

鉄道材料の環境負荷評価

○ [機] 辻村 太郎 相原 直樹

[土] 上原 元樹 土屋 広志 (鉄道総研)

Environmental Load Evaluation of Materials Used in Railway Systems

○Taro Tsujimura, Naoki Aihara,

Motoki Uehara, Hiroshi Tsuchiya, (RTRI)

The global environmental problems have become more and more serious, and it is requested to reduce the environmental loads more caused by railway systems, although railway systems have smaller environmental load than the other transportation systems. One of the ways to reduce the environmental loads caused by railway systems is to change the materials used in railway systems. The concept of applying the life cycle assessment method to evaluate the improvement effects quantitatively and their applied examples are shown. The first example is to evaluate the effect of reducing the environmental load based on the actual maintenance results in case the exchange cycle of contact wire is lengthened by replacing a sintered metal contact strip by a metalized carbon contact strip. The second one is estimation of the effect of reducing the environmental load when the portland cement of the concrete sleeper material is replaced by geopolymer made from fly ash as the industrial by-product.

キーワード：ライフサイクルアセスメント、鉄道材料、カーボン系すり板、ジオポリマーコンクリート

Key Words: LCA, Railway Materials, Metalized Carbon Contact Strip, Geopolymer Concrete

1. はじめに

地球温暖化を始めとする地球環境問題は、人間の生存環境の問題であり、人類全体で取り組まなければならない重要な課題である。「2050年の世界全体のCO₂排出量半減」の実現に向けて各分野の取り組みが求められ、鉄道を含む輸送分野も大幅なCO₂削減を達成していかなければならない。そのためには、まず現状を知り、対策を立てて実施し、更にその効果を検証する一連のプロセスの繰り返しが必要であり、環境負荷の定量的な評価手法が求められる。

2. ライフサイクルアセスメントの概要

環境負荷評価手法の一つにライフサイクルアセスメント(LCA)がある。LCAは、製品やサービスのライフサイクル全般にわたっての環境負荷を把握し、評価する手法である。原材料の採取から運搬、素材の製造、部品の組み立て、製品の製造、そして製品の使用やサービスの提供、最後の廃棄、リサイクルと言ったライフサイクルの各段階でどれだけ資源・エネルギーを投入し、廃棄物・排出物質を出しているかを集計する。CO₂排出量を算出する場合には、資源・エネルギーの投入量にCO₂原単位をかける。この結果により、どの段階、どの工程でのCO₂排出が多いのかが分かるので、CO₂排出を削減しようとする場合、検討

対象とすべき段階、工程を選択する目安となる。

筆者らは、これまで各輸送機関のインフラを含む比較評価¹⁾や、車両、電気設備などの鉄道構成要素の評価を積上げた鉄道システムの評価²⁾等を行ってきた。

輸送分野全体として環境負荷低減を達成するためには、環境負荷の少ない鉄道などの公共輸送機関を適切に使う一方で、個々の輸送機関の効率を高めることが求められる。それぞれモダリティシフト、省エネなどとして具体化が行われているが、材料としては「エコマテリアル(環境配慮型材料)化」が求められている。鉄道で使用されている材料を変更した場合の環境負荷低減の事例を以下に示す。

3. カーボン系すり板導入による環境負荷低減の評価

材料を変更したことによる、環境負荷への影響評価の一例として、カーボン系すり板の導入について検討した。在来線のすり板には、銅系焼結合金が使われてきていたが、1990年ごろから相手トロリ線に対する攻撃性が低いカーボン系すり板が採用されるようになって来ている。導入の最大の目的は、トロリ線の摩耗量減少や波状摩耗発生の減少による張替え工事の減少によるコスト削減である。在来線の一線区にカーボン系すり板を導入した前後でのトロリ線およびすり板の取替データ³⁾と取替作業および取替部材

のCO₂排出原単位とから評価を行った。図1(a)に取替実績に基づく保守コストの評価結果を示す。カーボン系すり板の導入前の電車線側とすり板側の保守にかかる合計の年間コストを100%とした場合、導入後のそれは70%強になっている。すり板材料の変更によって、すり板側のコストが若干増加するが、それ以上にトロリ線の張替え減少による効果が大きい。このときのトロリ線、すり板等の投入量や張替え工事に使用した車両の燃料量等に基づいてCO₂排出量を評価した結果が、図1(b)である。コストとほぼ同様の傾向でCO₂排出量が20%以上減少していることが分かる。

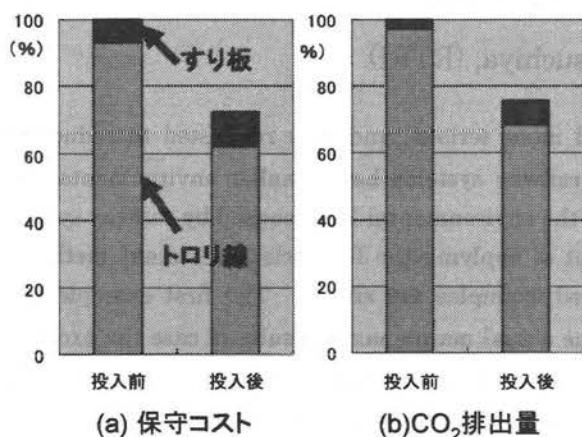


図1 カーボン系すり板導入による保守コストとCO₂排出量の変化

4. ジオポリマーコンクリートの環境負荷低減効果の推定

環境負荷を実際に低減させるには、省エネ技術やエコマテリアル（環境配慮型材料）の開発・実用化が必要である。従来のセメントを採用した場合に比較して製造段階でのCO₂発生量が大幅に減少できるジオポリマーコンクリートの鉄道への適用について検討を進めてきている⁴⁾。

従来の一般的なコンクリートは石灰石を主原料とするセメントと水を混合するのに対して、ジオポリマーコンクリートは火力発電所で発生する石炭灰にケイ酸アルカリ溶液を混合して製造する。前者がセメントの製造段階で多くのCO₂を排出するのに対し、後者は産業副産物を主原料とするため環境負荷が低くなる。表1にコンクリートまくらぎを想定した従来材とジオポリマーコンクリートの成分表を示す。これに表2に示すCO₂原単位をかけることにより得られたインベントリ分析結果では図2に示すように約8割の低減が見込まれる。

5. おわりに

鉄道材料のLCAを行った結果、

- ① すり板／トロリ線系のような消耗部材では長寿命化
- ② まくらぎのような構造部材は製造時の環境負荷低減がライフサイクルの観点から環境負荷低減となることが確認された。

表1 コンクリート成分表 (1m³当り)

材 料	普通 コンクリート	ジオポリマー コンクリート
早強セメント	457kg	-
石炭灰	-	545kg
水ガラス	-	95kg
苛性ソーダ	-	40kg
水	160kg	115kg
細骨材	640kg	904kg
粗骨材	1084kg	786kg
混和剤	数 kg	数 kg
合 計	約 2350kg	約 2490kg

表2 主なコンクリート構成材料のCO₂原単位

	材料	割当原単位	データ元	CO ₂ 原単位 (kg-CO ₂ /kg)
普通 コンクリート	セメント	ポルトランドセメント	F	0.7455
ジオポリマー コンクリート	石炭灰	フライアッシュ	C	0.0179
	水ガラス	ケイ酸ソーダの製造	F	0.433
	苛性ソーダ	水酸化ナトリウム	J	0.9076
	水	(ゼロ扱い)	-	-
共通	細骨材	天然細骨材	C	0.0034
	粗骨材	天然粗骨材	C	0.0028
	混和剤	(ゼロ扱い)	-	-

(凡例) F: LCA日本フォーラムDB, J: JEMAI-LCA Pro
C: コンクリートの環境負荷(プレストレストコンクリート, vol.47, No.6, Nov. 2005)

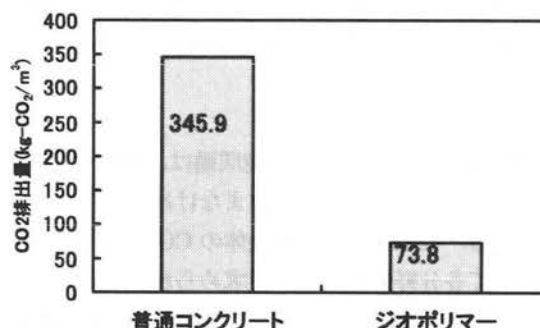


図2 コンクリートのインベントリ分析

参 考 文 献

- 1) 相原直樹, 森本文子, 辻村太郎: 産業連関表による各種運輸機関の環境負荷評価, 鉄道総研報告, Vol.21, No.2, pp. 45-50, 2007.
- 2) 相原直樹, 辻村太郎: 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, pp. 13-18, 2002
- 3) 針山隆史, 相澤修次: JR 東日本におけるカーボンすり板の開発経緯と今後の取り組み, 電気車の科学, Vol.45, No.6, pp.13-20, 1992
- 4) 上原元樹: ジオポリマー法による環境負荷低減コンクリートの開発, 鉄道総研報告, Vol.22, No.4, pp. 41-46, 2008