

素材型産業を核とした資源循環クラスターの展開

リサイクルビジネスの高度化に向けて

【要 旨】

- 1．循環型社会形成が大きな課題として浮上するなか、わが国では法体系の整備が急速に進められている。その一環として容器包装、家電、自動車など使用済み製品を対象とする個別リサイクル法が制定され、従来は廃棄物として処理されていた財の再資源化が求められるようになった。法整備による対象の拡大は、再資源化すべき廃棄物の量的拡大を意味する一方、分別の不徹底による異物混入や資源性の低い財をリサイクルする必要性が出てくるなど質的な変化をもたらす。今後はリサイクルプロセスの環境負荷の軽減や経済性の確保が一層重要になってくる。
- 2．近時、素材型産業が持つリサイクル基盤としてのポテンシャルが注目されている。素材型産業をリサイクルの担い手としてみた場合、大量処理が可能である、物流システムや熱処理工程などの設備、有害物質管理ノウハウなど既存の経営資源の活用が可能である、自工程の原燃料としての利用であり、再生品の市場性確保（出口）に関する問題が少ない、などの特徴から、総じて環境負荷、経済性の両面で優位性があるものと考えられる。現在、各素材型産業ではそれぞれの事業特性を踏まえてリサイクル拡大に向けた取組みが進められている。
- 3．紙パルプ産業では、回収ルートが確立し安価で安定した製紙原料として古紙の利用を拡大しており、更なる利用率の上昇を要請されている。板紙分野の利用率は9割と既に限界に近いため、今後の古紙投入は現状3割強の利用にとどまっている紙部門に依存することになる。しかし、古紙利用の拡大はパルプ製造工程で発生する黒液を利用したバイオマスエネルギーの減少とこれを補うための化石燃料の使用増加、古紙に含まれるインクや不純物の増加に伴う廃棄物（ペーパースラッジ）排出量の増加を伴う。これらを勘案すると、原料としての古紙利用の拡大には環境負荷、経済性の両面から一定の限界があると考えられる。今後は、サーマルリサイクルの拡大を含め、多面的な展開が必要になるだろう。
- 4．鉄鋼業では、従来から行われている電炉による鉄スクラップの利用に加えて、高炉、コークス炉における廃プラスチック（廃プラ）の利用が拡大している。容器包装リサイクル法に基づいて分別収集されたプラスチック製容器包装では狭義のマテリアルリサイクル（再生シートなど）が伸び悩むなか、8割が製鉄プロセスの中で利用されており（2001年度）、大量処理が可能で再生品の出口問題がないという素材型産業の強みが発揮されている。製鉄プロセス内で利用できる廃プラの量は粗鋼生産8000万トン程度でも、単純焼却や埋立てされている未利用廃プラ全量をカバーできると試算され、リサイクル基盤として鉄鋼業の持つ潜在力は大きい。今後はそのポテンシャルに見合った分別収集量の確保が課題といえるだろう。

5. 非鉄金属製錬業では、電力用送電線や鉛蓄電池など社会的に回収ルートが確立しているものに加え、近時使用済み製品リサイクルに対応した製品内の金属資源回収を強化している。その対象は電気電子機器のように希少金属含有割合の高いもの（都市鉱山：urban mine）から、今後法規制の導入・強化により増加することが確実である自動車や家電のシュレッダーダストといった処理困難物まで多岐に亘る。製錬プロセスは、原料、エネルギー、副原料など多段階の利用を通じて複雑な組成の財のリサイクルを可能にする設備、ノウハウを備えており、リサイクル基盤として大きな役割が期待される。今後は、複雑化する廃棄物の性状に対応した受入可能量の拡大と立地上の制約を補う回収システムの構築などが課題となろう。
6. 素材型産業は、天然原料やリサイクル原料に含まれる不要成分や副原料の残さをスラグやスラッジなどの副産物（副産物、廃棄物）として排出し、それらをセメント産業との連携のもとで有効利用してきた。素材型産業のリサイクルビジネスの強みは、個別部門での取組みに加え、こうした産業間の連携（クラスター形成）に負う所が大きい。ところがセメント生産量が縮小傾向にあるなか、セメント産業では石炭灰や都市ゴミ焼却灰、下水汚泥など処理ニーズが相対的に高い廃棄物の受入れを拡大する傾向がみられるなど、副産物の有効利用を可能にしてきた従来のクラスターに変化が生じつつある。
7. 副産物の需給バランスの変化に対応すべく、企業はその発生抑制や新たな用途確保に向けた取組みを強化している。副産物の新用途開拓に向けた研究開発に加えて、グループ企業によるクラスターを活用して副産物の発生を極小化するリサイクルネットワークの構築（非鉄金属製錬）や、従来埋立処分されていたダスト類の鉄原料化を可能にする新技術の導入（鉄鋼）などの取組みが注目される。今後この分野での取組みの巧拙はリサイクルビジネスの拡大を左右する要素の一つとなるだろう。加えて重要なのが国際的な資源循環との関係である。スラグや古紙輸出に代表されるように、近年、経済のグローバル化を受けて、産業活動に伴う循環資源の移動も広域化している。有害廃棄物輸出を規定するバーゼル条約との兼ね合いなど難しい問題もあるものの、今後は国内での取組みと平行して、アジア地域における資源循環の中に副産物を位置付けていくことが従来以上に重要となってくると考えられる。
8. 循環型社会の実現に向けて、リサイクル基盤としての素材型産業への期待は今後ますます高まってくる。同時にリサイクル対象物の拡大に伴う回収される使用済み製品の質の低下、セメント産業との連携を通じた副生物有効利用クラスターの変化など、新たな課題も浮上している。今後のリサイクルビジネス拡大には、分別・回収スキームなど社会システムの高度化と並んで、コストを抑制しながらこうした課題を乗り越えていくことが一層重要になってくる。そのためには 副産物の性状の安定性確保と、生成を抑制するゼロエミッションへの取組みの継続、 アジアを中心とする海外の受け皿を活用した資源循環の拡大、 サーマルリサイクル（エネルギー回収）手法の再評価が必要となるだろう。

こばやし みきまさ
[担当：小林 幹昌 (email : mkkobay@dbj.go.jp) (現中国支店)]

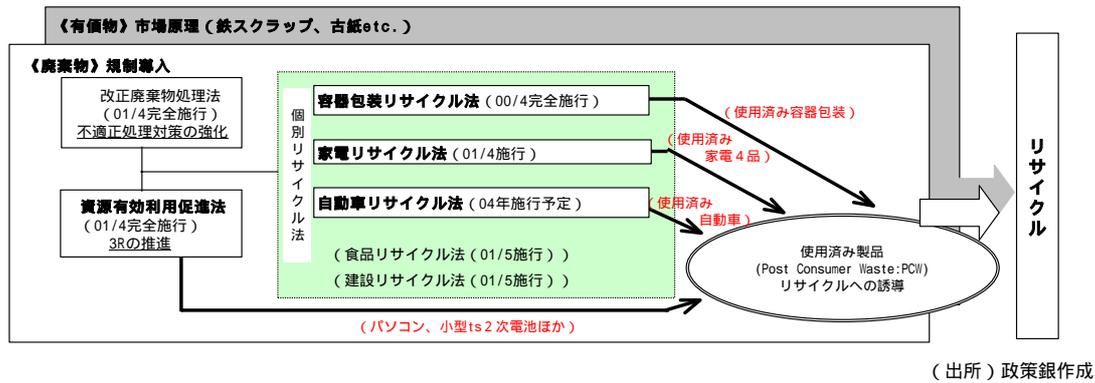
個別リサイクル法の制定とリサイクルビジネス

・循環型社会形成が大きな課題として浮上するなか、わが国では法体系の整備が急速に進められている。その一環として容器包装、家電、自動車など使用済み製品を対象とする個別リサイクル法が制定され、従来は廃棄物として処理されていた財の再資源化が求められるようになった。

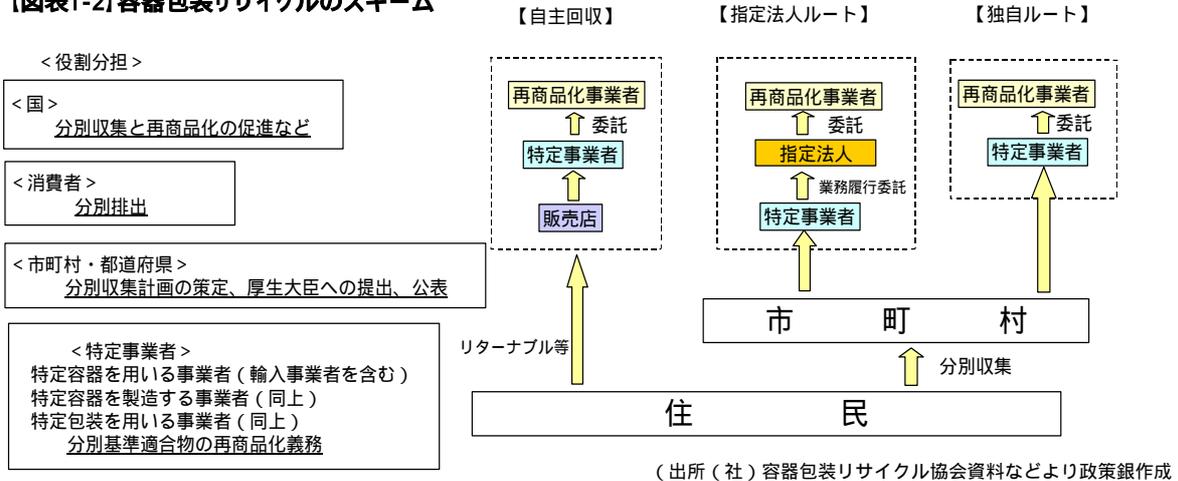
・その嚆矢となった容器包装リサイクル法（容リ法、97年部分施行、2000年4月完全施行）を例にとると、一般家庭から排出される包装材は自治体によって収集された後、メーカーや流通事業者から委託された再商品化事業者（リサイクル事業者）によって再商品化される。

・この制度では収集を自治体が担う形態を取っているため、財政状態やごみ処理システムの整備状況などの影響を受け、品目によって回収率にばらつきが生じるなどの問題が指摘されている。しかしリサイクルが制度化されたことにより様々な技術開発が誘発されたことの意義は大きく、今後各自治体の分別収集によりリサイクル量は増加する見通しである。

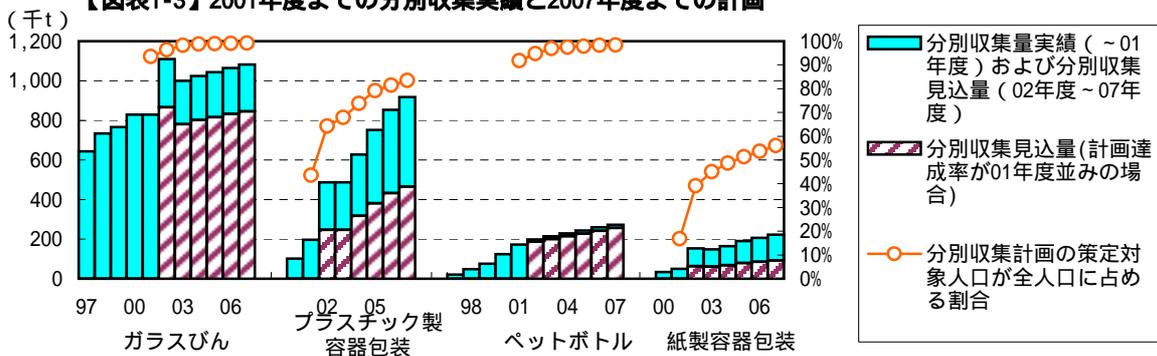
【図表1-1】個別リサイクル法の制定によるリサイクルの拡大



【図表1-2】容器包装リサイクルのスキーム



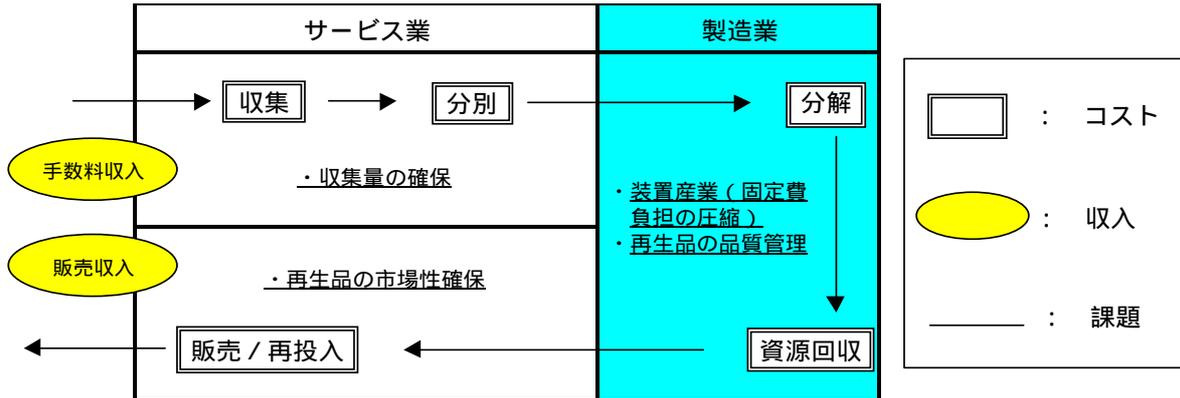
【図表1-3】2001年度までの分別収集実績と2007年度までの計画



素材産業におけるリサイクルビジネスの特徴

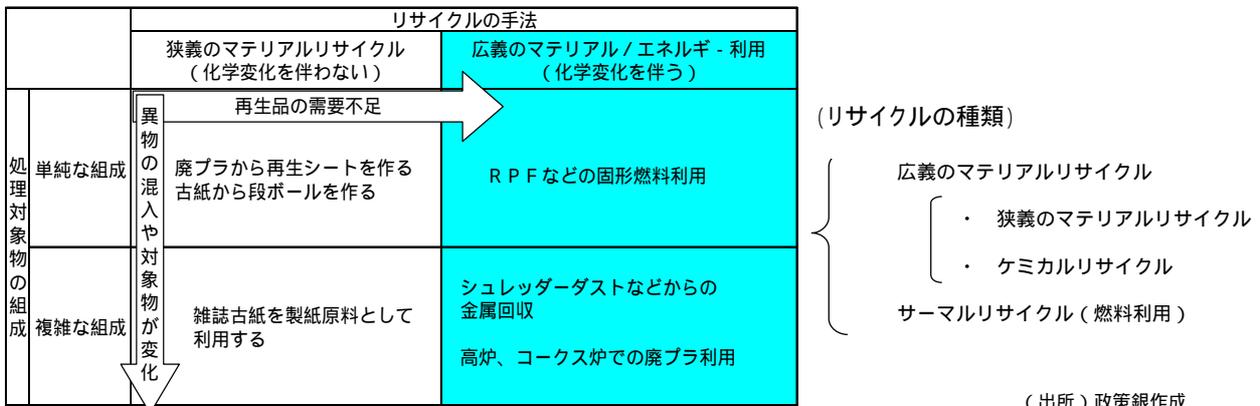
- ・法整備による対象の拡大は、再資源化すべき廃棄物の量的拡大を意味する一方、分別の不徹底による異物混入や資源性の低い財をリサイクルする必要が出てくるなど質的な変化をもたらす。今後はリサイクルプロセスの環境負荷の軽減や経済性の確保が一層重要になってくる。
- ・近時、素材型産業が持つリサイクル基盤としてのポテンシャルが注目されている。素材型産業をリサイクルの担い手としてみた場合、大量処理が可能である、物流システムや熱処理工程などの設備、有害物質管理ノウハウなど既存の経営資源の活用が可能である、自工程の原燃料としての利用であり、再生品の市場性確保（出口）に関する問題が少ない、などの特徴から、総じて環境負荷、経済性の両面で優位性があるものと考えられる。
- ・現在、各産業ではそれぞれの事業特性を踏まえてリサイクル拡大に向けた取組みが進められている。

【図表2-1】リサイクルビジネスの収入、コスト



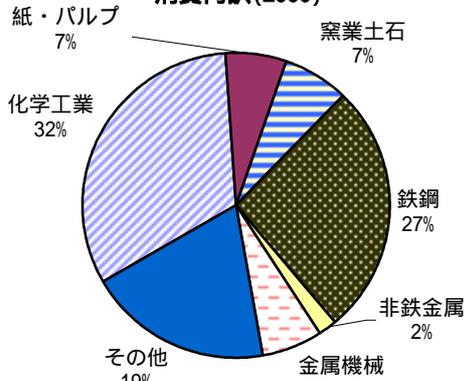
(出所) 政策銀作成

【図表2-2】リサイクルの拡大に伴う変化



(出所) 政策銀作成

【図表2-3】製造業の最終エネルギー消費内訳(2000)



(出所) 総合エネルギー統計

【図表2-4】リサイクルインフラとしての素材産業の特徴

入口（分別・収集）における強み

- ・大規模な遊休地を有している
- ・物流インフラを有しており、製品の帰り荷輸送が可能

資源回収工程における強み

- ・既存の熱処理工程などを活用することで初期投資を抑制することができる
- ・有害物質への対応など技術が蓄積されている

出口（再生商品の販売）における強み

- ・既存の生産工程の原燃料として廃棄物を利用できる

(出所) 政策銀作成

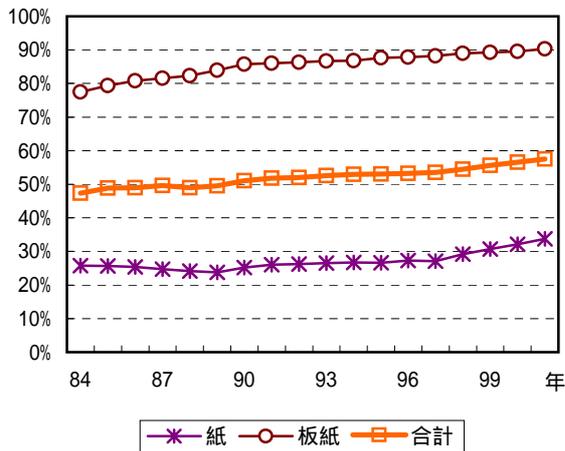
紙パルプ産業における古紙利用拡大の可能性

・紙パルプ産業では、回収ルートが確立し安価で安定した製紙原料として古紙の利用を拡大しており、更なる利用率の上昇を要請されている。板紙分野の利用率は9割と既に限界に近いため、今後の古紙投入は現状3割強の利用にとどまっている紙部門に依存することになる。

・しかし、古紙利用の拡大はパルプ製造工程で発生する黒液を利用したバイオマスエネルギーの減少とこれを補うための化石燃料の使用増加、古紙に含まれるインクや不純物の増加に伴う廃棄物（ペーパースラッジ）排出量の増加を伴う。これらを勘案すると、原料としての古紙利用の拡大には環境負荷、経済性の両面から一定の限界があると考えられる。

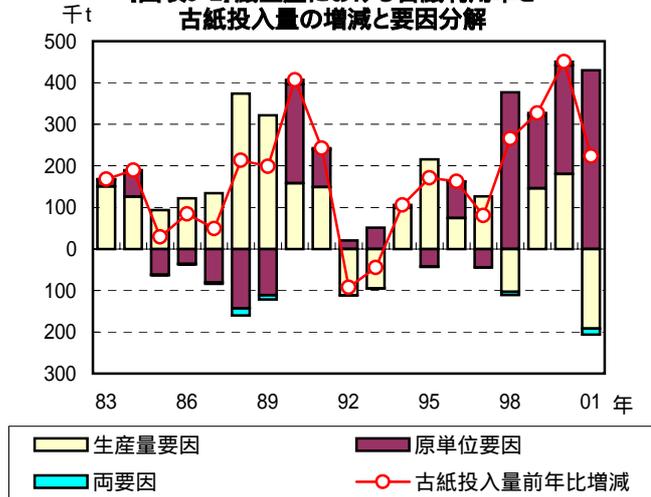
・今後は、サーマルリサイクルの拡大を含め、多面的な展開が必要になるものと思われ、各社はRPF(refuse plastic and paper fuel)を利用するボイラの設置を進めている。

【図表3-1】古紙利用率の推移



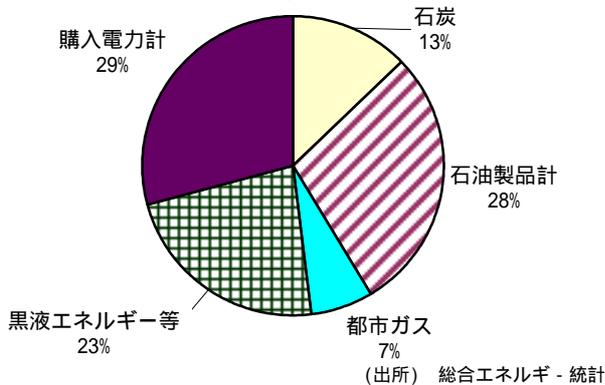
(出所) 経済産業省「紙・パルプ統計年報」

【図表3-2】紙生産における古紙利用率と古紙投入量の増減と要因分解

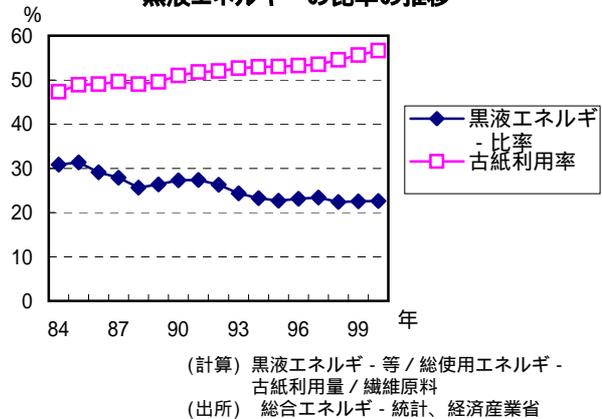


(出所) 経済産業省「紙・パルプ統計年報」

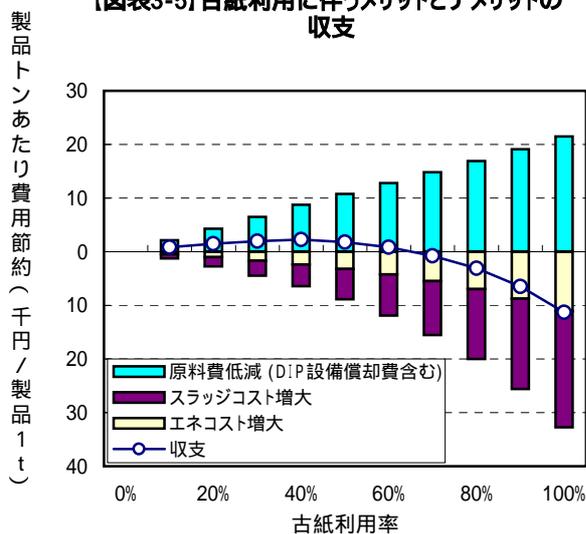
【図表3-3】紙パルプ産業の消費エネルギー内訳(2002)



【図表3-4】古紙利用率と使用エネルギーに占める黒液エネルギーの比率の推移



【図表3-5】古紙利用に伴うメリットとデメリットの収支



【図表3-6】各社のRPF利用計画など

| 会社名 | 各社のRPF利用計画の概要 |
|---------------------------|---|
| 王子製紙 | <ul style="list-style-type: none"> ・本体の苫小牧工場、日南工場、米子工場、王子板紙の大分工場にRPFボイラを導入予定。 ・2010年度までにさらにもう一工場を導入する計画。 |
| 日本ユニパックグループ(日本製紙、日本大昭和板紙) | <ul style="list-style-type: none"> ・北海道の日本製紙工場を中心に既設ボイラでRPFを混焼。 ・その他日本大昭和板紙吉永(株)にてペーパースラッジとRPFの混焼ボイラを設置。 ・勿来工場に設置するバイオマスボイラでのRPF利用も検討。 |
| 大王製紙 | <ul style="list-style-type: none"> ・保有するスラッジ発電ボイラ3缶のうち1缶を石炭からRPFに燃料転換。残る2缶についても転換を進める予定。 |
| 名古屋パルプ | <ul style="list-style-type: none"> ・ボイラー5缶のうち1缶で助燃材として利用(月間300トン)。 |

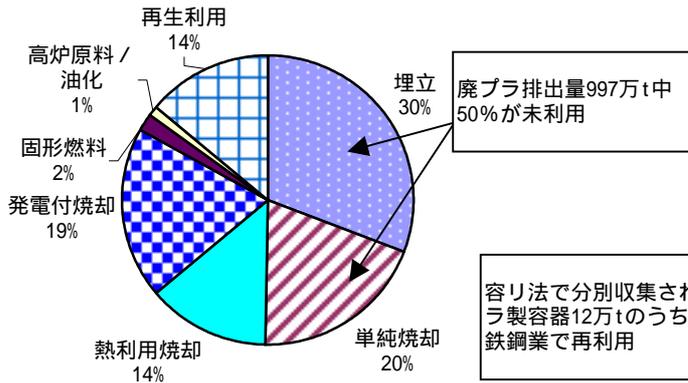
(出所) 各社発表資料、各種報道資料より作成

鉄鋼業の活躍が期待される廃プラスチックリサイクル

・鉄鋼業では従来から行われている電炉による鉄スクラップの利用に加えて、高炉、コークス炉における廃プラスチックの利用が拡大している。容器包装リサイクル法に基づいて分別収集されたプラスチック製容器包装では狭義の材料リサイクル（再生シートなど）が伸び悩むなか、8割が製鉄プロセスの中で利用されており（2001年度）、大量処理が可能で再生品の出口問題がないという素材型産業の強みが発揮されている。

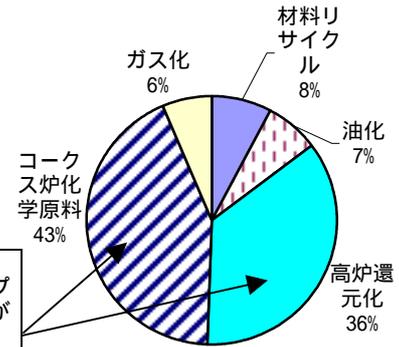
・製鉄プロセス内で利用できる廃プラの量は粗鋼生産8,000万トン程度でも、単純焼却や埋立てされている未利用廃プラ全量をカバーできると試算され、リサイクル基盤として鉄鋼業の持つ潜在力は大きい。今後はそのポテンシャルに見合った分別収集量の確保が課題といえるだろう。

【図表4-1】廃プラスチックの再資源化状況(2000)



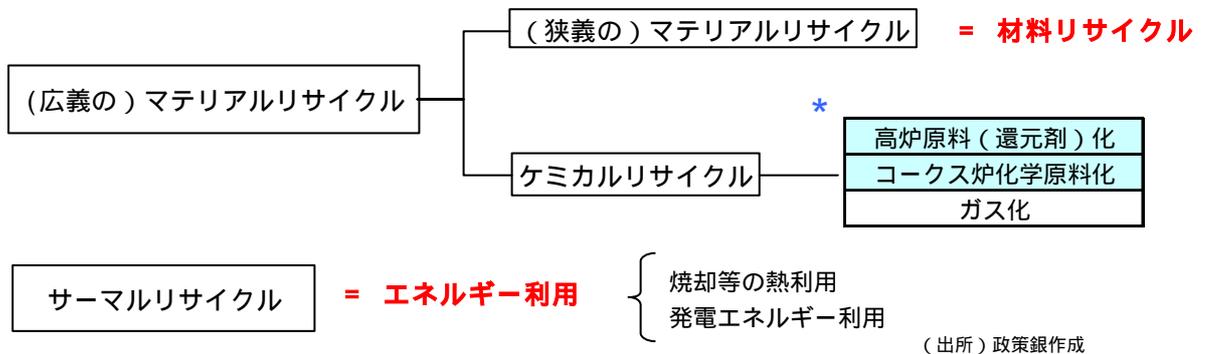
(出所) (社) プラスチック処理促進協会

【図表4-2】容リ法その他プラスチック容器包装の再商品化手法の内訳(2001)

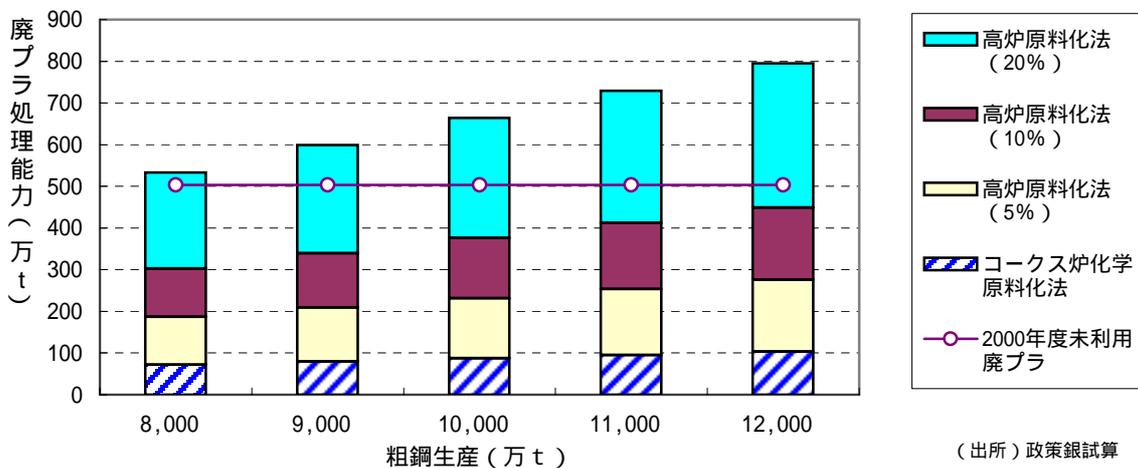


(出所) (社) 容器包装リサイクル協会

【図表4-3】容器包装プラスチックのリサイクル手法



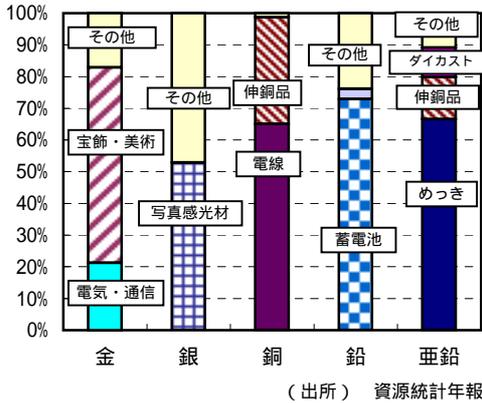
【図表4-4】鉄鋼業における廃プラ処理能力



非鉄金属製錬プロセスを利用した金属回収

・非鉄金属製錬業では、電力用送電線や鉛蓄電池など社会的に回収ルートが確立しているものに加え、近時使用済み製品リサイクルに対応した製品内の金属資源回収を強化している。
 ・その対象は電気電子機器のように希少金属含有割合の高いもの（都市鉱山：urban mine）から、今後法規制の導入・強化により増加することが確実である自動車や家電のシュレッダーダストといった処理困難物まで多岐に亘る。
 ・製錬プロセスは、原料、エネルギー、副原料など多段階の利用を通じて複雑な組成の財のリサイクルを可能にする設備、ノウハウを備えており、リサイクル基盤として大きな役割が期待される。今後は、複雑化する廃棄物の性状に対応した受入可能量の拡大と立地上の制約を補う回収システムの構築などが課題となる。

【図表5-1】金属別用途の内訳



【図表5-2】主な使用済み製品、廃棄物の非鉄金属含有量

| トンあたり含有量 | 金 | 銀 | 銅 | その他 | 資源価値 (万円) |
|--------------------|----------|------------|-------------|-------------------|-----------|
| フィルム焼灰スラッジ | | 50 ~ 350kg | | | 395 |
| 自動車廃触媒 | | | | Pt 1kg Rd 100g | 256 |
| 携帯電話 | 320g | 1.5kg | 100kg | パラジウム 100g | 60 |
| 電子基板 | 100g | 2kg | 100 ~ 200kg | | 20 |
| A S R | | | 44kg | 亜鉛11kg 鉛2kg | 1 |
| 鉛バッテリー | | | 530kg | | 5 |
| (参考) 菱刈金山平均 金品位 | 50 ~ 60g | | | | 7 |

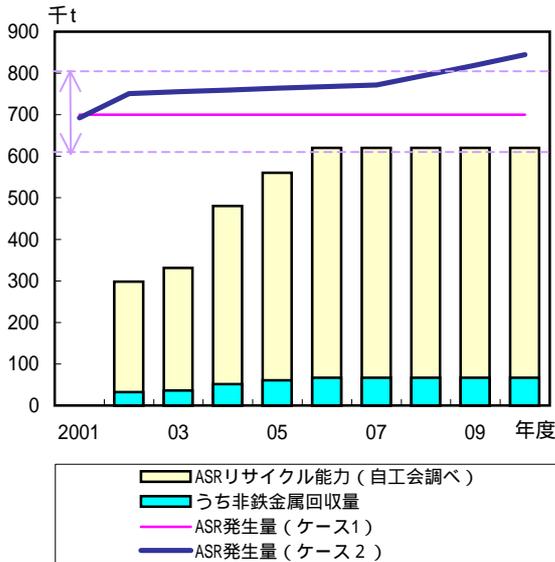
(出所) 同和鉱業株式会社資料、日経NEEDS商品市況 (02暦年データ) などより政策銀試算

【図表5-3】製錬各社によるシュレッダーダスト(SD)処理能力

| | 製錬プロセス | S D など処理能力 | 特徴 |
|---------------------------|--------|-------------------------|---|
| 同和鉱業 小坂製錬所 | 自溶炉法 | 5.3万トン/年 (初年度4万トン目標) | 既存の製錬設備を活用したリサイクルシステム。原料を燃焼し、金属と、重油代替として活用する蒸気エネルギーを回収。 |
| 小名浜製錬 | 反射炉法 | 15万トン/年 | 銅製錬工場(反射炉法)のインフラを活用したA S Rリサイクルシステム。銅をはじめ有価金属を回収。 |
| 三菱マテリアル 直島製錬所 (計画中) | M I 法 | 3.6万トン/年 | 可燃物を溶融炉で燃焼エネルギー回収し、溶融物を銅製錬炉で処理し、有価金属を回収する。 |

(出所) 会社資料などより政策銀作成

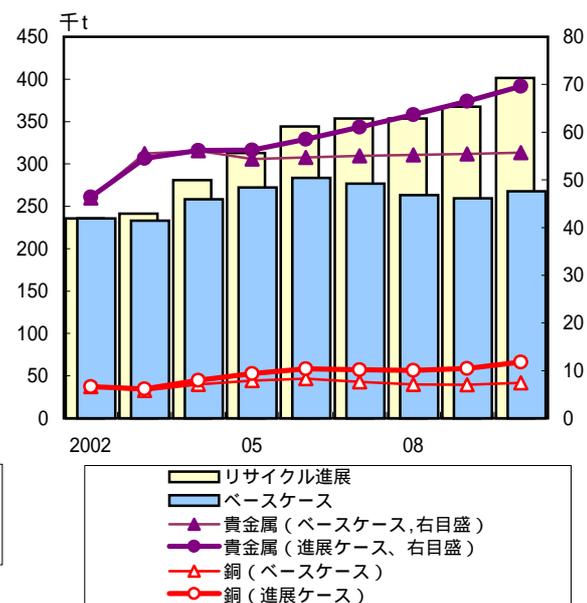
【図表5-4】ASR発生量とリサイクル基盤の整備



・ASR発生量(ケース2)は、自動車の素材構成変化、重量変化を織り込み、電炉投入率10%を想定して政策銀が試算
 ・ASRリサイクル能力は、自動車工業会による積み上げデータ(最大能力予測)
 ・非鉄金属回収量は、処理能力×ASRに占める非鉄金属(アルミ、銅、亜鉛、鉛等)の重量比

(出所) 政策銀作成

【図表5-5】電子機器のリサイクル進展と資源回収



・処理量は家電4品とPC(鉄スクラップとガラス分を除く)と携帯電話。
 ・ベースケースとリサイクル進展ケースは回収率の変化による相違。
 ・貴金属は、金、銀、パラジウムを計上。

(出所) 政策銀作成

セメント産業を下支えとする資源循環クラスターと状況変化

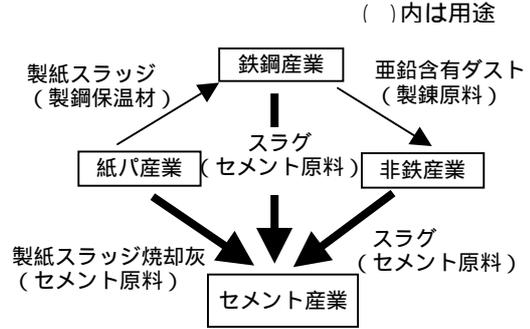
- ・素材型産業は、天然原料やリサイクル原料に含まれる不要成分や副原料の残さをスラグやスラッジなどの副産物として排出し、それらをセメント産業との連携のもとで有効利用してきた。
- ・素材型産業のリサイクルビジネスの強みは、個別部門での取組みに加え、こうした産業間の連携（クラスター形成）に負う所が大きい。
- ・ところがセメント生産量が縮小傾向にあるなか、セメント産業では石炭灰や都市ゴミ焼却灰、下水汚泥など処理ニーズが相対的に高い廃棄物の受入れを拡大する傾向がみられるなど、副産物の有効利用を可能にしてきた従来のクラスターに変化が生じつつある。

【図表6-1】素材産業における副産物の発生状況

| | | 発生状況 | 有効利用率 | 有効利用状況 |
|------------------|----------|----------------|-------|--|
| 鉄鋼 | 高炉スラグ | 2,329万t(2001年) | 99% | セメント原料63%、道路用16%、コンクリート用8%など |
| | 転炉スラグ | 1,050万t(2001年) | 99% | 自社利用32%、道路用17%、土工用33%セメント用7%など |
| 非鉄金属 (銅、鉛、亜鉛) | 非鉄鉛滓 | 320万t(1999年) | 81% | セメント原料、覆土材など |
| 紙パ | ペーパースラッジ | 古紙投入量の10~30% | | 焼却によるエネルギー回収 焼却灰はセメント原料、土壌改良材、などとして利用。 |

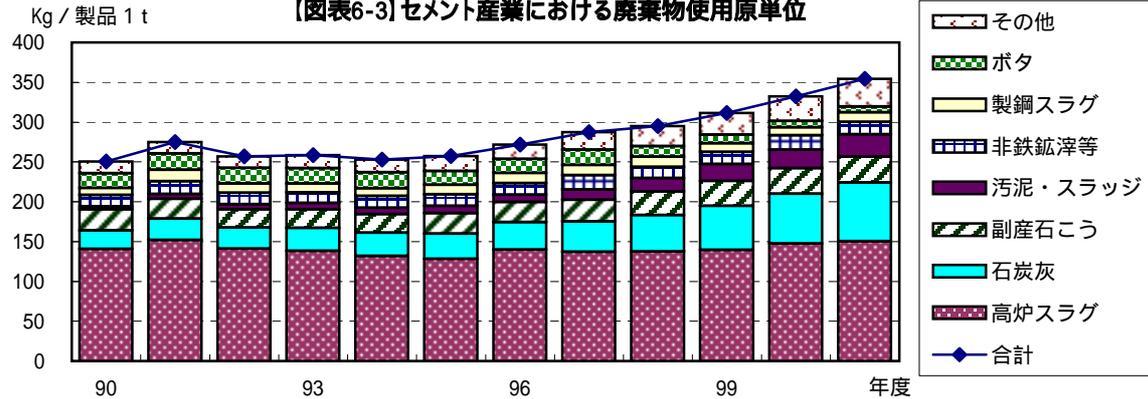
(出所) 経産省資料、鉄鋼スラグ協会資料などより政策銀作成

【図表6-2】セメントと3産業の廃棄物連関



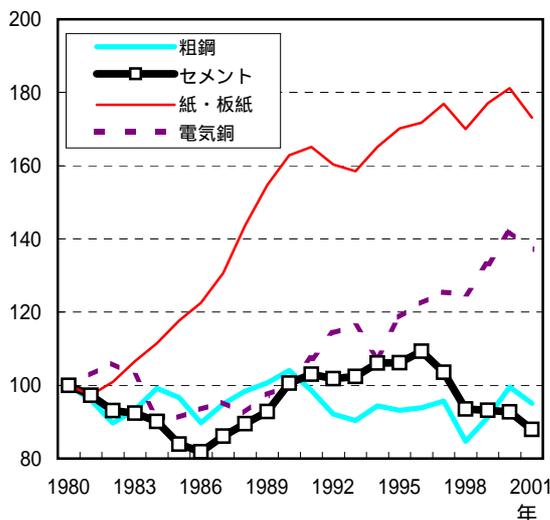
(出所) 政策銀作成

【図表6-3】セメント産業における廃棄物使用原単位



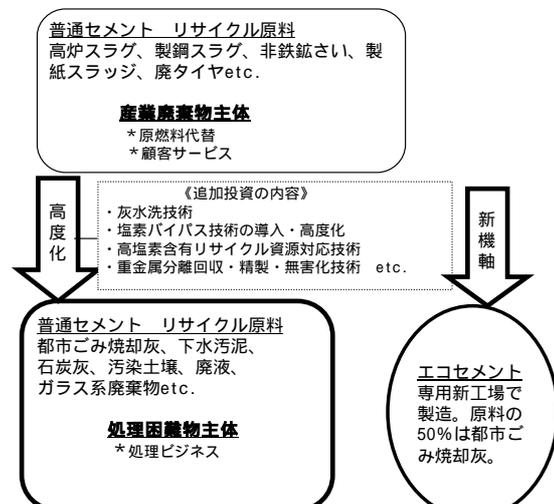
(出所) (社)セメント協会

【図表6-4】素材生産の推移(1980年=100)



(出所) 経済産業省

【図表6-5】セメント産業の廃棄物受入の高度化

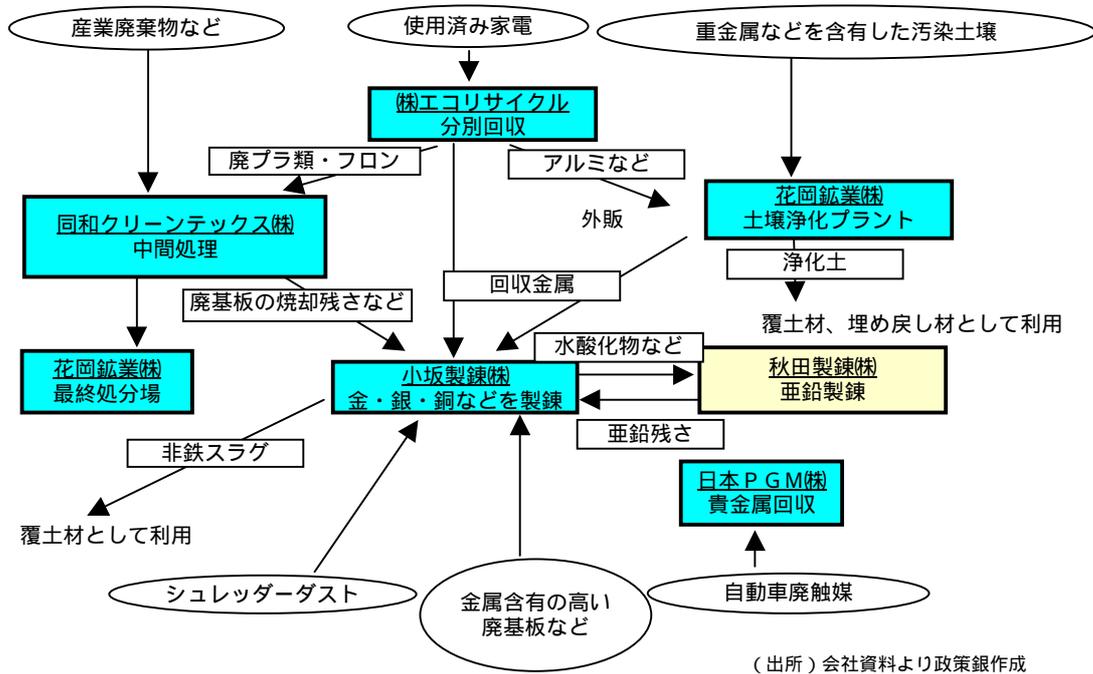


(出所) 政策銀作成

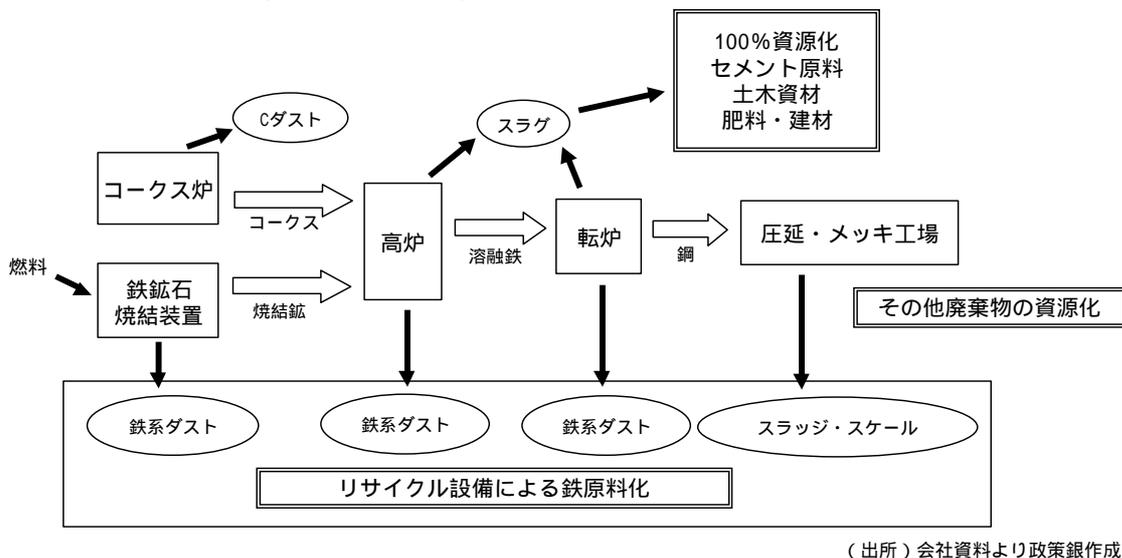
副産物有効利用の拡大に向けた各社の対応

- ・副産物の需給バランスの変化に対応すべく、企業はその発生抑制や新たな用途確保に向けた取り組みを強化している。
- ・同和鉱業グループでは、近接して立地するグループ企業の基盤を活用して廃棄物の受入から最終処分に至るまでの垂直型の事業展開をすることで、副産物の有効利用を進めている。
- ・製鉄プロセス内で発生する転炉ダストは鉄分を多く含有するものの、同時に亜鉛を多量に含むことから製鉄プロセスへの再投入が困難であり、従来は埋立処分されていた。新日鉄ではこの転炉ダストから亜鉛を効率的に除去し、転炉ダストの鉄原料化を開始している。
- ・今後、副産物の発生抑制に向けた取り組みの巧拙はリサイクルビジネスの拡大を左右する要素の一つとなるだろう。

【図表7-1】グループ企業間の連携(同和鉱業の取り組み)



【図表7-2】新技術の導入(新日鉄の取り組み)

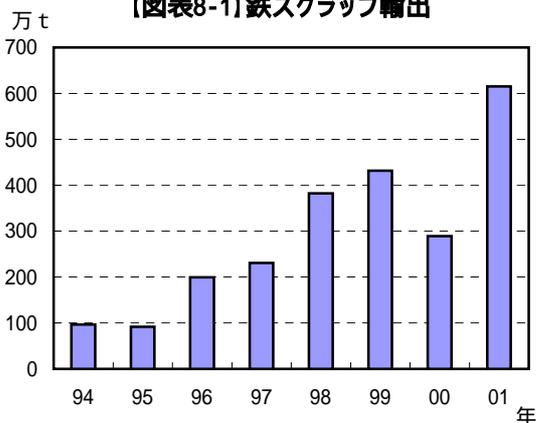


アジアを含めた資源循環の広がり／まとめ

・近年国際的な資源循環が広がりを増している。スラグや古紙輸出に代表されるように、経済のグローバル化を受けて、産業活動に伴う循環資源の移動も広域化している。有害廃棄物の輸出を規定するバーゼル条約との兼ね合いなど難しい問題もあるものの、今後は国内での取組みと平行して、アジア地域における資源循環の中に副産物を位置付けていくことが従来以上に重要となってくると考えられる。

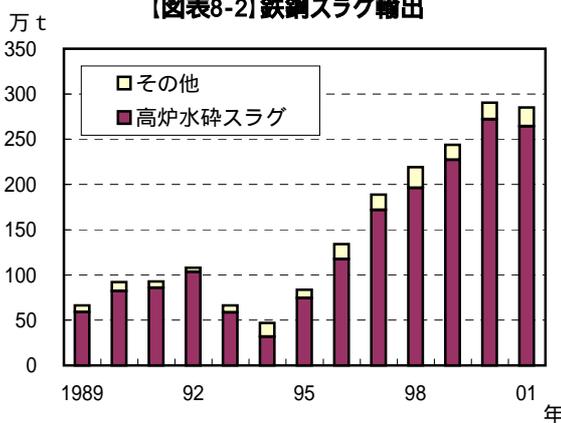
・循環型社会の実現に向けて、リサイクル基盤としての素材型産業への期待は今後ますます高まってくる。同時にリサイクル対象物の拡大に伴う回収される使用済み製品の質の低下、セメント産業との連携を通じた副産物有効利用クラスターの変化など、新たな課題も浮上している。今後のリサイクルビジネス拡大には、分別・回収スキームなど社会システムの高度化と並んで、コストを抑制しながらこうした課題を乗り越えていくことが一層重要になってくる。そのためには副産物の性状の安定性確保と、生成を抑制するゼロエミッションの取組みの継続、アジアを中心とする海外の受け皿を活用した資源循環の拡大、サーマルリサイクル（エネルギー・回収）手法の再評価が必要となるだろう。

【図表8-1】鉄スクラップ輸出



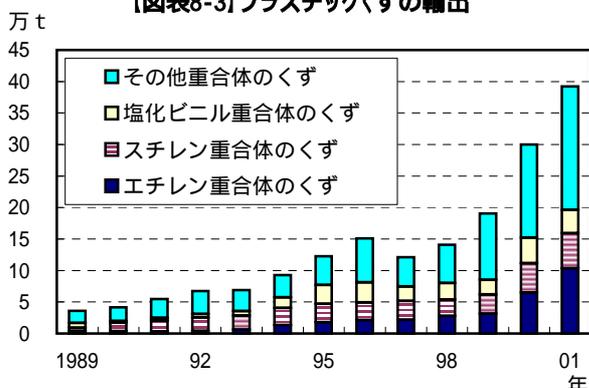
(出所) 貿易統計

【図表8-2】鉄鋼スラグ輸出



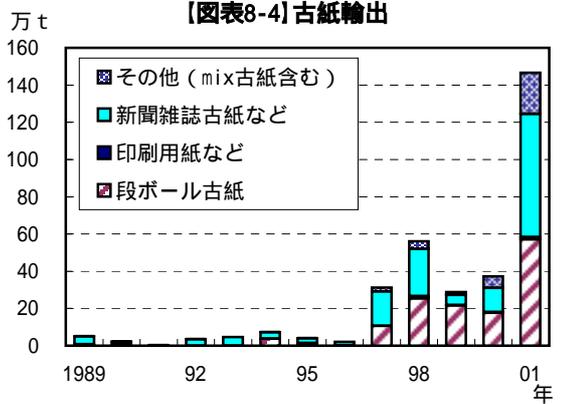
(出所) 貿易統計

【図表8-3】プラスチックくずの輸出



(出所) 貿易統計

【図表8-4】古紙輸出



(出所) 貿易統計

【図表8-3】リサイクルビジネスの高度化に向けた課題と可能性

