

首都圏大深度地下物流トンネルの提案

A PROPOSAL OF METROPOLITAN AREA DEEP UNDERGROUND DISTRIBUTION TUNNEL

米倉 英昭¹・横塚 雅実²

Hideaki YONEKURA・Masami YOKOTSUKA

The Kyoto Protocol went into effect in Japan in February 2005. In addition, environmental preservation has become a vital issue in the physical distribution area including carbon dioxide reduction.

Tokyo is a densely populated region requiring a large volume of commodities. It is the core of a metropolitan area with numerous physical distribution bases including Tokyo Bay that handles the largest amount of foreign trade containers within Japan and Haneda Airport that has been enlarged with more functions as a result of additional expansion and internationalization.

Under these circumstances, innovation in physical distribution is essential in the metropolitan area around Tokyo, to achieve more effective physical distribution, thereby becoming more competitive in the international market and improving daily life and the environment.

In February 2006, the Tokyo metropolitan government set up the “Integral Physical Distribution Vision: Physical Distribution Innovation Beginning from Tokyo.” This plan states that effective utilization should be studied in depth not only for surface space but also for underground space. In 2001, a special measure law on public use of deep underground space was put into effect. This law specifies potential utilization of deep underground for diverse structures such as roads, railways and essential infrastructure.

Considering the current situation, this paper discusses a preliminary study on the feasibility of a new physical distribution system utilizing underground space.

*Key Words : carbon dioxide, deep underground distribution tunnel, foreign trade containers
a special measure law on public use of deep underground space*

1. はじめに

近年の物流を取巻く環境は急激に変化しており，国際物流の競争力強化や首都圏と全国各地の物流効率化・円滑化は，我が国の緊急の課題となっている．首都圏は巨大な物資の消費地であり産業活動の中心でもあるため，物流機能の充実が我が国全体の社会・経済活動の向上を意味する．そのためには国内・国際間の物流のゲートである港湾や空港と，首都圏内および全国の生産地・流通拠点・消費地間を出来るだけ短時間・低コストで輸送出来るシステムの確立が求められる．

首都圏と全国各地をつなぐ高速道路ネットワークがおおむね整備され，今後は首都圏の環状方向をつなぐ外郭環状線・首都圏中央連絡道の整備が急がれるが，これら環状網が完成しても，住宅・オフィス・工場などが密集し道路の不足している東京都や横浜市などの既存市街地の通行がボトルネックとなることは明らかである．

本報告は，東京湾大井埠頭から既成市街地を通り首都圏中央連絡道路に至るルートに大深度地下物流トンネルを建設し，そこに新物流システムを整備するプロジェクトの可能性を検討したものである．

キーワード：CO2削減，物流トンネル，外資コンテナ，大深度地下使用法

¹ 非会員 財団法人エンジニアリング振興協会地下開発利用研究センター

² 正会員 鹿島建設株式会社土木管理本部

2. 首都圏を取り巻く物流の環境

(1) 首都圏物流の広域化

物流においては、首都圏内での貨物輸送量は年間約 16 億トンに達し、全国の約 3 割を占める一大貨物輸送地域となっている。さらに、首都圏は東京港、横浜港、成田空港といった主要な国際物流拠点が立地し、国際物流の面でもわが国の重要拠点となっている。

首都圏の物流量は、第 4 回物資流動調査(2003 年度)によると、図-1 に示すとおり東京都市圏（首都圏のうち山梨を除く）内での流動が約 126 万トン／日、東京都市圏と都市圏外との流動は約 87 万トン／日である。これを第 2 回調査（1982 年度）と比較すると、東京都市圏内での流動はほぼ横ばいであるが、都市圏外からの流動（海外との流動を含む）は増加している（文献 1）。

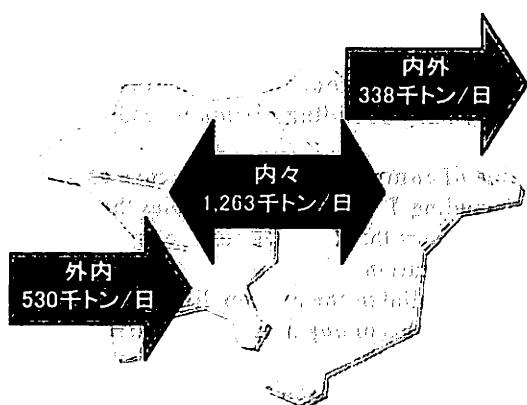


図-1 東京都市圏の物資流動量（純流動）

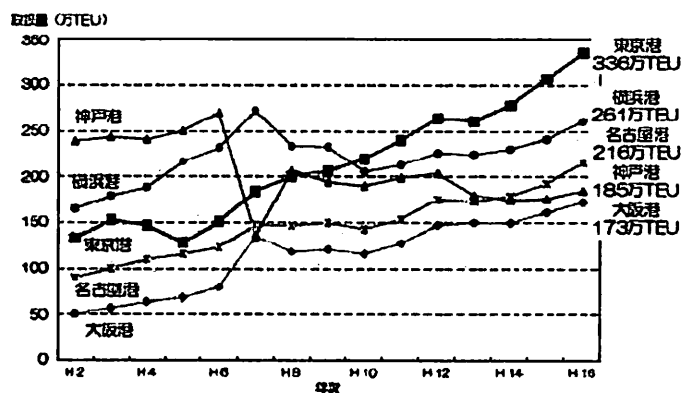
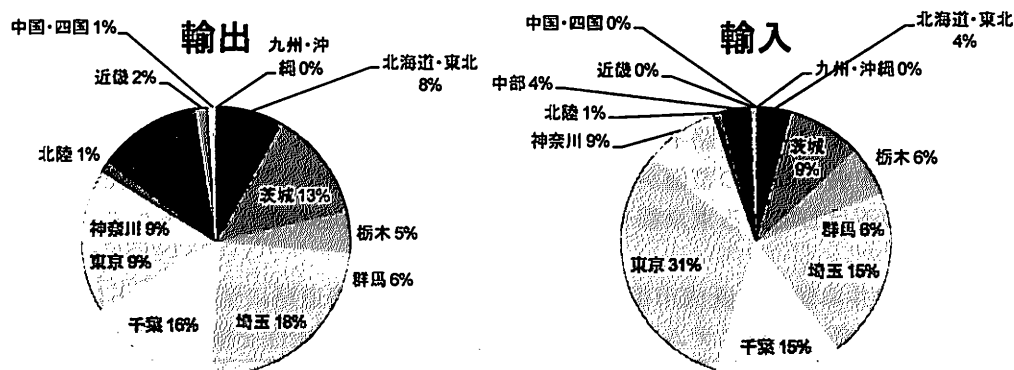


図-2 5大港外貿コンテナ取扱個数の推移

(2) 役割を増す東京港

国際化の進展に伴い、海外との貨物輸送が増加するなか、東京港は背後に大消費地を抱え、荷主企業にとって東京港の重要性はより一層高まっている。図-2 に示すように、東京港における外貿コンテナ取扱量は年々増加しており、2003 年にはわが国で初めて 300 万 TEU を超える取扱量となった。なお、TEU (twenty-foot equivalent units) とはコンテナ船の積載能力を示す単位で、20 フィートコンテナ 1 個分を示す。2007 年度の速報値では 372 万 TEU となり、10 年連続日本一となる見込みである。東京港第 7 次改訂港湾計画の外貿コンテナ貨物量の推移と推計が示すように、今後も取扱量は着実に増加すると予測され、これらに対応する施設の整備が重要とされている。東京港で取扱われるコンテナの 70% 以上は 40ft の大型コンテナで、コンテナ貨物の背後圏は東京都内よりも近郊他県が多くを占めている。（図-3 参照）



資料：平成 15 年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査（国土交通省港湾局）

図-3 東京港外貿コンテナの生産地、消費地

(3) 地球環境問題への対応

京都議定書（条約）では、温暖化防止のための具体的な取組として、先進国に対し温室効果ガスの削減を義務づけている。2005年2月に条約が正式に発効し、わが国では2008年から2012年までの間に1990年比で6%の削減が義務付けられている。

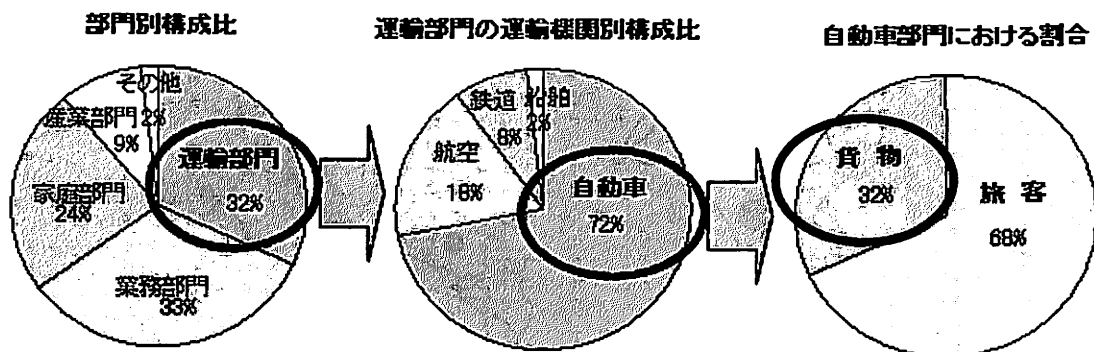


図-3 東京都における二酸化炭素排出量構成比（文献2）

これに基づき、我が国では2005年4月に「京都議定書目標達成計画」を閣議決定し、各分野における排出削減目標を定めている。さらに、2008年3月に閣議決定された京都議定書目標達成計画では、物流体系全体のグリーン化を推進するため、自動車輸送からCO2排出量の少ない内航海運又は鉄道による輸送への転換促進が盛り込まれている。

3. 首都圏の物流拠点とネットワークの現状

(1) 首都圏の輸送品目

文献1)によれば東京都市圏で輸送されている物資の品目をみると、図-4に示すとおり貨物の重量では、窯業・化学工業品や金属工業品などの重量物のシェアが大きい。輸送に利用されている貨物車の台数では、農水産品・食料工業品、日用品、軽雑工業品など生活関連物資や機械工業品が約6割を占めている。

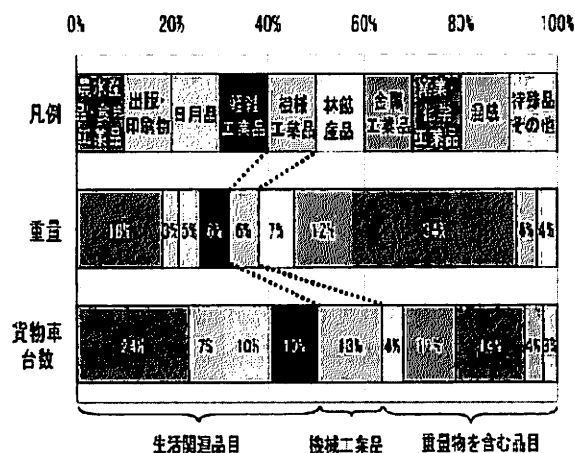


図-4 物流発生量の品目構成（純流動）

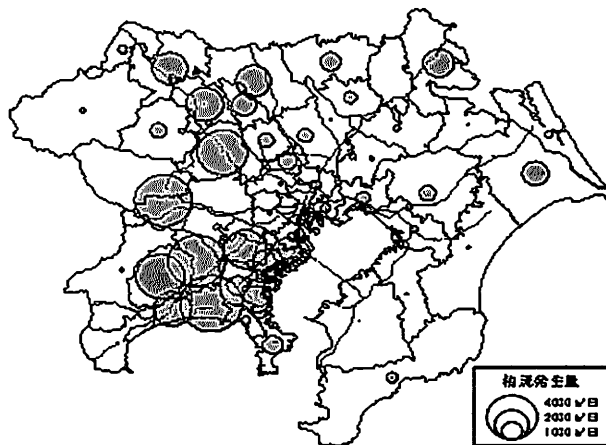


図-5 電気機器の地域別物流発生量

(2) 主要品目の物流発生状況

a) 電気機器

パソコン、通信機器など電気機器は、わが国の主要な輸出品目のひとつであり、生産地から東京港、横浜港、成田空港といった港湾・空港への輸送が多い。

都内では多摩地域が主な生産地となっており（図-5 参照），輸出に向けて国道 16 号や府中街道等の特定ルートを利用して，東京港や横浜港へ輸送される場合が多い。しかし，港湾周辺で効率的な輸送や保管等を行う拠点立地の適地が不足している。

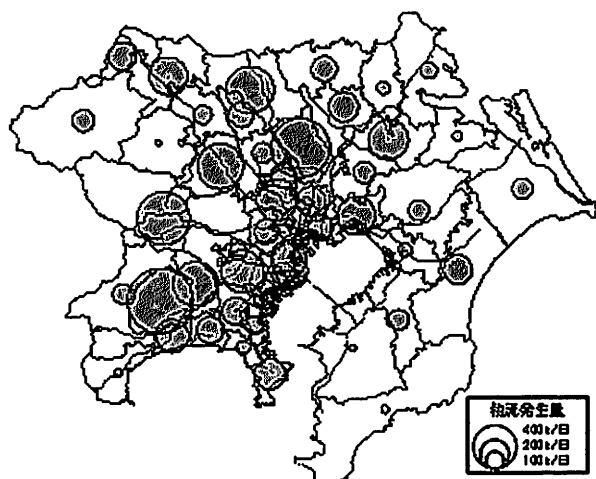


図-6 輸送機械の地域別物流発生量

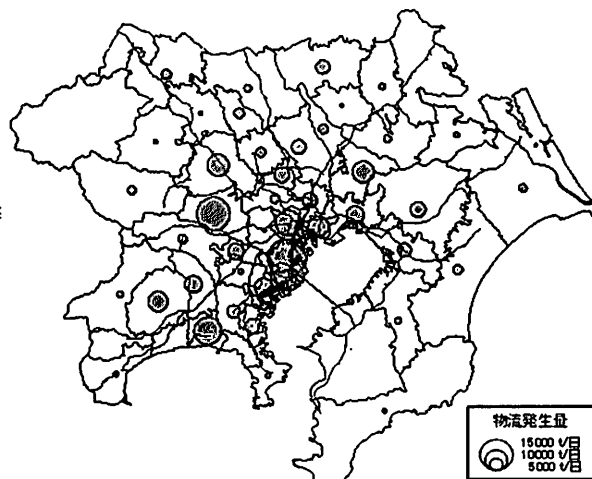


図-7 加工食料品の地域別物流発生量

b) 輸送機械

自動車やその関連部品など輸送機械は，海外での生産が進みつつある一方で，国内での生産や輸出も多く行われ，関連産業のすそ野は広い。輸送機械の生産は，北関東の工場集積地のほか，埼玉などから多摩地域を経て神奈川にかけて多く（図-6 参照），これらの地域は物流の発生量でも大きくなっている。

輸送機械の製造では関連産業間で部品や材料等を大量に輸送する。これらは埼玉，多摩地域，神奈川の集積地間で，国道 16 号や 129 号，府中街道等の特定のルートを経由し，南北方向に輸送されることが多い。

c) 加工食料品

冷凍食品や飲料など加工食料品は，生鮮食料品とともに暮らしに密着した品目となっている。これらは全国各地から首都圏に輸送されるとともに，海外からの輸入も多い。全国各地で生産された加工食料品は，高速道路を利用して，多摩地域，埼玉など郊外部の幹線道路周辺に立地する大規模な物流拠点に輸送される。また，輸入品は港湾エリアの物流拠点に搬入され広域的な輸送や保管を担っている。そこから，都内区部やその周辺部に立地している集配送センターへ輸送され，流通加工や細かな仕分け等が行われ，各地区に配送される。（図-7 参照）

(3) 物流拠点の立地状況

a) 首都圏における物流施設の立地状況

1990年以降に新たに立地した物流拠点の分布は文献1)によると，港湾エリアや都内北部～埼玉南部などの地域のほか，鶴ヶ島～青梅周辺，厚木周辺など，高速道路などが整備されている郊外部で多くなっている。物流施設の規模は，近年開設した施設の方が大きく，在庫圧縮など物流の効率化を背景とした施設の大型化の傾向が表れている。また，広域的な物流施設のうち，大規模（敷地面積3,000m²以上）で，貨物車1台当たりの貨物輸送量が多い（5t/台以上）施設は，臨海部や国道16号沿道等の郊外部に多く立地している。

b) 東京西南部物流拠点の整備促進

文献5)の「総合物流ビジョン」（案）の中で，東京都は幹線道路整備の進捗を踏まえ，既存の広域的物流施設との関係や需要を的確に把握し，多摩地域における物流拠点のあり方を検討することを考えている。その上で，地域特性に応じた物流拠点整備に関する基本方針を関係市町と協力しながら定めていくとしている。

(4) 物流ネットワークの現状

首都圏では、高速道路のネットワークとして、図-8 に示すように3環状9放射の道路整備が進められている。現在、放射状の高速道路の整備はほぼ完了しているが、3環状道路（首都圏中央連絡自動車道〈圏央道〉、東京外かく環状道路〈外環道〉、首都高速道路中央環状線〈中央環状線〉）については、中央環状線新宿線及び品川線、外環道の大泉や三郷以南などの区間が未完成であるとともに、圏央道では供用された鶴ヶ島～あきる野間以外の大半の区間が未完成であり、3路線とも未開通部分が多数残されている。

文献1）によれば国道16号や国道129号などの郊外部の一般道路には、環状方向の高速道路の整備が遅れているため、貨物車により交通負荷がかかり、交通混雑が生じている。このため非効率な輸送になるとともに、貨物車による環境負荷も少なくない。

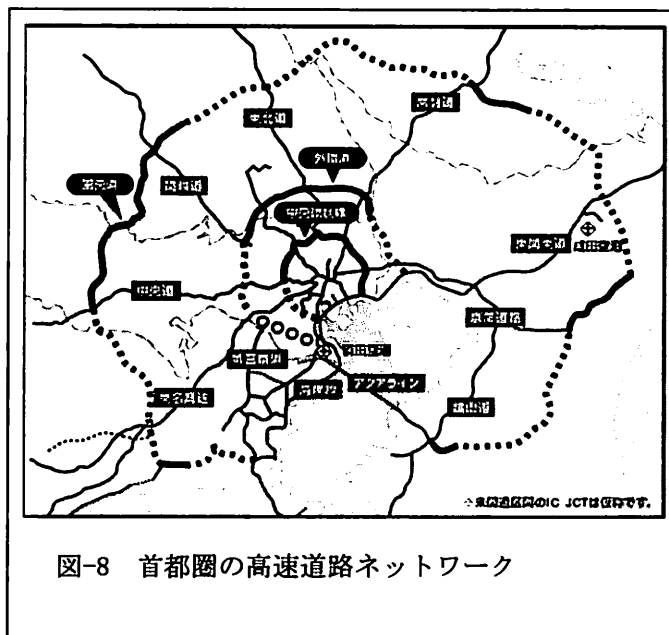


図-8 首都圏の高速道路ネットワーク

4. 外貿コンテナ貨物量の将来予測

(1) 港湾計画による将来見通し

東京港の港湾計画では、外貿コンテナ貨物量の将来にわたる増加を見込み、計画目標年次である2015年（平成27年）には、東京港で年間5,550万ト（平成16年の1.29倍）の取り扱いを見込んでいる。

表-1 外貿コンテナ貨物量の将来見通し

単位：上段 重量（万ト）、下段 個数（万TEU）

時点 港湾	現状 （平成16年）	将来 （平成27年）	伸び （平成27/16年）
東京港	4,297万ト	5,550万ト	1.29
	336万TEU	460万TEU	1.37

(2) 後背圏とのコンテナ貨物量の推計

想定する首都圏物流トンネル位置（図-9、破線）を鑑み、東京港の将来見通しとして公表されている460万TEUを、平成15年度全国輸出入コンテナ貨物流動調査（国土交通省港湾局）に基づく府県別シェアで都道府県別に分割し、さらに首都圏についてはこの都県別の量を、東京都市圏物資流動調査結果に基づくシェアで17地域に分割した。

以上の方法で求めた都道府県および首都圏17地域別の生産消費量の構成を図-10に示す。

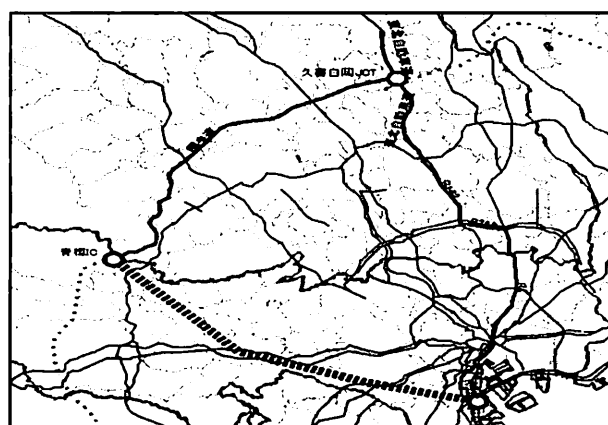


図-9 想定した輸送ルート

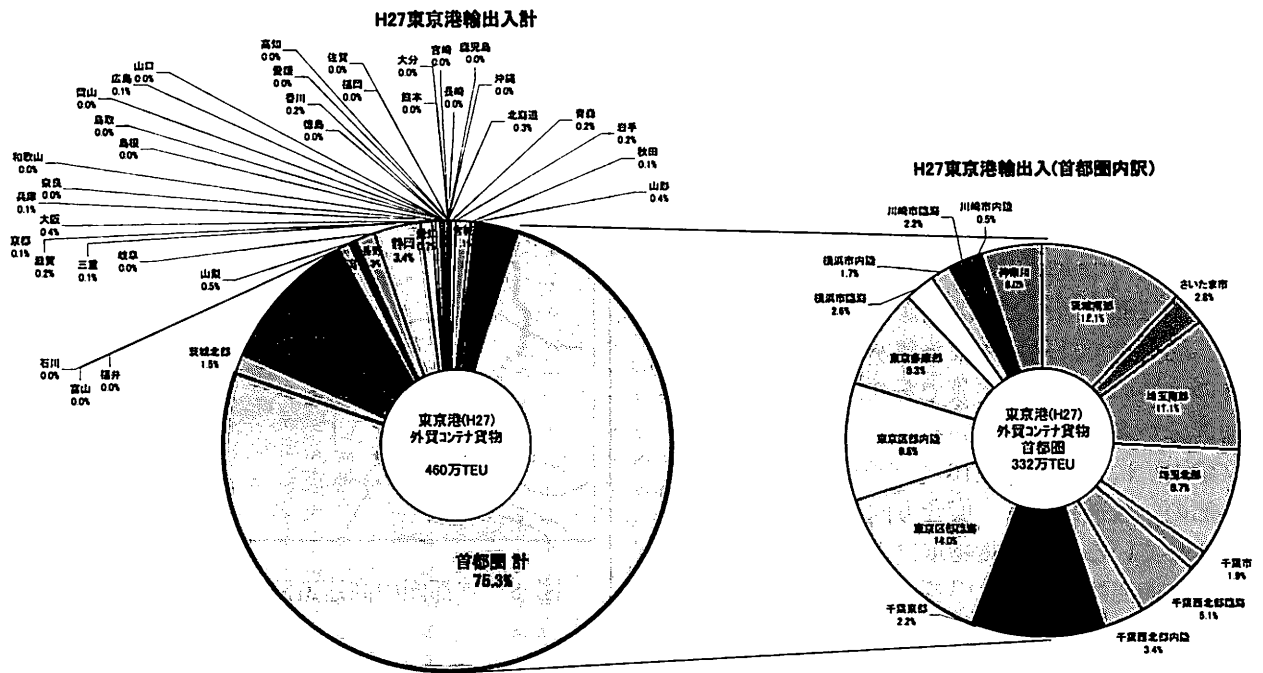


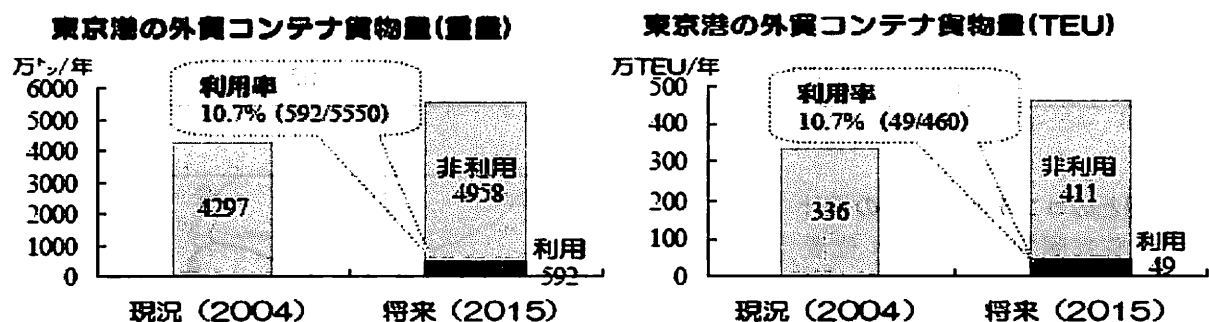
図- 10 東京港外貿コンテナ貨物の生産地消費地の地域構成

(3) 地下物流トンネルの需要推計

平成 27 年における地下物流トンネルの需要予測を行うにあたり，以下を想定した。

①ルートは大井埠頭～青梅 IC 間の約 47.5 kmを仮定した。②運行システムは 40ft コンテナを台車で輸送する軌道タイプで，所要時間 85 分とする。③料金は，現行のトレーラーによる輸送コストと同程度の水準とし，後に±20%の範囲で感度分析を実施する。④所要時間の算定にあたり，圏央道が東北自動車まで開通したものとし，高速道路や一般道路の所要時間は NEXCO 東日本の HP で提供される情報を用いた。⑤物流トンネルの利用・非利用は，高速道路の交通量推計手法に関する調査委員会報告書（平成 13 年 3 月，日本道路公団）で提案されている転換率式を用いて，地下物流トンネルの利用率を推計した。

以上の仮定により求めた，地下物流トンネルの需要推計結果を図-11 に示す。



※需要推計結果（1 日値）を年間値に変換

図-11 東京港の外貿コンテナ貨物量と地下物流システムの分担領域

年間 49 万 TEU を 40ft コンテナ個数のエリア別にみると，1 日当り 40ft 換算では，東京都多摩部 43 個，埼玉北部 141 個，東北自動車道 282 個，関越自動車道 158 個，中央自動車道 48 個となり，合計 672 個で東京港外貿コンテナの 10.7%を占める。

5. 地下物流構想の提案

(1) 首都圏大深度地下物流トンネルの可能性調査

今後とも増大する東京港のコンテナ貨物に対応するため、広域物流ネットワーク形成にむけた取り組みとして、大深度地下を活用した物流トンネル構想を提案する。東京都の「総合物流ビジョン」(案)の中で、高速道路整備が進展している西南東京地区に物流拠点をつくるという施策に着目し、東京港とこの拠点間のボトルネックを解消するよりは、物流の専用ルートの創出が効果的であるとして、図-9 に示す大井埠頭・青梅 IC 間のルートを選定した。

大井埠頭・青梅 IC 間ルートを想定し、トンネルルートの地盤状況、輸送システム、輸送能力および輸送システムによる CO2 削減効果の概略検討結果を以下に示す。

(2) 輸送ルートの検討

a) 前提条件

- ① 国際大型コンテナを搬送し、最大寸法は長さ 40ft, 高さ 9.5ft, 幅 8 ft とする。
- ② 地下搬送システムは無人を基本とする。
- ③ 地下搬送トンネルは、大深度(土被り 40m 以上)地下を通過する。
- ④ 中継基地(拠点)は、高速道路との交差点付近とする。
- ⑤ トンネルは円形断面とし、余裕空間は他のインフラを配置。

掘削外径 $\phi 6.7\text{m}$ のトンネル(仕上り内径 $\phi 6\text{m}$)を 2 本施工する。トンネル延長は約 47.5km, シールド工法で施工し片側約 5 km 程度の区間距離で高速施工法の導入が不可欠となる。今回は基礎調査であり、技術的並びにシステム成立の可能性について検討したものである。

b) 計画ルート

東京港の大井コンテナ埠頭付近から、圏央道青梅 IC 付近の物流基地までの約 47.5km の区間を大深度地下法の適用を受けて、40~60m 深度の地下をトンネルで結ぶことにした。ルートは図-12 に示すとおり、東名高速道路、中央自動車道など主要道の IC 付近に中間物流拠点を設け、立川防災拠点直下を通過させることにより、緊急時の物資輸送を考慮した。

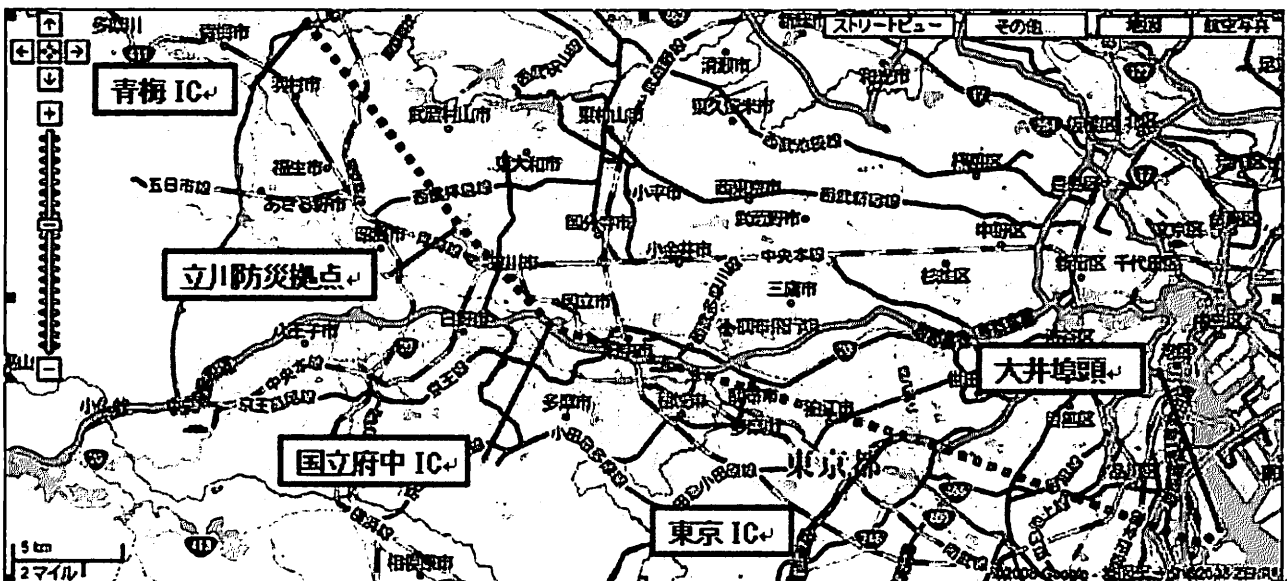


図-12 首都圏大深度地下物流トンネルルート案

(3) 輸送システムの検討

文献 9), 10) の既往調査による以下の輸送システムの検討をもとに、現在詳細を詰めている。

a) 輸送システムの概要

輸送システムの形態は以下を基本とする。

- ① 船舶と岸壁間で荷役されたコンテナは水平、垂直搬送を経て地下物流システムに搬入
- ② 港湾ターミナルから地下物流トンネルを経由して内陸部のインランドデポまで搬送
- ③ ターミナル内のコンテナの移動はクレーン方式、AGV方式等を組合せる

b) 輸送能力

トンネル内の搬送は列車方式を採用する。その輸送能力を試算すると、大井埠頭での積込～青梅へ地下トンネル搬送～青梅での荷卸／積込～大井埠頭へトンネル搬送、のサイクルタイムは約 170～200 分で、一日の輸送回数は 8 回程度可能と算出される。その際の輸送能力は複線で一日一編成あたり往復 240 個の運搬が可能で、車両 3 両編成で 720 個となり、将来のコンテナ貨物量は 672 個程度と推定されることから、この輸送能力でほぼ需要に見合うものと見込まれた。

c) 輸送システムによる CO2 削減効果

経済産業省と国土交通省共同作成の「物流分野の CO2 排出量に関するガイドライン」を参照し CO2 削減効果を算定した結果、トラックによるコンテナ輸送の場合、将来貨物量に対する CO2 排出量は約 112,000 t/年、地下物流トンネルを利用した場合の排出量は約 106,000 t/年であり、その差年間約 6,000 t の削減効果が期待できる。なお、CO2 排出量の算定は 1 台当りの CO2 排出量（＝CO2 排出係数×運搬距離×燃費）に年間のコンテナ輸送個数を乗じて算出した。

6. おわりに

概略検討の結果では、大深度地下使用法の適用により、地下空間を活用した物流ルートの実現の可能性が高いことが確認された。今後も、新物流システム、規制の緩和・法改正等が必要な事項などの検討、経済効果の推定等についての詳細な調査を行い、さらに、大規模災害時に対応可能な施設の付加機能（情報通信施設等）の検討を加えた提案を行っていく予定である。

謝辞：本調査研究は、財団法人エンジニアリング振興協会が財団法人 JKA の補助を受けて実施しているものです。高橋洋二（日本大学総合科学研究所教授）委員長をはじめとする大深度地下物流トンネル委員会の皆様の指導に感謝致します。

参考文献

- 1) 東京都市圏交通計画協議会, 2006. 5, 物流からみた東京都市圏の望ましい総合年交通体系のあり方
- 2) 東京都環境局, (2002 年度実績, 2004 年度調査), 都における温室効果ガス排出量総合調査
- 3) 東京都, (2003 年度), 第 4 回東京都市圏物資流動調査データより集計加工
- 4) 東京都都市計画局, 2003. 12, 東京西南部における物流拠点整備計画調査報告書
- 5) 東京都, 2005. 10, 総合物流ビジョン(案)
- 6) (財)エンジニアリング振興協会, 2003. 3, 中部国際空港機能アクセスの地下利用に関する基礎調査
- 7) 東京都港湾局, 2001, 新版東京港地盤図
- 8) 国土交通省土地・水資源局国土調査課 HP, 三大都市圏地盤断面図
- 9) (財)エンジニアリング振興協会地下利用開発研究センター, 2005. 3, 地下利用推進部会報告書, pp. I-19～I-30
- 10) (財)エンジニアリング振興協会地下利用開発研究センター, 2004. 3, 地下利用推進部会報告書, pp. I-55～I-71
- 11) (財)エンジニアリング振興協会地下利用開発研究センター, 2008. 3, 平成19年度大深度地下を活用した首都圏物流トンネル・新輸送システムの可能性調査報告書