

第5章 社会資本 LCA の活用について

5. 1 社会資本 LCA の意義と求められる「網羅性」と「一意性」

5. 1. 1 社会資本 LCA の意義

これまで、環境評価手法として LCA(ライフサイクルアセスメント)が注目を集めていたものの、社会資本整備の LCA として広く認められた手法が存在しなかった。このことから、本研究により社会資本整備の各意思決定レベルにおいて評価が可能な LCA 手法を開発し、社会資本 LCA の手法を一般化することを目指した。

意思決定レベル毎の LCI 計算にあたって配慮すべき指標として、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」の二つが挙げられる。各レベルに応じた「網羅性」と「一意性」に配慮した検討を行う必要がある。

また、社会資本 LCA の評価項目として「二酸化炭素」「廃棄物最終処分」「天然資源投入」等が想定されるが、当面は「二酸化炭素」を対象とした評価を実施するものとする。

「二酸化炭素」の排出は、社会資本整備のあらゆるレベルで配慮することが望ましい。今後は、今回開発した社会資本 LCA の普及が重要となる。

【解説】

図 5. 1-1 に示すとおり、社会資本の整備に当り「計画の策定」から「整備の実施」、「環境負荷削減効果の評価・公表」、「計画等の見直し」に至る一連の流れ(PDCA サイクル)に社会資本 LCA を導入することによって、従来の個別技術に関する環境面への貢献のほか、社会資本整備全体として果たした一層進んだ貢献についても評価が可能である。

また、社会資本整備の環境への貢献は従来量化が困難であり、したがって、一般社会に対して発信し、認知されることもできなかった。LCA を活用していくことで、関係者自らが社会資本整備の新たな機能を発見するとともに、一般社会への積極的な発信によって、社会資本整備を見つめる国民の視界を広げていくことも可能であると期待される。

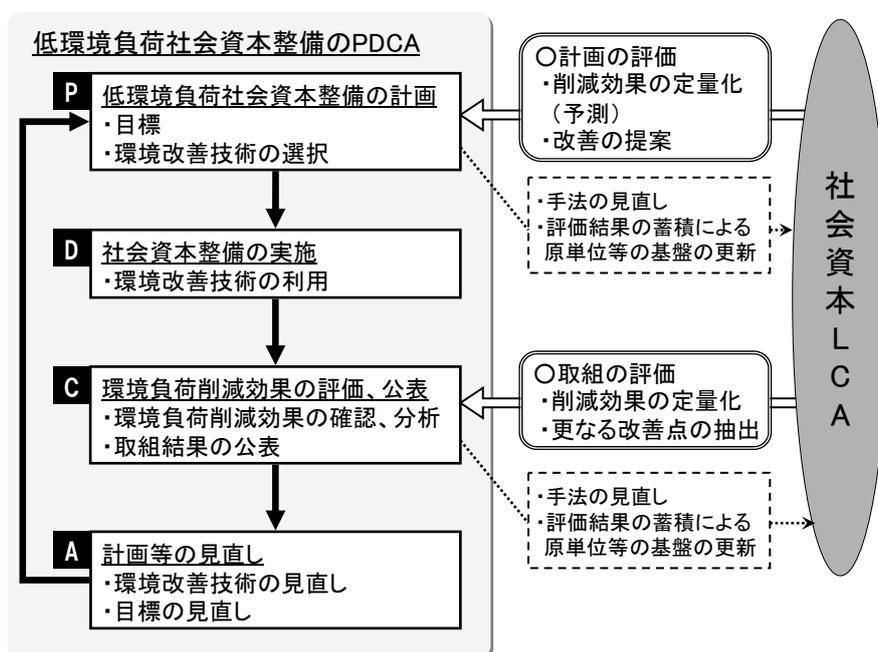


図 5. 1-1 社会資本 LCA を用いた低環境負荷社会資本整備の PDCA(再掲)

5. 1. 2 社会資本 LCA に求められる「網羅性」と「一意性」

社会資本 LCA の計算では、「網羅性：評価が必要な項目全てを漏れなく全て計算すること」、「一意性：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こと」が求められる。

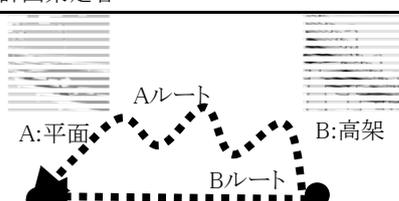
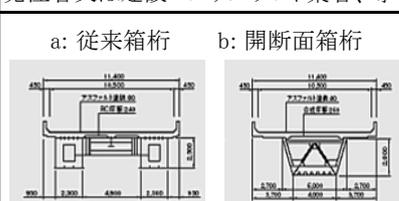
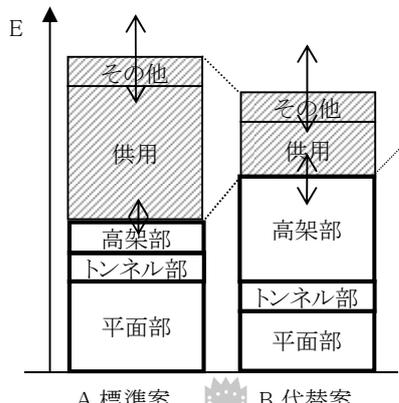
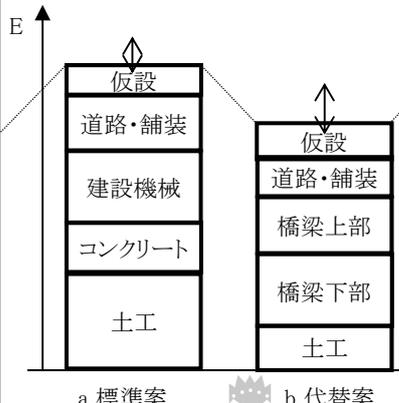
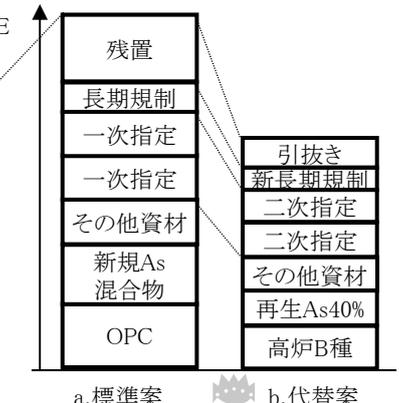
社会資本整備の構想レベル、設計レベル、施工レベルでは、意思決定を行う事項、計算に用いることが出来るデータが異なるため、求められる精度も異なる。

【解説】

1) 精度

表 5. 1-1 に示すとおり、構想レベルは、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レベルである。道路事業を例にすると、概略計画において道路の機能(計画交通量、車線数等)、基本構造(平面、高架、トンネル等)等が決定される。このレベルでは、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必要があることから、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。

表 5. 1-1 LCI の実施における網羅性と一意性への留意

事業段階	構想レベル	設計レベル	施工レベル
LCA評価	多面的な要素(社会、経済、...)の一つ	設計における配慮事項の一つ	施工の評価要素(価格、工期、...)の一つ
意思決定事項	・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
LCA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	施工業者、等
計算比較対象の例		a: 従来箱桁 (Conventional box girder), b: 開断面箱桁 (Open-section box girder) 	 a: 普通ポルトランド (Ordinary Portland) b: 高炉B種 (B-type blast furnace) ↑ 比較 ↓
計算イメージ 【凡例】 □ 本検討で対応可 ▨ 本検討で対応不可 ↔ 誤差	 A. 標準案 B. 代替案	 a. 標準案 b. 代替案	 a. 標準案 b. 代替案
網羅性	整備、維持管理、供用、その他由来全て	整備、維持管理由来 全て	計算方法を一意に定めた項目に絞る
一意性	多くの仮定(構造形式別原単位の解釈、計画交通量、排出係数の解釈)に基づく。	資機材の平均原単位を集約した細別の原単位、多くの見なし値を利用。	原単位、数量の設定方法等、計算方法を指定し、解釈の違いによる揺らぎを防ぐ。

設計レベルは、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レベルであり、計画において構造物の断面形状、概略の材料や工種別数量等を決定する。このレベ

ルでは、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。

施工レベルは、施工方法や使用資材を決定し、社会資本を建設するレベルである。施工方法として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。このレベルでは、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。施工レベルでの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

構想レベルでは、資材数量等の詳細は設定されておらず、また資材等の環境負荷原単位とその数量の積和による LCI 計算は膨大な作業となる。そこで、道路 1km 当たり、高架 1km 当たりのような構造物単位の環境負荷原単位を用いることで、LCI 計算の利便性は向上する。本研究では、土木工事標準歩掛等により求めた資材等の数量と、本研究で作成した資材等の環境負荷原単位を用いて、「構造物当たりの環境負荷原単位」を作成した。

設計レベルでは、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。本研究では、「工種当たりの環境負荷原単位」を作成した。

施工レベルでは、一般的に資材の数量等の詳細が設定されているため、資材等の環境負荷原単位とその数量の積和によるより高精度の LCI 計算が可能である。資材等の環境負荷量は、製造時に使用する原材料等の積み上げで計算すること（「資材(個別品)の環境負荷原単位」）も可能であるが、資材等の平均的な環境負荷原単位（「資材(一般品)の環境負荷原単位」）を整備することで、利便性を図った。

3) 「網羅性」と「一意性」の確保

構想レベルでは、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、計画に伴う環境負荷量の計算手法を確立できておらず、社会資本の利用、計画も含めた「網羅的」な計算手法の確立が今後の課題である。一方、構想レベルの LCI 計算は多くの仮定に基づき行うため、計算手法を「一意」に定めることは困難である。

設計レベルでは、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」に計算する必要がある。本研究においては、「網羅的」に計算できるように資材や建設機械、仮設材、輸送に伴う環境負荷を含む「工種当たりの環境負荷原単位」を作成している。一方、同原単位では、使用する資材、建設機械の稼働時間等の違いを評価できないことから、「工種当たりの環境負荷原単位」を用いた LCI 計算結果と実際の環境負荷量の間には誤差が発生する可能性がある。

施工レベルでは、構想、設計レベルと比べて計画の熟度が高まっており、資材の数量等の詳細が設定されている工事箇所であれば、計算方法を「一意」に定めることが可能である。一方、全ての工事箇所について詳細が設定されていることは少なく、「一意性」を持った LCI 計算を行える項目は限られる。

5. 2 想定される社会資本 LCA の用途

5. 2. 1 政策レベルでの用途

社会資本 LCA により、二酸化炭素の排出を定量的に把握することができる。このことによつて、政策レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・建設技術の進歩等によるコスト縮減策の評価
- ・3R（リデュース・リユース・リサイクル）の評価
- ・多自然型工法の評価

政策レベルの用途では、意思決定の影響が広範囲に及ぶことから、特に「網羅性」の高い計算、評価を行う必要がある。

【解説】

社会資本 LCA によって、各ライフステージにおける環境負荷を定量的に把握することが可能となり、どのステージにおいて（もしくは具体的に何において）環境負荷を削減するべきか、削減できるかが分析できるようになる。

また、既存の制度や施策へ社会資本 LCA を導入することによって、定量的に環境負荷を把握することができるようになる。そのため、社会資本 LCA を用いた事例を蓄積していくことで、各制度等へ社会資本 LCA を導入したことによる環境負荷削減量が算出できるようになる。この環境負荷削減量を指標とすることにより、ライフサイクルアセスメントの観点に基づいた社会資本整備のコスト縮減策、3R（リデュース・リユース・リサイクル）、多自然型工法の評価等を行うことが出来る（図 5. 2-1 参照）。

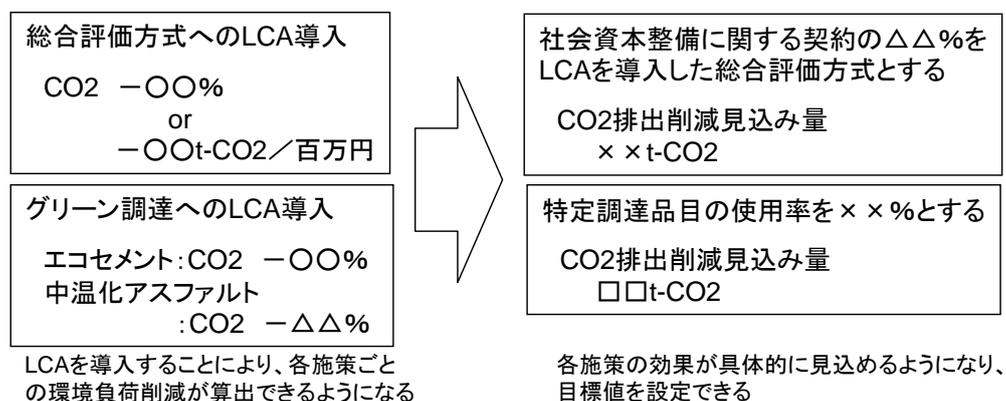


図 5. 2-1 社会資本 LCA の活用イメージ（環境政策指標の設定）

5. 2. 2 構想レベル（プロジェクトレベル）における用途

構想レベル（プロジェクトレベル）での社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・ 事業計画の複数案の検討における評価項目
- ・ 戦略的環境影響評価（SEA）、環境影響評価（EIA）への活用

構想レベル（プロジェクトレベル）では、意思決定の影響が広範囲に及ぶことから、「網羅性」の高い計算、評価を行う必要がある。一方、「一意性」については、入手可能な資料が概略的なものであることから多くの過程に基づく計算とならざる得ないため、確保することは困難である。

本研究で構築した LCA 手法では、社会資本の利用に伴い発生する影響（波及分）については予測・評価できない。このため、社会資本整備等に伴う将来の影響を予測するに当たっては、今後更なる検討が必要となる。

【解説】

1) 構想レベルの計画プロセスにおける環境要素の位置付け

公共事業の構想レベルにおける手続きについては、「公共事業の構想レベルにおける計画プロセスガイドライン」（平成 20 年、国土交通省）に記載されている。このガイドラインは、従前運用してきた、「国土交通省所管の公共事業の構想レベルにおける住民参加手続きガイドライン」や事業分野別のガイドライン（たとえば道路事業であれば「構想レベルにおける市民参画型道路計画プロセスのガイドライン」）を踏まえつつ、平成 19 年に環境省により「戦略的環境アセスメント導入ガイドライン」が策定されたことを受けて、社会面、経済面、環境面等の様々な観点から総合的に計画づくりにあたっての検討を実施するために定められたものである。したがって、いわゆる戦略的環境アセスメント（SEA）も含むものとなっている。平成 23 年 3 月に環境影響評価法が改正され、環境影響評価において SEA が制度化された。SEA の評価項目の 1 つとして、社会資本 LCA による二酸化炭素排出量を活用することが考えられる。

2) 「建設しない」選択肢が必要となる条件

公共事業の構想レベルにおける計画プロセスガイドラインにおいては、「第 2 計画検討手順」の「(3) 複数案の設定」において、次の記述がある。

事業を行わない案が現実的である場合や他の施策の組み合わせ等により事業の目的を達成できる案を設定し得る場合等には、これらを複数案に含めるものとする。

⋮

事業を行わない案が現実的でない場合でも、比較評価の参考として示すことが望ましい

ここに、「事業を行わない案が現実的である場合」とは、事業を行うことが上位計画レベルで決定されている事業でも、需要の鈍化等の社会状況の変化等により、構想レベルの検討の時点では事業を行わないことが現実的になる場合等である。逆に、事業を行わない案が現実的でない場合とは、事業を行わない案が構想レベルに入る前の検討で合理的に除去されている場合等である。すなわち、

事業の目的の達成が何らかの事業代替案の選択肢でしか実現できない場合である。このような場合においても、事業を実施した場合と様々な点で比較評価をするため、事業を行わない場合を参考として示すことは、複数案の比較評価や、ミチゲーション(緩和措置)を検討する上で有効である。

3) 事業計画の一判断指標としての用途 (道路のルート選定の例)

構想レベル(プロジェクトレベル)における用途として、社会資本 LCA を事業計画の一判断指標として活用することが考えられる。例えば、図 5. 2-2 に示すように道路のルート選定の判断指標の1つとして二酸化炭素排出量を設定し、各ルートの道路を設置することによって、整備から供用後までの間で二酸化炭素排出量がどのようになるかで判断する。この場合、建設しない場合の二酸化炭素排出量を算出することで、事業による効果を定量的に示すことが出来る。

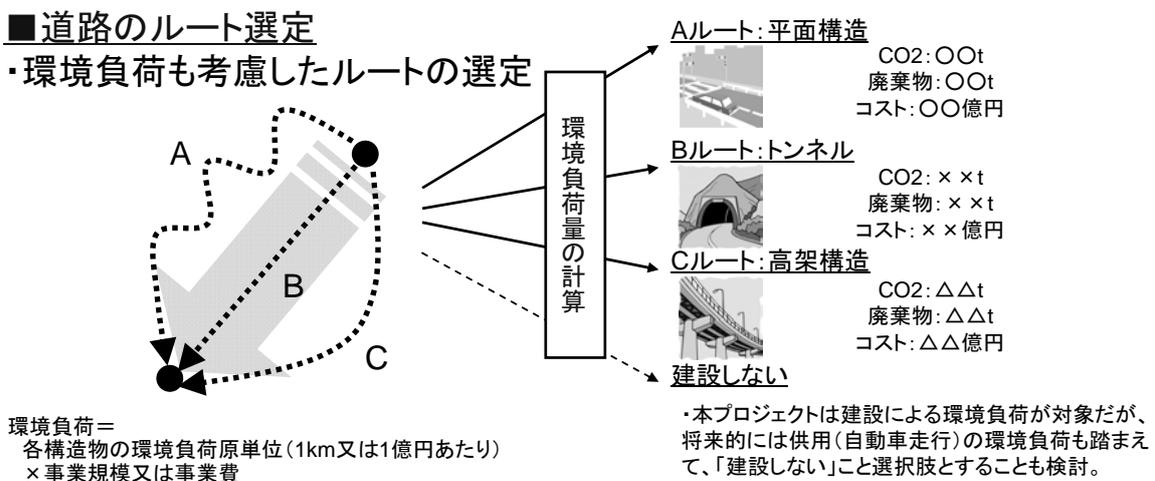


図 5. 2-2 社会資本 LCA の活用イメージ (事業計画の検討 (道路のルート選定))

4) 戦略的環境影響評価 (SEA)、環境影響評価 (EIA) の一項目としての用途

図 5. 2-3 に示すように環境面の一項目として温室効果ガス、廃棄物等の環境負荷の評価を加えて戦略的環境評価、若しくは環境影響評価を実施する場合、社会資本 LCA を活用することが考えられる。近年の社会情勢から、二酸化炭素排出量の評価については、特に必要性があるものとする。今後の研究によって社会資本の利用に伴う環境負荷の算定が可能となれば、LCI の手法によって社会資本整備に伴う二酸化炭素排出量の評価を行うことが出来る。

環境面の評価(SEA)				総合評価(計画策定)			
	A案	B案	C案		A案	B案	C案
大気				社会面			
水				環境面			
生態系				経済面			
温室効果ガス							
廃棄物							
...							

新たに追加し、評価を行う

図 5. 2-3 戦略的環境影響評価における環境面の評価と構想レベルにおける総合的評価の関係

5. 2. 3 設計レベルにおける用途

設計レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・各種設計の選定（二酸化炭素排出量の少ない構造の選択）

設計レベルにおける意思決定の影響は遡及分全体に及ぶことから、構造物の整備全体に係る環境負荷量を計算・評価可能とする「網羅性」が必要である。一方、入手可能な資料としては設計図書が代表的であり、具体的な資機材の調達先などを定めるものではないことから、「一意性」を確保した計算を行うことは難しい。

【解説】

1) 予備設計における構造形式の比較検討

設計レベルにおける社会資本 LCA の用途として、構造形式の比較を行う際の評価項目として、現在考慮されている経済性、施工性、環境への適用性、維持管理面等に、温室効果ガス排出量、廃棄物量を加えて評価することが考えられる。

図 5. 2-4 に橋梁の構造形式の比較イメージ、表 5. 2-1、2、図 5. 2-5 に計算結果とその比較、表 5. 2-3 に平面道路の設計において盛土、切土の断面形状の 3 ケースの比較を示す（詳細は「4. 3. 7 設計レベルにおける構造物の比較検討結果」参照）。

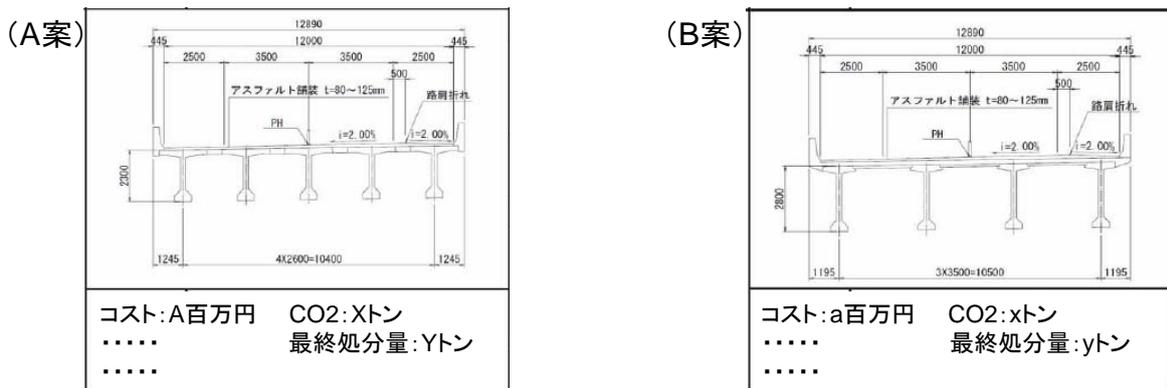


図 5. 2-4 構造型式の比較イメージ

表 5. 2-1 標準技術の橋脚区体工における計算結果例

工事数量		資材・機械等の数量							環境負荷量 (kg-CO2)		
工事区分・工程・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		合計	
								単位	数量		
橋脚区体工 (Y3PU9)	T型橋脚	243	資材	生コンクリート高炉	24-8-25(20)	m3	73	m3	73	13,611	
				生コンクリート(高炉)	30-8-25	m3	174	m3	174	32,326	
				機械稼働	軽油	1.2号	L	120	L	120	362
				機械減耗	コンクリートポンプ車[フォーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.50	供用日	1.50	86
鉄筋	SD345 D16~D25	14.42	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16~25	t	15	t	15	12,713	
	SD345 D29~D32	3.97	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29~32	t	4	t	4	3,500	
支承箱抜き	φ170	m	11	資材	ホト管	φ175	m	11	t	0	30

表 5. 2-2 比較技術の橋脚区体工における計算結果例

工事数量				資材・機械等の数量						環境負荷量 (kg-CO2)		
工事区分・工種・種別・細別・規格	単位	数量	区分	名称	規格	単位	数量	単位変換後		合計		
								単位	数量			
橋脚躯体工 (Y3PU9)	T型橋脚	m3	194.26	資材	SQC		m3	57.56	m3	57.56	10,568	
				資材	SQC		m3	136.70	m3	136.70	25,098	
				機械稼働	軽油	1.2号	L	95.58	L	95.58	290	
				機械減耗	コンクリートポンプ車[フォーム式]	圧送能力90~110m3/h	供用日	1.20	供用日	1.20	68	
	鉄筋	SD345 D16~D25	t	13.54	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D16*25	t	13.54	t	13.54	11,590
		SD345 D29~D32	t	3.73	資材	鉄筋コンクリート用棒鋼	SD345D29*32	t	3.73	t	3.73	3,191
支承箱抜き	φ170	m	11	資材	ホド管	φ175	m	11.00	t	0.02	30	

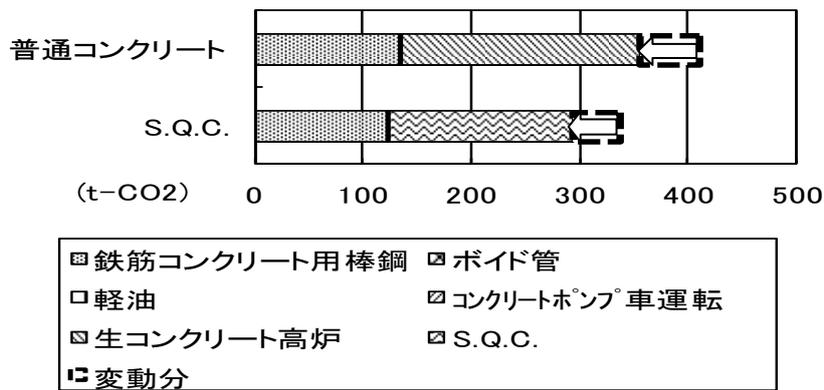


図 5. 2-5 橋脚区体工の二酸化炭素排出量の比較例

表 5. 2-3 平面道路設計における選定表例

構造		価格 (百万円)	CO ₂ 発生量 (t-CO ₂)	施工性	...	...
Case1	切土：のり面 	...	182	...	...	...
	盛土：のり面 					
判定		...	○	...	...	...
Case2	切土：ブロック積み 	...	532	...	...	...
	盛土：ブロック積み 					
判定		...	△	...	...	...
Case3	切土：鉄筋補強土工 	...	616	...	...	...
	盛土：テールアルメ工 					
判定		...	×	...	...	...

2) 設計 VE における品質評価に環境評価

VE とは、図 5. 2-6 に示すように機能とコストの対比により、最適な価値の確保を目指す取り組みである。温室効果ガス、廃棄物等も評価項目へ追加し、定量的に評価を行う場合の手法として社会資本 LCA を活用することが考えられる。他の項目との重み付けは、いわゆる「統合化」の問題であり、本研究では取り扱っていないため、別途検討が必要である。

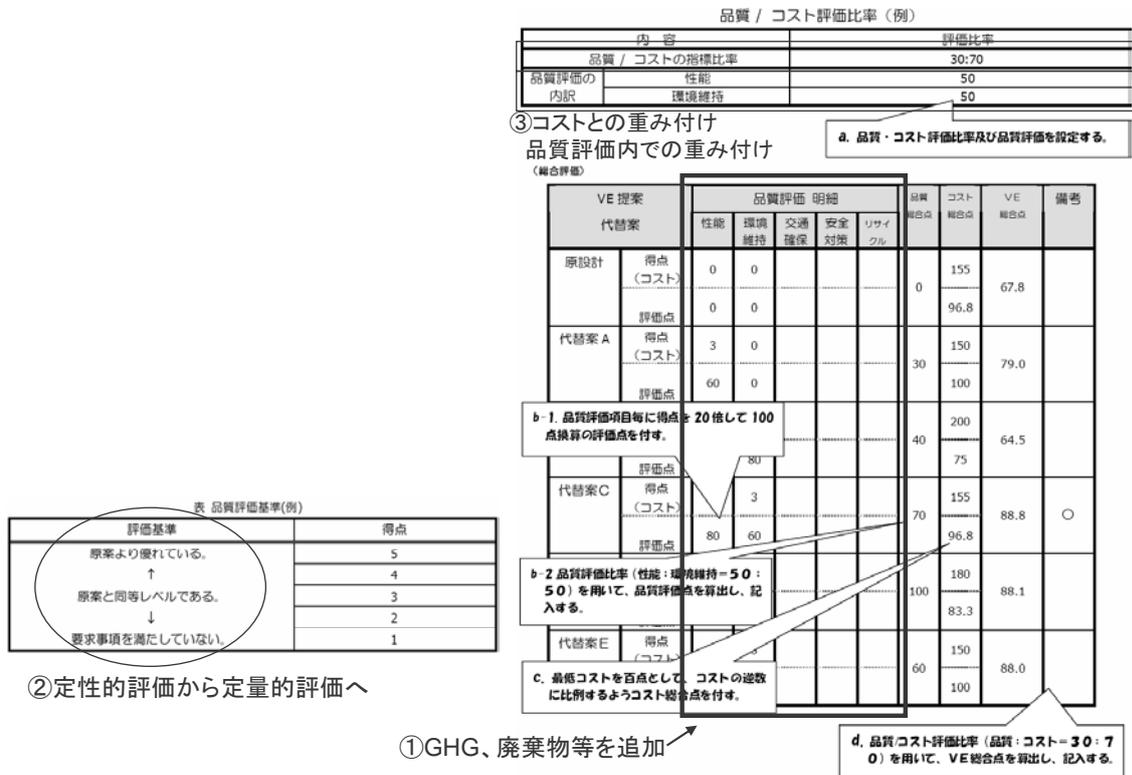


図 5. 2-6 設計 VE における環境負荷の位置づけイメージ

構造物の設計において、様々な知見に基づいた十分な検討を行うことにより、工事に使用する資材の量を減らし、環境負荷の低減を図ることができる。また、資材の量が減ることは、コスト縮減にも繋がる。したがって、環境負荷の低減、コストの縮減の 2 つの観点から設計レベルにおける十分な検討が必要である。

5. 2. 4 施工レベルにおける用途

施工レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- 1) 入札契約方式 (VE 方式、総合評価方式) での環境負荷の評価 (二酸化炭素排出量の少ない工法、資材の選択)
- 2) グリーン購入法に係る特定調達品目の評価

施工レベルでは、意思決定の内容が詳細を極め、基本的には解釈の余地のない、「一意性」を確保した計算が可能である。一方、調査範囲はこのレベルの意思決定で変化する余地があるものに限ってよいことから、「網羅性」はほとんど求められない。

【解説】

1) 入札契約方式 (VE 方式、総合評価方式) での環境負荷の評価

環境負荷の軽減を図り、社会資本 LCA を社会全体に普及させるためには、関係者の意識向上が何よりも重要である。その上で、何らかのインセンティブを付与することも重要であると考えられる。社会資本 LCA の活用に係るインセンティブ付与の一例として、入札契約に社会資本 LCA を活用することが考えられる。

図 5. 2-7 に示すように入札契約方式 (VE 方式、総合評価方式) の評価の基準として、これまでの価格、品質等の評価に加え、環境負荷の評価を導入し、より二酸化炭素排出量の少ない工法、資材を優先的に選択する。

環境負荷の評価基準として、一般品目を使用し、標準的な設計・施工をした場合の構造物 (一般構造物) の環境負荷量を用いる。提案者 (設計者、施工者) は、構造物に求められる機能等の要件を満足させた上で、設計、施工、資材を環境負荷が少なくなるよう工夫した構造物の環境負荷量を算出する。これを一般構造物の環境負荷量と比較することで、より環境負荷の少ない構造物を選択することが可能になると考えられる。

<現状>

業者名	技術提案		施工の信頼性等	施工体制	加算点合計
	工期短縮	品質向上対策			
A社	3.00	3.00	8.00	30.00	44.00
B社	5.00	1.00	6.50	30.00	42.50
C社	2.00	4.00	1.25	30.00	37.25
D社	5.00	3.00	7.25	30.00	45.25

- ・技術提案は、1~2テーマ (10~20点)
- ・工事目的物の性能・機能 (耐久性) 等について、技術提案が求められている
- ・採点は定性的

<社会資本LCA導入後>

業者名	技術提案			施工の信頼性等	施工体制	加算点合計
	工期短縮	品質向上対策	地球温暖化対策			
A社	3.00	3.00	3.00	8.00	30.00	47.00
B社	5.00	1.00	0.00	6.50	30.00	42.50
C社	2.00	4.00	1.20	1.25	30.00	38.45
D社	5.00	3.00	1.60	7.25	30.00	46.85

↑
定性的ではなく、CO₂削減量に比例して点数を加算

- ・地球温暖化対策 (CO₂排出量削減) 等の環境負荷削減を技術提案に組み込み、社会資本 LCA を用いて評価する
- ・環境負荷削減の項目の点数の設定が課題
- ・採点方法が課題 (最も削減できる提案を満点、削減できない提案を0点とし、削減量に比例して点数を加算 等)

図 5. 2-7 社会資本 LCA の活用イメージ (入札契約方式 (VE 方式、総合評価方式) での環境負荷の評価の導入)

2) グリーン購入法に係る特定調達品目の評価

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」(グリーン購入法)に基づき毎年閣議決定される特定調達品目の選定や判断の基準の指標として、社会資本 LCA を活用することが考えられる。

グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準の一つの課題は、何をもって提案品目の環境性能等の評価を行うかである。ここで、本研究において開発した資材(個別品)の環境負荷原単位の算定手法に基づいて環境負荷量を算出することで、グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準とできる可能性がある。この場合、図 5. 2-8 に示すように提案者(製造者)は資材(個別品)の環境負荷原単位の算定手法によって提案品の環境負荷量を計算し、一般品の環境負荷量と提案品の環境負荷量を比較することによって、容易かつ透明性を備えた評価ができると考えられる。

その品目のトップランナー(最も省エネ機能が優れている製品)の環境負荷量と比較して、それよりも環境負荷量が低減できていれば特定調達品目として採用することが基本的な考え方である。また、政策的に一般品の環境負荷量に対する低減率として設定する方法も考えられる。

なお、本研究で開発した環境負荷原単位の一覧(インベントリ・データ・ベース(IDB))は個別品の環境負荷量を計算する上でのバックグラウンドプロセスの原単位としても活用できる。



図 5. 2-8 社会資本 LCA の活用イメージ(グリーン購入法に係る特定調達品目の判断基準の提案)

これらにより、設計者や施工者による環境負荷削減に対する取り組みとともに、資材レベルでの評価が可能であることによって資材の製造者にとっての環境負荷削減に対する取り組みの動機付けも期待できる。また、これらに取り組んでもらうためには、資材等の環境負荷原単位及び構造物のインベントリ分析の計算方法を公開することが前提となる。

5. 2. 5 その他の用途

維持管理レベルでの社会資本 LCA の活用として、以下の用途が考えられる。

- ・ 入札契約方式（VE 方式、総合評価方式）での環境負荷の評価（二酸化炭素排出量の少ない維持管理手法、資材の選択）

維持管理レベルでは、基本的には解釈の余地のない、「一意性」を確保した計算が可能である。一方、「網羅性」はほとんど求められない。

【解説】

環境負荷の軽減を図るため、「5.2.4 施工レベルにおける用途」の「入札契約方式(VE方式、総合評価方式)での環境負荷の評価」と同様に、維持管理の入札契約において、これまでの価格、品質等の評価に加え、環境負荷の評価を導入し、より二酸化炭素排出量の少ない維持管理手法、資材を優先的に選択すること等が考えられる。

5. 3 今後の課題

5. 3. 1 社会制度への導入促進のための課題解決（短期的課題）

- 1) LCA の運用上の課題解決と省力化の検討
 - ・ LCA の精度とデータ収集の厳密さのバランスを検討する。(LCA 実施者のための省力化)
 - ・ 評価結果の審査の省力化を検討する。(発注者側のための省力化)
- 2) 事例蓄積による LCA の有効性の証明
 - ・ 環境負荷削減効果を評価し、事例を蓄積する。
 - ・ 二酸化炭素削減とコスト削減は繋がることを示す。
- 3) 仮設材等の施工の実態の把握
 - ・ 仮設材の施工方法の実状を把握する。
 - ・ 積算上の使用資材量と実際の工事で使用する資材量を把握する。

【解説】

1) LCA の運用上の課題解決と省力化の検討

入札制度、グリーン調達制度に用いる場合には、金額の評価と同様の正確さが求められる。精度の高い環境負荷量計算には多くのデータ収集が伴うため、求められる精度に合わせたデータ収集、計算が可能であるかを LCI の試算により確認し、計算結果に影響が少なく、収集が難しい項目は計算範囲に含まない等、データ収集の省力化を検討する。

また、入札制度、グリーン調達制度に導入した際には、評価結果の妥当性を審査することが必要になってくる。審査を行う際には、社会資本 LCA を用いて評価を行った前例がある事例であれば、比較的容易になると考えられるため、評価事例の蓄積を行うことが重要となる。

2) 事例蓄積による LCA の有効性の証明

本技術は新しく開発したものであり、普及させることが一番の課題である。社会資本 LCA による評価事例を蓄積し、公表を行うことで有効性を示していく。

また、現場においては二酸化炭素削減に伴いコストが増加するのではないかと懸念されることもある。基本的には二酸化炭素削減は、資材、エネルギーの削減であるため、コスト削減に繋がるものである。このような懸念に対しても評価事例の蓄積により解消していく必要がある。

3) 仮設材の施工方法の把握

本研究では、業界団体へのヒアリング等に基づいて仮設材の施工方法を調査し、仮設材の二酸化炭素排出原単位を作成した。しかし、一般の工事発注では、仮設材の施工方法が規定されておらず、実際どのような施工が行われているか把握されていない。仮設材の施工方法の実状を把握し、事例を蓄積することによって、現実に即した仮設材の二酸化炭素排出量原単位の作成等を行う必要がある。

また、一般の公共工事では出来高で発注されるため、捨てコンクリートやコンクリート吹き付け時のリバウンドロス等によって、積算上の資材量と工事で実際に使用する資材量とが異なる。環境負荷は実際に工事で使用された資材に基づいて計算する必要があるが、通常、発注者側では管理できていない。積算上の資材量と実際の使用資材量の違いの事例を蓄積することによって、LCI 計算の精度の向上を図る必要がある。

5. 3. 2 社会資本 LCA の精度向上（長期的課題）

- 1) 耐用年数（構造物の寿命、ライフタイム）を踏まえた環境負荷の考え方の検討
 - ・建設時点で将来の解体・廃棄を設定することは困難であり、かつ恣意的になってしまう。一方で、舗装分野のようにライフタイムを設定することが重要な分野もある。
 - ・ライフタイムが変わった場合、どのような環境負荷となるか検討する必要がある（感度分析）。
 - ・感度分析の結果を踏まえて、ライフタイムの標準的な設定方法を検討する必要がある。また、ライフタイムを設定した場合は、設定したことを明記することが必要である。
 - ・特に、構造物の比較検討においてライフタイムが異なる場合の評価方法を明確化する必要がある。

- 2) 構造物の維持管理、利用、解体・廃棄の環境負荷原単位の設定
 - ・構想、設計レベルの検討において、構造物の維持管理、構造物の利用及び構造物の解体・廃棄に伴う環境負荷を評価する必要がある。
 - ・構造物の利用、解体・廃棄に伴う環境負荷の把握に当たっては、維持管理、利用及び解体・廃棄の環境負荷原単位を設定する必要がある。

【解説】

1) 耐用年数（構造物の寿命、ライフタイム）を踏まえた環境負荷の考え方の検討

社会資本の耐用年数には、物理的耐用年数¹、経済的耐用年数²、社会的耐用年数があるとされる。これらを建設時点で設定することは困難であり、かつ恣意的になってしまう。しかしながら、供用期間 1 年あたりの環境負荷量を算出したり、比較評価案で物理的耐用年数等が異なる場合等について比較評価したり、あるいは、供用レベルの環境負荷と総合して評価する場合においては、構造物のライフタイムを踏まえた評価期間を設定する等の対応が必要である。

評価期間の設定の困難性については、費用便益分析のプロジェクトライフの設定にも同様な部分がある。例えば、従前の「費用便益分析マニュアル」（国土交通省 道路局 都市・地域整備局、平成 15 年）においては、「検討年数は、プロジェクトライフの期間設定が困難であり、また、現在価値に割り引かれた便益と費用は供用開始後 40 年を超えると小さくなることを考慮し、40 年」とされていた。その後、「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」（国土交通省、平成 16 年 2 月）では、評価の対象期間の設定の考え方として「費用便益分析の評価の対象期間は、対象となる車会資本の事業実施期間に耐用年数を考慮した供用期間とする」ことを示した。現在の「費用便益分析マニュアル」（国土交通省 道路局 都市・地域整備局、平成 20 年）では、「検討年数は、道路施設の耐用年数等を考慮し、50 年」とされている。

舗装は定期的に解体、処分、再構築が行われることから、社会資本 LCA において評価期間を設定することの必要性が高い分野と考えられる。「舗装性能評価法 別冊（日本道路協会、平成 20 年 4 月）」では、評価期間の設定について、以下のように定めている。

¹ 構造物が老朽化し、補修を施しても使用に耐えられなくなるまでの期間。構造物は年数の経過に従い老朽化が進行し、いつかの時点で補修を施しても使用に耐えられない限界に達する。このように純粋に物理的な耐用年数をいい、工学的判定が必要である。（土木用語大辞典、土木学会）

² 構造物の減価償却を行うための期間。構造物はまだ健全な状態であるが、財務上の観点から全体の維持管理費用等を考慮し、減価償却を行うため定められる期間。（税法（省令）で舗装道路、高架道路、橋、トンネル等について定められている。）（土木用語大辞典、土木学会）

【参考】「舗装性能評価指針 別冊」の二酸化炭素算定に関する評価期間の設定（抜粋）

2) 維持管理レベルのCO₂排出量の算定

①一般的な舗装とCO₂排出量が低減と思われる舗装の設計期間と耐用年数の設定

維持管理レベルのCO₂排出量を算出する場合、一般的な舗装およびCO₂排出量が低減と思われる舗装の耐用年数と設計期間を設定する必要がある。そのため、一般的な舗装については、対象路線において数多く行われている舗装の耐用年数を用いることとする。また、CO₂排出量が低減と思われる舗装の中には、一般的な舗装に比べ耐用年数を延ばすことによりCO₂排出量を削減するものがあるため、これらの同一の設計期間でCO₂排出量を算出しなければならない。したがって、耐用年数が長い方を設計期間とする。設計期間より一般的な舗装の耐用年数が短い場合、耐用年数となった時点で舗装を変更（解体・処分・再構築）することとし、更新時に発生するCO₂排出量を算出するものとする。なお、一般的な舗装の耐用年数より長くなるCO₂排出量が低減と思われる舗装については、試験施工の結果や室内試験の結果（材料強度、疲労破壊回数、塑性変形輪数）等からその根拠を示す必要がある。

一方、社会資本LCAにおける時間的割引率の導入は、研究事例が一部存在する^{3, 4}ものの、これまでのところ必ずしも一般的に普及しているとはいえない。数十年経過後の環境負荷量を現在時点に割り引くと小さくなるので評価結果全体にもたらす影響が小さいという論理ないし実務上の割り切りが、必ずしも該当しない可能性がある。

柴原ら⁵は、ライフタイムも割引率も使用しない評価方法を提案している。ただし、提案されている方法は「社会資本整備プロジェクトを、将来環境負荷を出さないための先行投資として評価する」場合に適用可能なものである。よって、物理的耐用年数等が異なる構造物について環境負荷量を評価する場合には、そのままでは適用できない可能性がある。

井村(2001)⁶では、「維持・管理を継続すれば寿命は半永久的」、「ダムや港湾などでは寿命を設定することが現実的に難しい」、「廃棄、すなわちインフラの解体という事態を真剣に念頭に置くこともなかったため、解体に関するデータ収集は現実には難しい」、「供用期間を終えた後も解体されず放置されるケースもある」ことなどから、「これまでに実行されたILCAは、建設ステージに重点を置く例が多い」とし、他方、「道路舗装における再生路盤材の利用評価などにおいては、廃棄ステージの評価が重要な意味を持つ」と述べられている。

2) 構造物の利用、解体・廃棄の環境負荷原単位の設定

構想レベルの社会資本整備の検討では、「構造物の整備に伴う環境負荷」に加えて「構造物の維持管理に伴う環境負荷」、「構造物の利用に伴う環境負荷」、「構造物の解体・廃棄に伴う環境負荷」を評価する必要がある。「構造物の利用に伴う環境負荷」、「構造物の利用に伴う環境負荷」、「構造物の解体・廃棄に伴う環境負荷」の評価には、それぞれに対応する原単位を設定する必要がある。

維持管理の環境負荷については、過去の実績（舗装の打換え、橋梁の補修等）に基づく妥当なシ

³ Hellweg S, Hofstetter TB, Hungerbühler K, Discounting and the Environment: Should Current Impacts be weighted Differently than Impacts Harming Future Generations? International Journal of LCA, 8 (1), 8-18, 2003

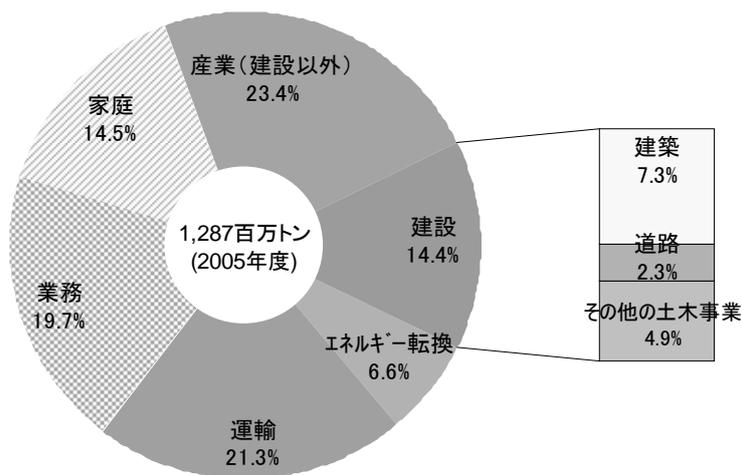
⁴ 柴原尚希, 加藤博和: インフラLCAにおける時間軸考慮のためのDiscount Rate法の提案, 第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, pp. 286-287, 2005

⁵ 柴原尚希, 加藤博和: 交通システムのLCAにおける将来の不確実性の考慮に関する検討, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, 2009

⁶ 井村 秀文「建設のLCA」オーム社、2011

ナリオの設定方法を、社会資本の種類毎に検討する必要がある。

道路事業における利用の環境負荷原単位の設定では、自動車交通量の推計と道路網の境界条件の設定が課題となる。道路の利用の環境負荷は道路の建設の環境負荷に比べて大きいため、例えば SEA において建設の負荷は決定要因にならないという意見があるように、単年度で見れば道路利用の負荷(運輸の負荷の約 90%)は、道路建設の負荷のおよそ 10 倍である(図 5. 3-1 参照)。そのため、評価期間をどの程度に設定するかによって、環境負荷は大きく変わる。また、電気自動車の普及によっても計算の前提が動く可能性があるため、様々な要素を考慮した検討が必要となる。



出典：3EID(国立環境研究所)、建設部門分析用産業連関表(平成 17 年)
 図 5. 3-1 二酸化炭素排出量(建設部門は間接排出量を考慮)

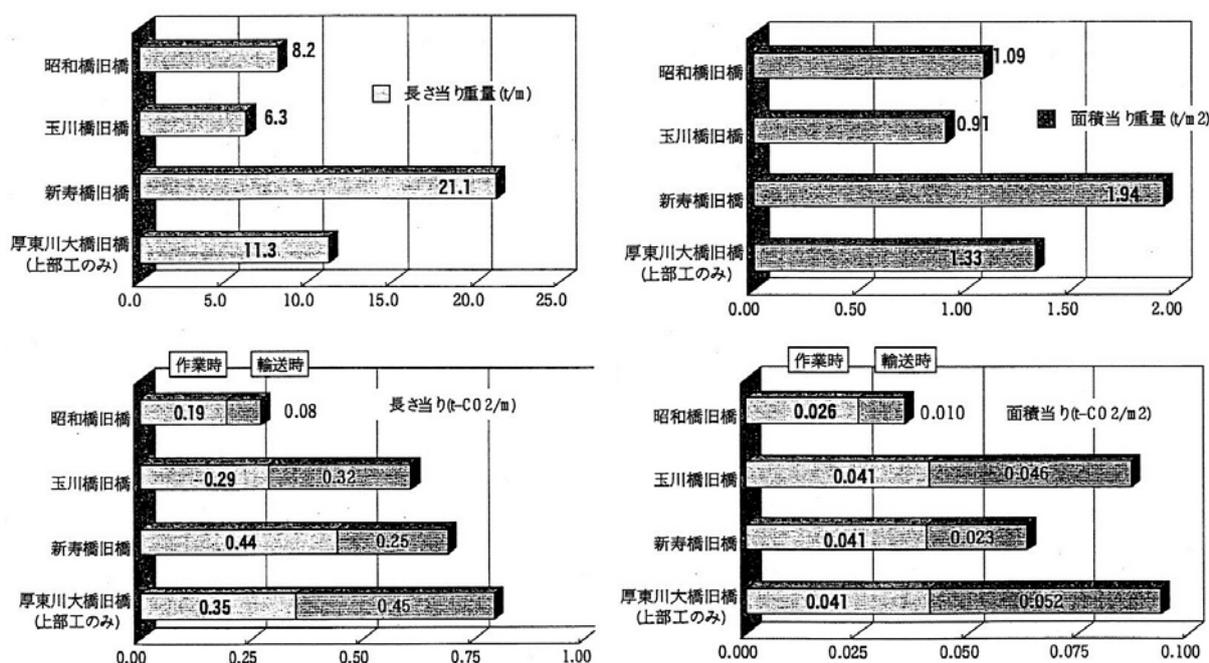
今後の日本における道路等の工事では、既にあるものを解体・廃棄し、同じ場所に新たな構造物を施工することが多いことから、解体・廃棄の評価が重要になると考えられる。解体の環境負荷については、構造物の解体に伴う環境負荷と、解体された部材を資材として再生処理する際の環境負荷を、それぞれ作り手と使い手のどちらに割り当てるかを検討し、その影響や得失を政策的な視点から分析する必要がある。なお、解体、廃棄に係る原単位を設定した研究事例は少ないが、例えば表 5. 3-1 及び出典： 鋼構造物の解体・回収時の環境負荷調査研究小委員会報告-土木構造物(橋梁)について-(奈良松範、第 14 回土木鋼構造研究シンポジウム-鉄の輪がつなぐ人と地球-)

図 5. 3-2 のような研究報告がある。

表 5. 3-1 橋梁解体に伴う環境負荷量の研究事例

		発生物数量	CO2発生量			単位数値	備考
			解体工事	輸送	合計		
昭和橋旧橋	鋼ランガー桁 + 鋼板桁	発生数量	5,429.1 t	128.0	51.4	179.4 t-CO2	
		長さ当たり	8.2 t/m	0.19	0.08	0.27 t-CO2/m	658.3 m
		面積当たり	1.09 t/m ²	0.026	0.010	0.036 t-CO2/m ²	5,003.1 m ²	全幅員 7.6m
玉川橋旧橋	鋼トラス桁	発生数量	927.9 t	42.4	46.7	89.1 t-CO2	
		長さ当たり	6.3 t/m	0.29	0.32	0.61 t-CO2/m	146.4 m
		面積当たり	0.91 t/m ²	0.041	0.046	0.087 t-CO2/m ²	1,024.8 m ²	全幅員 7.0 m
新寿橋旧橋	鋼H桁(歩道) + RCゲルバー(車道)	発生数量	3,630.9 t	76.4	42.3	118.6 t-CO2	
		長さ当たり	21.1 t/m	0.44	0.25	0.69 t-CO2/m	172.0 m
		面積当たり	1.94 t/m ²	0.041	0.023	0.063 t-CO2/m ²	1,874.8 m ²	全幅員 2.8+8.1m
厚東川大橋旧橋(上部のみ)	RC単純T桁	発生数量	1,025.7 t	31.8	40.6	72.4 t-CO2	
		長さ当たり	11.3 t/m	0.35	0.45	0.80 t-CO2/m	91.0 m
		面積当たり	1.33 t/m ²	0.041	0.052	0.094 t-CO2/m ²	773.5 m ²	換算幅員 8.5m
厚東川大橋旧橋	RC単純T桁 + 多柱式橋脚	発生数量	2,796.7 t	123.6	81.5	205.1 t-CO2	
		長さ当たり	30.7 t/m	1.36	0.90	2.25 t-CO2/m	91.0 m
		面積当たり	3.62 t/m ²	0.160	0.105	0.265 t-CO2/m ²	773.5 m ²	換算幅員 8.5m

出典：鋼構造物の解体・回収時の環境負荷調査研究小委員会報告-土木構造物(橋梁)について-(奈良松範、第14回土木鋼構造研究シンポジウム-鉄の輪がつなぐ人と地球-)



出典：鋼構造物の解体・回収時の環境負荷調査研究小委員会報告-土木構造物(橋梁)について-(奈良松範、第14回土木鋼構造研究シンポジウム-鉄の輪がつなぐ人と地球-)

図 5. 3-2 橋梁解体に伴う単位当たりの環境負荷量の研究事例

(左上：橋長さ当たりの発生物量 右上：橋面積当たりの発生物量

左下：橋長さ当たりの二酸化炭素排出量 右下：橋面積当たりの二酸化炭素排出量)