

学位論文

資源循環拠点の持つ環境的側面の
総合評価に関する研究

平成28年3月

鶴田 直

目 次

1. 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 エコタウン事業の現状と提案	2
1.2.1 エコタウン事業の実績と課題	2
1.2.2 北九州エコタウンの概要	5
1.2.3 地域循環圏の機能としてのエコタウン事業評価の必要性	7
参考文献	7
2. 既往研究と本研究の目的	8
2.1 既往研究及び研究の位置付け	8
2.2 研究の目的と構成	9
参考文献	10
3. MFA 及び LCA を用いた北九州エコタウン事業の効果の推計	12
3.1 緒言	12
3.2 評価方法の概要	13
3.2.1 調査対象	13
3.2.2 調査項目	13
3.2.3 分析手法	14
3.3 調査・分析結果	14
3.3.1 北九州エコタウン事業の MFA	14
3.3.2 北九州エコタウン事業の LCA	17
3.3.3 マテリアルバランス表を用いた北九州エコタウン事業の寄与度分析	22
3.4 結言	25
参考文献	26

4. 物質フローから見たエコタウンの変化	27
4.1 緒言	27
4.2 評価方法の概要	27
4.2.1 調査対象	27
4.2.2 調査項目	28
4.2.3 分析手法	29
4.3 調査・分析結果	31
4.3.1 投入・産出構造の変化	31
4.3.2 輸送距離の変化	35
4.3.3 エコタウン事業の特性分析	42
4.4 結言	46
参考文献	47
5. 環境負荷削減効果から見たエコタウンの変化	48
5.1 緒言	48
5.2 評価方法の概要	48
5.3 調査・分析結果	49
5.3.1 環境負荷削減効果（LCA）の変化	49
5.3.2 CO ₂ 削減量の構造変化分析	51
5.4 結言	57
参考文献	58
6. 結論	59
6.1 北九州エコタウンの評価結果	59
6.2 地域循環圏としての北九州エコタウン	60
参考文献	62
謝辞	63

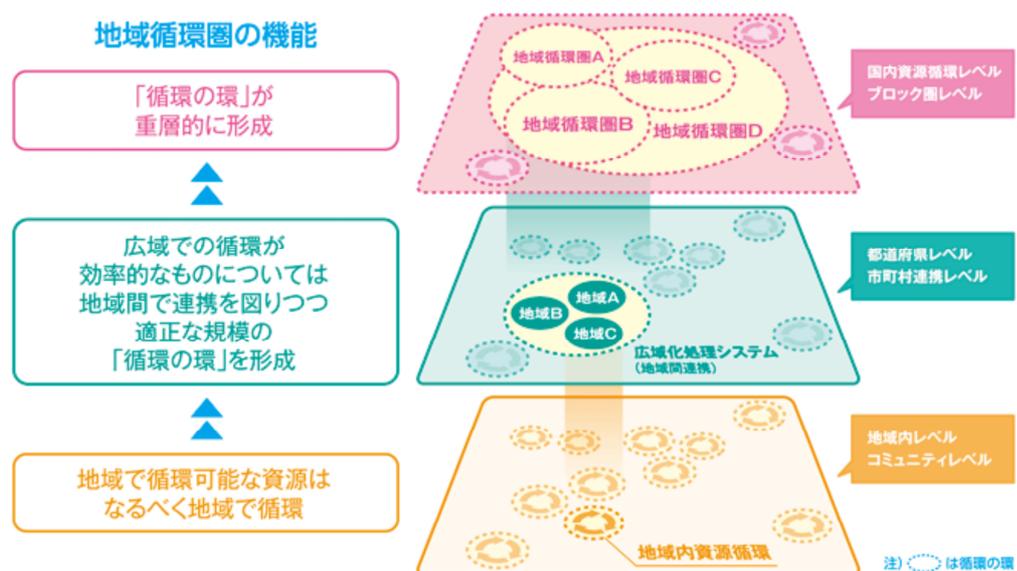
1. 序論

1.1 研究の背景

2008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、「地域循環圏」の考え方が初めて紹介された。地域循環圏とは、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物質が循環する環を広域化させていき、重層的な地域循環を構築していこうという考え方である。地域循環圏の考え方を図1-1に示す。

地域循環圏の大きな方向性は、単に廃棄物等を資源として循環させるだけでなく、地域特性を活かした地域循環圏形成の取り組み推進をとおして、地域の活性化につなげることである。例えば、地域人材の育成、ネットワークの形成、産業の創出、雇用機会の創出などの成果につながり、地方創世の原動力になることが期待されている。

また、2012年7月に公表された地域循環圏形成推進ガイドライン¹⁾の中では、特に広域的かつ効率的な地域循環圏の推進については、エコタウン事業等の既存事業を活用することとされている。エコタウン事業とは、「ゼロ・エミッション構想」を地域の環境調和型経済社会形成のための基本構想として位置づけ、併せて、地域振興の基軸として推進することを目的として、1997年に創設された制度で、現在は26の地域がエコタウン事業に承認されている。このエコタウン事業については、都市やその近郊で発生した循環資源の再資源化（都市・近郊地域循環圏）の他、それを超えるより広域的な資源循環において大きな役割を果たすことも期待されている²⁾（循環型産業 [広域] 地域循環圏）。



出典：環境省 HP http://www.env.go.jp/recycle/circul/area_cases.html

図1-1 地域循環圏の機能

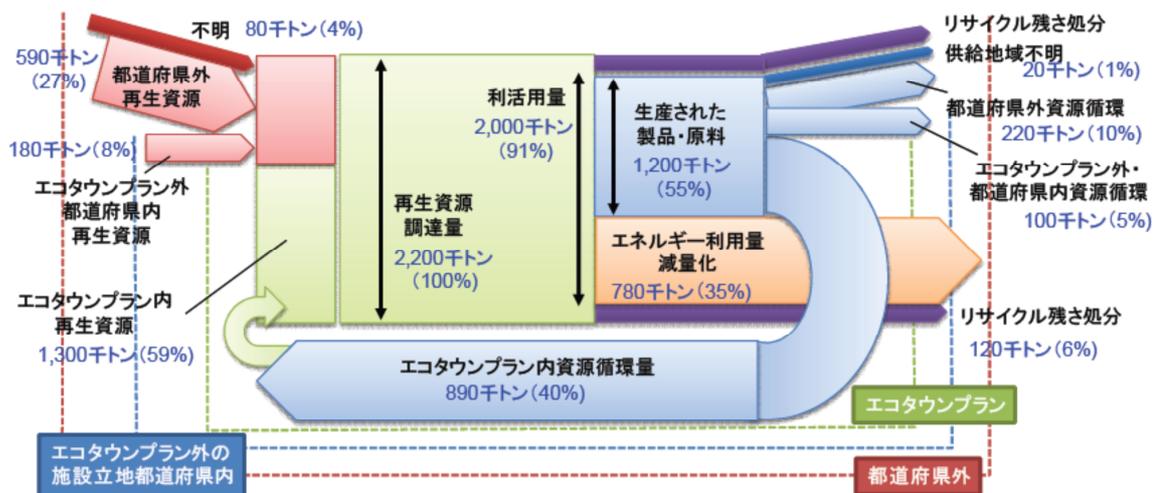
1.2 エコタウン事業の現状と提案

1.2.1 エコタウン事業の実績と課題

エコタウン事業は、地域の産業蓄積などを活かした環境産業の振興および地域の独自性を踏まえた資源循環型経済社会の構築を目的に、地方自治体が、地域住民、地域産業と連携しつつ取り組む先進的な環境調和型まちづくりを支援するものとして実施されてきた。現在は26の地域がエコタウン事業に承認されている。(図1-3)

具体的には、地方自治体がそれぞれの地域の特性を活かした「エコタウンプラン(環境と調和したまちづくり計画)」を作成し、そのプランの基本構想、具体的事業に獨創性、先駆性が相当程度認められ、かつ、他の地方公共団体の見本(モデル)となりうる場合、経済産業省および環境省はエコタウンプランとして共同承認するとともに、地方公共団体および民間団体が行う循環型社会形成に資する先導的なりサイクル施設整備事業に対し財政支援を実施した。

実際、1997年にエコタウン事業が創設・実施されて以降、様々な循環資源のリサイクルが進展している。図1-2は、エコタウン施設におけるマテリアルフローを全国ベースで推計したものである。主として、エコタウンプラン内の地域からの調達が多いが、都道府県外からも27%調達しており、広域的に事業が進められている。また、エコタウン施設で利活用されている資源は、マテリアル利用が55%、エネルギー利用及び減量化が35%となっており、全体の9割が利活用されている。利活用された製品、原料はエコタウンプラン内の地域で主に利用されており、地域への貢献度が大きいことが想定される。



出典：平成20年度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（環境省）

図1-2 エコタウン施設におけるマテリアルフロー

また、エコタウン事業による環境効果を示したものが表 1-1 である。この表によると、エコタウン施設での利活用により、最終処分量の削減効果が約 1,000 千 t/年、資源消費の削減効果が約 1,200 千 t/年、CO₂ 排出削減効果が約 420 千 t-CO₂/年と推計されており、環境負荷削減の面でもエコタウンの重要性が示されている。

表 1-1 エコタウン全体での環境負荷削減効果

項目	削減効果	主な要因
最終処分量削減効果	約 1,000 千トン/年	がれき類、一廃、産廃等
資源消費削減効果	約 1,200 千トン/年	建設資材、金属類、プラ類等
CO ₂ 排出削減効果	約 420 千トン-CO ₂ /年	金属類、鉄鋼副原料、プラ類等

出典：平成 20 年度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（環境省）

「平成 20 年度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³⁾」によると、エコタウン立地企業の課題として、「原料の確保及び販売先の確保」が最も多いという調査結果がでていいる。この主な要因として、調達側では、「他社との競争」「廃棄物・副産物の減少」が、産出側では、「近場での活用先が困難」、「バージン材の価格変動により販路が不安定」、「遠方での活用を見出したいが輸送コストが問題」がそれぞれ挙がっていた。

これらの課題を解決するための方法として、地元産業のコンビナート機能を活かした廃棄物・副産物の徹底的なリサイクル、物流の効率化によるコスト削減、静脈産業間ならびに動脈産業間でのネットワークの構築・強化、行政政策等による廃棄物・副産物のリサイクルへの誘導、リサイクル製品の公共事業への優先的活用、補助金等による事業者費用負担の軽減などが、各エコタウンの取組み事例から挙げられる。

ただし、他社との競争やバージン材の価格変動などについては、国内だけでなく海外の事業者まで絡んでくる問題であり、地域的な優位性だけでなく、エコタウン事業の役割の明確化や需要家のニーズにあわせた事業者の位置づけの明確化が非常に重要であると考えられる。

1.2.2 北九州エコタウンの概要

(1) 北九州エコタウンの実績と課題

北九州エコタウンは、第1号承認地域の一つとして、1997年7月にエコタウン事業の承認を受けた。翌1998年4月には「北九州エコタウンプラン実施計画」を策定し同市若松区響灘地区で事業を開始した。1998年7月に、西日本ペットボトルリサイクル株式会社が最初のエコタウン補助金支給を受けて操業を開始したことを皮切りに、2010年11月までに北九州エコタウンの認定事業数は29となり、全国のエコタウンでも有数の規模となっている。(図1-4) このように事業数が増加する間、事業エリアも拡大し、現在では表1-2に示すとおり北九州市全域まで広がっている。

また、事業の拡大に伴い、民間企業、国等、市からの約600億円に上る投資が行われ、地域への雇用創出効果は約1,300人との推計もなされており、設備や人材、事業ノウハウなどの様々な集積が地域経営のインフラとなっている。(表1-3)

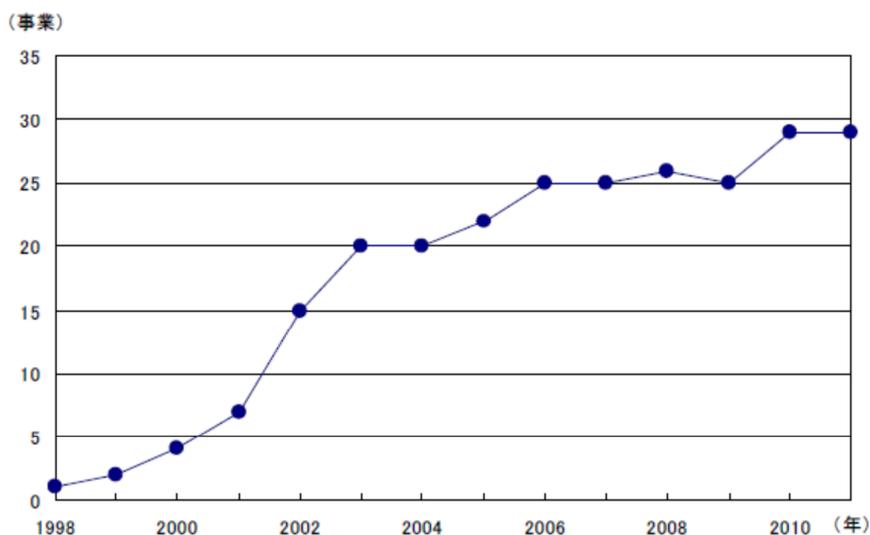


図1-4 北九州エコタウンの立地事業数の推移

表1-2 北九州エコタウンの事業エリアの広がり

時期(年月)	区域
事業承認時(平成9年7月)	若松区響灘地区
第2次実施計画策定時点(平成14年8月)	若松区響灘東部地区全体
第2次実施計画[改定]策定時点(平成16年10月)	北九州市全域

出典：北九州市エコタウン HP <http://www.kitaq-ecotown.com/outline/>

表1-3 北九州エコタウンの経済効果・雇用創出効果

投資額	約600億円(民間:6割(426億円)、国等:3割(117億円) 市:1割(61億円))
従業者数	約1,300人(非常勤を含む)

出典：IGES HP <http://www.iges.or.jp/jp/news/event/isap2010/pdf/day2/Hanada.pdf>

全国のエコタウンが「原料の確保」を最大の課題として挙げているように、北九州エコタウンでも、エコタウン事業の継続的な競争力強化のためには、調達力の強化とそのため国内での資源循環の維持が必要である。特に海外事業者の存在が驚異であり、「エコタウン事業者以外の事業者と連携した資源の海外流出を抑制するような事業の高度化」を北九州エコタウンではテーマに掲げている。そのため、立地特性を活かした更なる連携の強化、太陽光パネルリサイクルやリチウムイオン電池などの新たなリサイクル技術の実証をとおした企業価値・地域価値の創出などに力を入れている。

(2) 地域循環圏における北九州エコタウンの位置づけ

北九州エコタウンには以下に示す3つの特徴が見られる。

一つ目は、多種多様な廃棄物・副産物の受入である。全国有数の規模である北九州エコタウンでは多種多様な品目を受け入れており、受入対象物は飲料容器、OA機器、自動車、建築廃棄物など多岐にわたる。これは、北九州エコタウンの立地場所が人口集積の多い都市エリアに近い事から、ある程度の需要が見込みやすいためだと考えられる。地域循環圏の考え方では、都市・近郊地域循環圏に該当する。この循環圏では、都市機能や動脈産業集積、都市近郊の農業エリアとの連携をはかりながら、効率的な資源循環を構築していくことが求められる。

二つ目は、基幹産業や既存インフラの活用である。北九州市内および近隣には、リサイクル後の製品・資材を受け入れるためのセメントや鉄鋼、非鉄精錬、製紙などの基幹産業が存在していたため、エコタウン事業初期の計画段階から、地元動脈側企業の技術・研究リソースを使ったリサイクル事業が数多く企画された。さらに、九州でも有数の工業都市を背景に、大型車両による輸送を可能とする交通インフラが充実していた。地域循環圏の考え方では、動脈産業地域循環圏に該当する。この循環圏では、大都市エリアとの物流システムの高度化、エネルギー利活用システムの高度化などが求められる。また、臨海部であれば貴金属等の有用金属の循環圏構築も重要である。

最後は、エコタウン事業としての広域性である。特に法規制に係るようなもの（家電、OA機器、自動車、ペットボトル等）については、計画当初より広域な範囲での回収が計画され実施されている。地域循環圏の考え方では、循環型産業（広域）地域循環圏に該当する。この循環圏では、新たなリサイクルシステムの構築も含めた、循環拠点の整備による経済活動の活性化が求められる。

以上のことから、北九州エコタウンの役割及び位置づけは多様であり、企業毎もしくは業種ごとに異なった戦略での事業拡大が求められる可能性がある。

1.2.3 地域循環圏の機能としてのエコタウン事業評価の必要性

前項において、北九州エコタウンは地域循環圏の機能として、いくつかの役割を担っていることが把握できた。また、北九州市におけるエコタウン事業の位置づけも経年変化とともに変わってきていることも分かった。

現在エコタウン事業として承認されている地域は 26 箇所あるが、本承認の仕組みは既に終了しており、これ以上エコタウン事業としての承認地域が増える事は考えにくい。つまり、国などの支援が無いなかで、エコタウン事業により各地域に集積されたリサイクル等企業の役割を明確にし、エコタウン事業が有効な地域循環圏の拠点（特に広域地域循環圏）として機能を果たさなければならないのである。

このためには、現状におけるエコタウン事業の地域における位置づけや環境面での影響度を定量的に把握・評価する必要がある。

また、前項において、北九州エコタウンが地域循環圏の機能としての役割を担っていると同時に、その位置づけも経年変化とともに変わってきていることが分かった。このことから、複数年のデータを分析することで、位置づけの変化に起因して変化する事象を定量的に把握することも可能だと考えられる。

参考文献

- 1) 環境省(2012)：地域循環圏形成推進ガイドライン
- 2) 環境省(2008-2009)：エコタウン等による地域循環圏の構築に向けた研究会報告書
- 3) 環境省(2009)：平成 20 年度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
- 4) みずほ情報総研株式会社(2012)：既存静脈施設集積地域の高効率活用に資する動脈産業と静脈産業との有効な連携方策等に関する調査業務報告書

2. 既往研究と本研究の目的

2.1 既往研究及び研究の位置付け

1章で示したとおり、エコタウン事業が有効な地域循環圏の拠点として機能を果たすためには、現状における環境面や社会面、経済面における役割を把握、分析する必要がある。以下に既往研究をレビューした。

全国のエコタウン事業を対象にした現状の把握については、環境省の調査¹⁾がある。この調査は、2008年と2013年の2回にわたって、全国のエコタウンに立地している事業所170余りに対してアンケート調査を実施し、各事業所に搬入される廃棄物・副産物や排出される製品・原料、副産物などについての、地理情報や物量情報について把握・分析したものである。しかし、本調査の有効回答率は50%弱であり、補足率の点からエコタウンの実態を正確に把握できているとは言い難い。また、各事業所の受け入れや排出等に関する情勢や位置づけの変化²⁾についても、2年の調査結果をもとに考察を行っているが、両年のデータがそろわない状況にある。

エコタウンの物質循環を定量的に評価した既往研究としては、秋田エコタウンを対象とした山田ら³⁾や札幌エコタウンを対象とした柴田ら⁴⁾、川崎エコタウンを対象とした藤田ら⁵⁾がある。これらの研究は、MFAとLCAが基本的な分析手法として評価・考察が行われ、環境面も含めたエコタウン事業による効果が把握、整理されているが、立地企業の一部評価に留まっているとともに、いずれも1時点のデータの分析である。

海外のEIP (Eco-industrial Park) に目を転じると、Kalundborg⁶⁾、USA⁷⁾、Netherlands⁷⁾、Tianjin⁸⁾ (天津)、Ulsan⁹⁾¹⁰⁾ (蔚山)、DTV¹¹⁾ (Daedeok Techno Valley)、Rio de Janeiro¹²⁾を対象としてその発展過程を追った研究があるが、立地事業所数や連携数の変化については定量的な評価があるが、詳細な物質フローデータを分析するには至っていない。

これらの既往研究はいずれも、エコタウン事業あるいはEIP地域の企業データを入手し分析することに成功している。しかし、多くの場合、立地企業の一部であるためエコタウン地域全体の特性を分析できないという問題や、物質・エネルギー消費をライフサイクルで把握できていないという問題、調査を実施した1時点のみのデータであるなどの問題を有している。そのため、エコタウン地域全体の総合的な環境負荷削減効果を評価できている例は極めて少ない。また、エコタウン立地企業が周辺地域の物質収支構造に及ぼす影響についても定量的分析はない。

2.2 研究の目的と構成

そこで本研究では、環境面での定量的情報を提供するための総合評価手法を提示し、それを実際のエコタウン事業へ適用することでその有用性を検証することを目的とする。なお、実際の評価にあたっては、全国のエコタウンの中で最もリサイクル事業者の集積が進んでいるとともに、第1号承認（1997年）として長期にわたり事業を展開している北九州エコタウンを対象に定量的な評価を行うとともに、その位置づけについて分析・考察を行う。

評価方法としては、アンケート等調査により把握した物質フローデータを用いて収支や輸送距離について把握するとともに、エコタウン事業が地域全体の物質循環に与える影響を分析するため、市域全体のマテリアルバランス表を作成・分析を行う。さらに、LCAを用いた環境面での定量評価も行う。これらの調査、分析結果をもとに、北九州エコタウンの環境的側面での効果や位置づけについて考察する。

なお、本研究では資源循環拠点の一例としてエコタウン事業を取り上げるもので、本研究で示す手法はその他の循環拠点形成に係わる政策展開に対しても応用可能であると考えている。

第1章では、地域循環圏の考え方ならびに方向性を述べるとともに、その評価の必要性について述べた。第2章では、資源循環に関して評価した既往研究のレビューと本研究の目的について述べた。第3章では、MFAとLCA等の評価ツールを用いた北

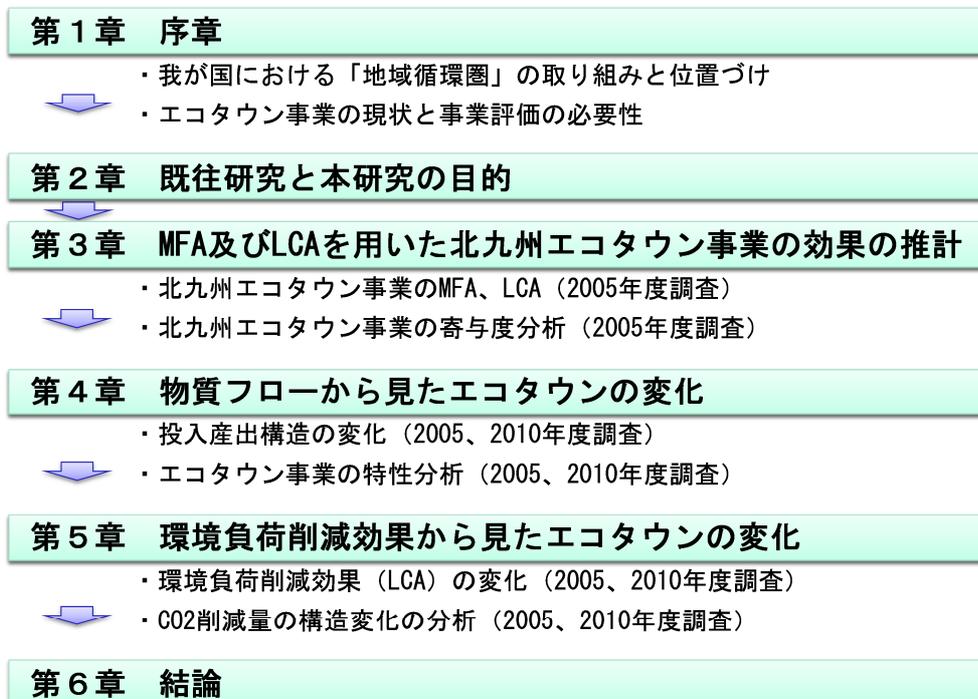


図2-1 研究のフロー

九州エコタウンの定量的評価を行うとともに、エコタウン事業の全市物質フローにしめる位置づけについて分析を行なった。第4章では、北九州エコタウンの複数年における物質フロー及び輸送距離の変化を MFA 等の評価ツールを用いて評価するとともに、変化の要因についても考察する。第五章では、北九州エコタウンの複数年における環境効果の変化を LCA 等の評価ツールを用いて評価するとともに、変化の要因についても考察する。第六章では、本研究の成果についてとりまとめるとともに、地域循環圏検討への活用可能性について考察する。

参考文献

- 1) 環境省(2008-2009)：エコタウン等による地域循環圏の構築に向けた研究会報告書
- 2) 松本亨(2014)：エコタウンの現状と課題：環境省「近年のエコタウンの実態把握に関するアンケート調査」を中心に、平成 25 年度全国エコタウン会議講演資料
- 3) 山田正人、大迫政浩、渡辺征夫、斎藤聡、藤井崇(2002)：秋田エコタウン事業の構造分析、第 13 回廃棄物学会研究発表会、 pp.200-201
- 4) 柴田智久、角田芳忠(2005)：流域圏における循環資源のマテリアルフロー分析、平成 16 年度北海道大学大学院循環資源評価学（タクマ）講座活動報告書、pp.112-116
- 5) 藤田壮、長澤恵美里、大西悟、杉野章太(2007)：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
- 6) N. B. Jacobsen (2006): Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 10, Issue 1-2, pp. 239–255
- 7) R. R. Heeres, W. J. V. Vermeulen, and F. B. de Walle, “Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, Issues 8-10, 2004, pp. 985–995
- 8) H. Shi, M. Chertow, Y. Song (2010): Developing country experience with eco-industrial parks: a case study of the Tianjin Economic-Technological Development Area in China, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, Issue 3, pp. 191–199
- 9) H.-S. Park, E. R. Rene, S.-M. Choi, and A. S. F. Chiu, “Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea—From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis”, *Journal of Environmental Management*, Vol.87, Issue 1, 2008, pp. 1-13
- 10) S. K. Behera, J. Kim, S. Lee, S. Suh, H. Park (2012): Evolution of ‘designed’ industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: ‘research and development into

business' as the enabling framework, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 29–30, pp. 103–112

- 11) D.-S. Oh, K.-B. Kim, and S.-Y. Jeong, “Eco-Industrial Park Design: a Daedeok Technovalley case study”, *Habitat International*, Vol. 29, Issue 2, 2005, pp. 269-284
- 12) L. B. E. Veiga and A. Magrini, “Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, Issue 7, 2009, pp. 653-661

3. MFA 及び LCA を用いた北九州エコタウン事業の効果の推計

3.1 緒言

1997 年に創設されたエコタウン事業は、現在までに 26 地域が承認された。事業開始後 10 年以上を経て、所期の目的を達成しているか、その評価を受けるべき時期にきている。第 2 次循環型社会形成推進基本計画¹⁾では、「地域循環圏」の考え方が述べられている。それは、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であるが、特に広域的な資源循環についてエコタウンの役割が期待されている。しかし、実状がどうなっているのか、具体的なデータを用いてそれが検証された例はなく、この観点からの検証も必要である。

さらに、近年アジア諸国にエコタウン建設あるいは循環拠点形成の動きがあり、日本の経験の移転が期待されている²⁾。一言で循環拠点形成といっても、産業間連携に主眼を置く EIP (Eco-industrial Park) と呼ばれるものや、個別品目のリサイクル拠点あるいは複数品目のリサイクル産業集積地が含まれる。日本の経験移転のためには、まず拠点間の比較分析が必要である。また、比較分析の項目としては、①外部環境、②立地・運営支援、③実績、④波及効果に関する総合的観点が必要である。ここで、①②は定性的な情報が主となるが、③④は定量的な解析によって得られる情報が主体であり、環境面のみならず、経済・社会的側面からの多面的分析が行われることが理想である。複数品目のリサイクル産業集積地においても、まずは個別品目のリサイクルが成立することが前提であり、さらにリサイクル産業集積地を 1 つの経営体として考えたときの組織運営も考察の対象となるべきである。

このような背景認識のもと、本章では、以上で概説した比較分析項目の中の、環境面の定量的情報を提供するための総合評価手法を提示し、それを実際のエコタウン事業へ適用することでその有用性を検証することを目的とする。分析対象エコタウンを、第 1 号承認地域の 1 つであり、全国的にも企業立地数が最多で、最も成功していると言われている北九州エコタウン事業とする。第 2 期計画では、エコタウン事業の対象エリアを、響灘埋立地のエリア内だけでなく、市内全域に拡張している。本章では、物質フローの面から定量的・客観的に評価することで、北九州エコタウン事業の環境負荷削減効果を定量化するとともに、市全域の物質フローに与えているエコタウン事業の位置づけについても明確にすることも試みる。

3.2 評価方法の概要

3.2.1 調査対象

本章での評価・分析は、2005年度調査（4～9月）で把握したデータを用いる。調査対象企業は、北九州エコタウン内に立地する全21事業所中の18事業所で、アンケート調査等により企業毎の物質フローを把握した。調査対象となった業種を表3-1に示す。なお、集計データは2005年度に統一し、月別平均データとして整理した。

表3-1 評価対象事業の概略（2009年7月時点）

対象事業	従業員 人	資本金 万円
ペットボトル		10,000
自動車	35	10,000
家電	50	40,000
OA機器	25	3,000
蛍光管	21	5,000
医療用具	18	4,500
古紙	7	4,000
食用油	4	210
有機溶剤	40	1,000
建設混合廃棄物-1	15	8,000
建設混合廃棄物-2	32	1,000
パチンコ台		40,000
飲料容器-1	28	1,523,100
飲料容器-2	10	5,000
プリンターナー	10	4,380
発泡スチロール	11	6,100
廃木材・廃プラスチック	30	30,000
複合中核施設	47	38,500

3.2.2 調査項目

北九州エコタウン立地企業の物質循環を分析するために、立地事業所を対象としたアンケート及びヒアリング調査を実施した。調査項目は、①エコタウン外から受入れた量、②エコタウン内から受入れた量、③処理等のため新たに投入した原材料、④エネルギー等の使用量、⑤再資源として商品化した量、⑥エコタウン外へ搬出した量、⑦エコタウン内へ搬出した量であり、18事業所に対してアンケートを実施し、回収後全事業所に対してヒアリング調査を2005年4月～9月に実施した。調査は北九州市と協働で実施し、企業・行政・大学の3者で個別情報の秘匿契約を締結した上でデータの提供を受けた。

本章では、リサイクル処理工程に投入された資源・エネルギー、排出された排気・排水データも用いてLCA手法により環境負荷削減効果を算出する。さらに、資源の投入産出構造についても、空間構造、産業部門ともにより詳細に分析する。

3.2.3 分析手法

図 3-1 に、本章の評価で用いる各種分析手法の関係を示す。

まず、MFA 及び LCA 手法を用いてエコタウン事業の環境負荷削減効果を算出する。その際、資源の投入産出の空間構造をより詳細に分析するために、エコタウン内外、市域の内外を意識して分類する。さらに、エコタウン事業が地域全体の物質循環に与える影響を分析するために、市域全体のマテリアルバランス表の作成による物質循環構造の分析と、そこでエコタウンがどのように寄与しているか詳細に分析する。その際、エコタウン関連のデータは MFA 及び LCA のための収集した情報を用い、それ以外のセクターに関しては各種統計書等、公的データを用いる。

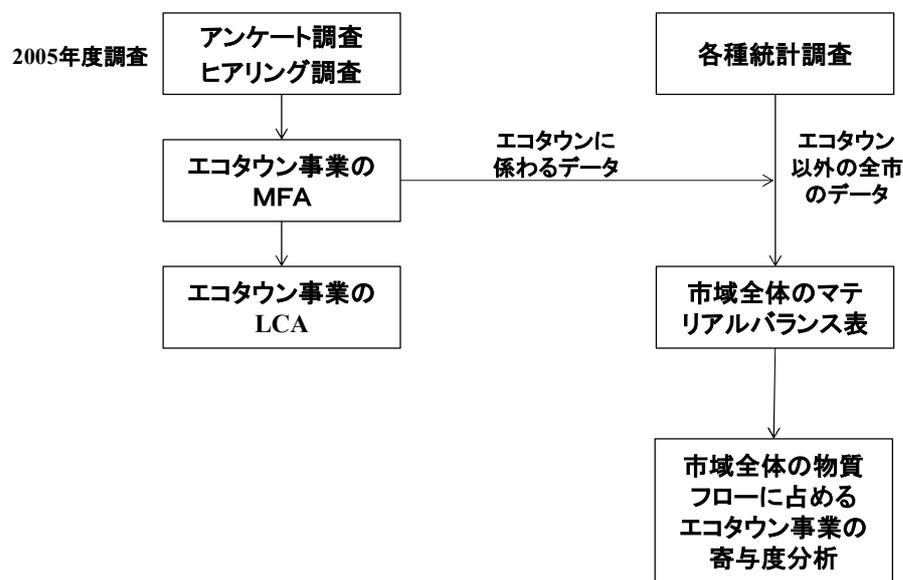


図 3-1 各分析手法の関係

3.3 調査・分析結果

3.3.1 北九州エコタウン事業の MFA

(1) 投入産出構造の分析

図 3-2 は、単独企業のマテリアルバランスを示す。これについて、18 事業所分のデータを集計して事業所毎の物質収支表を作成し、収支が一致しない場合には、投入側データを優先させ、産出側の調整は重量で比例配分する方法でバランス調整を行った。具体的には、収支評価対象とした 18 事業所の物質フローをまとめて表したのが図 3-1 である。ここでは、投入された循環資源、廃棄物、産出された再生資源、廃棄物以外にも、燃料、用水等のユーティリティ、環境中へ放出された CO₂ 排出、蒸発、下水放流についても分析した。これは事業活動に付随して発生する、水・エネルギーといった資源投入や CO₂ 排出等の環境負荷を捉えるためであり、次項の LCA の解析にも用い

る。また、立地企業データの単純な積算ではなく、溶融施設を用いたサーマルリサイクルも含めて、エコタウン域内の相互連携も考慮する必要がある。そのために、ダブルカウントが起こらないような配慮をしつつ、域内の相互連携フローについては、市内とは別に集計、表示した。

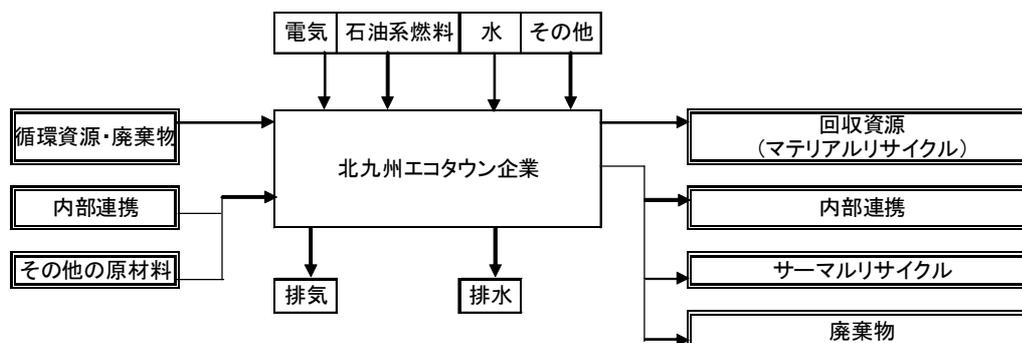


図 3-2 各企業のマテリアルバランスの概念図

以上により、循環資源・廃棄物のフローだけでなく、事業活動に起因する物質フロー全体を包括的に把握することが可能となった。図 3-3 に示すとおり、北九州エコタウン事業における循環資源の搬入量は年間約 257 千 t、再生資源、再商品化物の搬出量は約 219 千 t であることを把握した。また、市内率は投入側が約 42%、産出側が約 72% であることその他、CO₂、排水等の環境中へのアウトプット量についても明らかにした。

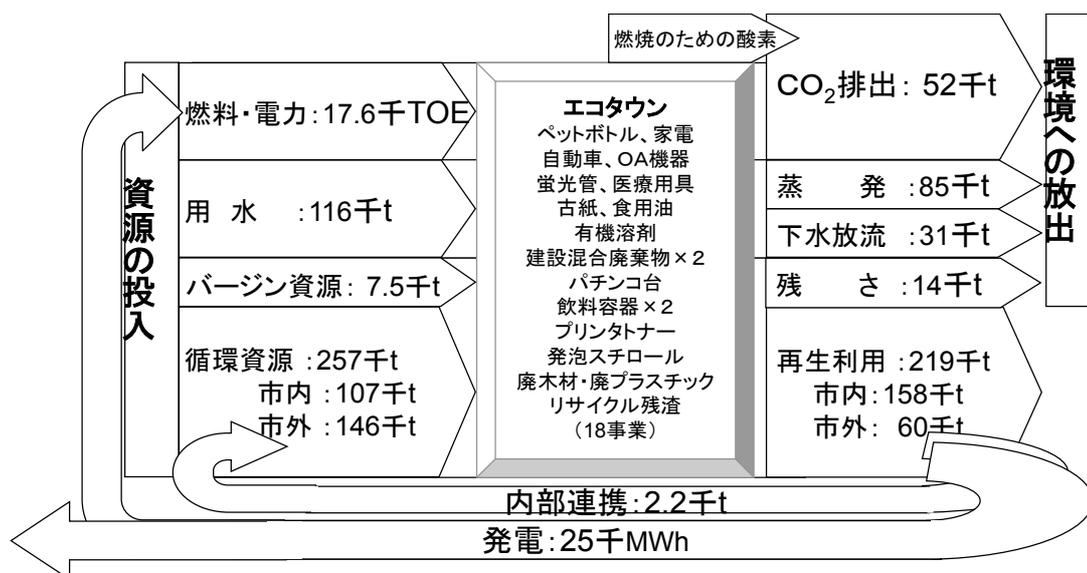


図 3-3 北九州エコタウン 18 企業のマテリアルフロー

(2) 物質別輸送距離の詳細分析

投入、産出の各フローを、物質別・距離帯別に詳細に分析する。距離については、北九州エコタウンを中心として、20 km、50 km、300 km、500 km、1,000 km、1,000 km 以上とした。すなわち、北九州市内、福岡県内、九州圏内、東京圏まで、それ以上という距離に概ね対応している。また、物質別の分類であるが、14 分類まで細分化した。これにより「地域循環圏」について考察を試みた。

結果を図 3-4、3-5 に示す。投入側では、50～300 km 圏から搬入されるものが多く（約 80%）、300～1,000 km 圏内からが少ないことがわかる。これから、概ね 50～300 km 圏というのが、エコタウンで再生処理される物質の循環圏といえる。1,000 km を越えるエリアからの搬入もあることも見逃せないが、これはプラスチック、鉄、木材等である。複合部材による特殊製品で、業界内でリサイクル拠点が少ないことが主な理由である。一方、産出側では、20 km 圏内が多く、全体の約 69%である。特に、鉄が多いが、これは北九州市の産業構造に起因している。建設廃棄物で 20 km の場合の多くは、エコタウン域内の相互連携である。非鉄やプラスチックの場合は、市内に再商品化できる産業が無い場合は距離が長くなる。また、特殊なガラスやリユース部品等で 1,000 km を超えるようなケースもある。

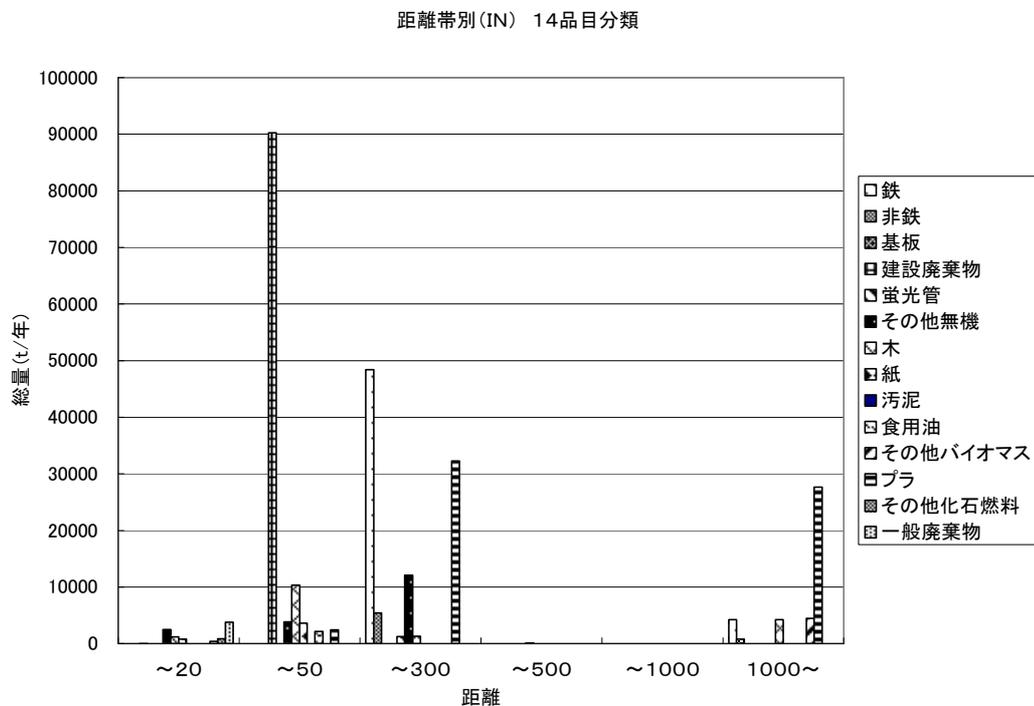


図 3-4 物質別・距離帯別輸送過程の分類 (搬入側 : km)

距離帯別(OUT) 14品目分類

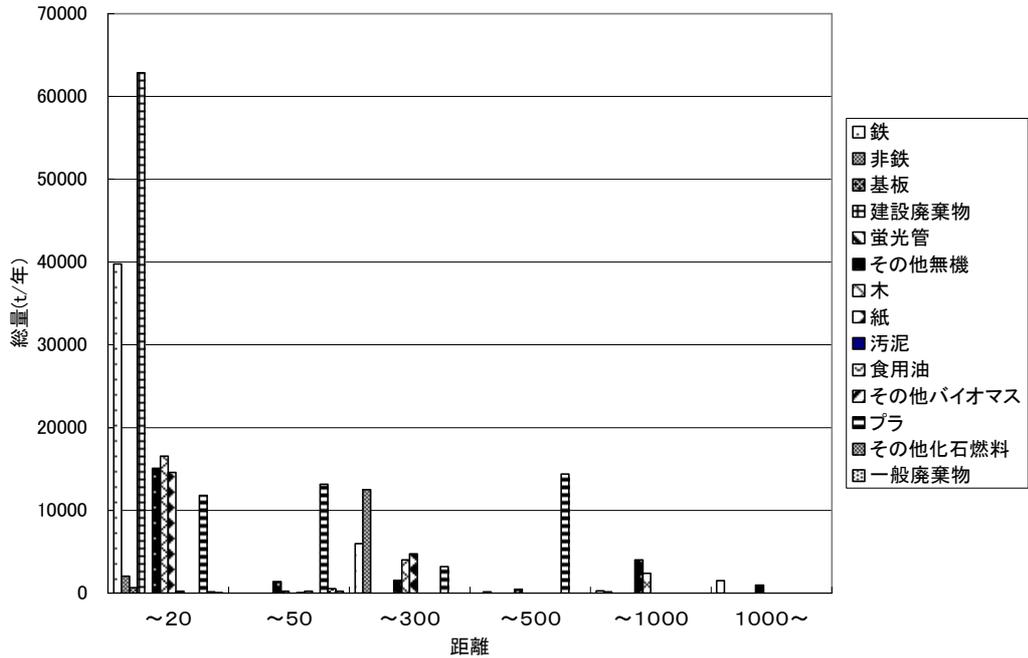


図 3-5 物質別・距離別輸送過程の分類 (搬出側 : km)

3.3.2 北九州エコタウン事業の LCA

(1) 手法概要

前節で集計した物質フローデータを用いて算出した。また、前節で触れた物質フローデータ以外にも、同時に調査した、搬入・搬出時の運搬方法、廃棄物の処理方法、代替効果を算出するために必要となる再商品化の製品情報についても用いた。LCA の実施概要は、表 3-2 に示すとおりである。また、図 3-6 に、企業単位の LCA のシステム境界を示す。破線内が評価対象範囲であり、リサイクル工程は、北九州エコタウンに立地する各企業の処理工程を意味する。再商品化工程の結果算出される製品は、このリサイクルリープにより天然資源消費の一部あるいは全部を削減できる。同様に、従来廃棄物処理・処分していた工程も不要となる。これら天然資源代替効果、廃棄物処理・処分工程削減効果を算出するために、製品ごとに個別に比較対照システムを設定し(表 3-3)、クレジット法にて差し引く。なお、比較対象製品・サービスの名称は、基本的に産業連関表の産業分類に準ずるものとし、エコタウンの各事業所から産出後、該当製品・サービスとなるために再商品化工程が必要なものについては、業界データなどから再商品化工程において発生する環境負荷を把握し、その負荷を除いた値を最終的な効果として算定している。

なお、評価指標には、CO₂ と資源消費指数を用いる。

表 3 - 2 LCA の実施概要

対象	北九州エコタウン立地企業18社
インベントリ分析の原単位	建築のLCA、JEMAI-LCA、文献資料、ecoセレデータ
評価指標	CO ₂ , SO _x , NO _x , 資源消費
評価対象時期	マテリアルフローの月間データをもとに年間値を推計
フォアグラウンドデータ(リサイクルプロセス)	①ヒアリング ②不明データは業界平均値等を利用 ③バランス調整を行い物質収支表を完成
バックグラウンドデータ(輸送、廃棄プロセス)	①ヒアリング
バックグラウンドデータ(リサイクルの代替効果)	①リサイクルの代替関係を設定(物質、量) ②原単位を乗じた後、控除

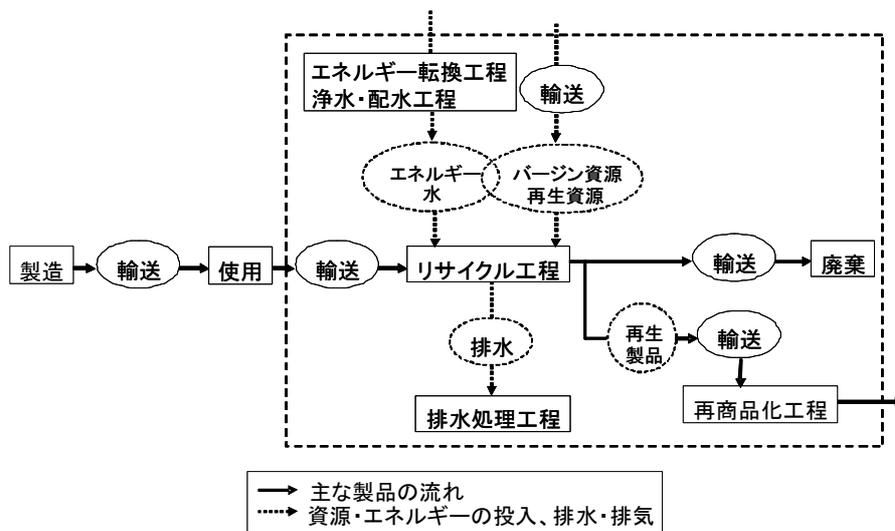


図 3 - 6 LCA のシステム境界

表 3 - 3 環境負荷削減効果算定の際の比較対照製品・サービス

評価対象のリサイクル事業	リサイクル対象品目	再商品化工程	比較対照製品・サービス
飲料容器	アルミベレット、アルミ粉	アルミ二次地金製造	アルミニウム
	スチールベレット、鉄粉	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
飲料容器	鉄	破碎 粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	アルミ	破碎 アルミ二次地金製造	アルミニウム
	サーマルリサイクル(プラスチック)		エネルギー換算(コークス)
	ABS/PC樹脂原料(プラスチック)		ABSナチュラルベレット
パチンコ台	鉄	破碎 粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	非鉄	アルミニウム アルミ二次地金製造	アルミニウム アルミ二次地金製造
	木(外枠、ゲージ版)		木材チップの製造～輸送
	サーマルリサイクル(プラスチック)		エネルギー換算(コークス)
	プリンタートナー	カートリッジ	PP(成型品)
建設:混合廃棄物	アルミ	アルミ二次地金製造	アルミニウム
	鉄	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	サーマルリサイクル(プラスチック)		エネルギー換算(コークス)
	木材チップ		木材チップの製造～輸送
	異種混合材料(再生路盤材)		砂/砂利碎石
スクラップ(金属)	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)	
残さ(サーマルリサイクル)	エネルギー換算(コークス)	エネルギー換算(コークス)	

表 3 - 3 環境負荷削減効果算定の際の比較対照製品・サービス (続き)

評価対象のリサイクル事業	リサイクル対象品目	再商品化工程	比較対照製品・サービス
建設混合廃棄物	廃石膏ボード(建設混合廃棄物)		砂/砂利砕石
	がれき類		砂/砂利砕石
	金属くず	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	サーマルリサイクル(木)		エネルギー換算(コークス)
	サーマルリサイクル(プラスチック)		エネルギー換算(コークス)
	サーマルリサイクル(紙)		エネルギー換算(コークス)
医療用具	PE、PPなど		砂/砂利砕石
	ガラスくず		砂/砂利砕石
	金属		砂/砂利砕石
	紙、繊維、その他		砂/砂利砕石
	サーマルリサイクル(プラスチック)		エネルギー換算(コークス)
蛍光灯	ガラスカレット	リサイクル瓶の製造	製びん
	金属(アルミ)	アルミ二次地金製造	アルミニウム
	金属(鉄)	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	蛍光体		その他の無機化学工業
	ハロリン酸カルシウム		砂/砂利砕石
	サーマルリサイクル		エネルギー換算(コークス)
古紙	あんしん君		おがくず
	再生紙原料		木材チップの製造～輸送
ペットボトル	PETペレット樹脂		PEペレット樹脂
	サーマルリサイクル(プラスチック)		エネルギー換算(コークス)
OA機器	鉄くず	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	プラスチック	破砕	PP樹脂の製造
	アルカリガラス	リサイクルびん製造	製びん
	鉛ガラス	リサイクルびん製造	製びん
	紙		木材チップの製造～輸送
	鉛バッテリー	鉛地金製造	鉛(含再生)
家電	サーマルリサイクル		エネルギー換算(コークス)
	ガラスカレット	熔融	ブラウン管
	鉄	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	アルミ	アルミ二次地金製造	アルミニウム(含再生)
	銅	電気銅製造工程	電気銅
	プラスチック	破砕	PP樹脂の製造
	ガラス	リサイクルびん製造	製びん
有機溶剤	プリント基板		製びん
	サーマルリサイクル		エネルギー換算(コークス)
	トルエン		トルエン
	プラスチック	破砕	ポリスチレン
	紙	木材チップの製造～輸送	木材チップの製造～輸送
	アルミ	アルミ二次地金製造	アルミニウム
	鉛バッテリー	鉛地金製造	鉛
食用油	ガラス	リサイクル瓶の製造	製びん
	サーマルリサイクル		エネルギー換算(コークス)
	エステル燃料		軽油
	破水材		建設用塗料
	石けん原料		石けん・合成洗剤
	試料		
自動車	廃白土		
	油かす		
	車体プレス	破砕 粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	鉄くず	粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
	アルミインゴット		アルミニウム
	ワイヤーハーネス	破砕	銅電線
	バッテリー	破砕 粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
発泡スチロール	ガラス	リサイクル瓶の製造	製びん
	サーマルリサイクル		エネルギー換算(コークス)
廃木材・廃プラ 複合中核施設	PSペレット		PS樹脂の製造
	遠赤顆粒		砂/砂利砕石
	まぶし		
	人工木材	廃木材、廃プラ処理、処分	天然木材
	鉄	破砕 粗鋼(電気炉)	粗鋼(転炉)
電力	プラスチック	破砕	ポリスチレン
	紙		木材チップの製造～輸送
	アルミ	アルミ二次地金製造	アルミニウム
	鉛バッテリー	鉛地金製造	鉛
	ガラス	リサイクル瓶の製造	製びん
	サーマルリサイクル		エネルギー換算(コークス)
	電力		電力

(2) LCCO₂における評価

CO₂排出原単位は、主に日本建築学会³⁾と産業環境管理協会⁴⁾のものを用いたが、状況に応じて他にも含め複数のデータベースに頼った。北九州エコタウンに立地する18事業所のLCCO₂の評価結果は表3-4、図3-7に示す値となった。輸送時に約 9.4×10^3 t-CO₂/年、リサイクル工程で約 25.1×10^3 t-CO₂/年、廃棄物処理で約 1.1×10^3 t-CO₂/年の排出という結果となった。各企業のリサイクルによる天然資源等代替効果は、約 277.8×10^3 t-CO₂/年となった。以上により、18事業所による環境負荷削減効果は、約 242.2×10^3 t-CO₂/年という結果が得られた。これは、北九州市の2005年度一年間におけるCO₂発生量の約1.5%、産業部門の2.3%に相当することが分かった。

表3-4 立地企業におけるLCIの分析結果

ライフサイクルステージ	Energy	CO2	SOX	NOX
	GJ	t-CO2	kg-SO2	kg-NO2
運搬	142,397	9,393	13,728	62,258
リサイクル工程	417,643	25,132	30,628	51,088
廃棄物処理	18,949	1,085	1,041	1,651
リサイクルによる効果	-3,744,540	-277,814	-497,426	-593,216
合計	-3,165,551	-242,204	-452,030	-478,220

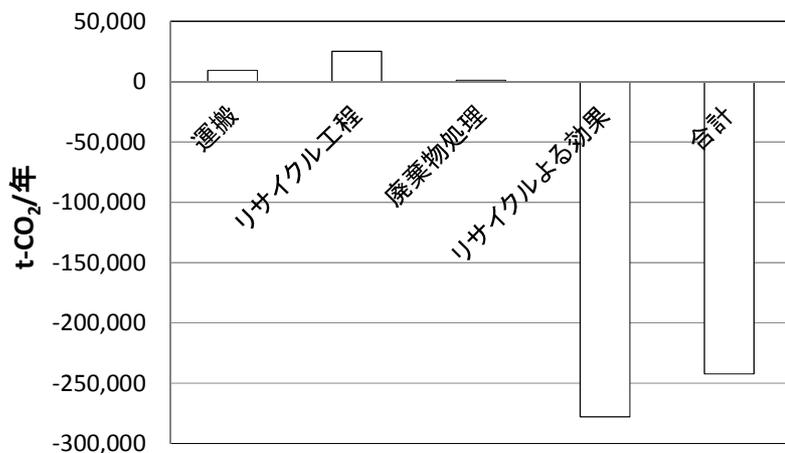


図3-7 インベントリ分析による環境負荷削減効果 (CO₂)

(3) 資源消費指数における評価

元来、循環型社会構築の目的は、最終処分量の削減とともに資源の有効利用が目的とされる。そのため、本研究では資源消費を重視した評価も重要であると考え、資源消費指数を採用した。資源消費の算出式は以下で示される⁵⁾。

$$\text{資源消費} = \sum (\text{材料重量} \times \text{資源枯渇性特性化係数}) \quad (1)$$

資源枯渇性特性化係数とは、鉄1トンの消費相当に匹敵する資源消費を表す特性化

係数として重み付けされたものである。以上により、資源消費が鉄何トン相当の資源消費に匹敵するかを定量評価できる。

図 3-8 に、資源枯渇性特性化係数を用いた資源消費の算出結果を示す。投入エネルギーにより約 6.3×10^3 、輸送工程で約 1.7×10^3 の資源消費の負荷があることがわかった。一方、マテリアルリサイクルで約 138×10^3 、サーマルリサイクルで約 17×10^3 、そして廃棄物処理削減で約 4.3×10^3 の資源消費削減効果があることがわかった。合計すると約 -151×10^3 となる。これは北九州エコタウンに立地する 18 事業所によって、年間に約 $151 \times 10^3 \text{t}$ 分の鉄資源に相当する資源消費の削減効果があるという意味である。図 3-9 は、資源消費指数で算出された値のうち、消費削減効果を物質別に分類したものである。これを見ると、鉄・非鉄金属による資源消費削減効果が圧倒的に大きいことがわかる。

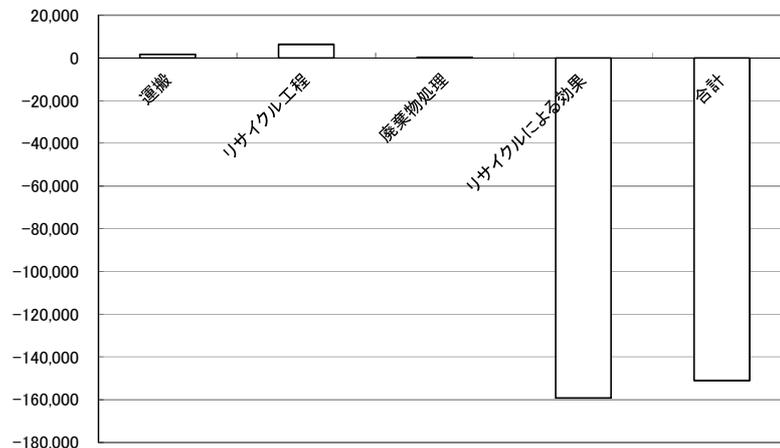


図 3-8 資源枯渇性特性化係数を用いた資源消費指数算出結果

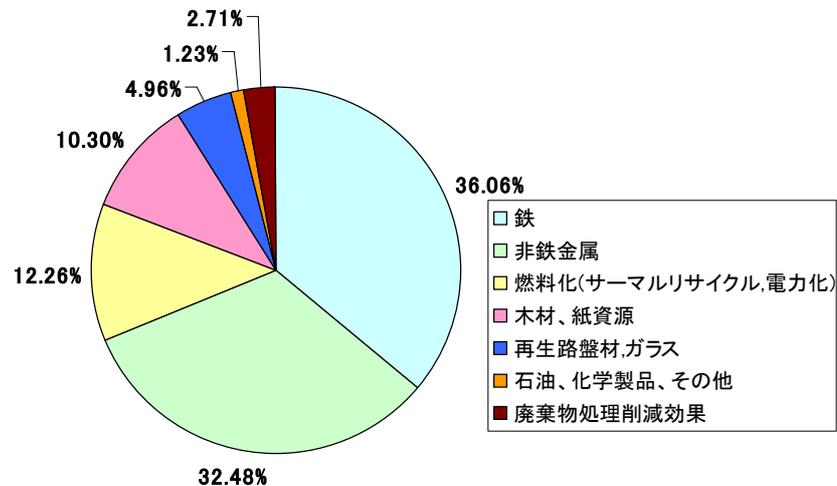


図 3-9 資源消費指数による負荷削減効果の物質別分類

3.3.3 マテリアルバランス表を用いた北九州エコタウン事業の寄与度分析

(1) マテリアルバランス表の枠組み

本項では、北九州市におけるエコタウン事業の位置づけを把握するため、産業連関表の枠組みを利用し北九州市マテリアルバランス表を作成し、都市レベルの資源循環構造分析を試みた。マテリアルバランス表の枠組みを以下の表3-5、3-6に示す。この枠組みはSNA産業連関表をベースに田畑ら⁶⁾が作成した投入表と産出表の2表を用いたものを基盤としている。この枠組みを利用することで、部門への物質の投入と部門からの物質の産出をそれぞれ別々に把握することが可能となる。ここでは総計(1)と(3)、同様に総計(2)、(4)については、それぞれバランス調整を実行している。

表3-5 投入表の枠組み

物質		部門		産業部門			廃棄物処理部門	最終消費形成部門	移輸出	在庫・固定資本	物質の放出及びストック	総計(1)
		一次	二次	三次								
原材料	バージン	市全体	Xvp ⁱⁿ	Xvs ⁱⁿ	Xvt ⁱⁿ	Xvw ⁱⁿ	Xvf ⁱⁿ	Xvo ⁱⁿ	Xvk ⁱⁿ	Xva ^{out}	Tv ⁱⁿ	
		北九州エコタウン	Evp ⁱⁿ	Evs ⁱⁿ	Evt ⁱⁿ	Evw ⁱⁿ	Evf ⁱⁿ	EXo ⁱⁿ	EXk ⁱⁿ	EXa ^{out}	ETv ⁱⁿ	
	リユース・リサイクル	市全体	Xrp ⁱⁿ	Xrs ⁱⁿ	Xrt ⁱⁿ	Xrw ⁱⁿ	Xrf ⁱⁿ	Xro ⁱⁿ	Xrk ⁱⁿ	Xra ^{out}	Tr ⁱⁿ	
		北九州エコタウン	Erp ⁱⁿ	Ers ⁱⁿ	Ext ⁱⁿ	EXw ⁱⁿ	Erf ⁱⁿ	Ero ⁱⁿ	Erk ⁱⁿ	Era ^{out}	ETr ⁱⁿ	
製品	商品	市全体	Xgp ⁱⁿ	Xgs ⁱⁿ	Xgt ⁱⁿ	Xgw ⁱⁿ	Xgf ⁱⁿ	Xgo ⁱⁿ	Xgk ⁱⁿ	Xga ^{out}	Tg ⁱⁿ	
		北九州エコタウン	Egp ⁱⁿ	Egs ⁱⁿ	Egt ⁱⁿ	Egw ⁱⁿ	Egf ⁱⁿ	Ego ⁱⁿ	Egk ⁱⁿ	Ega ^{out}	ETg ⁱⁿ	
	エネルギー	市全体	Xep ⁱⁿ	Xes ⁱⁿ	Xet ⁱⁿ	Xew ⁱⁿ	Xef ⁱⁿ	Xeo ⁱⁿ	Xek ⁱⁿ	Xea ^{out}	Te ⁱⁿ	
		北九州エコタウン	Eep ⁱⁿ	Ees ⁱⁿ	Eet ⁱⁿ	Eew ⁱⁿ	Eef ⁱⁿ	Eeo ⁱⁿ	Eek ⁱⁿ	Eea ^{out}	ETe ⁱⁿ	
廃棄物	一般廃棄物	市全体	*	*	*	Xmw ⁱⁿ	*	Xmo ⁱⁿ	*	Xma ^{out}	Tm ⁱⁿ	
		北九州エコタウン	*	*	*	Emw ⁱⁿ	*	Emo ⁱⁿ	*	Ema ^{out}	ETm ⁱⁿ	
	産業廃棄物	市全体	*	*	*	Xiw ⁱⁿ	*	Xio ⁱⁿ	*	Xia ^{out}	Ti ⁱⁿ	
		北九州エコタウン	*	*	*	Eiw ⁱⁿ	*	Eio ⁱⁿ	*	Eia ^{out}	ETi ⁱⁿ	
総計(2)		市全体	Tp ⁱⁿ	Ts ⁱⁿ	Tt ⁱⁿ	Tw ⁱⁿ	Tf ⁱⁿ					
		北九州エコタウン	ETp ⁱⁿ	ETs ⁱⁿ	ETt ⁱⁿ	ETw ⁱⁿ	ETf ⁱⁿ					

表3-6 産出表の枠組み

部門		物質		原材料		製品		廃棄物		物質の放出及びストック	総計(4)	環境負荷物質
		バージン	リユース・リサイクル	商品	エネルギー	一般廃棄物	産業廃棄物					
産業部門	一次	市全体	Xvp ^{out}	Xrs ^{out}	Xgp ^{out}	-	-	Xip ^{out}	Xap ^{out}	Tp ^{out}	Lp	
		北九州エコタウン	Evp ^{out}	Erp ^{out}	Egp ^{out}	-	-	Eip ^{out}	Eap ^{out}	ETp ^{out}	ELp	
	二次	市全体	-	Xrs ^{out}	Xgs ^{out}	Xes ^{out}	-	Xis ^{out}	Xas ^{out}	Ts ^{out}	Ls	
		北九州エコタウン	-	Ers ^{out}	Egs ^{out}	Ees ^{out}	-	Eis ^{out}	Eas ^{out}	ETs ^{out}	ELs	
	三次	市全体	-	-	-	-	-	Xit ^{out}	Xat ^{out}	Tt ^{out}	Lt	
		北九州エコタウン	-	-	-	-	-	Eit ^{out}	Eat ^{out}	ETt ^{out}	ELt	
廃棄物処理部門		市全体	-	Xrw ^{out}	-	-	Xmw ^{out}	Xiw ^{out}	Xaw ^{out}	Tw ^{out}	Lw	
		北九州エコタウン	-	Erw ^{out}	-	-	Emw ^{out}	Eiw ^{out}	Eaw ^{out}	ETw ^{out}	ELw	
最終消費形成部門		市全体	-	Xrf ^{out}	-	-	Xmf ^{out}	-	Xaf ^{out}	Tf ^{out}	Lf	
		北九州エコタウン	-	Erf ^{out}	-	-	Emf ^{out}	-	Eaf ^{out}	ETF ^{out}	ELf	
移輸入		市全体	Xvo ^{out}	Xro ^{out}	Xgo ^{out}	Xeo ^{out}	Xmo ^{out}	Xio ^{out}				
		北九州エコタウン	Evo ^{out}	Ero ^{out}	Ego ^{out}	Eeo ^{out}	Emo ^{out}	Eio ^{out}				
在庫・固定資本		市全体	-	-	-	-	Xmk ^{out}	Xik ^{out}				
		北九州エコタウン	-	-	-	-	Emk ^{out}	Eik ^{out}				
総計(3)		市全体	Tv ^{out}	Tr ^{out}	Tg ^{out}	Te ^{out}	Tm ^{out}	Ti ^{out}			TL	
		北九州エコタウン	ETv ^{out}	ETr ^{out}	ETg ^{out}	ETe ^{out}	ETm ^{out}	ETi ^{out}			ETL	

(2) 部門・物質の分類

マテリアルバランス表の部門と物質の分類は以下のように行った。表 3-7 に部門の分類を示す。産業連関表の 32 分類を基に製造業の一部を細分化することで作成している。サービス業は、物量単位での分割が困難なために統合した。表 3-8 に物質の分類を示す。農林水産物や鉱物は、バージン原材料としても最終製品としても扱われているため、両分類に記載した。また、エネルギーは電気、ガス・熱供給業が生産するものとして扱っている。なお、一般廃棄物の分類は一般ごみ、粗大ごみ、その他ごみに再資源化物を加えた 4 種、産業廃棄物の分類は廃棄物処理法で定められている 20 種に分類した。

表 3-7 部門の分類

一次産業	農林水産業、鉱業
二次産業	食料品、繊維、木材・家具、紙・出版・印刷、化学、石油、石炭、プラスチック、ゴム、窯業・土石、鉄鋼、非鉄金属、金属、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、その他製造業、建設、電力、ガス・熱供給、水道
三次産業	サービス業・その他
廃棄物処理部門	有償物、再生利用、減量化、最終処分、その他
最終消費形成部門	企業、家庭、政府
移輸出、移輸入	移輸出、移輸入
在庫・固定資本	在庫純増、固定資本形成

表 3-8 物質の分類

バージン原材料	農林水産物、鉱物、石炭、原油・天然ガス
リユース・リサイクル原材料	農林水産物、鉱物、商品、その他
商品	農林水産物、鉱物、石炭、原油・天然ガス、食料品、繊維、木材・家具、紙・出版・印刷、化学、石油、石炭、プラスチック、ゴム、窯業・土石、鉄鋼、非鉄金属、金属、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、建設、その他
エネルギー	電力、ガス・熱供給
一般廃棄物	一般ごみ、粗大ごみ、再資源化物、その他
産業廃棄物	燃え殻、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリ、廃プラスチック類、紙くず、木くず、繊維くず、動植物性残渣、動物系固形不要物、ゴムくず、金属くず、ガラス・陶磁器くず、鉱さい、がれき類、ばいじん、動物のふん尿、動物の死体、13号廃棄物
物質の放出及びストック	自然界のバージン資源、廃棄物(減量化、最終処分)、エネルギー消費、誤差
環境負荷物質	CO2

(3) 作成手順

図 3-10 にマテリアルバランス表の作成フローを示す。原材料や製品に関するデータは、産業連関表の金銭データを物量表や工業統計表などを用いて物量データに変換し、北九州市産業連関表に適用することで推計した。廃棄物に関するデータは、北九州市の一般廃棄物及び産業廃棄物に関する調査報告書を用いた。環境負荷物質排出量は、南齊らが開発した環境負荷物質原単位から求めた。これらのデータをマテリアルバランス表に計上し、部門や単位の統一後、バランス調整を行うことで作成した。

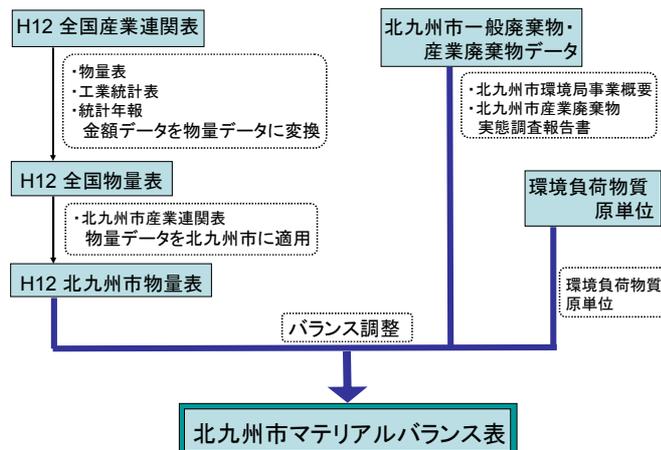


図3-10 マテリアルバランス表の作成フロー

(4) マテリアルバランス表の分析結果

マテリアルバランス表を元に作成した北九州市のマテリアルフローを図3-11に示す。全体を囲む枠は北九州市の境界を表し、市域をまたぐ移出入（輸出入を含む）も含めて都市の資源循環構造を表現している。また、北九州エコタウンをセクターの1つとして加え、それへの物質の投入・産出を加えることで、北九州市の資源循環構造におけるエコタウンの位置づけを把握した。

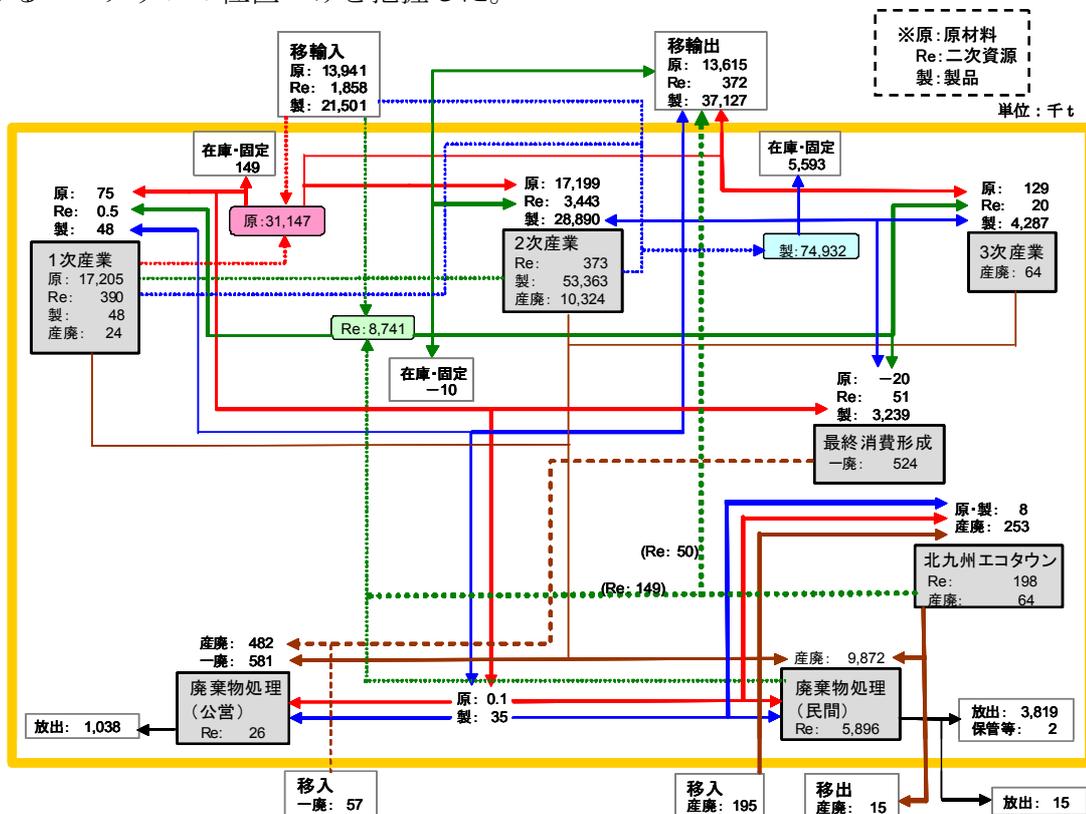


図3-11 エコタウンを含めた北九州市のマテリアルフロー

(5) エコタウン事業の全市の物質フローに占める位置づけ

マテリアルバランス表を元に、エコタウン事業の全市に対する寄与度を分析した(表3-9)。その結果、循環利用率で2.3%、リサイクル率で4.0%という結果が得られた。エコタウンの循環利用率、リサイクル率が大変高い値となっているが、これは、エコタウンに立地している企業はリサイクル産業が中心であり、循環資源を主要な投入物とし、可能な限りリサイクル残さを少なくする努力をしているため当然といえる。なお、今回はマテリアルバランス表の年次とエコタウンのデータが一致していない問題が存在する。また、これらの分析を複数年度分を作成することで、エコタウンを含む都市の資源循環構造の変化について分析することが可能となる。そのため、エコタウンの物質フローの継続的調査体制が必要といえる。

表3-9 マテリアルバランス表におけるエコタウンの評価指標と寄与度

	H12北九州市	H12全国	エコタウン	エコタウンの寄与度
資源生産性[千円/t]	244.6	280.0		
循環利用率[%]	21.9	10.0	96.1	2.3
最終処分率[%]	13.0	12.0	4.3	0.8
リサイクル率[%]	55.7	41.6	92.6	4.0

資源生産性:バージン原材料1単位あたりの地域内総生産額

循環利用率:原材料のうち、再生資源(含、廃棄物・循環資源)の投入割合

最終処分率:排出量のうち、最終処分量の割合

リサイクル率:排出された廃棄物のうち、リサイクルされる割合

3.4 結言

本章では、地域資源循環拠点の持つ環境負荷削減効果を総合的に評価するために、エコタウン事業を対象に、その物質フロー調査で得た情報を基に、MFAによる循環資源の距離帯別輸送距離分析、LCAによるエコタウン事業の環境負荷削減効果、産業連関表の枠組みを利用したマテリアルバランス表の作成とそれを用いた都市レベルの資源循環構造分析、エコタウンの寄与度分析の手法を提示し、北九州エコタウンについて評価した。その結果、次のような成果を得た。

- ・エコタウン立地企業の物質フロー調査を基に、MFA及びLCA手法を用いることで、エコタウンの環境負荷削減効果を定量評価する手法を示した。
- ・都市マテリアルバランス表を適用して、都市の資源循環構造の分析とその中におけるエコタウンの役割を定量評価する手法を提示した。なお、今回のレベル(表3-7)のエコタウンの評価指標並びに寄与度分析のために必ずしも詳細なマテリアルバランス表(表3-5、3-6)が必要となるわけでないが、より詳細な品目別分析を行う場合には有効となろう。
- ・エコタウンの投入・産出に関わる輸送構造を分析した。その結果、北九州エコタウンの場合、「地域循環圏」において50~300 kmの広域的な資源循環に対して大

きな役割を果たしていることが判明した。一方、搬出側を見ると、再生品の資源需要が身近にあることがエコタウンの立地要件として重要であるという仮説が見えてきた。これは二次資源の需要先の確保やリサイクル産業の技術的・経営的資源の存在といった面が要因と考えられるが、この実証には別途経営的観点からの調査が必要となる。

参考文献

- 1) 環境省(2012)：地域循環圏形成推進ガイドライン
- 2) 松本亨：中国青島市におけるエコタウン（静脈産業園）建設の現状と展望、季刊環境技術会誌、No.130、pp.23-27、2008
- 3) 日本建築学会(2003) 建物の LCA 指針(案)LCA データベース
- 4) JEMAI(社団法人 産業管理協会) LCA データベース
- 5) 社団法人環境情報科学センター 資源枯渇性特性化係数（2007 年度版）
- 6) 田畑智博、井村秀文：循環型地域社会形成支援のためのマテリアルバランス表の開発とその適用に関する研究、環境科学会誌、Vol.19、No.4、pp.329-343、2006

4. 物質フローから見たエコタウンの変化

4.1 緒言

第3章では、北九州エコタウンを対象に、2005年の一時点における物質フロー及び環境負荷削減効果を総合的に評価した。

第一章でも示したとおり、北九州エコタウンは1997年に承認を受けて以来、企業数の増加ならびにリサイクル業種の多様化、エコタウン事業エリアの広域化を行ってきた。その過程で、北九州地域やその周辺地域に対する役割や位置づけも変わってきたと考えられる。

そこで本章では、北九州エコタウンを通る物質のフローに着目し、複数年の調査結果をもとに、北九州エコタウンの変化に伴う物質フローの変化及び輸送距離の変化等について把握するとともに、その変化の要因についても考察を行う。

4.2 評価方法の概要

4.2.1 調査対象

北九州エコタウンの立地事業所を対象に、2005年度と2010年度の2回にわたりアンケート調査及びヒアリング調査を実施した。調査対象事業所は、北九州エコタウン内に立地する全事業所であるが、有効回答のあった事業所数は、2005年度調査（4～9月）で全21事業所中の18事業所、2010年度調査（1～3月）で全28事業所中の23事業所である。表4-1に、取扱物質別の有効回答事業所数を示す。なお、有効回答事業所数増減は、事業からの撤退やエコタウン事業への新規参入などが要因となっているが、2005年度と2010年度の両調査に回答のあった事業所は15事業所である。

表4-1 有効回答事業所（取扱物質別）

項目	2005年	2010年	事業所数の変化
ペットボトル	1(1)	1(1)	
建設混合廃棄物	2(2)	1(1)	1社減
自動車	1(2)	1(2)	
家電	1(1)	1(1)	
OA機器、PC	1(1)	2(2)	1社増
蛍光管	1(1)	1(1)	
医療用具	1(1)	1(1)	
古紙	1(1)	2(2)	1社増
食用油	1(1)	1(1)	
有機溶剤	1(1)	1(1)	
パチンコ台	1(1)	1(1)	
飲料容器	2(2)	2(2)	
廃木材・廃プラスチック	1(1)	1(1)	
リサイクル残渣(発電事業)	1(1)	1(1)	
プラスチック類	1(1)	1(2)	1社増、1社減
トナーカートリッジ	1(1)	0(0)	1社減
非鉄金属	0(0)	1(1)	1社増
産業廃棄物(多様種)	0(0)	2(2)	2社増
食品廃棄物	0(1)	1(2)	1社増
土壌浄化	0(0)	1(1)	1社増
風力発電	0(1)	0(2)	
合計	18(21)	23(28)	8社増、3社減

※()内は各項目別の事業所総数

4.2.2 調査項目

調査項目は、①エコタウン外から受入れた廃棄物等量、②エコタウン内から受入れた廃棄物等量、③処理等のため新たに投入した原材料、④エネルギー等の使用量、⑤再生製品・原料としてエコタウン外へ産出した量、⑥再生製品・原料としてエコタウン内へ産出した量、⑦廃棄物として排出した量、⑧排水として排出した量である。調査項目のイメージ図を図 4-1 に示す。ただし、②及び⑥の内部連携については、2005 年度調査のみ把握を行なった。なお、廃棄物等とは立地事業所によってリサイクルされる廃棄物・循環資源を指し、再生製品・原料とは、廃棄物等が製品や原料として加工されたものを指す。

2005 年度調査では、事業所ごと 2005 年の代表する月における一ヶ月分の全データをアンケート表に記入いただき、12 倍することで 2005 年値を把握した。2010 年度調査では、事業所ごと 2010 年（2010 年 1 月から 12 月）の一年分の全データをアンケート表に記入いただき 2010 年値を把握した。これにより、事務用途以外の全フローの補足を確保した。

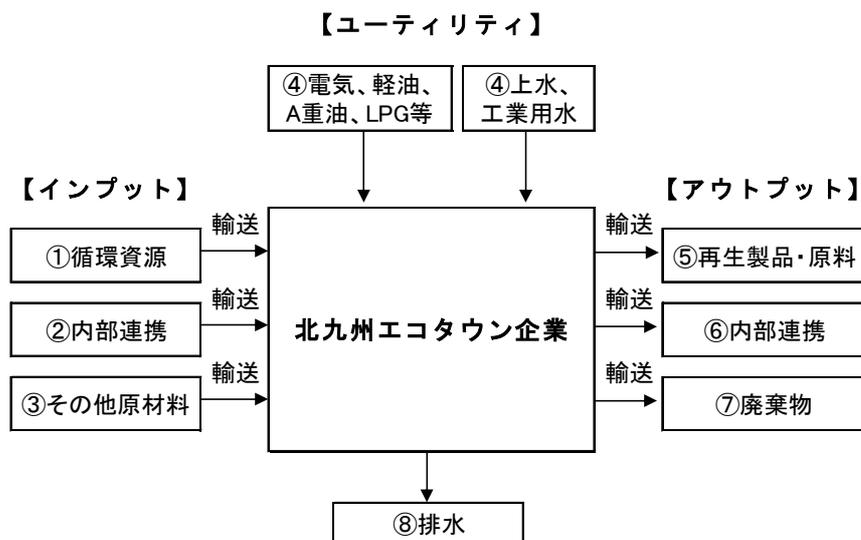


図 4 - 1 各社への調査項目

4.2.3 分析手法

図 4-2 に、本章の評価で用いる各種分析手法の関係を示す。

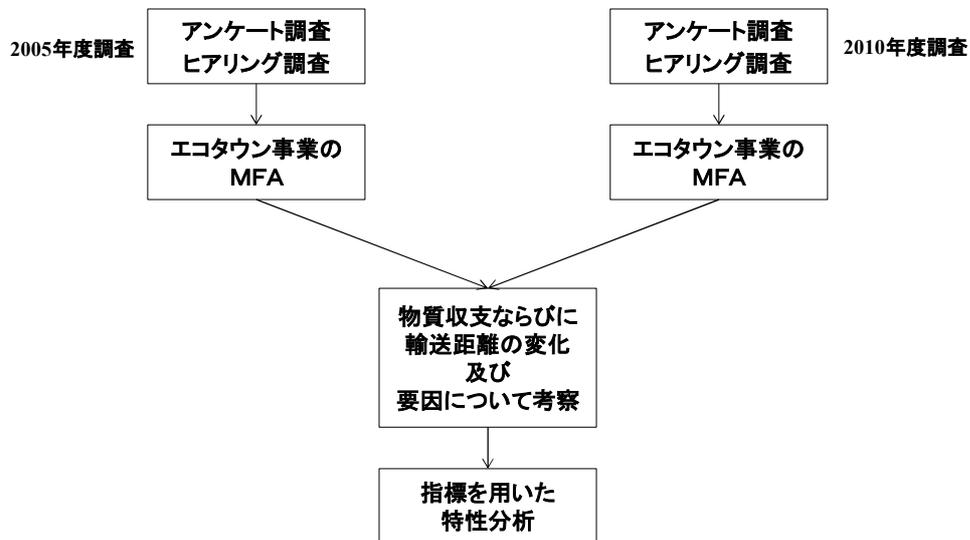


図 4 - 2 各分析手法の関係

(1) 物質フローの把握

各社ごとにデータを集計して物質フローを作成し、得られた結果を集計することで分析を行う。調査時点の年間投入量と産出量を調査している関係から、在庫や誤差等の要因からインプットとアウトプットの収支が一致しない場合があり、事業所によってばらつきがあるが、1事業所あたり0～数百t程度投入量と産出量の間には誤差が生じていた。本研究では投入側を優先させ、産出側との差分を再生製品や廃棄物の重量比で按分することで投入側と産出側の収支バランスを確保した。これは、産出側は、プロセスにおける重量変化、つまり焼却による縮減や含水率変化の他、破碎・分解・分別の結果発生する廃棄物が全て記載されていない可能性があり、投入側の方が正確だと判断したためである。

また、廃棄物等の投入量、再生製品・原料の産出量だけでなく、新たな原材料の投入量、燃料・用水等のユーティリティ使用量、環境中へ放出されたCO₂排出量などについても分析した。これは、事業活動に付随して発生する環境負荷を捉えるためである。

(2) 物質別輸送距離の分析

北九州エコタウンに立地している事業所は、広くは西日本エリアを事業範囲としており、輸送距離はエコタウンの役割を分析する上で重要な指標であると考えられる。そこで、各社ごとに輸送に関するデータを集計し、廃棄物等受入時及び再生製品・原料出荷時の輸送に関して、物質別、距離別に整理・分析を行う。

(3) 指標を用いた特性分析

全国的な資源循環に関しては松野¹⁾らの研究、地域循環に関しては松本²⁾ら、大西³⁾らの研究において、二酸化炭素発生量や資源消費量、最終処分量などが指標として用いられている。

本章では、地域循環としての北九州エコタウン事業の特徴を定量的に把握するために、再生製品・原料産出量及びエネルギー消費量、最終処分回避量をそれぞれ廃棄物等投入量で除した指標を用いる。これらは、投入された廃棄物等処理する過程で、どれだけの再生製品・原料を生み出したか（再生製品・原料算出における投入産出比率）、そのためにどれだけのエネルギーを消費したか（再生製品・原料算出におけるエネルギー消費効率）、最終処分をどれだけ回避したか（最終処分回避率）を表現する指標である。なお、再生製品・原料算出における投入産出比率と最終処分回避率の関係であるが、再生製品・原料産出量と縮減量（焼却、脱水等）の合計が最終処分回避量となる。

4.3 調査・分析結果

4.3.1 投入・産出構造の変化

(1) 投入・算出量の変化

有効回答のあった全事業所のデータを集計した結果が図4-3、4-4及び表4-2である。なお、市内外の分類は2005年度調査のみ実施。2005年値では、廃棄物等の投入量は年間約257千t、再生製品・原料の産出量は年間約213千t（うち、熱回収として28千t搬出）、2010年値では、廃棄物等の投入量は年間約477千t、再生製品・原料の産出量は年間約364千t（うち、熱回収として20千t搬出）であった。投入・産出量の変化をみると、2005年と比較して2010年の廃棄物等投入量は86%増加、再生製品・原料の産出量は71%増加した。

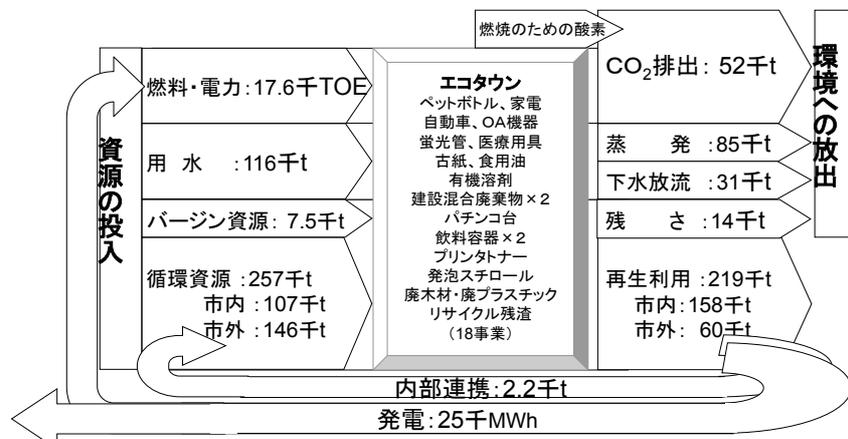


図4-3 エコタウン事業の物質フロー（2005年18事業所）

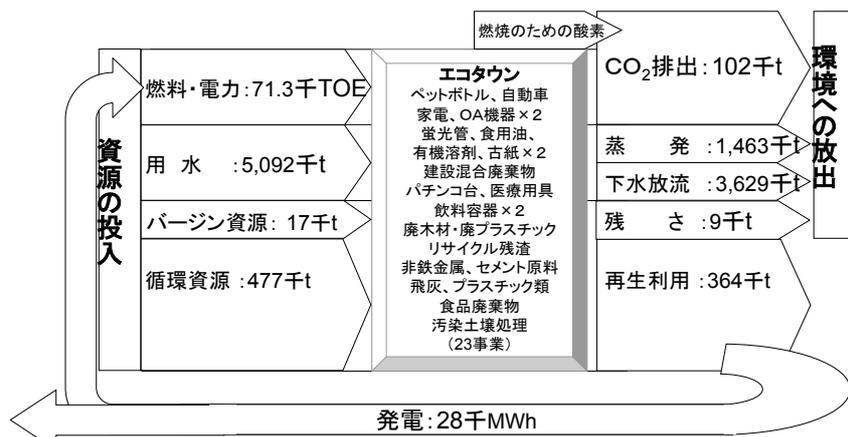


図4-4 エコタウン事業の物質フロー（2010年23事業所）

表4-2 エコタウン事業の物質量的変化

		2005年	2010年	対2005年変化率
総量	投入	257 千t/年	477 千t/年	+86%
	産出	213 千t/年	364 千t/年	+71%
一事業所 あたりの量	投入	14 千t/事業所	21 千t/事業所	+46%
	産出	12 千t/事業所	16 千t/事業所	+34%
調査事業所数		18 事業所	23 事業所	+28%

また、投入・産出量の変化の要因うち事業所数の変化によるものを把握するために、2005年度と2010年度の両調査に回答のあった15事業所と片方の調査でしか回答の得られなかった事業所とに分けて整理した結果を表4-3に示す。この結果によると、投入・産出量の変化の要因として、事業所数の増加によるものが大きく、異事業所だけで比較すると投入側で2005年と比較して2010年は206%増加、産出側で2005年と比較して2010年は163%増加していた。一方で、同一事業所についても、投入・産出量ともに増加しており、5年間で1事業所あたりの廃棄物等の投入量は約3.1千t、再生製品・原料の産出量は1.5千t増加していることが把握できた。

表4-3 事業所数の変化による物質量への影響

【同事業所】		2005年	2010年	対2005年変化率
総量	投入	172 千t/年	219 千t/年	+27%
	産出	135 千t/年	157 千t/年	+17%
一事業所 あたりの量	投入	11 千t/事業所	15 千t/事業所	+27%
	産出	9 千t/事業所	10 千t/事業所	+17%
調査事業所数		15 事業所	15 事業所	
【異事業所】		2005年	2010年	対2005年変化率
総量	投入	84 千t/年	258 千t/年	+206%
	産出	78 千t/年	207 千t/年	+163%
一事業所 あたりの量	投入	28 千t/事業所	32 千t/事業所	+15%
	産出	26 千t/事業所	26 千t/事業所	-1%
調査事業所数		3 事業所	8 事業所	+167%

(2) 物質別の変化

4.3.1(1)で把握した廃棄物等の投入量及び再生製品・原料の産出量を物質別に分けて分析した。投入側は7種類、産出側は12種類にそれぞれ分類した。結果を図4-5、4-6に示す。また、物質別の変化の要因を把握するために、2005年度と2010年度の両調査に回答のあった15事業所と片方の調査でしか回答の得られなかった事業所とに分けて整理した結果を表4-4、4-5に示す。なお、投入側では廃棄物等の投入量、産出側では再生利用量を分析対象とした。

この結果によると、廃棄物等の投入量では、飲料容器以外は全て増加傾向にあった。特に、その他廃棄物（建設混合廃棄物、汚泥、飛灰等）が総量及び増加量ともに最も多く、17.4千t増加していた。表4-4によると、同一事業所、異事業所ともに、その他廃棄物（建設混合廃棄物、汚泥、飛灰等）が総量及び増加量ともに最も多いという傾向は同じであったが、増加量への影響は、新たに加わった事業所によるもの高いことが分かった。また、増加率では、バイオマス（食品残渣、木くず、紙くず）が2005年と比較して2010年は170%増加と最も高い傾向を示した。表4-4によると、バイオマスについても同一事業所、異事業所ともに傾向は同じであったが、増加率への影響は、新たに加わった事業所によるもの高いことが分かった。

再生製品・原料の産出量では、建設資材等、木材チップ、燃料代替以外は全て増加傾向にあった。特に鉄が総量及び増加量ともに最も多く、118 千 t 増加していた。表 4-5 によると、同一事業所では鉄の産出量は最も高いものの、産出量の増加量では減少傾向にあり、増加量への影響は、新たに加わった事業所によるものであることは明らかである。また、増加率では製紙原料が 2005 年と比較して 2010 年は 749%増加と高い傾向を示した。表 4-5 によると、同一事業所では製紙原料の増加率はそれほど高くない（2005 年と比較して 24%増加）ことから、増加率への影響は、新たに加わった事業所によるものであることは明らかである。さらに、表 4-5 より判断できる特徴ある事象は、燃料代替の産出量の変化である。同一事業所においては、燃料代替の産出量は増加しているのに対し、異事業所は大幅に減少している。この要因として、同一事業所においては、廃棄物発生量の削減努力等の結果として、異事業所においては、新たに加わった事業所がサーマルではなく、マテリアルリサイクルへの産出量が多い特徴があったためだと考えられる。

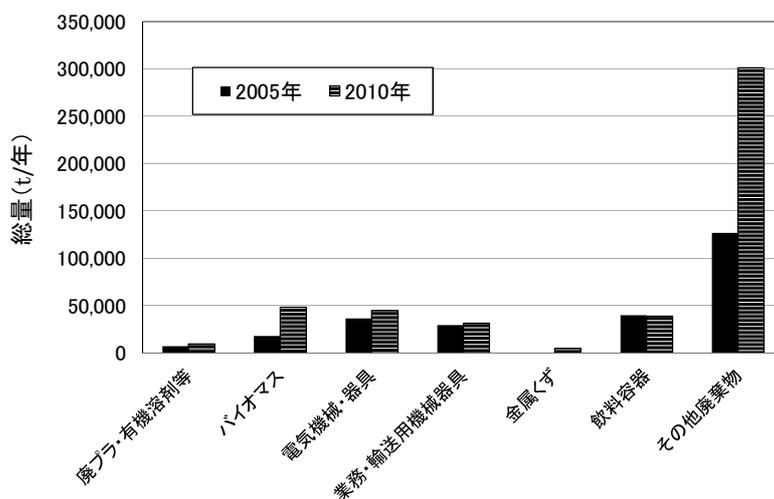


図 4-5 物質別廃棄物等投入量（投入側）

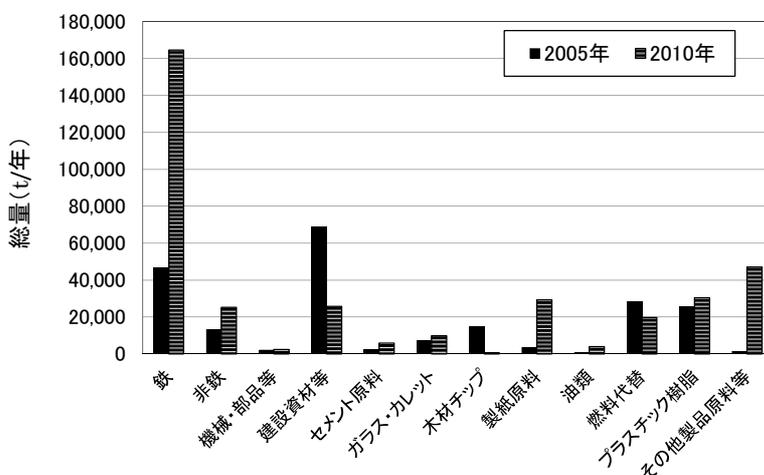


図 4-6 物質別製品・原料産出量（産出側）

表4-4 事業所数の変化による物質別製品・原料産出量への影響（投入側）

【同事業所】（15事業所）
投入 単位：t

	2005年	2010年	対2005年変化率
廃プラ・有機溶剤等	6,236	7,900	+27%
バイオマス	7,452	9,980	+34%
電気機械・器具	36,052	44,340	+23%
業務・輸送用機械器具	29,196	31,357	+7%
金属くず	0	0	
飲料容器	39,744	38,619	-3%
その他廃棄物	53,556	87,262	+63%

【異事業所】（2005年：3事業所、2010年8事業所）
投入 単位：t

	2005年	2010年	対2005年変化率
廃プラ・有機溶剤等	703	1,440	+105%
バイオマス	10,356	38,030	+267%
電気機械・器具	240	265	+10%
業務・輸送用機械器具	0	0	
金属くず	0	4,553	
飲料容器	0	0	
その他廃棄物	73,093	213,729	+192%

表4-5 事業所数の変化による物質別製品・原料産出量への影響（産出側）

【同事業所】（15事業所）
産出 単位：t

	2005年	2010年	対2005年変化率
鉄	45,408	40,171	-12%
非鉄	12,941	17,477	+35%
機械・部品等	1,788	2,050	+15%
建設資材等	18,081	19,412	+7%
セメント原料	2,112	3,855	+82%
ガラス・カレット	7,008	9,843	+40%
木材チップ	4,314	679	-84%
製紙原料	3,348	4,141	+24%
油類	725	3,922	+441%
燃料代替	12,373	18,536	+50%
プラスチック樹脂	25,076	29,469	+18%
その他製品原料等	1,459	7,808	+435%

【異事業所】（2005年：3事業所、2010年8事業所）
産出 単位：t

	2005年	2010年	対2005年変化率
鉄	1,147	124,224	+10728%
非鉄	5	7,690	+152479%
機械・部品等	295	226	-24%
建設資材等	50,556	6,300	-88%
セメント原料	0	2,000	
ガラス・カレット	0	1	
木材チップ	10,345	20	-100%
製紙原料	87	25,008	+28764%
油類	0	0	
燃料代替	15,785	993	-94%
プラスチック樹脂	241	887	+268%
その他製品原料等	0	39,190	

4.3.2 輸送距離の変化

(1) 総量の変化

輸送距離については、調査において各事業所の投入・産出の物質ごとに、輸送先取扱量の上位5ヶ所程度をアンケートに記入いただく形式とした。調査により把握した事業所ごとのデータから、輸送距離及び輸送量を集計し、輸送トンキロ及び平均の輸送距離について整理・分析した。結果を表4-6に示す。

総輸送トンキロの変化を見ると、投入側では2005年と比較して2010年の総輸送トンキロは56%増加、産出側では2005年と比較して2010年の総輸送トンキロは64%増加した。一方、平均輸送距離の変化を見ると、2005年の投入側が241km、産出側が95kmであったのに対し、2010年はそれぞれ202km、91kmと、投入、産出ともに減少した。

また、平均輸送距離の変化への要因を把握するために、2005年度と2010年度の両調査に回答のあった15事業所と片方の調査でしか回答の得られなかった事業所とに分けて整理した結果を表4-7に示す。表4-7によると、平均輸送距離が減少している要因は、投入側では同一事業所における平均輸送距離の減少によるものであることが分かった。さらに、2010年度調査において新たに加わった事業所における平均輸送距離は、2005年度調査時点での事業所の平均輸送距離よりも投入及び産出両方で短いことも分かった。

表4-6 エコタウンを介在する物質の平均輸送距離の変化

		2005年	2010年	対2005年変化率
総輸送トンキロ	投入	61,830 千t・km/年	96,251 千t・km/年	+56%
	産出	20,314 千t・km/年	33,255 千t・km/年	+64%
平均輸送距離	投入	241 km	202 km	-16%
	産出	95 km	91 km	-4%

表4-7 事業所数の変化によるエコタウンを介在する物質の平均輸送距離への影響

【同事業所】(15事業所)

		2005年	2010年	対2005年変化率
総輸送トンキロ	投入	59,704 千t・km/年	69,239 千t・km/年	+16%
	産出	19,101 千t・km/年	23,612 千t・km/年	+24%
平均輸送距離	投入	347 km	316 km	-9%
	産出	142 km	150 km	+6%

【異事業所】(2005年:3事業所、2010年8事業所)

		2005年	2010年	対2005年変化率
総輸送トンキロ	投入	2,126 千t・km/年	27,012 千t・km/年	+1170%
	産出	1,213 千t・km/年	9,643 千t・km/年	+695%
平均輸送距離	投入	25 km	105 km	+316%
	産出	15 km	47 km	+202%

(2) 距離帯別の変化

次に距離帯別に見る。結果を図 4-7、4-8 に示す。距離については、北九州エコタウンを中心として、20km 未満、20～50km、50～300km、300～500km、500～1,000km、1,000km 以上で分類した。この分類は概ね、北九州市内（20km 未満）、福岡県内（20～50km）、九州圏内（50～300km）、西日本圏（300～500km）、東京圏（500～1,000km）、それ以上（1,000km 以上）という距離帯にそれぞれ対応している。

距離帯別物質量的変化は、投入側では、20～50km 圏と 300～500km 圏が減少し、他の距離帯は増加している。2005 年度調査において最も多い距離帯は 20～50km 圏（全体の 43%）に対し、2010 年度調査において最も多い距離帯は 50～300km 圏（全体の 76%）であった。また、地域別に見ると、北九州市域（20km 未満）は増加（2005 年比 321%増）しているのに対し、福岡県域（2005 年比 50km 未満）は減少（49%減）している。このように、大きな変化が見られる。

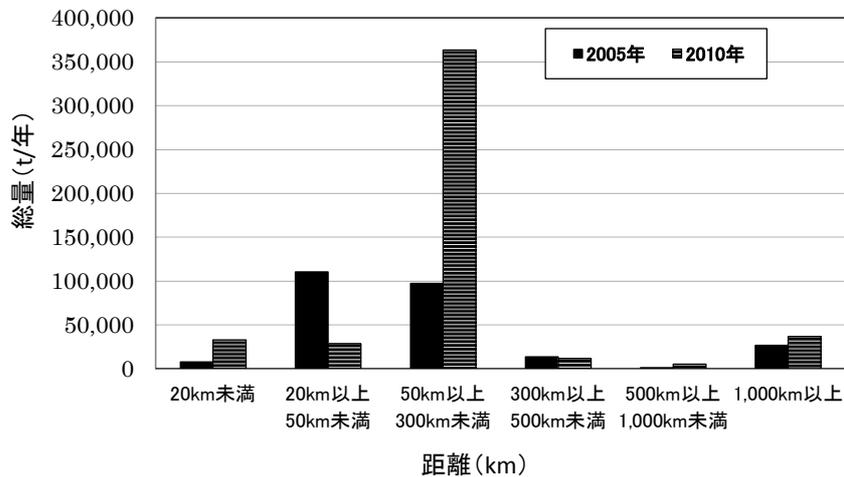


図 4-7 距離帯別分類（投入側）

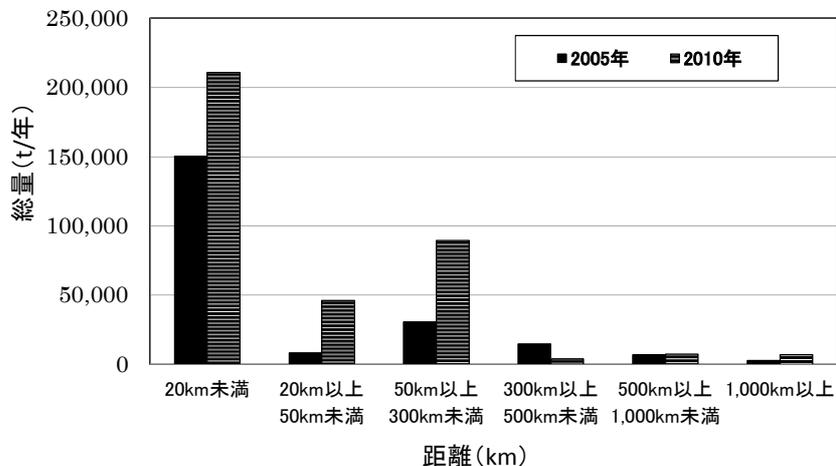


図 4-8 距離帯別分類（産出側）

一方、産出側では、300～500km 圏が減少した以外はその他全ての距離帯で増加している。2005 年度調査及び 2010 年度調査ともに最も多い距離帯は 20km 未満（2005 年：全体の 71%、2010 年：全体の 58%）であった。また、地域別に見ると、九州域（300km 未満）では増加（2005 年比 83%増）しているのに対し、九州域外（300km 以上）では減少（2005 年比 25%減）している。

また、距離帯別変化の要因を把握するため、2005 年度と 2010 年度の両調査に回答のあった 15 事業所と片方の調査でしか回答の得られなかった事業所とに分けて整理した結果を表 4-8 に示す。なお、投入及び産出の両方において取扱量がいずれも増加していることから、変化の特徴をより把握するために、各年の総量に対する割合（%）で表記した。同一事業所の変化からは、投入側で 20km 未満（北九州市内域）からの回収割合が増えており、産出側では 20km 以上 300km 未満（福岡県域、九州域）への出荷割合が増えていることが把握できた。一方、異事業所の変化からは、投入側で 20km 以上 50km 未満（福岡県域）から主に回収していた事業者が撤退等をし、50km 以上 300km 未満（九州域）から主に回収していた事業者が参入、産出側で 20km 以上（北九州市外域）への出荷が比較的多い事業所が参入していくことが把握できた。

表 4-8 事業所数の変化による距離帯別分類への影響

【同事業所】（15事業所）

投入(割合)

単位:%

	20km未満	20km以上 50km未満	50km以上 300km未満	300km以上 500km未満	500km以上 1,000km未満	1,000km以上
2005年	4.4	15.5	56.0	7.9	0.6	15.5
2010年	9.7	12.2	55.7	5.1	0.6	16.7
対2005年変化率	+119%	-22%	-0%	-36%	-3%	+7%

産出(割合)

単位:%

	20km未満	20km以上 50km未満	50km以上 300km未満	300km以上 500km未満	500km以上 1,000km未満	1,000km以上
2005年	53.8	6.0	22.5	10.9	5.0	1.8
2010年	44.9	19.9	28.5	0.0	4.0	2.6
対2005年変化率	-17%	+231%	+27%	-100%	-20%	43%

【異事業所】（2005年:3事業所、2010年8事業所）

投入(割合)

単位:%

	20km未満	20km以上 50km未満	50km以上 300km未満	300km以上 500km未満	500km以上 1,000km未満	1,000km以上
2005年	0.1	99.0	0.9	0.0	0.0	0.0
2010年	4.3	0.6	93.4	0.1	1.5	0.0
対2005年変化率	+3411%	-99%	+10850%			

産出(割合)

単位:%

	20km未満	20km以上 50km未満	50km以上 300km未満	300km以上 500km未満	500km以上 1,000km未満	1,000km以上
2005年	99.4	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2
2010年	67.8	7.1	21.5	1.8	0.5	1.3
対2005年変化率	-32%	+19151%	+4586%			+755%

(3) 物質別の変化

4.3.2(1)で把握した平均輸送距離をさらに物質別に分けて分析した。結果を、図 4-9～4-10 に示す。

この結果によると、投入側では業務・輸送用機械器具、飲料容器、その他廃棄物は減少傾向がみられ、それ以外は増加傾向がみられた。中でも特に、バイオマスは平均輸送距離が大幅に増加（2005年比 192%増）している。また、2010年から投入が開始された金属くずは、他の物質に比べ平均輸送距離が長いことも明らかとなった。

産出側では、5物質は増加傾向を7物質は減少傾向をそれぞれ示した。特に、木材チップ（2005年比 86%減）、ガラス・カレット（2005年比 71%減）が大幅に減少、建設資材（2005年比 192%増）、非鉄（2005年比 147%増）が大幅に増加している。なお、機械・部品等の平均輸送距離が長いのは海外輸送を含んでいるためである。

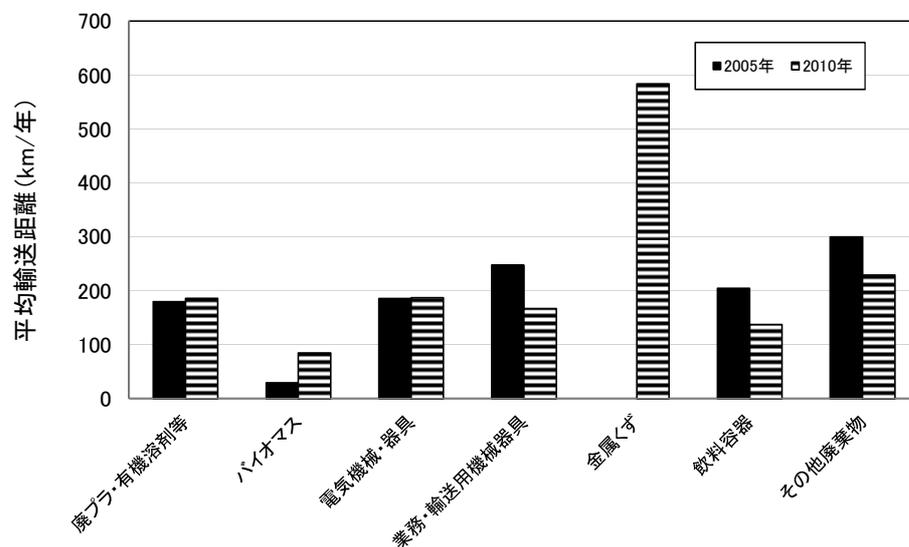


図 4-9 物質別平均輸送距離（投入側）

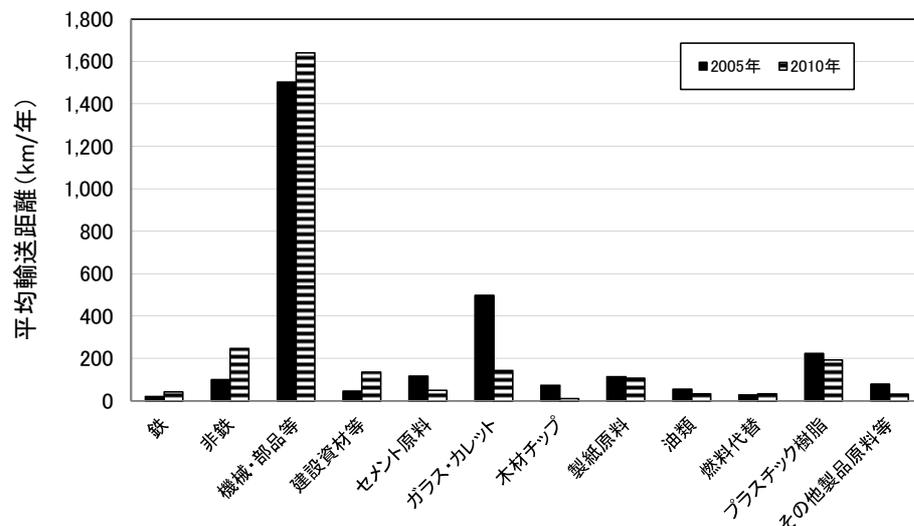


図 4-10 物質別平均輸送距離（産出側）

次に、物質別、距離帯別の変化を考察するために、4.3.2(2)で把握した距離帯別の廃棄物等の投入量及び再生製品・原料の産出量をさらに物質別に分けて分析した。結果を図4-11～4-14に示す。

物質別の距離帯の変化をみると、投入側では電気機械・器具、飲料容器以外は大きく変化している。特徴のあるものとして、バイオマス及びその他廃棄物では、2005年は20～50km圏の割合(各90%、73%)が最も大きいのに対して、2010年では50～300km圏の割合(各82%、72%)が最も大きくなっている。

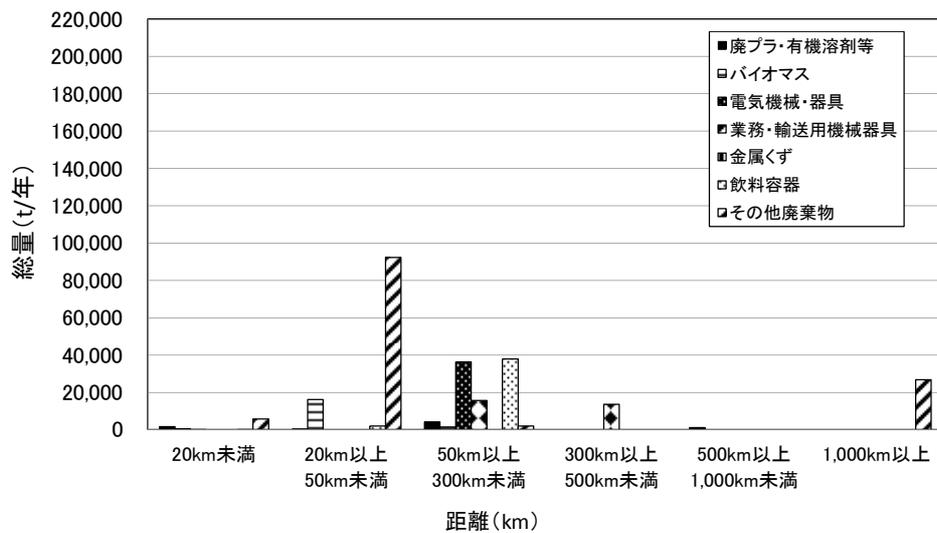


図4-11 物質別距離帯別分類 (2005年：投入側)

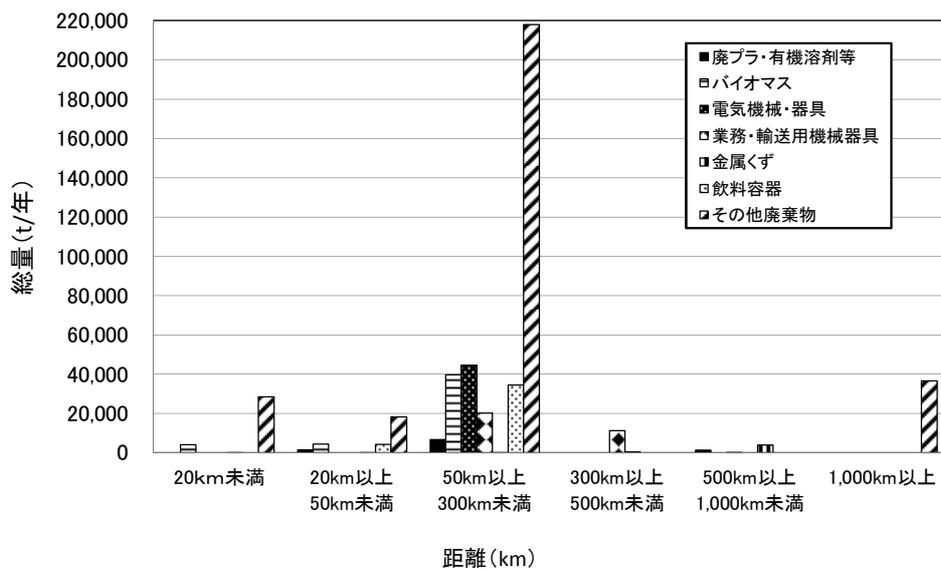


図4-12 物質別距離帯別分類 (2010年：投入側)

産出側では、セメント原料以外は変化がみられた。特徴のあるものとして、ガラス・カレットでは、2005年は500～1,000km圏の割合(57%)が最も大きいのにに対して、2010年には20～50km圏の割合(75%)が最も大きくなっている。また、油類では、2005年は50～300km圏の割合(83%)が最も大きいのにに対して、2010年には20～50km圏の割合(81%)が最も大きくなっている。

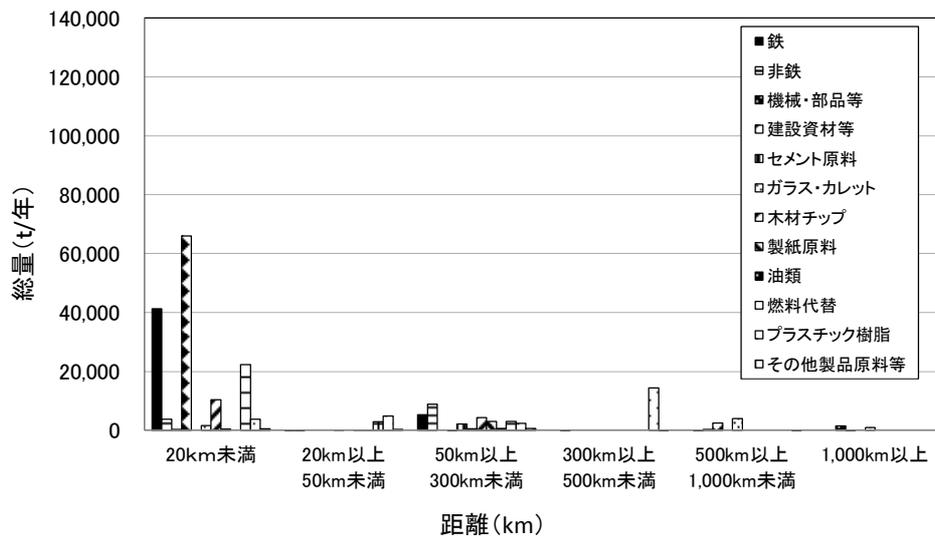


図4-13 物質別距離帯別分類 (2005年：産出側)

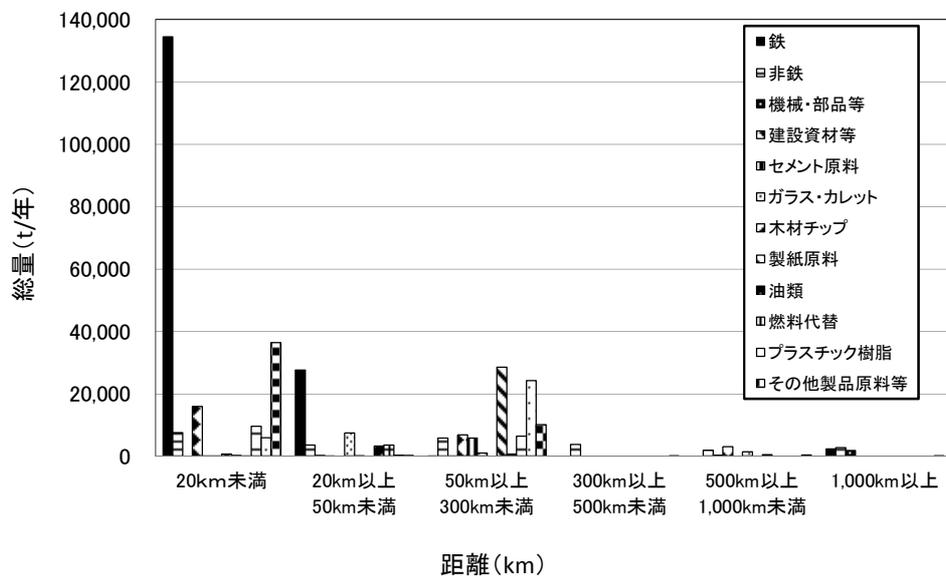


図4-14 物質別距離帯別分類 (2010年：産出側)

(4) 総輸送トンキロ、輸送距離に関する要因分析

表 4-9 に、表 4-6 をもとにした総輸送トンキロ、輸送距離に関する要因分析の結果を示す。これによると、事業所数増加の他、投入側及び産出側双方において、事業所あたりの輸送量が増加した一方、輸送距離が減少したことがわかる。つまり、総輸送トンキロが投入側及び産出側双方で増加した要因として、事業所あたりの取扱量が増加したことが起因していると考えられる。

表 4 - 9 要因分析

	トン・キロ/トン		トン/事業所		事業所
	投入	産出	投入	産出	
2005年	241	95	14,257	11,839	18
2010年	202	91	20,760	15,822	23
対2005年変化率	-16%	-4%	+46%	+34%	+28%

4.3.3 エコタウン事業の特性分析

「製品・原料産出における投入産出比率」、「製品・原料産出におけるエネルギー消費効率」、「最終処分回避率」の3つの評価指標を用いてエコタウン事業の特性分析をおこなった。

(1) 製品・原料産出における投入産出比率

まず、投入された廃棄物等のうち何割が製品・原材料として産出されたかを示す指標である、製品・原料産出における投入産出比率（＝製品・原材料の産出重量／投入された廃棄物重量）を把握するため、各年の調査において把握した廃棄物等投入量及び製品・原料産出量を用いて算定をおこなった。結果を表4-10に示す。なお、エコタウン事業からは、製品もしくは他製品原料として産出されるもの（マテリアルリサイクル）と、熱回収の材料として産出されるもの（サーマルリサイクル）があるため、熱回収を含む場合と含まない場合のケースを想定した。

結果によると、2005年度調査では廃棄物等を1t処理することで0.83t（投入産出比率83.0%）の天然資源を、2010年度調査では廃棄物等を1t処理することで0.762t（投入産出比率76.2%）の天然資源を削減できていることが把握できた。投入産出比率は2005年から2010年までで8%減少しており、廃棄物投入量あたりの天然資源の削減効率は悪くなっていることが分かった。一方、熱回収の材料として算出される量を除くと、2005年及び2010年の投入産出比率はほとんど変化していなことが把握できた。

表4-10 投入産出比率の変化

	単位	2005年	2010年	対2005年変化率
廃棄物等投入量	千t	256.6	477.5	+86%
製品・原料産出量	千t	213.1	363.9	+71%
熱回収利用量	千t	28.2	19.5	-31%
投入産出比率	%	83.0	76.2	-8%
熱回収除く	%	72.1	72.1	+0%

また、投入産出比率の変化の要因を把握するために、表 4-10 の結果を業種別に分けて分析した。業種分類は表 4-11 に示す 7 業種とした。

業種別に分類した結果を表 4-12 に示す。この結果によると、投入産出比率を悪くしている要因は、業務用・輸送用機械器具及びその他であることが分かった。業種別の特徴で見ると、プラスチック・有機溶剤等、電気機械・器具、飲料容器の投入産出比率は、両年ともに高い値を示している。また、サーマルリサイクルの比率が高い業種として、プラスチック・有機溶剤等、次に電気機械・器具であることが分かった。一方で、バイオマスなどはサーマルリサイクルの比率が非常に低く、このことから、業種によりマテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの比率は大きく異なることがいえる。

表 4-11 業種分類と該当事業所数

単位: 事業所

	2005年	2010年	対2005年変化率
プラスチック・有機溶剤等	3	3	0%
バイオマス	3	5	+67%
電気機械・器具	4	4	0%
業務用・輸送用機械器具	2	2	0%
金属類	0	2	
飲料容器	3	3	0%
その他	3	4	+33%
合計	18	23	+28%

表 4-12 業種別投入産出比率の変化

単位: %

	2005年		2010年		対2005年変化率	
	投入産出比率	熱回収除く	投入産出比率	熱回収除く	投入産出比率	熱回収除く
プラスチック・有機溶剤等	90.7	62.0	115.2	60.4	+27.0%	-2.5%
バイオマス	81.1	80.3	129.2	129.1	+59.3%	+60.8%
電気機械・器具	93.4	85.2	95.6	84.2	+2.4%	-1.2%
業務用・輸送用機械器具	100.1	97.3	77.4	73.7	-22.7%	-24.2%
金属類			67.6	67.6		
飲料容器	92.3	87.2	94.4	90.0	+2.4%	+3.1%
その他	73.8	58.8	48.0	41.2	-35.0%	-29.9%
全体	83.0	72.1	76.2	72.1	-8.2%	+0.1%

(2) 廃棄物等投入における単位量あたりのエネルギー消費量

廃棄物等の処理に対して燃料や電力などのエネルギーがどの程度消費されたかを示す指標である、廃棄物等投入量に対するエネルギー消費効率（＝エネルギー消費量／投入された廃棄物重量）を把握するため、各年の調査において把握した廃棄物等投入量及びエネルギー消費量を用いて算定をおこなった。結果を表 4-13 に示す。なお、電力の単位をそろえるために、総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）の標準発熱量及び受電端投入熱量を用いて原油換算トン（TOE）で算定した。

結果によると、2005 年では廃棄物等を 1t 処理するために 0.0686TOE（単位量あたりのエネルギー量 68.6TOE/千 t）のエネルギーを、2010 年では廃棄物等を 1t 処理するために 0.1493TOE（単位量あたりのエネルギー量 149.3 TOE/千 t）のエネルギーを消費していることが把握できた。投入単位量あたりのエネルギー量は 2005 年から 2010 年までで 118%増加しており、廃棄物等の処理にかかるエネルギー効率は悪くなっていることが分かった。

表 4 - 1 3 投入単位量あたりのエネルギー消費量の変化

	単位	2005年	2010年	対2005年変化率
廃棄物等投入量	千t	256.6	477.5	+86%
エネルギー(TOE)	千TOE	17.6	71.3	+305%
燃料(t)	千t	9.6	47.6	+398%
電力(MWh)	千MWh	37.5	110.5	+194%
投入単位量あたりのエネルギー消費量	TOE/千t	68.6	149.3	+118%

また、投入単位当たりのエネルギー消費量の変化の要因を把握するために、業種別に分類した結果を表 4-14 に示す。この結果によると、エネルギー消費効率を悪くしている要因は、バイオマス及びその他であった。特にバイオマスでは、大型の処理装置を用いて最終製品化まで行なっている企業が参入した事、その他では、エネルギー消費の少ない建設混合廃棄物処理業者が撤退し、エネルギー消費の多い土石・ガラ類の処理業者が参入した事が要因である。また、業種別特徴をみると、電気機械・器具及び業務用・輸送用機械器具が両年ともエネルギー消費効率が良い。これは、これらの業種が手作業を中心とした中間処理という位置づけであるためである。

表 4 - 1 4 業種別エネルギー消費効率の変化

	単位: TOE/千t		
	2005年	2010年	対2005年変化率
プラスチック・有機溶剤等	91.2	98.6	+8%
バイオマス	109.3	293.5	+169%
電気機械・器具	35.0	28.8	-18%
業務用・輸送用機械器具	16.6	12.7	-24%
金属類		169.6	
飲料容器	60.7	53.1	-13%
その他	87.4	172.7	+98%
全体	68.6	149.3	+118%

(3) 最終処分回避率

エコタウンに廃棄物等を投入することで、どの程度の最終処分量が回避されたかを示す指標である、最終処分の回避率（ $=1 - \text{最終残渣量} / \text{投入された廃棄物重量}$ ）を把握するために、各年の調査において把握した廃棄物等投入量及び最終残渣量を用いて算定をおこなった。結果を表 4-15 に示す。

結果によると、2005 年では廃棄物等を 1t 処理することで 0.945t（最終処分回避率 94.5%）の最終処分量を、2010 年では廃棄物等を 1t 処理することで 0.982t（最終処分回避率 98.2%）の最終処分量を削減できていることが把握できた。最終処分回避率は 2005 年から 2010 年までで 4%増加しており、廃棄物投入量あたりの最終残渣の削減効率は良くなっていることが分かった。

表 4 - 1 5 最終処分回避率の変化

	単位	2005年	2010年	対2005年変化率
廃棄物等投入量	千t	256.6	477.5	+86%
最終残渣量	千t	14.2	8.6	-39%
最終処分回避率	%	94.5	98.2	+4%

また、最終処分回避率の変化の要因を把握するために、業種別に分類した結果を表 4-16 に示す。この結果によると、最終処分回避率を良くしている要因は、電気機械・器具であった。この要因は企業努力であり、特にサーマルリサイクルの割合が高くなっていることから、これまで廃棄されていたもののうち、燃料代替などで活用できるものは可能なかぎりリサイクルを行ったためだと推測できる。

表 4 - 1 6 業種別最終処分回避率の変化

	単位: %		
	2005年	2010年	対2005年変化率
プラスチック・有機溶剤等	99.9	100.0	+0.1%
バイオマス	100.0	99.8	-0.2%
電気機械・器具	89.7	98.1	+9.4%
業務用・輸送用機械器具	99.4	96.4	-3.0%
金属類		100.0	
飲料容器	96.8	98.4	+1.6%
その他	93.5	94.1	+0.7%
全体	94.5	98.2	+3.9%

4.4 結言

本章では、地域資源循環拠点としての北九州エコタウンの役割の時間的変化を把握・分析するために、エコタウンの立地事業所を対象に、2 時点の物質フローの把握ならびにその時間的変化の考察と、評価指標を設定した上でその変化を定量的に分析した。その結果、次のような成果を得た。

- ・複数年における物質フローデータを調査したことで、エコタウンに立地している事業所数やその事業所を介して投入・産出される廃棄物等、再生製品・原料の変化を定量的に把握した。
- ・エコタウンの投入・産出に関わる輸送構造の分析により、北九州エコタウンの場合、300km 以内の比較的広域な資源循環に対して役割を果たしていることともに、立地事業者や取引先の変化による影響も大きいことも判明した。
- ・2005 年度と 2010 年度の両調査に回答のあった事業所と片方の調査のみ回答のあった事業所に分けてその要因を分析した結果、投入・産出構造及び輸送距離の変化とともに、撤退や新たに参入した事業所による影響がかなり高いことが把握できた。
- ・一方で、同一事業所についても、投入及び産出量の増加、平均輸送距離の減少、北九州域からの投入量の増加、福岡県域及び九州域への産出量の増加など、様々な変化を把握することができた。
- ・輸送トンキロは投入側及び産出側双方で増加したが、その要因分析では、事業所あたりの取扱量が増えたことが最も起因していることが分かった。
- ・製品・原料産出における投入産出比率、製品・原料産出におけるエネルギー消費効率、最終処分回避率の 3 つの指標の設定により、エコタウンに立地する事業所による物質フローの変化による天然資源、化石燃料、最終処分場への影響変化について把握した。

以上の結果から、次のことが整理・提言できる。

- ・鉄資源の投入・産出量ともに非常に多く、比較的広域な地域からエコタウンに投入され、北九州市域で製品や原料として利用されているように、北九州市の地域特性が反映されている。
- ・投入側で見ると、多くの資源が 50km～300km の比較的広域から回収され、経年で見ると北九州市近隣からの回収率が少し高くなる傾向が見られた。回収の安定化や行政等の支援の効果とも考えられる。
- ・資源別に見ると、バイオマスは 20km～50km の近隣から回収され、20km～300km の少し広域のエリアに、木材チップや製紙原料として出荷されている。このことから、バイオマスは比較的近郊での循環が適していると想定される。

- ・産出側でみると、非鉄や機械・部品等、ガラス・カレット、プラスチック樹脂は50km～1,000kmの広域への出荷が多い。特に鉛ガラス等、特定の企業しか処理不可能なものも見られた。これらの資源を処理できる企業の誘致もしくは、処理技術の開発を行うことで、より近郊でのリサイクル、高付加価値化が可能となる。
- ・産出側の燃料代替をみると、20km未満が半数以上占めている。これは、北九州エコタウン内にサーマルリサイクルを行う企業が立地していたことが優位性として現れた結果である。しかし、現在は撤退していることから、燃料代替としての産出は、今後現在よりも遠方を想定する必要がある。
- ・指標分析の結果をみると、投入産出比率では、プラスチック・有機溶剤等、電気機械・器具、業務用・輸送用機械器具が業種として高くなる傾向があった。これは、比較的法律等で縛られているものであることも一因であると考えられる。
- ・投入単位あたりのエネルギー消費量では、手選別やリユース等を行っている業種は比較的高率が良く、製品化や高付加価値化を図っている業種は効率が悪い。
- ・北九州エコタウンからの最終残渣は投入量に対して1.8%程度であり、全国のエコタウン事業の中でも、非常に高いリサイクル率を誇っている。

参考文献

- 1) 松野裕、森口祐一(2003)：循環基本計画の物質フロー目標－指標選定と目標水準決定の経緯－、環境研究 No. 130、 pp.18-27
- 2) 松本亨、勝原英治、鶴田直、藤山淳史(2009)：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
- 3) 大西悟、陳旭東、藤田壮(2010)：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

5. 環境負荷削減効果から見たエコタウンの変化

5.1 緒言

第4章では、北九州エコタウンを通る物質のフローに着目し、複数年の物質フローの変化及び輸送距離の変化ならびに、その要因について考察した。

第3章において評価した結果によると、北九州エコタウンは北九州市内外の物質フローに影響を与えるだけでなく、環境負荷削減についても大きく貢献している。

そこで本章では、北九州エコタウンの環境負荷削減効果に着目し、複数年の調査結果をもとに、北九州エコタウンの経年変化に伴う環境負荷削減効果（LCA）の変化について把握するとともに、その変化の要因についても考察を行う。

5.2 評価方法の概要

図5-1に、本章の評価で用いる各種分析手法の関係を示す。

算出には前章で集計した複数年の物質フローデータを用いた。また、前章で触れた物質フローデータ以外にも、同時に調査した、搬入・搬出時の運搬方法、廃棄物の処理方法、代替効果を算出するために必要となる再商品化の製品情報についても用いた。さらに、評価結果をもとに要因分析を行い、CO₂の増減に寄与する活動を把握する。

CO₂排出原単位は、主に日本建築学会 1)と産業環境管理協会 2)のものを用いたが、状況に応じて他も含め複数のデータベースに頼った。

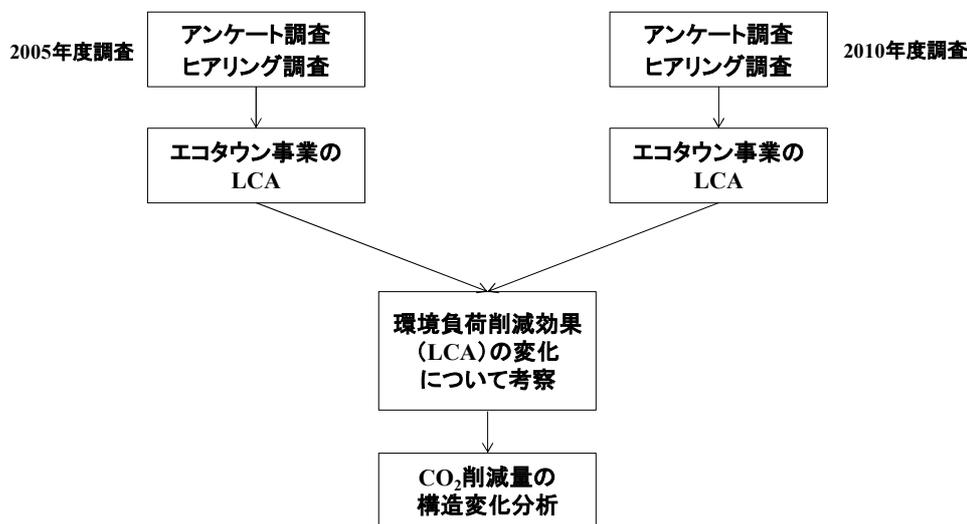


図5-1 各分析手法の関係

5.3 調査・分析結果

5.3.1 環境負荷削減効果（LCA）の変化

LCCO₂の評価を行った結果を図5-2に示す。2005年度に比べて、2010年度は輸送工程、リサイクル工程、廃棄物処理工程のすべてにおいて増加を示した。リサイクルによる天然資源等削減効果は、2005年度より約83%増加しており、北九州エコタウンによる環境負荷削減効果は、約56%増加していることがわかった。

以上の結果と北九州市全体のCO₂排出量を比較すると（2005年度、2010年度それぞれの時点の北九州市のデータと比較）、一年間における北九州市のCO₂排出量の1.5%相当（2005年）が2.2%相当（2010年）と46%増加、産業部門の2.3%相当（2005年）が3.2%相当（2010年）と44%増加しており、北九州エコタウンの立地の意義としても高まっているといえる。

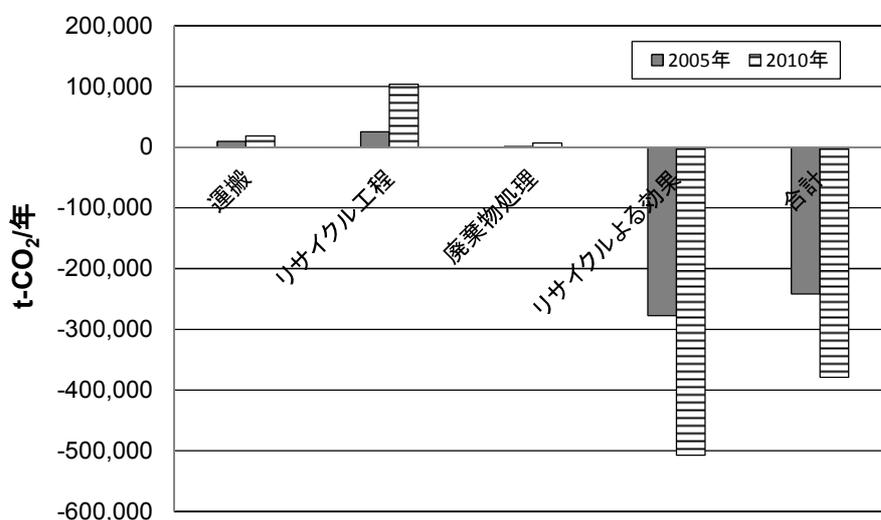


図5-2 北九州エコタウンの環境負荷削減効果

表5-1 インベントリ分析によるプロセス別の環境負荷割合

ライフサイクルステージ		2005年	2010年	対2005年変化率
運搬	収集運搬	61.4%	60.5%	-1%
	再生製品運搬	37.8%	39.1%	4%
	廃棄物運搬	0.8%	0.3%	-60%
	小計	100.0%	100.0%	0%
リサイクル工程	天然資源の使用による環境負荷	3.1%	8.0%	157%
	リサイクル時のエネルギー使用	96.9%	92.0%	-5%
	小計	100.0%	100.0%	0%
リサイクルによる効果	再資源化による効果	73.9%	78.3%	6%
	廃棄処理の削減による効果	8.8%	10.0%	14%
	フィードストック分	17.3%	11.7%	-32%
	小計	100.0%	100.0%	0%
廃棄処理	廃棄物	91.4%	13.9%	-85%
	排水	8.6%	86.1%	900%
	小計	100.0%	100.0%	0%

また、図 5-2 で示したライフサイクルステージをさらに詳細なプロセスに分類し、各ライフサイクルステージにおける環境負荷割合を示したものが表 5-1 である。この結果のうち特徴あるものとして、廃棄物処理のプロセスにおいて、2005 年は廃棄物が 9 割以上を占めていたのに対し、2010 年では排水が 8 割以上と割合が逆転している傾向がみられた。これは、廃棄物の発生量が減少したとともに、多くの下水排水を排出する事業所が新たに立地したためである。事業所の増加による影響は、天然資源の使用による環境負荷においても同様のことがいえる。リサイクルによる効果のプロセスにおいて、フィードストック分が減少しているが、これはプラスチック等炭素由来の廃棄物等を受け入れる事業所が減少し、新たにはほとんど加わらなかったためである。

次に、リサイクルによる環境負荷削減効果を創出するために発生する、運搬、リサイクル工程、廃棄物処理からの環境負荷の割合をしめす指標である、削減効率（リサイクルによる効果 / (運搬 + リサイクル工程 + 廃棄物処理)）の変化を求めた。業種別の産出結果を表 5-2 に示す。この結果によると、最も大きく変化した業種はバイオマスである。要因としては、もともと機器等を使用して製品化・原料化を行う事業所タイプが大半であったが、特に新規に参入してきた事業所が、大型の機械を用いて大量に処理を行い、最終製品を製造するところであったためである。その他の変化率の増加についても、同様に大規模な処理機械を使用する事業所の参入が要因としてあげられる。また、業務用・輸送用機械器具の変化率の減少については、リユース製品出荷率の増加などがあげられる。

表 5-2 エコタウン事業による削減効率（業種別）

	2005年	2010年	対2005年変化率
プラスチック・有機溶剤等	303%	268%	-12%
バイオマス	333%	130%	-61%
電気機械・器具	997%	1155%	+16%
業務用・輸送用機械器具	717%	1813%	+153%
金属類		379%	
飲料容器	842%	919%	+9%
その他	904%	302%	-67%
全体	780%	395%	-49%

5.3.2 CO₂削減量の構造変化分析

(1) 全ステージの要因分析

2005年度および2010年度の物質フローデータをもとに、CO₂排出量変化の要因分析を行うため、次のような中間媒介項を用いた要因分析モデルを設定した。

まず、業種別にCO₂排出量の恒等式を以下のように定義した。なお、業種分類は表4-11と基本的に同じとするが、金属については2005年には無い業種であり、変化の要因として分析が不可能であるため、変化の要因を分析する本節では、『その他』に含めて算出するものとする。

$$CO_2 = \sum_{i=1}^7 \left\{ \left(\frac{CO_2^i}{Mi} \right) \times \left(\frac{Mi}{Ri} \right) \times Ri \right\} \quad (1)$$

ここで、

CO₂ : CO₂排出量、i : 業種 (i=1~6),

M : 年間受入量、R : 事業者数

第1~3要因はそれぞれ次のように定義できる。

$\frac{CO_2^i}{Mi}$ …第1要因 (炭素集約度)

$\frac{Mi}{Ri}$ …第2要因 (事業者数あたり年間受入量)

Ri…第3要因 (受入量)

次に、(1)式を全微分し、エコタウンにおけるCO₂排出量変化の要因分析モデルを以下のように設定した。結果を図5-3に示す。

$$\begin{aligned} \Delta CO_2 = & \sum_{i=1}^7 \left\{ \Delta \left(\frac{CO_2^i}{Mi} \right) \times \left(\frac{Mi}{Ri} \right) \times Ri \right\} + \sum_{i=1}^7 \left\{ \left(\frac{CO_2^i}{Mi} \right) \times \Delta \left(\frac{Mi}{Ri} \right) \times Ri \right\} \\ & + \sum_{i=1}^7 \left\{ \left(\frac{CO_2^i}{Mi} \right) \times \left(\frac{Mi}{Ri} \right) \times \Delta Ri \right\} + \text{残差項} \quad (2) \end{aligned}$$

この結果から、エコタウン事業全体では、事業所あたりの受入量の増加が、CO₂削減効果の増加に最も寄与していることがわかった。また、受入量あたりのCO₂排出量は高くなっており、要因としてプラス(負荷の増える側)にはたらいている。

業種別で見ると、バイオマス及び業務用・輸送用機械器具において、受入量あたりのCO₂排出量の変化がそれぞれプラス側、マイナス側(負荷の減る側)に大きく影響している。また、その他において、事業所数の変化がマイナス側に大きく影響している。これは、前節同様、大型機械処理、リユース製品率の増加が要因と考えられる。

なお、変化の要因を詳細に分析するため、以降は各ライフサイクルステージ別に考察を行った。ただし、廃棄物処理についてはCO₂排出による影響が少ないとともに、表5-1において要因を考察できているため、以降の分析は行わないものとする。

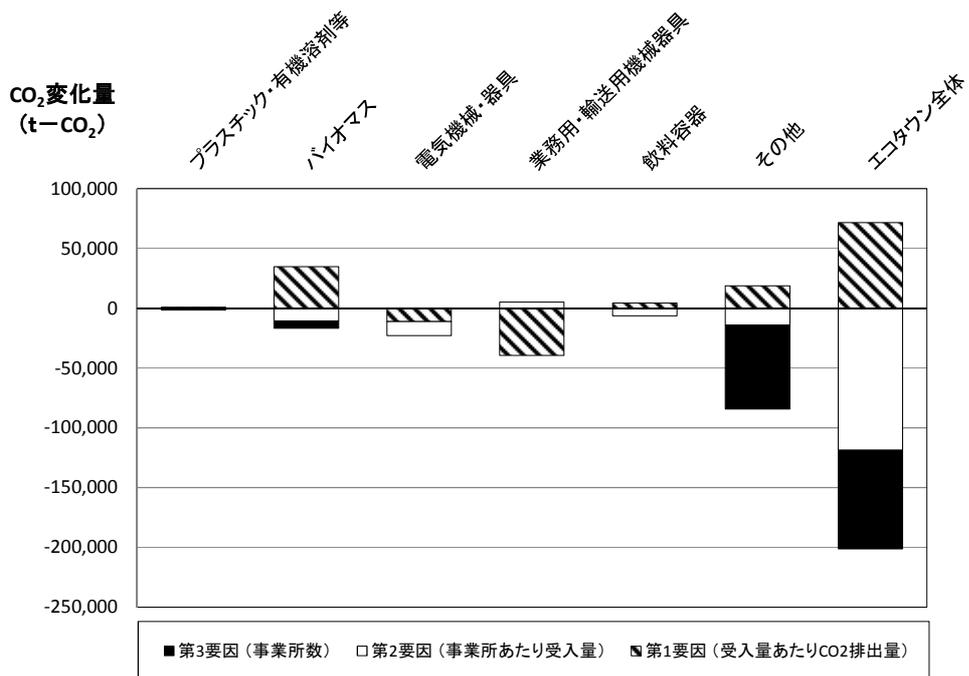


図5-3 業種別 CO₂ 変化の排出要因の内訳

(2) 輸送ステージの要因分析

輸送ステージの要因分析式を、次のように定義した。

$$CO_2 = \sum_{i=1}^6 \left\{ \left(\frac{CO_{2i}}{t_i \cdot km_i} \right) \times \left(\frac{t_i \cdot km_i}{t_i} \right) \times t_i \right\} \quad (3)$$

ここで、

CO₂ : 輸送ステージの CO₂ 排出量,

i : 業種 (i=1~6)

t : 年間投入・産出量、km : 受入・産出時の平均輸送距離

第1~3 要因はそれぞれ次のように定義できる。

$\frac{CO_{2i}}{t_i \cdot km_i}$... 第1 要因 (トンキロ原単位)

$\frac{t_i \cdot km_i}{t_i}$... 第2 要因 (平均輸送距離)

$\frac{t_i}{t_i}$... 第3 要因 (投入・産出量)

次に、(3)式を全微分することで、輸送ステージのCO₂排出量変化の要因分析モデルを以下のように設定した。結果を図5-4に示す。

$$\Delta CO_2 = \sum_{i=1}^6 \left\{ \Delta \left(\frac{CO_2 i}{ti \cdot kmi} \right) \times \left(\frac{ti \cdot kmi}{ti} \right) \times ti \right\} + \sum_{i=1}^6 \left\{ \left(\frac{CO_2 i}{ti \cdot kmi} \right) \times \Delta \left(\frac{ti \cdot kmi}{ti} \right) \times ti \right\} + \sum_{i=1}^6 \left\{ \left(\frac{CO_2 i}{ti \cdot kmi} \right) \times \left(\frac{ti \cdot kmi}{ti} \right) \times \Delta t \right\} + \text{残差項} \quad (4)$$

まずエコタウン全体を見ると、第2要因（距離要因）はCO₂排出量の減少にはたっているが、それ以外が増加に大きく寄与している（特に第3要因（重量要因））ため、輸送ステージ全体としてCO₂排出量が増加したことがわかる。

次に業種別に見て特徴あるものとして、バイオマスは、第2要因（距離要因）がマイナス側に大きく影響しているのに対して、第3要因（重量要因）がプラス側に大きく影響していることがわかる。つまり、距離の近い場所からの輸送の割合が増加した一方で、取り扱う物量が大きく増加したことがいえる。また、その他は、第1要因（原単位要因）が大きくプラス側に影響している。これは、同事業所及び新たに加わった4事業所において、輸送手段（トラック輸送）の小型化や積載率の減少傾向が見られたためだと考えられる。

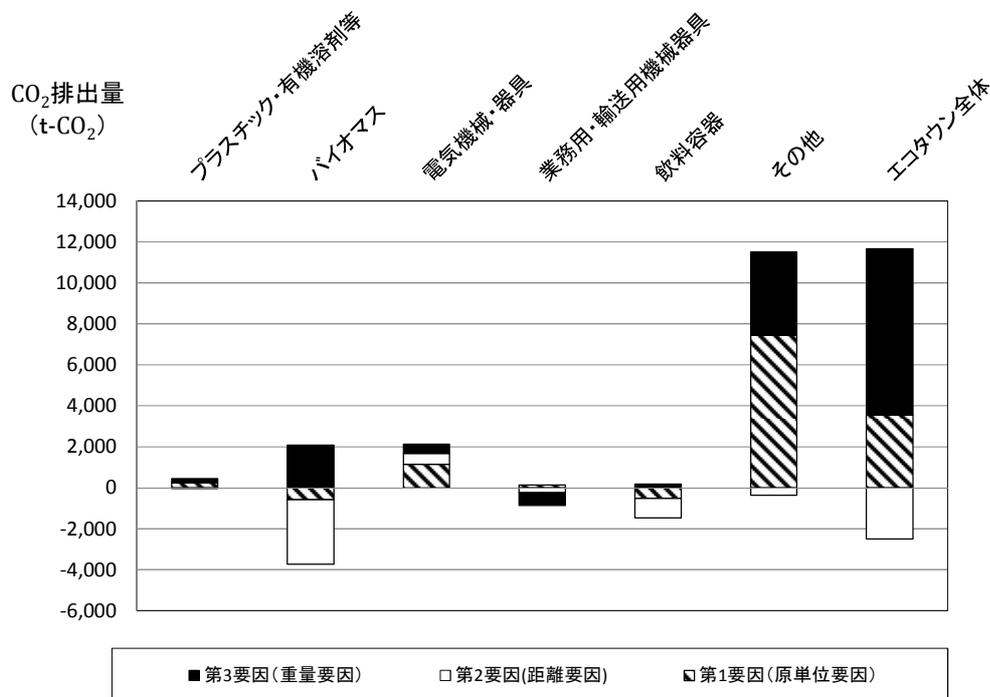


図5-4 業種別CO₂排出量の変化要因の内訳（輸送ステージ）

(3) リサイクル処理ステージの要因分析

リサイクル処理ステージの要因分析式を、次のように定義した。なお、表 5-1 の結果より、リサイクル処理ステージの中でも、より影響の高い『リサイクル時のエネルギー使用』のみについて分析を行った。

$$CO_2 = \sum_{i=1}^6 \left\{ \left(\frac{CO_2^i}{E^i} \right) \times \left(\frac{E^i}{M^i} \right) \times M^i \right\} \quad (5)$$

ここで、

CO_2 : リサイクル処理による CO_2 排出量、

i : 業種 ($i=1\sim 6$)、 M :年間受入量

E : リサイクル処理に要したエネルギー消費量

第 1~3 要因はそれぞれ次のように定義できる。

$\frac{CO_2^i}{E^i}$ …第 1 要因 (炭素集約度)

$\frac{E^i}{M^i}$ …第 2 要因 (受入量あたりエネルギー消費)

M^i …第 3 要因 (受入量)

輸送ステージと同様に、(5)式を全微分し、リサイクル処理ステージにおける CO_2 排出量変化の要因分析モデルを以下のように設定した。結果を図 5-4 に示す。

$$\begin{aligned} \Delta CO_2 = & \sum_{i=1}^6 \left\{ \Delta \left(\frac{CO_2^i}{E^i} \right) \times \left(\frac{E^i}{M^i} \right) \times M^i \right\} + \sum_{i=1}^6 \left\{ \left(\frac{CO_2^i}{E^i} \right) \times \Delta \left(\frac{E^i}{M^i} \right) \times M^i \right\} \\ & + \sum_{i=1}^6 \left\{ \left(\frac{CO_2^i}{E^i} \right) \times \left(\frac{E^i}{M^i} \right) \times \Delta M^i \right\} + \text{残差項} \quad (6) \end{aligned}$$

まずエコタウン全体を見ると、第 2 要因 (受入量あたりエネルギー)、第 3 要因 (受入量) が大きく増加したことから、リサイクル処理ステージ全体として CO_2 排出量が増加したことがわかる。

次に業種別に見ると、バイオマスとその他の CO_2 排出量の変化が大きいことがわかる。要因別では、第 1 要因 (炭素集約度) の変化は少なく、それ以外の要因の変化が大きいことがわかる。

バイオマスとその他の CO_2 排出量の変化が大きいのは、第 3 要因の変化については、2010 年にバイオマスは 2 事業所、その他は 4 事業所が増加したとともに、増加した事業所の取扱量も多いためである。また、第 2 要因については、バイオマスとその他いずれも、新規の立地事業者が大きくエネルギーを消費する事業者であったため、受け入れ量あたりエネルギー消費が増加している。その他の業種は、2005 年と 2010 年の調査で各要素ともに大きな変化はみられなかった。

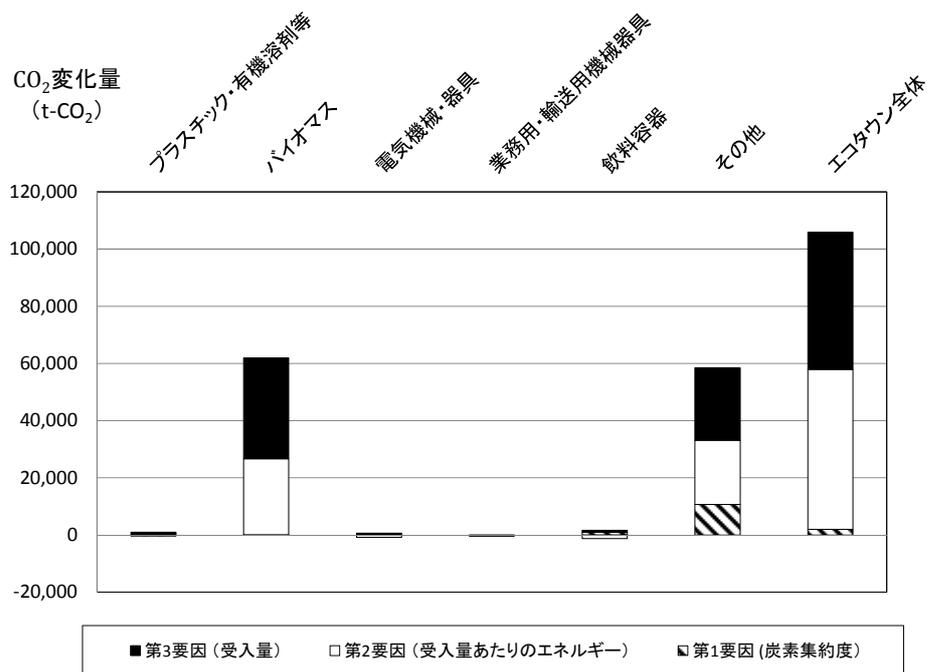


図5-4 業種別 CO₂ 排出量の変化要因の内訳（リサイクル処理ステージ）

(4) リサイクルによる効果ステージの要因分析

リサイクルによる効果のうち最も影響率の高い『再資源化による効果』に着目し、この効果の主要構成品目を分類した。図 5-5 に再資源化による効果の構成要因別分類結果を示す。分析においては、マテリアルリサイクルを産出時の資源の種類によって 8 種類に、さらにサーマルリサイクルをあわせた 9 種類で分類した。

結果によると、7 種類で増加、2 種類で構成割合が減少している。鉄、非鉄、プラスチック類、ガラス・カレット、その他の増加については、産出量の増加が主な要因であると考えられる。また、サーマルリサイクルについては、量が減少していることが要因である。一方、上記以外の物質については単純に産出量の変化ではないと考えられるため、産出量あたりの削減効果について図 5-6 に示すとおり算出した。

図 5-6 によると、建設用骨材等の産出量あたりの削減効果が大幅に増加している。これは、路盤材（砂・砂利代替）などに活用していたものを、セメント用骨材など付加価値の高いものに活用している割合が増えたためである。また、木材・木材チップ、再生紙原料も同等のことがいえ、チップ代替から木材代替、古紙原料から再生紙のように製品化に近い状態として産出している量が増加している。

また、物質別の削減効果の傾向をみると、その他が他の物質より明らかに高い。この理由として、その他の効果の中にリユース部品という環境負荷削減効果の高い製品

が含まれているためである。つまり、製品として産出されるものは比較的削減効果が
高く、原料としての出荷は比較的削減効果が低いといえる。

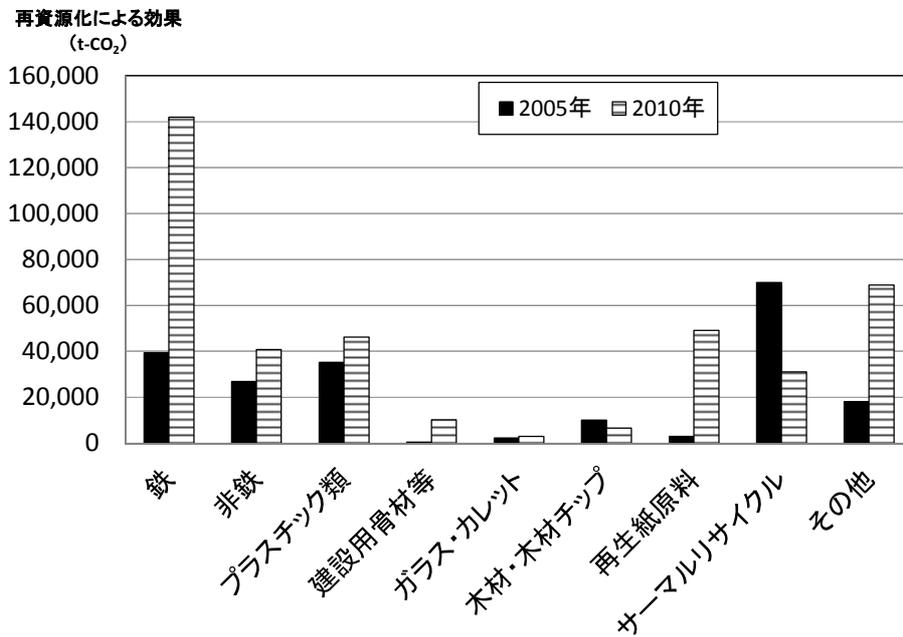


図5-5 再資源化による効果（物質別）

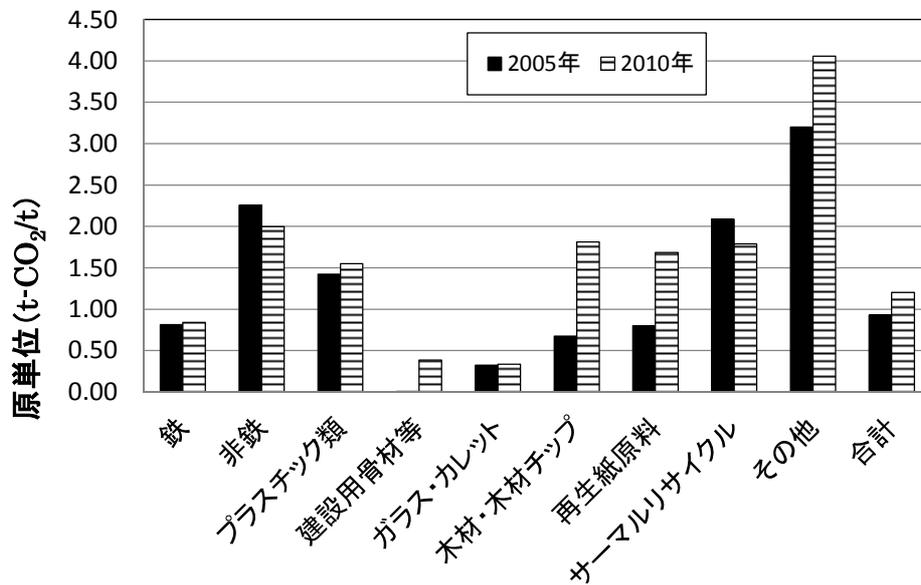


図5-6 産出量あたりの削減効果（物質別）

5.4 結言

本章では、地域資源循環拠点としての北九州エコタウンの役割の時間的変化を把握・分析するために、エコタウンの立地事業所を対象に、2時点のLCCO₂の把握ならびにその時間的変化の考察と、変化の要因について分析を行なった。その結果、次のような成果を得た。

- ・複数年のデータを比較・考察することで、一時点だけの現象だけでなく事業活動が変化することに伴うCO₂排出量への影響について定量的に示すことができた。
- ・エコタウン事業全体のCO₂削減効果の要因分析の結果によると、CO₂削減に最も寄与している要因は、事業所あたりの受入量の増加であることがわかった。
- ・輸送ステージのCO₂排出増加の要因は重量で、輸送距離はマイナス（削減）に寄与していることがわかった。また、業種ではその他の輸送ステージのCO₂増加量が最も多いことがわかった。
- ・リサイクル処理ステージのCO₂排出増加の要因は、受入力あたりのエネルギー消費が最も高いが、受入力増加によるものもかなり高い要因であることがわかった。また、業種ではバイオマスのリサイクルステージのCO₂増加量が最も多いことがわかった。
- ・リサイクルによる効果ステージのCO₂削減効果の変動要因は、物質別の算出割合の変化ならびに、産出量あたりの削減効果（原単位）によるものであることがわかった。

以上の結果から、次のことが整理・提言できる。

- ・CO₂削減効果の増加の要因として、投入・産出量の増加が最も寄与している事が分かった。つまり、エコタウン事業によるリサイクル企業の集積ならびに、エコタウンエリアの拡大、エコタウン立地事業所の自社努力、政策的支援によるものが大きいと考えられる。
- ・一方で、業種別・事業所別の削減効率や受入力あたりのエネルギー消費量、産出量あたりの削減効率の変化も、要因としてはたらいっている事も分かった。つまり、効率の良く、現在北九州市にない産業の誘致が可能になれば、より高いCO₂削減効果を生むことが可能となる。例えば、非鉄金属の製品化、プラスチック類の製品化などである。
- ・削減効果からみると、リユース製品が非常に高い効率でCO₂削減効果を生むことから、リユース企業の誘致ならびに、処理後の残渣（特に鉄資源）をエコタウン事業で処理可能な体制の構築がCO₂削減に効果的だと考えられる。
- ・製品化及び高付加価値化製品の産出は、CO₂削減に効果的ではあるが、同時に大量のエネルギーを使用する可能性も示唆されることがわかった。適切な回収範囲

の検討、既存の市内企業の活用、市内未利用エネルギー等の活用などを同時に検討する事で、より実現性が高まると考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会(2003) 建物の LCA 指針(案)LCA データベース
- 2) JEMAI(社団法人 産業管理協会) LCA データベース

6. 結論

6.1 北九州エコタウンの評価結果

本論文では、地域循環圏構築の推進のために、資源循環拠点の持つ環境的側面の総合評価手法を提示し、それを実際のエコタウン事業へ適用することで、その有用性を検証することを目的として、実際に北九州エコタウンを対象に調査、評価を行った。また、評価結果をもとに考察を行うとともに、エコタウン事業の位置づけについても明確にすることを試みた。各章で得られた結果を総括すると以下の通りになる。

第1章では、「地域循環圏」の資源循環機能としての重要性だけでなく、地域活性化への寄与への期待と、その原動力として注目されているエコタウン事業の現状と課題について示した。さらに、今後エコタウン事業が有効な地域循環権の拠点としての機能を果たすためには、環境面での影響度や位置づけを定量的に評価する必要があることを示した。

第2章では、資源循環に関して評価した既往研究について整理することで、エコタウン地域全体の総合的な環境負荷削減効果を評価できている例は極めて少なく、エコタウン立地企業が周辺地域の物質収支構造に及ぼす影響についても定量的分析はないことを示した。

第3章では、エコタウン立地企業の物質フロー調査を基に、MFA及びLCA手法を用いることで、エコタウンの環境負荷削減効果を定量評価する手法を示した。さらに、都市マテリアルバランス表を適用して、都市の資源循環構造の分析とその中におけるエコタウンの役割を定量評価する手法を提示した。今回のレベルのエコタウンの評価指標並びに寄与度分析のために必ずしも詳細なマテリアルバランス表が必要となるわけでないが、より詳細な品目別分析を行う場合には有効となると考えられる。エコタウンの投入・産出に関わる輸送構造を分析することで、北九州エコタウンの場合、「地域循環圏」において50～300kmの広域的な資源循環に対して大きな役割を果たしていることが判明した。一方、搬出側を見ると、再生品の資源需要が身近にあることがエコタウンの立地要件として重要であるという仮説が見えてきた。これは二次資源の需要先の確保やリサイクル産業の技術的・経営的資源の存在といった面が要因と考えられるが、この実証には別途経営的観点からの調査が必要となる。

第4章では、複数年における物質フローデータを調査したことで、エコタウンに立地している事業所数やその事業所を介して投入・産出される廃棄物等、再生製品・原料の変化を定量的に把握した。また、エコタウンの投入・産出に関わる輸送構造の分析により、北九州エコタウンの場合、300km以内の比較的広域な資源循環に対して役割を果たしていることともに、立地事業者や取引先の変化による影響も大きいことも判明した。2005年度と2010年度の両調査に回答のあった事業所と片方の調査のみ回答のあった事業所に分けてその要因を分析した結果、投入・産出構造及び輸送距離の

変化とともに、撤退や新たに参入した事業所による影響がかなり高いことが把握できた。一方で、同一事業所についても、投入及び産出量の増加、平均輸送距離の減少、北九州域からの投入量の増加、福岡県域及び九州域への産出量の増加など、様々な変化を把握することができた。輸送トンキロは投入側及び産出側双方で増加したが、その要因分析では、事業所あたりの取扱量が増えたことが起因していることが分かった。さらに、製品・原料産出における投入産出比率、製品・原料産出におけるエネルギー消費効率、最終処分回避率の3つの指標を設定し算出することで、エコタウンに立地する事業所による物質フローの変化による天然資源、化石燃料、最終処分場への影響変化について把握した。

第5章では、複数年のデータを比較・考察することで、一時点だけの現象だけでなく事業活動が変化することに伴うCO₂排出量への影響について定量的に示すことができた。また、エコタウン事業全体のCO₂削減効果の要因分析の結果によると、CO₂削減に最も寄与している要因は、事業所あたりの受入量であることがわかった。輸送ステージのCO₂排出増加の要因は、重量で、輸送距離はマイナス（削減）に寄与していることがわかった。また、業種ではその他廃棄物の輸送ステージのCO₂増加量が最も多いことがわかった。リサイクル処理ステージのCO₂排出増加の要因は、受け入れ量あたりのエネルギー増加が最も高いが、受け入れ量増加によるものもかなり高い要因であることがわかった。また、業種ではバイオマスのリサイクルステージのCO₂増加量が最も多いことがわかった。リサイクルによる効果ステージのCO₂削減効果の変動要因は、物質別の算出割合の変化ならびに、産出量あたりの削減効果（原単位）によるものであることがわかった。

6.2 地域循環圏としての北九州エコタウン

本節では、本研究で得られた結果をもとに、全国の廃棄物処理・リサイクル、全国のエコタウン事業の取り組みと比較する事で、地域循環圏としての北九州エコタウンの成果及び位置づけについて整理する。

全国で見ると、産業廃棄物の発生量は2005年度4億2,200万t、2010年度3億8,599万tであり、そのうちの再生利用はそれぞれ2億1,900万t（リサイクル率51%）、2億671万t（リサイクル率53%）であった。北九州エコタウンにおけるマテリアルフローを図6-1に示す。この結果によると、リサイクル率は83%と、全国のリサイクル率と比較して大幅に高い数値となっており、リサイクル拠点としての効果は見られる。

次に全国のエコタウン事業のマテリアルフローと比較する。全国のエコタウン事業については、図6-2に示す¹⁾。この結果によると、リサイクル率については、全国のエコタウン事業が91%と北九州エコタウン（2005年：83%、2010年：76%）と比較して高い傾向が見られた。一方で、最終残渣については、全国のエコタウン事業が8%と北

九州エコタウン（2005年：5.5%、2010年：1.8%）と比較して低い傾向が見られた。つまり、廃棄物の削減効果については、北九州エコタウンは他のエコタウン事業と比較して高いが、リサイクル率については、燃焼による削減などの影響から低くなっていることが分かる。また、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの状況をみると、全国のエコタウン事業がマテリアル 55%、サーマル 35%で、北九州エコタウン（2005年：マテリアル 72%、サーマル 11%、2010年：マテリアル 72%、サーマル 4.1%）であった。つまり、北九州エコタウンは他のエコタウン事業の中でもマテリアルリサイクル率が非常に高い傾向がある。これは、鉄資源のように近くに資源化が可能な企業があることが立地の上ではたらいっているためであると考えられる。

さらに、全国のエコタウン事業の投入と産出の距離と比較する。全国のエコタウン事業については、図 6-3 に示す。この結果によると、全国のエコタウン事業では、投入と産出ともに 30km 圏内が最も多く、投入で 74%、産出で 81%となっている。一方で北九州エコタウンでは、投入が 2005 年で 20km 以上 50km 未満が 43%、2010 年で 50km 以上 300km 未満が 76%、産出が 2005 年 2010 年ともに 20 km 未満が最も多く、それぞれ 71%、58%という結果になっている。つまり、全国のエコタウン事業の中でも北九州エコタウンは投入側では比較的広域の地域循環として位置づけられていることがいえる。

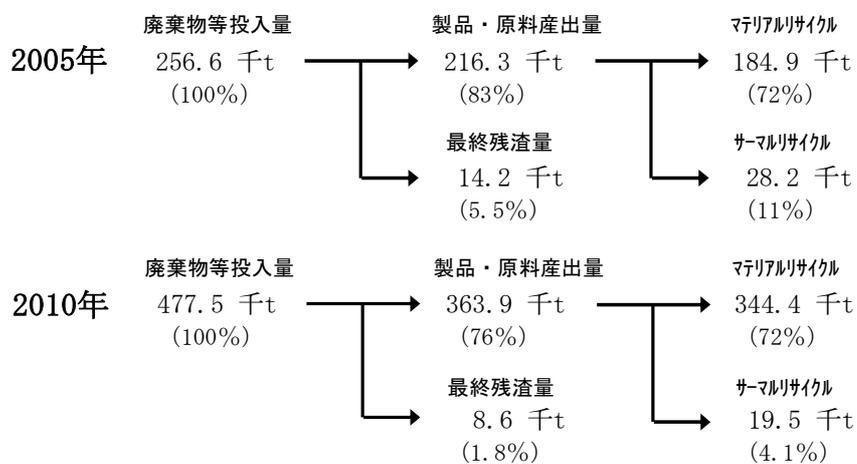


図 6-1 北九州エコタウンにおけるマテリアルフロー

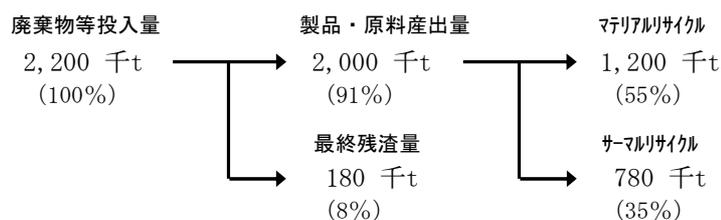
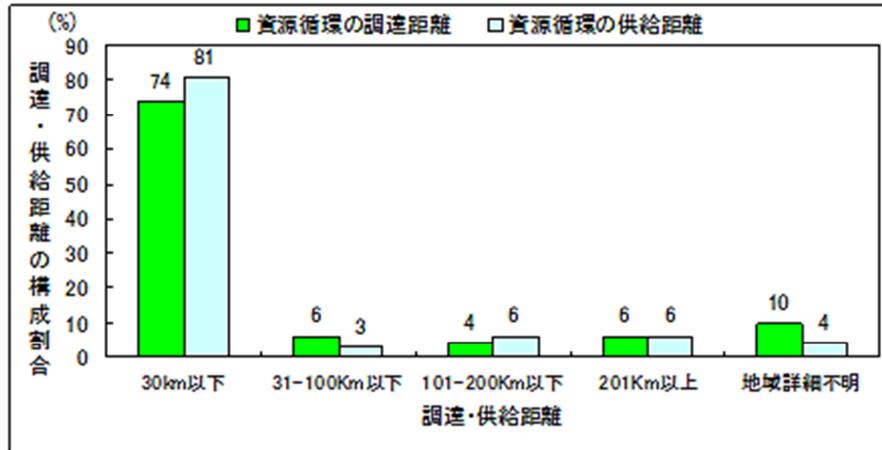


図 6-2 エコタウン施設におけるマテリアルフロー



出典：環境省 HP <https://www.env.go.jp/press/11379.html>

図6-3 エコタウン施設における資源循環圏の距離

エコタウン事業は、創設18年目を迎え、リサイクル事業における先導的役割のみならず、地域循環圏における資源循環システムの確固たる役割を担うことが求められつつある。そのためには、冒頭で述べたとおり中長期にわたる検証が求められる。本研究では、エコタウン事業による環境面での効果だけでなく、都市の資源循環構造の分析とその中におけるエコタウンの役割を定量評価する手法を提示した。さらに、複数年のデータを比較・考察することで、一時点だけの現象だけでなく事業活動が変化することに伴う影響についても定量的に示すことができた。

本研究で提示した評価手法が、エコタウンをはじめとした資源循環拠点形成に係わる政策展開に対し活用されることを期待して、本論文の結びとする。

参考文献

- 1) 環境省(2009)：平成20年度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

謝辞

本博士論文は、多くの方々のご支援のもとで行うことができました。

社会人大学院生として研究の機会を与えていただき、研究の進め方や論文作成に対して、多大なるご指導を賜りました、北九州市立大学大学院国際環境工学研究科教授松本亨先生に深く御礼申し上げます。今後も様々な場面でお世話になる機会も多いと思いますが、よろしくお願ひ申し上げます。

北九州市立大学大学院国際環境工学研究科の二渡了教授、野上敦嗣教授、小山田英弘教授には、大変お忙しい中に副査を引き受けていただき、学位論文の審査を通じて貴重なご助言を下さいましたこと、深く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり情報提供に協力していただきました北九州エコタウンの企業の方々、ならびに調査にあたりご協力いただきました北九州市環境局の方々にも、この場をお借りして御礼申し上げます。

ありがとうございました。

2016年3月14日

鶴田 直