

中量旅客輸送機関導入へのLCA適用

Application of LCA to Medium Capacity Passenger Transport Systems

○長田基広*¹⁾・柴原尚希²⁾・加藤博和¹⁾

Motohiro OSADA・Naoki SHIBAHARA・Hirokazu KATO

1)名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻, 2)三重交通株式会社

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

1. はじめに

鉄軌道と路線バスのいずれでも対応し難い中間的な需要に適した旅客輸送機関として、モノレール、AGT(Automated Guideway Transit)、LRT(Light Rail Transit)、BRT(Bus Rapid Transit)、ガイドウェイバス(GWB:GuideWay Bus)、HSST(High Speed Surface Transport)等の中量旅客輸送機関が世界の多くの地域で営業している。これら中量旅客輸送機関の環境負荷を定量的に推計し、比較する際には、通常、輸送人キロあたりの走行起源CO₂排出量が用いられることが多い。しかし、これらは輸送容量が低いことから建設段階の環境負荷が相対的に大きくなると予想され、LCAの適用が特に求められる。

そこで本研究では、中量旅客輸送機関にLCAを適用し、比較を試みる。推計はCO₂、SO_x、NO_xを対象として、それらの統合化を行う。また、感度分析を実施し、需要量ごとにライフサイクル環境負荷を最小とする輸送機関を見出す。

2. 旅客輸送機関へのLCA適用の方法

2.1 目的及び調査範囲の設定

a)比較対象とする旅客輸送機関

本研究では、鉄道、AGT、LRT(専用軌道走行方式)、GWB、BRT(道路中央走行方式バス)の5種類の輸送機関を取り上げる。輸送機関のライフタイムを60年とし、需要量7,000人/日(往復)、延長6.7kmの路線を仮に想定し、3章でインベントリ分析を、さらに4章では、需要量変化による感度分析を行う。各輸送機関の設定は名古屋市周辺で営業している路線のデータを参考にし、行う。鉄道、AGT、GWBは100%高架構造を設定し、このうちAGT、GWBについては、コンクリート・鋼構造の比率をそれぞれ50%と設定する。

b)システム境界の設定

輸送機関はインフラの本体構造物と付帯構造物、そして車両の3要素から構成されるシステムであり、それらの総体としてのライフサイクル環境負荷(System Life Cycle Environment Load: SyLCEL)で評価する必要がある。各要素のライフサイクルは大きく、建設・製造、供用、廃棄の3つのステージに分けられるが、廃棄分は微小であることが関連諸研究から分かっているため、

本研究では建設・製造、供用段階を対象にSyLCELを求める。

2.2 インベントリ分析

環境負荷原単位には日本建築学会作成のものを使用する。これは遡及分も含めた内包環境負荷の原単位であり、物量ベースに換算されている。さらに分類が約500と細かい上に、運搬車両や施工機械といった建設分野にとって使い勝手の良い分類である。

a) インフラ本体構造物

建設段階: 対象とする各輸送機関に関して、各輸送機関が有するインフラに対して、各構造物で標準的な構造物の資材投入量より単位距離当たり環境負荷を推計し、これに延長距離を乗じることにより求める。

運用段階: 軌道については取替サイクルを考慮した日本鉄道建設公団の原単位データを使用している。

b) インフラ付帯構造物

建設段階: 駅施設に関しては、柴原ら¹⁾によって算出された都市近郊鉄道における駅の延床面積あたり原単位を用いる。BRTでは停留所(シェルター)を対象とし、詳細設計図により推計を行う。

運用段階: 駅施設や管理センターの消費電力を対象とする。

c) 車両

製造段階: 鉄道・バス車両の製造における資材投入量、及び組立におけるエネルギー消費量が対象となる。鉄道車両については、都市近郊型鉄道ステンレス車両の値²⁾を用い、バス車両については、データ制約より、乗用車製造の環境負荷をLCAデータベースのインベントリデータに記載されている資材投入量及びエネルギー消費量より求め、車両重量比で拡大して用いる。

走行段階: 各輸送機関の単位走行距離での消費電力・燃料消費量に走行距離を乗じ、さらに消費量あたりの環境負荷原単位を用いて推計する。

2.3 インパクト評価

日本版被害算定型影響評価手法LIMEのうち、被害量を貨幣換算しているVersion1の値を用いて統合化を行う。

3. LCA 適用結果

3.1 インベントリ分析

各輸送機関についてSyLCELを推計し、人キロ(本研究で機能単位とする)あたりに換算した結果のうちCO₂について図1に示す。ただし、混雑率はデータ収集を行った各輸送機関で異なる値をとるため、比較にあたっては各輸送機関の混雑率を11.5%と設定し、それを満たす運行本数を想定して、走行キロや必要車両数を推計する。

CO₂については、インフラを有する鉄道、AGT、GWBが大きな値となっている。一方、LRT、BRTはインフラ建設の環境負荷が小さい。同じバス車両を使用するBRTとGWBを比較すると、GWBの方が加減速回数が少ないため燃費が良く、走行段階での環境負荷は小さいが、建設段階における環境負荷の大きさによって打ち消されてしまう。

なお、SO_xについては、CO₂とほぼ同様の傾向であったが、NO_xについては、軽油を燃料として走行しているGWB、BRTが走行段階の排出が大きくなり、合計値も大きい。

3.2 インパクト評価

3種類の環境負荷を統合化した結果を図2に示す。最も大きいGWBは最も小さいLRTの2.4倍となっている。環境負荷別シェアでは、排出量が圧倒的に大きいCO₂は半分程度にとどまり、大気汚染をもたらすSO_x、NO_xの割合が大きい。なお、自動車走行に伴うCO₂、SO_x、NO_xの統合評価値を全国平均データから概算すると5.5円/人kmであり、それと比べて旅客輸送機関の被害量は5分の1以下となる。

4. 需要量変化に伴う感度分析

混雑率を11.5%に固定した上で需要量[人/日]が変化した場合のSyLC-CO₂(CO₂をSyLCELで評価した値)変化を推計した結果を図3に示す。いずれの輸送機関も輸送需要量の増加によって人キロあたりSyLC-CO₂は減少するが、ある程度まで増加すると一定値に収束する。これは走行以外の環境負荷分が人キロあたりでほぼゼロとなるためである。このときの環境負荷は、車両走行原単位と車両の定員、平均混雑率に依存する。

感度分析の結果、需要量が3,000[人/日]を転換点としてそれ以下ではBRTが、それ以上ではLRTが最もSyLC-CO₂が小さい輸送機関であることがわかる。鉄道、AGT、GWBのような大きなインフラを有する輸送機関は、いずれのカーブも類似の傾向を示しており、需要量が約30,000[人/日]程度まで、需要量の増加による人キロあたりSyLC-CO₂の減少傾向が顕著に見られ、30,000~45,000[人/日]を超えるとBRTよりも小さくな

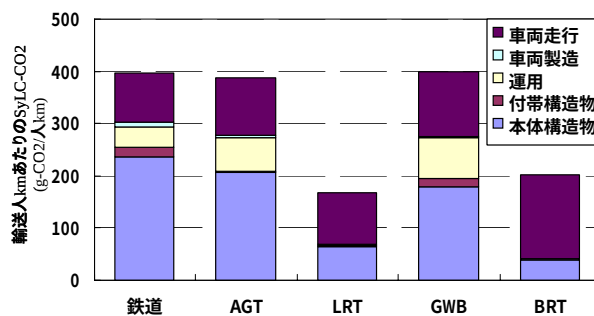


図1 各輸送機関の人キロあたりSyLCEL推計結果(CO₂)

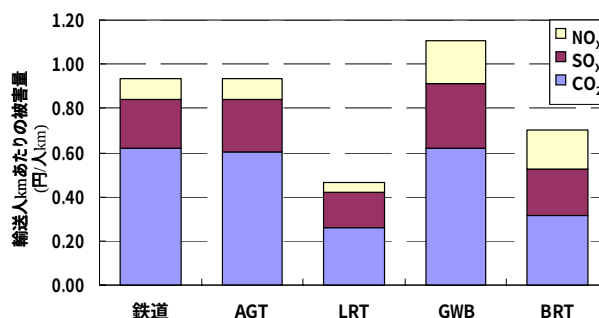


図2 各輸送機関の人キロあたりライフサイクル環境負荷(統合化指標での貨幣換算値)

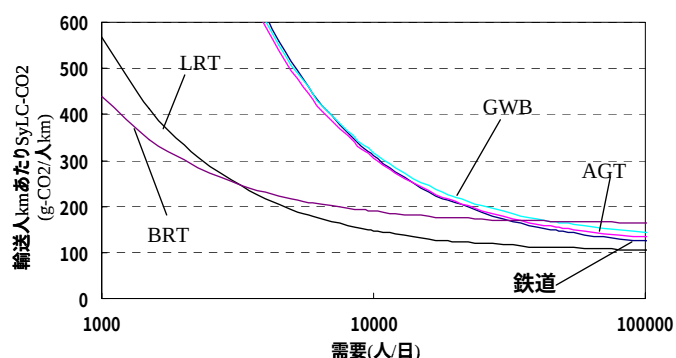


図3 需要量変化によるSyLC - CO₂の比較

っている。通常、この程度の需要ではLRT、BRTは容量超過となるため、SyLC-CO₂最小輸送機関近い結果となっていることがわかる。

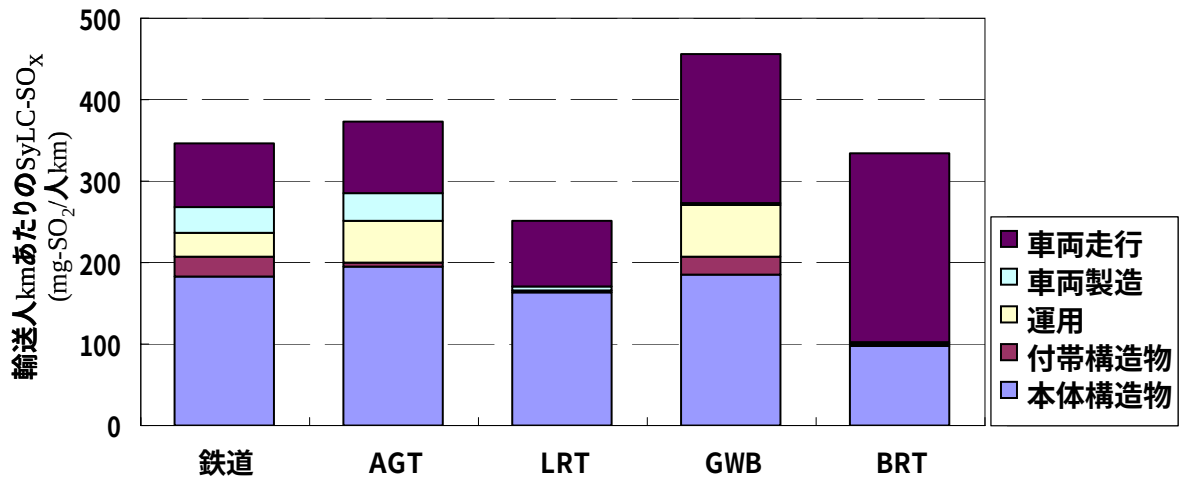
5. 結論

本研究では、中量旅客輸送機関であるAGT、LRT、GWB、BRTにLCAを適用して環境負荷を推計するとともに、鉄道との比較を行った。この結果、需要に対して人キロあたりライフサイクル環境負荷が最小となる輸送機関が明らかとなった。

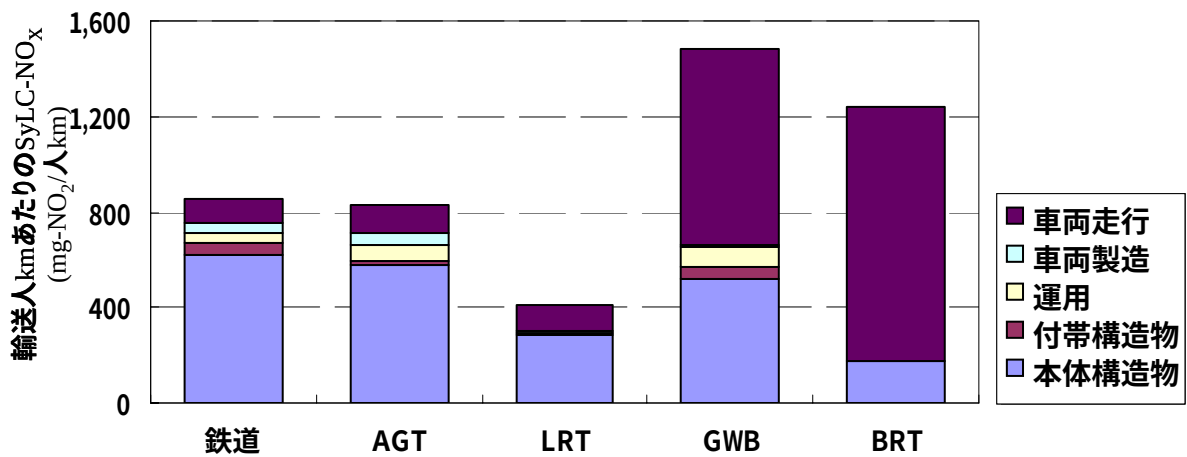
6. 参考文献

- 1) 柴原尚希, 加藤博和, 狩野弘治: 第31回環境システム研究論文発表会・講演集, pp.167-172, 2003.
- 2) 日本資源協会, 日本鉄道車輛工業会, 鉄道車輛ライフサイクルエネルギーLCE検討委員会: 1996.

Supporting Information



図S1 各輸送機関の人キロあたりSyLCEL推計結果(SO_x)



図S2 各輸送機関の人キロあたりSyLCEL推計結果(NO_x)