

8. 都市内物流の輸送手段転換に伴う CO₂排出量削減ポテンシャルに関する研究

角 直樹^{1*}・加藤 博和¹・柴原 尚希¹・伊藤 圭¹

¹名古屋大学大学院環境学研究科 (〒464-8603名古屋市千種区不老町C1-2(651))

* E-mail: nsumi@urban.env.nagoya-u.ac.jp

本研究は、日本において、トラック主体となっている都市内貨物輸送を地下鉄利用に一部転換することによるCO₂排出削減量の推計を目的とする。都市内の貨物ODを簡略的に表現するために、都市をいくつかの地区に分け、地区内の小売り・卸売拠点が最も近接している上位2~3地点の地下鉄駅をその地区の集配拠点と設定する。その上で、各集配拠点から地区内外に搬出される貨物ODを対象として扱い、各ODの1日当たり輸送量を業種・品目ごとに分類し、それぞれの代表的なサプライチェーンを基にトラック輸送から転換可能なODを設定する。この手法を用いて、名古屋市をケーススタディとして、地下鉄利用などの施策に伴うCO₂排出量削減ポテンシャルを試算している。

Key Words: CO₂, intra-urban freight transport, modal shift, subway

1. はじめに

日本では2050年のCO₂排出量を1990年比で80%削減する方策¹⁾が検討されている。総排出量のうち貨物自動車起源の排出量は1割弱を占め²⁾、漸減傾向にあるものの、総排出量削減目標達成のためにはより抜本的な排出削減を行う必要がある。

輸送距離が短い都市内物流は、トラック輸送が大半を占め³⁾、1990年代から普及した多頻度小口輸送のジャストインタイムサービスなどによって、交通渋滞とそれに伴うCO₂排出量増が懸念されている。これらへの対応として荷捌きスペースの設置や共同輸送などの取り組みが行われているものの十分とは言えない。

都市内物流のCO₂排出量を削減する対策の1つとして、軌道系輸送機関の利用が考えられる。現在、日本の都市内軌道系輸送機関はほとんど旅客専用であり、運行頻度が高く、貨物を導入する余裕はない。しかし、将来的には人口減少やIT普及などによって、既存路線に余裕ができ、有効な代替手段として機能することが考えられる。

都市内物流の代替手段を検討した研究として、国土交通省国土技術政策総合研究所は、マルチモーダル物流体系に関する研究⁴⁾の中で、トラックに代わ

る輸送手段として地下鉄を利用した都市内貨物輸送システムの導入可能性の検討を行っている。これは、地下鉄のオフピーク時の運行列車を用い、都市郊外と都市内を結ぶ貨物需要のある区間についての利用を検討したものである。しかし、比較的近距離かつ多数の輸送が行われる都市内においては、地下鉄による輸送が対応できる対象となる区間や品目が限られてしまう点に注意する必要がある。

一方で、都市内のトラック輸送を効率化する共同集配、荷捌きスペースの設置、流通形態に関する研究も多くなされている。大島⁵⁾はナンバープレートに情報伝達を行うためのICチップを搭載した貨物自動車を用い、名古屋市都心部の長者町地区に設置した共同荷捌き駐車場の予約システムの実証実験を行っている。

これらの研究では、都市内物流の手段転換を中長期的なCO₂削減策としてとらえておらず、その効果も把握できていない。

そこで本研究では、都市内物流のトラック輸送を軌道系輸送機関に転換することで削減可能なCO₂排出量を把握し、CO₂排出量削減目標の達成に資するかどうかを検討する。

2. CO₂ 排出量推計方法

(1) 貨物輸送のモデル化

本研究では都市内の地区間貨物輸送を図-1のようにモデル化する。貨物輸送の地下鉄への転換を促すためには、地下～地上間の輸送と積み替えが簡単になるように、集配拠点が集配拠点直上にあることが望ましいと考えられる。よって、都市内の貨物 OD ごとに、事業所が多い地区の地下鉄最寄り駅をその地区の集配拠点と設定する。複数の駅が集配拠点候補となる場合には、地下鉄路線間の積み替えを少なくするために、積み替え可能な路線が多い駅を優先する。また、地区内で事業所が2番目に多い地区の地下鉄最寄り駅をその地区内の集配拠点とし、地区内輸送が集配拠点・地区内集配拠点間で行われていると設定する。サプライチェーンとして事業所間物流を対象とし、住宅地への集配は扱わない。集配拠点から各事業所への輸送はトラック輸送とする。

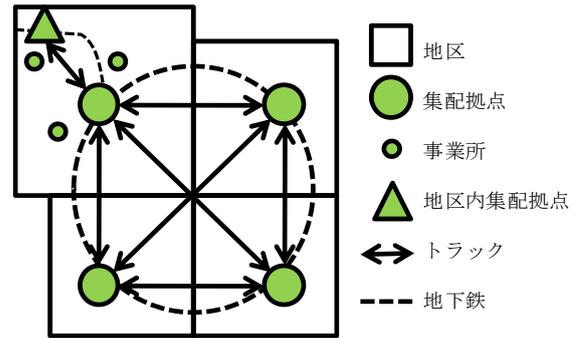


図-1 貨物輸送のモデル

表-1 本研究で対象とする業種(ハッチ部)

集約	業種
1	道路貨物運送業
2	各種商品小売業
	小売業
3	飲食店・宿泊業
4	その他の運輸通信業
	複合サービス業
5	医療・教育他
6	軽雑系製造業
	化学系製造業
	鉄鋼系製造業
	金属製品製造業
	機械系製造業
7	卸売業
8	倉庫業

(2) 対象とする業種・品目

次に、地下鉄に転換できる貨物の業種・品目を特定しておく。表-1 および表-2 は中京都市圏第4回物流流動調査⁶⁾に用いられた業種と品目の分類である。このうち、地下鉄に転換しうる貨物が発生する業種は、小売業、飲食店・宿泊業、サービス業、軽雑系製造業、卸売業、倉庫業とする(表-1のハッチ部分)。小売業、飲食店・宿泊業、軽雑系製造業では駅施設付近の店舗への小口出荷が想定され、サービス業では主に事業所への書類の輸送が想定される。また、集配拠点からの主な搬出業種として卸売業、倉庫業を含めている。倉庫業については、駅施設に付随している施設が少ないので搬出業種としてのみ扱う。

本研究で扱う品目は、食料工業品(冷凍・低温)を除く軽工業品、雑工業品とする(表-2のハッチ部分)。金属機械工業品、化学工業品は、重量・体積が大きく、積み替えに時間がかかることが予想されるため除外する。また、品質保持のために温度管理を要する農水畜産品、食料工業品は荷役台車による輸送を仮定しているため除く。また、地下鉄輸送では旅客輸送との共同になるため常温(5~35度)(JISZ8703)保存であっても生鮮食品を含む農水畜産品は除外する。木材や木炭、石灰などの林産品、鉱産品は都市内輸送に占める割合は少ないため除外する。

表-2 本研究で対象とする品目(ハッチ部)

集約	品目
1	農水畜産品 (定温)
	農水畜産品 (常温)
2	林産品
3	鉱産品
4	金属工業品
	電気機器
	精密機器
	一般機器
	輸送機器
5	窯業品
	化学工業品
6	食料工業品 (冷凍)
	食料工業品 (定温)
	食料工業品 (常温)
	食料工業品を除く軽工業品
7	出版・印刷物
	日用品
	日用品を除く雑工業品
8	特殊品
9	混載

(3) 各輸送手段の設定

a) トラック

平成21年の営業用・自家用合わせた貨物自動車の

積載率(全国平均)は約43.1%⁷⁾である。そこで都市内貨物が2tトラックにより輸送されていると仮定し、1台当たり輸送重量は2tの約43.1%である850kgと

する。従来式ガソリン車とハイブリッドガソリン車を扱うこととし、両者の違いはCO₂排出量原単位のみとする。

b) 地下鉄

地下鉄による輸送は、主に河野ら⁸⁾の研究を参考に設定し、1)現行の旅客輸送に貨物を積載した場合、2)貨物専用地下鉄を走行させた場合を考える。付帯設備のCO₂排出としてエレベーターを考慮する。プラットフォームから地上階までのエレベーターによる1往復当たり稼働時間を5分と設定する。輸送時間帯は地下鉄のオフピーク時(10~15時)とする。

- 1) 旅客地下鉄：もともと運行している旅客地下鉄車両の空きスペースを利用するため、CO₂排出量はトラックの減少分だけ減少することになる。そのため貨物には地下鉄走行のCO₂排出量を配分しない。300kg積載可能な荷役台車1台に配送人員1名が付き添い輸送する(図-2)とし、時間帯と1人が運べる貨物量が限られるため、地下鉄による輸送で扱うODで1輸送/1時間として1,500kg未満と制限する。
- 2) 貨物地下鉄：将来、地下鉄施設に貨物用の設備が整備されることを想定し、20,000kgまで積載可能な貨物専用車両を走行させるとする。この場合は地下鉄による輸送で扱うODで重量の制限を設けない。

(4) 輸送手段別CO₂排出量推計式

CO₂排出量推計式を以下に示す。

$$E_i = R_i \times D_i \times e_i + F \quad (1)$$

ここで、 E_i ：輸送手段*i*のCO₂排出量、*i*：従来式トラック・地下鉄・ハイブリッドトラック、 R ：輸送台数、 D ：走行距離、 e ：CO₂排出量原単位、 F ：付帯設備のCO₂排出量(地下鉄のみ)

F はエレベーターの運行時間から求めた消費電力に、電力消費CO₂排出量原単位⁹⁾を乗じて算出する。輸送台数は各輸送手段の1回あたりの輸送重量を設定し、貨物ODデータの輸送重量を除いて算出する。トラックの走行距離は、一般道路の最短距離¹⁰⁾から求める。

(5) シナリオの設定

CO₂排出量削減効果を検討するためのシナリオ設定を以下に示す。

- 1) トラック：対象とする貨物ODを全てトラックで輸送する。

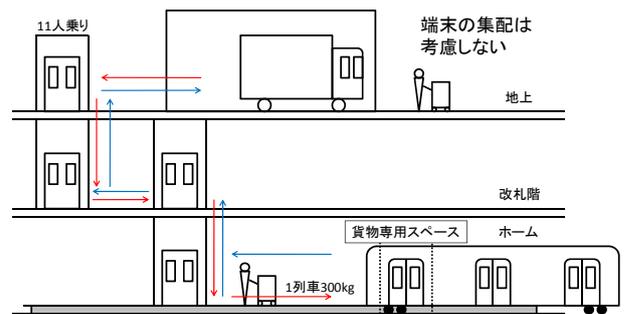


図-2 現行施設を利用した地下鉄での貨物輸送のイメージ

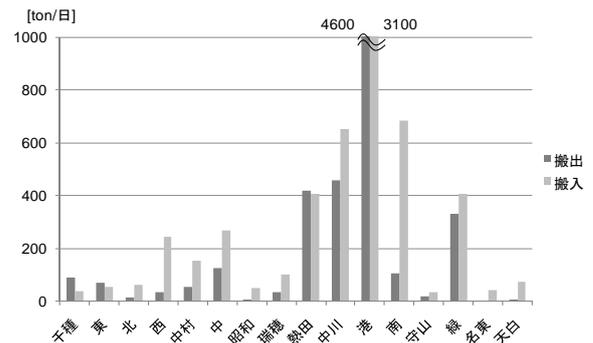


図-3 全業種・品目の区別搬出入量 (搬出区ベース)

- 2) トラック共同集配：対象とする貨物ODで搬出地と搬入地が同じものを、輸送重量が850kgになるまで組み合わせてトラックで輸送する。
- 3) トラック+地下鉄：対象とする貨物ODの1,500kg以上をトラックで、1,500kg未満を地下鉄で輸送する。
- 4) トラック共同集配+地下鉄：対象とする貨物ODで搬出地と搬入地が同じでかつ1,500kg以上のものを輸送重量が850kgになるまで組み合わせてトラックで、1,500kg未満を地下鉄で輸送する。

以上1)~4)について、従来車(c)を全てハイブリッド車(h)に転換するシナリオも考える。さらに、20,000kgまで積載可能な貨物専用車両を走行させる5)貨物地下鉄の導入もシナリオとして取り上げる。

3. 名古屋市における適用

(1) 名古屋市内の区別貨物輸送量

中京都市圏第4回物資流動調査⁶⁾のデータを利用し、名古屋市内の貨物ODを対象に推計する。地域区分は行政区(16)を用いる。

図-3に名古屋市の各区から市内へ搬出される貨物

量と名古屋市内から各区へ搬入される貨物量を示す。

区間貨物ODの搬出地上位3位は全て港区発であり、それらの輸送量は名古屋市内貨物輸送量全体の58%を占める。また熱田区、港区、緑区は区外への搬出入よりも区内物流の方が多くなっている。3区の内々物流の品目割合を重量ベースで見ると、熱田区では農水畜産品が全体の約9割、港区では金属機械工業品が全体の約6割、緑区では特殊品が全体の約9割となっている。

図-4に本研究で対象とする業種・品目に関する搬出入量を区別で示す。全市で見ると、重量換算で全業種・品目の約16%に相当する。熱田区、中川区、南区で割合が減り、小売店舗数の多い中区で割合が増えている。

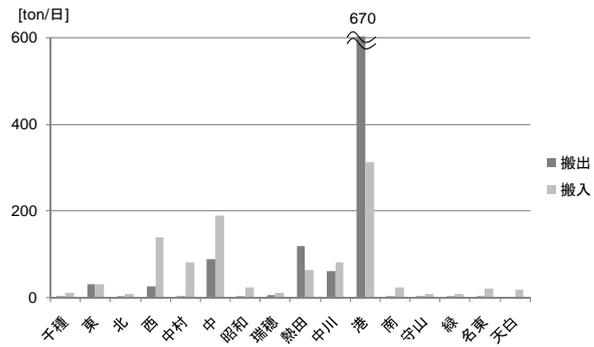


図-4 対象とする業種・品目の区別搬出入量 (搬出区ベース)

(2) 集配拠点の設定

設定した地下鉄のネットワークおよび各区の集配拠点駅を図-5に示す。千種区は東山線と桜通線が利用可能な今池駅を選出している。東区、西区、昭和区、瑞穂区、熱田区、中川区、南区、緑区、名東区では利用可能路線数の違いがないため最寄り駅までの距離が短い駅を選出している。北区、中村区、港区、天白区では区内地下鉄最寄り駅が卸売業と小売業で同じためそのまま選出している。中区では伏見駅の方が最寄り駅までの距離が短い、環状線である名城線に接続している栄駅を選出している。また、地下鉄駅のない守山区は転換しないとする。

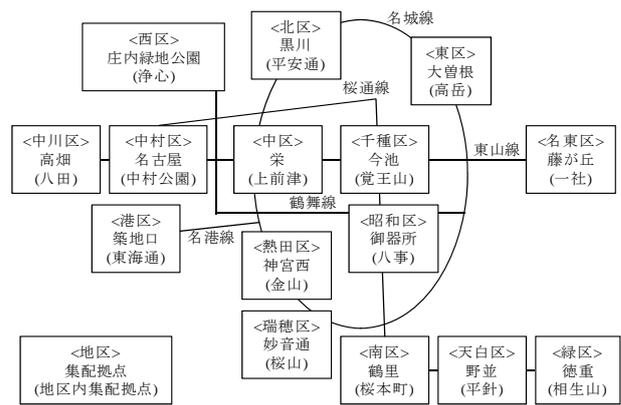


図-5 地下鉄によるネットワークおよび集配拠点駅の設定

(3) 輸送手段別CO₂排出原単位

表-3に各輸送手段のCO₂排出量原単位を示す。従来式トラックのCO₂排出量原単位は愛知県の貨物車起源の1日あたりCO₂排出量⁷⁾を、愛知県の貨物自動車の1日あたり走行台km¹¹⁾で除して算出する。地下鉄のCO₂排出量原単位は名古屋市営地下鉄の1日あたりCO₂排出量¹¹⁾を、1日あたり車両走行km¹¹⁾と1日あたり運行車両数¹¹⁾で除して算出する。ハイブリッドトラックのCO₂排出量原単位は同等となる従来ガソリン車とハイブリッド車との燃費¹²⁾の比に従来式トラックのCO₂排出量原単位を乗じて求める。

表-3 各輸送手段のCO₂排出量原単位

輸送手段	原単位[kg-CO ₂ /台 km]
従来式トラック	0.13
ハイブリッドトラック	0.065
旅客地下鉄	0
貨物地下鉄	0.013

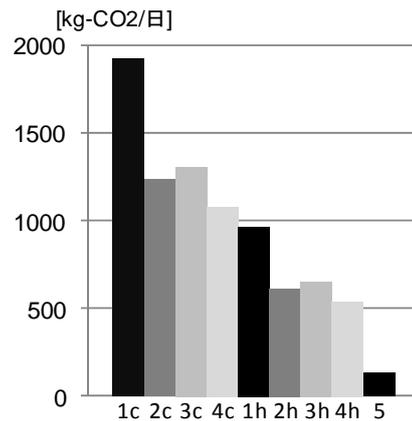


図-6 シナリオ別CO₂排出量

4. シナリオ別CO₂排出量の比較

図-6に対象とする業種・品目の地区間輸送に関するCO₂排出量をシナリオ別に示す。1c)従来式トラックを基準とすると、各シナリオの削減率は以下のとおりとなる。

- 2c) 従来式トラック共同集配：36%削減
- 3c) 従来式トラック+地下鉄：32%削減
- 4c) 従来式トラック共同集配+地下鉄：44%削減
- 1h) ハイブリッドトラック：50%削減
- 2h) ハイブリッドトラック共同集配：68%削減

3h) ハイブリッドトラック+地下鉄：65%削減

4h) ハイブリッドトラック共同集配+地下鉄：71%削減

5) 貨物地下鉄：93%削減

3c)の場合、対象業種・品目の搬出入量のうち地下鉄の分担率が2.3%と小さいにも関わらずCO₂排出量が32%削減可能なのは、積載率の低い小口輸送を転換することで、トラックの積載率が向上することが大きく影響したことによる。ただし、本研究ではトラック交通量を実データから求めておらず、1日あたり輸送量が非常に少ない場合でも必ず1台走るように設定しているため、積載率が過少に評価されている可能性がある。すなわち、CO₂削減量が過大に評価されている可能性がある。一方、貨物地下鉄では、重量の制限を設けていないため、対象とする全ての貨物ODを転換でき、93%のCO₂削減効果がある。

図-7に区ごとの従来車を用いた輸送におけるCO₂排出量を示す。共同集配では東区、西区で6割以上の削減効果が得られている。地下鉄輸送への一部転換では東区、西区で約3割削減されている一方で、中区、中川区では1割以下の削減効果しかない。港区ではいずれも2割強の削減効果が得られたが、シナリオごとの違いがあまりみられない。千種区、北区、中村区、昭和区、瑞穂区、熱田区、南区、緑区では共同集配よりも一部地下鉄輸送に転換した場合の方が削減効果は大きくなる。トラック共同集配と一部地下鉄への転換で比較的大きな削減効果が得られた区は、共同集配でも地下鉄輸送でも一定の効果が得られる東区と西区である。

5. 結論

本研究では、トラックによる都市内貨物輸送を対象に、地下鉄に転換可能な分が転換したときのCO₂排出量削減ポテンシャルを推計する方法を構築した。名古屋市に適用した結果得られた知見を以下に示す。なお、本文でも述べたが、ここでの推計は過大である可能性があることに注意が必要である。

- 1) 地下鉄による輸送に一部転換すると32%のCO₂排出量削減効果が得られる。
- 2) 将来的に地下鉄施設が貨物輸送に対応したとすると、転換対象業種・品目においては93%のCO₂削減効果が得られる。
- 3) 地下鉄に転換できる貨物が少なく、重量の大きい貨物輸送の輸送頻度が多い地区間では、共同

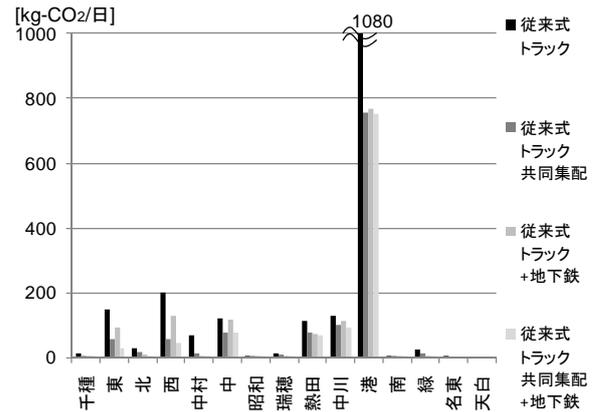


図-7 区ごとの従来車を用いた輸送におけるCO₂排出量

集配の方が地下鉄輸送への転換に比べ大きなCO₂削減効果が得られる。

- 4) トラックによる小重量の輸送が多頻度で行われている地区間では、地下鉄輸送への転換が共同集配よりもCO₂削減に効果的である。

謝辞：本研究は、環境省・環境研究総合推進費(E-1105)「低炭素社会を実現する街区群の設計と社会実装プロセス」の支援により実施された。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 環境省：脱温暖化2050プロジェクト，2008
- 2) 国土交通省：運輸部門における二酸化炭素排出量，2008
- 3) 東京都市圏交通計画協議会：物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方，pp.16，2006
- 4) 国土交通省：国総研プロジェクト研究報告第19号，2008
- 5) 大島俊一：都市内物流の動向調査と物流効率化—名古屋港と長者町地区の陸上貨物搬送—，産業経済研究所紀要第15号，pp.1-42，2005
- 6) 中京都市圏総合都市交通計画協議会：第4回物資流動調査，2007
- 7) 国土交通省：自動車輸送統計年報，2010
- 8) 河野辰男，浜田誠也：地下鉄を活用した新たな物流システムの可能性に関する調査研究，第28回土木計画学研究講演集，2003
- 9) 中部電力：CSR報告書，2010
- 10) (株)ゼンリンデータコム：いつもNAVI，2011
- 11) 愛知県：陸上交通に関する統計，2008
- 12) 国土交通省：自動車燃費一覧，2010