

和歌山の産業社会システムのエコ・リストラクチャリングに関する基礎的研究

－素材型産業及びその関連産業連鎖を対象として－

Preliminary Study on Eco-Restructuring of Industrial and Societal Systems in Wakayama Prefecture
- for Material Sectors and the Industrial Chains -

○吉田登*・金子泰純*・日下正基*・谷川寛樹*

Noboru Yoshida*, Hirozumi Kaneko*, Masaki Kusaka*, Hiroki Tanikawa*

ABSTRACT: In this paper, an attempt is made to examine eco-restructuring potential of industrial and societal systems in Wakayama prefecture with respect to industrial and product chains in material sectors.

First, material flow in Wakayama prefecture is analyzed to recognize the share of input and output, international and inter-regional transaction and regional recycling or utilization. The material flow indicates nearly 5% of regional resource utilization to the total material input.

Second, present treatment, disposal and resource utilization of industrial waste in Wakayama is clarified using the existed questionnaire survey report and interviews. Various regional attempts to utilize industrial by-products are extracted and strategies for further improvement are discussed.

Finally, preliminary study is made to evaluate potential of regional resource utilization in the steel industry and associated product chains and industrial complexes. Nearly 7% of improvement possibility is suggested by recycling of used plastics, desulfurization-derived plasters and scarp steels. The analysis also shows the associated problems on quality, logistics, and so on.

KEYWORDS: Industrial ecology, Regional zero-emission, Material and product chains, Recycling complex

1. はじめに

本研究は、グローバリゼーションの中で、地域の製品、物質流動及びそれに関わる産業連鎖を重視しながら、環境を内在化した地域経済¹⁾のエコ・リストラクチャリングを実現するための地域の持続可能な産業社会システムの経営手法論の確立をめざす研究である。和歌山のように、大都市圏に近接する臨海地方都市は、各種の大規模産業工場が集積し、日本の製品・素材の供給拠点として機能してきたが、環境保全面では、これまで各事業所毎での個別対応が、中小の地場産業と大規模事業所の環境対応の格差をもたらしており、これに対応する環境管理の協業化を中心とする地域の産業社会連携が望まれている。

本研究は、これまで外部不経済といったネガティブな面のみが強調されてきた、このような大規模事業所を、地域の環境改善のための拠点と位置付けて、地域における資源循環型システムの構築による環境保全と地域経済の融合の可能性を検討することを目的とする。

2. 和歌山地域の産業構造と物質代謝

まず、和歌山県の産業構造を概観し、その上で地域の物質代謝を分析して、地域経済と環境との関わりやそこにおける課題の抽出をおこなう。

*和歌山大学システム工学部環境システム学科

*Department of Environmental Systems, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

2.1 和歌山地域経済の動向及び特徴

和歌山県は、常住人口約 108 万人（1996 年）、県内総生産 3 兆 3927 億円（1996 年度）の社会経済規模をもつ地域である。和歌山の地域経済は、製造業の比率が大きいことが特徴である（和歌山県の製造業は、県内総生産（名目 GDP）で全体の 36.4%を占めてり、全国の平均値 33.8%を上回っている）が、年々、サービス化の影響を受けている。産業別総生産からみると、携帯電話の急速な普及により好調な運輸通信業に代表されるように、第 3 次産業の比率は、年々拡大しており、全国の構成比に近づきつつある。

2.2 県産業連関表にみる産業システムの特徴

（1）中間投入率に見る産業の特徴

2. 1 で述べたとおり付加価値型へ移行しつつある県経済であるが、中間投入率（県生産額に対する原材料、燃料等の費用の割合）は全体で 53.4%と高い（全国は 48.8%）。県産業連関表²⁾をもとに中間投入率を産業別にみると、生産額の大きい鉄鋼、化学製品、石油製品の素材産業の中間投入率はそれぞれ、鉄鋼 76.6%（全国 74.9%）、化学製品 68.6%（66.5%）、石油・石炭製品 62.8%（61.7%）であり、素材産業の県経済に占める割合が大きいことが県全体の中間投入率を高めていることはもちろんであるが、各産業とも全国の中間投入率よりも県における投入率の値が高いことが注目される。電力の中間投入率も 57.4%（43.3%）と高く、素材やエネルギー産業におけるサービス化の割合が相対的に低いことが特徴である。

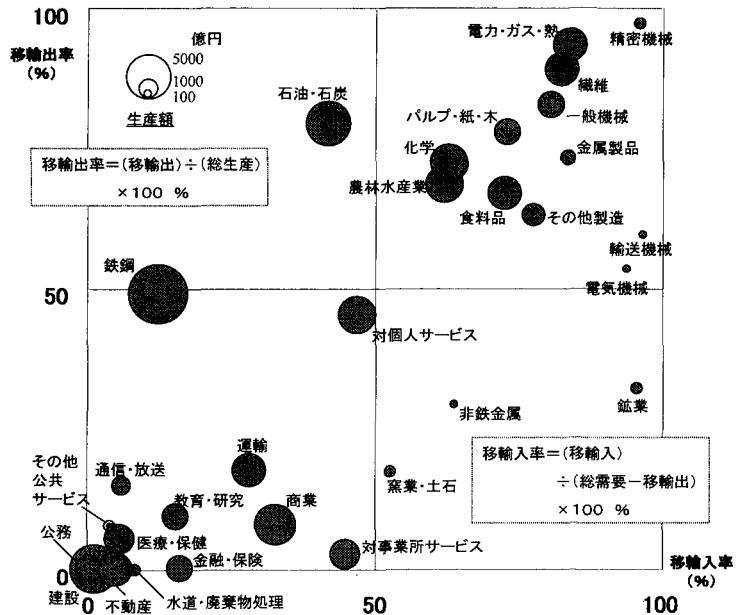
（2）財の生産・消費における県内外との取引

（1）の特徴は、また県における貨幣ベースの産業連関が、相対的に、素材やエネルギーの連関を示しているものと解釈できる。そこで、県産業連関表の移輸入率（県内需要（移輸出を除く県総需要）のうち移輸入で賄った割合）を横軸、移輸出率（県総供給のうち移輸出の割合）を縦軸にとり、各産業部門ごとの値をプロットした。これをみると、鉄鋼及び石油製品の部門が移輸出型に位置し、対極に鉱業、非鉄金属、窯業・土石という外部依存、移輸入型

の部門が位置し、その間に需要、供給ともに県内に依存する県内自給型の群と県外との取引が必要、供給ともに高い県内外交流型の群が卓越していることが分かる。域外へ財を供給する移輸出型の事業所の集積が見てとれるが、これらの事業所が製品連鎖や産業連関を通じて地域経済に及ぼす影響は大きいゆえに、県内外交流型と県内自給型といういわばグローバル化とローカリゼーションの均衡を保つ役割が、経済面で、また環境面でも求められる。

2.3 和歌山県の物質収支

統計資料および既往文献をもとに、県のマクロな物質・エネルギーの収支を把握した。



図一 財の域内外取引からみた和歌山県産業の位置づけ

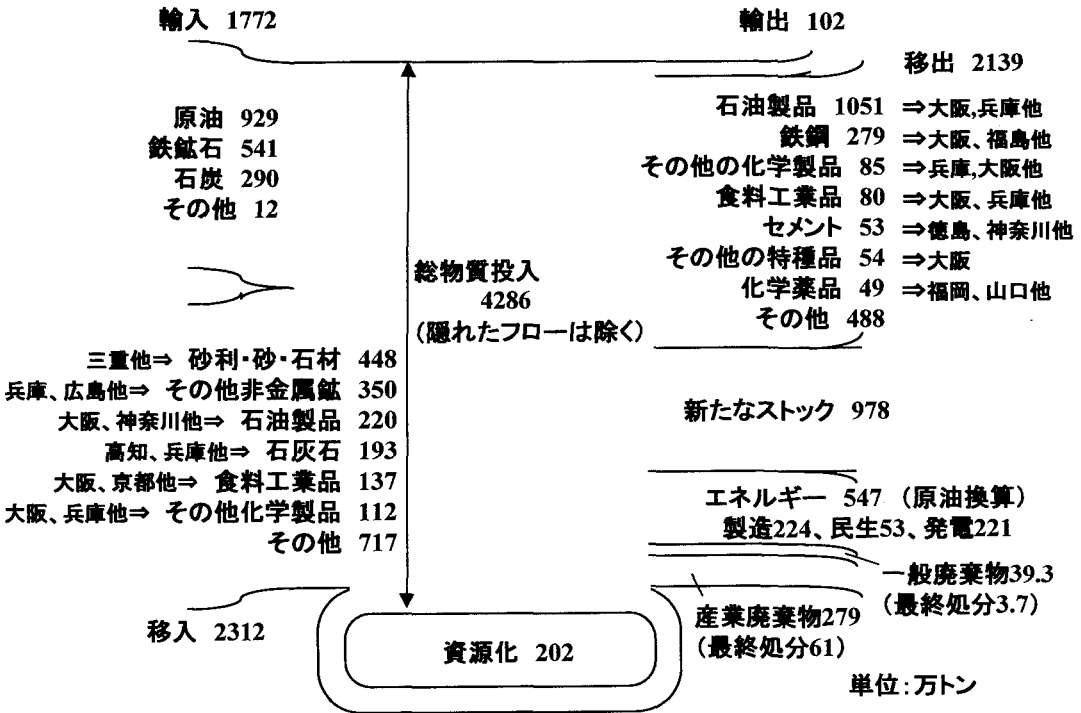
物質、エネルギーの入出力の具体的な推計方法は、表－１のとおりである。方法論については、一部、既往文献³⁾を参考にした。推計結果を、図－２に示す。

入力では、県への年間総物質投入（隠れたフローは含まない）は 4286 万トンに上り、輸入と移入（国内他地域からの流入）がほぼ同程度の割合を占めている。輸入では、火力発電に起因する原油（輸入の 40%）、鉄鋼生産に起因する鉄鉱石（同 23%）、石炭（同 13%）の流入が大きい。移入でも砂利・砂・石材（移入

表－１ 和歌山県の物質フロー推計方法

活動区分	推計方法	資料
輸入	和歌山税関支署資料による品目別輸出入データ	4)
移入	貨物流動調査の府県相互間輸送トン数表(32品目、全機関)の和歌山県着データから内部流動(和歌山県発着)分を控除した値	5)
輸出	和歌山税関支署資料による品目別輸出入データ	4)
移出	貨物流動調査の府県相互間輸送トン数表(32品目、全機関)の和歌山県発データから内部流動(和歌山県発着)分を控除した値	5)
燃料等消費	製造業:石油等消費構造統計の燃料消費データ(原料分を控除) 民生:家庭系は、県統計年鑑の大阪ガス販売量(和歌山市)データを販売世帯数の比で外挿。他の民生系は、大阪ガス販売分における(他の民生/家庭)の比で推計	4),6),7)
廃棄物	産業廃棄物:県の産業廃棄物処理データ 一般廃棄物:県の一般廃棄物処理データ	8),9)

の 19%) やその他の非金属鉱石（同 15%）など素材や燃料が大きな割合を占める。県への物質供給の大きい地域としては、石油製品や食料品、その他の化学工業品などを供給する大阪（移入の 26%）、砂利・砂・石材の 73%を供給する三重（同 17%）、その他の非鉄鉱石やセメントを供給する兵庫（同 16%）、石灰石の 80%やセメントの 46%を供給する高知（同 10%）など関西の府県が卓越している。域内では、総物質投入の 2%が輸出（殆どが鉄鋼）、50%に相当する 2139 万トンが移出され、29%が新たなストックとなる。移出では、石油製品（移出全体の 49%、石油製品の 17%が大阪、16%が兵庫、和歌山へは 12%）、鉄鋼（移出全体の 13%、鉄鋼の 38%が大阪、20%が福島へ）が多くを占める。この域内物質代謝の過程で、原油換算にして 326 万トン（総物質投入の 7%）及び 6035 百万 kWh の電力がエネルギーとして消費される。また、



図－２ 和歌山県の物質フロー(平成8年度)

同様に総物質投入の 13%を超える 318 万トンの廃棄物が排出され、その 88%が産業廃棄物である。一般廃棄物の 77%が焼却され、産業廃棄物の 46%が脱水、焼却等により中間処理されている。一方、総物質投入の 5%、廃棄物発生量の 39%が資源化されている。その殆どが産業廃棄物である。産業廃棄物の資源化量のうち、ほぼ確実に域内で循環していると思われる自社再利用は 15.5%に上る。残りは、域内外の他業者への売却や無償供与、他の業者再生利用等である。

現在、県域のマクロ物質収支を把握した段階では、域内で最低でも総物質投入の 5%の循環サイクルが形成されていることが伺われた。日本全国のマテリアルフローにおける循環サイクルの割合は約 1 割であるので、全国と比較すると割合は低いように見うけられるが、人口あたりの再資源化量を比べるとほぼ同程度である。これは、域内外の取引が多い地域のフロー経済の特性をよく示しているものと捉えられる。今後は、まず①焼却により中間処理をおこなっている廃棄物 50 万トン（汚泥、感染性廃棄物以外の産業廃棄物 17 万トン、一般廃棄物 33 万トン）、及び②最終処分にまわっている 61 万トンの産業廃棄物、の再利用化戦略が考えられる。①には廃棄物を出さない製品供給連鎖の見直しや異なる経済主体とのエネルギーとしての有効利用、②についてはガス化溶融炉などの次世代型環境インフラの導入による資源転換がカギとなる。これにより、地域での廃棄物ゼロに近づけば総物質投入の循環サイクルは 6~7%規模に拡大しうる。さらにクリーナープロダクションなどが生産工程での効率化をもたらすことで、21 世紀には循環のサイクルを和歌山県域で総物質投入の 1 割程度にまで上昇させることが視野に入ってくる。

そのためには現状の循環形成についてこれらの輪が形成されるかどうかを決定している要因を探ることが課題である。例えば同じ種類の廃棄物であっても、中間処理の対象とならずに別の業種の燃源として活用されている可燃物もあるため、具体的な運用の条件をもとに県全体での具体的な有効利用の潜在力を調べることが重要になる。同様の視点は、金属や高分子化合物についてもいえる。

3. 素材型産業及びその関連産業連鎖を対象としたエコ・リストラクチャリングの基礎的検討

本研究では、冒頭でも述べたように、大規模事業所を、地域の環境改善のための拠点と位置付けて、地域における資源循環型システムの構築による環境保全と地域経済の融合の可能性を検討することを試みるための基礎的な研究である。2. 3 のマクロな物質収支でも、大規模事業所が地域の物質代謝に大きな影響を及ぼしていることが分かる。

地域の事業所を再資源化拠点とした循環形成を考えるためには、再資源化される副産物の排出と生産プロセスへの受入、そしてその間をつなぐ転換プロセスという 3 つの要素に関する情報を把握する必要がある。本来、産業のエコロジー化は、その産業の物質・製品連鎖を通じた生産要素の価格変化を生じさせて産業間の財の需給バランスを変化させ、最終的には地域の産業構造変革へのフィードバックをもたらすものである。ここでは、そのようなダイナミズムを視野に置きながらも、その第一歩として現状の産業システムなり地域の物質代謝を静的に捉えて、そこからの限界的な変化の様子を調べようとするものである。ここでは転換プロセスをひとまず現状の技術として固定しておいて、先の 2 つの排出側、受入側に関する情報を整理した。具体的には、まず地域の産業廃棄物の処理処分フローを把握して、その中で廃棄物種類ごとに資源再利用が試みられている業種や再資源先の情報を整理した。次に、事業所規模に着目して鉄鋼生産プロセス及びその製品連鎖での副産物利用の可能性について検討をおこなった。

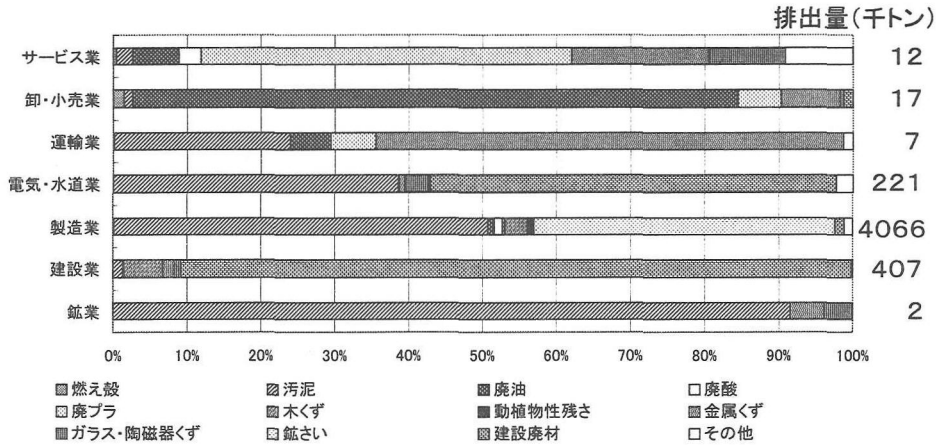
3. 1 産業廃棄物の処理処分と再資源化の状況

以下、発生量および排出量にもとづく考察をおこなうが、ここで、発生量とは、排出量と有価物量及び事業者自らの再利用量の合計値である。まず和歌山県における業種別にみた産業廃棄物の排出状況を図-3 に示す。また製造業の中分類業種別に見た産業廃棄物の排出状況を図-4 に示す。

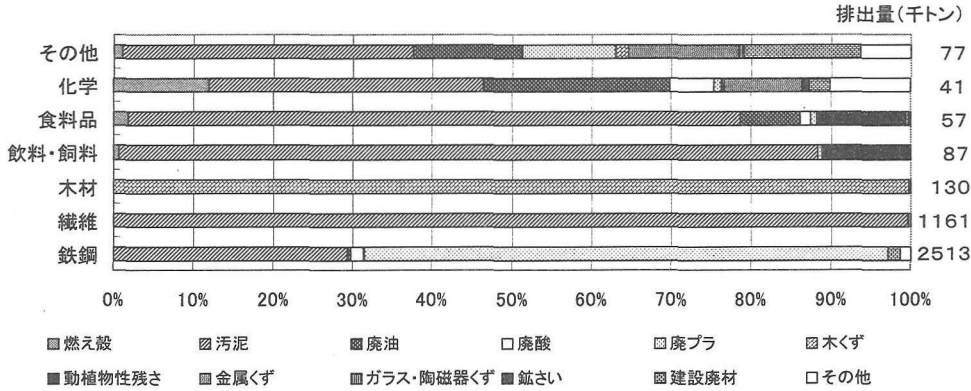
製造業が総排出量で県全体の約 86%を占めていることが特徴である。製造業以外では、電気・水道業での

汚泥、建設廃材の発生、建設業での木くず、金属くず、建設廃材の発生、卸・小売業の廃油、サービス業での廃プラスチック類の占める割合が大きい。また、図には含まれていないが、農業起因の産業廃棄物が約 14.6 万トン（うち、家畜糞尿が 14.3 万トン、廃プラスチックが 2 千トン）、梅加工業の産業廃棄物が約 2 万トン（うち、動植物性残さが 17 万トン）発生している。これらの有効利用についての検討も課題である。

次に、主要な廃棄物について、処理処分や再資源化の状況は以下のとおりである。



図－3 産業廃棄物業種別・種類別排出状況(和歌山県、1996)



図－4 産業廃棄物製造業業種別・種類別排出状況(和歌山県、1996)

- 燃え殻
 燃え殻の多くは化学工業及び食料品などの製造業から発生しており、焼却で減量化され、ほぼ全量が埋立となっている。
- 汚泥
 製造業では鉄鋼、繊維及び食品・飲料系から、それ以外では電気・水道業や卸・小売業から多く発生している。脱水により 91%が減量化された残りの約 3 分の 1 に相当する 7.3 万トンが資源化されている。鉄鋼や化学の無機汚泥が有価物利用または未処理有効利用されているほか、鉄鋼では脱水後汚泥も有効利用されている。電気・水道業の無機汚泥の未処理有効利用量も多い。食品系については農地還元や、石灰処理の中間処理業者を経て再利用されている。他方、繊維業からの有機汚泥は現在埋立処分が主であり、最終処分汚泥の多くを占める。酸やメタンなどのマテリアルリサイクルが可能なことで知られる触媒显式酸化などの、資源化技術の適用可能性を検討することが課題である。
- 廃油
 廃油は卸・小売業、鉄鋼、化学からの発生が多い。油水分離により発生量 4.8 万トンがその 25%まで減量化される。発生量の 33%が資源化されており、その約 7 割近くは、卸・小売業の廃油である。製造業では、石油・石炭製造業が最も資源化に取り組んでおり、油

水分離後、自社で再利用している。同じ一般廃油でも再資源化されずに最終処分されるものもあり、性状に応じた再資源化の検討をおこなう必要がある。

(4) 廃鉄

廃鉄は鉄鋼及び化学工業から多く発生しており、資源化割合は23%である。鉄鋼では熱分解後、自社で再利用されている割合が多い。

(5) 廃プラスチック

廃プラスチックは、ゴム、プラスチック、非鉄金属などの製造業で多く発生し、焼却等で27%が減量化、17%が資源化されている。非鉄金属では被覆導線に関連するプラスチックの無償譲渡により有効利用されている、プラスチック業では発生量はごく僅かであるが全量を他の業者で有効利用しているもの、最終埋立処分されるものが様々である。

(6) 木くず

建設業および木材製造業での発生が大きい。建設業の木くずは、多くが焼却を中心とする中間処理で減量化されており、資源化割合は74%である。焼却以外の有効利用が求められる。木材業での木くずの大半は業者処理にまわっている。その一部は、染色業などでの代替燃料に使われるなど、地場産業間での資源有効利用がおこなわれている。さらに、地域での再資源利用を高めることが課題である。

(7) 動植物性残さ

飲料・飼料および食料品製造業で多く発生する。その42%が資源化されている。脱水、乾燥後に農家へ提供されたり、油粕関連の業種ではセメント工場への投入も見うけられる。

(8) 金属くず

金属くずは、建設業の他、化学工業及びその他製造業で発生している。電炉業を主な受け皿として発生の85%が再資源化されている。

(9) ガラス・陶磁器くず

電気・水道業での発生が多く、次いで建設業、製造業となっている。製造業では鉄鋼業が主な発生源である。資源化割合は11%と少ないが、その過半は電気・水道業となっている。鉄鋼業では7%、建設業では0.5%の資源化に留まっている。

(10) 鉱さい

鉄鋼業での発生が殆どであり、9割以上が資源化されている。残り約13万トンでは埋立処分されており、この再資源化が課題である。

(11) 建設廃材

建設業での発生が多いことが特徴である。資源化の割合は、26.5%に留まっている。建設業では圧倒的に埋立処分の割合が高く(31%)、この再資源化が課題である。

3.2 事業所での副産物利用のポテンシャル評価

県の鉄鋼業全体を1つの生産プロセスとみため、そこでの副産物利用のポテンシャル評価を試みた。鉄鋼業は、自らの生産プロセスでの省資源・省エネルギー化に加え、生産過程での派生物を原料とするセメントなどの異業種を取り込み産業コンプレックスを形成している。鉄鋼事業所を拠点とした副産物利用を考える際には、概ね図-5の①から③の段階が考えられる。ここでは、このうち①と②に着目した副産物利用について検討した。なお、これは仮想の設定であり、現状の鉄鋼事業所の生産プロセス自体を厳密に表現するものではない。

貨物地域流動調査による、和歌山発他地域着の鉄鋼流動量3,136千トンを生産する製鉄プロセスでの物質収支を、既往文献¹⁾の原単位をもとに作成した。結果を図-6に示す。これらによる廃棄物の再利用は、41千トン、最終処分量の7%に相当する。

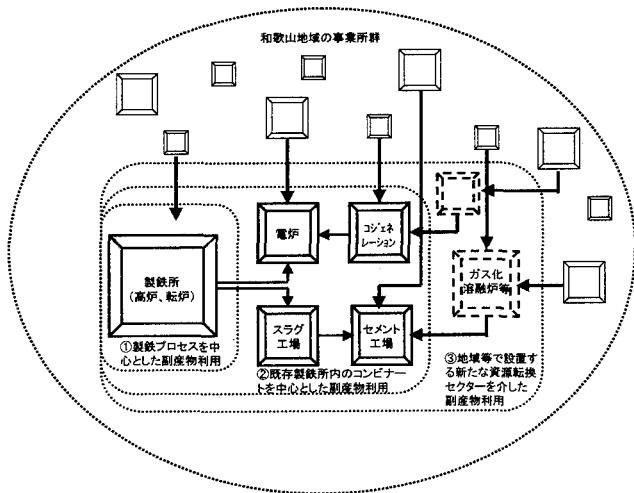


図-5 鉄鋼事業所を核とした副産物利用の概念図

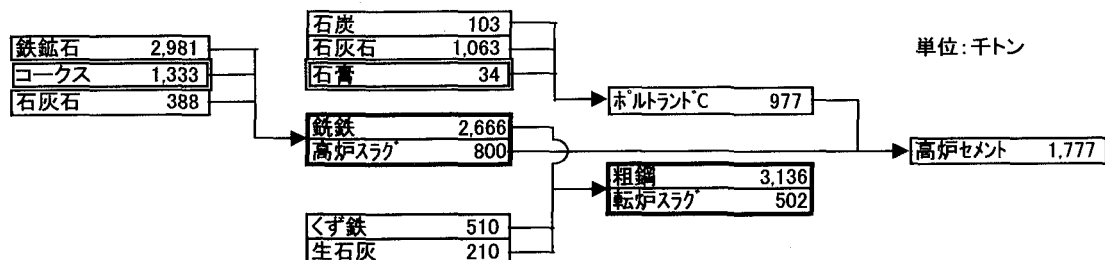


図-6 和歌山地域の製鉄プロセスの物質収支(概略推計)と副産物投入

(1) 製鉄プロセスで廃プラスチックをコークス代替の還元材として利用

県下の廃プラスチック発生量は13千トンであり、これ以外に農系の廃プラスチックが2千トン発生する。これらの廃プラはコークス投入量の1%で、質的な影響を考慮しても十分、投入可能な量といえる。特に、農系廃プラは、野焼きの禁止とマニフェスト制度の影響で適性処理が急がれており、農水省の97年度調査では、全国から排出される農系廃プラは74千トンに上る。マテリアルリサイクルの受け皿としての鉄鋼事業所のポテンシャルは高い。先の分析では、被覆導線の廃プラや、また和歌山では地場産品である漆器素地に起因する尿素系樹脂の熱硬化性廃プラが発生することが分かっている。銅元素などのトランプエレメントの問題やハロゲン系元素由来のガスが環境に及ぼす影響、また静脈物流の効率化などが挙げられる。

(2) 火力発電所の脱硫石膏のセメントへの利用

現行火力発電所における脱硫石膏の発生量は18千トンであり、セメントへの添加剤として投入するには割合的に十分対応可能な量である。石膏はポルトランドセメント全体の3.5%を占める。発電所とセメントでは立地要因が異なるため、将来的な生産量等の変動に対しては、域内外の動脈の物資流動の戻り便を利用するなどの地域間での補充が重要になる。

(3) 粗鋼生産時のくず鉄利用

スクラップ鉄は県下で11千トン発生しており、その高炉への投入が考えられる。スクラップ鉄の利用量の増加に伴い、めっきスクラップや複合材の扱いなど質の問題が重要になる。

4. まとめ及び今後の課題

和歌山の域内外での物質収支を把握した。1人あたりの再資源化量は全国平均並みであるが、移出入のフローが卓越しているため、隠れたフローを除く総物質投入の5%が再資源化されている現状を確認した。次に、県内の産業廃棄物処理と再資源化の実態を整理して、これをもとに域内の製鉄プロセスでの副産物投入の潜在力について考察した。現状では、大規模事業所と地域の副産物発生業種とには規模に大きな差があるので相補的な連携には到らないが、大規模事業所の資源転換技術を活かしたコンプレックス形成が有効(最終処分量の7%を削減)であることを示した。今後は、更に具体的な産業コンプレックス形成の検討を行う。

参考文献

- 1) 平成11年版 環境白書、pp.144-157、1999
- 2) 平成2年 和歌山県産業連関表、和歌山県、1995
- 3) リサイクル推進のための技術・制度・評価システムに関する研究～大阪府のマテリアルフロー調査～、大阪大学先端科学技術共同研究センター・地球環境関西フォーラム、pp.1-30、1999
- 4) 平成11年版 和歌山県統計年鑑、和歌山県、1999
- 5) 平成7年度 貨物地域流動調査、運輸省運輸政策局編、(財)運輸経済研究センター、1997
- 6) 平成8年 石油等消費構造統計表、通商産業大臣官房調査統計部、(社)通産統計協会、1998
- 7) 平成6年度 電力需給の概要、通産省資源エネルギー庁公益事業部編、1994
- 8) 平成9年度 産業廃棄物処理計画策定に係る基礎調査業務報告書、和歌山県 pp.1-79、1998
- 9) 平成10年版 和歌山県環境白書、和歌山県、1998
- 10) 置塩信雄・石田和夫：日本の鉄鋼業、pp.54、1981