

鉄道整備が環境に与える影響の計測手法に関する研究

○ [土] 森田 泰智 東 優 (鉄道・運輸機構)

山崎 敏弘 (鉄道・運輸機構)

A Study on Method of Measuring Effect Railway Projects on the Environment

○ Yasutomo Morita, Masaru Higashi, Toshihiro Yamasaki,
(Japan Railway Construction, Transportation and Technology Agency)

It has been expanding the environmental consciousness on a global scale, the railway has been drawn attention as the environmentally-friendly transportation system. However, it has been discussed in terms of operating stage, studies that evaluate the environmental impacts through their whole life cycle are few. Therefore, this study tries to apply the Life Cycle Assessment (LCA), in order to estimate the total environmental load from the construction to disposal.

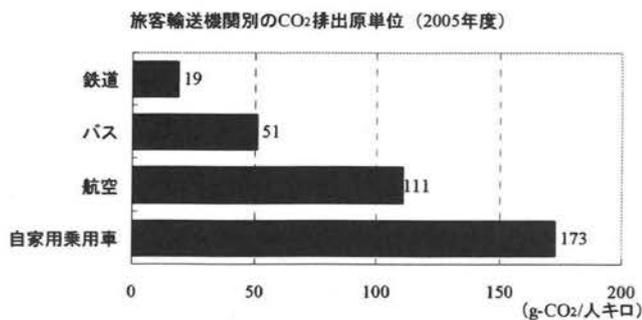
キーワード : LCA (ライフサイクルアセスメント), 環境負荷

Key Words : LCA : Life Cycle Assessment, Environmental Load

1. はじめに

地球規模で環境意識 (CO₂ 削減等) が高まる中, 鉄道は他の交通機関と比べて, 運行 (走行) 時に排出する環境負荷量 (図 1) が少ない「環境にやさしい交通機関」として注目されているが, これは, 交通機関が運行時に排出する環境負荷量に着目した計測結果であり, 建設~廃棄までの全過程を通して環境負荷量を計測しているものではない。また, この全過程を通しての研究事例^{2)~8)}は少ない現状である。

そこで本研究では, LCA (ライフサイクルアセスメント) の考え方を導入し, 建設から廃棄までの全過程を通じて, 鉄道が環境に与える影響の計測手法について研究を行った。

図1 運行段階における交通機関別 CO₂ 排出量

2. LCA

LCA は, 製品などの環境影響を全ライフサイクル (いわゆる「揺りかごから墓場まで」) を通じて評価するものである。具体的には, 製品などを製造するための資源採取から始まり, 寿命を終えた製品が廃棄され環境に戻るまでのライフサイクルにわたる環境負荷を計測し, 環境に対する影響 (インパクト) を評価するものである。

本研究では, 上記の考え方を鉄道整備プロジェクトに適用し, 鉄道施設の建設, 車両の製造から維持管理, 運行, 廃棄までの鉄道のライフサイクルを考慮した環境負荷量の計測手法について検討を行った (図 2)。

3. 環境負荷の計測手法

3.1 構造物別環境負荷原単位の設定

本研究で評価対象とする項目は, 本体構造物, 付帯構造物, 車両とし, 「建設・製造段階」, 「維持管理・運用段階」, 「廃棄段階」の各段階に分けて, 環境負荷量の計測を行っ



図2 LCAにおける環境負荷量の計測範囲

表 1 鉄道のライフサイクルの構成要素

評価対象項目		対応する区分		
本体構造物	<ul style="list-style-type: none"> ● 土構造物 (盛土, 切土) ● 橋りょう (高架橋, 橋りょう) ● トンネル (NATM, シールドトンネル, 開削トンネル) 	建設段階	資材消費	
			資材運搬	
付帯構造物	<ul style="list-style-type: none"> ● 軌道 (スラブ軌道, バラスト軌道) ● 駅施設 ● 電気施設 (電路設備, 変電設備, 信号設備, 通信設備, 車両設備) 	建設段階	資材消費	
			資材運搬	
		車両基地	建設段階	施工
				維持管理・補修段階
車両	車両本体	製造段階	資材消費	
			加工組立	
		維持管理・補修段階		
		運行段階		
		車両廃棄段階(解体, 廃棄)		

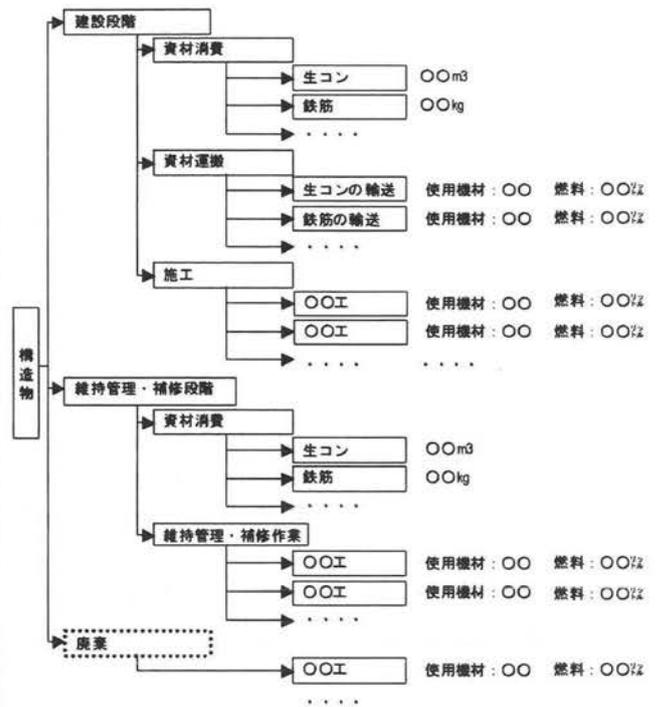


図 3 構造物別環境負荷原単位の設定フロー

合った運行本数を設定し、想定されるランカーブ（運転曲線）から、1 運行あたりの消費電力量を算出し、消費電力量あたりの環境負荷原単位を乗じることで、運行段階の環境負荷量を推計した。

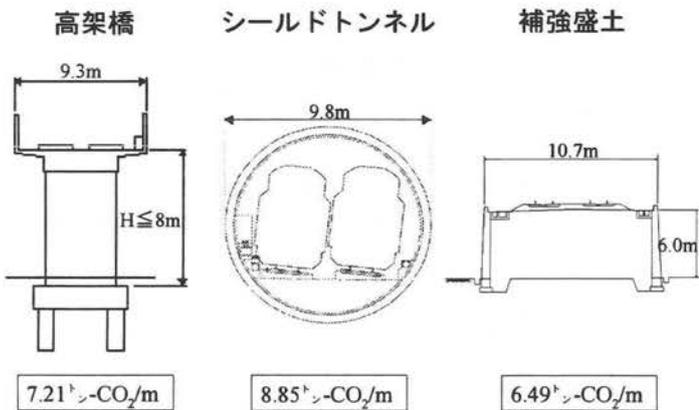


図 4 建設段階の構造物別環境負荷原単位の設定例

た (表 1)。その際、標準的な構造物・車両等を想定して、建設、維持管理、運用の各段階で必要な資材量やエネルギー量等を算出し、土木学会、建築学会等が査定した環境負荷原単位^{9)・10)}を乗じることにより、構造物別環境負荷原単位の設定を行った (表 1, 図 3, 4)。

3.2 運行段階における環境負荷量の推計方法

運行段階における環境負荷量は、新設路線が有る場合と無い場合の鉄道利用者数を推計し、それらと環境負荷原単位を用いて、環境負荷量を推計した。

鉄道利用者数は、鉄道経路選択モデルより、路線別利用者数とゾーン別の駅利用者数 (駅アクセス交通量) を推計した。また、環境負荷量は、推計された鉄道利用者数に見

4. 構造要素別環境負荷量の試算

本研究では、東京圏の放射状路線の一路線 (輸送人員約 9 万人/日程度、鉄道不便地域解消路線) を対象として、ケーススタディを実施し、本体構造物、付帯構造物、車両 (製造～廃棄)、運行、維持管理の各段階における環境負荷量を推計した (図 5)。なお、推計にあたってのライフサイクルタイムは 30 年及び 50 年とし、本体構造物の廃棄はみていない。

図 5 より、ライフサイクルタイム (50 年) 全般にわたる累積排出量をみると、供用開始後 22 年前後より、構造物 (本体構造物+付帯構造物) の CO₂ 排出量を車両や運行、維持管理による排出量が上回ることが分かる。

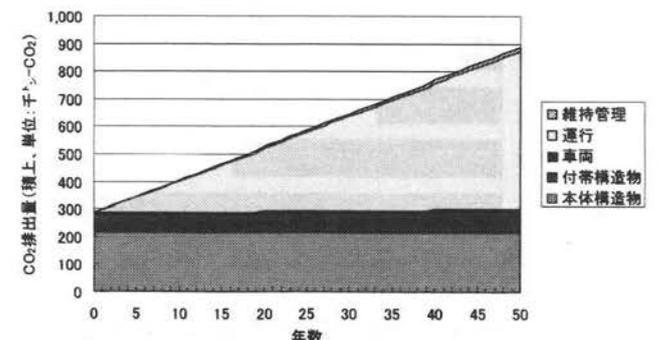


図 5 ライフサイクル (50 年間) における累積 CO₂ 排出量

5. 拡張 LCA の概念

更なる研究として、鉄道整備に伴う自動車交通への影響にも計測範囲を拡大し、環境に与える影響の試算を行った(図 6)。

自動車の走行段階における環境負荷量は、自動車交通量配分モデルより、自動車の経路別交通量及び平均走行速度を推計し、経路別交通量に速度区別の環境負荷量排出原単位を乗じることにより推計した(図 7)。

6. 拡張 LCA によるケーススタディ

拡張 LCA による検討では、鉄道整備が環境に与える影響について、以下の3つの着眼点を設定した。

- ・ 着眼点 1: これから整備する鉄道が、CO₂ 排出量の削減に寄与できるか。
- ・ 着眼点 2: どのルート(線形、構造形式等)が、最も環境負荷量が少ないか。
- ・ 着眼点 3: 交通インフラを整備する場合、どの交通機関が最も環境負荷量の少ない交通機関か。

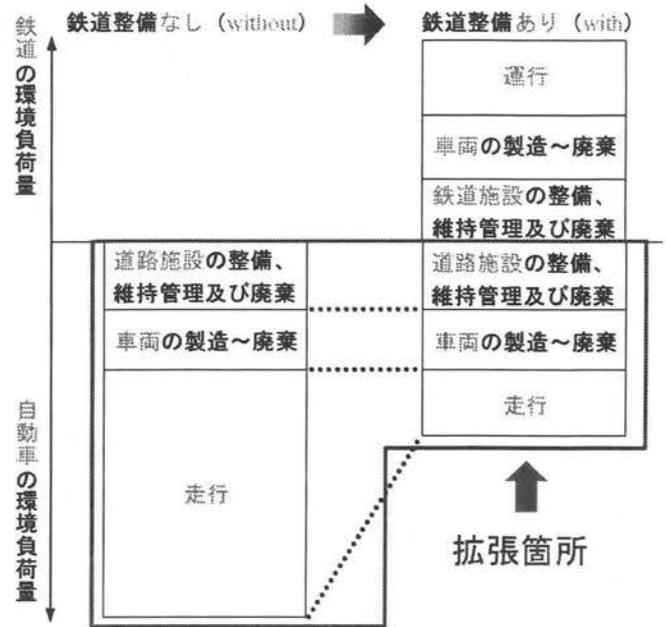


図 6 拡張 LCA の概念図

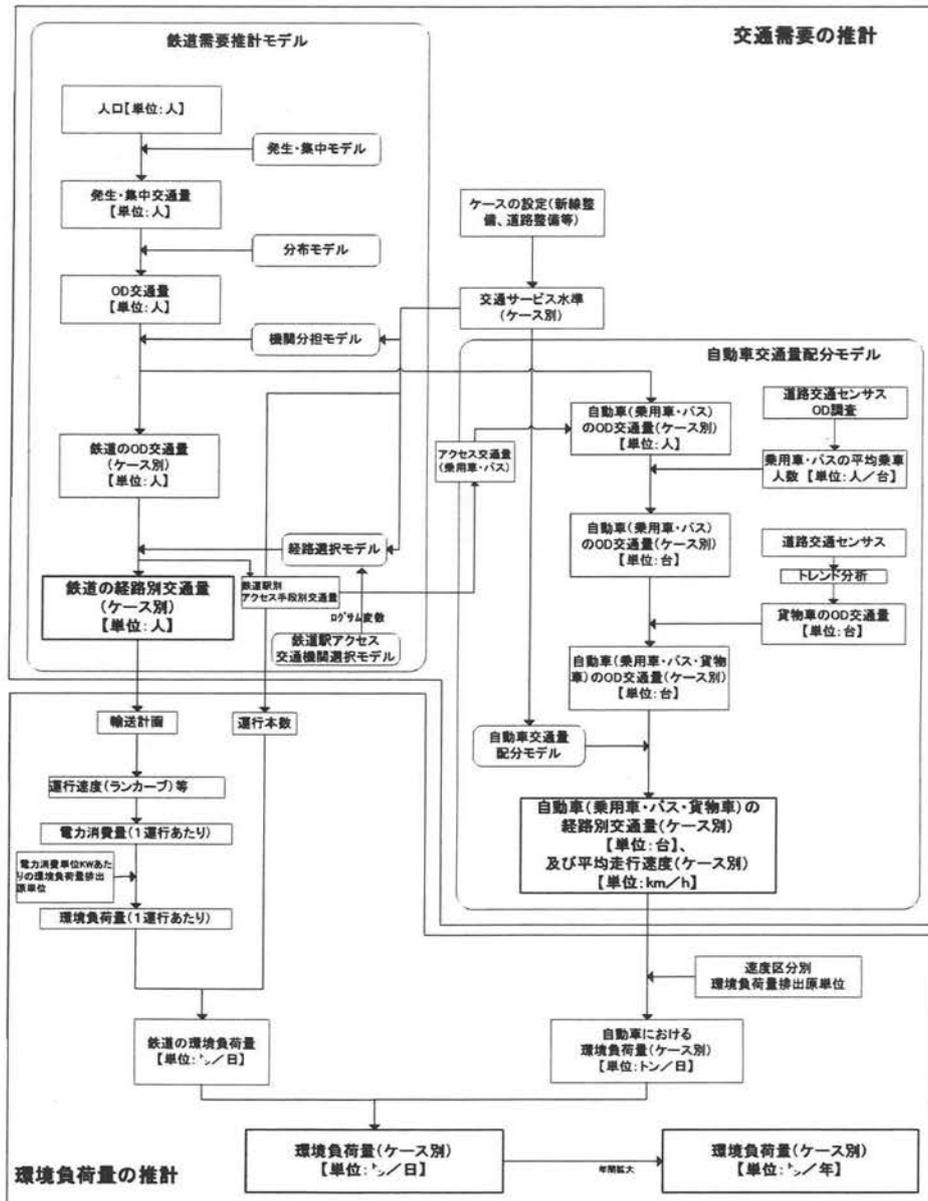


図 7 拡張 LCA に対応した鉄道・自動車の運行段階の環境負荷量推計フロー

本研究では、上記の着眼点のうち、着眼点 1 と着眼点 3 について前記の路線を対象として、ケーススタディを行った。

6.1 着眼点 1 による分析結果

着眼点 1 による分析では、ケーススタディ路線の構造物の建設、維持管理、車両の製造、運行における CO₂ 排出量、また、影響を受ける他の周辺鉄道路線の CO₂ 排出量の変化を考慮している。さらに、自動車においては、代表交通機関としての CO₂ 排出量の変化、駅アクセス交通としての CO₂ 排出量の変化を考慮した。

分析の結果、ケーススタディ路線は、鉄道不便地域への路線整備であり、自動車から鉄道への転換量が多い路線であることから、鉄道建設も含めた CO₂ 削減効果が確認された (図 8)。

6.2 着眼点 3 による分析結果

着眼点 3 による分析では、仮に鉄道ではなく、交通不便地域まで高速道路等を整備し、同じ輸送量をバスで運んだ場合を想定し、鉄道とバスのどちらが、どれだけ環境効率が良いかを算出した。

分析の結果、鉄道はバスと比べて、「環境にやさしい交通機関」であることを確認した (図 9)。

7. おわりに

本研究では、LCA の考え方を導入し、「建設～廃棄まで」の全過程にわたって鉄道が環境に与える影響を定量的に推計した。

本論文で示したケーススタディ路線以外で、路線特性に

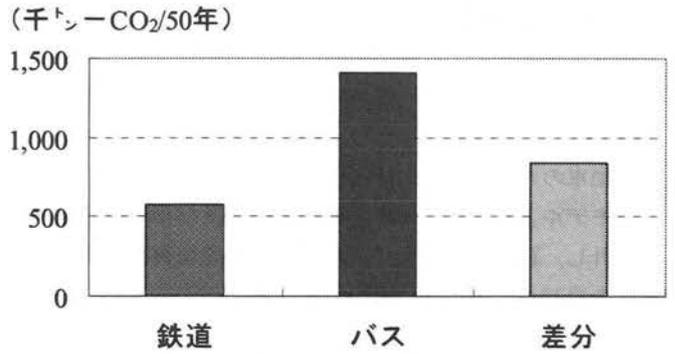


図 9 着眼点 3 による分析結果

よっては、自動車から鉄道への転移が少なく、鉄道建設も含めると、CO₂ 削減には至らない路線もみられた。それでもなお、他モードと比較すると、十分に「環境にやさしい交通機関」であることが確認できた。

謝辞：本研究の遂行にあたっては、加藤博和名古屋大学大学院准教授をはじめ、名古屋大学の関係者のご助言を賜った。ここに、記して深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 井村秀文編著：建設の LCA, オーム社, 2001.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 柴原尚希, 加藤博和, 狩野弘治：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) 加藤博和, 柴原尚希：公共交通整備計画評価への LCA 適用—超伝導磁気浮上式鉄道を例として—, 日本 LCA 学会誌, Vol.2, No.2, pp.166-175, 2006.
- 6) 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, 4page, 2006.
- 7) 柴原尚希, 加藤博和, 渡辺由起子：LCA を用いた地域間高速鉄道整備代替案の環境効率比較, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, 4page, 2006.
- 8) 柴原尚希, 加藤博和：地域間高速交通機関整備の地球環境負荷からみた優位性評価手法, 土木計画学研究・講演集, Vol.37, 4page, 2008.
- 9) 土木学会：第 4 回地球環境シンポジウム講演集, 1996.
- 10) 建築学会：建物の LCA 指針, 1999.
- 11) 土木学会地球環境委員会 LCA 評価・環境パフォーマンス評価研究小委員会編：ISO-14030-40 の規格化による建設業の環境パフォーマンス評価とライフサイクルアセスメント, 鹿島出版会, 2000.

「鉄道整備あり」－「鉄道整備なし」の CO₂ 排出量

(千トン-CO₂/50年)

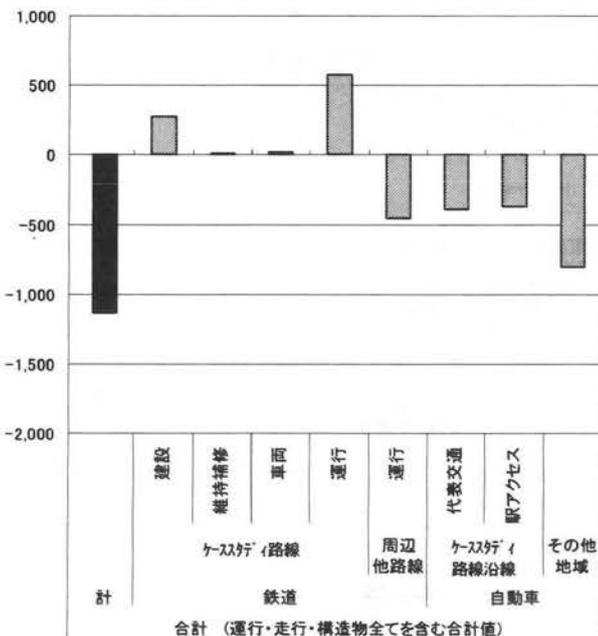


図 8 着眼点 1 による分析結果