

地域循環圏形成に向けての考察とシステム提案

藤田 壮¹・陳 旭東²・鶴飼隆広³・新井理恵³

¹正会員 博士(工学) (独)国立環境研究所 環境技術評価システム研究室
(〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

E-mail: fujiita77@nies.go.jp

²学生会員 MCP 名古屋大学大学院環境学研究科博士後期課程

³非会員 (株)三菱総合研究所 (〒100-8141 東京都千代田区永田町2-10-3)

本稿では地域循環圏形成についての政策的な背景を整理したうえで、これまでの産業エコロジーの分野における循環事業成立の要因及び主体間連携についての研究を体系的に整理するとともに、国内の循環圏形成の事例についての調査から資源の種類別の循環形成の特性を明らかにした。そのうえで、地域の特性に応じた循環圏のタイプとして里山連携型、産業連携型、郊外住宅連携型、広域連携型の地域循環圏を提示してその推進方策を提案した。

Key Words: resource circulation, industrial ecology, industrial symbiosis, regional circulation

1. はじめに

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。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。廃棄物や資源はその種別、量によって適正な処理の技術があるとともに、循環の適正な規模が存在することは明らかであり、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。

環境省では、地域循環圏の望ましい姿について議論するために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。

本稿では、国際的な地域循環圏形成の議論の背景を整理したうえで、この検討会の議論をもとに、国内における地域循環圏を志向する事例調査と分析に基づいて、今後の地域循環圏形成の類型とその推進の方策についての提言を示す。

2. 資源循環の地域圏についての議論の整理

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

源循環の連携は産業共生 (industrial symbiosis) と呼ばれて、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。また著者らは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 (Berkel (2009)³⁾、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。その他にも、エコインダストリアルパークやエコタウンの実証研究を通じての資源循環の地域特性の研究がすすめられている (Chertow, 2007; Chiu & Yong, 2004; van Berkel et al., 2009b)⁴⁾。

また、筆者らは産業共生や都市共生によって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))⁷⁾。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, 2005⁸⁾; Jacobsen, 2006⁹⁾; van Berkel et al., 2009a), 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, 2007; Desrochers, 2002a¹⁰⁾; Sterr & Ott, 2004¹¹⁾。

さらに、産業共生での行政による政策介入 (Costa et al., 2010)や主体間の連携の形成や地域での連携と協働 (Gibbs & Deutz, 2007)¹²⁾、情報共有 (Sterr & Ott, 2004)に加えて、適正な空間規模が重要である (Desrochers, 2002b¹³⁾; Sterr & Ott, 2004)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。また、筆者

らは循環事業の規模と循環圏域の形成について循環資源の種類ごとに分析している (大西ほか, 2010)¹⁴⁾。

3. 地域循環圏構築の取り組み例

地域循環圏の現状の取り組みについて、県及び政令市について地域の資源循環の状況と、循環計画・循環白書等の文献調査を行い部分的に電話調査によって、次の項目を調査した。

- ①各循環資源の地域での循環・受け皿・課題の状況
- ②地域において循環利用の面で特に課題のある循環資源及びその循環・受け皿の状況、具体的な課題。
- ③独自に実施している調査等があれば調査背景、調査に基づく循環資源の状況。
- ④地域で進めている地域循環施策
- ⑤地域における先進的な循環の事例。

食品残渣については、共通にみられる施策として、「食品リサイクル法の推進」のほか、「堆肥化の推進」「コンポスト化の推進」が複数の自治体で見られた。特徴的な施策としては「産業界、学識経験者と連携した排出抑制技術の開発及び技術情報提供 (和歌山県)」や、廃棄物回収の視点では「生ごみ堆肥化物のスーパーマーケット等の民間協力店での拠点回収 (福岡市)」、その他に、地域での資源再生利用について「生ごみから生分解性プラスチック原料製造の実証試験 (福岡県)」、「堆肥の有効活用 (北九州市)」 「生ごみコンポストの利用できる貸農園の普及 (北九州市)」 「生ごみからの生分解性プラスチック製造などの実証研究事業の事業家促進 (北九州市)」があった。

木材については、共通施策として、「建設リサイクル法の推進」「木質バイオマスの利用 (燃料、堆肥化)」を挙げることができる。特徴的な施策等として、排出抑制策では「廃木材や間伐材の活用 (京都市、川崎市、広島市)」 「建築資材リユースの研究 (広島市)」がある。廃棄物回収の視点では「効率的・効果的な収集システムの検討 (山形県)」 「効率的な収集運搬システムの開発 (福岡県)」、再資源化の視点では「木材パレットの効率的・効果的なリサイクル方法の検討 (山形県)」、また、再生資源の活用促進の視点では「チップ再生品の新たな用途先開発 (山形県)」 「需要者が求める価格や量に対応した木質バイオマスの供給体制の確立 (福岡県)」が挙げられる。資源循環ルートの確立を促進するために「建設副産物の有効利用のための地域循環モデル (栃木県)」 「再資源化を民間リサイクルルートによって積極的に行うように働きかける (札幌市)」などの取組を行っていることもある。

バイオマスについては「バイオマス資源（木質バイオマス、食品、紙等）利用促進」「バイオマス資源に関する情報提供」が共通に見られた。特徴的な施策等として、再生資源の活用促進の視点で「堆肥の利用拡大（山形県）」「農業分野での肥飼料としての受入の拡大、メタン発酵やガス化、燃料化等のエネルギーとしての循環利用を推進するための仕組みづくり（青森県）」「廃食用油のバイオディーゼル燃料としての利用（秋田県、京都市、札幌市）」が見られた。

プラスチックについては共通の施策等として「プラスチック容器包装の分別収集の推進」「地域の推進協議会を中心とした農業用廃プラスチックの回収」「レジ袋削減」「マイバッグ利用促進」などが挙げられる。特徴的な施策等として、排出抑制策では「リユースカップ・リターナブル容器の利用促進（名古屋市、京都市、千葉市）」がある。再生資源の活用促進の視点では「廃プラスチックのサーマル利用（広島市）」「県内の産業特性を活かした廃プラスチックのケミカルリサイクル促進（山口県）」「熱回収も含めた処理方法の検討（神戸市）」が見られた。

レアメタルについて、課題や施策等を把握している自治体は非常に少なく、回収促進の意向やモデル的な事業の実施例を数例把握できるのみであった。特徴的な施策等として、廃棄物回収の視点で「中型家電機器の回収実験（秋田県）」、再資源化の視点で「抽出・分離技術の高効率化・低コスト化（福岡県）」、再生資源の活用促進の視点では「リサイクル業者、研究機関、レアメタルユーザー企業の集積（福岡県）」があった。

さらに、資源循環に関する先進事例を選び、「これまでの展開・経緯」「取組内容」「成果・実績」「苦労した点・克服した課題」「現状の課題・今後の展開」について食品残渣、木材、プラスチック、レアメタル、蛍光灯毎について調査したうえで、それぞれの循環のプロセスを、廃棄物・循環資源を「集める」、集めた循環資源を「転換（処理）する」、転換したモノを「利用する」という3つの段階に分けて、取り組みの特徴を表に整理した。

4. 地域循環圏のタイプの提案

循環形成についての研究および地域循環形成の事例調

表 地域循環事例の特徴の整理

資源・廃棄物	集める	転換（処理）する	利用する
食品残渣	- コミュニティ（家庭）や学校の単位で回収し、分別を徹底させている。 - 食品関連販売事業者からは継続的に一定量以上の食品残渣を回収し、回収を効率化・安定化させている。	- 用途に合わせて良質な堆肥づくりやスピーディな飼料づくりが行われている。 - メタンガスの生産や良質なバイオディーゼル燃料への転換に係る技術の開発が進んでいる。	転換（処理）施設のある自治体や公共施設、近隣農家に提供・販売する体制を確立している。
木材	地域内工場や森林組合が連携し、地域内廃材を効率的に回収している。	木質チップやペレットの製造、ボイラー燃料の製造が行われている。	- 転換（処理）施設内近辺の工事等で利用する他、施設内あるいは近隣施設のエネルギーとして利用する体制を確立している。 - バイオマスタウン施設と連携している地域が多く、資源回収から利用まで、地域内で循環させている例も多い。
プラスチック	近隣都道府県など広範囲から回収している。	フレイク状やプラスチック粒化させ、原料化している。	転換（処理）施設が動態産業都市地域にあり、素材産業が原料として受け入れている。
レアメタル	実験的な試みではあるが、地域内に回収ボックスを設置し、回収している。	再資源化に係る技術開発が進められている。	素材産業が原料として受け入れることが期待されるが、現状では試験的な実施にとどまる。
蛍光灯・乾電池等（水銀含有製品）	自治体単位で回収しており、住民に分別を徹底させている。	無害化処理、再資源化処理の技術を開発し、利用している。	再生資源は、それらの資源を必要とする産業や研究機関が受け入れている。

査をもとに、地域循環圏の類型を提案してその循環の規模、排出・受入の地域循環圏のパターンを示す。

①里地山地域循環圏

農山村を中心とした循環圏を想定する。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。

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）との連携を中心とする。農村で受入可能なバイオマス資源の連携が中核となり、生産した農産物を都市部で消費する循環も形成する。循環資源の排出側である都市と受入側である近郊（農村）との連携が鍵となり、農村で受入可能なバイオマス資源の循環形成や、生産した農産物を都市部で消費するという循環を構成する。

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、既存の産業インフラを活用して、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。

④広域循環圏

大規模な循環型産業の核として地域間で連携して広域な循環圏を形成することを想定する。広域で収集することによる規模の効率性を確保する。

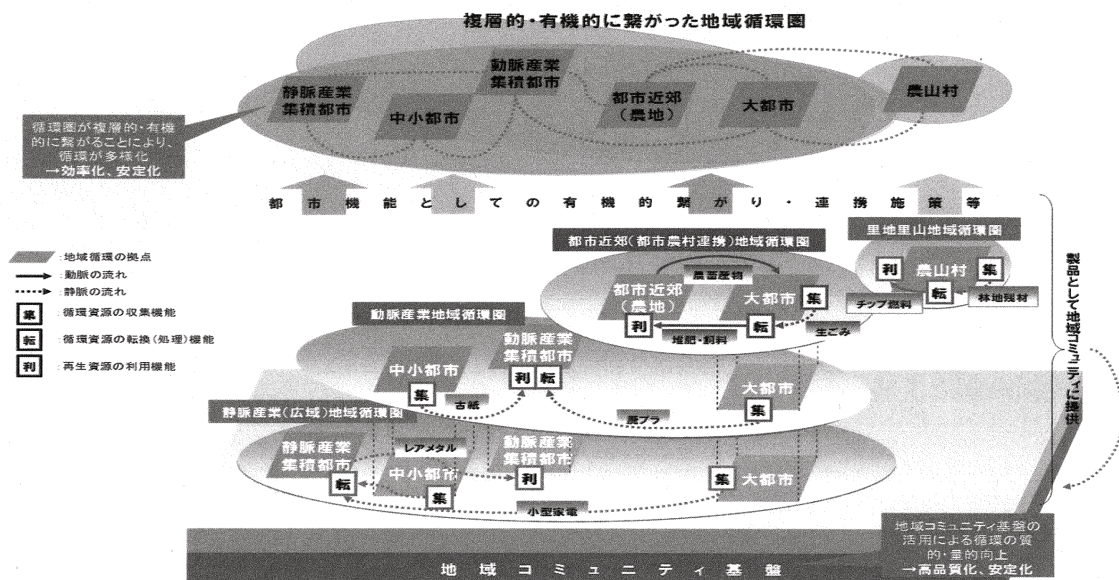


図 地域循環圏の類型化とその重層的な構成のイメージ

謝辞：本論文は「環境省：地域循環圏形成推進に向けた検討会」（座長；藤田壮）の検討に依拠しており，環境省循環室大森室長をはじめとする関係者に厚く御礼を申し上げます。ただし，内容についての責任は著者らにある。また，本論文の一部は環境省循環型社会形成推進科研費（K-2162）の一環として行われた。

参考文献

- 1) 環境省：循環型社会形成推進基本計画2008
- 2) Chertow, M. R. 2000. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337.
- 3) van Berkel, Rene, Fujita, Tsuyoshi, Hashimoto, Shizuka, and Geng, Yong. 2009b. Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town. *Journal of Environmental Management*, 90, 1544-1556.
- 4) Chertow, M. R. 2007. "Uncovering" industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11-30.
- 5) Chiu, A. S. F., and Geng, Y. 2004. On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries. *Journal of Cleaner Production*, 12(8-10), 1037-1045.
- 6) van Berkel, Rene, Fujita, Tsuyoshi, Hashimoto, Shizuka, and Fujii, Minoru. 2009a. Quantitative Assessment of Urban and Industrial Symbiosis in Kawasaki, Japan. *Environmental Science & Technology*, 43(5), 1271-1281.

- 7) X. Chen, T. Fujita et al. 2010. The Impact of Scale, Recycling Boundary and Type of Waste on Urban Symbiosis: An Empirical Study of Japanese Eco-Towns. *J. of Industrial Ecology*, Submitted.
- 8) Chertow, M. R., and Lombardi, D. R. 2005. Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. *Environmental Science & Technology*, 39(17), 6535-6541.
- 9) Jacobsen, N. B. 2006. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark - A quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1-2), 239-255.
- 10) Desrochers, P. 2002a. Industrial ecology and the rediscovery of inter-firm recycling linkages: historical evidence and policy implications. *Industrial and Corporate Change*, 11(5), 1031-1057.
- 11) Stier, T., and Ott, T. 2004. 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(8-10), 947-965.
- 12) Gibbs, D., and Deutz, P. 2007. Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1683-1695.
- 13) Desrochers, P. 2002b. Regional development and inter-industry recycling linkages: some historical perspectives. *Entrepreneurship and Regional Development*, 14(1), 49-65.
- 14) 大西・陳・藤田：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,2010.

SPATIAL PERSPECTIVES OF RESOURCE CIRCULATION AND PROPOSALS

Tsuyoshi FUJITA, CHEN Xudong, Takahiro UKAI, and Rie AKIYAMA

Based on the discussion of policy backgrounds for circular regions in Japan, papers of industrial ecology and societal systems for resource circulations are systematically reviewed. Demonstrative regional circulation projects are investigated and key features for different resource categories are provided. Policy proposals for different types of circular regions and central functions are proposed for agri-forestry region, urban and industrial collaboration regions, urban residential regions and large scale circulation regions.