# 社会資本のライフサイクルをとおした 二酸化炭素排出量の算出の手引き (案)

平成31年3月 国土技術政策総合研究所

# 目次

第	1 1	部	社会資本	ELCA の	定義と枠	:組み							
1	۱.												
2	2.	手	引きの構	構成 …								 	· · · 1–2
3	3.	用	語の定義	簑								 	· · · 1–3
4	1.	LC	Aの定義	<ul><li>枠組。</li></ul>	みと活用	方法···						 	· · · 1–5
					量の算出								
1	۱.				の算出フ								
2	2.												
3	3.												
4	1.	構	想レベル	J								 	· · · 2–7
	4	4. 1											
	4	4. 2											
		4. 3											
Ę	5	設計											
	ļ	5. 1	算出式	の設定・								 	· · 2–12
	ļ	5. 2											
	ļ	5. 3	原単位	の選択·								 	· · 2–14
6	3.	施	エレベル	٠٠٠٠٠ ا								 	· · 2–16
	(	6. 1	算出式	の設定・								 	· · 2–16
	(	6. 2	数量の	整理⋯								 	· · 2–17
	(	6. 3	原単位	の選択・								 	· · 2–18
-	7.	資	材選定し	ベル・・								 	· · 2–21
	•	7. 1	算出式	の設定・								 	· · 2–21
	•	7. 2	数量の	整理⋯								 	· · 2–22
		7. 3	原単位	の選択·								 	· · 2–22
8	3.	LC	Ⅰ計算の	実施⋯								 	· · 2–26
	8	8. 1	工事に	伴う二酢	<b>俊化炭素</b>	排出量σ	)計算·					 	· · 2–26
	8	8. 2	供用後	から再資	資源化ま	での工事	事以外σ	二酸化	炭素排	出量の	計算⋯	 	· · 2–27
ç	).	そ	の他(計	算結果の	)チェッ:	ク)・・・・						 	· · 2–32
1	ın												

第3部 二酸化炭素排出量の計算事例の紹介
1. 二酸化炭素排出量の計算・評価手順の紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-1
1.1 目的及び調査範囲の設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-1
1.2 インベントリ分析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-3
1.3 解釈 · · · · · · · · · · · · · · · · 3-7
2. インベントリ分析の事例紹介・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-9
3. 二酸化炭素排出量の活用に当たっての留意点3-69
3.1 二酸化炭素削減効果の示し方3-69
3.2 二酸化炭素算出に関する不確実性3-69
3.3 PR ポイントの記載方法・・・・・・・・・・・・・・・・3-70
3.4 二酸化炭素排出量算出支援ツールの活用3-70
第4部 二酸化炭素排出量算出支援ツールの紹介
1. 目的と特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴 ····································
1. 目的と特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴       4-1         2. 操作方法       4-2         2. 1 起動から入力フォームの作成まで・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴4-12. 操作方法4-22.1 起動から入力フォームの作成まで・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
1. 目的と特徴       4-1         2. 操作方法       4-2         2. 1 起動から入力フォームの作成まで・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

## 第1部 社会資本LCAの定義と枠組み

#### 1. 目的

近年、地球温暖化は進行しており、これに対処するため二酸化炭素排出量を削減し、低炭素社会を実現することが求められている。

日本は、国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) で採択されたパリ協定の締結を平成 28 年 11 月 8 日に決定し、温室効果ガス排出量を 2030 年度に 2013 年度比で-26.0%とする取り組みを行っている。「日本の約束草案 (平成 27 年 7 月)」や「地球温暖化対策計画 (平成 28 年 5 月)」では、主な対策として「交通流対策」、「道路施設の低炭素化」が位置付けられている。

これに対して、図 1-1 は、国土技術政策総合研究所(以下、「国総研」と言う)が国内の二酸化炭素排出量の内訳(左図)を産業連関表等に基づいて再整理した結果(右図)である。これによると、建設業がバックホウ等の建設機械から直接排出する二酸化炭素は日本全体の約 1%に過ぎないが、使用する資材の製造や資材・廃棄物の運搬等を含めた建設関連全体で排出する二酸化炭素量は日本全体の約 14%となる。したがって、建設関連から排出される二酸化炭素を適切に評価・削減するためには、直接排出以外の事業・構造物のライフサイクル全体をとおした二酸化炭素排出量を対象とする必要があると考えられる。





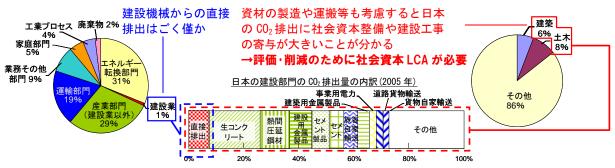


図 1-1 建設関連部門の二酸化炭素排出量の内訳

社会資本の各意思決定レベルにおける低炭素化を効率良く実現するためには、取り組みによる二酸化炭素削減効果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。そのため、国総研では、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、「総合プロジェクト」と言う)を実施し、先の要件全てに対応できる社会資本整備を対象としたライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)技術(以下、「社会資本LCA」と言う)を開発した¹。また、それ以降も社会資本LCAで用いる原単位の整備や社会資本LCAの普及に向けた研究を行ってきた²。

本手引きは、ISO14040 等を参考に、これら研究成果のうち二酸化炭素排出量の算出方法、試算事例、開発したツールの紹介を取りまとめたものである。手引の作成にあたっては、より多くの方々に「社会資本 LCA」を理解・活用頂けることを目的に、1) より平易な言葉を使うこと、2) 難しい用語には解説を付けること、3) 具体的な事例を載せること を心がけて作成した。

<sup>1</sup> 国総研プロジェクト研究報告第36号 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(国総研、2012)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 設計・施工における社会資本 LCA 適用の有効性(曽根 他、2012) 等

# 2. 手引きの構成

本手引きは、社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量を算出することを目的とし、図 1-2 に示すとおり「第1部 社会資本 LCA の定義と枠組み」、「第2部 二酸化炭素排出量の算出手法」、「第3部 二酸化炭素排出量の計算事例の紹介」、「第4部 二酸化炭素排出量算出支援ツールの紹介」の4部で構成されている。二酸化炭素排出量の具体的な計算方法については、第2部で記載する。

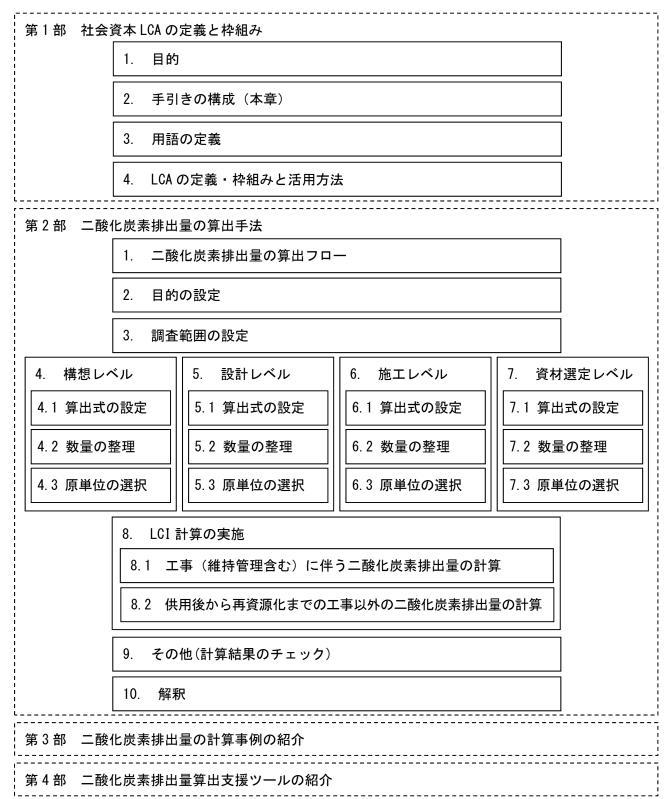


図 1-2 本手引きの構成 (イメージ)

#### 3. 用語の定義

本手引きで用いる用語を以下のとおり定義する。

## 文章中の用語

#### 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とおした環境影響を定量的・客観的に評価する 手法のこと。

## 社会資本 LCA

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 の段階の1つである「インベントリ分析」の手法のこと。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。

#### 社会資本 LCI

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。

#### 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に至るまでに行われる検討および検討を踏まえた 意思決定のレベルを指す。本手引きでは、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・想定される使用者・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、施工方法・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。

#### 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。

# 原単位表の用語

#### 合計

該当品目の「生産(原材料の製造・出荷含む)」・「出荷」に伴う二酸化炭素排出量に「循環資源投入による控除分(負値)」・「吸着分(負値)」・「燃料使用分」の二酸化炭素量を加えた値。

#### 生産計

該当品目の製造に伴って排出される二酸化炭素量のこと。なお、該当品目の原材料の二酸化炭素排出量も含まれる。

## 出荷計

該当品目の出荷に伴って排出される二酸化炭素量のこと。

# 循環資源投入による控除

該当品目の製造によって回避される廃棄処理プロセスに伴う二酸化炭素排出量のこと。該当品目の製造に循環資源(廃棄物)を使用する場合、循環資源の従来の廃棄処理プロセス(焼却もしくは輸出)が回避されたと考えられる。本研究の原単位では、回避された廃棄処理プロセス分の二酸化炭素排出量を該当品目全体の二酸化炭素排出量から控除することとした。

#### 吸着

該当品目の製造に伴って固定・吸着される二酸化炭素量のこと。現段階では、製造時にコンクリート 破砕物の炭酸化によって二酸化炭素の固定が見込まれる「再生砕石」のみが該当する。

# 燃料使用

該当品目を燃料として使用した場合に、燃焼に伴って発生する二酸化炭素量のこと。

#### 4. LCA の定義・枠組みと活用方法

LCA とは、製品・サービスに関する採取・製造・使用・廃棄等のライフサイクル全体をとおした環境影響を定量的に評価する手法である。LCA は「目的及び調査範囲の設定」、「インベントリ分析」、「影響評価」、「解釈」の4段階で構成されている $^3$ 。

各段階において検討される事項は以下のとおりである。

#### 1) 目的及び調査範囲の設定

LCA を実施する目的を明確化し、調査範囲(製品システム・機能・機能単位・意思決定レベル・システム境界・環境負荷物質・影響領域等)を設定する。

# 2) インベントリ分析 (Life Cycle Inventory-analysis、LCI)

設定したシステム境界内の環境負荷量を算定する。算定結果は、設定した環境負荷物質毎に質量等の物理量で表される。

# 3) 影響評価 (Life Cycle Impact Assessment、LCIA)

環境負荷を分類化・特性化し、潜在的環境影響量を評価する。分類化とは各環境負荷を影響領域に 振り分けること、特性化とは各環境負荷が影響領域に対して与える影響の強度(特性化係数)と環境 負荷量を掛け合わせて潜在的環境影響量を算定することである。影響領域間で重み付けを行い、単一 指標化する検討等も行われる。

## 4)解釈

分析・評価結果から、どのプロセス(製品の各製造工程等)・環境負荷物質・影響領域が重要か等を考察する。さらに、重要なプロセス等を中心にしてデータの信頼性等を検証し、必要に応じて精度向上を図る。

本手引きは、LCA の構成段階のうち「目的及び調査範囲の設定」「インベントリ分析(Life Cycle Inventory-analysis: LCI)」までを取り扱う。

本手引きは、事業者(開発業者・国・自治体等)、設計者(コンサルタント等、施工者(建設会社等)、 資材製造者(資材メーカー等)等の社会資本整備に係る多様な主体が、以下のような用途に活用する ことを想定している。また、現時点では建設関連部門での二酸化炭素削減目標等は設定されていない が、今後、目標が設定された場合の評価指標として、本手引きによる二酸化炭素排出量算出手法を活 用することも想定している。

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> JIS Q 14040 環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー原則及び枠組み、p9 (経済産業大臣、2010)

## i) 事業者 (開発業者·国·自治体等)

- ・二酸化炭素排出量の少ない事業計画の検討
- ・二酸化炭素排出量の少ない設計・施工方法・資材の検討
- ・施工性、経済性等の評価項目への二酸化炭素排出量の追加
- ・関係者、近隣住民等に向けた二酸化炭素排出量削減の取り組みの PR ツール

#### ii) 設計者(コンサルタント等)

- ・二酸化炭素排出量の少ない計画、設計、施工方法等の検討
- ・関係者等に向けた二酸化炭素排出量削減の取り組みの PR ツール

# iii) 施工者(建設会社等)

- 二酸化炭素排出量の少ない施工方法、資材の提案
- ・関係者、近隣住民等に向けた二酸化炭素排出量削減の取り組みの PR ツール

# iv) 資材製造者(資材メーカー等)

- ・二酸化炭素排出量の少ない資材を提案
- ・関係者等に向けた二酸化炭素排出量削減の取り組みの PR ツール

土工道路 (2 車線) を 1km 施工する場合に排出される二酸化炭素はおよそ 2 千 t であり、自動車の約 5 万 km 走行で排出される二酸化炭素量に相当する。同様にトンネル(2 車線・1km)はおよそ 1 万 t で約 27 万 km 走行、橋梁(2 車線・1km)はおよそ 2 万 t で約 54 万 km 走行に相当する $^4$ 。

なお、二酸化炭素を削減する計画・設計が施工性・安全性の低下に繋がってしまう等、他の効果とトーレドオフの関係になった場合には、二酸化炭素排出量のみに限定することなく、他の効果も含めて複合的に検討することが必要となる。

<sup>4</sup> 自動車燃費一覧(平成28年3月)(国交省)から自動車燃費を16.0km/L、特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令(平成18年経済産業省・環境省令第3号)からガソリンの燃焼による二酸化炭素排出量を2.322kg-CO<sub>2</sub>/Lと設定。

# 第2部 二酸化炭素排出量の算出手法

# 1. 二酸化炭素排出量の算出フロー

社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量は、図 2-1 に示す流れに沿って算出する。

目的および調査範の設定	Step1: 目的の設定 Step2: 調査範囲の 設 定 以降は、構想に	・環境評価の目的を明確にするため、用途・理由・伝達先・実施主体等を設定する。
	Step3: 算出式の設定	<ul><li>・評価を実施する意思決定レベルに応じて、使用する算出式を設定する</li><li>・・・・・・・・・・構 p. 2-7・設 p. 2-12・施 p. 2-16・資 p. 2-21</li></ul>
	Step4: 数量の整理	・社会資本整備に用いる工種・資機材の数量・作業量等を設計書・ 施工計画書等から整理する。 構 p. 2-8・設 p. 2-13・施 p. 2-17・資 p. 2-22
インベントリ分析	Step5: 原単位の選択 Step6:	<ul> <li>整理した工種・資材等に基づいて対応する原単位を原単位一覧表から選択する。</li> <li>一覧表にないまたは確定していない資機材等については、みなし*1を行って、別の資機材の原単位で代用する。</li> <li>株内、2-9・設 p. 2-14・施 p. 2-18・資 p. 2-22</li> </ul>
	LCI 計算の実施 Step7:	・整理された数量・作業量等と選択された原単位で積和計算を行い、二酸化炭素排出量を算出する。 p. 2-26
	そ の 他 (チェック)	<ul><li>・算出された二酸化炭素排出量が妥当かどうか検討する。</li><li>・・・・・・・・・・・・・ p. 2-32</li></ul>
解釈	Step8: 解 釈	・分析に基づいて、どのプロセスが重要か等を考察する。 ・データの信頼性等を検証し、必要に応じて精度向上を図る。 

注)※1:通常、設計書・施工計画書等に記載されている資機材と同じ品目を原単位一覧表から選択するが、資機材が一覧表にない場合、もしくは実際の施工でどんな資機材を使用するかが確定していない場合、原単位一覧表から製造過程等が似た品目を代わりに選択することとなる。この「製造過程等が似た品目を代わりに選択すること」を「みなし」と呼ぶこととする。

図 2-1 社会資本 LCA に基づく二酸化炭素排出量の算出フロー

# 2. 目的の設定

社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量を算出するにあたって、その目的を明確化する。ISO 14044 等を参考にすると、目的を設定するにあたって明確化すべき項目として「意図する用途」「実施する理由」「意図する伝達先」「一般に開示されることを意図した比較主張の使用」「LCA 実施主体」等が考えられる。

目的の設定例を表 2-1 に示す。

表 2-1 目的の設定例

	例 1	例 2	例 3			
	(評価対象:設計)	(評価対象:施工方法)	(評価対象:建設資材)			
意図する	複数の設計案を対象とし	個別工法に伴う二酸化炭	グリーン購入法に係る特			
思因りる	た二酸化炭素排出量の比	素排出量の評価	定調達品目の指定			
用逐	較評価					
	A 社で複数案の設計を行	B社において施工時の二酸	C社において製造時の二酸			
	い、設計案の比較選定の一	化炭素排出量が少ない工	化炭素排出量を低減した			
実施する	検討項目として二酸化炭	法を開発したため、一般的	建設資材の販売が可能と			
理由	素排出量を用いる。	な工法と比較して二酸化	なったため、特定調達品目			
		炭素排出量が少ないこと	への指定が妥当であるこ			
		を示す。	とを示す。			
意図する	事業者(設計発注者)	事業者 (施工発注者)	特定調達品目の選定者			
伝達先	事未有(以可光任有)	事未有 (旭二光任有)	購入予定者			
一般に開示され	該当しない					
ることを意図し	(基本的に一般品・一般的な設計・基準値等との比較を想定しており、LCA 実施者					
た比較主張の使用	直接競合他社製品等と比較することは想定していない。)					
LCA 実施主体	A 社(設計会社)	B 社(施工会社)	C 社(製造メーカー)			

# 3. 調査範囲の設定

社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量を算出するにあたって、調査範囲(計算対象とする要素 等)を整理する。ISO 14044 等を参考にすると、整理すべき項目として計算対象とする「製品システム」、「機能」、「機能単位」、「意思決定レベル」、「システム境界」、「環境負荷物質」、「影響領域」等が考えられる。「製品システム」とは ISO 14040 において「1 つまたはそれ以上の定義された機能を果たす、物質的およびエネルギー的に結合された単位プロセスの集合体」と定義されており、計算対象とする製品・サービスを指す。「機能」とは計算対象とする商品・サービスに求められる能力であり、「機能単位」とは検討に当たって対象とする商品・サービスに対して設定される基準数量及びその単位である。例えば、都市を結ぶ道路であれば「A市とB市の間で車・人を通すこと」が機能であり、「A市-B市間で計画交通量〇台、設計速度〇km/h」が機能単位になる。社会資本における機能と機能単位は、社会的な要請に基づく事業計画によって決定される。

社会資本整備は、図 2-2 に示すとおり構想・設計・施工・資材選定のレベル毎(「意思決定レベル」) に意思決定がなされることで、より公正かつ合理的な整備が行われる。二酸化炭素排出量の算定を実施しようとしているレベルが 4 つの意思決定レベル (構想・設計・施工・資材選定)のどこに位置付けられるかを明確化する。

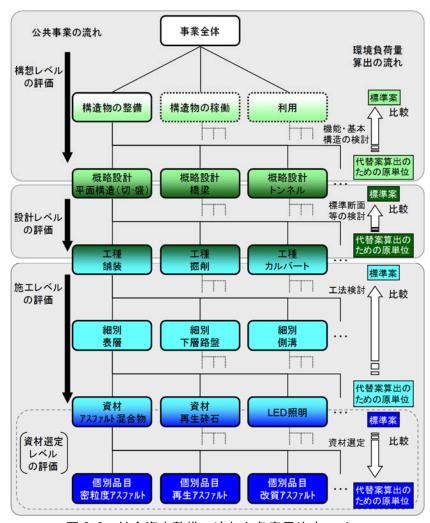


図 2-2 社会資本整備の流れと各意思決定レベル

「システム境界」とは、計算対象とする事業・構造物・作業等の各プロセス(ライフステージ)の うち、インベントリ分析によって環境負荷量を算出する範囲である(図 2-3 参照)。

平面道路の新設を対象とした計算の場合には、供用時の自動車走行に伴う二酸化炭素排出量を含めるか、将来想定される維持・補修工事に伴う排出量を含めるか、一部の道路法面構造の複数案比較に用いる場合には、法面の施工に係る工種のみとするか、掘削工・盛土工も含めるか 等を活用の目的に合わせて適切に設定することが必要となる。

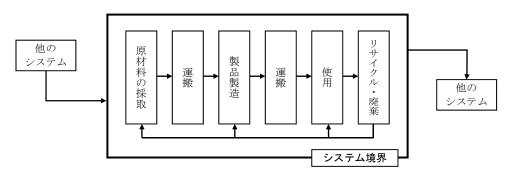


図 2-3 製品システムとシステム境界の一例 (イメージ)

「環境負荷物質」とはインベントリ分析における算出対象とする物質、「影響領域」とは環境負荷物質が関係する環境問題である。本手引きでは「環境負荷物質」を二酸化炭素、「影響領域」を地球温暖化とする。なお、国総研(2012)<sup>5</sup>では、「環境負荷物質:最終処分量 影響領域:廃棄物」および「環境負荷物質:天然資源投入量 影響領域:地形改変」についても対象としている。

調査範囲の設定例を表 2-2 に示す。

\_

⁵ 国総研プロジェクト研究報告第 36 号 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(国総研、2012)

表 2-2 調査範囲の設定例

	例 1	例 2	例 3
	(評価対象:設計)	(評価対象:施工方法)	(評価対象:建設資材)
実施する 理由 <sup>※1</sup>	A 社で複数案の設計を行い、 設計案の比較選定の一検討 項目として二酸化炭素排出 量を用いる。	B社において施工時の二酸化 炭素排出量が少ない工法を 開発したため、一般的な工法 と比較して二酸化炭素排出 量が少ないことを示す。	C社において製造時の二酸化 炭素排出量を低減した建設 資材の販売が可能となった ため、特定調達品目への指定 が妥当であることを示す。
製品システム	バイパス道路の建設	地盤改良工	アスファルト混合物の製造
機能	○市-□町間の渋滞を緩和 するバイパス道路	軟弱地盤に構造物を建設す る際の地盤改良工	表層舗装に用いるアスファ ルト混合物
機能単位	○市●地先と□町■地先を 結ぶ交通量△台/日走行可 能な一般道路(歩道含む)	表層は砂質土、N値4の軟弱 地盤を対象として深さ10m、 面積100m <sup>2</sup> の範囲で実施す る地盤改良工	密粒度 20、突き詰め回数 50 回のアスファルト混合物 1t
意思決定	設計レベル	施工レベル	資材選定レベル
レベル			
システム境界	対象とする道路の整備に限 定し、建設機械の稼働・資 材の原材料の採取加工・原 料廃棄物等の運搬による消 費燃料・建設機械の損耗分 等を含める。	対象とする施工方法の実施 に限定し、建設機械の稼 働・資材の原材料の採取加 工・原料廃棄物等の運搬に よる消費燃料・建設機械の 損耗分等を含める。	対象とする資材の製造に限 定し、加工機械の稼働・原 材料の採取運搬・加工機械 の損耗分等を含める(工場 からの搬出は含めない)。
環境負荷物質		二酸化炭素	
影響領域		地球温暖化	
環境評価・ 解釈の方法		果ガスのうち二酸化炭素以外  :のみで評価を行う。得られた	* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

注)※1:参考として目的として設定する「実施する理由」を記載した。

以降の二酸化炭素排出量の算出では、調査範囲の設定で整理した意思決定レベル別(構想・設計・施工・資材選定)に算出手法を解説する。

なお、現時点で直ちに意思決定への反映が求められている訳ではない。計算条件には、二酸化炭素 排出量の算出のために新たに検討したデータではなく、各意思決定レベルにおいて計画・設計された データを用いることを想定している。

#### <コラム 社会資本 LCI の基礎>

社会資本を整備する際には様々な資材を使いますが、この資材をつくる際にも二酸化炭素が排出されています。また、社会資本を整備した後、それを使うことで二酸化炭素が発生します。このうちどこまでを計算対象とするか決めることを「システム境界を設定する」と言い、そのシステム境界内で発生する二酸化炭素排出量を分析することを「ライフサイクルインベントリ分析」と呼びます。

ライフサイクルインベントリ分析を行うためには、使用する資材からどれだけ二酸化炭素が排出されたかを調べることが問題となります。これは、その資材を製造する際に使用する原材料からも二酸化炭素が排出されており、さらにそれを製造する際に使用する原材料からも二酸化炭素が排出されているからです。これを解決するためライフサイクルインベントリ分析の研究では、1年間に各種資材やサービス等の間にどのような取引がなされたかを整理した産業連関表を用いて計算する手法が良く使われています。本手引きでも「産業連関表補完型積み上げ法」という手法を使って資材から排出される二酸化炭素排出量を計算しました。

社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量の計算では、資材の単位量当たりの二酸化炭素排出量(原単位) と資材の使用数量の積和が基本になります。しかし、社会資本整備の概要しか決まっていない段階で資 材をどれだけ使うか整理することは非常に困難です。そこで本手引きでは、資材以外に様々なレベルの 原単位(例えば、掘削工で 1m³の土を掘削する場合の原単位、土工道路を 1 車線 1km 建設する場合の原 単位)を作成することによって、より簡単に計算ができるように工夫しました。

なお本手引きでは、数量と原単位の積和によって二酸化炭素排出量を計算することを「LCI 計算」と呼ぶこととします。

 $\underline{\text{LCI 計算の基礎式}}$   $CO_2$ 排出量 =  $\sum_i \left( \text{数量}_i \times \text{CO}_2$ 排出原単位 $_i \right)$ 

工事計画等から設定

	_		1		
	数量 単位		原追	単位	二酸化炭素
			単位		排出量
資材 1	$X_1$	t	$E_1$	t-CO <sub>2</sub> /t	$X_1 \times E_1$
資材 2	$X_2$	$\mathrm{m}^3$	$E_2$	$t-CO_2/m^3$	$X_2 \times E_2$
建設機械1	$X_3$	台日	$E_3$	t-CO <sub>2</sub> /台日	$X_3 \times E_3$
燃料1	$X_4$	$\mathrm{m}^3$	$E_4$	$t$ - $CO_2/m^3$	$X_4 \times E_4$
•••	•••	•••	•••		

合計が事業・構造物全体の二酸化炭素排出量 社会資本 LCI の計算イメージ

原単位表から設定

#### 4. 構想レベル

構想レベルでは、事業の概要として道路の概略計画・河川整備計画・港湾の長期構想等が検討される。 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)等が決定される(図2-4参照)。

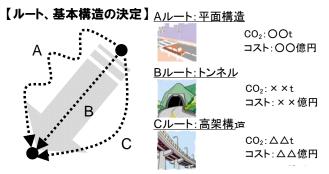


図 2-4 構想レベルの決定事項の例(ルート、基本構造)

#### 4.1 算出式の設定

構想レベルにおける二酸化炭素排出量の算出式は設定したシステム境界に基づき適宜設定されるが、本手引きでは「構造物の整備・管理に伴う二酸化炭素排出量( $\sum_i (S_i \times \overline{ES_i})$ )」、「構造物の使用に伴う二酸化炭素排出量(EU)」、「公的機関が用地取得や PI 等を実施(計画)することに伴う二酸化炭素排出量(EA)」の合計を基本とする。

 $EP = \sum_{j} \left( S_{j} \times \overline{ES_{j}} \right) + EU + EA$   $\equiv (1)$ 

EP : 事業全体の二酸化炭素排出量(Emission by Project)

S:構造物(Structure)の規模

ES :構造物の二酸化炭素排出原単位(Emission by Structures)

EU:構造物の使用に伴う二酸化炭素排出量(Emission by Using)

EA :構造物の計画に伴う二酸化炭素排出量(Emission by Administering)

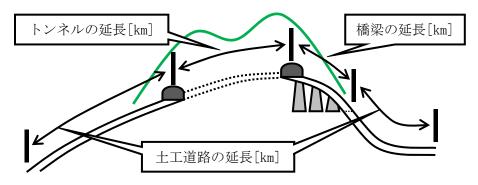
なお、構造物の使用に伴う二酸化炭素排出量は社会資本の種類(道路・河川・港湾等)によって様々であることから、社会資本全般を対象とした総合プロジェクトでは検討を行わなかった。そこで、本手引きでは、最新の知見等を参考に構造物の使用に伴う二酸化炭素排出量について別途検討を行うか、システム境界の設定において計算対象外とすることを明確化した上で扱わないこととする。

また、構造物の計画に伴う二酸化炭素排出量とは、社会資本の計画を策定することに伴って排出する 二酸化炭素量である。これについての検討事例が少なく統一された見解がないことから、本手引きでは システム境界の設定において計算対象外とすることを明確化した上で扱わないこととする。

# 4.2 数量の整理

#### (1) 構造物の規模[S]

構造物の規模のデータとして、計画書等に基づいて道路であれば構造(土工道路・トンネル・橋梁)・ 車線数・道路延長を整理する(図 2-5 参照)。また、計算結果の検証等のための補足データとして、可 能な範囲で場所・主な資材・主な工法等を整理しておくことが望ましい。



注) 土工道路: 主に掘削工や盛土工で施工されるトンネル、橋梁以外の道路

図 2-5 構造物の規模の整理イメージ(道路事業)

# (2) 構造物の使用に伴う二酸化炭素排出量[EU]

本研究では対象としない。

# (3) 構造物の計画に伴う二酸化炭素排出量[EA]

構造物の計画に伴う二酸化炭素排出量とは、公的機関が社会資本の計画を策定することに伴って使用する事務所のガス・電気・水道、協議や交渉のための交通移動等に伴う二酸化炭素排出量である。 本手引きでは、特殊な場合を除きシステム境界の設定において計算対象外とすることを明確化した上で扱わないこととする。

#### 4.3 原単位の選択

# (1) 構造物の二酸化炭素排出原単位[ES]

総合プロジェクト及び平成 24 年度以降の研究において計算した個々の道路工事に伴う二酸化炭素排出量の平均値から、表 2-3、図 2-6 のとおり、道路構造別、道路構造・車線別、道路構造・車線 規模別の構造物の二酸化炭素排出原単位を算出した。原単位の算出に当たって対象とした工事は限られており、各工事の二酸化炭素排出量にばらつきがあることから、計算結果にもばらつきが含まれることに留意が必要となる。

道路延長当たりで使用される資材量に起因して土工道路の二酸化炭素排出量が少なく、トンネル、 橋梁の二酸化炭素排出量が多くなる。同じ延長・車線数であればトンネルは土工道路の約6~8倍、橋 梁は土工道路の約14~23倍となる。

これまでの研究で整理した構造物の二酸化炭素排出原単位は、第 4 部で紹介する「二酸化炭素排出 量算出支援ツール」に搭載されている。

CO<sub>2</sub>排出原単位(t-CO<sub>2</sub>/☆) 種 類 構造 車線数 規模 単位(☆) ばらつき 土工 1 車線 km・1 車線 697  $(100\sim3,394)$ 道路構 橋梁 1 車線 km・1 車線 13, 116  $(5,320\sim45,547)$ 造別 km・1 車線 トンネル 1 車線 5,390  $(4,098\sim6,642)$ 2 車線 1,721  $(384 \sim 4, 183)$ km 土工 道路構 4 車線 1,915  $(737\sim3,508)$ km 造•車線 2 車線 24, 350  $(12, 146 \sim 61, 452)$ km 橋梁 別 4 車線 43, 761  $(34, 528 \sim 60, 572)$ km トンネル 2 車線 10,769  $(9,270\sim12,724)$ km 盛切土量 20 万 m3未満 km 1, 413  $(256\sim3, 277)$ 2 車線 盛切土量 20~40 万 m3 km 1,450  $(985 \sim 1, 833)$ 盛切土量 40 万 m3以上 3,429  $(1,986\sim4,488)$ km 土工 盛切土量 20 万 m3 未満 km 1,571  $(417\sim3,650)$ 道路構 4 車線 盛切土量 20~40 万 m3 2,097  $(1,375\sim2,688)$ km 造 · 車 盛切土量 40 万 m3以上 3, 235  $(1,721\sim4,233)$ km 線•規模 幅員 10m 未満 13, 937  $(10,639\sim23,149)$ km 別 2 車線 橋梁 幅員 10m 以上  $(12, 146 \sim 91, 094)$ km 30,860 4 車線 幅員 20m 以上  $(34, 528 \sim 60, 572)$ km 43, 761 幅員 10m 未満 9,530  $(8, 197 \sim 10, 656)$ km トンネル 2 車線 幅員 10m 以上 11, 328  $(9,300\sim13,283)$ km

表 2-3 構造物の二酸化炭素排出原単位

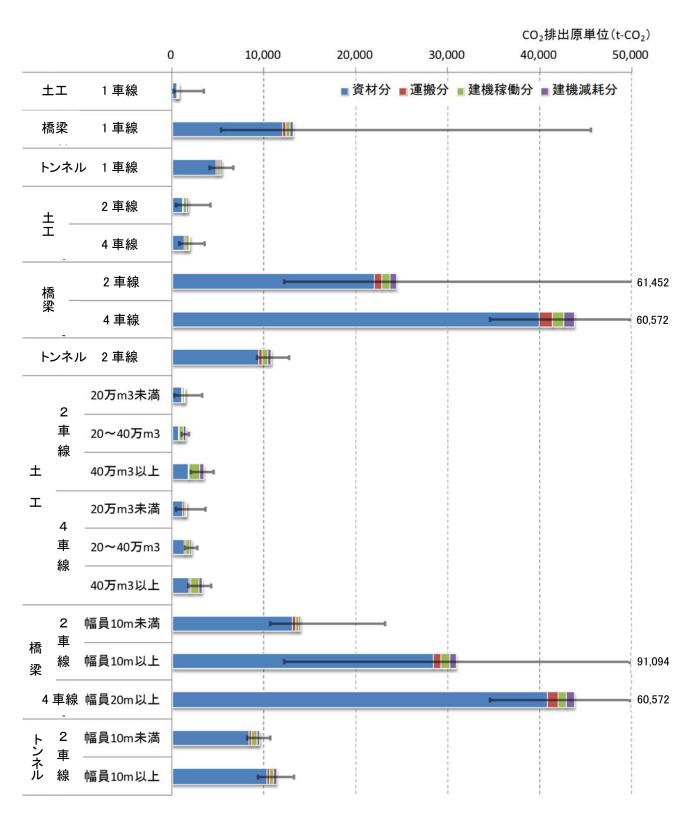


図 2-6 構造物の二酸化炭素排出原単位

道路構造・車線数・延長に加えて、道路の幅員や代表的な工種(掘削工、盛土工、法面整形工、アスファルト舗装工)の施工量が分かる場合は、平成24年度以降の研究で作成したより精度の高い推定式(表2-4参照)を用いることができる。この推計式は、個々の工事の二酸化炭素排出量の算出結果とそれに対応する各種施工条件のデータから多変量解析によって求めたものであり、今後、算出結果を蓄積して推定式が更新されることが望ましい。

表 2-4 構造別二酸化炭素排出量推定式

構造	推定値	幅員のみ分かる場合	代表的な工種の施工量が分かる場合
<b>+</b> T	CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	2,710.60×延長(km) +24.95×幅員(m)-1,018.70 有意F:1.67×10 <sup>-18</sup> 自由度調整済決定係数 R <sup>2</sup> :0.5687	0.00591×盛土工(m³) +0.11760×法面整形工(m³) +0.03861×アスファルト舗装工(m²)-472.26 有意 F: 6.68×10 <sup>-28</sup> 自由度調整済決定係数 R²: 0.7420
土工	単位延長当たり の CO <sub>2</sub> 排出量	97.22×幅員(m)+450.91	0.00224×掘削工(m³/km) +0.00339×盛土工(m³/km) +0.07612×アスファルト舗装工(m²/km) -507.33
	(t-CO <sub>2</sub> /km)	有意 F: 8.7×10 <sup>-05</sup> 自由度調整済決定係数 R <sup>2</sup> : 0.1400	有意 F: 2.97×10 <sup>-10</sup> 自由度調整済決定係数 R <sup>2</sup> : 0.3778
	CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	1.05435×{延長(km)×幅員(m)×1,000}	
橋梁	単位延長当たり の CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /km)	1,364.37×幅員(m) + 9,543.88	: 6. 62×10 <sup>-08</sup> 自由度調整済決定係数 R <sup>2</sup> : 0. 5189 有意 F: 27 自由度調整済決定係数 R <sup>2</sup> : 0. 1270
	CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	9,.50×延長(km) +459.32×幅員(m) -	
トンネル	単位延長当たり の CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> /km)	36.48×幅員の2乗(m²) +6,764.60	有意 F: 0.7 自由度調整済決定係数 R <sup>2</sup> : 0.3508
			们息 I . U. I 日 □ 及 响 置 闭 仄 足 床 数 I . U. 3500

注)一般的に、有意 F が 0.05 以下であれば回帰式に「意味がある」とされる。

なお、これらの原単位や推計式は総務省が公表した産業連関表・公的統計データ・業界団体より貸与された集計値等に基づいた資材の二酸化炭素排出原単位によっており、日本国内の工事における二酸化炭素排出量を示したものである。他国で行われる工事等の異なった条件での二酸化炭素排出量の算出に用いることはできない。

#### 5. 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。設計レベルの検討において、構造物の断面構造、概略の資材や工種別数量等の決定を行う(図 2-7 参照)。

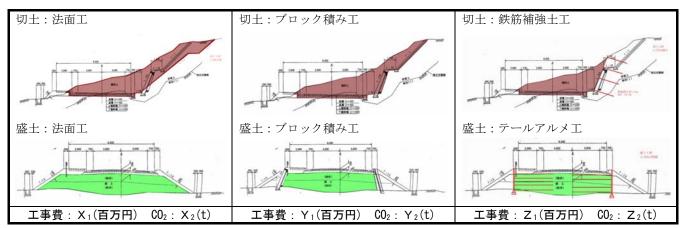


図 2-7 設計レベルの決定事項の例(構造物の断面形状)

# 5.1 算出式の設定

設計レベルにおける二酸化炭素排出量の算出式は設定したシステム境界に基づき適宜設定されるが、本手引きでは「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「設計自体に伴う環境負荷 (ED)」の合計を基本とする。

 $ES = \sum_{i} \left( W_{k} \times \overline{EW_{k}} \right) + ED$   $\equiv t (2)$ 

ES : 構造物の二酸化炭素排出量(Emission by Structure)

k : 工種の種類

W: 各工種(type of Work)の作業量

**EW** : 工種の二酸化炭素排出原単位(**E**mission by types of **W**ork)

ED : 構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量(Emission by Designing)

工種とは、「一定の構造を持つ部位を施工するための一連作業」若しくはそれを細分化したものである。式(2)によって算出される構造物の二酸化炭素排出量を構想レベルの算出式 (p2-7 式(1)) に導入することによって、事業全体のより詳細な二酸化炭素排出量を算出することができる。

なお、構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量とは、設計者(コンサルタント等)が社会資本の設計に伴って排出する二酸化炭素量である。これについての検討事例が少なく統一された見解がないことから、本手引きではシステム境界の設定において計算対象外とすることを明確化した上で扱わないこととする。

# 5.2 数量の整理

## (1) 各工種の作業量[₩]

各工種の作業量のイメージを図2-8に示す。

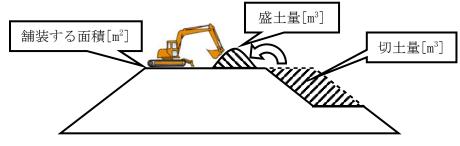


図 2-8 各工種の作業量の整理イメージ

作業量のデータとして、設計書等に基づいて工事工種体系ツリーの細別 (レベル 4) の工種名・規格・作業量を整理する。工種と作業量の単位の例は以下のとおりである。

使用した主要資材の量[m³]:コンクリート工、道路敷砂利工等

作業土量[m³]: 掘削工、盛土工、埋め戻し工、残土処理工 等施工面積[m²]: 基層工、下層路盤工、アスファルト舗装工 等施工長[m]: L 形側溝工、石材縁石工、雨水排水管工 等箇所数・基数・本数 等: 鋼矢板工、管渠工、足場工、桁架設工 等

## (2) 構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量[ED]

構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量とは、設計者(コンサルタント等)が社会資本の設計に伴って 使用する事務所のガス、電気、水道、協議や交渉のための交通移動等に伴う二酸化炭素排出量である。

本手引きでは、特殊な場合を除きシステム境界の設定において計算対象外とすることを明確化した 上で扱わないこととする。

#### 5.3 原単位の選択

## (1) 工種の二酸化炭素排出原単位[*EW*]

土木工事における工種は土木工事積算基準等によって規定されており、積算方式の違いによって「積 上型積算方式」、「市場単価方式」、「施工パッケージ型積算方式」に分けられる。

このうち、総合プロジェクト及び平成 24 年度以降の研究において、「積上型積算方式」及び「施工パッケージ型積算方式」に対応する工種の一部について、工種の二酸化炭素排出原単位を表 2-5、6 のとおり算出した。

積上型積算方式に対応する工種の原単位は、様々な施工条件の工種の二酸化炭素排出量の平均値を採用しており、施工条件によって二酸化炭素排出量がばらつく(異なる)ことから、計算結果にもばらつきが含まれることに留意が必要となる。一方、施工パッケージ型積算方式に対応する工種の原単位は、平成27年10月適用の施工パッケージ型積算方式標準単価に対応しており、条件区分によって施工条件が一意に定められていることから二酸化炭素排出量も1種類であり、原単位の算出過程でのばらつきはない。

これまでの研究で整理した工種の二酸化炭素排出原単位は、第 4 部で紹介する「二酸化炭素排出量 算出支援ツール」に搭載されている。

なお、これらの原単位は総務省が公表した産業連関表・公的統計データ・業界団体より貸与された 集計値等に基づいた資材の二酸化炭素排出原単位によっており、日本国内の工事における二酸化炭素 排出量を示したものである。他国で行われる工事等の異なった条件での二酸化炭素排出量の算出に用 いることはできない。

表 2-5 積上型積算方式に対応した工種の二酸化炭素排出原単位(一部抜粋)

工種 (Lv. 2)	種別 (Lv. 3)	細別 (Lv. 4)	単位	CO₂原単位
	7里万寸(LV・3)	が四方り(LV・4)	(☆)	$(kg-CO_2/\cancel{t})$
	掘削工	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
	路体盛土工	路体(築堤)盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 200
道路土工		路床盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 466
	法面整形工	法面整形(盛土部)	$\mathrm{m}^3$	2. 940
		法面整形(切土部)	$\mathrm{m}^3$	3. 178
排水構造物工	  側溝工	ヒューム管(B 形管)	m	275. 7
1分/八件坦初上		PC 管	m	160.0
		下層路盤(車道・路肩部)	$\mathrm{m}^2$	2.89
舗装工	アスファルト舗装工	上層路盤(車道・路肩部)	$\mathrm{m}^2$	5. 50
		表層(車道・路肩部)	$\mathrm{m}^2$	7. 14
縁石工	縁石工	歩車道境界ブロック	m	33. 9

表 2-6 施工パッケージ型積算方式に対応した工種の二酸化炭素排出原単位(一部抜粋)

<b>衣 2-0                                   </b>		7式に対応した工性の二酸化灰素排出店	単位	一 <b>市扱</b> 秤) CO <sub>2</sub> 原単位
積算基準	施工P名称	条件区分	(公)	(kg-CO <sub>2</sub> /☆)
似开丛中		   土砂/ホープンカット/-/有り/-/普通土 30,000m3 未満又は湿地軟弱土/-/-/-	m <sup>3</sup>	1. 918
		土砂/オープンカット/-/有り/-/30,000m³以上/-/-/	m <sup>3</sup>	1. 313
		軟岩/オープンカット/-/-/無し/500m³未満/-/無し/無し	m <sup>3</sup>	8. 111
	掘削	軟岩/オープンカット/-/-/無し/500m³未満/-/無し/有り	m <sup>3</sup>	9. 244
   <del> </del> 十丁		軟岩/ホープンカット/-/-/無し/500m³未満/-/有り(50,000m³未満)/無し	m <sup>3</sup>	9. 509
		軟岩/ホープンカット/-/-/無し/500m³未満/-/有り(50,000m³以上)/無し	m <sup>3</sup>	9. 372
		4.0m以上/敷均し+締固め/-/10,000m³未満/無し	m <sup>3</sup>	0. 816
土工		4.0m以上/敷均し+締固め/-/10,000m³未満/有り	m <sup>3</sup>	1. 742
	路体(築堤)盛土	4.0m以上/敷均し+締固め/-/10,000m³以上/無し	m <sup>3</sup>	0. 836
		4.0m以上/敷均し+締固め/-/10,000m³以上/有り	m <sup>3</sup>	1. 619
		4.0m以上/10,000m³未満/無し	m <sup>3</sup>	1. 217
		4.0m以上/10,000m3未満/有り	m <sup>3</sup>	3. 106
	路床盛土	4.0m以上/10,000m以上/無し	m <sup>3</sup>	1. 242
		4.0m以上/10,000m以上/無じ 4.0m以上/10,000m3以上/有り	m <sup>3</sup>	2. 975
		盛土部/有り/有り/砂及び砂質土、粘性土	m <sup>2</sup>	0. 103
		盛土部/有り/有り/もり及び砂賃土、福民工 盛土部/有り/無し/レキ質土、砂及び砂賃土、粘性土	m <sup>2</sup>	2. 940
		盛土部/無し/無し/メキ質土、砂及び砂質土、粘性土	m <sup>2</sup>	1. 911
法面整形工	<b>注</b>	切土部/-/有り/軟岩 I、軟岩 II、中硬岩、硬岩	m <sup>2</sup>	0. 000
仏田圭沙工	法面整形	切土部/-/無し/レキ質土、砂及び砂質土、粘性土	m <sup>2</sup>	2. 940
		切土部/-/有り/メキ質土、砂及び砂質土、粘性土	m <sup>2</sup>	0. 000
		切土部/-/無し/軟岩 I	m <sup>2</sup>	6. 573
	ヒューム管(B 形管)	据付/600mm/180°巻き/有り/外圧管1種/18-8-25(20)(高炉)	m	129. 782
	暗渠排水管	据付/波状管及び網状管/200-400mm/要	m	8. 876
	管(函)渠型側溝(製品長 2m/個)	据付/400mm を超え 600mm 以下/有り	m	194. 731
	プレキャスト集水桝	据付/800kg を超え 1200kg 以下/有り	基	19. 630
排水構造物工	鉄筋コンクリート台付管	据付/600mm	m	152. 001
		据付/有り/300 鉄筋コンクリートL形(500×155×600)	m	35. 135
	品長 0.6m/個)	据付/無し/300 鉄筋コンクリート 上形(500×155×600)	m	35. 135
	PC 管	据付/1200mm/180°巻き/18-8-25(20)(高炉)	m	445. 080
	ТОП	400mm 超 425mm 以下/クラッシャーラン C-40	m <sup>2</sup>	12. 776
		425mm 超 475mm 以下/クラッシャーラン C-40	$m^2$	13. 802
	下層路盤(車道·路肩部)	475mm 超 525mm 以下/クラッシャーラン C-40	$m^2$	15. 170
		525mm 超 575mm 以下/クラッシャーラン C-40	m <sup>2</sup>	16. 538
路盤工		再生粒度調整砕石 RM-40/150mm 超 175mm 以下/-/-	$m^2$	3. 374
		再生粒度調整砕石 RM-40/175mm 超 225mm 以下/-/-	$m^2$	3. 923
	上層路盤(車道·路肩部)	再生粒度調整砕石 RM-40/225mm 超 275mm 以下/-/-	m <sup>2</sup>	4. 654
		再生粒度調整砕石 RM-40/275mm 超 300mm 以下/-/-	$m^2$	5. 204
		45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 未満/再生粗粒度7スファルト混合物(20)/タックコート PK-4	m <sup>2</sup>	7. 640
		45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 未満/再生粗粒度7x77か混合物(20)/プライムコー PK-3	$m^2$	7. 772
	基層(車道・路肩部)	45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 以上/再生粗粒度7スファルト混合物(20)/タックコート PK-4	m <sup>2</sup>	7. 821
		45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 以上/再生粗粒度7x77/1/混合物(20)/プライムコート PK-3	m <sup>2</sup>	7. 953
アスファルト舗装工		45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 未満/密粒度7スファルト混合物(20)/タックコート PK-4	m <sup>2</sup>	7. 689
		45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 未満/密粒度アスファルト混合物(20)/プライムコート PK-3	m <sup>2</sup>	7. 820
	表層(車道·路肩部)	45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 以上/密粒度7x77か混合物(20)/タックコート PK-4	m <sup>2</sup>	7. 870
		45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 以上/密粒度7スファルト混合物(20)/ブラ(ムコート PK-3	m <sup>2</sup>	8. 001
	歩車道境界ブロック	設置/A 種(150/170×200×600)/有り/一般養生/有り		26. 39
路側工(据付	歩車道境界プロック	設置/A 種 (130/170~200~000)/有り/一般養生/有り 設置/B 種 (180/205×250×600)/有り/一般養生/有り	m	35. 066
け)	少年担境が/ ロック 地先境界プロック	設置/A 種 (180/203~230/800)/有り/一般養生/有り 設置/A 種 (120×120×600)/有り/一般養生/有り	m	16. 924
	≠匹ノLが兄グト/ ドソソ		m	10. 924

#### 6. 施エレベル

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り、例えば「通常のセメント系固化材」と「製紙スラッジ灰を処理し再利用した固化材」等の使用する具体的な製品・建設機械の決定を行う。

# 6.1 算出式の設定

施工レベルにおける二酸化炭素排出量の算出式は設定したシステム境界に基づき適宜設定されるが、本手引きでは「資材毎の環境負荷( $\sum_{l} \left(M_{l} \times \overline{EM_{l}}\right)$ )」、「運搬に伴う環境負荷( $\sum_{m} \left(T_{m} \times \overline{ET_{m}}\right)$ )」、「施工に伴う環境負荷( $\sum_{m} \left(C_{n} \times \overline{EC_{n}}\right)$ )」の合計を基本とする。

$$EW = \sum_{l} \left( M_{l} \times \overline{EM_{l}} \right) + \sum_{m} \left( T_{m} \times \overline{ET_{m}} \right) + \sum_{n} \left( C_{n} \times \overline{EC_{n}} \right)$$

$$\vec{z} (3)$$

EW : 工種の二酸化炭素排出量(Emission by type of Work)

1: 資材の種類

M : 資材(Material)の数量

EM: 資材の二酸化炭素排出原単位(Emission by Materials)

m: 運搬の車種等

T: 運搬距離(Transport distance)

ET :運搬に係る二酸化炭素排出原単位(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)

EC:施工に係る二酸化炭素排出原単位(Emission by Construction)

式(3)によって算出される工種の二酸化炭素排出量を設計レベルの算出式 (p2-12 式(2)) に導入することによって構造物の二酸化炭素排出量を、さらにその結果を構想レベルの算出式 (p2-7 式(1)) に導入することによって事業全体の二酸化炭素排出量を算出することができる。

なお、施工レベルが設計レベルと異なる点は、資材・運搬・施工の具体性が高まることである。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である。

# 6.2 数量の整理

# (1) 資材の数量[//]

各種資材の数量等のイメージを図 2-9 に示す。各種資材のデータとして、施工計画書等に基づいて 資材の名称・規格・用途・数量 等を整理する。

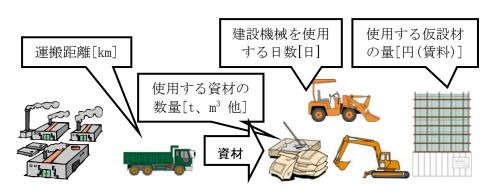


図 2-9 各種資材の数量等の整理イメージ

## (2) 運搬距離[7]

施工計画書等に基づいて資材・廃棄物・建設機械の運搬距離・トラック等の諸元 等を整理する。

# (3) 施工に係る数量[C]

施工に係る二酸化炭素の排出は、建設機械に伴う排出と仮設材に伴う排出に大別される。

建設機械に係る数量として、施工計画書等に基づいて使用する建設機械の種類(規格等含む)・燃料使用量・使用日数・重量 等を整理する。燃料使用量・使用日数は土木工事積算基準<sup>6</sup>、重量は建設機械等損料表<sup>7</sup>を参考とする。

仮設材に係る数量として、施工計画書等に基づいて使用する仮設材の種類(規格等を含む)・リース 代 等を整理する。

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> 国土交通省土木工事積算基準〈平成 28 年度版〉(国土交通省大臣官房技術調査課、2016) なお、同書は 1 年毎に更新されており、LCI 計算にあたっては最新版を用いることとする。

<sup>7</sup> 平成 28 年度版 建設機械等損料表(日本建設機械施工協会、2016) なお、同書は1年毎に更新されており、LCI 計算にあたっては最新版を用いることとする。

#### 6.3 原単位の選択

## (1) 資材の二酸化炭素排出原単位[*EM*]

総合プロジェクトにおいて「産業連関表補完型積み上げ法」に基づいて算定した各種資材の二酸化 炭素排出原単位から先に整理した資材の種類・規格に基づいて適切な原単位を選択する。施工計画書 で詳細が確定していない場合等は、資材の用途等を参考に最も近いと思われる品目で代用する。

「産業連関表補完型積み上げ法」とは、総務省が発行する産業連関表をベースに公的統計データや業界団体の協力を得て入手した集計値を用いて産業・製品の間の流れを把握し、各プロセスからの二酸化炭素発生量を入れ込むことによって各製品に伴う単位当たりの二酸化炭素排出量を算定する手法である。原単位には、資材の製造に用いる原材料の採取・運搬・産業機械を用いた加工・工事現場までの搬出等が含まれている。

資材の二酸化炭素排出原単位(全ての値は国総研道路環境研究室ホームページ〈http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm〉にて公開中) は表 2-7 に示すとおりであり、第4部で紹介する「二酸化炭素排出量算出支援ツール」に搭載されている。

公工,吴市V一改旧从东州山冰十年( 即1547)											
名称	単位	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				
生コンクリート 高炉	$kg-CO_2/m^3$	2. $33 \times 10^2$	$2.35 \times 10^{2}$	8. 91	-1. 11×10	0.00	0.00				
生コンクリート 早強	$kg-CO_2/m^3$	$3.71 \times 10^2$	$3.73 \times 10^2$	8. 91	-1.06×10	0.00	0.00				
生コンクリート 普通	$kg-CO_2/m^3$	3. $61 \times 10^2$	$3.62 \times 10^2$	8. 91	-9. 73	0.00	0.00				
セメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	8. $13 \times 10^2$	8. $33 \times 10^2$	8. 21	$-2.77 \times 10$	0.00	0.00				
普通ポルトラン ドセメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	$8.96 \times 10^{2}$	9. $16 \times 10^2$	8. 21	$-2.76 \times 10$	0.00	0.00				
早強ポルトラン ドセメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	9. $25 \times 10^2$	9. $47 \times 10^2$	8. 21	-3. 03×10	0.00	0.00				
フライアッシュ セメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	7. $31 \times 10^2$	7. $46 \times 10^2$	8. 21	-2.33×10	0.00	0.00				
中庸熱ポルトラ ンドセメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	9. $11 \times 10^2$	9. $31 \times 10^2$	8. 21	$-2.90 \times 10$	0.00	0.00				
超速硬セメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	8. $06 \times 10^2$	8. $23 \times 10^2$	8. 21	$-2.52 \times 10$	0.00	0.00				
高炉セメント	kg-CO <sub>2</sub> /t	5. $26 \times 10^2$	5. $50 \times 10^2$	8. 21	-3. 17×10	0.00	0.00				
アスファルト	kg-CO <sub>2</sub> /t	1. $22 \times 10^2$	1. $08 \times 10^2$	1.49×10	$-4.75 \times 10^{-1}$	0.00	0.00				
アスファルト合 材・混合物	kg-CO <sub>2</sub> /t	6.11×10	5.66×10	4. 61	$-1.45 \times 10^{-1}$	0.00	0.00				
新規アスファル ト合材・混合物	kg-CO <sub>2</sub> /t	5.87×10	5. $55 \times 10$	3. 39	$-1.49 \times 10^{-1}$	0.00	0.00				
再生アスファル ト合材・混合物	kg-CO <sub>2</sub> /t	5.83×10	5. 51×10	3. 39	$-1.34 \times 10^{-1}$	0.00	0.00				
軽油	kg-CO <sub>2</sub> /L	2. 95	$3.28 \times 10^{-1}$	3. $16 \times 10^{-2}$	$-1.56 \times 10^{-3}$	0.00	2. 59				
砕石	kg-CO <sub>2</sub> /t	1.05×10	7. 97	2. 57	$-1.41 \times 10^{-2}$	0.00	0.00				
再生砕石	kg-CO <sub>2</sub> /t	5. 45	8. 09	2. 57	$-1.53 \times 10^{-2}$	-5. 20	0.00				

表 2-7 資材の二酸化炭素排出原単位 (一部抜粋)

注)1. 用語については、p.1-4で解説する。

<sup>2.</sup> 実際の工事で良く選択される工種を抜粋した。

# (2) 運搬に係る二酸化炭素排出原単位[*ET*]

資材の原単位に工事現場までの搬出に伴う二酸化炭素排出量が含まれていることから、通常の LCI 計算では運搬に伴う二酸化炭素排出量は算出しない。ただし、資材の原材料の数量・加工のためのエネルギー投入量・工事現場までの距離等が明らかな場合、運搬に伴う二酸化炭素排出量をより具体的に算出するために式(4)を用いることができる。

$$\sum_{m} \left( T_{m} \times \overline{ET_{m}} \right) = \sum_{m} \left( T_{m} \times \text{燃費}_{m} \times \text{燃料の原単位}_{m} \times \text{間接排出量補正率}_{m} \right)$$
 式 (4)

燃費は、総合プロジェクトで実施した以下の条件によるシャシダイナモ試験の実測結果から「0.294 L/km」と算定した。

・試験車種:ディーゼル重量貨物車 (25t級)

· 積載条件: 積載量 50%

・走行速度: 35km/h (平成17年度交通センサスの平均旅行速度)

燃料の原単位は、資材の原単位より軽油で「2.95 kg-C02/L」と算定した。

間接排出量補正率とは、輸送に伴う直接排出以外の排出(車両の修理・事務所の光熱水道等)を補正するための数値である。産業連関表補完型積み上げ法による運搬業務に伴う二酸化炭素排出原単位の内訳から自家輸送を除く道路貨物輸送で「1.42」、自家輸送で「1.37」と算定した。

# (3) 施工に係る二酸化炭素排出原単位[EC]

建設機械に伴う二酸化炭素の排出は、稼働に伴う排出と損耗等に伴う排出に大別される。

建設機械の稼働に伴う排出は、燃料消費量と燃料の原単位の積で算出される。各燃料の二酸化炭素排出原単位は表 2-8 のとおりである。

名称	単位	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
軽油	kg-CO <sub>2</sub> /L	2. 95	$3.28 \times 10^{-1}$	3. $16 \times 10^{-2}$	$-1.56 \times 10^{-3}$	0.00	2. 59
ガソリン	kg-CO <sub>2</sub> /L	2. 84	4. $39 \times 10^{-1}$	7. $97 \times 10^{-2}$	$-2.23 \times 10^{-3}$	0.00	2. 32
事業用電力	kg-CO <sub>2</sub> /kWh	4. 64×10 <sup>-1</sup>	4. $64 \times 10^{-1}$	0.00	$-1.95 \times 10^{-4}$	0.00	0.00

表 2-8 燃料の二酸化炭素排出原単位

注)1. 用語については、p.1-4で解説する。

建設機械の損耗等に伴う二酸化炭素の排出は、機械重量と使用日数と維持修理・償却・管理に伴う二酸化炭素排出原単位の積で算出される。維持修理・償却・管理に伴う二酸化炭素排出原単位は、産業連関表補完型積み上げ法による各種原単位と建設機械全体の平均的な維持修理費・機械重量・管理費から「3.96kg-CO<sub>2</sub>/t・日(=0.712[維持修理]+1.51[償却]+1.73[管理])」と算定した。

工事で使用される仮設材はリースが基本であり、仮設材に伴う二酸化炭素の排出は仮設材の損耗に伴う排出と賃貸業務に伴う排出に大別される。損耗に伴う排出とは貸し出した仮設材が破損・紛失し新規購入することに関係しており、重仮設の減価償却率 40%・軽仮設の減価償却率 5%から損耗分に係

る原単位を算定した。賃貸業務に係る原単位は、産業連関表補完型積み上げ法による資本減耗・固定 資本形成を含まない物品賃貸業部門の原単位と同じと考えられる。よって、仮設材に係る二酸化炭素 排出原単位は表 2-9 のとおり算定した。

表 2-9 仮設材に係る二酸化炭素排出原単位

名称	単位	合計	損耗分	賃貸
鋼矢板·軽量鋼矢板·杭工·鋼製 山留材·覆工板	kg-CO <sub>2</sub> /千円	6.9	6. 2	
鋼製マット・鋼製型枠	kg-CO <sub>2</sub> /千円	10.0	9. 3	
鋼管足場	kg-CO <sub>2</sub> /千円	1.4	0.7	0.7
シート	kg-CO <sub>2</sub> /千円	0.9	0. 2	
仮設材の生産部門が不明の場合	kg-CO <sub>2</sub> /千円	10.0	9. 3	

なお、これらの原単位は総務省が公表した産業連関表・公的統計データ・業界団体より貸与された 集計値等に基づいており、日本国内の資材における二酸化炭素排出量を示したものである。他国で行 われる工事等の資材の原単位として用いることはできない。

#### 7. 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2-10参照)。

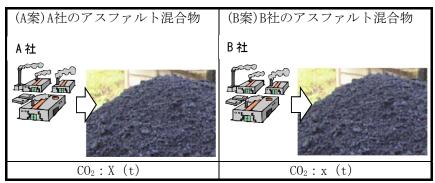


図 2-10 資材選定レベルの決定事項の例(具体的な資材)

#### 7.1 算出式の設定

資材選定レベルにおける二酸化炭素排出量の算出式は設定したシステム境界に基づき適宜設定されるが、本手引きでは「主要な原材料( $\sum_o \left(R_o \times \overline{ER_o}\right)$ )」、「主要な投入エネルギー( $\sum_p \left(E_p \times \overline{EE_p}\right)$ )」、「未集計分等見込み値(EO)」の合計を基本とする。

未集計分等見込み値とは、資材製造にあたって使用される原材料・投入エネルギーのうち工場・企業では通常整理されていないと考えられる項目(例えば、工場に併設される事務所の電気・ガス・電話等)からの二酸化炭素排出量である。

$$EM = \sum_{o} \left( R_o \times \overline{ER_o} \right) + \sum_{p} \left( E_p \times \overline{EE_p} \right) + EO$$
  $\equiv (5)$ 

EM : 資材の二酸化炭素排出量(Emission by Material)

の : 原材料の種類

R:原材料の数量(Raw-material)

ER : 原材料に係る二酸化炭素排出原単位(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

EE :投入エネルギーに係る二酸化炭素排出原単位(Emission by Energy)

EO :未集計分等見込み値に係る二酸化炭素排出量(Emission by Others)

式(5)によって算出される資材の二酸化炭素排出量を施工レベルの算出式(p2-16 式(3)) に導入することによって工種の二酸化炭素排出量を、さらにその結果を設計レベルの算出式(p2-12 式(2)) に導入することによって構造物の二酸化炭素排出量を、さらにその結果を構想レベルの算出式(p2-7 式(1)) に導入することによって事業全体の二酸化炭素排出量を算出することができる。

なお、資材選定レベルが施工レベルと異なる点は、資材製造に用いる原材料・エネルギー等の投入 量の具体性が高まることである。これにより、個別の資材メーカーの低炭素化資材が平均的な資材と 比べてどの程度の二酸化炭素削減効果を有するのかを評価することが可能となる。

# 7.2 数量の整理

## (1) 原材料の数量[R]・投入エネルギーの量[E]

資材製造における原材料・投入エネルギーのイメージを図 2-11 に示す。原材料・投入エネルギーの データとして、製造計画書等に基づいて原材料の名称・規格・用途・数量、投入エネルギーの種類・ 規格・用途・量 等を整理する。

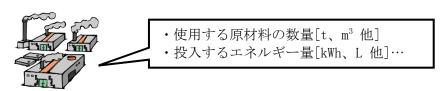


図 2-11 原材料・エネルギーの投入量等の整理イメージ

#### (2) 未集計分等見込み値に係る二酸化炭素排出量[*E0*]

→ 「7.3 原単位の選択」にて説明する。

#### 7.3 原単位の選択

である。

# (1) 原材料に係る二酸化炭素排出原単位[ER]・投入エネルギーに係る二酸化炭素排出原単位[EE]

総合プロジェクトにおいて「産業連関表補完型積み上げ法」に基づいて算定した各種資材の二酸化炭 素排出原単位から先に整理した原材料・投入エネルギーの種類等に基づいて適切な原単位を選択する。 原材料の二酸化炭素排出原単位は表 2-7、投入エネルギーの二酸化炭素排出原単位は表 2-8 と同じ

# (2) 未集計分等見込み値に係る二酸化炭素排出量[EO]

未集計分等見込み値とは工場・企業では通常整理されていないと考えられる原材料・投入エネルギ 一の数量であり、「産業連関表補完型積み上げ法」に基づいて各種資材の二酸化炭素排出原単位の内訳 から整理をした。

表 2-10 にセメント、表 2-11 にアスファルト合材の原単位の内訳を示す。これらのうち、「生産」と は原材料の搬入・原材料の採取製造・加工に伴うもの、「出荷」とは完成した資材の運搬・販売に伴う もの、「間接排出」とは工場敷地外で二酸化炭素が発生するもの、「直接排出」とは工場敷地内で二酸 化炭素が発生するものである。各品目のうち、一般的に企業・工場で整理していると考えられるもの を「積み上げ計上項目」、整理されていないと考えられるものを「未集計分等見込み値」と区分した。

「原単位」は資材の原単位、「積み上げ計上項目」の「投入量」は先に整理した資材・投入エネルギ 一の数量に入れ替え、「未集計分等見込み値」の「投入量」はそのままとする。「原単位」に「投入量」 を乗じることで各品目の「排出量」が算出され、それを合計することで個別資材の「二酸化炭素排出 量」を算出することができる。表中で未集計分等見込み値に分類されている品目でも、製造計画書等 によって把握可能であれば適宜積み上げ計上項目として計算することとする。

なお、セメント、アスファルト合材以外の資材の内訳については、国総研(2012)<sup>8</sup>に掲載している。

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> 国総研プロジェクト研究報告第 36 号 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(国総研、2012)

表 2-10 セメントの二酸化炭素排出量の内訳(1/2)

				277.11	平強		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	
	区分 品目			品目	単位 原単位		投入量	排出量	投入量	排出量	投入量	排出量
					*	kg−C0 <sub>2</sub> / <b>※</b>	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t
				自家発電	kWh	0. 797	70. 181	55. 958	70. 181	55. 958	70. 181	55. 958
			電力	事業用電力	kWh	0. 464	46.542	21. 576	46. 542	21. 576	46. 542	21. 576
				石炭	t	84. 870	0.100	8. 445	0.095	8.061	0.091	7. 677
				A 重油	1	0. 173		8	0. 098	7	0.093	6
				B 重油・C 重油	1	0. 137	0.656	0.090	0.626	0. 086	0. 596	0.081
				軽油	1	0. 327	0.091	0.030	0. 087	0.028	0.083	0. 027
				灯油	1	0. 205	0.021	0.004	0.020	0.004	9	0.004
				ガソリン	1	0. 437	0.	0.	0.	0,000	0.	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
		積み上			t	0, 000	0.004	0.000	0.003	0,000	0.003	0.000
		げ計上		飼料[屑]:動植物性残渣	t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		項目	原燃料	石灰石	t	5. 402	1. 142	6. 170	1. 142	6. 170	1. 142	6. 170
		!		砕石[屑]:鉱さい(高炉スラグ・転	t	0, 000	0. 079	0.000	0.079	0.000	0.079	0.000
				炉スラグ・電気炉スラグ・その他)						ļ		
				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
4-	間垃			その他の非金属鉱物	円	0	632	6. 381	632	6. 381	632	6. 381
生産	接排			燃え殻	t	0. 000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000
	出			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
					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
			輸送	自家輸送(貨物自動車)		1	59	0.633	59	0.633	59	0. 633
				沿海·内水面貨物輸送	円 円	3	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
			見見燃料	コークス	t	260. 546	0.000	3	0.000	3	0.000	2
				都市ガス	m <sup>3</sup>	0. 359	0	0.004	0	0.004	0.009	0.003
		未集計 分等見 込み値		砂利·採石	t	11. 498	0.002	9	0.002	9	0.002	9
				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
			その他	建設補修	円 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
			l .	間接排出計	_	-	_	108. 932	_	108, 541	_	108. 150
	1			INVAN HIII				100.002		100.011		100. 100

表 2-10 セメントの二酸化炭素排出量の内訳(2/2)

						早強ポルト	ラント゛セメント	中庸熱ポル	小ラント゛セメント	普通ポルト	ラント゛セメント
	区分		品目	単位	原単位	投入量	排出量	投入量	排出量	投入量	排出量
				*	kg−CO <sub>2</sub> / <b>※</b>	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t
			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
			M	1	2. 710	0.102	0. 278	0, 098	0. 265	0. 093	0. 252
			B 重油·C 重油	1	3. 002	0.656	1. 968	0.626	1. 878	0. 596	1. 789
			石油コークス	t	2779. 205	4	38. 289	3	36. 549	3	34. 808
			元	1	3. 177	1.360	4. 319	1. 298	4. 123	1. 236	3. 927
			軽油	1	2. 589	0. 091	0. 237	0. 087	0. 226	0. 083	0. 215
			- <u>年</u> 過 灯油	1	2. 491	0.021	0. 052	0.020	0.050	9	0.048
			コークス炉ガス(COG)	Nm <sup>3</sup>	0. 850	0.034	0. 029	0.032	0. 028	0.031	0.026
			- デークスが2000/ - 転炉ガス (LDG) 消費	Nm <sup>3</sup>	0. 906	0. 465	0. 421	0. 444	0. 402	0. 423	0. 383
			高炉ガス(BFG)消費	Nm <sup>3</sup>	0.367	5	0.006	5	0. 402	4	0. 005
				1	2. 320	0.	0.000	0.	0.003	0.	0.003
									10, 009		9. 532
			廃油 廃プラスチック類<原燃料>	t t	2918. 667 2553. 833	0.004	10. 485 12. 652	0.003 0.005	10.009	0.003	9, 532
			廃ノフヘナツク頬〜原燃料>     廃タイヤ<原燃料>		2553, 833 1737, 000	0.005		0.005	5. 277	0.003	
		積み上げ計上項目		t 松本大	0,000	0.003	5. 528	0.003	0,000		5. 025
	直	7月グエリ司 上4月日	<u>廃材</u>   再生油	絶乾 t			0.000	0.003		0.002	0.000
41.	接			<u>t</u>	2367. 000	0.004	8. 853		8. 450	0.003	8. 048
生産	接排出		廃白土     ボタ	t	2918. 667	0.003	8. 283	0.003	7. 906	0.003	7. 530
/==	出			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
			木くずく原燃料>(控除)	t	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
			- <u>/ / / / / / / / / / / / / / / / / / /</u>	t	-12. 973	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
			- <u>***</u> *** *** *** *** *** *** *** *** *	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 t	-37. 087	0.039	-1. 431	0.000	-1. 431	0.039	-1. 431
			到さい(同がヘノグ)(控除) コークス	t	3167. 164	0.009	0, 163	0.009	0. 156	0.009	0. 148
		未集計分等見込み値	コークへ   都市ガス		2. 243	0.000	0. 103	0.000	0. 136	0.000	0. 146
		小来ロカ守児心外胆	- 郵用ルク - その他	Nm³	2. 243	<u>-</u>	0.023	<u>ا</u>	0. 022	- 0.009	0.021
			ての他 直接排出計	_	_	_	807, 898	_	793, 952		780, 007
			旦後併山計 上産計	_	_		916. 830		902. 494	-	888. 157
		積み上げ計上項目	道路	t·km	0. 216	13. 589	2. 931	13. 589	2. 931	13. 589	2. 931
		展/工作用工具目	卸	円	0. 210	1, 101	1. 425	1, 101	1. 425	1, 101	1. 425
			- <u> </u>	円	0. 002	1, 101	0.002	1, 101	0.002	1, 101	0.002
	間		- <u> </u>		0.002	17	0. 101	17	0. 101	17	0. 101
ш	接		- <u> </u>	ŀ¦;¦	3	254	3. 389	254	3. 389	254	3. 389
出荷	接排出	未集計分等見込み値	- <u>- 101世</u>	円 円 円	0.002	112	0. 242	112	0. 242	112	0. 242
'	Щ			円	0.002	0	0.000	0	0. 000	0	0.000
			加工	円	0.002	50	0.000	50	0.000	50	0.000
			利用連応       倉庫		0.002	5	7	5	7	5	7
		П	<sup>                                    </sup>	-	0.003		8. 198		8. 198		8. 198
		二酸化炭素抗					925. 028		910. 691		896. 355
		——————————————————————————————————————	<b>州山</b>	_			920.028		910. 091	-	090. 399

表 2-11 アスファルト合材の二酸化炭素排出量の内訳

					))/ /-L-	医光件	新規合材		再生合材	
	区分			品目	単位	原単位	投入量	排出量	投入量	排出量
					*	kg-C0 <sub>2</sub> /※	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t	<b>※</b> /t	kg-CO <sub>2</sub> /t
			電力	事業用電力	kWh	0.464	10. 172	4.72	10.652	4. 94
				A 重油	1	0. 173	6. 778	1. 17	7.827	1. 36
			101444	B重油・C重油	1	0. 137	1. 932	0. 26	2. 231	0.30
			燃料	灯油	1	0. 205	0.055		0.063	
		積み上		軽油	1	0. 327	0. 320	0.10	0. 521	0. 17
		げ計上	[	アスファルト	t	107. 500	0. 059	6. 34	0.040	4. 26
		項目		砂利・採石	t	11. 498	0. 251	2.89	0. 158	1.82
			原料•	砕骨材	t	7. 959	0.684	5. 45	0. 431	3. 43
			添加物	石灰石 (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	t	0.000	0.000	0.00	0. 366	0.00
				クリート塊)	ш	0.005	201	1 51	201	1 51
	間			道路貨物輸送(除自家輸送)	円	0.005	321	1.51	321	1.51
	接			うち砂利・砕石相当分	t·km	0. 216 0. 216	1. 91 1. 92	0.41	1. 91 1. 92	0. 41
	排出		輸送	うち砕骨材相当分	t•km	0.216	1. 92	0.41	1.92	0.41
	出		鞩区	うちその他の石油製品 (アスファルト含む) 相当分	t•km	0. 216	2.71	0. 58	2.71	0. 58
				沿海・内水面貨物輸送	円	3	17	0. 23	17	0. 23
生		未集計		自家輸送 (旅客自動車)	円 円	1	3	0.03	3	0.03
生産		分等見	燃料	都市ガス	m <sup>3</sup>	0. 359	0.066	0.02	0.066	0.02
		込み値	原料	その他の窯業・土石製品	円 円	0.007	110	0.75	110	0. 75
				その他の石油製品	円	0.004	145	0.60	145	0.60
				界面活性剤		1432. 160	0.000	0.71	0.000	0.71
			その他	卸売	t 円 円	0.	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
				間接排出計	-	-	-	30.10	-	25. 45
				A 重油	1	2.710	6. 778	18. 37	7. 827	21. 21
		<b>積み上</b> に	げ計上項目	B重油・C重油	1	3.002	1.932	5.80	2. 231	6. 70
	直	1貝ペアエリ 町 エー気口		灯油	1	2. 491	0. 055	0. 14	0.063	0. 16
	接排			軽油	1	2. 589	0.320	0.83	0. 521	1. 35
	排出			都市ガス	m <sup>3</sup>	2. 243	0.066	0. 15	0. 066	0. 15
	Щ	未集計分	等見込み値	鉱さい(高炉スラグ)(控除)	t	-37. 087	0.	-0.05	0.	-0.05
				その他	-	_		0.00		0.00
				直接排出計	-	-	-	25. 23	-	29. 51
				上産計	_	-	=	55. 33	-	54. 96
		積み上に	げ計上項目	道路	t·km	0. 216	9	1. 94	9	1. 94
				卸	円 円	0.	741	0.96	741	0. 96
	月日			小売	l <u>H</u>	0.002	0	0.00	0	0.00
	間接			鉄道	円 円	0.006	1		<u>1</u>	
出荷	接排	未集計分等見込み値		沿海	<u>  </u>	3	21	0. 28	21	0. 28
.[14]	出			港湾	円 円 円	0.002	63	0. 14	<u>63</u>	0. 14
				航空	<u>  </u>	0.000	0	0.00		0.00
				利用運送	<u>H</u>	0.002	16	0.03	16	0. 03
			- 1	倉庫	H	0.003	7	0.02	7	0.02
				出荷計			_	3.38		3. 38
			環境負荷	<b>以</b> 早世	_	-	-	58.71	-	58. 34

# 8. LCI 計算の実施

# 8.1 工事に伴う二酸化炭素排出量の計算

4~7 章のステップによって、表 2-12 のように各レベルの算出式に応じた数量と原単位を整理・選択できる。これらを掛け合わせることによって、工事に伴う二酸化炭素排出量が算出できる。

表 2-12 各意思決定レベルの LCI 計算における数量と原単位の概要

レベル	計算対象		数量		原単位	
構想レベル	事業 全体	構造物の整備	構造物の規模	構造物の原単位	表 2-3	
設計 レベル	構造物	構造物の整備	工種の作業量	工種の原単位	表 2-5、6	
		資材	資材の数量	資材の原単位	表 2-7	
		運搬	運搬距離	燃費・燃料の原単位・ 間接排出補正率の積	1.23kg-CO <sub>2</sub> /km(自家輸送以外) 1.19kg-CO <sub>2</sub> /km(自家輸送)	
施工レベル	工種	建設機械の稼働	燃料消費量	燃料の原単位	表 2-8	
		建設機械の減耗 等	使用日数×機械重 量	維持修理・償却・管理 に係る原単位	3.96kg-C0 <sub>2</sub> /t・日	
		仮設材	リース代	仮設材に伴う原単位	表 2-9	
資材		原材料	投入量	資材の原単位		
選定レベル	資材	投入エネルギー	投入量	燃料の原単位	表 2-10、11	
		未集計分等見込 み値	原材料・エネルギ ーの投入量	資材の原単位 燃料の原単位		

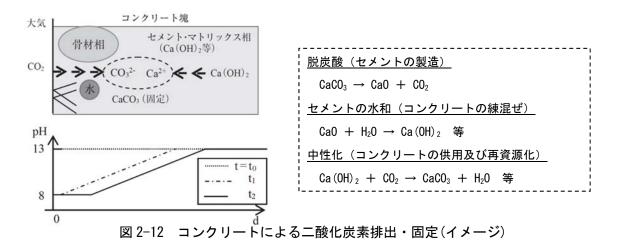
#### 8.2 供用後から再資源化までの工事以外の二酸化炭素排出量の計算

8.1 で示した社会資本の工事に伴う二酸化炭素排出量以外に、供用後から再資源化までの複数の過程で二酸化炭素が排出・吸収される。そのうち、(1)供用中の構造物コンクリートへの二酸化炭素固定量、(2)解体に伴う二酸化炭素排出量、(3)再資源化に伴う二酸化炭素収支量について算出手法を整理した。

なお、供用後から再資源化までの二酸化炭素排出量を対象に計算を行う場合は、評価期間とシナリオを設定することが必要となる(例えば、100年間の橋梁供用で50年後に架け替える)。

#### (1) 供用中の構造物コンクリートへの二酸化炭素固定量

コンクリート製造時のセメント焼成工程の脱炭酸によって二酸化炭素が排出されるが、一方で供用 時の中性化によって二酸化炭素が固定されることが知られている(図 2-12 参照)。



供用中の構造物コンクリートの二酸化炭素固定量は、中性化深さと二酸化炭素固定量の関係式と中性化速度式等から算出したコンクリート表面積当たりの二酸化炭素固定量に、空気と触れるコンクリートの表面積を乗じることによって算出できる。

これまで国総研の研究で得られた、中性化深さとコンクリート表面積当たりの二酸化炭素固定量の関係式を式(6)に例示する。

なお、式(6)は建築物から採取したコンクリートコアを分析したものであり、社会資本整備における コンクリート構造物の二酸化炭素固定量への算出への適用には留意する必要がある。

中性化深さは、例えば式(7)に示す日本建築学会の中性化速度式を用いて机上で推計することも可能である。

# $CO_2 = 0.411 \cdot D + 0.549$

式(6)

 $CO_2$ :表面積当たりの二酸化炭素固定量 $(kg-CO_2/m^2)$ 

D : 中性化深さ

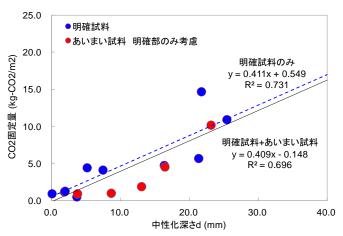


図 2-13 中性化深さと二酸化炭素固定量の関係

 $D = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s\sqrt{t}$   $\vec{\Xi} (7)$ 

**D** : 中性化深さ(cm)

k : 岸谷式では1.72、白山式では1.41となる係数

 $\alpha_1$  : コンクリートの種類(骨材の種類)による係数

 $\alpha$ 。 : セメントの種類による係数

α<sub>3</sub> : 調合(水セメント比)による係数(w/c-0.38)

 $eta_{\scriptscriptstyle 1}$  : 気温による係数  $eta_{\scriptscriptstyle 2}$  : 湿度による係数

 $oldsymbol{eta}_3$  :  $\mathrm{CO}_2$ 濃度による係数

s : 中性化抑制効果の係数

t: 材齢(年)

パラメータは、「日本建築学会:鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針(案)・

同解説」を参照。

#### (2) 維持管理に伴う二酸化炭素排出量

維持管理を実施することによって二酸化炭素が排出されるが、例えば「表面被覆」、「電気防食」等の適切な維持管理を行うことによって構造物の耐用年数延長等の効果が期待される。計画・設計段階で維持管理を検討する場合と施工後の点検で損傷が判明した段階で維持管理を検討する場合とで、計算に用いることのできる情報が異なる。計画・設計段階といった損傷等が分からない段階では、使用する資機材も決まらないことから設計レベルと同じ算出手法を用い、損傷が判明した段階では、使用する資機材が決まることから施工レベルと同じ算出手法を用いる。

なお、平成24年度に改訂された道路橋示方書では、維持管理に関する規定が大幅に充実されており、 これらの規定に基づいた設計を二酸化炭素排出量の算出に反映することが望まれる。

使用する資機材が決まらない段階では設計レベルの式(8)、使用する資機材が決まる段階では施工レベルの式(9)を用いる。

$$ES = \sum_{k} \left( W_k \times \overline{EW_k} \right) + ED$$
  $\equiv t (8)$ 

ES :構造物の二酸化炭素排出量(Emission by Structure)

k : 工種の種類

W: 各工種(type of Work)の作業量

**EW** : 工種の二酸化炭素排出原単位(Emission by types of Work)

ED : 構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量(Emission by Designing)

$$EW = \sum_{l} \left( M_{l} \times \overline{EM_{l}} \right) + \sum_{m} \left( T_{m} \times \overline{ET_{m}} \right) + \sum_{n} \left( C_{n} \times \overline{EC_{n}} \right)$$

$$\overline{E}(9)$$

EW : 工種の二酸化炭素排出量(Emission by type of Work)

1: 資材の種類

M : 資材(Material)の数量

EM: 資材の二酸化炭素排出原単位(Emission by Materials)

m : 運搬の車種等

T: 運搬距離(Transport distance)

ET: 運搬に係る二酸化炭素排出原単位(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)

EC : 施工に係る二酸化炭素排出原単位(Emission by Construction)

算出に用いる数量は、設計レベル、施工レベルの計算と同様であり、維持管理の計画等から工種の 作業量、資材の名称・規格・用途・数量 等を整理する。

設計レベルの算出式を用いる場合、維持管理に関連する工種の二酸化炭素排出原単位を用いる。平成 24 年度以降の研究において、橋梁の維持管理に係る工種の二酸化炭素排出原単位を表 2-13 のとおり算出した。

表 2-13 橋梁の維持管理に係る工種の二酸化炭素排出原単位

工法		間隔	単位(☆)	CO₂排出原単位 (kg-CO₂/☆)
表面被覆**1	新規	20 年毎	$\mathrm{m}^3$	4. 69
衣囬恢復"	塗替	10 年毎	$\mathrm{m}^3$	1. 25
	新規	50年目に全面更新	$\mathrm{m}^3$	2. 67
電気防食※1	設備更新	25年目に更新	$m^2$	0.42
	電気	常時必要(1年間の量)	$m^2$	0.39
塗装塗替	Rc-1 塗装系、ブラスト法の素地調整含む	60 年毎	$m^2$	18. 17
伸縮装置補修	鋼フィンガージョイント**2	40 年毎	m	606. 47
押相表具無修	既製品ジョイント**3	40 年毎	m	265. 54
舗装補修	橋面防水含む	20 年毎	$\mathrm{m}^2$	24. 08

出典)※1:土木学会コンクリートライブラリー134 コンクリート構造物の補修・解体・再利用における CO<sub>2</sub>削減を目

指して(土木学会、平成24年6月) より一部変更

注) ※2:鋼フィンガージョイントの重量を 200kg/m と仮定。

※3: 既製品ジョイントの重量を100kg/mと仮定。

#### (3) 解体に伴う二酸化炭素排出量

解体に伴う二酸化炭素排出量は、施工レベルの計算手法によって算出する。なお、計画・設計段階で解体方法等の詳細が決まらない場合には、土木工事積算基準、橋梁撤去技術マニュアル(北陸橋梁撤去技術研究会)等を参考にして推定する。

#### (4) 再資源化に伴う二酸化炭素収支量

再資源化では、コンクリートの表面積が増えたことによるコンクリート中性化の二酸化炭素固定と 再資源化時の破砕等に伴う二酸化炭素排出が想定される。

再資源化に伴う二酸化炭素固定量について、これまで国総研ではコンクリートの再資源化における再生資材別の二酸化炭素固定量を分析・研究しており、その結果である表 2-14 に示す単位重量当たりの二酸化炭素固定量にコンクリート量を乗じることで二酸化炭素固定量を算出する。なお、平成 24 年度建設副産物実態調査<sup>9</sup>によると日本ではコンクリート塊の大半が再生砕石として再利用されることから、再生資源の種類が分からない場合には、全て再生クラッシャランとして再資源化されたと仮定して問題ない。

製品	CO <sub>2</sub> 固定量(kg-CO <sub>2</sub> /t)			生成割合(質量%)		
<b>表</b> 叩	粗骨材	細骨材	微粉	粗骨材	細骨材	微粉
再生骨材 H(機械的方法)	1.94	6. 14	62. 9	40	15	45
再生骨材 H(熱的方法)	1.26	4.03	55. 5	36	22	42
再生骨材 M	4. 09	14. 1	_	41	26	33
再生骨材 L	6. 41	25.6	_	70	22	8
RC40(再生クラッシャラン)	9. 96			100		

表 2-14 再資源化に伴う二酸化炭素固定量

再資源化に伴う二酸化炭素排出量について、再資源化施設のエネルギー使用量が掲載された既往文献から整理した重油、軽油、ガソリン、ガス、電気の使用量に資材の二酸化炭素排出原単位を乗じて再資源化施設毎の生産量 1t 当たりの二酸化炭素排出量を図 2-14 のとおり算出した。その中央値3.16kg-C0<sub>2</sub>/t にコンクリート量を乗じることで再資源化に伴う二酸化炭素排出量を算出する。

なお、これら原単位等は今後の研究によって、見直し・更新されることが望まれる。

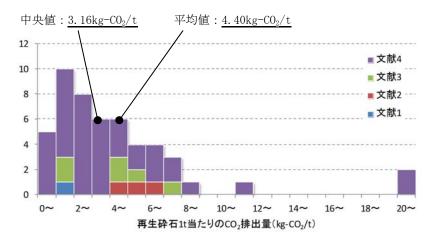


図 2-14 既往文献による再生砕石製造に伴う二酸化炭素排出量(文献 110、文献 211、文献 312、文献 413)

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> 平成 24 年度建設副産物実態調査結果〈http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/fukusanbutsu/jittaichousa/index01.htm〉

<sup>10</sup> 岩渕省、松本亨、井村秀文: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、24 巻、p. 430-434、1996

<sup>11</sup> 橋本征二、広池秀人、寺島泰: 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、657 号、p. 75-80、2000

<sup>12</sup> 土手裕、西川修作、丸山俊朗: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、13 巻、5 号、p. 306-314、2002

<sup>13</sup> 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、2007

# 9. その他(計算結果のチェック)

算出された二酸化炭素排出量の妥当性の確認として、「計算過程での不注意等によるミスのチェック」と「類似事例の計算結果と概ね一致しているかもしくは差異に明確な理由があるかのチェック」の 2 つのセルフチェックを実施する。

前者は、計算後に表 2-15 のセルフチェックシートを用いて各計算過程で正しい手順・方法に沿って 計算が行われたかを確認する。不適切な手順・方法で計算を行っていた場合、全てにチェックがなさ れるまで計算をやり直す。

後者は、計算結果から単位当たりの二酸化炭素排出量を算出し、表 2-16 の目安と比較する。例えば、 設計段階において平面道路の設置に伴う二酸化炭素排出量を計算した場合、工事全体の二酸化炭素排 出量を計算対象とした道路の車線数と延長で割ることによって目安との比較が可能となる。表 2-16 に ない目安は、表 2-3、5、6 等を参考とする。

表 2-15 セルフチェックシート(案)

チェック項目	O/×
1. 目標の設定	
1-1 「意図する用途」が設定されているか。	
1-2 「実施する理由」が設定されているか。	
1-3 「意図する伝達先」が設定されているか。	
1-4 「一般に開示されることを意図した比較	
主張の使用」が「該当しない」と設定され	
ているか。また、「使用する」とした場合、	
その理由・妥当性が確認できているか。	
1-5 「LCA 実施主体」が設定されているか。	
1-6 他の項目を含めて、目的の設定が明確化さ	
れているか。	

2. 調金	<b>査範囲の設定</b>	
2-1	「製品システム」が設定されているか。	
2-2	「機能」が設定されているか。	
2-3	「機能単位」が設定されているか。	
2-4	「意思決定レベル」が設定されているか。	
2-5	「システム境界」が設定されているか。	
2-6	「環境負荷物質」が「二酸化炭素」と設定	
	されているか。	
2-7	「影響領域」が「地球温暖化」と設定され	
-	ているか。	
2-8	「環境評価・解釈の方法」が設定されてい	
	るか。	

チェック項目	O/×
3. インベントリ分析	
3-1 数量のベース資料 (施工計画等)・原単位	
は、設定した「意思決定レベル」と整合し	
ているか。	
3-2 計算式は、設定した「意思決定レベル」お	
よび「機能単位」と整合しているか。	
3-3 計算対象とする項目は、設定した「システ	
ム境界」と整合しているか。	
3-4 構造物の使用・計画・設計に伴う環境負荷	
を計算対象外としているか。もしくは、計	
算対象の場合、妥当性は確認できているか。	
3-5 原単位に最新版社会資本 LCA 用データベー	
スを使用しているか。もしくは、異なる原	
単位の場合、妥当性は確認できているか。	
3-6 計算の入力値がベース資料の数量と合致	
しているか。	
3-7 計算の入力値の単位と原単位の単位が整	
合しているか。	
3-8 (ソフトウェアを用いる場合)算式の符号	
等が採用した計算式と合致しているか。	
3-9 資材の搬入に伴う環境負荷がダブルカウ	
ントされていないか。	
3-10施工レベルの計算の場合、資材・運搬・施	
工に係る環境負荷が網羅されているか。	
3-11資材選定レベルの計算の場合、集計できる	
数量は全て計算に反映しているか。	
3-12維持管理レベルの計算の場合、集計できる	
数量は全て計算に反映しているか。	
3-13供用後から再資源化までを対象とする場合 評価期間 シナリオを設定しているか	
合、評価期間、シナリオを設定しているか。 3-14入力値の基となった数量のベース資料は、	
3-14人力値の基となった数重のペース資料は、 全て整理されているか。	
土、定住されているか。	

表 2-16 計算結果の目安

設計レベルの計算結果の目安					
土工道路	100~3, 394	+ 00 /1 市			
橋梁	5, 320~45, 547	t-CO <sub>2</sub> /1 車 線 1km			
トンネル	4,098~6,642	NOK IKIII			

施工レベルの計算結果の目安					
土工道路	100~3, 394	+ 00 /1 車			
橋梁	5, 320~45, 547	t-CO <sub>2</sub> /1 車 線 1km			
トンネル	4, 098~6, 642	形化工KIII			
掘削	2. 391	$kg$ - $CO_2/m^3$			
路体(築堤)盛土	1. 200	$kg-CO_2/m^3$			
路床盛土	1. 466	${\rm kg}\text{-CO}_2/{\rm m}^3$			
法面整形(盛土部)	2. 940	$kg-CO_2/m^2$			
法面整形(切土部)	3. 178	$kg$ – $CO_2/m^2$			
残土等処分	8. 737	$kg-CO_2/m^2$			
安定処理	11. 682	$kg-CO_2/m^2$			
種子散布	3. 732	$kg-CO_2/m^2$			
客土吹付	3.680	$kg-CO_2/m^2$			
植生基材吹付	4. 465	$kg-CO_2/m^2$			
不陸整正	0. 345	$kg-CO_2/m^2$			
下層路盤(車道·路 肩部)	2.893	${\rm kg}\text{-CO}_2/{\rm m}^2$			
下層路盤(歩道部)	2.348	kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>			
上層路盤(車道·路 肩部)	5. 498	${ m kg-CO_2/m^2}$			
上層路盤(歩道部)	2. 707	$kg-CO_2/m^2$			
基層(車道·路肩部)	7. 194	$kg-CO_2/m^2$			
基層(歩道部)	6. 623	$kg-CO_2/m^2$			
中間層(車道·路肩 部)	7. 332	${ m kg-CO_2/m^2}$			
表層(車道·路肩部)	7. 141	$kg-CO_2/m^2$			
表層(歩道部)	6. 110	$kg-CO_2/m^2$			

# 10. 解釈

解釈とは、分析・評価結果からどのプロセス(製品の各製造工程等)・環境負荷物質・影響領域が重要か等を考察する「重要な問題の特定」と、重要なプロセス等を中心にしてデータの信頼性等の「点検」を行う段階である。

「重要な問題の特定」に関して、本手引きでは分析対象の環境負荷物質は「二酸化炭素排出量」、環境領域は「地球温暖化」の1種類のみを想定していることから、主にどのプロセスが二酸化炭素排出量に最も寄与するかを考察することとする。二酸化炭素排出量を項目・品目別に整理し、どの項目・品目による影響が最も大きいのかを明らかにする。

「点検」では、LCI 計算結果の信頼性を確認するため、適宜、完全性点検・感度点検・整合性点検等を実施する。各点検の目的および手法は、表 2-17 に示すとおりである。

表 2-17 LCI 計算の点検手法

種類	目的	手法
完全性点検	全てのデータが入手可能であり、それが完全であるかを判断する。	LCI 計算で必要となる項目を整理し、それぞれ何に基づいているか、またそれが完全であるかを分析する。また、完全でない場合については、それぞれの LCI 計算の問題点・留意点として明らかにする。
感度点検	LCI 計算結果が原単位・計算 手法・シナリオ等によってど の程度影響されているかを判 断する。	使用する原単位・計算手法・シナリオによってどの程度変化するか、また比較検討の場合には変化によってそれぞれの計算結果の関係がどのように変わるかを分析する。
整合性点検	前提条件・手法・データが調査の目的および調査範囲と整合しているかを判断する。	以下の項目をチェックする。 ・製品システムのライフサイクルに沿ったデータ品質の差異、および異なる製品システムの間でのデータ品質の差異は、調査目的および調査範囲との整合性があるか。 ・データに地理的、時間的な差異がある場合には、一貫して適用したかどうか。等なお、本手引きでは、整合性点検を「9. その他(計算結果のチェック)」(p. 2-32)で実施することとしている。

#### 第3部 二酸化炭素排出量の計算事例の紹介

### 1. 二酸化炭素排出量の計算・評価手順の紹介(地中連続壁工法の例)

#### 1.1 目的及び調査範囲の設定

#### (1) 意図する用途

土留壁の施工に伴う二酸化炭素排出量を評価する。土留壁の寸法は、延長 100m、深度 55m、壁厚 1,000mm を想定する。

#### (2) 実施する理由

土留壁の施工にあたって、「地中連続壁工法」を採用した場合の二酸化炭素排出量を計算する。

#### (3) 意図する伝達先

分析結果の伝達先は、事業者(施工発注者)を予定する。

# (4) 一般に開示されることを意図した比較主張の使用

「地中連続壁工法」による一般的な土留壁の施工に伴う二酸化炭素排出量の計算であり、LCA 実施者が直接競合他社製品等と比較することは想定していない。

# (5) LCA 実施主体

分析は、○○社が実施する。

### (6) 製品システム・機能・機能単位

計算対象とする製品システム・機能・機能単位は、表 3-1 のとおり。

項目 内容 製品システム 土留壁の施工 機 能 地下構造物の施工において、周辺地盤の崩壊を防止するため、土圧・水圧に対する土留壁を施工する。 機能単位 土留壁の寸法は、延長 100m、深度 55m、壁厚 1,000mm

表 3-1 計算対象とする製品システム・機能・機能単位

# (7) 意思決定レベル

意思決定レベルは、「施工レベル」である。「国総研プロジェクト研究報告第36号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(平成24年2月、国土技術政策総合研究所)」(以下、「総プロ報告書」と言う)に基づいて、施工レベルの算出式から積み上げ計算を行い、1.6に示した製品システムに伴う二酸化炭素排出量を算出する。

# (8) システム境界

計算対象とするシステム境界は、図 3-1 に示すとおりである。建設機械の稼働・資材の原材料の採取加工・原料廃棄物等の運搬による消費燃料・建設機械の損耗分・工事に伴って発生する廃棄物の処理等を含める。(6)に示す製品システム以外の施工・施工後の構造物の使用・構造物の解体廃棄は含めない。また、土留壁の設計自体に伴う影響については、対象外とした。

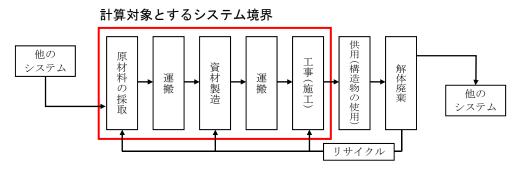


図 3-1 計算対象とするシステム境界

#### (9) 環境負荷物質·影響領域

計算対象とする環境負荷物質・影響領域は、表 3-2 のとおり。

10 2 日	双 0 2 可弄 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3						
項目	内容						
環境負荷物質	二酸化炭素						
影響領域	地球温暖化						

表 3-2 計算対象とする環境負荷物質・影響領域

#### (10) 環境評価・解釈の方法

地球温暖化に寄与する温室効果ガスのうち、二酸化炭素以外の排出は少ないと考えられることから、 二酸化炭素排出量のみで評価を行う。

#### 1.2 インベントリ分析

#### (1) 算出式の設定

以下に示す総プロ報告書における「施工レベルの算出式」「設計レベルの算出式」を用いて、構造物 (1.6 に示す土留壁)の二酸化炭素排出量を算出する。しかし、構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量 は対象外(*ED*=0)とする。

$$ES = \sum_{k} \left( W_k \times \overline{EW_k} \right) + ED$$

ES: 構造物の二酸化炭素排出量(Emission by Structure)

k : 工種の種類

W: 各工種(type of Work)の作業量

**EW** : 工種の二酸化炭素排出原単位(**E**mission by types of **W**ork)

ED : 構造物の設計に伴う二酸化炭素排出量(Emission by Designing)

$$EW = \sum_{l} \left( M_{l} \times \overline{EM_{l}} \right) + \sum_{m} \left( T_{m} \times \overline{ET_{m}} \right) + \sum_{n} \left( C_{n} \times \overline{EC_{n}} \right)$$

EW : 工種の二酸化炭素排出量(Emission by type of Work)

1: 資材の種類

M: 資材(Material)の数量

EM : 資材の二酸化炭素排出原単位(Emission by Materials)

m:運搬の車種等

T: 運搬距離(Transport distance)

ET : 運搬に係る二酸化炭素排出原単位(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)

EC : 施工に係る二酸化炭素排出原単位(Emission by Construction)

#### (2) 数量の整理

使用する資材の種類・数量等は表 3-3、使用する建設機械の種類・供用日数等は表 3-4 のとおりであり、工期は 8.8 カ月 (170 日×7 時間の稼働)。資材の運搬に伴う二酸化炭素排出量は用いる資材の原単位に含まれていると考え、資材以外の運搬として機材・廃棄物の運搬に伴う二酸化炭素排出量を別途計算することとした。機材・廃棄物の運搬距離は往復 100km、平均旅行速度は 30km/h、工事現場との往復回数は合計 1,185 回である。また、工事に伴う発生する廃棄物は地方公共団体の施設で処理することとし、その処理費用は約5千万円である。

なお、これらの値は概略設計データによった。

表 3-3 使用する資材の数量

3	重量(t)	
充填材	セメント**1	2,042
	水	992
	砂	4, 888
	砕石	5, 059
	混和材	20
応力材	鉄筋	681
	補強枠材	136
安定液材料	清水	3, 830
	ベントナイト	230
	CMC <sup>*2</sup>	6
	分散材	8
雑水	清水	960

注) ※1:本計算では、ポルトランドセメント ※2:カルボキシメチルセルロース

表 3-4 使用する建設機械の数量

			est. Mila I. HH	/ /		
	建設機械	台数	稼働時間 (時間)	使用日数 (日)	燃費	重量(t)
掘削	掘削機	1			220	23
	ベースマシン	1	1, 190		145 kW/h	56
	超音波測定器	1	ŕ		0.005 (電気)	0, 06
	継手清掃機	1	_		-	
土砂分	土砂分離機	1			135. 7	18
離設備	遠心分離機	1			45	2
	遠心分離機スクリコンベア	1			3. 7	0. 67
	スクリーン給水バランス	1			22 kW/h	0. 24
	デカンタ原液給水	2	1, 190		22 (電気)	0. 27
	デカンタ原液オーバー	1			11	0. 13
	ハイワシャー	1			3. 7	0.07
安定液	作液ミキサー	1			15	0. 10
プラン	鋼製タンク(円形)	2	-			31
ト設備		1	-		-	17
	鋼製タンク(角形)	1	-		_	13
		1	-		-	5
		1	-		_	5
		2	_	170	-	5
	水中サンドポンプ	4		170	148	0.86
		2			22	0. 20
		1			5.5 kW/h	0.10
	水中ポンプ	1			5.5 (電気)	0.10
	攪拌ミキサー	3			9. 9	0. 10
		12	1 100		18	0.10
共通機	クローラークレーン	1	1, 190		16. 67	160
械		1			12. 5 L/h	77
	ミニクレーン	1			3.08 (軽油)	9
	油圧ショベル	1			16. 67	24
	ハイワッシャー	1			3.7 kW/h	0.10
	電気溶接機	2			26 (電気)	0.10
	ガス切断機	1	_		-	0.10
	トレミー管	3	_		-	1. 90
	水中サンドポンプ	1			15	0.35
籠組立	電気溶接機	4	1 100		52 kW/h	0. 27
	鉄筋切断機	1	1, 190		2.2 (電気)	0.07
	鉄筋曲げ機	1			2. 2	0. 13

#### (3) 原単位の選択

原単位は、総プロ報告書および社会資本 LCA 用投入産出表に基づく環境負荷原単位一覧表 (http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm(2012.12.1アクセス))を用いた。なお、資材の二酸化炭素排出原単位にこれらの原単位を用いることによって、システム境界のうち「原材料の採取」「資材製造」「運搬」に伴う二酸化炭素排出量を含んでいる。

#### (4) LCI 計算の実施

設定した数量、原単位を用いてLCI計算を実施する。結果は、図 3-2 に示すとおりである。

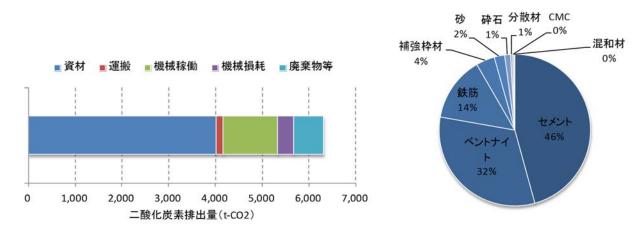


図 3-2 LCI 計算結果(左:全体の内訳 右:資材に伴う CO2 排出量の内訳)

LCI 計算の結果、本計算の条件とした概略設計に基づいて延長 100m・深度 55m・壁厚 1,000mm の土 留壁を施工する場合、「約 6,300 t- $CO_2$ 」の二酸化炭素が排出されると予測された。そのうち、資材に伴う二酸化炭素排出量が半分以上を占めており、特にセメント・ベントナイト・鉄筋に由来する二酸化炭素排出量が多いことが分かった。

#### (5) その他(計算結果のチェック)

LCI 計算のセルフチェックを行った結果は、表 3-5 に示すとおりである。

施工単位当たりの二酸化炭素排出量は「約 1,100 kg- $CO_2/m^3$ 」である。総プロ報告書および社会資本 LCA 用投入産出表に基づく環境負荷原単位一覧表 (http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm) に類似する工種の原単位は存在しない。仮にコンクリート構造物の施工を対象とする工種であるコンクリート工(無筋もしくは小型構造物) (299~314 kg- $CO_2/m^3$ ) と比較すると、土留壁の施工はコンクリート工(無筋もしくは小型構造物)の「約 4 倍」となった。

# 表 3-5 セルフチェック結果

チェック項目	O/X
1. 目標の設定	
1-1 「意図する用途」が設定されているか。	0
1-2 「実施する理由」が設定されているか。	0
1-3 「意図する伝達先」が設定されているか。	0
1-4 「一般に開示されることを意図した比較 主張の使用」が「該当しない」と設定され ているか。また、「使用する」とした場合、 その理由・妥当性が確認できているか。	0
1-5 「LCA 実施主体」が設定されているか。	0
1-6 他の項目を含めて、目的の設定が明確化されているか。	0

2. 調査範囲の設定	
2-1 「製品システム」が設定されているか。	0
2-2 「機能」が設定されているか。	0
2-3 「機能単位」が設定されているか。	0
2-4 「意思決定レベル」が設定されているか。	0
2-5 「システム境界」が設定されているか。	0
2-6 「環境負荷物質」が「二酸化炭素」と設定	
されているか。	
2-7 「影響領域」が「地球温暖化」と設定され	
ているか。	
2-8 「環境評価・解釈の方法」が設定されてい	
るか。	

チェック項目	O/×
3. インベントリ分析	
3-1 数量のベース資料 (施工計画等)・原単位 は、設定した「意思決定レベル」と整合し ているか。	0
3-2 計算式は、設定した「意思決定レベル」および「機能単位」と整合しているか。	0
3-3 計算対象とする項目は、設定した「システム境界」と整合しているか。	0
3-4 構造物の使用・計画・設計に伴う環境負荷 を計算対象外としているか。もしくは、計 算対象の場合、妥当性は確認できているか。	0
3-5 原単位に最新版社会資本LCA用データベースを使用しているか。もしくは、異なる原単位の場合、妥当性は確認できているか。	0
3-6 計算の入力値がベース資料の数量と合致 しているか。	0
3-7 計算の入力値の単位と原単位の単位が整 合しているか。	0
3-8 (ソフトウェアを用いる場合)算式の符号 等が採用した計算式と合致しているか。	0
3-9 資材の搬入に伴う環境負荷がダブルカウントされていないか。	0
3-10施工レベルの計算の場合、資材・運搬・施工に係る環境負荷が網羅されているか。	0
3-11資材選定レベルの計算の場合、集計できる 数量は全て計算に反映しているか。	0
3-12維持管理レベルの計算の場合、集計できる 数量は全て計算に反映しているか。	_
3-13供用後から再資源化までを対象とする場合、評価期間、シナリオを設定しているか。	_
3-14入力値の基となった数量のベース資料は、 全て整理されているか。	0

#### 1.3 解釈

#### (1) 重要な問題の特定

本 LCI 計算の結果は、図 3-2 に示したとおりである。システム境界のうち原材料の採取・資材の製造に伴う二酸化炭素排出量が最も多く、全体の二酸化炭素排出量の「約 64%」を占めていた。資材のうち、セメント・ベントナイト・鉄筋が多く、それぞれ全体の「約 29%、20%、9%」(それぞれ資材に伴う二酸化炭素排出量の「約 46%、32%、14%」)であった。

分析の結果、本計算の条件とした概略設計に基づいて土留壁を施工する場合、二酸化炭素排出量に おいて資材、特にセメント・ベントナイト・鉄筋の寄与が大きくなることが分かった。

#### (2) 完全性点検

使用したデータを対象とした完全性点検の結果は、表 3-6 に示すとおりである。

原単位を用いることによる実際の二酸化炭素排出量との違い、施工時のロスによる資材使用量の違い、現場毎の施工のし易さ・し難さによる施工日数の違い、運搬における距離・速度の違い等により 実際の施工に伴う二酸化炭素排出量と計算結果に誤差が生じる。

表 3-6 使用データにおける完全性点検

200 200 200 200 200 200 200 200 200 200					
	項目の		出典・根拠	備考	
原材料の	採取	0	資材の原単位として用いた総プ		
運搬		0	ロ報告書および社会資本 LCA 用		
資材製造		0	投入産出表に基づく環境負荷原     単位一覧表に平均的な値として	_	
運搬		0	考慮済み。		
	建設機械の稼働	0	概略設計より数量を整理。原単	_	
	建設機械の損耗	0	位は総プロ報告書より。	_	
工事	運搬	0	往復 100km、速度 30km/h と仮定。 原単位は総プロ報告書より。	実際の運搬距離、速度と は異なる。	
(施工)	仮設材	対象とする工事では、大規模を クロでは、大規模を がある。 一 仮設材は使用しないとして、 を 対対象外。		小規模な仮設材は使用 する可能性がある。	
	廃棄物処理	0	概略設計より数量を整理。原単 位は総プロ報告書より。	— —	

# (3) 感度点検

感度点検として、重要な問題の特定により最も寄与が大きいと考えられるセメント・ベントナイト・鉄筋に対して、数量を±10%、±20%で変動した場合を図 3-3 に示す。また、本計算ではセメントをポルトランドセメントとしたが、仮に高炉セメント・フライアッシュセメントとセメントの種類を変更した場合を図 3-4 に示す。

その結果、セメント・ベントナイト・鉄筋の数量を±10%、±20%で変動した場合、全体の二酸化炭素排出量が「12%の減少」から「12%の増加」まで変動した。また、セメントの種類を高炉セメント・フライアッシュセメントに変更した場合、全体の二酸化炭素排出量が最大で「12%減少」した。

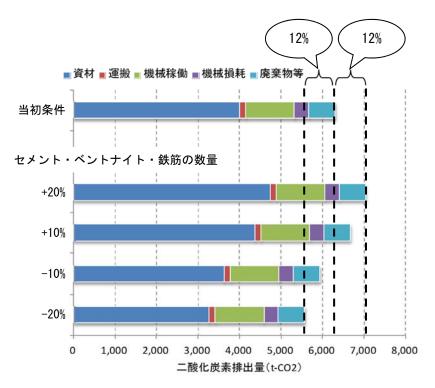


図 3-3 セメント・ベントナイト・鉄筋の数量を変動した場合の LCI 計算結果

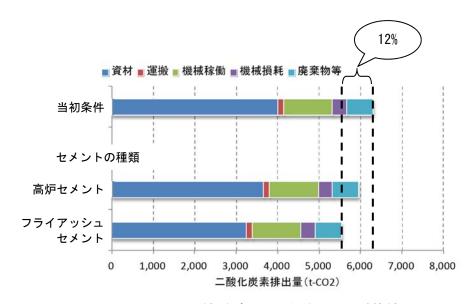


図 3-4 セメントの種類を変更した場合の LCI 計算結果

# 2. インベントリ分析の事例紹介

各意思決定レベルに相当すると考えられる各種設計業務において検討された情報を元に、二酸化炭素排出量を試算した 15 事例を表 3-7 及びそれ以降に示す。

基本的に「構想レベル」は「概略設計」、「設計レベル」は「予備設計」、「施工レベル」は「詳細設計」に該当するが、実務においては詳細さが異なる情報が混在している場合もある(構想レベルにおいて、構造物単位の情報だけではなく工種単位の情報もある等)。このような場合、使用する原単位の精度が異なることから、算出される二酸化炭素排出量は精度が異なるもの合計値であることに留意する必要がある。

表 3-7 00 排出量の試算事例と目的

	女 3 7 002 所山里の武井寺内 C ロロ				
No.	段階	比較内容	算出対象期間	CO <sub>2</sub> 試算目的	
1	概略	ルート	資材採取	・ルートの比較案について、土工道路、橋梁、トンネルごとの	
	PARTICI	, ,	~工事完了	延長に基づいて道路構造別の CO2排出量の総量を把握する。	
			資材採取	・ルートの比較案について、橋梁、トンネル区間は延長、土工	
2	概略	ルート	~工事完了	道路区間は工種別の数量に基づいて道路構造別のCO2排出量	
			<u></u>	の総量を把握する。	
			資材採取	・ルートの比較案について、橋梁、トンネル区間は延長、土工	
3	予備	ルート	~工事完了	道路区間は工種別の数量に基づいて道路構造別のCO <sub>2</sub> 排出量	
				の総量を把握する。	
	· · · ·		資材採取	・ルートの比較案について、橋梁、トンネル区間は延長、土工	
4	予備	ルート	~工事完了	道路区間は工種別の数量に基づいて道路構造別のCO2排出量	
			. – .	の総量を把握する。	
_	文 /	TO TOT	資材採取	・IC・JCTの比較案について、橋梁区間は延長、土工道路区間	
5	予備	IC • JCT	~工事完了	は工種別の数量に基づいて道路構造別のCO <sub>2</sub> 排出量の総量を	
				把握する。 ・下層路盤材料の比較案について、資材別の CO2 排出量の総量	
6	詳細	舗装	質材採取   ~運搬	「・下層的監例科の比較系について、質例別の CO2 排出重の総重」     (資材由来のみ) を把握する。	
			資材採取	・盛土の法面工の比較案について、工法別の CO2排出量の総量	
7	詳細	盛土構造	→ 工事完了	と由来を把握する。	
			資材採取	・切土構造の比較案について、CO2排出量の総量と工種別の発	
8	詳細	切土構造	~工事完了	生量を把握する。	
	- 71/ Am 1-7-277 1 day		資材採取	・橋梁上部工の桁高の比較案について、桁高ごとに CO2排出量	
9	詳細	橋梁上部	~運搬	の総量と由来を把握する。	
10	概略	<b>添沙甘</b>	資材採取	・橋梁基礎工の比較案について、工法別に CO2排出量の総量と	
10	似咐	橋梁基礎	~工事完了	由来を把握する。	
11	詳細	トンネル	資材採取	・トンネルの内空断面の比較案について、内空断面別に CO2排	
11	日十小川	1. 2 /1/2	~工事完了	出量の総量と由来を把握する。	
		橋梁資材	ライフ	・中小PC橋のライフサイクル(建設・供用、解体、再資源化)	
12	詳細	(中小PC)	サイクル	における CO <sub>2</sub> 排出量・固定量を把握する。また、環境配慮型	
		(1.4.10)	, , , , ,	資材の使用の有無による差異を把握する。	
	377.7-	橋梁資材	ライフ	・中小RC橋のライフサイクル(建設・供用、解体、再資源化)	
13	詳細	(中小RC)	サイクル	におけるCO <sub>2</sub> 排出量・固定量を把握する。また、環境配慮型	
		( ) 4 2.0/		資材の使用の有無による差異を把握する。	
1.4	÷×√m	橋梁資材	ライフ	・長大 PC 橋のライフサイクル(建設・供用、解体、再資源化)	
14	詳細	(長大 PC)	サイクル	におけるCO <sub>2</sub> 排出量・固定量を把握する。また、環境配慮型	
		长河 4.6	- 1	資材の使用の有無による差異を把握する。	
15	_	橋梁補修	ライフ	•No. 12 で検討した中小 PC のライフサイクルにおける $CO_2$ 排出	
		(中小PC)	サイクル	量・固定量について、補修方法の違いによる差異を把握する。	

### No. 1: 概略設計段階におけるルートの検討

工事概要			
検討段階:	概略設計(ルート検討)	施工延長:	2.2km
道路構造:	土工道路/橋梁/トンネル	車線数:	4 車線
道路種別:	第1種第3級	幅員:	22m

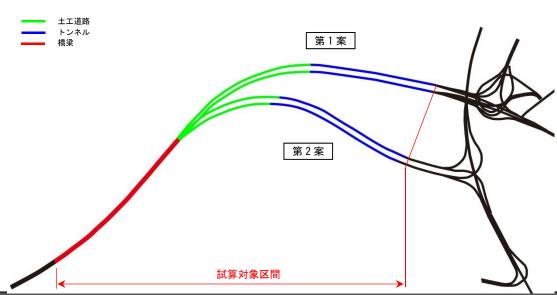
# CO<sub>2</sub>試算の目的

比較検討案 の概要

- ・山間部における JCT・IC 部の位置の検討において、重要種の餌場の直接改変を回避したルート (第1案) と、主交通を変更検討したルート (第2案) の2案。
- ・全区間について構造物別の延長のみ (工種・資機材は検討されていない)。

試算の目的 ・概略設計段階におけるルートの比較案について、土工道路、橋梁、トンネルごとの延長に 基づいて道路構造別の CO2排出量の総量を把握する。

試算の対象 ・算出対象期間:資材の採取から工事の完了まで 範囲 ・算出対象区間:土工道路、橋梁、トンネル区間(2.2km)



# 試算に用いた設計条件

数量等

全区間について延長等に基づき検討されていた。このため、橋梁、土工道路、トンネル区間について、構造別に $CO_2$ の排出量試算に係る数量を整理した。

<構造別の延長に基づく算出条件>

構造		単位	第1案	第2案
土工道路	4 車線	m	736. 0	516. 0
橋梁	4 車線	m	815. 0	815. 0
トンネル	2 車線	m	1162. 2	1324. 0

土工区間の延長は上下線の平均値を示した。トンネル区間の延長は上下線の合計値を示した。

# 試算に用いた CO2排出原単位

原単位

<構造別(車線数既知の場合)>

構造	<b>宣物</b>	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /km)
土工道路	4 車線	1, 915
橋梁	4 車線	43, 761
トンネル	2 車線	10, 769

CO2排出量部	t算:	結果		
CO <sub>2</sub> 排出量		60,000	T	
		50,000		
	:-co2)	40,000		
	CO2排出量(t-CO2)	30,000		
	202排	20,000	■トンネル	
		10,000	■橋梁	

第1案

第2案

		単位:t-(	$CO_2$
構造物	第1案	第2案	
土工道路	1, 409	988	
橋梁	35, 665	35, 665	
トンネル	12, 516	14, 258	
合計	49, 590	50, 912	

考察

- ・設計報告書で最終案とされたのは第1案であるが、 $CO_2$ 削減の観点からも同様の評価結果となった。
- ・第1案は第2案より  $CO_2$ 排出量が約1,300t- $CO_2$ 少ないことが把握できた。ガソリンの燃焼時に排出される  $CO_2$ 量に換算すると、 $EC_2$ 0 万  $EC_2$ 1 に相当する。

# PR ポイントの例

・重要種の餌場の改変を回避するために選定されたルート案(第1案)は、 $CO_2$ 排出量の面でも最適案となっている。

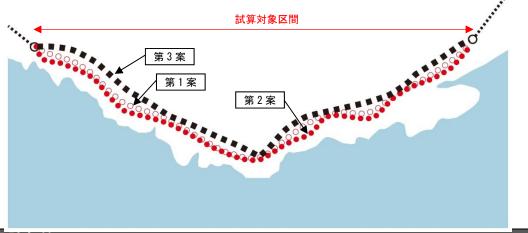


# No. 2: 概略設計段階におけるルートの検討

工事概要			
検討段階:	概略設計(ルート検討)	施工延長:	38.0km
道路構造:	土工道路/橋梁/トンネル	車線数:	2 車線
道路種別:	第1種第3級	幅員:	土工道路:13.5m
			橋梁:12.0~13.5m
			トンネル:12.0m

# CO<sub>2</sub>試算の目的

007 H-431-02	
比較検討案	・沿岸部において、起終点間で基本ルート(第1案)、基本ルートよりも海側のルート(第2
の概要	案)、基本ルートよりも山側のルート(第3案)の3案。
	・土工道路区間は工種を検討。橋梁、トンネル区間は延長のみ。
試算の目的	・概略設計段階におけるルートの比較案について、橋梁、トンネル区間は延長、土工道路区
	間は工種別の数量に基づいて道路構造別の CO2排出量の総量を把握する。
試算の対象	・算出対象期間:資材の採取から工事の完了まで
範囲	・算出対象区間:土工道路、橋梁、トンネル区間(38.0km)



# 試算に用いた設計条件

数量等

設計資料に基づき、試算に用いる数量を工事内容別に整理した。

・土工道路区間については工種別に検討されていたが、橋梁、トンネル区間については延長等に基づき検討されていた。このため、橋梁、トンネル区間は構造別、土工道路区間は工種別に  $CO_2$  の排出量試算に係る数量を整理した。

費目	工種	細別	単位	第1案	第2案	第3案
道路	切土工	土砂	$\mathrm{m}^3$	1, 706, 172	1, 667, 473	800, 856
		軟岩	$\mathrm{m}^3$	4, 068, 563	3, 976, 282	1, 909, 733
		硬岩	$\mathrm{m}^3$	787, 464	769, 603	369, 626
		トンネルずり	$\mathrm{m}^3$	1, 116, 896	1, 115, 290	2, 181, 960
	盛土	切土流用土(路床)	$\mathrm{m}^3$	3, 809, 222	3, 782, 258	2, 620, 671
		切土流用土(路体)	$\mathrm{m}^3$	423, 247	420, 251	291, 186
	残土	残土処理 10km(土砂)	$\mathrm{m}^3$	896, 123	864, 796	611, 083
		残土処理 10km(軟岩)	$\mathrm{m}^3$	2, 136, 908	2, 062, 207	1, 457, 197
		残土処理 10km(硬岩)	$\mathrm{m}^3$	413, 595	399, 137	282, 038
	法面工	盛土	$\mathrm{m}^2$	379, 308	395, 975	266, 002
		切土	$\mathrm{m}^2$	427, 379	362, 935	197, 812
		モルタル吹付け	$\mathrm{m}^2$	58, 279	49, 491	26, 974
	地盤改良		$\mathrm{m}^2$	175, 007	155, 239	144, 351
			$\mathrm{m}^2$	113, 792	118, 792	79, 801
	函渠工	$1.0 \times 1.0$	m	922	699	370
		$2.0 \times 2.0$	m	1, 400	1, 123	1, 363
		$4.0 \times 5.0$	m	3, 227	2, 380	1,620
		$6.0 \times 5.0$	m	410	112	41
	排水工	PU 型側溝	m	40, 259	41, 104	23, 389

	中央分離帯工	W=0.5m	m	20, 130	20, 552	11, 694
橋梁	橋梁工	長大橋	$\mathrm{m}^2$	67, 884	72, 684	36, 984
		中小橋	$\mathrm{m}^2$	7, 798	4, 887	10, 976
トンネル	トンネルエ	長大トンネル	m	1, 110	0	6, 783
		中小トンネル	m	9, 044	10, 139	13, 053
舗装	舗装工	車道舗装(本線)	$\mathrm{m}^2$	271, 751	277, 452	157, 874
交通管理	施設等	ガードレール	m	40, 259	41, 104	23, 389
		標識	m	20, 130	20, 552	11, 694

なお、モルタル吹付け、標識については設計資料の情報からは $CO_2$ 排出原単位に対応した単位での数量が算出できなかったため、 $CO_2$ 排出量の算出対象外とした。

# <構造別の延長に基づく算出条件>

構造	細別	車線	幅員	単位	第1案	第2案	第3案
橋梁	長大橋	2 車線	12.0 m	m	5, 657	6, 057	3, 082
	中小橋	2 車線	13.5 m	m	578	362	813
トンネル	長大トンネル	2 車線	12.0 m	m	1, 110	0	6, 783
	中小トンネル	2 車線	12.0 m	m	9, 044	10, 139	13, 053

※設計図書において橋梁の数量は $[m^2]$ で検討されていたため、長大橋・中小橋の幅員で除して延長を算出した。

# <工種別の数量に基づく算出条件>

四の数里に基づく昇山米什么							
種別	細別	単位	第1案	第2案	第3案		
切土工	土砂	$\mathrm{m}^3$	1, 706, 172	1, 667, 473	800, 856		
	軟岩	$\mathrm{m}^3$	4, 068, 563	3, 976, 282	1, 909, 733		
	硬岩	$\mathrm{m}^3$	787, 464	769, 603	369, 626		
	トンネルずり	$\mathrm{m}^3$	1, 116, 896	1, 115, 290	2, 181, 960		
盛土	切土流用土(路床)	$\mathrm{m}^3$	3, 809, 222	3, 782, 258	2, 620, 671		
	切土流用土(路体)	$\mathrm{m}^3$	423, 247	420, 251	291, 186		
残土	残土処理 10km(土砂)	$\mathrm{m}^3$	896, 123	864, 796	611, 083		
	残土処理 10km(軟岩)	$\mathrm{m}^3$	2, 136, 908	2, 062, 207	1, 457, 197		
	残土処理 10km(硬岩)	$\mathrm{m}^3$	413, 595	399, 137	282, 038		
法面工	盛土	$\mathrm{m}^2$	379, 308	395, 975	266, 002		
	切土	$\mathrm{m}^2$	427, 379	362, 935	197, 812		
地盤改良		$\mathrm{m}^2$	175, 007	155, 239	144, 351		
		$\mathrm{m}^2$	113, 792	118, 792	79, 801		
函渠工	$1.0 \times 1.0$	m	922	699	370		
	$2.0 \times 2.0$	m	1, 400	1, 123	1, 363		
	$4.0 \times 5.0$	m	3, 227	2, 380	1,620		
	$6.0 \times 5.0$	m	410	112	41		
排水工	PU 型側溝	m	40, 259	41, 104	23, 389		
中央分離帯工	W=0.5m	m	20, 130	20, 552	11, 694		
舗装工	車道舗装(本線)	$\mathrm{m}^2$	271, 751	277, 452	157, 874		
施設等	ガードレール	m	40, 259	41, 104	23, 389		

# 試算に用いた CO<sub>2</sub> 排出原単位

原単位

●試算には構造別、工種別(積上)の CO₂排出原単位を用いた。

<構造別(車線数、幅員既知の場合)>

	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /km)		
橋梁	2 車線	幅員 10m 以上	30, 860
トンネル	2 車線	幅員 10m 以上	11, 328

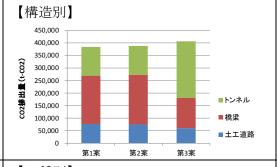
# <工種別の数量に基づく算出条件>

細別	規格	原単位採用工種	単位 (☆)	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
切土工	土砂	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391

	軟岩	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
	硬岩	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
	トンネルずり	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
盛土	切土流用土(路床)	路体(築堤)盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 200
	切土流用土(路体)	路床盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 466
残土	残土処理 10km(土砂)	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
	残土処理 10km(軟岩)	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
	残土処理 10km(硬岩)	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
法面工	盛土	種子散布	$\mathrm{m}^2$	3. 732
	切土	植生基材吹付	$\mathrm{m}^2$	4. 465
地盤改良		安定処理	$m^2$	11. 682
		安定処理	$\mathrm{m}^2$	11. 682
函渠工	$1.0 \times 1.0$	暗渠排水管	m	60. 84
	$2.0 \times 2.0$	暗渠排水管	m	60. 84
	$4.0 \times 5.0$	暗渠排水管	m	60. 84
	$6.0 \times 5.0$	暗渠排水管	m	60. 84
排水工	PU 型側溝	プレキャストU型側溝	m	72. 807
中央分離帯工	W=0.5m	カ゛ート゛ハ゜イフ゜	m	69. 576
舗装工	車道舗装(本線)	表層(車道・路肩部)	$\mathrm{m}^2$	7. 141
施設等	ガードレール	ガードレール	m	60. 728

# CO<sub>2</sub>排出量試算結果

CO<sub>2</sub>排出量



		単	位位:t-CO <sub>2</sub>
	第1案	第2案	第3案
土工道路	76, 531	74, 756	60, 300
橋梁	192, 401	198, 090	120, 201
トンネル	115, 025	114, 855	224, 702
合計	383, 956	387, 701	405, 203

【工種別】 450,000 400,000 - ■ 橋梁 ■土工道路-施設等 350,000 ■土工道路-舗装工 300,000 ■土工道路-中央分離帯工 250,000 ■土工道路-排水工 200,000 ■土工道路-函渠工 150,000 ■土工道路-地盤改良 100,000 ■土工道路-法面工 50,000 ■土工道路-残土 ■土工道路-盛土 0 ■土工道路-切土工

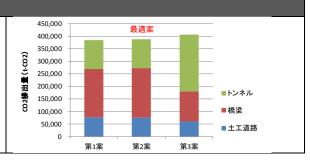
		単	位:t-CO <sub>2</sub>
	第1案	第2案	第3案
切土工	25, 449	25, 079	26, 429
盛土	5, 192	5, 155	3, 572
残土	30, 113	29,060	20, 535
法面工	3, 324	3, 098	1,876
地盤改良	3, 374	3, 201	2,619
函渠工	363	262	206
排水工	2, 931	2, 993	1,703
中央分離帯工	1, 401	1, 430	814
舗装工	1, 941	1, 981	1, 127
施設等	2, 445	2, 496	1,420
橋梁	192, 401	198, 090	120, 201
トンネル	115, 025	114, 855	224, 702
合計	383, 956	387, 701	405, 203

#### 考察

- ・構造別に見ると、第1案及び第2案は橋梁からの排出量が大きく、第3案はトンネルから の排出量が大きい。工種別に見ると、土工道路は切土工、残土からの排出量が大きい。
- ・設計報告書で最適案とされたのはコスト面、防災面等を総合的に勘案した第2案であるが、 CO<sub>2</sub>削減の観点からは最も排出量が少ない第1案と比較して約1%高い値となった。一方、 最も排出量が多い第3案と比較すると約4%低い値となった。

# PR ポイントの例

・設計報告書で最適案とされたルート案(第2案)は、コスト面、防災面等の面が総合的に勘案されたものである。CO<sub>2</sub>排出量の面では、最も排出量が少ない第1案と比較すると第2案は約1%多いが、最も排出量が多い第3案と比較すると第2案は約4%少ない。採用されたルート案はCO<sub>2</sub>排出量の面でも比較的優れた案となっている。



No.3:予備設計段階におけるルートの検討

工事概要							
検討段階:	予備設計(ルート検討)	施工延長:	6.7km				
道路構造:	土工道路/橋梁/トンネル	車線数:	4車線(トンネルは2車線)				
道路種別:	第1種第3級	幅員:	土工道路:22.0m				
			橋梁(本線単一区間):20.5~				
			22. Om				
			橋梁(本線上下線):9.5~10.5m				
			橋梁(ランプ):7.0m				
			トンネル:9.5m				
CO₂試算の目	]的						
比較検討案	・山間部における IC 間のルートの検討において、構造物比率を最も低くする案 (第1案) と、						
の概要	最も線形がよい案(第2案)と、地形改	変量を最少とで	する案(第3案)の3案。				
	・土工道路区間は工種を検討。橋梁、トン	ネル区間は延長	長のみ。				
試算の目的	・予備設計段階におけるルートの比較案に						
	間は工種別の数量に基づいて道路構造別	の CO <sub>2</sub> 排出量の	総量を把握する。				
試算の対象	・算出対象期間:資材の採取から工事の完	-					
範囲	・算出対象区間:土工道路、橋梁、トンネ	ル区間(6.7km	)				
	第 1 案	第2案	土工道路 トンネル 橋梁				

# 試算に用いた設計条件

数量等

設計資料に基づき、試算に用いる数量を工事内容別に整理した。

・土工道路区間については工種別に検討されていたが、橋梁、トンネル区間については延長等に基づき検討されていた。このため、橋梁、トンネル区間は構造別、土工道路区間は工種別に $CO_2$ の排出量試算に係る数量を整理した。

第3案

試算対象区間

費目	工種	細別	単位	第1案	第2案	第3案
道路	切土工		$\mathrm{m}^3$	847, 547	514, 407	261, 178
	盛土工	路床流用土	$\mathrm{m}^3$	31, 210	7, 827	10, 096
		路体流用土	$\mathrm{m}^3$	176, 854	65, 861	57, 213
	残土処理		$\mathrm{m}^3$	588, 009	409, 245	220, 395
	法面工	切土法面	$\mathrm{m}^2$	53, 613	22, 291	12, 397
		盛土法面	$\mathrm{m}^2$	11, 798	5, 190	4,634
	擁壁工	重力式 H=1m	m	0	21	0
		ブロック H=3m	m	210	71	27
		ブロック H=5m	m	50	93	60
		ブロック H=7m	m	192	76	151
		モタレ式 H=5m	m	146	48	115
		モタレ式 H=7m	m	102	186	0
		補強土壁	$\mathrm{m}^2$	595	42	839
	函渠工	$5.5 \times 6.0$	m	43	0	0
	排水工	土工延長当り	m	1,861	1,009	731
	中央帯	W=2.0m	m	0	137	0
橋梁	本線橋	上下部込み	$\mathrm{m}^2$	13, 490	11, 413	12, 665

	ランプ橋	上下部込み	$\mathrm{m}^2$	2, 940	1, 435	7, 280
トンネル	トンネル		m	1, 555	1,805	2, 530
舗装	本線		$\mathrm{m}^2$	22, 375	15, 856	6, 030
	ランプ		$\mathbf{m}^2$	5, 565	4,809	6, 298
交通管理	標識工		m	2, 476	2, 251	2, 126
	防護柵	ガードレール	m	2, 093	1, 336	679
	立入防止		m	4, 032	2, 662	1,652
	通信管路		m	2,016	1, 331	826
付帯工	付替水路	B1.5×H1.5	m	0	275	0

なお、擁壁工、排水工、標識工、立入防止、通信管路、付替水路については設計資料の情報からは  $CO_2$ 排出原単位に対応した単位での数量が算出できなかったため、 $CO_2$ 排出量の算出対象外とした。

#### <構造別の延長に基づく算出条件>

構造	車線	幅員	単位	第1案	第2案	第3案
	2 車線	9.75 m	m	1, 125	0	650
橋梁(本線)	2 車線	10.5 m	m	50	309	0
	4 車線	20.5~22.0 m	m	0	396. 5	240
橋梁(ランプ)	2 車線	7.0 m	m	420	205	630
	_	20 m**	m	0	0	145
トンネル	2 車線	9.5 m	m	1, 555	1,805	2, 530

※接続道路等との間の区間について、橋梁延長と面積から平均の幅員を推定した。

# <工種別の数量に基づく算出条件>

工種	細別	単位	第1案	第2案	第3案
切土工		$\mathrm{m}^3$	847, 547	514, 407	261, 178
盛土工	路床流用土	$\mathrm{m}^3$	31, 210	7, 827	10, 096
	路体流用土	$\mathrm{m}^3$	176, 854	65, 861	57, 213
残土処理		$\mathrm{m}^3$	588, 009	409, 245	220, 395
法面工	切土法面	$\mathrm{m}^2$	53, 613	22, 291	12, 397
	盛土法面	$\mathrm{m}^2$	11, 798	5, 190	4, 634
函渠工	$5.5 \times 6.0$	m	43	0	0
中央帯	W=2.0m	m	0	137	0
舗装	本線	$\mathrm{m}^2$	22, 375	15, 856	6,030
	ランプ	$\mathrm{m}^2$	5, 565	4, 809	6, 298
防護柵	ガードレール	m	2, 093	1, 336	679

# 試算に用いた CO2排出原単位

原単位

- ●試算には構造別、工種別(積上)の CO2 排出原単位を用いた。
- <構造別(幅員既知の場合)>

	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /km)		
	2 車線	幅員 10m 未満	13, 937
橋梁	2 車線	幅員 10m 以上	30, 860
	4 車線	_	43, 761
トンネル	2 車線	幅員 10m 未満	9, 530

※第3案の「橋梁(ランプ)幅員20m区間」については、橋梁4車線の原単位を適用した。

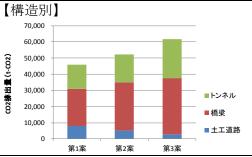
### <工種別の数量に基づく算出条件>

細別	規格	原単位採用工種	単位 (☆)	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
切土工		掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
盛土工	路床流用土	路床盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 466
	路体流用土	路体(築堤)盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 200
残土処理		残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737

	法面工	切土法面	法面整形(切土部)	$\mathbf{m}^2$	3. 178
		盛土法面	法面整形(盛土部)	$\mathbf{m}^2$	2. 940
	函渠工	$5.5 \times 6.0$	管(函)渠型側溝	m	88. 457
	中央帯	W=2.0m	歩車道境界ブロック	m	33. 890
	舗装	本線	表層(車道・路肩部)	$\mathrm{m}^2$	7. 141
		ランプ	表層(車道·路肩部)	$\mathbf{m}^2$	7. 141
	防護柵	ガードレール	ガードレール	m	60.728

# CO2排出量試算結果

CO<sub>2</sub>排出量 【相



		-	単位:t-CC
	第1案	第2案	第3案
土工道路	7, 957	5, 215	2,816
橋梁	23, 076	29, 744	34, 687
トンネル	14, 819	17, 202	24, 111
合計	45, 852	52, 161	61, 614

【工種別】 70.000 ■橋梁 60,000 ■ 土工道路-付帯工 50,000 302排出量(t-co2) ■ 土工道路-交通管理 40,000 ■十工道路-舗装 ■土工道路-中央帯 30,000 ■土工道路-函渠工 20,000 ■土工道路-法面工 10,000 ■土工道路-残土処理 ■土工道路-盛土工 0 ■土工道路-切土工 第1案 第2案

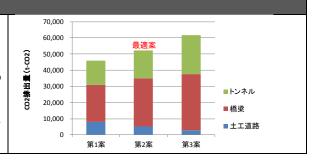
単位: t-CO<sub>2</sub> 第1案 第2案 第3案 切土工 2,026 1,230 624 盛土工 258 83 91 残土処理 5, 137 3,576 1,926 205 86 53 法面工 函渠工 4 0 0 中央带 0 5 0 舗装 200 148 88 交通管理 127 81 41 付帯工 0 0 0 橋梁 23,076 29,744 34,687 トンネル 24, 111 14,819 17, 202 合計 45, 852 52, 161 61,614

#### 考察

- ・構造別に見ると各案とも橋梁の排出量が最も大きく、次いでトンネルの排出量が大きくなっている。工種別に見ると、土工道路は残土処理の排出量が大きい。
- ・設計報告書で最適案とされたのは幾何構造、支障物件数、経済性、施工性コスト等を総合的に勘案した第2案であるが、CO<sub>2</sub>削減の観点からは最も排出量が少ない第1案と比較して約14%高い値となった。一方、最も排出量が多い第3案と比較すると約15%低い値となった。

# PR ポイントの例

- ・設計報告書で最適案とされたルート案(第2案)は、幾何構造、支障物件数、経済性、施工性コスト等の面が総合的に勘案されたものである。CO2排出量の面では、最も排出量が少ない第1案と比較すると第2案は約14%多いが、最も排出量が多い第3案と比較すると第2案は約15%少ない。
- ・ルート決定後の資機材の検討にあたり、CO<sub>2</sub>排出量の面も考慮することが考えられる。



### No. 4: 予備設計段階におけるルートの検討

工事概要			
検討段階:	予備設計(ルート検討)	施工延長:	5.9km
道路構造:	土工道路/橋梁/トンネル	車線数:	2 車線
道路種別:	第1種第3級	幅員:	土工道路:13.5m
			橋梁:12.0m
			トンネル:12.0m

#### CO2試算の目的

比較検討案 の概要

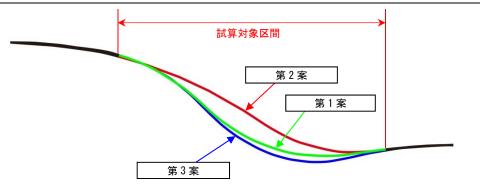
- ・沿岸部において、概略設計で最適案とされたルートの一部の区間について、概略設計による選定ルート(第1案)、長大切土、高盛土を解消するためにトンネルを中心とした山側のルート(第2案)、長大切土を解消するために土工規模を低減した海側のルート(第3案)の3案。
- ・土工道路区間は工種を検討。橋梁、トンネル区間は延長のみ。

試算の目的

・予備設計段階におけるルートの比較案について、橋梁、トンネル区間は延長、土工道路区間は工種別の数量に基づいて道路構造別の CO<sub>2</sub>排出量の総量を把握する。

試算の対象 範囲

- ・算出対象期間:資材の採取から工事の完了まで
- ・算出対象区間:土工道路、橋梁、トンネル区間(5.9km)



# 試算に用いた設計条件

数量等

- 設計資料に基づき、試算に用いる数量を工事内容別に整理した。
- ・土工道路区間については工種別に検討されていたが、橋梁、トンネル区間については延長等に基づき検討されていた。このため、橋梁、トンネル区間は構造別、土工道路区間は工種別に $CO_2$ の排出量試算に係る数量を整理した。

工種	種別	細別	単位	第1案	第2案	第3案
道路	切土工	土砂	$\mathrm{m}^3$	192, 498	53, 204	149, 872
		軟岩	$\mathrm{m}^3$	500, 494	138, 330	389, 666
		硬岩	$\mathrm{m}^3$	76, 999	21, 282	59, 949
	トンネルずり	軟岩 I	$\mathrm{m}^3$	0	36, 768	0
		軟岩Ⅱ	$\mathrm{m}^3$	0	31, 515	0
		硬岩	$\mathrm{m}^3$	0	36, 768	0
	盛土	切土流用土(路体)	$\mathrm{m}^3$	288, 843	37, 007	382, 445
		切土流用土(路床)	$\mathrm{m}^3$	32, 094	4, 112	42, 494
	残土	残土処理10km(土砂)	$\mathrm{m}^3$	116, 754	71, 954	45, 382
		残土処理10km(軟岩)	$\mathrm{m}^3$	278, 414	171, 583	108, 219
		残土処理10km(硬岩)	$\mathrm{m}^3$	53, 887	33, 210	20, 946
	排水工	PU 型側溝	m	3, 686	1,550	3, 160
	中央分離帯工	W=0.5m	m	1, 843	775	1, 580
橋梁	橋梁工	長大橋	$\mathrm{m}^2$	5, 484	6, 120	9, 120
トンネル	トンネルエ	中小トンネル	m	0	955	0
舗装	舗装工	車道舗装(本線)	$\mathrm{m}^2$	22, 116	9, 300	18, 960
交通管理	施設等	ガードレール	m	3, 686	1, 550	3, 160
		標識	m	2, 300	1, 285	2, 340

なお、標識については設計資料の情報からは  $CO_2$ 排出原単位に対応した単位での数量が算出できなかったため、 $CO_2$ 排出量の算出対象外とした。

# <構造別の延長に基づく算出条件>

構造	車線	幅員	単位	第1案	第2案	第3案
橋梁	2 車線	12.0 m	m	457	510	760
トンネル	2 車線	12.0 m	m	0	955	0

※設計図書において橋梁の数量は $[m^2]$ で検討されていたため、長大橋の幅員で除して延長を算出した。

# <工種別の数量に基づく算出条件>

種別	細別	単位	第1案	第2案	第3案
切土工	土砂	$\mathrm{m}^3$	192, 498	53, 204	149, 872
	軟岩	$\mathrm{m}^3$	500, 494	138, 330	389, 666
	硬岩	$\mathrm{m}^3$	76, 999	21, 282	59, 949
トンネルずり	軟岩 I	$\mathrm{m}^3$	0	36, 768	0
	軟岩Ⅱ	$\mathrm{m}^3$	0	31, 515	0
	硬岩	$\mathrm{m}^3$	0	36, 768	0
盛土	切土流用土(路体)	$\mathrm{m}^3$	288, 843	37, 007	382, 445
	切土流用土(路床)	$\mathrm{m}^3$	32, 094	4, 112	42, 494
残土	残土処理 10km(土砂)	$\mathrm{m}^3$	116, 754	71, 954	45, 382
	残土処理 10km(軟岩)	$\mathrm{m}^3$	278, 414	171, 583	108, 219
	残土処理 10km(硬岩)	$\mathrm{m}^3$	53, 887	33, 210	20, 946
排水工	PU 型側溝	m	3, 686	1, 550	3, 160
中央分離帯工	W=0.5m	m	1,843	775	1, 580
舗装工	車道舗装(本線)	$\mathrm{m}^2$	22, 116	9, 300	18, 960
施設等	ガードレール	m	3, 686	1, 550	3, 160

# 試算に用いた CO<sub>2</sub> 排出原単位

原単位

- ●試算には構造別、工種別(積上)の CO2排出原単位を用いた。
- <構造別(車線数、幅員既知の場合)>

	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /km)		
橋梁	2 車線	幅員 10m 以上	30, 860
トンネル	2 車線	幅員 10m 以上	11, 328

# <工種別の数量に基づく算出条件>

細別	規格	原単位採用工種	単位 (☆)	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
切土工	土砂	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
	軟岩	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
	硬岩	掘削	$\mathrm{m}^3$	2. 391
トンネルずり	軟岩 I	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
	軟岩Ⅱ	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
	硬岩	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
盛土	切土流用土(路体)	路体(築堤)盛土	$\mathrm{m}^3$	1. 20
	切土流用土(路床)	路床盛土	$\mathrm{m}^3$	1.466
残土	残土処理10km(土砂)	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
	残土処理10km(軟岩)	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
	残土処理10km(硬岩)	残土等処分	$\mathrm{m}^3$	8. 737
排水工	PU 型側溝	プレキャストU型側溝	m	72.807
中央分離帯工	W=0.5m	ガードパイプ	m	69. 576
舗装工	車道舗装(本線)	表層(車道·路肩部)	$m^2$	7. 141
施設等	ガードレール	ガードレール	m	60. 728

#### CO。排出量試算結果 CO<sub>2</sub>排出量 【構造別】 単位: t-CO<sub>2</sub> 35.000 第1案 第2案 第3案 30,000 土工道路 6,936 4,222 25,000 :02排出量(t-c02) 14, 103 橋梁 15, 739 20,000 トンネル 10,818 15,000 ■トンネル 合計 21,039 30,779 10,000 ■橋梁 5.000 ■土工道路 0 第1案 第2案 第3案 【工種別】 単位: t-CO<sub>2</sub> 35.000 ■トンネル 第1案 第2案 第3案 ■橋梁 30,000 切土工 1,841 509 ■土工道路-施設等 25,000 c02排出量(t-c02) ■土工道路-舗装工 トンネルずり 918 ■土工道路-中央分離帯工 20.000 394 50 盛土 ■土工道路-排水工 15,000 ■土工道路-残土 3,923 2,418 残土 10,000 ■土工道路-盛土

■土工道路-トンネルずり

■土工道路-切土工

考察

・構造別に見ると各案とも橋梁の排出量が最も大きい。第1案と比較して、第2案は土工道 路の排出量が小さくなっているがトンネルが大きく上乗せされている。また第3案は、土 工道路の排出量が小さくなっているが橋梁の排出量が増加している。土工道路の工種別に 見ると、第1案の残土の排出量が最も大きく、第2案、第3案の順で小さくなっている。

排水工

舗装工 施設等

橋梁

合計

トンネル

中央分離帯工

・設計報告書で最適案とされたのは社会的項目(用地取得等)、技術的項目(施工性等)、走行 安全性、防災、景観、経済性等を総合的に勘案した第1案である。CO2削減の観点からも最 も CO<sub>2</sub>排出量が少ない案となっている。

# PR ポイントの例

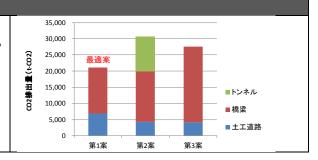
・走行安全性、防災、景観、経済性等を総合的に勘案し て選定されたルート案(第1案)は、CO<sub>2</sub>排出量の面でも 最適案となっている。

5,000

0

第1案

第2案



268

128

158

224

0

14, 103

21,039

4, 147

23, 454

27,601

1, 433

0

521

230

110

135

192

0

23, 454

27,601

1,525

113

54

66

94

15, 739

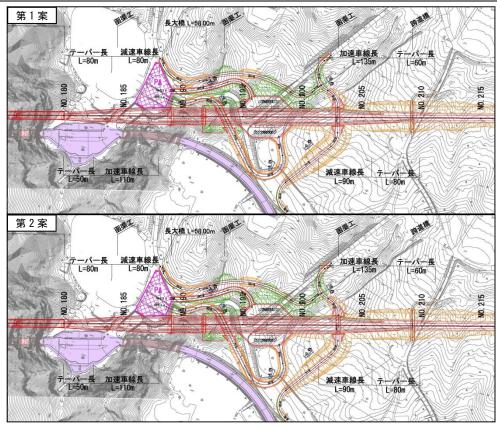
10,818

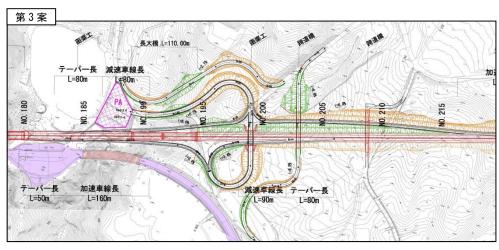
30, 779

0

No.5: 予備設計段階における IC · JCT の検討

工事概要						
検討段階:	予備設計(IC・JCT 検討)	施工延長:	936m			
道路構造:	土工道路/橋梁	車線数:	2 車線			
道路種別:	第1種第3級	幅員:	土工道路:13.5m			
			橋梁:12.0m、跨道橋:5.0 m			
CO <sub>2</sub> 試算の	目的					
比較検討案	・道の駅の付近の IC について、本線 PA+違	直の駅接続(ハイ	ウェイオアシス)案(第1案)、道の			
の概要	駅直結(集約ダイヤモンド型 IC)案(第 2 🥞	案)、道の駅直線	告(トランペット型 IC)案(第3案)の			
	3 案。					
	・土工道路区間は工種を検討。橋梁は延長のみ。					
試算の目的	・予備設計段階における IC・JCT の比較案に	こついて、橋梁国	区間は延長、土工道路区間は工種別			
	の数量に基づいて道路構造別の CO2排出量の総量を把握する。					
試算の対象	・算出対象期間:資材の採取から工事の完了まで					
範囲	・算出対象区間: 土工道路、橋梁区間 (936m)					
	第1客	I				





# 試算に用いた設計条件

数量等

設計資料に基づき、試算に用いる数量を整理した。

土工道路区間については工種別、橋梁区間については延長で整理されていた。

工種	種別	細別	単位	第1案	第2案	第3案
土工	切土	土砂	$\mathrm{m}^3$	94, 555	167, 630	128, 320
道路		軟岩	$\mathrm{m}^3$	94, 555	167, 630	128, 320
	盛土		$\mathrm{m}^3$	85, 275	62, 140	70, 740
	切土法面	土砂	$\mathrm{m}^2$	10,800	12, 750	12,675
		軟岩	$\mathrm{m}^2$	10,800	12, 750	12,675
	盛土法面	種子散布	$\mathrm{m}^2$	11, 165	8, 599	8, 509
	路盤工	下層路盤	$\mathrm{m}^2$	25, 416	26, 460	27, 913
	擁壁工	補強土壁	$\mathrm{m}^2$	2, 862	2,862	2,862
	函渠工	1	m	1	1	1
	排水工	1	m	1,652	1,652	1,652
	防護柵工	1	m	1,652	1,652	1,652
	舗装工	1	$m^2$	25, 416	26, 460	27, 913
	中央分離帯工	_	m	936	936	936
	標識工	1	m	936	936	936
	立入防止柵工		m	1,652	1,652	1,652
	通信管路工	_	m	936	936	936
橋梁	橋梁工	長大橋	m	110	110	110
		跨道橋	m	51	176	132

なお、標識工については設計資料の情報からは $CO_2$ 排出原単位に対応した単位での数量が算出できなかったため、 $CO_2$ 排出量の算出対象外とした。

・上記の各工事の数量について、 $CO_2$ 排出量は、橋梁区間は構造別、土工道路は擁壁工を除いて工種別に整理した。擁壁工は該当する  $CO_2$ 排出原単位がないことから、テールアルメエを想定し、資機材別に整理した。

# <構造別の延長に基づく算出条件>

構造	車線	幅員	単位	第1案	第2案	第3案
橋梁	2 車線	12.0 m	m	110	110	110
橋梁(跨道橋)	_	5.0 m	m	51	176	132

# <工種別の数量に基づく算出条件>

種別	細別	単位	第1案	第2案	第3案
切土	土砂	$\mathbf{m}^3$	94, 555	167, 630	128, 320
	軟岩	$\mathrm{m}^3$	94, 555	167, 630	128, 320
盛土		$\mathrm{m}^3$	85, 275	62, 140	70, 740
切土法面	土砂	$\mathbf{m}^2$	10,800	12, 750	12, 675
	軟岩	$\mathbf{m}^2$	10,800	12, 750	12, 675
盛土法面	種子散布	$\mathrm{m}^2$	11, 165	8, 599	8, 509
路盤工	下層路盤	$m^2$	25, 416	26, 460	27, 913
函渠工		m	1	1	1
排水工		m	1,652	1,652	1,652
防護柵工		m	1,652	1,652	1,652
舗装工	_	$m^2$	25, 416	26, 460	27, 913
中央分離帯工	_	m	936	936	936
立入防止柵工		m	1,652	1,652	1,652
通信管路工	_	m	936	936	936

# <資材別(テールアルメ)>

工事内容	資材	単位	数量
テールアルメエ	壁面材	$\mathbf{m}^2$	2, 862

#### <機材別(テールアルメ)>

工事内容	機材(重量)	単位	数量
壁面材組立・設置工	ラフテレーンクレーン(26.7t)	供用日	19
	バックホウ(クローラ型) (12.1t)	供用日	94
まき出し・締固め工	ブルドーザ(7.4t)	供用日	15
	バックホウ(クローラ型) (12.1t)	供用日	11
	振動ローラ(3.6t)	供用日	12

# <機材(燃料)別(テールアルメ)>

工事内容	燃料(機材)	単位	数量
壁面材組立・設置工	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	1,717
	軽油 (バックホウ)	L	3, 950
まき出し・締固め工	軽油 (ブルドーザ)	L	394
	軽油 (バックホウ)	L	454
	軽油 (バックホウ)	L	100

# CO<sub>2</sub>排出量算出のための単位変換

単位変換

- ●資材の数量の単位変換
- ・テールアルメエの壁面材について、CO2 排出原単位に乗じるために、メーカー資料を参考に数量の単位変換を行った。(1 枚あたり 750kg、1.5m×1.48m)

種別	細別	単位変換			
作里方寸	が口力リ	名称	単位	係数	
テールアルメエ	壁面材	単位重量	$t/m^2$	0. 338	

# 試算に用いた CO2排出原単位

原単位

- ●試算には構造別、工種別(積上型)、工種別(施工パッケージ型)、資機材別の CO<sub>2</sub>排出原単位 を用いた。
- <構造別(車線数、幅員既知の場合)>

	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /km)		
橋梁	2 車線	幅員 10m 未満	13, 937
<b>尚朱</b>	2 車線	幅員 10m 以上	30, 860

※跨道橋(幅員5.0m)は2車線ではないが、整理されている原単位のうち最も仕様が近い原単位を適用した。

# <工種別の数量に基づく算出条件>

#### 【工種別原単位(積上型)】

細別	規格	原単位採用工種	単位 (☆)	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
盛土法面	種子散布	種子散布	$\mathrm{m}^2$	3. 732
函渠工	_	管(函)渠型側溝	m	88. 457
排水工	_	小段排水	m	44. 762
防護柵工	_	カ゛ート゛レール	m	60. 728
舗装工	_	表層(車道·路肩部)	$\mathrm{m}^2$	7. 141
中央分離帯工	_	歩車道境界ブロック	m	33. 890
立入防止柵工	_	支柱・金網(フェンス)(立入防止柵)	m	36. 406
通信管路工	_	ヒューム管(B形管)	m	142. 112

#### 【工種別原単位(施工パッケージ対応型)】

<b>∜m</b> ⊟ul	規格	原単位採用工種	単位	CO <sub>2</sub> 排出原単位	l
細別	况俗	原単位採用工種	(☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)	l

_				
切土	土砂	土砂/オープンカット/-/無し/無し/50,000m3 未満/-/-/-	$\mathrm{m}^3$	1. 441
	軟岩	軟岩/オープンカット/-/-/無し/500m3 未満 /-/無し;無し	$\mathrm{m}^3$	8. 111
盛土		4.0m 以上/敷均し+締固め/-/10,000m3 未満/無し	$\mathrm{m}^3$	0. 816
切土法面	土砂	切土部/-/無し/レキ質土、砂及び砂質土、 粘性土	$\mathrm{m}^2$	2. 940
	軟岩	切土部/-/有り/軟岩 I、軟岩 II、中硬岩、 硬岩	$\mathrm{m}^2$	0.000
路盤工	下層路盤	125mm 超 175mm 以下;クラッシャーラン C-40	$\mathbf{m}^2$	4. 601

# <資材別(テールアルメ)>

工事内容	資材	原単位名	単位 (☆)	原単位 資材 (t-CO <sub>2</sub> /☆)	原単位 運搬 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
テールアルメエ	壁面材	壁面材	t	220. 624	18. 411

# <機材別>

次式により算出した。

供用日(日)×3.96(kg-CO<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

# <燃料(機材)別>

燃料(機材)	単位	原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)			
深公本生 (15英47)	(☆)	資材	運搬	建機稼働	
軽油	L	0.327	0.0317	2. 589	

# CO<sub>2</sub>排出量試算結果

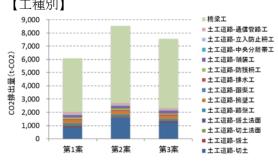
#### CO<sub>2</sub>排出量 【構造別】 9,000 8,000 7,000 CO2排出量(t-CO2) 6,000 5,000 4,000 3,000 ■橋梁 2,000 1,000 ■土工道路 0 第1案 第2案 第3案

# 【構造別】

単位: t-CO<sub>2</sub>

	第1案	第2案	第3案
土工道路	2,002	2,690	2, 338
橋梁	4, 105	5, 848	5, 234
合計	6, 107	8, 537	7, 572

# 【工種別】



# 【工種別】

単位: t-CO。

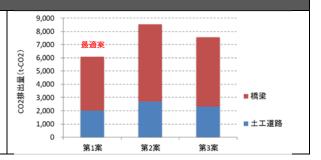
	平世.1-002			
	第1案	第2案	第3案	
切土	903. 19	1,601.20	1, 225. 71	
盛土	69. 58	50.71	57.72	
切土法面	31. 75	37. 49	37. 26	
盛土法面	41. 67	32.09	31.75	
路盤工	116. 94	121.74	128. 43	
擁壁工	258. 23	258. 23	258. 23	
函渠工	0.09	0.09	0.09	
排水工	73. 95	73. 95	73. 95	
防護柵工	100. 32	100.32	100.32	
舗装工	181.50	188. 95	199. 33	
中央分離帯工	31. 72	31. 72	31. 72	
立入防止柵工	60.14	60.14	60. 14	
通信管路工	133. 02	133. 02	133. 02	
橋梁工	4, 105. 39	5, 847. 51	5, 234. 28	
合計	6, 107	8, 537	7, 572	

# 考察

- ・構造別に見ると、土工道路よりも橋梁からの排出量が大きい。工種別に見ると、土工道路 は切土からの排出量が大きい。
- ・設計報告書で最適案とされたのはアクセス性、土地利用との整合、施工性、経済性等を総合的に勘案した第1案である。 $CO_2$ 削減の観点からも最も少ない案となっている。

# PR ポイントの例

・アクセス性、土地利用との整合、施工性、経済性等を 総合的に勘案して選定されたルート案(第1案)は、CO<sub>2</sub> 排出量の面でも最適案となっている。



# No. 6: 詳細設計段階における舗装材料の検討

10.0: 許쐔設計	段階における舗装↑	1科の快討				
工事概要						
検討段階:	詳細設計(舗装検	討)		施工延長:	4km	
道路構造:	土工道路			車線数:	4 車線	
道路種別:	第1種第3級			幅員:	土工道路:20.5	ōm .
CO2試算の	目的					
比較検討案	・舗装工の下層路	盤材として	、路盤材用切	込砕石(第1案	)、コンクリート	用砂(第2案)、コ
の概要	ンクリート用再		71			
	・路盤材の数量が					
試算の目的			路盤材料の比	餃案について、	資材別の CO <sub>2</sub> 排出	出量の総量(資材由
	来のみ)を把握っ					
試算の対象	• 算出対象期間:			A) ( )		
範囲	・算出対象区間:	土上直路の	卜層路盤材部	分(4km)		
			単 — 断 (拝 み S	面区間		設計集件 標識問別 1種3級
			盛土			数計速度 30 km/h 縁間研究選至 1,000(以上3.00余漢(台/日 - 方向) 電 原 F 00元(設計解除20年) 数数(日 F 9) 3 5
		用地建保模7. 5m以上 25	0 209 1750 7000 200 50 1250 500 3500 3500 500 20	0 700 1750 0 500 800 800 100 100 100 100 100 100 100 1		
	# 12					
	_用地推荐 ②入款止册 3340		200	120		
	MAN.	2 Aを担定機 の	50818 6. G	1000		_
	リ型倒集	7		善 層 様水性離裂液合物 t= 基 層 相性度アスコン t= 基 層 相性度アスコン t=	fon <u>ウロドモング</u> fon <u>ウウンディング</u>	日本連邦 1の程章 2人民と乗 2人民と乗
				上層発盤 アスファルト安定処理 は- 上層発盤 アスファルト安定処理 は- 下層発盤 切込材料(0~40回級) は10 とその	fon 小股地水連入型	100 100 MARK
	2 (SM)					
	2725227		切土	<u> </u>	用地模在模7.5m以上 用地址图 ////////////////////////////////////	
	● 小班班来和A型	V 1000	215 30 1750 7000 200 1250 500 3500 3500 500 200	0 1010 1750 500 0 1010 1750 500 0 500 3600 3500 \$00,1210	200 98 89	
		ORBITARAD OF	190 190 190 190 190 190 190 190 190 190	(9.50 ID カードレール(南亜型) ロールドガンター		
		2374174		20%	3227127	
	SERVED SE					
	<ul> <li>東 東京の経営を含む。 いくなの</li> <li>東 東京教育であると、 でもの</li> <li>東 東京教育であると、 でもの</li> <li>上の数 アフランションである。 したない</li> </ul>					
	比較案 下層路盤材 (t=65cm)					
		第1案	路盤用骨材	切込砕石 40	) <sub>mm</sub>	
		第2案	砂 コンク!	ノート用		

# 試算に用いた設計条件

数量等

下層路盤材の数量を整理した。

<資材別の延長に基づく算出条件>

第3案

構造	単位	第1案	第2案	第3案
下層路盤材(t=65cm)	$\mathrm{m}^3$	40, 248	40, 248	40, 248

再生骨材 コンクリート 40mm

設計資料に示された、下層路盤工の対象面積 61,920m<sup>2</sup>及び層厚 0.65m から対象数量を算出した。

# CO<sub>2</sub>排出量算出のための単位変換

原単位

- ●資材の数量の単位変換
- ・下層路盤材の使用量 (m³) に、平成28年度(10月版) 土木工事数量算出要領(案) に掲載された単位体積質量を乗じて単位変換を行った。路盤用骨材、再生骨材ともにクラッシャーランを想定した。

種別	細別	単位変換			
作里方り	が中方り	名称	単位	係数	
路盤用骨材	切込砕石 40mm	単位重量	t/m³	2.040	
砂	コンクリート用	単位重量	t/m³	1.740	
再生骨材	コンクリート 40mm	単位重量	t/m³	2.040	

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

<資材別>

CO<sub>2</sub>排出原単位(t-CO<sub>2</sub>/t)

細別	規格	採用原単位資材名	単位 (☆)	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
路盤用骨材	切込砕石 40mm	砕石	t	10. 559
砂	コンクリート用	コンクリート用骨材 砂利・砂	t	18. 345
再生骨材	コンクリート 40mm	再生砕石	t	5. 489

# CO2排出量試算結果

CO2排出量



		里1	$\overline{\underline{\mathbf{v}}}: \mathbf{t} - \mathbf{CO}_2$
構造	第1案	第2案	第3案
下層路盤材	867	1, 285	451

考察

・設計報告書で最適案とされたのは経済性を勘案した第3案である。 $CO_2$ 削減の観点からも $CO_2$ 排出量が最も少ない案となっている。

# PR ポイントの例

・経済性を勘案して選定された資材案(第3案)は、CO<sub>2</sub>排 出量の面でも最適案となっている。



N

工事概要			
検討段階:	詳細設計 (盛土検討)	施工延長:	50m
道路構造:	土工道路	車線数:	4 車線
道路種別:	第1種第3級	幅員:	土工道路: 20.5m
002試算の	<b>目的</b>		
比較検討案 の概要		一案 2 : tr2 層定着(第 2 案	、アンカー案 1 : Ss-W1 (砂岩・泥 )、ボルト案 : tr2 層定着 (第 3 案
試算の目的			、工法別の CO2排出量の総量と由
試算の対象 範囲	・算出対象期間:資材の採取 ・算出対象区間:土工道路の		面積は 330m²)
	第1案 第1案 第100kg 2章 0 0 d. 2*	議策( Jan 100%	P =4160.002
		72(172-0)	tr2 tr2(tr2-a)
	グラウンドアンカーエ か12 Tenstrand-1本 3 0m配置 設計機量60 6所 か0m 定着長3 Se-1機定着 ( r 1, 000/mm2)	•	is-s-#1-Ss-s
	第 2 案  ##################################	接着の (m× 100% 発表の (m× 50%)	P =4160,002
		工。3. Om和理 90ma 沒有長6. Sm	tr2 tr2(tr2-a)  S5-5-a1-S6-5
	第3案 第3案 第4本以 Probaba 2第本のは2*	通常0 Ba x 100% 通常0 Ba x 50%	P =4160,002
		172(172-6)	tr2 tr2(tr2-a)
	<u>ロックボルトエ</u> 30145-019 1. 5mb 設計得更15M らか tr2~開発着15A	面 Dan 2番長2.0m	So-s-#1-So-s

# 試算に用いた設計条件

# 数量等

# ●工事数量の把握

・設計図書において、第1案及び第2案は27.0 $m^2$ (延長3.0m×高さ9.0m)あたり、第3案は13.5m(延長1.5m×高さ9.0m)あたりの数量が整理されていた。数量は以下のとおり。(設計資料からの引用)

工種	細目		単位	第1案	第2案	第3案
工工			7-13-	$(27m^2 b t)$	(27m²あたり)	(13.5㎡あたり)
法面工	ラス張工		$m^2$	27.0	27.0	13. 5
	法枠工	F400	m	22.0	22.0	0
		F300	m	0	0	17. 4
	枠内中詰工	植生基材 5cm	$m^2$	18. 2	18.2	8.3
アンカー工	アンカー工	平均 L=15.7m $\phi$ 90	本	3	0	0
		平均 L=10.5m φ 90	本	0	2. 5	0
		平均 L=9.0m φ 115	本	0	0.5	0
ボルトエ	ボルトエ	平均 L=3.5m $\phi$ 90	本	0	0	7
足場工			空 m³	0	0	42

# ●資機材の数量の算出

・上記で整理した各工事に必要となる資機材を、設計資料から引用し整理した。法面工の 各種別やアンカー工、ボルト工の削孔、注入については積算参考資料に基づき資機材を 算出した。

# ○法面工【単位施工量あたり】

種別	資機材名	資機材詳細	単位	数量
ラス張工	菱形金網	#14 50×50	$\mathbf{m}^2$	1.4
	アンカー	φ 16 L=400	本	0.3
	補助アンカー	φ9 L=200	本	1.5
	発動発電機	10 k VA	日	0.006
	軽油	(発動発電機 10 k VA)	目	0.006
法枠工 F400	モルタル		$\mathrm{m}^3$	0.208
	モルタルコンクリート吹付機		日	0.0254
	軽油	(モルタルコンクリート吹付機)	目	0.0254
	軽油	(トラクタショヘ゛ル)	日	0.0254
法枠工 F300	モルタル		$\mathbf{m}^3$	0.117
	モルタルコンクリート吹付機		目	0.0143
	軽油	(モルタルコンクリート吹付機)	目	0.0143
	軽油	(トラクタショヘ゛ル)	目	0.0143
枠内中詰 植生基材 5cm	生育基盤材	木本タイプ	$\mathrm{m}^3$	0.0645
	モルタルコンクリート吹付機	0.8~1.2 m³/h	月	0.6
	軽油	(モルタルコンクリート吹付機)	目	0.6

# ○アンカーエ (平均 L=15.7m φ90)【アンカー1 本あたり】

種別	資機材名	資機材詳細	単位	数量
削孔 ロータリーハ゜ーカッショント゛リルクロー	リングビット	φ 90mm 用	個	0. 1599
ラ型 二重管施工 φ90mm	ドリルパイプ	φ90mm用(1.5m)	個	0.0861
粘性·砂質土	インナーロッド	φ90mm用(1.5m)	個	0.1107
: 12. 3m	インナービット	φ 90mm 用	個	0.1107
	クリーニングアダプタ	φ 90mm 用	個	0.0246
	シャンクロッド	φ 90mm 用	個	0.0369
	エキステンションロッド	φ 90mm 用	個	0.0369
	ボーリングマシン	[ロータリーパーカッション式] クローラ型 81 kW級	日	0. 246
	電力	(ボーリングマシン)	日	0. 246
削孔 ロータリーハ゜ーカッショント゛リルクロー	リングビット	φ 90mm 用	個	0.0914

1 1	二重管施工 φ90mm	ドリルパイプ	φ90mm用(1.5m)	個	0. 1071
軟岩 : 3.	15m	インナーロッド	φ90mm 用(1.5m)	個	0.0756
	10111	インナービット	φ 90mm 用	個	0.0504
		クリーニングアダプタ	φ 90mm 用	個	0.0126
		シャンクロッド	φ 90mm 用	個	0. 0158
		エキステンションロッド	φ 90mm 用	個	0.0158
		ボーリングマシン	[ロータリーハ゜ーカッション式] クローラ型 81 kW級	日	0. 1103
		電力	(ボーリングマシン)	日	0.1103
	ウト注入打設工 セメントミル オ工込み) ロス率 3.2倍	普通ポルトランドセメント		$\mathrm{m}^3$	0.31
SCア	ンボンド (SC-U2)	SC アンボンド (SC-U2)	φ 12. 7mm	kg	12.9
パイ	ロットキャップ	パイロットキャップ	PC5-3H	個	1.0
スペ	ーサー	スペーサー	PC5-3H	個	2.0
結束	バンド	結束バンド	СВ	個	4.0
アン	カーヘッド (ナット付)	アンカーヘッド(ナット付)	K5-1LLG	個	1 0
		7 4 74 7 1 (7 7 1 1 1)	NO ILLO	他	1.0
くさ	,	くさび	φ 12. 7mm 用	組	1.0
_ , _	,	,			
アン	び	くさび	φ 12. 7mm 用	組	1.0
アンアン	びカープレート	くさびアンカープレート	φ 12.7mm 用 AP20-50-16M	組枚	1.0
アンアン	び カープレート ダープレート	くさび アンカープレート アンダープレート	φ 12.7mm 用 AP20-50-16M UP20-122-6M	組 枚 枚	1.0 1.0 1.0
アンアンヘッアル	び カープレート ダープレート ドキャップ	くさび アンカープレート アンダープレート ヘッドキャップ	φ 12.7mm 用 AP20-50-16M UP20-122-6M HC5-3LL	組 枚 枚 個	1. 0 1. 0 1. 0 1. 0
アン アン ヘッ アル	び カープレート ダープレート ドキャップ ミキャップ	くさび アンカープレート アンダープレート ヘッドキャップ アルミキャップ	φ 12.7mm 用 AP20-50-16M UP20-122-6M HC5-3LL AC160	超 枚 枚 個 個	1. 0 1. 0 1. 0 1. 0 1. 0

# ○アンカーエ (平均 L=10.5m φ 90)【アンカー1 本あたり】

種別	資機材名	資機材詳細	単位	数量
削孔 ロータリーハ゜ーカッショント゛リルクロー	リングビット	φ90mm 用	個	0. 1333
ラ型 二重管施工 φ90mm 粘性・砂質土	ドリルパイプ	φ90mm用(1.5m)	個	0.0718
: 10. 25 m	インナーロッド	φ90mm用(1.5m)	個	0.0923
	インナービット	φ 90mm 用	個	0. 0923
	クリーニングアダプタ	φ 90mm 用	個	0. 0205
	シャンクロッド	φ 90mm 用	個	0. 0308
	エキステンションロッド	φ 90mm 用	個	0.0308
	ボーリングマシン	[ロータリーハ゜ーカッション式] クローラ型 81 kW級	日	0. 205
	電力	(ボーリングマシン)	日	0. 205
グラウト注入打設工 セメントミル ク (材工込み) ロス率 3.2 倍	普通ポルトランドセメント		$\mathrm{m}^3$	0. 21
SC アンボンド (SC-U2)	SC アンボンド (SC-U2)	$\phi$ 12. 7mm	kg	8.9
パイロットキャップ	パイロットキャップ	РС5-ЗН	個	1.0
スペーサー	スペーサー	PC5-3H	個	4.0
結束バンド	結束バンド	CB	個	8.0
アンカーヘッド (ナット付)	アンカーヘッド (ナット付)	K5-1LLG	個	1.0
くさび	くさび	φ 12.7mm 用	組	1.0
アンカープレート	アンカープレート	AP20-50-16M	枚	1.0
アンダープレート	アンダープレート	UP20-122-6M	枚	1.0
ヘッドキャップ	ヘッドキャップ	HC5-3LL	個	1.0
アルミキャップ	アルミキャップ	AC160	個	1.0
アンダーキャップ	アンダーキャップ	UC5-1	個	1.0

キューダス HC	ヘッドキャップ内防食油	kg	0.4	
ノンコロージョン	ノンコロージョン	kg	0.5	

# ○アンカーエ (平均 L=9.0m φ 115) 【アンカー1 本あたり】

種別	資機材名	資機材詳細	単位	数量
削孔ロータリーハ。ーカッショント、リルクロー	リングビット	φ 90mm 用	個	0. 1138
ラ型 二重管施工 φ 90mm 粘性・砂質土	ドリルパイプ	φ90mm 用(1.5m)	個	0.0613
: 8.75m	インナーロッド	φ90mm用(1.5m)	個	0.0788
	インナービット	φ 90mm 用	個	0.0788
	クリーニングアダプタ	φ 90mm 用	個	0.0175
	シャンクロッド	φ 90mm 用	個	0. 0263
	エキステンションロッド	φ 90mm 用	個	0. 0263
	ボーリングマシン	[ロータリーハ゜ーカッション式] クローラ型 81 kW級	日	0. 1750
	電力	(ボーリングマシン)	日	0. 1750
グラウト注入打設工 セメントミル ク (材工込み) ロス率 3.2 倍	普通ポルトランドセメント		$\mathbf{m}^3$	0. 29
SC アンボンド (SC-U2)	SC アンボンド(SC-U2)	$\phi$ 12. 7mm	kg	11.0
パイロットキャップ	パイロットキャップ	PC5-3H	個	1.0
スペーサー	スペーサー	PC5-3H	個	3.0
結束バンド	結束バンド	СВ	個	6.0
アンカーヘッド (ナット付)	アンカーヘッド (ナット付)	K5-1LLG	個	1.0
くさび φ12.7mm 用	くさび		組	1.0
アンカープレート	アンカープレート	AP20-50-16M	枚	1.0
アンダープレート	アンダープレート	UP20-122-6M	枚	1.0
ヘッドキャップ	ヘッドキャップ	HC5-3LL	個	1.0
アルミキャップ	アルミキャップ	AC160	個	1.0
アンダーキャップ	アンダーキャップ	UC5-1	個	1.0
キューダス HC	ヘッドキャップ内防食油		kg	0.4
ノンコロージョン	アンダーキャップ内防食材		kg	0.5

# ○ボルト工【ロックボルト1本あたり】

種別	資機材名	資機材詳細	単位	数量
削孔ロータリーハ゜ーカッショント゛リルクロー	リングビット	φ 90mm 用	個	0. 2821
ラ型 二重管施工 φ 90mm 粘性・砂質土	ドリルパイプ	φ90mm用(1.5m)	個	0. 1519
: 21. 7m	インナーロッド	φ90mm用(1.5m)	個	0. 1953
	インナービット	φ 90mm 用	個	0. 1953
	クリーニングアダプタ	φ 90mm 用	個	0.0434
	シャンクロッド	φ 90mm 用	個	0.0651
	エキステンションロッド	φ 90mm 用	個	0.0651
	ボーリングマシン	[ロータリーハ゜ーカッション式] クローラ型 81 kW級	日	0. 434
	電力	(ボーリングマシン)	日	0.434
注入 普通セメント	ベントナイト	25kg/袋	袋	4. 326
$: 0.5 \mathrm{m}^3$	セメント(高炉B)	25kg 袋入	袋	0.108
	繊維材	モルタル添加剤	kg	5. 408
	起泡剤	アルミ粉	kg	0.0215
	ボーリングマシン	[油圧式] 5.5kW 級	目	0. 22

	発動発電機	[ディーゼル駆 動]45kVA 54.4ps	日	0. 1738
	軽油	(発動発電機 45kVA)	L	5. 28
ボルト材料	SD345 D19		m	24. 5
	プレート		枚	7.0
	ナット D19		個	7.0
	ワッシャー		個	7.0
	スペーサー	5.5m以上は3個	個	14.0
	頭部キャップ	防錆油入り	個	7.0

# ○足場工

	種別	資機材名	資機材詳細	単位	数量
1	単管足場	ラフテレーンクレーン	[油圧伸縮ジブ型・排出ガス対 策型(第2次基準値)]25t 吊	日	0.0064

<sup>※</sup>仮設のため資材由来の排出は考慮しない。

・なお、アンカー工、ボルト工の資材は多岐にわたり、パイロットキャップ、結束バンド等の微小な資材類(グレー網掛け)については、設計資料の情報及び積算資料等の参考資料からは CO<sub>2</sub> 排出原単位に対応した単位での数量が算出できなかったため、CO<sub>2</sub> 排出量の算出対象外とした。

# CO<sub>2</sub>排出量算出のための単位変換

# ●資機材の数量の単位変換

・メーカー等の資料、建設機械・燃料は建設機械等損料表等を参考に、CO<sub>2</sub>排出原単位に乗じるために資機材の数量の単位変換を行った。資材については「t」、建設機械については「供用日」、燃料については「L」(軽油)及び「kWh」(電力)に換算した。また、機材については減耗量を計算するために機材重量「t」を整理した。

# <資材別>

資材		単位変換			
質例	資材詳細	名称	単位	係数	
菱形金網	#14 50×50	単位重量	$t/m^2$	0.00106	
アンカー	φ 16 L=400	単位重量	t/本	0.00065	
補助アンカー	φ9 L=200	単位重量	t/本	0.00011	
モルタル		配合	$t/m^3$	0.53	
生育基盤材	木本タイプ	単位重量	$t/m^3$	0.4	
リングビット	φ 90mm 用	単位重量	t/個	0.0029	
インナーロッド	φ90mm 用 (1.5m)	単位重量	t/個	0.03	
インナービット	φ 90mm 用	単位重量	t/個	0.0035	
クリーニングアダプタ	φ 90mm 用	単位重量	t/個	0.051	
シャンクロッド	φ 90mm 用	単位重量	t/個	0.031	
エキステンションロッド)	φ 90mm 用	単位重量	t/個	0.011	
ベントナイト	25kg/袋	単位重量	t/袋	0.025	
セメント(高炉B)	25kg 袋入	単位重量	t/袋	0.025	
SD345 D19		単位重量	t/m	0.00225	

# <機材別>

機材機材詳細		単位変換			機材重量	
15支化	7茂/77 言手が口	名称	単位	係数	単位	数量
発動発電機	10 k VA	供用日換算	供用日/日	1. 2	t	0.5
発動発電機	[ディーゼル駆動] 45kVA 54.4ps	供用日換算	供用日/日	1. 2	t	1. 2
モルタルコンクリート吹付機		供用日換算	供用日/日	2	t	3.3
モルタルコンクリート吹付機	0.8∼1.2 m³/h	供用日換算	供用日/日	1.2	t	3.3
ボーリングマシン	[ロータリーハ゜ーカッション式] クローラ型 81kW級	供用日換算	供用日/日	1. 44	t	9. 0

ボーリングマシン	[油圧式]5.5kW級	供用日換算	供用日/日	1.44	t	0.5
ラフテレーンクレーン	[油圧伸縮ジブ型・排出ガス対 策型(第2次基準値)]25t 吊	供用日換算	供用日/日	1. 33	t	26. 7

# <燃料別>

燃料	機材詳細	単位変換				
然行	7交77 6千水山	名称	単位	係数		
軽油	(文》至于文学与主持《 101-1/A )	稼動時間	h/∃	7. 5		
軽油 (発動発電機 10kVA)		燃料使用量	L/h	3		
軽油	(発動発電機 45kVA)	燃料使用量	$L/m^3$	10. 56		
軽油	(モルタルコンクリート吹付機)	燃料使用量	L/日	25		
軽油	(トラクタショベル)	燃料使用量	L/日	15		
軽油	(モルタルコンクリート吹付機	稼動時間	h/∃	7. 5		
毕生/田	0.8~1.2m³/h)	燃料使用量	L/h	3		
電力	(ボーリングマシン)	作業時間	h/日	7. 5		
电力	(W-) 2 2 4 2 2 )	電力	kWh/h	24		

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

●試算には資材別、機材別、燃料別の CO₂排出原単位を用いた。

# <資材別>

資材名	原単位名	単位	原単位(t-CO <sub>2</sub> /☆)		
真们和	<u> </u>	(☆)	資材	運搬	
菱形金網	フェンス・金網柵	t	3581. 431	495. 339	
アンカー	ボルト・ナット	t	2566. 187	233. 326	
補助アンカー	ボルト・ナット	t	2566. 187	233. 326	
モルタル	モルタル	t	220.624	18. 411	
生育基盤材	木材チップ	t	112.622	23. 694	
リングビット	ボーリング材	t	2178.480	225. 619	
インナーロッド	ボーリング材	t	2178.480	225. 619	
インナービット	ボーリング材	t	2178.480	225. 619	
クリーニングアダプタ	ボーリング材	t	2178.480	225.619	
シャンクロッド	ボーリング材	t	2178.480	225.619	
エキステンションロッド	ボーリング材	t	2178.480	225.619	
普通ポルトランドセメント	生コンクリート普通	$\mathrm{m}^3$	352. 210	8.967	
SC アンボンド (SC-U2)	鉄棒・鉄筋コンクリート用 棒鋼	t	798.619	23. 920	
キューダス HC	その他の石油製品	t	305. 253	43. 362	
ノンコロージョン	その他の石油製品	t	305. 253	43. 362	
ベントナイト	土質改良材	t	153. 276	11. 286	
セメント(高炉B)	高炉セメント	t	518.029	8. 245	
繊維材	合成繊維	t	4487.392	161.069	
起泡剤	アルミニウム(含再生)	t	1069.687	89.835	
SD345 D19	鉄棒・鉄筋コンクリート用 棒鋼	t	798. 619	23. 920	

# <機材別>

次式により算出した。

供用日(日)×3.96(kg-CO<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

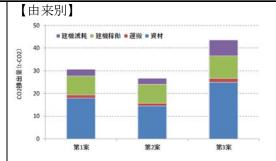
# <燃料別>

燃料	単位	<b>単位 (t-C0₂/☆)</b>			
<i>K</i>	(☆)	資材	運搬	建機稼働	
軽油	L	0.327	0.0317	2. 589	
事業用電力	kWh	0.464	0	0	

3-34

# CO2排出量試算結果

# CO2排出量



		単	i位:t-C02
比較案	第1案	第2案	第3案
由来			
資材	18.00	14. 53	24. 98
運搬	1.36	1.18	1.61
建機稼働	8.34	8.34	9.94
建機減耗	2.91	2.62	7.07
合計	31	27	44

【工種別】

	■足場工	■ボルトエ ■アン	カーエ ■法面エ	
40.00				
30.00				
30.00				
10.00				
0.00	第1案		第2案 3	

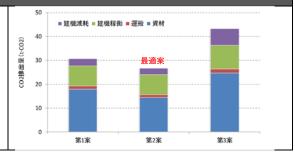
		単	i位:t-CO
比較案由来	第1案	第2案	第3案
法面工	21. 93	21. 93	20.04
アンカーエ	8.68	4.74	0
ボルトエ	0	0	22.64
足場工	0	0	0.93
合計	31	27	44

#### 考察

- ・由来別に見ると、主には資材に由来する排出量の増加により、第3案が最も排出量が多い。工法によって使用する建設機械の違いにより、第3案は建機減耗に由来する排出量の割合も多くなっている。
- ・工種別に見ると、法面工は第3案が比較的小さいものの、ボルト工がアンカー工と比較 して排出量が多いため、第3案が最も多くなっている。
- ・設計報告書で最適案とされたのは経済性及び用地条件を勘案した第2案である。CO<sub>2</sub>削減の観点からもCO<sub>2</sub>排出量が最も少ない案となっている。

# PR ポイントの例

・経済性及び用地条件を勘案して選定された工法案(第2 案)は、CO<sub>2</sub>排出量の面でも最適案となっている。



# No.8:詳細設計段階における切土構造の検討

No.8:詳細設計	段階における切土構造の検討			
工事概要				
検討段階:	詳細設計(切土検討)	施工延長:	120m	
道路構造:	土工道路	車線数:	2 車線	
道路種別:	第1種第2級	幅員:	土工道路:10.75m	
CO2試算の	 目的			
比較検討案	・切土構造として全段切土法面案(第	1 案)、最下段ブロ	ック積案(第2案)、最下段大型ブ	
の概要	ロック積案(前面勾配 1:0.3)(第3	案)、最下段大型フ	ブロック積案(前面勾配 1:0.5)(第	
	4 案) の 4 案。			
	・工種ごとの数量が整理されている。			
試算の目的	・詳細設計段階における切土構造の比較	較案について、CO <sub>2</sub> 打	非出量の総量と工種別の発生量を把	
	握する。			
試算の対象	・算出対象期間:資材の採取から工事	の完了まで		
範囲	・算出対象区間:切土部分(120m)	T		
	第1案		第2案	
200 NA 20	# 1500 13	948 150 150 150 150 150 150 150 150 150 150	100 M	
	第3案	第4案		
MXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	1500 1500	0 888 1500 3 1500 3	1500 1500 1500 1500 1500 1500 1500 1500	

数量等

設計資料に基づき、試算に用いる数量を工種別に整理した。防火ブロック張工、ブロック積 工は、施工延長(120m)区間で各種ブロックの高さ、勾配を考慮して投影面積を算出した。

上は、地上を入行の場合的では住が、ググが同じて、3船とう窓ので決が曲横を弁田のため						<del>开田 0 /C。</del>
種別	細別	単位	第1案	第2案	第3案	第4案
掘削	軟岩Ⅱ	$\mathrm{m}^3$	7, 238	6, 969	6, 577	6, 798
が出日リ	中硬岩	$\mathrm{m}^3$	49, 661	46, 090	40, 322	42, 714
法面整形	軟岩Ⅱ	$\mathbf{m}^2$	238	196	225	217
佐田笠沙	中硬岩	$\mathbf{m}^2$	3, 459	2,851	2, 194	2, 280
植生基材 吹付工	_	$\mathrm{m}^2$	3, 697	3, 047	2, 419	2, 497
防火ブロック張工	SL=2m 1:1	$\mathrm{m}^2$	339	0	0	0
ブロック	H=5m 1:0.5	$m^2$	0	735	0	0
積工	H=8.0m 1:0.3	$\mathrm{m}^2$	0	0	1095	0
但上	H=7.7m 1:0.5	$\mathrm{m}^2$	0	0	0	1132
残土処理*	_	$\mathrm{m}^3$	56, 944	53, 023	46, 615	49, 228

※残土処理については延長 120m の数量に基づくものであるが、道路全体の工事において現場 内利用で再利用できることを想定し、残土処理に係る CO2 排出量の算出の対象外とした。

# CO<sub>2</sub>排出量算出のための単位変換

単位変換

- ●工種の数量の単位変換
- ・単位変換の必要なし(設計数量から得られた情報に原単位を乗じることが可能)。

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

●試算には工種別の CO₂排出原単位を用いた。

【工種別原単位(積上型)】

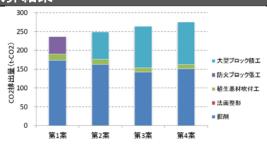
種別	細別	原単位採用工種 細別 (Lv. 4)	単位 (☆)	CO <sub>2</sub> 排出原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
植生基材吹付 工		植生基材吹付	$\mathrm{m}^2$	4. 465

# 【工種別原単位(施工パッケージ対応型)】

種別	細別		原単位採用工種	単位	CO <sub>2</sub> 排出原単位
1里力门	<b>水田刀</b> 切	施工P名称	条件区分	(☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)
掘削	軟岩Ⅱ	掘削	軟岩/オープンカット/-/-/無し /500m3 以上/-/-/-	$\mathrm{m}^3$	1. 755
1/出月1	中硬岩	掘削	硬岩/オープンカット/-/-/無し /-/可/-/-	$\mathrm{m}^3$	3. 245
法面整形	軟岩Ⅱ	法面整形	切土部/-/有り/軟岩 I、軟岩 II、中硬岩、硬岩	$\mathrm{m}^2$	0
<b>公</b> 国	中硬岩	法面整形	切土部/-/有り/軟岩 I、軟岩 II、中硬岩、硬岩	$\mathrm{m}^2$	0
防火ブロック 張工		間知ブロッ ク張	150kg 未満各種/再生砕石 RC-40/1m3 を超え 3m3 以下 /18-8-25(高炉)/2.1m3 を超 え 2.3m3 以下/無し	$\mathrm{m}^2$	135. 681
大型ブロック 積工		コンクリー トブロック 積	不要/0.1t を超え 0.2t 以下	$\mathrm{m}^2$	100. 641

# CO<sub>2</sub>排出量試算結果

CO<sub>2</sub>排出量



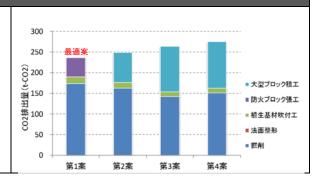
			単位	立:t-CO2
比較案 由来	第1案	第2案	第3案	第4案
掘削	174	162	142	151
法面整形	0	0	0	0
植生基材 吹付工	17	14	11	11
防火ブロ ック張工	46	0	0	0
大型ブロ ック積工	0	74	110	114
合計	236	249	263	276

# 考察

- ・ブロック積工の規模に伴う  $CO_2$ 排出量と、掘削・植生基材吹付工の規模に伴う  $CO_2$ 排出量の大小関係から、第 1 案の  $CO_2$ 排出量が最も少なくなった。
- ・設計報告書によると、構造性、施工性、維持管理性、地形改変の程度、景観性、経済性を 総合的に勘案されて第1案が最適案とされている。

# PR ポイントの例

・構造性、施工性、維持管理性、地形改変の程度、景観性、経済性を総合的に勘案されて選定された案(第1案)は、最も CO2排出量が少ない。



#### No.9・詳細設計段階における橋梁上部工の検討

No.9:詳細設計	段階における橋梁上部工の検討		
工事概要			
検討段階:	詳細設計(橋梁上部工)	施工延長:	202m
道路構造:	橋梁	車線数:	2 車線
道路種別:	第1種第2級	幅員:	橋梁:22.26m
CO <sub>2</sub> 試算の目	的		
比較検討案	・鉄道跨線部の橋梁の桁高として 2,400mm(第	第1案)、2,5	00mm (第2案)、2,600mm (第3案)、
の概要	2,700mm (第4案)の4案。		
	・比較案ごとの数量が整理されている。		
試算の目的	・詳細設計段階における橋梁上部工の桁高の と由来を把握する。	比較案につい	いて、桁高ごとに CO₂排出量の総量
試算の対象	・算出対象期間:資材の採取から運搬まで(こ	[事の実施に	よる排出は含まない)
範囲	・算出対象区間:橋梁上部工部分(202m)		
	第1案		第2案
	23276   508   22260   508   7スファルト舗装 t=80mm   合成床版 t=270mm   全成床版 t=270mm   全成床版 t=270mm   1888   第3案   23276   22260   508   7スファルト舗装 t=80mm   合成床版 t=270mm   合成床版 t=270mm   全成床版 t=270mm   全成床版 t=270mm   1888	508 0087 1888	23276 22260 508  アスファルト舗装 t=80mm 合成床版 t=270mm ・ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	1888 3x6500=19500 1888	00/2	2. 500% 2. 500% 3x6500=19500 1888

# 試算に用いた設計条件

数量等

設計資料に基づき、試算に用いる数量を工事内容別に整理した。

- ・落橋防止装置-副資材:設計資料において 679.5t とされていた。副資材の材質の情報の詳細が不明であったため、設計資料に示された単価から副資材の総額を算出した上で、材質を電気溶接棒(単価 400 円/kg と設定) し、副資材の数量を算出した。
- ・床版工:設計資料において合成床版の対象面積 4,692.4 $m^2$ (支間 6.5m)とされていた。メーカー資料を参考に単位面積あたりコンクリート体積 0.25 $m^3/m^2$ 、単位面積あたり鉄筋質量  $45 kg/m^2$ として算出した。
- ・壁高欄: 設計資料においてフロリダ型 SB 種・現場打ち 604.8m(呼び強度 24) とされていた。また、設計資料の単価検討において、単位延長あたりコンクリート容量を  $0.366 \text{m}^3/\text{m}$ 、単位延長あたりの型枠を  $2.003 \text{m}^2/\text{m}$  から厚み 20 mm を想定し容量を  $0.04006 \text{m}^3/\text{m}$ 、鉄筋を単位延長あたり 0.0541 t/m として算出した。
- ・橋面舗装:設計資料に示された対象面積4,487.6m<sup>2</sup>と舗装厚80mmから算出した。

#### <資材別(上部工)>

- 34   13/3 1 (	<b>-</b> / ·					
工事内容	資材	単位	第1案	第2案	第3案	第4案
桁製作	鋼材	t	648. 9	648.8	664. 2	664. 2
検査路	SS400	t	28.2	28. 2	28.2	28. 2
落橋防止装置	SM400A	t	2.4	2.4	2.4	2. 4
	Н. Т. В	t	19.5	19.5	19.9	19. 9
	副資材	t	19.2	19. 2	19.6	19.6
鋼製伸縮継手		t	5.4	5. 4	5.4	5. 4

鋳造費	支承 (2000kN)	t	4.8	4.8	4.8	4.8
	支承(5000kN)	t	33.0	33.0	33.0	33.0
	排水桝	式	1.0	1.0	1.0	1.0
床版工	床版コンクリート	$\mathrm{m}^3$	1, 173. 1	1, 173. 1	1, 173. 1	1, 173. 1
(支間 6.5m)	床版鉄筋	t	211.2	211. 2	211.2	211.2
壁高欄	コンクリート	$\mathrm{m}^3$	221.4	221.4	221.4	221.4
	型枠(厚さ 20mm 想定)	$\mathrm{m}^3$	19.4	19.4	19.4	19. 4
	鉄筋	t	32. 7	32. 7	32.7	32.7
橋面舗装	t=80mm	$\mathbf{m}^3$	359.0	359.0	359.0	359.0
橋面防水工	シート系	$m^2$	4, 487. 6	4, 487. 6	4, 487. 6	4, 487. 6

なお、鋳造費の排水枡(グレー網掛け)については設計資料の情報からは $CO_2$ 排出原単位に対応した単位での数量が算出できなかったため、 $CO_2$ 排出量の算出対象外とした。

# CO<sub>2</sub>排出量算出のための単位変換

単位変換

- ●工種の数量の単位変換
- ・壁高欄の型枠、橋面舗装のアスファルト合材、橋面防水工について、土木工事数量算出要領(案)(平成27年度(10月版))、メーカー資料等を参考に、資材の数量の単位変換を行った。

種別細別		<b>◇田日</b> Ⅱ	単位変換			
		が四方り	名称	単位	係数	
	壁高欄	型枠(木質想定)	単位重量	t/m³	0.80	
	橋面舗装	(アスファルト合材・混合物を想定)	単位重量	${\rm t/m^3}$	2. 35	
	橋面防水工	シート系(厚さ 4.2mm を想定)	単位重量	$t/m^2$	0.005	

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

●試算には資材別の CO₂排出原単位を用いた。

工事内容	資材	原単位名	単位 (☆)	原単位 資材 (t-CO <sub>2</sub> /☆)	原単位 運搬 (t-CO <sub>2</sub> /☆)
桁製作	鋼材	鉄棒・鉄筋コンクリー ト用棒鋼	t	798. 619	23. 920
検査路	SS400	鉄棒・鉄筋コンクリー ト用棒鋼	t	798. 619	23. 920
落橋防止装	SM400A	落橋防止装置	t	2178. 480	225. 619
置	Н. Т. В	鉄棒・鉄筋コンクリー ト用棒鋼	t	798. 619	23. 920
	副資材	落橋防止装置	t	2178. 480	225. 619
鋼製伸縮継 手		鋼材【工場制作物の材 料】	t	1157. 824	27. 550
鋳造費	支承(2000kN)	ゴム支承	t	3592. 125	115. 210
	支承(5000kN)	ゴム支承	t	3592. 125	115. 210
床版用	床版コンクリ ート	生コン_早強ポルト_呼 び強度 24	$\mathrm{m}^3$	318. 385	8. 967
	床版鉄筋	鋼材【工場制作物の材 料】	t	1157.824	27. 550
壁高欄	コンクリート	生コン_早強ポルト_呼 び強度 24	$\mathrm{m}^3$	318. 385	8. 967
	型枠	合板	t	709. 482	142.817
	鉄筋	鉄棒・鉄筋コンクリー ト用棒鋼	t	798. 619	23. 920
橋面舗装		再生アスファルト合 材・混合物	t	55. 029	4. 354
橋面防水工		アスファルト乳剤	t	127. 643	30. 877

# CO2排出量試算結果 CO2排出量 【由来別】 2000 CO2排出量(t-CO2) 1500 ■運搬 1000 ■資材 500 第2案 【工種別】 ■橋面防水工 CO2排出量(t-CO2 ■橋面舗装 1500 ■壁高欄 ■床版工 1000 ■鋳造費 ■鋼製伸縮継手 500 ■落橋防止装置 ■検査路

0

第1案

# 【由来別】

			单位	立:t-CO2
比較案 由来	第1案	第2案	第3案	第4案
資材	1523.0	1522. 9	1536. 5	1541.5
運搬	52.3	52.3	52.8	52. 9
合計	1575.3	1575. 2	1589.3	1594. 4

# 【工種別】

単位: t-CO<sub>2</sub>

			1 1-	<u> </u>
比較案由来	第1案	第2案	第3案	第4案
桁製作	533. 7	533. 7	546. 3	550. 9
検査路	23. 2	23. 2	23. 2	23. 2
落橋防止装置	68.0	68.0	69.3	69. 9
鋼製伸縮継手	6.4	6.4	6.4	6.4
鋳造費	140. 2	140. 2	140. 2	140.2
床版工	634. 3	634. 3	634. 3	634. 3
壁高欄	115. 9	115.9	115. 9	115.9
橋面舗装	50. 1	50.1	50.1	50. 1
橋面防水工	3.6	3.6	3.6	3.6
合計	1575.3	1575. 2	1589.3	1594. 4

# 考察

・由来別に見ると、資材に由来する排出が大部分を占める。

第4案

■桁製作

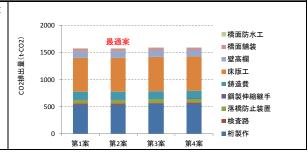
- ・CO<sub>2</sub>排出量については各案でほぼ同じであるが、工種別に見ると桁製作の仕様の差に伴う CO<sub>2</sub>排出量の違いの関係から、第2案のCO<sub>2</sub>排出量が最も少なくなった。
- ・設計報告書で最適案とされたのは経済性を勘案した第2案である。 $CO_2$ 削減の観点からも  $CO_2$ 排出量が最も少ない案となっている。

# PR ポイントの例

・経済性を勘案して選定された資材案(第2案)は、CO<sub>2</sub>排 出量の面でも最適案となっている。

第2案

第3案



#### No. 10: 概略設計段階における橋梁基礎工の検討

	[秋阳[C05]] 也顺木坐成工(7] X时		
工事概要			
検討段階:	概略設計(橋梁基礎工)	施工延長:	4. 3km
道路構造:	橋梁	車線数:	2 車線
道路種別:	A 規格ランプ	幅員:	橋梁:14.5m
CO <sub>2</sub> 試算のE	]的		
比較検討案	・湾岸部の橋梁区間で航路条件等から橋脚カ	バハイピアとな	る RC 橋脚に対して、中堀鋼管杭(第
の概要	1 案)、SC 杭(第 2 案)、鋼管ソイルセメン	/ ト杭(第3案)	、場所打ち杭(第4案)、回転杭(第
	5 案)の 5 案。		
	・橋脚1基の基礎工に対して比較案ごとの	数量等が整理さ	<b>られている。</b>
試算の目的	・概略設計段階における橋梁基礎工の比較	案について、エ	□法別に CO₂排出量の総量と由来を
	把握する。		
試算の対象	・算出対象期間:資材の採取から工事の完	了まで	
範囲	・算出対象区間:橋脚基礎(1 基分)		

第1案 第2案 第3案 第4案 第5案 中堀鋼管杭: φ1000 SC杭: ∮1000 鋼管ソイルセメント杭: φ1200 場所打ち杭: φ1500 回転杭: Ø1200 470 470 470 470 470 7 an an an 8 **+ + + + + +** <del>• • • • •</del> . . . . . . . . . . . . . .  $\oplus \oplus \oplus \oplus \oplus$  $\oplus$ 1

# 試算に用いた設計条件

数量等

設計資料に基づき、試算に用いる数量を整理した。

- ・場所打杭工の資材数量について、鉄筋についてはメーカー資料を参考に、コンクリート、セメント使用量については土木工事積算基準等を参考に使用量を整理した。
- ・建設機械の種類、供用日数は「国土交通省土木工事積算基準 平成 27 年度版(一般財団法人 建設物価調査会)」から整理し、建設機械の燃料使用量は供用日数と「平成 27 年度版 建設 機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用 日、燃料消費率から算出した。

#### <資材別(橋脚基礎工)>

工事内容	資材	単位	第1案	第2案	第3案	第4案	第5案
フーチングエ	コンクリート	$\mathrm{m}^3$	736.00	736.00	424.00	716.00	575.00
基礎工	鉄筋	t	301.39	293.66	176. 93	0	199.04
	コンクリート (σck =	$\mathrm{m}^3$	0	439.86	0	0	0
	$80N/mm^2$ )						
	コンクリート	$m^3$	0	0	0	564. 63	0
	ソイルセメント	t	0	0	94. 25	0	0

# <機材別(橋脚基礎工)>

工事内容	機材	単位	第1案	第2案	第3案	第4案	第5案
フーチン	コンクリートポンプ車	供用日	5. 05	5.05	2.91	4. 91	3. 94
グエ	(16t)						
基礎工	クローラ式アース	供用日	24. 35	0	0	0	0
	オーガ(106t)						
	クローラクレーン	供用日	20. 29	0	0	0	0
	(77t)						
	クローラクレーン	供用日	0	0	40.66	22.60	0
	(67.4t)						
	油圧ハンマ(122t)	供用日	0	17.06	0	0	8.81
	鋼管ソイルセメン	供用日	0	0	46.08	0	0
	ト杭打機(136t)						
	全回転型オールケ	供用日	0	0	0	30. 13	0
	ーシング掘削機						
	(80t)						

# <燃料(機材)別(橋脚基礎工)>

工事内容	燃料(機材)	単位	第1案	第2案	第3案	第4案	第5案
フーチン	軽油(コンクリートポンプ	L	484	484	279	471	379
グエ	車)						
基礎工	軽油(クローラ式ア	L	4, 597	0	0	0	0
	ースオーガ)						
	軽油(クローラクレ	L	1,420	0	0	0	0
	ーン(77t))						
	軽油(クローラクレ	L	0	0	2,846	1,582	0
	ーン(67.4t))						
	軽油(油圧ハンマ)	L	0	2,053	0	0	1,061
	軽油(鋼管ソイルセ	L	0	0	512	0	0
	メント杭打機)						
	軽油(全回転型オー	L	0	0	0	3, 309	0
	ルケーシング掘削						
	機)						

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

# <資材別>

工事内容		原単位名	単位	原単位	原単位
			(☆)	資材	運搬
				(t-CO <sub>2</sub> /☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)
フーチン	/ コンクリート	生コン_早強ポルト_	$\mathrm{m}^3$	318. 385	8.967
グエ		呼び強度 24			
基礎工	鉄筋	鉄棒・鉄筋コンクリ	t	798. 619	23. 920
		ート用棒鋼			
	コンクリート (σck	生コン_早強ポルト_	$\mathrm{m}^3$	443. 395	8. 967
	$= 80 \text{N/mm}^2)$	呼び強度 45			
	コンクリート	生コンクリート普通	$\mathrm{m}^3$	352. 210	8.967
	ソイルセメン	その他のセメント	t	797. 850	8. 245
	1				

※フーチング工で使用されるコンクリートは( $\sigma$  ck= 24N/mm)を想定して原単位を適用した。 ※場所打杭工で使用されるコンクリート( $\sigma$  ck= 80N/mm)については対応する原単位がなかったことから、呼び強度 45 の原単位を適用した。

<機材別>

次式により算出した。

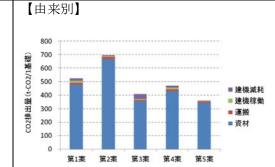
供用日(日)×3.96(kg-CO<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

# <燃料別>

秋	単位	原単位(t-CO <sub>2</sub> /☆)			
KNAT	(☆)	資材	運搬	建機稼働	
軽油	L	0.327	0.0317	2. 589	

# CO<sub>2</sub>排出量試算結果

CO<sub>2</sub>排出量



# 【由来別】

			単位	: t-CO <sub>2</sub>	/1 基礎
比較案 由来	第1案	第2案	第3案	第4案	第5案
資材	477	665	353	429	343
運搬	14	18	9	12	10
建機稼働	17	7	9	14	4
建機減耗	17	9	36	16	5
合計	525	698	407	470	361

# 【工種別】 800 700 600 600 300 300 300 第1案 第2案 第3案 第4案 第5案

# 【工種別】

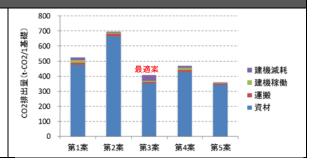
			単位	: t-CO <sub>2</sub>	/1 基礎
比較案 由来	第1案	第2案	第3案	第4案	第5案
フーチンク゛エ	243	243	140	236	190
基礎工	282	455	267	234	171
合計	525	698	407	470	361

考察

- ・由来別に見ると、資材に由来する排出が大部分を占める。工種別にみると、案により基礎 エとフーチングエの大小関係は異なっている。
- ・設計報告書によると、経済性を勘案して第3案が最適案とされている。CO<sub>2</sub>削減の観点からは2番目に排出が少なくなっている。最も排出量が少ない第5案と比較すると約13%多いが、排出量が最も多い第2案と比較すると約42%少ない。

# PR ポイントの例

・設計報告書で最適案とされた工法案(第3案)は、経済性が勘案されたものである。 $CO_2$ 排出量の面では、最も排出量が少ない第5案と比較すると、第1案は約45%、第2案は約93%、第3案は約13%、第4案は約48%多いが、採用された工法案は $CO_2$ 排出量の面でも比較的優れた案となっている。



	計段階におけるトン	ネルの検討		
工事概要				
検討段階:	詳細設計(トンネ	ル)	施工延長:	1. 275km
道路構造:	トンネル		車線数:	2 車線
道路種別:	第1種第3級		幅員:	トンネル: 9.92m
CO2試算の	目的			
比較検討案 の概要	・山間部のトンネ 上半半径(R2)比	率による断面のb ミ)、R3=1.0×R2	比較検討が行われてい (第3案)の3案。	の内空断面として、下半半径(R3)と る。R3=1.0×R2(第1案)、R3=
試算の目的		おけるトンネルの		ついて、内空断面別に CO2排出量の
試算の対象 範囲	・算出対象期間: ・算出対象区間:	資材の採取からエ		
	第1案		1シ2ル中心。 連絡中心	
			7000 XIII XIII XIII XIII XIII XIII XIII	
	第2案		1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	No. of the state o
	第3案		12/5	

# 試算に用いた設計条件

数量等

<工種別>

	単位	第1案	第2案	第3案
トンネルエ	$m^2$	78. 43	78. 13	77. 98
インバートエ	$\mathrm{m}^2$	7. 28	7. 28	7. 28

なお、トンネル延長は1,275m、地山等級はCⅡである。

# 試算に用いた CO2排出原単位

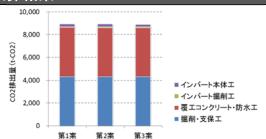
原単位

<工種別>

< 工工/至力/1/						
工種 (Lv. 2)	工種 (Lv. 3)	工種 (Lv. 4)	条件	単位 (☆)	CO₂原単位 (kg-CO₂/☆)	変数 X
トンネル 工 (発破工	掘削・支 保工	掘削・支 保	地山等級: CⅡ	m	20. 255X + 1791. 2	掘削断面
法)	覆工コンクリ ート・防水 エ	覆工コンクリ ート・防水		m	17. 039x + 2044. 7	積(m²)
インバート工	インバート掘 削工	インハ゛ート掘 削		m	2. 8477X + 27. 68	インバー ・ト面積
	インバート本 体工	インバート	_	m	26. 291X + 1. 0038	(m <sup>2</sup> )

# CO2排出量試算結果

CO2排出量



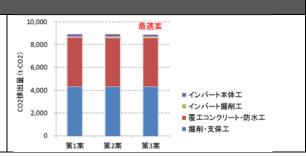
		単位	½:t-CO₂
比較案由来	第1案	第2案	第3案
掘削・支保工	4, 309	4, 301	4, 298
覆エコンクリート・防水工	4, 311	4, 304	4, 301
インバート掘削工	62	62	62
インバート本体工	245	245	245
合計	8, 927	8, 913	8, 906

考察

- ・排出の内訳で見ると、掘削・支保工と覆工コンクリート・防水工に由来する排出が同程度 で、排出量の多くを占めている。
- ・設計報告書によると、経済性を勘案して第3案が最適案とされている。CO<sub>2</sub>排出量はほぼ同じであるものの第3案が最も少ない。

# PR ポイントの例

・経済性を勘案して選定された資材案(第3案)は、CO<sub>2</sub>排 出量の面でも最適案となっている。



# No.12:コンクリート構造物(道路橋梁)の詳細設計における検討

No. 12:コンク	リート構造物(道路橋梁)の詳細設計におけん	る検討	
工事概要			
検討段階:	詳細設計(コンクリート構造物・道路橋梁)	施工延長:	21.75m
道路構造:	橋梁(中小 PC 橋)	車線数:	4 車線
道路種別:	第1種第3級	幅員:	20.50m(全幅員:21.39m)
支間長:	21.000m	総径間数	1
橋台橋脚高	12.600m	計画交通量:	7,100台/日
さ:			, , , , ,
上部工形式:	PC 単純プレテンホロー桁橋	下部工形式:	逆 T 式橋台(直接基礎)
交差物件:	あり	塩害区分:	D
CO <sub>2</sub> 試算の	目的		
試算の目 的	・橋梁のライフサイクル(建設・供用*・ケー・ 資機材の代替案として、生コンクリート 資材を採用した場合の CO <sub>2</sub> 削減量を推計 ※「供用」	、砕石及びアス する。   に橋梁を走行す	スファルト混合物について環境配慮型 でる自動車による CO2排出量は含めない。
試算の対	・算出対象期間:資材の採取から工事の完	了、供用、解例	4、冉資源化まで
象範囲	・算出対象区間:橋梁 (21.75m)		Mars 그 등 157년
	側面図		断面図
	田	8 #	20500 445 9250 2000 9250 7500 1000 1000 7737745 議員 80mm 別し 12791- 30~76mm 別し 12791- 30~76mm 別と 12791- 30~76mm 別と 205 2 05 2 05 2 05 2 05 2 05 2 05 2 05
	平面図		下部工断面図
		A 1 th did 1 to 1 t	注意
試算に用し 数量等	いた設計条件 ●建設段階 ・設計姿料で検討されている様況上報エト	下郊工を対象し	- 1 +-
	・設計資料で検討されている橋梁上部工と   工事区分   工種	工事区分	
	PC 橋工 プレテンション桁制作工		邢 橋台工 アスファルト 舗装工(車道・ 路肩部)
	コンクリート橋   上部   横組工(中埋工)   横組工(横締工)   支承工		中央分離帯工ガードレール工橋台本体工
	橋梁付属 橋梁用高欄工 物工 排水装置工		舗装工足場工

作業土工
踏掛版工
橋台排水工
ブロック積擁
壁工

- ・上記の各工種で必要となる資材の種類、数量は、設計資料(数量総括表)から整理した。その うち一部の数量は「土木工事数量算出要領(案)(国土技術政策総合研究所)」等を用いて重量 換算を行い、生コンクリートを「m³」、それ以外を「t」に統一した。
- ・建設機械の種類、供用日数は「国土交通省土木工事積算基準 平成27年度版(一般財団法人 建設物価調査会)」から整理し、建設機械の燃料使用量は供用日数と「平成27年度版建設 機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、 燃料消費率から算出した。
- ・ここでは PC 橋工に係る数量を例示する。

#### <資材別(PC 橋工)>

2114744 1114 7			
工事内容(種別)	資材	単位	数量
プレテンション桁製作工	プレキャストコンクリート	t	542.6
横組工(中埋工)	埋込型枠	t	64
	コンクリート	$\mathrm{m}^3$	57.0
横組工 (横締工)	PC 鋼より線	t	0.699
	定着具(グリット筋含む)	t	60.0
	桁間シース	t	186. 0
支承工	ゴム支承	t	56. 0
	無収縮モルタル	t	1. 7
	補強鉄筋	t	0.66

# <機材別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	機材	単位	数量
桁架設	トラッククレーン(108t)	供用日	3. 27
コンクリート	コンクリートポ°ンフ° 車(16t)	供用日	0.39
ゴム支承	ラフテレーンクレーン(27t)	供用日	8.30

# <燃料(機材)別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	燃料(機材)	単位	数量
桁架設	軽油(トラッククレーン)	L	217
コンクリート	軽油(コンクリートポンプ車)	L	37. 52
ゴーム支承	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	560

# ●供用段階

- ・供用段階は、コンクリートの中性化に伴うCO<sub>2</sub>固定量を対象とした。
- ・コンクリートの中性化に伴う CO<sub>2</sub>の固定量を算出するために、設計資料(設計図面)から上部 工、下部工のうち常に空気に触れているコンクリート面積を整理した。

構造	表面積		
上部工	594.3 m <sup>2</sup>		
下部工	$465.4 \text{ m}^2$		
擁壁	137. 2 m <sup>2</sup>		

#### ●解体段階

- ・解体に伴う CO<sub>2</sub>排出量については、解体方法は環境対策等を考慮しない最も簡単な方法とし、「国土交通省土木工事積算基準(一般財団法人建設物価調査会)」、「橋梁撤去マニュアル[第4回改訂版](北陸橋梁撤去技術委員会)」から建設機械の種類、供用日を設定した。
- ・建設機械の燃料使用量は供用日数と「建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境

界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。

# <機材別>

工事内容	機材	単位	数量
高欄撤去	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	0.41
現場発生品運搬	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	18
舗装版破砕	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	1
舗装版運搬処理	タ゛ンフ゜トラック (9.7t)	供用日	5
桁材撤去	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	36
	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	25
現場発生品運搬	ハ゛ックホウ (19.8t)	供用日	4
	タ゛ンフ゜ トラック (9.7t)	供用日	76
コンクリート構造物取壊し	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	210
殼運搬	ダンプトラック(9.7t)	供用日	370

# <燃料(機材)別>

工事内容	燃料(機材)	単位	数量
高欄撤去	軽油(トラッククレーン付)	L	13
現場発生品運搬	軽油(トラッククレーン付)	L	553
舗装版破砕	軽油(大型ブレーカ)	L	65
舗装版運搬処理	軽油(ダンプトラック)	L	264
桁材撤去	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	3, 201
	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	2, 275
現場発生品運搬	軽油(バックホウ)	L	160
	軽油(ダンプトラック)	L	3, 622
コンクリート構造物取壊し	軽油(大型プレーカ)	L	10, 249
殼運搬	軽油(ダンプトラック)	L	17,660

# ●再資源化段階

コンクリート量:4,090t

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

# ●建設段階

橋梁上部工のうち、PC 橋工の試算に用いた CO2排出原単位を例示する。

#### <資材別>

工事内容	資材	原単位名	単位	原単位	原単位
			(☆)	資材	運搬
				(t-CO <sub>2</sub> /☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)
プ <sup>°</sup> レテンション	プ・レキャストコン	コンクリート製品	t	220.624	18. 411
桁製作	クリート				
コンクリート	埋込型枠	その他の鉄鋼製品	t	2334. 905	43. 492
	コンクリ	生コン_早強ポルト_呼び強度	$\mathrm{m}^3$	354. 104	8. 967
	<b>→</b> }	30			
緊張	PC 鋼より	PC鋼より線	t	3581. 431	495. 339
	線				
	定着具(グ	PC 鋼線·鋼棒	t	3581.431	495. 339
	リット筋				
	含む)				
	桁間シー	PC 鋼線·鋼棒	t	3581.431	495. 339
	ス				
ゴム支承	ゴム支承	ゴム支承	t	3592. 125	364. 399
	無収縮モ	モルタル	t	220.624	18. 411
	ルタル				
	補強鉄筋	鉄棒・鉄筋コンクリート用棒鋼	t	798. 619	23. 92

#### <機材別>

次式により算出した。

供用日(日)×3.96(kg-C0<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

#### <燃料(機材)別>

燃料(機材	才)	単位	原単位(t-CO <sub>2</sub> /☆)				
		(☆)	資材	運搬	建機稼働		
軽油		L	0. 327	0.0317	2. 589		

#### ●供用段階

・次式より、コンクリートへの CO2 固定量を算出した。

表面積当たりの $CO_2$ 固定量 $(kg-CO_2/m^2)=0.411 \cdot D+0.549$ 

D:中性化深さ (mm)

中性化速度式:  $D = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s \sqrt{t}$ 

D: 中性化深さ(cm)

K=1.72、 $\alpha_I$  (コンクリートの種類(骨材の種類)による係数): 1.0 (普通コンクリート)、

 $\alpha_2$  (セメントの種類による係数):上部工 1.0 (普通コンクリート)、下部工 1.4 (高炉 B 種)、

 $\alpha_3$  (調合(水セメント比)による係数(w/c-0.38)): 0.12、  $\beta_1$  (気温による係数): 0.83、

 $\beta_2$  (湿度による係数): 0.82、  $\beta_3$  ( $CO_2$ 濃度による係数): 1 (屋外)、

s (中性化抑制効果の係数): 1.0 (屋外・仕上げなし)、t (材齢(年)): 50

#### ●解体段階

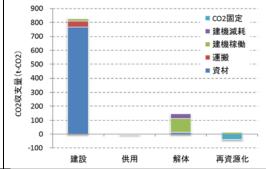
機材別、燃料別原単位について、建設段階と同じ。

#### ●再資源化段階

	原単位(t-CO <sub>2</sub> /t)
処理に伴う CO <sub>2</sub> 排出	3. 16
再資源化に伴う CO <sub>2</sub> 固定**	-9. 96

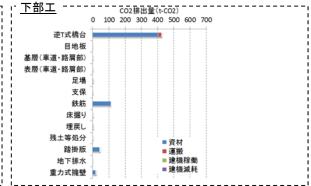
※CO<sub>2</sub>固定量をマイナスで表記。

# CO<sub>2</sub>排出量試算結果 CO2排出量



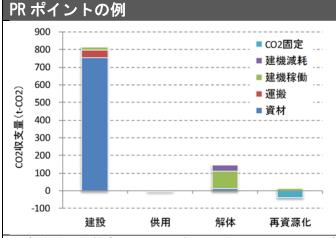
					単位	: t-CO <sub>2</sub>
由来		(	202収支量	量(t-CO₂)	)	
段階	資材	運搬	建機 稼働	建機 減耗	CO <sub>2</sub> 固定	合計
建設	767	42	18	2		830
供用					-4	-4
解体	12	1	99	35		147
再資源 化			13		-41	-28
合 計	779	43	130	37	-44	945





考察

- ・建設から再資源化までで約989t-CO2の排出、約44t-CO2の固定と試算され、収支は約945t-CO2 の排出となった。由来別では「資材(原材料の採取・資材の製造)」が約79%、段階別では「建 設」が約84%を占めている(CO<sub>2</sub>固定分除く)。 ・「供用」及び「再資源化」によって橋梁のライフサイクルのCO<sub>2</sub>排出量の約4%を回収している。



					単位	: t-CO
由来		(	CO2収支量	量(t-CO₂)	)	
段階	資材	運搬	建機 稼働	建機 減耗	CO <sub>2</sub> 固 定	合計
建設	752	42	18	2		814
供用					-4	-4
解体	12	1	99	35		147
再資源 化			13		-41	-28
合 計	764	43	130	37	-45	930
			l			U I

- ・資機材の代替案として、上部工の生コンクリート、砕石及びアスファルト混合物について環境配慮型資材 (高炉セメントコンクリート、再生砕石、再生アスファルト合材)を採用することにより、資材由来の排 出量が約15 t- $CO_2$ 削減される。資材由来では約1.53%、ライフサイクル全体を通じて約1.63%の $CO_2$ が削減される。(なお、削減分の寄与の大部分はポルトランドセメントから高炉セメントへの代替分)
- ・高炉セメントコンクリートの使用はコスト的に有利であるが、下記のとおりメリット・デメリットを有しており、適用可能な範囲で高炉セメントを使用することが CO<sub>2</sub> 排出量削減にも寄与する。

# [メリット]

- ①塩化物遮蔽性や化学抵抗性が大きいため、塩害やアルカリ骨材反応等の化学的な耐久性に優れている。
- ②水和速度が遅く、コンクリートの温度上昇が小さいため、ひび割れが生じにくい。
- ③長期強度の増進が大きいため、コンクリート構造物の耐久性に優れている。
- ④スラグの特性により、硬化したコンクリートが緻密になるため、水密性が大きい。

#### [デメリット]

- ①初期強度が小さいため、早期に強度を必要とする構造物(桁、床版、建築躯体等)には適さない。
- ②水和速度が遅いため、低温の影響を受けやすい。
- ③中性化速度が大きいため、かぶりの小さい構造物(桁、床版、建築躯体等)には適さない。

# No. 13: コンクリート構造物(道路橋梁)の詳細設計における検討

No. 13:コンク	フリート構造物(道路橋梁)の詳細設計にお	ける検討					
工事概要							
検討段階:	詳細設計(コンクリート構造物・道路橋刻	架) 施工系	近長:	32.3m			
道路構造:	橋梁(中小 RC 橋)	車線数	文:	2 車線			
道路種別:	第1種第3級	幅員:	:	121.01m(全幅	畐員:12.90m)		
支間長:	32. 3m	総径間	引数	1	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,		
橋台橋脚高	12.6m	計画交		6,845 台/日			
さ:				т, Д, , -			
上部工形		T-407	пи.——	关 n 士桥 4 / z	₹+ <del>☆</del> ‡ 7₩\		
式:	PRC 主版ポータルラーメン橋	下部工	形式:	逆 T 式橋台(直	1 按基礎)		
交差物件:	あり	塩害区	区分:	D			
CO₂試算σ	)目的						
試算の目	・橋梁のライフサイクル(建設・供用*	・解体・耳	再資源化)	における CO₂扌	排出量を把握する。		
的	・資機材の代替案として、生コンクリー	- ト、砕石	及びアスプ	ファルト混合物	について環境配慮型		
	資材を採用した場合の CO <sub>2</sub> 削減量を推						
=1.1					CO <sub>2</sub> 排出量は含めない。		
試算の対	・算出対象期間:資材の採取から工事の	り完了、供	用、解体、	、再資源化まて	•		
象範囲	・算出対象区間:橋梁 (32.3m)			断面区	1		
	側面図				1		
	(4.5. 3000)		-45	1290	445		
	2800 2800 2800 2800 2800 2800 2800 2800		1250+	5 501 250 1000 250	3500 1735 0 500 1250 • 5		
	© 20.01 80-097- 30.00						
		8	Ы		スファルト舗体 (t+80mm)		
		12400	<u> </u>	1/2			
		-		ΨΨ	Ψ		
				ů °	9		
			_ 205	50 294400=8900 12900			
	平面図			下部工断	面図		
		1ii	A1橋台		A2橋台		
			12900		12900		
			46 12010	46	45 12010 445		
				741,001			
			20 020		3 2 3 4 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9		
					-		
				730,461	230,410		
			1100		1100 1100		
		1	192				
試質に田	いた設計条件						
数量等	・/こ <b>()</b>						
外里寸	<ul><li>●建設技順</li><li>・設計資料で検討されている橋梁上部工と下部工を対象とした。</li></ul>						
	工事区分 工種 種別		事区分	工種	種別		
	コンクリート橋 RC 橋工 主桁工		<del>-                                    </del>	橋台工	橋台本体工		
	上部 橋梁付属 壁高欄工				足場工		
	物工				土工		
	排水工			竪壁、翼壁	コンクリート		
	銘板工			工	鉄筋		
	舗装工舗装工				足場工		
	防水工			踏掛版工	_		

- ・上記の各工種で必要となる資材の種類、数量は、設計資料(数量総括表)から整理した。そのうち一部の数量は「土木工事数量算出要領(案)(国土技術政策総合研究所)」等を用いて重量換算を行い、コンクリートを「m³」、それ以外を「t」に統一した。
- ・建設機械の種類、供用日数は「国土交通省土木工事積算基準 平成 27 年度版(一般財団法人建設物価調査会)」から整理し、建設機械の燃料使用量は供用日数と「平成 27 年度版 建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。
- ・ここでは RC 橋工に係る数量を例示した。

# <資材別(RC 橋工)>

工事内容(種別)	資材	単位	数量
主桁工	コンクリート	$\mathrm{m}^3$	453. 09
	型枠	t	13. 78
	縦締めケーブル	t	7. 65
	定着具	t	0.66
	グリッド筋	t	9. 44
	縦締め緊張工	t	8. 12
	鉄筋	t	62. 94

#### <機材別(PC 橋工)>

工事内容	機材	単位	数量
コンクリート	コンクリートポンプ 車(16t)	供用日	3. 11

# <燃料(機材)別(PC 橋工)>

工事内容	燃料(機材)	単位	数量
コンクリート	軽油(コンクリートポンプ車)	L	298

#### ●供用段階

コンクリートの中性化に伴う  $CO_2$ の固定量を算出するために、上部工、下部工のうち常に空気に触れているコンクリート面積を整理した。

構造	表面積
上部工	$768.2 \text{ m}^2$
下部工	$289.7 \text{ m}^2$

#### ●解体段階

- ・解体に伴う CO<sub>2</sub>排出量については、解体方法は環境対策等を考慮しない最も簡単な方法とし、「国土交通省土木工事積算基準(一般財団法人建設物価調査会)」、「橋梁撤去マニュアル[第4回改訂版](北陸橋梁撤去技術委員会)」から建設機械の種類、供用日を設定した。
- ・建設機械の燃料使用量は供用日数と「建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。

# <機材別>

工事内容	機材	単位	数量
高欄撤去	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	0.41
現場発生品・支給品運搬	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	17. 6
アスファルト舗装版破砕・積込み	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	1. 5
アスファルト塊運搬	ダンプトラック(9.7t)	供用日	5. 5
桁1次及び2次切断・撤去工	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	56
	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	40. 1
積込 (コンクリート殻)	ハ゛ックホウ (19.8t)	供用日	5. 6
殼運搬	ダンプトラック(9.7t)	供用日	120. 4
構造物とりこわし	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	81. 3
殼運搬	タ゛ンフ゜ トラック (9.7t)	供用日	143. 4

# <燃料(機材)別>

工事内容	機材	単位	数量
高欄撤去	軽油(トラッククレーン付)	L	12.8
現場発生品・支給品運搬	軽油(トラッククレーン付)	L	553. 1
アスファルト舗装版破砕・積込み	軽油(大型ブレーカ)	L	75. 3
アスファルト塊運搬	軽油(ダンプトラック)	L	306. 5
桁1次及び2次切断・撤去工	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	5,074
	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	3, 605. 5
積込 (コンクリート殻)	軽油(バックホウ)	L	253. 7
<b>殼運搬</b>	軽油(ダンプトラック)	L	5, 741. 6
構造物とりこわし	軽油(大型ブレーカ)	L	3, 967. 6
殼運搬	軽油(ダンプトラック)	L	6, 836. 3

# ●再資源化段階

コンクリート量:2,219t

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

原単位

#### ●建設段階

橋梁上部工のうち、RC 橋工の試算に用いた CO₂排出原単位を例示する。

#### <資材別>

へ 負付 加 ク								
工事内容   資材		原単位名	単位	原単位	原単位			
			(☆)	資材	運搬			
				(t-CO <sub>2</sub> /☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)			
主桁工	コンクリート	生コン_早強ポル	$\mathrm{m}^3$	389. 821	8. 967			
		ト_呼び強度 36						
	型枠	合板	t	709. 482	142. 817			
	縦締めケー	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210			
	ブル							
	定着具	その他の普通鋼熱	t	1482. 899	30. 210			
		間圧延鋼材						
	グリッド筋	普通鋼小棒	t	798. 619	23. 920			
	縦締め緊張	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210			
	工							
	鉄筋	普通鋼小棒	t	798. 619	23. 920			

#### <機材別>

次式により算出した。

供用日(日)×3.96(kg-CO<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

# <燃料(機材)別>

燃料(機材)	単位	原単位(t-CO <sub>2</sub> /☆)		
	(☆)	資材 運搬 建機		建機稼働
軽油	L	0.327	0.0317	2.589

#### ●供用段階

・次式より、コンクリートへのCO2固定量を算出した。

表面積当たりの $CO_2$ 固定量 $(kg-CO_2/m^2)=0.411 \cdot D+0.549$  D:中性化深さ(mm)

中性化速度式:  $D=k\cdot\alpha_1\cdot\alpha_2\cdot\alpha_3\cdot\beta_1\cdot\beta_2\cdot\beta_3\cdot s\sqrt{t}$  D: 中性化深さ (cm) K =1.72、  $\alpha_I$  (コンクリートの種類(骨材の種類)による係数):1.0 (普通コンクリート)、  $\alpha_2$  (セメントの種類による係数):上部工 1.0 (普通コンクリート)、下部工 1.4 (高炉 B 種)、  $\alpha_3$  (調合(水セメント比)による係数( $\mathbf{w}/\mathbf{c}$ -0.38)):0.12、  $\beta_I$  (気温による係数):1.0、

 $\beta_2$  (湿度による係数): 1.0、 $\beta_3$  (CO<sub>2</sub>濃度による係数): 1 (屋外)、s (中性化抑制効果の係数): 1.0 (屋外・仕上げなし)、t (材齢(年)): 50

# ●解体段階

・機材別、燃料別原単位について、建設段階と同じ。

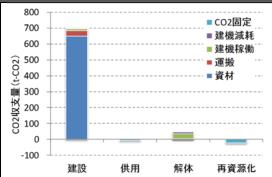
# ●再資源化段階

	原単位(t-CO <sub>2</sub> /t)
処理に伴う CO <sub>2</sub> 排出	3. 16
再資源化に伴う CO <sub>2</sub> 固定**	-9. 96

※CO<sub>2</sub>固定量をマイナスで表記。

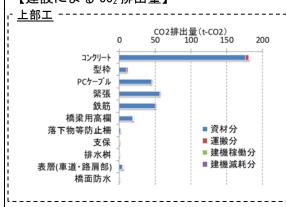
# CO2排出量試算結果

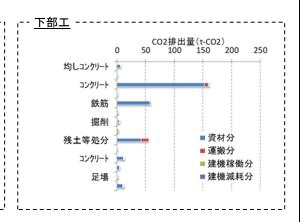
CO<sub>2</sub>排出 量



					単位	: t-CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> 収支量(t				量(t-CO <sub>2</sub>	)	
段階	資材	運搬	建機 稼働	建機 減耗	CO <sub>2</sub> 固定	合計
建設	647. 5	36. 2	9. 9	4. 2		698
供用					-7. 6	-8
解体	3. 9	0.4	31. 2	10.9		46
再資源化			7. 0		-22. 1	-15
合 計	651	37	48	15	-29	721

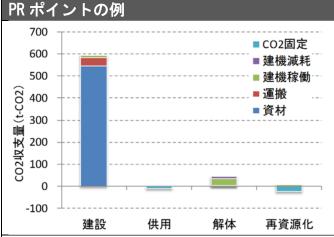
# 【建設による CO<sub>2</sub> 排出量】





# 考察

- ・建設から再資源化までで約 751t-CO<sub>2</sub>の排出、約 29t-CO<sub>2</sub>の固定と試算され、収支は 721t-CO<sub>2</sub> の排出となった。由来別では「資材(原材料の採取・資材の製造)」が約 87%、段階別では「建設」が約 93%を占めている(CO<sub>2</sub>固定分除く)。
- ・建設による排出は、コンクリートや鋼材に由来する排出が多い。
- ・「供用」及び「再資源化」によって橋梁のライフサイクルの CO₂排出量の約 4%を回収している。



					単位	: t-CO
由来				量(t-CO <sub>2</sub> )	)	
段階	資材	運搬	建機	建機	$CO_2$	合計
权阳	貝们	建加	稼働	減耗	固定	ㅁ몌
建設	545.8	36. 2	9.9	4. 2		596
供用					-9.5	-9
解体	3. 9	0.4	31.2	10.9		46
再資源化			7.0		-22. 1	-15
合 計	550	37	48	15	-32	618

- ・資機材の代替案として、上部工の生コンクリート、砕石及びアスファルト混合物について環境配慮型資材を採用することにより、資材由来の排出量が約 $102\ t-C0_2$ 削減される。資材由来では約13.4%、ライフサイクル全体を通じて約14.3%0 $C0_2$ が削減される。(なお、削減分の寄与の大部分はポルトランドセメントから高炉セメントへの代替分)
- ・高炉セメントコンクリートの使用はコスト的に有利であるが、下記のとおりメリット・デメリットを有しており、適用可能な範囲で高炉セメントを使用することが CO<sub>2</sub> 排出量削減にも寄与する。

#### 「メリット」

- ①塩化物遮蔽性や化学抵抗性が大きいため、塩害やアルカリ骨材反応等の化学的な耐久性に優れている。
- ②水和速度が遅く、コンクリートの温度上昇が小さいため、ひび割れが生じにくい。
- ③長期強度の増進が大きいため、コンクリート構造物の耐久性に優れている。
- ④スラグの特性により、硬化したコンクリートが緻密になるため、水密性が大きい。

#### 「デメリット]

- ①初期強度が小さいため、早期に強度を必要とする構造物(桁、床版、建築躯体等)に適さず、工程にも 影響を及ぼす可能性がある。
- ②水和速度が遅いため、低温の影響を受けやすい。
- ③中性化速度が大きいため、かぶりの小さい構造物(桁、床版、建築躯体等)には適さない。

# No. 14: コンクリート構造物(道路橋梁)の詳細設計における検討

詳細設計(コンクリート構造物・道	施工延長:	174m
路橋梁)		
橋梁(長大 PC 橋)	車線数:	2 車線
第1種第3級	幅員:	121.01m(全幅員:12.90m)
5@33.72m	総径間数	5
19. 2m	計画交通量:	一台/日
PC5 径間連結少主桁	下部工形式:	逆 T 式橋台(深基礎)、壁式橋脚(場所打杭)
あり	塩害区分:	D
	路橋梁) 橋梁(長大 PC 橋) 第 1 種第 3 級 5@33. 72m 19. 2m PC5 径間連結少主桁	路橋梁)車線数:橋梁(長大 PC 橋)車線数:第 1 種第 3 級幅員:5@33. 72m総径間数19. 2m計画交通量:PC5 径間連結少主桁下部工形式:あり塩害区分:

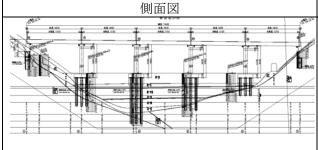
# CO2試算の目的

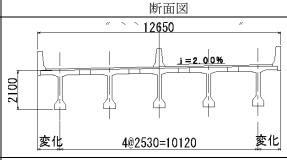
試算の目的

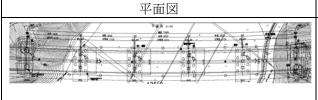
- ・橋梁のライフサイクル (建設・供用\*\*・解体・再資源化) における CO<sub>2</sub>排出量を把握する。 ・資機材の代替案として、生コンクリート、砕石及びアスファルト混合物について環境配 慮型資材を採用した場合の CO<sub>2</sub>削減量を推計する。
  - ※「供用」に橋梁を走行する自動車による CO<sub>2</sub>排出量は含めない。

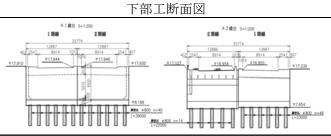
試算の対象範 囲

- ・算出対象期間:資材の採取から工事の完了、供用、解体、再資源化まで
- 算出対象区間:橋梁(174m)









# 試算に用いた設計条件

# 数量等

# ●建設段階

・設計資料で検討されている橋梁上部工と下部工を対象とした。

工事区分	工種	種別
コンクリート橋	PC 橋工	ポストテンション桁制作
上部		架設工(クレーン架設)
		横組工
		連結工
		支承工
	橋梁付属物工	壁高欄工
		排水装置工
		伸縮継ぎ手工
		落橋防止装置工
		アンカー工
	舗装工	舗装工
		中央分離帯工
		橋面防水工

上種	種別
橋台工	橋台躯体工
	基礎工
	踏掛版工
	土工
橋脚工	橋脚躯体工
	土工
仮設工	仮桟橋・仮桟台
	橋出工橋脚工

- ・上記の各工種で必要となる資材の種類、数量は、設計資料(数量総括表)から整理した。そのうち一部の数量は「土木工事数量算出要領(案)(国土技術政策総合研究所)」等を用いて重量換算を行い、コンクリートを「m³」、それ以外を「t」に統一した。
- ・建設機械の種類、供用日数は「国土交通省土木工事積算基準 平成 27 年度版(一般財団法人建設物価調査会)」から整理し、建設機械の燃料使用量は供用日数と「平成 27 年度版 建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。
- ・ここではPC橋工に係る数量を例示する。

# <資材別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	資材	単位	数量
ポストテンション桁制作	コンクリート	$\mathrm{m}^3$	997. 300
	側枠+褄枠	t	80. 630
	底枠	t	8. 304
	小口型枠	t	1. 672
	鉄筋	t	139. 986
	PC 鋼より線	t	39. 598
	シース	t	3. 325
	グラウト	t	34. 436
	定着具	t	4.850
	横締用シース	t	1. 375
	接着剤	t	1. 254
	接合キー	t	2. 400
横組工	コンクリート	m <sup>3</sup>	147. 600
	型枠	t	11. 390
	鉄筋	t	9. 357
	PC 鋼材	t	16. 055
	シース	t	0. 262
	グラウト	t	9. 037
	定着具	t	6. 500
連結工	コンクリート	m <sup>3</sup>	191. 400
	型枠	t	4. 563
	鉄筋	t	26. 552
	PC 鋼より線	t	2. 772
	シース	t	0. 147
	グラウト	t	1. 560
	定着具	t	1. 120
支承工	コ、ム支承	t	0.774
	アンカーバー(上部工側)	t	0.059
	アンカーボルト・ナット(下部工側)	t	0.081

# <機材別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	機材	単位	数量
ポストテンション桁制作	コンクリートポンプ 車(16t)	供用日	6.84
	門型クレーン(8.5t)	供用日	159. 57
架設工(クレーン架設)	トラッククレーン(108t)	供用日	26. 85
横組工	コンクリートポンプ 車(16t)	供用日	1.01
連結工	コンクリートポンプ車(16t)	供用日	1. 31
支承工	ラフテレーンクレーン(26.7t)	供用日	7.41

# <燃料(機材)別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	燃料(機材)	単位	数量
ポストテンション桁制作	軽油(コンクリートポンプ車)	L	656. 5
	軽油(門型クレーン)	L	1, 542. 5
架設工 (クレーン架設)	軽油(トラッククレーン)	L	2, 497. 4
横組工	軽油(コンクリートポンプ車)	L	97. 2
連結工	軽油(コンクリートポンプ車)	L	126. 0
支承工	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	500.0

# ●供用段階

- ・供用段階は、コンクリートの中性化に伴う CO<sub>2</sub> 固定量を対象とした。
- ・コンクリートの中性化に伴う CO<sub>2</sub>の固定量を算出するために、設計資料(設計図面)から上部 工、下部工のうち常に空気に触れているコンクリート面積を整理した。

構造	表面積
上部工	6, 322.5 m <sup>2</sup>
下部工	1,327.7 m <sup>2</sup>

#### ●解体段階

- ・解体に伴う CO<sub>2</sub>排出量については、解体方法は環境対策等を考慮しない最も簡単な方法とし、「国土交通省土木工事積算基準(一般財団法人建設物価調査会)」、「橋梁撤去マニュアル[第4回改訂版](北陸橋梁撤去技術委員会)」から建設機械の種類、供用日を設定した。
- ・建設機械の燃料使用量は供用日数と「建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。

# <機材別>

工事内容	機材	単位	数量
高欄撤去	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	3. 3
現場発生品・支給品運搬	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	116. 1
アスファルト舗装版破砕・積込み	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	6. 5
アスファルト塊運搬	ダンプトラック(9.7t)	供用日	23. 5
桁 1 次切断・撤去工	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	184
桁 2 次切断・撤去工	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	130. 7
積込 (コンクリート殻)	ハ゛ックホウ (19.8t)	供用日	18. 3
殼運搬	ダンプトラック(9.7t)	供用日	392.8
構造物とりこわし	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	291.6
殼運搬	タ゛ンフ゜ トラック (9.7t)	供用日	514. 2

#### <燃料(機材)別>

工事内容	機材	単位	数量
高欄撤去	軽油(トラッククレーン付)	L	102. 1
現場発生品・支給品運搬	軽油(トラッククレーン付)	L	3, 639. 0
アスファルト舗装版破砕・積込み	軽油(大型ブレーカ)	L	319. 2
アスファルト塊運搬	軽油(ダンプトラック)	L	1, 299. 4
桁 1 次切断・撤去工	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	16, 550
桁 2 次切断·撤去工	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	11, 759. 1
積込 (コンクリート殻)	軽油(バックホウ)	L	827. 5
殼運搬	軽油(ダンプトラック)	L	18, 725. 9
構造物とりこわし	軽油(大型ブレーカ)	L	14, 226. 6
殼運搬	軽油(ダンプトラック)	L	24, 513. 0

#### ●再資源化段階

- ・再資源化段階は、処理に伴う  $CO_2$ 排出量と再資源化時のコンクリートの中性化に伴う  $CO_2$ 固定量を対象とした。
- ・コンクリート量は、設計資料(数量総括表)から整理した。 コンクリート量:7,490t

# 試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位

# 原単位

# ●建設段階

橋梁上部工のうち、PC 橋工の試算に用いた CO2排出原単位を例示する。

# <資材別>

<u> </u>	資材	原単位名	単位	原単位	原単位
容	更70	<b>冰平</b> 压石	+iii. (☆)	資材	運搬
711			( ~ )	(t-CO <sub>2</sub> /☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)
ポスト	コンクリート	生コン_早強ポルト_呼び強度 45	$\mathrm{m}^3$	443. 395	8.967
テンシ	側枠+褄枠	合板	t	709. 482	142. 817
ョン桁	底枠	合板	t	709. 482	142.817
制作	小口型枠	合板	t	709. 482	142.817
	鉄筋	普通鋼小棒	t	798. 619	23. 920
	PC 鋼より線	PC 鋼より線	t	3581. 431	495. 339
	シース	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210
	グラウト	モルタル	t	220. 624	18. 411
	定着具	鋼材【工場制作物の材料】	t	1157.824	27. 550
	横締用シース	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210
	接着剤	その他の合成樹脂	t	2485. 803	88. 080
	接合キー	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210
横組工	コンクリート	生コン_早強ポルト_呼び強度 30	$\mathrm{m}^3$	354. 104	8.967
	型枠	合板	t	709. 482	142. 817
	鉄筋	普通鋼小棒	t	798. 619	23.920
	PC 鋼材	普通鋼小棒	t	798. 619	23. 920
	シース	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210
	グラウト	モルタル	t	220.624	18. 411
	定着具	鋼材【工場制作物の材料】	t	1157.824	27. 550
連結工	コンクリート	生コン_早強ポルト_呼び強度 30	$\mathrm{m}^3$	354. 104	8.967
	型枠	合板	t	709. 482	142.817
	鉄筋	普通鋼小棒	t	798. 619	23.920
	PC 鋼より線	PC 鋼より線	t	3581. 431	495. 339
	シース	PC 鋼線・鋼棒	t	5894. 316	115. 210
	グラウト	モルタル	t	220.624	18. 411
	定着具	鋼材【工場制作物の材料】	t	1157.824	27. 550
支承工	ゴム支承	ゴム支承	t	3592. 125	364. 399
	アンカーバー(上部	普通鋼小棒	t	798. 619	23. 920
	工側)				
	アンカーホ゛ルト・ナット	鋼材【工場制作物の材料】	t	1157. 824	27. 550
	(下部工側)				

# <機材別>

・次式により算出した。機械質量は「平成27年度版建設機械等損料表(一般社団法人日本建設機械施工協会)」を参考とした。

供用日(日)×3.96(kg-CO<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

# <燃料(機材)別>

燃料(機材)	単位	原単位 (t-CO <sub>2</sub> /☆)			
	(☆)	資材	運搬	建機稼働	
軽油	L	0.327	0.0317	2.589	

#### ●供用段階

・次式より、コンクリートへのCO2固定量を算出した。

表面積当たりの CO<sub>2</sub> 固定量(kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)=0.411 · D+0.549

D:中性化深さ (mm)

中性化速度式:  $D = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s\sqrt{t}$ 

D: 中性化深さ(cm)

K=1.72、 $\alpha_1$  (コンクリートの種類(骨材の種類)による係数): 1.0 (普通コンクリート)、

A=1.72、  $lpha_I$  (コンクリートの種類(官材の種類)による係数):1.0 (普通コンクリート)、 $lpha_Z$  (セメントの種類による係数):上部工 1.0 (普通コンクリート)、下部工 1.4 (高炉 B 種)、

 $\alpha_3$  (調合(水セメント比)による係数(w/c-0.38)): 0.12、  $\beta_1$  (気温による係数): 1.05、

 $\beta_2$  (湿度による係数): 0.79、  $\beta_3$  ( $\text{CO}_2$ 濃度による係数): 1 (屋外)、

s (中性化抑制効果の係数): 1.0 (屋外・仕上げなし)、t (材齢(年)): 50

# ●解体段階

・機材別、燃料別原単位について、建設段階と同じ。

#### ●再資源化段階

	原単位(t-CO <sub>2</sub> /t)
処理に伴う CO <sub>2</sub> 排出	3. 16
再資源化に伴う CO <sub>2</sub> 固定**	-9. 96

※CO<sub>2</sub>固定量をマイナスで表記。

# CO<sub>2</sub>排出量試算結果

CO<sub>2</sub>排出量 【ライフサイクルの CO<sub>2</sub> 収支量】



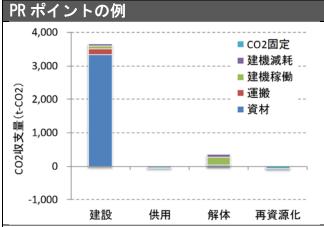
単位:t-CO <sub>2</sub>						
由来			CO <sub>2</sub> 収支:	量(t-CO <sub>2</sub>	)	
段階	資材	運 搬	建機 稼働	建機 減耗	CO <sub>2</sub> 固 定	合計
建設	3, 586	152	97	55		3, 890
供用					-45	-45
解体	30	3	238	86		357
再資源			24		-75	-51
化						
合 計	3, 616	155	359	141	-120	4, 152

#### 【建設による CO2排出量】

上部工 -----下部工 -CO2排出量(t-CO2) CO2排出量(t-CO2) CO2排出量(t-CO2) 200 400 600 800 1000 200 400 600 800 1000 800 400 600 均しコンクリート 型枠 ポストテンション桁製作 コンクリート 基礎材 桁架設 支保 コンクリート 基礎材 鉄筋 型枠 切土及び発破防護柵 足場 鉄館 鉄筋 PCケーブル 支承 足場 緊張 場所打杭 支承 連結 鉄筋 コンクリート コンクリート 橋梁用高欄 鉄筋 床掘り 排水桝 グラウト注入 置換 排水管 足場 掘削 コンクリートアンカーボルト設置 掘削土留 埋戻し 踏掛版 コンクリートアンカーホールト設置 残土等処分 床掘り 鋼製伸縮装置 覆工板設置·撤去 埋戻し 落橋防止装置 ■資材分 覆工板設置·撤去 残土等処分 ■運搬分 基面整正 ■資材分 転落(横断)防止柵 表層(車道·路肩部) ■資材分 ■建機稼働分 ■運搬分 中央分離帯 ■ 運搬分 ■建機滅耗分 ■建機稼働分 ■建機稼働分 橋面防水

考察

- ・建設から再資源化までで約4,271t-CO<sub>2</sub>の排出、約120t-CO<sub>2</sub>の固定と試算され、収支は約4,152t-CO<sub>2</sub>の排出となった。由来別では「資材(原材料の採取・資材の製造)」が約84%、段階別では「建設」が約91%を占めている(CO<sub>2</sub>固定分除く)。
- ・「供用」及び「再資源化」によって橋梁のライフサイクルの  $\mathrm{CO}_2$ 排出量の約3%を回収している。



単位:t-CC						
由来		(	002収支量	量(t-CO₂)	)	
段階	資材	運搬	建機 稼働	建機 減耗	CO <sub>2</sub> 固 定	合計
建設	3, 343	152	97	55		3, 647
供用					-57	-57
解体	30	3	238	86		357
再資源化			24		-75	-51
合 計	3, 373	155	359	141	-132	3, 896

- ・ライフサイクルの CO<sub>2</sub>排出量のうち、大半を建設による CO<sub>2</sub>排出量が占めている。建設による CO<sub>2</sub>排出量 は、コンクリートを大量に使用するポストテンション桁作成や各種コンクリート工からが多い。
- ・資機材の代替案として、生コンクリート、砕石及びアスファルト混合物について環境配慮型資材を採用することにより、資材由来の排出量が約  $243t-C0_2$  削減される。資材由来では約 5.69%、ライフサイクル全体を通じて約 6.16%の  $C0_2$  が削減される。(なお、削減分の寄与の大部分はポルトランドセメントから高炉セメントへの代替分)
- ・高炉セメントコンクリートの使用はコスト的に有利であるが、下記のとおりメリット・デメリットを有しており、適用可能な範囲で高炉セメントを使用することが CO<sub>2</sub> 排出量削減にも寄与する。

#### 「メリット」

- ①塩化物遮蔽性や化学抵抗性が大きいため、塩害やアルカリ骨材反応等の化学的な耐久性に優れている。
- ②水和速度が遅く、コンクリートの温度上昇が小さいため、ひび割れが生じにくい。
- ③長期強度の増進が大きいため、コンクリート構造物の耐久性に優れている。
- ④スラグの特性により、硬化したコンクリートが緻密になるため、水密性が大きい。

#### 「デメリット]

- ①初期強度が小さいため、早期に強度を必要とする構造物(桁、床版、建築躯体等)に適さず、工程にも 影響を及ぼす可能性がある。
- ②水和速度が遅いため、低温の影響を受けやすい。
- ③中性化速度が大きいため、かぶりの小さい構造物(桁、床版、建築躯体等)には適さない。

#### No. 15: 道路橋梁の補修の検討

工事概要			
検討段階:	詳細設計(コンクリート構造物・道路橋梁)	施工延長:	21.75m
道路構造:	橋梁(中小 PC 橋)	車線数:	4 車線
道路種別:	第1種第3級	幅員:	20.50m(全幅員:21.39m)
支間長:	21.000m	総径間数	1
橋台橋脚高 さ:	12. 600m	計画交通量:	7,100 台/日
上部工形式:	PC 単純プレテンホロー桁橋	下部工形式:	逆 T 式橋台(直接基礎)
交差物件:	あり	塩害区分:	D

# CO2試算の目的

試算の目 的 ・中小 PC 橋に対して、補修無(Case1)、表面被覆(補修工法の耐用年数分延長)(Case2)、表面被覆(50 年延長)(Case3)、電気防食(Case4)の4案。

Case1:100年間供用し、その後架け替え。供用中は補修を実施しない。

Case2:100年間供用し、その後に「表面被覆」を実施。10年毎に上塗り塗替え。20年 目に全面除去塗替え。表面被覆により20年供用期間が延長される。表面被覆後、 CO<sub>2</sub>は固定されない。

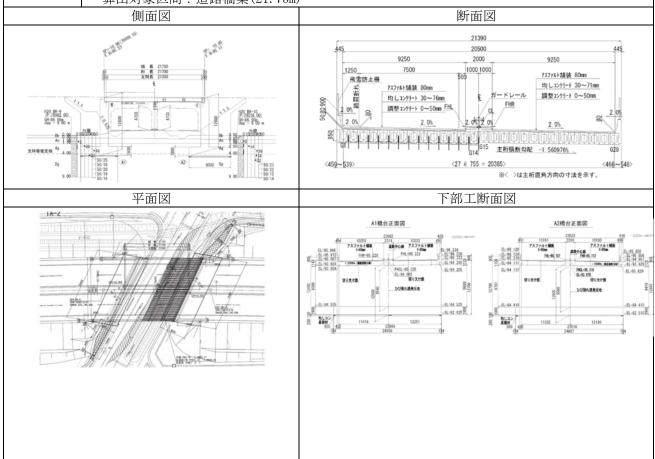
Case3:100年間供用し、その後に「表面被覆」を実施。10年毎に上塗り塗替え。20年 目に全面除去塗替え。表面被覆により50年供用期間が延長される。表面被覆後、 CO<sub>2</sub>は固定されない。

Case4:100年間供用し、その後に「電気防食」を実施。常に電気を使用し、25年目に設備更新。電気防食により50年供用期間が延長される。電気防食後、被覆モルタルでコンクリート表面が覆われるためCO。は固定されない。

・道路橋梁を建設し、機能を長期にわたって維持するために排出される CO2 量の推計。

試算の対 象範囲 ・算出対象期間:資材の採取から工事の完了、供用(自動車の走行に伴う排出は含まない)、解体・再資源化、補修まで。道路橋梁の維持期間(評価期間)は500年間。

· 算出対象区間: 道路橋梁(21.75m)



# 試算に用いた設計条件

# 数量等

# ●建設段階

・設計資料で検討されている橋梁上部工と下部工を対象とした。

工事区分	工種	種別
コンクリート橋上部	PC 橋工	プレデンション桁制作工 横組工(中埋工) 横組工(横締工)
		支承工
	橋梁付属	橋梁用高欄工
	物工	排水装置工

工事区分	工種	種別
<u>工事区分</u> 橋梁下部	<u>工種</u> 橋台工	アスファルト 舗装工(車道・ 路肩部) 中央分離帯エ ガードレール 工 橋台本体工 舗装工 足場工 作業土工 踏掛版工 橋台排水工
		ブロック積擁 壁工

- ・上記の各工種で必要となる資材の種類、数量は、設計資料(数量総括表)から整理した。その うち一部の数量は「土木工事数量算出要領(案)(国土技術政策総合研究所)」等を用いて重量 換算を行い、生コンクリートを「m³」、それ以外を「t」に統一した。
- ・建設機械の種類、供用日数は「国土交通省土木工事積算基準 平成27年度版(一般財団法人建設物価調査会)」から整理し、建設機械の燃料使用量は供用日数と「平成27年度版建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。
- ・ここでは PC 橋工に係る数量を例示する。

# <資材別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	資材	単位	数量
プレテンション桁製作工	プレキャストコンクリート	t	542.6
横組工(中埋工)	埋込型枠	t	64
	コンクリート	$\mathrm{m}^3$	57.0
横組工 (横締工)	PC 鋼より線	t	0. 699
	定着具(グリット筋含む)	t	60.0
	桁間シース	t	186.0
支承工	ゴム支承	t	56.0
	無収縮モルタル	t	1.7
	補強鉄筋	t	0.66

# <機材別(PC 橋工)>

工事内容(種別)	機材	単位	数量
桁架設	トラッククレーン(108t)	供用日	3. 27
コンクリート	コンクリートポンプ車(16t)	供用日	0.39
ゴーム支承	ラフテレーンクレーン(27t)	供用日	8.30

#### <燃料(機材)別(PC 橋工)>

- /////   1////   1///			
工事内容(種別)	燃料(機材)	単位	数量
桁架設	軽油(トラッククレーン)	L	217
コンクリート	軽油(コンクリートポンプ車)	L	37. 52
ゴム支承	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	560

#### ●供用段階

- ・供用段階は、コンクリートの中性化に伴う CO<sub>2</sub> 固定量を対象とした。
- ・コンクリートの中性化に伴う CO<sub>2</sub>の固定量を算出するために、設計資料(設計図面)から上部 工、下部工のうち常に空気に触れているコンクリート面積を整理した。

構造	表面積
上部工	594.3 m <sup>2</sup>
下部工	465. 4 m <sup>2</sup>
擁壁	137. 2 m <sup>2</sup>

- ・解体に伴う CO<sub>2</sub>排出量については、解体方法は環境対策等を考慮しない最も簡単な方法とし、「国土交通省土木工事積算基準(一般財団法人建設物価調査会)」、「橋梁撤去マニュアル[第4回改訂版](北陸橋梁撤去技術委員会)」から建設機械の種類、供用日を設定した。
- ・建設機械の燃料使用量は供用日数と「建設機械等損料表(一般財団法人日本建設機械施工境界)」の年間標準運転時間、年間標準供用日、燃料消費率から算出した。

## <機材別>

工事内容	機材	単位	数量
高欄撤去	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	17. 64
現場発生品運搬	トラッククレーン付(2.7t)	供用日	1. 33
舗装版破砕	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	4. 77
舗装版運搬処理	ダ゛ンフ゜トラック (9.7t)	供用日	0.00
桁材撤去	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	0.00
	ラフテレーンクレーン (26.7t)	供用日	35. 57
現場発生品運搬	バックホウ(19.8t)	供用日	25. 27
	タ゛ンフ゜トラック (9.7t)	供用日	3. 54
コンクリート構造物取壊し	大型ブレーカ(12.5t)	供用日	75. 99
殼運搬	タ゛ンフ゜トラック (9.7t)	供用日	210. 10

#### <燃料(機材)別>

工事内容	燃料(機材)	単位	数量
高欄撤去	軽油(トラッククレーン付)	L	13
現場発生品運搬	軽油(トラッククレーン付)	L	553
舗装版破砕	軽油(大型ブレーカ)	L	65
舗装版運搬処理	軽油(ダンプトラック)	L	264
桁材撤去	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	3, 201
	軽油(ラフテレーンクレーン)	L	2, 275
現場発生品運搬	軽油(バックホウ)	L	160
	軽油(ダンプトラック)	L	3,622
コンクリート構造物取壊し	軽油(大型プレーカ)	L	10, 249
殼運搬	軽油(ダンプトラック)	L	17, 660

#### ●再資源化段階

- ・再資源化段階は、処理に伴う  $CO_2$ 排出量と再資源化時のコンクリートの中性化に伴う  $CO_2$  固定量を対象とした。
- ・コンクリート量は、設計資料(数量総括表)から整理した。 コンクリート量: 4,090t

#### ●補修段階

- ・補修段階は、表面被覆及び電気防食の実施に伴う CO<sub>2</sub>排出量を対象とした。
- ・補修対象面積は、以下に示すとおりである。

施工面積 上部工:545.8m<sup>2</sup> 下部工465.4m<sup>2</sup>

# 試算に用いた CO。排出原単位

原単位

#### ●建設段階

橋梁上部工のうち、PC 橋工の試算に用いた CO<sub>2</sub>排出原単位を例示する。

#### <資材別>

工事内容	資材	原単位名	単位	原単位	原単位
			(☆)	資材	運搬
				(t-CO <sub>2</sub> /☆)	(t-CO <sub>2</sub> /☆)
プ <sup>°</sup> レテンション	プ。レキャストコン	コンクリート製品	t	220.624	18. 411
桁製作	クリート				
コンクリート	埋込型枠	その他の鉄鋼製品	t	2334. 905	43. 492
	コンクリ	生コン_早強ポルト_呼び強度	$\mathrm{m}^3$	354. 104	8.967
	ート	30			
緊張	PC 鋼より	PC 鋼より線	t	3581. 431	495. 339
	線				
	定着具(グ	PC 鋼線・鋼棒	t	3581.431	495. 339
	リット筋				
	含む)				
	桁間シー	PC 鋼線・鋼棒	t	3581. 431	495. 339
	ス				
ゴム支承	ゴム支承	ゴム支承	t	3592. 125	364. 399
	無収縮モ	モルタル	t	220.624	18. 411
	ルタル				
	補強鉄筋	鉄棒・鉄筋コンクリート用棒鋼	t	798. 619	23.92

## <機材別>

次式により算出した。

供用日(日)×3.96(kg-CO<sub>2</sub>/供用日)×機械質量(t)÷1000

#### <燃料(機材)別>

燃料(機材)	単位	原単位(t-CO <sub>2</sub> /☆)			
	(☆)	資材 運搬 建機稼働			
軽油	L	0.327	0.0317	2. 589	

#### ●供用段階

・次式より、コンクリートへの CO<sub>2</sub> 固定量を算出した。

表面積当たりの CO<sub>2</sub> 固定量 (kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>) = 0.411 · D+0.549 D: 中性化深さ (mm)

中性化速度式:  $D = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s\sqrt{t}$ 

D:中性化深さ(cm)

K=1.72、 $\alpha_I$  (コンクリートの種類(骨材の種類)による係数): 1.0 (普通コンクリート)、

 $\alpha_2$  (セメントの種類による係数):上部工 1.0 (普通コンクリート)、下部工 1.4 (高炉 B 種)、  $\alpha_3$  (調合(水セメント比)による係数(w/c-0.38)): 0.12、  $\beta_I$  (気温による係数): 0.83、

 $\beta_2$  (湿度による係数): 0.82、  $\beta_3$  ( $CO_2$ 濃度による係数): 1 (屋外)、

s (中性化抑制効果の係数): 1.0 (屋外・仕上げなし)、t (材齢(年)): 50

#### ●解体段階

・機材別、燃料別原単位について、建設段階と同じ。

#### ●再資源化段階

	原単位(t-CO <sub>2</sub> /t)
処理に伴う CO <sub>2</sub> 排出	3. 16
再資源化に伴う CO <sub>2</sub> 固定**	-9. 96

※CO<sub>2</sub>固定量をマイナスで表記。

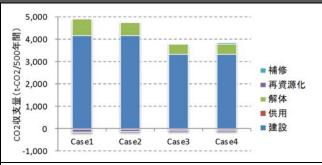
#### ●補修段階

補修工法の $CO_2$ 排出原単位は「コンクリート構造物の補修・解体・再利用における $CO_2$ 削減を目指して(土木学会)」を参考とした。

	工法	内訳	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
表面被覆工法	新規(20年毎)	材工	4. 69
衣囬愀復工伝	塗替(10年毎)	材工	1. 25
	新規(50年目 に全面更新)	材工	2. 67
電気防食工法	設備更新(25 年目)	材工	0. 42
	電気(1年毎)		0.39

# CO2排出量試算結果

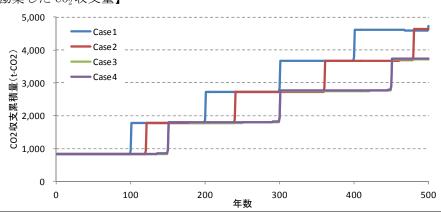
CO2排出量



単位	<u>f</u>	:	t-	-CO <sub>2</sub>
	Ħ	1 2	梊	

由来	CO2収支量(t-CO2/500年間)					
段階	Case1	Case2	Case3	Case4		
建設	4, 148	4, 148	3, 318	3, 318		
供用	-24	-22	-18	-18		
解体	734	587	441	441		
再資源化	-139	-111	-83	-83		
補修	0	24	50	68		
合 計	4, 719	4, 626	3, 708	3, 726		

## 【補修を勘案した CO2 収支量】



#### 考察

- ・建設に伴う CO2排出量が大半を占めている。
- ・1回の建設に伴う  $CO_2$ 排出量が  $830t-CO_2$  と多くを占めているが、建設から補修を含む 500 年間で試算した結果、補修によって供用期間を 50 年延長した Case3、4 の  $CO_2$  収支量が少ない 結果となった。
- ・補修に伴う  $CO_2$ 排出量の違いによって、Case3 の  $CO_2$ 収支量が 3,708t- $CO_2$  と最も少なくなった。 $CO_2$ 排出量の 87%を「建設」が占めており、「供用」及び「再資源化」によって  $CO_2$ 排出量の 3%を回収している。

#### PR ポイントの例 5,000 単位: t-CO<sub>2</sub> Case 1 (4,000 3,000 数 数 2,000 1,000 由来 CO2収支量(t-CO2/500年間) 4,000 Case3 Case1 ${\tt Case 2}$ Case3 Case4建設 4, 148 4, 148 3, 318 3, 318 供用 -24 -22 -18 -18 解体 734587 441 441 再資源化 -139 -83 -111 -83 補修 0 24 50 68 0 3, 708 4,719 4,626 合 計 3,726 100 300 400 年数

・道路橋梁を 500 年間維持する際の  $CO_2$ 収支量のうち、建設に伴う  $CO_2$ 排出量が大半を占めている。補修を行わず供用期間 100 年で橋を掛け替える Case1 の  $CO_2$ 収支量と比べて、補修によって供用期間を 50 年延長する Case3、4 の  $CO_2$ 収支量は 2 割少なくなる。

#### 3. 二酸化炭素排出量の活用に当たっての留意点

#### 3.1 二酸化炭素削減効果の示し方

「第1部1.目的」で記載したとおり、世界的に二酸化炭素排出量の削減が求められており、日本では約束草案で温室効果ガス排出量を2030年度に2013年度比で-26.0%とするという目標が設定されている一方、現時点では建設関連部門を対象とした具体的な目標値は設定されていない。具体的な目標設定がなされていないことで、二酸化炭素排出量を削減したことによる効果を示すことが難しい状況にある。

二酸化炭素排出量の削減効果を分かりやすく示すために参考となる目安を表 3-8 に示す。

目 安 酸化炭素量 出典 杉の木1本が1年間に吸収するCO<sub>2</sub>量 14g-CO<sub>2</sub> 1 ・500ml ペットボトル約 1,000 本分の体積 2 3 ・人間が1日に吐き出すCO2排出量 ・自動車の 3.6km 走行に伴う CO<sub>2</sub>排出量 ・電気自動車の 18.5km 走行に伴う CO<sub>2</sub>排出量 ・ドラム式洗濯乾燥機洗濯~乾燥 1.3 回分の CO2 排出量  $1 \text{kg-CO}_2$ ・テレビ 20 時間視聴に伴う CO<sub>2</sub>排出量 4 ・ノートパソコン約 243 時間使用に伴う CO<sub>2</sub>排出量 ・エアコン約4時間使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量 ・ドライヤー10回分に伴うCO。排出量 ・自動販売機が1日に排出するCO。量 ・半径約5mの風船の体積 2 ・杉の木約71本が1年間に吸収するCO。量 1 1t-CO<sub>2</sub> ・日本人1人当たりの年間CO。排出量の約半分 5 ・家族1世帯分の年間CO2排出量の約1/5 ・杉人工林 1ha が 1 年間に吸収する CO2 量 8.8t-C0<sub>2</sub> 6 7 0.6億t-CO<sub>2</sub> ・東京で1年間に排出される CO<sub>2</sub>量 12 億 t-CO<sub>2</sub> ・日本で1年間に排出される CO2 量 8 ・世界で1年間に排出されるCO2量 9 329 億 t-CO<sub>2</sub>

表 3-8 二酸化炭素量の目安(参考)

出典)1:平成16年度森林白書(林野庁)

- 2: CO<sub>2</sub>1kg を約 0.5m³として推計。
- 3: 人間の呼吸量を約 19m³/day、呼気の CO₂ 濃度を約 3%、CO₂ の重さを約 2kg/m³ として推計。
- 4:中部カーボン・オフセット推進ネットワークホームページ〈http://c-conet.org/〉
- 4: 温室効果ガスインベントリオフィス<a href="http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html">http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html</a>
- 6: 林野庁ホームページ〈http://www.rinya.maff.go.jp/index.html〉
- 7: 都内の最終エネルギー消費及び温室効果ガス排出量(2014 年度速報値)(東京都環境局、平成 28年7月)
- 8:2015年度(平成27年度)温室効果ガス排出量(環境省、平成28年12月)
- 9: エネルギー・経済統計要覧 2016 年版(日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット)

#### 3.2 二酸化炭素算出に関する不確実性

「第2部4.3原単位の選択」及び「5.3原単位の選択」で記載したとおり、構造物の二酸化炭素排出原単位、積上型積算方式に対応する工種の二酸化炭素排出原単位は様々な設計条件の二酸化炭素排出量の平均値から採用していることから、ばらつきの幅を持っている。

また、「第2部8.2供用後から再資源化までの工事以外の二酸化炭素排出量の計算」で記載したとおり、供用後から再資源化までの二酸化炭素排出量を対象に計算を行う場合には評価期間とシナリオを設定することが必要となるが、社会資本の供用は数十年から数百年の長期間が想定されており、維持管理等の運用計画と実際の運用が異なることで、計算結果との誤差が生じることとなる。

前者は、ばらつきの幅を狭めるために、原単位の算出に用いる工事数、工種数の増加と原単位の細分化の検討を継続的に行うことが必要である。後者は、最新事例等の蓄積によって不確実性を低減する努力が必要だが、計算結果は将来推計であることによる不確実性を持っていることを踏まえて評価等に活用することが重要となる。

#### 3.3 PR ポイントの記載方法

「第3部2.インベントリ分析の事例紹介」で記載したとおり、複数設計案の比較検討や資機材の入れ替え等で二酸化炭素排出量を評価に活用することは有効である。一方、資機材の入れ替え等では、二酸化炭素排出量以外の経済性、施工性等の項目に利点、欠点がある場合があり、トレードオフの関係になっている場合には特に留意が必要である。

評価の公平性を担保するためには、「第3部2.インベントリ分析の事例紹介」のNo.12~14のとおり、二酸化炭素排出量以外の項目のメリット、デメリットを併記することが重要となる。

## 3.4 二酸化炭素排出量算出支援ツールの活用

本手引きの第2部で記載した二酸化炭素排出量の算出手法を用いて、第3部で記載した二酸化炭素 排出量の計算を行うに当たっては、以下の課題がある。

- ・計算の対象が多くなるほど、工種や資材等の整理が煩雑になる。
- ・工種や資材等に対応する二酸化炭素排出原単位の選択の判断が難しい。

これを解消するために、国総研では「二酸化炭素排出量算出支援ツール」を開発した。支援ツールの目的、機能、操作方法等は、第4部で紹介する。

## 第4部 二酸化炭素排出量算出支援ツールの紹介

#### 1. 目的と特徴

二酸化炭素排出量の算出に当たっては、計算の対象が多くなるほど工種や資材等の整理が煩雑になるとともに、工種や資材等に対応する二酸化炭素排出原単位の選択の判断が難しい場合がある。二酸化炭素排出量算出支援ツールは、これらの課題を解消し、二酸化炭素排出量算出の省力化、効率化を支援するものである。

- 二酸化炭素排出量算出支援ツールの特徴は以下のとおりである。
- ・Excel ベースのツールであり、一般に広く利用しやすい。
- ・二酸化炭素排出原単位が搭載されている。また、新たな原単位の追加が容易である。
- ・搭載されている原単位は、排出由来(資材・運搬・建機稼働・建機減耗)別の内訳データを持って おり、より詳細な排出由来別の分析ができる。
- ・Excel のプルダウン機能によって工種や資材等を選択でき、入力ミスで計算できないことを防ぐ。 また、コピー&ペーストも可能であり、大量のデータでも楽に計算できる。

二酸化炭素排出量算出支援ツールは、国総研道路環境研究室ホームページ<sup>14</sup>からダウンロードして、誰でも利用することが可能である。ただし、搭載している二酸化炭素排出原単位は、原単位を計算した当時の知見に基づくものであり、二酸化炭素排出量算出支援ツールの算出結果を国総研道路環境研究室が保証するものではない。

\_

<sup>14</sup> 国総研道路環境研究室ホームページ〈http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/index.htm〉

# 2. 操作方法

二酸化炭素排出量算出支援ツールのシート構成は表 4-1 に示すとおりであり、操作はトップ画面に 比較案の数、入力フォームで原単位と数量を入力し、出力ボタンをクリックすることで、二酸化炭素 排出量の算出結果が出力結果画面に表示される。

操作フローを図 4-1 に示すとともに、操作手順を以降で説明する。

表 4-1 二酸化炭素排出量算出支援ツールのシート構成

22	表 4-1 一
シート	概要
トップ画面	・利用者が比較検討案の数を選択する画面。1~5の数字から選択する。
入力フォーム	・選択後、[入力画面へ]をクリックする。 ・「トップ画面」で選択した比較検討案毎の入力シート(1 案 1 シート)。
ハハノオーム	
	・以下の区分から構成される。
	1. 構造・工種・資材の名称・種別・数量の入力
	2. 単位変換
	3. CO <sub>2</sub> 排出原単位 kg-CO <sub>2</sub> /単位
	4. CO <sub>2</sub> 排出量算出結果 kg-CO <sub>2</sub>
	・入力方法は、以下のとおり。
	<構造・工種・資材の名称・種別・数量の入力>
	1-1 [自由記入欄 1] ~ [自由記入欄 3] に道路構造等をメモ代わりに直
	接入力する(任意入力)。
	1-2 [構造/工種/資材/機械の別] ~ [単位] をプルダウンリストから選
	択する。
	1-3 [数量] に直接入力する(必須入力)。
	<単位変換>
	2-1 要否は、「-」又は「単位変換必要」と自動的に表示される。
	2-2 [要否] に「単位変換必要」と表示された場合、[変換係数 1] ~ [単
	位]に入力する。
	<co₂排出原単位></co₂排出原単位>
	3-1 [任意分析区分] に分析したい分析区分を直接入力する(任意入力)。
	3-2 [資材] ~ [合計] が自動的に算出され、表示される。
	3-3 [単位☆] が自動的に選択され、表示される。
	<co₂排出量結果></co₂排出量結果>
	4-1 [資材] ~ [合計] が自動的に算出され、表示される。
	・入力後、[出力結果画面へ]をクリックする。
出力結果	・「入力シート」の入力内容から、自動的に計算・作成される画面。
	・出力結果を印刷すると提出書類の一部に活用できる。
道路構造の原	・道路構造の原単位を収録したシート。
単位	・搭載済み原単位より下の欄に新たな原単位を加えることで、新たな原単
1 1	位を搭載済み原単位と同じように計算に用いることができる。
工種(積上)の	・積上工種の原単位を収録したシート。
原単位	・搭載済み原単位より下の欄に新たな原単位を加えることで、新たな原単
//1\     <del>  //-</del>	位を搭載済み原単位と同じように計算に用いることができる。
工種(施工 P)	・施工P工種の原単位を収録したシート。
の原単位	・搭載済み原単位より下の欄に新たな原単位を加えることで、新たな原単
· · /////   1	位を搭載済み原単位と同じように計算に用いることができる。
資材の原単位	・資材の原単位を収録したシート。
貝内ツが平凹	- 「員材の原単位と収録したシート。 - ・搭載済み原単位より下の欄に新たな原単位を加えることで、新たな原単
	・
建設機械の原	・建設機械の原単位を収録したシート。
建設機械の原   単位	・建設機械の原単位を収録したシート。   ・搭載済み原単位より下の欄に新たな原単位を加えることで、新たな原単
十二	<ul><li>● 拾載済み原単位より下の欄に利たな原単位を加えることで、利たな原単位を搭載済み原単位と同じように計算に用いることができる。</li></ul>
亦協反粉。些	
変換係数一覧	・変換係数を収録したシート。
	・搭載済み変換係数より下の欄に新たな変換係数を加えることで、新たな
	変換係数を搭載済み変換係数と同じように計算に用いることができる。



図 4-1 二酸化炭素排出量算出支援ツールの操作フロー

## 2.1 起動から入力フォームの作成まで

- ①[CO<sub>2</sub>排出量算出支援ツール.xlsm]をダブルクリックして起動する。
- ②トップ画面シートのプルダウンから作成したい案件数を選択し、[入力画面へ]ボタンをクリックする。

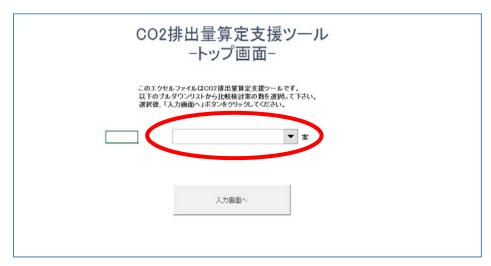


図 4-2 案件数選択画面(トップ画面)

③指定した案件数分の入力フォームシートが作成される。

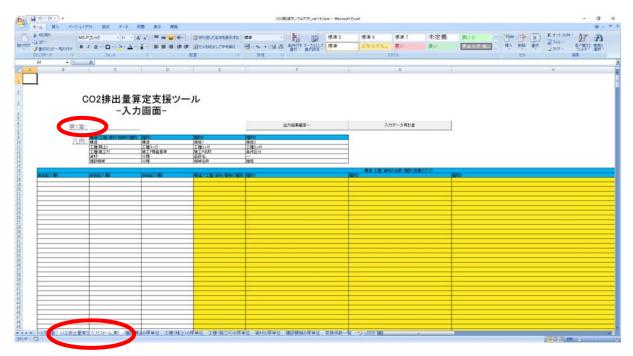


図 4-3 入力フォーム画面 (1/6)

## 2.2 入力データの作成(プルダウンから選択する場合)

③入力フォーム作成後、比較した案件データを入力する。

以下の項目についてはプルダウンより対象の物を選択し、データを作成する。順次、種別を選択 することで対象の物が絞られたものがプルダウンに表示され、選択することが可能となる。

- ・ 構造/工種/資材/機械の種別
- · 種別 1
- · 種別 2
- 種別3

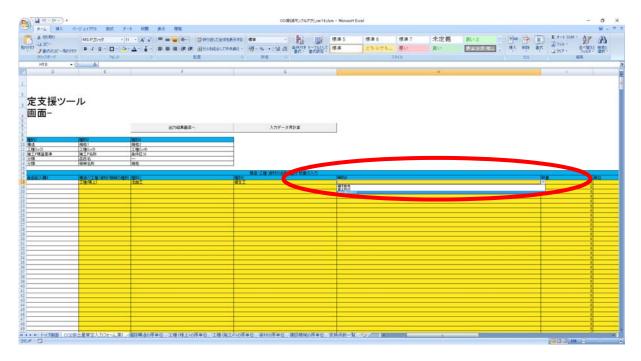


図 4-4 入力フォーム画面(2/6)



図 4-5 プルダウンリストによる原単位名称の選択

④単位については、種別2または3選択時に、CO<sub>2</sub>排出量原単位 kg-CO<sub>2</sub>の「単位☆」に選択した種別に該当する単位が入力される。その単位と一致する場合には、構造・工種・資材の名称・種別・数量の入力の「単位」に一致する単位を入力する。

別な単位に変換したい場合には、単位変換で変換する品目を選択し、入力される単位を使用します。単位変換については、3つまで設定し変換を行うことができます。

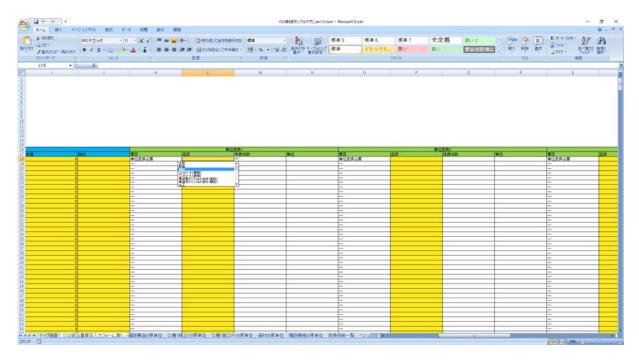


図 4-6 入力フォーム画面(3/6)

- ⑤プルダウン項目を選択後、以下の項目については自動計算の数式が入力される。
  - ・CO<sub>2</sub>排出量原単位 kg-CO<sub>2</sub>: 資材/運搬/建設機械稼働/建設機械減耗
  - · CO<sub>2</sub>排出量算出結果 kg-CO<sub>2</sub>: 資材/運搬/建設機械稼働/建設機械減耗

それ以外の項目については、自由に編集可能な項目である。

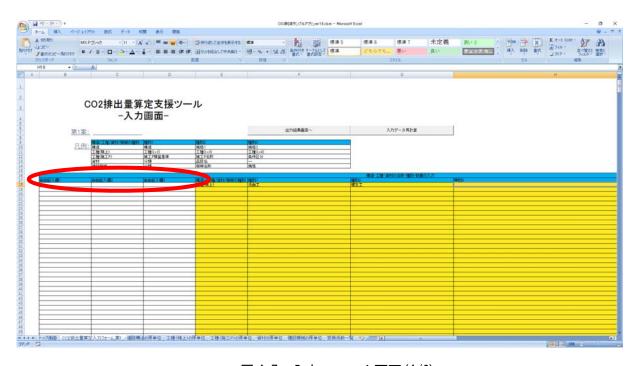


図 4-7 入力フォーム画面 (4/6)

## 2.3 入力データの作成(データを貼り付けて入力する場合)

⑥入力データについては、他所から貼り付けて入力することもできる。

それぞれの項目に入力データを貼り付け、入力データ再計算ボタンを押下することで、貼り付け たデータから再計算を行い、当該の項目に計算結果を出力する。

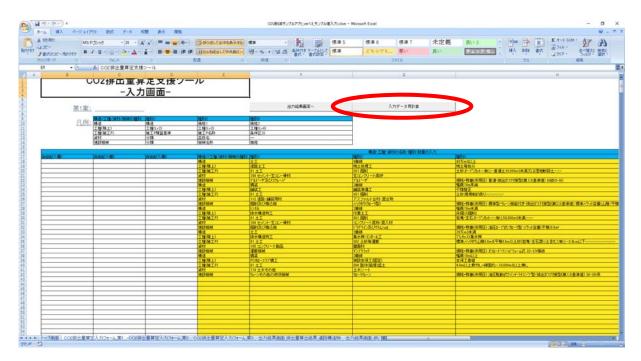


図 4-8 入力フォーム画面(5/6)

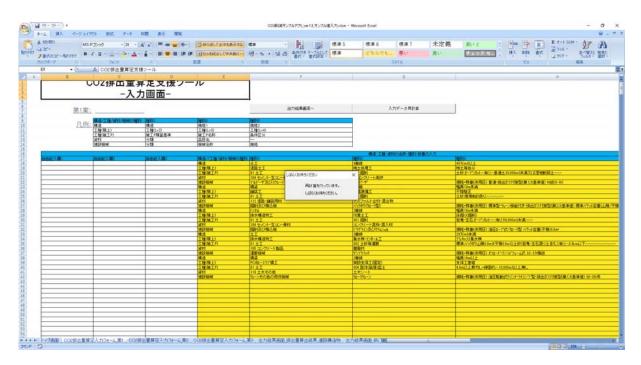


図 4-9 入力フォーム画面(6/6)

## 2.4 出力結果画面の作成

⑦入力フォームでのデータを入力後、「入力結果画面へ」ボタンを押下することで、入力データから 作成した出力結果画面を作成する。

出力結果画面では、以下に示す入力データから算出した結果表とグラフを作成する。

なお、「排出量算出結果/道路構造物」では、構造物の原単位が持つばらつきの幅を考慮して計算 結果の最小値、最大値を示すが、「排出量算出結果/道路構造物」以外では一意の計算結果のみを 示す。

· 出力結果画面:排出量算出結果/道路構造物 (図 4-10 参照)

・出力結果画面:排出量算出結果/工種(積上げ)

・出力結果画面:排出量算出結果/工種(施工 P)

・出力結果画面:排出量算出結果/資材 (図 4-11 参照)

• 出力結果画面:排出量算出結果/建設機械

• 出力結果画面:排出量算出結果/総合結果

· 出力結果画面:排出量算出結果/任意分析 (図 4-12 参照)

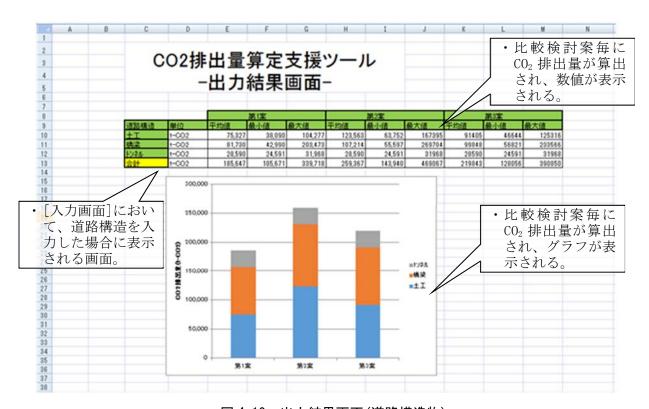


図 4-10 出力結果画面(道路構造物)

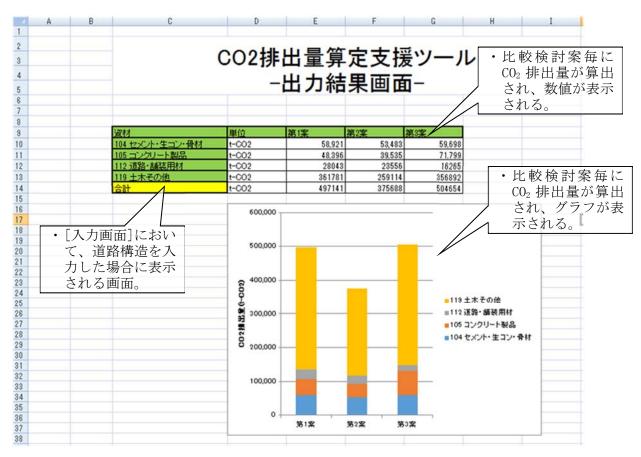


図 4-11 出力結果画面(資材)



図 4-12 出力結果画面(任意分析)

#### 2.5 原単位・変換係数の管理

⑧計算に用いる原単位、変換係数は、入出力とは別の以下の6シートで管理している。

最初から搭載している原単位、変換係数より下の欄に名称、数値を追加することで、他の原単位、変換係数と同じように計算に用いることが可能となり、計算の手間を省くことができる。原単位等の追加に当たっては、それが以降の計算に使われることから、原単位の算出の際の単位変換等に十分注意することが必要である。

- 道路構造の原単位
- ・工種(積上)の原単位
- ・工種(施工 P)の原単位
- ・ 資材の原単位
- ・建設機械の原単位
- 変換係数一覧

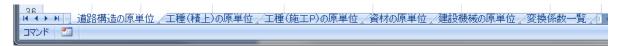


図 4-13 原単位・換算係数の管理シート

#### 道路構造の原単位

複数の工事の二酸化炭素排出量の平均値を原単位として採用しており、原単位(平均値)に加えて 最小値、最大値も整理している。



図 4-14 原単位・変換係数管理画面(道路構造の原単位)

#### 工種(積上)の原単位

各工種のうち様々な設計条件の二酸化炭素排出量の平均値を原単位として整理している。



図 4-15 原単位・変換係数管理画面(工種(積上)の原単位)

#### 工種(施工 P)の原単位

平成27年10月適用の施工パッケージ型積算方式標準単価に対応しており、条件区分毎の二酸化 炭素排出量を原単位として整理している。

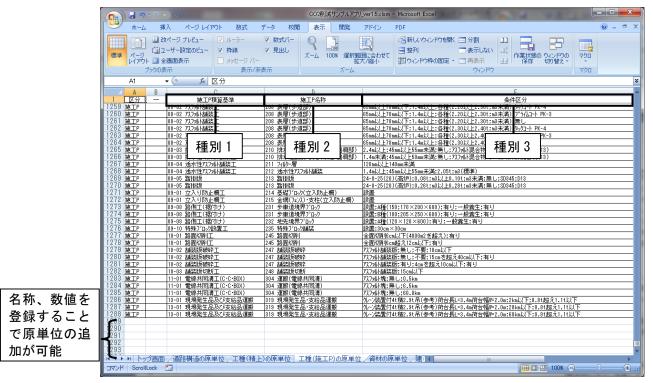


図 4-16 原単位・変換係数管理画面(工種(施工 P)の原単位)

#### 資材の原単位

「産業連関表補完型積み上げ法」で算出した二酸化炭素排出量を原単位として整理している。

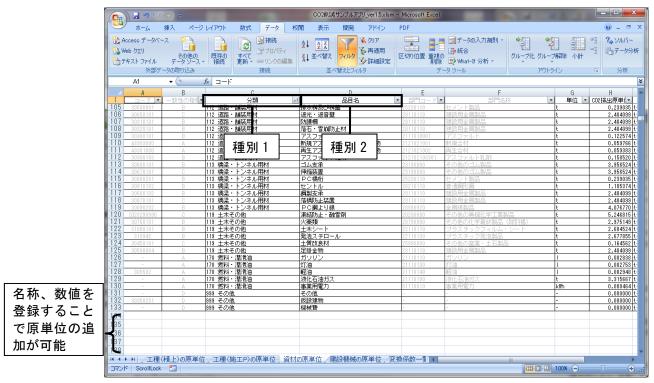


図 4-17 原単位・変換係数管理画面(資材の原単位)

#### 建設機械の原単位

二酸化炭素排出量の算出に用いる供用日及び稼働日当たりの二酸化炭素排出量を整理している。

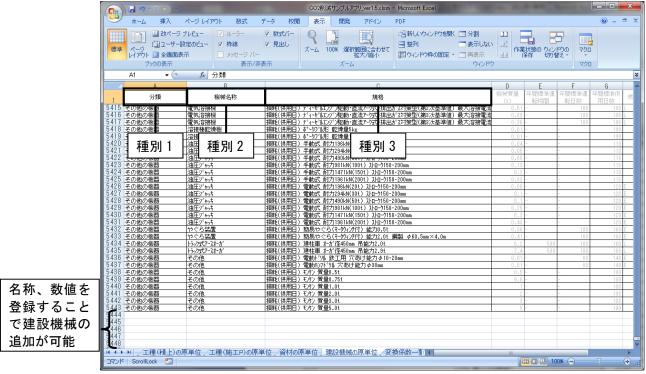


図 4-18 原単位・変換係数管理画面(建設機械の原単位)

## 変換係数一覧

資材を数量の単位を変換(例えば、土砂○m²→□kg)するために、土木工事数量算出要領(案)(平成 27 年度(10 月版))から変換係数を整理している。

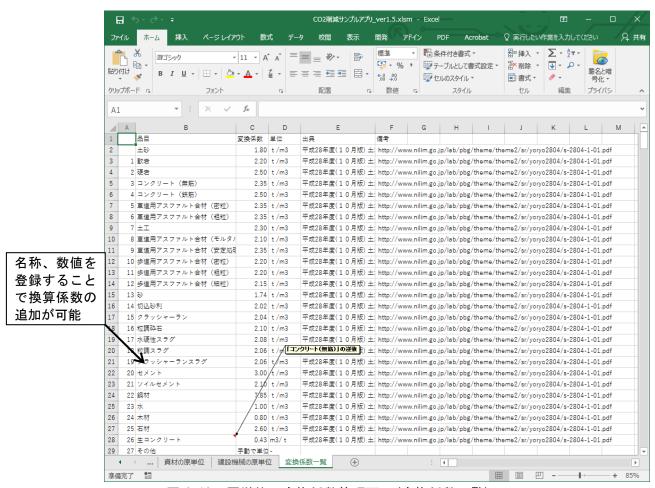


図 4-19 原単位・変換係数管理画面(変換係数一覧)

## 3. 計算に当たっての留意事項

#### 3.1 資材等の単位変換

二酸化炭素排出量算出支援ツールに搭載されている資材の原単位は、生コンクリートを除いて重量当たり二酸化炭素排出量(kg-CO<sub>2</sub>/t)となっている(生コンクリートは体積当たり二酸化炭素排出量(kg-CO<sub>2</sub>/m³))。入力した数量の単位とそれに対応する原単位の単位が整合しない場合、単位の異なる数量と原単位を積和した二酸化炭素排出量は誤った結果となってしまう。

これを防ぐために、二酸化炭素排出量算出支援ツールでは単位変換が必要であることが示されるようになっている。コンクリートやクラッシャランのような一般的な資材の単位変換係数はツールに搭載されているが、特定の資材の係数は搭載しておらず、必要に応じて独自に係数を設定することが必要となる。単位変換係数は、個々の資材のカタログから入手できるが、一部の資材の係数は建設物価等で掲載されている。

#### 3.2 新しい原単位の登録

二酸化炭素排出量算出支援ツールでは、新しい原単位を原単位シートに登録することで、搭載済みの原単位と同じように計算に用いることができる。仮に登録した原単位に間違いがあった場合、その原単位を用いた計算結果全てが誤りになってしまうことから、新しい原単位の登録には十分注意が必要となる。

原単位の新規登録に際して、登録する原単位と同様の構造物、工種、資材の原単位と比較し、大きく差異がある場合はその原因が妥当かどうかを確認することで、原単位の間違いを防ぐことができる。

		正しい数量・CC	正しい数量・CO <sub>2</sub> 排出量		02排出量
資機材	原単位	数量	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )	数量	CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )
バックホウ [クローラ型・排出ガス対策型 (第2次基準値)]山積0.8m³ (平積0.6m³)	3.960	0.00454 供用日・t	0.018	0.00454 供用目·t	0.018
歩車道境界ブロック 片面 180/205×250×600 (B)	239. 035	0.1089 t (1.65個× <mark>0.066t/個</mark> )	26. 031	0.1089 t (1.65個× <mark>0.66t/個</mark> )	260. 309
生コンクリート 高炉 18-8-25 (20) W/C60%	187. 762	0. 04784 m <sup>3</sup>	8. 983	$0.04784 \text{ m}^3$	8. 983
軽油 1.2号 パトロール給油	2. 948	0.0110 L	0. 035	0.0119 L	0. 035
合 計			35. 066		269. 344

表 4-2 原単位計算時のミスの例(工種(施工 P)の「歩車道境界ブロック」)

歩車道境界ブロックの変換係数を 1 桁間違えただけで、全体の  $00_2$ 排 出量が約 8 倍になってしまう。

#### 3.3 原単位のばらつき

二酸化炭素排出量算出支援ツールに搭載されている原単位のうち、「構造物の原単位」、「積上型積算 方式に対応した工種」は、様々な施工条件での二酸化炭素排出量の算出結果の平均値から算出してお り、施工条件の違いによるばらつきが含まれている。

資機材の原単位を用いてより詳細に計算を行うことによってばらつきを回避することが可能だが、 それが難しい場合には誤差があることを踏まえて評価・活用することが必要となる。なお、「構造物の 原単位」のばらつきのデータは、二酸化炭素排出量算出支援ツールに搭載されており、最も二酸化炭素排出量が多い場合と少ない場合を確認することができる。