

公共交通システム導入の低炭素性評価における Consequential LCA の必要性

The Necessity of Consequential LCA in Evaluation of Low-Carbon Performance for Public Transport System Development

名古屋大学大学院環境学研究科 ○柴原尚希、森本涼子

1. はじめに

低炭素社会の実現のためには、生活・行動様式を低炭素型に転換する必要がある。交通分野では、Light Rail Transit (LRT)のような公共交通システムを導入し、乗用車からのモーダルシフトを促す施策が有効であると考えられている。その際、新たな交通システム導入によって環境負荷を削減しうるかどうかは、どのように判断されるべきであろうか。本稿では、既存研究における交通システムへのライフサイクルアセスメント(LCA)適用の考え方を整理した上で、LRT 導入ケースの分析の一部を例に、公共交通システム導入に伴う環境負荷評価には Consequential LCA が必要であることを論じる。

2. Attributional LCA と Consequential LCA

乗用車と比べ走行時の環境負荷が少ないことを根拠に公共交通の環境面での優位性が語られることが多いが、新規に交通システムを導入する際にはインフラ建設や車両新造についても考慮する必要がある。そのため、評価対象がもたらす環境負荷をライフサイクル全体にわたって評価する LCA が、公共交通システムの評価にも適用されている。LCA は以下の 2 種類に分類される。

まず、製品やサービスの LCA でも一般に行われている Attributional LCA(以下、A-LCA)と呼ばれる評価方法である。この方法により、評価対象のライフサイクルにわたる直接的な総環境負荷排出量が把握される。システム境界は製造・使用・廃棄等の各段階における直接的なプロセスと物質フローであり、推計には Average data が用いられる。

一方、交通システムが導入された場合、それ自体の直接利用のみならず、競合もしくは補完的な他の交通システムの利用状況をも変化させる。このような評価対象の追加に伴って環境負荷が社会全体でどのように変化するかを検討する評価方法は Consequential LCA(以下、C-LCA)と呼ばれる。この方法では評価対象の製造・購買・政策決定等により、総排出量がどう変化するかを把握される。システム境界は評価対象の導入に伴い影響がもたらされるすべての直接的・間接的なプロセスと物質フローであり、推計には Marginal data が使用される。

3. 既存の交通システム LCA 研究における A/C-LCA

既存の交通システムに関する LCA 研究では、A-LCA、C-LCA のどちらの立場をとっているかを明示せずに評価が行われているものの、その目的や評価対象範囲からいずれかに分類することができる。

3.1 A-LCA

LRT や路線バス、自動車交通(道路含む)といった交通システムのライフサイクルにわたる環境負荷を推計する研究は、1990 年代頃から多数実施されており、様々な交通システム間の比較も行われている。これらの研究の目的は環境性能の評価や工法の代替案検討であり、交通システム単体を評価範囲としていることから A-LCA であると言える。また、道路整備における自動車走行や鉄軌道整備における鉄道運行のように、インフラと車両を合わせた評価範囲を考えている研究も多い。車両の走行はインフラの建設がもたらす結果であり、これはインフラを C-LCA で評価しているとも言えるが、インフラと車両を合わせたものが交通システムであると捉えた場合は、A-LCA による評価であると分類できる。

3.2 C-LCA

近年、評価範囲を交通システム単体から拡張し、交通システム整備による影響が及ぶ範囲を含めた評価が主流になってきている。例えば、LRT の環境負荷評価を自動車交通への影響も含めて実施し、バス等代替輸送機関との比較を行っている研究や、Bus Rapid Transit (BRT) 整備後の自動車需要変化を含めた評価を行っている研究が存在する。これらの研究の目的は交通システム整備という政策の評価であることが多い。そもそも交通システムのような社会資本は社会への効果波及を整備目的としていることから、このような C-LCA の視点での推計は重要である。

3.3 分析における C-LCA の必要性

前節で述べた目的および評価対象範囲設定において C-LCA の視点を取り入れている研究であっても、分析においては C-LCA であると言い切れない点がみられる。

交通システム整備に伴うライフサイクル環境負荷変化の主な要因は車両運行起源の排出量である。これは需要量と車両挙動が主な決定要因であるが、入手できるデ

ータの制約から推計には日交通量や平均旅行速度といったマクロデータを用いることが広く行われている。この方法は、交通システム単体のライフサイクル環境負荷総量を推計し、段階別の排出割合を把握する A-LCA 的な考え方に基づく分析である。導入された交通システムと並行交通への影響を合わせた評価範囲を考えている既存の研究では、信号制御や車線減少、車両混在による旅行速度への影響等が考慮されるべきであるにもかかわらず、マクロデータから導出された原単位を用いていることが多く、詳細な走行状況を反映できていない。すなわち、目的設定や評価範囲としては C-LCA 的であるものの、システム同士の相互連関により生じる変化を捉えておらず、単に A-LCA の結果を組み合わせているだけであるとも言える。

4. ミクロ交通流シミュレーションを用いた走行段階の詳細な分析

著者らは文献 1)において、LRT 整備によるライフサイクル CO₂変化を、ミクロ交通流シミュレーションを用いて推計している。システム同士の相互連関(ここでは LRT 整備が自動車走行挙動に与える変化)は、A-LCA のマクロデータを用いた分析では捕捉できないことを示すために、ここでその結果の一部を紹介する。詳細な設定は文献 1)を参照されたい。

表-1 にミクロ交通流シミュレーションによって得られた1時間あたりの自動車走行時 CO₂と平均旅行速度を示す。平均旅行速度が 3.8[km/h]遅くなっているにもかかわらず、台 km あたり CO₂排出量は小さくなっている。一般道における速度帯では、平均旅行速度が遅いほど CO₂排出量は大きくなることが知られているが、それとは異なる結果である。この要因として、LRT 優先信号による停止時間減少効果や、加減速モードと比べて燃費の良い定速モードの割合の増加が考えられる。自動車の走行起源 CO₂推計にしばしば用いられてきた平均旅行速度を説明変数とした燃料消費率式は、あらかじめ速度帯別に一般国道での走行を想定して設定された走行モードに従って、走行試験を行うことで得られた環境負荷排出量の回帰式である。言い換えれば、特別な信号制御や局所的な渋滞が生じている場合には想定された走行モードと大きく異なる走行挙動が現れるため、シミュレーションによる推計が必要である。

また、図-1 に1時間のシミュレーションにより得られた対象区間を通過した自動車の走行により発生する CO₂排出量とそのときの平均旅行速度を、並行道路を走行する自動車のうち 10～50%が LRT へ転換した場合に

表-1 シミュレーションに基づく
自動車の CO₂排出量・平均旅行速度推計結果

	CO ₂ 排出量		平均旅行速度
	[kg-CO ₂ /h]	[kg-CO ₂ /台 km]	[km/h]
従来	188	0.094	18.5
LRT 整備	180	0.092	14.7

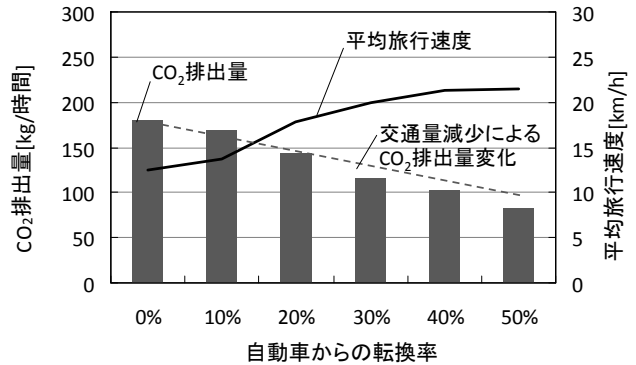


図-1 自動車からの需要転換の感度分析

ついて示す。自動車需要のうち 20%が LRT に転換すると、点線で示した交通量減少分以上に CO₂排出量は低減していくことがわかる。この理由として、交差点で発生している渋滞が解消され車両走行環境が改善する効果が卓越していることが考えられる。道路交通状況が需要転換量の感度分析結果にも影響を及ぼすことがわかる。

5. まとめ

本稿では、既存の交通システム導入の低炭素性評価において、評価範囲には C-LCA 的な視点が入り入れられているものの、マクロデータに基づく原単位を用いて分析が行われていることを述べた。しかし、新規交通システムと既存の交通システムに相互連関があり、導入に伴い走行速度や停止・加減速等の走行パターンといった自動車交通状況に影響を与える場合には、ミクロ交通流シミュレーション等を用いた微細な分析が必要である。公共交通システム導入によりもたらされる道路交通状況の変化は非線形であるので、A-LCA の原単位は使用できず、C-LCA による分析が必要であることが LRT 導入のケーススタディを通じて示された。

謝辞: 本研究の一部は、環境省・環境研究総合推進費(2RF-1303)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 森本ら：ミクロ交通流シミュレーションを組み込んだ交通システム整備によるライフサイクル CO₂変化の推計手法，土木学会論文集 G(環境)，Vol.69，No.5，2013.9.

キーワード: LCA、低炭素交通システム、モーダルシフト