

建設事業における環境負荷算定システム

加藤勝敏¹・中澤良直²・徳重由利子³

¹正会員 日本建設コンサルタント(株)本社 (〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-19)

E-mail:katoka@nikken-con.co.jp

²正会員 日本建設コンサルタント(株)東京支社 (同上)

E-mail:nakazaway@nikken-con.co.jp

³正会員 日本建設コンサルタント(株)東京支社 (同上)

E-mail:tokushigey@nikken-con.co.jp

地球温暖化に対し何の対策も講じない場合、100年後には地球の平均気温は最大で6℃上昇するとも言われている。資源を大量に使用する建設事業は環境へ与える影響も大きなものとなり、環境への配慮は不可欠である。

このシステムはLCA(ライフサイクルアセスメント)の手法を用いることにより、建設事業から発生する二酸化炭素(CO₂)の排出量を、その事業のライフサイクルで算定することが可能である。これを事業の計画段階で活用することで、環境負荷低減型の事業を採用することができ、地球温暖化抑制の判断ツールとして活用できる。

Key words : life cycle assessment, carbon dioxide, environment load

1. はじめに

近年、温室効果ガスによる地球温暖化が世界的に大きな問題であるとされる中で、CO₂排出量の削減が今後の大きな課題となっている。日本国内のCO₂排出量のうち建設関連の占める割合は全体の約1/3にも及ぶといわれており、今後建設分野におけるCO₂排出量削減に対する真剣な取り組みが期待される。

本報告は、建設事業に起因して発生する二酸化炭素(CO₂)の排出量を、事業のライフサイクルで算出する「建設事業の環境負荷算定システム」を紹介するものである。このシステムを、予備・概略設計等の事業の計画段階で用いることで、地球温暖化への影響が小さい事業を選択することが可能となり、地球温暖化抑制の判断ツールとして活用できる。

2. LCAの概要

(1) LCAの解析手法

LCAとは“ライフサイクル・アセスメント”の略で、

「ある製品のライフサイクル(材料の採取から製造・流通・使用・廃棄・リサイクルまで)での環境負荷排出量を定量的に評価する手法」である。環境負荷の評価方法として製造業で多く用いられている手法であり、グリーン調達の指標にもなっている。

LCAの解析手法には「積上げ法」と「産業連関分析法」の二種類の手法がある。

「積上げ法」は製造過程ごとに材料やエネルギーの投入量と環境負荷物質排出量を調べ、これらを積上げて集計する方法で、詳細な工程分析が必要な手法である。

一方、「産業連関分析法」は「積上げ法」のような詳細な工程分析を必要とせず、総務省が5年毎に発行する産業連関表(日本の全産業に関する統計データ)¹⁾を使用して、統計データをもとに環境負荷量を算定する方法で、簡易評価法とも呼ばれている。

本システムでは、「産業連関分析法」を使用して環境負荷を算出している。また、分析には1995年版の産業連関表を使用した。

建設事業は立地条件や設計仕様が異なることから、その都度詳細なLCA解析を実施することは困難であり、簡易的に実施できる産業連関分析法を用いたLCAが適して

おり有効である。

(2) LCAの適用と結果の活用

予備・概略設計で行う形式比較の各案について「環境負荷算定システム」を適用して環境負荷を算出し、得られた結果を形式決定する際の比較項目（判断材料）として活用することができる。

予備・概略設計時の比較項目としては、経済性、施工性、維持管理性、構造的性、景観性などがよく用いられるが、これに「環境への影響」として環境負荷算出量を加え、総合的に評価することで、環境への影響を考慮することが可能となる。

3. 環境負荷の算出

(1) 環境負荷算出の手順

建設事業のライフサイクルを、「材料」、「施工」、「維持管理」、「解体・撤去」の4段階とする。

「材料」、「施工」の環境負荷は数量計算書を基に算出した。まず、算出のベースとなる「単位当たりの二酸化炭素排出量」すなわち「原単位」を算出する。次に作成した数量計算書を基に、それぞれの工種について原単位と数量を掛け合わせ、各工種の二酸化炭素排出量を算出する。

「維持管理」、「解体・撤去」については設計時に数量は算出されないが、現段階で想定できる頻度・方法を設定し原単位、排出量の算出を行っている。

これら、算出した二酸化炭素排出量を合計して、ライフサイクルの二酸化炭素排出量を算定するものである。

〔図-1〕

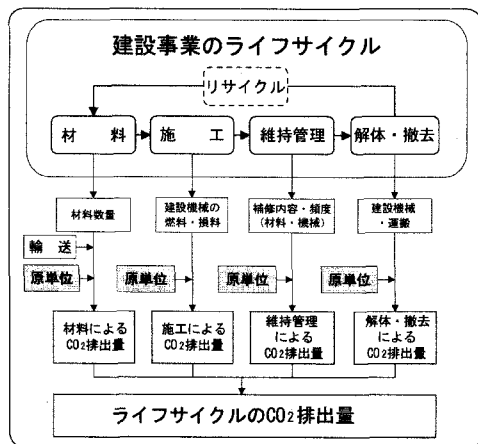


図-1 建設事業のライフサイクルと環境負荷算出

なお、「リサイクル」については、産業連関表では材料、製造に組み込まれているので、現段階では分離して算定することは困難である。

(2) 原単位の算出

環境負荷算定の基となる原単位の算出は Easy-LCA Ver3.15a および 3.16b（東芝エンジニアリング株式会社（現：東芝プラントシステム株式会社）製の環境負荷算出ソフトウェア²⁾を使用した。このソフトは 1995 年版の産業連関表を用いてデータの解析を行ったものであり、Ver3.15a は産業連関表で対象とされている国内産業のみを考慮したもの、Ver3.16b は、新たに一部の海外資材使用時の CO₂ 排出量も考慮したものである。その他、原単位の算出には「工業統計」³⁾、「石油等消費構造統計表」⁴⁾等の統計データを使用した。

次に、材料、施工段階で用いる原単位について説明する。「材料」段階では製造段階の排出量と輸送による排出量を算出の対象とした。そのため、材料原単位には工場等から建設現場までの平均的な輸送による環境負荷を含んでいる。

「施工」段階では重機と仮設を排出量算出の対象とした。重機の排出量は燃料によるものと、製造段階の排出量を標準的な稼働時間（使用期間）で割った「損率」によるものを考慮して施工原単位を算出した。また、使用する重機の種類・規格、消費燃料、標準稼働時間（使用期間）は、「土木工事積算基準」⁵⁾、「建設機械損料算定表」⁶⁾に準拠し決定した。仮設は他工事への使い回しを考慮して、他工事で使用不可能な材料は材料数量、使用可能な材料は損率より施工原単位を算出した。

4. 事例検討

(1) 事例検討

事例として、橋梁予備設計及び道路路線選定を対象に行った環境負荷算定事例を紹介する。

(2) 橋梁予備設計適用事例

以下に橋梁予備設計を対象に行った環境負荷算定事例 5 例を紹介する。CO₂ 排出量は各案ともライフサイクル毎に算出し、結果をグラフで表した。

a) 事例 1

概要：橋長 100m、幅員 9.25m の道路橋

上部工：第 1 案 鋼 2 径間連続鈑桁橋

（トラッククレーンベント架設）

第 2 案 鋼 2 径間連続箱桁橋

（トラッククレーンベント架設）

第 3 案 PC2 径間連続ラーメン箱桁橋

(片持ち架設)

下部工：逆T式橋台2基，張出式橋脚1基
基礎工：直接基礎

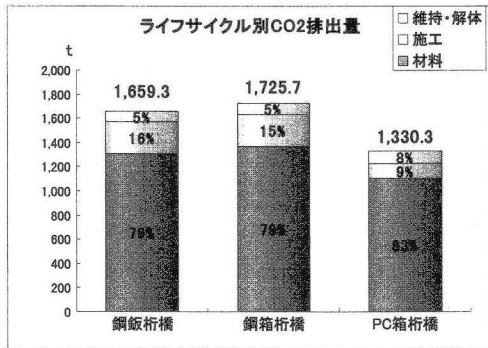


図-2 橋梁事例1：ライフサイクル別CO₂排出量

第3案 単純合成床版橋

(トラッククレーン架設)

下部工：逆T式橋台2基
基礎工：鋼管杭基礎

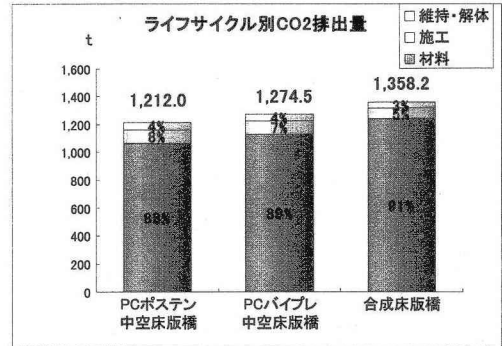


図-4 橋梁事例3：ライフサイクル別CO₂排出量

b) 事例2

概要：橋長41m (第3案は36m)，幅員10.5mの道路橋

上部工：第1案 鋼単純鋼桁橋

(送り出し架設)

第2案 PC単純コンボ桁橋

(架設桁架設)

第3案 RC単純充腹固定アーチ橋

(合成メラン架設)

下部工：橋台2基

基礎工：場所打ち杭基礎

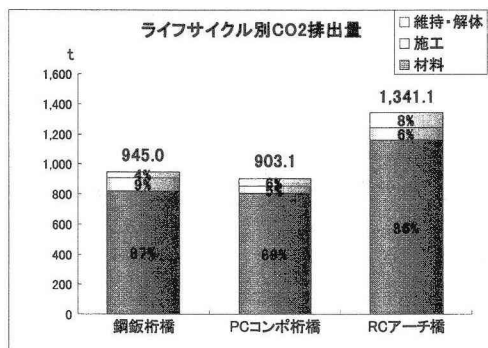


図-3 橋梁事例2：ライフサイクル別CO₂排出量

c) 事例3

概要：橋長29m，幅員28.0mの道路橋

上部工：第1案 PC単純ポステン中空床版橋

(架設桁架設)

第2案 PC単純パイプ中空床版橋

(架設桁架設)

d) 事例4

概要：橋長190m，幅員10.0mの道路橋

上部工：第1案 鋼5径間連続非合成鋼桁橋

(トラッククレーンベント架設)

第2案 鋼5径間連続非合成箱桁橋

(トラッククレーンベント架設)

第3案 PC5径間連続箱桁橋

(片持ち架設)

下部工：逆T式橋台2基，張出し式橋脚4基

基礎工：場所打ち杭基礎

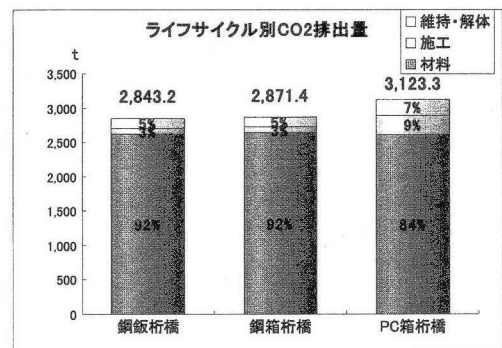


図-5 橋梁事例4：ライフサイクル別CO₂排出量

e) 事例5

概要：橋長160m，幅員20.0mの道路橋

上部工：第1案 鋼3径間連続非合成箱桁橋

(トラッククレーンベント架設)

第2案 鋼3径間連続開断面合成箱桁橋

(トラッククレーンベント架設)
第3案 PRC3 径間連続ラーメン2 主桁橋
(片持ち架設)

下部工：逆 T 式橋台 2 基、張出し式橋脚 2 基
基礎工：場所打ち杭基礎

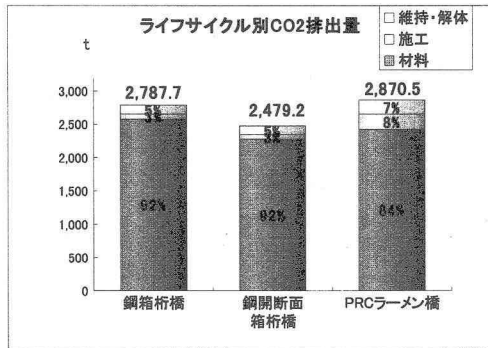


図-6 橋梁事例5：ライフサイクル別CO₂排出量

(3) 道路路線選定適用事例

以下に道路路線選定を対象に行った環境負荷算定事例を1例紹介する。CO₂排出量は各案ともライフサイクル毎および構造型式毎にそれぞれ算出し、結果をグラフで表した。〔図-7, 8〕

なお、道路路線選定においては樹木伐採によるCO₂固定量損失の影響について無視できないと考え、考慮に入れた。ここで、樹木の伐採面積は土工の道路部分の面積のみを対象とした。樹木のCO₂固定量の原単位は、様々な関係機関から発表されているが確立されたものではなく、ここでは、環境省・農林水産省林野庁発表のCO₂固定量(50年生スギ人工林1本あたり1年間の平均固定量=14kg-CO₂/本/年)⁷⁾をもとに、立木密度1000本/haと想定し、設定した。また、道路の供用年数は100年を想定した。

a) 事例1

概要：延長約7.7kmの道路路線選定

比較案：第1案 都市計画案

都市計画で決定された路線案

第2案 変更案

都市計画案の見直し案

各案の構造形式別延長を表に示す。〔表-1〕

表-1 道路事例1：構造型式別延長

		(単位：m)	
		都市計画案	変更案
土	工	4,926	4,841
橋	梁	1,554	1,484
ト	ンネル	1,206	1,360
合	計	7,685	7,685

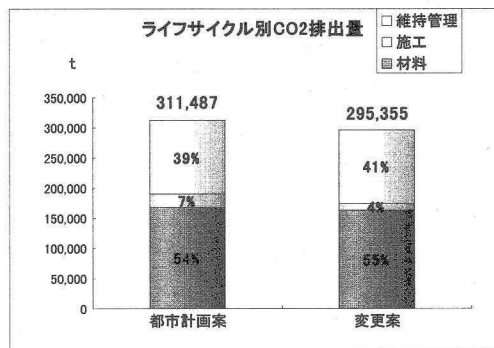


図-7 道路事例1：ライフサイクル別CO₂排出量

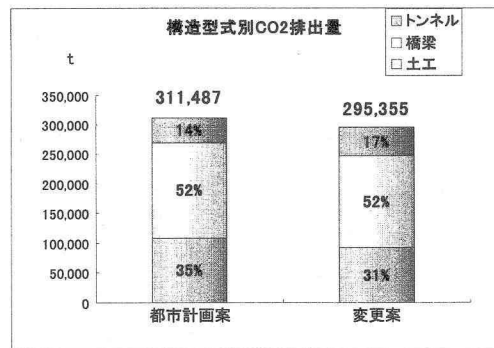


図-8 道路事例1：構造型式別CO₂排出量

(4) 検討結果

上述した橋梁予備設計の事例について二酸化炭素排出量の算出を行った結果、ライフサイクル別の二酸化炭素排出量は、いずれの場合も材料から発生するものが全体の約8～9割と大半を占めているとの結果を得た。〔図-2～6〕また、鋼橋、PC橋といった橋種によるCO₂排出量の差はそれぞれの事例により異なっており、一概にどの橋種が有利とは言えず、条件や規模により異なることが明らかとなった。

また道路路線選定の事例については、材料から発生す

るものが約 5 割強と大半を占めているものの、維持管理（樹木の CO₂ 固定量の損失分を含む）の割合も 4 割程度を占めることがわかった。〔図-7〕また、変更案では環境に配慮して、山間部を切り開く土工部を少なくしトンネルを多くしたことにより、樹木の伐採面積が減ったため、CO₂ 排出量を低減することができたと考えられる。〔図-8〕路線選定時における各案の CO₂ 排出量の差は 16,132 t となり、10t トラックが地球を約 450 周した際の排出量とほぼ等しく、路線選定段階において CO₂ 排出量を大きく削減することが可能であるといえる。

5. おわりに

以上のように、主に橋梁予備設計を中心に、道路路線選定も含めて環境負荷の算定を行ったが、今後適用事例を増やしてデータの蓄積を行い、精度を向上していくことが重要であると考えている。また、産業構造の変化に対応するために、5 年毎の産業連関表の発表に対応し、随時データベースを更新していくことが重要である。

さらに、算出した CO₂ 排出量の貨幣換算法も確立できれば、今後の事業選定時にさらに大きな要素として取り入れることが可能となると考えられる。

参考資料

- 1) 総務庁: 平成 7 年(1995 年)産業連関表 総合解説編, 計数編(1), (2), 1999.5.
- 2) 東芝エンジニアリング株式会社 (現: 東芝プラントシステム株式会社): Easy-LCA (Ver.3.15a,3.16b)
- 3) 通商産業大臣官房調査統計部: 平成 7 年工業統計表(品目編), 1997.3.
- 4) 通商産業省: 石油等消費構造統計表
- 5) 国土交通省大臣官房技術調査課: 国土交通省土木工事積算基準
- 6) (社)日本建設機械化協会: 建設機械等損料算定表
- 7) 環境省, 農林水産省林野庁: 地球温暖化防止のための緑の吸収源対策—京都議定書の約束達成に向けて—

ESTIMATION SYSTEM ENVIRONMENT LOAD FOR CONSTRUCTION PROJECT

Katsutoshi KATO, Yoshinao NAKAZAWA, Yuriko TOKUSHIGE

It is said that the average air temperature of the earth could rise by 6°C in 100 years in the worst case if no measure against global warming is implemented. Accordingly it is absolutely necessary to give consideration to the environment for implementation of construction projects since the construction projects use natural resources in large quantities and give a big influence to the environment.

It is possible to calculate the amount of carbon dioxide (CO₂) discharged by a construction project during its whole life cycle by using this system based on the LCA (Life Cycle Assessment) method.

It is possible to adopt a construction project with less environment load by utilizing this system at the planning stage of the project. This system can be used as a judgment tool for global warming control.