

鉄道用材料のLCAによる環境評価

材料技術研究部

主任研究員 相原 直樹

1. はじめに

近年は地球温暖化に代表される地球環境問題が深刻な懸念となっている。IPCCによる第四次報告書等により、地球の平均温度が人為的要因により上昇していることはもはや確実と指摘されている。また、砂漠化、北極海の氷量の減少といった現象の顕在化や、これらに伴う今後の伝染病や洪水の増加についても報告されている。近年、日本においては台風の接近数の増加、集中的豪雨の増加が見られる。これらは、現在のところ地球温暖化が原因とまでは断定されていない。しかし、少なくとも温暖化の進行がこのような現象に寄与するとまでは言えるだろう。

これらの事実を背景に、地球温暖化抑止に向けた具体的かつ効果的な行動が、企業レベル、個人レベルで求められている。日本においては、3R活動、すなわちリデュース（減量）、リユース（再使用）、リサイクル（再利用）という主に3つの考え方により、省資源、省エネルギーを推進している。輸送部門に絞って考えれば、輸送事業者は輸送事業による環境負荷をいかに低減させるか、個人では輸送手段選択の際に環境負荷に対する考慮を行ったかなどが問われるだろう。

また、近年、企業等組織には企業の社会的責任（CSR）と言われる考え方が普及しつつある。従来の企業の責任とは、顧客に対するものであり、製品、サービスの提供とその対価に力点のほとんどが置かれていた。しかし、現在は、顧客に留まらないあらゆる利害関係者（ステークホルダー）への対応が求められつつある。具体的に言えば、CSRとは、あらゆる利害関係者に対し、経済（経営）的側面、社会的側面、環境的側面等、多様な側面から対応するということである。輸送事業者であれば、これに安全的側面が加わるだろう。また、これらについて、利害関係者に誤解無く事柄を伝えるには、定量化された情報を有することが望ましいであろう。

以上の観点から、輸送サービスの環境負荷の定量化は今後ますます注目されていくだろう。その定量化の手法の一つとしてライフサイクルアセスメント（LCA）がある¹⁾。本講演では、LCAをどのような目的で鉄道分野へ適用するのか、評価結果はどのように表現されるのかについて解説し、最後にコストと環境負荷について評価した事例を紹介する。

2. LCA実施の目的

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。LCAは「目的及び調査範囲の設定」「インベントリ分析」「環境影響評価」の3段階と「解釈」からなる。インベントリ分析では、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の資源・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。例えば、CO₂排出量を算出する場合には、それにCO₂原単位を乗ずる。原単位とは、単位量のプロセスあたりの排出量を言う。例えば、冷延鋼板1kgを製造するとCO₂が1.43kg排出される（日本鉄鋼連盟算出）ので、原単位は1.43kg-CO₂/kgとなる。この積算結果により、どの段階、どの工程でのCO₂排出が多いのかが分かり、CO₂排出を削減しようとする場合、検討すべき

対象の段階、工程が明らかになる。

上記の原単位は、各業界団体、環境の専門研究機関等が提示している。産業管理協会が販売している JEMAI-LCA Pro では、オプションデータベースを含め、約 1800 件のプロセスに関する原単位を有している。各業界団体の公式値を集めた LCA 日本フォーラムデータベースでは、約 600 件のデータを有している。原単位に関するデータベースは、海外を含め、いくつか存在する。

これら原単位は、データベースが異なれば、数値も異なってくる。このため、LCAを行う者はどのデータベースを用いるかを明確にしなければならない。鉄道総研では、項目数の多さや、国内データであることから、原則として JEMAI-LCA Pro の原単位を用いることとしている。ただし、鉄道において特に高い精度が要求される鉄鋼類、アルミニウム、銅系材料については、業界団体の公式値である LCA 日本フォーラムデータベースを用いることとしている。

3. 評価結果の統合化

地球環境問題は、CO₂等の排出による地球温暖化だけではない。種々の環境負荷要因を総合的に評価し、単一の指標で表現する手法が提案されている。図1は、(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が開発した被害算定型ライフサイクル環境影響評価手法(LIME2)のインベントリから統合化まで流れである²⁾。「インベントリ」(環境負荷項目)としては、CO₂、SO_x、NO_xやPM、さらには騒音など19項目を列挙している。それらによって引き起こされる「影響領域」として地球温暖化を始めとしてオゾン層破壊、有害物質や化石燃料消費など15項目が挙げられている。次の「カテゴリエンドポイント」には、例えば地球温暖化によって影響を受ける感染症、災害被害、農作物など18項目がある。次の「保護対象」は人間健康、生物多様性など4項目を挙げ、最終的にはそれらを重み付けして単一指標へと「統合化」している。

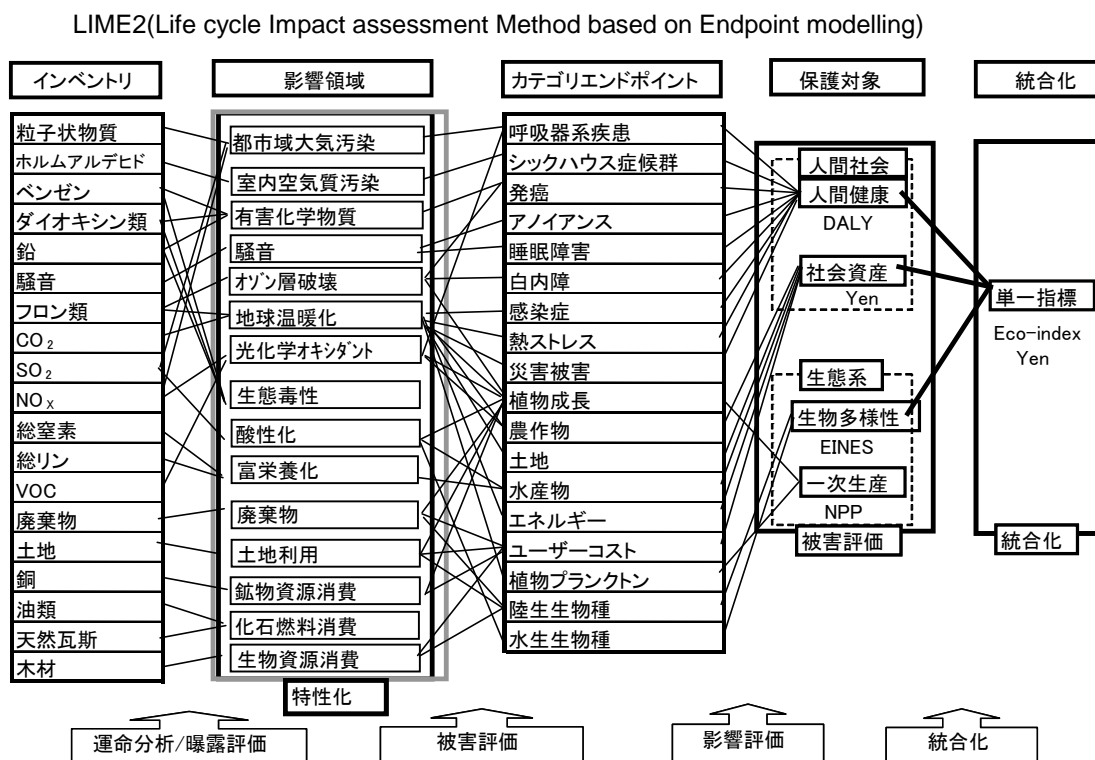


図1 LIME2における環境負荷の統合化の流れ²⁾

4. ジオポリマーコンクリートによる CO₂ 排出削減

ここでは、材料を変更することによる、環境負荷への影響評価の一例として、ジオポリマーコンクリートについて紹介する。ジオポリマーコンクリートの特徴は、製造時の CO₂ 排出量削減である。表 1 に PC まくらぎを想定した場合の 1m³ あたりコンクリートにおける各原料の量と CO₂ 原単位を示す。主な原料を比較すると、早強セメントに比べ、石炭灰の CO₂ 原単位が大変小さいことがわかる。これらのデータを基に、積算を行った結果を図 2 に示す。ジオポリマーコンクリート製造の CO₂ 排出量は、普通コンクリートの約 21% となり、大幅な排出抑制となる。

表 1 PC まくらぎ用の各コンクリートの成分表

原料	PC まくらぎ用 普通コンクリート	ジオポリマー コンクリート	使用した CO ₂ 原単位 ³⁾ (kg-CO ₂ /kg)
早強セメント	457kg	-	0.7455
石炭灰	-	545kg	0.0179
水ガラス	-	95kg	0.4330
苛性ソーダ	-	40kg	0.9076
水	160kg	115kg	(ゼロ扱)
細骨材	640kg	904kg	0.0034
粗骨材	1084kg	786kg	0.0028
混和剤	数 kg	数 kg	(ゼロ扱)
合計	約 2350kg	約 2490kg	

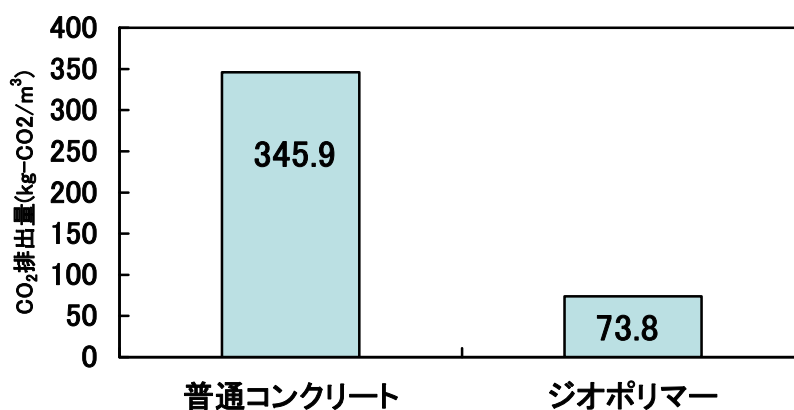


図 2 各コンクリートの CO₂ 排出量 (PC まくらぎ用途を想定)

5. カーボン系すり板導入による環境負荷低減の評価

材料変更による、環境負荷への影響評価のもう一つの例として、カーボン系すり板の導入について紹介する。在来線のすり板には、銅系焼結合金が使われてきたが、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きている。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。図3(a)に保守コストの評価結果の一例を示す⁴⁾。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かったことを意味している。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3(b)である。コストとほぼ同様の傾向でCO₂排出量が減少していることが分かる。全体に占めるトロリ線側の比率が大きいため、トロリ線側の張替え量を大きく削減することにより、すり板側のCO₂排出量が若干増大しても全体としては20%以上の削減が達成されている。

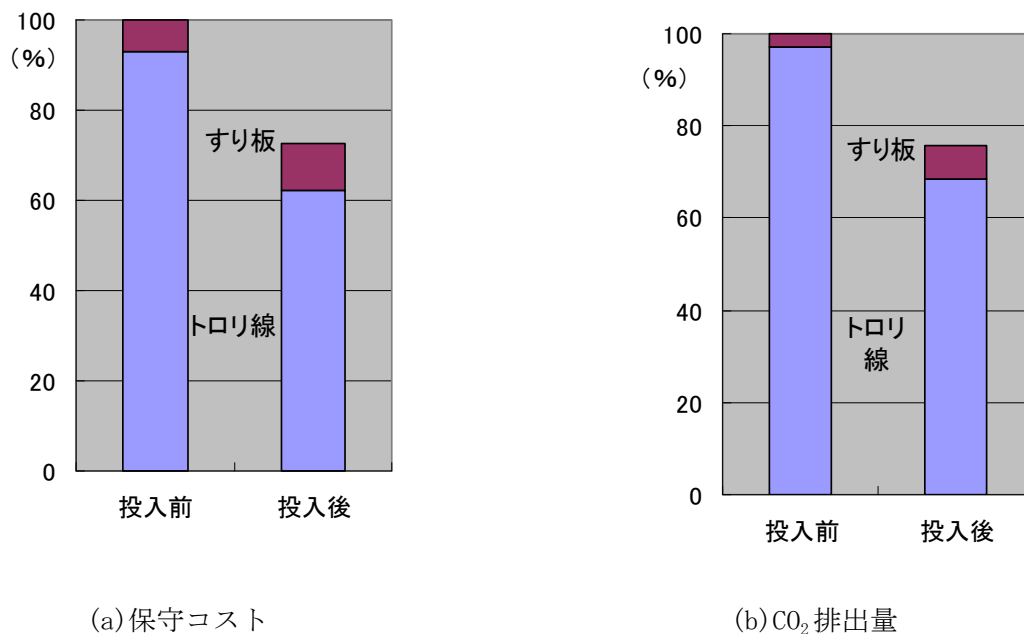


図3 カーボン系すり板導入による保守コストとCO₂排出量の変化

5. おわりに

地球温暖化対策は洞爺湖サミットでの主要議題の一つとなった世界的な重要課題であり、2050年には世界のCO₂総排出量を半減する方向で進み始めている。鉄道を含む輸送分野も半減以上の達成が求められていくと考えられ、今まで以上にきめ細かくかつ革新的取り組みが必要となる。その取り組みを進めていくためには、LCA等の評価手法を使いこなし、環境負荷削減の目標を明確化し、技術開発を進めていくことが求められると考えている。

【参考文献】

- 1) 相原直樹、LCAによる鉄道環境負荷量の評価、JREA、2003
- 2) (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 ホームページ
- 3) 河合研至、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, 2005
- 4) 針山他、JR 東日本におけるカーボン系すり板の開発経緯と今後の取り組み、電気車の科学、1992