

社会資本 LCA に基づいた建設工事を対象とする環境影響評価

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF CONSTRUCTION BASED ON THE INFRASTRUCTURE LCA

菅林恵太 *

Keita SUGABAYASHI

In response to global warming, Land, Infrastructure and Technology Policy Institute have developed the Infrastructure Life Cycle Assessment (LCA) Methodology for Infrastructures, and is promoting the spread of this methodology. This methodology has formulas and the unit loads for each stage: planning, designing, constructing and materials selection. The methodology makes assessment of various evaluations possible according to the maturity of the plan. In the assessment, “interpretation”, which considers the accuracy of the result, is important.

As a result of calculating construction cost and CO₂ emission of 30 methods registered in NETIS, we have found the following: (1) Reduction in CO₂ emission per scale construction is 0.02 ~ 19 (t-CO₂/ 1 million yen), (2) Cost to reduce 1 ton of CO₂ emission is -1.69 ~ 0.26 (million yen / 1t-CO₂ reduction), and (3) Many of the 30 methods include technology to reduce both construction cost and CO₂ emission.

Keywords : *global warming, carbon dioxide(CO₂), infrastructure, construction, Life Cycle Assessment, marginal abatement cost*

1. はじめに

近年、地球温暖化が着実に進行しており、これに対処するため二酸化炭素 (CO₂) 排出量を削減し、低炭素社会を実現することが求められている。

日本国内の CO₂ 排出量を産業連関表等に基づいて再整理すると、建設業に係る CO₂ の直接排出量は国内排出量の約 1% に過ぎないが、使用資材の製造や資材・廃棄物の運搬等による間接排出分を含めた全体では国内排出量の約 14% を占めることが分かっている^{1),2)}。このことから、建設業に係る CO₂ 排出量を効率的に削減するためには、資材製造・運搬等の建設業に関連する活動まで遡及し、建設物のライフサイクル全体をとおした CO₂ 排出量を着実に低減していくことが必要となる。

国土技術政策総合研究所 (以下、「国総研」と言う) では、平成 16 年度から社会資本を対象とした Life Cycle Assessment 手法 (社会資本 LCA) の検討を始め、総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをとおした環境評価技術の開発 (平成 20 ~ 22 年)」(以下、「総合プロジェクト」と言う) を実施し、その成果として平成 24 年 2 月に「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」^{1),2)} を公表したところである。

筆者は、平成 23、24 年に国総研に部外研究員として在籍し、社会資本 LCA の開発・実用化の研究に携わった。

本稿では、国総研が開発した社会資本 LCA に基づく CO₂ 排出量の算出手法を紹介するとともに、社会資本整備を対象に設計レベルにおいて CO₂ 排出量を計算した結果を示す。加えて、低炭素社会の実現へ向けて社会資本 LCA を設計・施工案の比較選定等に活用することの有効性と課題について考察する。

2. 社会資本整備の流れと各意思決定レベルにおける CO₂ 排出量計算手法

(1) 社会資本整備の意思決定の流れ

社会資本整備は図-1 に示すとおり構想・設計・施工・資材選定のレベルごとに意思決定がなされることで、より公正かつ合理的な整備が行われる。各レベルにおいて環境評価を行うことで、環境負荷の少ない社会資本整備を実施することができる。

意思決定される内容や計画の熟度は表-1 に示すとおり各レベルで異なり、求められる環境負荷 (CO₂ 排出量) の計算精度にも差があると考えられる。これを踏まえて、国総研^{1)~4)} では、意思決定レベルごとに最適な算出手法を確立することとした。

* コンサルタント国内事業本部 社会システム事業部 環境部
(元 国土交通省 国土技術政策総合研究所 部外研究員)

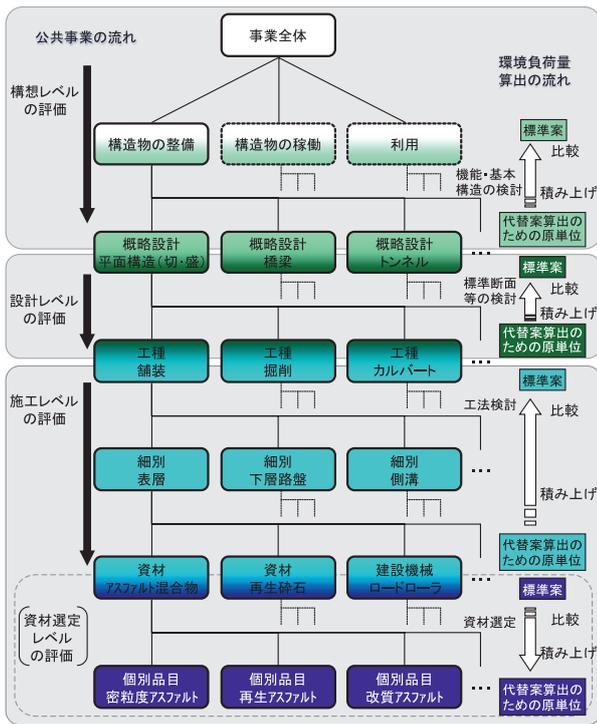


図-1 社会資本整備及び環境負荷算出の流れ

表-1 社会資本整備の各レベルにおける意思決定事項

	概要	意思決定事項*
構 想 レ ベ ル	道路の概略設計、河川整備計画や港湾の長期構想等、事業の概略設計を行う段階	道路の機能（平面・高架・トンネル）等
設 計 レ ベ ル	概略設計・予備設計等において、社会資本の構造形式、構造諸元を検討する段階	構造物の断面形状・概略の材料・工種別数量等
施 工 レ ベ ル	施工方法や使用資材を決定し、社会資本を建設する段階	具体的な建設機械・製品等
資材選定 レ ベ ル	個別の資材の製造に伴う環境負荷を評価する段階	製造する企業・工場等

注1) ※：道路事業の例を示す。

(2) 社会資本 LCA に基づく CO₂ 排出量の基礎算出式

温室効果ガスの算出式は、JIS の標準仕様書 (TS Q 0010) において式 (1) のとおり示されている。

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

式 (1) をベースとして、社会資本 LCA に基づく CO₂ 排出量の算出式は、社会資本整備に係る資材・作業等のそれぞれの数量と単位当たりの CO₂ 排出量 (CO₂ 排出原単位) の積和を基本とした (式 (2) 参照)。設計書・施工計画書等から読み取ることのできる資材・作業等の種類は意思決定レベルごとに異なることから、計算に用いる数量・原単位もレベルごとに異なる。総合プロジェクトでは、これらの計算に用いる主な原単位を作成・公表している^{1),2),5),6)}。

	工事計画等から設定		原単位表から設定		CO ₂ 排出量
	数量	単位	原単位	単位	
資材 1	X ₁	t	E ₁	t-CO ₂ /t	X ₁ × E ₁
資材 2	X ₂	m ³	E ₂	t-CO ₂ /m ³	X ₂ × E ₂
建設機械 1	X ₃	台日	E ₃	t-CO ₂ /台日	X ₃ × E ₃
燃料 1	X ₄	m ³	E ₄	t-CO ₂ /m ³	X ₄ × E ₄
...

合計が評価対象となる事業・構造物の CO₂ 排出量

図-2 社会資本 LCA に基づく CO₂ 排出量の計算イメージ

$$CO_2\text{排出量} = \sum_i (\text{数量}_i \times CO_2\text{排出原単位}_i) \quad (2)$$

(3) 各意思決定レベルにおける CO₂ 排出量の算出式

1) 構想レベルの CO₂ 排出量の算出式

構想レベルでは機能 (車線数等)・位置・ルート等の概略の計画が検討されるが、使用資材の種類等の詳細は検討されない。CO₂ 排出量の算出に当たっては、別途、積算作業を行わなくても計算できることが望まれる。また、供用後の社会資本の使用に伴う CO₂ 排出量に配慮することも求められる。

これらの条件を踏まえて、構想レベルの算出式は整備・管理と使用に伴う CO₂ 排出量 (式 (3) の右辺第 1、3 項) に計画に伴う CO₂ 排出量 (第 2 項) を加えることとした。なお、使用に伴う CO₂ 排出状況は社会資本の種類 (道路・河川・港湾等) によって異なることから、総合プロジェクトでは今後の課題とした。

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

EP：事業全体の CO₂ 排出量 j：構造物の種類

S：構造物の規模 ES：構造物当たりの CO₂ 排出原単位

EA：構造物の計画に伴う CO₂ 排出量

EU：構造物の使用に伴う CO₂ 排出量

2) 設計レベルの CO₂ 排出量の算出式

設計レベルでは工事費算出のための作業量 (例えば、掘削土量等) が検討されるが、使用資材の種類等までは検討されない。CO₂ 排出量の算出に当たっては、別途、積算作業を行わなくても計算できることが望まれる。

これらの条件を踏まえて、設計レベルの算出式は、整備・管理に伴う CO₂ 排出量 (式 (4) の右辺第 1 項) に設計に伴う CO₂ 排出量 (第 2 項) を加えることとした。

$$ES = \sum_k (W_k \times \overline{EW}_k) + ED \quad (4)$$

ES：構造物の CO₂ 排出量 k：工種の種類

W：各工種の作業量 EW：工種当たりの CO₂ 排出原単位

ED：構造物の設計に伴う CO₂ 排出量である。

3) 施工レベルの CO₂ 排出量の算出式

施工レベルでは使用資材の種類等の詳細まで検討される。また、資材等の運搬距離・建設機械の稼働時間・仮設材のリース等の具体的な数量も検討されることが多い。

これらの条件を踏まえて、施工レベルの算出式は、資材（式(5)の右辺第1項）・運搬（第2項）・施工（第3項）に伴う CO₂ 排出量の和とした。

$$EW = \sum_l (M_l \times \overline{EM}_l) + \sum_m (T_m \times \overline{ET}_m) + \sum_n (C_n \times \overline{EC}_n) \quad (5)$$

EW : 工種の CO₂ 排出量 *l* : 資材の種類 *M* : 資材の数量
 \overline{EM} : 資材の CO₂ 排出原単位 *m* : 運搬の車種等

T : 運搬距離 \overline{ET} : 運搬に係る CO₂ 排出原単位

n : 施工（建設機械、仮設材等）に係る CO₂ 排出の種類

C : 施工に係る数量 \overline{EC} : 施工に係る CO₂ 排出量

4) 資材選定レベルの CO₂ 排出量算出式

同一資材であっても製造する企業・工場によって CO₂ 排出量は異なる。資材を選定する際、企業間・工場間の CO₂ 排出量の違いも考慮するため、施工レベルより詳細に資材の CO₂ 排出量を算出することが求められる可能性が考えられる。

これらの条件を踏まえて、資材選定レベルの算出式は、原材料の CO₂ 排出量（式(6)の右辺第1項）・投入エネルギーの CO₂ 排出量（第2項）・未集計分等見込み値（第3項）の和とした。

$$EM = \sum_o (R_o \times \overline{ER}_o) + \sum_p (E_p \times \overline{EE}_p) + EO \quad (6)$$

EM : 資材の CO₂ 排出量 *o* : 原材料の種類

R : 原材料の数量 \overline{ER} : 原材料の CO₂ 排出原単位

p : 投入エネルギーの種類 *E* : 投入エネルギーの量

\overline{EE} : 投入エネルギーの CO₂ 排出原単位

EO : 未集計分等見込み値に係る CO₂ 排出量

なお、未集計分等見込み値とは、工場に隣接する事務所で使用する事務用品等、通常集計がなされていないと考えられる負荷分を指す。総合プロジェクト^{1),2)}では、これらを未集計分等見込み値として整理しており、この設定値を計算に加えることにより、従来考慮できなかった環境影響も網羅的に扱えるようにした。

(4) CO₂ 排出原単位の整備

1) 各種の CO₂ 排出原単位の関係

(3)に従って CO₂ 排出量を算出するためには、各種 CO₂ 排出原単位が必要となる。各意思決定レベルの算出式で用いる原単位の関係を図-3に示す。まず、基礎となる資材の原単位があり、それに運搬、施工に伴う排出量を合算した値が工種の原単位、工種の排出量を組み合わせた値が構造物の原単位となる。

以降では、総合プロジェクト^{1),2),5),6)}で作成した各種原単位の作成方法の概要を説明する。

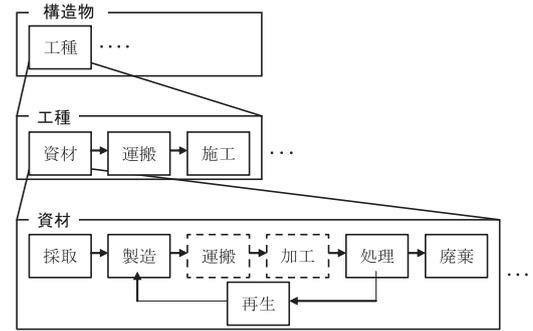


図-3 各意思決定レベルの環境負荷原単位の関係

2) 資材の CO₂ 排出原単位の作成

資材の CO₂ 排出原単位は、産業連関表を基礎とし、以下の手順で算出した。

- i) 社会資本の環境負荷に及ぼす影響や製造工程に鑑みて環境負荷原単位を分割・追加することが望ましい資材を選定。
- ii) 選定された資材（部門）の分割・追加。
- iii) 公的一次統計等に基づく信頼性の高い詳細な物量データへの置換等の修正
- iv) 修正された巨大マトリックス（図-4参照）を逆行列計算。

例えば、産業連関表上で単一部門の「セメント」は、建設工事において普通ポルトランドセメント（OPC）や高炉セメント B 種（BB）等で使い分ける。これらの規格によって原料やエネルギー投入が異なるため、部門分割やデータ置換が必要である。各種統計や業界団体からの情報提供を受けて、早強（HPC）、中庸熱（MPC）、OPC のポルトランドセメント等に分割し、データを置換した。なお、産業連関表を基礎としたのは、資材の網羅性向上を図るとともに、それら原単位を共通の条件下で算定するためである。

3) 上位レベルの CO₂ 排出原単位の作成

工種当たりの環境負荷原単位は、国土交通省土木工事積算基準に従って材料や建設機械等の環境負荷原単位を積み上げて細別に集約することによって、構造物当たりの環境負荷原単位は、実工事の設計図書等に従って同様に積み上げて 1km 等の構造物規模当たりに集約することによって算出した。

4) CO₂ 排出原単位利用にあたっての留意点

地球温暖化関連の研究は日進月歩であり、今回前提とした考え方が変更されたり、新たに反映すべき知見が得られたりすることがありうる。今回の環境負荷原単位の作成を行っている間にも、セメント水和物の炭酸化による CO₂ 固定や鉄鋼のマルチステップリサイクリング等の新たな展開があったが、現在のところ完全には対応できていない。CO₂ 排出原単位の利用に当たっては、これらの点に留意することが必要となる。

なお、これらの CO₂ 排出原単位は、平成 25 年 6 月現在、国総研 HP⁷⁾にて公表されている（表-2 参照）。



図-4 社会資本 LCA 用投入産出表 (巨大マトリックス) の作成イメージ

表-2 社会資本 LCA 用投入産出表に基づく環境負荷原単位 (一部)

資材名称	単位 (※)	CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /※)
ガソリン	l	2.84
灯油	l	2.75
軽油	l	2.95
A重油	l	2.91
アスファルト	t	1.22 × 10 ²
舗装材料	t	6.11 × 10
新規合材	t	5.87 × 10
再生合材	t	5.83 × 10
セメント	t	8.13 × 10 ²
ポルトランドセメント	t	8.98 × 10 ²
高炉セメント	t	5.26 × 10 ²
フライアッシュセメント	t	7.31 × 10 ²
その他のセメント	t	8.06 × 10 ²
早強ポルトランドセメント	t	9.25 × 10 ²
中庸熟ポルトランドセメント	t	9.11 × 10 ²
普通ポルトランドセメント	t	8.96 × 10 ²
普通鋼形鋼	t	1.17 × 10 ³
普通鋼鋼板	t	1.97 × 10 ³
普通鋼小棒	t	8.17 × 10 ²
事業用電力	kWh	4.64 × 10 ⁻¹
砂利・採石	t	1.83 × 10
砕石	t	9.94
再生砕石	t	5.45
高炉スラグ微粉末	t	-6.13

3. 計算事例と解釈の重要性

(1) CO₂ 排出量計算の事例 (平面道路の設計)

2章で紹介したCO₂算出式及びCO₂排出原単位を用いて、道路の概略設計の複数設計案におけるCO₂排出量の比較検討を実施した。

対象とした構造物は平面道路であり、表-3に示すとおり断面構造を変えた3案 (Case1~3) とした。算出手順は、まずそれぞれの概略設計に基づいて掘削土量等の数量を整理し、それに工種当たりのCO₂排出原単位を乗じることによりCO₂排出量を算出した。また、設計自体 (設計者の作業分) に伴うCO₂排出は対象外とした。

結果は図-5に示すとおりである。資材使用量の最も少ないCase1のCO₂排出量が最も小さくなった。Case2、3ではCO₂排出量の大部分がコンクリートや鉄を用いるコンクリートブロック積工・壁面材組立設置工・補強材取付工に由来すること、Case1では植生基盤吹付け工が過半数を占めていることが確認できた。

なお、Case2、3は同規格の道路でも施工面積を小さくできる等の利点もあり、実際の設計ではそれらを複合的に検討する必要がある。

表-3 平面道路の設計3案の断面構造形式

Case1	切土：のり面	盛土：のり面
Case2	切土：コンクリートブロック積み	盛土：コンクリートブロック積み
Case3	切土：鉄筋補強土	盛土：テールアルメ

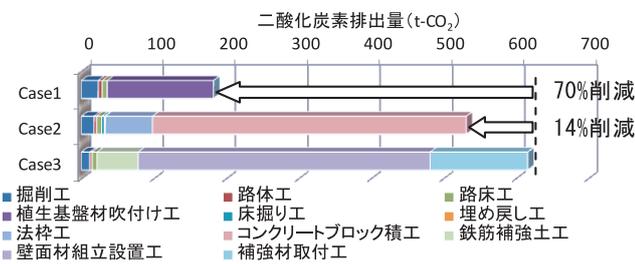


図-5 平面道路の設計3案のCO₂排出量

(2) 計算結果の解釈

(1) に示した事例では、Case1のCO₂排出量が最も少ない結果となったが、これは現場の状況・工事の条件等によって変わる可能性がある。他の環境影響評価手法と同様に、社会資本LCAでも計算結果がどの程度確からしいか、また計算結果をどのように評価すれば良いかを十分検討することが必要となる。

LCAの国際規格(ISO 14042, 14043)では、影響評価のステップとして計算条件の設定(目的及び調査範囲の設定)、計算(インベントリ分析)に加えて、解釈と影響評価が必要であるとしている(図-6参照)。影響評価とは複数の影響項目の統合等を指し、今後CO₂排出量以外の項目も評価対象とする場合に特に課題となる。

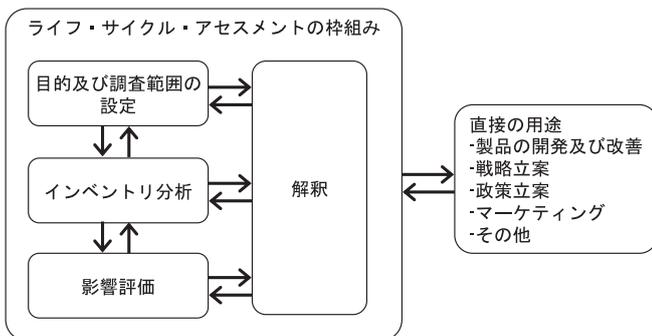


図-6 平面道路の設計3案のCO₂排出量

一方、解釈とは分析結果に基づいてどのプロセス(製品の各製造工程等)が重要かなどを考察する「重要な問題の特定」と重要なプロセス等を中心にしたデータの信頼性等の「点検」からなる。「重要な問題の特定」とは、主にどのプロセスがCO₂排出量に最も寄与するかを考察することであり、CO₂排出量を項目・品目別に整理し、どの項目・品目による影響が最も大きいのかを明らかにする。「点検」とは、計算結果の信頼性を確認するため、完全性点検・感度点検・整合性点検等を実施することである。各点検の手法案は、表-4に示すとおりである。

表-4 LCI計算の点検手法(案)

種類	目的	手法
完全性点検	全データが入手可能か、それが完全であるかを判断。	計算で必要となる項目を整理。各数値の根拠と完全性を分析。また、完全でない場合には、計算の問題点・留意点として整理する。
感度点検	計算結果が原単位・計算手法・シナリオ等によってどの程度影響されるか判断。	使用する原単位・計算手法・シナリオによってどの程度変化するか、また比較検討の場合には変化によってそれぞれの計算結果の関係がどのように変わるかを分析。
整合性点検	前提条件・手法・データが調査の目的および調査範囲と整合しているかを判断する。	以下の項目をチェックする。 ・ ライフサイクルに沿ったデータ品質の差異及び製品間でのデータ品質の差異は調査目的及び調査範囲との整合性があるか。 ・ データに地理的、時間的な差異がある場合には、一貫して適用したか。等

社会資本を含む建設物は、一般的な工業製品と異なり、一品生産であること、計画・設計から実際の施工まで期間が空くことが多いこと、施工において様々な関係者が介在すること等によって、事前の計画・設計と実際の施工(製品の場合は「製造」との間に相違が発生することが多い。そのため、建設物を評価対象とする社会資本LCAでは、計算結果の不確実性等について十分に「解釈」することが必要となるが、まだその手法は確立されていない。

4. 社会資本LCAの活用

実際に我が国の建設分野からのCO₂排出量を削減し、低炭素社会の実現を目指すためには、社会資本LCAを十分に活用することが望まれる。低炭素施工技術を積極的に採用して建設分野の低炭素化を図る場合、それによってどの程度CO₂排出量が削減でき得るかを把握し、場合によっては補助金等によって技術の普及を推進することが必要となる。以降では、山本ら(2012)⁸⁾が行った、社会資本LCAによって我が国の社会資本整備に低炭素施工技術を積極採用した場合のCO₂削減可能性量の推計、及びCO₂削減と工事コストの関係の分析結果について紹介する。

(1) 低炭素施工技術の抽出と CO₂ 排出量の算出

日本の建設分野における CO₂ 削減の可能性を推計するためには、できるだけ多くの技術の評価対象とすることに加えて、評価対象とする技術が妥当であることが求められる。そのため、国土交通省が管轄する新技術情報システム (NETIS) に登録されている技術を中心に 30 技術を抽出した。各技術を保有する企業を対象にヒアリング調査を実施し、各低炭素施工技術とそれに対応する従来技術の積算データを把握した。把握した積算データに基づいて、それぞれの CO₂ 排出量と工事コストを算出した。

従来技術を低炭素施工技術に変えることによる CO₂ 削減量と工事コストの増加率を図-7 に示す。整理の結果、低炭素施工工法は以下の 4 つに大別された。

- ①：工事コストが削減され、CO₂ 排出量が大幅に削減される技術 (3 技術)
- ②：工事コスト・CO₂ 排出量ともに削減される技術 (20 技術)
- ③：工事コストが微増、CO₂ 排出量が削減される技術 (3 技術)
- ④：工事コストが増加、CO₂ 排出量が削減される技術 (1 技術)

①は廃棄物の再生利用・資材の再利用によって CO₂ 排出量を削減する技術が中心であり、③・④は高性能な資材によって資材使用量を減らし CO₂ 排出量を削減する技術が中心である。大半を占める②は、施工上の工夫により資材量や作業日数を減らす技術が中心であり、それによって工事コストの削減にも寄与している

建設部門では、従来、廃棄物処分量の削減や工事コストの縮減のため、廃棄物の再生利用や資材の再利用に係る技術が開発・

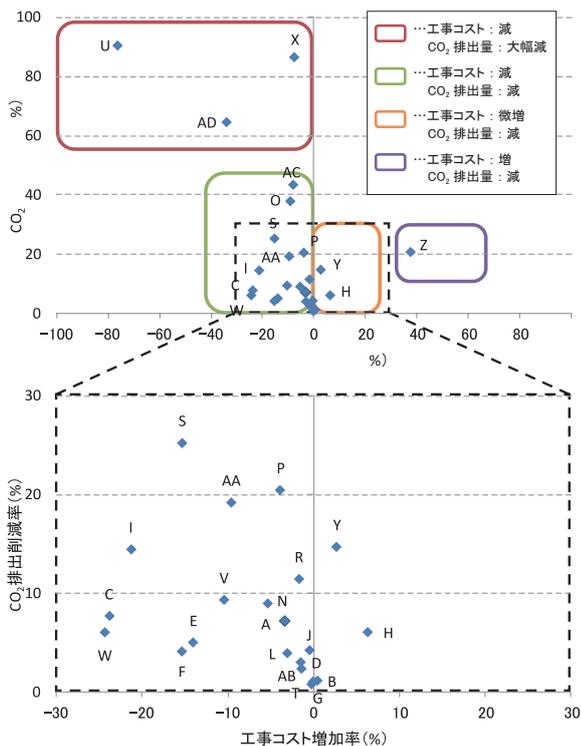


図-7 CO₂ 排出量削減率と工事コスト増減の関係

実施されてきた。算出の結果、これらリユース・リサイクルの技術が CO₂ 排出量の削減にも寄与していることが定量的に証明された。

(2) 低炭素施工技術を全国に普及させた場合の CO₂ 削減量

次に、前述した 30 技術 (内、CO₂ 排出量・工事コストを計算していない 3 技術を除く) を直轄工事に採用した場合に日本全体でどの程度 CO₂ 排出量の削減が可能か検討を行った。

検討に当たっては、低炭素施工技術は工事コストの多寡に寄らず、全国の直轄工事の該当する工種の 20% で採用すると仮定した。なお、現場状況に応じた低炭素工法の採用の可否・同一工種に対する低炭素工法の重複の取り扱い・工事規模の一般性の確認等は今後の課題である。

従来工法から低炭素施工技術に変更する際、実際には CO₂ 削減に効率的な技術 (工事コストの増分が少ない技術) の方が採用されやすい。従来工法・低炭素施工技術それぞれの CO₂ 排出量と工事コストから各低炭素施工技術において CO₂ 排出量を 1t 削減するために掛かる工事コスト増分 (削減費用) を整理し、削減費用が安い技術から日本全体の二酸化炭素排出削減量を積み上げた (図-6 参照)。

その結果、削減費用がマイナスの技術 (工事コストが増加しない技術) を全て採用した場合に約 30 万 t-CO₂、計算を最後まで行うことが出来た 26 技術全てを採用した場合に約 40 万 t-CO₂ の二酸化炭素排出量の削減が可能であることが示唆された。

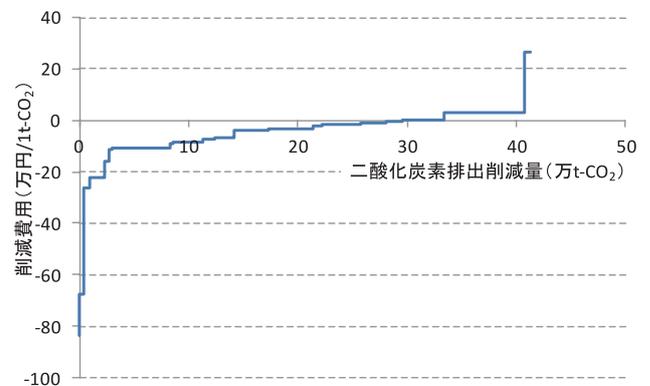


図-8 CO₂ 削減費用と削減量の関係

本稿の研究では、30 技術を対象に分析を行ったが、そのほとんどが CO₂ 排出量とともに工事コストも削減される技術であり、基準・制度等を整備にすることによって補助なしでも普及が進み、併せて約 30 万 t の CO₂ 排出量も削減される可能性のあることが確認された。CO₂ 削減量を更に増やすためには、評価対象とする低炭素施工技術を追加することが必要となる。

一方、建設分野において低炭素施工技術の開発を促進させ、高価格・高 CO₂ 削減の技術の普及を図るためには、低炭素施工技術の採用に対する補助金の給付も有効である。CO₂ 削減費用と削減量の関係に対して削減目標値を決めることによって、適切な補助金の額を設定することが可能となる。

5. まとめと課題

本稿では、筆者が国総研出向中（平成 23、24 年）に携わった社会資本 LCA について紹介し、社会資本 LCA の計算例及び計算結果を活用した検討事例を説明した。以下にまとめと今後の課題を示す。

- 社会資本 LCA とは、社会資本を含む建設物のライフサイクルを通じた CO₂ 排出量の計算手法である。ただし、供用時の CO₂ 排出量の算出手法はモデル化されておらず、場合に応じた検討が必要となる。
- 社会資本整備の意思決定のフローに合わせて、構想レベル・設計レベル・施工レベル・資材選定レベルの計算式とそれに用いる原単位が整備されている。
- 建設分野では計画・設計時の数量と実施工時の数量が異なることも多く、結果の確からしさを検討する「解釈」のステップが重要となる。
- 社会資本 LCA を活用することによって、CO₂ 排出量削減の目標値の設定、計画・設計・施工段階での CO₂ 排出量の定量的予測、実施した施策の CO₂ 削減効果の定量的評価等を行うことができる。
- 建設分野の低炭素化を図る検討として、低炭素施工技術の普及による CO₂ 削減量の推計を行った結果、工事コストが増加しない範囲でも年間 30 万 t の CO₂ 排出量が削減され得る可能性が示唆された。

社会資本 LCA は、従来の他の LCA 評価手法と比べて、社会資本整備の流れに合わせて意思決定レベルごとに計算が行えること、建設工事に関連する原単位の品目が細かいこと等、社会資本整備を含む建設工事を対象に CO₂ 排出量を計算する上で有意な点が多い。一方、以下のような課題が残されている。

- 長寿命化技術や CO₂ 固定技術（木材の積極利用）等をどのように評価するか。
- 構想・設計レベルの計画・設計が詳細に決まっていな

施工場所に依存する変動要因をどのように考慮するか。

- CO₂ 削減の計画・施工方法・資材によって他の環境項目が悪化してしまう可能性もある。CO₂ 排出量の削減と他の環境項目（騒音・大気汚染・生物多様性等）とのトレードオフをどのように評価するか。

今後、これらの課題が解決され、社会資本 LCA が普及することによって、建設部門の低炭素化が一層進むものと考えられる。

謝辞：国総研出向期間中には、曾根前道路環境研究室長、角湯道路環境研究室長を始め、道路環境研究室及び環境研究部の方々に心温かいご指導を頂いた。深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岸田弘之、山本聡、曾根真理 等：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関する報告－社会資本 LCA の実践方策一、国土技術政策総合研究所、2012
- 2) 岸田弘之、山本聡、曾根真理 等：国総研プロジェクト研究報告第 36 号 社会資本のライフサイクルをと
- おした環境評価技術の開発、国土技術政策総合研究所、2012
- 3) 曾根真理、菅林恵太、木村恵子：設計・施工における社会資本 LCA 適用の有効性、土木技術資料、第 54 巻、第 7 号、2012
 - 4) 菅林恵太、曾根真理、木村恵子、神田太朗：社会資本整備の各意思決定段階における LCI 計算式の提案、日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、第 7 回、pp.402-403、2012
 - 5) 曾根真理、木村恵子、神田太朗、菅林恵太、轟巻峰夫：社会資本整備の流れを踏まえた意思決定段階毎の環境負荷原単位の開発、日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、第 7 回、pp.306-307、2012
 - 6) 曾根真理、神田太朗、菅林恵太：社会資本 LCA に用いる環境負荷原単位一覧表の作成、土木技術資料、第 54 巻、第 7 号、2012
 - 7) 社会資本 LCA 用投入産出表に基づく環境負荷原単位一覧表、<http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm>、
 - 8) 山本聡、曾根真理、角湯克典、神田太朗、菅林恵太、轟巻峰夫：低炭素工法による二酸化炭素削減効果の可能性、第 40 回環境システム研究論文発表会、第 40 回、2012