

研究課題名 東アジア都市のための環境評価ツールの開発
所属研究機関名 北九州市立大学
研究者氏名 松本 亨

研究計画の概要

研究の趣旨・目的

アジアの都市の多くは、深刻な大気・水の汚染問題に直面しているものの、地球温暖化対策のための省エネルギーや資源リサイクルに対する関心は相対的に薄い。しかし、省エネルギーは、ローカルな大気汚染対策、グローバルな地球温暖化対策とコスト削減の一石三鳥の効果を持つ。これは、政策統合 (policy linkage) と呼ばれるが、都市の水資源需要管理、資源リサイクルの推進などもこれと同様である。急速な成長を続けるアジアの都市の持続可能な発展のためには、資源・エネルギーの需要増大を極力抑制するような経済政策と技術選択が不可欠であり、そのためには、政策分析の基礎となるデータの整備とそれに基づく政策評価ツールの開発が必要である。

本研究では、LCA (ライフサイクルアセスメント)、環境資源勘定、MFA (マテリアルフロー分析) などの比較的新しい環境評価手法を用い、東アジア都市の経済成長と環境管理に関する政策評価ツールを開発することを目的とする。

研究計画の概要

(1) 戦略的環境アセスメントのための評価フレームの構築と日本への適用

戦略的環境アセスメントのための評価手法開発のため、時間依存シナリオの扱える都市のライフサイクルシミュレーション手法のフレーム構築を行う。これは、変化の著しいアジアの都市環境インフラ整備に対する適用を想定していることと、様々なシナリオを想定して評価することを可能とすること。以上2点の理由により、時間的制約からより弾力的となる都市環境評価手法の開発を意味する。

(2) アジア都市への適用のためのデータ整備と国際比較分析

アジア都市への適用のためのデータ整備と、それを用いた国際比較分析を行う。対象となるデータ (指標) は、経済発展及び都市発展に関するデータ及び、それに伴うインフラ整備とそれに付随する資源・エネルギー消費である。これらは、将来の都市発展に伴う資源消費の予測と、望ましい都市インフラ整備を評価するための基礎データとなる。整備したアジア都市に関する社会経済的データ、環境データから、環境負荷原単位を整備する。これら指標間の関係性分析及び国際比較分析を行うことにより、都市における普遍的变化と、都市ごとの特殊性を明確にする。

(3) 将来予測のためのフレーム設定と環境評価ツールの完成

アジア都市データ整備の過程において、アジア都市に関する統計DB情報や現地調査により、インフラ需要予測及び資源・エネルギー消費原単位のためのデータ取得可能性を把握し、それに基づいた将来予測フレームの検討を行う。つまり、アジアに限られた情報ソースの中から選択できる最適な将来予想手法、環境評価手法を選択し、将来予測フレームの設定を行う。それに基づき、都市活動とインフラ需要、環境負荷・環境影響の関係のモデル化に取り組む。

(4) シナリオアプローチによる都市整備戦略の政策シミュレーション

開発した環境評価ツールを用いて、シナリオアプローチによる都市整備戦略の政策シミュレーションを行う。

研究計画の詳細報告

(単位:百万円)

研究項目	所要経費					
	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	合計
<記入例>						
1.戦略的環境アセスメントのための評価フレームの構築と日本への適用						3
(1)評価フレーム検討	3					
	← 1.876	→ 2.621				4.497
(2)日本の大都市を検討対象にしたモデル構築	←		→			
2.アジア都市への適用を前提としたデータ整備と国際比較分析						7.773
(1)都市インフラ整備需要と環境負荷のモデル化		3	4.773			
		←	→			
(2)環境負荷原単位の整備と国際比較		5				5
		←	→			
3.将来予測のためのフレーム設定と環境評価ツールの完成						10
(1)都市環境と都市インフラのライフサイクル・シミュレータの開発			10			
			←	→		
4.シナリオアプローチによる都市整備戦略の政策シミュレーション						
(1)シナリオ評価のための情報整理						
				←	→	
(2)評価ツールを用いた政策シミュレーション						
5.とりまとめ						
所要経費(合計) (間接経費を含む)	4.876	10.621	14.773			30.27

研究成果の概要

研究成果の概要

都市やインフラを対象とした LCA において、時間依存性のあるシナリオ分析を行うためのライフサイクル評価手法を検討した。それは、アジア諸都市の急速な社会経済的变化、都市成長を表現できる手法が必要であると考えるからだ。その検討例として、住宅の更新及び長寿命型住宅の普及と都市の資源代謝システムとしての排水・廃棄物処理システムの更新及び新技術の導入を取り上げた。

長寿命型住宅としては、提案・実用化が進んでいるSI住宅を想定し、ダイナミックに変化するシナリオとしては、住宅床面積の需要変化(総量及び種類別、構造種別)と運用段階における世帯人員数別CO₂排出原単位を事例として検討した。実在都市のデータを利用し、2100年までの住宅の建て替えに関する将来予測シミュレーションを行い、建設、運用、改修、廃棄の各段階で発生するCO₂排出量を推計した。その際時間依存パラメータを導入することで、長寿命型住宅の普及効果について、長期にわたるライフサイクル評価に対応しうる手法を開発することができた。住宅床面積の需給構造について動的な解析を実施することで、長寿命型住宅普及の際に、シナリオによっては余剰面積が発生することも再現できた。

次に、都市の資源代謝システムとしての排水・廃棄物処理システムの更新及び新技術の導入であるが、生ごみ分別・再資源化技術の導入として、5つのシステムと3つの導入シナリオについて比較評価を行った。評価手法としては、社会フレーム変化とそれに基づく環境負荷の変化を評価するためのライフサイクルシミュレーションを用いた。今後2050年に向けて人口の減少がシミュレーションの前提となっているにもかかわらず、趨勢ケースではLCE、LCCO₂ともに増加傾向にあること、それに対して、2050年時点で直投型ディスプレイ普及シナリオが41%、固液分離装置+PLA普及シナリオが44%のCO₂削減となることを示せた。

アジア都市の都市インフラの整備需要と環境負荷のモデル化への予備的検討としては、中国の主要都市の社会経済データ、環境データの整備とそれを用いた消費活動と環境負荷の関係性分析及び国際比較分析を行った。

まず、消費活動と環境負荷の関係性分析のために、中国の経済発展等の社会経済的变化と都市生活廃棄物の関係を分析した。その排出特性及びその変化パターンについて中国全土にわたる都市データを用いて分析を行った上で、中国北京市における都市生活廃棄物排出量について、今後の排出量予測とそれによるインフラ需要を予測しコスト指標によって評価した。具体的には、現状維持型と先進国追従型の2種類のシナリオを設定し、2020年までに必要となる都市生活廃棄物処理施設とその投資額を算定した。2020年の北京市の都市生活廃棄物収集量が前者のシナリオで約400万トン、後者で約520万トンとなった。また、北京市の都市生活廃棄物収集・処理システムに関する既存施設及び新設計画と都市生活廃棄物収集量の予測結果からインフラ需給ギャップを算定した。2020年までに必要となるごみ処理施設の投資額を焼却率や施設規模等のシナリオのもとで予測した結果、最低で16.2億元、最高で45.8億元となった。

次に、社会経済データと環境関連データの関係性を表す指標である環境負荷原単位データ取得のために産業連関分析を行った。具体的には、日本の4つの都市(東京都、横浜市、福岡市、北九州市)に加え、中国の2つの都市(北京市、上海市)を分析対象とし、産業連関表に基づくトップダウン型アプローチによってこれらの都市におけるマテリアルバランス(物質収支)を推計した。また、都市における経済活動による物質投入量への波及効果を、産業連関分析によって評価した。その結果、中国の都市は日本の都市と比べて単位生産あたりの物質投入量が大きく、日本の都市の平均と中国の都市の平均では、約14.4倍の開きがあることが明らかになった。分析対象都市の中で物質投入量が最も大きかったのは東京都であり、年間約1万9千トンの物質が投入されているという結果が得られた。次いで、上海市(約1万7千トン)、北京市(約8千トン)、横浜市(約6千3百万トン)、北九州市(約5千2百万トン)、福岡市(約2千トン)の順であった。

波及効果、発展方向、改善点等

アジアにおける都市環境インフラの整備はけして順調とは言えない状況にある。今後の必要となる建設資金もさることながら、資源・エネルギーの需要も莫大である。したがって、アジア諸都市が置かれた経済的、技術的条件を考慮した、もっと効果的、効率的な都市インフラ整備の戦略を提示する必要がある。また、現在の途上国には日本のインフラ整備とは異なる時代的背景がある。端的に言えば、工業化による産業公害、爆発的なモータリゼーションへの対処、都市ゴミの増加といった都市的課題とともに、地球温暖化等の地球的課題

が解決すべき課題として同時に登場している。地球的課題と地域的課題とを同時に解決する政策のことを”Eco-policy linkage” と称したりあるいは総合的な観点からみた地球温暖化対策と他分野の対策の便益を共通利益 (co-benefits) と称したりするが、いずれもアジア地域のインフラ整備において推進すべき政策である。つまり、地域的課題の解決と同時に、地球的視野に立った資源・エネルギー問題についても考慮する必要がある。

現在地球温暖化対策における京都プロトコルの一つである CDM (クリーン開発メカニズム) のプロジェクトとして提案・実施されているものは、製鉄所や発電所の効率改善といった単一技術に関する事例が多いが、都市スケールのシステム技術もその温室効果ガス削減ポテンシャルの大きさから注目されている。中でも廃棄物発電を含む廃棄物処理分野、エネルギー供給システム分野、運輸分野への期待が大きい。当然、すでにある程度のインフラ水準を整えた日本も含めた先進国の経験からその成功と失敗をレビューすることは重要である。その上でインフラ整備の遅れた国に対してその経験の適応性を考えるべきであり、それは必ずしも最新技術とは限らない。本研究の成果の波及効果として、東アジア都市における省資源・省エネルギー型の都市発展について、ソフト・ハード両面からの政策提言が可能となる。

研究における今後の展開をまとめたものが以下の図である。このように、これまで 2 年半の成果である日本の都市を対象とした評価フレーム 都市インフラ需要と環境負荷のモデル、環境負荷原単位整備を統合化して、アジア都市を対象とした環境評価ツールを完成させることである。端的に表現すると、日本の都市を対象として開発してきた LCS 手法をアジア都市へ適用しようとするものである。まだデータ情報面等障壁も多いが、残りの研究期間において成果を上げることは十分可能であると考えている。

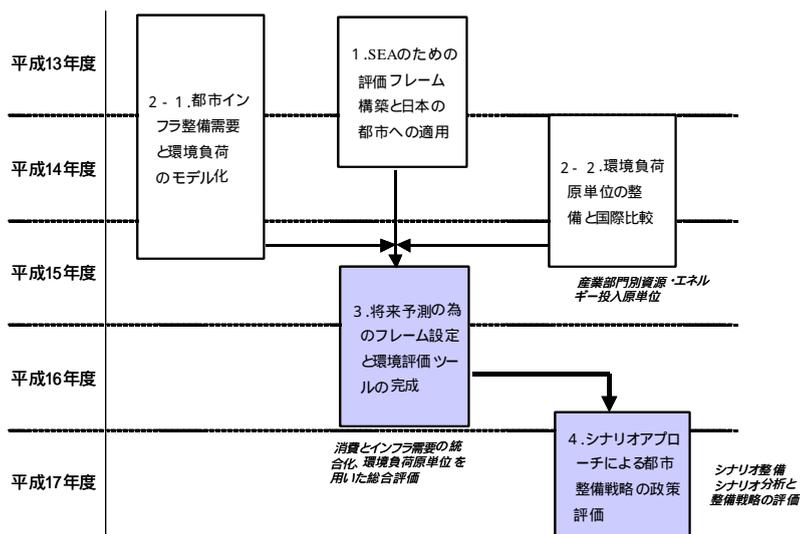


図 研究の流れと今後の展開方向

なお、これまでの成果における改善点については次のように考えている。LCS 手法開発においては、GIS (地理情報システム) を用いることで、住宅・事業所の分布による熱需要について面的に解析することにより、都市環境インフラを利用したサーマルサイクル型のエネルギーシステムの評価と統合的に行うことが可能となる。また、ディスプレイ普及速度の変化など、より現実的な普及シミュレーションを行うこと、さらに、ディスプレイ普及や既存インフラ更新の適切なスケジュールを試算することも課題である。なお、より動的解析が容易になるように、SD (システムダイナミクス) でモデルを構築し、そこに LCA 算定モジュールを統合することを予定している。

アジア都市への適用については、北京市の都市生活廃棄物処理のためのインフラ整備に関して、処理・処分施設だけでなく収集運搬過程を含む都市生活廃棄物システム全体に関する総合的な予測・評価を行うこと、コスト指標だけでなく環境負荷指標による評価に取り組むことである。

研究成果発表等の状況

(1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	14件	1件	8件	23件
国際	1件	0件	4件	5件
合計	15件	1件	12件	28件

(2) 特許等出願件数

合計 0件 (うち国内0件、国外0件)

(3) 受賞等

1件 (うち国内1件、国外0件)

1. 土木学会第9回地球環境シンポジウム地球環境貢献賞「中国の開発と環境に関する総合解析システムの開発研究」

(4) 主な原著論文による発表の内訳

* 発表者氏名：, 発表題目, 文献名, 巻(号), 頁, (掲載年)の順

国内誌 (国内英文誌を含む)

1. 松本 亨・石崎美代子・中山裕文・井村秀文：「外部条件の変化を考慮したライフサイクル評価手法 - 長寿命型住宅の普及シミュレーションへの適用 - 」, 環境システム研究論文集, Vol.29, pp.75-83, (2001)
2. 左 健・中山裕文・今井 晃・松本 亨, 井村秀文：「中国における都市生活廃棄物処理の需要の将来予測と整備戦略に関する研究」, 環境システム研究論文集, Vol.29, pp.273-281, (2001)
3. 岩尾拓美・三角直紀・松本 亨：「自治体の排水及び廃棄物処理事業の評価のための環境会計の検討」, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp.275-284, (2001)
4. 中山裕文・中村晋太郎・松本 亨・井村秀文：「産業連関分析による都市マテリアルフローの国際比較」, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp.169-174, (2001)
5. 立花美奈・松本 亨・井村秀文：「環境面及び経済面から見た資源循環の適正空間規模に関するモデル分析」, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp.221-228, (2001)
6. 高尾 彰・中山裕文・松本 亨・谷川寛樹：「都市構造物のフロー及びストックに関する国際比較 都市レベルの資源消費効率に向けた検討」, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp.175-182, (2001)
7. 鮫島和範・松本 亨：「地域特性を考慮した排水及び廃棄物処理の最適技術選択システムの構築」, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp.175-182, (2001)
8. Jian Zuo, Toru Matsumoto, Hirofumi Nakayama, Hidefumi Imura: "Characteristics and Management of Municipal Solid Waste in China", Journal of Global Environment Engineering, Vol. 8, pp. 79-98, (2002)
9. 松本 亨・左 健・岩尾拓美：「都市の有機物資源循環構造を記述するマテリアルフローコスト会計の提案」, 環境システム研究論文集, Vol.30, pp.305-313, (2002)
10. 松本 亨・石崎美代子・左 健・中山裕文：「アジア都市への適用を想定した民生部門エネルギー需要予測モデルの開発」, 第30回環境システム研究論文発表会講演集, pp.25-33, (2002)
11. 高尾 彰・中山裕文・松本 亨・島岡隆行, 井村秀文：「東アジア諸都市の都市発展とそれに伴う資源消費パターンの類型化」, 第30回環境システム研究論文発表会講演集, pp.241-248, (2002)

12. T. Matsumoto, J. Zuo and T. Iwao: "Material Flow Cost Accounting for Evaluation of Urban Organic Resource Circulation ", Proceedings of 5th International Conference on EcoBalance, 2002, 771-774
13. 松本 亨 左 健 章 新東・石崎美代子 :「アジア巨大都市における民生部門エネルギー需要の将来予測」,第 11 回地球環境シンポジウム講演論文集, pp.47-53, (2003)
14. 松本 亨・石崎美代子・左 健・島岡隆行 :「家庭系食品廃棄物の再資源化技術導入シナリオへのライフサイクルシミュレーションの適用」,環境システム研究論文集 ,Vol.31, pp.125-132 , (2003)

国外誌

1. K. Sakai, M. Taniguchi, S. Miura, H. Ohara, T. Matsumoto, Y. Shirai: "Novel Process of Poly-L-lactate Production from Municipal Food Waste, Journal of Industrial Ecology, Vol.8, No.1, 2004 (in print)

⑥) 主要雑誌への研究成果発表

Journal	Impact Factor	合計
Journal of Global Environment Engineering	対象外	0
Journal of Industrial Ecology	対象外	0

東アジア都市のための環境評価ツールの開発

