

鉄道における材料の カーボンニュートラルに向けて



松井 元英
Motohide Matsui
材料技術研究部長

はじめに

近年、地球温暖化への対策として、脱炭素化やカーボンニュートラルといったキーワードをテレビや新聞などで見ない日はないくらいで、その取り組みが注目されています。日本では、1999年循環経済ビジョンで、**3R**[®]の本格導入を提言し、循環経済システムに転換することをめざしてきました¹⁾。日常生活において、ごみの分別などを意識するようになり、3Rについてはかなり定着してきたと考えられます。また、経済がグローバル化する中で、資源やエネルギー、食料の需要、廃棄物量などが増大し、環境問題が深刻化する中、世界全体で環境に配

3R

Reduce：廃棄物を減らす、Reuse：再使用、Recycle：リサイクル、の頭文字をとって3Rといいます。

LCA

Life Cycle Assessment (ライフサイクルアセスメント)の頭文字の略称で、ある製品を製造する際、その原料の採取から、製造、廃棄に至るまでの一連の流れ(ライフサイクル)の中で環境にかかる負荷や影響を定量化し、評価(アセスメント)していく手法。

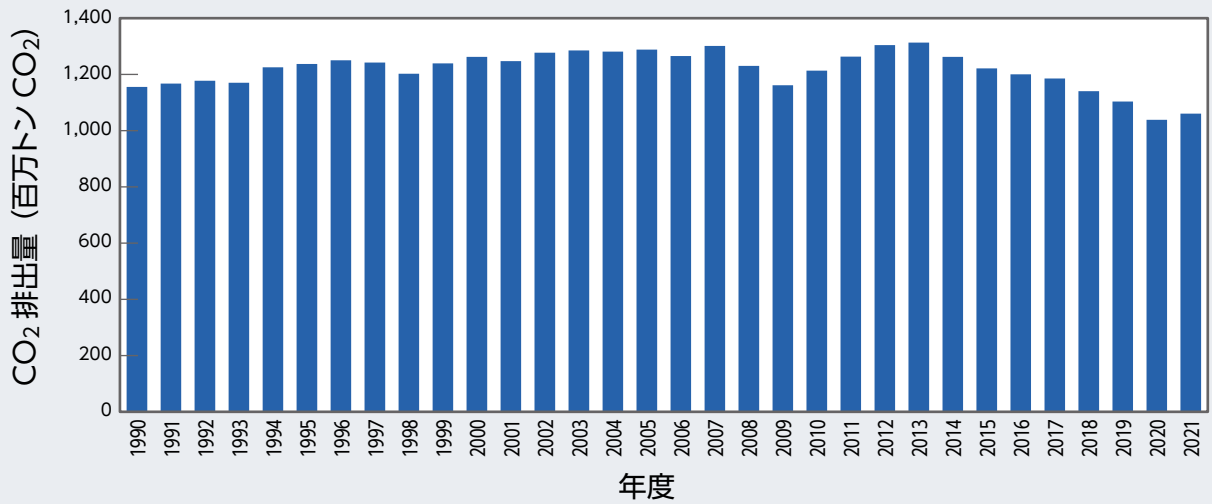
温室効果ガス (GHG: GreenHouse Gas)

大気中の熱を吸収し、温室効果をもたらすガスで、二酸化炭素やメタン、フロン、一酸化二窒素などがあります。

慮する動きが急速に高まっています。そのため、いろいろな業種の産業が、環境問題に向き合い、環境負荷低減の取り組みを開始しています。材料に関わる産業分野も例外ではなく、製造から廃棄に至るまでの過程(いわゆる、ゆりかごから墓場までのライフサイクル)で、カーボンニュートラルをめざす動きを活発化させています。前特集号では、鉄道のエネルギー消費で大きな割合を占める運行エネルギーに関わる範囲のカーボンニュートラルについて紹介しました。本特集号では、鉄道で多数使用される材料のライフサイクルに着目し、2050年のカーボンニュートラルに向けた鉄道用材料の方向性を紹介します。また、鉄道で使用されるコンクリート材料や鉄鋼材料、潤滑剤などに関わる産業のカーボンニュートラルに向けた動きや、それを実現していくうえで欠かせないツールの一つである**LCA**[®]について紹介します。

鉄道における二酸化炭素(CO₂)排出量

国立環境研究所が公開している日本国温室効果ガスインベントリ報告書²⁾によると、2021年度の**温室効果ガス**[®]の総排出量は11億7,000万トン(CO₂換算)となります。そのうち、CO₂の排出量は10億6,200万トンで、温室効果ガス総排出量の90.8%を占めています。近年



※「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023年」²⁾から作成

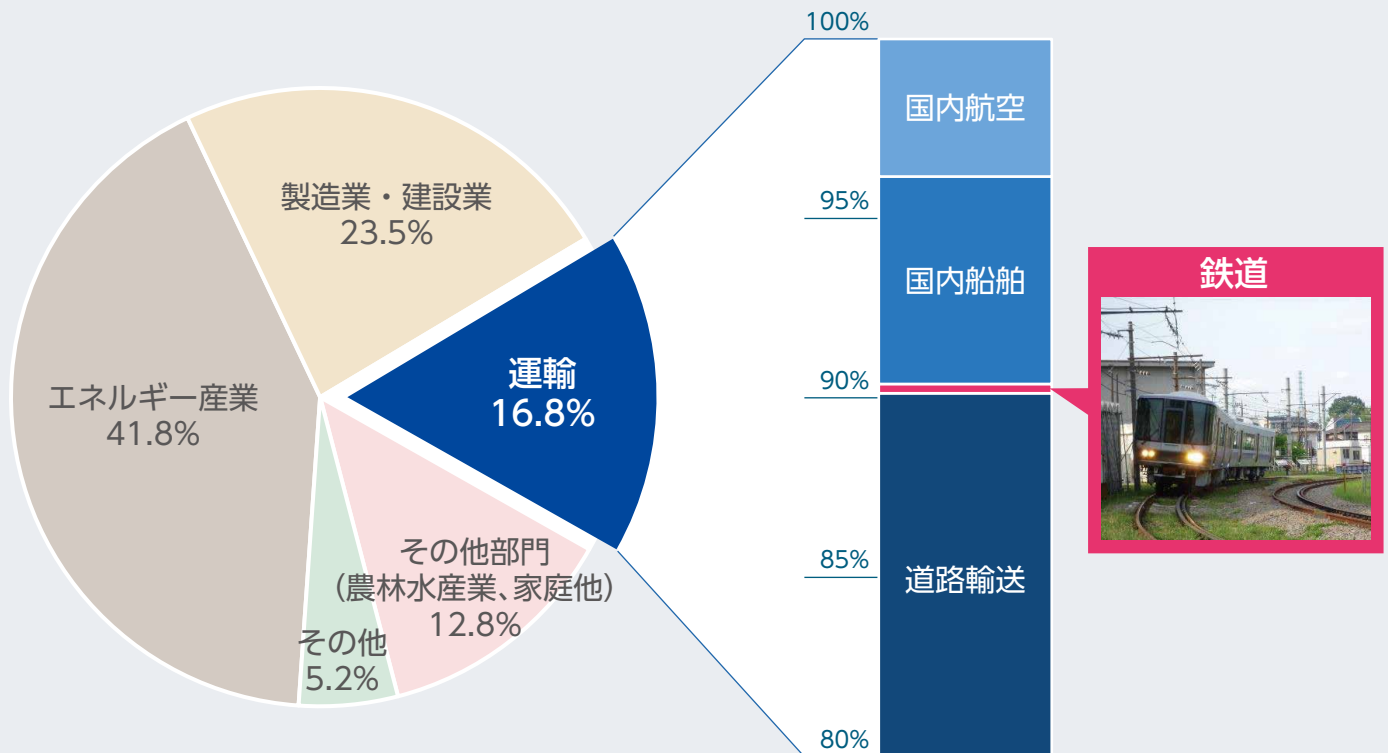
図1 日本での総CO₂排出量

のCO₂排出量の推移を見ると、2013年度以降、減少傾向にあります(図1)。これを、2030年度までに-46%、2050年までに実質的にゼロにする必要があります。

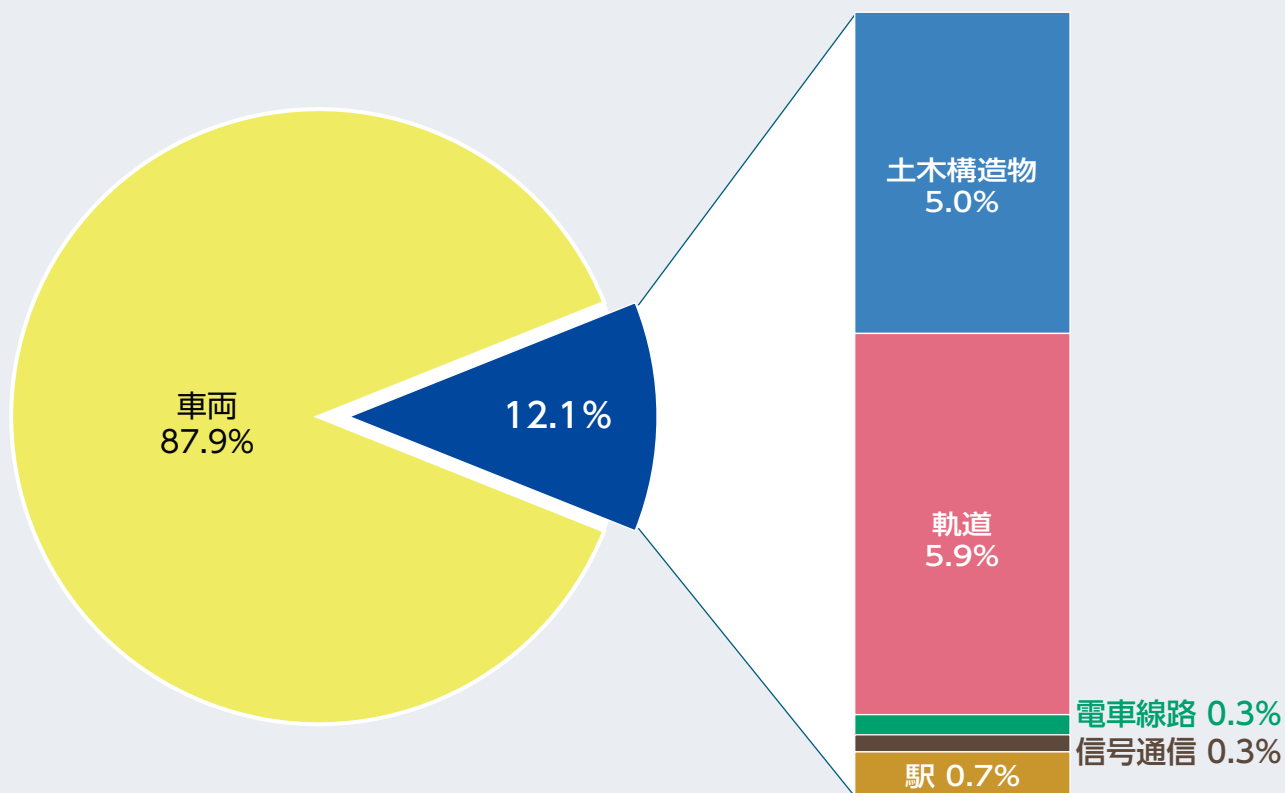
部門別にみると、エネルギーや製造、建設などの産業部門で、合わせて全体の65.3%を占

めています。また、鉄道や航空などの運輸部門では16.8%となっています(図2)。産業部門と比較すると少ないCO₂排出量ですが、全体としてはかなりの割合を占めています。運輸部門での内訳を見ると、航空(国内)や自動車、船舶に比べ、鉄道から排出されるCO₂は非常に

図2 産業部門別のCO₂排出量



※「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023年」²⁾から作成



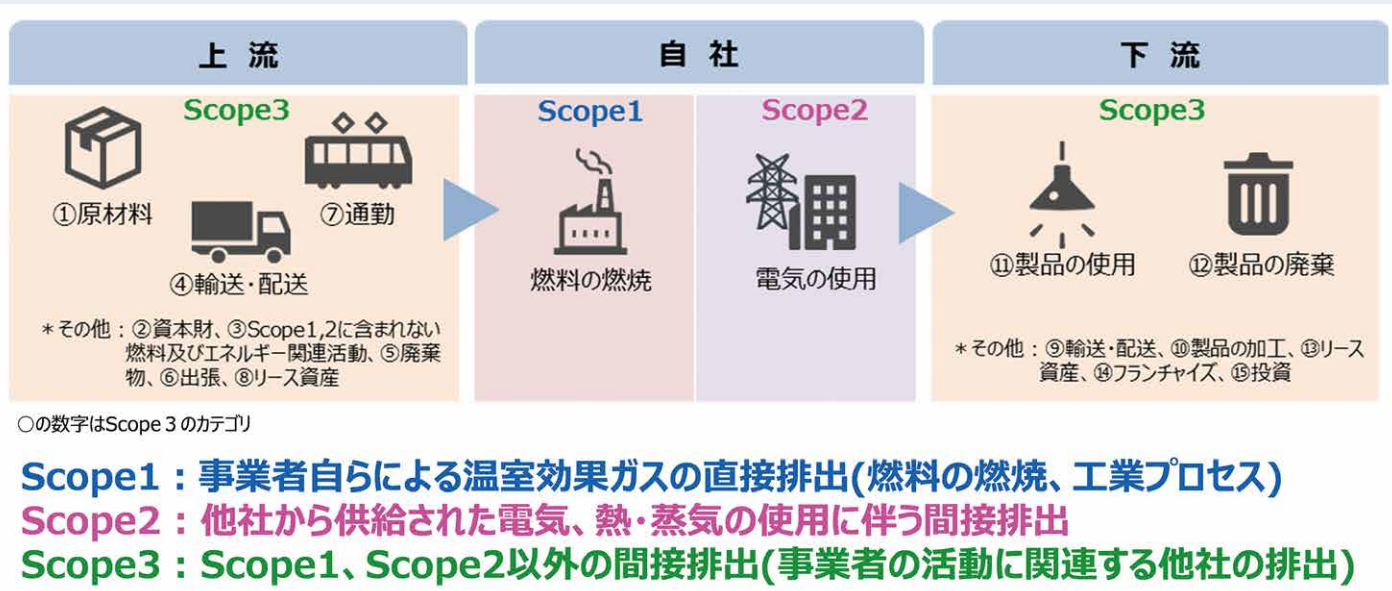
※ [RRR Vol.59 No.11]³⁾ から作成

図3 新幹線の分野ごと（土木構造物，軌道，電車線路，信号通信，駅，車両）のCO₂排出量（60年使用した場合を想定）

少なく、環境にやさしい移動手段といえます。

しかし、CO₂排出量が非常に少ないからといって、何もしないでもいいわけではなく、今まで以上に環境負荷を低減する取り組みを積極的に進める必要があると考えられます。そのためには、具体的に、鉄道がどのような環境負荷を与えているかを知らなければなりません。環境負荷を見える化する手段として、用いられる手法がLCAになります。LCAは、国際規格のISO 14040に原則と枠組みが記載されています。この規格に従い、①LCAの評価の目的と対象を決め、②その対象を製造・使用などする場合の電力使用量や素材使用量など（活動量）のデータ収集を行い、排出原単位を乗じてCO₂排出量を算定します。少し古いですが、

このLCAを用いて、20年ほど前に新幹線の分野ごと（土木構造物，軌道，電車線路，信号通信，駅，車両）で、60年使用した場合を想定して、年間に排出されるCO₂量を算出した結果³⁾を示します（図3）。車両運用に関わるCO₂排出量が大部分を占めるものの、軌道や構造物などの分野に関わるCO₂排出量も一定量あることがわかりました。車両運用の相対的な割合が多いことについては、多数の利用者に応じて運行する列車の本数が多いことが要因と考えられています。環境負荷を低減するには、この車両運用に関わるCO₂排出量の要因となっている電力使用量を減らす、もしくは、自然エネルギー由来のものにしていくことなどが第一義的に有効です。しかし、カーボンニュートラルを実現する



$$\text{サプライチェーン排出量} = \text{Scope 1排出量} + \text{Scope 2排出量} + \text{Scope 3排出量}$$

出典：環境省「サプライチェーン排出量 概要資料」⁴⁾

図4 サプライチェーン排出量

ためには、材料の製造や、建設・保守などで主にCO₂が排出される軌道や構造物などの分野についても、材料の調達方法や製造方法、3Rのさらなる推進、工法や保守手法の技術開発などで貢献していく必要があると予想されます。

サプライチェーン排出量の算出 (Scope 1, 2, 3)

事業者自らが使用する燃料や電気などから排出される温室効果ガス量のLCAによる見える化や削減については、いろいろな産業分野で

進められてきました。最近になって、さらなる削減をめざして、事業者の活動が関係するすべての排出量(サプライチェーン排出量^{④)})の削減が注目されています。このサプライチェーン排出量は、Scope 1, 2, 3の3つに分類されます(図4)⁴⁾。Scope 1とは、事業者自身による温室効果ガスの直接排出で、製造のために使用する燃料の燃焼からの排出などが該当します。Scope 2とは、他社から供給された電気や熱などを使用することによる温室効果ガスの間接排出で、製造のため他社から供給を受けた電

④ サプライチェーン排出量

事業者自らの使用に起因した温室効果ガスの排出量に、事業活動が関係するすべての温室効果ガスの排出量を加えたもので、事業者の組織活動全体を対象とした温室効果ガス排出量。

Scope3の15のカテゴリ

区分	該当する排出活動（例）
1 購入した製品・サービス	原材料の調達、パッケージングの外部委託、消耗品の調達
2 資本財	生産設備の増設（複数年にわたり建設・製造されている場合には、建設・製造が終了した最終年に計上）
3 Scope1,2に含まれない燃料及びエネルギー活動	調達している燃料の上流工程（採掘、精製等） 調達している電力の上流工程（発電に使用する燃料の採掘、精製等）
4 輸送、配送（上流）	調達物流、横持物流、出荷物流（自社が荷主）
5 事業から出る廃棄物	廃棄物（有価のものは除く）の自社以外での輸送（※1）、処理
6 出張	従業員の出張
7 雇用者の通勤	従業員の通勤
8 リース資産（上流）	自社が賃借しているリース資産の稼働（算定・報告・公表制度では、Scope1,2に計上するため、該当なしのケースが大半）
9 輸送、配送（下流）	出荷輸送（自社が荷主の輸送以降）、倉庫での保管、小売店での販売
10 販売した製品の加工	事業者による中間製品の加工
11 販売した製品の使用	使用者による製品の使用
12 販売した製品の廃棄	使用者による製品の廃棄時の輸送（※2）、処理
13 リース資産（下流）	自社が賃貸事業者として所有し、他者に賃貸しているリース資産の稼働
14 フランチャイズ	自社が主宰するフランチャイズの加盟者のScope1,2に該当する活動
15 投資	株式投資、債券投資、プロジェクトファイナンスなどの運用
その他（任意）	従業員や消費者の日常生活

※1 Scope3 基準及び基本ガイドラインでは、輸送を任意算定対象としています。

※2 Scope3 基準及び基本ガイドラインでは、輸送を算定対象外としていますが、算定頂いても構いません

出典：環境省「サプライチェーン排出量算定の考え方」（パンフレット）（https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/estimate.html）

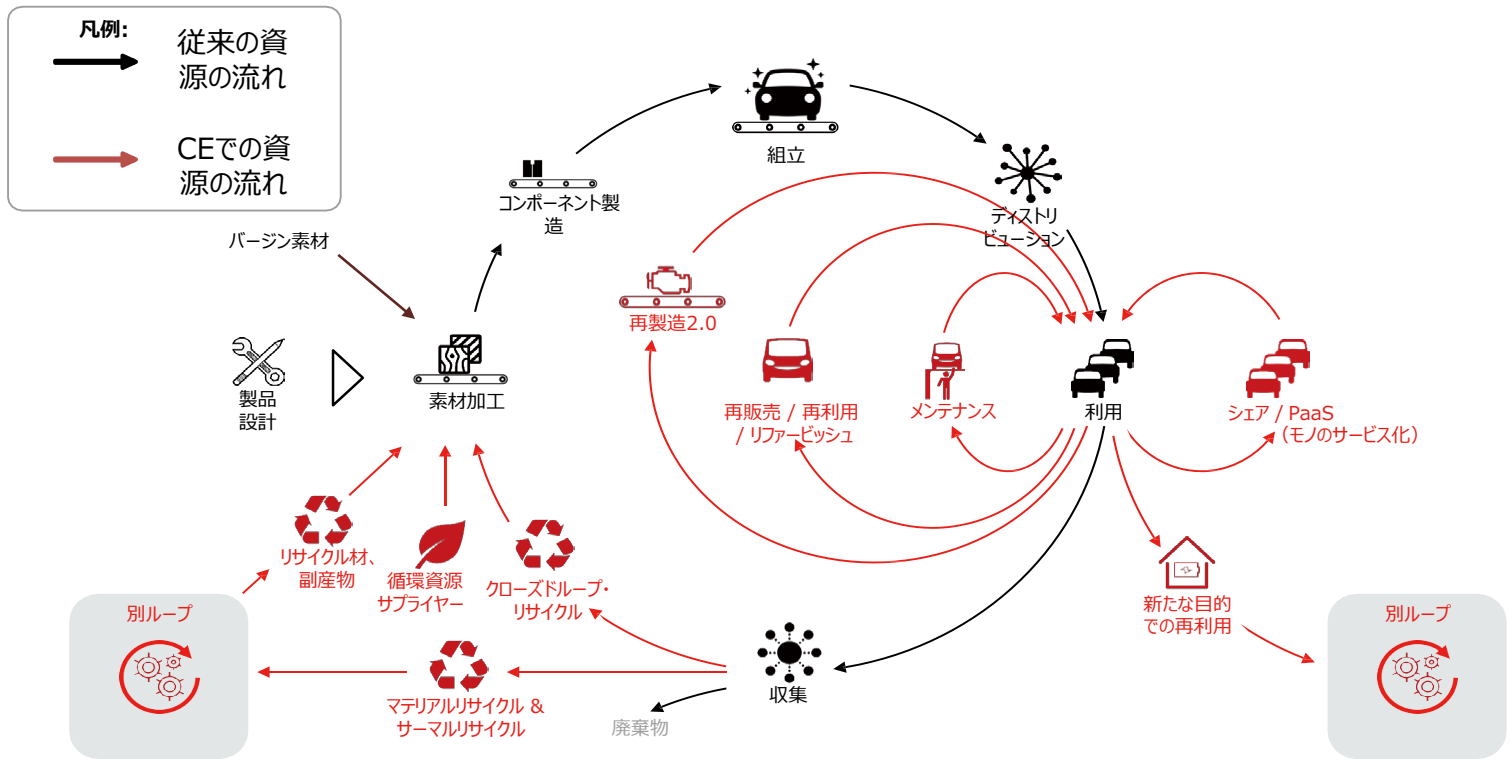
気使用からの排出などが該当します。Scope3とは、Scope1, 2以外の温室効果ガスの間接排出で、事業活動に関わる他社の排出が該当します。Scope3は、[15のカテゴリ](#)に分類され、どのカテゴリに各事業活動が該当するかを選定して、合計の排出量を算出します。

図3において、鉄道における車両の運用で気動車による温室効果ガスの排出はScope1に、電車によるものは主にScope2に該当すると考えられます。また、事業者自身が実施する保守作業は燃料や電気の使用方法で区別する必要はあるもののScope1か2のどちらかに該当すると考えられます。一方で、車両の製造や更新、軌道、構造物の建設や保守で使用する材料や、それらの廃棄などによる温室効果ガスの排出は、Scope3に該当すると考えられます。このように、事業者の各活動をScope1～3に分類して、さらに、Scope3については15のカテゴリに分類して、温室効果ガスの排出量を算出す

ることで、見える化が可能になります。前項で述べたように、LCAを活用した見える化により、優先的に削減しなければならない対象の特定が可能となり、環境負荷をどのように低減させ、実質ゼロにしていくかの方針策定などが可能になります。また、環境負荷を積極的に低減していくことは、これまでの大量生産、大量消費、大量廃棄型の直線型の経済活動から循環型の経済活動への転換を意味することになります。

循環経済（サーキュラーエコノミー）

2020年には循環経済ビジョン2020¹⁾がまとめられ、循環経済への転換の必要性が述べられています。循環経済では、あらゆる経済活動において資源投入量や消費量を抑え、ストックを有効活用しながら、サービス化などで付加価値の最大化を図り、中長期的な成長をめざしています（図5）。また、EUでも、サーキュラーエコノミーアクションプランが同年に発表され、



出典：経済産業省「循環経済ビジョン2020」¹⁾

図5 循環経済 (CE：サーキュラーエコノミー) での資源の流れ

プラスチック製品などを重点分野としてエコデザイン指令の対象を拡げ、循環経済移行への取り組みを強化しています。

おわりに

鉄道では、コンクリート材料、鉄鋼材料、潤滑剤、ゴム・樹脂材料などの多種の材料が保守されながら使用されています。2050年までに、鉄道のサプライチェーン全体でのカーボンニュートラルを実現するには、これらの材料から排出されるCO₂量を実質的にゼロにしなければなりません。これは簡単なことではありませんが、LCAによる評価を通して環境負荷をどのように与えているかを把握し、たとえ少くとも低減できるような取り組みを推進して

いく必要があります。そのため、長く供用できるような材料の長寿命化や、再使用・リサイクルの積極的な活用による環境負荷の低減、ライフサイクルでのCO₂排出量を少なくする材料の技術開発などが必要になると考えられます。

RRR

文献

- 1) 経済産業省：循環経済ビジョン2020, <https://www.meti.go.jp/press/2020/05/20200522004/20200522004-1.pdf> (入手日：2023年6月19日)
- 2) 温室効果ガスインベントリオフィス（編），環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室（監修）：日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2023年，国立環境研究所地球システム領域地球環境研究センター，2023, https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000001v3c7t-att/NIR-JPN-2023-v3.0_J_gioweb.pdf (入手日：2023年6月19日)
- 3) 相原直樹：新幹線の環境負荷を推定する，RRR, Vol.59, No.11, pp.14-17, 2002
- 4) 環境省：サプライチェーン排出量 概要資料, https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/SC_gaiyou_20230301.pdf (入手日：2023年6月19日)