

22. コンテナトレーラー走行時における CO2 排出量の分析

ANALYSIS OF CO2 EMISSIONS FROM TRANSPORTATION BY CONTAINER TRAILER

村野昭人*・鈴木武*

Akito Murano*, Takeshi Suzuki*

ABSTRACT ; To prepare harbors consumes much energy and materials, so it becomes the main origin of CO2 emissions. For exact estimation of the environmental impact from goods it is necessary to assess them through life cycle from material production, construction, usage, maintenance, to demolition. Especially in case of infrastructures that life cycle is long, the stage of usage plays an important part in their life cycle. In this study CO2 emissions from transportation by a container trailer which total weight is over 10ton are investigated with real time at harbor area and highway, and the relation between fuel efficiency and traffic speed is analyzed. As a result, it is shown that fuel efficiency in case of 30.3ton is about one third compared with that in case of 10.3ton, and that fuel efficiency is improved gradually to the traffic speed of 80km per hour but hardly changes after that.

Keywords ; CO2 Emissions, Container Trailer, Fuel Efficiency, Transportation

1 はじめに

発効の時期が近づいている京都議定書において、日本は 2008 年から 2012 年の 5 年間で、1990 年に比べ 6%の温暖化ガスの排出削減を義務付けられた。しかし、2000 年度の排出量は 1990 年比で 8.0%増となっており、早急な対策を講じることが求められている。大規模な施設整備を伴う港湾整備は、大量の資材やエネルギーを消費し多くの温暖化ガスを排出するため、その低減のための努力が求められる。温暖化ガス排出の低減を実行に移してゆくためには、資材生産・施工から施設の運用・解体廃棄に至るライフサイクル全般にわたる温暖化ガス排出量を適切に推計することが前提となる。港湾施設などのインフラストラクチャーは一般の工業製品と比較してライフスパンが長いため、運用時の評価がより重要となる。港湾施設の運用時に排出される温暖化ガスの中では、コンテナ輸送に由来するものが大きな位置を占めるため、コンテナトレーラーによる陸上輸送時の発生量を正確に把握することが不可欠である。従来の研究において、一般的なトラックの走行時の環境負荷原単位については数多くの調査・分析がなされてきた^{1) 2)}が、コンテナトレーラーのように総重量が 10 トンを超える車両を対象とした分析は、ほとんどなされていない。

そこで本研究では、環境に配慮した港湾施設整備計画に資することを目的として、港湾エリアや高速道路を対象に、コンテナトレーラーの燃料消費量・速度をリアルタイムで測定する走行実験を行った。その結果を基に速度や重量が燃料消費量に与える影響について分析し、その特性を明らかにした。

*国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 沿岸域システム研究室

Ministry of Land, Infrastructure and Transport National Institute for Land and Infrastructure Management, Coastal Zone Systems Division, Coastal and Marine Department, Nagase3-1-1, Yokosuka-shi, Kanagawa-ken, 239-0826 Japan

2 燃料消費量に影響を与える要素

2.1 走行抵抗

自動車の燃費性能を改善するためには、走行中に生じる様々な抵抗を少なくすることが必要となる。この抵抗する力の総称を走行抵抗といい、転がり抵抗、空気抵抗、勾配抵抗、加速抵抗が含まれる³⁾。

(A) 転がり抵抗

タイヤが路面上を転がることによって起こるすべての抵抗の和で、タイヤや路面のひずみ、路面の凹凸、ホイール軸受けの滑り摩擦などが原因となる。路面の状態や空気圧、車速によって変化する。

(B) 空気抵抗

自動車が走行するとき、ボディーに空気の力が作用して受ける抵抗が空気抵抗となる。速度の二乗に比例するとともに、ボディーの形状によって左右される。

(C) 勾配抵抗

自動車が一定の速度で勾配のある坂道を登るとき、自動車の総重量の斜面に平行な分力は、進行方向と反対向きに働くので、登坂を妨げる力が勾配抵抗となる。

(D) 加速抵抗

等速走行している自動車の慣性及び、自動車のエンジンから駆動輪までの回転部分の速度を増加させるための慣性の、二つの慣性に打ち勝って加速が行われることから、これらが加速抵抗となる。

2.2 省燃費を実現する運転方法

前節で述べた各抵抗を減少させる運転を推進すべく、自動車会社・運送会社においては、省燃費運転研修等で指導を行っている⁴⁾。その主な項目と、内容の概要について表1に示す。

表1 省燃費を実現する運転方法

運転方法	内容
アイドリングストップ	1時間のアイドリングにより、大型車は1.0～1.5L、中型車では0.7～0.8Lの燃料を消費する。30秒以上の停止が予想される場合には、エンジンの一時停止を心がける。
経済速度による走行	車が走行する時に受ける空気抵抗は、速度の二乗に比例する。一般道では時速50km、高速道路では時速80kmが一般的には経済速度となる。
急発進・急加速を控える	アクセル全開での急発進や急加速は、緩やかな加速に比べて加速抵抗が大きくなり、燃料の消費量が増える。
慣力走行	エンジンブレーキを使用中には燃料を使用しない。従って、下り坂や赤信号の手前ではエンジンブレーキを使用して、慣力走行することを心がける。
適切なシフトチェンジ	エンジン回転数を上げると、燃料消費量が増大する。従って、なるべく高速段のギヤを使用し、エンジンの回転数を抑えることが重要となる。シフトアップを早めに、シフトダウンを遅めに行うことを心がける。
波状運転を控える	加速と減速を繰り返す波状運転は、燃費を大きく悪化させる。波状運転は、定速運転に比べて燃費が約25%悪くなる。
車両のメンテナンス	タイヤの空気圧が低いと、転がり抵抗が増大することにより、燃費が悪化する。エアエレメントが目詰まりしていると、吸入空気の抵抗が増え、出力の低下から燃費が悪くなる。

3 コンテナトレーラーの燃費特性分析

3.1 走行実験の概要

走行実験に用いた車両は、ヘッドの部分の重量が約 6.6 トンのコンテナトレーラーである。キャビンの上部には、空気抵抗を減らすウィンドデフレクターを取り付けている。この装置は特に高速運転時に効果を発揮し、現在では多くのトレーラーに取り付けられている。主に使用したシャーシの重量は 40 フィートで約 3.7 トン、20 フィートで約 3.5 トン、空コンテナの重量は 40 フィートで約 3.7～3.9 トン、20 フィートで約 2.2～2.4 トンであった。

表2 走行実験の概要（10月）

天候	開始時刻	終了時刻	重量(トン)				走行場所・状況
			ヘッド	シャーシ	コンテナ	総量	
小雨	2002/10/21 0:10	2002/10/21 1:47	6.6	0	0	6.6	一般道路
小雨	2002/10/21 2:25	2002/10/21 3:55	6.6	3.7	3.9	14.2	一般道路
雨	2002/10/21 8:40	2002/10/21 9:12	6.6	3.7	3.9	14.2	高速道路
小雨	2002/10/21 9:35	2002/10/21 9:56	6.6	3.7	20	30.3	一般道路
小雨	2002/10/21 10:29	2002/10/21 10:35	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
小雨	2002/10/21 10:39	2002/10/21 10:47	6.6	3.7	13.7	24.0	一般道路
小雨	2002/10/21 10:55	2002/10/21 11:01	6.6	0	0	6.6	一般道路
小雨	2002/10/21 11:11	2002/10/21 11:50	6.6	3.7	4.1	14.4	一般道路
小雨	2002/10/21 11:50	2002/10/21 12:15	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
雨	2002/10/21 13:00	2002/10/21 13:37	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
小雨	2002/10/21 13:37	2002/10/21 13:43	6.6	3.7	3.7	14.0	一般道路
小雨	2002/10/21 13:45	2002/10/21 13:47	6.6	0	0	6.6	一般道路
小雨	2002/10/21 13:59	2002/10/21 14:15	6.6	3.7	28.7	39.0	一般道路
くもり	2002/10/21 14:30	2002/10/21 14:35	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
くもり	2002/10/21 14:35	2002/10/21 14:54	6.6	3.7	4.0	14.3	一般道路
くもり	2002/10/21 15:10	2002/10/21 15:25	6.6	0	0.0	6.6	一般道路
くもり	2002/10/21 15:25	2002/10/21 15:36	6.6	3.7	3.9	14.2	一般道路
くもり	2002/10/21 15:45	2002/10/21 15:55	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
晴れ	2002/10/22 7:00	2002/10/22 7:40	6.6	3.7	3.7	14.0	高速道路
晴れ	2002/10/22 10:17	2002/10/22 11:48	6.6	3.7	8.7	19.0	高速道路
晴れ	2002/10/22 13:32	2002/10/22 13:35	6.6	0	0	6.6	一般道路
晴れ	2002/10/22 13:35	2002/10/22 14:45	6.6	3.5	0	10.1	一般道路
晴れ	2002/10/22 15:05	2002/10/22 15:25	6.6	3.5	4.5	14.6	一般道路
晴れ	2002/10/22 15:28	2002/10/22 16:00	6.6	0	0	6.6	一般道路

実験は平成 14 年 10 月 21、22 日及び平成 15 年 1 月 20、21 日の二度に分けて行い、同じ車両を使用した。一般道路については、主に東京の大井埠頭や平和島といった港湾エリアを走行エリアとした。高速道路については首都高速道路・常磐自動車道などを走行した。実験の概要を表 2、3 に示す。表中にあるコンテナ重量は、空コンテナの重量と積荷の重量を合計した値である。

燃料消費量を測定するための燃費計、速度を測定するための速度計を運転室内に取り付け、各データを計測しデジタルデータとして取得した。使用した燃費計はディーゼル車用のもので、エンジンに入った燃料の流量とエンジンから出てきた燃料の流量を計測し、その差を取って燃料消費量を算出する。燃料消費量は 1 秒ごとに 0.05cc 単位で測定可能であり、速度は 0.5 秒単位で時速 1km 単位で測定可能である。分析の際には、速度のデータを 1 秒ごとのデータに変換した。また、走行状況についてビデオ撮影を行い、取得したデータのチェックを行った。(図 1)

表 3 走行実験の概要 (1 月)

天候	開始時刻	終了時刻	重量(トン)				走行場所・状況
			ヘッド	シャーシ	コンテナ	総量	
くもり	2003/1/20 7:50	2003/1/20 7:57	6.6	3.7	3.9	14.2	一般道路
晴れ	2003/1/20 10:00	2003/1/20 10:08	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
晴れ	2003/1/20 10:08	2003/1/20 10:30	6.6	3.7	3.7	14.0	一般道路
晴れ	2003/1/20 10:33	2003/1/20 10:35	6.6	0	0	6.6	一般道路
晴れ	2003/1/20 10:35	2003/1/20 11:05	6.6	3.5	2.3	12.4	一般道路
晴れ	2003/1/20 11:05	2003/1/20 11:20	6.6	3.5	0	10.1	一般道路
晴れ	2003/1/20 13:07	2003/1/20 13:15	6.6	3.5	2.2	12.3	一般道路
晴れ	2003/1/20 13:15	2003/1/20 13:33	6.6	0	0	6.6	一般道路
晴れ	2003/1/20 13:33	2003/1/20 14:25	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
晴れ	2003/1/20 14:42	2003/1/20 15:08	6.6	3.7	12.2	22.5	一般道路
晴れ	2003/1/20 15:08	2003/1/20 15:16	6.6	0	0	6.6	一般道路
晴れ	2003/1/20 15:16	2003/1/20 15:19	6.6	3.7	3.0	13.3	一般道路
晴れ	2003/1/20 15:20	2003/1/20 15:26	6.6	0	0	6.6	一般道路
晴れ	2003/1/20 15:27	2003/1/20 15:45	6.6	3.7	0	10.3	一般道路
晴れ	2003/1/20 15:45	2003/1/20 16:00	6.6	3.7	3.8	14.1	一般道路
雨上がり	2003/1/21 6:42	2003/1/21 7:27	6.6	3.8	2.4	12.8	一般道路
晴れ	2003/1/21 8:30	2003/1/21 9:18	6.6	3.8	2.2	12.6	高速道路
晴れ	2003/1/21 9:47	2003/1/21 10:49	6.6	3.8	0	10.4	一般道路
晴れ	2003/1/21 10:49	2003/1/21 11:11	6.6	3.8	3.5	13.9	一般道路
晴れ	2003/1/21 11:12	2003/1/21 11:15	6.6	0	0	6.6	一般道路
晴れ	2003/1/21 11:15	2003/1/21 11:36	6.6	3.5	0	10.1	一般道路
晴れ	2003/1/21 13:02	2003/1/21 13:11	6.6	3.5	0	10.1	一般道路
晴れ	2003/1/21 13:11	2003/1/21 14:14	6.6	3.5	2.3	12.4	高速道路
晴れ	2003/1/21 14:57	2003/1/21 16:16	6.6	3.5	12.7	22.8	高速道路

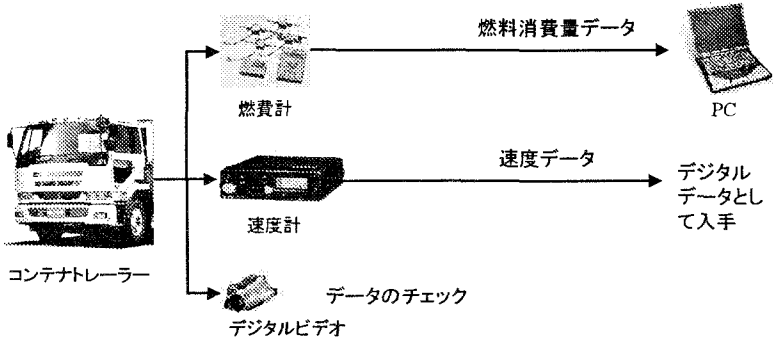


図 1 実験における測定項目

3.2 実験結果

(A) 速度の時間分布

走行実験における速度の時間分布を図 2 に示す。エンジンを止めた駐停車時間は除いている。一般道路走行時には、全体の 4 分の 1 以上の時間は止まっていることが分かる。さらに時速 20km 以下の時間帯が

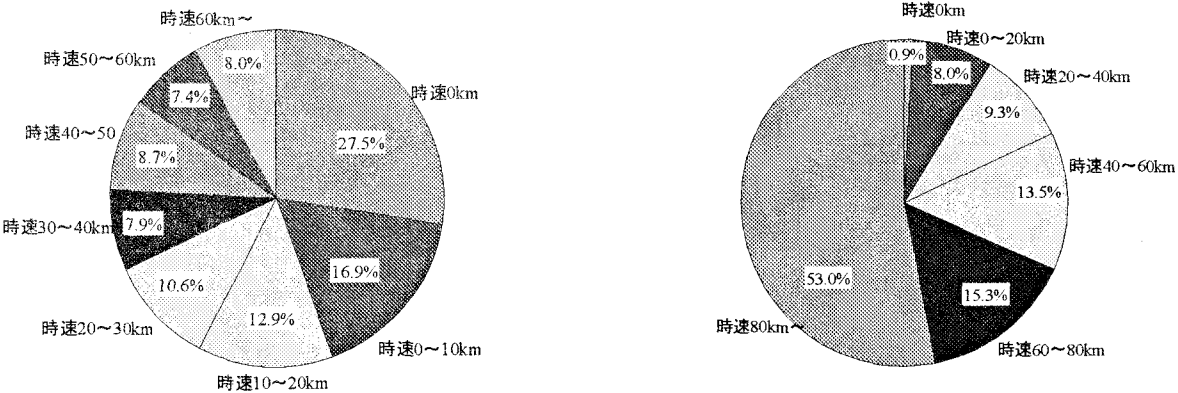


図 2 速度の時間分布 (左：一般道路走行時、右：高速道路走行時)

過半数となっており、平均速度は時速 22km であった。高速道路走行時において、時速 40km 以下の時間帯が 20% 近く存在するのは、渋滞の影響であると考えられる。一部渋滞はあったが、おおむね順調に走行できたため、時速 80km 以上の時間帯が過半数を占めており平均速度は時速 74km であった。

(B) 速度と燃費の関係

一般道路走行時と高速道路走行時に分けて、総重量別の速度と燃費の関係を図 3、4 に示す。データの総数が少ないケースにおいては、結果のばらつきが大きくなるため分析対象から除外している。総重量が重いほど、総じて燃費が低くなるという妥当な結果となっている。時速 60km 付近では、総重量が 30.3 トン時の燃費は、総重量 10.3 トンに比べて約 3 分の 1 となっている。

しかし時速 20km 以下の低速域においては、その差は明確には現れていない。これは、そのような低速域は減速時にあたるケースが多いために、エンジンプレーキを用いた惰力走行を行うことで、総重量に関係なく省燃費運転が可能となることが原因と考えられる。

時速 40km～60km においては、高速道路走行時の方が燃費が低くなっているケースが多い。これは、渋滞によって加速・減速を頻繁に繰り返した影響、もしくは高速道路では時速 60km は加速途中にあたるためにアクセルを強く踏み込むことが多い影響によるものと考えられる。

高速道路走行時の時速 100km 付近においては、総重量による差が小さくなっている。これは、時速 100km 付近では、定速走行状態となっているケースが多いことが原因と考えられる。すなわち、加速度と総重量に比例して生じる加速抵抗の、発生頻度及び強度が減少することが影響していると考えられる。

速度が燃費に与える影響を見ると、一般道路走行時には、ほぼ右上がりに燃費が向上しており、時速 60～70km においてピークとなる傾向が見られる。通常、一般道路走行の場合には時速 50km 前後が経済速度と言われており、得ら

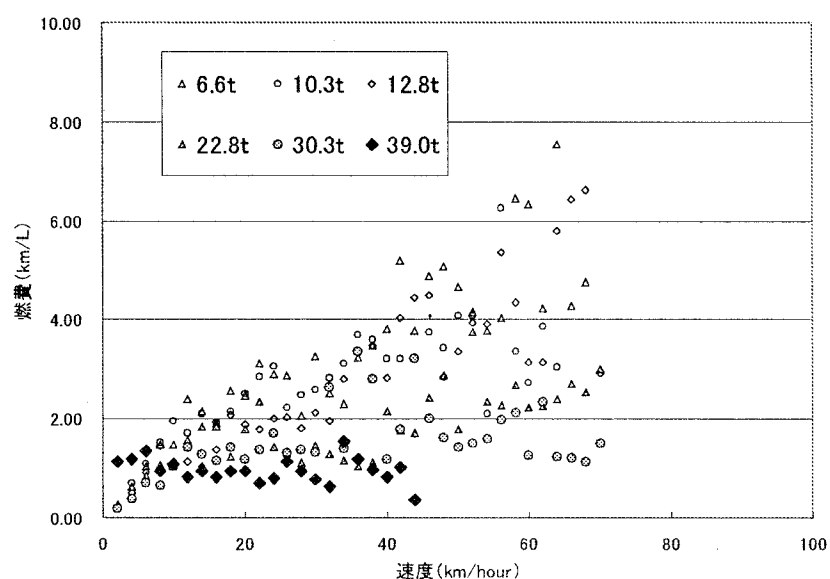


図3 速度と燃費の関係（一般道路走行時）

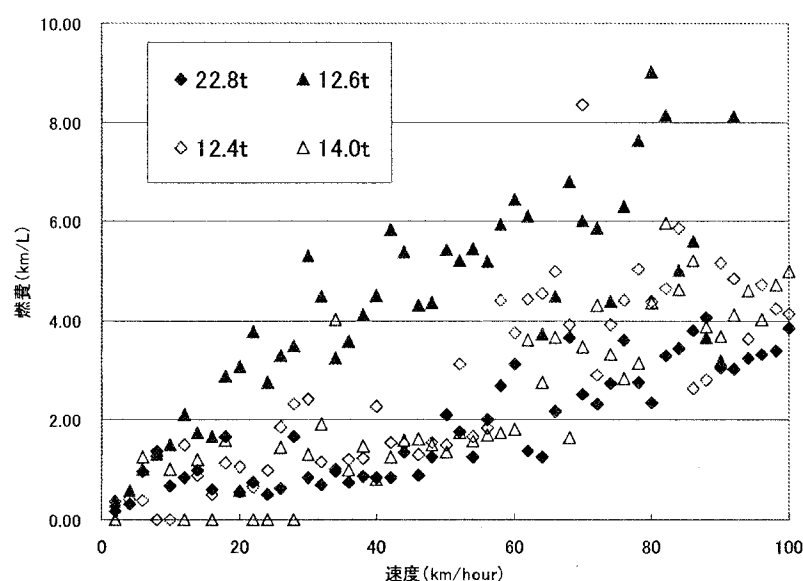


図4 速度と燃費の関係式（高速道路走行時）

れた実験結果と異なる。これは、直線距離が長く信号も少ない港湾エリアを走行するケースが多かったことが原因と考えられる。一方、高速道路走行時には、時速 80km 前後がピークになっており、一般に言われている経済速度とほぼ一致する。

(C) 既存の研究例との比較

前項で得られた結果から燃費の推計式を求め、既存研究による普通貨物車の燃費推計式との比較を行った。

(図 5、図 6)

比較対象として用いた式は、東京都環境保全局による式⁵⁾であり、速度の二次式で燃費を推計している。そこで、本研究でも速度の二次式として推計式を作成した結果、決定係数の多くは 0.6~0.8 の間であったが、データの少ない 30.3 トン、39.0 トンについては 0.5 以下の低い値となった。

一般道路走行時には、東京都の式による値と、6.6 トン、10.3 トン、12.8 トンのケースの推計式による値とが比較的よく一致している。普通貨物車という車種区分の総重量がそのあたりであることから、妥当な結果であるといえる。

一方、高速道路走行時には、12.6 トンのケースを除いて、東京都の推計値よりもかなり小さくなった。高速道路走行において

は、時速 100km 前後に到達するまで加速し続けることが、低速から中速域にかけての燃費が低く推計された原因と考えられる。本章の最初に述べたように、高速道路走行時には時速 80km 以上で走行する時間が過半数を超える。従って、高速道路走行時の燃料消費量を推計する際に、全体の平均速度をもとに原単位をかけるマクロな推計方法を用いると、実際の値との相違が生じる可能性があるので注意が必要となる。

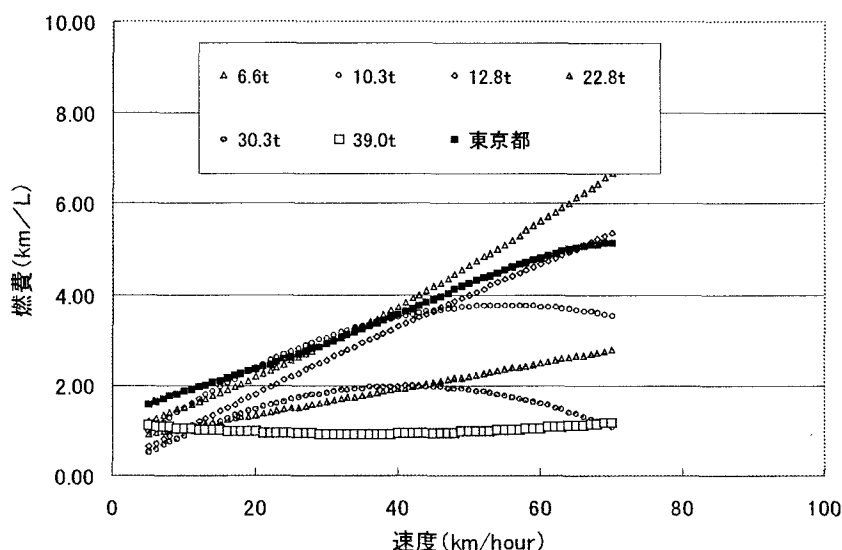


図 5 既存研究との比較（一般道路走行時）

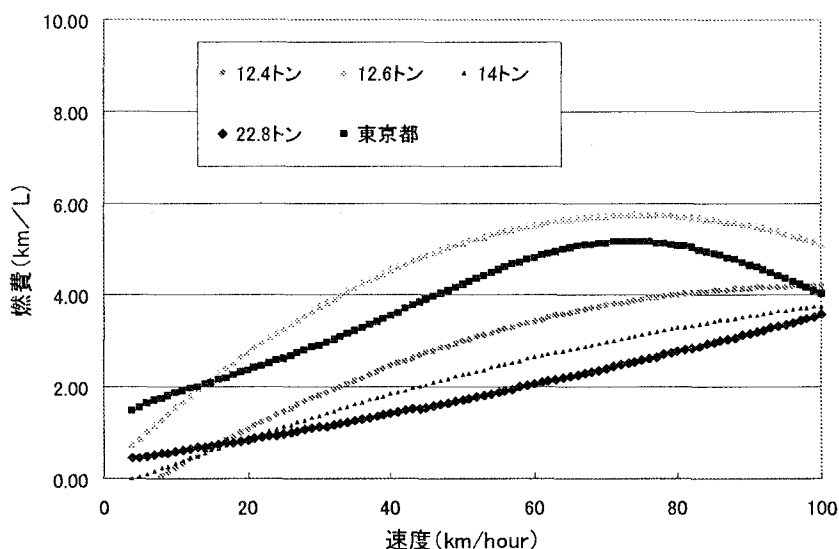


図 6 既存研究との比較（高速道路走行時）

4 おわりに

4.1 結論

総重量が 10 トンを超えるコンテナトレーラーを用いて走行実験を行い、総重量別に燃費と速度の関係について明らかにした。主な結論は以下の通りである。

- 総重量 30.3 トンの場合の燃費は、総重量が 10.3 トンの約 3 分の 1 となった。
- 総重量が重いほど燃費は悪くなるが、低速域及び高速域においては差が小さくなった。
- 一般道路走行時の経済速度は時速 60～70km 前後であり、高速道路走行時の経済速度は時速 80km 前後となった。
- 一般道路走行時には、10 トン前後のケースの燃費推計値と、東京都による普通貨物車の燃費推計値との値がよく一致した。

4.2 今後の課題

本研究では、燃費と速度の関係のみに焦点を当てて分析を行ったが、加速度・回転数・勾配等を考慮した、より詳細な分析⁶⁾が必要となる。それらを踏まえつつ、コンテナトレーラー走行時の CO2 排出量の原単位を政策に応用できる形で整備し、環境に配慮した港湾施設整備計画の作成に資することが今後の課題となる。

謝辞

走行実験の実施にあたり、日産ディーゼル工業（株）の川津光男様、関東日産ディーゼル（株）の渡辺正和様、（株）三港運輸の日下栄作様、（株）三港運輸の小林速敦様を始め、多くの方の御助言・御協力をいただきました。この場を借りて厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 環境庁温室効果ガス排出量算定方法検討会 運輸分科会報告書、2000
- 2) 大口敬：道路交通における燃料消費量推定方法に関する考察、土木計画学研究・講演集 No. 22 (2)、pp575-578、1999
- 3) 竹花有也：自動車工学概論、理工学社、1995
- 4) （株）日産ディーゼル：省エネナビゲーター、2002
- 5) 東京都環境保全局：車種別速度別排出係数、都内自動車走行量及び自動車排出ガス量算出調査報告書、1996
- 6) 加藤博和、鈴木弘司、丹羽晴紀：自動車交通流改善施策の環境負荷評価のための走行モード別微視的原単位モデル、環境システム研究論文集 Vol. 30、pp135-141、2002