

# 交通システムLCAにおける情報提示方法の提案：環境ラベルとカーボンフットプリントの応用\*

## Disclosing Method of Environmental Information in Life Cycle Assessment of Transportation Systems : Application of "Environmental Labellings" and "the Carbon Footprint" \*

森本 涼子\*\*・柴原 尚希\*\*\*・上宮田 裕\*\*\*\*・加藤 博和\*\*\*\*\*・渡辺 由紀子\*\*\*\*\*

By Ryoko MORIMOTO\*\*・Naoki SHIBAHARA\*\*\*・Yutaka KANMIYADA\*\*\*\*・Hirokazu KATO\*\*\*\*\*・Yukiko WATANABE\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

地球温暖化への懸念など、環境問題への関心の高まりが社会的に強くなってきている中、「環境へのインパクトが小さい製品や活動とは何か？ また、その根拠は？」を知りたいという要求も高まっているものと考えられる。環境問題に関する様々な書籍の人気などから、そのような要求が行政や企業のみにとどまらず、一般の消費者にも広まっていることがうかがえる。

Life Cycle Assessment(LCA)は、このような社会的要求に対して科学的な情報を提供する方法論となりうる。実際に、工業製品を中心としたLCA適用事例では、その製品の環境インパクトの少なさを改善の取り組みを主張する根拠として用いられ、各社の環境報告書やホームページ上に分析結果が開示されることが多くなってきている。しかしながら、LCAの実施においては様々な仮定やモデル化が行われ、それによって結果が大きく左右されることから、LCAにおいて用いた仮定やモデル化に基づく解釈の限界が受け手に伝わるような情報提供の工夫が必要である。

製品を対象としたLCAでは、事業者を主な対象とした情報提示方法であるエコリーフ<sup>1)</sup>や、消費者向けの情報としてのカーボンフットプリント<sup>2)</sup>などが実用化され、目的に応じた情報提示の方法が整備されてきている。交通システムに関しても、LCA適用が行われているが、推計方法の提案やケーススタディを通じた環境負荷排出量の比較を行う研究が大半であり、情報をいかに提示すべきかについての議論はほとんど行われていない<sup>3)</sup>。

そこで本研究では、交通システムのLCA結果を提示する方法を提案する。その際、信頼性と詳細データを表示する「交通エコレポート」と、わかりやすく入手しやすい「交通カーボンフットプリント」を提案する。

\* キーワーズ：環境計画，地球環境問題，LCA

\*\* 正会員，修(環境学)，名古屋大学大学院環境学研究所  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町，TEL：052-789-3828，  
FAX：052-789-1454，rmori@urban.env.nagoya-u.ac.jp)

\*\*\* 正会員，修(環境学)，名古屋大学大学院環境学研究所

\*\*\*\* 学生会員，学(環境科学)，名古屋大学大学院環境学研究所

\*\*\*\*\* 正会員，博(工学)，名古屋大学大学院環境学研究所 准教授

\*\*\*\*\*非会員，修(環境)，東日本電信電話株式会社

表-1 ケーススタディの概要

	シャトルバス(現行)	LRT(計画)
車両重量[t/台(編成)]	10.7	25.0
平日運行本数[本/日]	332	278
休日運行本数[本/日]	238	278
表定速度[km/h]	10.2	10.2
停留所数[箇所]	7	6
路線延長[km]	1.7	1.7
輸送量[人/日]	5,000	7,000
車両数	9[台]	8[編成]

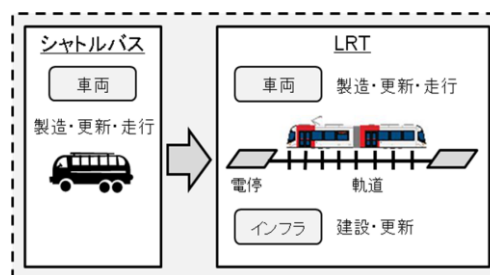


図-1 評価対象範囲の設定

### 2. LCAによる環境負荷推計方法

情報提示方法を検討する対象として、LRT 新設プロジェクトを対象とした評価を著者らが構築している交通LCAの手法<sup>4)</sup>を用いて行う。

#### (1)ケーススタディの概要

大阪府堺市で計画されているLRT整備事業をケーススタディとする。南海本線堺駅から阪堺線大小路電停を経由して南海高野線堺東駅へと至る延長1.7kmの路線である。事業の概要を表-1に示す。LRT導入により、現在同じルートを運行する堺シャトルバスは廃止され、その利用者がLRTに転換すると見込まれている。一方、路線が短いため自動車交通からの転換は生じないとされている。また、LRT整備に伴う車線減少や一方通行化に伴う渋滞は生じないと考えられている。

#### (2)評価対象範囲の設定

図-1にLCAの評価範囲を示す。LRTシステムはインフラ(軌道等の本体構造物や電停等の付帯構造物)と車両か

ら構成される。これらのシステム全体のライフサイクル環境負荷(System Life Cycle Environmental Load ; SyLCEL)を推計する。システムを構成する各要素のライフサイクルは、1)建設・製造、2)供用、3)廃棄の3つのライフステージに分けられるが、3)は既往研究<sup>5)</sup>により微少であることが明らかであるため、本研究ではインフラ建設、車両製造、供用を対象とした環境負荷の合計をSyLCELとして評価する。

一方、現在運行されているシャトルバスも同じくSyLCELを車両の製造・更新および走行に伴う環境負荷として推計する。バスの場合、インフラは既存の道路であるため評価範囲から除外する。

本ケースではシャトルバスの乗客のみがLRTに置き換わるという想定であり、かつ自動車交通へは影響しないと想定できることから、LRTとバスの両システムは完全に代替的であるとして比較可能である。

評価期間は60年とし、ライフタイムはインフラ60年、LRT車両20年、シャトルバス車両10年とする。

### (3)インベントリ分析

推計対象とする環境負荷物質はCO<sub>2</sub>とする。LRT・シャトルバスの各システムについてライフステージ別にインベントリ分析(環境負荷発生量の把握)を行う。推計には日本建築学会作成のCO<sub>2</sub>排出原単位<sup>6)</sup>を使用する。

#### a) LRT

車両製造、走行、軌道建設・維持補修、電停建設について、各パラメータに原単位を乗じて推計する。車両起源のCO<sub>2</sub>はメーカーへのヒアリング調査から得られた材料の使用量に原単位を乗じて推計する。走行段階は渡辺ら<sup>4)</sup>による車両走行あたりの電力消費量1.5[kWh/編成km]を用いて推計する。レール交換は20年に1回とする。

#### b) シャトルバス

車両製造と走行の2点について推計する。バス車両に関する原単位は存在しないため、自動車車体の重量あたり原単位にバス重量を乗じて算出する。大型車の燃料消費率 $FC_i$ [l/km]は大城ら<sup>7)</sup>の走行実験によって得た以下の式(1)を用いる。

$$FC_i = 17.9/v - 9.6v + 0.073v^2 + 560.1 \quad (1)$$

ここで、 $v$  : 平均旅行速度[km/h]

### (4)推計結果

図-2にLRTとシャトルバスのSyLC-CO<sub>2</sub>(SyLCELで評価したCO<sub>2</sub>)推計結果を示す。LRTは現行のシャトルバスに比べて5.7[kt-CO<sub>2</sub>/60年]小さいことが分かる。ここで、LRT導入により輸送(人km)が増加していることから、機能単位をそろえて比較するために、輸送人kmあたりの排出量を算出する。輸送量が全路線断面にわたり一定とすると、LRTは47[g-CO<sub>2</sub>/人km(60年)]、バスは95[g-CO<sub>2</sub>/人km(60年)]となる。

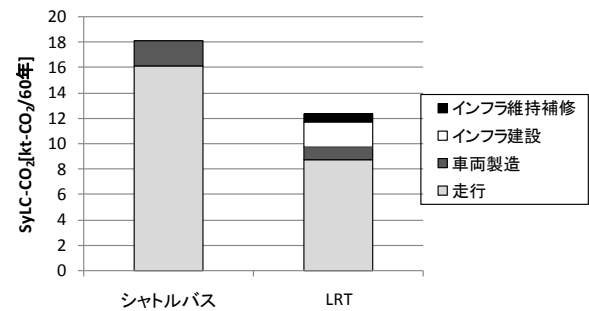


図-2 SyLC-CO<sub>2</sub>推計結果とその内訳

### 3. 事業者向け情報提示：詳細な表示方法の提案

交通システムは、規模が大きく、また計画時に利用状況を予測するのが困難であることなどから、前提条件や仮定は結果に大きな影響を与える。そのため、交通分野の専門家や施策決定者が評価結果を見て判断に用いる場合には、これら不確定要素を明確にした上で、誤解を生じさせないように提示することが必要である。そのため、交通システム LCA の情報開示には、2章で示したような単一の固定的な情報だけでは不十分であり、詳細で多面的な情報を表示する必要がある。そこで、客観性・透明性の高い情報開示であるタイプⅢ環境ラベルを応用した提示方法を提案する。

#### (1)タイプⅢ環境ラベルに則った提示方法

タイプⅢ環境ラベルはISO14040で規定されたLCA手順に従った客観性の高いデータ開示法であり、中立的で信頼性が高い点が特徴とされている。食品の成分表のように、データの判断は購買者にゆだねられる。主にビジネス間(B to B)の情報開示を目的としており、詳細な表示がされるものである。代表的なものとして、(社)産業環境管理協会による「エコリーフ」環境ラベルが実施されている。なお、実際のタイプⅢ環境ラベルとするには第三者認定が必要である。

ここでは、建築分野においてLCAを取り入れた環境ラベリングツールとして利用されている建築物総合環境性能評価システム(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency : CASBEE)<sup>8)</sup>を参考にする。このツールは、

- 1) 建築物のライフサイクルを通じた評価
- 2) 建築物の環境品質・性能(Q)と環境負荷(L)の両側面からの評価
- 3) 環境効率の考え方に基づいて開発された指標「建築物の環境性能効率 (Building Environmental Efficiency : BEE)」を用いた施策評価

という3つの理念を実現するシステムとして開発されている。評価結果として、タイプⅢ環境ラベルに準じた、

LCI(Life Cycle Inventory)による各環境負荷物質排出量の推計結果と、その他の局所的な環境要素(室内環境等)が1つのシートにまとめられ、さらにレーダーチャートでの表示や、環境性能効率での評価が併記されている。

CASBEEのように、環境負荷だけでなく他の評価要素も合わせて提示することは、交通システムにおいても必要である。なぜなら、交通システムの計画においても、環境負荷は評価全体の側面ではなく、一般には他の様々な性能やコストがより重要視されるからである。さらに、前述のように交通システムは外部への波及効果が大きいことから、評価バウンダリ設定によっては全く異なる結論に至る可能性もある。

以上から、交通システムのLCA結果提示においては、

- 1) 使用原単位とそのバックグラウンドデータの開示
- 2) 評価結果の不確実性とその発生要因の表現
- 3) 性能を考慮した環境効率による評価
- 4) 波及効果考慮の考え方(評価バウンダリ)の明示が必要である。

(2)LCA 結果提示シート「交通エコレポート」

著者らは、LCA 結果の提示に必要な要素を考慮し、交通システムの LCA 結果提示シートである「交通エコレポート」のひな形を提案している<sup>9)</sup>。本研究のケーススタディについて交通エコレポートを作成した結果を図-3に示す。エコレポートは4ページで構成され、ページを追うごとに結果が詳細に提示されるよう工夫している。具体的な記載内容を以下に解説する。

1 ページ

最も基本的な情報を提示している。評価対象の概要が説明され、想定されている条件下でのライフサイクル環境負荷(人 km あたり)試算結果を示している。従来のLCA ではここまでしか提示されていないのが普通であり、2章で示した結果が相当する。

2 ページ

種々の要素についての感度分析を行い、それぞれの値

の変化によってどのように結果が変化するかを示している。また、誤差による値の幅を持たせた感度分析や環境効率による評価を示している。評価結果に与える影響が大きい要素やその程度のチェックが可能である。

3 ページ

「資材投入」「建設・製造」「運用」「維持補修」といったライフステージごとに用いた標準原単位を示している。そのため、利用者がそれらの組み合わせで結果を再現したり、設定を変えて分析したりできる。さらに、CO<sub>2</sub>以外にも SO<sub>x</sub> や NO<sub>x</sub> といった局地環境問題を引き起こす負荷物質も併せて提示すれば、複数の環境負荷を統合化して評価する際の有益な情報となる。

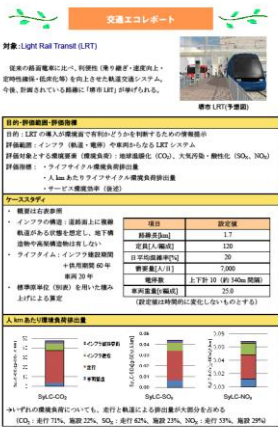
4 ページ

データの引用元や結果を利用する際の注意事項を示している。同じような分析を実施したい利用者にとって有用である。

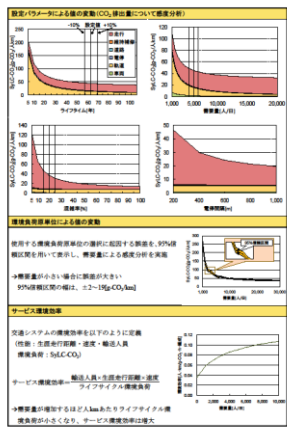
以上の点の考慮により、交通システム導入について環境側面から検討するための情報がコンパクトにまとめられている。この結果を、事業実施の環境側面からの妥当性判断や改善策検討の材料とすることができる。また、推定における想定に応じて、各段階からどの程度環境負荷が排出されるかが詳細に示されているため、地域住民などへの説明にも有用である。

4. 消費者向け情報提示：わかりやすい表示方法の提案

タイプⅢ環境ラベルは、包括的で大量の定量データを開示するため信頼性が高い反面、解釈が難しい情報であることから、専門家・実務者以外に理解してもらうのが困難である。消費者向けの情報開示には、正確でわかりやすく入手しやすい、インパクトのあるものが必要である。そこで「CO<sub>2</sub>の見える化」手法として推進されているカーボンフットプリントを、交通システムに導入する方法を検討する。



1 ページ



2 ページ

表1: CO<sub>2</sub>排出原単位(人kmあたり)に関する感度分析結果

ライフステージ	項目	原単位	感度	単位
インフラ	建設	1.34	4.6%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	製造	1.86	5.7%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	運用	2.81	8.8%	kgCO <sub>2</sub> /人km
車両	建設	1.36	4.2%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	製造	1.86	5.7%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	運用	2.81	8.8%	kgCO <sub>2</sub> /人km
合計	6.02	18.7%	kgCO <sub>2</sub> /人km	

3 ページ

表2: CO<sub>2</sub>排出原単位(人kmあたり)に関する感度分析結果 (続)

ライフステージ	項目	原単位	感度	単位
インフラ	建設	1.34	4.6%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	製造	1.86	5.7%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	運用	2.81	8.8%	kgCO <sub>2</sub> /人km
車両	建設	1.36	4.2%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	製造	1.86	5.7%	kgCO <sub>2</sub> /人km
	運用	2.81	8.8%	kgCO <sub>2</sub> /人km
合計	6.02	18.7%	kgCO <sub>2</sub> /人km	

4 ページ

図-3 交通エコレポート



### (1)カーボンフットプリントに則った提示方法

カーボンフットプリントはLCAによるCO<sub>2</sub>排出量推計結果を表示するものである。特徴として、1)地球温暖化に特化している、2)身近に売られている食品・日用品を対象としている、3)製品に直接表示する、点が挙げられる。カーボンフットプリントの狙いは消費者がCO<sub>2</sub>排出の少ない商品を選択できることである。それにより生産者の削減努力を促進し、消費者・生産者が相互に社会全体のCO<sub>2</sub>排出量削減に向かうことが期待されている<sup>2)</sup>。

2007年からイギリスをはじめとして、ドイツ、スウェーデン、フランス、韓国などで導入が進められ、各国で制度として確立されつつある。日本では、2008年に実用化に向けた展示会が開催され、2009年3月には「カーボンフットプリント制度商品種別算定基準策定規定」が定められた。

交通は消費者の生活に密接しており、すでに走行の原単位比較などは鉄道会社の環境PRなどに利用されている。アメリカでは、交通システムを含んだ各都市のカーボンフットプリントの報告<sup>10)</sup>も存在する。このことから、表示の対象としても適していると考えられる。

### (2)交通カーボンフットプリント

交通LCAでは、評価のベースとなる性能指標としての機能単位は人kmとすることが一般的である。また、サービスであるため商品として直接表示する場所がない。一方、カーボンフットプリントは通常製品当たりのライフサイクルにわたるCO<sub>2</sub>排出総量を製品に直接表示する。よって、本稿では、人kmベースで整備されたLCI原単位に、1人の利用区間の距離を乗じたCO<sub>2</sub>排出量を、乗車券、もしくは運賃表に表示する方法を提案する(図-4・図-5)。x駅からy駅までαkmの場合は、CO<sub>2</sub>βgと乗車券に表示されることとなる。

### (3)解釈における課題

交通システムは製品と異なる特徴を持っていることから、それに伴う課題も生じる。まず、カーボンフットプリントは、消費者が購買する商品をCO<sub>2</sub>排出量の視点から選択可能とするための情報提示法であるが、交通システムは、比較して選択するほどの代替手段が存在しないことが多い。比較するとすれば鉄道と自動車など異なる交通機関どうしとなるが、算定基準は交通機関ごとに策定するため、その基準がそろっていないものを比較することはできない。しかし、カーボンフットプリントとして表示してしまえば、消費者はこのことを理解することなく、他の交通機関と比較するおそれがある。加えて、影響範囲の大きさやライフタイムが対象とする路線・区間やサービス内容によって異なることも問題である。

また、製品に比べてライフタイムが長く、その間に需要変動や技術革新などが十分に考えられる。例えば乗車人員が異なれば、人kmあたりに割り当てられるCO<sub>2</sub>



図-4 交通カーボンフットプリントの例(乗車券)

360	270	220	160	A駅
270	270	160	B駅	70.2
220	200	C駅	63.2	133.4
160	D駅	112.4	175.6	245.8
E駅	72.9	185.3	248.5	318.7

左上:運賃(小児半額10円未満切り上げ)  
右下:CF(カーボンフットプリント)[g-CO<sub>2</sub>]

図-5 交通カーボンフットプリントの例(運賃表)

排出量は変化する。LCAにおいてこれら要素は仮定を置いてシナリオ分析を行うしかないが、カーボンフットプリントのようなCO<sub>2</sub>排出総量の表示のみでは前提条件を提示することは難しい。追加情報を開示することは可能だが、直接の表示でなくなるため、見てもらえない可能性がある。恣意的な推計条件設定が行われるのを防ぐための制度が必要である。

### 参考文献

- 1) 神崎昌之：タイプIII環境ラベル「エコリーフ」の現状と展望，日本LCA学会誌，Vol.5，No.2，pp.212-219，2009.
- 2) 稲葉敦 編著：カーボンフットプリント—LCA評価手法でつくる，製品別「CO<sub>2</sub>排出量見える化」のしくみ—，工業調査会，2009.
- 3) 加藤博和，柴原尚希：都市・社会資本・交通を対象としたライフサイクルアセスメント研究の現状と課題，土木計画学研究・講演集，Vol.33，CD-ROM(34)，2006.
- 4) 渡辺由紀子，長田基広，加藤博和：LRTシステム導入の環境負荷評価—代替輸送機関との比較と環境効率の適用—，日本LCA学会誌，Vol.2，No.3，pp.246-254，2006.
- 5) 稲村肇，M.Piantanakulchai，武山泰：高速道路と新幹線のライフサイクル炭素排出量の比較研究，運輸政策研究，No.15，pp.11-22，2002.
- 6) 日本建築学会：LCAデータベース1995年産業連関分析データ版Ver.2.2，2003.
- 7) 大城温，松下雅行，並河良治，大西博文：土木技術資料，43(11)，pp.50-55，2001.
- 8) 財団法人建築環境・省エネルギー機構：CASBEE建築物総合環境性能評価システム，財団法人建築環境・省エネルギー機構，(オンライン)，入手先<<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/index.htm>>，(参照2007-3-8).
- 9) 柴原尚希，渡辺由紀子，森本涼子，加藤博和：交通システムLCAにおける評価の不確実性を考慮した情報提示の方法論：「交通エコレポート」の提案，日本LCA学会誌，Vol.5，No.2，pp.231-236，2009.
- 10) Brookings Institution：“BLUEPRINT FOR AMERICAN PROSPERITY” Shrinking the Carbon Footprint of Metropolitan America，2008.

<sup>i</sup> 日本の計算規則書である「カーボンフットプリント制度のあり方(指針)」では、京都議定書に示された地球温暖化に関する6種のガスを対象とし、IPCC報告書の100年係数でCO<sub>2</sub>に換算することとされているが、本稿ではCO<sub>2</sub>のみを対象としている。