

0701 水・物質・エネルギー統合解析によるアジア拠点都市の自然共生型技術・政策シナリオの設計・評価システムに関する研究

(4) 自然共生の政策形成システム構築に関する研究

(独) 国立環境研究所

アジア自然共生研究グループ 環境技術評価システム研究室

藤田 壮・孫 穎・陳 旭東

アジア自然共生研究グループ

中根 英昭

<研究協力者>

中国科学院瀋陽応用生態研究所

耿 涌

平成19～22年度累計予算額：2,367.7千円（うち、平成22年度予算額：944千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 循環型地域開発としてのエコインダストリアル・パークの調査解析として、アジアに展開する循環共生の技術政策システムとして世界における産業共生、エコインダストリアル・パークの開発についての調査を行った。資源循環と廃棄物処理およびエネルギー循環を進める根幹技術・政策システムとしての意義を明らかにするとともに日本のエコタウンの技術政策システムの解析を行った。国内26のエコタウン施設の解析を進めて、循環施設の公的投資の民間投資波及効果を明らかにするとともに、地域特性等の一般化をおこなった。さらに、中国瀋陽市を対象に中国の産業中心都市である瀋陽市と遼寧省との研究連携を進め、瀋陽市環境保護局、遼寧省環境保護局との研究連携とともに、中国科学院循環経済研究センター、遼寧省の環境科学院との研究協定を通じて研究を進めた。瀋陽市における循環経済技術政策シミュレーション・システム研究について、中国大連市での試行とともに、瀋陽市での技術シミュレーションを行った。廃棄物のデータベースを構築し、瀋陽市の地域特性に応じてパラメータを調整しシミュレーション・モデルの改善を行うことによって、各種廃プラスチックの再生技術に関する詳細なシミュレーションが実現できた。その結果、①廃プラスチックのカスケード利用に関する複合型技術の導入はより多くの便益を得られること、②統合型技術の潜在的な環境便益が技術そのもののほかにエネルギー構造などといった地域特性にも影響されること、クリーンエネルギーの開発や新しい廃プラスチックリサイクルプログラムの推進は、GHG排出削減に貢献することを明らかにした。

加えて、日本企業及び中国企業におけるグリーンサプライチェーンマネジメント（GSCM）の実施内容とその促進要因を定量化して抽出した上で、GSCMの促進要因と実施の因果関係モデルを構築し、促進要因によるGSCMの実施への影響度を解析した。その上で、日中企業におけるGSCMの推進構造を比較し、中国企業のGSCMの推進条件を検討した。

[キーワード] エコタウン、循環経済都市シミュレーション・システム、中小企業の環境配慮型経営、ライフサイクルアセスメント、中国瀋陽市

1. はじめに

20世紀末から、中国をはじめとするアジアの都市は飛躍的な経済成長を実現している。世界の工場として人々の豊かな暮らしを支える役割を地球上の隅々にまで提供してきた一方で、その環境汚染は産業都市の人々の暮らしを脅かす水質汚濁や大気汚染をもたらす水準を超え、都市にとどまらずより広域に、さらに国境を超えた地球規模の環境問題を引き起こしつつある。産業及び都市の共生は最も効果的な政策及び産業システムであるとの認識が広がりつつある。産業と都市の共生を実現するエコインダストリアル・パーク（Eco-Industrial Park; EIP）はアジアにおいて都市と産業の共生を実現する重要な方策であるとして注目を浴びている。都市廃棄物管理（MSWM）と地域産業を結び付けることで、都市と工業地域の地理的近接性から新たな共生の機会が生まれることが日本国内の分析から明らかになっている¹⁾。都市の廃棄物から工業材料に転換利用を推進することで、結果として都市と地域の全体としての環境効率を改善して、アジアの都市における持続的資源循環の効率性が環境的にも経済的にも高まることになる。1997年から開始したエコタウン事業により、2006年までの10年間に、26の地域が承認された。国の補助対象となった施設を含む循環拠点施設が操業を続けている。エコタウンの整備によって国内の廃棄物と副産物の循環利用が進んできた一方で、新たな拠点整備が一段落した現在では、既存の施設の効率的な運営を促進するとともに、地域や循環資源の性質に応じた最適な範囲での循環を目指す「地域循環圏」の中核としての役割を果たし、地域の低炭素化に資することが期待されている²⁾³⁾。さらに、近年では、アジア諸国を中心とした途上国への展開の動きも出始めている。日本のエコタウンの技術政策要素をこれらの要請に応じて活用するために、現状の資源循環の特性を把握し、その循環効率や低炭素化への寄与、さらに経済性などを実証的に検証し、資源循環の成立要因を分析することによって中国の都市における環境技術と政策を含むシミュレーション研究の入力システムとして活用する。

さらに、中国でも、WTO加盟に伴うグローバルな市場競争の参入により、国内の法規制だけでなく、輸出先での環境法規制に対応する必要があり、企業の環境配慮型の経営活動が重要課題として掲げられるようになってきている。しかし、中国の新たな法律や環境マネジメントシステムにおいては、具体的な措置の欠如や不十分な執行が指摘されており、企業のグリーンサプライチェーンマネジメント（Green supply chain management; GSCM）の促進に当たって大きな課題を抱えている。地球環境問題が深刻化する中、企業による持続可能な経営活動への根本的対応が世界的に重要な課題となっている。日本では、循環型社会の構築に向けて、循環型社会形成推進基本法をはじめとした法体制の整備、環境マネジメントシステムの導入、そして企業の社会的責任への関心の高まりなどにより、大企業が率先して環境製品の開発や製造、製造プロセスの環境負荷の低減、資源循環を行い、GSCMを推進してきた。GSCMに関する既存研究の多くは、促進要因と実施内容に関して、個々の側面から進められてきており、環境配慮型経営の全体的な推進構造を明らかにしたうえで、その推進条件を検討する研究を行うことが緊急の課題となっている。これまで国際比較研究が散見されているも

の、欧州地域の国々や先進国の中小企業、そして先進国と途上国の個別産業に限定したものであったことから、本研究では異なる国での大規模な企業調査を行う研究として先駆的役割を担う。

これらの日本発信の環境技術政策システムをデファクトの情報として活用する技術政策シミュレーションを瀋陽市を対象に国際連携で構築した。地方自治体にとっての、様々な運営局面における環境的利益について、科学的な裏付けに基づいて代替的な政策オプションを提供するシステム構築を図る。中国の諸都市では急速な産業化とともに、産業廃棄物と都市廃棄物が急増し、深刻な環境汚染をもたらしているなかで、特に循環政策への関心は急速に高まっていることから、循環経済技術政策のシミュレーション・システムの社会実装研究を推進した。公害対策や資源循環について日本の環境技術についての期待は大きいものの、循環型の社会制度や基盤の整備を含めた地域システムの設計が存在しない状況では、国内の技術をそのまま適用する短期的な事業のみの視点では技術展開が円滑に進捗しない例も多くみられる。中国では2009年に循環経済促進法が施行され、2011年からの第12次国家5カ年5カ年計画が制定、運用されていく中で、低炭素を実現する資源循環システムへの志向が顕在化している。日本発信の高水準の循環技術と環境社会の知見を活かす統合的なシステム設計とその実践的な展開に向けての社会投資を受け入れることのできる水準に経済発展と社会的な実行能力が達しつつあるといえる。そこで、中国科学院応用生態研究所と連携して、中国の拠点的な産業都市である瀋陽市とその広域都市圏を対象にして、循環資源ごとに地区スケールから都市、圏域、国土、国際スケールの異なる循環圏を科学的な算定をもとに同定し、その形成支援の技術・政策システムの設計と評価のシステムを構築してきた。この研究では日中環境都市連携を支援する日本発の技術・施策システムの計画評価システムの開発を進めた。さらに、持続可能な都市形成にむけて、動脈側と静脈側の産業システムと都市の循環政策と連携する循環圏システムを設計するガイドラインシステムの提供するとともに、中国のほか他の都市およびアジアの都市への一般化を進める科学的手法の提供をめざしている。

2. 研究目的

エコタウンプログラムを通じた日本の廃棄物循環の結果とその経験から得たことを概観することである。

これまで、持続可能な資源循環を成立させる要因について、産業エコロジーの文脈から議論が展開されてきた。Korhonen は、産業システムの持続可能性を高めるために必要な4つの原則として循環 (Roundput)、協働 (Cooperation)、多様性 (Diversity)、地域性 (Locality)を提唱している⁴⁾。本稿で着目する地域性に関する記述では、生態学のアナロジー⁵⁾や地域の環境容量の観点⁶⁾を紹介しているほか、より実践的な論点として、産業共生での重要な成立要因の1つとされる地理的近接性 (geographical proximity)に関する記述⁷⁾を引用している。そして、Ehrenfeld and Gertler が指摘するように、地理的近接性は環境面での寄与だけでなく、経済・社会面における心理的距離の近さも重要な観点であるとしている⁸⁾。ただし、こうした議論は、記述的・定性的なものから始まり、2000年以降に実証的・定量的な手法を用いて、エコタウン施設群や世界の循環

拠点施設地区を対象に、資源循環を定量的に評価する研究が進み、環境負荷の算定結果が報告されるようになってきた（表4-1）。

表4-1 エコタウン・エコインダストリアルパーク研究の比較

対象地	スケール	主要産業	主な副産物交換 /リサイクル	環境改善効果	出典
北九州エコタウン(日本)	広域	リサイクル産業	ペットボトル、自動車、家電、OA機器、医療用具、蛍光灯、古紙、有機溶剤、建設混合廃棄物、パチンコ台、飲料容器、プリントナー、発泡スチロール、廃木材・廃プラスチック	エネルギー削減量:2,823PJ/y CO ₂ 削減量:208,000t-CO ₂ /y SO _x 削減量:425t-SO ₂ /y NO _x 削減量:461t-NO ₂ /y	8)
川崎エコタウン(日本)	広域	鉄鋼、セメント、非鉄金属、リサイクル産業	廃プラスチック、汚泥等	CO ₂ 削減量:600,000t-CO ₂ /y	9)
Kalundborg (デンマーク)	EIP	発電所、医薬品、製油、ボード製造	表面水、地域熱、石膏	表面水の保護:500,000m ³ /y CO ₂ 削減量:154,788t-CO ₂ /y SO ₂ 削減量:-304t/y NO _x 削減量:389t/y	10)
Guayama, プエルトリコ (アメリカ)	EIP	発電所、石油化学精練所、排水処理施設	蒸気、排水、ばいじん	SO ₂ 削減量:1,978t/y NO _x 削減量:211t/y PM10削減量:123t/y CO削減量:-15t/y CO ₂ 削減量:51,000t/y	11)
ペンシルバニア(アメリカ)	州	全立地産業	スラグ、フライアッシュ、鉄くず、木くず、陶器類、排煙脱硫残渣等	エネルギー削減量:13PJ/y CO ₂ 削減量:900,000t-CO ₂ /y SO _x 削減量:4,300t-SO ₂ /y NO _x 削減量:4,200t-NO ₂ /y	12)

国内のエコタウン研究では、松本らが、北九州エコタウンにおける複数のリサイクル事業を対象に、距離帯別輸送距離分析を含むマテリアルフロー分析（MFA）やライフサイクル分析（LCA）による環境改善効果の算定、さらには都市レベルの資源循環構造分析とエコタウンの寄与度分析を行い、エコタウン事業を総合的に評価する枠組みを提示している⁹⁾。研究代表者らは、川崎エコタウンにおけるマテリアルフローを明らかにするとともに、地域の一般廃棄物を含めた循環システムを想定したシミュレーションを行い、鉄鋼やセメントなどの素材型産業の製造プロセスを含めたLCAを行う枠組みを提案している¹⁰⁾。

また、海外でも、産業共生地区やエコインダストリアル・パークを対象にいくつかの実証的な研究が報告されている。Jacobsen は、循環型の産業都市の初期モデルであるKalundborgを対象に、特に排水と蒸気の副産物交換に着目した調査を行い、その環境改善効果を算定している¹¹⁾。Chertow and Lombardiは、アメリカのプエルトリコに位置するGuayamaにおける産業共生をケーススタディし、その環境および経済効果を利益とコストに分けて、定量的な分析を行っている¹²⁾。Eckelman and Chertow は、より広域であるペンシルバニア州を対象に、産業廃棄物のリユース（火力発電所からのフライアッシュのセメント利用等も含む）の現状を定量的に把握し、その環境改善効果を算定している¹³⁾。

さらに、研究代表者らは個別のエコタウンやエコインダストリアル・パークだけでなく複数の循環拠点施設を対象とする調査・研究環境省の研究会に参加して、国内の26のエコタウンの施設の調査を進めた。エコタウンに立地する現在稼働中の170施設を対象に、循環資源の調達・供給

状況および施設の運営等に関するアンケート調査を行い、93施設から有効な回答を得た。この調査結果をもとに、資源循環の効率指標として総循環率（Total Circulation Ratio、TCR）、新規資源削減率（Raw Material Saving Ratio、RMSR）、最終処分量削減率（Landfil Reduction Ratio、LRR）、CO₂排出削減率（CO₂ Emission Reduction Ratio、CERR）を導入した分析を行い、エコタウン施設が、高い循環率で、環境改善に寄与していると報告している。そして、循環資源ごとの分析により、施設間の連携の希薄さから施設の集積による効果は有意には確認できなかった。

このように、これまで定性的に論じられてきた資源循環のメカニズムについて、定量的なデータと分析手法を用いて実証的な研究を進めることが出来る。環境省の行った調査結果をもとに、エコタウンの地域循環特性を把握・分析することを目的とする。まず、調査手法を概説したうえで、MFAとLCAを用いた分析手法を提示する。評価にあたっては、環境指標である前述の循環効率¹⁴⁾に加え、経済性を測る指標として稼働率および採算率を導入する。また、地域循環特性を表わす指標として地域調達率および地域供給率を用いる。結果の分析では、エコタウンごとの特性を明らかにしたうえで、循環資源ごとの特性も論じる。

さらに、と中国企業のGSCMの推進構造に関する国際比較研究をもとに、中国企業によるGSCMの促進において示唆を提供することをめざす。具体的には、アンケート調査に基づき、日本企業及び中国企業におけるGSCMの実施内容とその促進要因を定量化して抽出する。その上で、GSCMの促進要因と実施の因果関係モデルを構築し、促進要因によるGSCMの実施への影響度を解析する。最後に、日中企業におけるGSCMの推進構造を比較し、中国企業のGSCMの推進条件を検討する。川崎市の中小企業の環境配慮型経営に関するアンケート調査の結果をもとに、統計分析を用いて、中小企業における環境配慮型の経営活動の促進要因、実施内容、企業パフォーマンスを定量化して抽出した上で、環境配慮型経営の諸要因の因果関係を解析する。促進要因による環境配慮型経営の実施や企業パフォーマンスへの影響度を解析し、中小企業による環境配慮型経営の推進条件を検討する。

これらの解析を踏まえて、瀋陽における環境技術と政策シミュレーションのモデルを構築して、それを同様のコンテキストにあるアジアの他都市に適用する方策を検討する。国内および中国の研究機関の連携でこの新しい時代の環境技術連携として、中国都市の特性に応じて、日本の環境技術を含む代替的な都市環境の将来政策を計画する「循環経済都市シミュレータ」の開発に取り組んだ。とくに、公害対策から循環型経済社会形成まで、日本の環境改善の成功のカギは技術の開発とともにそれを社会で効果的に活用し、導入を拡大する社会の仕組みづくりであるとの視点にたち、そのシステムをアジア都市への展開を支援することをめざす。具体的な都市と都市圏域の地域特性、環境特性と社会経済特性を活かして、ハードウェアとしての環境技術とソフトウェアとしての社会制度・仕組みを組み合わせ、アジア地域の特性に応じた循環経済型の都市システムを計画するとともにその効果を算定する研究をすすめた。

日本と中国の環境大臣間での川崎市と瀋陽市の環境にやさしい都市連携についての覚書の下で、図4-1の連携を国立環境研究所と中国科学院瀋陽応用生態研究所の間で締結して、シミュレーション・システムの研究に向けての情報共有を進めた。

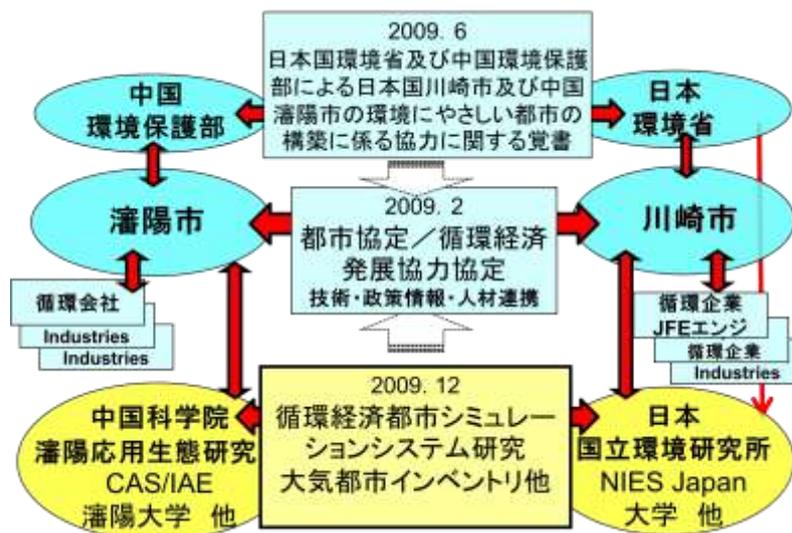


図4-1 日中連携の研究体制

環境省の政策要請と瀋陽市政府の政策ニーズを受けて、循環経済について焦点を当てて検討を進めた。日本の国内においても、廃棄物問題の解決に見通しが立ちつつあるなかで、低炭素型の社会を実現する重要な要素として資源循環への関心が高まっている。たとえば、エコタウンで整備された資源循環の拠点施設と社会システムをあらたな低炭素化社会の都市や地域の基盤として活用して、地域循環圏を形成することの議論も始まっている。

資源循環と低炭素化社会を連携するこうした新しい空間整備の考え方は、国土全体で低炭素化を実現するアプローチと、産業の業種ごとに生産効率のみを高めるアプローチに加えて、それらが低炭素化社会を実現する地域発信の方策となることも期待される。都市の循環基盤として製鉄所やセメント工場、さらにその集積としてのエコタウン施設を活用することによって、社会的な投資の費用対効果の高い将来のシナリオを設計することも可能となる。そのためには、人口や、商業・工業などの経済活動、建設施設の分布などとともに、水質や大気質などの環境観測モニタリング情報を、統合して都市環境の特徴を定量的に解析する都市環境データベースを構築する。そのうえで、人間活動からの環境影響の空間的な影響と、移動のメカニズムを明らかにする都市環境の物理モデルと社会行動モデルを構築して、データベースとモデルによって、環境技術と社会技術を組み合わせた将来の代替的な政策ビジョンの効果を定量的に算定する都市環境シミュレーション・システムの研究開発を進めた。

公害時代からの我が国における環境技術と対策とリサイクルや資源循環の技術を定量的な技術インベントリとして整備することで、中国の具体的な産業都市を対象にして循環経済システムの構築を支援する研究ツールの開発を目指している。振り返ってみれば、わが国では、高度成長期の激甚な環境汚染に対しては水質汚濁や大気汚染を防止する公害対策で産業起因の環境汚染の急速な解決を実現してきた。1970年代からのエネルギー価格急騰下には省資源・省エネルギーの製品生産技術開発を進めるこ

とで、世界でも有数のクリーンプロダクション産業システムを実現してきた。さらに、90年代以降には、地球環境問題や廃棄物問題への対応として循環型経済社会推進として3R（リデュース、リユース、リサイクル）の社会システムの整備とともに技術開発、リサイクル事業の整備が積極的に進められている。

これらの技術が中国のすべての都市で有効に適用できるわけではない。中国では先進国と比肩しうる高次な産業化が進んだ都市から、素材型産業からの飛躍を図る都市、さらには農業地域での工業化を進めるなど多様な都市・地域ニーズが存在する。広大な国土は環境汚染の顕在化と社会的認知を遅らせてきた一方で、汚染が広域化、深刻化している現状も招いている。中国の諸都市では産業化と人口集積にともなう都市スケールの環境問題と、より広域スケールの環境問題とともに越境大気汚染や温暖化などの国際的な環境問題に同時に対応することが今まさに求められているともいえる。

現在、中国で検討されている循環経済法ではエネルギーと資源の消費を削減するとともに、地方自治体ごとの総量規制制度を確立して、環境汚染対策だけでなく、産業政策と都市建設を含めて都市や地域ごとの循環経済の実現をめざすことをうたっており、環境費用を都市経営に反映する点では大きな転換点を迎えることとなる。都市環境シミュレーション・システムにより、将来的には中国都市の環境と社会経済の特性をもとに、代替的な将来シナリオを具体的に提示するとともにその政策に伴う費用と効果を定量的に測定することのできるツールを提供できると考えている。実際に中国遼寧省の環境科学院との連携で、シミュレータの運用による具体的な環境技術と環境政策の立案の共同研究に着手している。加えて、国内の先進的なエコタウン都市における具体的な環境技術とその効果を高める社会技術の共有をすすめることによって、システムを介した日中の都市連携を、日本と中国の自治体との間で進めている。

3. 研究方法

(1) 循環型地域開発としてのエコインダストリアル・パークの調査解析

産業間の連携ネットワークだけでなく一般家庭・オフィス・商店などの都市グループと産業とが協調ネットワークを構築することで、持続的な資源循環が実現可能になる¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾。エコタウンプログラムの特性解析を行うために、文献調査、エコタウンに関する実地調査とシミュレーション分析を用いた。

研究グループが主体となってエコタウンの調査手法について基本フレームを環境省との協議で開発して調査を進めた。調査は、2008年度より「エコタウン等の更なる推進方策に関する調査」研究会を開催し、環境省及び産官学の専門家の参加を得て、エコタウンの調査方法の開発を進めて実施した。研究代表者がこの研究会に座長として参加し、調査対象選定、調査方法の開発、調査シートの具体的な設計の検討に著者らの検討を反映してきた。2008年6月にエコタウン承認自治体への事前調査を行ったうえで、2009年2月に実施したエコタウン施設へのアンケート調査を行った。さらに、記入方法に関する改善等のより効率的な調査を可能とするために、4地域9施設（千葉エコタウン、東京スーパーエコタウン、川崎エコタウン、愛知エコタウン）に対して予備調査を行った。郵送による調査では事業特性について、詳細な数字を企業から得ることは困難となることが事前調査によって明らかになったので、選択肢を提示しての調査とした。この調査プロセスを図4-2に示す。

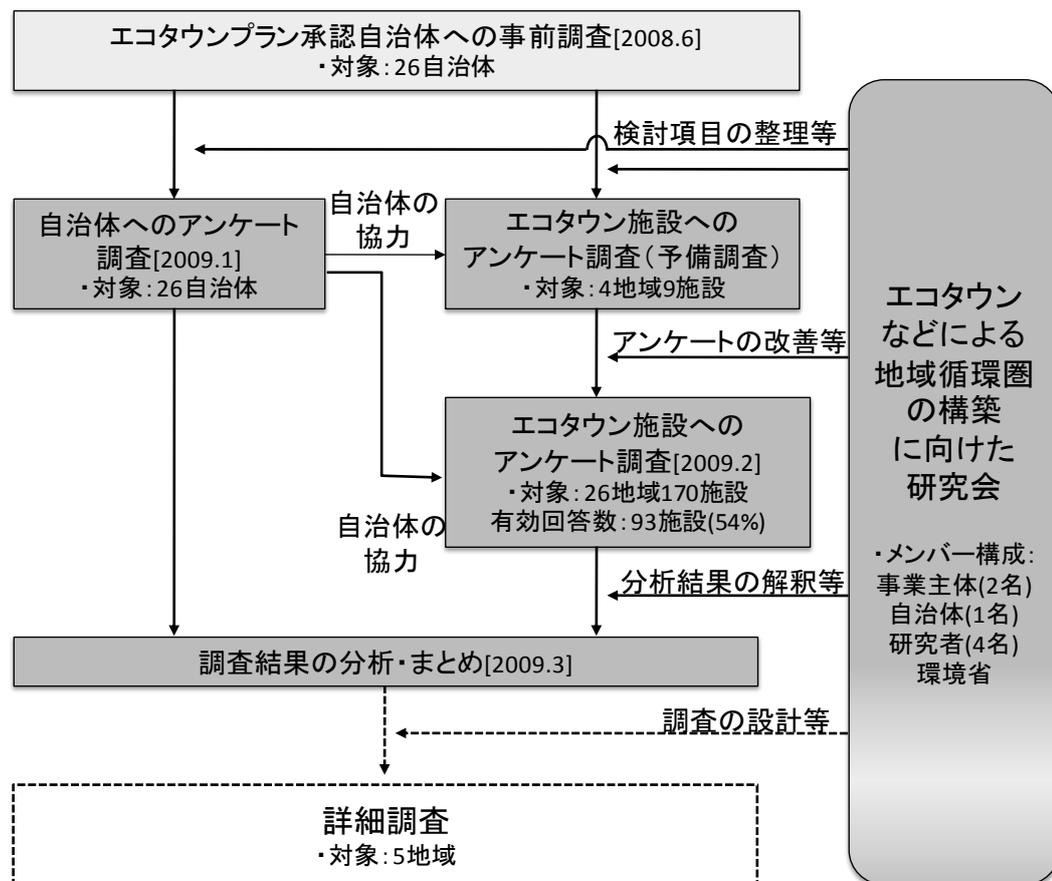
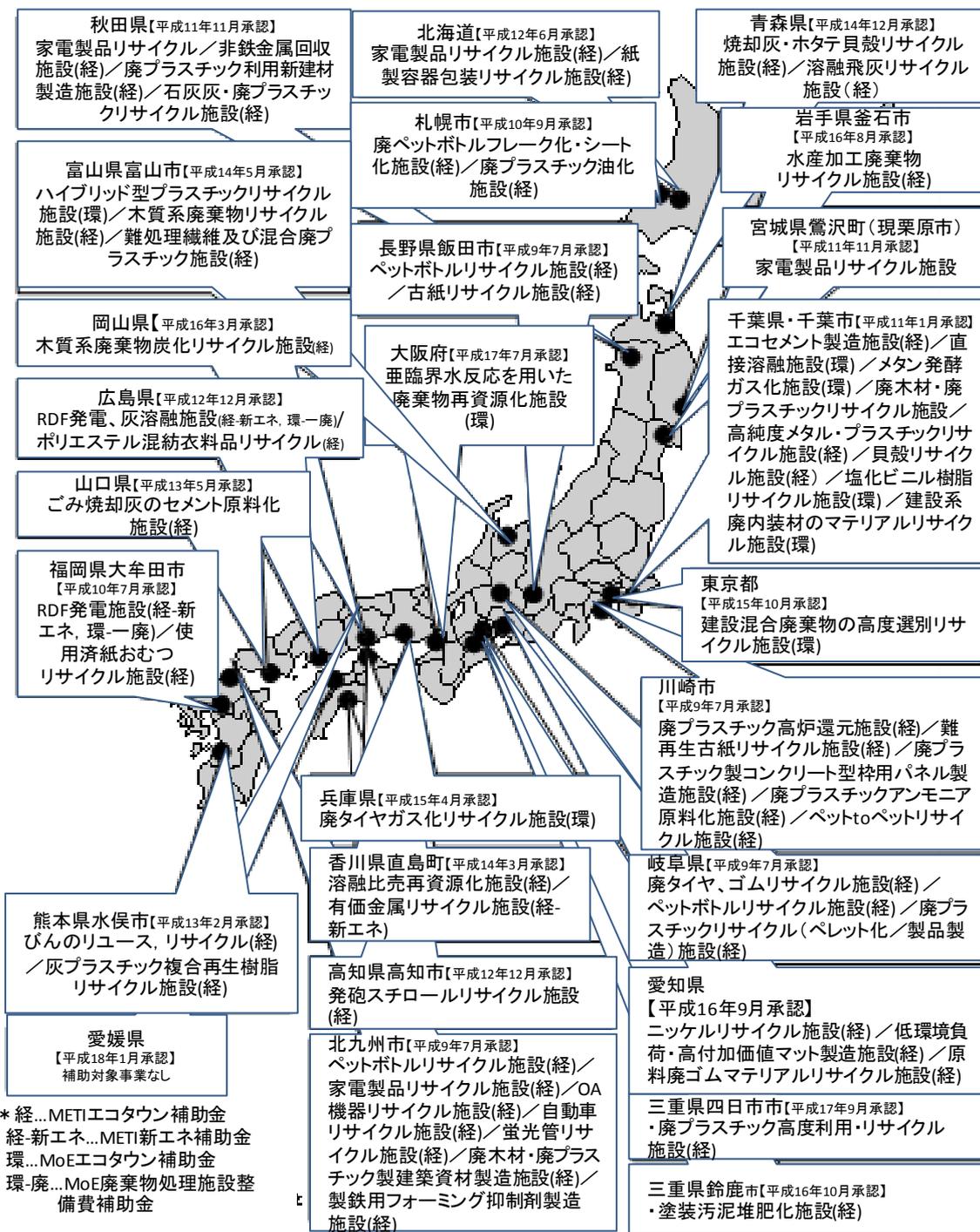


図4-2 調査の設計と実施手順の流れ

アンケート調査の対象としては、エコタウン事業の承認を受けた26地域の自治体および稼働中の170施設の事業主体をとりあげた（図4-3）。アンケート発送の結果、対象の170施設のうち、63%に当たる107施設から回答があった。107施設のうち、2007年度時点で未稼働（2008年度から稼働した施設）、記入不備等の事情で解析対象としなかった無効な回答を除く有効回答を93施設から得た。調査票の回答状況を施設種類別に表4-2に示す。廃自動車、建設系廃棄物、食品廃棄物の有効回答率が4割以下となっている。全体の有効回答率が55%であったのに対して、補助対象施設での有効回答率が高い（64%）傾向があった。ただし、建設系廃棄物では、補助対象施設からの回答を得られなかった。

調査項目のうち、本稿に関連する物質フローおよびエネルギー使用に関するものを図4-4に示す。物質フローの地理情報を把握するために、廃棄物・副産物の収集範囲および製品・原料や副産物の供給範囲を種類別にエコタウン内外・自治体内外に分けて記入する方式とした。施設情報として、立地、稼働率および採算性、処理工程を、エネルギー使用状況として、電気・ガス・油の使用量、残渣の処理状況である処分量と処分方法に関する項目を調査した。なお、回答は2007年度の実績値である。



* 経...METIエコタウン補助金
経-新エネ...METI新エネ補助金
環...MoEエコタウン補助金
環-廃...MoE廃棄物処理施設整備費補助金

図4-3 エコタウンの承認地域と補助対象施設
(調査対象には補助対象外施設も含む)

表 4 - 2 調査対象施設数と有効回答率

	発送数	有効回収数	有効回答率		発送数	有効回収数	有効回答率
計	170 (61)	93 (39)	55% (64%)				
廃プラスチック	39 (20)	19 (12)	49%	一般廃棄物	7 (1)	6 (0)	86%
食品廃棄物	19 (4)	7 (3)	37%	紙くず	7 (4)	3 (2)	43%
家電・機器類	17 (6)	9 (5)	53%	発電施設	5 (2)	4 (2)	80%
建設系廃棄物	11 (2)	4 (0)	36%	シュレッダーダスト	4 (1)	2 (1)	50%
はいじん・焼却灰等	10 (8)	7 (7)	70%	油類	4 (1)	3 (0)	75%
木材	10 (5)	9 (4)	90%	産業廃棄物	3	3	100%
固形燃料 (RDF)	10	7	70%	ガラス・カレット	2	2	100%
廃自動車	9 (3)	3 (2)	33%	その他	13 (4)	5 (1)	38%

(カッコ内は、エコタウン補助対象施設を示している)

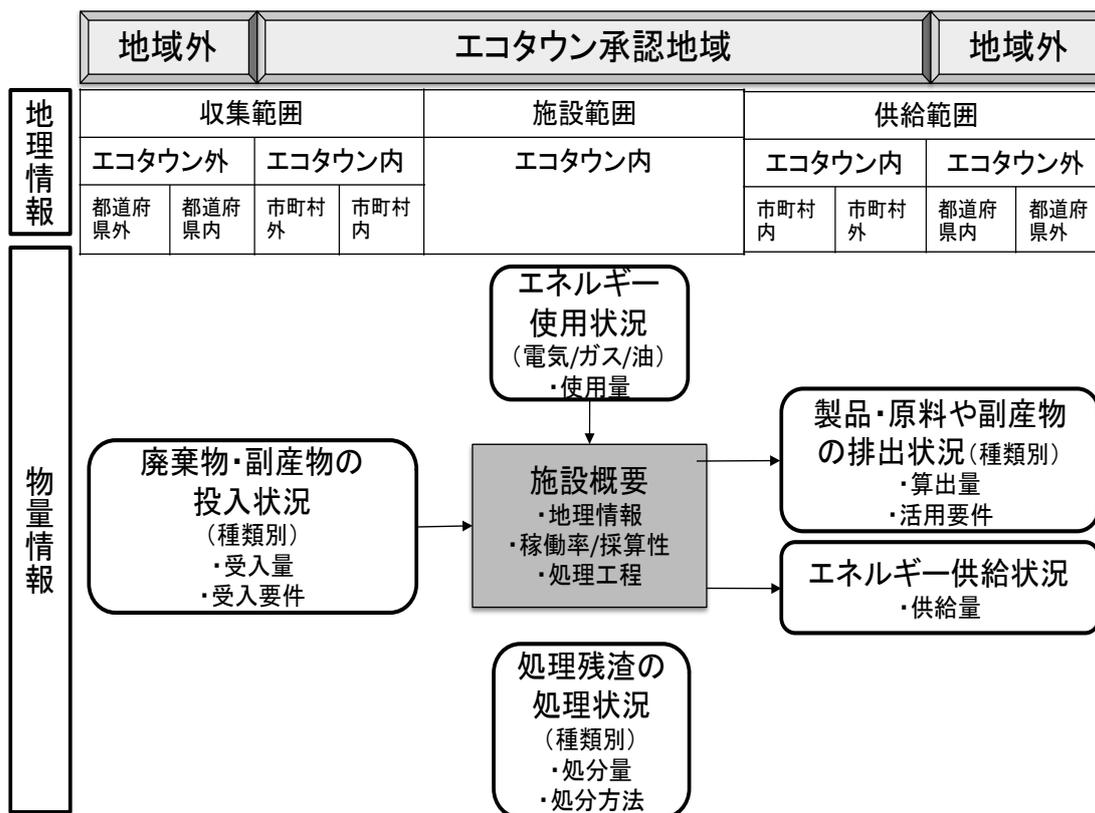


図 4 - 4 エコタウンの調査項目

既往の地域循環の実証的な研究では、MFAとLCAを基本的な分析手法として用いている。具体的には、LCAの手法に則って、システム境界および機能単位を設定したうえで、MFAによってベースラインを含めたシナリオごとの循環システムを同定・分析し、サブシステムのインベントリーデータを用いて評価指標を算出する手法を用いる。

エコタウン施設において資源循環を行うシステムをエコタウンシステムと定義する。そして、ベースラインとしてオリジナルシステムを定義する（図4-5）。その際の機能単位は、循環資源の処理量とする。オリジナルシステムでは、循環資源を全量処理し、製品はすべて新規資源から製造するものとする。廃棄物処理プロセスでは、可燃物は焼却処分を想定し10%に減量され、不燃物はそのまま埋め立てることを想定している。エコタウンシステムで製造する製品（P'）とオリジナルシステムで製造する製品（P）は、同等の機能を有するものと仮定する。

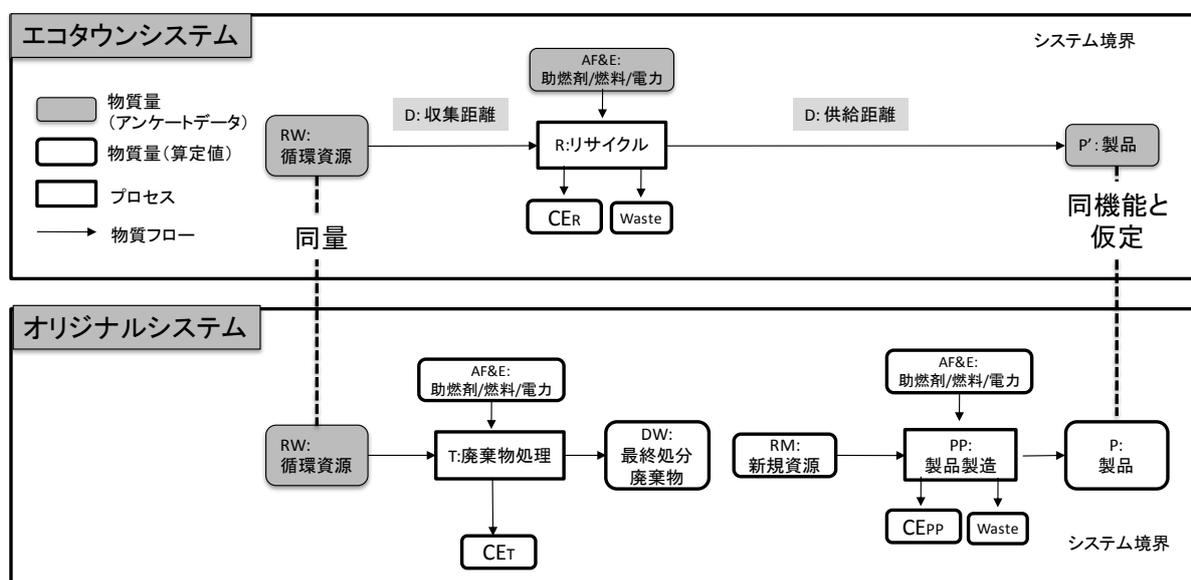


図4-5 評価バウンダリーの設定

例えば、鉄くずのリサイクルは、次のような仮定のもとで算定している。鉄くず1.043kgからは、転炉において、1kgの再生粗鋼を製造することができ、新規原料から製造した粗鋼1kgと同機能を有すると仮定している。鉄くずのリサイクルは、電気炉または転炉による粗鋼生産の2つが考えられるが、新規原料の代替効果を最大限考慮するため、全量転炉による粗鋼生産としている。なお、転炉によるリサイクルについては、2008年度では、スクラップ比11.8%であり、前年度より1.7%ほど増加している。

環境影響の算定のシステム境界の設定では、エコタウンシステムにおける処理プロセスからの影響とオリジナルプロセスにおける廃棄物処理プロセスおよび新規資源による製品の製造プロセスからの影響を対象とする。収集運搬および製品の便益の同定や製品が産業利用される際のプロセス変化を考慮すべきであるが、詳細な算定よりも傾向を把握することに主眼を置いたために、評価対象から除外している。松本らの研究では、北九州エコタウンに立地する施設の調査から、物質別の投入、算出の輸送距離の詳細分析を行い、エコタウンで再生処理される物質の循環圏は概ね50～1,000kmだとしている。

エコタウン施設での調達物質および供給物質の輸送距離を算定して、その資源循環の規模の同定を行う。また、循環事業の地域調達率を算定することで地域内での調達割合の、調達量や稼働率への影響を同定する。

Cleary²⁵⁾は、廃棄物処理に関するLCA研究（20ケース）のレビューを行い、評価指標として、地球温暖化係数（GWP）、酸性化係数（AP）、富栄養化および資源消費量が共通なものとして用いられていたと報告している。また、地域循環に関する研究でも、富栄養化を除いた同様の指標を用いる傾向がみられる。一方で、国内における廃棄物処理に関するLCA研究では、環境評価指標として、GHG排出量、酸性化係数に加え、日本の特殊事情である最終処分場逼迫の観点から最終処分量も考慮するケースも見られる。

地球温暖化係数（GWP）については、特に途上国における食品系廃棄物の直接埋立に伴うメタンの発生を評価する際に有効であるが、焼却処理やリサイクルが進む日本の現況を踏まえ、二酸化炭素（CO₂）発生量のみに着目する。また、酸性化も重要な課題であるが、エコタウンへの要請を鑑み、本稿では評価指標から除いている。そして、資源消費量に関しては、エネルギー消費と新規資源使用が主な検討項目であるが、より直接的な資源循環の効果を把握するために、本稿では後者を指標に用いる。

以上の議論から、新規資源削減、最終処分量削減、CO₂排出削減を環境評価基準とする。なお、それぞれの絶対量に加え、施設の効率を把握するために、循環資源量で除した指標を用いる（式（1）、（2）、（3））。

$$RMSR = \Delta RM / RW \quad (1)$$

$$LRR = \Delta DW / RW \quad (2)$$

$$CERR = (CE_T + CE_{pp} - CE_R) / RW \quad (3)$$

ここで、RMSRは新規資源削減率、RMはオリジナルシステムでの新規資源利用量、RWは循環資源利用量、LRRは最終処分量削減率、DWはオリジナルシステムでの最終処分量、CERRはCO₂排出量削減率、CE_Tはオリジナルシステムにおける廃棄物処理に伴うCO₂排出量、CE_{pp}はオリジナルシステムにおける製品製造に伴うCO₂排出量、CE_Rはエコタウンシステムにおけるリサイクルに伴うCO₂排出量を表す。

循環事業の運営状況を、経済面から評価するための指標として、稼働率と採算率を用いる。環境省の調査においても、運営上の課題として、原料の確保を挙げている施設が最も多く、施設稼働率を向上させることが経済性を高める上で欠かせない要素になっている。また、事業の採算性を正確に把握するには、事業主体の資産収益率（Return On Assets）などによる分析が必要だが、アンケート記入者が採算性について3段階で自己評価したものを点数化（0、1、2点）する簡易な方法を用い、採算率として定義している。

なお、コストについては、重要な経済指標と認識しつつも、データの入手が困難であったため、算定に含んでいない。

エコタウン施設の処理プロセスは、アンケート調査の結果を用いる。一方、新規資源からの製造プロセスは、既存研究からインベントリーを整理した（表4-3）。

表4-3 リサイクル製品と新規資源から製造するプロセス

製品	新規資源から製造するプロセス	出典
プラスチック樹脂	プラスチックペレット製造	15)
ガラス・カレット	ガラス製造	16)
金属類	粗鋼製造	17)
建設資材等	骨材	18)
燃料チップ・木炭	薪	19)
製紙原料	製紙（古紙を溶解している施設）	19)
製紙原料	木材チップ製造	19)
鉄鋼副原料 （高炉還元剤）	原料炭	20)
鉄鋼副原料 （コークス原料）	コークスガス製造	20)
セメント原料	ポルトランドセメント	21)
電気	電気	22)
ガス	LNG	23)
蒸気	C重油	23)

（2）循環共生の企業マネジメントシステムの評価

日本及び中国の企業を対象とした2つのアンケート調査に基づいている。日本企業の調査は、2010年1月に、国内の製造企業の中から、企業規模別に無作為に1,003社を抽出し、郵送法によって実施した。有効回答は全体で241票であったが、欠損値のため、分析における有効サンプル数は、236となる。企業の従業員数で分類すると、501人以上が48%で、101～500人は30%、100人以下は22%となる。他方、中国企業の調査は、中国瀋陽市経済技術開発区及びハイテク工業団地の企業を対象とした。調査は、2009年9月から10月までの間に、上記開発区及び工業団地の中から、無作為に400社の企業を抽出し、留置調査法によって実施した。有効回答は、376票であったが、欠損値のため、分析における有効サンプル数は、347であった。従業員数は、501人以上が20%で、101～500人は57%、100人以下は23%となる。

日中企業におけるGSCMに関するアンケート調査の調査項目を表4-4に示す。調査項目は、質問1) GSCM活動に係る促進要因、質問2) GSCM活動の実施の2つのカテゴリーを設けた。促進要因については、日中における資源循環や廃棄物処理等に関する法規制、ステークホルダーの要求、海外の環境規制などを取り上げた。環境経営型活動の実施については、朱教授の論文²⁴⁾を引用しながら、各々の国の実情を踏まえて設計した。質問1)では、GSCM活動に係る促進要因への理解及び対応の度合を測定するため、回答方法としては、理解度合の低い方から「1＝聞いたことはない」「2＝聞いたことはあるが、詳細な内容は知らない」「3＝内容は知っているが、自社との関連性は知らない」とし、さらに理解の上で対応度合の低い方から「4＝自社で対応策を考えている」「5＝自社ですでに対応策を実施している」の全5択を設定した。また、質問2)では、GSCMの実施の度

表 4 - 4 日中企業の GSCM の調査項目

GSCMの促進要因に係る調査項目

日中独自の項目	日本	1. 循環型社会形成推進基本法
		2. 資源有効利用促進法（改正リサイクル法）
		3. 容器包装リサイクル法 （容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律）
		4. 建設リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）
		5. 家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）
		6. 食品リサイクル法（食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律）
		7. 自動車リサイクル法（使用済自動車の再資源化等に関する法律）
	中国	1. 汚染防止に関する国内の法規制
		2. 省エネ・省資源に関する国内の法規制
日中共通の項目	1. EUの拡大生産者責任制に関する法規制（例：WEEE）	
	2. EUの特定有害物質の使用に関する法規制（例：RoHS）	
	3. サプライヤーによる省エネ・省資源・汚染防止の製品開発の推進	
	4. 類似製品・代替製品の製造者（競合他社）による省エネ・省資源・汚染防止の製品開発	
	5. 省エネ・省資源・汚染防止に関する顧客の要求	
	6. 省エネ・省資源・汚染防止に関する市民の意識の向上	

GSCMの実施内容に係る調査項目

企業の内部実施	社内体制の整備	1. 部門間の協力による省エネ・省資源・汚染防止への対応
		2. 経営トップによる省エネ・省資源・汚染防止へのコミットメント
		3. 省エネ・省資源・汚染防止に関する社員への研修
		4. ISO14001取得
		5. CSR報告書／環境報告書等の公開
		6. 内部評価のためのCSR報告書／環境報告書等の作成
		7. 環境会計の導入
		8. 省エネ・省資源・汚染防止の成果に連動した経営トップの報酬
		9. 省エネ・省資源・汚染防止の成果に連動した中堅管理層の報酬
		10. 省エネ・省資源・汚染防止の成果に連動した中従業員の報酬
	利益追求的な環境配慮	1. 余剰の原材料在庫と製品在庫の販売
		2. 中古資材、スクラップ資材の販売
		3. 余剰資本設備の販売
		4. 中古品と不良品のリサイクルシステムの構築
		5. 耐用年数を過ぎた販売済みの製品と資材の回収
		6. 原材料及びエネルギーの消費削減を考慮した製品デザイン
		7. 有害物質の使用削減・回避を考慮した製造工程の設計
		8. 廃棄物の最小化のための生産プロセスの設計
		9. 製品やパーツの回収・再利用・リサイクルを考慮した製品デザイン
		ステークホルダーとの連携
2. サプライヤーのISO14000取得或はそのほかの環境管理システムの取得		
3. サプライヤーに対する環境監査とエネルギー監査		
4. 二次サプライヤーによる省エネ・省資源・汚染防止の取組への評価		
5. ジャストインタイムの物流システムの採用		

合を測定するため、回答においては、実施度合の低い方から「1=考えたことはない」「2=検討したことはあるが、実施は未定である」「3=実施は決定しているが、内容は検討中である」「4=試行的に実施している」「5=本格的に実施している」の全5択を設定した。

(3) アジアにおける循環経済都市地域シミュレーション・システム研究

中国の拠点都市とその周辺都市圏域を対象にして、分布型の都市活動、産業活動、環境負荷発生、環境資源分布、環境基盤施設など都市・産業インベントリを含む地域GIS（地理情報システム）データベースにもとづいて環境負荷の発生・移動を算定するシステムを構築する。環境資源量が社会・経済構造へ与える影響を含む、水・物質・エネルギーの「環境フラックス」の解析・評価が可能になる。さらに、都市とその周辺圏域における環境資源ストックの機能ポテンシャルを定量的に評価することで、持続可能な都市・産業システムの制約となる環境フラックスを異なる空間断面と時系列で同定し、拠点都市の代替的な都市・産業の将来シナリオとそこへの達成の道筋を設計するシステムを構築することをめざす。

中国の都市、圏域での都市環境情報を、衛星情報で補完することによって、都市と圏域のマルチスケールの都市環境データベースを構築するとともに、アジア諸国での限られた環境観測データでのモデル検証が可能となる都市スケールでの物理プロセスモデルとして、大気と陸域、地下を含む統合的な水と熱、大気環境フラックスの解析モデルを開発する。将来的には、都市環境データベースとモデルの組み合わせによって、熱環境改善、水質改善、地下水保全、低負荷社会形成を統合的に視野に入れて、拠点都市の経済開発と環境劣化にむけての持続可能な技術・政策シナリオを定量的に明らかにする。システムのフレームを図4-6に示す。



図4-6 統合的な都市環境シミュレーション・システム

環境技術と社会技術を組み合わせた将来の代替的な政策ビジョンを計画してその効果を定量的に算定する都市環境シミュレーション・システムの研究開発を進めるなかで、日本の環境省の政

策要請とともに、瀋陽市政府の政策ニーズを受けて、循環経済政策の実現に向けて、日本と中国の研究、行政機関の専門家が連携して中国の産業都市における研究を進めた。

わが国では、高度成長期の激甚な環境汚染に対しては水質汚濁や大気汚染を防止する公害対策で産業起因の環境汚染の急速な解決を実現してきた。1970年代からのエネルギー価格急騰下には省資源・省エネルギーの製品生産技術開発を進めることで、世界でも有数のクリーナープロダクション産業システムを実現してきた。さらに、90年代以降には、地球環境問題や廃棄物問題への対応として循環型経済社会推進として3R（リデュース、リユース、リサイクル）の社会システムの整備とともに技術開発、リサイクル事業の整備が積極的に進められている。

これらの技術が中国のすべての都市で有効に適用できるわけではない。中国では先進国と比肩しうる高次な産業化が進んだ都市から、素材型産業からの飛躍を図る都市、さらには農業地域での工業化を進めるなど多様な都市・地域ニーズが存在する。広大な国土は環境汚染の顕在化と社会的認知を遅らせてきた一方で、汚染が広域化、深刻化している現状も招いている。中国の諸都市では産業化と人口集積にともなう都市スケールの環境問題と、より広域スケールの環境問題とともに越境大気汚染や温暖化などの国際的な環境問題に同時に対応することが今まさに求められているともいえる。

現在、中国で検討されている循環経済法ではエネルギーと資源の消費を減量するとともに、地方自治体ごとの総量規制制度を確立して、環境汚染方策だけではなく、産業政策と都市建設を含めて都市や地域ごとの循環経済の実現をめざすことをうたっており、環境費用を都市経営に反映する点では大きな転換点を迎えることとなる。一方で問題と対策の範囲があまりにも広いため、有効な対策についての議論をする時間もなく、たとえば事業所の閉鎖などのドラスティックな方策についてもすでに議論が始まっている。

循環経済都市シミュレータにより、中国都市の環境と社会経済の特性をもとに、代替的な将来シナリオを具体的に提示するとともにその政策に伴う費用と効果を定量的に測定することのできるツールを提供できると考えている。実際に中国遼寧省の環境科学院との連携で、シミュレータの運用による具体的な環境技術と環境政策の立案の共同研究に着手している。中国の代表的な河川の1つである遼河の流域に立地する瀋陽市をはじめとする産業都市での、汚水処理技術の選択、処理施設の分布、と産業施設の誘導および面的な都市開発規制を含む代替的な対応策の効果を流域単位でシミュレーションするモデルの開発を進めた。加えて、北九州市や川崎市に代表される国内の先進的なエコタウン都市における具体的な環境技術とその効果を高める社会技術の共有をすすめることによって、シミュレータを介した日中の都市連携を、日本と中国の自治体との間で進めている。

図4-7は国内のエコタウンにおける、循環型製造技術を中国へのシミュレーション展開に向けて一般化した資源フローを示している。それぞれのプロセスで、原料資源やエネルギーを廃棄物で代替して、セメントや鉄鋼、製紙などの生産プロセスを可能にする技術システムが開発されており、これらを定量的に生産関数として表現することによって、これらの循環型生産プロセスの中国の都市への導入効果を推定することができる。

日中環境省の連携で継続的な情報構築の機会を設けて、日本側からは主に循環政策と技術についての情報を提供して、中国側からの都市関連情報の提供を受けて、技術政策シミュレーションを進めた（図4-8）。政策シミュレーションはマクロな技術分析、地域条件を踏まえた技術政

策シミュレーション、および個別の拠点地区の設計についてマルチスケールでの情報共有を可能にする検討プラットフォームを提案している(図4-9)。

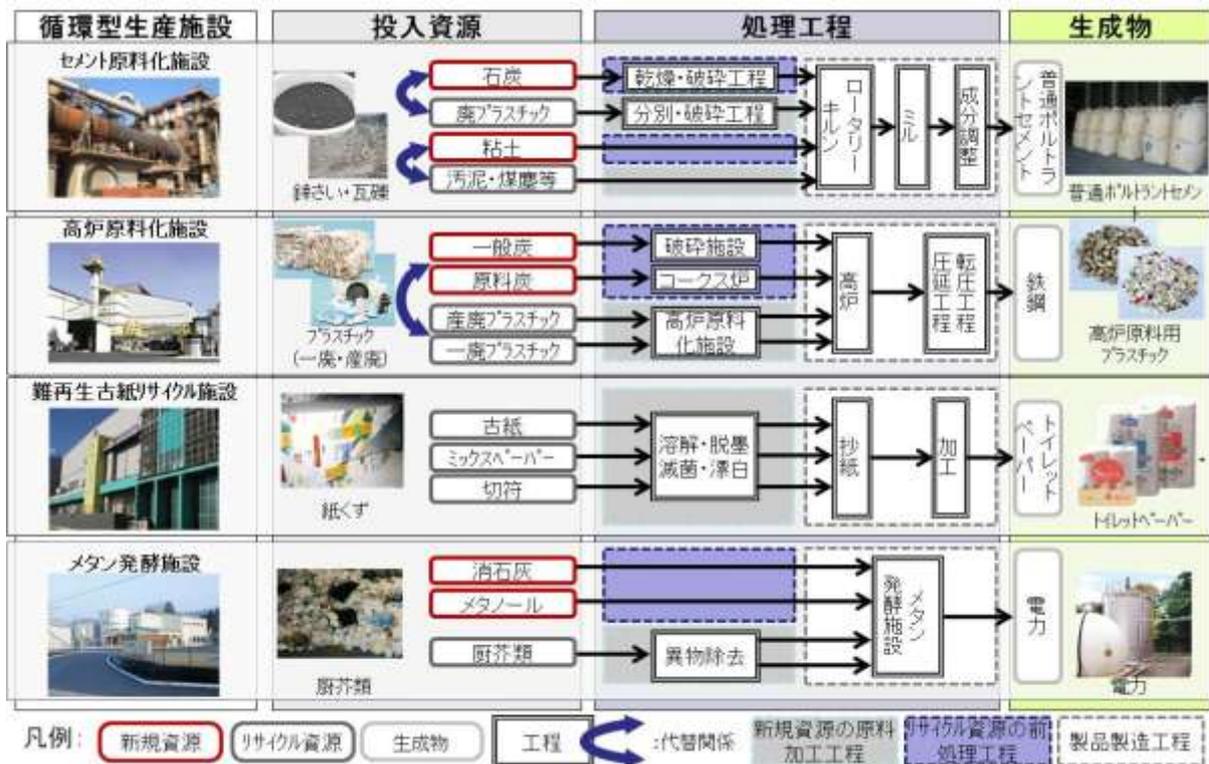
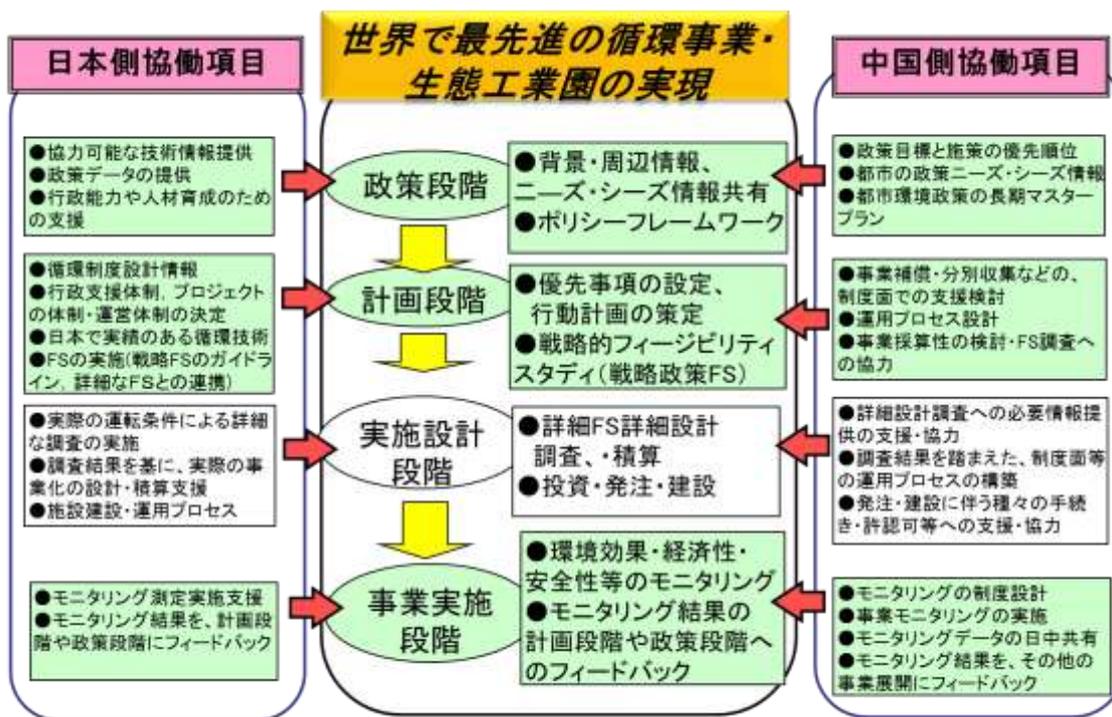


図4-7 エコタウンにおける循環型製造技術の例



出展:環境省;川崎市・瀧陽市「環境にやさしい都市構築モデル事業」支援検討会(2010)(藤田座長)より抜粋して加工

図4-8 日中連携でのシミュレーション・システムの構築プロセス

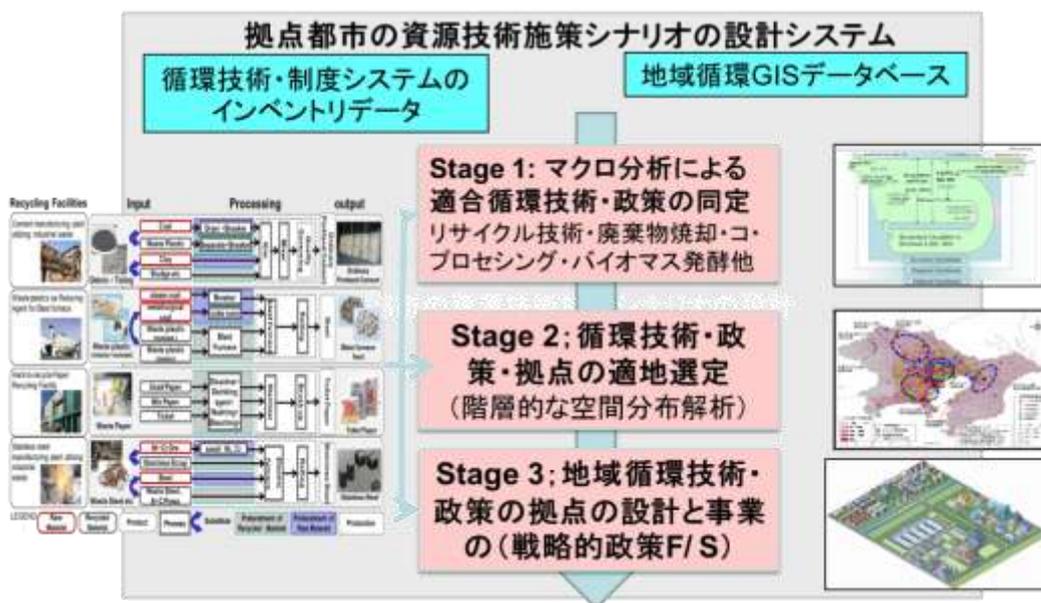


図4-9 シミュレーション・システムと用いたマルチスケールの循環拠点検討

4. 結果・考察

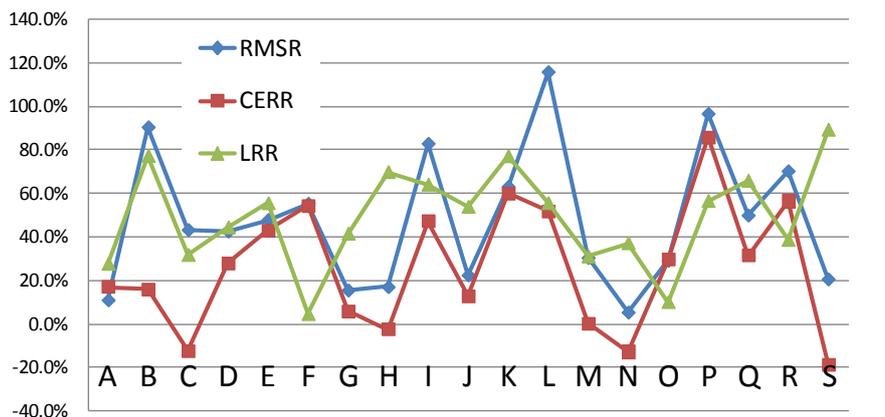
(1) 日本の産業共生システムの解析

日本のエコタウンは国のイニシアティブにより開発されたものであり、厚生労働省（廃棄物管理に関する責任は2001年に環境省(MoE)が引き継いでいる)及び通商産業省(現経済産業省(METI))が1997年に開始した。エコタウンプログラムは「廃棄物ゼロ (Zero Emissions)」のスローガンのもとでこれらの2つの課題に同時に取り組むことを目指した。これは原理上、ある産業から生成されたすべての廃棄物を別の場所で有効に利用するという、代替産業システムの概念である。この概念は、日本政府の支援を受けて国連大学のゼロエミッション構想により奨励されている。

エコタウンでは、1t処理することで、平均で443kgの新規資源と468kgの最終処分量を削減でき、221kg-CO₂のCO₂削減に貢献しているとの結果を得た。ただし、いずれの指標もばらつきが大きく、エコタウンの取り扱う循環資源によって環境影響への寄与度は大きく左右されていると考えられる。

また、各エコタウンでの合計処理量が多い順に表示しているが、合計処理量と環境評価指標の回帰分析を行ったところ50%以下の有意水準を満たさない結果を示した。つまり、エコタウンの合計処理量と環境評価指標に着目した分析では、スケールメリットが確認できないことを示している。なお、この分析では、エコタウンのうち、有効回答が得られた施設が1または2施設のみで処理量が10,000t/y以下のケース（4つのエコタウンが含まれる）は、特殊な処理を行っていることを考慮し、分析対象から除外した。

エコタウンごとの地域調達率と環境評価指標の一つCERRの関係を図4-10に示す。地域調達率が低い、つまり広域循環が進むエコタウンほどCERRが高くなる傾向がある。これは、広域循環がCO₂削減に有利というわけではなく、後述する循環資源ごとの分析で述べるように、自動車や廃プラスチックなどの広域循環が進む施設を含む循環資源のCERRが高く、木材や廃棄物固形燃料(RDF)などの地域内から多く調達している循環資源のCERRが低いため、取り扱う循環資源の種類によってCERRの結果が左右されることが主たる原因である。



処理量	326	246	187	165	161	153	152	145	125	89	73	70	59	58	45	38	35	31	20	単位 10 ³ t/y
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	------------------------------

RMSR		LRR		CERR	
Ave.	44.3%	Ave.	46.8%	Ave.	22.1%
Max.	115%	Max.	100%	Max.	85.7%
Min.	-2.0%	Min.	4.4%	Min.	-18.7%

図 4-10 エコタウン別の環境評価の結果

一方で、図 4-11 に示すように、稼働率と地域調達率の相関をみるために、回帰分析を行ったところ、10%以下の有意水準で正の相関があった。つまり、循環資源の調達では、地域内からの原料確保が有利であり、広域からの調達では困難が伴うことが示唆される。さらに、採算率でも回帰分析を行った結果、5%以下の有意水準で同様の傾向があり、地域内からの安定的な調達により事業性にも有利に働く可能性がある。

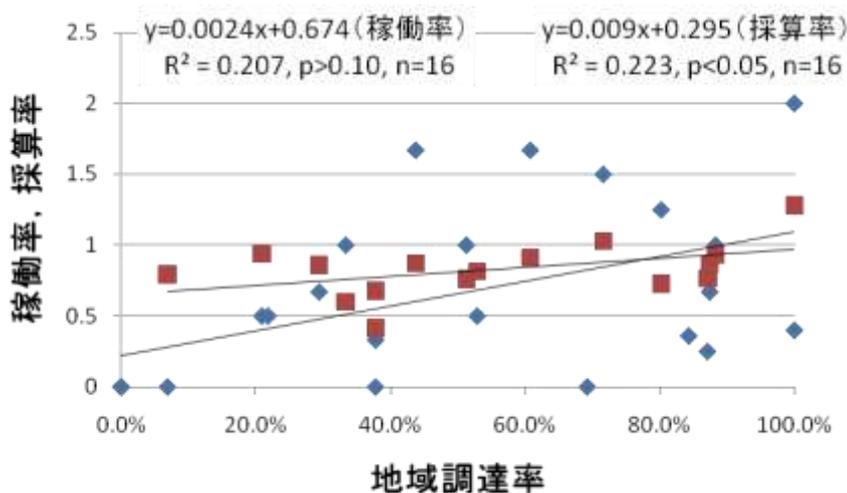


図 4-11 地域調達率と稼働率・採算率の関係

循環資源別の評価指標を図4-12に示す。CERR、LRRともに高い効率を有する循環資源は、自動車や家電・機器類などの金属系のものが主である。また、CERRの高いもう1つのグループは、廃プラスチックや廃油などの有機原料系のものである。ただし、これらはLRRが低い結果となっている。その原因は焼却による減量化の効果のためである。一方、CERRは低い効率だが、LRRが高いものとして、がれき類など建設系の廃棄物が属する。そして、CERR、LRRともに効率が高いとはいえないものとして、木材や一般廃棄物・RDFなどがある。

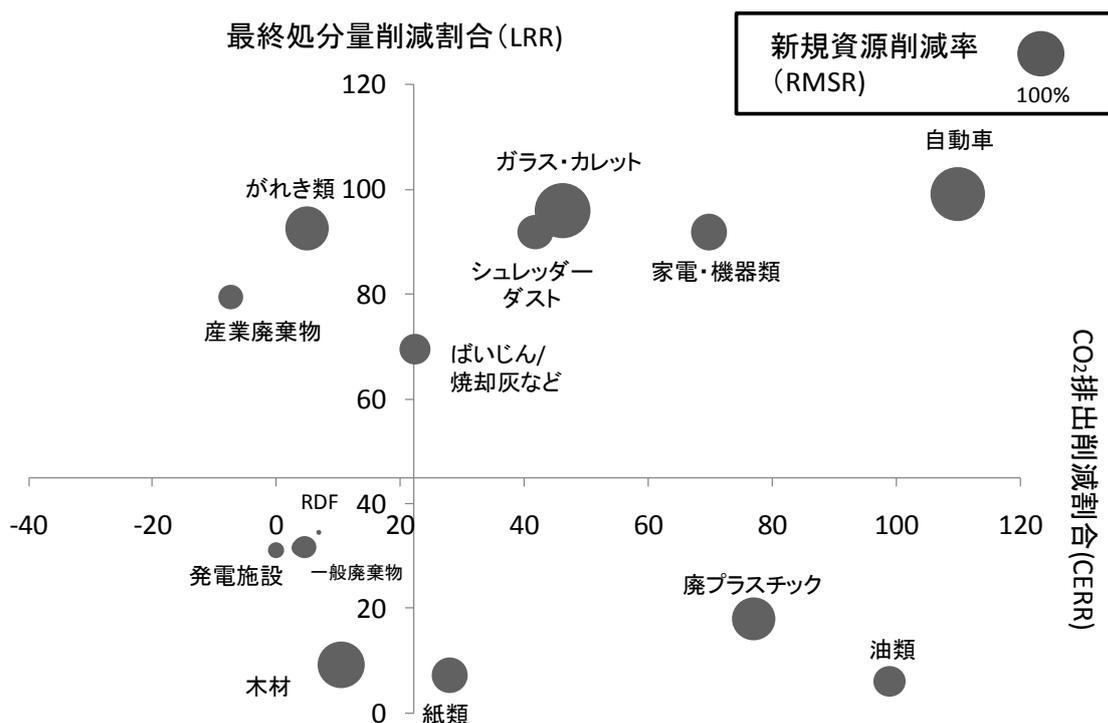


図4-12 循環資源別の環境評価の結果

また、表4-5に循環資源種類別の循環圏を示す。例えば、自動車、廃家電・機器類、特にシュレッダーダストでは、広域循環が進んでいる。同様に、廃プラスチックや廃油でも広域循環が進んでいるが、供給面では域内循環の割合が高い。一方、地域内で循環圏が形成されているのは、がれき類に加え、木材やRDFであった。そして、食品廃棄物は調達・供給ともに80%以上がエコタウン地域内循環であり、狭い循環圏を形成している結果を示している。

表 4 - 5 循環資源別の循環圏

調達			供給				
エコタウン 地域外		エコタウン 地域内	調達量 kt/y	循環資源	主な供給品	都道府県 内	都道府県 外
都道府 県外	都道府 県内						
88%	0%	12%	92	シュレッダーダスト	金属類	76%	17%
14%	40%	31%	65	廃自動車			
36%	10%	36%		家電・機器類			
54%	10%	30%	394	廃プラスチック	プラスチック樹脂等	56%	41%
					製鉄副原料	100%	0%
					セメント原料	100%	0%
73%	6%	13%	49	廃油	油類	38%	62%
67%	7%	24%	95	紙くず	製紙原料	34%	66%
1%	0%	99%	200	がれき類	建設資材等	97%	3%
1%	1%	84%	193	木くず	燃料チップ・木炭	70%	30%
3%	11%	86%	551	一般廃棄物	固形燃料(RDF)	100%	0%
10%	10%	80%	41	食品廃棄物	飼料	97%	3%
					肥料	93%	7%

広域化が進んでいた循環資源のうち、自動車と家電・機器類、廃プラスチックのについて、稼働率を目的変数、地域循環率を説明変数とした個別の回帰分析を行った（図 4 - 1 3、図 4 - 1 4）。自動車と家電・機器類では、有意水準が1%以下となり、地域調達率が高いほど、安定的な稼働を実現していることが示された。この理由として、主に、広域から調達する場合、輸送コストの影響を受ける傾向があると推測される。

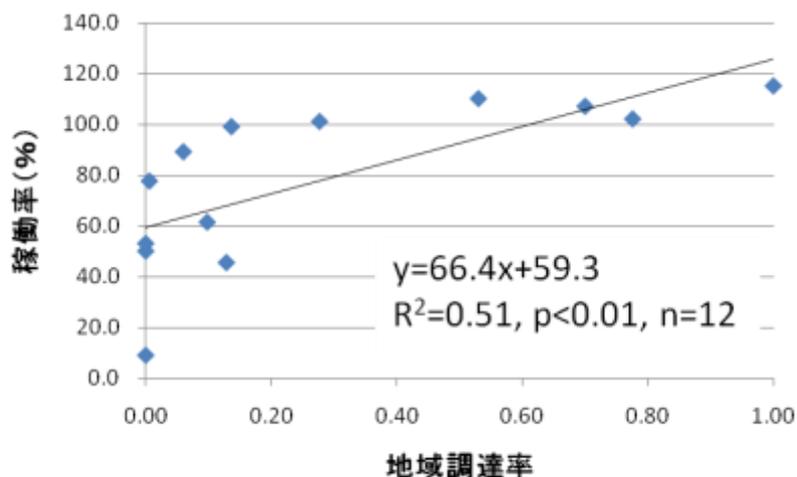


図 4 - 1 3 地域調達率と稼働率の関係
(自動車、家電・機器類)

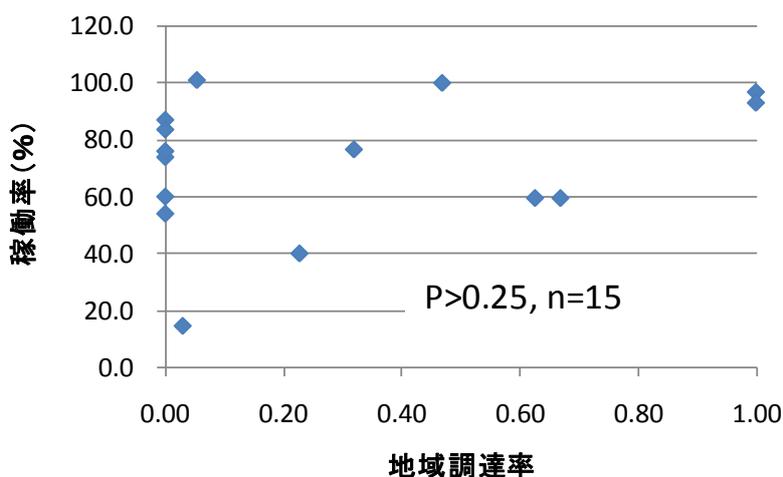


図 4-14 地域調達率と稼働率の関係
(廃プラスチック類)

一方で廃プラスチックでは、有意水準は25%以上であり、有意な相関は見られなかった。このような結果の差が生じた理由として、容器包装リサイクル法に基づく入札制度により、遠方の排出元との取引コストが軽減されていることや廃プラスチックの輸送コストが、特に家電・機器類と比較して、低く抑えられていることが考えられる。これに対し、供給面で見るといずれのリサイクル製品も地域供給割合は高い値を示している。これは、供給先として製鉄所やセメント工場、繊維工場といった動脈産業との近接性が安定化に寄与していることを意味する可能性が高い。

エコタウン別の環境・経済評価の結果を運営の観点から考察すると、地域内から発生する循環資源を有効活用することで、安定的な事業となる可能性が高いが、より低炭素型のエコタウンを目指す場合、自動車、廃油、廃プラスチックなどのCO₂削減効果の高い循環資源の処理を優先する必要がある。広域的な循環が一般的な資源である自動車や家電・機器類については、その稼働率は、地域調達率とともにが高くなる傾向がみられることから、より人口密度の高い地域に立地する方が有利に働く可能性が高いともいえる。一方、廃プラスチックでは、調達面では地域調達率と稼働率にははっきりとした相関は見られなかったが、供給面の分析から、受け手と地理的に近接した方が有利になる可能性が示された。

ただし、廃プラスチックに関しては、複数の技術が存在し、その事業特性が異なる。本研究で行ったマクロ分析での結果を生み出すメカニズムを明らかにするには、技術特性に応じたミクロな分析が重要になってくるとも考えられる、その際には、地域性に関するより詳細な分析を行うために、発生側の地域特性である人口に関する指標、自治体の分別システムや市民の協力水準に加え、施設の立地特性である素材型産業などの供給先との近接性や他の施設との競合関係などを考慮する必要がある。

また、循環圏の分析では、循環資源の特性に応じて循環圏に違いが生じることが明らかになった。その理由として、リサイクル法によるサポートおよび規制による制約、分別の進み具合、市場性の有無などが影響しているものと考えられる。広域化が進む循環資源では、個別のリサイクル法などにより調達ルートが確保され、離れた発生源との取引コストなどが削減されているうえ、

分別の必要がない（出来ない）、あるいは分別がある程度進んでいることもあり、市場性が高いものが多く、広範に取引がなされていると考えられる。一方で、地域内での循環がほとんどの循環資源は、一般廃棄物など域内循環が制度化されているものや分別が進まず市場性に乏しいものなどが多く、地域内での循環が有利な状況になっている、もちろん、それらの分析に加え、循環圏を考えるうえで重要な要素である運搬コストを考慮することは、今後の研究課題の1つとなる。

本稿の分析によって、エコタウンおよび循環資源ごとのマクロな地域循環特性をつかむことができたが、上記の議論から、地域循環圏を検討するには、立地する地域の特性と循環資源ごとの圏域を踏まえたうえで、複層的な循環システムを検討していくことが重要であるといえる。そのための研究課題として、廃棄物の発生状況や市民の協力率などの地域特性、エコタウン施設の循環技術特性、施設間の連携の有無や動脈・静脈産業の集積度などエコタウン特性および法制度や市場性など循環資源のもつ資源特性をデータベース化し、地域ごとに効率的な循環圏をシミュレーション・設計していくことがあげられる。

（2）循環共生の企業マネジメントシステムの評価

共分散構造分析を用いて構築した日中GSCMの促進要因と実施内容の因果関係モデルは、図4-15と図4-16に示す。分析には、PASW Statistic 18.0 for Windows及びAmos18.0 for Windowsを用い、最尤推定法にてモデルのパラメータ推定を行った。モデルの適合性は、CFI（Comparative fit index）、RMSEA（Root mean square error of Approximation）、パス係数によって検証した。図4-15においては、CFI=0.875、RMSEA=0.073であり、図4-16においては、CFI=0.887、RMSEA=0.080であることから、観測変数の数から勘案すると、検証を行うに妥当な当てはまりの良さであると考えられる。また、矢印は変数間の因果関係を示し、その影響力は横に付記されたパス係数にて表す。なお、パス係数は有意性の検定を実施しており、数値の右肩にその結果を示す。日中企業における環境配慮型経営の主因子及びそれらの推進構造を比較すると、主な結果は下記の通りとなった。

- 1) 日本企業のGSCMの主要な推進要因は、厳しい国内の法規制と、ステークホルダーの要求及び海外の規制であった。そして厳しい法規制への対応は組織内の体制整備には貢献する一方、利益を追求するには困難なものであった。
- 2) 他方、日本企業をより積極的なCSRの推進に向かわせ、環境配慮型設計、サプライヤーとの連携を促してきたのは、国内の法規制よりはむしろ、ステークホルダーの要求及び海外の規制であった。
- 3) これに対して中国企業がGSCMを推進するにあたっては、海外の規制に影響を受けた国内の法規制と、ステークホルダーからの要求による影響が大きいことが判明した。この要因の下で業績の報酬への直結などといった社内体制の整備が行われ、環境配慮型設計及び資源回収などの利益追求的活動が推進されていることが明らかとなった。
- 4) その反面、中国企業では、GSCMに向けた対策の対象が組織内部に留まる傾向にあり、サプライヤー及び顧客との連携までは十分に進展していないことが明らかになった。

以上から、日本企業との比較を踏まえ、中国企業におけるGSCMの推進条件を述べることにしたい。まず、日中企業におけるGSCMの促進要因の違いから、中国政府による国内の法規制が十分に整備されていないという現状を示唆することができた。そこで、「循環経済促進法」や「クリー

「ナードプロダクション促進法」などといった法規制における具体的な措置の提示はもちろんのこと、その執行を中心的に担う個々の企業及び地方政府部門の意識改革を進め、国内の法規制に基づく着実なGSCMを推進する必要がある。その際に、日本企業のGSCMを推進させてきた廃棄物と資源の有効利用に関する法規制等が参考になるであろう。さらに、市場原理に基づく循環型社会の形成を上手く法規制に組み込んでいくことが重要となるであろう。また、現時点で不十分な国内外のステークホルダーとの連携を実現するためには、日本をはじめ先進国企業の多くが既に導入している自主的な環境マネジメントシステムの採用だけでなく、CSRの推進といったGSCMの実施手法は、大いに参考になるであろう。さらに、グリーンサプライチェーンを通じたGSCMのグローバルな展開趨勢を考えると、GSCMに向けた対策の対象が組織内部に留まることなく、ステークホルダーを巻き込んだ資源回収や環境配慮型設計といった民間企業主体の能動的な対策を進めることが、国や行政による推進を超えた循環型社会の形成における今後の鍵となるであろうと考える。

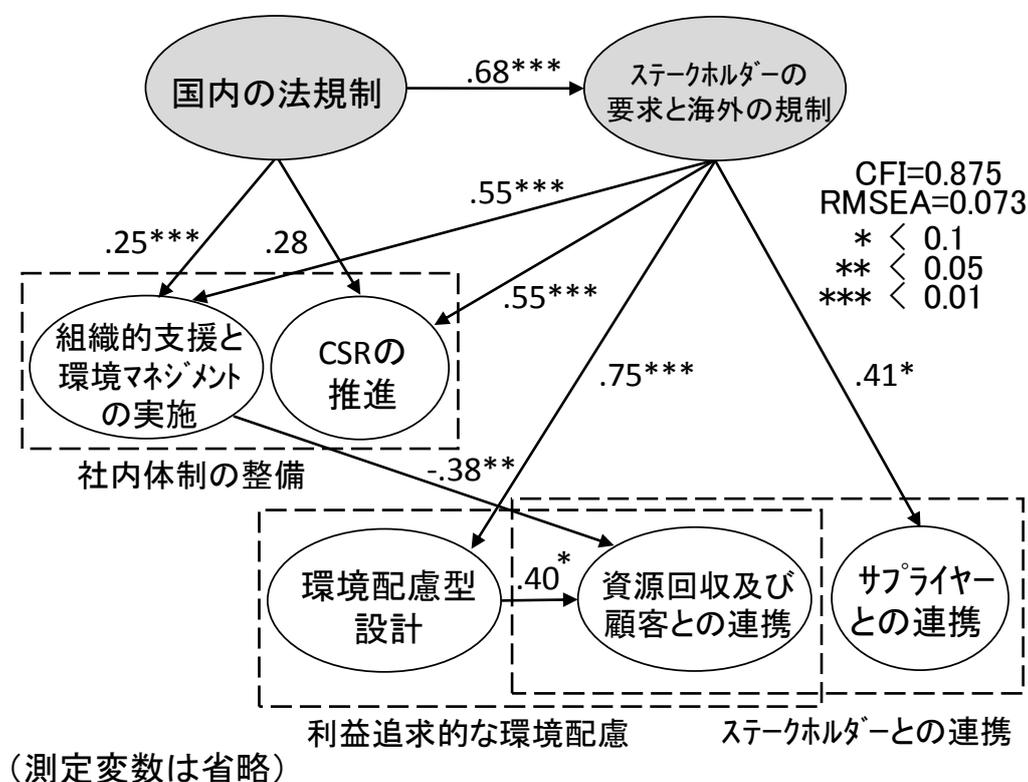


図4-15 日本企業における促進要因と実施の因果関係モデル

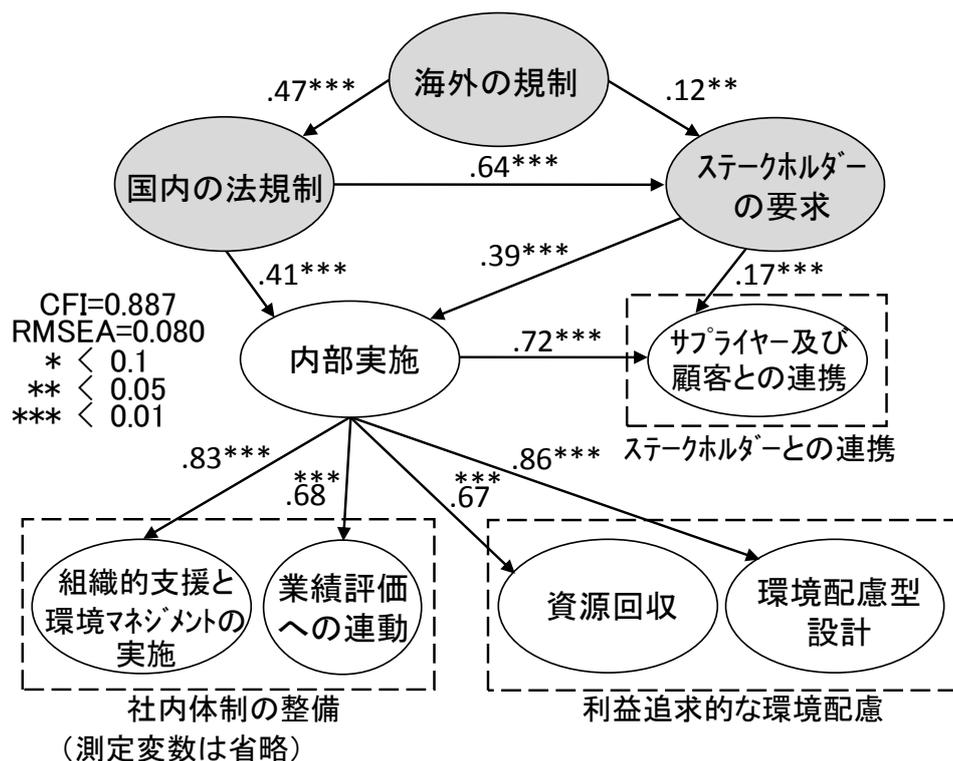


図4-16 中国企業における促進要因と実施の因果関係モデル

(3) アジアにおける循環経済都市地域シミュレーション・システム研究

中国都市の環境と社会経済の特性をもとに、代替的な将来シナリオを具体的に提示するとともにその政策に伴う費用と効果を定量的に測定することのできるツールを提供できると考えている。実際に中国遼寧省の環境科学院との連携で、シミュレータの運用による具体的な環境技術と環境政策の立案の共同研究に着手している。中国の代表的な河川の1つである遼河の流域に立地する瀋陽市をはじめとする産業都市での、汚水処理技術の選択、処理施設の分布、と産業施設の誘導および面的な都市開発規制を含む代替的な対応策の効果を流域単位で評価するモデルの開発を進めた。加えて、北九州市や川崎市に代表される国内の先進的なエコタウン都市における具体的な環境技術とその効果を高める社会技術の共有をすすめることによって、シミュレーション・システムを介した日中の都市連携を、日本と中国の自治体の間で進めてきた。

都市・地域スケールの環境データベースの構築とモデルの適用研究を進めた。平成20年5月に瀋陽市、9月に川崎市で国際ワークショップを主催し、12月に国際学会、2月に国連環境計画と共催の国際会議の開催を共催し、2月より日中友好環境センターとJICAが中国国家環境保護局と連携して開始した循環研究経済プロジェクトへの正式な参加を通じて研究成果の発信と国際研究ネットワークの形成を進めた。平成21年度以降は、日中両国環境省間での「環境にやさしい都市」連携への研究情報発信を進めて、川崎市と瀋陽市での評価システムの検証と実用的な技術政策シミュレーションの構築を進めて政策情報の出力を行った。

簡易シミュレーションと分析として、2つの循環技術を分析・評価し、環境保全上の利点に差異

をもたらす主要なパラメータを例示した。これらの技術には、プラスチック・リサイクルによるコンクリート型枠の製造や、有機性廃棄物の嫌気性消化による電気の生産などがある。現在の瀋陽では、埋め立てが唯一のごみ処理法であるが、日本では3,800万トン以上の都市固形廃棄物が焼却処分されており、直接埋め立てされているのは120万トンだけである。川崎市の場合、すべての可燃性廃棄物が焼却処分され、その灰が埋め立て処理されている。一般的に、プラスチックと有機性廃棄物の両方で、焼却処理は埋め立てよりもライフ・サイクル・インパクトが小さい。最も顕著なCO₂排出原単位の差は、電気におけるものである。電気における統合CO₂排出は、日本においては0.555 kg/kWhである³¹⁾が、中国北東部では1.1 kg/kWhである²⁷⁾。電気の生産において石炭の使用比率が高いため、CO₂排出原単位が高いほど環境への影響が大きい。

異なるプロセスにおける排出を区別するため、排出源を4つに分類した。1つめは評価のシステム境界内での直接排出。2つめは電気の内包CO₂排出である。3つめはシステムへの他経路からの内包CO₂排出。最後に考慮したのは、リサイクル製品としてここでは排出回避されているものである。排出回避分は、製造から最終処分までのライフ・サイクルで見れば、代替製品や同機能製品による排出である。結果は我々の仮説に合致するものであった。たとえ同じ技術であっても、異なる国においては異なる環境インパクトを有し、それは最終処分法とCO₂排出原単位における違いによる。設備スケールを考慮すれば、1トンの廃プラスチックと有機性廃棄物をリサイクルすることで、瀋陽におけるCO₂排出をそれぞれ約2.91、0.917トン削減できると考えられる。これは日本の削減をそれぞれ0.06、0.854トン上回ることがあきらかになった（図4-17）。

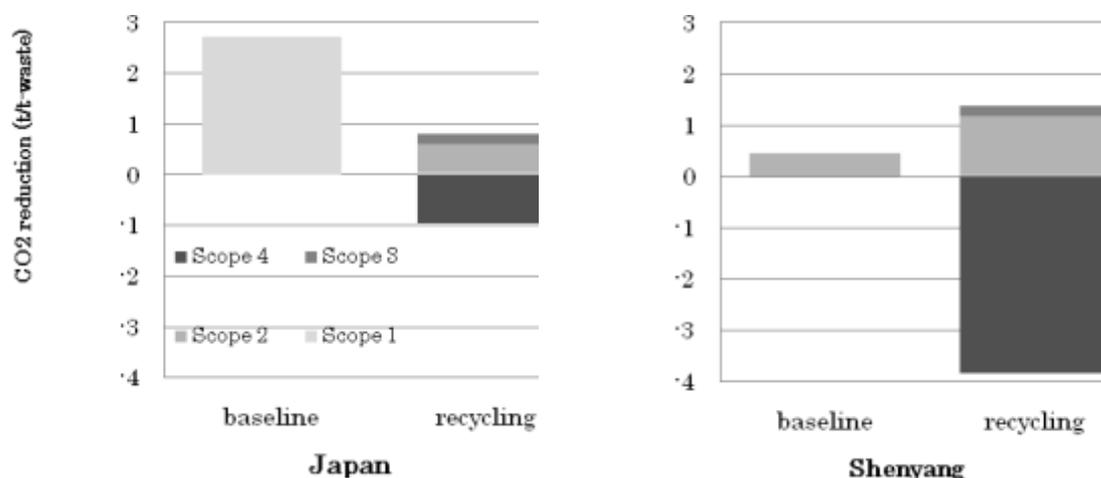


図4-17 プラスチック・リサイクルにおけるCO₂排出

さらに、4つのタイプの代替処理技術システムを検証したシミュレーションの結果を図4-18に示す。

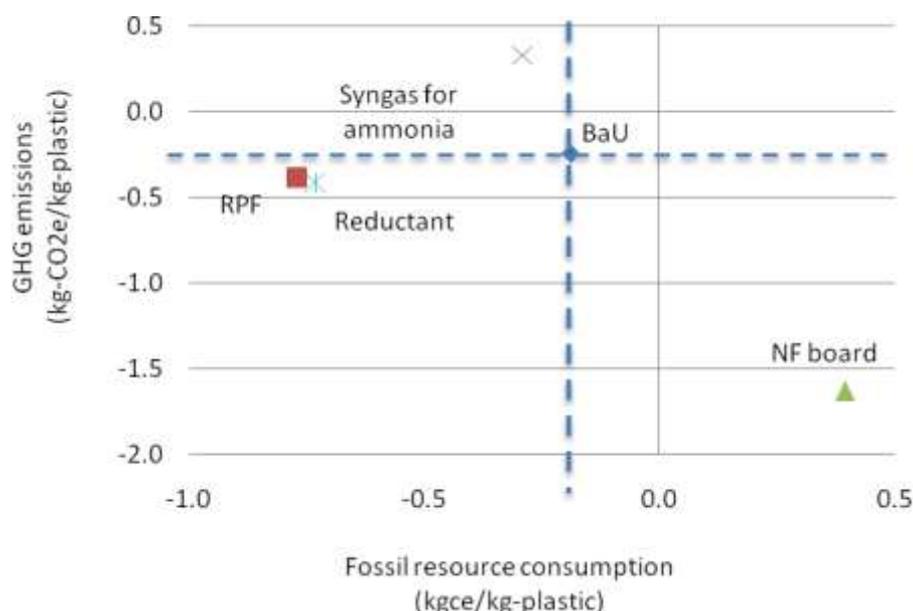


図4-18 各循環技術におけるGHG排出と化石燃料源消費

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

都市の発展段階などの実情に応じた適正な技術スペックを再構築する実用的な選択肢を用意している。水質汚濁削減とエネルギー効率改善との都市・地域の環境制約のもとで、適正な「環境技術」とその効率的な活用を可能にする、制度や規制、参加システムなどの「社会技術」についても定量的な選択肢として用意している。

つぎに、日本の都市環境工学と政策シミュレーションのモデルを瀋陽に適用することで、日本から瀋陽へのいくつかの廃棄物循環技術移転の環境的利点の可能性を定量的に提示している。さらに、日本の中小企業における環境配慮型経営に関するアンケート調査を行った結果、中小企業における環境配慮型経営の推進条件について、定量的なデータを提供している。

(2) 環境政策への貢献

まず、アジアにおける循環経済都市のシミュレーション・システムを都市環境政策として計画して、日中における具体的な事業の設計と実現につながることのできる科学的な政策支援ツールの開発に貢献している。また、中国・瀋陽市、さらにアジアの循環経済都市における環境政策システムの構築に先駆的な政策的選択肢を提供している。

さらに、中小企業に関する環境政策や法規制の制定の際に、中小企業の環境配慮型経営に関する推進条件となるものを提供している。

6. 引用文献

- 1) Rene Van Berkel, Tsuyoshi Fujita, Shizuka Hashimoto, Yong Geng; Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006、

- Journal of Environmental Management, Vol. 90, pp.1544 of E, 2009
- 2) 環境省：循環型社会形成推進基本計画：2008. 3.
 - 3) Global Environment Centre Foundation：Eco-Towns in Japan-Implications and Lessons for Developing Countries and Cities-, 2005
 - 4) Jouni Korhonen；Environmental planning vs. systems analysis: Four prescriptive principles vs. four descriptive indicators, Journal of Environmental Management, Vol.82(1)、pp.51-59、2007
 - 5) Irene Ring；Evolutionary strategies in environmental policy, Ecological Economics, Vol.42(3)、pp.415-427、2002
 - 6) Mathis Wackernagel, William E. Rees；Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective, Ecological Economics, Vol. 20(1)、pp.3-24、1997
 - 7) Murat Mirata, Tareq Emtairah；Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme, Journal of Cleaner Production, Vol. 13(10-11)、2005
 - 8) Ehrenfeld, J. and Gertler, N.：The evolution of interdependence at Kalundborg, Journal of Industrial Ecology, Vol. 7(1)、pp. 1-4、2000
 - 9) 松本亨、勝原英治、鶴田直、藤山淳史；地域資源循環拠点の持つ環境負荷削減効果の総合的評価に関する研究、環境システム研究論文集、Vol. 37、pp.321-329、2009
 - 10) 藤田壮、長澤恵美里、大西悟、杉野章太；川崎エコタウンでの都市・産業共生の展開に向けての技術・政策評価システム、環境システム研究論文集、Vol. 35、pp. 89-100、2007
 - 11) Jacobsen, N. B.；Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark - A quantitative assessment of economic and environmental aspects, Journal of Industrial Ecology, Vol.10(1-2)、pp.239-255、2006.
 - 12) Marian R. Chertow, D. Rachel Lombardi；Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms, Environmental Science Technology, Vol.39(17)、pp.6535-6541、2005
 - 13) Matthew J. Eckelman, Marian R. Chertow；Quantifying Life Cycle Environmental Benefits from the Reuse of Industrial Materials in Pennsylvania, Environmental Science Technology, Vol. 43(7)、pp.2550-2556、2009
 - 14) 環境省：エコタウンの更なる推進方策に関する調査・検討事業報告書、2009
 - 15) 産業環境管理協会：JLCA-LCAデータベース、2008年度4版
 - 16) 産業環境管理協会：LCA実務入門、pp.97、1998
 - 17) NEDO、産業環境管理協会：エネルギー使用合理化手法国際調査、1995
 - 18) 橋本征二、広池秀人、寺島泰：コンクリートがらリサイクルの環境面からの評価、

- 土木学会論文集 VII 657 巻、VII-16 号、pp.75-80、 2000.
- 19) 中沢克仁、 本田智則、桂徹、片山恵一、山本良一、安井至；非木材パルプ及び古紙パルプを配合した上質紙のライフサイクル影響評価、紙パルプ技術協会誌、Vol.57、pp. 1212-1221、2003
 - 20) 日本容器包装リサイクル協会：プラスチック製容器包装再商品化手法に関する環境負荷等の検討、 2007
 - 21) セメント協会：セメントの常識、2007
 - 22) JEMAI-LCA-Pro ver. 2.1.2.
 - 23) 資源エネルギー庁：2005年以降適用する標準発熱量の検討結果と改訂値について、2007
 - 24) Zhu, Q. H. , Sarkis, J. and Lai, K. H. : Green supply chain management: pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry, Journal of Cleaner Production, Vol.15、pp.1041-1052、2007
 - 25) Cleary, J. : Life cycle assessments of municipal solid waste management systems: A comparative analysis of selected peer-reviewed literature, Environ. Int., Vol. 35(8)、pp.1256-1266、2009
 - 26) 田畑智博、井原智彦、中澤廣、玄地裕：一般廃棄物処理システムの設計における評価と意思決定の支援を志向した LCA 手法の適用、日本 LCA 学会論文誌 Vol.5、No.1、 pp.54-67、 2009
 - 27) Cai, W. J.、Wang, C.、Wang, K.、Zhang, Y.、Chen, J. ; Scenario analysis on CO₂ emissions reduction potential in China's electricity sector. Energy Policy、Vol.35(12)、 pp.6445-6456、2007
 - 28) Xudong Chen、Yong Geng、Tsuyoshi Fujita；An Overview of Municipal Solid Waste Management in China、Waste Management、Vol.30、pp.716-724、2010
 - 29) Tsuyoshi Fujita、Emiri Nagasawa、Satoshi Ohnishi、Syouta Sugino；Technology and policy evaluation system for development of city and industrial symbiosis in Kawasaki eco-town (in Japanese)、Environmental Systems Research、Vol.35、pp.89-100、2007
 - 30) Geng、 Y.、Haight、M.、Zhu、Q. H. ；Empirical analysis of eco-industrial development in China Sustainable Development、Vol.15(2)、pp.121-133、2007
 - 31) MoE、 & METI、(2006)、Ministerial Order on the Assessment of Greenhouse Gas Emission from Particular Emitters in Kawasaki eco-town (in、 Retrieved Nov.、 2008、 from www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/santei.pdf
 - 32) Zhao、W.、van der Voet、E.、Zhang、Y. F. 、Hupperts、 G. ；Life cycle assessment of municipal solid waste management with regard to greenhouse gas emissions: Case study of Tianjin、China. Science of the Total Environment、Vol.407(5)、pp.1517-1526、2009

7. 国際共同研究等の状況

瀋陽市の循環経済都市の設計に向けて、下記のことを実施した。

- 2009年2月17日 川崎市長と瀋陽市長で循環経済都市の連携協定締結
- 2009年6月 MOEJとMEPで「日本国川崎市及び中国瀋陽市の環境にやさしい都市の構築に係る協力に関する覚書」の調印
- 2009年6月 UNEP/IETCが瀋陽市をエコタウンプロジェクト都市に認定
- 2009年7月28日 - 30日 JFEエンジニアリング専門家の瀋陽市訪問調査
- 2009年9月21日 瀋陽市環境保護局が環境モデル都市の主任専門家にGeng教授を任命
- 2009年9月22-26日 瀋陽市ハイテク展・北東アジアエコフォーラムへの日本専門家
(川崎市、JFEエンジ、NIES、IGES) 参加
- 2009年10月8日 JICA中国・静脈産業類生態工業園整備推進プロジェクト会議
- 2009年11月11-12日 3R initiative国際会議にGeng教授、藤田が参加
- 2009年11月26-28日 瀋陽市環で産官学の研究プロジェクト ワークショップ
- 2009年12月21-23日 中国科学院・瀋陽応用生態研究所所長がNIES訪問、研究連携覚書の調印
- 2010年2月2-3日 川崎・国連環境計画 アジア太平洋エコビジネスフォーラム (NIES共催)
- 4・5日 川崎環境技術展 (瀋陽市と中国科学院・瀋陽応用生態研究所代表が参加)
- 2010年3月24日-26日 環境にやさしい都市WSが北京と瀋陽で開催 (MEP、MOEJ主催)
- 2011年12月 瀋陽市における日中環境省担当者との検討会議での研究出力
- 2011年1月25日 瀋陽市における環境にやさしい都市連携支援国際会合での研究出力
- 2011年2月15日 川崎市における環境にやさしい都市連携支援国際会合での研究出力
- 2011年3月23日、25日 中国北京市、瀋陽市における環境にやさしい都市WSでの研究出力

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

- 1) 藤井実、長澤恵美里、橋本禪、藤田壮；代替的なリサイクル技術の資源循環効果の評価－木材資源の水平循環とカスケード循環の比較－、環境システム研究論文集、Vol. 36、pp. 275-280、2008
- 2) 橋本禪、杉野章太、藤田壮、Qinghua Zhu、長澤恵美里；環境配慮型企業の生産システムにおける資源循環行動の要因分析、環境システム研究論文集、Vol. 36、pp. 173-180、2008
- 3) Yong Geng、Pang Zhang、Raymond P. Cote、Tsuyoshi Fujita；Assessment of the National Eco-industrial Park Standards for Promoting Industrial Symbiosis in China、Journal of Industrial Ecology、Vol. 13、No. 1、pp. 15-26、2008
- 4) Yong Geng、Tsuyoshi Fujita；The Application of Biomimicry、Journal of Philippine Industrial Engineering、Vol. 5、No. 1、pp. 1-8、2008
- 5) Looi-Fang Wong、Tsuyoshi Fujita、Kaiqin Xu；Evaluation of regional bio-energy recovery by local methane fermentation thermal recycling systems、Journal of Waste Management、vol. 28、pp. 2259-2270、2008
- 6) 橋本禪、若林諒、孫穎、陳旭東、藤田壮、耿涌；中国大連市の一般廃棄物管理施策を対象と

- した循環経済社会シナリオの設計と評価、環境システム研究論文集、Vol. 37、pp. 301-310、2009
- 7) Rene Van Berkel、Tsuyoshi Fujita、Shizuka Hashimoto、Yong Geng ; Industrial and Urban Symbiosis in Japan : Analysis of the Eco-Town Program 1997-2006、Journal of Environmental Management、 Vol. 90、pp. 1544-1556、2009
 - 8) 村野昭人、藤田壮、星野陽介 ; 建設廃木材を対象とした統合的再資源化シナリオの評価システムの構築と評価、土木学会論文集 G、Vol. 65、 No. 1、 pp. 69-76、2009
 - 9) Yong Geng、Qinghua Zhu、Brent Doberstein、Tsuyoshi Fujita ; Implementing China's Circular Economy Concept at the Regional Level: a review of progress in Dalian、China、Journal of Waste Management、Vol. 29、pp. 996-1002、2009
 - 10) Rene Van Berkel、Tsuyoshi Fujita、Shizuka Hashimoto、Minoru Fujii ; Quantitative Assessment of Urban and Industrial Symbiosis in Kawasaki、Japan、Environmental Science & Technology、 Vol. 43、No. 5、pp. 1271-1281、2009
 - 11) 孫穎、渡邊雅士、藤田壮 ; 中小企業の環境配慮型経営の促進要因に関する実証分析、環境情報科学センター、環境情報科学論文集、No. 24、pp. 183-188、2010
 - 12) 平野勇二郎、濱野裕之、田上浩孝、藤田壮 ; 都市キャノピー内における夏季の温熱環境の観測、環境情報科学センター、環境情報科学論文集、No. 24、pp. 435-440、2010
 - 13) 大西悟、陳旭東、藤田壮 ; エコタウン事業の地域循環特性に関する実証研究、環境システム研究論文集、Vol. 38、 pp. 429-437、2010
 - 14) 孫穎、渡邊雅士、藤田壮 ; 中国企業の環境配慮型経営の影響要因に関する実証分析 : 瀋陽市におけるケーススタディ、環境システム研究論文集、Vol. 38、 pp. 1-8、 2010
 - 15) Xudong Chen、Murray E. Haight、Yong Geng、Tsuyoshi Fujita ; Managing Municipal Solid Waste from a System Perspective: a Comparative Study of Dalian、 China and Waterloo、Canada、Sustainable Development、Vol. 18、pp. 282-294、 2010
 - 16) Yong Geng、Tsuyoshi Fujita、Xudong Chen ; Evaluation of Innovative Municipal Solid Waste Management through Urban Symbiosis: A Case Study of Kawasaki、Journal of Cleaner Production、 vol. 18、pp. 993-1000、2010
 - 17) Zhu Qinghua、Yong Geng、Tsuyoshi Fujita、Shizuka Hashimoto ; Green supply chain management in leading manufacturers: Case studies in Japanese large companies、Management Research Review、 Vol. 33、 Number 4、 pp. 380-392、 2010
 - 18) Yong Geng、Bruce Mitchell、Tsuyoshi Fujita、Tadanobu Nakayama ; Perspectives on Small Watershed Management in China: The Case of Biliu 、International Journal of Sustainable Development & World Ecology、Vol. 17(2)、pp. 172-179、 2010
 - 19) Xudong Chen、Yong Geng、Tsuyoshi Fujita ; An Overview of Municipal Solid Waste Management in China、 Journal of Waste Management、vol. 30、pp. 716-724、2010
 - 20) Shizuka Hashimoto、Tsuyoshi Fujita、Yong Geng、Emiri Nagasawa ; Realizing CO₂ emission reduction through industrial symbiosis: A Cement Production Case Study For Kawasaki、Journal of Conservation and Recycling、Vol. 54(10)、pp. 704-710、2010
 - 21) Xudong Chen、Yong Geng、Tsuyoshi Fujita ; The Potential Environmental Gains from

Recycling Waste Plastics: Simulation of Transferring Recycling and Recovery Technologies to Shenyang, China, Journal of Waste Management, Vol.31(1), pp.168-179, 2011

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) Shizuka Hashimoto, Tsuyoshi Fujita, Xudong Chen, Yong Geng; Achieving Circular Economy through Urban Symbiosis in Dalian (China), 5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology, Poster Session, June 21st, 2009
- 2) Sun Ying, Tsuyoshi Fujita, Shizuka Hashimoto; Analysis of the relationship of industrial structure change and environmental impact in Kawasaki city Japan, 5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology, Oral Session, June 21st, 2009
- 3) Xudong Chen, Tsuyoshi Fujita, Yong Geng, Shizuka Hashimoto; Transferring Japanese Urban Symbiosis Model to China 5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology, Oral Session, June 21st, 2009
- 4) Minoru Fujii, Tsuyoshi Fujita, Shizuka Hashimoto; A study on the spatial scale of recyclable organic resource circulation, 5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology, Poster Session, June 22nd, 2009
- 5) 孫穎、藤田壮、Zhu Qing Hua; 企業の環境配慮型生産・調達活動に関する評価分析、環境科学会 2009 年会講演要旨集、September 11th 2009

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) Looi-Fang Wong, Tsuyoshi Fujita; Planning and evaluation of environmental improvement effects for municipal solid waste matter recycling scheme, the 4th International Conference of the International Society for Industrial Ecology, Abstract Book Oral Sessions, pp.205, June 19th 2007
- 2) Tsuyoshi Fujita, Emiri Nagasawa, Satoshi Ohnishi; Evaluation System Eco-Industrial Parks as Driving Infrastructures for Sustainable Urban Environmental Management, the 4th International Conference of the International Society for Industrial Ecology, Abstract Book Oralsessions, pp.67, June 17th 2007
- 3) Shizuka Hashimoto, Tsuyoshi Fujita; Development of Integrated Environmental Assessment Model for Municipal Environmental Policy Making, Asia-Europe Environment Forum 5th Roundtable, ASEF, Nov. 28th -30th 2007 (Shenzhen, China)
- 4) Shizuka Hashimoto, Tsuyoshi Fujita, Kaiquin Xu, Tadanobu Nakayama; Bridging Scales: Developing a Framework to Build a City-Scale Environmental Scenario for Japanese Municipalities, 2007 AGU Fall Meeting, December 10th -14th 2007

- 5) 橋本禪、藤田壯、徐開欽、中山忠暢；統合的な都市環境の技術・施策シナリオの設計と評価プロセス、第35回環境システム研究論文発表会講演集、Vol.35、pp299-306、2007
- 6) Tadanobu Nakayama、Tsuyoshi Fujita、Shizuka Hashimoto、Hiroyuki Hamano；Simulation of hydrothermal recoveries by adopting symbiotic urban scenario in the Japanese megalopolis、paper number GC43A-11、AGU Joint Assembly、27th -30th May、2008 (CD-ROM)
- 7) 藤田壯、橋本禪；水・物質・エネルギー統合解析によるアジア拠点都市の自然共生型技術・政策シナリオの設計・評価システム、平成19年度環境技術開発等推進費に係る実施課題(その2)、生活と環境、pp.79-83、(財)日本環境衛生センター、2008年5月号
- 8) 藤田壯；日本と中国を結ぶ「循環経済都市シミュレータ」研究、科学、岩波書店、pp.765-767、2008年7月号(Vol.78 No.7)
- 9) Tadanobu Nakayama、Tsuyoshi Fujita、Yong Geng、Shizuka Hashimoto；Simulation of water resource and its relation to urban activity in Dalian City、Northern China、session number Y2、HydroPredict2008、Czech Rep.、Proceedings、pp.295-298、15th -18th September、2008 (CD-ROM)
- 10) Shizuka Hashimoto、Yong Geng、Tsuyoshi Fujita、Ryo Wakabayashi；Innovation of Circular Cities in Chinese and Japanese Eco-towns：Circular Economy Scenarios for MSW management in Dalian、China、EcoBalance、Proceedings、19-03、Dec.10th 2008 (CD-ROM)
- 11) Rene Van Berkel、Tsuyoshi Fujita；Comparative Analysis of Eco town Programs in Japan、8th International Conference on EcoBalance、Proceedings、19-04、Dec.10th 2008 (CD-ROM)
- 12) Tadanobu Nakayama、Tsuyoshi Fujita、Shizuka Hashimoto、Hiroyuki Hamano；Multi-scale analysis of hydrologic change in the Japanese megalopolis by using integrated approach、paper number GC34A-08、AGU Fall Meeting、December、15th -19th 2008 (CD-ROM)
- 13) Shizuka Hashimoto、Hiroyuki Hamano、Tsuyoshi Fujita、Hiroko Hori；Building Low Carbon Cities：Framework to Design and Evaluate Alternative Technologies and Policies for Land Use Planning、Eos Trans. AGU、89(52)、Fall Meet. Suppl.、Abstract U41D-0029、December 15th -19th 2008
- 14) Shizuka Hashimoto、Tsuyoshi Fujita、Kaiquin Xu、Tadanobu Nakayama；Bridging Scales：Developing a Framework to Build a City-Scale Environmental Scenario for Japanese Municipalities、Eos Trans. AGU、88(52)、Fall Meet. Suppl.、Abstract GC33A-0943、December、15th -19th、2008
- 15) 藤田壯、村野昭人、徐開欽、橋本禪；循環型水処理技術・政策の計画・評価システム、第11回日本水環境学会シンポジウム「環境再生のための分散型処理システムの意義とこれからの展望」、第11回日本水環境学会シンポジウム講演集、pp.138-139、2008
- 16) 橋本禪、藤田壯、孫穎、若林諒；エコタウン技術の展開による中国産業拠点都市における循

- 環経済の促進—大連市の一般廃棄物管理施策を事例として—、第4回日本LCA学会研究発表会、 pp.186-187、2009
- 17) 孫穎、藤田壮；川崎市の産業レベルにおける環境効率指標の算出—エコタウンの評価に関する基礎研究—、第4回日本LCA学会研究発表会要旨集、 pp.190-191、2009
 - 18) 藤井実、藤田壮、橋本禪；資源循環圏の規模と技術の選択に関する研究、第4回日本LCA学会研究発表会、 pp.182-183、2009
 - 19) 藤田壮、陳旭東、孫穎；エコタウンを中核とする資源循環の社会効果の評価システムの設計、第4回日本LCA学会研究発表会、 pp.176-177、2009
 - 20) 孫穎、藤田壮、Zhu Qing Hua；企業の環境配慮型生産・調達活動に関する評価分析、環境科学会2009年会講演要旨集、 pp.138-139、2009
 - 21) 藤田壮、陳旭東；国内エコタウンにおける循環効果の評価についての研究、環境科学会2009年会講演要旨集、 p42-43、2009
 - 22) Xudong Chen、Tsuyoshi Fujita；Key Factors for the Transfer of Circulation Technologies and Estimates for Associated Environmental Benefits、第37回環境システム研究論文発表会講演集、 pp.135-140、2009
 - 23) Sun Ying、 Tsuyoshi Fujita、 Shizuka Hashimoto；Analysis of the relationship of industrial structure change and environmental impact in Kawasaki city Japan、5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology、 Abstract Book-Oral Session、 pp.55、 June 21st、2009
 - 24) Shizuka Hashimoto、Tsuyoshi Fujita、Xudong Chen、Yong Geng；Achieving Circular Economy through Urban Symbiosis in Dalian (China)、5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology、 Abstract Book-Poster Session、 pp.246、 June 21st、2009
 - 25) Xudong Chen、Tsuyoshi Fujita、Yong Geng、Shizuka Hashimoto；Transferring Japanese Urban Symbiosis Model to China、5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology、 Abstract Book-Oral Session、 pp.94、 June 21st、 2009
 - 26) Tsuyoshi Fujita； Evaluation of symbiosis effects in eco-industrial parks in Japan、 5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology、 Abstract Book-Oral Session、 pp.142、 June 22nd 、2009
 - 27) Yong Geng、Tsuyoshi Fujita、 Xudong Chen；Evaluation of Innovative municipal Solid Waste Management through Urban Symbiosis: A Case of Kawasaki、5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology、 Abstract Book-Poster Session、 pp.456、 June 22nd、 2009
 - 28) Minoru Fujii、 Tsuyoshi Fujita、 Shizuka Hashimoto；A study on the spatial scale of recyclable organic resource circulation、 5th International Conference of the International Society for Industrial Ecology、 Abstract Book-Poster Session、 pp.456、 June 22nd、 2009

- 29) Xian-Jia Wang, Bin-Bin Huang, Tsuyoshi Fujita, Kai-Qin Xu; The Optimal Control Model of Regional Pollution Reduction and Solution Method, 2009 International Conference on Energy and Environment Technology, Oct. 16-18, 2009
- 30) Hiroyuki Hamano, Tadanobu Nakayama, Tsuyoshi Fujita, Hiroko Hori, Hirotaka Tagami ; Development of the multi-scale model for urban climate analysis and evaluation of urban greening effects on energy consumption, 2009 AGU Fall Meeting, December 16th, 2009
- 31) Tadanobu Nakayama, Tsuyoshi Fujita, Shizuka Hashimoto; Multi-scaled analysis of water resource ability to tackle heat island in Japanese megalopolis, Urban Environmental Pollution 2010, Abstracts, 034, 20-23 June, 2010
- 32) Minoru Fujii, Tsuyoshi Fujita, Chen Xudong; Evaluation of resource life-cycle to improve their utilization efficiency, The 2010 Gordon Research Conference on Industrial Ecology, Poster Session, July, 2010
- 33) Tsuyoshi Fujita, Minoru Fujii, Chen Xu Dong, Geng Yong, Satoru Ohnishi ; Strategic Planning System for Co-benefit Eco-Industrial Developments and Circular Regions, ISIE Asia-Pacific Meeting, November 7th, 2010
- 34) Xudong Chen, Tsuyoshi Fujita, Satoshi Ohnishi, Minoru Fujii, Yong Geng ; An Empirical Study on Scale and Boundary of Resource Cycling in Japanese Eco-Towns, ISIE Asia-Pacific Meeting, November 7th, 2010
- 35) Ying Sun, Tsuyoshi Fujita, Akihisa Mori, Qinghua Zhu ; A comparative study of the green supply chain management between Japan and China , ISIE Asia-Pacific Meeting, November 7th, 2010
- 36) Minoru Fujii, Tsuyoshi Fujita, Xudong Chen, Satoshi Ohnishi, Naohisa Yamaguchi ; Efficient use of organic municipal solid waste in a sound material-cycle society, ISIE Asia-Pacific Meeting, November 9th, 2010
- 37) Ryushi Kimura, Yasuo Utsumi, Kazuyuki Kamimura, Syuzo Kishima, Tsuyoshi FUJITA, Hideaki Nakane ; Study on Optimum Air-Conditioning Control System for Energy Conservation Field Assessment of the Thermal Comfort of Occupants in Office, AIVC International conference, 2010
- 38) Yasuo Utsumi, Kazuyuki Kamimura, Shuzo Kishima, Utarou Taira, Ryushi Kimura, Tsuyoshi Fujita; Experimental Verification Of Predictive And Optimum Hvac Control System Applying The Open Platform To The School Building, SSB2010 International Conference, 2010
- 39) Chen Xudong, 藤田 壮 ; Assessment of Resource Circulation in Eco-Towns: Performance and Environmental Benefits, 第 5 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, pp.332-333, 2010
- 40) 孫穎, 森晶寿, 渡邊雅士, 藤田 壮 ; 日中製造業における環境配慮型経営の影響要因に関する比較研究, 環境経済・政策学会 2010 年大会報告要旨集, pp.59-60, 2010

- 41) 孫穎、渡邊雅士、藤田壯；中小企業の環境配慮型経営の促進要因に関する研究—川崎市の事例—、環境科学会 2010 年会研究発表要旨集、pp.61、2010
- 42) 藤井実、藤田壯、陳旭東、大西悟；地域の未利用要素を活用した資源循環の効率化と地域循環圏の形成、第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、pp.312-313、2011
- 43) Xudong Chen、Tsuyoshi Fujita、Minoru Fujii；Spatial Analysis of Life Cycle Stages of Recycling: Locations of Recycling Activities、第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、pp.314-315、2011

(3) 出願特許 該当なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） 7. に合わせて記載

(5) マスコミ等への公表・報道等

・神奈川新聞（川崎版）；エコタウン成果共有へ一市と中国・瀋陽ワークショップ互いの取り組み紹介 2008.9.26

(6) その他 該当なし