

Life Cycle Assessment of an Inter-regional High-speed Railway Project  
Applying a Damage-calculated Impact Assessment Method\*

加藤 博和\*\*・柴原 尚希\*\*\*

By Hirokazu KATO\*\* and Naoki SHIBAHARA\*\*\*

1. はじめに

建設分野におけるプロジェクト実施に伴う環境負荷評価における Life Cycle Assessment (LCA)適用は、近年多くの研究がなされてきているが、いまだ解決されていない課題も数多い<sup>1)</sup>。その1つとして、ほとんどの研究がCO<sub>2</sub>排出量やエネルギー消費量を推計する Inventory Analysisにとどまっており、ISOによるLCAの規定にも示されているような、各種環境負荷の網羅的な Inventory Analysisと、それらを統合評価する Impact Assessment (LCIA)についてはほとんど実施されてきていないことが挙げられる。理由として、建設分野におけるLCA適用の主目的が温室効果物質削減や省エネルギーであったため、環境負荷原単位の整備がCO<sub>2</sub>・エネルギーに集中したことや、統合評価に関する研究が進んでいなかったことが考えられる。

一方、製品評価の分野では既に国内外で多くのLCIA手法が提案・活用されている。それらは「問題比較型」と「被害算定型」に大きく分けられる。その違いを図1に示す。従来は問題比較型が多かったが、1)得られる統合値が単なる点数にすぎず、環境がどの程度悪化するかの具体的な情報が何ら得られない、2)異なる環境問題間の重み付けをアンケート調査等で決定するが、回答者がそれに適切に答えられるかどうか保証がない、といった問題が指摘されてきた。そのため、環境負荷発生に伴う被害の定量的評価結果(例えば、熱中症患者が何人増える

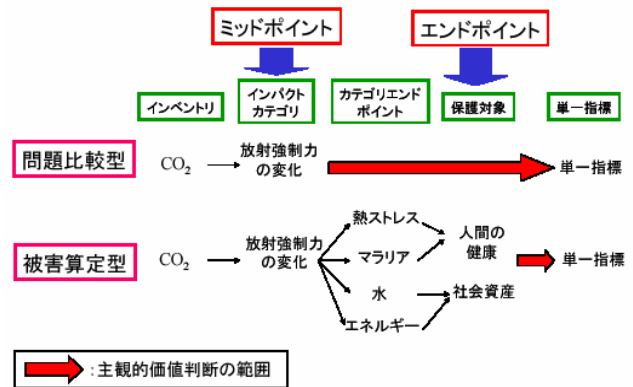


図1 LCAにおける影響評価手法の比較<sup>2)</sup>

か、白内障が何ケース増えるか、など)をベースとしてグルーピングや統合化を検討する被害算定型のアプローチが現在では注目されている。日本においても経済産業省主導で1998年に始まったLCA国家プロジェクトの一環として、日本版被害算定型影響評価手法(Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling: LIME)が(独)産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センターによって開発されている。その内容は、同じく整備された Inventory データとともに、(社)産業環境管理協会が事務局となってLCAデータベースとして2003年度に試験公開が行われ、2004年度からは本格公開が行われている<sup>3)</sup>。

そこで本研究では、地域間高速鉄道整備を対象としたLCAにLIMEの導入を試み、それによって得られる値および本方法適用の意義について解釈することを目的とする。

2. ケーススタディの概要

ケーススタディとして北陸新幹線を取り上げる。北陸新幹線は、東京都を起点とし、上越新幹線高崎駅で分岐して、長野市、富山市、小浜市付近を通過し、大阪市を終点とする延長約700kmの路線であ

\*キーワード：環境計画，LCA，地球環境問題

\*\*正会員，博（工），名古屋大学大学院  
環境学研究科 都市環境学専攻 助教授  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町，  
TEL:052-789-5104，FAX:052-789-3837，  
E-mail:kato@genv.nagoya-u.ac.jp)

\*\*\*正会員，修（環境），三重交通(株)経理部会計課

る。東京～高崎間は東北・上越新幹線と共用であり、独自の路線長は約 600km である。高崎～長野間（117km）は 1997 年にすでに開業している。長野～敦賀間のルートは確定しており、工事が着工している区間もあるが、敦賀以西のルートについては未定である。山間部が多いために建設段階での環境負荷が多くなる一方で、東海道新幹線ほどの需要は見込めず、供用後発生する環境負荷は相対的に少なくなることから、インフラ部分も考慮に入れた LCA の適用が有効であると言える。

### 3 . LCA の手順および諸仮定

著者らが既報<sup>4)</sup>で算定した新幹線鉄道の各主要構造要素に関する標準化原単位を用いて、まず 1)北陸新幹線の LC-CO<sub>2</sub> を積み上げ法によって推計し、次に 2)他の環境負荷 (NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O) についても同様に LCI を実施する。さらに 3)LIME を適用して統合化を行う。なお、本研究では環境負荷原単位として日本建築学会<sup>5)</sup>によるものを用いる。この理由として、1)最新の 1995 年産業連関表をもとに作成されていること、2)内包環境負荷が考慮され、なおかつ物量ベースに換算済みであること、3)分類が約 500 と細かい上に、運搬車両や施工機械といった建設分野にとって好都合な分類が含まれていること、が挙げられる。なお、本研究で扱う環境負荷物質は、上記で原単位が推計されている物質である。

ライフタイムは、インフラを 60 年、車両を 20 年と仮定し、北陸新幹線をシステム全体として見た場合は 60 年とする。

未開業区間のインフラの構造種別は、着工区間については決定しており、パンフレット等で公開されている。未着工区間については、各県と(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構北陸新幹線第二建設局へのヒヤリングによると、トンネル/明かりの区別のみが決定されている段階であるため、明かり区間の構造の詳細(高架橋、橋梁、土工)は、着工区間における各構造の比率と地形を参考に本研究で独自に

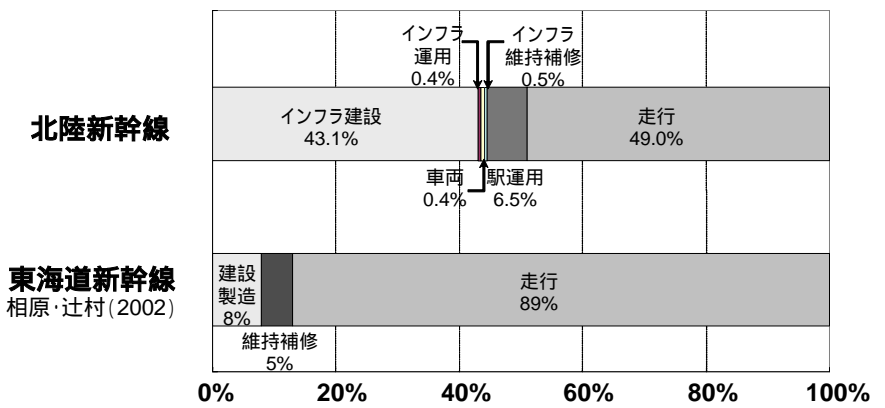


図 2 北陸新幹線の LC-CO<sub>2</sub> 推計結果 (東海道新幹線との比較)

(注) インフラ：高崎～新大阪間、走行：東京～新大阪間を計上

設定している。

車両数・運行本数については、北陸新幹線建設促進同盟会<sup>6)</sup>により想定されている輸送密度(約 32,000[人 km/km 日・往復])を基に決定する。既開業区間や東北新幹線・九州新幹線の例を見ても明らかのように、新幹線の場合、地下鉄や都市近郊鉄道と異なり、特定時刻のダイヤが他と比べ著しく密になるというわけではなく、せいぜい 1~2 本多い程度と考えて、需要を各時間帯へ割り振る。また、北陸新幹線の輸送密度は末端部に向けて漸減するような傾向とはならないと予想されることから、簡略化のため各断面の運行本数を一定(すなわち、全線直通運転)と仮定する。さらに、ライフタイムにわたり輸送密度が変化せず、車両諸元を 10 両 1 編成(定員 815 人)として、運行本数を 70[本/日・往復](最大 3[本/h])と設定する。これによる必要車両数は 23[編成]と計算される。

### 4 . LC-CO<sub>2</sub> の推計結果

図 2 に北陸新幹線システム全体での LC-CO<sub>2</sub> の推計結果を示す。総排出量は約 650 万[t-C/60 年]で、相原・辻村<sup>7)</sup>による東海道新幹線の LC-CO<sub>2</sub> 推計値である約 1,290 万[t-C/60 年]の約半分となっている。インフラ建設段階の割合が約 43%を占める一方、走行段階の割合は約 49%であり、これは東海道新幹線の半分程度にとどまっている。このことから、整備新幹線のライフサイクル環境負荷低減においてはインフラ建設時の検討がより重要であることが確認できる。

さらに、北陸新幹線・東海道新幹線の LC-CO<sub>2</sub> を

人 km、座席 km ベースに換算した結果を表 1 に示す。北陸新幹線は、CO<sub>2</sub> 排出総量では東海道新幹線の半分程度であるものの、逆に人 km ベースで比較すると倍以上となる。この差は主に輸送人 km の違いによって生じるものであるが、建設段階の CO<sub>2</sub> 排出量の多さも一因となっている。

表 1 東海道新幹線と北陸新幹線との LC-CO<sub>2</sub> の比較

	東海道新幹線	北陸新幹線	北陸 / 東海道
総量 [Mt-C/60 年]	12.9	6.5	50%
人キロあたり [g-C/人 km]	5.4	13.2	244%
座席キロあたり [g-C/座席 km]	3.5	7.2	206%

### 5 . 多種環境負荷の推計結果

CO<sub>2</sub> に NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O を加えた 5 つの環境負荷物質を対象とした Inventory を行った結果を図 3 に示す。

CO<sub>2</sub> 以外は排出量の絶対値は圧倒的に少ない。段階別シェアをみると、CO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub> に関しては CO<sub>2</sub> と同様の傾向となっている。NO<sub>x</sub> についてはインフラ建設段階の割合がやや大きい。これは、資材消費におけるコンクリートの原単位と、施工・運搬における機械およびその稼働のための軽油の原単位が大きいことが影響しているためである。N<sub>2</sub>O についてはインフラ建設段階が卓越しているが、これは走行や駅運用のための電力の原単位が、他と比べ圧倒的に小さいことが理由である。

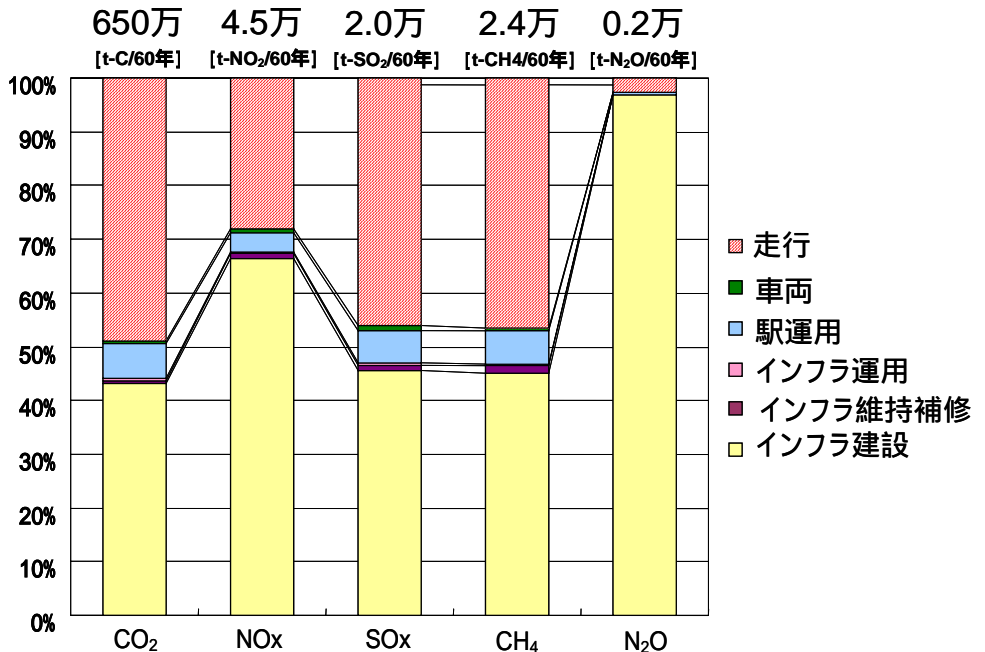


図 3 北陸新幹線のライフサイクル環境負荷推計結果

### 6 . 被害算定型影響評価手法による統合化

LIME では、各種環境負荷の統合評価値が「保護対象への被害量」として算定される。さらに、各保護対象に対しては、コンジョイント分析によって算出された重みづけ値（貨幣価値換算値および無次元値）が示されており、これによって単一指標に統合化することができる。以上の過程を図 4 に示す。

保護対象として、1)人間健康、2)社会資産、3)一次生産、4)生物多様性、が想定されている。ただし、

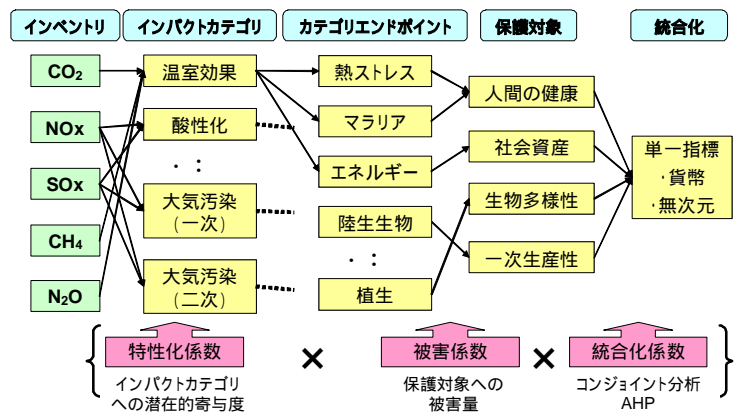


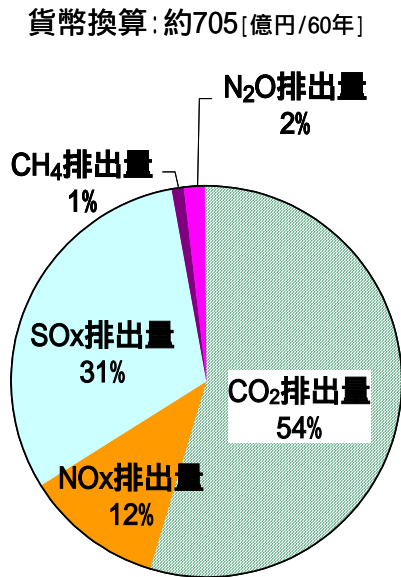
図 4 日本型被害算定型影響評価手法(LIME)の本研究への適用

本研究で対象とした環境負荷物質については 4)生物多様性に及ぼす影響値は掲載されていないため、1)～3)について被害量の算定を行う。

1)人間健康：影響を表す指標として、DALY（障害調整生存年：Disability Adjusted Life Year）が採用されている。これは、環境負荷によって死亡リスクが上昇することによる損失余命の増加に加え、死亡に至らない障害等による生活の質(Quality Of Life)の損失についても、結果的に余命が短くなったことと同等ととらえて算定に含める方法である。

**表2 北陸新幹線がライフサイクルで各保護対象に及ぼす被害量（金額ベース）**

保護対象	被害量	
人間健康	4,604	[年/60年]
社会資産	257	[億円/60年]
一次生産	17	[Mt/60年]



**図5 北陸新幹線による環境負荷発生統合化結果と物質別内訳**

2)社会資産：水産資源・農業資源・森林資源・水資源・鉱物資源・化石燃料といった人間社会を支えるに必要不可欠な要素を意味するものであり、これらが受ける被害額[円]で評価される。

3)一次生産：植物が光合成によって作り出す有機物のことであり、生態系のエネルギーフローの重要な基盤である。これらが受ける被害量[t]で評価される。

以上に示した LIME の手法にのっとり、LCA 試験公開データベースの値<sup>8)</sup>を用いて、北陸新幹線がライフサイクル 60 年で保護対象に及ぼす被害量を算定した結果を表 2 に示す。さらに、貨幣価値評価された環境負荷統合化結果（すなわち環境負荷による被害総額）は約 705[億円/60年]となる。図 5 に環境負荷物質別の内訳を示す。排出総量が圧倒的に大きい CO<sub>2</sub> が約 54%を占める。次に SO<sub>x</sub> が約 31%を占める。排出量は CO<sub>2</sub> の 300 分の 1 以下である SO<sub>x</sub> が被害額全体約 3 割を占めるのは、都市域大気汚染（二次）被害の統合化係数が大きいこと

に由来する。さらに、排出量が CO<sub>2</sub> の 3000 分の 1 以下である N<sub>2</sub>O が被害額としては全体の約 2%に達する。これは、N<sub>2</sub>O の地球温暖化への寄与度が CO<sub>2</sub> と比べて約 300 倍大きいためである。

## 7. おわりに

本研究では、地域間高速鉄道整備プロジェクトの環境負荷評価に被害算定型影響評価手法を導入した LCA を適用した。その結果、各保護対象の具体的な被害量が算定できるとともに、それらを貨幣換算して統合化することにより、全体の被害額が算出された。本試算では被害額ベースで CO<sub>2</sub> と NO<sub>x</sub>・SO<sub>x</sub>・CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>O の合計とが拮抗しており、排出総量が微々たる環境負荷物質であっても被害額にすれば無視できない値となっていることが示され、多種環境負荷の Inventory と Impact Assessment を行うことの意義が確認できた。

### 参考文献

- 1) 加藤：交通活動に伴う環境負荷のライフサイクル評価手法、環境科学会誌、Vol.17、No.2、p.141-145、2004
- 2) 伊坪：人間の健康影響評価とその被害指標、第1回日本版被害算定型影響評価ワークショップ、2002
- 3) LCA日本フォーラム・ホームページ <http://www.jemai.or.jp/lcaforum/index.cfm>
- 4) 柴原・加藤・狩野：LCAに基づく標準化原単位を用いた鉄軌道システムの環境性能評価手法、土木学会第31回環境システム研究論文発表会講演集、pp.167-172、2003
- 5) 日本建築学会：LCAデータベース 1995年産業関連分析データ版Ver.2.2、2003
- 6) 北陸新幹線建設促進同盟会：北陸新幹線の需要予測等に関する調査報告書、p.55、1998
- 7) 相原・辻村：東海道新幹線のLCA手法による環境負荷の基礎的検討、鉄道総研報告、Vol.16、No.10、2002
- 8) 産業環境管理協会：LCA試験公開データベース（2003年12月7日付）