料として利用する。また、社会資本の構造物は長寿命であり、将来の解体廃棄を予想することは難しい。このことから、事業全体の環境負荷量の計算対象は、以前の構造物の解体廃棄を含み、新設する構造物の解体廃棄を含まない範囲とする。

「供用」とは、構造物の稼働や利用に伴う環境負荷量を指す。本手法では計算対象としていないが、今後の計算対象とすべく検討が必要である。

工種内の「運搬」「加工」と資材内の「運搬」「加工」が重複するため、資材の「運搬」「加工」は換算しない。

図 3. 1-7 環境負荷量の積算イメージ

3. 1. 3 各意思決定レベルの LCI 計算に用いる数量の算出方法

各レベルにおける環境負荷量は、主に下表に示す原単位と数量の積和によって算定する。

意思決定レベル	原単位	数量
構想レベル	構造物当たりの原単位	構造物の規模
設計レベル	工種当たりの原単位	各工種の作業量
施工レベル	資材(一般品・個別品)の原単位	資材(一般品・個別品)の数量
	運搬に係る環境負荷量	運搬に係る数量
	施工に係る環境負荷量	
	建設機械に係る環境負荷量 仮設材に係る環境負荷量	建設機械に係る数量 仮設材に係る数量
資材選定レベル	原材料の原単位	原材料の数量
	投入エネルギーに係る環境負荷量	投入エネルギーの量
	未集計分等見込み値に係る環境負荷量	—

「構想レベル」において詳細な工事内容が明らかな場合は、「設計レベル」若しくは「施工レベル」の算出式に基づいてより詳細な積み上げ計算を行う。また、「設計レベル」においてより詳細な施工内容が明らかな場合は、「施工レベル」の算出式に基づいてより詳細な積み上げ計算を行う。

また、「施工レベル」において建設機械に係る数量の詳細が確定していない場合、土木工事積算基準マニュアル、国土交通省 土木工事積算基準、建設機械等損料表等に基づいて、使用日数や燃料使用量等を推定することが必要となる。

【解説】

(1) 構想レベル

構想レベルにおいては、詳細な工事内容が不明であり、「土工道路〇m」、「トンネル〇m」、「橋梁〇m」等のように社会資本の規模として構造物の数量のみしか決まっていないことがほとんどである。このことから、構想レベルの環境負荷量の算定では、「構造物当たりの環境負荷原単位」と「構造物の規模」を積和することにより、全体の環境負荷量を算定する。

本研究で作成した構造物当たりの環境負荷原単位は、複数の実際の工事事例を元に環境負荷量の算定を行い平均的な値として作成したものである。しかし、まだ工事事例数が少なく原単位としてそのまま用いることは出来ない。(「3. 2. 1 構造物当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果(案)」参照)

(2) 設計レベル

設計レベルにおいては、概算事業費の算出のために整理される概算工事数量として、工種毎に「掘削土〇m³」「舗装〇m²」等の作業量が決まっていることが多い。このことから、設計レベルの環境負荷量の算定では、「工種当たりの環境負荷原単位」と「各工種の作業量」を積和することにより、全体の環境負荷量を算定する。

本研究で作成した工種当たりの環境負荷原単位は、複数の実際の工事事例を元に環境負荷量の算定を行い、工種毎の平均的な環境負荷量として作成したものである。(「3. 2. 2 工種当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

(3) 施工レベル

国土交通省等が発注の際に用いる施工レベルの工事積算書では、資材等の数量が図 3. 1-8に示すようなデータ構造となっている。最も深い階層(「(D) 機械単価」)から、上位の階層に向かって「(C) 施工単価」、「(B) 施工内訳」、「(A) 設計内訳」と遡及的に積み上げて、資材の数量、運搬距離、施工に係る数量を算出する。算出された「資材の数量」「運搬距離」「施工に係る数量」にそれぞれ「資材の原単位」「運搬に係る環境負荷量」「施工に係る環境負荷量」を積和することにより、全体の環境負荷量を算定する(「3. 2. 3 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」、「3. 2. 4 運搬の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」、「3. 2. 5 建設機械の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」、「3. 2. 6 仮設材の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)。

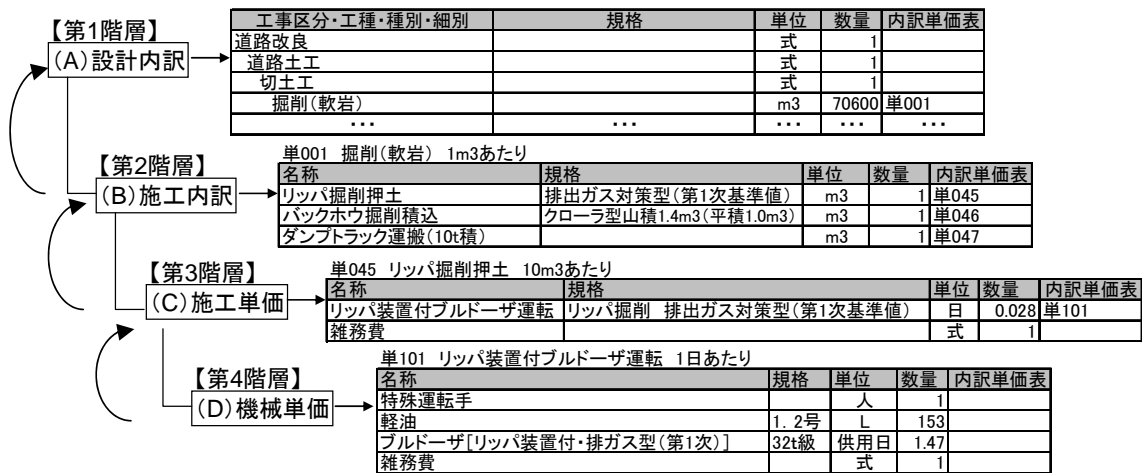


図 3. 1-8 工事積算書のデータ構造(イメージ)

また、詳細設計等の環境負荷量の算定において参考とするデータにおいて図 3. 1-8の「(D) 機械単価」や「(C) 施工単価」が明らかでない場合は、一般的な施工条件から推定する必要がある。推定においては、「土木工事積算基準マニュアル(国土交通省大臣官房技術調査課)」、「国土交通省土木工事積算基準(国土交通省大臣官房技術調査課)」、「建設機械等損料表((社)日本建設機械化協会)」を用いる。

なお、出典資料は毎年若しくは隔年で更新されており、出典資料の更新に併せてデータベースも随時更新しなければならない。

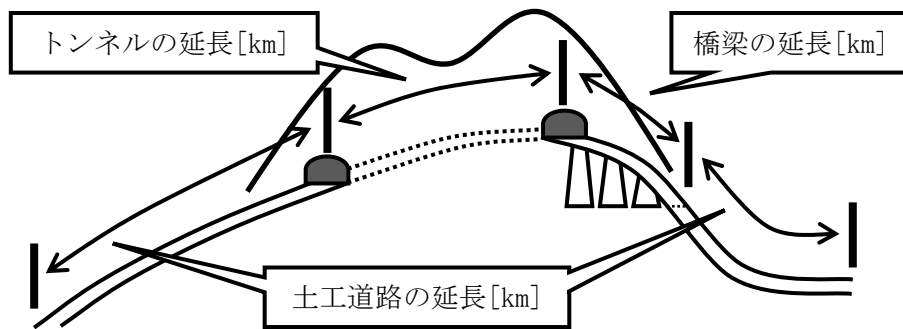
(4) 資材選定レベル

同一の資材を製造する場合でも、工場や企業によって投入する原材料やエネルギーの種類や量が僅かながら異なることから、それぞれの環境負荷量も異なる。資材選定レベルのLCI計算では、これらの違いを明らかにするため、工場や企業毎に整理している原材料、投入エネルギー等の統計データに基づいて、個別の資材の環境負荷量を算定する。

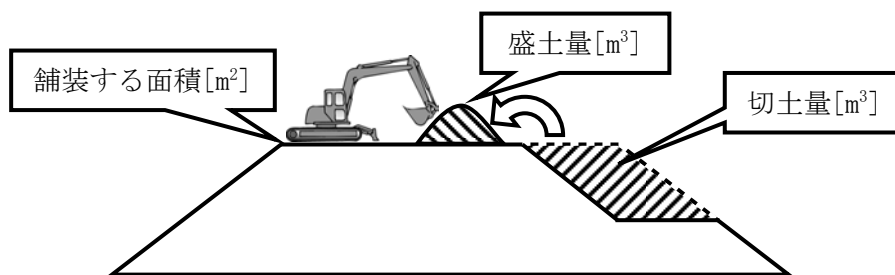
しかし、例えば購入している原材料の採取や輸送、事務所の水道光熱や通信に係る環境負荷等の細部の環境負荷については、工場や企業毎に把握できていないことがほとんどである。そのため、本研究では、産業連関表に基づいてそれら細部の環境負荷の一般的な値を「未集計分等見込み値」として整理した。細部の環境負荷が分からない場合でも、この「未集計分等見込み値」を使用することによって計算を可能とした(「3. 2. 7 資材(個別品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)。

各レベルにおいて検討される事業計画、概略設計、詳細設計等に基づいて設定する「数量」のイメージを図 3. 1-9に示す。

構想レベル(参考とするデータ：事業計画、予備設計)



設計レベル(参考とするデータ：予備設計、概略設計)



施工レベル(参考とするデータ：詳細設計、施工計画)



資材選定レベル(参考とするデータ：工場毎、企業毎の統計データ)

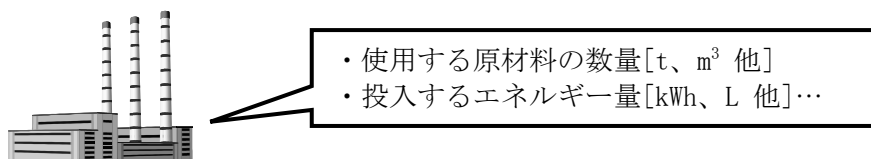


図 3. 1-9 各意思決定レベルにおける「数量」設定のイメージ

3. 2 環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

産業連関表(2005 年表)と業界団体の協力により得られた統計データ等に基づいて「資材(一般品)の原単位」を算定した。(「3. 2. 3 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

「資材(一般品)の原単位」の詳細の内訳を工場、企業毎の統計データがあると予想される項目と統計データがないと予想される項目に分け、統計データがないと予想される項目の環境負荷を未集計分等見込み値として整理した。これによって、「資材(個別品)の原単位」の算定手法を開発した。(「3. 2. 7 資材(個別品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

「資材(一般品)の原単位」とシャシダイナモ試験による走行距離当たりの燃料消費量に基づいて「運搬に係る環境負荷」を算定した。

(「3. 2. 4 運搬の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

「資材(一般品)の原単位」と建設機械重量当たりの維持修理、償却、管理に係る環境負荷に基づいて「建設機械に係る環境負荷」を算定した。

(「3. 2. 5 建設機械の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

「資材(一般品)の原単位」、仮設材 1 回使用当たりの損耗の割合、管理等に伴う環境負荷に基づいて「仮設材に係る環境負荷」を算定した。

(「3. 2. 6 仮設材の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

「資材(一般品)の環境負荷原単位」、「運搬の環境負荷原単位」、「建設機械の環境負荷原単位」、「仮設材の環境負荷原単位」及び複数の工事積算データに基づいて二酸化炭素発生量を算出し、それを工種毎に整理することにより「工種当たりの環境負荷原単位」、構造物毎に整理することにより「構造物当たりの環境負荷原単位」を算定した。

(「3. 2. 1 構造物当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」

「3. 2. 2 工種当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照)

【解説】

各環境負荷原単位の算定方法及び算定結果は、次項以降に記載する。

【構想レベルの環境負荷の算出】

3. 2. 1 構造物当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果（案）

18の工事事例(土工道路8事例、橋梁6事例、トンネル4事例)に基づいて、資材、運搬、建設機械及び仮設材の原単位と数量の積和から、構造物当たりの環境負荷原単位案を算定した(図 3. 2-1 参照)。

計算対象とした工事事例が限られていること、構造物の種類毎のばらつきが大きいことから、本研究で作成した構造物の原単位をそのまま用いることは好ましくない。

今後の課題として、工事事例(計算結果のサンプル数)を増やして原単位の精度向上を図ることに加えて、原単位となる構造物の種類の詳細化によりばらつきを抑えることが必要となる。

構造物当たりの環境負荷原単位(案)



図 3. 2-1 構造物当たりの二酸化炭素排出量原単位(案)

【解説】

(1) 構造物当たりの環境負荷原単位の算定方法

構造物当たりの原単位は、18の道路工事事例(土工道路8事例、橋梁6事例、トンネル4事例)に基づいて、資材、運搬、建設機械及び仮設材の原単位と数量の積和から、各事例の1車線、道路延長1km当たりの環境負荷量(二酸化炭素排出量)を算出し、土工道路、橋梁、トンネルそれぞれの平均値として試算した。

資材、運搬、建設機械及び仮設材の原単位は、「3. 2. 3 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」、「3. 2. 4 運搬の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」、「3. 2. 5 建設機械の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」、「3. 2. 6 仮設材の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」に記載した。

各工事事例の概要は表 3. 2-1に示すとおりであり、具体的な計算方法は「4. 3. 5 設計レベルにおけるLCI結果」に記載した。

表 3. 2-1 構造物当たりの原単位の算定に用いた 18 工事事例の概要

事例コード	構造形式	規格		地方	施工延長(m)	全幅員(m)	車線数(合計)	歩道	
1-1(b)	土工	高速・ 自専道	法面 構造	法面整形	関東	12,200	23.0	4	なし
1-1(c)				路体・路床盛土	北陸	6,570	12.0	2	なし
1-1(d)				法面整形	中部	2,200	23.5	4	なし
1-1(f)				路体・路床盛土	中国	5,264	12.0	2	なし
1-1(h)				法面整形	四国	3,140	12.0	2	なし
1-1(a)		一般道		法面整形、法枠+ 緑化、植生マット	東北	6,000	24.5	4	片側
1-1(e)				法面整形	近畿	4,900	23.3	4	両側
1-1(g)				法面整形、吹付 枠、種子吹付	四国	1,200	29.0	4	両側
1-2(b)				橋梁	上部 構造 形式	鋼単純鈹桁	北陸	86	10.5	2	なし
1-2(c)	4 径間連続非合 成鋼鈹桁	中部	PC ポステン T 桁、 連続鋼非合成鈹桁			845	10.8	4	なし
1-2(d)			175			10.8	2	なし	
1-2(e)			PC3 連続波形鋼 板ウェブ箱桁			170	10.0	2	なし
1-2(a)	近畿	2 径間連続合成 鈹桁	91			9.3	2	なし	
1-2(f)		PC4 径間連続中 空床版橋	101			9.3	2	なし	
1-3(b)	トン ネル	高速・ 自専道	工法			四国	NATM 工法(発破)	1,915	10.5	2	なし
1-3(c)				NATM 工法(発破)	940		10.5	2	なし
1-3(d)				NATM 工法(発破)	670		10.5	2	なし
1-3(a)		一般道		NATM 工法(発破)	4,187		8.0	2	なし

(2) 構造物当たりの環境負荷原単位の算定結果

構造物当たりの環境負荷原単位の概要は以下のとおりである。

土工

- ・基本的に資材使用量が少なく、掘削や土砂の運搬等の作業が主であるため、運搬や建設機械の環境負荷の割合が大きい。
- ・資材使用量が少ないため、「橋梁」「トンネル」と比較して環境負荷量が小さい傾向にある。
- ・施工区域の土質の違い(土砂、軟岩、硬岩)等によって、掘削工等の建設機械に伴う環境負荷量が変わるため、同じ道路規格でも施工区域によって環境負荷量が変わると想定される。

橋梁

- ・鋼材(上部工)や鉄筋(下部工)等の使用量が多いため、資材の環境負荷の割合が顕著に大きい。
- ・資材使用量が多いため、「土工」「トンネル」と比較して環境負荷量が大きい傾向にある。
- ・橋梁の形式によって使用する資材が異なるため、橋梁の形式に応じて環境負荷量の傾向が異なると想定される。

トンネル

- ・ 今回の試算に用いた工事事例は、NATM工法のみである。
- ・ NATM工法はセメント等の資材資料量が多く、またトンネル掘削や掘削土砂の運搬に使用する建設機械に伴う環境負荷も大きい。
- ・ トンネルの施工方法としては、NATM工法以外に従来工法やシールド工法等があり、施工方法の違いによって環境負荷量が変わると想定される。

(3) 精度向上に向けた今後の課題

今回の検討では、計算対象とした工事事例が18事例と限られていること、構造物の種類毎にばらつきが大きいこと等から、本算定結果をそのまま構造物の原単位として用いることは現状では好ましくない。今後の課題として、原単位の精度を向上するために、「新たな工事事例を対象とした試算の追加及び試算結果の蓄積」を行う必要がある。また、構造物の種類毎のばらつきを低減させるためには、構造物の環境負荷の傾向を踏まえて、「構造物の種類の詳細分化」を行う必要がある。

併せて、本検討では構造物の対象を「道路事業」に限定したが、将来、その他の社会資本に対してもLCI計算を実施するためには、「河川事業」や「港湾事業」等の他事業の構造物も原単位として追加することが望まれる。

LCI計算の利便性や比較検討における必要性の観点から、今後望まれると予想される構造物当たりの環境負荷原単位の種類の将来案は表 3. 2-2に示すとおりである。

表 3. 2-2 細分化や事業の追加によった構造物当たりの原単位の種類(将来案)

事業	構造物の種類		単位
道路	土工 道路	平野部の一般道(平面道路)	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
		平野部の高速道・自専道(盛土中心)	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
		山岳部の道路(盛土切土)	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
	橋梁	都市部	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
		山岳部	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
		河川部	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
	トン ネル	NATM工法	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
		開削工法	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
		シールド工法	t-CO ₂ /車線数/道路延長km
	舗装	新設	t-CO ₂ /施工範囲m ²
打換		t-CO ₂ /施工範囲m ²	
河川	堤防	t-CO ₂ /堤体積m ³	
	多自然型護岸	t-CO ₂ /施工範囲m ²	
港湾	防波堤	t-CO ₂ /堤体積m ³	
	護岸	t-CO ₂ /施工範囲m ²	
その他	下水処理場(一次処理)	t-CO ₂ /処理能力m ³ /日	
	下水処理場(二次処理)	t-CO ₂ /処理能力m ³ /日	
	下水処理場(高度処理)	t-CO ₂ /処理能力m ³ /日	
	ポンプ場	t-CO ₂ /排水能力m ³ /分	
...	

(4) 原単位の更新における懸案事項

本研究における構造物当たりの原単位の算定に使用したデータが変更された場合、その変更に応じて原単位を新たに更新する必要がある。変更される可能性のあるデータとそれが変更された場合に必要となる主な対応は、以下のとおりである。

1) 公的統計、業界統計等の更新(主に1年毎)

「資材(一般品)の環境負荷原単位」の更新が必要

2) 産業連関表の更新(5年毎)

「資材(一般品)の環境負荷原単位」の更新が必要

3) 「土木工事積算基準」等の積算基準(歩掛)の変更(主に1年毎)

各種作業における建設機械の一般的な作業時間等が変更されることによって、建設機械の環境負荷に係る数量の変更が必要

1)、2)の具体的な対応については、「3.2.3 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」に記載する算定手法に基づく。

また、出典データの更新による対応とは別に、社会資本 LCA 手法の普及に伴って各所で実施される計算結果を収集し、原単位算定の際のサンプルとして追加することによって、原単位の精度向上を行う必要がある。ある一定数のサンプルが得られた以降は、新たなサンプルの追加に合わせて古いサンプルの削除を行う。将来の課題としては、それらを自動的に行うシステムの構築を目指す。

【設計レベルの環境負荷の算出】

3. 2. 2 工種当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

14 の工事事例に基づいて、資材、運搬、建設機械及び仮設材の原単位と数量の積和から、工事毎の環境負荷量を算出し、工種毎の環境負荷量の平均値を工種当たりの環境負荷原単位として取りまとめた(表 3. 2-3 参照)。

今後、新たな工事事例による LCI 計算結果(試算結果のサンプル)を追加することにより、原単位の精度を向上させなければならない。

工種当たりの環境負荷原単位

表 3. 2-3 工種当たりの環境負荷原単位の算定結果(1/6)

工種	規格	単位 (☆)	サンプル の件数	CO ₂ 排出 (kg-CO ₂ / ☆)	循環資源 最終処分 (kg/☆)	天然資源 投入 (kg/☆)	
A種コンクリート工	27N-5-40(高炉B)	m ³	4	233.32	-49.13	2135.23	
D種コンクリート工	18N-5-40(高炉B)	m ³	6	200.88	-40.52	2127.03	
E種コンクリート工	18N-8-40(高炉B)	m ³	3	200.88	-40.52	2127.03	
G種コンクリート工	鉄材コンクリート	m ³	3	688.10	-57.83	2929.40	
L形側溝工		m	1	87.33	-30.86	557.45	
足場工		式	9	0.00	0.00	0.00	
アスチック遊具工-1	丸太ステップ	式	1	1009.78	-203.58	1312.86	
アスチック遊具工-2	ネットクライム	基	1	6725.24	-171.53	6789.85	
アスチック遊具工-3	平均台	基	1	543.93	-109.66	707.19	
石材縁石工		m	1	55.45	-4.59	120.74	
雨水排水管工		m	1	0.69	-0.14	10.63	
埋め戻し工		m ³	2	3.10	-0.01	1.51	
埋戻し工	転圧有り	式(m ³)	4	2.29~3.29	-0.01	1.01~1.58	
埋戻し工	転圧無し	式(m ³)	4	2.27	-0.01	1.10	
埋戻し工	発生土水締	m ³	2	5.75~	-0.04~	3.02~	
	発生土	m ³		44.77		2.50	2113.57
裏込砕石工	C40~0	m ³	1	32.96	1.76	2465.01	
上塗り塗装工	長油性7/10酸樹脂淡彩	m ²	1	0.20	-0.001	0.16	
園名板工		基	1	2178.78	-55.57	2199.71	
汚水柵工		箇所	1	174.59	-74.51	841.56	
仮橋工		式	2	-	-	-	
下層路盤工	RC40~0 t=20cm	m ²	3	1.74~	-642.59	84.35~	
	RC40~0 t=30cm	m ²		4.61		~0.28	391.03
	RC40~0 t=15cm	m ²					
型枠工		式(m ²)	9	2.20	-0.03	1.61	
型枠工	無筋	m ²	8	0.00	0.00	0.00	
	合板円形	m ²					
	小型構造物	m ²					
仮道路工		式(式)	2	-	-	-	
殻運搬工	アスファルト廃材	m ³	1	2.50	-0.01	1.12	
殻運搬処理工	運搬距離2km	m ³	2	2.54	-0.01	1.14	
幹巻型樹名板工		枚	1	7.74	-0.45	5.93	
管渠工	B形管、φ900mm	式	1	-	-	-	
機械器具損料工		式(式)	3	-	-	-	
基層工	再生粗粒度アスコ ン t=5cm	m ²	2	7.88~	-46.32~	84.69~	
				8.68		-46.25	85.87
基礎砕石工	C40~0 t=15cm	m ²	3	5.08	0.26	369.84	

注：■：一式計上を細分化した箇所 ■：人力である等各種理由で算定対象外とした箇所

■：原単位の内容の一部を算定対象外としている箇所

表 3. 2-3 工種当たりの環境負荷原単位の算定結果 (2/6)

工種	規格	単位 (☆)	サンプル の件数	CO ₂ 排出 (kg-CO ₂ / ☆)	循環資源 最終処分 (kg/☆)	天然資源 投入 (kg/☆)	
基面整正工	人力	m ³	1	0.00	0.00	0.00	
給水管工		m	1	2.33	-0.05	1.35	
境界杭工	根巻基礎有り	本	2	18.16	-8.01	79.34	
橋梁用高欄工	H=750(車道用)	m	4	62.15～	-0.51～	52.94～	
	H=1,000(歩道用)	m		74.58	-0.62	63.53	
玉石積工		m ²	1	4.07	-0.06	2.98	
筋芝工	野芝	m ²	1	18.08	-3.06	15.79	
くず入れ工		基	1	206.83	3.83	263.88	
掘削工(土砂)		式	4	3.77	-0.02	1.83	
掘削工(土砂)		m ³	7	1.92～	-0.02～	0.90～	
	岩魂玉石混土	m ³		4.52	-0.01	2.51	
	平均運搬距離 L=50m	m ³					
	平均運搬距離 L=180m	m ³					
	片切掘削・砂質土	m ³					
	オープンカット・砂質土	m ³					
掘削工(軟岩)	リッパ掘削・軟岩 I	m ³	1	5.29	-0.02	2.51	
掘削工(軟岩)		式	3	-	-	-	
クラック処理工		m	1	0.09	-0.001	0.10	
クラック防止シート張工		m	1	0.03	-0.01	0.06	
車止め工		基	1	293.16	-7.48	295.97	
景石工		式(個)	1	3924.06	281.82	386631.62	
桁架設工		式(本)	1	443.94	-6.62	325.11	
現場打側溝工		m	1	843.56	-365.64	3935.46	
工事用道路敷砂利工	C40～0 t=20cm	m ³	1	22.56	1.49	2051.77	
工事用道路補修工	C40～0	式(m)	3	6.65	0.45	615.47	
工事用道路盛土工		m ³	1	2.93	-0.01	1.36	
鋼矢板工	II型 L=2.0m	式	2	-	-	-	
ゴム支承工工	(固定)	個	1	11.54	-0.73	11.47	
	(可動)	個	1	15.54	-0.84	14.18	
ゴム支承工工		式	1	-	-	-	
コンクリート工	18N-8-40 無筋	m ³	7	299.47～	-68.44～	2318.16～	
	18N-8-40 小型構造物	m ³		314.26	-68.40	2773.91	
	t=20cm	m ²		75.95	-15.28	1006.79	
コンクリートブロック積工	30cm×45cm×35cm(控)	m ²	1	455.30	-100.67	4736.79	
コンクリート舗装工		m ²	1	4558.57	-99.13	4420.90	
コンクリート擁壁工	H=1m	m	1	314.20	-69.70	2360.01	
散水栓工		基	1	104.39	-2.66	105.40	
残土処理工	平均運搬距離 L=180m	m ³	2	2.83～	-0.03～	1.28～	
		m ³		15.25	-0.01	6.33	
残土処理工		式	4	-	-	-	
シート張防護工		式(m ²)	1	2.96	-0.06	1.64	
止水栓工		個	1	52.05	-1.33	53.56	

注：■：一式計上を細分化した箇所 ■：人力である等各種理由で算定対象外とした箇所

■：原単位の内容の一部を算定対象外としている箇所

表 3. 2-3 工種当たりの環境負荷原単位の算定結果 (3/6)

工種	規格	単位 (☆)	サンプル の件数	CO ₂ 排出 (kg-CO ₂ / ☆)	循環資源 最終処分 (kg/☆)	天然資源 投入 (kg/☆)
止水板工	CC300mm×7mm	式(m)	4	3.63	0.01	3.77
下塗り塗装工	変性エポキシ樹脂	m ²	2	0.96	-0.01	0.76
芝生プロテクター工		m ²	1	21.08	-1.23	16.14
集水柵工		式	1	-	-	-
集水柵工		箇所	1	71.43	-9.94	534.55
充填材工	コム化アスファルト系自地 材高弾性	kg	1	0.00	0.00	0.00
主桁架設工		式	1	-	-	-
主桁製作工		本	1	15515.12	-2709.68	65051.55
主体足場工		式(m ²)	1	11.79	-0.46	13.44
上層路盤工	再生瀝青安定処理 t=10cm	m ²	4	1.17~ 15.86	-220.50 ~-92.57	43.55~ 169.87
	RM40~0 t=15cm	m ²				
	RM40~0 t=10cm	m ²				
上層路盤基層工	とりこわし、安定処 理10cm、基層5cm	m ²	1	24.84	-46.64	342.03
小舗石舗装工		m ²	1	50.86	-8.48	659.40
植栽柵工、蓋工		基	1	877.19	-22.37	885.62
植生筋工	人工筋芝 幅7cm	m ²	1	18.08	-3.06	15.79
処分費工	切削層	t	3	0.00	0.00	0.00
	アスファルト塊	t				
	アスファルト廃材	t				
吸殻入れ工		基	1	103.88	0.44	183.98
捨石工	300~1000kg	m ³	1	5.51	-0.03	2.87
水抜暗渠工	φ 600	m	2	78.36~	-24.46~	602.32~
	φ 800	m		131.25	-13.82	064.07
水抜暗渠工	VP-50	式(m)	2	2.73	-0.16	2.09
砂場工		箇所	1	2522.22	72.27	122626.13
スプリング遊具工-1	スプリングアマルA	基	1	1391.92	-35.50	1405.29
スプリング遊具工-2	スプリングアマルB	基	1	2009.76	-51.26	2029.07
滑り台工	ジャイアントスライダー	基	1	12846.20	-367.07	14628.59
清掃・水洗い工		m ²	1	0.00	0.00	0.00
素地調整工	3種ケレンB	m ²	1	0.25	-0.002	0.20
側溝蓋工	45cm用、2種	枚	2	21.70~	-1.17~	98.95~
	鋼製1000×600×25	枚		142.41	0.21	121.31
ガス舗装工		m ²	1	59.96	0.04	133.02
他先境界ブロック工	120×120×600	m	1	-	-	-
単管足場工	4m以上	掛m ²	1	0.77	-0.01	0.56
単管傾斜足場工	4m以上	掛m ²	1	0.77	-0.01	0.56
地下排水工		m	1	8.08	-3.56	35.29
地先境界ブロック 工	150×150×600mm	m	2	13.71~ 19.00	-6.64~ -4.56	135.45~ 169.87
	120×120×600mm	m				
中段足場工		式(m ²)	1	5.96	-0.23	6.80
鉄筋工	10t以上SD295A, D13	t	2	863.06	-0.05	630.70
	10t以上SD295A, D16 ~25	t	4	0.86	-52.07	0.63
	10t未満SD-345D13	kg				
	10t未満SD-345D16	kg				
電線管理設工		m	1	3.32	-0.01	1.72
電線ケーブル埋設工		m	1	0.56	0.02	0.48
転落防止柵工	H=1.10m	m	2	37.77~	-1.03~	37.63~
	ガードレール GR-C-4E	m		40.41	-0.94	40.80

注：■：一式計上を細分化した箇所 ■：人力である等各種理由で算定対象外とした箇所

▨：原単位の内容の一部を算定対象外としている箇所

表 3. 2-3 工種当たりの環境負荷原単位の算定結果 (4/6)

工種	規格	単位 (☆)	サンプル の件数	CO ₂ 排出 (kg-CO ₂ / ☆)	循環資源 最終処分 (kg/☆)	天然資源 投入 (kg/☆)
透水性アスファルト舗装工		m ²	1	5.72	-0.11	69.83
溶解式区画線工	(中心線)波線、白 W=15cm、t=1.5mm	m	4	0.20	0.001	0.16
	(外側線)実線、白 W=15cm、t=1.5mm	m				
溶融式区画線工	路面標示(矢印、文字)	式(m)	1	0.20	0.001	0.16
中塗り塗装工	長油性フタル酸樹脂淡彩	m ²	1	0.21	-0.002	0.17
根固ブロック製作据付工	A型2t	個	2	316.53~ 349.03	-60.29~ -55.55	1881.12~ 2030.73
	B型2t	個				
法面整形工(切土部)	レキ質土	m ²	2	2.98	-0.01	1.43
パイプ柵工		m		20.61	-0.57	24.47
張芝工	野芝(半土付き)	m ²	1	38.23	-6.52	33.46
場所打地覆工		式	1	-	-	-
表層工	再生細粒度アスコン t=5cm	m ²	6	7.73~ 7.88	-46.25~ -45.30	83.96~ 84.69
	再生密粒度アスコン t=5cm	m ²				
	再生密粒土アスコン (13mm)厚5cm	m ²				
表層工(歩道)	t=4cm	m ²	1	7.16	-34.81	65.08
表面均し工		m ²	1	6.70	-0.03	3.23
フィルター層工	RC40~0 t=10cm	m ²	1	0.76	-192.27	37.84
フェンス工		m	1	53.12	-1.35	53.63
プランコ工	タイヤプランコ	基	1	264.39	-10.34	535.03
不陸整正工	補足材なし	m ²	1	0.39	-0.002	0.20
プレキャストU型側溝工	45cm×45cm×60cm	m	1	53.80	-22.87	383.73
プレキャスト法枠工		m ²	1	89.69	-34.87	567.39
プレキャストパイプ工	B型φ600	m	2	43.84~ 78.36	-13.82~ -6.44	282.86~ 602.32
	B型φ400	m				
プレキャストボックス工		箇所	2	2308.46~ 3235.46	-1159.65~ -765.13	9172.58~ 13739.63
プレテンション桁購入工	JISA5373BG-18	本	1	4081.11	-1798.72	17826.39
ベンチ工		基	1	162.48	-33.37	345.34
歩車道境界ブロック工	150×170×200×600	m	1	20.14	-8.16	109.83
舗装版掘削積込み工	アスファルト舗装	m ²	1	0.35	-0.001	0.17
舗装版切断工	平均厚さ10cm	m	3	0.18	-0.001	0.11
	As t=4cm	m				
	アスファルト舗装	m				
舗装版破碎工	As t=4cm	m ²	1	1.25	-0.01	0.62
歩道舗装工	開粒度アスコン t=4cm	m ²	1	5.39	-0.14	92.05
ポンプ据付・撤去工		式 (箇所)	2	19.48	-0.29	14.27

注：■：一式計上を細分化した箇所 ■：人力である等各種理由で算定対象外とした箇所

■：原単位の内容の一部を算定対象外としている箇所

表 3. 2-3 工種当たりの環境負荷原単位の算定結果 (5/6)

工種	規格	単位 (☆)	サンプル の件数	CO ₂ 排出 (kg-CO ₂ / ☆)	循環資源 最終処分 (kg/☆)	天然資源 投入 (kg/☆)
ポンプ排水工		式	3	-	-	-
埋設管路工(通信)		式	1	-	-	-
埋設管路工(電力)		式	1	-	-	-
埋設表示シート工		式	1	-	-	-
間詰コンクリート工	18N-8-40(高炉B)	式	2	-	-	-
	18N-5-40(高炉B)	式				
水飲み場工		基	1	785.31	-25.39	1034.94
目地工	瀝青繊維質 t=10mm	m ²	2	12.60	-0.74	6.09
目地材工	伸縮	箇所	1	9.33	0.03	9.71
	施工継目	m	1	0.90	-0.003	0.93
目地板設置工	t=10mm	式(m ²)	3	1.96	-0.11	1.51
もたれ式擁壁工		m ³	1	31.18	-6.84	231.71
盛土工(購入土)	人力	m ³	2	0.54~	-0.004~	0.27~
		m ³		1.02	-0.003	0.46
盛土工(購入表土)		m ³	1	39.60	2.62	2183.04
盛土工(流用土)	転圧有り	式(m ³)	2	2.29	-0.01	1.10
		式(m ³)	1	2.27	-0.01	1.10
		式(m ³)	1	3.29	-0.01	1.58
盛土工(流用土)	人力	m ³	2	0.54~	-0.003	0.27~
		m ³		0.85		0.39
床掘り工		m ³	3	1.57~	-0.03~	0.76~
				5.19	-0.01	2.64
熔融式区画線工	(中心線)破線白、 W=15cm, t=1.5mm	m	2	0.20	0.001	0.16
	(外側線)実線白、 W=15cm, t=1.5mm	m				
横組工		式	2	-	-	-
流水処理工		式	2	-	-	-
両面足場工		式(m ²)	1	4.93	-0.19	5.63
レガ縁石工		m	1	118.94	-12.12	209.03
レガ舗装工		m ²	1	371.48	-40.96	1056.45
路床工	採取土・砂質土	m ³	1	6.81	-0.03	3.14
路床工(発生土)	土砂	m ³	1	1.14	-0.005	0.55
路床工(流用土)		m ³	3	1.14~	-0.01~	0.55~
	土砂	m ³		1.49	-0.005	0.71
路上表層再生工	リペーブ	m ²	1	0.69	-0.004	0.35
路床盛土工(採取土)	砂質土	式	1	-	-	-
路体工	採取土・砂質土	m ³	1	6.70	-0.02	3.09
路体工(流用土)	土砂	m ³	5	0.74~	-0.004~	0.35~
	軟岩 I	m ³		1.14	-0.003	0.52
	(作業残土分)	m ³				
路盤工(歩道)	t = 10 c m	m ²	1	3.27	0.19	260.78
路面掘削工	平均切削深さ6cm	m ²	1	0.66	-0.002	0.30
掘削工	砂質土	m ³	1	6.83	-0.02	3.13
函渠工	21N-8-25	m ³	1	323.86	-71.95	2288.98
(作業土工)		式	5	-	-	-
(伸縮装置工)		式	2	-	-	-
(排水管設置工)		式	2	-	-	-
(地覆工及び歩車 道境界工)		式	1	3.27	0.19	260.78

注： ：一式計上を細分化した箇所 ：人力である等各種理由で算定対象外とした箇所
 ：原単位の内容の一部を算定対象外としている箇所

表 3. 2-3 工種当たりの環境負荷原単位の算定結果 (6/6)

工種	規格	単位 (☆)	サンプル の件数	CO ₂ 排出 (kg-CO ₂ / ☆)	循環資源 最終処分 (kg/☆)	天然資源 投入 (kg/☆)
(A1橋台工)		式	1	-	-	-
(A2橋台工)		式	1	-	-	-
(仮締切工)		式	2	-	-	-
(ブロック積作業土工)		式	1	-	-	-
(仮締切工)		式	1	-	-	-
(場所打擁壁工)		式	1	-	-	-
(高木植栽工)		式(本)	1	222.18	-18.45	119.80
(中低木植栽工)		式(本)	1	21.55	-1.99	12.35
(地被類植栽工)		式(m ²)	1	31.82	-2.59	15.96
(作業土工)		式	1	0.00	0.00	0.00
(照明施設工)		式	1	-	-	-
(コンクリートブロック積工)		m ²	1	453.39	-99.82	4879.63
(ブロック積基礎工)		m	1	48.79	-9.14	789.23
(天端コンクリート工)		m	1	299.47	-68.44	2773.91
(パーゴラ工)		基	1	8508.09	-242.65	9644.48
(便所工)		基	1	0.00	0.00	0.00

注： ■：一式計上を細分化した箇所 ■：人力である等各種理由で算定対象外とした箇所
 ※※※：原単位の内容の一部を算定対象外としている箇所

【解説】

(1) 工種当たりの環境負荷原単位の算定フロー

工種当たりの環境負荷原単位の算定フローは、図 3. 2-2に示すとおりである。

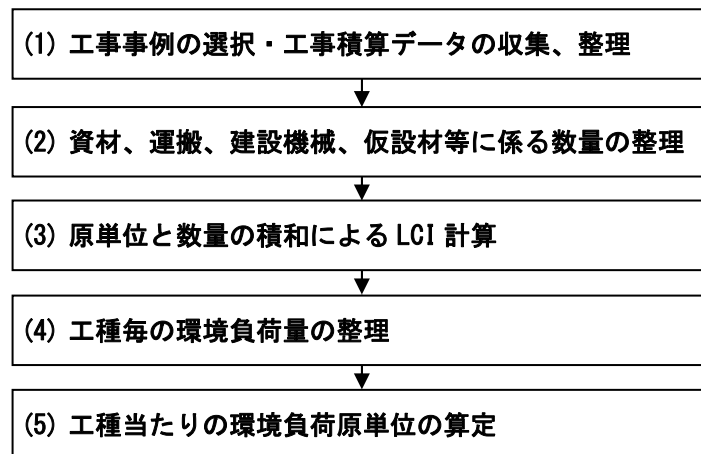


図 3. 2-2 工種当たりの環境負荷原単位の算定フロー

(2) 計算対象とする工事事例の選択

計算対象とする工事事例として、「土木工事積算基準マニュアル」の積算例に掲載されている14の土木工事を対象とした。対象とした14工事事例は、以下のとおりである。なお、算定に必要な資材等は、積算内訳中の直接工事の範囲を対象として行った。

- ① 道路改良その1工事
- ② 道路改良その2工事
- ③ 道路舗装工事
- ④ 道路舗装修繕工事
- ⑤ 共同溝工事
- ⑥ PC橋架設工事(プレテンション方式)

- ⑦ PC橋桁製作架設工事(ポストテンション方式)
- ⑧ 橋梁下部工事(鋼管杭基礎)
- ⑨ 橋梁塗装工事
- ⑩ 道路災害復旧工事
- ⑪ 砂防堰堤工事
- ⑫ 床固群工事
- ⑬ 海岸工事
- ⑭ 公園工事

同マニュアルに記載されている各工事の工事積算データから使用する資材(一般品)、運搬、建設機械、仮設材の数量を抽出した。各工事事例の概要を以下に示す。

① 道路改良その1工事

市道の道路改築事業として施工するバイパス工事である。施工延長は200mで、道路の幅員構成は、総幅員10.00m、うち車道5.50m、路肩0.75m、歩道1.50m(両側)となっている。

工事の内容は、土工が掘削2,200m³、盛土2,170m³、法面工(張芝)270m²、擁壁工(もたれ式擁壁)200mと工事用道路である。

平面図を図 3. 2-3、掘削部断面を図 3. 2-4、盛土部断面を図 3. 2-5 に示す。



図 3. 2-3 平面図

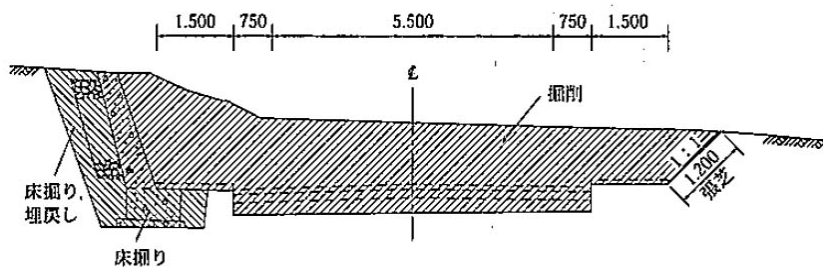


図 3. 2-4 掘削部断面

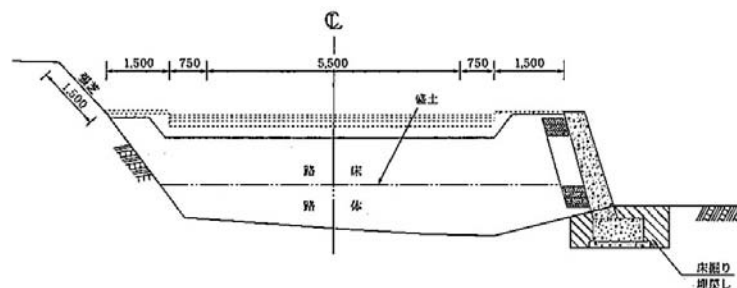


図 3. 2-5 盛土部断面

② 道路改良その2工事

県道の道路改築事業の一環として施工するバイパスの改良工事であり、施工延長は850mで、施工幅員は9.5mである。主要工事内容は土工事で、掘削土4,870m³(砂質土3,720m³、軟岩(I)1,150m³)は、全量盛土(12,600m³)に流用し、不足土は田小路からの土砂(発生土)(7,220m³)を受け入れて盛土する。掘削部にはコンクリートブロック積463m²及びプレキャスト法枠467m²を施工する。

この他、市道との交差部にボックスカルバート(4.5m×4m)1箇所、横断管渠2箇所、コンクリートU型側溝1,418.6m等を施工する。盛土法面の筋芝工は舗装工事に含めて次年度に実施する計画である。

平面図を図 3. 2-6、標準断面図を図 3. 2-7 に示す。

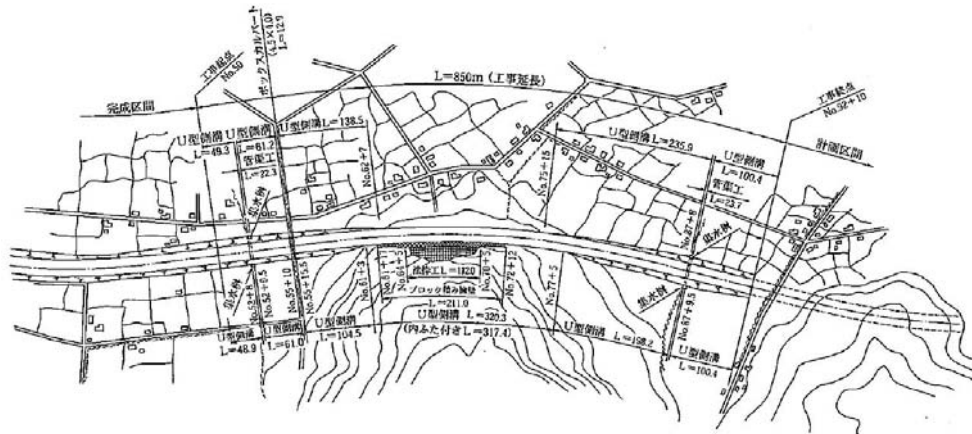


図 3. 2-6 平面図

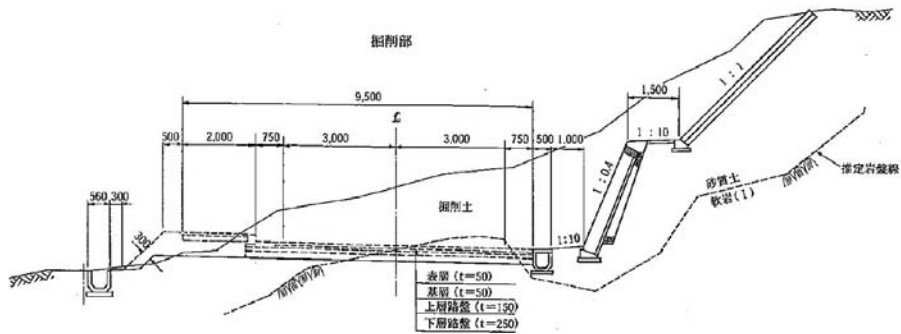


図 3. 2-7 標準断面図

③ 道路舗装工事の概要

道路新設事業の舗装工事である。既に改良工事で管渠、集水柵、橋梁等を完成している区間のうちL=530mの舗装を施工する。工事区間は、第二種住居専用地域で、植樹帯を設けているが、植栽は別途工事とする。

舗装構成は、一般地域扱いで、交通区分 C、設計 CBR6、設計 $TA' > 28$ 、 $H' > 47$ である。アスファルト舗装は、基層に再生粗粒度アスコン厚 5cm、表層に再生細粒度アスコン 5cm を施工する。ただし、支道取付けは再生密粒度アスコン 5cm を施工する。路盤は、下層路盤として再生クラッシュラン厚 20cm、上層路盤として再生瀝青安定処理厚 10cm と再生粒調碎石厚 15cm の 2 層を施工する。歩道は歩車道境界ブロックにより車道と分離し、表層は透水性舗装用アスファルト混合物を用い厚 4cm の舗装を行う。路盤はクラッシュラン厚 10cm を施工する。また、地先境界ブロックにより舗装止めを施工する。

支道取付けは、図 3. 2-8 の A 部分で、支道の舗装構成で行う。なお、交差点の場合、県道、市道との巻込み部の舗装は管理境界までを本線舗装(路肩部を含む)と同一舗装とする。下層路盤としてクラッシュラン厚 30cm。上層路盤として粒調碎石 10cm を施工する。舗装は再生密粒度アスコン 5cm を施工する。

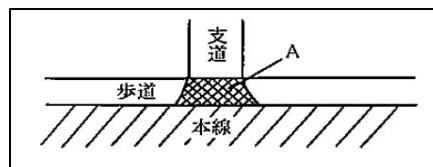


図 3. 2-8 本線・支道接続部 (イメージ)

側溝工として現場打ち L 型側溝を施工する。植樹帯は地先境界ブロックで歩道と分離し、盛土する。盛土部の保護路肩に転落防止柵高さ 1.1m を施工する。また、盛土法面には種子帯を施工する。

平面図を図 3. 2-9、標準断面図を図 3. 2-10 に示す。

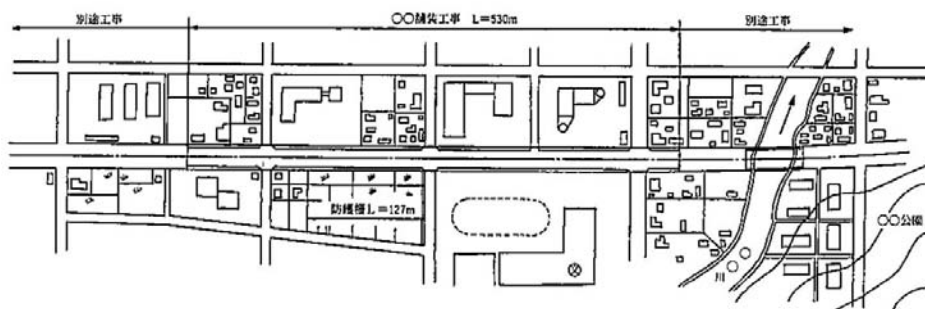


図 3. 2-9 平面図



図 3. 2-10 標準断面図

④ 道路舗装修繕工事

アスファルト舗装修繕工事で、工事延長 L=2,000m の路面切削及びオーバーレイ工、路上表層再生工(リペーブ工法)、舗装打換え工、区画線工等を行い、一般交通の安全を図る。

各工種の概要は以下のとおりである。

- ・路面切削及びオーバーレイ工法：
 - 路面切削工 6,500m²(路面切削平均深さ 6cm 幅 6.5m×延長 1,000m)、殻運搬処理 390m³(処理量 390m³×2.35≒917t)、オーバーレイ(平均厚さ 5cm)6,500m²、クラック処理 500m
- ・路上表層再生工(リペーブ工法)
 - 表層(再生密粒度アスコン 13mm) t=5cm 幅 8.0m×延長 800m=6,400m²
- ・舗装打換え工
 - 舗装版切断 アスファルト舗装版 深さ 10cm 延長 200m
 - 舗装版破碎 アスファルト舗装版 深さ 10cm 幅 6.5m×延長 200m=1,300m²
 - 殻運搬処理 アスファルト殻 深さ 10cm×1,300m²=130m³(処理量 130m³×2.35≒306t)
 - 上層路盤 アスファルト安定処理 厚 10cm 幅 6.5m×延長 200m=1,300m²
 - 基層 再生粗粒度アスコン 厚さ 5cm 幅 6.5m×延長 200m=1,300m²
 - 表層 再生密粒度アスコン 厚さ 5cm 幅 6.5m×延長 200m=1,300m²

標準断面を図 3. 2-11、リペーブ標準図を図 3. 2-12、舗装打換え部断面を図 3. 2-13 に示す。

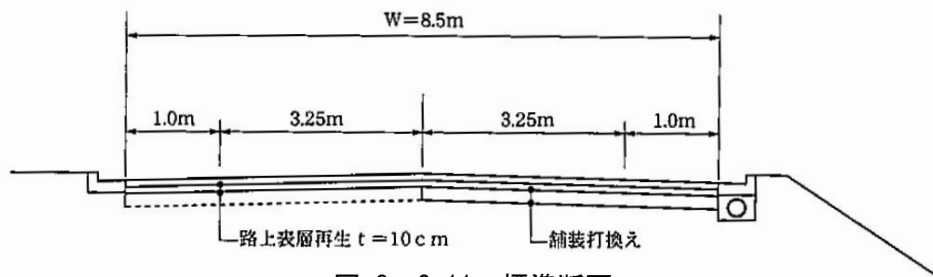


図 3. 2-11 標準断面

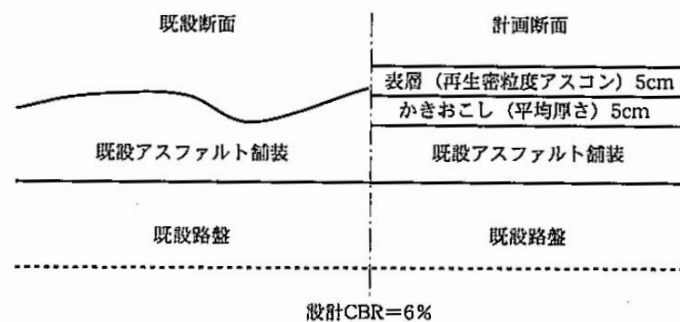


図 3. 2-12 リペーブ標準図

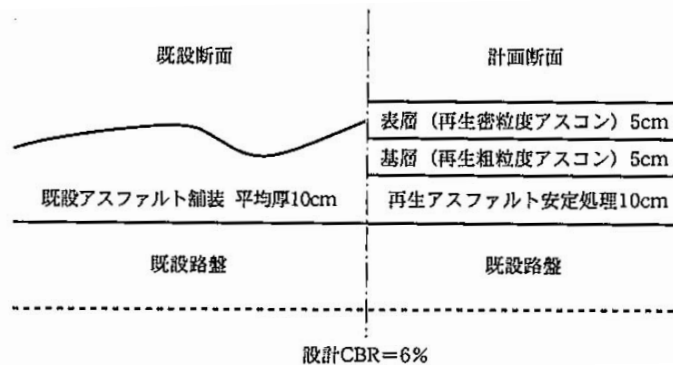


図 3. 2-13 舗装打換え部断面

⑤ 共同溝工事

電線共同溝であり、電力事業者、通信事業者及び道路管理者の電線を収容するもので、施設は主に道路歩道部に敷設する。施工は現場状況から昼間施工とし、掘削深さも浅いことから土留工は考慮しないが、必要な場合は別途計上することとし、これらについては交通管理者との調整及び現場状況により適宜変更する必要がある。

工事内容は以下のとおりである。

- ・ 特殊部(1)設置工(L=3000 H=1200) : 12 箇所
- ・ 管路布設工(1)(通信用 15 条) : 645m
- ・ 特殊部(2)設置工(L=4500 H=1050) : 12 箇所
- ・ 管路布設工(2)(電力用 12 条) : 645m

管路部標準横断面を図 3. 2-14 に示す。

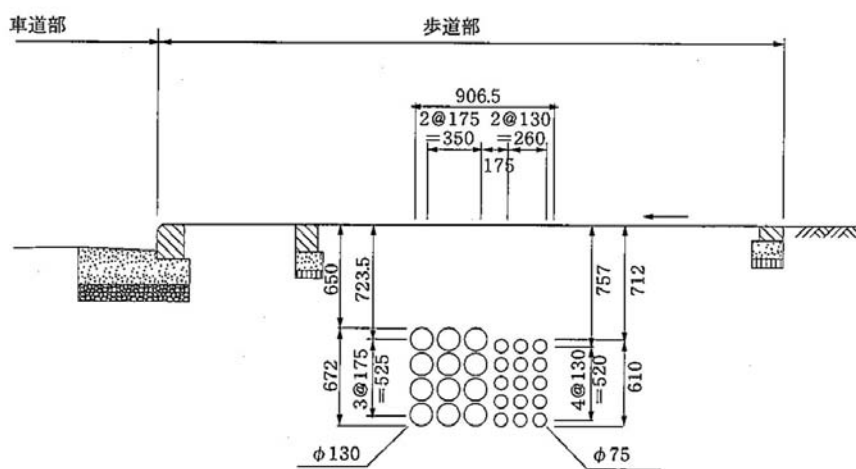


図 3. 2-14 管路部標準横断面

⑥ PC橋架設工事(プレテンション方式)

道路改良工事に伴う橋梁架替工事であり、上部工(プレテンション方式PC単純桁)の架設を行う計画である。

橋梁型式は、基礎地盤が岩盤(硬岩)で、直接基礎の重力式橋台は別途工事で完成している。上部構造は下記のとおりであり、支間が短いことから経済性に優れる JIS PC プレテンション桁を採用した。

- ・型式 プレテンション方式PC単純T桁橋(JIS A 5373)
- ・連数 1連
- ・幅員 9.0m
- ・設計荷重 B活荷重
- ・橋長 18.1m(桁長 18.0m 支間長 17.4m)
- ・橋面積 9.0m×18.1m=162.9m²
- ・斜角 79°

工事数量は以下のとおりである。

- ・プレテンション方式PC単純T桁：
 - JIS A 5373 の桁橋用プレストレストコンクリート桁
 - 桁長 L=18.0m 質量 17.3t/本(17.9t×18m/18.6m)
 - 桁高 H=1.00m 本数 10本
- ・横組工：コンクリート 14.0m³ 鉄筋 1.244t

PC(プレテンション)側面図を図 3. 2-15、平面図を図 3. 2-16、標準横断面図を図 3. 2-17 に示す。

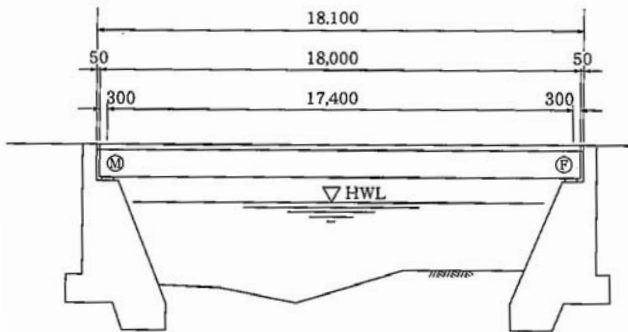


図 3. 2-15 PC 橋(プレテンション)側面図

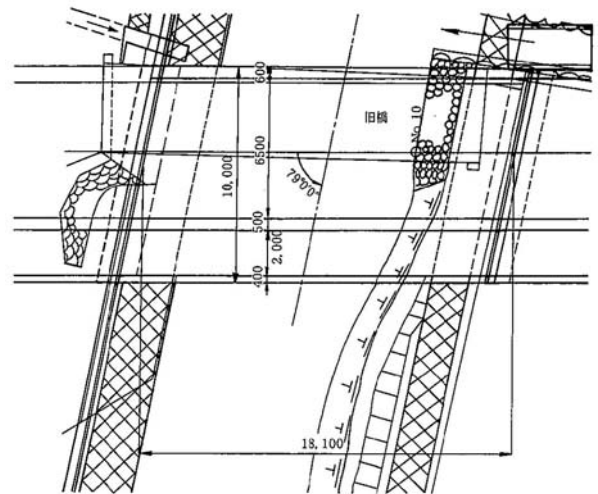


図 3. 2-16 平面図

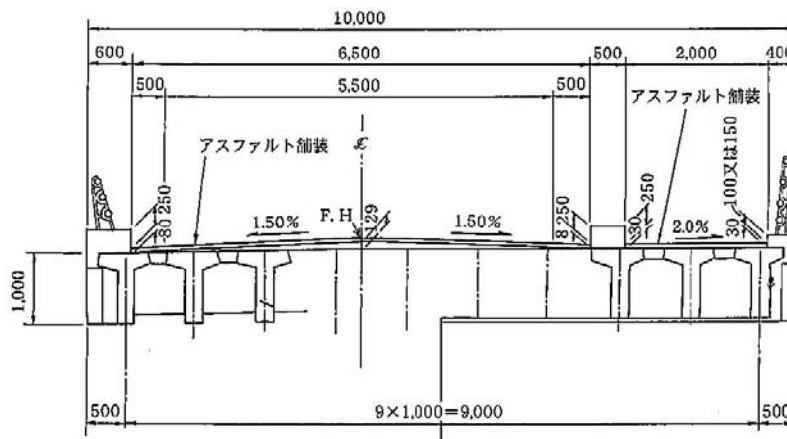


図 3. 2-17 標準横断面図

⑦ PC橋桁製作架設工事(ポストテンション方式)

道路改良工事に伴い新設する橋梁工事である。

下部工は逆 T 式の橋台であるが、基礎地盤の上層が軟弱地盤で、施工場所の近隣に人家が多いことから、基礎工法に PC 杭中掘工法を採用しているが、施工は別途工事とする。

上部工の構造は下記のとおりであり、経済性に優れた PC ポストテンション単純 T 桁を採用。

- ・型式 PC ポストテンション単純 T 桁橋 ・連数 1 連
- ・橋長 28.3m(桁長 28.2m、支間長 27.5m)
- ・幅員 橋体の幅 12.8m(全幅員 12.0m、車道幅員 7.0m)
- ・橋面積 339.6m²(28.3m×12.0m) ・設計荷重 B 活荷重

工事数量は以下のとおりである。

- ・PC ポストテンション T 桁 : L=28.2m、H=1.80m の桁で 1 本当たり 25.4m³ となり、1m³ 当たりの質量を 2,500kg とする。
- ・足場面積(A) : 橋の全幅 12.8m、橋長 28.3m で $A=12.8 \times 28.3=362.24\text{m}^2$ ∴362m²

PC 橋(ポストテンション)側面図を図 3. 2-18、平面図を図 3. 2-19、標準横断面図を図 3. 2-20 に示す。



図 3. 2-18 PC 橋(ポストテンション)側面図

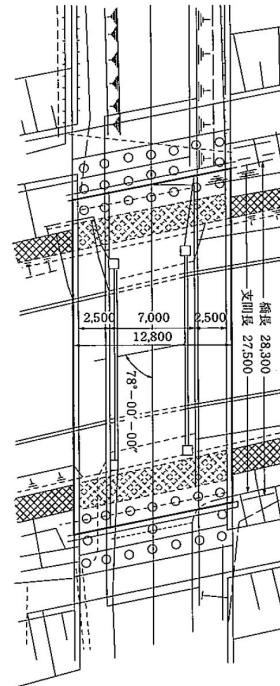


図 3. 2-19 平面図

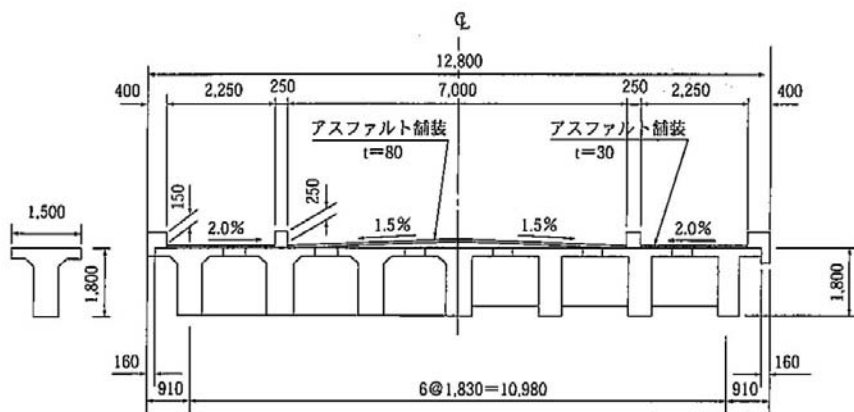


図 3. 2-20 標準横断面図

⑧ 橋梁下部工事(鋼管杭基礎)

橋長 32.7m、幅員 12.0m の橋梁を架設するもので、上部工に先行して下部工を施工するものである。橋の基礎地盤は軟弱なので、径 600mm×24m の鋼管杭(直杭)を打ち込んで基礎とし、逆 T 式橋台を築造する。なお、杭の施工は周辺に家屋等が存在することを考慮して中掘工法を採用する。

工事数量は以下のとおりである。

- ・鋼管杭(直杭) 径 600mm×24m 36 本 ・設計長さ 24m、根入長 22.7m 平均 N 値 22

側面図を図 3. 2-21、平面図を図 3. 2-22 に示す。

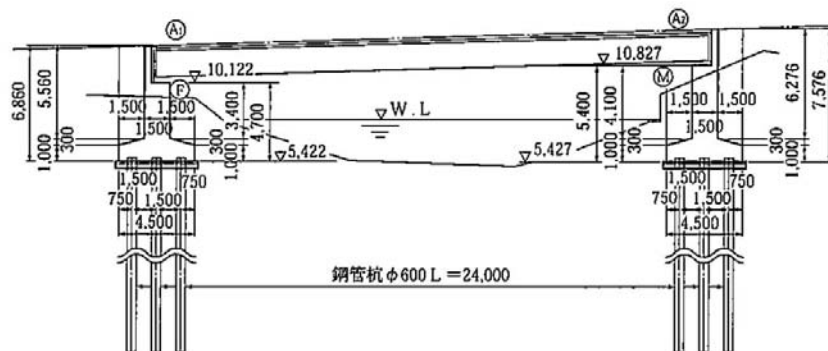


図 3. 2-21 側面図

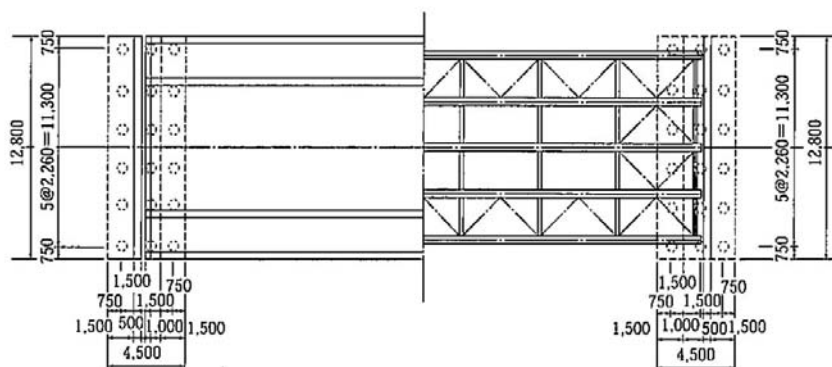


図 3. 2-22 平面図

⑨ 橋梁塗装工事

橋梁の塗替塗装工事である。橋長は903m、往復4車線の河川横断橋であり、このうち片側2車線分、橋長の1/2に当たるL=451.5mの工事である。

施工に際し、仮設足場等を設置する。現場塗装工(A=11,100m²)の概要は以下のとおりである。

- ・清掃、水洗い
- ・素地調整(3種ケレンB)
- ・下塗り塗装(I)(変性エポキシ樹脂)
- ・下塗り塗装(II)(変性エポキシ樹脂)
- ・中塗り塗装(長油性フタル酸樹脂淡彩)
- ・上塗り塗装(長油性フタル酸樹脂淡彩)

仮設工(各種A=5,300m²)の概要は以下のとおりである。

- ・主体足場(パイプ吊足場)
- ・中段足場
- ・両面朝顔
- ・シート張防護

平面図を図 3. 2-23、足場工の標準的な構造図を図 3. 2-24 に示す。

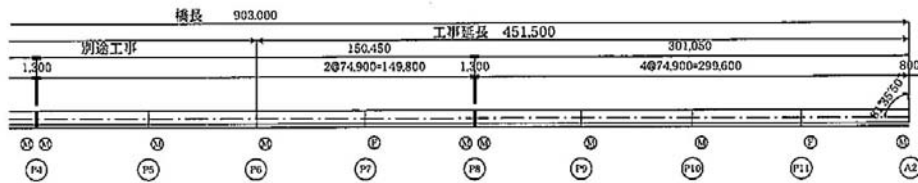


図 3. 2-23 平面図

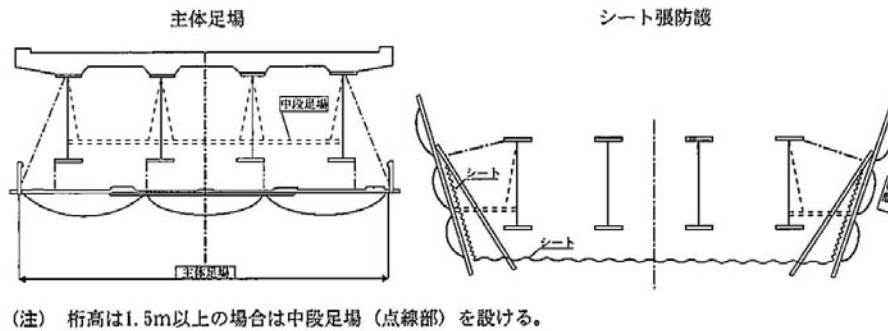


図 3. 2-24 足場工(標準的な構造図)

⑩ 道路災害復旧工事

台風で道路が被災した市道の道路災害復旧工事である。施工延長 70m を施工するもので、道路の幅員構成は、車道 3.0m(片側)、路肩 75cm(片側)で総幅員 7.5m である。

工事内容は、掘削 750m³、路床盛土 350m³、路体盛土 1,100m³、ブロック積み 224m²、アスファルト舗装工 188m²、法面工(筋芝)200m²、防護柵 70m を施工する。

平面図を図 3. 2-25、標準断面図を図 3. 2-26 に示す。

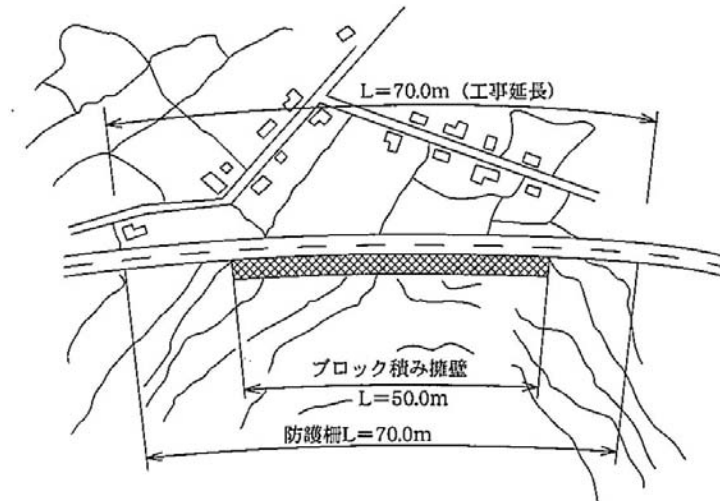


図 3. 2-25 平面図

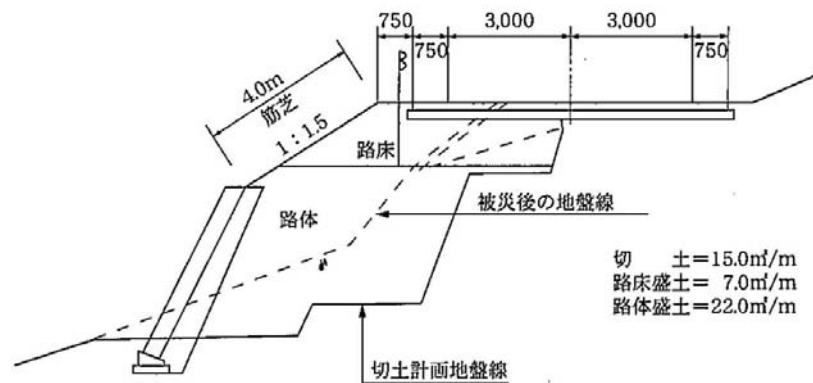


図 3. 2-26 標準断面図

⑪ 砂防堰堤工事

溪岸・溪床の浸食を防止し、併せて山脚の固定を目的とするため計画された本堰堤・副堰堤・水叩・側壁からなる重力式コンクリート砂防堰堤である。施工については、堰堤の東側に林道があり、その林道より堰堤までは工事用道路を設置し、ミキサ運搬車にて施工場所までレディースミクストコンクリートを搬入し、ラフテレーンクレーンにより施工することが可能である。また、冬期の施工を避けるため、出水期にも施工する。

砂防堰堤平面図を図 3. 2-27、本堰堤正面図を図 3. 2-28、副堰堤正面図を図 3. 2-29、平面図を図 3. 2-30 に示す。



図 3. 2-27 砂防堰堤平面図

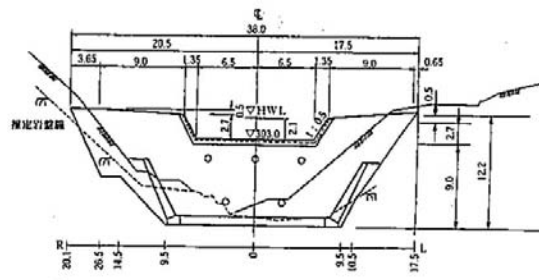


図 3. 2-28 本堰堤正面図

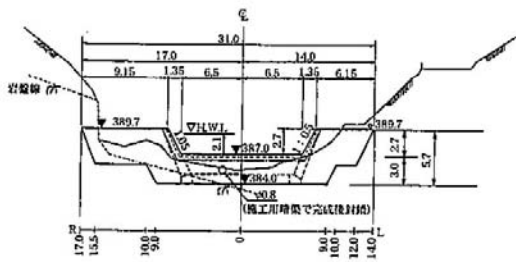


図 3. 2-29 副堰堤正面図

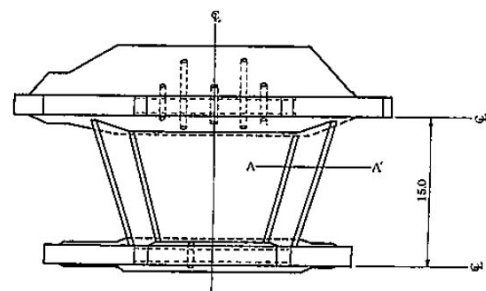


図 3. 2-30 平面図

⑫ 床固群工事

砂防床固群は、一定流域の砂防計画のなかで、上流部の土砂の整備(砂防堰堤、山腹工等)がある程度進んだレベルで、下流部における荒廃溪流の流路の固定と縦横浸食を防止するための施設である。土砂の二次生産や流出を阻止する目的で、床固め、帯工、護岸、河床整理等を組み合わせて施工し、洪水の安全な流下を図る。

流域面積 19km² の溪流の最下流部の本川との合流点までの 1.18km 間の河床の固定、流路の整正、溪岸の浸食を防止する目的で床固群を施工する。本例はその一部の第二床固めから下流第二帯工までの間について積算するものである。

構造物諸元は、以下のとおりである。

- ・ 第二床固め工 : H=3.0m L=31.5m
- ・ 水叩工 : L=9.5m T=1.0m
- ・ 垂直壁 : H=2.0m L=25.0m
- ・ 第二帯工 : H=2.0m L=25.0m
- ・ 護岸 : H=6.5m L=83.5m

床固群平面図を図 3. 2-31、正面図を図 3. 2-32、平面図を図 3. 2-33、縦断面図を図 3. 2-34 に示す。

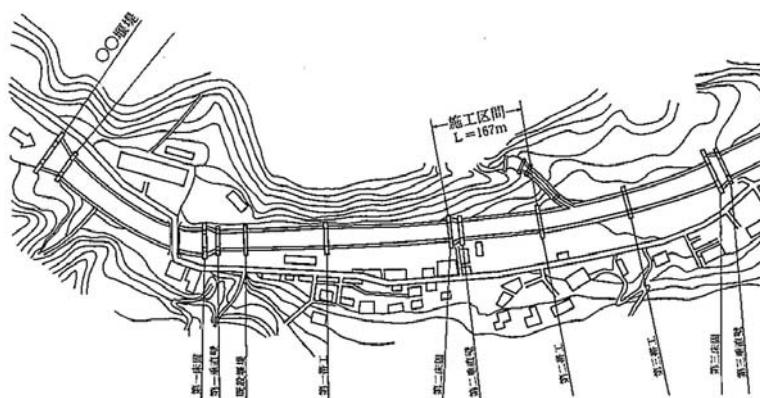


図 3. 2-31 床固群平面図

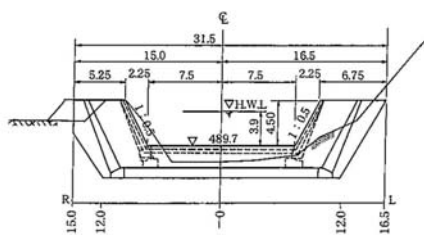


図 3. 2-32 正面図

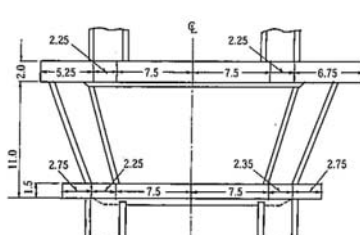


図 3. 2-33 平面図

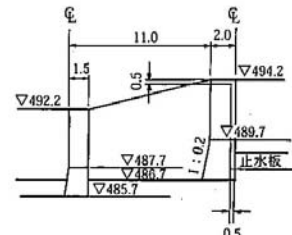


図 3. 2-34 縦断面図

⑬ 海岸工事

高潮による越波と浸食を防止するため、波返し天端高 TP+6.0m の新護岸を設置する計画である。護岸延長 72.4m を築造し、その前面に根固め工延長 59.0m を設置するもので、基礎に鋼矢板Ⅱ形 リットル=2.0m を使用し、躯体工、波返し工には 10m 間隔にジョイントを設ける。堤防天端には、天端被覆工として厚さ 20cm のコンクリート被覆工を行う。堤防裏法面に階段工を設け、排水路を設置する。また、根固め工は、躯体前面に天端幅 3.5m の捨石を施工し、上部に異形ブロック 2t 型を天端幅 5.0m に層積みで据付ける。異形ブロックは区間を分けて、A 型ブロックと B 型ブロックを使用する。

平面図を図 3. 2-35、天端目地平面図を図 3. 2-36、波返し平面図を図 3. 2-37、縦断面図を図 3. 2-38、標準断面図を図 3. 2-39 に示す。

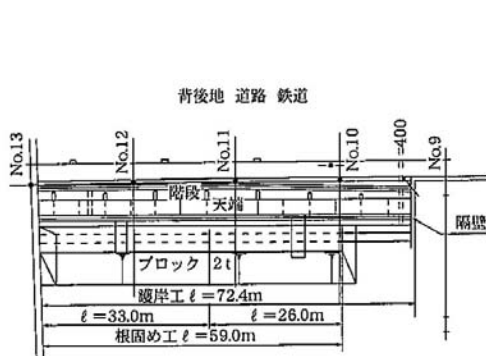


図 3. 2-35 平面図

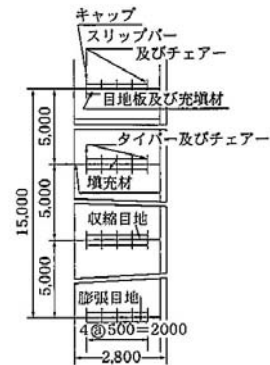


図 3. 2-36 天端目地平面図

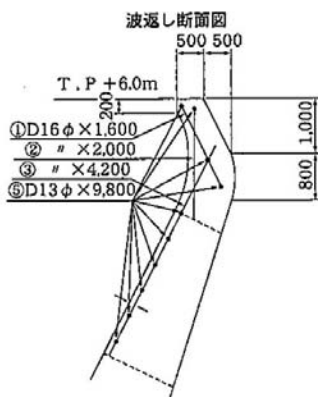


図 3. 2-37 波返し平面図

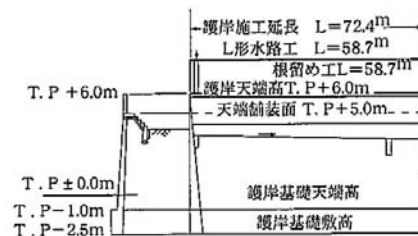


図 3. 2-38 縦断面図

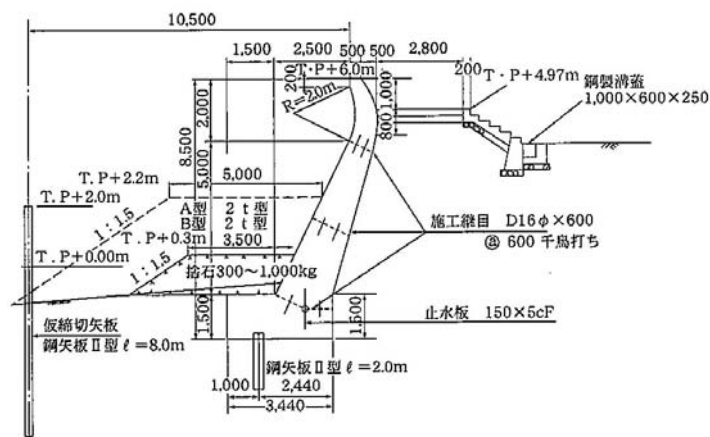


図 3. 2-39 標準断面図

⑭ 公園工事

約 1,000m² の街区公園を整備するものである。土地の形状は長方形の一部がくびれた形をしており、現況地盤は東と北に向かって緩く傾斜した平坦地となっている。

造成は、自然こう配で雨水排水を考え、北西の位置に 3m 程度の築山を造成し、石組、植栽地は一段高くし、自然石で土留めをする計画である。

施設は、築山を中心に遊具を配置し、ほぼ中央に砂場を造成し、南側に園路兼広場を設け、東側には、入口広場、自転車置場、便所を設置する計画である。

植栽は、外周の多くが民家と接しているため、民家への日照を考慮し、かつ直接建物が視覚に入らないように、高木、中木、落葉、常緑を適宜配置し、外周に遮蔽を兼ねた修景植栽、南側植栽地沿いに、灌木を植え込み、アメリカハナミズキを配植する計画である。また、石組付近は植物で修景効果を高める。境界にカナメモチの生垣、地被にリュウノヒゲとオカメザサ、手前にサツキ、ヒラドツツジの灌木を配し、落葉の高木、ナツツバキ、コナラの株立物等を配植する。ベンチの近くや、遊具広場内に緑陰効果の高いケヤキを配し緑陰を提供することを予定している。

排水については、東側道路沿いのますを通して公共下水道へつなぐ計画である。植栽地内は、自然浸透を考慮して特に排水施設は考えない。広場、園路については、要所に集水ますを設け排水する。東入口はグレーチング付 U 形溝により園内の雨水を処理する。便所の汚水は、東入口付近で合流させることを予定している。

給水については、南側境界に沿って 20mm の管を配管し、中央の水飲み、西側芝生地内の散水栓に配管する計画である。

電気については、東側道路の電柱より引込み、便所、照明灯 2 基に接続する計画である。配線は地中埋設とし、南側植栽地に沿って埋設することを予定している。

計画平面図を図 3. 2-40 に示す。

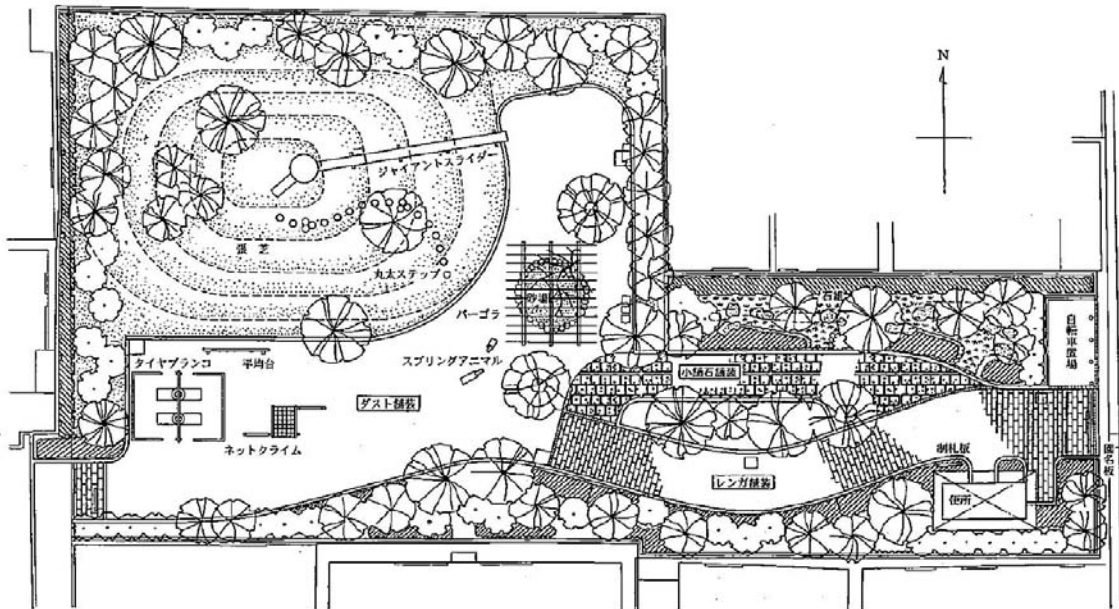


図 3. 2-40 平面図

(3) 資材、運搬、建設機械、仮設材等に係る数量の整理

1) 資材等の数量の拾い出しの方法

表 3. 2-4 の方法で、資材等の数量の拾い出しを行った。

表 3. 2-4 資材等の数量の拾い出しの方法

分類	項目	数量の拾い出しの方法
資材の生産、運搬	資材の数量	<ul style="list-style-type: none"> 資材の数量は、「土木工事積算基準マニュアル」の積算例に基づき拾い出す。 資材の運搬については、「土木工事積算基準マニュアル」の積算例では、輸送距離等の条件が示されていないので、環境負荷原単位の「出荷」の原単位を用いた算定とする(輸送距離等の条件設定は行わない)。
建設機械の稼働	建設機械の燃料使用量	<ul style="list-style-type: none"> 「土木工事積算基準マニュアル」の共通単価表に示されている供用日あたりの燃料使用量を拾い出す。下欄の工種一単位あたりの供用日数に掛け合わせることで、工種一単位あたりの燃料消費量を算定する。
建設機械の減耗	建設機械の供用日数	<ul style="list-style-type: none"> 「土木工事積算基準マニュアル」の共通単価表に示されている工種一単位あたりの供用日数を拾い出す。 共通単価表の単位が時間の場合は、環境負荷原単位を時間当たりに換算する。 時間当たり原単位 = 「建設機械等損料表」の運転時間 ÷ 運転日数
その他	仮設材	<ul style="list-style-type: none"> 金額ベースの原単位を適用することとし、「土木工事積算基準マニュアル」に示されている金額を拾い出す。

2) 資材等の数量の拾い出しに係る留意事項

資材等の数量の拾い出しに係る留意事項は以下のとおりである。

- 資材のロス率に関しても積算例に基づいて考慮し、使用資材の量を算定した。
- 各工事に投入する資材以外の天然資源量^{※1}、廃棄物最終処分量^{※2}についても計上した。
- 「市場単価」が用いられる工種(鉄筋等)については、「施工単価(労務費+機械損料+材料費)」が一括して計上されており、現行の「積算基準マニュアル」の積算例からは機械の稼働量等が抽出できない。これらについては、「市場単価」が導入される前の積上げ方式の時代の「積算基準」若しくは「積算基準マニュアル」を参照し、機械の稼働量等の設定を行った(表 3. 2-5 参照)。
- 工種によっては、一式計上、内訳書省略、見積単価など、工種の内訳が示されていないものがある。これらについては、何らかの条件設定が可能なものは設定して算定を行った。
- 「雑工種」、「諸雑費」については、資材の種類、数量の特定が困難であり、算定対象外とした。
- 積算例で「別途計上」となっている項目については対象外とした。
- 積算基準の燃料消費率は油脂等の経費を燃料費に換算したものを含んでいるため、それを除くために、「建設施工における地球温暖化対策の手引き((社)日本建設機械化協会)」に基づき 1.2 で除した値とすることも考えられたが、考慮されていない関連研究も見受けられることから本研究では値の調整は行わなかった。

注) 1. ※1: 採取土、購入土、発生土、他工事からの発生土、流用土は含まない。

2. ※2: 工事現場から発生して最終処分する廃棄物であり、埋め立てる汚泥、ガラ等を含む。ただし、土は廃棄物処理法上廃棄物に分類されないの含まない。

表 3. 2-5 市場単価方式の考え方

歩掛 (積上げ方式)	市場単価方式																			
<table border="1"> <tr> <td>材料費</td> <td>×</td> <td>歩掛数量</td> <td rowspan="3">積み上げ単価 単位当たり</td> <td rowspan="3">×</td> <td rowspan="3">設計数量</td> <td rowspan="3">=</td> <td rowspan="3">直接工事費</td> </tr> <tr> <td>労務費</td> <td>×</td> <td>歩掛数量</td> </tr> <tr> <td>機械損料</td> <td>×</td> <td>歩掛数量</td> </tr> </table>	材料費	×	歩掛数量	積み上げ単価 単位当たり	×	設計数量	=	直接工事費	労務費	×	歩掛数量	機械損料	×	歩掛数量	<table border="1"> <tr> <td>市場単価 (施工単位当たりの実取引価格)</td> <td>×</td> <td>設計数量</td> <td>=</td> <td>直接工事費</td> </tr> </table>	市場単価 (施工単位当たりの実取引価格)	×	設計数量	=	直接工事費
材料費	×	歩掛数量	積み上げ単価 単位当たり						×	設計数量	=	直接工事費								
労務費	×	歩掛数量																		
機械損料	×	歩掛数量																		
市場単価 (施工単位当たりの実取引価格)	×	設計数量	=	直接工事費																

3) 市場単価方式が用いられている工種への対応

市場単価方式が用いられている工種は、資材の数量を拾うことは可能だが、建設機械の稼働量等が抽出できない。これらについては、過去の積算基準を参照し、表 3. 2-6 のとおり機械の稼働量等を設定した。

表 3. 2-6 市場単価が適用されている工種と参照した過去の積算基準

該当工事	適用される工種	参照した積算基準の年度	備考
①道路改良その1工事	法面工(植生工、張芝工)	平成5年度	共通 B37 号
②道路改良その2工事	ブロック積工(コンクリートブロック工、コンクリートブロック積工)	平成9年度	
③道路舗装工事	法面工(植生工、植生筋)	平成8年度(または平成5年度)	共通 B39 号
	防護柵工(防止柵工、転落防止柵)	平成11年度	共通 B108 号
⑥PC 橋架設工事(プレテンション方式)	橋梁付属物工(伸縮装置工、伸縮継手設置工)	伸縮装置を設置する人工がほとんどであり、使用しても微量のコンクリートや舗装程度であるため、算定対象外とした。なお、過去の積算基準においても人工の記載はされていなかった。	
⑦PC 橋桁製作架設工事(ポストテンション方式)	橋梁付属物工(伸縮装置工、伸縮継手設置工)	伸縮装置を設置する人工がほとんどであり、使用しても微量のコンクリートや舗装程度であるため、算定対象外とした。なお、過去の積算基準においても人工の記載はされていなかった。	
⑩道路災害復旧工事	法面工(芝付け、筋芝工)	平成8年度(または平成5年度)	共通 B38 号
	防護柵工(転落防止柵)	平成11年度	
	区画線工(溶融式区画線)	平成4年度	
	ブロック積工(コンクリートブロック積工)	平成9年度	共通 B40-1 号
⑪砂防堰堤工事	仮設工(土留・仮締切工、流水処理工、構造物とりこわし工)	平成6年度	
⑫床固群工事	仮設工(工用道路工、工用道路補修、構造物とりこわし工)	平成6年度	
⑬海岸工事	雑工(隔壁工、鉄筋工)	平成4年度	共通 B60 号

4) 内訳書省略、見積単価等への対応

橋梁下部工事(鋼管杭基礎)の仮設工(仮締切)工については、内訳書省略と記載されていたため、類似例から積算制を作成し、その上で環境負荷の算定を行った。

見積単価について、資材単独で見積単価が示されているものは、仮に数量が分からなくても価格基準原単位を適用して算定が可能であるため、環境負荷量の計算に問題はない。一方、材工共として材料費と施工費を合計した単価となっている場合や処分費等の建設機械の稼働を伴うものの内訳が示されていない場合については、環境負荷を算定するための活動量が不明のため、表 3.2-7 のとおり対応した。

表 3. 2-7 内訳書省略、見積単価などへの対応

該当工事	適用されている工種	対応策	備考
④道路舗装修繕工事	舗装工(路面切削工、処分費)	全て再生処理場に運搬されるため環境負荷はゼロとする。なお、再生処理場までの運搬は「殻運搬処理」で別途計上されている。	見積単価
	舗装工(舗装打換工、処分費)	全て再生処理場に運搬されるため環境負荷はゼロとする。なお、再生処理場までの運搬は「殻運搬処理」で別途計上されている。	見積単価
⑤共同溝工事	土工(残土処理工、残土処理、処分費)	残土受入地における作業は、工事業者によって持ち込まれた土砂を敷き均す作業が主であると考えられるため、「ブルトーザ敷均し単価表」(共通 B25、26 単価表)を適用する。	見積単価
	電線共同溝工(特殊部設置工、プレキャストボックス(1)、敷板設置工)	プレキャストの敷板を現地で敷設する作業であり、重機や別途資材等の使用はないため、計算対象外とする。	見積単価
	電線共同溝工(特殊部設置工、プレキャストボックス(2)、敷板設置工)	プレキャストの敷板を現地で敷設する作業であり、重機や別途資材等の使用はないため、計算対象外とする。	見積単価
⑧橋梁下部工事(鋼管杭基礎)	仮設工(仮締切工)	類似例から積算例を作成し、その上で環境負荷算定を行う。	内訳書省略
⑨橋梁塗装工事	現場塗装工(橋梁塗装工、清掃・水洗い)	工事としては、水とコンプレッサー程度を使用することとなるが、わずかであり、現場毎に方法が異なるなどの理由から、算定対象外とした。なお、積算資料においても水の使用量等の記載はない。	見積単価
	仮設工(橋梁足場等設備工、主体足場)	使用材料を想定して価格基準原単位を適用して算定した。	見積単価
	仮設工(橋梁足場等設備工、中斷足場)	使用材料を想定して価格基準原単位を適用して算定した。	見積単価
	仮設工(橋梁足場等設備工、両面朝顔)	使用材料を想定して価格基準原単位を適用して算定した。	見積単価
	仮設工(橋梁足場等設備工、シート張防護)	使用材料を想定して価格基準原単位を適用して算定した。	見積単価
⑩道路災害復旧工事	道路土工(アスファルトとりこわし、処分費)	全て再生処理場に運搬されるため環境負荷はゼロとする。なお、再生処理場までの運搬は「殻運搬処理」で別途計上されている。	見積単価

5) 算定対象外とした工種

表 3. 2-8 に示す工種については、数量の計上が困難、若しくは人力のみの工種であることから、算定対象外(又は一部を算定対象外)とした。

表 3. 2-8 算定対象外とした工種とその理由(1/2)

該当工事	対象外とした工種	対象外とした理由	備考
①道路改良その1工事	擁壁工(作業土木、基面整形)	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
②道路改良その2工事	カルバート工(作業土木、床掘り)	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	排水構造物(集水桝、型枠工)	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
④道路舗装修繕工事	舗装工(路面切削工、処分費)	再生処理場の処理のため、評価範囲の外とみなし、環境負荷はゼロとする。	
	舗装工(舗装打ち換え工、処分費)	再生処理場の処理のため、評価範囲の外とみなし、環境負荷はゼロとする。	
⑤共同溝工事	電線共同溝工(特殊部設置工、プレキャストボックス)	市場単価であり、使用資材の負荷について算定する。なお、工事の負荷はわずかと考えられる。	資材は算定対象としたが、工事の負荷は対象外とする。
⑥PC橋架設工事(プレテンション方式)	橋梁付属物工(伸縮装置工、伸縮継手設置工)	ほとんどが人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	橋梁付属物工(地覆工、型枠)	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
⑦PC橋桁製作架設工事(ポストテンション方式)	PC橋工(架設工、主桁架設)	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	橋梁付属物工(伸縮装置工、伸縮継手設置工)	ほとんどが人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	橋梁付属物工(地覆及び歩道者境界工、型枠工)	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
⑨橋梁塗装工事	現場塗装工(橋梁塗装工、清掃・水洗い)	工事としては、水とコンプレッサー程度を使用することとなるが、わずかであり、現場毎に方法が異なるなどの理由から、算定対象外とする。	
	現場塗装工(橋梁塗装工、素地調整)	市場単価であり、使用資材の負荷について算定する。なお、工事の負荷はわずかと考えられる。	資材は算定対象としたが、工事の負荷は対象外とする。
	現場塗装工(橋梁塗装工、下塗り塗装)	市場単価であり、使用資材の負荷について算定する。なお、工事の負荷はわずかと考えられる。	資材は算定対象としたが、工事の負荷は対象外とする。
	現場塗装工(橋梁塗装工、中塗り塗装)	市場単価であり、使用資材の負荷について算定する。なお、工事の負荷はわずかと考えられる。	資材は算定対象としたが、工事の負荷は対象外とする。
	現場塗装工(橋梁塗装工、上塗り塗装)	市場単価であり、使用資材の負荷について算定する。なお、工事の負荷はわずかと考えられる。	資材は算定対象としたが、工事の負荷は対象外とする。
⑩道路災害復旧工	道路土工(アスファルトとりこわし、処分費)	再生処理場の処理のため、評価範囲の外とみなし、環境負荷はゼロとする。	

表 3. 2-8 算定対象外とした工種とその理由(2/2)

該当工事	対象外とした工種	対象外とした理由	備考
⑪ 砂防工事 (砂防堰堤工事)	コンクリート堰堤工(コンクリート堰堤本体工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	コンクリート堰堤工(コンクリート側壁工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	仮設工(工事用道路、仮道路(路面整形))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
⑫ 砂防工事 (床固群工事)	流路護岸工(玉石積擁壁工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
⑬ 砂防工事 (床固群工事)	床固め工(床固め本体工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	床固め工(垂直壁工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	床固め工(側壁工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	帯工(帯本体工、足場(足場設置及び撤去))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
	仮設工(工事用道路、仮道路(路面整形))	人力のみでエネルギーを使用しないため。	
⑭ 公園工事	雨水排水設備工(作業土工)	施工規模が不明のため。	
	建築施設設置工(便所工)	便所工は構造、設備等多様な工種があり、一式から詳細条件の設定が困難なため。	

(4) 資材の環境負荷原単位の適用等の検討

1) 資材の環境負荷原単位の適用について

資材の環境負荷原単位の適用方法については、(a)物量基準の原単位をそのまま適用、(b)物量基準原の単位について単位を換算して適用、(c)価格基準の原単位を適用、の3つの方法が考えられる。算定項目ごとに(a)→(b)→(c)の優先順位で適用を検討する。

なお、資材の環境基準原単位は「3.2.3 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」に示す。

2) 数量の単位変換について

積算データより整理した資材の数量単位が環境負荷原単位の単位に一致しない場合は、単位の換算を行う。単位換算の変換数値は、各種基準・規格等の参照、メーカーカタログの参照やメーカーへのヒアリング等により設定する。

本研究で用いた単位変換の変換数値を表 3. 2-9に示す。なお、計算結果の追加に伴い、必要に応じて単位変換数値の追加を行わなければならない。

表 3. 2-9 単位換算の変換数値(1/4)

工事名	材料	材料コード	材料の規格	変換数値	変換単位	備考
①道路改良その1工事	クラッシュラン	Z-2120002	C40~0	2.04	t /m ³	「平成 18 年度版 土木工事数量算出要領」
②道路改良その2工事	蓋	Z-1028001	縞鋼板 t=9.0 mm	215	kg/枚	メーカー規格
	法枠ブロック	A-3176002		310	kg/m ²	材料コードの規格参照
	中詰ブロック	Z-0042001	t =9 cm	310	kg/m ²	材料コードの規格参照
	クラッシュラン	Z-2120002	C30~0	2.04	t /m ³	「平成 18 年度版 土木工事数量算出要領」
	U型側溝蓋	Z-2320009	450 用 2 種 (92 kg/個)	92	kg/個	規格より
	ヒューム管	Z-2500012	B 形管 φ 900 mm	1520	kg/本	「建設物価 p. 258」 B 形管 φ 900 mm
③道路舗装工事	歩車道境界ブロック	Z-2352002	180/205×(20 50 250)×600 mm	66	kg/個	「建設物価 p. 210」 18/20.5×25×60
	歩車道境界ブロック	Z-2352002	// R	66	kg/個	「建設物価 p. 210」 18/20.5×25×60
	再生路盤材	Z-2120002	再生クラッシュラン RC40~0	2.04	t/m ³	「平成 18 年度版 土木工事数量算出要領」クラッシュラン
	瀝青材	Z-4130003	プライムコート PK-3	1	g/cm ³	日本アスファルト乳剤協会 アスファルト乳剤
	再生路盤材	Z-2125003	再生粒調砕石 RM40~0	2.1	t/m ³	「平成 18 年度版 土木工事数量算出要領」粒調砕石
	フィルター材	Z-2120002	再生クラッシュラン RC40~0	2.04	t/m ³	「平成 18 年度版 土木工事数量算出要領」クラッシュラン
	溶融式区画線	Z-4350005	破線、白 W=15cm, t=1.5mm	1.3	g/cm ³	「改訂 路面標示ハンドブック p. 160、p. 181」
	溶融式区画線	Z-4350005	実線、白 W=15cm, t=1.5mm	1.3	g/cm ³	「改訂 路面標示ハンドブック p. 160、p. 181」
	溶融式区画線	Z-4350005	(矢印、文字)	1.3	g/cm ³	
④道路舗装修繕工事	クワック防止シート	Z-4802001	幅 30 cm 厚 3 mm	20	g/m ²	メーカー規格
	瀝青材料	Z-4130003	タックコート PK-4	1	g/cm ³	日本アスファルト乳剤協会 アスファルト乳剤
	溶融式区画線	Z-4350005	破線、白 W=15cm, t=1.5mm	1.3	g/cm ³	「改訂 路面標示ハンドブック p. 160、p. 181」
	溶融式区画線	Z-4350005	実線、白 W=15cm, t=1.5mm	1.3	g/cm ³	「改訂 路面標示ハンドブック p. 160、p. 181」

表 3. 2-9 単位換算の変換数値(2/4)

工事名	材料	材料コード	材料の規格	変換数値	変換単位	備考
⑤ 共同溝工事	管枕	Z-4410001	φ75 用 (見積単価)	39	g/個	メーカー問い合わせ
	管枕	Z-4410001	φ130 用 (見積単価)	150	g/個	メーカー問い合わせ
	砂	Z-2150002		1.74	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」砂
	管路材	Z-5002005	直管φ75 (見積単価)	2202	g/m	メーカーカタログ
	管路材	Z-5002005	曲管φ75 (見積単価)	2202	g/m	メーカーカタログ
	管路材	Z-5002005	直管φ130 (見積単価)	3409	g/m	メーカーカタログ
	管路材	Z-5002005	曲管φ130 (見積単価)	3409	g/m	メーカーカタログ
	敷板	I0-25230110		580	Kg/組	メーカー問い合わせ
	特殊部本体	I0-25230110	1200×1200×3000 (見積単価)	23	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	特殊部蓋	I0-25230110	1350×3000 (見積単価)	23	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	継壁	I0-25230110		23	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	路盤材	Z-2120002	C40~0	2.04	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」クラッシュ
瀝青材	I0-2111019001	プライムコート	22.5	(kN/m ³)	道路橋示方書 I 2.2.1 表-2.2.1 より抜粋 瀝青材(防水用)	
⑥ PC 橋架設工事 (プレテンション方式)	排水管	I0-22110150	VP φ100(一般管)	3409	g/m	「建設物価」p.592 VP φ100
	橋名板	I0-25310110	陶製(地覆用) 300×200×13mm	22	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	PC ケーブル	Z-4432009	19 本より線	1.931	kg/m	「建設物価」p.291 19 本より線 19.3mm
	ゴム支承(パッド型)	I0-23190990	固定 H-2 310×260 t=36	9	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	無収縮モルタル	Z-2022003		2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	ゴム支承(パッド型)	I0-23190990	稼働 H-10 310×260 t=50	9	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	橋梁用高欄	I0-26310310	タタイル製丸ヒーム A H=750 スパン2.0m(車道用)	51.5	(kgf/m)	類似設計例からの想定
橋梁用高欄	I0-26310310	タタイル製丸ヒーム A H=750 スパン2.0m(歩道用)	61.8	(kgf/m)	類似設計例からの想定	
⑦ PC 橋桁製作架設工事 (ポストテンション方式)	ゴム支承(パッド型)	I0-23190990	可動 410×360×56	9	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	ゴム支承(パッド型)	I0-23190990	固定 410×310×50	9	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	排水管	I0-22110150	VP φ100(一般管)	3409	g/m	「建設物価」p.592 VP φ100
	橋名板	I0-25310110		22	(kN/m ³)	類似設計例からの想定
	枕木	I0-16190910	2.1m×0.14×0.2m	8	(kN/m ³)	「道路橋示方書」木材
	ワイヤロープ	I0-28990920	4号品 φ16 A種	0.85	kg/m	類似設計例からの想定
	橋梁用高欄	I0-26310310	タタイル製丸ヒーム A H=750 スパン2.0m(車道用)	51.5	(kgf/m)	類似設計例からの想定
橋梁用高欄	I0-26310310	タタイル製丸ヒーム A H=750 スパン2.0m(歩道用)	61.8	(kgf/m)	類似設計例からの想定	
⑧ 橋梁下部工事 (鋼管杭基礎)	ずれ止めストッパー	Z-1110009		88	g/個	メーカー値

表 3. 2-9 単位換算の変換数値(3/4)

工事名	材料	材料コード	材料の規格	変換数値	変換単位	備考
⑨ 橋梁塗装工事	素地調整	Z-6150003	3種ケレンB	0.14	Kg/m ²	日本橋梁建設協会 デザインデータブック 錆止め塗料
	下塗り	Z-6156001	変性エポキシ樹脂塗料(はけ、ローラー)1回	0.54	g/m ²	鋼道路橋塗装・防食便覧 エポキシ樹脂塗料下塗り
	中塗り	Z-6161011	長油性フタル酸樹脂舗装・淡彩1回	120	g/m ²	鋼道路橋塗装・防食便覧 長油性フタル酸樹脂塗料中塗り
	上塗り	Z-6161012	長油性フタル酸樹脂舗装・淡彩1回	110	g/m ²	鋼道路橋塗装・防食便覧 長油性フタル酸樹脂塗料中塗り
⑩ 道路災害復旧工事	砕石	Z-2120002	C40~0 t=20cm	2.04	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」クラッシュラン
	路盤材	Z-2120002	再生クラッシュラン RC40~0	2.04	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」クラッシュラン
	路盤材	Z-2125003	再生粒度調整砕石 RM40~0	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」粒調砕石
	瀝青材	Z-4130003	プライムコート PK-3	1	g/cm ³	日本アスファルト乳剤協会 アスファルト乳剤
	瀝青材	Z-4130003	タックコート PK-4	1	g/cm ³	日本アスファルト乳剤協会 アスファルト乳剤
	熔融式区画線	Z-4350005	破線、白 W=15cm, t=1.5mm	1.3	g/cm ³	「改訂 路面標示ハンドブック p.160、p.181」
	熔融式区画線	Z-4350005	実線、白 W=15cm, t=1.5mm	1.3	g/cm ³	「改訂 路面標示ハンドブック p.160、p.181」
	転落防止柵	Z-4220005	ガードレール GR-C-4E	16	kg/m	メーカーカタログ
⑪ 砂防堰堤工事	ふとんかご	Z-4004001	パネルタイプ 3.2 13×50×120cm	65.16	kg/m	メーカーカタログ
	目地板	Z-4156005	樹脂発泡体 15倍 t=10mm	0.7	kg/m ²	メーカーカタログ
	止水板	Z-4752017	塩化ビニル CC300mm×7mm	3.4	kg/m	メーカーHP、問い合わせ
	詰石	Z-2140002	割ぐり石 150~200mm	2.6	t/m ³	「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [I]」P82より「石材」
⑫ 床固群工事	境界杭	Z-2370001	根巻き基礎有り	77	kg/本	メーカーカタログ、国土交通省型境界杭(120*120*1000)、根巻ブロック(300*300*250)
	砂利	Z-2102002	25mm 洗い	1.9	t/m ³	「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [I]」P82
⑬ 海岸工事	砂	Z-2104002	細目洗い	1.9	t/m ³	「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [I]」P82
	暗渠	Z-5002003	一般管 VP-50	1.122	kg/m	JIS規格 K6741 VP-50
	ヒューム管	Z-2500011	φ800 B型外圧管	1170	kg/m	JIS規格 A5372 呼びφ800
	購入土	A-3111001	(締土)	2.2	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」軟岩
	鋼矢板	Z-1030001	II型 ℓ=2m	48	Kg/m	建設物価
	スリップバー	Z-1224004	SUS φ19×600	7.93	g/cm ³	メーカー比重表
	キャップ	Z-1102024	SR φ19×100	0.000335	t/個	メーカーカタログ
	目地材	Z-4152001	t=10mm 瀝青繊維質板	0.36	g/cm ³	メーカー値
	止水板	Z-4752006	200×5CF 塩化ビニル樹脂	0.0014	t/m	メーカーHP
	タイバー	Z-1224004	SUS D16×600	7.93	g/cm ³	メーカー比重表
	止水板	Z-4752006	150×5CF 塩化ビニル樹脂	0.00105	t/m	メーカー比重表
	捨石	Z-2140002	300~1000kg	2.6	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」石材
路盤材	Z-2124003	粒度調整 M40~0	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」粒調砕石	
ヒューム管	Z-2500006	B型 φ400mm	306	Kg/本	「建設物価 p.260」 B型 φ400mm	

表 3. 2-9 単位換算の変換数値(4/4)

工事名	材料	材料コード	材料の規格	変換数値	変換単位	備考
⑭公園工事	植込み地用土	A-3113001		1.8	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」土砂
	モルタル	Z-2022002	1:2	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	給水管	Z-5002001	VP20	310	g/m	「建設物価」p.592 VP20
	モルタル	Z-2022002	1:3	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	接地棒	V-1501002	10φ×1500	1018	g/本	メーカーカタログ
	電線管	V-1109003	HIVE22	844	g/本	「建設物価」p.503 22mm
	電線ケーブル	V-1004020	CV3.5□-2C	165	kg/km	「建設物価」p.478 3.5m 2心
	石灰岩ダスト	I0-6210110		2.55	g/cm ³	メーカー比重データ
	普通レンガ	I0-21210210	JIS3種 210×100×60	2.5	kg/個	「建設物価」p.389 210×100×60
	モルタル	Z-2022002	1:3 t=30mm 均しモルタル	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	モルタル	Z-2022002	1:2 化粧目地	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	モルタル	Z-2022002	モルタル 1:5	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	クラッシュラン	Z-2120003	C40~0	2.04	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」クラッシュラン
	小舗石	Z-21210210	90mm×90mm×90mm	1.5	kg/個	メーカーカタログ
	杉板	Z-6116003	1等厚9mm	0.38	g/cm ³	メーカー比重データ
	均しモルタル	Z-2022002	1:3	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	目地モルタル	Z-2022002	1:2	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」モルタル
	普通レンガ	I0-21210210	JIS3種 210×100×60	2.5	kg/個	「建設物価」p.389 210×100×60
	洗砂	Z-2104002	細目	1.74	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」砂
	割りぐり石	Z-2140001	50~150mm	2.1	t/m ³	「平成18年度版 土木工事数量算出要領」粒調砕石
SGP	Z-5100006	40A	3.89	kg/m	「建設物価」p.576 呼び40	

(5) 各工事事例における環境負荷量の計算

(1)～(4)で整理した資材等の数量と環境負荷原単位を掛け合わせることで、14の工事事例の環境負荷量を算定した。

環境負荷量算定方法は以下のとおりとし、A～Dに示す環境負荷量を合算することで工種毎の一般的な環境負荷量を算定する。なお、建設機械には、輸送機械(トラック等)も含む。また、減耗は損料に対応するもので、償却の他、修理、維持管理も含まれる。

$$A: \text{資材の製造、運搬に係る環境負荷量} = \sum (\text{資材の環境負荷原単位} \times \text{資材の数量})$$

$$B: \text{建設機械の稼働に係る環境負荷量} = \sum (\text{燃料の環境負荷原単位} \times \text{燃料消費量})$$

$$C: \text{建設機械の減耗に係る環境負荷量} = \sum (\text{建設機械の損耗に係る環境負荷原単位} \times \text{建設機械の供用日})$$

$$D: \text{仮設材に係る環境負荷量} = \sum (\text{仮設材の環境負荷原単位} \times \text{仮設材の金額})$$

各工事事例における環境負荷量の算定結果の概要については表 3. 2-10、算定結果の詳細については次頁以降の表 3. 2-11～24 に示す。

表 3. 2-10 14 工事事例の環境負荷量の計算結果の概要

	二酸化炭素排出量(kg-CO ₂)	循環資源最終処分量(kg)	天然資源投入量(kg)	直接工事費(千円)	事業規模
①道路改良その1工事	45,792	-3,923	969,841	15,400	・施工延長 200m ・2車線道路
②道路改良その2工事	435,171	-114,320	3,526,899	47,882	・施工延長 850m ・2車線道路
③道路舗装工事	355,165	-6,483,650	4,015,451	59,018	・施工延長 530m ・2車線道路
④道路舗装修繕工事	154,963	-717,445	1,652,757	33,817	・施工延長 2,000m ・2車線道路
⑤共同溝工事	215,636	-67,325	1,512,870	102,166	・管路敷設工 645m ・特殊部 BOX 12箇所
⑥PC 橋架設工事(プレテンション方式)	66,193	-20,143	240,089	17,684	・橋長 18.1m ・2車線道路(片側歩道)
⑦PC 橋桁製作架設工事(ホーステンション方式)	197,935	-24,871	629,868	42,204	・橋長 28.3m ・2車線道路(両側歩道)
⑧橋梁下部工事(鋼管杭基礎)	397,027	-34,081	1,086,114	38,977	・逆T式橋台(h=6.86m, 7.576m) ・鋼管杭工事(φ600mm-24m-36本)
⑨橋梁塗装工事	164,578	-5,195	168,482	52,045	・工事延長 451.5m ・現場塗装工 11,000m ²
⑩道路災害復旧工事	145,363	-110,045	1,409,169	8,994	・施工延長 70m ・2車線
⑪砂防堰堤工事	468,640	-84,437	4,453,951	48,548	・不透過型砂防堰堤 1基 ・全体コンクリート量 1,860m ³
⑫床固群工事	463,791	-75,767	3,999,716	65,440	・施工延長 167m ・床固工 1基、帯工 1基、護岸延長 167m
⑬海岸工事	707,389	-120,504	4,288,237	73,144	・護岸延長 72.4m (天端高 T.P.+6.0m)
⑭公園工事	180,172	-12,419	926,161	23,195	・街区公園 約 1,000m ²

表 3. 2-11 ①道路改良その1工事の環境負荷量の計算結果

工事区分	工種	種別	細別	規格	参照シート	参照単価表 共通単価表 内訳書	単位 (☆)	数量	CO2排出 (kg-CO2/☆)										循環資源最終処分 (kg/☆)					天然資源投入 (kg/☆)												
									合計	生産計			出荷計		循環資源投入による控除		吸収	燃料使用計	建設機械		合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	最終処分量(現場発生)	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	天然資源投入量						
										国内計	海外計	国内計	海外計	国内計	海外計	建設機械			輸送機械																	
道路改良	道路土工	掘削工																																		
			掘削(土砂X1)	平均運搬距離 L=50m	12/12 単価表	1 第1号	m3	1,100	2,108.7	689.0	540.2	148.8	27.2	23.3	3.9	-2.4	0.0	1,395.0	1,395.0	0.0	-8.1	7.8	0.4	-16.2	0.0	965.4	965.9	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
			掘削(土砂X2)	平均運搬距離 L=180m	12/12 単価表	2 第2号	m	1,100	3,457.8	1,101.5	860.0	241.4	47.2	40.6	6.6	-4.6	0.0	2,313.7	1,015.0	1,298.7	-13.0	12.2	0.6	-25.8	0.0	1,598.8	1,565.7	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
			路体盛土工																																	
			路体(流用土V1)		12/12 単価表	3 第3号	m3	810	601.5	202.8	159.3	43.5	7.8	6.7	1.1	-0.7	0.0	391.5	391.5	0.0	-2.4	2.3	0.1	-4.8	0.0	283.8	278.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
			路体(流用土V2)	(作業残土分)	12/12 単価表	3 第3号	m	180	118.8	40.1	31.5	8.6	1.5	1.3	0.2	-0.1	0.0	77.3	77.3	0.0	-0.5	0.5	0.0	-1.0	0.0	56.0	54.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
			路床盛土工																																	
			路床(流用土)		12/12 単価表	4 第4号	m3	1,200	1,368.7	484.6	381.8	102.7	18.0	15.4	2.6	-1.7	0.0	867.8	867.8	0.0	-5.9	5.6	0.2	-11.8	0.0	654.7	641.7	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			法面整形工																																	
			法面整形(切土部)	シキ質土	14 (4共通単価表B)	203401 共通B34号	m2	270	804.3	291.3	229.9	61.4	10.7	9.1	1.6	-1.0	0.0	503.3	503.3	0.0	-3.6	3.4	0.1	-7.1	0.0	387.3	379.7	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			残土処理工																																	
			残土処理	平均運搬距離 L=180m	12/12 単価表	5 第5号	m3	180	510.3	149.6	115.8	33.8	7.2	6.2	1.0	-0.7	0.0	354.2	0.0	354.2	-1.7	1.6	0.1	-3.4	0.0	230.0	225.1	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			法面工																																	
			植生工																																	
			植生	野草	野芝(半土付芝)	14 (4共通単価表B)	203701 共通B37号	m2	270	10,321.0	7,841.3	5,374.8	2,466.5	2,523.8	2,176.9	346.9	-44.2	0.0	0.0	0.0	-1,759.6	143.2	30.6	-1,933.4	0.0	9,035.0	7,239.1	1,795.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			擁壁工																																	
			作業土本																																	
			床掘り		12/12 単価表	6 第6号	m3	580	881.5	312.2	250.2	67.0	11.7	10.0	1.7	-1.1	0.0	553.7	553.7	0.0	-3.9	3.7	0.2	-7.7	0.0	423.7	415.3	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			基面整正	人力	14 (4共通単価表B)	202007 共通B20号	m3	260	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			埋め戻し		14 (4共通単価表B)	200401 共通B4号	m3	340	1,054.4	352.2	275.7	76.5	15.9	13.6	2.3	-1.2	0.0	687.5	687.5	0.0	-4.1	3.9	0.2	-8.3	0.0	514.1	502.8	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			場所打掃工																																	
			(槽蓋物単位)	付たれ式埋壁	12/12 単価表	7 第7号	m3	400	12,472.0	12,336.8	11,553.6	783.1	374.8	326.5	48.3	-335.2	0.0	95.7	95.7	0.0	-2,735.8	155.2	4.1	-2,895.1	0.0	92,684.4	92,431.8	252.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			仮設工	裏込砕石	14 (4共通単価表B)	204501 共通B45号	m3	200	6,590.1	4,444.3	3,975.3	468.9	1,279.5	1,181.9	97.6	-8.8	0.0	875.1	875.1	0.0	352.6	423.1	8.1	-78.6	0.0	493,001.2	492,338.4	662.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			工事用道路工																																	
			工事用道路路床土		12/12 単価表	8 第8号	m3	580	1,466.3	467.1	365.8	101.5	18.8	18.1	2.7	-1.8	0.0	982.0	982.0	0.0	-5.4	5.2	0.3	-10.9	0.0	680.3	666.9	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			工事用道路敷砂利	C40~0 t=20cm	12/12 単価表	9 第9号	m3	120	2,707.2	1,995.5	1,808.2	187.3	631.8	584.2	47.7	-3.6	0.0	83.5	83.5	0.0	179.1	208.8	3.9	-33.6	0.0	246,212.0	245,886.3	325.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
			工事用道路補修	C40~0	11/11 内訳書	1 第1号	式	1	1,329.3	990.3	898.3	92.0	315.6	291.8	23.8	-1.8	0.0	25.2	25.2	0.0	89.6	104.3	2.0	-16.7	0.0	123,094.8	122,932.2	162.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
工事計									45,792	31,704	26,820	4,883	5,292	4,704	588	-409	0	9,206	7,553	1,653	-3,923	1,081	51	-5,055	0	969,841	966,524	3,318	0	0	0	0	0	0	0	

表 3. 2-13 ③道路舗装工事の環境負荷量の計算結果

工事区分	工程	種別	細別	規格	参照シート	参照 単価表 共通単価表 内訳書	単位 (☆)	数量	CO2排出(kg-CO2/☆)										管理資源最終処分(kg/☆)					天然資源投入(kg/☆)							
									合計	生産計			出荷計		管理資源投入による控除	吸収	燃料使用計	建設機械	輸送機械	合計	生産計	出荷計	管理資源投入による控除	最終処分量(現場発生)	合計	生産計	出荷計	管理資源投入による控除	天然資源投入量		
										国内計	海外計	海外計	国内計	海外計																	
舗装	道路土工	路床盛土工	路床盛土(採取土)	砂質土	1111 内訳書	1 第1号	式	1	12,329.2	3,815.4	2,976.2	839.2	163.7	140.8	22.9	-15.3	0.0	8,309.3	3,075.1	5,234.1	-44.4	41.8	2.2	-88.4	0.0	5,643.6	5,528.0	115.6	0.0	0.0	
法面工	補生工	補生筋	人工筋芝 幅7cm		14 (4内通車標準B)	Z03902 共通B39号	型定(300mm以上500mm未満)	m2	383	6,925.3	5,235.4	3,588.7	1,646.7	1,683.9	1,452.4	231.4	-29.5	0.0	35.5	35.5	0.0	-1,732.2	95.5	20.4	-1,289.1	0.0	6,047.6	4,849.5	1,198.2	0.0	0.0
舗装工	舗装準備工	不陸修正(車道・路肩)	補足材なし		1212 単価表	1 第1号	m2	5,830	2,252.8	988.3	787.8	200.6	31.5	26.9	4.6	-3.3	0.0	1,236.2	1,236.2	0.0	-12.9	12.3	0.4	-25.6	0.0	1,154.5	1,131.4	23.1	0.0	0.0	
		下層路盤	RC40~0 t=20cm		1212 単価表	2 第2号	m2	6,490	11,323.7	28,961.1	25,749.5	3,211.6	8,708.8	8,049.6	659.2	-57.3	-28,254.9	1,966.0	1,966.0	0.0	-2,789,269.4	3,314.0	54.5	-2,783,637.9	0.0	547,431.3	542,935.9	4,495.4	0.0	0.0	
		上層路盤	再生亜青安室処理 t=10cm		1212 単価表	3 第3号	m2	5,370	85,183.9	79,179.9	70,073.4	9,106.5	5,399.9	4,868.6	531.3	-210.9	0.0	825.0	825.0	0.0	-487,106.9	1,322.6	43.1	-488,472.6	0.0	912,216.3	909,083.6	3,132.7	0.0	0.0	
		上層路盤	RM40~0 t=15cm		1212 単価表	4 第4号	m2	6,300	9,279.3	22,052.8	19,575.3	2,477.5	6,537.9	6,042.3	495.6	-44.1	-21,175.8	1,908.4	1,908.4	0.0	-2,083,694.8	2,488.0	41.0	-2,086,223.8	0.0	410,682.0	407,304.8	3,377.2	0.0	0.0	
		基層	再生粗粒度アスコン t=5cm		1212 単価表	5 第5号	m2	5,370	42,330.3	39,021.7	34,569.8	4,452.2	2,585.8	2,330.8	255.0	-102.1	0.0	825.0	825.0	0.0	-248,311.2	653.4	20.7	-249,043.3	0.0	454,809.2	453,307.1	1,502.0	0.0	0.0	
		表層	再生粗粒度アスコン t=5cm		1212 単価表	6 第6号	m2	5,370	41,533.0	38,269.8	33,899.2	4,370.7	2,538.3	2,288.0	250.3	-100.2	0.0	825.0	825.0	0.0	-243,238.0	640.8	20.3	-243,898.9	0.0	445,486.4	444,011.9	1,474.5	0.0	0.0	
		透水性舗装工(歩道)	フィルター層	RC40~0 t=10cm	1212 単価表	7 第7号	m2	2,630	2,001.7	5,220.8	4,645.3	575.5	1,582.8	1,463.2	119.7	-10.3	-5,139.0	347.3	347.3	0.0	-505,671.5	602.1	9.9	-506,283.5	0.0	99,528.0	98,711.1	816.8	0.0	0.0	
		歩道舗装	開路用アスコン t=4cm		1212 単価表	8 第8号	m2	2,630	14,174.8	12,975.1	11,319.0	1,656.1	817.4	736.6	80.8	-34.4	0.0	416.7	416.7	0.0	-379.2	304.8	6.8	-690.4	0.0	242,087.8	241,612.8	475.3	0.0	0.0	
		取付支道舗装	下層路盤	RC40~0 t=30cm	1212 単価表	9 第9号	m2	89	257.5	606.5	538.3	68.3	179.5	165.9	13.6	-1.2	-58.12	53.9	53.9	0.0	-57,190.6	68.3	1.1	-57,260.0	0.0	11,273.3	11,180.6	92.7	0.0	0.0	
			上層路盤	RM40~0 t=10cm	1212 単価表	10 第10号	m2	89	103.8	214.9	190.1	24.8	61.8	57.1	4.7	-0.4	-199.4	27.0	27.0	0.0	-19,624.3	23.5	0.4	-19,648.2	0.0	3,876.2	3,844.2	32.0	0.0	0.0	
			表層	再生粗粒度アスコン t=5cm	1212 単価表	11 第11号	m2	89	701.6	646.7	572.9	73.8	42.9	38.6	4.2	-1.7	0.0	13.7	13.7	0.0	-4,116.4	10.8	0.3	-4,127.6	0.0	7,537.8	7,512.9	24.8	0.0	0.0	
		排水構造物工	側溝工		1111 内訳書	2 第2号	式	1	93,088.9	95,630.8	87,601.8	8,029.0	5,332.2	4,674.9	657.3	-7,874.2	0.0	0.0	0.0	-32,893.8	1,486.0	55.6	-34,435.3	0.0	594,238.0	590,743.1	3,494.9	0.0	0.0		
		防護柵工	防止柵工				(m)	1,066																							
		区画線工	区画線工		14 (4内通車標準B)	Z10801 共通B108号	m	127	4,796.8	4,321.8	3,416.5	905.3	420.6	389.3	31.2	-25.3	0.0	79.7	79.7	0.0	-119.8	74.9	2.4	-197.1	0.0	4,779.4	4,569.7	209.7	0.0	0.0	
			区画線工				m	230	46.8	45.3	30.0	15.3	1.8	1.4	0.2	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.7	0.0	-0.8	0.0	36.0	34.9	1.1	0.0	0.0	
			区画線工				m	1,010	204.6	198.9	131.6	67.3	6.9	6.0	1.0	-1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.1	0.1	-2.5	0.0	158.1	155.1	5.0	0.0	0.0	
			区画線工				式	1	60.3	58.7	38.8	19.8	2.0	1.8	0.3	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	-0.8	0.0	46.6	45.2	1.5	0.0	0.0		
		緑石工	緑石工				m	770	14,632.3	14,553.1	13,279.6	1,273.5	969.2	855.8	113.4	-1,022.8	0.0	132.8	132.8	0.0	-5,115.6	259.3	9.6	-5,384.5	0.0	130,803.5	130,186.2	617.3	0.0	0.0	
			地先播弄ブロック	150 x 150 x 600mm	1212 単価表	12 第12号	m	1,016	13,928.7	13,949.2	12,754.1	1,195.1	903.2	798.6	104.6	-1,078.0	0.0	154.2	154.2	0.0	-4,629.4	256.0	8.8	-4,894.2	0.0	137,615.1	137,042.8	572.3	0.0	0.0	
			地先播弄ブロック	120 x 120 x 600mm	1212 単価表	13 第13号	m																								
工事計									355,165.26	365,946.16	325,737.50	40,208.67	37,970.05	34,388.51	3,581.54	-10,612.70	-55,350.31	17,155.91	11,921.77	5,234.15	-6,483,650.29	11,658.47	297.41	-6,485,606.17	0.00	4,015,451.04	3,993,788.61	21,662.44	0.00	0.00	

表 3. 2-18 ⑧橋梁下部工事(鋼管杭基礎)の環境負荷量の計算結果

工事区分	工種	種別	細別	規格	参照シート	参照 単価表 共通単価表 内訳書	単位 (☆)	数量	CO2排出(kg-CO2/☆)										循環資源最終処分(kg/☆)					天然資源投入(kg/☆)							
									合計	生産計			出荷計	循環資源投入による控除		吸収	燃料使用計	建設機械		輸送機械	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	最終処分量 (現場発生)	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	天然資源投入量	
										国内計	海外計	国内計		海外計	国内計			海外計													
橋梁下部	橋台工	A1橋台			11111 内訳書	1	第1号	式	1	188,304.9	183,752.5	159,315.5	24,437.0	3,381.9	2,948.5	433.3	-2,212.4	0.0	3,382.6	3,382.6	0.0	-16,278.4	2,380.6	37.2	-18,696.3	0.0	521,132.6	518,845.3	2,287.3	0.0	0.0
		A2橋台			11111 内訳書	2	第2号	式	1	193,014.8	188,449.0	163,736.6	24,712.4	3,508.3	3,058.6	449.6	-2,342.9	0.0	3,400.4	3,400.4	0.0	-17,349.9	2,432.9	38.6	-19,821.3	0.0	553,354.3	550,981.9	2,372.4	0.0	0.0
	仮設工	仮設切工			11111 内訳書	7	第7号	式	1	15,707.2	11,274.6	8,883.4	2,391.2	268.4	231.7	36.7	-93.7	0.0	4,258.0	4,258.0	0.0	-453.0	201.4	3.3	-657.7	0.0	11,626.8	11,438.0	188.7	0.0	0.0
		工事費計									397,026.9	383,476.1	331,835.5	51,540.6	7,158.5	6,238.9	919.6	-4,649.0	0.0	11,041.0	11,041.0	0.0	-34,081.3	5,014.9	79.1	-39,175.3	0.0	1,086,113.7	1,081,265.2	4,848.5	0.0	0.0

表 3. 2-19 ⑨橋梁塗装工事の環境負荷量の計算結果

工事区分	工種	種別	細別	規格	参照シート	参照 単価表 共通単価表 内訳書	単位 (☆)	数量	CO2排出(kg-CO2/☆)										循環資源最終処分(kg/☆)					天然資源投入(kg/☆)									
									合計	生産計			出荷計	循環資源投入による控除		吸収	燃料使用計	建設機械		輸送機械	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	最終処分量 (現場発生)	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	天然資源投入量			
										国内計	海外計	国内計		海外計	国内計			海外計															
道路修繕	現場塗装工	橋梁塗装工	清掃・水洗い			1212 単価表	1	第1号	m2	11,100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
			架設調整			1212 単価表	2	第2号	m3	11,100	2,789.4	2,578.2	1,704.1	874.1	2,105.6	178.1	32.5	-19.4	0.0	0.0	0.0	-20.5	49.5	2.9	-72.8	0.0	2,192.9	2,032.6	160.2	0.0	0.0		
			下塗り塗装(I)			1212 単価表	3	第3号	m2	11,100	10,681.9	9,944.5	6,572.9	3,371.6	812.3	687.0	125.3	-74.9	0.0	0.0	0.0	-79.1	190.8	11.0	-280.9	0.0	8,458.2	7,840.2	617.9	0.0	0.0		
			中塗り塗装(II)			1212 単価表	4	第4号	m2	11,100	10,681.9	9,944.5	6,572.9	3,371.6	812.3	687.0	125.3	-74.9	0.0	0.0	0.0	-79.1	190.8	11.0	-280.9	0.0	8,458.2	7,840.2	617.9	0.0	0.0		
			上塗り塗装			1212 単価表	5	第5号	m2	11,100	2,373.7	2,209.9	1,460.6	749.3	180.5	152.7	27.8	-16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.6	42.4	2.5	-62.4	0.0	1,879.6	1,742.3	137.3	0.0	0.0	
			仮設工			1212 単価表	5	第5号	m2	11,100	2,175.9	2,025.7	1,338.9	686.8	165.5	140.0	25.5	-15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-16.1	38.0	2.2	-57.2	0.0	1,723.0	1,587.1	125.9	0.0	0.0	
			橋梁下部工事	主体足場	中設足場			11111 内訳書	1	第1号	式	1	82,465.1	61,662.1	49,733.5	11,928.6	1,163.5	1,019.0	144.5	-360.5	0.0	0.0	0.0	-2,415.2	995.3	12.4	-3,422.9	0.0	71,234.6	70,457.4	777.3	0.0	0.0
					側面足場			11111 内訳書	2	第2号	式	1	31,589.8	31,183.7	25,151.2	6,032.5	588.4	515.3	73.1	-182.3	0.0	0.0	0.0	-1,221.4	503.3	6.3	-1,731.0	0.0	36,024.7	35,631.6	393.1	0.0	0.0
					シート張防護			11111 内訳書	3	第3号	式	1	26,153.0	25,816.8	20,822.6	4,994.3	487.1	426.6	60.5	-150.9	0.0	0.0	0.0	-1,011.2	416.7	5.2	-1,433.1	0.0	29,824.7	29,499.3	325.4	0.0	0.0
					工事費計									164,578.43	160,728.38	125,906.30	34,822.07	4,886.16	4,214.55	671.62	-1,036.11	0.00	0.00	0.00	-5,195.45	2,602.23	58.43	-7,856.11	0.00	168,482.19	165,018.13	3,464.06	0.00	0.00

表 3. 2-20 ⑩道路災害復旧工事の環境負荷量の計算結果

工事区分	工種	種別	細別	規格	参照シート	参照 単価表 共通単価表 内訳書	単位 (☆)	数量	CO2排出(kg-CO2/☆)											循環資源最終処分(kg/☆)					天然資源投入(kg/☆)																				
									合計	生産計			出荷計		循環資源投入による控除	吸収	燃料使用計	建設機械	輸送機械	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	最終処分量 (現場発生)	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除	天然資源投入量																
										国内計	海外計	海外計	国内計	海外計																															
災害復旧	道路土工	掘削	砂質土	12/12 単価表	1	第1号	m3	750	5,122.2	1,575.8	1,228.4	347.4	67.9	58.4	9.5	-6.3	0.0	3,484.8	1,418.7	2,066.1	-18.3	17.2	0.9	-36.3	0.0	2,348.7	2,300.7	48.0	0.0	0.0															
									アスファルトに比べ																																				
									構築物切断	アスファルト舗装	14/14 共通単価表	208501	共通085号	m	58	10.2	2.7	2.0	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.0	0.0	7.3	7.3	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	6.3	6.1	0.2	0.0	0.0	0.0							
									構築物撤去	アスファルト舗装	12/12 単価表	2	第2号	m2	188	65.6	22.8	17.9	4.8	0.8	0.7	0.1	-0.1	0.0	42.1	0.0	0.0	-0.3	0.3	0.0	-0.5	0.0	37.2	30.6	0.6	0.0	0.0	0.0							
									砕石搬入	アスファルト舗装	12/12 単価表	4	第4号	m3	19	47.6	13.5	10.4	3.0	0.6	0.6	0.1	-0.1	0.0	33.5	0.0	33.5	-0.2	0.1	0.0	-0.3	0.0	21.3	20.9	0.4	0.0	0.0	0.0							
									処分費	アスファルト舗装	12/12 単価表	19	第19号	t	44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
									露土	路床	採取土・砂質土	12/12 単価表	5	第5号	m3	1,100	7,371.8	2,310.5	1,803.8	506.8	98.1	84.3	13.7	-9.1	0.0	4,972.4	2,093.6	2,878.8	-27.0	25.4	1.3	-53.7	0.0	3,397.6	3,328.2	69.4	0.0	0.0	0.0						
																	6	第6号	m3	350	2,383.8	751.4	886.8	164.6	31.7	27.3	4.4	-3.0	0.0	1,603.7	687.7	916.0	-8.8	8.3	0.4	-17.5	0.0	1,100.4	1,078.0	22.5	0.0	0.0	0.0		
									法面工	芝付け	筋芝工	野芝	14/14 共通単価表	203801	共通038号	野芝(300m2未満)	m2	200	3,616.4	2,733.9	1,874.0	859.9	879.3	758.5	120.9	-15.4	0.0	18.6	18.6	0.0	-612.6	49.8	10.7	-673.2	0.0	3,158.0	2,532.4	625.7	0.0	0.0					
									アロク補工	アロク補作業土工	コンクリートアロク補工	式	11/11 内訳書	1	第1号	式	1	554.3	194.7	153.3	41.4	7.5	6.5	1.1	-0.7	0.0	352.7	352.7	0.0	-2.4	2.2	0.1	-4.7	0.0	266.6	261.1	5.4	0.0	0.0	0.0					
																		7	第7号	m2	224	101,559.9	110,874.2	103,537.6	7,336.6	3,670.3	3,227.5	442.8	-12,984.6	0.0	0.0	0.0	-22,359.3	1,836.9	37.6	-24,233.7	0.0	1,093,037.3	1,090,652.2	2,385.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
																		8	第8号	m	50	2,439.3	2,339.7	2,183.8	155.9	125.3	112.3	12.9	-58.5	0.0	32.8	32.8	0.0	-457.2	46.9	1.1	-505.2	0.0	39,461.7	39,386.7	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0
																		11	第11号	m	50	14,973.5	16,985.0	15,853.4	1,131.5	475.2	414.0	61.2	-2,486.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-3,422.0	270.2	5.2	-3,697.3	0.0	138,695.3	138,375.0	320.3	0.0	0.0	0.0	0.0
									舗装工	アスファルト舗装工(車道・路肩)	下層路床工	RC40~0 t=15cm	12/12 単価表	12	第12号	m2	203	935.5	675.5	608.7	66.8	204.6	189.1	15.5	-1.3	0.0	56.8	56.8	0.0	57.3	67.7	1.3	-11.7	0.0	79,379.1	79,273.5	105.6	0.0	0.0	0.0					
																		13	第13号	m2	198	282.1	688.3	611.4	76.9	205.3	189.8	15.6	-1.4	-665.5	55.4	55.4	0.0	-65,487.5	78.1	1.3	-65,566.9	0.0	12,902.1	12,786.0	106.0	0.0	0.0	0.0	
																		14	第14号	m2	193	1,675.0	1,538.2	1,352.6	135.6	111.5	100.5	11.0	-4.3	0.0	29.7	29.7	0.0	-8,939.7	25.3	0.9	-8,965.0	0.0	16,573.5	16,508.7	64.7	0.0	0.0	0.0	
15	第15号	m2	188	1,482.0	1,366.1	1,210.3	155.9	90.5										81.6	8.9	-3.6	0.0	28.9	28.9	0.0	-8,695.3	22.9	0.7	-8,718.9	0.0	15,922.6	15,870.0	52.6	0.0	0.0	0.0										
防護柵工	防止柵工	転落防止柵	ガードレール GR-C-4E	12/12 単価表	18	第18号	m	70	2,828.8	2,590.8	2,048.3	542.5	253.2	234.4	18.7	-15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-72.2	45.0	1.4	-118.6	0.0	2,856.0	2,729.9	126.1	0.0	0.0	0.0														
区画線工	区画線工	溶融式区画線	(中心線)線幅目、W15cm×11.5cm	12/12 単価表	16	第16号	m	25	5.1	4.9	3.3	1.7	0.2	0.1	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.0	3.9	3.8	0.1	0.0	0.0															
									17	第17号	m	50	10.1	9.8	6.5	3.3	0.3	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	-0.1	0.0	7.8	7.6	0.2	0.0	0.0	0.0										
工事計								145,363.24	144,677.74	133,092.41	11,585.33	8,222.69	5,486.16	736.53	-15,590.13	-665.53	10,718.46	4,781.99	5,894.42	-110,045.23	2,496.67	62.88	-112,604.78	0.00	1,409,169.19	1,405,161.26	4,007.93	0.00	0.00	0.00															

(6) 工種当たりの環境負荷原単位の整理

(5)の14工事事例の環境負荷量に基づいて、工種当たりの環境負荷原単位について整理を行った。「土木工事積算基準マニュアル」の積算例で、内訳の総括表として示されているものについて、各工種の作業単位当たり(m、m²、m³、t等)に整理した。

なお、総括表で「一式」として示されているものについては、単位当たりの数量が分からないため、参照先の内訳書、単価表等を確認し、内訳の各項目について単位当たりの値を示すこととした。

次頁以降の表 3. 2-25~42 で工事事例別の工種当たりの環境負荷の一覧を示す。ここで、黄色の網掛けは一式計上を細分化した箇所、青の網掛けは人力である等各種理由で算定対象外としたもの、緑網掛けは原単位の内容の一部を算定対象外としたものである。それぞれの工事事例から工種当たりの環境負荷量を取りまとめた結果が表 3. 2-3 である。

表 3. 2-36 ⑪工種毎の環境負荷量(砂防工事(砂防堰堤工事)(2/2))

工事区分	工種	種別	細別	規格	単位 (☆)	備考	CO2排出(kg-CO2/☆)													循環資源最終処分(kg/☆)				天然資源投入(kg/☆)							
							合計	生産計			出荷計		循環資源投入 による控除		吸収	燃料使用 計	建設機械	輸送機械	合計	生産計	出荷計	循環資源投入 による控除	最終処分量 (現場発生)	合計	生産計	出荷計	循環資源投入 による控除	天然資源投 入量			
								国内計	海外計	国内計	海外計	国内計	海外計	国内計															海外計	国内計	海外計
砂防堰堤	仮設工	土留・仮設切工	流水処理	式																											
			仮排水路掘削	m3	3.77	1.40	1.11	0.29	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	2.32	2.32	0.00	-0.02	0.02	0.00	-0.03	0.00	1.83	1.79	0.04	0.00	0.00					
			E種コンクリート	m3	200.88	201.51	187.34	14.17	9.36	8.15	1.21	-9.99	0.00	0.00	0.00	0.00	-40.52	3.70	0.10	-44.32	0.00	2,127.03	2,120.72	6.31	0.00	0.00					
			埋設物にかぶ工	m2	2.20	2.16	1.77	0.39	0.04	0.04	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.05	0.00	-0.03	0.03	0.00	-0.06	0.00	1.61	1.57	0.03	0.00	0.00					
			埋設物にかぶ工	m3	17.94	6.72	5.32	1.41	0.24	0.21	0.03	-0.02	0.00	11.00	11.00	0.00	-0.08	0.08	0.00	-0.17	0.00	8.73	8.56	0.17	0.00	0.00					
			締切盛土設置	m3	2.27	0.85	0.67	0.18	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	1.40	1.40	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00	1.10	1.08	0.02	0.00	0.00					
			締切盛土撤去	m3	2.27	0.85	0.67	0.18	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	1.40	1.40	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00	1.10	1.08	0.02	0.00	0.00					
			水替工	日																											
			ポンプ据付撤去	箇所	式																										
			ポンプ据付・撤去	箇所		19.48	19.17	15.88	3.49	0.38	0.32	0.06	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.29	0.27	0.01	-0.57	0.00	14.27	13.97	0.30	0.00	0.00				
			ポンプ排水	日	式																										
			ポンプ排水	常時	日																										
										230.84	29.09	20.45	8.64	2.52	2.19	0.33	-0.13	0.00	199.36	199.36	0.00	-0.11	0.12	0.03	-0.26	0.00	89.17	87.46	1.72	0.00	0.00

【工事毎の環境負荷原単位表の凡例】

□ : 一式計上を細分化した箇所 □ : 人力であるなど各種理由で算定対象外とした箇所 □ : 原単位の内容の一部を算定対象外とした箇所

表 3. 2-40 工種当たりの環境負荷量(⑬海岸工事(2/2))

工事区分	工程	種別	細別	規格	単位 (☆)	備考	CO2排出(kg-CO2/☆)												循環資源最終処分(kg/☆)					天然資源投入(kg/☆)					
							合計	生産計			出荷計		管理資源投入 による控除	吸収	燃料使用 計	建設機械		輸送機械		合計	生産計	出荷計	管理資源投入 による控除	最終処分量 (現場発生)	合計	生産計	出荷計	管理資源投入 による控除	天然資源投入 量
								国内計	海外計	国内計	海外計	国内計				海外計	国内計	海外計											
護岸	仮設工																												
	仮設切工				式	総括表で1式なので、下記の内訳を記入																							
			鋼矢板圧入		枚		108.58	23.40	18.07	5.33	1.15	1.00	0.15	-0.10	0.00	84.13	14.35	0.00	-0.46	0.25	0.01	-0.72	0.00	37.24	36.48	0.76	0.00	0.00	
			鋼矢板引抜き		枚		37.59	8.46	6.58	1.88	0.39	0.34	0.05	-0.04	0.00	28.77	5.81	0.00	-0.18	0.09	0.00	-0.28	0.00	12.53	12.28	0.26	0.00	0.00	
			鋼矢板引抜き	圧入	回		1,007.77	223.90	174.23	49.67	10.38	9.08	1.30	-0.94	0.00	774.43	99.11	0.00	-5.01	2.51	0.11	-7.63	0.00	325.74	319.01	6.74	0.00	0.00	
			鋼矢板引抜き	引抜き	回		392.18	87.44	68.02	19.42	4.06	3.55	0.51	-0.37	0.00	301.05	44.43	0.00	-1.93	0.98	0.05	-2.95	0.00	127.83	125.19	2.64	0.00	0.00	
			鋼矢板貫料	耳型 R=8m	枚/日		0.54	0.54	0.42	0.12	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.01	0.00	-0.04	0.00	0.53	0.52	0.01	0.00	0.00	
	足場工		単管足場	4m以上	掛m2		0.77	0.76	0.62	0.14	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00	0.56	0.55	0.01	0.00	0.00	
			単管傾斜足場	4m以上	掛m2		0.77	0.76	0.62	0.14	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	-0.02	0.00	0.56	0.55	0.01	0.00	0.00	
	水替工		ポンプ排水		式	総括表で1式なので、下記の内訳を記入																							
			ポンプ排水	φ=150 × 1 φ=200 × 2	日		695.66	85.21	59.58	25.63	7.57	6.57	1.00	-0.39	0.00	603.26	0.00	0.00	-0.28	0.32	0.10	-0.70	0.00	267.74	262.60	5.15	0.00	0.00	
			工事用水中ポンプ運転		箇所		19.48	19.17	15.88	3.49	0.38	0.32	0.06	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.29	0.27	0.01	-0.57	0.00	14.27	13.97	0.30	0.00	0.00	

【工事毎の環境負荷原単位表の凡例】

: 一式計上を細分化した箇所
 : 人力であるなど各種理由で算定対象外とした箇所
 : 原単位の内容の一部を算定対象外とした箇所

表 3. 2-42 工種当たりの環境負荷量 (⑭公園工事 (2/2))

工事区分	工程	種別	細別	規格	単位 (☆)	備考	CO2排出 (kg-CO2/☆)												循環資源最終処分 (kg/☆)					天然資源投入 (kg/☆)				
							合計	生産計			出荷計		循環資源投入 による控除	吸収	燃料使用 計	建設機械	輸送機械	合計	生産計	出荷計	循環資源投入 による控除	最終処分量 (現場発生)	合計	生産計	出荷計	循環資源投入 による控除	天然資源投入 量	
								国内計	海外計	国内計	海外計	国内計																海外計
施設整備	修景施設整備工	石組工																										
			景石		式	総括表で1式なので、下記の内訳を記入																						
			景石搬付工		個		3,924.06	2,939.28	2,588.66	350.62	990.12	915.59	74.53	-5.34	0.00	0.00	0.00	0.00	281.82	328.96	6.15	-51.30	0.00	386.631.62	386.121.77	509.85	0.00	0.00
	遊戯施設整備工	遊具組立設備工	滑り台	ジャイアントスライダー	基		12,846.20	11,800.28	9,360.81	2,439.47	1,137.90	1,053.29	84.61	-99.79	0.00	7.66	3.81	3.85	-367.07	204.82	6.37	-578.26	0.00	14,828.59	14,080.88	567.71	0.00	0.00
			スプリング遊具-1	スプリングアーマルA	基	※とまった遊具であり一式計上してしまいが対応不可	1,009.78	793.61	610.06	183.54	221.11	198.90	22.21	-4.94	0.00	0.00	0.00	0.00	-203.58	18.82	1.84	-224.24	0.00	1,312.86	1,183.46	129.40	0.00	0.00
			スプリング遊具-2	スプリングアーマルB	基		1,391.92	1,274.82	1,007.90	266.92	124.57	115.35	9.22	-7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	-35.50	22.16	0.69	-58.35	0.00	1,405.29	1,343.26	62.03	0.00	0.00
			スプリング遊具-3	スプリングアーマルC	基		2,009.76	1,840.69	1,455.28	385.40	179.87	166.55	13.32	-10.79	0.00	0.00	0.00	0.00	-51.26	31.99	1.00	-84.26	0.00	2,029.07	1,939.51	89.56	0.00	0.00
			スプリング遊具-4	ネットライム	基		6,725.24	6,159.47	4,889.80	1,289.67	601.89	557.32	44.57	-36.12	0.00	0.00	0.00	0.00	-171.53	107.06	3.35	-281.95	0.00	6,789.85	6,490.16	299.70	0.00	0.00
			スプリング遊具-5	平均台	基		543.93	427.49	328.62	98.87	119.11	107.14	11.97	-2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	-109.66	10.14	0.99	-120.79	0.00	707.19	637.49	69.70	0.00	0.00
			スプリング遊具-6	平均台	基		264.39	244.62	196.52	48.10	22.59	20.88	1.71	-4.39	0.00	1.57	1.57	0.00	-10.34	4.30	0.13	-14.77	0.00	535.03	523.66	11.36	0.00	0.00
	中規模遊具設置工		ブランコ	別ヤブランコ	基																							
	サービス施設設置工		砂場		箇所		2,522.22	1,728.71	1,570.03	158.67	806.10	747.87	58.23	-54.78	0.00	42.00	17.99	24.01	72.27	177.10	4.61	-109.44	0.00	122,826.13	122,223.03	403.10	0.00	0.00
			水飲み場工																									
			水飲み場		基		785.31	314.95	245.76	69.19	478.30	442.19	36.11	-9.90	0.00	1.92	0.07	1.86	-25.39	5.93	2.98	-34.30	0.00	1,034.94	788.33	246.62	0.00	0.00
	ベンチベンチ設置工		ベンチ		基		162.48	132.82	105.09	27.73	32.46	29.18	3.28	-3.24	0.00	0.43	0.02	0.41	-33.37	3.01	0.27	-36.65	0.00	345.34	326.30	19.04	0.00	0.00
	管理施設整備工		ごみ施設工																									
			くず入れ		基		206.83	197.32	105.33	91.98	15.76	13.58	2.17	-6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	3.83	8.04	0.19	-4.40	0.00	263.88	252.35	11.32	0.00	0.00
			吸殻入れ		基		103.88	100.15	56.19	43.96	7.65	6.60	1.05	-3.95	0.00	0.01	0.01	0.00	0.44	3.91	0.09	-3.56	0.00	183.98	178.49	5.49	0.00	0.00
			柵工		m		53.12	48.65	38.46	10.19	4.75	4.40	0.35	-0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35	0.85	0.03	-2.23	0.00	53.63	51.26	2.37	0.00	0.00
			柵		m		20.61	20.28	16.40	3.88	0.44	0.39	0.06	-0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.57	0.33	0.00	-0.91	0.00	24.47	24.18	0.30	0.00	0.00
			柵止め工		基		293.16	268.49	212.28	56.22	26.24	24.29	1.94	-1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.48	4.67	0.15	-12.29	0.00	295.97	282.91	13.06	0.00	0.00
			柵名板工		基		2,178.78	1,995.49	1,577.67	417.81	195.00	180.56	14.44	-11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	-55.57	34.68	1.09	-91.34	0.00	2,199.71	2,102.62	97.09	0.00	0.00
	排糞施設設置工		バーゴウ工		基		8,508.09	7,816.90	6,200.30	1,616.60	754.16	698.09	56.07	-65.46	0.00	2.39	0.08	2.31	-242.65	135.68	4.22	-382.55	0.00	9,644.48	9,268.26	376.23	0.00	0.00
			埋設工		基																							

【工事毎の環境負荷原単位表の凡例】

: 一式計上を細分化した箇所
 : 人力であるなど各種理由で算定対象外とした箇所
 : 原単位の内容の一部を算定対象外とした箇所

(7) 原単位の更新における懸案事項

本研究における工種当たりの原単位の算定に使用したデータが変更された場合、その変更に応じて原単位を新たに更新する必要がある。変更される可能性のあるデータとそれが変更された場合に必要となる主な対応は、以下のとおりである。

1) 公的統計、業界統計等の更新(主に1年毎)

「資材(一般品)の環境負荷原単位」の更新が必要

2) 産業連関表の更新(5年毎)

「資材(一般品)の環境負荷原単位」の更新が必要

3) 「土木工事積算基準」等の積算基準(歩掛)の変更(主に1年毎)

各種作業における建設機械の一般的な作業時間等が変更されることによって、建設機械の環境負荷に係る数量の変更が必要

1)、2)の具体的な対応については、「3.2.3 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」に記載する算定手法に基づく。

また、出典データの更新による対応とは別に、本 LCA 手法の普及に伴って各所で実施される計算結果を収集し、原単位算定の際のサンプルとして追加することによって、原単位の精度向上を行う必要がある。ある一定数のサンプルが得られた以降は、新たなサンプルの追加に合わせて古いサンプルの削除を行う。将来の課題としては、それらを自動的に行うシステムの構築を目指す。

【施工レベルの環境負荷の算出】

3. 2. 3 資材（一般品）の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

資材は、我が国の資材の平均的な環境負荷を示す「一般品」と同じ資材でも製造した企業や工場毎に異なる固有の環境負荷を示す「個別品」に分けることができる。本研究では、企業や工場を特定しない一般的な環境負荷を計算するためには「資材(一般品)の環境負荷原単位」を用い、一般品に含まれない特別な資材を扱う場合等は「資材(個別品)の環境負荷原単位」を用いることとした。

一般品の環境負荷原単位は、積み上げ法と産業連関法を組み合わせた「産業連関表補完型積み上げ法」により算出した(表 3. 2-43~48 参照)。「産業連関表補完型積み上げ法」とは、“主要建設資材”について、詳細な品目区分で物量データが得られる公的統計等を用いて積み上げ法で計算し、その他の項目については産業連関法で補完する手法である。産業連関法で補完することで、日本国内の経済活動を範囲とした資材間での統一性のあるシステム境界(環境負荷計算範囲)を設定でき、異なる資材についても同じ条件での計算が可能となった。また、公的統計に基づく透明性及び国内全体の生産活動の部門に基づく品目の網羅性が確保できる。

(1) 資材（一般品）の環境負荷原単位の算定方法の考え方

社会資本 LCA における環境負荷計算を行うためには資材（一般品）の環境負荷原単位が必要である。本研究では、既存のインベントリ分析方法である産業連関法と積み上げ法の両方の利点を備えた「産業連関表補完型積み上げ法」により社会資本用一般品環境負荷原単位一覧表を構築した。一般品の環境負荷原単位は次のような特徴を有している。

- ・ 施工レベルでの積算で用いることを想定した、建設資材等の平均的な環境負荷原単位である。（個別品の環境負荷原単位は「3.2.7 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」を参照）
- ・ 環境負荷量を計算する際には、この一覧表の値を既定値として用いることができる。
- ・ 社会資本 LCA の利用者の便宜を図るため、建設資材等の「生産」レベルと「出荷」レベルに区分し、環境負荷原単位を作成した。

【解説】

本研究で呼称する「産業連関表補完型積み上げ法」とは、金額物量混合型の産業連関表をベースとし、積み上げデータ等を用いて主要な建設資材等（品目）の原材料やエネルギーの投入数量をより実態に近いと考えられる値に置換（修正／物量化）し、部門を分割または追加することで、より詳細な品目に区分化（詳細化）を行う手法である。

産業連関表をベースとすることで、日本国内の経済活動を範囲とした資材間での統一性のあるシステム境界（環境負荷計算範囲）を設定でき、公的統計に基づく透明性及び国内全体の生産活動の部門に基づく品目の網羅性が確保できる。そして、主要品目について物量値となっていることから、積み上げデータを用いて産業連関表の数値を置換することで、最新データへの更新が容易となる。あわせて、製造条件や地域条件などを踏まえたより詳細な品目（個別品）の分析への活用も可能になる（図 3. 2-41 参照）。

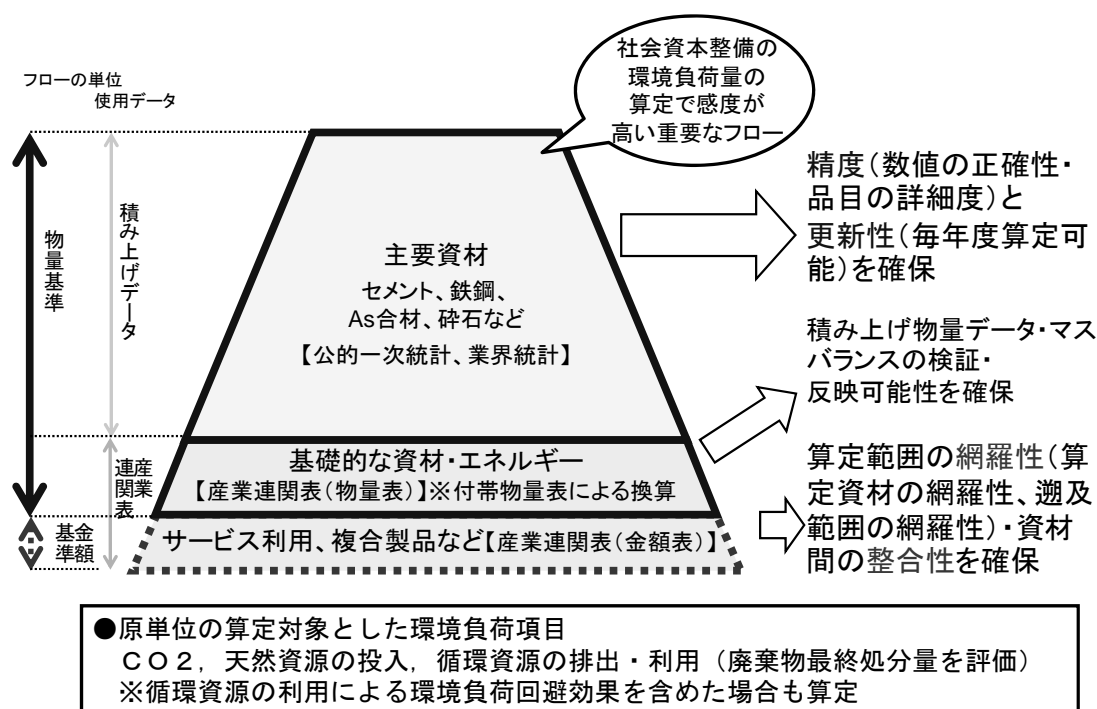


図 3. 2-41 産業連関表補完型積み上げ法の考え方

(2) 資材（一般品）の環境負荷原単位の算定フロー

資材（一般品）の環境負荷原単位の算定に当たっては、産業連関表（2005 年表）を基本とした。付帯物量表、3EID に基づいて産業連関表の金額を物量に変換し、社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表（以下、「社会資本 I0 表」という）（2005 年表）を作成した。

作成した社会資本 I0 表（2005 年表）に対して、弾力性評価に基づいて「修正：既存統計データや業界統計データ等による詳細な数値への置換」「部門分割：産業連関表の既存の部門の分割」「部門追加：産業連関表の取引基本表の外での別途環境負荷原単位の作成」を行った。併せて、資材のうち副産物であるものについては、これを使用せずに廃棄する場合に環境負荷が生じることから、使用することで回避されるプロセスの環境負荷分を減じた。

修正、区分化された社会資本 I0 表に対して、基準単位の換算及び名称の再整理を行って、資材（一般品）の環境負荷原単位を算定した。

コンクリートによる二酸化炭素吸着、固定資産（生産設備）の減耗を考慮し、資材（一般品）の環境負荷原単位の調整を行った。

なお、環境負荷原単位の項目は、「二酸化炭素排出」「最終処分」「天然資源投入」とした。

【解説】

資材（一般品）の環境負荷原単位の算定フローは、図 3. 2-42 に示すとおりである。

資材（一般品）の環境負荷原単位の算定に当たっては、国内経済において一定期間に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列に示した統計表である「産業連関表」の 2005 年表を基本に作成した。

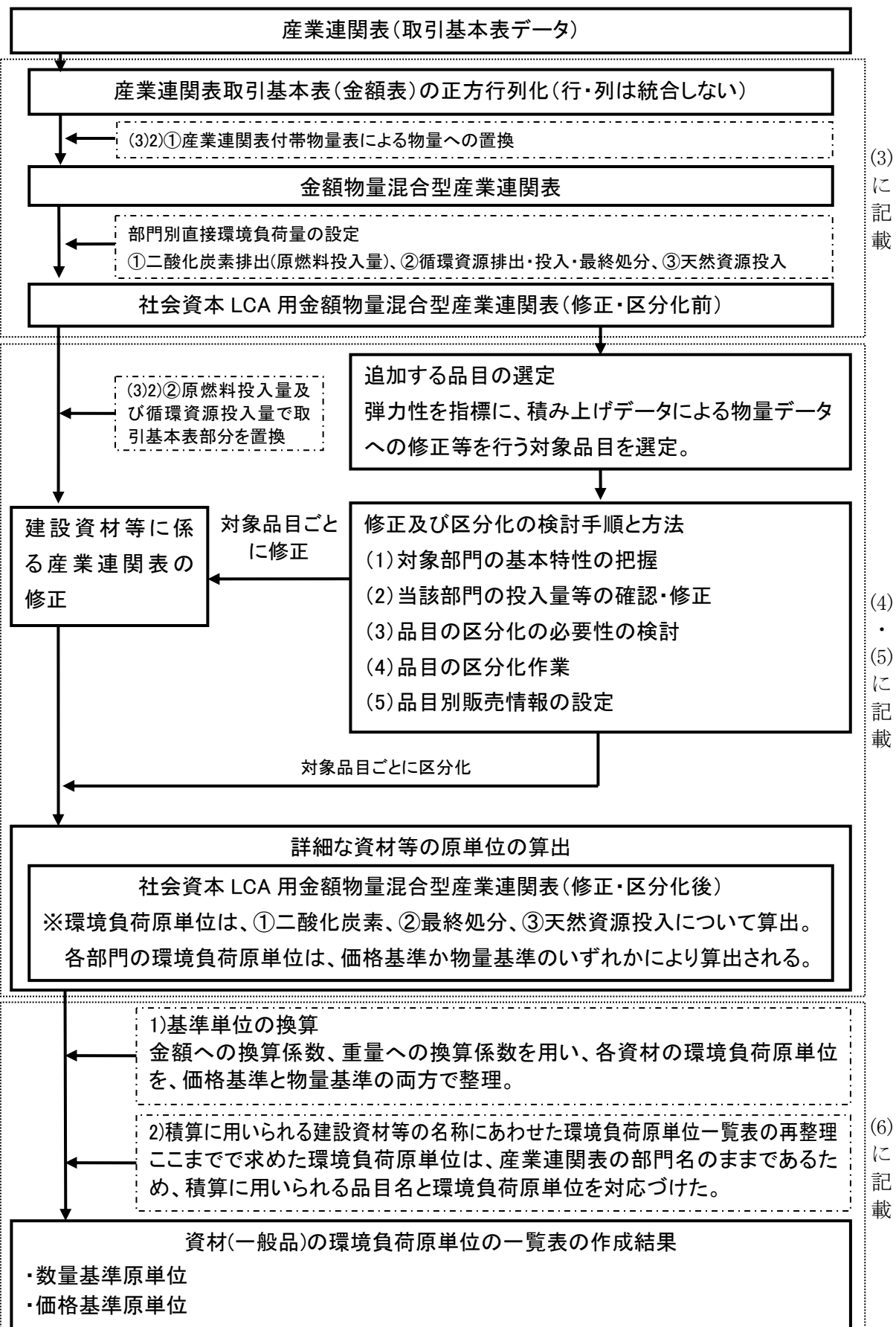
これを正方行列化し、産業連関表の付帯物量表及び「産業連関表による環境負荷原単位データブック 3EID（2005 年表原単位（ β + 版）」で金額から物量に置き換え、更に部門別直接環境負荷量（「二酸化炭素排出」、「最終処分」、「天然資源投入」）を設定することによって、社会資本 I0 表（2005 年表）を作成した。

この社会資本 I0 表の項目は、基本となった産業連関表に準じている。社会資本 LCA の LCI 計算においては、環境負荷に与える影響が大きい品目の環境負荷原単位を精度良く計算することができれば、事業の環境負荷の大部分を精度良く計算できることになる。このことから、「値の分布が幅広く（変動が大きく）」かつ「変動した場合に LCI 計算結果に与える影響が大きい」資材に対しては、細分化・詳細なデータの取得に基づいて環境負荷原単位を算定することが重要と考えられる。どれだけ「値の分布が幅広く」「変動した際に与える影響が大きい」かを分析する方法を「弾力性の評価」と呼ぶ。

弾力性の評価結果に基づいて、「値の分布が幅広く」かつ弾力性の高い（「変動した際に与える影響が大きい」）資材を対象に、既存統計データや業界統計データ等による詳細な数値への置換（修正）、産業連関表の既存の部門の分割（部門分割）、産業連関表の取引基本表の外での別途環境負荷原単位の作成（部門追加）（「部門分割」「部門追加」を合わせて「区分化」と呼ぶ）を行った。

更に、コンクリートによる二酸化炭素吸着、固定資産（生産設備）の減耗を考慮し、資材（一般品）の環境負荷原単位の調整を行った。

修正、区分化された社会資本 I0 表に対して、基準単位の換算を行うことにより社会資本 LCA 用の資材（一般品）の環境負荷原単位を算定し、建設資材等の名称に合わせて再整理を行った。



注)1. 上記の「詳細な資材等の原単位の算出」において、再生砕石による二酸化炭素固定化と資本減耗を考慮した環境負荷原単位の算定を行っており、これを反映した結果を本研究における最終的な資材(一般品)の環境負荷原単位とする。再生砕石による二酸化炭素固定化と資本減耗の考慮は、(7)、(8)に記載する。

図 3. 2-42 資材(一般品)の環境負荷原単位の算定フロー

(3) 社会資本 I0 表の作成

以下の手順により、社会資本 I0 表を作成した。

- 1) 産業連関表(2005 年表)の取引基本表(金額表)を 623 行×623 列に正方向列化した。
- 2) 付帯物量表、3EID に基づいて、正方向列化した産業連関表の金額を物量に変換した。
- 3) 国内と国外の取引量、出荷レベルの取引額を設定した。
- 4) 環境負荷原単位の項目を「二酸化炭素排出」「最終処分」「天然資源投入」とした。

【解説】

1) 産業連関表取引基本表(金額表)の正方向列化

度産業連関表(平成 17 年)の取引基本表(金額表)は 520 行×407 列で表現されているが、これを 623 行×623 列として拡張する形で正方向化した。

当該部門の行・列が 1 対多の場合は、複数存在する方の部門を増設し、当該部門の投入又は産出額を国内生産額に基づいて按分した。行部門とそれに対応する列部門が多対多のときは、これらを包含する仮設部門を設け、ここに複数存在する行部門から一括して投入し、さらにここから複数存在する列部門へ当該列部門の国内生産額に基づいて配分した。

本手法は、堂野前ら(平成 8 年)¹の提案を多少発展させたものである。統合されている行・列にかかる各取引額を割り算した結果の数値を表中に設定するのではなく、原田(平成 11 年)²がマトリクス計算による LCI 手法において提案した分岐・合流概念に相当する行・列を用いることで、ベースとなる取引基本表に対して見通しのよい形で拡張した。

2) 物量置換

① 産業連関表付帯物量表による置換

623 部門のうち付帯物量表にデータが存在する 154 部門は、金額から物量に置換した。この部門については、この時点で金額ベースから物量ベースへと変更されている。本手法は、堂野前ら(平成 8 年)に基づいており、産業連関表の一部を金額から物量に変更することは一般的である³。

② 原燃料・循環資源投入量の置換

a) 原燃料投入量の置換

産業連関表本体部分の投入量が 3EID(2005 年表原単位(β + 版))の原燃料消費量と対応する部分については、基本的に 3EID の数値で置き換えた。

なお、3EID で示される数値は輸入分も含む各部門の原燃料消費量であり、国内生産量は天然ガス⁴を除いて産業連関表の値から修正していない。

¹ 堂野前、徳永「LCA 評価のための産業連関表の修正」(第 2 回エコバランス国際会議、平成 8 年)

² 原田「地球環境と材料」(日本材料科学会編、平成 11 年 11 月)

³ 例えば、加河ら(平成 13 年)はエネルギー部門について熱量ベースで作表を行っており、森川ら(平成 15 年)は金額・物量混合型 SNA 産業連関表による屑・副産物の誘発原単位を算出している。

⁴ 天然ガスは、物量表では体積で計上されているが、3EID では LNG として重量で計上されている。社会資本 LCA 用の金額物量混合型産業連関表では、修正・区分化前は物量表の値を用いて体積基準の部門としており、国内生産数量は 3,119,879 千 m³ とした。修正・区分化後では 3EID の値を用いて重量基準にしたため、国内生産量は次の換算係数で物量表の国内生産数量を換算した。貿易統計(HS コード 271111000 の天然ガス(液化したもの)と物量表((控除)輸入(普通貿易))の輸入額が一致(1,985,329 百万円)することを確認したうえで、貿易統計の輸入量(58,013,770t)と物量表の輸入量(78,318,590 千 m³)から、換算係数を算出した(0.741t/千 m³)。

b) 循環資源投入量の置換

循環資源と定義した産業廃棄物及び一般廃棄物(表 3. 2-63 参照)を、投入量をプラスで計上した。これにより、重量換算係数((6)で後述)の算出時に、循環資源投入も重量形成に含まれる。排出量は、鉄屑のみ石川ら(2008)⁵と同様にマイナスの投入量として計上した。循環資源のうち産業連関表の屑・副産物と対応している循環資源⁶は当該屑・副産物を対応部門とし、対応部門が金額基準である場合はその部門を物量基準に置換した。産業連関表の屑・副産物と対応していない循環資源は、その循環資源の部門を追加して投入を設定した。循環資源に含めなかった屑・副産物については、投入はプラスで、発生はマイナスで計上した上で、環境負荷は競合部門と同一として設定することで、マイナス投入方式(控除法)での評価方法とした。⁷

3) 社会資本 IO 表の作表

① 国内と海外を分けた取引量の設定

各部門の環境負荷原単位で、海外誘発と仮定した比率を把握するとともに、輸入品について積み上げ法データを反映可能な形とするために、投入係数行列を国内誘発分と海外誘発分に分割した。簡単のため、いわゆる競争輸入型と同様に、需要部門によらず輸入係数は一律として作表した。輸入係数は国内需要合計に占める輸入額の比率とした。ある部門について、国内生産の投入係数は国産品と輸入品とに分割されている。一方、輸入品の投入係数は日本と同一とし、ただし、国産品と輸入品に分割せず、全て輸入品とした。このため、日本が輸入した製品を構成する部品が日本から輸出している場合でも、当該部品は国外にて生産されたとして計算されることとなる。

② 出荷レベルの取引額の設定(内生部門の合計として)

卸売、小売の各部門の商業マージンと、輸送運賃分として鉄道、道路、沿海・内水面、港湾、航空、貨物輸送取扱、倉庫の国内貨物運賃の取引額を設定した。この出荷部分の取引額と、生産部分の取引額の和が、購入者価格での取引額となる。なお、ほとんどのサービスについては、概念的に出荷はないため、生産者価格がそのまま購入者価格となる。

これらの出荷レベルのマージンについては、同一の財であっても産出先(販売先)部門別に異なる。そこで、購入者としては、例えば、道路関係公共事業を想定することも考えられるが、585部門全部が道路関係公共事業に産出しているわけではないため、原単位を計算できない部門が生じる。一方、特に家計に販売する場合は、企業間の商取引とは出荷レベルのマージン構成が異なることも想像される。このため、本研究では、購入者は「内生部門計」として設定した。

⁵ 石川明、加藤丈佳、鈴置保雄「産業連関表を用いた機械装置重量と CO₂ 排出量の関係の検討：CO₂ 排出量の簡易推計のために」、日本 LCA 学会誌、Vol. 4, No. 4, 2008.

⁶ 「プラスチック[一廃]<素材原料>」は、その他のプラスチック製品部門が競合部門の「プラスチック屑」に対応すると考えられるが、屑・副産物表でプラスチック屑の発生額 50,936 百万円に占める家計消費支出からの発生額は 2,965 百万円(6%)と小さい。一方で、本業務で設定した投入量は「廃プラスチック類<素材原料>」は 90 万 t、「プラスチック[一廃]<素材原料>」は 99 万 t と一廃の割合が大きく、屑・副産物表での家計消費支出からの発生額の割合(6%)と大きく異なる。そのため、「プラスチック[一廃]<素材原料>」については、その他のプラスチック製品部門を競合部門とするプラスチック屑には含めず、部門を追加して投入量を設定した。

⁷ 弾力性を指標とした対象資材の選定に用いた社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表(修正・区分化前)では、循環資源は各部門への投入量に含めていない。屑・副産物は競合部門とは独立した部門として作表しており、投入はプラスで、発生はマイナスで計上しているが、それらの環境負荷は 0 となっている。このため、屑・副産物の発生について LCA でいう控除法のシステム拡張での評価とは異なる。

4) 部門別直接環境負荷量の設定

585 部門(うち投入表に対応する列部門)に直接環境負荷量を設定する。直接環境負荷量は、二酸化炭素排出量、循環資源排出量・投入量・最終処分量、天然資源投入量について設定する。

国産品と輸入品の単位直接環境負荷量は同一としている。ただし、石炭及び原油は、既存の積み上げ法の値で修正している。

① 二酸化炭素排出量

大部分は 3EID(2005 年版(β+版))の各部門における原燃料消費量、原燃料種類別の負荷寄与率、原燃料種類別の発熱量と排出係数を引用した。表 3. 2-49 に設定結果を示す。

国立環境研究所では『『2005 年 3EID(β+版)』は、主に産業連関表を利用した環境分析の専門家の方々に試験的に利用いただき、コメントやアドバイスを頂戴することを前提としております。』としている。本研究では、社会資本整備の環境負荷量の算定で感度が高い重要なフローについては積み上げ法データを設定しているが、3EID に大幅な変更の生じた場合には、確定版を用いて更新する必要がある。

表 3. 2-49 二酸化炭素排出で設定した原燃料消費量及び排出係数

3EID	社会資本 I0 表	
原燃料種類	原燃料種類	原燃料消費量、 排出係数の設定
原料炭、一般炭・亜炭・無煙炭、コークス、高炉用コークス、コークス炉ガス(COG)、高炉ガス(BFG)消費、高炉ガス(BFG)発生、転炉ガス(LDG)消費、転炉ガス(LDG)発生、鉄含有炭素(転炉ガス起源分)、原油、A 重油、B 重油・C 重油、灯油、軽油、揮発油、ジェット燃料油、ナフサ、石油系炭化、水素ガス、炭化水素油、石油コークス、LPG、LNG・天然ガス、都市ガス	同左	3EID を引用
回収黒液(排出量に含めず)	回収黒液(排出量に含めず)	3EID を引用
廃材(排出量に含めず)	廃材(排出量に含めず)	3EID を引用
廃タイヤ	廃タイヤ	循環資源投入量より設定。排出係数は GHG インベントリ。
一般廃棄物(バイオマス起源を除く)	一般廃棄物(繊維屑のみ)	
容器包装廃プラスチック	一般廃棄物(廃プラスチック)	
産業廃棄物	産業廃棄物(廃プラスチック) 産業廃棄物(廃油)	
石灰石	石灰石	3EID を引用

② 循環資源排出量・投入量・最終処分量

循環資源排出量及び最終処分量の対象は産業廃棄物とし、投入量には一般廃棄物も含めた。一般廃棄物の投入量は、循環利用が行われる部分及び二酸化炭素排出を伴う単純焼却のみを計上している。

排出量の大部分は環境省による循環利用量実態調査を基本資料とし、WIO⁸と同様の手法で各部門に按分したが、鉱さいや廃タイヤのように業界集計値を用いて設定した循環資源もある。

投入量と投入先の設定は、基本的に WIO と同様であるが、二酸化炭素排出を伴う熱回収や単純焼却は日本温室効果ガスインベントリの数値を基本とし、鉱さいや廃タイヤなどは業界集計値を基本とした。

最終処分量は、排出部門によらず循環資源ごとに一律の最終処分率を設定し、これを排出量に適用することで設定した。最終処分率は、循環資源ごとに直接最終処分量と処理後最終処分量を整理し、排出量にこの合算量が占める割合とした。

循環資源項目の命名は循環利用量実態調査に記載のある名称を基本とした。

循環資源投入・排出・最終処分量の算出方法の概要は、表 3. 2-50 のとおりである。

⁸ 中村慎一郎「廃棄物経済学をめざして」(早稲田大学出版、平成 14 年 8 月)

表 3. 2-50 循環資源投入・排出・最終処分量の設定

循環資源区分	排出量	投入量	最終処分量
燃え殻	自家発電起源(事業用電力の発電量と燃え殻排出量から算出した原単位を、自家発電の発電量に乗じて算出)とその他に分割。その他は石炭又はコークス又は石油製品の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	WIOの再資源化構成比を用いて配分	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
汚泥	循環利用量実態調査の排出量を、国内生産額をウェイトに按分(WIOと同様)	循環利用量実態調査より投入量を設定。有機汚泥43.4%は有機質肥料、無機汚泥56.6%はセメントへ投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
廃油	石油製品の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	二酸化炭素排出を伴う利用、焼却分を投入	循環利用量実態調査より最終処分率を設定
廃酸	その他ソーダ工業製品、その他無機化学工業製品、酢酸、写真感光材料の投入額計/国内生産額をウェイトとして按分(WIOと同様)	ソーダ工業製品に投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
廃アルカリ	ソーダ灰、か性ソーダ、液体塩素、その他のソーダ工業製品の投入額計/国内生産額をウェイトとして按分	ソーダ工業製品に投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
廃プラスチック類	プラスチック製品の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	二酸化炭素排出を伴う利用と、再生利用を分割	循環利用量実態調査より最終処分率を設定
廃タイヤ	日本自動車タイヤ協会の数値を、タイヤ・チューブの産出額をウェイトに按分	日本自動車タイヤ協会の数値を引用	日本自動車タイヤ協会の数値より最終処分率を設定
紙くず※	再資源化分は物量表、再資源化されない分は産廃排出・処理状況報告書より設定(WIOと同様)	物量表による再資源化分(一廃分を含む)を屑・副産物表の投入金額で按分(WIOと同様)	再資源化されない分に対して最終処分率を設定。
木くず※	素材、特用林産物の産出額をウェイト按分(WIOと同様)	その他木製品、その他のパルプ・紙・紙加工品に投入(WIOと同様) 投入は一廃分も含む。	循環利用量実態調査より最終処分率を設定
繊維くず※	綿花、その他非食用耕種作物、繊維工業製品の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	循環利用分は、紡績糸、その他の繊維工業製品に投入(WIOと同様) 投入は一廃分も含む。	循環利用量実態調査より最終処分率を設定
動植物性残渣	農林水産業の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	飼料、有機質肥料に投入(WIOと同様)	循環利用量実態調査より最終処分率を設定
ゴムくず	生ゴム、合成ゴム、ゴム製品の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	タイヤ・チューブ、ゴム製履物、プラスチック製履物、その他のゴム製品に投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
鉄くず	再資源化分は物量表、再資源化されない分は産廃排出・処理状況報告書(WIOと同様)	物量表による再資源化分(一廃分を含む)を屑・副産物表の投入金額で按分(WIOと同様)	再資源化されない分に対して最終処分率を設定。
その他非鉄くず	再資源化分は鉄鋼・非鉄金属・金属品統計の消費量・供給量を屑・副産物表の発生額で按分。再資源化されない分は産廃排出・処理状況報告書(WIOと同様)	鉄鋼・非鉄金属・金属品統計の消費量・供給量を屑・副産物表の投入額で按分。(WIOと同様)	鉄くずと同様の最終処分率を適用。
ガラス陶磁器くず※	ガラス・ガラス製品、陶磁器の産出額をウェイトに按分	屑・副産物表より、ガラスびん、ガラスくずの投入金額で按分(WIOと同様) 投入は一廃分も含む。	循環利用量実態調査より最終処分率を設定
鉱さい	産業廃棄物・有価発生量の動向調査を基本とし、鉄鋼業からの排出量は、鉄鋼スラグ年報より、高炉スラグ、転炉スラグ、電炉スラグに置き換えた	高炉・転炉・電炉スラグは、鉄鋼スラグ統計年報を基に投入。その他は、屑・副産物表の投入額をウェイトに按分(WIOと同様)。	製造業からの最終処分率は産業廃棄物・有価発生量の動向調査より最終処分率を設定。その他は循環利用量実態調査より最終処分率を設定。
がれき類	国内生産額をウェイトに按分	道路関係公共事業へ投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
家畜糞尿	国内生産額をウェイトに按分(WIOと同様)	有機質肥料に投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
家畜の死体	国内生産額をウェイトに按分(WIOと同様)	飼料、有機質肥料に投入(WIOと同様)	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
ばいじん	自家発電起源とその他に分割(燃え殻と同様)。その他は石炭又はコークス又は石油製品の産出額をウェイトに按分(WIOと同様)	WIOの再資源化構成比を用いて配分	産業廃棄物排出・処理状況調査報告書より最終処分率を設定
一般廃棄物(厨芥)※	当面对象外とする。	再生利用分は堆肥化、燃料化分は自家発電に投入	当面对象外とする。
一廃プラスチック※		二酸化炭素排出を伴う利用と、再生利用を分割	

注1)※：一般廃棄物を含む

③ 天然資源投入量

日本の物質フロー(環境省大臣官房廃棄物リサイクル対策部循環型社会推進室, 平成 21 年 3 月)において、入口側の輸入製品を除く天然資源等投入項目と対応する産業連関表部門を「天然資源投入部門」とみなして特定し、その生産数量⁹を天然資源投入量とみなした。本手法は、横山ら(平成 15 年)¹⁰と同様の手順といえる。

「天然資源投入部門」と特定したのは、表 3. 2-51 の部門である。国の循環基本計画では、輸入財(加工製品等)を天然資源「等」として製品の輸入重量を計上しているが、一方、本手法では、輸入品の生産過程を資源投入まで遡及した評価として $(I-A)^{-1}$ の国産仮定型で行った(図 3. 2-43 参照)。その場合、国内資源と同じ部門に該当する海外資源については、表 3. 2-51 の国内資源を資源投入部門に特定することで算定範囲に含まれるが、それ以外の例えば小麦(輸入)部門のような海外資源のみからなる部門も天然資源投入部門と特定し、算定範囲に含めた。ただし、付帯物量表及び品目別国内生産額表で重量の把握できない食料資源は天然資源投入部門として特定していない。

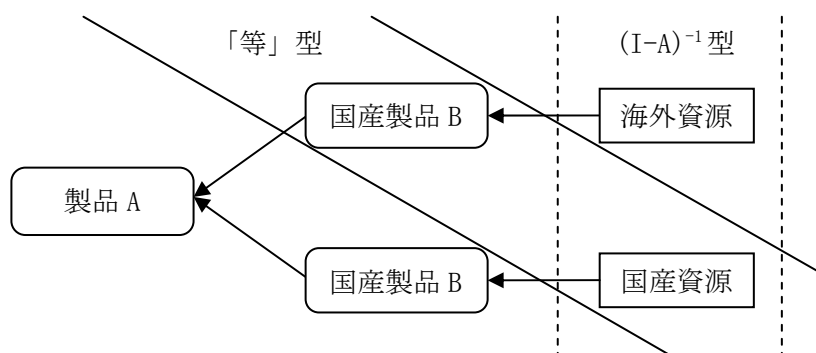


図 3. 2-43 輸入製品の取扱

物量表より得られる生産数量の一部の単位は重量ではないことから、表 3. 2-52 の係数を用いて重量(t)に換算した。出典により値の幅があり、算定結果の不確実性の一要因となる。また、その他の窯業原料鉱物とその他の非鉄金属鉱物は産業連関表の品目別国内生産額表から生産数量と生産額が把握可能な品目について、それらの合計の生産量と生産額から算出した平均的な単価であり、不確実性が大きい。

国の循環基本計画の「等」型と、 $(I-A)^{-1}$ の国産仮定型のメリット・デメリットは以下のとおりであり、本手法では国産と輸入が同じ技術で作られることを仮定しているため、輸入品の負荷が過大又は過小となる可能性がある。

「等」型

- メリット : 国の循環基本計画と同じ定義で評価が可能。
- デメリット : 輸入品を個別に設定する必要がある。輸入品は製品重量で、国産品は資源重量で評価するため、国産品の評価が大きくなる。

$(I-A)^{-1}$ 型

- メリット : 国内外を問わず、包括的に評価することが可能。
- デメリット : 国産と輸入が同じ技術で作られることを仮定しており、輸入品の負荷が過大又は過小となる可能性がある。

⁹ 日本全体の国内生産数量(コントロールトータル)には当該部門と競合関係を設定された副産物の数量は含まれない。

¹⁰ 横山 計三、横尾 昇剛、岡 建男「1995 年表による資源消費原単位 : 産業連関表による建築物の評価(その 10)」(日本建築学会環境系論文集(568)、pp. 1-7、平成 15 年)

表 3. 2-51 天然資源投入部門として特定した部門

日本の物質フローでの天然資源等投入品目		本試算で対応させた部門 ^{注)}	資源区分	
国内資源	化石燃料	石炭	石炭	化石
		石油	原油	化石
		天然ガス	天然ガス	化石
	金属鉱物	金鉱	(非鉄金属鉱物)	金属
		銅鉱	銅	金属
		鉛鉱	(非鉄金属鉱物)	金属
		亜鉛鉱	(非鉄金属鉱物)	金属
		すず鉱	(非鉄金属鉱物)	金属
		鉄鉱	鉄鉱石	金属
		金属マンガン	(非鉄金属鉱物)	金属
		クロム鉱	(非鉄金属鉱物)	金属
		タングステン鉱	(非鉄金属鉱物)	金属
	非金属鉱物	けい石	その他の窯業原料鉱物	土石
		けい砂	その他の窯業原料鉱物	土石
		石灰石	石灰石	土石
		ドロマイト	その他の窯業原料鉱物	土石
		ろう石	その他の窯業原料鉱物	土石
		ろう石クレー	その他の窯業原料鉱物	土石
		ダイアスポア	その他の窯業原料鉱物	土石
		耐火粘土	その他の窯業原料鉱物	土石
		その他粘土	その他の非金属鉱物	土石
		長石	その他の窯業原料鉱物	土石
		カオリン	その他の窯業原料鉱物	土石
		滑石	その他の非金属鉱物	土石
		重晶石	その他の窯業原料鉱物	土石
		岩石	砕石	土石
		砂利	砂利・採石	土石
	農林水産物	米	米	バイオ
		麦	小麦(国産)、大麦(国産)	バイオ
		いも・かんしょ	かんしょ、ばいれいしょ	バイオ
		雑穀・豆類	大豆(国産)、(その他の豆類)、雑穀	バイオ
		野菜	(野菜(露地))、(野菜(施設))、特用林産物(含狩猟業)	バイオ
		果樹	かんきつ、りんご、(その他の果実)	バイオ
		飼料作物計	飼料作物	バイオ
		魚介類	(沿海漁業)、(沖合漁業)、(遠洋漁業)、(内水面漁業)	バイオ
		工芸作物計	砂糖原料作物、その他の飲料用作物、油糧作物、(その他の非食用耕種作物)、葉たばこ	バイオ
		花卉類計	(種苗)、(花き・花木類)	バイオ
		木材	素材(国産)	バイオ
	農作物非食用部	稲わら	稲わら	バイオ
		もみがら	稲わら	バイオ
		麦わら	小麦(国産)	バイオ
	上記国内資源以外		小麦(輸入)、大麦(輸入)、(海面漁業(輸入))、コーヒー豆・カカオ豆(輸入)、大豆(輸入)、生ゴム(輸入)、綿花(輸入)、アルミニウム(含再生) ^{※1}	—

注 1) 括弧内は金額基準であり重量に換算できないため、天然資源投入部門に特定しなかったもの。

2) ※1: 国内で鉱物の採取はしておらず、産業連関表からは単価を把握することができないため、製品であるアルミニウム(含再生)を、天然資源投入部門と特定した。

表 3. 2-52 天然資源の重量換算係数

天然資源投入部門	採用値
米	1t/t
稲わら	1t/t
小麦(国産)	1t/t
小麦(輸入)	1t/t
大麦(国産)	1t/t
大麦(輸入)	1t/t
かんしょ	1t/t
ばれいしょ	1t/t
大豆(国産)	1t/t
大豆(輸入)	1t/t
かんきつ	1t/t
りんご	1t/t
砂糖原料作物	1t/t
コーヒー豆・カカオ豆(輸入)	1t/t
その他の飲料用作物	1t/t
雑穀	1t/t
油糧作物	1t/t
食用工芸品(除別掲)	1t/t
飼料作物	1t/t
葉たばこ	1t/t
生ゴム(輸入)	1t/t
綿花(輸入)	1t/t
綿花(輸入)(屑)	1t/t
砂利・採石	1t/t
碎石	1000t/千t
石灰石	1t/t
その他の窯業原料鉱物	499 t/百万円 産業連関表 列部門別統合品目別細品目別国内生産額表の、けい石、けい砂、ドロマイト、その他の窯業原料鉱物の生産数量と生産額の合計から平均単価を算出。
鉄鉱石	1t/t
その他の非金属鉱物	103 t/百万円 産業連関表 列部門別統合品目別細品目別国内生産額表の、酸性白土(製品)、ベントナイト(粗鉱)、ベントナイト(製品)、けいそう土、滑石、オリビンサンドの生産数量と生産額の合計から平均単価を算出。その他の非金属鉱物は生産量が不明のため、平均単価の計算に含まれていない。
石炭	1t/t
原油	0.855 t/kL 平成 20 年度循環基本計画フォローアップ業務報告書(環境省)
天然ガス	弾力性を指標として対象資材を選定した社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表(修正・区分化前)での重量換算係数: 0.754 t/千m ³ 森口祐一、橋本征二「マテリアルフローデータブック～日本をとりまく世界の資源のフロー～(第3版)」国立環境研究所 地球環境研究センター(物量データの拡大推計時に、国連貿易データセットでは体積で取引量が記載されているのを重量単位へ変換するのに利用した換算係数) 詳細な資材等の原単位の算出に用いた社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表(修正・区分化後)での重量換算係数: 1t/t ※投入量は 3EID(2005 年版(β+版))で置換し、重量基準の部門とした。
銅	1t/t
アルミニウム(含再生)	1t/t
素材(国産)	0.50 t/m ³ 森口祐一、橋本征二「マテリアルフローデータブック～日本をとりまく世界の資源のフロー～(第3版)」国立環境研究所 地球環境研究センター(物量データの拡大推計時に、国連貿易データセットでは体積で取引量が記載されているのを重量単位へ変換するのに利用した換算係数)
素材(輸入)	0.50 t/m ³ 森口祐一、橋本征二「マテリアルフローデータブック～日本をとりまく世界の資源のフロー～(第3版)」国立環境研究所 地球環境研究センター(物量データの拡大推計時に、国連貿易データセットでは体積で取引量が記載されているのを重量単位へ変換するのに利用した換算係数)

(4) 社会資本 I0 表の修正、区分化

以下の手順により、社会資本 I0 表の修正、区分化を行った。

- 1) 弾力性の評価により、修正、区分化を行う資材を決定した。
- 2) 付帯物量表、3EID に基づいて、正方形行列化した産業連関表の金額を物量に変換した。
- 3) 国内と国外の取引量、出荷レベルの取引額を設定した。
- 4) 環境負荷原単位の項目を「二酸化炭素排出」「最終処分」「天然資源投入」とした。

【解説】

1) 弾力性と変動性・不確実性を指標とした修正・区分化手順

施工レベルの LCI 計算に及ぼす感度の高い資材の原単位に対して、重要な項目について正確を期す(不確実性の低下)とともに、環境負荷原単位の値のとりうる幅が大きい場合には、幅を小さくできるように当該資材をより詳細に区分した原単位を整備する(変動性の低下)ことが望ましい。

本研究では、施工レベルの LCI 計算の計算精度を高めるため、図 3. 2-44 に示す通り弾力性が高い項目(投入係数、二酸化炭素直接排出係数等)を有する資材について、それらの変動性・不確実性が大きければ、変動性が低下するように対象資材をより細かい区分に分割するとともに、より正確な物量データ(積み上げデータ)で数値を修正した。

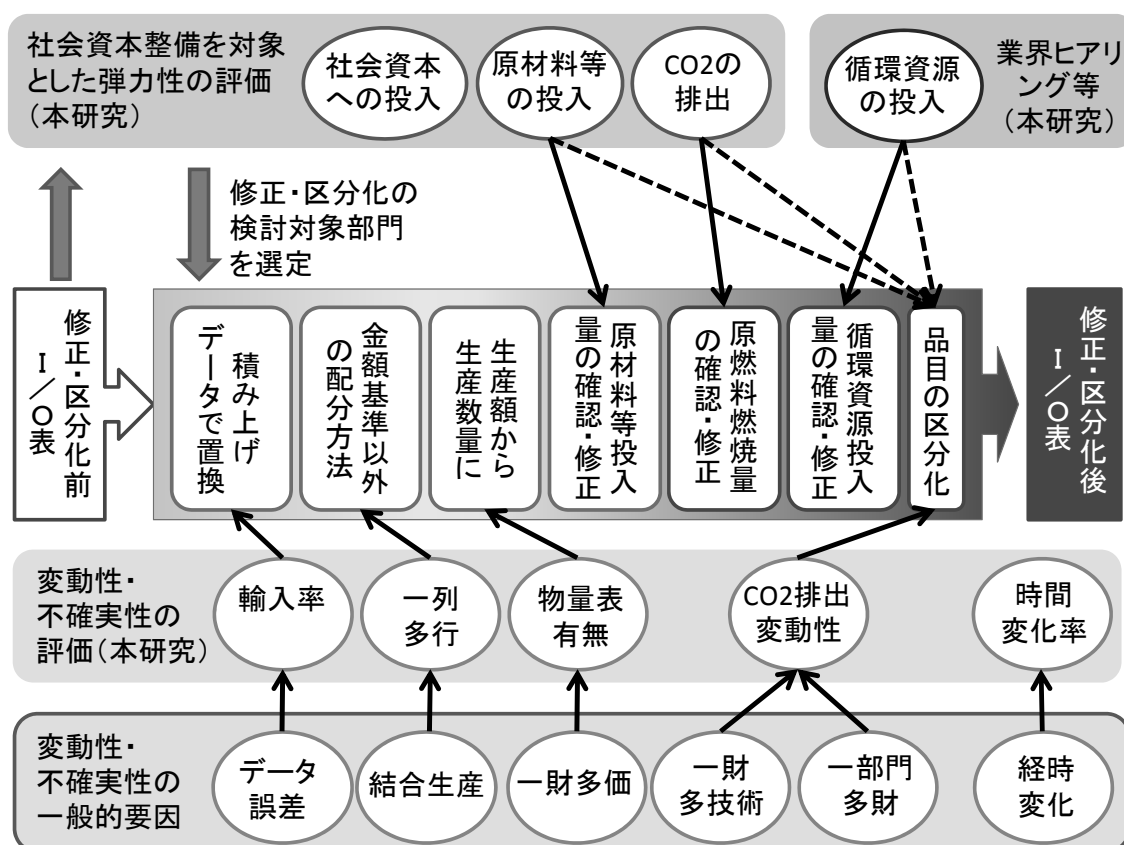


図 3. 2-44 弾力性と変動性・不確実性を指標とした修正・区分化手順のイメージ

2) 弾力性の評価による修正・区分化を行う資材の決定

弾力性は、「資材の投入係数及び直接環境負荷量の変動率」と「評価対象の環境負荷量の変動率」の比である。この弾力性の大きい投入係数等を有する資材を主要な建設資材(修正、区分化を行う資材)として選定した。

使用する産業連関表及び計算対象とする環境負荷は、以下のとおりである。なお、社会資本整備部門の中には、廃棄物処理施設や漁港等、国土交通省が所管ではない部門も含まれており、算定対象の範囲に留意する必要がある。

- ・使用する産業連関表： 修正、区分化前の社会資本 IO 表(2005 年表)
- ・投入係数： 金額物量混合表
- ・逆行列： 国産仮定型
- ・計算対象環境負荷： 二酸化炭素排出量、天然資源投入量、廃棄物最終処分量
- ・計算対象部門： 社会資本整備部門(「道路関係公共事業」と「河川・下水道・その他の公共事業」を統合した部門)

弾力性の定義式と実際に使用した計算式は、表 3. 2-53 のとおりである。定義式ではパラメータの任意な変動量が必要となるが、実際の計算では客観的な評価とするために一次近似(1階微分)した解析的計算式で計算した。

表 3. 2-53 弾力性の定義と計算式(再掲)

	弾力性の定義	実際に使用した計算式 ¹⁾ (一次近似による計算式)
直接排出係数(e)の弾力性	$S_i^k = \frac{\Delta \varepsilon_k / \varepsilon_k^0}{\Delta e_i / e_i^0}$	$S_i^k = \frac{\bar{b}_{ik} e_i^0}{\varepsilon_k^0}$
投入係数(A)の弾力性	$S_{ij}^k = \frac{\Delta \varepsilon_k / \varepsilon_k^0}{\Delta a_{ij} / a_{ij}}$	$S_{ij}^k = \frac{\bar{a}_{ij} \varepsilon_i^0 \bar{b}_{jk}}{\varepsilon_k^0}$
式の説明等	直接排出量の変動(Δe_i)もしくは投入係数の変動(Δa_{ij})に伴い、第k部門の環境負荷原単位(ε_k)が変動するときの、基準値における e_i もしくは a_{ij} の変動率に対する ε_k の変動率の比とした。	弾力性の定義式を1次近似(1階微分)とした解析的計算式を用いる。これにより、入力量の変動率の設定が不要となり、弾力性は一定値となる。

注)1. S_i^k : 直接排出係数の弾力性 S_{ij}^k : 投入係数の弾力性

ε : 各部門の環境負荷原単位ベクトル e : 各部門からの直接環境負荷係数ベクトル

a_{ij} : 投入係数行列の要素 $\bar{b}_{ij} = \left[(I - \bar{A})^{-1} \right]_{ij}$

A : 投入係数行列(金額基準または重量基準。n×nの正方行列)

表 3. 2-53 に基づいて弾力性を計算し、0.015 以上を基準としてフローを抽出した。その結果は図 3. 2-45~47 に示すとおりである。

¹⁾本藤祐樹・酒井信介・丹野史郎「産業連関表を用いて推計されたCO₂排出原単位の感度分析」(エネルギー・資源、22(4)、pp322-328、平成13年)

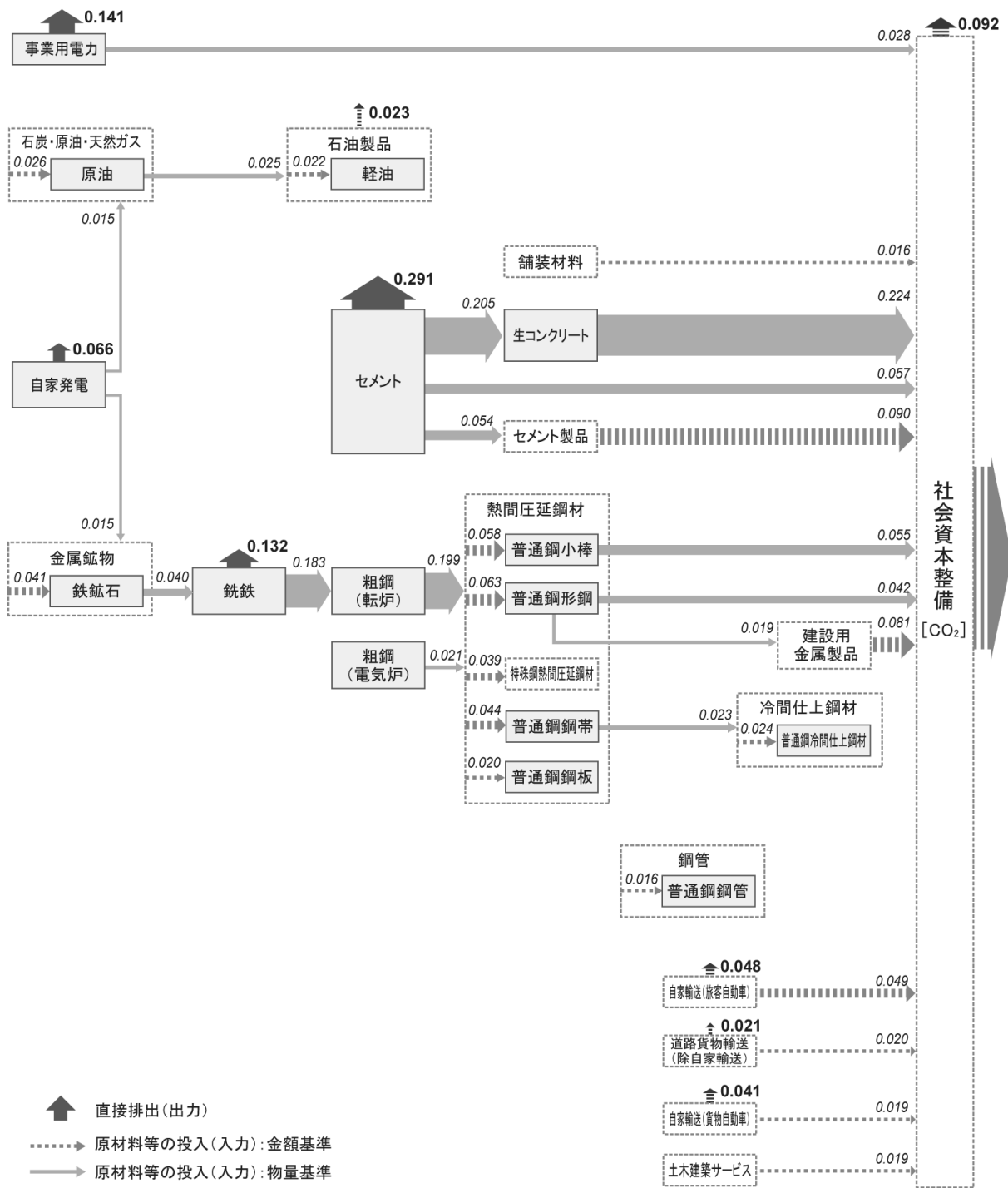
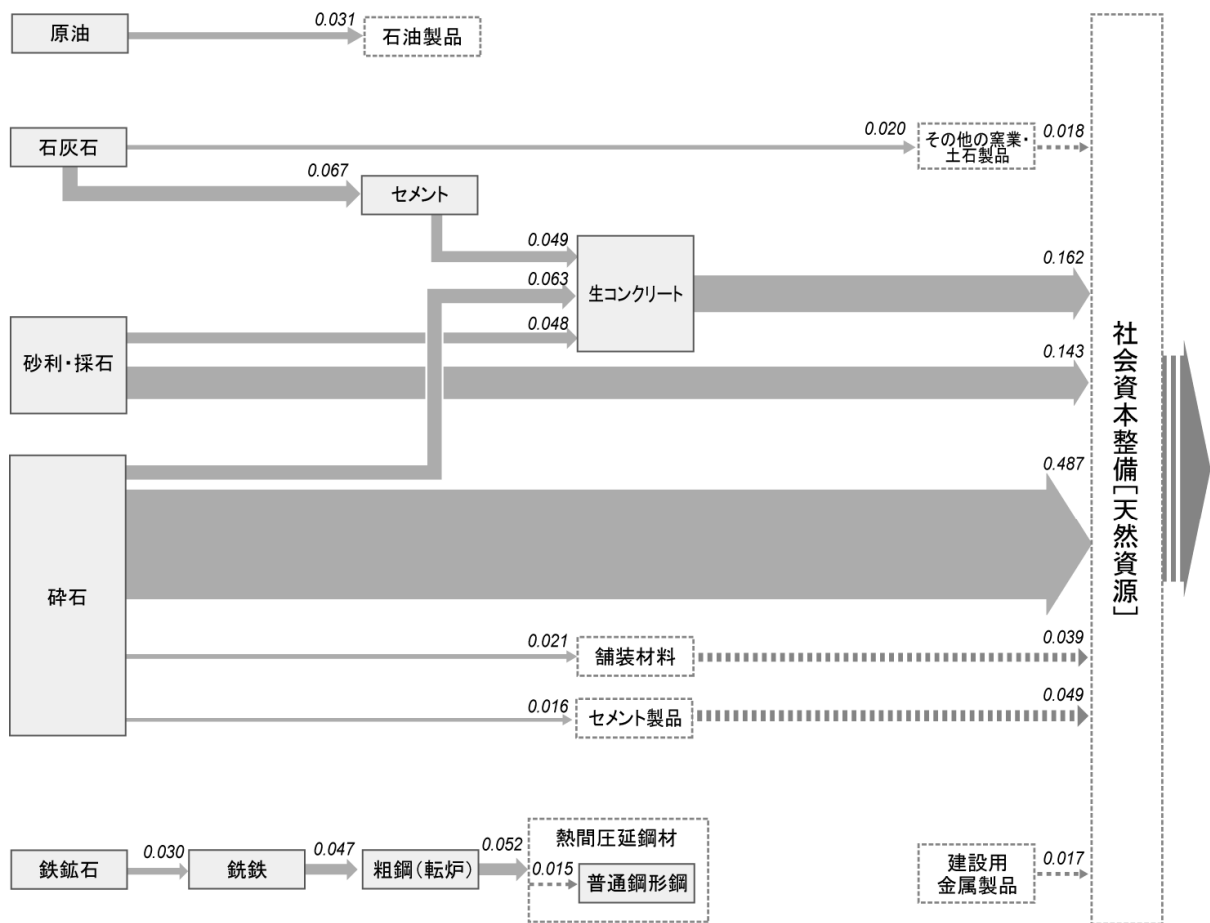


図 3. 2-45 弾力性の評価結果(二酸化炭素排出量、弾力性 0.015 以上)(再掲)



-----> 原材料等の投入(入力):金額基準
 ——> 原材料等の投入(入力):物量基準

図 3. 2-46 弾力性の評価結果(天然資源投入量、弾力性 0.015 以上)(再掲)

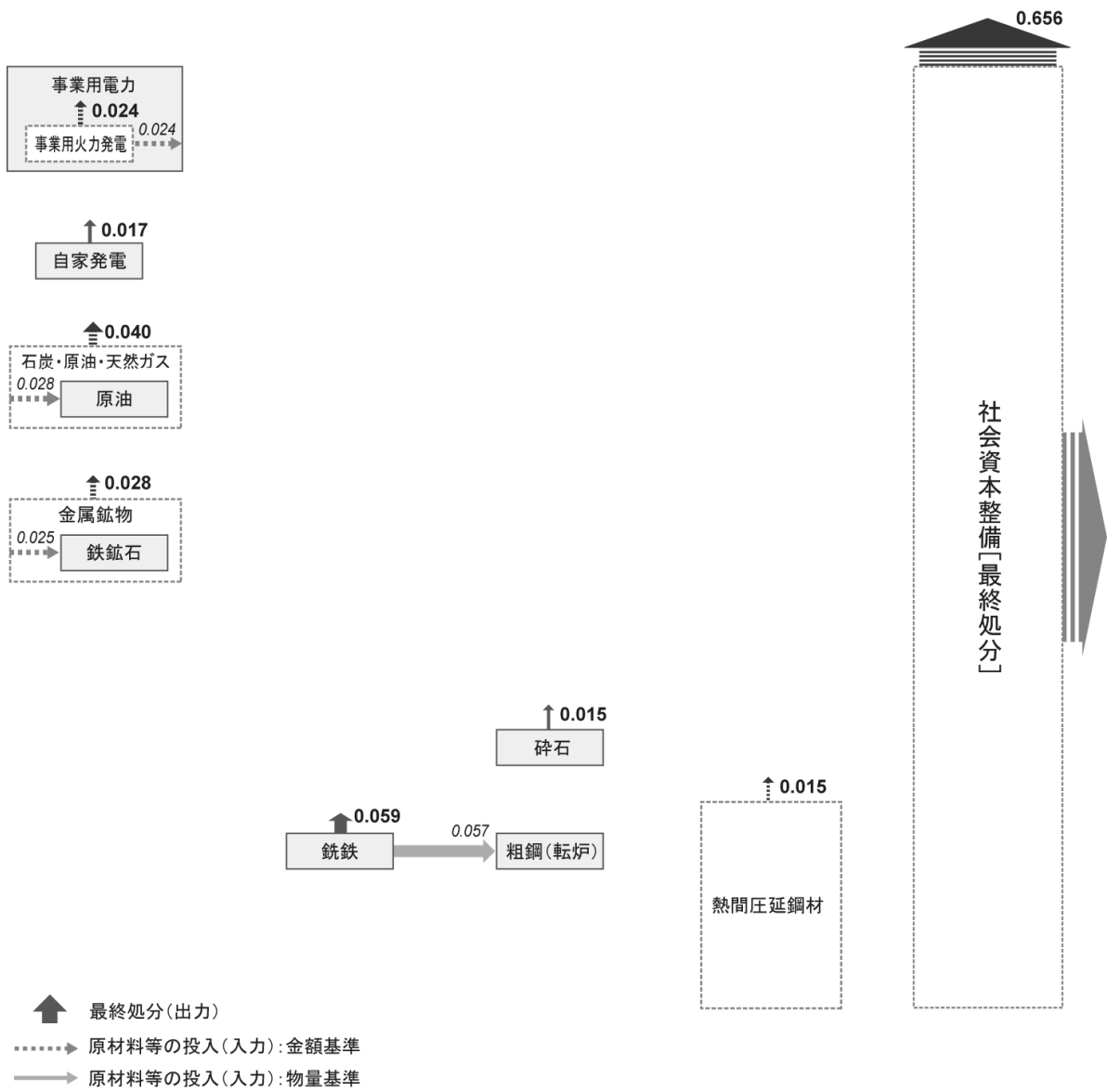


図 3. 2-47 弾力性の評価結果(廃棄物最終処分量、弾力性 0.015 以上)(再掲)

3) 変動性・不確実性の要因と精度向上へ向けた対応

本藤ら(平成13年)¹²では、変動性・不確実性の要因として「データ誤差」、「結合生産」、「一財多価」、「一財多技術」、「一部門多財」の5つを挙げている。また、これらに加えて、パラメータの「時間的変動性」も要因に挙げられる。なお、 a_{ij} は投入係数、 e_j は直接環境負荷排出係数である。変動性・不確実性の各要因の内容は、以下のとおりである。

データ誤差(不確実性) :

統計資料の記載値が、測定誤差、調査表の記入・集計ミスなどにより誤差を持つ可能性がある。

結合生産(石油製品などのように、複数の製品が同じプロセスから同時に生産されること)

実際の産業連関表では円価値単位で財の量を測っているが、結合生産がある場合、各部門へ投入される結合生産物の構成比率が異なるため、財の測定単位(重量や熱量など)に依存して a_{ij} と e_j は変動する。

一財多価(同一財であっても部門によって異なる単価で販売されることがあること) :

実際の産業連関表では円価値単位で財の量を測っているが、それ以外の単位(重量や熱量など)を用いると、 a_{ij} や e_j は変化する。

一財多技術(同一財が複数の技術で生産される場合があること) :

採用技術の違いにより、同一財であっても a_{ij} や e_j の量は異なる。

一部門多財(産業連関表では、社会に存在する膨大な種類の財を約400部門に分類しているため、ほとんどの部門で複数種類の財が生産されていること) :

a_{ij} や e_j は、複数異種の財を含む部門において生産される仮想的な平均財に対応するものであり、実際には、それらの値はばらつきを持つ。

時間的変動性

同一財の生産でも、時点が異なると、生産技術の変化や構成比率の変化により、 a_{ij} と e_j は変化する。

これらのうち、一財多価、一部門多財、一財多技術、は産業連関法を用いることに起因し、本検討では物量データへの置換や区分の詳細化等で対応を図ることとしている。一方、データ誤差、結合生産及び時間的変動性については、概念的には積み上げ法にも存在する要因である。

変動性の全てを横断的に定量評価して、実際にパラメータの幅(分布)を求めることは容易ではない。このため、本研究では、これらの変動性・不確実性の要因毎に、考えられる指標(A~E2)を設定して個別に評価した(表3. 2-54参照)。

¹²本藤祐樹・酒井信介・丹野史郎「産業連関表を用いて推計されたCO₂排出原単位の感度分析」(エネルギー・資源、22(4)、322-328、平成13年)

表 3. 2-54 変動性・不確実性の変動要因の本研究における対応

変動性・不確実性の要因	本研究での対応		
	指標	基礎データと確認事項	対応方法
データ誤差	(A) 【輸入比率】	基礎データ： 産業連関表取引基本表 確認事項： 輸入品は国内生産を仮定して評価しており、輸入比率の高い部門は誤差が大きい可能性が高いと考えられ、国内需要合計での輸入額と生産者価格の比を確認する。	輸入額/国内生産額 $\geq 2/3$ である場合、積み上げデータで置換する。
結合生産	(B) 【列部門と行部門の対応状況】	基礎データ： 産業連関表取引基本表、同屑・副産物表 確認事項： 一つの列部門から複数の行部門を産出する行部門となっているかを確認する。(例：石油製品⇒軽油，その他石油製品(アスファルト等)) なお、産業連関表の表章上の結合生産に着目したものであり、みかけ上の結合生産も含む。	生産プロセスの詳細化や物理的關係に基づく配分が可能であれば、既存統計・研究事例を基に品目別に配分する。 なお、生産プロセスの詳細化等が不可能であれば、修正は行えないとし、金額(国内生産額ベース)で配分される設定のままとなる。
一財多価	(C) 【生産量の基準単位と産出先単価】	基礎データ： 産業連関表取引基本表付帯物量表 確認事項： 当該部門の生産量(投入係数等の基準)が金額基準かを確認する。ただし、金額物量混合型産業連関表がベースとしている物量表での産出先別部門単価は必ずしも十分差異化されているわけではないことにも留意する必要がある。	国内生産数量の設定が可能であれば、国内生産合計を金額から数量に変更する。 なお、不可能であれば、金額基準のまま又は元の部門とは別途に単位物量当たりの投入量(投入係数)を設定する。
一財多技術・一部門多財	(D) 【1990年の事業所別10kg-CO ₂ /百万円の変動係数】	基礎データ： 吉岡・中島(平成10年)論文に示されたデータ 確認事項： 二酸化炭素直接排出量が事業所毎にどの程度異なるかを評価する。(品目毎の差異も内在的に反映される) ただし、利用可能データが1990年の製造業のみ(吉岡・中島，平成10年)に制約されている。	直接二酸化炭素排出係数の弾力性が高く且つ事業所間の直接二酸化炭素排出係数の変動性が高い(2.0以上)の資材に着目して、産業連関表の値を確認・修正していく。
	(参考) 【工業統計の事業所数】	基礎データ： 工業統計表 確認事項： 吉岡・中島(平成10年)の整理した結果を分析すると、製造業においては、事業所数が多いほど、事業所間の変動性が高いものとなりうる可能性あると考えられ、事業所数を評価する。	—
時間的変動性	(E1) 【投入係数の変化率】	基礎データ： 産業連関表取引基本表、同物量表 確認事項： 弾力性の高い投入原材料等について、投入係数の変化率を、2005年値÷2000年値により評価する	弾力性が高く且つ投入係数の変化率の大きい(2/3以下又は3/2以上)原材料投入量等に着目して、産業連関表の値を確認・修正していく。
	(E2) 【直接二酸化炭素排出係数の変化率】	基礎データ： NIES/3EID 確認事項： 直接二酸化炭素排出の弾力性の高い資材について、直接二酸化炭素排出係数の変化率を、2005年値÷2000年値により評価する	直接二酸化炭素排出係数の弾力性が高く且つの変化率の大きい(2/3以下又は3/2以上)資材については、燃料投入量等に着目して、産業連関表の値を確認・修正していく。

4) 資材毎の具体的な修正・区分化の方法

① 修正・区分化の検討手順

修正、区分化の具体的な方法のイメージは、図 3. 2-48 に示すとおりである。表 3. 2-54 に示した変動性・不確実性の変動要因に対して、環境負荷原単位の精度を向上させるため、図 3. 2-49 に示す手順で修正、区分化を行った。

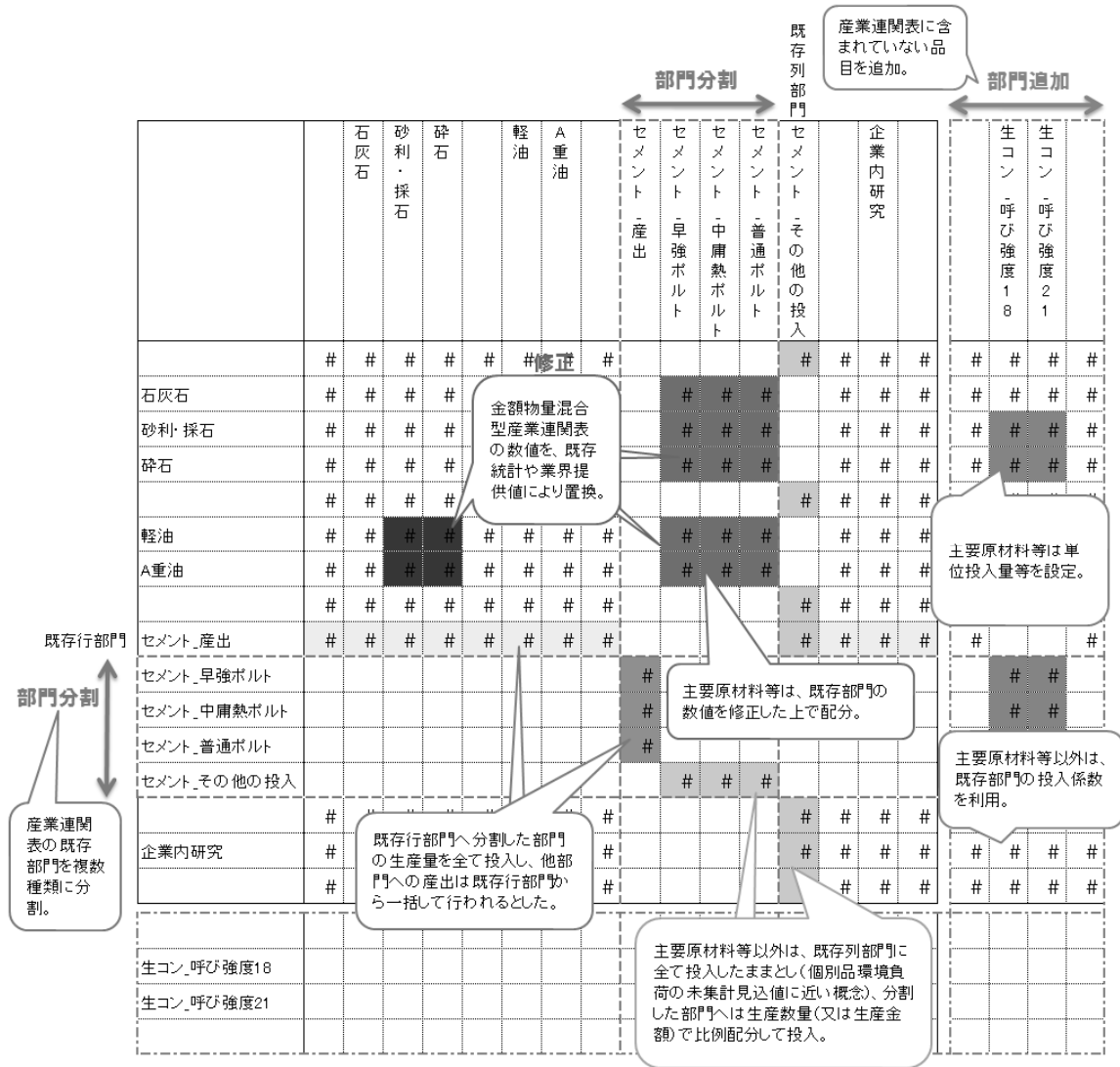


図 3. 2-48 修正・区分化の方法(イメージ)

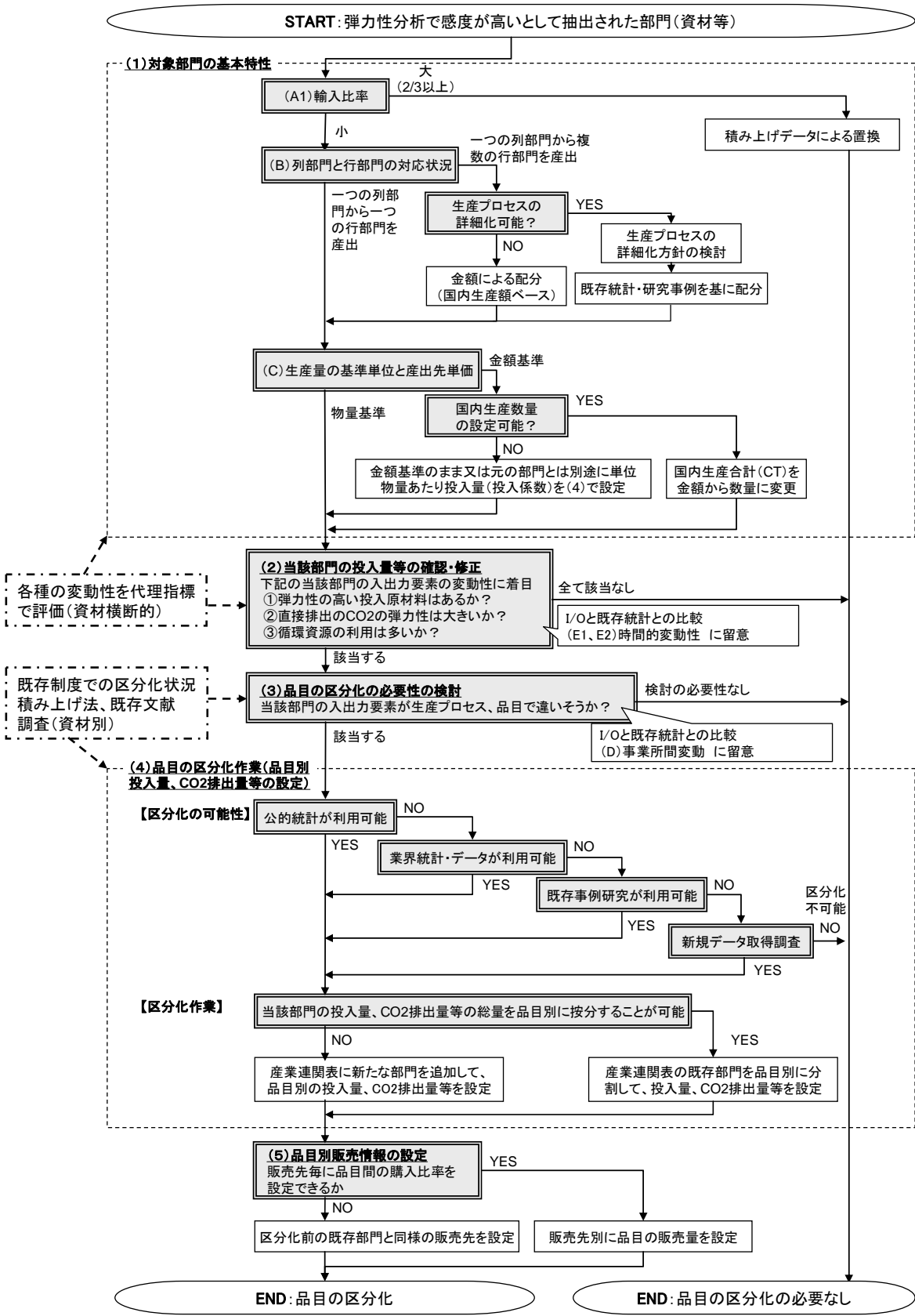


図 3. 2-49 修正・区分化の検討手順

② 「修正」の方法

「(3) 社会資本 I0 表の作成」で作成した社会資本 I0 表は、付帯物量表が存在する部門は金額から物量に置換されている。これらの部門については、業界統計値、公的統計値、業界から提供された数値等の積み上げデータと比較することが可能となっている。

弾力性の高い要素を中心に、当該部門の投入量等(投入原材料、直接二酸化炭素排出量、循環資源投入量)について、金額物量混合型産業連関表とこれらの積み上げデータを比較し、金額物量混合型産業連関表の投入量が過小であるなど修正の必要があると判断された場合は、積み上げデータで置換して数値を修正する。

例) 生コンクリートの骨材の修正

生コンクリート部門はセメントや骨材の投入原材料の弾力性が大きく、この投入量に着目する必要がある。産業連関表では、表 3. 2-55 に示すとおり骨材の投入原材料が低く算定され、製品 1m³ 生産時の原料投入量が少なくなっている。そのため、表 3. 2-56 に示すとおり生コンクリート統計年報の値を用いて、産業連関表の数値を修正した。なお、骨材以外は金額物量混合型産業連関表の値をそのまま用いた。

表 3. 2-55 産業連関表と生コンクリート統計年報の比較イメージ

	生コンクリート統計年報原材料	産業連関表の部門	単位(※)	生コンクリート統計		産業連関表		
				平成17年		平成17年		
				生産量・投入量(※)	1m ³ あたり投入量(kg/m ³)	生産量・投入量(※)	1m ³ あたり投入量(kg/m ³)	1m ³ あたり投入額(円/m ³)
生産量			千m ³	92,284	-	118,898	-	-
原材料 骨材	セメント	セメント	千 t	29,284	317	41,157	346	2,052
	砂	河川砂	千 t	15,035	163	35,875	302	572
		山陸砂	千 t	31,726	344			
		海砂	千 t	11,553	125			
		その他	千 t	20,157	218			
	砂利	河川砂利	千 t	13,171	143	46,857	394	454
		山陸砂利	千 t	10,899	118			
	砕石	砕石	千 t	66,439	720	-	-	-
	その他の骨材	砕石	千 t	160	2			
	人工軽量骨材		千 t	221	2	-	-	-
高炉スラグ	砕石(屑)	千 t	512	6	1,177	10	16	

表 3. 2-56 産業連関表の修正イメージ(生コンクリート)

	部門		単位	生コンクリート統計年報	金額物量混合型産業連関表		
					修正前	修正後	
主要な原燃料等	6220110	砂利・採石	千 t	102,540	35,875	132,112	生コンクリート統計年報の値で修正
	6220210	砕石	千 t	66,599	46,857	85,599	
	6220212	砕石【屑】	千 t	512	1,177	1,177	
	25210110	セメント	千 t	29,284	40,652	40,652	
	
その他	82220110	企業内研究開発	百万円		13,451	13,451	金額物量混合型産業連関表の値を使用
	85190990	その他の対事業所サービス	百万円		20,840	20,840	
	
生産量			千m ³	92,284	118,898	118,898	

③ 「区分化」の方法

当該部門の投入量等の確認結果及び積み上げ法の既存文献調査に基づいて区分化の方針を決定し、区分化に必要なデータの利用可能性に基づいて、部門の分割・追加を行った。

i) 部門分割

元は一つの部門に投入されていた原燃料等を、複数に区分した新設列部門へ配分した。主要な原材料や燃料等の配分は、業界統計値、公的統計値等の積み上げデータに基づくが、それ以外の配分は生産量に基づき行った

分割対象部門の列部門への投入は、新設列部門には積み上げデータで修正する主要な原燃料等のみを投入(表 3. 2-57①)し、既存の列部門にはその他のみを投入(表 3. 2-57②)する形にすることで、積み上げ法で修正した部分と元の産業連関表の部分の区別を見やすくするとともに、その他のみが投入された既存列部門は個別品環境負荷の未集計値に近づくと考えられる。なお、主要な原燃料等以外のその他の部門への投入量は、分割された部門へ生産数量又は生産金額で比例配分した(表 3. 2-57③)。

また、分割対象部門の行部門からの産出は、既存の行部門に新設部門の生産量が全て投入され(表 3. 2-57④)、この既存の行部門から他の部門へ一括して産出される(表 3. 2-57⑤)形とした。

例)セメントの区分化の例

セメント部門は、投入原料に関する弾力性が大きく、循環資源の使用量がセメント種によって異なることを考慮すると、セメント種別に区分化する必要がある。そこで、早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、普通ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント、その他セメントに区分化した。

主要な原燃料は、積み上げデータを基に産業連関表の数値を修正した上で各種セメントに配分し、その他は全て既存部門に投入した。

表 3. 2-57 セメントの部門分割(イメージ)

	単位	区分化後												
		部門分割								既存列部門	その他の部門への産出(例)			
		252101	25210110	252101001	252101002	252101003	252101004	252101005	252101006	252101	252201	252301	413101	
セメント	セメント産出	セメント早強ポルト	セメント中庸熱ポルト	セメント普通ポルト	高炉セメント	フライアッシュセメント	その他のセメント	セメントその他の投入	生コンクリート	セメント製品	道路関係公共事業			
主要原燃料等の投入	6210110 石灰石	t	57,791,041	0	2,686,504	699,132	42,829,860	7,764,575	137,386	3,673,584	0	402,567	267,211	0
	6220110 砂利・採石	t	124,642	0	5,842	1,520	93,136	15,969	252	7,923	0	35,874,867	7,628,227	20,536,503
	6220210 砕石	千t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46,857	10,140	55,483
	6220212 砕石【屑】	千t	3,296	0	0	0	0	0	15	210	0	1,177	9,561	10,014
	7110110 石炭	t	5,703,840	0	265,150	69,002	4,227,100	766,382	13,560	362,574	0	0	81,548	0
	21110130 灯油	kl	2,875	0	128	33	2,037	488	7	183	0	21,210	27,007	44,702
	21110140 軽油	kl	4,287	0	191	50	3,037	728	10	273	0	66,859	19,525	989,262
	21110150 A重油	kl	17,942	0	797	207	12,711	3,045	41	1,141	0	21,110	178,395	58,139
	21110160 B重油・C重油	kl	136,119	0	5,579	1,452	88,939	31,218	279	8,653	0	1,497	29,740	28,134
	21210110 コークス	t	3,286	0	146	38	2,328	558	7	209	0	0	0	0
既存行部門	25210110 セメント産出	t	116,680	0	0	0	0	0	0	116,680	41,156.5	420,566	1,842,488	
部門分割	252101001 セメント早強ポルト	t	0	3,101,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	252101002 セメント中庸熱ポルト	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	252101003 セメント普通ポルト	t	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	252101004 高炉セメント	t	15,485,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	252101005 フライアッシュセメント	t	194,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	252101006 その他のセメント	t	613,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	252101 セメントその他の投入	t	0	3,281,040	853,853	52,308.2	3,384,037	205,263	648,590	0	0	0	0	
その他(例)	41210110 建設補修	百万円	8,968	0	0	0	0	0	0	0	8,968	2,065	38,456	28,433
	82220110 企業内研究開発	百万円	15,724	0	0	0	0	0	0	0	5,724	13,451	28,943	8,195
国内生産量		t	73681081	69,638,000	3,101,000	807,000	49,438,000	15,485,000	194,000	613,000	73,681,081	-	-	-

ii) 部門追加

産業連関表に含まれていない資材(特定することが困難等の場合を含む)は、産業連関表の取引基本表の投入量等の数値を修正・部門分割するのではなく、既存の産業連関表の「外側」に追加することにより、環境負荷原単位を作成した。

例)生コンクリートの部門の追加

呼び強度と単位セメント量は比例関係にあり、呼び強度が大きくなると二酸化炭素排出量が増加することとなる。また、循環資源の使用量がセメント種別に異なる。そのため、強度別・セメント種別の生コンクリートを追加する。既存文献を基に、強度別の単位セメント量、単位骨材量を設定し、投入係数を作成した。この投入係数に環境負荷原単位を乗じることで、表 3. 2-58 に示すとおり強度別の環境負荷原単位とした。

表 3. 2-58 生コンクリートの部門追加イメージ

		単位	追加部門									
			早強ボルト_呼び強度18	早強ボルト_呼び強度21	早強ボルト_呼び強度24	早強ボルト_呼び強度27	早強ボルト_呼び強度30	早強ボルト_呼び強度33	早強ボルト_呼び強度36	早強ボルト_呼び強度40	早強ボルト_呼び強度45	
主要な原燃料	6220110	砂利・採石	t/m3	1.07E+00	1.06E+00	1.05E+00	1.04E+00	1.03E+00	1.02E+00	1.01E+00	1.00E+00	9.85E-01
	6220210	砕骨材	千t/m3	6.93E-04	6.86E-04	6.80E-04	6.74E-04	6.68E-04	6.62E-04	6.56E-04	6.48E-04	6.38E-04
	6220212	砕石【屑】：鉱さい(高炉スラグ・転炉スラグ・電気炉スラグ・その他)	t/m3	9.76E-06	9.71E-06	9.67E-06	9.62E-06	9.57E-06	9.53E-06	9.48E-06	9.42E-06	9.34E-06
	2521011101	早強ポルトランドセメント	t/m3	2.60E-01	2.80E-01	3.00E-01	3.19E-01	3.39E-01	3.58E-01	3.78E-01	4.04E-01	4.37E-01
	2521011102	中庸熟ポルトランドセメント	t/m3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2521011103	普通ポルトランドセメント	t/m3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2521011104	高炉セメント	t/m3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2521011105	フライアッシュセメント	t/m3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
	2521011106	その他のセメント	t/m3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

その他	8220110	企業内研究開発	百万円/m3	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04	1.13E-04
	85190990	その他の対事業所サービス	百万円/m3	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04	1.75E-04
	

④ 主な資材毎の修正・区分化の概要

主な資材毎の修正、区分化の概要は、表 3. 2-59～62 に示すとおりである。

表 3. 2-59 対象部門の基本特性の確認・修正状況(1/2)

変動性・不確実性の要因		輸入率	結合生産	一財多価	
		A	B	C	
指標の内容	設定した指標と確認内容	【輸入比率】 産業連関表取引基本表を用いて、国内需要合計での輸入額と生産者価格の比を確認。 輸入額/国内生産額 $\geq 2/3$ である場合、積み上げデータで置換。	【結合生産：列部門と行部門の対応状況】 一つの列部門から複数の行部門を産出する行部門となっているかを確認。	【生産量の基準単位と産出先単価】 金額物量混合型産業連関表において、当該部門の生産量(投入係数等の基準)が金額基準か数量(物量)基準かを確認。 該当した場合、国内生産数量の設定が可能であれば、国内生産合計を金額から数量に変更。	
	該当時の対応		該当した場合、生産プロセスの詳細化や物理的關係に基づく配分が可能であれば、既存統計・研究事例を基に配分する。		
各資材の検討結果(1/2)	セメント・コンクリート	セメント	1%	該当しない	○物量基準：産出先単価一部差異化
		生コンクリート	0%	該当しない	△物量基準：産出先単価一定
		セメント製品	2%	該当しない	×金額基準→金額基準のまま(多様な品目があり全体としての生産重量把握は困難。区分化において対応。)
		その他の窯業・土石製品	2%	該当しない	×金額基準→金額基準のまま(多様な品目があり全体としての生産重量把握は困難。区分化において対応。)
	舗装資材	舗装材料	0%	該当しない	×金額基準→金額基準のまま(多様な品目があり全体としての生産重量把握は困難。区分化において対応。)
	自動車輸送	自家輸送(貨物自動車)	—	該当しない	×金額基準
		自家輸送(旅客自動車)	—	該当しない	×金額基準
		道路貨物輸送	—	該当しない	×金額基準 →数量(tkm)への変更を検討したが、産出先単価の適切な把握が困難であるため、産業連関表内での物量への変換は行わず、本部門の物量基準原単位においては平均単価による換算結果を示す。
	電力	事業用電力	0%	該当しない	◎物量基準：産出先単価差異化
		事業用火力発電	—	該当しない	×金額基準 →全量を事業用電力に投入するため、数量化の必要性が低い。
		自家発電	—	該当しない	△物量基準：産出先単価一定
	骨材	碎石	4%	該当しない	○物量基準：産出先単価一部差異化
		砂利・採石	3%	該当しない	△物量基準：産出先単価一定

表 3. 2-59 対象部門の基本特性の確認・修正状況 (2/2)

変動性・不確実性の要因		輸入率	結合生産	一財多価	
		A	B	C	
指標の内容	設定した指標と確認内容	【輸入比率】 産業連関表取引基本表を用いて、国内需要合計での輸入額と生産者価格の比を確認。 輸入額/国内生産額 $\geq 2/3$ である場合、積み上げデータで置換。	【結合生産：列部門と行部門の対応状況】 一つの列部門から複数の行部門を産出する行部門となっているかを確認。	【生産量の基準単位と産出先単価】 金額物量混合型産業連関表において、当該部門の生産量(投入係数等の基準)が金額基準か数量(物量)基準かを確認。	
	該当時の対応		該当した場合、生産プロセスの詳細化や物理的關係に基づく配分が可能であれば、既存統計・研究事例を基に配分する。	該当した場合、国内生産数量の設定が可能であれば、国内生産合計を金額から数量に変更。	
各資材の検討結果 (2/2)	石油製品	石炭・原油・天然ガス	—	該当(石炭・石油・天然ガス⇒石炭、原油、天然ガス) →下流プロセスである原油を積み上げ法で置換したため、検討の必要性なし。	×金額基準(複数の行部門に対応する列部門) →下流プロセスである原油を積み上げ法で置換したため、検討の必要性なし。 △物量基準：産出先単価一定
		原油	100% →輸入品のCO2排出原単位は既存研究の値を採用。		
		石油製品	—	該当(ガソリン、ジェット燃料油、灯油、軽油、A重油、B・C重油、ナフサ、液化石油ガス、その他) →真の結合生産を含む。物理的關係(精製工程の複雑度を示す係数CF値)に基づく配分を検討したが適用困難と考えられたため、非採用。	×金額基準(複数の行部門に対応する列部門) ○物量基準：産出先単価一部差異化
		軽油	3%		
	鉄鋼	金属鉱物	—	該当(金属鉱物⇒鉄鉱石、非鉄金属鉱物) →下流プロセスである鉄鉱石を積み上げ法で置換したため、検討の必要性なし。	×金額基準(複数の行部門に対応する列部門) →下流プロセスである鉄鉱石を積み上げ法で置換したため、検討の必要性なし。 △物量基準：産出先単価一定
		鉄鉱石	100% →輸入品のCO2排出原単位は業界提供値を採用。		
		銑鉄	2%	該当しない	△物量基準：産出先単価一定
		粗鋼(転炉)	0%	該当しない	△物量基準：産出先単価一定
		熱間圧延鋼材	—	該当(普通鋼形鋼・鋼帯・小棒・鋼板・その他、特殊鋼鋼材) →みかけの結合生産と考えられる。熱間圧延鋼材(列部門)の製造工程を、原料の粗鋼(転炉、電気炉)の投入について、既存統計及び既存研究の方法により、行部門別に詳細化。 (残りの入出力は生産額配分のまま)	×金額基準(複数の行部門に対応する列部門) ○物量基準：産出先単価一部差異化 △物量基準：産出先単価一定
		普通鋼形鋼	2%		△物量基準：産出先単価一定
		普通鋼鋼帯	5%		△物量基準：産出先単価一定
		普通鋼小棒	1%		△物量基準：産出先単価一定
		普通鋼鋼板	4%		△物量基準：産出先単価一定
		特殊鋼熱間圧延鋼材	—		×金額基準 →金額基準のまま(生産重量の不明な鋼材が一部に含まれる)
		冷間仕上鋼材	—	該当(普通鋼冷間仕上鋼材、特殊鋼冷間仕上鋼材) →みかけの結合生産と考えられる。検討したが、原料の投入について普通鋼鋼材と特殊鋼鋼材を分離できていない。	×金額基準(複数の行部門に対応する列部門) △物量基準：産出先単価一定
		普通鋼冷間仕上げ鋼材	5%		
		鋼管	—	該当(鋼管⇒普通鋼、特殊鋼) →みかけの結合生産と考えられる。検討したが、原料の投入について普通鋼鋼材と特殊鋼鋼材を分離できていない。	×金額基準(複数の行部門に対応する列部門) △物量基準：産出先単価一定
		普通鋼鋼管	3%		
		建設用金属製品	4%	該当しない	×金額基準 →金額基準のまま(多様な品目があり全体としての生産重量把握は困難)

注) —: 数値なし。グレーの網掛は検討不要。

表 3. 2-60 当該部門の投入量等の確認・修正状況(1/2)

着目する入力要素		①弾力性の高い投入原材料			②直接排出のCO2の弾力性		③循環資源の利用			
		CO2排出を対象とした場合の投入原材料の弾力性	天然資源を対象とした場合の投入原材料の弾力性	最終処分を対象とした場合の投入原材料の弾力性	直接排出CO2の弾力性	時間的変動性				
指標の内容	設定した指標と確認内容						時間的変動性			左記の評価を踏まえた投入量等の確認結果と修正方針
					E1	E2				
		【投入係数の変化率】弾力性の高い投入原材料等について、投入係数の変化率を評価し、2005年値÷2000年値が大きい(2/3以下又は3/2以上)原材料投入量等について、確認の必要性が高い。			【直接CO2排出係数の変化率】直接CO2排出の弾力性の高い資材について、直接CO2排出係数の変化率を評価し、2005年値÷2000年値が大きい(2/3以下又は3/2以上)資材について、確認の必要性が高い。					
各資材の検討結果(1/2)	セメント・コンクリート	セメント	/	石灰石:0.067	/	石灰石:0.77	0.291	1.03	多種多量を受入れ、セメント種毎に使用量が異なる。	<修正実施> 弾力性の高い石灰石は一次統計(=3EID)、原料・廃棄物燃料は業界統計で修正。電力・化石燃料は一次統計で修正し、燃料は自家発電用とセメント製造用に区分して投入。
		生コンクリート	セメント:0.204	セメント:0.048 砂利・採石:0.048 砕石:0.062	/	セメント:1.09 砂利・採石:0.34 砕石:0.81	/	/	骨材に再生砂等が使用される。	<修正実施> 産連表は骨材投入量が過小であり、生コンクリート統計年報で修正。
		セメント製品	セメント:0.053	砕石:0.015	/	セメント:0.85 砕石:1.24	/	/	骨材に再生砂等が使用される。	<修正実施> セメント、骨材投入の弾力性が高い。業界提供値に基づきセメント:骨材の比率を設定し、骨材の投入量を修正。
		その他の窯業・土石製品	/	石灰石:0.020	/	石灰石:1.25	/	/		<修正不可> 石灰石の投入量の弾力性が大きく区分化とあわせ検討が必要。
	舗装資材	舗装材料	/	砕石:0.021	/	砕石:0.99	/	/	再生合材では、再生骨材が使用される。	<修正実施> 原料をアスファルト合材統計年報の数値で修正(公的一次統計がなく、産連表では同業界統計を利用していない)。
	自動車輸送	自家輸送(貨物自動車)	/	/	/	/	0.041	1.01		<修正不要> 3EIDと一次統計を比較し、燃料消費量の数値の差が小さいことを確認し、3EIDの値を採用。
		自家輸送(旅客自動車)	/	/	/	/	0.048	1.04		<修正実施> 軽油で3EIDと一次統計(自動車輸送統計)の差が大きい。トンキロの単価で換算した際の燃費の値を重視して、自動車輸送統計の数値で置換。
		道路貨物輸送	/	/	/	/	0.02	0.91		
	電力	事業用電力	事業用火力発電:0.024	/	/	※事業用火力発電:1.07	0.14	1.09		<修正不要> 3EIDと一次統計を比較し、燃料消費量の数値の差が小さいことを確認し、3EIDの値を採用。
		事業用火力発電	/	/	/	/	/	0.73		(ただし、鉄鋼関係の数値置換の一環として、高炉ガスについて電力需給の概要の値に変更)
自家発電		/	/	/	/	0.066	1.21		<修正不可> 自家発電全体の正確な消費量の把握は困難。区分化で対応(鉄鋼部門、セメント部門で実施。)	
骨材	砕石	/	/	/	/	/	/	再生砕石では、コンクリート塊、アスファルトコンクリート塊が使用される。	<修正実施> 再生砕石の生産量が産連表に含まれていないが、これを含める形で数値を修正するのは困難。(部門追加で対応) 砕骨材の製造用の電力・燃料投入量は、砕石等統計年報を用いて修正。その前段として、自家輸送(貨物)の投入額の一部を通常の投入に変更。	
	砂利・採石	/	/	/	/	/	/	天然資源であるため、検討しない。	<修正不要> 弾力性の高い投入原料等はなく、修正不要。	

表 3. 2-60 当該部門の投入量等の確認・修正状況 (2/2)

着目する入力要素		①弾力性の高い投入原材料			②直接排出のCO2の弾力性		③循環資源の利用	左記の評価を踏まえた投入量等の確認結果と修正方針	
		CO2排出を対象とした場合の投入原材料の弾力性	天然資源を対象とした場合の投入原材料の弾力性	最終処分を対象とした場合の投入原材料の弾力性	時間的変動性	時間的変動性			
指標の内容	設定した指標と確認内容				E1 【投入係数の変化率】弾力性の高い投入原材料等について、投入係数の変化率を評価し、2005年値÷2000年値が大きい(2/3以下又は3/2以上)原材料投入量等について、確認の必要性が高い。	E2 【直接CO2排出係数の変化率】直接CO2排出の弾力性の高い資材について、直接CO2排出係数の変化率を評価し、2005年値÷2000年値が大きい(2/3以下又は3/2以上)資材について、確認の必要性が高い。			
									変動性・不確実性の要因	直接排出CO2の弾力性
石油製品	石炭・原油・天然ガス	自家発電:0.015			※自家発電:1.31			天然資源であるため、検討しない。	<修正不要> 下流プロセスである原油を積み上げ法で置換したため、検討の必要性なし。
	原油	石炭・原油・天然ガス:0.025	重量換算係数:0.029	石炭・原油・天然ガス:0.028	※石炭・原油・天然ガス:2.23 重量換算係数:1.00				<修正不要> 輸入比率が高く、積み上げ法データで置換するために、その他の検討は必要なし。(重量換算値を除く。)
	石油製品	原油:0.025	原油:0.031		※原油:0.75	0.022	0.89		<修正不要> 精製用燃料投入量で一次統計と産連表で差が無いことを確認し、産連表の値を採用。FCCコークスは一次統計に含まれると判断。
	軽油	石油製品:0.022			※石油製品:1.16				
各資材の検討結果 (2/2) 鉄鋼	金属鉱物	事業用電力:0.015 自家発電:0.015			※事業用電力:1.02 ※自家発電:1.28			天然資源であるため、検討しない。	<修正不要> 下流プロセスである鉄鉱石を積み上げ法で置換したため、検討の必要性なし。
	鉄鉱石	金属鉱物:0.040		金属鉱物:0.025	※金属鉱物:0.95				<修正不要> 輸入比率が高く、積み上げ法データで置換するために、その他の検討は必要なし。
	銑鉄	鉄鉱石:0.040	鉄鉱石:0.030		鉄鉱石:0.97	0.132	1.12	廃プラスチックの利用が進んでいる。	<修正実施> 弾力性の高い鉄鉱石は統計と産連表で概ね一致し、産連表を採用。副生ガス消費量に一次統計と3EIDで乖離⇒鉄鋼関連全体で一連の修正を実施(副生ガス消費量の置換と自家発電の分離)
	粗鋼(転炉)	銑鉄:0.182	銑鉄:0.047	銑鉄:0.057	銑鉄:0.95				<修正不要> 銑鉄の投入量は、統計と産連表で概ね一致し、産連表を採用。 ※鉄鋼関連全体で一連の修正を実施(副生ガス消費量の置換と自家発電の分離)
	熱間圧延鋼材	粗鋼(転炉):0.199 粗鋼(電気炉):0.020	粗鋼(転炉):0.052		※粗鋼(転炉):0.67 ※粗鋼(電気炉):0.57			粗鋼製造時に鉄屑が多く用いられ、特に電炉でその割合が大きい。	※鉄鋼関連全体で一連の修正を実施(副生ガス消費量の置換と自家発電の分離)
	普通鋼形鋼	熱間圧延鋼材:0.063	熱間圧延鋼材:0.015		※熱間圧延鋼材:1.84				
	普通鋼鋼帯	熱間圧延鋼材:0.043			※熱間圧延鋼材:1.59				
	普通鋼小棒	熱間圧延鋼材:0.057			※熱間圧延鋼材:1.88				
	普通鋼鋼板	熱間圧延鋼材:0.019			※熱間圧延鋼材:1.46				
	特殊鋼熱間圧延鋼材	熱間圧延鋼材:0.039			熱間圧延鋼材:1.00				
冷間仕上鋼材	普通鋼鋼帯:0.022			※普通鋼鋼帯:0.82				※鉄鋼関連全体で一連の修正を実施(副生ガス消費量の置換と自家発電の分離)	
普通鋼冷間仕上鋼材	冷間仕上鋼材:0.023			※冷間仕上鋼材:1.33					
鋼管								※鉄鋼関連全体で一連の修正を実施(副生ガス消費量の置換と自家発電の分離)	
普通鋼鋼管	鋼管:0.015			※鋼管:1.42					
建設用金属製品	普通鋼形鋼:0.019			※普通鋼形鋼:1.03				<修正不可> 建設用金属製品全体としての投入量等の検証は困難。	

表 3. 2-61 品目の区分化の必要性の検討状況 (1/2)

変動性・不確実性の要因		一財多技術	一部門多財	左記の評価を踏まえた区分化の必要性の検討結果	
指標の内容	設定した指標と確認内容	D 【1990年の事業所別10kgCO2/百万円の変動係数】 CO2直接排出量の事業所毎の変動を評価し、変動性が高い(2.0以上)の資材について、区分化が必要な可能性がある点に留意。	参考 【工業統計の事業所数】 事業所数を評価。		
各資材の検討結果(1/2)	セメント・コンクリート	セメント	変動係数:0.5 事業所数:48	72	<区分化必要> 投入原材料に関する弾力性が高く、循環資源の使用量がセメント種によって異なることを考慮すると、セメント品目毎の区分化が必要である。なお、セメント種ごとの生産量では早強、中庸熱、普通が大きく、インベントリも異なると考えられ、区分化が必要な可能性が高い。
		生コンクリート	変動係数:1.3 事業所数:355	3443	<区分化必要> 間接排出量の9割がセメント製造時の排出量が占めるため、セメント種別に区分化が必要である。また、呼び強度により単位セメント量が異なるため、呼び強度別の区分化が必要である。
		セメント製品	変動係数:1.0 事業所数:749	3972	<区分化必要> セメント種や鉄筋の有無により環境負荷が異なると考えられ、区分化が必要である。
		その他の窯業・土石製品			
	舗装資材	舗装材料	変動係数:1.1 事業所数:8	736	<区分化必要> 投入原材料に関する弾力性が高く、エネルギー消費に関する不確実性が高い。これらは新規合材と再生合材間で異なることを考慮すると、品目の区分化の必要がある。
	自動車輸送	自家輸送(貨物自動車)	—	仮設部門	<区分化必要> 直接CO2排出量の弾力性が高いことから、燃費の違いに応じた区分化が必要。
		自家輸送(旅客自動車)	—	仮設部門	
		道路貨物輸送	—	—	
	電力	事業用電力	—	—	<区分化不要> 社会資本LCAの比較代替案において電力事業者が異なる場合は少ない。また、対象資材の製造での事業用電力投入の弾力性が高くないことから、区分化の優先度は低い。今後、グリーン電力の利用などの検討が必要。
		事業用火力発電	—	—	
自家発電		—	仮設部門	<区分化必要> 直接CO2排出量の弾力性が高いが、これらは自家発電実施部門ごとに差異が大きい可能性が高い。資材別の検討の結果、鉄鋼とセメントについて自家発電を区分化する。	
骨材	碎石	—	928	<区分化必要> 建設副産物実態調査によれば、碎石類使用量のうち再生碎石が占める割合が約25%を占めることから、再生碎石を区分化する必要がある。また、砕骨材は石材等よりも使用する燃料などが多いと考えられ、区分化する必要がある。	
	砂利・採石	—	—	<区分化不要> 品目の区分化の必要性は確認されていない。	

表 3. 2-61 品目の区分化の必要性の検討状況 (2/2)

変動性・不確実性の要因		一財多技術	一部門多財	左記の評価を踏まえた区分化の必要性の検討結果	
指標の内容	設定した指標と確認内容	D	参考		
				【1990年の事業所別10kgCO2/百万円の変動係数】 CO2直接排出量の事業所毎の変動を評価し、変動性が高い(2.0以上)の資材について、区分化が必要な可能性がある点に留意。	【工業統計の事業所数】 事業所数を評価。
各資材の検討結果 (2/2)	石油製品	石炭・原油・天然ガス	—	—	<区分化不要> 下流プロセスである鉄鉱石を積み上げ法データで置換した。
		原油	—	—	<区分化不要> 輸入比率が高く、積み上げ法データで置換するために、その他の検討は必要なし。
		石油製品	変動係数:1.6 事業所数:54	精製41	<区分化不要> 品目の区分化の必要性は確認されていない。
		軽油	—	28	
	鉄鋼	金属鉱物	—	—	<区分化不要> 下流プロセスである鉄鉱石を積み上げ法データで置換した。
		鉄鉱石	—	—	<区分化不要> 輸入比率が高く、積み上げ法データで置換するために、その他の検討は必要なし。
		銑鉄	変動係数:0.3 事業所数:20	15	<区分化不要> 品目の区分化の必要性は確認されていない。
		粗鋼(転炉)	—	—	<区分化不要> 普通鋼と特殊鋼に分けることが考えられる。(それにより下流工程の修正・区分化がしやすくなる可能性がある。)
		熱間圧延鋼材	変動係数:1.0 事業所数:27	25	<区分化不要> 産業連関表において、行部門は既に区分化されており、列部門の投入を詳細化すればよい。
		普通鋼形鋼	—	—	
		普通鋼鋼帯	—	—	
		普通鋼小棒	—	—	
		普通鋼鋼板	—	—	
		特殊鋼熱間圧延鋼材	—	—	
		冷間仕上鋼材	変動係数:0.8 事業所数:26	32	<区分化不要> 産業連関表において、行部門は既に区分化されており、列部門の投入を詳細化すればよい。 (ただし、普通鋼冷間仕上鋼材の中でも大きく材料が異なっている等の場合は区分化が必要)
		普通鋼冷間仕上鋼材	—	—	
鋼管	変動係数:2.9 事業所数:56	67	<区分化不要> 産業連関表において、行部門は既に区分化されており、列部門の投入を詳細化すればよい。 (ただし、普通鋼鋼管の中でも大きく材料が異なっている場合は区分化が必要)		
普通鋼鋼管	—	62			
建設用金属製品	変動係数:2.8 事業所数:579	7354	<区分化必要> 「普通鋼鋼帯」部門と、「特殊鋼熱間圧延鋼材」部門の投入の弾力性が高く、品目毎に異なった割合で使用されている可能性があり、使用鋼材種類毎に区分化することが考えられる。		

注) —: 数値なし。グレーの網掛けは検討不要。

表 3. 2-62 品目の区分化作業の状況 (1/2)

		区分化の可能性				区分化作業	区分化の結果		
		公的統計	業界統計・データ	既存事例研究	新規データ取得	当該部門の投入量等の総量を品目別に按分が可能			
各資材の検討結果 (1/2)	セメント・コンクリート	セメント	×	△: 業界データ(セメントのLCIの概要)から、ポルトランド、高炉、フライアッシュ、その他に区分化可能。ただし、ポルトランドの区分化ができない。	×	○: 早強、普通、中庸熱ポルトランドセメントで、製造時のエネルギー消費量の比のデータを取得。	○: ただし、早強、中庸熱、普通ポルトランドセメント毎に原料の投入量を分割するのは困難。	<部門分割> 業界データ(セメントのLCIの概要)をもとに、ポルトランドセメント、高炉セメント、フライアッシュセメント、その他セメントに分割。さらに、ポルトランドセメントを普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントに分割して、製造時エネルギー消費量を差異化。	
		生コンクリート	×	×	○: 呼び強度別の水セメント比、単位骨材量を推計。	×	△: 呼び強度別の生コン生産量の推計は困難。	<部門分割> 使用セメント種別に分割。 <部門追加> 単位セメント量、骨材量を推計し、セメント種別、呼び強度別の原単位を追加。	
		セメント製品	×	×	×	○: 工場別の生産量、原燃料投入量等の例を取得。	×	×: 製品毎の総投入量は不明。	<区分化不可> 入手したデータからセメント製品種類別の原燃料等の区分化は困難。
		その他の窯業・土石製品							
	舗装資材	舗装材料	×	△: 舗装材料のうち合材の新材と再生材の生産数量は把握可能。再生骨材の投入量も把握可能。	○: 電力・燃料投入量の推計に使用。また、再生合材へのアスファルト添加率を推計。	×	△: 単価と業界統計の生産量から、舗装合材の生産額を推計することで、その他の舗装材料と分割可能。	<部門分割> 再生合材、新規合材、その他の舗装材料に分割。	
	自動車輸送	自家輸送(貨物自動車)	○: 自動車輸送統計	×	×	○: シャンダイナモ試験より、通常と想定される運搬車両について燃費を設定。	—	「運搬の環境負荷原単位の算定方法」として別途に検討。	
		自家輸送(旅客自動車)							
	電力	道路貨物輸送							
		事業用電力							
		事業用火力発電							
骨材	自家発電								
	砕石	×	×	○: 再生砕石の単位燃料使用量を推計。		△: 砕骨材の生産分に砕石等統計年報を用い、石材と分割が可能。ただし、再生砕石は産業連関表の砕石部門の生産量に含まれていないため、按分は不可。	<部門分割> 砕骨材と石材に分割。 <部門追加> 単位燃料使用量を推計し、再生砕石の部門を追加。		
	砂利・採石								

表 3. 2-62 品目の区分化作業の結果 (2/2)

		区分化の可能性				区分化作業	区分化の結果	
		公的統計	業界統計・データ	既存事例研究	新規データ取得	当該部門の投入量等の総量を品目別に按分が可能		
各資材の検討結果 (2/2) 鉄鋼	石油製品	石炭・原油・天然ガス						
		原油						
		石油製品						
		軽油						
	鉄鋼	金属鉱物						
		鉄鉱石						
		銑鉄						
		粗鋼(転炉)						
		熱間圧延鋼材	△	○	○:(中島・中村ら、平成18年)	×	○	<詳細化実施> 熱間圧延鋼材には銑鉄の、各種鋼材には熱間圧延鋼材の投入の弾力性が高い。各鋼材ごとに粗鋼(転炉)及び粗鋼(電気炉)の投入量を配分する形で修正するとともに、プロセスの詳細化を実施。
		普通鋼形鋼						
		普通鋼鋼帯						
		普通鋼小棒						
		普通鋼鋼板						
		特殊鋼熱間圧延鋼材						
冷間仕上鋼材	×	×	×	×	×	<詳細化不可> 必要データを入手できないため、詳細化は行わない。		
普通鋼冷間仕上げ鋼材								
鋼管	×	×	×	×	×	<詳細化不可> 必要データを入手できないため、詳細化は行わない。		
普通鋼鋼管								
建設用金属製品	×	×	×	×	×	<区分化不可> 必要データが入手できないため、区分化は行わない。		

注) グレーの網掛は検討不要。

⑤ 修正・区分化に使用した主な出典資料

修正、区分化の検討に使用した主な出典資料は、以下のとおりである。

セメント

温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」（平成 17 年）
温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」（平成 19 年）
戒能一成「産業連関表・鉱工業統計を用いた石灰石起源 CO₂ 排出などの評価・検証」（RIETI Discussion Paper Series 10-J-026、平成 22 年）
環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」（平成 18 年 8 月）〈<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1808/index.html>〉
環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」（平成 12 年 9 月）〈<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1209/index.html>〉
経済産業省「窯業・建材統計」〈http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/04_yogyo.html〉
経済産業省「石油等消費動態統計」〈<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekisyo/index.html>〉
経済産業省経済産業政策局調査統計部「資源統計年報」
経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査－混合セメントの普及拡大方策に関する検討－報告書」（平成 21 年 3 月）
〈http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/jyutaku/downloadfiles/H20fy_kongocement_houkoku.pdf〉
経済産業省総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会工場等判断基準小委員会「第 3 回配布資料」（平成 20 年 9 月）〈<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/data/g80925aj.html>〉
セメント協会「セメントの LCI データの概要」（平成 17 年）
セメント協会「セメントの LCI データの概要」（平成 19 年 6 月）
セメント協会「セメントハンドブック」（平成 17 年）
セメント協会「セメントハンドブック」（平成 20 年 6 月）
鉄鋼スラグ協会「鉄鋼スラグ統計年報」（平成 17 年）
宮川豊章 他「図説 わかる材料 土木・環境・社会基盤施設をつくる」（学芸出版社、平成 21 年 8 月）

生コンクリート

経済産業省「工業統計表」〈<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2.html>〉
経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「生コンクリート統計年報〈平成 17 年〉」（経済産業統計協会、平成 18 年 6 月）
経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「生コンクリート統計年報〈平成 20 年〉」（経済産業統計協会、平成 21 年 8 月）
経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査－混合セメントの普及拡大方策に関する検討－報告書」（平成 21 年 3 月）
〈http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/jyutaku/downloadfiles/H20fy_kongocement_houkoku.pdf〉
セメント協会「セメントハンドブック」（平成 17 年）

セメント協会「セメントハンドブック」(平成20年6月)
セメント協会「セメントの常識」(平成9年)
土木学会「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」(土木学会、平成19年4月)
土木学会「コンクリート構造物の環境性能照査指針<試案>」(土木学会、平成17年11月)
土木学会「コンクリート標準示方書 施工編<2007年制定>」(土木学会、平成20年4月)
村田二郎 他「建設材料コンクリート」(共立出版、平成16年2月)

セメント製品

経済産業省「工業統計表」<<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2.html>>
経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「砕石統計年報<平成17年>」(経済産業統計協会、平成18年6月)
経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「生コンクリート統計年報<平成17年>」(経済産業統計協会、平成18年6月)
経済産業省経済産業政策局調査統計部「窯業建材統計年報<平成21年>」(経済産業統計協会、平成22年7月)
セメント新聞社「コンクリート製品・企業便覧<2009年版>」(セメント新聞社、平成21年1月)
土木学会「コンクリート構造物の環境性能照査指針<試案>」(土木学会、平成17年11月)
土木学会「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」(土木学会、平成19年4月)

その他の窯業・土石製品

経済産業省経済産業政策局調査統計部「化学工業統計年報<平成18年>」(経済産業調査会、平成19年6月)
経済産業省経済産業政策局調査統計部「資源・エネルギー統計年報<平成18年>」(経済産業調査会、平成19年8月)
石灰石鉱業協会「石灰石生産量および用途別出荷量の推移」
セメント協会「セメントハンドブック」(平成17年)
セメント協会「セメントハンドブック」(平成20年6月)

石炭・石油・天然ガス

産業環境管理協会「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発 成果報告書(平成10年度)」
本藤祐樹 他「1995年産業連関表を用いた温室効果ガス排出原単位の推計」(日本エネルギー学会誌、Vol.81、No.9、平成13年)
本藤祐樹 他「化石燃料の国内消費に伴い海外で誘発される環境影響物質-CO₂、SO_x、NO_x、排出量-」(エネルギー・資源、Vol.20、No.6、平成11年)

鉄鋼

戒能一成「総合エネルギー統計の解説/2007年度改訂版」(平成21年6月)
環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」(平成12年9月)< <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1209/index.html> >

経済産業省「石油等消費動態統計」<<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sekisyo/index.html>>
産業環境管理協会「平成10年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発 成果報告書」(平成11年3月)
産業環境管理協会「平成12年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発 成果報告書」(平成13年3月)
産業環境管理協会「平成14年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発 成果報告書」(平成15年3月)
産業技術総合研究所「カーボンフットプリント制度試行事業 CO₂換算量共通原単位データベース(暫定版)ver. 2.01」(平成22年10月)<<http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/data2010.html>>
資源エネルギー庁長官官房総合政策課「総合エネルギー統計」<<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyuu/index.htm>>
シップ・アンド・オーシャン財団「平成12年度 船舶からの温室効果ガス(CO₂等)の排出削減に関する調査研究報告書」(平成13年6月)<http://www.sof.or.jp/jp/report/pdf/200106_rp01060001j.pdf>
鉄鋼新聞社「鉄鋼年鑑」
堂野前等 他「LCA評価のための産業連関表の修正」(第2回エコバランス国際会議、平成8年)
中島謙一 他「廃棄物産業連関に基づくマテリアルフロー分析(WIO-MFA):鉄資源循環分析への適用」(金属学会誌、Vol.70、No.8、平成18年)
南斉規介 他「政府統計の縮小と2005年産業連関表による環境負荷原単位との関係」(第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、平成22年3月)
本藤祐樹 他「1995年産業連関表を用いた温室効果ガス排出原単位の推計」(日本エネルギー学会誌、Vol.81、No.9、平成13年)
吉田正彦「海運におけるGHG排出指標」(海洋技術安全研究所報告、第9巻、第4号、平成22年3月)<<http://www.nmri.go.jp/main/publications/paper/pdf/26/09/04/PNM26090405-00.pdf>>

舗装材料

経済産業省「工業統計表」<<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2.html>>
土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム「土木研究所資料4096号 アスファルト舗装用骨材に関する実態報告書」(平成20年3月)
新田弘之 他「舗装材料の生産に関する環境負荷原単位について」(北道路舗装会議技術論文集、第11回、C-16、平成21年6月)
日本アスファルト合材協会「平成12年度 アスファルト合材統計年報」
日本アスファルト合材協会「平成17年度 アスファルト合材統計年報」
日本アスファルト乳剤協会「アスファルト乳剤の基礎と応用技術」(平成18年2月)

自動車輸送

経済産業省「工業統計表」<<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/result-2.html>>
経済産業省・国土交通省「ロジスティクス分野におけるCO₂排出量算定方法共同ガイドライン Ver.3.0」(平成19年3月)<<http://www.greenpartnership.jp/pdf/co2/guidelinev3.0.pdf>>
国土交通省「第8回 全国貨物純流動調査(物流センサス)」(平成19年3月)<<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/butsuryu06100.html>>
国土交通省自動車交通局技術安全部整備課「自動車分解整備事業実態調査報告書」<<http://>

www.mlit.go.jp/jidosha/jittaiichousa>

国土交通省総合政策局情報管理部「交通関係エネルギー要覧 平成19年版」<http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/energy/h19_energy.pdf>

国土交通省総合政策局情報政策本部情報安全・調査課「自動車輸送統計」<<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/jidousya/jidousya.html>>

国土交通省総合政策局情報政策本部情報安全・調査課「陸運統計要覧 平成18年度分」<<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/syousaikensaku.html>>

資源エネルギー庁長官官房総合政策課「総合エネルギー統計」<<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/index.htm>>

曾根真理 他「砕石、As 合材、生コンの運搬に伴う二酸化炭素排出量に関する実態調査」(第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、平成20年2月)

損害保険料率算出機構「自動車保険の概況 平成18年度」

損害保険料率算出機構「損害保険料率算出機構統計集<平成16年度>」

損害保険料率算出機構「損害保険料率算出機構統計集<平成17年度>」

統計委員会サービス統計・企業統計部会「第15回配布資料」(平成22年2月)

骨材

岩渕省 他「再生路盤材のライフサイクルアセスメント」(環境システム研究、Vol.24、平成8年10月)

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部循環型社会推進室「日本の物質フロー 2006」(平成21年3月)<http://www.env.go.jp/recycle/circul/mate_flow/mate_flow.pdf>

経済産業省経済産業政策局調査統計部「資源・エネルギー統計年報<平成18年>」(経済産業調査会、平成19年8月)

経済産業省経済産業政策局調査統計部「平成17年本邦鉱業の趨勢」(平成18年8月)<<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/honpouko/index.html>>

経済産業省・国土交通省「ロジスティクス分野におけるCO₂排出量算定方法共同ガイドライン Ver.3.0」(平成19年3月)<<http://www.greenpartnership.jp/pdf/co2/guidelinev3.0.pdf>>

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「骨材需給表」<http://www.saiseiki.or.jp/pdf/kotsuzai_table.pdf>

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「平成17年度砂利採取業務状況報告書集計表」

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「平成18年度砂利採取業務状況報告書集計表」

<http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/stat/files/18fy_aggyoumu.xls>

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「砕石統計年報<平成17年>」(経済産業統計協会、平成18年6月)

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「砕石等統計年報<平成19年>」(経済産業統計協会、平成20年7月)

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「生コンクリート統計年報<平成17年>」(経済産業統計協会、平成18年6月)

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課「総合骨材需給表」(平成21年2月)<http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/jyutaku/stat/20090323kotuzaijukyuhyo.html>

国土交通省「平成17年度建設副産物実態調査結果について」(平成18年12月8日)<<http://>

www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/01/011208_2_.html>

資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課「採石業者の業務の状況に関する報告書の集計結果」
(平成 19 年 1 月)<<http://www.enecho.meti.go.jp/energy/mineral/images/h17-070418.pdf>>

全日本トラック協会「トラック輸送データ集」

土手裕 他「環境負荷の観点からのコンクリート塊リサイクルの評価」(廃棄物学会論文誌、
Vol. 13、No. 5、平成 14 年 9 月)

中村紘一「砕石産業の育成」(資源と素材、Vol. 110、No. 13、平成 6 年)

新田弘之 他「舗装材料の生産に関する環境負荷原単位について」(北道路舗装会議技術論文集、
第 11 回、C-16、平成 21 年 6 月)

日本アスファルト合材協会「アスファルト合材統計年報<平成 17 年度>」

野口貴文「コンクリート産業における環境負荷評価マテリアルフローシミュレーターの開発お
よび最適化支援システムの構築に関する研究 平成 19 年度廃棄物処理等科学研究費総合研究
報告書」

橋本征二 他「コンクリートがらリサイクルの環境面からの評価」(土木学会論文集、No. 657、
VII-16 号、平成 12 年 8 月)

(5) 主製品と副産物の環境負荷の配分と副産物の再利用に伴う環境負荷の回避プロセス

製品製造に伴う副産物が資材として別途可能である場合、環境負荷を主製品と副産物に配分する必要がある。本研究では、以下の方針に従って主製品の環境負荷と副産物の環境負荷を配分した。

1) 建設副産物：

構造物の解体・廃棄は原料採取と見なすこととし、それ以降を建設副産物の環境負荷とする。

2) 他産業由来の副産物：

製造に係る環境負荷は基本的に主製品に配分する。ただし、主製品の製造に含まれない副産物のための工程(高炉スラグ微粉末の破碎等)は副産物の環境負荷とする。

3) 上記に加え、再利用せずに最終処分を行った場合等に想定される環境負荷量を副産物の環境負荷原単位から控除する。(副産物を利用することにより社会全体の環境負荷を削減していると考えられる場合には、回避したプロセスによる環境負荷量をマイナス計上する。)

【解説】

社会資本 I0 表は、循環資源として「循環利用量実態調査(環境省)」の産業廃棄物及び再生利用、熱回収・焼却等をされる一般廃棄物を計上した。産業連関表の屑・副産物のうち、この循環資源の定義に含まれないものは、循環資源としては取り扱わず結合生産物として産業連関表のマイナス投入方式(LCA での控除法のシステム拡張)として評価する。¹³

本研究では、以下の通り副産物(循環資源)の環境負荷原単位の算定を行った。算定の結果、副産物の利用による環境負荷の控除量は、表 3. 2-63 に示すとおりとした。

1) 建設副産物

- ・ 再利用の場合も最終処分の場合も、中間処理施設(資源化施設等)と中間処理施設・埋立処分場の違いはあるにせよ、何らかの「運搬」が必要である。よって、両者は大まかには相殺するものとみなし、「運搬」に伴う環境負荷を副産物利用部門側に計上しない。
- ・ 建設部門の環境負荷量のうち、どれだけが「解体」に伴う環境負荷量なのかのデータが得られなかった。このため、「解体」に伴う環境負荷を副産物利用部門側に賦課しない。
- ・ 残土の投入は、社会資本 LCA 用産業連関表で計上していないが、投入先は建設部門であるため、資材の原単位の算出には影響しないと考えられる。

2) 他産業由来の副産物(製造過程での副産物の他、使用済製品等を含む。)

- ・ 「屑・副産物」(基本的には有価物)を含めて、全て環境負荷をゼロとする。

なお、産業連関表において、屑・副産物の利用部門では、合わせて「再生資源回収・加工処理」部門の経費を投入していることがあり、これが「副産物利用のための工程等」に対応する。(同部門では、加工のほか、運搬については回収及び出荷に係る活動が含まれる。)

また、再生合材や再生砕石等の区分化対象品目では、当該再生工程での原材料やエネルギー消費量等を整理し、環境負荷原単位に反映させる。

¹³ 社会資本での評価・選択に基づく調達循環利用拡大の上で重要となる再生資材に係る副産物には、分割による配分が適している。一方、社会資本整備で再生資材の需要促進を考慮する必要がない副産物には、システム拡張(日本の産業連関表の屑・副産物で一般的なマイナス投入=競合部門による代替)が適していると考えられる。

3) 回避プロセスに伴う環境負荷量の控除

- ・ 回避プロセスとしては、廃棄物処分(「焼却」または「埋立」)または「輸出」を設定した。
- ・ 国内で利用されない場合は、廃棄物処分されるよりも海外に輸出される可能性が高い循環資源の利用については、「輸出」を回避したとみなした。
- ・ 循環資源の利用部門での回避プロセスは、「3Rによる天然資源消費抑制効果・環境負荷低減効果について(環境省 平成21年3月)」の「適正処理システム」(代替プロセス)に準拠¹⁴して設定した。ただし、「輸出」は同検討では考慮されていないため、本研究で設定した。
- ・ 「輸出」を回避プロセスとみる判定基準としては、最終処分されることが少なく、かつ一定程度以上の輸出量があるか、近年輸出量が拡大していることを条件とすることが考えられる。本研究では、最終処分の割合が小さい(5%以下)の副産物のうち、輸出率がそれ以上の循環資源について「輸出」を回避したとした。その結果、「鉄くず」、「非鉄金属くず」及び「高炉スラグ」については、「輸出」を回避したとみなした。
- ・ なお、紙くず(古紙)や廃プラスチック等は、最終処分割合は一定以上あるものの、回収されれば(輸出を含む)需要は存在していると考えられる。このような副産物については、最終処分代替という環境負荷評価上のインセンティブを全ての種類の利用プロセスに与えるべきかどうかなどについて、今後の検討の余地がある。
- ・ 回避プロセス別に、下記のとおり環境負荷を控除した。
 - 埋立回避の場合：利用部門では、投入量に等しい最終処分量を控除する。
 - 焼却回避の場合：利用部門では、焼却に伴う直接二酸化炭素排出量を控除する。
 - 輸出回避の場合：利用部門では、国際輸送に伴う二酸化炭素排出量を控除する。

¹⁴ 適正処理システムが2ケースある場合(可燃物)は、再生利用時の回避プロセスは埋立、熱回収・焼却等の時は焼却とした。また、評価対象に含まれなかった循環資源は、回避プロセスなしとした。ただし、可燃物を直接埋立する割合は低下してきていると考えられ、焼却と埋立の回避プロセスの設定については今後の検討の余地がある。

表 3. 2-63 副産物の利用による回避プロセスと環境負荷の控除量

循環資源 (投入循環資源の項目)	産業連関表付帯層・副産物表での扱い		排出				投入(再生利用、熱回収、CO2排出を計上する焼却が対象) ^(注2)				最終処分 ^(注4)		輸入 ^(注5)		輸出 ^(注6)		廃棄処分 ^(注7)			回避プロセス ^(注8)	工程の計上									
	副産物名称	競合部門	産業廃棄物等 排出量		投入量		投入率 ^(注9) C/(A+B)	産業廃棄物等 最終処分量	最終処 分率	輸入量	輸入率	輸出量 ^(注10)	輸出率	処理後最終 処分量	減量化量	直接埋立量	廃棄処 分率 (G+H+I) (A)													
			A	B	C	【参考】 うち産業廃棄 物等												【参考】 うち一般廃棄 物等	投入部門(例)			A×D	D	E	E/(A+B)	F	F/(A+B)	G	H	I
燃え殻			1,859,825	-	1,238,498	1,238,498	-	6%	347,787	19%	-	-	-	-	-	-	16,713	271,122	330,546	33%	埋立									
汚泥			187,683,640	-	17,079,211	17,079,211	-	9%	9,384,182	5%	-	-	-	-	-	-	6,756,784	161,224,380	2,627,638	91%	埋立									
廃油			3,505,888	-	1,305,000	1,305,000	-	37%	105,045	3%	-	-	-	-	-	-	83,296	2,061,872	20,824	62%	焼却									
廃酸			2,476,859	-	970,929	970,929	-	39%	183,288	7%	-	-	-	-	-	-	156,055	1,322,750	27,248	61%	なし									
廃アルカリ			2,079,966	-	455,294	455,294	-	22%	174,633	8%	-	-	-	-	-	-	151,774	1,449,125	22,870	78%	なし									
廃プラスチック類<素材原料>	プラスチック類 ^(注10)	その他のプラスチック製 品	5,030,000	-	900,000	900,000	-	18%	1,830,000	36%	2,011	0%	1,013,805	20%	1,034,861	1,797,390	919,876	-	-	62%	埋立 焼却	+								
廃プラスチック類<原燃料>			-	-	513,000	513,000	-	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
廃プラスチック類<焼却>			-	-	1,996,667	1,996,667	-	40%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
廃タイヤ<素材原料> ^(注11)			1,022,000	-	160,000	160,000	-	16%	32,000	3%	128	0%	123,471	12%	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
廃タイヤ<原燃料> ^(注11)			-	-	524,000	524,000	-	51%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
プラスチック<一廃><素材原料>	プラスチック類 ^(注10)	プラスチック類 ^(注10)	-	5,790,000	266,000	266,000	-	5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
プラスチック<一廃><焼却>			-	-	4,435,000	4,435,000	-	77%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
厨芥<一廃><素材原料・製品化>			-	15,866,000	387,000	387,000	-	2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
厨芥<一廃><原燃料>			-	-	389,000	389,000	-	2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
厨芥<一廃><焼却>			-	-	14,729,000	14,729,000	-	93%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
苜蓿<素材原料>	苜蓿※	苜蓿	11,156,169	26,787,053	1,917,840	5,638,321	13,598,159	31%	110,000	1%	77,970	0%	3,846,902	10%	61,193	524,514	48,955	6%	6%	6%	6%	埋立 焼却	+							
紙<一廃><紙くず<焼却>			-	-	1,824,000	1,085,000	179,000	12%	446,000	7%	-	-	-	-	-	-	238,048	1,737,754	208,292	37%	埋立 焼却	+								
木くず<原燃料>			5,951,211	4,393,000	2,893,000	2,893,000	-	28%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
繊維<一廃><繊維くず<素材原料>	繊維※	綿花(輸入) 毛織※ 絹織の毛※	92,791	1,809,000	252,000	30,000	222,000	13%	21,000	23%	-	-	-	-	-	-	14,383	41,014	7,330	68%	埋立	+								
繊維(合成繊維くず)<一廃><焼却> ^(注11)			-	-	305,000	305,000	-	16%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+							
動物性残渣			15,406,772	-	13,232,000	13,232,000	-	86%	111,300	1%	-	-	-	-	-	-	52,985	1,321,511	52,985	9%	埋立 焼却	+								
			86,870	-	49,988	49,988	-	52%	5,420	6%	-	-	-	-	-	-	4,262	40,899	1,937	49%	埋立 焼却	+								
			15,503,642	-	13,281,985	13,281,985	-	86%	117,500	1%	-	-	-	-	-	-	57,247	1,362,197	54,922	10%	埋立 焼却	+								
ゴムくず			54,932	-	19,336	19,336	-	35%	24,170	44%	-	-	-	-	-	-	8,955	11,427	15,217	65%	埋立	+								
鉄くず			50,507,336	4,062,034	46,496,999	43,035,856	3,461,143	85%	613,000	1%	172,327	0%	7,575,910	14%	350,318	153,264	262,739	1%	1%	1%	1%	埋立 焼却	+							
非鉄金属くず			6,045,130	-	5,948,223	5,948,223	-	98%	88,824	1%	602,381	10%	212,893	4%	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+						
ガラス陶磁器くず			4,580,946	5,249,000	6,089,000	6,089,000	-	62%	1,508,000	33%	-	-	-	-	-	-	806,302	236,880	701,528	38%	埋立	+								
紙くず(再処理済み)			24,050,000	-	19,378,000	19,378,000	-	81%	0	0%	581,886	2%	8,634,000	20%	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+						
紙くず(再処理済み)			9,933,000	-	9,877,000	9,877,000	-	99%	53,000	1%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+						
紙くず(再処理済み)			3,494,000	-	2,879,000	2,879,000	-	82%	226,000	6%	-	-	-	-	-	-	418,981	157,118	1,859,229	5%	埋立 焼却	+								
紙くず(その他)			12,203,415	-	11,392,369	11,392,369	-	93%	841,046	7%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+						
紙くず(その他)			49,680,415	-	42,496,369	42,496,369	-	86%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	埋立 焼却	+						
がれき類	コンクリート塊 ^(注12) アスファルトコンクリート塊 ^(注13)		60,561,061	-	57,109,081	57,109,081	-	94%	2,906,931	5%	-	-	-	-	-	-	151,404	545,055	1,392,917	6%	埋立	+								
家畜糞尿			87,203,755	-	82,494,752	82,494,752	-	95%	1,308,056	2%	-	-	-	-	-	-	87,204	3,400,946	1,220,853	5%	なし	+								
家畜の死体			195,504	-	122,581	122,581	-	63%	29,328	15%	-	-	-	-	-	-	14,467	43,597	14,858	37%	なし	+								
ばいじん			18,372,701	-	12,800,426	12,800,426	-	70%	2,884,514	16%	-	-	-	-	-	-	277,468	2,219,742	2,445,184	27%	埋立	+								
石膏、水滓			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
硫酸			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
硫酸・アンモニア硫酸・硫酸・硫酸			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
石灰			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
LPG			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
高炉ガス、転炉ガス			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
船舶 ^(注13)			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	リサイクル投入	+							
計			490,480,894	63,956,087	350,842,882	-	-	63%	23,234,302	-	-	-	-	-	-	-	12,048,089	178,559,946	-	39%	-	-								

※廃棄物産業連関表においては、内生部門の成品投入には加算統合さずに別計上されている。
 †回収・加工処理の工程は、「再生資源回収・加工処理」部門から投入される。
 ‡原料やエネルギー消費量を整理して、環境負荷単位に反映させる。マイナス投入・産業連関表のマイナス投入方式(発生はマイナス計上、投入はプラス計上で、競合部門で発生額と投入額が相殺される)とし、循環資源として計上しない。
 ★CO2排出量の計算においては、発生部門において相当する排出量を控除し、利用部門において利用量に応じた排出量を計上した。(NES/3EID方式)
 注1)事業系一般廃棄物を含む。基本的に循環利用実態調査を用いて数値を設定しているが、紙くず、がれき類、動物の糞尿、動物の死体の最終処分率は、産業廃棄物排出・処理状況調査報告書から最終処分率を設定。廃油、廃プラスチック、木くず、繊維くず、動物性残渣、ガラスくずは、循環利用実態調査から最終処分率を設定。廃タイヤは業界統計、紙くずは業界統計と循環利用実態調査を利用、紙くず、鉄くず、非鉄金属くずは、循環利用実態調査を利用して再算
 注2)投入は再生利用、熱回収、CO2排出を計上する焼却を対象とした。このため、非化石起源である木くずや一部の繊維くずの焼却量は投入量として計上していない。
 注3)投入率は再生利用、熱回収、CO2排出を計上する焼却を対象とした。なお、点検で区分している部分については母分の排出量は同じ値。
 注4)燃え殻、汚泥、廃酸、廃アルカリ、ゴムくず、がれき類、動物の糞尿、動物の死体の最終処分率は、産業廃棄物排出・処理状況調査報告書から最終処分率を設定。廃油、廃プラスチック、木くず、繊維くず、動物性残渣、ガラスくずは、循環利用実態調査から最終処分率を設定。廃タイヤは業界統計、紙くずは業界統計と循環利用実態調査を利用、紙くず、鉄くず、非鉄金属くずは、循環利用実態調査を利用して再算
 注5)WOTCの輸出入を整理されている循環資源を対象とした。紙くず(高炉)は業界統計の値、その他は業界統計の値。
 注6)紙くず(高炉)は業界統計の値、その他は業界統計の値。なお、産業廃棄物だけではなく一般廃棄物も含まれると考えられるが、便宜上産業廃棄物に計上している。
 注7)産業廃棄物排出・処理状況調査報告書から整理した数値であり、実際の原単位の算出には使用していない。処理後処分量(G)と直接埋立量(I)の合計は、最終処分量とは一致しない。
 注8)回避プロセスは、「Rによる天然資源消費抑制効果・環境負荷低減効果について(環境省、平成21年3月)」の適正処理システムに準拠して設定した。ただし、可燃物については適正処理システムが2ケース設定されている。そこで、再生利用時の回避プロセスは埋立、熱回収・焼却等の時は焼却とした。また、適正処理システムが検討されていない循環資源は、回避プロセスとした。
 注9)廃タイヤは廃プラスチックから区分化
 注10)廃棄物産業連関表作成年の1995年表ではなかった可能性がある。
 注11)投入量については、CO2排出を計上する合成繊維くずのみの数値。
 注12)当該部門の修正・区分化時に、がれき類を個別に投入量を設定する。
 注13)産業連関表の総合解説欄には、「中古船舶(鋼船)は中古品であるが、従来から例外的に、「副産物発生及び投入量」の計上範囲(競合部門:3611-011 鋼船)に含めている。これは、中古船舶の輸出入(普通貿易)の大きさを、ストック等のマクロ統計との整合性を考慮したためであり、マイナス投入方式により輸出入(普通貿易)を投入とし、国内総固定資本形成(民間)の除却額を発生した。」とされている。
 注14)回避プロセスの「輸入」では、再生材を利用することによって循環資源の海外への輸入を回避したと見なし、国際輸送に伴うCO2排出量を控除する。

(6) 基準単位の換算及び名称の再整理による資材（一般品）の環境負荷原単位一覧表の作成

以下の手順により、資材(一般品)の環境負荷原単位(一覧表)を作成した。

- 1) 修正・区分化した社会資本 I0 表の基準単位を換算した。
- 2) 実用性の観点から資材の名称を再整理した。

【解説】

1) 環境負荷原単位の基準単位の換算

「精度」の面からは、金額、重量、その他の物量(体積等)のうち、どの基準単位が環境負荷量と相関(比例性)が最も高いかが重要となる。通常の産業連関法においては、同一部門に属する異なる品目の環境負荷量は金額比例を想定しているといえる。他方、本研究においては、金額物量混合型となっているが、物量単位の部門内においては物量比例、金額単位の部門内においては金額比例を想定したものといえる。

「実用性」の面からは、物量基準の原単位は積算時の数量単位と一致させることが重要となる。ただし、(大きさ等別の)「個数」などで積算されている場合には、原単位が区分化されていなければ、精度の面から重量等を基準単位とする場合もある。また、「一式」あるいは率計上されている部分などがあれば、金額基準の原単位を開示した方が、実用性が高い可能性がある。ただし、この場合は利用方法についての説明が重要になると考えられる。

以上を踏まえ、資材(一般品)の環境負荷原単位は、金額基準の原単位と数量基準の原単位の両方を揃えることを基本とした。ただし、積算に用いられる数量単位による原単位を設定することが困難な場合には重量基準の原単位を算出することとした。重量換算方針を表 3. 2-64 に示す。

表 3. 2-64 資材区分別の重量・物量換算方針

利用データ	換算方針	必要となる前提	適用方針
① 投入係数表内部の情報	当該部門への(遡及的な)投入量のうち製品重量を形成する部分を特定して重量換算	<ul style="list-style-type: none"> ・重量比例を想定。 ・天然資源投入量原単位との整合性は高いと考えられる。 	財であるが金額基準のものに適用した。
② 品目表から把握した個別品目の単価	品目表に生産者単価の記載のある品目は物量換算して提示	<ul style="list-style-type: none"> ・金額比例を想定 	適用しない。(無条件に金額比例を仮定することはしない。)
③ 品目表から計算した品目の「全体単価」(品目毎生産金額合計÷品目毎生産数量合計)	「全体単価」を適用して重量(物量)換算	<ul style="list-style-type: none"> ・同一部門内の品目間の環境負荷は数量(物量)に比例することを想定。 	現時点では適用していない。対象部門内の環境負荷量の物量比例を仮定する場合には、この方法を排除する理由はない。

表 3. 2-64 を踏まえて、物量及び金額の換算を原単位種類別に表 3. 2-65 に示すとおり行った。物量基準から金額基準への換算は、原単位の算出時に用いた数量と金額から金額換算係数を設定した。金額基準から物量基準への換算は、投入係数表内部の情報を用いて、当該部門への(遡及的な)投入量のうち製品重量を形成する部分を特定して重量換算係数を設定した(図 3. 2-50 参照)。

表 3. 2-65 原単位種類別の物量・金額換算係数の設定方法

産業連関表補完型積み上げ法の原単位種類		数量・金額換算方法
記号	意味	
MPR	物量ベース原単位 商業マージン、国内貨物運賃による環境負荷量が含まれないため、生産者価格範囲の原単位のままのものとなっているもの。	(A) 数量→金額 生産者価格範囲の原単位の設定時に用いた国内生産数量と国内生産額から金額換算係数を設定した。 なお、内生部門に産出した生産者価格(購入者価格から出荷レベルの取引額を除いた価格)と物量からも金額換算係数を設定することも可能であるが、国内全体の生産量を把握する国内生産数量と国内生産額による値を採用した。
MS	サービスについては概念上出荷が無いため、生産者価格範囲の原単位を、そのまま購入者価格範囲の原単位として用いたもの。	—
MPU	物量ベース原単位 産出量合計、商業マージン・国内貨物運賃により、生産レベルと出荷レベルの環境負荷量を設定し、購入者価格範囲の原単位としたもの。	(B) 数量→金額 購入者価格範囲の原単位の設定時に用いた数量と購入者価格による産出額を用いる。 具体的には、内生部門計への産出量を、購入者価格(生産レベルと出荷レベルの取引額)で除して金額換算係数を設定した。
PPR	金額ベース原単位 商業マージン、国内貨物運賃による環境負荷量が含まれないため、生産者価格範囲の原単位のままのものとなっているもの。	(C) 金額又は重量以外の数量→重量 ^{※1} 当該部門への遡及的な投入量のうち製品重量を形成する部門を特定し、重量への換算係数を設定した。 具体的には、金額物量混合型の産業連関表を、次のように取引量を設定してレオンチェフ逆行列により遡及計算を行うことで、単位金額又は数量あたりの生産に内包される重量を算出した。 ・ 金額物量混合型産業連関表の取引基本表のうち、国内生産量を重量で把握した列部門の投入は全て0とした。 ・ 原燃料の投入は3EIDの原燃料消費率を適用し、二酸化炭素となって排出される重量は含まないこととした。ただし、石灰石はCaCO ₃ のうちCaOの部分は重量形成されるとした。 ・ サービス部門(ソフトウェア業、映像情報制作・配給業、新聞、出版、その他の対事業所サービスを含む)の産出には重量はなく遡及計算は不要であるとし、これらの部門の産出は0とした。 ・ 次の式で重量換算係数を設定した。 $M_{prj} = \sum_i (m_i \times (I - A')^{-1}_{i,j})$ (i=行番号、j=列番号、M _{pr} =重量換算係数(t/百万円又は重量以外の物量)、m=重量基準部門の生産重量または重量以外の数量基準部門の重量換算係数 ^{※2} 、I=単位行列、A'=上記のように設定した投入係数行列)
PS	サービスについては概念上出荷が無いため、生産者価格範囲の原単位を、そのまま購入者価格範囲の原単位として用いたもの。	—
PPU	金額ベース原単位 産出額合計、商業マージン・国内貨物運賃により、生産レベルと出荷レベルの環境負荷量を設定し、購入者価格範囲の原単位としたもの(ソフトウェア業、映像情報制作・配給業、新聞、出版、その他の対事業所サービスを含む。)	(D) 金額又は重量以外の数量→重量 ^{※1} (C)で設定した生産レベルに加え、出荷レベルまで含めた重量換算係数を次式により設定した。 $M_{pu} = M_{pr} \times d_{pr} / d_{pu}$ (M _{pu} :対象部門の購入者価格範囲の重量換算係数、M _{pr} =(C)で設定した生産レベルの重量換算係数、d _{pr} :対象部門の内生部門合計への生産者価格による産出額(または産出数量)、d _{pu} :対象部門の内生部門合計への購入者価格による産出額(または産出数量))

注1) 1. ※1: 重量以外の数量の部門にも重量換算係数を算出したが、この部門は物量ベース原単位となっているため実際には適用せず、信頼性の確認にのみ使用した。

2. ※2: 天然資源投入部門に限る。

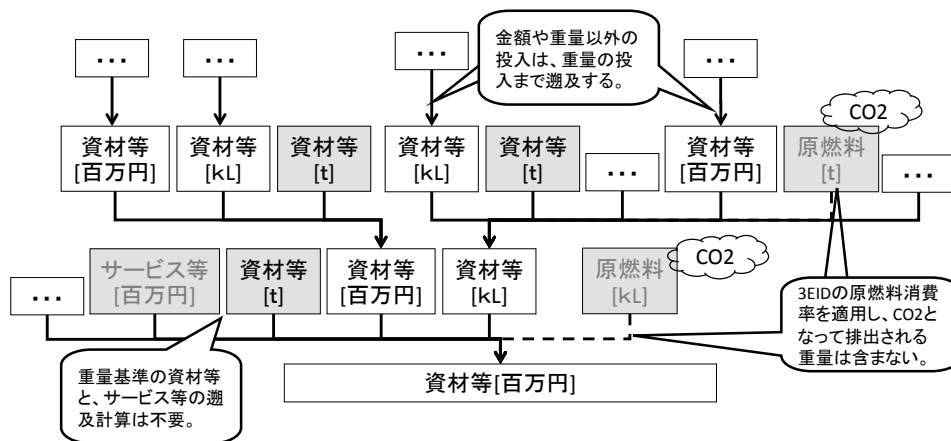


図 3. 2-50 金額ベース原単位の重量換算係数の設定イメージ

2) 資材の名称の再整理

国土交通省の積算に用いる品目・規格一覧の材料コードは膨大な種類があるが、それに当てはめる原単位を全て差異化して整備するのは事実上不可能である。しかし、積算時にあてはめる環境負荷を選択しやすくするための実用性の観点から、積算時の品目名や対応する区分をそろえることが望ましい。

そこで、積算用資料の品目と親和性のある名称となるよう、積算用資料を集計・統合した工事コスト分析データの材料の区分内で、産業連関表補完型積み上げ法による環境負荷原単位の品目を対応づけることで、社会資本用一般品環境負荷原単位一覧表の品目区分と名称を設定することとした。

① 産業連関表との不一致性の高い材料

生産量が産業連関表のいずれの部門にも含まれていない可能性が高いと考えられる材料について、原単位なしとする。

② 産業連関表補完型積み上げ法による環境負荷原単位の品目の名称と区分の基準

使用者が積算時に直接用いる積算用資料の品目又は規格のそれぞれに原単位を対応付けさせるやり方も考えられる。しかしそうした場合、同じ原単位を多数の材料に対応付けているだけであるのに、品目数の見た目が膨大となることによって、別の数値を設定したと誤認されるおそれがある。

よって、本研究ではある程度集約的な材料の名称・区分を独自に設定して示すこととした。

(7) 再生砕石による二酸化炭素固定化を含めた環境負荷原単位の算定

資材(一般品)の環境負荷原単位について、再生砕石による二酸化炭素固定化を含めた環境負荷原単位を算定した。

【解説】

セメント水和物は、炭酸化によって二酸化炭素固定することが知られている。国土技術政策総合研究所が実施した再生砕石による二酸化炭素固定化の全国調査から、表 3. 2-66 に示す結果が明らかとなった。

表 3. 2-66 国土技術政策総合研究所の二酸化炭素固定化のデータ 平均値

試料名		CO ₂ 吸収量						Total
		0-20mm試料中のセメントペースト換算(kg/t)			コンクリート試料全量換算(kg/t)			
		0d	28d	増加量	0d	28d	増加量	
全試料(1~46)	20~5mm	74.29	91.29	17.00	9.13	11.02	1.9	8.5
	5mm未満	46.37	84.90	38.52	8.10	14.66	6.6	
石灰石、ノイズ補正	20~5mm	65.49	83.60	18.11	7.70	9.62	1.9	8.5
	5mm未満	44.98	85.12	40.14	7.48	14.07	6.6	

注)1. 石灰石骨材を使用している試料と熱分析中にノイズが見られた試料を除いた 8.5kg-CO₂/t の吸着効果がある。

この結果から、石灰石骨材を使用している試料を除いた 8.5kg-CO₂/t の吸着効果があることから、再生砕石の二酸化炭素吸着の原単位は表 3. 2-67 のとおりとなった。ここで、再生砕石あたりの吸着量が 5.2 kg-CO₂/t となっているのは、再生砕石の原料に吸着効果のないアスファルトコンクリート塊、粒度調整用の骨材(天然砕石とみなした。)が含まれるためである。なお、比較のために吸着効果を含めない場合の再生砕石の原単位、天然砕石(砕骨材)の原単位も示した。

再生砕石に吸着効果を含めない場合は、再生砕石の方が砕骨材よりも環境負荷が大きいが、含めた場合は環境負荷の大小が逆転する結果となった。

再生砕石に吸着効果を計上することで、循環資源の利用が適切に促進されると考えられる。また、コンクリート構造物としては、必要に応じてシステム境界を解体レベルにまで拡張することで将来の廃棄シナリオに応じて評価の中に反映させることもできると考えられる。

表 3. 2-67 再生砕石の二酸化炭素吸着を考慮した環境負荷原単位(二酸化炭素排出量:物量基準)(単位:kg-CO₂/t)

	二酸化炭素排出量(kg-CO ₂ /t)						
	合計	生産計	出荷計	循環資源投入による控除		吸着	燃料使用
				道路計			
再生砕石(吸着効果あり)	5.45	8.09	2.57	1.91	-0.02	-5.20	0.00
再生砕石(吸着効果なし)	10.64	8.09	2.57	1.91	-0.02	0.00	0.00
天然砕石(砕骨材部門)	10.52	7.97	2.57	1.91	-0.01	-0.01	0.00

(8) 固定資本（生産設備）の減耗を含めた環境負荷原単位の算定

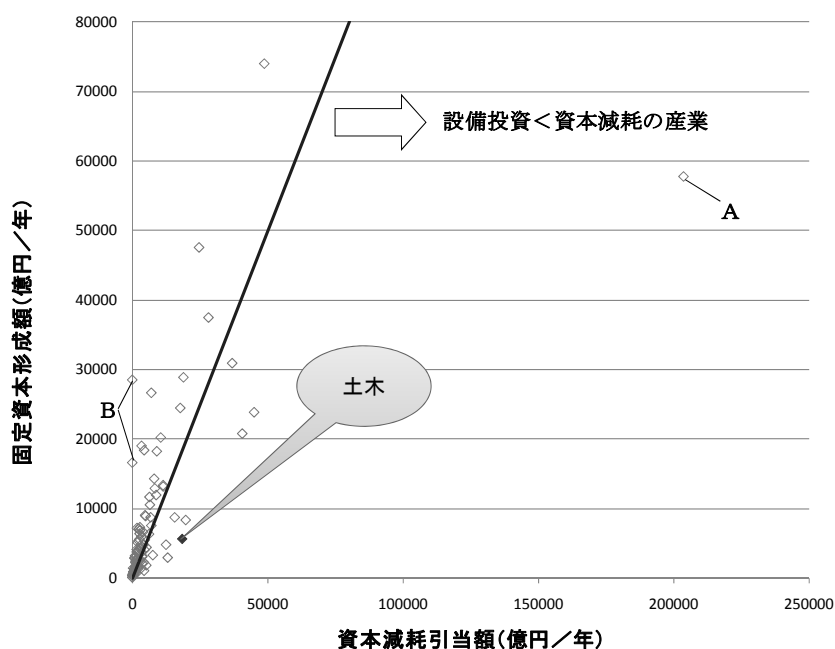
資材(一般品)の環境負荷原単位について、固定資本(生産設備)の減耗を含めた環境負荷原単位を算定した。

【説明】

1) 資材(一般品)の環境負荷原単位について固定資本の減耗分を含める計算の方針

本研究では、図 3. 2-51 に示すとおり景気の動向等の影響を受けやすいと考えられる単年度の「固定資本形成額」よりも、生産額に占める「資本減耗引当額」の方が安定的であると推測し、産業連関表における「資本減耗引当額」を基本として、固定資本減耗分を含めた計算を行った。

なお、既存手法としては、日本建築学会の「建物の LCA 指針」の原単位データベースで用いられている方法がある。日本建築学会の方法は産業連関表における「固定資本形成額」を基本とした方法であり、本研究とは算定方法が異なる¹⁵。



注) 1. A : 住宅賃貸部門 B : 公務

図 3. 2-51 固定資本形成額と資本減耗引当額の比較(平成 17 年産業連関表)

2) 算定対象とする固定資本減耗の範囲

産業連関表の粗付加価値部門は、「家計外消費支出」を除けば、国民経済計算における国内総生産(生産側)にほぼ対応するものであり、産業連関表の「資本減耗引当」は国民経済計算の「固定資本減耗」に対応する。なお、資本減耗引当の対象となる固定資本の範囲は、「国内総固定資本形成」の固定資本の範囲と同じである。

「資本減耗引当」は、生産過程において消費されていく固定資本の価値の減耗分を補填するために引き当てられた費用で、減価償却費と資本偶発損を範囲とする。資本減耗引当の部門別推計は、現在、全て所有産業(例えば物品賃貸業を含む)に計上されることとなっている。

「社会資本等減耗分」については、平成 7 年表までは「資本減耗引当」で計上されていたが、平

¹⁵ ただし、日本建築学会においても、固定資本形成部門分類が統合中分類に概ね相当しており基本分類部門より粗いことから、固定資本形成額の按分に固定資本減耗額を用いている。一方、本研究においても、資本減耗引当の資本の内訳が不明であることから、その内訳(構成比率)に固定資本形成マトリクスを用いている。

成12年表からは「資本減耗引当(社会資本等減耗分)」に分割して計上されている。対象となる固定資本は、一般政府の保有する道路、ダム及び防波堤のような建物、構築物等の資産とされている。

「資本減耗引当(社会資本等減耗分)」については、「公務(中央)」及び「公務(地方)」で計上されている割合が大きい、その他に「学校教育(国公立)」や「廃棄物処理(公営)」などの公的部門でも計上されている。つまり、道路などの社会資本は、政府に減耗分が計上されている形となっているため、その減耗分を仮に考慮するとしても、道路の利用者ではなく公務部門に帰属される計算となる。

一方、固定資本の形成を示すマトリクスでは、住宅、一般道路、公園のように特定の部門の生産活動のための資本として格づけることが困難な、一般的な社会的資本については、「その他」の部門が資本形成する形となっている。

本研究では、資本の所有と使用が比較的一致している¹⁶と考えられる「資本減耗引当」に対応する固定資本の減耗を環境負荷原単位の算定対象範囲に含めることとした。一方、「資本減耗引当(社会資本等減耗分)」については、当該社会資本等とその使用者との対応関係が明らかではないため、算定対象に含めなかった。

3) 社会資本等に関する減耗引当及び固定資本形成の表章状況

社会資本等の資本減耗引当については、表 3. 2-68 に示すように、産業連関表の対象年次により表章方法が異なる。

社会資本等減耗分は、公務列部門のほか学校教育(国公立)列部門や廃棄物処理(公営)列部門がその投入のうち粗付加価値部門の一部として計上している。同時に、最終需要側では「中央(または地方)政府集会的(または個別的)消費支出(社会資本等減耗分)」列部門が、その投入額と同額の公務部門や学校教育(国公立)、廃棄物処理(公営)部門を投入する表章となっている。

表 3. 2-68 公務部門における資本形成と資本減耗引当(平成7年と平成17年の比較)

産業連関表対象年	平成7年	平成17年	平成7・17年
統計表	取引基本表	取引基本表	固定資本マトリクス
表章事項	資本減耗引当	資本減耗引当 (社会資本等減耗分)	固定資本形成額
公務部門に対応させる資本財の対象範囲	・政府建物等(のみ)	・政府建物等 ・道路、港湾等(ただし公務部門以外も引き当てており、公務部門にどの範囲の資本財の減耗が計上されているかは産業連関表からは不明)	・政府建物等 ・(道路含まない) ・農林関係公共事業、ソフトウェア業、その他の対事業所サービス、河川・下水道・その他の公共事業
備考	平成7年表には社会資本等減耗分という独立した部門はない。	平成17年表の公務部門の投入表に資本減耗引当はない。(社会資本等減耗分のみにて計上)	道路等については、通常の産業連関表の部門との対応が難しいため、公務部門ではなく「その他」部門にて計上。
環境負荷原単位算定		本検討	日本建築学会
公務部門の環境負荷原単位算出との関係		社会資本等減耗分は含めていない。このため、公務部門が直接に使用する資本の減耗に伴う排出量は計上されない。	政府建物等の固定資本形成額が、公務部門での資本の使用に伴う排出として計上されている。(推定)
道路等の社会資本の減耗の環境負荷原単位への反映		社会資本等減耗分については含めていないため、いずれの部門の原単位にも含まれない。	道路等については、いずれの部門の原単位にも含まれない。

¹⁶ 物品賃貸業の生産額には物品賃貸業が所有する資本の減耗引当が含まれるため、環境負荷原単位の誘発計算においては、物品賃貸業が提供する物品を使用する建設部門等がその減耗を誘発している形となる。

4) 固定資本の減耗分を含めた環境負荷原単位の算定

資本減耗引当の「投入」についても、内生部門と同様に各内生部門の投入係数を含めた。

ここで、固定資本減耗の内訳は不明である。このため、内訳については、産業連関表に付帯する固定資本形成を示すマトリクスを参照した。すなわち、ある部門において平成 17 年に資本減耗が引き当てられた資本財の構成比率は、当該部門が平成 17 年に実施した固定資本形成部門の資本財の構成比率と同一とみなした。

固定資本形成マトリクスにおいて固定資本形成部門は、公的・民間の別に、原則として統合中分類(108 部門)で示されている。よって、基本分類列部門(約 400 部門)からなる資本減耗引当部門と固定資本形成部門は多対 1 の関係となる。

そこで、表 3. 2-69 のような行列を作成した上で、投入係数表を作成し、レオンチェフ逆行列を求め、これに各部門の直接環境負荷量ベクトルを乗じた。

表 3. 2-69 資本減耗引当と固定資本形成を関連づけた表章

内生部門(行) ×内生部門(列) ※1 取引基本表(及び物量表)を引用	内生部門(行) ×固定資本形成部門(列) ※2 固定資本マトリクスを引用
固定資本形成部門(行) ×内生部門(列) ※3 内生部門(基本分類)と対応する固定資本形成部門の交点に、当該内生部門の資本減耗引当額を計上	0

注)1. 「資本減耗引当」は粗付加価値部門を構成する 1 部門であるが、本表では、固定資本形成マトリクスと接続させるために、1 固定資本形成部門ごとに 1 資本減耗引当部門として作表した。よって、※3 の部分は、いわば対角線上に資本減耗引当額が並ぶような格好となっている。

2. ※3 において、資本減耗引当部門が該当する固定資本形成部門(108 部門)との対応関係は、計数編(2)「資本形成部門分類・基本分類対応表」によった。ただし、総務省統計局に照会した結果、同表では一部の基本分類が対応づけられていないことが確認されたため、当該対応付けを追加した。また、固定資本形成部門「運輸付帯サービス」に関連して「うち水運施設管理」及び「うち航空施設管理」部門があるが、「うち」を合算しても運輸付帯サービス全体に届かない。このため、「うち」以外の「その他」に相当する部分を「差分」として作成した。具体的には、「16-0619」と「25-0859」を「その他の輸送機械・同修理(うち以外)」と「運輸付帯サービス(うち以外)」として作成した。そして、「うち水運施設管理」、「うち航空施設管理」「うち鉄道車両・同修理」については、それぞれが示す基本分類部門と紐付けた。「運輸付帯サービス」及び「その他の輸送機械・同修理」が対応している基本分類部門の「うち」以外については、「16-0619」と「25-0859」(「その他の輸送機械・同修理(うち以外)」、「運輸付帯サービス(うち以外)」)に対応づけた。

3. 固定資本マトリクスは公的と民間に分かれている。「公的」の対象となる範囲は政府サービス生産者及び公的企業に格付けされたものであり、総合解説編第 9 章別表「平成 17 年産業連関表における中央政府、地方政府及び特殊法人等の扱い」に示されている。しかし、政府サービスについては、基本部門分類の名称末尾に「★★」印が付加されていることから判定が容易であるが、公的企業については(通常の)「産業」に格付けされており、基本部門分類単位での区別は困難である。よって、ここでは、固定資本形成部門の公的と民間を合算したマトリクスを使用した。

(9) 様々な機関による環境負荷原単位の取り扱いの注意点

本研究により算定した環境負荷原単位(二酸化炭素排出量)と他の業界団体、企業、研究機関等によって公表されている二酸化炭素排出量データが異なることが想定される。その原因としては、以下3点が考えられる。

- ・ 算定方法の違い
- ・ システム境界の違い
- ・ 採用した統計データ等の違い

二酸化炭素排出量の比較検討に当たっては、使用する環境負荷量について上記3点を十分注意して進める必要がある。

【解説】

近年、地球温暖化問題への関心の高まりから、経済活動によって排出される二酸化炭素を減らす取り組みが各所で進められている。それを踏まえて、様々な業界団体、企業、研究機関等によって二酸化炭素排出量データが公表されている。その中には、本研究によって算定した環境負荷原単位(二酸化炭素排出量)と同様の「製品の単位数量当たりの二酸化炭素排出量」も含まれている。

本来、同様の製品の環境負荷原単位は同様の値になるべきであるが、実際は同様の製品の環境負荷原単位がそれぞれ異なった値となっていることが多いと予想される。その主な原因として、以下3点が考えられる。

1) 算定方法の違い

本研究では、統一性のあるシステム境界の設定と網羅性の観点から、積み上げ法と産業連関法を組み合わせた「産業連関表補完型積み上げ法」という手法で資材(一般品)の環境負荷原単位を算定した。したがって、積み上げ法で算定した結果、若しくは産業連関法で算定した結果と異なる。

2) システム境界の違い

本研究で設定したシステム境界は、産業連関表を基本に海外において発生した環境負荷量も含んでおり、資材の製造に伴う環境負荷、資材の運搬に伴う環境負荷、原材料・燃料の採取・製造に伴う環境負荷、原材料・燃料の運搬に伴う環境負荷、資材を製造する企業が資材製造以外で与える環境負荷等が全て包括されている。

例えば、資材製造に使用する燃料等による二酸化炭素量のみを対象とした環境負荷原単位と本研究の環境負荷原単位を比較すると、後者の値が大きくなると予想される。

3) 採用した統計データ等の違い

本研究で採用したデータは、産業連関表(2005年表)を基本に、業界統計値、公的統計値、業界から提供された数値等から適切と思われるものを選定している。採用した統計データ等が異なると、それによって算定される環境負荷原単位も違った値となる。

二酸化炭素排出量の検討等においては、使用する環境負荷量について上記3点を十分注意して進める必要がある。

(10) 原単位の更新における懸案事項

今回の資材(一般品)の原単位の計算に使用したデータが変更された場合、その変更に応じて原単位を新たに更新する必要がある。変更される可能性のあるデータとそれが変更された場合に必要となる主な対応は、以下のとおりである。

1) 公的統計、業界統計等の更新(主に1年毎)

「産業連関表補完型積み上げ法」においてより実態に近い原単位となるよう産業連関表の数値への置換等を行った積み上げデータの更新が必要

2) 産業連関表の更新(5年毎)

「産業連関表補完型積み上げ法」のベースである産業連関表の数値の更新が必要

なお、具体的な対応については、本項に記載している各種計算手法に基づく。

3. 2. 4 運搬の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

$$\begin{aligned} \text{運搬の環境負荷量} &= \sum_m (\text{燃料消費量} \times \text{燃料の原単位} + \text{間接環境負荷量}) \\ &= \sum_m (\text{燃料消費量} \times \text{燃料の原単位} \times \text{間接環境負荷補正率}) \\ &= \sum_m (\text{運搬距離} \times \text{燃費} \times \text{燃料の原単位} \times \text{間接環境負荷補正率}) \\ &= \sum_m (\text{運搬距離} \times \text{運搬の環境負荷原単位}) \end{aligned}$$

運搬の環境負荷は、「燃料消費量」と「燃料の原単位」の積(直接排出量)に「間接排出量」を加えて算出する。間接排出量とは、自動車の修理や事務所のガス、電気、水道等に係る環境負荷である。

本研究では、間接排出を含む全体の二酸化炭素排出量が直接排出量の「1.42(自家輸送の場合は、1.37)」倍と算定し、それを「間接環境負荷補正率」として直接排出量に乗じることによって算出することとする。

間接排出量を考慮した原単位として、「燃費(走行距離当たりの燃料消費量)」と「燃料の原単位」と「間接環境負荷補正率」の積を「運搬の環境負荷原単位」とする。

【解説】

(1) 運搬の環境負荷原単位の算定方法

運搬の実態調査より、主要資材の運搬距離について以下の点が明らかとなっている。粗骨材(碎石)や細骨材は、実態の運搬距離を反映させる必要性が高いと考えられる。

- 1) 碎石の輸送距離については直近の採石プラントまでの距離によって決定される。千葉県などのように近傍に採石プラントがない場合には輸送距離が80kmになることもあるが、概ね平均輸送距離は20km程度である。
- 2) 生コンクリートの粗骨材は基本的に碎石を利用している。
- 3) アスファルト粗骨材は都市部では再生材を5割以上利用しているため、平均輸送距離は生コンクリート用より短くなる。
- 4) 細骨材については、産地が様々で輸送方法も様々である。
- 5) アスファルト・プラントから現場までの平均輸送距離は15km程度である。
- 6) 生コンクリートプラントから現場までの平均輸送距離は8km程度である。

出典) 曾根真理、木村恵子、並河良治「碎石、As 合材、生コンの運搬に伴う二酸化炭素排出量に関する実態調査」第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、2008年2月

一方、運搬による燃料消費に伴う環境負荷量である「直接環境負荷量」に加えて、自動車の修理や事務所のガス、電気、水道等の間接的な環境負荷量も考慮する必要がある。これらの「間接環境負荷量」は、道路貨物輸送部門の環境負荷の内訳に基づいて、「直接環境負荷量」の比として設定することとした。「直接環境負荷量」に対して、「間接環境負荷量」を含めた全体の環境負荷量の割合を「間接環境負荷量補正率」と呼ぶこととした。

これを踏まえて、運搬の環境負荷量は「運搬距離」と「運搬の環境負荷原単位」の積で求めることとし、「運搬の環境負荷原単位」は「燃費(運搬距離当たりの燃料消費量)」と「燃料の原単位」と「間接環境負荷量補正率」の積で計算される。

(2) 運搬の環境負荷原単位の算定結果

運搬による全ての環境負荷量が「直接環境負荷量」に比例すると仮定した場合、以下の式から算定される。

環境負荷を二酸化炭素排出量とした場合

運搬(区間、車種当たり)の二酸化炭素排出量(kg-CO₂)

=燃料消費量(L)×燃料の二酸化炭素排出原単位(kg-CO₂/L)+間接二酸化炭素排出量(kg-CO₂)

=燃料消費量(L)×燃料の二酸化炭素排出原単位(kg-CO₂/L)×間接二酸化炭素排出量補正率

1) 間接二酸化炭素排出量補正率の設定

「道路貨物輸送部門」の二酸化炭素排出原単位の内訳は、表 3. 2-70 に示すとおりである。

表 3. 2-70 道路貨物輸送部門の二酸化炭素排出原単位の内訳

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	道路貨物輸送(除自家輸送)		自家輸送(貨物自動車)			
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量		
				※/百万円	kg-CO2/百万円	※/百万円	kg-CO2/百万円		
積み上げ計上項目	燃料	軽油	l	0.327	1,258	411	2,182	712	
		ガソリン	l	0.437	10	4	929	406	
		積み上げ計上項目計				415		1,119	
間接環境負荷	輸送	沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	5,289	71	9,405	125	
		自家輸送(旅客自動車)	円	0.011	2,300	25	0	0	
		自家輸送(貨物自動車)	円	0.011	552	6	0	0	
		道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	1,586	7	3,869	18	
		鉄道貨物輸送	円	0.006	1,055	6	379	2	
		電力	事業用電力	kWh	0.464	512	237	125	58
	燃料	都市ガス	m3	0.359	7	2	1	0	
		液化石油ガス	t	214.368	0	1	0	1	
	その他	自動車修理	円	0.003	49,348	126	251,901	642	
		道路輸送施設提供	円	0.002	65,263	108	108,736	179	
		貸自動車業	円	0.002	6,108	13	193,393	398	
		卸売	円	0.001	14,813	19	60,821	79	
		小売	円	0.002	4,045	9	16,546	38	
		その他の石油製品	円	0.004	1,214	5	16,466	68	
		タイヤ・チューブ	円	0.007	0	0	8,484	57	
		建設補修	円	0.003	2,277	8	756	3	
		事務用品	円	0.005	1,566	8	481	2	
		その他				340		75	
		未集計分見込値計				990		1,746	
		間接環境負荷量計				1,405		2,865	
		うち控除量				-5		-12	
直接環境負荷	積み上げ計上項目	軽油	l	2,589	1,258	3,257	2,214	5,648	
		揮発油	l	2,320	10	23	940	2,156	
			積み上げ計上項目計				3,281		7,805
			未集計分見込値				34		14
		未集計分見込値計							
		直接環境負荷量計				3,315		7,819	
		生産環境負荷量計				4,720		10,684	

道路貨物輸送(除自家輸送)では、直接二酸化炭素排出量と間接二酸化炭素排出量の合計 4,720 kg-CO₂/百万円と直接二酸化炭素排出量 3,315kg-CO₂/百万円の比より「1.42」、自家輸送(貨物自動車)では、直接二酸化炭素排出量と間接二酸化炭素排出量の合計 10,684 kg-CO₂/百万円と直接二酸化炭素排出量 7,819kg-CO₂/百万円の比より「1.37」と算出された。

このことから、自家輸送の場合の間接二酸化炭素排出量補正率を「1.37」、自家輸送以外の場合を「1.42」と算出した。

なお、二酸化炭素排出以外の環境負荷を計算する場合は、改めて対象となる環境負荷の間接環境負荷補正率を算出する必要がある。

2) 燃費の設定

燃料消費量は、本研究において実施したシャシダイナモ試験の実測結果に基づいて、以下のとおり算出された。

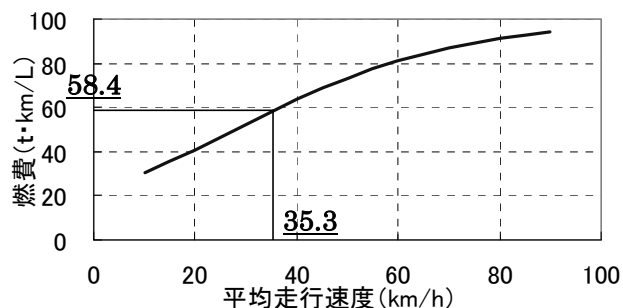
前提条件

- ・車両総重量 25 t クラスのディーゼル重量貨物車(最大積載量 14~16t)
※試験車の半積載重量の平均値：17.195t(=車両重量+積載率 50%時の積載重量)
- ・積載条件：積載量 50%(往路 100%、復路空積載)
- ・走行速度：平成 17 年度道路交通センサスの平均旅行速度より設定(35.3km/h)

算出式

燃料消費量

$$\begin{aligned} &= (1/\text{燃費}) \times \text{車両重量} \times \text{輸送距離} \\ &= (1/58.4) \times 17.195 \times \text{輸送距離} \\ &= 0.294 (\text{L/km}) \times \text{輸送距離} (\text{km}) \end{aligned}$$



この結果から、燃費(運搬距離当たりの燃料消費量)は「0.294(L/km)」と求められた。

以上より、「運搬の二酸化炭素排出原単位」は「間接二酸化炭素排出量補正率」、「燃料(軽油)の環境負荷」、「燃費」の積から以下のとおり算定された。

$$\begin{aligned} \text{自家輸送の場合} \quad &: \text{運搬の二酸化炭素排出原単位} = 0.294 (\text{L/km}) \times 2.59 (\text{kg-CO}_2/\text{L}) \times 1.37 \\ &= 1.04 (\text{kg-CO}_2/\text{km}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{自家輸送以外の場合} \quad &: \text{運搬の二酸化炭素排出原単位} = 0.294 (\text{L/km}) \times 2.59 (\text{kg-CO}_2/\text{L}) \times 1.42 \\ &= 1.08 (\text{kg-CO}_2/\text{km}) \end{aligned}$$

(3) 原単位の算定における留意事項

間接二酸化炭素排出量補正率は、本来様々な条件によって値が異なると想定される。例えば、間接二酸化炭素排出量補正率が燃料消費量と輸送量・輸送距離のいずれと相関が高いか等については、本研究では扱っておらず、今後の検討、検証が必要である。

また、直接二酸化炭素排出量について、運搬に用いる車種や走行速度、積載量等が異なると燃料を消費する割合も異なると予想される。今後、シャシダイナモ試験の実験結果を蓄積して計算精度の向上を目指すとともに、様々なケースでの燃料消費量が算定できるように整理することが必要となる。

なお、間接二酸化炭素排出量補正率を用いる方法は、既に「エコプロダクツ展」の CO₂ 排出量算定(社団法人産業環境管理協会、東京都市大学伊坪研究室)において開発・適用された手法である。

3. 2. 5 建設機械の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

建設機械の環境負荷量 = 稼働に係る環境負荷量 + 減耗等に係る環境負荷量

$$\text{稼働に係る環境負荷量} = \sum_n (\text{燃料消費量} \times \text{燃料の原単位})$$

$$\begin{aligned} \text{減耗等に係る環境負荷量} &= \sum_n (\text{供用日数} \times \text{建設機械重量} \times \text{減耗等に係る原単位}) \\ &= \sum_n \{ \text{供用日数} \times \text{建設機械重量} \times (\text{維持修理} + \text{償却} + \text{管理に係る原単位}) \} \end{aligned}$$

建設機械の環境負荷は、「建設機械の稼働に係る環境負荷量」と「建設機械の減耗等に係る環境負荷量」の和から算出する。

建設機械の稼働に係る環境負荷量は、「燃料消費量」と「燃料の原単位」の積から算出する。

建設機械の減耗等に係る環境負荷量は、「建設機械の供用日数」、「建設機械の重量」、「建設機械の減耗等に係る原単位」の積から算出する。建設機械の減耗に係る原単位は、「維持修理に係る原単位」、「償却に係る原単位」、「管理に係る原単位」の和から算出する。

【解説】

(1) 建設機械の環境負荷原単位の算定方法

建設機械の環境負荷量は、「建設機械の稼働に係る環境負荷量」と「建設機械の減耗等に係る環境負荷量」の和である。これらの環境負荷量は、建設機械等損料表を利用することで、積算内訳との整合及び積算作業との親和性のある計算が可能である。

本研究では、建設機械の環境負荷原単位として「建設機械の稼働に係る環境負荷原単位」と「建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位」を設定した。

建設機械に係る環境負荷量

= 建設機械の稼働に係る環境負荷量 + 建設機械の減耗等に係る環境負荷量

1) 建設機械の稼働に係る環境負荷原単位の算定方法

建設機械の稼働に係る環境負荷量は、国土交通省が定める「土木工事標準歩掛」における「原動機燃料消費量」から燃料消費量を把握し、資材(一般品)の環境負荷原単位における燃料の原単位を乗じることにより算出する。

$$\text{建設機械の稼働に係る環境負荷量} = \sum_n (\text{燃料消費量} \times \text{燃料の原単位})$$

燃料消費量 = 運転日数当りの燃料使用量 × 施工量当りの運転日数 × 施工量

【参考】一般品の燃料の二酸化炭素排出原単位

軽油 : 2.95 kg-CO₂/l、ガソリン : 2.84 kg-CO₂/l、事業用電力 : 0.464 kg-CO₂/kWh

なお、工事積算での燃料使用量には、純粋な「燃料」以外も含まれる。土木工事標準歩掛の「②原動機燃料消費量」において示されている運転1時間当たり燃料消費率には、日常保守点検等に必要の油脂類及び消耗品費等を燃料換算した分が含まれている。

このため、既存の検討事例では、積算上の燃料消費量全量を燃料燃焼とみなしていないものも見られる。例えば、「建設施工における地球温暖化対策の手引き」では、燃料消費量を1.2で割っている。一方、「舗装性能評価法 別冊」(平成20年3月、日本道路協会)では、施工機械の燃料消費量を土木工事積算基準マニュアルに示された時間当たり燃料消費量より求め、これに二酸化炭素原単位を乗じているため、このような考慮は評価に含まれていないもの(油脂類及び消耗品費等の消費は同額の軽油の消費とみなして、軽油の二酸化炭素排出係数を適用することとなる。)と見られる。

1.2で割る場合には環境負荷量の過小評価となる一方、1.2で除す場合には燃料の燃焼量を大きく見積もることから環境負荷量の過大評価となる可能性がある。本研究では、1.2で除さないこととする。

2) 建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位の算定方法

建設機械の減耗等に係る環境負荷量は、LCA実施者が設計数量から各建設機械の供用日を、建設機械等損料表から機械質量を把握し、建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位を乗じることにより算出する。建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位は、機械損料の算出プロセスと同様に、「維持修理費に係る環境負荷原単位」、「償却費に係る環境負荷原単位」、「管理費に係る環境負荷原単位」の和から算出する。

建設機械の減耗等に係る環境負荷量

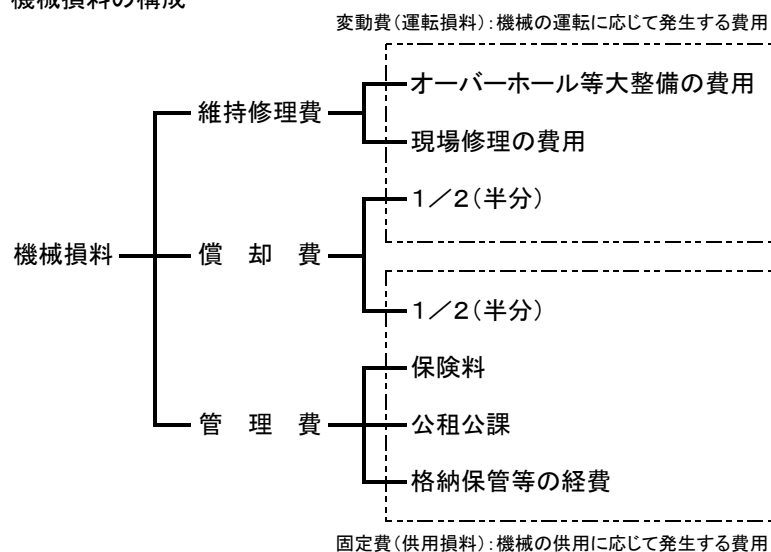
$$= \text{建設機械の供用日数} \times \text{建設機械重量} \times (E_1 + E_2 + E_3)$$

E_1 : 維持修理費に係る機械質量・供用日あたりの環境負荷原単位

E_2 : 償却費に係る機械質量・供用日あたりの環境負荷原単位

E_3 : 管理費に係る機械質量・供用日あたりの環境負荷原単位

機械損料の構成



「建設機械等損料、橋梁仮設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会 資料より

① 維持修理費に係る環境負荷原単位の算定方法

維持修理費に係る環境負荷原単位は、供用日あたりの維持修理費に一般品の「機械修理部門」の環境負荷原単位¹⁷を乗じて算出する。供用日あたりの維持修理費は、「建設機械等損料算定表」より、各建設機械別に基礎価格、維持修理費率、標準使用年数、年間標準供用日数を把握して算出する。

維持修理費に係る環境負荷原単位

＝供用日数当たりの維持修理費×「機械修理部門」の環境負荷原単位

$$\text{供用日数当たりの維持修理費} = \frac{\text{基礎価格} \times \text{維持修理費}}{\text{標準使用年数} \times \text{年間標準供用日数}}$$

【参考】一般品の「機械修理部門」の二酸化炭素排出原単位(金額基準)：2.90 kg-CO₂/千円

現レベルでは「機械修理部門」の環境負荷原単位を使用しているが、どの部門を当てはめることが適当であるかは、検討の余地がある(表 3. 2-71 参照)。

表 3. 2-71 産業連関表における機械修理関連の部門

産業連関表部門	部門の解説
建設機械器具賃貸業	建設機械器具賃貸業：建設機械器具賃貸業、土木機械器具賃貸業、パワーショベル賃貸業、建設用クレーン賃貸業
自動車修理	①二輪自動車及び三輪自動車の整備は本部門に含める。 ②自動車タイヤの再生業及び更生業は、「2311-01、-011 タイヤ・チューブ」に含める。 ③自動車検査独立行政法人の行う自動車検査業務は、「8111-01、-011 公務(中央)★★」に含める。
機械修理	一般機械修理、建設・鉱山機械整備・修理、電気機械修理、産業用運搬車両修理、光学機械修理

② 償却費に係る環境負荷原単位の算定方法

償却費に係る環境負荷原単位は、供用日数当たりの機械質量に一般品の「建設・鉱山機械部門」の環境負荷原単位を乗じて算出する。供用日数当たりの機械質量は、「建設機械等損料算定表」より、各建設機械別に機械質量、標準使用年数、年間標準供用日数を把握して算出する。

償却費に係る環境負荷原単位

＝供用日数当たりの機械質量×「建設・鉱山機械部門」の環境負荷原単位
機械質量

$$\text{供用日数当たりの機械質量} = \frac{\text{機械質量}}{\text{標準使用年数} \times \text{年間標準供用日数}}$$

【参考】一般品の「建設・鉱山機械部門」の二酸化炭素排出原単位：3.52t-CO₂/t

¹⁷ 「機械修理部門」には、建設・鉱山機械整備・修理が含まれている。

なお、償却費に係る環境負荷原単位算定にあたり、日本建設機械工業会へのヒアリングで下記を確認した。

- 1) 製造に係る二酸化炭素のデータは個々の会社で所有している。
- 2) 資材投入量は、産業連関表の建設機械への鉄の投入から考えればよいと考える。
- 3) 解体・廃棄の二酸化炭素の調査はしていない。
- 4) 中古車は、ほとんど海外へ輸出される(機械によって違うが約70%)。スクラップは3%、解体部品取りは2.5%とほとんどない。

1)について、各製造企業のデータは反映されていないため、今後、建設機械の減耗等の算定精度の向上が必要とされる場合には、既存研究事例なども踏まえつつ個別データの反映方法を検討する必要がある。2)について、「建設・鉱山機械部門」の原単位は、建設・鉱山機械等の製造に投入された鉄等の製造時の環境負荷量と組み立て時の環境負荷量を合算して、これを投入された鉄等の重量を基準として求めた原単位となっており、単に鉄の投入量で評価するよりも詳細な評価となっている。3)に関して解体、廃棄を計算対象とはしていないが、そもそも実態として4)のとおり、国内では解体・廃棄されることは少なく、想定よりも短い年数で海外に輸出されている可能性が高いため、この点とあわせて、今後、原単位への反映を検討していく必要があると考えられる。

なお、土木研究所では、建設機械のライフサイクル(製造・稼働・廃棄)に係る二酸化炭素排出量を積み上げ法により表3. 2-72のとおり算出している。

表 3. 2-72 建設機械のライフサイクルにおける二酸化炭素排出量

機種		ライフサイクルにおけるCO ₂ 排出量(t-CO ₂ /台)			合計 (t-CO ₂ /台)
		製造	稼働	廃棄	
バックホウ	6t	19	106	0.5	126
	20t	46	367	1.3	414
	35t	84	430	2.4	516
トラクターショベル	7t	32	138	0.8	171
	17t	71	354	1.3	426
ブルドーザ	20t	80	295	1.3	376
ホイールクレーン	25t	90	389	2.7	482

出典) 建設機械のライフサイクルにおける二酸化炭素排出(建設施工と建設機械シンポジウム 2005. 1)

③ 管理費に係る環境負荷原単位の算定方法

管理費に係る環境負荷原単位は、供用日数当たりの管理費に「建設機械管理」の環境負荷原単位を乗じて算出する。

供用日あたりの管理費は、「建設機械等損料算定表」より、各建設機械別に基礎価格、年間管理費率、標準使用年数、年間標準供用日数を把握して算出する。

「建設機械管理」の環境負荷原単位は、関係団体へのヒアリング結果を参考に、「損害保険部門」、「不動産賃貸業部門」、「事業用電力部門」の原単位から設定した。

管理費に係る環境負荷原単位

＝供用日数当たりの管理費×「建設機械管理」の環境負荷原単位

$$\text{供用日数当たりの管理費} = \frac{\text{基礎価格} \times \text{管理費率}}{\text{標準使用年数} \times \text{年間標準供用日数}}$$

「建設機械管理」の二酸化炭素排出原単位＝3.45kg-CO₂/千円

【参考】一般品の二酸化炭素排出原単位

損害保険：1.02kg-CO₂/千円、不動産賃貸業：1.61 kg-CO₂/千円、事業用電力：28.7kg-CO₂/千円

(2) 建設機械の環境負荷原単位の算定結果

「建設機械等損料表データベース(2010年、財団法人 経済調査会)」に記載されている建設機械(一部の機械質量の記載のない建設機械を除く)を対象に供用日数当たりの建設機械の減耗等に係る環境負荷量を算出した。

建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位の算出方法には、次の1)～4)の方法が考えられるが、利便性の観点から、建設機械全体で一つの原単位を算出する1)の方法を採用するのが社会資本LCAの導入時点では妥当であると思われる。

1) 建設機械全体で一つの原単位を算出する方法

各建設機械の供用日数当たりの維持修理費、機械質量、管理費について、機械質量との回帰式から建設機械の平均的な値を算出し(維持修理費：0.25 千円/t・日、機械質量：0.00043t/t・日、管理費：0.50 千円/t・日)、これと維持修理費、償却費、管理費の環境負荷原単位の算定方法に基づいて環境負荷原単位を算出した。

この方法は、建設機械別に環境負荷原単位を変える必要はなく、比較的簡単に計算できる。一方で、原単位の数値の精度は低く、建設機械別の環境負荷の差異化は不十分と考えられる。

本研究では、計算の簡素化等の観点から同方法による環境負荷原単位を採用し、建設機械の環境負荷原単位を下記のとおり算定した。

環境負荷を二酸化炭素排出量とした場合

建設機械の減耗等に係る二酸化炭素排出原単位

＝維持修理費に係る原単位＋償却費に係る原単位＋管理費に係る原単位

$$= 0.712 \text{ kg-CO}_2/\text{t}\cdot\text{日} + 1.51 \text{ kg-CO}_2/\text{t}\cdot\text{日} + 1.73 \text{ kg-CO}_2/\text{t}\cdot\text{日} = 3.96 \text{ kg-CO}_2/\text{t}\cdot\text{日}$$

なお、土木研究所が積み上げ法で算出したバックホウ、トラクターショベル、ブルドーザ、ホイールクレーンの供用日あたりの二酸化炭素排出量の算出結果は図 3. 2-52 のとおりである。これらの建設機械から環境負荷原単位を算出した場合、3.98kg-CO₂/t・供用日となり、概ね全建設機械で算出した値と一致する。

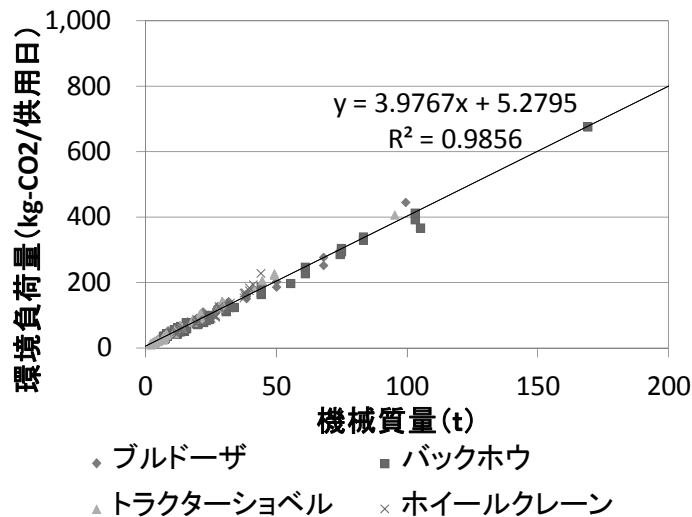


図 3. 2-52 バックホウ、トラクターショベル、ブルドーザ、ホイールクレーンの二酸化炭素排出原単位

2) 建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位をいくつかのグループに分けて算出する方法

図 3. 2-53 に示した個別の建設機械の供用日数当たりの環境負荷と機械質量の相関では、建設機械別の複数の傾向が見られる。建設機械をいくつかのグループに分け、グループ毎の環境負荷原単位を算出する方法が考えられる。

仮に供用日数・機械質量当たりの排出量の傾向を基に 3 つのグループに分けるとした場合、表 3. 2-73 のような分類が想定される。ただし、この分け方では、建設機械の分類コード¹⁸の大分類(機械の用途)が同じでも異なるグループに属する建設機械もあり、使用者への説明や利用が煩雑となる。

表 3. 2-73 建設機械のグループ分けの例

排出傾向で見たグループ例	グループに属する建設機械の例					
	分類コード	機械種類	緒元	機械質量 (t)	供用日あたりの排出量 (kg-CO ₂ /供用日)	供用日・機械質量あたりの排出量 (kg-CO ₂ /供用日・t)
コンクリートや骨材等の生産設備	40 01 01 8 0752-001	コンクリート生産設備 コンクリートプラント[傾胴型]	ミキサ容量 0.75m ³ ×2 基	82.0	36.46	0.44
	43 01 01 8 0609-001	骨材生産設備 ショックフラッシュ[シングルツグ型]	供給口開き 600mm ×幅 900mm	21.0	4.43	0.21
土工、濁水処理、運搬、橋梁などの一般的な建設機械	01 01 01 2 0030-001	ブルドーザ[普通・排対型(1次基準)]	3t 級 3~4t	3.8	18.02	4.74
	04 03 01 1 0005-001	ラフテレンクレーン[油圧伸縮ジブ型]	吊上能力 4.9t 吊	11.8	43.19	3.66
特殊な建設機械	07 02 01 2 0312-001	スタビライザ[路床改良用]	処理深さ 0.3m 処理幅 1.2m	13.0	355.60	27.35
	18 18 01 0 0250-001	多軸式特殊台車[自走式]	積載能力 2450kN(250t)	40.0	1,107.50	27.69

3) 維持修理費、償却費、管理費の環境負荷原単位別にいくつかのグループに分けて算出する方法

図 3. 2-54 の維持修理費、図 3. 2-55 の償却費、図 3. 2-56 の管理費のそれぞれごとに、建設機械をグループ分けして、原単位を算出する方法が考えられる。

¹⁸ 建設機械等損料算定表では、大分類(機械の用途)、中分類(機械の種類・形式・大きさ等)、小分類(機械の形式・構造・環境対策レベル等)、細分類(機械の大きさ等)、細細分類(細かな仕様等)に区分されている。

その場合、維持修理費、償却費、管理費のグループの組み合わせが複数とおりあることとなり、例えば、供用日・機械質量あたりの排出量の傾向から維持修理費が3グループ、償却費が2グループ、管理費が3グループとした場合、最大18とおりの組み合わせとなり得る。また、2)と同様に同じ大分類でも異なるグループになる建設機械がある。原単位の数値の精度は向上すると考えられるが、使用者への説明や利用はより煩雑となる。

4) 各建設機械に個別の原単位を算出する方法

図 3. 2-53 の各点の建設機械毎の排出量を、そのまま各機械の環境負荷原単位として利用する方法が考えられる。

個別の建設機械の特性を反映した原単位となっていると考えられる。利用者は建設機械等損料算定表から建設機械の積算をするのと同様に、建設機械毎に環境負荷を選択することとなる。

積算時には機械の種類が決まっており、かつ、それぞれの機械質量を把握する必要があることを考えると、建設機械ごとの原単位一覧表を LCA 実施者に対して提示できれば、実際の作業手間は建設機械全体で一つの原単位を算出する方法とそれほど変わらない可能性がある。ただし、原単位一覧表にない建設機械についてどうするか等の手順の提示は必要である。

なお、写真 3. 2-1～11 に一般的な土木工事で使用される建設機械を示す。

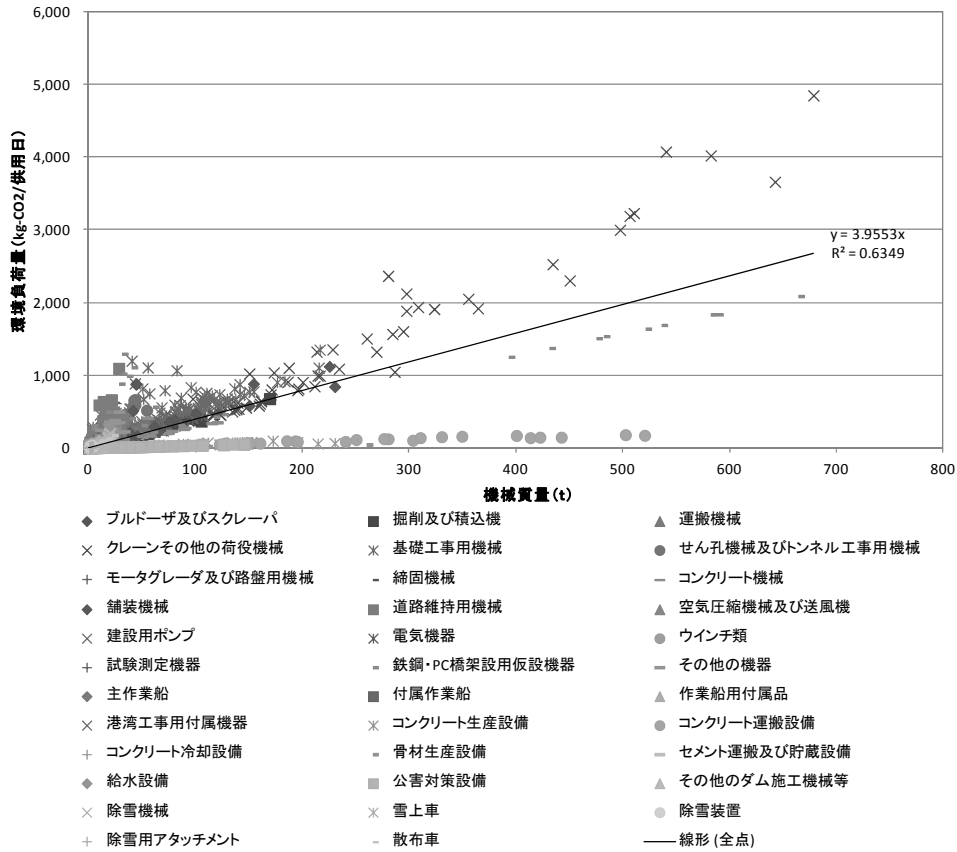


図 3. 2-53 建設機械の減耗等に係る二酸化炭素排出原単位 (合計)

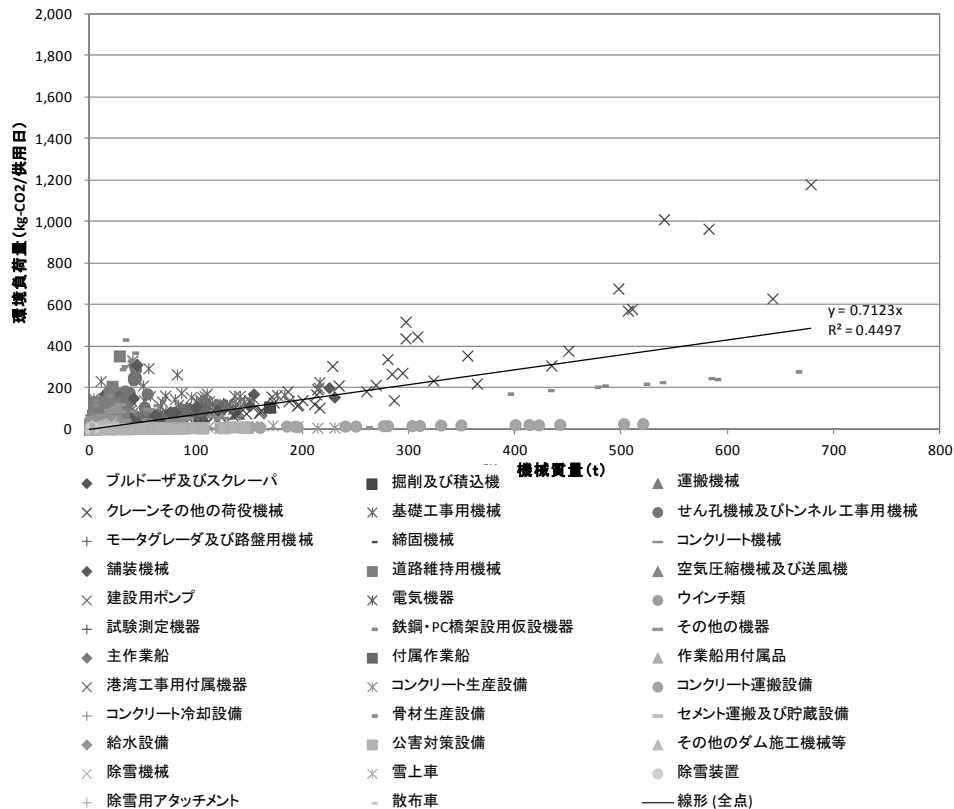


図 3. 2-54 建設機械の減耗等に係る二酸化炭素排出原単位 (維持修理費)

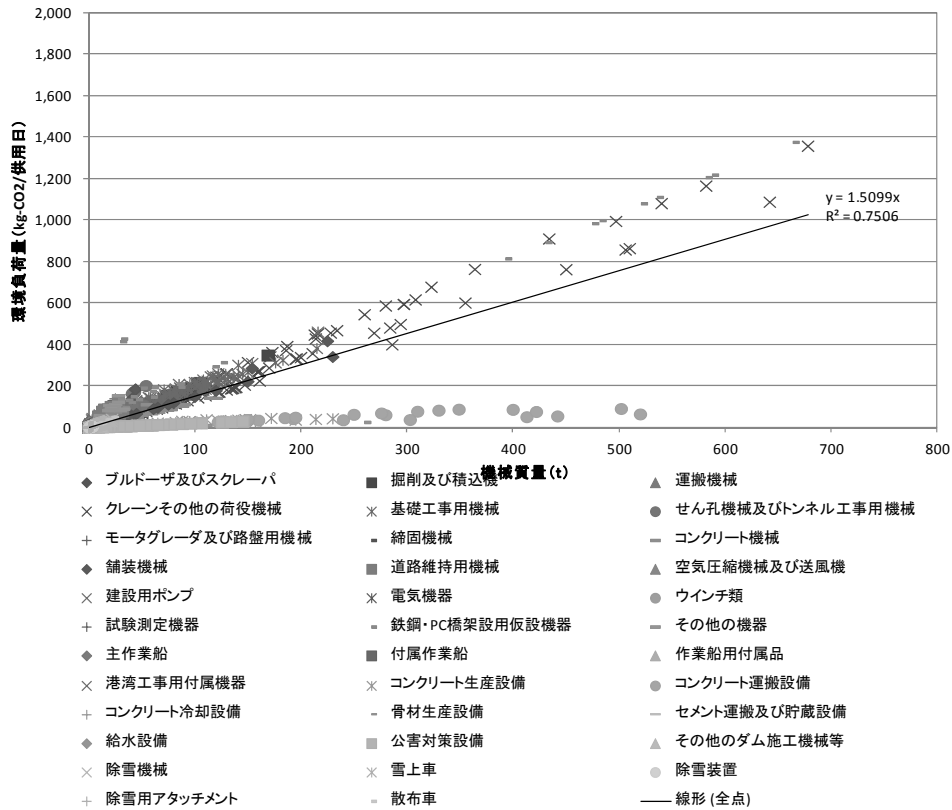


図 3. 2-55 建設機械の減耗等に係る二酸化炭素排出原単位 (償却費)

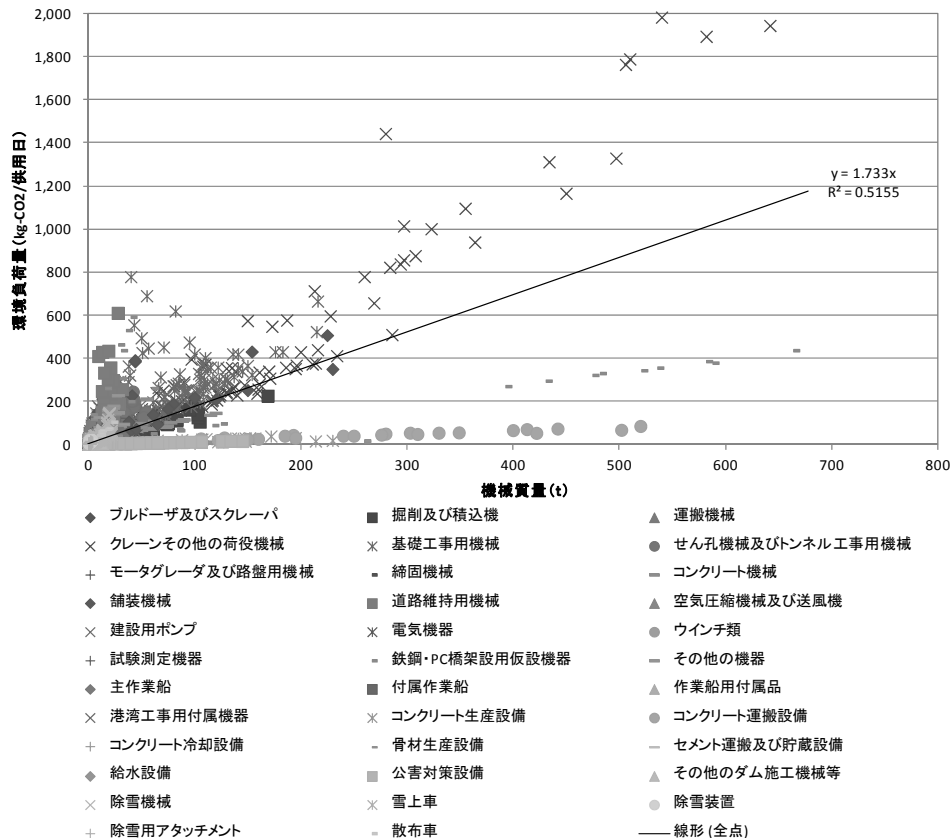


図 3. 2-56 建設機械の減耗等に係る二酸化炭素排出原単位 (管理費)



写真 3. 2-1 ブルドーザ



写真 3. 2-2 バックホウ



写真 3. 2-3 クローラローダ



写真 3. 2-4 ホイールローダ



写真 3. 2-6 ラフテレーンクレーン



写真 3. 2-5 ダンプトラック



写真 3. 2-7 モータグレーダ



写真 3. 2-9 油圧ハンマ



写真 3. 2-8 トレンチャ



写真 3. 2-10 タワークレーン



写真 3. 2-11 スタビライザ

3. 2. 6 仮設材の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

$$\begin{aligned} \text{仮設材の環境負荷量} &= \sum_n (\text{リース代} \times \text{仮設材の原単位}) \\ &= \sum_n \{ \text{リース代} \times (\text{損耗分の原単位} + \text{賃貸分の原単位}) \} \end{aligned}$$

仮設材の環境負荷は、「リース代(賃料)」と「仮設材の原単位」の積和により算出する。

仮設材の原単位は、「損耗分の原単位」と「賃貸分の原単位」に分けられる。

損耗分の原単位は、「生産レベルの環境負荷量」と「減価償却率」の積から設定する。本研究では、仮設材の減価償却率のうち、重仮設(鋼材、土留材等)の減価償却率を「約40%」、軽仮設(足場等)の減価償却率を「約5%」と設定した。

なお、埋め殺し等により仮設材の消失が明らかでその後の再利用が想定されない場合には、「資材の消費」として環境負荷を算出する。

【解説】

(1) 仮設材の環境負荷原単位の算定方法

国土交通省土木工事積算基準等の改正について(平成17年3月28日)¹⁹では、建設用仮設材損料算定基準等について下記の通り適用が縮小方向で改正された。現状の大部分の建設用仮設材の積算は「建設用仮設材賃料積算基準」等を用いて行われているのではないかと考えられる。

4. 建設用仮設材損料算定基準等

(1) 改正概要

建設用仮設材損料算定基準は、土木工事請負工事の施工者が保有する建設用仮設材の損料の算定に必要な算式及び諸仮設材の基礎価格、標準使用年数、供用1日当たり損料等の諸数値について定めているもので、請負工事の予定価格の算定に使用されます。

この諸数値は、実態調査を実施し改正を行っているものですが、今般、実施した実態調査の結果、請負工事の施工者における建設用仮設材の調達形態が、自社保有からリースへ変化していることから、建設用仮設材損料算定基準から諸仮設材の諸数値を削除いたしました。

これにより、工事目的物の施工に必要な建設用仮設材の経費につきましては、その調達形態に応じ「建設用仮設材賃料積算基準」等を用い積算を行うこととなります。

したがって、建設機械では「損料」に対応した原単位を検討したが、仮設材については「賃料」に係る原単位を検討する必要がある。

- ・ 賃料：自社保有ではなく、施工業者・建設機械賃料業者間の取引市場(リース・レンタル等)において形成されている取引単位当たりの賃料価格。
- ・ 損料：自社保有しており、償却費、維持修理費、管理費等を含んだ費用。

建設用仮設材の積算時には、使用数量を集計した上で賃料が積算されていると考えられることから、環境負荷原単位もこれに合わせた形で整備することが望ましい。損料は償却費、維持修理費、管理費からなるのに対し、賃料は市場単価(賃料単価)と1現場当たりの修理費及び損耗費からなる。

賃料の環境負荷原単位の算定対象範囲を、損料と同様とする場合に考えられる算定方法を表3.2-74に示す。

¹⁹ http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/13/130328_.html

表 3. 2-74 仮設材の環境負荷原単位の算定方法

算定対象	算定の考え方と事例	LCA 実施者が把握する活動量
仮設材の損耗分	① 仮設材の供用日数等を活動量とした損耗分の環境負荷原単位：耐用年数(寿命)を調査、設定し、「資材の生産レベルの環境負荷量×使用期間÷耐用年数」で評価する。 (既存事例) 土木学会 LCA 評価検討小委員会(平成 6~8 年) ・ 仮設材の寿命は 10 年とする ²⁰	供用日数、仮設材の重量 供用日数、仮設材を購入した場合の金額
	② 仮設材の賃料を活動量とした損耗分の環境負荷原単位：賃料に占める減価償却の割合を調査・設定し、「資材の生産レベルの環境負荷量×賃料に対応した減価償却率」で評価する。 (既存事例) エコプロダクツ 2008 における CO ₂ 排出量測定調査 ・ 産業連関表の物品賃貸業部門の投入係数での資本減耗引当の比率(40%)を利用	仮設材の賃料
仮設材の賃貸に係る活動(損料でいえば維持修理費・管理費)	③ 仮設材の賃料を活動量とした賃貸分の環境負荷原単位：産業連関表の物品賃貸業部門の環境負荷原単位(資本減耗及び固定資本形成を含まない範囲)を用いる。 ²¹	仮設材の賃料

注) 1. 賃料の内訳を LCA 実施者が把握し、内訳別に適切な環境負荷原単位を適用する等の方法(資材の個別品の環境負荷原単位算定手法に対応)も考えられるが、負担が大きいと考えられるため、本表からは除外した。

実施者が把握する必要のあるデータの入手しやすさ等の観点から、産業連関表の情報を活用することで賃料のみから算定する方法②と③が利用しやすいとみられる。

仮設材の種類毎に環境負荷量が賃料に比例する評価になるという制約があるものの、本研究では LCA 実施者にとっての簡便性等の観点から「① 仮設材の賃料を活動量とした損耗分の環境負荷原単位」、「② 仮設材の賃料を活動量とした賃貸分の環境負荷原単位」を採用した。

1) 仮設材の賃料を活動量とした損耗分の環境負荷原単位

減価償却率を、国内生産額に占める資本減耗分の割合(下式の d_{rental} / X_{rental})により設定し、製造過程の排出量を按分した。

$$C_{i-C} = e_{i-p, capital} \frac{d_{rental}}{X_{rental}}$$

ここで

C_{i-C} : 仮設材 i の賃料を活動量とした損耗分の排出原単位

$e_{i-p, capital}$: 建設用仮設材 i の内生部門を対象とした購入者価格ベース排出原単位

d_{rental} : 「物品賃貸業(除貸自動車)」の資本減耗引当

X_{rental} : 「物品賃貸業(除貸自動車)」の国内生産額

なお、「物品賃貸業(除貸自動車)」部門では、資本減耗引当が国内生産額に占める割合は、平成 17 年産業連関表の同部門の資本減耗引当(4,283,582 百万円)と国内生産額(10,573,864 百万円)より 40.5%²²であった。このことから、重仮設については減価償却率 40%として損耗分の環境負荷原単

²⁰ 「足場、支保工、鋼矢板、仮設 H 鋼等は、通常の使用条件では 10 年程度の寿命である。よって使用仮設機材の資材別製造レベル排出量に、実使用期間(年)／10 を乗じて算出すればよい。」

²¹ ただし、物品賃貸業部門が賃貸している物品には様々なものがあり、より精度を高めるためには、仮設材等の物品賃貸活動について投入内訳の把握が必要となる。

²² 1995 年表では、資本減耗引当が 3,776,521 百万円、国内生産額が 9,720,931 百万円、購入金額相当率は 38.8%であった。2000 年表では、資本減耗引当が 4,406,775 百万円、国内生産額が 11,033,514 百万円、「購入金額相当率」39.9%であった。そのため、ほぼ一定(係数が安定している)の可能性が高い。

位を算定することとした。一方、軽仮設は重仮設より再利用の割合が高く、減価償却率が低いと考えられる。軽仮設リース業協会へのヒアリングの結果を踏まえて、減価償却率 5%として損耗分の環境負荷原単位を算定することとした。

2) 仮設材の賃料を活動量とした賃貸分の環境負荷原単位

産業連関表の物品賃貸業部門の環境負荷原単位(資本減耗及び固定資本形成を含まない範囲)を用いる。

$$C_D = e_{rental-p}$$

ここで

C_D : 仮設材の賃貸に係る活動の排出原単位(価格基準)

$e_{rental-p}$: 「建設機械器具賃貸業」の内生部門を対象とした排出原単位

なお、仮設材の損耗分を計算するためには、仮設材を生産する部門の特定が必要となるが、すぐには分からないことも考えられる。その場合、不明とすることで環境負荷量の算定結果が低下²³することは好ましくないことから、相対的に原単位の大きい普通鋼鋼板を使用することとする。

(2) 仮設材の環境負荷原単位の算定結果

仮設材と移動機械の二酸化炭素排出原単位の算定結果は表 3. 2-75 のとおりである。

重仮設については減価償却率が約 40%と大きく、かつ基本となる原単位を普通鋼鋼板等の環境負荷量の大きいものを適用しているため、損耗分の環境負荷の割合が大きくなっている。一方、軽仮設の減価償却率は約 5%と重仮設より小さく、損耗分の環境負荷も小さい。

表 3. 2-75 仮設材の環境負荷原単位の算定結果

仮設材			損耗分の環境負荷原単位				賃貸分の環境負荷原単位		賃料を活動量とした環境負荷原単位 (kg-CO ₂ /千円)				
			当てはめた部門の購入者価格原単位		仮設材の環境負荷原単位 (kg-CO ₂ /千円)	使用部門		環境負荷原単位 (kg-CO ₂ /千円)					
			部門コード	部門名		部門コード	部門名						
(イ)	鋼矢板及び H 形鋼の賃料	鋼矢板	26210110	普通鋼形鋼	15.3	6.2	851201	物品賃貸業(除貸自動車)	0.7	6.9			
		軽量鋼矢板	26210110	普通鋼形鋼	15.3	6.2				6.9			
		杭工	26210110	普通鋼形鋼	15.3	6.2				6.9			
		鋼製山留材	26210110	普通鋼形鋼	15.3	6.2				6.9			
(ロ)	覆工板及び鋼製マットの賃料	覆工板	26210110	普通鋼形鋼	15.3	6.2				851201	物品賃貸業(除貸自動車)	0.7	6.9
		鋼製マット	26210120	普通鋼鋼板	22.9	9.3							10.0
(ハ)	異形ブロック型枠の賃料	鋼製型枠	26210120	普通鋼鋼板	22.9	9.3				851201	物品賃貸業(除貸自動車)	0.7	10.0
(ニ)	(イ)、(ロ)又は(ハ)に掲げる仮設材以外の仮設材の賃料	鋼管足場	26220110	普通鋼鋼管	14.4	0.7							851201	物品賃貸業(除貸自動車)	0.7	1.4
		シート	22110110	プラスチックフィルム・シート	3.9	0.2				0.9			
仮設材の生産部門が不明の場合			26210120	普通鋼鋼板	22.9	9.3							10.0
【参考】移動機械			35210110	トラック・バス・その他の自動車	3.6	1.4	85130110	貸自動車業	0.8	2.2			

重仮設の例を写真 3. 2-12~17、軽仮設の例を写真 3. 2-18~21 に示す。

²³ 「物品賃貸サービス」部門が購入している財の構成に基づき、不明の場合に対して、物品賃貸業「平均」の原単位を算出する方法が考えられるが、電子計算機・同付属装置等の占める割合が大きく、社会資本に用いるには過小評価となるため、用いないこととした。

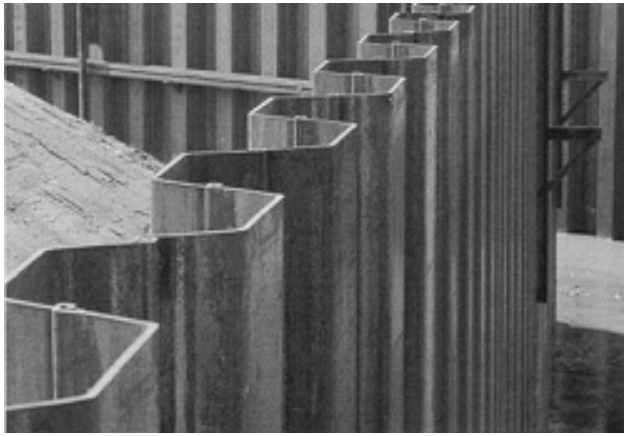


写真 3. 2-12 鋼矢板

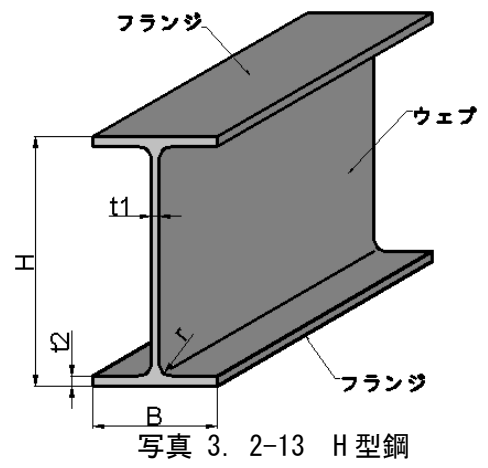


写真 3. 2-14 鋼製山留材



写真 3. 2-15 鋼製マット



写真 3. 2-16 覆工板(設置状況)



写真 3. 2-17 異形ブロック型枠(テトラポット)

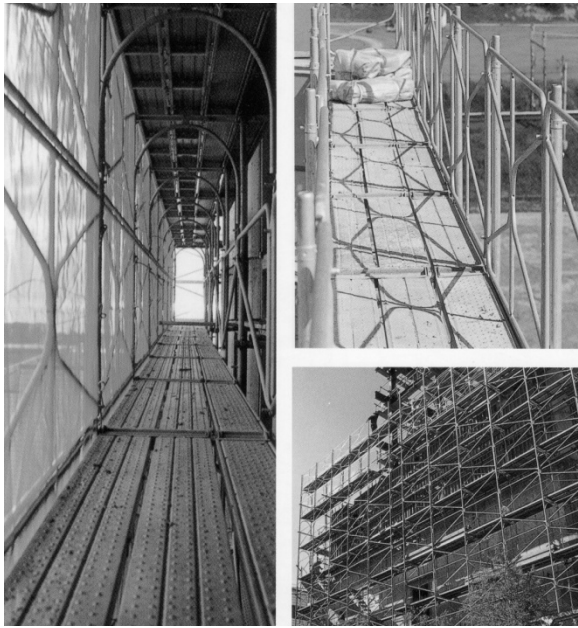


写真 3. 2-18 足場

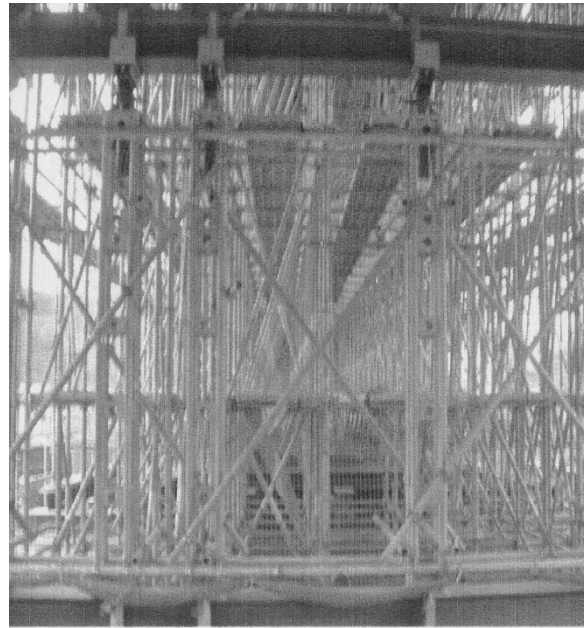


写真 3. 2-19 支保工

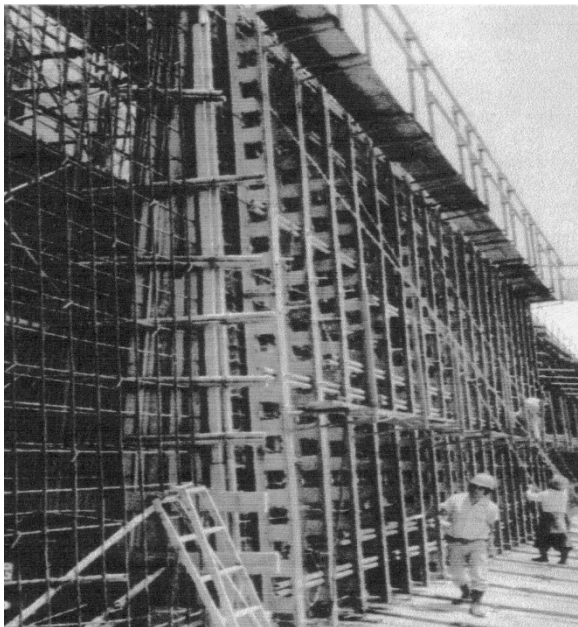


写真 3. 2-20 型枠



写真 3. 2-21 仮囲い

注)1. 写真 3. 2-18～21 は、軽仮設リース業協会より提供を受けた。

【資材選定レベルの環境負荷の算出】

3. 2. 7 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果

(1) 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法

資材（個別品）の環境負荷量は、対象資材別に定める主要な活動について積み上げ法により計算した値に、その他の部門・項目からの環境負荷に相当する「未集計分等見込み値」を付加することにより算出する。

設定された「未集計分等見込み値」が全体の結果に重大な影響を及ぼしうる場合には、当該部門・項目について適切な積み上げ計算を行わなければならない。

【解説】

資材（個別品）の環境負荷原単位の計算は、積み上げ法と産業連関法を組み合わせた「産業連関表補完型積み上げ法」によるものとする。この手法は図 3. 2-57 に示すとおりであり、産業連関法の活動の一意性、網羅性と積み上げ法の品目詳細化、差異化のそれぞれの利点をいかすために、計算対象となる活動別にいずれかの手法を選択するものである。

環境負荷を二酸化炭素排出量とすると、資材全体の二酸化炭素排出量に大きく影響する活動や変動の大きな活動（図 3. 2-57 中の「主要な活動」に該当）については、公的統計や業界統計等の統計データを用いて積み上げ法で計算することで、詳細な品目区分による計算を可能とする。積み上げ法においては、品目区分のみならず、原料や燃料についても、各産業独自の詳細な種類を計算することが可能であるため、独自の工夫を実施した個別品の二酸化炭素排出量が計算可能となり、この差異化によって二酸化炭素排出量削減につながる工夫を的確に把握することが出来るようになる。その他の活動に起因する二酸化炭素排出量は、各活動に関連付けた産業連関表の活動（部門・項目）の二酸化炭素排出量と同程度であると仮定し、この数値（以下、「未集計分等見込み値」という。）を、主要な活動に起因する二酸化炭素排出量に付加する。未集計分等見込み値の付加によって、二酸化炭素排出量の計算範囲は産業連関表が取り扱う範囲と合致するため、あらゆる製品について計算範囲の一意性が確保されるとともに、国内経済活動について網羅性が確保される。海外における原料採取などを伴う場合には、原料、燃料などの二酸化炭素排出原単位の海外分を含めた数値を用いることで、計算に陰に含めるものとする。本手法による二酸化炭素排出量計算式は、以下で表される。

$$EM = \sum_o (R_o \times \overline{ER}_o) + \sum_p (E_p \times \overline{EE}_p) + EO$$

ここで

EM : 資材の環境負荷量 (Emission by Material)

o : 原材料の種類

R : 原材料の数量 (Raw-material)

\overline{ER} : 原材料に係る原単位 (環境負荷量) (Emission by Raw-material)

p : 投入エネルギーの種類

E : 投入エネルギー (Energy) の量

\overline{EE} : 投入エネルギーに係る原単位 (環境負荷量) (Emission by Energy)

EO : 未集計分等見込み値に係る環境負荷量 (Emission by Others)

主な資材の環境負荷量のうち、積み上げ法に基づく環境負荷量と未集計分等見込み値の環境負荷量の割合を表 3. 2-76 に示す。

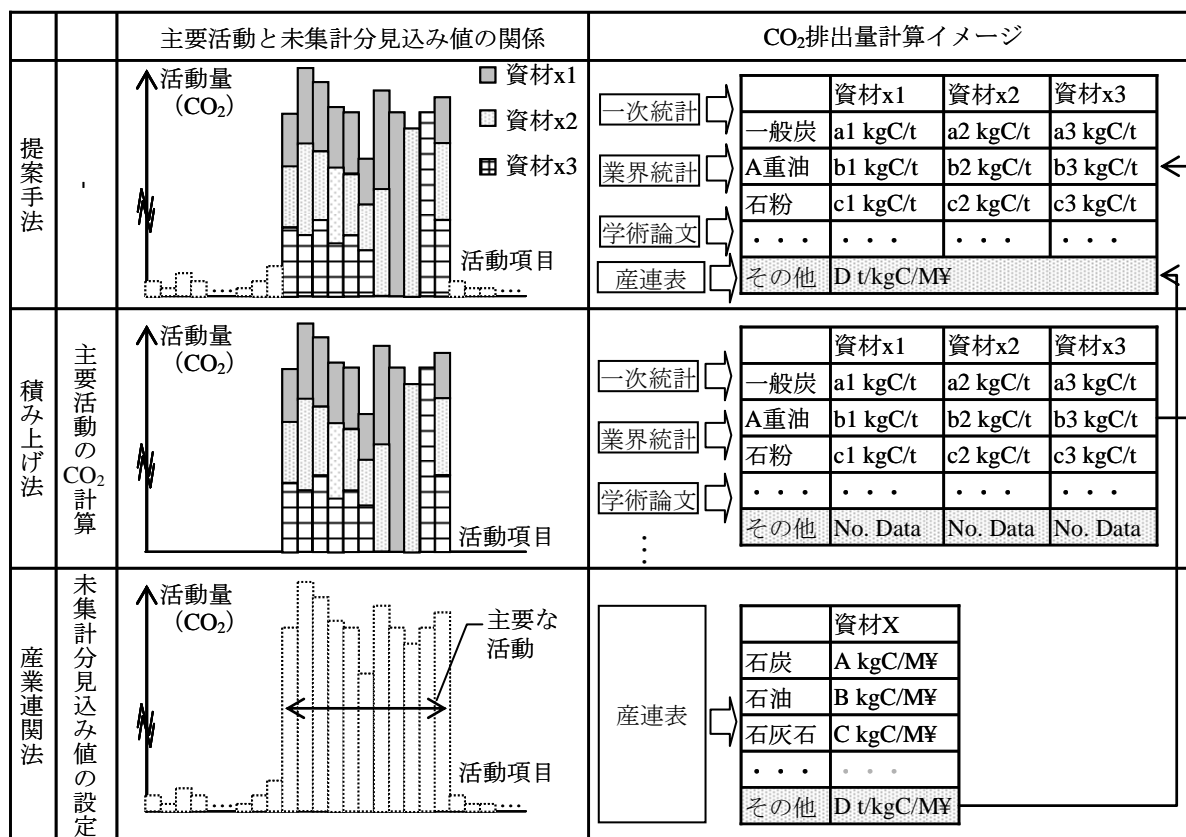


図 3. 2-57 産業連関表補完型積み上げ法の概要

表 3. 2-76 二酸化酸素排出量における積み上げ計算と未集計分見込み値の割合(主な資材のみ抜粋)

群	品目	間接排出			直接排出			合計		
		積み上げ計算	未集計分見込み値		積み上げ計算	未集計分見込み値		積み上げ計算	未集計分見込み値	
セメント	早強ポルトランドセメント	11%	1%	12%	88%	0%	88%	99%	1%	100%
	中庸熱ポルトランドセメント	11%	1%	12%	88%	0%	88%	99%	1%	100%
	普通ポルトランドセメント	11%	1%	12%	88%	0%	88%	99%	1%	100%
生コンクリート	早強ポルトランドセメント	93%	6%	99%	0%	1%	1%	93%	7%	100%
	中庸熱ポルトランドセメント	93%	7%	99%	0%	1%	1%	93%	7%	100%
	普通ポルトランドセメント	93%	7%	99%	0%	1%	1%	93%	7%	100%
ルト合材	新規合材	38%	16%	54%	45%	0%	46%	84%	16%	100%
	再生合材	28%	17%	45%	55%	0%	55%	83%	17%	100%
骨材	砕骨石	24%	28%	52%	47%	1%	48%	71%	29%	100%
	再生砕石※1	15%	75%	90%	9%	1%	10%	24%	76%	100%

注) 1. ※1: 原材料のセメントによる二酸化炭素吸着分をマイナス値で計上している。

(2) 各主要建設資材（個別品）の環境負荷原単位の算定結果

以降では、主要な建設資材の個別品を対象とする二酸化炭素排出原単位の算定方法及び算定結果を中心に記載する。

1) セメント

i) 積み上げ計上項目の整理

業界提供データによって、原料採取工程（石灰石、粘土、珪石の軽油消費量）、セメント工場における製品製造の原料工程、焼成工程、仕上工程、自家発電について、燃料投入量が把握できる。なお、原料及び製品の輸送は含まれていない。

このデータから把握可能な項目と、石油等消費動態統計から把握可能な燃料、セメントハンドブックに計上されている原料等の項目が、積み上げ法で把握可能であると考えられるため、表 3. 2-77の項目を積み上げ法で計上される項目とし、これに本検討で修正等した産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目を対応させた。

表 3. 2-78、79では、自家発電分を除いた燃料投入量を示す。（一般品の環境負荷原単位では、自家発電用の燃料は、自家発電部門を分割して新設した自家発電（セメント）部門に投入している。）

表 3. 2-77 積み上げ法で計上される項目と環境負荷原単位の項目の対応

	積み上げ法で計上される項目	産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目	積み上げ法で計上される項目を把握した資料等
電力	自家電力	自家発電	石油等消費動態統計
	購入電力	事業用電力	業界提供データ
原燃料・添加物	石炭	石炭	業界提供データ
	A 重油	A 重油	石油等消費動態統計
	C 重油	B 重油・C 重油	業界提供データ
	石油コークス	石油コークス	業界提供データ
	炭化水素油	炭化水素油	業界提供データ
	軽油	軽油	石油等消費動態統計
	灯油	灯油	石油等消費動態統計
	コークス炉ガス(COG)	コークス炉ガス(COG)	石油等消費動態統計
	転炉ガス(LDG)消費	転炉ガス(LDG)消費	石油等消費動態統計
	高炉ガス(BFG)消費	高炉ガス(BFG)消費	石油等消費動態統計
	ガソリン	ガソリン	石油等消費動態統計
	廃油	廃油	業界提供データ
	廃白土		
	廃プラスチック	産廃：廃プラスチック(熱回収)	業界提供データ
	廃タイヤ	廃タイヤ(熱回収)	業界提供データ
	廃材	廃材	セメントハンドブック
	再生油	再生油	石油等消費動態統計
	ボタ	鉍さい(その他)	セメントハンドブック
	肉骨粉	動植物性残渣	業界提供データ
	石灰石	石灰石	業界提供データ
	製鋼スラグ	鉍さい(転炉)	セメントハンドブック
	鋳物砂	鉍さい(その他)	セメントハンドブック
	けい石類	その他の窯業原料鉍物	セメントハンドブック
	粘土		
	石膏		
	粘土類、その他	粘土類、その他	セメントハンドブック
	その他の天然原料	その他の非金属鉍物	セメントハンドブック
	燃え殻・煤塵・ダスト	燃え殻	セメントハンドブック
		ばいじん	
	汚泥・スラッジ	汚泥	セメントハンドブック
	建設発生土	建設発生土	セメントハンドブック
	高炉スラグ	高炉スラグ	セメントハンドブック
	非鉄鉍滓等	非鉄鉍滓等	セメントハンドブック

ii) 未集計分等見込み値の算出

セメントのシステム境界は、図 3. 2-58に示すとおりである。二重線で囲まれた範囲は未集計分等見込み値を含むセメントのライフサイクル全体の環境負荷のシステム境界である。この内、白色で塗られたプロセスの環境負荷量については、積み上げ法で計算することを前提として未集計分等見込み値を算出した。黒色で塗られたプロセスについてはセメントに利用することによる回避プロセスとし、該当する環境負荷量を控除した。

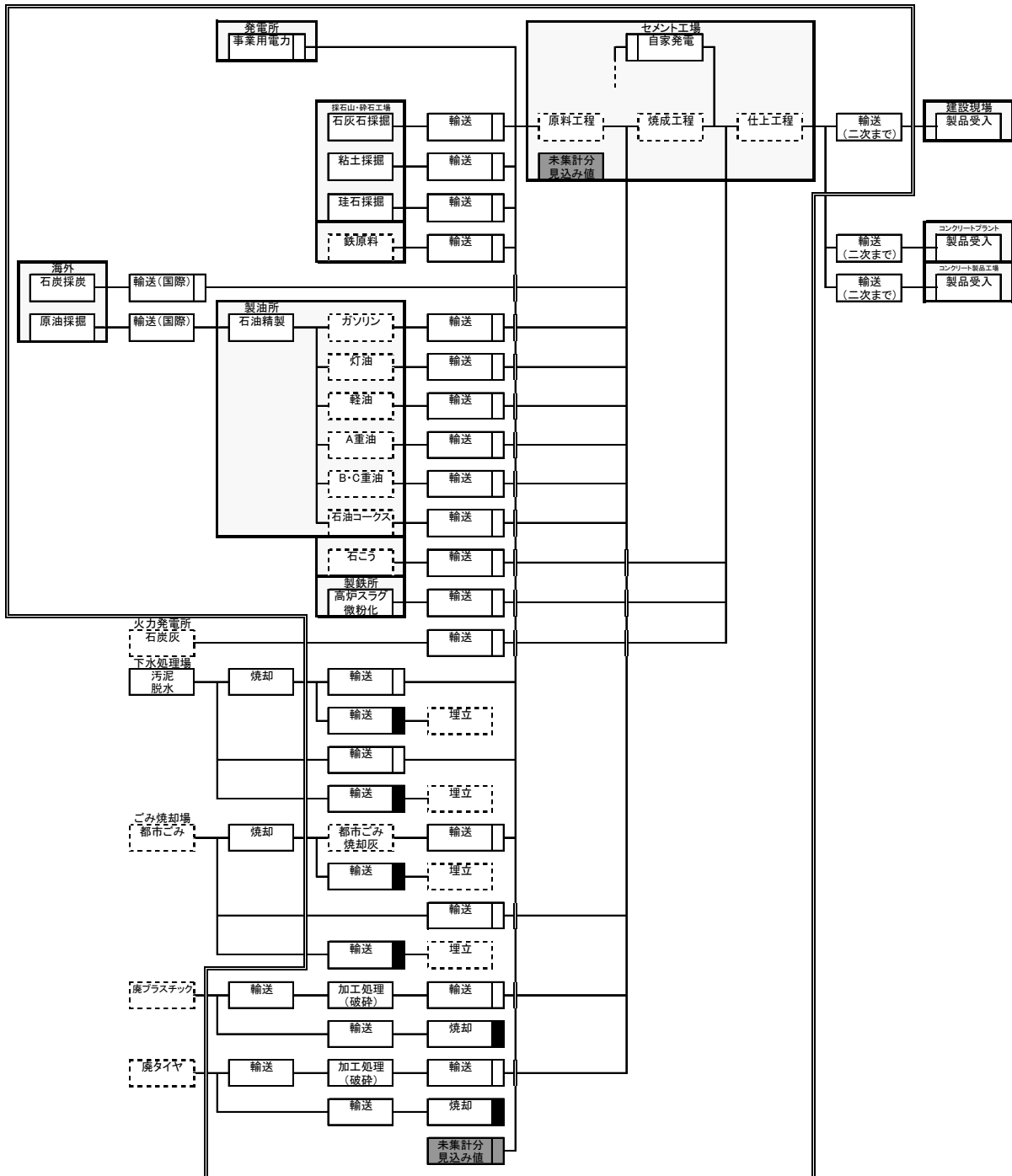


図 3. 2-58 セメントのシステム境界

セメントの環境負荷原単位の内訳は表 3. 2-78、79のとおりである。

表 3. 2-78 早強・中庸熱・普通ポルトランドセメントの二酸化炭素排出原単位の内訳(1/2)

生産	間接環境負荷	積み上げ計上項目	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	早強ポルトランドセメント		中庸熱ポルトランドセメント		普通ポルトランドセメント		
						財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	
						※	kg-CO2/※	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t
		電力	自家発電(セメント)	kWh	0.797	70.181	55.958	70.181	55.958	70.181	55.958	
			事業用電力	kWh	0.464	46.542	21.576	46.542	21.576	46.542	21.576	
		原燃料	石炭	t	84.870	0.100	8.445	0.095	8.061	0.091	7.677	
			A重油	l	0.173	0.102	0.018	0.098	0.017	0.093	0.016	
			B重油・C重油	l	0.137	0.656	0.090	0.626	0.086	0.596	0.081	
			軽油	l	0.327	0.091	0.030	0.087	0.028	0.083	0.027	
			灯油	l	0.205	0.021	0.004	0.020	0.004	0.019	0.004	
			ガソリン	l	0.437	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	
			廃油	t	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	
			廃プラスチック類<原燃料>	t	0.000	0.005	0.000	0.005	0.000	0.005	0.000	
			廃タイヤ<原燃料>	t	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	
			木くず<原燃料>	t	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	
			再生油	t	0.000	0.004	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	
			廃油	t	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	
			飼料【屑】:動植物性残渣	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			石灰石	t	5.402	1.142	6.170	1.142	6.170	1.142	6.170	
			碎石【屑】:釜さい(高炉スラグ・転炉スラグ・電気炉スラグ・その他)	t	0.000	0.079	0.000	0.079	0.000	0.079	0.000	
			その他の窯業原料鉱物	円	0.009	83	0.710	83	0.710	83	0.710	
			その他の窯業原料鉱物【副産物】	円	0.009	47	0.398	47	0.398	47	0.398	
			その他の非金属鉱物	円	0.010	632	6.381	632	6.381	632	6.381	
			燃え殻	t	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	
			その他の窯業原料鉱物【屑】:ガラス陶磁器くず・ばいじん	t	0.000	0.130	0.000	0.130	0.000	0.130	0.000	
		汚泥	t	0.000	0.041	0.000	0.041	0.000	0.041	0.000		
		建設発生土	t	0.000	0.031	0.000	0.031	0.000	0.031	0.000		
		高炉スラグ微粉末	t	-8.690	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		非鉄鉱さい	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		積み上げ計上項目計				99.780		99.330		99.000		
	未集計分見込値	輸送	自家輸送(貨物自動車)	円	0.011	59	0.633	59	0.633	59	0.633	
				沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	39	0.524	39	0.524	39	0.524
				道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	84	0.397	84	0.397	84	0.397
			港湾運送	円	0.002	32	0.069	32	0.069	32	0.069	
			原燃料	コークス	t	260.546	0.000	0.013	0.000	0.013	0.000	0.012
				都市ガス	m3	0.359	0.010	0.004	0.010	0.004	0.009	0.003
				砂利・採石	t	11.498	0.002	0.019	0.002	0.019	0.002	0.019
			セメント	t	805.271	0.002	1.422	0.002	1.422	0.002	1.422	
			非鉄金属鉱物	円	0.009	0.814	0.007	0.814	0.007	0.814	0.007	
			その他	その他の紙製容器	円	0.005	128	0.609	128	0.609	128	0.609
				企業内研究開発	円	0.003	213	0.599	213	0.599	213	0.599
				建設補修	円	0.003	122	0.420	122	0.420	122	0.420
				その他のゴム製品	円	0.004	60	0.264	60	0.264	60	0.264
				その他			4.170		4.170		4.170	
		未集計分見込値計				9.152		9.151		9.150		
		間接環境負荷量計				108.932		108.541		108.150		
		うち控除量				-0.144		-0.143		-0.143		

注)1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷。ただし、自家発電は製品製造とは別プロセスとして計算している関係で、自家発電に係る環境負荷量は全て間接環境負荷の区分において表示している。

2. 石炭、石油コークス、石灰石の業界提供値は乾燥重量が記載されていたため、湿重量に換算して使用した

表 3. 2-78 早強・中庸熱・普通ポルトランドセメントの二酸化炭素排出原単位の内訳(2/2)

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	早強ポルトランドセメント		中庸熱ポルトランドセメント		普通ポルトランドセメント			
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量		
				※	kg-CO2/※	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t
生産	直接環境負荷	石灰石	t	440.000	1.142	502.531	1.142	502.531	1.142	502.531	
		一般炭・亜炭・無煙炭	t	2328.506	0.100	231.903	0.095	221.362	0.091	210.821	
		A重油	l	2.710	0.102	0.278	0.098	0.265	0.093	0.252	
		B重油・C重油	l	3.002	0.656	1.968	0.626	1.878	0.596	1.789	
		石油コークス	t	2779.205	0.014	38.289	0.013	36.549	0.013	34.808	
		炭化水素油	l	3.177	1.360	4.319	1.298	4.123	1.236	3.927	
		軽油	l	2.589	0.091	0.237	0.087	0.226	0.083	0.215	
		灯油	l	2.491	0.021	0.052	0.020	0.050	0.019	0.048	
		コークス炉ガス(COG)	Nm3	0.850	0.034	0.029	0.032	0.028	0.031	0.026	
		転炉ガス(LDG)消費	Nm3	0.906	0.465	0.421	0.444	0.402	0.423	0.383	
		高炉ガス(BFG)消費	Nm3	0.367	0.015	0.006	0.015	0.005	0.014	0.005	
		揮発油	l	2.320	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.002	
		廃油	t	2918.667	0.004	10.485	0.003	10.009	0.003	9.532	
		廃プラスチック類<原燃料>	t	2553.833	0.005	12.652	0.005	12.077	0.005	11.502	
		廃タイヤ<原燃料>	t	1737.000	0.003	5.528	0.003	5.277	0.003	5.025	
		廃材	総乾t	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	
		再生油	t	2367.000	0.004	8.853	0.004	8.450	0.003	8.048	
		廃白土	t	2918.667	0.003	8.283	0.003	7.906	0.003	7.530	
		ボタ	t	2606.230	0.005	11.972	0.004	11.428	0.004	10.884	
		動植物性残渣(控除)	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		廃油(控除)	t	-2918.667	0.004	-10.485	0.003	-10.009	0.003	-9.532	
		廃プラスチック類<原燃料>(控除)	t	-2553.833	0.005	-12.652	0.005	-12.077	0.005	-11.502	
		廃タイヤ<原燃料>(控除)	t	-1737.000	0.003	-5.528	0.003	-5.277	0.003	-5.025	
		プラスチック[一廃]<素材原料>(控除)	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		厨芥[一廃]<原燃料>(控除)	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		木くず<原燃料>(控除)	t	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	
		鉄くず(控除)	t	-12.973	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		非鉄金属くず(控除)	t	-42.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	0.039	-1.431	0.039	-1.431	0.039	-1.431	
		積み上げ計上項目計				807.712		793.775		779.838	
		未集計分見込値	コークス	t	3167.164	0.000	0.163	0.000	0.156	0.000	0.148
			都市ガス	Nm3	2.243	0.010	0.023	0.010	0.022	0.009	0.021
			その他				0.000		0.000		0.000
未集計分見込値計				0.186		0.178		0.169			
直接環境負荷量計				807.898		793.952		780.007			
うち控除量				-30.096		-28.793		-27.490			
生産環境負荷量計				916.830		902.494		888.157			
うち資本減耗				4.363		4.362		4.362			
うち控除量				-30.240		-28.937		-27.633			
出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	13.589	2.931	13.589	2.931	13.589	2.931
		未集計分見込値	卸	円	0.001	1.101	1.425	1.101	1.425	1.101	1.425
			小売	円	0.002	1	0.002	1	0.002	1	0.002
			鉄道	円	0.006	17	0.101	17	0.101	17	0.101
			沿海	円	0.013	254	3.389	254	3.389	254	3.389
			港湾	円	0.002	112	0.242	112	0.242	112	0.242
			航空	円	0.011	0	0.000	0	0.000	0	0.000
			利用運送	円	0.002	50	0.090	50	0.090	50	0.090
			倉庫	円	0.003	5	0.017	5	0.017	5	0.017
		未集計分見込値計				5.266		5.266		5.266	
		出荷環境負荷量計				8.198		8.198		8.198	
うち資本減耗				0.840		0.840		0.840			
うち控除量				-0.014		-0.014		-0.014			
環境負荷原単位				925.028		910.691		896.355			

注)3. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

4. 循環資源を燃焼した場合の二酸化炭素排出量については、焼却処理が回避されたと評価(控除)しており、結果的に±0で評価されている。
5. 廃白土・ボタについては、原料代替として(二酸化炭素ではなく)最終処分量の原単位において控除がなされている。
6. 再生油については再生工程の環境負荷が不明であるため、環境負荷削減効果の過大評価を招かないように、その燃焼由来の二酸化炭素を控除していない。
7. 石炭、石油コークス、石灰石の業界提供値は乾燥重量が記載されていたため、湿重量に換算して使用した。
8. 石炭、ガソリンは計算上の区分から直接環境負荷では一般炭・亜炭・無煙炭、揮発油と表記した。

表 3. 2-79 高炉セメント・フライアッシュセメント・その他のセメントの二酸化炭素排出原単位の内訳(1/2)

生産	間接環境負荷	積み上げ計上項目	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	高炉セメント		フライアッシュセメント		その他のセメント		
						財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	
						※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t	
		電力	自家発電(セメント)	kWh	0.797	48.753	38.872	33.724	26.889	52.350	41.741	
			事業用電力	kWh	0.464	35.219	16.327	30.032	13.922	43.946	20.373	
		原燃料	石炭	t	84.870	0.052	4.450	0.077	6.489	0.082	6.986	
			A重油	l	0.173	0.071	0.012	0.078	0.014	0.089	0.015	
			B重油・C重油	l	0.137	0.669	0.091	0.492	0.067	0.615	0.084	
			軽油	l	0.327	0.064	0.021	0.070	0.023	0.079	0.026	
			灯油	l	0.205	0.015	0.003	0.016	0.003	0.018	0.004	
			ガソリン	l	0.437	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	
			廃油	t	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	
			廃プラスチック類<原燃料>	t	0.000	0.003	0.000	0.004	0.000	0.004	0.000	
			廃タイヤ<原燃料>	t	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	
			木くず<原燃料>	t	0.000	0.005	0.000	0.571	0.000	0.005	0.000	
			再生油	t	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	
			廃油	t	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	
			飼料【屑】: 動植物性残渣	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			石灰石	t	5.402	0.658	3.553	0.959	5.181	1.032	5.578	
			砕石【屑】: 鉱さい(高炉スラグ・転炉スラグ・電気炉スラグ・その他)	t	0.000	0.270	0.000	0.066	0.000	0.071	0.000	
			その他の窯業原料鉱物	円	0.009	48	0.409	70	0.596	75	0.642	
			その他の窯業原料鉱物【副産物】	円	0.009	40	0.344	38	0.323	45	0.386	
			その他の非金属鉱物	円	0.010	344	3.475	447	4.513	567	5.722	
			燃え殻	t	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	
			その他の窯業原料鉱物【屑】: ガラス	t	0.000	0.075	0.000	0.276	0.000	0.117	0.000	
			陶磁器くず・ばいじん	t	0.000	0.023	0.000	0.034	0.000	0.037	0.000	
			汚泥	t	0.000	0.018	0.000	0.026	0.000	0.028	0.000	
			建設発生土	t	0.000	0.018	0.000	0.026	0.000	0.028	0.000	
			高炉スラグ微粉末	t	-8.690	0.203	-1.762	0.000	0.000	0.000	0.000	
			非鉄鉱さい	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
			積み上げ計上項目計				65.796		58.022		81.557	
		未集計分見込値	輸送	自家輸送(貨物自動車)	円	0.011	59	0.633	59	0.633	59	0.633
				沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	39	0.524	39	0.524	39	0.524
				道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	84	0.397	84	0.397	84	0.397
				港湾運送	円	0.002	32	0.069	32	0.069	32	0.069
			原燃料	コークス	t	260.546	0.000	0.009	0.000	0.010	0.000	0.012
				都市ガス	m3	0.359	0.007	0.003	0.008	0.003	0.009	0.003
				砂利・採石	t	11.498	0.002	0.019	0.002	0.019	0.002	0.019
				セメント	t	805.271	0.001	0.775	0.001	1.006	0.002	1.275
				非鉄金属鉱物	円	0.009	0.814	0.007	0.814	0.007	0.814	0.007
			その他	その他の紙製容器	円	0.005	128	0.609	128	0.609	128	0.609
				企業内研究開発	円	0.003	213	0.599	213	0.599	213	0.599
				建設補修	円	0.003	122	0.420	122	0.420	122	0.420
				その他のゴム製品	円	0.004	60	0.264	60	0.264	60	0.264
				その他			4.164		4.167		4.169	
				未集計分見込値計			8.493		8.727		9.001	
			間接環境負荷量計				74.289		66.750		90.557	
				うち控除量			-7.415		-0.107		-0.128	

注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷。ただし、自家発電は製品製造とは別プロセスとして計算している関係で、自家発電に係る環境負荷量は全て間接環境負荷の区分において表示している。

2. 石炭、石油コークス、石灰石の業界提供値は乾燥重量が記載されていたため、湿重量に換算して使用した。

表 3. 2-79 高炉セメント・フライアッシュセメント・その他のセメントの二酸化炭素排出原単位の内訳(2/2)

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	高炉セメント		フライアッシュセメント		その他のセメント			
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量		
				※	kg-CO2/※	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t
生産	直接環境負荷	石灰石	t	440.000	0.658	289.335	0.959	421.949	1.032	454.284	
		一般炭・亜炭・無煙炭	t	2328.506	0.052	122.194	0.077	178.195	0.082	191.847	
		A重油	l	2.710	0.071	0.193	0.078	0.213	0.089	0.240	
		B重油・C重油	l	3.002	0.669	2.007	0.492	1.476	0.615	1.846	
		石油コークス	t	2779.205	0.007	20.168	0.011	29.413	0.011	31.674	
		炭化水素油	l	3.177	0.947	3.008	1.041	3.308	1.177	3.738	
		軽油	l	2.589	0.064	0.165	0.070	0.181	0.079	0.205	
		灯油	l	2.491	0.015	0.037	0.016	0.040	0.018	0.045	
		コークス炉ガス(COG)	Nm3	0.850	0.018	0.015	0.026	0.022	0.028	0.024	
		転炉ガス(LDG)消費	Nm3	0.906	0.245	0.222	0.357	0.323	0.385	0.349	
		高炉ガス(BFG)消費	Nm3	0.367	0.008	0.003	0.012	0.004	0.013	0.005	
		揮発油	l	2.320	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	
		廃油	t	2918.667	0.002	5.529	0.003	8.050	0.003	8.675	
		廃プラスチック類<原燃料>	t	2553.833	0.003	6.671	0.004	9.713	0.004	10.468	
		廃タイヤ<原燃料>	t	1737.000	0.002	2.915	0.002	4.244	0.003	4.573	
		廃材	絶乾t	0.000	0.005	0.000	0.571	0.000	0.005	0.000	
		再生油	t	2367.000	0.002	4.668	0.003	6.796	0.003	7.324	
		廃白土	t	2918.667	0.001	4.368	0.002	6.359	0.002	6.853	
		ボタ	t	2606.230	0.002	6.308	0.004	9.199	0.004	9.904	
		動植物性残渣(控除)	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		廃油(控除)	t	-2918.667	0.002	-5.529	0.003	-8.050	0.003	-8.675	
		廃プラスチック類<原燃料>(控除)	t	-2553.833	0.003	-6.671	0.004	-9.713	0.004	-10.468	
		廃タイヤ<原燃料>(控除)	t	-1737.000	0.002	-2.915	0.002	-4.244	0.003	-4.573	
		プラスチック[一廃]<素材原料>(控除)	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		厨芥[一廃]<原燃料>(控除)	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		木くず<原燃料>(控除)	t	0.000	0.005	0.000	0.571	0.000	0.005	0.000	
		鉄くず(控除)	t	-12.973	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		非鉄金属くず(控除)	t	-42.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	0.247	-9.157	0.032	-1.202	0.035	-1.294	
		積み上げ計上項目					443.536		656.281		707.047
未集計分見込値	コークス	t	3167.164	0.000	0.114	0.000	0.125	0.000	0.141		
	都市ガス	Nm3	2.243	0.007	0.016	0.008	0.018	0.009	0.020		
	その他				0.000		0.000		0.000		
	未集計分見込値計				0.130		0.143		0.161		
直接環境負荷量計				443.666		656.423		707.208			
うち控除量				-24.272		-23.208		-25.010			
生産環境負荷量計				517.955		723.173		797.766			
うち資本減耗				3.846		3.729		4.131			
うち控除量				-31.687		-23.315		-25.138			
出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	13.589	2.931	13.589	2.931	13.589	2.931
		未集計分見込値	卸	円	0.001	1,101	1.425	1,101	1,425	1,101	1,425
			小売	円	0.002	1	0.002	1	0.002	1	0.002
			鉄道	円	0.006	17	0.101	17	0.101	17	0.101
			沿海	円	0.013	254	3.389	254	3.389	254	3.389
			港湾	円	0.002	112	0.242	112	0.242	112	0.242
			航空	円	0.011	0	0.000	0	0.000	0	0.000
			利用運送	円	0.002	50	0.090	50	0.090	50	0.090
			倉庫	円	0.003	5	0.017	5	0.017	5	0.017
		未集計分見込値計				5.266		5.266		5.266	
		出荷環境負荷量計				8.198		8.198		8.198	
		うち資本減耗				0.840		0.840		0.840	
		うち控除量				-0.014		-0.014		-0.014	
環境負荷原単位				526.152		731.370		805.963			

注)3. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

4. 循環資源を燃焼した場合の二酸化炭素排出量については、焼却処理が回避されたと評価(控除)しており、結果的に±0で評価されている。

5. 廃白土・ボタについては、原料代替として(二酸化炭素ではなく)最終処分量の原単位において控除がなされている。

6. 再生油については再生工程の環境負荷が不明であるため、環境負荷削減効果の過大評価を招かないように、その燃焼由来の二酸化炭素を控除していない。

7. 石炭、石油コークス、石灰石の業界提供値は乾燥重量が記載されていたため、湿重量に換算して使用した。

7. 石炭、石油コークス、石灰石の業界提供値は乾燥重量が記載されていたため、湿重量に換算して使用した。

2) 鉄鋼

i) 積み上げ計上項目の整理

表 3. 2-80に示すとおり鉄鋼の積み上げ計上項目は石油等消費動態統計年報の項目とした。

表 3. 2-80 積み上げ法で計上される項目と環境負荷原単位の項目の対応

	積み上げ法で計上される項目	産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目	積み上げ法で計上される項目を把握した資料等
電力	自家電力	自家発電	石油等消費動態統計
	購入電力	事業用電力	石油等消費動態統計
燃料	原料炭	石炭	石油等消費動態統計
	コークス	コークス	石油等消費動態統計
	高炉用コークス	高炉用コークス	石油等消費動態統計
	コークス炉ガス	コークス炉ガス	石油等消費動態統計
	高炉ガス	高炉ガス消費	石油等消費動態統計
	転炉ガス	転炉ガス消費	石油等消費動態統計
	A 重油	A 重油	石油等消費動態統計
	B 重油・C 重油	B 重油・C 重油	石油等消費動態統計
	軽油	軽油	石油等消費動態統計
	石油コークス	石油コークス	石油等消費動態統計
	液化石油ガス	LPG	石油等消費動態統計
	液化天然ガス	LNG・天然ガス	石油等消費動態統計
都市ガス	都市ガス	石油等消費動態統計	

ii) 未集計分等見込み値の算出

鉄鋼のシステム境界は、図 3. 2-59に示すとおりである。二重線で囲まれた範囲は未集計分等見込み値を含む鉄鋼のライフサイクル全体の環境負荷のシステム境界である。

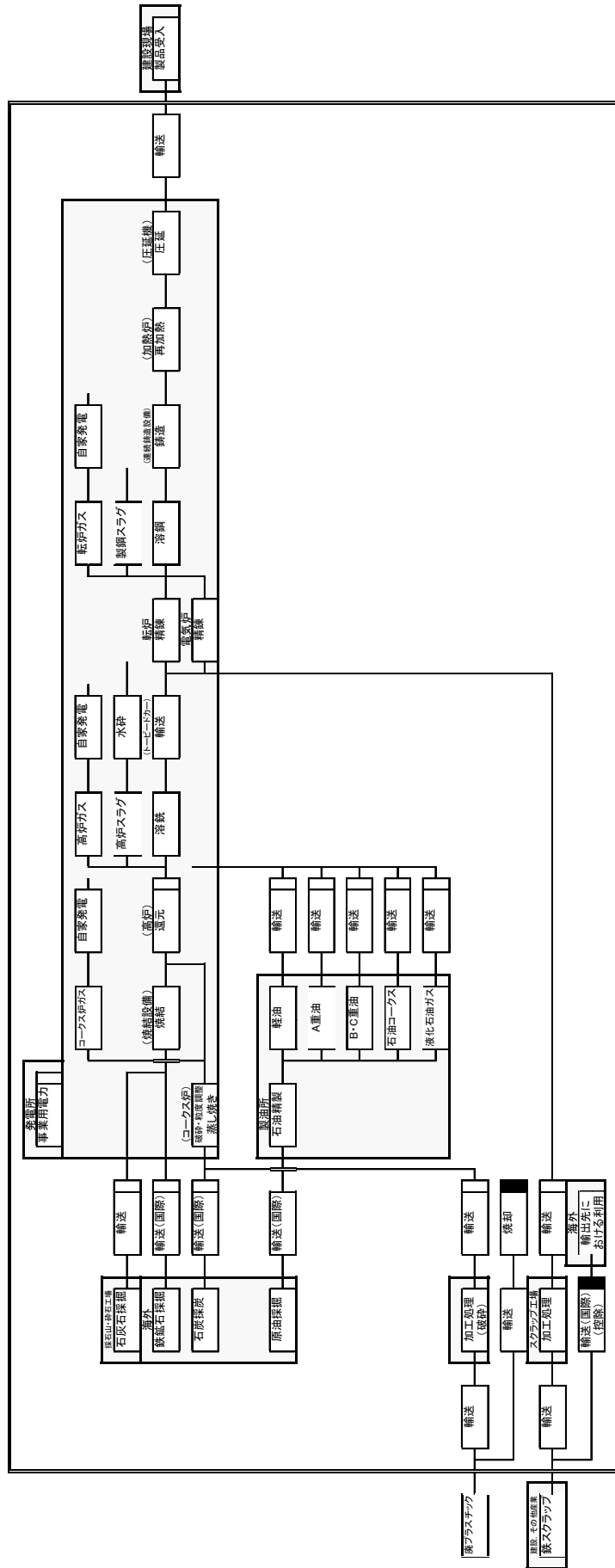


図 3. 2-59 鉄鋼のシステム境界

3) アスファルト合材

i) 積み上げ計上項目の整理

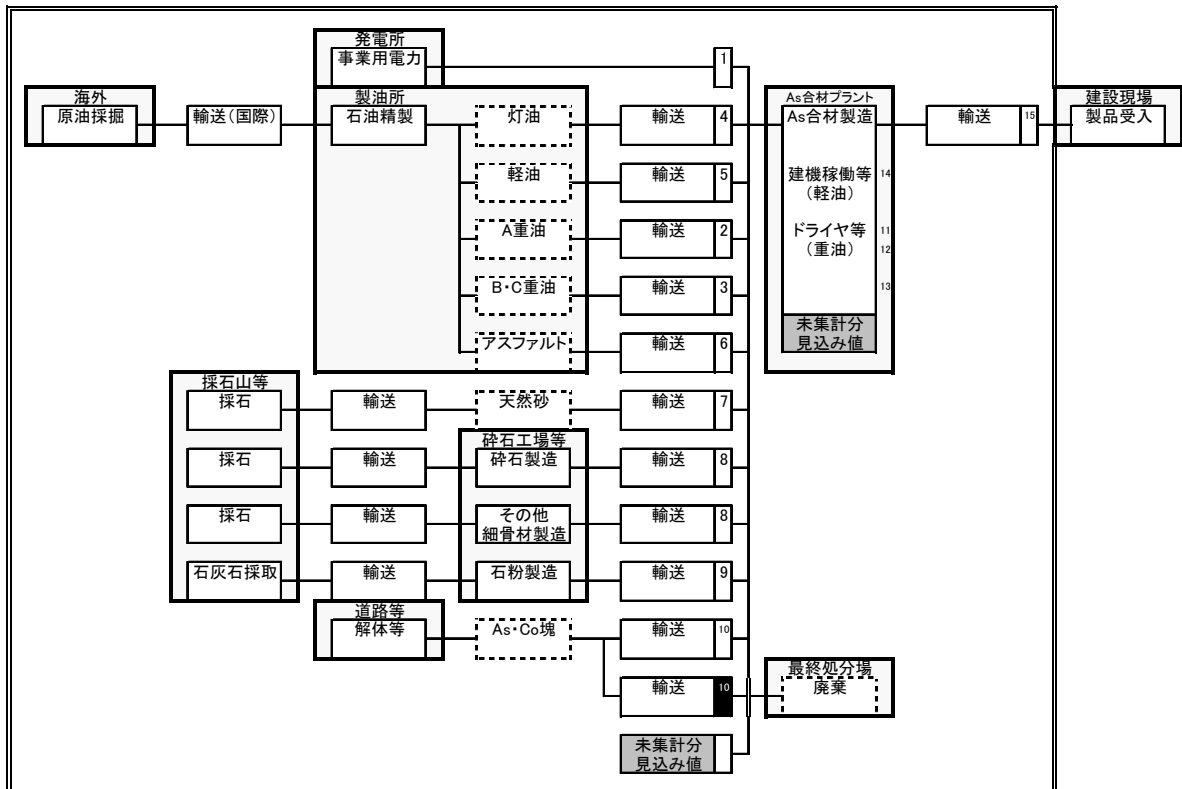
アスファルト合材統計年報における集計項目を基本として、個別研究の事例も引用しつつ、表 3. 2-81に示す項目を設定した。

表 3. 2-81 積み上げ法で計上される項目と環境負荷原単位の項目の対応

	積み上げ法で計上される項目	産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目	積み上げ法で計上される項目を把握した資料等
電力	電力	事業用電力	アスファルト合材統計年報等
燃料	重油	A 重油 B 重油・C 重油	アスファルト合材統計年報等
	軽油	軽油	新田ら (2009) 等
原料・添加物	ストレートアスファルト	アスファルト	アスファルト合材統計年報等
	粗砂、細砂	砂利・採石	アスファルト合材統計年報等
	6号砕石 7号砕石 スクリーニングス	砕石	アスファルト合材統計年報等
	石粉(フィラー)	石灰石	アスファルト合材統計年報等
	再生骨材	アスファルトコンクリート塊	アスファルト合材統計年報等

ii) 未集計分等見込み値の算出

積み上げ法で計算される項目と未集計分等見込み値の関係は、図 3. 2-60に示すとおりである。二重線で囲まれた範囲は未集計分等見込み値を含むアスファルト合材のライフサイクル全体の環境負荷のシステム境界である。この内、白色で塗られたプロセスの環境負荷量については、積み上げ法で計算することを前提として未集計分等見込み値を算出した。



アスファルト合材の環境負荷原単位の内訳は表 3. 2-82~84のとおりである。

表 3. 2-82 アスファルト合材の二酸化炭素排出原単位の内訳

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	新規合材		再生合材				
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量			
				※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t			
生産	間接環境負荷	積み上げ計上項目	電力	事業用電力	kWh	0.464	10.172	4.72	10.652	4.94
			燃料	A重油	l	0.173	6.778	1.17	7.827	1.36
				B重油・C重油	l	0.137	1.932	0.26	2.231	0.30
				灯油	l	0.205	0.055	0.01	0.063	0.01
				軽油	l	0.327	0.320	0.10	0.521	0.17
			原料・添加物	アスファルト	t	107.500	0.059	6.34	0.040	4.26
		砂利・採石<粗砂、細砂>		t	11.498	0.251	2.89	0.158	1.82	
		砕骨材<6号砕石、7号砕石、スクリーニングス>		t	7.959	0.684	5.45	0.431	3.43	
		石灰石<石粉(フィラー)>		t	5.402	0.031	0.17	0.031	0.17	
		がれき類(アスファルトコンクリート塊)<再生骨材の原料>		t	0.000	0.000	0.00	0.366	0.00	
		積み上げ計上項目計						21.11		16.46
	未集計分見込値	輸送	道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	321	1.51	321	1.51	
			うち砂利・採石相当分	トンキロ	0.216	1.91	0.41	1.91	0.41	
			うち砕骨材相当分	トンキロ	0.216	1.92	0.41	1.92	0.41	
			うちその他の石油製品(アスファルト含む)相当分	トンキロ	0.216	2.71	0.58	2.71	0.58	
			沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	17	0.23	17	0.23	
		自家輸送(旅客自動車)	円	0.011	3	0.03	3	0.03		
		燃料	都市ガス	m3	0.359	0.066	0.02	0.066	0.02	
			その他の窯業・土石製品	円	0.007	110	0.75	110	0.75	
		原料	その他の石油製品	円	0.004	145	0.60	145	0.60	
			界面活性剤	t	1432.160	0.000	0.71	0.000	0.71	
	その他	卸売	円	0.001	511	0.66	511	0.66		
		建設補修	円	0.003	85	0.29	85	0.29		
		機械修理	円	0.003	94	0.27	94	0.27		
	その他						3.90		3.90	
	未集計分見込値計						8.99		8.99	
	間接環境負荷量計						30.10		25.45	
うち控除量						-0.09		-0.08		
直接環境負荷	積み上げ計上項目	A重油	l	2.710	6.778	18.37	7.827	21.21		
		B重油・C重油	l	3.002	1.932	5.80	2.231	6.70		
		灯油	l	2.491	0.055	0.14	0.063	0.16		
		軽油	l	2.589	0.320	0.83	0.521	1.35		
		積み上げ計上項目計						25.13		29.41
	未集計分見込値	都市ガス	m3	2.243	0.066	0.15	0.066	0.15		
		鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	0.001	-0.05	0.001	-0.05		
		その他				0.00		0.00		
	未集計分見込値計						0.10		0.10	
	直接環境負荷量計						25.23		29.51	
	うち控除量						-0.05		-0.05	
生産環境負荷量計						55.33		54.96		
うち資本減耗						3.24		2.97		
うち控除量						-0.14		-0.13		
出荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	9	1.94	9	1.94		
		卸	円	0.001	741	0.96	741	0.96		
	未集計分見込値	小売	円	0.002	0	0.00	0	0.00		
		鉄道	円	0.006	1	0.01	1	0.01		
		沿海	円	0.013	21	0.28	21	0.28		
		港湾	円	0.002	63	0.14	63	0.14		
		航空	円	0.011	0	0.00	0	0.00		
		利用運送	円	0.002	16	0.03	16	0.03		
		倉庫	円	0.003	7	0.02	7	0.02		
		未集計分見込値計						1.43		1.43
	出荷環境負荷量計						3.38		3.38	
うち資本減耗						0.41		0.41		
うち控除量						-0.01		-0.01		
環境負荷原単位						58.71		58.34		

注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷

2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

3. その他の窯業・土石製品部門の生産品目にフィラーが含まれる可能性があるが、同部門には多様な品目が含まれるため、原単位が実態から大きく乖離することを防ぐ観点から、本検討では石灰石に近いものとみなした。このため、未集計分見込値のうち同部門の値の一部が積み上げ計上項目と二重計上の可能性がある。

表 3. 2-83 アスファルト合材の天然資源投入原単位の内訳

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	新規合材		再生合材			
				財・サービス投入量	天然資源投入量	財・サービス投入量	天然資源投入量		
				※/t	kg/t	※/t	kg/t		
生産	間接環境負荷	電力	事業用電力	kWh	1.96E-01	10.172	1.99	10.652	2.09
			燃料	A重油	l	5.84E-01	6.778	3.96	7.827	4.57
		B重油・C重油		l	4.61E-01	1.932	0.89	2.231	1.03
		灯油		l	6.92E-01	0.055	0.04	0.063	0.04
		軽油		l	1.10E+00	0.320	0.35	0.521	0.57
		原料・添加物	アスファルト	t	3.62E+02	0.059	21.36	0.040	14.34
			砂利・採石	t	1.01E+03	0.251	253.12	0.158	159.42
			砕骨材	t	1.00E+03	0.684	687.26	0.431	432.85
			石灰石	t	1.01E+03	0.031	31.34	0.031	31.34
		がれき類(アスファルトコンクリート塊)	t	0.00E+00	0.000	0.00	0.366	0.00	
	積み上げ計上項目計						1000.32		646.25
	未集計分見込値	輸送	道路貨物輸送(除自家輸送)	円	2.18E-03	321	0.70	321	0.70
			沿海・内水面貨物輸送	円	4.76E-03	17	0.08	17	0.08
			自家輸送(旅客自動車)	円	6.05E-03	3	0.02	3	0.02
		燃料	都市ガス	m3	1.09E+00	0.066	0.07	0.066	0.07
		原料	その他の窯業・土石製品	円	5.76E-02	110	6.35	110	6.35
			その他の石油製品	円	3.82E-03	145	2.02	145	2.02
		界面活性剤	t	9.35E+02	0.000	0.47	0.000	0.47	
		その他	卸売	円	1.07E-03	511	0.55	511	0.55
			建設補修	円	7.44E-03	85	0.63	85	0.63
機械修理			円	2.50E-03	94	0.24	94	0.24	
その他				7.90		7.90			
未集計分見込値計						19.02		19.02	
間接環境負荷量計						1019.34		665.27	
うち控除量						0.00		0.00	
直接環境負荷	積み上げ計上項目	積み上げ計上項目計				0.00		0.00	
	未集計分見込値	未集計分見込値計				0.00		0.00	
	直接環境負荷量計						0.00		0.00
	うち控除量						0.00		0.00
生産環境負荷量計						1019.34		665.27	
うち資本減耗						7.07		6.56	
うち控除量						0.00		0.00	
出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	9.94E-02	9	0.90	9	0.90
			卸	円	1.07E-03	741	0.79	741	0.79
	未集計分見込値	小売	円	1.43E-03	0	0.00	0	0.00	
		鉄道	円	4.55E-03	1	0.01	1	0.01	
		沿海	円	4.76E-03	21	0.10	21	0.10	
		港湾	円	1.91E-03	63	0.12	63	0.12	
		航空	円	3.83E-03	0	0.00	0	0.00	
		利用運送	円	1.51E-03	16	0.02	16	0.02	
		倉庫	円	2.60E-03	7	0.02	7	0.02	
	未集計分見込値計						1.06		1.06
出荷環境負荷量計						1.96		1.96	
うち資本減耗						0.70		0.70	
うち控除量						0.00		0.00	
環境負荷原単位						1021.29		667.23	

注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷

2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

3. その他の窯業・土石製品部門の生産品目にはフィラーが含まれる可能性があるが、同部門には多様な品目が含まれるため、原単位が実態から大きく乖離することを防ぐ観点から、本検討では石灰石に近いものとみなした。このため、未集計分見込値のうち同部門の値の一部が積み上げ計上項目と二重計上の可能性がある。

表 3. 2-84 アスファルト合材の廃棄物最終処分原単位の内訳

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	新規合材		再生合材				
				財・サービス投入量	最終処分量	財・サービス投入量	最終処分量			
				※	kg/※	※/t	kg/t	※/t	kg/t	
生産	間接環境負荷	積み上げ計上項目	電力	事業用電力	kWh	1.72E-03	10.172	0.02	10.652	0.02
			燃料	A重油	l	9.10E-05	6.778	0.00	7.827	0.00
				B重油・C重油	l	7.18E-05	1.932	0.00	2.231	0.00
				灯油	l	1.08E-04	0.055	0.00	0.063	0.00
				軽油	l	1.71E-04	0.320	0.00	0.521	0.00
				原料・添加物	アスファルト	t	5.43E-02	0.059	0.00	0.040	0.00
			砂利・採石		t	1.28E+00	0.251	0.32	0.158	0.20
			砕骨材		t	7.61E-01	0.684	0.52	0.431	0.33
			石灰石		t	4.10E-01	0.031	0.01	0.031	0.01
			がれき類(アスファルトコンクリート塊)		t	0.00E+00	0.000	0.00	0.366	0.00
	積み上げ計上項目計							0.88	0.56	
	未集計分見込値	輸送	道路貨物輸送(除自家輸送)	円	-2.30E-05	321	-0.01	321	-0.01	
			沿海・内水面貨物輸送	円	-8.35E-05	17	0.00	17	0.00	
			自家輸送(旅客自動車)	円	-3.01E-05	3	0.00	3	0.00	
		燃料	都市ガス	m3	1.21E-02	0.066	0.00	0.066	0.00	
			原料	その他の窯業・土石製品	円	-1.08E-03	110	-0.12	110	-0.12
		その他の石油製品		円	2.17E-06	145	0.00	145	0.00	
		界面活性剤		t	-5.18E+01	0.000	-0.03	0.000	-0.03	
		その他		卸売	円	-5.03E-05	511	-0.03	511	-0.03
			建設補修	円	-2.00E-04	85	-0.02	85	-0.02	
			機械修理	円	-7.25E-05	94	-0.01	94	-0.01	
	その他							-0.20	-0.20	
	未集計分見込値計							-0.40	-0.40	
	間接環境負荷量計							0.47	0.16	
	うち控除量							-0.71	-0.67	
	直接環境負荷	積み上げ計上項目	がれき類(アスファルトコンクリート塊)(控	t	-1.00E+03	0.000	0.00	0.366	-365.77	
			積み上げ計上項目計							0.00	-365.77
未集計分見込値		汚泥	t	-	-	0.02	-	0.02		
		廃油	t	-	-	0.01	-	0.01		
		廃酸	t	-	-	0.04	-	0.04		
		廃アルカリ	t	-	-	0.01	-	0.01		
		銻さい(高炉スラグ)(控除)	t	-1.00E+03	0.001	0.000	0.001	0.00		
		銻さい(転炉スラグ)(控除)	t	-1.00E+03	0.001	-0.78	0.001	-0.71		
		銻さい(電気炉スラグ)(控除)	t	-1.00E+03	0.002	-1.57	0.001	-1.44		
		その他				0.01	-	0.01		
未集計分見込値計							-2.26	-2.06		
直接環境負荷量計							-2.26	-367.83		
うち控除量							-2.35	-367.91		
生産環境負荷量計							-1.79	-367.67		
うち資本減耗							0.09	0.08		
うち控除量							-3.06	-368.58		
出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	-1.05E-03	9	-0.01	9	-0.01	
			卸							-5.03E-05	741	-0.04
	未集計分見込値	小売	円	-3.49E-05	0	0.00	0	0.00		
		鉄道	円	-5.17E-05	1	0.00	1	0.00		
		沿海	円	-8.35E-05	21	0.00	21	0.00		
		港湾	円	-5.49E-05	63	0.00	63	0.00		
		航空	円	-5.43E-05	0	0.00	0	0.00		
		利用運送	円	-7.33E-05	16	0.00	16	0.00		
		倉庫	円	-8.85E-05	7	0.00	7	0.00		
		未集計分見込値計							-0.04	-0.04
出荷環境負荷量計							-0.05	-0.05		
うち資本減耗							0.01	0.01		
うち控除量							-0.08	-0.08		
環境負荷原単位							-1.84	-367.72		

- 注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷
 2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。
 3. その他の窯業・土石製品部門の生産品目にはフィラーが含まれる可能性があるが、同部門には多様な品目が含まれるため、原単位が実態から大きく乖離することを防ぐ観点から、本検討では石灰石に近いものとみなした。このため、未集計分見込値のうち同部門の値の一部が積み上げ計上項目と二重計上の可能性がある。

4) 骨材

i) 積み上げ計上項目の整理

表 3. 2-85に示すとおり砕石統計年報で計上されている項目を積み上げ法で計上される項目として整理した。また、建設副産物実態調査で把握可能な項目も含めた。

表 3. 2-85 積み上げ法で計上される項目と環境負荷原単位の項目の対応

	積み上げ法で計上される項目	産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目	積み上げ法で計上される項目を把握した資料等
電力	購入電力	事業用電力	砕石統計年報
燃料	重油	A 重油 B 重油・C 重油	砕石統計年報
	軽油	軽油	砕石統計年報
	灯油	灯油	砕石統計年報
原料	アスファルト・コンクリート塊	アスファルト・コンクリート塊	建設副産物実態調査
	コンクリート塊	コンクリート塊	建設副産物実態調査
	粒度調整等	砕石	建設副産物実態調査

注)1. 天然骨材については、それ自体が天然資源であり、天然資源の採取を伴う天然資源投入部門であるため、以上のほかに採取した天然資源量についても積み上げ計上項目とみなして整理する。

ii) 未集計分等見込み値の算出

骨材のシステム境界は、図 3. 2-61に示すとおりである。二重線で囲まれた範囲は未集計分等見込み値を含む骨材のライフサイクル全体の環境負荷のシステム境界である。この内、白色で塗られたプロセスの環境負荷量については、積み上げ法で計算することを前提として未集計分等見込み値を算出した。

砕石工場においては新材と再生材を混合した再生骨材を製造しているものの、ここでは、新材100%、又は再生材100%の計算範囲を示した。新材と混合した再生骨材については、混入率を考慮して計算が可能である。

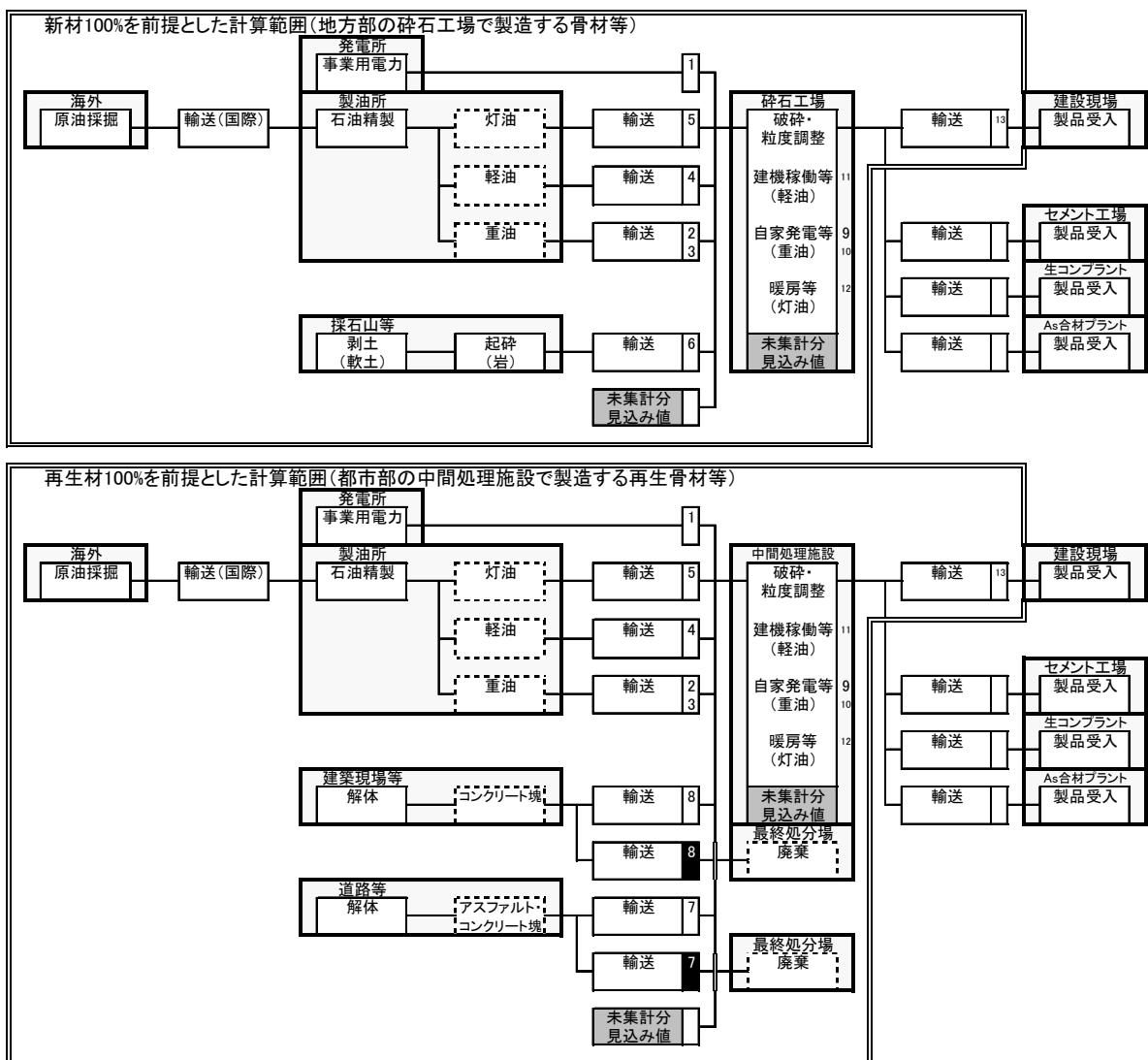


図 3. 2-61 骨材のシステム境界

砕骨材、再生砕石の環境負荷原単位の内訳は表 3. 2-86、87のとおりである。

砕骨材の未集計分等見込み値（合計）は、2.30kg-CO₂/tと算出された。砕骨材は天然資源投入部門であるため、上記のとおり、砕骨材自体の重量を積み上げ計上項目として整理している。実際の積み上げ法では、そのもととなる岩石の重量(採取量)を設定することが望まれる。

再生骨材の未集計分等見込み値（合計）は、-2.89kg-CO₂/tと算出された。再生骨材については、

コンクリート塊の吸着効果を未集計分等見込み値の一部として整理した。

出荷について、実際の輸送距離に基づき環境負荷量を算定する場合の方法は、「3.2.4 運搬の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」に記載している。例として、車両総重量25トンクラスの貨物車により15トンの砕石を30km出荷(往路100%=15トン積載、復路は空積載)する場合の軽油消費量は

$$\text{軽油消費量} = 0.294 (\text{L/km}) \times 30 (\text{km}) \times 2 = 17.64 (\text{L})$$

となる。これに対し、軽油の直接二酸化炭素排出係数 2.59 (kg-CO₂/L) 及び間接二酸化炭素排出補正率 1.42 を乗じると、

$$\text{二酸化炭素排出量} = 17.64 (\text{L}) \times 2.59 (\text{kg-CO}_2/\text{L}) \times 1.42 = 64.87 (\text{kg-CO}_2)$$

と求められる。よって、砕石 1 トンあたりの出荷の環境負荷量のうち輸送部分の環境負荷量は、以下のとおりである。

$$\text{砕石 1 トン出荷に伴う二酸化炭素排出量} = 64.87 (\text{kg-CO}_2) \div 15 (\text{t}) = 4.32 (\text{kg-CO}_2/\text{t})$$

表 3. 2-86 骨材(砕骨材、再生砕石)の二酸化炭素排出原単位の内訳(生産レベル)

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位 ※ kg-CO ₂ /※	砕骨材		再生砕石			
				財・サービス投入量 ※/t	CO ₂ 排出量 kg-CO ₂ /t	財・サービス投入量 ※/t	CO ₂ 排出量 kg-CO ₂ /t		
生産	間接環境負荷	電力	事業用電力	kWh	0.464	3.302	1.53	1.870	0.87
			燃料	A重油	l	0.173	0.113	0.02	0.062	0.01
		B重油・C重油		l	0.137	0.162	0.02	0.088	0.01
		軽油		l	0.327	1.092	0.36	1.090	0.36
		灯油		l	0.205	0.039	0.01	0.013	0.00
		原料	砕骨材	t	7.959			0.156	1.24
			がれき類(アスファルトコンクリート塊)	t	0.000			0.232	0.00
			がれき類(コンクリート塊)	t	0.000			0.611	0.00
			積み上げ計上項目計					1.94	2.49
		未集計分見込値	輸送	道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	4	0.02	4	0.02
	沿海・内水面貨物輸送			円	0.013	0	0.00	0	0.00
	自家輸送(旅客自動車)			円	0.011	18	0.19	18	0.19
	燃料		ガソリン	l	0.437	0.011	0.00	0.011	0.00
			都市ガス	m ³	0.359	0.002	0.00	0.002	0.00
	その他		刃物及び道具類	円	0.005	23	0.11	23	0.11
			その他の化学最終製品(除別掲)	円	0.007	11	0.08	11	0.08
			その他の金属製品(除別掲)	円	0.006	6	0.03	6	0.03
			その他					1.78	1.78
	未集計分見込値計						2.22	2.22	
	間接環境負荷量計					4.16	4.72		
うち控除量					-0.01	-0.01			
直接環境負荷	積み上げ計上項目	A重油	l	2.710	0.113	0.31	0.062	0.17	
		B重油・C重油	l	3.002	0.162	0.49	0.088	0.27	
		軽油	l	2.589	1.092	2.83	1.090	2.82	
		灯油	l	2.491	0.039	0.10	0.013	0.03	
	積み上げ計上項目計					3.72	3.29		
	未集計分見込値	揮発油	l	2.320	0.011	0.03	0.011	0.03	
		都市ガス	Nm ³	2.243	0.002	0.00	0.002	0.00	
		吸着	t	-8.500	0.000	0.00	0.611	-5.20	
		その他					0.05	0.08	
	未集計分見込値計					0.08	-5.12		
直接環境負荷量計					3.80	-1.83			
うち控除量					0.00	-5.20			
生産環境負荷量計					7.96	2.89			
うち資本減耗					0.54	0.60			
うち控除量					-0.01	-5.21			

- 注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷。
 2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。また、二酸化炭素吸着もこの区分に含めた。
 3. ガソリンは計算上の区分から直接環境負荷では揮発油と表記した。

表 3. 2-87 骨材(砕骨材、再生砕石)の二酸化炭素排出原単位の内訳(出荷レベル)

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	砕骨材		再生砕石		
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	
				※/t	kg-CO2/t	※/t	kg-CO2/t	
出荷 間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	9	1.91	9	1.91
	未集計分見込値	卸	円	0.001	106	0.14	106	0.14
		小売	円	0.002	0	0.00	0	0.00
		鉄道	円	0.006	0	0.00	0	0.00
		沿海	円	0.013	15	0.20	15	0.20
		港湾	円	0.002	13	0.03	13	0.03
		航空	円	0.011	0	0.00	0	0.00
		利用運送	円	0.002	15	0.03	15	0.03
		倉庫	円	0.003	79	0.26	79	0.26
	未集計分見込値計					0.65		0.65
	出荷環境負荷量計					2.56		2.56
	うち資本減耗					0.21		0.21
うち控除量					0.00		0.00	

注)3. 出荷の積み上げ計上項目のうち、道路貨物輸送について全国の平均輸送キロは把握していないため、ここでは輸送金額を全品目の平均輸送単価で換算して求めたトンキロを示した。なお、全国貨物純流動調査(物流センサス)によれば、砕石の輸送単価は全品目の平均輸送単価に比べて小さいことから、これを用いた場合の相当輸送距離は23km程度として算出される。

5) 生コンクリート

i) 積み上げ計上項目の整理

表 3. 2-88に示すとおり生コンクリート統計年報で把握可能な項目を積み上げ計上項目とした。

表 3. 2-88 積み上げ法で計上される項目と環境負荷原単位の項目の対応

	積み上げ法で計上される項目	産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目	積み上げ法で計上される項目を把握した資料等
原料	セメント	早強ポルトランドセメント 普通ポルトランドセメント 中庸熱ポルトランドセメント 高炉セメント フライアッシュセメント その他セメント	生コンクリート統計年報
	河川砂、山陸砂、海砂、河川砂利、山陸砂利、その他	砂利・採石	生コンクリート統計年報
	砕石	砕骨材	生コンクリート統計年報
	その他		生コンクリート統計年報
	高炉スラグ	高炉スラグ	生コンクリート統計年報

ii) 未集計分等見込み値の算出

生コンクリートのシステム境界は、図 3. 2-62に示すとおりである。破線で囲まれた範囲は積み上げ法で計算が可能なシステム境界、二重線で囲まれた範囲は未集計分等見込み値を含む生コンクリートのライフサイクル全体の環境負荷のシステム境界である。

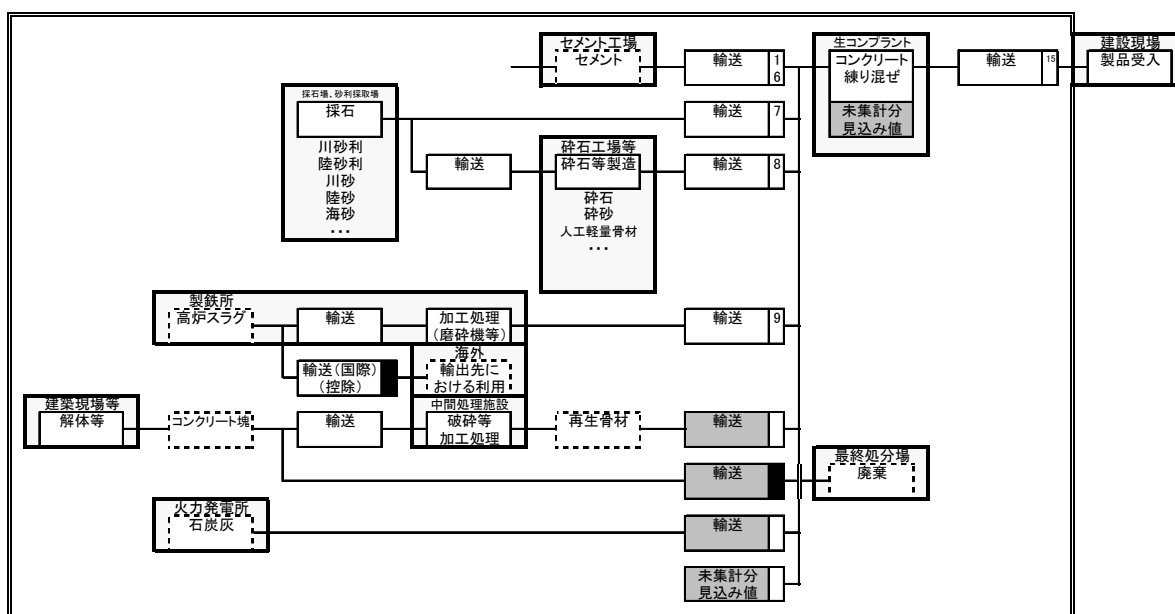


図 3. 2-62 生コンクリートのシステム境界

生コンクリートの環境負荷原単位の内訳は表 3. 2-89、90のとおりである。未集計分等見込み値は、31.47kg-CO₂/m³と算出された。

表 3. 2-89 生コンクリート(早強、中庸熱、普通ポルトランドセメント使用)の二酸化炭素排出原単位の内訳

	産業連関部門・原燃料項目	単位	原単位	生コン_早強ポルトランドセメント		生コン_中庸熱ポルトランドセメント		生コン_普通ポルトランドセメント			
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量		
				※	kg-CO ₂ /※	※/m ³	kg-CO ₂ /m ³	※/m ³	kg-CO ₂ /m ³	※/m ³	kg-CO ₂ /m ³
生産	積み上げ計上項目	原料									
		早強ポルトランドセメント	t	916.830	0.346	317.36	0.000	0.00	0.000	0.00	
		中庸熱ポルトランドセメント	t	902.494	0.000	0.00	0.346	312.40	0.000	0.00	
		普通ポルトランドセメント	t	888.157	0.000	0.00	0.000	0.00	0.346	307.44	
		高炉セメント	t	517.955	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
		フライアッシュセメント	t	723.173	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
		その他のセメント	t	797.766	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
		砂利・採石<細骨材>	t	11.498	1.111	12.78	1.111	12.78	1.111	12.78	
		砕骨材	t	7.959	0.720	5.73	0.720	5.73	0.720	5.73	
		その他の窯業原料鉱物【層】:ガラス陶磁器くず、ばいじん	t	0.000	0.002	0.00	0.002	0.00	0.002	0.00	
鉱さい(高炉スラグ)	t	0.000	0.006	0.00	0.006	0.00	0.006	0.00			
	積み上げ計上項目計				335.87		330.91		325.94		
生産	間接環境負荷	未集計分見込値	輸送								
			自家輸送(貨物自動車)	円	0.011	728	7.78	728	7.78	728	7.78
			道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	746	3.52	746	3.52	746	3.52
			うち砂利・採石<細骨材>相当分	トンキロ	0.216	2.99	0.65	2.99	0.65	516.39	111.39
			うち砕骨材相当分	トンキロ	0.216	2.26	0.49	2.26	0.49	389.66	84.06
			うち界面活性剤相当分	トンキロ	0.216	0.01	0.00	0.01	0.00	1.71	0.37
			うちセメント相当分	トンキロ	0.216	1.61	0.35	1.61	0.35	278.55	60.09
			沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	88	1.18	88	1.18	88	1.18
			自家輸送(旅客自動車)	円	0.011	29	0.31	29	0.31	29	0.31
			電力	事業用電力	kWh	0.464	6	2.99	6	2.99	6	2.99
燃料											
軽油	l	0.327	0.559	0.18	0.559	0.18	0.559	0.18			
灯油	l	0.205	0.183	0.04	0.183	0.04	0.183	0.04			
A重油	l	0.173	0.178	0.03	0.178	0.03	0.178	0.03			
B重油・C重油	l	0.137	0.018	0.00	0.018	0.00	0.018	0.00			
都市ガス	Nm3	0.359	0.110	0.04	0.110	0.04	0.110	0.04			
液化石油ガス	t	214.369	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00			
ガソリン	l	0.437	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00			
原料											
その他の窯業・土石製品	円	0.007	138	0.94	138	0.94	138	0.94			
再生砕石	t	8.082	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00			
卸売	円	0.001	566	0.73	566	0.73	566	0.73			
機械修理	円	0.003	133	0.39	133	0.39	133	0.39			
企業内研究開発	円	0.003	113	0.32	113	0.32	113	0.32			
その他				3.36		3.36		-251.06			
	未集計分見込値計				23.29		23.29		23.29		
	間接環境負荷量計				359.16		354.20		349.23		
	うち控除量				-10.39		-9.94		-9.50		
生産	直接環境負荷	積み上げ計上項目	鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	0.006	-0.21	0.006	-0.21	0.006	-0.21
			積み上げ計上項目計				-0.21		-0.21		-0.21
			燃料								
			軽油	l	2.589	0.559	1.45	0.559	1.45	0.559	1.45
			灯油	l	2.491	0.183	0.46	0.183	0.46	0.183	0.46
			A重油	l	2.710	0.178	0.48	0.178	0.48	0.178	0.48
			B重油・C重油	l	3.002	0.018	0.06	0.018	0.06	0.018	0.06
			都市ガス	Nm3	2.243	0.110	0.25	0.110	0.25	0.110	0.25
			石油コークス	t	2779.205	0.000	0.22	0.000	0.22	0.000	0.22
			LPG	t	3039.872	0.000	0.06	0.000	0.06	0.000	0.06
炭化水素油	t	3177.104	0.000	0.03	0.000	0.03	0.000	0.03			
その他				0.00		0.00		0.00			
	未集計分見込値計				2.99		2.99		2.99		
	直接環境負荷量計				2.79		2.79		2.79		
	うち控除量				-0.21		-0.21		-0.21		
生産	生産環境負荷	積み上げ計上項目	生産環境負荷量計				361.95		356.98		352.02
			うち資本減耗				6.79		6.79		6.79
			うち控除量				-10.59		-10.15		-9.71
			間接環境負荷								
			道路	トンキロ	0.216	17	3.70	17	3.70	17	3.70
			卸	円	0.001	4,012	5.19	4,012	5.19	4,012	5.19
			小売	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00
			鉄道	円	0.006	0	0.00	0	0.00	0	0.00
			沿海	円	0.013	0	0.00	0	0.00	0	0.00
			港湾	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00
航空	円	0.011	0	0.00	0	0.00	0	0.00			
利用運送	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00			
倉庫	円	0.003	0	0.00	0	0.00	0	0.00			
	未集計分見込値計				5.19		5.19		5.19		
	出荷環境負荷量計				8.89		8.89		8.89		
	うち資本減耗				1.48		1.48		1.48		
	うち控除量				-0.03		-0.03		-0.03		
	環境負荷原単位				370.83		365.87		360.91		

注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷
 2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

表 3. 2-90 生コンクリート(高炉、フライアッシュ、その他セメント使用)の二酸化炭素排出原単位の内訳

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	生コン_高炉セメント		生コン_フライアッシュセメント		生コン_その他セメント				
				財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量	財・サービス投入量	CO2排出量			
				※	kg-CO2/※	※/㎥	kg-CO2/㎥	※/㎥	kg-CO2/㎥	※/㎥	kg-CO2/㎥	
生産	積み上げ計上項目	原料	早強ポルトランドセメント	t	916.830	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
			中庸熱ポルトランドセメント	t	902.494	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
			普通ポルトランドセメント	t	888.157	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
			高炉セメント	t	517.955	0.346	179.29	0.000	0.00	0.000	0.00	
			フライアッシュセメント	t	723.173	0.000	0.00	0.346	250.33	0.000	0.00	
			その他のセメント	t	797.766	0.000	0.00	0.000	0.00	0.346	276.15	
			砂利・採石<細骨材>	t	11.498	1.111	12.78	1.111	12.78	1.111	12.78	
			砕骨材	t	7.959	0.720	5.73	0.720	5.73	0.720	5.73	
			その他の窯業原料鉱物【層】: ガラス	t	0.000	0.002	0.00	0.002	0.00	0.002	0.00	
			陶磁器くず・ばいじん	t	0.000	0.006	0.00	0.006	0.00	0.006	0.00	
	鉱さい(高炉スラグ)	t	0.000	0.006	0.00	0.006	0.00	0.006	0.00			
	積み上げ計上項目計					197.80		268.83		294.65		
	間接環境負荷	輸送	自家輸送(貨物自動車)	円	0.011	728	7.78	728	7.78	728	7.78	
			道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	746	3.52	746	3.52	746	3.52	
			うち砂利・採石<細骨材>相当分	トンキロ	0.216	516.39	111.39	516.39	111.39	516.39	111.39	
			うち砕骨材相当分	トンキロ	0.216	389.66	84.06	389.66	84.06	389.66	84.06	
			うち界面活性剤相当分	トンキロ	0.216	1.71	0.37	1.71	0.37	1.71	0.37	
			うちセメント相当分	トンキロ	0.216	278.55	60.09	278.55	60.09	278.55	60.09	
			沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	88	1.18	88	1.18	88	1.18	
			自家輸送(旅客自動車)	円	0.011	29	0.31	29	0.31	29	0.31	
			電力	事業用電力	kWh	0.464	6	2.99	6	2.99	6	2.99
			未集計分見込値	燃料	軽油	l	0.327	0.559	0.18	0.559	0.18	0.559	0.18
	灯油	l			0.205	0.183	0.04	0.183	0.04	0.183	0.04	
	A重油	l			0.173	0.178	0.03	0.178	0.03	0.178	0.03	
	B重油・C重油	l			0.137	0.018	0.00	0.018	0.00	0.018	0.00	
	都市ガス	Nm3			0.359	0.110	0.04	0.110	0.04	0.110	0.04	
	液化石油ガス	t			214.369	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	
原料	ガソリン	l		0.437	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00		
	その他の窯業・土石製品	円		0.007	138	0.94	138	0.94	138	0.94		
	再生砕石	t		8.082	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00		
	卸売	円		0.001	566	0.73	566	0.73	566	0.73		
その他	機械修理	円	0.003	133	0.39	133	0.39	133	0.39			
	企業内研究開発	円	0.003	113	0.32	113	0.32	113	0.32			
	その他				-251.06		-251.06		-251.06			
未集計分見込値計					23.29		23.29		23.29			
間接環境負荷量計					221.09		292.12		317.94			
うち控除量					-10.88		-8.03		-8.65			
直接環境負荷	積み上げ計上項目	鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	0.006	-0.21	0.006	-0.21	0.006	-0.21		
		積み上げ計上項目計					-0.21		-0.21		-0.21	
	未集計分見込値	軽油	l	2.589	0.559	1.45	0.559	1.45	0.559	1.45		
		灯油	l	2.491	0.183	0.46	0.183	0.46	0.183	0.46		
		A重油	l	2.710	0.178	0.48	0.178	0.48	0.178	0.48		
		B重油・C重油	l	3.002	0.018	0.06	0.018	0.06	0.018	0.06		
		都市ガス	Nm3	2.243	0.110	0.25	0.110	0.25	0.110	0.25		
		石油コークス	t	2779.205	0.000	0.22	0.000	0.22	0.000	0.22		
		LPG	t	3039.872	0.000	0.06	0.000	0.06	0.000	0.06		
		炭化水素油	t	3177.104	0.000	0.03	0.000	0.03	0.000	0.03		
その他				0.00		0.00		0.00				
未集計分見込値計					2.99		2.99		2.99			
直接環境負荷量計					2.79		2.79		2.79			
うち控除量					-0.21		-0.21		-0.21			
生産環境負荷量計					223.87		294.91		320.73			
うち資本減耗					6.61		6.57		6.71			
うち控除量					-11.09		-8.23		-8.86			
出荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	17	3.70	17	3.70	17	3.70		
		積み上げ計上項目計					3.70		3.70		3.70	
	未集計分見込値	卸	円	0.001	4,012	5.19	4,012	5.19	4,012	5.19		
		小売	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
		鉄道	円	0.006	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
		沿海	円	0.013	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
		港湾	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
		航空	円	0.011	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
		利用運送	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
		倉庫	円	0.003	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
未集計分見込値計					5.19		5.19		5.19			
出荷環境負荷量計					8.89		8.89		8.89			
うち資本減耗					1.48		1.48		1.48			
うち控除量					-0.03		-0.03		-0.03			
環境負荷原単位					232.76		303.80		329.62			

注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷

2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

6) セメント製品

i) 積み上げ計上項目の整理

セメント製品については、全国コンクリート製品協会から70工場のインベントリ・データ例が提供された。表 3. 2-91に示すとおりこのデータに示されている投入項目を積み上げ計上項目とした。

表 3. 2-91 積み上げ法で計上される項目と環境負荷原単位の項目の対応

	積み上げ法で計上される項目	産業連関表の部門または環境負荷原単位の項目	積み上げ法で計上される項目を把握した資料等
電力	購入電力	事業用電力	業界提供データ
燃料	重油	A 重油 B 重油・C 重油	業界提供データ
	軽油	軽油	業界提供データ
	ガソリン	揮発油	業界提供データ
	灯油	灯油	業界提供データ
	ガス	都市ガス、液化石油ガス	業界提供データ
原料	セメント	早強ポルトランドセメント 普通ポルトランドセメント 中庸熱ポルトランドセメント 高炉セメント フライアッシュセメント その他セメント	業界提供データ
	細骨材、粗骨材	砂利・採石、碎石	業界提供データ
	スラグ骨材、高炉スラグ微粉末	高炉スラグ	業界提供データ
	再生骨材	再生碎石	業界提供データ
	膨張材 化学混和材 溶融スラグ骨材 鉄筋コンクリート用防せい剤	その他の窯業・土石製品	業界提供データ
	フライアッシュ	ばいじん	業界提供データ
	鉄筋類	普通鋼小棒 普通鋼形鋼 普通鋼鋼板 普通鋼鋼帯 普通鋼鋼管 その他の熱間圧延鋼材 特殊鋼熱間圧延鋼材 特殊鋼冷間仕上鋼材 普通鋼冷間仕上鋼材 金属線製品	業界提供データ
	シール材	その他のゴム製品	業界提供データ
	シリカフォーム	その他の窯業原料鉱物	業界提供データ

ii) 未集計分等見込み値の算出

セメント製品の環境負荷原単位の内訳は表 3. 2-92のとおりである。未集計分等見込み値は、50.10kg-CO₂/tと算出された。

表 3. 2-92 セメント製品の二酸化炭素排出原単位の内訳

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	セメント製品					
				財・サービ	CO2排出量				
				ス投入量	kg-CO2/t				
※	kg-CO2/※	※/t	kg-CO2/t						
生産	間接環境負荷	電力	事業用電力	kWh	0.464	24.413	11.32		
		燃料	A重油	l	0.173	3.016	0.52		
			軽油	l	0.327	0.328	0.11		
			灯油	l	0.205	0.469	0.10		
			B重油・C重油	l	0.137	0.734	0.10		
			液化石油ガス	t	214.369	0.000	0.05		
			都市ガス	m3	0.359	0.032	0.01		
			ガソリン	l	0.437	0.013	0.01		
		原料	セメント	t	805.271	0.159	128.25		
			砂利・採石	t	11.498	0.287	3.30		
			砕骨材	t	7.959	0.381	3.03		
			その他の産業原料鉱物	円	0.009	12	0.11		
			その他の産業・土石製品	円	0.007	519	3.54		
			その他のゴム製品	円	0.004	1	0.00		
			塗料	円	0.006	30	0.18		
			高炉スラグ微粉末	t	-8.690	0.000	0.00		
			再生砕石	t	8.082	0.000	0.00		
			その他の産業原料鉱物【屑】: ガラス	t	0.000	0.000	0.00		
			陶磁器くず・ばいじん	t	0.000	0.000	0.00		
		鉄筋類	特殊鋼冷間仕上鋼材	t	5797.210	0.001	4.83		
			普通鋼冷間仕上鋼材	t	1671.456	0.003	4.65		
			その他の普通鋼熱間圧延鋼材	t	1461.727	0.002	2.97		
			金属線製品	円	0.006	358	1.98		
			普通鋼鋼板	t	1943.963	0.001	0.99		
			特殊鋼熱間圧延鋼材	円	0.016	55	0.87		
			その他の鉄鋼製品	円	0.010	89	0.92		
			普通鋼小棒	t	793.308	0.001	0.99		
			普通鋼形鋼	t	1144.531	0.000	0.37		
			普通鋼鋼帯	t	1969.431	0.000	0.12		
			普通鋼鋼管	t	1885.717	0.000	0.09		
		積み上げ計上項目計						169.38	
		未集計分見込値	輸送	自家輸送(貨物自動車)	円	0.011	207	2.21	
				道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	483	2.28	
				沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	57	0.76	
				自家輸送(旅客自動車)	円	0.011	56	0.60	
			燃料	石炭	t	53.754	0.001	0.12	
				その他の化学最終製品(除別掲)	円	0.007	85	0.62	
				その他の建設用土石製品	円	0.011	56	0.61	
				建設補修	円	0.003	650	2.24	
				企業内研究開発	円	0.003	489	1.37	
				機械修理	円	0.003	336	0.98	
				卸売	円	0.001	874	0.97	
		その他				13.75			
		未集計分見込値計						26.41	
		間接環境負荷量計						195.80	
うち控除量						-4.63			
直接環境負荷	積み上げ計上項目	A重油	l	2.710	3.016	8.17			
		軽油	l	2.589	0.328	0.85			
		灯油	l	2.491	0.469	1.17			
		B重油・C重油	l	3.002	0.734	2.20			
		LPG	t	0.003	217.848	0.66			
		都市ガス	Nm3	0.002	32,105	0.07			
		揮発油		2.320	0.013	0.03			
		鉱さい(高炉スラグ)	t	-37.087	0.048	-1.79			
		積み上げ計上項目計						11.37	
		未集計分見込値	石油コークス	t	2779.205	0.003	8.62		
			炭化水素油	l	3.177	0.320	1.02		
			一般炭・亜炭・無煙炭	t	2328.506	0.001	3.21		
			プラスチック(一換)＜原燃料・焼却＞	t	2224.464	0.000	0.00		
			その他				0.00		
		未集計分見込値計						12.85	
直接環境負荷量計						24.22			
うち控除量						-1.79			
生産環境負荷量計						220.01			
うち資本減耗						7.69			
うち控除量						-6.41			
出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	34	7.40		
			未集計分見込値	卸	円	0.001	7,282	9.42	
				小売	円	0.002	0	0.00	
				鉄道	円	0.006	0	0.00	
				沿海	円	0.013	83	1.11	
				港湾	円	0.002	69	0.15	
				航空	円	0.011	0	0.00	
				利用運送	円	0.002	59	0.11	
			倉庫	円	0.003	18	0.06		
			未集計分見込値計						10.84
			出荷環境負荷量計						18.24
うち資本減耗						2.88			
うち控除量						-0.05			
環境負荷原単位						238.25			

- 注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷
 2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。
 3. 石炭、ガソリンは計算上の区分から直接環境負荷では一般炭・亜炭・無煙炭、揮発油と表記した。

7) 鉄鋼スラグ（高炉スラグ微粉末）

i) 積み上げ計上項目の整理

高炉スラグ微粉末については、微粉化に用いる電力データのみを積み上げ計上項目とし、事業用電力の部門を対応させた。電力以外は活動形態が類似していると考えられる砕石部門から分割した砕石(砕骨材)部門の投入係数等を用いて投入量を設定した。

なお、高炉スラグ微粉末のセメント原料としての利用については、製鉄所内で微粉化を行ってセメント工場に出荷するケース、セメント工場において微粉化を行うケース、製鉄所内で微粉化を行って普通セメントに混合するケースがある。以降の記述は、製鉄所内で微粉化を行ってセメント工場に出荷するケースを想定したものである。

転炉スラグ、電気炉スラグの骨材代替としての利用については、利用のために新たに発生するプロセスは無いと見込まれるため、建設現場への輸送と回避プロセスである最終処分のための輸送の差分になると考えられる。

ii) 未集計分等見込み値の算出

高炉スラグ微粉末のシステム境界は、図 3. 2-63に示すとおりである。二重線で囲まれた範囲は未集計分等見込み値を含む高炉スラグ微粉末のライフサイクル全体の環境負荷のシステム境界である。この内、白色で塗られたプロセスの環境負荷量については、積み上げ法で計算することを前提として、未集計分等見込み値を算出した。また、黒色を付した海外への輸送(輸出)は、高炉スラグ微粉末をセメント原料代替に利用することによる回避プロセスとして設定しており、この環境負荷量は控除されるものとした。

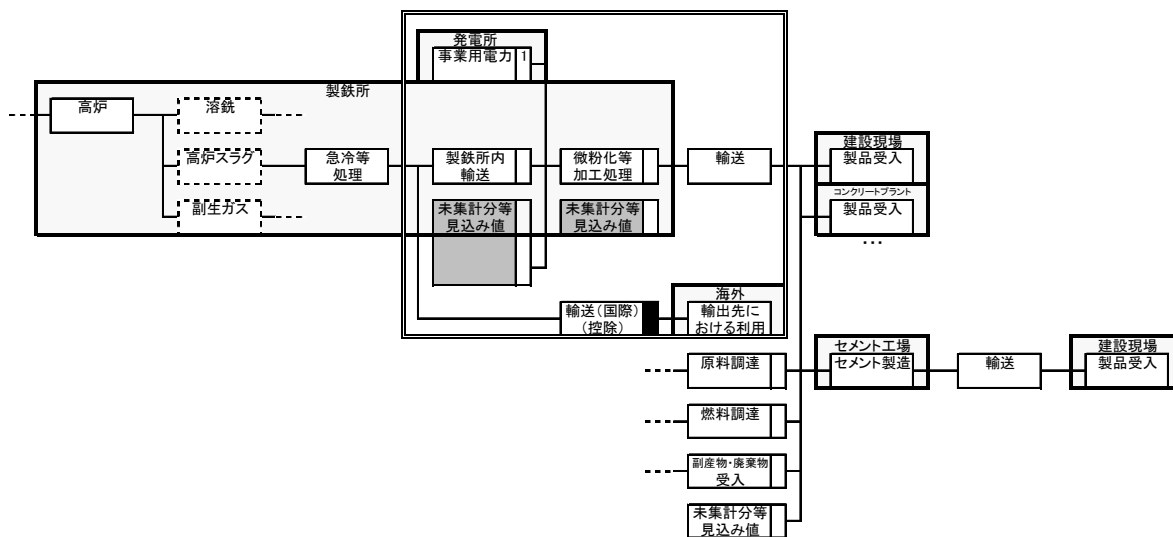


図 3. 2-63 鉄鋼スラグ(高炉スラグ微粉末)のシステム境界

高炉スラグ微粉末の環境負荷原単位の内訳は表 3. 2-93、94のとおりである。

表 3. 2-93 高炉スラグ微粉末の二酸化炭素排出原単位の内訳(生産レベル)

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	高炉スラグ微粉末					
				財・サービス投入量	CO2排出量				
				※/t	kg-CO2/t				
生産	積み上げ計上項目	電力	事業用電力	kWh	0.464	49.000	22.72		
			積み上げ計上項目計				22.72		
	間接環境負荷	未集計分見込値	輸送	道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	4	0.02	
				沿海・内水面貨物輸送	円	0.013	0	0.00	
				自家輸送(旅客自動車)	円	0.011	18	0.19	
			燃料	A重油	l	0.173	0.113	0.02	
				B重油・C重油	l	0.137	0.162	0.02	
				軽油	l	0.327	1.092	0.36	
		灯油		l	0.205	0.039	0.01		
		その他	ガソリン	l	0.437	0.011	0.00		
			都市ガス	m3	0.359	0.002	0.00		
			刃物及び道具類	円	0.005	23	0.11		
			その他の化学最終製品(除別掲)	円	0.007	11	0.08		
			その他の金属製品(除別掲)	円	0.006	6	0.03		
		その他				1.03			
		未集計分見込値計				1.88			
		間接環境負荷量計				24.60			
		うち控除量				-0.02			
	直接環境負荷	積み上げ計上項目		鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	1.000	-37.09	
				積み上げ計上項目計				-37.09	
		未集計分見込値	A重油	l			2.710	0.113	0.31
			B重油・C重油	l			3.002	0.162	0.49
			軽油	l			2.589	1.092	2.83
			灯油	l			2.491	0.039	0.10
揮発油			l			2.320	0.011	0.03	
都市ガス			Nm3			2.243	0.002	0.00	
その他								0.05	
		未集計分見込値計					3.80		
		直接環境負荷量計					-33.29		
		うち控除量					-37.09		
	生産環境負荷量計					-8.69			
	うち資本減耗					1.00			
	うち控除量					-37.10			

注) 1. 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷

2. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷。ただし、当該製品製造に循環資源を直接的に投入する場合の環境負荷削減効果も、便宜上、直接環境負荷の区分に計上している。

3. ガソリンは計算上の区分から直接環境負荷では揮発油と表記した。

出荷レベルについては、道路貨物輸送の場合には、碎石の原単位の出荷に係る未集計分等見込み値を適用することが考えられる。

表 3. 2-94 高炉スラグ微粉末の二酸化炭素排出原単位の内訳(出荷レベル)

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	高炉スラグ微粉末			
				財・サービス投入量	CO2排出量		
				※/t	kg-CO2/t		
出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	9	1.91
		未集計分見込値	卸	円	0.001	106	0.14
			小売	円	0.002	0	0.00
			鉄道	円	0.006	0	0.00
			沿海	円	0.013	15	0.20
			港湾	円	0.002	13	0.03
			航空	円	0.011	0	0.00
			利用運送	円	0.002	15	0.03
			倉庫	円	0.003	79	0.26
		未集計分見込値計					0.65
		出荷環境負荷量計					2.56
		うち資本減耗					0.21
うち控除量					0.00		

なお、道路貨物輸送ではなく内航船舶で輸送する場合、仮に輸送距離を 128km とすると、内航船舶輸送に伴う二酸化炭素排出量は、下記のように計算される。

$$128(\text{km}) \times 2.7(\text{円}/\text{t} \cdot \text{km}) \times 0.0133(\text{kg-CO}_2/\text{円}) = 4.60(\text{kg-CO}_2/\text{t})$$

ここで、「2.7 円/t・km」と「0.0133kg-CO₂/円」は、内航海運運送の輸送単価(産業連関表と内航船舶輸送統計より計算)と沿海・内水面輸送部門の価格基準原単位である。

(3) 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定イメージ

現場条件(調達可能な工場の候補等の条件を含む。)や開発された新技術に関する個別品の環境負荷原単位は、特定のデータに基づいて積み上げた環境負荷量と「(2) 各主要建設資材の環境負荷原単位の算定結果」に示した未集計分等見込み値を合計することにより算定することが出来る。ただし、一般品の環境負荷原単位の算出方法に基づいて設定した上述の未集計分等見込み値は万能ではないため、各々の算定目的に応じ、積み上げる項目と未集計分等見込み値の項目を修正することが必要な場合もある。

表 3. 2-95及び図 3. 2-64に再生加熱アスファルト混合物(再生合材)の個別品の環境負荷原単位の算定のイメージを示す。個別品の環境負荷原単位の具体的な算定方法は、以下のとおりである。

- ・ **網掛け部①**は、資材製造に用いる電力及び燃料に伴う二酸化炭素排出量の欄であり、投入量を工場、企業毎に集計された統計データから用いることにより、一般品と異なる二酸化炭素排出量となる。なお、統計データの燃料が出荷に伴う燃料の使用を含む場合、「出荷 / 間接環境負荷 / 積み上げ計上項目」の「道路」の数値を調整する必要がある。
- ・ **網掛け部②**は、資材製造に用いる原料・添加物に伴う二酸化炭素排出量の欄であり、投入量を工場、企業毎に集計された統計データから用いることにより、一般品と異なる二酸化炭素排出量となる。
- ・ **網掛け部③**は、出荷に伴う二酸化炭素排出量の欄であり、投入量として工場、企業毎に集計された統計データを用いることにより、一般品と異なる二酸化炭素排出量となる。
- ・ **網掛け部④**は、各工場、企業の統計データとして集計されていないと想定される項目であり、平成17年産業連関表を基本に設定した。本研究では、この二酸化炭素排出量を「未集計分等見込み値」と呼ぶ。ただし、ここに含まれる項目の中でも統計データに整理されている項目については、積み上げ項目に欄を移して、統計データの値を反映することが出来る。

この例では、一般品の再生加熱アスファルト混合物に対して、配合を変化させた3種類の再生加熱アスファルト混合物の二酸化炭素排出原単位を比較した。配合を変えることによる投入エネルギー(電力、燃料)量は変化しないとしたが、特定の工場における計算を想定し、投入資材の量は一般品と異なる数値に設定した。また、一般品の環境負荷原単位の算定で未集計分等見込み値としている「その他の石油製品」に該当する再生用添加剤について、一般品とは異なる投入量が想定されたため、積み上げ計上項目として取り扱うこととした。ただし、3種類の配合で投入量は一定とした。

表 3. 2-95 再生加熱アスファルト混合物の配合を変化させた二酸化炭素排出原単位の比較例

	産業連関表部門・原燃料項目	単位	原単位	一般品		A配合		B配合		C配合						
				財・サービ	CO2排出量	財・サービ	CO2排出量	財・サービ	CO2排出量	財・サービ	CO2排出量					
				ス投入量	※/t	ス投入量	※/t	ス投入量	※/t	ス投入量	※/t					
生産	間接環境負荷	積み上げ計上項目	電力	kWh	0.464	10.172	4.75	10.172	4.72	10.172	4.72	10.172	4.72			
			燃料	A重油	l	0.173	6.778	1.18	9.900	1.72	9.900	1.72	9.900	1.72		
				B重油・C重油	l	0.137	1.932	0.26	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00		
				灯油	l	0.205	0.055	0.01	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00		
				軽油	l	0.327	0.320	0.10	0.100	0.03	0.100	0.03	0.100	0.03		
			原料・添加物	アスファルト	t	107.500	0.059	6.36	0.034	3.66	0.030	3.20	0.023	2.44		
				砂利・採石(粗砂、細砂)	t	11.498	0.251	2.96	0.203	2.33	0.158	1.82	0.109	1.25		
				砕骨材<6号砕石、7号砕石、スクリーニングス>	t	7.959	0.684	5.53	0.347	2.76	0.316	2.51	0.278	2.21		
				石灰石(石粉(フィラー))	t	5.402	0.031	0.17	0.028	0.15	0.019	0.10	0.098	0.53		
				がれき類(アスファルトコンクリート塊)<再生骨材の原料>	t	0.000	0.000	0.00	0.406	0.00	0.495	0.00	0.598	0.00		
				その他の石油製品【再生用添加剤】	円			0.60	0.002	0.60	0.002	0.60	0.002	0.60		
			積み上げ計上項目計					21.93		15.97		14.70		13.50		
			間接環境負荷	未集計分見込値	輸送	道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	321	1.51	321	1.51	321	1.51	321	1.51
						うち砂利・採石相当分	トンキロ	0.216	1,911	0.41	1,911	0.41	1,911	0.41	1,911	0.41
						うち砕骨材相当分	トンキロ	0.216	1,917	0.41	1,917	0.41	1,917	0.41	1,917	0.41
うちその他の石油製品(アスファルト含む)相当分	トンキロ	0.216				2,706	0.58	2,706	0.58	2,706	0.58	2,706	0.58			
沿海・内水面貨物輸送	円	0.013				17	0.23	17	0.23	17	0.23	17	0.23			
自家輸送(旅客自動車)	円	0.011				3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03			
燃料	都市ガス	m3				0.359	0.066	0.02	0.066	0.02	0.066	0.02	0.066	0.02		
	その他の業業・土石製品	円				0.007	110	0.75	110	0.75	110	0.75	110	0.75		
原料	その他の石油製品	円				0.004	145	0.60	145	0.60	145	0.60	145	0.60		
	界面活性剤	t				1432.160	0.000	0.71	0.000	0.71	0.000	0.71	0.000	0.71		
その他	卸売	円				0.001	511	0.66	511	0.66	511	0.66	511	0.66		
	建設補修	円				0.003	85	0.29	85	0.29	85	0.29	85	0.29		
	機械修理	円				0.003	94	0.27	94	0.27	94	0.27	94	0.27		
その他								3.90		3.90		3.90		3.90		
未集計分見込値計								10.40		10.40		10.40		10.40		
間接環境負荷量計					32.33		26.37		25.10		23.90					
直接環境負荷	積み上げ計上項目	輸送	A重油	l	2.710	6.778	18.37	9.900	26.83	9.900	26.83	9.900	26.83			
			B重油・C重油	l	3.002	1.932	5.80	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00			
			灯油	l	2.491	0.055	0.14	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00			
			軽油	l	2.589	0.320	0.83	0.100	0.26	0.100	0.26	0.100	0.26			
			積み上げ計上項目計					25.13		27.08		27.08		27.08		
			未集計分見込値	都市ガス	m3	2.243	0.066	0.15	0.066	0.15	0.066	0.15	0.066	0.15		
				鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37.087	0.001	-0.05	0.001	-0.05	0.001	-0.05	0.001	-0.05		
				その他				0.00		0.00		0.00		0.00		
				未集計分見込値計					0.10		0.10		0.10		0.10	
			直接環境負荷量計					25.23		27.18		27.18		27.18		
			生産環境負荷量計					57.56		53.55		52.28		51.08		
			出荷	間接環境負荷	積み上げ計上項目	道路	トンキロ	0.216	9.013	1.94	9.013	1.94	9.013	1.94	9.013	1.94
						卸	円	0.001	741	0.96	741	0.96	741	0.96	741	0.96
						小売	円	0.002	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
						鉄道	円	0.006	1	0.01	1	0.01	1	0.01	1	0.01
沿海	円	0.013				21	0.28	21	0.28	21	0.28	21	0.28			
港湾	円	0.002				63	0.14	63	0.14	63	0.14	63	0.14			
航空	円	0.011				0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00			
利用運送	円	0.002				16	0.03	16	0.03	16	0.03	16	0.03			
倉庫	円	0.003				7	0.02	7	0.02	7	0.02	7	0.02			
未集計分見込値計								1.43		1.43		1.43		1.43		
出荷環境負荷量計								3.38		3.38		3.38		3.38		
環境負荷原単位								60.93		56.93		55.66		54.46		

注) 1. 直接環境負荷：工場敷地内で発生する環境負荷 間接環境負荷：工場敷地外で発生する環境負荷

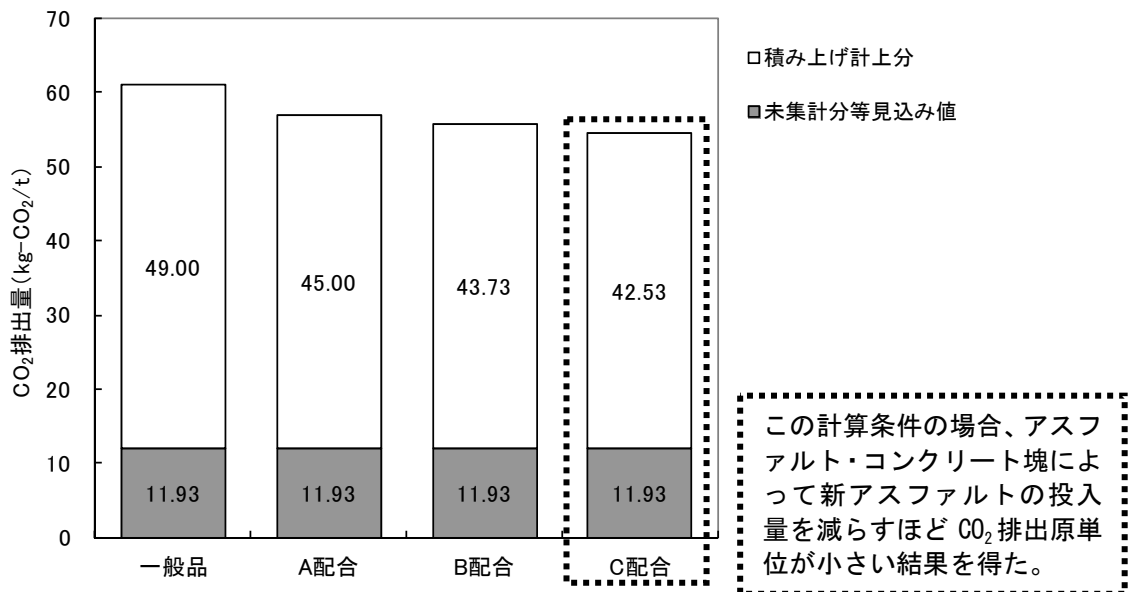


図 3. 2-64 再生加熱アスファルト混合物の配合を変化させた二酸化炭素排出原単位の比較例

(4) 原単位の更新における懸案事項

今回の資材(個別品)の原単位の計算に使用したデータが変更された場合、その変更に応じて原単位を新たに更新する必要がある。変更される可能性のあるデータとそれが変更された場合に必要となる主な対応は、以下のとおりである。

1) 公的統計、業界統計等の更新(主に1年毎)

未集計分等見込み値の算定において「積み上げ法」による環境負荷量の更新が必要

2) 産業連関表の更新(5年毎)

未集計分等見込み値の算定において「産業連関法」による環境負荷量の更新が必要

なお、具体的な対応については、本項に記載している各種計算手法に基づく。

第4章 社会資本 LCI の適用性検討

4. 1 社会資本 LCI の有効性

4. 1. 1 LCI 試算の目的と試算事例選定の考え方

各意思決定レベル（構想レベル、設計レベル、施工レベル、資材選定レベル）における社会資本 LCA の適用性を確認することを目的に、本研究で構築した理論および基盤を用いて、ライフサイクルをとおした環境負荷量解析の試算を実施した。本章では、環境負荷量の一つとして二酸化炭素についてのみ検討している。また、「ライフサイクルをとおした環境負荷量解析」は「ライフサイクルインベントリアナリシス（LCI）」とする。

LCI 試算の目的：

- (1) 試算結果の確からしさを確認
→ 計算材料がそろっている事例を試算
- (2) LCI 結果を技術的判断に適用できるかどうかの検討
→ 二酸化炭素削減効果が明らかで機能が同じものを比較できる事例を試算
- (3) 社会資本 LCA を普及させるための事例蓄積
→ 汎用性が高く一般的な事例

一般的な土工、橋梁、トンネル等の構造物の LCI を実施し、確からしい計算結果であることを確認した。その後、標準技術と代替技術の試算結果を比較し、LCI 結果を技術的判断に適用できるかどうかを検討した。

【解説】

社会資本 LCA の適用性を検討するため、構想レベル、設計レベル、施工レベル、資材レベルの各意思決定レベルにおいて、本研究で構築した理論および基盤を用いて、ライフサイクルをとおした環境負荷量解析（ライフサイクルインベントリアナリシス：LCI）の試算を実施した。

GHG 排出量は、JIS の標準仕様書（TS Q 0010）に示されるとおり、式(4-1)によって計算される。

$$\text{GHG排出量} = \sum (\text{活動量}_i \times \text{GHG排出原単位}_i) \quad \text{式(4-1)}$$

ここに、 i ：プロセス

式(4-1)について、本章では環境負荷として二酸化炭素についてのみを検討しているため、式(4-2) のとおり言い換えることができる。

$$\text{CO}_2 = \sum_i (x_i \times e_i) \quad \text{式(4-2)}$$

CO_2 ：ライフサイクルをとおした二酸化炭素 排出量（ LCCO_2 ）

x ：活動量（=数量）

i ：活動（=資材、工法、構造物など）

e ：二酸化炭素 排出原単位

本プロジェクトで開発した LCI 手法は、式(4-2) に基づいて、以下の式(4-3)～式(4-6) に

よって各意思決定レベルにおける二酸化炭素排出量を算出する。(詳細は 3.1.1 参照)

構想レベル

$$EP = \sum_j (S_j \times \overline{ES}_j) + [EU] + [EA] \quad \text{式(4-3)}$$

- EP* : 事業全体の環境負荷量(Emission by Project)
j : 構造物の種類
S : 構造物(Structure)の規模
 \overline{ES} : 構造物当りの原単位(環境負荷量) (Emission by Structures)
EU : 構造物の使用に係る環境負荷量(Emission by Using)
EA : 構造物の計画に係る環境負荷量(Emission by Administering)

設計レベル

$$ES = \sum_k (W_k \times \overline{EW}_k) + [ED] \quad \text{式(4-4)}$$

- ES* : 構造物の環境負荷量(Emission by Structure)
k : 工種の種類
W : 各工種(type of Work)の作業量
 \overline{EW} : 工種当りの原単位(環境負荷量) (Emission by types of Work)
ED : 構造物の設計に係る環境負荷量(Emission by Designing)

施工レベル

$$EW = \sum_l (M_l \times \overline{EM}_l) + \sum_m (T_m \times \overline{ET}_m) + \sum_n (C_n \times \overline{EC}_n) \quad \text{式(4-5)}$$

- EW* : 工種の環境負荷量(Emission by type of Work)
l : 資材の種類
M : 資材(Material)の数量
 \overline{EM} : 資材の原単位(環境負荷量) (Emission by Materials)
m : 運搬の車種等
T : 運搬距離(Transport distance)
 \overline{ET} : 運搬に係る原単位(環境負荷量) (Emission by Transport)
n : 施工に係る環境負荷(建設機械、仮設材 等)の種類
C : 施工(Construction)に係る数量(掘削量 等)
 \overline{EC} : 施工に係る原単位(環境負荷量) (Emission by Construction)

資材選定レベル

$$EM = \sum_o (R_o \times \overline{ER}_o) + \sum_p (E_p \times \overline{EE}_p) + EO \quad \text{式(4-6)}$$

- EM* : 資材の環境負荷量(Emission by Material)
o : 原材料の種類
R : 原材料の数量(Raw-material)
 \overline{ER} : 原材料に係る原単位(環境負荷量) (Emission by Raw-material)

- p : 投入エネルギーの種類
 E : 投入エネルギー (Energy) の量
 \overline{EE} : 投入エネルギーに係る原単位 (環境負荷量) (Emission by Energy)
 EO : 未集計分等見込み値に係る環境負荷量 (Emission by Others)

式(4-3)～式(4-6)に用いた「原単位」、「数量」を表 4. 1-1に整理する。

表 4. 1-1 各意思決定レベルにおける基本的な「原単位」、「数量」

意思決定レベル	原単位	数量
構想レベル	<u>構造物当りの原単位</u> (例えば、道路延長1km、1車線当りの道路設置に係る二酸化炭素排出量)	<u>構造物の規模</u> (例えば、新設する道路延長距離)
設計レベル	<u>工種当りの原単位</u> (例えば、1m ³ の土砂を掘削する(工種：掘削工)際の二酸化炭素排出量)	<u>各工種の作業量</u> (例えば、掘削する土砂の量)
施工レベル	<u>資材(一般品・個別品)の原単位</u>	<u>資材(一般品・個別品)の数量</u>
	<u>運搬の原単位</u>	<u>運搬に係る数量</u> (例えば、運搬距離 等)
	<u>建設機械の原単位</u>	<u>建設機械に係る数量</u> (例えば、建機使用日数 等)
	<u>仮設材の原単位</u>	<u>仮設材に係る数量</u> (例えば、仮設材の種類、量 等)

LCI 試算の目的は主に次の(1)～(3)である。

- (1) 試算結果の確からしさを確認
- (2) LCI 結果を技術的判断に適用できるかどうかの検討
- (3) 社会資本 LCA を普及させるための事例蓄積

(1) 試算結果の確からしさを確認

本研究で構築した理論および基盤を用いて LCI を実施し、計算結果の確からしさを確認した。試算にあたっては、計算の仮定条件が多いと計算結果の不確実性が高くなるため、資材が特定でき、数量が明確で、原単位が設定されているような、計算材料がそろっている事例を選定した。

【解説】

式(4-3)～(4-6)を計算するためには、変数を把握する必要がある。変数が明確になっていない場合は、試算者が条件を仮定して計算するため、計算結果の不確実性が高くなる。本試算では、確からしい LCI 結果を把握するため、変数が明確になっている事例を LCI 試算対象とした。x、i、e が不明確な事例は今回の LCI 試算対象から除外した。

x : 活動量 (=数量)

数量が不明なものは除外した。

i : 活動 (=資材、工法、構造物など)

資材が特定できないものは除外した。

e : 二酸化炭素排出原単位

原単位の設定が困難な資材・工法等を含む事例は除外した。例えば、下水処理の嫌気性

発酵による二酸化炭素排出等は原単位を求めるために社会資本整備に係る部分以外において化学反応等の詳細の検討が必要なため本研究の原単位設定対象から除外している。環境負荷原単位が未整備の資材については、材質等が類似する他の品目の原単位で代用し、「みなし原単位（後述）」を利用した。（「みなし原単位」については、4. 1. 4 以降参照）

しかし、x、i、e 全てが把握できる事例は少ないため、本試算では仮定条件を設定する必要がある。そのため、試算者が仮定した条件が結果に与える影響が大きい場合は対象外とする。例えば、LCI 全体における廃棄物等の運搬に係る二酸化炭素の占める割合が高い場合は、LCI 試算者が設定する運搬距離にリサイクル原則化ルール（50km）を適用するか、実測値を使用するか等によって結果が大きく異なるため、このような事例は LCI 試算の対象外とした。

(2) LCI 結果を技術的判断に適用できるかどうかの検討

LCI 結果を技術的判断に適用するためには、全体の LCI において、比較する活動の LCI が明確になることが必要である。つまり、標準技術を代替技術に置き換えた場合の全体の LCI に対する削減率が明確になる必要がある。したがって、本試算では二酸化炭素削減効果が明らかである事例を選択した。

また、標準技術と代替技術の比較をする際、代替技術によって標準技術と機能が異なると比較する意味がない。したがって、機能が同等で比較できる事例を試算した。

【解説】

LCI 結果を技術的判断に適用するためには、LCI を定量的に把握することが必要である。例えば、構造物の LCI において、標準工法を代替工法へ置き換えることによって全体の LCI がどのくらい削減されるかを把握する必要がある。つまり、材料や工法等をどのように変更すると二酸化炭素排出量削減に繋がるかを示すことが必要である。

各意思レベルにおいて、標準技術と代替技術の LCI を比較することにより、一連の手続きを通じた環境側面の評価・改善が可能であり、計算結果を技術的判断に利用できることから、社会資本 LCA が有意であることが言える。また、代替技術は、機能（耐久性能が高い等）が同じ事例を LCI 試算対象とした。標準技術が設定できなかった場合も同様に、標準技術の仮定により比較結果が変わってしまうため、LCI 試算の対象外とした。

(3) 社会資本 LCA を普及させるための事例蓄積

社会資本 LCA を普及させるために、計算事例を蓄積していく必要があるため、汎用性が高く、一般的な事例を LCI 試算対象とした。

【解説】

社会資本 LCA を普及させるために、事例を蓄積する必要がある。そのため、金額・シェアが大きく、汎用性が高い事例を対象とした。特殊な事例は除外した。

4. 1. 2 社会資本 LCA の適用性の評価

LCI 試算の目的達成の確認

(1) 試算結果の確からしさを確認

数量 : x について

数量の特定に関しては、積算書に基づき、数値を代入して計算を行った。原単位の単位と積算書の単位が異なる場合は工事数量の単位変換を行い、基礎砕石費や運搬費のように、労務費や諸雑費等を総合したものは、価格基準原単位を用いて計算することができた。

種類 : i について

材料の種類の特定に関して、材料が不明なものについては、確度の高いみなし原単位、確度の低いみなし原単位等を用いて、代替した原単位を適用し、計算を実施した。以上のことから、算出には、根拠ある値を用いており、計算結果の確からしさを確認できた。

環境負荷原単位 : e について

原単位に関しては、IDB における対象品目のスクリーニングでは、弾力性を指標として用いて社会資本整備の各部門の傾向について分析を行った。この結果、道路関係公共事業部門の弾力性を代表的指標とすることで、社会資本整備に用いる主要品目を選定することが可能となった。物量あたりの原単位から弾力性を求めることで、二酸化炭素排出量の 8 割以上をカバーできる品目を選定できた。つまり、カバー率は 8 割以上である。

(2) LCI 計算結果を技術的判断に適用できるかどうかの検討

LCI 結果から、構造、工法、資材等の変更による二酸化炭素排出量の増減が確認できたことから、本研究で開発した社会資本 LCA は技術的判断に有効であると言える。

技術的判断にあたっては、代替技術の比較において、改善効果が変動幅及び全体環境負荷量に比して十分に大きいか判断の一つの目安となる。本章で記述した試算の結果、本 LCI 手法が概ね環境負荷に係る技術的判断に活用できることが確認された。ただし、代替技術は機能面で同等であることが条件であるが、機能面の等価性の判断が困難であるケースが存在することが確認された。また、環境負荷原単位の変動要因が異なる建設資材等の比較は、現時点では比較することは好ましくないと考えられる。

(3) 社会資本 LCA を普及させるための事例蓄積

道路分野を中心に施工レベル、設計レベル、構想レベルの事例を蓄積した。

【解説】

LCI 試算を通して、本研究で開発した理論および基盤が有効であることを確認した、社会資本 LCA の適用性を検討した。

① カバー率

また、本研究では、IDB における対象品目選定にあたっての指標として弾力性を用いて、社会資本整備の各部門の傾向について分析を行った。この結果、道路関係公共事業部門の弾力性を代表的指標とすることで、社会資本整備に用いる主要品目を選定することが可能であると考えた。物量あたりの原単位から弾力性を求めることで、二酸化炭素排出量の 8 割以上をカバーできる品目を選定できた。(図 4. 1-1 参照) 道路関係公共事業部門の弾力性 0.015 以上の品目としてセメント・コンクリート、鉄鋼、舗装材料、自動車輸送、電力、骨材及び石油製品を修正産業連関表

の変換対象とすることとした。(表 4. 1-2 参照)

また、本研究では金額物量混合表を用いて物量ベースで弾力性を計算することで、輸入品と国産品の金額差により弾力性が異なるという課題へ対応できたと考えられる。

排出量の増減が確認できたことから、社会資本 LCA は技術的判断に有効であると言える。例えば、グリーン購入法の特定調達品目である「フライアッシュ混入吹付けコンクリート」と従来の一般急結剤を用いた吹付けコンクリートの二酸化炭素排出量を比較できた。したがって、特定調達品目を選択することによる環境負荷削減効果を定量的に判断することが可能となった。

さらに、確度の低いみなし原単位および価格基準原単位の適用率は試算結果より、多くても 10% 程度であり、試算結果が有効であると言える。

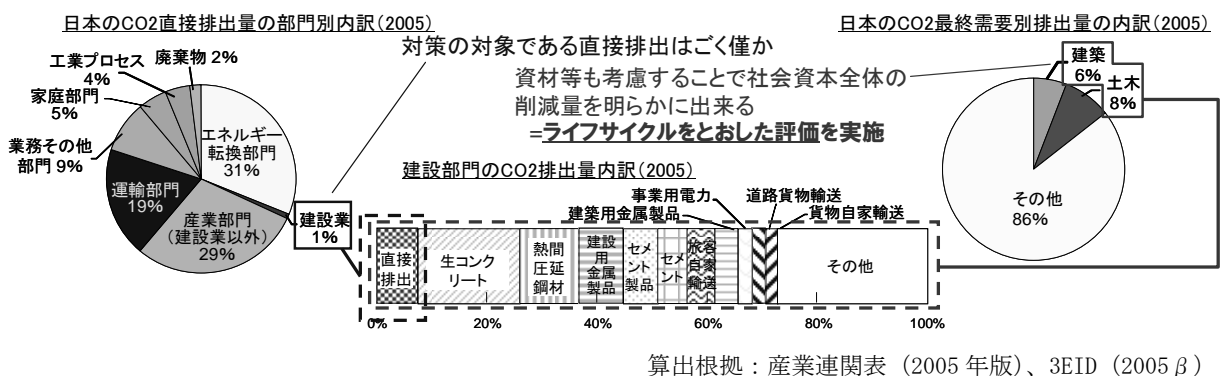


図 4. 1-1 建設部門の二酸化炭素排出量内訳 (再掲)

② 感度分析

社会シナリオが変わって、原単位が変わった場合の工法の LCI を考える。同素材を使用した工法同士の比較では、LCI 計算結果に大きな影響が無く、比較の優位性が変わらない多いが、コンクリートと鉄のように異素材を使用した工法比較では、原単位変更前後で LCI が大きく異なり、比較の優位性が逆転することが予想される。

例えば、原単位の変動幅が 5%で確度の低いみなし原単位が 15%の場合、比較優位が変わる可能性がある。

③ 異素材同士の比較 コンクリートと鉄の比較 (計算の詳細は P. 4-109 参照)

平面道路について、3 種類の工法で建設した場合のそれぞれの二酸化炭素排出量について計算を行った(表 4. 1-3 参照)。第 1 案は、盛土、切土のみで道路を建設する案、第 2 案は、切土区間及び盛土区間の法面にコンクリートブロックを積み重ねてより勾配ある壁面を作り、掘削量を減らすこととした案、第 3 案は、切土区間は鉄筋、盛土区間はテールアルメで法面を補強し、急勾配の壁面を作り、第 2 案より更に掘削量を減らすこととした案である。図 4. 1-2 に示した二酸化炭素の排出量は、実際の施工計画に基づいて LCI 試算を行った結果であり、資材の使用量が少ない第 1 案が最も二酸化炭素排出量が少ない結果となった。

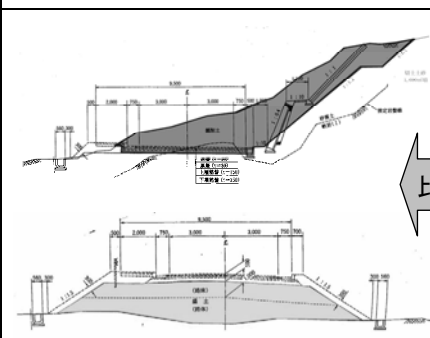
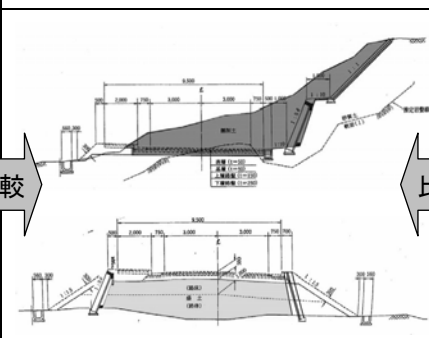
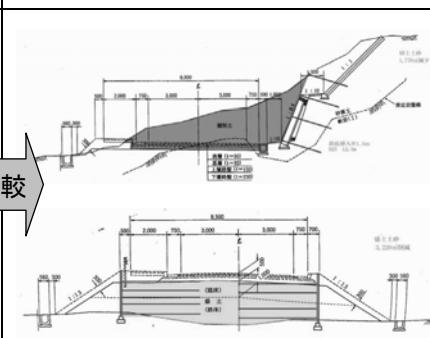
第 2 案、第 3 案では、原単位が確定していない資材であるコンクリートと鉄を使用している。仮にこれらの原単位が現在の取り扱いの逆となった場合、評価が変わることが予想される。に原単位が変わった場合に二酸化炭素排出量に変化するイメージを図 4. 1-3 に示す。

今回の試行では比較優位に変化はなかったものの、第 2 案と第 3 案の二酸化炭素排出量の差が大きくなった。何らかの理由で第 1 案が破棄された場合、原単位が変わることで選定の結果に影響を与えることが予想される。

表 4. 1-2 スクリーニング結果 (弾力性は0.015以上のみ表示)

対象品目選定結果		弾力性							
		CO ₂				天然資源投入			
		直接排出の弾力性	投入の弾力性	弾力性の高い投入原材料等		投入の弾力性	弾力性の高い投入原材料等		
原材料	弾力性			原材料	弾力性				
セメント・コンクリート	セメント	0.244	0.027						
	生コンクリート		0.200	セメント	0.178	0.200	石灰石	0.054	
	セメント製品		0.086	セメント	0.056	0.062	セメント	0.040	
							砂利・採石	0.099	
							砕石	0.056	
							砂利・採石	0.027	
							砕石	0.016	
鉄鋼	金属鉱物			事業用電力	0.015				
	鉄鉱石			金属鉱物	0.044				
	フェロアロイ	0.016							
	銑鉄	0.159		鉄鉱石	0.044		鉄鉱石	0.025	
	粗鋼(転炉)			銑鉄	0.206		銑鉄	0.028	
	熱間圧延鋼材			粗鋼(転炉)	0.210		粗鋼(転炉)	0.030	
				粗鋼(電気炉)	0.034				
	普通鋼形鋼		0.034	熱間圧延鋼材	0.053				
	普通鋼鋼帯			熱間圧延鋼材	0.048				
	普通鋼小棒		0.080	熱間圧延鋼材	0.081				
	普通鋼鋼板			熱間圧延鋼材	0.022				
	その他の普通鋼熱間圧延鋼材			熱間圧延鋼材	0.016				
	特殊鋼熱間圧延鋼材			熱間圧延鋼材	0.041				
	冷間仕上鋼材			普通鋼鋼帯	0.023				
	普通鋼冷間仕上鋼材			冷間仕上鋼材	0.025				
鋼管			鋼管	0.018					
普通鋼鋼管			普通鋼形鋼	0.018					
建設用金属製品		0.092	特殊鋼熱間圧延鋼材	0.018					
舗装材料	舗装材料		0.023			0.051	砕石	0.025	
							砂利・採石	0.019	
自動車輸送	自家輸送(貨物自動車)	0.064	0.026						
	自家輸送(旅客自動車)	0.056	0.055						
	道路貨物輸送	0.026	0.023						
電力	事業用電力	0.120	0.030						
	自家発電	0.051							
骨材	砕石		0.022	自家輸送(貨物自動車)	0.017	0.501			
	砂利・採石					0.110			
石油製品	原油						※「体積→重量換算」の弾力性		
	石油製品	0.031					原油	0.028	
	軽油			石油製品	0.019				

表 4. 1-3 平面道路設置3工法の二酸化炭素排出量比較

第1案	第2案	第3案
		
工事費：X ₁ (百万円) CO ₂ ：X ₂ (t) 廃棄物：X ₃ (t)	工事費：Y ₁ (百万円) CO ₂ ：Y ₂ (t) 廃棄物：Y ₃ (t)	工事費：Z ₁ (百万円) CO ₂ ：Z ₂ (t) 廃棄物：Z ₃ (t)
182t-CO ₂	532t-CO ₂	616t-CO ₂
○	△	△

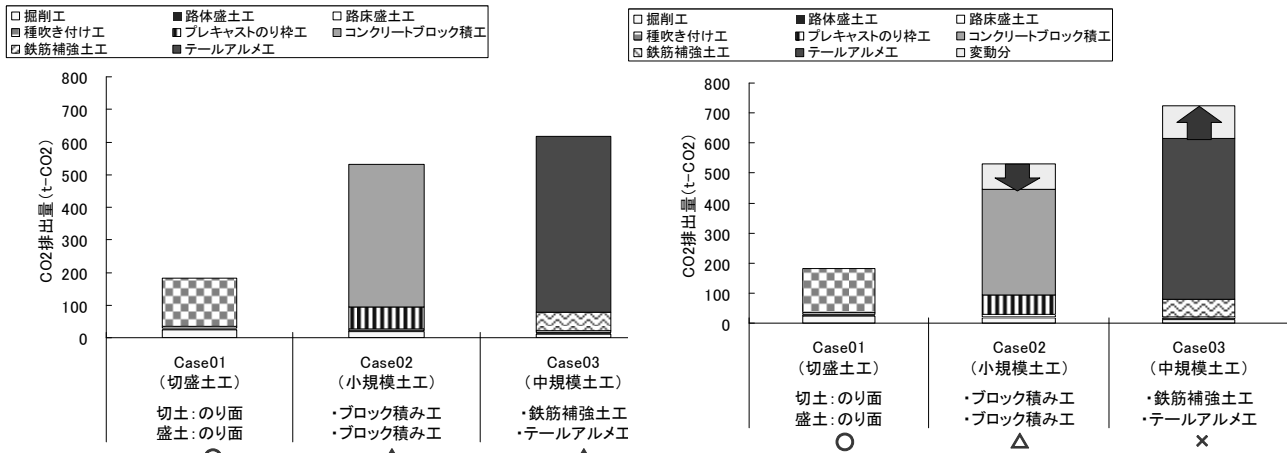


図 4. 1-2 LCI 結果

図 4. 1-3 原単位が変動した場合の LCI 想定

④ 同素材同士の比較 (S. Q. C) (詳細は P. 4-102 参照)

橋脚区体工において、普通コンクリートと自己充てん型高強度高耐久コンクリート (S. Q. C.) を用いた場合のそれぞれの二酸化炭素排出量について計算を行った。S. Q. C. は、普通コンクリートと比べて、強度と耐久性が高く、断面寸法を小さくできるため、コンクリート量を 21%、鉄筋量を 9%、機械稼働時間を 20%削減することができる。セメントの二酸化炭素吸着分を考慮することになった場合、普通コンクリートと S. Q. C. では、どちらも二酸化炭素排出量が減ることになり、比較優位は異なる (図 4. 1-4 参照)。したがって、同種の資材を用いる工法、工種の比較においては、原単位の変動による影響がないと言える。

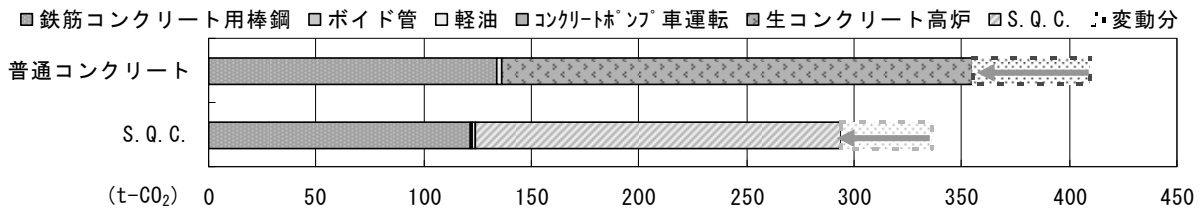


図 4. 1-4 橋脚区体工の二酸化炭素排出量の比較

⑤ 計画と実際の工事数量が異なる可能性について

公共工事は出来高審査のため、例えば図 4. 1-5 のような仮設材を引き抜いたか残置 (埋め殺し) したかは、発注者にはわからない。しかし、施工面積等の工事の基礎条件は同じであることから、「資材」の数量が変化した場合でも、その量は僅かであると考えられる。またヒアリングの結果、「運搬距離」、「施工機械の稼働時間」、「仮設材」については、計画と実際の工事での数量が変わる可能性について、示唆された。

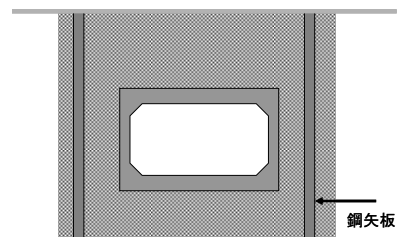


図 4. 1-5 ボックスカルバート施工時の仮設材残置 (埋め殺し) の例

4. 1. 3 LCI の確からしさの確保

LCI 計算結果の確からしさを確保するためには、 x 、 i 、 e の精度が高まる必要がある。

(1) 工事数量 x について見積もりと実使用量の差 (S 、 W 、 M 、 R の変動)

工事数量については、資材については概ね問題のない範囲で変動するが、施工機械の稼働時間や仮設材については相当程度大きく変動する可能性が示唆された。これら詳細については、今後の検証が必要である。

(2) 早期レベルにおいて使用する資材の種類 i が確定していないこと (j 、 k 、 l 、 o の変動)

精度の低いみなし原単位と価格基準原単位の適用率が大きいと結果の不確実性が高くなるが、資材の確定については、変動幅はほぼ問題のないレベルであることが試算の結果判明した。

(3) 環境負荷原単位 e の設定について諸説有り確定していない場合等 (\overline{ES} 、 \overline{EW} 、 \overline{EM} 、 \overline{ER} の変動)

- ①コンクリートの二酸化炭素再吸着
- ②鉄鋼製品のリサイクルにおけるマルチ・ステップ・リサイクルシステムの考え方
- ③アスファルトの海外分取扱

環境負荷原単位については、境界条件を統一した上で計算手法の整理を行った。検討を行った結果、以下の3つの要素により今後境界条件を変更する可能性がある。

- 1) 本 LCI では単年の値で計算しているものの複数年の平均値で考えるべきとの意見があること
- 2) 本 LCI では海外活動分も含めた CFP を求めているが京都議定書では国内分に限っていること
- 3) セメントの二酸化炭素吸着分を見込んでいるが吸着の取り扱いに関しては見解が確定していないこと

【解説】

LCI 試算する上で、様々な仮定を行うため、条件設定によって LCI 計算結果は変動することがある。

(1) 変動要因 1：工事数量 x について見積もりと実使用量の差（積算と生産の違い）

社会資本整備（公共工事）は積算書と生産の内容が異なることが、LCI 計算結果の変動要因となりうる。工事数量については、資材については概ね問題のない範囲で変動するが、施工機械の稼働時間や仮設材については相当程度大きく変動する可能性が示唆された。これら詳細については、今後の検証が必要である。例えば、吹付工のリバウンド材について、リバウンド率を考慮して積算しているが、実際のリバウンド量と積算したリバウンド量が異なる。

また、各レベルにおける LCI 計算の不確定要素は次のことが挙げられる。

構想レベル：道路建設の場合は、ルートが未決定である等。

設計レベル：資材の材質や数量が具体化されていない。特に仮設材や建設機械の軽油使用量は数量がわからないことがある等。

施工レベル：積算に使用した建設機械と実際に使用する建設機械が異なることがある等。

構想レベル、設計レベル、施工レベル、完了検査レベルとレベルが進むにつれて、積算書の数量はおおまかな値から正確な値に近づき、使用する資材、機械、工法等は定まっていくため、LCI 計算の精度が上がっていき、値の変動幅が小さくなると考えられる。

(2) 変動要因 2：早期レベルにおいて使用する資材等 i が確定していないこと(みなし原単位の適用・工事数量単位変換)

式に代入する i が把握できない場合は、4. 1. 4 に示すとおり、確度の高いみなし原単位の適用、確度の低いみなし原単位の適用、価格基準原単位の適用、工事数量の単位変換を実施するため、LCI の値が変動する。資材の確定については、変動幅はほぼ問題のないレベルであることが試算の結果判明した。みなし原単位が LCI の精度に与える影響は、確度の高いみなし原単位および工事数量の単位変換はあまり影響がなく無視できる範囲であるが、確度の低いみなし原単位、価格基準原単位の適用の順に不確実性が高くなると言える。ここで、4. 3. 2 で試算した施工レベルの LCI について、みなし原単位の適用率をとりまとめた。(表 4. 1-4、図 4. 1-6 参照)

確度の低いみなし原単位および価格基準原単位の適用率が高いと LCI 試算結果の不確実性が高くなるが、確度の低いみなし原単位適用率と価格基準原単位適用率の合計が一番大きい事例は、事例 3 および事例 6 の 10%となっており、工事全体の二酸化炭素排出量の 9 割は精度が高くカバーできていると言える。

表 4. 1-4 試算結果のみなし原単位の比率

工事名	原単位	工事数量の 単位変換	確度の高い みなし原単位	確度の低い みなし原単位	価格基準 原単位
土工	68.9%	14.6%	14.1%	1.7%	0.7%
橋梁（下部）	94.6%	0.5%	0.0%	0.0%	4.9%
トンネル（NATM）	82.7%	7.1%	1.2%	0.0%	9.0%
橋梁（上部）	65.2%	31.1%	0.1%	0.0%	3.6%
舗装（土工）	21.5%	48.2%	21.0%	0.0%	9.3%
舗装（橋梁）	38.9%	52.1%	0.4%	0.0%	8.7%
舗装（トンネル）	47.3%	50.1%	0.0%	0.0%	2.5%

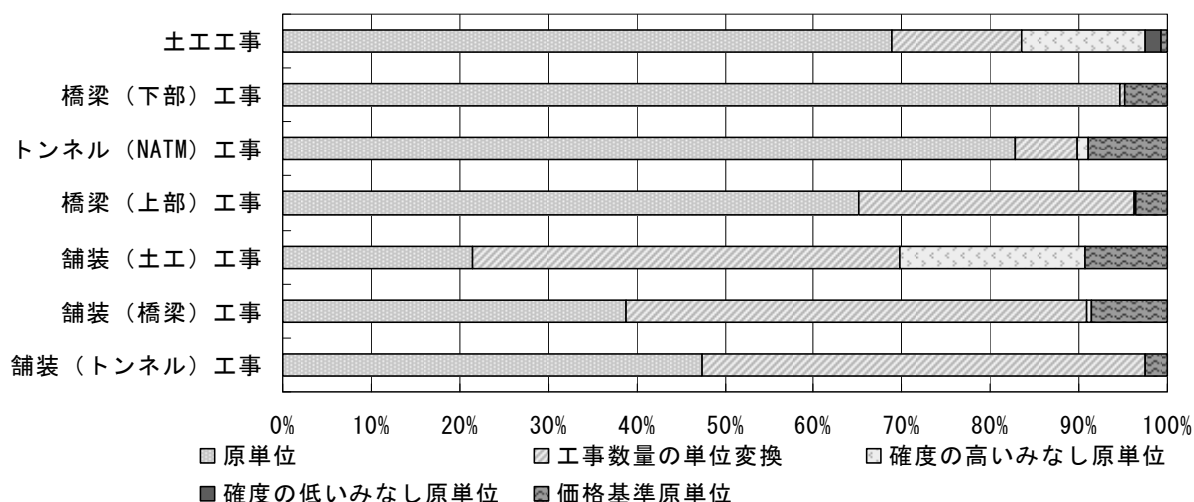


図 4. 1-6 試算結果のみなし原単位の比率

(3) 変動要因 3：環境負荷原単位 e の設定について諸説有り確定していない場合等

社会資本は寿命が長いいため、LCA を実施する際、10 年後、50 年後等の将来の LCI も踏まえて評価しなければならないが、今後の技術の発展等により、原単位が変わる可能性がある。

また、環境負荷原単位の設定について諸説あり、原単位が確定していない事柄として、主に次の 3 点ある。

- ①コンクリートの二酸化炭素再吸着
- ②鉄鋼製品のリサイクルにおけるマルチ・ステップ・リサイクルシステムの考え方
- ③アスファルトの海外分取扱

具体的には、セメントの二酸化炭素吸着分に関して見解が確定していないこと、本 LCI では単年の値で計算しているものの複数年の平均値で考えるべきとの意見があること、本 LCI では海外活動分を対象としているものの京都議定書では国内分に限っていること、が結果に変動を与える要因として残った。

①コンクリートの二酸化炭素再吸着 (詳細は第 2 章参照)

セメント (再掲)

コンクリート (セメント水和物) は、大気等の周辺環境中の二酸化炭素を固定する作用があるものの、これまでその定量的な知見の蓄積は十分になされてこなかったため、LCI に反映することが困難であった。セメント、生コンクリート、コンクリート製品については、建造物の供用中における二酸化炭素固定を考慮しない LCI は、ライフサイクルを通じた二酸化炭素排出量を過大に見積もっている懸念がある。また、コンクリート塊等を再資源化した再生砕石については、資材製造レベルにおいて二酸化炭素固定が進行することから、この固定量を二酸化炭素排出原単位に反映することが妥当である。

本研究において、コンクリート塊の破砕直後の試料を対象に全国調査を実施した限りでは、コンクリートの供用中、再資源化時の二酸化炭素固定量は次のとおりであった。なお、ここで言う「コンクリートの供用中」とは、厳密には、解体工事やコンクリート塊の中間処理場・最終処分場への搬出・運搬等を含んだ期間であることに留意が必要である。

- コンクリートの供用中：15kg-CO₂/t-コンクリート (セメント換算で、約 100kg-CO₂/t-セメント)
- 再生砕石等への再資源化時：9kg-CO₂/t-コンクリート塊

コンクリートの供用中の固定量については、ライフサイクルの取扱いが定まっていないことから、二酸化炭素排出原単位一覧表に反映できていない。従って、ライフサイクル等長期の二酸化炭素排出量の比較を目的として本研究結果を用いる場合には、供用中の二酸化炭素固定量について別途考慮が必要である。

②鉄鋼製品のリサイクルにおけるマルチ・ステップ・リサイクルシステムの考え方 (詳細は第 2 章参照)

鉄鋼分野においては、マルチステップのリサイクリングシステムが確立しており、LCA におけるリサイクルの取扱い手法に反映されている (式 4-7)。

$$LCI = (X_{pr} - X_{re}) \left[\frac{1 - RR \cdot Y}{1 - RR \cdot Y^n} \right] + X_{re} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} X_{pr} - RR \cdot Y (X_{pr} - X_{re}) \quad \text{式 (4-7)}$$

マルチステップリサイクリングシステムは、無限回と見なせる鉄鋼のリサイクル過程で生じる環境負荷を、新材から再生材まで等分に割り当てるという考え方に基づいている (図 4. 1-7 参照)。鉄スクラップの鉄鋼製造における利用方法等から、新材と再生材の製造が一体不可分の関係

にあることを鑑みると、この考え方は一定の合理性を有していると言える。

しかしながら、社会資本整備に用いられる鉄鋼製品については、長寿命であることや廃止後の処理が特殊である等の社会資本の特徴により、マルチステップリサイクリングシステムを採用することが妥当であるか、現状では判断が難しい。たとえば、廃止後に解体や撤去がなされず放置される社会資本が少なからず見られ、これらに対して投入された建設資材は、鉄鋼製品やコンクリート等の別を問わず回収されていない。(図 4. 1-7 参照)

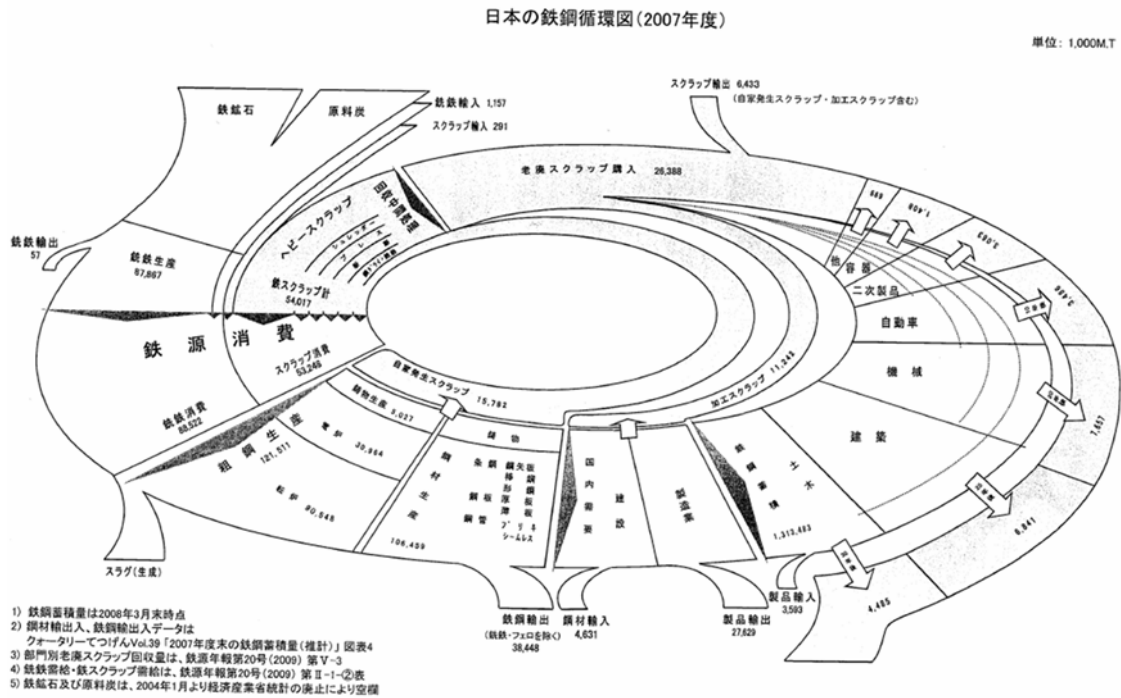


図 4. 1-7 鉄鋼分野におけるマルチ・ステップ・リサイクルの状況(再掲)

出典：日本鉄源協会

③アスファルトの海外分取扱

アスファルトについて、現在の環境負荷原単位は製造等に係る全ての二酸化炭素排出量を評価することを目標としているため、生産活動において海外で発生する二酸化炭素量も含めた原単位となっている。しかし、各国の温室効果ガスの削減目標を定めた京都議定書では国内の二酸化炭素排出量のみを対象としており、現在の環境負荷原単位と考え方が異なっている。

特に、図 4. 1-8 に破線で示したとおり、アスファルトは二酸化炭素の海外発生分が多く、京都議定書の考え方に合わせて海外発生分を見込まないとした場合、日本国内の二酸化炭素排出量は大幅に減少する。なお、セメントは原料の大部分が国内で生産されるため海外発生分は僅かであり、鉄の海外発生分はアスファルトとセメントの中間である。

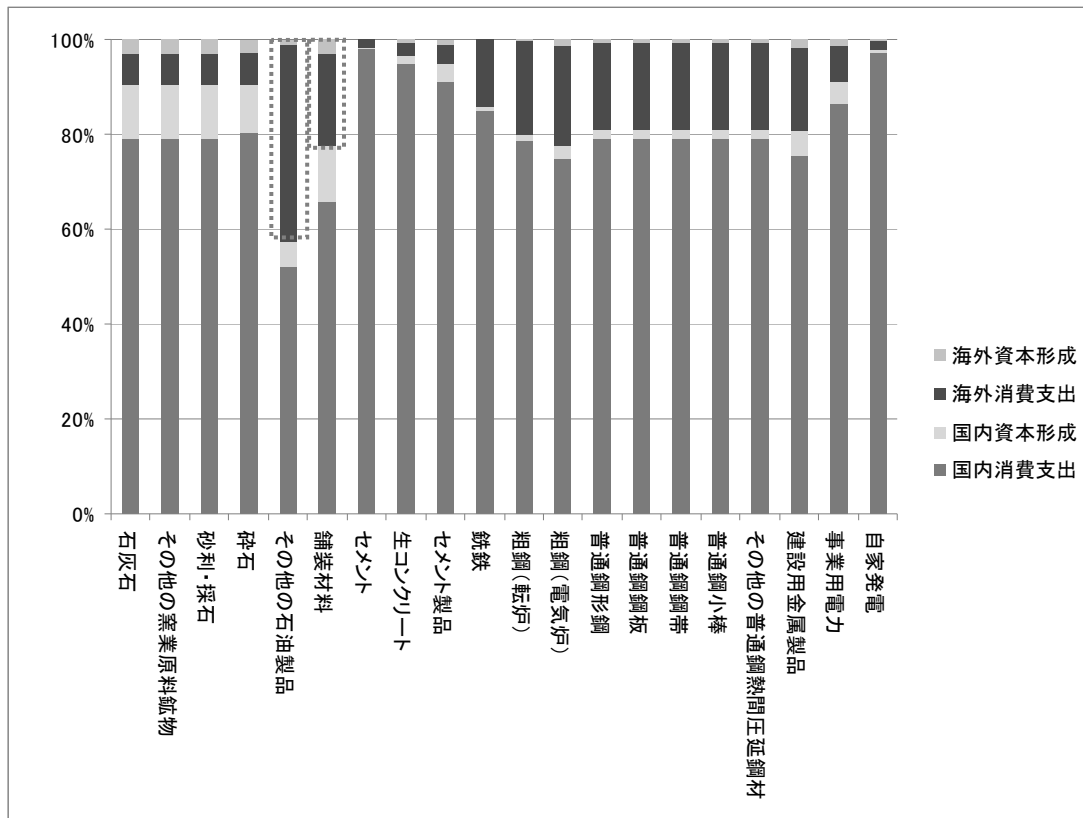


図 4. 1-8 生産者価格ベース～生産レベル（国内分+海外分）（出典：建築学会資料）

4. 1. 4 LCI 試算の問題点

LCI の算定式（再掲）

$$CO_2 = \sum_i (x_i \times e_i) \quad \text{式(4-2)}$$

LCI 試算を実施する上で、次のような問題がある。

- ・ 資材の単位と環境負荷原単位の数量単位が整合しない…x が不明
- ・ 具体の資材数量が不明（「擁壁工〇m」等）…x が不明
- ・ 設計上の諸雑費に含まれるなど、評価できない資機材が存在（積算の率計上等）…i が不明
- ・ 資材に対応する環境負荷原単位がない…e が不明

x、i、e が把握出来ないときは、みなし原単位（確度の高いみなし原単位、確度の低いみなし原単位、価格基準原単位）の適用や工事数量単位変換を行った。

①価格基準原単位の適用…i が不明

積算書が金額単位で計上されているもの、便宜上の単位で計上されるもの、規格・寸法が不明な資材、重量換算が困難なもの

②確度の高いみなし原単位の適用…i が不明

資材の材質（部門）は想定できるが、候補が複数あり特定できない場合

③確度の低いみなし原単位の適用…i が不明

資材の材質（部門）が全く不明な場合

④工事数量単位変換…x が不明

単位が「個」、「m³」等のもの

【解説】

(1) 試算上の問題点

式(4-2)でLCIを算出するには、積算書を元にx、i、eを把握する必要がある。

試算上、x、i、eが把握できない事態が発生する。具体的には次のような問題が生じる。

- ・資材の単位と環境負荷原単位の数量単位が整合しない → xが不明
- ・具体の資材数量が不明（「擁壁工〇m」等） → xが不明
- ・設計上の諸雑費に含まれるなど、評価できない資機材が存在 → iが不明
- ・資材に対応する環境負荷原単位がない → eが不明

これらの問題について、実際の計算における課題、課題への対応方策、対応方策を適用するために必要な作業、対応方策の適用実行に要する時間、対応方策適用による環境負荷量の算定精度への影響を表4.1-5に整理した。

(2) 算定基礎データに関する課題

元データ（積算書）の単位と環境負荷原単位の単位が合わないことがある。

例)元データ（積算書）では、プレキャスト品等は「個」単位で計上されているが、環境負荷原単位の単位は原則「重量(t)」であり、重量への単位変換が必要である

価格基準原単位

次のような場合は重量への単位変換が困難なため、価格基準の環境負荷原単位（表4.1-6参照）を適用して環境負荷量を算定した。

- ・貨物自動車運送料金、率計上の運搬費や基礎砕石費、架設用設備損料など、元データ（積算書）が金額単位で計上されているもの。
- ・掛 m^2 、空 m^3 など便宜上の単位で計上される、足場や支保工などの仮設材。
- ・規格や寸法が不明な資材、形状が複雑な資材、多数の材料から成る複合製品など、重量換算が困難もしくは換算作業が煩雑なもの。

(3) 環境負荷原単位に関する課題

社会資本整備に使用する全ての資材に環境負荷原単位が設定されていることが理想であるが、実際には、環境負荷原単位の設定が困難な資材が存在する。したがって、環境負荷原単位が未整備の資材については、材質等が類似する他の品目の原単位で代用し、下記の「確度の高いみなし原単位」および「確度の低いみなし原単位」を適用した。

確度の高いみなし原単位

資材の材質（部門）は想定できるが、候補が複数あり特定できない場合

例)「固化材」は、セメント系の資材と想定されるが、セメントの種類に複数の候補がある場合、原単位に大きな差は生じないと考えられ、確度の高いみなし原単位の適用については、「原単位＝確度の高いみなし原単位」と言え、確度の高いみなし原単位の適用率はLCI結果に大きな影響を与えないと考えてよい。

確度の低いみなし原単位

資材の材質（部門）が全く不明な場合。

例)「排水管」などは、ヒューム管か塩ビ管か等、材質が具体的に分からないため、何らかの資材を仮定する必要がある。仮定条件によって、変動幅が大きくなることから、確度の高いみなし原単位の適用よりも確度の低いみなし原単位の適用の方が不確実性は大きい。確度の低いみなし原単位の適用率が高いと、LCI結果の変動幅も大きくなる。

表 4. 1-5 LCI の試算に係る課題と対応方策等

分類	課題	区分	対応方策	必要な作業	所要時間のイメージ	環境負荷全体に占める割合	本試算で実施
算定基礎データ	資材の単位と環境負荷原単位の数量単位が整合しない	設計、施工	算定基礎データを重量単位に変換（工事数量の単位変換）	製品の単位体積質量等の調査	中	50%以下程度	○
			価格当りの環境負荷原単位を適用（価格基準原単位）	対象資材の価格調査	短	10%以下程度	○
	具体の資材数量が不明（「擁壁工〇m」等）	設計	標準的な資材とその使用量を設定	標準設計図から使用資材および使用量を設定	中	数%程度	○
	設計上の諸雑費に含まれるなど、評価できない資機材が存在	設計	具体的な資機材の内訳を物量または金額で把握	実績に基づく歩掛の調査、積算基準の見直しなど	長	不明	×
環境負荷原単位	資材に対応する環境負荷原単位がない	設計、施工	材質等が類似する他の品目の原単位（確度の高いみなし原単位、確度の低いみなし原単位）で代用	対象資材の材質・材料等の調査	短	10%以下程度	○
			積み上げ法により原単位を新規作成	対象資材の製造工程、投入エネルギー等の調査	長		×

表 4. 1-6 価格基準の環境負荷原単位一覧表（平成 22 年 9 月版試算用：一部抜粋）

コードNO	品目名	原単位種類	価格基準環境負荷原単位									
			CO2排出原単位 (kg-CO2/千円)				循環資源最終処分原単位 (kg/千円)			天然資源投入原単位 (kg/千円)		
			合計	生産	出荷	燃料使用	合計	生産	出荷	合計	生産	出荷
1110110	米	MPU	2.10E+00	1.77E+00	3.22E-01		2.03E-01	2.02E-01	1.68E-03	1.28E+00	1.14E+00	1.38E-01
1110120	稲わら	MPU	2.00E+00	1.84E+00	1.56E-01		2.10E-01	2.09E-01	9.20E-04	1.26E+00	1.18E+00	7.18E-02
1110210	小麦(国産)	MPU	2.70E+00	2.50E+00	1.97E-01		3.23E-01	3.22E-01	1.11E-03	1.54E+00	1.45E+00	8.51E-02
1110220	小麦(輸入)	MPU	5.04E-01	0.00E+00	5.04E-01		2.81E-03	-3.12E-19	2.81E-03	2.17E-01	-5.76E-17	2.17E-01
.
2110140	軽油	MPU	3.08E+01	4.21E+00	2.59E-01	2.63E+01	6.30E-02	6.14E-02	1.62E-03	1.20E+01	1.19E+01	1.09E-01
2110150	A重油	MPU	5.76E+01	4.29E+00	4.08E-01	5.29E+01	6.42E-02	6.26E-02	1.59E-03	1.23E+01	1.21E+01	1.32E-01
2110160	B重油・C重油	MPU	7.74E+01	4.21E+00	4.00E-01	7.28E+01	6.30E-02	6.14E-02	1.58E-03	1.20E+01	1.19E+01	1.31E-01
2110170	ナフサ	MPU	6.19E+01	5.10E+00	3.59E-02	5.68E+01	7.45E-02	7.44E-02	1.38E-04	1.44E+01	1.44E+01	1.15E-02
2110180	液化石油ガス	MPU	5.19E+01	4.00E+00	7.86E-01	4.71E+01	6.31E-02	5.92E-02	3.90E-03	1.18E+01	1.15E+01	2.88E-01
2110190	その他の石油製品	PPU	4.59E+00	4.22E+00	3.70E-01		6.33E-02	6.15E-02	1.81E-03	1.21E+01	1.19E+01	1.52E-01
2120110	コークス	MPU	2.17E+02	1.28E+01	1.40E-01	2.04E+02	1.48E-01	1.48E-01	5.33E-04	7.76E+01	7.76E+01	4.85E-02
2120190	その他の石炭製品	PPU	1.16E+01	1.14E+01	1.74E-01		1.33E-01	1.32E-01	1.15E-03	6.95E+01	6.94E+01	8.34E-02
2120210	包装材料	PPU	8.72E+00	8.27E+00	4.56E-01		7.82E-02	7.61E-02	2.16E-03	1.02E+02	1.02E+02	1.87E-01
.
2520110	セメント	MPU	8.17E+01	8.09E+01	8.40E-01		9.39E-02	9.09E-02	3.00E-03	1.09E+02	1.09E+02	2.74E-01
2522010	生コンクリート	MPU	1.63E+01	1.59E+01	4.21E-01		3.79E-02	3.55E-02	2.38E-03	6.39E+01	6.37E+01	1.91E-01
2523010	セメント製品	PPU	6.80E+00	6.33E+00	4.71E-01		3.85E-02	3.60E-02	2.51E-03	1.83E+01	1.81E+01	2.05E-01

価格には、物価変動、運賃、商業マージンなどが影響するため、重量ベースでの評価に比べて不確実性が大きい。つまり、価格が変わると原単位も変わってしまうことから、価格基準原単位の適用率が高いと、LCI 試算結果の不確実性が大きくなる。確度の低いみなし原単位の適用より価格基準原単位の適用の方が、不確実性は大きい。みなしのパターンを表 4. 1-7 に整理した。

工事数量単位変換

- ・建設物価（建設物価調査会）やメーカー・協会資料等の製品単位当り参考重量（kg/個、kg/m 等）を用いて、「個」→「t」などに単位変換した。
- ・土砂や砕石（〇m³）等は、単位体積質量（表 4. 1-8 参照）を乗じて重量に換算した。

単位変換の際に誤差が生じるが、比較優位に影響するほどではないと言える。

注) 金額ベースでの評価は、物価変動、運賃、商業マージンなどが影響するため、重量ベースでの評価に比べて不確実性が大きい。したがって、価格基準原単位を適用するよりも、できるだけ工事数量の単位変換を実施することが望ましい。

表 4. 1-7 みなしのパターン

	みなしのパターン	不確実性
確度の高い みなし原単位	<ul style="list-style-type: none"> ・使用目的、場所等が決まっており、一般的な材質を概ね絞り込むことができ、その材質が環境負荷原単位にある場合。 (例えば、「固化材」の場合、一般的にセメント系の資材と想定される。) →工事に一般的に使用される資材と仮定して原単位を設定する。	小
確度の低い みなし原単位	<ul style="list-style-type: none"> ・使用目的、場所等が決まっているが、それに該当する材質が環境負荷原単位にない、若しくは絞り込むことが出来ない場合。 ・現場の状況に合わせて、材質等を変更する資材である場合。 (例えば、「植生基盤材」の場合、現場状況によっても変わるため、材質を絞り込むことが出来ない。) →その資材として最も多く用いられる材質を仮定して原単位を設定する。	中
価格基準原単位	<ul style="list-style-type: none"> ・価格しか分からない場合（数量が不明）。 (例えば、価格のみで計上されており、使用目的、場所等が不明、物量基準の環境負荷原単位では設定できない。) →価格基準の環境負荷原単位に基づいて設定するが、価格が変わることから原単位も変わることから不確実性が大きい。	大

表 4. 1-8 重量換算に用いる単位体積質量（1m³当り）

名 称	規 格	単 位	単 位 質 量
土 砂		kg	1,800
軟 岩		"	2,200
硬 岩		"	2,500
コンクリート	無 筋	"	2,350
	鉄 筋	"	2,500
アスファルト 舗装材	車 道 用	密 粒	2,350
		粗 粒	2,350
		細 粒	2,300
	歩 道 用	モルタル	2,100
		安定処理	2,350
		密 粒	2,200
		粗 粒	2,200
	細 粒	2,150	
砂		"	1,740
切 込 砂 利		"	2,020
フラッシュアレン		"	2,040
粒 調 砕 石		"	2,100
水硬性スラグ		"	2,080
粒 調 ス ラ グ		"	2,060
フラッシュアレンスラグ		"	2,060
セ メ ン ト		"	3,000
ソイルセメント		"	2,100
鋼 材		"	7,850
木 材		"	1,000
木 材		"	800
石 材		"	2,600

出典：平成22年度版 土木工事数量算出要領（案）（国総研、2010年）

4. 1. 5 本研究で構築した LCI 理論および基盤に関する今後の課題

(1) LCI の計算過程における課題

- ① LCI の作業負荷
- ② 集約原単位の必要性
- ③ 重量単位への変換
- ④ 現状で評価できない要素
- ⑤ 価格基準原単位と物量基準原単位の関係
- ⑥ ユニットプライスへの対応

(2) 原単位に関する課題

- ① 一般品環境負荷原単位一覧表の網羅性向上
- ② 個別品環境負荷計算方法による個別品環境負荷原単位の作成事例の蓄積
- ③ 適用性検討により確認された事項への対応
 - a. プレキャストコンクリートの環境負荷原単位の詳細化
 - b. 仮設材の物量ベースによる計算

【解説】

(1) LCI の計算過程における課題

① LCI の作業負荷

現在の LCI 手法は、基本的に資材使用量と環境負荷原単位との積和であり、詳細な積算データを計算の前提としているため、事業全体の環境負荷量を算定する場合は作業が膨大になる。その意味で、特定の工種に着目した施工レベルの LCI には適した手法といえるが、構造物全体の環境負荷量の比較検討が目的となる構想レベルや設計レベルの LCI には適用が難しい。

とくに設計レベルの LCIでは、舗装〇m²などの工事数量単位のデータを基に、土木工事積算基準の標準歩掛を用いて機械の燃料消費量や損料を設定する必要があるため、結果的に積算作業と同等の労力を要することになる。

② 集約原単位の必要性

設計レベルの LCI を一般に普及させるには、工事数量単位に集約化された原単位を追加し、計算作業の省力化を図る必要がある。そのためには、共通の手法で実施された施工レベルの LCI 試算事例を継続的に蓄積していきけるような仕組みを検討する必要がある。(3 章参照)

③ 重量単位への変換

設計レベルと施工レベルに共通の課題として、基礎データにおける資機材の数量単位 (m、個など) と環境負荷原単位の単位 (ほぼ t) との不整合が挙げられる。重量への換算が必要な資材を無視すると、事例によっては全体の環境負荷量の半分しか評価できない場合がある(図 4.1-6 参照)。環境負荷原単位の単位を積算の単位と整合させるための検討が必要である。

④ 現状で評価できない要素

構造物全体の環境負荷には大きな影響を与えないが、資材のロス率、輸送距離、機械損料の寒冷地補正などは、工種単位で新工法等の環境負荷削減効果を評価する場合には考慮すべき要素である。現在の手法では、標準歩掛の範疇にない要素は基本的に評価できないため、上記については別の枠組みでの評価手法の検討も必要である。

⑤ 価格基準原単位と物量基準原単位の関係

価格基準原単位を用いて事業費ベースで算定した環境負荷量と、物量基準原単位を用いて資機材の積み上げによって算定した環境負荷量にどの程度の乖離があるかについての検証が必要である。乖離の傾向を分析できれば、建設部門産業連関表と 3EID から作成したマクロな価格基準原単位 (t-CO₂/道路改良工事・百万円など) を用いた概略の LCI も可能になる。

⑥ ユニットプライスへの対応

舗装工事の一部においてユニットプライス方式での積算が導入されているが、このような事例では、本業務のような積み上げ計算を適用することができない。逆に、ユニットプライス作成のための施工実績データベースに、環境負荷量の情報を付加できれば、ユニットプライスと同じ単位での環境負荷原単位 (工種別原単位に相当) を得ることができる。

各レベルにおける LCI の要件を表 4.1-9 に示した。

表 4.1-9 各レベルにおける LCI の要件 (イメージ)

項目	(A) 構想レベル	(B) 設計レベル	(C) 施工レベル
検討内容の例	ルート選定 (主要構造の検討)	構造形式の選定	施工方法の選定 (資材調達含む)
LCI の計算範囲 (○: 必須、△: 場合による、×: 基本的に不要)			
建設	○	○	○
維持管理	○	○	△
解体・廃棄	○	△	×
利用(自動車)	○	×	×
LCI 結果の精度	粗くてよい	(A) と (C) の中間	厳密さが問われる
原単位の集約度	延長レベル	工事数量レベル	資材数量レベル
原単位	(t-CO ₂ /km/車線/年)	(t-CO ₂ /工事数量)	(kg-CO ₂ /資材数量)

(2) 原単位に関する課題

より一層使いやすい社会資本 LCA とするためには、次の点を改善することが必要であると考えられる。

- ① 一般品環境負荷原単位一覧表の網羅性向上
- ② 個別品環境負荷計算方法による個別品環境負荷原単位の作成事例の蓄積
- ③ 社会資本 LCA の適用性検討により確認された事項への対応

a. プレキャストコンクリートの環境負荷原単位の詳細化

プレキャストコンクリート(コンクリート製品)の環境負荷原単位は全製品の平均であるため、実際の製品とは同じ寸法でも値は異なると考えられる。プレキャスト品は現場打ちと比較することも想定されることから、種類や規格に合わせて詳細に環境負荷原単位を整備する必要がある。

b. 仮設材の物量ベースによる計算

施工レベルにおいて、鋼矢板等、具体的な材質が明らかである仮設材については物量ベースの方法が使いやすく、かつ計算値が正確であると想定されるため、主要な仮設材については両方の環境負荷原単位が利用できるようにする必要がある。

<試算の考察>

本試算においては、材料、工法及び構造の違いが明らかであることを条件に事例を選択した。この結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 材料の数量による比較は有意である。このことから、コスト削減、リデュース、リユースを目的とした工法は二酸化炭素排出量削減につながる可能性が高い。
- ・ 比較対象の設定によって算定結果が大きく異なるケースが存在する。このため、比較対象の選定根拠を明らかにすることが必要である。LCI 試算の際は、やむを得ず様々な条件を仮定することがあるため、試算結果を比較する場合はこの点に注意する必要がある。また、運搬が環境負荷削減量の根拠となる場合には、試算者が任意に削減量を設定できる可能性があるため、注意が必要である。
- ・ 化学的特性によって二酸化炭素削減を見込む場合には、検証が困難であることが多い。例えば、嫌気性発酵による二酸化炭素排出量削減等の計算は、化学反応等を考慮しなければならない。
- ・ 本試算において比較を行った事例は全て、本来は二酸化炭素削減を目的としたものではなかった。橋脚区体工の S.Q.C. は施工性・耐久性の向上、土留・仮締切工の鋼矢板引き抜きはコスト削減、フライアッシュ混入吹付けコンクリートはコスト削減、ペーパースラッジを用いた土質改良工法はリサイクル、築堤護岸工の残土の利用は最終処分量削減、岸壁築造工事の銅スラグ利用は安定性向上を目的としている。これまで二酸化炭素排出量の評価を実施する手法が確立されていなかったため評価できていなかったが、LCI 試算により二酸化炭素排出量評価を行うことで、元々の目的に加え二酸化炭素排出量削減効果もあることが確認できた。今後 LCI が普及することによって、二酸化炭素排出量を削減する工法が多く見つかることが期待できる。

4. 2 社会資本 LCI の実践

4. 2. 1 LCI 試算の基本的考え方

【目的】

構造物全体の環境負荷量の把握

【調査範囲】

構造物建設に係る全て（資材、資機材運搬、建設機械稼働、建設機械減耗、仮設資材）を網羅的に計算する。数量、対応する原単位が定かではない場合、推計を行う。

【インベントリ分析】

第3章の方法に基づいて計算する。

資材、資機材運搬、建設機械稼働、建設機械減耗、仮設資材の数量は、工事数量に土木工事積算基準の歩掛を適用して求める（工事積算と同じ手順）。各数量と環境負荷原単位の積和を行い、環境負荷量を算定する。

【インパクト評価】

環境評価指標毎に比較・評価を行う。

【解釈】

完全性点検：環境負荷原単位を当てはめることができたカバー率。

整合性点検：代替技術で信頼性のある異なる原単位を用いることができていないか。

本試算は施工レベルおよび設計レベルを中心に行った。構想レベルについては、設計レベルの計算事例が蓄積されないと計算できないため、実施していない。資材レベルについては、資材メーカー等が実施する内容であるため、本報告書では触れていない。

【解説】

(1) 目的

構想レベル、設計レベル、施工レベル、資材選定レベルにおける LCA の適用性を確認することを目的に、本研究で構築した理論および基盤を用いて、実際にライフサイクルをととした環境負荷量（ライフサイクルインベントリ：LCI）試算を行った。

(2) 調査範囲

LCI における環境負荷量の基本的な算定手法は、建設資材や建設機械の使用数量と、環境負荷原単位との積和である。すなわち、 $\sum \{ \text{資材・機械の数量}(\text{〇t 等}) \times \text{環境負荷原単位}(\text{〇kg-CO}_2/\text{t 等}) \}$ によって環境負荷量を算定する。

LCI の算定に用いるデータの詳細度は、道路事業の進捗レベルによって異なる。設計レベルでは工事数量レベル（舗装工 〇m^2 等）、施工レベルでは資機材数量レベル（アスファルト 〇t 、タイヤローラ 〇供用日 等）のデータを基礎とするため、それぞれのレベルで環境負荷量の算定範囲や計算内容が異なる。両者の比較を表 4. 2-1 に示す。

(3) インベントリ分析

資材、資機材運搬、建設機械稼働、建設機械減耗、仮設資材の数量は、工事積算の手順と同様にして、工事数量に土木工事積算基準の歩掛を適用して求める。各数量と環境負荷原単位の積和を行い、環境負荷量を算定する。（詳細は第3章参照）

表 4. 2-1 設計レベルと施工レベルの LCI

		設計レベル	施工レベル
LCI 算定の基礎情報		予備設計報告書 ： 詳細設計の直前	工事積算書 ： 工事発注の直前
情報精度 (イメージ)	土工	掘削 (軟岩) …………… ○m ³	掘削 (軟岩) …………… ○m ³ 軽油 (バックホウ等) ○ℓ バックホウ等損料 …… ○日
	舗装工	再生密粒度アスコン (厚○cm) …………… ○m ²	再生密粒度アスコン …… ○t アスファルト乳剤 …… ○ℓ 軽油 (タイヤローラ等) ○ℓ タイヤローラ等損料 …… ○日
	場所打擁壁工 (もたれ式)	設置延長 (平均高さ○m) …………… ○m	生コンクリート …… ○m ³ クラッシャーラン …… ○m ³ 軽油 (コンクリートポンプ車) …………… ○ℓ コンクリートポンプ車損料 …………… ○日
LCI の対象	資材	○	○
	運搬	推計 (積算基準より)	○
	建設機械稼働	推計 (積算基準より)	○
	建設機械減耗	推計 (積算基準より)	○
	仮設資材	× (算定しない)	○ (金額ベース)

(4) インパクト評価

環境評価指標として二酸化炭素排出量を比較・評価を行う。

(5) 解釈

完全性点検：環境負荷原単位を当てはめることができたカバー率。

整合性点検：代替技術で信頼性のある異なる原単位を用いることができているか。

4. 2. 2 施工レベルにおける LCI 試算方法イメージ

施工レベルにおける LCI 試算イメージをまとめた。

【解説】

(1) 試算対象とする環境負荷量

環境負荷量として、二酸化炭素排出量を試算対象とした。

(2) 計算のイメージ

施工レベルにおける LCI 試算の基礎となる工事積算書は、おおよそ以下のようなデータ構造となっている。最も深い階層 (図 4. 2-1 では第 4 階層の「(D) 機械単価」) から、資材等の数量データに環境負荷原単位を乗じて環境負荷量を求め、これを上位の階層に向かって遡及的に積み上げることにより、工事全体の環境負荷量を算出する。

(3) 環境負荷量の算定方法

表 4. 2-2 の方法で LCI を実施した。

- ・ 物量による評価が可能な資材 (燃料含む) には、物量基準の環境負荷原単位を適用する。
- ・ 物量による評価が困難な資材や仮設資材の賃料 (表 4. 2-2 の⑤) などには、価格基準の環

環境負荷原単位を適用する。

- ・ 建設残土など、現場で直接発生する廃棄物や循環資源などは、その全量を循環資源最終処分量として計上する。
- ・ 掘削土など、現場で自然地形が比較的大規模に改変される場合は、その全量を天然資源投入量として計上する。

(4) 環境負荷原単位

① 資材

物量による評価が可能な資材については物量基準の原単位（表 4. 2-3 参照）を、物量による評価が困難な資材については価格基準の原単位（表 4. 1-6 参照）をそれぞれ用いた。

② 運搬（直接排出）

環境負荷原単位一覧表の「軽油」などの原単位を用いた。

③ 建設機械稼働

②運搬と同様に、環境負荷原単位一覧表の「軽油」などの原単位を用いた。

④ 建設機械減耗

建設機械 1 t・供用日当りの環境負荷原単位（二酸化炭素排出量の場合は 3.56kg-CO₂/t/供用日）を用いた。環境負荷量は、上記の原単位に使用機械の質量（建設機械等損料表に記載）および供用日に乗じて算定する。

⑤ 仮設資材

仮設資材の賃料当りの環境負荷原単位を用いた。なお、原単位は仮設資材の a) 損耗による負荷量と、b) 賃貸に係る負荷量の合計として設定されている。

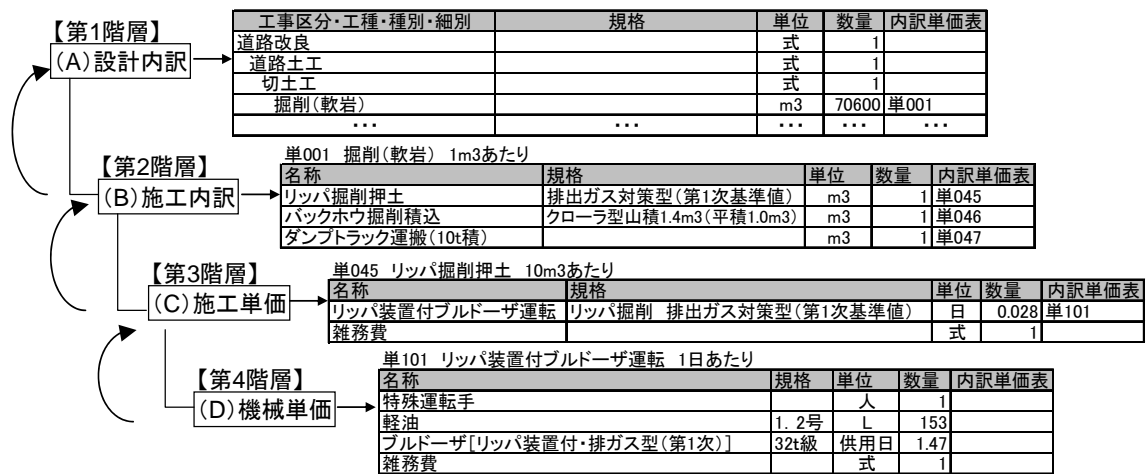
a) 仮設資材の損耗に係る環境負荷量（二酸化炭素排出量の場合）

$$= \text{仮設資材の賃料（円）} \times \text{資材（生産レベル）の環境負荷原単位（kg-CO}_2\text{/円）} \times \text{賃料に対応した減価償却率：40\%※}$$

※ 産業連関表「物品賃貸業部門」の国内生産額に占める資本減耗引当額の割合。

b) 仮設資材の賃貸に係る環境負荷量（二酸化炭素排出量の場合）

$$= \text{仮設資材の賃料（円）} \times \text{「建設機械器具賃貸業」の環境負荷原単位（kg-CO}_2\text{/円）}$$



注) 工種や施工数量は例示のための仮の値である。

図 4. 2-1 工事積算書による LCI の計算イメージ(再掲)

表 4. 2-2 環境負荷量の排出起源と算定方法

排出起源		環境負荷量の算定方法
① 資材	生産	Σ (資材の使用量×資材の環境負荷原単位【うち生産分】)
	運搬 (出荷) 注1)	Σ (資材の使用量×資材の環境負荷原単位【うち出荷分】)
② 運搬 (直接排出) 注2)		Σ (運搬機械の燃料使用量×燃料の環境負荷原単位)
③ 建設機械稼働		Σ (建設機械の燃料使用量×燃料の環境負荷原単位)
④ 建設機械減耗		Σ (施工・運搬機械の重量×機械減耗の環境負荷原単位)
⑤ 仮設資材		Σ {仮設資材の賃料× (0.4×仮設資材の環境負荷原単位【うち生産分】) + 建設機械器具賃貸業の環境負荷原単位}

注1) プレキャスト品の現場搬入など、資材使用量から (出荷の環境負荷原単位を介して) 間接的に算出される環境負荷量。

注2) ダンプトラックによる掘削土の運搬など、積算書の燃料消費量から (燃料の環境負荷原単位を介して) 直接的に算出される環境負荷量。

表 4. 2-3 物量基準の環境負荷原単位一覧表 (平成 22 年 9 月版試算用 : 一部抜粋)

#	環境負荷原単位リスト品目名	修正産業連関表部門		物量基準原単位の単位(☆)	物量基準環境負荷原単位									
		コードNO	部門名		CO2排出原単位(kg-CO2/☆)				循環資源最終処分原単位(kg/☆)			天然資源投入原単位(kg/☆)		
					合計	生産	出荷	燃料使用	合計	生産	出荷	合計	生産	出荷
A	生コンクリート高炉	2522011104	生コン_高炉セメント	立方メートル	1.85E+02	1.79E+02	6.82E+00		5.74E-01	5.35E-01	3.86E-02	9.25E+02	9.22E+02	3.10E+00
-	生コンクリート早強	-	-	立方メートル	2.94E+02	2.87E+02	6.82E+00		6.40E-01	6.01E-01	3.86E-02	1.09E+03	1.09E+03	3.10E+00
-	生コンクリート中腐熟	-	-	立方メートル	2.82E+02	2.76E+02	6.82E+00		6.16E-01	5.77E-01	3.86E-02	1.05E+03	1.04E+03	3.10E+00
A	生コンクリート普通	2522011101	生コン_ポルトランドセメント	立方メートル	2.88E+02	2.81E+02	6.82E+00		6.28E-01	5.89E-01	3.86E-02	1.07E+03	1.06E+03	3.10E+00
B	アスファルト合材・混合物	21210211	新規合材	t	5.62E+01	5.26E+01	3.61E+00		4.83E-01	4.66E-01	1.70E-02	9.94E+02	9.93E+02	1.48E+00
B	再生アスファルト合材・混合物	21210212	再生合材	t	5.54E+01	5.18E+01	3.61E+00		3.89E-01	3.72E-01	1.70E-02	6.48E+02	6.46E+02	1.48E+00
B	鉄筋コンクリート用棒鋼	26210140	普通鋼小棒	t	8.56E+02	8.37E+02	1.85E+01		1.99E+01	1.98E+01	1.02E-01	5.44E+02	5.36E+02	8.10E+00
B	構造用丸鋼	26210150	その他の普通鋼熱間圧延鋼材	t	1.86E+03	1.84E+03	2.33E+01		2.70E+01	2.68E+01	1.27E-01	2.05E+03	2.04E+03	1.01E+01
A+	軽油	21110140	軽油	L	3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	6.21E-03	6.05E-03	1.60E-04	1.18E+00	1.17E+00	1.08E-02
B	砕石	6220210	砕石	t	8.07E+00	6.06E+00	2.02E+00		1.41E-01	1.32E-01	8.92E-03	1.00E+03	1.00E+03	8.07E-01
B	再生砕石	62202102	再生砕石	t	7.38E+00	5.36E+00	2.02E+00		1.68E-01	1.59E-01	8.92E-03	1.62E+02	1.61E+02	8.07E-01
A-	高炉スラグ	261101101	高炉スラグ(kt)	t	2.34E+01	0.00E+00	2.34E+01		1.27E-01	0.00E+00	1.27E-01	1.02E+01	0.00E+00	1.02E+01
B-	鋼板	26210120	普通鋼鋼板	t	2.57E+03	2.55E+03	2.34E+01		3.23E+01	3.22E+01	1.27E-01	3.11E+03	3.10E+03	1.02E+01
B-	支承	23190990	その他のゴム製品	t	3.92E+03	3.60E+03	3.14E+02		5.81E+01	5.65E+01	1.62E+00	1.95E+03	1.82E+03	1.33E+02
B-	土工材	6220110	砂利・採石	t	1.58E+01	1.05E+01	5.28E+00		2.51E-01	2.28E-01	2.29E-02	1.01E+03	1.00E+03	2.12E+00
B-	鉄筋コンクリート側溝・蓋	25230110	セメント製品	t	4.00E+02	3.72E+02	2.77E+01		2.27E+00	2.12E+00	1.48E-01	1.08E+03	1.06E+03	1.20E+01
B	コンクリート混和・混入材	25990990	その他の窯業・土石製品	t	1.06E+02	1.00E+02	5.90E+00		9.19E-01	8.88E-01	3.10E-02	1.49E+03	1.49E+03	2.57E+00

4. 2. 3 設計レベルにおける LCI 試算方法イメージ

設計レベルの LCI 試算のイメージをまとめた。

【解説】

(1) 試算対象とする環境負荷量

環境負荷量として、二酸化炭素排出量を試算対象とした。

(2) 計算のイメージ

設計レベルの LCI における環境負荷量の計算イメージを以下に示す。

- ① 設計レベルにおいて、事業費の算出のために整理される工事数量は、工種毎に「舗装〇m²」などの単位で表現される。(表 4. 2-4 参照)

表 4. 2-4 工事数量（車道表層舗装工）

工種	種別	細別	規格	単位	数量
車道舗装	表層	密粒度As	t=5cm,20	m2	110,838

② 上記①の単位は、資材の環境負荷原単位の単位（t：トン）と一致しないことが多いため、後述の方法で重量単位に変換する。（表 4. 2-5 参照）

表 4. 2-5 工事数量単位から重量単位への変換イメージ（車道表層舗装工）

工種	種別	細別	規格	単位	数量	単位変換係数				単位変換後数量		
						単位	係数	依拠	依拠詳細	備考	単位	数量
車道舗装	表層	密粒度As	t=5cm,20	m2	110,838	t/m2	0.118	指針等	報告書、土木工事数量算出要領(案)(兵庫県)		t	13,023

③ 設計レベルでは、運搬機械や建設機械の活動量が不明であるため、上記①の工事数量に土木工事積算基準の標準歩掛を適用し、工事に投入される運搬・建設機械とその燃料使用量および機械損料を設定する。（表 4. 2-6 参照）

表 4. 2-6 工事数量に基づく機械稼働量の設定イメージ（車道表層舗装工）

工種	種別	細別	規格	単位	数量	運搬・施工機械の環境負荷項目				
						名称	規格	細目	単位	数量
車道舗装	表層	密粒度As	t=5cm,20	m2	110,838	アスファルトフィニッシャー運転	ホイール/1.4-3.0m	軽油	L	1,108
								機械損料	供用日	84
						アスファルトフィニッシャー運転	ホイール/2.0-6.0m	軽油	L	3,132
								機械損料	供用日	84
						アスファルトフィニッシャー運転	クローラ/1.4-3.0m	軽油	L	1,012
								機械損料	供用日	84
						アスファルトフィニッシャー運転	クローラ/2.4-4.5m	軽油	L	1,687
								機械損料	供用日	84
						ロードローラ運転	排ガス1/マカダム/10-12t	軽油	L	1,687
								機械損料	供用日	79
						タイヤローラ運転	排ガス1/8-20t	軽油	L	1,976
								機械損料	供用日	86
振動ローラ運転	排ガス1/搭乗式コンバインド/3-4t	軽油	L	723						
		機械損料	供用日	72						

④ 上記②より資材起源の環境負荷量を、上記③より機械起源の環境負荷量を算定し、両者を合算して全体の環境負荷量を求める。（表 4. 2-7 参照）

表 4. 2-7 工事数量に基づく資材および機械の環境負荷算定イメージ（車道表層舗装工）

工種	種別	細別	規格	単位	数量	環境負荷原単位					
						運搬・建設機械		原単位		環境負荷量 kg-CO2	
名称	規格	原単位名	単位(#)	原単位 kg-CO2/#							
車道舗装	表層	密粒度As	t=5cm,20	m2	110,838	—	—	アスファルト合材・混合物 (As 生産量比配分)	t	5.43E+01	7.07E+05
						アスファルトフィニッシャー運転	ホイール/1.4-3.0m	軽油	L	3.03E+00	1.46E+00
								アスファルトフィニッシャー運転	供用日	7.26E+01	2.66E+00
						アスファルトフィニッシャー運転	ホイール/2.0-6.0m	軽油	L	3.03E+00	4.13E+00
								アスファルトフィニッシャー運転	供用日	1.58E+02	5.81E+00
						アスファルトフィニッシャー運転	クローラ/1.4-3.0m	軽油	L	3.03E+00	1.33E+00
								アスファルトフィニッシャー運転	供用日	6.32E+01	2.32E+00
						アスファルトフィニッシャー運転	クローラ/2.4-4.5m	軽油	L	3.03E+00	2.22E+00
								アスファルトフィニッシャー運転	供用日	1.12E+02	4.09E+00
						ロードローラ運	排ガス1/マカ	軽油	L	3.03E+00	2.22E+00
						転	ム/10-12t	ロードローラ運	供用日	4.72E+01	1.61E+00
						タイヤローラ運	排ガス1/8-	軽油	L	3.03E+00	2.60E+00
						転	20t	タイヤローラ運	供用日	4.31E+01	1.61E+00
						振動ローラ運	排ガス1/搭乗	軽油	L	3.03E+00	9.52E-01
						転	式コンバインド	振動ローラ運	供用日	2.45E+01	7.70E-01

(3) 環境負荷量の算定方法

表 4. 2-8 に示す方法で、LCI を実施した。

- ・ 物量による評価が可能な資材には、物量基準の環境負荷原単位を適用する。
- ・ 物量による評価が困難な資材や機械損料などには、価格基準の環境負荷原単位を適用する。
- ・ 運搬機械や建設機械の燃料使用量および損料については、工事数量と国土交通省土木工事積算基準の標準歩掛に基づいて設定する。(表 4. 2-8 の②、③参照)
- ・ 建設残土など、現場で直接発生する廃棄物や循環資源などは、その全量を循環資源最終処分量として計上する。
- ・ 掘削土など、現場で自然地形が比較的大規模に改変される場合は、その全量を天然資源投入量として計上する。
- ・ 仮設資機材の環境負荷量については算定しない。(設計レベルでは LCI に必要なデータが具体的に得られないため)

(4) 環境負荷原単位

① 資材

物量による評価が可能な資材については物量基準の原単位(表 4. 2-3 参照)を、物量による評価が困難な資材については価格基準の原単位(表 4. 1-6 参照)をそれぞれ用いた。

② 運搬(直接排出)

設計レベルでは運搬機械の燃料使用量に関する情報が得られないため、以下の手順によって算定した。

- 1) 工種毎の工事数量(切土-土砂- O m^3 など)に、国土交通省土木工事積算基準の標準歩掛を適用し、運搬機械の燃料使用量を設定。
- 2) 上記 1) に、前掲の環境負荷原単位一覧表の「軽油」などの環境負荷原単位を乗じて環境負荷量を算定。

表 4. 2-8 環境負荷量の排出起源と算定方法

排出起源		環境負荷量の算定方法
① 資材	生産	Σ (資材の使用量×資材の環境負荷原単位【うち生産分】)
	運搬(出荷) <small>注1)</small>	Σ (資材の使用量×資材の環境負荷原単位【うち出荷分】)
② 運搬(直接排出) <small>注2)</small>		Σ (運搬機械の燃料使用量(標準歩掛から設定) ×燃料の環境負荷原単位)
③ 建設機械稼働		Σ (建設機械の燃料使用量(標準歩掛から設定) ×燃料の環境負荷原単位)
④ 建設機械減耗		Σ (施工・運搬機械の損料(標準歩掛から設定) ×機械減耗の環境負荷原単位)

注 1) プレキャスト品の現場搬入など、資材使用量から(出荷の環境負荷原単位を介して)間接的に算出される環境負荷量。

注 2) 掘削土の運搬など、歩掛の燃料消費量から(燃料の環境負荷原単位を介して)直接的に算出される環境負荷量。

③ 建設機械稼働

上述②と同様にして建設機械の燃料使用量を設定し、「軽油」などの環境負荷原単位を乗じて環境負荷量を算定した。

④ 建設機械減耗

建設機械 1t・供用日当りの環境負荷原単位（二酸化炭素排出量の場合は 3.56kg-CO₂/t/供用日）を用いた（図 4. 2-2）。したがって、環境負荷量は上記の原単位に使用機械の質量（建設機械等損料表に記載）および供用日に乗じて算定する。

なお、建設機械 1t・供用日当りの環境負荷原単位は、主要な建設機械に関する機械質量と供用日当りの環境負荷量との関係式に基づき設定されている。

- ・近似線は、◆：ブルドーザ、バックホウ、クローラローダ、ホイールローダ、ラフテレーンクレーンを対象とした。
- ・油圧ハンマ、スタビライザのように近似線上に乗らない機械もあることに注意。（償却期間の短い機械、機械質量に対する基礎価格が高い機械が外れる傾向（精査中））

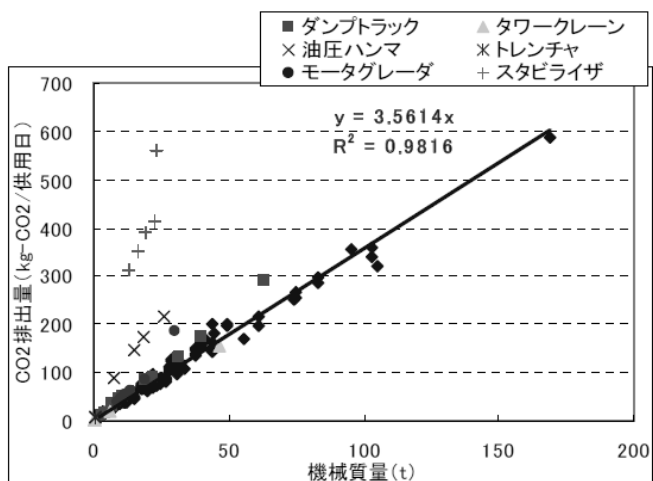


図 4. 2-2 建設機械 1t・供用日当りの環境負荷原単位

4. 3 社会資本 LCI 試算

4. 3. 1 施工レベルにおける試算対象

工事直前の積算データに基づき、以下に示す工事事例について施工レベルの LCI を試算した。試算事例(1)土工、(3)橋梁下部(鋼橋)、(5)トンネル(NATM)については、一般的な工法(標準技術)に対して、環境負荷を低減する工法(代替技術)の二酸化炭素排出量を算出し、標準技術の代替技術を比較した。各事例では、特定の技術(工法)について代替技術(工法)の適用が想定される工事を選定し、同工種を標準的技術(工法)で施工した場合の環境負荷量と、代替技術で施工した場合の環境負荷量を比較した。

(1) 土工 (P. 4-27)

(2) 土工の比較事例：ペーパースラッジを用いた土質改良工法 (P. 4-33)

標準技術：石灰・セメント系固化材を用いた安定処理工

工種：路床安定処理工

(3) 橋梁下部(鋼橋) (P. 4-40)

(4) 橋梁下部(鋼橋)の比較事例：鋼矢板引抜、幅広鋼矢板残置による土留・仮締切 (P. 4-44)

標準技術：普通鋼矢板残地による土留・仮締切

工種：土留・仮締切工

(5) トンネル(NATM) (P. 4-52)

(6) トンネル(NATM)の比較事例その1：フライアッシュ混入吹付けコンクリート (P. 4-57)

標準技術：一般急結剤を用いた吹付けコンクリート

工種：コンクリート吹付工

(7) トンネル(NATM)の比較事例その2：湿式吹付け工法(急結材あり) (P. 4-64)

標準技術：ポリマーセメントモルタル吹付け工法

工種：プライマー塗布工、モルタル吹付け工

(8) 橋梁上部(鋼橋) (P. 4-69)

(9) 舗装(土工) (P. 4-74)

(10) 舗装(橋梁) (P. 4-79)

(11) 舗装(トンネル) (P. 4-84)

4. 3. 2 施工レベルにおける LCI 結果

(1) 土工

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-1 および図 4. 3-1 に示す。

表 4. 3-1 土工・工事概要

道路種別	自動車専用道路(1種3級)
施工延長	469.4m
車線数	暫定2車線(片側1車線)
全幅員	10.5m
代表工種	切盛土工、法面整形工、植生工、安定処理工、ブロック積工、 床掘・埋戻、側溝工、排水工、管渠工、集水柵工、マンホール工 ※ 舗装工は含まれない

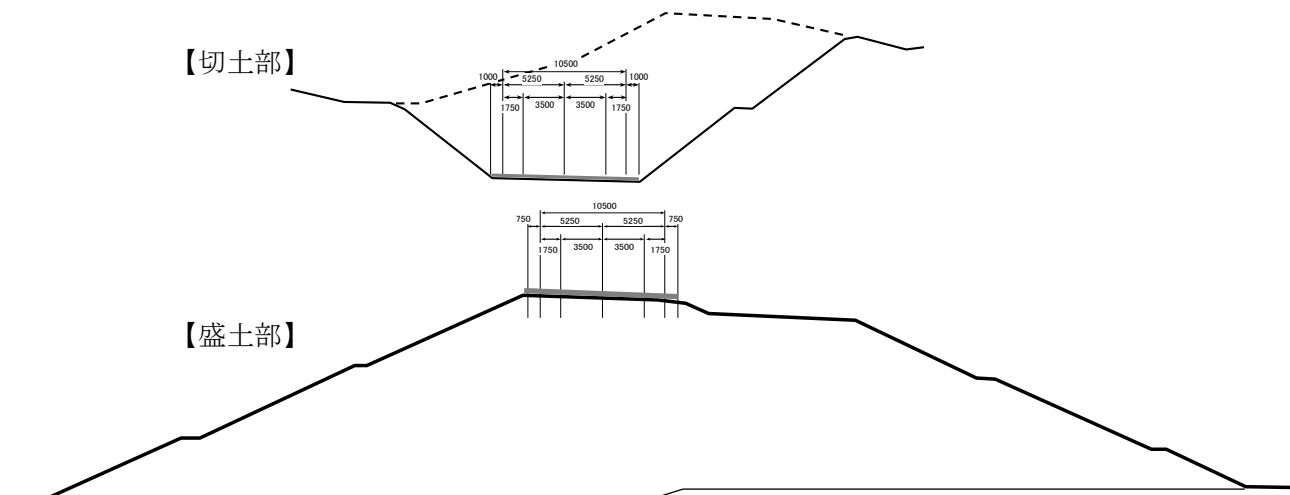


図 4. 3-1 土工・標準横断面図

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- 本工事による二酸化炭素排出量は約 736 トンと試算され、資材 32%、運搬 17%、機械稼働 36%、機械減耗 15%であった。掘削、盛土等が工事の大部分であるため、機械関連の排出量シェアが高い。
- 掘削工は、該当箇所の岩質に応じて使用する建設機械及び稼働時間が異なるため、それに伴いコスト、二酸化炭素排出量とも変動する。本工事積算書では軟岩を想定しているが、異なる岩質であった場合には二酸化炭素排出量が増加することになる。
- 切土と盛土の土量はバランスがとれるよう検討するため、土を場外へ搬出することは一般的にはない。本工事での運搬費は建設機械の運搬のものであり二酸化炭素排出量は少ない。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-2 および図 4. 3-3 に示す。

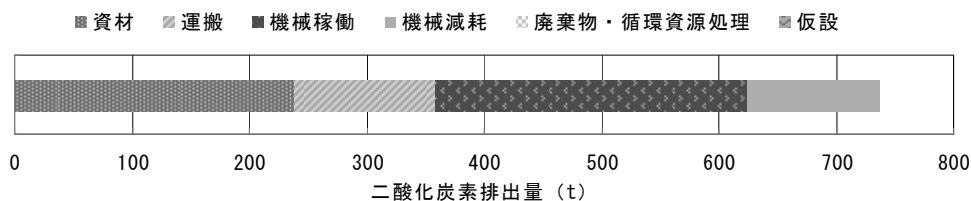


図 4. 3-2 二酸化炭素排出量 (工事計)

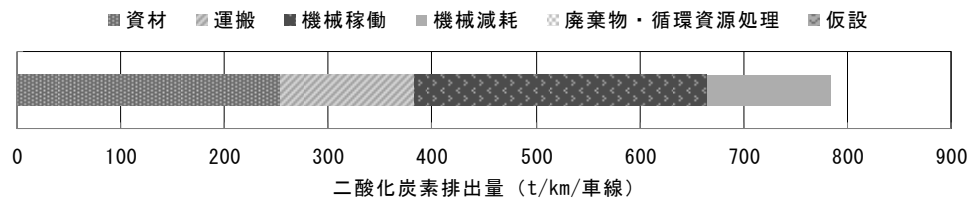


図 4. 3-3 二酸化炭素排出量 (車線キロ当り)

イ. 工種別の環境負荷量

- 掘削土の運搬量や機械稼働量が多い掘削工の環境負荷量が顕著に多く、工事全体の約 50% を占めている。

- 側溝工、排水工などはプレキャスト品の使用が多いため、資材の環境負荷量の占める割合が大きい。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-4 および図 4. 3-5 に示す。

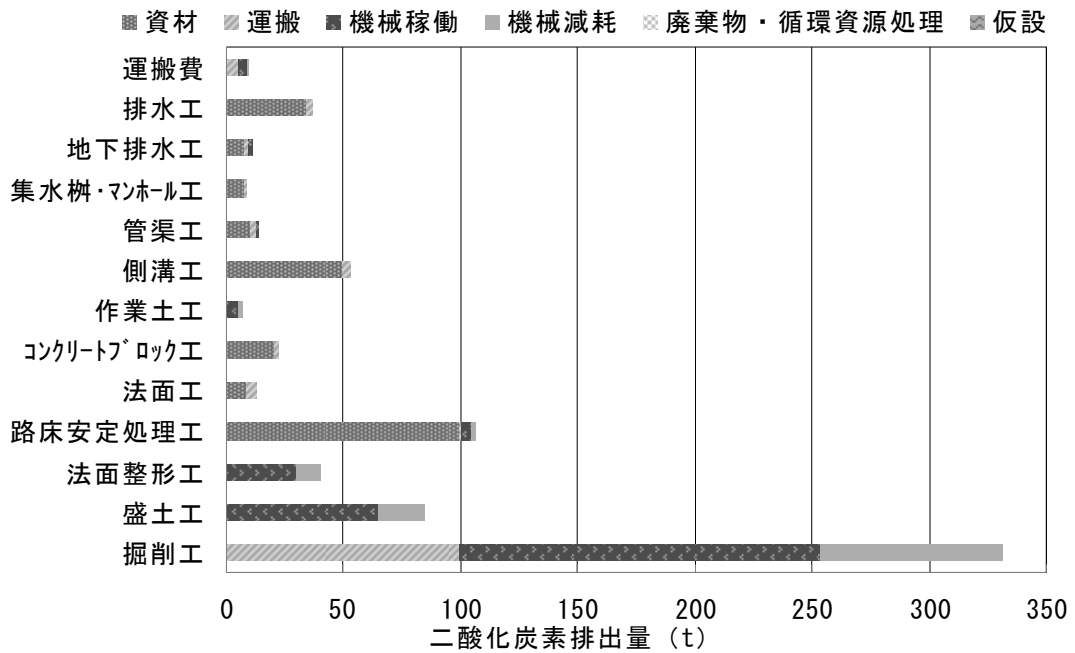


図 4. 3-4 工種別の二酸化炭素排出量

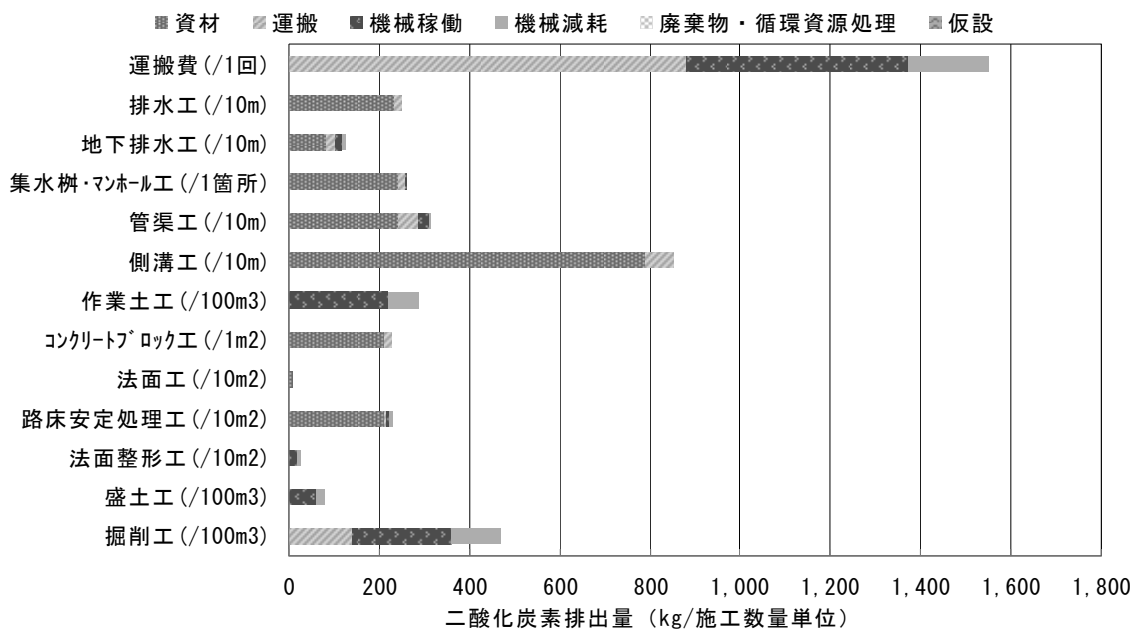


図 4. 3-5 施工数量当りの二酸化炭素排出量 (参考)

ウ. 資材品目別の環境負荷量

- 固化材 (その他セメントみなし)、側溝等のセメント製品や、生コンクリートからの環境負荷量が多く、これらの合計で全体の約 8 割を占める。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-6 に示す。

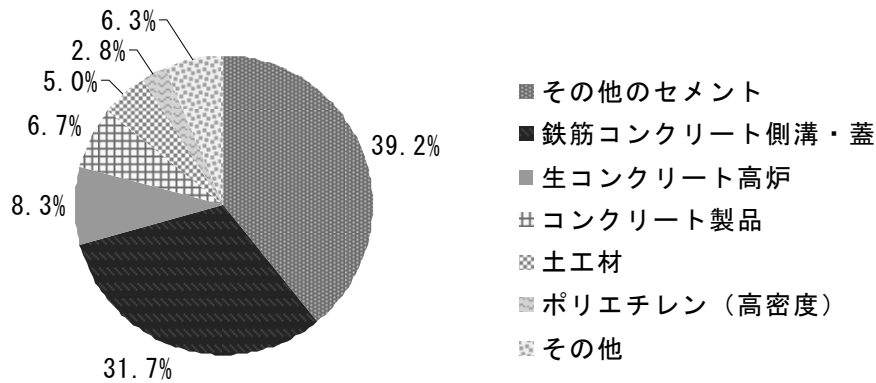


図 4. 3-6 資材品目別の二酸化炭素排出量

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

- ・ ブルドーザー、バックホウ、ダンプトラックからの環境負荷量が多い。
- ・ 岩質によっては掘削に用いるバックホウ、リッパ装置付ブルドーザー、ブルドーザーにかかる二酸化炭素排出量は変わりうる。

運搬・建設機械の二酸化炭素排出量を図 4. 3-7 に、バックホウの写真を図 4. 3-8、リッパ装置付ブルドーザの写真を図 4. 3-9 に示す。

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- ・ みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のもので全体の約 14%、確度の低いみなし原単位のもので同 2%に相当。
- ・ 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 1%に相当。
- ・ 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 15%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-10 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-2、表 4. 3-3、表 4. 3-4 に示す。

- ・ 「基礎砕石費 8%」はマンホール据付歩掛の中で定められている。基礎砕石費は敷設・転圧労務、材料投入、締固め機械運転経費、砕石等材料費であり、マンホール据付歩掛の労務費（世話役、特殊作業員、普通作業員）及び機械運転経費（バックホウ）の合計の 8%である。
- ・ 「運搬費等率 184%」はブルドーザー44t 級以下の分解・組立 1 台 1 回当り歩掛として定められている。運搬費等は諸雑費（ウエス、洗浄油、グリス、油圧作動油）、トラック及びトラレーラによる運搬費（往復）（誘導者、作業員含む）、賃料・損料費（自走による本体の賃料・損料、賃料適用機械の運搬中本体賃料、賃料適用機械の分解・組立本体賃料）であり、重建設機械分解組立輸送の労務費・クレーン運転費の合計額の 184%である。「運搬費等率 191%」は、ブルドーザー21t 級以下の分解・組立 1 台 1 回当り歩掛として定められている。「運搬費等率 297%」は、バックホウ系（山積 1.4m³以下）の分解・組立 1 台 1 回当り歩掛として定められている。

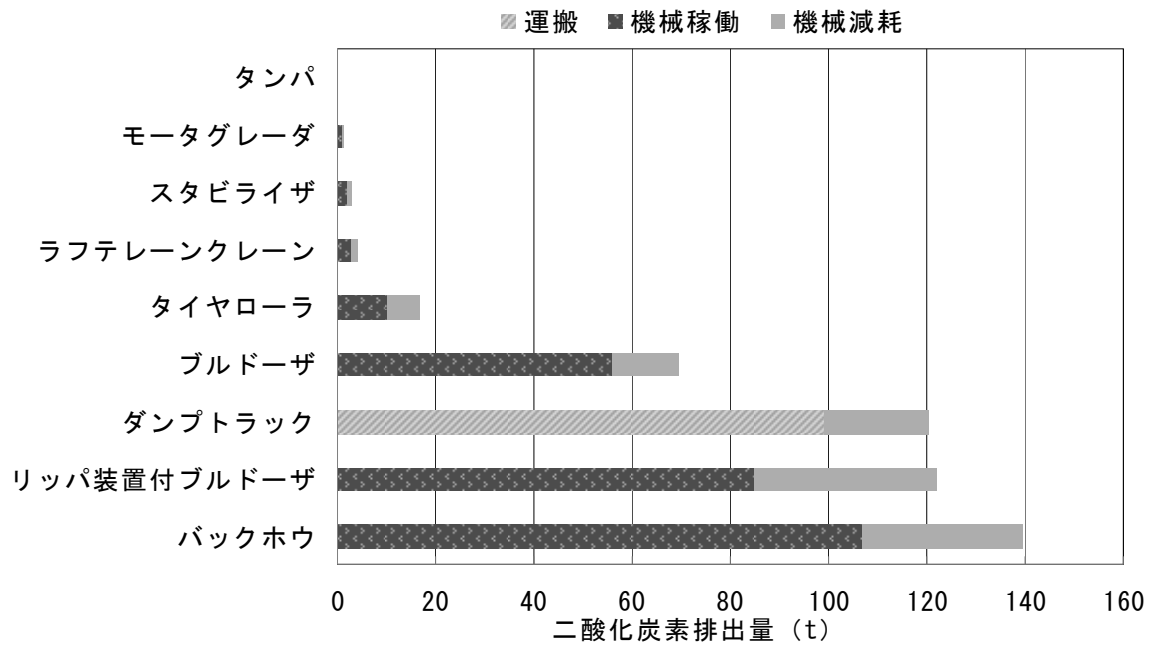


図 4. 3-7 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量



図 4. 3-8 バックホウ

出典：国土交通省東北地方整備局 HP



図 4. 3-9 リッパ装置付ブルドーザー

出典：国土交通省九州地方整備局 HP

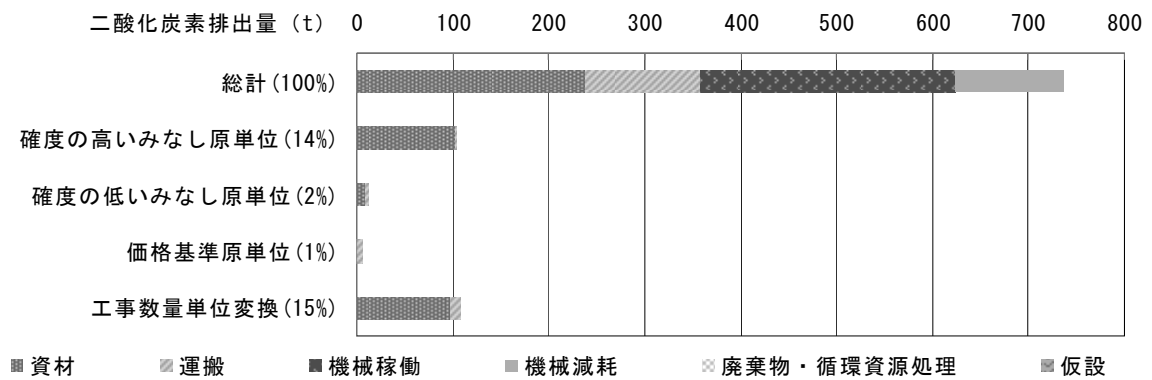


図 4. 3-10 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-2 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
固化材	一般軟弱土用	t	72	その他のセメント	t	A
固化材	発塵抑制型	t	78	その他のセメント	t	A
植生基盤材・植生マット	土砂	t	802	土工材	t	B
足掛金物	W=300	本	43	普通鋼小棒	t	A
有孔管	φ150	m	59	塩化ビニル樹脂	t	A
有孔管	φ200	m	556	塩化ビニル樹脂	t	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-3 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	金額(千円)	環境負荷原単位名
基礎砕石費8%		式	0	3	砕石
運搬費等率184%		式	2	508	道路貨物輸送(除自家輸送)
運搬費等率191%		式	2	316	道路貨物輸送(除自家輸送)
運搬費等率297%		式	2	629	道路貨物輸送(除自家輸送)
貨物自動車運送料金	距離制運賃	台	2	8	道路貨物輸送(除自家輸送)

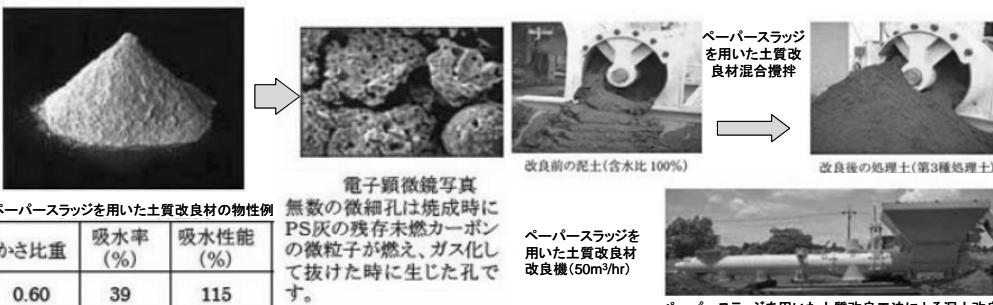
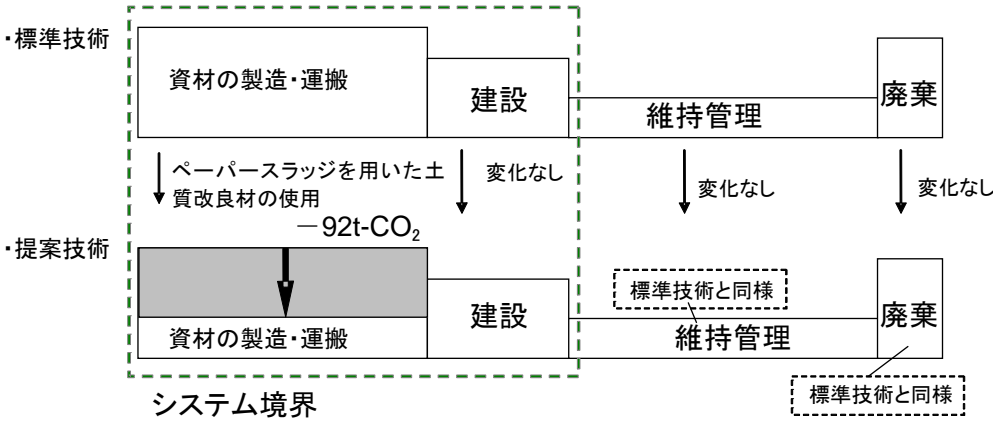
表 4. 3-4 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数			環境負荷原単位		
						単位	係数	拠拠	拠拠詳細	原単位名	単位
U形用蓋	1種 600 74×7.5×60	個	144	t	11.088	t/個	0.077	建設物価	P211	鉄筋コンクリート側溝・蓋	t
アスファルト乳剤	PK-3 アスファルト用	L	1,114	t	1.114	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
クワシャー	C-40	m ³	22	t	45.775	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	砕石	t
グレーチング蓋	500*500用	個	2	t	0.076	t/個	0.038	建設物価	P232	グレーチング	t
コンクリート蓋	500*500用	個	36	t	5.4	t/箇所	0.150	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t
コンクリート蓋	600*600用	個	4	t	0.9	t/箇所	0.235	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t
管取付壁	φ1200*1200	個	1	t	1.2	t/個	1.152	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t
高密度ポリエチレン管	φ400	m	10	t	0.1	t/m	0.009	メーカー・協会資料等	http://www.daikapolymer.co.jp/pdf/kdpress.pdf	ポリエチレン(高密度)	t
高密度ポリエチレン管	φ600	m	429	t	7.5	t/m	0.018	メーカー・協会資料等	http://www.daikapolymer.co.jp/pdf/kdpress.pdf	ポリエチレン(高密度)	t
砂	埋戻し用	m ³	194	t	338.4	t/m ³	1.740	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	砂・砂利	t
再生クワシャー	RC-40	m ³	410	t	835.7	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	再生砕石(砕石のみによる平均吸着効果含む)	t
斜壁	600/900*300	個	1	t	0.1	t/個	0.058	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t

(2) 土工の比較事例：ペーパースラッジを用いた土質改良工法

(注：標準技術と代替技術の機能が同じか判断の難しい事例)

① 代替技術概要

代替技術 の名称	ペーパースラッジを用いた土質改良工法									
概要	<p>製紙製造工程上発生するペーパースラッジを用いて、一体の施工システムで混合攪拌処理し、養生時間無しに建設発生土として取り扱うことが可能な品質（第4種建設発生土以上）に性状を改良する泥土改良システムである。</p>  <p>電子顕微鏡写真 無数の微細孔は焼成時にPS灰の残存未燃カーボンの微粒子が燃え、ガス化して抜けた時に生じた孔です。</p> <table border="1" data-bbox="379 750 662 846"> <thead> <tr> <th colspan="3">ペーパースラッジを用いた土質改良材の物性例</th> </tr> <tr> <th>かさ比重</th> <th>吸水率 (%)</th> <th>吸水性能 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.60</td> <td>39</td> <td>115</td> </tr> </tbody> </table> <p>ペーパースラッジを用いた土質改良機(50m³/hr)</p> <p>改良前の泥土(含水比100%) → 改良後の処理土(第3種処理土)</p> <p>ペーパースラッジを用いた土質改良工法による泥土改良</p>	ペーパースラッジを用いた土質改良材の物性例			かさ比重	吸水率 (%)	吸水性能 (%)	0.60	39	115
ペーパースラッジを用いた土質改良材の物性例										
かさ比重	吸水率 (%)	吸水性能 (%)								
0.60	39	115								
標準技術 (従来工法等)	石灰・セメント系固化材を用いた安定処理工（注：機能が同じか判断の難しい事例）									
LCI 試算 結果	<p>・標準技術に使用する固化材に比べて、ペーパースラッジを用いた土質改良工法は二酸化炭素排出量が約99%少ないため、92t-CO₂削減できた。 →代替技術を用いることによる二酸化炭素削減量は、92t-CO₂削減であった。</p>  <p>・標準技術</p> <p>・提案技術</p> <p>システム境界</p> <p>標準技術と同様</p> <p>標準技術と同様</p>									
備考	NETIS 登録番号：CB-010011-V									

② 全工種及び代替技術との比較対象工種

道路改良工事の全工種を表 4. 3-5 に示す。なお、代替技術との比較対象とする「路床安定処理工」を網がけで示した。

表 4. 3-5 全工種及び代替技術との比較対象工種

工事区分・工種・種別・細別	規格
掘削工	
掘削(軟岩)	
路体盛土工	
路体(流用土)	
路体(発生土)	
路床盛土工	
路床(発生土)	
法面整形工	軟岩
法面整形(切土部)	
法面整形(盛土部)	
路床安定処理工	
安定処理(1)	切土部
安定処理(2)	盛土部
法面工	
植生工	
植生基材吹付	厚3cm
植生マット	肥料袋有
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
コンクリートブロック工	
コンクリートブロック基礎	
コンクリートブロック積	
天端コンクリート	
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
側溝工	
7°レキャストU型側溝(1)	B300-H300
7°レキャストU型側溝(2)	B450-H450
7°レキャストU型側溝(3)	B600-H600
7°レキャストU型側溝(4)	B300-H300
7°レキャストU型側溝(5)	B300-H200
管渠工	
管渠(1)	波状管管径400mm
管渠(2)	波状管管径600mm
集水樹・マンホール工	
集水樹(1)	現場打材18-8-25(高炉)
集水樹(2)	現場打材18-8-25(高炉)
集水樹(3)	現場打材18-8-25(高炉)
集水樹(4)	現場打材18-8-25(高炉)
集水樹(5)	現場打材18-8-25(高炉)
7°レキャストマンホール	2号人孔内径1200H=2000各種
地下排水工	
地下排水(1)	
地下排水(2)	直管管径150mm
地下排水(3)	直管管径150mm
地下排水(4)	直管管径200mm
地下排水(5)	直管管径200mm
排水工	
小段排水(1)	B300-H200有18-8-25(高炉)
小段排水(2)	有18-8-25(高炉)
小段排水(3)	有18-8-25(高炉)
縦排水(1)	B300-H200有18-8-25(高炉)
縦排水(1)蓋	
仮排水(1)	
仮排水(2)	
運搬費	
建設機械運搬費	
重建設機械分解組立輸送費	

③ 比較対象工種の数量

「路床安定処理工」の標準技術での工事数量を表 4. 3-6 に示す。

表 4. 3-6 標準技術（石灰・セメント系固化材を用いた安定処理工）による工事数量

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
安定処理(1)	切土部	m2	3020	資材	固化材	一般軟弱土用	t	72.5	t	72.5
				機械稼働	軽油	1.2号	L	866.8	L	866.8
				機械減耗	タイヤローラ[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	6.9	供用日	6.9
					モータグレーダ[油圧式]	プレート幅3.1m	供用日	7.1	供用日	7.1
					スタビライザ[路床改良用]	幅2.0m 深0.6m	供用日	6.4	供用日	6.4
					バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	6.0	供用日	6.0
安定処理(2)	盛土部	m2	1620	資材	固化材	発塵抑制型	t	77.8	t	77.8
				機械稼働	軽油	1.2号	L	520.5	L	520.5
				機械減耗	タイヤローラ[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	3.7	供用日	3.7
					モータグレーダ[油圧式]	プレート幅3.1m	供用日	3.8	供用日	3.8
					スタビライザ[路床改良用]	幅2.0m 深1.2m	供用日	3.5	供用日	3.5
					バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	3.2	供用日	3.2

④ 設定条件

「路床安定処理工」の標準技術での工事積算における設定条件を表 4. 3-7 に示す。

表 4. 3-7 標準技術（石灰・セメント系固化材を用いた安定処理工）による設定条件

項目	設定条件
安定処理	
施工機種	スタビライザ(標準)
混合深さ	60cm以下
固化材100m2当り使用量(実数入力)	2.4t/100m2
混合回数	1回
飛散防止等の有無	有
タイヤローラ規格	排出ガス対策型(第1次基準値)
バックホウ規格	排出ガス対策型(第1次基準値)

⑤ 代替技術の数量

代替技術の数量は表 4. 3-8 のとおりであり、ペーパーラッジを用いた土質改良材の数量は、標準技術での固化材の数量と同量である。

表 4. 3-8 代替技術（ペーパースラッジを用いた土質改良工法）による工事数量

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
安定処理(1)	切土部	m2	3020	資材	ペーパースラッジを用いた土質改良材	製紙スラッジ焼却灰 (PS灰)	t	72.5	t	72.5
				機械稼働	軽油	1.2号	L	866.8	L	866.8
				機械減耗	タイヤローラ[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	6.9	供用日	6.9
					モータクレータ[油圧式]	プレート幅3.1m	供用日	7.1	供用日	7.1
					スタビライザ[路床改良用]	幅2.0m 深0.6m	供用日	6.4	供用日	6.4
					バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	6.0	供用日	6.0
安定処理(2)	盛土部	m2	1620	資材	ペーパースラッジを用いた土質改良材	製紙スラッジ焼却灰 (PS灰)	t	77.8	t	77.8
				機械稼働	軽油	1.2号	L	520.5	L	520.5
				機械減耗	タイヤローラ[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	3.7	供用日	3.7
					モータクレータ[油圧式]	プレート幅3.1m	供用日	3.8	供用日	3.8
					スタビライザ[路床改良用]	幅2.0m 深1.2m	供用日	3.5	供用日	3.5
					バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	3.2	供用日	3.2

⑥ 使用した二酸化炭素排出原単位

ペーパースラッジは、紙を作る時に発生する微細繊維や、紙を白くするための添加剤、インク等からなっている。これを焼却して無機化したものが焼却灰 (PS 灰) である。通常の焼却灰には、未燃炭素が 3~10%程度含まれているので、これを高温で再燃焼して未燃炭素をなくしたものがペーパースラッジを用いた土質改良材である。再焼成式のサイクロン型焼却炉の場合は、自然に再燃焼が行えるので、特に燃料を供給する必要がない。二酸化炭素の発生は、製紙のプロセスで計上されているので、ペーパースラッジを用いた土質改良材の生産に係る二酸化炭素排出原単位は「ゼロ」とした。また、輸送距離は、焼却炉から現場までの距離となるが、現場の位置によって不確定であるため、ここでは出荷の原単位は標準技術と同じ原単位を使用した。

⑦ LCI 試算結果

「路床安定処理工」の標準技術、代替技術それぞれの LCI 試算結果を表 4. 3-9 および表 4. 3-10 に示す。

表 4. 3-9 標準技術（石灰・セメント系固化工材を用いた路床安定処理工）

二酸化炭素排出量（合計）：106t

工事数量				資材・機械等の数量				環境負荷原単位										環境負荷量(kg-CO2)							
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼			
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼							
安定処理(1)	切土部	m2	3020	資材	固化材	一般軟弱土用	t	72.5	t	72.5	その他のセメント	t	A			6.65E+02	6.58E+02	6.90E+00		48,202	47,702	500		0	
				機械稼働	軽油	1.2号	L	866.8	L	866.8	軽油	L						3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	2,626	359	22	2,244
				機械減耗	タイヤロー[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	6.9	供用日	6.9	タイヤロー運転	供用日						5.27E+01	4.66E+01	1.82E+00	0.00E+00	364	321	13	0
					モーターグレータ[油圧式]	ブレード幅3.1m	供用日	7.1	供用日	7.1	モーターグレータ運転	供用日						3.56E+01	5.61E+01	2.19E+00	0.00E+00	253	398	16	0
					スチライザ[路床改良用]	幅2.0m 深0.6m	供用日	6.4	供用日	6.4	スチライザ運転	供用日						6.80E+01	6.22E+02	2.43E+01	0.00E+00	438	4,009	157	0
					バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	6.0	供用日	6.0	バックホウ運転	供用日						4.20E+01	3.93E+01	1.54E+00	0.00E+00	251	235	9	0
				安定処理(2)	盛土部	m2	1620	資材	固化材	発塵抑制型	t	77.8	t	77.8	その他のセメント	t	A		6.65E+02	6.58E+02	6.90E+00		51,713	51,177	536		0
機械稼働	軽油	1.2号	L	520.5	L	520.5	軽油	L						3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	1,577	216	13	1,348				
機械減耗	タイヤロー[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	3.7	供用日	3.7	タイヤロー運転	供用日						5.27E+01	4.66E+01	1.82E+00	0.00E+00	195	172	7	0				
	モーターグレータ[油圧式]	ブレード幅3.1m	供用日	3.8	供用日	3.8	モーターグレータ運転	供用日						3.56E+01	5.61E+01	2.19E+00	0.00E+00	136	214	8	0				
	スチライザ[路床改良用]	幅2.0m 深1.2m	供用日	3.5	供用日	3.5	スチライザ運転	供用日						8.37E+01	9.31E+02	3.64E+01	0.00E+00	289	3,219	126	0				
	バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	3.2	供用日	3.2	バックホウ運転	供用日						4.20E+01	3.93E+01	1.54E+00	0.00E+00	135	126	5	0				

表 4. 3-10 代替技術（ペーパースラッジを用いた土質改良工法）

二酸化炭素排出量（合計）：14t

工事数量				資材・機械等の数量				環境負荷原単位										環境負荷量(kg-CO2)							
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼			
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼							
安定処理(1)	切土部	m2	3020	資材	ペーパースラッジを用いた土質改良材	製紙スラッジ焼却灰(PS灰)	t	72.5	t	72.5	その他のセメント	t	A			6.90E+00	0.00E+00	6.90E+00		500	0	500		0	
				機械稼働	軽油	1.2号	L	866.8	L	866.8	軽油	L						3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	2,626	359	22	2,244
				機械減耗	タイヤロー[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	6.9	供用日	6.9	タイヤロー運転	供用日						4.84E+01	4.66E+01	1.82E+00	0.00E+00	334	321	13	0
					モーターグレータ[油圧式]	ブレード幅3.1m	供用日	7.1	供用日	7.1	モーターグレータ運転	供用日						5.83E+01	5.61E+01	2.19E+00	0.00E+00	414	398	16	0
					スチライザ[路床改良用]	幅2.0m 深0.6m	供用日	6.4	供用日	6.4	スチライザ運転	供用日						6.46E+02	6.22E+02	2.43E+01	0.00E+00	4,165	4,009	157	0
					バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	6.0	供用日	6.0	バックホウ運転	供用日						4.08E+01	3.93E+01	1.54E+00	0.00E+00	244	235	9	0
				安定処理(2)	盛土部	m2	1620	資材	ペーパースラッジを用いた土質改良材	製紙スラッジ焼却灰(PS灰)	t	77.8	t	77.8	その他のセメント	t	A		6.90E+00	0.00E+00	6.90E+00		536	0	536		0
機械稼働	軽油	1.2号	L	520.5	L	520.5	軽油	L						3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	1,577	216	13	1,348				
機械減耗	タイヤロー[排出ガス対策型(第1次基準値)]	質量 8~20t	供用日	3.7	供用日	3.7	タイヤロー運転	供用日						4.84E+01	4.66E+01	1.82E+00	0.00E+00	179	172	7	0				
	モーターグレータ[油圧式]	ブレード幅3.1m	供用日	3.8	供用日	3.8	モーターグレータ運転	供用日						5.83E+01	5.61E+01	2.19E+00	0.00E+00	222	214	8	0				
	スチライザ[路床改良用]	幅2.0m 深1.2m	供用日	3.5	供用日	3.5	スチライザ運転	供用日						9.68E+02	9.31E+02	3.64E+01	0.00E+00	3,345	3,219	126	0				
	バックホウ[クローラ型・クレーン機能付き]	排ガス型(第1次) 山積 0.45m3 2.9t吊	供用日	3.2	供用日	3.2	バックホウ運転	供用日						4.08E+01	3.93E+01	1.54E+00	0.00E+00	131	126	5	0				

⑧ 比較対象工種の実環境負荷

比較対象工種の二酸化炭素排出量を図 4. 3-11 および図 4. 3-12 に示す。

- ・ 路床安定処理工の二酸化炭素排出量のうち、固化材からの排出が大部分を占める。
- ・ 代替技術では 92t-CO₂ の環境負荷量が減少。

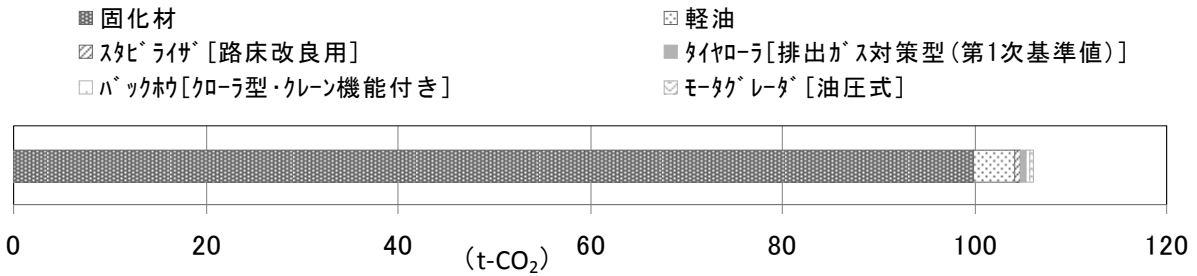


図 4. 3-11 標準技術：石灰・セメント系固化材を用いた路床安定処理工の二酸化炭素排出量

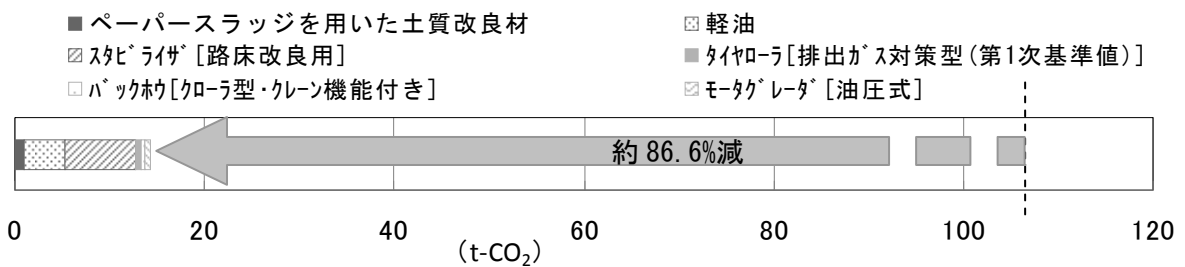


図 4. 3-12 代替技術ペーパースラッジを用いた土質改良工法の二酸化炭素排出量

⑨ 路床安定処理工の二酸化炭素排出量シェア

道路改良工事における標準技術と代替技術の二酸化炭素比率を図 4. 3-13 に示す。

- ・ 路床安定処理工の二酸化炭素排出量は道路改良工事全体の約 14% を占める。
- ・ 代替技術による環境負荷の削減量は全体の約 12.5% に相当。

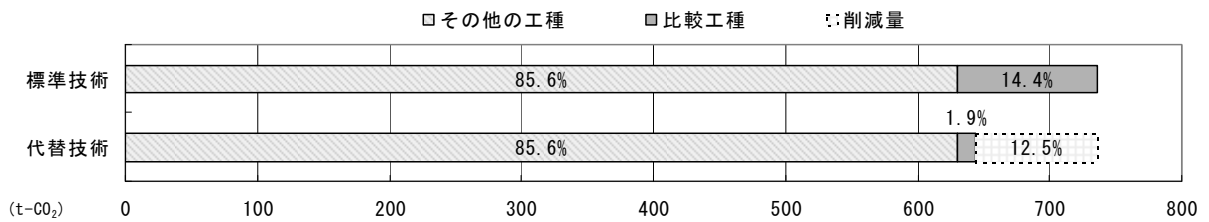


図 4. 3-13 道路改良工事における標準技術（石灰・セメント系固化材を用いた路床安定処理工）と代替技術（ペーパースラッジを用いた土質改良工法）の二酸化炭素比率

⑩ 工種別の環境負荷

標準技術、代替技術での路床安定処理工の二酸化炭素排出量を図 4. 3-14 に示す。

なお、路床安定処理工以外の工種の環境負荷量は標準施工（積算基準）による。

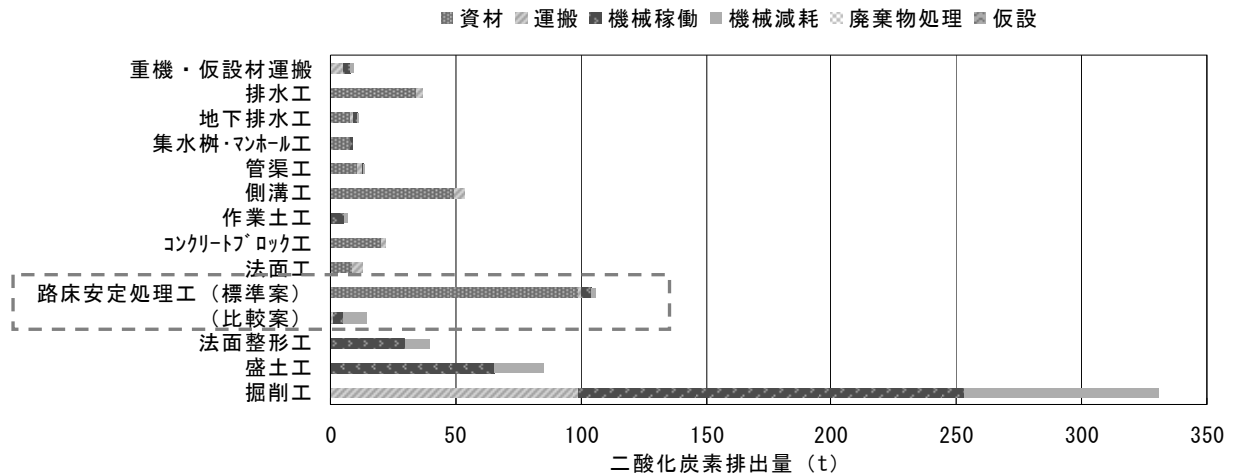


図 4. 3-14 工種別二酸化炭素排出量

⑪ 試算にあたっての留意事項、LCI 計算手法への意見

この試算では、ペーパーセラミック焼却灰（PS 灰）の運搬距離を標準技術と同一としたが、ペーパーセラミック焼却灰（PS 灰）の発地は焼却炉となり、運搬距離は現場の位置によって異なってくる。また、ペーパーセラミック焼却灰（PS 灰）の運搬は 25 t パッカー車となり、標準技術の石灰・セメント系固化材の場合と異なる。

したがって、具体的な地点が明示されていないと、出荷の原単位を算出することが難しい。

(3) 橋梁下部（鋼橋）

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-11 および図 4. 3-15 に示す。

表 4. 3-11 橋梁下部（鋼橋）・工事概要

道路種別	自動車専用道路（1種2級）
橋長	371.5m
車線数	4車線（片側2車線）
全幅員	23.5m
橋種	鋼橋（10径間連続非合成鈹桁橋）
代表工種	場所打杭工、橋脚躯体工、作業土工、橋梁附属物工、 工事用道路工、土留・仮締切工 等

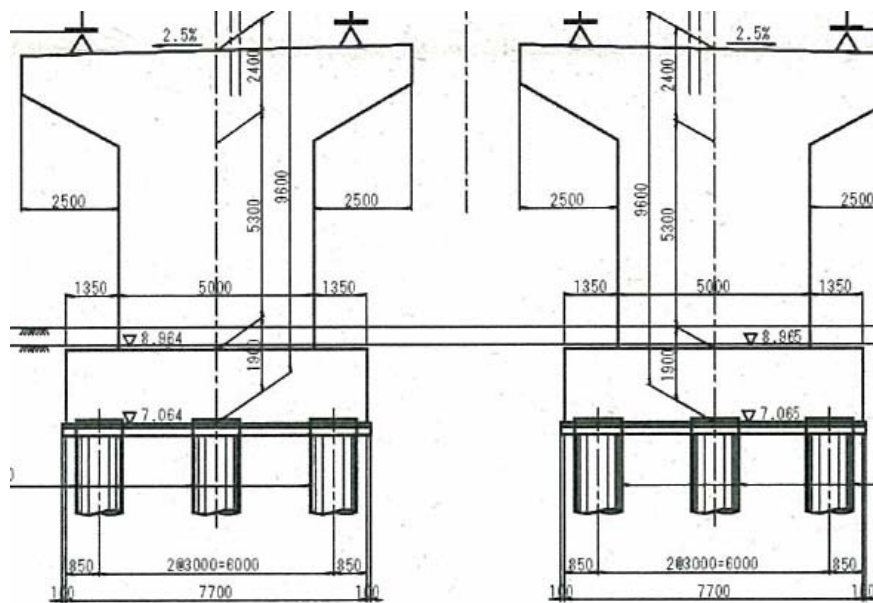


図 4. 3-15 橋梁（下部）・標準横断面図

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・ 本工事による二酸化炭素排出量は約 830 トンと試算。
- ・ 資材の環境負荷量のシェアが高い。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-16 および図 4. 3-17 に示す。

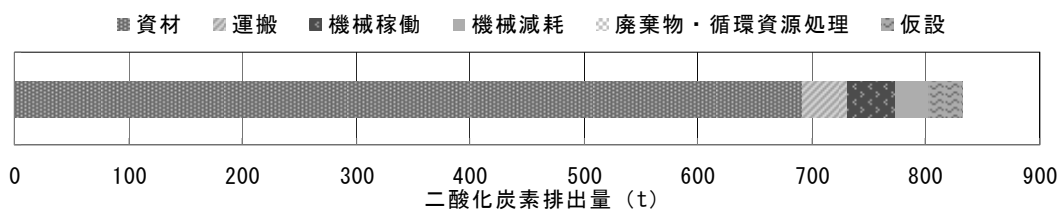


図 4. 3-16 二酸化炭素排出量（工事計）

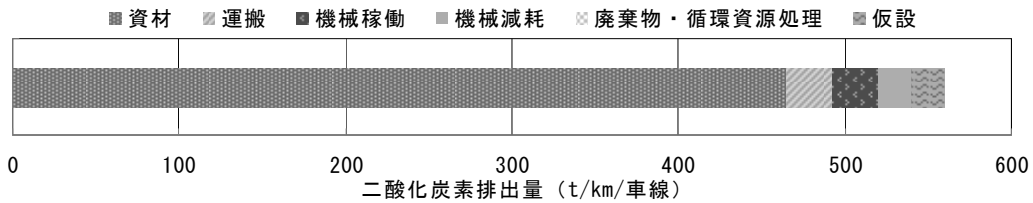


図 4. 3-17 二酸化炭素排出量 (車線キロ当り)

イ. 工種別の環境負荷量

・コンクリートの使用量が多い場所打杭工および橋脚躯体工の環境負荷量が多い。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-18 および図 4. 3-19 に示す

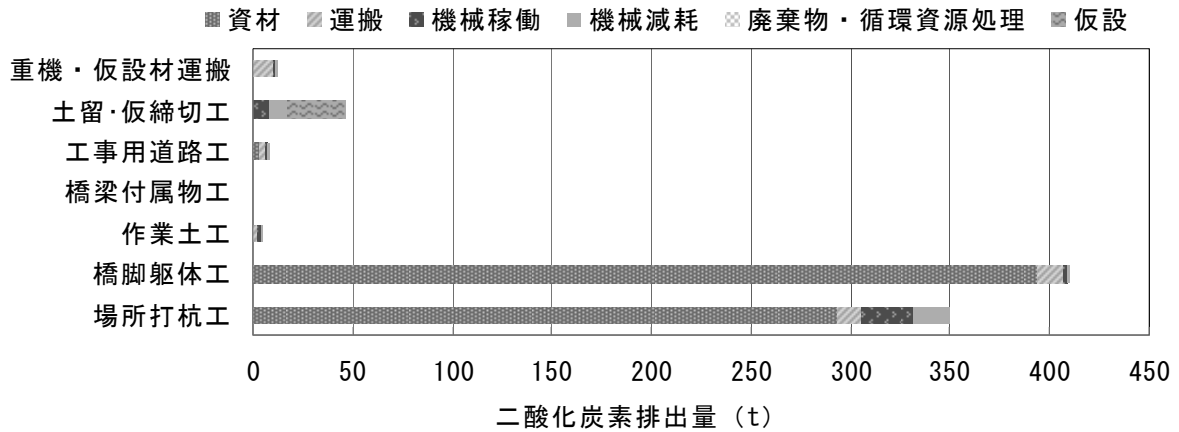


図 4. 3-18 工種別の二酸化炭素排出量

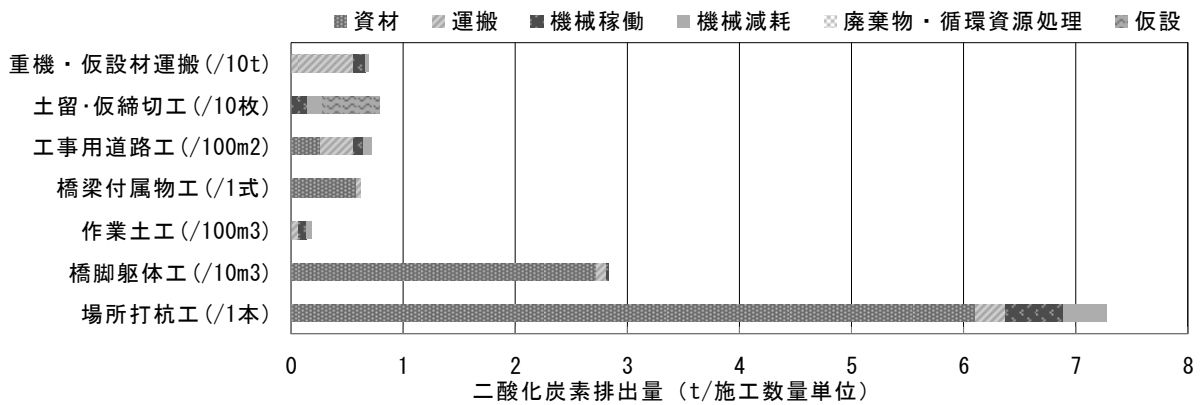


図 4. 3-19 施工数量当りの二酸化炭素排出量 (参考)

ウ. 資材品目別の環境負荷量

・コンクリートと鉄筋の環境負荷量がほとんどである。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-20 に示す。

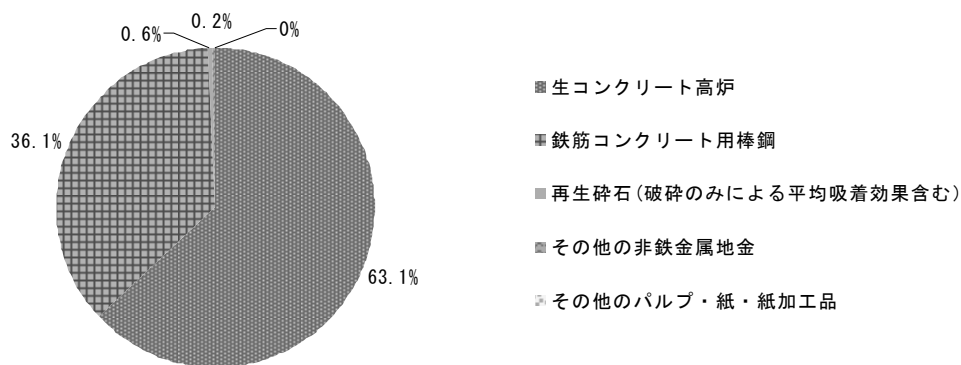


図 4. 3-20 資材品目別の二酸化炭素排出量

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

掘削機、杭打ち機、クレーンの環境負荷が大きい。

運搬・建設機械の二酸化炭素排出量を図 4. 3-21 に示す。

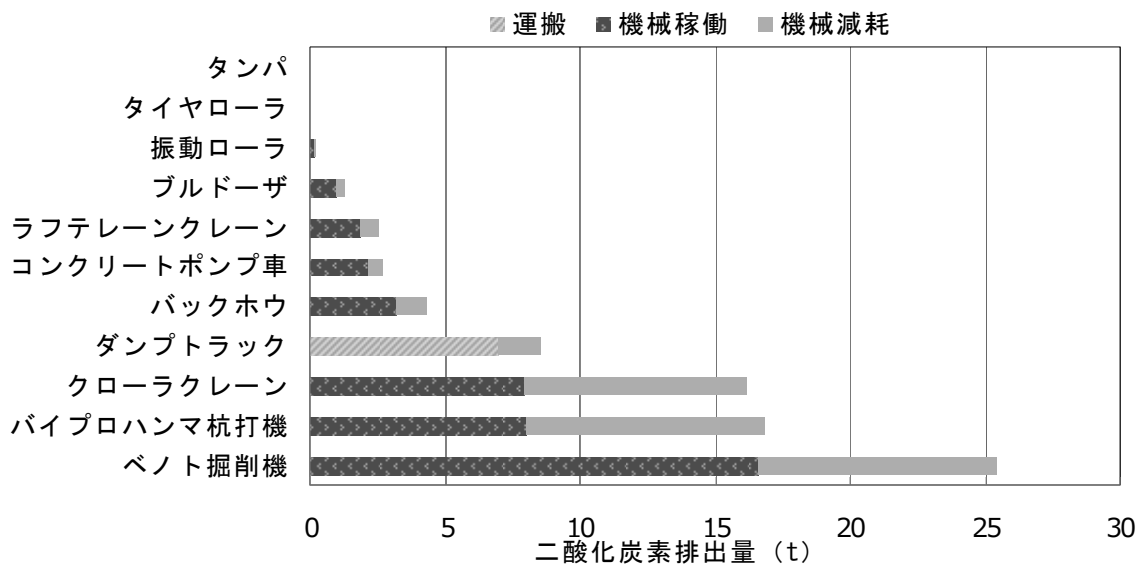


図 4. 3-21 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- ・ みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量はごくわずか。
- ・ 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 5%に相当。
- ・ 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 1%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-22 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-12、表 4. 3-13、表 4. 3-14 示す。

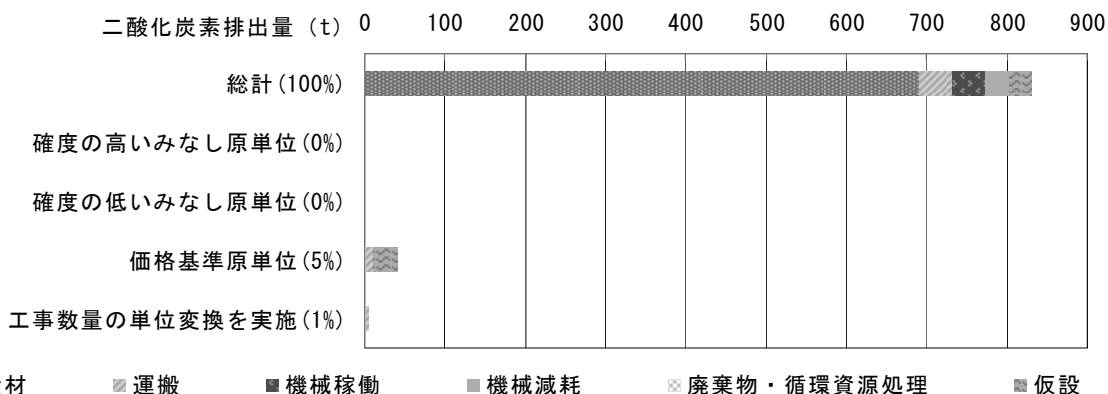


図 4. 3-22 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-12 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
積み込み・取卸し費(仮設材等)		千円	523	道路貨物輸送 (除自家輸送)	千円	A
処分費	無筋コンクリート殻	千円	68	再生資源回収・加工処理	千円	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-13 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位名
銘板	鋳鉄用銅合金600×400	千円	202	その他の非鉄金属地金
運搬費等率206%		千円	865	道路貨物輸送 (除自家輸送)
運搬費等率273%		千円	727	道路貨物輸送 (除自家輸送)
仮設材の運賃料金	鋼材の運送に関わる運賃料金	千円	533	道路貨物輸送 (除自家輸送)
積み込み・取卸し費(仮設材等)		千円	523	道路貨物輸送 (除自家輸送)
処分費	無筋コンクリート殻	千円	68	再生資源回収・加工処理
鋼矢板(本矢板)	3型(60kg/m)	千円	840	鋼製矢板
鋼矢板(本矢板)	修理費及び損耗費	千円	2,948	鋼製矢板


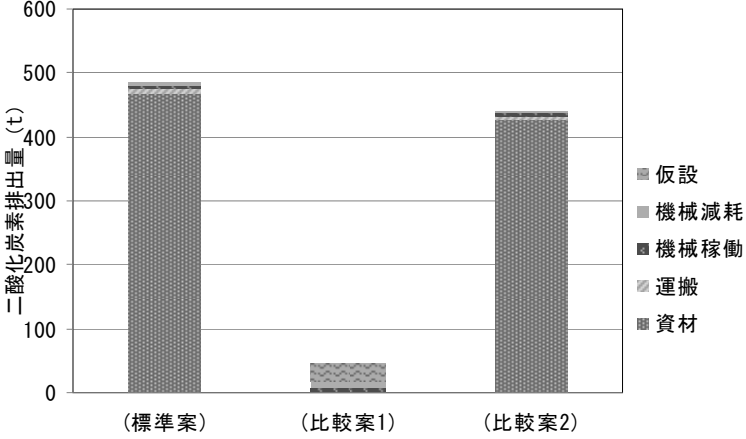
表 4. 3-14 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数			環境負荷原単位		
						単位	係数	依拠詳細	原単位名	単位	
φ175管	φ175	m	23	t	0.035	t/m	0.002	メーカー・協会資料等	http://www.fujimori.co.jp/kenzai_01/syohuin/setsubi/fujiboido.html	その他のバルブ・紙・紙加工品	t
φ200管	φ200	m	36	t	0.069	t/m	0.002	メーカー・協会資料等	http://www.fujimori.co.jp/kenzai_01/syohuin/setsubi/fujiboido.html	その他のバルブ・紙・紙加工品	t
再生カッター	RC-40	m3	269	t	548.352	t/m3	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案) (国総研)	再生砕石(破砕のみによる平均吸着効果含む)	t

(4) 橋梁下部（鋼橋）の比較事例：鋼矢板引抜、幅広鋼矢板残置による土留・仮締切

注) 一般的な事例ではない。

① 代替技術概要

代替技術 の名称	代替技術 1：鋼矢板引抜による土留・仮締切 代替技術 2：幅広型鋼矢板残置による土留・仮締切
概要	<ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板等の仮設資材は、引抜きが困難な場合は残置することがある。 鋼矢板を引抜きした場合、残置した場合の二酸化炭素排出量を比較する。引抜きすることで、建設機械の稼働は増えるが、鋼矢板を使い回せるため、二酸化炭素削減につながる。 また、広幅型鋼矢板を使用した場合との比較を行う。 
標準技術 （従来工 法等）	標準技術：普通鋼矢板残置による土留・仮締切
LCI 試算 結果	<p>代替技術 1</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板を仮設資材として転用することにより、資材として埋め殺す場合に比べて 447 t-CO₂ が削減される。 鋼矢板引抜のため機械稼働時間が 74% 増加し、7 t-CO₂ 増加した。 →代替技術を用いることによる二酸化炭素削減量は、440t-CO₂ 削減であった。 <p>代替技術 2</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板を幅広型にして埋め殺す場合、43 t-CO₂ が削減される。 機械稼働時間が 16% 減少し、2 t-CO₂ 削減した。 →代替技術を用いることによる二酸化炭素削減量は、45t-CO₂ 削減であった。 
備考	NETIS 登録 幅広型鋼矢板 (KT-980158)

② 全工種及び代替技術との比較対象工種

橋梁下部工の全工種を表 4. 3-15 に示す。なお、比較対象とする「土留・仮締切工」は網がけで示した。

表 4. 3-15 全工種及び代替技術との比較対象工種

工事区分・工種・種別・細別	規格
場所打杭工 Y3PU8	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PU8	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 180
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y3PD9	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PD9	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 180
場所打杭工 Y3PU9	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PU9	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 170
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y3PD10	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PD10	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 175
場所打杭工 Y4PU1	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PU1	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 185
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y4PD1	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PD1	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 185
場所打杭工 Y4PU2	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PU2	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 185
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y4PD2	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PD2	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ 185
橋梁付属物工	
銘板工	
銘板設置	600×400
工事用道路工	
工事用道路盛土	
敷砂利	RC-40 敷厚 200mm
土留・仮締切工	
鋼矢板	Ⅲ型 鋼矢板長さ 10.0 m
鋼矢板	Ⅲ型 鋼矢板長さ 9.5 m
運搬費	
重建設機械分解組立輸送費	
仮設材運搬費	

③ 比較対象工種の数量

橋梁下部工のうち、「土留・仮締切工」の標準技術（普通鋼矢板残置）での工事数量を表 4. 3-16 に例示する。

表 4. 3-16 標準技術（普通鋼矢板引抜）による工事数量

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
鋼矢板	III型 鋼矢板 長さ 10 m	枚	296	機械稼働	軽油	1.2号	L	756	L	756
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラチェスジフ]	50~55t吊	供用日	12.3	供用日	12.3
					パイプロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9~480.5kN60kW	供用日	12.3	供用日	12.3
	資材	鋼矢板(本矢板)	3型(60kg/m)	枚	296.0	t	177.60			
	III型 鋼矢板 長さ 9.5 m	枚	298	機械稼働	軽油	1.2号	L	761	L	761
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラチェスジフ]	50~55t吊	供用日	12.3	供用日	12.3
パイプロハンマ(単体)[電動式・普通型]					460.9~480.5kN60kW	供用日	12.3	供用日	12.3	
資材				鋼矢板(本矢板)	3型(60kg/m)	枚	298.0	t	169.86	

④ 設定条件

「橋脚躯体工」のうち、「土留・仮締切工」の標準技術（普通鋼矢板残置）での工事積算における設定条件を表 4. 3-17 に例示する。

表 4. 3-17 標準技術（普通鋼矢板引抜）による設定条件

項目	設定条件
鋼矢板	
鋼矢板型式	III型
鋼矢板長さ	9.5m, 10m
引抜工法	
打込費	パイプロハンマによる鋼矢板打込枚
油圧圧入費	計上しない
導杭打込費	計上しない
ガス切断費	計上しない
パイプロハンマによる鋼矢板打込	
施工場所	陸上
パイプロハンマの規格	電動式
鋼矢板型式	III型
鋼矢板打込長(電動式パイプロハンマ)	10m以下

⑤ 代替技術の数量

代替技術の数量を表 4. 3-18 および表 4. 3-19 に示す。国土交通省土木工事積算基準の6章仮設工①鋼矢板（H形鋼）工（パイプロハンマ工・油圧圧入引抜工）の歩掛を参考に数量を算定した。

表 4. 3-18 代替技術 1 (普通鋼矢板引抜) による工事数量

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
鋼矢板	III型 鋼矢板 長さ 10 m	枚	296	機械稼働	軽油	1.2号	L	1,316	L	1,316
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラチェスジフ]	50~55t吊	供用日	21.3	供用日	21.3
					ハイプロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9~480.5kN60kW	供用日	21.3	供用日	21.3
				仮設	鋼矢板(本矢板)	修理費及び損耗費	千円	1,505	千円	1,505
	3型(60kg/m)	千円	418			千円	418			
	III型 鋼矢板 長さ 9.5 m	枚	298	機械稼働	軽油	1.2号	L	1,325	L	1,325
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラチェスジフ]	50~55t吊	供用日	21.5	供用日	21.5
ハイプロハンマ(単体)[電動式・普通型]					460.9~480.5kN60kW	供用日	21.5	供用日	21.5	
仮設				鋼矢板(本矢板)	修理費及び損耗費	千円	1,443	千円	1,443	
	3型(60kg/m)	千円	421		千円	421				

表 4. 3-19 代替技術 2 (幅広型鋼矢板残置) による工事数量

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
鋼矢板	IIIw型 鋼矢板 長さ 10 m	枚	198	機械稼働	軽油	1.2号	L	637	L	637
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラチェスジフ]	50~55t吊	供用日	10.3	供用日	10.3
					ハイプロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9~480.5kN60kW	供用日	10.3	供用日	10.3
				資材	鋼矢板(本矢板)	3w型(81.6kg/m)	枚	198.0	t	161.57
	IIIw型 鋼矢板 長さ 9.5 m	枚	199	機械稼働	軽油	1.2号	L	508	L	508
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラチェスジフ]	50~55t吊	供用日	10.4	供用日	10.4
					ハイプロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9~480.5kN60kW	供用日	10.4	供用日	10.4
資材				鋼矢板(本矢板)	3w型(81.6kg/m)	枚	199.0	t	154.26	

⑥ 使用した二酸化炭素排出原単位

国土政策技術総合研究所の原単位を使用した。

⑦ LCI 試算結果

「土留・仮締切工」の標準技術、代替技術(2案)それぞれのLCI試算結果を表4.3-20、表4.3-21および表4.3-22に示す。

表 4. 3-20 標準技術（従来工法：普通鋼矢板残置）

二酸化炭素排出量（合計）：486t

工事数量		資材・機械等の数量						環境負荷原単位						環境負荷量(kg-CO2)										
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	単位変換後		名称	単位	みなし値 (水準)	金額 評価	備考	原単位										
							数量	単位						合計	生産	出荷	燃焼							
鋼矢板	III型 鋼矢板 長さ 10 m	枚	296	機械稼働	軽油	1.2号	L	756	L	756	軽油	L			3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	2.289	313	19	1.957		
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラジスジブ]	50"55t吊	供用日	12.3	供用日	12.3	クローラークレーン運転	供用日					1.89E+02				2.321			
					ハイドロハンマ[単体][電動式・普通型]	460.9"480.5kN60kW	供用日	12.3	供用日	12.3	ハイドロハンマ(単体)	供用日					1.71E+01				209			
				資材	鋼矢板(本矢板)	3型(60kg/m)	枚	296.0	t	177.6	鋼製矢板(資材)	t			資材		1.37E+03	1.35E+03	2.13E+01		243.404	239.626	3.778	0
	III型 鋼矢板 長さ 9.5 m	枚	298	機械稼働	軽油	1.2号	L	761	L	761	軽油	L			3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	2.304	315	19	1.970		
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラジスジブ]	50"55t吊	供用日	12.3	供用日	12.3	クローラークレーン運転	供用日					1.89E+02				2.337			
					ハイドロハンマ[単体][電動式・普通型]	460.9"480.5kN60kW	供用日	12.3	供用日	12.3	ハイドロハンマ(単体)	供用日					1.71E+01				211			
				資材	鋼矢板(本矢板)	3型(60kg/m)	枚	298.0	t	169.9	鋼製矢板(資材)	t			資材		1.37E+03	1.35E+03	2.13E+01		232.796	229.183	3.613	0

表 4. 3-21 代替技術 1 (提案工法 : 普通鋼矢板引抜)

二酸化炭素排出量 (合計) : 46t

工事数量				資材・機械等の数量						環境負荷原単位										環境負荷量 (kg-CO2)					
区分・工程・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし値 (水準)	金額 評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼			
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼							
鋼矢板	III型 鋼矢板 長さ 10 m	枚	296	機械稼働	軽油	1.2号	L	1,316	L	1,316	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	3,987	546	34	3,408		
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラジシブ]	50*55t吊	供用日	21.3	供用日	21.3	クローラークレーン運転	供用日					1.89E+02	1.79E+02	7.00E+00	0.00E+00	4,043	3,821	149	0	
					パイロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9*480.5kN60kW	供用日	21.3	供用日	21.3	パイロハンマ(単体)	供用日					1.71E+01				365				
				仮設	鋼矢板(本矢板)	修理費及び損耗費	千円	1,505	千円	1,505	鋼製矢板(仮設材)	千円				○	仮設	7.75E+00				11,665	0	0	0
						3型(60kg/m)	千円	418	千円	418	鋼製矢板(仮設材)	千円				○	仮設	7.75E+00				3,243	0	0	0
鋼矢板	III型 鋼矢板 長さ 9.5 m	枚	298	機械稼働	軽油	1.2号	L	1,325	L	1,325	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	4,014	549	34	3,431		
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラジシブ]	50*55t吊	供用日	21.5	供用日	21.5	クローラークレーン運転	供用日					1.89E+02	1.79E+02	7.00E+00	0.00E+00	4,070	3,847	150	0	
					パイロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9*480.5kN60kW	供用日	21.5	供用日	21.5	パイロハンマ(単体)	供用日					1.71E+01				367				
				仮設	鋼矢板(本矢板)	修理費及び損耗費	千円	1,443	千円	1,443	鋼製矢板(仮設材)	千円				○	仮設	7.75E+00				11,182	0	0	0
						3型(60kg/m)	千円	421	千円	421	鋼製矢板(仮設材)	千円				○	仮設	7.75E+00				3,266	0	0	0

表 4. 3-22 代替技術 2 (提案工法 : 幅広型鋼矢板残置)

二酸化炭素排出量 (合計) : 441t

工事数量				資材・機械等の数量						環境負荷原単位										環境負荷量 (kg-CO2)					
区分・工程・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし値 (水準)	金額 評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼			
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼							
鋼矢板	IIIw型 鋼矢板 長さ 10 m	枚	198	機械稼働	軽油	1.2号	L	637	L	637	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	1,930	264	16	1,649		
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラジシブ]	50*55t吊	供用日	10.3	供用日	10.3	クローラークレーン運転	供用日					1.89E+02				1,957				
					パイロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9*480.5kN60kW	供用日	10.3	供用日	10.3	パイロハンマ(単体)	供用日					1.71E+01				177				
				資材	鋼矢板(本矢板)	3w型(81.6kg/m)	枚	198.0	t	161.6	鋼製矢板(資材)	t					資材	1.37E+03	1.35E+03	2.13E+01		221,432	217,995	3,437	0
鋼矢板	IIIw型 鋼矢板 長さ 9.5 m	枚	199	機械稼働	軽油	1.2号	L	508	L	508	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	1,539	211	13	1,315		
				機械減耗	クローラークレーン[油圧駆動ウインチ・ラジシブ]	50*55t吊	供用日	10.4	供用日	10.4	クローラークレーン運転	供用日					1.89E+02				1,966				
					パイロハンマ(単体)[電動式・普通型]	460.9*480.5kN60kW	供用日	10.4	供用日	10.4	パイロハンマ(単体)	供用日					1.71E+01				177				
				資材	鋼矢板(本矢板)	3w型(81.6kg/m)	枚	199.0	t	154.3	鋼製矢板(資材)	t					資材	1.37E+03	1.35E+03	2.13E+01		211,423	208,142	3,281	0

⑧ 比較対象工種の実環境負荷

比較対象工種の実環境負荷を図 4. 3-23、図 4. 3-24 および図 4. 3-25 に示す。

- ・ 土留・仮締切工の実環境負荷のうち、鋼製矢板からの排出が大部分を占める。
- ・ 代替技術 1 では鋼製矢板の実環境負荷が大幅に減少（仮設資材扱いに変更）。
- ・ 代替技術 2 では鋼製矢板の実環境負荷が減少（単位当たりの重量減少）

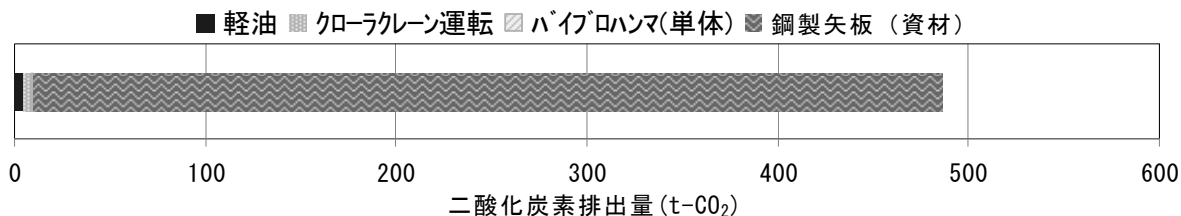


図 4. 3-23 標準技術：普通鋼矢板残置による土留・仮締切工の実環境負荷

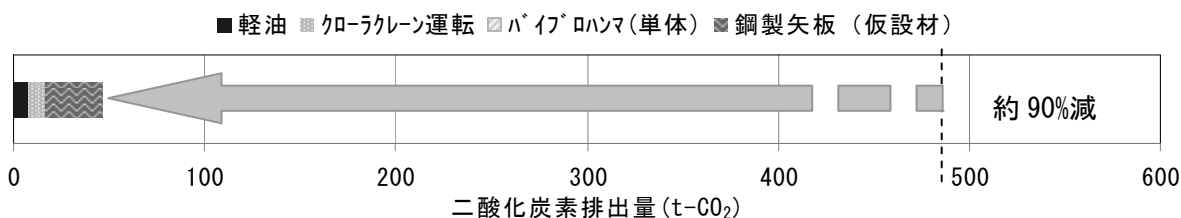


図 4. 3-24 代替技術 1：普通鋼矢板引抜による土留・仮締切工の実環境負荷

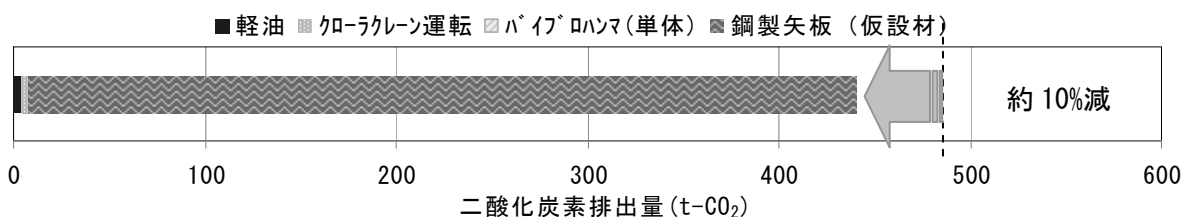


図 4. 3-25 代替技術 2：幅広型鋼矢板残置による土留・仮締切工の実環境負荷

⑨ 土留・仮締切工の実環境負荷シェア

土留・仮締切工の実環境負荷を図 4. 3-26 に示す。

- ・ 土留・仮締切工の実環境負荷は橋梁下部工全体の約 38% を占める。
- ・ 代替技術 1 による環境負荷の削減量は全体の約 35% に相当。代替技術 2 では全体の約 4% に相当。

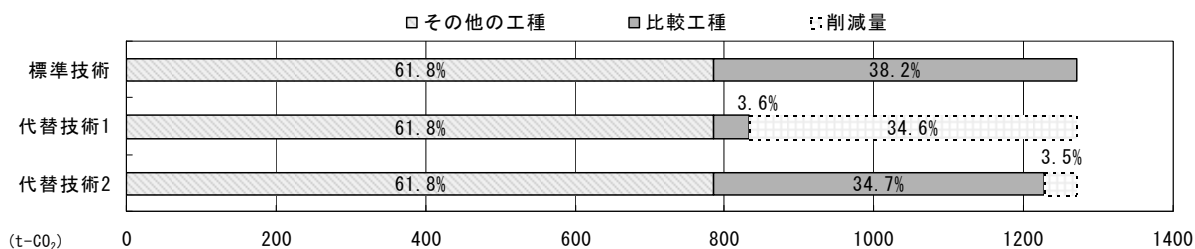


図 4. 3-26 橋梁下部工における標準技術（普通鋼矢板残置）と代替技術 1（普通鋼矢板引抜）と代替技術 2（幅広型鋼矢板残置）の比較

⑩ 工種別の環境負荷量

標準技術、代替技術での土留・仮締切工の二酸化炭素排出量を図 4. 3-27 に示す。なお、土留・仮締切工以外の工種の環境負荷量は標準施工（積算基準）による。

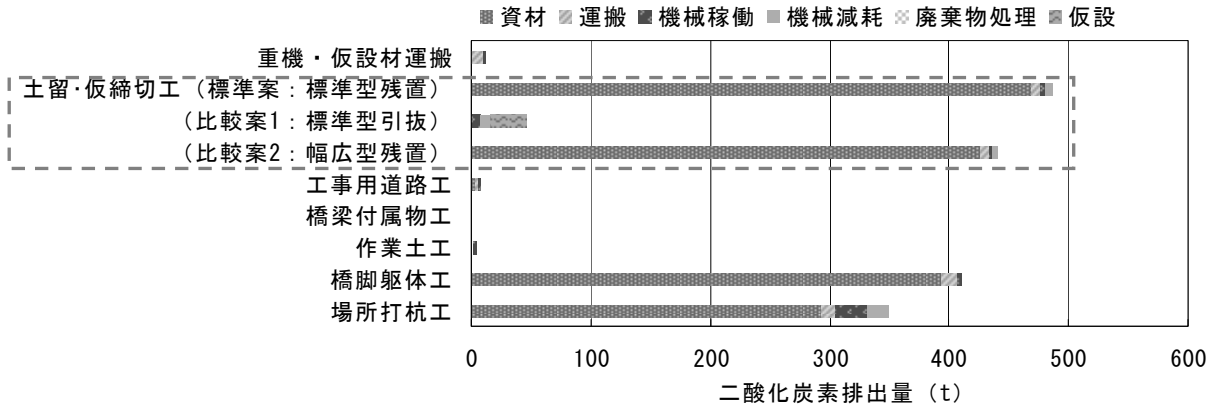


図 4. 3-27 工種別二酸化炭素排出量

⑪ 試算にあたっての留意事項、LCI 計算手法への意見

(施工レベルでの算出時の原単位について)

- ・金額あたりの排出量については使用した場合、施工業者による単価差で排出量に差が出ることを予想される。

(5) トンネル(NATM)

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-23 および図 4. 3-28 に示す。

表 4. 3-23 トンネル (NATM) ・工事概要

道路種別	自動車専用道路 (1 種 3 級)
施工延長	2,270m
車線数	2 車線 (片側 1 車線)
全幅員	10.5m
代表工種	掘削工、支保工、掘削補助工、インバート工、覆工、坑内付帯工、坑門工、仮設工 等 ※ 舗装工は含まれない

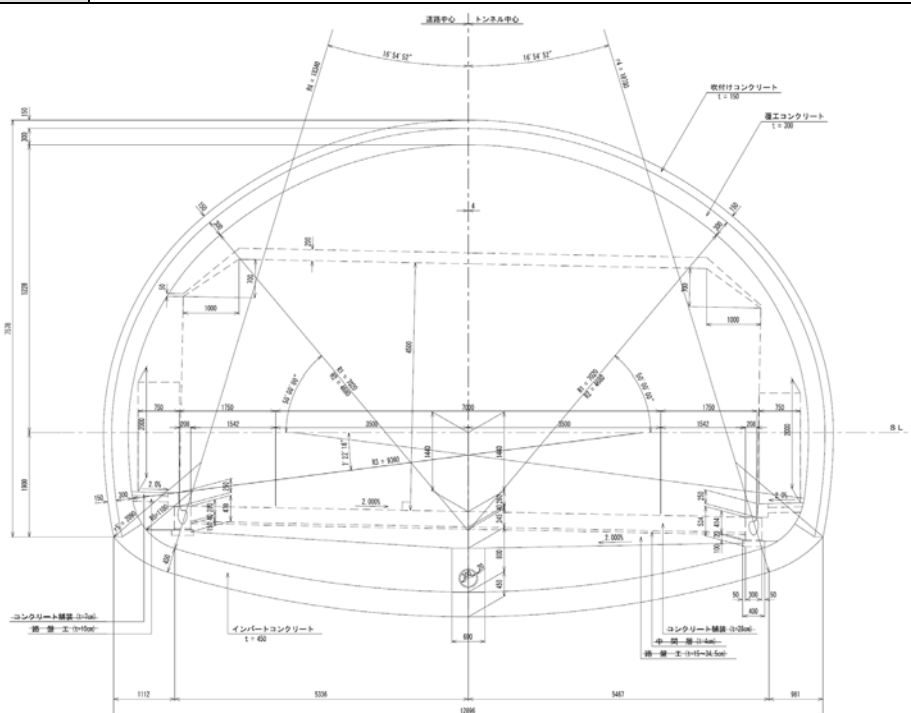


図 4. 3-28 トンネル (NATM) ・標準横断面図 (DI-b 断面)

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・ 本工事による二酸化炭素排出量は約 1.2 万トンと試算。
- ・ 資材 (約 75%) および機械稼働 (稼働、減耗を合わせて約 15%) の環境負荷量が大きい。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-29 および図 4. 3-30 に示す。

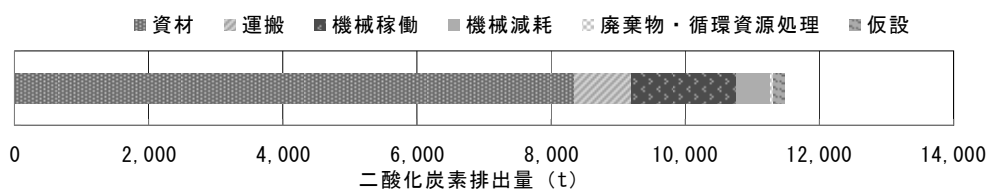


図 4. 3-29 二酸化炭素排出量 (工事計)

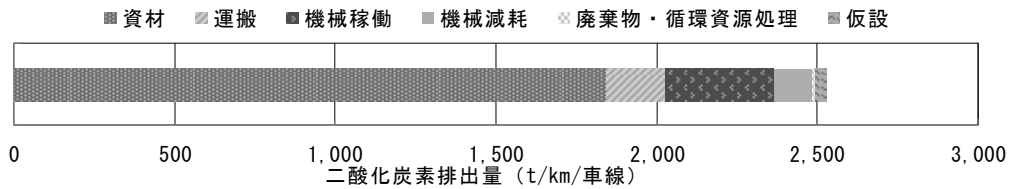


図 4. 3-30 二酸化炭素排出量（車線キロ当り）

イ. 工種別の環境負荷量

- セメントの使用量が多い吹付工、コンクリートの使用量が多い覆工・インバート工、鋼材を使用する支保工の環境負荷量が多い。
- 鋼製支保工は鋼材の使用が多いため資材の二酸化炭素排出量が多い。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-31 および図 4. 3-32 に示す。

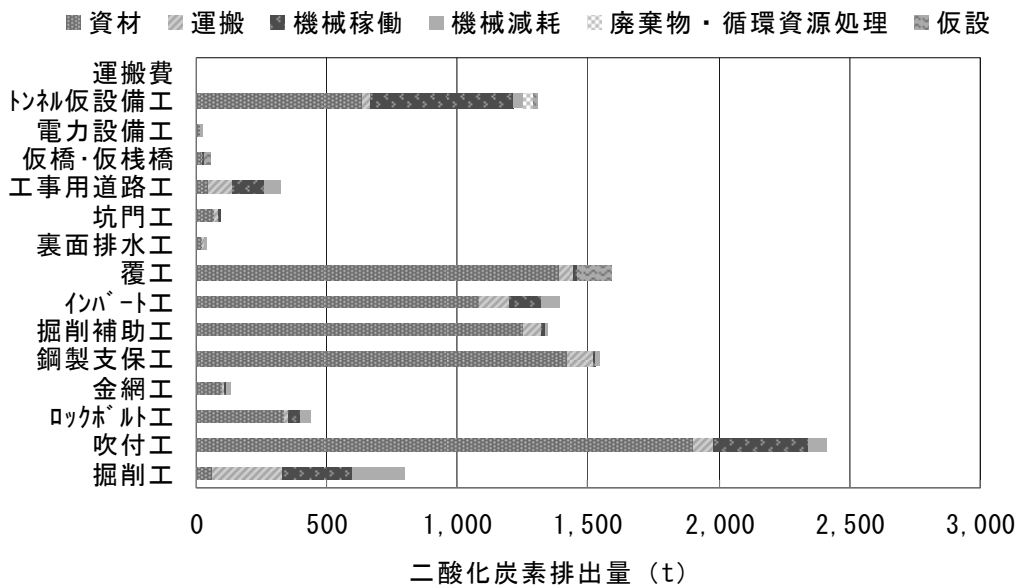


図 4. 3-31 工種別の二酸化炭素排出量

(参考) 工事数量当りの環境負荷量

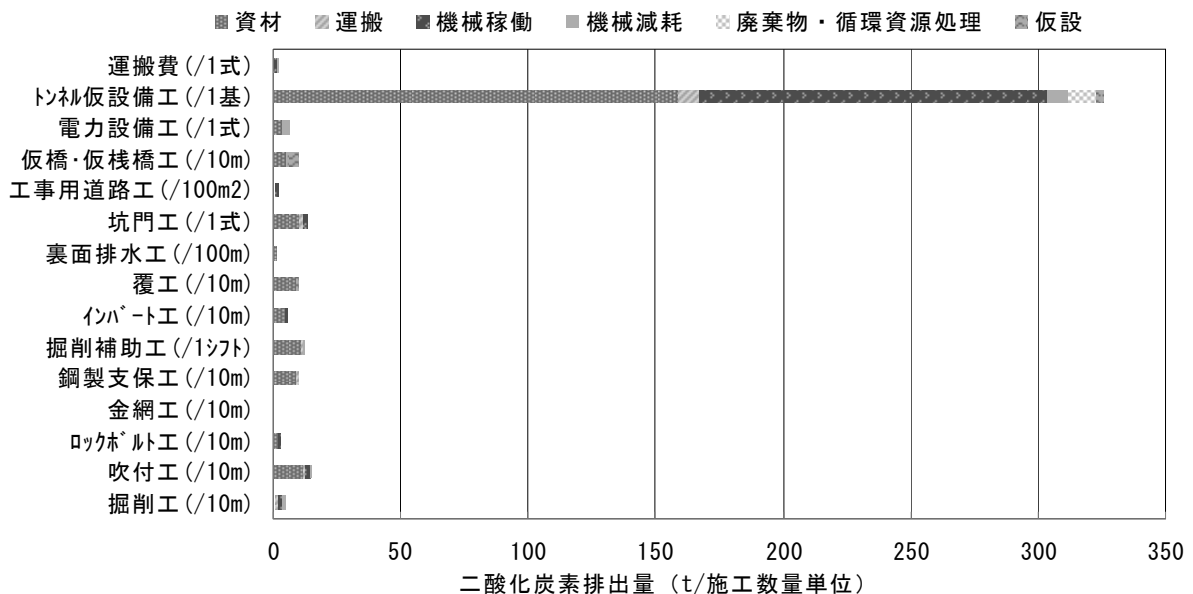


図 4. 3-32 施工数量当りの二酸化炭素排出量

ウ. 資材品目別の環境負荷量

・ 生コンクリート、セメント、鋼材の環境負荷量が多く、全体の約7割を占める。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-33 に示す。

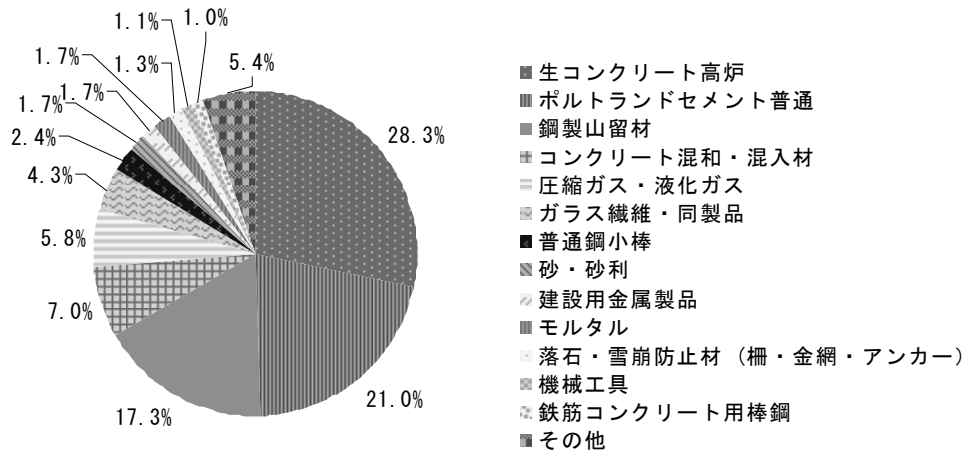


図 4. 3-33 資材品目別の二酸化炭素排出量

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

・ ダンプトラック、バックホウなど、運搬・掘削機械の環境負荷が大きい。
 ・ 軟岩、砂質土などを想定しているが、岩質によってはバックホウ、大型ブレーカ、自由断面トンネル掘削機、ドリルジャンボの機械稼働及び減耗に係る二酸化炭素排出量は変動するものと考えられる。

運搬・建設機械の二酸化炭素排出量を図 4. 3-34 に、大型ブレーカの写真を図 4. 3-35 に示す。

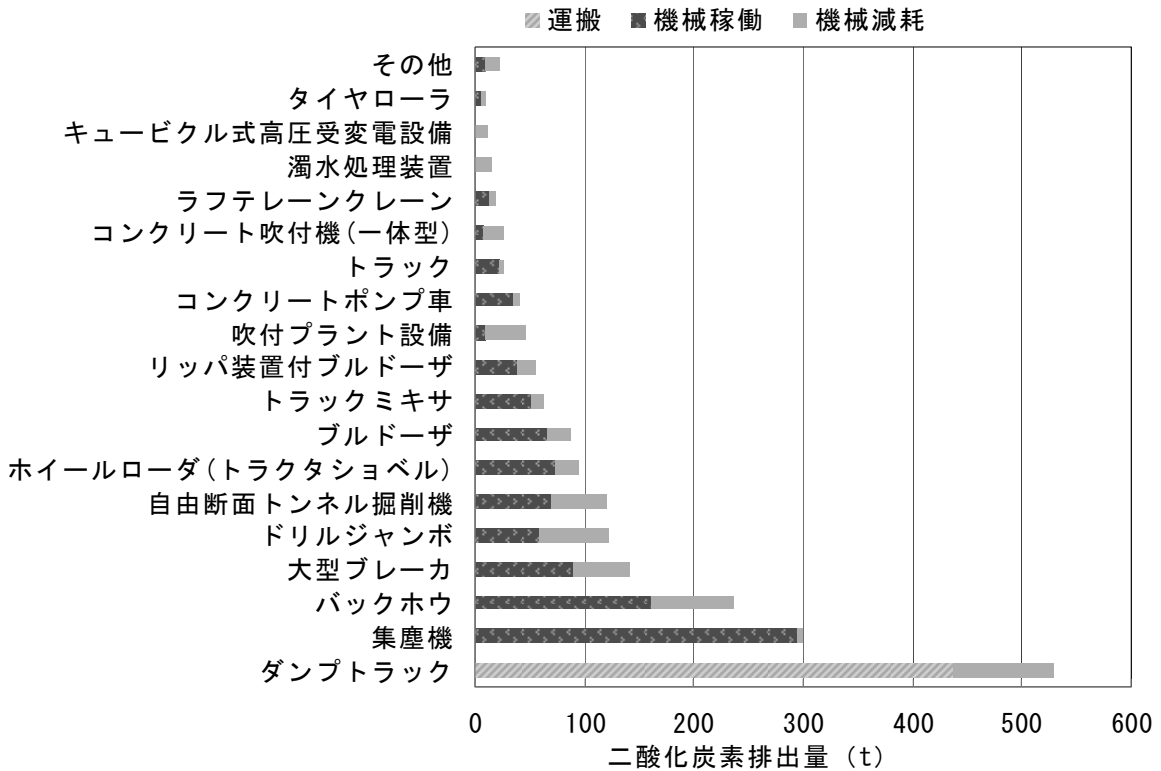


図 4. 3-34 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量



図 4. 3-35 大型ブレーカ

出典：国土交通省北陸地方整備局 HP

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約 7%、確度の低いみなし原単位のものが全体の 1%に相当。
- 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 9%に相当。
- 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 7%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-36 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-24、表 4. 3-25 および表 4. 3-26 示す。

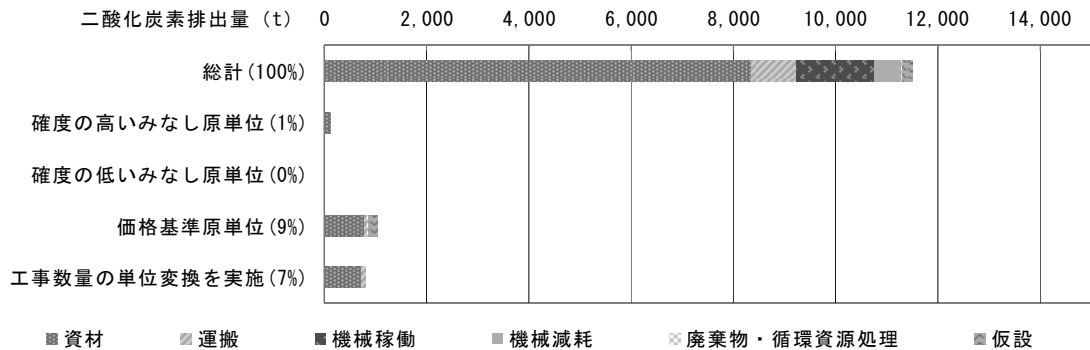


図 4. 3-36 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-24 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
コーキング材		千円	195	接着剤	千円	A
コンクリート用骨材砕石	15-5mm	m ³	3,261	再生砕石(破碎のみによる平均吸着効果含む)	t	A
セメント系注入材	セメント系急硬性混和剤使用	L	86,396	コンクリート 混和・混入材	t	A
トンネル用ケーブル支持具	TA85	千円	580	配線器具	千円	B
ライフチューブ	LIT76	千円	4,896	建設用金属製品	千円	A
暗渠排水材	30×300	千円	2,012	排水管・排砂管	千円	B
急結剤		kg	5,361	コンクリート 混和・混入材	t	A
急結剤		kg	132,007	コンクリート 混和・混入材	t	A
軽腕金LGA(電力規格品)	0.9f(低圧2線引通・引留)	千円	0	配線器具	千円	A
軽腕金LGA(電力規格品)	1.5f(高圧3線引通・総捨出)	千円	0	配線器具	千円	A
軽腕金LGA(電力規格品)	1.8f(高圧3線引通・総捨出)	千円	1	配線器具	千円	A
呼吸用保護具	トンネル建設工専用	千円	1,500	その他の衣服・身の回り品	千円	B

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-25 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位名
600Vビニル絶縁シールドケーブル(CT)	2RNCT3.5mm22心	千円	6	電線・ケーブル
AGP鋼管		千円	4,742	普通鋼管
GFRPチューブ	GFRP-76	千円	44,472	ガラス繊維・同製品
アンカーボルト	KSUAN	千円	35	普通鋼小棒
アンカーボルト	M10	千円	120	落石・雪崩防止材(柵・金網・アンカー)
アンカーボルト	M8	千円	12	落石・雪崩防止材(柵・金網・アンカー)
がいし(配電線用)	玉がいし100×100	千円	1	工業用陶磁器
がいし(配電線用)	高圧ピンがいし普通形大	千円	1	工業用陶磁器
がいし(配電線用)	高圧耐張がいし普通形	千円	1	工業用陶磁器
がいし(配電線用)	低圧引留がいし75×65	千円	2	工業用陶磁器
カッタービット	RM825	千円	18,610	機械工具

表 4. 3-26 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数			環境負荷原単位		
						単位	係数	拠拠	拠拠詳細	原単位名	単位
600Vビニル絶縁シールドケーブル	VVR(SV)100mm23心	m	50	t	0.010	t/m	0.000	建設物価	P477	電線・ケーブル	t
600Vビニル絶縁シールドケーブル	VVR(SV)38mm23心	m	940	t	0.183	t/m	0.000	建設物価	P477	電線・ケーブル	t
600Vビニル絶縁シールドケーブル	VVR(SV)5.5mm23心	m	10	t	0.002	t/m	0.000	建設物価	P477	電線・ケーブル	t
600Vビニル絶縁電線	IV38mm2	m	10	t	0.004	t/m	0.000	建設物価	P477	電線・ケーブル	t
アスファルト乳剤	PK37ライム石用	L	4,734	t	4.7	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
コンクリート用骨材砂	洗い荒目	m3	5,550	t	9,657.4	t/m3	1.740	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	砂・砂利	t
コンクリート用骨材砕石	15~5mm	m3	3,261	t	6,652.6	t/m3	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	再生砕石(破砕のみによる平均吸着効果含む)	t
セメント系注込材	セメント系急硬性混和剤使用	L	86,398	t	259.2	t/L	0.003	指針等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート混和・混入材	t
モルタル	モルタル用	m3	147	t	309.1	t/m3	2.100	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	モルタル	t
鋼管小棒	L=6.0m附属品含	組	1,546	t	36.9	t/本	0.024	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf	普通鋼小棒	t
鋼管小棒	耐力176.5KN以上附属品含L=4m	組	12,989	t	206.8	t/本	0.016	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf	普通鋼小棒	t
屋外用耐リフレイン絶縁電線	OE22mm2	m	151	t	0.0	t/m	0.000	建設物価	P482	電線・ケーブル	t
厚鋼電線管	G28HDZ40	m	10	t	0.1	t/m	0.005	建設物価	P503	電線・ケーブル	t
厚鋼電線管	G70HDZ40	m	10	t	0.1	t/m	0.005	建設物価	P503	電線・ケーブル	t
硬質塩化ビニル管	VP100	m	32	t	0.1	t/m	0.003	建設物価	P592	塩化ビニル樹脂	t
購入土		m3	94	t	169.9	t/m3	1.800	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	土工材	t

(6) トンネル (NATM) の比較事例その1: フライアッシュ混入吹付けコンクリート

① 代替技術概要

代替技術 の名称	フライアッシュ混入吹付けコンクリート																																				
概要	<ul style="list-style-type: none"> フライアッシュを吹付けコンクリートに使用することによって、セメント使用量を低減し、二酸化炭素排出量を削減することができる。 従来工法およびフライアッシュ混入吹付けコンクリートの標準配合は表のとおり。本試算では、フライアッシュ混入率を以下のように仮定した。 <ul style="list-style-type: none"> ①セメントに対する質量置換率は、内割で 20% ②細骨材に対する質量置換率は、内割で 10% <p>表 従来工法およびフライアッシュ (FA) 混入吹付けコンクリートの配合例</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">W/C (%)</th> <th rowspan="2">W/P (%)</th> <th rowspan="2">s/a (%)</th> <th colspan="6">単体量 (kg/m³)</th> </tr> <tr> <th>水 W</th> <th>セメント C</th> <th>フライアッシュ FA1¹⁾</th> <th>細骨材 S</th> <th>フライアッシュ FA2²⁾</th> <th>粗骨材 G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>従来工法 (一般吹付け)</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>216</td> <td>360</td> <td>0</td> <td>1041</td> <td>0</td> <td>694</td> </tr> <tr> <td>FA吹付けコンクリート</td> <td>75</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>216</td> <td>288</td> <td>72</td> <td>925</td> <td>89</td> <td>685</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">1): セメントの20%置換 2): 細骨材の10%置換</p>		W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)						水 W	セメント C	フライアッシュ FA1 ¹⁾	細骨材 S	フライアッシュ FA2 ²⁾	粗骨材 G	従来工法 (一般吹付け)	60	60	60	216	360	0	1041	0	694	FA吹付けコンクリート	75	60	60	216	288	72	925	89	685
	W/C (%)					W/P (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)																													
		水 W	セメント C	フライアッシュ FA1 ¹⁾	細骨材 S			フライアッシュ FA2 ²⁾	粗骨材 G																												
従来工法 (一般吹付け)	60	60	60	216	360	0	1041	0	694																												
FA吹付けコンクリート	75	60	60	216	288	72	925	89	685																												
標準技術 (従来工法等)	従来の一般吹付けコンクリート (セメント種類: 普通ポルトランドセメント、セメント量: 360kg/m ³) ※配合例は上図に示す。																																				
LCI 試算 結果	<p>従来の一般吹付けコンクリートにフライアッシュを、セメントの質量に対して内割りで 20%置換、細骨材の質量に対して内割り 10%置換で用いると、コンクリート吹付工 (吹付面積 17,648m²) において二酸化炭素を 354 t-CO₂ 削減できた。</p> <table border="1"> <caption>CO2 排出量 (t) の比較</caption> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>(標準案)</th> <th>(比較案)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>仮設</td> <td>~100</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>機械減耗</td> <td>~100</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>機械稼働</td> <td>~100</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>運搬</td> <td>~100</td> <td>~100</td> </tr> <tr> <td>資材</td> <td>~1,900</td> <td>~1,650</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>~2,400</td> <td>~2,050</td> </tr> </tbody> </table>	項目	(標準案)	(比較案)	仮設	~100	~100	機械減耗	~100	~100	機械稼働	~100	~100	運搬	~100	~100	資材	~1,900	~1,650	合計	~2,400	~2,050															
項目	(標準案)	(比較案)																																			
仮設	~100	~100																																			
機械減耗	~100	~100																																			
機械稼働	~100	~100																																			
運搬	~100	~100																																			
資材	~1,900	~1,650																																			
合計	~2,400	~2,050																																			

② 全工種及び代替技術との比較対象工種

トンネル工事 (NATM) の全工種を表 4. 3-27 に示す。なお、代替技術との比較対象とする「コンクリート吹付工」は網がけで示した。

表 4. 3-27 全工種及び代替技術との比較対象工種

工事区分・工種・種別・細別	規格	工事区分・工種・種別・細別	規格
上半掘削工		インバート工(続き)	
上半掘削D I-b		インバート掘削工	
上半掘削D II		インバート掘削D I-b	
上半掘削D II-s		インバート掘削D II	
上半掘削D II-ws1		インバート掘削D II-s	
上半掘削D II-ws2		インバート掘削D II-ws1	
上半掘削D III-a		インバート掘削D II-ws2	
上半掘削D III-s		インバート掘削D III-a	
上半掘削D I-LL		インバート掘削D III-s	
上半掘削D I-LR		インバート掘削D I-LL	
		インバート掘削D I-LR	
下半掘削工		インバート掘削D I-LR	
下半掘削D I-b		インバート本体工	
下半掘削D II		インバート本体D I-b	18-8-40(BB)t=450
下半掘削D II-s		インバート本体D II	18-8-40(BB)t=500
下半掘削D II-ws1		インバート本体D II-s	18-8-40(BB)t=500
下半掘削D II-ws2		インバート本体D II-ws1	18-8-40(BB)t=500
下半掘削D III-a		インバート本体D II-ws2	18-8-40(BB)t=500
下半掘削D III-s		インバート本体D III-a	18-8-40(BB)t=500
下半掘削D I-LL		インバート本体D III-s	18-8-40(BB)t=500
下半掘削D I-LR		インバート本体D I-LL	18-8-40(BB)t=500
		インバート本体D I-LR	18-8-40(BB)t=500
上半吹付工		インバート埋戻工	
上半吹付D I-b	t=150	インバート埋戻D I-b	
上半吹付D II	t=200	インバート埋戻D II	
上半吹付D II-s	t=200	インバート埋戻D II-s	
上半吹付D II-ws1	t=200	インバート埋戻D II-ws1	
上半吹付D II-ws2	t=200	インバート埋戻D II-ws2	
上半吹付D III-a	t=250	インバート埋戻D III-a	
上半吹付D III-s	t=250	インバート埋戻D III-s	
上半吹付D I-LL	t=200	インバート埋戻D I-LL	
上半吹付D I-LR	t=200	インバート埋戻D I-LR	
		インバート埋戻D I-LR	
下半吹付工			
下半吹付D I-b	t=150		
下半吹付D II	t=200		
下半吹付D II-s	t=200		
下半吹付D II-ws1	t=200		
下半吹付D II-ws2	t=200		
下半吹付D III-a	t=250		
下半吹付D III-s	t=250		
下半吹付D I-LL	t=200		
下半吹付D I-LR	t=200		
上半ロックバルト工		トンネル防水工	
上半ロックバルトD I-b	耐力176.5kN以上L=4000	トンネル防水D I-b	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD II	耐力176.5kN以上L=4000	トンネル防水D II	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD II-s	耐力176.5kN以上L=4000	トンネル防水D II-s	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD II-ws1	耐力176.5kN以上L=4000	トンネル防水D II-ws1	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD II-ws2	耐力176.5kN以上L=4000	トンネル防水D II-ws2	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD III-a	耐力176.5kN以上L=4000, SD295AD25L=3000	トンネル防水D III-a	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD III-s	耐力176.5kN以上L=4000, SD295AD25L=3000	トンネル防水D III-s	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD I-LL	耐力176.5kN以上L=6000	トンネル防水D I-LL	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
上半ロックバルトD I-LR	耐力176.5kN以上L=6000	トンネル防水D I-LR	透水性緩衝材=3.0シート部t=0.8
下半ロックバルト工		覆工	
下半ロックバルトD I-b	耐力176.5kN以上L=4000	トンネル防水工	
下半ロックバルトD II	耐力176.5kN以上L=4000	覆工コンクリート	
下半ロックバルトD II-s	耐力176.5kN以上L=4000	覆工コンクリートD I-b	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=300
下半ロックバルトD II-ws1	耐力176.5kN以上L=4000	覆工コンクリートD II	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=300
下半ロックバルトD II-ws2	耐力176.5kN以上L=4000	覆工コンクリートD II-s	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=300
下半ロックバルトD III-a	耐力176.5kN以上L=4000, SD295AD25L=3000	覆工コンクリートD II-ws1	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=300
下半ロックバルトD III-s	耐力176.5kN以上L=4000, SD295AD25L=3000	覆工コンクリートD II-ws2	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=300
下半ロックバルトD I-LL	耐力176.5kN以上L=6000	覆工コンクリートD III-a	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=350
下半ロックバルトD I-LR	耐力176.5kN以上L=6000	覆工コンクリートD III-s	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=350
		覆工コンクリートD I-LL	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=400
		覆工コンクリートD I-LR	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上t=400
		覆工コンクリート-妻部D I-LL	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上
		覆工コンクリート-妻部D I-LR	18-15-40(BB)C=270kg/m3以上
		コンクリート構造物略板	JISH2202600×400
		裏面排水工	
		裏面排水	透水マット30×300
		地下排水工	
		中央排水	φ300
		横断排水D I-b	φ130, φ100
		横断排水D II	φ150, φ100
		横断排水D II-s	φ150, φ100
		横断排水D II-ws1	φ150, φ100
		横断排水D II-ws2	φ150, φ100
		横断排水D III-a	φ150, φ100
		横断排水D I-LR	φ150, φ100
		坑門工	
		坑口付工	
		起点側坑口処理	
		終点側坑口処理	
		坑門本体工	
		起点側坑門	
		終点側坑門	
		工事用道路工	
		片切掘削-発生土(土砂)	
		片切掘削-発生土(軟岩I)	
		掘削-発生土(土砂)	
		掘削-発生土(軟岩I)	
		掘削-流用土(軟岩I)	
		路体盛土-流用土W<1.0m	
		路体盛土-流用土4.0m≦W	
		下層路盤RC40-20	
		上層路盤M40-10	
		表層RA2-5	
		舗装版取壊Lt=5cm	
		仮橋・仮構工	
		基礎杭設置	
		橋台設置	
		上部設置	
		覆工板設置	
		高欄設置	
		上部撤去	
		覆工板撤去	
		高欄撤去	
		橋台撤去	
		基礎杭撤去	
		電力設備工	
		受電設備	
		配電設備	
		電動機設備	
		トンネル仮設備工	
		トンネル仮設備保守	
		トンネル照明設備	
		トンネル用水設備	
		トンネル換気設備	
		トンネル送気設備	
		吹付ラント設備組立解体	
		スライドセメント組立解体	
		非常駐車帯スライドセメント組立解体	
		防水工作業台車組立解体	
		トンネル湧水処理設備	
		運搬費	
		重建設機械分解組立輸送費	
		仮設材運搬費	
掘削補助工			
掘削補助工A			
注入式長尺鍍ボルトD II-s	GFRP φ76L=13650		
注入式長尺鍍ボルトD II-ws1	GFRP φ76L=13650		
注入式長尺鍍ボルトD II-ws2	GFRP φ76L=13650		
注入式長尺鍍ボルトD III-s	GFRP φ76L=13650		
脚部補強(ワットハイド)D II-ws2	STK400 φ114.3L=2270		

③ 比較対象工種の数量

「コンクリート吹付工」のうち、「上半吹付 DI-b」の標準技術での工事数量を図 4. 3-28 に例示する。

表 4. 3-28 標準技術による工事数量（“上半吹付 DI-b”の例）

《吹付面積：2,911m² = 吹付周長：18.9m × 吹付延長：154m》

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
上半吹付DI-b	t=150	m	154	資材	コンクリート用骨材砂	洗い荒目	m ³	662	t	1,152
					コンクリート用骨材砕石	15~5mm	m ³	389	t	793
					セメント	普通ポルトランド・ハラ	t	298	t	298
					急結剤		kg	16,382	t	16
				機械稼働	軽油	1.2号	L	1,821	L	1,821
					電力料		kWh	3,993	kWh	3,993
				機械減耗	コンクリートプラント[バッチ型]	25m ³ /h	時間	77	h	77
					コンクリート吹付機[湿式・一体型]	TU排ガス型(第1次基準値)6~20m ³ 7m級	時間	108	h	108
					トラックキサ及びアジター外ラック	混合容量4.4m ³	時間	140	h	140
					固化材サイロ	30t移動型	供用日	36	運転日	36
					骨材ホッパ	15m ³ ×3	供用日	36	供用日	36

④ 設定条件

「コンクリート吹付工」のうち、「上半吹付 DI-b」の標準技術での工事積算における設定条件を表 4. 3-29 に例示する。

表 4. 3-29 標準技術（標準技術）による設定条件（“上半吹付 DI-b”の例）

項目	設定条件
加背区分	上半
掘削区分	DI (t=150)
掘削工のタンク運搬距離	1.7km以下
掘削工のタンク規格	10t
掘削1サイクル当り吹付工のサイクルタイム	47分
吹付周長	18.9m
掘削1サイクル当りの総サイクルタイム	(実)389分
運搬距離(往復)	1.29km
セメントの種類	各種

⑤ 代替技術の数量

代替技術の数量を表 4. 3-30 に示す。

- ・土木工事積算基準の数量をもとに算定した。
- ・フライアッシュの使用量は、従来工法のセメントに対して 20%の内割り置換、砂に対して 10%内割り置換で使用した。
- ・フライアッシュ用のサイロが増設となるため、セメントと同様に「固化材サイロ」を 1 基増設した。(供用日数セメント用サイロと同じと仮定)

表 4. 3-30 代替技術による工事数量 (“上半吹付DI-b” の例)

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
上半吹付DI-b	t=150	m	154	資材	コンクリート用骨材砂	洗い荒目	m ³	596	t	1,036
					コンクリート用骨材砕石	15~5mm	m ³	389	t	793
					セメント	普通ポルトランドセメント	t	238	t	238
					フライアッシュ		t	175	t	175
					急結剤		kg	16,382	t	16
				機械稼働	軽油	1.2号	L	1,821	L	1,821
					電力料		kwH	3,993	kWh	3,993
				機械減耗	コンクリートプラント[ハッチ型]	25m ³ /h	時間	77	h	77
					コンクリート吹付機[湿式・一体型]	TU排ガス型(第1次基準値)6~20m ³ 7m級	時間	108	h	108
					トラックキサ及びアジテータ	混合容量4.4m ³	時間	140	h	140
					固化材サイロ(普通ホルト用)	30t移動型	供用日	36	運転日	36
					固化材サイロ(FA用)	30t移動型	供用日	36	運転日	36
					骨材ホッパ	15m ³ ×3	供用日	36	供用日	36

⑥ 使用した二酸化炭素排出原単位

標準原単位にフライアッシュが用意されていなかったため、土木学会発行の「コンクリート技術シリーズ コンクリートの環境負荷評価 (その2)」を参考に定めた。

⑦ LCI 試算結果

「上半吹付DI-b」を例として、標準技術、代替技術それぞれのLCI試算結果を表 4. 3-31 および表 4. 3-32 に示す。

表 4. 3-31 標準技術（従来の一般強度用吹付けコンクリート）

二酸化炭素排出量（合計）：2,411t

工事数量			資材・機械等の数量					環境負荷原単位							環境負荷量(kg-CO2)										
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼			
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼							
上半吹付D I-b	t=150	m	154	資材	コンクリート用骨材砂	洗い荒目	m3	662	t	1,152	砂・砂利	t				1.58E+01	1.05E+01	5.28E+00		18.234	12.149	6.084	0		
					コンクリート用骨材砕石	15~5mm	m3	389	t	793	再生砕石	t	A					7.38E+00	5.36E+00	2.02E+00		5.855	4.256	1.599	0
					セメント	普通ポルトランドセメント	t	298	t	298	ポルトランドセメント普通	t						7.38E+02	7.31E+02	6.90E+00		219.858	217.804	2.054	0
					急結剤		kg	16,382	t	16	コンクリート混和・混入材	t	A					1.06E+02	1.00E+02	5.90E+00		1.736	1.639	97	0
				機械稼働	軽油	1.2号	L	1,821	L	1,821	軽油	L						3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	5.516	755	46	4,715
					電力料		kWh	3,993	kWh	3,993	事業用電力	kWh						4.44E-01	4.44E-01			1.773	1.773	0	0
				機械減耗	コンクリートプラント[ハッチ型]	25m3/h	時間	77	h	77	コンクリートプラント	h						2.74E+01				2.105			
					コンクリート吹付機[湿式・一体型]	TU排ガス型(第1次基準値)6"20m37m級	時間	108	h	108	コンクリート吹付機	h						1.73E+01				1.859			
					トラックミキサ及びアンテータラック	混合容量4.4m3	時間	140	h	140	トラックミキサ及びアンテータラック	h						8.19E+00				1.147			
					固化材サイロ	30t移動型	供用日	36	運転日	36	固化材サイロ	運転日						3.40E+01				1.224			
					骨材ホッパ	15m3×3	供用日	36	供用日	36								未計算							

表 4. 3-32 代替技術（フライアッシュ混入吹付けコンクリート）

二酸化炭素排出量（合計）：2,057t

工事数量			資材・機械等の数量					環境負荷原単位							環境負荷量(kg-CO2)											
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼				
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼								
上半吹付D I-b	t=150	m	154	資材	コンクリート用骨材砂	洗い荒目	m3	596	t	1,036	砂・砂利	t				1.58E+01	1.05E+01	5.28E+00		16.410	10.934	5.476				
					コンクリート用骨材砕石	15~5mm	m3	389	t	793	再生砕石	t	A					7.38E+00	5.36E+00	2.02E+00		5.855	4.256	1.599		
					セメント	普通ポルトランドセメント	t	238	t	238	ポルトランドセメント普通	t						7.38E+02	7.31E+02	6.90E+00		175.886	174.243	1.643		
					フライアッシュ		t	175	t	175	フライアッシュ	t						1.96E+01				3.425				
					急結剤		kg	16,382	t	16	コンクリート混和・混入材	t	A					1.06E+02	1.00E+02	5.90E+00		1.736	1.639	97		
				機械稼働	軽油	1.2号	L	1,821	L	1,821	軽油	L						3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	5.516	755	46	4,715	
					電力料		kWh	3,993	kWh	3,993	事業用電力	kWh						4.44E-01	4.44E-01			1.773	1.773			
				機械減耗	コンクリートプラント[ハッチ型]	25m3/h	時間	77	h	77	コンクリートプラント	h						2.74E+01				2.105				
					コンクリート吹付機[湿式・一体型]	TU排ガス型(第1次基準値)6"20m37m級	時間	108	h	108	コンクリート吹付機	h						1.73E+01				1.859				
					トラックミキサ及びアンテータラック	混合容量4.4m3	時間	140	h	140	トラックミキサ及びアンテータラック	h						8.19E+00				1.147				
					固化材サイロ(普通ホルト用)	30t移動型	供用日	36	運転日	36	固化材サイロ	運転日						3.40E+01				1.224				
					固化材サイロ(FA用)	30t移動型	供用日	36	運転日	36	固化材サイロ	運転日						3.40E+01				1.224				
				骨材ホッパ	15m3×3	供用日	36	供用日	36								未計算									

⑧ 比較対象工種の環境負荷量

比較対象工種の二酸化炭素排出量を図 4. 3-37 および図 4. 3-38 に示す。

- ・ コンクリート吹付工の二酸化炭素排出量のうち、セメントと骨材からの排出が大半を占める。
- ・ 代替技術ではセメントの環境負荷量が減少。

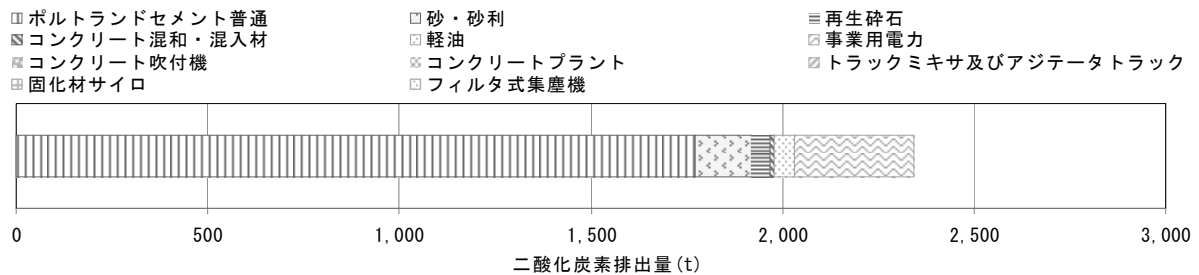


図 4. 3-37 標準技術：一般急結剤を用いた普通コンクリート吹付工の二酸化炭素排出量

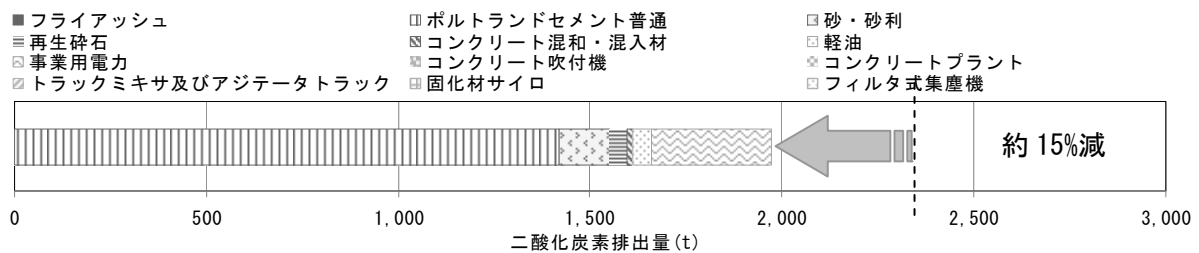


図 4. 3-38 代替技術：専用急結剤を用いた石炭灰混入コンクリート吹付工の二酸化炭素排出量

⑨ コンクリート吹付工の二酸化炭素排出量シェア

コンクリート吹付工の二酸化炭素排出量の比率を図 4. 3-39 に示す。

- ・ コンクリート吹付工合計の二酸化炭素排出量はトンネル工全体の約 2 割を占める。
- ・ 代替技術による環境負荷の削減量は全体の約 3%に相当

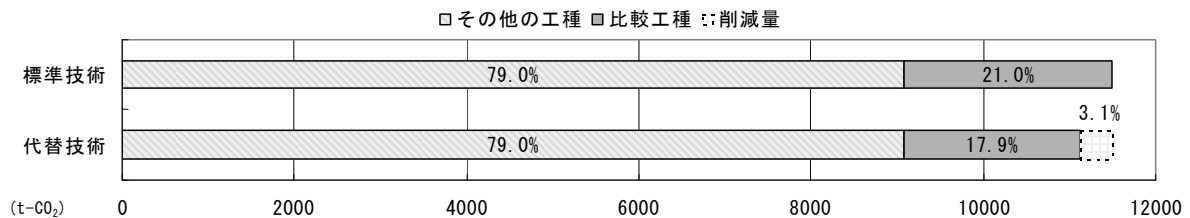


図 4. 3-39 トンネル工事（NATM）における標準技術（従来の一般強度用吹付けコンクリート）と代替技術（フライアッシュ混入吹付けコンクリート）の二酸化炭素排出量比率

⑩ 工種別の環境負荷量

標準技術、代替技術でのコンクリート吹付工の二酸化炭素排出量を図 4. 3-40 に示す。なお、コンクリート吹付工以外の工種の環境負荷量は標準施工（積算基準）による。

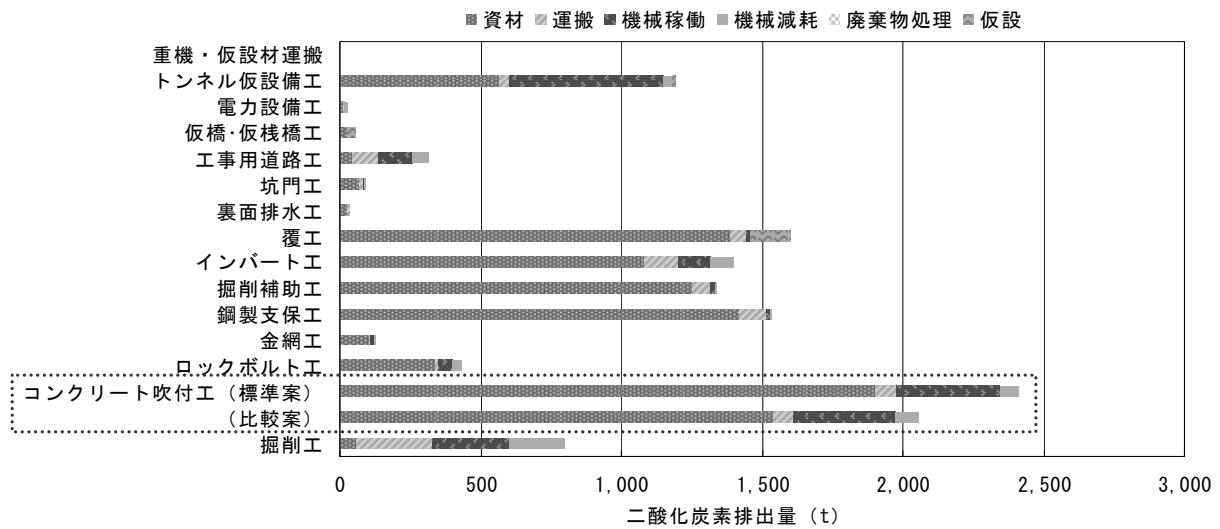



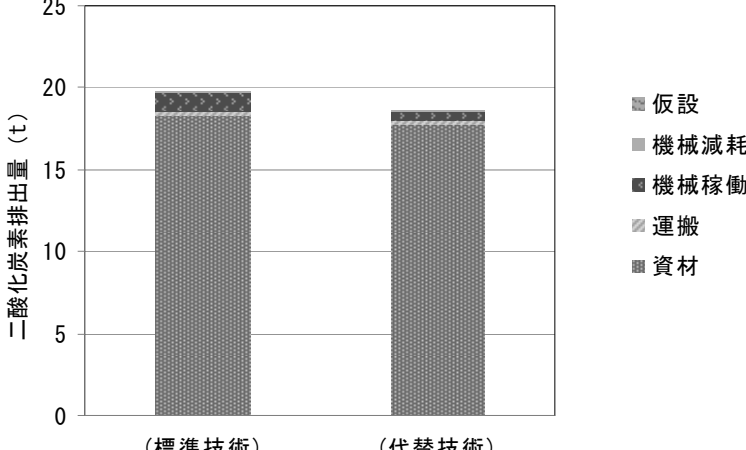
図 4. 3-40 工種別二酸化炭素排出量

⑪ 試算にあたっての留意事項、LCI 計算手法への意見

- ・ 今回の試算にあたり、標準原単位にフライアッシュが設定されていなかったため、土木学会発行の「コンクリート技術シリーズ コンクリートの環境負荷評価 (その2)」を参考に定めた。他機関の原単位を使用した場合、算定課程が異なる可能性もあるので、他材料の原単位と同様に標準原単位を定めておくことが望ましい。
- ・ 本工法は、現地で混合するため、フライアッシュ用のサイロを増設する必要がある。フライアッシュ用のサイロは、セメントサイロとほぼ同様の設備であるため、セメントサイロの環境負荷原単位を代用して算定を行った。
- ・ 本工法の二酸化炭素削減効果は、セメントを環境負荷原単位が小さいフライアッシュと置き換えることで得られるもので、混合セメント (フライアッシュセメント) を使用した場合でも同様の二酸化炭素削減効果が得られる。

(7) トンネル (NATM) の比較事例その2: 湿式吹付け工法 (急結材あり)

① 代替技術概要

代替技術 の名称	湿式吹付け工法 (急結剤あり)																								
概要	<p>・湿式吹付けによる断面修復技術に液体急結材を使用する事により、初期強度が高く、厚付けを可能にした断面修復工法。</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><標準技術との比較></p> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>標準技術</th> <th>湿式吹付け工法 (急結剤あり)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>吹付け厚(1回当たり)</td> <td>20~30mm</td> <td>100mm</td> </tr> <tr> <td>材料</td> <td>流動性が高い</td> <td>流動性が高い</td> </tr> <tr> <td>材料(補強繊維)</td> <td>含有可</td> <td>含有可</td> </tr> <tr> <td>剥落性能</td> <td>低い</td> <td>高い</td> </tr> <tr> <td>リバウンド量</td> <td>不明</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>材料ロス率</td> <td>0.25</td> <td>0.32</td> </tr> <tr> <td>初期強度発現</td> <td>低い</td> <td>高い</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">鉄道高架橋への施工状況</p>		標準技術	湿式吹付け工法 (急結剤あり)	吹付け厚(1回当たり)	20~30mm	100mm	材料	流動性が高い	流動性が高い	材料(補強繊維)	含有可	含有可	剥落性能	低い	高い	リバウンド量	不明	0.1	材料ロス率	0.25	0.32	初期強度発現	低い	高い
	標準技術	湿式吹付け工法 (急結剤あり)																							
吹付け厚(1回当たり)	20~30mm	100mm																							
材料	流動性が高い	流動性が高い																							
材料(補強繊維)	含有可	含有可																							
剥落性能	低い	高い																							
リバウンド量	不明	0.1																							
材料ロス率	0.25	0.32																							
初期強度発現	低い	高い																							
標準技術 (従来工 法等)	<p>ポリマーセメントモルタル吹付け工法 試算対象：プライマー塗布工およびモルタル吹付工を 試算対象とする構造物の概要 高架橋床板下面を補強する工事を想定。(吹付け面積 100m²、厚さ 100mm)</p>																								
LCI 試算 結果	<p>・湿式吹付け工法 (急結材あり) は一度で厚付けできるため機械稼働が約 50%削減され、吹付けモルタルのリバウンドが少なくセメント量を削減できるため、1t-CO₂削減できた。 →代替技術を用いることによる二酸化炭素削減量は、1t-CO₂削減であった。</p> <div style="text-align: center;">  </div>																								
備考	NETIS ジョッツ・クリート工法(KK-060016-V)																								

② 全工種及び代替技術との比較対象工種

橋梁下部工事の全工種を表 4. 3-33 に示す。なお、代替技術との比較対象とする「プライマー塗布工およびモルタル吹付工」は網がけで示した。

表 4. 3-33 全工種及び代替技術との比較対象工種

工事区分・工種・種別・細別・規格
準備工
劣化部研り工
鉄筋ケレン工
防錆工
配筋工
プライマー塗布工
モルタル吹付工
粗仕上げ工
左官仕上げ

③ 比較対象工種の数量

「プライマー塗布工およびモルタル吹付工」の標準技術での工事数量を表 4. 3-34 に示す。

表 4. 3-34 標準技術（プライマー塗布工およびモルタル吹付工）による工事数量

工事数量			資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後	
								単位	数量
材料			資材	ポリマーセメント		kg	27.812.5	t	27.8
			資材	プライマー		kg	5.5	t	0.006
			資材	養生材		kg	2.8	t	0.003
機械設備			機械減耗	モルタル吹付機械	0.4 ^h	日	34.7	t・日	13.9
			機械減耗	モルタルミキサ	0.2 ^h	日	34.7	t・日	6.9
			機械減耗	空気圧縮機(5m ³ /min)	0.8 ^h	日	24.3	t・日	19.4
			機械減耗	発電機(15KVA)	0.5 ^h	日	24.3	t・日	12.2
			機械稼働	燃料(軽油)	7.8 ^h +2.9 ^h ×34.72日	日	371.5	L	371.5
			資材	油脂類	110円/日×20%	円	8,173.0	千円	8.2

④ 設定条件

「プライマー塗布工およびモルタル吹付工」の標準技術での工事積算における設定条件を表 4. 3-35 に示す。

表 4. 3-35 標準技術（プライマー塗布工およびモルタル吹付工）による設定条件

項目	設定条件
吹付け面積	100m ²
吹付厚	100mm
1日当り施工量	1.06m ³ /日

⑤ 代替技術の数量

代替技術の数量を表 4. 3-36 に示す。標準的な数量を算定した。

表 4. 3-36 代替技術（湿式吹付け工法（急結剤あり））による工事数量

工事数量				資材・機械等の数量					
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後	
								単位	数量
材料			資材	ポリマーセメント	NSパワーショット	kg	25,275.3	t	25.3
			資材	急結材	アルカリフリー液体急結材	kg	328.3	t	0.3
			資材	繊維補強材	ポリプロピレン繊維	kg	10.9	t	0.0
			資材	プライマー		kg	3.3	t	0.0
			資材	養生材		kg	8.3	t	0.0
機械設備			機械減耗	モルタル吹付機械	1.1 ^ト	日	12.4	t・日	13.6
			機械減耗	モルタルミキサ	0.2 ^ト	日	12.4	t・日	2.5
			機械減耗	急結材ポンプ	0.11 ^ト	日	12.4	日	1.4
			機械減耗	空気圧縮機(5m3/min)	0.8 ^ト	日	12.4	t・日	9.9
			機械減耗	発電機(45KVA)	1.2 ^ト	日	12.4	t・日	14.9
			機械稼働	燃料(軽油)	7.8 ^{リットル} +7.3 ^{リットル} ×12.39日	リットル	187.1	L	187.1
			資材	油脂類	110円/リットル×20%	円	4,116.0	千円	4.1

⑥ 使用した二酸化炭素排出原単位

国土政策技術総合研究所の環境負荷原単位を用いた。

⑦ LCI 試算結果

「プライマー塗布工およびモルタル吹付工」の標準技術、代替技術それぞれの LCI 試算結果を表 4. 3-37 および表 4. 3-38 に示す。

表 4. 3-37 標準技術（ポリマーセメントモルタル吹付け工法）

二酸化炭素排出量（合計）：20t

工事数量				資材・機械等の数量				環境負荷原単位										環境負荷量(kg-CO2)								
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼				
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼								
材料			資材	ポリマーセメント		kg	27.812.5	t	27.8	その他のセメント	t				6.65E+02	6.58E+02	6.90E+00		18,496	18,305	192					
			資材	プライマー		kg	5.5	t	0.006	酢酸ビニルモノマー	t				1.83E+03	1.78E+03	4.49E+01		10	10	0					
			資材	養生材		kg	2.8	t	0.003	酢酸ビニルモノマー	t				1.83E+03	1.78E+03	4.49E+01		5	5	0					
機械設備			機械減耗	モルタル吹付機械	0.4 ^h	日	34.7	t・日	13.9	モルタル吹付機械	供用日				3.56E+00				49							
			機械減耗	モルタルミキサ	0.2 ^h	日	34.7	t・日	6.9	モルタルミキサ	供用日				3.56E+00				25							
			機械減耗	空気圧縮機(5m3/min)	0.8 ^h	日	24.3	t・日	19.4	空気圧縮機(5m3/min)	供用日				3.56E+00				69							
			機械減耗	発電機(15KVA)	0.5 ^h	日	24.3	t・日	12.2	発電機(15KVA)	供用日				3.56E+00				43							
			機械稼働	燃料(軽油)	7.8%+2.9%×34.72日	%		371.5	L	371.5	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	1,125	154	9	962			
			資材	油脂類	110円/%×20%	円	8,173.0	千円	8.2	その他の石油製品	t					4.59E+00	4.22E+00	3.70E-01		37	34	3				

表 4. 3-38 代替技術（湿式吹付け工法(急結剤あり)）

二酸化炭素排出量（合計）：19t

工事数量				資材・機械等の数量				環境負荷原単位										環境負荷量(kg-CO2)							
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼			
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼							
材料			資材	ポリマーセメント	NSパワーション	kg	25.275.3	t	25.3	その他のセメント	t				6.65E+02	6.58E+02	6.90E+00		16,809	16,635	174				
			資材	急結材	アルカリフリー液体急結材	kg	328.3	t	0.3	その他の無機化学工業製品	t				3.32E+03	3.20E+03	1.16E+02		1,089	1,051	38				
			資材	繊維補強材	ポリプロピレン繊維	kg	10.9	t	0.0	ポリプロピレン	t				1.14E+03	1.10E+03	3.91E+01		12	12	0				
			資材	プライマー		kg	3.3	t	0.0	酢酸ビニルモノマー	t				1.83E+03	1.78E+03	4.49E+01		6	6	0				
			資材	養生材		kg	8.3	t	0.0	酢酸ビニルモノマー	t				1.83E+03	1.78E+03	4.49E+01		15	15	0				
機械設備			機械減耗	モルタル吹付機械	1.1 ^h	日	12.4	t・日	13.6	モルタル吹付機械	供用日				3.56E+00				49	0	0				
			機械減耗	モルタルミキサ	0.2 ^h	日	12.4	t・日	2.5	モルタルミキサ	供用日				3.56E+00				9	0	0				
			機械減耗	急結材ポンプ	0.11 ^h	日	12.4	日	1.4	急結材ポンプ	供用日				3.56E+00				5	0	0				
			機械減耗	空気圧縮機(5m3/min)	0.8 ^h	日	12.4	t・日	9.9	空気圧縮機(5m3/min)	供用日				3.56E+00				35	0	0				
			機械減耗	発電機(45KVA)	1.2 ^h	日	12.4	t・日	14.9	発電機(45KVA)	供用日				3.56E+00				53	0	0				
			機械稼働	燃料(軽油)	7.8%+7.3%×12.39日	%		187.1	L	187.1	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	567	78	5	484		
		資材	油脂類	110円/%×20%	円	4,116.0	千円	4.1	その他の石油製品	t					4.59E+00	4.22E+00	3.70E-01		19	17	2				

⑧ 比較対象工種の環境負荷量

比較対象工種の二酸化炭素排出量を図 4. 3-41 および図 4. 3-42 に示す。

- ・ プライマー塗布工およびモルタル吹付工の二酸化炭素排出量のうち、セメントからの排出が大部分を占め、代替技術ではセメントの環境負荷量が減少。

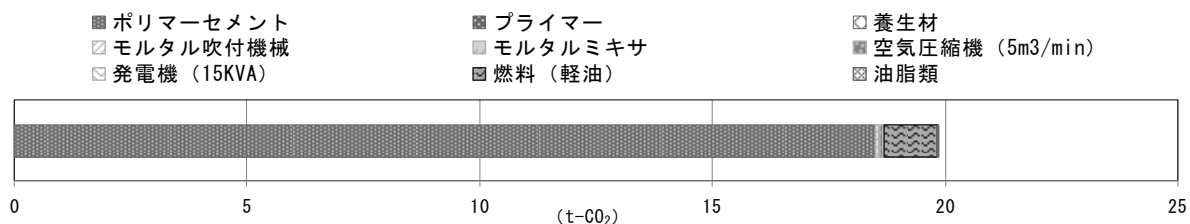


図 4. 3-41 標準技術：ポリマーセメントモルタル吹付けによるプライマー塗布工およびモルタル吹付工の二酸化炭素排出量

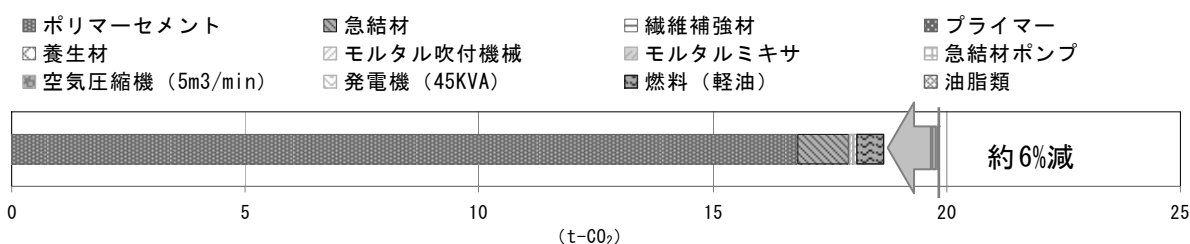


図 4. 3-42 代替技術：湿式吹付け工法（急結剤あり）を用いたプライマー塗布工およびモルタル吹付工の二酸化炭素排出量

⑨ 試算にあたっての留意事項、LCI 計算手法への意見

- ・ メーカーの化学製品の使用により大きな開きが出る可能性が高い。今回は同じ材料として試算した。メーカーごと、何らかの薬品を少量加えただけの違いでは、評価が難しい。材料の比率が評価に影響する。材料に対する二酸化炭素換算値のくくりが大きく材料の化学成分についての資料、試算数値がない。化学薬品に頼っている工法では試算に向いていない。
- ・ リバウンド材の発生量の違いにより廃棄物量の削減効果を検証しようとしたが、リバウンド量に対する評価が無かったので除外した。
- ・ 複層で増厚する既存工法では剥離が多くみられ、維持メンテナンスに費用がかかると言われているが、正確な実績が検証されていなため評価から除外した。
- ・ 試算では各機械を 1 台投入して工程日数を決めたが、実情は現場の状況を考え最適投入台数を決定するが、場合によっては差が出ない事もある。
- ・ 鉄道などの振動の大きな場合は終初電間工事になる場合があるが初期強度の発現時間によって施工歩掛りが大きく変化する場合がある。施工条件によっては大きく差がつく場合もあるので一概に今回の試算結果が全てに当てはまるとは限らない。

(8) 橋梁上部（鋼橋）

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-39 および図 4. 3-43 に示す。

表 4. 3-39 橋梁（上部）・工事概要

道路種別	自動車専用道路（1種2級）
橋長	371.5m
車線数	4車線（片側2車線）
全幅員	23.5m
橋種	鋼橋（10径間連続非合成板桁橋）
代表工種	桁製作工、検査路製作工、工場塗装工、工場製品輸送工、架設工、支承工、現場継手工、橋梁現場塗装工、床版工、落橋防止装置工、排水装置工、壁高欄工、中央分離帯工 等 ※ 舗装工は含まれない

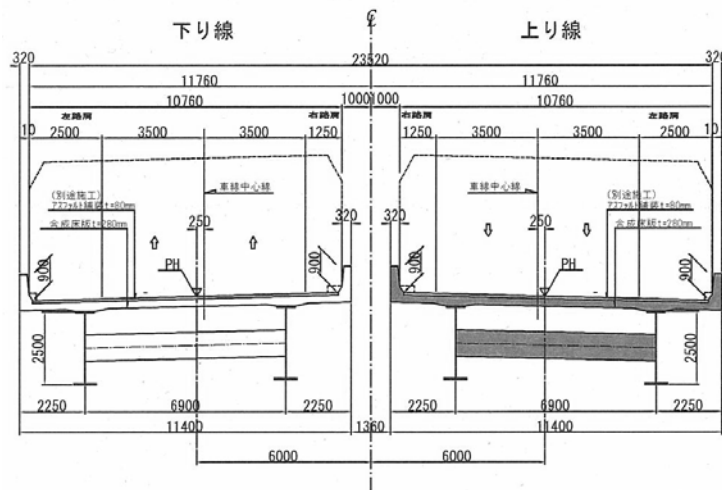


図 4. 3-43 橋梁（上部）・標準横断面図

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・本工事による二酸化炭素排出量は約 1.1 万トンと試算。
- ・資材の環境負荷量のシェアが高い（約 95%）。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-44 および図 4. 3-45 に示す。

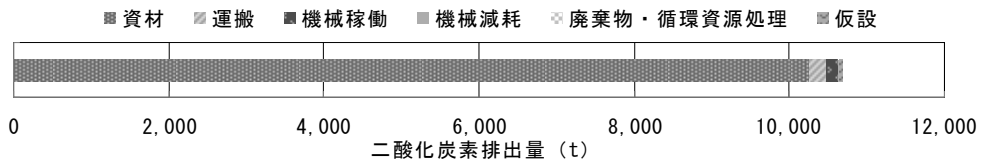


図 4. 3-44 二酸化炭素排出量（工事計）

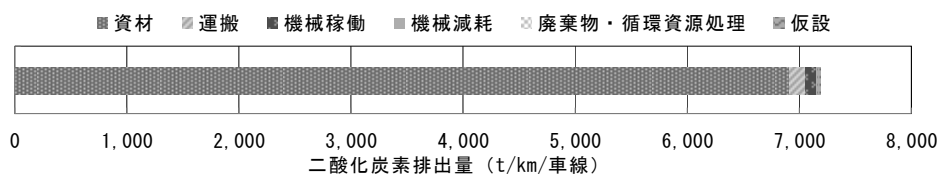


図 4. 3-45 二酸化炭素排出量（車線キロ当り）

イ. 工種別の環境負荷量

- 鋼材の使用量が多い桁製作工および床版工の環境負荷量が多く、工事全体の排出量の約80%を占めている。
- 床版は自動車等の荷重が直接載る床部分であり、本事例では鋼板及びコンクリートで作られている。桁も荷重を橋脚に伝える部分であり、本事例では鋼材により作られている。
- 本工事では仮設材による二酸化炭素排出量も含まれている。仮設材の原単位は金額あたりの二酸化炭素排出原単位を使用していること、重仮設を想定した減価償却率を使用していることから、工事全体に占める割合は少ないが、二酸化炭素排出量を網羅的に把握する観点からは今後課題となる事項である。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-46 および図 4. 3-47 に示す。

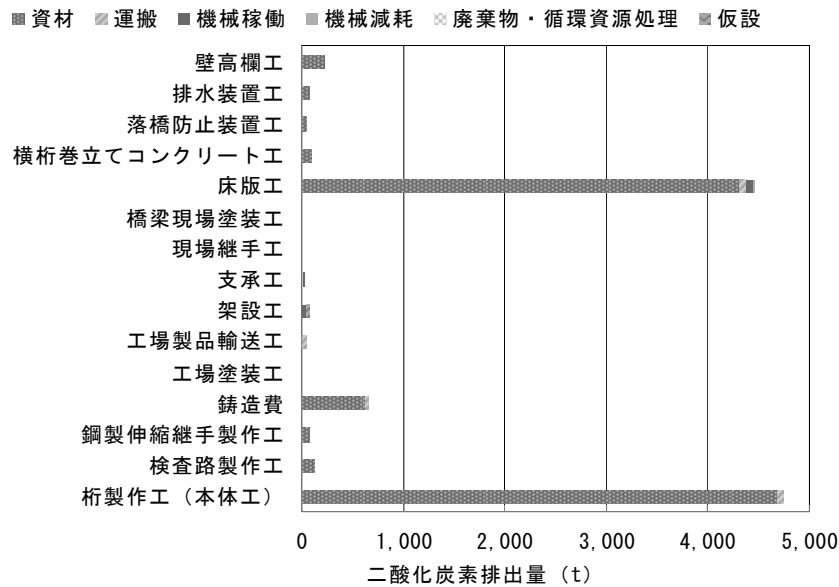


図 4. 3-46 工種別の二酸化炭素排出量

(参考) 工事数量当りの環境負荷量

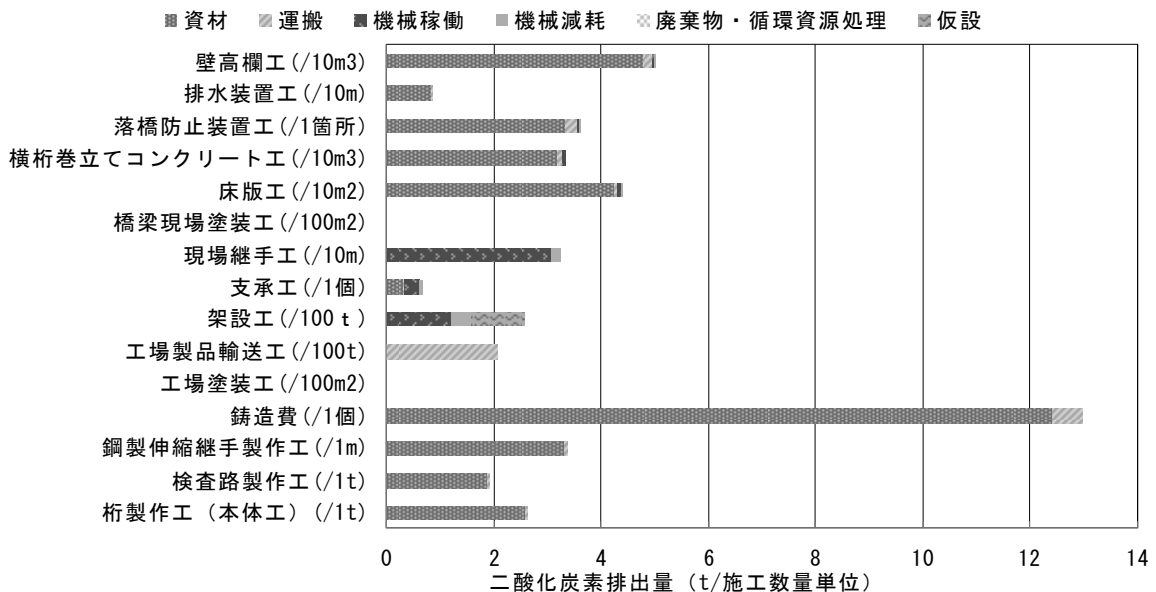


図 4. 3-47 施工数量当りの二酸化炭素排出量

ウ. 資材品目別の環境負荷量

- 鋼材の環境負荷量が多く、全体の約7割以上を占める。

資材別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-48 に示す。

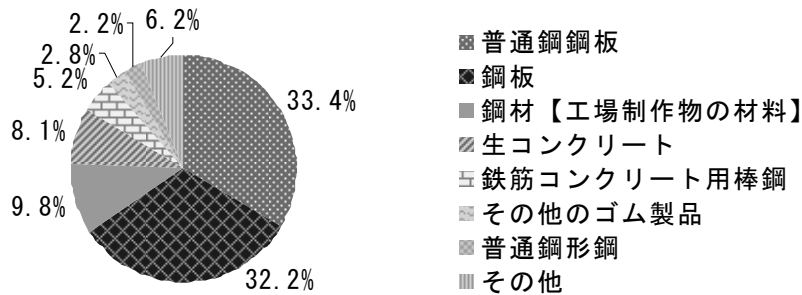


図 4. 3-48 資材品目別の二酸化炭素排出量

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

- 発電発電機、ラフテレーンクレーンの環境負荷が大きい。
- 土工とは違い、同様の橋梁を建設する場合に変動することはほぼないと考えられる。

運搬・建設機械の環境負荷量を図 4. 3-49 に示す。

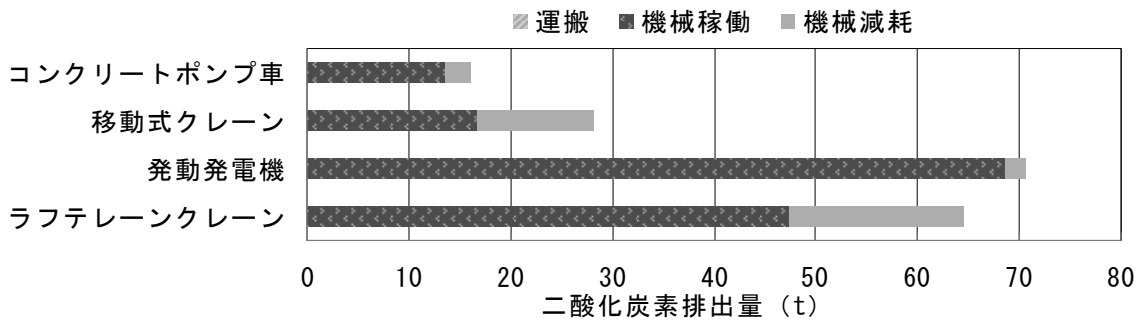


図 4. 3-49 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量はごくわずか。
- 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約4%に相当。
- 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約31%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-50 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を図 4. 3-40、図 4. 3-41、図 4. 3-42 示す。

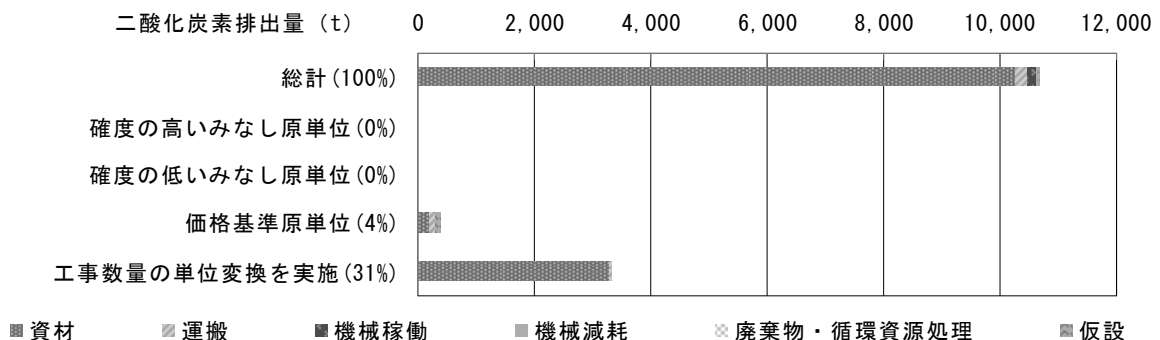


図 4. 3-50 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-40 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
コンクリート膨張材	20kg/m ³	kg	59,304	コンクリート混和・混入材	t	A
ハックアップ材	軟質	m ³	0	ポリエチレン（高密度）	t	A
高弾性ハックアップ材	硬質	m ³	2	ポリエチレン（低密度）	t	A
材料費	橋歴版	千円	50	その他の金属製品（除別掲）	千円	A
床版用排水管(スラブドレーン)		千円	31	排水管・排砂管	千円	B
弾性シール材		千円	1,512	接着剤	千円	A
養生マット	1.0×30m×12	千円	1,564	ポリエチレン（低密度）	千円	A
板張防護工賃料		千円	305	足場・朝顔・登り棧橋	千円	B
板張防護賃料		千円	254	足場・朝顔・登り棧橋	千円	B
部分作業床賃料		千円	3,008	足場・朝顔・登り棧橋	千円	B

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-41 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位名
Uボルト	15C	千円	268	ボルト・ナット
Uボルト	32C	千円	148	ボルト・ナット
アンカーボルト	S45CNM68*1275	千円	1,008	ボルト・ナット
ゴム管	25A×250	千円	1	その他のゴム製品
スタットシールド	19φ×150	千円	448	建設用金属製品
スタットシールド	NSD400D25×350	千円	1,008	ボルト・ナット
スタットシールド	φ22×200	千円	2,606	建設用金属製品
ナット	M20	千円	0	ボルト・ナット
ナット	S45CNM681種	千円	64	ボルト・ナット
ナット	S45CNM683種	千円	73	ボルト・ナット
ホールインアンカー	M10×100	千円	7	落石・雪崩防止材（柵・金網・アンカー）
ホールインアンカー	M12×100	千円	1	落石・雪崩防止材（柵・金網・アンカー）
ホールインアンカー	M12×100(下部工排水用)	千円	91	落石・雪崩防止材（柵・金網・アンカー）
ホールインアンカー	M16×100	千円	39	落石・雪崩防止材（柵・金網・アンカー）
ホールインアンカー	M16×125	千円	12	落石・雪崩防止材（柵・金網・アンカー）
レジューサー	R-3(D)300×250	千円	5	塩化ビニル樹脂
レジューサー(D)	R-4(D)300×150	千円	16	塩化ビニル樹脂

表 4. 3-42 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の 単位	元の 数量	変換後 単位	変換後 数量	単位換算係数				環境負荷原単位	
						単位	係数	依拠	依拠詳細	原単位名	単位
シンククリップライナー	原板フラット	m2	3,302	kg	495.300	kg/m ²	0.150	建設物価	P168	塗料	kg
パッキング材	軟質	m3	0	t	0.004	t/m3	0.035	メーカー・協会資料等	http://www.nakaishoko.co.jp/hinmoku/backup/index.htm	ポリエチレン（高密度）	t
ボルト	SUS304M16×70(1N,1W)	組	50	t	0.016	t/組	0.000	建設物価（補間）	P58	ボルト・ナット	t
ボルト	SUS304M20×60(1N,1W)	組	10	t	0.003	t/組	0.000	建設物価	P58	ボルト・ナット	t
ボルト	SUS304M20×65(1N,1W)	組	40	t	0.0	t/組	0.000	建設物価	P58	ボルト・ナット	t
ボルト	SUS304M20×80(1N,1W)	組	10	t	0.0	t/組	0.000	建設物価	P58	ボルト・ナット	t
希釈剤	エポキシ樹脂塗料用シンナー	L	44	t	0.0	t/L	0.001	建設物価	P171	シンナー	t
希釈剤	無機シンククリップライナー用シンナー	L	100	t	0.1	t/L	0.001	建設物価	P171	シンナー	t
継手部塗装(新橋継手部現場塗装)1100g/m2(スプレー)	下塗り超厚膜エポキシ樹脂塗料	m2	2	kg	2.2	kg/m ²	1.100	積算書		塗料	kg
継手部塗装(新橋継手部現場塗装)160g/m2(スプレー)	ミルトン変性エポキシ樹脂塗料	m2	2	kg	0.3	kg/m ²	0.160	積算書		塗料	kg
鋼製バネ製品費	スリット加工費含む	m2	10,155	t	1,218.6	t/m2	0.120	メーカー・協会資料等	日本橋梁建設協会資料 (http://www.jasbc.or.jp/whatsnew/files/DE064.p)	鋼板	t

(9) 舗装（土工）

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-43 および図 4. 3-51 に示す。

表 4. 3-43 舗装・工事概要

道路種別	一般国道（3種1級）
施工延長	1,160m
車線数	4車線（片側2車線）
全幅員	32m
代表工種	道路土工、場所打擁壁工、プレキャスト擁壁工、補強土壁工 切削オーバーレイ工、本線舗装工、歩道舗装工、側溝工、管渠工、 集水柵・マンホール工、縁石工、防護柵工、構造物取壊工 等

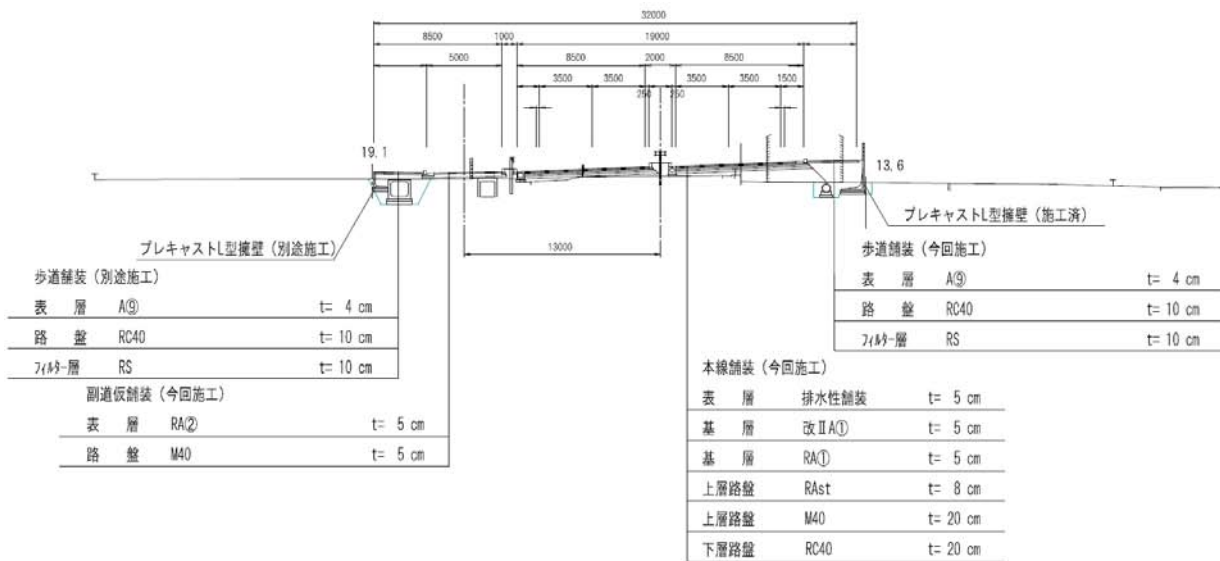


図 4. 3-51 舗装・標準横断面図

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・ 本工事による二酸化炭素排出量は約 1,200 トンと試算。
- ・ 資材および運搬の環境負荷量のシェアが高い。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-52 および図 4. 3-53 に示す。

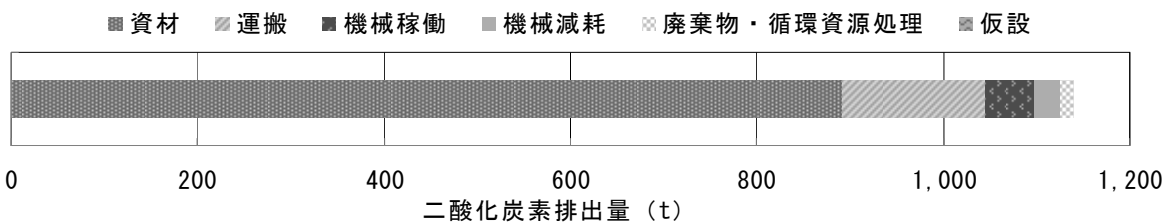


図 4. 3-52 二酸化炭素排出量（工事計）

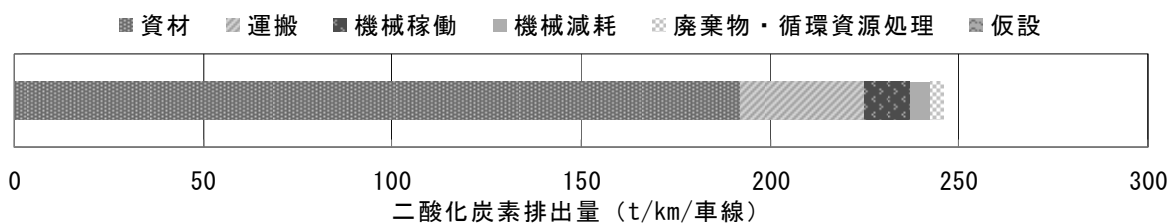


図 4. 3-53 二酸化炭素排出量（車線キロ当り）

イ. 工種別の環境負荷量

- ・ アスファルトの使用量が多い舗装工、コンクリート製品の使用量が多い補強土壁（テールアルメ）工の環境負荷量が多い。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-54 および図 4. 3-55 に示す。

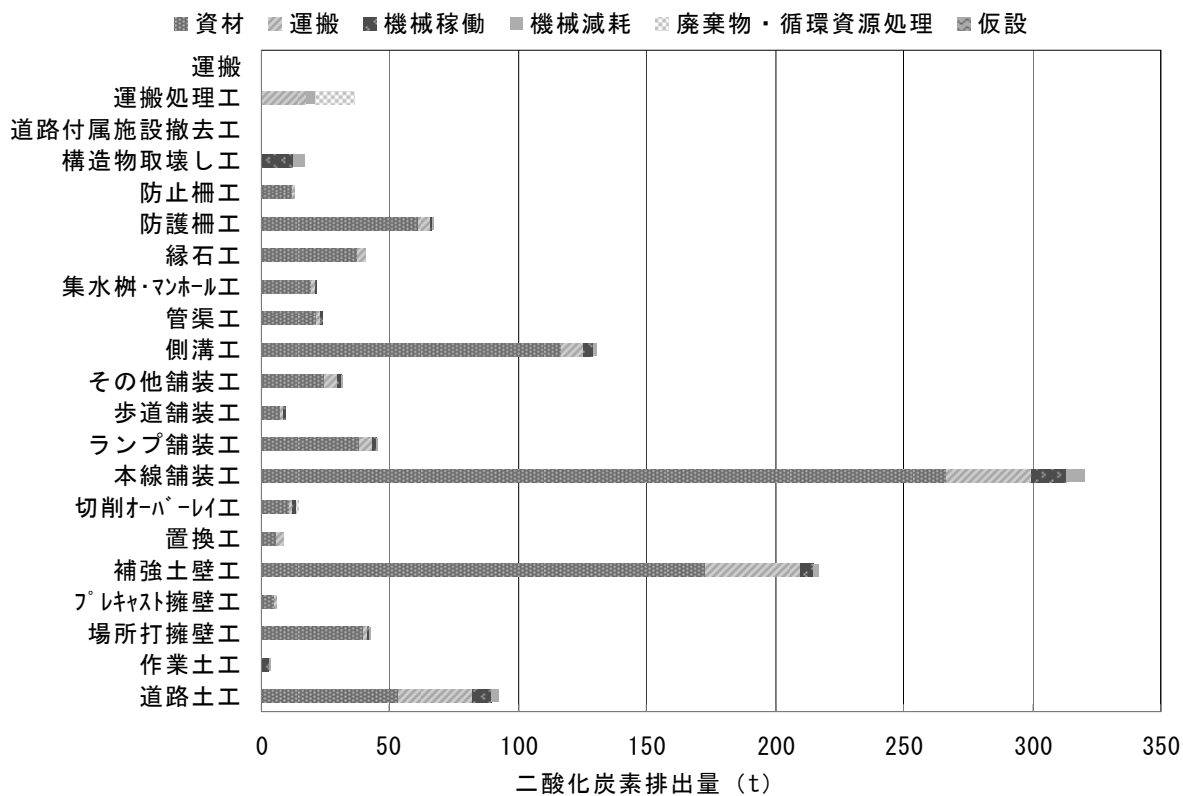


図 4. 3-54 工種別の二酸化炭素排出量

ウ. 資材品目別の環境負荷量

- ・ アスファルト合材や土工材の環境負荷量が多い（全体の約 40%）が、その他の資材の環境負荷量もそれぞれ 2~10%程度ある。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-56 に示す。

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

- ・ バックホウ、ダンプトラックなど掘削・運搬機械の環境負荷が大きい。

運搬・建設機械の環境負荷量を図 4. 3-57 に示す。

(参考) 工事数量当りの環境負荷量

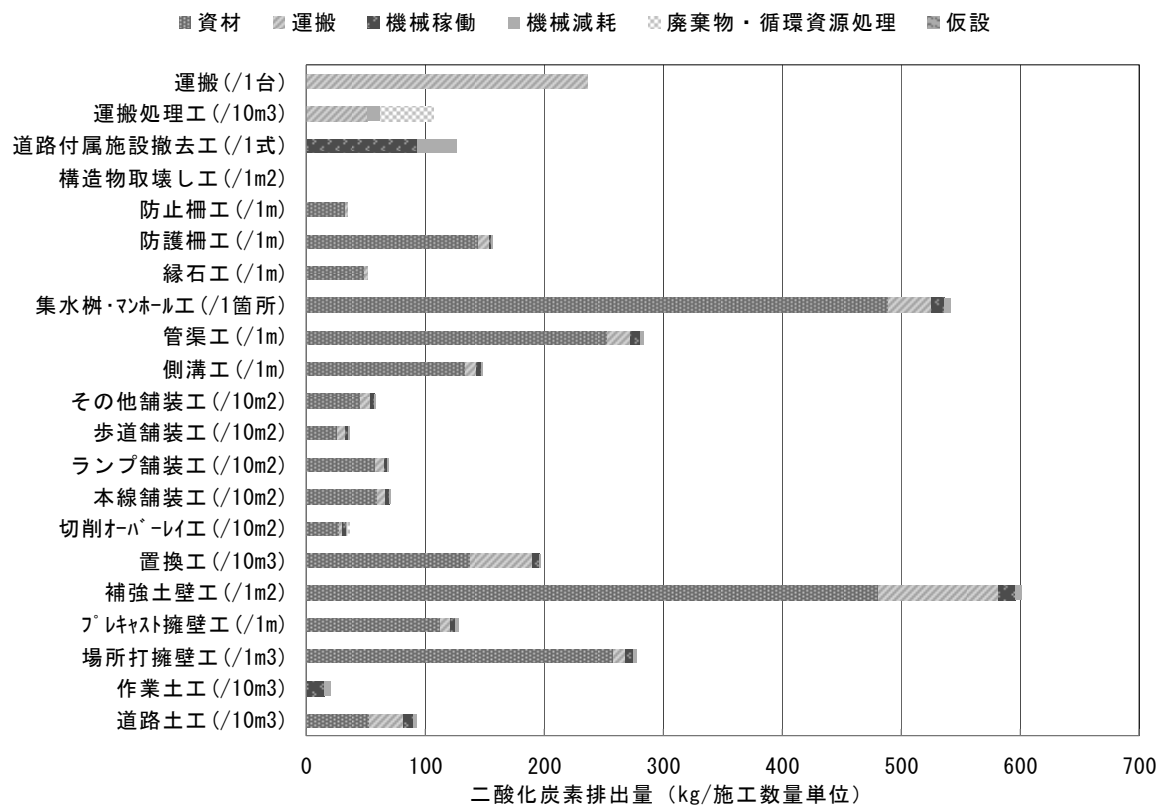


図 4. 3-55 施工数量当りの二酸化炭素排出量

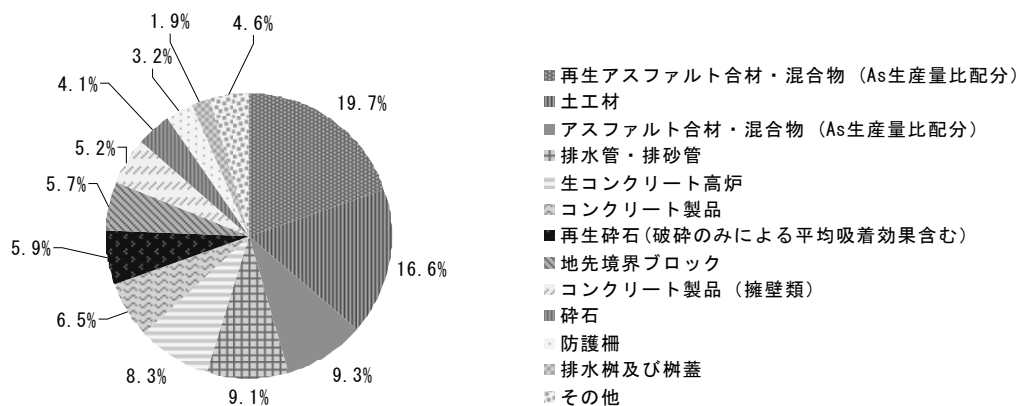


図 4. 3-56 資材品目別の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- ・ みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約 25%に相当。確度の低いみなし原単位のものはごくわずか。
- ・ 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 9%に相当。
- ・ 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 48%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-58 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-44、表 4. 3-45、表 4. 3-46 に示す。

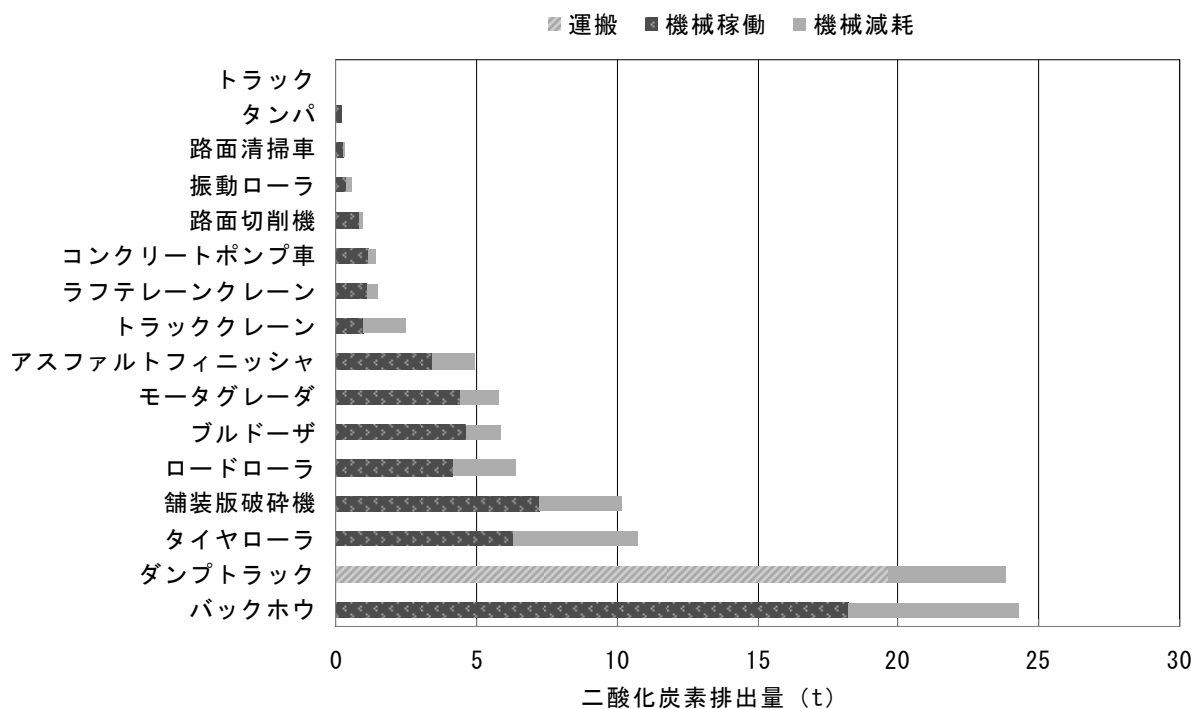


図 4. 3-57 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量

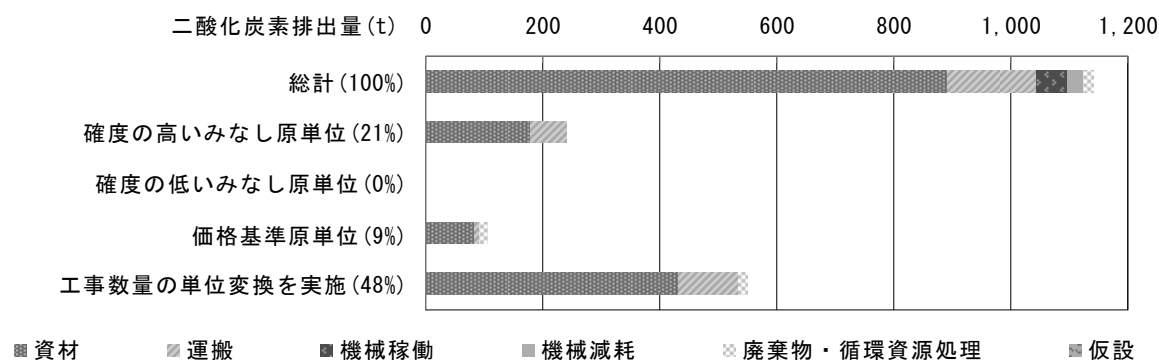


図 4. 3-58 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-44 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
砕質土	φ 100以下	m ³	5,963	土工材	t	A
円形水路	D800	千円	3,519	排水管・排砂管	千円	A
街渠縦断管	D800	個	198	排水管・排砂管	t	A
街渠縦断管	D800(泥溜94°)	個	23	排水管・排砂管	t	A
吸出し防止材		千円	2	土木シート	千円	A
水平目地材	20t×85×600	枚	216	その他の木製品(除別掲)	t	A
足掛金物	φ19W=300	個	10	普通鋼小棒	t	A
透水防砂材	4t×300	千円	144	土木シート	千円	A
処分費(NIPPO)	A6殻(掘削材)	千円	3,690	再生資源回収・加工処理	千円	A
処分費(NIPPO)	A6殻(切削材)	千円	130	再生資源回収・加工処理	千円	A
処分費(NIPPO)	C6殻(無筋)	千円	809	再生資源回収・加工処理	千円	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-45 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位名
L型受枠	GMF-1-1	千円	18	コンクリート製品
コンクリートポンプ用ゴム	t=10mm	千円	331	その他のゴム製品
円形水路	D300	千円	3,519	排水管・排砂管
基礎砕石費		千円	132	砕石
基礎砕石費18%		千円	22	砕石
基礎砕石費19%		千円	226	砕石
吸出し防止材		千円	2	土木シート
自在R基礎ブロック	B型(基本)	千円	6,620	コンクリート製品
自在R基礎ブロック	B型(端部A)	千円	59	コンクリート製品
自在R基礎ブロック	B型(端部B)	千円	60	コンクリート製品
樹脂発泡体目地板	厚20mm30倍	千円	12	樹脂発泡体目地板
中央分離帯柵		千円	656	排水柵及び柵蓋

表 4. 3-46 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数			環境負荷原単位		
						単位	係数	依拠	依拠詳細	原単位名	単位
アスファルト乳剤	PK-37アスファルト用	L	14,390	t	14,390	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
アスファルト乳剤	PK-49ウレタン用	L	8,135	t	8,135	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
アスファルト乳剤	PKR37ム入り	L	3,105	t	3,105	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
ガードレール	Gr-B-2B(グレーン・ジュ)	m	425	t	8,288	t/m	0.020	メーカー・協会資料等	http://www.ns-kenzai.co.jp/product/c1/02gard.html	防護柵	t
グレーチング蓋	400×800(中分用)	個	2	t	0.1	t/個	0.047	建設物価	P232	グレーチング	t
U型管	外圧管1種B形200×27×2000	本	13	t	1.3	t/本	0.103	メーカー・協会資料等	http://www.hume-pipe.org/products/B.pdf	コンクリート管	t
U型管	外圧管1種B形600×50×2430	本	4	t	2.4	t/本	0.660	メーカー・協会資料等	http://www.hume-pipe.org/products/B.pdf	コンクリート管	t
フィルター材料	再生砂	m ³	99	t	172.6	t/m ³	1.740	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	砂・砂利	t
プレキャストH型擁壁	H=700L=2000	個	3	t	1.5	t/個	0.510	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/01-05_12touchw.pdf	コンクリート製品(擁壁類)	t
プレキャストH型擁壁	H=800L=2000	個	2	t	1.1	t/個	0.565	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/01-05_12touchw.pdf	コンクリート製品(擁壁類)	t
プレキャストH型擁壁	H=900L=1680	個	1	t	0.5	t/個	0.521	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/01-05_12touchw.pdf	コンクリート製品(擁壁類)	t
プレキャストH型擁壁	H=900L=2000	個	18	t	11.0	t/個	0.620	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/01-05_12touchw.pdf	コンクリート製品(擁壁類)	t
ブロック材	1000×1000	個	4	t	11.1	t/個	3.160	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/02-01_rcb.pdf	コンクリート製品	t
ブロック材	1000×1200	個	10	t	32.5	t/個	3.420	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/02-01_rcb.pdf	コンクリート製品	t
ブロック材	300×300	個	12	t	6.9	t/個	0.576	メーカー・協会資料等	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/02-07_mb.pdf	コンクリート製品	t
ボルト・ナット	M12×40	組	1,093	t	0.1	t/組	0.000	建設物価	P58	ボルト・ナット	t

(10) 舗装（橋梁）

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-47 および図 4. 3-59 に示す。

表 4. 3-47 舗装（橋梁）・工事概要

道路種別	一般国道（3種1級）
施工延長	1,267m
車線数	4車線（上下各2車線）
全幅員	17.5m（上下計）
代表工種	掘削工、盛土工、法面整形工、植生工、プレキャスト擁壁工、補強土壁工、舗装工、側溝工、管渠工、集水桝・マンホール工、排水工、縁石工、踏掛版工、防護柵工、区画線工、情報ボックス工、付帯設備工 等

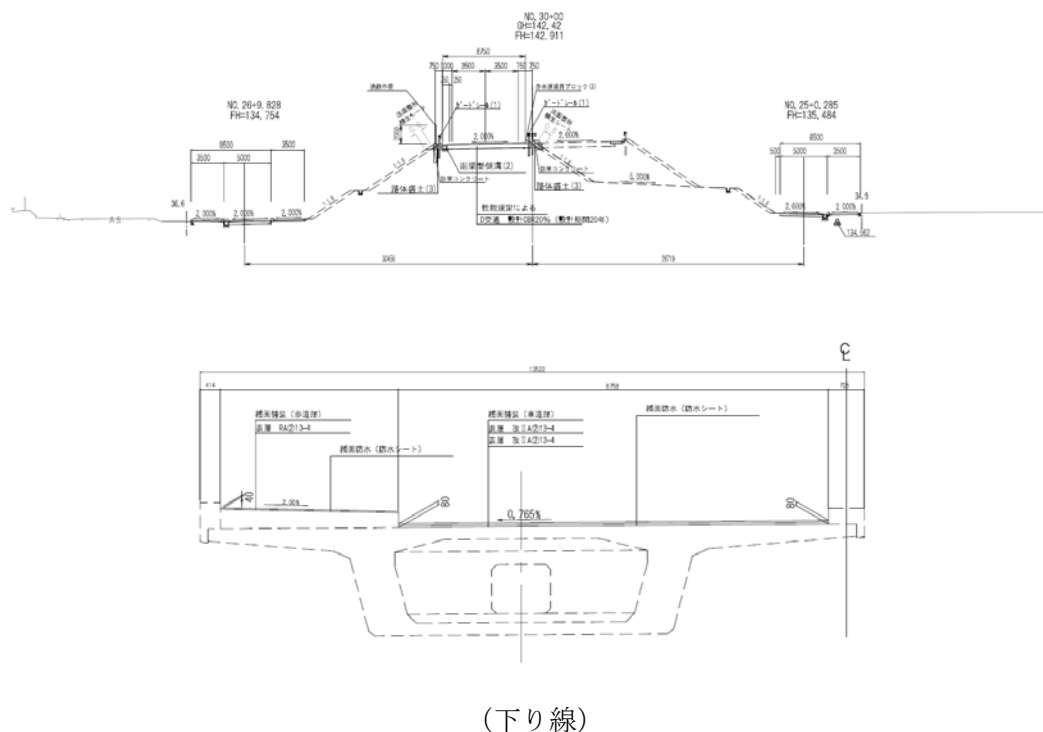


図 4. 3-59 舗装（橋梁）・標準横断面図

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・ 本工事による二酸化炭素排出量は約 730 トンと試算。
- ・ 資材の環境負荷量のシェアが高い。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-60 および図 4. 3-61 に示す。

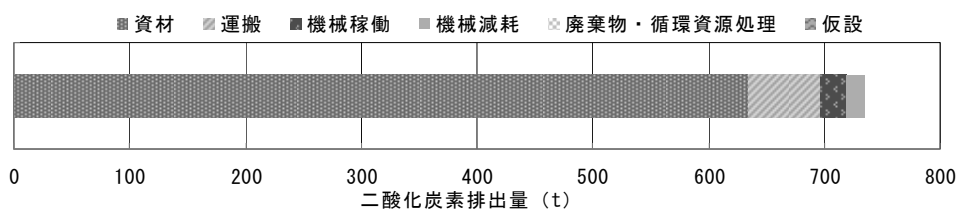


図 4. 3-60 二酸化炭素排出量（工事計）

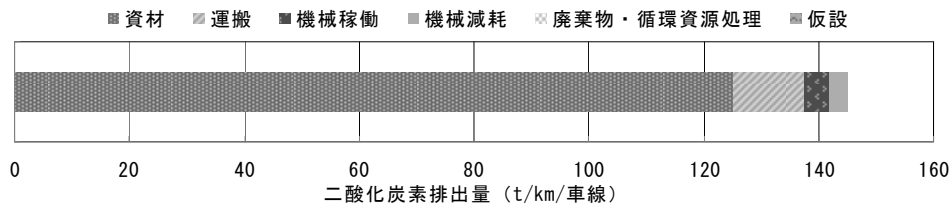


図 4. 3-61 二酸化炭素排出量（車線キロ当り）

イ. 工種別の環境負荷量

- ・ アスファルト合材の使用量が多い舗装工、およびコンクリート製品の使用量が多い側溝工の環境負荷量が多い。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-62 および図 4. 3-63 に示す。

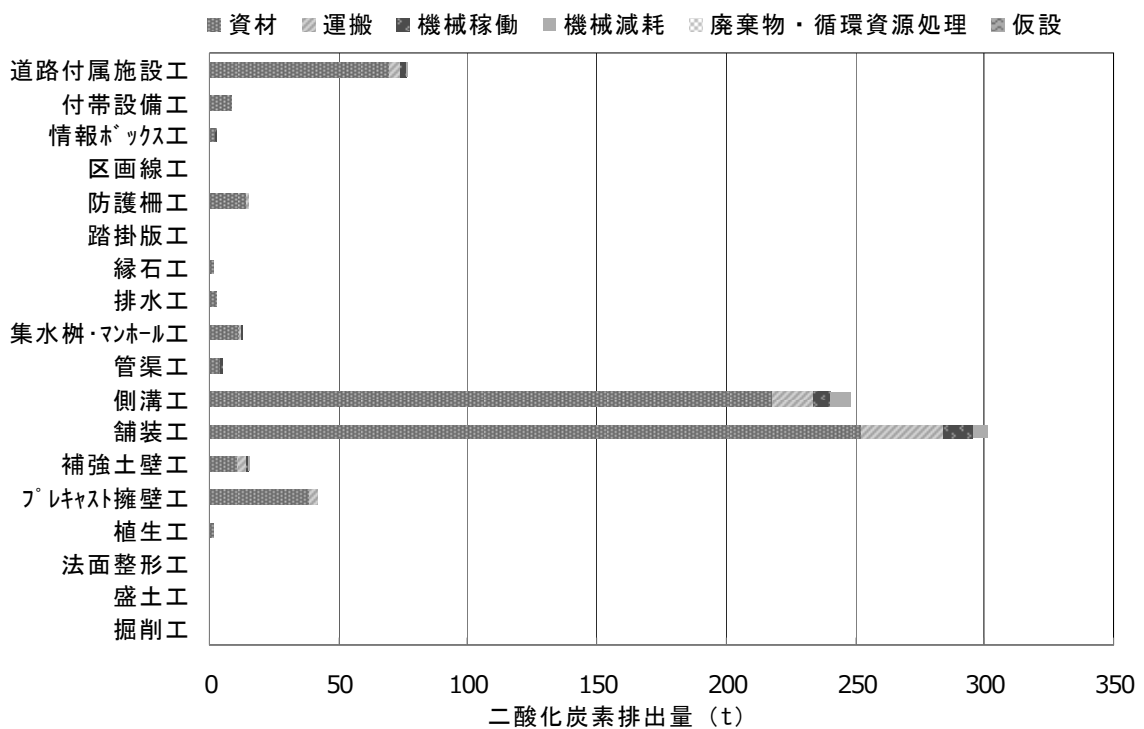


図 4. 3-62 工種別の二酸化炭素排出量

ウ. 資材品目別の環境負荷量

- ・ アスファルト合材、コンクリート製品（排水管・排砂管、RC 製側溝・蓋）の環境負荷量が多く、全体の約 5 割を占める。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-64 に示す。

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

- ・ バックホウの環境負荷が大きい。

運搬・建設機械の二酸化炭素排出量を図 4. 3-65 に示す。

(参考) 工事数量当りの環境負荷量

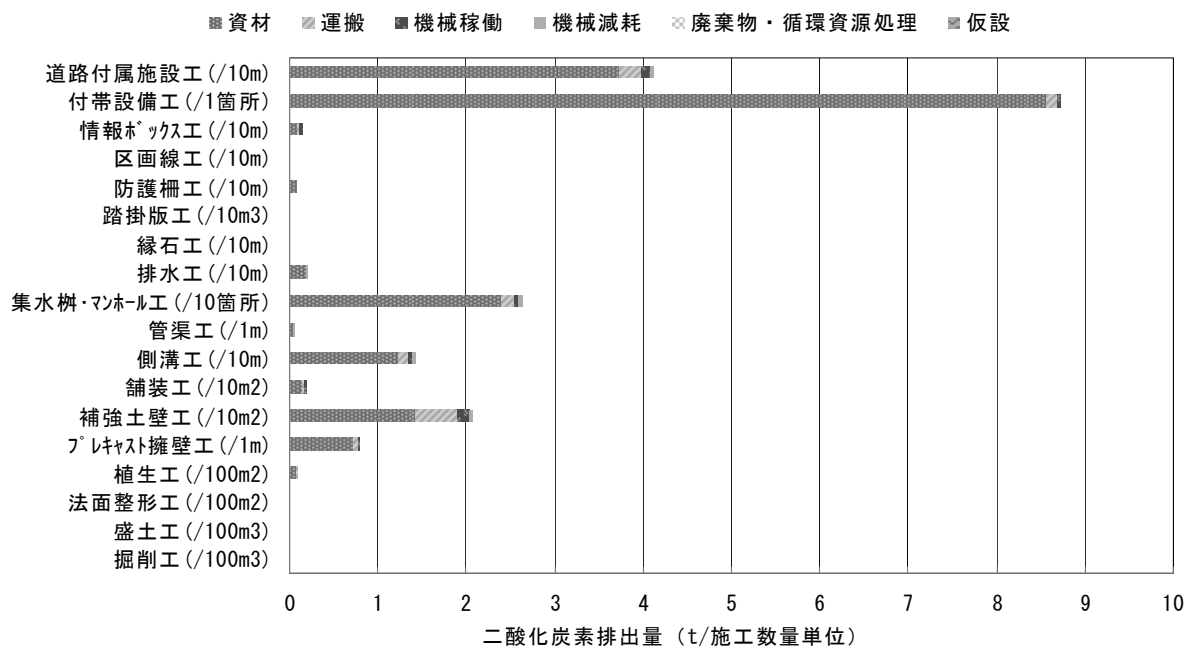


図 4. 3-63 工数量当りの二酸化炭素排出量

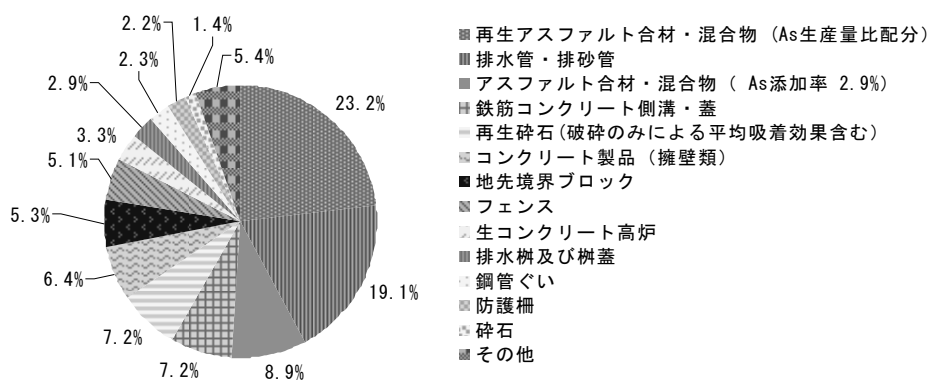


図 4. 3-64 資材品目別の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- ・ みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約 5%、確度の低いみなし原単位のものが全体の 1%に相当。
- ・ 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 9%に相当。
- ・ 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 52%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-66 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-48、表 4. 3-49、表 4. 3-50 に示す。

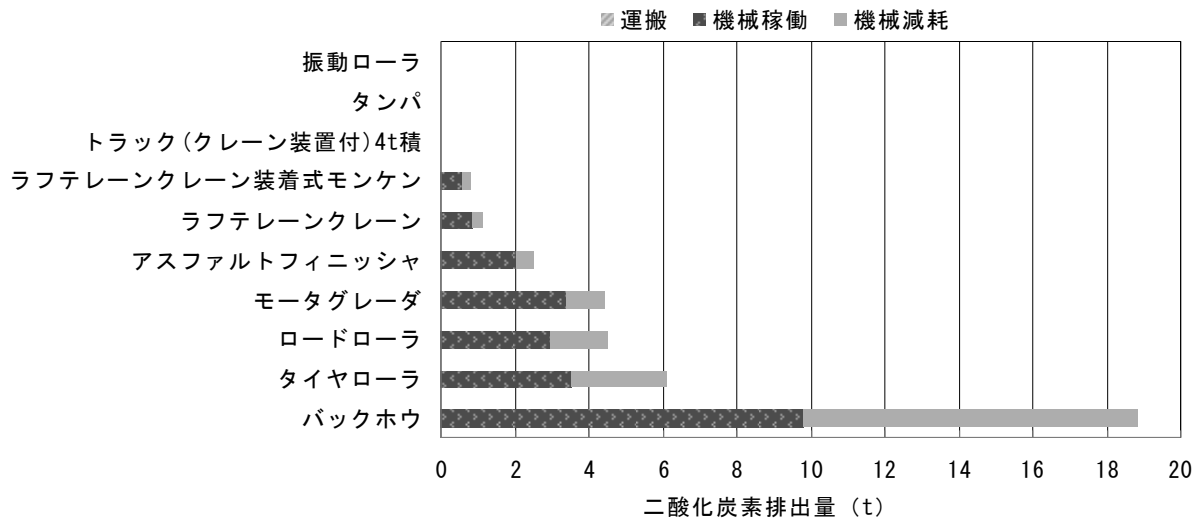


図 4. 3-65 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量

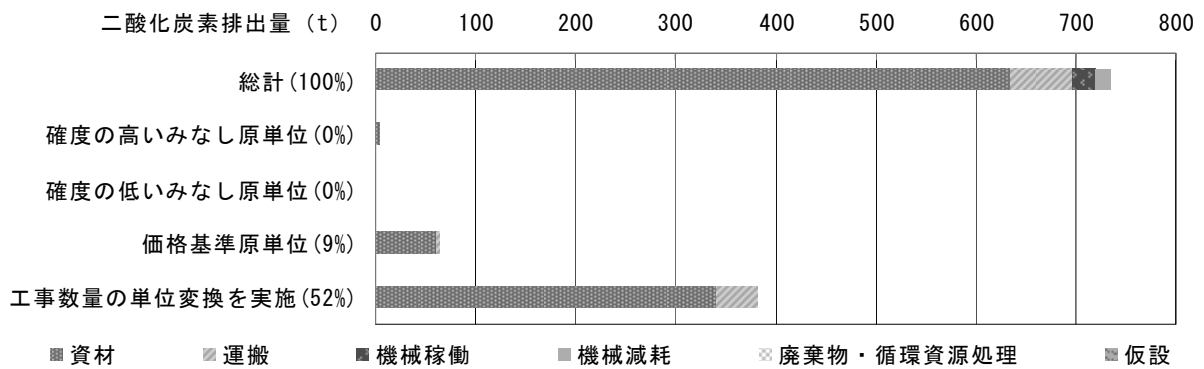


図 4. 3-66 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-48 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
コンクリート樹蓋	(500×500×100)/2	個	8	グレーチング	t	A
コンクリート樹蓋	(600×600×100)/2	個	6	グレーチング	t	A
ジオテキスタイル	壁高6.0m仕様仕上げバック補強材付	m ²	437	土木シート	t	A
ハンドホール固定板	250用	千円	166	鋼板	千円	B
管路材	本体管φ250	m	201	ポリエチレン(高密度)	t	A
曲管	PUφ300用60°	千円	114	塩化ビニル樹脂	千円	B
法面工(植生シート)	肥料袋無(標準品)	千円	1,143	芝・種子	千円	A
埋設表示シート	W=300 2倍水抜き穴3個	千円	59	土木シート	千円	B
目隠板	無孔板H=2030支柱・金具含む	千円	4,650	フェンス	千円	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-49 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位名
L型受枠	GMF	千円	56	コンクリート製品
U型側溝ソケット付	300×300×600	千円	87	コンクリート製品
ハンドホール固定板	250用	千円	166	鋼板
ハンドホール鉄ぶた	歩道用	千円	178	鋳鉄品
プレキャストL型擁壁(防護柵基礎)		千円	476	コンクリート製品 (擁壁類)
基礎砕石費18%		千円		砕石
基礎砕石費19%		千円		砕石
曲管	PUφ300用60°	千円	114	塩化ビニル樹脂
中央分離帯柵	D300用グレーチング込み	千円	722	排水柵及び柵蓋
歩車道境界ブロック	FK-1e-20	千円	9	地先境界ブロック
歩車道境界ブロック	FK-1f-20(両面)	千円	2	地先境界ブロック
歩車道境界ブロック	FK-1両面	千円	561	地先境界ブロック
歩車道境界ブロック	円形水路用FK-2水抜孔付	千円	698	地先境界ブロック
歩車道境界ブロック	中分柵用FK-2水抜孔付	千円	10	地先境界ブロック
法面工(植生シート)	肥料袋無(標準品)	千円	1,143	芝・種子
埋設表示シート	W=3002倍水抜き穴3個	千円	59	土木シート
目隠板	無孔板H=2030支柱・金具含む	千円	4,650	フェンス

表 4. 3-50 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数				環境負荷原単位	
						単位	係数	依据	依据詳細	原単位名	単位
アスファルト乳剤	PK-37 ライムコト用	L	13,784	t	13.784	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
アスファルト乳剤	PK-47 ライムコト用	L	5,663	t	5.663	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
グレーチング 蓋	T-25L型受枠用	枚	7	t	0.330	t/個	0.047	建設物価	P232	グレーチング	t
グレーチング 柵蓋	400用T-25	個	3	t	0.142	t/個	0.047	建設物価	P232	グレーチング	t
グレーチング 柵蓋	T-25400用	個	3	t	0.142	t/個	0.047	建設物価	P232	グレーチング	t
コンクリート柵蓋	(500×500×100)/2	個	8	t	0.280	t/個	0.035	メーカー・協会資料等	http://www.aizawa-group.co.jp/fukagawa/CD/	グレーチング	t
コンクリート柵蓋	(600×600×100)/2	個	6	t	0.306	t/個	0.051	メーカー・協会資料等	http://www.aizawa-group.co.jp/fukagawa/CD/	グレーチング	t
コンクリート用骨材砂	洗い細目	m ³	0	t	0.037	t/m ³	1.740	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案) (国総研)	コンクリート用骨材 砂利・砂	t
タテ杭材	壁高6.0m仕様仕上げリブ付補強材付	m ²	437	t	0.379	t/m ²	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.takiron.co.jp/product/detail5.php?c0=111	土木シート	t
ハンドホール	1200×600×1200	個	1	t	2.081	t/個	2.081	メーカー・協会資料等	http://www.ooke.net/catalog/pdf/hand.pdf	ハンドホール	t
プレキャストL型擁壁	1373/1472×2000天端斜切	個	1	t	2.080	t/個	2.080	メーカー・協会資料等 (補間)	http://www.haneda.com/hanecon/pdf/01-05_12touchw.pdf	コンクリート製品 (擁壁類)	t

(11) 舗装（トンネル）

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-51 および図 4. 3-67 に示す。

表 4. 3-51 舗装（トンネル）・工事概要

道路種別	一般国道（3種3級）
施工延長	642m
車線数	2車線（片側1車線）
全幅員	12.3m
代表工種	道路土工、舗装工、側溝工、集水桝・マンホール工、縁石工、道路付属施設工 等

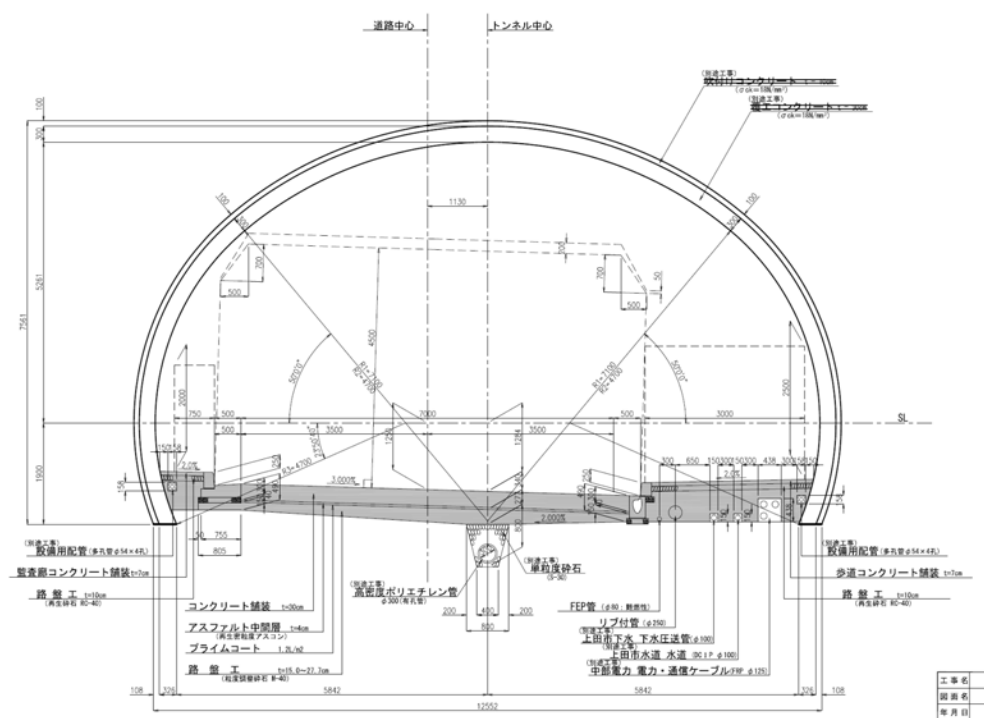


図 4. 3-67 舗装（トンネル）・標準横断面図

② 環境負荷量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・ 本工事による二酸化炭素排出量は約 150 トンと試算。
- ・ 資材の環境負荷量のシェアが高い。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-68 および図 4. 3-69 に示す。

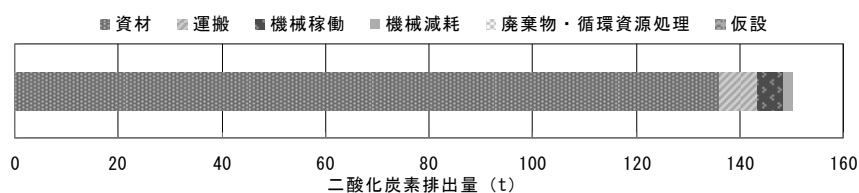


図 4. 3-68 二酸化炭素排出量（工事計）

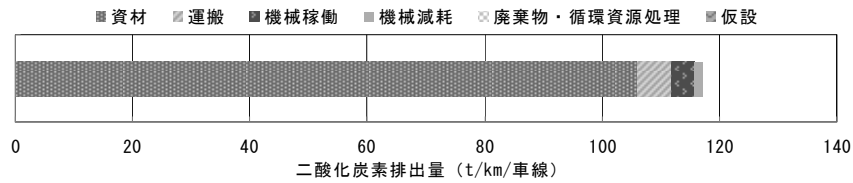


図 4. 3-69 二酸化炭素排出量 (車線キロ当り)

イ. 工種別の環境負荷量

・ コンクリート製品の使用量が多い側溝工の環境負荷量が多い。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-70 および図 4. 3-71 に示す。

注) 舗装工は、車道部分の積算がユニットプライス適用のため未計算、歩道舗装工のみを計上。

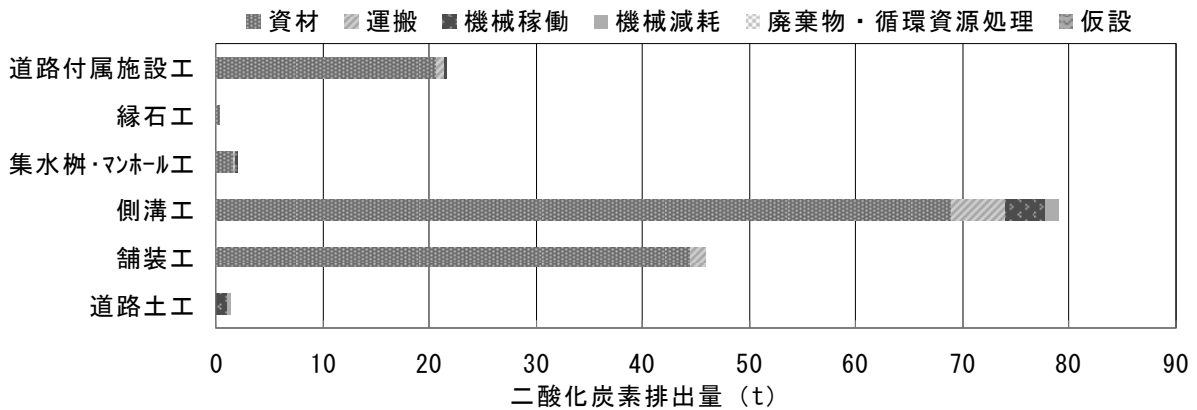


図 4. 3-70 工種別の二酸化炭素排出量

(参考) 工事数量当りの環境負荷量

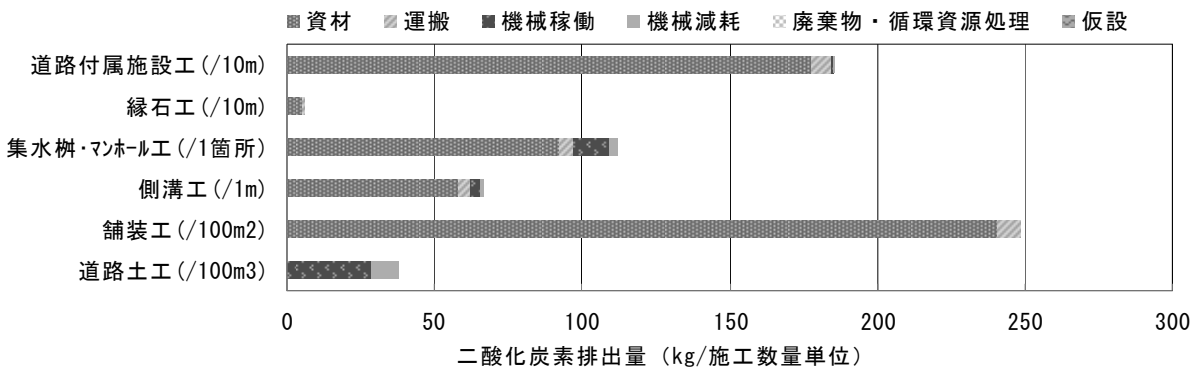


図 4. 3-71 施工数量当りの二酸化炭素排出量

ウ. 資材品目別の環境負荷量

・ 生コンクリートおよびコンクリート製品の環境負荷量が多く、全体の約 8 割を占める。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-72 に示す。

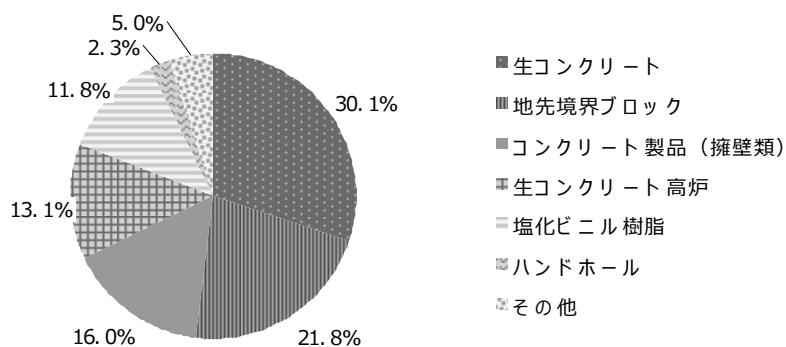


図 4. 3-72 資材品目別の二酸化炭素排出量

エ. 運搬・建設機械の環境負荷量

- バックホウの環境負荷が顕著に大きい。

運搬・建設機械の二酸化炭素排出量を図 4. 3-73 に示す。

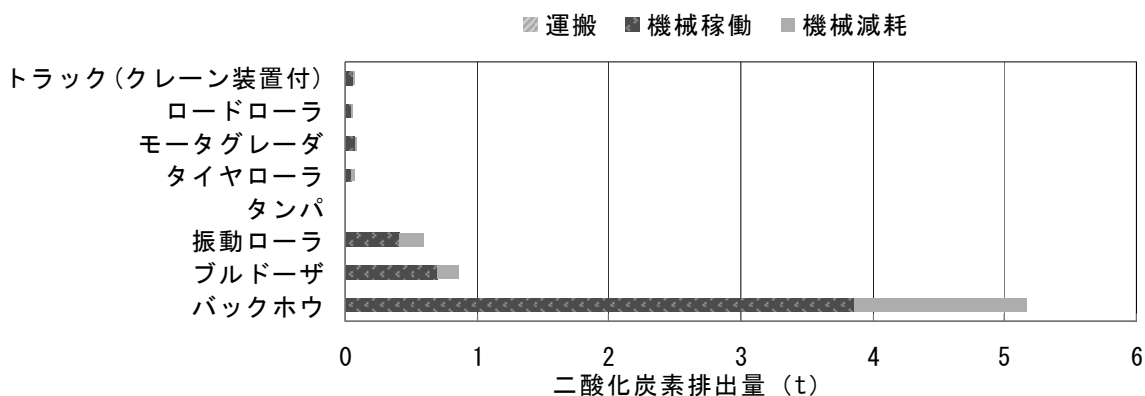


図 4. 3-73 運搬・建設機械の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約 1%、確度の低いみなし原単位のものが全体の 3%に相当。
- 価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 3%に相当。
- 重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 50%に相当。

みなし原単位適用および工事数量単位変換実施率を図 4. 3-74 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-52、表 4. 3-53、表 4. 3-54 に示す。

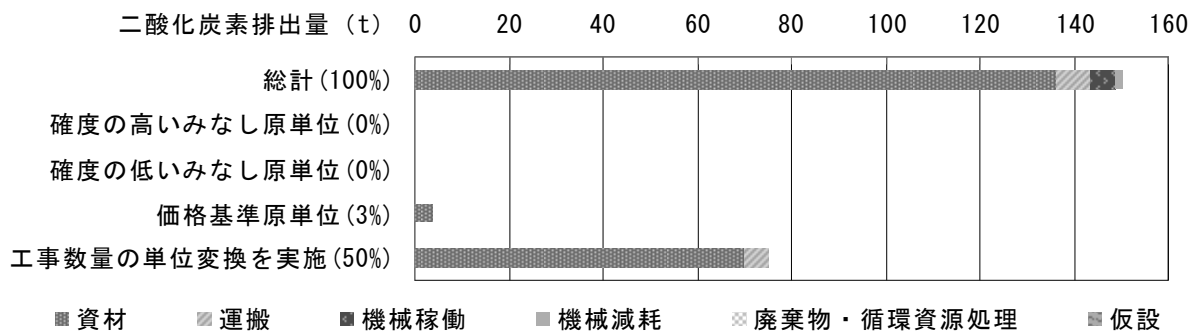


図 4. 3-74 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-52 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
埋設標示シート	W=3002倍	千円	173	塗工紙・建設用加工紙	千円	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-53 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位名
リブ管用が外スリーブ	φ250	千円	259	塩化ビニル樹脂
基礎砕石費18%		千円		砕石
基礎砕石費19%		千円		砕石
樹脂発泡体目地板	厚20mm30倍	千円	13	樹脂発泡体目地板
内管用が外スリーブ	φ50x1620	千円	192	塩化ビニル樹脂
埋設標示シート	W=3002倍	千円	173	塗工紙・建設用加工紙
目地板	樹脂発泡体(30倍)t=20	千円	8	樹脂発泡体目地板

表 4. 3-54 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数			環境負荷原単位		
						単位	係数	依拠	依拠詳細	原単位名	単位
アスファルト乳剤	PK-37 アスファルト用	L	2,822	t	2.822	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
ハンドホール	1200x600	個	4	t	8.324	t/個	2.081	メーカー・協会資料等	http://www.ooike.net/catalog/pdf/hand.pdf	ハンドホール	t
プレキャスト集水樹	B170、L600、グレーチング付	個	12	t	0.757	t/箇所	0.063	メーカー・協会資料等(補間)	http://www.soikk.co.jp/product/product01/cell.html	排水樹及び樹蓋	t
管路材(さや管)	VU50	m	4,686	t	5.258	t/m	0.001	メーカー・協会資料等	http://homepage1.nifty.com/shincoo/m181kanza-i-vp.vu.html#9	塩化ビニル樹脂	t
管路材(本体管)	リブ付管φ250	m	586	t	9.080	t/m	0.016	メーカー・協会資料等	http://homepage1.nifty.com/shincoo/m181kanza-i-vp.vu.html#9	塩化ビニル樹脂	t
再生カッターラン	RC-40	m ³	58	t	118.122	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	再生砕石(破砕のみによる平均吸着効果含む)	t
側溝蓋	GC-B600-L600	個	12	t	0.924	t/個	0.077	建設物価	P211	鉄筋コンクリート側溝・蓋	t
波付硬質樹脂リブ電線管	FEP80mm	m	584	t	0.409	t/m	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.furukawa.co.jp/tukuru/pdf/kanro/kanro_eflex.pdf	ポリエチレン(高密度)	t
薄型円形側溝	H250*B170	個	284	t	57.226	t/個	0.202	メーカー・協会資料等	http://www.izcon.jp/product/road_usugata_enkei.html	コンクリート製品(擁壁類)	t
歩車道境界ブロック	180/205x250x800(集水樹部用)	個	12	t	0.792	t/個	0.066	建設物価	P210	地先境界ブロック	t
歩車道境界ブロック	片面180/210x300x600(C)	個	954	t	77.250	t/個	0.081	建設物価	P210	地先境界ブロック	t
粒度調整砕石	M-40	m ³	83	t	168.766	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	砕石	t

4. 3. 3 施工レベルにおける LCI 結果のまとめ

4. 3. 2 の(1)、(3)、(5)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)の試算結果より、1車線・1km 当り二酸化炭素排出量の構造物間の比較を図 4. 3-75 および図 4. 3-76 に示す。

- ・ 鋼材の使用量が多いため、橋梁（鋼橋）上部工の環境負荷量が顕著に多い。
- ・ 資材使用量の少ない土工では、機械関連の環境負荷のシェアが高い。

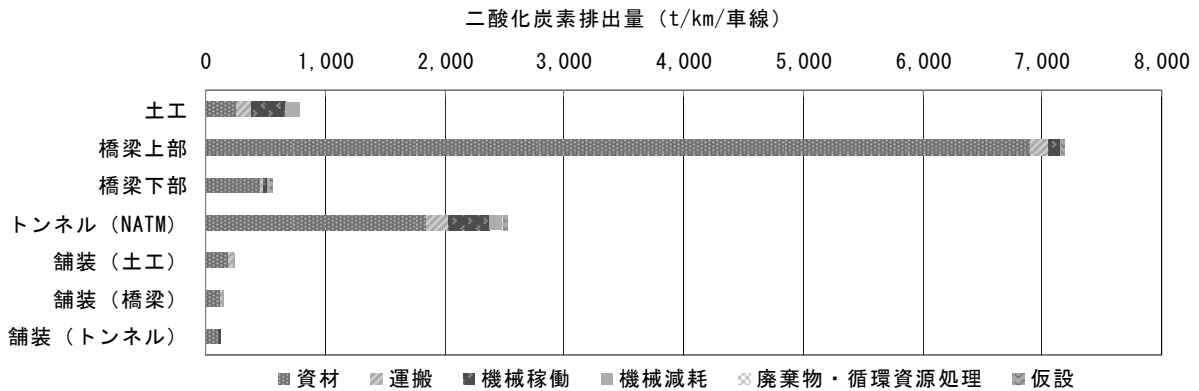


図 4. 3-75 二酸化炭素排出量の構造物間の比較

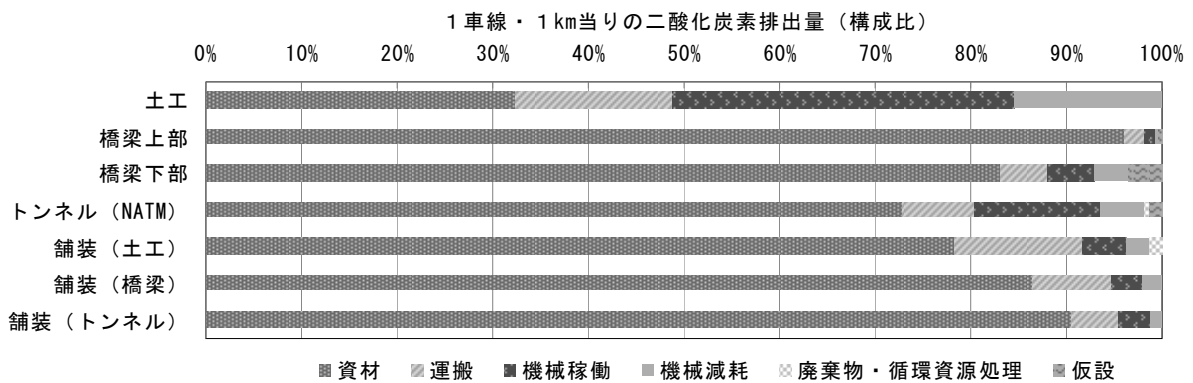


図 4. 3-76 二酸化炭素排出量の構造物間の比較（構成比）

4. 3. 4 設計レベルにおける道路構造物の試算対象

設計レベルにおける道路構造物の LCI 試算を実施した。

予備設計レベルの（概算）工事数量データに基づき、表 4. 3-55 に示す 18 事例について設計レベルの LCI を試算した。うち、土工、橋梁、トンネルの道路構造物毎に代表事例をそれぞれ 1 事例選定（No. 06、No. 13、No. 18）し、次頁以降に試算結果を示す。

表 4. 3-55 設計レベルの LCI 試算事例

No.	構造形式	規格	地方	施工延長 (m)	全幅員 (m)	車線数 (合計)	歩道	頁
01	土工	高速・自専道	関東	12,200	23.0	4	なし	
02			北陸	6,570	12.0	2	なし	
03			中部	2,200	23.5	4	なし	
04			中国	5,264	12.0	2	なし	
05			四国	3,140	12.0	2	なし	
06		一般道	東北	6,000	24.5	4	片側	4-90
07			近畿	4,900	23.3	4	両側	
08			四国	1,200	29.0	4	両側	
09	橋梁	高速・自専道	北陸	86	10.5	2	なし	
10			中部	845	10.8	4	なし	
11				175	10.8	2	なし	
12				170	10.0	2	なし	
13					近畿	91	9.3	2	なし	4-93
14				101	9.3	2	なし	
15	トンネル	高速・自専道	四国	1,915	10.5	2	なし	
16				940	10.5	2	なし	
17				670	10.5	2	なし	
18		一般道		4,187	8.0	2	なし	4-96

4. 3. 5 設計レベルにおける LCI 結果

(1) 土工 (表 4. 3-55 No.06)

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-56 および図 4. 3-77 に示す。

表 4. 3-56 土工・工事概要

道路種別	一般道路 (3 種 1 級)
施工延長	6,000m
車線数	4 車線 (片側 2 車線)
全幅員	24.5m
法面形式	法面整形、法枠+緑化、植生マット
代表工種	土工、法面工、排水工、舗装工、中央分離帯工、道路附属施設工、現場打コンクリート工

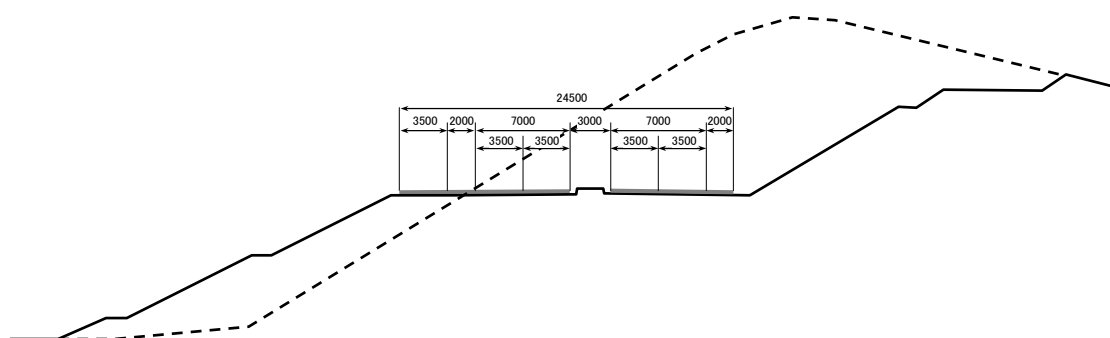


図 4. 3-77 土工・標準横断面図

② 二酸化炭素排出量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

・本工事による二酸化炭素排出量の内訳は、資材 63%、運搬 19%、機械稼働 15%、機械減耗 12%。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-78 に示す。

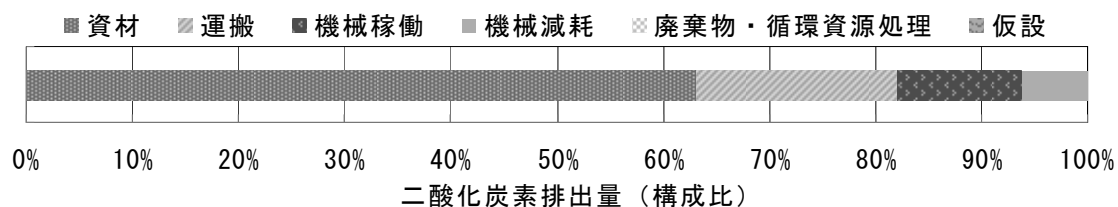


図 4. 3-78 二酸化炭素排出量 (構成比)

イ. 工種別の環境負荷量

・土工は掘削土の運搬量が多いため、運搬の環境負荷量の占める割合が大きい。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-79 に示す。

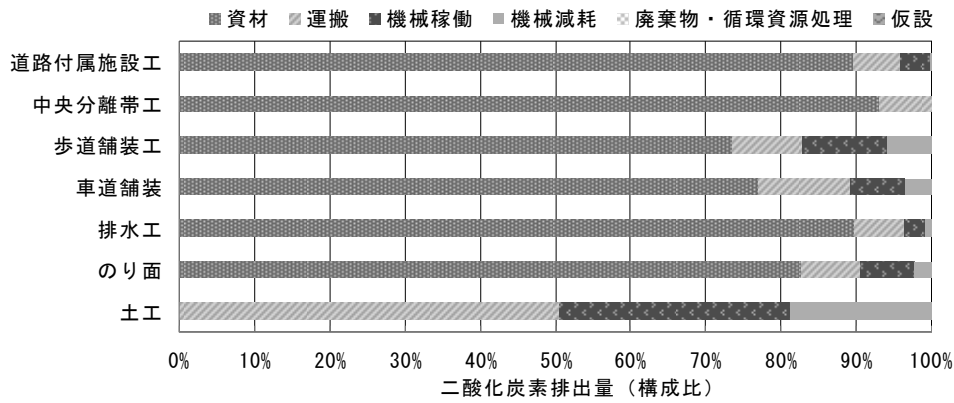


図 4. 3-79 工種別の二酸化炭素排出量（構成比）

ウ. 資材品目別の環境負荷量

・側溝などのコンクリート製品や、アスファルト合材からの環境負荷量が多く、これらの合計で全体の約6割を占める。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-80 に示す。

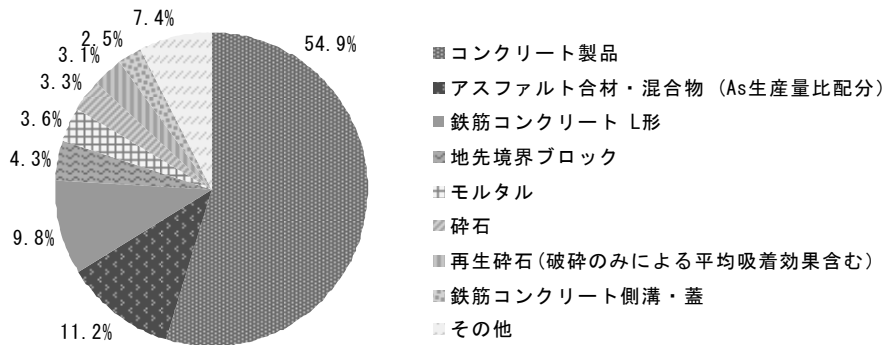


図 4. 3-80 資材品目別の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- ・みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約1%に相当。
- ・価格基準の環境負荷原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は全体の約1%に相当。
- ・重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約42%に相当。

みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率を図 4. 3-81 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-57、表 4. 3-58 および表 4. 3-59 に示す。

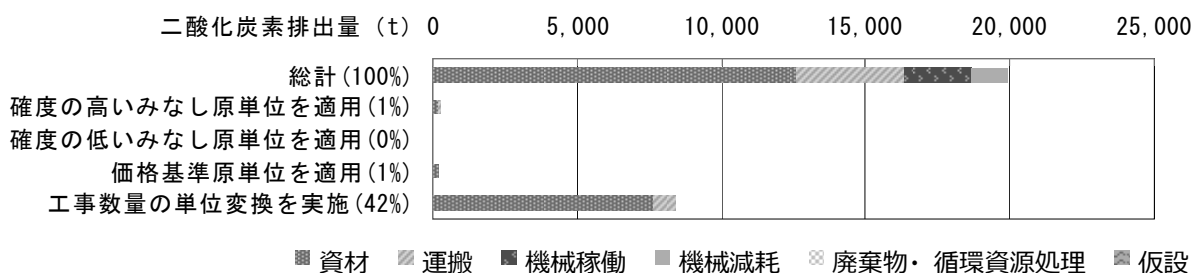


図 4. 3-81 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-57 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
植生基盤材・植生マット	土砂	m ²	79,101	土工材	t	A
足掛金具		箇所	125	鉄筋コンクリート用棒鋼	t	A
再生瀝青安定処理	t=8cm,40	m ²	111,446	碎石	t	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-58 価格基準原単位を適用した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	金額(千円)	環境負荷原単位名
函渠	函渠ウイング等	基	7	28,490	コンクリート製品

表 4. 3-59 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数				環境負荷原単位	
						単位	係数	依拠	依拠詳細	原単位名	単位
U形用蓋	1種 600 74×7.5×60	個	144	t	11.088	t/個	0.077	建設物価	P211	鉄筋コンクリート側溝・蓋	t
アスファルト乳剤	PK-3 アスファルト用	L	1,114	t	1.114	t/L	0.001	メーカー・協会資料等	日本アスファルト乳剤協会規格	アスファルト	t
クワッシャー	C-40	m ³	22	t	45.775	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	碎石	t
グレーチング蓋	500*500用	個	2	t	0.076	t/個	0.038	建設物価	P232	グレーチング	t
コンクリート蓋	500*500用	個	36	t	5.4	t/箇所	0.150	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t
コンクリート蓋	600*600用	個	4	t	0.9	t/箇所	0.235	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t
管取付壁	φ1200*1200	個	1	t	1.2	t/個	1.152	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t
高密度ポリエチレン管	φ400	m	10	t	0.1	t/m	0.009	メーカー・協会資料等	http://www.daikapolymer.co.jp/pdf/kdpress.pdf	ポリエチレン(高密度)	t
高密度ポリエチレン管	φ600	m	429	t	7.5	t/m	0.018	メーカー・協会資料等	http://www.daikapolymer.co.jp/pdf/kdpress.pdf	ポリエチレン(高密度)	t
砂	埋戻し用	m ³	194	t	338.4	t/m ³	1.740	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	砂・砂利	t
再生クワッシャー	RC-40	m ³	410	t	835.7	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	再生碎石(破砕のみによる平均吸着効果含む)	t
斜壁	600/900*300	個	1	t	0.1	t/個	0.058	個別計算	土木工事数量算出要領(案)(国総研)	コンクリート製品	t

(2) 橋梁 (表 4. 3-55 No.13)

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-60 および図 4. 3-82 に示す。

表 4. 3-60 橋梁・工事概要

道路種別	自動車専用道路 (1 種 3 級)
橋長	90.6m
車線数	2 車線 (片側 1 車線) ※上り線
全幅員	9.26m
上部構造形式	鋼 2 径間連続合成鉄桁
代表工種	工場塗装工、床版工、舗装工、橋梁附属物工、橋台躯体工、橋脚躯体工、基礎杭工

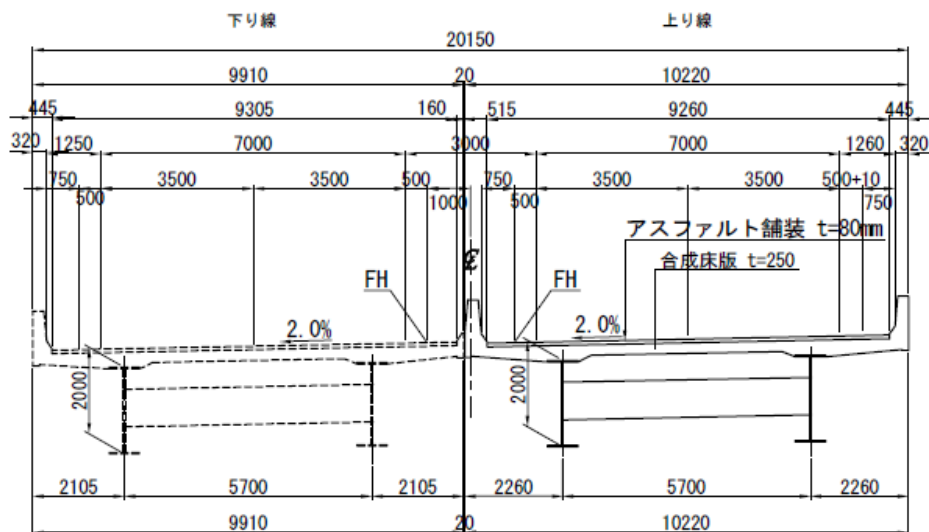


図 4. 3-82 橋梁・標準横断面図

② 二酸化炭素排出量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

- ・本工事による二酸化炭素排出量の内訳は、資材 94%、運搬 2%、機械稼働 3%、機械減耗 1% で、資材からの排出がほとんど。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-83 に示す。

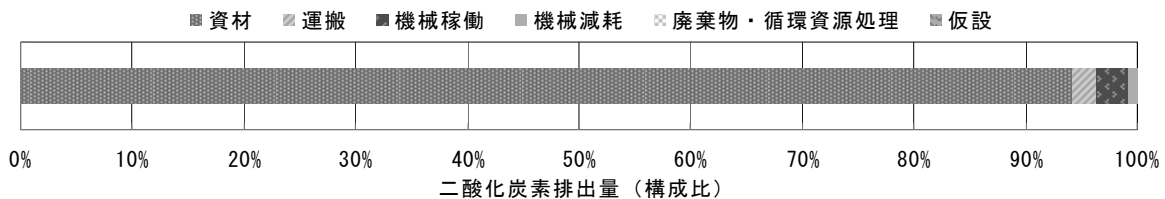


図 4. 3-83 二酸化炭素排出量 (構成比)

イ. 工種別の環境負荷量

- ・架設と輸送工以外は、資材の環境負荷量の比率が高い。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-84 に示す。

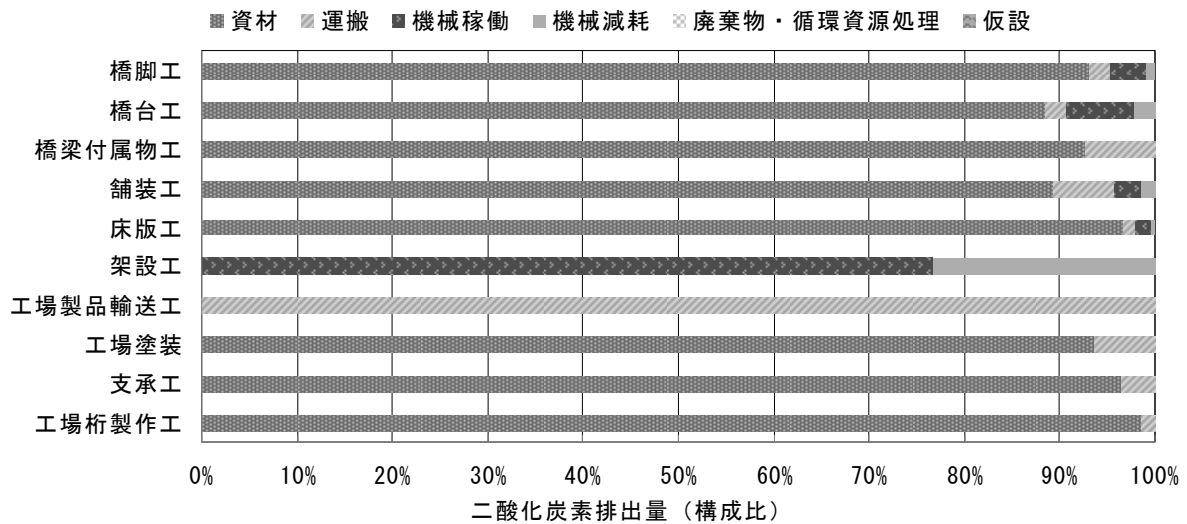


図 4. 3-84 工種別の二酸化炭素排出量（構成比）

ウ. 資材品目別の環境負荷量

・生コンクリートと鋼板・鋼材の環境負荷量が多く、合計で全体の約 9 割を占める。

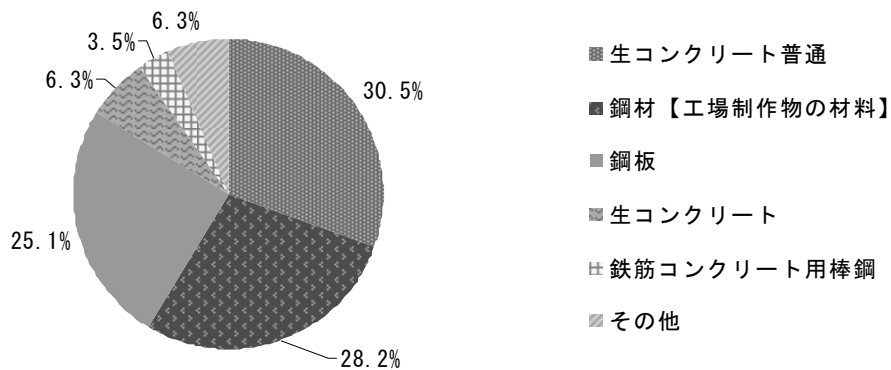


図 4. 3-85 資材品目別の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

- ・みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約 2%に相当。
- ・重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約 1%に相当。

みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率を図 4. 3-86 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-61、表 4. 3-62 および表 4. 3-63 に示す。

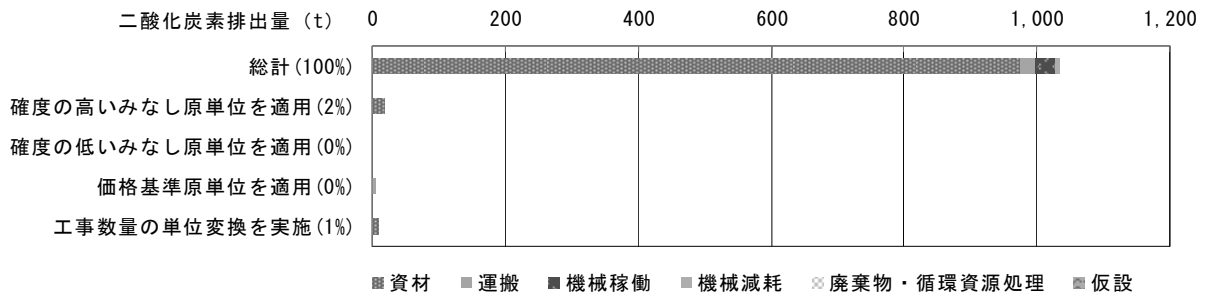


図 4. 3-86 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-61 みなし原単位を適用した資材等

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
コンクリート膨張材		m ²	934	コンクリート混和・混入材	t	A
排水装置	20mに1箇所計上 本体	t	0	建設用金属製品	t	A
地覆・高欄	H=650mm	t	7	防護柵	t	A
基礎材		m ³	13	再生砕石（吸着効果なし）	t	A

※水準 A：精度の高いみなし原単位、水準 B：精度の低いみなし原単位

表 4. 3-62 価格基準原単位を適用した資材等

名称	規格	元の単位	元の数量	金額 (千円)	環境負荷原単位名
工場製品輸送		t	151	1,042	道路貨物輸送（除自家輸送）

表 4. 3-63 重量に単位変換した資材等

名称	規格	元の単位	元の数量	変換後単位	変換後数量	単位換算係数				環境負荷原単位		
						単位	係数	依拠	依拠詳細	備考	原単位名	単位
錆安定化処理		m ²	671	kg	288.5	kg/m ²	0.430	建設物価	P172	カプテンコート Mを仮定	塗料	kg
塗装(外面)		m ²	1,677	kg	285.1	kg/m ²	0.170	建設物価	P168	エポキシ樹脂塗料を仮定	塗料	kg
舗装	アスファルト t=80mm	m ²	846	t	159.1	t/m ²	0.188	指針等	土木工事数量算出要領(案) (国総研)	密粒度アスファルトを仮定	アスファルト合材・混合物 (As 生産量比配分)	t
基礎材		m ³	13	t	26.1	t/m ³	2.040	ガイドライン等	土木工事数量算出要領(案) (国総研)		再生砕石（吸着効果なし）	t

(3) 橋梁 (表 4. 3-55 No.18)

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-64 および図 4. 3-87 に示す。

表 4. 3-64 トンネル・工事概要

道路種別	一般国道 (3 種 2 級)
施工延長	4,200m
車線数	2 車線 (片側 1 車線)
全幅員	8.0m
工法	NATM (発破)
代表工種	掘削工、支保工、ロックボルト工、覆土工、排水工、舗装工

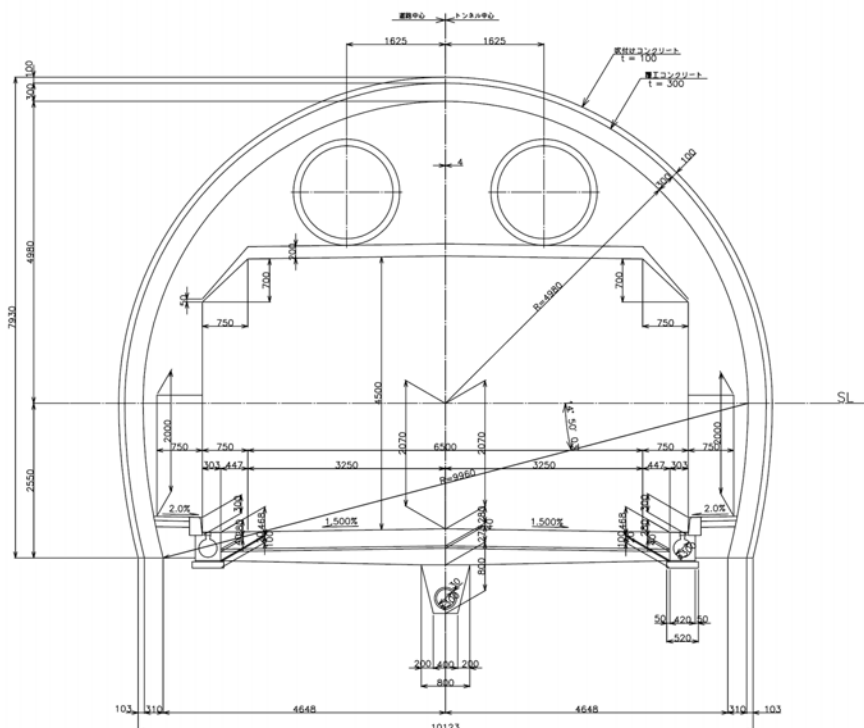


図 4. 3-87 トンネル (NATM) ・標準横断面図

② 二酸化炭素排出量の試算結果

ア. 施工全体の環境負荷量

・本工事による二酸化炭素排出量の内訳は、資材 78%、運搬 10%、機械稼働 10%、機械減耗 3%。機械関連の環境負荷がやや多い。

施工全体の二酸化炭素排出量を図 4. 3-88 に示す。

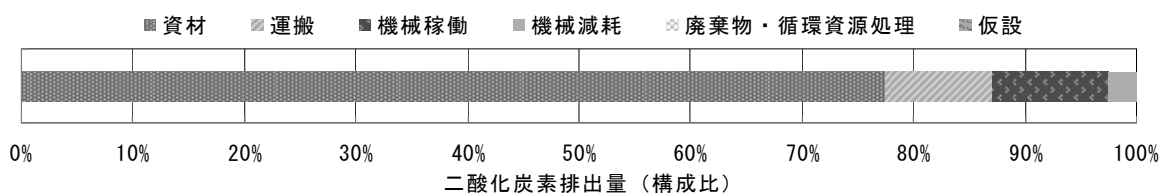


図 4. 3-88 二酸化炭素排出量 (構成比)

イ. 工種別の環境負荷量

・掘削工や支保工は機械の稼働量が多いため、機械関連の環境負荷量の占める割合が大きい。

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-89 に示す。

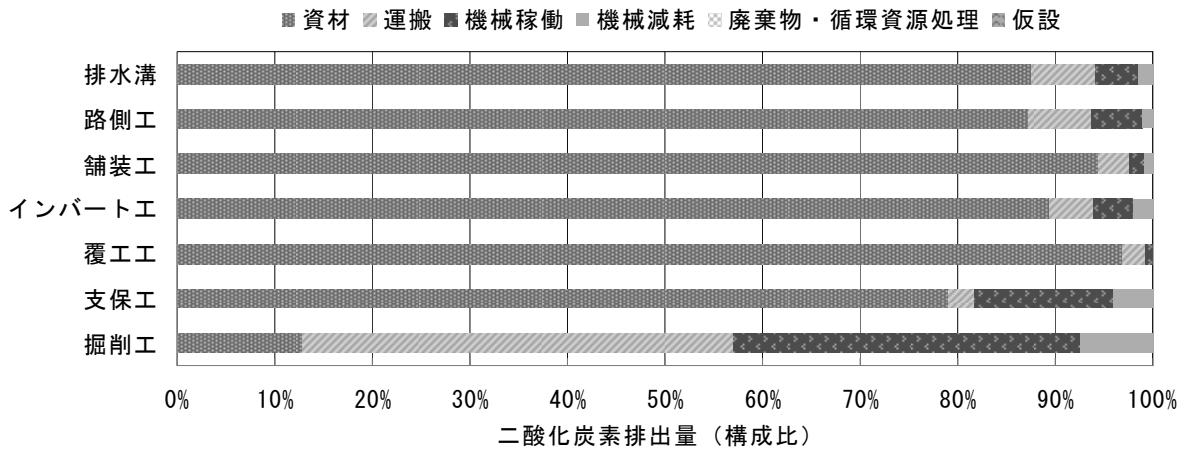


図 4. 3-89 工種別の二酸化炭素排出量（構成比）

ウ. 資材品目別の環境負荷量

・生コンクリートやコンクリート製品（排水管・排砂管）の環境負荷量が多く、全体の約8割以上を占める。

資材品目別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-90 に示す。

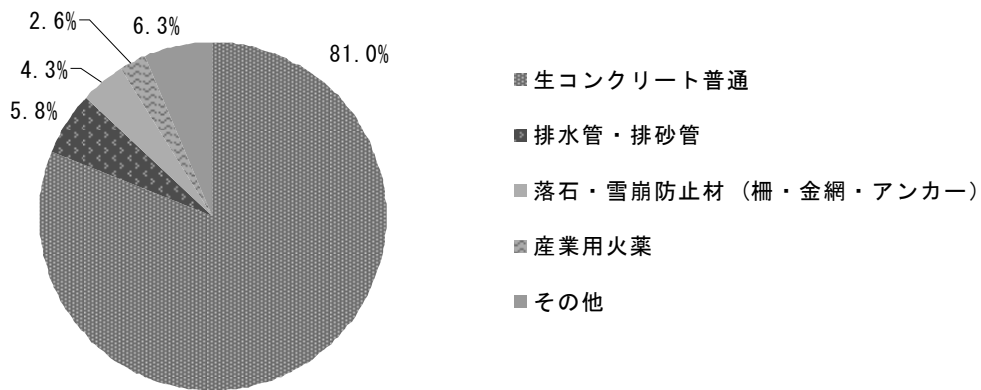


図 4. 3-90 資材品目別の二酸化炭素排出量

③ 品目が不明確な場合の確からしさの検討

・みなし原単位を適用した資材等の二酸化炭素排出量は、確度の高いみなし原単位のものが全体の約5%に相当。
 ・重量への単位変換を行った資材等の二酸化炭素排出量は全体の約22%に相当。

みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率を図 4. 3-91 に示し、みなし原単位適用および工事数量単位変換実施した資材等を表 4. 3-65 および表 4. 3-66 に示す。

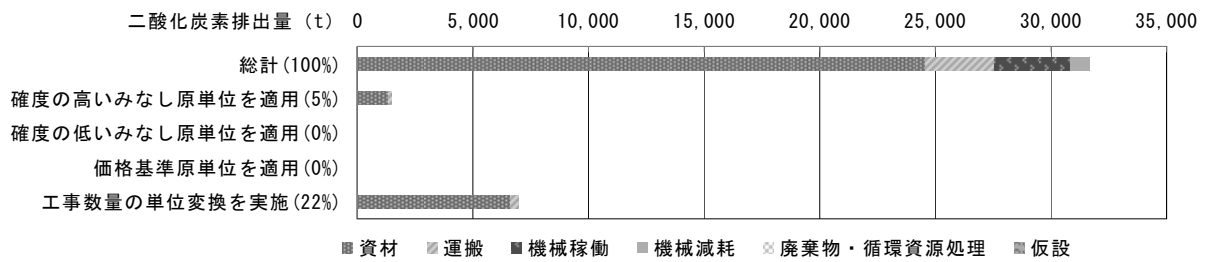


図 4. 3-91 みなし原単位適用・工事数量単位変換実施率

表 4. 3-65 みなし原単位を適用した資材等の例

名称	規格	単位	数量	環境負荷原単位		
				みなし原単位名	単位	水準
円形側溝	D300	m	8,400	排水管・排砂管	t	A
管渠	D300	m	4,200	排水管・排砂管	t	A

※水準 A：確度の高いみなし原単位、水準 B：確度の低いみなし原単位

表 4. 3-66 重量に単位変換した資材等の例

名称	規格	元の 単位	元の 数量	変換後 単位	変換後 数量	単位換算係数				環境負荷原単位		
						係数	依据	依据詳細	備考	原単位名	単位	
ロックボルト	L=3.0	本	22,637	t	206.5	t/本	0.009	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ドライモルタル		m ³	5	t	11.2	t/m ³	2.100	ガイドライン等	土木工事数量算出要領 (案) (国総研)	アクリル系材料 みなし	モルタル	t
防水シート		m ²	51,049	t	56.2	t/m ²	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.kfc-net.co.jp/highpanelss.htm		土木シート	t
ロックボルト	L=3.0	本	13,125	t	119.7	t/本	0.009	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ドライモルタル		m ³	381	t	800.7	t/m ³	2.100	ガイドライン等	土木工事数量算出要領 (案) (国総研)	アクリル系材料 みなし	モルタル	t
防水シート		m ²	23,405	t	25.7	t/m ²	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.kfc-net.co.jp/highpanelss.htm		土木シート	t
ロックボルト	L=4.0	本	3,835	t	61.1	t/本	0.016	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ロックボルト	L=4.0	本	1,180	t	18.8	t/本	0.016	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ドライモルタル		m ³	1	t	1.4	t/m ³	2.100	ガイドライン等	土木工事数量算出要領 (案) (国総研)	アクリル系材料 みなし	モルタル	t
防水シート		m ²	6,219	t	6.8	t/m ²	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.kfc-net.co.jp/highpanelss.htm		土木シート	t
ロックボルト	L=4.0	本	892	t	14.2	t/本	0.016	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ロックボルト	L=4.0	本	274	t	4.4	t/本	0.016	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ドライモルタル		m ³	0	t	0.3	t/m ³	2.100	ガイドライン等	土木工事数量算出要領 (案) (国総研)	アクリル系材料 みなし	モルタル	t
防水シート		m ²	1,404	t	1.5	t/m ²	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.kfc-net.co.jp/highpanelss.htm		土木シート	t
ロックボルト	L=3.0	本	1,770	t	16.1	t/本	0.009	メーカー・協会資料等	http://www.kfcmasdic.co.jp/catalog/DEFORMED-STEEL-BAR.pdf		落石・雪崩防止材 (柵・金網・アンカー)	t
ドライモルタル		m ³	0	t	0.9	t/m ³	2.100	ガイドライン等	土木工事数量算出要領 (案) (国総研)	アクリル系材料 みなし	モルタル	t
防水シート		m ²	3,991	t	4.4	t/m ²	0.001	メーカー・協会資料等	http://www.kfc-net.co.jp/highpanelss.htm		土木シート	t

4. 3. 6 設計レベルにおける構造物の比較検討事例

設計レベルにおける道路構造物の LCI 試算を行い、複数の工法、構造形式の比較を実施した。

社会資本の代表的な構造物（道路橋梁、道路土工、河川護岸、防波堤）について、国総研が収集した環境負荷量の試算結果を整理した。比較検討事例を表 4. 3-67 に示す。

いずれの事例においても、基本的に前述の試算と同様の手法で環境負荷量が試算されている。

表 4. 3-67 LCI 試算事例（設計レベル）

試算事例 No	頁	社会資本の種類	構造物の概要	構造形式	
(1)	4-100	道路橋	鋼橋、L=100m、2車線	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼 3 径間連続多主鈹桁 ・普通塗装 	
(2)	4-102	橋梁（下部）	高速・自専道	Case1	・普通コンクリート（4. 3. 2(3)参照）
				Case2	・自己充てん型高強度高耐久コンクリート（S. Q. C.）
(3)	4-109	平面道路（盛土・切土）	L=766m、2車線	Case1	・土工法面（種子吹付け）
				Case2	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土部：コンクリートブロック積 ・切土部：コンクリートブロック積
				Case3	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土部：補強土壁（テールアルメ工） ・切土部：鉄筋補強土
(4)	4-112	河川護岸（その1）	直轄区間、L=300m	Case1	<ul style="list-style-type: none"> ・高水護岸：大型連節ブロック ・低水護岸：大型連節ブロック
			県管理区間、L=305. 5m	Case2	<ul style="list-style-type: none"> ・高水護岸：連節ブロック、基礎工（鋼矢板） ・低水護岸：自然石固着金網、玉石粗朶工
			県管理区間、L=300m	Case3	・低水護岸：アンカー式自然石積み 他
(5)	4-121	河川護岸（その2）	L=300m、計画高水流量 7, 000m ³ /s	・連節ブロック張り護岸	
(6)	4-123	小河川改修	流域面積 12km ² 、計画嚙喰 80m ³ /s	Case1	石積み擁壁
				Case2	河床コンクリート張り
				Case3	護岸は左岸のみ設置
(7)	4-128	防波堤	ケーソン式	Case1	<ul style="list-style-type: none"> ・消波ブロック被覆堤 ・ダブルパラペット
				Case2	・Case1 のケーソン設置水深を下げた場合
				Case3	<ul style="list-style-type: none"> ・消波ブロックなし ・ダブルパラペット

4. 3. 7 設計レベルにおける構造物の比較検討結果

(1) 道路橋

① 構造形式

試算対象とした構造形式を表 4. 3-68 に示す。

表 4. 3-68 試算対象構造形式

概要	構造図
橋長：L=100.0m 有効幅員：B=9.260m（全幅B0=10.150m） 上部工形式：鋼 3 径間連続非合成多主鈹桁 床版形式：RC床版 下部工形式：逆T式橋台、張出し式橋脚 基礎工形式：直接基礎、深礎杭、鋼管ソイルセメント杭	

② 試算結果

ア. 工事数量および二酸化炭素排出量

工事数量および二酸化炭素排出量は表 4. 3-69 のとおり。

イ. 排出起源別の二酸化炭素排出量

- ・ 図 4. 3-92 に示すとおり材料からの排出が大部分を占める。

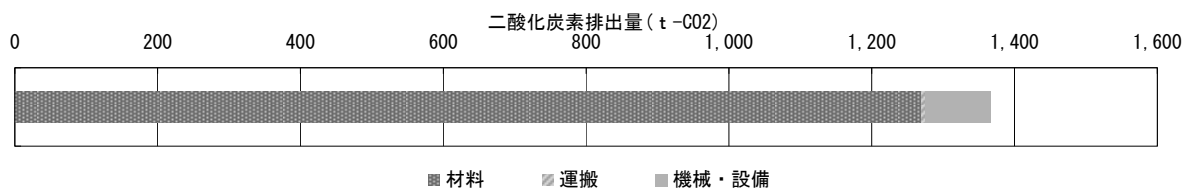


図 4. 3-92 排出起源別の二酸化炭素排出量

ウ. 工種別の二酸化炭素排出量

- ・ 図 4. 3-93 に示すとおり上部工からの排出が約 6 割を占める。

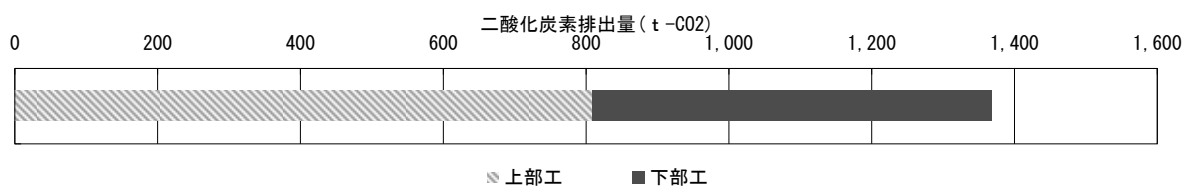


図 4. 3-93 工種別の二酸化炭素排出量

表 4. 3-69 工事数量および二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量 (合計) : 1,367 t

工事数量	区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	単位変換係数		環境負荷原単位				環境負荷量 (t-CO2)								
				単位変換後		原単位				合計								
				単位	数量	単位	係数	単位	合計	資材	運搬	機械・設備	合計	資材	運搬	機械・設備		
上部工	工場製作(材料)	鋼板	t	189.4	t	189	-	1.000	t	2.57E+03	2.57E+03	0.00E+00	0.00E+00	487	487	0	0	
	工場製作(材料)	HTB	t	5.2	t	5	-	1.000	t	2.67E+03	2.67E+03	0.00E+00	0.00E+00	14	14	0	0	
	工場塗装(材料)	C-5	一般外面	m2	4,361.6	kg	7,720	kg/m2	1.770	kg	1.74E+00	1.74E+00	0.00E+00	0.00E+00	13	13	0	0
	輸送		t	189.4	千円	1,515	千円/t	8.000	千円	3.62E+00	0.00E+00	3.62E+00	0.00E+00	6	0	6	0	
	RC床版	コンクリート	m3	285.8	m3	286	-	1.000	m3	4.85E+02	4.65E+02	0.00E+00	2.04E+01	139	133	0	6	
	壁高欄	コンクリート	m3	62.8	m3	63	-	1.000	m3	4.85E+02	4.65E+02	0.00E+00	2.04E+01	31	29	0	1	
	架設	トラックレール+ベント	t	189.4	式	1	-	-	式	3.14E+04	0.00E+00	0.00E+00	3.14E+04	31	0	0	31	
	舗装	アスファルト	t=80mm	920.4	m2	920	-	1.000	m2	1.16E+01	1.11E+01	0.00E+00	5.31E-01	11	10	0	1	
	吊り足場工		m2	1,015.0	百万円	2	百万円/m2	2.000	百万円	8.00E+03	0.00E+00	0.00E+00	8.00E+03	16	0	0	16	
	支承	固定ゴム支承	2000kN	個	8.0	個	8	-	1.000	個	3.10E+03	3.10E+03	0.00E+00	0.00E+00	25	25	0	0
	支承	固定ゴム支承	1000kN	個	8.0	個	8	-	1.000	個	1.14E+03	1.14E+03	0.00E+00	0.00E+00	9	9	0	0
	伸縮装置	鋼製フィンガージョイント	t	10.0	t	10	-	1.000	t	2.57E+03	2.57E+03	0.00E+00	0.00E+00	26	26	0	0	
	落橋防止システム	PCケーブル式	570kN	個	16.0	個	16	-	1.000	個	5.51E+01	5.51E+01	0.00E+00	0.00E+00	1	1	0	0
下部工	コンクリート		m3	965.3	m3	965	-	1.000	m3	3.00E+02	2.94E+02	0.00E+00	5.62E+00	289	284	0	6	
	型枠		m2	955.0	t	5	t/m2	0.005	t	7.06E+02	0.00E+00	0.00E+00	7.06E+02	3	0	0	3	
	鉄筋		t	108.5	t	109	-	1.000	t	8.56E+02	8.56E+02	0.00E+00	0.00E+00	93	93	0	0	
	均しコンクリート		m3	15.0	m3	15	-	1.000	m3	2.88E+02	2.88E+02	0.00E+00	0.00E+00	4	4	0	0	
	基礎砕石	RC-40	m3	20.9	m3	21	-	1.000	m3	2.10E+01	1.81E+01	0.00E+00	2.88E+00	1	0	0	0	
	足場工		掛m2	1,643.0	掛m2	1,643	-	1.000	掛m2	9.38E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.38E+00	15	0	0	15	
	支保工		空m3	255.0	空m3	255	-	1.000	空m3	5.10E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.10E+00	1	0	0	1	
	深礎工	φ3000	m	16.5	m	17	-	1.000	m	3.80E+03	3.57E+03	0.00E+00	3.38E+01	60	59	0	1	
	深礎工	φ2500	m	12.5	m	13	-	1.000	m	2.67E+03	2.64E+03	0.00E+00	3.38E+01	33	33	0	0	
	鋼管ソイルセメント杭	φ1200L=4.5,t=13	本	8.0	本	8	-	1.000	本	6.67E+03	6.22E+03	0.00E+00	4.50E+02	53	50	0	4	
	床堀(土砂)		m3	1,857.0	m3	1,857	-	1.000	m3	2.03E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+00	4	0	0	4	
	埋戻し		m3	619.0	m3	619	-	1.000	m3	4.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.18E+00	3	0	0	3	

エ. 資機材別の二酸化炭素排出量

・ 図 4. 3-94 のとおり鋼材とコンクリートからの排出が約 6 割を占める。

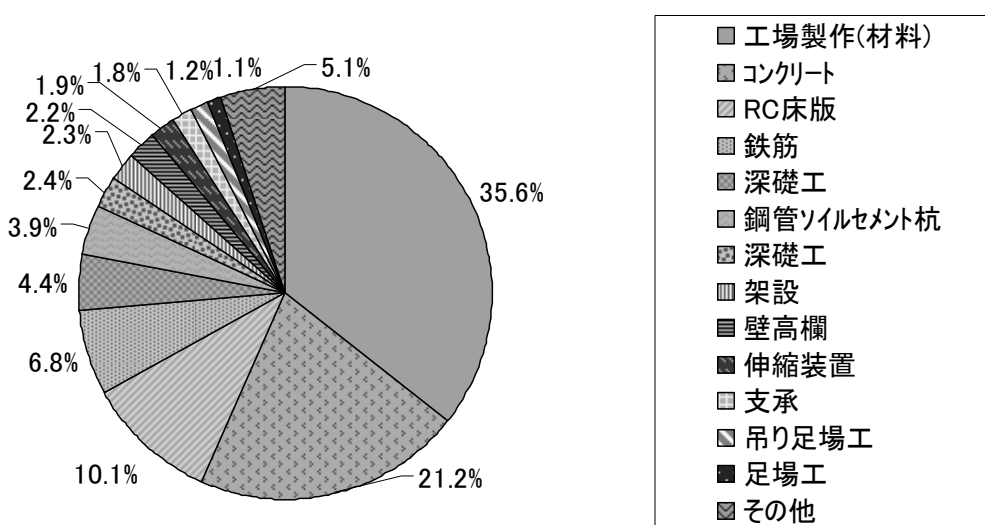


図 4. 3-94 資機材別の二酸化炭素排出量

(2) 橋梁（下部）

Case1：普通コンクリート 4.3.2 (3) 参照

Case2：自己充てん型高強度高耐久コンクリート（S.Q.C.）

① 代替技術概要

代替技術 の名称	自己充てん型高強度高耐久コンクリート（S.Q.C.）																																									
概要	<p>・打設時の締固め作業が不要な自己充てん性と設計基準強度 50N/mm² 以上の高強度を併せ持つ自己充てん型高強度高耐久コンクリート。</p> <p>・100年～300年程度の耐用年数を実現する高品質の構造物の建設が可能となる。</p> <p style="text-align: center;">S.Q.C. の配合例</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">配合名</th> <th colspan="6">配合条件</th> <th colspan="7">単位量 (kg/m³)</th> </tr> <tr> <th>配合強度 (N/mm²)</th> <th>目標スランプフロー (cm)</th> <th>空気量 (%)</th> <th>水結合材比 (%)</th> <th>粗骨材絶対容積 (m³/m³)</th> <th>細骨材率 (%)</th> <th>水</th> <th>セメント</th> <th>混和材</th> <th>細骨材</th> <th>粗骨材</th> <th>高性能AE減水剤</th> <th>AE剤</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S.Q.C (BS72)</td> <td>72</td> <td>60</td> <td>4.5</td> <td>41.5</td> <td>326</td> <td>52.9</td> <td>165</td> <td>199</td> <td>199</td> <td>891</td> <td>827</td> <td>1.05</td> <td>0.0025</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">使用セメント BS72：普通ポルトランドセメント 混和材高炉スラグ微粉末</p>	配合名	配合条件						単位量 (kg/m ³)							配合強度 (N/mm ²)	目標スランプフロー (cm)	空気量 (%)	水結合材比 (%)	粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	細骨材率 (%)	水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	AE剤	S.Q.C (BS72)	72	60	4.5	41.5	326	52.9	165	199	199	891	827	1.05	0.0025
配合名	配合条件						単位量 (kg/m ³)																																			
	配合強度 (N/mm ²)	目標スランプフロー (cm)	空気量 (%)	水結合材比 (%)	粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	細骨材率 (%)	水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	AE剤																													
S.Q.C (BS72)	72	60	4.5	41.5	326	52.9	165	199	199	891	827	1.05	0.0025																													
標準技術 （従来工法等）	普通コンクリート（高炉セメントB）																																									
LCI 試算 結果	<p>・今回試算した S.Q.C. の環境負荷原単位は、結合材を高炉スラグ微粉末で置換したもので、普通コンクリートとほぼ同等となった。（S.Q.C.=1.84E+02 (kg-CO₂)、普通コンクリート=1.85E+02 (kg-CO₂)）。</p> <p>・S.Q.C. は強度と耐久性が高く、断面寸法を小さくできるため、コンクリート量を 21%、鉄筋量を 9%、機械稼働時間を 20%削減することができる。この結果、トータルで二酸化炭素排出量 18%を削減できた。</p> <p>・代替技術を用いることによる二酸化炭素削減量は、73t-CO₂であった。</p> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>・標準技術</p> <p>・提案技術</p> <p style="text-align: center;">システム境界</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">コンクリートポンプ車の稼働時間が減</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">標準技術と同様</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">標準技術と同様</p> </div>																																									
備考	NETIS 自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計施工法 (HR-050003-A)																																									

② 全工種及び代替技術との比較対象工種

橋梁下部工事の全工種を表 4.3-70 に示す。なお、代替技術との比較対象とする「橋脚躯体工」は網がけで示した。

表 4. 3-70 全工種及び代替技術との比較対象工種

工事区分・工種・種別・細別	規格
場所打杭工 Y3PU8	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PU8	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ180
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y3PD9	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PD9	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ180
場所打杭工 Y3PU9	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PU9	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ170
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y3PD10	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y3PD10	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ175
場所打杭工 Y4PU1	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PU1	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ185
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y4PD1	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PD1	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ185
場所打杭工 Y4PU2	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PU2	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ185
作業土工	
床掘り	
埋戻し	
残土処理	
場所打杭工 Y4PD2	
場所打杭	杭径 1200mm杭長(設計長) 16.5m
掘削土処理	
橋脚躯体工(構造物単位) Y4PD2	
T型橋脚	
鉄筋	SD345 D16~D25
鉄筋	SD345 D29~D32
支承箱抜き	φ185
橋梁付属物工	
銘板工	
銘板設置	600×400
工事用道路工	
工事用道路盛土	
敷砂利	RC-40 敷厚 200mm
土留・仮締切工	
鋼矢板	Ⅲ型 鋼矢板長さ 10 m
鋼矢板	Ⅲ型 鋼矢板長さ 9.5 m
運搬費	
重建設機械分解組立輸送費	
仮設材運搬費	

③ 比較対象工種の数量

「橋脚躯体工」のうち、「Y3PU9 橋脚」の標準技術での工事数量を表 4. 3-71 に例示する。

表 4. 3-71 標準技術による工事数量（“Y3PU9 橋脚”の例）

工事数量				資材・機械等の数量						
区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
								単位	数量	
T型橋脚	m3	243	資材	生コンクリート高炉	24-8-25(20)	m3	73	m3	73	
				生コンクリート(高炉)	30-8-25	m3	174	m3	174	
			機械稼働	軽油	1.2号	L	120	L	120	
				コンクリートポンプ車[フォーム]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.50	供用日	1.50	
鉄筋	SD345 D16~ D25	t	14.42	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16~25	t	15	t	15
	SD345 D29~ D32	t	3.97	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29~32	t	4	t	4
支承箱抜き	φ170	m	11	資材	ホト管	φ175	m	11	t	0

④ 設定条件

「橋脚躯体工」のうち、「Y3PU9 橋脚」の標準技術での工事積算における設定条件を表 4. 3-72 に例示する。

表 4. 3-72 標準技術による設定条件（“Y3PU9 橋脚”の例）

項目	設定条件
T形橋脚	
高さ区分	5m以上10m未満
打設量区分	100m3以上300m3未満
生コンクリート規格	各種
生コンクリート規格	24-8-25(20)(高炉)
足場工及び養生工	手摺先行型枠組足場/一般養生
雑工種	基礎材+均しコンクリート
生コンクリートの夜間割増の有無	無
圧送管組立・撤去の有無	無
鉄筋	
鉄筋材料規格	SD345
鉄筋径	D16~D25
鉄筋径	D29~D32
鉄筋費	鉄筋工[市場単価]
鉄筋工[市場単価]	
鉄筋材料規格	SD345
鉄筋径	D16~D25
鉄筋径	D29~D32
規格・仕様	一般構造物
施工規模	10t以上(標準)
時間的制約を受ける場合の補正	無
夜間作業補正	無
トンネル内作業の補正	無
法面作業の補正	無
太径鉄筋補正	補正無(鉄筋割合10%未満含む)
構造物種別による補正	補正無(一般構造物)
支承箱抜き	φ180

⑤ 代替技術の数量

代替技術の数量は表 4. 3-73 に示し、「自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物による長寿命化と二酸化炭素削減効果 コンクリート工学 Vol. 48 No. 9」の既試算結果に基づき、標準

技術に対して同様の比率で低減できることを前提として算出した。既試算結果によれば標準技術に対してコンクリート数量は0.78倍、鉄筋数量は0.91倍となった。

表 4. 3-73 代替技術による工事数量（“Y3PU9 橋脚”の例）

工事数量				資材・機械等の数量							
工事区分・工種・種別・細別・規格		単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		
									単位	数量	
橋脚躯体工 (Y3PU9)	T型橋脚		m3	194.26	資材	SQC		m3	57.56	m3	57.56
						SQC		m3	136.70	m3	136.70
					機械稼働	軽油	1.2号	L	95.58	L	95.58
					機械減耗	コンクリートポンプ車[フォーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.20	供用日	1.20
	鉄筋	SD345 D16~ D25	t	13.54	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16~25	t	13.54	t	13.54
						SD345 D29~ D32	t	3.73	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29~32	t	3.73	t	3.73
支承箱抜き	φ170	m	11	資材	ホド管	φ175	m	11.00	t	0.02	

⑥ 使用した二酸化炭素排出原単位

S. Q. C. の配合例に基づき、各構成材料の1m³当たりの単位量に国総研の環境負荷原単位を乗じ、加算することでS. Q. C. の1m³当たりの原単位を算出した。なお、コンクリート製造と現場までの出荷についても合わせて加算した。(表 4. 3-74 参照)

表 4. 3-74 S. Q. C. の環境負荷原単位 (1m³ 当り二酸化炭素排出量)

SQC の配合	重量(t/m ³)	環境負荷量(kg-CO ₂ /t)
水	0.165	0.00E+00
普通セメント	0.199	1.47E+02
高炉スラグ	0.199	4.66E+00
細骨材	0.891	1.41E+01
粗骨材	0.827	6.68E+00
混和材	0.00105	1.44E+00
製造工場の設備		2.99E+00
現場への出荷 (生コンの「出荷」)		6.82E+00
S. Q. C.		1.84E+02 (kg-CO ₂ /m ³)

⑦ LCI 試算結果

「Y3PU9 橋脚」を例として、標準技術、代替技術それぞれの LCI 試算結果を表 4. 3-75 および表 4. 3-76 に示す。

表 4. 3-75 標準技術（普通コンクリートを用いた橋脚躯体工）

二酸化炭素排出量（合計）：410t

工事数量				資材・機械等の数量						環境負荷原単位						環境負荷量(kg-CO2)								
工事区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼		
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼						
橋脚躯体工 (Y3PU9)	T型橋脚	m3	243	資材	生コンクリート高炉	24-8-25(20)	m3	73	m3	73	生コンクリート高炉	m3				1.85E+02	1.79E+02	6.82E+00		13.611	13,110	501	0	
					生コンクリート(高炉)	30-8-25	m3	174	m3	174	生コンクリート高炉	m3				1.85E+02	1.79E+02	6.82E+00		32,326	31,136	1,190	0	
				機械稼働	軽油	1.2号	L	120	L	120	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	362	50	3	310	
				機械減耗	コンクリートポンプ車[アーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.50	供用日	1.50	コンクリートポンプ車運転	供用日				5.70E+01	1.79E+02	6.99E+00	0.00E+00	86	268	10	0	
	鉄筋	SD345 D16~D25	t	14.42	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16~25	t	15	t	15	鉄筋コンクリート用棒鋼	t				8.56E+02	8.37E+02	1.85E+01		12,713	12,439	274	0
		SD345 D29~D32	t	3.97	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29~32	t	4	t	4	鉄筋コンクリート用棒鋼	t				8.56E+02	8.37E+02	1.85E+01		3,500	3,425	75	0
支承销抜き	φ170	m	11	資材	ホイト管	φ175	m	11	t	0	その他のバルブ・紙・紙加工品	t				1.84E+03	1.62E+03	2.23E+02	0.00E+00	30	27	4	0	

表 4. 3-76 代替技術（S.Q.C.を用いた橋脚躯体工）

二酸化炭素排出量（合計）：325t

工事数量				資材・機械等の数量						環境負荷原単位						環境負荷量(kg-CO2)								
工事区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼		
								単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼						
橋脚躯体工 (Y3PU9)	T型橋脚	m3	194.26	資材	SQC		m3	57.56	m3	57.56	SQC	m3				1.84E+02	1.61E+02	1.25E+01		10,568	9,285	718		
					SQC		m3	136.70	m3	136.70	SQC	m3				1.84E+02	1.61E+02	1.25E+01		25,098	22,051	1,705		
				機械稼働	軽油	1.2号	L	95.58	L	95.58	軽油	L				3.03E+00	4.14E-01	2.55E-02	2.59E+00	290	40	2	247	
				機械減耗	コンクリートポンプ車[アーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.20	供用日	1.20	コンクリートポンプ車運転	供用日				5.70E+01				68				
	鉄筋	SD345 D16~D25	t	13.54	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16~25	t	13.54	t	13.54	鉄筋コンクリート用棒鋼	t				8.56E+02	8.37E+02	1.85E+01		11,590	11,340	250	
		SD345 D29~D32	t	3.73	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29~32	t	3.73	t	3.73	鉄筋コンクリート用棒鋼	t				8.56E+02	8.37E+02	1.85E+01		3,191	3,122	69	
支承销抜き	φ170	m	11	資材	ホイト管	φ175	m	11.00	t	0.02	その他のバルブ・紙・紙加工品	t				1.84E+03	1.62E+03	2.23E+02	0.00E+00	30	27	4	0	

⑧ 比較対象工種の実環境負荷量

比較対象工種の二酸化炭素排出量を図 4. 3-95 および図 4. 3-96 に示す。

- ・ 橋脚躯体工の二酸化炭素排出量のうち、生コンクリートと鉄筋からの排出が大部分を占める。
- ・ 代替技術では生コンクリートと鉄筋の環境負荷量が減少。

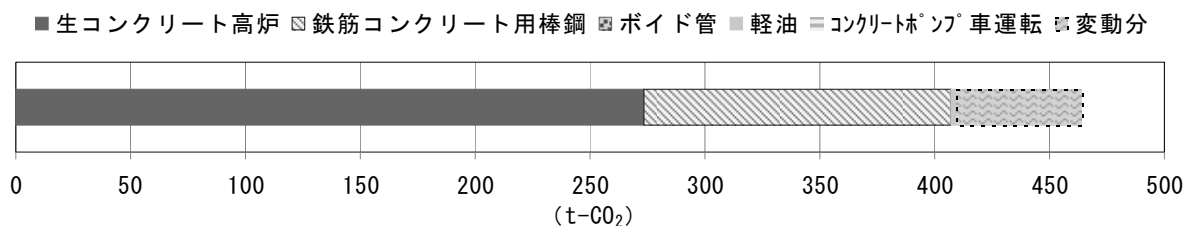


図 4. 3-95 標準技術：普通コンクリートを用いた橋脚区体工の二酸化炭素排出量

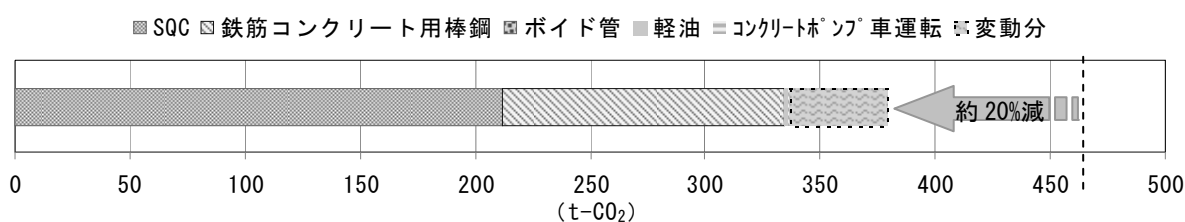


図 4. 3-96 代替技術：S. Q. C. を用いた橋脚区体工の二酸化炭素排出量

⑨ 橋脚躯体工の二酸化炭素排出量シェア

標準技術と代替技術の二酸化炭素排出量比率を図 4. 3-97 に示す。

- ・ 橋脚躯体工の二酸化炭素排出量は橋梁下部工全体の約 5 割を占める。
- ・ 代替技術による環境負荷の削減量は全体の約 10%に相当。

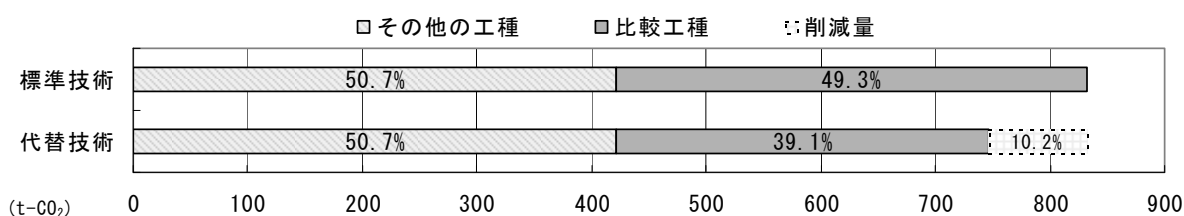


図 4. 3-97 橋梁下部工事における標準技術（普通コンクリートを用いた橋脚躯体工）と代替技術（S. Q. C. を用いた橋脚躯体工）の二酸化炭素排出量比率

⑩ 工種別の環境負荷量

標準技術、代替技術での橋脚躯体工の二酸化炭素排出量を図 4. 3-98 に示す。なお、橋脚躯体工以外の工種の環境負荷量は標準施工（積算基準）による。

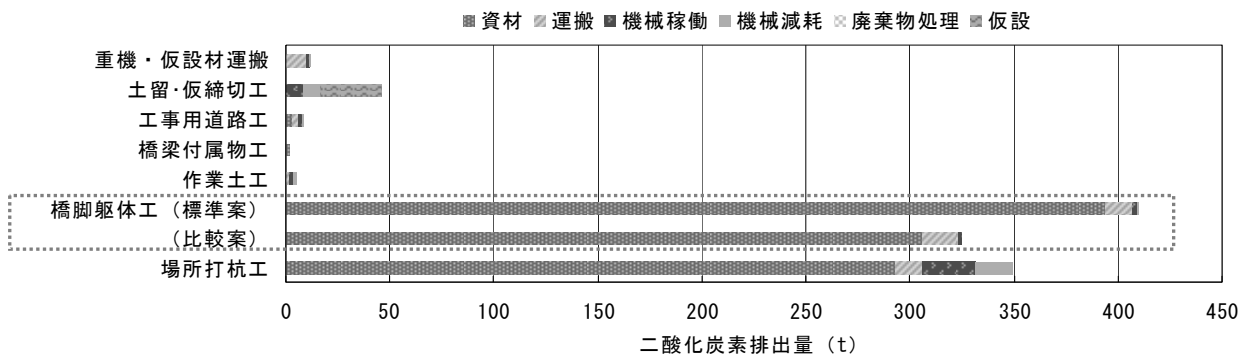


図 4. 3-98 工種別二酸化炭素排出量

⑪ 試算にあたっての留意事項、LCI 計算手法への意見

ア. 数量、原単位などの設定にあたり、割り切って考えたこと

- ・ S.Q.C. では、締固が不要となるため、バイブレータの使用による二酸化炭素が削減されるが、数値的にわずかであることがから、算定に加えていない。
- ・ ボイド管による資材の二酸化炭素に関しても、数量的にわずかであることから、標準値と同様の値とした。

イ. 計算できなかった項目とその理由

- ・ S.Q.C. は、品質・耐久性の高さから、長寿命化やメンテナンスの低減といったライフサイクルでの二酸化炭素削減効果を見込むことが出来る。ただし、今回の LCI 計算は、施工時の二酸化炭素削減に着目していることから、前述の削減効果を見込んでいない。

ウ. 試算を行ってみて LCI 計算手法へのコメント 改善点の提案 など

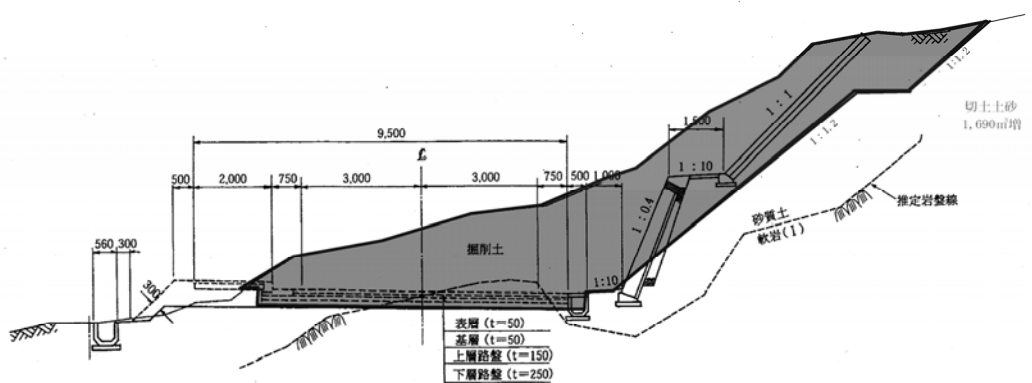
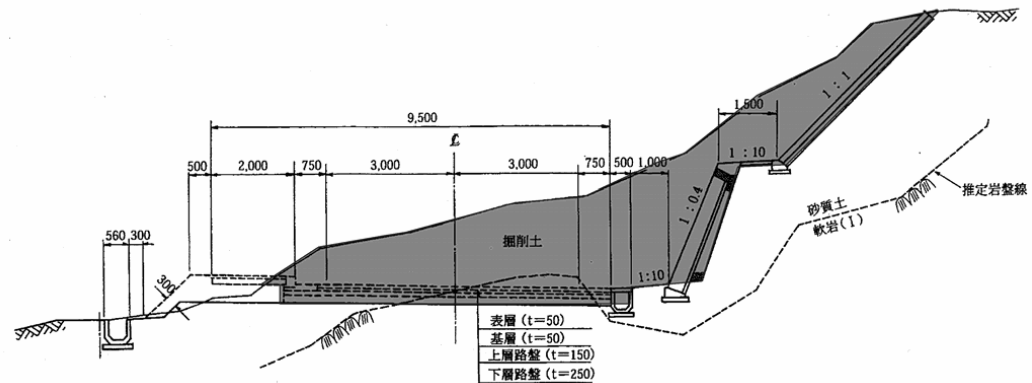
- ・ S.Q.C. のように JIS 規格の範疇に入らないコンクリートの環境負荷原単位を算定する場合には、各材料の配合構成に併せて各材料の製造の原単位を積み上げ、1 m³ に割り戻して、環境負荷原単位を設定する作業が必要になる。
- ・ その際、各材料の輸送に関わる原単位、コンクリートを製造する際の原単位、プラントから現場までトラックアジテータで輸送する原単位など、イベントごとに設定できると、算定での混乱がなくなる。
- ・ 特にコンクリートを用いて施工する場合には、セメント由来の二酸化炭素が圧倒的に多いと多いため、コンクリートに関しては、配合種別でひとまとめの原単位にせず、各配合に応じた原単位を算出できる枠組みが必要と考える。

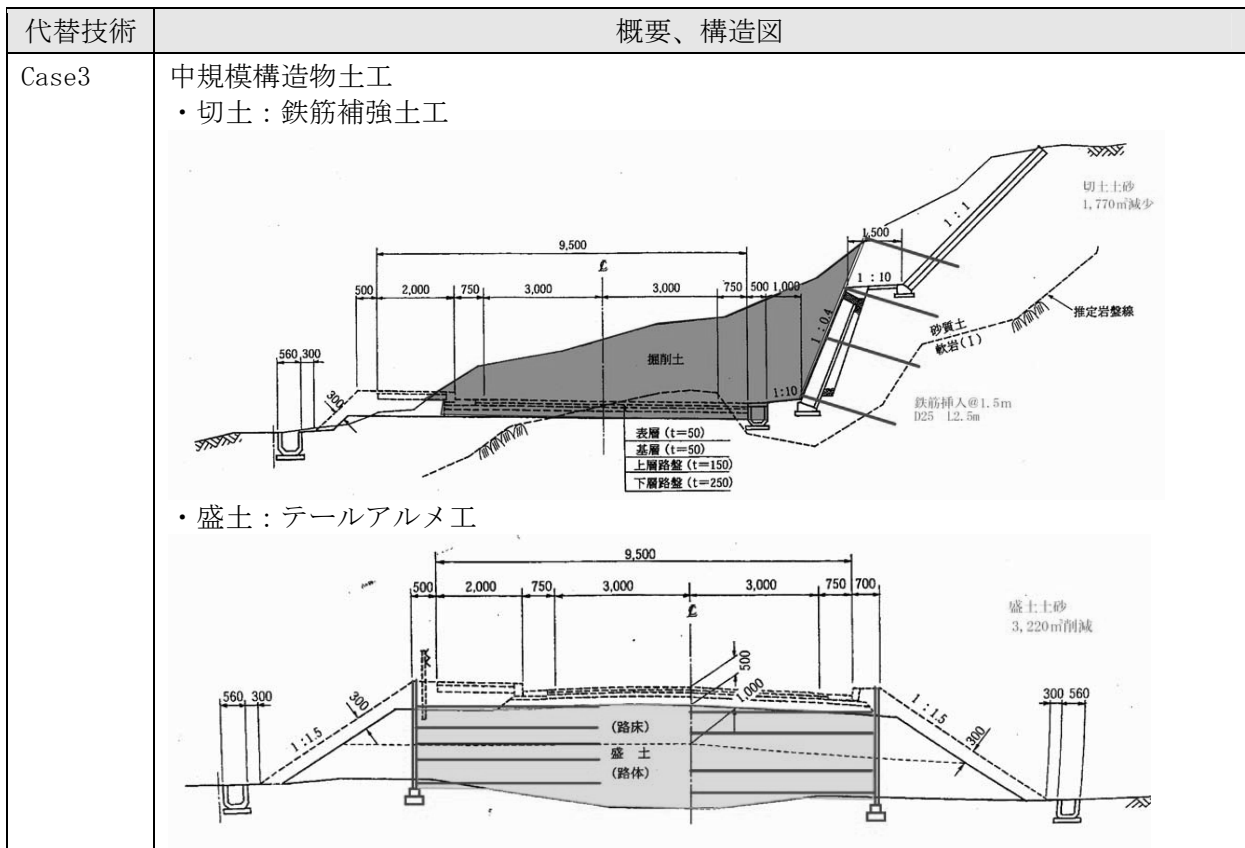
(3) 平面道路

① 構造形式

平面道路の試算対象を表 4. 3-77 に示す。

表 4. 3-77 平面道路試算対象の構造形式

代替技術	概要、構造図
<p>Case1</p> <p>切盛土工 ・切土：のり面</p> <p>・盛土：のり面</p>	 <p>掘削土</p> <p>表層 (t=50) 基層 (t=50) 上層路盤 (t=150) 下層路盤 (t=250)</p> <p>砂質土 軟岩(1)</p> <p>推定岩盤線</p> <p>切土土砂 1,690mm増</p> <p>(路床) 盛土 (路体)</p>
<p>Case2</p> <p>小規模構造物土工 ・切土：ブロック積み</p> <p>・盛土：ブロック積み</p>	 <p>掘削土</p> <p>表層 (t=50) 基層 (t=50) 上層路盤 (t=150) 下層路盤 (t=250)</p> <p>砂質土 軟岩(1)</p> <p>推定岩盤線</p> <p>(路床) 盛土 (路体)</p>



② 工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果

工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果を表 4. 3-78、表 4. 3-79 および表 4. 3-80 に示す。

表 4. 3-78 Case1 工事数量および二酸化炭素排出量

Case1 : 二酸化炭素排出量 (合計) : 182 t

区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	資材・機械等の数量				単位変換係数				環境負荷原単位		環境負荷量 (kg-CO2)				
			名称	規格	単位	数量	単位	数量	単位	係数	名称	単位	原単位	合計			
掘削工(土砂)1 片切掘削・砂質	m3	2,660											掘削工(土砂)1	m3	工種別	3.49E+00	9,282
掘削工(土砂)2 オープンカット・砂	m3	2,360											掘削工(土砂)2	m3	工種別	3.11E+00	7,340
掘削工(土砂)3 オープンカット・砂	m3	390											掘削工(土砂)3	m3	工種別	1.89E+00	738
掘削工(軟岩) シット掘削・軟岩	m3	1,150											掘削工(軟岩)	m3	工種別	5.21E+00	5,986
路体(流用土) 土砂	m3	2,880											路体(流用土)	m3	工種別	7.61E-01	2,191
路体(流用土) 軟岩 1	m3	1,320											路体(流用土)	m3	工種別	1.14E+00	1,501
路体(発生土) 土砂	m3	2,320											路体(発生土)	m3	工種別	7.61E-01	1,765
路床(流用土) 1 土砂	m3	2,630											路床(流用土) 1	m3	工種別	1.12E+00	2,957
路床(流用土) 2 土砂	m3	70											路床(流用土) 2	m3	工種別	1.46E+00	102
路床(発生土) 土砂	m3	3,380											路床(発生土)	m3	工種別	1.12E+00	3,800
植生基材吹付 t=3cm	m2	1,230	1 植生基材	吹付厚 t=3cm	m2	1,230	t	66.4	L/m2	0.054	土木工事数量算出	単位体積質量は土砂のみ(=1.8t/m3)	芝・種子	t	原単位一覧表	2.21E+03	146,751

表 4. 3-79 Case2 工事数量および二酸化炭素排出量

Case2 :

二酸化炭素排出量 (合計) : 532t

工事数量	資材・機械等の数量										単位変換係数				環境負荷原単位		環境負荷量 (kg-CO2)			
	区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位	数量	単位	係数	依頼	依頼詳細	名称	単位	備考	原単位	合計	合計
掘削工(土砂)1	片切掘削・砂質土	m3	1,060												掘削工(土砂)1	m3	工種別	3.49E+00	3,699	
掘削工(土砂)2	オーブンカット・砂	m3	2,270												掘削工(土砂)2	m3	工種別	3.11E+00	7,060	
掘削工(土砂)3	オーブンカット・砂	m3	390												掘削工(土砂)3	m3	工種別	1.89E+00	738	
掘削工(軟岩)	リッパ掘削・軟岩	m3	1,150												掘削工(軟岩)	m3	工種別	5.21E+00	5,986	
路体(流用土)	土砂	m3	1,440												路体(流用土)	m3	工種別	7.61E-01	1,089	
路体(流用土)	軟岩 I	m3	1,320												路体(流用土)	m3	工種別	1.14E+00	1,501	
路体(発生土)	土砂	m3	1,540												路体(発生土)	m3	工種別	7.61E-01	1,171	
路床(流用土)1	土砂	m3	2,950												路床(流用土)1	m3	工種別	1.12E+00	2,867	
路床(流用土)2	土砂	m3	70												路床(流用土)2	m3	工種別	1.46E+00	102	
路床(発生土)	土砂	m3	3,460												路床(発生土)	m3	工種別	1.12E+00	3,890	
床掘り		m2	70												床掘り	m3	工種別	4.44E+00	311	
埋戻し		m2	20												埋戻し	m3	工種別	3.88E+00	74	
プレキャストのり		m2	467												法枠工	m2	工種別	1.40E+02	65,386	
土工		m2	782												床掘り	m3	工種別	4.44E+00	3,469	
埋戻し		m2	261												埋戻し	m3	工種別	3.88E+00	959	
コンクリートブロック積工		m2	3,621												コンクリートブロック積工	m2	工種別	1.19E+02	433,200	

表 4. 3-80 Case3 工事数量および二酸化炭素排出量

Case3 :

二酸化炭素排出量 (合計) : 616 t

工事数量	資材・機械等の数量										単位変換係数				環境負荷原単位		環境負荷量 (kg-CO2)					
	区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位	数量	単位	係数	依頼	依頼詳細	名称	単位	備考	原単位	合計	合計		
掘削工(土砂)1	片切掘削・砂質土	m3	790												掘削工(土砂)1	m3	工種別	3.49E+00	2,757			
掘削工(土砂)2	オーブンカット・砂質土	m3	770												掘削工(土砂)2	m3	工種別	3.11E+00	2,393			
掘削工(土砂)3	オーブンカット・砂質土	m3	390												掘削工(土砂)3	m3	工種別	1.89E+00	738			
掘削工(軟岩)	リッパ掘削・軟岩 I	m3	1,150												掘削工(軟岩)	m3	工種別	5.21E+00	5,986			
路体(流用土)	土砂	m3	1,200												路体(流用土)	m3	工種別	7.61E-01	913			
路体(流用土)	軟岩 I	m3	1,320												路体(流用土)	m3	工種別	1.14E+00	1,501			
路体(発生土)	土砂	m3	780												路体(発生土)	m3	工種別	7.61E-01	593			
路床(流用土)1	土砂	m3	1,200												路床(流用土)1	m3	工種別	1.12E+00	1,349			
路床(流用土)2	土砂	m3	70												路床(流用土)2	m3	工種別	1.46E+00	102			
路床(発生土)	土砂	m3	4,810												路床(発生土)	m3	工種別	1.12E+00	5,408			
鉄筋補強工	m2	670	資材	フリーフレーム	鋼製型枠	m	1,003	t	3.54	t/m	0.004				普通鋼小棒	t		8.56E+02	3,029			
				吹付けモルタル	鋼製鉄筋D10	m	1,003	t	80.24	t/m	0.080			モルタル(セメント製品)	t		4.00E+02	32,098				
			資材	緑化土のり	土砂	m2	506	t	182.24	t/m2	0.360			土工材(砂利、採石)	t		1.58E+01	2,883				
			機械	軽油	L	2,628	L	2,628						軽油	L		3.03E+00	7,956				
			機械	クローラードル運転	空気式非搭乗式	日	14.4	日	14.4						建設機械	運転日		1.71E+01	247			
			機械	減耗	150kg級																	
			機械	可搬式コンプレッサー	17m3/min	日	14.4	日	14.4							建設機械	運転日		1.10E+01	159		
			資材	鉄筋	D25 L=2.5	本	436.7	t	4.35	t/本	0.010					普通鋼小棒	t		8.56E+02	3,720		
			資材	セメントペースト		m3	4.94	t	8.90	t/m3	1.800					ポルトランドセメント 普通	t		7.38E+02	6,568		
			資材	壁面材	t=140mm	m2	2,940	t	967.3	t/m2	0.329					コンクリート製品(擁壁類)	t		4.00E+02	386,928		
機軸油	L	4,463	機軸油	軽油	L	4,463	L	4,463						軽油	L		3.03E+00	13,518				
			機軸油	トラック用油	L	4,463	L	4,463														
			機軸油	トラック用油	L	4,463	L	4,463														
機軸油	L	67.6	機軸油	油圧伸縮シブ製4.9t品	日	67.6	日	67.6						建設機械	運転日		4.20E+01	2,841				
			機軸油	ストリップ・亜鉛メッキ	m	20,910	t	51.6	t/m	0.002					普通鋼鋼帯	t		2.61E+03	134,676			

③ ケース間の比較

- ・ 図 4. 3-99 に示すとおり、鋼材等の資材使用量の多い Case3 の排出量が最も多く、コンクリートブロック積工、テールアルメ工からの排出が多い。

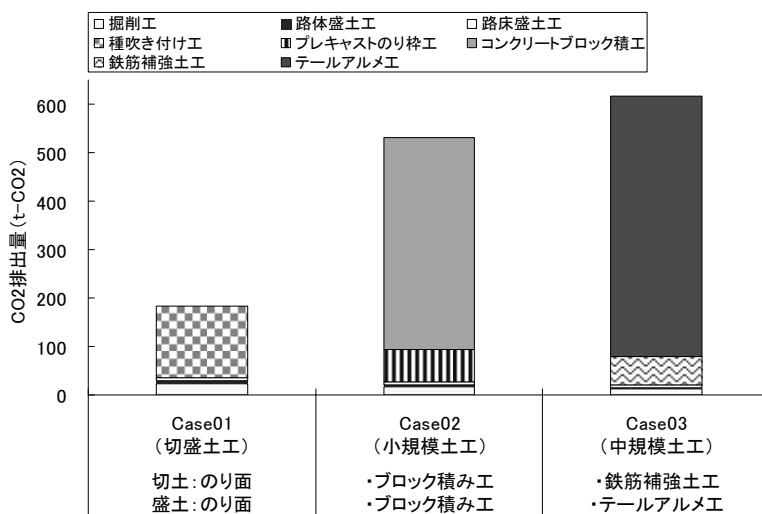


図 4. 3-99 工種別二酸化炭素排出量

※試算事例(4)、(5)、(6)については、原単位が最新のものではないことをご了承願います。

(4) 河川護岸（その1）

【実施目的】河川事業の個別事例を対象に、詳細設計レベルにおいての構造物の LCA を行い、定量的に環境負荷を把握する。

【対象事例】今後の汎用性を考慮して、河川事業において代表的かつ使用する資材の多様性に富む工種・工法として、多自然川づくりを含む護岸及び水制工を対象とする。

【対象指標】河川事業との関連性の深い環境要素から「地球温暖化」（二酸化炭素）を対象とする。

【対象範囲】

- 時間境界：対象事例とした構造物の耐用年数に準じて、供用 1 年当たりの環境負荷量を把握する。
- システム境界：護岸及び水制工の詳細設計レベルにおいては、前河川事業（護岸、水制工）の解体撤去が工種に含まれることが多い。そのため、前事業の解体～対象事業の完成までのプロセスを対象範囲とする。

【解説】

【河川事業に代表的な工種・工法】

事例選定にあたり、護岸工、水制工の代表的な工種・工法を表 4. 3-81 に整理した。また、二酸化炭素の発生要因となる資材に着目し、各工種・工法で使用する資材について整理した。

【事例選定】

多自然川づくりを含む工種・工法の詳細設計事例から、LCA のケーススタディ対象を選定した。直轄区間河川事業の事例では大河川の標準的な工法が主体となっており、材料・素材の多様性が乏しくなることが想定できるため、選定にあたっては広く県管理の中小河川クラスまでの範囲とし、直轄区間（大河川クラス）1 件、県管理区間（中小河川クラス）2 件の多自然護岸の詳細設計 3 事例とした。

【二酸化炭素排出量の算定】

河川事業のプロセスから、検討対象とする二酸化炭素の発生要因を以下のように整理した。

- 施工プロセス
 - ・ 建設機械の稼動＝燃料消費による二酸化炭素
 - ・ 利用する建設機械の製造による二酸化炭素
- 資材の調達プロセス
 - ・ 工場での資材の製造による二酸化炭素
 - ・ 工場から工事現場への資材の運搬による二酸化炭素

表 4. 3-81 各工種・工法で使用する資材

工種	工法	素材(自然)		素材(人口)		利用可能性		
		土・石	植物	コンクリート	金属・他	現地発生材	リサイクル材	
護岸工	のり覆工	植物系護岸	張芝		◎			
			ジオテキスタイル工			◎		
			ブロックマット工			◎	○	
		連節系護岸	連節ブロック			◎	○	
			杭柵工	◎	○			○
		木系護岸	粗朶法覆	◎	○			○
			丸太格子	◎				○
		かご系護岸	かごマット工法	◎			○	○
			植生蛇籠	◎	○		○	○
		自然石系	自然石張	練張	◎		○	○
				空張	◎			○
			金網付自然石張	空張	◎		○	○
			自然石積	練積	◎		○	○
		補強土護岸	補強土工法	練積	◎		○	○
				空積	◎		○	○
	植生擁壁	ポーラスコンクリート			◎			
	ブロック系護岸	環境ブロック			◎			
		ブロック積			◎			
		ブロック張			◎			
	覆土			◎			○	
	護岸付属工	天端工			◎		○	
		小口止工			◎			
		吸い出し防止材				◎		
		裏込材		◎			○	
		すりつけ工		(護岸構造に準ずる)				
	基礎工(法留工)	直接基礎			●			
		杭基礎	●		●			
		矢板基礎				◎		
	根継工	ステップ式	◎					
		矢板式				◎		
直接根継				◎				
根固工	木系等	粗朶沈床	◎			○		
		木工沈床	◎			○		
		改良沈床	●		●		○	
	かご系	かご	◎			○	○	
		袋	◎			○	○	
	石系	◎				○		
ブロック系			◎	○				
水制工	杭打ち水制	杭打ち水制	◎			○		
		杭打ち上置工	◎			○		
	わく類	合掌枠、沈枠等	◎			○		
	牛類	牛枠、菱牛、聖牛等	◎			○		
	ブロック類	コンクリートブロック			◎			

注) 工種等の区分は「美しい山河を守る災害復旧基本指針 平成11年度」(社)全国防災協会を参考とした。

Case1 (直轄区間)

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-82 に示す。一級河川の築堤護岸整備事業である。当該区間の河床勾配は 1/5,000 と緩やかで、図 4. 3-100 に示す設計図の標準横断の法勾配も高水敷は 1:4.0 と緩傾斜で (低水敷 1:2.0)、直轄区間の大河川クラスとしては標準的な河川形態である。護岸構造は環境配慮として基本的な隠し護岸と覆土形式を高水護岸部で採用し、低水護岸部は堤防の安全性に配慮して浸食・洗掘に対応しうる大型連結ブロックと根固ブロックの組み合わせとなっている。いずれも大河川クラスの標準的な築堤護岸整備内容である。

② LCA 手法適用にあたっての特記事項

- ・ 高水護岸の連節ブロック、高水敷及び低水護岸の連結ブロック、根固ブロックに製品指定があった。
- ・ 複数の工事区間への一斉発注であったため、単一のコンクリートブロックの製造工場では生

産が間に合わず、多少遠方の製造工場から調達している。

- ・ 複数の工事区間への一斉発注であったため、根固製造ヤードが確保できず、プレキャスト製品を用いている。
- ・ 盛土の土砂は転用土を用いており、下流地点より、掘削・運搬する。
- ・ コンクリート殻は、指定場所へ運搬し、再利用用に素材化する。
- ・ アスファルト殻は、再資源化施設に運搬し、再利用用に素材化する。

表 4. 3-82 工事概要

項目	主な内容
施工延長	L=300m
河床勾配	I=1/5,000
撤去工	コンクリート構造物、舗装版、路盤、既設護岸
仮設	工所用坂路、仮締切
築堤工	掘削、盛土、敷均し、埋戻し、植生工
高水護岸	大型連節ブロック
低水護岸	大型連結ブロック
根固め	ブロック工 (2t 型)
道路工	天端道路工、砕石道路工

標準横断面図 §=1:150

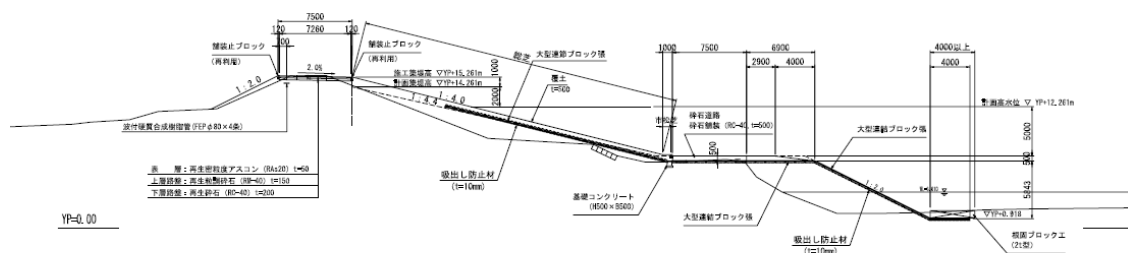


図 4. 3-100 標準横断面図

③ 環境負荷量の試算結果

Case 1 の試算結果を表 4. 3-83 および図 4. 3-101 に示す。

- ・ コンクリート造の護岸として耐用年数が一律 30 年と比較的長寿命であるため、供用 1 年間あたりの二酸化炭素排出量は 53.24t-CO₂/年となる。
- ・ 資材製造に関わる二酸化炭素排出量が多く 8 割近くを占め、ついで機械稼働、資材運搬がそれぞれ 1 割程度、建設機械の機械製造分は 2%と少ない。
- ・ 二酸化炭素排出源の多くは護岸工のコンクリートブロックや根固の製造に関するものであり、このような大型のコンクリート製品の設置に使用するラフテレーンクレーンの稼働によっても二酸化炭素排出量が増加する。
- ・ 仮設工で工所用道路や仮締切工に敷鉄板や鋼矢板を利用しているが、利用期間が短く繰り返

し利用するため、仮設工による二酸化炭素排出量は6%程度と低く抑えられている。

- ・ 盛土に利用した土砂は下流河川の掘削土砂を流用しているため、土砂資材の調達に関わる二酸化炭素排出量が抑制された。

表 4. 3-83 Case1 試算結果

工種	種別	建設機械		資材		工種計		CO2排出量/年		備考
		稼動	製造(利用分)	製造	運搬	[A]	[B]	[A]/[B]	[A]/[B]	
撤去工	構造物取壊し工	2.44	0.45		0.61	3.50	30	0.12	0.22%	コンクリートブロック造の護岸及び根固耐用年数30年 注) 人力施工で調達資材がないまたは資材が算定不可だった工種は0t-CO2となる
仮設工	工事用道路	1.08	0.20	3.55	6.02	10.85	30	0.36	0.68%	
	仮締切工	15.71	4.64	60.23	8.13	88.71	30	2.96	5.55%	
築堤工	掘削工	0.28	0.06			0.34	30	0.01	0.02%	
	表土剥	6.82	0.91			7.73	30	0.26	0.48%	
	盛土工	11.83	2.02		96.02	109.87	30	3.66	6.88%	
	敷均し	10.00	1.08			11.08	30	0.37	0.69%	
	覆土	4.51	0.84			5.35	30	0.18	0.33%	
	作業土工	2.65	0.49			3.14	30	0.10	0.20%	
	法面整形工	21.16	3.96			25.12	30	0.84	1.57%	
	植生工			3.24		3.24	30	0.11	0.20%	
	基面整形						30			
	平場						30			
護岸工	築立土羽	11.68	2.19			13.87	30	0.46	0.87%	
	低水護岸工	26.31	4.38	256.11	8.48	295.28	30	9.84	18.49%	
	高水敷保護工	25.28	4.21	245.23	8.14	282.86	30	9.43	17.71%	
	高水護岸工	40.94	6.81	377.20	12.48	437.43	30	14.58	27.39%	
	吸出防止工			15.33	0.04	15.37	30	0.51	0.96%	
	基礎工			0.72	0.02	0.74	30	0.02	0.05%	
	根固工	8.45	1.40	193.65	6.39	209.89	30	7.00	13.14%	
	調整コンクリート			5.09	0.04	5.13	30	0.17	0.32%	
天端道路工	舗装工	1.04	0.33	18.95	8.84	29.16	30	0.97	1.83%	
	付帯工			8.77	0.26	9.03	30	0.30	0.57%	
碎石道路工	舗装工	0.83	0.26	10.81	10.95	22.85	30	0.76	1.43%	
	付帯工			6.47	0.26	6.73	30	0.22	0.42%	
総計		191.01	34.23	1205.35	166.68	1597.27		53.24		
		12.0%	2.1%	75.5%	10.4%	t-CO2		t-CO2/年		

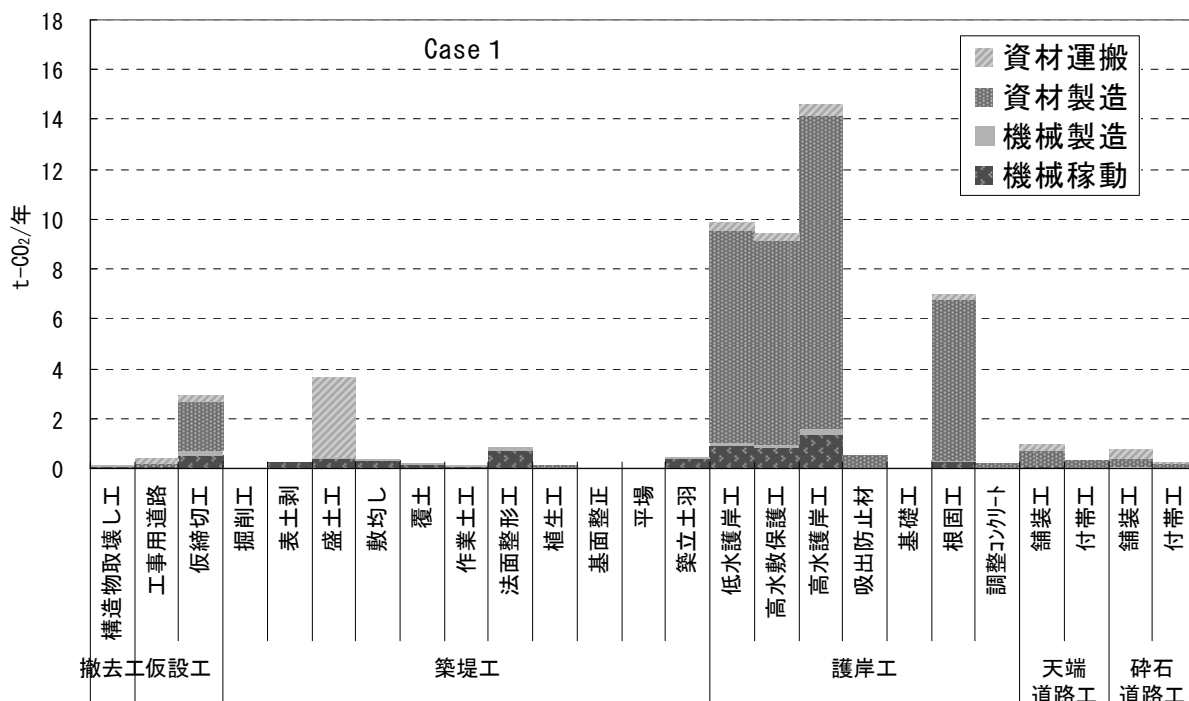


図 4. 3-101 Case1 試算結果

Case2（県管理区間）

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-84 に示す。豪雨による破堤部分を含む災害復旧助成事業（計画高水流量 1,800m³/s）による築堤護岸整備である。河床勾配は 1/736 と中流河川の様相であり、図 4. 3-102 に示す設計図の標準横断の法勾配の高水・低水ともに 1:2.0 となっている。

浸透に対する安全性を確保するため、基盤漏水対策として川表遮水矢板工法、堤体漏水対策として粘性土による断面拡幅工法を採用している。高水敷の利用や環境保全に配慮して、高水護岸部には隠し護岸と覆土形式を採用している。低水護岸部は、現況滯筋の再現や水生動物の生息環境保全に配慮し、自然石固着金網護岸と栗石粗朶工の多自然・伝統的工法を採用している。

② LCA 手法適用にあたっての特記事項

- ・ 災害復旧助成事業であるため、通常の築堤工に加えて高水敷部の粘性土置換や基礎工で鋼矢板を堤体下に全損する等、堤防部の補強対策が施されている。
- ・ 低水護岸部に複数の多自然工法が採用されている。
- ・ コンクリートブロック等の製品指定はなし。
- ・ 資材調達場所、廃棄物の処分場所等は不明。

③ 環境負荷量の試算結果

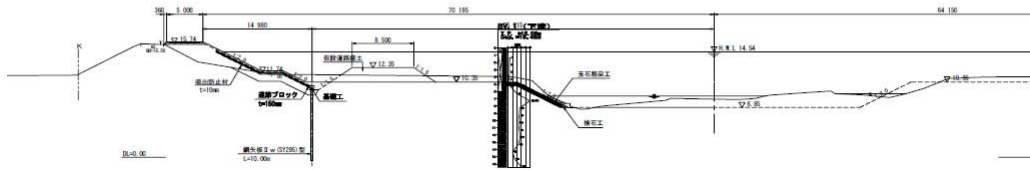
試算結果を表 4. 3-85 および図 4. 3-103 に示す。

- ・ 高水敷部はコンクリート造の護岸で耐用年数が 30 年であるが、低水敷部は粗朶等を利用した木造で耐用年数が 10 年であり、供用 1 年あたりの二酸化炭素排出量は 69.69t-CO₂/年となる。
- ・ 資材製造に関わる二酸化炭素排出量が多く 6 割を占め、ついで資材運搬が 26%、建設機械の稼働が 10%、建設機械の機械製造分は 2%となっている。
- ・ 二酸化炭素排出源の多くは盛土の土砂に用いた購入土の製造と運搬、残土の処分によるものである。これは、本事例が災害復旧助成事業であり、堤防強化のために盛土に大量の土量が必要とした点や粘性土を用いたことによる。
- ・ もう一つの堤防の強化対策として、高水敷部の基礎工に鋼矢板を全損で設置しており、鋼矢板の利用により二酸化炭素排出量が増加している。
- ・ 低水護岸については、粗朶や捨石などの多自然工法を利用しており、建設機械の稼働も少ないことから二酸化炭素排出量が少なく、全体の 7%程度であった。

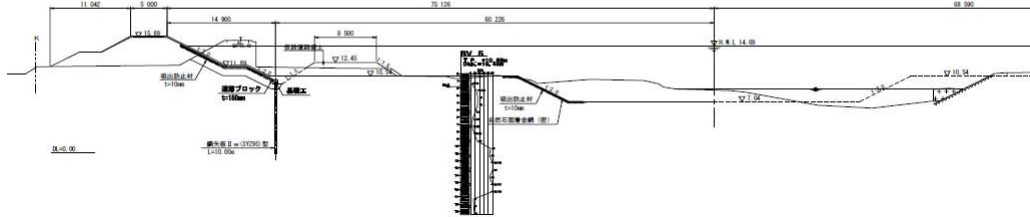
表 4. 3-84 工事概要

項目	主な内容
施工延長	L=305.5m
河床勾配	I=1/736
撤去工	既設コンクリート、既設アスファルト
仮設工	工事用道路
土工	掘削、盛土、埋戻、残土処分
高水護岸	連節ブロック、基礎工（鋼矢板）
低水護岸	自然石固着金網、玉石粗朶工
根固め	捨石工

No. 160



No. 167



標準断面図 S=1:50

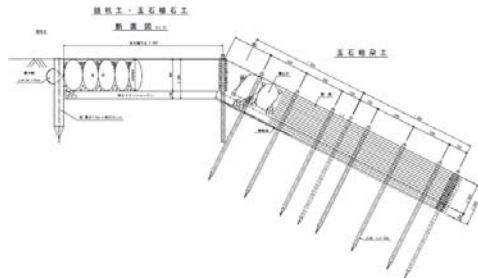
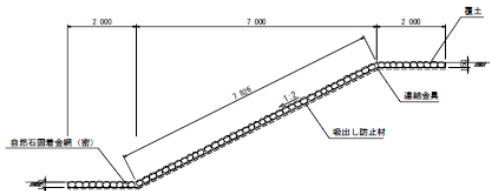


図 4.3-102 標準断面図

表 4.3-85 Case2 試算結果

工種	種別	建設機械		資材		工種計		CO2排出量/年		備考
		稼動	製造(利用分)	製造	運搬	[A]	[B]	[A]/[B]		
撤去工(高水敷)	既設CO撤去	0.92	0.17		4.32	5.41	30	0.18	0.26%	高水敷: コンクリートブロック造の護岸 耐用年数30年
	既設AS撤去	0.02	0.00		0.17	0.19	30	0.01	0.01%	
仮設工	盛土・撤去	5.91	1.07	45.08	49.85	101.91	30	3.40	4.87%	
	天端砕石	0.46	0.15	2.39	3.64	6.64	30	0.22	0.32%	
土工(高水敷)	高水敷盛土	0.01	0.00	469.34	39.37	508.72	30	16.96	24.33%	
	機械掘削	8.52	1.71			10.23	30	0.34	0.49%	
	床堀	2.54	0.47			3.01	30	0.10	0.14%	
	埋戻C	1.25	0.21			1.46	30	0.05	0.07%	
	覆土	1.03	0.19			1.22	30	0.04	0.06%	
	粘性土置換	2.95	0.46			3.41	30	0.11	0.16%	
	堤体盛土	8.12	1.64			9.76	30	0.33	0.47%	
	掘削(高水敷)	4.59	0.92			5.51	30	0.18	0.26%	
	基面整正						30			
	盛土法面整形	1.74	0.33			2.07	30	0.07	0.10%	
	切土法面整形	3.65	0.68			4.33	30	0.14	0.21%	
護岸工(高水敷)	張芝						30			
	残土処分				30.05	30.05	30	1.00	1.44%	
護岸工(高水敷)	連節ブロック	26.35	4.38	236.81	6.14	273.68	30	9.12	13.09%	
	基礎工	6.65	1.97	452.05	2.14	462.81	30	15.43	22.14%	
土工(低水敷)	掘削(低水敷)	21.21	4.25			25.46	10	2.55	3.65%	
	盛土(低水敷)	1.15	0.23			1.38	10	0.14	0.20%	
	埋戻C	0.05	0.01			0.06	10	0.01	0.01%	
	盛土法面整形	0.35	0.07			0.42	10	0.04	0.06%	
	切土法面整形	2.83	0.53			3.36	10	0.34	0.48%	
	基面整正						10			
護岸工(低水)	残土処分				129.97	129.97	10	13.00	18.65%	
	捨石	0.35	0.05	1.79	0.37	2.56	10	0.26	0.37%	
	玉石植石工			6.28	1.07	7.35	10	0.74	1.05%	
	玉石粗梁工			5.43	1.64	7.07	10	0.71	1.01%	
	自然石護岸(密)	17.00	2.83	20.07	2.27	42.17	10	4.22	6.05%	
詰杭工			0.28	0.01	0.29	10	0.03	0.04%		
総計		117.65	22.32	1239.52	271.01	1650.50		69.69		
		7.1%	1.4%	75.1%	16.4%	t-CO2		t-CO2/年		

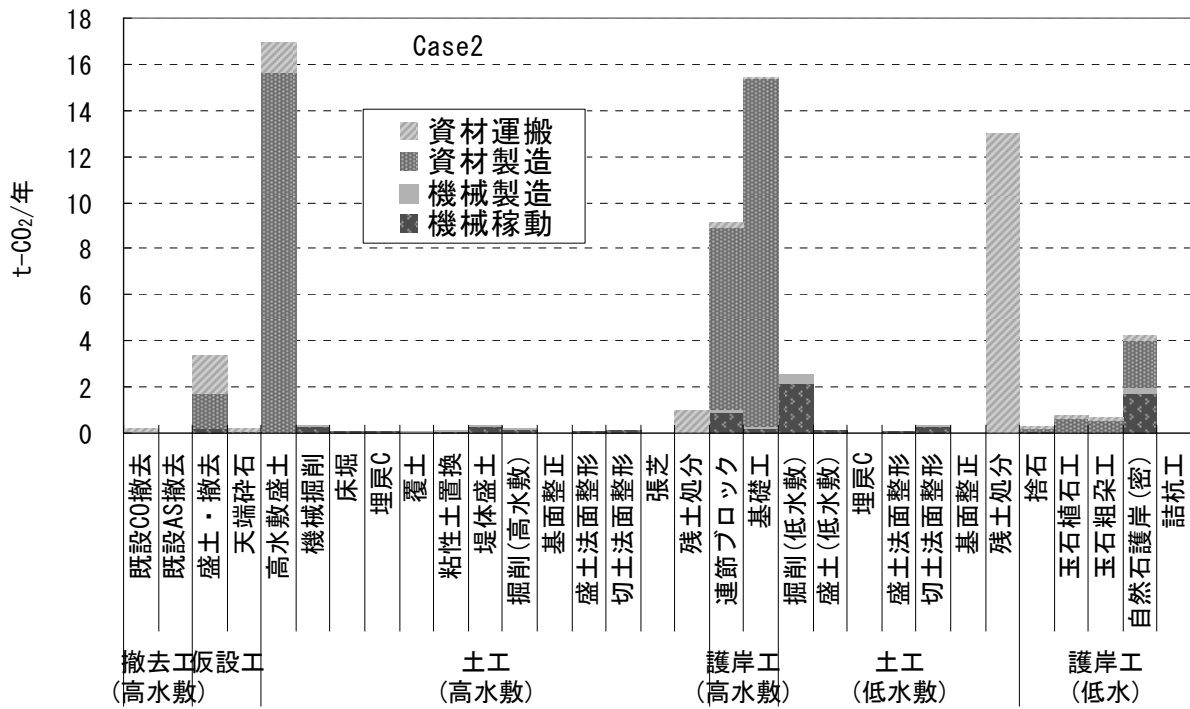


図 4. 3-103 Case2 試算結果

Case3 (県管理区間)

① 工事概要

工事概要を表 4. 3-86 に示す。河川管理者、教育関係者や地元住民等を含めた推進協議会を通してPI 事業として進められた河川整備事業である。対象区間は狭窄部となっており、河床勾配は1/65と急流で、図 4. 3-104 に示す設計図標準断面の法勾配も1:0.5と急になっている。

協議会の要望を受けて自然環境、景観、水辺利用などに配慮した整備が実施されており、工種も多自然川づくりを基本として自然空石積みや魚巢ブロック、木工沈床など、多様な多自然・伝統的工法が採用されている。

表 4. 3-86 工事概要

項目	主な内容
施工延長	L=300m
河床勾配	I=1/65
仮設工	土堰堤仮設道路、仮水路
土工	床掘、盛土、埋戻、残土処分
低水護岸	アンカー式自然石積み、魚巢ブロック、天端ブロック、間知ブロック
根固め	木工沈床、既存ブロック工 (2t 型) 転用
舗装工	表面舗装工

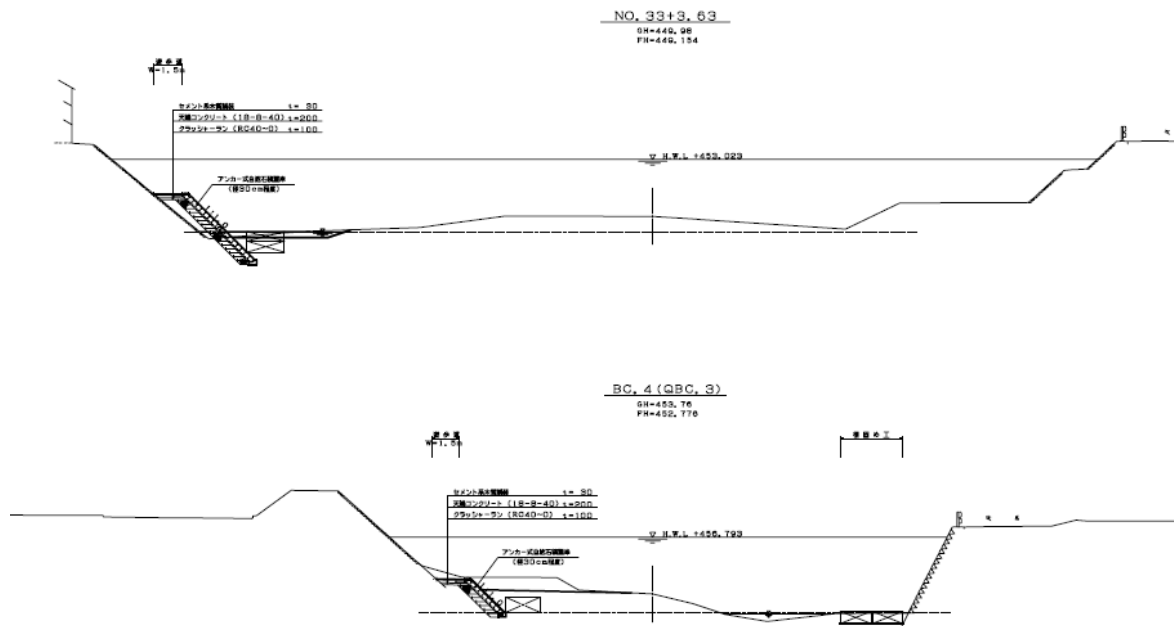


図 4. 3-104 標準断面図

② LCA 手法適用にあたっての特記事項

- ・ 低水護岸部に複数の多自然工法が採用されている。
- ・ コンクリートブロック等の製品指定なし。
- ・ 資材調達場所、廃棄物の処分場所等は不明。

③ 環境負荷量の試算結果

試算結果を表 4. 3-87 および 図 4. 3-105 に示す。

- ・ 護岸はアンカー式自然石積みの石造護岸のため、耐用年数が 50 年であるが、低水部分は木工沈床を利用した木造で耐用年数が 10 年である。供用 1 年あたりの二酸化炭素排出量は 8.67t-CO₂/年となる。
- ・ 資材製造に関わる二酸化炭素排出量が多く 8 割を占め、次いで資材運搬が 17%、建設機械の稼働が 4%、建設機械の機械製造分は 0.7%となっている。
- ・ 多自然工法を多用しており、建設機械の稼働もほとんどないことから、他の 2 事例と比較して二酸化炭素排出量が少なくなっている。
- ・ 主な二酸化炭素排出源は、木工沈床根固のコンクリート土台部や投入する栗石・砕石、護岸の裏込材の砕石等であった。
- ・ 全体の二酸化炭素排出量が少ないため、仮設工(工事用道路、仮水路)の割合が 10%程度と高くなった。
- ・ 残土処分に係る二酸化炭素排出量が多いことから、他の工事現場等での残土の転用により排出量の抑制が期待される。

表 4. 3-87 Case3 試算結果

工種	種別	建設機械		資材		工種計		CO2排出量/年		備考
		稼働	製造(利用分)	製造	運搬	[A]	[B]	[A]/[B]		
仮締切	土堰堤仮設道路	1.70	0.31	13.45	17.78	33.24	50	0.66	7.67%	護岸部分： 石造の護岸 耐用年数50年 根固： 木造 耐用年数10年 注) 人力施工で調達 資材がないまたは 資材が算定不可 だった工種は0t- CO2となる。
	仮水路	0.22	0.04	10.59	0.09	10.94	50	0.22	2.52%	
築堤工	床堀	6.76	1.24			8.00	50	0.16	1.85%	
	盛土工	0.02	0.02			0.04	50	0.00	0.01%	
	埋戻	1.87	0.30			2.17	50	0.04	0.50%	
	残土処分				22.17	22.17	50	0.44	5.12%	
	基面整形						50			
	切土法面整形	2.31	0.43			2.74	50	0.05	0.63%	
	盛土法面整形	0.23	0.04			0.27	50	0.01	0.06%	
護岸工	アンカー式自然石積み	0.10	0.02	9.03	1.91	11.06	50	0.22	2.55%	
	魚巣ブロック			2.02	0.06	2.08	50	0.04	0.48%	
	魚巣天端ブロック			0.37	0.01	0.38	50	0.01	0.09%	
	間知式ブロック			1.46	0.05	1.51	50	0.03	0.35%	
	吸出防止材設置工			1.91	0.00	1.91	50	0.04	0.44%	
	裏込材料投入工			38.67	9.40	48.07	50	0.96	11.09%	
	裏込コンクリート打設工			1.47	0.06	1.53	50	0.03	0.35%	
	現場打基礎工			6.48	0.28	6.76	50	0.14	1.56%	
	現場打天端工			25.26	1.10	26.36	50	0.53	6.08%	
	根固工	既設根固ブロック撤去	0.38	0.06			0.44	10	0.04		0.51%
根固ブロック据付工		0.43	0.07			0.50	10	0.05	0.58%	
木工沈床根固据付				43.72	4.09	47.81	10	4.78	55.16%	
基面整形工							10			
小口止工	小口止工			0.85	0.04	0.89	50	0.02	0.21%	
舗装工	表層舗装工			9.15	0.34	9.49	50	0.19	2.19%	
総計		14.02	2.53	164.43	57.38	238.36		8.67		
		5.9%	1.1%	69.0%	24.1%	t-CO2		t-CO2/年		

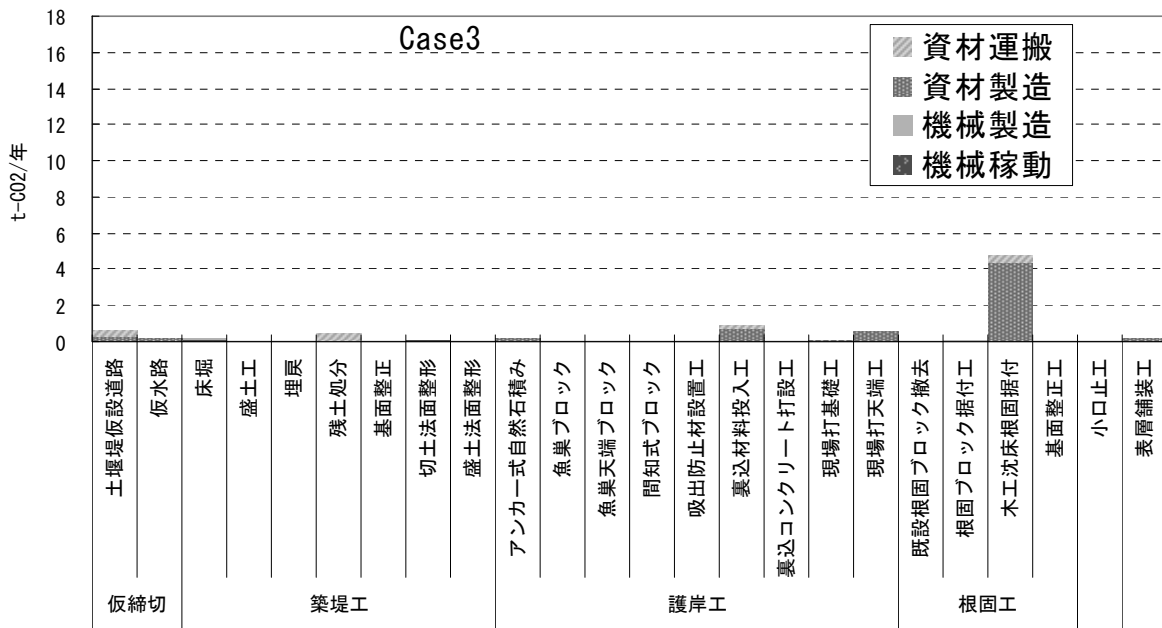


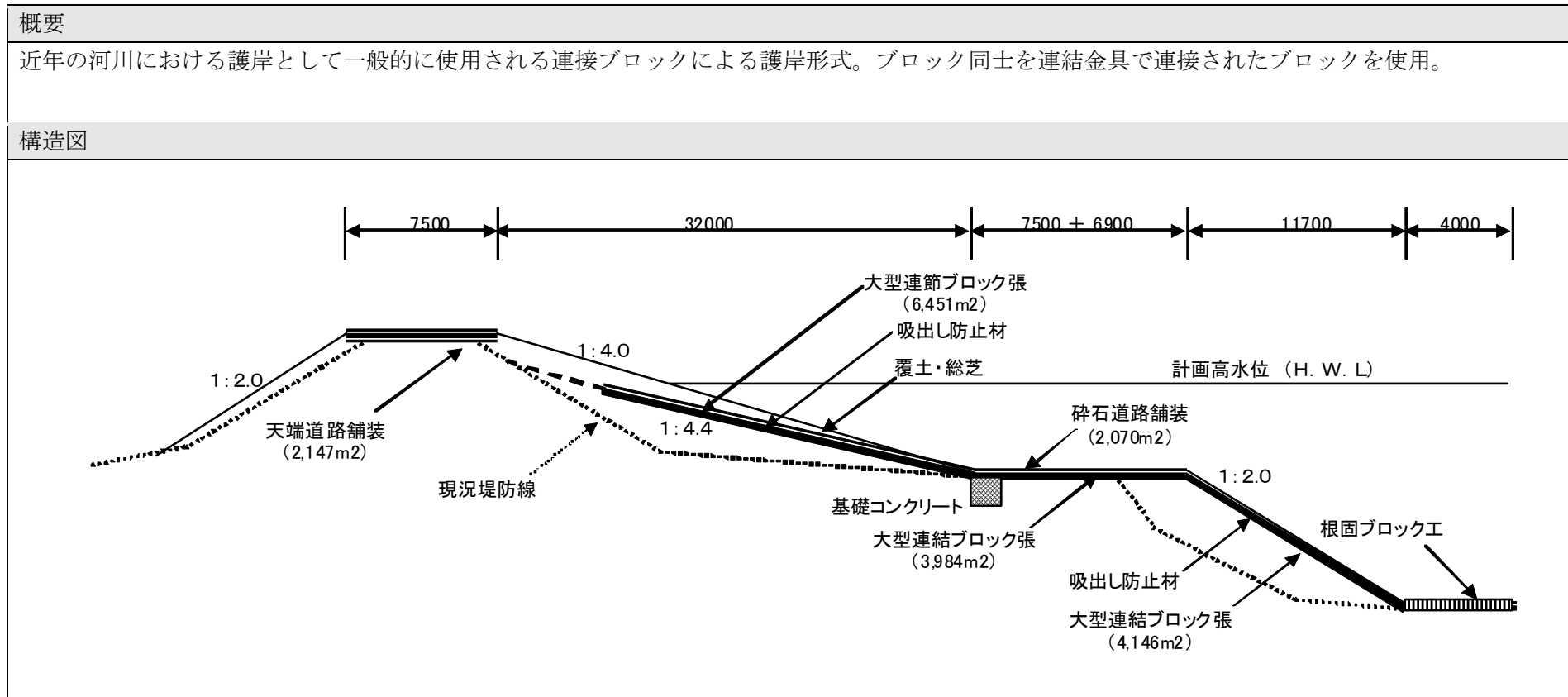
図 4. 3-105 Case3 試算結果

(5) 河川護岸（その2）

① 構造形式

試算対象とした構造形式を表 4. 3-88 に示す。

表 4. 3-88 試算対象構造形式



② 工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果

工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果を表 4. 3-89 に示す。

表 4. 3-89 工事数量および二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量 (合計) : 2,881 t

区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分		名称	規格	単位	数量	単位変換後		名称	単位	みなし水準	金額評価	備考	原単位 (t-CO2/単位)				環境負荷原単位 (kg-CO2)																																																																																																																																																																																																					
			数量	区分					単位	数量						合計	生産	出荷	燃焼	合計	生産	出荷	燃焼																																																																																																																																																																																																		
護岸工	m2	4145.7	資材	運結ブロック		m2	4,145.7	t	1,581.7		セメント製品	t					3.72E-01	3.72E-01	2.77E-02		632.238	588.383	43.855																																																																																																																																																																																																		
																									機械稼働	軽油	ラフレレンクレーン	L	9,949.6	L	9,949.6		軽油(ラフレレンクレーン)	L																																																																																																																																																																																							
																																																	機械減耗	ラフレレンクレーン	油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日	82.9	日	82.9		ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日																																																																																																																																																															
																																																																									資材	連結金具		個	260	t	0.3		特殊鋼熱間圧延鋼材	t																																																																																																																																							
																																																																																																	資材	連結金具		個	4,114.0	t	4.1		特殊鋼熱間圧延鋼材	t																																																																																																															
																																																																																																																									高水数保護工	m2	3984.2	資材	運結ブロック	m2	3,984.2	t	1,520.1		セメント製品	t					3.72E-01	3.72E-01	2.77E-02		607.619	565.472	42.147																																																																										
																																																																																																																																																	機械稼働	軽油	ラフレレンクレーン	L	9,562.2	L	9,562.2		軽油(ラフレレンクレーン)	L																																																															
																																																																																																																																																																									機械減耗	ラフレレンクレーン	油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日	79.7	日	79.7		ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日																																							
																																																																																																																																																																																																	資材	連結金具		個	255.0	t	0.3		特殊鋼熱間圧延鋼材	t															
																																																																																																																																																																																																																									資材
高水護岸工	m2	6450.7	資材	運結ブロック	m2	6,450.7	t	2,331.8		セメント製品	t					3.72E-01	3.72E-01	2.77E-02		932.088	867.433	64.654																																																																																																																																																																																																			
																								機械稼働	軽油	ラフレレンクレーン	L	15,481.7	L	15,481.7		軽油(ラフレレンクレーン)	L																																																																																																																																																																																								
																																																機械減耗	ラフレレンクレーン	油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日	129.0	日	129.0		ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日																																																																																																																																																																
																																																																								吸出防止材	m2	14581	資材	吸出防止材	m2	14,580.6	t	8.0		その他の繊維工業製品	t					7.10E+00	7.10E+00	2.34E-01		58.815	56.937	1.878																																																																																																																											
																																																																																																機械稼働	(人カ)		L	-	L	-	-	(人カ)	L																																																																																																																
																																																																																																																								機械減耗	(人カ)		-	-	-	-	-	(人カ)	-																																																																																								
																																																																																																																																																根固工	個	380	資材	掘削シャッフル	個	380.0	t	0.5		特殊鋼熱間圧延鋼材	t																																																														
																																																																																																																																																																									760	資材	挿入ソック	個	760.0	t	1.1		特殊鋼熱間圧延鋼材	t																																							
																																																																																																																																																																																																	1140	資材	吊筋	個	1,140.0	t	2.4		普通鋼小棒	t															
																																																																																																																																																																																																																									570
機械稼働	軽油	ラフレレンクレーン	L	876.9	L	876.9		軽油(ラフレレンクレーン)	L																																																																																																																																																																																																																
																								機械減耗	ラフレレンクレーン	油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日	7.3	日	7.3		ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日																																																																																																																																																																																								
																																																7.9	日	ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日	7.9	日	7.9		ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日																																																																																																																																																																
																																																																								11.4	日	ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日	11.4	日	11.4		ラフレレンクレーン 油圧伸縮シブ型・排出ガス対策型(第1次基準値) 25t吊	日																																																																																																																																								
																																																																																																調整コンクリート	m3	19.4	資材	調整コンクリート	m3	19.4	m3	19.4		生コン,ポルトランドセメント	m3																																																																																																														
																																																																																																																								機械稼働	(人カ)		L	-	L	-	-	(人カ)	L																																																																																								
																																																																																																																																															機械減耗	(人カ)	H≦2m	-	-	-	-	-	(人カ) H≦2m	-																																																																	
																																																																																																																																																																						基礎コンクリート	kg	59.7	資材	鉄筋	kg	59.7	t	0.1		普通鋼小棒	t																																								
																																																																																																																																																																																														30.27	資材	鉄筋	kg	30.3	t	0.0		普通鋼小棒	t																		
																																																																																																																																																																																																																						0.115	資材	伸縮目地	m2
7	資材	基礎砕石	m2	7.0	t	2.0		砕石	t																																																																																																																																																																																																																
																								10.12	資材	コンクリート型枠	m2	10.1	t	0.0		製材	t																																																																																																																																																																																								
																																																2.3	資材	コンクリート	m3	2.3	m3	2.3		生コン,ポルトランドセメント	m3																																																																																																																																																																
																																																																								m	280	機械稼働	(人カ)	L	-	L	-	-	(人カ)	L																																																																																																																																							
																																																																																																機械減耗	(人カ)	H≦2m	-	-	-	-	-	(人カ) H≦2m	-																																																																																																																

③ 排出起源別の二酸化炭素排出量

・図 4. 3-106 に示すとおり、資材からの排出が大部分を占める。

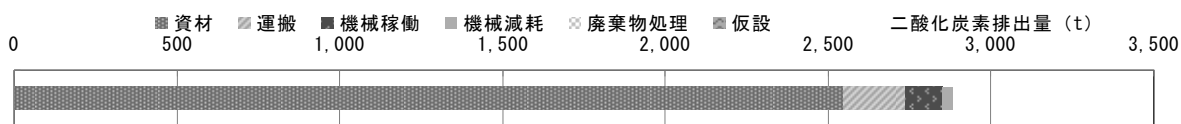


図 4. 3-106 排出起源別の二酸化炭素排出量

④ 工種別の二酸化炭素排出量

・図 4. 3-107 に示すとおり低水および高水護岸工からの排出が約 6 割を占める。

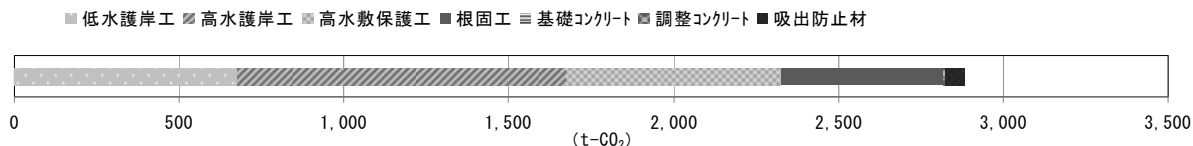


図 4. 3-107 工種別の二酸化炭素排出量

⑤ 資機材別の二酸化炭素排出量

・図 4. 3-108 に示すとおりセメント製品からの排出が 9 割以上を占める。

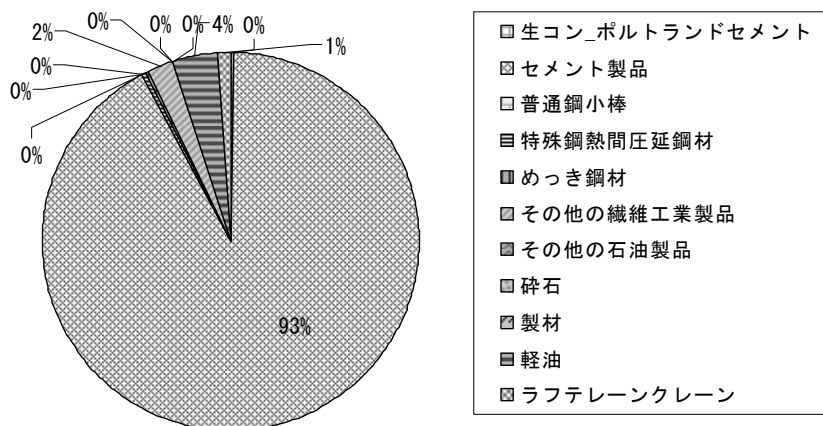


図 4. 3-108 資機材別の二酸化炭素排出量

(6) 小河川改修

① 対象河川

流域面積：約 12km²、確率規模：50 年確率、計画流量：80m³/s、河床勾配：約 1/100、対象区間：L=500m

② 構造形式

試算対象とした構造形式は Case1～3 の 3 パターンとした。

Case1

図 4. 3-109 のとおり、左右岸ともに石積み擁壁とし、HWL+余裕高を超える個所にはパラペットを設ける。また、落差工を 1ヶ所設ける。

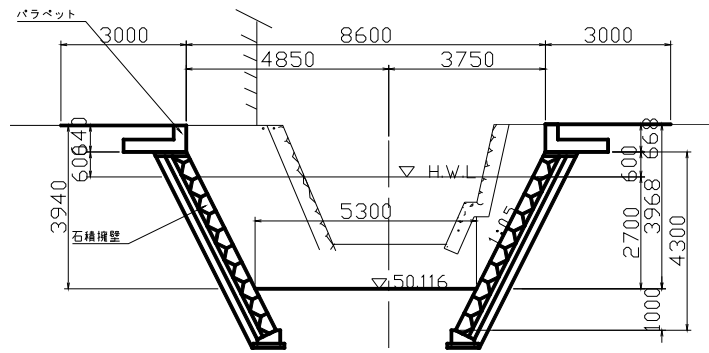


図 4. 3-109 Case1 の構造形式

Case2

図 4. 3-110 のとおり河道面積を極力小さくし、護岸は施工時における掘削の影響が無いように矢板護岸とした。河床は粗度を下げるためにコンクリート張りとした。河床勾配は 1/80 とした。

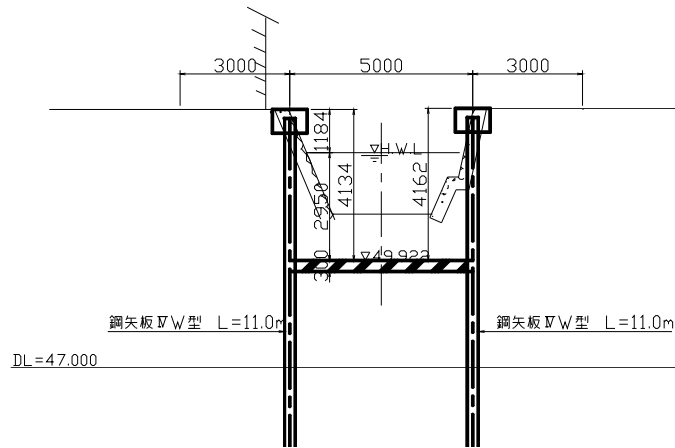


図 4. 3-110 Case2 の構造形式

Case3

図 4. 3-111 のとおり河床掘削が小さくなるよう工夫し、落差工を 1ヶ所設ける。護岸は左岸のみ設置し、右岸には既設護岸を残し、根入れ不足となる個所には根継工を設ける。

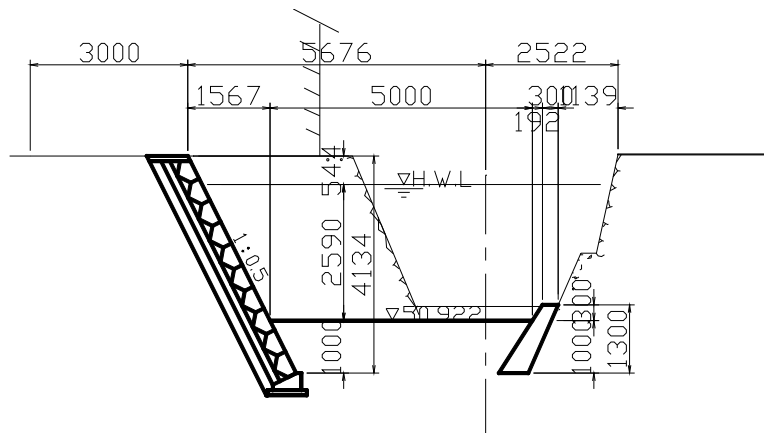


図 4. 3-111 Case3 の構造形式

③ 工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果

試算対象とした構造形式について、工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果を表 4. 3-90、表 4. 3-91 および表 4. 3-92 に示す。

表 4. 3-90 Case1 試算結果

		809t-CO ₂						CO ₂ 排出量合計値							
工種	種別	細分	工事種別・数量		単位	数量	原単位			個別計算結果			CO ₂ 合計		
			規格・形状寸法1	規格・形状寸法2			作業内容	資材原単位 【3EID】 kg-CO ₂ /*	燃料原単位 kg-CO ₂ /L	機械製造 原単位 t-CO ₂ /t	資材消費 CO ₂ 【3EID】 kg-CO ₂ /*	燃料消費 CO ₂ kg-CO ₂ /*		機器損料 CO ₂ kg-CO ₂ /*	
土工	土工	掘削				m3	11,124.0	—	2.64	2.87	—	13,815	2,091	15,907	
		埋戻				m3	2,392.0	—	2.64	2.87	—	726	1,961	2,688	
		盛土	W<1.0m	締固め (敷均し:人力)		m3	30.0	—	2.64	2.87	—	9	25	34	
		残土処理	土砂(岩塊・玉石混 り土含む)	運搬距離(BH山積0.8m3 DID無)10.0km以下		m3	8,702.0	—	2.64	2.87	—	58,869	4,200	63,069	
撤去工	撤去工	Co撤去			取壊し	m3	1,450.0	—	2.64	2.87	—	1,847	454	2,301	
		Co撤去			運搬	m3	1,450.0	—	2.64	2.87	—	9,809	700	10,509	
														0	
護岸工	基礎工	コンクリート	18-8-40		打設	m3	136.0	—	2.64	2.87	—	551	64	616	
		コンクリート	18-8-40		資材	m3	136.0	262.00	—	—	—	35,632	—	—	35,632
		コンクリート	18-8-40		運搬	m3	136.0	—	2.64	2.87	—	920	66	986	
		均しコンクリート	18-8-40		打設	m3	75.0	—	2.64	2.87	—	304	35	339	
		均しコンクリート	18-8-40		資材	m3	75.0	262.00	—	—	—	19,650	—	—	19,650
		均しコンクリート	18-8-40		運搬	m3	75.0	—	2.64	2.87	—	507	36	544	
		基面整正				m2	750.0	—	2.64	2.87	—	66	2	68	
天端工	コンクリート	18-8-40		打設	m3	783.0	—	2.64	2.87	—	3,174	370	3,544		
		18-8-40		資材	m3	783.0	262.00	—	—	—	205,146	—	—	205,146	
		18-8-40		運搬	m3	783.0	—	2.64	2.87	—	5,297	378	5,675		
護岸工	石積	控350		設置	m2	4,896.8	—	2.64	2.87	—	21,101	7,928	29,029		
		控350		資材	m2	4,896.8	5.50	—	—	—	9,426	—	—	9,426	
		控350		運搬	m3	1,713.9	—	2.64	2.87	—	11,594	827	12,422		
		裏込めコンクリート	18-8-40		資材	m3	734.5	262.00	—	—	—	192,439	—	—	192,439
		裏込めコンクリート	18-8-40		運搬	m3	734.5	—	2.64	2.87	—	4,969	355	5,323	
パラベット工	コンクリート	RC-40		資材	m3	979.4	5.50	—	—	—	5,387	—	—	5,387	
		RC-40		運搬	m3	979.4	—	2.64	2.87	—	6,626	473	7,098		
		24-8-40		打設	m3	433.6	—	2.64	2.87	—	1,758	205	1,963		
落差工	コンクリート	24-8-40		資材	m3	433.6	262.00	—	—	—	113,603	—	—	113,603	
		24-8-40		運搬	m3	433.6	—	2.64	2.87	—	2,933	209	3,143		
		鉄筋		資材	t	30.4	1133.00	—	—	—	34,443	—	—	34,443	
		鉄筋		運搬	m3	3.9	—	2.64	2.87	—	26	2	28		
														0	
護床工	1t型			横取り 積込	個	104	—	2.64	2.87	—	561	68	629		
				荷卸	個	104	—	2.64	2.87	—	607	74	681		
				据付	個	104	—	2.64	2.87	—	875	106	981		
				作製	個	104	—	2.64	2.87	—	219	27	245		
				資材	個	104	262.00	—	—	—	12,262	—	—	12,262	
				運搬	m3	46.8	—	2.64	2.87	—	317	23	339		
CO ₂ 排出量合計値											639,909	147,973	20,722	808,604	

表 4. 3-91 Case2 試算結果

2,976t-CO₂

工事種別・数量							原単位			個別計算結果			CO2合計	
工種	種別	細分	規格・形状寸法1	規格・形状寸法2	作業内容	単位	数量	資材原単位	燃料原単位	機械製造	資材消費	燃料消費	機器損料	3EID
								【3EID】	単位	原単位	CO2	CO2	CO2	原単位
								kg-CO2/*	kg-CO2/L	t-CO2/t	kg-CO2/*	kg-CO2/*	kg-CO2/*	kg-CO2/*
土工	土工	掘削				m3	2,798.0	—	2.64	2.87	—	3,475	526	4,001
		埋戻				m3	1,258.0	—	2.64	2.87	—	382	1,032	1,414
		残土処理	土砂(岩塊・玉石混り土含む)	運搬距離(BH山積0.8m3 DID無)10.0km以下		m3	1,540.0	—	2.64	2.87	—	10,418	743	11,161
撤去工	撤去工	Co撤去			取壊し	m3	1,450.0	—	2.64	2.87	—	1,847	454	2,301
		Co撤去			運搬	m3	1,450.0	—	2.64	2.87	—	9,809	700	10,509
														0
護岸工	コーピング工	コンクリート	18-8-40		打設	m3	620.0	—	2.64	2.87	—	2,513	293	2,806
		コンクリート	18-8-40		資材	m3	620.0	262.00	—	—	162,440	—	—	162,440
		コンクリート	18-8-40		運搬	m3	620.0	—	2.64	2.87	—	4,194	299	4,494
		鉄筋			資材	t	15.9	1133.00	—	—	17,981	—	—	17,981
		鉄筋			運搬	m3	2.0	—	2.64	2.87	—	14	1	15
	矢板護岸工	鋼矢板	IVW型 L=11.0m		打設	枚	1,034.0	—	2.64	2.87	—	54,569	2,466	57,035
		鋼矢板	IVW型 L=11.0m		打設	枚	1,034.0	—	2.64	2.87	—	21,741	2,642	24,383
		鋼矢板	IVW型 L=11.0m		資材	t	1,205.6	1425.00	—	—	1,718,043	—	—	1,718,043
		鋼矢板	IVW型 L=11.0m		運搬	m3	153.6	—	2.64	2.87	—	1,039	74	1,113
		鋼矢板	IIIW型 L=9.5m		打設	枚	636.0	—	2.64	2.87	—	33,565	1,517	35,082
		鋼矢板	IIIW型 L=9.5m		打設	枚	636.0	—	2.64	2.87	—	13,372	1,625	14,997
		鋼矢板	IIIW型 L=9.5m		資材	t	493.0	1425.00	—	—	702,563	—	—	702,563
		鋼矢板	IIIW型 L=9.5m		運搬	m3	62.8	—	2.64	2.87	—	425	30	455
	河床コンクリート張	コンクリート	18-8-40		打設	m3	750.0	—	2.64	2.87	—	3,040	354	3,395
		コンクリート	18-8-40		資材	m3	750.0	262.00	—	—	196,500	—	—	196,500
		コンクリート	18-8-40		運搬	m3	750.0	—	2.64	2.87	—	5,074	362	5,436
CO2排出量合計値											2,797,527	165,477	13,119	2,976,123

④ Case間の比較

表 4. 3-93 および図 4. 3-112 に示すとおり算定した各ケースの二酸化炭素排出量について工種ごとに比較した。どのケースも護岸工の占める割合が高く、絶対量では矢板護岸を使用したCase2の二酸化炭素排出量が圧倒的に大きい。

土工については、Case1 に対し Case3 は片岸のみの護岸設置ということで二酸化炭素排出量は少なくなり、Case2 は矢板護岸ということで土砂の掘削や残土処理が非常に少ないため二酸化炭素排出量が少ない。

総排出量から Case3 が有利であるが、これは片岸を既設護岸利用としたことが大きな要因である。

表 4. 3-92 Case3 試算結果

427t-CO₂

工事種別・数量								原単位			個別計算結果			CO2合計
工種	種別	細分	規格・形状寸法1	規格・形状寸法2	作業内容	単位	数量	資材原単位	燃料原単位	機械製造	資材消費	燃料消費	機器損料	3EID
								[3EID]	kg-CO2/*	kg-CO2/L	t-CO2/t	kg-CO2/*	kg-CO2/*	kg-CO2/*	kg-CO2/*
土工	土工	掘削				m3	6,848.0	-	2.64	2.87	-	8,505	1,287	9,792
		埋戻				m3	1,270.0	-	2.64	2.87	-	386	1,041	1,427
		盛土	W<1.0m	締固め (敷均し:人力)		m3	270.0	-	2.64	2.87	-	82	221	303
		残土処理	土砂(岩塊・玉石混り土含む)	運搬距離(BH山積0.8m3 DID無)10.0km以下		m3	5,308.0	-	2.64	2.87	-	35,908	2,562	38,470
撤去工	撤去工	C ₀ 撤去			取壊し	m3	828.5	-	2.64	2.87	-	1,055	260	1,315
		C ₀ 撤去			運搬	m3	828.5	-	2.64	2.87	-	5,605	400	6,005
護岸工	基礎工	コンクリート	18-8-40		打設	m3	74.8	-	2.64	2.87	-	303	35	339
		コンクリート	18-8-40		資材	m3	74.8	262.00	-	-	19,598	-	-	19,598
		コンクリート	18-8-40		運搬	m3	74.8	-	2.64	2.87	-	506	36	542
		均しコンクリート	18-8-40		打設	m3	41.3	-	2.64	2.87	-	167	20	187
		均しコンクリート	18-8-40		資材	m3	41.3	262.00	-	-	10,821	-	-	10,821
		均しコンクリート	18-8-40		運搬	m3	41.3	-	2.64	2.87	-	279	20	299
		基面整正				m2	412.5	-	2.64	2.87	-	37	1	38
		天端工	コンクリート	18-8-40		打設	m3	430.7	-	2.64	2.87	-	1,746	203	1,949
護岸工	石積	コンクリート	18-8-40		資材	m3	430.7	262.00	-	-	112,843	-	-	112,843
		コンクリート	18-8-40		運搬	m3	430.7	-	2.64	2.87	-	2,914	208	3,122
		石積	控350		設置	m2	2,743.7	-	2.64	2.87	-	11,823	4,442	16,265
		石積	控350		資材	m2	2,743.7	5.50	-	-	5,282	-	-	5,282
		石積	控350		運搬	m3	960.3	-	2.64	2.87	-	6,496	464	6,960
		裏込めコンクリート	18-8-40		資材	m3	411.6	262.00	-	-	107,839	-	-	107,839
		裏込めコンクリート	18-8-40		運搬	m3	411.6	-	2.64	2.87	-	2,784	199	2,983
		裏込め砕石	RC-40		資材	m3	548.7	5.50	-	-	3,018	-	-	3,018
根継ぎ工	コンクリート	裏込め砕石	RC-40		運搬	m3	548.7	-	2.64	2.87	-	3,712	265	3,977
		コンクリート	24-8-40		打設	m3	195.4	-	2.64	2.87	-	792	92	884
		コンクリート	24-8-40		資材	m3	195.4	262.00	-	-	51,195	-	-	51,195
		コンクリート	24-8-40		運搬	m3	195.4	-	2.64	2.87	-	1,322	94	1,416
落差工	護床工	1t型			横取り積込	個	139	-	2.64	2.87	-	749	91	840
		1t型			荷卸	個	139	-	2.64	2.87	-	812	99	910
		1t型			据付	個	139	-	2.64	2.87	-	1,169	142	1,311
		1t型			作製	個	139	-	2.64	2.87	-	292	36	328
		1t型			資材	個	139	262.00	-	-	16,388	-	-	16,388
		1t型			運搬	m3	62.6	-	2.64	2.87	-	423	30	453
								CO2排出量合計値			326,983	87,868	12,248	427,100

表 4. 3-93 ケース間の結果比較

	Case1	Case2	Case3	備考
土工	82	17	50	
撤去	13	13	7	
護岸	687	2,741	350	
その他	28	205	20	落差工、河床張
合計	810	2,976	427	



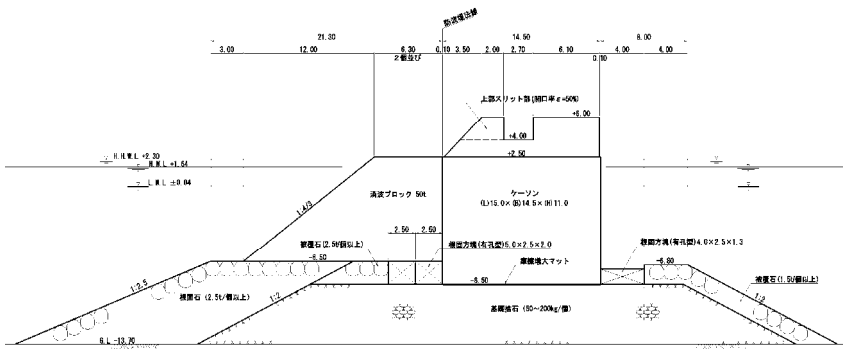
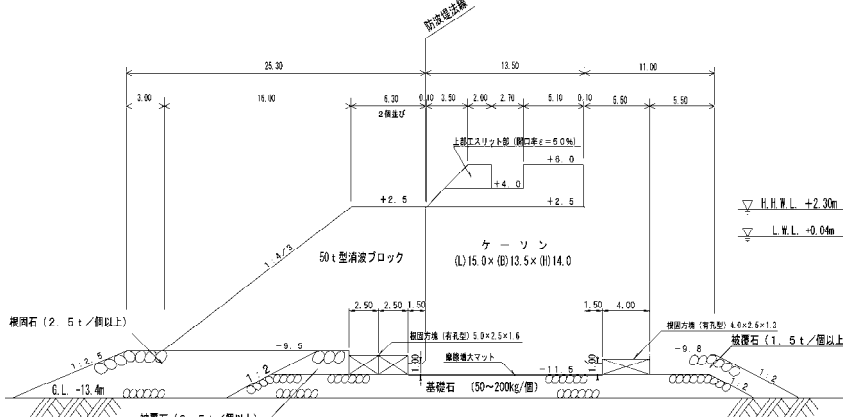
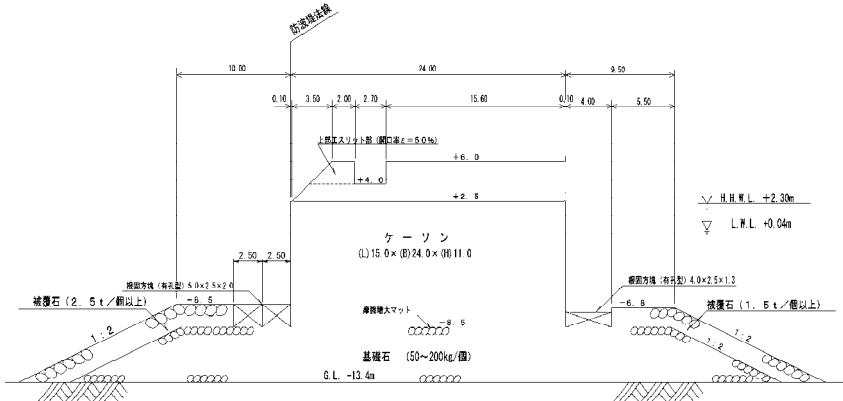
図 4. 3-112 各計画ケースにおける二酸化炭素排出量の比較

(7) 防波堤

① 構造形式

試算対象とした構造形式を表 4. 3-94 に示す。

表 4. 3-94 試算対象の構造形式

代替技術	概要	構造図
Case1	消波ブロック被覆堤 (ケーソン式、ダブルパラペット)	 <ul style="list-style-type: none"> • 堤体の直立部をケーソンで築造する最も一般的な構造形式 • 消波ブロックの被覆により波力、反射波を低減。 • 底面反力 $692 \leq 700$ (kN/m²)
Case2	消波ブロック被覆堤 (ケーソン式、ダブルパラペット) Case1 のケーソン設置水深を下げた場合	 <ul style="list-style-type: none"> • ケーソン設置水深を下げた断面 • 増加した底面反力の低減のためフーチングを設置。 • 底面反力 $687 \leq 700$ (kN/m²)
Case3	混成堤 (ケーソン式、ダブルパラペット) 消波ブロック被覆なしの場合	 <ul style="list-style-type: none"> • 消波ブロックを被覆しない断面 • 消波ブロック被覆断面に比して波力が増大するため、堤体幅が大 • 底面反力 372 (kN/m²) ≤ 700 (kN/m²)

② 工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果

試算対象とした構造形式の代替技術について、工事数量および二酸化炭素排出量の試算結果を表 4. 3-95、表 4. 3-96 および表 4. 3-97 に示す。

表 4. 3-95 Case1 工事数量と二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量 (合計) : 65 t

工事数量	環境負荷原単位													環境負荷量 (kg-CO2)					
	区分・工種・種別・細別・規格		単位	数量	区分	単位	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼				
								合計	生産	出荷	燃焼								
基礎工	(01)	基礎石投入	5~200kg/個	m3	311.8	-	m3					2.19E+01				6.817			
	(02)	基礎荒均し	±50cm, 水深 - 9.5m以浅	m2	13.4	-	m2					1.67E+01				223			
	(03)		±50cm, 水深 - 9.5m以深	m2	20.1	-	m2					1.84E+01				370			
	(04)	基礎本均し	±5cm, 水深 -9.5m以浅	m2	25.5	-	m2					4.52E+01				1,152			
本土工	(05)	鉄筋荷卸し		t	3.7	-	t					4.20E+00				16			
	(06)	鉄筋加工組立		kg	3,700.0	-	kg					9.60E-01				3,552			
	(07)	鋼製型枠組立組外		m2	149.0	-	m2					2.70E+00				402			
	(08)	コンクリート打設	ポンプ車	m3	41.5	-	m3					1.88E+02				7,788			
	(09)	ケーソン進水	函台台車方式	函	0.1	-	函					9.38E+02				63			
	(10)	ケーソン据付	ウインチ方式	函	0.1	-	函					7.98E+03				535			
	(11)	中詰材投入	鋼スラグ	m3	110.0	-	m3					5.15E+01				5,661			
	(12)	中詰均し		m2		-	m2					-							
	(13)	蓋コンクリート運搬		m3	8.0	-	m3					3.98E+01				320			
	(14)	蓋コンクリート打設		m3	8.0	-	m3					3.37E+02				2,703			
根固工	(15)	根固石投入	2.5t個/以上	m3	140.1	-	m3					2.19E+01				3,070			
	(16)	根固均し	±50cm, 水深 - 9.5m以浅	m2	21.5	-	m2					1.85E+01				397			
	(17)		±50cm, 水深 - 9.5m以深	m2	11.0	-	m2					2.04E+01				225			
	(18)	鋼製型枠組立組外		m2	18.8	-	m2					3.62E+00				68			
	(19)	コンクリート打設	クレーン	m3	15.2	-	m3					1.94E+02				2,950			
	(20)	根固ブロック据付	陸海一貫方式	個	0.8	-	個					6.65E+02				532			
被覆工	(21)	被覆石投入	1.5t個/以上	m3	41.6	-	m3					2.21E+01				918			
	(22)	被覆石投入	2.5t個/以上	m3	13.3	-	m3					2.22E+01				295			
	(23)	被覆荒均し	±30cm, 水深 - 9.5m以浅	m2	17.6	-	m2					2.19E+01				386			
	(24)		±30cm, 水深 - 9.5m以深	m2	10.9	-	m2					2.42E+01				263			
上部工	(25)	鋼製型枠組立組外		m2	17.4	-	m2					4.39E+01				761			
	(26)	鉄筋加工組立		kg	0.0	-	kg					1.14E+00				0			
	(27)	コンクリート運搬		m3	35.5	-	m3					3.98E+01				1,415			
	(28)	コンクリート打設		m3	35.5	-	m3					3.37E+02				11,959			
消波工	(29)	消波ブロック製作		個	2.8	-	個					3.99E+03				11,050			
	(30)	消波ブロック据付	陸海一貫方式, 陸上から水上	個	0.4	-	個					4.77E+02				181			
	(31)		陸海一貫方式, 陸上から水中	個	2.4	-	個					4.43E+02				1,058			

表 4. 3-96 Case2 工事数量工事数量と二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量 (合計) : 68t

工事数量		環境負荷原単位										環境負荷量 (kg-CO2)			
		区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	単位	備考	原単位				合計	生産	出荷	燃焼
								合計	生産	出荷	燃焼	合計	生産	出荷	燃焼
基礎工	(01)	基礎石投入	m3	101.4	-	m3		2.19E+01				2.216			
	(02)	基礎荒均し	m2	0.0	-	m2		1.67E+01				0			
	(03)		m2	18.2	-	m2		1.84E+01				335			
	(04)	基礎本均し	m2	27.5	-	m2		4.52E+01				1.242			
本土工	(05)	鉄筋荷卸し	t	4.6	-	t		4.20E+00				19			
	(06)	鉄筋加工組立	kg	4,600.0	-	kg		9.60E-01				4.416			
	(07)	鋼製型枠組立組外	m2	185.0	-	m2		2.70E+00				500			
	(08)	コンクリート打設	m3	51.5	-	m3		1.88E+02				9,663			
	(09)	ケーソン進水	函	0.1	-	函		9.38E+02				63			
	(10)	ケーソン据付	函	0.1	-	函		7.98E+03				535			
	(11)	中詰材投入	m3	133.2	-	m3		5.15E+01				6,855			
	(12)	中詰均し	m2		-	m2		-							
	(13)	蓋コンクリート運搬	m3	7.4	-	m3		3.98E+01				295			
	(14)	蓋コンクリート打設	m3	7.4	-	m3		3.37E+02				2,494			
根固工	(15)	根固石投入	m3	96.9	-	m3		2.19E+01				1,904			
	(16)	根固均し	m2	0.0	-	m2		1.85E+01				0			
	(17)		m2	26.7	-	m2		2.04E+01				543			
	(18)	鋼製型枠組立組外	m2	16.4	-	m2		3.62E+00				59			
	(19)	コンクリート打設	m3	13.2	-	m3		1.94E+02				2,562			
	(20)	根固ブロック据付	個	0.8	-	個		6.65E+02				532			
被覆工	(21)	被覆石投入	m3	25.3	-	m3		2.21E+01				558			
	(22)	被覆石投入	m3	12.1	-	m3		2.22E+01				267			
	(23)	被覆荒均し	m2	0.0	-	m2		2.19E+01				0			
	(24)		m2	20.7	-	m2		2.42E+01				500			
上部工	(25)	鋼製型枠組立組外	m2	16.8	-	m2		4.39E+01				739			
	(26)	鉄筋加工組立	kg	0.0	-	kg		1.14E+00				0			
	(27)	コンクリート運搬	m3	31.7	-	m3		3.98E+01				1,261			
	(28)	コンクリート打設	m3	31.7	-	m3		3.37E+02				10,663			
消波工	(29)	消波ブロック製作	個	4.4	-	個		3.99E+03				17,433			
	(30)	消波ブロック据付	個	0.4	-	個		4.77E+02				181			
	(31)		個	4.0	-	個		4.43E+02				1,766			

表 4. 3-97 Case3 工事数量工事数量と二酸化炭素排出量

二酸化炭素排出量 (合計) : 76 t

工事数量	環境負荷原単位										環境負荷量(kg-CO2)				
	区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	単位	備考	原単位	合計	生産	出荷	燃焼	合計	生産	出荷	燃焼
基礎工	(01) 基礎石投入	5~200kg/個	m3	334.0	-	m3		2.19E+01				7,300			
	(02) 基礎荒均し	±50cm, 水深 - 9.5m以浅	m2	9.9	-	m2		1.67E+01				164			
	(03)	±50cm, 水深 - 9.5m以深	m2	19.7	-	m2		1.84E+01				362			
	(04) 基礎本均し	±5cm, 水深 -9.5m以浅	m2	35.0	-	m2		4.52E+01				1,581			
本体工	(05) 鉄筋荷卸し		t	5.8	-	t		4.20E+00				24			
	(06) 鉄筋加工組立		kg	5,800.0	-	kg		9.60E-01				5,568			
	(07) 鋼製型枠組立組外		m2	235.0	-	m2		2.70E+00				635			
	(08) コンクリート打設	ポンプ車	m3	64.6	-	m3		1.88E+02				12,120			
	(09) ケーソン進水	函台台車方式	函	0.1	-	函		9.38E+02				63			
	(10) ケーソン据付	ウインチ方式	函	0.1	-	函		7.98E+03				535			
	(11) 中詰材投入	鋼スラグ	m3	185.9	-	m3		5.15E+01				9,570			
	(12) 中詰均し		m2		-	m2		-							
	(13) 蓋コンクリート運搬		m3	13.6	-	m3		3.98E+01				542			
	(14) 蓋コンクリート打設		m3	13.6	-	m3		3.37E+02				4,578			
根固工	(15) 根固石投入	2.5t個/以上	m3	0.0	-	m3		2.19E+01				0			
	(16) 根固均し	±50cm, 水深 - 9.5m以浅	m2	0.0	-	m2		1.85E+01				0			
	(17)	±50cm, 水深 - 9.5m以深	m2	0.0	-	m2		2.04E+01				0			
	(18) 鋼製型枠組立組外		m2	18.8	-	m2		3.62E+00				68			
	(19) コンクリート打設	クレーン	m3	15.2	-	m3		1.94E+02				2,950			
	(20) 根固ブロック据付	陸海一連方式	個	0.8	-	個		6.65E+02				532			
被覆工	(21) 被覆石投入	1.5t個/以上	m3	46.7	-	m3		2.21E+01				1,031			
	(22) 被覆石投入	2.5t個/以上	m3	40.1	-	m3		2.22E+01				888			
	(23) 被覆荒均し	±30cm, 水深 - 9.5m以浅	m2	21.7	-	m2		2.19E+01				475			
	(24)	±30cm, 水深 - 9.5m以深	m2	19.7	-	m2		2.42E+01				476			
上部工	(25) 鋼製型枠組立組外		m2	21.8	-	m2		4.39E+01				955			
	(26) 鉄筋加工組立		kg	0.0	-	kg		1.14E+00				0			
	(27) コンクリート運搬		m3	68.8	-	m3		3.98E+01				2,739			
	(28) コンクリート打設		m3	68.8	-	m3		3.37E+02				23,151			
消波工	(29) 消波ブロック製作		個	0.0	-	個		3.99E+03				0			
	(30) 消波ブロック据付	陸海一貫方式, 陸上から水上	個	0.0	-	個		4.77E+02				0			
	(31)	陸海一貫方式, 陸上から水中	個	0.0	-	個		4.43E+02				0			

③ ケース間の比較

ア. 工種別の二酸化炭素排出量

工種別の二酸化炭素排出量を図 4. 3-113 に示す。

- ・ 本体工および上部工からの排出が多く、堤対幅の大きいCase3の排出量が最も多い。

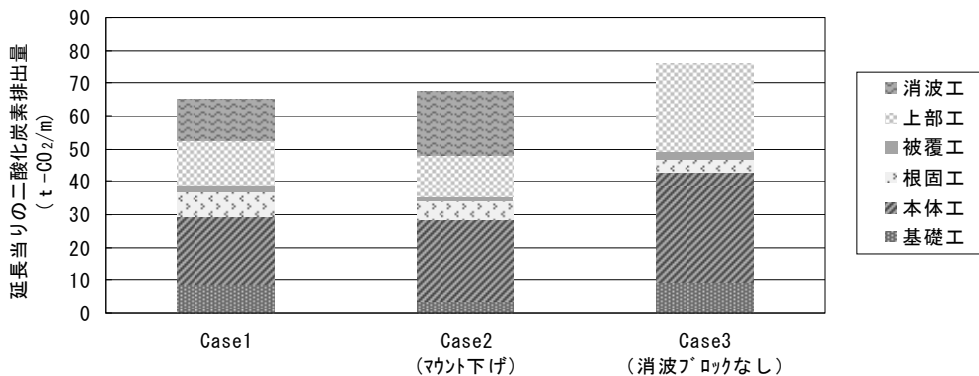
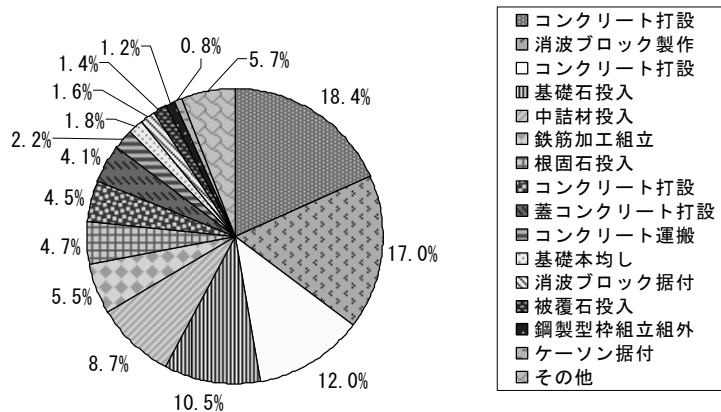


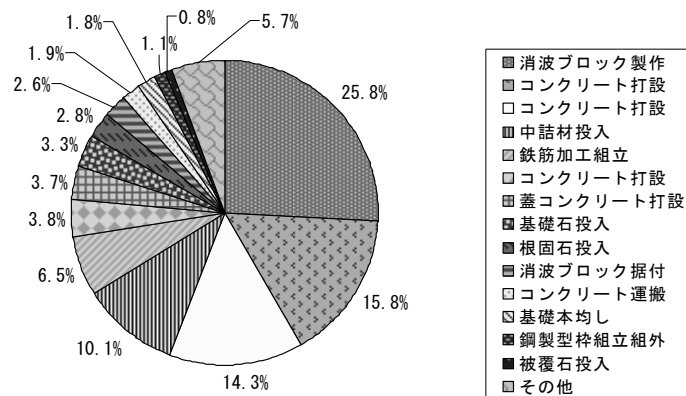
図 4. 3-113 二酸化炭素排出量比較

イ. 資機材別の二酸化炭素排出量

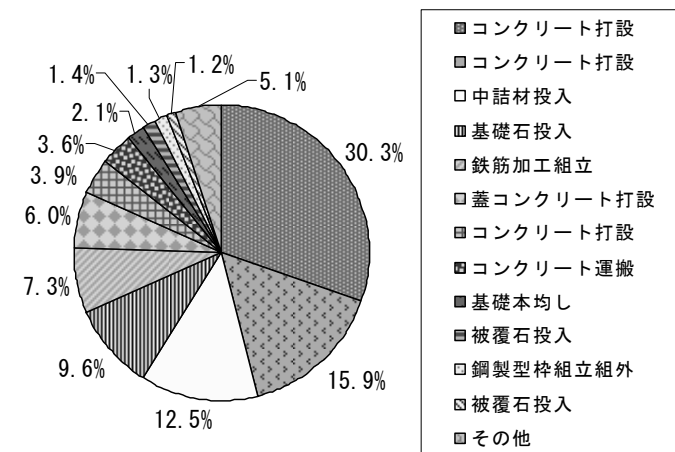
・ 図 4. 3-114 に示すとおり各ケースともコンクリートの打設やコンクリートブロックの据付に係る工種の排出が多い。



(Case1)



(Case2)



(Case3)

図 4. 3-114 資機材別の二酸化炭素排出量

④ 試算にあたっての留意事項、LCI 計算手法への意見

- ・ 防波堤以外の工種別二酸化炭素発生原単位の充実を図ることが必要。
- ・ ケーソンやブロック等の製作ヤードと施工海域との距離が異なれば二酸化炭素発生量も異なってくる。よって、製作ヤードと施工海域との距離を数パターン変えた場合の原単位を作成しておいた方が現実的な算定が可能と思われる。

4. 4 LCIに関するFAQ

社会資本 LCI について、よくある質問と回答を次のとおり整理した。

- (1) 社会資本 LCI の前提条件に関すること
- (2) 環境負荷原単位に関すること
- (3) 社会資本 LCI の具体的な計算方法に関すること
- (4) 社会資本 LCI 結果の解釈や評価に関すること

【解説】

(1) 社会資本 LCI の前提条件に関すること

Q1-1：社会資本の利用・維持管理・解体廃棄等の社会資本整備後の環境負荷も LCI 計算の対象となるのか。

A1-1：ある程度共通化された LCI が適用出来るという観点から、現段階では社会資本の整備のみを計算対象とします。社会資本整備後の LCI 計算を行うためには、社会資本の利用・維持管理・解体廃棄等のシナリオを構造物の種類毎に設定する必要がありますが、現時点ではそれらを適切に設定するための知見が不足しています。今後は必要な調査を進め、社会資本の整備から利用・維持管理・解体廃棄までを含めた社会資本 LCI を検討して参ります。

Q1-2：重建設機械の搬送による環境負荷量も LCI 計算の対象とするのか。

A1-2：基本的に LCI 計算の対象となります。重建設機械の輸送に用いる輸送機械の種類（規格）や輸送時間を想定できる場合は、それらから燃料消費量と機械損料を求め、環境負荷量を計算します。「重建設機械分解組立輸送費」のような項目で経費が計上されている場合は、その経費に「道路貨物輸送」等の価格基準の環境負荷原単位を乗じて環境負荷量を計算します。

Q1-3：工期の短縮による環境負荷の低減はどのように評価するのか。

A1-3：目的構造物の完成までの期間が短縮されても、資材の投入量・建設機械の稼働時間等が同じであれば、事業全体としての環境負荷量は変化しません。工期の短縮は社会的な負荷の低減であり、別の枠組みで評価されるものと考えられることから、現段階では社会資本 LCI の対象としません。

Q1-4：掘削土をベルトコンベアで運搬する等、環境負荷量を削減するための建設現場での工夫はどのように評価するのか。

A1-5：標準的な工法の環境負荷量と、工夫した工法の環境負荷量を比較することにより、工夫による効果が評価可能です。ただし、工夫した工法による環境負荷量の算定には、その工法の資材の投入量・エネルギー投入量・建設機械の種類・建設機械の稼働時間等の根拠データが必要になります。

(2) 環境負荷原単位に関すること

Q2-1：循環資源最終処分原単位と天然資源投入原単位の意味は。

A2-1：例えば、高炉生産の生コンクリート 1m³ に対して、生産に当たって最終処分量（廃棄物の量）がどれだけ発生するか、天然資源がどれだけ投入されるかを示しています。

Q2-2：資材の環境負荷原単位として、物価版（建設物価）が網羅されているか。原単位一覧表にない資材の環境負荷量はどのように計算するのか。

A2-2：資材（一般品）の環境負荷原単位一覧表は主要な資材について整理しており、現時点では物価版全てを網羅できていません。一覧表にない資材の環境負荷量の設定については、2つの方法が考えられます。1 つは、材質や部門が類似している資材等の環境負荷原単位で

代用する方法（みなし原単位）。もう1つは、対象資材の原材料、原材料の調達、資材の製造等に係る環境負荷量を積み上げて個別に環境負荷原単位を作成する方法（「3.2.7 資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照）です。

Q2-3：個別品の環境負荷原単位は、LCI 計算を実施する度に積み上げ計算によって作成しなければならないのか。

A2-3：資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法（3.3.7 参照）に従って計算された原単位が既にある場合は、その数値を援用して差し支えありません。計算事例のない個別品については、類似する資材の原単位をみなし原単位として設定するか、資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法によって原単位を計算することが必要です。

Q2-4：アスファルト〇t 等の資材単位ではなく、舗装〇m² 等の工事数量（工種）単位の環境負荷原単位はないのか。

A2-4：代表的な建造物の主要な工種については、資材・建設機械・損料に係る環境負荷を含む工種当たりの環境負荷原単位を作成しています（「3.2.2 工種当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照）。ただし、現段階で全ての工種を網羅することは困難であるため、今後 LCI 計算結果を継続的に蓄積できる仕組みを構築し、工種当たりの原単位のカバー率を高めて参ります。

Q2-5：環境負荷原単位の精度はどの程度か。

A2-5：原材料の海外輸送分の環境負荷・鋼材のリサイクル利用等、境界条件やライフサイクルの解釈の違いによって原単位の数値が大きく変わる可能性のある資材が存在します。現段階では資材毎に一意の原単位（数値）を示していますが、今後は原単位の不確実性の幅を併せて示すことを検討して参ります。

Q2-6：環境負荷原単位に有効期間はあるのか。また、原単位は今後更新されていくのか。

A2-6：主要な資材について、積み上げデータ部分を最新データに更新することで、毎年、原単位を更新することが可能です。ベースとなる産業連関表が更新された際も、原単位を更新します。時間的な有効範囲は、更新したデータの実績年とみなすことができるものと考えます。

Q2-7：対象資材の原材料、原材料の調達、資材の製造等に係る環境負荷量を積み上げて計算した環境負荷原単位と、環境負荷原単位一覧表の原単位との整合はとれているのか。

A2-7：積み上げて計算した原単位を、社会資本 I0 表に基づいて設定した未集計分等見込み値で調整することにより、整合性を得ております。

Q2-8：製品の原材料の一部を変える場合、従来の原材料と新たな原材料の輸送等の環境負荷量は明確に区別できるのか。

A2-8：材料の代替による削減効果を表したい場合、資材（個別品）の環境負荷原単位の算定方法（3.3.7 参照）により計算を行います。この際、各原材料の数量とともに輸送に係る燃料等も積み上げることになるので、従来の原材料と新たな原材料の違いは反映されます。

(3) LCI の具体的な計算方法に関すること

Q3-1：環境負荷原単位の単位 (kg-CO₂/t、kg-CO₂/m³ 等) の分母と、計算対象とする資材の単位 (m、個等) が異なる場合はどうすればよいのか。

A3-1：メーカー・業界団体等の資料や各種ガイドライン（例えば、平成 22 年度版 土木工事数量算出要領（案））等をもとに重量や体積等への単位変換を実施して下さい。単位変換が困難な場合は、資材の価格に価格基準の環境負荷原単位を乗じて環境負荷量を算定して下さい。

- Q3-2：建設現場に納品される資材等の輸送の環境負荷量はどのように評価するのか。
- A3-2：基本的には、対象資材の「生産」の環境負荷原単位に「出荷」を加えた環境負荷原単位に資材の投入量を乗じて計算します。「出荷」の原単位は資材毎の全国平均の出荷距離を反映しており、同じ資材であればどの現場で使っても LCI 計算上は環境負荷量が等しくなります。ただし、「出荷」の負荷は「生産」の負荷に比べてかなり小さいため、LCI 計算結果全体への影響は限定的と考えられます。立地の異なる現場間の比較等、輸送距離による環境負荷量の差異に着目した分析が必要な場合は、資材毎に輸送距離と輸送機械を設定し、当該資材の輸送に伴う燃料消費量に燃料の原単位を乗じて直接的に環境負荷量を計算します。
- Q3-3：資材や機械を製造するための設備の減耗による環境負荷量はどのように計算するのか。
- A3-3：産業連関表における各部門の固定資本形成や資本減耗引当の特性に基づき、生産設備の減耗が考慮された環境負荷原単位を作成しております（「3.2.3 資材（一般品）の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照）。
- Q3-4：建設機械及び輸送機械の減耗（損料）の環境負荷原量はどのように計算するのか。
- A3-4：建設機械の減耗の環境負荷原量については、ブルドーザー・バックホウ・ダンプトラック・クレーン等の主要な建設機械の機械質量と損料率をもとに作成した機械質量 1t・1 供用日当たりの平均的な環境負荷原単位を共通に用いて計算して下さい（「3.2.5 建設機械の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照）。
- Q3-5：建設機械の環境負荷量は供用日数ベース計算するのか。実働日数または実働時間ベースで計算するのか。
- A3-5：工種によって建設機械の実働の運転時間（運転日数）を用いて計算する場合と、建設機械の現場据置日数（供用日数）を用いて計算する場合があります。後者については、年間標準供用日数に対する年間標準運転時間の比率を考慮するため、いずれの方法によっても実働日数・実働時間ベースの環境負荷量が算定されます。
- Q3-6：仮設材（足場・支保工・鋼矢板・ベント等）の環境負荷量はどのように計算するのか。
- A3-6：重仮設資材の場合は 40%、軽仮設資材の場合は 5%を減価償却率と考え、各仮設資材の購入者価格基準の環境負荷に減価償却率を乗じることにより損耗分の環境負荷原単位を算定します。この損耗分の環境負荷原単位と賃貸に係る環境負荷原単位（「物品賃貸業」の価格基準環境負荷原単位）を合算して仮設材の賃料基準の環境負荷原単位を算定し、それに賃料を乗じることで計算します（「3.2.6 仮設材の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照）。
- Q3-7：複合製品（支承、落橋防止装置等）の環境負荷量はどのように計算するのか。
- A3-7：可能な場合は重量に換算し、資材（一般品）の環境負荷原単位一覧にある「ゴム支承」・「鋼製支承」・「落橋防止装置」等の原単位を用いて計算して下さい。対応する原単位が一覧表にない場合は、材質や部門が類似している資材の原単位で代用（みなし原単位）します。重量が不明若しくは重量への換算が困難な場合は、価格基準原単位を用いて計算して下さい。
- Q3-8：例えば 5t の重建設機械を輸送する場合、重建設機械の寸法等との兼ね合いから 5t 積みではなく 10t 積みのトレーラで運ぶことがある。このような場合はどちらの重量で計算するのか。
- A3-8：安全側で評価するため、10t 積みのトレーラでの輸送を想定して計算します。なお、建設機械の輸送に伴う環境負荷量は、工事全体の環境負荷量と比べて小さいと考えられます。
- Q3-9：建設機械の諸雑費（オイル等）の環境負荷量も計算対象とするのか。
- A3-9：諸雑費の内訳（オイル等の具体的な数量）がわかる場合は計算対象として下さい。諸雑費

が金額で一式計上されているような場合は、そこからオイル等の内訳分のみを取り出して評価することが困難なため、計算の対象外とします。

(4) LCI 結果の解釈や評価に関すること

- Q4-1：価格基準の環境負荷原単位を用いる場合、評価時点によって資材の価格が変動するため、環境負荷量も異なるのではないか。
- A4-1：現段階では、社会資本 LCA を同一時点における代替技術間の環境負荷量の比較等に用いることを想定しており、その場合には物価変動による影響はありません。今後、異なる時点間の比較が必要となる場合の手法について検討して参ります。基本的には、価格基準の原単位は使わない方がよいと考えております。
- Q4-2：独自工法等による環境負荷量の削減効果を評価したいとき、輸送距離等の条件設定次第で結果が変わってしまうのでは。
- A4-2：自ら仮定した条件が工事全体の LCI 計算結果を大きく左右するような場合は、環境負荷の削減効果を評価する対象としてふさわしくないと考えられます。現段階では、工法による資機材の数量の違いが明確に示せるようなケースが望ましいと考えられます。
- Q4-3：金額は安い環境負荷量が多くなる技術と金額は高い環境負荷量が低くなる技術ではどちらが良いのか。
- A4-3：個別の状況に応じて政策的な判断も必要となるため、どちらがよいと一概に決めることはできません。
- Q4-4：独自工法等による環境負荷量の削減効果を評価したいとき、比較のための基準となる環境負荷量はどのように設定すればよいか。
- A4-4：土木工事積算基準に基づく、標準的な施工方法による環境負荷量の LCI 計算結果を基準として下さい。なお、標準的な施工方法による工種当たり原単位の一部は、本研究で算定しております（「3.2.2 工種当たりの環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」参照）。
- Q4-5：資材の投入量や建設機械の稼働時間は、施工前の想定（積算）と実績で異なると考えられるが、社会資本 LCA はどちらの情報に基づいて実施すればよいか。
- A4-5：社会資本 LCA の目的は、例えば道路の構造形式や施工方法等に関する複数の代替技術を環境負荷の視点から事前に比較検討することです。したがって、基本的には施工前の想定に基づいて実施して下さい。ただし、想定と実績の間にどの程度の乖離があり、それによって想定に基づく LCI の計算結果がどの程度変わり得るかについての検証は必要であり、今後の課題として取り組んで参ります。

第5章 社会資本 LCA の活用について

5. 1 社会資本 LCA の意義と求められる「網羅性」と「一意性」

5. 1. 1 社会資本 LCA の意義

これまで、環境評価手法として LCA(ライフサイクルアセスメント)が注目を集めていたものの、社会資本整備の LCA として広く認められた手法が存在しなかった。このことから、本研究により社会資本整備の各意思決定レベルにおいて評価が可能な LCA 手法を開発し、社会資本 LCA の手法を一般化することを目指した。

意思決定レベル毎の LCI 計算にあたって配慮すべき指標として、システム境界とした項目全てを漏れなく計算する「網羅性」と、インベントリの計算方法を一つに定め、解釈の違いによる誤差が生じないようにする「一意性」の二つが挙げられる。各レベルに応じた「網羅性」と「一意性」に配慮した検討を行う必要がある。

また、社会資本 LCA の評価項目として「二酸化炭素」「廃棄物最終処分」「天然資源投入」等が想定されるが、当面は「二酸化炭素」を対象とした評価を実施するものとする。

「二酸化炭素」の排出は、社会資本整備のあらゆるレベルで配慮することが望ましい。今後は、今回開発した社会資本 LCA の普及が重要となる。

【解説】

図 5. 1-1 に示すとおり、社会資本の整備に当り「計画の策定」から「整備の実施」、「環境負荷削減効果の評価・公表」、「計画等の見直し」に至る一連の流れ(PDCA サイクル)に社会資本 LCA を導入することによって、従来の個別技術に関する環境面への貢献のほか、社会資本整備全体として果たした一層進んだ貢献についても評価が可能である。

また、社会資本整備の環境への貢献は従来量化が困難であり、したがって、一般社会に対して発信し、認知されることもできなかった。LCA を活用していくことで、関係者自らが社会資本整備の新たな機能を発見するとともに、一般社会への積極的な発信によって、社会資本整備を見つめる国民の視界を広げていくことも可能であると期待される。

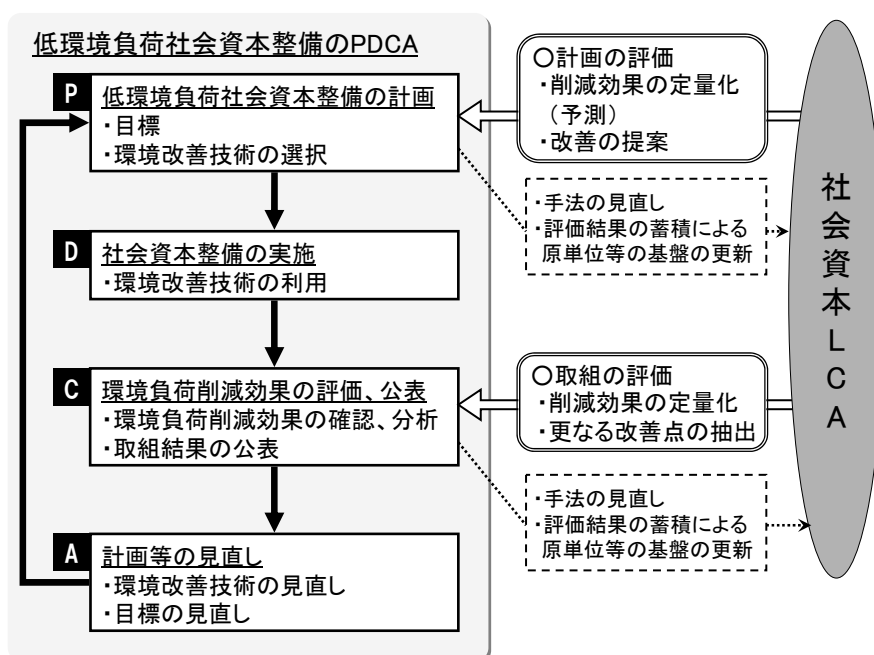
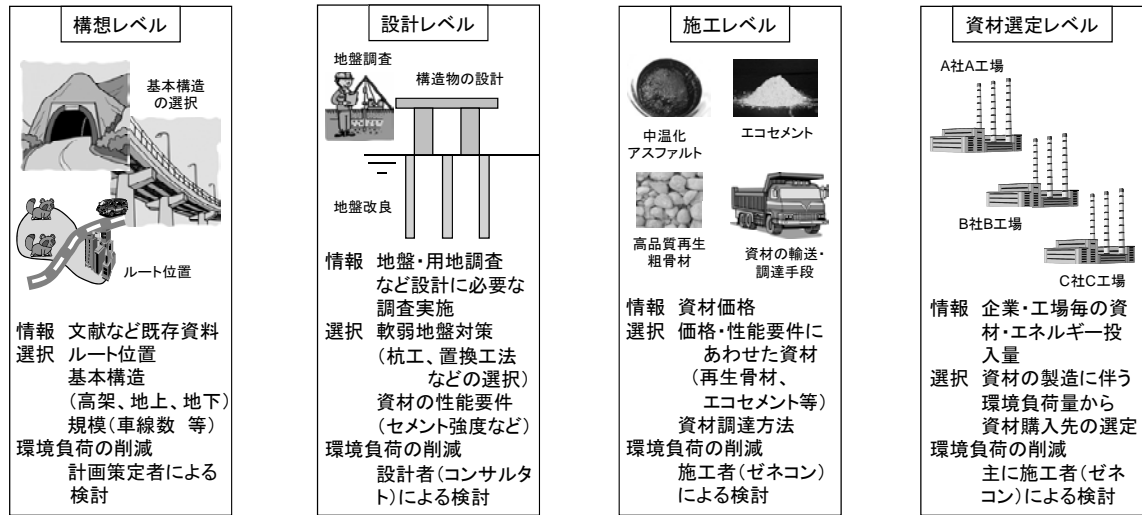


図 5. 1-1 社会資本 LCA を用いた低環境負荷社会資本整備の PDCA(再掲)

社会資本の整備には複数の意思決定レベルがあり、それぞれの決定が及ぼす影響や取り得る選択肢が異なるため、各レベルに環境負荷削減の余地がある。よって、各レベルの意思決定の目的(影響や選択肢)に応じて適切な調査範囲を設定し、LCAを実施することで、一連の手続を通じた環境側面の評価・改善が可能である(図 5. 1-2 参照)。



各段階で総合評価項目に大きく影響を与える構造物からの
環境負荷(二酸化炭素、廃棄物、地形改変...)を比較

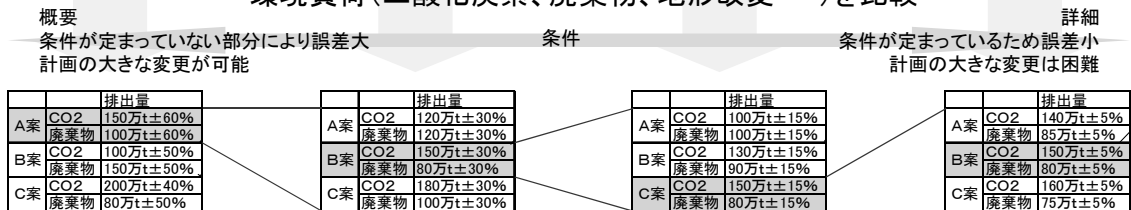


図 5. 1-2 レベル的意思決定における社会資本 LCA の活用による環境負荷低減(再掲)

5. 1. 2 社会資本 LCA に求められる「網羅性」と「一意性」

社会資本 LCA の計算では、「網羅性：評価が必要な項目全てを漏れなく全て計算すること」、「一意性：計算方法を一つに定め、解釈の違いによる誤差が生じないようにすること」が求められる。

社会資本整備の構想レベル、設計レベル、施工レベルでは、意思決定を行う事項、計算に用いることが出来るデータが異なるため、求められる精度も異なる。

【解説】

1) 精度

表 5. 1-1 に示すとおり、構想レベルは、道路の概略計画、河川整備計画や港湾の長期構想等、事業の概略計画を行うレベルである。道路事業を例にすると、概略計画において道路の機能(計画交通量、車線数等)、基本構造(平面、高架、トンネル等)等が決定される。このレベルでは、事業実施、事業概要(機能、構造)の決定における要素の一つとして環境評価を行うことが考えられる。従って、決定事項に伴って変化すると考えられる項目全てをシステム境界に設定する必要があることから、社会資本の整備、維持管理の他に、社会資本の利用等の全ての項目を含む「網羅性」が求められる。

表 5. 1-1 LCI の実施における網羅性と一意性への留意

事業段階	構想レベル	設計レベル	施工レベル
LCA評価	多面的な要素(社会、経済、...)の一つ	設計における配慮事項の一つ	施工の評価要素(価格、工期、...)の一つ
意思決定事項	・道路の機能…計画交通量、車線数、等 ・基本構造…平面、高架、トンネル、等	・構造物断面…断面形状、概略の材料 ・道路線形…切土等の工種数量、等	・施工方法…施工機械の年式、等 ・使用資材…製品、製造工場、等
LCA実施者	計画策定者	発注者又は建設コンサルタント業者、等	施工業者、等
計算比較対象の例			
計算イメージ 【凡例】 □ 本検討で対応可 ▨ 本検討で対応不可 ↔ 誤差			
網羅性	整備、維持管理、供用、その他由来全て	整備、維持管理由来 全て	計算方法を一意に定めた項目に絞る
一意性	多くの仮定(構造形式別原単位の解釈、計画交通量、排出係数の解釈)に基づく。	資機材の平均原単位を集約した細別の原単位、多くの見なし値を利用。	原単位、数量の設定方法等、計算方法を指定し、解釈の違いによる揺らぎを防ぐ。

設計レベルは、概略設計・予備設計、詳細設計があり、社会資本の構造形式、構造諸元を検討するレベルであり、計画において構造物の断面形状、概略の材料や工種別数量等を決定する。このレベ

ルでは、予備設計における構造形式の比較検討、設計 VE における品質評価に環境評価を行うことが考えられる。従って、システム境界は、社会資本の整備、維持管理の項目を「網羅的」に含むことが求められる。

施工レベルは、施工方法や使用資材を決定し、社会資本を建設するレベルである。施工方法として具体的な施工機械を決定し、使用資材については具体的な製品をどこの製造工場から購入するかも含めて決定する。このレベルでは、入札契約制度における加点要素の一つとして環境評価の実施が考えられる。従って、価格と並べて評価されるため、システム境界、環境負荷原単位の解釈の違いによる誤差が生じない「一意性」が求められる。施工レベルでのシステム境界は社会資本の整備とし、原単位及び数量の推定が必要となる項目は含まない。

2) 利便性

構想レベルでは、資材数量等の詳細は設定されておらず、また資材等の環境負荷原単位とその数量の積和による LCI 計算は膨大な作業となる。そこで、道路 1km 当たり、高架 1km 当たりのような構造物単位の環境負荷原単位を用いることで、LCI 計算の利便性は向上する。本研究では、土木工事標準歩掛等により求めた資材等の数量と、本研究で作成した資材等の環境負荷原単位を用いて、「構造物当たりの環境負荷原単位」を作成した。

設計レベルでは、掘削土量や舗装面積等の工種毎の数量が主な情報である。工事数量と工種別環境負荷原単位の積和による計算を行うことで利便性は向上する。本研究では、「工種当たりの環境負荷原単位」を作成した。

施工レベルでは、一般的に資材の数量等の詳細が設定されているため、資材等の環境負荷原単位とその数量の積和によるより高精度の LCI 計算が可能である。資材等の環境負荷量は、製造時に使用する原材料等の積み上げで計算すること（「資材(個別品)の環境負荷原単位」）も可能であるが、資材等の平均的な環境負荷原単位（「資材(一般品)の環境負荷原単位」）を整備することで、利便性を図った。

3) 「網羅性」と「一意性」の確保

構想レベルでは、社会資本の整備、維持管理、利用に係る環境負荷量を「網羅的」に計算する必要がある。本研究においては、社会資本の利用、計画に伴う環境負荷量の計算手法を確立できておらず、社会資本の利用、計画も含めた「網羅的」な計算手法の確立が今後の課題である。一方、構想レベルの LCI 計算は多くの仮定に基づき行うため、計算手法を「一意」に定めることは困難である。

設計レベルでは、社会資本の整備、維持管理がシステム境界であることから、整備及び維持管理に係る資材、建設機械、仮設材や輸送の環境負荷を「網羅的」に計算する必要がある。本研究においては、「網羅的」に計算できるように資材や建設機械、仮設材、輸送に伴う環境負荷を含む「工種当たりの環境負荷原単位」を作成している。一方、同原単位では、使用する資材、建設機械の稼働時間等の違いを評価できないことから、「工種当たりの環境負荷原単位」を用いた LCI 計算結果と実際の環境負荷量の間には誤差が発生する可能性がある。

施工レベルでは、構想、設計レベルと比べて計画の熟度が高まっており、資材の数量等の詳細が設定されている工事箇所であれば、計算方法を「一意」に定めることが可能である。一方、全ての工事箇所について詳細が設定されていることは少なく、「一意性」を持った LCI 計算を行える項目は限られる。

5. 2 想定される社会資本 LCA の用途

5. 2. 1 政策レベルでの用途

社会資本 LCA により、二酸化炭素の排出を定量的に把握することができる。このことによつて、政策レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・建設技術の進歩等によるコスト縮減策の評価
- ・3R（リデュース・リユース・リサイクル）の評価
- ・多自然型工法の評価

政策レベルの用途では、意思決定の影響が広範囲に及ぶことから、特に「網羅性」の高い計算、評価を行う必要がある。

【解説】

社会資本 LCA によって、各ライフステージにおける環境負荷を定量的に把握することが可能となり、どのステージにおいて(もしくは具体的に何において)環境負荷を削減するべきか、削減できるかが分析できるようになる。

また、既存の制度や施策へ社会資本 LCA を導入することによって、定量的に環境負荷を把握することができるようになる。そのため、社会資本 LCA を用いた事例を蓄積していくことで、各制度等へ社会資本 LCA を導入したことによる環境負荷削減量が算出できるようになる。この環境負荷削減量を指標とすることにより、ライフサイクルアセスメントの観点に基づいた社会資本整備のコスト縮減策、3R(リデュース・リユース・リサイクル)、多自然型工法の評価等を行うことが出来る(図 5. 2-1 参照)。

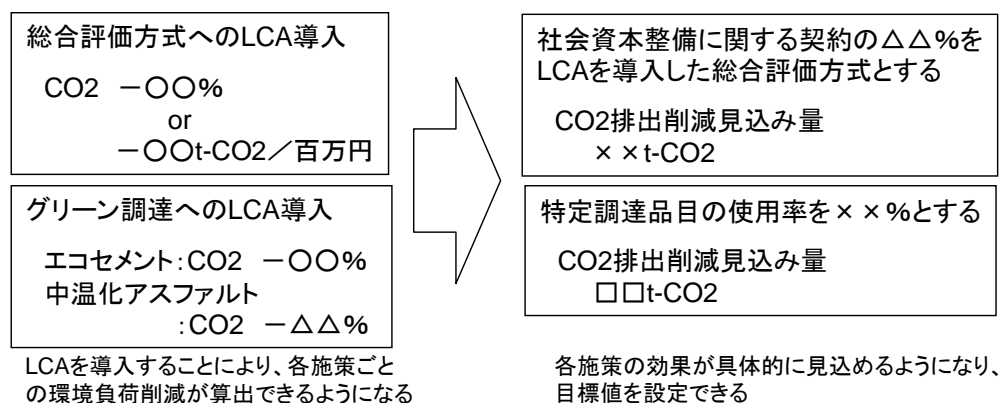


図 5. 2-1 社会資本 LCA の活用イメージ (環境政策指標の設定)

5. 2. 2 構想レベル（プロジェクトレベル）における用途

構想レベル（プロジェクトレベル）での社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・ 事業計画の複数案の検討における評価項目
- ・ 戦略的環境影響評価（SEA）、環境影響評価（EIA）への活用

構想レベル（プロジェクトレベル）では、意思決定の影響が広範囲に及ぶことから、「網羅性」の高い計算、評価を行う必要がある。一方、「一意性」については、入手可能な資料が概略的なものであることから多くの過程に基づく計算とならざる得ないため、確保することは困難である。

本研究で構築した LCA 手法では、社会資本の利用に伴い発生する影響（波及分）については予測・評価できない。このため、社会資本整備等に伴う将来の影響を予測するに当たっては、今後更なる検討が必要となる。

【解説】

1) 構想レベルの計画プロセスにおける環境要素の位置付け

公共事業の構想レベルにおける手続きについては、「公共事業の構想レベルにおける計画プロセスガイドライン」（平成 20 年、国土交通省）に記載されている。このガイドラインは、従前運用してきた、「国土交通省所管の公共事業の構想レベルにおける住民参加手続きガイドライン」や事業分野別のガイドライン（たとえば道路事業であれば「構想レベルにおける市民参画型道路計画プロセスのガイドライン」）を踏まえつつ、平成 19 年に環境省により「戦略的環境アセスメント導入ガイドライン」が策定されたことを受けて、社会面、経済面、環境面等の様々な観点から総合的に計画づくりにあたっての検討を実施するために定められたものである。したがって、いわゆる戦略的環境アセスメント（SEA）も含むものとなっている。平成 23 年 3 月に環境影響評価法が改正され、環境影響評価において SEA が制度化された。SEA の評価項目の 1 つとして、社会資本 LCA による二酸化炭素排出量を活用することが考えられる。

2) 「建設しない」選択肢が必要となる条件

公共事業の構想レベルにおける計画プロセスガイドラインにおいては、「第 2 計画検討手順」の「(3) 複数案の設定」において、次の記述がある。

事業を行わない案が現実的である場合や他の施策の組み合わせ等により事業の目的を達成できる案を設定し得る場合等には、これらを複数案に含めるものとする。

⋮

事業を行わない案が現実的でない場合でも、比較評価の参考として示すことが望ましい

ここに、「事業を行わない案が現実的である場合」とは、事業を行うことが上位計画レベルで決定されている事業でも、需要の鈍化等の社会状況の変化等により、構想レベルの検討の時点では事業を行わないことが現実的になる場合等である。逆に、事業を行わない案が現実的でない場合とは、事業を行わない案が構想レベルに入る前の検討で合理的に除去されている場合等である。すなわち、

事業の目的の達成が何らかの事業代替案の選択肢でしか実現できない場合である。このような場合においても、事業を実施した場合と様々な点で比較評価をするため、事業を行わない場合を参考として示すことは、複数案の比較評価や、ミチゲーション(緩和措置)を検討する上で有効である。

3) 事業計画の一判断指標としての用途 (道路のルート選定の例)

構想レベル(プロジェクトレベル)における用途として、社会資本 LCA を事業計画の一判断指標として活用することが考えられる。例えば、図 5. 2-2 に示すように道路のルート選定の判断指標の1つとして二酸化炭素排出量を設定し、各ルートの道路を設置することによって、整備から供用後までの間で二酸化炭素排出量がどのようになるかで判断する。この場合、建設しない場合の二酸化炭素排出量を算出することで、事業による効果を定量的に示すことが出来る。

■道路のルート選定

・環境負荷も考慮したルートの選定

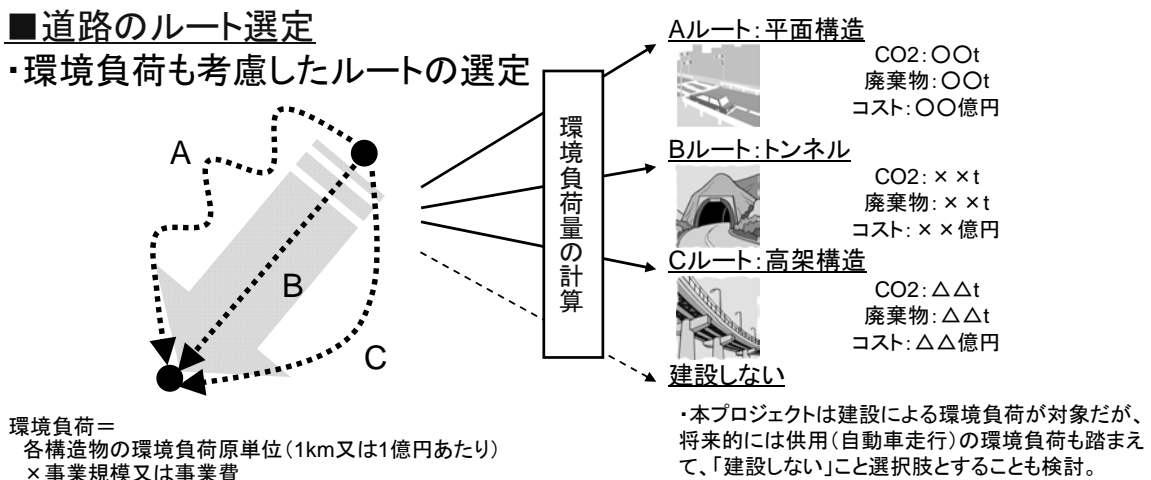


図 5. 2-2 社会資本 LCA の活用イメージ (事業計画の検討 (道路のルート選定))

4) 戦略的環境影響評価 (SEA)、環境影響評価 (EIA) の一項目としての用途

図 5. 2-3 に示すように環境面の一項目として温室効果ガス、廃棄物等の環境負荷の評価を加えて戦略的環境評価、若しくは環境影響評価を実施する場合、社会資本 LCA を活用することが考えられる。近年の社会情勢から、二酸化炭素排出量の評価については、特に必要性があるものとする。今後の研究によって社会資本の利用に伴う環境負荷の算定が可能となれば、LCI の手法によって社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量の評価を行うことが出来る。

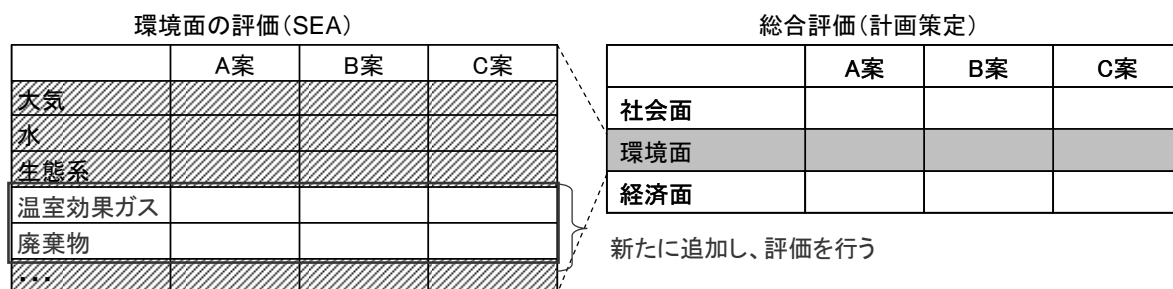


図 5. 2-3 戦略的環境影響評価における環境面の評価と構想レベルにおける総合的評価の関係

5. 2. 3 設計レベルにおける用途

設計レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・各種設計の選定（二酸化炭素排出量の少ない構造の選択）

設計レベルにおける意思決定の影響は遡及分全体に及ぶことから、構造物の整備全体に係る環境負荷量を計算・評価可能とする「網羅性」が必要である。一方、入手可能な資料としては設計図書が代表的であり、具体的な資機材の調達先などを定めるものではないことから、「一意性」を確保した計算を行うことは難しい。

【解説】

1) 予備設計における構造形式の比較検討

設計レベルにおける社会資本 LCA の用途として、構造形式の比較を行う際の評価項目として、現在考慮されている経済性、施工性、環境への適用性、維持管理面等に、温室効果ガス排出量、廃棄物量を加えて評価することが考えられる。

図 5. 2-4 に橋梁の構造形式の比較イメージ、表 5. 2-1、2、図 5. 2-5 に計算結果とその比較、表 5. 2-3 に平面道路の設計において盛土、切土の断面形状の 3 ケースの比較を示す（詳細は「4. 3. 7 設計レベルにおける構造物の比較検討結果」参照）。

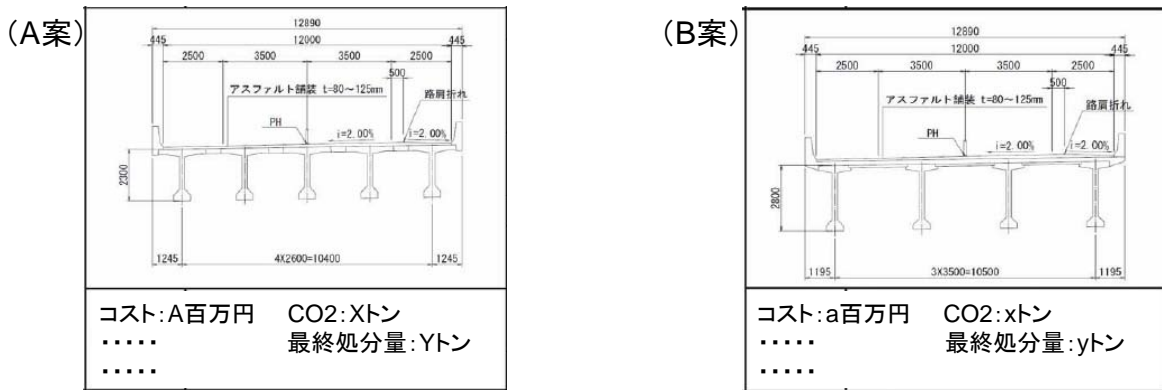


図 5. 2-4 構造型式の比較イメージ

表 5. 2-1 標準技術の橋脚区体工における計算結果例

工事数量		資材・機械等の数量							環境負荷量 (kg-CO2)	
工事区分・工程・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		合計
								単位	数量	
橋脚区体工 T型橋脚 (Y3PU9)	m3	243	資材	生コンクリート高炉	24-8-25(20)	m3	73	m3	73	13,611
				生コンクリート(高炉)	30-8-25	m3	174	m3	174	32,326
				機械稼働 軽油	1.2号	L	120	L	120	362
				機械減耗 コンクリートポンプ車[フォーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.50	供用日	1.50	86
鉄筋	t	14.42	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16~25	t	15	t	15	12,713
				鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29~32	t	4	t	4	3,500
支承箱抜き	m	11	資材	ホト管	φ175	m	11	t	0	30

表 5. 2-2 比較技術の橋脚区体工における計算結果例

工事数量				資材・機械等の数量						環境負荷量 (kg-CO2)	
工事区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		合計	
								単位	数量		
橋脚躯体工 (Y3PU9)	T型橋脚	m3	194.26	資材	SQC		m3	57.56	m3	57.56	10,568
				資材	SQC		m3	136.70	m3	136.70	25,098
				機械稼働	軽油	1.2号	L	95.58	L	95.58	290
				機械減耗	コンクリートポンプ車[フォーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.20	供用日	1.20	68
	鉄筋	t	13.54	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16*25	t	13.54	t	13.54	11,590
				資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29*32	t	3.73	t	3.73	3,191
支承箱抜き	m	11	資材	ホド管	φ175	m	11.00	t	0.02	30	

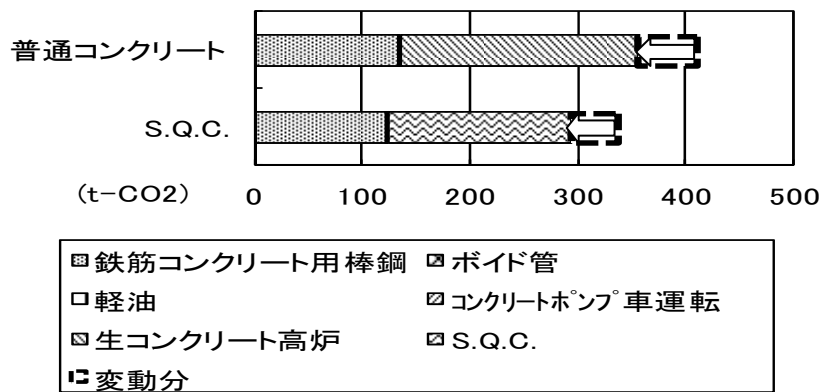


図 5. 2-5 橋脚区体工の二酸化炭素排出量の比較例

表 5. 2-3 平面道路設計における選定表例

構造		価格 (百万円)	CO ₂ 発生量 (t-CO ₂)	施工性	...	...
Case1	<p>切土：のり面</p> <p>盛土：のり面</p>	...	182	...	...	...
	判定	...	○	...	...	...
Case2	<p>切土：ブロック積み</p> <p>盛土：ブロック積み</p>	...	532	...	...	...
	判定	...	△	...	...	...
Case3	<p>切土：鉄筋補強土工</p> <p>盛土：テールアルメ工</p>	...	616	...	...	...
	判定	...	×	...	...	...

2) 設計 VE における品質評価に環境評価

VE とは、図 5. 2-6 に示すように機能とコストの対比により、最適な価値の確保を目指す取り組みである。温室効果ガス、廃棄物等も評価項目へ追加し、定量的に評価を行う場合の手法として社会資本 LCA を活用することが考えられる。他の項目との重み付けは、いわゆる「統合化」の問題であり、本研究では取り扱っていないため、別途検討が必要である。

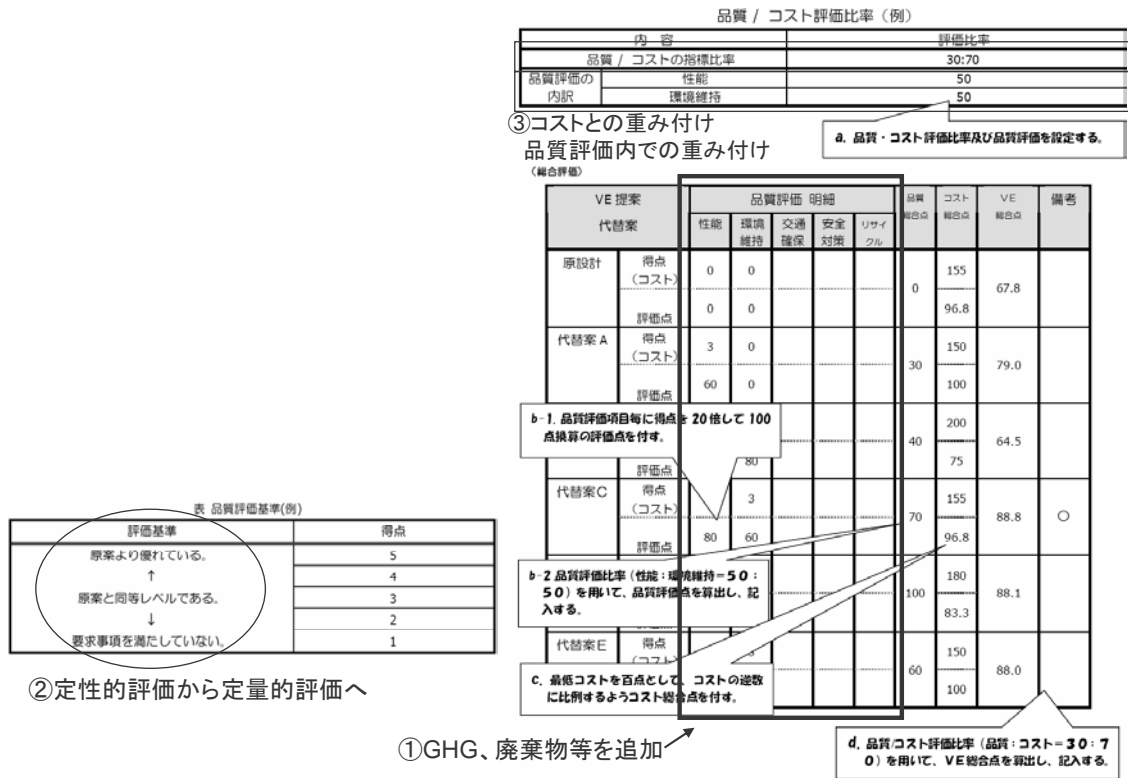


図 5. 2-6 設計 VE における環境負荷の位置づけイメージ

構造物の設計において、様々な知見に基づいた十分な検討を行うことにより、工事に使用する資材の量を減らし、環境負荷の低減を図ることができる。また、資材の量が減ることは、コスト削減にも繋がる。したがって、環境負荷の低減、コストの削減の 2 つの観点から設計レベルにおける十分な検討が必要である。

5. 2. 4 施工レベルにおける用途

施工レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- 1) 入札契約方式（VE 方式、総合評価方式）での環境負荷の評価（二酸化炭素排出量の少ない工法、資材の選択）
- 2) グリーン購入法に係る特定調達品目の評価

施工レベルでは、意思決定の内容が詳細を極め、基本的には解釈の余地のない、「一意性」を確保した計算が可能である。一方、調査範囲はこのレベルの意思決定で変化する余地があるものに限ってよいことから、「網羅性」はほとんど求められない。

【解説】

1) 入札契約方式（VE 方式、総合評価方式）での環境負荷の評価

環境負荷の軽減を図り、社会資本 LCA を社会全体に普及させるためには、関係者の意識向上が何よりも重要である。その上で、何らかのインセンティブを付与することも重要であると考えられる。社会資本 LCA の活用に係るインセンティブ付与の一例として、入札契約に社会資本 LCA を活用することが考えられる。

図 5. 2-7 に示すように入札契約方式（VE 方式、総合評価方式）の評価の基準として、これまでの価格、品質等の評価に加え、環境負荷の評価を導入し、より二酸化炭素排出量の少ない工法、資材を優先的に選択する。

環境負荷の評価基準として、一般品目を使用し、標準的な設計・施工をした場合の構造物（一般構造物）の環境負荷量を用いる。提案者（設計者、施工者）は、構造物に求められる機能等の要件を満足させた上で、設計、施工、資材を環境負荷が少なくなるよう工夫した構造物の環境負荷量を算出する。これを一般構造物の環境負荷量と比較することで、より環境負荷の少ない構造物を選択することが可能になると考えられる。

<現状>

業者名	技術提案		施工の信頼性等	施工体制	加算点合計
	工期短縮	品質向上対策			
A社	3.00	3.00	8.00	30.00	44.00
B社	5.00	1.00	6.50	30.00	42.50
C社	2.00	4.00	1.25	30.00	37.25
D社	5.00	3.00	7.25	30.00	45.25

- ・技術提案は、1～2テーマ（10～20点）
- ・工事目的物の性能・機能（耐久性）等について、技術提案が求められている
- ・採点は定性的

<社会資本LCA導入後>

業者名	技術提案			施工の信頼性等	施工体制	加算点合計
	工期短縮	品質向上対策	地球温暖化対策			
A社	3.00	3.00	3.00	8.00	30.00	47.00
B社	5.00	1.00	0.00	6.50	30.00	42.50
C社	2.00	4.00	1.20	1.25	30.00	38.45
D社	5.00	3.00	1.60	7.25	30.00	46.85

↑
定性的ではなく、CO₂削減量に比例して点数を加算

- ・地球温暖化対策（CO₂排出量削減）等の環境負荷削減を技術提案に組み込み、社会資本LCAを用いて評価する
- ・環境負荷削減の項目の点数の設定が課題
- ・採点方法が課題（最も削減できる提案を満点、削減できない提案を0点とし、削減量に比例して点数を加算 等）

図 5. 2-7 社会資本 LCA の活用イメージ（入札契約方式（VE 方式、総合評価方式）での環境負荷の評価の導入）

2) グリーン購入法に係る特定調達品目の評価

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」(グリーン購入法)に基づき毎年閣議決定される特定調達品目の選定や判断の基準の指標として、社会資本 LCA を活用することが考えられる。

グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準の一つの課題は、何をもって提案品目の環境性能等の評価を行うかである。ここで、本研究において開発した資材(個別品)の環境負荷原単位の算定手法に基づいて環境負荷量を算出することで、グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準とできる可能性がある。この場合、図 5. 2-8 に示すように提案者(製造者)は資材(個別品)の環境負荷原単位の算定手法によって提案品の環境負荷量を計算し、一般品の環境負荷量と提案品の環境負荷量を比較することによって、容易かつ透明性を備えた評価ができると考えられる。

その品目のトップランナー(最も省エネ機能が優れている製品)の環境負荷量と比較して、それよりも環境負荷量が低減できていれば特定調達品目として採用することが基本的な考え方である。また、政策的に一般品の環境負荷量に対する低減率として設定する方法も考えられる。

なお、本研究で開発した環境負荷原単位の一覧(インベントリ・データ・ベース(IDB))は個別品の環境負荷量を計算する上でのバックグラウンドプロセスの原単位としても活用できる。

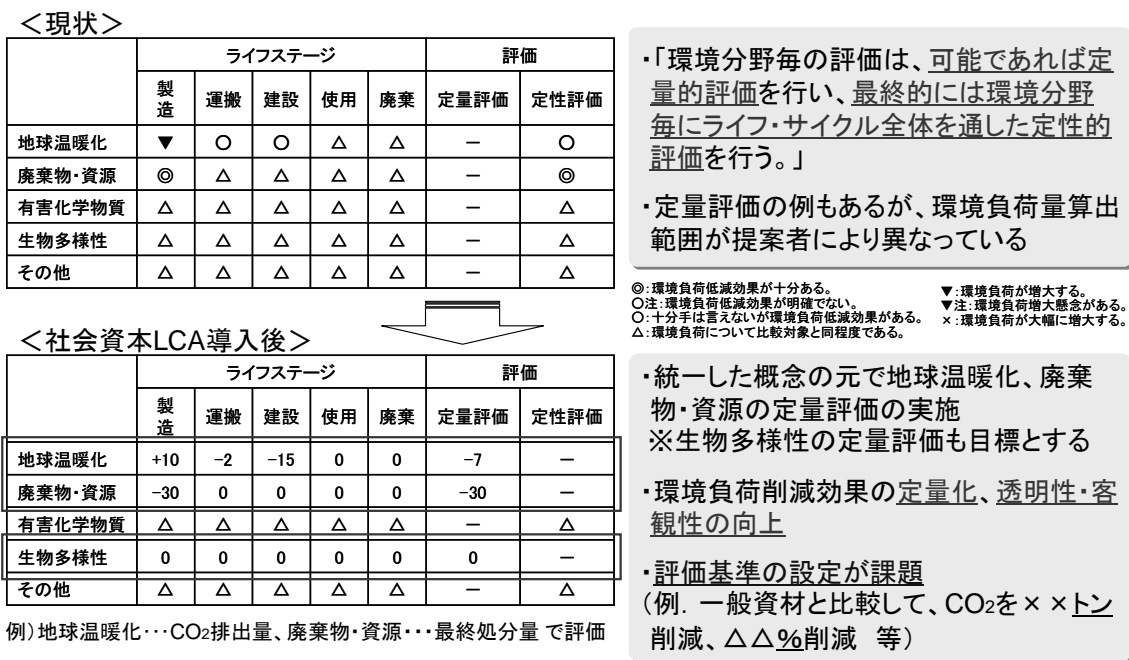


図 5. 2-8 社会資本 LCA の活用イメージ(グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準の提案)

これらにより、設計者や施工者による環境負荷削減に対する取り組みとともに、資材レベルでの評価が可能であることによって資材の製造者にとっての環境負荷削減に対する取り組みの動機付けも期待できる。また、これらに取り組んでもらうためには、資材等の環境負荷原単位及び構造物のインベントリ分析の計算方法を公開することが前提となる。

5. 2. 5 その他の用途

維持管理レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・ 入札契約方式（VE 方式、総合評価方式）での環境負荷の評価（二酸化炭素排出量の少ない維持管理手法、資材の選択）

維持管理レベルでは、基本的には解釈の余地のない、「一意性」を確保した計算が可能である。一方、「網羅性」はほとんど求められない。

【解説】

環境負荷の軽減を図るため、「5.2.4 施工レベルにおける用途」の「入札契約方式(VE方式、総合評価方式)での環境負荷の評価」と同様に、維持管理の入札契約において、これまでの価格、品質等の評価に加え、環境負荷の評価を導入し、より二酸化炭素排出量の少ない維持管理手法、資材を優先的に選択すること等が考えられる。

5. 3 今後の課題

5. 3. 1 社会制度への導入促進のための課題解決（短期的課題）

- 1) LCA の運用上の課題解決と省力化の検討
 - ・ LCA の精度とデータ収集の厳密さのバランスを検討する。(LCA 実施者のための省力化)
 - ・ 評価結果の審査の省力化を検討する。(発注者側のための省力化)
- 2) 事例蓄積による LCA の有効性の証明
 - ・ 環境負荷削減効果を評価し、事例を蓄積する。
 - ・ 二酸化炭素削減とコスト削減は繋がることを示す。
- 3) 仮設材等の施工の実態の把握
 - ・ 仮設材の施工方法の実状を把握する。
 - ・ 積算上の使用資材量と実際の工事で使用する資材量を把握する。

【解説】

1) LCA の運用上の課題解決と省力化の検討

入札制度、グリーン調達制度に用いる場合には、金額の評価と同様の正確さが求められる。精度の高い環境負荷量計算には多くのデータ収集が伴うため、求められる精度に合わせたデータ収集、計算が可能であるかを LCI の試算により確認し、計算結果に影響が少なく、収集が難しい項目は計算範囲に含まない等、データ収集の省力化を検討する。

また、入札制度、グリーン調達制度に導入した際には、評価結果の妥当性を審査することが必要になってくる。審査を行う際には、社会資本 LCA を用いて評価を行った前例がある事例であれば、比較的容易になると考えられるため、評価事例の蓄積を行うことが重要となる。

2) 事例蓄積による LCA の有効性の証明

本技術は新しく開発したものであり、普及させることが一番の課題である。社会資本 LCA による評価事例を蓄積し、公表を行うことで有効性を示していく。

また、現場においては二酸化炭素削減に伴いコストが増加するのではないかと懸念されることもある。基本的には二酸化炭素削減は、資材、エネルギーの削減であるため、コスト削減に繋がるものである。このような懸念に対しても評価事例の蓄積により解消していく必要がある。

3) 仮設材の施工方法の把握

本研究では、業界団体へのヒアリング等に基づいて仮設材の施工方法を調査し、仮設材の二酸化炭素排出原単位を作成した。しかし、一般の工事発注では、仮設材の施工方法が規定されておらず、実際どのような施工が行われているか把握されていない。仮設材の施工方法の実状を把握し、事例を蓄積することによって、現実には即した仮設材の二酸化炭素排出量原単位の作成等を行う必要がある。

また、一般の公共工事では出来高で発注されるため、捨てコンクリートやコンクリート吹き付け時のリバウンドロス等によって、積算上の資材量と工事で実際に使用する資材量とが異なる。環境負荷は実際に工事で使用された資材に基づいて計算する必要があるが、通常、発注者側では管理できていない。積算上の資材量と実際の使用資材量の違いの事例を蓄積することによって、LCI 計算の精度の向上を図る必要がある。

5. 3. 2 社会資本 LCA の精度向上（長期的課題）

- 1) 耐用年数（構造物の寿命、ライフタイム）を踏まえた環境負荷の考え方の検討
 - ・建設時点で将来の解体・廃棄を設定することは困難であり、かつ恣意的になってしまう。一方で、舗装分野のようにライフタイムを設定することが重要な分野もある。
 - ・ライフタイムが変わった場合、どのような環境負荷となるか検討する必要がある（感度分析）。
 - ・感度分析の結果を踏まえて、ライフタイムの標準的な設定方法を検討する必要がある。また、ライフタイムを設定した場合は、設定したことを明記することが必要である。
 - ・特に、構造物の比較検討においてライフタイムが異なる場合の評価方法を明確化する必要がある。
- 2) 構造物の維持管理、利用、解体・廃棄の環境負荷原単位の設定
 - ・構想、設計レベルの検討において、構造物の維持管理、構造物の利用及び構造物の解体・廃棄に伴う環境負荷を評価する必要がある。
 - ・構造物の利用、解体・廃棄に伴う環境負荷の把握に当たっては、維持管理、利用及び解体・廃棄の環境負荷原単位を設定する必要がある。

【解説】

1) 耐用年数（構造物の寿命、ライフタイム）を踏まえた環境負荷の考え方の検討

社会資本の耐用年数には、物理的耐用年数¹、経済的耐用年数²、社会的耐用年数があるとされる。これらを建設時点で設定することは困難であり、かつ恣意的になってしまう。しかしながら、供用期間 1 年あたりの環境負荷量を算出したり、比較評価案で物理的耐用年数等が異なる場合等について比較評価したり、あるいは、供用レベルの環境負荷と総合して評価する場合においては、構造物のライフタイムを踏まえた評価期間を設定する等の対応が必要である。

評価期間の設定の困難性については、費用便益分析のプロジェクトライフの設定にも同様な部分がある。例えば、従前の「費用便益分析マニュアル」（国土交通省 道路局 都市・地域整備局、平成 15 年）においては、「検討年数は、プロジェクトライフの期間設定が困難であり、また、現在価値に割り引かれた便益と費用は供用開始後 40 年を超えると小さくなることを考慮し、40 年」とされていた。その後、「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」（国土交通省、平成 16 年 2 月）では、評価の対象期間の設定の考え方として「費用便益分析の評価の対象期間は、対象となる車会資本の事業実施期間に耐用年数を考慮した供用期間とする」ことを示した。現在の「費用便益分析マニュアル」（国土交通省 道路局 都市・地域整備局、平成 20 年）では、「検討年数は、道路施設の耐用年数等を考慮し、50 年」とされている。

舗装は定期的に解体、処分、再構築が行われることから、社会資本 LCA において評価期間を設定することの必要性が高い分野と考えられる。「舗装性能評価法 別冊（日本道路協会、平成 20 年 4 月）」では、評価期間の設定について、以下のように定めている。

¹ 構造物が老朽化し、補修を施しても使用に耐えられなくなるまでの期間。構造物は年数の経過に従い老朽化が進行し、いつかの時点で補修を施しても使用に耐えられない限界に達する。このように純粋に物理的な耐用年数をいい、工学的判定が必要である。（土木用語大辞典、土木学会）

² 構造物の減価償却を行うための期間。構造物はまだ健全な状態であるが、財務上の観点から全体の維持管理費用等を考慮し、減価償却を行うため定められる期間。（税法（省令）で舗装道路、高架道路、橋、トンネル等について定められている。）（土木用語大辞典、土木学会）

【参考】「舗装性能評価指針 別冊」の二酸化炭素算定に関する評価期間の設定（抜粋）

2) 維持管理レベルのCO₂排出量の算定

①一般的な舗装とCO₂排出量が低減と思われる舗装の設計期間と耐用年数の設定

維持管理レベルのCO₂排出量を算出する場合、一般的な舗装およびCO₂排出量が低減と思われる舗装の耐用年数と設計期間を設定する必要がある。そのため、一般的な舗装については、対象路線において数多く行われている舗装の耐用年数を用いることとする。また、CO₂排出量が低減と思われる舗装の中には、一般的な舗装に比べ耐用年数を延ばすことによりCO₂排出量を削減するものがあるため、これらの同一の設計期間でCO₂排出量を算出しなければならない。したがって、耐用年数が長い方を設計期間とする。設計期間より一般的な舗装の耐用年数が短い場合、耐用年数となった時点で舗装を変更（解体・処分・再構築）することとし、更新時に発生するCO₂排出量を算出するものとする。なお、一般的な舗装の耐用年数より長くなるCO₂排出量が低減と思われる舗装については、試験施工の結果や室内試験の結果（材料強度、疲労破壊回数、塑性変形輪数）等からその根拠を示す必要がある。

一方、社会資本LCAにおける時間的割引率の導入は、研究事例が一部存在する^{3, 4}ものの、これまでのところ必ずしも一般的に普及しているとはいえない。数十年経過後の環境負荷量を現在時点に割り引くと小さくなるので評価結果全体にもたらす影響が小さいという論理ないし実務上の割り切りが、必ずしも該当しない可能性がある。

柴原ら⁵は、ライフタイムも割引率も使用しない評価方法を提案している。ただし、提案されている方法は「社会資本整備プロジェクトを、将来環境負荷を出さないための先行投資として評価する」場合に適用可能なものである。よって、物理的耐用年数等が異なる構造物について環境負荷量を評価する場合には、そのままでは適用できない可能性がある。

井村(2001)⁶では、「維持・管理を継続すれば寿命は半永久的」、「ダムや港湾などでは寿命を設定することが現実的に難しい」、「廃棄、すなわちインフラの解体という事態を真剣に念頭に置くこともなかったため、解体に関するデータ収集は現実には難しい」、「供用期間を終えた後も解体されず放置されるケースもある」ことなどから、「これまでに実行されたILCAは、建設ステージに重点を置く例が多い」とし、他方、「道路舗装における再生路盤材の利用評価などにおいては、廃棄ステージの評価が重要な意味を持つ」と述べられている。

2) 構造物の利用、解体・廃棄の環境負荷原単位の設定

構想レベルの社会資本整備の検討では、「構造物の整備に伴う環境負荷」に加えて「構造物の維持管理に伴う環境負荷」、「構造物の利用に伴う環境負荷」、「構造物の解体・廃棄に伴う環境負荷」を評価する必要がある。「構造物の利用に伴う環境負荷」、「構造物の利用に伴う環境負荷」、「構造物の解体・廃棄に伴う環境負荷」の評価には、それぞれに対応する原単位を設定する必要がある。

維持管理の環境負荷については、過去の実績（舗装の打換え、橋梁の補修等）に基づく妥当なシ

³ Hellweg S, Hofstetter TB, Hungerbühler K, Discounting and the Environment: Should Current Impacts be weighted Differently than Impacts Harming Future Generations? International Journal of LCA, 8 (1), 8-18, 2003

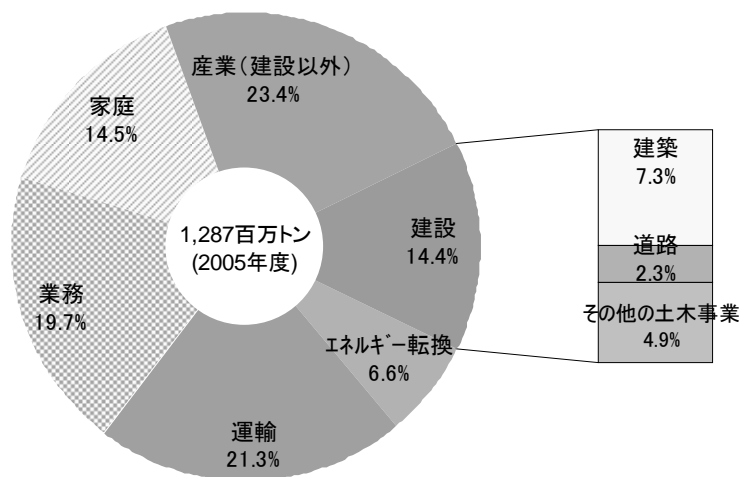
⁴ 柴原尚希, 加藤博和: インフラLCAにおける時間軸考慮のためのDiscount Rate法の提案, 第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp. 286-287, 2005

⁵ 柴原尚希, 加藤博和: 交通システムのLCAにおける将来の不確実性の考慮に関する検討, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, 2009

⁶ 井村 秀文「建設のLCA」オーム社、2011

ナリオの設定方法を、社会資本の種類毎に検討する必要がある。

道路事業における利用の環境負荷原単位の設定では、自動車交通量の推計と道路網の境界条件の設定が課題となる。道路の利用の環境負荷は道路の建設の環境負荷に比べて大きいため、例えば SEA において建設の負荷は決定要因にならないという意見があるように、単年度で見れば道路利用の負荷(運輸の負荷の約 90%)は、道路建設の負荷のおよそ 10 倍である(図 5. 3-1 参照)。そのため、評価期間をどの程度に設定するかによって、環境負荷は大きく変わる。また、電気自動車の普及によっても計算の前提が動く可能性があるため、様々な要素を考慮した検討が必要となる。



出典：3EID(国立環境研究所)、建設部門分析用産業連関表(平成 17 年)
図 5. 3-1 二酸化炭素排出量(建設部門は間接排出量を考慮)

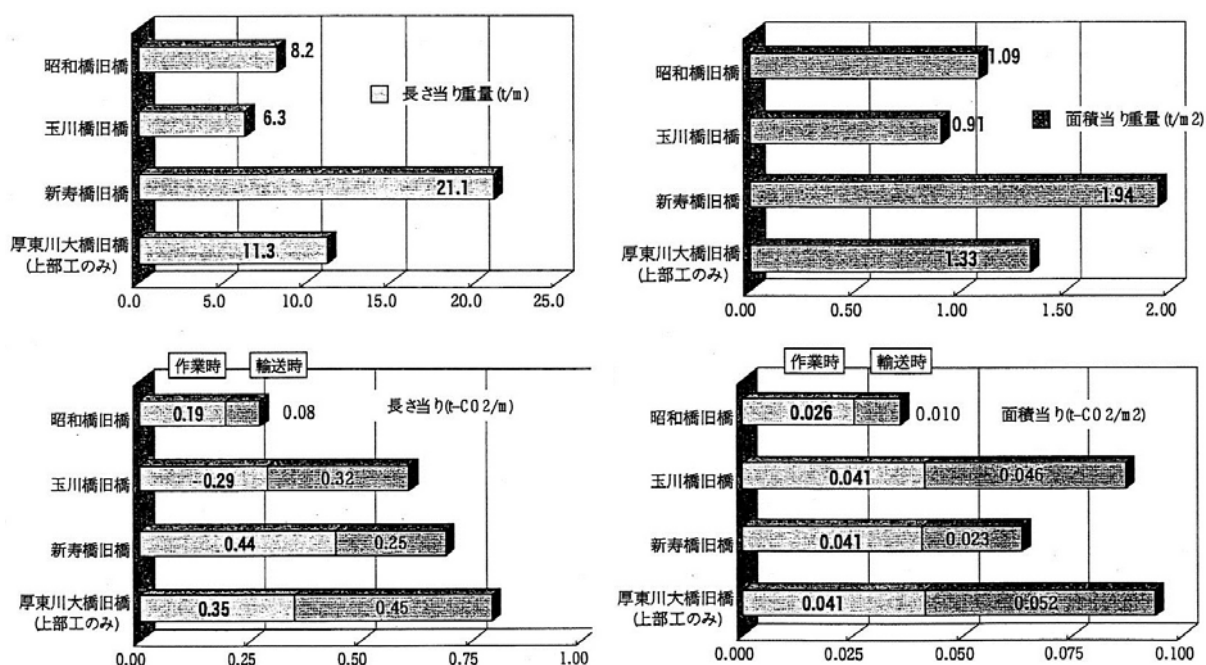
今後の日本における道路等の工事では、既にあるものを解体・廃棄し、同じ場所に新たな構造物を施工することが多いことから、解体・廃棄の評価が重要になると考えられる。解体の環境負荷については、構造物の解体に伴う環境負荷と、解体された部材を資材として再生処理する際の環境負荷を、それぞれ作り手と使い手のどちらに割り当てるかを検討し、その影響や得失を政策的な視点から分析する必要がある。なお、解体、廃棄に係る原単位を設定した研究事例は少ないが、例えば表 5. 3-1 及び出典： 鋼構造物の解体・回収時の環境負荷調査研究小委員会報告-土木構造物(橋梁)について-(奈良松範、第 14 回土木鋼構造研究シンポジウム-鉄の輪がつなぐ人と地球-)

図 5. 3-2 のような研究報告がある。

表 5. 3-1 橋梁解体に伴う環境負荷量の研究事例

		発生物数量	CO2発生量			単位数値	備考
			解体工事	輸送	合計		
昭和橋旧橋	鋼ランガー桁 + 鋼板桁	発生数量	5,429.1 t	128.0	51.4	179.4 t-CO2	
		長さ当たり	8.2 t/m	0.19	0.08	0.27 t-CO2/m	658.3 m
		面積当たり	1.09 t/m ²	0.026	0.010	0.036 t-CO2/m ²	5,003.1 m ²
玉川橋旧橋	鋼トラス桁	発生数量	927.9 t	42.4	46.7	89.1 t-CO2	
		長さ当たり	6.3 t/m	0.29	0.32	0.61 t-CO2/m	146.4 m
		面積当たり	0.91 t/m ²	0.041	0.046	0.087 t-CO2/m ²	1,024.8 m ²
新寿橋旧橋	鋼H桁(歩道) + RCゲルバー(車道)	発生数量	3,630.9 t	76.4	42.3	118.6 t-CO2	
		長さ当たり	21.1 t/m	0.44	0.25	0.69 t-CO2/m	172.0 m
		面積当たり	1.94 t/m ²	0.041	0.023	0.063 t-CO2/m ²	1,874.8 m ²
厚東川大橋旧橋(上部のみ)	RC単純T桁	発生数量	1,025.7 t	31.8	40.6	72.4 t-CO2	
		長さ当たり	11.3 t/m	0.35	0.45	0.80 t-CO2/m	91.0 m
		面積当たり	1.33 t/m ²	0.041	0.052	0.094 t-CO2/m ²	773.5 m ²
厚東川大橋旧橋	RC単純T桁 + 多柱式橋脚	発生数量	2,796.7 t	123.6	81.5	205.1 t-CO2	
		長さ当たり	30.7 t/m	1.36	0.90	2.25 t-CO2/m	91.0 m
		面積当たり	3.62 t/m ²	0.160	0.105	0.265 t-CO2/m ²	773.5 m ²

出典：鋼構造物の解体・回収時の環境負荷調査研究小委員会報告-土木構造物(橋梁)について-(奈良松範、第14回土木鋼構造研究シンポジウム-鉄の輪がつなぐ人と地球-)



出典：鋼構造物の解体・回収時の環境負荷調査研究小委員会報告-土木構造物(橋梁)について-(奈良松範、第14回土木鋼構造研究シンポジウム-鉄の輪がつなぐ人と地球-)

図 5. 3-2 橋梁解体に伴う単位当たりの環境負荷量の研究事例

(左上：橋長さ当たりの発生物量 右上：橋面積当たりの発生物量

左下：橋長さ当たりの二酸化炭素排出量 右下：橋面積当たりの二酸化炭素排出量)

用語集

用語集は、本報告書「社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発に関する報告-社会資本 LCA の実践方策-」において頻繁に使用される重要語句、また本報告書独自に定義した用語を整理するものである。

LCA (Life Cycle Assessment : ライフサイクルアセスメント)

製品・サービス等を対象とした環境影響評価手法の1つであり、製品・サービス等に関して資源の採取から製造・使用・廃棄・輸送等の全ての段階を通じた環境影響を定量的・客観的に評価する手法のこと。ISO 14040 では、「製品の原材料の採取から製造、使用及び処分に至る生涯（すなわち、ゆりかごから墓場まで）を通しての環境側面及び潜在的影響を調査するものである」と定義されている。

以下の4つの手順で構成される。

1. 目的 : 評価する環境負荷の項目等を定めて、評価の目的を明らかにする。
2. インベントリ分析 : 製品・サービス等のライフサイクルにおいてエネルギーや材料等がどれだけ投入され、排気ガスや廃棄物等がどれだけ放出されたかを分析し、環境負荷を明らかとする。
3. 影響評価 : インベントリ分析により明らかとなった環境負荷を環境影響に換算する。
4. 解釈 : 換算された環境影響の解釈を行う。

社会資本 LCA

総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発」で開発した社会資本の整備を対象とした LCA (ライフサイクルアセスメント) のこと。

LCI (Life Cycle Inventory-analysis : ライフサイクルインベントリアナリシス手法)

LCA の手順の1つである「インベントリ分析」の手法、すなわち製品・サービス等のライフサイクルにおいてエネルギーや材料等がどれだけ投入され、排気ガスや廃棄物等がどれだけ放出されたかを分析し、環境負荷を明らかとする手法のこと。

社会資本 LCI

総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発」で開発した社会資本の整備を対象とした LCI (ライフサイクルインベントリアナリシス手法) のこと。

社会資本 10 表

社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表のこと。産業連関表 (Input Output Table) とは、一定期間において、製品・サービスが各産業部門間でどのように生産・販売されたかについて、行列 (マトリックス) の形で一覧表にとりまとめたものである。日本全国を対象とした産業連関表は、10 府省庁の共同作業により総務省から 5 年ごとに公表されている¹。

需要部門 (買い手)		中間需要					最終需要			輸入 (控除) C	国内生産額 A+B -C	
		1	2	3	...	計	消	固	在			輸
供給部門 (売り手)		農	鉱	製				費	本	庫	計	A+B -C
		林	業	造				形	出	B		
中間 投入	1 農林水産業											
	2 鉱業											
	3 製造業											
	計 D											
租 付 加 価 値	雇											
	用											
	者											
計 E	業											
	余											
国内生産額	D+E											

図-1 産業連関表の構造

出典：総務省 統計局・政策統括官(統計基準担当)・統計研修所 HP (<http://www.stat.go.jp/data/io/2005/pdf/io05s601.pdf>)

総務省から公表されている産業連関表では、製品・サービス間 (部門別) の取引についても貨幣価値単位でとりまとめられている。本報告書では、産業連関表の製品・サービス間の貨幣価値の取引について、物量単位に変換が可能な製品・サービスについては物量に変換し、さらに環境負荷 (本プロジェクトでは、「二酸化炭素排出量」「最終処分量」「天然資源投入量」の 3 種類) 単位に変換したものを「社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表」と呼ぶこととした。なお、具体的な変換方法については、本報告書「3. 2. 3 資材 (一般品) の環境負荷原単位の算定方法及び算定結果」や南齋ら (2002)²で解説されている。

意思決定レベル

社会資本の整備において、計画構想から実際の整備、維持管理に至るまでに行われる検討及び検討を踏まえた意思決定のレベルを指す。本報告書では、以下の 4 つに区分した。

1. 構想レベル : 社会資本整備を行う地域の諸条件・想定される利用者・概略工事コスト等に基づいて、社会資本の機能や基本構造を決定する。
2. 設計レベル : 現地調査結果・工事コスト等に基づいて、構造物の形状・工法等を決定する。
3. 施工レベル : 概略設計の結果等に基づいて、資材の種類・建設機械等を決定する。
4. 資材選定レベル : 詳細設計の結果等に基づいて、使用する具体的な個別資材を決定する。

¹総務省 統計局・政策統括官(統計基準担当)・統計研修所 HP (<http://www.stat.go.jp/data/io/index.htm>)

²南齋規介、森口祐一、東野達 (2002)「産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID) -LCA のインベントリデータとして-」国立環境研究所

ライフステージ

例えば、ある工業製品を例にとると、その一生は 「原材料等の調達」 → 「製造」 → 「輸送」 → 「使用」 → 「廃棄」 となる。この一生の各段階を「ライフステージ」と呼ぶ。なお、設定の仕方によって、各ライフステージの内容や名称は変わる。

ライフサイクル

製品の一生のこと。

未集計分等見込み値

総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをとおした環境評価技術の開発」で開発した資材の環境負荷原単位は、環境負荷の主要な部分を業界団体の協力により得られた統計データ等の積み上げにより算定しているが、統計データ等が無い項目については産業連関表の値を用いている。本報告書では、統計データ等が無い項目の環境負荷量の合計を「未集計分等見込み値」と呼ぶこととした。

例えば、ある工業製品の環境負荷原単位を例にとると、原材料・燃料に伴う環境負荷は統計データ等による積み上げ、工場・事務所等で使用された光熱・電話・事務用品に伴う環境負荷は産業連関表の値を用いており、この光熱・電話・事務用品に伴う環境負荷量の合計が「未集計分等見込み値」となる。

謝 辞

本報告書に示した研究成果は、土木学会に設立した「LCA活用方策検討委員会」・「インベントリ・データ作成手法検討委員会」・「LCA理論検討委員会」・「インベントリ・データ・ベース作成委員会」・「LCI試算ワーキンググループ」の精査・検証を受けております。これらの委員会に委員としてご参画頂いた学識者・有識者の方々には、本報告書の作成に当たって多大なご協力を頂きました。

ここに、深く感謝の意を表します。

これら委員会の方々に加えて、多くの専門家の方々に技術的なご指導を頂くとともに数多くの貴重なデータを賜りました。

建設資材の環境負荷原単位の作成にあたっては、特に、日本砕石協会の石塚 専務理事、山本 関東地方本部事務局長（以上、骨材関係）、日本アスファルト合材協会 技術委員会 技術部会の会員である、大林道路の稲葉 副部長（部会長）、鹿島道路の海老澤 部長（副部会長）、NIPPOの貫井 課長（委員）、前田道路の守安 副部長（委員）（以上、アスファルト合材関係）、全国生コンクリート工業組合連合会の市川 専務理事、鈴木 技術部長、横田 前常務理事（以上、生コンクリート関係）、全国コンクリート製品協会の天野 専務理事（セメント製品関係）、神戸製鋼の酒造 部長、JFEスチールの手塚 部長、品川 課長、JFEテクノロジーの海老原 副部長、新日本製鐵の鋏取 グループマネジャー、後藤 マネジャー、住友金属工業の千田 部長、日本鉄鋼連盟の柏原 リーダー、田村 マネジャー、吉川 グループマネジャー（以上、鉄鋼関係）、JFEスチールの戸澤 部長、井澤 副部長、新日本製鐵の井川 部長、東 マネジャー、住友金属工業の正保 室長、鐵鋼スラグ協会の内田 常務理事（以上、鉄鋼スラグ関係）をはじめとする皆様に、研究期間を通じてご協力を頂きました。

建設資材の製造方法等を理解するため、前田道路株式会社 朝霞総合合材工場、新日本製鐵株式会社 君津製鐵所、太平洋セメント株式会社 埼玉工場をはじめとする多数の現地視察をさせて頂きました。

仮設材の環境負荷原単位の作成にあたっては、仮設工業会の堀井 専務理事、重野 総務課長、軽仮設リース業協会の原田 常務理事、本川 部会長にデータ提供等のご協力を頂きました。

建設機械の減耗等に係る環境負荷原単位の作成にあたっては、日本建設機械化協会の小河 部長、日本建設機械工業会の木引 部長に損料に関する知見のご提供等のご協力を頂きました。

社会資本 LCI の適用性検討にあたっては、関東地方整備局の深沢 課長補佐、廣瀬 係長、土屋 係長をはじめとする皆様に、LCI の試算に用いた工事資料のご提供等のご協力を頂きました。

ここに、感謝の意を表します。

本報告書の作成にあたっては、パシフィックコンサルタンツ株式会社の井伊様、森元様、松田様、池本様、末廣様、芦刈様、鶴見様、株式会社公共計画研究所の今西様、財団法人先端建設技術センターの新妻様、山本様、須藤様、秋田様をはじめとする方々にご協力頂きました。

最後に、本報告書が今後の低炭素社会実現に向けた取組みを推進していくために、多くの方々に活用されることを希望します。

平成 24 年 2 月
総合技術開発プロジェクト代表幹事
曾根 真理

個別打合せの経緯

■平成 21 年度

○第 1 回	開催日：平成 21 年 4 月 8 日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第 2 回	開催日：平成 21 年 4 月 14 日	参加者：東京大学 小澤一雅教授 他
○第 3 回	開催日：平成 21 年 4 月 15 日	参加者：筑波大学 白川直樹講師 他
○第 4 回	開催日：平成 21 年 5 月 14 日	参加者：LCA 理論検討委員会 藤田壮委員 他
○第 5 回	開催日：平成 21 年 5 月 15 日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第 6 回	開催日：平成 21 年 6 月 3 日	参加者：鐵鋼スラグ協会
○第 7 回	開催日：平成 21 年 6 月 29 日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第 8 回	開催日：平成 21 年 6 月 30 日	参加者：筑波大学 石田東生教授 他
○第 9 回	開催日：平成 21 年 6 月 30 日	参加者：土木研究所 中村敏一本部長 他
○第 10 回	開催日：平成 21 年 7 月 2 日	参加者：日本アスファルト合材協会
○第 11 回	開催日：平成 21 年 7 月 8 日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第 12 回	開催日：平成 21 年 7 月 15 日	参加者：日本鉄鋼連盟
○第 13 回	開催日：平成 21 年 7 月 30 日	参加者：日本道路協会
○第 14 回	開催日：平成 21 年 9 月 4 日	参加者：芝浦工業大学 栗島英明准教授 他
○第 15 回	開催日：平成 21 年 9 月 8 日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第 16 回	開催日：平成 21 年 9 月 9 日	参加者：LCA 理論検討委員会 加藤博和委員 他
○第 17 回	開催日：平成 21 年 9 月 15 日	参加者：国立環境研究所 橋本征二主任研究員 他
○第 18 回	開催日：平成 21 年 9 月 17 日	参加者：東京大学 野口貴文准教授 他
○第 19 回	開催日：平成 21 年 9 月 28 日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第 20 回	開催日：平成 21 年 9 月 28 日	参加者：土木研究所 新田主任研究員 他
○第 21 回	開催日：平成 21 年 10 月 9 日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第 22 回	開催日：平成 21 年 10 月 22 日	参加者：国立環境研究所 橋本征二主任研究員 他
○第 23 回	開催日：平成 21 年 10 月 26 日	参加者：日本鋳業協会
○第 24 回	開催日：平成 21 年 10 月 28 日	参加者：名古屋大学 加藤博和准教授 他
○第 25 回	開催日：平成 21 年 11 月 2 日	参加者：東京大学 野口貴文准教授 他
○第 26 回	開催日：平成 21 年 11 月 4 日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第 27 回	開催日：平成 21 年 11 月 9 日	参加者：LCA 理論検討委員会 齋藤峰夫委員 他
○第 28 回	開催日：平成 21 年 11 月 11 日	参加者：土木研究所 久保和幸上席研究員 他
○第 29 回	開催日：平成 21 年 11 月 12 日	参加者：筑波大学 白川直樹講師 他
○第 30 回	開催日：平成 21 年 11 月 13 日	参加者：諏訪東京理科大学 奈良松範教授 他
○第 31 回	開催日：平成 21 年 11 月 26 日	参加者：筑波大学 石田東生教授 他
○第 32 回	開催日：平成 21 年 11 月 26 日	参加者：新日本製鐵株式会社
○第 33 回	開催日：平成 21 年 11 月 27 日	参加者：東京大学 小澤一雅教授 他
○第 34 回	開催日：平成 21 年 11 月 30 日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第 35 回	開催日：平成 21 年 12 月 1 日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第 36 回	開催日：平成 22 年 1 月 6 日	参加者：セメント協会
○第 37 回	開催日：平成 22 年 1 月 7 日	参加者：日本アスファルト合材協会
○第 38 回	開催日：平成 22 年 1 月 7 日	参加者：日本鉄鋼連盟
○第 39 回	開催日：平成 22 年 1 月 7 日	参加者：全国生コンクリート工業組合連合会
○第 40 回	開催日：平成 22 年 1 月 8 日	参加者：日本砕石協会
○第 41 回	開催日：平成 22 年 1 月 8 日	参加者：鐵鋼スラグ協会
○第 42 回	開催日：平成 22 年 1 月 13 日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第 43 回	開催日：平成 22 年 1 月 19 日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第 44 回	開催日：平成 22 年 2 月 1 日	参加者：土木研究所 久保和幸上席研究員 他
○第 45 回	開催日：平成 22 年 2 月 2 日	参加者：鐵鋼スラグ協会
○第 46 回	開催日：平成 22 年 2 月 2 日	参加者：東京大学 松野泰也准教授 他
○第 47 回	開催日：平成 22 年 2 月 8 日	参加者：東京大学 野口貴文准教授 他
○第 48 回	開催日：平成 22 年 2 月 9 日	参加者：セメント協会
○第 49 回	開催日：平成 22 年 2 月 9 日	参加者：日本アスファルト合材協会
○第 50 回	開催日：平成 22 年 2 月 10 日	参加者：東洋大学 荒巻俊也教授 他
○第 51 回	開催日：平成 22 年 2 月 12 日	参加者：和歌山工業高等専門学校 齋藤峰夫教授 他
○第 52 回	開催日：平成 22 年 2 月 16 日	参加者：筑波大学 石田東生教授 他
○第 53 回	開催日：平成 22 年 2 月 16 日	参加者：筑波大学 白川直樹講師 他
○第 54 回	開催日：平成 22 年 2 月 16 日	参加者：芝浦工業大学 栗島英明准教授 他

- 第55回 開催日：平成22年2月17日 参加者：名古屋大学 加藤博和准教授 他
- 第56回 開催日：平成22年2月17日 参加者：日本鉄鋼連盟
- 第57回 開催日：平成22年2月18日 参加者：国立環境研究所 橋本征二主任研究員 他
- 第58回 開催日：平成22年2月18日 参加者：国立環境研究所 藤井実研究員 他
- 第59回 開催日：平成22年2月19日 参加者：香川大学 堺孝司教授 他
- 第60回 開催日：平成22年2月22日 参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
- 第61回 開催日：平成22年2月24日 参加者：全国生コンクリート工業組合連合会
- 第62回 開催日：平成22年2月25日 参加者：北九州市立大学 松本亨教授 他
- 第63回 開催日：平成22年2月26日 参加者：広島大学 河合研至教授 他
- 第64回 開催日：平成22年2月26日 参加者：広島大学 藤本郷史助教 他
- 第65回 開催日：平成22年3月3日 参加者：日本砕石協会
- 第66回 開催日：平成22年3月8日 参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
- 第67回 開催日：平成22年3月19日 参加者：国土技術政策総合研究所 笹田俊治室長 他
- 第68回 開催日：平成22年3月23日 参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
- 第69回 開催日：平成22年3月24日 参加者：全国産業廃棄物連合会

■平成22年度

- 第1回 開催日：平成22年5月11日 参加者：関東地方整備局
- 第2回 開催日：平成22年6月24日 参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
- 第3回 開催日：平成22年7月1日 参加者：筑波大学 石田東生教授 他
- 第4回 開催日：平成22年7月9日 参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
- 第5回 開催日：平成22年7月28日 参加者：和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫教授 他
- 第6回 開催日：平成22年7月29日 参加者：日本アスファルト合材協会
- 第7回 開催日：平成22年8月17日 参加者：大臣官房技術調査課 勢田昌功室長 他
- 第8回 開催日：平成22年8月19日 参加者：全国生コンクリート工業組合連合会
- 第9回 開催日：平成22年8月20日 参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
- 第10回 開催日：平成22年8月23日 参加者：日本アスファルト合材協会
- 第11回 開催日：平成22年8月25日 参加者：筑波大学 石田東生教授 他
- 第12回 開催日：平成22年8月25日 参加者：東京大学 小澤一雅教授 他
- 第13回 開催日：平成22年8月26日 参加者：セメント協会
- 第14回 開催日：平成22年8月26日 参加者：鉄鋼スラグ協会
- 第15回 開催日：平成22年8月30日 参加者：日本鉄鋼連盟
- 第16回 開催日：平成22年9月3日 参加者：広島大学 藤本郷史助教 他
- 第17回 開催日：平成22年9月16日 参加者：前田道路株式会社 朝霞総合合材工場
- 第18回 開催日：平成22年9月28日 参加者：建設コンサルタンツ協会
- 第19回 開催日：平成22年9月29日 参加者：和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫教授 他
- 第20回 開催日：平成22年9月29日 参加者：日本建設業団体連合会
- 第21回 開催日：平成22年10月6日 参加者：前田道路株式会社 朝霞総合合材工場
- 第22回 開催日：平成22年10月12日 参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
- 第23回 開催日：平成22年10月18日 参加者：土木研究所 久保和幸上席研究員 他
- 第24回 開催日：平成22年10月19日 参加者：東京大学 野口貴文准教授 他
- 第25回 開催日：平成22年10月21日 参加者：日本建設機械工業会
- 第26回 開催日：平成22年10月21日 参加者：日本建設機械化協会
- 第27回 開催日：平成22年10月22日 参加者：前田道路株式会社 広島工場
- 第28回 開催日：平成22年10月25日 参加者：石油連盟
- 第29回 開催日：平成22年10月27日 参加者：鉄鋼スラグ協会
- 第30回 開催日：平成22年11月4日 参加者：和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫教授 他
- 第31回 開催日：平成22年11月9日 参加者：北九州市立大学 松本亨教授 他
- 第32回 開催日：平成22年11月10日 参加者：石油産業活性化センター
- 第33回 開催日：平成22年11月11日 参加者：名古屋大学 加藤博和准教授 他
- 第34回 開催日：平成22年11月24日 参加者：芝浦工業大学 栗島英明准教授 他
- 第35回 開催日：平成22年11月24日 参加者：国立環境研究所 橋本征二主任研究員 他
- 第36回 開催日：平成22年11月24日 参加者：国立環境研究所 藤井実研究員 他
- 第37回 開催日：平成22年11月25日 参加者：東洋大学 荒巻俊也教授 他
- 第38回 開催日：平成22年12月1日 参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
- 第39回 開催日：平成22年12月2日 参加者：筑波大学 石田東生教授 他

○第40回	開催日：平成22年12月2日	参加者：日本鉄鋼連盟
○第41回	開催日：平成22年12月9日	参加者：日本アスファルト合材協会
○第42回	開催日：平成22年12月14日	参加者：鐵鋼スラグ協会
○第43回	開催日：平成22年12月16日	参加者：セメント協会
○第44回	開催日：平成22年12月21日	参加者：建設コンサルタンツ協会
○第45回	開催日：平成22年12月21日	参加者：日本建設業団体連合会
○第46回	開催日：平成23年1月18日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第47回	開催日：平成23年1月21日	参加者：和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫教授 他
○第48回	開催日：平成23年1月31日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第49回	開催日：平成23年2月14日	参加者：日本碎石協会
○第50回	開催日：平成23年2月15日	参加者：千葉国道事務所
○第51回	開催日：平成23年2月16日	参加者：日本鉄鋼連盟
○第52回	開催日：平成23年2月17日	参加者：仮設工業会
○第53回	開催日：平成23年2月22日	参加者：関東地方整備局
○第54回	開催日：平成23年2月25日	参加者：筑波大学 石田東生教授 他
○第55回	開催日：平成23年2月25日	参加者：和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫教授 他
○第56回	開催日：平成23年2月28日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第57回	開催日：平成23年3月1日	参加者：東京大学 小澤一雅教授 他

■平成23年度

○第1回	開催日：平成23年4月21日	参加者：軽仮設リース業協会
○第2回	開催日：平成23年6月13日	参加者：諏訪東京理科大学 奈良松範教授 他
○第3回	開催日：平成23年6月13日	参加者：和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫教授 他
○第4回	開催日：平成23年6月14日	参加者：名古屋大学 加藤博和准教授 他
○第5回	開催日：平成23年6月14日	参加者：北九州市立大学 松本亨教授 他
○第6回	開催日：平成23年6月16日	参加者：東京大学 小澤一雅教授 他
○第7回	開催日：平成23年6月21日	参加者：土木研究所 久保和幸上席研究員 他
○第8回	開催日：平成23年6月21日	参加者：国土技術政策総合研究所 森望建設マネジメント研究官 他
○第9回	開催日：平成23年6月23日	参加者：筑波大学 白川直樹准教授 他
○第10回	開催日：平成23年6月27日	参加者：芝浦工業大学 栗島英明准教授 他
○第11回	開催日：平成23年6月28日	参加者：東洋大学 荒巻俊也教授 他
○第12回	開催日：平成23年7月4日	参加者：香川大学 堺孝司教授 他
○第13回	開催日：平成23年7月5日	参加者：東京大学 野口貴文准教授 他
○第14回	開催日：平成23年7月5日	参加者：東京大学 松野泰也准教授 他
○第15回	開催日：平成23年7月5日	参加者：東京大学 花木啓祐教授 他
○第16回	開催日：平成23年7月6日	参加者：名古屋大学 辻本哲郎教授 他
○第17回	開催日：平成23年7月6日	参加者：名古屋大学 加藤博和准教授 他
○第18回	開催日：平成23年7月7日	参加者：国土技術政策総合研究所 中村敏一建設技術政策分析官 他
○第19回	開催日：平成23年7月8日	参加者：筑波大学 石田東生教授 他
○第20回	開催日：平成23年7月19日	参加者：国立環境研究所 藤田壮室長 他
○第21回	開催日：平成23年7月19日	参加者：立命館大学 橋本征二教授 他
○第22回	開催日：平成23年8月1日	参加者：日本建設業団体連合会
○第23回	開催日：平成23年8月1日	参加者：建設コンサルタンツ協会
○第24回	開催日：平成23年8月8日	参加者：国土技術政策総合研究所 森田康夫室長 他
○第25回	開催日：平成23年8月9日	参加者：国土技術政策総合研究所 市村課長補佐 他
○第26回	開催日：平成23年11月7日	参加者：日本アスファルト合材協会
○第27回	開催日：平成23年11月9日	参加者：鐵鋼スラグ協会
○第28回	開催日：平成23年11月10日	参加者：セメント協会
○第29回	開催日：平成23年11月11日	参加者：日本鉄鋼連盟
○第30回	開催日：平成23年11月15日	参加者：日本碎石協会

現地視察の経緯

■平成 21 年度

- | | | |
|--------|-----------------------|----------------------------|
| ○第 1 回 | 開催日：平成 21 年 7 月 31 日 | 視察場所：前田道路株式会社 朝霞総合合材工場 |
| ○第 2 回 | 開催日：平成 21 年 8 月 24 日 | 視察場所：新日本製鐵株式会社 君津製鉄所 |
| ○第 3 回 | 開催日：平成 21 年 10 月 19 日 | 視察場所：太平洋セメント株式会社 埼玉工場 |
| ○第 4 回 | 開催日：平成 21 年 11 月 10 日 | 視察場所：J F E スチール株式会社 西日本製鉄所 |
| ○第 5 回 | 開催日：平成 21 年 11 月 15 日 | 視察場所：前田道路株式会社 土浦合材工場 |
| ○第 6 回 | 開催日：平成 21 年 12 月 17 日 | 視察場所：小名浜製錬株式会社 小名浜製錬所 |
| ○第 7 回 | 開催日：平成 21 年 12 月 22 日 | 視察場所：太平洋金属株式会社 八戸製造所 |
| ○第 8 回 | 開催日：平成 22 年 3 月 25 日 | 視察場所：コスモ石油株式会社 四日市製油所 |
| ○第 9 回 | 開催日：平成 22 年 3 月 31 日 | 視察場所：前田道路株式会社 朝霞総合合材工場 |