

LCAで鉄道の環境影響を評価する



森本 文子
Fumiko Morimoto
材料技術研究部
摩擦材料研究室
主任研究員



半坂 征則
Masanori Hansaka
材料技術研究部
上席研究員



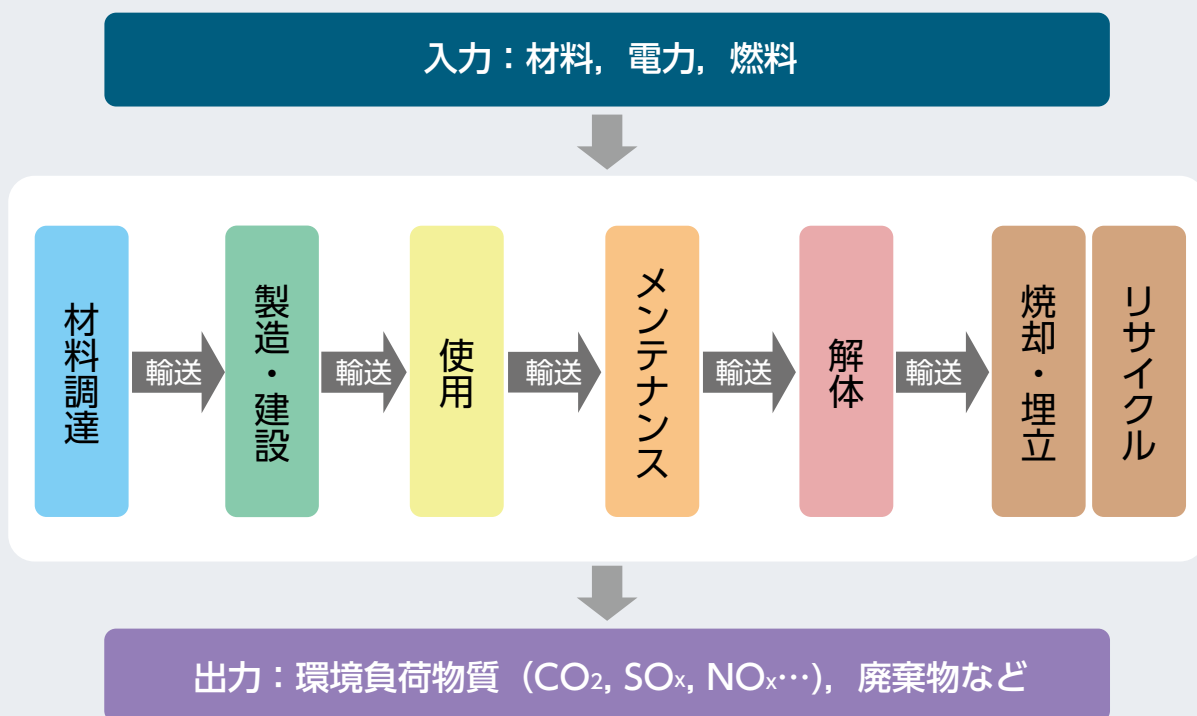
西尾 壮平
Sohei Nishio
材料技術研究部
コンクリート材料研究室
主任研究員

はじめに

2050年までのカーボンニュートラル実現をはじめとするさまざまな地球環境問題への取り組みを推進していくうえでは、総合的・定量的な評価が欠かせません。そのための有力な手法の1つであるライフサイクルアセスメント (Life

Cycle Assessment, 以下LCA) が、近年、多くの企業などで事業活動における環境面の検討に活用されています。ここではLCAの考え方と一般的な手順を説明し、鉄道における脱炭素化に向けた評価事例などを簡単に紹介します。

図1 製品のLCAのイメージ



LCAの考え方

LCAは、製品やサービスを対象として、材料調達から廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全体、あるいはその一部のステージにおける環境負荷を数値化して、分析・評価に役立てるものです。図1に、製品のLCAのイメージを示します。LCAの必要性を考えるため、例えばある製品の材料を、新技術を用いた軽量材料に変更する場合を考えてみます。新技術を導入することで製造時の環境負荷が増大するかもしれません。反対に、軽量化によって製品の輸送時および使用時の環境負荷が減少するかもしれません。一方でリサイクル性に劣ることも考えられます。このような場合、材料の変更によってライフサイクル全体で環境への影響がどのように変わるのかを定量的に評価するのがLCAであり、例えばある変更に対する脱炭素化の効果を数値にして「見える化」することができます。

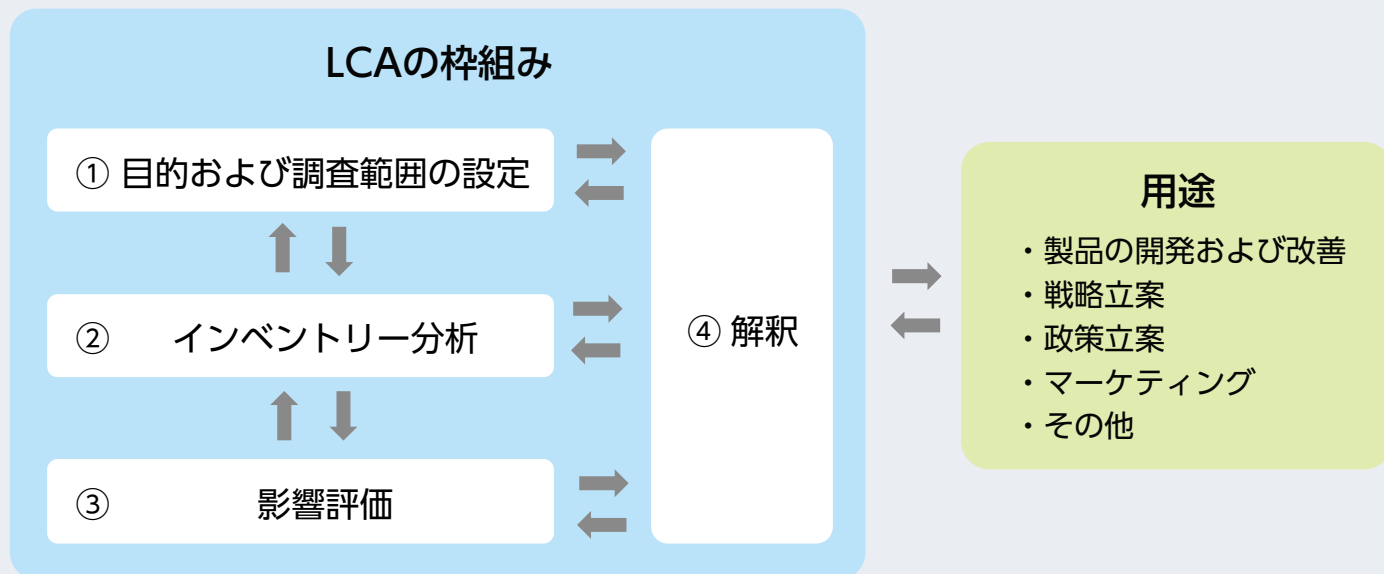
LCAの一般的手順

LCAの手法はISO（国際標準化機構）により規格化されています。図2に、ISO 14040によるLCAの枠組みを示します。

このうち「①目的および調査範囲の設定」はもっとも重要で、何を目的としてそれに応じてライフサイクルのうちどの部分を調査範囲とするのかを明確に定める必要があります。必ずしも全ステージを調査範囲とする必要はなく、例えばA製品とB製品の違いの評価が目的であれば2製品で異なるステージのみを調査範囲とすれば十分です。

次の「②インベントリー分析」とは、設定した調査範囲におけるライフサイクルの各ステージで、入力となる材料やエネルギー（電力、燃料）のデータを収集し、出力となる環境負荷物質（CO₂、SO_x、NO_xなど）のデータを算出し分析することです。

図2 ISO 14040によるLCAの枠組み



出力	
鉄道車両	1両

入力			原単位		CO ₂ 排出量
アルミニウム合金	〇〇 kg	×	〇〇 kg-CO ₂ /kg	=	〇〇 kg-CO ₂
鉄鋼	〇〇 kg	×	〇〇 kg-CO ₂ /kg	=	〇〇 kg-CO ₂
プラスチック	〇〇 kg	×	〇〇 kg-CO ₂ /kg	=	〇〇 kg-CO ₂
合成ゴム	〇〇 kg	×	〇〇 kg-CO ₂ /kg	=	〇〇 kg-CO ₂
⋮	⋮	×	⋮		⋮
電力	〇〇 kWh	×	〇〇 kg-CO ₂ /kg	=	〇〇 kg-CO ₂
軽油	〇〇 L	×	〇〇 kg-CO ₂ /kg	=	〇〇 kg-CO ₂
⋮	⋮	×	⋮	=	⋮
合計					〇〇 kg-CO ₂

図3 鉄道車両を例としたインベントリー分析のイメージ

「③影響評価」では、②の結果を用いて、環境負荷物質がさまざまな環境問題（地球温暖化、大気汚染など）に及ぼす影響を評価します。

「④解釈」では、②③で得られた結果から用途に応じた結論を導きます。脱炭素化を目的としてLCAを活用する場合は、CO₂排出量を対象としてインベントリー分析を行い、定量評価して結論を導き出すという流れになります。

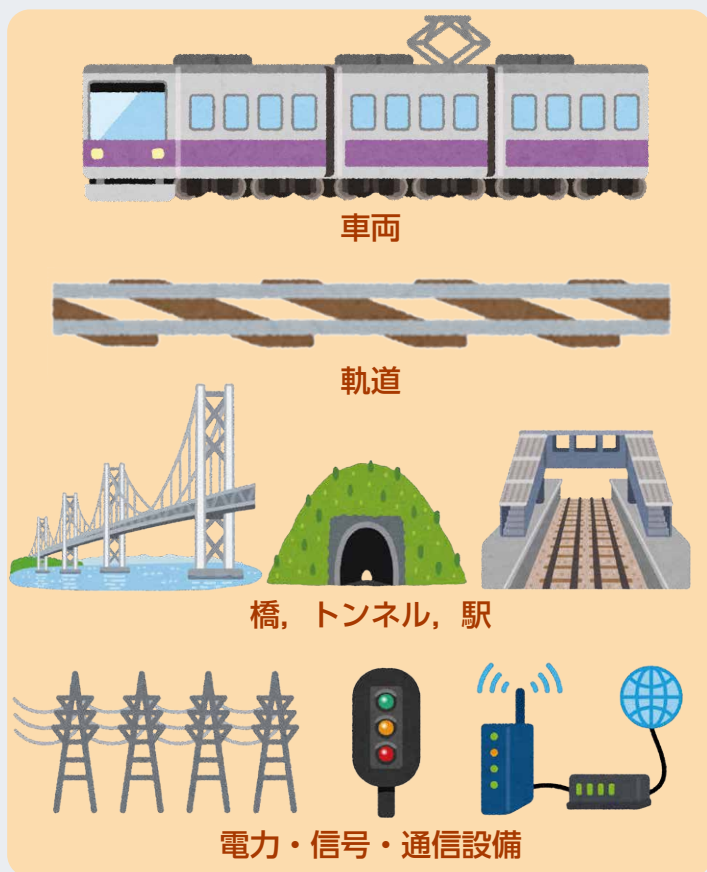
インベントリー分析の概要

図3に、鉄道車両の製造にともなうCO₂排出量の算出を例としたインベントリー分析のイメージを示します。まず、使用材料および製造に要するエネルギーのデータを、その使用量とともに収集して一覧表にします。次に、[使用

量]×[CO₂原単位]の掛け算をします。CO₂原単位とは単位使用量あたりのCO₂排出量のことです。例えば「アルミニウム合金のCO₂原単位」は、アルミニウム合金1kgの使用にともなって排出されるCO₂の量です。材料やエネルギーごとにこの掛け算を行い、足し合わせることで全体のCO₂排出量が算出できます。インベントリー分析は、評価対象に対する入出力の一覧表を作ることということもできます。なお、ここではCO₂排出量で説明していますが、メタン、フロンなどを含めたほかの温室効果ガスの排出量についてもそれぞれの環境負荷原単位を用いて同様に算出できます。

インベントリー分析に不可欠であるCO₂原単位の算出法には、「積み上げ法」と「産業連関

鉄道で必要となる車両と各種インフラ



車両とインフラの各種ステージ

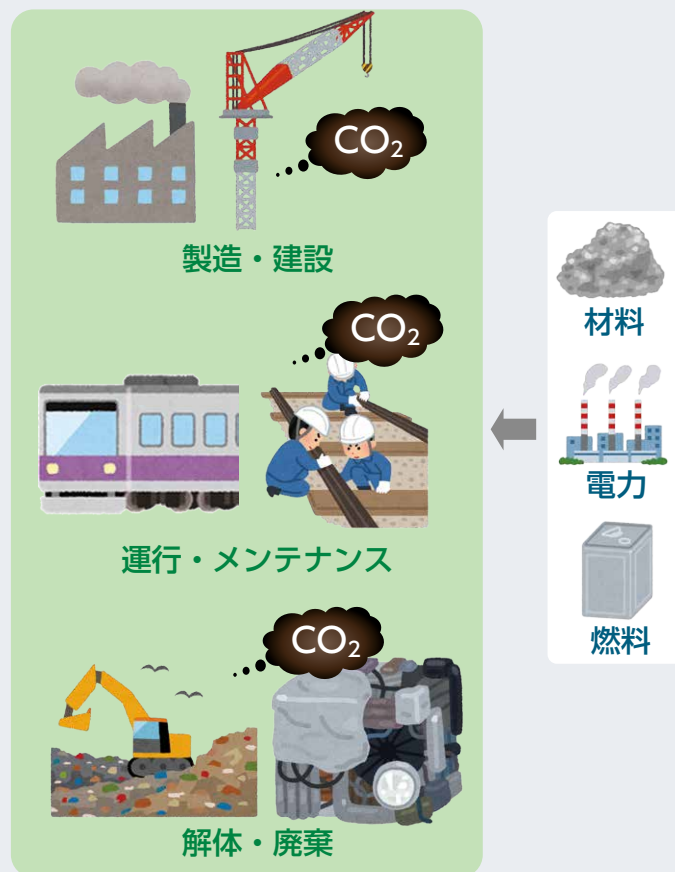


図4 鉄道LCAにかかわる各種設備等とステージ

分析法」の2つがあります。前者は製品に使用される材料，エネルギーを個別に積算する方法で，後者は**産業連関表**^④に基づく各産業部門間の取引額を用いる方法です。積み上げ法による原単位を使用したインベントリー分析は，個別製品単位の算出が可能です。データの収集に多大な労力を要する場合があります。前述した**図3**の鉄道車両のインベントリー分析は，積み上げ法による原単位を用いた例です。産業連関分析法による原単位を用いたインベントリー分

④ 産業連関表

国内の産業部門を約400部門に分け，各部門間の財・サービスの年間取引額を記載したものです。本表を用いて算出した部門ごとの環境負荷原単位データが別途公開されています。

析は，製品やサービスの平均的な環境負荷の把握に適していますが個別製品間の差異の把握は難しいです。いずれも一長一短があることから，評価対象のうち着目する部分の評価には積み上げ法による原単位を用い，その他の部分の評価には産業連関分析法による原単位を用いるなどのように，組み合わせて用いる場合もあります。

LCAによる鉄道におけるCO₂排出量の定量的評価

図4に，鉄道のLCAにかかわる各種設備などとステージを示します。鉄道の運行のためには，鉄道車両のほか，軌道，構造物，駅，電力設備，信号・通信設備などのインフラが必要です。また，車両運行時のエネルギー消費が注目されが

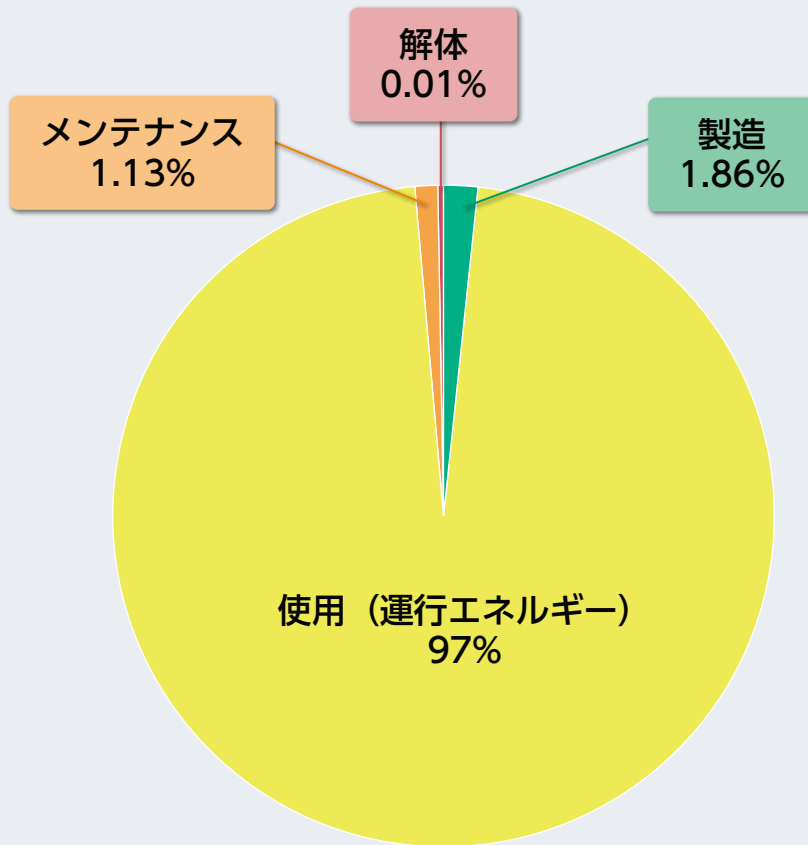


図5 新幹線車両のLCAの例（文献1を元に作成）

ちですが、各設備などの製造・建設のほかメンテナンスによっても環境負荷が生じます。そのため、鉄道の運行にともなうCO₂排出量を定量化するには、鉄道車両および各設備に投入される材料とエネルギーのデータをもとに、各ステージのCO₂排出量を足し上げる必要があります。

鉄道総研では1990年代の後半以降、鉄道におけるLCAの研究に取り組んでいます。その中から、図5に新幹線車両のLCA事例¹⁾を、図6にローカル線を対象とした車種別LCA事例²⁾を示します。新幹線でも在来線でも、運行エネルギーによるCO₂排出割合がもっとも大きくなります。そのため、図6に示す従来型と新型の気動車のように、エンジンや変速機の性能向上による燃費の向上は全体のCO₂排出量削減に大きく寄与します。また、対象線区や車

種などにより変わりますが、メンテナンスや製造時の負荷もある程度の割合を占めています。このようにライフサイクルの各ステージでCO₂排出量を定量化することによって、脱炭素化をめざすうえでどのステージのどのエネルギーあるいは材料の低減が効果的であるかがわかります。

近年では、例えば産業技術総合研究所の「LCIデータベース IDEA」³⁾など、多数の製品・サービスに対する積み上げ法によるLCAデータベースの整備が進められています。今後、こうしたデータベースを活用しながら鉄道の評価事例を増やし、脱炭素化に向けた検討を進めていきたいと考えています。

今後の課題

2050年までのカーボンニュートラル実現に

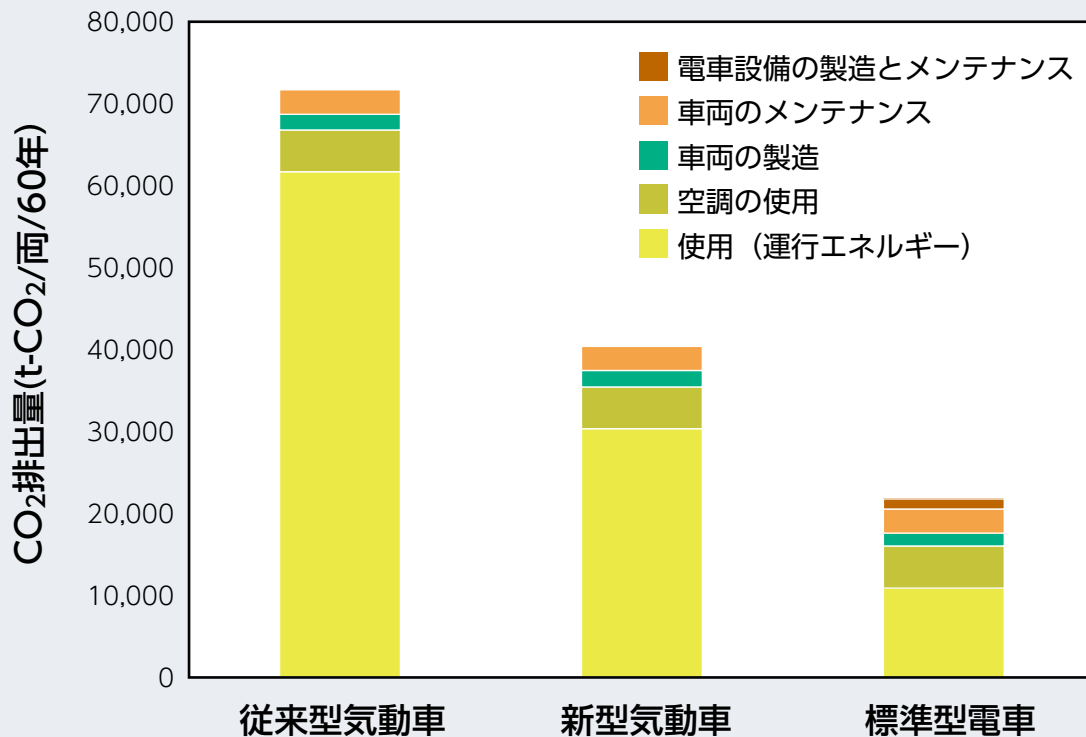


図6 在来線の車両別LCAの例

向けて今後一層LCAのニーズが高まると考えられます。鉄道のさらなる環境負荷評価に向けて、主として次のような課題の解決が必要と考えています。

- ①鉄道は車両、インフラともに非常に多数の部品・材料を有するため、LCA実施の際には評価対象を絞る必要があります。実施するLCAの目的に応じ、評価対象とする部品選定の基準と効率的な計算手順の検討が必要と考えています。
- ②より環境負荷の少ない鉄道を検討するうえで、各種の既存の車両や設備に対する環境

負荷評価事例が役立ちます。外部の標準的なLCAツールも活用しながら、車種別やインフラの構造別など、標準的な鉄道の評価事例を増やしていく必要があります。

- ③今後さらにリサイクルの導入検討が想定されますが、リサイクルの評価方法は、現在、鉄鋼などを除くと確立していない分野も多いです。各分野のリサイクルに関する環境負荷評価法の動向をふまえて鉄道で用いられる材料についても評価を行う必要があります。[RRR](#)

文献

- 1) 宮内瞳田, 上田洋, 八木毅, 永友貴史: 鉄道へのライフサイクルアセスメント適用のための基礎調査, 鉄道総研報告, Vol.12, No.10, pp.5-14, 1998
- 2) 相原直樹, 森本文子, 辻村太郎: ライフサイクルCO₂排出量の在来線車種別評価, 鉄道総研報告, Vol.25, No.10, pp.29-34, 2011
- 3) LCIデータベース IDEA version 3.1: 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 IDEAラボ