

第10章

有害産業廃棄物に関わる アクションプラン

10 有害産業廃棄物に関わるアクションプラン

10.1 アクションプランの選定

10.1.1 アクションプランに関わる調査の範囲

有害産業廃棄物マスタープラン (M/P) は、現在 DIW が策定中であり Draft も存在していない。2000 年 11 月に調印されたこの調査の S/W では、アクションプランについて次のように規定している。

“有害産業廃棄物の再利用・リサイクル化、産業クラスター (エコ工業団地)、ゼロエミッションの分野に関して、有害産業廃棄物管理の A/P を策定する。”

10.1.2 アクションプランの選定

A/P は、本来 M/P をどのように実施するかを具体的に示すものである。しかしながら、ベースとする M/P が無い。

一方、工場調査をもとに作成した 2001 年の有害産業廃棄物処理フローによれば、有害産業廃棄物の再利用・リサイクル率は、非有害産業廃棄物が 78%以上であるのに対して、その 4 分の 1 以下の 18.2%にしか過ぎない。対照的に工場内での中間処理 (32.8%) と最終処分 (21.5%) は、合計 54.3%と有害産業廃棄物処理の半分以上を担っている。これに対して、非有害産業廃棄物の工場内中間処理/最終処分の総量は僅かに 15%である。

以上の点を考慮して、この調査では有害産業廃棄物の再利用・リサイクルに重点をおいて、次のような内容の A/P を策定する。

再利用・リサイクル計画

有害産業廃棄物の再利用・リサイクル手法は、廃棄物の種類によって異なり、千差万別である。ここでは、工場調査をもとに作成した有害産業廃棄物の種類別 (12 分類) 2001 年の処理フローをもとに改善計画を検討する。

廃棄物交換計画

工場 A から排出される廃棄物が別の工場 B の原料として利用され、工場 B の廃棄物はさらに工場 C の原料となる・・・というような資源ごみの流れが複数の工場で形成されているとき、それらの工場のネットワークを総体として産業クラスターと呼ぶ。そこで、この調査で立ち上げた廃棄物交換プログラムと廃棄物利用データセンター (Waste Utilization Data Center) を最大限に活用するための A/P を策定する。

発生抑制計画

ゼロエミッションは、資源を再利用しリサイクルすることによって資源を可能な限り循環させ、自然から享受されるべき資源量を低減させ、最終的に自然に負荷を与える廃棄物量をゼロに近づけようという構想を指す。そこで、上記の廃棄物交換とともに、工場内での発生抑制に関わる A/P を策定する。

10.1.3 アクションプランの目標年、ターゲット及び戦略

有害産業廃棄物マスタープラン（M/P）が存在しないことから、アクションプラン（A/P）の目標年は、短期改善を想定して非有害産業廃棄物マスタープランに合わせて2005年とした。

A/PのターゲットについてもM/Pがないことから、3つの計画の性格に応じて、できる限り数値目標を設定した。また、それぞれの達成戦略についても、3つの計画に応じてそれぞれに内容を示した。

10.2 発生抑制計画

10.2.1 発生抑制の考え方

有害産業廃棄物発生源での廃棄物の発生抑制の基本的な考え方は、次のステップに分かれる。

- 工場自らが廃棄物の排出実態を正確に把握する。
- 工場内での廃棄物発生抑制の検討を行う。
- 工場内での廃棄物資源化の検討を行う。
- 工業団地など工業集積地で廃棄物の発生抑制／資源化／減量化を共同で行う。

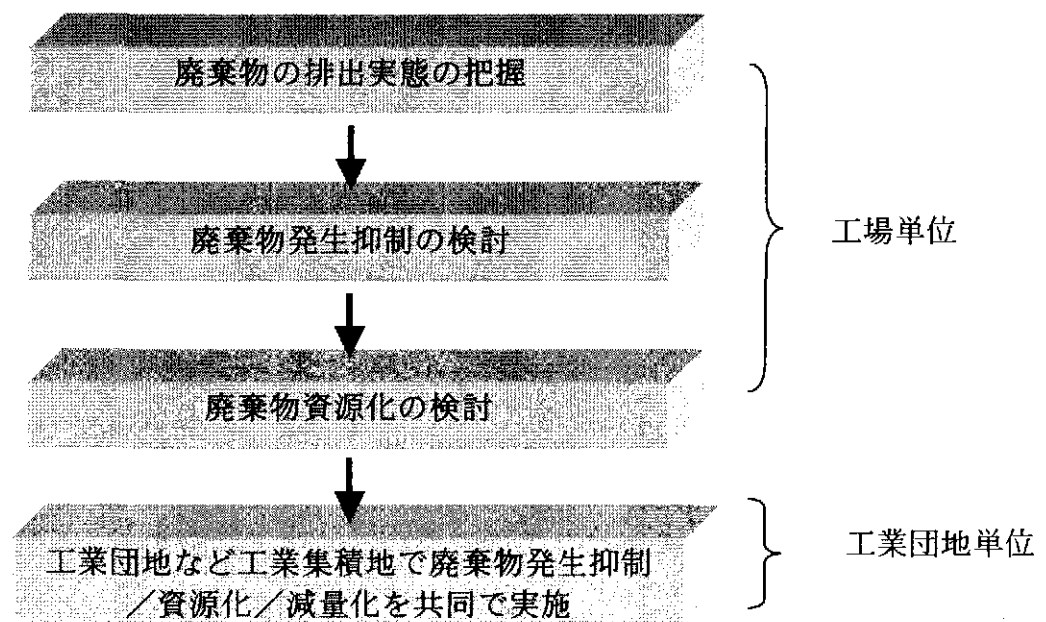


図 10-1: 発生抑制の基本的な考え方

a. 廃棄物の排出実態の把握

有害廃棄物発生源工場自身が、自らの廃棄物について以下のような排出実態を把握することなしに、廃棄物の発生抑制と廃棄物資源化は図れない。また、排出実態の把握を通して、工場自身に有害産業廃棄物に関する知識及び適正管理に対する意識が形成されることが期待される。

- 有害廃棄物の分別保管状況（特に、非有害廃棄物との分別には注意）
- 工場全体の廃棄物の排出量、種類
- 廃棄物排出工程毎の排出量、種類
- 廃棄物の物性（物理組成、化学組成）

排出する廃棄物の量、種類は把握している工場は多いが、オンサイトでの発生抑制、資源化を図るには、製造プロセスに戻り、廃棄物排出工程毎の排出量、種類、物性の把握が必要である。

b. 廃棄物発生抑制の検討

b.1 材料

原材料、エネルギー資源などの品質を廃棄物の発生抑制の観点から見直し、以下の様な項目の検討を行う。ただし、これは生産プロセス、コストなど総合的な検討が必要である。

- 高純度原材料への転換
- 再生原料の使用促進
- 廃棄物の発生の少ない原材料、エネルギー資源への転換
- 有害物質の使用抑制

b.2 生産プロセス

材料と同様に生産プロセス、機器などを廃棄物の発生抑制の観点から見直し、以下の様な項目の検討を行う。

- 廃棄物の発生の少ない生産プロセス（回収率 100%への挑戦）
- 省エネ、省資源生産プロセス
- 廃棄物の発生の少ない機器、装置の使用
- 生産プロセス、機器、装置の改善、変更のコスト、メリット

また、廃棄物の発生抑制の観点からプロセス、機器、装置を見直すことにより、発生抑制だけでなく、リサイクルの促進に対しても、以下の様な効果が期待できる。

- 有害産業廃棄物がオンサイト、オフサイトでリサイクルし易いようなプロセスの改善

c. 工場内での廃棄物資源化の検討

各工程における廃棄物の発生抑制を図ったうえで、発生量が十分に抑制されない場合には、次のように工場内での資源化を進める。

- ある工程の廃棄物が他工程の原材料など使えないか？
- 廃棄物成分の有効利用：副産物としての利用の検討
- 廃棄物の持つエネルギーの有効利用の検討

d. 工業団地単位での廃棄物発生抑制／再利用／資源化

工業団地では、複数の工場が同じ場所に立地しており、この近接性を活かした廃棄物発生抑制、再利用、資源化の推進が可能である。工場の食堂から排出される生ごみ、紙ごみ、廃プラスチックのような各工場共通の非有害産業廃棄物については、これらをまとめて効率的に再資源化することにより、処理コストを押さえながら廃棄物の量も削減できる。これらの廃棄物は工業団地周辺の工場からも排出されるため、将来的には周辺地域を巻き込んだリサイクルシステムの構築も可能である。

一方有害廃棄物は、単一工場だけでは資源化が進まない廃棄物についても、工業団地全体での資源化、減量化を図れる可能性がある。

d.1 ゼロエミッション工業団地の概要

工業団地単位での廃棄物発生抑制／再利用／資源化の例として、日本のゼロエミッション工業団地を示す。

名称：国母工業団地

広さ：95.84 ヘクタール

位置：山梨県甲府市近郊、東京から約2時間

立地工場：24 社（2001年4月時点）

従業員数：5,075 人（2001年4月時点）

年間売り上げ：2,683 億円（1999年）

歴史：工業団地の完成、1986年

ゼロエミッション工業団地研究会の発足、1992年

1992年に発足したゼロエミッション工業団地研究会での基本的な考え方は、

1. 発生抑制：工場毎に廃棄物量の削減を図る。
2. 回収・再利用・再資源化：発生量の削減を図っても発生する廃棄物は、工業団地企業共同で回収、再利用、再資源化を図る。
3. 中間処理による減量：再利用・再資源化できない廃棄物については、中和などの中間処理を通じて少しでも安定化/減量化を図る。

の3点である。ゼロエミッション理念の実現に向けて、再利用、再資源化は、出来るだけ工業団地内で循環させることが必要であるとの認識に立ち、循環型リサイクルシステムの構築を迫っている。

d.2 具体的な取組

第1段階としては、取り組みやすいテーマである古紙の共同リサイクルシステムの構築から始めた。各工場がそれぞれの焼却炉で焼却処理していた紙類を上質紙、ダンボール、新聞・雑誌・パンフレット等に分別し、それらを工業団地共同の「リサイク

ル推進車」により回収し、上質紙は上質紙として、ダンボールはダンボールに、新聞・雑誌・パンフレット等はトイレットペーパーへリサイクルする事を開始した。そして更に再生されたトイレットペーパーを各社が購入することで、循環型のシステムを作り上げた。その後、廃プラスチックなど可燃性非有害廃棄物を共同で収集し、県内に建設された固形化燃料プラントで燃料化し、セメントのキルンなどの燃料として供給を行った。98年11月からは、各企業の食堂から排出される生ごみの共同処理をスタートさせ、共同コンポスト施設で、肥料化し、近隣の農家に供給している。また、2000年には古紙を利用した梱包材、緩衝材の製造を開始した。これは、企業から排出された古紙が発泡スチロールに代わる新しい環境調和型商品となり、企業に戻る循環型システムと言える。今後は、ガス化溶融施設によるリサイクルシステム（金属及び廃熱回収）、廃酸、廃アルカリの中和システムなどの導入も検討している。これらの収集、施設の運営などは工業団地企業が作った共同組合が行っている。

重要なことは、工業団地立地企業が自主的に主体的にゼロエミッションに取り組み、取り組みやすいものから一歩一歩進んできたことである。

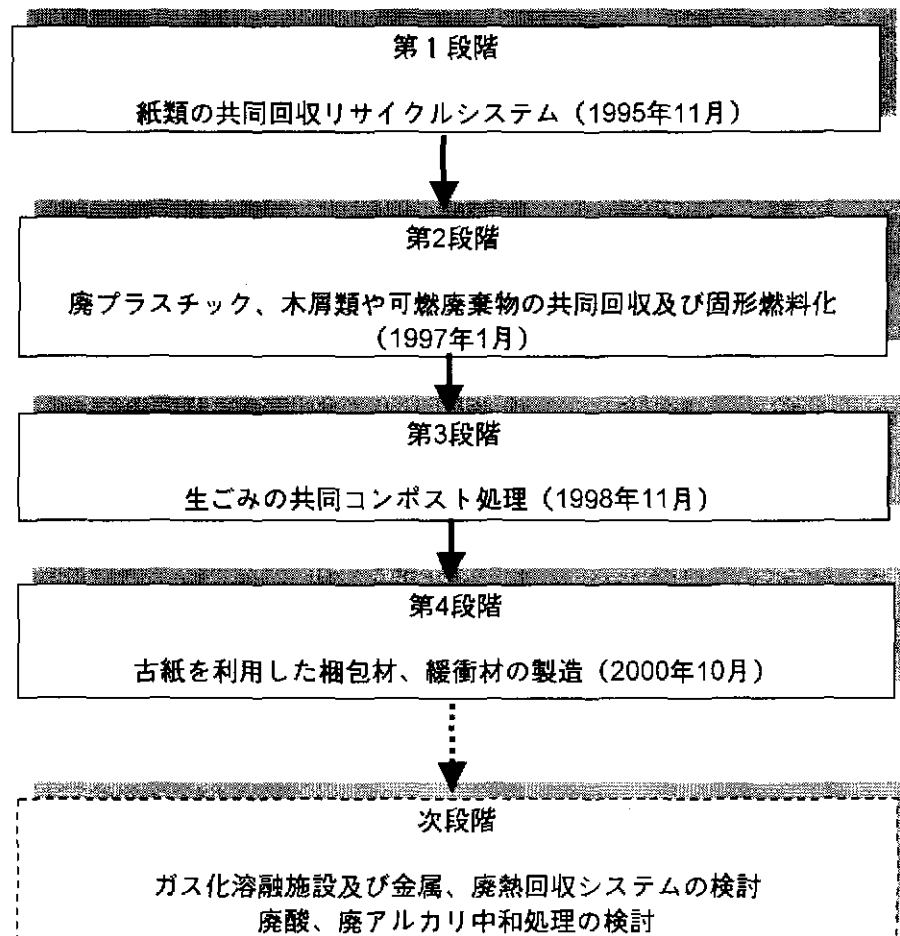


図 10-2: 国母工業団地でのゼロエミッションの具体的取り組み

10.2.2 発生抑制アクションプラン(A/P)

- a. 有害産業廃棄物の適正管理及び発生抑制の A/P

工場内での有害産業廃棄物の適正管理及び発生抑制を推進するための A/P を以下に示す。

1. マニフェスト・システムの徹底

- 既存マニフェスト・システムの要請に従って、工場自身が有害廃棄物の排出状況を適切に管理し DIW に報告する。
- PCD/MOSTE による有害廃棄物マニフェストシステムが法制化され次第、有害廃棄物の発生源である工場の管理責任を担い、PCD によるシステム全体の運営に協力する。

2. 廃棄物監査(Waste Audit)の実施

- 工場自ら、有害産業廃棄物及び汚染物質の排出特性を把握するための調査を開始する。
- 有害産業廃棄物に関する知識及び適正管理に対する意識を形成する。
- 資源化可能/不可能廃棄物の分別を徹底する。

3. 有害産業廃棄物の発生抑制

- 有害産業廃棄物が発生しない材料、燃料などへの転換及び無害物質への転換を推進する。
- プロセス転換による有害廃棄物減量化を推進する。
- 省エネルギー、省資源施設/プロセスの導入を推進する。

4. 有害産業廃棄物の工場内資源化

- 工場内有害産業廃棄物の再資源化を推進する。
- 未利用エネルギー及び排熱利用システムの導入を検討する。

5. ゼロエミッション工業団地の推進

- モデル工業団地でゼロエミッション計画を策定する。
- モデル工業団地でゼロエミッションのパイロットプロジェクトを実施する。

6. 個別産業毎の改善策の策定

- 具体的な改善策は各産業（さらには各工場）により異なることから、個別産業毎の改善策を策定する。（事例として調査団によるペイント産業での廃棄物管理改善計画の策定を参照（第 12 章）。）

b. A/P の達成のために必要な対応

これら A/P の達成のためには、DIW は各関係機関と協力して、次のような対応を取る必要がある。

- 工場内の廃棄物管理、廃棄物監査のガイドライン/マニュアルの整備
- 工場内の廃棄物管理、廃棄物監査に関する情報の提供
- 環境マネジメントシステムに関する国際規格 ISO14001 の取得促進

- グリーン調達ガイドラインの整備
- 廃棄物の再利用／再使用／減量化の技術のレビュー及び情報提供
- 廃棄物の発生抑制、再利用に関して次のような経済的インセンティブの導入の検討
 - 排水税
 - 有害廃棄物税
 - バージン原料使用税
 - 埋め立て税
 - グリーン調達減税（リサイクル原料を使用した場合の減税処置）
 - 廃棄物の発生抑制、再利用のための施設整備・改善に係る投資への資金、税制面での優遇措置（低利融資、特別償却、税の減免）
- 工業団地などの工業集積地における廃棄物のマテリアル／サーマルリサイクル施設計画／整備への支援

10.3 再利用・リサイクル計画

10.3.1 ターゲット及び戦略

a. ターゲット

再利用・リサイクルに注目して、A/Pの目標年（2005年）における処理フローの主要なコンポーネントのターゲットを、次のような方針をもとに下表に示すように設定した。

1. 工場内で発生抑制を推進することにより、発生量は2001年の発生量と比較して、2005年に4.2%の増加に止める。
2. 工場内での最終処分は、周辺環境に問題を与えるものが見られることから、規制を強化し、2005年には発生量比で現在の21.6%から8.3%まで減少させる。
3. この減少分は、工場外での適正な処理・処分に転換させるとともに、現在の18.2%にしか過ぎない再利用・リサイクル率を2005年には、28.2%にまで高めることにより吸収する。

表 10-1: 有害産業廃棄物処理のA/Pターゲット

事項	現在（2001年）	短期（2005年）
発生量（トン/年）	557,456	580,909
再利用・リサイクル率（%*1）	18.2	28.2
場内（%*1）	4.0	4.0
場外（%*1）	14.2	24.2
工場内最終処分率（%*1）	21.6	8.3
工場外処理・最終処分率（%*1）	37.3	41.2
減量（%*1）	22.2	22.3
工場内保管（%*1）	0.7	0

(注) *1: 括弧内の比率は、何れも発生量に対する比率である。

上記のターゲットをもとに、推測した 2005 年における有害産業廃棄物の処理フローを次の図に示す。

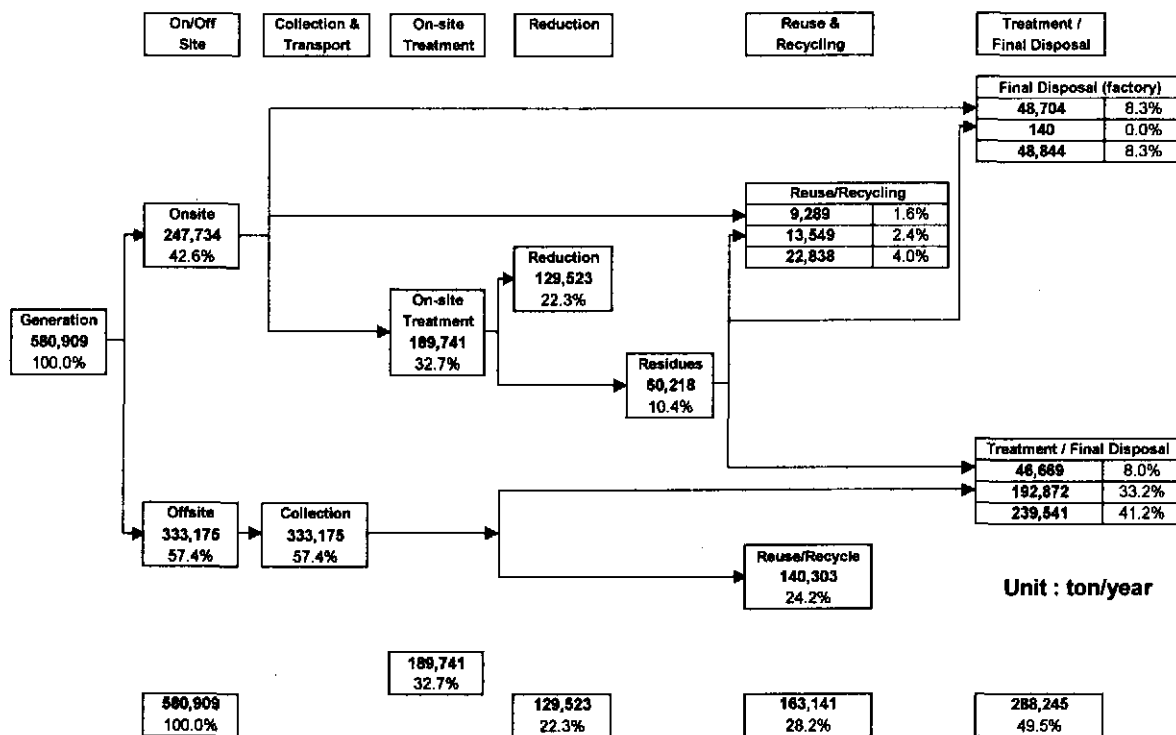


図 10-3: 有害産業廃棄物の処理フロー(2005年)

b. 戦略

この節では、前節で設定したターゲット（現在の再利用・リサイクル率（18.2%）を2005年に28.2%にまで高める。）を、如何に達成するかについて示す。ターゲットを達成するために、次のような戦略で進めることを推薦する。

1. セメント工場でのリサイクルの推進

有害産業廃棄物の処理/最終処分施設の早期建設の需要は、非常に高いのであるが、その建設には、住民からの強烈な反対運動が予測される。短期的に必要な中間処理/最終処分施設を整備することには多くの困難が予測される。セメント工場の活用は、既存の施設を利用することができ、処理残渣が殆どでないことから、処理/処分施設の不足を補うとともに、再利用・リサイクルの推進を同時に進めることのできる有効な手段である。

1999年度日本では、セメントの生産量が8,200万トンに対して、セメント製造工場では、原材料として生産量の31%にあたる2,558万トンの廃棄物を受け入れている¹。タイのセメント生産能力は、4,600万トン/年（工場聞き取り調査 2001年7月）に上ることからこの比率を適用すれば、1,426万トンの廃棄物を処理することができる。

¹三橋規宏、「ごみゼロ工場」への挑戦, 日本プラントメンテナンス協会, 2000年9月

そこで、処理/処分施設の不足を補い、再利用・リサイクルを推進するために、セメント工場を積極的に活用する。そのために、製品に影響を与えずに製造工程で利用できるように廃棄物を受け入れるために、セメント工場の改良を推進する。セメント工場が廃棄物を受け入れるには、どのような改良と投資が必要であるかを明らかにする。

2. 廃棄物の分析、調整、調合産業の育成

セメント工場で廃棄物を利用するためには、製品に影響を与えずに製造工程で利用できるように廃棄物を分析、調整、調合して質・量を保証する仕組みが重要である。日本では、こうした役割を担う企業が活躍しているが、タイでは未熟な段階である。

十分な処理能力を要するセメント工場を、有害産業廃棄物の処理・再利用・リサイクル施設として適正に活用するために、廃棄物の分析、調整、調合産業を早急に、育成/指導していく。

3. セメント工場以外の有害産業廃棄物の再利用・リサイクルの推進

セメント工場の利用以外にも、有害産業廃棄物を再利用・リサイクルする手法はあり、積極的に推進する。その場合には、基本的に既存施設の改善により、有害産業廃棄物を受け入れることができるような手法を第1優先として推進する。即ち、セメント工場以外の有害産業廃棄物の再利用・リサイクルについては、既存施設の有無の問題、受け入れ可能な廃棄物の質と量、環境対策の実施と基準達成の可能性、採算性等の様々な課題を解決していかなければならない。

4. 環境影響を与えている再利用・リサイクルの適正化

廃棄物の再利用・リサイクルの目的の一つは、生産活動が不要物の排出という形で環境へ与える影響を回避することにある。しかし再利用・リサイクルのやり方次第では、それ自体が新たな環境負荷を与えることになる。調査対象地域では、再利用・リサイクルから経済的利益を得るというもう一つの目的が優先して、再利用・リサイクルが環境影響を及ぼしているケースが見受けられた。ことに有害産業廃棄物の場合は影響が深刻であり、早急に改善策を打って、適正化を図る必要がある。本調査では事例として、廃油と廃バッテリーを取り上げてそれらの再利用・リサイクル状況を調査し、適正化への助言を行った（第11章）。

10.3.2 セメント工場の改良計画

処理施設の不足を補い、再利用・リサイクルを推進するために、セメント工場を積極的に活用する。そのために、セメント工場が廃棄物を受け入れるには、どのような改善と投資が必要であるかをこの節では明らかにする。

a. 登録認可の現状

現在、有害産業廃棄物処理施設として、Siam Cement 社の Kaeng Koi 工場と Siam City Cement 社の工場が MOI 工場分類コード 101 に認可・登録されている。この他に、以下の4工場が MOI の認可・登録を受けるために、テスト操業を終え EIA を取得中である。

- Siam Cement (Thaluang) Co., Ltd.

- Siam Cement (Tung Song) Co., Ltd.
- Siam Cement (Lampang) Co., Ltd.
- Siam Lime Cement Co., Ltd.

b. 受け入れ可能な廃棄物の量と質

b.1 受け入れ可能な廃棄物の量

前述の日本での廃棄物受け入れ率31%を、認可・登録受けているサ Siam Cement の Kaeng Koi 工場に適用すると、同工場のセメント生産能力が570万トン/年（4キルン合計処理量19,000トン/日×300日：工場聞き取り調査 2001年7月）であることから、約170万トンの廃棄物を受け入れることができる計算になる。

b.2 受け入れ可能な廃棄物の質

b.2.1 日本における廃棄物受け入れ状況

日本におけるセメント産業における廃棄物受け入れ状況を次の表に示す²。受け入れしている廃棄物は多岐にわたる。

表 10-2: 日本におけるセメント産業における廃棄物受け入れ状況(1999年)

Waste	Utilization	Weight '000 ton
Blast Furnace Slag	Raw Material, Mixing Material	11,449
Coal Ash	Raw Material, Mixing Material	4,551
By-product Gypsum	Raw Material (Additive)	2,567
Low Quality Coal from Mine	Raw Material, Fuel	902
Non-iron Slag	Raw Material	1,256
Revolving Furnace Slag	Raw Material	882
Sludge	Raw Material, Fuel	1,744
Soot & Dust	Raw Material, Fuel	625
Molding Sand	Raw Material	448
Used Tire	Fuel	286
Reclaimed Oil	Fuel	250
Waste Oil	Fuel	88
Spent Activated Clay	Fuel	109
Construction wastes	Raw Material, Fuel	2
Others	---	423
Total		25,582

b.2.2 セメント製造工程と廃棄物の再利用・リサイクル

セメント工場は種々の工程で構成されているが、廃棄物を受け入れられるのは原料工程、焼成工程及び仕上げ工程である。各工程で受け入れられる具体的な廃棄物種類をつぎの表及び図に示す。なお、実際に受け入れられる廃棄物の種類と量は各工場により大きく異なる。

表 10-3: 廃棄物の受け入れ工程

Process	Waste	
	Material	Fuel

² 脚注1に同じ。

1. 原料工程	● 原料ミル前	● 高炉スラグ	● 石炭灰
		● 汚泥スラッジ	● 非鉄鉱滓
		● 精鋼スラグ	● ポタ
		● 鑄鉄砂 等	
2. 焼成工程	● 仮焼炉	● ポタ	● 廃白土
		● 廃油	● 廃プラスチック
		● 廃タイヤ	
	● 窯尻	● 下水汚泥	● 廃タイヤ
		● RDF(都市ごみ)	
		● 再生油	● 回収フロン
3. 仕上工程	● 仕上げミル前	● 排煙石膏	● 化学副産石膏
	● 混合機前	● スラグ粉	● フライアッシュ

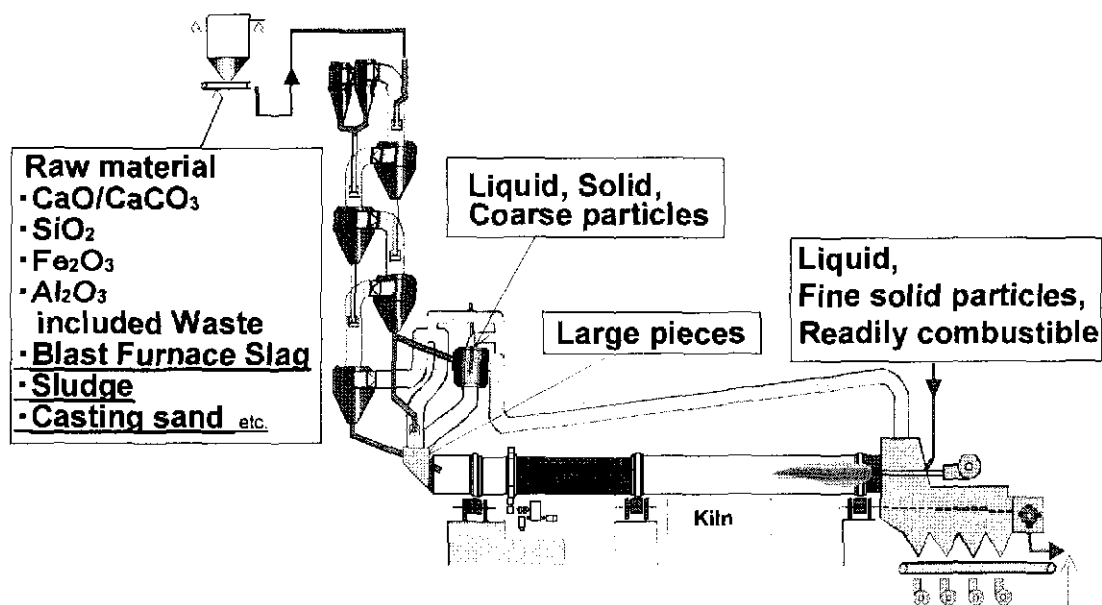


図 10-4: セメント製造工程における廃棄物の受け入れ場所

b.2.3 受け入れ可能な廃棄物の質

セメント工場は、セメントを製造することが目的であり、廃棄物を処理することは二次的な役割である。セメント工場では、原料工程で原料を混合し、焼成工程（キルン）で原料を焼成し、セメントクリンカを生成する。このセメントクリンカの製造工程では、燃料あるいはセメントクリンカの原料として廃棄物を受け入れる。生成したセメントクリンカを砕いて、セメントを製造し製品として出荷する。セメントクリンカを構成する主要な成分は、CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ であり、廃棄物であってもこれらのある程度含んでいれば、セメント原料として使用することが可能である。これらの主要成分の構成率には、ある程度の許容範囲がある。原料として受け入れる廃棄物の化学成分は、次のようなような制約を受ける。

- 製品として必要な品質が維持できる。

- 廃棄物を原料として使用しても、セメントクリンカの主要成分の構成率が、許容範囲内に収まる。
- 排出基準値内に排ガスが収まる。

そのため、セメントの品質に影響を与える可能性のある塩素、アルカリ、重金属などの成分や排ガスの性状に問題を与える重金属、硫黄等の成分を、許容以上に含んでいる廃棄物を受け入れることはできない。

日本のセメント工場が設けている廃棄物の受け入れ基準をつぎの表に示す通りである。

表 10-4: 産業廃棄物の受け入れ基準(日本)³

Name of Industrial Waste	Acceptance inspection standard of Industrial waste	
	Quality and Property	Type of packing and Method of Transportation to the Plant
Waste tire	Car tire (any tire is accepted) Cut tire or tire without cutting	Bulk
Waste oil	Liquid or mud, Low volatile matter, Chlorine content < 1000 ppm, Heat generation > 12.5 Mj/kg (3,000 kcal/kg), Water < 20 %	Tank lorry or Drum (Tank lorry is preferable)
Petroleum oil, Heavy oil, Naphtha, Unburnt dust	Water < 25 % heat generation > 12.5 Mj/kg	Bulk vehicle with pressurized air unloader or container bag (Bulk vehicle is preferable)
Sludge	Water < 25 %, R ₂ O < 1 %, Chlorine < 100 ppm	Bulk dump truck (Moisture control is essential to dusty waste)
Waste sand from cast iron process	SiO ₂ > 75 %, R ₂ O < 1 %, Water < 10 %, Without any foreign matter	
Waste wood, Waste plastics	Chlorine < 1000 ppm, Water < 10 %, Size < 250 x 250 x 250 mm	Bulk dump truck or container bag
Coal ash, Evacuated waste from furnace	Chlorine < 100 ppm, R ₂ O < 1 %	Bulk vehicle with pressurized air unloader
Aluminum sludge or aluminum ash	Al ₂ O ₃ or Al > 60 %, Chlorine < 100 ppm, Water < 70 %	Bulk vehicle with pressurized air loader Bulk dump truck (Moisture control is essential to dusty waste)
Materials containing iron	Fe ₂ O ₃ or Fe > 30 %, Chlorine < 100 ppm, Only small amount of metal as Cr, etc. Powder, cotton-type or grind able material	Bulk dump truck or container bag

Other condition: No bad odor, Content of harmful component (Hg, R-Hg, Cd, Pb, Cr⁶⁺, As, CN, R-P or PCB) should be under the legal limit, No foreign matter such as metals, etc.

c. セメント工場でのリサイクルの可能性

セメント工場では、その生産能力の約 30%までは量的に廃棄物・副産物を受け入れることが可能である。しかし、セメント工場で受け入れられる廃棄物・副産物はその質的な制約をもっている。そのため、セメント工場ではリサイクルできない廃棄物（例として、高含有重金属廃棄物や高含有塩素廃棄物）については、別のリサイクル方法を考える必要がある。このようなセメント工場で受け入れることのできない廃棄

³ Hiroshi UCHIKAWA, Cement and Concrete Industry Orienting Toward Environmental Load Reduction and Waste Recycling, The International Conference of IUPAC, 1996 in Seoul, Korea

物の再利用・リサイクルで、改善により既存施設の利用の可能性があり、環境対策の実施と基準達成の可能性があり、採算性も求めることが可能なリサイクルプロセスの1例を次の節に示す。

日本では、原材料として廃棄物を主体とするセメント（エコセメントと呼んでいる。）の製造をはじめている。製造されるエコセメントは、塩素分を多く含み低品位であるが、無筋コンクリート等への使用に用途を限定して使用すれば問題がないことが確認されている。

また、エコセメント製造技術の開発により、廃棄物を主な原料に使用する場合に必要となるセメント工場の装置の改善事項が明らかになった。

d. セメント工場の改良計画

d.1 改良の必要性

セメント工場で廃棄物を受け入れるためには、セメント製造工程の改良等のハード面での改良と受け入れる廃棄物を原料として管理するソフト面の改良が必要になる。

ハード面での改良は、主としてつぎのような事項である。

- 固形廃棄物の破碎等による投入のための粒径調整装置の設置
- 廃棄物投入装置の設置
- 廃油用バーナーの設置
- 塩素バイパスの設置

一方、ソフト面の改良には、つぎのような事項である。

- 廃油や汚泥等の廃棄物の調整・調合による質的/量的な安定化

このソフト面については、先に述べた廃棄物の分析、調整、調合産業（廃棄物ブレンダー）が主体となるが、ハードについてセメント工場による対処が必要となる。

d.2 改良項目

セメント工場で廃棄物を受け入れるために、必要なセメント製造工程の改良項目と改良目的を次の表に示す。この表に示す改良項目の一部については、廃棄物ブレンダーが所定の施設を建設し、対処することも可能であり、日本では一般的にセメント工場でなく廃棄物ブレンダーがこうした調整・調合施設を持っている。この内容については、時節に述べる。図 10-5にセメント製造工程の改良事項を模式的に示す。なお、次表の改良項目の数字は、図上の改良プロセスの数字と対応している。

表 10-5: セメント製造工程の改良事項

Process	改良項目	改良目的	改良主体
1. 原料工程	1. 廃棄物粒径調整プロセス	● 大きな形の廃棄物を投入可能な粒径にまで破碎する装置を追加する。	● セメント工場 ● 廃棄物ブレンダー
2. 焼成工程	2.1 廃棄物供給プロセス	● 廃棄物をキルンに供給する装置を追加する。この装置は各種の廃棄物に対応させる必要があり、また、廃棄物によって異なる投入位置をもつ	● セメント工場

		ため、数カ所に設置することになる。	
2.2 廃油用燃焼プロセス		<ul style="list-style-type: none"> 廃油貯槽や廃油用バーナー等を設置し、廃油を燃料として使用できるように装置を追加する。一部、キルンの改造を伴う。 	<ul style="list-style-type: none"> セメント工場 廃棄物ブレンダー
2.3 塩素バイパスプロセス		<ul style="list-style-type: none"> 塩素分の多い化合物(KClや重金属塩化物)を系外に抽出し、工程やセメント品質の安定を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> セメント工場

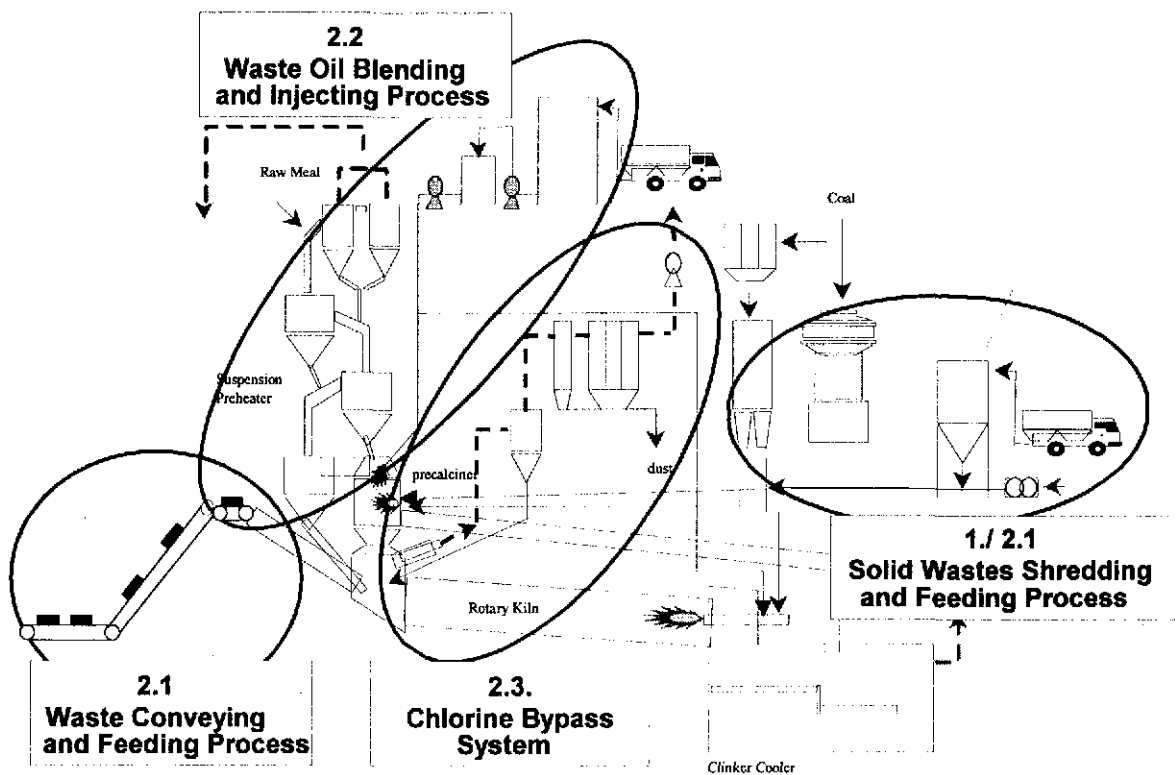


図 10-5: セメント製造工程の改良のための概念図

10.3.3 廃棄物の分析、調整、調合産業(廃棄物ブレンダー)の育成計画

a. 廃棄物の分析の必要性

セメント工場では製品であるセメントの品質を維持するため、使用する原料の管理を厳しく行っている。特に、セメントの品質に影響をあたえる塩素のような成分の含有量を常に確認し、その影響を把握する作業を行っている。従って、セメント工場において、品質が一定していない廃棄物を原料として使用するためには、受け入れる廃棄物の化学組成を正確に求めることが、省くことのできない重要な作業である。

また、廃棄物を燃料として使用する場合にも、受け入れる廃棄物の発熱量、水分量や重金属含有量等を正確に分析し、焼成工程の運転に支障のないようにすること、排ガス基準を満たすことともに、製品中に不都合な重金属が含有されないようにする必要がある。

b. 廃棄物の調整・調合

b.1 代替原料・燃料としての質と量の保証

各工場から排出される廃棄物は多様であり、その量に付いても一定していない。セメント工場が、現在使用している原料・燃料に代わって、その生産に廃棄物を利用する場合、使用する廃棄物は生産と生産物に影響を与えないように、常に現在使用している原料・燃料と同程度の質と量を維持しなくてはならない。即ち、現在使用している原料・燃料に代わりうる一定の質と量を保証しなくては、セメント工場は廃棄物をその生産工程で利用しない。従って、セメント工場が特定の工場からの廃棄物をその生産工程で利用することは、非常にまれである。セメント工場での廃棄物利用がこれまで進まなかった原因の多くは、代替原料・燃料としての質と量の保証が十分にできなかったことによる。

b.2 廃棄物の調整・調合

各種の工場から排出される多様な廃棄物を収集し、一定量を集積し、混合・調整することにより、代替原料・燃料としてセメント工場で利用可能なようにすることができる。即ち、異種の廃棄物を混合調整することにより、代替原料・燃料としての質と量を保証し、セメント工場の受け入れの基準を満足させることができる。

日本における廃油の事例では、工場から持ち込まれた廃油・油泥等を分析し、他のものと混合し、混合された廃油の水分、発熱量や重金属量をセメント工場の受け入れ基準以下に調整することが行われている。また、汚泥についても異種の汚泥を混合調整し、品質の改善と安定化を図っている事例もある。

c. 廃棄物ブレンダー（調整・調合を行う工場）

このように単独の工場では、セメント工場の受け入れ基準をクリアしない廃棄物でも各工場から排出される廃棄物の質・量的な特徴を正確に把握し、他の工場の廃棄物と混合調整することによりセメント工場で利用することが可能となる。セメント工場はセメント製造が一義的目的であって原料の品質管理は行っても、リサイクルはあくまで副次的目的に過ぎず、様々な工場から異なる廃棄物を収集し混合・調整することは、その煩雑さから期待できない。そこに廃棄物ブレンダーの存在意義がある。

日本においても、セメント工場へ供給されるほとんどの廃棄物は、調整・調合を行う企業の有する施設によって質的な改善を受けている。こうした企業（廃棄物ブレンダー）は廃棄物の質・取り扱い方法・処理システム・リサイクル方法に精通し、経験を通して、それらの技術を蓄積しており、知的産業として成り立っている。タイ国では、GENCO等の一部の廃棄物処理業にこうした蓄積はみられるものの、セメント工場を軸としたリサイクルシステムを構築するために、こうした企業の育成・奨励は不可欠である。

ここで重要なことは、廃棄物ブレンダーによって従来廃棄物であったものが代替燃料・原料として調整された結果、リサイクルをビジネスの主軸としていない産業がリサイクルをその生産活動の一環として組み込むことが出来るようになるということであり、これはセメント産業に限らないということである。次節で紹介する亜鉛製錬業もその一例である。こうして廃棄物ブレンダーは、廃棄物の収集・運搬、調整・調合、そして廃棄物供給を担い、資源が効率的に循環する産業クラスターを形成するために重要な役割を担う。

現状のリサイクルシステムを図 10-6に、廃棄物ブレンダーを介した将来予想されるリサイクルシステムを図 10-7に示した。この図が示しているように現在の産業ク

ラスターでは、廃棄物排出工場と従来からあるリサイクル工場が廃棄物回収業者（waste buyer）によって連携されており、リサイクル困難物は系外へ放出（廃棄処分）されている。今後廃棄物ブレンダーを育成することによって、それらリサイクル困難物がセメント工場や後述する亜鉛製錬工場など、本来はリサイクルを目的としない既存の製造設備へ代替原料・燃料として供給できるようになると、産業クラスターはさらに拡大し、ゼロエミッションに近づいていくことが予想される。

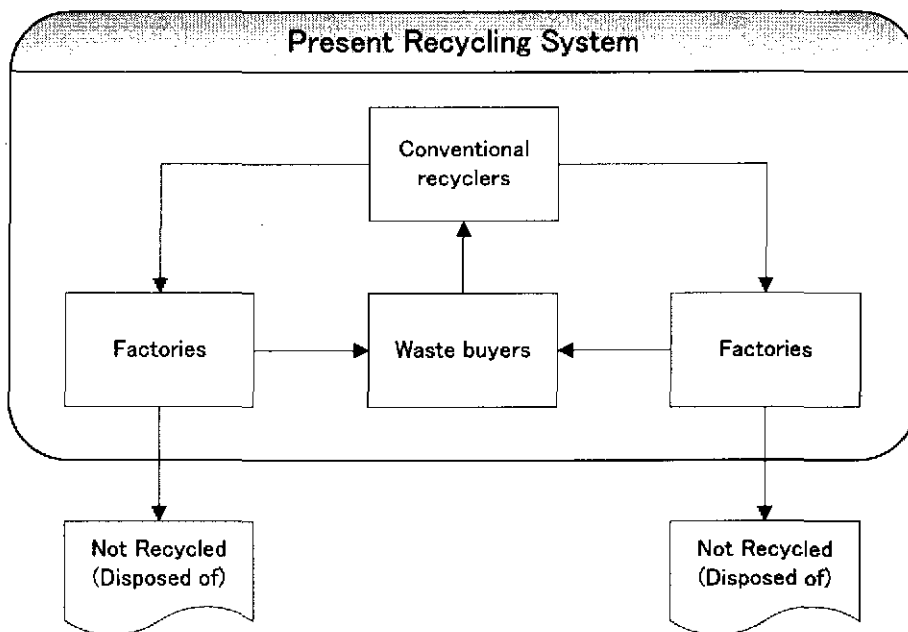


図 10-6: 現状のリサイクルシステム

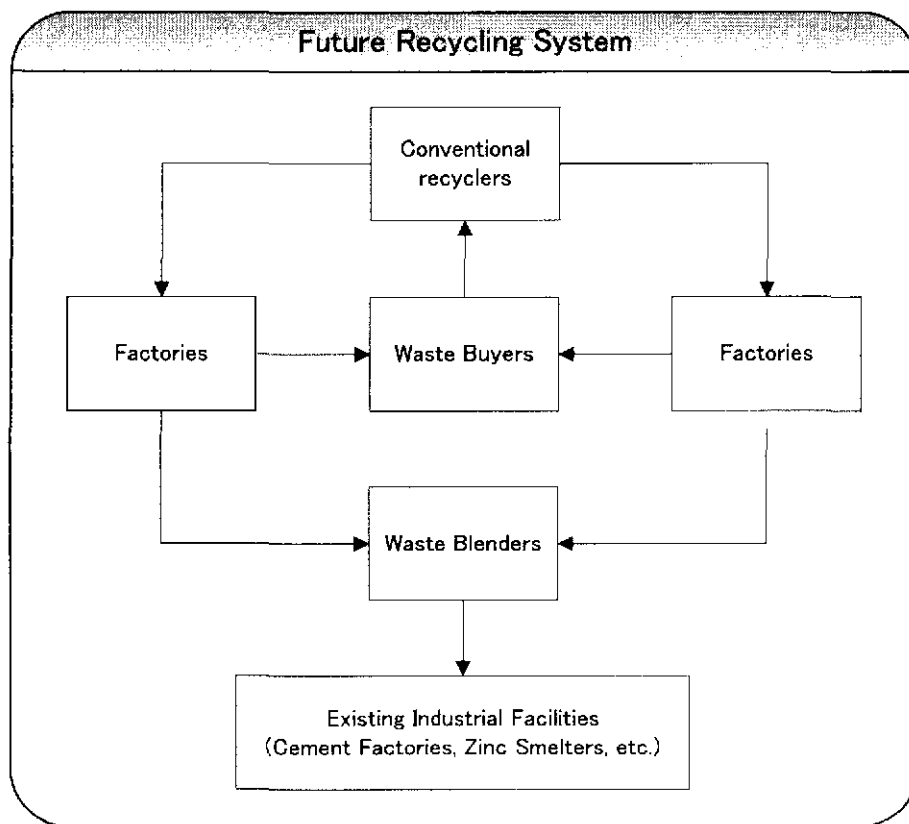


図 10-7: 将来のリサイクルシステム

d. 廃棄物ブレンダーに必要な施設（例）

セメント工場でのリサイクル利用に適した、廃棄物の分析・調整・調合を行う廃棄物ブレンダーは、次の表に示す施設や装置を有することが必要となる。これらは全て容易に調達できるものであるが、調整・調合に対する技術ノウハウに対する投資がこれに加えてさらに必要になる。図 10-8及び図 10-9は、廃油混合設備概念図及び廃棄物破碎設備の概念図を示したものである。

表 10-6: 廃棄物ブレンダーに必要な設備(例)

設備名称	
1. 廃油混合設備	(1) Oil & Solvent Receiving Tank (2) Agitation Tank (3) Wet Crusher (4) Vibration Screen (5) Cooling Tower (6) Production Tank
2. 固形廃棄物調整設備	(1) 廃棄物破碎設備 (2) 廃棄物混合設備 (3) 廃棄物貯蔵設備 (4) 調整廃棄物一時貯蔵設備

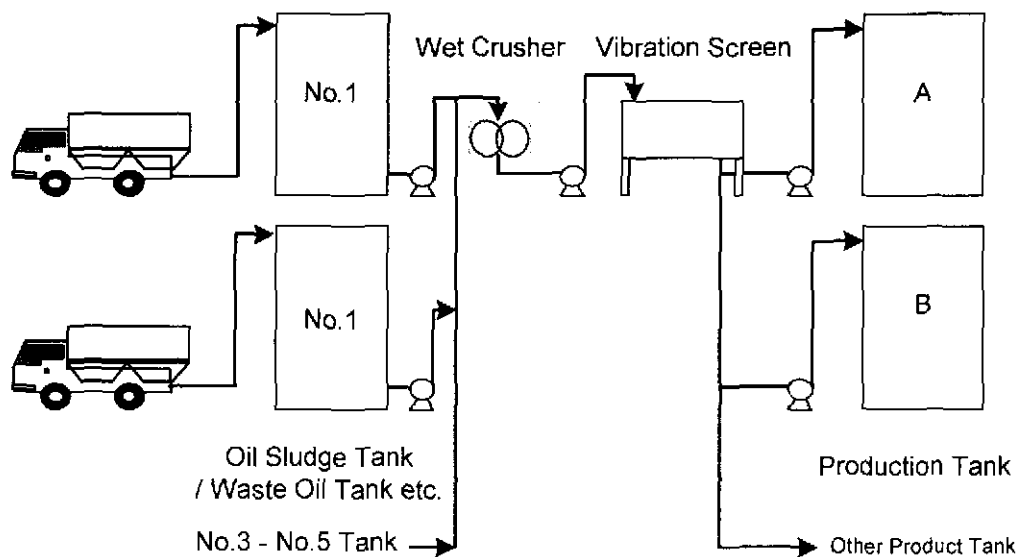


図 10-8: 廃油混合設備概念図

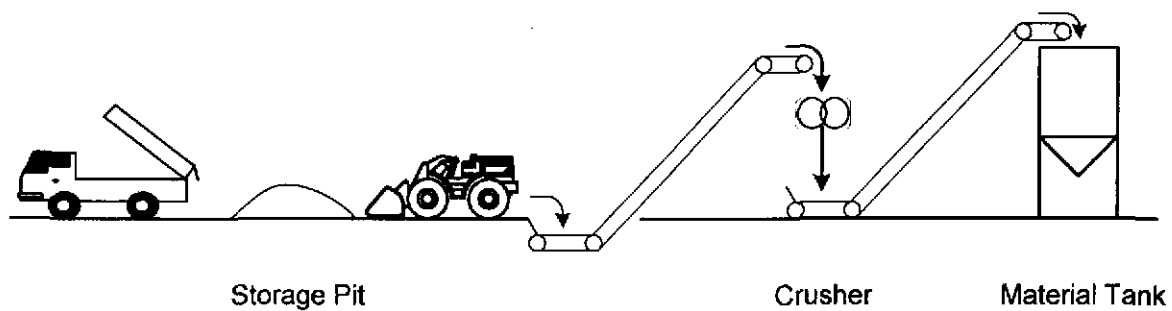


図 10-9: 固形廃棄物調整設備(破碎設備)の概念図

e. 日本のにおける廃棄物ブレンダーの活用に関わる調査

タイ国における廃棄物ブレンダーの育成のための法制度の整備を提案するために、日本における廃棄物ブレンダーの活用状況を、特に廃棄物ブレンダーに関わる法制度に留意して調査した。調査内容は、日本における廃棄物ブレンダーの活用に関わる法制度調査報告書として、英語、タイ語で本調査報告書とは別に作成された。調査の結果調査団は、DIW が廃棄物の分析、調整、調合産業（廃棄物ブレンダー）を次のように育成・奨励していくことを推薦する。

1. 排出者側の廃棄物ブレンジング産業への需要を喚起するため、ごみ排出者の責務を強化し、現在リサイクルが難しく、工場内外で処分されている廃棄物のセメント工場での受入に対するニーズを高める。
2. セメント工場に対しては、セメント工場での廃棄物の処理に対する需要の情報を提供する。即ち、どのような廃棄物が受け入れられるのか、それらの現在のタイでの処理・処分の状況はどうなっているか、などについて情報提供する。また、セメント工場にごみの受入基準の作成を推奨・指導する。
3. 廃棄物ブレンダーを育成・奨励するために、日本を含む他国の技術に関係者に広報する。
4. 廃棄物ブレンダーの能力を公的に認証することにより顧客（排出工場）の信頼を高めるとともに、収集・輸送体制を管理するために、廃棄物ブレンダーに対するライセンス制度の導入を検討する。

10.3.4 製鋼煙灰からの亜鉛回収計画(セメント工場以外の有害産業廃棄物の再利用・リサイクルの一例)

セメント産業でリサイクルが不可能な産業廃棄物として、亜鉛、鉛、銅などの重金属を含んだ有害産業廃棄物がある。これらの有害産業廃棄物は、日本では、非鉄製錬産業プロセスへ戻すことにより、環境に配慮しながら、リサイクルが行われている(山元還元)。

工場調査結果では、重金属を含んだ有害産業廃棄物は W03 (Heavy Metal Compounds), W11 (Filter Materials, Treatment Sludge)に分類されているが、W04 (Liquid Inorganic Compounds) W10 (Pickling Waste)の中間処理後にも重金属を含んだスラッジ

が発生する可能性があり、これら4つの有害産業廃棄物コードで現状リサイクルされていない産業廃棄物の量は、約23万トン／年に達する。

これらの有害産業廃棄物うち、故鉄のリサイクル過程で発生する製鋼煙灰中の亜鉛やスラッジ中の銅、鉛などの重金属のリサイクルを非鉄製錬設備の利用によって推進する方法について検討を行った。

a. 製鋼煙灰からの亜鉛回収事業の概要

タイ国では工場から排出される故鉄収集の過程で家庭、商店などから排出される故鉄と一緒に、最終的に電炉業者で鋼材としてリサイクルされる。電炉業者では発生する製鋼煙灰を敷地内などに埋め立てられているケースがほとんどである。製鋼煙灰中には鋼材の防錆用に使われる溶融亜鉛メッキなどからの亜鉛が含まれているほか、故鉄に混入してくる鉛、クロム、塩素（プラスチックやビニール由来）などが含まれており、埋め立てた製鋼煙灰からのこれら有害成分の溶出が懸念される。また、金属資源の有効利用の観点からも、重金属の回収が求められる。

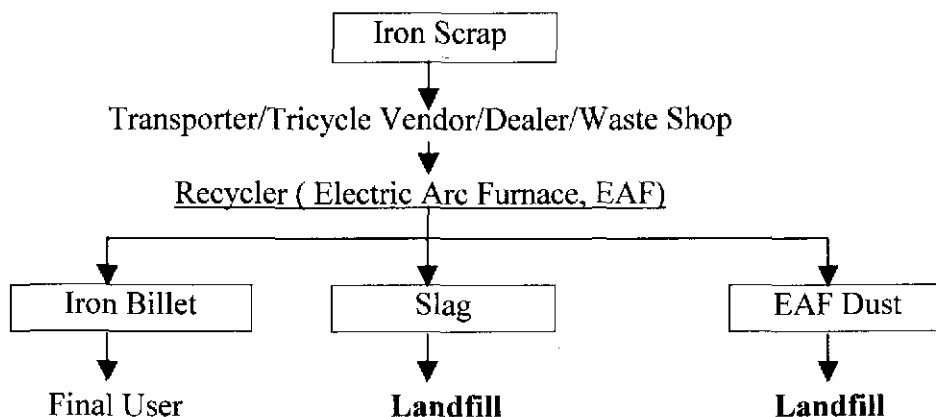


図 10-10: タイの故鉄リサイクルの流れ

日本では、製鋼煙灰は、山元還元として非鉄製錬所の亜鉛リサイクルに向けた炉を使用し、酸化亜鉛として回収されている。本炉は、もともと亜鉛非鉄製錬プロセスをベースに開発されたもので、製鋼煙灰だけでなく、鉛、亜鉛、銅などの重金属を含むスラッジ類を処理し、亜鉛、鉛は酸化亜鉛、銅はマット¹として回収している。現在は、その他の産業廃棄物のリサイクル、処理にも利用されており、各種の廃棄物を受け入れている。例えば三池精錬所では、造かん材（カラミを生成する目的で入れる珪素、アルミニウムなどを含む材料）として珪砂を使用しているので、鋳物工場やガラス工場で発生する鋳物砂、廃珪砂も受け入れている。また、原料類を混合し、閉鉱化する際に製紙排液をバインダーとして使用している。その他、各種排液類、医療廃棄物の処理にも利用されているし、廃 IC 部品からの金銀など貴金属の回収にも利用されている。

¹ 銅マット：非鉄製錬プロセスの過程で生成する銅含有量の高い中間産物

表 10-7: 日本の製鋼煙灰の分析例

Element	Content (%)	Element	Content (%)
Zn	22.5	Fe	32.0
C	3.6	Cr	0.36
Cu	0.2	Pb	2.2
Ca	2.6	Cl	3.1
Cd	0.02	F	0.25
Si	1.6	O	24.9

b. 製鋼煙灰など含重金属有害廃棄物からの重金属回収システム

タイでは、製鋼煙灰の発生量統計はないが、科学技術環境省の公害規制局（PCD）の調査では、1991～1996年のタイ全土での故鉄のリサイクル量は800から3,700千トン/年と言われている²。1998年時点でタイには、13の電炉工場があり、そのうち8工場がBangkokとSamut Prakarn県、3工場が東部臨海工業地域、1社がSaraburi県に立地しており、他の産業廃棄物と違い、発生元が特定でき、かつBangkokの周辺に集中しているので、収集などが容易と考えられる。

これらの故鉄のリサイクル量2,500千トン/年として、日本の製鋼煙灰発生率、含有量などをベースに回収亜鉛の量を試算してみると、以下のようになる。

故鉄リサイクル量	:	2,500千トン/年
電気炉製鋼での製鋼煙灰発生量	:	50,000トン/年(故鉄の2%)
製鋼煙灰中のZn量	:	10,000トン/年(煙灰の20%)
Znの回収可能量	:	8,500トン/年(回収率85%)

したがって、現在の亜鉛価格46,700パーツ/トンで換算すると、亜鉛回収・販売による収入は年間約3億9700万パーツに達する。

処理フローを下図に示す。本フロー全設備の設備費は3億パーツ以上かかると考えられるが、タイには亜鉛製錬所が1ヶ所あり、下図に示すフローの設備の内、ドライヤー、湿式スクラバー、煙突、運搬設備、タンクなどの設備は本製錬所の設備を使える可能性がある。粗酸化亜鉛から亜鉛を回収するには精製が必要だが、この製錬所で亜鉛までの精製を行い、タイ国内での亜鉛メタルの回収の可能性もあるし、粗酸化亜鉛の形で海外へ輸出も可能である。そのほかに、銅を含むスラッジなどを処理すれば、マットの形で銅が回収される。また、スラグは鉄を含むためセメント産業での原料代替も可能である。上記プロセスの導入にあたっては、今後利用できる施設の有無、受け入れ可能な製鋼煙灰、その他スラッジなど含重金属廃棄物の量及び質、採算性などの課題を解決していく必要がある。

² “Trend of Industrial Waste Recycling in Thailand” NEDO, March 2001

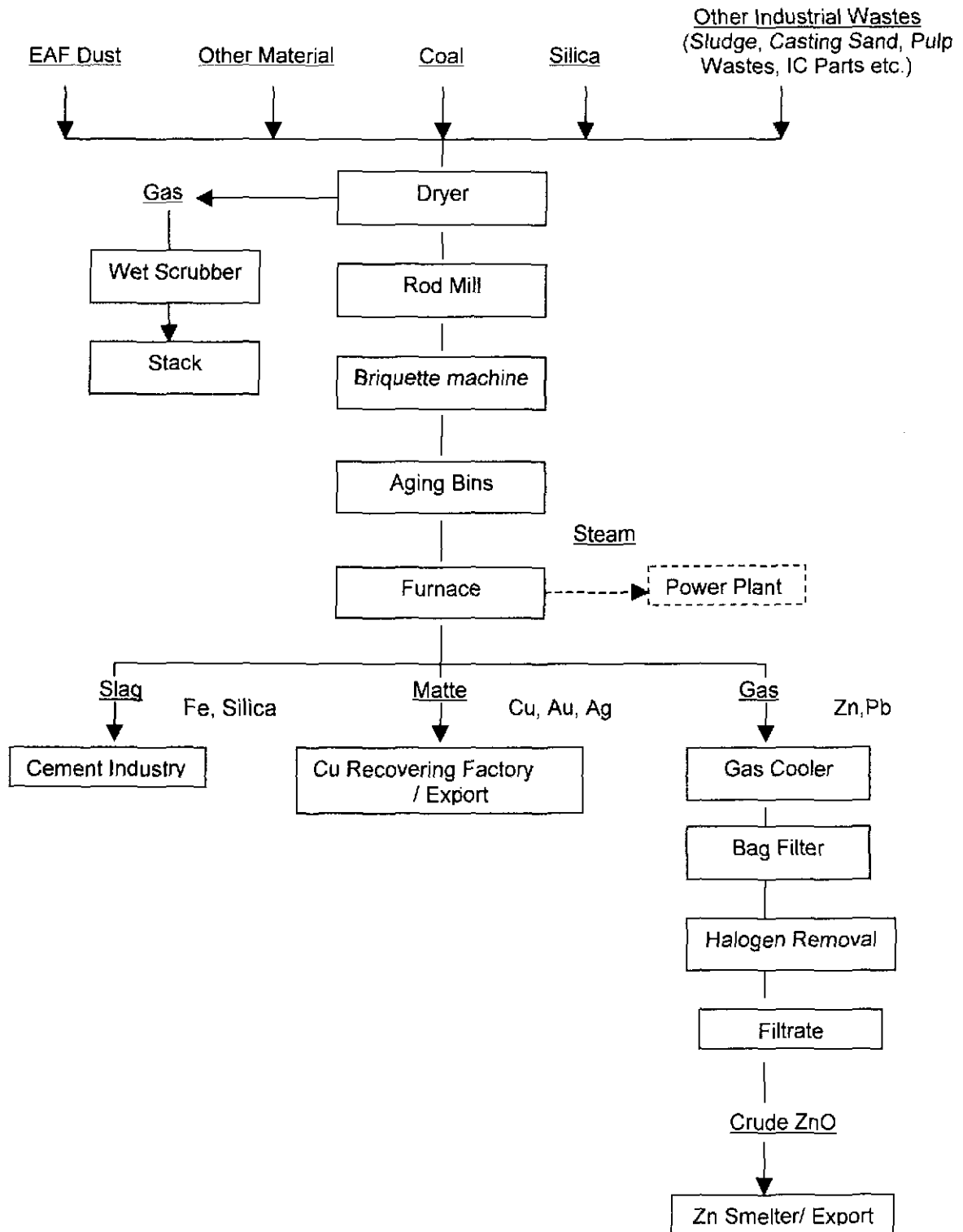


図 10-11: 製鋼煙灰など含重金属有害廃棄物からの重金属回収フロー

10.4 廃棄物交換計画

本調査では、パイロットプロジェクトを実施し、廃棄物交換データセンター (WUDC) を立ち上げた。しかしながら、WUDC の活用は現時点では十分に図られ

ていない。WUDC を十分に活用し、センターの目的である廃棄物交換を推進するには、次の課題がある。

- WUDC を如何にして普及させるか
- 実際の廃棄物交換を如何にして促進させるか

アクションプラン、すなわち短期的に取るべきこれらへの対応を以下に提案する。

10.4.1 WUDCの普及

a. 背景

WUDC のデータベースのデータが豊富になるほど、廃棄物交換の成功率は高くなる。パイロットプロジェクト2では、工場に廃棄物を受け入れようという意志があっても結局、現在のデータベースの中からは希望にかなう提供廃棄物を見つけることが出来なかった事例がいくつかあった。また廃棄物によっては、廃棄物需要が1件増えるだけでも、同種の廃棄物を提供可能とする工場がいくつも存在することがあるので、さらに個別具体的な要求事項に合う提供工場を見つけ出すチャンスも出てくる。すなわち現在のデータベースは、廃棄物提供工場の登録も廃棄物受入工場の登録も、一段と増強していく必要がある。

2002年7月時点で、WUDC利用者は414工場だが、これは調査対象地域内の全登録工場のうち僅か1%である。当初の登録利用者377工場は、調査対象地域のMOI登録工場の中で従業者数50人以上を有する5,760工場に送付した調査票の回答から得られた。その後約半年のうちに40社ほどが加わったことになるが、まだ利用者の発掘は十分ありうる。地域を拡大すれば利用者はさらに増えるであろう。

このようにWUDC利用者増加の可能性は十分あり、潜在する未登録利用者を引き出すために、WUDCの存在と利用価値を積極的に普及することが求められている。本調査においてWUDCのホームページが立ち上がり利便性は高まったが、ホームページにアクセスしてもらうためにも広報活動は不可欠である。利用者からの登録申請を待つだけでは、利用者の増加は多くは期待できないか、または多大な時間を要するであろう。

b. アクションプラン

WUDC普及に当たっては、工場により近いアクセスのある媒体を介すことが得策である。

媒体としてまず、広範な業種の企業にネットワークを持つFTIが考えられる。具体的には、FTIに属する業種別部会を通じ各会員会社へ広報を行い、各社はWUDCの参加を希望する場合は、WUDCのホームページにアクセスして入力し登録するか、もしくは利用者登録用紙・提供希望廃棄物登録様式(Supply Sheet)・受入希望廃棄物登録様式(Demand Sheet)に必要事項を記入して、それらをFTI本部が回収しDIWに提出する。FTI本部がこれらの用紙で提出された情報を、WUDCホームページに代行入力するのも一案である。

もう一つの媒体は、PP3で試みたDIWの地方工業事務所である。DIW地方工業事務所は全国に75あり、総勢600名のインスペクターが工場査察を行っているため、工場と接触する機会が多く、FTIには加盟していないような中小工場を含めて、地域の工場の状況に精通している。地方工業事務所を核として地域の廃棄物交換希望情報

を集め、地方工業事務所を通じてインターネットによりデータベースに登録できれば、WUDCの全国展開も可能となる。

また、このように利用者を増加していくに伴い、DIWとしてもその管理運営体制を早急に整える必要がある。調査団はメインレポートの第8章において、DIWが取るべきWUDCの維持管理体制をまとめた。ここに示した業務をこなすために新規人材の確保が急がれるが、それを待たずして是非実施されなければならない業務がある。

たとえば、WUDCを立ち上げて間もない現時点の状況を考えると、利用者登録や廃棄物情報登録の方法に関する問い合わせへの対応、ホームページのエラーの修正などである。調査団が作成したWUDC利用マニュアルおよびWUDC管理者マニュアルを参考にしながら、DIWはこれらを遂行するに必要なノウハウを早急にマスターする必要がある。

10.4.2 廃棄物交換の促進

a. 背景

パイロットプロジェクト2(PP2)では、廃棄物交換の実現には至らなかった。その原因はデータ不足もさることながら、もうひとつの重大な点は、製造工場間の自主努力に限界があったということである。工場は当然ながらモノを生産することを使命としている。廃棄物はその結果、いわば罔らずも出来てしまうもので、提供工場としては、引き取り手・買い手がいれば好都合だという意識である。また受入工場でも、廃棄物を処理するつもりは毛頭なく、あくまで生産を目的として原材料を安く入手しようとしている。そのように違った思惑の両者の間で交換が成立するのは、よほどの条件が整わない限り不可能に近い。

両社の交渉をサポートするために、日本では廃棄物交換制度を運営する行政体の中かには技術委員会を設けてアドバイスをを行っている例もある。しかしこうした支援は経済より技術が先行しがちであり、一時的な関与で終わってしまうので、廃棄物交換を工場双方にとって継続的に便益をもたらす形で実現するには不十分である。

これを打開する方法は、工場間を仲立ちする民間の仲介者を巻き込むことである。工場間の交渉で問題にされる、輸送方法、廃棄物の質のレベルや変動、廃棄物の絶対量と量の変動などが、仲介者の存在によって大幅に軽減又は解消される。調査対象地域ではすでに工場間の再利用・リサイクル(すなわち廃棄物交換)が精力的に行われているが、そこでは廃棄物回収業者、リサイクルショップ、再生業者、処理業者などがこの仲介機能を果たしている。よって、WUDCもこうした業者の登録を促す必要がある。

b. アクションプラン

2001年の12月に、MOIの業種コードに105(廃棄物の分別および埋立処分場)と106(廃棄物の再利用・リサイクル)の2つが新設されることになった。これら105登録工場と106登録工場が、まさに上記の仲介者となりうることから、これらの事業を展開する工場のMOI登録を積極的に促す。

その上で、彼らの事業拡大のためにWUDCが有効であることを広報し、利用者登録を募る。本調査で行われたようなワークショップを開催して、WUDCの利用方法を習得してもらったり、利用者登録フォームや受入希望廃棄物登録フォームの記入に際する問い合わせを受けたりする。また彼らが受け入れたい廃棄物を的確にデータベ

ースから見つけられるように、彼らから WUDC 改善のためのフィードバックを得ることも重要である。

10.5 事業評価

この節では有害産業廃棄物のアクションプランとして、次の3つの計画を策定した。

1. 発生抑制計画
2. 再利用・リサイクル計画
3. 廃棄物交換計画

発生抑制計画については、個々の工場がそれぞれの状況に応じて実施するものであり、内容も事業費も千差万別である。また、廃棄物交換計画については、DIW による WUDC の普及計画であり、新規事業の投資計画ではない。従ってここでは、有害産業廃棄物の再利用・リサイクルに関わる次の3つの事業に関して、事業評価を行った。

1. セメント工場改良による有害産業廃棄物リサイクル事業
2. 有害産業廃棄物の分析・調整・配合（廃棄物ブレンディング）事業
3. 製鋼煙灰からの亜鉛回収事業

以下の採算性評価は、多くの仮定を設定した上での概略的な評価であり、実際のプロジェクト実施には、有害廃棄物のリサイクルや処理の需要についての詳細な検討を含む実行可能性調査（Feasibility study）が必要である。

10.5.1 セメント工場改良による有害産業廃棄物リサイクル事業の事業採算性評価

ここでは、まずアクションプランにおいて、優先的に取り組むべき有害産業廃棄物処理に係る事業として、セメント工場の改良による有害産業廃棄物リサイクル事業について、概略的な事業採算性評価を行った。

a. 事業費の概算

a.1 事業の概要

工場等から発生する有害産業廃棄物をセメント工場において燃料あるいはセメント原料として受け入れ、リサイクル（マテリアル／サーマル）するために必要な廃棄物投入設備、廃油燃焼設備の導入及び、廃棄物に含まれる塩素対策のための塩素バイパスの設置等を行う。

a.2 受入可能な有害産業廃棄物量

調査団がアクションプランにおいて 2005 年の目標として設定した有害産業廃棄物のリサイクル／処理フロー中の、再利用／再資源化目標量（工場外）約 14 万トン／年の中に、セメント工場でリサイクル可能と推定される有害産業廃棄物が含まれている。その内訳は、以下の表に示す通り推定される。

表 10-8: セメント工場でリサイクル可能な有害産業廃棄物量の推定(2005年)

種類	推定リサイクル可能量(2005年)
廃油類	22,038ton/年
有機系廃棄物(汚泥等)	33,927ton/年
計	55,965ton/年

a.3 セメント・キルンによるリサイクル能力評価

前項で推定したリサイクル可能量 55,965ton/年を全量セメント・キルンでリサイクルすると仮定した場合、キルンの年間稼働日数を 300 日とすると、日量約 187ton の廃棄物を受け入れる能力が、タイ国におけるセメント・キルンに存在すれば、キルンの改良によるリサイクルが可能となる。

調査団が聞き取り調査したセメント工場の例では、最も小さいタイプのセメント・キルンでも日量 4,000ton の生産能力をもっている。このキルンが廃油日量 74 トンおよび有機系廃棄物日量 113 トンを受け入れた場合、それぞれの投入割合は、生産能力に対して、廃油で 1.8%、有機系廃棄物で 2.8%となる。日本の実績では、これらの比率はそれぞれ 0.5%、3.0%程度であるが、廃油の場合はセメント製造に必要な熱量計算から判断して、1.8%程度の受け入れは十分に可能である。従って、4,000 トン/日能力のキルン 1 台で計画処理量の全量を処理することが計算上は可能である。

調査団は、2005 年において4つのセメント工場が廃棄物を受け入れるものと仮定した。したがって、既存の4基のキルンの改良で、上記の年間 55,965ton/年の有害産業廃棄物のリサイクルすることになる。

a.4 セメント工場の改良項目および事業費の概算

前項での現在のセメント工場の能力評価から、有害産業廃棄物のリサイクルが技術的に十分可能であると判断されるため、ここでは、有害産業廃棄物のリサイクルを実施するために必要な設備改善投資に係る費用の概算を行った。その結果は、以下の表に示す通りである。なお、この費用は、セメント 1 キルン当たりの費用として概算したものである。

表 10-9: セメント工場における有害産業廃棄物リサイクルの設備改良投資

設備改善投資項目	費用	
	(ドル/ライン)	(パーツ/ライン)
塩素バイパス設置工事(2.3)	890,000	38,270,000
廃棄物供給装置設置工事(2.1)	370,000	15,910,000
廃棄物粒径調整及び投入設備設置工事(1./2.1)	740,000	31,820,000
廃油用燃焼設備設置工事(2.2)	190,000	8,170,000
総設備投資額	2,190,000	94,170,000

1 ドル=43 パーツ

括弧内の数字は図 10-5に準じる。

b. セメント工場改良による有害産業廃棄物リサイクル事業の採算性評価

ここでは、前項でのセメント工場における有害産業廃棄物リサイクルのための設備改善投資額の概算結果に基づき、以下の表に示す前提条件のもとで、セメント工場改良による有害産業廃棄物リサイクル事業の採算性評価を行った。

表 10-10: 採算性評価のための事業の前提条件

事業期間	11年間(建設期間1年、設備使用期間10年)
事業収入	2005年における廃油のリサイクル可能量 22,038 トンを毎年褐炭の代替燃料として4台のキルンで等分し、活用とした場合の燃料コスト削減分を収入として試算 廃油買取単価 : 0.5 bahts/kg (7,000 kcal/kg) 褐炭購入単価 : 1 bahts/kg (5,000 kcal/kg) 1 kg の廃油への代替によるコスト削減効果 : 0.9 bahts/kg 年間代替量 : 5,500 tons/year 燃料コスト削減効果 : 4,950,000 bahts/year 有機系廃棄物等の有害産業廃棄物の受入に伴う料金収入 処理料金 : 1000~2500bahts/ton の間でケース毎に設定 処理(リサイクル量) : アクション・プランの2005年におけるリサイクル可能量 33,927 トンを4台のキルンで等分し、年間8,500 トン/キルンの割合で設備使用期間中に毎年受け入れるものと仮定する。
事業支出	設備改善投資額 : 94,170,000Bahts 追加設備運営費用:941,700Bahts/年(投資額の1%程度と推定)
割引率	10%(借入金利、インフレ率等を考慮して設定)

この条件のもとで採算性評価を行った結果は、以下の表に示す通りである。

表 10-11: ケース毎の事業採算性指標算定結果

	受入料金 (Bahts/ton)	NPV(Bahts)	FIRR(%)
ケース1	1,000	-15,738,101	5.5%
ケース2	1,500	8,002,272	12.1%
ケース3	2,000	31,742,645	18.1%
ケース4	2,500	55,483,018	23.6%

上表を見ると、有機系廃棄物の受入料金を1,500bahts/tonと設定した場合、既にFIRRは10%を超えており、事業に係る他の様々なリスクを考慮しても受入料金が2,000bahts/ton以上であれば、十分に民間ベースで成り立つレベルにあると考えられる。

10.5.2 有害産業廃棄物の分析・調整・配合(廃棄物ブレンディング)事業の採算性評価

ここでは、アクションプランにおいて優先的に取り組むべき事業として位置付けている「廃棄物ブレンディング事業」の採算性に関する概略評価を行った。ここで掲げる廃棄物ブレンディング事業とは、前段で採算性を検討した「セメント工場における有害産業廃棄物のリサイクル」を進める上で不可欠な廃棄物の適切なブレンディングを行い、これをセメント工場に供給する事業である。

- a. 事業費の概算
 - a.1 概要

廃棄物ブレンダーは工場から排出される廃棄物をセメント工場の受人基準に見合うような質に転換したり、それらの量を確保したりする役割である。ここではそのために必要な廃油混合設備および固形廃棄物調整設備（破碎設備等）についての事業費を算出する。概算では、1セメント工場に対して2施設の廃棄物ブレンダーが供給することにしている。

a.2 事業費の算出条件

事業費の算出条件をつぎのようにした。

- 2005年に計画した4つのセメント工場が受け入れる廃棄物は、すべて廃棄物ブレンダーが処理するものとする。

廃油類量: 22,038 トン/年 (74 トン/日)

固形廃棄物量: 33,927 トン/年 (113 トン/H)

年間運転日数を 300 日と設定

- 事業費には用地購入費、受変電設備、事務所、重機類等を含めない。
- 調査対象地域等に8つの廃棄物ブレンディング工場を分散して配置する。工場あたりの処理量は以下のように設定した。

廃油混合設備 : 10 トン/日 x 8 工場

固形廃棄物調整設備 : 15 トン/日 x 8 工場

a.3 事業費の算出

廃油混合設備及び固形廃棄物調整設備の事業費の概算を次の表に示した。廃油混合設備1工場あたりの事業費は3,569万パーツであり、8工場の総事業費は2億8,552万パーツとなる。また、固形廃棄物調整設備は1工場あたり524万6,000パーツであり、8工場の総事業費は4,196万8,000パーツとなる。

表 10-12: 廃油混合設備及び固形廃棄物調整設備の事業費

設備名	事業費 (千パーツ/工場)	事業費合計 (千パーツ)
1.廃油混合設備	35,690	285,520
2.固形廃棄物調整設備	5,246	41,968
総事業費		327,488

b. 廃棄物ブレンディング事業の採算性評価

前段での事業費の概算結果をベースとして、ここでは廃棄物ブレンディング事業の採算性に関する概略評価を純現在価値法に基くNPV及びFIRRの算定を通じて行った。評価に当たって設定した前提条件を以下に示す。

表 10-13: 採算性評価の前提条件

事業期間	11年間(建設期間1年、設備使用期間10年)
事業収入	廃油のセメント工場への販売による収入 500 bahts/ton × 3,000 (tons/year) = 1,500,000 (bahts/year) 排出事業者からは、収集・輸送に要する費用のみを徴収し、利

上表の前提のもとで、汚泥の処理料金を 1000、1500、2000 バーツ／トンの処理料金を徴収した場合の事業採算性指標の算定を行った結果は、以下の表 10-17の通りである。

表 10-17: 採算性評価の結果

	受入料金(Bahts/ton)	NPV(Bahts)	FIRR(%)
ケース 1	1,000	23,423,355	12.5%
ケース 2	1,500	65,317,130	16.8%
ケース 3	2,000	107,211,906	20.9%

上表の採算性指標の算定結果を見ると、1000 バーツ／トンでの汚泥の受入及び製鋼煙灰からの亜鉛回収・販売事業の FIRR は、10%を超えるものとなっている。事業に係るその他のリスク等を考慮しても、煙灰及び汚泥の量の確保が図られる限りは、1500 バーツ／トンの汚泥引き取り価格を設定すれば、製鋼煙灰を収集・輸送に要する費用のみを徴収し、引き取った場合にも事業採算性は民間ベースで十分成り立つものと推測される。

10.6 実施計画

本章で提案したアクションプラン (A/P) の実施計画を、表 10-18にまとめた。

産業廃棄物管理には多くの関係者と様々な産業が関与し、具体的な A/P は本来的に各産業、そして各工場にまで立ち入り詳細に調査した上で策定し、実施に移されるべき性質のものである。しかしこの調査では、調査の範囲に従い、産業廃棄物管理を所管する DIW がどのようなアクションを取るべきかに焦点をおいて、調査対象地域全体の全産業に関わる包括的な A/P を策定した。そこで、こうした A/P の特質を踏まえ、具体的な改善を図るための詳細なアクションについては、次のようないくつかの事例を取り上げて取りまとめた。

- 有害産業廃棄物の再利用・リサイクルの適正化の事例として、廃油と廃バッテリーを取り上げてそれらの再利用・リサイクル状況を調査し、適正化への助言を行った (第 11 章)。
- 各産業別廃棄物管理計画の策定事例として、廃棄物処理に多くの問題を抱えるペイント産業を取り上げて、その廃棄物管理計画を策定した (第 12 章)。
- さらに、廃棄物交換を構築し普及するためにパイロットプロジェクトを実施し、今後求められるアクションについて検討した (第 13 章)。

なお、概算事業コストについては、先に示したようにいくつかの事業について試算した。しかしながら、多くの不明な条件について様々な仮定を設定して算出されたコストであるので、誤解を回避するために、この表には提示しなかった。概算事業コストを確認する際には、備考の欄が示す各節の設定条件を十分に踏まえ利用することを勧める。

表 10-18: HWアクションプランの実実施計画

	実施主体	年				備考・コスト
		2002	2003	2004	2005	
A. 発生抑制アクションプラン						
1 マニフェスト・システムの徹底	DIW/民間		法制化され次第実施			PCDと密接に協力する。
2 廃棄物監査の実施	DIW 民間	ガイドライン、啓蒙・普及活動				
3 有害産業廃棄物の発生抑制	民間		実施			
4 有害産業廃棄物の工場内資源化	民間		2. 廃棄物監査の結果を踏まえて方法を検討・実施			
5 ゼロエミッション工業団地の推進	DIW・IEAT	計画策定・モデルIE選定		モデルIEでの試験的实施		
6 各産業別廃棄物管理計画の策定	DIW	取り上げるべきセクターの選定		順次計画策定・実施		
B. 再利用・リサイクルアクションプラン						
1 セメント工場でのリサイクルの推進	民間 DIW	工場施設の改良・受け入れ廃棄物の多様化				10.5.1概算コスト参照。
2 ブレンダーの育成	DIW 民間	セメント工場のCode 101認定 推進政策				
3 セメント工場以外の施設での再利用・リサイクル	DIW 民間	ブレディング事業の展開 調査・推進計画				10.5.2概算コスト参照。
4 環境影響を与えている再利用・リサイクルの適正化	DIW	調査・推進計画		実施		10.5.3概算コスト参照。
		取り上げるべき廃棄物の選定				第11章に廃油・廃バッテリーの例を示す。
		順次適正化計画の策定・実施				
C. 廃棄物交換アクションプラン						
1 WJDCの普及	DIW					P/Pは第13章参照。
2 廃棄物交換の促進	DIW	P/Pの発展的継続実施				P/Pは第13章参照。

第11章

廃油及び廃バッテリー リサイクル改善計画

11 廃油及び廃バッテリーリサイクル改善計画

前章では、環境に負荷を与えないように有害産業廃棄物の再利用・リサイクルを適正化していくことを、アクションプランとして提示した。この A/P を実施に移すためには、再利用・リサイクルシステムの実態を品目ごとに調査し、改善策を検討しなければならない。この章では、この A/P の実施の事例として、廃油と廃バッテリーを取り上げてそれらの再利用・リサイクル状況を調査し、適正化への助言をまとめた。

11.1 目的と工程

11.1.1 調査の背景と目的

a. 調査の背景

日本及びタイ両国政府が合意したこの調査の S/W に規定されているように、本調査からは次のような成果が期待されている。

- バンコク首都圏及び周辺に関し、2010 年までの非有害産業廃棄物管理システム確立のためのマスタープラン (M/P)。
- 環境保護、非有害産業廃棄物の発生抑制・リサイクル化を考慮に入れた、早急な改善を目的とするアクションプラン (A/P)。
- 有害産業廃棄物の再利用・リサイクル化、産業クラスター、ゼロエミッションの分野に関して、有害産業廃棄物管理の A/P。

本調査では、上記の成果を獲得するために、対象地域の全産業を扱い、個別産業に対する詳細な調査は行わない。そのため、本調査で策定する計画は、全産業に対する網羅的・一般的なものとなる。しかしながら、実際に M/P と A/P を実施していくためには、個別産業の改善計画を作成することが必要であり、個別産業の改善計画を作成するためには、各産業別に専門家とそれぞれの経験が必要である。

一方、廃油と廃バッテリーのリサイクル産業は、最もその状況を緊急に改善することが確認されている。そこで、廃油と廃バッテリーのリサイクル産業の緊急改善計画を、本調査の追加調査として策定することを JICA に提案し、提案が承認された。

b. 目的

廃油リサイクル業及び廃バッテリーリサイクル業それぞれの個別産業別改善計画の策定を通じて、DIW が有害廃棄物の再利用・リサイクルのために工場に対して廃棄物処理をどう指導していくべきかを検討することを目的とする。

11.1.2 工程

追加調査のために3人の日本人専門家が、調査のために Bangkok に3週間滞在した。前半は廃油リサイクル及び廃バッテリーリサイクル工場をいくつか訪問し、その後報告書の取りまとめを行うとともに、行政及び工場の関係者を招いて調査結果の説明会を開催し、改善への提言を発表した。

11.2 廃油リサイクル改善計画

11.2.1 現地調査

廃油をリサイクルし、再生潤滑油等を生産する MOI 工場分類コード 45 の廃油リサイクル工場は、全国に 9 箇所立地している。このうち、今回の調査では、訪問調査の許可が得られた次の 5 工場を訪問し調査した。

a. 訪問工場

下記リストの内 6～9 の企業、工場には許可が得られなく訪問が出来なかった。

表 11-1: 廃油リサイクル工場リスト

工場名	県	処理能力	訪問日
1. Sor Charoen Thai Co., Ltd.	Samut Sakhon	10,000 Ltr./D	2002/1/24
2. Hor Brothers International Co., LTD	Samut Sakhon	8,000 Ltr./D	2002/1/24
3. Siam Wattana Oil Co., Ltd,	Samut Sakhon	6,000 Ltr./D	2002/1/28
4. Thai Industrial Oil Co., Ltd.	Bangkok	10,000 Ltr./D	2002/1/31
5. Thai Grease Factory (same as factory 4 above)	Bangkok	廃油リサイクル工場ではない	2002/1/31
6. Spa Oil Co., Ltd.	Samut Sakhon	不明	閉鎖
7. Sang Somwang Charoenphol Factory	Bangkok	不明	閉鎖
8. Light Factory	Chang Mai	不明	閉鎖
9. Mr. Somchai Laow Factory	Saraburi	不明	閉鎖

b. 現状

何れの会社もガソリンスタンド発生エンジンオイルを主体とする廃油を処理し、再生潤滑油を回収している。

b.1 廃油の収集

廃油が再生業者に回収されるルートは様々であり、廃油発生源から廃棄物回収業者 (Por Kha Khong Gao) が集めるケース、発生源自らが再生業者に持ち込むケース、再生業者が引き取りに行くケースなどがある。

b.2 処理方法と再生品

硫酸・白土法 (図 11-1) による再生潤滑油の生産である。回収潤滑油は Ash の除去、脱色を行ったのみで、添加剤の混合調整もなく、自転車・バイクなどのチェンの注し油、油性ペイントの混合油、コンクリートパネルの離型剤に使用する低級品である。

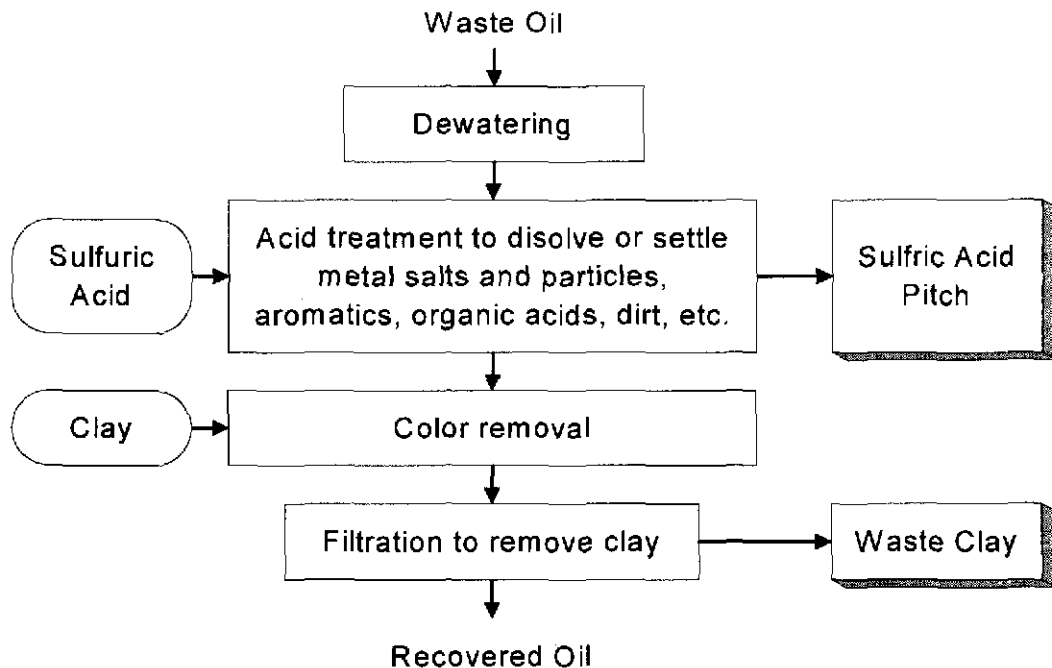


図 11-1: 硫酸白土法

b.3 原料(廃油)

2種類の原料を用いている。

- 給油所廃油：エンジンオイル主体

仲介業者（Middle Man）から買い取り、スタンドからの直接取引はない。荷姿はドラム缶もしくはタンクローリーバラである。

- 工場系廃油

Hydraulic Oil、Gear Oil、Transformer Oil、Flushing Oil などの潤滑油廃油であり、直接引取りが主体だが、電力会社廃油などでは公共入札が行われている。荷姿はドラム缶が主体である。

b.4 製品の販売

殆どが仲介業者（廃油納入業者とは異なる）に販売される。一部フィリピンやインドネシアに輸出されているものもある。

b.5 価格

- 原料廃油： 3～4.5 Baht/kg、Hydraulic Oilは4～5 Baht/kg
- 再生潤滑油： 8～11 Baht/kg

b.6 ユーティリティ

- 硫酸：98%品を使用、廃油に対する添加量の原単位は7%から20%と各社により差があるが、数量の把握が出来ていない所もあった。添加量は固定で調整はしていない。価格は2～4 Baht/Kg。

- 中和剤:苛性ソーダ (NaOH) フレークもしくは消石灰 (Ca(OH)₂) を使用。消石灰価格は5 Baht/Kg。
- 白土: Wonder Earth、Active Clay などと呼ばれている。使用量は7%。価格は16 Baht/Kg。
- 燃料: 廃油の水分除去の炉加熱用熱源には廃油を使用。

b.7 廃棄物の処理

- 硫酸ピッチ: 殆どが処理業者 (GENCO など) に処理委託。処理費は 3,500 Baht/ton (GENCO)。自社内埋立をしている所もある。亜硫酸ガス (SO₂) ガスの臭いが酷く早晚問題化すると見られる。発生量は殆ど把握されていない。ある社は廃油処理 6,000 Ltr/日に対し、6ドラム/日発生もするという。
- 廃白土: 全量自社内埋立てされる。油分が浸出している。

11.2.2 課題

a. 製品品質

エンジンなどへの使用のためには、添加剤の調整が必要であり、再生潤滑油は高級品質を要求されない注し油などの用途に使用が限定されている。

b. 廃棄物の処理

b.1 硫酸ピッチ

自社内処理、外部処理委託共、何れも埋立て処分である。硫酸及び油分による地下水、土壤の汚染、発生 SO₂ ガスによる大気汚染発生の原因となり、環境負荷が非常に高い。又、強酸性のため容器内保管、輸送が必要であり、埋立処分時にもその取り扱いが困難で容器からの抜出、処分場への投入など重機の使用にも問題が出てくる。埋立処分後も他の埋立処分物との反応による発熱、ガスの発生などの問題が発生する。

b.2 廃白土

埋立て処分されており、油分浸出による地下水、土壤汚染の問題が潜在している。覆土した後に圧密不良による地盤沈下も懸念される。

11.2.3 廃油リサイクル改善計画

a. 日本の状況:

日本国内では潤滑油の 46%は消耗と付着とで消費される。残り 54%が再生に回されるが、16%は燃料として自家消費され、35%が Off-site で燃料化され、潤滑油として再生されるのは僅かに 4%である。給油所の廃油の性状は潤滑油の種類、老化の程度、洗浄油や水の混入量によって異なるが、発熱量は通常 10,000 Kcal/Kg 以上あり、燃料としての価値が高く、潤滑油として再生されるものは少ない。

廃油の燃料油への再生は比較的容易で、無処理で再利用することもあり、簡単なる過と加温静置のみで再生燃料と出来るものが多い。燃料油再生は比較的簡単な設備と操作で可能であり、灰分は多いものの硫黄分の少ない燃料が容易に得られる。これに対し、潤滑油再生は複雑な設備や成分調整などを必要とするが、その割に燃料油との価格差が小さく、経済的メリットが乏しい。潤滑油に対するユーザーの要求が高まって、品質の安定性や交換サイクルの面で再生潤滑油の評価は低い。

硫酸・白土法による潤滑油の再生では硫酸ピッチ、廃白土が大量に発生し、その処理処分が問題になる。特に硫酸ピッチは処理が困難で、従来は焼却処理されていたが、大気汚染防止規制強化に伴い現在は適正処理を行うところがない。焼却炉で少量ずつ処理した場合でも処理費は 50,000 円/ton を上回る。

モーターオイル系の廃油は粗ろ過し、混入しているごみを除去した後、約 100℃ に加熱、静置し、水分を分離した後、軽質油分を加熱により分離し再生燃料油とする方法が主に採用されている。廃油の再資源化の工程で分離された廃白土などのスラッジはセメント原燃料として使用されるか、焼却処理されている。

日本の廃油リサイクルの現状は以下の通りである。

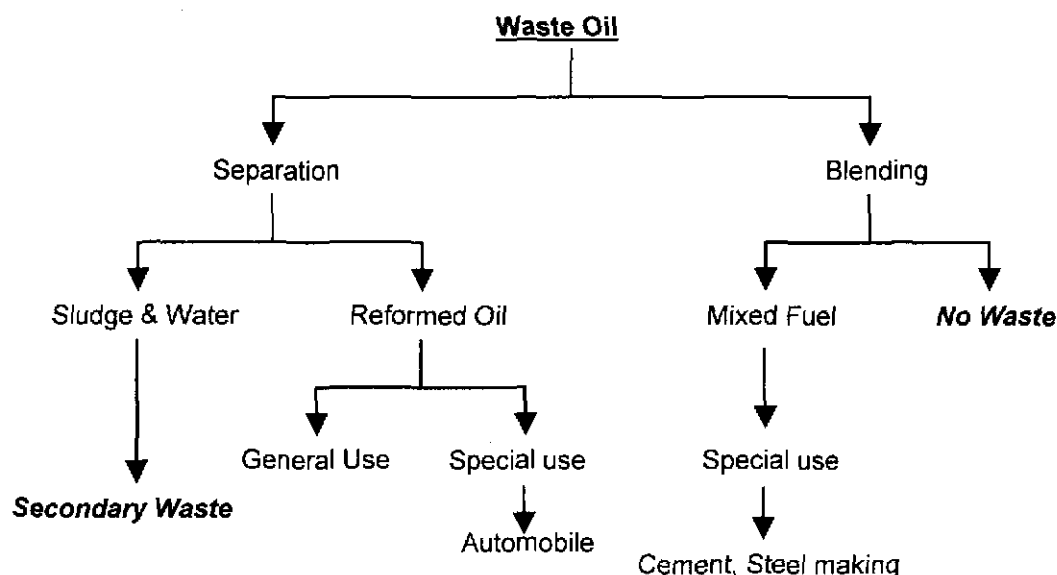


図 11-2: 日本における廃油リサイクル

b. 短期改善計画

短期的には、現在発生している廃棄物の適正処理に努めるべきである。

- 行政は硫酸ピッチの場内処理（埋立て処分）を禁止し、適正な処分業者に処理を委託させることを推進し、公害発生を防止する。
- 行政は廃白土のセメント原燃料としてのリサイクルを推進する。セメント工場ではクリンカーを焼成するロータリーキルンの他予備焼成炉(Pre Calciner)で固形燃料を使用している。廃白土は代表的な固形燃料代替品である。廃白土中の油分は燃料に、CaO, SiO₂ はセメント原料として活用される。工場によって廃白土の投入装置の有無、発熱量の要求スペックなど状況が異なるので、セメント会社との交渉が必要である。

b. 中長期改善計画

硫酸ピッチの処理が難しく、硫酸・白土法による潤滑油の再生は継続が困難になる。硫酸ピッチを適正に処理する場合には、潤滑油再生事業は経済的に成り立たなくなる。その上、硫酸・白土法で処理されたものは他の方法よりも品質上優れた性質を持

っているが、日本でそうであったように今後はタイにおいても再生潤滑油への需要はあまり望めないものと推測される。

これらのことから、硫酸・白土法から脱却し、処理困難な廃棄物の発生を回避し、以下に示すような新規プロセスを導入することが賢明であると考えられる。

b.1 再生燃料の製造

廃油から、潤滑油ではなく燃料を再生する。廃油をそのまま熱源とするには多くの使用条件の制限があり、何らかの処理が必要となるであろう。しかし再生燃料は燃料として汎用性を持ち、輸送、貯留にしても既存の市場システムにそのままのせられるものであり、マーケティング上の制約も少ない。

再生燃料化工程で発生するスラッジ類はセメント工場で原燃料として利用される。

日本では再生された燃料の品質基準として統一規格が設定されている。

表 11-2: 再生燃料品質規格

項目	単位	規格
密度	15/4 °C	0.87~0.90
反応		Neutral
引火点	°C	70~130
動粘度	50 °C cSt.	15~30
流動点	°C	-15~-35
残留炭素分	wt. %	< 3.0
水分	vol. %	< 1.0
灰分	wt. %	< 0.5
硫黄分	wt. %	< 1.0
発熱量	kcal/kg	> 10,500

b.2 混合燃料の製造

上記の再生燃料の製造に適さない、水分含有の多い廃油やスラッジ分の多い廃油をブレンドし、リグナイトなどの低質石炭の代替燃料とする混合燃料の原料化を行う。従来、廃油リサイクル工場はそのような廃油は受け入れてこなかったため、混合燃料の製造は現在の硫酸・白土法の転換というよりは、まったく新規のプロセスとなる。上記再生燃料の製造とこの混合燃料製造は、併行して行われることが望まれる。

設定発熱量は石炭並とし、高水分含有廃油もそのままの形で受入れ、再生燃料で発熱量調整をし、混合燃料としてセメント焼成炉の石炭代替燃料とする。

固形分が混入していても、混合燃料がポンプ輸送できる限りは、使用に問題ない。

追加設備としては、原料をブレンドする設備の設置が必要となる。再生燃料製造時の分離水や、他産業を含めた含油廃水の適正処理が可能となる。

11.3 廃バッテリーリサイクル改善計画

この調査の目的は、廃バッテリーリサイクル産業の現状を調査し、問題点を明らかにし、その改善手法を提案することである。個別工場の問題点の指摘とその改善計画については、調査に協力してくれた工場関係者から外部には開示して欲しくないとの要望を受けて、工場関係者への改善説明会で個別に伝えた。従って、ここでは全体に共通した総括的な事項をまとめた。

11.3.1 現地調査

調査では、対象工場の許可を得た上で訪問し、工場関係者から生産工程等の説明を受けた後、実際の施設、生産工程、環境対策、廃棄物処理状況を調査した。

a. 調査対象工場

廃バッテリーをリサイクルし、再生鉛等を生産する MOI 工場分類コード 60 番の廃バッテリーリサイクル工場 (Non-ferrous smelter: Lead smelting factory from used battery) は、全国に 8 ヶ所立地している。この内、今回の調査では、訪問調査の許可が得られた次の表に示す 6 工場を訪問調査した。なお下表の 7 と 8 については連絡が取れず、訪問出来なかった。

表 11-3: 廃バッテリーリサイクル工場リスト

工場名	県	能力	訪問日
1.Bergsoe Metals Limited	Saraburi.	800-900t/m	1/29
2.T.K. Metal Trading Ltd.,Part.	Nakornprathom	1000t/m	1/30
3.Thai Nonferrous Metal Co. Ltd.	Chachoensao	1500t/m	1/30
4.Thai China Nonferrous Metals International Co. Ltd.	Nakornsawan	850t/m	1/31
5.Thai Metal Smelting Industry Co. Ltd.	Rachaburee.	不明	2/4
6.Laow Thai Charoen Industry.	Rachaburee.	不明	2/4
7.Lieng Huad Metal Smelting Ltd.Part	Samut Prakarn	不明	訪問せず
8.Kim Lee Metal Smelting Factory	Rayaong	不明	訪問せず

b. 廃バッテリーリサイクルの現状

b.1 リサイクル量

廃バッテリーリサイクルの現状について、廃バッテリースクラップの量は各工場からの聞き取りから判断して、年間 60,000 トンから 80,000 トン位でこの内、回収鉛として年間 36,000 トンから 48,000 トンがリサイクルされていると推測する。これは日本と比較して車の台数などから考えても非常に多い数値である (図 11-3 及び図 11-4 参照)。その理由は、日本のバッテリーは鉛-カルシウム系 (密閉型メンテナンスフリー長寿命タイプ) がほとんどであるため、使用年数が長く、スクラップ率が低いためであると思われる。

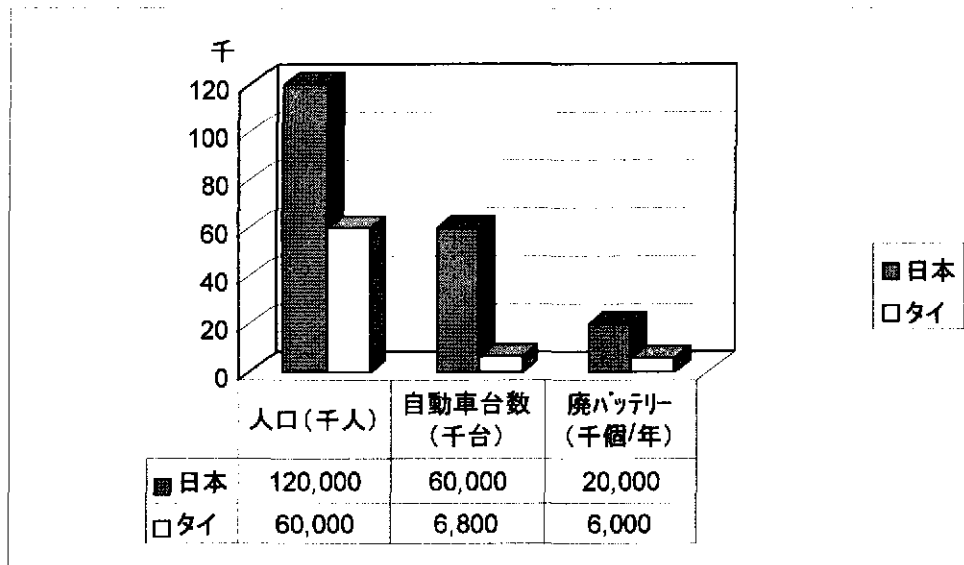


図 11-3: 廃バッテリー量の比較

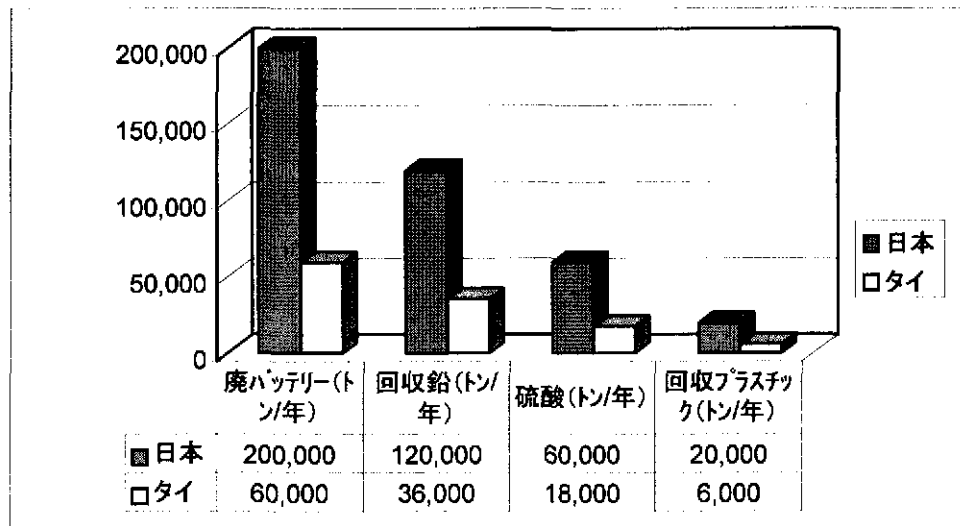


図 11-4: 廃バッテリーリサイクル量の比較

ここで、鉛-アンチモンタイプ（開放型）とは、水が蒸発して、たまに水素が発生し、硫酸濃度調整のため、水を適宜加えなくてはならない保守管理が必要なバッテリーで、タイ国で普及しているものである。一方、鉛-カルシウムタイプ（密閉型）は、硫酸が密閉されて外部に漏れにくく、水が蒸発せず、水素が発生しても内部で吸収し、水の補給がいらなためメンテナンスフリー（MF）の長寿命型バッテリーである。日本ではこちらが普及している。表 11-4は両者の比較表である。今後 MF タイプがタイ国に普及した場合、スクラップ鉛から脱アンチモンの精製技術を確立する必要がある。

表 11-4: 鉛—アンチモン(MF)タイプと鉛—カルシウム(ノーマル)タイプの比較

タイプ	寿命	メンテナンス	漏出	価格	組成
鉛-アンチモン(MF)	3 years or more	No need	しない。(密閉型)	ノーマルタイプの5倍	Pb Sn 0.2 - 1.0 % Ca 0.05 - 0.12 %
鉛-カルシウム(ノーマル)	1 - 3 years	Adding water time to time	する。(開放型)	-	Pb Sb 2 - 5 % Sn 0.01 - 0.02 %

b.2 価格

取引されている価格については、廃バッテリースクラップを9パーツ/kg程度で買取、回収鉛を20数パーツ/kgで売却している。プラスチック類(PP ポリプロピレン)は色が白いと10数パーツ/kg、色がつくと8パーツ/kg程度で売却している。

b.3 各工場環境対策状況

b.3.1 大気関係

DIWはPCDとともに、廃バッテリーリサイクル産業の環境対策を推進するために、廃バッテリーリサイクル産業改善委員会を創設している。委員会は、一定の環境対策を施した工場に対して、その製品の購入者に対して5%の免税措置を与えている。今回訪問することができた廃バッテリーリサイクル工場のうち4工場はこの免税措置の認可を受けている。また、残りの4社については、改善命令を受けており、操業停止、改善工事の実施中等の状況になっている。免税認可工場は、規制値内で操業しており、概ね設備的にも問題はない。しかし環境対策が不備なDIW登録工場は設備的に重金属、SO₂を除去出来る構造でない。

b.3.2 水質関係

免税認可工場は、クローズシステムで外部に汚染した水を出さずに、工場内で処理して、再使用していた。一部の工場は規制値まで重金属類の数値を下げて、立地する工業団地専用の最終排水処理施設へ送っていた。しかし免税の認可が取れていない工場は、排水処理設備もなく改善が必要であり、現在改善中のところもあった。

b.3.3 廃棄物関係

- スラッグ

回収鉛の精製時に発生するフラックス処理によるスラッグは、工場内堆積か、GENCO等に埋め立て処分委託している。この処分費用は約1.5-3.0パーツ/kgである。一部の会社では、セメント原料への活用の可能性を試験中であった。

- 排水処理副生物

排水処理による汚泥状の副生物については、担当者の話では現在は一部の工場を除いて、硫酸が捨てられた廃バッテリーが回収されてくるのであまり発生しないで、工場内循環しているとの話であるが、実際は蓄積しており、処分が必要であると思われる。

11.3.2 課題

a. 硫酸溶液の不法投棄

廃バッテリースクラップ内の硫酸溶液については、どこかで不法投棄され、通常は乾いた状態で廃バッテリーリサイクル工場に持ち込まれている。不法投棄された硫酸溶液による水質汚染、土壌汚染が危惧されている。

b. 不法な Smelter による一次製錬

現在、タイでは全国で 8 社が廃バッテリースクラップの一次製錬処理工場として DIW に登録されている。しかしながらこれら DIW 登録工場の他に、特定は出来なが数多くの不法な Smelter が存在しており、空閑地を利用して、摘発を避けて夜間にドラム缶に廃バッテリースクラップを入れて一次製錬処理を行っている。工場への聞き取りでは、全国の一次製錬処理量の 4 割をこうした不法な Smelter が行っているということである。免税の認可を受けていない会社が、不法な Smelter から安価で一次製錬した租鉛を買い取り、二次精製して販売しているとの指摘がされている。このため、免税認可工場の処理業務に支障を来している。

c. 硫酸、重金属類の処理能力

廃バッテリー内の硫酸が確実に集まり出したときに、硫酸自体と硫酸内の重金属類を処理できる設備が十分でないことから排ガス処理、排水処理が問題となる。また密閉型の廃バッテリーが増えてくると予想され、必然的に処理能力の増強が問題となる。

d. リサイクル過程からの廃棄物処理

廃バッテリーリサイクルの処理過程で、スラグと廃水処理汚泥が生じる。硫酸が回収ルートで廃棄されずに工場へ集まるようになると、後者は増加していく。これらの適切な処理・処分が徹底されると同時に、排出量の減量化あるいはリサイクルの努力も望まれる。

11.3.3 バッテリーリサイクル改善計画

個別の会社に対する改善方法はそれぞれ説明し、了解済である。ここでは業界全体の改善計画を示す。

a. 日本での廃バッテリースクラップの現状について

日本で処理されている廃バッテリースクラップはさまざまなデータがあるが、およそ年間 2,000 万個、バッテリースクラップ 1 個あたりの重量は 10 kg (硫酸込み) であるので、総重量は 200,000 トン/年となり、その内鉛の含有量を 65% とすると 130,000 トン/年となる。一次製錬メーカーが全体の 47%、二次が残りの 53% ということである。

基本的に一次製錬メーカーは、溶鉱炉、ガス処理設備、廃水処理設備を持っている。破碎の工程は、集められた廃バッテリーを上部カットしたりせずに、直接破碎機に投入し、一次、二次と破碎して、比重分離を利用して、プラスチック、鉛と鉛ペーストに分ける。

プラスチックは 3 - 5 mm まで破碎して、プラスチックメーカーへ、鉛と鉛ペーストは溶鉱炉へ送られて、製錬される。硫酸、及び液中の重金属は排水処理されている。

二次製錬メーカーは、鉛-アンチモンタイプ（開放型タイプ）と鉛-カルシウムタイプ（密閉型タイプ）で分けて製錬して、アンチモンタイプは脱銅、脱錫をして、鉛-アンチモン合金として売却している。

現在日本の販売量の90%近くを占めているカルシウムタイプは、前段の処理に加えて、脱アンチモン、脱ニッケルをして、新鉛として販売している。二次製錬メーカーは水を有効に使うように、できるだけ再循環している。

硫酸の中和剤として水酸化マグネシウムを使用し、生成される硫酸マグネシウムは排水中に溶解しているが、これは日本では排水基準に全溶解固形物（TDS）の基準値がないためである。タイではTDSが排出先の水域タイプにより2000-5000 mg/lと規定されているので、中和剤には生成物が石膏として回収できる水酸化カルシウムなどが適当と思われる。

スラグは一部循環しているが、大部分は埋め立て処分している。

また、廃バッテリー回収の歴史は、30年程前は日本も確実に硫酸を回収することが出来ず、今のタイ国のように硫酸が捨てられて、処理工場に持ち込まれることが多かった。しかし12年ほど前からMFバッテリーの普及に伴い、廃バッテリー数は減少し、精製技術の高度化が要求されるようになった。そのため廃バッテリーリサイクル業界が低迷しリサイクル率も下降した。リサイクル率を回復させるためマニフェスト制度を徹底させようとする政府の強い指導力、及び国民の公害に対する高い関心のため、廃バッテリーリサイクル業界では硫酸処理施設の導入は必然と受け止められ、施設整備が進んだ。マニフェスト制度の充実により、8年前ぐらいからより確実な廃棄物の流れが確立されている。

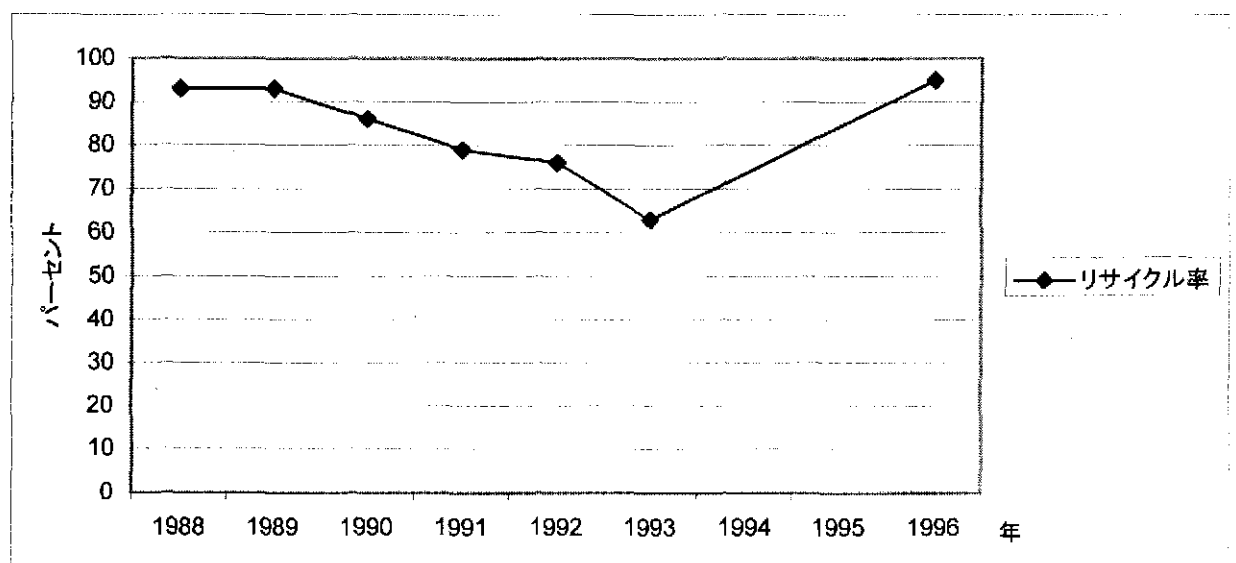


図 11-5: 日本における廃バッテリー回収の動向

- b. 硫酸廃液不法投棄防止のための改善計画
 - b.1 短期計画
 - b.1.1 廃バッテリー回収ルート of 把握

まず、廃バッテリーが排出されリサイクル工場へ持ち込まれるルートを理解する。これによって、誰がどのようにリサイクルに関与しているのかを明らかにすることが出来る。

b.1.2 回収業者の登録制度の導入

廃バッテリーが硫酸を抜き取られずに回収されるためには、マニフェスト制度の確立が必要である。廃バッテリーの出所を明確にし、処理業者、最終処分業者、その他回収に関わった業者は全て規定の用紙の指定場所に確認印を押して、それぞれの責任範囲の業務を記録、保管するのである。これによりあとでトレースが可能となり、廃バッテリーの行方が確認できる。

しかしマニフェストの導入は、関わってくる業者を管理する制度を前提とする。工場に対する管理制度はすでに存在するが、回収業者については管理する手段がない。そのため調査団は回収業者を登録する制度の導入を提案する。

この登録制度では廃バッテリーの回収に関わる全ての業者が登録しなければならず、違法行為が発覚すれば登録が抹消される。こうした仕組みが、次期に導入されるべきマニフェスト制度の効果的実地的運用を可能にする。

b.1.3 硫酸不法投棄の規制

行政は摘発と罰則の厳格な適用により、硫酸の不法投棄に対する規制を強化すべきである。

b.1.4 市民の協力

不法投棄を排除するには行政の力だけでは限界があり、市民の協力を求める必要がある。市民は硫酸の不法投棄問題の重要性を認識し、不法投棄者に対し社会的な制裁を与えることが期待される。

b.2 中長期計画

b.2.1 マニフェスト制度の導入

すでに述べたように、マニフェスト制度を導入する。

b.2.2 硫酸を含まない廃バッテリー購入の規制

現在、硫酸の不法投棄はそもそも、硫酸を含まない廃バッテリーが一部のリサイクル工場で歓迎されるから起るのである。この循環を断ち切らなければならない。

DIW は廃バッテリーリサイクル工場に対しては規制手段を行使しうるのであるから、彼らが硫酸を含まない廃バッテリーを購入しないように規制を強化すべきである。

c. 不法一次製錬業排除のための改善計画

c.1 短期

c.1.1 不法一次製錬業者の規制

不法な一次製錬業者を摘発し、厳格に罰則が適用されなければならない。

c.1.2 不法一次製錬業者からの租鉛購入の規制

不法一次製錬業者の経営を圧迫するために、二次製錬業者が彼らから租鉛を購入することに対する規制を強化すべきである。

c.1.3 免税認可工場からの再生鉛購入の促進

バッテリー製造工場が、積極的に廃バッテリーリサイクル産業改善委員会が認可した工場から回収鉛を購入していく必要がある。このため、DIW のとるべき手段は次のようなものが考えられる。

- バッテリー製造工場に対して、優良工場が認可された背景、不法な一次製錬問題の深刻さ、認可工場から回収鉛を購入することの経済的・環境的便益について説明する。
- 認可工場から回収鉛を購入するよう指導する。
- バッテリー製造工場を検査して回収バッテリーの購買履歴と生産高を検証し、上記指導に対する適合性をチェックする。

c.2 中長期

c.2.1 市民の協力

市民へ協力を求めることで、消費者が不法な一次製錬業者を排除する行動をとるような社会的コントロールが働くべきである。

c.2.2 マニフェスト制度の導入

マニフェスト制度の導入によって、不法一次製錬業者は排除されていくであろう。

d. 廃棄物・環境管理

d.1 硫酸及び重金属処理施設の強化

処理工場に持ち込まれるルールづくりが整うのと平行して、廃バッテリー内の硫酸、重金属類を処理できる設備の増強、改善を行う。加えて、排ガス中のSO₂除去設備としてスクラバーの設置も必要である。

d.2 鉛スラグの処理

現在場内埋め立て処分されている鉛スラグは、産業廃棄物処理処分業者に処理委託されるべきである。

適正処理・処分は最低限の目標であるが、一歩進んだ鉛スラグ処理方法としてはセメント工場でのリサイクル利用がある。

鉛スラグを処理するときには、鉛分を出来るだけ回収するように水砕して細粒化し、炉内に戻して、鉛品位を下げて、セメント工場が利用しやすくする必要がある。

水による鉛の水への溶出も懸念されるので、確実な排水処理設備の設置も重要となる。

d.3 排水処理からの副生物

排水処理の生成物は、中和する薬品によって生成物が異なるが、市場のニーズ、操業コストの適正化、ハンドリングの容易さなどを考慮して、プロセスを決定すべきである。参考として考えられる薬品としてはNaOHによりNa₂SO₄を生成する方法、Ca(OH)₂により2水石膏(CaSO₄・2H₂O)を生成する方法がある。NaOHによる方法

は $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ による方法より設備費は安価になるが、後者は石膏として市場価値を持ちうる。

11.4 結論と勧告

11.4.1 廃油リサイクル

今回訪問することができた廃油リサイクル工場は、硫酸・白土法により廃油から主として、再生潤滑油を生産している。硫酸・白土法による再生潤滑油の生産は、生産に伴って、強酸で反応性が非常に強い硫酸ピッチと油分を含む廃白土を廃棄物として発生する。現在は、硫酸ピッチについては一部が工場敷地内に埋立処分されている他は、有害産廃処理・処分業者に委託され処理されている。廃白土については、大半が工場敷地内に埋立処分されている。

工場敷地内でのこれらの廃棄物の埋立処分には地下水・土壌汚染等の可能性が高く多くの問題がある。特に、硫酸ピッチについては、強酸で反応性が非常に強く、亜硫酸ガスを発生しており危険である。また、取り扱いが難しく、処理・処分が困難な有害産廃であり、現在は、有害産廃処理・処分業者が比較的安価で引き受けているものの、将来的には大幅な処理・処分価格の上昇が予測される。従って、近い将来、発生する廃棄物の処理が非常に大きな問題となることが予測される。

短期的な改善方策としては、生産に伴って発生する廃棄物の適正処理を推進する。即ち、一部の工場敷地内で埋立処分されている硫酸ピッチを、有害産廃処理・処分業者による適正処理へと早急に転換する。さらに、廃白土についても工場敷地内で埋立処分からセメント工場でのリサイクルへ転換する。

しかしながら、中長期的には、廃棄物処理コストの上昇からこうした廃棄物の処理コストが、生産による利益を上回ることが予測される。また、硫酸・白土法による再生潤滑油が他の生産方法に比べて、品質的に大きな利点をもつことから、生産物として再生潤滑油を対象とする限り、生産方法だけの転換は困難であると判断する。従って、廃油リサイクルによって生産される物を、硫酸・白土法による再生潤滑油の生産から次の方向に転換あるいは進出していくことが必要であると判断する。

- 燃料油の再生
- 混合燃料の製造

11.4.2 廃バッテリーリサイクル

DIW は PCD とともに、廃バッテリーリサイクル産業の環境対策を推進するために、廃バッテリーリサイクル産業改善委員会を創設している。委員会は、一定の環境対策を施した工場に対して、その製品の購入者に対して5%の免税措置を与えている。今回訪問することができた廃バッテリーリサイクル工場のうち 4 工場はこの免税措置の認定を受けている。また、残りの 4 社については、改善命令を受けており、操業停止、改善工事の実施等の状況になっている。こうした状況から、廃油リサイクル産業とは異なり、廃バッテリーリサイクル工場については、工場の操業に起因する環境問題は大きくない。

しかしながら、廃バッテリーリサイクルは、次のような問題を抱えており、環境全体に与える悪影響は、むしろ廃油リサイクルより大きい。

- 硫酸溶液の不法投棄

廃バッテリーリサイクル工場の原料となる回収バッテリーの殆どが、硫酸溶液をリサイクル工場に来るまでに不法投棄されている。不法投棄による水質汚染、土壌汚染は広域であり深刻であると推測する。

- 不法な一次製錬業者の存在。

認可工場の他に数多くの不法な一次製錬業者 (Smelter) が、一次製錬処理を行っている。工場への聞き取りでは、全国の一次製錬処理量の 4 割をこうした不法な一次製錬業者が行っているとのことである。こうした不法な一次製錬業者の存在は、その操業による環境汚染のみならず、相当の費用を掛けて環境汚染対策に取り組んでいる優良工場の経営をも圧迫している。事実、原料となる回収バッテリーの価格は、回収した鉛の値段が下がっているにもかかわらず上昇している。

以上の状況から判断して、硫酸溶液の不法投棄をなくし、不法な一次製錬業者を廃バッテリーリサイクル産業から排除するために、次のような対策を実施することを提案する。

項目	短期改善	中長期改善
硫酸溶液の不法投棄の防止	<ul style="list-style-type: none"> • 廃バッテリー回収ルートを調査し把握する。 • 廃バッテリー回収業者の登録制度を導入する。 • 硫酸溶液の不法投棄に対する規制(罰則、摘発)を強化する。 • 硫酸溶液の不法投棄防止のための情宣活動を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> • 廃バッテリーリサイクル工場に対して、硫酸溶液のない廃バッテリーの購入の規制(査察、罰則、摘発)を強化する。 • 廃バッテリーに関わるマニフェストシステムを導入する。
不法な一次製錬業者の排除	<ul style="list-style-type: none"> • 不法な一次製錬業者の規制(罰則、摘発)を強化する。 • 二次製錬業者が、不法な一次製錬業者から租鉛を購入することに対する規制(罰則、摘発)を強化する。 • バッテリー製造工場に対して、廃バッテリーリサイクル産業改善委員会の認可を受けた工場からの製品の購入を指導する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 不法な一次製錬防止のための情宣活動を行い、市民による不法な一次製錬業者の監視体制を構築する。 • 廃バッテリーに関わるマニフェストシステムを導入する。

上記の対策が実施され、硫酸溶液の不法投棄をなくなり、不法な一次製錬業者が廃バッテリーリサイクル産業から排除された場合には、廃バッテリーリサイクル工場は、廃バッテリーに入っている硫酸溶液を処理する必要がある。そこで、その際には、次のような対策が必要となる。

- スクラバー設備の増強、即ち排ガス中のSO₂除去設備の設置。
- 排水処理設備の増強、即ち排水中の硫酸、重金属類の除去設備の設置。