

川崎エコタウンにおける 地域内物質循環フローの調査

大西 悟¹・藤田 壮²・長澤 恵美里³・村野 昭人⁴

¹学生会員 東洋大学大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)
E-mail: tc010048@toyonet.toyo.ac.jp

²正会員 東洋大学教授 工学部環境建設学科 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)
E-mail: fujita@eng.toyo.ac.jp

³学生会員 東洋大学大学院 工学研究科 環境・デザイン専攻 (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)
E-mail: ohnishi@kanbun.org

⁴正会員 東洋大学 地域産業共生研究センター (〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100)
E-mail: murano-a@eng.toyo.ac.jp

持続可能な社会の構築のためには、産業における物質循環を促進することが重要である。そこで本研究では、第一に首都圏における循環型産業拠点である川崎エコタウンに集積している循環技術の調査を行う。第二に、エコタウン内の循環拠点施設における循環構造の調査結果を報告する。最後に、エコタウンにおける物質循環フローを明らかにすることを通じて、今後の循環効率改善の課題を明確にする。

Key Words : *Material circulation, industrial symbiosis, Conversion technology, KawasakiEco town*

1. はじめに

(1) 研究の目的

わが国は戦後50年余りで急速な経済成長を達成し、経済大国としての地位を築き上げてきた。数多くの産業が成長・発達してきた一方で、多量の産業廃棄物が排出される大量生産・大量消費・大量廃棄の社会が形成され、最終処分用地の不足などの問題が発生した。さらに21世紀に入ると、資源の枯渇、温暖化などの地球規模の環境問題への対応が急務となっている。

急速な経済成長を遂げるアジア諸都市にとっても共有する最大の課題に対応するには、持続可能な都市環境システムを構築が不可欠であり、産業主体と都市活動主体が連携した産業共生システムを構築することが急務となる。そのためには、経済成長とともに構築されてきた産業集積拠点を転換することによって、従来の大量生産・大量消費・大量廃棄のシステムを、都市活動と経済活動の水準を高めながら産業と都市の廃棄物を受け入れて自然資源への依存と環境負荷の発生を低減するシステムを備える都市、産業空間への再構築の拠点を構築することが期待されている。エコタウンはこれらの社会的課題へ答える方策として、欧米の先進諸国だけではなく経済発展と環境の両立を志向するアジア

の諸国でも関心を集めている。これは、地球規模の環境問題の解決と経済成長を両立する「産業エコロジー (Industrial Ecology)」の理念を実現する「産業共生 (Industrial Symbiosis)」の試みとして位置づけられている。

循環型社会の形成にむけては、日本では90年代以降、廃棄物処理やリサイクルに関する法整備が行われるなど世界でも先進的に対応してきた。同時に、エコタウン事業を始め、資源循環に向けた地方自治体レベルでの取り組みも活発に行われた。しかし生産、流通、消費、廃棄といった個々の過程を対象とした環境負荷軽減に対する取り組みは増えている。しかし、複数の製品や物質のフローを統合的にマネジメントし、その事業展開を図る取り組みは限られておりそのための研究情報も限定されていた。

本稿では、地域を対象とした物質循環の環境改善効果を定量的に評価する研究の一環として、首都圏における循環型産業拠点である川崎エコタウンを対象に、立地企業が有している循環技術の調査に基づく体系化を行った。

(2) エコタウンの評価に関する既存研究

エコタウンとは、1997年に廃棄物をゼロにすることを目指すゼロエミッション構想を基軸に、地域と産業が調和した循環型社会を推進する事業として、作られた制度である。2005

年8月の時点で計23地域において、エコタウン事業が展開されており、その具体的な評価が求められている。

エコタウンの事例を対象に定量的評価を試みる研究では、様々な評価指標が提案されている。たとえば、盛岡³⁾は、エコタウン事業に初年度認定された北九州エコタウンを対象にして、エコタウンにおけるマテリアルフローの把握と、再生プラスチック類をリサイクルの定義別に分類して、環境効率を評価している。鶴田⁴⁾が行なった定量評価では、環境会計とLCAとを連携させ、それぞれの特徴を生かした統合評価手法を構築している。経済部門として市内外およびエコタウンの3つの経済主体を想定し、非経済部門と環境部門への物質の流れを把握することで、環境負荷削減効果を評価している。著者ら⁵⁾は、川崎臨海部に立地する循環セメント製造施設を対象として、マテリアルフローを明らかにするとともに、製造から廃棄までのライフサイクルCO₂排出量を算出し、循環型産業システムの計画を試みている。

2. 川崎エコタウンにおける転換技術

(1) 川崎エコタウンの概要

素材産業、エネルギー産業など様々な産業が集積している川崎臨海部は、資源・エネルギー循環型の産業コンビナートとして再生することを目指し、1997年にエコタウン事業の認証を受けた。川崎市臨海部の2800haあまりを指し、2003年現在、0.9ha以上の事業者が71社立地している⁶⁾。

川崎エコタウンの廃棄物再資源化事業は、2005年現在で、廃プラスチック高炉還元施設、廃プラスチック製コンクリート型枠用パネル製造施設、難再生古紙リサイクル施設、廃プラスチックアンモニア原料化施設、ペットtoペットリサイクル施設が認証されている。その他に、株式会社デイ・シイ、株式会社YAKIN川崎が、エコタウン認証外であるが独自の転換技術を有し、廃棄物の再資源化を行なっている。廃プラスチックアンモニア原料化施設、ペットtoペットリサイクル施設を除く6つの施設に対して転換技術の比較調査を行なった結果を表に示す。

(2) 廃プラスチック高炉還元施設

一般家庭および工業活動により排出される一般・産業廃棄物の廃プラスチックを、製鉄高炉のコークス代替還元剤と原料代替製鉄原料へと加工する技術である。

a) 投入する廃棄物原料

廃プラスチックは、一般廃棄物、産業廃棄物、100%塩化ビニールの産業廃棄物の3種類に分類され、収集地域は、一般廃棄物と産業廃棄物が関東圏内外と広域に渡るが、一般廃棄物に分類される廃プラスチックの分別収集を行っていない川崎市は含まれていない。塩ビについては川崎市を含む関東圏から受入れているが、神奈川県に集中する⁷⁾。

b) 製造工程

受け入れたパール状の一般廃棄物系廃プラスチックは、自治体ごとに梱包方法が異なり、内容物にも違いがあることから、パールごとに搬入ラインが分けられ、分離機によりフィルム類と固形物に分けられる。また、高炉内は非常に高温で投入された無機物も熔融し高炉スラグとなるので、シールラベルをはがす事や付着物の洗浄を行なう必要がない。フィルム類は人手による選別と選別遠心式比重分離装置を経由し、塩ビとそれ以外に仕分され、固形物は破碎を行い8mm以下のサイズまで小さくされる。

c) 生成品

塩ビは塩酸の抽出工程へ送られ濃度35%の工業用塩酸となり、塩ビ以外のフィルム類は造粒物化し、破碎物とともにコークス代替還元剤と原料代替製鉄原料として高炉へ吹き込みまれる。

(3) 廃プラスチック製コンクリート型枠パネル製造施設

建設現場で使用されるコンクリート型枠用のベニヤ合板に代替しうる、再生コンクリート型枠パネルを廃プラスチックから製造している。パネルは、ウレタン塗装したベニヤ合板とほぼ同等の価格で、かつ非常に耐久性に優れ、ベニヤ合板と同じ様に加工が可能という特徴を持つ。パネルは外装とコア層の3層構造になっており、外装部分はバージン原料のプラスチックからなり、中心部であるコア層が一般廃棄物由来の廃プラスチックにより製造されている。製品の重量比は、スキン部分約10%、コア部分約90%で構成される。

a) 投入する廃棄物原料

廃プラスチックは、川崎市以外の神奈川県ならびに関東圏からの一般廃棄物により搬入される。パネルの原料として収集された廃プラスチックは、廃プラスチックリサイクル施設で塩ビを除去、造粒物化された後、廃プラスチック製コンクリート型枠用パネル製造施設に搬入される。

b) 製造工程

廃プラスチックリサイクル施設から搬入された原料は、一度融解しフィルターを通して、アルミなどの特殊加工された部分を取り除き、ペレタイザーでペレット状に加工してNFボードの内部材とする。

c) 生成品

軽量化を図るためペレットを溶かしつつ発泡させて、バージン原料のプラスチックで挟み込み成型後、カッティングして最終製品となる。生産されたペレットの一部は外販用としても用いられている。搬入廃プラの20~30%は全量産業廃棄物として埋め立て処分されているが、高炉原料としての利用が技術的には可能となる。

(4) 家電リサイクル施設

家電リサイクル法に基づき特定廃家電を分別、解体し、リサイクル資源として活用するための処理を行う。

表 川崎エコタウンにおける資源循環事業

施設	エコタウン事業補助対象施設			エコタウン事業補助対象外施設		
	廃プラスチック高炉還元施設	廃プラスチック製コンクリート型枠用パネル製造施設	難再生古紙リサイクル施設	循環セメント工場施設	廃家電リサイクル施設	循環特殊金属工場施設
事業主体	JFEスチール㈱	JFEスチール㈱	三栄レギュレーター㈱	㈱デイ・シー	JFEアーバンサイクル㈱	㈱YAKIN 川崎
インプット Vx: バージン原料 Rx: 循環資源(廃棄物) Ex: 投入エネルギー	R1: 一般廃棄物(高炉原料) 容器リサイクル法対応プラスチック R2: 産業廃棄物(高炉原料) 廃プラスチック・塩化ビニル E1: 電力 E2: 工業用水	V1: プラスチック R1: 一般廃棄物(NFボード原料) 廃プラスチック E1: 電力 E2: 工業用水	R1: 古紙(紙原料) R2: 廃棄物(紙原料) E1: 電力 E2: 高度処理水	V1: 石炭 V2: 石灰石 V3: 粘土 R1: 産業廃棄物(焼炭原料) 廃プラスチック・木くず等 R2: 産業廃棄物(粘土系原料) 汚泥・ばいじん・鉾さい E1: 電力 E2: 工業用水	R1: 廃家電(テレビ・冷蔵庫・エアコン・洗濯機) E1: 電力	V1: フェロニッケル V2: フェロクロム V3: 螢石 V4: 石炭 R1: 一般廃棄物空き缶 R2: 産業廃棄物(製鉄原料) パチンコ玉・スクラップ・ステンレスくず E1: 電力 E2: 工業用水
マテリアルフロー						
アウトプット Dx: 製品 Wx: 循環廃棄物(エコタウン循環利用) Wx: 産業廃棄物	D1: 高炉原料 D2: NFボード原料 W1: 工業用塩酸	D1: NFボード原料 D2: ペレット W1: 灰プラ	D1: トイレペーパー D2: ティッシュペーパー W1: 金属 W2: スラッジ焼却灰	D1: 普通ポルトランドセメント	D1: マテリアルリサイクル D2: 高炉原料 W1: 鉄くず W2: 非鉄金属 W1: シュレッダーダスト W2: フロン	D1: ステンレス D1: 循環メタル W1: 燃え殻
個別の転換技術の評価に関する既存研究のレビュー	文献9) 参照	—	文献10) 参照	文献11) 参照	文献12) 参照	—

a) 投入する廃棄物原料

家電リサイクル法に基づき、神奈川県と東京都の一部から排出されるテレビ、冷蔵庫、エアコン、洗濯機の4品目を製鉄プロセスでマテリアルリサイクルを行っている。

b) 製造工程

回収された家電のうちテレビ以外は前処理として、エアコンの冷媒フロンと冷蔵庫の冷媒フロン・断熱フロンを回収し無害化処理し、洗濯機からはバランサーとして充填されている塩水を回収し専門業者へ売却する。現状では家電の部品としてのリサイクルを行っておらず、部材として専門業者へ売却している⁹⁾。また、手分別を行なうことで、シュレッダーダスト発生量を削減している。その後、分別、解体され残ったプラスチック部分はまとめてカッターで破碎されている。

c) 生成品

破碎された廃プラスチックは、高炉でコークス代替の還元剤として利用される。組成割合は鉄40、プラスチック30、その他25で、再商品化率80%以上、再資源化率が90%以上となる⁹⁾。家電4品目とも、リサイクル法で定められている再商品化率の基準を十分に満たしている。CO2削減量およびコストを輸送、解体、再資源化、廃棄のプロセスごとの評価では¹²⁾、輸送ステージによるものが大きく、CO2削減およびコスト削減には、近隣施設の有効活用による地域循環システムの構築が有効となる。

(5) 難再生古紙リサイクル施設

自治体や企業から排出される機密文書、オフィス・ミッ

クス・ペーパー、紙パック、切符などの回収紙などを分別することなく再資源化利用できる技術によって、競争力の高いリサイクル事業を推進している。

a) 投入する廃棄物原料

上質紙に加え、磁気テープを使用した切符、牛乳パック、金具綴じファイル、飲料水など特殊加工された難再生古紙、さらに企業・行政から排出される機密を要する書類を担当者の立会いのもと封印されたダンボールのまま投入する。

b) 製造工程

選別工程なしに古紙を溶解・再生パルプ化する再資源化技術により、金属やビニール類の不要物除去も可能であり、溶解工程の後、精選、脱墨、洗浄、漂白、抄紙、加工の順に工程が進む。使用される用水は、下水処理場からの高度処理水である。溶解工程で不純物として分別されたプラスチック類とペーパースラッジは、水分を除くための燃焼で排出される熱を蒸気に変換し、自社内循環利用を行なっている。

c) 生成品

再利用された古紙はトイレットペーパー、ティッシュペーパーとして販売され、プラスチック類とペーパースラッジの焼却灰はセメント原料として、その他の金属類は製鉄の原料として、再利用されている。平成11年度の年間最終処分量削減率は、削減見込みの73,800 tに対して18%減の408,164 tであった⁹⁾。処理費用の節減効果は直接削減効果が年平均約4億円に対し、直接削減効果に加え、既存の最終処分場の延命効果、および最終処分場の新規確保の回避効果を加えた費用として年平均約5億円の削減効果が見込まれている。

(6) 循環セメント製造施設

循環セメント製造施設では、従来の生産工程に廃棄物処理プロセスをのせ、積極的に利用、受入を行い、普通ポルトランドセメントの原料としている。

a) 投入するバージン原料および廃棄物原料

普通ポルトランドセメントに利用する産業廃棄物は現在セメントの原料の一部である粘土原料代替に、がれき類、ばいじん、汚泥、鉱さい、燃え殻、陶器くずを使用し、廃プラスチックはセメント生産時の燃料原料代替に利用している。粘土代替原料に至っては関東圏外からの受入も行なっており、廃棄物の転換率はほぼ100%に達している。川崎市以外からの燃焼原料は関東圏外からの受け入れもあり、最大受入可能量にも達していないため、今後の増加が見込まれる。

b) 製造工程

廃プラスチックは炉に投入しやすいように細かく破碎後、燃焼原料として用いられる石炭同様に使用される。残った焼却灰は、粘土原料代替に使用され、自社内循環を行うことで廃棄物の排出を極力抑えている。

c) 生成品

普通ポルトランドセメントや高炉セメントとして販売される。燃焼原料を廃プラに代替した際に得られるCO₂削減

効果および、高炉セメント、フライアッシュ、エコセメント利用拡大によるCO₂削減効果の算定を行なった結果、廃プラスチック100万t利用によるCO₂削減量は、コークス工程燃料代替分のみで5.7万t-CO₂の削減効果があり、エコセメントを320万t製造した場合は、石灰石由来のCO₂を152万t-2削減できる⁹⁾。

(7) 循環特殊金属製造施設

ステンレス製造工場である循環特殊金属製造施設は、循環セメント製造施設同様に、従来の生産工程の中に廃棄物処理プロセスを組み込んだ転換技術を有している。

a) 投入する原料および廃棄物原料

ステンレスの原料の大部分を占める製鉄原料を、神奈川県内から排出される空き缶、廃自動車、鉄くず、の廃棄物でまかなっている。ステンレスを構成する合金、フェクロムとフェロニッケルについて、クロム、ニッケルはバージン原料として海外より船舶輸送にて国内に輸送されている。ステンレス自体のスクラップも受け入れており、製造工程で発生するメタル屑は、再生資源として用いられる。

b) 製造工程

集められた廃棄物とバージン原料は炉に入れられ、通常の製造工程と同じく処理される。

c) 生成品

リサイクル材を利用した製品であるが、通常のステンレス同様に用いられ、製品の種類、形状などに応じて製造され、高腐食合金として利用されている。

3. 川崎エコタウンにおける資源循環フロー

個別の循環技術の調査から、川崎エコタウン内では、同一企業グループ内の施設間での副産物のやり取りと、複数の企業で副産物のやり取り成立している。

a) 同一企業グループ内の副産物のやり取り

家電リサイクル施設で分離、処理された廃プラスチックは、廃プラスチック高炉還元施設で前処理、高炉原料化される。廃プラスチック高炉還元施設で精製した高炉原料は、同一企業グループ内の製鉄施設の高炉コークス、燃料の代替原料として利用されている。高炉原料化施設に投入された廃プラスチックの一部は、同一企業グループの敷地内に立地する廃プラスチック製コンクリート型枠用パネル製造施設に投入される。

b) 企業間での副産物のやり取り

製鉄工程から排出される高炉スラグは、循環セメント製造施設においてセメント原料として用いられる難再生古紙リサイクル施設で排出されるペーパー、スラッジ焼却灰は、循環セメント製造施設においてセメント原料として用いられる。難再生古紙リサイクル施設から排出さ

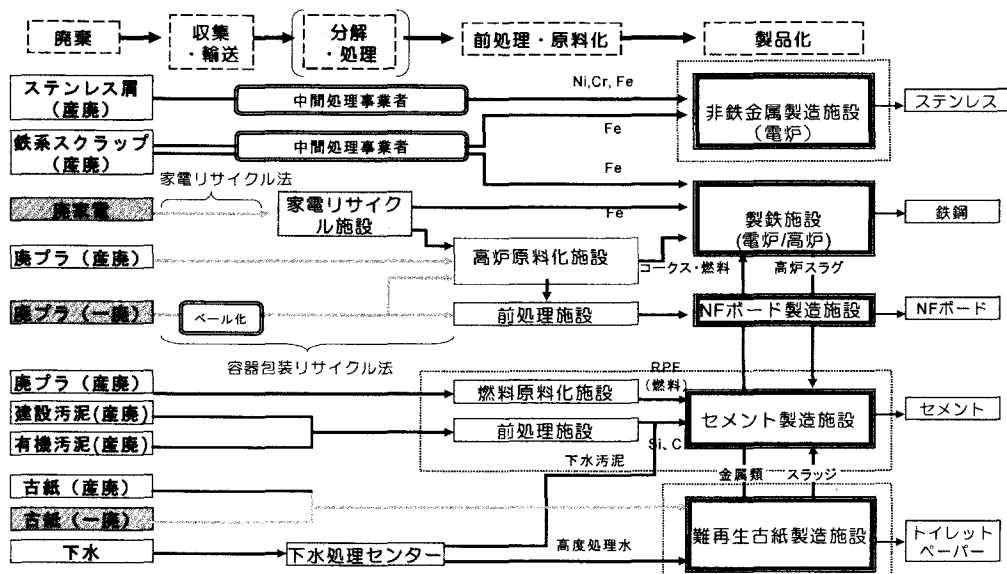


図 川崎エコタウンにおける資源循環のマテリアルフロー

れる金属類は、製鉄施設において利用される。

また、下水処理施設で高度処理された水は、難再生古紙リサイクル施設において利用される。下水処理施設で排出される下水汚泥の焼却灰は、循環セメント製造施設において利用される。

川崎エコタウンにおける企業間の物質循環のフローを図に整理している。個別の資源循環事業での循環型の物質の流れは構築されている一方で、異なる施設間の連携は依然限定的である。今後、地域集積を活かした資源循環事業を発展して、環境負荷を低減して循環ビジネスの経済効率を高めるために以下の方策が求められる。

- ① 技術的に確立されている廃家電からのステンレス原料としての再生利用などの資源循環施設間での地域内再生利用を促す。
- ② 地域内に立地する企業からの廃プラスチック、有機廃棄物の地域循環を促す制度システムを構築する。
- ③ 都市活動からの一般廃棄物の地域循環などを促すことによって事業の環境・経済効率を高める。

謝辞：本研究はNPO法人産業・環境リエゾンセンターと川崎市経済局・総合企画局のご協力をいただき実施している産業調整立地調査の一部を紹介するものである。また、本研究は文部科学省私立大学研究高度化資金産学連携研究および同科学研究補助金基盤（B）の一部として行われた。

参考文献

- 1) 盛岡通, 今堀洋子, 向井肇: 北九州エコタウンにおける循環複合形成の評価に関する研究. 第9回地球環境シンポジウム講演論文集, 2001.
- 2) 鶴田直, 松本亨, 柴田学, 垣迫裕俊, 篠原弘志: 環境会計とLCAの連携による地域資源循環施策の評価手法の開発. 環境システム研究Vol.32, 2004
- 3) 大西悟, 藤田壮, 長澤恵美里, 村野昭人: 循環型産業システムの計画とその環境改善効果の算定 - 川崎エコタウンにおける循環型セメント事業のケーススタディ - 環境システム研究論文集, vol. 33, 2005 (印刷中)
- 4) 経済産業省: エコタウン補助事業に関する事後評価書, 2003
- 5) 環境省: 平成12年度温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会報告書 産業部門の削減ポテンシャル, 2000

Recycle Technology in Kawasaki Ecotown and Their Characteristics

Satoshi ONISHI, Tsuyoshi FUJITA, Emiri NAGASAWA and Akito MURANO

It is important to promote varied range of recycle business among industries for sustainable society. In this research, the circulation technologies that have been accumulated in Kawasaki Ecotown as one of frontier demonstration project of the national eco-town project is surveyed and comparatively identified for their inputs, conversion technologies and business perspectives. District-scale material flow is identified to find future strategies for extending the circular economy in the district.