

交通分野へのライフサイクルアセスメント適用

加藤博和*

ライフサイクルアセスメント(LCA)は、製品やサービスの「環境への優しさ」を計量するための方法論として有効であり、適用事例も蓄積されつつある。本稿では、このLCAを交通分野に導入するという観点に立ち、まず、ISOにおける工業製品を想定対象としたLCAの枠組を概説し、それを交通という特定の分野に適用するために考慮すべき点をまとめるとともに、今後の具体的なLCA研究の方向性について、既往研究事例の紹介を交えながら論じている。

State of the Art on the Application of Life Cycle Assessment in the Field of Transport

Hirokazu KATO*

Life Cycle Assessment (LCA) is an effective method in measuring the environmental impact of products and service. Recently, the cases of LCA application are considerably increasing. This paper gives an outline of the general LCA framework for the assessment of industrial products. The major points that should be considered in the application of LCA to the field of transport are then summarized. Through the presentation of existing researches, the future direction of the LCA research is further discussed.

1. はじめに

「環境に優しい」「地球に優しい」というキーワードが巷にあふれて久しい。それとともに、「エコ」「グリーン」と呼ばれる製品や活動がもてはやされ、「環境に優しい製品」を使用する取り組みである「グリーン調達」「グリーン購入」という言葉も一般化しつつある。

では、「環境への優しさ」「エコ」「グリーン」は、どのような基準によって判断すればよいのであろうか？ 逆に、これらの言葉を、その基準に関して深く考えずに使ったり信じたりしているということはないだろうか？

「環境に優しい」という言葉を「環境への負荷 (Environmental Load) が少ない」という意味としてとらえ、その計測手法について考えるとき、一般に見過ごされやすいのは以下の観点である。

(1)環境負荷には多くの種類があり、しかも互いにトレードオフの関係がある場合も多い。

[例]ディーゼル車をガソリン車に転換すると、窒素酸化物 (NO_x) 等は削減されるが、二酸化炭素 (CO₂) は逆に増加してしまう。すなわち、大気汚染対策が地球温暖化を促進する可能性がある。

(2)対象製品や活動の一部分のみで環境負荷を評価するのは危険である。

[例]電気自動車は自動車自体から環境負荷をほとんど排出しないので「環境に優しい」とされることが多いが、このことを即断するべきではない。なぜなら、エネルギーとしての電力が火力発電所で発電されているとすれば、そこから間接的に環境負荷が

* 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻助教授
Associate Professor, Division of Environmental
Engineering and Architecture, Nagoya University
原稿受理 2000年7月31日

発生しているからである。さらに、送電効率や、電気自動車の構成部品製造に投入されているエネルギーなども無視できない量である。

(3)環境負荷は利用・活動の状況によって変化する。[例]一般に、鉄道は自動車に比べて「環境に優しい」交通機関であると言われるが、一人が乗っている乗用車と、一人しか乗客がいない電車を比べれば、前者の方が一人あたりの環境負荷発生量が少ないのは明らかである。鉄道が自動車に比べて環境負荷が少ないのはあくまでも可能性であり、実際の利用状況によっては逆転することもありうる。

以上の観点を考慮に入れた上で、対象製品や活動が「環境に優しい」かどうかを判断するための方法論として、主に環境科学の分野で研究・開発が行われてきたのが「ライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)」である。LCAの適用は現在さまざまな分野に広がりつつある。特に有名なものは、飲料容器の材質やリサイクル技術に関する検討であり、その結果は従来「環境に優しい」と言われてきた活動にお墨付きを与えることもあれば、時には常識を覆す結果をもたらすこともあった。

さらにISO14000(国際標準化機構ISO)による環境マネジメント規格)の普及に伴って、工業製品の環境評価手法はLCAが常識という時代に入りつつある。例えば、(財)日本環境協会が環境保全に役立つ商品を認定する「エコマーク」の認定基準も、1996年以降はLCAに基づくこととなった。

しかし、交通分野はこのようなLCA普及の動きからいささか取り残されている感を免れない。そこで本稿では、LCAに関する研究・実施状況を概説するとともに、交通分野にLCAを適用する際にどのような検討が必要かについて整理することを目的とする。

2. 「環境への優しさを計測する方法」としてのLCA

LCAとは、

- (a)評価対象とする製品やサービスの「原材料採取 生産 流通 使用(リサイクル) 廃棄」という「ライフサイクル」(インフラ評価の分野では「プロジェクトライフ」と呼ばれる)にわたる物質・エネルギーの流れを計量し(その結果をinventory - 目録 - と呼ぶ)
- (b)それに伴う環境への影響を評価する (impact assessment)

Table 1 ISOにおけるLCA関連の規格

ISO規格番号	規格名称	発行日
14040	一般原則	1997年6月15日
14041	Inventory Analysis (インベントリ分析)	1998年10月1日
(14049)	(ISO14041に基づいた具体的手法を例示)	2000年3月15日
14042	Impact Assessment (影響評価)	2000年3月1日
14043	Interpretation (解釈)	2000年3月1日

ための手法である。それゆえ「『ゆりかごから墓場まで』分析」と呼ばれることもある。LCAを適用することで、対象とする製品・サービスの存在によって環境にどの程度の負荷が生じるかを理解することができ、さらに環境負荷を減らすためにはどのような改善が必要かを検討するためにも有用である。

2-1 LCA研究の流れ¹⁾

LCAの萌芽となる諸研究は1970年代より始まっており、1980年代には西・中欧で、これら諸研究を統合し商品の「環境への優しさ」を定量化する方法としてのLCA研究が盛んになった。特に、SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry: 国際環境毒性化学会)がLCA研究に関する議論の中心的な場となり、現在に至っている。

さらに1990年代に入って、ISO14000シリーズを検討するにあたり、環境負荷評価の手法としてLCAの考え方を全面的に取り入れることになった。ISOの中でLCAには14040番台が割り当てられており、Table 1のような規格が設けられている。

ここで注意すべきことは、LCAがISOで規定されたからといって、LCAの標準的手法が完全に確立されてしまった(つまり、研究の余地がない)とは言えないということである。ISOでは、LCAの詳細な手続き、例えば、環境負荷として扱うべき物質の種類や、環境負荷間の重み付けの方法等について具体的に規定することを避けている。これは、環境「評価」には必然的に「価値観」が関与するために、一律の規格にまとめるのは困難でありかつ妥当でないという判断があったためと言われている。影響評価に言及するISO14042、14043の発行が遅れたのもこのことに起因している。このことから、今後も多くの適用事例が積み重ねられることによって、LCA手法に関するさらなる検討が継続的に行われていく必要があると言える。

また、ISO-LCAの対象は基本的には工業製品であることから、交通分野に適用するにあたっては、

後に議論するようにその特徴に配慮することが必要である。

2 - 2 ISO-LCAの枠組

ISO-LCAでは、その詳細な方法に関しては規定されていないものの、評価に関連する用語やプロセスは定義されている。そのプロセスは、Fig.1に示す四段階に分けることができる。0) Scope and Goal Definitionは、評価目的や考慮する環境問題を定義し、地理的・時間的範囲(システム境界)を設定する段階である。1) Inventory Analysis(ISO 14041)では、対象のライフサイクルにわたって投入される物質・製品やエネルギー、発生する環境負荷の量を計量する。2) Impact Assessment(ISO14042)では、1)で計量された環境負荷と影響との関連付けを行うことで、対象による環境へのインパクトを定量評価する。この段階は、環境負荷を環境影響カテゴリ(Impact Category)に分類するClassification、各カテゴリ内で、重要度に応じて重み付けを行うCharacterization、カテゴリ間の重みを考慮して総合的な影響を評価するWeightingの三段階に分けられる。3) Interpretation(ISO14043)は、得られた結果を解釈し、さらに原材料や工程の改善について検討する段階である。

以上のISO-LCAプロセスは、基本的にはSETACで議論されてきた手法の延長上にあり、以下のような簡潔なマトリックス形式で表すことができる。

$$L_j = \sum_i a_{ij} A_i \quad \dots(1)$$

$$C_k = \sum_j p_{jk} L_j \quad \dots(2)$$

$$E = \sum_k w_k C_k \quad \dots(3)$$

A_i : 対象とする製品・活動に投入される原材料・工程 i の量

a_{ij} : i の1単位あたりに発生する環境負荷 j の量(環境負荷発生原単位)

L_j : 製品・活動に伴って発生する j の量

p_{jk} : j の1単位が関連する環境影響カテゴリ k に及ぼす影響

C_k : 製品・活動が k に及ぼす影響

w_k : k の1単位が環境全体に及ぼす影響

E : 環境影響の統合評価値

(1)~(3)式はそれぞれInventory Analysis、Char-

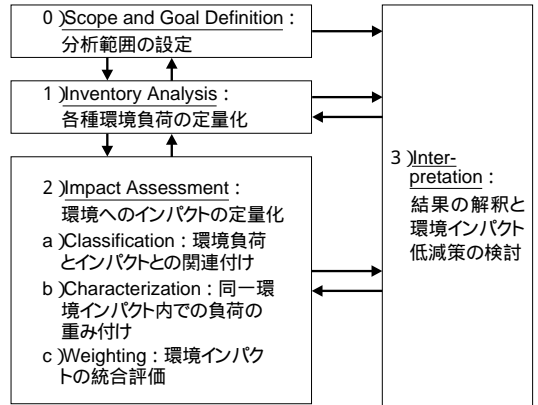


Fig.1 ISO-LCAで規定されているプロセス

acterization、Weightingに相当する。この方式では、あらかじめパラメータ a_{ij} , p_{jk} , w_k が設定され、かつ、対象製品・活動に関して A_i が与えられれば計算が可能である。各段階において線形性が成立する保証がないなどの問題はあがるが、簡潔さが大きな利点となってこの形式が一般に用いられている。

実務におけるLCAの普及にとって、各パラメータの整備は非常に重要である。まず、 a_{ij} の設定(Inventory Analysis)には、その原材料・工程はもとより、遡及的な環境負荷発生も含める必要がある。これは「内包環境負荷(Embodied Environmental Load)」あるいは「エコロジカル・リュックサック(Ecological Rucksack)」と呼ばれるもので、計測には「積み上げ法(プロセス法)」と「産業連関分析の応用」の二種類が用いられる。積み上げ法は、各原材料・工程における環境負荷発生を逐一調査して積み上げる方法である。任意の原材料・工程を扱うことが可能であるが、膨大かつ専門性の高いデータを要すること、全影響の把握が不可能であるという問題がある。一方、産業連関分析の応用は、積み上げ法とは全く逆の利点・欠点を有する。したがって、二つの方法を、それぞれの特性に配慮して併用すること(組み合わせ法)が多い。

また、 p_{jk} (Characterization) は環境影響ポテンシャルと呼ばれるもので、地球温暖化におけるGWP(Global Warming Potential: 温室効果の大きさをういてCO₂当量値に換算する係数)をはじめ、主要な環境影響カテゴリに関しては既に定義が行われている。その結果得られる各カテゴリ内における評価値 C_k は「Category End Point」または「Mid-Point」と呼ばれ、この段階までは科学的客観性に基づいたアウトプットが利用できる。ただし、地球温暖化と

オゾン層破壊以外のカテゴリについては、研究によって p_k の値が大きく異なっている場合がある。

環境影響カテゴリ間の重み付け w_k を設定する段階(Weighting)はさらに問題である。重み付けに関してはLCA以前にも、1970～80年代における「環境指標」開発などのさまざまな試みが断続的に行われてきた。しかし、設定に何らかの価値観を導入せざるを得ない以上、得られる統合評価値 E には科学的客観性が保持されないことは明らかである。また各重み付け提案値の間にはワンオーダー以上の差がしばしば存在している。それゆえに、ISO-LCAにおいては統合評価値の適用に関してネガティブな扱いをとっているが、LCAを意思決定のための手法として用いる場合には、何らかの統合評価値が導入される必要も生じてくる。重み付け設定方法の詳細については4-2の3)で述べる。

なお、LCAによる評価値の代替案間比較は、対象となる製品や活動の「機能単位(functional unit)あたり」で行われる必要がある。これは、インフラや交通分野にLCAを適用する場合も全く共通であるが、「機能単位」の設定方法については製品とはやや異なった考え方を必要とする。

3. LCAの交通分野への適用に関する現状

交通分野へのLCA適用事例は、(1)自動車や鉄道車両といった輸送機械を対象としたLCA、(2)交通インフラを対象としたLCAに分かれる。本章ではこれらの既往研究事例について概観する。

3-1 輸送機械を対象としたLCA

ISO-LCAの枠組は、当然のことながら工業製品の一種である輸送機械に適用可能であり、機械工学・自動車工学・鉄道工学や環境科学の分野で多くの適用事例が見られる。例えば森村ら²⁾は、自動車のLC-CO₂として、車両自体のライフサイクルに加え、車両の走行に伴う発生や、走行に必要となる道路インフラの整備による発生も評価対象に加えた分析を行っている。さらに、「環境に優しい」と言われる電気自動車や燃料電池自動車などへのLCA適用例も幾つか存在している。

また、鉄道車両を対象としたLCAの例として、辻村ら³⁾は東海道新幹線への適用を行っており、LCE(Life Cycle Energy)・LC-CO₂のうち車両製造分は1%にもならず、結果的に走行分の少ない新しい車両ほどLCE・LC-CO₂が小さくなっていることを示している。

3-2 日本で発達したインフラLCA

LCAは工業製品のみならずインフラや建築物にも適用することができ、事例も多く蓄積されてきている。このうち、インフラを対象としたLCA研究は「Infrastructure LCA(ILCA)」と呼ばれることがあり、工業製品(Product)のLCA(PLCA)と区別される。PLCAはSETACやISOにおける検討と同時並行的に研究が進められたのに対し、ILCAは世界の中でも日本で際だって研究が行われてきた分野であり、ISO-LCAとはやや異なった独自の発展経過をたどってきた。また、地球環境問題への対応の観点から、CO₂やエネルギーをライフサイクルにわたって推計するための手法として特に研究が進み、その意味ではLCA研究というよりもLCI(Life Cycle Inventory)研究という呼称が適当な状況にあるとも言える。ILCA研究の現状については参考文献1)を参照されたい。

ISO-LCAではLCI手法として積み上げ法の適用が想定されているが、ILCAでは産業連関分析の応用がしばしば行われてきた点も特徴的である。これは、インフラのライフサイクルは膨大な施工・維持管理プロセスと原材料投入からなっており、それらをすべて積み上げに把握するのが困難であること、従来から公共事業の波及効果を推計する手法として産業連関分析が用いられていたこと、が大きな原因である。積み上げ法を用いる場合にも、原材料となる鋼やコンクリートなどの内包環境負荷原単位を産業連関表を用いて推計し、LCIの基礎データとして整備する試みが多数行われている⁴⁾。原単位を利用した積み上げ法は、建設分野における工事費積算と手法が酷似している(建設単価を内包環境負荷原単位に置き換えればよい)ことから、普及が容易であり、ILCA用のソフトウェア開発も進んでいる。

ILCAのうち交通インフラへの適用の代表的事例として、道路については岩渕ら⁵⁾による都市内街路の道路横断面構成の違いや再生路盤材の使用によるLCE・LC-CO₂推計や、牧田ら⁶⁾による舗装材料の違いによる道路建設のLC-CO₂推計などがある。一方、鉄道に関しては、岩渕ら⁷⁾による福岡市営地下鉄のLCE・LC-CO₂推計が代表例である。

4. 交通分野におけるLCA研究の課題と取り組み

第2章でも述べたように、ISOでLCAの標準的なプロセスは規定されたものの、手法の詳細について

は今後の研究事例の積み重ねにゆたねられている。

そこで、LCAを交通分野に適用するにあたって検討すべき課題について、それに対する取り組みを紹介しながら論じることとする。

4 - 1 LCA研究の課題

1) 輸送機械(車両)を対象とするLCA

輸送機械のLCAは基本的にはPLCAの一種であり、課題もPLCAと共通するが、特に重要な課題として、使用年数や年間走行距離・稼働率といった使用状況の設定いかんによって結果が変化するという点が指摘できる。既往研究では、平均的な使用状況を設定して推計が行われるのが一般的であったが、今後は、使用状況の違いによる感度分析を実施することにより、例えば自動車を頻繁に運転する場合とそうでない場合について、環境面からの評価結果の違いを示すといったことが必要である。

2) 交通インフラを対象とするLCA

既往のILCA研究の多くには、以下のような問題点が指摘できる。

(1) 人間活動の変化

ISO-LCAでは、システム境界を一般にa) 評価対象自体およびb) その原材料および製造機械等から遡及的に発生する分、と想定する。しかし、ILCAでこのシステム境界をそのまま適用すると、可能な検討は同一機能を有するインフラの原材料や施工法のみにとどまってしまう。インフラは供用段階において不特定多数の人々に利用されるとともに、周辺社会にも間接的・波及的な影響を及ぼし、結果としてそれらの活動に伴って生じる環境負荷も変化する。したがって、インフラ整備の計画段階に適用するためには、これらを含めた評価の体系が必要である。このことはILCA研究の課題として常に位置づけられ⁸⁾、特に交通インフラのように、整備による波及効果が非常に大きい対象においては、LCAの有効性を損なう要素となってきた。

(2) 多種類の環境負荷の推計・評価

多くのILCA研究はCO₂排出量やエネルギー消費量を推計するLCIであり、他の環境負荷の推計事例はごく少数である。そのため、建設分野では「LCA = CO₂排出量を推計する手法」と誤解されている場合も多いように見受けられる。

(3) 耐用年数と割引率設定

工業製品と比較して非常に長いライフタイムの設定が困難であったり、評価期間内での環境負荷原単位等のパラメータが大きく変動してしまうお

それがある。また関連して、現在排出される環境負荷と将来排出される環境負荷を同等に扱うことが妥当かどうかという「割引率」設定に相当する問題もある。既往のLCA研究では一般的に、現在価値と将来価値が同じ(割引率0%)として、環境負荷を単純に時間積分している。

(4) 属地(Site-specific)性

同じ機能を持つ施設であっても、地理的条件などによって仕様、使用状況や周辺状況が異なるため、最終的な環境影響が大きく異なってくる。これは、PLCAでは一般に考慮されない点であるが、大規模施設を扱うILCAにおいては特に重要である。

4 - 2 各課題への取り組み例

1) ELCEL概念の導入(上記(1)への対応)

筆者ら⁹⁾は、LCAを交通インフラの計画段階の評価に適用するために、システム境界をインフラ整備によって波及的に生じる環境負荷変化分まで拡張した「拡張ライフサイクル環境負荷(Extended Life Cycle Environmental Load: ELCEL)」の概念を提案している。これは、従来のILCAの枠組がインフラ整備評価の分野で言うところの「事業効果」(工事に伴う直接・間接経済効果:LCAにおける「内包環境負荷」に相当)のみを対象としていたのに対して、供用後に生じる「施設効果」をも対象にするものである。すなわち、ELCELによる評価は費用便益分析(Cost Benefit Analysis: CBA)と同じ評価範囲を想定している。

ELCEL概念の導入事例として、道路に関しては、筆者らによる、平面道路交差点の立体交差化改良や山間道路の線形改良に伴うELC-CO₂(Extended LC-CO₂)変化の推計¹⁰⁾や、高速道路の横断面の違いによるLCC(Life Cycle Cost)やELC-CO₂の推計¹¹⁾がある。鉄道に関しては、松橋ら¹²⁾が路面電車に着目し、その運行に加えて車両や軌道のライフサイクルを考慮に入れたELC-CO₂・ELC-NO_xの推計を行っている。蜷川ら¹³⁾は、東北新幹線を対象にLCCやELC-CO₂を計測し、インフラや車両から発生するCO₂計測の重要性を示している。筆者ら¹⁴⁾は、新規鉄道整備において想定輸送需要量や運行状況の違いがELC-CO₂にどのような影響を与えるかを計量するモデルシステムを開発し、既存の地下鉄でも末端部のような利用者の少ないところではELC-CO₂削減効果が発揮されない場合があることを定量的に明らかにしている。

さらに筆者らは、ELCEL概念の適用を単体の交

通インフラにとどまらず、都市交通システムに対する交通インフラ投資施策¹⁵⁾が環境に及ぼす影響の分析にも試みている。山口ら¹⁶⁾は、ネットワーク交通需要予測手法を用いて、LRT整備に伴うELCEL変化の試算を行っている。

2) 多種類の環境負荷に関するInventory (上記②)への対応)

多種類の環境負荷を対象としたInventory Analysisを行うためには、各環境負荷の原単位を整備する必要があるが、これに関しては既にPLCAにおいて多くの原単位が整備されており、ILCAにおいても鶴巻ら¹⁷⁾が推計した原単位を用いて推計が可能となっており、その適用事例も出てきている。

3) Weightingに関する問題(上記②)への対応)

多種類の環境負荷が推計されると、そのWeightingが問題となる。さらに、Weightingに関する方法論は、大きく以下の四種類に分類できる。

- a) パネル法：専門家や消費者等に対するアンケート調査・ブレインストーミング等に基づく方法
- b) ターゲット法：環境基準や処理能力といった目標値と実際の排出量との比較 (distance-to-target) によって決定する方法
- c) 貨幣価値評価法：環境負荷・影響を貨幣価値に換算する方法
- d) 被害算定型手法：環境負荷によって最終的に人間や生態系が被るダメージを重み付け基準に用いる方法

このうちLCA研究で特に有力とされてきたのはb) ターゲット法である。なぜならば、この方法では各環境影響カテゴリのCategory End Pointが「目標値」によって基準化されることから、その目標値が科学的な方法で設定できれば、重み付けの科学的客観性がある程度保持されると考えられているからである。スイスの「Eco-point」やオランダの「Eco-Indicator 99」など、多くのWeighting法はこの方式に基づいている。筆者らも、伊坪ら¹⁸⁾がターゲット法を元に提案した重み付け評価値を元に、インフラへの適用を前提として再検討を行うことにより、EFP (Environmental Friendliness Point) という新しい統合評価値を開発している¹⁹⁾。

一方、a) の場合、アンケート調査やブレインス

トーミングの対象者の環境に対する価値観や知識が直接反映されてしまう。これは、c) で仮想価値法 (Contingent Valuation Method CVM : 仮想の環境状況に対する貨幣価値を意識調査によって推計する方法) を適用する場合も同様である。また、d) に関しては、きわめて複雑な環境影響メカニズムを定量的に表現する必要があり、日本では現在、経済産業省を中心にその手法の策定が進められているところである。

以上のことから、LCAのプロセスをInventoryやCategory End Pointでとどめるか、統合評価値や貨幣評価値にまで踏み込むかは議論が分かれるところであるが、現状では、LCAの結果としてこの各段階の値を列挙したリストを作成し、その使用は意思決定者の判断に任せるのが現実的であろう。ただし、統合評価値の解釈にあたっては、その設定方法の特徴や前提条件をよく理解することが必要である。

5. LCAを交通インフラ整備評価に導入するための課題

交通分野におけるLCAの実用にあたっては、LCA自体が抱える課題のほかに、もう一つ大きな課題をクリアしなければならない。それは、「環境への優しさ」を評価したLCAの結果を実際意思決定においてどのように活用すればよいかという点である。本稿のむすびとして、その点について、甚だ不十分ではあるが論じてみたい。

5-1 コストとの関係

実は、ELCELを用いない従来のLCIにおいては、環境面からの評価結果とコスト面からの評価結果が一致する場合が多かった。これは、「積み上げ法」が工事費積算と酷似した手法であることを考えれば当然の結果とも言える。しかし、ELCELで評価する場合には、往々にしてコストと環境負荷のトレードオフが生じる恐れがある。

これに関して少なくとも言えるのは、環境に関してライフサイクルで評価を行っているのであれば、それに対応して、コストについても初期費用でなくLCCを扱うべきであるということである*。建築物や自動車のLCAでは、対象として供用後のエネルギー消費を含めることによって、断熱性住宅や低燃費自動車の環境面とコスト面での有利さを示している例がある。さらに、インフラの外部経済性という特徴を考えると、単に整備・運営主体のコストのみならず社会全体の便益を考える必要があろう。この

* 建設分野ではLCAとLCCA (Life Cycle Cost Analysis) がしばしば混同されるが、ISO-LCAは基本的には環境評価を目的とするものであり、LCCAとは全く独立した手法である。

点について次に検討する。

5-2 費用便益分析(CBA)との関係

インフラ整備評価の分野ではCBAが盛んに検討されていることから、環境影響も貨幣価値に換算し「負の便益」としてCBAの枠組に組み込みたいという要求が強い。換算法には従来、直接費用法やヘドニック法(環境状況の違いによって生じる不動産価値や賃金の差から環境価値を貨幣評価する方法)などがよく用いられ、近年ではCVMが、評価対象の自由度の高さ、経済理論との整合、心理的影響の計測可能性の観点から脚光を浴びている。既に、これらの換算法を用いて環境負荷1単位あたり貨幣価値を推計し、それを原単位としてInventory Analysisの結果を貨幣価値に直接換算する試みも行われている。この方法は非常に魅力的ではあるが、現時点では、換算法やCBA自体について多くの問題点が残ったままである²⁰⁾。

そこで、環境負荷を貨幣評価せず、便益(費用)と環境をそれぞれ評価軸として視覚的に理解する方法として、Goedkoop²¹⁾の考えに基づき、Fig.2に示すように、各代替案実施に伴うELCEL変化と純便益の関係をベクトル(Environment- Benefit Vector)で表現する。このベクトルの傾きの逆数は、Environmental Load Serviceability (ELS:各プロジェクトが単位便益を得るために発生する環境負荷の量)に相当する。

通常のインフラ整備Aは第Ⅰ象限(環境浪費型開発施策領域)に表すことができる。点B、CのようにELCEL削減効果を持つインフラ整備は第Ⅳ象限(環境配慮型開発施策領域)に表現できる。省エネルギー機器の導入もコスト削減効果があるため、ここに含まれる場合が多い。さらに、点Dのように経済的なロスを承知で環境負荷削減を行う取り組みが第Ⅲ象限(環境負荷削減施策領域)に含まれる。第Ⅱ象限は、環境影響が生じかつ経済的便益も発生しない取り組みで、故意には選択されない。

これらのうち環境配慮の面から最も望ましいのは第Ⅳ象限にあたる案である。第Ⅱ象限に入る場合には、点A'のような環境基準を上回る代替案が棄却されるのは当然のことながら、ある程度の純便益を確保しつつE-Bベクトルの傾きの小さい(ELSの大きい)案を採用することが望ましい。

5-3 環境アセスメントとの関係

インフラ整備評価においては環境アセスメント(Environmental Impact Assessment : EIA)が従来

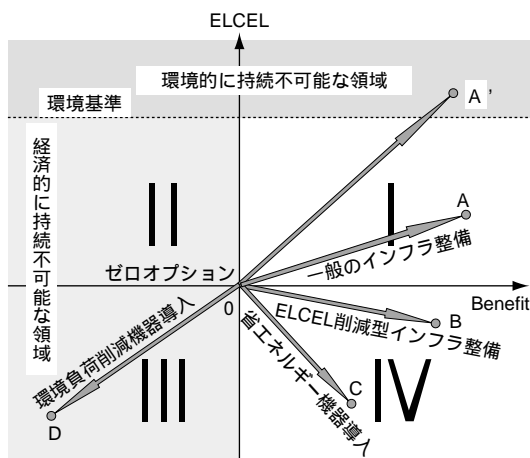


Fig.2 環境負荷-便益のプロット

から実施されてきており、これとILCAとの関係も整理する必要がある。この両者は、

- a) EIAでは立地点の状況が重要である一方、通常のLCAでは立地点の状況が加味できないこと(松野ら²²⁾が開発したWeighting法では地域の違いが考慮できる形となっているものの、EIAに比べれば概略的である)
- b) EIAでは環境基準や従前状況との比較評価を個別項目ごとに実施するが、ILCAは統合指標による評価を目指すことの二点において異なる。

以上より、ILCAの適用は資源・エネルギー問題や地球環境問題のように環境負荷発生地点が環境影響の総量や空間分布に影響を与えないものに限定し、個別インフラ整備による局地環境問題のようなSite-specificな事象においては、ILCAの結果は参考程度にとどめ、むしろプロジェクト固有の状況を考慮したEIAを利用するというように、両手法を統合的な評価体系として構築する方針が考えられる。

参考文献

- 1) 平成8~10年度科学研究費補助金基盤研究(A)(1)研究成果報告書「社会資本整備に係わるLCA手法の体系化と環境評価の総合化」(代表:井村秀文)、2000年
- 2) 森口祐一、近藤美則、清水浩、石谷久「自動車によるCO₂排出のライフサイクル分析」『エネルギー・資源学会 第9回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集』pp 411-416、1993年

- 3) 辻村太郎、宮内瞳岨、永友貴史、橋本淳「新幹線電車のLCAケーススタディと環境効率」『平成10年鉄道技術連合シンポジウム講演論文集』pp.601-604、1998年
- 4) 例えば、酒井寛二「土木建設物の二酸化炭素排出量原単位の推定」『土木学会第4回地球環境シンポジウム講演集』pp.43-48、1996年
- 5) 岩渕省、中嶋芳紀、松本亨、井村秀文「道路整備のライフサイクルアセスメントに関する研究」『土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第一部』pp.494-495、1996年
- 6) 牧田和也、天野耕二、宮崎元紀「セメント産業を中心とした舗装道路建設に伴うライフサイクルCO₂排出量評価」『土木学会第52回年次学術講演会講演概要集第一部』pp.114-115、1997年
- 7) 岩渕省、四宮明宣、中嶋芳紀、松本亨、井村秀文「地下鉄整備のライフサイクル環境負荷に関する研究」『土木学会環境システム研究』Vol. 25、pp.209-216、1997年
- 8) 盛岡通「土木建設システムにおけるLCAの考え方と事例」『土木学会第4回地球環境シンポジウム講演集』pp.29-34、1996年
- 9) 加藤博和「交通整備による環境インパクト計測手法としてのライフ・サイクル・アセスメント」『交通工学』Vol. 33, No. 3、pp.81-86、1998年
- 10) 加藤博和、林良嗣、登秀樹「道路構造代替案の地球環境負荷に関するライフサイクル的評価手法」『土木学会環境システム研究』Vol. 24、pp.282-293、1996年
- 11) 中村英樹、加藤博和、丸田浩史、二村達「都市間高速道路の横断面構成の相違によるCO₂排出量のライフサイクル評価」『土木学会環境システム研究』No. 26、pp.261-270、1998年
- 12) 松橋啓介、森口祐一、近藤美則「都市内交通手段としての路面電車に関するライフサイクル評価」『エネルギー・資源学会 第14回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集』pp.67-72、1998年
- 13) 蛭川陽一、稲村肇「東北新幹線のライフサイクルアセスメント」『土木計画学研究・講演集』No. 21(2)、pp.645-648、1998年
- 14) 加藤博和、大浦雅幸「新規鉄軌道整備によるCO₂排出量変化のライフ・サイクル評価手法の開発」『土木計画学研究・論文集』No. 17、pp.471-479、2000年
- 15) 加藤博和「都市交通システムの地球環境負荷に関するライフサイクル評価手法」名古屋大学博士学位論文、1997年
- 16) 山口耕平、青山吉隆、中川大、松中亮次、西尾健司「ライフサイクル環境負荷を考慮したLRT整備の評価に関する研究」『土木計画学研究・講演集』23(1)、pp.219-222、2000年
- 17) 鶴巻峰夫、野池達也「LCAにおける多項目環境負荷量の定量化に関する研究」『土木学会環境システム研究』Vol. 25、pp.217-227、1997年（ただし掲載されている原単位の一部に誤りがあり、使用にあたっては著者に問い合わせが必要）
- 18) 伊坪徳宏、山本良一「材料の環境影響の統合評価」『日本エネルギー学会誌』Vol. 77, No. 859、pp.1080-1088、1998年
- 19) 林良嗣、加藤博和、大浦雅幸、北野恭央、喜代永さち子「社会資本・住宅ストックに起因した多種環境負荷のLCAに基づいた評価手法」『土木計画学研究・講演集』Vol. 23(1)、pp.235-238、2000年
- 20) 加藤博和、林良嗣「交通インフラ整備評価へのLCA適用上の課題」『環境科学会1997年会講演要旨集』pp.244-245、1997年
- 21) M. J. Goedkoop: Coping with the Rebound Effect in LCA, Proceedings of AIST (Agency of Industrial Science and Technology) Symposium, Japan, pp.9-21, 1999
- 22) 松野泰也、稲葉敦、水野建樹「排出地域及び排出形態を考慮した局地性インパクトカテゴリのインパクトアセスメント手法の開発」『日本エネルギー学会誌』Vol. 77No. 860、pp.1128-1138、1998年