

社会資本整備への低炭素施工技術の活用による 二酸化炭素削減効果の推計の試み

菅林 恵太^{1*}・角湯 克典²・神田 太郎³・藤田 壮⁴・鶴巻 峰夫⁵

¹日本工営株式会社 環境部（〒102-0083 東京都千代田区麹町4-2）

前国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室 部外研究員

E-mail:a6291@n-koei.co.jp

²国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）

³国土交通省 道路局 環境安全課（〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3）

前国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室 研究官

⁴独立行政法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

⁵和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科（〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77）

近年の地球温暖化の深刻化から、社会資本整備分野においても低炭素化の推進が求められている。本研究では、社会資本整備分野の低炭素化推進に資する検討として、低炭素施工技術の採用によって二酸化炭素（以下、「CO₂」という）排出量がどの程度削減されるか、また社会資本整備において各種技術を積極的に採用することによって全国でどの程度のCO₂排出量が削減され得るか推計を試みた。なお、本稿は2013年3月までの研究成果を取りまとめたものである。

推計の結果、本稿で対象とした技術の多くがCO₂削減とともに工事コストも削減される技術であり、普及によって追加費用を必要とせず約100万tのCO₂を削減することのできる可能性が示された。今後の研究では、対象技術の追加、推計値の妥当性の確保、長寿命化技術等の評価方法の検討等を行う予定である。

Key Words : carbon dioxide (CO₂), life cycle inventory analysis (LCI), construction technology, infrastructure

1. はじめに

近年地球温暖化は着実に進行しており、これに対処するためには、CO₂を削減し低炭素社会を実現することが求められている。一方、我が国の社会生活の基盤となる道路・橋梁・トンネル等の社会資本は高齢化が進んでおり、安全・安心の観点からも今後の更新が必須である。それに伴って相当量のCO₂の排出が推察される。

社会資本の更新（整備）を含む土木工事では一般にセメント・鉄等の資材が大量に使用されることから、工事現場でのCO₂の直接排出よりも使用する資材の製造・運搬等の間接的な排出の方が寄与度が高いと言われている¹⁾。これらの背景を踏まえて、国土技術政策総合研究所では、主に社会資本を対象として原材料の採取・資材製造・運搬・工事（施工）の各段階で排出されるCO₂の合計量を分析する手法「社会資本LCI」²⁾を開発した。同手法を用いると、建設工事に伴うCO₂排出量は平成23年度工事受

注高³⁾ベースで約1.6億t-CO₂、そのうち24%が公共工事（土木）によるものと試算される（図-1参照）。なお、この値は日本全体のCO₂排出量13億700万t（2011年速報値）の3%に相当する。

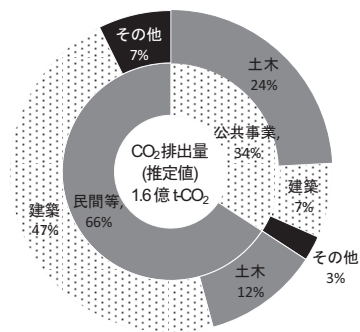


図-1 建設工事に伴うCO₂排出量の内訳

社会資本整備を含む建設工事に関する施工技術は日々

進歩している。これら最新技術の技術情報は各施工会社が保有しており、それぞれ技術毎に評価がなされている^{例えば⁴⁾, ⁵⁾}。他方、これら多数の技術を同じ評価軸・評価手法で同時に検討している研究事例は少ない⁶⁾。

本研究では、低炭素化の推進に資する検討として、社会資本整備への低炭素施工技術（新技術）の積極的な採用によるCO₂排出削減量の推計を試みた。

なお、本研究は山本ら（2012）⁹⁾の継続研究に位置付けられるものであり、2013年4月現在も研究は進行中である。そのため、本稿では2013年3月時点までの研究成果を取りまとめた。

2. 検討方法

一般に、商品等の原材料採取から使用・廃棄までの流れはライフサイクル、各段階はライフステージと呼ばれる。社会資本のライフステージには、原材料の採取・資材製造・運搬・工事（施工）・供用・維持管理・解体廃棄等が含まれる。本研究では寄与度の大きい原材料の採取・資材製造といった間接的CO₂排出量を含めることとし、原材料の採取・資材製造・運搬・工事（施工）の各ライフステージで排出されるCO₂の総合計を検討の対象とする。

社会資本整備において新技術を積極的に採用することによるCO₂削減効果（CO₂排出削減量）の推計は、図-2に示すとおり 1) 新技術及びそれに対応する従来技術のCO₂排出量を算出し、その排出削減量に 2) 技術毎に推定した採用可能性件数を乗じることにより行った。

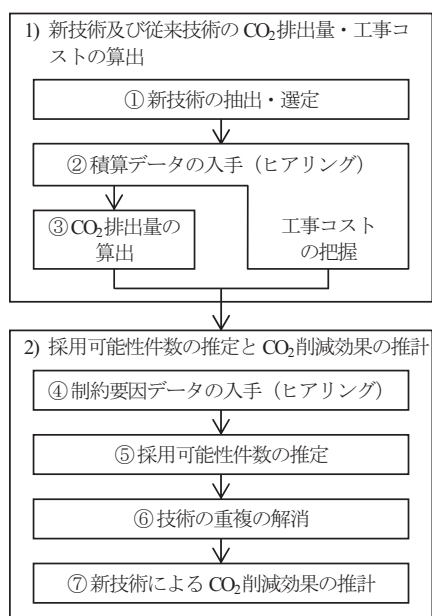


図-2 検討フロー

CO₂排出量の算出に当たっては、技術情報を保有する企業を対象にヒアリング調査を実施した。個別の施工技術のCO₂排出量は、盛岡ら（1995）⁷⁾の指摘のとおり積み上げ法によって算出することが望ましい。しかし、例えば技術情報を保有する企業が施工会社である場合、使用資材の製造に関するデータまでは把握していないと思われることから、今回は原単位法（資機材等の数量と原単位の積和）による算出を基本とした。

3. 新技術及び従来技術のCO₂排出量・工事コストの算出

(1) 新技術の抽出・選定

CO₂削減効果の推計値の妥当性を確保するためには、検討対象とする技術の網羅性を担保することに加えて、合理性のある技術を選定することが必要となる。そこで、国土交通省が運営する新技術情報提供システムNETIS[®]から「CO₂」のキーワードが登録されている370技術を抽出した（2012年10月時点）。そのうちCO₂削減に関係すると思われる339技術を検討対象技術として選定した。

(2) 積算データの入手（ヒアリング調査）

新技術及び対応する従来技術のCO₂排出量を算出するに当たって、(1)で選定した339技術の技術情報を保有するそれぞれの企業（NETIS登録企業）に対してヒアリング調査を実施した。ヒアリング項目は、新技術及び従来技術の積算データ（資材の品目・数量・単価、建設機械の種類・規格・供用日数・単価、廃棄物処理費用、仮設材の種類・規格・供用日数・リース代単価）である。また、数量と単価を把握することによって、従来技術及び新技術の工事コストを比較した。

以降では、2013年3月現在、積算データを入手済みである55の技術を対象に検討を行った。

(3) CO₂排出量の算出

a) CO₂排出量の算出方法

本研究で対象とするCO₂排出の範囲（システム境界）は、前述のとおり原材料の採取・資機材の製造・運搬・工事（施工）とする（図-3参照）。

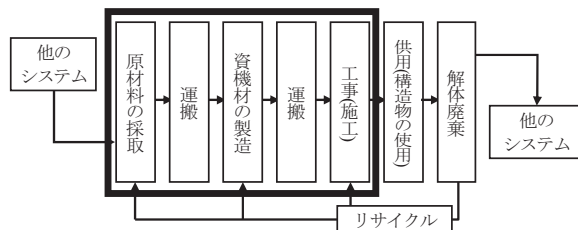


図-3 計算対象とするシステム境界（太枠内）

社会資本整備を含む建設工事に伴うCO₂排出は、1) 直接排出（工事（施工））と2) 間接的な排出（原材料の採取・資機材の製造・運搬）に大別できる。

直接排出は、入手した積算データの建設機械の供用日数(日)と建設機械等損料表⁹⁾に掲載されている年平均稼働時間(h)・年平均供用日数(日)・燃費(L/h若しくはkWh/h)を用いて燃料使用量を算出し、それに社会資本LCI用原単位表¹⁰⁾の原単位を乗じて算出した。なお、CO₂排出量の原単位には国立環境研究所が公表している3EID¹¹⁾等々あるが、建設資材の品目分類の細かさ等の観点から社会資本LCI用原単位表¹⁰⁾を採用した。

間接的な排出は、i) 資材、ii) 建設機械、iii) 仮設材及びiv) 廃棄物処理に分けられる。

i) 資材：積算データの資材の数量(t, L等)に社会資本LCI用原単位表¹⁰⁾の原単位を乗じて算出した。社会資本LCI用原単位表¹⁰⁾の原単位には、資材の製造工場から工事現場までの運搬に伴う一般的なCO₂排出量が含まれている。なお、資材の数量が不明な場合等は、価格基準の原単位を用いることとした。

ii) 建設機械：建設機械に伴うCO₂の間接的な排出とは、建設機械の維持修理・償却・管理に伴う排出である。積算データの建設機械の供用日数(日)に建設機械等損料表⁹⁾に掲載されている機械重量(t)と社会資本LCI²⁾で設定された係数(3.96kg-CO₂/t・日)を乗じて算出した。

iii) 仮設材：仮設材に伴うCO₂排出量とは、仮設材の償却・管理に伴う排出である。償却に伴うCO₂排出量はリース代(円)・対応する品目の原単位・減価償却率(重仮設40%, 軽仮設5%)、管理に伴うCO₂排出量はリース代(円)・物品賃貸業部門の原単位を乗じて算出した。

iv) 廃棄物処理：廃棄物処理費(円)に廃棄物処理部門の原単位を乗じて算出した。

表-1に上述の計算手法を整理した。これらの手法は、社会資本LCI²⁾に基づいている。

表-1 CO₂排出量計算方法の概要

	システム境界	項目	計算方法
1)直接排出	工事（施工）	建設機械の稼働	供用日数×(年平均稼働時間/年平均供用日数)×燃費×原単位 [※]
2)直接排出以外	原材料の採取・資機材の製造・運搬	i) 資材	資材使用量（若しくは金額）×原単位 [※]
		ii) 建設機械の損耗等	供用日数×機械重量×係数(3.96)
		iii) 仮設材の損耗等	リース代×原単位 [※] ×減価償却率+リース代×物品賃貸業部門の原単位 [※]
		iv) 廃棄物処理	廃棄物処理費×廃棄物処理部門の原単位 [※]

注)※：社会資本LCI用原単位表¹⁰⁾から該当する原単位を選択。

b) CO₂排出量の算出結果の一例（連続地中壁工）

CO₂排出量の算出結果の一例として、連続地中壁工に

おいて掘削時に発生する土砂を骨材の代わりに利用する新技術及びそれに対応する従来技術のCO₂排出量・工事コストの算出結果を図-4、5に示す。工事規模は連続地中壁3,000m²分の施工である。作業の効率化によって建設機械の稼働・損耗に伴うCO₂排出量が減ることに加えて、発生する土砂の廃棄物処理に伴うCO₂排出量も削減され、従来技術と比較してCO₂排出量で43%、工事コストで34%の削減と計算された。

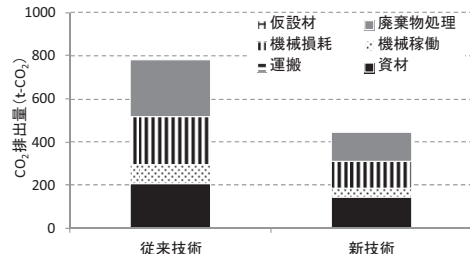


図-4 CO₂排出量の算出結果（一例）

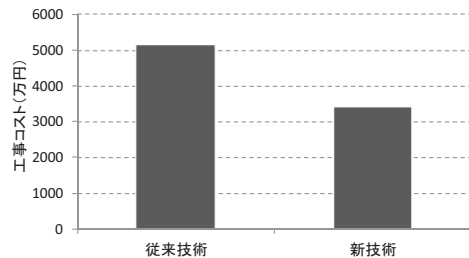


図-5 工事コストの結果（一例）

積算データを入手済みの他の54技術も同様の手法でCO₂排出量を算出した。

c) CO₂排出量の算出における課題

全55技術のCO₂排出量を算出した結果、以下の技術についてはCO₂削減効果を適切に評価できていない可能性が確認された。

I) 資材の数量が不明かつ高価格である技術

II) 資材製造時の工夫によりCO₂削減を試みている技術

I) に関して、本研究では資材の数量が不明な場合には価格基準の原単位を使用してCO₂排出量を算出しており、価格が高い理由が製造時のCO₂削減であった場合でも、計算結果としては高価格の資材の方がCO₂排出量が多いことになってしまう。またII) に関して、本研究では社会資本LCI用原単位表¹⁰⁾から原単位を選択しており、製造時にCO₂削減の工夫を行っている場合でも同じ種類の資材であれば同じ原単位の値が適用されてしまう。

これらの課題が見られた14技術については今後精査が必要であることから以降の検討では対象外とした。なお、I) の場合は資材の数量データを入手することによって、II) の場合は資材製造段階の原材料・エネルギーの投入量

を把握することによって適切な計算が可能である考えられる。

d) CO₂排出量の算出における課題

a)～c)の検討によってCO₂排出量を算出し41技術に、山本ら（2012）⁹⁾で計算した27技術を加えた68技術のCO₂排出量・工事コストを表-2に、CO₂削減率と工事コスト増加率の関係を図-6に示す。

CO₂排出量の削減とともに工事コストも削減される技術が9割（61技術）を占めており、1) コスト的に有利な

技術がNETISに多く登録されていること、2) 資材使用量等の削減の工夫が低炭素化と同時に低コスト化も達成することが推察された。

なお、本研究では扱うデータは各企業の技術情報を基にしており、本稿では技術の名称及び技術の特定が可能となるデータは示さない。また、この結果は特定の条件を前提とした工事を対象としたものであり、条件が変わることによってCO₂排出量及び工事コストが変わることに留意が必要である。

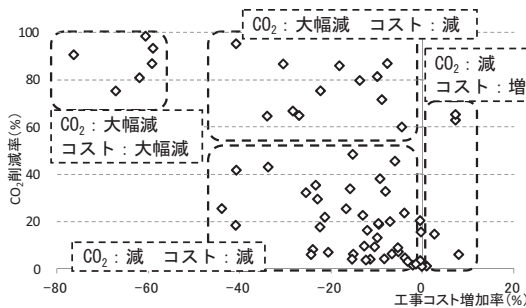
表-2 CO₂排出量・工事コスト算出結果（1/2）

No.	該当工種	工事規模 （目安）	CO ₂ 排出量(t-CO ₂)		工事コスト(万円)	
			従来技術	新技術	従来技術	新技術
1	地盤改良工	施工量 100m ³	12.3	11.8	52	46
2	芝張工	施工面積 1,080m ²	46.7	38.4	793	615
3	浚渫工	浚渫船による 浚渫 1 日分	1.6	1.5	55	50
4	アスファルト舗装工	施工面積 100m ²	0.4	0.4	8	8
5	コンクリート工	コンクリート打設 1 回	0.1	0.0	2	1
6	コンクリート工	コンクリート養生 300m ² ・回	2.1	0.5	67	22
7	鋼矢板工	鋼矢板圧入 延長 100m	125.8	117.8	1,040	971
8	プレキャストボックス工	施工延長 10m	1.0	1.0	15	15
9	舗装工	締固め 1 日分 (1,800m ²)	0.4	0.3	22	17
10	切削オーバーレイ工	施工面積 100m ²	2.6	1.8	62	46
11	プレキャストボックス工	施工延長 3m (1,200×1,200×3,000)	4.0	3.6	53	46
12	その他	仮設ハウス 4 坪 1 カ月利用	1.5	0.9	64	38
13	コンクリート工	コンクリート養生 100m ²	2.8	0.1	17	10
14	その他	照明装置 30 日間レンタル使用	0.3	0.0	6	4
15	法面整形工	施工面積 10,000m ²	29.4	23.5	660	614
16	その他	照明装置 30 日間レンタル使用	0.5	0.2	53	57
17	その他	照明装置 30 日間レンタル使用	0.5	0.2	53	57
18	地盤改良工	施工延長 100m	14.6	11.8	51	46
19	その他	工事用マニピュレーター 30 日間レンタル使用	0.6	0.1	17	15
20	その他	投光機 30 カ月使用 (全損想定)	3.4	2.6	63	55
21	掘削工	施工量 10,000m ³	5.9	4.7	96	95
22	切土整形工	施工面積 100m ²	0.2	0.1	12	10
23	その他	投光機 3 カ月レンタル使用	3.4	0.8	48	37
24	アスファルト舗装再生工	アスファルト混合物 1t 使用	0.1	0.1	5	13
25	その他	コンプレッサー 2 カ月レンタル使用	38.8	36.4	366	311
26	アスファルト舗装再生工	施工面積 100m ²	1.5	0.5	30	22
27	その他	大型 3 枚扉設置	83.4	62.1	1,917	1,076
28	コンクリート工	コンクリート打設 1 回	1.2	0.1	2	1
29	転落防止柵工	施工延長 100m	8.6	6.7	131	103
30	ボックスカルバート工	施工延長 100m	16.9	15.7	195	155
31	連続地中壁工	施工延長 3,000m	778.0	443.1	5,141	3,406
32	掘削工	施工量 500m ³	0.2	0.1	2	2
33	掘削工	施工延長 1,000m	0.6	0.5	4	4
34	水質保全工	水域 10,000m ² 水質浄化	236.6	193.0	5,232	3,095
35	その他	溶接機 1 年間使用	11.9	6.2	257	217
36	仮設道路工	施工面積 600m ²	28.3	11.3	381	364
37	現場打杭工	コンクリート杭用鉄籠 1 本	9.9	8.6	107	96
38	土舗装工	施工面積 100m ²	22.1	0.4	53	21
39	床固工	施工幅 35m	206.7	133.6	6,015	4,611
40	その他	工事用マニピュレーター 30 日間レンタル使用	3.1	0.6	75	68
41	アスファルト舗装再生工	施工面積 100m ²	0.9	0.3	21	15
42	橋梁下部工	コンクリート 1,374m ³	559.8	519.3	8,663	8,364
43	橋梁下部工	コンクリート 320m ³	397.0	392.5	7,045	7,076
44	道路改良工	擁壁高さ 7.8m, 延長 1.0m	1.3	1.2	25	19
45	橋梁下部工	コンクリート 320m ³	397.0	385.1	7,045	6,938
46	道路修繕工	コンクリート 320m ³ (供用 1 年当たり)	4.0	3.8	70	61
47	舗装工	施工面積 16,000m ²	1,794.8	1,721.4	13,178	11,153
48	橋梁下部工	コンクリート 1,374m ³	559.8	554.0	8,663	8,658

表-2 CO₂排出量・工事コスト算出結果 (2/2)

No.	該当工種	工事規模 (一例)	CO ₂ 排出量(t-CO ₂)		工事コスト(万円)	
			従来技術	新技術	従来技術	新技術
49	舗装工	施工面積 17,000m ²	429.8	403.8	10,933	11,622
50	道路維持 修繕工	施工面積 11,100m ²	29.4	3.9	3,175	1,297
51	道路改良 工	施工延長 112m	41.9	22.8	613	576
52	道路修繕 工	施工面積 214m ²	19.0	2.7	1,452	1,189
53	道路修繕 工	施工面積 17,000m ²	1,150.9	1,047.8	51,122	48,389
54	道路改良 工	施工量 100m ³	3.7	2.3	26	24
55	道路改良 工	施工延長 200m, 幅 10m	131.7	100.6	2,720	2,613
56	道路改良 工	施工面積 163m ²	12.5	3.6	767	699
57	舗装工	施工面積 6,500m ²	155.0	115.9	5,708	4,833
58	PC橋上部 工	施工延長 28.3m, 幅 12m	32.3	31.2	561	558
59	土留仮締 切工	鋼矢板長さ 10m, 594枚	485.9	46.2	4,902	1,162
60	土留仮締 切工	鋼矢板長さ 10m, 594枚	485.9	440.6	4,902	4,390
61	コンクリート吹 付工	施工面積 100m ²	19.9	18.7	834	631
62	路床安定 処理工	施工量 2,800m ³	106.2	14.3	590	545
63	コンクリート吹 付工	コンクリート 20,000t	2,410.8	2,056.6	1,846	1,895
64	橋脚躯体 工	コンクリート 576m ³	409.7	325.0	733	1,008
65	連続地中 壁工	施工面積 12m ²	239.2	193.3	5,264	4,758
66	橋脚躯体 工	コンクリート 711m ³	248.3	242.5	2,717	2,678
67	基礎工	施工延長 100m, 深度 55m	6,257.4	4,209.7	52,230	48,020
68	地盤改良 工	施工量 878m ³	694.9	246.2	4,817	3,181

注) 技術 No.1～41 は本稿において新たに算出した結果、技術 No.42～68 は山本ら (2012)⁹⁾において算出した結果である。なお、技術 No.42～68 のうち、工事条件の変更に伴う再計算等によって変更した値については斜体で示した。



注) No.24 (CO₂削減率114%), No.64 (54.5%) は図示範囲外。

図-6 CO₂削減率と工事コスト増加率の関係

4. 採用可能性件数の推定とCO₂削減量の推計

(1) 制約要因データの入手 (ヒアリング調査)

社会資本整備において新技術を積極的に採用することによるCO₂削減効果の推計には、各技術がどの程度採用され得るかを推定することが必要となる。採用の可否は、技術毎の制約要因が関係すると考えられる (表-3参照)。本研究では、「従来技術と比較して新技術を採用するに当たっての制約要因」のヒアリング調査を実施した。

表-3 制約要因の分類

段階	要因
資材製造	原材料・製造機械の確保, 他の環境負荷の発生, 関係法令
工事 (施工)	資材・建設機械の確保, 他の環境負荷の発生, 自然条件, 現場条件, 関係法令
供用等	維持・管理における欠点, 他の環境負荷の発生, 関係法令

(2) 採用可能性件数の推定

(1)のヒアリング結果を踏まえて、採用可能性件数を以下3つの考えに基づいて推定した。

- A 当該技術を採用する工事の需要が十分にあり、かつ使用資機材の流通量が限られている場合、その使用資機材の流通量の全てがその技術に使われると仮定。
- B 制約要因が存在しない場合、過去の社会資本整備の該当工種の実績件数全てで採用されると仮定。
- C その他、特定の自然・現場条件では施工できない技術の場合、既往実績等から採用可能性件数を推定。

Aの例としてフライアッシュを用いる技術の場合、フライアッシュの年間流通量は限られていることから年間流通量を1工事当たりの使用量で除することで採用可能性件数を推定した。Bの場合、該当する工種の平成20年度直轄工事受注金額を従来技術の工事コストで除することで採用可能性件数を推定した。Cの場合、当該技術が採用可能と推定される現場件数を概算で推定し、該当工種の既往実績等にその採用率を乗じることで推定した。

上述に従い、技術毎に推定した採用可能性件数に1工事当たりのCO₂削減量を乗じることによって、各技術を社会資本整備に積極的に採用した場合のCO₂削減量を推計した。一部の技術においては、該当する工種のデータが直轄工事受注金額で整理されていない等により採用可能性件数を推定できなかった。推計の結果を表-4に示す。

なお、山本ら (2012)⁹⁾では採用率を一律20%と設定し、各技術に該当する工種の受注実績に乘じることで採用可能性件数を推定している。

表-4 技術毎のCO₂削減量の推計結果

No.	1工事当たりの CO ₂ 削減量 (t-CO ₂)	採用可能性件 数 (件)		CO ₂ 削減量 (t-CO ₂)	CO ₂ 削減に掛 かる追加費用 (万円/t-CO ₂)
1	0.5	70,000	A	35,086	-11.7
2	8.3	278	A	2,295	-21.5
3	0.1	1,463	A	101	-66.1
4	0.0	36,242	B	630	-17.4
5	0.1	77,128	A	7,063	-13.5
6	1.6	150,000	A	241,914	-27.9
7	8.0	721	B	5,760	-8.6
8	0.0	7,700	A	123	-19.8
9	0.1	7,700	A	971	-39.5
10	0.8	8,748	B	7,327	-18.8
11	0.4	6,204	B	2,387	-17.6
12	0.6	-	-	-	-40.4
13	2.7	-	-	-	-2.5
14	0.2	-	-	-	-7.9
15	5.9	318	B	1,870	-7.9
16	0.3	-	-	-	11.4
17	0.3	-	-	-	11.0
18	2.7	4,000	A	10,947	-1.8
19	0.5	-	-	-	-4.5
20	0.8	-	-	-	-10.8
21	1.2	14,214	B	17,211	-0.4
22	0.1	10,250	B	546	-34.7
23	2.5	-	-	-	-4.2
24	0.0	45,707	B	56	6,348.7
25	2.4	-	-	-	-22.9
26	1.0	720	A	707	-8.3
27	21.3	-	-	-	-39.6
28	1.1	77,128	A	85,930	-1.1
29	1.9	153	B	286	-14.9
30	1.2	182	A	216	-34.0
31	334.9	1	B	261	-5.2
32	0.0	567,988	B	15,065	-0.2
33	0.1	50,600	B	5,150	-4.9
34	43.6	-	-	-	-49.1
35	5.8	-	-	-	-6.8
36	17.0	-	-	-	-1.0
37	1.3	-	-	-	-8.0
38	21.8	-	-	-	-1.5
39	73.1	-	-	-	-19.2
40	2.5	-	-	-	-2.9
41	0.6	9,633	B	5,499	-10.2
42	40.5	-	-	-	-7.0
43	4.6	12,000	A	54,636	6.8
44	0.1	6,445	B	681	-56.3
45	11.9	33	B	395	-8.9
46	0.1	-	-	-	-32.5
47	73.4	9	B	649	-27.6
48	5.8	1,563	A	9,041	-0.9
49	26.0	-	-	-	25.3
50	25.5	2	A	60	-73.7
51	19.1	7	B	124	-1.9
52	16.3	-	-	-	-16.2
53	103.1	-	-	-	-26.5
54	1.4	1,149	B	1,629	-1.7
55	31.1	1	B	23	-3.4
56	8.9	-	-	-	-7.6
57	39.1	340	A	13,295	-13.9
58	1.1	-	-	-	-2.2
59	439.7	-	-	-	-8.5
60	45.3	-	-	-	-11.3
61	1.2	-	-	-	-169.2
62	92.0	46	A	4,271	-0.5
63	354.0	379	A	134,014	0.1
64	91.9	-	-	-	-13.7
65	45.9	5,600	A	257,275	-11.0
66	5.0	1,191	A	5,956	-7.7
67	2047.7	271	C	555,848	-2.1
68	448.0	33	B	14,881	-3.7

(3) 技術の重複の解消

(2)でCO₂削減量を推計した技術の中には、以下の観点から同時に実施できない技術が含まれる。

- ・年間流通量や全国の保有台数が限られている同じ資機材を用いる場合
- ・作業内容が同じである場合

重複する技術については、最終的なCO₂削減量が多い技術が優先的に採用されることとした(表-4参照)。

(4) 新技術によるCO₂削減効果の推計

CO₂削減量と工事コスト増加量が一次関数になると仮定した場合、単位量のCO₂を削減するに当たって追加的に必要となるコストは一般に「限界削減費用」と呼ばれる。表-4に各技術のCO₂排出量1t削減に掛かる追加費用(限界削減費用)を示した。限界削減費用が低い技術とはコスト当たりのCO₂削減効率が良い技術であり、CO₂削減の観点からは普及が進みやすいと考えられる。(1)～(3)において検討した技術毎のCO₂削減量を限界削減費用の低い技術から累積した結果を図-7に示す。図-7のような曲線は、一般に「限界削減費用曲線」と呼ばれる。

限界削減費用がゼロ以下の場合に98万t-CO₂の削減、7万円/t-CO₂(図-7の限界削減費用の最大値)以下の場合に117万t-CO₂の削減と推計された。これは、CO₂削減に追加費用をかけない場合は98万tまで、CO₂1tの削減に7万円までの追加費用を許容できる場合は117万tまでCO₂が削減できる可能性があることを示している。

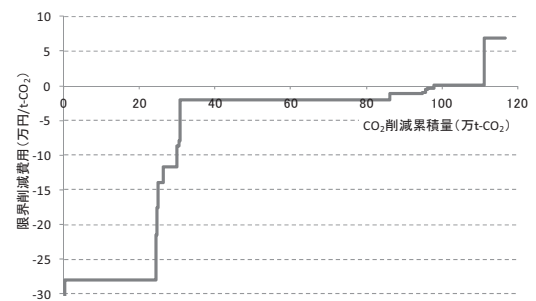


図-7 限界削減費用曲線

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

本稿で検討対象とした新技術の多くがCO₂削減とともに工事コストも削減される技術であり、新技術が普及することによって追加費用なしでCO₂が削減される可能性が示された。推計では、社会資本整備において新技術を積極的に採用することによって約100万tのCO₂削減が達成される可能性が示された。これは図-1に示した公共事

業（土木）のCO₂排出量の約3%に該当する。

(2) 今後の課題

CO₂削減の推計量をさらに増やすためには、追加費用が掛かってもCO₂排出量が大幅に削減できる技術や様々な工事で採用可能な技術の評価対象技術に追加することが肝要であり、場合によってはNETIS登録技術以外の技術についても扱うことが必要となる。また、今後の検討に当たっては、現在ヒアリング調査を進めている残り284技術について算出・推計を行うことに加えて、以下について検討を行う必要がある。

a) 1工事当たりのCO₂削減量の妥当性の確保

本稿におけるCO₂排出量の算出に当たっては、3. (3) c) でも記載したとおり、一部技術においてCO₂削減効果が適切に評価されていない可能性が確認されたことから、再度ヒアリング調査等を行い、価格のみしか把握できていない資材については重量や容積等の数量データ、資材製造時にCO₂削減の工夫を行っている資材については原材料・エネルギーの投入量を入手し、1工事当たりのCO₂削減量の妥当性の確保を試みる必要がある。

b) 全国のCO₂削減量の妥当性の確保

各技術を全国の社会資本整備で積極的に採用した場合のCO₂削減量の妥当性を確保するためには、以下の観点での検討が必要である。

- ・ 計算条件となる工事規模の一般性の確認
- ・ 検討時点での既採用件数の反映

前者について、計算条件とした工事規模が一般的な条件から外れていた場合、最終的なCO₂削減効果も理想値から外れることとなる。しかし、採用可能性件数を工事コストから推定した技術については、工事コストとCO₂削減量が相関関係にあれば、最終的なCO₂削減効果は理想値となる。後者について、本稿では新技術の現時点での採用件数をゼロと扱ったが、現状からのCO₂排出削減量を推計する場合には既に採用されている分を差し引くことが必要となる。

c) 対象とするCO₂排出削減技術の種類の拡張の検討（長寿命化技術の評価）

近年の社会資本整備においては長寿命化技術が重要な観点となっており、CO₂削減においても施設を長期間使用することによって全体としてのCO₂排出量を削減する効果があるものと考えられる。しかし、本稿は原材料の採取から工事（施工）までのCO₂排出量が対象であり使

用期間の概念がないため、評価対象としなかった。今後、長寿命化技術をどのように評価するか検討することが必要と考える。

謝辞：本研究は、土木学会に設置された「持続可能性指標の統合に関する検討委員会」及び「LCI計算WG」の指導を受けて行われたものである。記して深謝を表する。

参考文献

- 1) 井村秀文：建設の LCA，株式会社オーム社，pp.76-78, 2001.
- 2) 岸田弘之，石田東生，花木啓祐，藤田壮，鶴巻峰夫：社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発に関する報告—社会資本 LCA の実践方策—，国土技術政策総合研究所，2012.
- 3) 国土交通省 総合政策局情報安全・調査課建設統計室：建設工事受注動態統計調査報告，総務省統計局ホームページ，入手先< http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_xlsDownload_&fileId=000005159954&releaseCount=1>，（参照 2013-3-1）
- 4) 堺孝司，小嶋克宏，草薙悟志，入谷祥王：交通渋滞交差点における鉄筋コンクリート地下道建設による環境便益評価に関する研究，土木学会論文集 G，Vol.63，No.1，pp.40-50, 2007.
- 5) 浅野博樹，田中久順，中西陽一郎，山下牧生：石灰石粉を利用した環境負荷の低い次世代型高炉セメントの開発，セメント・コンクリート論文集，Vol.65，pp.184-189, 2011.
- 6) 山本聡，曾根真理，角湯克典，神田太郎，菅林恵太，鶴巻峰夫：低炭素工法による二酸化炭素削減の可能性，環境システム研究論文集，Vol.40，pp.349-354, 2012.
- 7) 盛岡通，酒井寛二，内藤弘：土木建設業における環境負荷評価（LCA）検討（その 1），地球環境シンポジウム講演集，Vol.3，pp.61-66, 1995.
- 8) 国土交通省：NETIS（新技術情報提供システム），国土交通省ホームページ，入手先< <http://www.netis.mlit.go.jp/>>，（参照 2013-10-1）
- 9) 一般社団法人日本建設機械施工協会：平成 24 年度版建設機械等損料表，2012.
- 10) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：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，道路環境研究室ホームページ，入手先< http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database/e_io2005c.xls>，（参照 2012-10-1）
- 11) 独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター：産業連関表による環境負荷原単位データブック（3EID），国立環境研究所ホームページ，入手先< http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/in dex_j.htm>，（参照 2012-10-1）

(2013. 7. 19 受付)

CO₂ REDUCTION BY ADOPTION OF LOW-CARBON CONSTRUCTION TECHNOLOGIES TO THE INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

Keita SUGABAYASHI, Katsunori KADOYU, Taro KANDA, Tsuyoshi FUJITA and Mineo TSURUMAKI

Because global warming are becoming more serious in recent years, it is necessary to promot low-carbonization development of infrastructure. In this study, we estimated reductions of CO₂ emissions by the adoption of low-carbon construction technologies in Japan's infrastructure developments. This report gathered research results until March, 2013.

As a result of the estimation, we found the followings; (1) most of 68 technologies in this report reduce both CO₂ emissions and construction cost, (2) the spread of these technologies may be reduced approximately one million tons of CO₂ emissions without additional expenses. The remaining issues of this report are estimate of the amount of CO₂ emissions in residual technologies, cnfirmation of the validity of the estimates, investigation of evaluation method of long-life technologies.