

インフラ LCA における時間軸考慮のための Discount Rate 法の提案

A Proposal of Discount Rate Method for Application of LCA on Infrastructure

柴原尚希¹⁾、加藤博和^{*2)}

Naoki SHIBAHARA, Hirokazu KATO

1)三重交通株式会社, 2)名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻

* kato@genv.nagoya-u.ac.jp

1. 序論

インフラ（社会基盤施設）への LCA 適用においては、一般に長い耐用年数を有するにもかかわらず、時間変化の考慮が欠如していることが大きな課題の 1 つである。

適用における具体的な問題として、例えば、使用段階の環境影響が現在の素材やエネルギーの生産に伴う排出量データを基に推計されることが多い。しかし実際には、技術水準の向上によって排出原単位は将来的に変化する。また、ライフタイムの設定は LCA 結果に大きな影響を与えるが、その設定方法は現在のところあいまいなままである。

そこで本稿では、これらの問題について具体的に考察を加えるとともに、1 つの対処方法として、ライフサイクル環境負荷推計に割引率を適用した「Discount Rate 法」を提案する。

2. 従来のインフラ LCA 手法（Life Time 法）の課題

通常の LCA では、対象とする製品インフラのライフタイムをある値と仮定し、その期間での環境負荷の単純合計 E_L を求める。

$$E_L = \sum_{t=1}^T e_t \quad (1)$$

ただし、 e_t : t 年における環境負荷 T : ライフタイム

本研究ではこれを「Life Time 法」と呼ぶ。しかし、Life Time 法によるインフラ LCA では、(1) 廃棄段階の扱い、(2) ライフタイム（寿命）の設定、(3) 将来の不確実性の考慮、といった時間軸考慮のための課題がある。各項目について詳細を以下に述べる。

(1) 廃棄段階の扱い

インフラ LCA に関する既往研究の多くでは、廃棄段階の CO_2 排出量はライフサイクル全体のうち微小である。しかし、 CO_2 以外の様々な環境負荷についてこれと言えるかどうかは不明である。

(2) ライフタイムの設定

インフラのライフタイム設定は、ライフサイクル環境負荷の総量のもとより、単位期間（もしくは機能単位）あたりの環境負荷量にも影響を与える。したがってこの設定には、インフラ整備や維持管理に関する技

術や、インフラに対するニーズに関する時間的変化を折り込みつつ、慎重に行う必要があるが、その方法論は今のところ定まっていない。

また、都市街路のように、廃棄が行われず、維持補修によって半永久的に使用が続くと考えられる場合は、供用（走行・運用）段階の環境負荷量は無限大へと発散することになる。しかし Life Time 法では、ライフタイムを便宜上設定して、その時点までの環境負荷を単純に時間積分するため、ライフタイムの設定次第で総排出量や段階別シェアは大きく変化する。ライフタイムの特定が困難な対象に関しては、ライフタイム設定による感度分析を行うことも必要である。

(3) 将来の不確実性の考慮

ライフサイクルが長期にわたるインフラでは、将来に対する不確実性が LCA 結果に入り込まざるを得ない。すなわち、価値観の変化による急激な需要の変化や、排出対策技術の向上がそれにあたる。むしろ、対策のトレンドが十分に予測できるのであれば、できる限り考慮しておく必要がある。

また、現在排出する環境負荷が将来の環境負荷と等価であるか（同量の排出が同等の影響を与えるか）という問題も生じる。LCA においては、現在と将来とでは排出される環境負荷のインパクトは等しいことが暗黙のうちに仮定されることが一般的である。しかしながら、環境負荷の場合でも、現在の発生量は確実な値であるが、将来の発生量については、運営・維持活動自体の推移するかについて不確実性が高く、また技術革新による低下も予想されることから、将来の環境負荷を減らす努力よりも、現在の環境負荷を減らす努力の方がより確実である。このような将来の不確実性要因を考慮して検討する必要がある。

3. Discount Rate 法を導入した LCA

2章で整理した Life Time 法の課題に対処し、LCA において時間軸の考慮を行うために、「Discount Rate 法」を提案する。

3.1 割引率の導入

割引率 (Discount Rate) i とは現在価値と将来価値との比を表すパラメータであり、その値は将来の不確実性や技術革新の状況によって決まるものである。割引

率は費用便益分析においては一般的に用いられており、通常は投資における利率が用いられることが多い。

「IPCC地球温暖化第三次レポート」では、CO₂による影響は将来にわたって継続するため、CO₂の排出をより早く削減する必要があるとしており、将来と比べ、現在のCO₂の方がより重要度が高いと考えている。これも割引率導入の根拠の1つとなる。ただし、IPCCも具体的な割引率の値を設定しているわけではない。

Discount Rate法の場合、インフラシステムのライフタイム(T年)にわたる環境負荷E_dは、式(2)で表される。

$$E_d = \sum_{t=1}^T \frac{e_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

式(2)はライフタイムを無限大(T → ∞)とすると、収束することから、Discount Rate法ではライフタイムの設定が不要となる上に、ライフタイムが長い場合には廃棄の値が無視できる。これらがDiscount Rate法の特徴であり、特に半永久的に使用される可能性がある交通インフラに適している。ただし割引率設定方法について新たに検討する必要が生じることは言うまでもない。

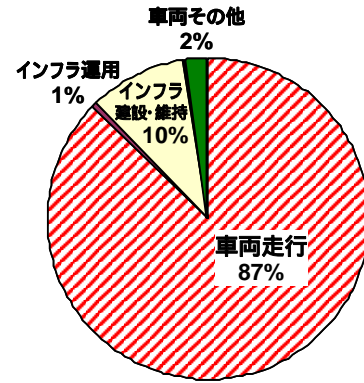
3.2 Life Time 法の適用例 - 磁気浮上式超高速鉄道

著者らは、既報¹⁾において、磁気浮上式超高速鉄道システム(インフラ+車両)のLC-CO₂をLife Time法によって推計している。詳細な分析結果は既報を参照されたい。

LC-CO₂の推計結果は図-1 に示す通りである。インフラシステムのライフタイムT=60年とした場合、愛知県内の全部門1年間分のCO₂排出量に匹敵する約24.6 [Mt-C/60年]であり、走行段階の排出が約87%と圧倒的に多くなっている。このことから、走行に伴うエネルギー消費をどう減らすかが、環境負荷削減型設計にとってのポイントとなると言える。具体的には、高速走行時のエネルギー消費の主な要因となる空気抵抗の緩和が考えられるが、これは車両技術の進歩によって徐々に実現するものであり、その技術進歩の速さと車両更新間隔との関係によってLC-CO₂が変化することになる。

割引率*i*によるLC-CO₂の感度分析結果を図-2 に示す。Life Time法(T=60年)による算出結果は、割引率を約1.7%と設定した場合に相当する。また、3%付近までは傾きが非常に急であり、割引率に対する削減量の弾力性が大きい。これは、磁気浮上式超高速鉄道システムのLC-CO₂が、車両走行やインフラ維持管理に関する将来の技術進歩によって改善される可能性が大きいことを意味する。また、感度分析を行うことによって、供

SyLC-CO₂: 24.6 [Mt-C/60年], 13.4 [g-C/人km]



ライフタイム：インフラ 60年，車両 20年
 輸送人員：306 [億人 km/年] 路線延長：500 [km]
 図-1 磁気浮上式超高速鉄道システムのLC-CO₂推計結果

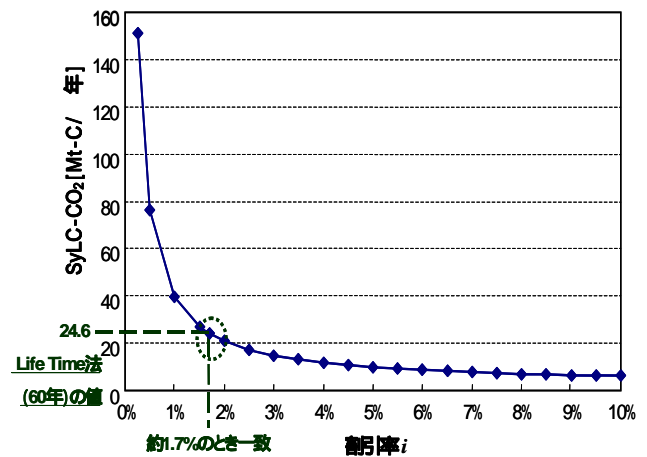


図-2 LC-CO₂推計値と割引率との関係

用後の環境配慮型車両開発などの技術向上がライフサイクル環境負荷に及ぼす影響を定量的に示すことが可能となっている。

4. おわりに

本稿では、ライフタイムが長いインフラへのLCA適用において、将来の不確実性を考慮するとともにライフタイム設定の恣意性を排除する方法として、割引率を適用してライフサイクル環境負荷を算出するDiscount Rate法を提案した。今後は具体的なインフラLCAへの適用を通じて、割引率の決定の考え方や解釈、設定が結果に与える影響について検討することを予定している。

5. 参考文献

1) 柴原尚希，加藤博和：LCAを用いた磁気浮上式超高速鉄道整備後のCO₂排出量変化予測，土木計画学研究・講演集，Vol.28，CD-ROM(40)，2003