

第 1 章 地域循環圏研究の状況

1.1 地域循環圏研究の背景

循環型経済社会を形成することは、廃棄物の適正な処理にとどまらず、希少化する資源の効率的な利用や低炭素社会の実現に向けて重要な方策となる。循環基本法が成立して以来、日本は様々な循環施設が形成されてきた。個別のリサイクル施設や事業がそれぞれ環型社会の形成に向けての貢献を果たしてきた一方で、それぞれの施設は周辺の地域社会での循環活動の拠点となる役割を果たしてきた。

様々なリサイクル法の成立と並行して、各地に資源循環「都市」を形成するエコタウン事業も地域循環圏とその拠点の形成に大きな役割を果たしてきたといえる。2008 年の第二次循環型社会形成推進計画¹⁾では、「経済社会の物質循環では、地域の特性や循環資源の性質に応じて、最適な規模での循環を形成して」いくための地域循環圏の構築を謳っており、国と地方を中心に各主体が構想段階から協働して地域計画を策定し、循環型社会の形成のための基盤の整備を推進して」いくこととされている。地域循環圏の理念とその実現への方策については様々な議論が進められている。たとえば、環境省では、地域循環圏の望ましい姿について議論をするために 2010 年より「地域循環圏形成推進に向けた検討会」（以下、「検討会」）を開催してきた。検討会では地域循環圏構築に向けての考え方の整理を行うとともに、各地におけるその構築にむけての各地での取り組みや事例の整理をして、地域のデータベース構築のプロセスを試行的に検討するとともに、地域循環圏形成の課題と方向性を議論している。

3 月 11 日の東日本大震災では大規模なエネルギーネットワーク、製品ネットワークが自然災害によって寸断されたことが大きな経済影響をもたらした。大災害によって物流ネットワークの機能停止後、復旧までの期間に、緊急措置としてのエネルギー、資源を地域で自律分散的に供給する機能を整備することも地域循環圏整備で検討されるべきともいえる。災害時のみの機能を独立して個別に整備してその維持を平常時の数十年間に行うということではなく、平時の地域循環圏を形成することが災害時にも機能しうる地域の「きずな」を形成する土台となるなど、今後の環境保全の人づくり・地域づくりのうえで大きな役割を果たすことも期待される。

地域での主体間の連携によって、循環可能な資源を地域内で循環させることで環境保全と経済活力を両立する仕組みを構築することが期待される。とくに近年の化石燃料を含む各種の天然資源価格の上昇により、廃棄物の循環利用に対する市場での需要が拡大している。その状況下で、廃棄物処理の公的サービスの機能や、新規資源との価格競争力を持つための基盤整備に対する公的セクターの関与を視野に入れた、適正な資源循環の方策とその圏域形成に向けての制度や施策、さらに技術開発と基盤整備の基本方針を構築することが社会的な急務となっている。

一方で、廃棄物や資源はその種類や、発生・収集される量によって適正な循環のスケールがあることは明らかであり、地域循環圏を考える場合にはその、循環の適正な規模を考

慮することが必要となる。

1.2 循環基本計画における地域循環圏の位置づけ（抜粋からの整理）

平成 20 年 3 月に閣議決定された「第 2 次循環型社会形成推進基本計画」では、最適な規模の「地域循環圏」を構築していくことで、よりきめ細かく、効果的な循環型社会の形成を目指すとともに、地域の自立と共生を基本とした「地域再生」の原動力としていく旨が提示されている。循環基本計画では、廃棄物・循環資源の物質的な循環の形成のみならず、地域コミュニティの再生や雇用機会の増加による地域活性化といった地域への波及効果も大いに期待される。

以下、「第 2 次循環型社会形成推進基本計画」より、地域循環圏に関連する記述を抜粋する。「地域コミュニティの再生などを通じた地域循環圏の構築」については、第 1 次循環基本計画においては、我が国の経済社会全体におけるものの流れについて目標値を設けて取組を進めてきた一方で、個々の循環資源に着目すれば、その性質ごとに最適な循環の規模は異なる。それぞれの最適な規模を踏まえ、地域の特性を活かした地域循環圏をきめ細かく構築し、循環型の地域づくりによる活性化につなげていくことが、効果的な循環型社会形成に向けた課題といえる。

また、地域の実情に根ざした、地域で自発的に行われる循環型社会の形成に向けた取組が積極的に行われることは、例えば地域において循環型社会の形成を担う人材が育成され、ネットワークが形成されるとともに、地域の様々な人々が地域コミュニティに積極的に関わることによって、そのつながりが強化され、「地域コミュニティの再生」に結びつくのみならず、地産地消を指向した地域に根ざした産業や地域社会に調和した健全な静脈産業などがコミュニティ・ビジネスとして雇用の機会を増やすなど、自立と共生を基本とした「地域再生」の原動力となる。

「循環型社会形成の中長期的なイメージ」としては地域の特性に応じた循環型社会の実現がうたわれており、経済社会の物質循環は画一的なものばかりでなく、地域の特性や循環資源の性質に応じて、最適な規模の循環を形成することも重要であるとしている。「一定の地域のみで発生する又は腐敗しやすい等の特徴を持つバイオマス系循環資源は地域において循環し、高度な処理技術を要する循環資源はより広域的な処理が行われることとし、地域で循環可能な資源はなるべく地域で循環させ、地域での循環が困難なものについては循環の環を広域化させていくといった考え方に基づく「地域循環圏」が、廃棄物の適正処理と不法投棄防止を大前提に幾重にも構築され、地域間での連携を図りつつ、低炭素社会や自然共生社会とも統合された持続可能な地域づくりが進むとしている。

例えば、コミュニティ・レベルにおいては、不用になったものを近所で融通したりフリーマーケットを通じたりしてリユースし、また故障したものも修理してできるだけ長く使われる。リサイクルプラザ等のリユース、リサイクルに加え住民啓発機能を有する市町村の資源化施設が拠点となって、市民や NGO/NPO 等が参加したリサイクル活動が行われ、その活動が広がってコミュニティ・ビジネスの展開が進むことをイメージしている。

農山漁村においては、間伐材、家畜排せつ物、貝殻、分別収集された生ごみ等が循環資源となり、バイオマス系循環資源として肥飼料等に利用され、これらを利用して生産された農畜水産物等が地域内で消費される地産地消の循環が形成される。このような地産地消の循環形成など持続的な農林水産業が営まれることなどにより、生物の生息の場としての里地里山などの保全にも寄与するとしている。

中小都市においては、都市と農村が近接している場合、都市部から安定的に一定量が排出されるバイオマス系循環資源については、農村部に運搬され肥飼料等として利用され生産された農畜産物が都市部において消費される、都市と農村の循環が形成されたり、地域の特性に応じてエネルギーとして利用することが推進される。工業系廃棄物等については、近隣に再資源化施設がない場合、物流網を通じて比較的広域に流通し、循環資源として再生利用される。

大都市においては、廃棄物等の発生密度が高いため、大量の廃棄物等が恒常的に排出・収集され、徹底した資源回収、資源化できないものの焼却施設における減量化及びその際の熱回収等が大規模かつ効率的に行われ、例えば、バイオマス系循環資源やプラスチックなどについて、一次循環利用の際の残さをさらに再生利用または熱回収するなど、多段階での利用が大規模かつ効率的に徹底されるとしている。

ブロック圏や全国的な規模の循環圏においては、その循環の中心の産業集積地において、生産活動に必要な資源投入量の抑制が徹底されるとともに、リサイクル産業等が集積し、陸運・海運も含め広域的に循環資源が収集され、規模の経済性と集積内での相互連携により効率的な循環資源の利用が進む。また、動脈産業の技術・インフラ・ノウハウ等を応用し、ゼロエミッションに向けた取組が徹底される。特に量的には小さくとも付加価値の高いレアメタル等の循環資源を回収したり、有害廃棄物を無害化したりするなど、独自の技術で循環資源が利用されることがうたわれている。

国際的な規模の循環圏では、各国の特性を活かした循環資源の利用が推進され、我が国では、他国ではリサイクル困難な、高度なリサイクル技術を要する循環資源が活用される。各国において、まず国内で循環型社会が形成され、廃棄物の不法な輸出入を防止する取組を充実し、国際移動におけるトレーサビリティが確保され、その上で国際分業体制も踏まえた循環資源の国際移動の円滑化が図られる。

地域循環圏形成に向けての各主体の役割として、地域の特性を活かし、かつ、循環資源の性質に応じて最適な規模の「地域循環圏」の形成を推進し、地域活性化につなげることが重要とされている。地域循環圏は、各主体が相互の連携・協働（つながり力）を通じて、各々の役割を積極的に果たしていくことで形成される。国にあっては、国際・全国レベルで、また地方環境事務所をはじめとする地方支分部局を活用してブロックレベルで、地方公共団体の取組支援など各主体が連携・協働できるようコーディネーターとしての役割を果たし、国と地方を中心に各主体が構想段階から協働して地域計画を策定し、循環型社会の形成のための基盤の整備を推進する。

地域循環圏の形成は循環資源の性質に基づくことから、廃棄物の適正処理を前提に、温

暖化対策や生物多様性の保全などの環境面や希少性や有用性などの資源面、さらに輸送効率や処理コストなどの経済面の各観点から、循環資源ごとに地域の特性を踏まえて最適な循環の範囲の検討を進める。一方、一定の地域のみで発生する又は腐敗しやすい等の特徴を持つバイオマス系循環資源はその地域において、また高度な処理技術を要するものはより広域的な地域で、といったように、最適な循環圏の規模が一定程度明確なものについては、その形成を以下のように進める。

バイオマス系循環資源については、コミュニティや地域レベルでの循環を念頭に、新たなバイオマス・ニッポン総合戦略に基づき、市町村が中心となって、広く地域の関係者の連携の下、総合的なバイオマス利活用システムを構築する「バイオマスタウン」構想の取組を関係者一体となって広げる。また、食品リサイクル法に基づく食品リサイクル・ループの認定など、関係者の連携・協働により大都市、地方都市など地域の特性に応じた、食料やエネルギーなどの地産地消の体制を構築する。また、民間団体や自治体が回収・処理を行う生ごみの肥料化や廃油の飼料化・バイオ燃料化などの再資源化活動を営利的・持続的に行ういわゆる地域コミュニティ・ビジネスの育成を図る。さらに、家畜排せつ物や下水汚泥などのバイオマスの有効利用を推進する。

製品系循環資源や枯渇性資源を含む循環資源については、より広域での循環を念頭に、各種個別リサイクル法や資源有効利用促進法に基づく措置を着実に実施するほか、廃棄物処理法の広域認定・再生利用認定を適切に活用する。産業間連携により、サプライチェーンにおける更なる資源投入の抑制や広域的な素材利用を進め、多段階での再生利用を図るほか、特に、循環資源に含有される有用資源を適正かつ戦略的に利用できるよう、回収体制の充実、消費者との連携強化、再生利用技術・システムの高度化を図ることとしている。

これら循環資源に共通して、循環型社会の形成に向けて地域で取り組んでいる各主体に対して、モデル的な取組に対する支援などを行うほか、廃棄物処理施設整備に対する財政的支援についても、地域循環圏の形成に係る事業に重点化するなどの支援を進める。また、特に広域的な地域循環圏について、エコタウンの活用等リサイクル産業の集積や企業間連携による支援を行うほか、リサイクルポートの推進による海上輸送の円滑化等、環境負荷の低い静脈物流システムの構築を図る。

我が国の物質フローの状況や廃棄物等の種類に応じた発生量とその循環的な利用及び処分の状況、将来の見通し、廃棄物等の素材・組成・設計等の技術データ、廃棄物等の利用・処分の環境影響等について、正確な情報を迅速に把握できるよう、速やかに統計情報の点検・整備を行う。その際、国全体での統計に加え、よりきめ細やかに実態が把握できるよう、地域・個別品目・物質単位でのフローの把握などに努める。また、再使用、再生利用する循環資源の価値や用途など、従来の量に加え、質に着目した情報の把握手法を検討する。さらに、個別の循環資源ごとに再使用量や使用状況の実態把握に努める。

得られた統計について、的確な分析を行うことで、最終処分場の残余年数の将来予測や廃棄物等の発生抑制方策の検討等に活用していくほか、循環資源の流れや環境負荷の分析により、最適な地域循環圏の規模の検討や低炭素社会、自然共生社会に向けた取組との統

合に活かす。また、IT の活用も図りながら、これらの情報を関係者がより効率的に入手し、利用・交換できるようにネットワーク化を図るとしている。

こうした考察を踏まえ、第 2 次循環型社会基本計画では、まず、循環型社会の形成に向けた現状を第 1 次循環基本計画で定めた目標に照らして概観すると共に、様々な角度から課題を分析することで、具体的な検討の視座を定めている。その上で、循環型社会の中長期的なイメージを自然界の大きな物質循環との関わり、人々のライフスタイル、ビジネス・スタイル、社会経済システム、質の高い 3R など 3R 技術・システムの高度化等の観点から示した。中でもとりわけ重要なものが、地域の特性を活かした循環型社会の実現という視点であろうと考えている。この「地域循環圏」の基本的な考え方は、循環資源の性質と地域の特質に応じて、コミュニティ、地域、ブロック圏、全国規模、そして国際的なレベルに至る最適な規模の「地域循環圏」を構築していくことで、よりきめ細かく、効果的な循環型社会の形成を目指すものであり、地域の自立と共生を基本とした「地域再生」の原動力となることも期待されている。

1.3 地域循環圏の検討例（環境省「地域循環圏検討会での検討の抜粋」）

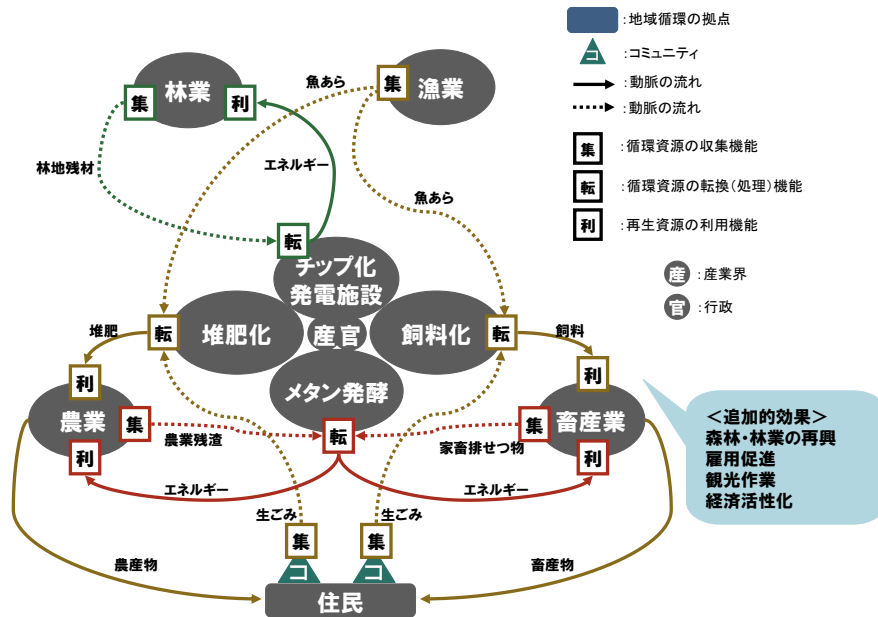
地域循環圏については、地域の特性や循環資源の性質に応じて、適正な規模の循環を形成することが重要であり、市場価値だけではなく外部経済も考慮したうえで適正な循環のスケールを検討が必要となる。

資源の特性を考慮して、地域の経済活動の立地特性を踏まえたうえで地域の社会基盤の特席、産業集積および環境資源の立地を考慮することで次のような地域循環圏のタイプを想定することができる。①里地里山地域循環圏、②都市近郊（都市農村連携）地域循環圏③動脈産業地域循環圏、④静脈産業（広域）地域循環圏

なお、この 4 類型は拠点の組合せによって形成される例示としての循環圏であり、地域コミュニティ内での循環圏のように 4 類型に該当しない循環圏が存在すること、円滑な地域コミュニティ連携は 4 類型の循環圏形成に重要な役割を果たす点に留意が必要である。

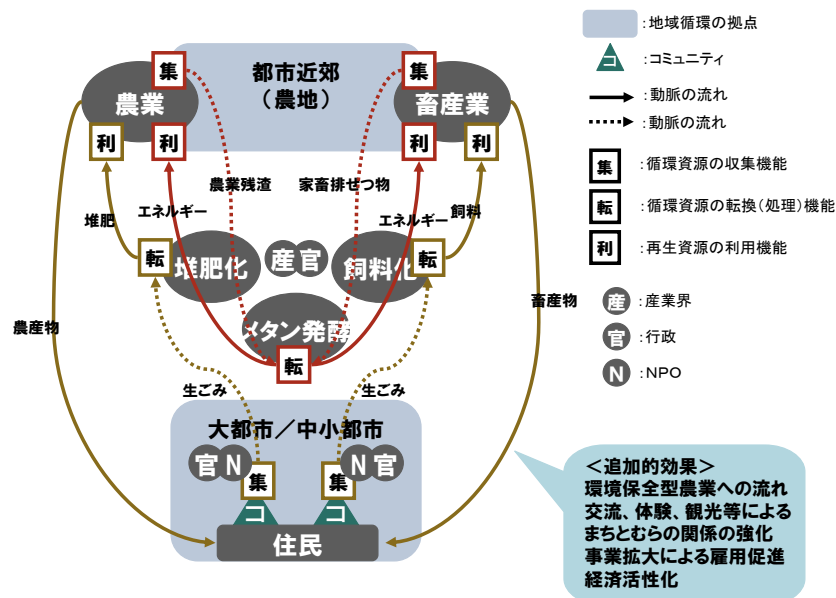
1.3.1 里地里山地域循環圏

農山村を中心とした循環圏で、農業・林業廃棄物等のバイオマス資源の地産地消（林業廃棄物のチップ燃料化、農業廃棄物・畜産廃棄物のメタン発酵、生ごみの堆肥化・飼料化等）を中心として、余剰分は他地域へも供給する。



1.3.2 都市近郊（都市農村連携）地域循環圏

循環資源の排出側である都市と受入側である近郊（農村）との連携を中心とした循環圏で、農村で受入可能なバイオマス資源の連携事例が中心。生産した農産物を都市部で消費するという循環も形成する。都市での回収がポイントとなるケースが多く、先進的な事例では回収の部分における優位性が見られる。



1.3.3 動脈産業地域循環圏

循環資源の大きな受け皿である素材産業（セメント、鉄鋼、製紙等）を中心とした循環圏で、既存インフラ活用、近隣都市からの大規模な循環資源の集積等により効率的な循環を形成する。

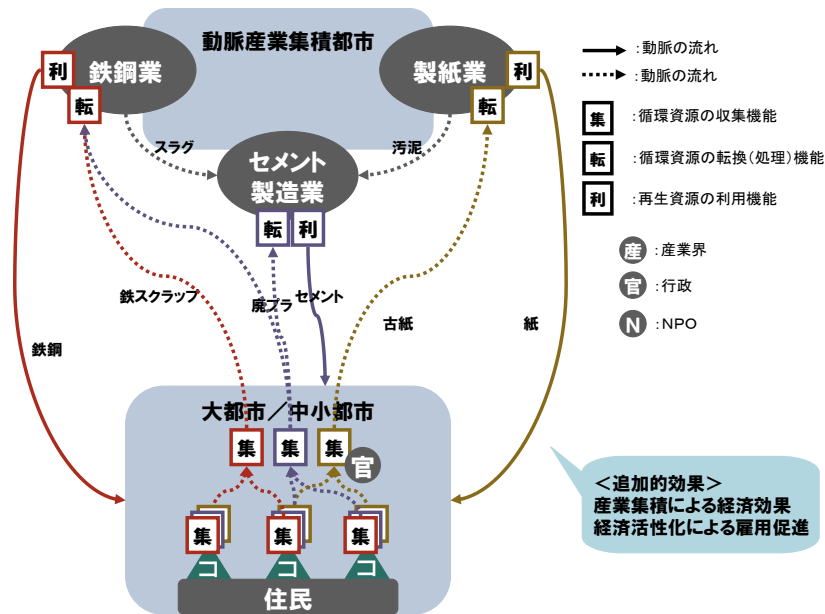


図 1-4 動脈産業地域循環圏のイメージ

1.3.4 静脈産業（広域）地域循環圏

循環型産業を集積したエコタウン等を中心とした比較的広域な循環圏で保有する転換（処理）技術に優位性を持ち、広域で収集することによる規模の効率性を有する。

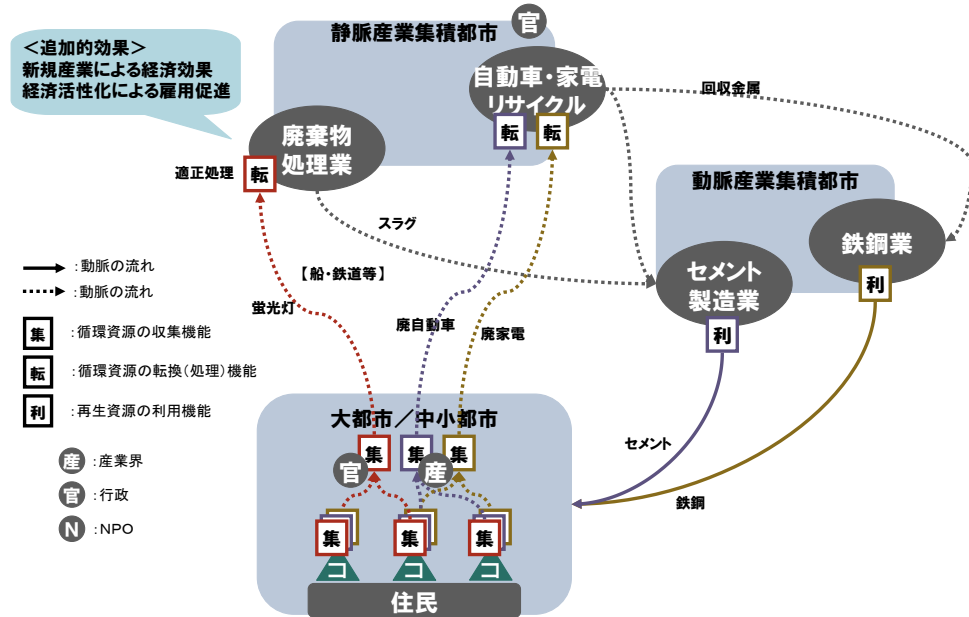


図 1-5 静脈産業（広域）地域循環圏のイメージ

1.4 地域循環圏の高度化の方向性

地域の特性を生かした地域循環圏とその拠点を重層的かつ有機的に繋げていくことで、より高度な循環を通じて、低炭素化と資源代替とともに、低コスト化や高付加価値化及び社会的な安定性を実現することが可能となることを期待する。具体的には以下の 2 つの方向性により高度化が可能となる。

第一に、複数の循環圏が階層的・有機的に繋がることで循環のルートが多様化し、複数の循環ルートの中からより効率的なルートが選択され、多くの量が集まりやすくなり規模の経済が働くことで、循環全体が効率化される。また、多様化による収集側・受入側の選択肢が広がることから、循環システム全体の安定化にも寄与すると考えられる。循環資源については、収集量の変動する可能性もあることから、複数の処理ルートを持つことにより、循環資源確保の平準化が図られる。

さらに、地域循環圏の拠点の最小単位である地域コミュニティ基盤の活用（主に収集機能の活用）により、循環資源の質的向上や量的な増加が期待される。その結果、より高付加価値な循環の形成や量の確保によるシステム全体の安定性向上に寄与すると考えられる。なお、循環により再生された製品等（生ごみ堆肥でつくった農産物等）はコミュニティで利用されることにより、地域循環圏が形成される。

1.5 国内外の地域循環研究の整理

1.5.1 海外における地域循環研究の整理

産業エコロジーの分野では1990年代の循環型の産業システムの理念的な議論に続いて、2000年に入って循環の範囲についての議論が行われてきた。産業地区内での資源循環の連携を産業共生（industrial symbiosis）と定義して、デンマークのカルンボーを先例としてきた。Chertow (2000)²⁾は産業共生を「従来は産業工場毎に個別に行われてきた物質やエネルギー、水資源及び副産物の交換を主体間の連携によって競争力を持つこと」と定義して、特に地理的に近接する主体間で実現することが鍵であるとしている。

そのほかにも、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³⁾。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⁴⁾や地域の環境容量の観点⁵⁾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一つとされる地理的近接性 (geographical proximity) に関する記述⁶⁾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⁷⁾。こうした議論は、理論的な検討から、記述的・定性的なものにとど近年にあり、実証的・定量的な手法を用いて分析は近年まで多くは行われてこなかった。

産業共生または、都市共生 (Urban Symbiosis) とよぶ研究のアプローチも2000年行こう盛んになっている。新規自然資源の消費を抑制して、環境負荷の発生を抑制する取り組みに

ついて以下のように整理している (Chen&Fujita et.al (2010))⁸⁾。すなわち、産業共生についての学術的な定量的検証が進む一方で (Chertow & Lombardi, 2005⁹⁾ ; Jacobsen, 2006¹⁰⁾; van Berkel et al., 2009¹¹⁾)、循環の拠点の形成にあたって計画的な事業を展開する例はいまだ多くはない。世界的にエコインダストリアルパーク (Eco-Industrial Park ; EIP) の取り組みをみても、循環型の産業が事業として成立した例は多くなく、これは産業共生やEIPを自然発生的に生まれて市場経済で成立することを前提にして、適正な政策立案の下で推進されていない傾向があることが指摘されている (Chertow, 2007¹²⁾; Desrochers, 2002¹³⁾; Sterr & Ott, 2004¹⁴⁾)。

さらに、産業共生での行政による政策介入 (Costa et al., 2010¹⁵⁾)や主体間の連携の形成や地域での連携と協働 (Gibbs & Deutz, 2007)¹⁶⁾、情報共有 (Sterr & Ott, 2004¹⁴⁾)に加えて、適正な空間規模が重要である (Desrochers, 2002¹³⁾; Sterr & Ott, 2004¹⁴⁾)ことの研究がそれぞれ進められている。

とくに、資源循環圏については循環の空間的スケールが拡大することによって循環する資源量が拡大してその質の多様化と量の安定性をもたらすことは容易に想像できるが、廃棄物輸送に伴う社会的費用を考慮すれば一定の適正規模が存在することとのトレードオフのメカニズムの検証が重要となる。

ドイツライン川流域圏で広域の循環圏域を形成することにより資源の需給両面での事業性が高まり、その二次利用が可能になることが明らかにされている (Sterr & Ott, 2004)。すなわち、より大規模な循環圏を形成することにより、循環資源の多様性を確保することが容易になり、資源の収集が可能になることや、社会的な連携による循環が可能になることなどが指摘されている。

1.5.2 地域循環の定量的研究

循環圏を形成するには、技術や政策導入による環境負荷削減がどの主体に帰属するか、あるいはどのような空間範囲に波及するかを客観的に科学的手法を用いて評価する方法論が必要となるが、これまでの資源循環にかかわる技術や政策の評価研究では必ずしも明示的には論じられていない。国や自治体での政策形成や技術導入においては、それによる受益の種類や範囲、さらにはそれに伴う費用・労力等の負担を明らかにする方法論の開発が重要となる。

Wongら (2007)¹⁷⁾は、川崎市を事例として、都市内で発生する一般廃棄物を市臨海部に立地する循環型産業施設に循環させることにより生じる環境負荷削減効果算定を算定した。その結果、ミックスペーパーなどの資源化によって、最終処分量の削減効果が期待されること、CO₂削減効果にとって特にプラスチックの分別収集・処理が有効となること、4工場体制に比べ3工場体制は、資源循環促進、CO₂排出量削減、コスト削減などの面で効果が期待されることなどが明らかになった。

また、松本(2003)¹⁸⁾は、家庭系厨芥類の循環利用について、2020～2050年の期間の人口増加や住宅開発地区へのディスポージャー等を考慮した3つのシナリオを策定し、メタン発酵や

コンポスト、生分解性プラスチック等の転換技術の導入とその組合せによるエネルギー消費、CO₂排出変化について研究した。

栗栖ら（2003）¹⁹⁾は、武庫川流域圏を対象として、下水汚泥、厨芥類、家畜糞尿、作物残渣、木屑等の有機物質の性状と発生量さらには再資源化製品の需要量を考慮した資源循環区を設定し、メタン発酵やガス化溶融、コンポスト化等の再資源化技術を導入することによるCO₂排出削減量を評価する技術適合性評価システムを構築した。

研究チームでは日本でのエコタウンの解析をふまえて、産業共生に対して都市共生 (urban symbiosis) の概念を定義して「都市からの副産物を産業活動にとっての資源やエネルギーの代替利用すること」として定義し (van Berkel (2009) ¹¹⁾)、そこでは、都市・地域のスケールでの資源循環の有効性を議論している。

近年になり、エコタウン施設群や世界のいくつかのエコタウンなど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、手法が提示され、環境負荷の算定結果が報告されるようになってきた(表 1-1)。

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²⁰⁾。著者らは、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²¹⁾

海外でも、産業共生地区やエコインダストリアルパーク (Eco Industrial Park, EIP) 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¹⁰⁾。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⁹⁾。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²²⁾。

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:2,823 PJ/y CO ₂ 削減量: 208,000 t-CO ₂ /y SO _x 削減量: 425 t-SO ₂ /y NO _x 削減量: 461 t-NO ₂ /y	21)
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: 600,000 t-CO ₂ /y	22)
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:500,000 m ³ /y CO ₂ 削減量: 154,788 t-CO ₂ /y SO ₂ 削減量: -304 t/y NO _x 削減量: 389 t/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: 1,978 t/y NO _x 削減量: 211 t/y PM10削減量: 123 t/y CO削減量: -15 t/y CO ₂ 削減量: 51,000 t/y	9)
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:13 PJ/y CO ₂ 削減量: 900,000 t-CO ₂ /y SO _x 削減量: 4,300 t-SO ₂ /y NO _x 削減量: 4,200 t-NO ₂ /y	23)

表 1-1 国内外の定量的な地域循環研究

1.6 エコタウンにおける地域循環特性の検討

研究グループが環境省との連携でエコタウンの調査手法について基本フレームを開発して、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。この調査方法開発プロセスを図-6に示す。

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-7）。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表-2で施設種類別に示す。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-8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。

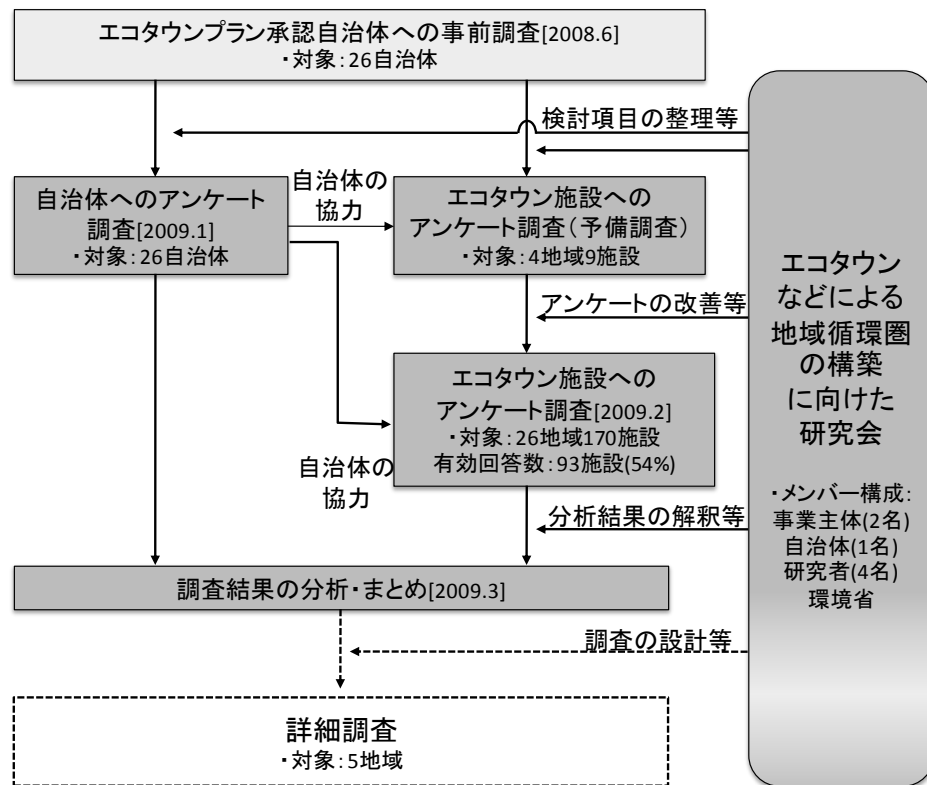


図1-6 調査の設計と実施手順の流れ

表-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)

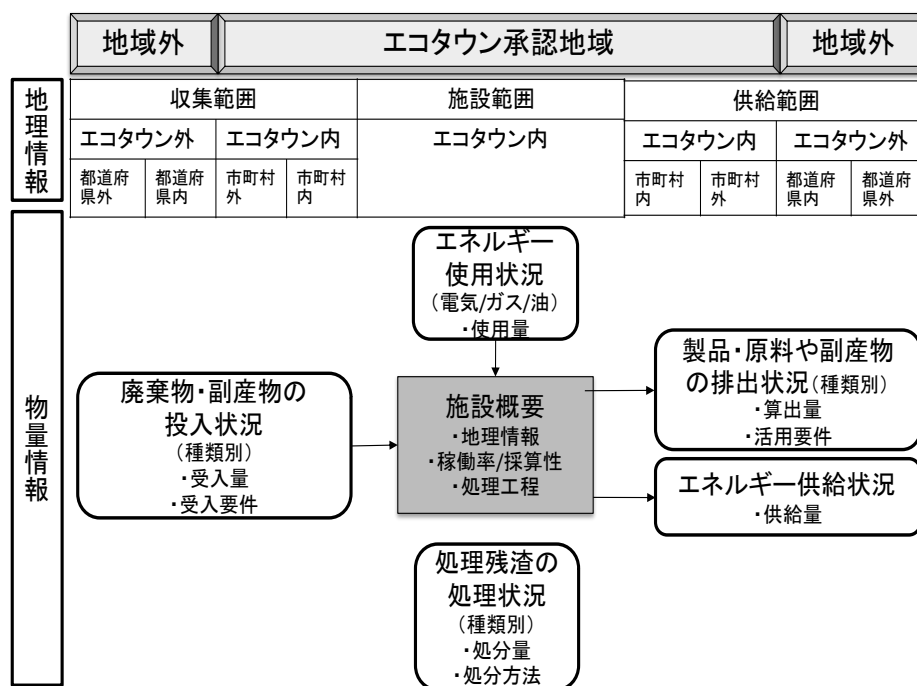


図1-8 本稿に関わる調査項目

分析からの地域循環に関する知見を要約すると、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ことや、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。

参考文献

- 1) 環境省, 循環型社会形成推進基本計画:2008.3.
- 2) Chertow, M. R., Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337. 2000.
- 3) Korhonen, J. : Environmental planning vs. systems analysis: Four prescriptive principles vs. four descriptive indicators, *J. Environ. Manage.*, Vol. 82, Issue. 1, pp. 51-59, 2007.
- 4) Ring, I. : Evolutionary strategies in environmental policy, *Ecol. Econ.*, Vol. 42, Issue. 3, pp. 415-427, 2002.
- 5) Wackernagel, M and Rees, W. E. : Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective, *Ecol. Econ.*, Vol. 20, Issue. 1, pp. 3-24, 1997.
- 6) Mirata, M. : Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme, *J. of Cleaner Prod.*, Vol. 13, Issues 10-11, 2005.
- 7) Ehrenfeld, J. and Gertler, N. : The evolution of interdependence at Kalundborg, *J. Ind. Ecol.*, Vol. 7 Issue.1, pp. 1-4, 2000.
- 8) Chen, X., Fujita, T., Ohnishi, S., Fujii, M. & Geng, Y. The Impact of Scale, Recycling Boundary and Type of Waste on Urban Symbiosis: An Empirical Study of Japanese Eco-Towns. *Journal of Industrial Ecology. in revision*.
- 9) Chertow, M. R. and Lombardi, D. R. : Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 39 Issue. 17, pp. 6535-6541, 2005.
- 10) Jacobsen, N. B. : Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark - A quantitative assessment of economic and environmental aspects, *J. Ind. Ecol.*, Vol. 10 Issue. 1-2, pp.: 239-255, 2006.
- 11) van Berkel, R., Fujita, T., Hashimoto, S. & Fujii, M.. Quantitative Assessment of Urban and Industrial Symbiosis in Kawasaki, Japan. *Environmental Science & Technology*, 43, 1271-1281. 2009a
- 12) Chertow, M. R.. "Uncovering" industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11, 11-30. 2007
- 13) Desrochers, P. Regional development and inter-industry recycling linkages: some historical perspectives. *Entrepreneurship and Regional Development*, 14, 49-65. 2002
- 14) Sterr, T. & Ott, T.. The industrial region as a promising unit for eco-industrial development - reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 12, 947-965. 2004
- 15) Costa, I., Massard, G. & Agarwal, A. 2010. Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries. *Journal of Cleaner Production*, In Press, Corrected Proof.
- 16) Gibbs, D. & Deutz, P. 2007. Reflections on implementing industrial ecology through

eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1683-1695.

- 17) Wang, L..F., 藤田壮, 柳奈保子, 土田えりか: 川崎エコタウン産業共生技術の中核とする資源循環政策シナリオ評価システム, 環境システム研究論文集, Vol. 35 , pp. 431-440, 2007
- 18) 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
- 19) 栗栖雅宜, 藤田壮, 盛岡通: 武庫川流域圏における有機物資源リサイクルシステムの構築と評価, 環境システム研究論文集, Vol. 31, pp. 333-342, 2003
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) Eckelman, M. I. and Chertow, M. R. : Quantifying Life Cycle Environmental Benefits from the Reuse of Industrial Materials in Pennsylvania, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 43 Issue. 7, pp. 2550-2556, 2009.