

LCAを用いた磁気浮上式超高速鉄道整備後のCO₂排出量変化予測*

Forecasting the Change in CO₂ Emissions by using the Method of LCA
in case of Operating Superconducting MAGLEV*

柴原 尚希**・加藤 博和***

By Naoki SHIBAHARA**・Hirokazu KATO***

1. はじめに

1970年に成立した全国新幹線鉄道整備法に基づく基本計画路線の1つに、東京都を起点として、甲府市付近、名古屋市付近、奈良市付近を主要な経過地とし、大阪市を終点とする中央新幹線計画が定められている。このルートに沿って、最高速度500km/hで走行し、東京 - 大阪間を約1時間で結ぶ磁気浮上式超高速鉄道（Superconducting MAGnetically LEVitated Transport System）の導入が構想されている。

本研究では、この構想が実現した場合の地球環境への影響を定量評価するために、ライフ・サイクル・アセスメント（LCA）の手法を適用する。そして、その走行面はもとより、インフラ建設や車両新造も含めたCO₂排出量を把握するとともに、代替交通機関の走行減少に伴うCO₂排出量変化の予測も合わせて行い、本構想の実現が地球温暖化問題に与える影響を評価することを目的とする。

2. 磁気浮上式超高速鉄道に対する LCA 適用の考え方

（1）交通分野における LCA 適用

LCAは、評価対象とする製品の製造から維持補修、廃棄に至るライフサイクル環境負荷を、その原材料や製造機械のライフサイクルにまでさかのぼって定量化する手法である。現在では、ISO（International

Organization for Standardization）規格の14040番台でLCAが規定されており、製品の「環境への優しさ」を評価する方法の国際規格となっている。この流れを受け、交通分野を対象としたLCAの試みについても、近年、実際のインフラを対象とした事後評価を中心に多くの研究・調査結果が報告されている。

（2）標準モデルを適用した簡略 LCI

本研究で対象とする磁気浮上式超高速鉄道プロジェクトは、具体的なルートさえ決定していない段階であることから、一般のLCAで行われるような詳細設計データの活用は不可能である。そこで図 - 1のように、システムを鉄道模型のパーツのように分解して考え、それぞれについていくつかの「標準モデル」を設定する。そして、各標準モデルに関して、別途得られたデータを用いてLCI（Life Cycle Inventory）を実施し、それらを再び組合せることにより、システム全体でのライフサイクル環境負荷を算出する簡略法をとる。

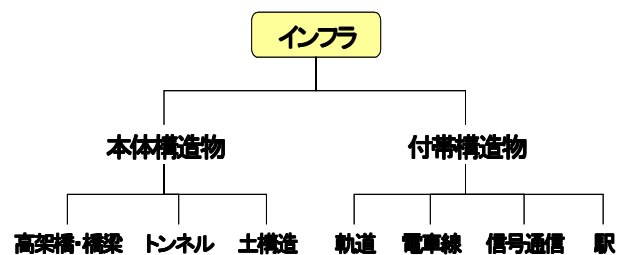


図 - 1 磁気浮上式超高速鉄道を構成する構造物の分解

*キーワード：環境計画，LCA，地球環境問題

**学生会員，学（工），名古屋大学大学院

環境学研究科 都市環境学専攻 博士課程前期課程
（〒464-8603 名古屋市千種区不老町，

TEL:052-789-3828，FAX:052-789-3837，

E-mail:nshiba@urban.env.nagoya-u.ac.jp）

***正会員，博（工），名古屋大学大学院

環境学研究科 都市環境学専攻 助教授
（TEL:052-789-5104，E-mail:kato@genv.nagoya-u.ac.jp）

（3）システム境界の設定～ELCEL 概念の導入～

本研究は、鉄道車両やインフラのような単体ではなく、「高速鉄道“システム”」を評価対象としている。そのため、一般の工業製品と異なり、分析のシステム境界（扱う範囲）を、整備によって波及的に生じ

る環境影響にまで広げて考慮する必要がある．これを著者は拡張ライフサイクル環境負荷（ELCEL：Extended Life Cycle Environmental Load）と定義している¹⁾．すなわち，図 - 2 のように，走行活動を含めた部分を評価範囲と設定する必要がある．

3．標準モデルの設定と LC-CO₂ 原単位

（1）インフラ本体構造物

標準断面（図 - 3）は山梨実験線から抽出しているが，LCIに必要な具体的な資材や機械の投入量は明らかにされていない．しかし，磁気浮上式超高速鉄道のインフラ構造物を在来型新幹線と比較した場合，一回り大きいだけであるため，建設・維持補修いずれについても同じ方法であると解釈することができる．そこで，日本鉄道建設公団²⁾や鉄道総合技術研究所³⁾による在来型新幹線を対象とした構成要素のLCIの結果を参考に，断面の大きさに比例してCO₂排出量も増えるとして概算を行う．その結果を表 - 1 に示す．コンクリートや鋼材の使用量が多いトンネルや高架橋が大きな値となっている．

（2）インフラ付帯構造物

付帯構造物については，磁気浮上式超高速鉄道特有のものが多いため，在来型新幹線と同様に考えることはできない．

（a）軌道

軌道は，U字形の構造物とその側壁に付着している地上コイルとから成っている．このコイル量は大きく，製造に伴うCO₂排出量も無視できない値になると考えられるが，重量・材質は一般に公開されていないため，今回の推計では考慮していない．軌道の維持補修に関しては，浮上走行という特性から，在来型新幹線の軌道に比べるとはるかに少ないと考えられ，本研究ではCO₂排出量ゼロとしている．

（b）電車線・信号通信

磁気浮上式超高速鉄道では地上側のコイルに走行電流が流れるため，電車線そのものは存在しない．それに代わり，地上コイルに供給するケーブルが必要になる．また，信号通信については，無線ケーブルがあるが，他の鉄道システムの例から，無視して

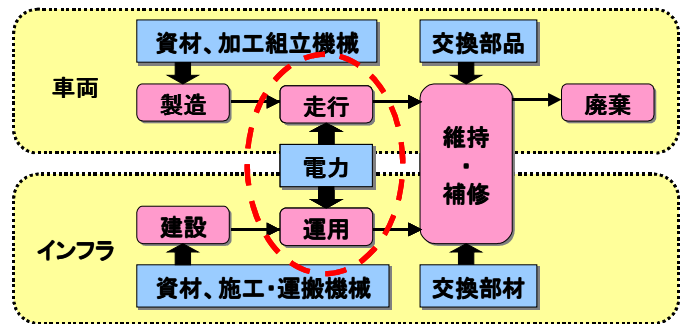


図 - 2 磁気浮上式超高速鉄道システムのライフサイクルの範囲

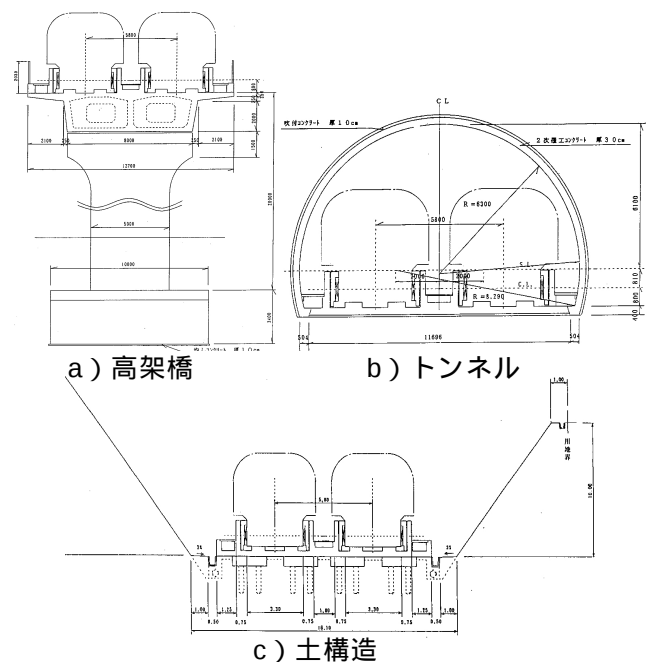


図 - 3 インフラ本体構造物の標準断面

表 - 1 本体構造物の標準 CO₂ 排出原単位

構造種別	建設	維持補修
高架橋[t-C/km]	3,680	120
トンネル[t-C/km]	5,310	210
土構造[t-C/km]	1,940	90
駅[t-C/駅]	2,430	*

ライフタイム：60 年

も問題ないほど微小であると考えられる．

（c）駅

駅の仕様は全く決まっていないが，実験線の乗降場にはホームドアが設置されており，実用線でも類する構造になると思われる．その他，様々な追加設備があることを考慮して，在来型新幹線駅の 1 割増と設定する．

(3) 車両

車両に関しても、現在のところ詳細なデータを得られる段階に至っていない。辻村⁴⁾によると、在来型新幹線車両について、製造段階で150[t-CO₂/両]、維持補修段階で95[t-CO₂/両]、廃棄段階で0.62[t-CO₂/両]という値が得られている。そこで、在来型新幹線車両は4,000〔百万円/16両1編成〕に対して、磁気浮上式超高速鉄道の車両価格は12,800〔百万円/16両1編成〕と見込まれている⁵⁾ことを用いて、CO₂排出量が価格に比例すると仮定して概算した。その結果が表-2である。

表-2 車両のCO₂排出原単位

段階	製造	維持補修	廃棄
CO ₂ 排出量 [t-C/編成]	2,095	1,327	9

ライフタイム：60年

表-3 交通機関ごとのCO₂排出量

交通機関	CO ₂ 排出量 [g-C/人km]	出典
高速鉄道	11.7	鉄道総研報告 ³⁾ より算出
新幹線	3.9	
在来線	5.0	
航空機	34.0	ANA, JASへのヒヤリング
高速バス	7.5	西日本JRバスへのヒヤリング
乗用車	31.7	東京都環境保全局排出係数より算出

(4) 走行

各代替交通機関の東京-大阪間走行(飛行)時のCO₂排出量を人キロベースに直したものを表-3に示す。在来型新幹線、磁気浮上式超高速鉄道、航空機(ジェット機)の比はおおよそ1:3:9となっている。

表-4 設定した構造種別延長と駅数

高架橋 橋梁	トンネル	土構造	合計	駅
120km	300km	80km	500km	9駅

4. LCIの結果と解釈

(1) 構造種別、延長の設定

3章で算出した標準モデルの原単位を用いて、磁気浮上式超高速鉄道整備プロジェクトのLCIを行う。試算に必要な路線延長、構造種別ごとの延長および駅数は、詳細な計画が発表されていないことから、著者が表-4のように設定している。

(2) ELC-CO₂ 概算結果

中央リニア新幹線基本スキーム検討会議における需要予測結果⁵⁾のうち、中位のもは表-5のとおりである。この結果を用い、磁気浮上式超高速鉄道整備の有無によるELC-CO₂(拡張ライフサイクルCO₂)変化を推計する。その際、表-5に示した2020年での需要予測結果をそのまま適用し、需要の経年変化については考慮しないものとする。

まず、磁気浮上式超高速鉄道システムのELC-CO₂をライフタイム60年として算出したところ、図-4のようになった。これは、愛知県全部門の1年間のCO₂総排出量に匹敵する。このうち、走行段階からの排出が約9割と、圧倒的に多くなっている。この部分をどう減らすかが、環境負荷削減型設計にとって

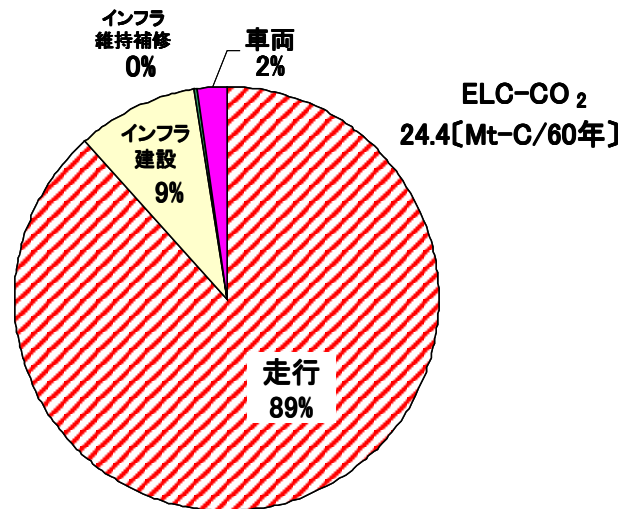


図-4 磁気浮上式超高速鉄道システムの ELC-CO₂ 概算結果

の大きなポイントとなる。具体的には、空気抵抗の緩和が大きな割合を占めると考えられる。

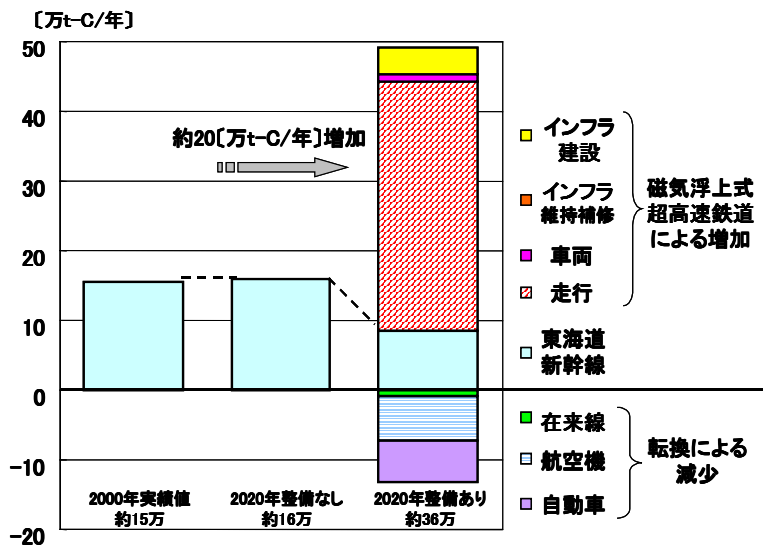
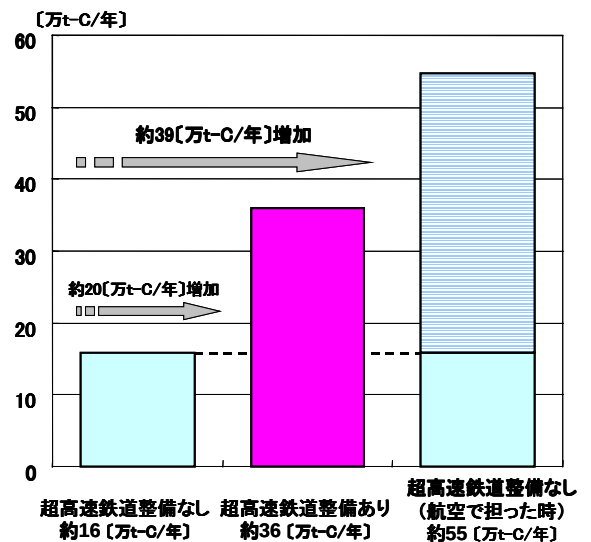
(3) 磁気浮上式超高速鉄道へのシフトによる ELC-CO₂ 変化

他交通機関からの転換のうち、航空機、自動車、在来線の割合は、時田ら⁶⁾の分析を参考に1:1:1と設定する。ELC-CO₂推計値を年あたりに換算した結果は図-5のとおりである。整備ありの場合は、整備なしと比較して約20万[t-C/年](約125%)の増加という結果となっている。

表 - 5 磁気浮上式超高速鉄道の需要予測結果（日本の実質経済成長率を年率 1%と仮定）⁵⁾

2000年実績値	2020年超高速鉄道整備なし		2020年超高速鉄道整備あり							
東海道新幹線 〔億人km〕	東海道新幹線 〔億人km〕	2000年比	東海道新幹線 〔億人km〕	磁気浮上式超高速鉄道 〔億人km〕	東海道新幹線からの転換 〔億人km〕	他交通機関からの転換 〔億人km〕	需要誘発 〔億人km〕	合計 〔億人km〕	2000年比	
397	410	1.03	218	306	202	56	48	524	1.32	

他交通機関は、航空機、自動車、在来線である。


図 - 5 磁気浮上式超高速鉄道整備前後での ELC-CO₂ 変化

図 - 6 需要の伸びを航空が担った場合の ELC-CO₂ 変化

5. まとめ

本研究では、主に在来型新幹線のデータによって磁気浮上式超高速鉄道の標準モデルのCO₂排出量原単位を整備し、それを用いてシステム全体のCO₂排出量をライフサイクルで推計した。さらに、整備前後での ELC-CO₂ 変化を検証し、代替交通機関からの転換による走行減少分を、整備による排出増加分が大幅に上回ることが明らかとなった。

しかし、1.32 倍という需要の伸びは、磁気浮上式超高速鉄道が整備され、利便性が大幅に向上したからこそ生じるものであって、これを現存の交通機関のサービス水準向上によってまかなうのは難しい。すなわち、上記の推計結果の解釈では機能単位の異なるものを同等に扱ってしまっているため、所要時間の短縮効果等の便益向上を考慮に入れた環境性能での比較が必要である。

なお、仮に航空機の利便性が格段に向上し、同様の需要の伸びを担ったと仮定すると、図 - 6 に試算結果を示すように、ELC-CO₂ は磁気浮上式超高速鉄

道整備の場合のおよそ 1.5 倍に増加する（なお、この試算では空港の拡張に伴う ELC-CO₂ 増加や、他交通の減少に伴う ELC-CO₂ 減少を考慮していない）。しかしながら、この代替案の実現性は低く、比較対象とすることには疑問がある。代替案の設定方法は、交通 LCA における大きな課題であると言える。

参考文献

- 1) 加藤博和：「交通分野へのライフサイクルアセスメント適用」, IATSS Review, Vol.26, No.3, pp.55-62, 2001.6.
- 2) 日本鉄道建設公団関東支社・財団法人運輸政策研究機構：「平成 13 年度 環境からみた鉄道整備効果に関する調査報告書」, 146p, 2002.3.
- 3) 財団法人鉄道総合技術研究所：「鉄道総研報告 第 16 巻 第 10 号」, 45p, 2002.10.
- 4) 辻村太郎：「新幹線 0 系 / 300 系」, LCA 日本フォーラムセミナー “LCA 調査結果のインタープリテーション” , 2001.11.
- 5) 「中央リニア新幹線基本スキーム検討会議（国土交通省）対プレス資料」, 2003.4.
- 6) 時田知典・森川高行・倉内慎也・姚恩建：「統合型需要モデルを用いた高速鉄道プロジェクトの需要分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol.25, 2002.6.