

報告書要旨

第1章 社会資本 LCA の実施による社会変革

地球温暖化は極めて深刻な問題であり、この問題に対処するためには低炭素社会の実現が必須である。我が国の温室効果ガス総排出量に占める建設関連部門（建設会社、コンサルタント、資材製造業者、運搬業者等）の割合は大きい。したがって、社会資本の整備に当たって国土交通省が率先して低炭素化を行うことの意義は大きい。国の組織である国土交通省が先導的に取り組みを実施することは、地方自治体等の取り組みを促すことになる。国土交通省等の公的機関が社会資本整備の構想レベル・設計レベル・施工レベル・資材選定レベル等の各意思決定レベルにおいて低炭素化に向けた取り組みを促進することは、建設関連部門全体の低炭素化を進めることになる。

社会資本の各意思決定レベルにおける低炭素化を実現するためには、取り組みを適切に評価する手法の導入が必要である。評価手法の要件として、二酸化炭素削減量の多寡が判断できること、構想レベルから資材選定レベルまで同一の考え方に基づいていること、技術革新に迅速に対応できること、リサイクルの有用性を評価できること等が挙げられる。これら要件全てに対応できる既存評価手法が存在していなかったことから、本プロジェクトにより社会資本の各意思決定レベルで利用可能な LCA（ライフサイクルアセスメント）技術（以下、「社会資本 LCA」という。）の開発を行うこととした。

第2章 社会資本 LCI の枠組みの確立

社会資本 LCA を実施するにあたって環境負荷削減量を定量的に評価する手法を開発することは前提条件である。本プロジェクトで開発した LCI（ライフサイクルインベントリアナリシス手法）（以下、「社会資本 LCI」という。）は、構造物の新設、維持管理から解体廃棄に至るライフステージの CFP（カーボン・フット・プリント）を社会資本整備の構想レベルから資材選定レベルに至る意思決定レベル毎に計算する手法とした。

社会資本 LCI の特徴は大きく 4 点ある。

1 点目は、構造物として、盛土構造のように半永久的な寿命を持つものから、舗装の表層材のように短いときは 5 年程度の寿命となるものまでを対象に、構造物それぞれに応じた CFP を設定することとしたことである。また、資材のライフステージにおける再生処理プロセスと製造プロセスを一体として取り扱うこととした。

2 点目は、主要資材に関わる業界団体の協力により得られた集計値と総務省が発行する産業連関表を組み合わせた社会資本 LCA 用金額物量混合型産業連関表（以下、「社会資本 IO 表」という。）を作成したことである。日本国内の建設資材の平均的環境負荷量は、この社会資本 IO 表の逆行列によって求めた。業界団体の協力によって詳細な集計値が得られたことにより、産業連関表よりも詳細な品目設定が可能となった。また、集計値は毎年更新されるため、平均的環境負荷量を毎年更新することも可能となった。総務省発行の産業連関表により国内の経済活動全般、業界団体の集計値により海外活動分を加えて CFP の計算対象とすることが可能となった。

3 点目は、建設機械の償却や建設資材の生産設備の資本減耗に相当する環境負荷を加えたことである。大量生産品を対象とした LCA では、資本減耗分の比率が相対的に小さかったため、計算対象外としても総負荷量への影響は無視しうるものであった。これに対して一品生産である社会資本の構造物は、資材の環境負荷に対して建設機械の償却等に関わる環境負荷が相対的に高く、建設資材の受入れ形態が多様であるという特徴を持つからである。

4 点目は、未集計分等見込み値を設定したことである。未集計分等見込み値とは、業界団体の集計値等を得られない活動について、社会資本 IO 表を基本にして見込んだ環境負荷量である。現場条件等に応じた積み上げ計算による個別品の環境負荷量と日本国内の資材の平均的環境負荷量とが同一のシステム境界を持つことになり、個別品の環境負荷量を構造物や部材の原単位として平均的環境負荷量と置き換えて使用することが可能となった。

本章は、主に LCA 分野の研究者を対象に、社会資本 LCI 理論について記述している。

第 3 章 社会資本 LCA に用いるライフサイクルインベントリアナリシス手法の開発

本プロジェクトで開発した社会資本 LCI による環境負荷量の算出方法及び計算の基本となる IDB（インベントリデータベース）を掲載している。各 IDB の関わり及びデータ更新の方法についても記述している。

構想レベルの環境負荷は、本来、構造物を整備・管理することによって発生する環境負荷（ $\sum_j (S_j \times \overline{ES}_j)$ ）、構造物を使用することによって発生する環境負荷（ EU ）、構造物の計画の立案、作成自体に伴う環境負荷（ EA ）の三者とするべきであるが、本研究では構造物の使用に伴う環境負荷を計算対象外とした。

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

EP : 事業全体の環境負荷量 S : 構造物の規模 EU : 構造物の使用に係る環境負荷量
 j : 構造物の種類 $\overline{ES}$: 構造物当りの原単位(環境負荷量) EA : 構造物の計画に係る環境負荷量

設計レベルの環境負荷は、構造物建設時の工種毎の環境負荷と作業量の積和（ $\sum_k (W_k \times \overline{EW}_k)$ ）と設計すること自体に伴う環境負荷（ ED ）の合計とした。

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

ES : 構造物の環境負荷量 W : 各工種の作業量 ED : 構造物の設計に係る環境負荷量
 k : 工種の種類 $\overline{EW}$: 工種当りの原単位(環境負荷量)

施工レベルの環境負荷は、資材毎の環境負荷（ $\sum_l (M_l \times \overline{EM}_l)$ ）、運搬に伴う環境負荷（ $\sum_m (T_m \times \overline{ET}_m)$ ）、施工に伴う環境負荷（ $\sum_n (C_n \times \overline{EC}_n)$ ）の和とした。

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

EW : 工種の環境負荷量 M : 資材の数量 m : 運搬の車種等 $\overline{ET}$: 運搬に係る原単位(環境負荷量)

C : 施工に係る数量(掘削量 等) l : 資材の種類 $\overline{EM}$: 資材の原単位(環境負荷量) T : 運搬距離
 n : 施工に係る環境負荷(建設機械、仮設材 等)の種類 $\overline{EC}$: 施工に係る数量(掘削量 等)

資材選定レベルの環境負荷量は、主要な原材料 ($\sum_o (R_o \times \overline{ER}_o)$)、主要な投入エネルギー ($\sum_p (E_p \times \overline{EE}_p)$)、未集計分等見込み値 (EO) の環境負荷量の和とした。

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

EM : 資材の環境負荷量 R : 原材料の数量 p : 投入エネルギーの種類
 $\overline{EE}$: 投入エネルギーに係る原単位(環境負荷量) o : 原材料の種類 E : 投入エネルギーの量
 $\overline{ER}$: 原材料に係る原単位(環境負荷量) EO : 未集計分等見込み値に係る環境負荷量

本章は、主に環境負荷の計算実務者を対象に、社会資本 LCI の具体的計算方法を記述している。

第 4 章 社会資本 LCI の適用性検討

本プロジェクトで開発した社会資本 LCI は、活動量（構造物の規模、工種の作業量、資材の数量等）と環境負荷原単位の積和で算出するものである。ここでは、社会資本 LCI による変動要因及び技術的判断への有効性に関する考察を行っている。

社会資本 LCI の結果の変動要因は大きく三つに分類できる。①工事数量について見積もりと実使用量の差 (S , W , M , T , C , R , E の変動)、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場合等 ($\overline{ES}$, $\overline{EW}$, $\overline{EM}$, $\overline{ET}$, $\overline{EC}$, $\overline{ER}$, $\overline{EE}$ の変動)、③主として設計レベルにおいて使用する資材等が確定していないこと (j , k , l , m , n , o , p の変動) である。

- ① 見積もりと実使用量の差による影響について、資材は概ね問題のない範囲で変動するが、施工機械の稼働時間や仮設材は相当程度大きく変動する可能性が示唆された。これら詳細については、今後の検証が必要である。
- ② 確定していない環境負荷原単位による影響については、原単位のシステム境界を共通化した上で計算手法の整理を行った。検討を行った結果、以下の三つの要素により今後システム境界を変更する可能性がある。1) 社会資本 LCI では単年の値で計算しているものの複数年の平均値で考えるべきとの意見があること、2) 社会資本 LCI では海外活動分も含めた CFP を求めているが京都議定書では国内分に限っていること、3) 社会資本 LCI では一部のセメント系資材で二酸化炭素吸着分を見込んでいるが吸着の取り扱いに関しては見解が確定していないこと等である。
- ③ 資材が確定していないことによる変動幅は、結果にほぼ影響を与えないレベルであることを試算結果から確認した。

技術的判断にあたっては、代替案の比較において、改善効果が変動幅及び工事全体の環境負荷量に比して十分に大きいか判断の一つの目安となる。本章で記述したいくつかの試算の結果、社会資本 LCI が概ね環境負荷に係る技術的判断に活用できることが確認された。但し、今後のシステム境界の変更により影響を受ける資材間の比較を伴う技術的判断は、慎重に行うべきであることが確認された。

本章は、現場の土木技術者向けに、社会資本 LCI を技術判断の一部として適用する場合の例を記述している。

第 5 章 社会資本 LCA の実現について

社会資本整備の低炭素化を達成するためには、具体的な各種低炭素技術を採用することが必要である。本プロジェクトで開発した社会資本 LCI により各種技術の低炭素化の度合いを算出することが可能となった。

社会資本 LCA とは、社会資本 LCI の結果を用いて何らかの判断を行う仕組みである。ここでは、構想レベル、設計レベル、施工レベルにおける社会資本 LCA の活用方策について提案を行っている。

社会資本 LCI は開発されたばかりであり、現場における利用実績がほとんど存在しないのが実情である。社会資本 LCI が多くの関係者に活用されることによって、社会資本 LCA が社会に普及し、はじめて低炭素社会の実現が可能となる。

今後の社会資本 LCI の主な課題として以下 3 点が残された。

- ・ 社会資本 LCI を活用した環境負荷の評価方法の整備
- ・ 社会資本 LCI における複数年の環境負荷配分の考え方の整理
- ・ 社会資本 LCI における構造物の解体に係る環境負荷の考え方の整理

本章は、社会資本制度の担当者向けに、各意思決定レベルにおける社会資本 LCA の実現について提案をしている。