

環境負荷低減から見た第二東名における 貨物専用線の必要性に関する研究

海運ロジスティクス専攻 0655016 稲垣 篤史
指導教官 黒川 久幸 鶴田 三郎

1. はじめに

1. 1 研究の背景

世界各地において地球温暖化による被害が進行してきている。一般的に地球温暖化が起きると、気温上昇、海面水位の上昇など生態系に対する様々な悪影響を及ぼす。地球温暖化の原因とされる温室効果ガスは、様々な経済活動による電力や燃料などのエネルギー消費によって排出される。その多くを占める CO₂ 排出量について、欧州において新たな削減目標の提案がなされるなど、京都議定書の次の枠組みへ向けた動きが活発化している。京都議定書の約束期間（2008 年～2012 年）を目前に控え、日本全体の CO₂ 排出量で 90 年度比 6% の削減を求められているが、全体の CO₂ 排出量は 2004 年度の時点で 90 年度比で 11.5% 増の値を推移しており、期限までの達成は極めて難しいと言われている。日本全体の約 2 割の CO₂ 排出量を排出している運輸部門の CO₂ 削減対策として、鉄道に対するモーダルシフトへの期待が長年に渡ってなされてきたが、未だ十分な削減効果があげられていない。そうした状況を打開するための新たな取組として、長期的な展望でみたモーダルシフト分野に対する大規模な投資の必要性が指摘されている。その指摘の中で、「第二東名高速を利用した貨物鉄道専用線の敷設案」についても提案されており、幹線輸送部分の輸送力の増強を図ることで、トラックから鉄道への貨物のシフトをさらに促進させる狙いがある。

1. 2 研究目的

まず第一に、第二東名高速における貨物専用線の実現に向けて、大規模な投資が必要であり、運輸部門における環境負荷削減にどの程度貢献できるのかについて、十分に検討および評価がなされるべきである。そこで本研究では、第二東名高速における貨物専用線を鉄道が利用することで、従来の鉄道輸送と比べてどの程度 CO₂ 排出量を削減できるのかについて、考察を行うことを目的とする。

2. 鉄道貨物輸送の現状

2. 1 運輸部門における CO₂ 排出量の現状と対策

日本全体の全産業活動等から発生する CO₂ 排出量のうち、運輸部門から発生している CO₂ 排出量は約 20% を占める。その内訳の中で貨物自動車は減少傾向を見せている。

2. 2 鉄道コンテナ輸送

一般的には、鉄道貨物輸送には大きく分けて二種類の輸送

形式があり、それぞれコンテナ輸送と車扱い輸送という。本研究ではコンテナ貨物のみを対象とするので、今後鉄道貨物と記す場合はすべて鉄道コンテナ貨物のことを示す。

コンテナ輸送はまずトラックで発地から貨物駅まで輸送され、荷役によって貨車に積載され、着地近くの貨物駅に到着後再びトラックに積載され、着地へと到着する。

2. 3 モーダルシフト対策

鉄道コンテナ輸送は、最も環境負荷の小さい輸送体系として社会的にも認知されている。

その点から政府は、主に幹線部分における貨物輸送について、トラックから大量輸送機関である鉄道や海運へと転換し、トラックとの複合一貫輸送を推進しており、これらの対策をモーダルシフト対策と呼んでいる。

モーダルシフトを行うことによる狙いは、以下のよう
な点にある。

- CO₂ 排出量の削減
- 道路渋滞の解消
- ドライバー効率の向上

下の表は、政府が奨励している運輸部門の対策であり、それぞれの対策の達成による CO₂ 排出削減の見込み量を示している。今節で述べているモーダルシフトについては、「鉄道貨物へのモーダルシフト」の欄を参照すると分かるように、年間約 90 万 t の削減を見込んでいる。

表 1 運輸部門における CO₂ 削減対策

削減対策	効果見込(万t-CO2)
トッランナー基準による自動車の燃費改善	約2100
トラック輸送の効率化	約760
複数事業者の連携による省エネルギー	約320
国際貨物の陸上輸送距離の削減	約270
航空のエネルギー消費効率の向上	約190
海運グリーン化総合対策	約140
環境に配慮した自動車使用の促進(エコドライブなど)	約130
サルファーフリー燃料の導入及び対応自動車の導入	約120
鉄道貨物へのモーダルシフト	約90
高速道路での大型トラックの最高速度の抑制	約80
鉄道のエネルギー消費効率の向上	約40

しかし昨今のモーダルシフト化率の推移を参照すると、モーダルシフト推進による環境負荷低減が十分に進んでいない。その主な理由のひとつとして、モーダルシフトを行うための受け皿となる輸送能力を鉄道側が十分に持っていないことがあげられる。

そこで考えられるのが列車の増発であるが、鉄道路線においては常に旅客列車の運行が優先されており、特に輸

送能力の不足している東海道線での列車の増発は極めて難しい。

そこで第二東名・新名神貨物専用線によって、輸送需給の逼迫している東海道線・山陽線などの諸問題に対処することにより、モーダルシフトの推進は大きく進み、環境改善効果は飛躍的に向上する。

2. 4 第二東名高速・新名神高速をめぐる動き

2. 4. 1 第二東名高速道路

第二東名高速道路とは、起点を東京都として終点の愛知県名古屋までを結ぶ、現在建設中の高速道路の名称である。東名高速道路に並行する6車線道路であり、4車線は道路として使用予定で得るが、残る2車線は使用予定がない。終端までの距離は東名高速とほぼ変わらない。

また第二東名と名古屋で接続する新名神高速道路についても述べる。

新名神高速道路とは、基点を三重県として、滋賀県、京都府、大阪府を経て、終点の兵庫県神戸市までを結ぶ、現在建設中の高速道路の名称である。同様に6車線道路である。従来の名神高速に比べ、終端までの距離が短くなる。

2. 4. 2 第二東名高速を用いた新輸送システム

1.3で示した従来の研究に、第二東名高速を用いたトラック輸送の有効性を論じたものがある。昨今では、使用予定のない中央分離帯に注目し、貨物鉄道専用の線路を中央分離帯に敷設するという提案がなされている。ⁱ

この第二東名・新名神高速道路の計画理由のひとつに、既存の東名高速、名神高速の渋滞緩和、ひいては環境負荷削減につながるという予測がある。貨物専用線を引いた場合にも、鉄道貨物量が増え、トラック台数を減少させることによる渋滞緩和、およびモーダルシフトの推進につながるという予測がたち、目的が達せられる。

そこで第二東名に貨物専用線を敷設し、貨物鉄道が運行可能となった場合、鉄道貨物輸送に対して及ぼす環境負荷削減効果について定量的に示し、その敷設案の有効性について論じる。そして必要性を高めるための更なる改善点について指摘することを本論のテーマとした。

今後、第二東名高速における貨物専用線について、第二東名貨物線と表現する。

3. CO₂排出量の算出式

3. 1 鉄道コンテナ輸送のCO₂排出量

昨今、環境アセスメントの考え方が盛んになっており、輸送分野においてもより詳細にCO₂排出量について推計する必要がある。鉄道コンテナが輸送されることで伴うCO₂排出量は、主に以下の活動によるエネルギーによるものである。

- a) コンテナを積載し、輸送機関が走行している時のエネルギー消費量
- b) 貨物駅において、コンテナの積み下ろしのために使用さ

れる荷役機械（主にフォークリフト）から消費される燃料量（主に軽油）

- c) 貨物鉄道や貨物駅などの建造・廃止による工事で消費している燃料、および電力量
- d) 貨物に関するデータを取り扱うシステムの維持管理、一般業務などに伴う電力量

上記の a) b)については貨物量の増減によって直接左右される。一方、c) d)については短期的にみた場合には、貨物量の増減にはあまり左右されない。

よって本研究では a) b)のみを取り扱うことにした。

a)について、トラックから鉄道への貨物のシフトは幹線輸送部分について行われた時、最も環境負荷低減効果が見込める。よって本研究では幹線輸送部分の鉄道およびトラックの走行による輸送CO₂排出量のみを扱うことにする。

3. 2 鉄道の走行時CO₂排出量 (CO₂transport)

走行時CO₂排出量を算出する方法として、燃料法、燃費法、従来トンキロ法が一般的によく用いられる。しかしこれらはそれぞれ、「CO₂値を推計できない」「積載率を考慮できない」「空回送を考慮できない」などの問題がある。さらに鉄道の走行時CO₂排出量を求める方法は従来トンキロ法しかなく、積載率を考慮できない。

そこで本研究では、列車そのものの自重も含めたかたちでCO₂排出係数を算出できるように、以下のように算出式を表現した。

$$\text{鉄道CO}_2\text{排出量} = a(x + Wr \times T) \times d$$

x: 流動量 Wr: 鉄道の自重 a: 自重を含む単位重量あたりのCO₂排出量 T: 3日間の運行回数

ここで用いているaは、鉄道路線別に値が示される。

表2 車重を含むトンキロ当たりのCO₂排出量

路線	a	路線	a
全国路線	22	北陸	32
東海道	18	信越	28
東北	23	羽越	25
山陽	19	鹿児島	26

もっともaの値が小さい傾向にあるのは東海道や山陽本線、都市近郊にある路線で、逆に大きい傾向にあるのは北陸線、信越線など起伏の激しい路線である。

次に、β) 末端輸送部分のトラックの走行によるCO₂排出量について述べる。

3. 3 トラックの走行時CO₂排出量 (CO₂transport)

満載時の4t車、11t車についての燃費の数値をCO₂排出量に換算した値を用い、以下のように算出式を表現した。

$$\text{トラック } CO_2 \text{ 排出量} = b \times \left(\frac{W \times T + x}{W_t + M \max} \times \frac{PRu + PRc}{100} + \frac{T(PRa + PRk)}{100} \right) \times d$$

b : 満載時 CO₂ 排出原単位 (g-CO₂/km)

Wt : トラックの自重 (t) Mmax : トラックの最大積載量 (t) x : 流動量 (t) d : 走行距離 (km)

PRu : 転がり抵抗比率 PRc : 加速抵抗比率

PRa : 空気抵抗比率 PRk : 機械抵抗比率

表 3 4 t 車 11 t 車の満載時における CO₂ 排出原単位

満載時CO ₂ 排出原単位 (g-CO ₂ /km)		最大積載量 (t)	
		4	11
平均速度(km/h)	20	989.976	1956.24
	40	750.88	1592.162
	60	671.84	1059.63

3. 4 荷役時の CO₂ 排出量

貨物駅で行われる荷役における CO₂ 排出量は、ほとんどフォークリフトやトップリフターの燃料消費から発生する。そこで、単位貨物量あたりの荷役の CO₂ 排出量について、主要貨物駅の年間取り扱い貨物量、荷役機械の軽油消費量のデータから近似により求めた。

ひとつの OD ペアに対し、発着における荷役量、輸送途中の積替えなどによる荷役量を UM、積替え回数を N (回) とすると以下の式で荷役 CO₂ 排出量が計算できる。

$$CO_{2loading} = le \times (2 \times UM + N \times UM)$$

4. モデル定式化

4. 1 目的関数

鉄道貨物輸送における環境負荷低減について、鉄道輸送ネットワークの経路決定を数理計画問題として定式化した。本モデルでは、全体 CO₂ 排出量の最小化を目的関数とおき、モデル化する。

$$TotalCO_2 = CO_{2transport} + CO_{2loading} \rightarrow \min \dots \text{式 1}$$

$$CO_{2transport} = \sum_{r \in R} \sum_{l \in L_r} \left(\alpha^{r,l} \cdot \left(W^r \cdot T^r + \sum_{(u,k) \in A_{(r,l)}} y^{u,k} \cdot UM_u \right) + \beta^{r,l} \cdot T^r \right)$$

…式 2

$$CO_{2loading} = \gamma \cdot \left(2 \cdot \sum_{u \in Demand} UM_u + \sum_{(u,k) \in B} y^{u,k} \cdot UM_u \cdot N^{r,l} \right)$$

…式 3

式 1 解説 …… <CO₂ 排出量合計>

鉄道コンテナ輸送全体の CO₂ 排出量 (TotalCO₂) を最小化するためには、走行 CO₂ 排出量 (CO₂transport) と荷役 CO₂ 排出量の和を最小化する。

式 2 解説 …… <走行 CO₂ 排出量>

鉄道、トラックの走行 CO₂ 排出量を式 2 で表現した。

式 3 解説 …… <荷役 CO₂ 排出量>

需要貨物量の発地で積載するときと、着地で下ろすとき

2 回、さらに途中での積み下ろしの回数を N 回として表す。

4. 2 制約条件

$$\sum_{k \in K_u} y^{u,k} = 1, u \in Demand \dots \text{式 4}$$

$$\sum_{(u,k) \in A_{(r,l)}} y^{u,k} \cdot UM_u \leq M^r \cdot T^r, r \in Route, l \in Link_r \dots \text{式 5}$$

$$\sum_{r \in LR_l} T^r \leq MT^l, l \in Link \dots \text{式 6}$$

$$T^r \geq 0 \text{ and integer}, r \in Route \dots$$

式 7

$$y^{u,k} = 0 \text{ or } 1, u \in Demand, k \in Keiro_u \dots \text{式 8}$$

式 4 解説 …… <輸送需要不分割>

輸送需要 u は、必ずひとつの経路で輸送される。

式 5 解説 …… <輸送能力上限>

運行路 r において輸送可能な貨物量の上限を超えない。

式 6 解説 …… <運行回数上限>

式 7 解説 …… <運行回数非負整数条件>

式 8 解説 …… <輸送可否選択条件>

紙面の都合上、定式化の詳細な記号説明は省略する。

4. 3 前提条件

1 貨車あたりの輸送力は、12ft コンテナ (5 t) × 5 個 = 25 t

リンク間輸送力は、列車本数 (本) × 最大貨車連結数 (26 両) × 1 貨車あたりの輸送力 (25 t)

第二東名新名神貨物専用線の仮想輸送力は、1 時間あたり最大列車本数 (6 本) × 運行可能時間 (20 時間) × 最大貨車連結数 (26 両) × 1 貨車あたりの輸送力 (25 t) = 78000 t

運行路 (鉄道のみ) は、各貨物駅でより多くの輸送需要に対応できるように、それぞれの地方間を結ぶダイヤのうち、最も始点から終点までの距離が長いダイヤを選択した。

5. 第二東名貨物専用線の必要性に関する検討

第二東名貨物専用線の必要性の検討にあたって、従来と新規の CO₂ 排出量の削減効果を比較するため、3 つのモデルケースを用意した。

表 4 モデルケースの概要

	輸送機関	輸送需要量	ネットワーク概要
モデルA	鉄道+トラック	鉄道+トラック貨物	従来の輸送におけるCO ₂ 排出量
モデルB	鉄道+トラック	鉄道+トラック貨物	従来の輸送におけるCO ₂ 排出量の最小化
モデルC	鉄道+トラック	鉄道+トラック貨物	新貨物線を想定した輸送におけるCO ₂ 排出量の最小化

モデル A で、現状の輸送における CO₂ 排出量の推計を行い、検討 1 で、モデル A に対するモデル B の CO₂ 排

出量削減について検討する。検討2で、モデルBに対するモデルCのCO₂排出量削減について検討する。

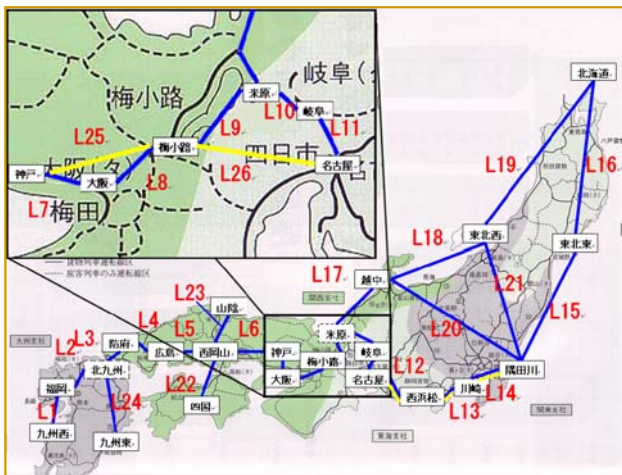


図1 モデルCのモデル図

モデルAの推計CO₂排出量は図2に示した。

5. 1 検討1 モデルA→BにおけるCO₂排出量削減効果

最適化の結果、モデルAからBへ約160万t-CO₂が削減され、大きくモーダルシフトが進んだ。しかしここではダイヤの時間帯を考慮した輸送力を想定していない。ピーク時輸送力などを考慮に入れた場合、削減量は減ると思われる。

各リンクにおける貨物量に注目するとモーダルシフトが進まない区間がある。

表5 a)輸送力不足が原因の区間

L14上り		L1上り	
鉄道輸送量	54600t	鉄道輸送量	7800t
輸送力	54600t	輸送力	7800t
トラック輸送量	280251t	トラック輸送量	22143t

表6 b)輸送力十分だが、運行本数不足が原因の区間

L5下り		L2上り	
鉄道輸送量	3240t	鉄道輸送量	365t
輸送力	72150t	輸送力	54600t
トラック輸送量	71849t	トラック輸送量	43258t

a)の区間については、輸送力増強によって対処する。

b)の区間については、輸送力増強区間の延長、新たな運行路の配置によって対処する。

5. 2 検討2 モデルB→CにおけるCO₂排出量削減効果

隅田川—川崎間、川崎—西浜松間、西浜松—名古屋間に第二東名貨物線を、名古屋—梅小路間および梅小路—神戸間に新名神貨物線をそれぞれ配置し、隅田川から福岡までの運行路を新たに追加し、再び最適化を行った。

その結果、さらに約60万t-CO₂のCO₂が削減され、問題となっていた区間a)b)は改善され、シフトが進んだ。

表7 a)輸送力不足が解消された区間

L14上り	
鉄道輸送量	96513t
輸送力	132600t
トラック輸送量	226638t

表8 b)運行本数不足が解消された区間

L5下り		L2上り	
鉄道輸送量	45381	鉄道輸送量	8732t
輸送力	72150	輸送力	54600t
トラック輸送量	29708	トラック輸送量	34891t

各運行路全体における平均積載率に注目する。

表9 各運行路における平均積載率

区間	平均積載率(%)
r95 隅田川-福岡	69.2
r28 西岡山-米子	67.5
r09 名古屋-北海道	58.5
r25 西岡山-四国	57.0
r32 福岡-九州西	54.8
r04 隅田川-越中	52.6
r31 北九州-九州東	52.0
r03 隅田川-東北西	44.0
r10 名古屋-北海道	41.4
r17 福岡-東北西	20.0
r08 隅田川-福岡	18.1

r08 隅田川—福岡間の運行路の列車貨物が激減し、神戸—福岡間では全く利用されなくなってしまい、積載率の低い、非効率な輸送を行っている。その理由としてはこの区間における貨物のほとんどが、r08と同様の区間を結ぶr95によって運ばれ、r95では運ばない駅の「岐阜」、「大阪」駅に輸送するためだけにr08は運行するからである。これらを改善するためには、r08運行路は廃止し、大阪と岐阜に輸送するための短距離の運行路を設定するとよいと思われる。

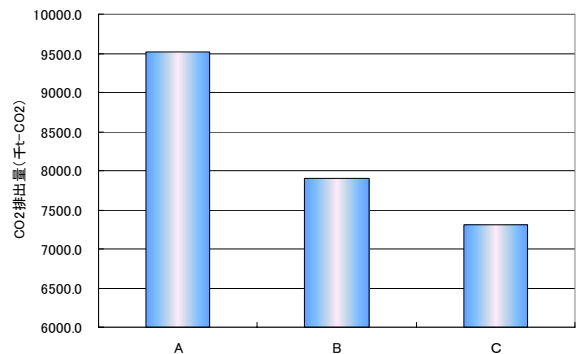


図2 モデルA、B、Cの全体CO₂排出量

6. 結論

①モデルA→モデルCによって、約220万t-CO₂の削減が可能であることを示した。京都議定書の削減見込量90万t-CO₂を上回る効果を得られたことから、新貨物線の必要性は証明された。

②新名神におけるリンクを追加すると、岐阜(タ)・大阪(タ)へ向かう運行路が必要になることが分かった。

参考文献

i 輸送経済新聞6月12日付 物流改革シンポジウム記事掲載