

博士論文(要約)

論文題目 社会資本整備に伴って発生するライフサイクル
二酸化炭素排出量評価手法の開発に関する研究

氏 名 曾根 真理

本論文の要約は以下の通りである。

第1章で、社会資本分野からの二酸化炭素排出削減を行うために LCA 手法を開発することが目的であることを示した。

第2章では、これまでの関連研究の概要について述べた。

第3章では、開発するにあたっての具体的開発課題を抽出した。

最初に、目的に応じた PDCA を設定することで社会資本関連制度が有効になることを、グリーン調達制度を例にして示した。グリーン調達制度においては特定調達品目を優先的に調達することのみが定められていたが環境負荷削減との関係が明確ではなかった点が問題であった。建設廃棄物削減に関して方針を定め、副産物実態調査のデータを利用し、評価基準に従った分析結果に基づいて、指定見直しの判断を行うという PDCA サイクルを導入することで、グリーン調達制度と建設廃棄物削減との関係が明らかになった。

次に、社会資本 LCA は、建設・資材製造・運搬などに伴って発生する二酸化炭素排出を評価できる手法であることが必要なことを述べた。日本全体の二酸化炭素排出に占める建設部門の割合は約 14% であるが、建設工事からの直接排出よりも資材製造、運搬などからの間接排出の方が多きことなどを示した。

三番目に、多様な関係者の参加などを促す枠組み作りが必要であることを示した。社会資本には様々な意思決定レベルが存在しそれぞれのレベルでの決定内容が異なること。需要と供給両面からの取り組みが必要であること、構造物管理者・設計コンサルタント・建設会社・資材製造プラント・運送会社など多様な関係者の参加が必要であることを示した。

四番目に、労力を抑えつつ実効性を高めるためには既存の制度を改良することが有効であることを示した。既存制度を改良するためには、網羅性と一意性に配慮する必要があることなどを述べた。社会資本における既存制度に社会資本 LCA を導入することで、二酸化炭素削減の観点からの PDCA サイクルを機能させることが必要である。特に、グリーン調達制度においては、社会資本 LCA の受け入れ態勢が整っていることを示した。

最後に、社会資本 LCI を開発するにあたっての具体的課題を挙げた。更新が早く詳細なインベントリデータの開発が必要であること、個別新技術の評価が可能であること、注文生産・現地生産に対応していること、解体・廃棄に適切に対応していることなどである。

第4章では社会資本 LCA の主要部分である社会資本 LCI の内容について論じた。

まず、社会資本 LCI の原則として、CFP 方式であること、4つの意思決定レベルに対応していること、それぞれのレベルの計算方法が同一の境界条件を持つことなどを述べた。

二番目及び三番目で、各意思決定段階における社会資本 LCI の算出方法と各意思決定段階におけるインベントリ・データ・ベースの相関関係について述べた。

四番目に、構造物の廃棄を再生資材の材料採取とみなすことで再生資材に関して社会資本 IDB（施工レベル）と社会資本 LCI の境界条件を統一したことを述べた。

五番目に、社会資本 IDB（施工レベル）の作成方法について述べた。更新が早く、詳細な IDB とするために産業連関表データと業界集計値を組み合わせた社会資本 IO 表を作成し、社会資本 IO 表の逆行列により社会資本 IDB を作成した。同時に、社会資本 IDB は品目及び活動分野の網羅性を確保しながら重複計上のないデータベースとなった。

六番目に、未集計分見込値を導入することで社会資本 LCI（資材選定レベル）と社会資本 IDB（資材選定レベル）の境界条件を統一したことを述べた。

七番目及び八番目では、社会資本 LCI（施工レベル）の建設設備及び運搬に関する計算方法及び考え方について述べた。

九番目に、社会資本 IDB（設計レベル）の計算法及び考え方について述べた。積算体系に基づく計算を行うこととで利用者の利便性を図るとともに、計算対象に関する網羅性を確保しつつ重複計上を回避することを述べた。

十番目には、社会資本 IDB（構想レベル）の考え方について述べた。

第5章では、第4章で開発した社会資本 LCI の有効性を検討した。

まず、金額物量混合産業連関表及び3EIDを基に二酸化炭素排出源分析を実施し、社会資本 IDB（施工レベル）の有効性確認を行った。社会資本の各部門における二酸化炭素総排出量に占める社会資本 IDB（施工レベル）主要品目群の割合が、十分に大きいため有効であると判断した。

二番目は、現場施工を前提にして開発した社会資本 L C I が工場製品についても有効に作用しうるかについて、工場製品であるプレキャスト部材、鋼製品を対象に検討を行った。その結果、工場製品であっても社会資本 LCI によって二酸化炭素排出量が算出できることを確認した。

三番目は、機械損料にかかわる二酸化炭素排出量算出の有用性について検討を行った。その結果、全体に占める道路土工の比率が高い工事においては機械損料の影響を無視できず、機械損料等から二酸化炭素排出量を設定することが有用であることが確認した。

四番目は、施工レベルで二酸化炭素削減技術の採用を判断するにあたって、社会資本 LCI による計算結果が有効に作用し得るか否かについて検討を行った。この結果、社会資本 LCI（施工レベル）が技術間の比較を行うために有用な計算結果を提示できることを確認した。

五番目は、主として設計レベルで構造等に関する複数案間の優劣比較を判断するにあたって、社会資本 LCI による計算結果が有効に作用し得るか否かについて検討を行った。この結果、社会資本 LCI（設計レベル）が設計間の比較を行うために有用な計算結果を提示できることを確認した。

六番目は、工事契約前の設計書における社会資本 LCI（設計レベル）による予測値と工事完了後の確定値の差異について感度分析を行った。分析にあたっては契約前の資材等予定数量と使用予定資機材が、契約前と工事完了後で変化する場合を仮定して計算を行った。この結果、掘削・盛土・運搬が大部分を占める土工工事の場合には運搬距離・建設機械の変更の影響が大きいことを確認した。

七番目は、環境影響評価制度への適用を想定して、SEA、EIA、事後調査への社会資本 LCI の適用性について検討を行った。SEA に対しては社会資本 LCI（構想レベル）の計算値を適用し、EIA に対しては社会資本 LCI（EIA レベル）を試作して適用し、事後調査に対しては社会資本 LCI（設計レベル）を適用した。その結果、SEA と事後調査とでは、計算値が3割程度変動することが判明した。また、EIA においては、社会資本 LCI（構想レベル）に比べて社会資本 LCI（EIA レベル：試作版）は計算精度が向上するわけではないので、社会資本 LCI（構想レベル）を適用することが妥当であることを確認した。

八番目は、鉄、セメント、アスファルトの原単位が、社会的合意によって変化する場合について、感度分析を行った。この結果異なる素材を主原料とする構造物の比較を行う場合には将来比較優位が変化する可能性があることがわかった。

第6章では、社会資本 LCA の利用方法を提案し、その提案について ISO に基づく検討を行った。構想レベルでの利用については、環境影響評価への導入のためのマニュアル作りが行われており、導入の可能性が高い。設計レベルにおいても、舗装分野のマニュアル化が行われており導入の可能性が高い。社会資本 LCA は施工レベルでの導入を念頭において開発を行い十分に施工レベルでの利用に耐え得るものとなっているが、具体的な取り組みは実施されていない。なお、資材選定レベルにおいては既にグリーン調達制度での利用が実現されている。以上の結果、様々な意思決定レベルにおいて有効に導入し得ることを確認した。

第7章は本研究の意義についてまとめた。

社会資本 LCI の第1の意義は構想レベル・設計レベル・施工レベル・資材選定レベルという様々な意思決定レベルに対応したことである。関係者は自らが直接関係する範囲において最適な意思決定を行うが、それぞれの意思決定は部分最適であり全体最適ではないこともあり得ることが業界へのヒアリングで明らかとなった。この問題を解決するために、各意思決定レベルの判断内容に対応した LCI 手法を本研究では開発した。

次に、社会資本 LCI を燃料消費量、セメント消費量、鉄使用量などの物量に基づく算定手法とすることで二酸化炭素排出量の算定の妥当性を高めた。計算対象の網羅性を確保しつつ重複計上を回避するために積算体系及び産業連関表を使用し、同時に境界条件を統一した。輸入品の網羅性を確保するため国外における原料採取・運搬を計上の対象とした。結果として、国内品と国外品の境界条件を統一することになった。

本研究において開発した未集計分見込値とは、製品購入者から見れば経費率に相当する二酸化炭素排出量であり、製造者から見れば積み上げ計上できない経済活動による二酸化炭素排出量である。この、未集計分見込み値を設定することで社会資本 IDB（施工レベル）と社会資本 LCI（資材選定レベル）の境界条件を統一することができた。

社会資本では多くの再生材料を利用している。製造プロセスの大部分において再生材料は新材に準ずるものとして扱われている。社会資本の解体・廃棄の多くは老朽化によって生じるものではなく、新規社会資本が建設される場合に起きる現象である。これらを考慮して、解体廃棄を再生材料の採取であると見なし、社会資本の解体を建設の前段階であると見なすことにした。この結果、社会資本 LCI のライフサイクルは材料採取・廃棄から始まり利用で終わるものとして統一することができた。

社会資本 LCA の持つ意義は次の通りとなる。

新制度を創設するよりは既存制度に対して二酸化炭素排出削減メカニズムを組み込むことの方が効率的である。社会資本 LCA は既存制度の中に二酸化炭素排出に関する PDCA を組み込むことである。

社会資本からの二酸化炭素出は直接排出よりも間接排出の方が多く、直接排出源である建設業者を対象とした対策ではなく、間接的な排出源である資材製造者に対する対策が有効である。このため、グリーン調達制度で社会資本 LCA を導入して二酸化炭素排出の少ない品目購入による間接排出削減を行うことが有効である。

