

7工事を対象とした設計段階における社会資本 LCI計算の不確実性評価の試み

菅林 恵太¹・曾根 真理²・加藤 博和³

¹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 部外研究員

(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail:do-kan@nilim.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 企画部 国際研究推進室 室長

³正会員 名古屋大学大学院 環境学研究科 准教授 (〒464-8603 愛知県名古屋市中千種区不老町)

E-mail:kato@genv.nagoya-u.ac.jp

国土技術政策総合研究所は土木研究所と協力して、社会資本整備に伴う環境負荷を算出するライフサイクルインベントリ (Life Cycle Inventory : LCI) 手法を開発してきた。これを受けて、LCI計算結果を社会資本整備の意思決定に用いる際の基準を設定することを最終目標とし、設計段階で実施するLCI計算の不確実性の分析を二酸化炭素排出量を対象に行った。7工事事例を対象とした分析の結果、実際の工事で排出されると見込まれる二酸化炭素量は、計算結果に対し24%減から64%増までばらつく可能性のあることが分かった。不確実性の主な要因は運搬距離と建設機械であり、これらを除くと不確実性の幅は計算結果に対し13%減から8%増までとなった。したがって、運搬・建設機械に伴う不確実性が除去可能であれば、比較するLCI計算結果の間に約2割の不確実性を上回る差が存在すれば、二酸化炭素排出量の大小の判定が可能であることが示された。

Key Words : *infrastructure development, life cycle assessment, life cycle inventory analysis, sensitivity analysis, CO₂ emission, uncertainty*

1. はじめに

近年、地球環境問題への意識の高まり等からサステナビリティ (持続可能性) 評価につながる環境負荷推計の方法が必要になっている。その手法の1つとして、ライフサイクルアセスメント (LCA) を導入し、原材料の採取、運搬、製造から解体廃棄までの環境負荷を計算することが有効である。

社会資本整備事業に関する各段階での意思決定においてもLCAを用いることが必要であり、従来より検討がなされてきた^{1, 2)}。しかし、これまでの手法には、環境負荷原単位の分類が粗い・システム境界が不統一である等の課題が残されていた。そこで、国土交通省国土技術政策総合研究所では、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、土木学会と協力して社会資本整備を対象としたライフサイクルアセスメント (以下、「社会資本LCA」という) に関する研究を行い、環境負荷を算出するライフサイクルインベントリ手法 (以下、「社会資本LCI」という) を開発、それに用いる環境負荷原単位

を算定した³⁾。

同プロジェクトは、社会資本LCAを社会資本整備の各意思決定段階 (構想・設計・施工・資材選定) で実施し、その結果に基づいて最適な意思決定 (設計・施工方法の選定等) を行うことを目指すものである。しかし、現段階では実用化に向けていくつかの課題が残っている。その1つとして、LCAの結果が内包する不確実性が挙げられる。例えば、設計段階での設計A案とB案の比較において、LCI計算結果からA案を選定した場合でも、実際の工事では計算時には確定できない要因によって環境負荷が想定より増大することが起こりえる。そのため、LCAのISO規格では、得られた結果に関する不確実性を十分吟味して解釈することを求めている。本藤⁴⁾は「LCA結果に大きな影響を与える入力データを特定できたなら、そのデータに含まれる不確実性によって、結果がどの程度ばらつくか見積もることが望まれる」と述べている。

LCAの不確実性についての具体的な検討は、工業製品⁵⁻⁷⁾・交通社会資本⁸⁾に関する例が存在する。一方、社会資本整備 (建設工事) の設計段階のLCI計算を対象とした不確実性の検討は行われてこなかった。

本研究では、LCAを社会資本整備の意思決定に用いるための判定基準の設定に資することを最終目標とし、設計段階において実施したLCI計算と実際の施工時の二酸化炭素排出量との間に違いを生じさせる要因の検討、各要因によるばらつきとそれによって発生するLCI計算結果の差異（本稿では、「LCI計算の不確実性」という）の分析を行った。

なお、実際の建設工事によって発生する環境負荷量の算定には、積み上げ法に基づいて使用した全ての建設資材・建設機械それぞれについて、採取・製造から遡って計算すればよいが、現実には不可能である。そのため本研究では、資機材の環境負荷量は岸田³⁾が設定した値を用い、この原単位の算出方法・使用データ等に起因する不確実性は取り扱わないこととした。また、本研究のLCI計算で扱う環境負荷は二酸化炭素排出量であるが、それ以外の環境負荷でも同様に扱うことができる。

2. 設計段階のLCI計算で想定される不確実性の要因と分析手法

社会資本のライフサイクルを通した環境負荷量は、式(1)に示すとおり資機材の数量とそれらの環境負荷原単位の積和により算出することができる。

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

ここで、 E は環境負荷量、 i は資機材を示す記号、 e は資機材等の環境負荷原単位、 x は資機材の数量である。

設計段階のLCI計算結果（環境負荷量 E ）に想定される不確実性は、 i 、 e 、 x のばらつき（実際とのずれ）に由来する。このうち原単位 e のばらつきは、前述のとおり本研究では扱わないこととした。 i 、 x に想定されるばらつきの主な要因とそれによって発生するLCI計算の不確実性の分析手法について以下に記す。

(1) i のばらつき（LCI計算上の資機材と実際の工事で使用される資機材の違い）

i のばらつきとは、LCI計算で設定する資機材の種類と実際の工事で使用する資機材の種類との違いである。特に、設計段階では使用する資機材が未確定の場合、LCI計算では目的・材質等から品目の予測（みなし）を行うが、みなした品目が実際の工事で使用する品目と異なることで計算結果の相違が発生する。

資材の違いによるLCI計算の不確実性の分析手法として、実際のある設計書に基づいて1つの資材に対して複数品目を設定して計算を行い、それぞれの結果を用いて検討を行う。

また、建設機械の種類（規格）のばらつきは、燃料消

費・減耗に影響を与えると予想される。分析手法として、建設機械の規格が1段階大型化する可能性があると仮定する。建設機械等損耗表⁹⁾に示されている建設機械毎の燃料消費量・供用日1日当たりの損料は、1段階大型化することで燃料消費量は最大で約200%、供用日1日当たりの損料は最大で約200%となることから、燃料消費・減耗等に伴う環境負荷量が最大200%まで変動する可能性があるとして仮定して検討を行う。

なお、設計でPC橋としていたものが実際の施工で鋼橋になる等、資機材が大幅に変更される場合には設計がやり直されることから、資機材が大幅にばらつく可能性は考慮しない。

(2) x のばらつき（LCI計算上の資材等の数量と実際の工事で使用される資材等の数量の違い）

x のばらつきとは、LCI計算で設定する資材等の数量と実際の工事で使用する数量との違いである。設計における数量は、最終的な構造物に基づいて算出されることから、施工段階で発生する端材等のロス分（歩留まり）は含まれていない。また、運搬に関して、設計段階では輸送距離・コストが確定していないのが一般的であり、設計段階の設定値と実際の輸送距離・コストは異なると予想される。

資材のロス分によるLCI計算の不確実性の分析手法として、資材のロスが最大5%まで発生すると仮定し、資材が最大5%余分に必要になる可能性があるという条件で検討を行うこととした。

運搬距離の変動によるLCI計算の不確実性の分析手法として、曾根ら¹⁰⁾は業界団体へのヒアリングにより主要な資材のプラントから現場までの運搬距離を、コンクリート：約2～12km（中央値7km）、アスファルト合材：約10～30km（中央値20km）、骨材：約15km～80km（中央値47.5km）と整理している。中央値と最小値・最大値の差に基づいて、運搬距離とそれに比例する運搬コストは29%から171%まで変動すると仮定し、検討を行うこととした。

以上をまとめた、LCI計算の不確実性の主な要因とその分析手法を表-1に示す。

表-1 LCI計算の不確実性の主な要因と分析手法

不確実性の要因		分析手法
i	資材の種類誤差	複数品目のみなしを実施
	建設機械の規格による燃料使用量・損耗分の誤差	燃料消費量・損耗分に係る環境負荷量が最大200%まで変動すると仮定
x	資材のロス分の誤差	資材量が設計データから最大5%分増加すると仮定
	運搬距離の誤差	運搬距離・コストが29%から171%まで変動すると仮定

3. 7工事例を対象とした設計段階のLCI計算結果の不確実性の分析

曾根ら¹⁾は、実際の道路工事を対象に設計段階でのLCI計算を実施している。本章では、その事例を用いて、表-1に示した手法で不確実性の分析を行った。

なお、工事において設定される設計案においては、 i 、 x のばらつきに相関があると考えられ、各ばらつきによる不確実性の一部はキャンセルアウト（相殺）されると想定される。しかし、本研究では2案は完全な独立でありキャンセルアウトは起きないと仮定して検討を行う。そのため、LCI計算全体の不確実性は、各要素による不確実性を単純に足し合わせたものとなる。

(1) 個別工事を対象とした感度分析

a) 土工工事

盛土工、切土工を中心に施工される平面道路設置工事（表-2）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

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

分析手法として、施工計画では1つの品目に限定できない資材に対して表-3に示すとおり複数の品目の原単位を設定し、それらを入れ替えることによって生じる変動を整理した。機械稼働・損耗に伴う二酸化炭素排出量は、規格の変更によって施工段階の計算結果から200%増まで変動するとした。資材のロス・運搬距離の不確実性としては、前者は計算結果から5%増、後者は計算結果の29%から171%まで変動するとした。それぞれの要因による変動を重ね合わせることで、全体の不確実性を推計した。

表-3 みなしによる品目と原単位（土工工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
固化材	その他のセメント、その他の窯業・土石製品	162～806 (kg-CO ₂ /t)
有孔管	塩化ビニル樹脂、その他のプラスチック製品、ポリレン（高密度）、セメント製品	238～2487 (kg-CO ₂ /t)
植生基盤材・植生マット	砂利・碎石、木材チップ、有機質肥料	18～182 (kg-CO ₂ /t)

注)1. **太字**は、曾根ら¹⁾のLCI計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-1、不確実性の幅の内訳を図-2に示す。分析の結果、二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し24%減から64%増までばらつく可能性のあることが示唆された。

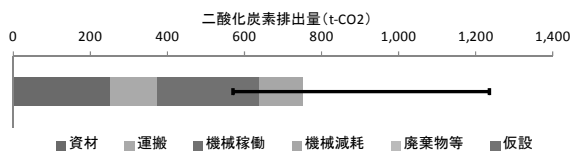


図-1 設計段階でのLCI計算結果と不確実性の幅（土工工事）

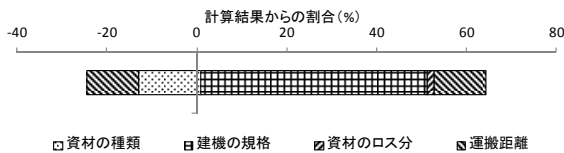


図-2 不確実性の幅の内訳（土工工事）

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-4）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

表-4 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径間連続非合成鈹桁橋）

みなしによって設定した品目と原単位を表-5に示す。

表-5 みなしによる品目と原単位（橋梁（下部）工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
積み取り卸し	道路貨物輸送（除自家輸送） ，道路貨物輸送（自家輸送）	4～10 (kg-CO ₂ /千円)
処分（無筋コンクリート）	再生資源回収・加工処理 ，廃棄物処理（公営），廃棄物処理（産業）	3～13 (kg-CO ₂ /千円)

注)1. **太字**は、曾根ら¹⁾のLCI計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-3、不確実性の幅の内訳を図-4に示す。分析の結果、二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し4%減から17%増までばらつく可能性のあることが示唆された。

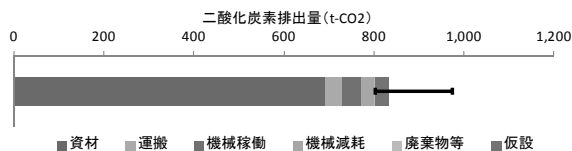


図-3 設計段階でのLCI計算結果と不確実性の幅（橋梁（下部）工事）

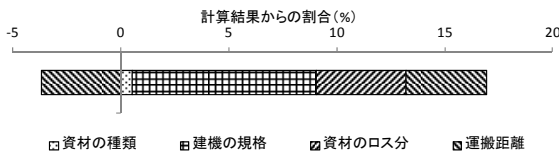


図-4 不確実性の幅の内訳（橋梁（下部）工事）

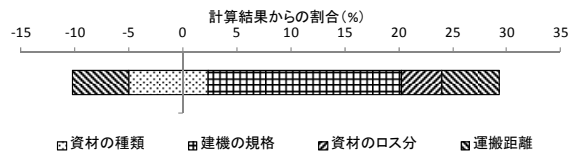


図-6 不確実性の幅の内訳（トンネル（NATM）工事）

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工事（表-6）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

表-6 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

みなしによって設定した品目と原単位を表-7に示す。

表-7 みなしによる品目と原単位（トンネル（NATM）工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
コシグ材	ポリアン・接着剤，高機能性樹脂，その他の合成樹脂	5～8 (kg-CO ₂ /千円)
コンクリート用骨材 砕石	砕骨材，再生砕石	5～11 (kg-CO ₂ /t)
セメント系注入 材，急結剤	界面活性剤，その他の窯業・土石製品	162～1515 (kg-CO ₂ /t)
暗渠排水材	その他のプラスチック製品，プラスチックフィルム・シート	4 (kg-CO ₂ /千円)
高分子凝集 剤	その他の脂肪族中間物，その他の無機化学工業製品，その他の有機化学工業製品	1315～1670 (kg-CO ₂ /t)
接続管	塩化ビニル樹脂，その他のプラスチック製品，ポリプロピレン（高密度）	4～7 (kg-CO ₂ /千円)
注入管	建設用金属製品，普通鋼鋼管，特殊鋼鋼管	7～16 (kg-CO ₂ /千円)
積込み取卸 し	道路貨物輸送（除自家輸送），道路貨物輸送（自家輸送）	4～10 (kg-CO ₂ /千円)
As 塊処分， Co 塊処分， 建設汚泥処分	再生資源回収・加工処理，廃棄物処理（公営），廃棄物処理（産業）	4～13 (kg-CO ₂ /千円)

注)1. 太字は，曾根ら¹⁰⁾のLCI計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-5，不確実性の幅の内訳を図-6に示す。分析の結果，二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し10%減から29%増までばらつく可能性のあることが示唆された。

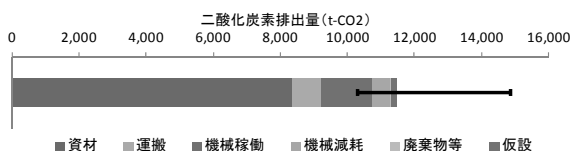


図-5 設計段階での LCI 計算結果と不確実性の幅
（トンネル（NATM）工事）

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-8）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

表-8 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 径間連続非合成鈑桁橋）

みなしによって設定した品目と原単位を表-9に示す。

表-9 みなしによる品目と原単位（橋梁（上部）工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
コンクリート膨張剤	界面活性剤，その他の窯業・土石製品	162～1515 (kg-CO ₂ /t)
橋歴板	その他の金属製品，その他の木製品	3～5 (kg-CO ₂ /千円)

注)1. 太字は，曾根ら¹⁰⁾のLCI計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-7，不確実性の幅の内訳を図-8に示す。分析の結果，二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し2%減から8%増までばらつく可能性のあることが示唆された。

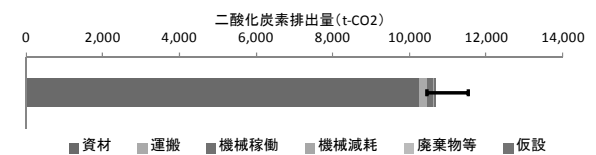


図-7 設計段階での LCI 計算結果と不確実性の幅
（橋梁（上部）工事）

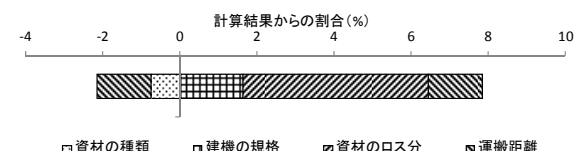


図-8 不確実性の幅の内訳（橋梁（上部）工事）

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-10）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

表-10 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

みなしによって設定した品目と原単位を表-11に示す。

表-11 みなしによる品目と原単位（舗装（土工）工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
吸出し防止材，透水防砂材	プラスチックフィルム・シート，その他の繊維工業製品	4～6 (kg-CO ₂ /千円)
As 殻（掘削材）処分，As 殻（切削材），Co 殻（無筋）処分	再生資源回収・加工処理，廃棄物処理（公営），廃棄物処理（産業）	4～13 (kg-CO ₂ /千円)

注)1. 太字は，曾根ら¹⁹⁾の LCI 計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-9，不確実性の幅の内訳を図-10に示す。分析の結果，二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し9%減から24%増までばらつく可能性のあることが示唆された。

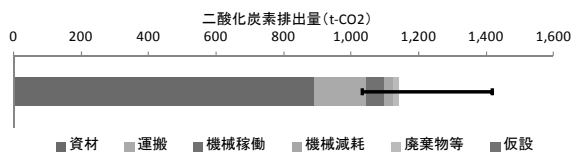


図-9 設計段階での LCI 計算結果と不確実性の幅（舗装（土工）工事）

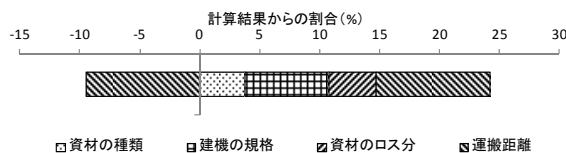


図-10 不確実性の幅の内訳（舗装（土工）工事）

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-12）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

表-12 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）

みなしによって設定した品目と原単位を表-13に示す。

表-13 みなしによる品目と原単位（舗装（橋梁）工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
管路材	塩化ビニル樹脂，その他のプラスチック製品，ポリエチレン（高密度）	940～2487 (kg-CO ₂ /t)
曲管	塩化ビニル樹脂，その他のプラスチック製品，ポリエチレン（高密度）	4～7 (kg-CO ₂ /千円)
埋設表示シート	プラスチックフィルム・シート，塗工紙・建設用加工紙	4～5 (kg-CO ₂ /千円)

注)1. 太字は，曾根ら¹⁹⁾の LCI 計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-11，不確実性の幅の内訳を図-12に示す。分析の結果，二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し6%減から17%増までばらつく可能性のあることが示唆された。

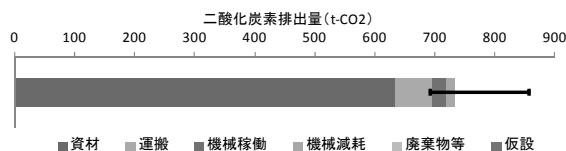


図-11 設計段階での LCI 計算結果と不確実性の幅（舗装（橋梁）工事）

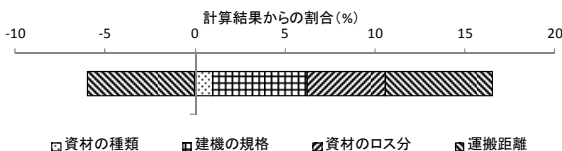


図-12 不確実性の幅の内訳（舗装（橋梁）工事）

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-14）を対象にLCI計算の不確実性の分析を行った。

表-14 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

みなしによって設定した品目と原単位を表-15に示す。

表-15 みなしによる品目と原単位（舗装（トンネル）工事）

設計書上の品目	想定される原単位の品目	原単位
埋設表示シート	プラスチックフィルム・シート，塗工紙・建設用加工紙	4～5 (kg-CO ₂ /千円)

注)1. 太字は，曾根ら¹⁹⁾の LCI 計算において採用した品目を示す。

計算結果と不確実性の幅を図-13，不確実性の幅の内訳を図-14に示す。分析の結果，二酸化炭素排出量が設計段階での計算結果に対し4%減から13%増までばらつく

く可能性のあることが示唆された。

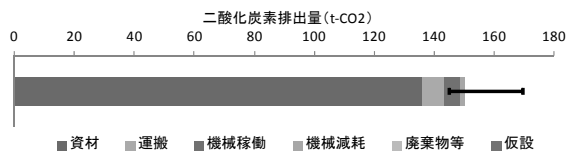


図-13 設計段階での LCI 計算結果と不確実性の幅
(舗装 (トンネル) 工事)

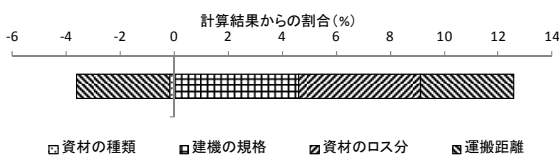


図-14 不確実性の幅の内訳 (舗装 (トンネル) 工事)

(2) 7工事事例の LCI 計算の不確実性の分析結果

図-2, 4, 6, 8, 10, 12, 14で示した7工事事例の設計段階の LCI 計算の不確実性分析の結果を図-15にまとめた。

実際の工事で排出されると見込まれる二酸化炭素量は、最大で設計段階の計算結果に対して24%減から64%増までばらつき可能性のあることが示唆された。ばらつきの主な要因は運搬距離・建設機械の規格の変動であった。設計段階での詳細検討等により、運搬距離・建設機械の規格を確定できると仮定すると、ばらつきは LCI 計算結果に対して13%減から8%増までに圧縮される。

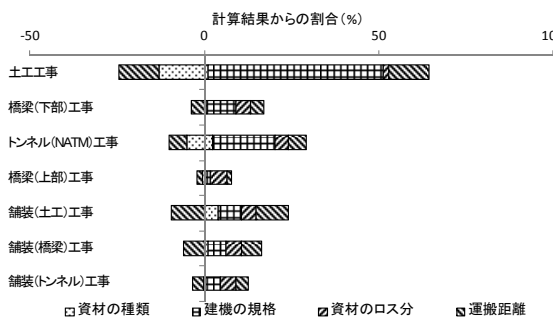


図-15 不確実性の幅の内訳 (7工事事例)

LCI 計算の不確実性を考慮しても明らかに二酸化炭素排出量が少ないことを判定の基準とすると、不確実性の幅が計算結果の24%減から64%増までばらつき場合、であることから、比較する LCI 計算結果に著しい差がない限りは判定ができなくなる。一方、設計段階で運搬距離・建設機械の規格を確定できる場合、2つの設計案の LCI 計算結果を比較し、約2割の変動を上回る有意な差があれば、設計案の優劣が判定できる。

4. 分析結果を踏まえた設計案の選定の試行

3章の分析結果を踏まえて、設計案選定の試行を行った。基礎工を含むある工事の設計において一般的な RC 連壁工を採用した場合 (A 案) と掘削土再利用連壁工を採用した場合 (B 案) の LCI 計算を行った。結果は、図-16に示すとおりである。各区分 (資材・運搬等) とともに B 案の方が二酸化炭素排出量が小さいかほぼ同じであり、A 案から B 案に変更することによって全体で43%の二酸化炭素排出量の削減が期待できる。

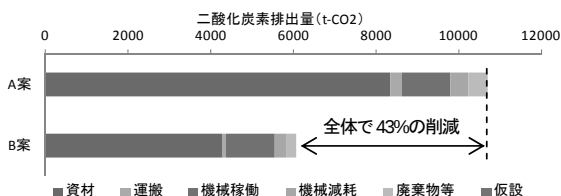


図-16 LCI 計算結果の比較 (基礎工を含む工事)

ここで、図-17に示すとおり、両案の運搬・建設機械に伴う二酸化炭素排出量を A 案の値に統一し、不確実性の幅を最大・最小それぞれ21%とした。この設計案の比較では、不確実性の幅を最大限考慮しても B 案の環境負荷が A の環境負荷を上回らないことから、B 案の方が有利であると判定できる。

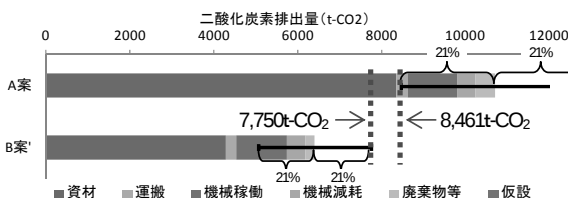


図-17 LCI 計算結果の比較

(運搬・建設機械の環境負荷が A, B 案で同等と仮定)

なお、不確実性の幅の「21%」は、事例を増やすことによって変わる可能性があること、運搬・建設機械の不確実性を考慮した場合に結果が変わる可能性があることに留意しなければならない。

5. 結論と課題

(1) 結論

本研究では、社会資本の設計段階における LCI について、1) 計算結果の不確実性の要因となりうる項目を抽出し、2) 文献等から各要因のばらつきを設定し、3) 各要因のばらつきに起因する計算結果の不確実性を足し合わせることで、4) 全体の不確実性を分析した。

道路工事に関する7つの事例を対象とした不確実性の

分析の結果、以下の知見が得られた。

- ・運搬、建設機械に起因する不確実性は大きい。
- ・運搬、建設機械のばらつきを除去できた場合、判定基準となる不確実性の幅は約2割と推定された。
- ・したがって、設計案の選定において、2案の環境負荷の差がばらつきの幅約2割を上回る場合、設計案の優劣が判定できる。

(2) 分析における課題

「1) 不確実性の要因の抽出」では不確実性の主な要因と考えられる項目を任意で取り上げた(表-1参照)が、それ以外の要因による不確実性も考えられる。また「2) ばらつきの設定」では、様々な仮定を行ったが、それらについての妥当性は確認していない。

今後は、実際にどの部分で不確実性が生じるか、また実際の不確実性の幅はどの程度なのかを把握するため、設計段階でLCIを実施した工事を対象にモニタリング調査を行い、設計段階の計算結果と工事後の計算結果の比較を行う必要がある。

(3) 社会資本整備の意思決定への適用における課題

本研究による不確実性の分析の結果、社会資本整備意思決定の判定基準を「LCI計算結果が不確実性の幅約2割を上回る有意な差があること」とした。今後の研究では、本研究の考え方に基いて検討の精緻化を行うことによって、統計的に妥当性を持った判定が可能になるものとする。

また、4章では、ある基礎工を含む工事を対象にLCI計算による複数設計案の選定を試行したが、比較対象とする工事の範囲(事業全体・構造物単位・特定の工種単体等)が変わると選定結果が変わる可能性がある等、実際の選定において今後決めなければならないことは多い。設計案の選定方法は、関係者の協議等を踏まえて納得性の高い手法とする必要がある。

謝辞：本研究は下記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。

＜土木学会持続可能性指標の統合に関する検討委員会＞
藤田壮国(環境研究所環境技術評価システム研究室長(座長))、石田東生(筑波大学大学院教授)、花木啓祐(東京大学大学院教授)、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)、鶴巻峰夫(和歌山工業高等専門学校教授)、藤井美国(立環境研究所主任研究員)、松本亨(北九州市立大学教授)

＜土木学会 LCI 試算ワーキンググループ＞

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、阿部義典氏、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)、森田康夫(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)、長田勝宏(関東地方整備局道路工事課長補佐)、坂井康人(阪神高速道路(株)企画課長代理)

(所属・役職は平成24年3月時点)

参考文献

- 1) 土木学会地球環境委員会 環境負荷(LCA)評価検討小委員会：土木建設業における環境負荷評価(LCA)検討部会平成7年度調査研究報告書、1996。
- 2) 木嶋健、寺田剛、明嵐政司、西崎到：建設事業におけるCO₂排出量に関する研究、月刊土木技術資料、Vol.48, No.12, pp.60-65, 2006。
- 3) 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。
- 4) 本藤祐樹：LCAと不確実性—意思決定の材料を提供するツールに向けて—、LCA日本フォーラムニュース、22号、pp.2-5, 2001。
- 5) 酒井信介、盧偉哲：マトリックス法を用いたライフサイクルアセスメント(第二報：感度分析と不確実性解析)、LCA日本フォーラムニュース、39号、pp.14-18, 2006。
- 6) 菊池惇忠、伊坪徳宏：プロセスの代表性を考慮した紙カップLCIの不確実性分析、第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集、pp.264-265, 2008。
- 7) 本下晶晴、伊坪徳宏、稲葉敦：乗用車を事例としたLCA結果の不確実性分析、日本LCA学会誌、Vol.4 No.3, pp.260-269, 2008。
- 8) 森本涼子、加藤博和、柴原尚希：交通社会資本整備のLCA結果の不確実性管理に関する基礎的研究、土木計画学研究講演集、Vol.43, CD-ROM(213), 2011。
- 9) 社団法人日本建設機械化協会：平成23年度版建設機械等損料表、2011。
- 10) 曾根真理、木村恵子、並河良治：碎石、As合材、生コンの運搬に伴う二酸化炭素排出量に関する実態調査、第3回日本LCA学会研究発表会、pp.82-83, 2008。
- 11) 曾根真理、瀧本真理、岸田弘之、鶴巻峰夫：社会資本LCAにおけるLCI結果の確かさに関する考察、第39回環境システム研究論文発表会講演集、pp.79-86, 2011。

(2012.7.18 受付)

UNCERTAINTY ASSESSMENT OF INFRASTRUCTURE LCI CALCULATION ON DESIGNING STEP

Keita SUGABAYASHI, Shinri SONE and Hirokazu KATO

The National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has developing life cycle inventory-analysis (LCI), new method to calculate the environmental impact of infrastructures , in cooperation with the Japan Society of Civil Engineers(JSCE).

The ultimate goal of our research is to set a criterion of decision-making of infrastructure. In this study, we analyzed the uncertainty of the LCI calculation. Results of analysis on 7 construction works, it was estimated that amount of CO₂ emitted in the actual construction would vary from 24% reduction to 64% increase of calculated value. Main factors of dispersion are construction machinery and transport distance. If it is possible to exclude the uncertainty due to those factors, it is estimated that actual CO₂ emission will vary from 13% reduction to 8% increase of calculated value. When it is possible to exclude the uncertainty due to construction machinery and transport distance and the difference between LCI results is more than approximately 20% of LCI result, even considering the uncertainty ,it can be determined that the other hand may be advantageous.