

鉄鋼業の副産物の活用

2005年11月

(社)日本鉄鋼連盟

1. 鉄連の自主管理目標と資源化の現状

- (1) 日本の廃棄物発生量と鉄鋼業
- (2) 鉄連自主管理目標と達成状況
- (3) 鉄鋼業の資源循環

2. 鉄鋼スラグの利用の現状

- (1) 鉄鋼スラグの生成と利用
- (2) 利用推進活動と利用量の推移
- (3) 鉄鋼スラグの現状と課題

3. 鉄鋼スラグ利用拡大に向けた新たな展開

- (1) 循環型社会に関する法の整備
- (2) グリーン購入法と鉄鋼スラグ製品
- (3) 鉄鋼スラグの新分野での用途開発例

4. ダスト・スラッジの資源化の推進

- (1) 資源化の課題
- (2) ダスト処理技術
- (3) スラッジ処理技術

5. 地域社会、産業間連携

- (1) 鉄鋼業と地域社会、他産業との関わり
- (2) インフラとしての鉄鋼業を活用した新たなビジネスモデル

1. 鉄連の自主管理目標と 資源化の現状

(1) 日本の廃棄物発生量と鉄鋼業

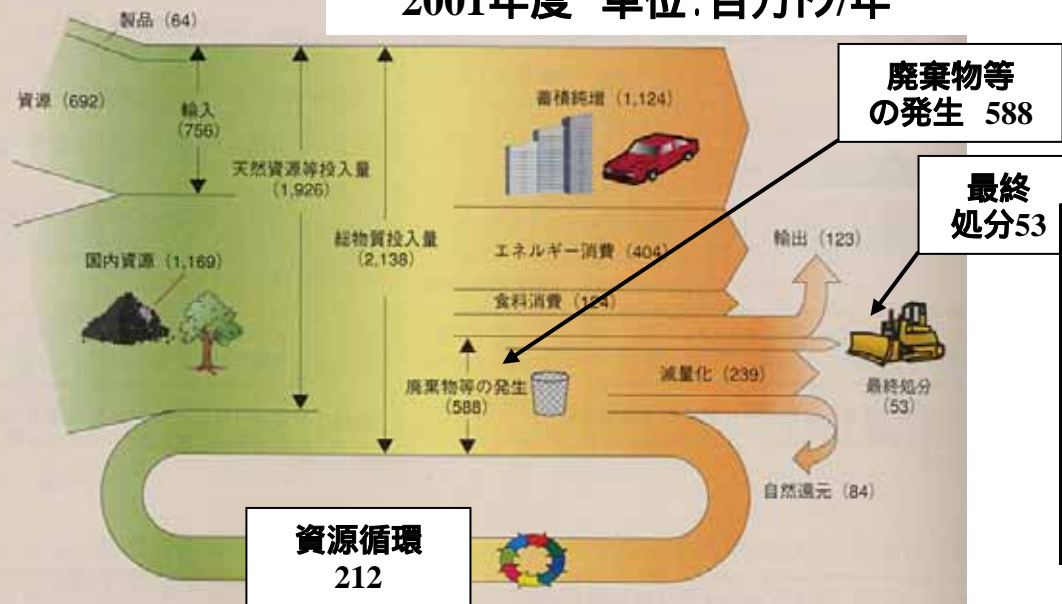
日本の廃棄物発生量は588百万トン/年 (産業廃棄物は400百万トン/年)

日本全体の最終処分量53百万トン/年

(内鉄鋼業は0.72 百万トン/年で1.3%を占める)

日本鉄鋼連盟自主管理目標を掲げて更なる資源化を推進

2001年度 単位:百万トン/年



鉄鋼業の副生物の発生量と最終処分量 (2001年度)

		実績
発生量	百万トン/年	44.00
最終処分量	百万トン/年	0.72
資源化率	%	98

$$\text{資源化率} = \frac{(\text{発生量} - \text{最終処分量})}{\text{発生量}}$$

注: 産出側の総量は、水分の取り込み等があるため総物質投入量より大きくなる。
資料: 各種統計より環境省作成

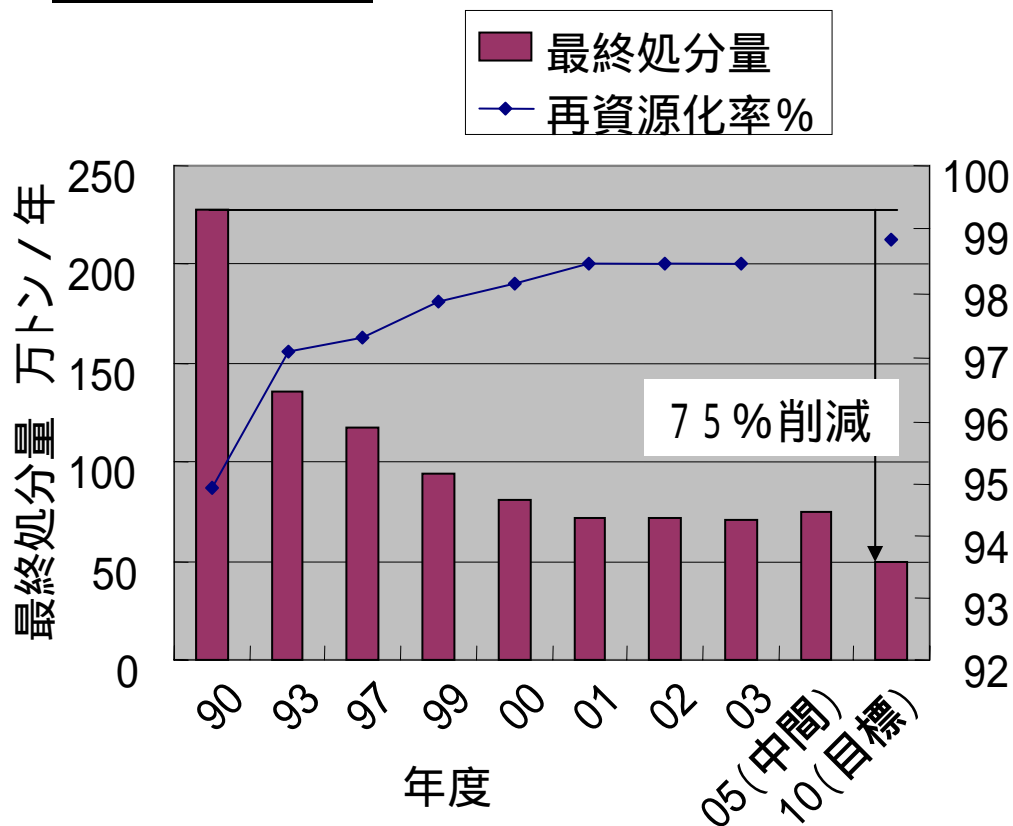
(2) 鉄連自主管理目標と達成状況

自主管理目標

最終処分量 1990年度を基準に2010年度に75%削減

スチール缶の再資源化率を85%とする

最終処分量



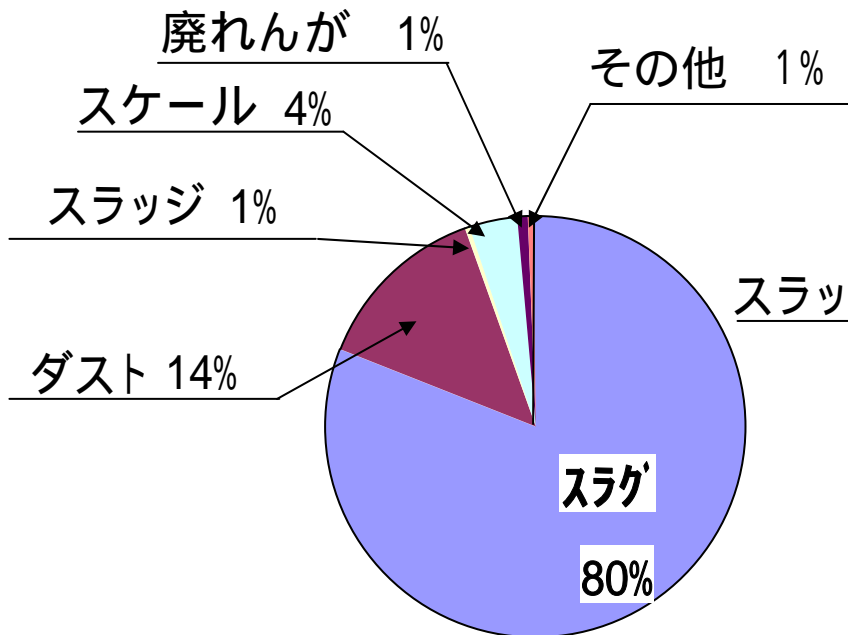
スチール缶の再資源化率

- ・2001年度: 目標の85%以上を達成
- ・2003年度: 87.5%

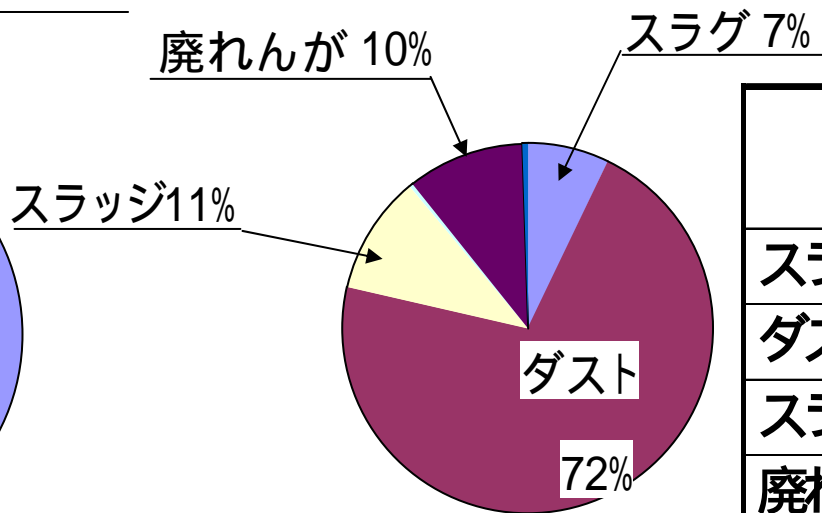
(3) 鉄鋼業の資源循環

日本鉄鋼業の副生物発生量は約44,000千トン/年、最終処分量は約720千トン/年
高炉9事業所、電炉5事業所のデータを基にその構成を下のグラフに示す
スラグの利用拡大とダスト、スラッジ、廃レンガの資源化推進が課題

鉄鋼の副生物の構成 (dry重量)
44,000千トン/年



最終処分量の構成 (dry重量)
720千トン/年



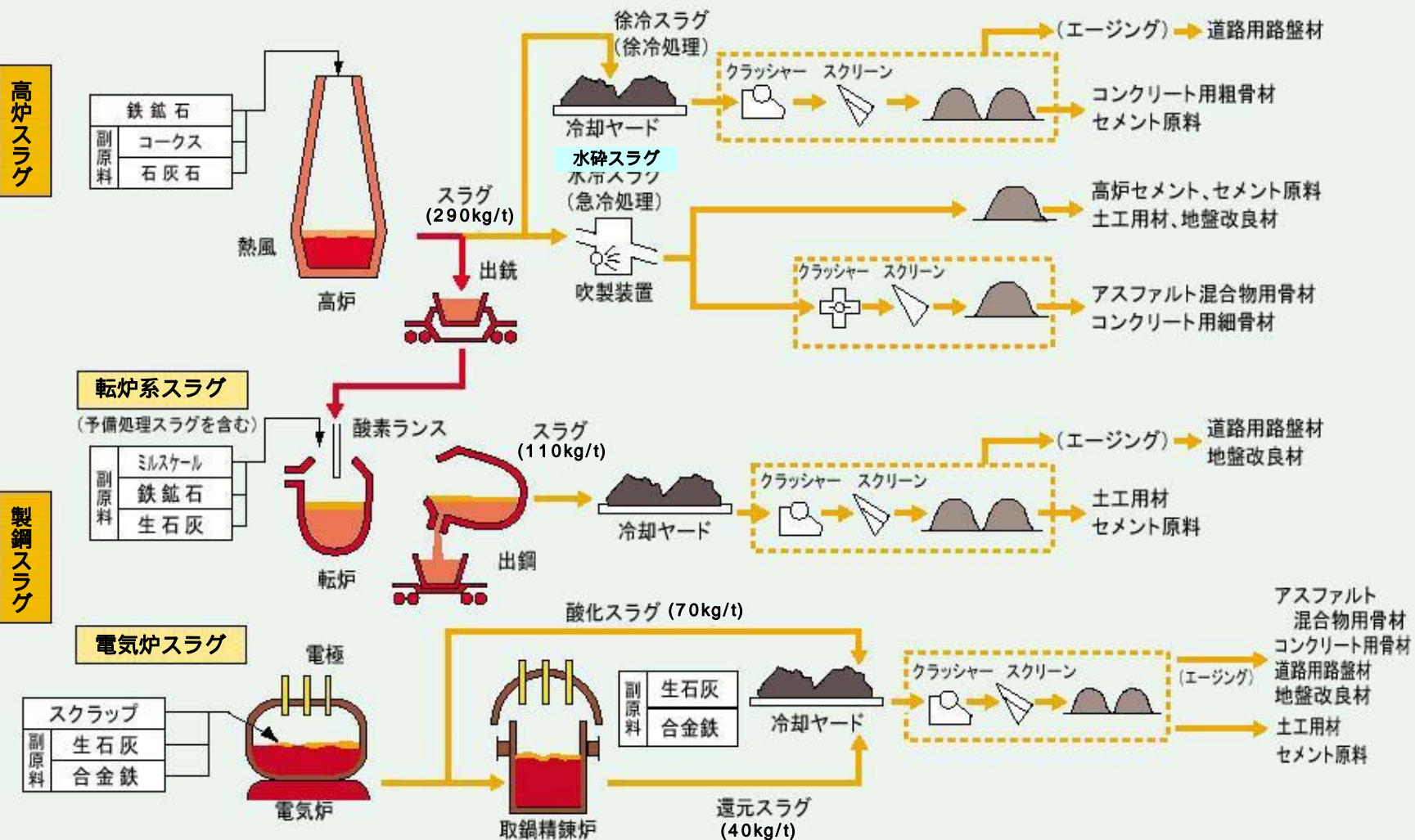
	資源化率%
スラグ	99.8
ダスト	88
スラッジ	64
廃れんが	72



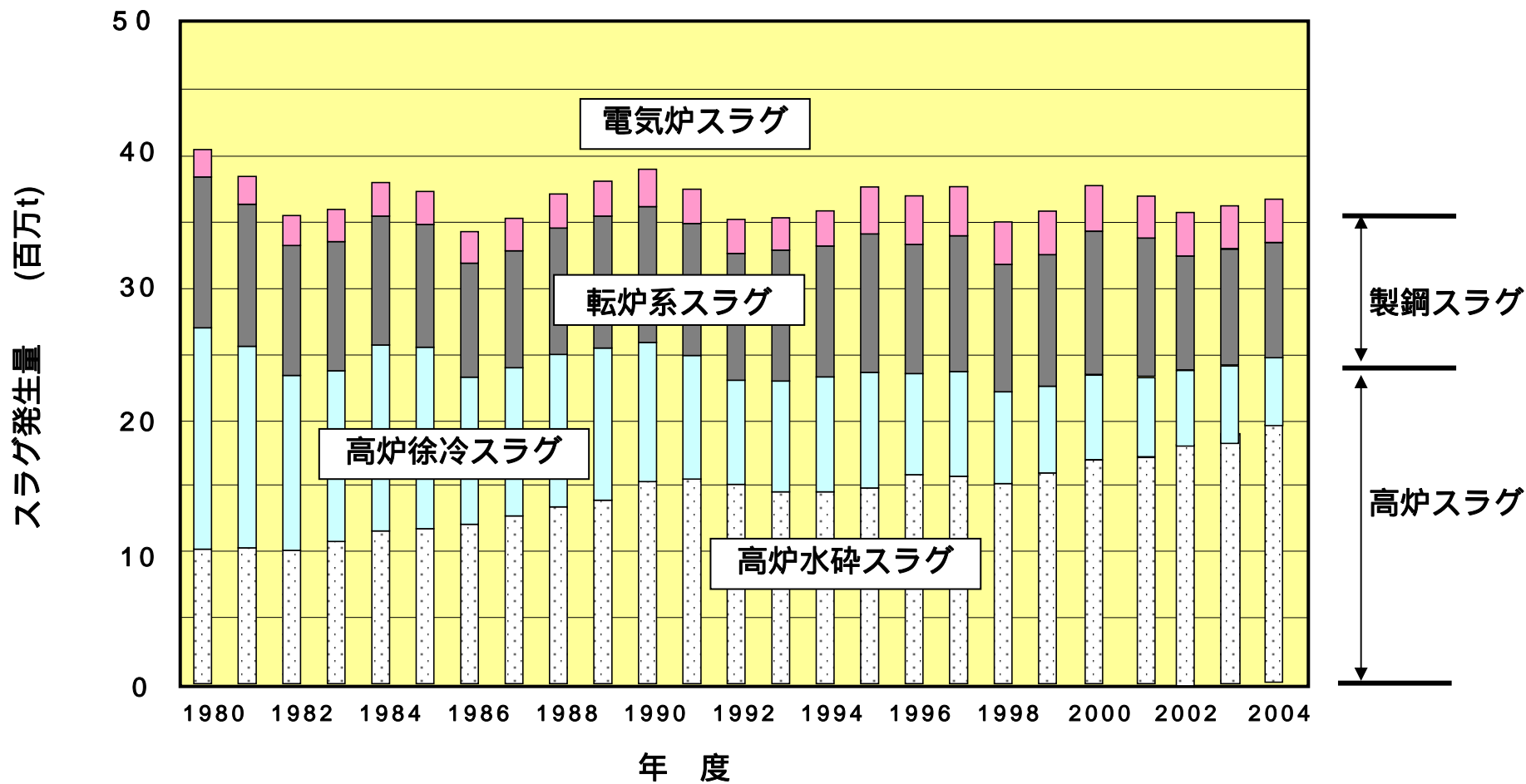
2 . 鉄鋼スラグの利用の現状

(1) 鉄鋼スラグの生成と利用

鉄鋼スラグの生成工程



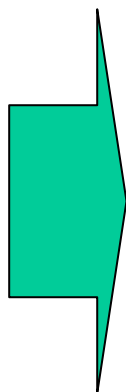
スラグの生成量の推移



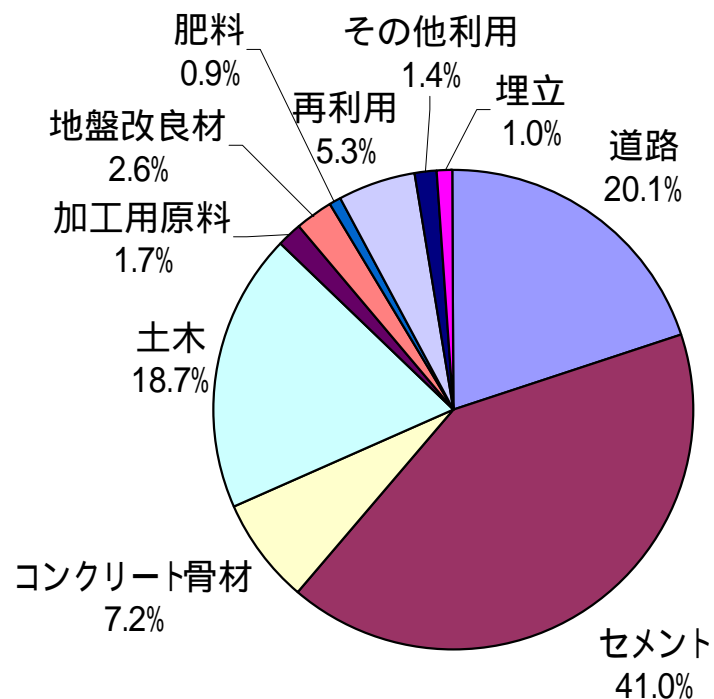
鉄鋼スラグの利用の現状

業界をあげて次のような活動を実施

- スラグの特性を生かした利用技術の開発
- JIS化等社会的な利用促進活動



総使用量(2004年度)
39百万トン



(2) 利用推進活動と利用量の推移

鉄鋼スラグの利用推進活動

~ 1965年頃 製鉄所の工事用資材

1970年頃 資源化の必要性が顕在化

1972年 日本鉄鋼連盟に「高炉滓JIS化
推進委員会」設置

1976年 鉄連スラグ資源化委員会設置

1978年 鉄鋼スラグ協会設立



利用技術開発とJIS等の制定があいまって有効利用が促進

鉄鋼スラグ関連JIS

道路用	JIS A 5015	道路用鉄鋼スラグ(1979制定)
コンクリート用	JIS A 5011-1	コンクリート用スラグ骨材・第1部: 高炉スラグ骨材(1977制定)
	JIS A 5011-4	コンクリート用スラグ骨材・第4部: 電気炉酸化スラグ骨材(2003制定)
	JIS A 5308	レディーミクストコンクリート(1978改正)
	JIS A 6206	コンクリート用高炉スラグ微粉末 (1995制定)
セメント用	JIS R 5210	ポルトランドセメント(1979改正)
	JIS R 5211	高炉セメント(1950制定)

鉄鋼スラグの利用拡大の例

高炉セメントの利用拡大

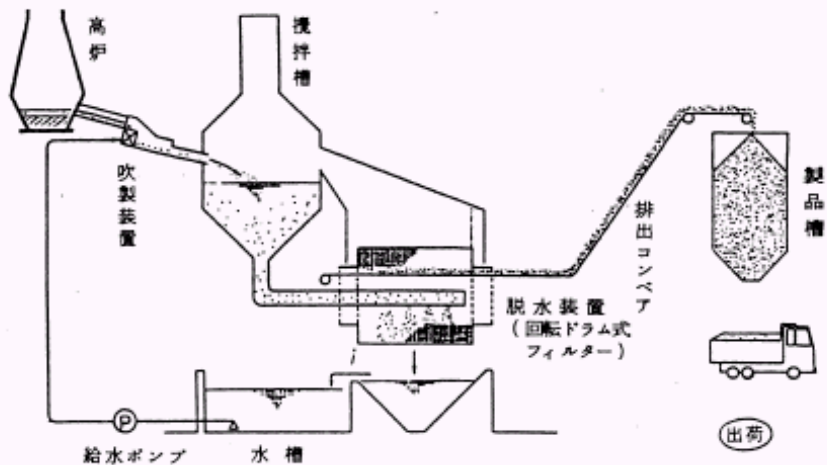
リサイクル材活用による天然資源の節約
製造時のエネルギー節約・CO₂排出量抑制
塩害に対する高い抵抗性
アルカリ骨材反応の抑制効果
2002年：「品確法」に基づく特別評価
方法の認定

高炉スラグ微粉末

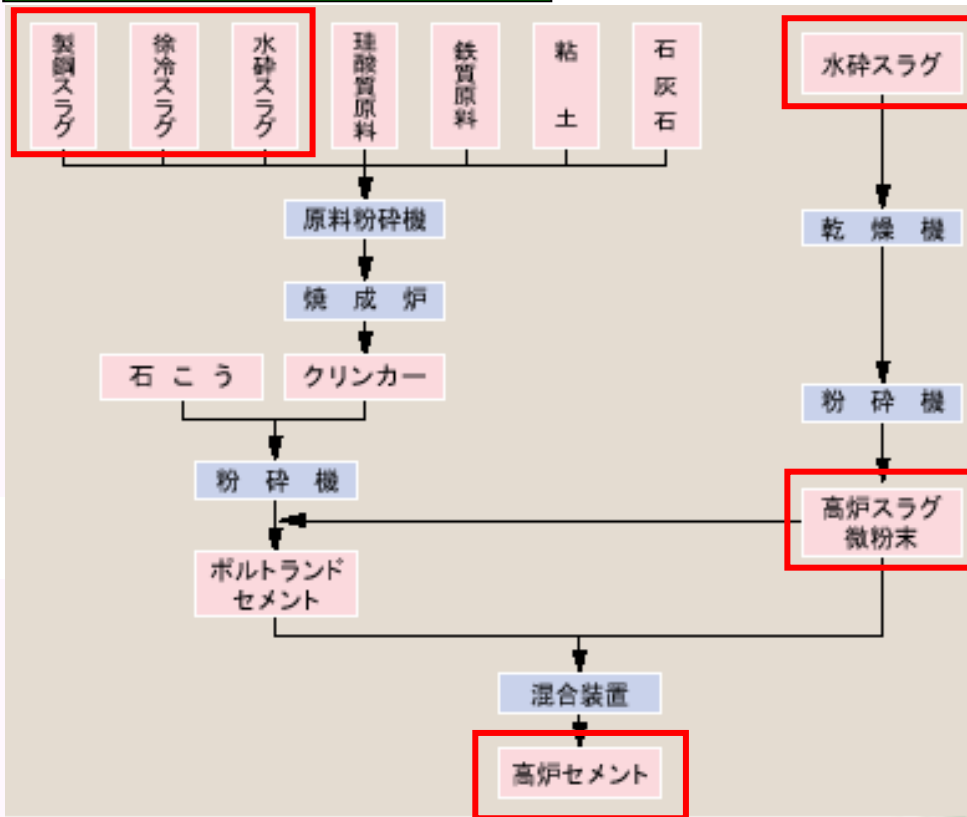
アルカリ骨材反応：セメント・コンクリート中に含まれるアルカリ分（NaとK）が骨材中の鉱物（シリカ成分）と反応して膨張、コンクリートにひび割れを生ずる。高炉スラグはこの反応を抑制する。

高炉セメントの製造フロー例

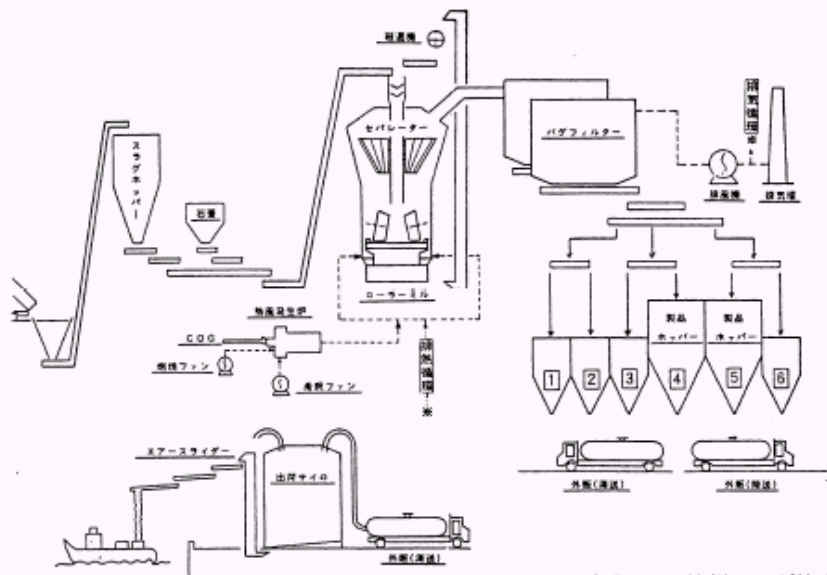
水砕スラグ製造工程例



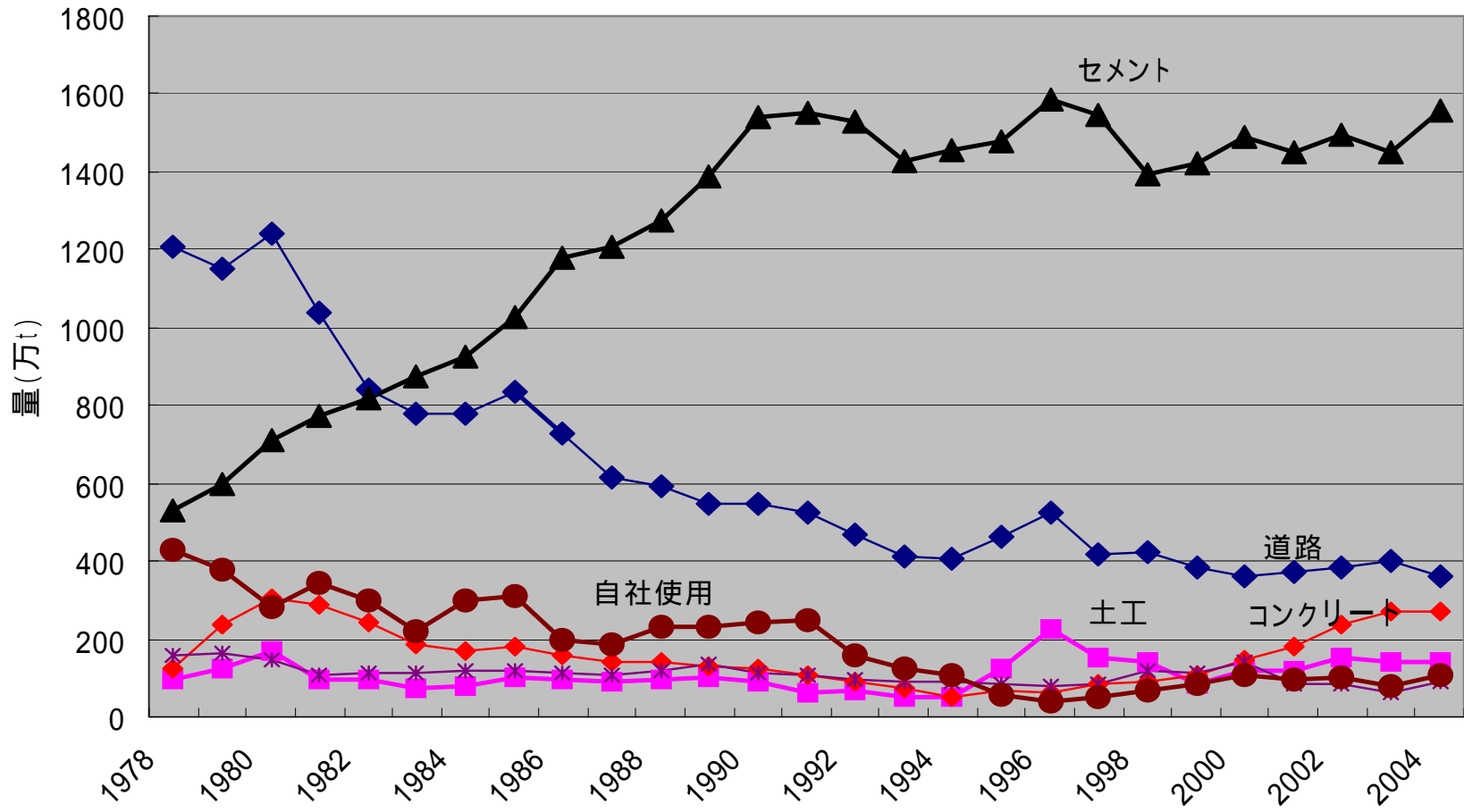
高炉セメント製造工程例



スラグ微粉末製造工程例



高炉スラグの利用の推移



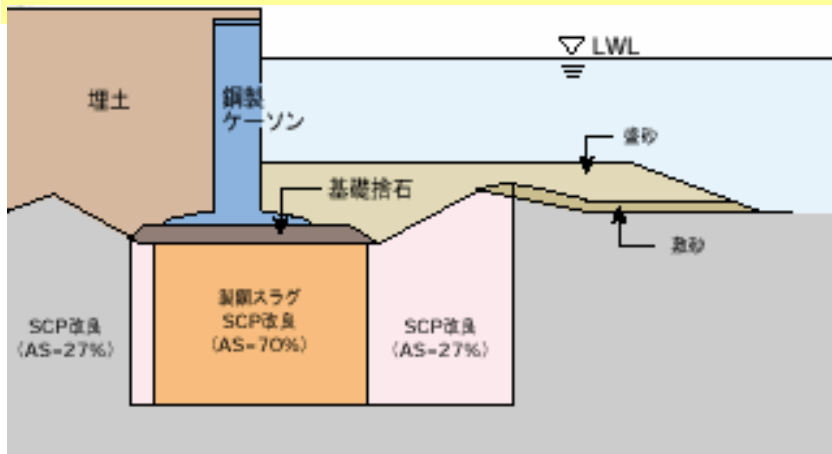
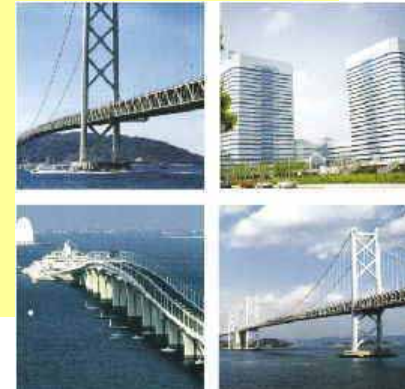
鉄鋼スラグの利用拡大の例

港湾工事用材料としての利用範囲の拡大

水砕スラグの護岸裏込め材

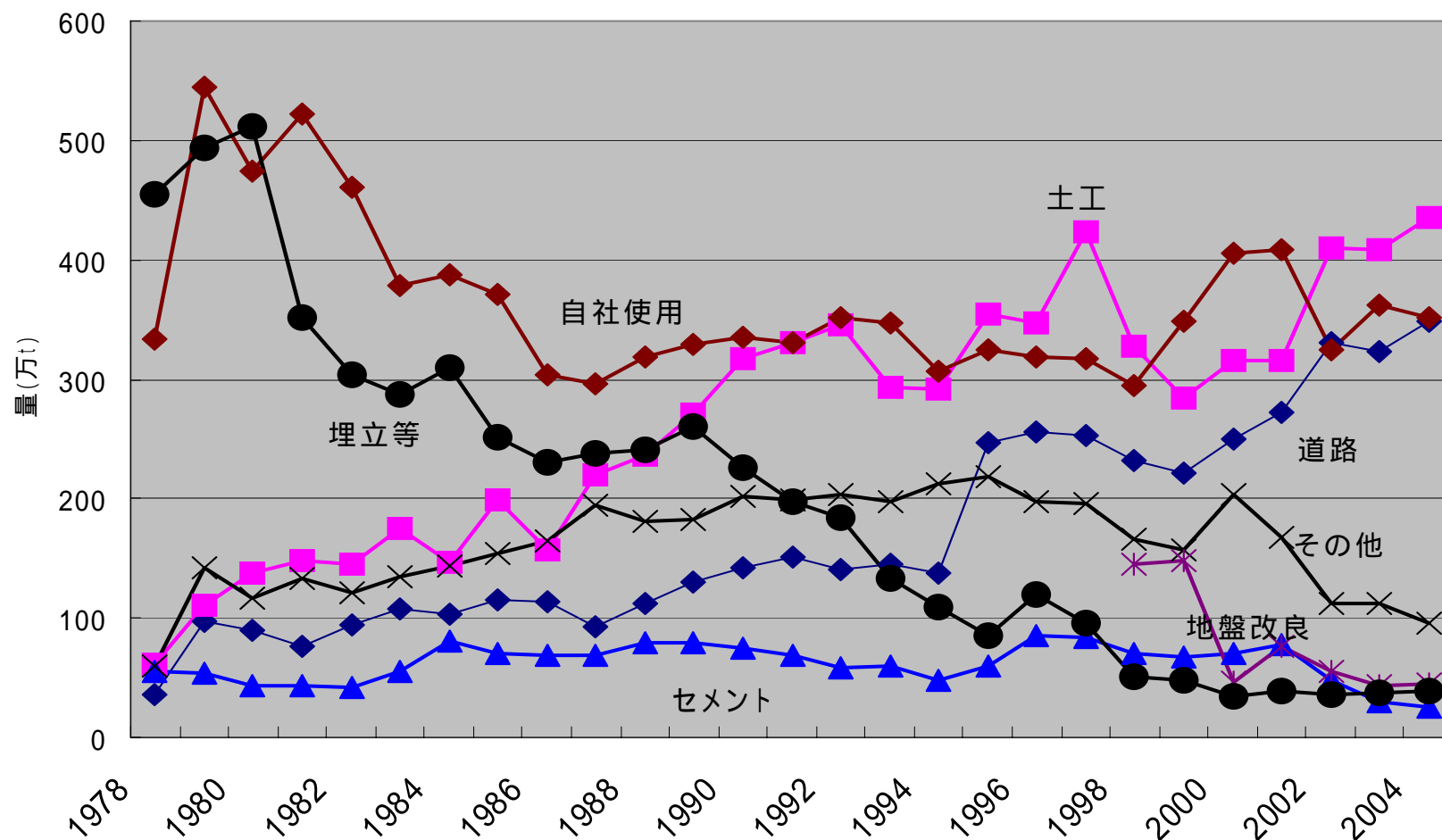
製鋼スラグのサンドコンパクションパイル
(S P C) 用材

製鋼スラグの臨海部土地造成用材



SPC: 軟弱地盤の改良土木工法
軟弱地盤に細粒スラグを直径2 m程度深さ15 mの円柱状にして何本も並べて打設。

製鋼スラグの利用の推移



(3) 鉄鋼スラグの現状と課題

セメント需要の減少によるセメント向けスラグの減少

他のリサイクル材の進出によるセメント向けスラグの減少

建設副産物の進出による道路・土工向けスラグの減少

3 . 鉄鋼スラグ利用拡大に向けた新たな展開

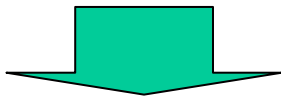


(1) 循環型社会に関する法の整備

2001年施行：循環型社会形成推進基本法
3 R(Reduce・Reuse・Recycle)

2001年施行：
グリーン購入法

行政機関が**環境負荷の
少ない材料**を優先的に
使用する制度

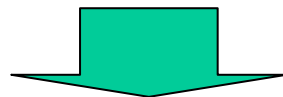


スラグの環境優位性
の積極的アピール

(調達品目登録済)

2002年施行：
建設資材リサイ
クル法

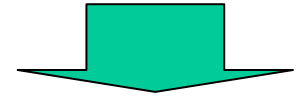
他の再生材との競争
激化



新たな用途開発

2003年施行：
土壌汚染対策法

再生骨材、セメントの
土壌への影響



評価測定法制定に
協力

(環境JISの制定

済)

(2) グリーン購入法と鉄鋼スラグ製品

グリーン購入法に基づく 公共工事用資材特定調達品目指定

	指定状況	判定の基準
<u>高炉セメント</u>	2001年度	高炉スラグ > 30%
高炉スラグ骨材	2002年度	天然材料の代替
鉄鋼スラグ 混入路盤材	2002年度	道路用鉄鋼スラグの使用
鉄鋼スラグ 混入 アスファルト混合物	2002年度	骨材として鉄鋼スラグの利用
鉄鋼スラグ を原料とし たロックワール	2002年度	原材料の重量比 > 85%
<u>土工用水砕スラグ</u> (港湾工事用水砕スラグ)	2003年度	熔融高炉スラグを高圧水で急冷
<u>地盤改良用製鋼スラグ</u> (港湾工事用製鋼スラグ)	2004年度	サンドコンパクション(SCP)材
<u>電気炉酸化スラグ骨材</u>	2005年度	電気炉酸化スラグを主原料としたコンクリート骨材

(3) 鉄鋼スラグの新分野での用途開発例

製鋼スラグや高炉水砕スラグを用いた 水質・底質浄化材

製鋼スラグ：

赤潮の原因となるリン酸濃度の低下

青潮の原因となる硫化水素の固定

高炉水砕スラグ：硫化水素の発生抑制

2000年度から宍道湖で

シジミ漁場整備試験事業

2004年度からナショナルプロジェクトがスタート

鉄鋼スラグを用いた海洋環境修復材

製鋼スラグ炭酸固化体上の
カジメの繁茂






失われた浅場・藻場の再生

製鋼スラグ炭酸固化体：
大型海藻着生基盤



藻場・浅場再生と海洋環境機能材料

部位	海洋環境機能材料	原料	開発課題
<div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 2px; display: inline-block;">砂</div> 覆砂材	マリンベース  <div style="background-color: yellow; padding: 2px; display: inline-block;">硫化水素発生抑制</div>	高炉スラグ (水砕)	海域修復機能と 生物親和性の検証
<div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 2px; display: inline-block;">石</div> 潜堤材	マリンストーン  <div style="background-color: yellow; padding: 2px; display: inline-block;">生物生息場</div>	製鋼スラグ (塊)	潜堤機能と 生物親和性の検証
<div style="border: 1px solid red; border-radius: 10px; padding: 2px; display: inline-block;">岩</div> 海藻・サンゴ 着生基盤	マリンブロック (炭酸固化体)  <div style="background-color: yellow; padding: 2px; display: inline-block;">多孔質 炭酸カルシウム基質</div>	製鋼スラグ (微粉)	ブロック大型化技術 大型海藻・サンゴの 着生検証

海域環境修復実績



修復工事地区	使用部位	施工年	種類	使用量 (t)	修復面積
中海(島根・鳥取)	覆砂	平成 13 年	マリンベース	46,718 t	4.6ha
	覆砂	平成 14 年	マリンベース	34,959 t	3.4ha
	覆砂	平成 15 年	マリンベース	71,011 t	7.1ha
	覆砂	平成 16 年	マリンベース	12,925 t	1.3ha
備後灘(広島)	アサリ場	平成 14 年	マリンベース	1,269 t	0.1ha
三河湾(愛知)	アサリ場	平成 16 年	マリンベース	1,900 t	0.2ha
鳥取	人工海浜	平成 16 年	マリンベース	110 t	0.01ha
因島	浅場造成	平成 13 年	マリンベース マリンストーン マリンプロック	1,001 t 11,550 t 20 t	0.06ha
	藻場造成	平成 14 年	マリンプロック	220 t	2.2ha
瀬戸内海(広島)	藻場造成	平成 11 年	マリンプロック	15 t	0.15ha
長崎	藻場造成	平成 15 年	マリンプロック	5 t	0.05ha
	藻場造成	平成 16 年	マリンプロック	10 t	0.10ha
天草(熊本)	藻場造成	平成 15 年	マリンプロック	15 t	0.15ha
	藻場造成	平成 16 年	マリンプロック	5 t	0.05ha
相模湾(静岡)	藻場造成	平成 13 年	マリンプロック	15 t	0.15ha
高知	藻場造成	平成 15 年	マリンプロック	5 t	0.05ha
響灘(山口)	藻場造成	平成 14 年	マリンプロック	20 t	0.2ha
伊勢湾(愛知)	藻場造成	平成 14 年	マリンプロック	9 t	0.1ha
相模湾(神奈川)	藻場造成	平成 13 年	マリンプロック	10 t	0.1ha
合計				182,000 t	20 ha

今後の修復工事： 三河湾浅場造成(アサリ場) 600ha 平成17年～
瀬戸内海浅場造成 600ha 平成17年～

サンゴ礁修復プロジェクト

各実海域での本格実証開始

国交省

環境省

沖縄石西礁湖
サンゴ保全
プロジェクト

沖縄宮古島平良港
港湾工事サンゴ修復
プロジェクト

沖ノ島島国土保全
サンゴ環礁強化
プロジェクト

外務省
ODA

ツバル(Tubalu)
サンゴ礁強化
プロジェクト

環境省：2006年大規模試験



宮古島平良港

沖縄総合事務局
平良港湾事務所
既存材料(増殖法)
で成功せず

2004年 下期
実機規模試験開始



沖ノ島

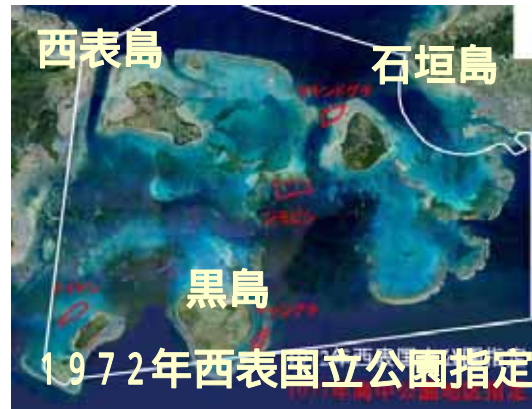
楕円状の環礁
東西4.5km, 南北1.7km,
外周約11km, 水深3~5m

関東地方整備局京浜河川事務所
着床具の試験を実施中
JFE: 過去, 鑄鉄ブロックで協力

2005年 着床具/マリンブロック設置



ツバル政府:
・国民の移住計画の検討
・海面上昇の原因である温暖
化ガスを多量に排出する
米国に対して訴訟



西表島

石垣島

黒島

1972年西表国立公園指定

4 . ダスト・スラッジの資源化 の推進

(1) 資源化の課題

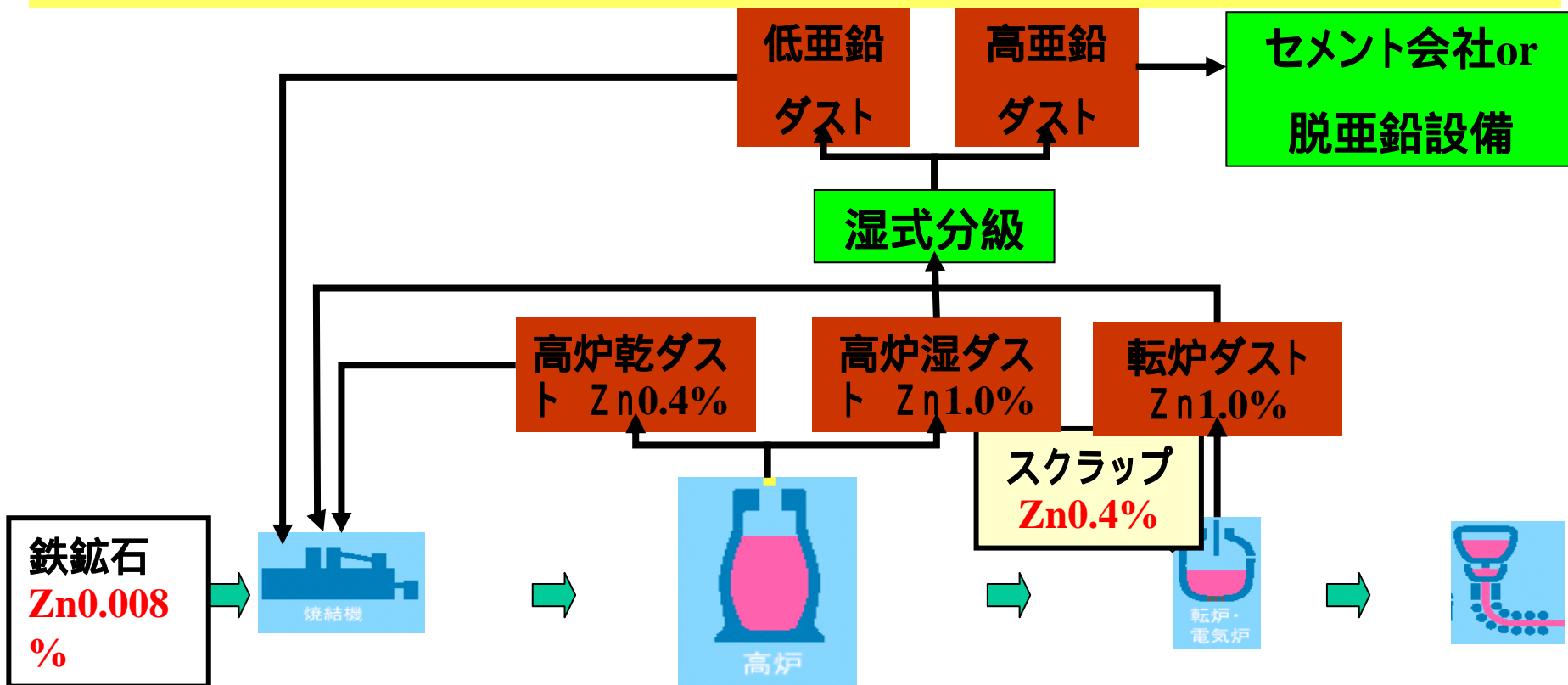
物質ごとの課題

- ダスト
 - 亜鉛が高炉プロセスの阻害となるため亜鉛を含有するダストの高炉リサイクル制限等
- スラッジ
 - 含水率が多くそのままリサイクルプロセスに装入できない等
 - リサイクル阻害元素の存在
- れんが
 - 多種類で資源化が困難であり、技術開発等が必要

(2) ダスト処理技術

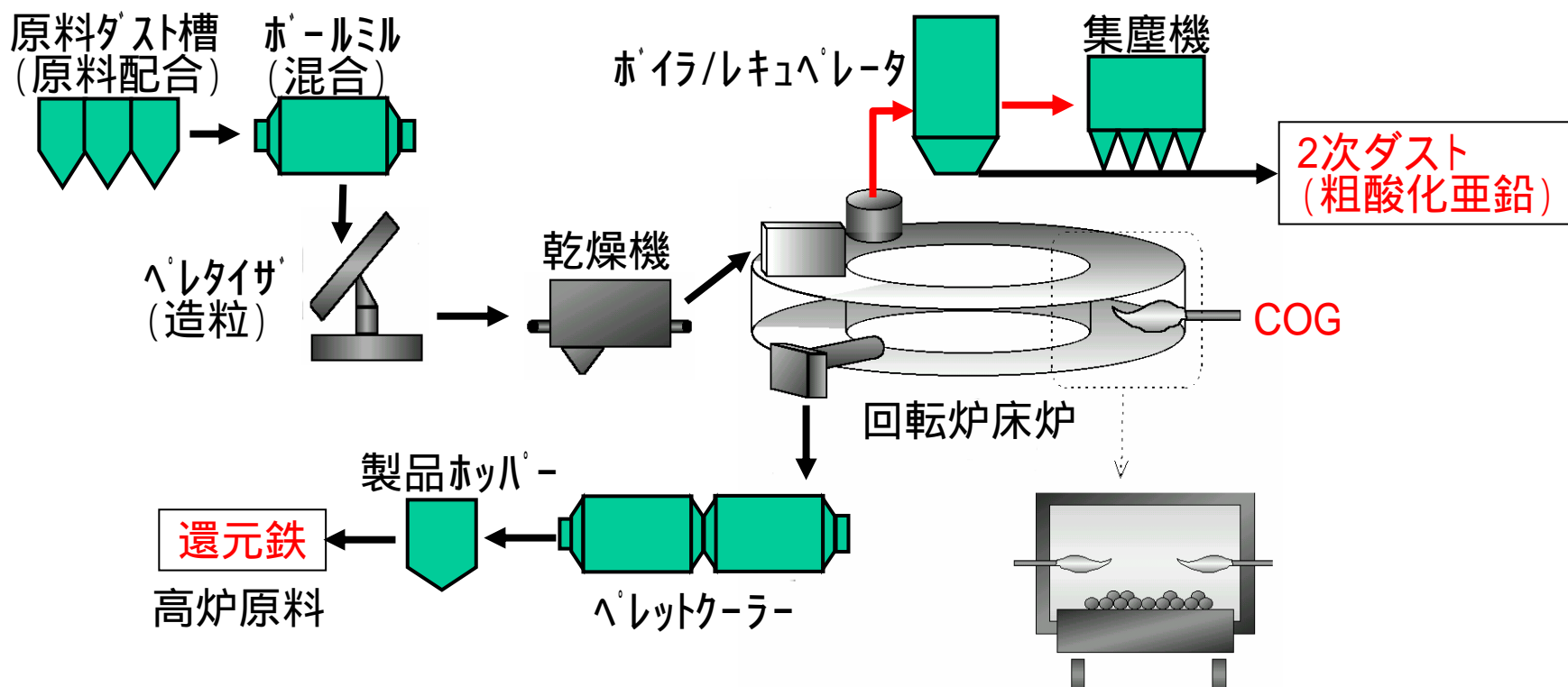
亜鉛含有ダストの発生フロー

- ダスト中の亜鉛は鉄鉱石とスクラップ(めっき鋼板等)に原因する
- 高炉に亜鉛が蓄積しないようINPUTされる亜鉛量に応じて系外排出する
- 亜鉛の系外排出する手段:セメント会社への委託や脱亜鉛設備での処理
- 湿式分級設備等で亜鉛を濃縮して系外排出ダストのダスト量を削減する



脱亜鉛処理設備例

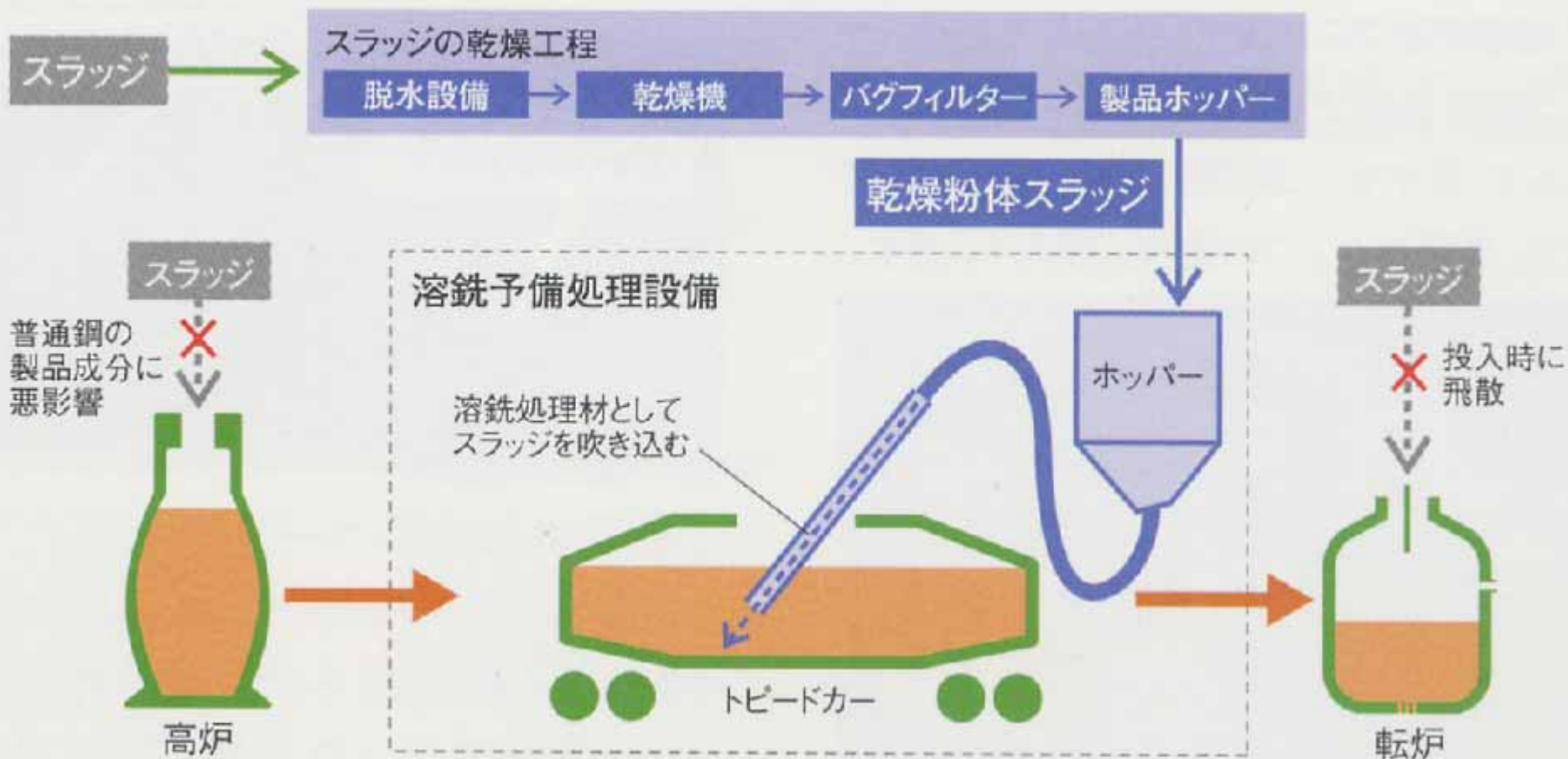
回転炉床(RHF)法脱亜鉛プロセス



(3) スラッジ処理技術

スラッジの利用例1

溶銑予備処理設備でのスラッジ資源化フロー



スラッジの利用例2

スラッジは含水率が高いだけでなく、油を含んでいたり、粒径が微細であったりするため、利用方法や利用先の工夫が必要である。

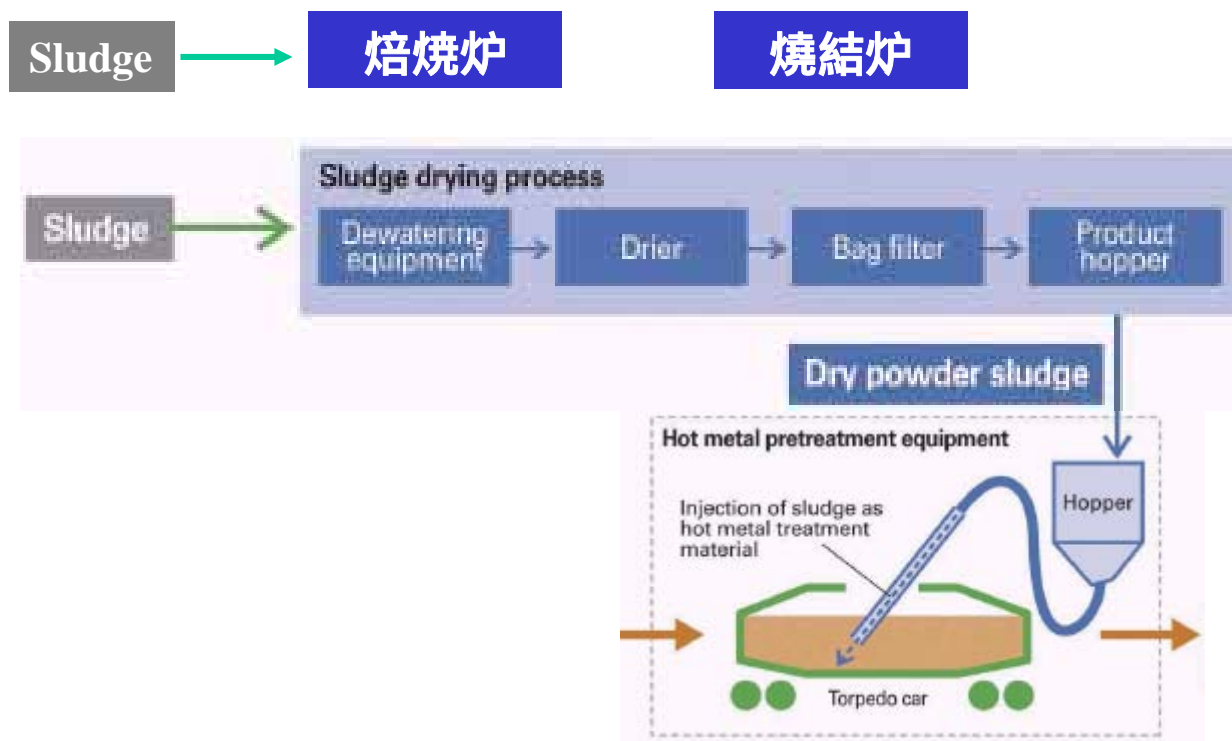
利用例として、下記のような事例がある

油を含んだスラッジを焙焼して焼結炉で利用する方法

微細なスラジ(酸化鉄)を乾燥後、溶銑予備処理の脱珪剤としてふき込んで利用する方法

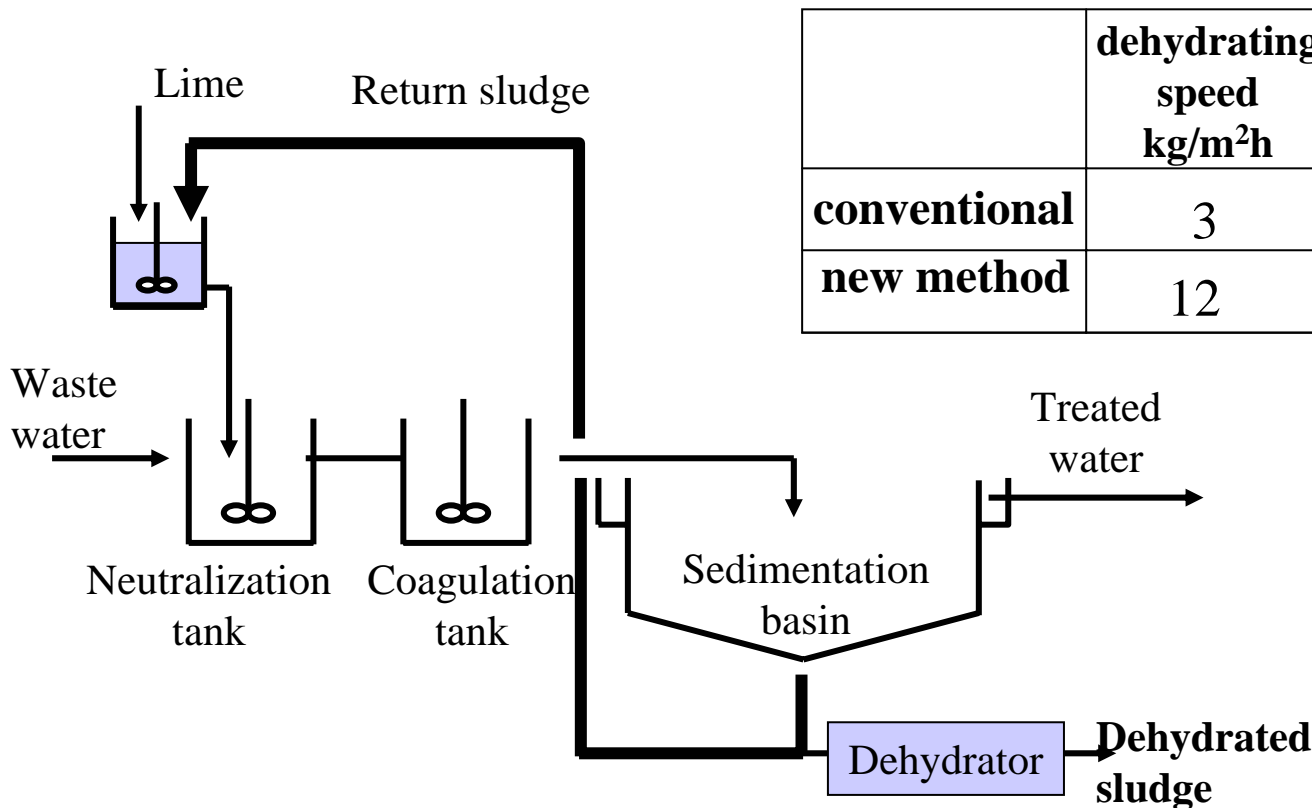
圧延工程排水から発生する含油スラッジ

酸洗工程排水の中和処理で発生する微細スラッジ



脱水性の良いスラッジ生成水処理技術

スラッジをアルカリと接触させることと循環させることでスラッジの性状を脱水性の良いものに改質し、減容化することが出来る。



	dehydrating speed kg/m ² h	solid contents in dehydrated sludge %	Amount of sludge
conventional	3	22	1
new method	12	45	0.5

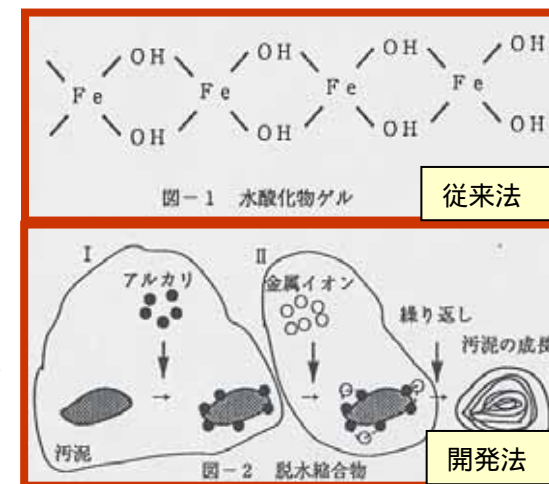
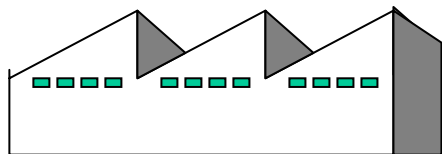


図 スラッジ減容化水処理フロー (High Density Solid method)

5 . 地域社会、産業間連携

(1) 鉄鋼業と地域社会、他産業との関わり



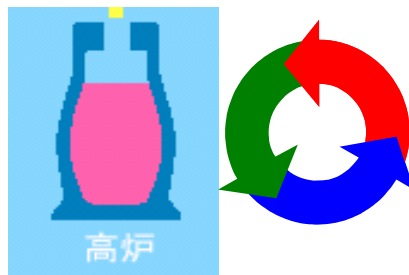
地域社会、他産業

- 使用済みプラスチック
- 廃タイヤ
- ふっ硝酸廃液
- 廃ニッケル触媒
- アルミドロス
- 廃自動車
- 廃家電製品

〈従来のスクラップ利用〉

- 鉄スクラップ
- 廃スチール缶

鉄鋼業



生産プロセスの中で
リサイクル

還元材利用

プラスチック等

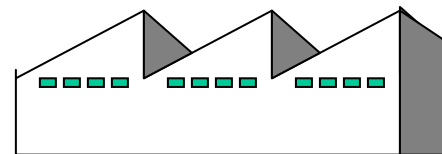
鉄源・還元材利用

廃タイヤ

ステンス酸洗剤利用

ふっ硝酸廃液

副原料等



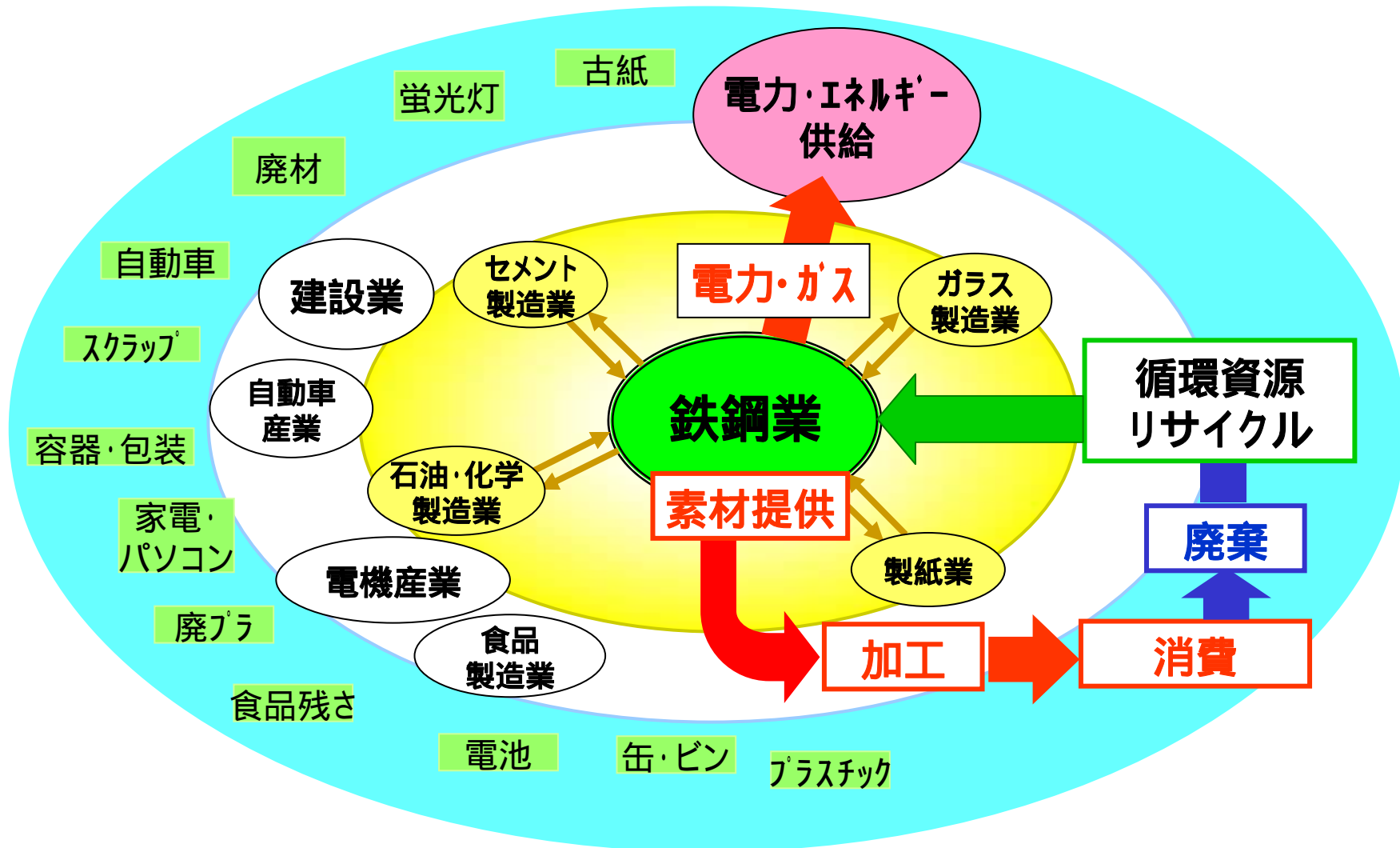
地域社会、他産業で利用

- 亜鉛材料
- セメント原料
- 鉄粉
- 磁性材料

〈スラグ製品〉

- セメント原料
- 土木建築材料
- 肥料
- 地盤改良材

(2) インフラとしての鉄鋼業を活用した 新たなビジネスモデル



まとめ

- 日本鉄鋼業の資源化率98%はこれまでの技術開発の成果である
- JIS化等の基準化は社会的な評価を高め副産物の利用を促進させる
- 新たな資源化技術、用途拡大技術開発が必要である
- 資源循環型社会推進において鉄鋼業が新たな未来を開く