第5章 ライフサイクルをとおした CO₂ 収支量の定量的把握手法の開発

5.1 はじめに

5.1.1 社会資本のライフサイクルをとおした CO2排出量評価手法(社会資本 LCA)の概要近年、地球温暖化問題に対処するため、日本では、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や平成 27 年 7 月に国連に提出した「日本の約束草案」を踏まえ、地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための計画である「地球温暖化対策計画」の閣議決定や、普及啓発を強化する方針を明示する等した「地球温暖化対策の推進に関する法律」の改正が行われてきた。「地球温暖化対策計画」は、2030 年度に 2013 年度比で 26%削減するとの中期目標について、各主体が取り組むべき対策や国の施策を明らかにし、削減目標達成への道筋を付けるとともに、長期的目標として 2050年までに 80%の温室効果ガスの排出削減を目指すことを位置付けている。「地球温暖化対策の推進に関する法律」では、温室効果ガスの排出抑制等のための施策として、国、自治体がその事務、事業に関して行う計画を策定することが定められており、社会資本整備においても CO2排出抑制に向けた取り組みが必要と考えられる。

社会資本整備における CO_2 排出の過年度の研究 $^{1)}$ により、図 5.1.1-1 に示すとおり建設分野では建設機械の稼動等によって建設現場から直接排出される CO_2 量は全体の 1%と僅かだが、建設に用いた資材等も考慮した最終需要別排出量は建設・土木で全体の約 14%と一定量を占めることがわかっている。 CO_2 削減を効果的に進めるためには原材料の採取、資材製造、運搬等を含めて検討することが必要となる。

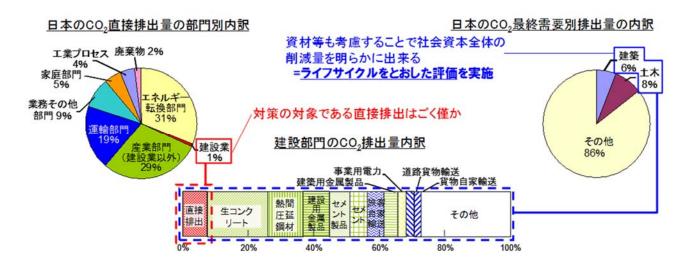


図5.1.1-1 建設部門のC02排出量の内訳(産業連関表(2005年版)、3EID(2005β))¹⁾

CO₂排出量を対象とした評価では、既往の環境アセスメント制度等で採用されている環境影響が最大となる時期の評価(インパクト評価)ではなく、環境影響の総量を評価する手法が必要となる。そのため、図 5.1.1-2 に示すとおり、製品に関する資源の採取から製造、使用、廃棄、輸送など全ての段階を通して環境影響を定量的、客観的に評価する手法である「ライフサイクルアセスメント (LCA)」という考え方を採用しなければならない。

製造業等の分野では、環境情報の「見える化」や「見える化された情報」に基づいて 更なる削減行動の促進等を図る LCA の考え方が普及(工業製品:エコリーフ環境ラベル²⁾ 建築分野: CASBEE³⁾ 等)している。

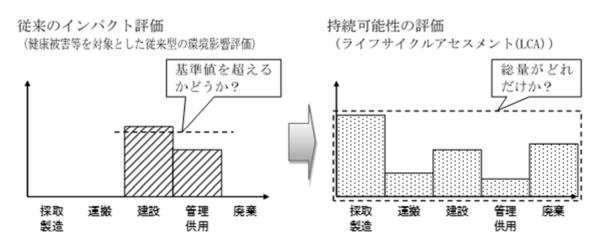


図5.1.1-2 従来のインパクト評価とライフサイクルアセスメントの違い

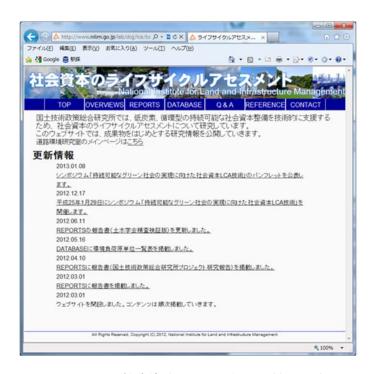
これまでに、国総研では、表 5. 1. 1-1 に示すとおり社会資本整備に伴う CO_2 排出量の「見える化」、 CO_2 排出量削減に向けた取組みを評価できるツールとして「ライフサイクルアセスメント」による手法(社会資本 LCA)を開発してきた(図 5. 1. 1-3)。

社会資本 LCA とは、建設資材の原料採取から、資材製造、運搬、建設、供用、廃棄までをとおした環境負荷量(CO₂排出量)を評価する手法であり、建設機械の燃費のような直接排出だけではなく、環境負荷の少ない資材・工法の選択等の間接的な取組みも含めて、共通の尺度で CO₂排出量を定量化、評価ができるものである。

表5.1.1-1 社会資本LCAに係る国総研の研究の流れ

年度	委員会名	検討内容
H16、17	グリーン購入法の公共工事の技術審査に関わる運用方針検討委員会	・LCA の手法を開発す
H18、19	LCA 手法検討会	るに当たっての課 題の整理。
H20~22	総合技術開発プロジェクト研究 「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」 土木学会に以下の委員会、WGを設置 ・LCA活用方策検討委員会(座長:石田 筑波大教授) ・インベントリデータ作成手法検討委員会(座長:花木 東京大教授) ・LCA理論検討委員会 (座長:藤田 国環研 環境都市システム研究プログラム総括) ・インベントリデータベース作成委員会(座長:岸田 国総研研究総務官) ・LCI 試算 WG (WG長:靏巻 和歌山高専教授)	・社会資本を対象に採取製造から建設までの CO₂排出量等の簡便に計算する手法(社会資本 LCA)を開発。 ・図 5. 1. 1-3 参照。
H23、24	プロジェクト研究「社会資本 LCA の実用化研究」 土木学会に以下の委員会、WG を設置 ・持続可能性指標の統合に関する検討委員会 (座長:藤田 国環研 環境都市システム研究プログラム総括) ・LCI 計算 WG (WG 長: 靍巻 和歌山高専教授)	・社会資本LCAの実用化 を目的とする研究。

注) 役職は研究当時のもの。



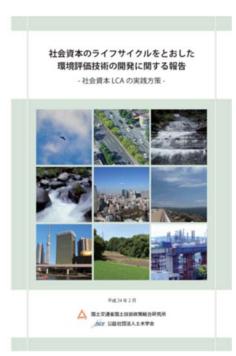


図5.1.1-3 社会資本LCAの公表状況(左:国総研HP 右:報告書(土木学会精査版))

5.1.2 本研究の目標

これまでの社会資本 LCA の研究では、設計段階、施工段階、資材選定段階における情報を用いた、社会資本の建設まで(建設資材の原料採取から、資材製造、運搬、建設まで)の CO₂ 排出量算出手法の開発とそれに対応する CO₂ 排出原単位の整理を行った(図5.1.2-1、青の欄に対応)。一方、設計段階の前の意思決定段階である「計画」段階においても社会資本 LCA が活用できるが、この段階で検討される概略計画等(例えば道路であればルートや車線、基本構造等)に用いるデータ(延長、幅員等)にあわせた計算式、CO₂排出原単位の整備が必要となる。

また、土木分野においても、今後、前述の他の分野のように LCA が十分に認識され、温室効果ガス $(CO_2$ 排出量) 削減を進めるためには、 CO_2 排出量の定量化手法である社会資本 LCA のわかりやすさ、容易さを改善し、定量化した CO_2 排出量の活用方法の提示することによってその有用性を示し、LCA 手法の普及を図ることが重要となる。

さらに、今後、社会資本の維持管理・更新が増加する状況において、それに対する環境配慮の必要性が高まることを踏まえ、「維持管理・供用 更新」段階における CO₂ 排出量算出手法の開発が必要である。

本研究では、「計画」段階及び「維持管理・供用、更新」段階における CO₂ 排出量算出 手法の開発と、社会資本 LCA のわかりやすさ、容易さの改善、算出結果の活用方法の提示として、以下の検討、作成を行った(図 5.1.2-1、赤の欄に対応)。

- ① 計画段階における社会資本整備からの CO₂排出量の算出手法 · · · · · · · 5.2 社会資本 LCA の活用場面の拡大を目的に、計画段階における情報を用いて社会資本の建設までの CO₂排出量を算出する手法を検討した。
- ② 維持管理·供用、解体·再資源化における社会資本整備からの CO₂ 収支量の算出手法
 - ②-1 供用・再資源化におけるコンクリートへの CO₂ 固定量の算出手法 · · · · 5.3.1
 - ②-2 社会資本の維持管理における CO₂収支量の算出・評価への社会資本 LCA 適用性の 検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5 3 2

維持管理・供用、更新における CO_2 排出量算出手法の検討においては、コンクリートが CO_2 を固定することに着目し、その固定量を考慮した CO_2 収支量(排出量-固定量)を算出する手法を検討した。

また、維持管理・供用、更新における CO₂排出量の削減に向け、設計、補修等による供用期間延長の効果等の比較への LCA 適用性について検討した。

- ③ 社会資本整備からの CO2 排出量算出の省力化
 - ③-1 積算体系を活用した CO₂排出量算出手法の検討・・・・・・・ 5.4.1

- ③-2 CO₂排出量算出支援ツールの検討・・・・・・・・・ 5.4.2 社会資本 LCA の容易さの改善を目的に、CO₂原単位の選択、計算の手間を省力化する方法を検討した。積算にも使用されている工種にあわせた工種別の CO₂排出原単位の検討や計算及びグラフ作成の自動化する CO₂排出量算出支援ツールを検討した。
- ④ CO₂排出量算出マニュアル・試算事例集の作成・・・・・・・・・ 添付資料 2 社会資本 LCA のわかりやすさの改善、活用方法の提示を目的に、上記の CO₂排出量 算出手法についてマニュアルを作成するとともに、本手法による CO₂排出量の試算を事例集としてとりまとめた。

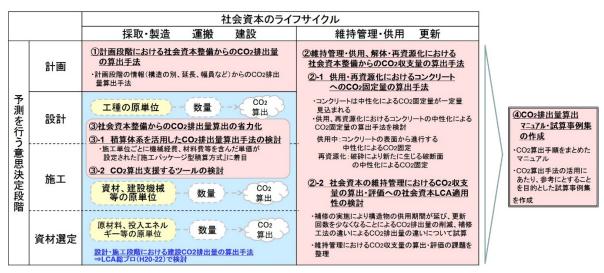


図5.1.2-1 社会資本LCAにおける検討の枠組

5.2 計画段階における社会資本整備からの CO₂排出量の推計手法

社会資本 LCA は、図 5.2-1 に示すとおり工種、資機材等の数量と CO_2 排出原単位の積和を基本的な計算手法としており、各種の CO_2 排出原単位を整備することによって、各場面に対応した計算手法とすることができる。

道路事業の流れは図 5.2-2 に示すとおりである。 道路事業は、ステップ毎(計画(概略計画が検討され

$$CO_2 = \sum_i (e_i \times x_i)$$

CO2: ライフサイクルを通した

CO₂排出量

e : CO₂排出原単位x : 数量(t、m³、m²等)

図 5.2-1 社会資本 LCA の基本式

る「構想段階」、都市計画等の事業実施の前提となる計画が検討される「詳細計画段階」)・ 設計・施工)に検討が進められ、事業が進むにつれて計画の熟度が増して決定される情報 量が増える。

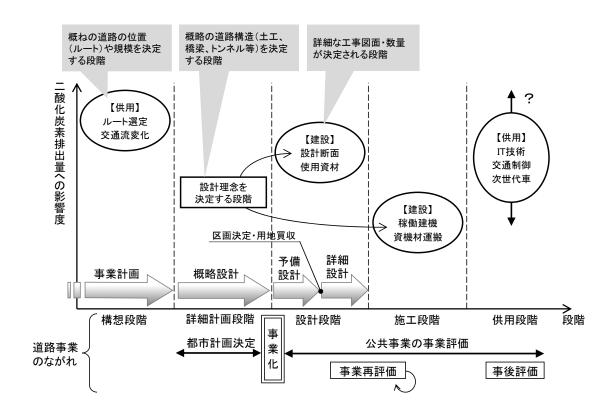


図5.2-2 道路事業の計画・設計の流れ

これまでの研究では、建設資材の原料採取から、資材製造、運搬に伴う CO₂ 排出量である「資材の原単位」を主に整備してきた。「資材の原単位」は、資材や建設機械等の情報量の多い「施工段階」における CO₂ 排出量算出に特に有効であると考えられる。また、「設計段階」で用いることを想定した原単位として、単位作業量当たりの作業に伴う CO₂ 排出量である「工種別原単位」を、試算事例を積み上げることで作成してきた。「構想段

階・詳細計画段階」で用いることを想定した原単位としては、道路延長 1km・1 車線当たりの道路の施工に伴う CO₂ 排出量である「道路構造別原単位」を検討してきたが、活用した試算結果が限定的であり、精度が課題として残されている。

計画段階 (構想段階・詳細計画段階) における CO₂ 排出量の予測では、限られた情報からいかにして予測精度を確保するかが課題となる。計画段階で得られる情報を整理し、その情報を活用することで、「道路構造別原単位」の精度向上を検討した。本節では、「構想段階」で用いる「道路構造別 CO₂ 排出原単位」の更新結果を 5.2.1、「構想段階」及び「詳細計画段階」で用いる「道路の特徴で細分化した道路構造別 CO₂ 排出原単位・推定式」のうち「構想段階」及び「詳細計画段階」で把握できる情報項目の整理を 5.2.2 に、CO₂ 排出原単位・推定式の検討について 5.2.3 に示す。

なお、最近の積算体系に対応した「工種(施工パッケージ型)別 CO_2 排出原単位」については、5.4.1 で説明する。

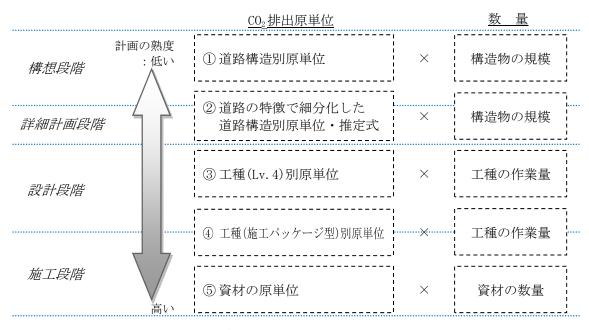


図5.2-3 道路事業で用いる原単位イメージ

5.2.1 道路構造別の CO₂排出量の算出

(1) 道路工事に伴う CO₂排出量の計算方法

「道路構造別 CO_2 排出原単位」、「道路の特徴で細分化した道路構造別 CO_2 排出原単位・推定式」の検討に当たって、各種の道路工事に伴って排出される CO_2 量の計算を行った。ここで対象とする CO_2 排出量とは、図 5.2.1-1 に示すとおり原材料の採取から資材の製造、運搬、施工(工事)までを対象(システム境界)とし、計算手法は「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」によるものとした。

計算対象とするシステム境界

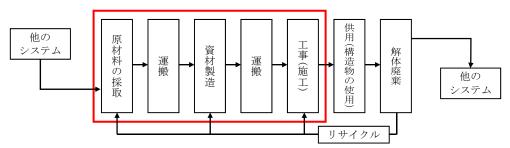


図5.2.1-1 計算対象とするシステム境界

資材の CO₂排出原単位は、国総研 HP⁴⁾で表しているが、その最新版を用いた。 CO₂排出の排出は、資材由来、運搬由来、建設機械の稼働(燃料消費)由来、建設機械の 減耗由来に大別される。それぞれに計算方法の詳細を以下に示す。

1) 資材の CO₂ 排出量の計算

開発した資材の CO_2 排出量は、「生産」、「出荷」、「循環資源控除」、「吸着」、「燃料使用」に分かれている。「生産」とは原材料の採取から資材製造までに排出される CO_2 量、「出荷」とは製造後に現場までの運搬で排出される CO_2 量、「循環資源控除」とは廃棄物を材料として使用することによって廃棄物処理として排出されるはずであった分を控除する CO_2 量、「吸着」とは資材によって自然に吸着される CO_2 量、「燃料使用」とは燃料として使用することによって直接排出される CO_2 量を示す。資材の CO_2 排出量は、このうち「生産」、「循環資源控除」、「吸着」を対象とする。

また、資材のうち生コンクリートは体積当たり CO_2 排出量 $(kg-CO_2/m^3)$ 、その他の資材は主に質量当たり CO_2 排出量 $(kg-CO_2/t)$ である。よって、資材の CO_2 排出量は以下の方法で計算する。

生コンクリートの CO₂排出量

= 生コンクリートの体積 (m³) × CO₂排出原単位 (kg-CO₂/m³)

その他資材の CO₂ 排出量

= 資材の質量(t) × CO₂排出原単位(kg-CO₂/t)

資材の数量(生コンクリートの体積、資材の質量)は、対象とする工事の詳細設計報告書等の各種設計書の値を用いるが、設計書のみでは分からない場合には国土交通省土木工事積算基準⁵⁾、建設物価⁶⁾、各社パンフレット等も用いた。

2) 運搬の CO₂ 排出量の計算

資材の計算と同様に資材の数量に CO₂ 排出原単位を乗じることとし、乗じる原単位は CO₂ 排出原単位の「出荷」分のみとする。

3) 建設機械の稼働の CO₂排出量の計算

建設機械の稼働に伴う CO₂排出量は、以下に示すとおり燃料使用量に燃料の CO₂排出原 単位を乗じることで計算する。

燃料の CO₂排出量

=燃料使用量(LもしくはkWh)×CO2排出原単位(kg-CO2/LもしくはkWh)

燃料使用量は、土木工事積算基準の単位数量あたりの燃料使用量に対象とする工事の詳細設計報告書等に掲載されている工種毎の施工数量を乗じることで算出するが、それら資料のみで計算できない場合は、建設機械等損料表⁷⁾、建設物価、各社パンフレット等も用いた。

4) 建設機械の減耗の CO₂排出量の計算

建設機械の減耗とは、建設機械を使用することで低下した価値(償却)分の CO₂ 量に維持修理・管理に伴って排出される CO₂ 量を加えた値とする。国総研プロジェクト研究報告第 36 号で示されている供用日・機械重量当たりの建設機械の減耗に係る CO₂排出量「3.96 kg-CO₂/供用日・t」を用いて、以下の式で計算する。

機械減耗の CO₂排出量

=機械の供用日数(供用日)×機械の重量(t)×3.96(kg-CO₂/供用日・t)

供用日は、土木工事積算基準の単位数量あたりの施工日数に対象とする工事の詳細設計報告書等に掲載されている工種毎の施工数量を乗じることで算出するが、それら資料のみで計算できない場合は、建設機械等損料表、建設物価、各社パンフレット等も用いた。建設機械の重量は建設機械等損料表の値を用いるが、該当する建設機械が掲載されていない場合は、各社パンフレット等若しくは類似の建設機械の値を用いた。

計算結果は、工事別、工種別、排出由来別(資材・運搬・建設機械の稼働・建設機械の減耗)に整理した。なお、対象とする工事は平成24年度以前の設計業務を対象とすること、平成25年度の土木工事積算基準は資機材の詳細が記載されていない施工パッケージ型積算が多いこと等から、土木工事積算基準、建設機械等損料表等の資料は主に平成24年度のものを用いた。

実際の CO₂ 排出量の計算に当たっては、対象とする工事によって資機材の規格等が報告書に記載されていない、工種や資機材の名称が一般的な名称(工事工種体系ツリー⁸⁾等)と異なっている等の問題が確認された。本研究では、類似事例等から妥当と考えられる数量を当てはめた。

(2) 道路工事に伴う CO₂排出量の計算結果

CO₂排出量の計算に当たっては、前述のとおり資機材の数量等の情報が必要となる。そこで本研究では、国土交通省が発注した道路設計業務で各種数量が整理されている 172 の道路工事(土工(明かり道路)106 工事・橋梁 43 工事・トンネル 23 工事)を計算対象とした。また、対象とする道路工事は構造・地形地質・地域等に偏りが無く(網羅性)、一般性、代表性を有しているに留意した。

(1)の手法で CO₂排出量を計算した結果を表 5.2.1-1~表 5.2.1-3 に示す。

表5.2.1-1 CO2排出量計算結果(土工)(1/3)

2 12, 242. 40 255	道路延長[km] .85 6.00	車線数	幅員[m]	道路区分
	. 85 6. 00	1	幅員[m] 	道路区分
1 17, 012. 40 708 2 12, 242. 40 255		4		
2 12, 242. 40 255		4	1	
	05 19 00	-	24. 50	3種1級
9 9 99 4 44 1 1 700		4	25. 30	1種3級
		2	14. 50	1種3級
	. 16 2. 20	4	23. 50	1種2級
5 13, 623. 37 695		4	24. 50	3種2級
6 3, 024. 17 287	. 25 5. 26	2	12.00	1種3級
,	. 72 1. 20	4	29.00	3種2級
8 5, 906. 28 940	3. 14	2	12.00	1種3級
9 13, 085. 29 877	. 03 3. 73	4	28.00	3種1級
10 21, 635. 51 686	. 58 7. 88	4	19.00	3種1級
11 400. 08 666	. 80 0. 15	4	18.00	4種1級
12 2, 740. 21 535	. 20 1. 28	4	25.00	4種1級
13 58, 453. 17 3, 394	8. 61	2	12.00	1種3級
14 2, 281. 07 797	. 58 1. 43	2	13.50	1種3級
15 2, 016. 30 427	. 18 2. 36	2	10.30	3種2級
16 2, 056. 60 756	1. 36	2	9.00	3種2級
17 1,888.83 393	. 51 2. 40	2	13.80	3種2級
18 3, 803. 94 310	. 47 3. 06	4	22.00	1種3級
19 1,003.25 577	. 91 0. 87	2	13.50	1種3級
20 2, 683. 39 382	. 25 1. 17	6	25. 50	3種1級
21 1, 761. 76 518	. 16 1. 70	2	12.00	1種3級
22 3, 268. 92 389	. 16 2. 10	4	24.00	3種1級
23 11, 397. 47 672	. 02 4. 24	4	17.00	4種1級
24 1, 084. 14 104	2.60	4	27.00	3種1級
25 2, 285. 42 204	. 79 2. 79	4	21.00	3種1級
26 896. 35 280	. 11 1. 60	2	11.00	3種2級
27 863. 97 474	. 71 0. 91	2	12.00	1種3級
28 781. 33 1, 328	. 79 0. 29	2	7.50	3種3級
29 23, 523. 03 773	7. 60	4	20.50	1種3級
30 165. 76 138	. 13 0. 30	4	18.00	3種1級
31 2, 662. 47 554	. 68 2. 40	2	8.00	3種2級
32 847. 40 184	. 22 1. 15	4	16.80	3種2級
33 212.30 101	. 38 0. 35	6	27. 50	1種3級
34 5, 378. 43 560	25 2.40	4	25. 30	3種2級
35 1,029.81 1,059	. 47 0. 49	2	10.50	3種2級
36 2, 410. 55 913	. 09 1. 32	2	15. 50	3種2級
37 3, 430. 58 381	. 18 2. 25	4	16.00	1種2級

表5.2.1-1 CO₂排出量計算結果(土工)(2/3)

		衣5. Z. I-I CO ₂ 排	山里川井州小、	1.1./ (2/0	'/	
	工事全体の	道路 1km1 車線				
No.	CO2排出量	当たりの CO2 排出量	道路延長[km]	車線数	幅員[m]	道路区分
	[t-CO ₂]	[t-co ₂ /km]				
38	4, 421. 41	409. 39	2. 70	4	20. 50	1種3級
39	87. 33	128. 43	0. 17	4	27. 00	3種1級
40	594.60	992. 87	0.30	2	22. 00	1種3級
41	3, 894. 81	1, 058. 37	0. 92	4	13. 50	1種3級
42	693. 47	389. 59	1. 78	1	5. 50	4種4級
43	136. 49	209. 99	0. 65	1	5. 50	4種4級
44	845. 45	926. 01	0. 46	2	24. 30	3種2級
45	3, 398. 68	510. 31	3. 33	2	21. 50	3種2級
46	74. 03	191. 80	0. 19	2	16. 30	
47	183. 00	287. 55	0. 45	2	16. 00	_
48	42. 69	127. 80	0. 32	2	13. 30	_
49	93. 78	831. 31	0. 32	2	10. 66	_
50	95. 70			2	6, 50	_
		431. 86	0.06			_
51	40. 01	169. 74	0.11	2	6. 50	_
52	144. 83	162. 01	0. 12		6. 50	_
53	722. 33	1, 570. 28	0. 23	2	13. 00	_
54	6, 557. 26	607. 15	2. 70	4	17. 00	_
55	7, 612. 02	761. 20	2.50	4	17. 00	
56	1, 802. 04	237. 11	1. 90	4	22. 00	1種3級
57	2, 329. 25	306. 48	1. 90	4	22.00	1種3級
58	184. 03	209. 13	0. 22	4	28. 00	3種1級
59	1, 540. 33	343. 82	1. 12	4	12.00	1種3級
60	7, 282. 60	1, 529. 96	2. 38	2	10.50	1種3級
61	9, 121. 87	1, 809. 89	0.84	6	28.00	4種1級
62	2, 248. 87	1, 638. 64	0.69	2	10.50	3種1級
63	405.88	389. 52	0. 26	4	19. 25	3種1級
64	572.63	301.64	0.47	4	19. 25	3種1級
65	97. 96	214. 65	0. 11	4	19. 25	3種1級
66	570.66	206. 37	0.69	4	19. 25	3種1級
67	2, 167. 94	521. 14	1.04	4	18.00	3種2級
68	486. 53	810.88	0. 15	4	12.00	1種3級
69	2, 444. 45	985. 67	0.62	4	20.50	1種2級
70	59. 02	430. 18	0.03	4	20. 50	1種2級
71	871.53	412.66	0.53	4	20.50	1種2級
72	1, 569. 44	912. 47	0.43	4	20. 50	1種2級
73	115. 89	658. 48	0.18	1	20. 50	1種2級
74	185. 50	309. 16	0. 15	4	20. 50	1種2級
75	4, 414. 45	2, 091. 56	1.06	2	9. 25	3種4級
76	4, 571. 65	1, 222. 37	1.87	2	13. 50	4種1級
77	87. 22	223. 77	0.39	1	6.00	-
78	29. 16	214. 70	0.14	1	4. 50	-
79	110. 48	345. 24	0.32	1	6. 15	-
80	36. 18	112.07	0.32	1	5. 00	_
81	40. 47	357. 84	0.11	1	5. 00	_
82	193. 37	219. 74	0.88	1	5. 00	_
83	8. 06	99. 68	0.08	1	5. 00	_
84	9. 97	221. 52	0. 05	1	5. 00	_
85	84. 40	161. 94	0. 52	1	5. 00	_
86	6, 327. 41	2, 243. 76	1. 41	2	10. 50	1種3級
00	0,021.71	2, 210. 10	1. 11	۵	10.00	1 1 至 0 /1)久

表5.2.1-1 CO₂排出量計算結果(土工)(3/3)

			田里町列桐州、	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
No.	工事全体の CO ₂ 排出量 [t-CO ₂]	道路 1km1 車線 当たりの CO ₂ 排出量 [t-OO ₂ /km]	道路延長[km]	車線数	幅員[m]	道路区分
87	147. 81	492.70	0.15	2	8.00	1種3級
88	2, 674. 29	1, 096. 02	1. 22	2	29.00	4種1級
89	659. 33	294. 71	0. 56	4	22.00	1種2級
90	461. 21	171. 48	0.67	4	22.00	1種2級
91	351.06	264. 99	0.33	4	22.00	1種2級
92	335. 67	175. 08	0.48	4	22.00	1種2級
93	94.65	307. 31	0.08	4	22.00	1種2級
94	869.62	242. 51	0.90	4	22.00	1種2級
95	1, 678. 07	770. 01	0.54	4	29.00	4種1級
96	4, 538. 72	2, 938. 67	0.39	4	29.00	4種1級
97	1, 557. 72	1, 468. 88	0. 27	4	29.00	4種1級
98	1, 703. 04	860. 52	0.49	4	29.00	4種1級
99	2, 005. 51	778. 63	0.64	4	29.00	4種1級
100	4, 699. 62	1, 117. 73	2. 10	2	12.00	1種3級
101	4, 022. 57	882. 14	2. 28	2	15.00	3種2級
102	1, 812. 34	620. 66	0.73	4	17. 50	4種1級
103	17, 871. 89	3, 316. 12	2. 69	2	14.00	1種3級
104	2, 867. 68	2, 863. 81	1.00	1	5. 50	1種3級
105	7, 441. 27	916. 42	4.06	2	20.50	1種3級
106	1, 876. 44	633. 28	1. 48	2	20.50	3種3級

表5.2.1-2 CO₂排出量計算結果(橋梁)

	工事全体の	道路 1km1 車線				
No.	CO ₂ 排出量	当たりの CO ₂ 排出量	道路延長[km]	車線数	幅員[m]	道路区分
NO.	CO2切F山里 [t-CO2]	ョたりので2mm [t-00/km]	但的是文[KIII]	华 脉		坦路区刀
1		5, 387. 44	0.09	2	9. 30	 1種3級
2	980. 51 1, 330. 59	•		2		1種3級 1種3級
		7, 735. 99	0.09		10. 50	
3	12, 547. 86	7, 424. 77	0.85	2	10.80	1種2級
4 5	4, 665. 83	12, 475. 49	0. 19	2	10.80	1種2級
6	3, 257. 70	9, 581. 47	0. 17	2	10. 80	3種1級
	1, 642. 37	8, 130. 54	0. 10	2	10. 30	1種3級
7	12, 624. 14	10, 180. 76	0.31	4	25. 80	3種1級
8	1, 084. 13	19, 359. 48	0. 03	2	12. 50	3種2級
9	2, 605. 46	9, 578. 89	0. 14	2	12. 00	3種2級
10	485. 65	17, 344. 67	0.01	2	11. 20	1種3級
11	323. 88	7, 711. 32	0.02	2	9. 70	3種1級
12	3, 045. 96	12, 798. 14	0. 12	2	13. 30	4種1級
13	6, 482. 97	8, 083. 50	0.40	2	11. 00	3種1級
14	4, 783. 85	6, 447. 24	0.37	2	11. 20	1種3級
15	3, 564. 96	11, 574. 56	0. 15	2	9.00	3種1級
16	843. 17	21, 079. 32	0.02	2	10. 50	1種3級
17	293. 34	6, 666. 72	0.02	2	7. 00	3種4級
18	519. 13	5, 522. 66	0.05	2	9. 00	3種4級
19	2, 619. 18	7, 340. 75	0. 18	2	8. 50	3種2級
20	508. 17	12, 215. 59	0.02	2	15. 50	3種2級
21	1, 003. 12	15, 198. 85	0.03	2	11. 26	3種4級
22	2, 415. 05	30, 725. 81	0.04	2	10. 25	1種2級
23	5, 930. 77	42, 484. 05	0. 07	2	35. 69	1種3級
24	2, 291. 09	30, 466. 58	0.04	2	27. 50	3種1級
25	2, 175. 37	11, 213. 26	0. 10	2	12. 30	1種2級
26	1, 173. 20	23, 464. 01	0.03	2	27. 25	3種1級
27	6, 425. 83	33, 122. 85	0. 10	2	10. 50	1種3級
28	2, 769. 22	6, 072. 85	0. 23	2	10.75	1種2級
29	2, 926. 42	6, 417. 58	0. 23	2	10.75	1種2級
30	3, 808. 28	8, 351. 49	0. 23	2	10. 75	1種2級
31	6, 974. 61	8, 631. 94	0. 20	4	22. 26	1種2級
32	6, 707. 04	9, 805. 61	0. 17	4	22. 26	1種2級
33	7, 476. 81	30, 895. 91	0. 12	2	11. 77	1種2級B規格
34	225. 58	7, 276. 68	0.03	1	5. 00	3種5級
35	2, 207. 92	10, 692. 12	0.10	2	10.75	3種2級
36	438. 59	11, 245. 87	0.02	2	16.50	4種2級
37	3, 051. 10	9, 594. 66	0.16	2	10.50	1種3級
38	6, 449. 88	14, 999. 71	0. 22	2	15. 75	3種2級
39	734. 60	6, 225. 40	0.06	2	9. 26	1種3級
40	605. 43	7, 207. 50	0.04	2	10. 51	1種3級
41	97. 29	9, 728. 50	0.01	1	4.00	3種5級
42	1, 383. 09	5, 319. 60	0. 13	2	8.50	3種1級
43	878.30	15, 143. 09	0.01	4	24. 00	3種2級

表5.2.1-3 CO₂排出量計算結果(トンネル)

No.	工事全体の CO ₂ 排出量	道路 1km1 車線 当たりの CO ₂ 排出量	道路延長[km]	車線数	幅員[m]	道路区分
	[t-CO ₂]	[t-00 ₂ /km]				
1	36, 370. 15	4, 329. 78	4. 20	2	8.00	3種3級
2	19, 162. 51	5, 005. 88	1. 91	2	10.50	1種3級
3	9, 503. 36	5, 060. 36	0. 94	2	10.50	1種3級
4	7, 764. 80	5, 803. 29	0. 67	2	10.50	1種3級
5	1, 523. 81	5, 327. 99	0. 14	2	9.50	3種2級
6	5, 218. 48	6, 605. 67	0.40	2	12.00	1種2級
7	4, 564. 46	5, 734. 25	0.40	2	11. 25	3種2級
8	4, 663. 64	5, 786. 15	0.40	2	10. 25	1種3級
9	7, 890. 41	5, 103. 76	0.77	2	10.00	3種1級
10	3, 609. 05	5, 955. 53	0.30	2	12.00	1種3級
11	6, 196. 59	4, 098. 28	0.76	2	8.50	3種1級
12	3, 466. 98	6, 641. 72	0. 26	2	10.50	1種2級
13	11, 937. 72	5, 015. 85	1. 19	2	10.50	1種2級
14	13, 942. 55	5, 281. 27	1. 32	2	10.50	1種2級
15	4, 262. 58	6, 362. 06	0.34	2	10.50	1種2級
16	11, 145. 30	6, 164. 44	0.90	2	10.50	1種3級
17	4, 801. 62	5, 219. 15	0.46	2	8.75	3種1級
18	2, 087. 84	5, 704. 47	0. 18	2	10.00	1種3級
19	2, 104. 13	5, 749. 00	0.18	2	10.00	1種3級
20	3, 698. 68	4, 634. 94	0.40	2	9.50	1種3級
21	23, 931. 35	4, 860. 14	2. 46	2	9.00	3種2級
22	11, 857. 20	3, 518. 46	1. 69	2	10.50	1種3級
23	6, 348. 20	2, 507. 12	1. 27	2	9.50	1種3級

(3) 道路構造別 CO₂排出原単位の算出

172 道路工事(土工(明かり道路)106 工事・橋梁 43 工事・トンネル 23 工事)の CO_2 排出 量計算結果から、延長 $1 \text{km} \cdot 1$ 車線当たりの道路構造別 CO_2 排出原単位を算出した。結果 は表 5. 2. 1-4、図 5. 2. 1-2 に示すとおりであり、土工、橋梁、トンネルと比べると土工 が最も $1 \text{km} \cdot 1$ 車線当たりの CO_2 排出量が小さく、橋梁、トンネルは資材由来の CO_2 排出量が全体の CO_2 排出量の 9 割を占めている。

	*************************************	1km 1 車線当たり CO₂排出原単位 [t-CO₂/km/車線]								
	道路構造	平均**	資材	運搬	建機稼働	建機減耗	最大	最小	標準偏差	
Γ	土工	697	491	69	113	47	2 204	100	659	
	(106 工事)	097	[68%]	[10%]	[16%]	[7%]	3, 394	100	009	
Γ	橋梁	19 116	12, 085	360	382	288	45, 547	E 220	0 000	
	(43 工事)	13, 116	[92%]	[3%]	[3%]	[2%]	45, 547	5, 320	8, 992	
Γ	トンネル	5, 390	4,850	174	302	179	6 649	4 000	602	
	(23 工事)	5, 590	[88%]	[3%]	[5%]	[3%]	6, 642	4, 098	693	

表5.2.1-4 道路構造別CO2排出原単位の算出結果

注)※:一部、排出由来別の計算が行われていない。平均値は全ての計算結果の平均である一方、排出由 来別は排出由来別の計算が行われた結果の平均であるため、全体平均値と排出由来別全体平均値 は一部整合しない。

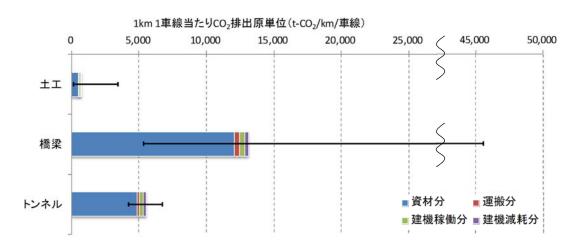


図5.2.1-2 道路構造別CO2排出原単位の算出結果

表 5.2.1-4 の原単位の算出に当たって、2 車線では工事全体の CO_2 排出量を 1/2、4 車線では 1/4 にしたが、2 車線道路の CO_2 排出量が 4 車線道路の CO_2 排出量の 2 分の 1 にならない可能性(規模が小さくなっても減らすことのできないベース作業の存在等) も考えられる。 CO_2 排出量が極端に大きい及び小さい工事を特殊な工事条件の可能性があるとして除外し(CO_2 排出量上位、下位 10%を除外)、算出した車線毎の道路構造別 CO_2 排出原単位を表 5.2.1-5、図 5.2.1-3 に示す。

4 車線の橋梁が道路延長当たりの CO_2 排出量が最も多く、土工の 4 車線道路の 23 倍となっている。橋梁、トンネルでは CO_2 排出の 9 割が資材由来、土工で 7 割が資材由来と

なっている。これは、橋台、橋脚、橋桁、覆工のコンクリートや鋼材等、橋梁、トンネルでは土工以上に資材を使用するためである。

項目			原単位		工事数
土工	2 車線道路	1, 721	384~4, 183	$t-CO_2/km$	33
1.4	4 車線道路	1, 915	$737 \sim 3,508$	$t-CO_2/km$	41
括河	2 車線道路	24, 350	12, 146~61, 452	$t-CO_2/km$	31
橋梁	4 車線道路	43, 761	34, 528~60, 572	$t-CO_2/km$	4
トンネル	2 車線	10, 769	$9,270\sim 12,724$	$t\text{-CO}_2/km$	19

表5.2.1-5 道路構造別、車線数別CO2排出原単位の算出結果

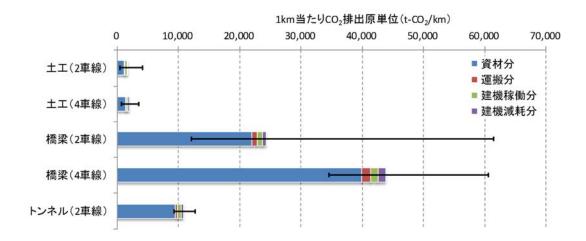


図5.2.1-3 道路構造別、車線数別CO2排出原単位の算出結果

道路工事に伴う CO2 排出の既往研究のうち、CO₂ 排出量が公表されている論文等の一例は以下のとおりである。

これら研究では、資材製造時の CO₂ 排出量が見込まれていない、工事費を基準とした CO₂ 排出原単位を用いている等、主に資材量(重量、体積)ベースの CO₂ 排出原単位と資材量の積和で CO₂ 排出量を算出した本研究とは違いがある。

- ・環境負荷を考慮した橋梁形式選定支援システムの作成と利用に関する研究⁹⁾
- ・環境負荷評価 (LCA) 研究小委員会の調査研究と橋梁への適用¹⁰⁾
- ・建設工事におけるLCAと環境保全・改善への取組み11)
- ・都市間高速道路の横断面構成の相違による CO2 排出量のライフサイクル評価¹²⁾
- ・建設工事における CO2 排出量の算定13)

5.2.2 道路事業の計画段階で得られる道路設計に関する情報項目の整理

「構想段階における道路計画策定プロセスガイドライン¹⁴⁾」において、「構想段階」は「事業計画が検討される設計業務の発注前」、「詳細計画段階」は「概略設計」の段階とされている。「構想段階」及び「詳細計画段階」で用いる「道路の特徴で細分化した道路構造別 CO₂排出原単位・推定式」を検討するためには、CO₂排出量を計算するに当たってどのような情報を使うことが出来るか把握することが必要となる。

(1) 構想段階及び詳細計画段階で把握できる道路情報の整理

構想段階及び詳細計画段階で把握できる道路情報を関連資料から整理したところ、構想段階では道路概略設計、詳細計画段階では道路予備設計(A)と対応していることが多いことが確認された。各段階で得られる情報は各設計業務の成果の一部であり、共通仕様書において道路概略設計、道路予備設計(A)が求められている成果は表 5. 2. 2-1 に示すとおりである。

道路概略設計では概略工事費を算定するため、盛土量・切土量を推計した土配計画を検討することとしている。道路概略設計と道路予備設計(A)の違いの1つとして、トンネル、橋梁等の主要構造物の検討精度の違いが挙げられる。両設計とも、縦断図において各種構造物の位置、形式、基本寸法を表示するとしているが、概略設計では位置等の基本情報を検討するのみだが、予備設計(A)では更に検討を進め、主要構造物計画図を作成する。

また、道路概略設計では、土量の情報が得られる可能性が高く土工道路は土量を条件とした予測が可能と考えられる。一方、橋梁、トンネルは、位置等の基本情報が決まるのみであり、道路概略設計で橋梁、トンネルの CO₂ 排出量の予測に用いることのできるデータは限られると考えられる。

表5.2.2-1 道路概略設計、道路予備設計(A)で把握できる道路情報

設計レベル	成果項目
道路概略設計	・複数の比較路線の設定と最適路線の選定 ・主要構造物計画 ・路線図(計画路線を記入) ・平面図(路線、主要構造物) ・連絡等施設ならびに縦断線形要素を記入) ・縦断図(主要構造物の寸法、形状、形式を明示) ・標準横断図(道路復員、道路構造の代表的な横断形状箇所を選定し作成) ・横断図(縦断図と同一点及び地形の変化点について横断図を作成) ・概算工事費の算定
道路予備設計 (A)	・路線選定 ・設計図 ・路線図(連絡等施設を記入) ・平面図(路線の平面線形、縦断線形要素、構造物の位置、形式、基本寸法等及び連絡等施設を記入) ・縦断図(各種構造物の位置、形式、基本寸法も表示) ・標準断面図(道路復員、道路構造の代表的な横断形状箇所について作成) ・横断図(擁壁、特殊法面、土工構造物については、現地踏査ならびに事例を参考に計画。盛土・切土の法勾配に道路土工指針等を参考に標準的な勾配を採用する。) ・主要構造物計画図(橋梁・トンネル等の主要構造物について、一般構造図を作成。標準設計以外の特殊な形式規模のものは、設計図書に基づき、一般構造図を作成。) ・概算工事費の算定

(2) 構想段階、詳細計画段階で把握できる道路情報の整理

構想段階、詳細計画段階で得られる情報を把握するため、それぞれに対応する道路概略設計、道路予備設計(A)で得られる情報を整理した。整理の対象とした道路設計業務は、道路工事における道路構造や地域特性を考慮して、JACIC(日本建設情報総合センター)のTECRISに登録された業務実績情報から構想段階で29件、詳細計画段階で25件を選定し、それぞれの報告書に記載されている情報を整理した。

報告書の記載情報を表 5. 2. 2-2 のとおり分類し、それぞれの記載状況を表 5. 2. 2-3 に示す。また、施工数量の詳細として、工種の数量の記載状況を表 5. 2. 2-4 に示す。

表5.2.2-2 設計報告書の記載情報の分類

分類		内容
計画諸元	道路計画の基本諸元	延長、道路規格、設計速度、計画交通量、幅員、 車線数
設計関連	道路設計を行う上で必要となる諸条件や設計内容	交差条件、地質条件、排水計画、交差点設計、 構造別の延長
施工数量	事業費算出のための概算数量	土工部数量、橋梁部数量、トンネル部数量、廃 棄物量

表5.2.2-3 設計報告書における計画諸元、設計関連、施工数量の記載状況

情報項目		記載数/全体	数(記載率)
	1月 牧 4月 日	構想段階	詳細計画段階
	延長	29/29(100%)	25/25 (100%)
	道路規格	28/29 (97%)	25/25 (100%)
計画	設計速度	28/29 (97%)	25/25 (100%)
諸元	計画交通量	27/29 (93%)	24/25 (96%)
	幅員	28/29 (97%)	25/25 (100%)
	車線数	28/29 (97%)	25/25 (100%)
	構造別延長	26/29 (90%)	23/25 (92%)
設計	交差条件	2/29 (7%)	14/25 (56%)
関連	交差点	3/29 (10%)	13/25 (52%)
	地質条件	10/29 (34%)	13/25 (52%)
	排水計画	1/29(3%)	9/25 (36%)
	土工関連(擁壁含)*1	25/26 (96%)	24/24 (100%)
施工	構造物関連(橋梁)*2	25/25 (100%)	24/24 (100%)
数量	トンネル関連**3	19/21 (90%)	10/10 (100%)
	建設副産物	7/29 (24%)	10/25 (40%)

注)※1: 土工部が無い設計を除く ※2: 橋梁部が無い設計を除く ※3:トンネル部が無い設計を除く

表5.2.2-4 設計報告書における工種の数量の記載状況

情報項目		記載数/全体	数(記載率)
	1育報4月日	構想段階	詳細計画段階
	土工 (区分なし) m³	1/26 (4%)	0/24(0%)
	土工(切土、掘削) m³	24/26 (92%)	24/24 (100%)
土工	土工 (盛土) m³	20/26 (77%)	21/24 (88%)
	基礎(路床)安定工 m³	6/26 (23%)	1/24 (4%)
	捨土、残土処理 m³	9/26 (35%)	18/24 (75%)
	トンネル捨土 m³	8/26 (31%)	5/24 (21%)
	法面工(区分なし) m ²	4/26 (15%)	5/24 (21%)
法面工	法面工(法面整形) m ²	2/26(8%)	10/24 (42%)
	法面工(散布、吹付、張芝) m ²	20/26 (77%)	18/24 (75%)
路盤工	路盤工、下層路盤 m ²	12/26 (46%)	8/24 (33%)
擁壁工	擁壁工 補強土工 m 又は m ²	22/26 (85%)	21/24 (88%)
函渠工	函渠工 m、式	20/26 (77%)	21/24 (88%)
管渠工	管渠工 m	14/26 (54%)	16/24 (67%)
排水工	排水工 (区分なし) m	23/26 (88%)	23/24 (96%)
地盤改良工	地盤改良工、軟弱地盤対策 m	4/26 (15%)	10/24 (42%)
側道工	側道工 m ²	4/26 (15%)	9/24 (38%)
付替河川工	付替河川、 付替水路 m	4/26 (15%)	2/24 (8%)
	長大橋 m 又は m ²	15/25 (60%)	7/24 (29%)
	中小橋 m 又はm ²	16/25 (64%)	7/24 (29%)
	橋梁(区分なし) m 又は m ²	6/25 (24%)	16/24 (67%)
145 Vm W1	高架橋 m	7/25 (28%)	1/24 (4%)
橋梁工※1	現道橋補強 式	2/25 (8%)	0/24(0%)
	側道橋 m ²	3/25 (12%)	1/24 (4%)
	跨道橋 m ²	10/25 (40%)	14/24 (58%)
	鏡面舗装 m²	1/25 (4%)	0/24(0%)
	本体工、延長 m	18/21 (86%)	8/10 (80%)
	開削 TN m	2/21(10%)	1/10(10%)
1 x - 2 - 2 - 7 × 2	シールド m	2/21(10%)	0/10(0%)
トンネル工**2	坑門工 箇所	7/21 (33%)	0/10(0%)
	補助工法 m	1/21 (5%)	0/10(0%)
	ロート゛ヒーティンク゛ m²	2/21(10%)	0/10(0%)
A+++	舗装工 (区分なし) m ²	8/26(31%)	17/24 (71%)
舗装工	舗装工(歩車、土・橋区分あり) m ²	19/26 (73%)	5/24 (21%)
	中央分離帯、中分工 m 又は km	18/26 (69%)	17/24(71%)
	簡易中分 m	2/26 (8%)	1/24(4%)
	縁石工 m	5/26 (19%)	10/24 (42%)
7.4.#* 丁	防護柵工 m	17/26 (65%)	19/24 (79%)
附带工	立入防止柵工 m	9/26 (35%)	16/24 (67%)
	標識工 m 又は箇所	18/26 (69%)	14/24 (58%)
	照明工 km 又は箇所	6/26 (23%)	12/24 (50%)
	通信管路工 m	11/26 (42%)	12/24 (50%)

注)※1:橋梁部が無い設計を除く ※2:トンネル部が無い設計を除く

整理の結果、構想段階、詳細計画段階それぞれの設計報告書は、両段階とも事業費算 出が行われていることから、計画諸元、設計関連、施工数量の記載状況に大きな違いが ないことが確認された。延長、道路規格、設計速度等の計画諸元(基本データ)は、各道 路構造、各段階とも大半の設計報告書に記載されていた。 一方、道路概略設計と道路予備設計(A)の違いの1つとして、トンネル、橋梁等の主要構造物の検討精度の違いが挙げられる。両設計とも、縦断図において各種構造物の位置、形式、基本寸法を表示するとしているが、概略設計では位置等の基本情報を検討するのみで、予備設計(A)では更に検討を進め、主要構造物計画図を作成する。土工では事業費算出のために代表的な工種の数量が整理されているが、橋梁、トンネルは延長のみで事業費を算出すること(工種の数量が整理されていないこと)が一般的であり、道路構造によって予測に用いることのできる道路設計データが異なる結果となった。

5.2.3 道路の特徴による細分化した構造別 CO₂排出量算出手法の検討

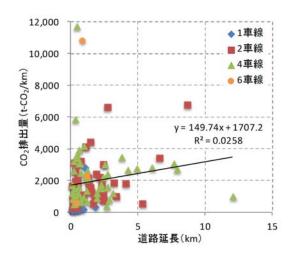
(1) 道路の特徴で細分化した道路構造別 CO₂排出原単位の算出

5.2.2 の整理を踏まえて、5.2.1(2) の CO_2 排出量計算結果とそれぞれの工事情報の相関を分析することによって、5.2.1(3) で算出した道路構造別 CO_2 排出原単位の細分化を行った。道路構造によって予測に用いることのできる道路設計データが異なることから、以降では、土工、橋梁、トンネルに分けて検討を行う。

1) 土工道路(明かり道路)

構想段階、詳細計画段階で得られる情報であり、土工道路工事の CO_2 排出量に影響を与える項目として、「道路延長」、「幅員」、「道路区分」、「1km 当たりの盛土切土量」が考えられる。なお、ここでの「盛土切土量」とは、掘削工、路体盛土工、路床盛土工の土量の和とした。各項目と CO_2 排出量の関係を図 5.2.3-1~図 5.2.3-5 に示す。

分析の結果、盛土切土量と CO_2 排出量には正の相関関係がみられた。そこで、土工道路の道路の特徴で細分化した道路構造別 CO_2 排出原単位として、図 5.2.3-5 に示すとおり、盛土切土量を用いて道路 1 km 当たりの盛土・切土量が 20 万 m^3 未満、 $20 \sim 40$ 万 m^3 、40 万 m^3 以上で細分化した。



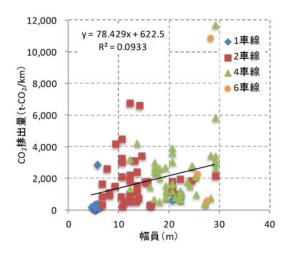
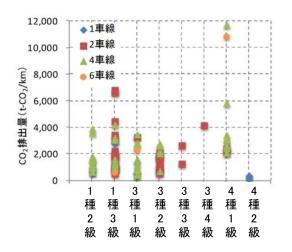


図5.2.3-1 道路延長とCO₂排出原単位の関係

図5.2.3-2 幅員とCO₂排出原単位の関係



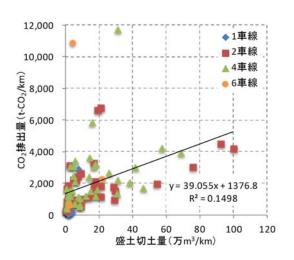
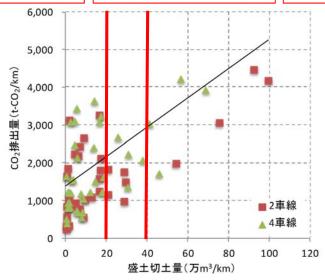


図5.2.3-3 道路区分とCO₂排出原単位の関係 図5.2.3-4 盛土切土量とCO₂排出原単位の関係

盛土切土量 20 万 m³未満 平均 1, 137kg-CO₂/km(2 車線) 平均 1, 289kg-CO₂/km(4 車線) 盛土切土量 20~40 万 m³ 平均 2, 036kg-CO₂/km(2 車線) 平均 1, 839kg-CO₂/km(4 車線) 盛土切土量 40 万 m³ 以上 平均 3, 429kg-CO₂/km(2 車線) 平均 3, 235kg-CO₂/km(4 車線)

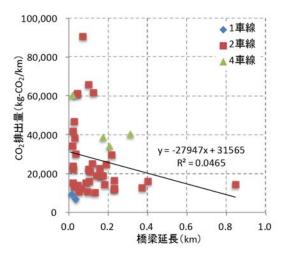


注)図5.2.3-4のうちCO₂排出量5,000t-CO₂/km以上の工事は特異値として除外した。 図5.2.3-5 土工道路のCO₂排出原単位の細分化

2) 橋梁

構想段階、詳細計画段階で得られる情報であり、橋梁工事の CO_2 排出量に影響を与える項目として、「橋梁延長」、「幅員」、「道路区分」、「平均支間長」、「橋梁形式」が考えられる。なお、ここでの「平均支間長」は、橋梁延長を径間数で除した値とした。各項目と CO_2 排出量の関係を図 5. 2. 3-6~図 5. 2. 3-11 に示す。

分析の結果、幅員と CO_2 排出量には正の相関関係がみられた。そこで、橋梁の道路の特徴で細分化した道路構造別 CO_2 排出原単位として、図 5.2.3–11 に示すとおり、幅員を用いて幅員 10m 未満、10m 以上で細分化した。



100,000 (wy/CO) 40,000 (wy/

図5.2.3-6 橋梁延長とCO₂排出原単位の関係

図5.2.3-7幅員とCO₂排出原単位の関係

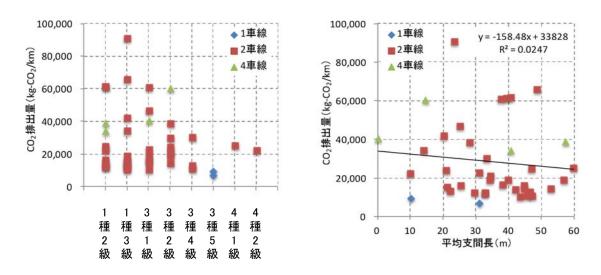


図5.2.3-8 道路区分とCO₂排出原単位の関係 図5.2.3-9 平均支間長とCO₂排出原単位の関係

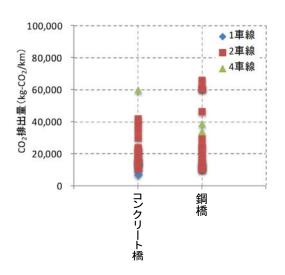


図5.2.3-10 橋梁形式とCO2排出原単位の関係

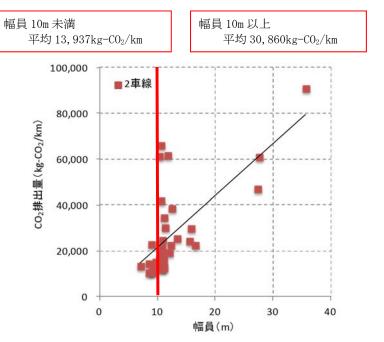


図5.2.3-11 橋梁のCO₂排出原単位の細分化

3) トンネル

トンネル工事の CO_2 排出量に影響を与える構想段階、詳細計画段階で得られる情報として、「トンネル延長」、「幅員」、「道路区分」、「内空断面積」、「掘削方法(発破・機械)」、「地山等級」、「インバートの有無」が考えられる。このうち、「地山等級」は、同じトンネル内でも複数の地山等級が現れることからトンネル全体の細分化には不適である。また、「インバートの有無」は今回対象とした全てのトンネルにインバートがあったため区分けができなかった。各項目と CO_2 排出量の関係を図 5. 2. 3-12~図 5. 2. 3-16 に示す。

分析の結果、幅員と CO_2 排出量には正の相関関係がみられた。そこで、橋梁の道路の特徴で細分化した道路構造別 CO_2 排出原単位として、図 5.2.3-16 に示すとおり、幅員を用いて幅員 10m 未満、10m 以上で細分化した。なお、内空断面積が広くなると燃料消費量等が増えるため、当初は内空断面積と CO_2 排出量には正の相関があると予想したが、明確な傾向は見られなかった。これは、覆工厚が厚くなれば内空断面積が狭くなるが、コンクリート等の資材由来の CO_2 排出量が増える逆の影響があるためと考えられる。

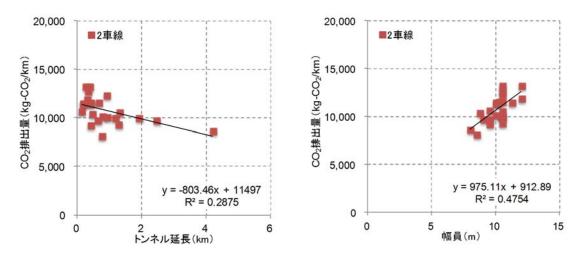


図5.2.3-12 トンネル延長とCO₂排出原単位の関係 図5.2.3-13 幅員とCO₂排出原単位の関係

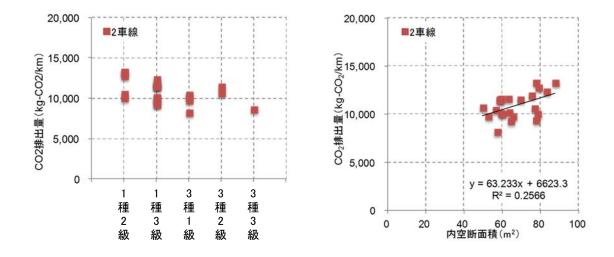


図5.2.3-14 道路区分とCO₂排出原単位の関係 図5.2.3-15 内空断面積とCO₂排出原単位の関係

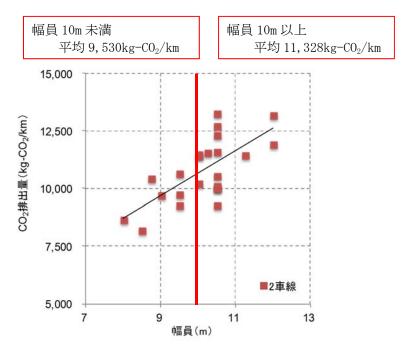


図5.2.3-16 トンネルのCO₂排出原単位の細分化

特徴で細分化した道路構造別 CO₂排出原単位を表 5.2.3-1 に示す。

		項目		原単位	単位	工事数
土工	2 車線	盛士切士量20万㎡未満	1, 413	$256\sim3,277$	$t-CO_2/km$	25
		盛士切士量20~40万㎡	1, 450	985~1,833	$t-CO_2/km$	5
		盛士切士量40万㎡以上	3, 429	1, 986~4, 488	$t-CO_2/km$	4
	4 車線	盛士切士量20万㎡未満	1, 571	$417\sim 3,650$	$t-CO_2/km$	33
		盛士切士量20~40万㎡	2, 097	1, 375~2, 688	$t-CO_2/km$	4
		盛士切士量40万㎡以上	3, 235	1,721~4,233	$t-CO_2/km$	4
橋梁	2 車線	幅員 10m 未満	13, 937	$10,639\sim23,149$	$t-CO_2/km$	8
		幅員 10m 以上	30, 860	12, 146~91, 094	$t-CO_2/km$	29
トン	2 車線	幅員 10m 未満	9,530	8, 197~10, 656	$t-CO_2/km$	7
ネル		幅員 10m 以上	11, 328	9,300~13,283	t-CO ₂ /km	16

表5.2.3-1 特徴で細分化した道路構造別CO2排出原単位

(2) 多変量解析による道路構造別 CO₂排出量推定式の検討

5.2.3(1)までは各種の数量と CO_2 排出原単位の積和を CO_2 排出量計算の基本とし、様々な CO_2 排出原単位を算出した。以降では、構想段階、詳細計画段階で得られる情報を効果的に利用した誤差の小さい推定手法を検討するため、道路構造(土工・橋梁・トンネル)別に、目的変数を CO_2 排出量(若しくは単位延長当たりの CO_2 排出量)、説明変数を構想段階・詳細計画段階で予測に用いることのできる情報(道路設計データ)とした多変量解析によって、道路工事に伴う CO_2 排出量を推定する回帰式を検討した。

1) 検討手法

検討の目的は建設工事に伴う CO₂ 排出量の推定手法の作成であり、目的変数は工事全体の「CO₂排出量」とする。一方、事業によっては構想、詳細計画段階において区間の一部や標準断面等の設計データしか決まらないことがある。そのため、一部区間の CO₂ 排出量を推定するために「単位延長当たりの CO₂ 排出量」を目的変数とした分析も併せて実施する。「単位延長当たりの CO₂ 排出量」を目的変数とする場合、工種の数量は延長との関係性が強いことから目的変数を「単位延長当たりの工種の数量」として分析を行う。

説明変数の候補は、5.2.2(2)の整理を踏まえて、表 5.2.3-2に示すとおりとする。構想段階、詳細計画段階で得られる道路設計データに大きな違いはないものの、構想段階の検討結果はそれ以降の段階の検討において変更される可能性があり、構想段階は工種の数量等の精度も詳細計画段階より低いと考えられる。そこで、説明変数の候補を便宜的に「基本データ」と「主な工種数量」に分け、構想段階では「基本データ」のみを説明変数とした重回帰分析、詳細計画段階では「基本データ」と「主な工種数量」の双方を説明変数とした重回帰分析を行うこととした。

基本データ 主な工種数量 構想段階で場合に 詳細計画段階で一般的に 道路構造 詳細計画段階で場合によ 構想段階で一般 把握可能※2 よって把握可能 的に把握可能 って把握可能 土工 • 延長 • 地質条件 · 切土工(掘削工) • 残土処理工 ・幅員 ·盛土工(路体盛土工、路 · 路床安定処理工 ・車線数 • 舗装準備工 床盛土工) · 計画交通量 • 盛土法面工、切土法面 · 排水性舗装工 •中央帯幅※1 工(法面整形工、植生 • 透水性舗装工 •歩道**1 · 作業土工(排水構造物 ・舗装工(アスファルト舗 •緣石工 装工) • 擁壁工 • 路側防護柵工 •排水工(側溝工、管渠工、 ・防止柵工 集水桝・マンホール工、 地下排水工、排水工) 橋梁 • 橋脚基数

表5.2.3-2 説明変数の候補

注)※1:本研究で対象とした道路では、橋梁、トンネルに「中央帯幅」「歩道」が設置されている例が少なく、分析の対象外とした。

※2:括弧内の工種名は、工事工種体系ツリーのレベル3種別に準じている。

表 5.2.3-2 で示した説明変数のうち、1 工事に対して値や性質が一意に決められない データの除外、ほぼ同じ作業と考えられる工種の集約化を行い、説明変数の整理を行っ た。整理の結果を表 5.2.3-3、表 5.2.3-4 に示す。

表5.2.3-3 説明変数の除外

道路構造	除外する 説明変数候補	理由
土工	地質条件	計画路線の地点によって地質が変わる場合、外部の土砂を利用する場合等、1工事に対して質データが一意に決められない。

表5.2.3-4 説明変数の集約化

道路構造	集約化する	る説明変数候補	理由
土工	盛土工(m³)	路体盛土工(m3)、	どちらも土量体積(㎡)であり排出原単位も大きく変わ
		路床盛土工(m³)	らない。予測式の使いやすさ等を考慮して集約化する。
	アスファル	アスファルト舗装	どれもアスファルトを敷設する面積 (m²) であり排
	ト舗装工(m²) 工(m²)、排水・		出原単位も大きく変わらない。予測式の使いやすさ
		装工(m²)、透水性	等を考慮して集約化する。
		舗装工(m²)	
	防護柵工(m)	路側防護柵工(m)、	どちらも設置延長(m)であり、排出原単位も大きく変わ
		防止柵工(m)	らない。予測式の使いやすさ等を考慮して集約化する。

重回帰分析の分析データである約 170 の道路工事(CO₂ 排出量)に対して、それぞれの CO₂ 排出量の算出根拠資料(詳細設計報告書)から説明変数のデータを抽出した。確認できない説明変数のデータがある工事については欠損扱いとした。ただし、重回帰分析の検 討過程で説明変数を絞り込んだ場合等には、適宜分析データとして追加することとした。

多変量解析の検討フローを図 5.2.3-17 に示す。多変量解析における技術的留意点として、推定式の計算精度の確保や推定式の利便性の観点から、図 5.2.3-18 に示すとおり計算精度の検証より予測式の有用性が確保できない場合には説明変数の検討までフィードバックして繰り返し重回帰分析を行った。

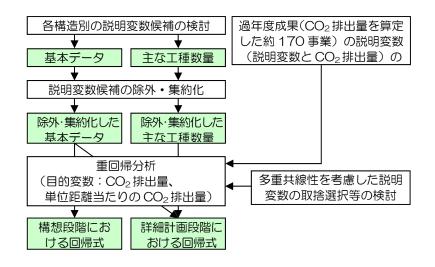


図5.2.3-17 多変量解析の検討フロー

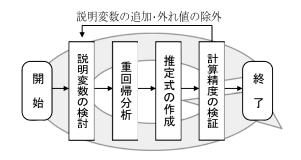


図5.2.3-18 計算精度向上のための分析のフィードバックイメージ

説明変数は、各段階で得られる道路設計に関するデータ項目の中から、CO₂排出量との相関(寄与度)が高いデータ項目に着目して抽出した。説明変数間に強い相関がある場合、多重共線性によって推定式の精度は低下する。設計・施工の視点から強い相関が予想される変数を除外するとともに、変数間の相関分析を実施して強い相関関係のある変数のうち従属的な変数を除外した(例えば、「幅員」と「車線数」の場合、「車線数」を除外)。

多変量解析で計算される係数は、対応する説明変数が CO_2 排出量に与える影響の度合いを示している。計算される係数(影響度)が実状と合っているか判断するためには、事前に説明変数と CO_2 排出量との関係性を整理することが必要である。 CO_2 排出量の増減に直接関係するのは、資材の使用量・建機の稼働時間(燃料使用量)である。表 5.2.3-5 に示すとおり、表 5.2.3-2 の説明変数の候補のうち「地質条件」を除く全ての道路設計データは、道路工事に伴う CO_2 排出量と正の相関関係にある。

表5.2.3-5 説明変数とCO₂排出量の関係性

			- 2	基本デー		主な工種 数量	基本データ		
	延長	幅	車線数	計画 交通量	中央 帯幅	歩道	橋脚 基数	各種 工種	地質条件
CO ₂ 排出量 に係る影響	量) 7 • 資材	・各変数の増加により資材使用量、建設機械の稼働時間(燃料使用量)が増える。 ・資材使用量、建設機械稼働時間(燃料使用量)が増えることで CO 排出量も増加する。							・硬い地質では、建設機械の稼働時間が長くなる。 ・軟らかい地質で地盤改良が必要な場合は新たな資材使用、建設機械稼働が生じる。
相関関係	正の相	関(係数	なはプラス		状況で異なる				

また、道路設計データの値が 2 倍になると CO₂排出量が 2 乗倍または 3 乗倍になると 想定される場合や複数の道路設計データの積が CO₂排出量と相関が高いと考えられる場合等は、適宜説明変数を設定して重回帰分析を行った。

2) 多変量解析結果

ア. 土工道路/説明変数:構想段階/目的変数:CO₂排出量

対象を土工道路、説明変数を基本データ、目的変数を CO_2 排出量 $(t-CO_2)$ として、表 5.2.3-6 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本データ全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、説明変数を「延長」、「幅員」とする以下の回帰式を CO_2 排出量の推定式として採用した。

 CO_2 排出量(t- CO_2) = 2,710.60×延長(km) + 24.95×幅員(m) - 1,018.70

表5.2.3-6 多変量解析の検討ケース

(土工道路/説明変数:構想段階/目的変数:CO2排出量)

Case			説明	変数			有意 F	調整済決定	採用
Case	延長 幅員 車線数		計画交通量 中央帯幅 歩道		歩道	17 息 [係数 R2 「 AA AA		
土工 1-1	0	0	0	0	0	0	7. 07E-13	0.6573	_
土工 1-2	0	0	_	_	_	_	1.67E-18	0. 5687	0
土工 1-3	0%	0%	_	_	_	_	1.4E-12	0. 4025	_

注)※:延長と幅員の積(面積)を説明変数とした。

各検討ケースのうち、採用した「土工1-2」の分析結果を以降に示す。

ケース土工 1-1 の説明変数である幅員と車線数、中央帯幅、歩道の関係性(多重共線性)を分析から排除するために説明変数を絞り込み、ケース土工 1-2 では「延長(km)」、「幅員(m)」のみを説明変数として重回帰分析を行った。また、「延長」、「幅員」のデータがある工事 $(C0_2$ 排出量)を追加した。

分散分析の結果を表 5.2.3-7、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-8、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係 を図 5.2.3-19 に示す。

表5.2.3-7 分散分析結果(土工1-2)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	2	3. 02E+09	1. 51E+09	64. 94725	1.67E-18
残差	95	2. 21E+09	23, 252, 880		
合計	97	5. 23E+09			

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-8 回帰係数・検定結果(土工1-2)

説明変数	係数	t 値	P値
一(切片)	-1, 018. 70	-0.87717	0. 38261
延長	2, 710. 60	11. 29542	2. 92E-19
幅員	24. 95	0. 43245	0. 66640

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

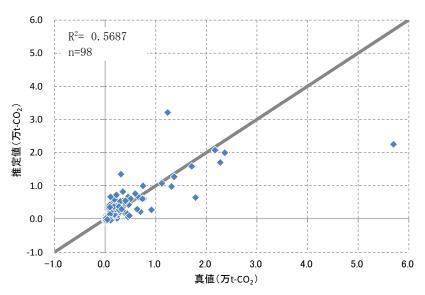


図5.2.3-19 真値と推定値との比較(土工1-2)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数(R^2)は 0.57 と高い相関を示した。ただし、道路延長が約 400m以下になると推定値がマイナスとなる可能性が高くなる(幅員を 10m とすると延長 384m以下で推計値がマイナス)。これは延長が短い(CO_2 排出量が少ない)工事では、誤差が大きく影響を与えるためと考えられる。

イ. 土工道路/説明変数:構想段階/目的変数:単位延長当たりの CO₂排出量

対象を土工道路、説明変数を基本データ、目的変数を単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km)$ として、表 5. 2. 3-9 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本データ全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、「幅員」を説明変数とする回帰式を本検討における CO_2 排出量の推定式として採用した。

単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km) = 97.22 \times 幅員(m) + 450.91$

表5.2.3-9 多変量解析の検討ケース

(対象: 土工 段階: 構想 目的変数: 単位延長あたりのCO₂排出量)

Case				説明変数				調整済	
		幅員	車線数	計画 交通量	中央 帯幅	歩道	有意 F	神雀伊 決定係数 R2	採用
土工 2-	-1	0	0	0	0	0	0.0276	0. 1209	_
土工 2-	-2	0	_	_	_	_	8. 7E-05	0.1400	0

各検討ケースのうち、採用した「土工 2-2」の分析結果を以降に示す。

ケース土工 2-1 の説明変数である幅員と車線数、中央帯幅、歩道の関係性(多重共線性)を分析から排除するために説明変数を絞り込み、ケース土工 2-2 では「幅員(m)」のみを説明変数として重回帰分析を行った。また、「幅員」のデータがある工事(CO_2 排出量)を追加した。

分散分析の結果を表 5.2.3-10、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-11、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-20 に示す。

表5.2.3-10 分散分析結果(土工2-2)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	66, 636, 866	66, 636, 866	16. 79567	8. 7E-05
残差	96	3.81E+08	3967504		
合計	97	4. 48E+08			

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-11 回帰係数·検定結果(土工2-2)

説明変数	係数	t 値	P値
一(切片)	450.91	0. 97445	0. 33228
幅員	97. 22	4. 09825	0.00009

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

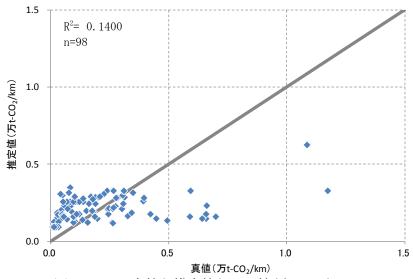


図5.2.3-20 真値と推定値との比較(土工2-2)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数(R²)は 0.14 とある程度の相関を示した。

ウ. 土工道路/説明変数:詳細計画段階/目的変数:CO2排出量

対象を土工道路、説明変数を基本データ及び主な工種数量、目的変数を CO_2 排出量 $(t-CO_2)$ として、表 5. 2. 3-12 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本データ、主な工種数量全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、説明変数を「盛土工」、「法面整形工」、「アスファルト舗装工」とする以下の回帰式を本検討における CO_2 排出量の推定式として採用した。

 CO_2 排出量 $(t-CO_2) = 0.00591 \times 盛土工(m^3) + 0.11760 \times 法面整形工(m^2) + 0.03861 \times アスファルト舗装工(m^2) - 472.26$

表5.2.3-12 多変量解析の検討ケース

(土工道路/説明変数:詳細計画段階/目的変数:CO₂排出量)

						説	明変	数							
Case	延長	幅員	車線数	計画交通量	中央帯幅	歩道	掘削工	盛土工	法面整形工	舗装工アスファルト	側溝工	その他工種	有意F	調整済決 定係数 R2	採用
土工 3-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9. 23E-16	0. 9149	_
土工 3-2	0	0	_	_	_	_	0	0	0	0	0	_	8. 41E-30	0. 7993	_
土工 3-3	_	_	_	_	_	_	0	0	0	0	0	_	1.99E-28	0.7680	_
土工 3-4	_	_	_	_	_	_	_	0	0	0	_	_	6.68E-28	0.7420	0

各検討ケースのうち、採用した「土工3-4」の分析結果を以降に示す。

ケース土工 3-4 では、多重共線性の解消等を勘案して土工 3-3 の説明変数から「掘削工」「側溝工」を除外し、「盛土工(m³)」、「法面整形工(m²)」、「アスファルト舗装工(m²)」を説明変数として重回帰分析を行った。

分散分析の結果を表 5.2.3-13、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-14、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-21 に示す。

	-		10000 01/10/10	(33.30 2)	
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	3	3. 79E+09	1. 26E+09	93. 0509	6. 68E-28
残差	93	1. 26E+09	13, 590, 327		
合計	96	5. 06E+09			

表5.2.3-13 分散分析結果(土工3-4)

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

1	20.2.0 14 固师你数	埃尼帕木(上上5	1/
説明変数	係数	t 値	P値
—(切片)	-472. 26	-1. 01305	0. 31367
盛土工	0.00591	5. 13404	1.55E-06
法面整形工	0. 11760	9. 23014	8. 7E-15
アスファルト舗装工	0. 03861	4. 34254	0.00004

表5.2.3-14 回帰係数・検定結果(土工3-4)

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

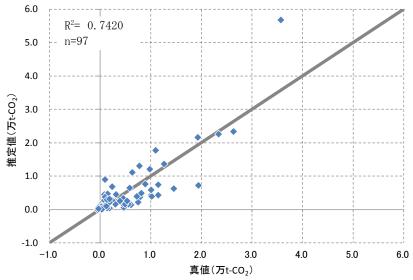


図5.2.3-21 真値と推定値との比較(土工3-4)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数 (R^2) は 0.74 と高い相関を示した。

工. 土工道路/説明変数:詳細計画段階/目的変数:単位延長当たりの CO₂排出量

対象を土工道路、説明変数を基本データ及び主な工種数量、目的変数を単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km)$ として、表 5.2.3-15 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースとしては、基本データ、主な工種数量全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、説明変数を「掘削工」、「盛土工」、「アスファルト舗装工」とする以下の回帰式を本研究における CO_2 排出量の推定式として採用した。

単位延長当たりの CO₂排出量(t- CO₂/km)

- $= 0.00224 \times$ 掘削工(m^3/km) $+ 0.00339 \times$ 盛土工(m^3/km)
 - + $0.07612 \times アスファルト舗装工(m^2/km)$ 507.33

表5.2.3-15 多変量解析の検討ケース

(土工道路/説明変数:詳細計画段階/目的変数:単位延長当たりのCO₂排出量)

	説明変数													
Case	幅員	車線数	計画交通量	中央帯幅	歩道	掘削工	盛土工	法面整形工	舗装アスファルト	側溝工	その他工種	有意F	調整済決 定係数 R2	採用
土工 4-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3. 11E-10	0.6043	
土工 4-2	0	_	_	_	_	0	0	0	0	0	_	9. 27E-11	0. 4354	_
土工 4-3	_	_	_	_	_	0	0	0	0	0	_	3. 49E-09	0.3726	_
土工 4-4	_	_	_	_	_	0	0	_	0	_	_	2. 97E-10	0.3778	0

各検討ケースのうち、採用した「土工4-4」の分析結果を以降に示す。

ケース土工 4-4 では、多重共線性の解消等を勘案して土工 4-3 の説明変数から「法面整形工」、「側溝工」を除外し、「掘削工(m³/km)」、「盛土工(m³/km)」、「アスファルト舗装工(m²/km)」を説明変数として重回帰分析を行った。

分散分析の結果を表 5.2.3-16、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-17、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-22 に示す。

表5.2.3-16 分散分析結果(土工4-4)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	3	1. 78E+08	59, 195, 256	20. 42968	2. 97E-10
残差	93	2. 69E+08	2, 897, 513		
合計	96	4. 47E+08			

注)有意F:F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-17 回帰係数·検定結果(土工4-4)

説明変数	係数	t 値	P値
—(切片)	507. 33	1.86260	0.06568
掘削工	0.00224	1. 92652	0. 05709
盛土工	0.00339	2. 91195	0.00450
アスファルト舗装工	0. 07612	5. 80590	8.84E-08

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

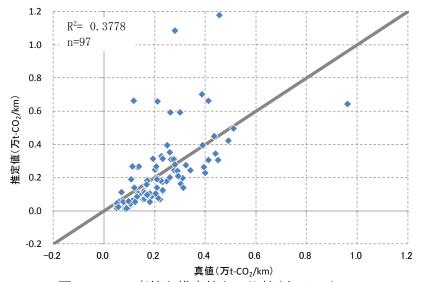


図5.2.3-22 真値と推定値との比較(土工4-4)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数 (R^2) は 0.38 とかなり高い相関を示した。

才. 橋梁/説明変数:構想·詳細計画段階/目的変数:CO2排出量

対象を橋梁、目的変数を CO_2 排出量 $(t-CO_2)$ 、説明変数を基本データとして、表 5.2.3-18 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本データ全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、説明変数を「面積 (m^2) 」とする以下の回帰式を本検討における CO_2 排出量の推定式として採用した。

 CO_2 排出量(t- CO_2) = 1.05435×面積(m²) + 1,044.33 [面積(m²) = 延長(km) × 幅員(m) × 1,000]

表5.2.3-18 多変量解析の検討ケース

(橋梁/説明変数:構想・詳細計画段階/目的変数:CO₂排出量)

				説明変数					調整済決		
Case	延長	幅員	車線数	計画 交通量	中央 帯幅	歩道	橋脚 基数	有意 F	定係数 R2	採用	
橋梁 1-1	0	0	0	0	_	_	0	0.0013	0.6581	_	
橋梁 1-2	0	0	_	_	_	_	0	1.67E-18	0. 6757	_	
橋梁 1-3	0	0	_	_	_	_	_	6.74E-05	0. 3651	_	
橋梁 1-4	0*	0*	_	_	_	_	_	6. 62E-08	0.5189	0	

注)※:延長と幅員の積(面積)を説明変数とした。

各検討ケースのうち、採用した「橋梁 1-4」の分析結果を以降に示す。

 CO_2 の排出に寄与する上部工の資材使用量や建設機械稼働時間は、橋面積が増えることによって増加することが予想される。ケース橋梁 1-4 では延長と幅員の積の「面積 (m^2) 」を説明変数として重回帰分析を行った。

分散分析の結果を表 5.2.3-19、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-20、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-23 に示す。

表5.2.3-19 分散分析結果(橋梁1-4)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	2. 01E+08	2. 01E+08	44. 14501	6. 62E-08
残差	39	1. 77E+08	4, 543, 981		
合計	40	3. 78E+08			

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-20 回帰係数·検定結果(橋梁1-4)

説明変数	係数	t 値	P値
一(切片)	1, 044. 33	2. 25555	0. 02978
面積	1. 05435	6. 64417	6. 62E-08

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

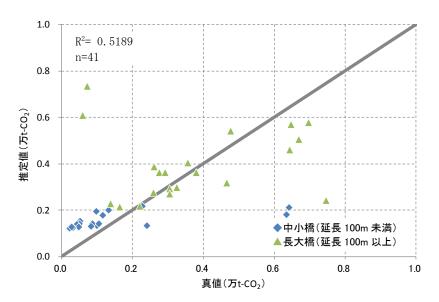


図5.2.3-23 真値と推定値との比較(橋梁1-4)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数(R²)は 0.52 と高い相関が示した。ケース橋梁 1-3 と比較すると、ケース橋梁 1-4 では自由度調整済決定係数が大きくなったことから、予測精度が向上したと考えられる。

カ. 橋梁/説明変数:構想・詳細計画段階/目的変数:単位延長当たりの CO2 排出量

対象を橋梁、説明変数を基本データ、目的変数を単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km)$ として、表 5. 2. 3-21 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本データ全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、「幅員」のみを説明変数とする回帰式を本研究における CO_2 排出量の推定式として採用した。

単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km) = 1,364.37 \times$ 幅員(m) + 9,543.88

表5.2.3-21 多変量解析の検討ケース

(橋梁/説明変数:構想・詳細計画段階/目的変数:単位延長当たりのCO₂排出量)

			説明	変数				調整済決	
Case	幅員	車線数	計画 交通量	中央 帯幅	歩道	橋脚 基数	有意 F	調整研仸 定係数 R2	採用
橋梁 2-1	0	0	0	_	_	0	0.0667	0. 2865	_
橋梁 2-2	0	_	_	_	_	0	0.0180	0. 1597	_
橋梁 2-3	0	_	_	I			0.0127	0. 1270	0

各検討ケースのうち、採用した「橋梁 2-3」の分析結果を以降に示す。

ケース橋梁 2-2 で説明変数とした「橋脚基数」は、構想段階、詳細計画段階で決定しない可能性がある。ケース橋梁 2-3 では「幅員(m)」を説明変数として重回帰分析を行った。また、「幅員」のデータがある工事 $(CO_2$ 排出量)を追加した。

分散分析の結果を表 5.2.3-22、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-23、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-24 に示す。

表5. 2. 3-22 分散分析結果(橋梁2-3)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	2. 38E+09	2. 38E+09	6. 818326	0.01274
残差	39	1. 36E+10	3. 5E+08		
合計	40	1. 6E+10			

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-23 回帰係数 • 検定結果(橋梁2-3)

説明変数	係数	t 値	P値
一(切片)	9, 543. 88	1. 26084	0. 21486
幅員	1, 364. 37	2. 61119	0. 01274

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

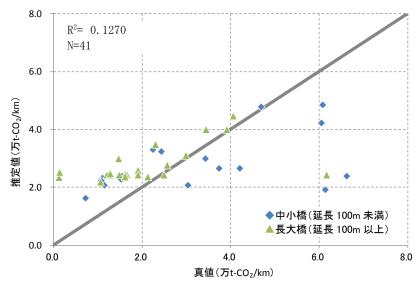


図5.2.3-24 真値と推定値との比較(橋梁2-3)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 5%以下だが、自由度調整済決定係数(R²)は 0.13 とある程度の相関を示した。

キ. トンネル/説明変数:構想・詳細計画段階/目的変数:CO₂排出量

対象をトンネル、説明変数を基本データ、目的変数を CO_2 排出量 $(t-CO_2)$ として、表 5. 2. 3-24 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本デ

ータ全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、説明変数を「延長」、「幅員」とする以下の回帰式を本研究における CO₂ 排出量の推定式として採用した。

CO₂排出量(t-CO₂) = 9,001.50×延長(km) + 459.32×幅員(m) - 3,822.89

表5.2.3-24 多変量解析の検討ケース

(トンネル/説明変数:構想・詳細計画段階/目的変数:CO₂排出量)

			説明	夏数				調整済決	
Case	延長	幅員	車線数	計画 交通量	中央 帯幅	歩道	有意 F	神経研究 定係数 R2	採用
トンネル 1-1	0	0	_	0	_	_	2. 15E-15	0. 9886	_
トンネル 1-2	0	0	_	_	_	_	9. 73E-22	0. 9913	0
トンネル 1-3	0	○*1	_	_	_	_	1. 01E-21	0. 9913	_
トンネル 1-4	○**2	○*2					2. 02E-13	0. 9237	_
トンネル 1-5	○*3	○*3					9.55E-06	0. 5964	_

注)※1:幅員の2乗(面積)を説明変数として設定。

※2:延長と幅員の積(面積)を説明変数として設定。

※3:延長と幅員の2乗の積(体積)を説明変数として設定。

各検討ケースのうち、採用した「トンネル1-2」の分析結果を以降に示す。

ケーストンネル 1-1 の説明変数である幅員と車線数の関係性(多重共線性)を分析から排除するために説明変数を絞り込み、ケーストンネル 1-2 では「延長(km)」、「幅員(m)」を説明変数として重回帰分析を行った。また、「延長」、「幅員」のデータがある工事 $(C0_2$ 排出量)を追加した。

分散分析の結果を表 5.2.3-25、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-26、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-25 に示す。

表5.2.3-25 分散分析結果(トンネル1-2)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	2	1. 46E+09	7. 3E+08	1, 252. 397	9. 73E-22
残差	20	11, 653, 786	582, 689. 3		
合計	22	1. 47E+09			

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-26 回帰係数・検定結果(トンネル1-2)

説明変数	係数	t 値	P値
一(切片)	-3, 822. 89	-2. 45708	0. 02327
延長	9, 001. 50	48. 18122	3. 66E-22
幅員	459. 32	3. 14117	0.00514

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

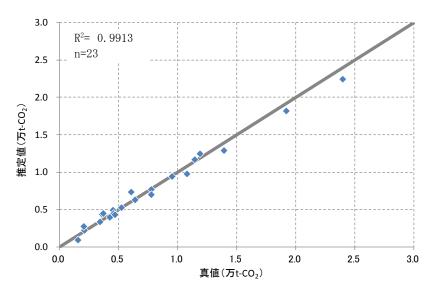


図5.2.3-25 真値と推定値との比較(トンネル1-2)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数(R²)は 0.99 と高い相関を示した。

ク.トンネル/説明変数:構想・詳細計画段階/目的変数:単位延長当たりの CO_2 排出量対象をトンネル、説明変数を基本データ、目的変数を単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km)$ として、表 5.2.3-27 に示すケースで繰り返し重回帰分析を行った。最初の検討ケースでは、基本データ全てを説明変数として分析したが、多重共線性や回帰式の利便性等を勘案して説明変数を絞り込み、「幅員の 2 乗」を説明変数とする回帰式を本研究における CO_2 排出量の推定式として採用した。

単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km) = 36.48 \times 幅員の2乗(m^2) + 6,764.60$

表5.2.3-27 多変量解析の検討ケース

(対象:トンネル 段階:構想・詳細計画 目的変数:単位延長あたりのCO₂排出量)

					調整済決			
Case	幅員	車線数	計画 交通量	中央 帯幅	歩道	有意 F	神経研伝 定係数 R2	採用
トンネル 2-1	0	_	0	_	_	2. 15E-15	0. 2363	_
トンネル 2-2	0	_	_	_	_	0.0027	0. 3252	_
トンネル 2-3	0*	_	_	_	_	0.0017	0.3508	0

注)※:幅員の2乗(面積)を説明変数として設定。

各検討ケースのうち、採用した「トンネル 2-3」の分析結果を以降に示す。

トンネル工事における CO2 排出に寄与する掘削・支保工等の作業量は、掘削断面積が増えることによって増加することが予想される。ケーストンネル 2-3 では幅員の 2 乗の「面積 (m^2) 」を説明変数として重回帰分析を行った。

分散分析の結果を表 5.2.3-28、重回帰分析による係数及び検定結果(t 値、P 値)を表 5.2.3-29、資機材の数量からの積み上げ計算の結果(真値)と回帰式による推定値との関係を図 5.2.3-26 に示す。

表5.2.3-28 分散分析結果(トンネル2-3)

	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F
回帰	1	16, 054, 567	16, 054, 567	12. 8887	0.001724
残差	21	26, 158, 251	1, 245, 631		
合計	22	42, 212, 818			

注)有意 F: F検定の有意水準。この回帰式が有意でない危険率。

表5.2.3-29 回帰係数・検定結果(トンネル2-3)

説明変数	係数	t 値	P値		
—(切片)	6, 764. 60	6. 22841	3. 53E-06		
幅員(2乗)	36. 48	3. 59008	0.00172		

注)t値:説明変数が目的変数に与える影響の大きさ。 P値:回帰係数が0である確率。

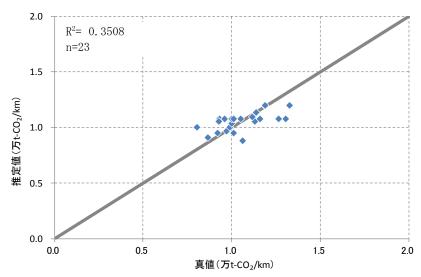


図5.2.3-26 真値と推定値との比較(トンネル2-3)

回帰式が有意でない危険率(有意 F)が 1%以下、自由度調整済決定係数(R^2)は 0.35 とかなり高い相関を示した。ケーストンネル 2-2 と比較すると、ケーストンネル 2-3 では自由度調整済決定係数が大きくなったことから、予測精度が向上したと考えられる。

ケ. 多変量解析結果(まとめ)

以上の多変量解析結果を踏まえて、道路構造別、段階別、 CO_2 排出量・単位延長当たりの CO_2 排出量別の CO_2 排出量推定式を表 5.2.3-30 のとおり設定した。

表5.2.3-30 道路構造別、段階別のCO₂排出量推定式

構造	推定値	構想段階	詳細計画段階					
	CO ₂ 排 出 量 (t-CO ₂ /km)	CO ₂ 排出量(t-CO ₂) =2,710.60×延長(km) + 24.95 ×幅員(m) - 1,018.70 有意F:1.67E-18	CO ₂ 排出量(t-CO ₂) =0.00591×盛土工(m³) + 0.11760 ×法面整形工(m³) + 0.03861 ×7ススファルト舗装工(m²) - 472.26 有意 F: 6.68E-28					
		自由度調整済決定係数 R2:0.5687	自由度調整済決定係数 R2:0.7420					
土工	単位延長当た りのCO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /km)	単位延長当たりの CO ₂ 排出量(t-CO ₂) =97.22×幅員(m) + 450.91	単位延長当たりの CO_2 排出量 $(t-CO_2/km)$ =0.00224×掘削工 (m^3/km) + 0.00339 × 盛土工 (m^3/km) + 0.07612 × アスファルト舗装工 (m^2/km) - 507.33					
		有意 F: 8. 7E-05	有意 F: 2.97E-10					
橋梁	CO2 排出量 (t-CO2/km) 単位延長当た	自由度調整済決定係数 R2:0.1400 CO ₂ 排出量(t-CO ₂) = 1.05435×面積(m2) [面積(m²) = 延長(km) × 幅員(m) 有意 F:6.62E-08 自由度調整済決定係 単位延長当たりの CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /km)	× 1,000]					
	りのCO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /km)	=1,364.37×幅員(m) + 9,543.88 有意F:0.0127 自由度調整済決定係数	P2 · 0 1270					
トンネル	CO ₂ 排 出 量 (t-CO ₂ /km) 単位延長当た りのCO ₂ 排出量	有息 F: 0.0127 自由度調整済決定係数 R2: 0.1270 CO ₂ 排出量(t-CO ₂) =9,001.50×延長(km) + 459.32×幅員(m) - 3,822.89 有意 F: 9.73E-22 自由度調整済決定係数 R2: 0.9913 単位延長当たりの CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /km) =36.48×幅員の 2 乗 (m²) + 6,764.60						
	$(t-CO_2/km)$	有意 F: 0.0017 自由度調整済決定係数	R2: 0.3508					

注) 赤字: 重回帰分析の検定で t 値の絶対値が 2 より小さい係数。

5.3 維持管理・供用、解体・再資源化における社会資本整備からの CO₂ 収支量の算出方法 一般に橋梁等の社会資本のライフサイクルは「建設」、「供用(維持管理含む)」、「解体」 と進み、その後、同じ機能を満たす新たな社会資本が「建設」される。「解体」された社 会資本は、コンクリート塊等として「再資源化」が行われる。

図 5.3-1 に示すとおり、社会資本の「建設」、「供用」、「解体」、「再資源化」の各段階における活動により CO_2 が排出される一方で、 CO_2 はコンクリートへ固定(吸着)されている。このうち、「建設」、「解体」、「再資源化」における活動からの CO_2 排出量は、平成 22 年度までの研究及び 5.2 で示した各種の CO_2 排出原単位と工種や資材等の数量の積和によって計算できる。

そこで、本節では、「供用」、「再資源化」の各段階におけるコンクリートへの CO_2 固定量と、「供用(維持管理)」段階における補修等を考慮した CO_2 排出量の算出手法(及び CO_2 固定量も含めた CO_2 収支量)の検討結果を示すこととし、前者を5.3.1、後者を5.3.2で説明する。

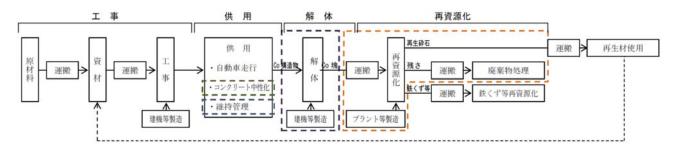


図5.3-1 試算対象とするCO₂排出・CO₂固定(システム境界)

5.3.1 供用、解体・再資源化におけるコンクリートへの CO₂ 固定量の算出手法

コンクリートへの CO_2 の吸着について、IPCC ガイドライン「2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories」(IPCC 国別温室効果ガス排出インベントリガイドライン(2006 年版))では、具体的な排出係数は示されておらず、吸着の速度は非常に遅く(何年から何世紀)、現時点では考慮しないとされている。

しかし、一般に、コンクリート表面は時間の経過とともに CO₂を吸着し、炭酸化(中性化)が進行することは古くから知られている。特に解体時、再生(破砕)時においては、表面積が格段に大きくなるだけでなく、炭酸化していない新しい破断面が増えるため、CO₂を吸着する量も増加することが既往文献等で指摘されている。

本研究では、コンクリートの中性化、 CO_2 固定に関する知見を調査し、コンクリートへの CO_2 固定量の算出手法を検討した。

5.3.1(1)ではコンクリートの中性化に関する知見から中性化深さの推定方法を整理した。5.3.1(2)ではコンクリート構造物の CO_2 固定量の調査から検討した「供用時における CO_2 固定量と中性化深さの関係式」、「再資源化による CO_2 固定量」について整理した。5.3.1(3)ではこれらの検討をとりまとめてンクリートへの CO_2 固定量の算出手法を整理した。

- (1) コンクリートの中性化、CO2 固定に関する知見の整理と中性化深さの推定方法
- 1) コンクリート中性化による CO₂ 固定量に関する知見

コンクリートの CO_2 固定に関する研究は多くないが、図 5.3.1-1 の概略によるセメント水和物による CO_2 固定化のことをコンクリートによる CO_2 固定として捉えられている。 CO_2 固定の仕組みとしては、 $①CO_2$ 等がコンクリートの間隙を通じてコンクリート内部へ浸透する。②ガス状の CO_2 として浸透してきたものは、コンクリート中で解離し、 CO_2 になる。一方、 $Ca(OH)_2$ は溶解度が比較的高く、コンクリート内部において Ca^{2+} と OH の状態で拡散していることから、酸塩基反応を通じて $③CaCO_3$ を生成する。 $CaCO_3$ は溶解度が比較的低いため、 CO_2 はコンクリート中に固定される。

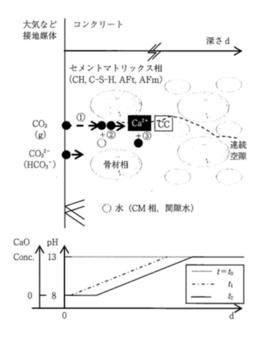


図5.3.1-1 セメント水和物によるCO₂固定の概略図¹⁵⁾

コンクリートのCO₂吸着量については、黒田ら¹⁶⁾により以下のことが指摘されている。

- ・供用中は、コンクリート表面から時間の経過とともに中性化が進行することが、 既往文献で知られている。
- ・解体時、再生(破砕)時は、表面積が格段に大きくなるだけでなく、炭酸化していない新しい破断面が増えるため、CO2を吸着する量も増加する。
- ・コンクリート塊の炭酸化速度は、粒径が小さいほど速くなり、 CO_2 を多く吸着した。

2) 中性化深さに影響を及ぼす主な要因

供用時におけるコンクリート構造物の CO₂ 固定化の算出には中性化深さを推定する必要がある。文献調査の結果、中性化深さに影響を与える要因は、コンクリート自体の性能・品質(セメント種、調合条件、施工条件など)を主とする内的要因、および環境条件(炭酸ガス濃度、温度、湿度、仕上げ材等)を主とする外的要因によって複雑な影響をうけることが確認された。

3) 中性化深さの推定式の検討

複数提案されている中性化進行予測式の中から、より多くの要因を考慮できている予 測式をベースとして、中性化深さの推定手法の確立を目指すのが妥当と考える。

そこで、採用する中性化速度予測式は、中性化深さに影響を与える要因をある程度包括しており、かつ各係数も比較的最近のデータが用いられていることから、建築学会式 $^{17)}$ を用いるのが望ましいと考えられる。日本建築学会式 $^{17)}$ の概要を下記に示す。 α_1 、 α_2 、 α_3 、 はコンクリート自体の内的要因を、 β_1 、 β_2 、 β_3 、 は環境条件等の外的要因を、 β_4 は仕上げ材の影響を表す。

 $A = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s$

ここに、 t:期間(年)

C:中性化深さ (cm)

k: 岸谷式では1.72、白山式では1.41

 α_1 : コンクリートの種類 (骨材の種類) による係数

α2: セメントの種類による係数

α3:調合(水セメント比)による係数

β₁: 気温による係数 β₂: 湿度による係数

β3:二酸化炭素濃度による係数

s: 仕上げ材による中性化抑制効果の係数

※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) コンクリート構造物の CO₂ 固定量の調査(供用、再資源化)
- 1) コンクリート構造物の供用時における CO₂ 固定量の調査

コンクリート構造物の供用時における CO_2 固定量を算出するために、コンクリート表面 積当たりの CO_2 固定量と中性化深さの関係を調査した。供用中の建築物から採取したコン クリートコアの CO_2 固定量、中性化深さを測定し、 CO_2 固定量と中性化深さの関係式を検 討した。

ア. コンクリート構造物の供用における CO₂ 固定量の調査

試験試料及び試験項目・数量

試験に供するコンクリートコア試料の詳細を表 5.3.1-1 に、試験項目・数量を表 5.3.1-2 に各々示す。

表5.3.1-1 建築物から採取したコンクリートコア試料の詳細

建物 番号	試料名	供試体概略 寸法(cm)	供用年数	所在地/構造	数量 (本)	抜取り 状況
<u> </u>	室内スラブ A	φ 10×18			3	貫通
	外壁 B	φ 10×14	-	数骨鉄筋	4	貫通
1	室内壁 C	φ 10×12	26年	コンクリート造	4	貫通
	室内梁 D	φ 10×23		12 階建	3	貫通
	1階踊場 E	φ 10×20			3	貫通
	室内スラブ A	ϕ 10×13			4	貫通
	外廊下壁 B	ϕ 10×16		N4.65	4	貫通
2	外壁西側 C	ϕ 10×20	33 年	鉄筋コンクリート造 5 階建	3	貫通
	室内梁 D	ϕ 10×32		O PEIXE	3	貫通
	室内壁 E	ϕ 10×10			4	貫通
	階段 A	ϕ 10×25			3	貫通
	梁 B	ϕ 10×24	42 年	鉄骨鉄筋	3	中途折
3	スラブ C	ϕ 10×19		コンクリート造	4	貫通
	キッチン D	ϕ 10×16		10 階建	4	貫通
	浴室 E	ϕ 10×12			4	貫通
	外廊下北 A	ϕ 10×18			4	貫通
	外壁北 B	ϕ 10×24		NII. forfer	3	貫通
4	スラブ C	φ 10×21	50 年	鉄筋コンクリート造 9 階建	4	貫通
	内壁 D	φ 10×9		7 阳处	4	貫通
	外壁南 E	φ 10×22			3	中途折

採取コアの 保管方法 採取した供試体は、速やかにラップで巻き更にビニール袋に入れて密閉保管した。 大気中の CO_2 との接触をなるべく断つ為に、開封は試験直前とした。

表5.3.1-2 試験項目と数量

試験内容	試験項目	試験方法	単位	数量 (本)
配合推定	単位容積質量	セメント協会コンクリート専門委員会報告 F-18「硬化	検体	29
	不溶残分	コンクリートの配合推定に関する共同試験報告」		
	酸化カルシウム含有量	但し、石灰石骨材を使用されているコンクリートにつ		
	結合水量	いては、酸化カルシウム含有量の補正を行った		
中性化深さ	コアの割裂	JIS A 1113「コンクリートの割裂引張強度試験方法」	検体	20
の測定		による中心断面の割烈の代わりに、中性化深さの測定		
		精度の観点から、表面平滑性を保つ方法として、ダイ		
		ヤモンドカッターによる切断とした		
	中性化深さの測定	JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの試験方法」		
	スケッチ及び写真撮影	トレース紙へのスケッチ、写真の画像ファイル化		
CO2 固定量の	コアのスライス	中性化深さ試験の結果を基に、スライス位置を選定し、	層	140
測定		試験部分を約 1cm 厚で湿式ダイヤモンドカッターによ		
		り切出し、スライス片を半分にした		
	乾燥及び微粉砕	乾燥は105℃窒素雰囲気	検体	169
	炭酸カルシウム含有量	微粉砕はディスク・ミル		
	水酸化カルシウム	測定は示差熱重量分析(TG-DTA 「コア採取によるコン		
	含有量	クリート構造物の劣化診断法」「図解 コンクリート構		
		造物の総合診断法」参照)		

・コンクリートコア供試体の測定、分析

コア供試体をコンクリートカッターで切断し、切断面において JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」に準拠して中性化深さを測定した。測定位置はコアの幅を 9 等分した 8 ヶ所とし、これとは別に測定区間内の最大中性化深さを測定した。中性化領域が複数ある場合は、それぞれの領域の深さ(無色部分の長さ)を測定した。また中性化位置を鉛筆でトレースし、スキャナにて読み取りデジタル画像化した。

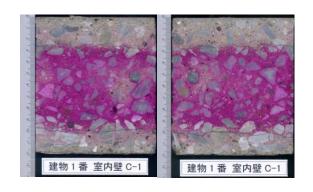


写真5.3.1-1 中性化深さ測定時のコアの例 (建物1番 C-1(トレース後))

イ. 中性化深さと CO₂ 固定量の相関分析

中性化深さの測定は JIS A 1152:2011(コンクリートの中性化深さの測定方法) に準じる ものとし、測定面の露出方法は、濃く明確な発色状況が得られやすいことから、原則、 割裂による方法を採用する。但し、現場ですぐに確認したい時や、試料を次の分析等で 使用する際に、切断による方法を持ちいらざるを得ないケースもあるため、発色面が薄くなる原因をつきとめ、将来的には 2 つの方法を測定条件に応じて用いることが望ましい。

このようなあいまい領域(図 5.3.1-2 参照)が発生する明確な理由は明らかとなっておらず、画像解析による補正も、骨材を正確に抽出できないこと等により課題が残る。CO₂固定量の推定という概念では、あいまい領域は考慮せず、完全に中性化している部分(明確部)で評価するのが妥当と思われる。

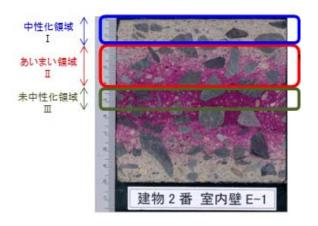


図5.3.1-2 あいまい領域のイメージ

図 5.3.1-3 に中性化領域のみの結果で整理した結果を示す。図 5.3.1-3 には明確試料の結果に加えてあいまい試料の明確部のみで評価した結果を併せて示した。明確試料の結果にあいまい試料の明確部のみの結果を加えた場合には、明確試料のみの場合の近似線と傾きに差はなく、やや CO_2 固定量が小さくなる傾向が確認された。つまり、 CO_2 固定量推定の概念では安全側の評価となる。

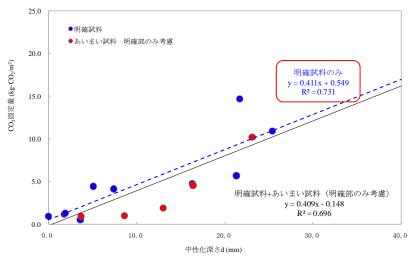


図5.3.1-3 中性化深さとCO2固定量の関係 (明確部のみ考慮)

ウ. コンクリート構造物 1m²あたりの CO₂ 固定量を推計する手法の整理

本研究で実施した調査から得られた中性化深さと構造物の表面積あたりの CO_2 固定量の関係式は、数式 5.3.1-2 のとおりである。

 co_2 :表面積当たりの CO_2 固定量 $(kg-CO_2/m^2)$ d:中性化深さ(mm)

中性化深さの推定方法は、5.3.1(1)で整理したとおり建築学会式17)から推定できる。

$$d = A\sqrt{t}$$
数式 5. 3. $1-3^{17}$

 $\mathbf{A} = \mathbf{k} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s$

ここに、 t:期間(年)

d:中性化深さ(cm)

k: 岸谷式では1.72、白山式では1.41

α₁: コンクリートの種類 (骨材の種類) による係数

α2:セメントの種類による係数

α3:調合(水セメント比)による係数

β₁: 気温による係数

β2:湿度による係数

β3:二酸化炭素濃度による係数

s: 仕上げ材による中性化抑制効果の係数

※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) コンクリートの再資源化における再生製品別 CO₂ 固定量の調査

コンクリート塊を破砕することで、新しい破断面が増えるため、 CO_2 を吸着する量も増加する。コンクリートの再生利用方法である路盤材 (RC40)、コンクリート用再生骨材 (H、M、Lの細・粗骨材及び微粉)を模擬した試料を作成し、再資源化における CO_2 固定量を測定した。

ア. 再生製品別 CO₂ 固定量の調査方法

コンクリート供試体の概要を表 5.3.1-3、促進中性化条件及び試料数を表 5.3.1-4、再 資源化条件及び試料数を表 5.3.1-5 に示す。

表5.3.1-3 コンクリート供試体の概要

試	寸法	数量	セメント	スランフ゜			配	合			養生	
料	り伝	数里			種類	W	С	S	G	Ad1	Ad2	期間
No.	cm	本	俚积	cm		kg	$/\mathrm{m}^3$	L/10	日			
2	ϕ 15×30	20	OPC	18	170	309	774	1020	0.25	0.005	91	
3	ϕ 15×30	4	HPC	18	170	309	773	1019	0.25	0.005	91	
4	ϕ 15×30	4	BB40%	18	170	309	770	1014	0.25	0.005	91	
5	ϕ 15×30	4	BB60%	18	170	309	768	1012	025	0.005	91	
6	ϕ 15×30	4	OPC	18	170	378	716	1023	025	0.005	91	
7	ϕ 15×30	4	OPC	18	170	262	809	1023	0.25	0.005	91	

注) 1. Ad1 は AE 減水剤、Ad2 は AE 剤

表5.3.1-4 促進中性化条件及び試料数

CO ₂ 濃度(%)	温度(℃)	相対湿度(%)	中性化期間(週)	供試体寸法(cm)	数量(本)
			1	ϕ 15×30	2
20	20	60	8	φ 15×30	36
			26	ϕ 15×30	2

供試体表面が湿っている為、真空乾燥機を用いて表面のみを乾かした。その後、アルミ箔テープで円柱 供試体の側面を被覆し、上下面は露出の状態とした。

表5.3.1-5 再資源化条件及び試料数

再生製品の区分	再生製品の細目	参照する基準類	保管条件	供試体数量(本)	
	_		乾湿繰返し・28d	4 注 1	
RC40	_	舗装再生便覧	乾湿繰返し・91d	20 注 2	
(<40 mmの試料)	_	 	乾湿繰返し・91d	6	
	_		自然乾燥 ・91d	О	
	再生粗骨材 H (5-20 mm)	JIS A 5021	乾湿繰返し・28d		
再生骨材 H	再生細骨材 H (0.15-5 mm)	「コンクリート用再生骨材H」	乾湿繰返し・28d	3	
機械的処理	再生微粉(<0.15 mm)		乾湿繰返し・28d	ა I	
	一一一	_	自然乾燥 · 28d		
	再生粗骨材 H (5-20 mm)	JIS A 5021	乾湿繰返し・28d		
再生骨材 H	再生細骨材 H (0.15-5 mm)	「コンクリート用再生骨材H」	乾湿繰返し・28d	3	
熱的処理	再生微粉(<0.15 mm)		乾湿繰返し・28d	3	
	+ 17 生 (水) (_	自然乾燥 · 28d		
再生骨材 M	再生粗骨材 M (5-20 mm)	JIS A 5022 付属書A(規定)	乾湿繰返し・28d	2	
十十二月初 M	再生細骨材 M (0.15-5 mm)	「コンクリート用再生骨材M」	乾湿繰返し・28d	1 ²	
再生骨材 L	再生粗骨材 L (5-20 mm)	JIS A 5023 付属書1(規定)	乾湿繰返し・28d	9	
一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	再生細骨材 L (0.15-5 mm)	「コンクリート用再生骨材し」	乾湿繰返し・28d	2	

注)1:試料 No. 2 の促進中生化期間 1 週、26 週の供試体各 2 本

2:試料 No.3~7の配合が異なる供試体各4本

RC40 及び再生骨材は、粒径別ふるい及びボールミルにより、各規格を満足するよう作成した。なお、規格を確認するための絶乾密度及び吸水率試験の方法は、粗骨材は JIS A 1110、細骨材は JIS A 1109 による。

作製した再生骨材の粗骨材、細骨材および微粉の割合を表 5.3.1-6 に示す。

^{2.} 空気量はいずれも 4.5%

円柱供試体の上下面に霧吹きで15回ずつ水を噴霧した後、養生槽内で促進中生化を開始した。

注) この条件のほかは JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」による

表5.3.1-6 作製した再生骨材の割合

試料名	粗骨材(%)	細骨材(%)	微粉 (%)
再生骨材H機械的処理	40	15	45
再生骨材 H 熱的処理	36	22	42
再生骨材 M	41	26	33
再生骨材 L	70	22	8

注) 微粉は試料作製時に集塵機で除去される為、100から粗骨材と細骨材を減じて算出した。

試料調製方法を表 5.3.1-7 に示す。

表5.3.1-7 試料調製方法

	暴露期間 0 日	曝露材齢終了
調製方法	RC40 は粒度分布用試料を、再生骨材試料は材	曝露期間の材齢に分けた試料を大型バット
	齢 0d を窒素パージした 105℃乾燥機に入れ、	に入れ、材齢 0d における含水比をベースに
	15 時間保持した。このときの質量減少量を測	含水比 15%となるように散水して、かき混
	定し含水比を求めた。乾燥後の試料で粒度分	ぜを行った。散水に用いる水は、前日より水
	布を測定後、試験水準の粒径区分にした。5	道水を汲み置きしてカルキ抜きを行い、散水
	~20mm の粒径試料についてはジョークラッ	時に pH を測定した。散水およびかき混ぜは
	シャーにより 5mm 未満に粗砕し、0~5mm の粒	週2回とし、材齢期間に達するまで行った。
	径試料と共にそれぞれ二分器により縮分し	材齢に達した試料は、材齢 0d と同様に試料
	約30gの試料を得た。この試料をディスクミ	調製を行い、分析試料を得た。
	ルにより微粉砕しセメント量分析、示差熱重	
	量分析(TG-DTA)及び pH 試験用試料とした。	
	RC40 の粒度分布用試料の含水比は 40mm 下の	
	値であるため、含水比測定試験用に分別した	
	試料で同様に含水比を求め、このときの質量	
	減少量を材齢 0d における含水比とした。	

イ. 再生製品別 CO₂ 固定量の調査結果

示差熱重量分析により水酸化カルシウム量と炭酸カルシウム量を算出した。RC40 の水酸化カルシウム量は、粒径が小さいものほど曝露期間の経過における減少が顕著に確認された。炭酸カルシウム量は、粒径が小さいものほど曝露期間の経過における増加が顕著に確認された。B 再生骨材の水酸化カルシウム量は、微粉、細骨材、粗骨材の順に曝露期間の経過における減少が顕著に確認された。炭酸カルシウム量は、微粉、細骨材、粗骨材の順に曝露期間の経過における減少が顕著に確認された。炭酸カルシウム量は、微粉、細骨材、粗骨材の順に曝露期間の経過における増加が顕著に確認された。

曝露開始から終了までの炭酸化カルシウム増加量と、試料中における各粒群の粒度割合から CO_2 固定量を算出した結果を表 5.3.1-8 に示す。

RC40 の曝露期間 0d の CO_2 固定量は、セメントの種類別 (No. 2~5) で No. 2 (OPC:普通ボルトランドセメント)、No. 3 (HPC:早強セメント)、No. 4 (BB40%:高炉セメント 40%)、No. 5 (BB60%:高炉セメント 60%)、水セメント比別 (No. 2、6、7) で No. 7 (OPC 水セメント比 65%)、No. 2 (OPC 水セメント比 55%)、No. 6 (OPC 水セメント比 45%) の順で多いことが確認された。主な傾向は以下のとおりである。

- ・セメント種類別では、高炉セメントのCO2固定量が低い傾向を示した。
- ・早強セメントの CO₂ 固定量よりも普通ボルトランドセメントの CO₂ 固定量の方が多い傾向を示したが、分析試料の割合の影響も考えられる。
- ・水セメント比の違いによる影響も見られ、水セメント比が小さく、セメント量が 多い順に、CO₂固定量は多かった。
- ・乾湿繰返しと自然乾燥では、乾湿繰返しの方が CO₂ 固定量は多かった。
- ・酸化カルシウム消費率は、材料の種類による差異はあまり認められなかった。
- ・水セメント比が大きく、セメント量が少ない順に酸化カルシウム消費率が多くなった。

再生骨材別のCO₂固定量等の主な傾向は以下のとおりである。

- ・微粉、細骨材、粗骨材の順に CO₂ 固定量が多かった。
- ・再生骨材 L、M、Hの順に CO₂ 固定量が多かった。
- ・機械的処理と熱的処理では機械的処理の方が CO2 固定量が多かった
- ・酸化カルシウム消費率は、100%を大幅に超えるものが 0.5mm 未満で見受けられた。 酸化カルシウム消費率の算出に使用した酸化カルシウム量は 0d の値であることに 起因すると思われる。
- ・微粉の機械的処理と熱的処理の比較では、機械的処理の CO₂ 固定量および酸化カルシウム消費率が多かった。
- ・乾湿繰返しと自然乾燥では乾湿繰返しの CO_2 固定量および酸化カルシウム消費率が 多かった。

表 5.3.1-8 再生骨材の CO₂ 固定量

	促進			分析值	粒度割合		立群あたり gカルシウ		*	1二酸化	炭素固定量	t	※2酸化力 消費	
試料	期間	保管	粒径区分	CaO		0d	28d	28d-0d	分析記	試料の全	体量換算(I	kg/t)	/∃∃ (mas	
No.	(週)	条件	私任区方	(mass%)	(mass%)	(mass%)	(mass%)	(mass%)	0d	28d	28d-0d	Total	粒群	Total
		T 4 40 0 44	13-20mm	2.2	35	0.86	1.14	0.27	1.33	1.75	0.42		28.9	
		再生粗骨材H 機械的処理	5-13mm	2.3	64	0.91	0.84	-0.07	2.56	2.37	-0.19	1.94	20.5	31.2
		(乾湿繰返し)	<5mm	2.8	1	1.11	39.93	38.82	0.05	1.76	1.71		798.6	
			≧5mm	_	_	_	_	_	_	_	_		_	
		再生細骨材H 機械的処理	2.5-5mm	1.5	35	0.68	1.02	0.34	1.05	1.58	0.53	6.14	38.2	55.6
		(乾湿繰返し)	0.5-2.5mm	2.3	55	1.00	1.55	0.55	2.42	3.74	1.32	6.14	37.6	55.6
			<0.5mm	2.8	10	1.00	10.75	9.75	0.44	4.73	4.29		215.0	
		再生粗骨材H 熱的処理 (乾湿繰返し)	13-20mm	1.1	40	0.86	0.70	-0.16	1.52	1.24	-0.28		35.9	
			5-13mm	1.2	59	0.57	0.66	0.09	1.48	1.71	0.24	1.26	30.8	45.5
			<5mm	1.3	1	0.59	30.30	29.70	0.03	1.33	1.31		1305.0	
		再生細骨材H 熱的処理 (乾湿繰返し)	≧5mm	-	0	0.66	0.75	0.09	_	_	_		_	
			2.5-5mm	1.1	38	0.50	0.68	0.18	0.84	1.14	0.30	4.03	34.7	44.6
2	8		0.5-2.5mm	1.5	39	0.64	0.93	0.30	1.09	1.60	0.51	4.03	34.8	
2	0		<0.5mm	3.0	23	0.98	4.16	3.18	0.99	4.21	3.22		77.6	
		再生粗骨材M (乾湿繰返し)	5-20mm	2.2	99	0.93	1.64	0.70	4.06	7.13	3.07	4.09	41.7	43.5
			<5mm	6.3	1	1.98	25.20	23.23	0.09	1.11	1.02	4.03	224.0	40.0
			≧5mm	-	0	0.43	_	_	1	-	-		-	
		再生細骨材M	2.5-5mm	2.8	37	1.02	1.82	0.80	1.67	2.96	1.30	12.8	36.4	48.5
		(乾湿繰返し)	0.5-2.5mm	5.2	48	1.70	3.86	2.16	3.60	8.16	4.56	12.0	41.6	40.5
			<0.5mm	8.4	15	2.57	15.11	12.55	1.70	9.98	8.28		100.8	
		再生粗骨材L	5-20mm	6.4	99	1.50	2.82	1.32	6.53	12.28	5.74	6.41	24.7	25.3
		(乾湿繰返し)	<5mm	11.7	1	3.55	18.70	15.16	0.16	0.82	0.67	0.71	89.5	20.0
			≧5mm		0	1.73	4.48	2.75	_	_	_		_	
		再生細骨材L	2.5-5mm	8.8	38	2.34	5.11	2.77	3.91	8.55	4.64	25.6	32.5	43.0
		(乾湿繰返し)	0.5-2.5mm	10.0	43	2.41	8.09	5.68	4.56	15.31	10.75	23.0	45.3	
			<0.5mm	15.1	19	3.59	15.80	12.20	3.00	13.21	10.20		58.6	

	促進			分析值	粒度割合		炭酸カルシウム量 ^{※1} 二酸化炭素固定量							^{※2} 酸化カルシウム 消費率			
試料	期間	保管	粒径区分	CaO		0d	1d	3d	28d	28d-0d	分	析試料の	の全体量	₫換算(I	kg/t)	(mass%)	
No.	(週)	条件	私任区力	(mass%)	(mass%)	(mass%)	(mass%)	(mass%)	(mass%)	(mass%)	0d	1d	3d	28d	28d-0d	(mass%)	
		再生微粉 機械的処理 (乾湿繰返し)	<0.15mm	20.6	100	4.93	8.23	11.84	19.23	14.30	21.70	36.20	52.10	84.60	62.9	52.3	
2	8	再生微粉 機械的処理 (自然乾燥)	<0.15mm	20.6	100	4.89	8.23	11.18	16.64	11.75	21.50	36.20	49.20	73.20	51.7	45.2	
	0	再生微粉 熱的処理 (乾湿繰返し)	<0.15mm	18.8	100	4.05	7.86	10.18	16.66	12.61	17.80	34.60	44.80	73.30	55.5	49.6	
		再生微粉 熱的処理 (自然乾燥)	<0.15mm	18.8	100	4.07	7.23	9.41	13.75	9.68	17.90	31.80	41.40	60.50	42.6	41.0	

は、試料がない為、試験は未実施とした。 注)0.15mm未満の微粉は含まれない。 ※1 二酸化炭素固定量(kg/t)の計算:CaCO₃=100(分子量),CO₂=44(分子量)

ウ. 再資源化時における再生製品別 CO2 固定量の調査結果

表5.3.1-9 再資源化品目別のCO₂固定量

製品別の二酸化炭素固定量測定結果及びコンクリート塊1tからの各粒群の生成割合

製品	二酸化炭	炭素固定量(kg	CO_2/t	生成割合(質量%)					
3500	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	未測定	41	26	33			
再生骨材L	6.41	25.6	未測定	70	22	8			
RC40		9.96			100				

※乾湿繰返し条件で28日間大気暴露させたケース。

原コンクリート1トンあたりの製品別二酸化炭素固定量の推定結果

製品	二酸化炭素固定量(kg CO ₂ /t)	算出式(各粒群の二酸化炭素固定量×生成割合の合計)
再生骨材H(機械的方法)	30.0	$1.94 \times 0.40 + 6.14 \times 0.15 + 62.9 \times 0.45$
再生骨材H(熱的方法)	24.7	$1.26 \times 0.36 + 4.03 \times 0.22 + 55.5 \times 0.42$
再生骨材M	26.1	$4.09 \times 0.41 + 14.1 \times 0.26 + 62.9 \times 0.33$
再生骨材L	15.2	$6.41 \times 0.70 + 25.6 \times 0.22 + 62.9 \times 0.08$
RC40	10.0	9.96×1.00

※再生骨材MとLの微粉については二酸化炭素を計測していない。そのため、再生骨材MやLの製造方法に近い再生骨材H(機械的方法)の製造時の微粉で代用した。

(3) コンクリート構造物の CO₂ 固定量の算出手法

1) CO₂収支量の算出手法

これまでの研究を踏まえて、コンクリート構造物(主に橋梁を想定)のライフサイクルに伴う CO_2 収支量の算出手法を整理する。対象とする CO_2 排出、固定は、図 5.3.1-4 に示すとおり「建設(建設に伴う CO_2 排出)」、「供用(コンクリート構造物の中性化による CO_2 固定)」、「解体(解体に伴う CO_2 排出)」、「再資源化(コンクリート破砕による CO_2 固定)」とする。

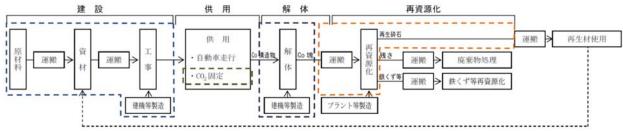


図5.3.1-4 試算対象とするCO₂排出・CO₂固定(システム境界)

ア. 建設・解体

建設、解体では、数式 5.3.1-4 に示すとおり建設に伴う CO_2 排出量を対象とし、資機材、工種等の数量と CO_2 排出原単位の積和により試算することとする。

CO2: ライフサイクルを通した CO2排出量

解体方法や解体に伴う運搬は、設計、供用段階では検討されないため、国土交通省土 木工事積算基準、橋梁撤去技術マニュアル(北陸橋梁撤去技術委員会)等に基づいて設定 することができる。

また、本研究の試算においては、運搬距離は、リサイクル原則化ルールの搬出距離の 目安(50km)等を根拠に設定した。

イ. 供用

コンクリート構造物の中性化による CO_2 固定量は、コンクリートの経過年数、コンクリートの材料、調合、環境影響から中性化深さを算出し、中性化深さとコンクリート表面積当たりの CO_2 固定量の関係式から表面積当たりの CO_2 固定量を推定、表面積当たりの CO_2 固定量にコンクリート表面積を乗じることで算出できる。

日本建築学会の中性化速度式を数式 5.3.1-5、中性化深さとコンクリート表面積当たり

の CO₂ 固定量の関係式を数式 5.3.1-6 に一例として示す。

本研究の試算においては、コンクリート表面積は、図 5.3.1-6 に示すとおり例えば上部工断面の周囲長に桁長を乗じる等、道路橋梁の形状を模式化して、常時空気に触れているコンクリートの表面積を計算した。

 $D = k \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot s \sqrt{t} \quad \cdots \quad \text{w.t.} \quad \text{3. } 1-5^{17}$

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 α_1 : コンクリートの種類(骨材の種類)による係数 α_2 : セメントの種類 による係数

 α_3 : 調合(水セメント比)による係数(w/c-0.38) β_1 : 気温による係数

 β_2 : 湿度による係数 β_3 : 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。

 co_2 :表面積当たりの CO_2 固定量 $(kg-CO_2/m^2)$ d:中性化深さ(mm)

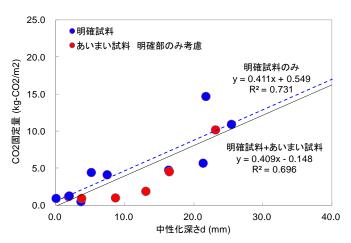


図5.3.1-5 中性化深さとCO₂固定量の関係

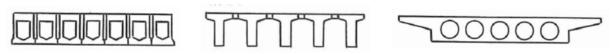


図5.3.1-6 橋梁上部工の代表的な断面

ウ. 再資源化

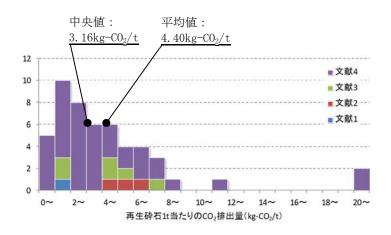
再資源化における CO_2 収支は、再資源化時の破砕によってコンクリート表面積が増えたことによる CO_2 固定と再資源化時の破砕に伴う CO_2 排出を対象とする。

再資源化に伴う CO₂ 固定量は、過年度に実施した再生資源毎の CO₂ 固定量の分析結果を用いて試算した例を表 5.3.1-10 に示す。CO₂ 固定量は再生資源毎に異なるが、建設副産物実態調査結果によると日本のコンクリート塊はその多くが再生砕石として再利用されることから、本研究の試算においては、全量を再生クラッシャランにしたと設定した。

製品	CO_2	固定量(kg-CO ₂	/t)	生成割合(質量%)					
	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	未測定	41	26	33			
再生骨材 L	6. 41	25. 6	未測定	70	22	8			
RC40 (再生クラッシャラン)		9. 96		100					

表5.3.1-10 再資源化に伴う再生資源別のCO2固定量

再資源化に伴う CO_2 排出量は、再資源化施設毎のエネルギー使用量が掲載された既往文献を参考に重油、軽油、ガソリン、ガス、電気の使用量に CO_2 原単位を乗じることで、施設毎の生産量 1t 当たりの CO_2 排出量を算出できる。本研究の試算においては、図 5.3.1-7 に示すとおり、それら施設毎の計算値の中央値を再資源化に伴う CO_2 排出の原単位として採用した。



文献 1: 再生路盤材のライフサイクル アセスメント¹⁸⁾

文献 2: コンクリートがらリサイクル の環境面からの評価¹⁹⁾

文献 3: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²⁰⁾

文献 4: 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²¹⁾

図5.3.1-7 既往文献による再生砕石製造に伴うCO2排出量

エ. コンクリート構造物の CO2 収支量の試算結果

以上の考え方に従って試算した橋梁のライフサイクルに伴う CO_2 収支量を、巻末の「添付資料 2 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)」におけるインベントリ分析の事例(事例 No. 12)として記載した(添付資料 2 3-47 頁~3-51 頁)。橋梁の場合、建設に当たって大量のコンクリートや鋼材を使用するため、資材及び建設に伴う CO_2 排出量が卓越することが確認された。

オ. CO2収支量の試算に当たっての課題

コンクリート構造物のCO2収支量の試算に当たっての課題は以下のとおりである。

- ・建設に伴う CO₂排出量の計算対象範囲の設定
- 解体方法、運搬距離の設定
- ・再資源化に伴う CO₂排出原単位の設定
- ・供用中の CO₂ 固定量の試算に当たってのコンクリート種類等の設定
- ・供用年数の設定

5.3.2 社会資本の維持管理における CO₂収支量の算出・評価への社会資本 LCA 適用性の検討 (1) 維持管理における CO₂収支量の算出に関する着目点

コンクリート構造物の供用による CO₂収支量の算出に当たっては、実際には供用開始後の維持管理(メンテナンス)によって供用期間中の性能を保持していることから、維持管理に伴う CO₂収支量を検討することが重要となる。

維持管理は、「構造物を供用する予定の期間(予定供用期間)において、構造物の性能を所要の水準以上に保持するための行為²²⁾」をいう。構造物が期待される機能を十分に果たさなければならない期間が設計耐用期間であり、構造物は、「予定供用期間 < 設計耐用期間」となるように設計することが一般的である。ただし、予定供用期間を超え、さらに十分供用できる、あるいは更に供用したいという場合は、その構造物の性能が要求性能を満足しているかどうか適切に確認しながら供用期間を延ばすことになる。

維持管理においては、構造物の性能が要求性能を下回らないようにすることが基本であり、管理目標として維持管理限界を規定する。維持管理限界に到達したかどうかによって、対策の要否の判定を行うことになる。

供用期間中のある時点で、構造物の性能が要求性能を満足していることを確認する技術的行為として、以下の4つがある。このうち主に CO_2 収支量に関与するのは、施工を実施する「対策」である。

- 計画
- ・診断(点検、劣化機構の推定、劣化予測、評価および判定)
- 対策
- 記録

対策には、表 5.3.2-1 に示すとおり「点検強化」、「補修」、「補強」、「供用制限」、「解体・撤去」がある。これらのうち、施工を実施する視点で対策を選ぶと、「補修」、「補強」、「解体・撤去」となる。「解体・撤去」に伴う CO₂ 排出量の算出方法は、5.3.1(3)に示した。「補強」は構造物の劣化がある程度進行した状況で実施する対策であり、「補強」を検討する際は「解体・撤去」も含め検討される場合もある。

以降では、劣化が比較的軽微な段階で実施する「補修」に伴う CO₂排出量の算出方法を 検討する。

表5.3.2-1 対策の種類と内容

対策の種類	内容
点検強化	点検頻度の増加。調査項目の追加。
補修	第三者への影響の除去。美観や耐久性の回復、向上。供用開始時に構造物が保有して
	いた程度まで、力学的性能を回復。
補強	供用開始時に構造物が保有していたよりも高い性能まで力学的性能を向上。
供用制限	使用方法の制限。例)橋梁を通るトラックの重量制限、速度規制など
解体・撤去	構造物の廃棄・更新

「補修」が CO₂ 収支に与える影響としては、以下の 3 項目が考えられる。

項目①:補修実施による供用期間の延長

 CO_2 排出量は、新設および更新時における資材由来のものが最も多い。したがって、 供用中に補修を実施することにより構造物の供用期間が延びることで、新設もあわ せ更新回数を削減できれば(3回→2回等)、 CO_2 排出量の全体的な削減につながる。

項目②:補修に使用する材料の製造時や施工時に排出されるCO2

補修時に使用する資材の製造時に CO_2 が排出される。また、施工に伴って CO_2 が排出される。

項目③:補修後におけるコンクリート表面の露出状況による CO₂ 固定量の変化 コンクリート表面が露出していれば CO₂ 固定量は見込めるが、補修後のコンクリート表面の露出状況によって、CO₂ 固定量が変化する。

補修実施による CO₂ 収支量試算に関する条件・考え方は、次のとおりである。

項目①:補修実施による供用期間の延長

考え方

・ CO_2 排出量は、新設および更新時における資材由来のものが最も多い。供用中に補修を実施することにより構造物の供用期間が延びることで、新設もあわせ更新回数を削減できれば(3 回→2 回等)、 CO_2 排出量の全体的な削減につながる(図 5.3.2-1)。

条件

- ・供用年数の設定は、今後の新設設計であれば100年とする。
- ・補修による供用期間の延長は、現在の設計思想であれば補修の耐用年数と同等と 捉える(図 5.3.2-2)。
- ・補修工法の耐用年数は、「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 CO2 削減を目指して²³⁾」等を参考とする(表 5.3.2-2)。

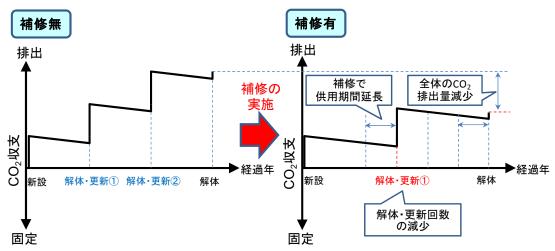


図5.3.2-1 補修の実施によるCO2収支のイメージ

表5.3.2-2 補修工法の概要

工法	概要	備考
1. 表面被覆 (予防保全)	鋼材位置の塩化物イオン量が評価期間を 通じて1.2kg/m³を超えないような時点で 全体に表面被覆を行う。	・ケース1:10年毎に上塗り塗替え ・ケース2:20年目に全面除去塗替え
2. 電気防食(予防保全)	鋼材位置の塩化物イオン量が1.2kg/m³となった時点で全体に電気防食を行う。	・25年目に電源設備更新 ・50年目に全設備更新
3. 脱塩+表面被覆(予防保全)	鋼材位置の塩化物イオン量が1.2kg/m³となった時点で全体に脱塩を行った後、表面被覆を行う。	・表面被覆については1. に準じる
4. 断面修復+表面被覆(予防保全)	鋼材位置の塩化物イオン量が1.2kg/m³となった時点で全体に断面修復を行った後、表面被覆を行う。	・表面被覆については1. に準じる
5. 断面修復+表面被覆(事後保全)	鋼材位置の塩化物イオン量が1.2kg/m³を越え、劣化が顕在化した箇所に断面修復を行った後、表面被覆を行う。	・10年毎に劣化箇所を補修・表面被覆については1.に準じる

補修工法の実施により性能が回復する。劣化速度は構造物に応じて異なるが、補修工法が確実に機能(予防保全など)すれば構造物の性能(耐久性)は確保される。したがって、少なくとも補修工法の耐用年数分は性能(耐久性)を確保できることから、「補修工法の耐用年数≒供用期間の延長」と捉えることとする。

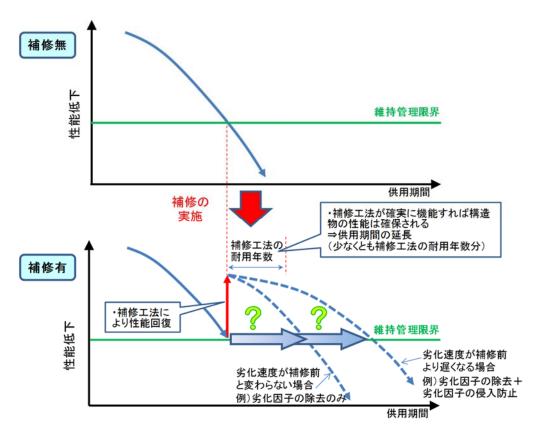


図5.3.2-2 補修の実施による性能確保(供用期間延長)のイメージ

項目②補修に使用する材料の製造時や施工時に排出される CO2

考え方

・補修工法に使用する材料に由来する CO₂排出量や施工に関する CO₂排出量を考慮する。

条件

- ・補修工法の CO_2 排出量は、土木学会コンクリートライブラリー 134^{23} を参考とする。
- ・補修工法の CO₂排出量は、一般的な工法について整理する。

項目③補修後におけるコンクリート表面の露出状況による CO₂ 固定量の変化

考え方

・対策後のコンクリート表面の露出状況によっては、CO₂の固定量が変化すると考えられるため、コンクリート表面の露出状況を考慮する。

条件

・補修工法適用後もコンクリート面が露出する場合は、CO₂固定量は変化しない。 (表面被覆: CO₂固定量ゼロ、部分的に断面修復: 断面修復箇所を面積等で考慮等)

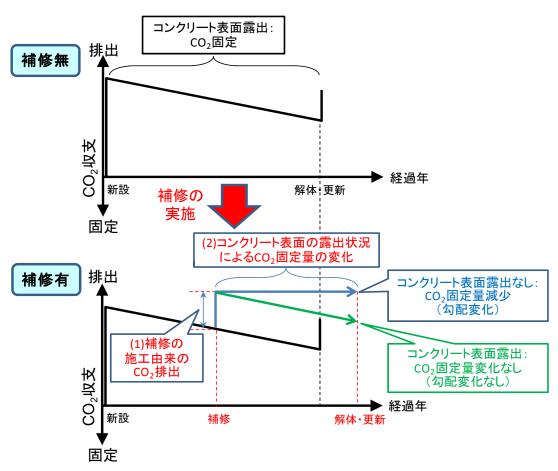


図5.3.2-3 補修工法のCO2排出に関連する内容

(2) 道路橋梁の補修による CO2 収支量の試算

維持管理・供用、解体・再資源化までを考慮した CO₂収支量の試算として、5.3.2(1)で整理した補修実施による CO₂収支量試算に関する条件・考え方を考慮した「補修の実施時期、効果の違いによる CO₂収支量の試算」と、複数の橋梁形式、補修を検討した事例を参考にした「橋梁形式、補修の違いによる CO₂収支量の試算」を行った。

1) 補修の実施時期、効果の違いによる CO2 収支量の試算

巻末の「添付資料 2 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)」における、インベントリ分析の事例(事例 No. 12)として記載している中小 PC 橋(詳細は、添付資料 2 3-47 頁の工事概要を参照)を対象に、補修を勘案した CO₂収支量の試算を行う。

補修に伴う CO_2 排出量は、土木学会コンクリートライブラリー 134^{23} を参考に表 5.3.2-3 に示すとおり設定した。なお、電気防食工法の電気の CO_2 排出量は、土木学会コンクリートライブラリー 125^{24} に示されている電気防食の消費電力、年間使用時間、 CO_2 排出原単位から電気の CO_2 排出量を「0.39kg- CO_2 / m^2 」とした。電力の CO_2 排出原単位は、評価対象とするシステム境界、対象年度等によって異なるため、実際の CO_2 収支量の計算に当たっては係数の見直しが必要となる。

試算は、表 5.3.2-4に示す3条件で補修方法等を変えた各種ケースで行った。

CO₂排出量 工法 内訳 $(kg-CO_2/m^2)$ 新規(20年毎) 材工 4.69 表面被覆 工法 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 設備更新(25年目) 材工 0.42 工法 電気(/年) 0.39

表5.3.2-3 補修に伴うCO₂排出量

表5.3.2-4 補修に伴うCO₂排出量

条件	仮定	内容
試算 I	補修により供用 期間が50年延長 すると仮定	新設設計の考え方では、一般的に 100 年以上供用可能とされている。今回の試行計算では、橋梁架設から 100 年後に補修を行うことによって、供用期間を更に 50 年延長させることが可能と仮定した。供用期間、補修を表5.3.2-6 のとおり設定した。
試算Ⅱ	補修工法の耐用 年数を供用期間 の延長と仮定	安全側の配慮として補修工法の耐用年数分、供用期間が延長できると仮定し、耐用年数は、表面被覆工法では20年、電気防食工法では50年とした。 供用期間、補修を 表5.3.2-7のとおり設定した。
試算Ⅲ	架設後 50 年(設計耐用期間 100 年未満)で補修 が必要となった と仮定	施工不良または補修が不適切だった場合を想定し、橋梁架設から50年後に 補修を実施、かつ補修工法の耐用期間が供用期間の延長期間と仮定した。 既設橋梁では、塩害劣化により35年で撤去に至った橋梁もある。また、施 工不良によりコンクリートの密実性が確保されない場合は、劣化因子がコ ンクリート内部に侵入し、鉄筋腐食に対する耐久性を低下させる可能性が ある。供用期間、補修を表5.3.2-のとおり設定した。

表5.3.2-5 各補修の条件設定(試算Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)

工法	概要	備考
1. 表面被覆工法	鋼材位置の塩化物イオン量が評価期間を	・10 年毎に上塗り替え
(予防保全)	通じて 1.2kg/m³を超えないような時点で	・20 年目に全面除去塗替え
	全体に表面被覆を行う。	(試算Ⅱでは20年目に架け替え)
2. 電気防食工法	鋼材位置の塩化物イオン量が 1.2kg/m³と	・25 年目に電源設備更新
(予防保全)	なった時点で全体に電気防食を行う。	・50 年目に全設備更新
		(試算Ⅱでは50年目に架け替え)

表5.3.2-6 各ケースにおけるCO₂収支項目(試算 I)

	双5.5.2 0 日 /		, -				(H (I						
				CO	2収支	の項	目(解	体含む	』、架	替除く	()		
	内容		0~50年			50~100年				100~150年			
			供用	解体·再資源化	補修	建設	供用	解体·再資源化	補修	建設	供用	解体·再資源化	補修
Case1	50 年間供用し、その後架け替 え。供用中は補修を実施しない。	0	0	0									
Case2	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。	0	0	_	_	_	0	0	_				
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 ₂ は固定されない。	0	0	_	_	_	0	_	_	_	_	0	0
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 ₂ は固定されない。	0	0	_	_	_	0	_	_	_		0	0

表5.3.2-7 各ケースにおけるCO₂収支項目(試算Ⅱ)

		CO2収支の項目(解体含む、架替除く)												
			0~50年				50~100年				100~120年(Case3) 100~150年(Case4)			
	内容	建設	供用	解体·再資源化	補修	建設	供用	解体·再資源化	補修		供用	A 解体·再資源化	補修	
Case1	50年間供用し、その後架け替え。供用中は補修を実施しない。	0	0	0	_									
Case2	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。	0	0		_		0	0						
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。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 ₂ は固定されない。	0	0				0					0	0	
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_2 は固定されない。	0	0				0	_	1			0	0	

表5.3.2-8 各ケースにおけるCO₂収支項目(試算III)

		C	02収支	での項	目(解作	体含む	P、架 ⁵	替除く)
			0~5	50年		50~100年(Case2) 50~70年(Case3) 50~100年(Case4)			
	内容	建設	供用	解体·再資源化	補修	建設	供用	解体·再資源化	補修
Case1	50年間供用し、その後架け替え。供用中は補修を実施しない。	0	0	0	_				
Case2	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。	0	0	_	_	_	0	0	
Case3	50年間供用し、その後に「表面被覆」を実施。10年年に上塗り塗替え。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 ₂ は固定されない。	0	0					0	0
Case4	50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 ₂ は固定されない。	0	0	_	_	_	_	0	0

ア. 試算結果: 試算 I (補修により供用期間が50年延長すると仮定)

評価期間を 500 年とした試算結果 (CO_2 収支累積量)を図 5.3.2–4、300 年までを拡大した結果を図 5.3.2–6 に示す。また、50 年毎の試算結果を表 5.3.2–9 に示す。

試算結果は以下のとおりである。

- ・50 年供用(Case1)と 100 年供用(Case2)を比較すると、500 年目では Case2 の CO₂収 支累積量は Case1 の半分となった。
- ・100 年供用(Case2)と補修実施の 150 年供用(Case3、4)を比較すると、500 年目では Case3、4 の CO₂収支累積量は Case2 の約8割となった。
- ・表面被覆(Case3)と電気防食(Case4)の差はわずかだが、Case3の方が CO₂収支累積 量は少なく、補修工法の特徴に伴う CO₂収支量が見られた。

上記結果から以下のことが推察される。

- ・供用期間が長くなることにより、建設回数が減少し、 CO_2 収支量が減少できると評価できる。
- ・建設(架け替えも同じ)の CO_2 排出量に比べて補修に伴う CO_2 排出量は少なく、補修により供用期間を延長することは、 CO_2 収支量の削減に働いていると評価できる。

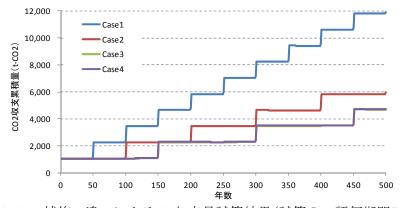


図5.3.2-4 補修の違いによるCO₂収支量試算結果(試算 I:評価期間500年)

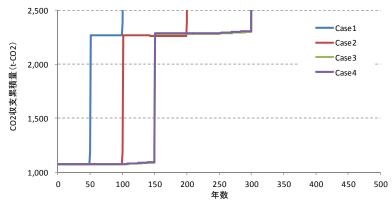


図5.3.2-5 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算 I:300年までの拡大)

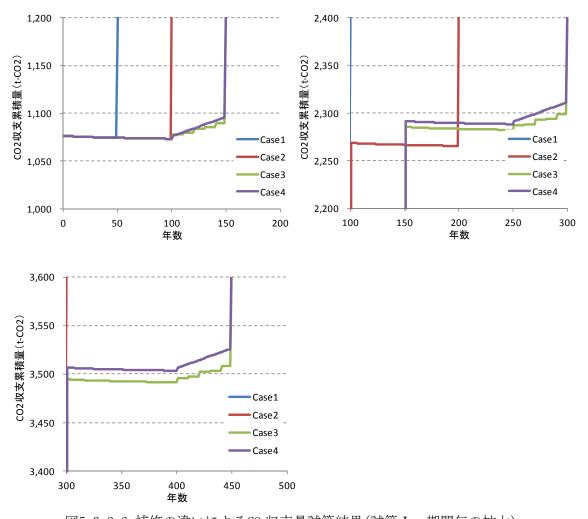


図5.3.2-6 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算 I:期間毎の拡大)

表5.3.2-9 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算 I : 評価期間500年)

	項目					年	数				
	- 現日	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500
	建設	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26
	供用	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92
Case 1	解体	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87
	再資源化	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81
	補修	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	合計	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41
	累積	1193.41	2386.82	3580.23	4773.64	5967.06	7160.47	8353.88	9547.29	10740.70	11934.11

	15日		年数														
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500						
	建設	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00						
	供用	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10						
Case 2	解体	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87						
	再資源化	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81						
	補修	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
	合計	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97						
	累積	1074.34	1192.31	2266.65	2384.62	3458.96	3576.93	4651.27	4769.24	5843.58	5961.55						

	75 D					年	数				
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500
	建設	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26
	供用	-2.92	-1.10	0.00	-2.92	-1.10	0.00	-2.92	-1.10	0.00	-2.92
Case3	解体	0.00	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00
	再資源化	0.00	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00
	補修	0.00	0.00	16.75	0.00	0.00	16.75	0.00	0.00	16.75	0.00
	合計	1074.34	-1.10	135.82	1074.34	-1.10	135.82	1074.34	-1.10	135.82	1074.34
	累積	1074.34	1073.24	1209.06	2283.41	2282.30	2418.13	3492.47	3491.37	3627.19	4701.53

	15日		年数												
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500				
	建設	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26				
	供用	-2.92	-1.10	0.00	-2.92	-1.10	0.00	-2.92	-1.10	0.00	-2.92				
Case4	解体	0.00	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00				
	再資源化	0.00	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00				
	補修	0.00	0.00	22.79	0.00	0.00	22.79	0.00	0.00	22.79	0.00				
	合計	1074.34	-1.10	141.86	1074.34	-1.10	141.86	1074.34	-1.10	141.86	1074.34				
	累積	1074.34	1073.24	1215.10	2289.44	2288.34	2430.20	3504.54	3503.44	3645.29	4719.64				

(単位:t-CO₂)

イ. 試算結果: 試算Ⅱ(補修工法の耐用年数を供用期間の延長と仮定)

評価期間を 500 年とした試算結果(CO_2 収支累積量)を図 5.3.2-7、期間毎に拡大した結果を図 5.3.2-8 に示す。また、50 年毎の試算結果を表 5.3.2-10 に示す。

- ・100 年供用(Case2)と表面被覆実施の120 年供用(Case3)の500 年目のCO₂収支累積量は同程度となった。
- ・表面被覆実施・供用 120 年(Case3) と電気防食実施・供用 150 年(Case4) を比較すると、500 年目では Case4 の CO₂ 収支累積量は Case3 の約 8 割となった。
- ・全体として、Case4のCO2収支累積量が最も少ない。

上記結果から以下のことが推察される。

- ・補修工法の耐用年数を供用期間の延長と仮定した場合、工法の特徴により耐用年数も異なり、供用年数をより長く延長できる工法の方が、500年間に実施する建設回数を少なくできることで CO₂収支量をより少なくできる。
- ・供用期間 100 年 (Case2) と表面被覆実施・供用 120 年 (Case3) の比較では、Case3 は表面被覆の実施により供用中の CO_2 固定を見込まない分、若干ではあるが Case2 よりも CO_2 収支累積量が多い時期があり、補修実施による供用期間延長のメリットが無くなる場合もある。(例えば、図 5.3.2-8 の右上 $120\sim200$ 年など)
- ・補修工法の特徴を踏まえて「補修工法の耐用年数及び CO₂ 収支量」と「補修実施による橋梁の供用期間延長の考え方」を整理する必要がある。

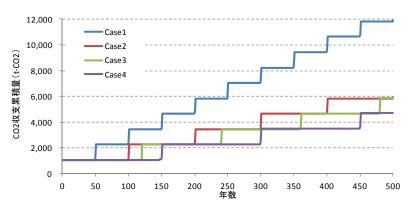


図5.3.2-7 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算Ⅱ:評価期間500年)

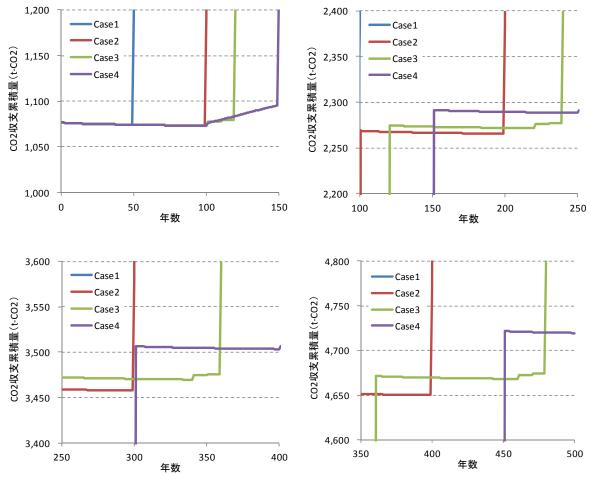


図5.3.2-8 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算Ⅱ:期間毎の拡大)

表5.3.2-10 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算 II:評価期間500年)

	75 D					年	数				
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500
	建設	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26
	供用	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92
Case 1	解体	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87
	再資源化	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81
	補修	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	合計	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41
	累積	1193.41	2386.82	3580.23	4773.64	5967.06	7160.47	8353.88	9547.29	10740.70	11934.11

	15日		年数														
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500						
	建設	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00						
	供用	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10						
Case 2	解体	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87						
	再資源化	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81						
	補修	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
	合計	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97						
	累積	1074.34	1192.31	2266.65	2384.62	3458.96	3576.93	4651.27	4769.24	5843.58	5961.55						

	75 D					年	数				
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500
	建設	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	1077.26
	供用	-2.92	-1.10	-2.32	-1.30	-1.84	-1.72	-0.85	-2.63	-1.19	-2.13
Case3	解体	0.00	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00	146.87
	再資源化	0.00	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00	-27.81
	補修	0.00	0.00	6.01	0.00	6.01	0.00	4.74	-27.81	0.00	6.01
	合計	1074.34	-1.10	1200.02	-1.30	1200.49	-1.72	3.89	1165.89	-1.19	1200.20
	累積	1074.34	1073.24	2273.26	2271.95	3472.44	3470.72	3474.61	4640.50	4639.31	5839.51

	15日		年数												
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500				
	建設	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26	0.00	0.00	1077.26				
	供用	-2.92	-1.10	0.00	-2.92	-1.10	0.00	-2.92	-1.10	0.00	-2.92				
Case4	解体	0.00	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00	0.00	146.87	0.00				
	再資源化	0.00	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00	0.00	-27.81	0.00				
	補修	0.00	0.00	22.79	0.00	0.00	22.79	0.00	0.00	22.79	0.00				
	合計	1074.34	-1.10	141.86	1074.34	-1.10	141.86	1074.34	-1.10	141.86	1074.34				
	累積	1074.34	1073.24	1215.10	2289.44	2288.34	2430.20	3504.54	3503.44	3645.29	4719.64				

(単位:t-CO₂)

- ウ. 試算結果: 試算Ⅲ(架設後 50 年(設計耐用期間 100 年未満)で補修が必要となったと仮定) 評価期間を 500 年とした試算結果(CO₂収支累積量)を図 5.3.2-9、Case3、4 について拡大した結果を図 5.3.2-10、期間毎に拡大した結果を図 5.3.2-11 に示す。また、50 年毎の試算結果を表 5.3.2-11 に示す。
 - ・Case4 は電気防食実施によって供用期間を 100 年に延長したことで、100 年供用 (Case2)とほぼ同様の CO_2 収支累積量となった。
 - ・表面被覆実施・供用 70 年 (Case3) と電気防食実施・供用 100 年 (Case4) を比較する と、Case4 の CO₂ 収支累積量は Case3 の約 6 割となった。
 - ・全体として、設計耐用期間どおり 100 年供用した Case2 の CO₂ 収支累積量が最も少ない。
 - ・施工不良または補修が不適切だった場合を想定し、補修の実施によって供用年数を設計耐用期間まで延長できた場合を仮定した条件(Case3、4)では、設計耐用期間どおり100年供用したCase2に比べて、補修によるCO2排出量等が増加するため、補修実施による供用期間延長のメリットはなくなる。施工不良または補修が不適切だった場合は、その後適切な補修が行われても、定期的に架替えのみ実施する場合よりCO2排出量が多くなる可能性(リスク)がある。ただし、Case4のように、補修によるCO2排出量が少ない工法の場合は、ほぼ同様のCO2収支累積量にできる可能性がある。

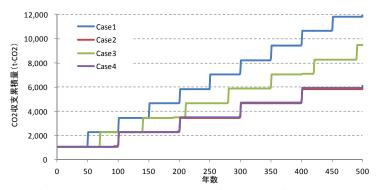


図5.3.2-9 補修の違いによるCO₂収支量試算結果(試算Ⅲ:評価期間500年)

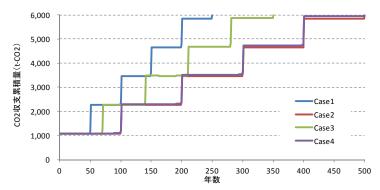


図5.3.2-10 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算Ⅲ: Case3、4の拡大)

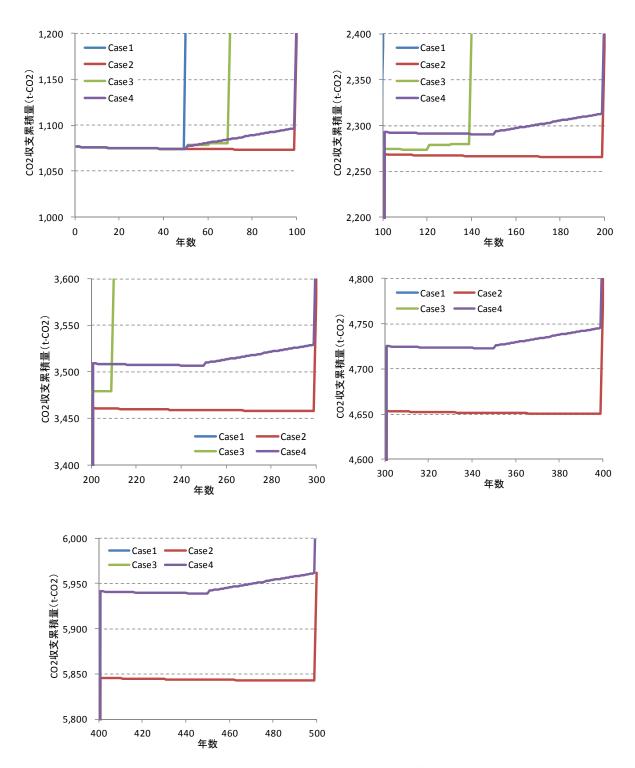


図5.3.2-11 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算Ⅲ:期間毎の拡大)

表5.3.2-11 補修の違いによるCO2収支量試算結果(試算Ⅲ:評価期間500年)

	75 D		年数												
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500				
	建設	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26	1077.26				
	供用	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92	-2.92				
Case 1	解体	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87	146.87				
	再資源化	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81	-27.81				
	補修	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
	合計	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41	1193.41				
	累積	1193.41	2386.82	3580.23	4773.64	5967.06	7160.47	8353.88	9547.29	10740.70	11934.11				

	75 D		年数													
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500					
	建設	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00					
	供用	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10	-2.92	-1.10					
Case 2	解体	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87					
	再資源化	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81					
	補修	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
	合計	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97	1074.34	117.97					
	累積	1074.34	1192.31	2266.65	2384.62	3458.96	3576.93	4651.27	4769.24	5843.58	5961.55					

	- T					年	数				
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500
	建設	1077.26	1077.26	1077.26	0.00	1077.26	1077.26	0.00	1077.26	1077.26	1077.26
	供用	-2.92	-2.32	-2.04	-1.47	-2.63	-2.22	-0.98	-2.92	-2.32	-2.04
Case3	解体	0.00	146.87	146.87	0.00	146.87	146.87	146.87	0.00	146.87	146.87
	再資源化	0.00	-27.81	-27.81	0.00	-27.81	-27.81	-27.81	0.00	-27.81	-27.81
	補修	0.00	6.01	6.01	4.74	1.26	6.01	6.01	0.00	6.01	6.01
	合計	1074.34	1200.02	1200.29	3.27	1194.96	1200.11	124.10	1074.34	1200.02	1200.29
	累積	1074.34	2274.36	3474.65	3477.92	4672.88	5872.99	5997.09	7071.43	8271.45	9471.73

	75 D		年数												
	項目	1~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~350	351~400	401~450	451~500				
	建設	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00	1077.26	0.00				
	供用	-2.92	0.00	-2.92	0.00	-2.92	0.00	-2.92	0.00	-2.92	0.00				
Case4	解体	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87	0.00	146.87				
	再資源化	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81	0.00	-27.81				
	補修	0.00	22.79	0.00	22.79	0.00	22.79	0.00	22.79	0.00	22.79				
	合計	1074.34	141.86	1074.34	141.86	1074.34	141.86	1074.34	141.86	1074.34	141.86				
	累積	1074.34	1216.20	2290.54	2432.40	3506.74	3648.60	4722.94	4864.80	5939.14	6081.00				

(単位:t-CO₂)

(3) 維持管理における CO2 収支量の算出・評価の課題

 CO_2 排出量算出手法によって橋梁のライフサイクルを通した CO_2 排出量を推計できることを確認した。

一方、維持管理の選定に活用するに当たって、表 5.3.2-12 に示すとおり CO₂排出量の 算出上の課題、CO₂排出量を用いての評価上の課題が残されている。以降では、維持管理 の選定に活用するに当たって課題とそれに対する対応を整理する。

課題 対応案 算出上 ①供用シナリオの設定 直轄道路橋で運用されている橋梁マネジメント の課題 ②維持管理の耐用年数延長効果の設定 システムのシナリオを参考にする。 ③維持管理の手間、コスト等とのトレード 複数の評価項目による星取表の相対的な判断と する。 評価上 の課題 ライフサイクルコストと同様の原因による誤差 ④誤差の取り扱い は許容する。

表5.3.2-12 社会資本LCAの維持管理の選定への活用に当たっての課題と対応案

1) 供用シナリオの設定

橋梁のライフサイクルを通した CO₂収支量を試算するためには、評価期間を何年に設定するか、何年に架け替えるか等の供用シナリオの設定が必要になる。

橋梁全体の耐用年数は、減価償却資産の耐用年数等に関する省令(昭和 40 年大蔵省令 第 15 号)によると、鉄骨鉄筋コンクリート造又は鉄筋コンクリート造は 60 年、金属造は 45 年とされている。一方、「国総研資料第 223 号 道路橋の寿命推計に関する調査研究²⁵⁾」では、約 10 年おきに実施している橋梁の架設調査結果を用いて橋梁が架設されてから架 替に至るまでの年数に関する寿命分布曲線を作成して架設年度別の平均寿命を推計して おり、機能的陳腐化と物理的損傷が原因となって架け替えたコンクリート橋、鋼橋から 推計した平均寿命は表 5.3.2-13 に示すとおりである。1981 年以降に架設された橋梁の平均寿命はともに 100 年と、コンクリート橋と鋼橋で大きな違いがないことを示している。

双0.0.2 1	次6.6.6 10 水散 八母 > 闹来 > 一切 / 雨							
架設年次	コンクリート橋	鋼橋						
1920~1930	60年	50 年						
1931~1940	60年	40 年						
1941~1950	60年	30 年						
1951~1960	60年	60 年						
1961~1970	70年	70 年						
1971~1980	100年	70 年						
1981~1990	100年	100年						
1991~2000	100年	100年						

表5.3.2-13 架設年次毎の橋梁の平均寿命25)

一般的に、「道路橋の予防保全に向けた提言²⁶⁾」(図 5.3.2-12 参照)等で示されているとおり、最初に点検・診断が行われ、その結果を受けて補修補強等が実施される。

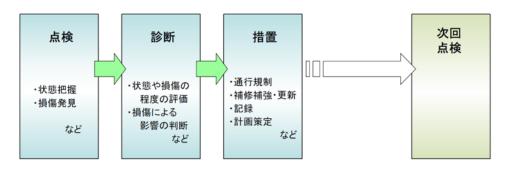


図5.3.2-12 道路橋の点検・診断・措置の流れ²⁶⁾

また、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 充実化されており、設計段階で行われる維持管理、設計耐用年数を踏まえた設計を参考 にシナリオを設定することが考えられる。

2) 維持管理の耐用年数延長効果の設定

橋梁のライフサイクルを通した CO₂収支量を推計するためには、供用シナリオの設定以外に維持管理(予防保全)技術による耐用年数延長効果の設定が必要になる。

橋梁の架け替えの原因となる代表的な損傷の種類は表 5.3.2-14 に示すとおりであり、 現地の環境条件等によって、進行度や発生頻度は異なる。

一般的に、実際の維持補修は図 5.3.2-12 で示したとおり、点検の結果を踏まえて行われている。

表5.3.2-14 橋梁の代表的な損傷(1/2)27)

対象部分	損傷名	概要
コンクリ	塩害	塩害は、外部から侵入した塩化物イオン、あるいはコンクリートそのものに内
ート橋		包する塩化物イオンによって、コンクリート中の鋼材の腐食が促進され、コン
(上部構		クリートのひびわれや剥離、鋼材の断面減少を引き起こす劣化現象である。
造)		外部から侵入する塩化物イオンとしては、海岸付近における飛来塩分、または
/旦/		冬期に路面に散布される凍結防止剤によるものがほとんどである。また、内包
		された塩化物イオンは、建設時に使用された海砂など骨材の洗浄不足等による
		ものである。
		塩害による損傷の場合の外見上の特徴としては、鉄筋軸方向のひびわれ、錆汁、
		コンクリートの剥離や鉄筋の断面減少などである。
•	アルカリ	アルカリ骨材反応は、骨材中に含まれる反応性シリカ鉱物や炭酸塩岩を有する
	骨材反応	骨材が、コンクリート中のアルカリ性水溶液と反応して、コンクリートに異常
		膨張やひびわれを発生させる現象である。
		アルカリ骨材反応による損傷の場合の外見上の特徴としては、膨張を伴うひび
		割れ(拘束方向、亀甲状のひびわれ)、ゲルの滲出、変色などである。
鋼橋(上	腐食	鋼材は、鉄鉱石を還元・精錬して製造されるが、この鉄鉱石はエネルギー的に
部構造)		安定した酸化化合物の状態で自然界に存在する。つまり、鋼材は自然界の中で
		は化学的に不安定な存在であり、酸素や水と結合して安定な酸化物(錆)の状
		態に落ち着こうとする傾向を持っている。この現象を「腐食」と呼ぶ。
		鋼橋では、塗装や亜鉛メッキなどを施すことによって防錆を行っているが、路
		面からの雨水の進入や滞水、土砂等の堆積しやすい箇所では塗膜が早期に劣化
		し、局部的な腐食が発生する場合がある。
		特に路面からの漏水や、排水機能の不十分な伸縮装置部分からの漏水によって、
		桁端部において鋼材が腐食している例が多く見られる。
		また、海岸地域に架橋されている場合は、海塩粒子が付着し、腐食が著しく進
		行している場合もある。
	亀裂・	鋼部材に外力が繰り返し作用すると、構造的な応力集中部、あるいは溶接形状
	破断	や溶接欠陥などに起因する応力集中部から、比較的低い応力状態で亀裂(疲労
		亀裂)が発生し、最終的には部材の破断に至る場合がある。
		鋼部材が破断した場合、最悪の場合、落橋につながる恐れもある。
床版	床版のひ	床版は、死荷重による発生応力に比べ、活荷重による発生応力の割合が高い部
	びわれ、剥	材である。そのため、自動車交通量の増大と車両の大型化がみられた 1965 年(昭
	離・鉄筋	和40年)前後から、コンクリートの剥離、陥没あるいは抜け落ちといった損傷
	露出	事例が顕著になり、それ以降、鉄筋コンクリート床版の損傷問題は道路橋の維
		持管理上の大きな課題となっている。
		鉄筋コンクリート床版は、4方向に荷重分配を行う等方性に近い版として設計さ
		れているが、乾燥収縮等により橋軸直角方向に微細なひびわれが発生すると、
		その部分の床版は異方性版となり、その部分に大型車等の活荷重が繰り返し作
		用すると耐荷力が低下し、当初のひびわれとは直交する方向(橋軸方向)にも
		微細なひびわれが入り、格子状のひびわれが進展を始める。
		このようなひびわれにより曲げ剛性が低下した床版は、次第にひびわれが進展、
		増加して、ついにはコンクリートが剥離したり抜け落ちたりする損傷に進展す
		る。
		鉄筋コンクリート床版の劣化速度は、水が存在すると速くなる。これは、路面のなびわれから温添した水がひびわれてのより磨きな映画し、急速にひびわれ
		のひびわれから浸透した水がひびわれ面のすり磨きを助長し、急速にひびわれ
		幅を大きくするためである。また水の浸透は、床版内部の鉄筋を腐食させ、錆
		の膨張により床版にさらなるひびわれを生じさせてしまう。したがって、水の温添な防止することは、火火防止の上で極めて重要であり、出来るだけ見い段
		浸透を防止することは、劣化防止の上で極めて重要であり、出来るだけ早い段
		階で措置することが、鉄筋コンクリート床版の長寿命化につながる。

表5.3.2-14 橋梁の代表的な損傷(2/2)27)

対象部分	損傷名	概要
下部構造	洗掘	洗掘とは、河川等の流水の流れの変化や乱れ等によって、河床等が浸食を受け
		ることであるが、流水中の下部構造は、この流水の流れの変化や乱れ等の原因
		となることがある。その場合、下部構造の周囲の河床等が浸食を受けることと
		なり、支持地盤が洗掘されることによって下部構造が沈下や傾斜、転倒などの
		影響を受けることがある。
		下部構造が洗屈の影響を受けた場合、上部構造にも変形等の影響が生じるため、
		車両等の通行が出来なくなる場合がある。また、最悪の場合、落橋に至ること
	h	もある。
	鋼杭の腐	下部構造として鋼製の杭を使用している場合、特に水中部の鋼杭が著しく腐食
	食	して断面が欠損していることがある。その場合、下部構造としての耐荷力は大
		きく損なわれているため、通行止め等の規制を行う必要がある。
	コンクリ	コンクリート製の下部構造の場合も、上部構造で述べたような損傷が生じるこ
	ート橋脚	とがある。その場合、下部構造としての耐荷力および耐久性は低下しているた
その他	等の劣化	め、通行規制を行って補修等の対応を行う必要がある。
その他	支承の損	支承は、上部構造から下部構造へ荷重を伝達するために、それらの境界に設け
	傷	られた支持部材であり、通常、橋台および橋脚の上部、主桁等の下部に設置さ れている。
		れている。 支承の損傷としては、支承本体の腐食、沓座モルタルや台座コンクリートの破
		損に伴う支承の傾斜・沈下、ローラーの脱落、アンカーボルトの抜けや変形な
		ほにドラ文本の図析・化工、ローラーの配格、テンガーがが1、変形は どがある。
		また、支承における変状の発生は、他の上部構造部材の変状を誘発する場合が
		ある。
		支承には、活荷重による桁の回転と水平荷重を伝達をする機能が必要であり、
		さらに可動支承では温度変化による桁の伸縮を円滑にする機能が必要となる。
		しかしながら、支承が腐食するとこの二つの機能は不良となり、桁の円滑な動
		きを阻害し、桁の亀裂、破断につながったりして、最悪の場合、落橋につなが
		る恐れがある。
		このため、支承における損傷に関しては、支承の機能状態も考慮して補修等の
		対応を行う必要がある。
	伸縮装置	橋梁上部構造は、温度変化によって橋軸方向に伸縮するが、伸縮装置は橋梁上
	の損傷	部構造の端部においてその伸縮を可能にするために設ける装置である。
		伸縮装置は輪荷重を直接支持し、なおかつ取付道路あるいは隣接径間から床版
		へと、剛性の異なる部材への橋渡しを担い、衝撃も受けるなど、過酷な条件に
		さらされている。そのため、部材の破損や遊間の異常、排水装置の破損等の損
		傷が発生することがある。また、伸縮装置取付部のコンクリートが損傷を受け
		ることもある。
		また主桁端部の下に設置されている支承に損傷が生じることで桁が下がり、伸
		縮装置やその前後の路面に段差が生じることもある。このような段差が生じた 担会、東西が通過せる際に仲容法署の共働に売売が集中したりませる策略も見
		場合、車両が通過する際に伸縮装置の片側に荷重が集中したり大きな衝撃を与
		んることになることがら、仲稲装置の損傷につながる。 伸縮装置が損傷を受けた場合、車両の走行上、危険な状態となることがあるた
		中稲装直が損傷を支げた場合、単四の定行工、危険な状態となることがあるた
	J	ツ、十心に刑肜可V刈心で11 J心女/Mの0。

3) 維持管理の手間、コスト等とのトレードオフ

推計したライフサイクルを通した CO₂ 収支量を評価に用いるに当たっての課題は、施工性や経済性等の他の項目と CO₂ 排出量がトレードオフの関係になった場合の取り扱いである。

従来のライフサイクルアセスメントの考え方では、影響評価として様々な環境負荷を 1 つの環境影響の指標に換算する手順がとられている。また、事業評価の便益計測等での CO_2 排出量の貨幣価値化も様々な要素を同じ指標で評価するためのものである。 CO_2 排出量と手間、コスト等のトレードオフを評価するための対応策として、手間(時間)、 CO_2 排出量等を貨幣換算し、全てを貨幣の軸で評価することが考えられる。ただし、 CO_2 排出量の貨幣換算係数が様々あり広く認知されている一般的な係数が無いこと、国際動向等によって大きく変わる可能性があること等によって、評価結果の妥当性を担保することは困難である。

現時点では設計業務での施工性、経済性等による設計案比較と同様に、CO₂ 排出量、手間、コスト等を含む複数の評価項目の星取表を用いた相対的な判断が最適と考えるが、 今後の複数の評価項目の統合の研究・検討には注目する必要がある。

4) 誤差の取り扱い

計画・設計段階でライフサイクル CO_2 を計算する場合、供用シナリオ、維持管理の耐用年数延長効果等には不確定要素が多く、実際に想定されるライフサイクル CO_2 と計算によるライフサイクル CO_2 とで誤差が生じると考えられる。また、 CO_2 排出量の計算に用いる原単位のうち構造物の CO_2 排出原単位、積上型積算方式に対応した工種の CO_2 排出原単位は個々の計算結果の平均値を採用していることから、原単位自体が幅を持ち、設計条件や規格によって誤差が生じる。評価に当たっては、これらの CO_2 排出量の誤差の取り扱いが課題となる。

供用シナリオの設定等に基づく前者の誤差は、ライフサイクルコストでも同様に生じるものであり、許容されると考える。一方、原単位等に基づく後者の誤差は、CO₂排出量算出手法特有のものであり、今後、精度向上を図ることで誤差を小さくすることが重要と考える。

- 5.4 社会資本整備からの CO2 排出量算出の省力化
- 5.4.1 積算体系を活用した CO2 排出量算出手法の検討
- (1) 積算体系を活用した CO₂排出原単位の作成

これまでの研究では、資材、機材(資機材)の CO_2 排出原単位の作成に主眼を置いてきた。資機材の CO_2 排出原単位を用いた CO_2 排出量の計算では、計算対象となる資機材の種類・数に比例して労力が必要となる。一方、工種当たりの CO_2 排出原単位の整備により、資機材の整理が不要となり、全体の計算量も少なくなることから、図 5.4.1-1 に示すとおり工種の原単位を用いた場合には、 CO_2 排出量の計算の省力化に繋がることが期待できる。

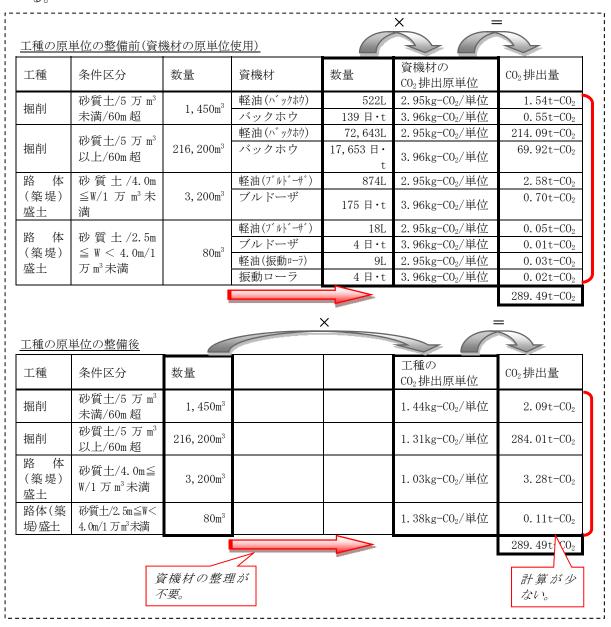


図5.4.1-1 工種のCO₂排出原単位の整備前後におけるCO₂排出量算出イメージ

これまでの研究で整備した工種当たりの原単位は、「積上型積算方式」により整理された資機材から算出した工種毎の CO_2 排出量を平均化したものであり、工種によっては値に幅を持たせており、精度に課題があった。

従来用いられている「積上型積算方式」に対して、平成24年10月1日から「施工パッケージ型積算方式」の試行が開始されており、それ以降、順次「施工パッケージ型積算方式」の適用が拡大している。(表5.4.1-1、図5.4.1-2参照)

「積上型積算方式」では、直接工事費を機械経費、労務費、材料費に分けて積算していたのに対して、これを 1 つの施工パッケージとしてまとめ、機械経費、労務費、材料費を含んだ「標準単価」を用いて直接工事費を算出するのが「施工パッケージ型積算方式」である。図 5.4.1-3 に示すとおり、「標準単価」には目的物別に積算条件が設定されており、この条件区分ごとに標準単価が設定されている。

本研究では、資機材の数量が設定されている「施工パッケージ型積算方式」に着目し、この積算方式に対応した工種当たりの CO₂排出原単位を検討した。

導入時期	積算方式	特徴
昭和 42 年	積上型積算方式	土木請負工事工事費積算要領、土木請負工事工事費積算 基準に基づき制定された歩掛を用いて単価を積み上げる 方式。
平成 5 年 4 月	市場単価方式	材料費、労務費、機械経費を含む施工単位当たりの市場での取引価格を用いる方式。 ⇒土木工事で28工種適用
平成 24 年 10 月	施工パッケージ型積 算方式	材料費、労務費、機械経費を含む施工単位当たりの施工 パッケージ単価を用いる方式。 ⇒319 工種適用、順次拡大予定

表5.4.1-1 現在運用中の積算方式の種類と特徴

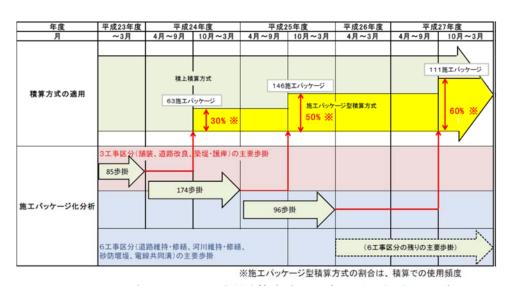


図5.4.1-2 施工パッケージ型積算方式の対象工種の拡大状況28)

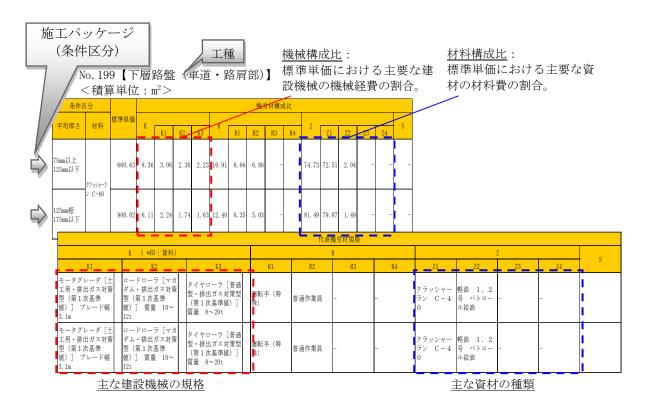


図5.4.1-3 施工パッケージ型積算方式標準単価表(下層路盤(車道・路肩部)の一部抜粋)28

(2) 道路工事の CO₂排出量算出における「施工パッケージ型積算方式」の適用の可能性本研究で CO₂排出量を試算した 171 工事のうち 100 工事(土工: 61 工事 橋梁: 28 工事トンネル: 11 工事) について、各工事で採用されている工種が施工パッケージ型積算方式、市場単価方式、積上型積算方式のどれに該当するかを整理した。

その結果は表 5. 4. 1-2~表 5. 4. 1-4 に示すとおり、土工では採用上位工種の大半が施工パッケージである一方、橋梁、トンネルでは積上型工種が多くを占めていた。これは、土工の場合、法面整形、床掘り、掘削等の単純な作業が主であり条件区分を類型化して施工パッケージとして整理しやすいのに対して、橋梁、トンネルの作業は特殊で様々な条件があることから施工パッケージ化できない工種が多いためと予想される。

表5.4.1-2 対象100工事のCO2試算結果、工種割合(土工)(1/2)

					12002h (27)		_	L種割台	j		
No.	地域	延長 (km)	幅員 (m)	車線数	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	CO ₂ 排出量 (t/km/車 線)	施 工 P	市場単価	積上	工種数	選 定 No.
1	北海道	1. 32	15. 50	2	2, 411	913	81%	14%	5%	94	1
2	北海道	2. 25	16.00	4	3, 431	381	76%	19%	5%	74	2
3	北海道	2.70	20.50	4	4, 421	409	72%	27%	1%	74	3
5	東北	0.30	10.50	2	595	993	73%	20%	7%	30	4
6	東北	0.92	13.50	2	3, 895	2, 117	70%	15%	15%	81	5
8	関東	3. 33	9.06	2	3, 399	510	66%	33%	1%	146	6
		0. 23	25.00	4	722	785	81%	14%	5%	42	7
9	関東	2.70	17.00	4	6, 557	607	85%	11%	3%	124	8
		2.50	17.00	4	7,612	761	83%	14%	3%	180	9
10	11/14	1.58	13. 50	2	1,802	570	51%	47%	1%	72	10
10	北陸	1. 90	13. 50	2	2, 329	613	65%	33%	2%	51	11
12	北陸	1. 12	22.00	4	1,540	344	59%	37%	5%	41	12
13	北陸	2.38	26.00	4	7, 283	765	56%	40%	4%	95	13
14	中部	0.84	60.00	6	9, 122	1,810	83%	15%	2%	88	14
15	中部	0.38	12.00	2	2, 249	2, 959	75%	20%	5%	166	15
17	近畿	1.04	19.50	4	6, 897	1, 658	70%	27%	4%	113	16
10	YE. 494	0.62	22.50	4	2, 444	986	77%	16%	8%	90	17
19	近畿	0. 22	24. 50	4	872	990	74%	19%	7%	58	18
20	近畿	0.89	9. 25	2	4, 414	2, 480	76%	12%	12%	129	19
21	中国	1.87	13. 75	2	4, 572	1, 222	78%	20%	1%	144	20
23	中国	1.41	10.50	2	6, 327	2, 244	70%	18%	12%	73	21
24	四国	1. 12	29.00	4	2,674	597	85%	9%	6%	163	22
0.5		0.56	22.00	4	659	295	78%	18%	5%	40	23
25	四国	0.33	22.00	4	351	265	77%	17%	7%	30	24
		0.55	29.00	4	1,678	770	88%	4%	8%	78	25
		0.39	29.00	4	4, 539	2, 940	84%	11%	5%	101	26
26	四国	0.26	29.00	4	1,558	1, 485	86%	6%	8%	71	27
		0.55	29.00	4	1, 703	781	90%	5%	5%	80	28
		0.64	29.00	4	2,006	780	87%	10%	3%	90	29
27	九州	0.67	12.00	2	4, 700	3, 507	81%	13%	5%	135	30
28	九州	2. 28	16.00	2	4,023	882	81%	15%	4%	173	31
29	九州	0.73	17.50	4	1,812	621	89%	9%	2%	65	32
30	九州	1. 10	8.00	2	2,868	1, 307	81%	17%	2%	64	33
31	九州	3. 92	20.50	4	7, 441	475	80%	18%	2%	93	34
32	九州	1.84	12.00	2	1,876	510	81%	16%	3%	74	35
33	北海道	1. 28	25.00	4	2,570	502	90%	6%	4%	79	36
34	北海道	8. 61	13. 50	2	56, 880	3, 303	71%	19%	10%	109	37
35	北海道	1. 43	13.50	2	743	260	59%	25%	16%	76	38
36	北海道	2.36	10. 25	2	1,661	352	74%	22%	4%	77	39
37	北海道	1. 36	10.00	2	1,865	686	63%	22%	15%	60	40
38	北海道	2.40	17. 25	2	1, 758	366	71%	19%	10%	58	41
39	東北	2.00	25. 00	4	3, 804	475	67%	33%	0%	42	42
40	東北	1.08	15.00	2	1,003	464	73%	24%	2%	41	43
41	東北	1. 17	27. 00	4	2,650	566	59%	40%	1%	113	44
42	東北	1.70	12.00	2	1,652	486	77%	20%	3%	65	45
43	東北	2. 10	24.00	4	2,890	344	60%	40%	0%	100	46

表5.4.1-2 対象100工事のCO2試算結果、工種割合(土工)(2/2)

							_	L種割台	7		
No.	地域	延長 (km)	幅員 (m)	車線数	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	CO ₂ 排出量 (t/km/車線)	施工P	市場単価	積上	工種数	選 尼 No.
44	関東	4. 24	17.00	4	11, 190	660	88%	8%	4%	108	47
47	北陸	1.60	12.50	2	881	275	53%	47%	0%	43	48
48	近畿	0.78	13.50	2	862	553	60%	30%	10%	63	49
49	近畿	0.29	7.50	2	781	1, 327	68%	24%	8%	37	50
50	中国	7.60	20.50	4	23, 518	774	69%	23%	8%	90	51
52	四国	1.68	8.00	2	2,653	790	72%	24%	4%	96	52
55	沖縄	2.40	25. 25	4	5,022	523	91%	7%	3%	120	53
57	北陸	6.00	24.50	4	17, 012	709	62%	38%	0%	45	54
59	東北	2.20	23.50	4	3, 961	450	79%	13%	8%	24	55
60	関東	4.90	24. 50	4	13, 623	695	77%	21%	2%	47	56
61	北陸	5. 26	12.00	2	3, 024	287	81%	16%	3%	31	57
62	中部	1.20	29.00	4	3, 200	667	84%	13%	3%	64	58
63	北陸	3. 14	12.00	2	5, 906	940	74%	21%	6%	53	59
64	中国	3.73	28.00	4	13, 085	877	60%	40%	0%	52	60
68	四国	7.88	19.00	4	21,636	687	94%	6%	0%	53	61

表5.4.1-3 対象100工事のCO₂試算結果、工種割合(橋梁)

								-	L種割台	7		
No.	地域	橋梁形式	延長 (km)	幅員 (m)	車線数	O0₂排壯量 (t-O0₂)	CO ₂ 排出量 (t/km/車線)	施 工 P	市場単価	積上	工種数	選 定 No.
2	北海道	PC	0.18	15. 00	2	2, 619	7, 341	25%	0%	75%	12	1
3	北海道	PC	0.02	16.70	2	508	12, 216	50%	14%	36%	22	2
4	東北	PC	0.03	8. 25	2	1,003	15, 199	52%	3%	45%	29	3
5	東北	鋼	0.04	7.00	2	2, 415	30, 726	8%	8%	83%	12	4
6	東北	PC	0.07	10.40	2	6, 358	45, 547	26%	5%	68%	19	5
7	関東	鋼	0.04	28.50	2	2, 291	30, 467	37%	11%	53%	19	6
8	関東	鋼	0.10	12.30	2	2, 175	11, 213	16%	5%	79%	19	7
9	関東	鋼	0.03	28.05	2	1, 173	23, 464	47%	6%	47%	17	8
10	関東	鋼	0.10	10.50	2	6, 426	33, 123	28%	16%	56%	25	9
11	中部	PC	0.23	10.75	2	3,808	8, 351	12%	4%	85%	26	10
		鋼	0.20	22. 26	4	6, 975	8,632	39%	13%	48%	23	11
12	中部	鋼	0.17	22. 26	4	6, 707	9, 806	38%	13%	50%	24	12
		鋼	0.12	10.75	2	7, 477	30, 896	10%	2%	88%	41	13
14	中部	鋼	0.10	10.38	2	2, 208	10, 692	48%	9%	42%	33	14
16	近畿	PC	0.16	11. 15	2	3,051	9, 595	38%	3%	59%	34	15
17	近畿	鋼	0.22	15. 75	3	6, 450	10,000	24%	4%	71%	45	16
21	北海道	PC	0.03	12.50	2	1,050	18, 749	36%	14%	50%	36	17
22	北海道	鋼	0.14	12.00	2	2,605	9, 579	29%	10%	62%	21	18
24	関東	PC	0.02	9.65	2	323	7, 694	30%	15%	55%	20	19
25	中部	鋼	0.12	13.30	2	3,046	12, 852	26%	16%	58%	19	20
26	中部	鋼	0.40	11.00	2	6, 483	8, 088	32%	9%	59%	22	21
27	近畿	鋼	0.37	11. 20	2	4, 784	6, 447	33%	4%	63%	27	22
28	近畿	PC	0. 15	18.50	2	3, 565	11, 575	38%	5%	57%	21	23
32	北陸	鋼	0.09	10.50	2	1, 331	7, 736	76%	5%	19%	21	24
33	中部	PC	0.85	10.80	2	12, 548	7, 425	28%	16%	56%	25	25
34	中部	鋼	0.19	10.80	2	4,666	12, 475	31%	0%	69%	13	26
35	中部	PC	0. 17	10.80	2	3, 258	9, 581	17%	8%	75%	12	27
36	近畿	PC	0.10	10.30	2	1,642	8, 131	45%	10%	45%	20	28

表5.4.1-4 対象100工事のCO2試算結果、工種割合(トンネル)

								-	L種割台	7		
No.	地域	掘削 形式	延長 (km)	幅員 (m)	車線数	(O) ₂ 排出量 (t-(O) ₂)	CO ₂ 排出量 (t/km/車線)	施 工 P	市場単価	積上	工種数	選 定 No.
1	北海道	発破	2.46	9.00	2	23, 931	4, 860	23%	0%	77%	71	1
3	中部	発破	0.64	9.50	2	6, 348	4, 944	22%	6%	72%	118	2
5	東北	機械	0.40	12.00	2	5, 233	6, 624	0%	0%	100%	12	3
6	北陸	機械	0.40	11. 25	2	4, 530	5, 691	22%	4%	75%	51	4
7	北陸	機械	0.40	10. 25	2	4, 561	5, 659	20%	0%	80%	50	5
8	近畿	発破	0.77	10.00	2	7, 728	4, 998	40%	9%	52%	58	6
12	近畿	発破	1. 19	10.50	2	11, 411	4, 794	33%	4%	63%	72	7
13	近畿	発破	1. 32	10.50	2	13, 869	5, 253	11%	0%	89%	44	8
14	近畿	発破	0.90	12.00	2	10, 745	5, 943	5%	0%	95%	37	9
15	近畿	機械	0.46	8.75	2	4, 646	5, 050	43%	6%	51%	63	10
20	四国	発破	0.94	10.50	2	9, 503	5, 060	12%	2%	86%	43	11

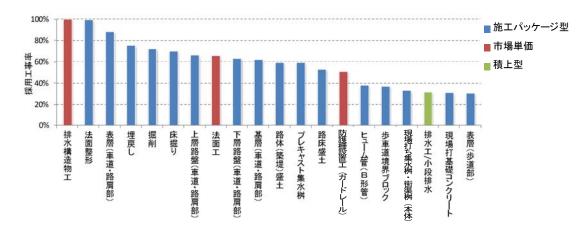


図5.4.1-4 対象100工事における採用率上位工種(全工事)

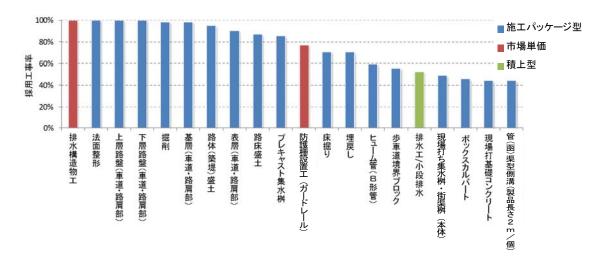


図5.4.1-5 対象100工事における採用率上位工種(土工)

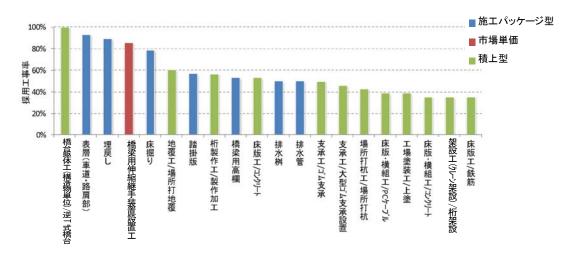


図5.4.1-6 対象100工事における採用率上位工種(橋梁)

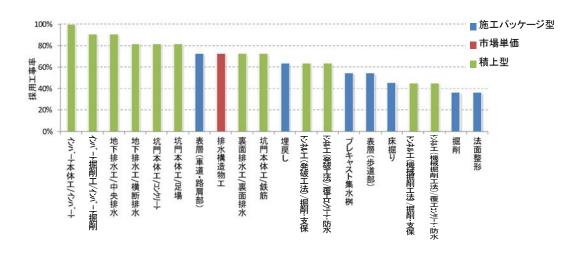


図5.4.1-7 対象100工事における採用率上位工種 (トンネル)

対象工事の CO_2 排出量のうち、施工パッケージ型工種、市場単価工種、積上型工種それぞれに由来する CO_2 排出量の内訳を図5.4.1-8に示す。表5.4.1-2~表5.4.1-4、図5.4.1-4 ~図5.4.1-7 と同様の傾向を示しており、土工では施工パッケージからの CO_2 排出量が9割を占めているのに対して、橋梁、トンネルでは1割未満と少ない。

施工パッケージの CO_2 排出量は、工事全体の CO_2 排出量の半分、土工の場合は CO_2 排出量の 9 割を占めている。施工パッケージ型積算は条件区分を選択するだけで工事費の簡便に積算することが出来る手法である。施工パッケージの CO_2 排出原単位を整備することによって、工事費の積算と同様の手順で簡便に CO_2 排出量を算出することが可能となることに加えて、工事に伴う CO_2 排出量の大半(土工の場合は 9 割)をカバーできることからも CO_2 排出量の計算にとって非常に有効である。

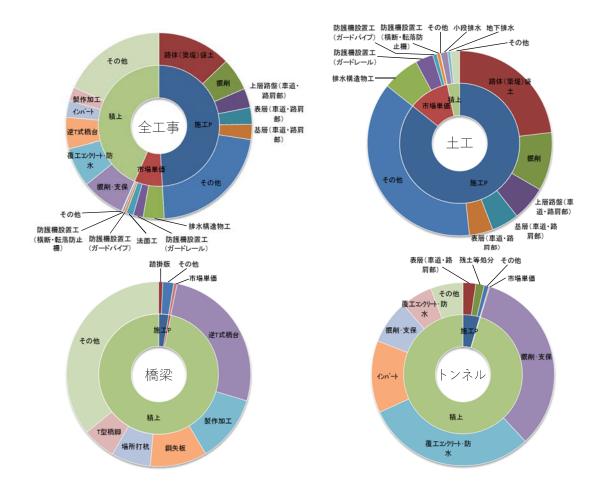


図5.4.1-8 対象工事のCO₂排出量の内訳

平成 28 年 3 月時点で施工パッケージは 319 種類あるが、対象 100 工事中でこの 319 工種の施工パッケージに対応する工種は、表 5.4.1-5 に示すとおり 71 工種あった。

表5.4.1-5 施工パッケージ一覧(1/4)29)

No	施工パッケージ名称	No	施工パッケージ名称
No.		No.	
001	掘削	041	採取小割
002	土砂等運搬	042	コンクリートブロック積
003	整地 (空間) 成 [043	間知ブロック張
004	路体(築堤)盛土	044	平ブロック張
005	路床盛土	045	連節ブロック張
006	押土(ルーズ)	046	緑化ブロック積
007	積込(ルーズ)	047	緑化ブロック(材料費)
008	人力積込	048	天端ブロック (材料費)
009	転石破砕	049	胴込・裏込コンクリート
010	土材料	050	胴込・裏込材(砕石)
011	残土等処分	051	遮水シート張
012	床掘り PVIII+4-DL-KK-L-N-Km-T-Km-II-I/C-W-	052	吸出し防止材(全面)設置
013	掘削補助機械搬入搬出作業	053	植樹
014	基面整正	054	現場打基礎コンクリート
015	舗装版破砕積込(小規模土工)	055	天端コンクリート
016	埋戻し	056	石積(練石)(複合)
017	タンパ締固め	057	石張(複合)
018	人肩運搬(積込み~運搬~取卸し)土・石	058	石積(張)
019	人肩運搬(積込み〜運搬〜取卸し)セメント等	059	石積(張)(材料費)
020	人肩運搬(積込み〜運搬〜取卸し)積ブロック類	060	胴込・裏込コンクリート
021	人肩運搬(運搬~取卸し)	061	裏込材(クラッシャラン)
022	小車運搬(積込み〜運搬〜取卸し)土・石	062	小型擁壁(A)
023	小車運搬(積込み~運搬~取卸し)セメント等	063	小型擁壁(B)
024	小車運搬(積込み〜運搬〜取卸し)積ブロック類	064	重力式擁壁
025	小車運搬(運搬~取卸し)	065	もたれ式擁壁
026	ベルトコンベヤ(ポータブル)併用人力掘削 (床掘り)	066	逆T型擁壁
027	ベルトコンベヤ(ポータブル)併用人力積込	067	L型擁壁
028	安定処理	068	ペーラインコンクリート(材料費)
029	法面整形	069	コンクリート(場所打擁壁)
030	市松芝	070	プレキャスト擁壁設置
031	吹付法面取壊し	071	ジオテキスタイル壁面材組立・設置
032	プレキャストコンクリート板	072	ジオテキスタイル壁面材(材料費)
033	プレキャストコンクリート板 (材料費)	073	ジオテキスタイル敷設・まき出し・敷均し・ 締固め
034	ジョイント処理	074	ジオテキスタイル (材料費)
035	ジョイント金物 (材料費)	075	ヒューム管 (B形管)
036	人工張芝	076	ボックスカルバート
037	基礎砕石	077	暗渠排水管
038	裏込砕石	078	フィルター材
039	基礎栗石	079	管(函) 渠型側溝(製品長 2 m/個)
040	裏込栗石	080	プレキャスト集水桝
77*/ 4017 1			

表5.4.1-5 施工パッケージ一覧(2/4)²⁹⁾

No.	施工パッケージ名称	No.	施工パッケージ名称
081	プレキャスト集水桝(材料費)	126	コンクリート
082	鉄筋コンクリート台付管	127	モルタル練
083	プレキャストL形側溝(製品長 0.6m/個)	128	型枠
084	プレキャストマンホール	129	化粧型枠
085	PC管	130	化粧型枠(材料費)
086	コルゲートパイプ	131	撤去しない埋設型枠(材料費)
087	コルゲートフリューム	132	型枠(鉄筋構造)〔省力化構造〕
088	現場打ち水路(本体)	133	消波根固めブロック製作
089	現場打ち集水桝・街渠桝(本体)	134	消波根固めブロック据付
090	サンドマット	135	消波根固めブロック運搬
091	安定シート・ネット	136	消波根固めブロック仮置
092	粉体噴射撹拌	137	根固めブロック撤去
093	粉体噴射撹拌 (移設)	138	捨石
094	粉体噴射撹拌 (軸間変更)	139	捨石 (材料費)
095	削孔(アンカー)	140	表面均し
000	アンカー鋼材加工・組立・挿入・緊張・定	1.41	ア 陸軟工 22回以
096	着・頭部処理 (アンカー)	141	不陸整正・締固め
097	グラウト注入 (アンカー)	142	抜根
098	ボーリングマシン移設(アンカー)	143	施肥
099	足場(アンカー)	144	伐木・伐竹(伐木除根)
100	アンカー (材料費)	145	除根(伐木除根)
101	石積取壊し(人力)	146	整地(伐木除根)
102	コンクリートはつり	147	集積積込み(機械施工)(伐木除根)
103	積込 (コンクリート殻)	148	集積(人力施工)(伐木除根)
104	吸出し防止材設置	149	積込み(人力施工) (伐木除根)
105	目地板	150	運搬 (伐木除根)
106	止水板	151	伐木・伐竹(複合)
107	じゃかご	152	散在塵芥収集
108	ふとんかご	153	堆積塵芥収集 (機械処理)
109	止杭打込	154	堆積塵芥収集(人力処理)
110	発泡スチロール設置	155	削孔
111	発泡スチロール(材料費)	156	注入
112	緊結金具(材料費)	157	注入設備据付・解体
113	コンクリート床版	158	河床等掘削
114	支柱結合アンカー(材料費)	159	軟弱土等運搬
115	支柱設置	160	巨石張(練)
116	支柱(材料費)	161	巨石張(空)
117	壁面材設置 壁面材 (材料費)	162	巨石積(練)
118 119	室面材(材料質) 裏込砕石(軽量盛土)	163 164	巨石採取 巨石(材料費)
120	現場取卸(鋼桁)	165	プレキャスト基礎
121	現場取卸(PC 桁)	166	プレキャスト基礎(材料費)
122	現場取卸(鋼管杭)	167	中詰コンクリート(材料費)
123	函集 - 一	168	中語コンクリート打設
123	四宋 コンクリート (場所打函渠)	169	かごマット設置
125	カンプラード (場所) 国来が	170	野芝種子吹付
	放建版	110	おん1年15年1

表5.4.1-5 施工パッケージ一覧(3/4)²⁹⁾

	秋○. ∓. 1 ○ / 旭上/ · /	1	
No.	施工パッケージ名称	No.	施工パッケージ名称
171	被覆シート張	216	支柱
172	養生(散水養生)	217	支柱 (材料費)
173	袋詰玉石	218	車止めポスト
174	笠コンクリートブロック	219	防雪柵
175	笠コンクリートブロック (材料費)	220	防雪柵 (材料費)
176	グラウトホール	221	防雪柵現地張出し・収納
177	グラウト管(材料費)	222	雪崩予防柵
178	掘削(光ケーブル配管)	223	雪崩予防柵 (材料費)
179	埋戻し・締固め	224	吊柵アンカー
180	敷砂, 保護砂 (材料費)	225	パイプアンカー(材料費)
181	配管設置(埋設部)	226	樹脂アンカー(材料費)
182	配管設置(露出部)	227	簡易ケーブルクレーン(1 t 吊)設置・撤去
183	配管支持金具(材料費)	228	ボックスビーム
184	プルボックス (材料費)	229	落下物等防止柵
185	可とう電線管 (材料費)	230	落下物等防止柵 (材料費)
186	伸縮継手(材料費)	231	歩車道境界ブロック
187	ノーマルベンド (材料費)	232	地先境界ブロック
188	多孔保護管 (材料費)	233	歩車道境界ブロック撤去
189	ハンドホール	234	地先境界ブロック撤去
190	掘削 (砂防)	235	特殊ブロック舗装
191	土砂等運搬(砂防)	236	排水桝
192	押土(ルーズ)(砂防)	237	橋名板取付
193	積込(ルーズ)(砂防)	238	橋梁用高欄
194	ボーリング	239	橋梁用高欄一体式(材料費)
195	保孔管	240	飾り高欄
196	ボーリング仮設機材	241	飾り高欄(材料費)
197	足場(地表)	242	距離標
198	不陸整正	243	スノーポール設置・撤去
199	下層路盤(車道・路肩部)	244	スノーポール (材料費)
200	下層路盤(歩道部)	245	路面切削
201	上層路盤(車道・路肩部)	246	殼運搬 (路面切削)
202	上層路盤(歩道部)	247	舗装版破砕
203	基層(車道・路肩部)	248	舗装版切断
	中間層(車道・路肩部)		素地調整
205	表層(車道・路肩部)	250	付属構造物塗替
206	基層 (歩道部)	251	張紙防止塗装
207	中間層(歩道部)	252	張紙防止塗装(材料費)
208	表層(歩道部)	253	鋼板巻立て(材料費)
209	アスカーブ	254	スタッドジベル(材料費)
210	排水性舗装・表層(車道・路肩部)	255	鋼板巻立て
211	フィルター層	256	シール材(材料費)
212	透水性アスファルト舗装	257	注入材(材料費)
213	踏掛版	258	現場溶接
214	基礎ブロック(立入防止柵)	259	フーチングアンカー削孔・定着
215	金網(フェンス)・支柱(立入防止柵)	260	アンカー筋(材料費)
	対象 100 工事で採用されている工種		7 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

表5.4.1-5 施工パッケージ一覧(4/4)²⁹⁾

	-		·
No.	施工パッケージ名称	No.	施工パッケージ名称
261	アンカー注入材(材料費)	291	注入材 (材料費)
262	鋼板取付	292	桁連結装置(材料費)
263	シール材(材料費)	293	芯出し素地調整
264	注入材 (材料費)	294	現場孔明
265	コンクリート削孔	295	連結板取付
266	コンクリート巻立て	296	現場溶接
267	足場(適用範囲外コンクリート巻立て工)	297	ボルト締
268	下地処理(適用範囲外コンクリート巻立て工)	298	路肩整正(人力による土はね)
269	型枠(適用範囲外コンクリート巻立て工)	299	ガードレール復旧
270	コンクリート(適用範囲外コンクリート巻	300	ガードパイプ復旧
210	立て工)	300	
271	支承取替 (鋼橋)	301	舗装版破砕積込
272	支承取替 (PC橋)	302	床掘り
273	支承 (材料費)	303	埋戻し・締固め
274	足場	304	運搬(電線共同溝)
275	コンクリート削孔(コアボーリングマシン)	305	軽量鋼矢板設置・撤去
276	コンクリート削孔(ハンマドリル)	306	覆工板設置・撤去
277	コンクリート削孔 (さく岩機 (ハンドハンマ))	307	管路材設置
278	アンカー	308	受金具(材料費)
279	アンカー材 (材料費)	309	支持金具(材料費)
280	注入材(材料費)	310	管路受台(スペーサ) (材料費)
281	充填補修	311	プレキャストボックスブロック設置
282	補修材(材料費)	312	蓋設置
283	路面清掃(路肩部・人力)	313	蓋(材料費)
284	路面清掃(歩道等・人力)	314	型枠(鋼橋床版)
285	視線誘導標清掃	315	養生(鋼橋床版)
286	側溝清掃(人力清掃工)	316	コンクリートアンカーボルト設置
287	桝清掃(人力清掃工)	317	排水管
288	チッピング (厚1~2 c m)	318	排水管(材料費)
289	アンカーボルト挿入	319	現場発生品・支給品運搬
290	アンカーボルト(材料費)		A SAME DE CAME
	1	1	

- (3) 施工パッケージ型積算方式に対応した CO₂排出原単位の作成
- 1) CO₂排出原単位の作成対象とする施工パッケージの条件区分

前述のとおり、施工パッケージは平成 28 年 3 月時点で 319 種類あり、各パッケージの中で複数の条件区分が設定されている。そこで、施工パッケージ型積算方式に対応した CO_2 排出原単位の作成にあたり、図 5.4.1-9 の基準に従って、道路工事における CO_2 排出の寄与度の高い工種、 CO_2 排出削減に資する技術が適用できる工種を優先的に選定することとした。

基準① 002排出の寄与度の高い工種

CO₂排出量試算済み対象 100 工事より、使用された工事数が上位 50%かつ工種数量が上位 50%かつ CO₂排出原単位が上位 50%の工種を選定する。

基準② 複数の構造(土工、橋梁、トンネル)で使用される工種

CO₂排出量の試算結果より、使用された工事数が上位 50%または工種数量が上位 50%または CO₂排出原単位が上位 50%の工種のうち、土工、橋梁、トンネルの複数の構造で採用されている工種を選定する。

基準③ 低炭素工法に対応する従来工法の工種

CO₂削減効果の評価を勘案して、低炭素工法(グリーン購入法の特定調達品目の資材、建設機械、工法、目的物)に対応する従来工法の工種を選定する。

図5.4.1-9 代表的な施工パッケージの選定基準

施工パッケージは、5.4.1(1)で示したとおり様々な条件区分に分けられている。 CO_2 排出原単位の作成にあたっては一般に採用されやすい条件区分を選定することとし、①「標準」等の名称が使われていること、②厚さ等の数値が段階別に設定されている場合は中央値、③選定後の選択肢の多いこと等の観点から、表 5.4.1-6に示す 43条件区分を優先的に作成するものとして選定した。

なお、それ以外で対象とした条件区分は、表 5.4.1-6 の条件区分の試算結果を踏まえて選定した。

表5.4.1-6 CO₂排出原単位を優先的に作成する施工パッケージの条件区分(1/2)

No.	施工パッケージ工種	全条件区分	条件区分			
1			土砂/標準/無し/障害無し			
2	古根 N	4.1	土砂/標準/切梁腹起式/障害有り			
3	床堀り	41	岩塊・玉石/標準/無し/障害無し			
4			岩塊・玉石/標準/切梁腹起式/障害有り			
5			最小埋戻幅 4m 以上/-/-			
6	埋戻し	9	上記以外(小規模)/土砂/-			
7			現場制約あり/岩塊・玉石/有り			
8			SD345 D16~D25/0.1t 以下			
9	コンクリートブロッ	3	不要/0.1t を超え 0.2t 以下			
10	ク積		不要/-			
11	胴込・裏込コンクリート	4	18-8-25(高炉)			
12	胴込・裏込材(砕石)	2	間知・平プロック/再生砕石 RC-40			
13	現場打基礎コンクリート	2	18-8-25(高炉)/一般養生・特殊養生(練炭)			
14	もたれ式擁壁	64	18-8-25(高炉)/有り/有り/一般養生/90m以上 180m 未満			
1.1	ひ /これ リンマカア	04	16 6 25(高炉//有り/有り/ 放養王/90 以上 160 木個 24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未満/有り/有り/一般			
15	逆T型擁壁	240	24-6-23(20)(同分)/0.00(/III 以上 0.10(/III 水個/有り/有り/一般 養生/90m以上 180m未満			
			後生/30m以上 180m 未満 24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未満/有り/有り/一般			
16	16 L型擁壁		24-6-23(20)(同分)/0.00(/III 以上 0.10(/III 水個/有り/有り/一般 養生/90m以上 180m 未満			
17	コンクリート(場所打		24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し			
17	1					
18	擁壁)	1.00	24-8-25 (20) (高炉)/一般養生/180m 以上 280m 以下			
19	ヒューム管(B形管)	129	据付/600mm/180°巻き/有り/外圧管1種/18-8-25(20)(高炉)			
20	暗渠排水管	21	据付/波状管及び網状管/200~400mm/要			
21	管 (函) 渠型側溝 (製 品長/2m/個)	10	据付/400mm を超え 600mm 以下/有り			
22	プレキャスト集水桝	30	据付/800kg を超え 1200kg 以下/有り			
23	鉄筋コンクリート台付管	12	据付/600mm			
24	プレキャストL型側	5	据付/有り/300 鉄筋コンクリートL形(500×155×600)			
25	溝 (製品長/0.6m/個)	Э	据付/無し/300 鉄筋コンクリートL形(500×155×600)			
26	PC 管	60	据付/1200mm/180°巻き/18-8-25(20)(高炉)			
27	現場打ち水路 (本体)	69	18-8-25(高炉)/1.0m以下/5.2m³/10m超5.6m³/10m以下/一般養生・ 特殊養生(練炭)			
28	現場打ち集水桝・街渠 桝 (本体)	129	18-8-25(高炉) /1.03m ³ 超 1.09m ³ 以下/一般養生・特殊養生(練炭)			
29	コンクリート(場所打		24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し			
30	函渠)	12	24-8-25(20)(高炉)/一般養生/220m以上340m以下			
			無筋・鉄筋構造物/打設量 10m3/日以上又は打設地上高さ 2m 超			
31			/24-8-25(20)(高炉)/10m3 以上 300m ³ 未満/一般養生/60m 超 120m			
01			以下/-/-			
	コンクリート	55	小型構造物/打設地上高さ 2m 超 28m 以下、水平距離 30m 以下			
32			/24-8-25(20)(高炉)/-/一般養生/-/-/打設高さ約25m以下、水			
04			平距離約 20m 以下			
			千起南端が 20m 女子 45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度アスファルト混合物(20)/タック			
33			45			
	基層 (車道・路肩部)	270	45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度アスファルト混合物(20) /プ			
34			45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/冉生租私度/スノテルト混合物(20)// ライムコート PK-3			

表5.4.1-6 CO₂排出原単位を優先的に作成する施工パッケージの条件区分(2/2)

No.	施工パッケージ工種	全条件区分	条件区分
35	35 中間層 (車道・路肩部) 270		45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度アスファルト混合物 (20)/タックコート PK-4
36			45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度アスファルト混合物 (20)/プライムコート PK-3
37	フィルター層	9	120mm 以上 140mm 未満
38	透水性アスファルト舗装	24	1.4m 以上/45mm 以上 55mm 未満/2.05t/m³(標準)
39	歩車道境界ブロック	56	設置/A 種(150/170×200×600)/有り/一般養生/有り
40	少単坦境介ノロック	50	設置/B 種(180/205×250×600)/有り/一般養生/有り
41	地先境界ブロック 42		設置/A 種(120×120×600)/有り/一般養生/有り
42	攻孟归训 7		全面切削 6cm 以下(4000m2 を超え)/有り
43	路面切削	· ·	全面切削 6cm 超え 12cm 以下/有り

2) 施工パッケージ型工種の CO₂排出原単位の算出方法

施工パッケージ型工種の CO₂排出原単位は、これまでと同様に資機材の数量と資機材の CO₂排出原単位の積和によって算出した。

施工パッケージ型工種の各条件区分における資機材の数量は、施工パッケージ積算根拠資料から整理し、資材の重量換算は土木工事数量算出要領(案)³⁰⁾の単位体積質量、建設物価、メーカーパンフレット等、建設機械の重量は建設機械等損料表から設定した。

算出方法の例として、部材を使用しない作業のみの工種として「床堀り(土砂/標準/無し/障害無し)」、部材を使用する工種として「コンクリートブロック積(SD345 D16~D25/0.1t以下)」の試算過程を表 5.4.1-7、表 5.4.1-8 に示す。

表5.4.1-7 施工パッケージの試算事例(床堀り(土砂/標準/無し/障害無し))

項目	数量	数量 原単位	
バックホウ[19.8t] (建機減耗)	0.00673 供用日 ^{※1}	3.96kg-CO ₂ /供用日・t	1. 475kg-CO ₂
軽油	0. 50050L	2.95kg-CO ₂ /L	0.528kg-C0 ₂
合 計			2.003kg-C0 ₂

注)※1:平成27年度版建設機械等損料表(日本建設機械施工協会)

表5.4.1-8 施工パッケージの試算事例

(コンクリートブロック積(SD345 D16~D25/0.1t以下))

項目	数量	原単位	CO ₂ 排出量
ラフテレーンクレーン [19.8t] (建機減耗)	0.04000 供用日 ^{*2}	3.96kg-CO ₂ /供用日・t	4. 229kg-CO ₂
間知ブロック 高250× 幅400×控350 滑面	0.350t ^{**3} (1.00000m ²)	2.39·102kg-CO ₂ /t	83. 662kg-C0 ₂
鉄筋コンクリート用棒鋼 SD345 D16~25	0.00520t	8. 23·102kg-CO ₂ /t	4. 277kg-C0 ₂
合 計			92. 169kg-C0 ₂

注)※2:平成27年度版建設機械等損料表(日本建設機械施工協会)

※3:月刊建設物価(2015年10月)(建設物価調査会)

3) 施工パッケージ型工種の CO₂排出原単位の算出結果

施工パッケージ型工種の CO_2 排出原単位の算出にあたり、優先的に作成するとして選定した CO_2 排出原単位の算出結果を表 5.4.1-9 に示す。

また、表 5.4.1-9 の結果に加えて、本研究における CO_2 排出量の試算の過程で算出した施工パッケージ型工種の CO_2 排出原単位を含めた整備状況を表 5.4.1-10 に示す。

表5.4.1-9 施工パッケージのCO₂排出原単位の算出結果(1/2)

	like 0				aa 18 🗆
No.	施工パッケージ 工種	全条件 区分数	条件区分	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
1			土砂/標準/無し/障害無し	m^3	2.003
2	ct to w	4.1	土砂/標準/切梁腹起式/障害有り	m^3	2.448
3	床堀り	41	岩塊・玉石/標準/無し/障害無し	m^3	2.752
4			岩塊・玉石/標準/切梁腹起式/障害有り	m^3	3. 386
5			最小埋戻幅 4m 以上/-/-	m^3	4. 847
6	埋戻し	9	上記以外(小規模)/土砂/-	m^3	4.806
7			現場制約あり/岩塊・玉石/有り	m^3	0.000
8	コンカリートゴ		SD345 D16~D25/0.1t 以下	m^2	92. 169
9	コンクリートブ ロック積	3	不要/0.1t を超え 0.2t 以下	m^2	100.641
10	ロック傾		不要/-	\mathbf{m}^2	87. 891
11	胴込・裏込コンク リート	4	18-8-25(高炉)	m^3	210. 294
12	胴込・裏込材(砕 石)	2	間知・平ブロック/再生砕石 RC-40	m^3	12. 541
13	現場打基礎コン クリート	2	18-8-25(高炉)/一般養生・特殊養生(練炭)	m^3	200. 818
14	もたれ式擁壁	64	18-8-25(高炉)/有り/有り/一般養生/90m 以上 180m 未満	m^3	198. 772
15	逆T型擁壁	240	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未満/有り/有り/一般養生/90m以上 180m未満	m^3	292. 157
16	L型擁壁	240	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未 満/有り/有り/一般養生/90m以上 180m未満	m^3	292. 157
17	コンクリート (場		24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し	m^3	215. 455
18	所打擁壁)	12	24-8-25(20)(高炉)/一般養生/180m 以上 280m 以下	m^3	215. 455
19	ヒューム管(B形管)	129	据付/600mm/180°巻き/有り/外圧管 1 種/18-8-25(20)(高炉)	m	126. 003
20	暗渠排水管	21	据付/波状管及び網状管/200~400mm/要	m	8.876
21	管(函)渠型側溝 (製品長/2m/個)	10	据付/400mm を超え 600mm 以下/有り	m	194. 731
22	プレキャスト集 水桝	30	据付/800kg を超え 1200kg 以下/有り	基	34. 826
23	鉄筋コンクリー ト台付管	12	据付/600mm	m	152. 001
24	プレキャストL 型側溝(製品長	5	据付/有り/300 鉄筋コンクリート L 形(500× 155×600)	m	35. 135
25	空側構(製品女 /0.6m/個)	Э	据付/無し/300 鉄筋コンクリート L 形(500× 155×600)	m	35. 135

表5.4.1-9 施工パッケージのCO₂排出原単位の算出結果(2/2)

No.	施工パッケージ 工種	全条件 区分数	条件区分	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
26	PC 管	60	据付/1200mm/180°巻き/18-8-25(20)(高炉)	m	445. 080
27	現場打ち水路 (本 体)	69	18-8-25(高炉)/1.0m 以下/5.2m³/10m 超5.6m³/10m以下/一般養生·特殊養生(練炭)	m	1, 090. 846
28	現場打ち集水桝・街渠桝(本体)	129	18-8-25(高炉) /1.03m³超 1.09m³以下/一般養生·特殊養生(練炭)	箇所	208. 704
29	コンクリート(場		24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し	m^3	227. 495
30	所打函渠)	12	24-8-25(20)(高炉)/一般養生/220m 以上 340m 以下	m^3	226. 189
31			無筋・鉄筋構造物/打設量 10m3/日以上又は打 設地上高さ 2m 超/24-8-25(20)(高炉)/10m³以 上 300m³未満/一般養生/60m 超 120m 以下/-/	m^3	1090. 846
32	- コンクリート 	55	小型構造物/打設地上高さ2m超28m以下、水平 距離30m以下/24-8-25(20)(高炉)/一/一般養 生/-/-/打設高さ約25m以下、水平距離約 20m以下	m^3	208. 704
33	基層(車道・路肩	270	45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度ア スファルト混合物(20)/タックコート PK-4	m^2	7. 821
34	部)	210	45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度ア スファルト混合物(20) /プライムコート PK-3	m^2	7. 953
35	中間層(車道・路	070	45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度ア スファルト混合物(20)/タックコート PK-4	m^2	7. 821
36	肩部)	270	45mm 以上 55mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒度ア スファルト混合物(20)/プライムコート PK-3	m^2	7. 953
37	フィルター層	9	120mm 以上 140mm 未満	m^2	4. 900
38	透水性アスファ ルト舗装	24	1.4m以上/45mm以上55mm未満/2.05t/m³(標準)	m^2	7. 146
39	歩車道境界ブロ	EC	設置/A 種(150/170×200×600)/有り/一般養生/有り	m	26. 390
40	ック	56	設置/B 種(180/205×250×600)/有り/一般養生/有り	m	35. 066
41	地先境界ブロッ ク	42	設置/A 種(120×120×600)/有り/一般養生/有り	m	16. 924
42	路面切削	7	全面切削 6cm 以下(4000m2 を超え)/有り	m^2	0. 640
43	№1 EU 3// EU	'	全面切削 6cm 超え 12cm 以下/有り	\mathbf{m}^2	0.756

表5.4.1-10 施工パッケージ型工種のCO₂排出原単位の整備状況(1/3)

				条件区分数	
No.	施工パッケージ工種	条件区分の一例	単位		未算出含む 全体
1	掘削	土砂/オープンカット/-/有り/-/普通土30,000m³未満又は湿地軟弱土/-/-/- 他	m ³	51	51
2	土砂等運搬	標準/バックホウ山積 0.8m ³ (平積 0.6m ³)/ 土砂(岩塊・玉石混り土含む)/無し/0.3km 以下/-/-/-/-/-/- 他	m ³	482	482
3	整地	残土受入れ地での処理/- 他	m^3	5	5
4	路体(築堤)盛土	2.5m 未満/-/-/- 他	m^3	12	12
5	路床盛土	2.5m 未満/-/- 他	m ³	6	6
6	押土(ルーズ)	土砂 他	m ³	1	3
7	積込(ルーズ)	土砂/土量 50,000m³未満 他	m ³	2	11
12	床堀り	土砂/標準/無し/障害無し 他	m ³	12	41
16	埋戻し	最小埋戻幅 4m 以上/-/- 他	m ³	9	9
28	安定処理	スタビラ付ゲ/0.6m以下/5.25t/1回 他	m ²	2	7
29	法面整形	盛土部/有り/有り/砂及び砂質土、粘性土 他	m^2	7	7
31	吹付法面取壊し	有り/人力施工 他	m^2	3	4
42	コンクリートブ ロック積	SD345 D16-D25/0.1t以下 他	m^2	3	3
43	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 他	m ²	1	208
49	胴込・裏込コン クリート	18-8-25(高炉) 他	m^3	1	4
50	胴込·裏込材(砕 石)	間知・平ブロック/再生砕石 RC-40 他	m^3	1	2
54	現場打基礎コン クリート	18-8-25(高炉)/一般養生·特殊養生(練炭) 他	m^3	1	2
55	天端コンクリー ト	18-8-25(高炉)/打設地上高さ 2m 以下/一 般養生/-/- 他	m^3	6	6
62	小型擁壁(A)	0.5m以上0.6m未満/18-8-25(高炉)/無し/ 無し/一般養生・特殊養生(練炭) 他	m^3	36	36
64	重力式擁壁	1m 超 2m 未満/18-8-25(高炉)/無し/無し/ 一般養生/延長無し 他	m^3	112	112
65	もたれ式擁壁	18-8-25(高炉)/有り/有り/一般養生/90m 以上 180m 未満 他	m^3	1	64
66	逆T型擁壁	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m3以上 0.10t/m ³ 未満/有り/有り/一般養生/90m以上180m未満他	m ³	1	240
67	L 型擁壁	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未満/有り/有り/一般養生/90m以上180m未満 他	m ³	1	240
69	コンクリート (場所打擁壁)	24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し 他	m^3	2	12
70	プレキャスト擁 壁設置	1.0m を超え 2.0m 以下/有り/有り 他	m	1	16
75	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) 他	m	1	129
77	暗渠排水管	据付/波状管及び網状管/200-400mm/要 他	m	1	21

表5.4.1-10 施工パッケージ型工種のCO₂排出原単位の整備状況(2/3)

NT +/			I	米作り	区分数	
No. 施工	こパッケージ工種	条件区分の一例	単位	CO ₂ 原単位	未算出含	
710.	2 // 1 4 4 4	>KIT = 34 % - 17	1 1-2	算出済み	む全体	
管	(函) 渠型側			JI E101 7	3 4 11	
	(製品長/2m/	据付/400mm を超え 600mm 以下/有り	m	1	10	
個)		他		1	10	
プロ	レキャスト集	据付/800kg を超え 1200kg 以下/有り				
80 水板		他	基	1	30	
鉄鱼	筋コンクリー	HI / 1 / 2000 Min		_	10	
1 89	台付管	据付/600mm 他	m	1	12	
プリ	レキャスト L	据付/有り/300 鉄筋コンクリート L 形				
83 型化	則溝(製品長		m	2	5	
/0.	6m/個)	(500×155×600) 他				
85 PC ³	<u>^-</u>	据付/1200mm/180°巻き/18-8-25(20)(高		1	60	
85 PC ²	官'	炉) 他	m	1	60	
ŦĦ ·	場打ち水路	18-8-25(高炉)/1.0m 以下/5.2m³/10m 超				
1 88 1	場 1 り 小 店 本体)	5.6m ³ /10m 以下/一般養生·特殊養生(練	m	1	69	
(/-	* /*/	炭) 他				
		無筋·鉄筋構造物/打設量 10m³/日以上又				
126 = 3	ノ クリート	は打設地上高さ 2m 超/24-8-25(20)(高	m^3	2	55	
120 - 2		炉)/10m³以上300m³未満/一般養生/60m超	III	2	00	
		120m 以下/-/- 他				
135	皮根固めブロ	2. 5t 以下/積込·荷卸/5 個/台/0. 5km 以下	個	3	1188	
ツク	ク運搬	他	IEI			
136	皮根固めブロ	2.5t 以下/有り/ラフテレーンクレーン	個	1	24	
ツク	ク仮置	(油圧伸縮ジブ型)25t 吊 他				
	ごマット設置	t=30cm/亜鉛アルミメッキ/割栗石 他	m ²	1	2	
	吉玉石	2t 用/購入材 他	袋	1	4	
	削(砂防)	土砂/無し/無し 他	m^3	5	15	
1 191 1	砂等運搬(砂	0.5km 以下/土砂(岩塊·玉石混り土含む)	\mathbf{m}^3	3	30	
防)		他				
i iuu i	層路盤(車道・	75mm 以上 125mm 以下/クラッシャラン	\mathbf{m}^2	26	26	
	言部)	C-40 他				
1 201 1	層路盤(車道・	瀝青安定処理材(40)/65mm 超 75mm 以下	\mathbf{m}^2	17	35	
	肩部) 畐(車道・路	/1.4m 未満/タックコート PK-4 他				
203 基準 肩部		25mm 以上 35mm 未満/1.4m 以上/再生粗粒 度アスファルト混合物(20)/タックコート PK-4 他	\mathbf{m}^2	15	270	
	間層(車道・	45mm 以上 55mm 未満/1. 4m 以上/再生粗粒				
	司僧 (平坦· 言部)	度アスファルト混合物(20)/タックコート PK-4 他	\mathbf{m}^2	2	270	
	ョ(車道・路肩	25mm 以上 35mm 未満/1. 4m 以上/密粒度ア				
205 部)		スファルト混合物(20)/タックコート PK-4 他	m^2	15	270	
		25mm 以上 35mm 未満/1. 4m 未満/再生密粒				
206 表層	鬙(歩道部)	度アスファルト混合物 (13) / タックコート PK-4 他	m^2	210	210	
排:	水性舗装・表	2. 4m 以上/45mm 以上 55mm 未満/無し/アス				
	(車道・路肩	ファルト混合物 ポーラスアスファルト混合物(13)	\mathbf{m}^2	2	78	
部)		他				
	ィルター層	120mm 以上 140mm 未満 他	\mathbf{m}^2	1	9	
透7	水性アスファ	1.4m 以上/45mm 以上 55mm 未満			0.	
1 717 1	卜舗装	/2.05t/m³(標準) 他	m^2	1	24	
		24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m3以上	3	0	00	
│ 213 │ 踏扎	卦版	0.10t/m³未満/無し/SD345/D13 他	m^3	2	20	

表5.4.1-10 施工パッケージ型工種のCO₂排出原単位の整備状況(3/3)

				条件区	区分数
No.	施工パッケージ工種	条件区分の一例	単位	CO ₂ 原単位 算出済み	未算出含 む全体
214	基礎ブロック(立 入防止柵)	設置	個	1	3
215	金網(フェンス)・支柱(立入防止柵)	設置	m	1	3
231	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 他	m	2	56
232	地先境界ブロック	設置/A 種(120×120×600)/有り/一般養生/有り 他	m	1	42
235	特殊ブロック舗装	設置/30cm×30cm 他	m^2	1	3
245	路面切削	全面切削 6cm 以下(4000m ² を超え)/有り 他	m^2	2	7
247	舗装版破砕	アスファルト舗装版/無し/不要/10cm 以 下 他	m^2	3	20
248	舗装版切断	アスファルト舗装版/15cm以下 他	m	1	3
304	運搬(電線共同溝)	アスファルト塊/無し/0.5km 他	m^3	3	
319	現場発生品·支給 品運搬	クレーン装置付4t積2.9t吊(参考)荷台長 L=3.4m 荷台幅 W=2.0m/2km 以下/0.8t 超え 1.1t 以下 他	回	3	162

4) 施工パッケージの条件区分と CO₂排出原単位の関係の分析

表 5.4.1-9 で示した施工パッケージの CO_2 排出原単位の一部を表 5.4.1-11 に示す。これよると、同じ工種でも条件区分が変わることによって CO_2 排出原単位が大きく増減する工種とあまり増減しない工種に分かれる。

20.11.1.1.1.1.4.2.1.3.2.2.2.2.2.2.2.1.1.1.1.1.1.1.1.1.1					
施工パッケージ工種	全条件 区分数	条件区分	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	
	41	土砂/標準/無し/障害無し	m^3	2.003	
床堀り		土砂/標準/切梁腹起式/障害有り	m^3	2.448	
外掘り	41	岩塊・玉石/標準/無し/障害無し	m^3	2. 752	
		岩塊・玉石/標準/切梁腹起式/障害有り	m^3	3. 386	
		最小埋戻幅 4m 以上/-/-	m^3	4. 847	
埋戻し	9	上記以外(小規模)/土砂/-	m^3	5. 371	
		現場制約あり/岩塊・玉石/有り	m^3	0.390	

表5.4.1-11 代表的な施工パッケージのCO2排出原単位の試算結果(一部)(再掲)

施工パッケージの条件区分と CO₂ 排出原単位との間にどのような関係性があるかを把握するため、採用数が多い工種に対して数多く条件区分の CO₂ 排出原単位の試算を行った。 試算済み対象 100 工事の採用率上位工事を図 5.4.1-10 に再掲する。ここから、施工パッケージ型工種の上位 10 位のうち道路の付帯施設であるプレキャスト集水桝を除く 9 工種に対して、CO₂ 排出原単位と平成 28 年 3 月時点の標準単価を整理した。

CO₂ 排出原単位と標準単価の関係を施工パッケージの条件区分で考察した結果を次頁より示す。

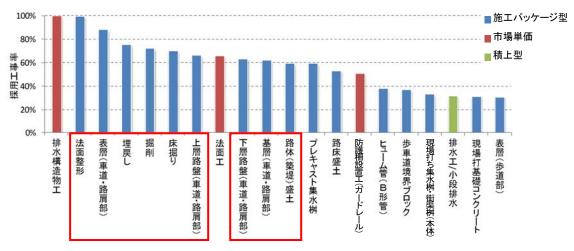


図5.4.1-10 試算済み対象100工事における採用率上位工種(全工事)(再掲)

ア. 法面整形

法面整形における条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1–11~図 5.4.1–13 に示す。 法面締め固めの有無を含む建設機械による作業量の違いが CO_2 排出原単位に影響している。

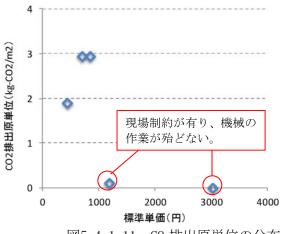


図5.4.1-11 CO₂排出原単位の分布

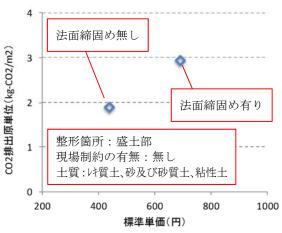


図5.4.1-12 CO₂排出原単位の分布 (現場制約の有無の違い)

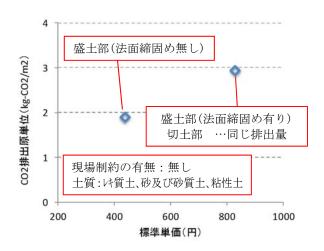
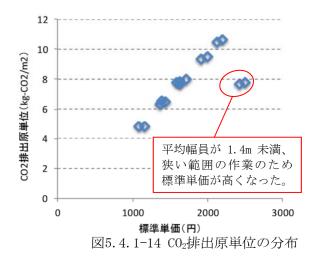


図5.4.1-13 CO₂排出原単位の分布(整形箇所の違い)

イ. 表層(車道・路肩部)

表層(車道・路肩部)における条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1-14~図 5.4.1-17 に示す。平均厚さの違いが CO_2 排出原単位に影響している。



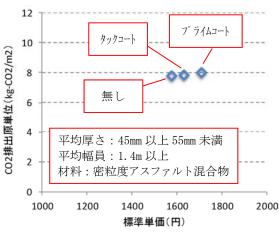


図5.4.1-15 CO₂排出原単位の分布 (瀝青材料種類の違い)

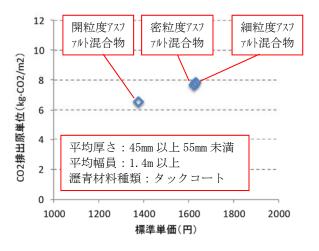


図5.4.1-16 CO₂排出原単位の分布 (材料の違い)



図5.4.1-17 CO₂排出原単位の分布 (平均厚さの違い)

ウ. 埋戻し

埋戻しにおける条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1-18 に示す。埋戻幅の違い が CO_2 排出原単位に影響している。

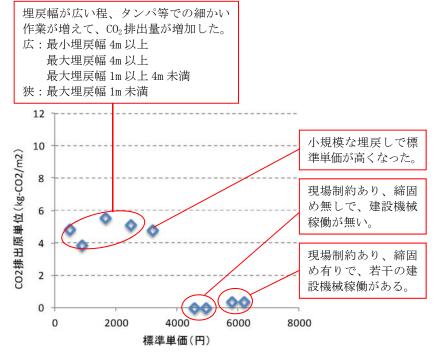


図5.4.1-18 CO₂排出原単位の分布

工. 掘削

掘削における条件区分と CO2排出原単位の関係を図 5.4.1-19~図 5.4.1-21 に示す。掘 削方法が同じであれば、土砂、軟岩、硬岩の順に標準単価も高く、CO₂排出量も大きくな る。一方、条件が同じであれば、オープンカットより片切掘削の方が標準単価も高く、 CO₂排出量も大きくなる。



図5.4.1-19 CO₂排出原単位の分布

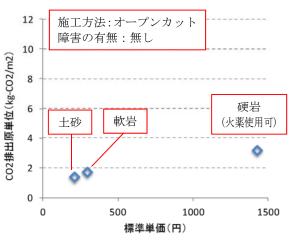


図5.4.1-20 CO₂排出原単位の分布 (オープンカットにおける土質の違い)

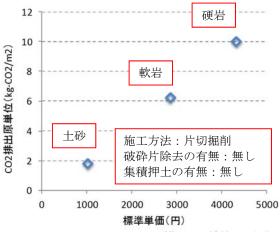
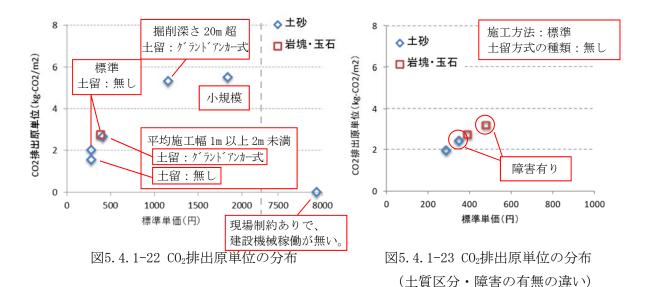


図5.4.1-21 CO₂排出原単位の分布 (片切掘削における土質の違い)

オ. 床掘り

床掘りにおける条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1-22、図 5.4.1-23 に示す。標準施工幅、掘削深さ等の施工方法の違いが CO_2 排出原単位に影響している。



カ. 上層路盤(車道・路肩)

上層路盤(車道・路肩)における条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1-24~図 5.4.1-26 に示す。平均厚さが厚くなると CO_2 排出量も大きくなる。

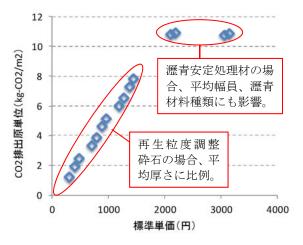


図5.4.1-24 CO₂排出原単位の分布

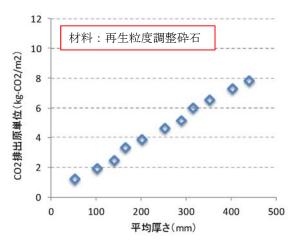


図5.4.1-25 CO₂排出原単位の分布 (平均厚さの違い)

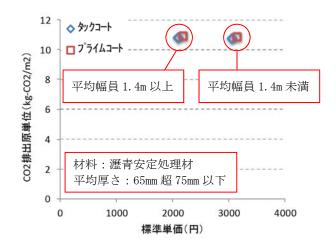


図5.4.1-26 CO₂排出原単位の分布 (平均幅員、瀝青材料種類の違い)

キ. 下層路盤(車道・路肩)

下層路盤(車道・路肩)における条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1-27、図 5.4.1-28 に示す。平均厚さが厚くなると CO_2 排出量も大きくなる。

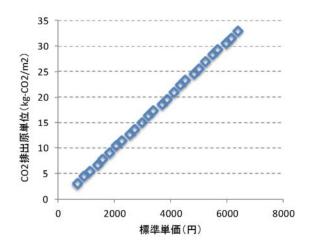


図5.4.1-27 CO₂排出原単位の分布

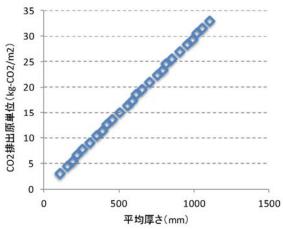
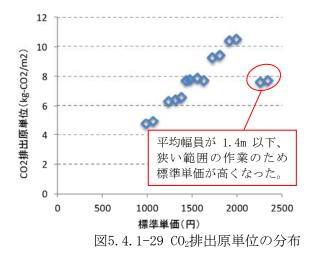


図5.4.1-28 CO₂排出原単位の分布 (平均厚さの違い)

ク. 基層(車道・路肩)

基層(車道・路肩)における条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5. 4. 1-29~図 5. 4. 1-32に示す。平均厚さが厚くなると CO_2 排出量も大きくなる。



12 無し タックコート プライムコート 10 CO2排出原単位(kg-CO2/m2) 平均厚さ: 45mm 以上 55mm 未満 平均幅員: 1.4m 以上 材料:再生粗粒度アスファルト混合物 1000 1200 1400 1600 1800 2000 標準単価(円)

図5.4.1-30 CO₂排出原単位の分布 (瀝青材料種類の違い)

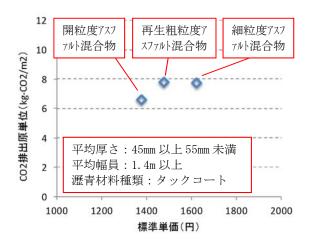


図5.4.1-31 CO₂排出原単位の分布 (材料の違い)

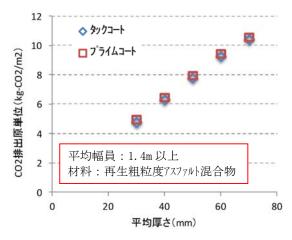


図5.4.1-32 CO₂排出原単位の分布 (平均厚さの違い)

ケ. 路体 (築堤) 盛土

路体 (築堤) 盛土における条件区分と CO_2 排出原単位の関係を図 5.4.1-33、図 5.4.1-34 に示す。施工幅員によって標準単価が変わる。 CO_2 排出量は作業方法に影響を受ける。

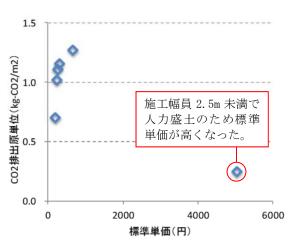


図5.4.1-33 CO₂排出原単位の分布

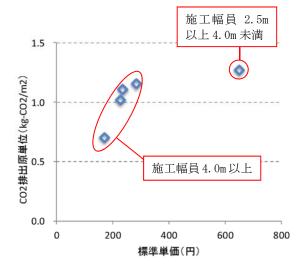


図5.4.1-34 CO₂排出原単位の分布 (施工幅員2.5m未満除く)

5) CO₂排出原単位の整備・活用に当たっての課題・対応方策

ア. 施工パッケージと積上型工種の CO₂排出原単位の違い

積上型工種の CO_2 排出原単位と施工パッケージ型工種の CO_2 排出原単位に違いが見られた。積上型工種の CO_2 排出原単位は、個々の工事の CO_2 排出量を工種に区分し、工種毎に平均値をとったものである。同じ工種であっても条件が異なることで CO_2 排出量が違うのは施工パッケージ型も積上型も同じであり、平均値である積上型工種の CO_2 排出原単位と条件区分毎の施工パッケージの CO_2 排出原単位には違いが生じる。

イ. 重量不明資材、「その他」の取り扱い

施工パッケージの CO_2 排出原単位は、施工パッケージ積算根拠資料に示されている資機材の数量と資機材の原単位の積和により算出しているが、同資料には「その他」としてしか記載されておらず、その詳細が不明な資機材が存在する。「その他(機械)」及び「その他(材料)」による影響を把握するため、「その他(機械)」は建設機械器具賃貸業の原単位 $2.09 kg-CO_2$ /千円、「その他(材料)」は主要な建設資材であるセメントの原単位 $99.139 kg-CO_2$ /千円を用いて、「その他」を考慮した CO_2 排出原単位の試算結果を表 5.4.1-12、考慮の有無による CO_2 排出原単位の違いを表 5.4.1-13 に示す。

「その他」を考慮した場合としない場合とで CO₂排出量が変わるが、その違いは工種によって異なる。変化の増減率が大きい工種は、舗装版切断工等の主に資材を大量に使用しない作業で元々工事全体の CO₂排出量に対する寄与が少ない工種であり、考慮しなくても大きな影響はないと判断する。

項目	金額(円)	原単位 (kg-C0 ₂ /千円)	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂)	備考
「その他」以外の機労材	378. 07	_	0.388	_
「その他(機械)」	12. 42	2. 087	$2.59 \times 10-5$	建設機械器具賃貸業
「その他(労務)」	94. 58	0.000	0.000	CO ₂ 排出無
「その他(材料)」	7. 11	99. 139	7. $05 \times 10-4$	セメントを想定
合 計	492. 18	_	0.389	_

表5.4.1-12 「その他」を考慮したCO₂排出原単位の計算例(舗装版切断工)

表5.4.1-13 「その他」考慮・未考慮によるCO₂排出原単位の違い

工種	CO2排出原草	单位(t-CO ₂)	増減率
工. 作	「その他」考慮せず	「その他」考慮	頃似乎
舗装版切断工	0.388	0.389	100. 19%
粉体噴射撹拌工	1, 068. 230	1, 068. 263	100.00%
函渠工	214. 593	214. 598	100.00%
現場打天端コンクリート工	198. 757	198. 757	100.00%
アスファルト舗装(人力)	7. 882	7.882	100.00%
路盤工 (車道)	4. 586	4. 586	100.00%
アスファルト舗装 (機械)	8.062	8.062	100.00%

ウ. 施工パッケージ型積算の年次更新への対応

施工パッケージ型積算では年毎に標準単価が見直されているが、対象とする作業内容 は基本的に変わらないことから CO2排出量も大きく変化しないと考えられる。平成 25 年 4 月から平成26年4月では、以下の工種において建設機械の変更(トラッククレーン→ラ フテレーンクレーン)があった。

・掘削補助機械搬入搬出作業

小型擁壁(B)

•現場取卸(鋼桁)

·現場取卸 (PC 桁)

•現場取卸(鋼管桁)

・コンクリート

CO₂排出原単位を算出した「コンクリート工」うち、平成25年度のCO₂排出原単位と平 成 27 年 10 月の CO₂ 排出原単位での違いは表 5.4.1-14 のとおりである。建設機械の変更 に伴って機械重量が変わったことによって、建機損耗分のみ変更した。

表5.4.1-14 施工パッケージの年次更新に伴うCO2排出原単位の違い(H25.4からH26.4)

14 0 1			CO ₂ 排出	出原単位(kg	-CO ₂)
施工パッケ ージ工種	条件区分	単位	H25.4	H26. 4	増減率 (%)
コンクリート	小型構造物/打設地上高さ 2m 超 28m 以下、水平距離 30m 以下/24-8-25(20)(高炉)/一/一般養生/ー//打設高さ約 25m 以下、水平距離約 20m 以下	m^3	195. 336	194. 936	99. 2

平成26年4月から平成27年4月では、以下の工種において建設機械の変更があった。

掘削

・路体(築堤)盛土・路床盛土

積込 (ルーズ)

・床掘り

•舗装版破砕積込(小規模土工)

・埋戻し

・コンクリートはつり

上記工種のうち、5条件区分に対して平成26年4月、平成27年4月の条件で試算した 結果を表 5.4.1-15 に示す。主に第 1 次基準値対応の排出ガス対策型建設機械から第 2 次 基準値対応の排出ガス対策型建設機械に変わったことによって建設機械の重量が増えて、 CO₂排出量も増加する傾向が見られた。

表5.4.1-15 施工パッケージの年次更新に伴うCO₂排出原単位の違い(H26.4からH27.4)

*** ** * * * * * * * * * * * * * * * *		変更された	上建設機械		CO ₂ 排と	出原単位(k	g-CO ₂)
施工パッケ ージ工種	条件区分	H26. 4	H27.4	単位	H26. 4	H27. 4	増減率 (%)
掘削	土砂/上記以外 (小 規 模)/-/-/-/1 箇所 100m³以下 (標準以外)	小型バックホウ (クローラ型) [標準型・排出 ガス型 (第1次 基準値)] 山積 0.13m³ (平積 0.10m³)	小型バックホウ (クローラ型) [標準型・排出 ガス対策型(第 2次基準値)] 山積 0.13m³(平 積 0.10m³)	m^3	5. 497	6. 772	123. 2
路体(築堤) 盛土	4.0m 以上/敷 均し+締固め /-/10,000m ³ 未 満/無し	タイヤローラ 質量 8~20t	タイヤローラ [普通型・排出 ガス対策型(第 2次基準値)]質 量8~20t	${\tt m}^3$	0. 757	0.816	107.8
路床盛土	4.0m 以 上 /10,000m³未満 /無し	タイヤローラ 質量8~20t	タイヤローラ [普通型・排出 ガス対策型(第 2次基準値)]質 量8~20t	m ³	1. 112	1. 217	109. 4
龄床'盆上	4.0m 以上 /10,000m ³ 以上 /無し	タイヤローラ 質量8~20t	タイヤローラ [普通型・排出 ガス対策型(第 2次基準値)]質 量8~20t	m ³	1. 137	1. 242	109. 2
積込 (ルーズ)	土砂/1 箇所 100m³以下(標 準)	バックホウ(クローラ型)[標準型・排出ガス対策型(第1次基準値)] 山積 0.28m³(平積 0.2m³)	バックホウ (クローラ型)[標準型・排出ガス対策型 (第2次基準値)] 山積 0.28m³ (平積0.20m³)	m^3	3. 499	4. 192	119.8

表 5.4.1–14、表 5.4.1–15 の結果を踏まえると、施工パッケージの年次更新による CO_2 排出原単位の変更は今後も小さいと考えられることから、対応方策としては標準単価の変更に併せて CO_2 排出原単位を更新することは考えない。ただし、資材使用量が変わった等の場合には対応の検討が必要となる。

5.4.2 CO₂排出量算出支援ツールの検討

(1) CO₂排出量算出支援ツールの作成方針

工事に伴う CO_2 排出量の計算にあたっては、計算の対象が多岐に渡るほど工種や資材等の情報や CO_2 排出原単位の整理が煩雑になるとともに、工種や資材等に対応する CO_2 排出原単位の選択の判断が難しい場合がある。そこで、 CO_2 排出量算出の省力化、効率化を支援するツールを検討した。

道路事業の構想段階から施工段階にいたる各事業段階で CO_2 計算が可能なツールとするため、事業計画の熟度に応じた入力項目 (構造物・工種・資機材)を設定した。また、ツールの利用者は、事業者 (開発事業者・国・自治体)、設計者 (コンサルタント)、施工者 (建設会社)、資材製造者 (資材メーカー)を想定した。支援ツールが出来るだけ多くの人に利用されることを目指して、利用者が一般的に利用していると考えられるエクセル (Excel 2010 以降を想定、ファイルの拡張子は、x1sm を (Excel 2007 以降の Excel ファイル (マクロ付き) に付く拡張子) 使用) を利用して、計算及びグラフ作成の自動化を目的としてマクロを組み込むこととした。

支援ツールの構成は、試算過程のブラックボックス化の防止とデータの散在によるファイルの混同・紛失等を防止するため、入力・計算、原単位、出力結果を同一ファイル内に納めることとし、シートで分けて管理することとした。

試算過程のブラックボックス化を防止するため CO_2 排出原単位のデータベースをツールに組み込むこととした。搭載する原単位は、①構造別の原単位、②工種別(積上型)の原単位、③工種別(施工パッケージ型)の原単位、④資材別の原単位と⑤建設機械別の原単位を加えた 5 種類の CO_2 排出原単位とし、種類毎にシートを用意して管理することとした

入力・計算シートは、CO₂排出量の計算結果による比較検討が可能となるよう事業や工事の複数案が入力できるようにし、入力が可能な件数は最大5件とした。

出力シートは、説明資料等への転用を想定して、データ集計とグラフ化の機能を設けることとした。ツール構成のイメージを図 5.4.2-1 に示す。

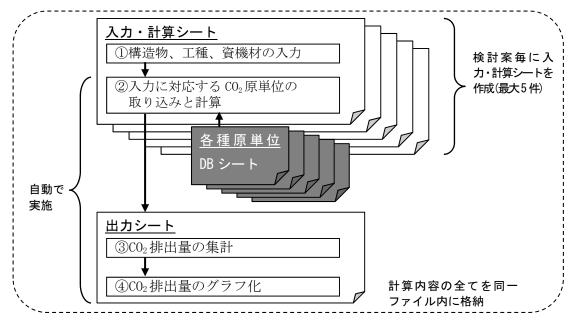


図5.4.2-1 ツール構成のイメージ

 CO_2 排出原単位は、工法の追加や知見の蓄積等により、継続的に更新や追加が発生すると考えられる。このため、シートは保護の設定をかけないこととし、所定の入力フォームに従いエクセルの基本操作(コピー&ペースト等)で容易に更新、追加が可能となるようにした(図 5.4.2-2 参照)。これによって、利用者が自らツールで計算した結果を任意の原単位として追加することで、計算の省力化が可能となるようにした。なお、原単位シートに追加できる原単位数は、エクセルの入力が可能な行数から項目名の記載がある1行目を除いた 1,048,575 個である。

######################################						ß	Н			К	
構造	規格1	規稿2	単位			CO2排出原單位(Max)	C02単位	資材分		建模物值分	
±Ι	なし	なし	km - 1/8/8/8	897	100	3,394	t-002	88.185%	8.553%	15.828%	8.8543
構装	なし	なし	km * 1頭線	13,116	5,320	45,547	t-002	92.140%	2.747%	2.815%	2.1987
15/86	なし	なし	km * 1車線	5,390	4,098	6,642	t-002	88.114X	3.159%	5.480%	3.247
±Ι	2重線	なし	km	1,721	384	4,103	t-002	65.753X	6.176%	19.537%	8.534
±Ι	4重線	なし	km	1,915	737	3,508	t-C02	68.893%	7.255%	17.293%	8.5582
標業	2重線	なし	km	24,850	12,146	61,452	t-002	90.336%	3.207%	3.761%	2.696
精混	4車線	なし	km	43,761	34,528	60,572	t-002	91.187%	3.310%	2.805%	2.698
15/86	2面線	なし	km	10,769	9,270	12,724	t-082	87.683X	3.208%	5.736%	3.373
±Ι	2車線	20万m ³ 未滿	km	1,413	256	3,277	t-002	74.028%	6.633%	13.386%	5.3542
±Ι	2車線	20~40万m ³	km	1,450	985	1,833	t-002	47.235%	5.587%	30.928%	18.2523
±Ι	2重線	40万m ³ 以上	km	3,428	1,986	4,488	t-C02	48.438%	4.875%	33.207%	12.3813
±Ι	4車線	20万m ³ 未満	km	1,571	417	3,650	t-002	72.770%	7.278%	13.892%	6.0593
±Ι	4面10.	20~40万m ³	km	2.097	1,375	2,688	t-002	61.407X	7.280%	23.312%	8.0013
±Ι	4重線	40万m ³ 以上	km	3,235	1,721	4,233	t-C02	58.403X	6.372%	26.532%	10.693
	-				10,639	28,149	t-C02	93.824%	2.721%	2.058%	1.399
行目	の項目	まに合せ	て名称、	数値を登録	ます 12,146	91,094	t-C02	92.000X	2.782%	3.046%	2.222
					34,528	60,572	t-002	93.237%	2.540%	2.152%	2.070
5 – 2	で原具	単位の追	加が可能	E	8,197	10,858	t-002	87.738%	2.763%	6.079X	3.420
1026	2車線	福貝 0m以上	km	11,328	9,300	13,283	t-002	30.797%	2.628%	4.087%	2.488
		8構造の原単位/	工種(精上)の原準	付け、工種(施工P)の	原単位・資材の原単	位。建					

図5.4.2-2 原単位の追加 (原単位データベース)

(2) CO₂排出量算出支援ツールの入力方法 利用者の入力の負担及び誤入力の防止に着目し、以下のとおりとした。

1) CO₂排出原単位のプルダウンリスト選択

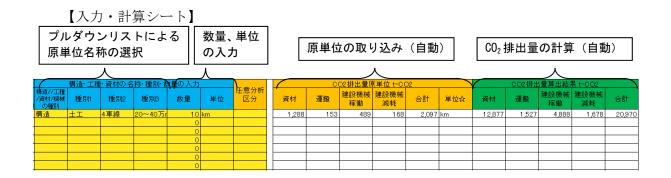
入力画面における CO₂排出原単位の選択方法を図 5.2.4-3 に示す。

CO₂排出原単位は、より多くの工事で試算が可能となるよう構造別や工種(積上、施工パッケージ型)別、資材別、建設機械別と多種多様に存在する。CO₂排出量を試算するためには、これらの原単位や原単位の名称を正確に入力する必要があり、直接入力では非常に労力がかかるうえに1文字でも違えば、計算結果の誤りや計算不能となる。

このため、ツールの入力・計算画面から直接原単位が入力できるようにすると共に、利用者の負担軽減と原単位選択の補助を目的に、階層式のプルダウンリストから原単位名称が選択できるようにした。また、階層が深すぎると逆に選択の手間が増えることから、1 つの原単位名称が 3~4 階層で選択できるようにし、単位名称を基に原単位データベースから、原単位が自動的に入力・計算画面に取り込まれる仕組みとした。

なお、ツールにはシート別に原単位データベースが存在しているので、用意されている原単位を直接確認、検索が可能となっている。

この他、さらなる入力作業の軽減策として、選択済みデータからのコピー&ペーストが可能となるよう、ペースト後に再計算するための再計算ボタンを配置した。



【原単位名称の選択】

○入力・計算シート:プルダウンリストによる原単位名称の選択



○原単位シート:構造別の原単位データベース(入力・計算シートとは別で管理)

0 //1. == :	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	() () () () () () () () () () () () () (요 면 # 다 DD 다 다 기는
The state of the s			合原単位 UD は区分母
■ 「首児久/器」生でIIIへ	2 / 工锤(铥上げ) DD / 工锤(施工0)) ロロー (容は10円 / (建まり2)経 (柿 ロロー/ 👲	
	B/工種(積上げ)DB/工種(施工F	7 DD / 其17 DD / 注6X1X1以DD /	にシートで管理
			1 - 2 1 - 1 - 1

【構造	規格1	規格2	単位	CO2排出原単位	CO2単位	資材分	運搬分	建機稼働分	建機減耗分
土工	なし	なし	km·1車線	697	t-C02	68. 165%	9. 553%	15. 628%	6. 654%
 \	2車線	なし	km	1, 721	t-C02	65. 753%	<u>6 1760</u>	10 5270	- 534%
\ \		20万m ³ 未満	km	1, 413	t-C02	74. 028%		†算シート(こ取り _{54%}
\	√ l	20~40万m ³	km	1, 450	t-C02	47. 235%	_ 込まれ <i>た</i>	≿原単位	52%
	7	40万m ³ 以上	km	3, 429	t-C02	49. 438%	4. 975%	33. 207%	12. 381%
	4車線	なし	km	1, 915	t-C02	68.893%	7, 255%	17, 293%	6, 558%
	,	20万m ³ 未満	km	1, 571	t-C02	72. 770%	7. 278%	13. 892%	6. 059%
		20~40万m³	km	2, 097	t-C02	61. 407%	7. 280%	23. 312%	8. 001%
		40万m ³ 以上	km	3, 235	t-C02	56. 403%	6. 372%	26. 532%	10. 693%
橋梁	なし	なし	km·1車線	13, 116	t-C02	92. 140%	2. 747%	2. 915%	2. 198%
	2車線	なし	km	24, 350	t-C02	90. 336%	3. 207%	3. 761%	
		幅員10m未満	km	13, 937	t-C02	93. 824%	2. 721%	2. 056%	1. 399%
		幅員10m以上	km	30, 860	t-C02	92. 000%	2. 732%	3. 046%	2. 222%
	4車線	なし	km	43, 761	t-C02	91. 187%	3. 310%	2. 805%	
		幅員20m以上	km	43, 761	t-C02	93. 237%	2. 540%	2. 152%	2. 070%
トンネル	なし	なし	km・1車線	5, 390	t-C02	88. 114%	3. 159%	5. 480%	3. 247%
	2車線	なし	km	10, 769	t-C02	87. 683%	3. 208%	5. 736%	3. 373%
		幅員10m未満	km	9, 530	t-C02	87. 738%	2. 763%	6.079%	3. 420%
		幅員10m以上	km	11, 328	t-C02	90. 797%	2. 628%	4. 087%	2. 488%

図5.4.2-3 入力画面におけるCO2排出原単位の選択方法

2) 入力データと計算結果の対比

入力条件等の妥当性や誤入力を確認しやすくして算出ミスを極力なくすため、図 5.4.2-4に示すとおり、データの入力と計算結果が一覧で表示できる構成とした。



図5.4.2-4 入力データと計算結果の対比

3) 単位選択ミスによる計算の誤りの防止と単位変換機能の搭載

入力データの単位と原単位の単位が異なる場合は、入力画面に単位の変換が必要である旨のアラートが表示されるようにして利用者に注意を促すとともに、利用頻度が高いと想定される単位変換については、プルダウンリストから選択ができるようにした。

また、試算事例 16 事例から単位変換を行う枠を 3 つ設けることとし、計算の経過が確認できるようにした。

4) 任意分析区分の搭載

原単位には、排出量の要因が把握できるように排出由来(資材分、運搬分、建機稼働分、建機減耗分)の内訳を加えているが、さらにどのような工事や資材が課題となっているのか利用者自らが解析できるよう、計算結果を任意で区分できる機能を追加した。

(3) CO₂排出量算出支援ツールの出力方法

算出結果(出力)の分析生の向上に着目するとともに、出力結果を「事業評価」や「設計案の比較検討」、「技術・建設物のPR」等にも流用できることに着目し、以下のとおりとした。

1) 複数案の CO₂排出量の比較

工事案毎の CO₂排出量の比較が容易にできるよう、入力した案件数を一つの表及びグラフにまとめて表示することとした。

2) 算出結果の工種別、由来別でのグラフ化機能

図5.4.2-5に示すとおり各入力データのCO₂排出量がひと目で分かるようグラフ化機能を搭載するとともに、原単位別(構造、工種(積上型)、工種(施工パッケージ型)、資材、建設機械)、排出由来別(資材分、運搬分、建機稼働分、建機減耗分)、利用者の任意設定区分別のCO₂量もグラフ化し、解析が容易にできるようにした。

また、表及びグラフを一つにまとめた標準レイアウトを自動で作成するとともに、利用者自らがグラフの色等を自由に変更できるように出力結果に保護はかけず編集可能とした。

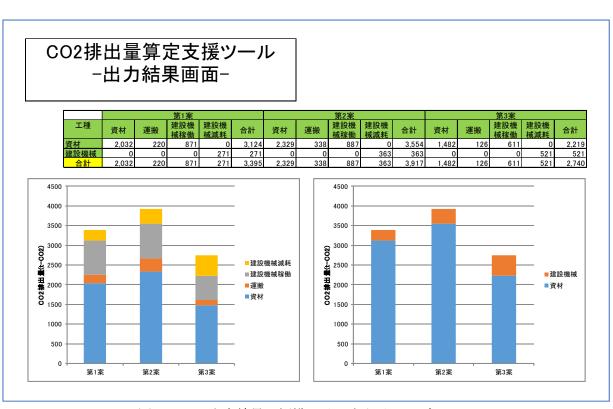


図5.4.2-5 出力結果の標準レイアウトイメージ

(4) CO₂排出量算出支援ツールの管理方法

入力シートは、計算結果が正しく表示できるよう、計算結果出力セルは保護(書き込みの禁止)の設定をした。一方、出力結果のグラフの色等を利用者が変更できるように、 出力結果シートの保護は設定しないこととし、原単位データベースの更新、追加を利用 者が実施できるように原単位シートも保護は設定しないこととした。

(5) CO₂排出量算出支援ツールに搭載する CO₂排出原単位等の整理

ツールに搭載する原単位は、過年度研究に基づいて①構造別の原単位、②工種別(積 上型)の原単位、③工種別(施工パッケージ型)の原単位、④資材別の原単位と⑤建設 機械別の原単位を加えた5種類の原単位とした。

各種原単位は、原単位の選択を容易に行えるよう上位分類を加えた階層構造にするとともに、算出結果の解析性を向上するため排出由来(資材分、運搬分、建機稼働分、建機減耗分)の内訳を加えて整理を行うこととした。上位分類が不足する資材別の原単位は、国土交通省が工事費積算で使用する資材区分で上位分類を整理した。

構造別の原単位の整理結果を表 5.4.2-2、工種別(積上型)の原単位の整理結果を表 5.4.2-3、工種別(施工パッケージ型)の原単位の整理結果の概要を表 5.4.2-4、資材別の原単位の整理結果を表 5.4.2-5、建設機械別の原単位の整理結果の概要を表 5.4.2-6 に示す。

なお、建設機械からの CO₂排出は、建設機械の稼働に係る燃料消費と建設機械の減耗の 2 種類からなる。建設機械の燃料消費と建設機械減耗は、下記の式で算出した。また、表 5.4.2-1 に示す燃料毎の CO₂排出原単位は、資材別の原単位から整理した。

◆建設機械別の原単位の算出式

<u>燃料消費(kg-C0₂/供用日)</u>=燃料の C0₂排出原単位(kg-C0₂/燃料の単位)× 年間標準運転時間(h/年)÷年間標準供用日数(供用日/年)× 燃料消費率(燃料の単位/h)

建設機械減耗(kg-CO₂/供用日)=機械重量(t)×3.96(kg-CO₂/t・供用日)

名称	単位(☆)	CO ₂ 排出原単位(kg-CO ₂ /☆)
軽油	Q	2. 948
ガソリン	Q	2. 838
液化石油ガス	t	3, 315. 667
事業用電力	kWh	0. 464
灯油	Q	2. 753

表5.4.2-1 燃料毎のCO₂排出原単位

建設機械別の CO₂排出原単位は、発注者、施工業者共に利用することを想定し、供用日から算出する単位、稼働日から算出する単位の両方を作成した。建設機械等損料表に記載されている各建設機械の標準的な燃料使用量を基に、燃料消費と建設機械の減耗を合算した原単位を作成するとともに、別途燃料消費の算出が可能となるよう建設機械の減耗のみの原単位も作成した。

表5.4.2-2 構造別のCO₂排出原単位

構造	規格 1	規格 2	単位	CO ₂ 排出原単位 (Ave)	CO ₂ 排出原単位 (Min)	CO ₂ 排出原単位 (Max)	CO ₂ 単位	資材分	運搬分	建機稼働分	建機減耗分
土工	なし	なし	km・1 車線	697	100	3, 394	t-CO ₂	66. 934%	9. 922%	16. 233%	6. 911%
橋梁	なし	なし	km・1 車線	13, 116	5, 320	45, 547	t-CO ₂	91. 189%	3. 080%	3. 268%	2. 464%
トンネル	なし	なし	km・1 車線	5, 390	4, 098	6, 642	t-CO ₂	88. 023%	3. 183%	5. 522%	3. 272%
土工	2 車線	なし	km	1, 721	384	4, 183	t-CO ₂	65. 753%	6. 176%	19. 537%	8. 534%
土工	4 車線	なし	km	1, 915	737	3, 508	t-CO ₂	68. 893%	7. 255%	17. 293%	6. 558%
橋梁	2 車線	なし	km	24, 350	12, 146	61, 452	t-CO ₂	90. 336%	3. 207%	3. 761%	2. 696%
橋梁	4 車線	なし	km	43, 761	34, 528	60, 572	t-CO ₂	91. 187%	3. 310%	2. 805%	2. 698%
トンネル	2 車線	なし	km	10, 769	9, 270	12, 724	t-CO ₂	87. 683%	3. 208%	5. 736%	3. 373%
土工	2 車線	20 万 m3 未満	km	1, 413	256	3, 277	t-CO ₂	74. 028%	6. 633%	13. 386%	5. 954%
土工	2 車線	20~40 万 m3	km	1, 450	985	1, 833	t-CO ₂	47. 235%	5. 587%	30. 926%	16. 252%
土工	2 車線	40 万 m3 以上	km	3, 429	1, 986	4, 488	t-CO ₂	49. 438%	4. 975%	33. 207%	12. 381%
土工	4 車線	20 万 m3 未満	km	1, 571	417	3, 650	t-CO ₂	72. 770%	7. 278%	13. 892%	6. 059%
土工	4 車線	20~40 万 m3	km	2, 097	1, 375	2, 688	t-CO ₂	61. 407%	7. 280%	23. 312%	8. 001%
土工	4 車線	40 万 m3 以上	km	3, 235	1, 721	4, 233	t-CO ₂	56. 403%	6. 372%	26. 532%	10. 693%
橋梁	2 車線	幅員 10m 未満	km	13, 937	10, 639	23, 149	t-CO ₂	93. 824%	2. 721%	2. 056%	1. 399%
橋梁	2 車線	幅員 10m 以上	km	30, 860	12, 146	91, 094	t-CO ₂	92.000%	2. 732%	3. 046%	2. 222%
橋梁	4 車線	幅員 20m 以上	km	43, 761	34, 528	60, 572	t-CO ₂	93. 237%	2. 540%	2. 152%	2. 070%
トンネル	2 車線	幅員 10m 未満	km	9, 530	8, 197	10, 656	t-CO ₂	87. 738%	2. 763%	6. 079%	3. 420%
トンネル	2 車線	幅員 10m 以上	km	11, 328	9, 300	13, 283	t-CO ₂	90. 797%	2. 628%	4. 087%	2. 488%

表5.4.2-3 工種別(積上型)のCO₂排出原単位(一部抜粋)(1/2)

区分	工種(Lv.2)	種別(Lv. 3)	細別(Lv. 4)	 単位	CO ₂ 排出原単位	CO ₂ 単位	資材分	運搬分	建機稼働分	建機減耗分
積上	道路土工	掘削工	掘削	m^3	2. 391	kg-CO ₂	8. 146%	0.788%	64.610%	26. 457%
積上	道路土工	路体盛土工	路体(築堤)盛土	m^3	1. 200	kg-CO ₂	8. 432%	0.815%	66. 880%	23. 872%
積上	道路土工	路床盛土工	路床盛土	m^3	1. 466	kg-CO ₂	8. 543%	0.826%	67. 758%	22. 873%
積上	道路土工	法面整形工	法面整形(盛土部)	m^2	2. 940	$kg-CO_2$	7. 994%	0.773%	63. 404%	27. 829%
積上	道路土工	法面整形工	法面整形(切土部)	m^2	3. 178	$kg-CO_2$	7. 893%	0.763%	62.602%	28. 742%
積上	道路土工	残土処理工	残土等処分	m^2	8. 737	$kg-CO_2$	8. 976%	0.868%	71. 195%	18. 961%
積上	地盤改良工	路床安定処理工	安定処理	m^2	11. 682	$kg-CO_2$	8. 007%	0.774%	63. 505%	27. 714%
積上	法面工	植生工	種子散布	m^2	3. 732	$kg-CO_2$	22.664%	10. 337%	48. 615%	18. 384%
積上	法面工	植生工	客土吹付	m^2	3. 680	$kg-CO_2$	19. 034%	8.068%	50. 663%	22. 236%
積上	法面工	植生工	植生基材吹付	m^2	4. 465	$kg-CO_2$	25. 326%	12. 199%	43. 847%	18. 627%
積上	舗装工	舗装準備工	不陸整正	m^2	0. 345	kg-CO ₂	7. 031%	0.680%	55. 769%	36. 520%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	下層路盤(車道・路肩部)	m^2	2. 893	$kg-CO_2$	45. 875%	38. 566%	9. 501%	6. 058%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	下層路盤(歩道部)	m^2	2. 348	kg-CO ₂	44. 018%	38. 040%	11. 583%	6. 359%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	上層路盤(車道・路肩部)	m^2	5. 498	$kg-CO_2$	77. 398%	14. 320%	5. 049%	3. 232%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	上層路盤(歩道部)	m^2	2. 707	$kg-CO_2$	63. 010%	20. 033%	10. 339%	6. 618%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	基層(車道·路肩部)	m^2	7. 194	$kg-CO_2$	90. 403%	5. 912%	2. 135%	1. 549%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	基層(歩道部)	m^2	6. 623	$kg-CO_2$	90. 417%	5. 583%	2. 444%	1. 557%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	中間層(車道・路肩部)	m^2	7. 332	$kg-CO_2$	89. 995%	6.818%	1.842%	1. 344%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	中間層(歩道部)	m^2	0.000	$kg-CO_2$	0. 000%	0.000%	0.000%	0.000%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	表層(車道・路肩部)	m^2	7. 141	$kg-CO_2$	89. 660%	6.615%	2. 168%	1. 558%
積上	舗装工	アスファルト舗装工	表層(歩道部)	m^2	6. 110	$kg-CO_2$	89. 438%	6. 530%	2. 525%	1. 507%
積上	舗装工	コンクリート舗装	下層路盤(車道・路肩部)	m^2	1. 609	$kg-CO_2$	38. 726%	32. 746%	17. 394%	11. 134%
積上	舗装工	コンクリート舗装	コンクリート舗装	m^2	20. 119	$kg-CO_2$	75. 427%	5. 622%	12. 743%	6. 208%
積上	舗装工	排水性舗装工	下層路盤(車道・路肩部)	m^2	2. 858	$kg-CO_2$	47. 674%	35. 975%	9. 894%	6. 458%
積上	舗装工	排水性舗装工	上層路盤(車道·路肩部)	m^2	6. 599	$kg-CO_2$	79. 678%	12. 958%	4. 383%	2. 981%
積上	舗装工	排水性舗装工	基層(車道·路肩部)	m^2	7. 339	$kg-CO_2$	89. 206%	6. 169%	2. 686%	1. 939%
積上	舗装工	排水性舗装工	中間層(車道・路肩部)	m^2	7. 401	$kg-CO_2$	89.069%	6. 625%	2. 542%	1. 763%
積上	舗装工	排水性舗装工	排水性舗装・表層(車道・路肩部)	m^2	6. 748	$kg-CO_2$	88. 215%	7. 213%	2. 750%	1. 823%
積上	舗装工	透水性舗装工	フィルター層	m^2	3. 066	$kg-CO_2$	58. 269%	34. 024%	4. 905%	2.802%
積上	舗装工	透水性舗装工	表層	m^2	5. 894	kg-CO ₂	89. 119%	7. 080%	2. 361%	1. 440%

表5.4.2-3 工種別(積上型)のCO₂排出原単位(一部抜粋)(2/2)

区分	工種(Lv. 2)	種別(Lv.3)	細別(Lv. 4)	_	単位	CO ₂ 排出原単位	CO ₂ 単位	資材分	運搬分	建機稼働分	建機減耗分
積上	排水構造物工	作業土工	床掘り(掘削)		m^3	2. 112	kg-CO ₂	8. 172%	0.799%	64. 541%	26. 488%
積上	排水構造物工	作業土工	床掘り		m^3	4. 404	kg-CO ₂	8. 048%	0.778%	63. 836%	27. 338%
積上	排水構造物工	作業土工	埋戻し		m^3	3. 168	kg-CO ₂	8. 483%	0.884%	65. 325%	25. 307%
積上	排水構造物工	側溝工	L型側溝		m	249. 349	kg-CO ₂	93. 219%	2.606%	0. 451%	3. 725%
積上	排水構造物工	側溝工	プレキャストL型側溝		m	70. 141	kg-CO ₂	87. 841%	5. 795%	4. 530%	1.834%

表5.4.2-4 工種別(施工パッケージ型)のCO₂排出原単位の概要(再掲)(1/3)

		量が(旭工パッケーン主)が2023年山水平			区分数
No.	施工パッケージ工種	条件区分の一例	単位		未算出含む全体
1	掘削	土砂/オープンカット/-/有り/-/普通土 30,000m³ 未満又は湿地軟弱土/-/-/- 他	m^3	51	51
2	土砂等運搬	標準/バックホウ山積 0.8m³(平積 0.6m³)/土砂(岩塊・玉石混り土含む)/無し/0.3km 以下/-/-/-/-/- 他	m^3	482	482
3	整地	残土受入れ地での処理/- 他	m ³	5	5
4	路体(築堤)盛土	2.5m 未満/-/-/- 他	\mathbf{m}^3	12	12
5	路床盛土	2.5m 未満/-/- 他	m^3	6	6
6	押土(ルーズ)	土砂 他	\mathbf{m}^3	1	3
7	積込(ルーズ)	土砂/土量 50,000m³未満 他	\mathbf{m}^3	2	11
12	床堀り	土砂/標準/無し/障害無し 他	\mathbf{m}^3	12	41
16	埋戻し	最小埋戻幅 4m 以上/-/- 他	m^3	9	9
28	安定処理	スタビライザ/0.6m 以下/5.25t/1 回 他	m^2	2	7
29	法面整形	盛土部/有り/有り/砂及び砂質土、粘性土 他	m^2	7	7
31	吹付法面取壊し	 有り/人力施工 他	\mathbf{m}^2	3	4
42	コンクリートブ ロック積	SD345 D16-D25/0.1t 以下 他	m ²	3	3
43	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 他	m ²	1	208
49	胴込・裏込コン クリート	18-8-25(高炉) 他	m^3	1	4
50	胴込·裏込材(砕 石)	間知・平ブロック/再生砕石 RC-40 他	m^3	1	2
54	現場打基礎コン クリート	18-8-25(高炉)/一般養生·特殊養生(練炭) 他	m^3	1	2
55	天端コンクリー ト	18-8 - 25(高炉)/打設地上高さ 2m 以下/一 般養生/-/- 他	m^3	6	6
62	小型擁壁(A)	0.5m以上 0.6m未満/18-8-25(高炉)/無し/ 無し/一般養生・特殊養生(練炭) 他	m^3	36	36
64	重力式擁壁	1m 超 2m 未満/18-8-25(高炉)/無し/無し/ 一般養生/延長無し 他	m^3	112	112
65	もたれ式擁壁	18-8-25(高炉)/有り/有り/一般養生/90m 以上 180m未満 他	m^3	1	64
66	逆T型擁壁	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未満/有り/有り/一般養生/90m以上180m未満 他	m ³	1	240
67	L 型擁壁	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m³以上 0.10t/m³未満/有り/有り/一般養生/90m以上180m未満他	m^3	1	240
69	コンクリート (場所打擁壁)	24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し 他	m^3	2	12
70	プレキャスト擁 壁設置	1.0m を超え 2.0m 以下/有り/有り 他	m	1	16
75	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) 他	m	1	129

表5.4.2-4 工種別(施工パッケージ型)のCO₂排出原単位の概要(再掲)(2/3)

	14 - 0)			条件区	区分数
No.	施工パッケージエ	条件区分の一例	単位		未算出含
	種			算出済み	む全体
77	暗渠排水管	据付/波状管及び網状管/200-400mm/要 他	m	1	21
79	管(函)渠型側 溝(製品長/2m/ 個)	据付/400mm を超え 600mm 以下/有り 他	m	1	10
80	プレキャスト集 水桝	据付/800kg を超え 1200kg 以下/有り 他	基	1	30
82	鉄筋コンクリー ト台付管	据付/600mm 他	m	1	12
83	プレキャスト L 型側溝(製品長 /0.6m/個)	据付/有り/300 鉄筋コンクリートL形(500×155×600) 他	m	2	5
85	PC 管	据付/1200mm/180°巻き/18-8-25(20)(高炉) 他	m	1	60
88	現場打ち水路 (本体)	18-8-25(高炉)/1.0m以下/5.2m ³ /10m超 5.6m3/10m以下/一般養生・特殊養生(練 炭) 他	m	1	69
89	現場打ち集水 桝・街渠桝(本 体)	18-8-25(高炉) /1.03m³超1.09m³以下/一般養生・特殊養生(練炭) 他	箇所	1	129
92	粉体噴射撹拌	無し/15m以上20m以下/17m以上20m以下 /(実数入力) 他	本	1	46
123	函渠	24-8-25(20)(高炉)/幅:2.5以上4.0未満かつ高さ2.5以上4.0以下/一般養生・特殊養生(練炭、ジェット)/有り/有り/有り 他	m ³	1	768
124	コンクリート (場所打函渠)	24-8-25(20)(高炉)/一般養生/延長無し 他	m^3	2	12
125	殼運搬	コンクリート(無筋・鉄筋) 構造物とりこわし/機械積込/無し/0.5km以下 /-/-/-/- 他	m ³	181	181
126	コンクリート	無筋・鉄筋構造物/打設量 10m³/日以上又は 打設地上高さ 2m 超/24-8-25(20)(高 炉)/10m3以上 300m³未満/一般養生/60m 超 120m 以下/-/- 他	m^3	2	55
135	消波根固めブロ ック運搬	2.5t 以下/積込·荷卸/5個/台/0.5km以下 他	個	3	1188
136	消波根固めブロ ック仮置	2.5t 以下/有り/ラフテレーンクレーン(油圧伸縮ジ ブ型)25t 吊 他	個	1	24
169	かごマット設置	t=30cm/亜鉛アルミメッキ/割栗石 他	m^2	1	2
173	袋詰玉石	2t 用/購入材 他	袋	1	4
190	掘削(砂防)	土砂/無し/無し 他	m^3	5	15
191	土砂等運搬(砂 防)	0.5km 以下/土砂(岩塊・玉石混り土含む) 他	m^3	3	30
199	下層路盤(車道· 路肩部)	75mm 以上 125mm 以下/クラッシャーラン C-40 他	m^2	26	26

表5.4.2-4 工種別(施工パッケージ型)のCO₂排出原単位の概要(再掲)(3/3)

				条件区	区分数
No.	施工パッケージ工種	条件区分の一例	単位	CO ₂ 原単位 算出済み	未算出含 む全体
201	上層路盤(車道· 路肩部)	瀝青安定処理材(40)/65mm 超 75mm 以下 /1.4m未満/タックコート PK-4 他	m^2	17	35
203	基層(車道・路 肩部)	25mm以上35mm未満/1.4m以上/再生粗粒度 アススファルト混合物(20)/タックコート PK-4 他	m^2	15	270
204	中間層(車道・ 路肩部)	45mm以上55mm未満/1.4m以上/再生粗粒度 アスファルト混合物(20)/タックコート PK-4 他	m^2	2	270
205	表層(車道·路肩 部)	25mm 以上 35mm 未満/1.4m 以上/密粒度アススフ ァルト混合物(20)/タックコート PK-4 他	m^2	15	270
206	表層(歩道部)	25mm以上35mm未満/1.4m未満/再生密粒度 アスファルト混合物(13)/タックコート PK-4 他	m^2	210	210
210	排水性舗装·表 層(車道·路肩 部)	2.4m 以上/45mm 以上 55mm 未満/無し/アスファ ルト混合物 ポーラスアスファルト混合物(13) 他	m^2	2	78
211	フィルター層	120mm 以上 140mm 未満 他	m^2	1	9
212	透水性アスファルト舗装	1.4m 以上/45mm 以上 55mm 未満/2.05t/m³(標準) 他	m^2	1	24
213	踏掛版	24-8-25(20)(高炉)/0.08t/m3 以上 0.10t/m³未満/無し/SD345/D13 他	m^3	2	20
214	基 礎 ブ ロ ッ ク (立入防止柵)	設置	個	1	3
215	金網(フェンス)・支柱(立入 防止柵)	設置	m	1	3
231	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 他	m	2	56
232	地先境界ブロック	設置/A種(120×120×600)/有り/一般養生 /有り 他	m	1	42
235	特殊ブロック舗 装	設置/30cm×30cm 他	m^2	1	3
245	路面切削	全面切削 6cm 以下(4000m ² を超え)/有り 他	m^2	2	7
247	舗装版破砕	アスファルト舗装版/無し/不要/10cm以下 他	m^2	3	20
248	舗装版切断	アスファルト舗装版/15cm 以下 他	m	1	3
304	運搬(電線共同溝)	アスファルト塊/無し/0.5km 他	m^3	3	
319	現場発生品·支 給品運搬	クレーン装置付 4t 積 2.9t 吊(参考)荷台長 L=3.4m荷台幅 W=2.0m/2km以下/0.8t 超え 1.1t以下 他	П	3	162

表5.4.2-5 資材別のCO₂排出原単位(一部抜粋)(1/2)

分類	百岁片女孙	単位	CO ₂ 排出原単位	CO ₂ 単位	資材	油油	建機稼働	建機損耗	追加
	原単位名称	甲亚				運搬			12川
101 鉄鋼、副資材費	鋼製矢板	t	1185. 374	kg-CO ₂	97. 676%	2. 324%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	形鋼	t	1185. 374	$kg-CO_2$	97. 676%	2.324%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	鋼製山留材	t	1185. 374	$kg-CO_2$	97. 676%	2. 324%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	覆工板	t	1185. 374	$kg-CO_2$	97. 676%	2.324%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	鋼材【工場制作物の材料】	t	1185. 374	kg-CO ₂	97. 676%	2. 324%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	H鋼杭	t	1185. 374	$kg-CO_2$	97. 676%	2. 324%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	鋼板	t	2006. 598	kg-CO ₂	98. 489%	1.511%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	鉄棒・鉄筋コンクリート用棒鋼	t	822. 539	$kg-CO_2$	97. 092%	2.908%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	構造用丸鋼	t	1513. 108	kg-CO ₂	98. 003%	1. 997%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	鋼管ぐい	t	1958. 588	$kg-CO_2$	97. 798%	2. 202%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	PC 鋼線・鋼棒	t	6009. 526	kg-CO ₂	98. 083%	1. 917%	0.000%	0.000%	
101 鉄鋼、副資材費	パイプ材料	t	2404. 099	$kg-CO_2$	90. 615%	9. 385%	0.000%	0.000%	
102 鉄鋼二次製品	普通鋼鋼管	t	1958. 588	$kg-CO_2$	97. 798%	2. 202%	0.000%	0.000%	30 事例
102 鉄鋼二次製品	ハンドホール蓋	t	1170.005	$kg-CO_2$	98. 226%	1.774%	0.000%	0.000%	
102 鉄鋼二次製品	鋳鉄品	t	1170.005	$kg-CO_2$	98. 226%	1.774%	0.000%	0.000%	30 事例
102 鉄鋼二次製品	鋼製グレーチング	t	1170.005	$kg-CO_2$	98. 226%	1.774%	0.000%	0.000%	30 事例
102 鉄鋼二次製品	壁面固定金具	t	2404. 099	kg-CO ₂	90. 615%	9. 385%	0.000%	0.000%	
102 鉄鋼二次製品	ボーリング材	t	2404. 099	kg-CO ₂	90. 615%	9. 385%	0.000%	0.000%	
102 鉄鋼二次製品	ボルト・ナット	t	2799. 513	kg-CO ₂	91. 665%	8. 335%	0.000%	0.000%	
102 鉄鋼二次製品	フェンス・金網柵	t	4076.77	kg-CO ₂	87.850%	12. 150%	0.000%	0.000%	·

表5.4.2-5 資材別のCO₂排出原単位(一部抜粋)(2/2)

分類	原単位名称	単位	CO ₂ 排出原単位	CO ₂ 単位	資材	運搬	建機稼働	建機損耗	追加
104 セメント・生コン・骨材	土工材	t	18. 345	kg-CO ₂	62. 891%	37. 109%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	砂・砂利	t	18. 345	$kg-CO_2$	62. 891%	37. 109%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	コンクリート用骨材 砂利・砂	t	18. 345	$kg-CO_2$	62. 891%	37. 109%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	コンクリート混和・混入剤	t	1524. 846	$kg-CO_2$	94. 525%	5. 475%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	セメント	t	813. 602	kg-CO ₂	98. 987%	1.013%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	生コンクリート	m^3	332. 485	$kg-CO_2$	97. 303%	2.697%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	モルタル	t	239. 035	kg-CO ₂	92. 298%	7. 702%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	コンクリート混和・混入材	t	164. 562	$kg-CO_2$	93. 142%	6.858%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	合成繊維	t	4648. 461	kg-CO ₂	96. 535%	3. 465%	0.000%	0.000%	16 事例
104 セメント・生コン・骨材	砕石	t	10. 559	$kg-CO_2$	75. 559%	24. 441%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	コンクリート用骨材 砕石	t	10. 559	kg-CO ₂	75. 559%	24. 441%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	高炉セメント	t	526. 275	kg-CO ₂	98. 433%	1. 567%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	フライアッシュセメント	t	731. 493	$kg-CO_2$	98.873%	1. 127%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	超速硬セメント	t	806. 095	$kg-CO_2$	98. 977%	1.023%	0.000%	0.000%	
104 セメント・生コン・骨材	生コンクリート早強	m^3	371. 103	$kg-CO_2$	97. 584%	2.416%	0.000%	0.000%	

表5.4.2-6 建設機械別のCO₂排出原単位の概要(一部抜粋)(1/2)

分類	機械名称	原単位数
ブルドーザ及びスクレーパ	ブルドーザ	249
	スクレープドーザ	3
	被けん引式スクレーパ	2
掘削及び積込機	小型バックホウ(クローラ型)	97
	バックホウ(クローラ型)	372
	その他バックホウ	16
	ドラグライン及びクラムシェル	57
	泥上掘削機	9
	クローラローダ(トラクタショベル)	3
	ホイールローダ(トラクタショベル)	192
	バックホウ用アタッチメント	4
運搬機械	ダンプトラック	90
	トラック	57
	トレーラ	21
)	不整地運搬車	35
クレーンその他の荷役機械	クローラクレーン	291
	トラッククレーン	72
	ラフテレーンクレーン	102
	タワークレーン	64
	ジブクレーン	18
	門型クレーン ケーブルクレーン	8 2
	工事用リフト 工事用エレベータ	6
		24
	フォークリフト 玉掛外しロボット	8
	高所作業車	36
	油圧ハンマ(単体)	18
圣诞工学 用1效似	バイブロハンマ(単体)	83
	杭打ち用ウォータジェット	12
	アースオーガ(単体)	86
	クローラ式杭打機(ベースマシン)	30
	クローラ式杭打機	81
	クローラ式アースオーガ	92
	アースドリル	15
	ラフテレーンクレーン装着式アースオーガ	36
	油圧式鋼管圧入引抜機	6
	油圧式杭圧入引抜機	16
	揺動型オールケーシング掘削機	11
	全回転型オールケーシング掘削機	20
	リバースサーキュレーションドリル	12
	艤装設備	35
	掘削・排土設備	24
	送気設備	17
	ヘリウム混合ガス設備	4
	安全設備	11

表5.4.2-6 建設機械別のCO₂排出原単位の概要(一部抜粋)(2/2)

分類	機械名称	原単位数
基礎工事用機械	その他	2
	地下連続壁施工機	33
	等厚式ソイルセメント地中連続壁施工機	15
	側壁測定装置	3
	深層混合処理機(スラリー式)	72

 CO_2 排出量の計算に当たっては、設計報告書等から数量を整理することが一般的と思われるが、設計報告書等で用いられている単位(例えば、t)と CO_2 排出原単位の単位(例えば、 $kg-CO_2/t$ の t)が異なる場合、単位変換が必要となる。土木工事数量算出要領(案)から整理した変換係数を表 5.4.2-7 に示す。

表5.4.2-7 変換単位係数31)

No.	品目	変換係数	単位
1	土砂	1.80	t/m³
2	軟岩	2. 20	t/m³
3	硬岩	2.50	t/m³
4	コンクリート(無筋)	2. 35	t/m^3
5	コンクリート (鉄筋)	2.50	t/m³
6	車道用アスファルト合材 (密粒)	2. 35	t/m^3
7	車道用アスファルト合材 (粗粒)	2. 35	t/m^3
8	土工	2. 30	t/m^3
9	車道用アスファルト合材 (モルタル)	2. 10	t/m³
10	車道用アスファルト合材 (安定処理)	2. 35	t/m^3
11	歩道用アスファルト合材 (密粒)	2. 20	t/m^3
12	歩道用アスファルト合材 (粗粒)	2. 20	t/m^3
13	歩道用アスファルト合材 (細粒)	2. 15	t/m^3
14	砂	1.74	t/m^3
15	切込砂利	2.02	t/m^3
16	クラッシャーラン	2.04	t/m^3
17	粒調砕石	2. 10	t/m^3
18	水硬性スラグ	2.08	t/m^3
19	粒調スラグ	2.06	t/m^3
20	クラッシャーランスラグ	2.06	t/m^3
21	セメント	3.00	t/m^3
22	ソイルセメント	2. 10	t/m^3
23	鋼材	7. 85	t/m^3
24	水	1.00	t/m^3
25	木材	0.80	t/m^3
26	石材	2. 60	t/m^3
27	生コンクリート**	0.43	m^3/t

注)※:生コンクリートは「コンクリート (無筋)」を逆算して算出

(6) CO₂排出量算出支援ツールの試作結果

試作した CO₂排出量算出支援ツールのシート構成を表 5.4.2-8 に示す。

表5.4.2-8 CO₂排出量算出支援ツール(試作)のシート構成

シート	概要	セルの保護等の設定
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	・セルの書き込み保護をオ
	字から選択する。	\sim
	・選択後、[入力画面へ]をクリックする。	
入力画面	・「トップ画面」で選択した比較検討案毎の入力シート	「自由記入欄 1」~「自
	(1 案 1 シート)。以下の区分から構成される。	由記入欄 3」及び [構造
	① 構造・工種・資材の名称・種別・数量の入力	/工種/資材/機械の別]
	② 単位変換	~[単位]、「数値の入力」
	③ CO ₂ 排出原単位 kg-CO ₂ /単位	はセルの書き込み保護
	④ CO ₂ 排出量算出結果 kg-CO ₂	をオフ。
	・入力方法は、以下のとおり。	それ以外はセルの書き込
	<構造・工種・資材の名称・種別・数量の入力>	み保護をオン。
	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、「一」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	
	②-2 [安台] に「単位を狭心安」と表示された場合、[変 換係数 1] ~ [単位] に入力する。	
	一次所数 1] *** [単位] (こ人) する。 <co<sub>2排出原単位></co<sub>	
	~602375日が単位> 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	
	3.	
	③-3 [単位☆] が自動的に選択され、表示される。	
	<co<sub>2 排出量結果></co<sub>	
	④ [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。	
出力結果画面	・「入力シート」の入力内容から、自動的に計算・作成	・セルの書き込み保護をオ
	される画面。	フ。
	・出力結果を印刷すると提出書類の一部に活用できる。	
道路構造の原単	・道路構造の原単位を収録したシート。	セルの書き込み保護をオ
位	・原単位の更新は、利用者が行う。	フ。
工種(積上)の	・積上工種の原単位を収録したシート。	・原単位は利用者が更新す
原単位	・原単位の更新は、利用者が行う。	ることを前提。
工種 (施工 P) の	・施工P工種の原単位を収録したシート。	
原単位	・原単位の更新は、利用者が行う。	
資材の原単位	・資材の原単位を収録したシート。	
	・原単位の更新は、利用者が行う。	

画面遷移、画面イメージを図 5.4.2-6~図 5.4.2-15 に示す。



図 5.4.2-6 画面遷移・画面イメージ (全体概要)

第5章-140

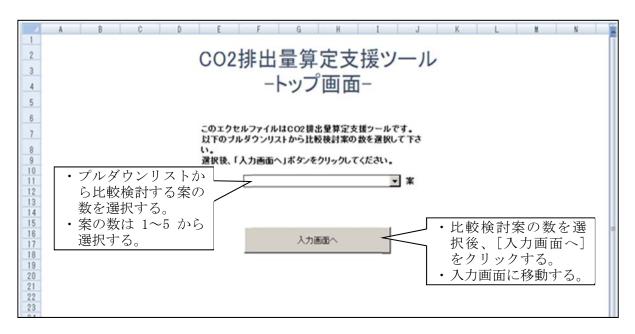
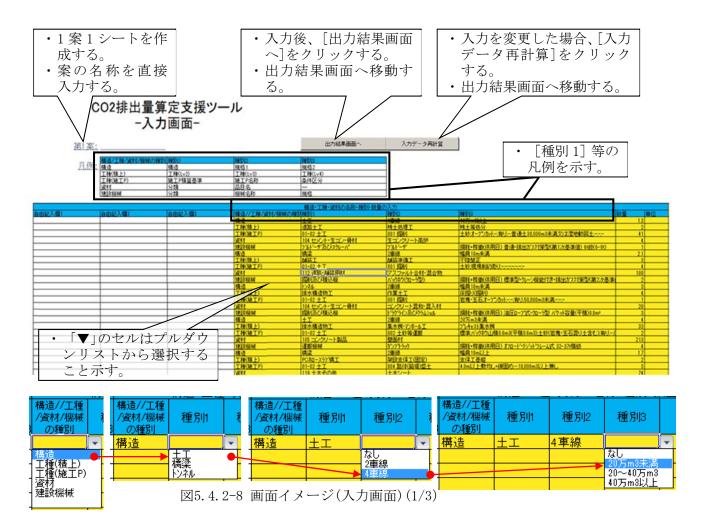


図5.4.2-7 画面イメージ (トップ画面)



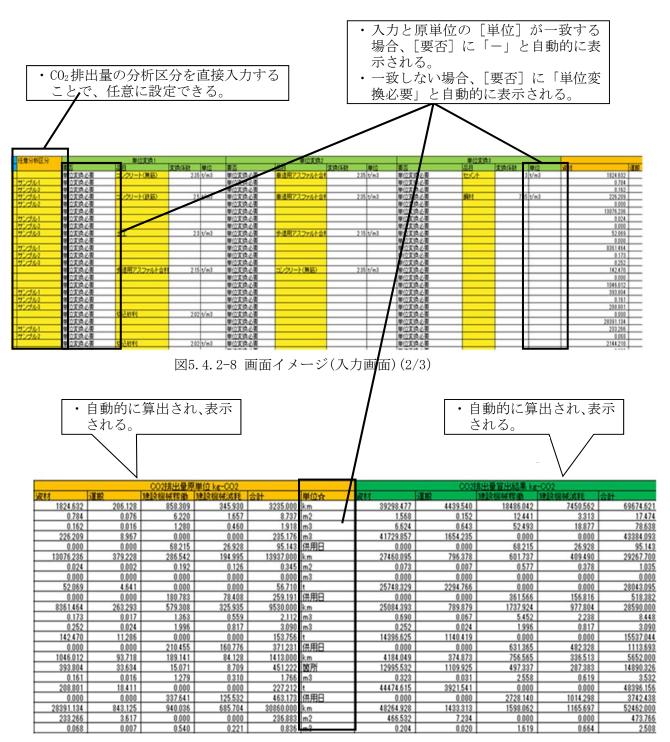
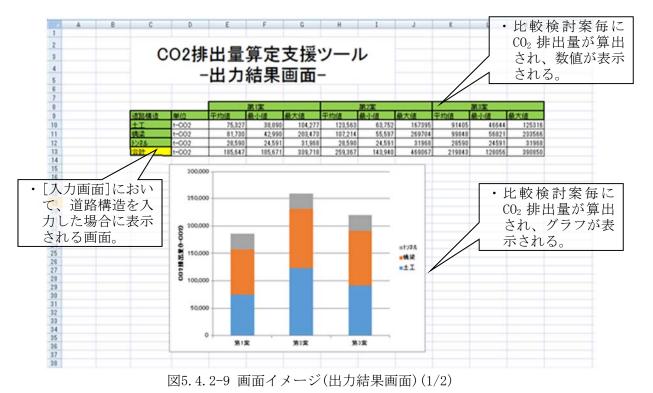


図5.4.2-8 画面イメージ(入力画面)(3/3)



2 ・比較検討案毎に CO2排出量算定支援ツール 3 CO₂ 排出量が算出 4 -出力結果画面-され、数値が表示 される。 単位 104 セメント・生コン・骨材 105 コンクリート製品 58,921 53,483 59,698 t-CO2 48.396 39,535 71.799 112 道路·舗装用材 16265 t-CO2 28043 23556 119 土木その他 361781 259114 356892 t-CO2 375688 504654 t-CO2 信台 ・比較検討案毎に 600,000 CO₂ 排出量が算出 され、グラフが表 [入力画面]におい 500,000 示される。 て、資材を入力し た場合に表示され 400,000 002排出量(1-003) る画面。 -119 土木その他 =112 **诺路·福**基用材 300,000 ■105 コンクリート製品 ■104 セメント・生コン・骨材 200,000 100,000 第1案 第3案

図5.4.2-9 画面イメージ(出力結果画面)(2/2)



図5.4.2-10 画面イメージ(任意分析区分の結果)

	A	В	0	_ D	E	F	G	Н	I	
1	構造	規格1	規格2	単位	CO2原単位(Ave)	CO2原単位(Min)	CO2原単位(Max)	資材分	運搬分	建模
2	±Ι	ਕਿਹ	なし	km・1車線	697	100	3,394	68.165%	9.553%	
3	橋梁	なし	なし	km・1車線	13,116	5,320	45,547	92.140%	2.747%	
4	われ	なり	なし	km・1車線	5,390	4,098	6,642	88.114%	3.159%	
5	±I	2百紀	20万m ³ 未満 🔟	_km	1,413	256	3,277	74.028%	6.633%	
6	土工 種	重別 1 │	20~40万m³ 月	重別 2	1,450	985	1,833	47.235%	5.587%	
7	±1 L'		40万m ³ 以上	<u> </u>	3,429	1,986	4,488	49.438%	4.975%	
8	土工	4車線	20万m ³ 未満	km	1,571	417	3,650	72.770%	7.278%	
9	土工	4車線	20~40万m³	km	2,097	1,375	2,688	61.407%	7.280%	
0	土工	4車線	40万m ³ 以上	km	3,235	1,721	4,233	56.403%	6.372%	2000
1	橋梁	2車線	幅負10m未満	km	12,850	10,639	23,149	93.824%	2.721%	
2	橋梁	2車線	幅負10m以上	km	32,424	12,146	91,094	92.000%	2.732%	20020
3	橋梁	4車線	幅負20m以上	km	43,761	34,528	60,572	93.237%	2.540%	
4	わ神	2車線	幅負10m未満	km	9,530	8,197	10,656	87.738%	2.763%	
5	わ神	2車線	幅負10m以上	km	11,328	9,300	13,283	90.797%	2.628%	
6										
7										
8										
9										
20										
1										
2										
23										
4										
5										
6										
27										
28										
9										
10		20 8 2000			ノート 道路構造の原単位					

図5.4.2-11 画面イメージ(道路構造の原単位)

A	В	С	D	E F	G	Н
1 区分	工種(Lv.2)	種別(Lv.3)	絲服引(L∨.4)	一 単位	[CO2原単位	資材分
2 積上	道路土工	提削工	提到	m3	2.391	8.146%
3 積上	道路土工	路体盛土工	路体(築堤)盛土	m3	1.200	8.432%
4 積上	道路土工	路床盛土工	路床盛土	m3	1.466	8.543%
積上	道路土工	法面整形工	法面整形(盛土部)	m2	2.940	7.994%
6 積上	道路土工	法面整形工	法面整形(切土部)	m2	3.178	7.893%
7 積上	道路土工	残土処理工	残土等処分	m2	8.737	8.976%
積上	地盤改良工	路床安定处理工	安定処理	m2	11.682	8.007%
積上	法面工	植生士	種子散布	m2	3.732	22.664%
0 積上	糧 種別1 —	■ 種別 2	<u> </u>	m2	3.680	19.034%
1 積上	/AND		THE THE STATE OF T	m2	4.465	25.326%
2 積上	舗装工	舗装準備上	不陸整正	m2	0.345	7.031%
3 積上	舗装工	アスファルト舗装工	下層路盤(車道·路肩部)	m2	2.893	45.875%
4 積上	舗装工	アスファルト舗装工	下層路盤(歩道部)	m2	2.348	44.018%
5 積上	舗装工	アスファルト舗装工	上層路盤(車道·路肩部)	m2	5.498	77.398%
6 積上	舗装工	アスファルト舗装工	上層路盤(歩道部)	m2	2.707	63.010%
7 積上	舗装工	アスファルト舗装工	基層(車道·路肩部)	m2	7.194	90.403%
8 積上	舗装工	アスファルト舗装工	基層(歩道部)	m2	6.623	90.417%
9 積上	舗装工	アスファルト舗装工	中間層(車道·路肩部)	m2	7.332	89.995%
0 積上	舗装工	アスファルト舗装工	中間層(歩道部)	m2	_	
1 積上	舗装工	アスファルト舗装工	表層(車道·路肩部)	m2	7.141	89.660%
2 積上	舗装工	アスファルト舗装工	表層(歩道部)	m2	6.110	89.438%
3 積上	舗装工	コンクリート舗装	下層路盤(車道·路肩部)	m2	1.609	38.726%
4 積上	舗装工	コンクリート舗装	コンクリート舗装	m2	20.119	75.427%
5 積上	舗装工	排水性舗装工	下層路盤(車道·路肩部)	m2	2.858	47.674%
6 積上	舗装工	排水性舗装工	上層路盤(車道·路肩部)	m2	6.599	79.678%
7 積上	舗装工	排水性舗装工	基層(車道·路肩部)	m2	7.339	89.206%
8 積上	舗装工	排水性舗装工	中間層(車道·路肩部)	m2	7.401	89.069%
9 積上	舗装工	排水性舗装工	排水性舗装·表層(車道·路肩部)	m2	6.748	88.215%
0 積上	舗装工	透水性舗装工	フィルター層	m2	3.066	58.269%
1 積上	舗装工	透水性舗装工	表層	m2	5.894	89.119%
2 積上	排水構造物工	作業土工	原掘り(掘削)	m3	2.112	8.172%
3 積上	排水構造物工	作業土工	床掘り	m3	4.404	8.048%
4 積上	排水構造物工	作業土工	埋戻し	m3	3,168	8.483%
5 積上	排水構造物工	側溝工	上型側溝	m	249.349	93.219%
6 積上	排水構造物工	側溝工	プ/キャストL型側溝	m	70.141	87.841%
7 積上	排水構造物工	側溝工	PC管	m	159.976	86.484%
8 積上	排水構造物工	側溝工	ヒュール管(B形管)	m	275.693	89.900%
9 積上	排水構造物工	側溝工	暗渠排水管	m m	43,833	65.732%
0 積上	排水構造物工	側溝工	管(函)渠型側溝	m m	88.457	81.725%
1 秸上	排水構造物工	側溝工	鉄筋エゾリート台付管	m m	132,344	85.866%
2 抹上	排水構造物工	(邮)共工	コペルカフトロガリイ制が悪	m	72 907	84 916%
←→→ /	人力シート(建設機械) / 出	3カシート / 道路構造の原単化	位 工種(積上)の原単位 工利 4			

図5.4.2-12 画面イメージ(工種(積上)の原単位)

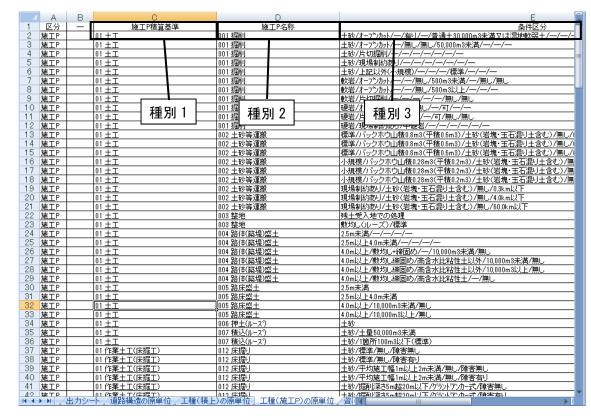


図5.4.2-13 画面イメージ(工種(施工P)の原単位)

		1 2 20	2	(a <u>n</u>)		02
4	A	В			- E	F
1	コード	一致性の指標	分類	品目名	部門コード	部門名称
2	A3101000	A	98 セメント・生コン・混和材		2522011004	生コン」高炉セメント
3	A3102000	A	03 セメント・生コン・混和材	生コンクリート早後	2522011001	生コン_早強ポルトランドセメント
4	A3100000	A	03 セメン・生コン・混和材	生コンクリート普通	2522011003	生コン_普通ポルトランドセメント
5	30260201	В	03 セメント・生コン・混和材	生コンクリート	25220110	生コンクリート
6	A-3100001		03 セメント・生コン・混和材	生コン_普通ポルト_呼び強度18	252201100301	生コン_普通ポルト_呼び強度18
7	A-3100002	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_普通ポルト 呼び強度21	252201100302	生コン_普通ポルト_呼び強度21
8	A-3101001	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_高炉セメント_呼び強度18	252201100401	生コン」高炉セメント」呼び強度18
9	A-3101002	A	03 t 混和材	生コン 高炉 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1	252201100402	生コン_高炉セメント_呼び強度21
0	A-3101003	A	03 t 種別 1 湿和材	<u>集コン</u>	252201100404	生コン_高炉セメント_呼び強度27
1	A-3102002	A	0.0 (2)	12-12-74	252201100101	生コン_早強ポルト_呼び強度18
2	A-3102004	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_早強ポルト_呼び強度21	252201100102	生コン_早強ポルト_呼び強度21
3	A-3102005		03 セメント・生コン・混和材	生コン_早強ポルト_呼び強度27	252201100104	生コン_早強ポルト_呼び強度27
4	A-3102006	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_早強ポルト_呼び強度36	252201100107	生コン_早強ポルト_呼び強度36
5	A-3102011	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_早強ポルト_呼び強度24	252201100103	生コン_早強ポルト_呼び強度24
6	Z-2010028	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_早強ポルト_呼び強度30	252201100105	生コン_早強ポルト_呼び強度30
7	Z-2010034	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_早強ポルト_呼び強度40	252201100108	生コン_早強ポルト_呼び強度40
8	Z-2012004	A	03 セメント・生コン・混和材	生コン_高炉セメント_呼び強度24	252201100403	生コン_高炉セメント_呼び強度24
9	Z-2012006		03 セメント・生コン・混和材	生コン_高炉セメント_呼び強度30	252201100405	生コン_高炉セメント_呼び強度30
0	30300101		07 道路用材	アスファルト	2111019001	アスファルト
1	30300102	В	07 道路用材	アスファルト合材・混合物	21210210	舗装材料
2	A3303000		07 道路用材	新規アスファルト合材・混合物	2121021001	新規合材
3	A3301000		07 道路用材	再生アスファルト合材・混合物	2121021002	再生合材
4	30300103		07 道路用材	アスファルト乳剤	212102100301	アスファルト乳剤
5	30110101		01 鉄鋼	鉄棒・鉄筋コンクリート用棒鋼	26210140	普通網小棒
6	30110104	В	01 鉄鋼	構造用丸鋼	26210150	その他の普通鋼熱間圧延鋼材
7	305502	A	24 建設機器・燃料・スクラップ	軽油	21110140	軽油
8	30410101	A	04 骨材・コンクリート二次類	砕石	622021001	砕骨材
9	30410105	A	04 骨材・コンクリート二次類	再生砕石	62202100101	再生砕石
0	30020201	В	01 鉄鋼	鋼板	26210120	普通網網板
1	30680101	В	09 橋梁・河川・港湾用材	ゴム支承	23190990	その他のゴム製品
2	30680102	В	09 橋梁・河川・港湾用材	綱製支承	28110110	建設用金属製品
3	30420101	C	04 骨材・コンクリート二次類	土工材	6220110	砂利・採石
4	30580901	В	07 道路用材	鉄筋コンクリート側溝・蓋	25230110	セメント製品
5	30290101	C	03 セメント・生コン・混和材	コンクリート混和・混入剤	20710120	界面活性剤
6	30290108	C	03 セメント・生コン・混和材	コンクリート混和・混入材	25990990	その他の窯業・土石製品
7	30250101	В	03 セメント・生コン・混和材	セメント	25210110	セメント
8	Z2002001	Α	03 セメント・生コン・混和材	ポルトランドセメント 普通	252101100103	普通ポルトランドセメント
19	Z2002002	Α	03 セメント・生コン・混和材	ポルトランドセメント早強	252101100101	早強ポルトランドセメント
0	Z2002004	Α	03 セメント・生コン・混和材	フライアッシュセメント	2521011003	フライアッシュセメント
1	Z2002005	A	03 セメント・生コン・混和材	ポルトランドセメント中庸熱	252101100102	中庸熱ポルトランドセメント
2	20250102	В	09 セップラト・生って、現和材	起海種セッシント	2521011004	その他のセメント

図5.4.2-14 画面イメージ(資材の原単位)

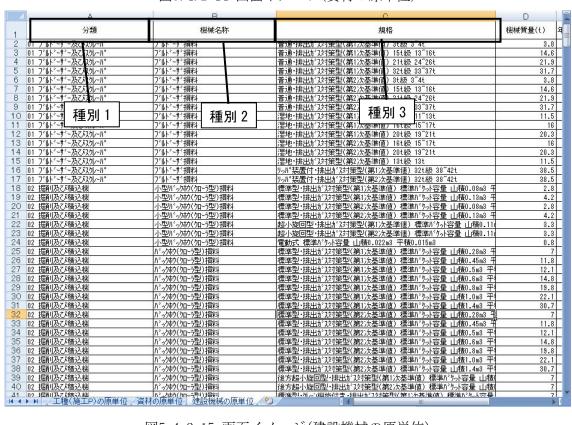


図5.4.2-15 画面イメージ(建設機械の原単位)

5.5 まとめ

CO₂排出量算出手法の確立に当たっては、活用が求められる場面で用いることが出来る 手法であることが最も重要であり、本節では構想段階、詳細計画段階及び設計・施工段 階において行われている構造形式や工法等の比較検討内容を整理し、CO₂排出量を試算す るとともに算出にあたっての課題を整理した。

5.5.1 CO2排出量算出手法の活用案

道路事業の流れを図 5.5.1-1 に示す。道路事業の計画・設計は、構想段階、計画段階、 設計段階のステップ毎に検討が進められ、事業が進むにつれて計画の熟度が増し、決定 される情報量が増える。

社会資本の建設や維持管理における情報から CO₂ 排出量を算出する手法である社会資本 LCA の活用の場面として、各段階の設計業務と併せて CO₂ 排出量を計算することが考えられる。構想段階では概略設計、詳細計画段階では予備設計、設計段階では詳細設計が行われ、概略設計、予備設計では目的構造物の比較検討が行われている。また、橋梁予備設計段階で補修の複数案検討を実施している事例もある。

このような場面での活用に向けて、CO₂排出量の算出方法と各種設計業務において検討された情報を元にした CO₂排出量の試算事例 (インベントリ分析事例) 整理した「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」を作成した。

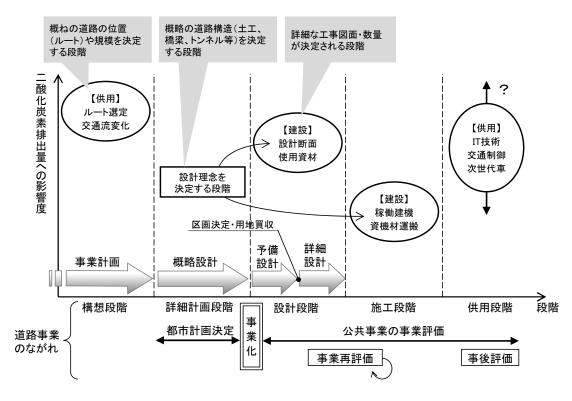


図5.5.1-1 道路事業の計画・設計の流れ

 CO_2 削減に積極的な企業は、CSR 報告書等を通して自社の CO_2 削減の取り組みをアピールしている。工業製品の場合、対外的に環境面の優位性を示して購入者の購買意識に良い影響を与えるために様々な環境ラベルが設定されている。

本研究の CO_2 排出量算出手法の基本となっている社会資本LCAは、グリーン購入法の特定調達品目の提案における評価指標 32 (図 5.5.1-2)や「舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック 33 (日本道路協会、平成26年1月)」の舗装の性能規定方式における性能指標 $(CO_2$ 排出量低減値)の評価方法に用いられる等の実績があり、 CO_2 排出削減技術・資機材の有効性表示の活用が考えられる。

グリーン購入法の公共工事の技術評価基準

1. 技術評価基準の適用範囲

本評価基準は、特定調達品目及びその判断の基準等の追加、見直しに係わる技術評価に適用する。



評価にあたっては、その品目を調達することによって実現する温室効果ガスの排出削減効果を、その算定根拠とともに、できる限り具体的な数字で示すこととする。なお、温室効果ガスの排出削減が主たる環境負荷低減効果でない場合はこの限りではない。また、地球温暖化に関する特定の効果を算定するに当たっては、「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(国経研プロジェクト研究報告 第36号)」及び「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」が参考となる。

図5.5.1-2 グリーン購入法の公共工事の技術評価基準32)

5.5.2 CO2排出量算出手法の活用にあたっての課題

(1) CO₂削減効果の示し方

世界的に CO_2 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、 CO_2 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。

CO₂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 5.5.2-1 に示す。

CO₂量 出典 14g-CO₂ ・杉の木1本が1年間に吸収するCO2量 1 ・500ml ペットボトル約 1,000 本分の体積 2 ・人間が1日に吐き出すCO2排出量 3 ・自動車の 3.6km 走行に伴う CO2排出量 ・電気自動車の 18.5km 走行に伴う CO2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 1kg-CO_2 ・テレビ 20 時間視聴に伴う CO2排出量 4 ・ノートパソコン約 243 時間使用に伴う CO₂排出量 ・エアコン約4時間使用に伴うCO2排出量 ・ドライヤー10回分に伴うCO2排出量 ・自動販売機が1日に排出するCO2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CO2量 1 1t-CO₂ ・日本人1人当たりの年間CO2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 8.8t-CO₂ ・杉人工林 1ha が 1 年間に吸収する CO2 量 6 0.6億 t-CO₂ ・東京で1年間に排出される CO2量 7 ・日本で1年間に排出されるCO2量 12 億 t-CO₂ 8 329 億 t-CO₂ ・世界で1年間に排出されるCO2量 9

表5.5.2-1 CO₂量の目安(参考)

出典)1:平成16年度森林白書(林野庁)

- 2: CO₂1kg 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/〉
- 5:温室効果ガスインベントリオフィス〈http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html〉
- 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)

(2) CO₂算出に関する不確実性

構造物の CO₂排出原単位、積上型積算方式に対応する工種の CO₂排出原単位は様々な設計条件の CO₂排出最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、供用後から再資源化までの CO₂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) PR ポイントの記載方法

複数設計案の比較検討や資機材の入れ替え等で CO₂ 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、CO₂ 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、 CO_2 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。

参考文献

- 1) 岸田他: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、2012.2
 - http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/kpr/prn0036.htm
- 2) 一般社団法人 産業環境管理協会 HP エコリーフ環境ラベル 〈http://www.ecoleaf-jemai.jp/〉
- 3) 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構 HP CASBEE 建築環境総合性能評価システム 〈http://www.ibec.or.jp/CASBEE/〉
- 4) 国総研 道路環境研究室 HP<http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm>
- 5) 例えば、一般社団法人建設物価調査会:平成29年度版国土交通省土木工事積算基準、2017.6.9
- 6) 例えば、一般社団法人建設物価調査会:月刊建設物価 2017年12月号、2017.12.1
- 7) 例えば、一般社団法人日本建設機械施工協会:平成29年度版建設機械等損料表、2017.4.17
- 8) 国総研 社会資本システム研究室 HP 新土木工事積算大系における工事工種体系ツリー および用語定義集
 - <http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sekisan/daikei2.htm>
- 9) 伊藤 他:環境負荷を考慮した橋梁形式選定支援システムの作成と利用に関する研究、 1996
- 10) 金 他:環境負荷評価(LCA)研究小委員会の調査研究と橋梁への適用、1997
- 11) 大脇 他:建設工事に置ける LCA と環境保全・改善への取組み、2007
- 12) 中村 他:都市間高速道路の横断面構成の相違による CO₂排出量のライフサイクル評価、 1998
- 13) 一般社団法人日本建設機械施工協会建設業部会:建設工事における二酸化炭素 【CO₂】 排出量の算定、2002
- 14) 国土交通省道路局:構想段階における道路計画策定プロセスガイドライン、2013.7
- 15) 神田太朗他: コンクリートの供用および再資源化による CO₂の固定に関する全国調査、コンクリート工学、Vol. 49、pp. 9-16、2011
- 16) 黒田泰弘、菊地俊文:コンクリート塊による二酸化炭素の固定化に関する研究、清水 建設研究報告、第86号、pp. 29-36、2007
- 17) 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、2004
- 18) 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
- 19) 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
- 20) 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
- 21) 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
- 22) 土木学会: 2013 年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕、2013.10
- 23) 土木学会コンクリート委員会: コンクリートライブラリー134 号 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、2012.5
- 24) 土木学会コンクリート委員会: コンクリートライブラリー125 号 コンクリート構造物 の環境性能照査指針(試案)、2005.11
- 25) 玉越隆史、中洲啓太、石尾真理、武田達也:国総研資料第 223 号 道路橋の寿命推計に

関する調査研究、2004.12

- 26) 道路橋の予防保全に向けた有識者会議:道路橋の予防保全に向けた提言、2008.5.16
- 27) 国土交通省:道路橋の重大損傷-最近の事例-平成21年3月
- 28) 国土技術政策総合研究所:施工パッケージ型積算方式について、2015.7
- 29) 国道交通省:施工パッケージ型積算方式標準単価表 (H27.4 適用)、2015.05
- 30) 国土交通省:土木工事数量算出要領(案)【平成27年度(10月版)】、2015.10
- 31) 国土交通省: 土木工事数量算出要領(案)【平成28年度(10月版)】、2016.10
- 32) 経済産業省:グリーン購入法の公共工事の技術評価基準
- 33) 公益社団法人日本道路協会:舗装の環境負荷低減に関する算定ガイドブック、2014.1