

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信  
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

# 地球環境問題と鉄道 ～リオ+20にあたって～

2012年はリオの地球環境サミットから20年目であり、また京都議定書の最終年にあたり、ポスト京都を見据えた取り組みを考える節目の年と言えます。20世紀は、地球温暖化抑制対策が主な課題でしたが、21世紀になり、温暖化被害への対応や生物多様性への対応などがその重要性を増すなど状況が変化しつつあります。ここでは、鉄道のこの20年を振り返るとともに、今後の取り組みについて考えたいと思います。



**辻村 太郎**  
Taro Tsujimura  
材料技術研究部  
主管研究員  
[専門分野] 環境影響評価, 金属材料



**相原 直樹**  
Naoki Aihara  
材料技術研究部  
主任研究員  
[専門分野] 環境負荷評価, 高分子材料

## はじめに

今年、1992年にリオデジャネイロで開催された地球サミット「国連環境開発会議」から20年目にあたり、来月(6月)には再びリオで「国連持続可能な開発会議(リオ+20)」が開催され、フォローアップが行われることになっています。また、京都議定書の最終年でもあるため、今後を見据えた取り組みを考える大きな節目の年でもあります。近年の京都議定書締約国会合(COP)では、先進国を中心とした経済情勢の厳しさが増していること、BRICsの急激な経済発展など、各国間の立場の違いにより、なかなか議論が

進まず、地球温暖化防止に向けた具体的な行動に結びつく合意が形成できない状況が続いています。

ここでは、まず1990年以降の我が国および鉄道分野に起因する地球温暖化に寄与する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を含む温室効果ガスの排出動向を振り返ります。次に、今後の地球温暖化と鉄道との関係について、主に鉄道としての環境負荷低減の方向性について展望します。

## 我が国の温室効果ガスの排出動向

日本全体での1990年度以降の温室効果ガス排出量(CO<sub>2</sub>換算値)の推移は、**図1**に示すように1990年代前半は12億トン程度でしたが、その後は13億トン前後で変動する横ばい状態が続いていました。そして2008年度以降は、リーマンショックの影響により急激に減少しています。部門別に見ると、産業部門は1990年度以降やや減少傾向でしたが、2008年度以降大きく減少しています。一方、家庭部門や業務その他部門は基準年に対して大きく増加しています。全体に占める割合が約2割の運輸部門は1990年代は

### ☞ 温室効果ガスの種類と排出量の計算

温室効果ガスとしては、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素と代替フロン等3ガスの6種類が京都議定書などの国際的な取り決めで対象になっています。それぞれのガスの地球温暖化への影響度を地球温暖化係数(GWP; CO<sub>2</sub> = 1)として表し、各ガスの総排出量にGWPを乗じ、それらを合計してCO<sub>2</sub>換算の温室効果ガス排出量を算出しています。なお、2009年度の我が国の温室効果ガス総排出量に占めるCO<sub>2</sub>の割合は約95%です。

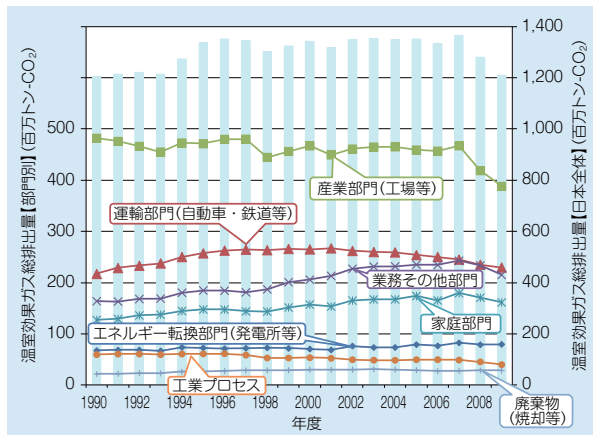


図1 我が国の温室効果ガスの部門別および総排出量の推移<sup>1)</sup>

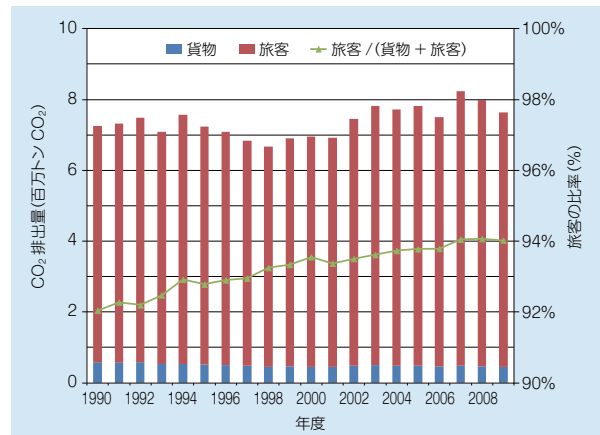


図2 鉄道輸送の客貨別のCO<sub>2</sub>排出量の推移<sup>2)</sup>

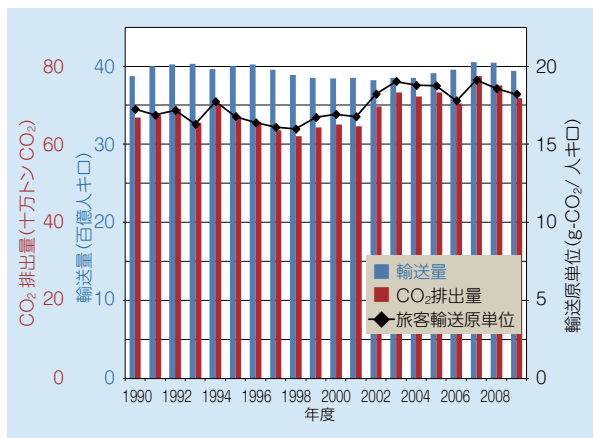


図3 鉄道旅客輸送のCO<sub>2</sub>排出原単位の推移<sup>3)</sup>

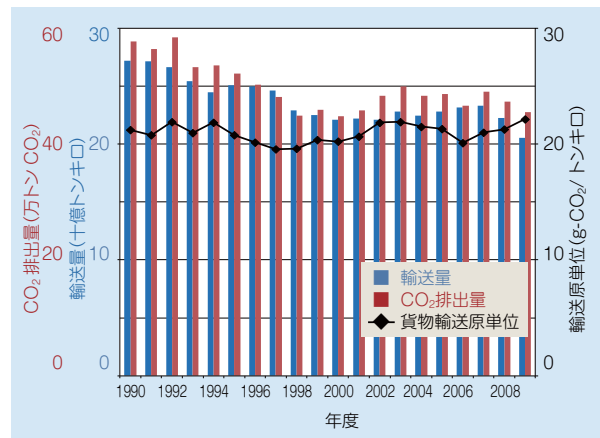


図4 鉄道貨物輸送のCO<sub>2</sub>排出原単位の推移<sup>3)</sup>

増加傾向を示し、最大23%増でしたが、その後は減少傾向に転じ、2009年度時点では5.8%増となっています。

以下では、温室効果ガスのほとんどを占めるCO<sub>2</sub>の排出について見て行きます。

### 鉄道のCO<sub>2</sub>排出の動向

鉄道のCO<sub>2</sub>排出量は、1990年度には、7.26百万トン、2009年度には7.63百万トンで、いずれの年においても運輸部門に占める割合で3.3%、我が国全体に占める割合は0.6%です。

鉄道輸送の客貨別のCO<sub>2</sub>排出量の推移を図2に示します。総量の変動は9割以上を占める旅客の変動によっています。旅客の比率は、1990年度の92%から2009年度の94%へと増加傾向にあります。

鉄道旅客輸送のCO<sub>2</sub>排出量および輸

送量とそれらから導かれる輸送原単位(人キロ当たりのCO<sub>2</sub>排出量)の推移を図3に示します。輸送量(人キロ)は、1990年度以降±5%の範囲で増減しています。CO<sub>2</sub>排出量は2001年度までは輸送量とほぼ同様の変動を示していますが、その後はやや増加しています。その影響で1990年代のCO<sub>2</sub>排出の輸送原単位はほぼ横ばいの17g-CO<sub>2</sub>/人キロ前後でしたが、それ以降はやや高い18~19g-CO<sub>2</sub>/人キロ程度で変動しています。

次に鉄道貨物輸送のCO<sub>2</sub>排出量および輸送量とそれらから導かれる輸送原単位(トンキロ当たりのCO<sub>2</sub>排出量)の推移を図4に示します。輸送量(トンキロ)はこの20年間を通してほぼ減少傾向にあり、1990年度に比較して2009年度には約25%減少しました。CO<sub>2</sub>排出量はほぼ同様の減少傾向を

示し、結果として原単位は20~22g-CO<sub>2</sub>/トンキロ程度の範囲にあり大きな変動は見られません。

図2のところで述べた排出量における旅客比率の増加は、旅客の輸送原単位の増加と貨物の輸送量減少に伴う排出量の減少によると考えられます。

### ある鉄道事業者の環境負荷の推移

鉄道は地球環境への負荷が他の交通機関に比べて小さく環境にやさしいと言われ、また、省エネ車両が次々と投入されて更なる改善が進んでいると期待していましたが、上述のように実際は必ずしも改善が進んでいるとは言えないようです。

そこで首都圏のある大手民鉄の状況を、公表されている環境報告書等の情報に基づいて調べてみました。

図5に輸送量(人キロ)、車両走行距

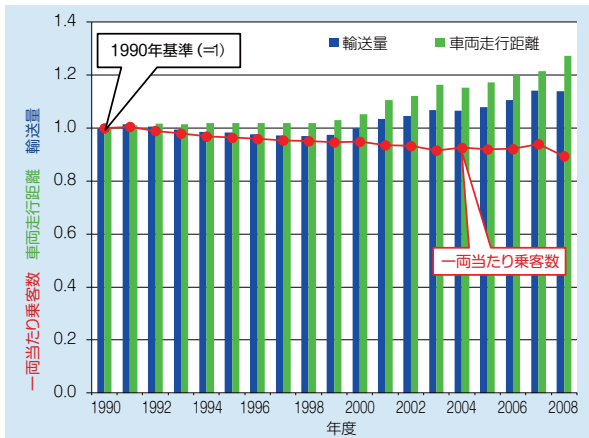


図5 輸送量，車両走行距離と一両当たり乗客数の推移<sup>4)</sup>

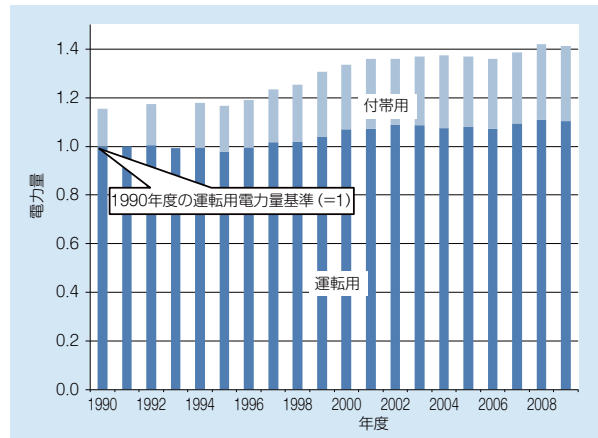


図6 運転用電力量と付帯用電力量の推移<sup>4)</sup>

離(キロ)と一両当たりの乗客数の推移を1990年度基準(=1)として示します。輸送量は、1990年代は僅かに減少傾向でしたが、2000年代に入ると増加傾向にあり、1990年度に対し2008年度には約14%増加しています。車両走行距離は、1990年代はほぼ横ばいでしたが2000年代は増加傾向を示し、1990年度に対して2008年度には約30%増加しています。人キロよりも車両キロの増加が大きく、一両当たりの乗客数は全体として減少傾向にあり、2008年度には約10%減少し、混雑は緩和していることとなります。

図6には1990年度を基準とした電車の運行に要した電力量の推移を示します。この電力は、電車に送られる運転用電力(運転、空調など)と、信号や駅設備で消費される付帯用電力に分けられます。

運転用電力は、1990年代はほぼ横ばいでしたが、2000年代に入ると増加に転じ、2008年度には1990年度基準で約10%増となっています。

付帯用電力は、一貫して増加傾向にあり、1990年度に比べて2008年度には約43%増加し、運転用に対する比率も約15%から約27%へと増加しています。

他社の付帯用電力を見ると、地下鉄では運転用に対して約8割、路線の長い民鉄では2割弱の会社もあり、状況

によって大きく異なっています。

電力量を車両走行距離で割って得られる値(車両キロ当たりの電力原単位)の推移を図7に示します(1990年度の動力原単位基準)。ここで運転用電力量を使って導いた値を動力原単位、運転用電力量に付帯用電力量を加えた値を使って導いた値を総括原単位としています。また、後述の積算原単位も併記しています。動力原単位は2000年度まで横ばいでしたが、それ以降は減少し、2009年度は約15%減となっています。総括原単位は、付帯用電力量の増加の影響で減少量が小さくなっています。具体的には、1990年度の運転原単位の15%増、2000年度には同じく27%増になり、その後は減少して2009年度には同じく8%増になっています。

動力原単位の減少は、省エネ車両導入の効果と考えられます。そこで、省エネ車両の導入状況の影響について検討しました。車両系列別の年度末配備両数を調べるとともに、省エネ性能の観点(主に制御方式による大まかな分類)から界磁、VVVF-GTOとVVVF-IGBTの3つの車両グループに分類しました。車両分類毎の原単位は、それぞれのグループの代表形式の車両を同一区間で走行させた実測値を、ほぼ同等の性能と考えられる車種にも当てはめました。界磁の動力原単位を基準(=

1)とし、VVVF-GTOは0.76、VVVF-IGBTは0.64です。車両長さの違いや走行線区、走行条件の違いは無視しています。車両分類別の配備両数の推移を図7に示します。車両分類別両数の比率で車両キロを鞍分し、それに車種ごとの原単位を掛けて導いたのが積算原単位です。積算原単位は、省エネ性能の高い(原単位の小さな)車両の比率の上昇に伴って、一貫して低下しています。なお、この会社では、回生ブレーキ車の導入比率は、1990年度で90%を超えており、2000年度には100%となっています。VVVF車は1990年代はほぼ横ばいの30%程度でしたが、2000年度以降導入が進み2010年には70%を超えています。

この会社の場合をまとめると、省エネ車導入によって動力原単位は減少していますが、サービス向上(混雑緩和、駅設備の充実)や輸送量自体の増加によって全体としての電力量は増加しています。他の会社の場合も、これらの要素のバランスにより、全体としての増減が決まっています。

## 電力量とCO<sub>2</sub>量

ここまでは、電力量で環境負荷を評価してきましたが、地球温暖化を考えるためには、CO<sub>2</sub>などの温室効果ガス量として考えなければなりません。使用電力量に電力のCO<sub>2</sub>排出原単位を

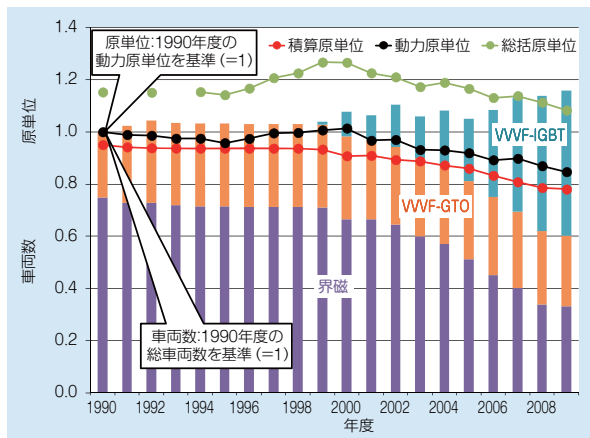


図7 省エネ車導入と原単位の推移<sup>4)</sup>

しょうか？前述の鉄道会社の場合、すべてがIGBT車に置き換わったとすると積算原単位は2010年度からさらに16%減、1990年度と比較して32%減となります。しかし、混

少ないとは考えられますが、鉄道林をどのように評価するかの検討は必要と思われる。

ここまでは、鉄道が地球温暖化に与える影響について述べてきましたが、地球温暖化による影響として、自然災害が増加すると予測されていることへの鉄道の対応の必要性も忘れてはなりません。鉄道の被害がどのようになっていくかを想定し、どのような対策を行っていくかを考えていかななくてはならないと思います。

## おわりに

世界的な経済の見通し、日本のエネルギー計画が不透明な現状においても、地球温暖化をはじめとした地球環境問題は進行しています。環境への負荷が比較的小さいとされる鉄道においても、地球温暖化に対応して

- 省エネルギーの推進
- モーダルシフトの推進による運輸部門としての負荷低減
- 環境負荷の低い電力の利用促進
- CO<sub>2</sub>固定(森林の育成など)
- 災害の過酷化への対応

に向けた技術開発や取り組みを着実に進めていかななくてはならないと考えます。また、ここでは言及できませんでしたが、生物多様性など他の地球環境問題への取り組みについても進めていく必要があると考えています。[RRR]

掛けることにより、CO<sub>2</sub>排出量に換算することができます。各電力会社の最近の電力のCO<sub>2</sub>排出原単位の推移を見てみると、電力会社間では、ほぼ倍の違いがあり、同一会社でも5年間に2割以上の変動が見られる場合があります。このことは、CO<sub>2</sub>排出量として評価を試みる際には、十分留意する必要があります。具体的には、各鉄道事業者の地球温暖化防止への取り組みを評価する際には、まず電力などの使用エネルギー量を評価対象とすることで、CO<sub>2</sub>排出量の評価とは別に行うことです。

## 今後の温室効果ガス排出低減に向けて

京都議定書以降の温室効果ガス削減については議論がまとまっていないため、その目標値や進め方などは決まっていません。けれども、長期的には、気温の上昇2℃以内を目指すことが、COP15(コペンハーゲン2009年12月)で国際的に合意されています。その実現に向けて、2050年の世界の温室効果ガス排出量を半分にしようとの動き(2007年7月の洞爺湖サミット首脳宣言など)があります。我が国を含む先進国では、80%の削減が必要だとの提言もなされ、いくつかの試算も出ています。

鉄道分野の削減の見通しはどうで

雑緩和や駅設備の改善など更なるサービス向上は今後も推進していくことを考えると、現状の省エネ車の導入だけでは長期的な目標を満足することは困難であり、省エネ性能の更なる向上、駅設備の省エネの推進などを行う必要があります。

それらの実現可能性について、少し考えてみましょう。現在、鉄道の更なる省エネの実現に向けては、変換効率の高いSiC素子、車両の軽量化、空気抵抗の低減、補機、駅設備や電力供給設備の効率向上などの開発が進められています。それらの開発状況や省エネ効果の見通しについては、本誌の別の記事をご覧ください。

輸送分野全体としては、公共輸送機関を活用したトータルな取り組み、モーダルシフトの推進があります。場合によっては、実効をあげるためにコンパクトシティの実現などのまちづくりから取り組む必要があります。

CO<sub>2</sub>削減の観点では、やはり電力原単位をいかに低減するかが、課題となります。原子力発電がどのようになっていくが見通せない現状では、長期的な展望も含めて再生エネルギー、自然エネルギーのようなコストや発電量の安定性などに課題のあるエネルギー源をどのように活用していくかが問われます。また、森林などの育成によるCO<sub>2</sub>吸収についても、絶対量としては

## 文献

- 1) 2010年度の温室効果ガス排出量(速報値)について【環境省】
- 2) 日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2009年度確定値【国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス】)
- 3) 同上および鉄道統計年報
- 4) 民鉄某社の環境報告書、CSR報告書