

小特集：低炭素社会実現のための社会資本整備

社会資本LCAに用いる環境負荷原単位一覧表の作成

曾根真理* 神田太朗** 菅林恵太***

1. はじめに

LCAは、温暖化をはじめとする地球環境問題の評価に適している。LCAにおける二酸化炭素(CO₂)排出量等の環境負荷量の算出式は、各活動に関する数量と環境負荷原単位の積算である。建設事業の従事者にとっては、工事価格の積算と算出の基本構造が同じであるため馴染みやすい。

しかしながら、実際に環境負荷量の算出に取り組むと、評価目的に合致した分析は簡単ではない。建設事業の従事者にとって特に難しいのは、環境負荷原単位の設定である。従って、社会資本に関するLCAを実施するために、信頼性が高く建設事業の従事者にとって使いやすい環境負荷原単位のデータベースが必要であった。

これらの背景を踏まえ、社会資本LCAに用いる環境負荷原単位一覧表を作成し、ホームページに公開した(<http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm>)。本稿は、この環境負荷原単位の概要を紹介するものである。

2. 環境負荷原単位作成の基本方針

2.1 事業の複数の意思決定レベルへの対応

社会資本は計画、設計、施工等の複数レベルの意思決定を踏まえて整備されるとともに、大切に維持管理しながら長期にわたって利用されるため、環境負荷削減を検討できる場面も多様である(図-1)。それぞれの場面では実施可能な対策や前提とする条件が異なるため、同一の環境負荷原単位を用いることは適切ではない。

たとえば、概略的な検討を行う計画段階で、「生コンクリート1m³」あたりの環境負荷原単位を用いても、算出にかかる労力が膨大であるのに、算出結果はおそらく意思決定に役立たない。逆に、施工段階で環境負荷量の小さいコンクリート工を検討したいときに、「生コンクリート1m³」あたりの環境負荷原単位では粗すぎて、比較したいも

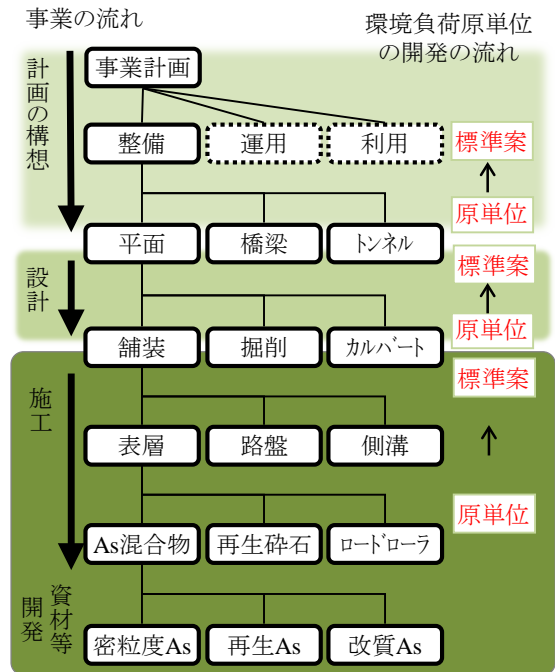


図-1 環境負荷削減対策の検討場面と環境負荷原単位

のを比較できない。この段階ではセメント種類や強度に応じた環境負荷原単位が必要である。

こうした背景から今回の研究では、計画、設計、施工レベルの検討に用いる、「構造物あたり」、「工種あたり」、「材料・建設機械単位量」の環境負荷原単位をそれぞれ作成することとした。各環境負荷原単位は、構造物の形式(道路であれば平面、高架、トンネル等の種類)、工事工種体系の最小取引項目である細別(レベル4)、材料の種類や強度等の規格に対応している。

2.2 事業費切り詰めから技術開発促進へ

2.2.1 従来の環境負荷原単位の課題

従来の環境負荷原単位は、国内のマクロ的な経済取引に基づく「産業連関法」と、技術開発者や製造者が詳細に把握できる環境負荷量を積み上げる「積み上げ法」が中心であった。

(1) 産業連関法

産業連関法による環境負荷原単位は、基本的に事業1億円あたり、材料100万円あたりといった

性質のものであるため、事業費の削減や材料費の削減といった切り詰め型の対策を誘導してしまう。これでは閉塞的になるばかりで、積極的な対策や技術開発は望めない。建設事業の従事者としては、建設需要の増減等の外的要因に振り回されず、自らの技術開発によって地に足のついた環境負荷削減に貢献したい。従って、技術の評価可能な環境負荷原単位が必要であった。また、マクロ統計であるため、品目の分類が粗い点も問題である。

(2) 積み上げ法

一方、積み上げ法による環境負荷原単位は、詳細に調べられる範囲に限界があるため、環境負荷原単位の条件が算出者ごとにバラバラになりがちである。そのため、異なる材料、機械を用いる複数工法の環境負荷量等と比較しようにも、数値の大小が環境性能の良し悪しによるものなのか、算出範囲の広狭によるものなのか、判断できない。結果として、こちらも新技術等の対策の評価に使いにくい場合がある。

2.2.2 本研究での対応

今回の環境負荷原単位作成にあたっては、産業連関法と積み上げ法のそれぞれの長所で、相手の短所を補い合う手法を採用した。その結果、算出条件が共通の物量基準の環境負荷原単位ができあがっている。このため、材料製造、工法、設計等の技術開発を促す検討が可能になっている。

2.3 幅広い関係者の合意

LCAで用いる環境負荷原単位には、建設事業の実施に伴って関連異業種で間接的に発生する環境負荷量が内包されるため、建設業に加えて、材料・機械等の製造業、運輸業、エネルギー産業、各種のサービス業等の従事者にもかかわる。従って、環境負荷原単位の作成にあたっては、これらの関係者の意見を可能な限り聴取し、合意を得た手法によることが大切である。

今回の環境負荷原単位は、公益社団法人土木学会が設置したLCAに関する検討委員会での精査・検証を受けつつ作成手法の検討を進めたことで、幅広い関係者の意見を反映することができた(図-2)。また、環境負荷原単位の内訳で大きな割合を占める材料製造業の関係者とは、個別に150回を超える協議を行っており、双方合意した作成手法に固めていくとともに、環境負荷原単位の作成に役立つ有用な情報を数多く得られた。

3. 環境負荷原単位の技術的特徴

3.1 意思決定レベルごとの環境負荷原単位の構成

本研究で作成した「構造物あたり」、「工種あたり」、「材料単位数、機械単位数稼働量あたり」の環境負荷原単位はお互いに関連している(図-3)。構造物あたりの環境負荷原単位は、構造物の建設に必要な工種の環境負荷原単位の組合せによっている。工種あたりの環境負荷原単位は、工種に必要な材料費や機械経費等に相当する環境負荷量の積

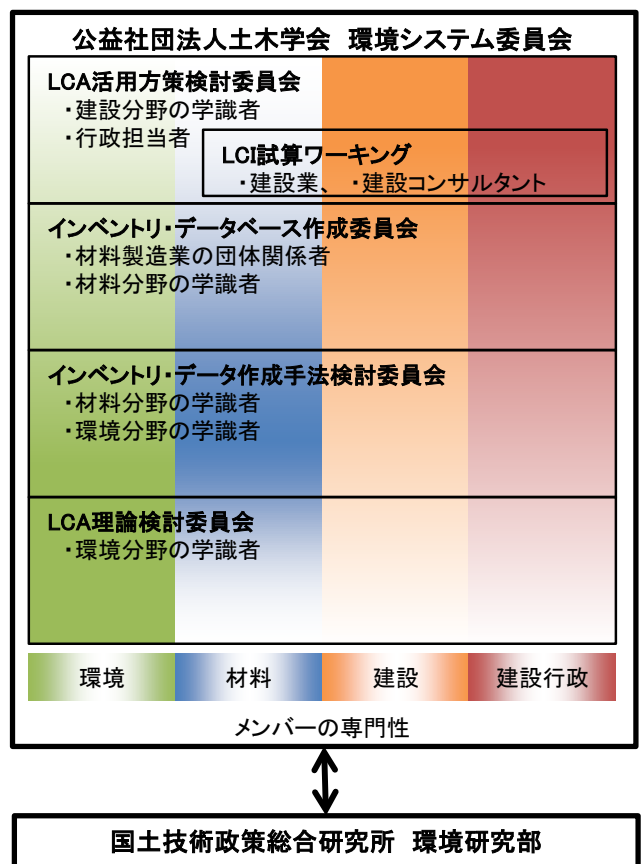


図-2 幅広い関係者の合意を得るための検討体制

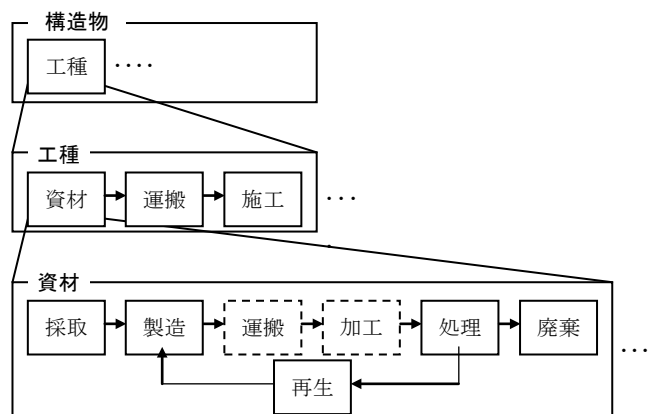


図-3 各意思決定レベルの環境負荷原単位の関係

和に基づいて算出されている。その際用いる材料単位量あたり、機械単位稼働量あたりの環境負荷原単位は、施工レベルに用いる環境負荷原単位として作成したものをを用いている。

3.2 施工レベルの基礎的な環境負荷原単位の作成

施工レベルの環境負荷原単位がすべての環境負荷原単位の基礎となる。施工レベルでは、積算要素の材料費及び機械経費に対応するため、資材等の環境負荷原単位及び機械損料に係る環境負荷原単位を作成した。また、必要に応じて使える、運搬と仮設材の環境負荷原単位も作成した。

3.2.1 資材等の環境負荷原単位

資材等の環境負荷原単位は、産業連関表を基礎にし、(1)産業連関表では単一の部門であるものの、社会資本の環境負荷量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することが望ましい資材等を選定し、(2)部門の分割・追加、及び(3)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を行った、巨大マトリックス(図-4)の逆行列計算を行い、算出した。たとえば、産業連関表上で単一部門の「セメント」を、建設工事では普通ポルトランドセメント(OPC)や高炉セメントB種(BB)等を使い分ける。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、BB、フライアッシュB種(FB)、その他のセメントに分割し、データを置換した。なお、産業連関表を基礎にしたのは、活動の網羅性向上による算出条件の共通化を達成するためである。

3.2.2 機械損料に係る環境負荷原単位

機械損料に係る環境負荷原単位は、積算における損料の構成(償却、維持修理、管理)に対応した。それぞれの環境負荷原単位を、前節の環境負荷原単位一覧表を元に設定し、供用日あたり機械

元の行部門	部門分割															部門追加					
	石灰石	砂利・採石	碎石	軽油	A重油	産出	セメント	HPC	MPC	OPC	B種	F種	その他のセメント	その他の投入	セメント	開発	企業内研究	fc18	fc21	生コン	
...	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#
石灰石	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	#
砂利・採石	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	#
碎石	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	#
...	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#
軽油	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	#
A重油	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	0	#	#	#	#	#	#	#
...	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	#
セメント(産出)	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	#
HPC	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0
MPC	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0
OPC	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0
BB	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0
FB	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0
その他のセメント	0	0	0	0	0	0	#	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
セメントその他の投入	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	0
...	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	#
企業内研究開発	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	#
...	#	#	#	#	#	#	0	0	0	0	0	0	0	#	#	#	#	#	#	#	#
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生コン fc18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
生コン fc21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

【修正】一次統計等の数値に修正

主要原材料等は、配合に基づき単位投入量等を設定

分割部門の生産量はすべて元の行部門へ投入し、他部門へ一括して産出

主要原材料等は、既存部門の数値を修正した上で配分

主要原材料等以外は、元の列部門に投入したままとし、その合計を一括で分割部門へ生産量比例配分

主要原材料等以外は、元の投入係数を利用

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

質量あたりの係数に換算した。同様の環境負荷原単位は、償却に相当するものが従来みられたが、今回は大きく二つの新規性がある。一つは、維持修理と管理に係る環境負荷量を加えて価格の積算と対象範囲を揃えたことである。もう一つは、従来の環境負荷原単位は機械損料の単価に乗じる形であったが、今回は環境負荷削減対策の検討により使いやすい、供用日あたり機械質量あたりの環境負荷原単位としたことである。

3.3 上位レベルの環境負荷原単位の作成

工種あ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、細別に集約することで算出した。構造物あ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、1km等の構造物規模あたりに集約することで算出した。

4. 環境負荷原単位利用にあたっての留意点

公開した環境負荷原単位の利用にあたって、いくつか留意すべき点がある。一つは、地球環境分野の科学技術の発展は日進月歩であり、今回前提とした考え方に変更が必要となったり、新たに反映すべき知見が得られたりすることが大いにありうる点である。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。もう一つは、CO₂排出量等の算出には複数のアプローチが採用されていることである。本研究はLCAに基づきライフサイクルをととした環境負荷原単位を作成しており、これは地球環境問題に対する適切なアプローチであると認識しているが、京都議定書等の国際的な枠組みでは国別・部門別等の「煙突型」の算出を基本としている。

5. おわりに

本稿では、今般作成した社会資本LCA用環境負荷原単位の特徴について紹介した。この環境負荷原単位は、社会資本の事業をととした適時適切な環境負荷削減対策の検討を可能にすること、技術開発に基づく対策を促進すること、そのための計算ツールを幅広い関係者の合意の下で作成することを基本方針とした。技術的には、網羅性の向上による算出条件の共通化と詳細な物量データに基づく精度向上という、いずれも捨てがたく、かつ従来両立が困難であった環境負荷原単位の性能を満たした点に大きな特徴がある。この環境負荷原単位は、「国等による環境物品等の調達等の推進等に関する法律（グリーン購入法）」に基づく特定調達品目の指定や舗装分野における技術指針へ活用されつつあり、その他の活用用途についても具体的な技術的検討を進めているところである。

謝 辞

本稿で紹介した環境負荷原単位一覧表の作成にあたっては、公益社団法人土木学会の「LCA活用方策検討委員会」（座長：筑波大学 石田東生教授）、「インベントリ・データ作成手法検討委員会」（座長：東京大学 花木啓祐教授）、「インベントリ・データベース作成委員会」（座長：国土技術政策総合研究所 岸田弘之研究総務官）、「LCA理論検討委員会」（座長：国立環境研究所 藤田壮室長）、「LCI試算WG」（座長：和歌山高等専門学校 轟巻峰夫教授）に内容の精査・検証等のご協力を頂いた。座長及び委員各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 岸田弘之ら：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、国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告、No.36、2012.2

曾根真理*



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長
Shinri SONE

神田太朗**



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
Taro KANDA

菅林恵太***



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
Keita SUGABAYASHI