

# 社会資本LCAにおけるLCI結果の確からしさに 関する考察

曾根 真理<sup>1</sup>・瀧本 真理<sup>2</sup>・岸田 弘之<sup>3</sup>・鶴巻 峰夫<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室 室長

(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail:do-kan@nilim.go.jp

<sup>2</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所企画部 企画課 調査係長

<sup>3</sup>フェロー会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 研究総務官

<sup>4</sup>正会員 和歌山工業高等専門学校 環境都市工学科 教授 (〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島77)

国土交通省国土技術政策総合研究所では、土木学会と協力して、社会資本整備へ適用できるLCA手法を研究している。同研究で構築した社会資本LCAの理論に基づくライフサイクルインベントリ (LCI) の計算を設計段階で実施するに当たって、①設計段階等において使用する資材等が確定していない場合があること、②環境負荷原単位の設定について諸説有り確定していない資材があること、③工事数量について見積もりと実使用量が違う可能性があることの3つの要因によって計算結果に誤差が発生する可能性があることが示唆された。道路構造物の建設に伴い発生するCO<sub>2</sub>排出量の試算の結果、社会資本LCAにおけるLCI結果は概ね確からしことが推察されたものの、一部に課題が残った。

**Key Words :** infrastructure development, life cycle inventory analysis, life cycle assessment, environmental load units, at design stage

## 1. はじめに

国土交通省国土技術政策総合研究所は、総合技術開発プロジェクト「社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発 (H20-22)」において、社団法人土木学会 (以下、土木学会) と協力して社会資本用のLCA手法の開発を行っている。同プロジェクトでは、社会資本整備の様々な意志決定段階 (構想段階、設計段階、施行段階、資材製造段階) における環境負荷算出手法の提案、及びLCAを行う上での基盤となる社会資本用環境負荷原単位の公表を行うこととしている<sup>1) 2)</sup>。

本稿は、設計段階の施工計画に基づいて、LCI手法をCO<sub>2</sub>排出量の計算に用いた場合のLCI結果の確からしさについて、試算の結果を踏まえた考察を行うものである。

## 2. LCI計算の基本と課題

社会資本分野では、原価の積み上げにより工事費用を算出するシステムが確立している。このシステムを利用

して、LCI計算においても同様に原単位を積み上げることにより環境負荷量を算出するシステムを構築することが可能である。環境負荷量は、式(1)に示すとおり建設資材や建設機械の数量とそれらの環境負荷原単位の積和により計算する。ここで、 $E$ は環境負荷量、 $i$ は資材等を示す記号、 $e$ は資材等の環境負荷原単位、 $x$ は資材等の数量である。

$$E = \sum_i (e_i \times x_i) \quad (1)$$

$e$ は総合技術開発プロジェクトで作成した社会資本用環境負荷原単位 (以下、環境負荷原単位)<sup>3) 4) 5)</sup>、 $x$ は施工計画等から設定する。

計算に当たっては、これら  $i$ 、 $e$ 、 $x$  の精度が高まることによって、環境負荷量  $E$  の確からしさが確保される。一方で、 $i$ 、 $e$ 、 $x$  の精度の確保に当たっては以下の課題が挙げられる。

- (1)  $i$  の課題：設計段階等において使用する資材等が確定していない場合があること
- (2)  $e$  の課題：環境負荷原単位の設定について諸説有り確定していない資材があること

(3) x の課題：工事数量について見積もりと実使用量が違う可能性があること

本稿では、現段階のLCI手法による試算結果等に基づいて、これらの課題がどの程度評価に影響を与えるかを検討し、LCI結果の確からしさについて検証を行った。

### 3. LCI結果の確からしさの検証

(1) 設計段階等において使用する資材等が確定していない場合があること

設計段階等の社会資本整備の初期においては、使用する具体的な資機材が決まっていなかった場合が多くある。この場合、分からない資機材について目的や材質等が類似する他の品目の原単位で代用するが、この「みなし」の割合が高いほど誤差が発生する可能性が高まる。

みなしを表-1のとおり場合分けした。実際の施工計画を対象とした試算結果に基づいて、それぞれのみなしからどの程度CO<sub>2</sub>が発生するかを整理し、使用する資材が確定していないことによる誤差の可能性を検討する。

表-1 みなしのパターン

|         | みなしのパターン                                                                                                                                                                          | 不確実性 |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| みなし原単位A | ・使用目的、場所等が決まっており、一般的な材質を概ね絞り込むことができ、その材質が環境負荷原単位にある場合。<br>(例えば、「固化剤」の場合、一般的にセメント系の資材と想定される。)<br>→工事に一般的に使用される資材と仮定して原単位を設定する。                                                     | 小    |
| みなし原単位B | ・使用目的、場所等が決まっているが、それに該当する材質が環境負荷原単位にない、若しくは絞り込むことが出来ない場合。<br>・現場の状況に合わせて、材質等を変更する資材である場合。<br>(例えば、「植生基盤材」の場合、現場状況によっても変わるため、材質を絞り込むことが出来ない。)<br>→その資材として最も多く用いられる材質を仮定して原単位を設定する。 | 中    |
| 価格基準原単位 | ・価格しか分からない場合(数量が不明)。<br>(例えば、価格のみで計上されており、使用目的、場所等が不明、物量基準の環境負荷原単位では設定できない。)<br>→価格基準の環境負荷原単位に基づいて設定するが、価格が変わることによって原単位も変わることから不確実性が高い。                                           | 大    |

a) 土工工事

盛土工、切土工を中心に施工される平面道路の設置の工事(表-2)を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-2 工事概要(土工工事)

|      |                                                                         |
|------|-------------------------------------------------------------------------|
| 道路種別 | 自動車専用道路(1種3級)                                                           |
| 施工延長 | 469.4m                                                                  |
| 車線数  | 暫定2車線(片側1車線)                                                            |
| 全幅員  | 10.5m                                                                   |
| 代表工種 | 切盛土工、法面整形工、植生工、安定処理工、ブロック積工、床掘・埋戻、側溝工、排水工、管渠工、集水樹工、マンホール工<br>※舗装工は含まれない |

試算の結果、図-1に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約740(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、みなし原単位Aと設定した固化剤、有孔管等からのCO<sub>2</sub>排出量が全体の約14%、みなし原単位Bと設定した植生基盤材からのCO<sub>2</sub>排出量が約2%、価格基準原単位と設定した運搬からのCO<sub>2</sub>排出量が約1%となった。

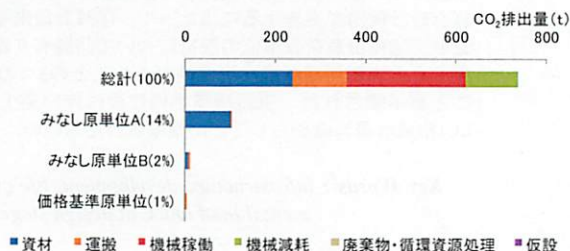


図-1 試算結果(土工工事)

b) 橋梁(下部)工事

鋼橋を架設するための基礎、橋脚を設置する工事(表-3)を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-3 工事概要(橋梁(下部)工事)

|      |                                         |
|------|-----------------------------------------|
| 道路種別 | 自動車専用道路(1種2級)                           |
| 施工延長 | 371.5m                                  |
| 車線数  | 4車線(片側2車線)                              |
| 全幅員  | 23.5m                                   |
| 橋種   | 鋼橋(10径間連続非合成鋼桁橋)                        |
| 代表工種 | 場所打杭工、橋脚躯体工、作業土工、橋梁付属土工、工事用道路工、土留・仮締切工等 |

試算の結果、図-2に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約830(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、価格基準原単位と設定した銘板、運搬等からのCO<sub>2</sub>排出量が約5%となった。

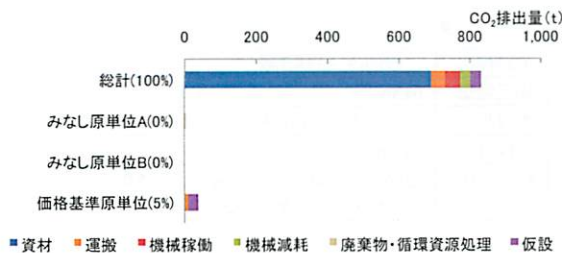


図-2 試算結果（橋梁（下部）工事）

### c) トンネル（NATM）工事

NATM工法によって施工されるトンネル掘削の工事（表-4）を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-4 工事概要（トンネル（NATM）工事）

|      |                                                      |
|------|------------------------------------------------------|
| 道路種別 | 自動車専用道路（1種3級）                                        |
| 施工延長 | 2,270m                                               |
| 車線数  | 2車線（片側1車線）                                           |
| 全幅員  | 10.5m                                                |
| 代表工種 | 掘削工、支保工、掘削補助工、インバート工、覆工、坑内付帯工、坑門工、仮設工等<br>※舗装工は含まれない |

試算の結果、図-3に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約11,480(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、みなし原単位Aと設定したコンクリート用骨材、セメント系注入材等からのCO<sub>2</sub>排出量が全体の約1%、価格基準原単位と設定したアンカーボルト、がいし等からのCO<sub>2</sub>排出量が約9%となった。

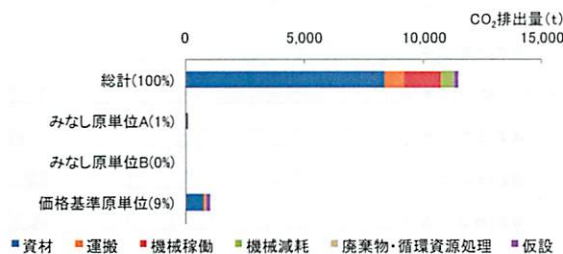


図-3 試算結果（トンネル（NATM）工事）

### d) 橋梁（上部）工事

鋼橋の橋桁を製造し橋脚に設置する橋梁上部の工事（表-5）を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-5 工事概要（橋梁（上部）工事）

|      |                                                                                               |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 道路種別 | 自動車専用道路（1種2級）                                                                                 |
| 施工延長 | 371.5m                                                                                        |
| 車線数  | 4車線（片側2車線）                                                                                    |
| 全幅員  | 23.5m                                                                                         |
| 橋種   | 鋼橋（10径間連続非合成鈹桁橋）                                                                              |
| 代表工種 | 桁製作工、検査路製作工、工場塗装工、工場製品輸送工、架設工、支承工、現場継手工、橋梁現場塗装工、床版工、落橋防止装置工、排水装置工、壁高欄工、中央分離帯工 等<br>※舗装工は含まれない |

試算の結果、図-4に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約10,680(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、みなし原単位Aと設定したコンクリート膨張材、バックアップ材等からのCO<sub>2</sub>排出量が全体の1%未満、価格基準原単位と設定したUボルト、アンカーボルト等からのCO<sub>2</sub>排出量が約4%となった。

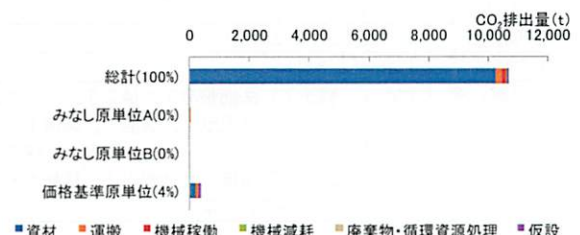


図-4 試算結果（橋梁（上部）工事）

### e) 舗装（土工）工事

平面道路に関して舗装や歩道、側溝の設置を行う工事（表-6）を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-6 工事概要（舗装（土工）工事）

|      |                                                                                        |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 道路種別 | 一般国道（3種1級）                                                                             |
| 施工延長 | 1,160m                                                                                 |
| 車線数  | 4車線（片側2車線）                                                                             |
| 全幅員  | 32m                                                                                    |
| 代表工種 | 道路土工、場所打擁壁工、プレキャスト擁壁工、補強土壁工、切削オーバーレイ工、本線舗装工、歩道舗装工、側溝工、管渠工、集水樹・マンホール工、縁石工、防護柵工、構造物取壊工 等 |

試算の結果、図-5に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約1,140(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、みなし原単位Aと設定したレキ質土、街渠縦断管等からのCO<sub>2</sub>排出量が全体の約21%、価格基準原単位と設定したL型受枠、コンクリートヒンジ用ゴム等からのCO<sub>2</sub>排出量が約9%となった。

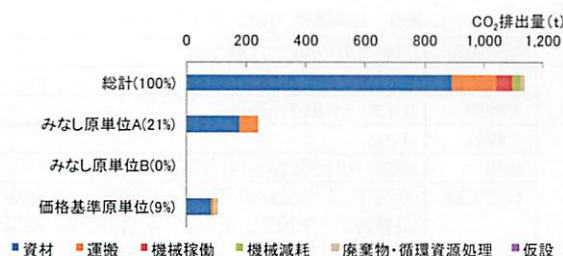


図-5 試算結果（舗装（土工）工事）

#### f) 舗装（橋梁）工事

橋梁に関して舗装や側溝、集水桝の設置を行う工事（表-7）を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-7 工事概要（舗装（橋梁）工事）

|      |                                                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 道路種別 | 一般国道（3種1級）                                                                                      |
| 施工延長 | 1,267m                                                                                          |
| 車線数  | 4車線（上下各2車線）                                                                                     |
| 全幅員  | 17.5m（上下計）                                                                                      |
| 代表工種 | 掘削工、盛土工、法面整形工、植生工、プレキャスト擁壁工、補強土壁工、舗装工、側溝工、管渠工、集水桝・マンホール工、排水工、緑石工、踏掛版工、防護柵工、区画線工、情報ボックス工、付帯設備工 等 |

試算の結果、図-6に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約730(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、みなし原単位Aと設定したコンクリート柵蓋、ジオテキスタイル等からのCO<sub>2</sub>排出量が全体の1%未満、価格基準原単位と設定したL型受枠、プレキャストL型擁壁等からのCO<sub>2</sub>排出量が約9%となった。

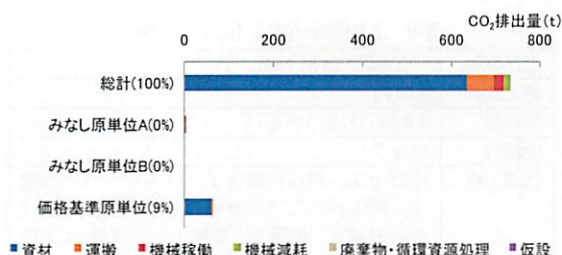


図-6 試算結果（舗装（橋梁）工事）

#### g) 舗装（トンネル）工事

トンネルに関して舗装や側溝、集水桝の設置を行う工事（表-8）を対象に社会資本LCAのLCI手法に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を試算した。

表-8 工事概要（舗装（トンネル）工事）

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| 道路種別 | 一般国道（3種3級）                            |
| 施工延長 | 642m                                  |
| 車線数  | 2車線（片側1車線）                            |
| 全幅員  | 12.3m                                 |
| 代表工種 | 道路土工、舗装工、側溝工、集水桝・マンホール工、緑石工、道路付属施設工 等 |

試算の結果、図-7に示すとおりCO<sub>2</sub>排出量は全体で約150(t)と試算された。みなしを適用した資材等のCO<sub>2</sub>排出量は、価格基準原単位と設定したリブ管用ダクトスリーブ、樹脂発泡体目地板等からのCO<sub>2</sub>排出量が約3%となった。

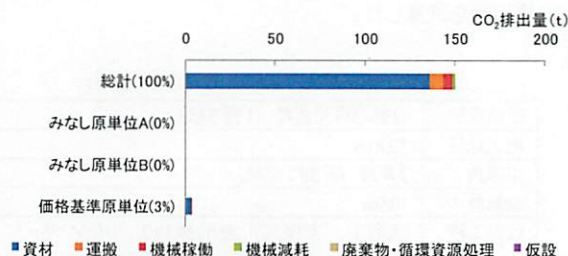


図-7 試算結果（舗装（トンネル）工事）

#### h) 計7工事事例のみなし値の内訳

a)～g)に示した7工事事例のCO<sub>2</sub>排出量をみなし由来のCO<sub>2</sub>排出量とそれ以外に分けて整理した結果が図-8である。特にみなし原単位B及び価格基準原単位によるCO<sub>2</sub>発生量が高いと、LCI計算の不確実性が高くなる。

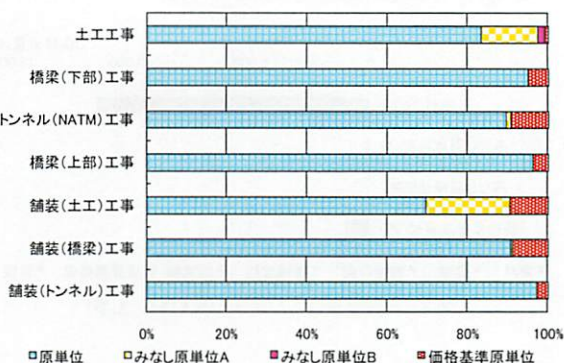


図-8 みなし由来のCO<sub>2</sub>排出量の内訳

今回の試算対象とした工事事例のうち、みなし原単位B及び価格基準原単位由来のCO<sub>2</sub>排出量の割合が最大でも9.3%であり、少なくとも90%以上は排出源が明らか若しくは不確実性が小さいことが分かった。

このことから、設計段階の資材の一部が確定しない時点でLCI計算を行った場合でも、一定の確からしさが確保されていると考えられる。

(2) 環境負荷原単位の設定について諸説有り確定していない資材があること

a) 原単位が未確定の資材について

環境負荷原単位の設定について諸説あり、確定していない主な資材としては、①コンクリート、②鉄、③アスファルトが挙げられる。

①について、コンクリートは供用中及び再資源化時の炭酸化によってCO<sub>2</sub>が固定されることが分かっている<sup>9)</sup>。総合技術開発プロジェクトで開発された現在の環境負荷原単位は、発生時のCO<sub>2</sub>については計算されているものの、CO<sub>2</sub>固定によるマイナス分については研究が始まったばかりであることから考慮されていない。今後の研究によってCO<sub>2</sub>固定を考慮することになった場合、現在の原単位よりも小さくなる。

②について、鉄は高炉で新材を製造する際にコークスの炭素が鉄鉱石から酸素を奪うことによってCO<sub>2</sub>を発生させる。一方、鉄スクラップから新たな鉄を製造する場合（再資源化）は、新材製造時よりCO<sub>2</sub>排出量が少ない。現在の環境負荷原単位では、単年度でのCO<sub>2</sub>の排出を評価しており、再生材は新材に比べてCO<sub>2</sub>排出量が少なくなっている。しかし、鉄は無限回と見なせるリサイクルが行われることから<sup>9)</sup>、製造や再資源化で発生する環境負荷を新材から再生材まで等分に割り当てる「マルチステッブリサイクリングシステム」という考え方がある。これを採用することになった場合、高炉由来の鉄のCO<sub>2</sub>排出量は小さくなり、電炉（鉄スクラップ）由来の鉄のCO<sub>2</sub>排出量は大きくなる。

③について、現在の環境負荷原単位は製造等に係る全てのCO<sub>2</sub>排出量を評価することを目標としているため、生産活動において海外で発生するCO<sub>2</sub>量も含めた原単位となっている。しかし、各国の温室効果ガスの削減目標を定めた京都議定書では国内のCO<sub>2</sub>排出量のみを対象としており、現在の環境負荷原単位と考え方が異なっている。

特に、アスファルトはCO<sub>2</sub>の海外発生分が多く、京都議定書の考え方に合わせて海外発生分を見込まないとした場合、CO<sub>2</sub>排出量は大幅に減少する。なお、セメントは原料の大部分が国内で生産されるため海外発生分は僅かであり、鉄の海外発生分はアスファルトとセメントの間である。

①～③について、課題と現在の環境負荷原単位での取り扱い及びその扱いを変更した場合の原単位の増減を表-9に示す。

表-9 確定していない資材の原単位の課題

|        | 課題                                                             | 現在の環境負荷原単位の取り扱い            | 取り扱いを変更した場合                 |
|--------|----------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| コンクリート | 供用中及び再資源化時のCO <sub>2</sub> 固定を考慮するか否か                          | CO <sub>2</sub> 固定を考慮していない | コンクリートの原単位が減少               |
| 鉄      | 新材製造時のCO <sub>2</sub> を再生材も含めて等分する「マルチステッブリサイクリングシステム」を採用するか否か | マルチステッブリサイクリングシステムを採用していない | 高炉由来の鉄の原単位が減少、電炉由来の鉄の原単位が増加 |
| アスファルト | 海外におけるCO <sub>2</sub> 排出量を考慮するか否か                              | 海外排出分を考慮している               | アスファルトの原単位が大幅に減少            |

これを踏まえて、土木構造物の形式等を選定する場合にLCI計算に基づくCO<sub>2</sub>排出量を選定項目とした2事例を以降に示す。

b) 異なる資材を用いる工法、工種の比較

平面道路について、3種類の工法で建設した場合のそれぞれのCO<sub>2</sub>排出量について計算を行った（表-10）。第1案は、盛土、切土のみで道路を建設する案、第2案は、切土区間及び盛土区間の法面にコンクリートブロックを積み重ねてより勾配ある壁面を作り、掘削量を減らすこととした案、第3案は、切土区間は鉄筋、盛土区間はテールアルメで法面を補強し、急勾配の壁面を作り、第2案より更に掘削量を減らすこととした案である。

表-10に示したCO<sub>2</sub>排出量は、実際の施工計画に基づいてLCI試算を行った結果であり、資材の使用量が少ない第1案が最もCO<sub>2</sub>排出量が少ない結果となった。

第2、3案では、原単位が確定していない資材であるコンクリートと鉄を使用している。仮にこれらの原単位が現在の取り扱いの逆となった場合、評価が変わることが予想される。図-9に原単位が変わった場合にCO<sub>2</sub>排出量に変化するイメージを示す。

今回の試行では傾向に変化はなかったものの、第2案と第3案のCO<sub>2</sub>排出量の差が大きくなった。何らかの理由で第1案が破棄された場合、原単位が変わることで選定の結果に影響を与えることが予想される。

表-10 平面道路の設置3工法のCO<sub>2</sub>排出量  
(異なる資材を用いる工法の比較)

|     | 断面 | CO <sub>2</sub> 排出量   |
|-----|----|-----------------------|
| 第1案 |    | 182 t-CO <sub>2</sub> |
| 第2案 |    | 532 t-CO <sub>2</sub> |
| 第3案 |    | 616 t-CO <sub>2</sub> |

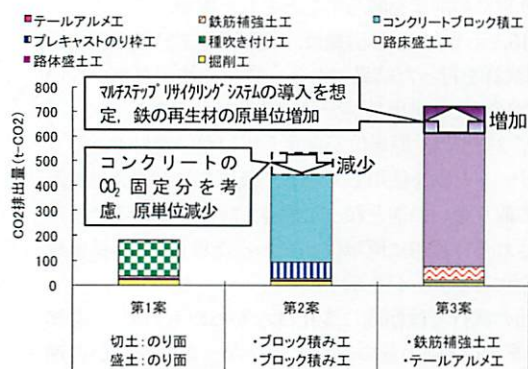


図-9 原単位が変わった場合のCO<sub>2</sub>排出量の変化(イメージ)  
(異なる資材を用いる工法の比較)

### c) 同じ資材を用いる工法、工種の比較

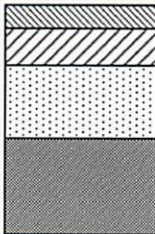
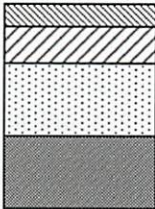
道路のアスファルト舗装について、舗装厚を変えた場合のそれぞれのCO<sub>2</sub>排出量について計算を行った(表-11)。標準案に対して、スリム化案では舗装厚を30(cm)薄くすることとした。

表-11に示したCO<sub>2</sub>排出量は、実際の施工計画に基づいてLCI試算を行った結果であり、標準案の方がスリム化案よりもCO<sub>2</sub>排出量が少ないという結果になった。

アスファルトの原単位が仮に現在の取り扱いの逆となった場合、CO<sub>2</sub>排出量が変わることが予想される。図-10に原単位が変わった場合にCO<sub>2</sub>排出量が増加するイメージを示す。

今回の事例では、両案ともアスファルトを使用しており、原単位が変化することによって全体のCO<sub>2</sub>排出量もほぼ同じ割合で増減することとなる。同じ資材を用いる工法、工種においては、原単位が変化することによってCO<sub>2</sub>排出量の絶対量は変わるが、傾向は概ね変わらないものと想像される。

表-11 舗装厚の違いとCO<sub>2</sub>排出量  
(同じ資材を用いる工法の比較)

|       | 断面                                                                                 |                                                         | CO <sub>2</sub> 排出量        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|
| 標準案   |   | 表層 5cm<br>基層 10cm<br>上層路盤 50cm<br>下層路盤 70cm<br>舗装 135cm | 907<br>t-CO <sub>2</sub>   |
| スリム化案 |  | 表層 5cm<br>基層 10cm<br>上層路盤 45cm<br>下層路盤 45cm<br>舗装 105cm | 2,054<br>t-CO <sub>2</sub> |

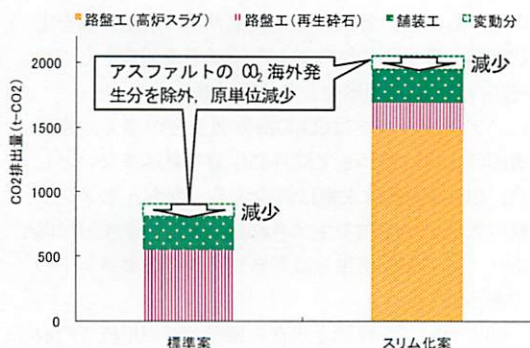


図-10 原単位が変わった場合のCO<sub>2</sub>排出量の変化(イメージ)  
(同じ資材を用いる工法の比較)

### d) 考察

以上の検討により、将来の原単位が変わる可能性があり、それによって計算結果が変わってしまう可能性があることに十分留意しなければならない。それに加えて、

異なった資材を用いる工法、工種の比較の場合には、工法、工種毎の傾向が変わる可能性があることから、十分な注意が必要となる。

一方、同じ資材を用いる工法、工種の比較の場合、CO<sub>2</sub>排出量自体は変わるが、傾向はほぼ変わらないと予想される。このことから、工法、工種選定の1項目に現在のLCI手法に基づくCO<sub>2</sub>排出量を採用することは問題ないと考ええる。

### (3) 工事数量について見積もりと実使用量に差が存在する可能性があること

構想、設計、施工段階のLCI計算では、各段階の工事計画に基づいて入力データの設定等を行うが、それぞれの計画の進捗度によって、条件の精度が異なる。ヒアリング等の結果、設計段階の工事計画とその後実際の施工とでは以下の点で差異が発生することが予想される。

- ・ 使用する資材量が計画と実施工で変わる可能性があるが、LCI結果の誤差の要因となりうる。しかし、施工面積等の工事の基礎条件が変わる可能性は小さいことから、資材量が変化した場合でもその誤差は僅かであると考えられる。
- ・ 計画で示される資材量の単位が環境負荷原単位の単位と異なる可能性があるが、建設物価（建設物価調査会）等を用いて単位変換することにより精度は確保されるものと考えられる。
- ・ 資材の調達先、廃棄物の処分先等が変わるとそれに係る運搬距離も変わる。距離が変わることで使用する燃料量が変わるため、LCI結果の誤差の要因となる。
- ・ 現段階のLCI手法では、施工機械の稼働時間を国土交通省土木工事積算基準（国土交通省大臣官房技術調査課）等に基づいて、一般的な値として設定している。しかし、実際の工事では現場条件によって異なるため、LCI結果の誤差の要因となる。
- ・ 仮設材については、計画段階で定まっていないことが多く、例えば土留めに使用した鋼矢板を引き抜くか否かは現場の状況によっても左右されることから、LCI結果の誤差の要因となる。

また、総合技術開発プロジェクトの検討では、仮設材は繰り返し使用され、1回の使用当たり重仮設で40%、軽仮設で5%損耗するとして、仮設材の原単位を設定している。しかし、工事単体で考えると、使用した仮設材が次回以降も使用可能か使用不可かについては二者択一であることから、LCI計算結果と実施工で発生するCO<sub>2</sub>量とに違いが出る。

## 4. 考察とまとめ

### (1) LCIの課題について

本試算においては、材料、工法及び構造の違いが明らかであることを条件に事例を選択した。この結果、LCI結果の確からしさについて表-12に示すことが明らかとなった。

表-12 LCI結果の課題と考察

| 課題                              | 考察                                                                                                                  |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 設計段階等において使用する資材等が確定していない場合がある。  | 未確定の資材に対してみこみ値を適用した場合でもLCI結果は十分確からしいと考えられる。                                                                         |
| 環境負荷原単位の設定について諸説有り確定していない資材がある。 | 異なった資材を用いる工法、工種の比較には、十分注意が必要である。一方、同じ資材を用いる比較では、選定結果に十分な確からしさがあると考えられる。                                             |
| 工事数量について見積もりと実使用量が違う可能性がある。     | 資材量の変化に伴う誤差は想定されるが、LCI結果は十分確からしいと予想される。一方、運搬距離、建設機械の稼働時間、仮設材については、計画と実施工の差異によりLCI結果の誤差に繋がると考えられることから、今後の追跡調査が必要である。 |

### (2) LCI計算の精度向上のための今後の取り組み

本稿の考察において、現段階のLCI手法に基づくLCI結果の確からしさには、計算精度の観点からいくつかの課題が残っていることが明らかとなった。今後、LCI手法を社会制度に導入することを考慮し、LCI結果の精度向上のため、以下の取り組みが必要となる。

- ・ 原単位が確定していない資材に対して知見を収集し、学会等の動向を注視する。
- ・ 計画と実施工で運搬距離にどのような違いがあるか実際の工事の事例を収集し、LCI結果と実CO<sub>2</sub>排出量との振れ幅を整理する。
- ・ 計画と実施工で施工機械の稼働時間にどのような違いがあるか実際の工事の事例を収集し、LCI結果と実CO<sub>2</sub>排出量との振れ幅を整理する。
- ・ 計画と実施工で仮設材に関してどのような違いがあるか実際の工事の事例を収集し、LCI結果と実CO<sub>2</sub>排出量との振れ幅を整理する。

謝辞：本研究は多くの方々の御協力によって為されたものでありこの場を借りて御礼申し上げます。

<土木学会 LCA 理論検討委員会>

藤田壮国立環境研究所環境技術評価システム研究室長(座長), 荒巻俊也東洋大学教授, 加藤博和名古屋大学大学院准教授, 栗島英明芝浦工業大学准教授, 鈴木武国土技術政策総合研究所部長, 鶴巻峰夫和歌山工業高等専門学校教授, 橋本征二国立環境研究所主任研究員, 藤井実国立環境研究所研究員, 松本亨北九州市立大学教授(所属・役職は平成 22 年 2 月時点)

<土木学会 LCI 試算 WG>

鶴巻峰夫和歌山工業高等専門学校教授(WG 長), 奈良松範諏訪東京理科大学教授, 河合研至広島大学大学院教授, (社)建設コンサルタンツ協会野本克己氏, 馬場正敏氏, 館山晋哉氏, 原文宏氏, 畑中克好氏, 熊谷忠輝氏, (社)日本建設業団体連合会柳雅之氏, 大川英一氏, 湯田坂貞利氏, 加畑敏明氏, 斉藤栄一氏, 宇田川義夫氏, 大竹利幸氏, 天野邦彦国土技術政策総合研究所河川環境研究室長, 菅野甚活国土技術政策総合研究所港湾施工システム課長, 笛田俊治国土技術政策総合研究所建設マネジメント技術研究室長, 高橋丞二北海道開発局技術管理企画官(所属・役職は平成 22 年 2 月時点)

参考文献

- 1) 瀧本真理: 社会資本のライフ・サイクル・アセスメント(LCA), 建設マネジメント技術, 2008 年 7 月号, pp.22-25, 2008.

- 2) 岸田弘之, 曾根真理, 瀧本真理: 低炭素社会に向けた LCA の導入-次世代の社会資本整備に向けて-, 土木技術資料, Vol.52, pp.8-11, 2010.
- 3) 瀧本真理, 曾根真理, 岸田弘之, 藤田壮: 社会資本 LCA に用いるインベントリ・データ・ベースの対象品目のスクリーニングに関する検討, 環境システム研究論文集 Vol.38, pp.203-211, 2010.
- 4) 瀧本真理, 曾根真理, 岸田弘之, 藤田壮: 社会資本 LCA に用いるインベントリ・データ・ベースの開発に関する検討, 第 5 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.284-285, 2010.
- 5) 曾根真理, 瀧本真理, 岸田弘之, 藤田壮: 社会資本 LCA に用いるインベントリ・データ・ベースの開発, 第 65 回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 2010.
- 6) 黒田泰弘, 菊地俊文: 解体コンクリートによる二酸化炭素の固定, コンクリート工学論文集, 20(1), pp.15-22, 2009.
- 7) 神田太朗, 曾根真理, 岸田弘之: コンクリート塊の再資源化による二酸化炭素固定量の全国調査, 第 7 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.216-217, 2011.
- 8) 千田光: 環境に優しい社会を支える建設用鋼材: 平成 21 年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 調査・計画・設計部門 II No.16, pp.1-6, 2009.

(2011.8.8 受付)

## A STUDY ON RELIABILITY OF LCI FINDINGS BY LCA METHOD IN INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

Shinri SONE, Masamichi TAKIMOTO, Hiroyuki KISHIDA and Mineo TSURUMAKI

The National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is developing life cycle inventory (LCI) analysis of infrastructure development in cooperation with the Japan Society of Civil Engineers (JSCE). We provisionally calculated the amounts of CO<sub>2</sub> emission of the construction of the infrastructure development by using the theory of LCA at design stage in this research. As a result of these calculations, it was suggested that there be a possibility of error margin of calculation occurring because of three factors; (1) The materials are not fixed at the design stage. (2) There are materials to which environmental load units has not been fixed. (3) There is possibility that quantities of works of estimate and actual construction are different. The LCI findings of LCA was guessed to be roughly correct, but the some problems still remained.