

E-0807 社会資本整備における環境政策導入によるCO₂削減効果の評価と実証に関する研究
(6) 環境政策の検討と導入効果の評価(全国レベル)

国土交通省国土技術政策総合研究所

曾根 真理

平成20～22年度累計予算額： 1,028千円(うち、平成22年度予算額 10千円)
予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 社会資本整備におけるCO₂削減を目指した環境政策導入にあたっては、政策導入効果を検証するための基礎データとして社会資本整備によるCO₂排出原単位の整理が必要である。CO₂排出原単位を設定する方法として、産業連関表を用いた方法(以下、産業連関法と記す。)と積み上げデータを用いた方法(以下、積み上げ法と記す。)がある。両者は利点・欠点について相補的な関係にあるため、両者を組み合わせた方法により排出原単位を設定することが望ましい。

そこでこれらの方式を組合せ、建設材料ごとに共通のシステム境界で算出できる計算方法を開発し、建設資材に共通の個別製品のCO₂排出量計算手法を提案した。具体的には、CO₂の排出量や変動が大きな項目を積み上げ法で計算しつつ、未集計分見込み値の付加により計算範囲を共通化する手法である。積み上げ計算の対象項目が資材全体のCO₂排出量に占める割合の確認により、本手法によって計算されたCO₂排出量は、一般品との比較が可能であると同時に、独自の取組みによる低炭素化効果を反映可能であることを確認した。

次に、国土技術政策総合研究所(国総研)で作成している環境負荷原単位を用いることで、LCIにより道路構造物の全体及び工種毎のCO₂排出量を概ね求めることができ、CO₂削減の技術開発課題の抽出に有効であることが示唆された。

特に、①素材の候補が複数あり一つに確定できない資材等には代表的な資材の原単位を設定し、②素材そのものの特定が困難な資材等には類似する資材等を推定して原単位を設定しており、不確実性が残されているが、①は工事全体の排出量の0～14%程度、②は1～10%程度であった。

[キーワード] CO₂排出原単位、産業連関表、積み上げ法、システム境界、試算

1. はじめに

国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）は、土木学会と協力して、社会資本のライフサイクルをとおしたCO₂ 排出量計算手法について研究している。

社会資本整備は、構想、設計、施工などの段階毎に意思決定がされ、整備計画案の中からより公正かつ合理的な整備が行われる。各段階では意思決定を行う事項が異なるため、環境評価に求められる精度も異なる。例えば、事業計画を検討する際には、事業全体の広範な分析が求められるが、施工技術の選択に用いる場合には詳細な分析が求められる。すなわち、社会資本LCAに求められる精度とは、システム境界とした項目全てを漏れなく計算する「網羅性」と、インベントリの計算方法を一つに定め、解釈の違いによる誤差が生じないようにする「一意性」である。従って、社会資本LCAを実施するにあたっては、その意思決定段階における決定事項に合わせた網羅性のあるシステム境界を設定し、一意性のある計算手法でインベントリ分析を行うことが必要である。

また、この研究では、開発した手法を社会資本整備に関係する設計者、施工者、資材製造者らが用いることで、設計、資材調達・施工、資材開発・施工技術開発などの低炭素化が促進されることを期待している。この期待に応えるため、CO₂ 排出量の大部分を占める資材製造に関する計算手法は、以下の要件を満たす必要がある。

- (1) 一般品や代替品のCO₂排出量と比較可能
- (2) 独自の取組みによる低炭素化を反映可能

産業連関法や積み上げ法による計算手法は、単独ではこれらの要件を満足しないと考えられる。

(1)に対する課題として、(a)産業連関表の品目分類が比較的大括りであるため、社会資本整備関係者が資材調達などで選択可能な詳細な資材区分について、一般品のCO₂ 排出量を示せないこと、(b)積み上げ法は計算範囲に任意性があるため、計算結果を一般品と比較することが困難であることが挙げられる。

2. 研究目的

社会資本のインベントリ分析は、基本的には、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できる。しかし、事業全体のインベントリ分析を行う際にはこの計算手法では膨大な作業量となってしまう。社会資本へライフサイクルアセスメント(LCA)を適用するにあたっては、LCA実施者の負担を軽減することも重要である。従って、意思決定段階で求められる精度に合わせて、工種あたり、構造物あたりの環境負荷原単位を整備することでインベントリ分析の利便性向上を図ることが必要である。そこで本研究では、まず、各意思決定段階においてLCAに求められるインベントリ分析の精度と利便性について考察し、その上で、上記、(a)、(b)に対する解決方針として、産業連関表の主な部門・項目を公的統計や業界統計などを用いて置換する方針、社会資本の特徴を踏まえて主要建設資材の計算範囲を共通に定める方針を示す。(2)の要件を満たすための個別製品の計算では積み上げ法が基本となるが、(1)の要件も満たしつつ、具体的な積み上げ項目を示した計算手法は、これまで示せていない。そこで本稿では、建設資材などの個別製品を対象とした、CO₂排出量計算の共通手法を提案する。さらに、提案手法が、上記(1)、(2)の要件を満たしているかについて、全国平均値に関する試算結果から確認する。

3. 研究方法

(1) 社会資本の意思決定において求められるLCAの精度と利便性に関する考察

1) 構想段階

① 精度

構想段階は、道路の概略計画、河川整備計画や港湾の長期構想等、事業の概略計画を行う段階である。道路の概略計画であれば、道路の機能（計画交通量、車線数等）、基本構造（平面、高架、トンネル等）等を決定する。この段階では、事業実施、事業概要（機能、構造）の決定における要素の一つとして環境評価を行うことが考えられる。従って、決定事項に伴って変化すると考えられる項目全てをシステム境界に設定する。すなわち、社会資本の整備、維持管理の他に、社会資本の利用等の全ての項目を含む網羅性が求められる。

② 利便性

構想段階では、建設資材の数量等は詳細に設定されていないため、建設資材レベルの環境負荷原単位とその数量の積和による計算は膨大な作業となる。そこで、高架1kmあたり、トンネル1kmあたり等のような構造物あたりの環境負荷原単位を用いることで、インベントリ分析の利便性は向上する。本研究においては、土木工事標準歩掛等により求めた建設資材等の数量と、本研究で作成している建設資材等の環境負荷原単位を用いて、平均的な構造物別環境負荷原単位を作成している。

③ 網羅性と一意性の確保

構想段階では、社会資本の整備、維持管理、利用に係る環境負荷量を網羅的に計算する必要がある。本研究においては、社会資本の利用に係る環境負荷量の計算手法を確立できていない。社会資本の利用も含めた網羅的な計算手法が今後の課題である。また、構想段階のインベントリ分析は、多くの仮定に基づき行うため、計算手法を一意に定めることは現時点では困難である。

2) 設計段階

① 精度

設計段階は、概略設計・予備設計、詳細設計があり、社会資本の構造形式、構造諸元を検討する段階である。構造物の断面形状、概略の材料や工種別数量等を決定する。この段階では、予備設計における構造形式の比較検討、設計VEにおける品質評価に環境評価を行うことが考えられる。従って、システム境界は、社会資本の整備、維持管理の項目を網羅的に含むことが求められる。

② 利便性

設計段階では、掘削土量や舗装面積等の工種毎の数量が主な情報である。工事数量から建設資材等の数量を推計し、対応する環境負荷原単位と積和することでインベントリ分析を行えるが作業量は多くなる。工事数量と工種別環境負荷原単位の積和による計算を行うことで利便性は向上する。工種あたり環境負荷原単位も、前述の構造物あたり原単位と同様に本研究において作成中である。

③ 網羅性と一意性の確保

設計段階では、社会資本の整備、維持管理がシステム境界であることから、整備及び維持管理に係る建設資材、建設機械、仮設材や輸送の環境負荷を網羅的に計算する。本研究においては、網羅的に計算できるよう、工種あたり環境負荷原単位、建設資材等の平均的な環境負荷原単位一覧表を作成している。一覧表は主要な資材の原単位を整備しているが、社会資本整備には多種多

様な資材が用いられるため、原単位が整備されていないものもある。また、設計書等のデータからでは、素材が複数あり一つに確定できない資材、そもそも素材の特定が困難である資材がある。このような資材に対しては、類似すると考えられる資材を推定し、産業連関表から算出した環境負荷原単位を用いて推計を行う。網羅性確保のためには、計算手法を一意に定められないことはやむを得ないと考えられる。

3) 施工段階

① 精度

施工段階は、施工方法や使用資材を決定し、社会資本を建設する段階である。施工方法であれば具体的な施工機械を決定し、使用資材については具体的な製品をどこの製造工場から購入するかも含めて決定する。この段階では、入札契約制度における加点要素の一つとして環境評価の実施が考えられる。従って、価格と並べて評価されるため、システム境界、環境負荷原単位の解釈の違いによる誤差が生じない一意性が求められる。施工段階では、システム境界は社会資本の整備とし、原単位及び数量の推定が必要となる項目は含まない。

② 利便性

建設資材等のインベントリ分析は、製造プロセスからの積み上げによる計算手法の他に、建設資材等の平均的な環境負荷原単位を整備することで、利便性を図る。

③ 施工段階における網羅性と一意性の確保

施工段階では、工種、資材全般、主要資材の製造プロセスを評価する場合が考えられる（図 64）が、計算方法を一意に定めることのできる項目を計算する。インベントリ分析は積和であることから、積和計算に含まれる変数 i , e , x の設定方法を一意に定めれば、 E は一意に計算できる。

$$E = \sum_i (e_i \times x_i) \quad (\text{式 1})$$

E : 環境負荷量

e : 資材、工程単位の環境負荷原単位

i : 資材、工程を示す記号

x : 資材、工程単位の数量

○システム境界

(i) を共通に定めるシステム境界は、比較対象間で共通に設定する。インベントリ分析において、主要な資材、工程等について個別製造プロセス毎に積み上げ計算をした場合、それ以外の項目は産業連関表の該当部門の環境負荷を「未集計分見込み値」として付加する。これにより、産業連関表から算出した平均的な原単位と同じシステム境界で評価できる。

○原単位

e を固定する積み上げ計算に用いる原単位は、①燃焼、発熱等は、環境省が設定した自主行動計画達成状況等の報告で利用されている原単位、②資材等の製造は、本研究で作成している原単位を使用する、というように設定する。

○数量

xの設定方法を一意に定める資材の数量は積算書等により設定できる。輸送距離等、複数の設定方法が考えられる数量については、一意に算出方法を定めなければならない。例えば、①工事現場と工場の直線距離を緯度経度から計算、②都道府県庁間の直線距離で代用などがあり得る。

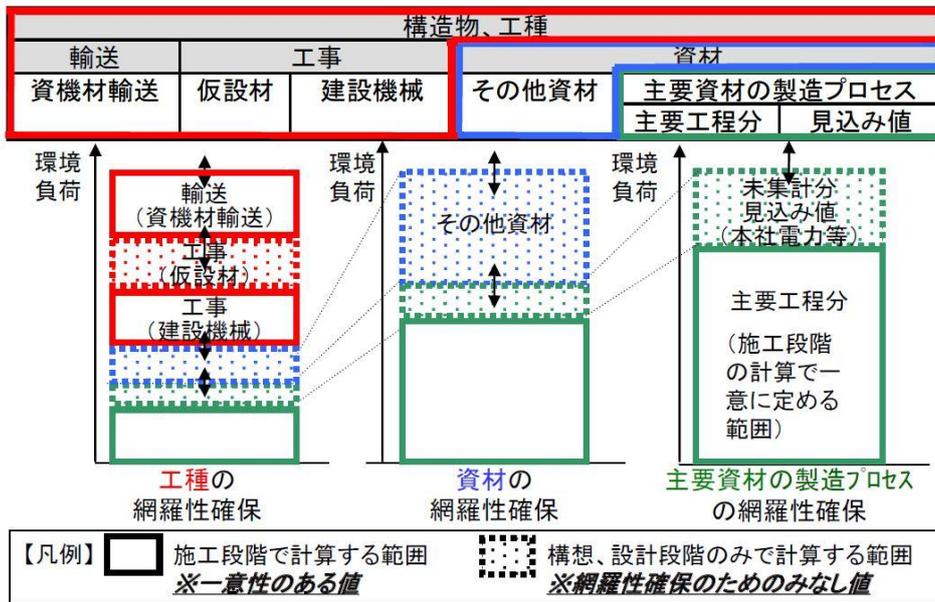


図 64 環境負荷量算出の流れと環境負荷原単位

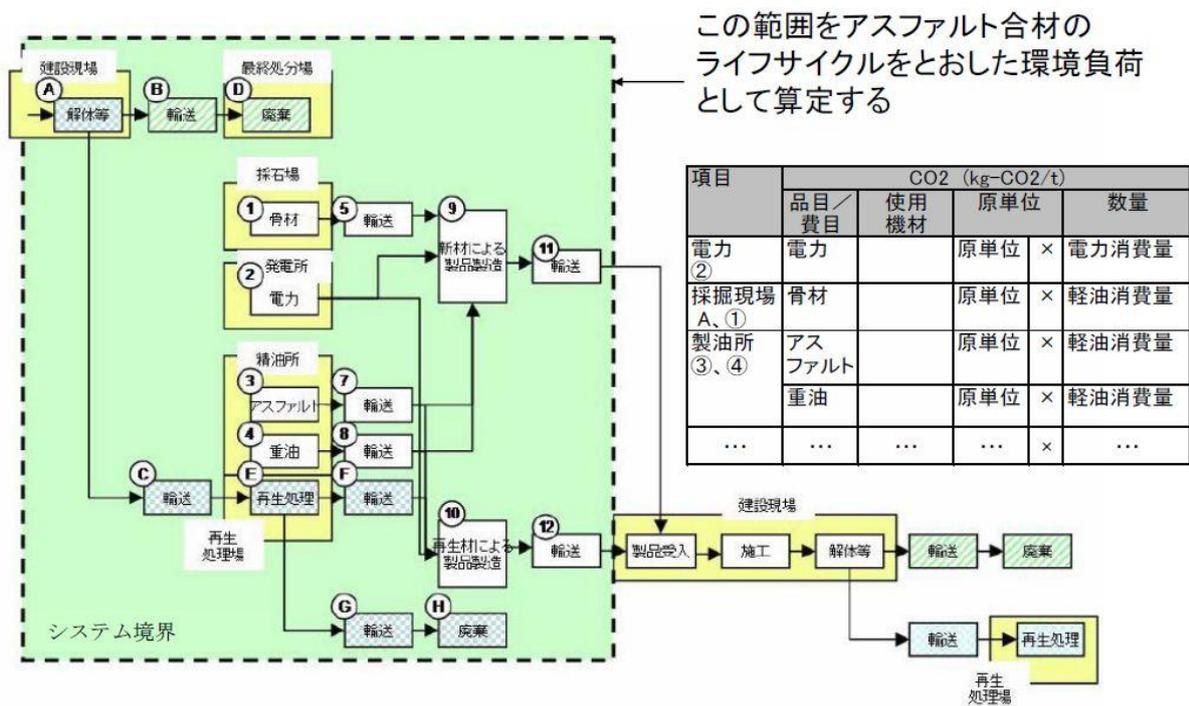


図 65 積み上げ計算をする工程 (例.アスファルト合材)

表 30 網羅性と一意性

意思決定段階	構想段階	設計段階	施工段階
環境評価の位置づけ	事業実施、事業概要の決定における、多面要素(社会、経済、環境)の一つとして	概略、詳細設計における配慮事項の一つとして	契約後VE制度等の検討における、加点要素の一つとして
決定事項	・道路の機能…計画交通量、車線数、等 ・基本構造…平面、高架、トンネル、等	・構造物断面…断面形状、概略の材料 ・道路線形…切土等の工種数量、等	・施工方法…施工機械の年式、等 ・使用資材…製品、製造工場、等
計算実施者	計画策定者	発注者(又は建設コンサルタント業者)等の設計者	建設業者等の施工業者等、VEチームの構成員
計算比較対象の例			
計算結果イメージ【凡例】 計算範囲(網羅性) □ 本研究における比較・評価範囲 ▨ 本来含むべき範囲 ← 誤差(精度)			
必要な網羅性(計算範囲)	【網羅性重要】 整備、維持管理、供用、その他由来全て	【網羅性重要】 整備、維持管理由来 全て	発注者が計算方法を一意に定めた項目に絞る
計算の一意性(計算手法)	多くの仮定に基づく計算手法	全国平均的な資材等の原単位を平均して算出した、工種別原単位。また、多くの見なし値を利用。	【一意性重要】 原単位、数量の設定方法等、計算方法を発注者が一つに指定し、解釈の違いによる誤差が生じないようにする
計算結果の変動要因	構造形式別原単位の解釈、計画交通量・走行距離あたり排出係数の解釈、など	工種別原単位の解釈、など	-

各段階の網羅性と一意性について表 30にまとめた。構想段階に社会資本LCAを活用するためには、現時点では網羅性、一意性ともに課題がある。設計段階では、システム境界とした項目全てを漏れなく計算する「網羅性」が求められる。そのため、原単位の選択が困難な資材等についても類似する資材等の原単位を用いて推計を行う。また、利便性向上のために用いる構造物別、工種別の環境負荷原単位についても同様に「網羅性」の確保が必要である。施工段階では、入札契約制度への適用が考えられるため、計算方法の解釈の違いによる誤差を生じさせないよう「一意性」の確保が必要である。原単位、数量の設定方法、システム境界等を発注者が一意に定める。

(2) 建設資材に共通した、個別製品の二酸化炭素排出量計算手法の提案

1) 計算手法の概要

上記の背景を踏まえて、資材全体のCO₂ 排出量に大きく影響する項目や変動の大きな項目について積み上げ法により計算することで、詳細な品目区分および独自の取組みによる効果を反映させる必要がある。これに加えて、積み上げ法により考慮されないその他の項目からのCO₂ 排出量を、関連付けられる産業連関表の部門・項目からのCO₂ 排出量と同程度であると仮定し（未集計分見込み値）、未集計分見込み値を積み上げ法による値に付加することで、計算範囲を資材間で共通化することができる。計算式は、次式で表される。

$$E = \sum_i e_i \cdot x_i = \sum_i e_i^P \cdot x_i^P + A = \sum_i e_i^P \cdot x_i^P + \sum_i e_i^{IO} \cdot x_i^{IO}$$

ここに、E：CO₂ 排出量、e：各部門・項目のCO₂ 排出原単位、x：各部門・項目の原燃料投入量やエネルギー消費量などの数量、A：未集計分見込み値であり、添え字i は各部門・項目を表す数字、添え字P、IO は、それぞれ、積み上げ法、産業連関法によることを表す記号である。

これまでに、セメント、生コンクリート、舗装材料、砕石、鉄鋼製品などについて、積み上げ計算と未集計分見込み値の対象部門・項目を検討した。これらの建設資材は、社会資本整備からのCO₂ 排出量に対する弾力性分析によって抽出されたものである。アスファルト合材（舗装材料）を例に、検討結果を表 31に示す。

表 31 アスファルト合材の積み上げ項目と未集計分見込み値項目の例、
およびCO₂排出量試算値（2005年度）

	産業連関表 部門・項目	単位 ※	原単位 kg-CO ₂ /※	新規合材		再生合材		アスファルト合材 統計年報 部門・項目	
				投入量 ※/t	排出量 kg-CO ₂ /t	投入量 ※/t	排出量 kg-CO ₂ /t		
電力	事業用電力	kWh	4.5E-01	9.8E+00	4.38	1.0E+01	4.59	購入電力	
	燃料	A重油	l	2.3E-01	8.5E+00	1.96	1.0E+01	2.31	燃料
		B重油・C重油	l	1.8E-01	8.3E-02	0.02	8.3E-02	0.02	
		灯油	l	2.7E-01	3.4E-03	0.00	3.4E-03	0.00	
		軽油	l	4.3E-01	1.3E-03	0.00	1.3E-03	0.00	
		都市ガス	m ³	3.2E-01	7.0E-02	0.02	7.0E-02	0.02	
	原料	アスファルト	t	1.4E+02	5.9E-02	8.37	4.0E-02	5.62	
		砂利・採石	t	1.1E+01	2.5E-01	2.67	1.6E-01	1.68	天然砂
		砕石	t	6.1E+00	6.8E-01	4.17	4.3E-01	2.63	砕石、その他細骨材
		石灰石	t	5.0E+00	3.1E-02	0.15	3.1E-02	0.15	石粉
	アスファルトコンクリート塊	t	0.0E+00	0.0E+00	0.00	3.7E-01	0.00	再生骨材	
積み上げ項目・・・(1)				21.73 (41.0%)		17.02 (32.5%)			
輸送	道路貨物輸送（除自家輸送）	円	3.6E-03	3.4E+02	1.25	3.4E+02	1.25		
	沿海・内水面貨物輸送	円	1.3E-02	1.8E+01	0.23	1.8E+01	0.23		
	自家輸送（旅客自動車）	円	1.1E-02	3.0E+00	0.03	3.0E+00	0.03		
原料	その他の石油製品	円	5.5E-03	2.4E+02	1.28	2.4E+02	1.28		
	その他の窯業・土石製品	円	6.5E-03	1.2E+02	0.77	1.2E+02	0.77		
その他	界面活性剤	t	1.3E+03	5.0E-04	0.71	5.0E-04	0.71		
	卸売	円	1.0E-03	5.5E+02	0.55	5.5E+02	0.55		
	建設補修	円	3.2E-03	9.1E+01	0.30	9.1E+01	0.30		
	機械修理	円	2.6E-03	1.0E+02	0.26	1.0E+02	0.26		
未集計分見込み値・・・(2)				7.62 (14.4%)		7.62 (14.5%)			
間接排出量・・・(1)+(2)				29.35 (55.4%)		24.64 (47.0%)			
燃料	A重油	l	2.7E+00	8.5E+00	23.16	1.0E+01	27.33	燃料	
	B重油・C重油	l	3.0E+00	8.3E-02	0.25	8.3E-02	0.25		
	灯油	l	2.5E+00	3.4E-03	0.01	3.4E-03	0.01		
	軽油	l	2.6E+00	1.3E-03	0.00	1.3E-03	0.00		
	都市ガス	m ³	2.2E+00	7.0E-02	0.16	7.0E-02	0.16		
積み上げ項目・・・(3)				23.58 (44.5%)		27.75 (53.0%)			
未集計分見込み値・・・(4)				0.00 (0.0%)		0.00 (0.0%)			
直接排出・・・(3)+(4)				23.58 (44.5%)		27.75 (53.0%)			
アスファルト合材の排出量・・・(*)=(1)+(2)+(3)+(4)				52.94 (100.0%)		52.39 (100.0%)			

2) 積み上げ計算の対象項目

積み上げ計算の対象項目は、各資材の業界統計などを解析して設定した。その際、対象項目の要件として、CO₂排出量への影響・変動が大きいことのほか、資材製造者にとって数量xの把握が容易であることが、本研究で設置された土木学会の委員会や業界関係者から指摘された。数量xの把握容易さについては、業界統計などにおいて報告される項目であれば満足すると考えた。業界統計は詳細な品目区分について情報を整理しているため、この考えにより、積み上げ計算の対象項目は、社会資本整備関係者が選択する資材区分と同様の区分でCO₂排出量の計算が可能となった。

3) 未集計分見込み値の対象項目

積み上げ計算の対象外の産業連関表部門・項目を未集計分見込み値の対象項目とした（表31の(2)、(4)）。未集計分見込み値は、建設資材ごとの定数であるため、独自の取組みによる低炭素化効果の反映や詳細な建設資材区分での設定はできない。

4) 要件に対する提案手法の妥当性確認

① 一般品のCO₂排出量との比較可能性

一般品のCO₂排出量との比較可能性については、個別製品のCO₂排出量計算における数量x の設定方法を、一般品のCO₂排出量の詳細化に用いた各種統計の元データと同様とすることにより、本手法においても妥当性が確保されていることが確認できた。

② 独自の取組みによる低炭素化効果の反映可能性

業界統計等を用いて全国平均値を試算した結果、アスファルト合材のCO₂排出量(表 31 の(*))の内、積み上げ計算の対象項目からの排出(表 31 の(1)+(3))が約86%であり、資材製造のCO₂排出量のほとんどについて、独自の取組みによる低炭素化効果を反映可能であることが確認できた。同様に、その他の検討対象資材についても、低炭素化効果を反映可能であることを確かめた。

(3) 社会資本整備のライフサイクルインベントリ試算に関する検討

上記を踏まえて、道路事業において主要な構造物である土工(平面構造)、橋梁、トンネルのLCIについて計算した結果を述べる。本試算では、構造物の整備(建設工事)に伴うCO₂排出量を算出し、構造物の利用に伴う排出量は対象外とした。

1) 道路構造物のLCIの概要

ライフサイクルインベントリ(LCI)の基本的な算定方法は、コストと同様の手法で単価の代わりにCO₂排出原単位を用いる。CO₂排出量は、資材等の数量と原単位との積和で求められる。資材等の数量は、国土交通省が発注の際に用いる工事積算書の情報に基づいた。CO₂排出原単位は、国総研が作成中の原単位を用いた。工事積算書は、図 66のようなデータ構造となっている。最も深い階層(「(D)機械単価」)から、資材等の数量とCO₂排出原単位の積和としてCO₂排出量を求め、これを上位の階層に向かって遡及的に積み上げて、工事全体の排出量を算出した。システム境界、使用したCO₂排出原単位は、次項のとおりである。

2) システム境界の設定

コストの積算に基づき、使用する資材やエネルギー、それらの輸送、設備の使用をシステム境界に含むこととし、次の項目からのCO₂排出量を算出した。①資材(資材の生産)、②運搬(資材の出荷、掘削土等の運搬に係る燃料消費)、③建設機械の稼働、④建設機械の減耗、⑤仮設材

3) CO₂排出原単位

① 資材、運搬、建設機械の稼働

原則として国総研が作成中の環境負荷量原単位から対応する資材、燃料のCO₂排出原単位を用いた。

② 建設機械の減耗

建設機械の損料は「維持修理費」、「償却費」、「管理費」から成ることを利用し、建設機械等損料表から求めた各費用、機械質量と、対応する産業連関表4)の部門のCO₂排出原単位を用いて算出した、建設機械1t・供用日あたりのCO₂排出原単位を用いた。

③仮設材

仮設材のCO₂排出原単位は、仮設材の減価償却率と賃料を利用して求めた。減価償却率は、産業連関表「物品賃貸業部門」の資本減耗引当と国内生産額から算出し、40%と設定した。減価償却率については仮設材メーカーにヒアリングを行い、妥当性を確認した。



図 66 工事積算書のデータ構造 (イメージ)

(4) LCI試算結果

1) 土工(平面構造)

①工事概要

試算対象は、施工延長469.4m、全幅員10.5m、暫定2車線(片側1車線)の平面構造の道路である。

②LCI試算結果

土工工事によるCO₂排出量は約740t-CO₂であった。その内訳は、資材32%、運搬17%、機械稼働36%、機械減耗15%であった。掘削、盛土等が工事の大部分であるため、建設機械に係るCO₂排出量の比率が大きいことが特徴的である(図 67上)。工種別CO₂排出量では、掘削土量の運搬が多い掘削工からの排出量が顕著に大きく、工事全体の約50%を占めている(図 67下)。また、側溝工、排水工などはプレキャストコンクリート製品が多く使用されるため、資材のCO₂排出量大きい。資材の排出量の内訳はセメント、コンクリートからの排出が90%近くを占め、運搬・建設機械別はバックホウ、ブルドーザ、ダンプトラックからの排出が主要因である。また、計算にあたり、路床安定処理工の固化剤は、素材候補が複数あり原単位が特定できず、代表的な資材の原単位を用いた。工事全体の排出量の16%程度であった。

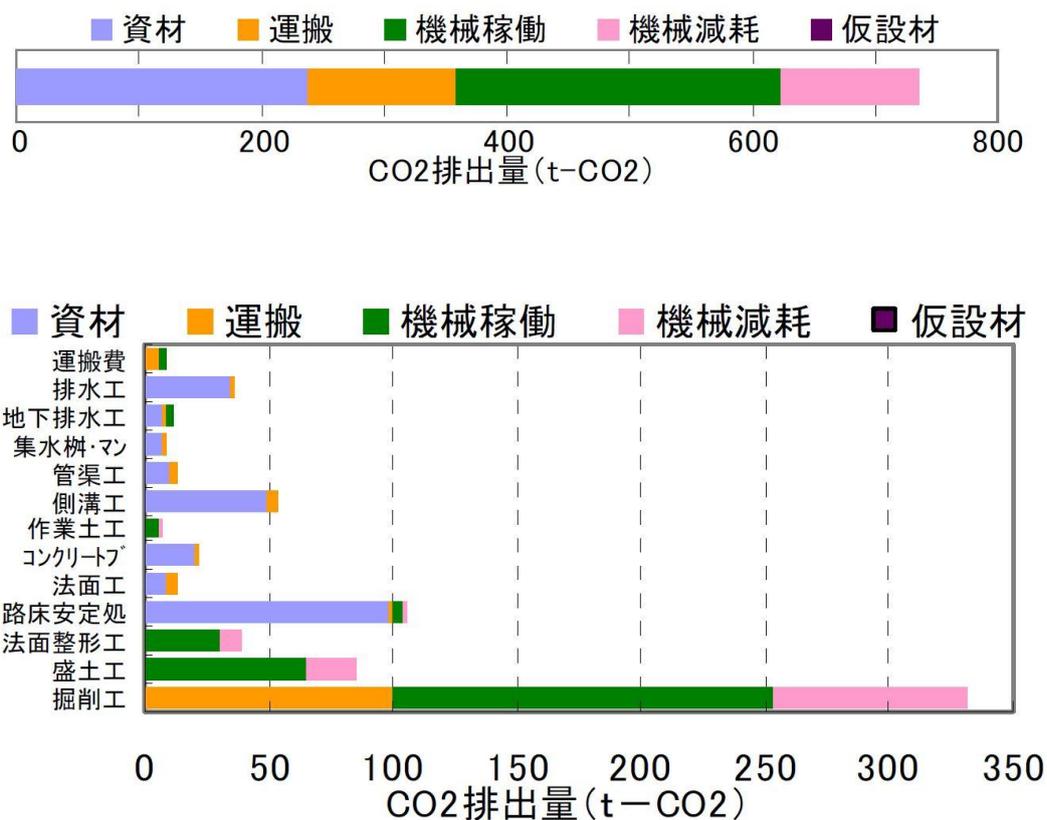


図 67 土工（平面構造）・工種別および工事全体のCO₂排出量（t-CO₂）

2) 橋梁（上部工）

① 工事概要

試算対象は、施工延長371.5m、全幅員23.5m、4車線（片側2車線）の鋼橋（10径間連続非合成鈹桁橋）の上部工である。

② LCI試算結果

橋梁工事によるCO₂排出量は約11,000t-CO₂であり、その約95%が資材からの排出であった（図 68上）。資材からの排出量のほとんどは鋼材で、資材全体の約80%であり、橋梁工事によるCO₂排出量はほぼ鋼材に起因している。工種別では、鋼材を多く使用している床版工と桁製作工（本体工）からの排出が多く、工事全体の排出量の約80%を占めている（図 68下）。運搬・建設機械別では、発動発電機からのCO₂排出量が多い。また、鋼橋足場等設置工の橋梁足場等の仮設材は、素材の特定ができず、類似する資材の原単位を用いて計算した。工事全体の排出量の4%程度であった。



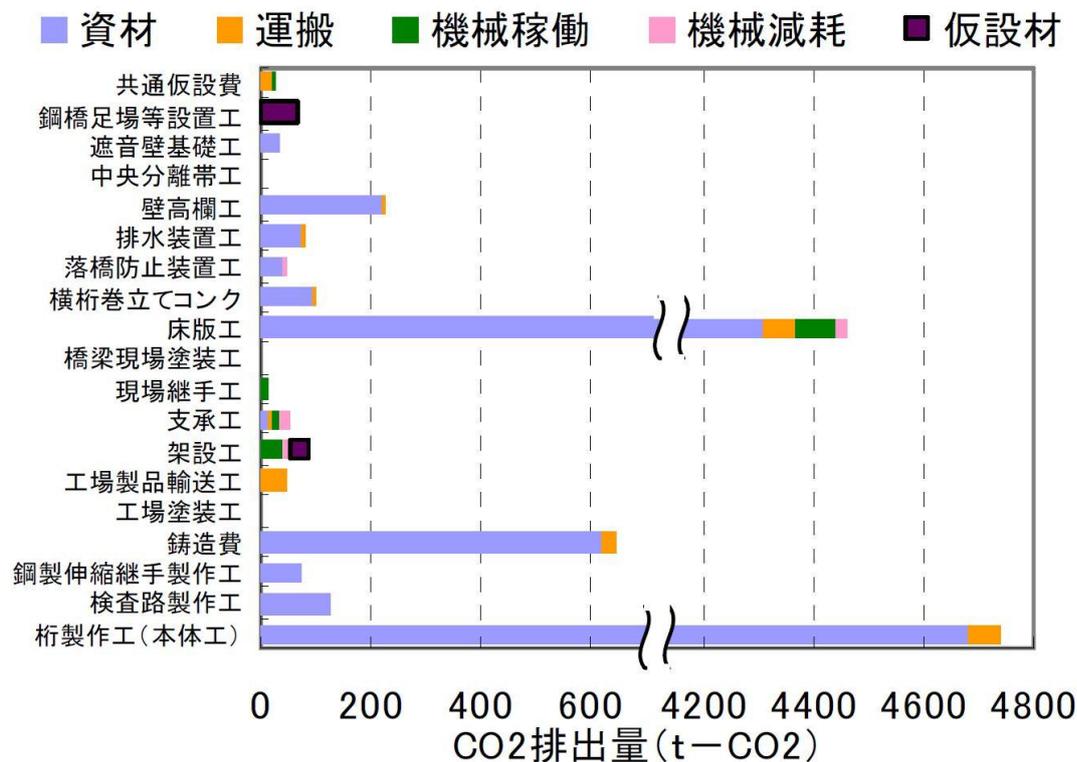


図 68 橋梁（上部工）・工種別および工事全体のCO₂排出量（t-CO₂）

3) トンネル (NATM)

①工事概要 試算対象は、施工延長2,270m、全幅員10.5m、2車線（片側1車線）のトンネル（NATM）工である。

②LCI試算結果

トンネル工事によるCO₂排出量は約11,000t-CO₂であり、その約75%が資材からの排出であった。建設機械からの排出も稼働、減耗を合わせて約15%あった。工種別では、吹き付けコンクリートの資材及び機械が排出源である吹付工からの排出が多い。資材別においてもコンクリートに関する資材からの排出が約60%を占めている。機械では掘削した土砂を運搬するダンプトラックからの排出が多い。また、計算にあたり、セメントの凝結を早めるために用いる急結剤は、素材候補が複数あり原単位が特定できなかったため、代表的な資材の原単位を用いた。工事全体の排出量の6%程度であった。また、素材の特定ができない資材も多々あり、こちらも類似する資材の原単位を用いた。工事全体の排出量の9%程度を占めている。



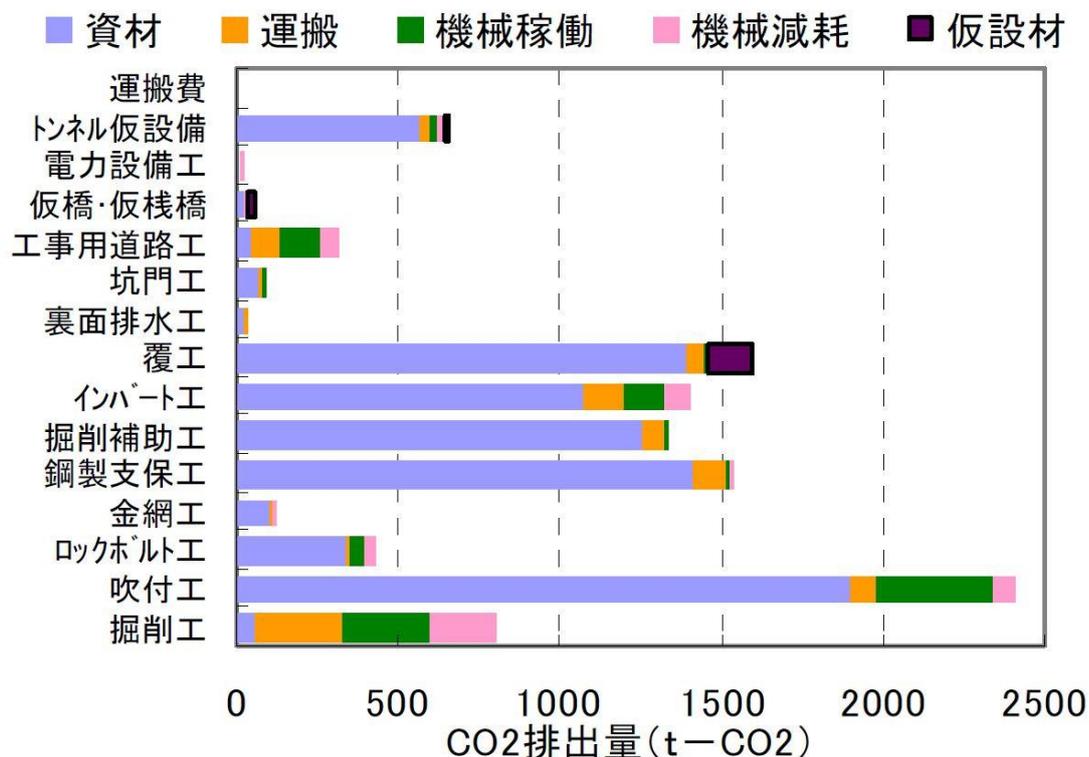


図 69 トンネル（NATM）・工種別および工事全体CO₂排出量（t-CO₂）

4. 結果・考察

本研究では、建設資材に共通の個別製品のCO₂排出量計算手法を提案した。CO₂の排出量や変動が大きな項目を積み上げ法で計算しつつ、未集計分見込み値の付加により計算範囲を共通化する手法を開発した。積み上げ計算の対象項目が資材全体のCO₂排出量に占める割合の確認により、本手法によって計算されたCO₂排出量は、一般品との比較が可能であると同時に、独自の取組みによる低炭素化効果を反映可能であることを確認した。

次に、国総研で作成している環境負荷原単位を用いることで、LCIにより道路構造物の全体及び工種毎のCO₂排出量を概ね求めることができ、CO₂削減の技術開発課題の抽出に有効であることが示唆された。

特に、①素材の候補が複数あり一つに確定できない資材等には代表的な資材の原単位を設定し、②素材そのもの特定が困難な資材等には類似する資材等を推定して原単位を設定しており、不確実性が残されているが、①は工事全体の排出量の0～14%程度、②は1～10%程度であった。

5. 本研究により得られた成果

（1）科学的意義

社会資本に用いられる主要資材について、個々の工程からのCO₂排出量を算出する手法として、産業連関法と積み上げ法を組み合わせることにより共通のシステム境界に基づく資材ごとのCO₂排

出原単位を設定できる手法を明らかにした。従来のシステム境界は資材ごとに相違があり、資材利用者側がCO₂排出量の大小を判断することができない状況であったが、共通化ができたことによって、資材のCO₂排出量の大小を製品ごとに比較できる道筋が立ったことの科学的意義は大きいと考える。

(2) 環境政策への貢献

平成22年度成果に基づいてCO₂排出量原単位を作成することで、設計者や施工者が資材利用によるCO₂排出量を計算することが可能となった。従来社会資本分野におけるCO₂排出量削減対策は建設現場における建設機械の利用など個別の対策が中心であったが、本研究の成果により、資材利用によるCO₂排出量も考慮した社会資本のライフサイクル全体によるCO₂排出量削減対策検討が可能となる。この点において、地球環境政策への多大なる貢献は間違いない。

6. 引用文献

なし

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

なし

<査読付論文に準ずる成果発表>（社会科学系の課題のみ記載可）

なし

<その他誌上発表（査読なし）>

なし

(2) 口頭発表（学会等）

1) 瀧本真理、曾根真理、岸田弘之、靄巻峰夫：B1-25 社会資本の意思決定において求められるLCAの精度と利便性に関する考察、B1-25, 第6回 日本LCA学会 研究発表会 講演要旨集, 2011.03

2) 瀧本真理、曾根真理、岸田弘之、靄巻峰夫：社会資本整備のライフサイクルインベントリ試算に関する検討、B1-26, 第6回 日本LCA学会 研究発表会 講演要旨集, 2011.03

3) 曾根真理、神田太朗、瀧本真理、岸田弘之、花木啓祐、藤田壮：建設資材に共通した、個別製品の二酸化炭素排出量計算手法の提案、C3-22, 第6回 日本LCA学会 研究発表会 講演要旨集, 2011.03

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

(6) その他

なし