

地域特性及び車両特性を考慮した 中量輸送機関のライフサイクル CO₂ 排出量の評価 Evaluation of Life-Cycle-CO₂ emission from medium-capacity transportation considering regional and vehicle characteristics

○山田祐磨*¹⁾、加藤博和²⁾、朴秀日²⁾

Yuma Yamada, Hirokazu Kato, Suil Park

1)名古屋大学工学部環境土木・建築学科

2)名古屋大学大学院環境学研究科附属持続的共発展教育研究センター

*yyamada@urban.env.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

日本の運輸部門の CO₂ 排出量は人間活動起源全体の約 2 割を占める。主な削減策の一つとして旅客交通の自動車から公共交通への転換がある。日本の中規模都市においては、バスでは輸送力が不足し、鉄道は採算面の問題で導入が難しいなどの理由から、それらの中間の需要を満たす中量輸送機関が注目されている。

加えて、公共交通への転換による CO₂ 削減効果を評価することは、環境面からの適切性を評価する上で不可欠である。しかし中量輸送機関にはさまざまな種類があり、また地形・気候などの地域特性によってパフォーマンスも異なる。そのため自治体がどの輸送機関を導入するかを環境面から検討する際は、導入地域の地形・気候条件を含めた評価が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、中量輸送機関の導入による CO₂ 排出量の把握、及び地形・気候・需要(地域特性)による影響と輸送機関ごとの車両性能の違いによってどのように変化するかを定量的に示すことを目的とする。

まず既存の主な中量輸送機関を対象とし、ライフサイクルを考慮した CO₂ 排出原単位を整備する。その後、勾配や回生、気温などの要因が電力消費量に与える影響を分析・整理し、それらの影響も考慮した中量輸送機関の CO₂ 排出量評価を行う。

3. 中量輸送機関の SyLC-CO₂ 排出量評価

3.1 SyLC-CO₂ 原単位について

本研究では、中量輸送機関をインフラと車両から構成されるシステムとして扱い、これらシステム全体を対象としたライフサイクル環境負荷 (System Life Cycle Environmental Load : SyLCEL) によって評価する。

中量輸送機関システムのライフサイクルを、1) 車両の製造段階、2)インフラの建設段階、3)車両の走行段階、4)インフラの維持・運用段階に分け、輸送機関 m の SyLC-CO₂ 排出量 E を式(3.1)で推計する

$$E^m = \left(\frac{V_c^m}{T_V^m \times P} \right) + \left(\frac{V_r^m}{p} \right) + \left(\frac{I_c^m}{T_I^m \times P} \right) + \left(\frac{I_r}{P} \right) \quad (3.1)$$

V_c : 車両製造時 CO₂ 排出原単位, V_r : 走行時 CO₂ 排出原単位, I_c : インフラ建設時 CO₂ 排出原単位, I_r : インフラ運用時 CO₂ 排出原単位, T : ライフタイム [day], P : 輸送量 [人 km/day], p : 車両 1 台あたりの乗車人数 [人]

なお、車両及び廃棄段階の CO₂ 排出量は総量と比べて微量であることが既往研究¹²⁾により示されており、本研究においても同様に含めないとする。

3.2 各輸送機関の SyLC-CO₂ 排出量計算

図 1 に仮想区間(10km)における各輸送機関の SyLC-CO₂ 排出量推計結果を示す。輸送量の大小による違いを示すため LRT, モノレールの輸送量³⁾を参考に、1[day]あたり輸送量を設定① : 6,000[人/day]、設定② : 30,000[人/day]と設定し推計を行った。ただし、本稿では軌道部は単線とし、輸送量の増加によるインフラ投入量の増加は考慮していない。

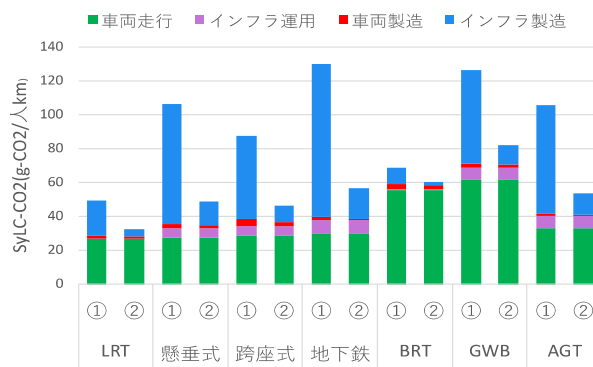


図 1 各輸送機関の SyLC-CO₂ 排出量推計結果

輸送量が小さい場合(①)は、インフラ建設分と車両走行分の全体に占める割合が大きい。それに対し輸送量が大きい場合(②)、車両走行分が SyLC-CO₂ 排出量のほとんどを占める。これは SyLC-CO₂ において人 km あたりインフラ建設時 CO₂ 排出量が輸送量の増加に伴い減少するのに対し、車両走行時 CO₂ 排出量は輸送量によらず一定であるためである。

1[day]あたり輸送量[人/day]が増加するにつれてインフラ建設分の人 km あたり SyLC-CO₂ 排出量は減少し、1[day]あたり輸送量が 20,000[人/day]以上の範囲で各車両走行

時 CO₂ 排出量が SyLC-CO₂ 排出量全体の 50%以上を占めるようになる。

4. 地域特性の影響分析

本章では、車両走行分に影響を与える気候条件や車両特性、勾配などの走行条件の SyLC-CO₂ を推計する。事業者から取得したデータを用いて地域特性、車両特性などの影響要因による走行時の電力消費量原単位[kWh/km] (以降、走行原単位) の変化を分析する。

まず、回生による CO₂ 排出量への影響分析を行った。ただし、電車の回生率は、抵抗器の性能だけではなく、列車の発着タイミングなどにも左右されるため、輸送機関ごとの値を設定するのが難しい。そこで各輸送機関の走行原単位が回生の影響により減少した場合の SyLC-CO₂ 排出量を推計し、減少前と比較する。ただし回生による走行原単位の減少率は、事業者(LRT, 跨座式モノレール)への回生率と電力消費量のヒアリング結果をもとに 10[%]減少と 30[%]減少した場合を設定した。

これらの推計結果を図 2 と図 3 に示す。ただし、他の輸送機関との比較のしやすさから跨座式モノレール・AGT・地下鉄, LRT の CO₂ 排出量を示した。

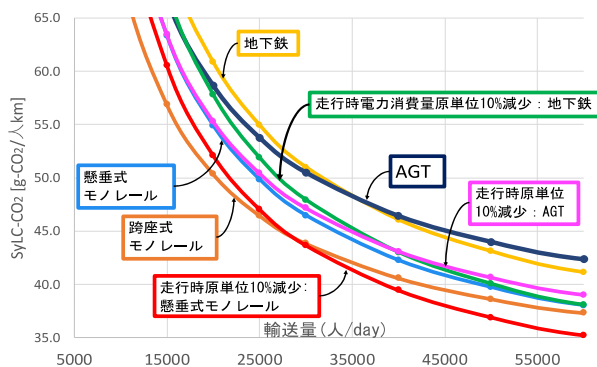


図 2 走行原単位減少(10%)による SyLC-CO₂ の変化

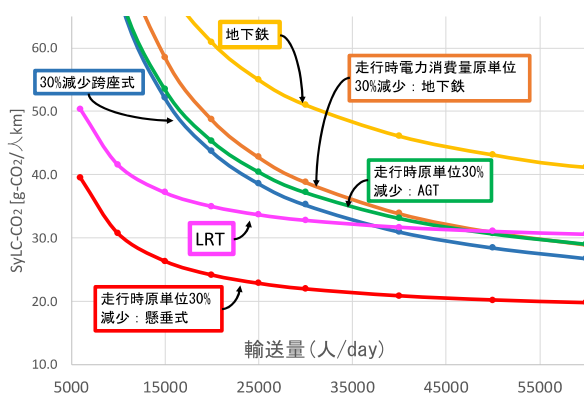


図 3 走行原単位減少(30%)による SyLC-CO₂ の変化

図 2 に示すように各輸送機関の走行原単位[kWh/km]が 10[%]減少した場合、輸送量 6,000~60,000[人/day]の範囲では、SyLC-CO₂ が減少前と比べて 3~9[%]減少した。一方、

図 3 に示すように走行原単位が 30[%]減少した場合、SyLC-CO₂ が減少前と比べて 10~27[%]減少した。これによって車両の回生機能(走行原単位を 10~30[%]減少させる場合)は SyLC-CO₂ 排出量に 5~30[%]程度の影響を与えることがわかった。さらに、図 2,3 より回生の有無や回生率によっては、輸送機関の SyLC-CO₂ 排出量の大小の逆転が十分起こりうるということがわかった。

なお、本研究でおこなったヒアリング調査の対象輸送機関は、蓄電設備が無い機関や運行本数が比較的多くない機関であったが、その他の設備や運行状況によっては回生による SyLC-CO₂ 削減効果がさらに増加する可能性が考えられる。

5. おわりに

本研究では、旅客運輸事業者から取得したデータを用いて想定区間での各中量輸送機関の SyLC-CO₂ 排出原単位を整備し、CO₂ 排出量を推計した。さらに、車両の回生による走行時電力消費量原単位[kWh/km]削減効果の SyLC-CO₂ 排出量に与える影響の分析を行った。

その結果、車両走行分が SyLC-CO₂ 全体の大きな割合を占め、その割合は輸送量の増加に伴い増加することがわかった。加えて、回生による走行原単位[kWh/km]の減少効果は中量輸送機関の車両走行時 CO₂ 排出量だけでなく SyLC-CO₂ 排出量にも無視できない影響を及ぼすことがわかった。

しかし、本稿で考慮した回生などの車両性能だけではなく、勾配や積雪などの地域特性や走行条件も輸送機関の走行時電力消費量に影響を与えると考えられる。

今後は、これらの影響と電費との関係を分析する。これによって様々な地域における中量輸送機関の導入検討において、地域特性を考慮した環境面からの評価に資することができる。

謝辞: 本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20201G01)により実施した。

6. 参考文献

- 1) 長田基弘, 渡辺由紀子, 柴原尚希, 加藤博和: LCA を適用した中量輸送機関の環境負荷評価, 土木計画学研究・論文集(2004), No23, pp355-363
- 2) 渡辺由紀子, 長田基弘, 加藤博和: 波及効果を考慮した LRT システム導入の環境負荷評価, 第 1 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, (2005), pp90-91
- 3) 国土交通省“平成 30 年度鉄道統計年報(1)-1 運輸成績表(数量)”, 鉄道統計年報, (オンライン), 入手先 <https://www.mlit.go.jp/tetudo/tetudo_tk2_000051.html>(参照 2022-01-07)