

廃棄物のリサイクル技術に関する 研究報告書

社団法人 小山工業団地管理協会

独立行政法人 国立小山工業高等専門学校

(難処理廃棄物の共同研究・開発プロジェクトチーム)

はじめに

これまでの社会経済活動は、限りある地球資源に対して、大量生産・大量消費・大量廃棄の流れの中で豊かさを追求する一方で、資源の枯渇化に向かうことを表面化させるものであったといっても過言ではない。更には、この一方通行的な経済活動は生活環境に対する負荷の急増を招き、地球上生物の生存の危機が示唆されるほどに問題が深刻化してきた。

近年、資源の有効利用や保全の観点から3Rすなわちリデュース、リユースおよびリサイクルの重要性や必要性がうたわれてきている。特に、リユース活動は、市民レベルから企業レベルまで、“もったいない精神”が浸透してきた。また、リデュースの立場からは化学に一分野であるグリーンケミストリーの分野がその貢献に対して発展途上にあるが、リサイクル技術にもリデュースの場合と同様に化学分野の応用が期待できる。即ち、溶かす、混ぜる、合わせる、そして分離する、といった“化学的方法”である。限りある地球資源を将来へ向けて安全に引き継ぎ、生活環境を良好に維持する循環型の産業経済システムの構築は必然の要望である。

ゼロエミッションはまさに、この要望に応えるべく発生した“新産業経済システム”と言える。廃棄物はもはや廃棄物ではなく、新エネルギー・新資源である。例えば、A企業が廃棄物として扱うものがB企業では原料として転換され、更には、B企業の廃棄物がC企業の資源やエネルギーへ転換されるといった発想である。ここから理想的エコタウンが形成される。

本共同研究は、小山工業高等専門学校と一企業との技術開発に留まらず、複数の企業を有する小山工業団地管理協会とのリサイクル技術の研究を行うことで、理想的循環型の産業経済システム構築へ向けての第一歩であることと、次世代への環境・エネルギー教育の充実発展の観点から極めて興味深いものである。

リサイクル技術開発は次のステップを踏んで構築される。

- 1). 情報収集と基礎研究のファーストステージ
- 2). パイロットプラントなどの小規模実証的研究へのステップアップステージ
- 3). 企業における事業化と実用化のファイナルステージ

これらのことは、各都市や行政地区単位、工業団地および企業単位で行われており、たとえ確立されたリサイクル技術でも一般に知られていないことが多い。このようなことから、ゼロエミッション完成の為には文献的情報の収集は最優先で重要かつ有効な作業である。また、それと並行して廃棄物処理の実現に対する可能性の予備的な調査をすること、つまり実験室規模での基礎研究が必要である。この基礎的研究における多くの操作条件で実験を試み、有用な方向性を示すことで、小規模プラントによる実証実験へつなげることができる。

今回、小山工業団地管理協会との共同研究「廃棄物のリサイクル技術に関する研究」においては、様々な廃棄物のリサイクル化に対する文献情報収集と化学的実験に基づいた情報取得を主眼としてファーストステージの展開を実施することができた。

この研究は、小山工業高等専門学校における下記のメンバーにより実施されたものである。

小山工業高等専門学校	物質工学科	教授	斉藤 光司
		教授	吉田 裕志
		教授	糸井 康彦
		助教授	武 成祥
		助手	飯島 道弘
		技術室	技術職員

目次

1 .難処理廃棄物のリサイクル新技術開発検討結果	1
1 - 1 .(テーマ1)蛍光灯及び水銀用安定器のリサイクル	1
1 - 2 .(テーマ2) 廃プラスチック(塩化ビニール類の分別)	9
1 - 3 .(テーマ3) 油のしみ込んだ木材のリサイクル	14
1 - 4 .(テーマ4) 工業用グラスウール保温筒のリサイクルに関する研究	25
1 - 5 .(テーマ5) 塗料固形物のリサイクル	31
2 . 廃棄物リサイクル技術見学報告	53
2 - 1 . ペットボトル	57
2 - 2 . 家電	59
2 - 3 . OA 機器	60
2 - 4 . 蛍光管	61
2 - 5 . 医療器具	62
2 - 6 . 自動車	63
2 - 7 . 建設混合廃棄物	64
2 - 8 . 建設系副産物	65
2 - 9 . 食用油	66
2 - 10 . 古紙	67
2 - 11 . 有機溶剤	67
2 - 12 . 自動車	68
2 - 13 . 空き缶	69
2 - 14 . 発泡スチロール	71
2 - 15 . パチンコ台	72
2 - 16 . 廃木材・廃プラスチック	73
2 - 17 . トナーカートリッジ	74
2 - 18 . ガラスなどのリサイクル	75
3 . 謝辞	77

1 . 難処理廃棄物のリサイクル新技術開発検討結果

1 - 1 . (テーマ1) 蛍光灯及び水銀用安定器のリサイクル

難処理理由

非常に分解しにくく、分解した後も樹脂等が入っているため、鉄くず回収業者も量がまとまらないと引き取ってくれない。

解決方法

分解方法の簡便化もしくは樹脂成分の簡便な除去法を開発し、金属部分を再利用する。

これまでの結果報告

蛍光灯安定器(写真1)をドライバーとハンマー等の工具を用いて手作業で分解し、構造を確認した。その後、中心金属部分を包んでいる樹脂を取り除いた(写真2)。これらの結果より蛍光灯安定器中の大よその樹脂成分は、比較的簡単な手作業で分解・除去できることが明らかとなったが、写真を見ると明らかなように、隙間部分のわずかな樹脂成分や接着剤成分(褐色)を完全に除去することは困難であった。そこで、これらの樹脂成分及び接着成分の溶解性を検討した。実験方法を下記に示した。



写真1 蛍光灯安定器



写真 2-1 工具を用いて分解したもの



写真 2-2 工具を用いて分解したもの



写真 2-3 工具を用いて分解したもの

樹脂成分及び接着剤成分の溶解性試験

実験方法)

接着剤成分が付着した樹脂を 1g 弱程度ずつガラス容器に入れ、各種溶媒 20m l に浸漬して室温で一週間静置した後、比較を行った。検討溶媒としては、汎用の有機溶媒であるテトラヒドフラン (THF)、メタノール、アセトン、クロロホルム、ベンゼン、ヘキサン、ジメチルホルムアミド (DMF) を用いた。

実験結果及び考察)

浸漬直後の観察結果を写真 3 に示した。写真を見ると明らかなように浸漬直後に溶解する様子は見られなかった。使用した樹脂は、硬くて比較的にもろいような感じであった。浸漬 1 週間後の様子を写真 4 に示した。浸漬後は、クロロホルム、ベンゼン、DMF のみ溶液の色が褐色に変化していた。このことから接着剤成分がこれらの溶剤に溶解したものと考えられる。また、いずれの溶媒においても、樹脂成分の溶解は確認できなかったが、クロロホルム中のみ膨潤して細かく粉碎している状況が見られた。また、THF およびクロロホルム中に浸漬したサンプルは非常にもろく砕けやすくなっていることが確認された。以上の結果より、

蛍光安定器中の樹脂・接着剤成分は、クロロホルム、ベンゼン、DMF、THF 等に溶解または膨潤し、特にクロロホルム中では樹脂がもろくなっていることが確認された。



写真3 有機溶剤に浸漬直後の樹脂の様子

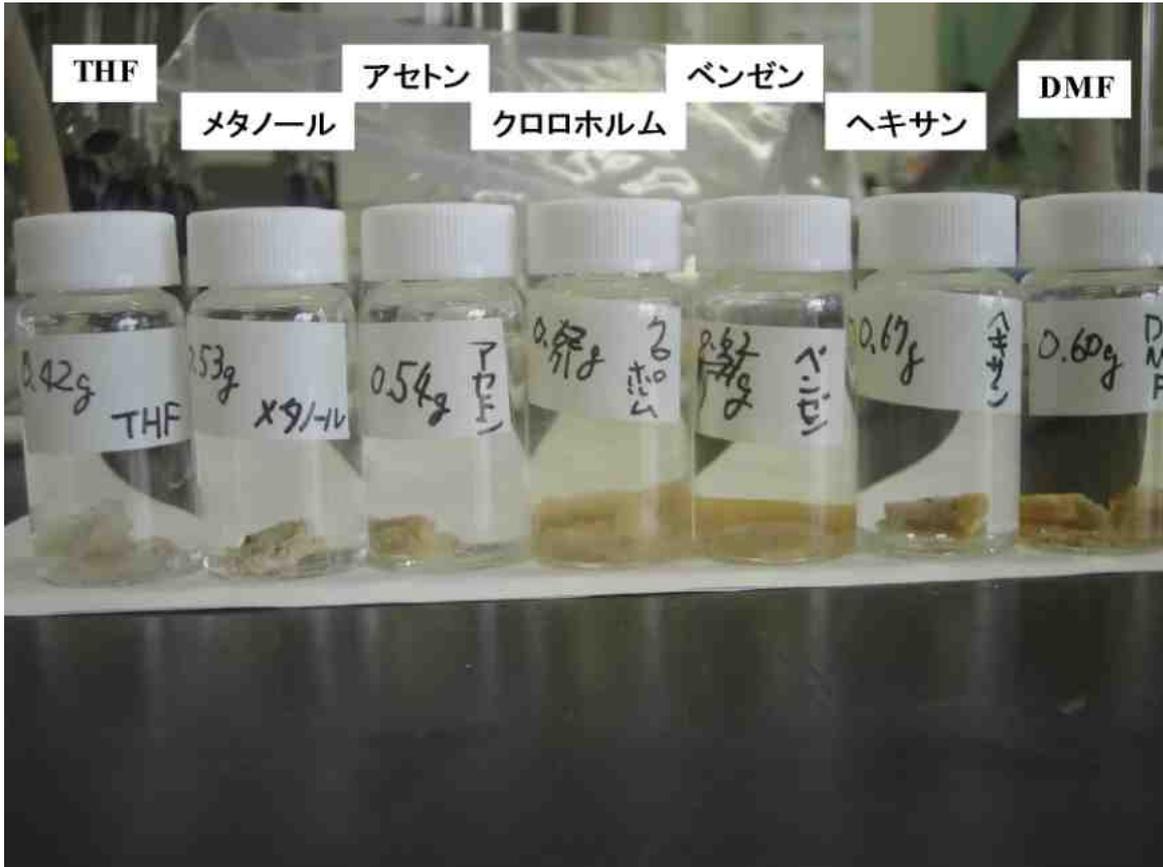


写真 4-1 有機溶剤に浸漬一週間後の樹脂の様子

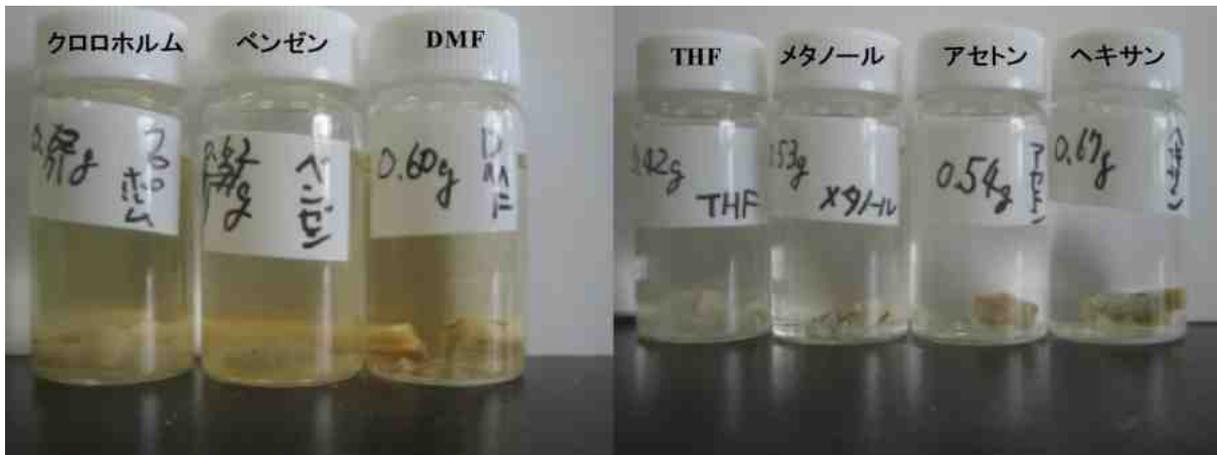


写真 4-2 有機溶剤に浸漬一週間後の樹脂の様子 (拡大写真)

上記結果を参考に、手作業で簡易分解したサンプルをガラス容器中で THF およびクロロホルムに一週間浸漬し、金属ブラシにより物理的除去を試みたところ、THF 処理後は樹脂はもろくなり金属ブラシにより容易に除去できるものの 2 ~ 3 割程度の樹脂が残っていた。一方、クロロホルム処理後のサンプルは、浸漬のみでほぼ大半の樹脂が除去できており、ブラシでこすることによりほぼ完全に樹脂成分を除去することが可能であった。しかし、若干のべたつきが認められたため、再度 THF に一週間浸漬したところ、べたつきもなくなり、ほぼ完全に樹脂成分の除去が可能になった。



写真 5-1 分解前の蛍光灯安定器



写真 5-2 カバー除去後の蛍光灯安定器



写真 5-3 THF 浸漬直後の様子



写真 5-4 クロロホルム浸漬直後の様子



写真 5 5 THF に一週間浸漬した様子



写真 5 6 クロロホルムに一週間浸漬した様子

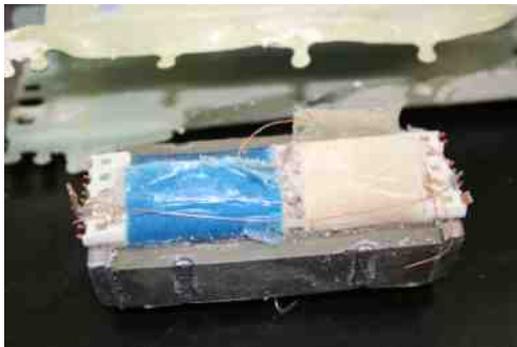


写真 5 7 THF 浸漬後、金属ブラシで樹脂を除去した様子

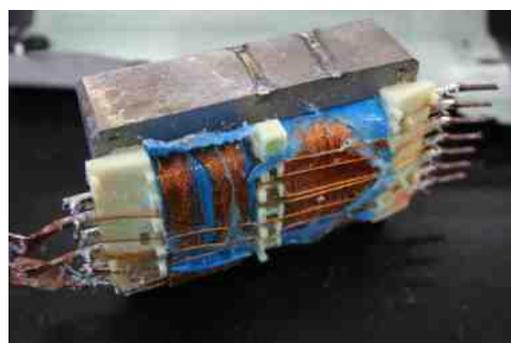
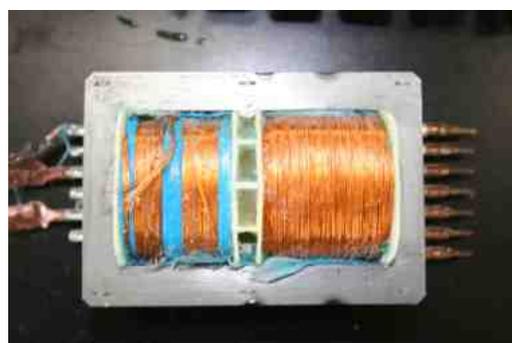
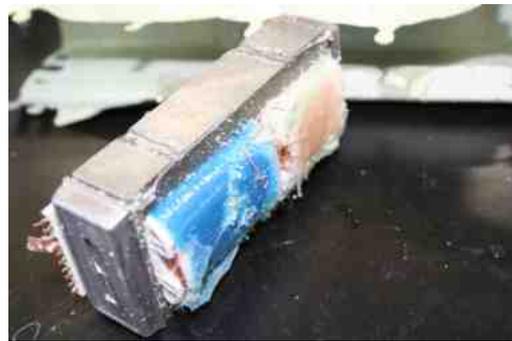


写真 5 8 クロロホルム浸漬後、金属ブラシで樹脂を除去した様子

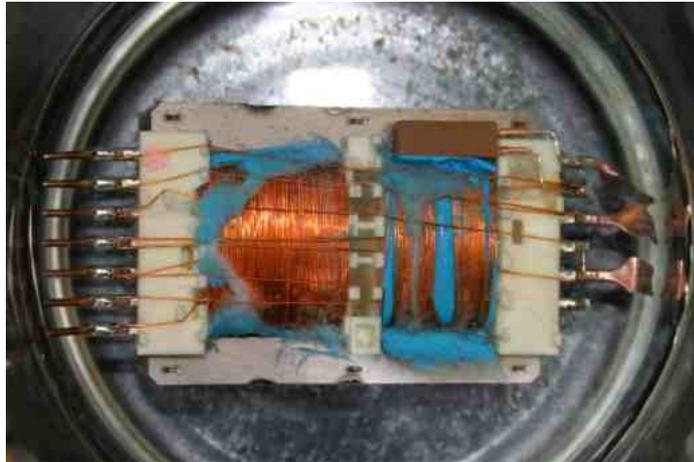


写真 5-9 クロロホルム浸漬後、金属ブラシで樹脂を除去し、THF に一週間浸漬したもの

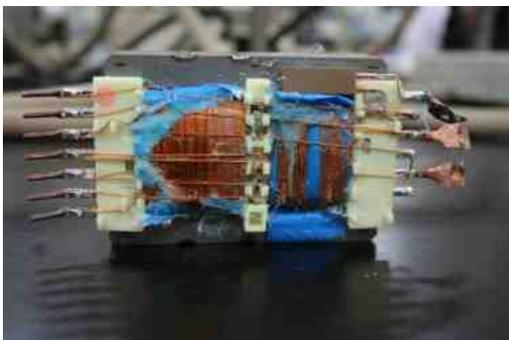
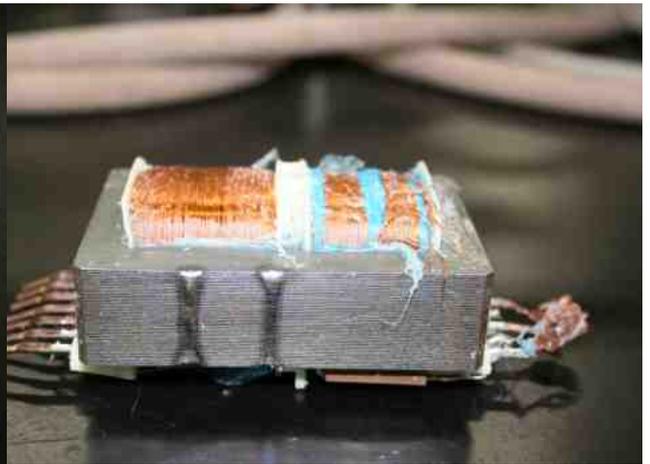
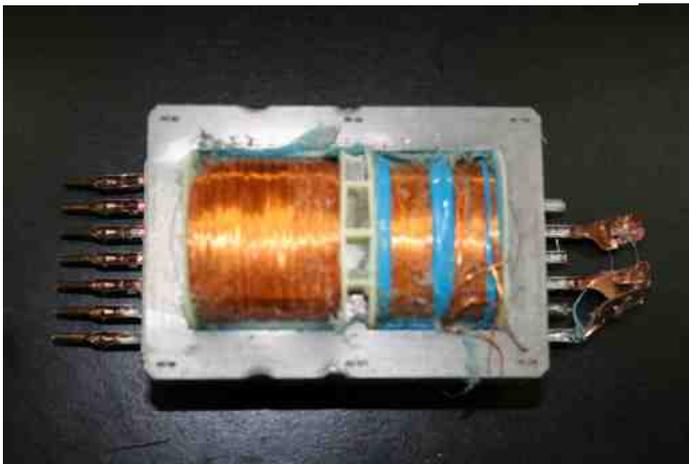


写真 5-10 クロロホルム浸漬後、金属ブラシで樹脂を除去し、THF に一週間浸漬したもの

まとめと今後の展開

蛍光灯安定器を簡易的に分解し、溶剤に所定時間浸漬して、樹脂及び接着剤成分の溶解性を確認した。その結果、クロロホルム、ベンゼン、THF、DMF 中において、接着剤成分の溶解及び樹脂成分の膨潤・劣化が確認された。この結果を参考に、手作業で簡易分解した安定器をステンレスまたはガラス容器中で THF およびクロロホルムに一週間浸漬し、金属ブラシにより物理的除去を試みたところ、ほぼ完全に樹脂成分を除去することができた。溶剤としては、クロロホルムが最適と考えられる。

以上の結果より、有機溶剤を用いることで、蛍光灯安定器の樹脂成分と金属成分が分離でき、金属部分のリサイクルが可能である。

これらの手法には、手作業による分解など手間がかかる点も多く、今後の改良策が必要である。また、有機溶剤の使用等の点で環境的および作業従事者への配慮も必要であると考えられる。

1 - 2 . (テーマ2) 廃プラスチック (塩化ビニール類の分別)

難処理理由

通常のビニール類と分別することが、リサイクルの条件であるが見分け方が難しく見極められない。

解決方法

測定機器 (近赤外分光法) によりプラスチックを判別する。

これまでの結果報告

プラスチックの判別にはいくつかの方法がある。例えば、プラスチックの一部を溶媒等に溶解し、溶解性やスペクトル測定などで判別する方法がある。しかし、これらの方法は安価ではあるが手間や時間がかかりサンプルの一部を破壊しなければいけないという欠点を有している。そこで、本研究において注目した方法は、非破壊型の判別方法である。非破壊型の判別方法に関しては、NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) で開発された近赤外分光法によるプラスチック材質判別装置の例がある。

音響光学可変波長フィルタの採用と吸光スペクトルデータを三値化して、あたかもバーコードを読み取るようにプラスチック材質を判別することを特徴としている (図1)

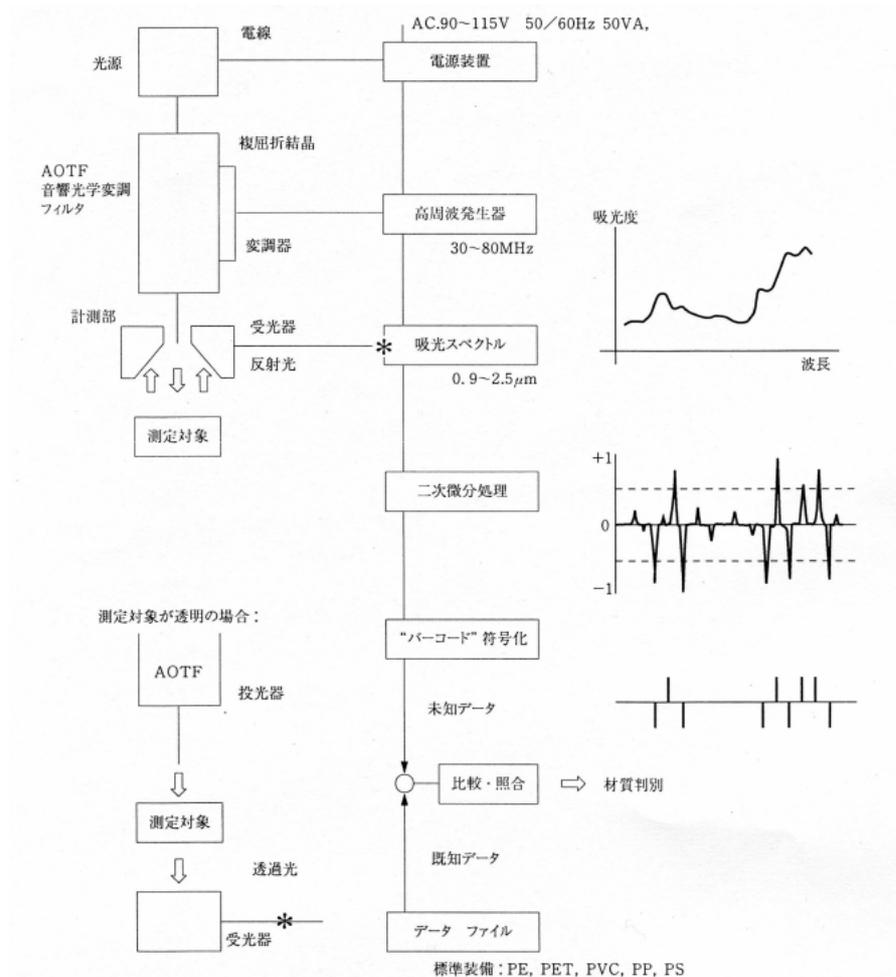


図1 近赤外分光分析法による「プラスチック材質判断計」の構成

測定原理)

近赤外線

紫外線から可視光線、赤外線に及ぶ光線の領域のうち、可視光線に近い領域の赤外光線であることから「近赤外 (NIR: Near Infrared)」と呼ばれる波長 (800 ~ 2500nm) の不可視光線である。

従来、分光分析といえば主に赤外光線が用いられている。これは、近赤外が赤外に比べて、吸光現象が複雑で解析が困難なため敬遠されていたことによる。しかし、コンピュータ解析技術の向上によって、複雑なデータ解析が可能になり、小麦のタンパク質分析の公定法として認められるまでになった。

吸光現象

有機化合物を構成する化学官能基 (C-H, O-H, H-Cl, C=O 等の分子結合) は、分子振動の状態にあるが、同じ振動数 (或いはその倍数) の光の照射を受けると、光の一部は分子に吸収されて、その分子の運動エネルギーは増加する。このことにより、吸収を生じる光線の振動数から該当の分子結合の存在を知ることができる。

分光方式

照射光の波長切り替えは、種々の方法があるが、プラスチックの判別に用いられるのは音響工学可変波長フィルタである。これは、NASA で開発された技術であり、高原はハロゲン・タングステンランプを用いる。複屈折結晶に、 piezo 振動素子で音響振動 (30 ~ 100MHz) を与えると、結晶内に生じる質量変化の波動面への照射光の大部分は結晶を透過するが、一部は入射角、結晶中の音速を定数として、音響周波数を函数とする所望の波長の反射光を得ることができる。

上記の原理を利用して、既に簡易的なプラスチック判別装置が開発されてきている。判別可能なプラスチックは、表 1 に示すように多くの種類に及んでいる。

表 1 判別可能なプラスチックの種類

ABS	Acrylonitrille Butadiene Styrene	エービーエス樹脂
AS	Acrylonitrille Styrene	アクリロニトリルスチレン
PA	Polyamide (Nylon)	ポリアミド (ナイロン)
PBT	Polybutyleneterephthalate	ポリブチレンテレフタレート
PC	Polycarbonate	ポリカーボネート
PC/ABS	Polycarbo/Acrylo. Butadi. Styrene	ピーシーエービーエス
PE	Polyethylene	ポリエチレン
PET	Polyethyleneterephthalate	ポリエチレンテレフタレート
PMMA	Polymethylmetacrylate	メタクリル (アクリル樹脂)
POM	Polyacetal	ポリアセタル
PP	Polypropylene	ポリプロピレン
PS	Polystyrene	ポリスチレン
PVC	Polyvinyl Chloride	塩化ビニル
PUR	Polyurethane Resin	ポリウレタン樹脂

実際には、付属パソコンのディスプレイに図 2 のような吸光スペクトルとともにプラスチック種類の名称表示するものである。

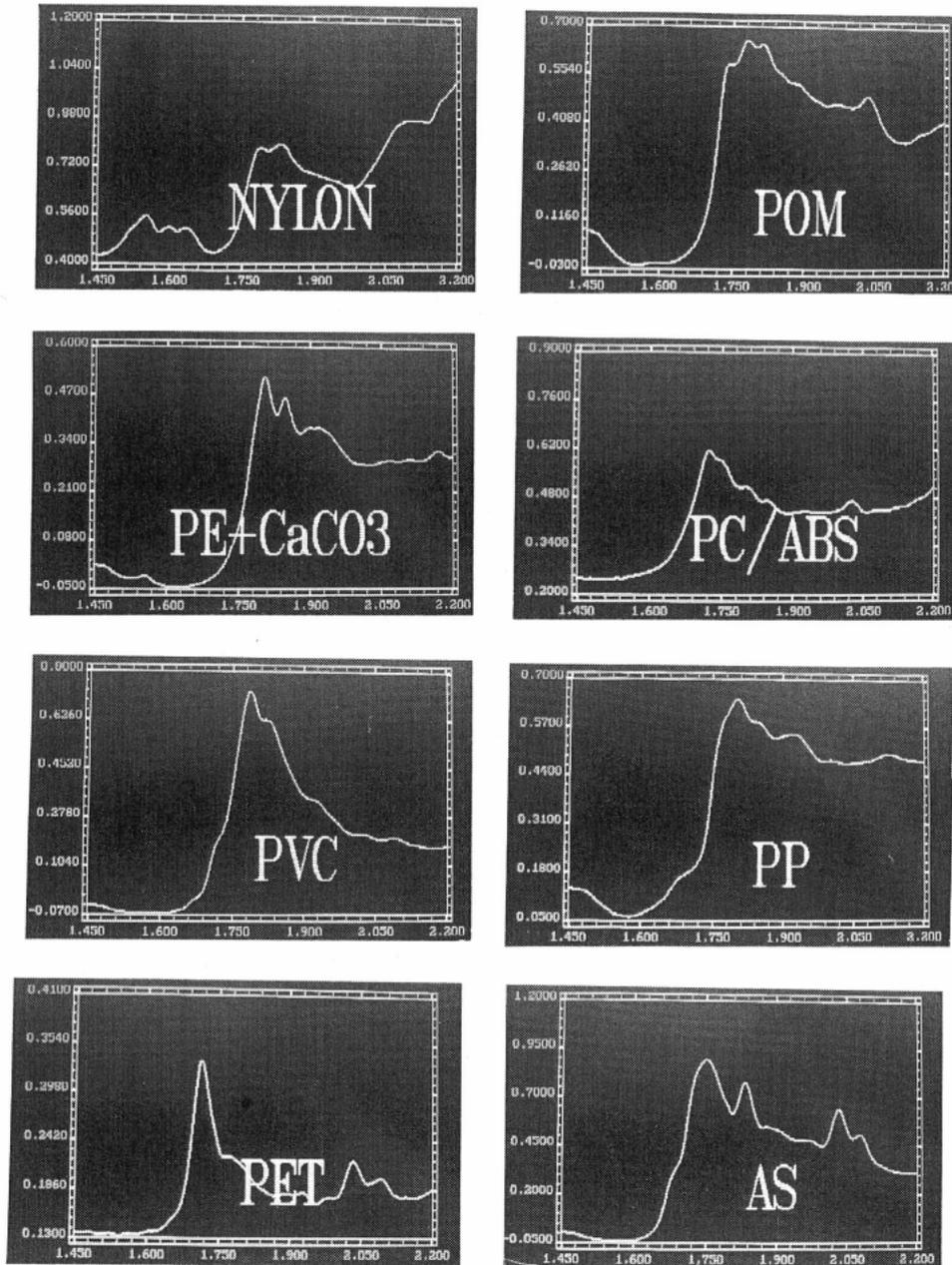


図2 プラスチック判別結果表示例

まとめと今後の展開

最近までにプラスチック判別装置も多数開発され、まだ高価ではあるが、小型化(持ち運び可能)され、判別できるプラスチックの種類も拡大しつつある。本研究においても、廃プラスチックの判別には、このような判別装置を使用するのが、最も簡易かつ信頼性も高く最適だと考えられる。

参考資料)

市販のプラスチック判別装置には、小型のものから大型のもの、また接触型から非接触型まで様々なタイプが存在している。

代表的な例を下記に示した。

九州科学株式会社 *mIRo* (ミロ) 近赤外プラスチック識別装置



mIRo の特徴

- 近赤外分光はプラスチック、織物、カーペット識別に応用されます
- 簡単にプラスチックの種類を判別
- 波形と数値により、確実なプラスチック識別
- 最大 20 種の波形を同時表示し、データの比較が容易
- タッチパネル操作(パソコンを必要としない、簡単操作)
- 非暗着色(黒色)以外のプラスチックを識別
- Teach-In により、8 種類の樹脂をユーザーが追加可能
- キーボード、VGA(ディスプレイ)へ接続可能
- メンテナンスが簡単
- 分析時間約 1 秒で、高い識別確度
- プロッター内蔵(標準装備)
- W364 × L316 × H195mm 約 8 kg

以下のプラスチックの種類を判別

PA6x, PA12, PE, PP, ABS, PS, AS, PPO, PC/ABS, PBT, PET, PC, PMMA, POM, PVC 等

1 - 3 . (テーマ3) 油のしみ込んだ木材のリサイクル



写真 6-1 油のしみ込んだ廃材 A



写真 6-2 油のしみ込んだ廃材 B

難処理理由

オイルのしみ込んだパレットが多量にあり、処理できない。

解決方法

工場から出されるオイルのしみ込んだ廃材(写真6)には、機械を運搬および固定する際の支えのための台座に使用される廃材とフォークリフトに用いたパレットがある。これらの廃材は、木材に機械油がしみ込んだものであり、木材からオイルを分離処理すれば良いが、パレット廃材は、一般に防腐防虫剤処理が施されているものが多く、この場合、木材からオイル、防腐防虫剤の分離処理が必要となる。

この観点から、しみ込んだ廃材のオイルおよび防腐防虫剤の除去法を検討し、処理済木材の再利用性についても調査した。

実験方法及び結果

廃材中のオイルの抽出

今回持ち込まれた廃材は、写真6の機械の台座に使用された廃材で、この廃材を用いてオイルの分離実験を行った。木材に染み込んだオイルは、機械油で沸点は高く、原型の状態での高温、減圧処理では分離効率が悪いと思われる。

このことから今回は、以下の3つの方法(1.乾留法、2.ソックスレー抽出器による抽出法、3.チップ状材を溶剤に浸漬しての抽出法)を行い、オイルの抽出量を検討し、考察を加えた。

1. 乾留法

オイルのしみ込んだ廃材Aの表面部をチップ状に削りそのチップ状木材 0.01 g を 200~400 で乾留した。この条件では、オイルの留出は少なく木材中にはまだ多くのオイルがしみ込んでいる。更に温度を上げていくとオイルの他に樹液の留出もあり留出液は少し増えた

が、6時間後の最終抽出量は 0.008 g であった。またこの条件では、木材の変質（炭化）が見られ、再資源化の観点からするとまだ改良の余地があると思われる。

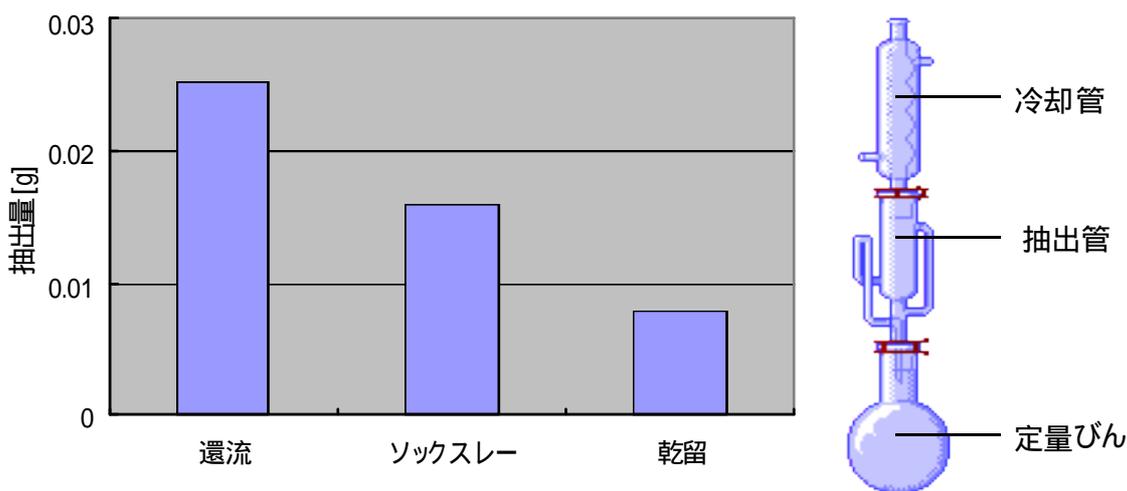
2. ソックスレー抽出器による抽出法

オイルのしみ込んだ廃材 A の表面部をチップ状に削りそのチップ状木材 1.6g をソックスレー抽出器に入れ 100 ml の 1-ブタノールで4時間抽出した。1-ブタノール除去後の抽出量は 0.24 g であった。この条件での木材変質はなかった。

3. チップ状木材を溶剤に浸漬しての還流抽出法

各溶剤（ベンゼン、酢酸エチル、メタノール、ヘキサン、エーテル、アセトン、1-ブタノール）15 ml にオイルのしみ込んだ廃材 A の表面部のチップ状木材 0.5 g を浸けて1時間還流した。ここでの各溶剤による一回目の抽出量は、0.04 ~ 0.13 g の値を示した（図3参照）。この条件で処理した木材は、いずれも変質していなかった。この抽出操作ではオイルといっしょに付着していた鉄粉が沈殿してきた。

3つの抽出方法によるオイルの抽出量を比較した結果、図3のようになり抽出方法3が最も良い結果となった。



- ・木材0.1gに対する抽出量
- ・還流とソックスレーには1-ブタノールを使用

ソックスレー抽出器

各抽出方法によるオイル抽出量の比較

図3 各抽出法によるオイル抽出量の比較

抽出方法3の条件で、最も抽出量の多い溶剤は1-ブタノールであることが判明した（図4参照）。また、抽出方法3の条件で処理した木材中の残油量を確認するために二回目の抽

出を抽出方法3の条件で行った。その結果においても1-ブタノールの抽出量が最も多いことが明らかとなった。しかし、二回目の抽出実験でもオイルが多く抽出されたことは、1回目の条件では抽出時間が短いことを示しており、抽出時間を更に検討する必要がある。

ここでの処理済木材は何れも変質していなかった。

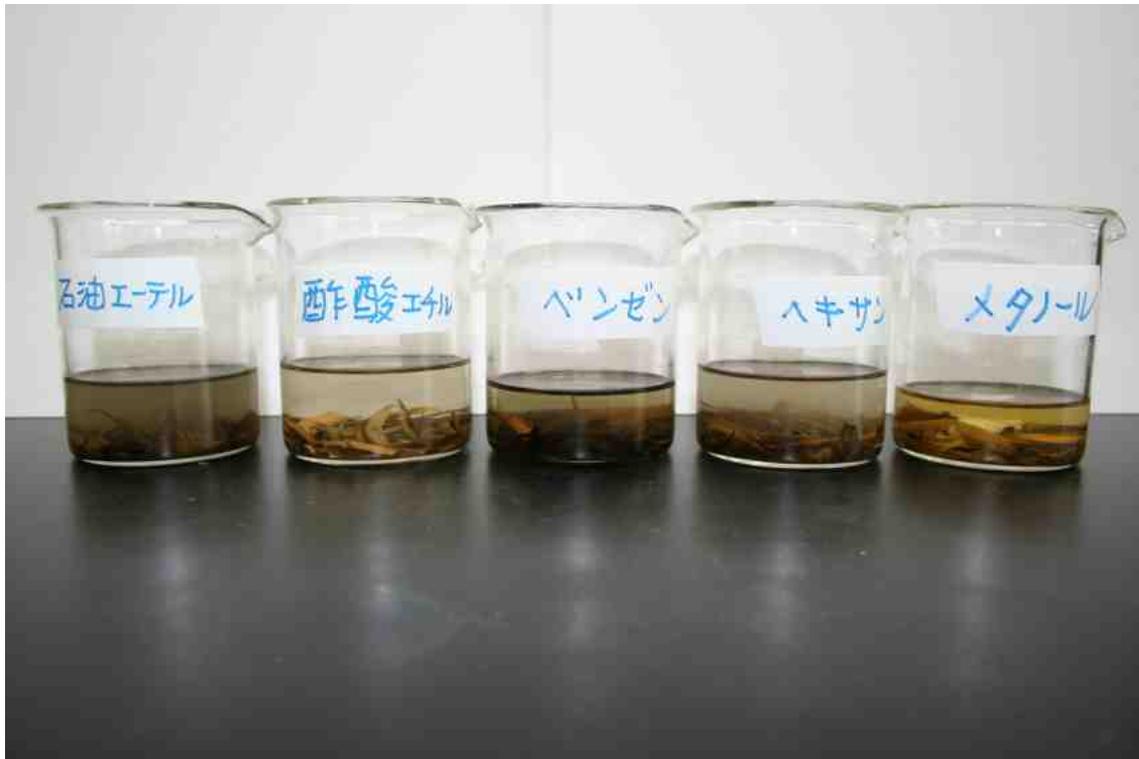
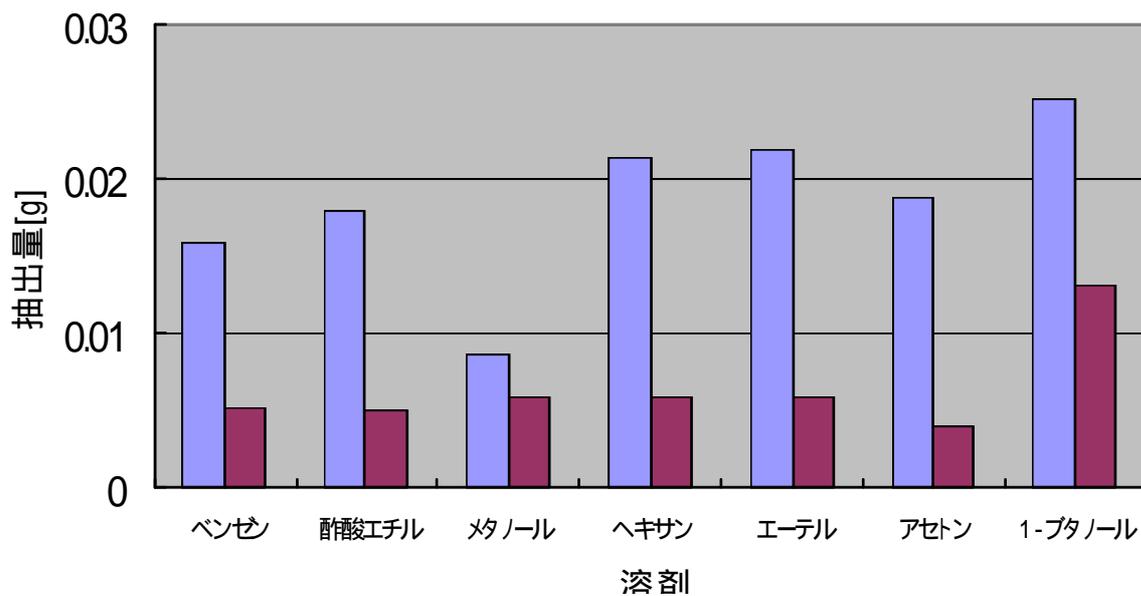


写真7 - 有機溶剤による抽出実験

1-ブタノールを用いた場合、廃材のオイルによる黒い汚れは、他の溶剤を用いたときよりもきれいに取れていた。また、毒性の観点からしてもこれらの溶剤では、1-ブタノールが最適であると考えられる。



- ・木材0.1gに対する抽出量 (■一回目, ■二回目)
- ・表面部を削り七種の溶剤で1h還流
- ・すべての溶剤で二回抽出

廃材Aのオイル抽出量(表面部)

図4 廃材Aのオイル抽出量(表面部)

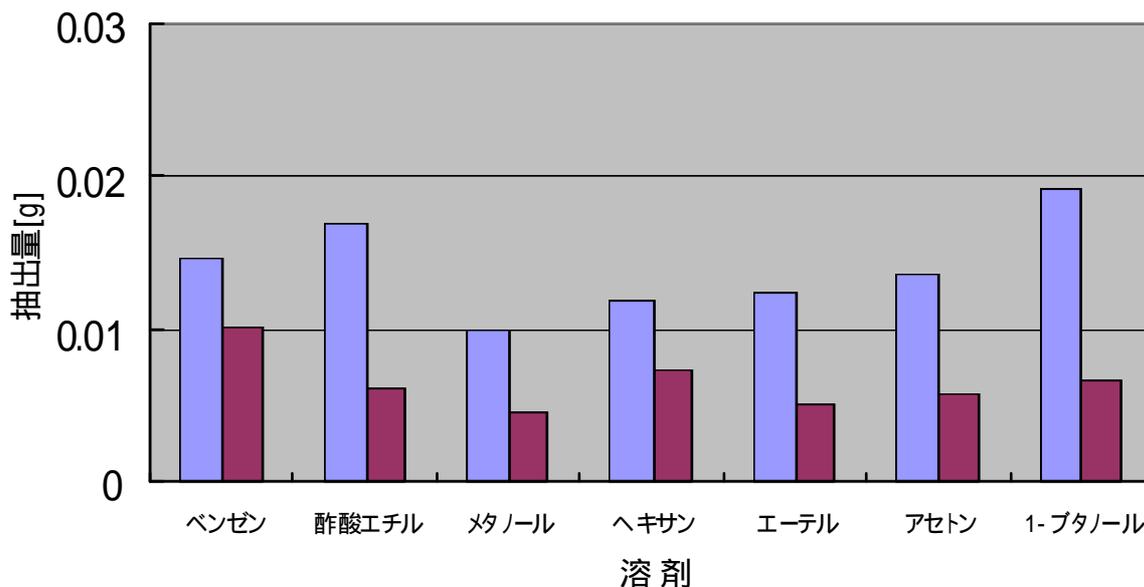


写真 8-1 廃材A表面部の処理前の木片



写真 8-2 廃材A表面部の処理後の木片

次に廃材Aの内部におけるオイルのしみ込みについても調べた。内部におけるオイルのしみ込みは、図5に示した抽出量からして、かなり浸透していることが判った。この結果は、廃材にもよるがリサイクル材料とするには、表面からある程度の厚さをチップ化しオイル抽出する必要があることを示している。



- ・木材0.1gに対する抽出量 (■一回目, ■二回目)
- ・表面部の内側を削り七種類の溶剤で1h還流
- ・すべての溶剤で二回抽出

廃材Aのオイル抽出量(内側部)

図5 廃材Aのオイル抽出量(内側部)

防腐防虫剤について

一般に屋外で使用される木材は防腐防虫剤処理を施されているものが多い。そこで防腐防虫剤処理木材か未処理木材を識別する方法を調査した。

廃材中の防腐防虫剤の有無については近赤外光を照射してその反射光を測定することによって防腐防虫剤処理木材を識別できることが判った(参考資料1)。

防腐防虫剤処理した廃材はオイルの分離の他、防腐防虫剤の分離もする必要がある。

一般に防腐防虫剤CCAには、銅、クロム、砒素化合物が含まれており、環境保全の観点からクロム、砒素の回収が必要不可欠である。そこでクロムの状態図、砒素の状態図を用いて除去実験方法について考察した。

クロムについては、pH - 電位の図6からpH 2-14の範囲で溶液の電位が1V以上の条件ではクロム酸イオンとして溶解することが示されている。

一方、砒素のpH - 電位曲線(図7)からpH 4-14の範囲で溶液の電位が0.8V以上の条件で砒酸イオンとして溶解することを示している。

以上のことから防腐防虫剤処理をした木材はチップ状にしてpH 4-14範囲の水溶液に浸漬し、電位1V以上の条件で処理することでクロムと砒素は水溶液に溶解する事が判った。

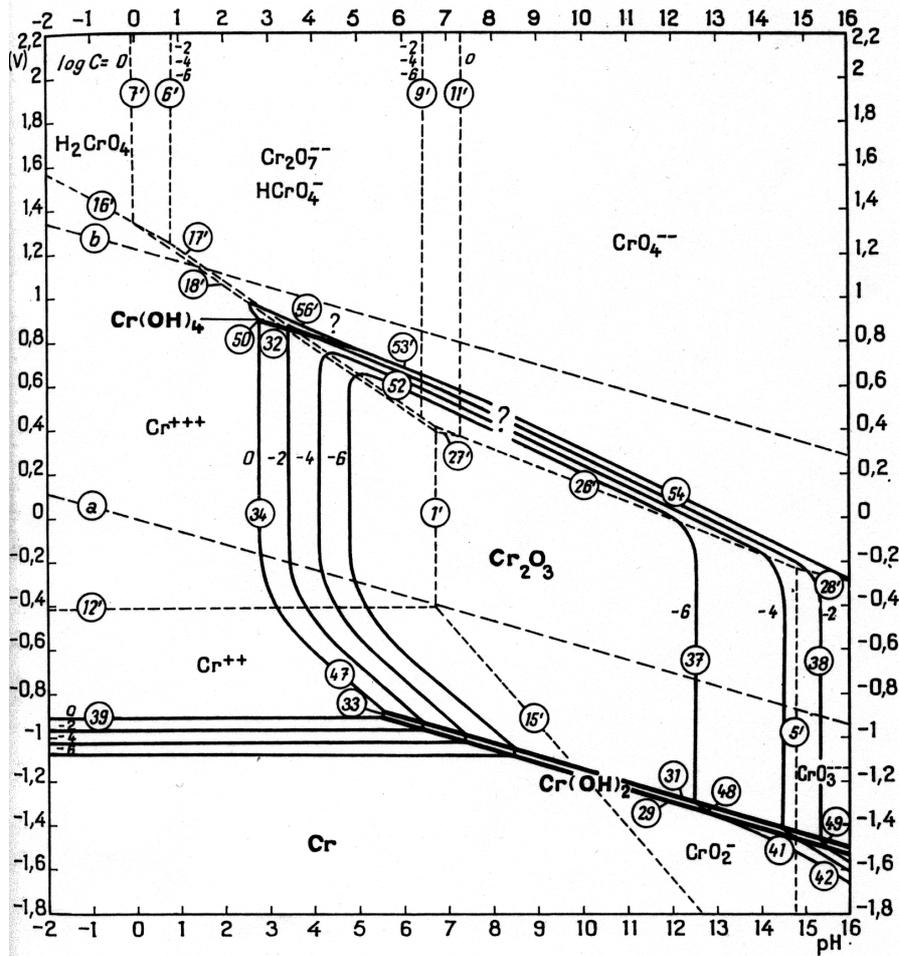


FIG. 3. Potential-pH equilibrium diagram for the system chromium-water, at 25°C.
 In solutions not containing chloride.
 (Figure established considering anhydrous Cr_2O_3 .)

図6 クロムの状態図

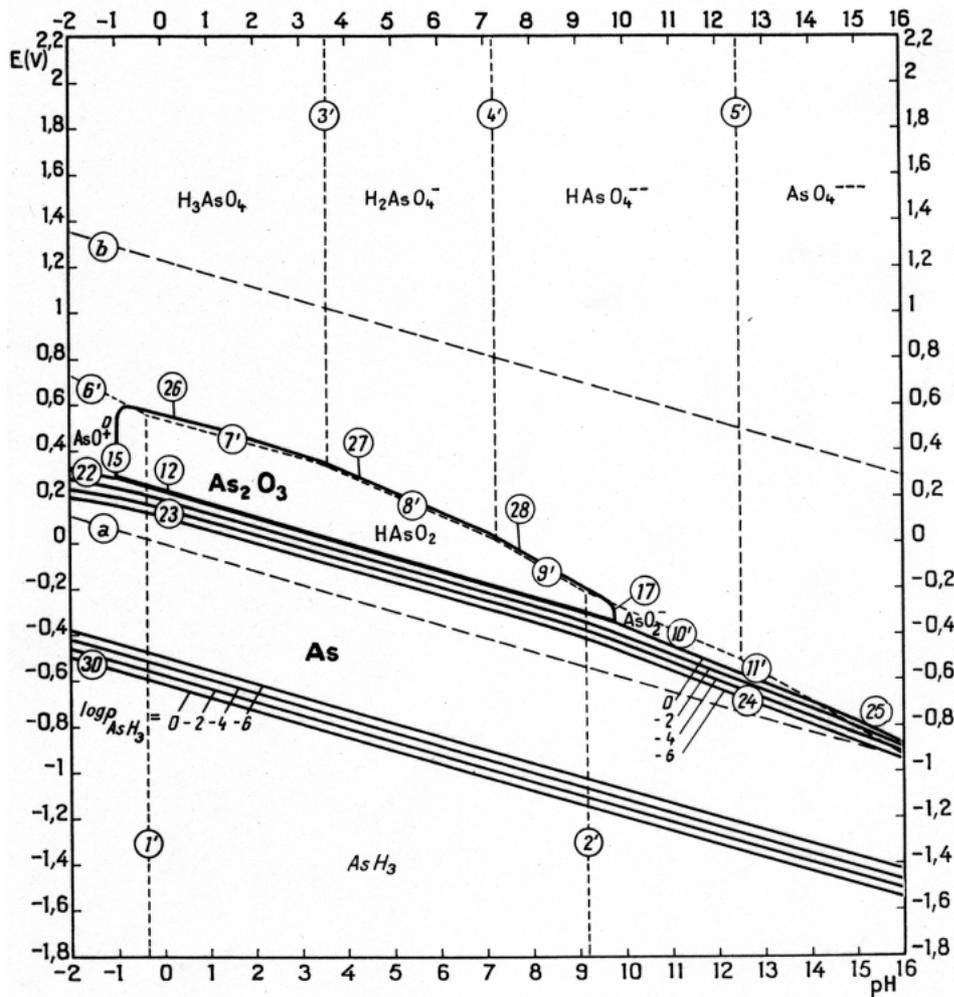


FIG. 1. Potential-pH equilibrium diagram for the system arsenic-water, at 25°C.

図 7 砒素の状態図

防腐防虫剤中の砒素、クロム、銅の分離

廃材 A の電子顕微鏡による元素分析結果より銅 (Cu) が検出された。このことより、これらの廃材には、防腐防虫剤処理が施されていると考えられる。

このことから廃材 A と B を用いて前記での考察を基にして、砒素、クロム、銅の分離を試みた。

アルカリ条件での分離

廃材 A と B のチップ状の木材を 10 % - 水酸化ナトリウム水溶液に浸け室温にて 2 時間攪拌した。

この条件での結果は、防腐防虫剤の砒素、クロム、銅よりも木材中のリグニンが抽出され、木材片の強度が低下した。また、この溶液中の ICP 分析装置による砒素、クロム、銅分析は分析試料の調整がうまく行えず測定できなかった。

酸条件での分離

廃材AとBのチップ状の木材 2.5 g を 10 % - 硝酸水溶液 100 ml に浸け室温にて2時間攪拌し、防腐防虫剤を硝酸溶液に抽出した。この条件でチップ状木材はそれぞれ二回、分離実験を行った。この硝酸溶液の砒素、クロム、銅の含有濃度 (ppm) を I C P 分析装置で測定した。

I C P 分析結果は表 1、表 - Z 5 パワーポイント 5 に示した。

表 1 1 回目の抽出液の ICP 分析、

	各金属含有濃度[ppm]			
	廃木材A (表面部)	廃木材A (中心部)	廃木材B (表面部)	廃木材B (中心部)
As	0.297	0.154	0.172	0.022
Cr	23.190	1.617	3.618	1.551
Cu	242.900	3.162	47.560	2.201

表面部と中心部を削り、表面部は1-ブタノールで油を抽出後、10%HNO₃溶液で処理し、ICPで分析
中心部は油の抽出を行わずに、10%HNO₃溶液で処理し、ICPで分析

表 2 2 回目の抽出液の ICP 分析

	各金属含有濃度[ppm]			
	廃木材A (表面部)	廃木材A (中心部)	廃木材B (表面部)	廃木材B (中心部)
As	0.092	0.004	0.046	0.007
Cr	2.093	1.465	1.990	0.934
Cu	5.148	1.306	2.212	0.665

10%HNO₃溶液でもう一度処理し、ヒ素、クロム、銅の残存量を確認

この結果より、廃材AとBには砒素、クロム、銅が含有していることが明らかになった。一回目の抽出溶液では、クロム、銅が多量に検出されたが、これは防腐防虫剤だけのものではなく、廃材の今までの使用状況によって特定の金属及び金属化合物が廃材に付着したものと考えられる。

二回目の分離結果では、各金属は減少しており、この分離方法は、有効な方法と考えられる。

今後、処理済木材中の各金属の分析を直接且つ正確に測定する方法を検討する必要がある。

この処理をした廃木材の変質は見られず、防腐防虫剤の分離状況が良ければリサイクル材料として使用可能であると考えられる。



写真 9-1 硝酸処理した廃材 A



写真 9-2 硝酸処理した廃材 B

再利用について

廃木材の再利用技術は非常に多く開発されており、実際に多くのリサイクル製品が製造されている。

ここで扱った廃木材は、種々の化学物質が混入しており、この化学物質を除去するにはチップ状にして処理する必要がある。それ故、ここでのリサイクル原料はチップ状木材である。この再利用となると木屑とプラスチックを混合して固めた再生建材が挙げられる。

(見学報告資料参照)



写真 10 ボード化材

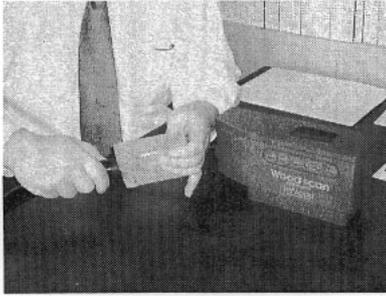
まとめと今後の展開

油にしみ込んだ木材のリサイクル技術の検討として、チップ状に粉碎し、種々有機溶剤によるオイル成分の抽出除去を検討した。その結果、有機溶剤へ浸漬することで効果的にオイル成分を除去できることが明らかとなったが、完全に除去することはできなかった。この場合、木材の変質は見られなかった。また、このような木材にはオイルだけでなく防腐防虫剤等も含まれている場合が多く、そのような場合には、除去のため異なる手法が必要となる。このような木材の簡易的判別法に関しては、すでに報告されている（参考資料 1）。これらの防腐剤成分として有害な砒素、クロムや銅化合物は、特定の pH 範囲により水に溶解して除去することが可能である。今回の結果では、硝酸水溶液で処理することにより分離可能であることが明らかになった。

今回、検討したような木材のリサイクルとしては、圧力により固めたボード化（写真 10）が一般的である。しかし、ボード化材には強度が弱い、木目がなく高級感がない等の問題点も多く、今後応用例についても更なる検討が必要である。

防腐防虫処理剤を含む木材

再資源化へ非破壊分別



開発した非破壊判別装置

ハイウッド

「アールテック」などと装置

【山形】ハイウッド（山形市、安藤則男社長、023・633・2395）は、アールテック（山形県寒河江市、高橋武正社長、0237・86・1771）、山形県工業技術センターと共同で、廃木材から木材防腐防虫処理剤（CCA）を含んだ木材を、非破壊で判別する装置を開発した。持ち運び可能で、建築物の解体現場で有毒物質のCCAを含む木材が簡単に判別できる。廃木材再資源化への切り札として、関連業界に販売したい考え。

近赤外線使い現場で瞬時に

従来、CCA材の判別は、時間をかけて化学分析するしか方法がなかった。これに対し、近赤外線照射して反射光を測定すると銅、クロム、ヒ素を主成分とするCCA材と、バーシム材とは波長が著しく異なることを発見。センサーを木に当てるだけで、樹種や濡れなどに影響されず瞬時に判別することを可能にした。特許出願中。「ウッドスキャン」として180万円で発売する。建設系廃木材は年間4700万立方が発生するが、大半が焼却か埋め立て処理され、リサイクルは進んでいない。その大きな理由がCCA材の存在。CCA材は現在では国内で生産されていないが、95年ごろまでは住宅の床下材などに多く使われた。特に高度成長期に建設された住宅の建て替え時期を迎えており、CCA材の判別が課題となっている。

A分別装置の開発を大手光学機器メーカーと進め、次利用が促進できる「解体現場と工場」で分別することで、安

参考資料 1

防腐防虫剤を含む木材のリサイクルに関する新聞記事

1 - 4 . (テーマ4)

工業用グラスウール保温筒のリサイクルに関する研究

難処理理由

ガラス繊維の素材で熱を加えても溶けるだけなので、再生資源としての使用が難しい。

解決方法

高温で溶解し、微粒子または微粉末などの調製を検討する。

従来、工業団地内で発生した保温筒用グラスウール廃材は、産業廃棄物として処理されてきましたが、環境保護、廃棄物減量化への気運が高まるなかで、廃材リサイクルへの取り組みが必要となった。本研究では、実際工業団地内の廃棄グラスウール保温筒について詳細に検討分析しリサイクルの可能性を検討した。

1 . グラスウールの高温溶解

グラスウールは原料の80%以上が家庭等から回収されるガラスビンなどで、製品それ自体



写真 11 グラスウールサンプル



写真 12 サンプルをるつぼに入れる



写真 13 加熱中 (体積収縮、色の変化)

がリサイクルから生まれている。また、製造過程や市場で発生した端材や廃材も再利用することが可能である。従って、まず保温筒用グラスウール廃材について高温溶解実験を行った。



写真 14 740 で溶解したグラスウール（紫色のガラス体）

写真 11 と 12 のように、グラスウールのサンプルを取り、アルミナ製のつぼに入れ大気開放中で高温溶解実験を行った。加熱が約 400 に到達したところ、元々黄色いグラスウールが白色に変わった。しかし、この時点で形および性状（収縮、変形）が見られなかった。さらに 540 まで加熱しても体積の収縮が見られた（写真 13）が、溶融しなかった。その後、加熱温度上昇とともに徐々に収縮しサンプル全体が紫色に変化した。約 740 でグラスウールはほぼ完全に溶解しガラス状の固まりになった（写真 14）。この時点でのガラス体は紫色を呈し、透明度がかなり低かった。

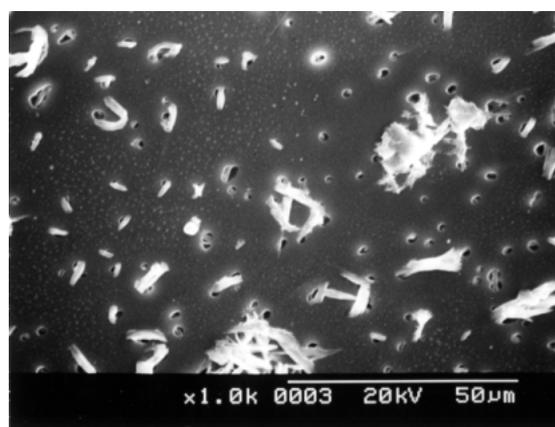
2. 溶解したグラスウールの形態および元素組成

溶解したグラスウールのサンプルの一部を走査型電子顕微鏡で観察を行った（写真 15）。表面と断面の写真から溶解したものは多孔質であることが分かる。また、穴に繊維状のものが存在しているのでグラスウールは 740 前後でまだ完全に溶解していないことも明らかとなった。

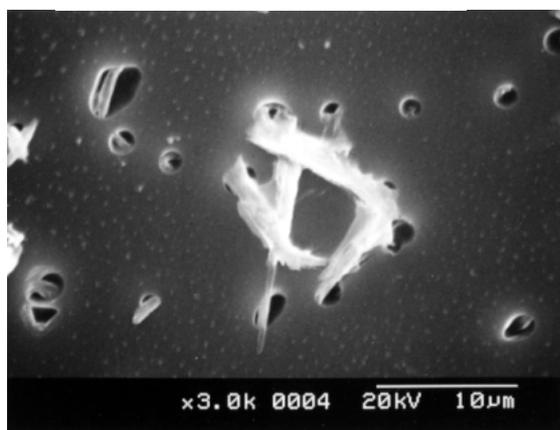
図 8 は元素分析装置（EDX）により溶解したサンプルに対して元素組成を分析した結果である。グラスウールに主に存在する元素は珪素（Si）、ナトリウム（Na）、カルシウム（Ca）、マンガン（Mn）、酸素（O）、カリウム（K）およびアルミニウム（Al）である。上記の成分は普通のガラス製品に良く含まれているものと思われる。特に紫色を呈したのはマンガンの存在によるものと考えられる。



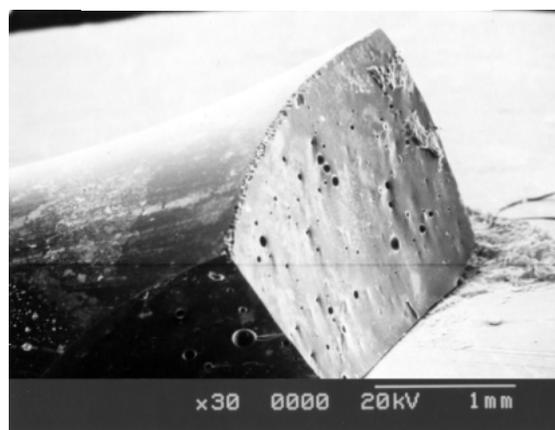
表面 × 30 倍



表面 × 1000 倍



表面 × 3000 倍（繊維の存在）



断面 × 30 倍

写真 15 740 で得られたガラス体の電子顕微鏡写真

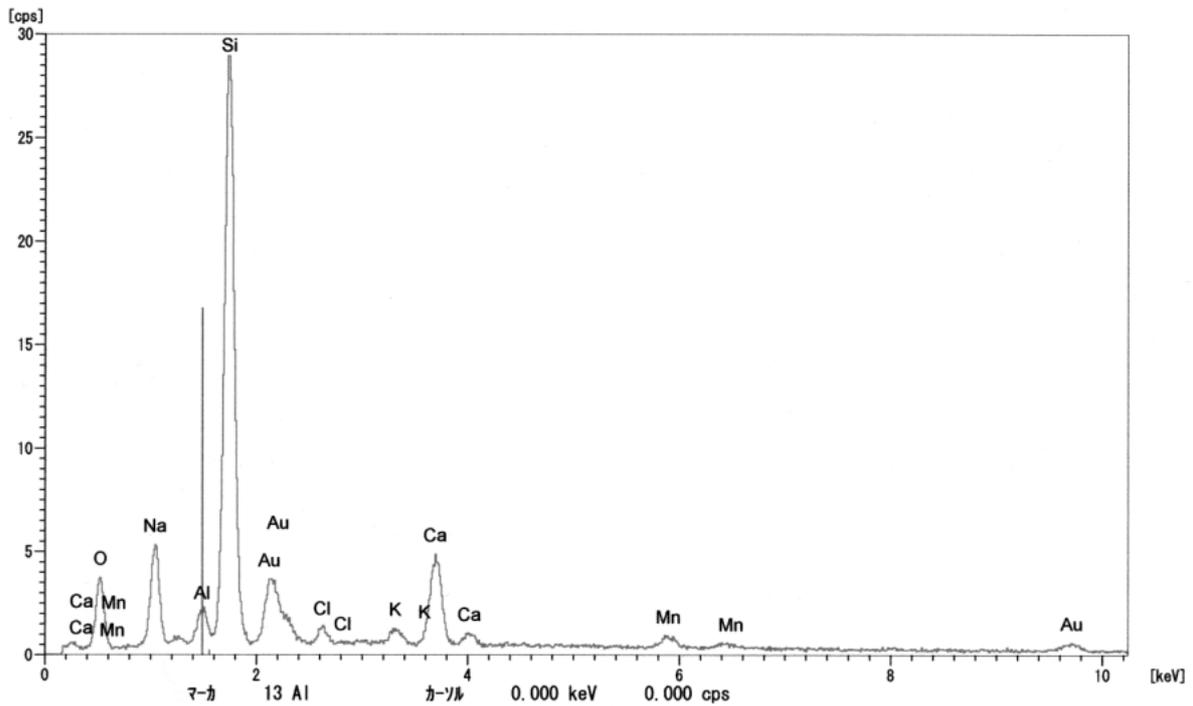


図 8 溶解したグラスウールの元素組成



写真 16 1100 で再溶解したグラスウールサンプル

3 . 高温での再溶解

740 前後で完全に溶解しなかったということが分かった。一方、無色透明のものになれば再利用の価値がより高くなるということで、700 で得られたガラス体をさらに高い温度で溶解処理を行った。大気開放中3時間で1100 まで昇温し、1100 で1時間溶解処理を行いその後炉冷した。得られたものは写真16に示す。1100 で1時間加熱を行って、再溶解が発生したが色の変化がなかった。ただし、ガラス体の透明度がかなり高くなったことから700 で溶解しなかったものも完全に溶解しサンプル全体均一化になったことが分かる。また、電子顕微鏡の観察(写真17)でも700℃前後の溶解と比べ1100℃で得られたものに細かい繊維や穴がなく非常に緻密になっていることがわかる。

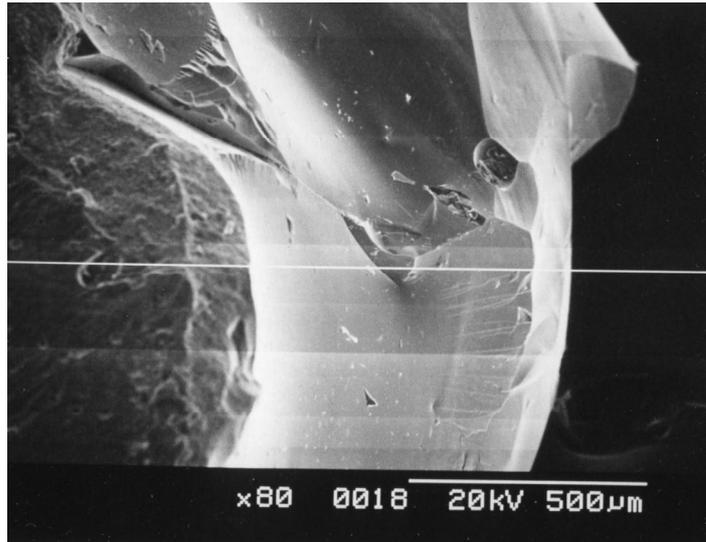


写真 17 1100°C で再溶解したグラスウールの断面と表面形態

4 . グラスウールの熱的安定性

溶解による再利用過程で揮発性物質が周囲に飛散してしまうと環境に害を及ぼす危険性があるので示差熱・熱重量分析により室温から 800°C までのグラスウールの熱的安定性を調べた。その結果は図 9 に示す。約 350°C、440°C および 674°C のところで 3 つ発熱反応が起こり、800°C まで約 8.9% の相対減量が見られた。これはグラスウール中の不純物などによるわずかな変化なのでグラスウール自体は熱的にかなり安定していると思われる。

5 . グラスウールのリサイクル (再利用)

以上の実験研究により、グラスウールは 740 前後で溶解しさらに 1100 で完全に均一化し透明度の高い紫色のガラス体になることが分かった。また、成分分析により主な組成が普通のガラス製品とほぼ同じく溶解してできたガラスは環境に悪影響を及ぼす可能性が非常に低いと思われる。

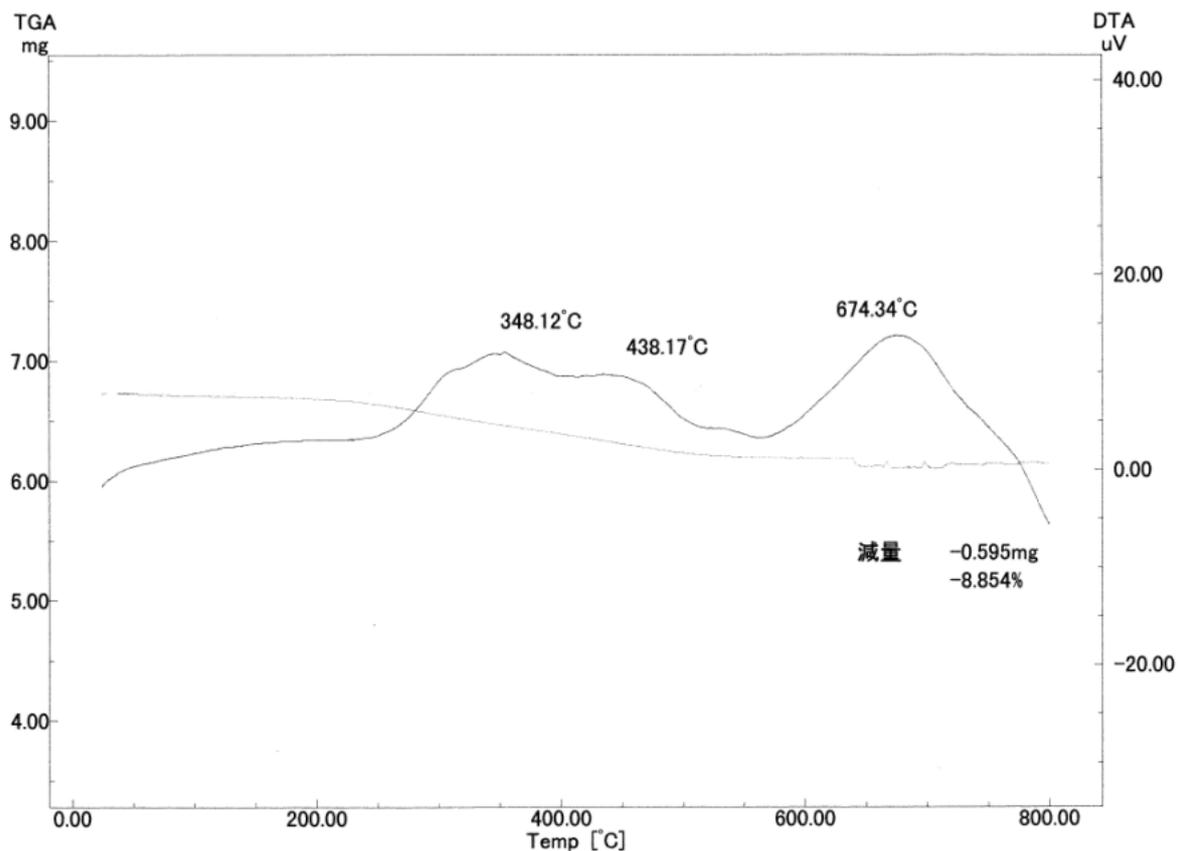


図9 示差熱・熱重量分析の結果

上記のグラスウールからのガラスは下記の分野へ再利用できると考えられる：

- (1) . 廃材のグラスウール保温筒を再溶解し再び保温材にする。これについてグラスウールメーカーは広域リサイクル事業を行っているのでそれを利用することを勧める。
- (2) . 得られたガラスを細かく粉砕しガラスカレットにし、それに結合材を加えることでコンクリート製品の原料へと再利用。縁石や平板の製造、道路舗装などに使えると考えられる。
- (3) . 得られたガラスを粉砕し、土と混合して土壌の通気性などの改良にも利用できるかと考えられる。
- (4) . 色ガラスなのでガラス工芸品などの原料にも利用できると思われる。

1 - 5 . (テーマ5) 塗料固形物のリサイクル

難処理理由

塗料固形物は、現在は処理方法がないということで引き取り不可である。また、鉛を多量に含んでいる可能性がある。

解決方法

塗料成分が可溶性有機溶剤を検討し、見つかった場合は鉛成分以外を溶解除去する。有機溶剤に溶解しない場合は、硝酸などを用いて反応させ、鉛を溶解状態にして塗料成分を除去する。回収した鉛化合物及び塗料成分の再利用性を検討する。

これまでの結果報告

予備的検討として鉛を含む塗料固形物の溶解性評価を行った。鉛を含むと考えられる塗料固形物(写真 18)を少量取り、各種有機溶媒での溶解性を検討した。有機溶剤への浸漬直後の様子を写真 19 に示した。浸漬直後では全く溶解する傾向は確認できなかった。一週間後の様子を写真 20 に示した。一週間後においても全く溶解及び膨潤する様子は見られなかった。



写真 18 鉛を含む塗料固形物 1

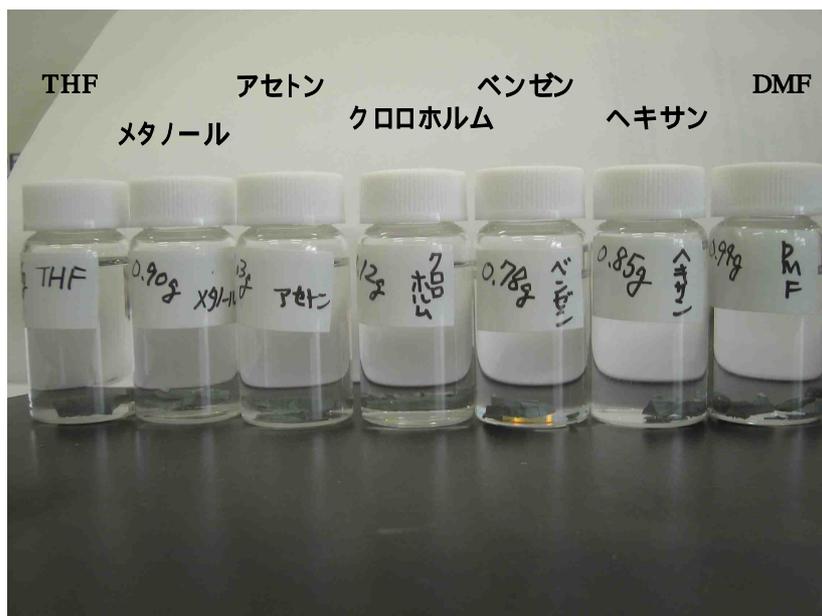


写真 19 各種有機溶剤へ浸漬直後の塗料固形物の様子

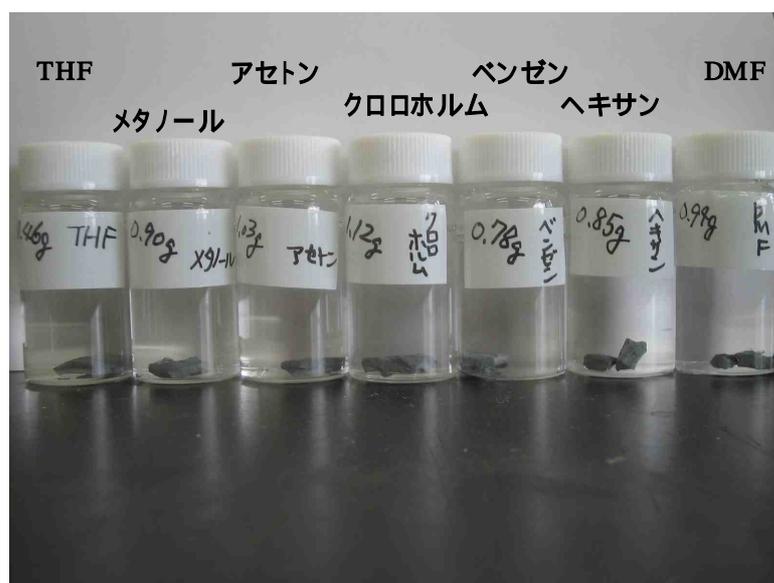


写真 20 各種有機溶剤へ浸漬一週間後の塗料固形物の様子

有機溶剤にはほとんど溶解しないことから、酸・アルカリ溶液による溶解性の検討を行った。別の塗料固形物を(写真 21)に示す。塗料固形物(1: 灰色)と塗料固形物(2: 赤色)に対して、以下のプロセスにしたがって、酸性溶液とアルカリ(塩基性)溶液に対する溶解性を検討した。実験手順は下記のような方法で行った。

以下，赤い枠内のプロセスを，具体的試験結果と共に示した．

塗料固形物(1:灰色)処理の流れ

進捗

固形物粉碎

濃硝酸処理で

40g/200ml
まで溶かすこと
ができた．成果1

冷却

ろ過分離

沈殿 とろ液

沈殿物
(有機物残渣)は，
ほとんどなし
成果2

ろ液 中の鉛イオンとして
は 1000ppm程度 である．

ろ液 のpH調整(pH6.0)

ろ液 と沈殿

ろ液 中の

鉛イオンとしては

1000ppmから10ppm
まで減少． 成果3

沈殿物 を

水酸化物，硝酸塩とし
て回収する． 成果4

$Pb(OH)_2, Pb(NO_3)_2$

塗料固形物(写真 18、写真 21)をハンマーにより粉碎した。これらを乳鉢で細粒化(写真 22,写真 23)し、酸とアルカリ溶液に浸漬(写真 24,写真 25)した。その後、観察(写真 26～30,写真 31～35)及び分析を行った。

塗料固形物(1：灰色)の溶解性と塗料固形物(2：赤色)

目視では塗料成分と含有金属成分の溶解性の違いを区別できないので、両者を合わせて観察し表 3 にまとめた。

表 3 塗料固形物の溶解性

	塗料固形物 (1：灰色)	塗料固形物 (2：赤色)	備考
硫酸(H ₂ SO ₄)	難溶	難溶：溶解初期に 微量のイオウ臭	硫化物，硫酸塩の 生成の可能性
硝酸(HNO ₃)	易溶：溶解初期に NO ₂ 発生	不溶	重金属の硝酸塩が 生成
塩酸(HCl)	難溶	不溶	
アンモニア水 (NH ₃ +H ₂ O)	難溶	不溶	
水酸化カリウム (KOH)	難溶	不溶	

塗料固形物(1：灰色)については、硝酸或いは硝酸と他の酸と混酸を用いれば第一段階として水溶液にすることができる。この水溶液中に含まれると思われる金属塩と有機物質を定性的もしくは定量的に分析できれば、第二段階として、含有金属塩と有機物質を分離することが可能である。

塗料固形物(2：赤色)については、硫酸を用いてある程度の溶解が可能である。この場合も、この水溶液中に含まれると思われる金属塩と有機物質を定性的もしくは定量的に分析できれば、第二段階として、含有金属塩と有機物質を分離することが可能である。

参考資料) 金属としての鉛の性質 (溶解性)

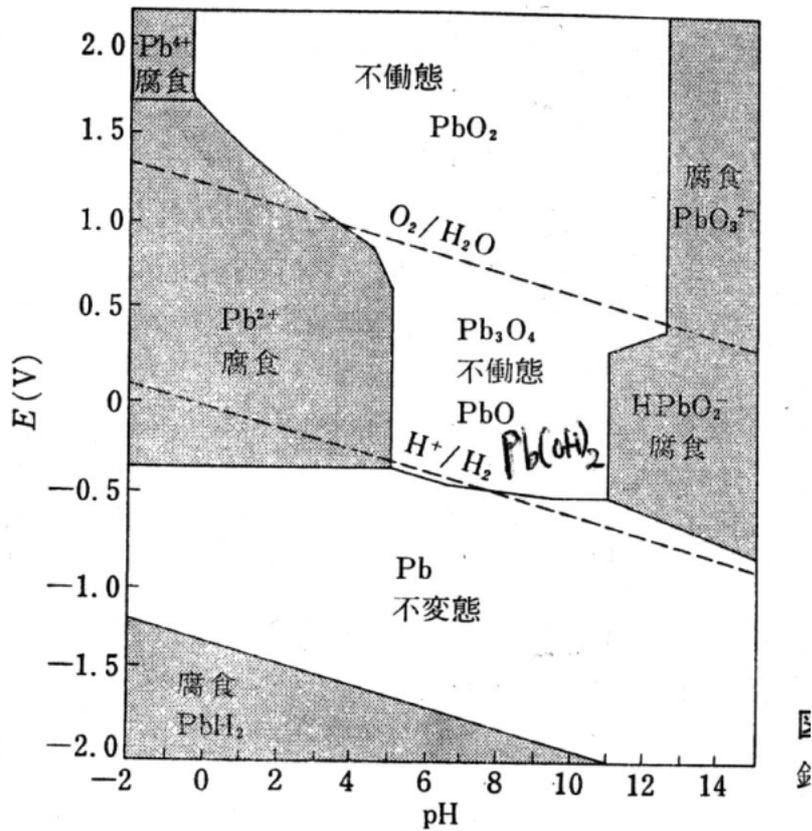


図6 鉛の電位 - pH 図

この図からわかること:

鉛は、中性水溶液中では表面に不動態皮膜を形成して溶けることはないが、酸やアルカリの水溶液中では溶ける。さらに、電位を測定すれば、より具体的な状態を推定できる。

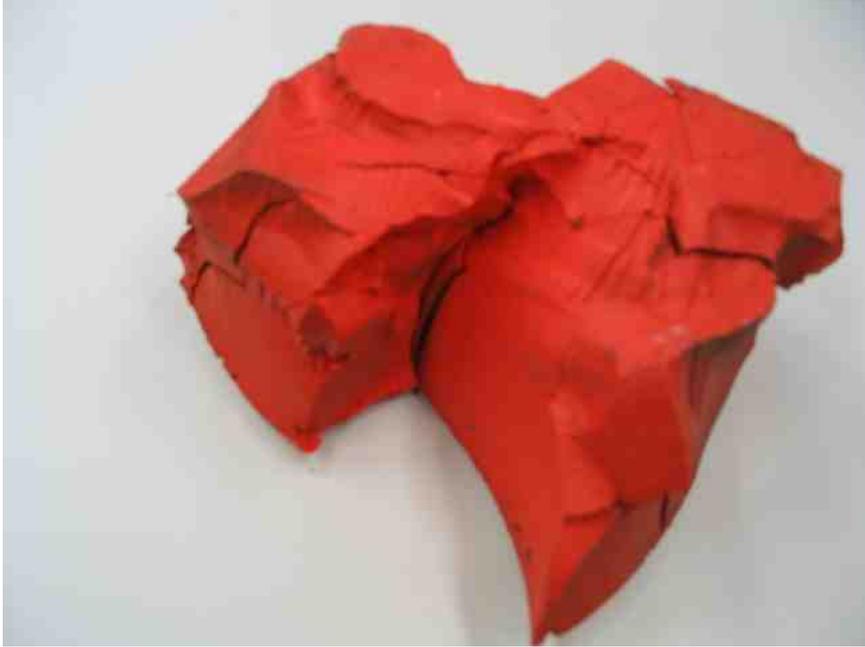


写真 21 塗料固形物 2



写真 22 乳鉢による粉碎 塗料固形物 1



写真 23 乳鉢による粉碎 塗料固形物 2



写真 24 酸とアルカリ溶液に浸漬



写真 25 酸とアルカリ溶液に浸漬

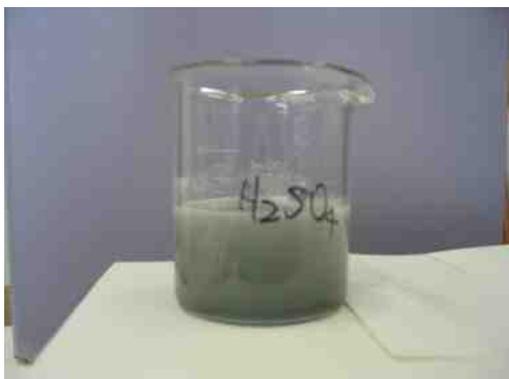


写真 26 硫酸水溶液

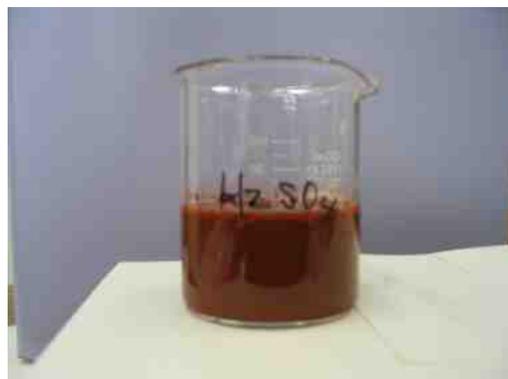


写真 27 硫酸水溶液

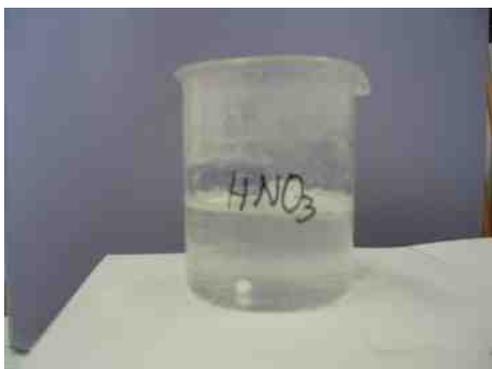


写真 28 硝酸水溶液

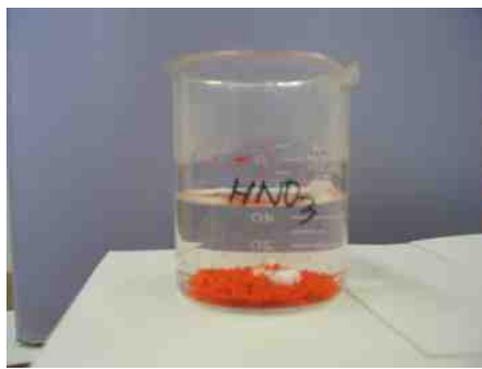


写真 29 硝酸水溶液



写真 30 塩酸水溶液



写真 31 塩酸水溶液

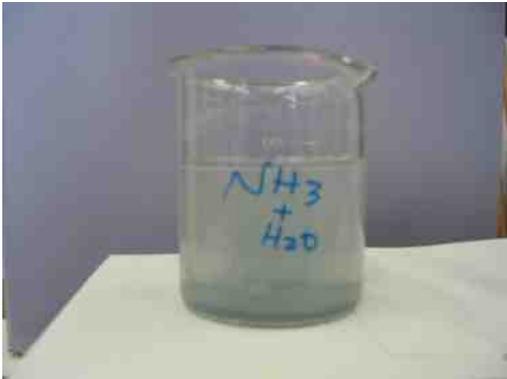


写真 32 アンモニア水



写真 33 アンモニア水



写真 34 水酸化カリウム水溶液



写真 35 水酸化カリウム水溶液

ろ過分離

沈殿 とろ液

沈殿物 (有機物残渣)は,ほとんどなし

成果2



ろ過分離の様子



以下，赤い枠内に加えて，**今後の展開 1**として，展望を示した．

塗料固形物(1:灰色)処理の流れ

進捗

固形物粉碎	ろ液 中の鉛イオン としては1000ppm 程度
濃硝酸処理で 40g / 200mlま で溶かすことが できた．成果1	ろ液のpH調整(pH6.0) ろ液 と沈殿 ろ液 中の
冷却	鉛イオンとしては 1000ppmから10ppm まで抑えた．成果3
ろ過分離	
沈殿 とろ液 沈殿物 (有機 物残渣)は，ほと んどなし 成果2	沈殿物 を 水酸化物，硝酸塩とし て回収する．成果4 $Pb(OH)_2, Pb(NO_3)_2$

X線解析結果に基づく

今後の展開 - 1

塗料固形物(1：灰色) [鉛を 67wt% , 四酸化三鉛を 74wt%含有] からの鉛化合物の回収方法

鉛の主な化合物としては、ハロゲン化鉛 ($\text{PbF}_2, \text{PbCl}_2, \text{PbCl}_4, \text{PbBr}_2, \text{PbI}_2,$) , 酸化鉛 ($\text{PbO}, \text{Pb}_3\text{O}_4$) , 水酸化物 ($\text{Pb}(\text{OH})_2$) , 炭酸塩 (PbCO_3) , 塩基性炭酸塩 ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) , クロム酸塩 (PbCrO_4) , 硝酸塩 ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) , リン酸塩 ($\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$) , 硫酸塩 (PbSO_4) , 硫化物 (PbS) , アジ化鉛 (PbN_6) , などがありいずれも難溶性の塩である。

この中でも有効利用できる化合物として次の化合物を挙げることができる。酸化鉛 (PbO) :

黄色顔料, 光学ガラスへの添加材, 釉薬や接着剤への添加

酸化鉛 (PbO_2) : ホウロウ添加剤, 蓄電池の正極材, 特殊ガラスへの添加材

硫化物 (PbS) : 黒色顔料,

硫酸塩 (PbSO_4) : 白色顔料,

クロム酸塩 (PbCrO_4) : 黄色顔料,

酢酸塩 ($(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$) : 医薬品へ添加

写真 26 ~ 写真 30 の結果が示すように, 硝酸または他の酸との混酸を用いて, ほぼ完全に溶解することができた。水溶液側中には鉛イオンが溶けている。

よって, 上記に示した塩または酸化物として鉛を回収できる。

引用文献 化学便覧 基礎編 基礎編 日本化学会編 丸善

以下，赤い枠内に示したメッキ方法 - 1 を「展望」として提案する．

今後の展開 2

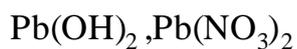
塗料固形物(1:灰色)処理の流れ

展望

メッキ法 1

沈殿物 の

水酸化物，硝酸塩



酢酸鉛へ変える．



メッキにより

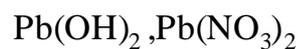
金属 Pbとして回収
できれば理想的

実験的シミュレーションでは
試薬の酢酸鉛から
メッキ法で金属の鉛
を得た．

メッキ法 2

沈殿物 の

水酸化物，硝酸塩



鉛イオンとして
溶解する．

各種メッキ浴

別紙参照

金属Pbとして回収
できれば理想的

展望：酢酸鉛から金属の鉛として回収
実験的シミュレーションの例



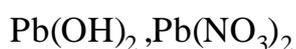
以下，赤い枠内に示したメッキ方法 - 2 を「展望」として提案する．

塗料固形物(1:灰色)処理の流れ 展望

メッキ法 1

沈殿物 の

水酸化物，硝酸塩



酢酸鉛へ変える．



メッキにより

金属 Pbとして回収
できれば理想的

実験的シミュレーションでは
試薬の酢酸鉛から
メッキ法で金属の鉛
を得た．

メッキ法 2

沈殿物 の

水酸化物，硝酸塩



鉛イオンとして
溶解する．

各種メッキ浴

別紙参照

金属Pbとして回収
できれば理想的

参考資料

メッキにより鉛イオンを回収できる原理

以下の表 4 に標準電極電位を示す。

表 4-1 標準電極電位 (25°C)

電 極	電 極 反 応	E^* [V]
酸性溶液		
Li ⁺ Li	Li ⁺ + e ⁻ ⇌ Li	-3.045
K ⁺ K	K ⁺ + e ⁻ ⇌ K	-2.925
Ba ²⁺ Ba	Ba ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Ba	-2.906
Ca ²⁺ Ca	Ca ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Ca	-2.866
Na ⁺ Na	Na ⁺ + e ⁻ ⇌ Na	-2.714
Mg ²⁺ Mg	Mg ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Mg	-2.363
Al ³⁺ Al	Al ³⁺ + 3e ⁻ ⇌ Al	-1.662
Zn ²⁺ Zn	Zn ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Zn	-0.763
Fe ²⁺ Fe	Fe ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Fe	-0.4402
Cd ²⁺ Cd	Cd ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Cd	-0.4029
Ni ²⁺ Ni	Ni ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Ni	-0.250
Sn ²⁺ Sn	Sn ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Sn	-0.136
Pb ²⁺ Pb	Pb ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Pb	-0.126
Fe ³⁺ Fe	Fe ³⁺ + 3e ⁻ ⇌ Fe	-0.036
H ⁺ H ₂ , Pt	2H ⁺ + 2e ⁻ ⇌ H ₂	0
Sn ⁴⁺ , Sn ²⁺ Pt	Sn ⁴⁺ + 2e ⁻ ⇌ Sn ²⁺	+0.15
Cu ²⁺ , Cu ⁺ Pt	Cu ²⁺ + e ⁻ ⇌ Cu ⁺	+0.153
Cu ²⁺ Cu	Cu ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Cu	+0.337
Fe(CN) ₆ ³⁻ , Fe(CN) ₆ ⁴⁻ Pt	Fe(CN) ₆ ³⁻ + e ⁻ ⇌ Fe(CN) ₆ ⁴⁻	+0.36
Pt, I ₂ I ⁻	I ₂ + 2e ⁻ ⇌ 2I ⁻	+0.536
Fe ³⁺ , Fe ²⁺ Pt	Fe ³⁺ + e ⁻ ⇌ Fe ²⁺	+0.771
Ag ⁺ Ag	Ag ⁺ + e ⁻ ⇌ Ag	+0.799
Hg ²⁺ Hg	Hg ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Hg	+0.854
Hg ²⁺ , Hg ₂ ²⁺ Pt	2Hg ²⁺ + 2e ⁻ ⇌ Hg ₂ ²⁺	+0.92
Pt Br ₂ Br ⁻	Br ₂ + 2e ⁻ ⇌ 2Br ⁻	+1.065
Tl ³⁺ , Tl ⁺ Pt	Tl ³⁺ + 2e ⁻ ⇌ Tl ⁺	+1.25
Cr ₂ O ₇ ²⁻ , Cr ³⁺ , H ⁺ Pt	Cr ₂ O ₇ ²⁻ + 14H ⁺ + 6e ⁻ ⇌ 2Cr ³⁺ + 7H ₂ O	+1.33
Pt, Cl ₂ Cl ⁻	Cl ₂ + 2e ⁻ ⇌ 2Cl ⁻	+1.360
Ce ⁴⁺ , Ce ³⁺ Pt	Ce ⁴⁺ + e ⁻ ⇌ Ce ³⁺	+1.61
Co ³⁺ , Co ²⁺ Pt	Co ³⁺ + e ⁻ ⇌ Co ²⁺	+1.808
S ₂ O ₈ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ Pt	S ₂ O ₈ ²⁻ + 2e ⁻ ⇌ 2SO ₄ ²⁻	+2.01
Pt, F ₂ F ⁻	F ₂ + 2e ⁻ ⇌ 2F ⁻	+2.87
塩基性溶液		
ZnO ₂ ²⁻ , OH ⁻ Zn	ZnO ₂ ²⁻ + 2H ₂ O + 2e ⁻ ⇌ Zn + 4OH ⁻	-1.215
SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , OH ⁻ Pt	SO ₄ ²⁻ + H ₂ O + 2e ⁻ ⇌ SO ₃ ²⁻ + 2OH ⁻	-0.93
OH ⁻ H ₂ , Pt	2H ₂ O + 2e ⁻ ⇌ H ₂ + 2OH ⁻	-0.82806
OH ⁻ Ni(OH) ₂ Ni	Ni(OH) ₂ + 2e ⁻ ⇌ Ni + 2OH ⁻	-0.72

この表から判ること

いくつかの金属がメッキできる電位を示す。

亜鉛	-0.763V	ニッケル	-0.25V	スズ	-0.136V	鉛	-0.126V
銅	+0.337V	銀	+0.799V				

水素の酸化還元電位 0V を境にそれよりも卑な電位と貴な電位でいくつかの金属がメッキできる。ところが、0V よりも卑な電位(マイナスの電位)では、メッキと同時に水素発生が生起しメッキ面が粗になりやすい。そこで、メッキ液中にはこの現象を抑制するような添加剤が加えられている。

いずれにしても、鉛はスズやニッケルと同様にメッキが可能であることがわかる。

鉛を金属として回収する優位性

鉛は比重が実用金属中最も大きく、柔らかで外観は灰色を呈している。大気中では比較的に変色しやすく表面に酸化物や硫化物の薄い皮膜ができる。しかし、それらの表面は下層の金属がさらに腐食するのを防ぐ。硝酸や酢酸には侵食されるが、冷フッ酸、硫酸、各種アルカリには耐食性ある。このような物理的および化学的諸性質から、鉛メッキの用途は化学装置、ボルト、ナット、バッテリー部品などの防食用として、軸受用に限定されている。現在工業的に使用されている鉛メッキは浴はホウフッ酸浴だけで、スルファミン酸浴とスルフォン酸浴が衛生面と公害防止の見地から注目をされている。

塗料固形物(1：灰色) [鉛を 67wt%、四酸化三鉛を 74wt%含有]からの鉛の回収方法

鉛-スズ(10wt%)は防食用、鉛-スズ(60wt%)はハンダメッキとして広く用いられてきたが、鉛の使用が環境問題上規制されるようになったので、鉛フリーのハンダメッキが開発されている。ここでは、溶液中から鉛を回収する目的で、あえて鉛メッキ或いは鉛合金メッキの手法・条件を活用した。

表5 鉛メッキ浴

ハウフツ化鉛浴		ケイフツ化鉛浴	
ハウフツ化鉛 (g/l)	200	ケイフツ化鉛 (g/l)	70 ~ 90
ハウフツ酸 (g/l)	20	ケイフツ酸 (g/l)	80
ハウ酸 (g/l)	20		
ゼラチン (g/l)	0.2	ゼラチン (g/l)	0.2
pH	<1.5		
温度 ()	25 ~ 40	温度 ()	25 ~ 40
Dc (A/dm ²)	1 ~ 2	Dc (A/dm ²)	1 ~ 2

表6 鉛-スズ合金メッキ浴

	Pb-Sn (94-6)	Pb-Sn (40-60)
ハウフツ化鉛 (g/l)	345	14.6
ハウフツ化スズ (g/l)	30	300
ハウフツ酸 (g/l)	30	30
ハウ酸 (g/l)	16.5	16.5
ゼラチン (g/l)	0.5	5.0
Pb/Sn (g/l)	16/1	0.67/1
pH	> 0.5	> 0.5
温度 ()	21 ~ 38	21 ~ 38
Dc (A/dm ²)	2.5	2.5

表 5 から

ホウフッ化鉛浴 $\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$ 浴 は HBF_4 は電導率を増し H_3BO_3 は $\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$ の分解を防ぐ。この浴は鋼に直接密着が良く緻密な鉛メッキが得られる。

ケイフッ化鉛浴 PbSiF_6 浴 は H_2SiF_6 の蒸発が激しく浴の分解が進みやすい。鋼上への密着が悪いのであらかじめ銅メッキをしておくが良い。

表 6 から

この条件では、ほぼ同じ析出電位を示すので、 Pb , Sn 濃度を適当に選択することによりほとんど 100% の電流効率で所定の合金メッキが得られる。

例

Pb/Sn 93/7 軸受け合金

Pb/Sn 40/60 ハンダメッキ

電気化学便覧

電気化学協会編 丸善 (1964) p.845

表 7 スズ 鉛メッキ 防食用

浴組成 gdm^{-3}	電解条件 (電流密度はカソード電流密度)
$\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$	20 ~ 30 1 ~ 4 Adm^{-2} アノード : $\text{Pb}-\text{Sn}$ (10 %)
$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$	
HBF_4	
H_3BO_3	
ペプトン	

表 8 スズ 鉛メッキ ハンダメッキ用

浴組成 gdm^{-3}	電解条件 (電流密度はカソード電流密度)
$\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$	20 ~ 30 1 ~ 4 Adm^{-2} アノード : $\text{Pb}-\text{Sn}$ (60 %)
$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$	
HBF_4	
H_3BO_3	
ペプトン	

電気化学便覧

電気化学協会編 丸善 (第 5 版) p.466

表9 メッキ浴組成と作業条件

	ホウフッ酸浴	スルファミン酸浴	メタンスルホン酸浴
鉛(Pb) (g/l)	100~200	150	50~100
遊離ホウフッ酸(Free HBF ₄) (g/l)	100~200		
遊離スルファミン酸 (Free NH ₂ SO ₃ H) (g/l)		50	
遊離メタンスルホン酸浴 (Free CH ₃ SO ₃ H) (g/l)			100
ペプトン (g/l)	0.5~5		
ビスフェノール (g/l)		0.5	
ポリエチレングリコールノニールフェニールエーテル PEGNPH (g/l)			15
温度 ()	20~25	20~25	20~25
陰極電流密度 (A/dm ²)	5~10	3~5	3~5
陰極電流効率 (%)	100	97~100	95~100
陽極純度 (Pb%)	99.9	99.9	99.9

表10 光沢ハンダメッキ浴の組成と作業条件

	ホウフッ酸浴	フェノールスルホン酸浴	アルカノールスルホン酸浴
第一スズ (Sn ²⁺) (g/l)	30~50	10~15	15~25
鉛(Pb) (g/l)	10~20	6~10	1.5~3
遊離ホウフッ酸(Free HBF ₄) (g/l)	80~120		
遊離フェノールスルホン酸 (Free OHC ₆ H ₄ SO ₃ H)		80~120	
遊離アルカノールスルホン酸 {Free CH ₃ CH(OH)CH ₂ SO ₃ H}			80~120
ホルマリン(37%)	10		10
アセトアルデヒド(20%)		3~8	
光沢剤(アミン アルデヒド系)	60	20	20
分散剤(PEGNPH, 15H)	40	20	10
温度 ()	10~20	10~20	10~20
陰極電流密度 (A/dm ²)	1~6	1~6	1~6
陽極と電着物の組成 (Sn:Pb)	70:30	60:40	90:10
攪拌(陰極移動) (m/分)	1~3	1~3	1~3

表面処理技術総覧 最新表面処理技術総覧編集委員会 初版 S621987年 p.333

結論

1. 塗料固形物(1：灰色)は，硝酸または混酸に溶解させることができる．

成果 - 1 および成果 2

2. 溶解させた酸性水溶液からは，いくつかの鉛の難溶性の塩を回収できる．
それらの塩類は有効利用することができる．

成果 - 3 および成果 4

3. 溶解させた酸性水溶液からは，電気めっき法により金属鉛を回収することができる．

展望 メッキ法 1 およびメッキ法 2

参考資料 (NHK 放送)

NHK「おはよう日本 11月29日(火)朝7:30～」

小山市のゼロエミッション取り組みがニュースに！

小山高専が分担したテーマの一つである

鉛を含んだ塗料カスからの鉛回収への取り組み
が紹介された。



2 . 廃棄物リサイクル技術（北九州エコタウン）見学結果概要

日本で先端的に環境・リサイクル産業に取り組んでいる北九州市エコタウンセンターの見学を行った。地域全体が環境問題に取り組んでおり、産学官が見事な連携を取っており、リサイクル率が非常に高く非常に有用な知見となった。今回のテーマに対し、得られた知見と考察は下記の通りである。

テーマ 1) 蛍光灯及び水銀用安定器のリサイクル

知見及び考察) コピー機やパソコンなど手作業で分解し、リサイクル可能な部分のみ回収する方法を取っていた。また、熱硬化性樹脂や接着剤成分の分離、リサイクルは行っていなかった。以上の結果から、最低限手作業で分解し、樹脂・接着剤などの不要成分を分離除去すれば、リサイクル金属等として応用展開が可能であると考えられる。

テーマ 2) 廃プラスチック（塩化ビニール類の分別）

知見及び考察) プラスチックは外観や感触だけで判別するのは非常に難しく、実際の家庭用電気製品や OA 機器の分解等では、プラスチックの判別に判別用装置を用いていた。また、プラスチックメーカーの協力で、プラスチックの判別が簡易的にできるよう工夫もされ始めているとの事だった。今回のテーマにおいても、プラスチック判別装置を購入できれば迅速かつ正確に塩化ビニールの分別が可能になると考えられる。

テーマ 3) 油のしみ込んだ木材のリサイクル

知見及び考察) 木材のリサイクルに関しては、関連する技術が多数確認できた。木材を粉碎し、高温高圧などでボード化する方法、リサイクルプラスチックと混合して腐食しない再生建材を作る方法などがあつた。本テーマにおいても、しみ込んだ油の除去後は目的に応じて様々な用途展開は可能である。

テーマ 4) 工業用グラスウール保温筒のリサイクルに関する研究

知見及び考察) ガラスのリサイクル技術に関しては、微細な廃ガラスを樹脂等に混ぜ込み、新しい路面表示板を作る方法や微細な廃ガラスをリサイクル樹脂等に混ぜ込み、新しい路面表示板を作る方法などを採用していた。本テーマのグラスウールは加熱により微細なガラス粒子にすることは可能であり、上記のような表示板のみならず、路面塗装用のペンキなどに混ぜて使用することも可能であると考えられる。

テーマ 5) 塗料固形物のリサイクル

知見及び考察) 塗料固形物のリサイクルに関しての関連技術は全く報告されていなかった。北九州市エコタウンセンターの担当者の話では、今まで全くテーマとして考えていなかったとのことだった。本テーマに関しては、金属成分などの除去ができれば部分的に再利用できる可能性が高いと考えられる。

全体的な感想)産学官連携で行っているが、学校関係から持ち上がったテーマで事業化まで至ったケースはまだなく、かなり時間がかかるとの事で、現在の事業化されている技術のほとんどは企業が独自に開発したもののようである。また、これらの発展の基になっているのは、地域全体の取り組みと地域や国の経済的な援助である。今後、このようなゼロエミッションを発展させるためには、環境に対する個々の地道な研究開発と地域の援助が必要であると考えている。

廃棄物リサイクル技術見学報告

廃棄物リサイクル技術の調査のため、ゼロエミッションへの挑戦を行っている北九州市エコタウンセンターを見学した。この地域は、1960年代に公害問題で深刻な問題を抱え、古くから産学官が共同で、環境問題、特に廃棄物問題に取り組んできた地域である。それらの以前から蓄積された技術を評価されてきている。

エコタウンセンターの詳細は、下記にまとめた。

エコタウン事業とは、「あらゆる廃棄物を他の産業分野の原料として活用し、最終的に廃棄物をゼロにすること（ゼロ・エミッション）」を目指し、資源循環型社会の構築を図る事業である。

北九州では、環境・リサイクル産業の振興を柱とする「北九州エコタウンプラン（経済産業省と環境省の承認）」を策定し、若松区響灘地区において具体的な事業に着手している。

事業の推進にあたっては、産学官で構成する「北九州市環境産業推進会議」において基本的な取り組みの方向を定め、環境政策と産業振興政策を統合した独自の地域政策を展開している。地域振興の基軸として推進することにより、環境調和型の地域経済形成の観点から既存の枠にとられない先進的な環境調和型まちづくりを実現することを目的とした事業といえる。97年度に制度化され、これまでに承認を受けたのは札幌市、長野県飯田市など16地域。それぞれが地域の事情、特性に合わせた計画を策定している。

第1号の承認地・北九州市の場合は、臨海埋立地内において、ペットボトルや家電製品、OA機器、自動車などのリサイクルを基調とする総合環境コンビナート、実証研究センター、中小リサイクル団地などの整備を計画している。広域収集システムを構築しながら環境産業を先端技術により新しい素材産業として発展させ、世界に発信する拠点となることを目指している。

施設整備に合わせた関連産業の立地とともに注目されるのは、財団法人・九州産業技術センター、九州経済産業局などの連携で2000年度から開講している「九州エコタウン大学」の存在である。

カリキュラムは、「講義」、「現地視察」、「グループ演習」などで構成され、環境産業の将来を担う産学官の関係者に、環境の理念やプロジェクトマネジメントなどを網羅的に学ぶ機会を提供するのが狙いである。受講することにより、環境ビジネスプロジェクトの立案やそれを具現化できる人材が育成されるとともに、参加者間の交流等を通じて産学官の連携が促進されることが期待されている。

これまでの経緯

- 平成元年～平成4年 「響灘開発基本構想」の策定
- 平成6年～平成8年 「響灘開発基本計画」の策定
- 平成9年7月 「北九州エコタウンプラン」の策定、国の承認
(平成14年9月エコタウンプラン変更承認)
- 平成14年8月 「エコタウン事業 第2期計画」の策定

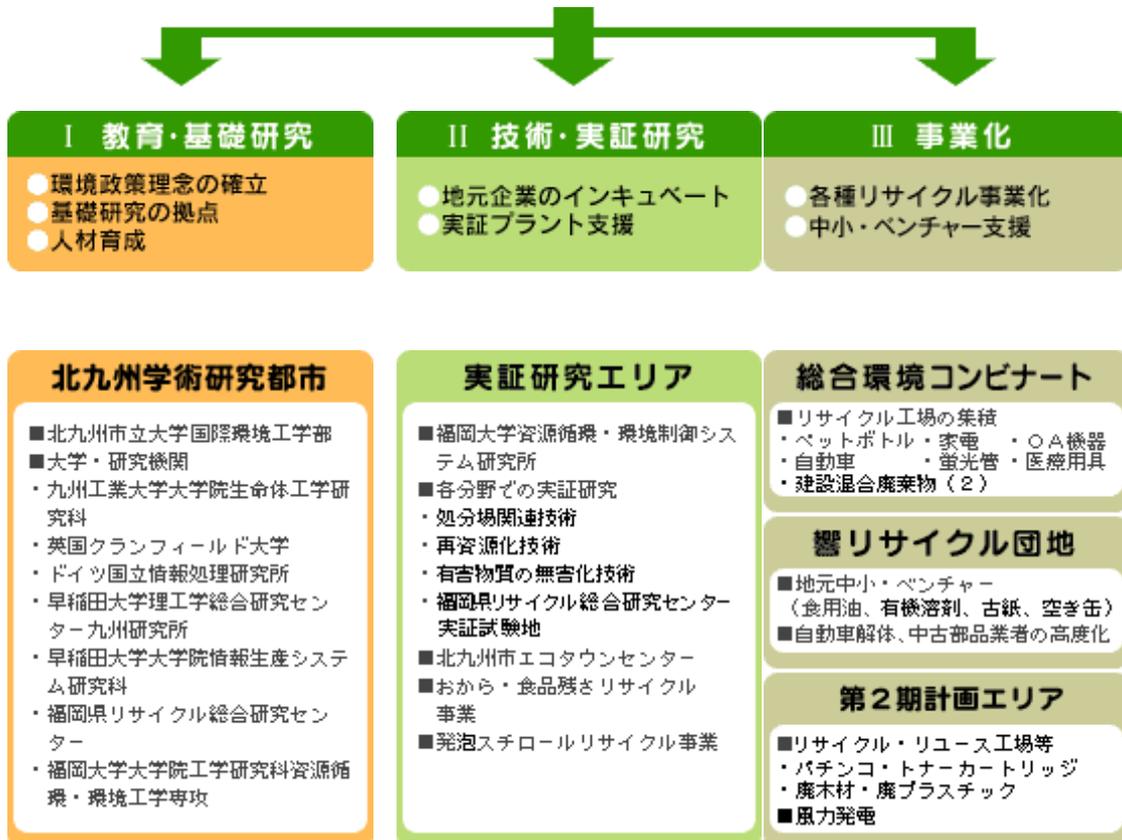
地域の特徴

- モノづくりの街 ... 人材・技術・ノウハウの蓄積、産業インフラ
- 連携・ネットワーク ... 公害克服で培われた市民、企業、行政の連携
- 環境国際協力 ... アジア諸都市を中心に20年以上の実績
- 響灘地区の優位性 ... 土地、最終処分場、産業集積、港湾など

総合的な展開（北九州方式3点セット）

北九州市の環境産業振興の戦略

(基礎研究から技術開発・事業化に至るまでの総合的展開)



北九州エコタウン地域



商品別のリサイクル技術概要及び会社概要を下記にまとめた。

2 - 1 . ペットボトル

西日本ペットボトルリサイクル(株)《NPR》はペットボトルを大切な資源として生かすために、北九州地区の活性化をめざした北九州エコタウン構想の先駆的な役割をになって平成9年4月に設立された。民間5社に北九州市も加わり地域と一体となってリサイクルを進める会社である。経済産業省が進める「エコタウン事業」に国内で最初に認定された。NPR では容器包装リサイクル法に基づき、自治体から使用済みペットボトルを引き取り、いくつもの工程で再生処理を行い、クリアーな PET 樹脂を製造し、繊維やシート等の原料として納めている。

ペットボトルからクリアー再生 PET 樹脂 (フレーク、ペレット) を作ります。

下のような再生行程を経て、高品質なクリアー再生 PET 樹脂が製造されます。



選別



粉碎



洗浄



ペレット化

異物、不純物をいくつかの行程を経て取り除きます。

ペットボトルを細かく砕きます。

汚れや付着物などを取り除き、きれいなフレークをつくれます。

フレークを押し出機で再溶解し、透明な PET 樹脂に戻します。



ベール

ペットボトルを圧縮して俵状にした物です。ベール1個はペットボトル約450本分です。



フレーク

ペットボトルを細かく粉碎、洗浄した物でシート等の原料になります。



ペレット

さらにフレークを溶解し、押し出したものが再生PETペレットです。

再生PET樹脂から様々な製品が生まれます



PETボトル
再利用品

↑このマークが付いている製品は
ペットボトルをリサイクルした
製品です。



西日本家電リサイクル株式会社は、2001年4月に施行された「家電リサイクル法」に対応するため、家電メーカー等9社の出資によって設立された「家電リサイクル会社」である。

「家電リサイクル法」に沿って、使用済の「エアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機」の4家電をリサイクル処理する「リサイクル工場」の役割と、近隣からの4家電を引き取る「指定引取場所」の役割を両方共果たしている。当社は持ち込まれた4家電を、高度に分解・選別することにより、高いリサイクル率の達成と冷媒フロンと断熱フロンの回収及び熱分解処理による無害化を達成し、高品位の再生材料を生産する。

工場の能力は、年間約50万台の処理能力を有しているが、現在フル操業中である。4家電は、手分解工程にて冷媒フロンの回収や大きな金属部品（モーター、熱交換器、コンプレッサー）やテレビの基板、パネルガラスなどを回収し、機械破碎工程と洗浄工程などを経て、ファンネルガラス、鉄、非鉄を再生資源として回収します。残るプラスチック残渣は現在埋め立てているが、近い将来北九州エコタウンに建設が予定されている複合中核施設で燃料として活用し、限りなくゼロエミッションを目指す計画である。

家電リサイクル

当社の使命は、家電リサイクル法（特定家庭用機器再商品化法）の第2条第4項の規程に基づく政令に規定されている使用済み家電を再商品化（リサイクル）することにあります。



フロン処理

解体部品



エアコン



テレビ



洗濯機



冷蔵庫

解体後のリサイクル



ガラスカレット



非鉄金属



鉄
(冷蔵庫)



鉄
(洗濯機・エアコン)

2 - 3 . OA 機器

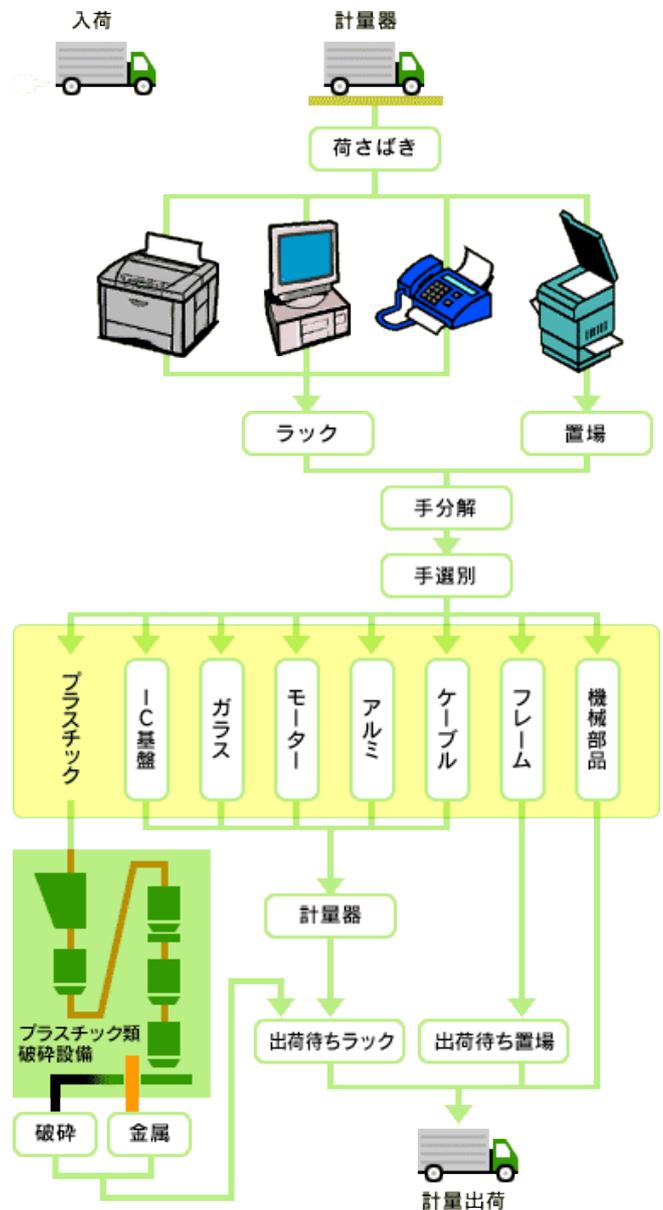
株式会社リサイクルテックは、資源循環型社会をめざして...ゼロエミッションをめざします！
 OA 機器の進歩は目覚しく、需要が高まる一方で処理が必要な OA 機器も年々増え続けています。
 しかし OA 機器の部品はそのまま埋め立てると環境に悪い影響を与えるものや、そのままでは処理出来ないものが含まれています。リサイクルテックでは、環境への配慮と資源の有効活用の為に、従来埋立処分されていた OA 機器を引取り、材質・材料ごとに一つひとつ丁寧に分解選別を行って、新たな機器等の部品や材料として提供しています。通産省が進める「エコタウン事業」にも認定されています。

使用済み OA 機器のリサイクル



OA 機器を再資源化し、新たな機器の部品、材料として提供。

複写機、プリンター、ファクシミリ、パソコン、その他 OA 機器、電気・電子機器などを手分解・手選別で再利用可能にしています。



OA 機器の処理フロー

2 - 4 . 蛍光管

我々の生活は豊かで便利なものとなってきておりますが、一方では資源の大量のごみ排出と、それに伴う環境汚染という問題に直面しており、21世紀を迎えてかけがえのない地球環境を健全な状態で次世代に引き継ぐことが責務となっております。また、社会的にも資源の有効活用として廃棄物の再資源化が重要な課題としてあげられ、法的な整備をはじめ様々な取組がなされております。

株式会社ジェイ・リライツは、北九州市響灘地区のエコタウン内に工場を建設し、自治体や企業から回収された使用済の蛍光管を分別・破碎した後、ガラス、金属、水銀等に分け再資源化を図るとともに、リサイクル蛍光管の原料として供給することにより、資源循環型社会の形成に寄与できるものと考えております。

使用済蛍光管リサイクル事業

回収した蛍光管のガラス等を使って、全国で初めてリサイクル蛍光管を製造します。

ジェイ・リライツは、安全対策にも十分配慮し、更なるリサイクル方法及び用途を開発・改良し100パーセントリサイクル実現にむけて、日夜努力しております。

- ・ 処理能力
 - 18.3t / 日 (12時間稼動)
 - 110,600本 / 日 (12時間稼動)
- ・ 安全対策
 - 1 洗浄装置の水銀
 - ・ 洗浄工程は循環型として系外排出無し
 - ・ 汚泥は不溶出化を行い適正に処理
 - 2 排気装置の水銀

特殊活性炭を使用した排気設備(水銀吸着塔)で水銀を除去し、水銀検知器で安全を確認後、排気
 - 3 作業環境

局所排気装置で、装置内を負圧にして、装置外への飛散防止



使用済蛍光管の回収

企業および自治体

関西以西の西日本地域を対象に直管、サークル管について処理します。

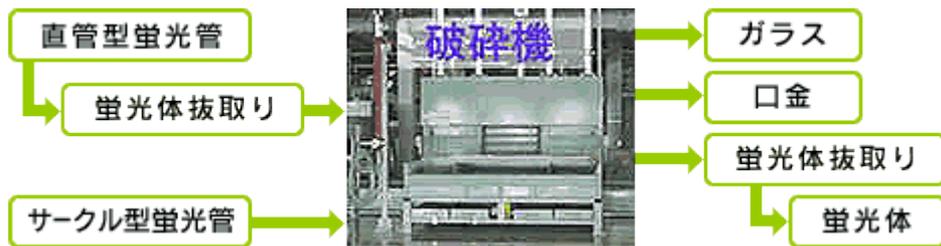
種類	用途	排出数量	
		全国	西日本地区(関西以西)
直管型蛍光管	工場・事務所・家庭	321,000千本	68,000千本
サークル型蛍光管	家庭	127,000千本	42,000千本
計		450,000千本	110,000千本

いかに破損せずに工場に持ち込めるかがキーポイントです。

蛍光管を廃棄する際に、専用容器もしくは SN コンテナに蛍光管をつめていただき量がいっぱいになった時点で運搬業者に連絡いただき回収します。

分別破碎

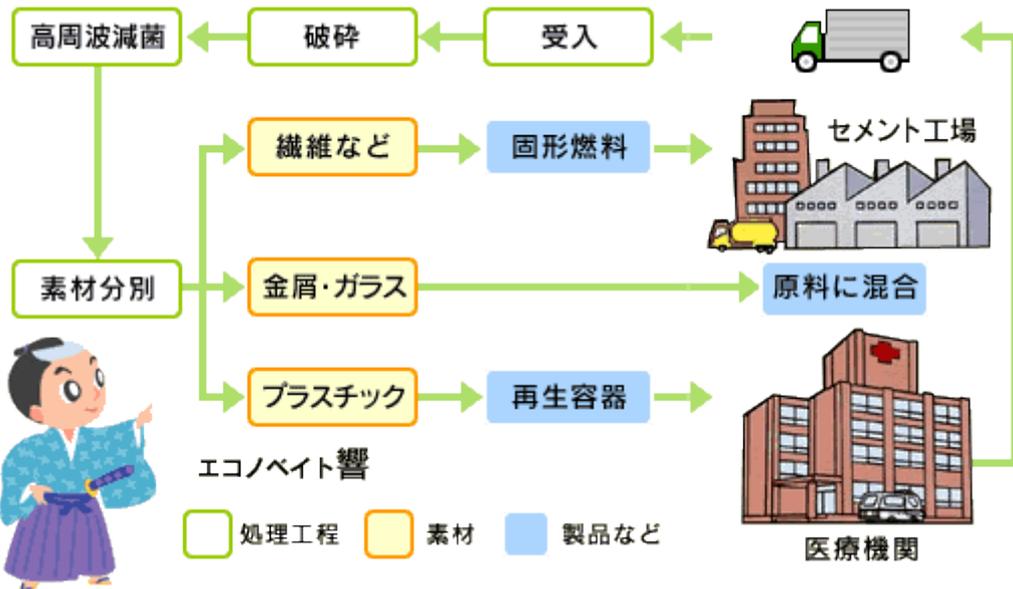
分別破碎され洗浄乾燥、水銀分離を行ないガラス、金属類、蛍光体、に選別しそれぞれ再資源として蛍光管のメーカーへ供給しその原料により再度蛍光管として利用されるようリサイクルされます。



2 - 5 . 医療器具

『安心をカタチに生きがいデザインする ASO グループ』の一員として、エコノベイト響麻生鉦山株式会社は、リサイクルと環境負荷の低減に取り組み資源循環型経済社会の実現を目指します。

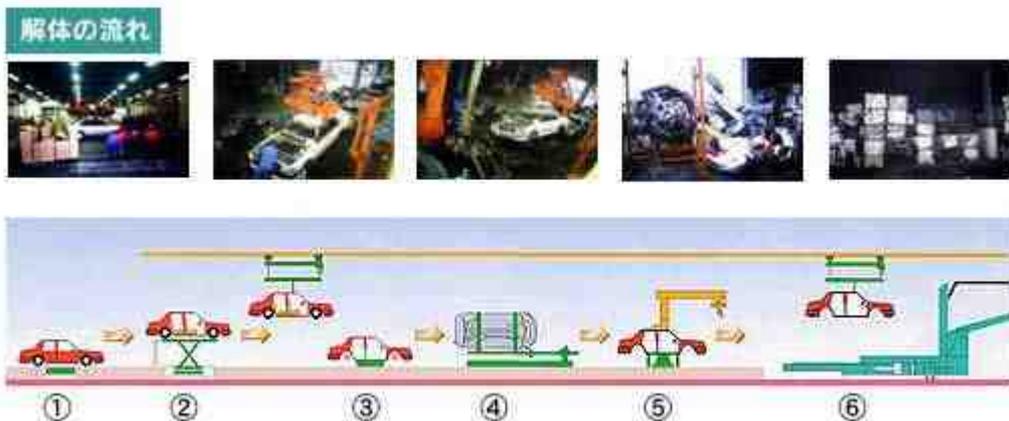
医療器具リサイクルフロー



2 - 6 . 自動車

日本初、シュレッダーレス方式での使用済み自動車のリサイクル事業者として、西日本オートリサイクル株式会社は平成 12 年 2 月、北九州エコタウンの一角、総合環境コンビナート内で操業を開始しました。月間 1500 台、一日当たり 60 台の自動車の解体処理を行っています。現在のリサイクル率は 86～87%（リユースパーツは含まず）。これは通産省（当時）が掲げる数値目標を（85%）2 年早くクリアしており、2005 年には、通産省の設定より 10 年前倒しの、95%のリサイクル率を目指しております。

使用済自動車の集荷、分解、適正処理
 中古部品の販売（国内向、海外向中古パーツ）
 鉄スクラップ、非鉄スクラップ製造販売
 樹脂、ガラス等リサイクル原料の回収、販売
 自動車の処理及び再利用の為の実証研究等の受託
 その他前記に付帯関連する事業

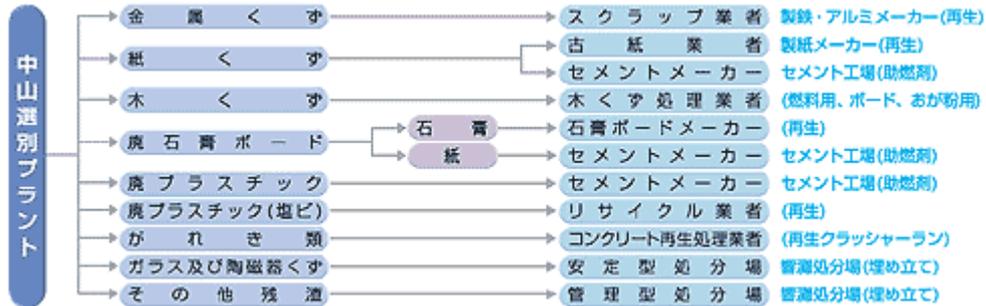


1. パーツ回収工程	ドア・フェンダー・フロントガラス・ランプ・ボンネット・等の外装パーツ
2. 液抜き工程	燃料・オイル類・LLC
3. 前処理工程	シート・カーペット・コンソール・タイヤ・バッテリー・工具・フロン・ガラス
4. 解体工程	エンジン・ミッション・燃料タンク・排気系部品類・足廻り部品類
5. 非鉄回収工程	ヒータコア・コンデンサ・エバポレータ・モーター類・ハーネス類の非鉄部分・内装樹脂類・バンパー
6. サイコロプレス	プレス製品

2 - 7 . 建設混合廃棄物

中山リサイクル産業株式会社は、これまでの経験を生かし資源循環型経済確立の一助となるべく総合廃棄物の分別・リサイクルという新たな事業に挑戦し、地球環境の保全という社会の要請に応えてまいります。

リサイクルフロー図（中山リサイクル産業 総合廃棄物選別プラント）



投入ホッパー及び定量供給機



手選別ライン

廃棄物を資源化するために手選別を行います。



風力選別機

風力により廃棄物を選別します。



破碎機「シェレッダー」

廃棄物を細かく碎き粒状をそろえます。



一次磁選機

金属を磁力により選別します。

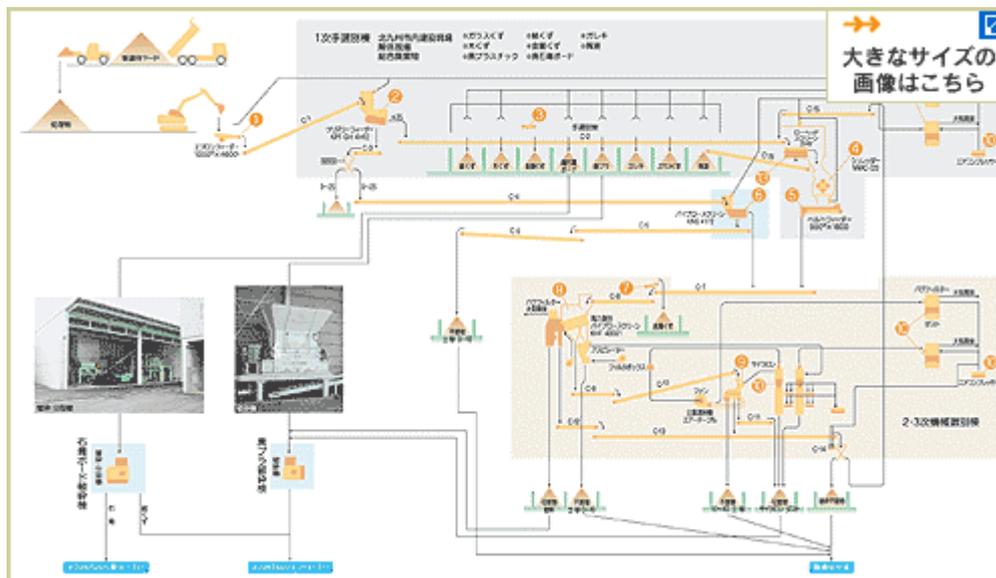


比重選別機「エアテーブル」

風力と振動により廃棄物を精選別します。

リサイクルフロー図

九州地域で初の総合廃棄物リサイクルフロー



2 - 8 . 建設系副産物

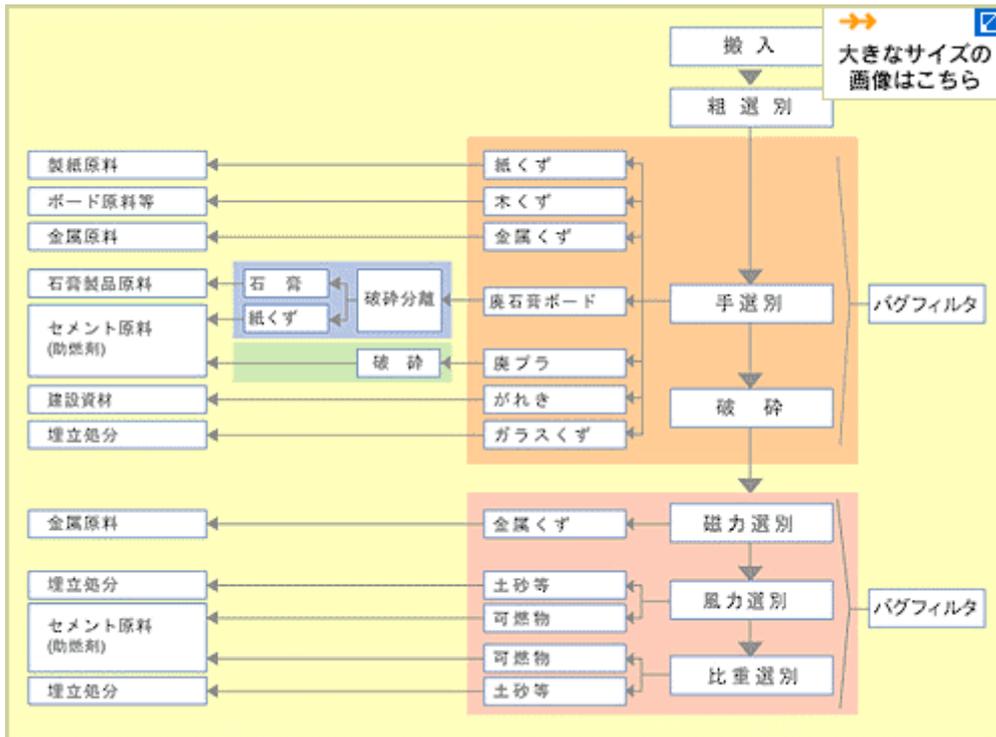
株式会社響エコサイトは、建設系副産物の 100%再資源化に挑戦！

再資源化が遅れているといわれる建設系副産物を再資源化するため、多品種に渡る建設系副産物の一貫資源化工場を建設し、平成 14 年 11 月から営業稼動を始めました。受入許可品目は廃プラスチック類・紙くず・木くず・繊維くず・ゴムくず・金属くず・ガラスくず・鉱さい・がれき類の 9 種類。入荷された材料は、手選別・風力選別・比重差選別・磁力選別・スクリーン選別等により、用途に応じて細かく選別し再資源化材料に生産されます。建設系副産物の受入は、北九州市一円だけでなく、北九州市が進めているリサイクルポート構想とリンクさせて関東圏や離島等の広域流通を推進しています。エコタウン内の複合中核施設の建設で「ゼロエミッション」を目指しており、資源循環型社会形成に寄与していきたいと考えています。

主要設備

建設廃材分別工場	廃木材処理工場	石膏ボード処理工場
<ul style="list-style-type: none"> ・ 振動プレートフィーダ ・ フォークスクリーン ・ 自動排出型吊り下げ式磁選機 ・ シュレッダ ・ 振動フィーダ ・ 風力選別・振動スクリーン ・ グラビティセパレータ ・ 集塵機 	<ul style="list-style-type: none"> ・ シュレッダ ・ ロータリースクリーン ・ 自動排出鉄片除去機 ・ 金属検出機 ・ 集塵機 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 粗割機 ・ 吊り下げ式磁選機 ・ 双胴分離器 ・ 円型振動ふるい ・ シュレッダ ・ 集塵機

事業フロー図



2 - 9 . 食用油

九州・山口油脂事業協同組合は、回収した使用済み食用油を精製処理後、高品質の再生品を製造しております。(5品目にリサイクルできる施設は国内初)

・軽油代替燃料

食用油を化学処理し、脂肪酸メチルエステルを生産します。現在、北九州市環境局環境センターのごみ収集車8台にてテスト使用中。



・配合飼料原料用油脂

食用油を様々な出荷規格に調整します。

・塗料原料用油脂

建築塗料のさび止め剤として出荷します。

・薬品・化粧品用原料

食用油を化学処理し、脂肪酸とグリセリンに分離します。

・石鹼類

廃油から様々な用途向けの石鹼を生産します。

2 - 10 . 古紙

私たちの身の回りを見てみましょう。

ありとあらゆる種類の「紙」に囲まれて生活していることを改めて実感するはずです。あまりにも身近にあるために、その必要性、大切さを見落としがちなのは、仕方のないことなのかもしれません。あたりまえのように毎日、毎日紙を消費しつづけていますが、その数量は膨大です。そして、これからも木材からのみ紙が生産されていくとすれば、私たちのかけがえのない地球はいずれ緑が失われ、環境破壊に陥ってしまうでしょう。現在、私たちの消費している紙の半分以上が、古新聞、古雑誌、段ボール、印刷物等のいわゆる「古紙」から再生されているのです。地球環境を守るため、リサイクルの必要性が大きく叫ばれている今日、株式会社西日本ペーパーリサイクルは、紙リサイクルの一翼を担うことにより大きく社会に貢献し、新しい時代に果敢にチャレンジして参ります。

家畜用古紙敷料

全農との共同開発で、生まれた古紙「100」%の家畜用敷料です。酪農・肥育牛・養豚（踏込豚含）・養鶏（保湿用）に最適です。重金属等の有害物質分析済みで安全です。畜糞堆肥化発酵の際の水分調整剤に最適です。

「あんしん君」4 つの特徴：高い【吸湿性】・優れた【保湿性】・糞尿とよく混ざる【混和性】・完熟を促進する【堆肥化発酵性】



浚渫低泥・建設汚泥即日処理工法用

泥水材料専門メーカーと共同開発した河川・泥湖の浚渫低泥を即日処理し、処理土中の古紙は、自然に分解いたしますので、植生にも適しています。建設低泥を建設現場で処理できます。汚泥の搬送、中間処理が不要で大幅な費用削減が可能です。



2 - 11 . 有機溶剤

30 余年にわたり産業廃棄物の収集運搬、処理事業を手がけてきた高野興産株式会社では、その事業活動の中で培った処理技術やノウハウを活かしさまざまなリサイクル事業に取り組んでいます。廃棄物を出来る限り有効利用することを使命と考え、常に前進し、時代のニーズにお応えして参ります。

高野興産株式会社

環境への配慮と資源再生への対応が急務とされる 21 世紀。産業廃棄物に対する処理方法や、リサイクル技術は進化し続けています。30 余年に亘り産業廃棄物の収集運搬・処理事業を手がけてきた当社では、その事業活動の中で培った処理技術やノウハウを生かしさまざまなリサイクル事業に取り組んでいます。廃棄物を出来る限り有効利用することを使命と考え、常に前進し、時代のニーズにお答えしてまいります。

< 本社 >

- ・ 産業廃棄物収集運搬
- ・ 産業廃棄物処理
- ・ 特別管理廃棄物処理
- ・ 特別管理廃棄物収集運搬
- ・ プラスチックマテリアルリサイクル事業
- ・ 環境計量証明事業

< ひびき事業所 >

- ・ 廃溶剤のリサイクル
- ・ 廃プラスチックの油化・再生



溶剤リサイクル事業

当社の産業廃棄物処理技術を生かし、従来焼却廃棄物扱いであった溶剤廃液を蒸留再生によってリサイクルを可能にしました。

【取扱品目】炭化水素、アルコール類、エステル、ケトンエーテル、ハロゲン（塩素化合物）、窒素化合物、複合系、その他

プラスチック油化システム事業

当社では、産業廃棄物処理の事業活動の中でプラスチックリサイクルに実績を重ねて参り最新の油化システムを導入し、サーマルリサイクルしか出来なかった廃棄プラスチックを油化して液体燃料を製造するケミカルリサイクルを実現しました。

【取扱品目】PP（ポリプロピレン）、PE（ポリエチレン）PS（ポリスチレン）その他



2 - 12 . 自動車

私たちに便利さと、快適さを提供するクルマは、現代社会の暮らしにおいて、もはや欠かすことのできないパートナーとなりました。だからこそ、クルマが地球環境に及ぼす負担については、私たち全ての人が真剣に向き合わなければならない重要な問題なのです。21世紀、クルマも



ヒトも、地球環境と調和する美しい時代を築いていくために...北九州 ELV 協同組合は、新しい自動車リサイクルのカタチを創造していきます。

ストックヤード&駐車場

仕入れてきた使用済み自動車は、まずこのヤードに運び込み、ストックします。解体処理の前には各車両の車名、エンジンの形式、走行距離、事故の状況などをチェック。同時に使用可能なバ



ーツのピックアップを行います。収集した各車両の詳細なデータは、組合のコンピュータに登録されます。

解体リサイクル業務

ストックヤードより、順次廃車を運び入れ、ガラスや再利用が可能なパーツを取り外し回収します。エンジンやシートなどはニブラ（解体機）で取り外しますが、廃油、冷却水の回収、配線コードの取り外しなどは、解体機を使わず手作業で実施。再利用不可能なパーツは素材別に分別し適切にリサイクルします。作業は環境に配慮して慎重に行い、クリーンな工場を目指しています。

共同プレス工場

解体処理を終え、ボディ（＝鉄）だけとなった車両は、全てここに運び込まれ最終工程を迎えます。ニブラ（解体機）で1台ずつ最新鋭のスクラップカープレス機にかけられ、一辺が約60cmのサイコロ状に処理。鉄鋼原料として、国内への供給はもちろん、海外への輸出も行っています。



中古パーツ業務

再利用可能と判断されたパーツを、ここで商品化します。ドア、バンパーなどの外装品は洗浄後に、傷、へこみの目視点検を行い、エンジンなどの機能パーツはテスターを用いて性能をチェック。厳しい点検・性能検査をクリアしたパーツは、その結果によりランク付けされ、共同倉庫で在庫として管理されます。



2 - 13 . 空き缶

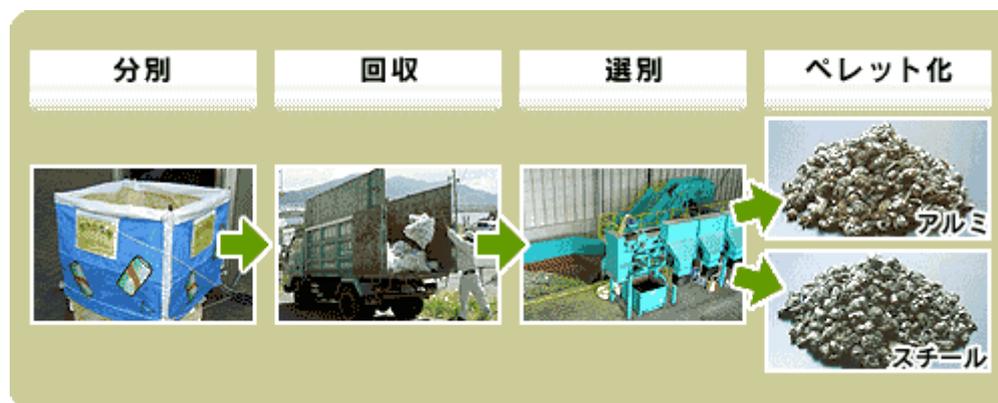
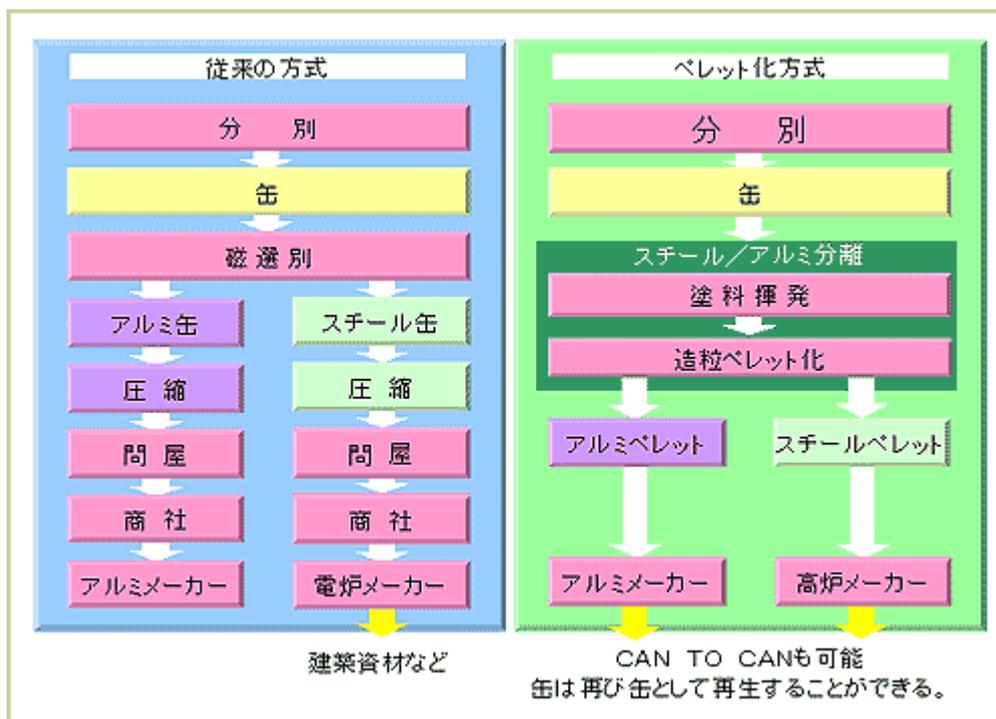
株式会社北九州空き缶リサイクルステーションは飲料済の空き缶を粒状(ペレット)にしています。ジュース缶、菓子缶など"缶"のつくものは何でも回収しています。缶1Kgあたり4円のリサイクル支援金をお支払いすることで空き缶リサイクルの普及を目指しています。皆さんが飲み終わった空き缶は何度でも生まれ変わります。皆さんも空き缶リサイクルに参加してみませんか？ホームページよりお気軽にお問合わせください。

スチール缶、アルミ缶から不純物を完全に除去し、スチールペレット及び、アルミペレットを生産します。

特に、スチール缶の蓋はアルミの部分分離してアルミペレットとなります。

スチールペレットは高炉メーカーの冷却材として、またアルミペレットは高炉メーカーの脱酸材およびアルミ二次合金メーカーの主原料として供給されます。

事業フロー図



2 - 1 4 . 発泡スチロール

家電・OA機器の緩衝材、魚箱、青果箱、食品トレイなど、身近に利用されている発泡スチロール。発泡スチロールは優れた物性上の特徴をもち、環境への負荷も少ない樹脂です。しかし、ひとたび使用済みとなると非常に嵩張る厄介な廃棄物となることは良く知られています。

西日本発泡スチロールリサイクル株式会社では、これらの発泡スチロールの廃材をリサイクルし、優れた特性である「軽量性」「断熱性」「耐衝撃性」「吸音性」「超低吸水性」を生かし、画期的な土木・建築向け材料として再資源化しています。昨年、北九州エコタウン内に工場を建設し、11月から稼働を始めました。次世代を見据えたエコ新素材で土木・建築分野に於ける、工法の改善と効率化・差別化を目指し、そして持続可能な循環型経済社会の形成に貢献します。

製品の製法と特徴

以下の2種類の方法でEPS（発泡スチロール）骨材を製造しています。

遠赤外線処理顆粒

発泡スチロールに遠赤外線を照射して約1/20に減容した後、所定のサイズに粉碎します。嵩比重は0.26~0.31です。遠赤外線照射により、発泡スチロール内部まで熱が伝わり、均質な減容品が得られます。また、これを粉碎することにより、複雑な破断面が表面に出ます。これを骨材として使えば、静電気の発生やセメントとの混合不良などの欠点を無くし、且つ、コンクリート製品の強度をある程度維持しながら軽量化などの特徴を出すことができます。本法は株式会社ナムコ・エコロテックが開発した技術がベースになっています。



「まぶし」処理顆粒

発泡スチロールを所定のサイズに粉碎した後、少量の樹脂接着剤を使って表面に無機の粉体（エスメント又はフライアッシュ）を「まぶし」ます。この場合は発泡スチロールを減容していないので、「まぶす」粉体の量の調節により、嵩比重を0.02~0.18の範囲で変えることができます。遠赤外線処理品と同じく、静電気の発生がない、セメントとの親和性が良いなどの特徴を持っています。遠赤外線処理品に比べて、強度は落ちますが、軽量化の効果はより大きくなります。本法は大成建設株式会社が開発した技術がベースになっています。

EPS 骨材の品種一覧

品名	EPS 骨材 ME エスメント 「まぶし」品	EPS 骨材 MF フライアッシュ 「まぶし」品	EPS 骨材 UR 遠赤外線 処理品	EPS 骨材 TR 遠赤外線処理品 (トレイ)
粒径 (mmφ)	3>,4>, 7>, 30>	3>,4>, 7>, 30>	3>,4>, 7>, 30>	7>
かさ比重 (-)	0.02 ~ 0.18	0.02 ~ 0.18	0.26 ~ 0.31	0.30 ~ 0.33

EPS 骨材の用途

発泡スチロールの優れた特徴である「軽量性」「断熱性」「耐衝撃性」「吸音性」「超低吸水性」はそのまま EPS 骨材にも引き継がれます。従来の骨材の一部又は全部を EPS 骨材で置き換えることにより、土やコンクリートに上記のような特徴を付与することができます。EPS 骨材は以下のような用途で効果を発揮する。



歩道用大型平板の軽量化

- ・土の軽量化による軟弱地盤改良・土圧低減など
- ・土木用コンクリート（製品）への軽量性・断熱性の付与
- ・建築向けコンクリート（製品）への軽量性・断熱性の付与
- ・コンクリート製吸音パネル
- ・緑化基材（護岸、法面、屋上、浮島）
- ・軽量モルタル用骨材

既にインターロッキングブロックや歩道用平板、歩車道境界ブロック（縁石）、U形側溝大型擁壁ブロックやその裏板、L形擁壁、擁壁の裏込材（砕石代替）、吸音パネル、外壁用パネル等で実績をあげつつあります。さらに、これらの知見をもとに、市場の拡大を図っているところです。



縁石等の軽量化



擁壁表面飾り平板

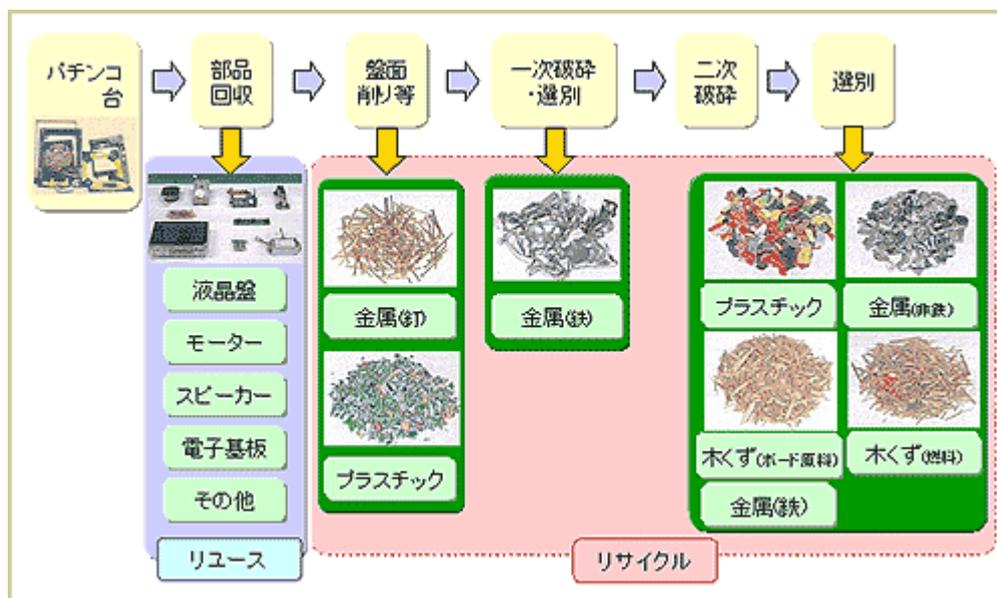
2 - 15 . パチンコ台

株式会社ユーコーリプロでは、回収した廃棄台を解体し、パチンコ台などの材料としてリユース、リサイクルを図るとともに、再生原料としてのマテリアルを選別する一貫的なパーフェクトリサイクルが可能なプラントを設置しています。ここに 100%のリサイクル率と年間 150 万台を処理できる体制が整いました。東日本工場と合わせ、年間 230 万台の処理が可能です。

年間処理台数 200 万台の能力を持つ、リサイクル 100%の「パーフェクト リサイクル プラント システム」をご紹介します。

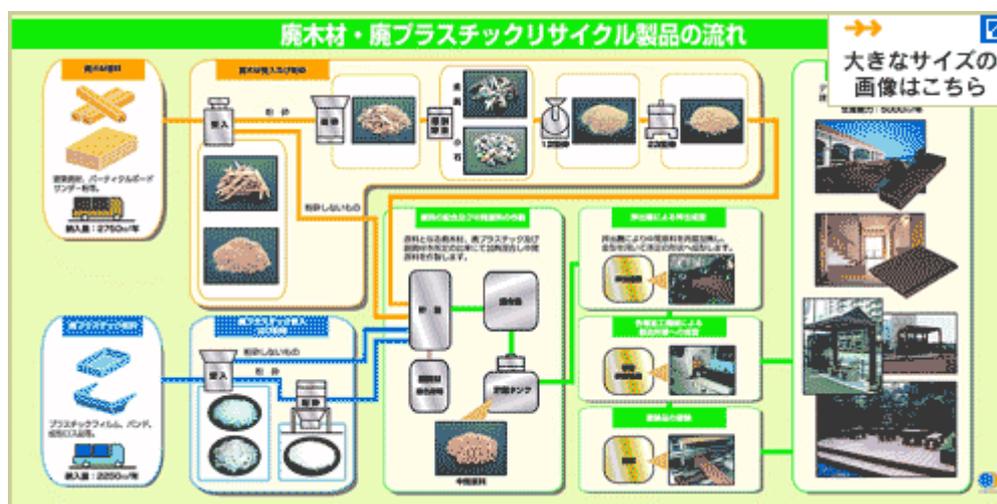
20世紀は地球資源搾取の歴史だったといわれます。しかし、現在はあらゆる産業で環境への負荷を減らす試みが必要不可欠となっています。私たちパチンコ業界でも、資源やエネルギーの消費を押しさえ、環境破壊を未然に防ぐよう様々な取り組みを行っています。ここで紹介する「パチンコ台・パチスロ台のリサイクルプラントシステム」もその一つです。

このシステムは各製造メーカーや素材メーカー等との協力体制により、廃棄物が発生しない「パーフェクトリサイクルシステム」を実現しています。



2 - 16 . 廃木材・廃プラスチック（株式会社エコウッド）

「エコウッド」は見た目や肌触りなど天然木の風合いを再現しながら天然木の欠点である腐れ、反り、割れ、ささくれが無くこれまで木材を使用しづらかった浴室などの水廻りをはじめ、風雨にさらされる屋外施設の素材として最適です。



Re birth technology

環境の世紀を舞台とした株式会社エコウッドの「リ・バーステクノロジー」

この技術から生まれたエコMウッドは、廃木材と廃プラスチックを100%主原料とした再生建材。

見た目や肌ざわりなど天然木の風合いを再現しながら、それを超える性能を備えます。

再粉碎して何度でもリサイクルができ、その度ごとにもとの姿、性能のまま生まれ変わります。

資源循環形社会をリードする先進のエコ・マテリアルです。

2 - 17 . トナーカートリッジ (株式会社ベストン北九州)

ゼロエミッションをトナーカートリッジのリユース事業で達成。廃棄されていた使用後のトナーカートリ

ッジをリユース、産業廃棄物の発生をなくしゼロエミッションを達成、資源の有効活用に貢献。

魅力ある大幅コストダウン。使用済みトナーカートリッジはリユースによって新たに製品として市場へ利用頻度の高い企業ほど即効性のある大幅経費削減が可能となります。

事業所などから排出されるプリンターやファックスの使用済みトナーカートリッジを回収し、分解洗浄後、再び組立てて新しいトナーを充填し、「リユーストナーカートリッジ」として販売します。本事業は、東日本地域を対象に同様の事業を行っている(株)ベストンの再生手法を取り入れており、兵庫県以西の地域を主な対象として事業を展開します。

ベストンリサイクルシステムの特徴

地球をやさしくまもるシステム

廃棄処理されていた使用後のトナーカートリッジやリボンカセットをリサイクルする事で無駄をなくし、限りある資源の有効活用にご貢献。

地球をやさしく守る資源循環システムです。

環境国際標準規格: ISO14001 の認証を取得に向け活動を開始しました。

魅力ある大幅コストダウン

使用済みトナーカートリッジはリサイクルによって新たに製品として市場へ。

利用頻度の高い企業程即効性のある大幅経費削減が可能です。

高品質、鮮明な印字

弊社工場は国内機器メーカーの協力工場であると共に、海外リサイクルメーカーとも提携し最新技術を導入。詰め替え用トナーは全て純正品と同等の物を使用し、厳正な品質管理のもとリサイクル作業を行います。

弊社は次世代を考え、品質国際標準規格: ISO9001 の認証を取得に向け活動を開始しました。

安心・確実な生産方式

お客さまからお預かりした使用済みトナーカートリッジは弊社のリターン方式で確実にリサイクルされます。

万全なアフターサービス

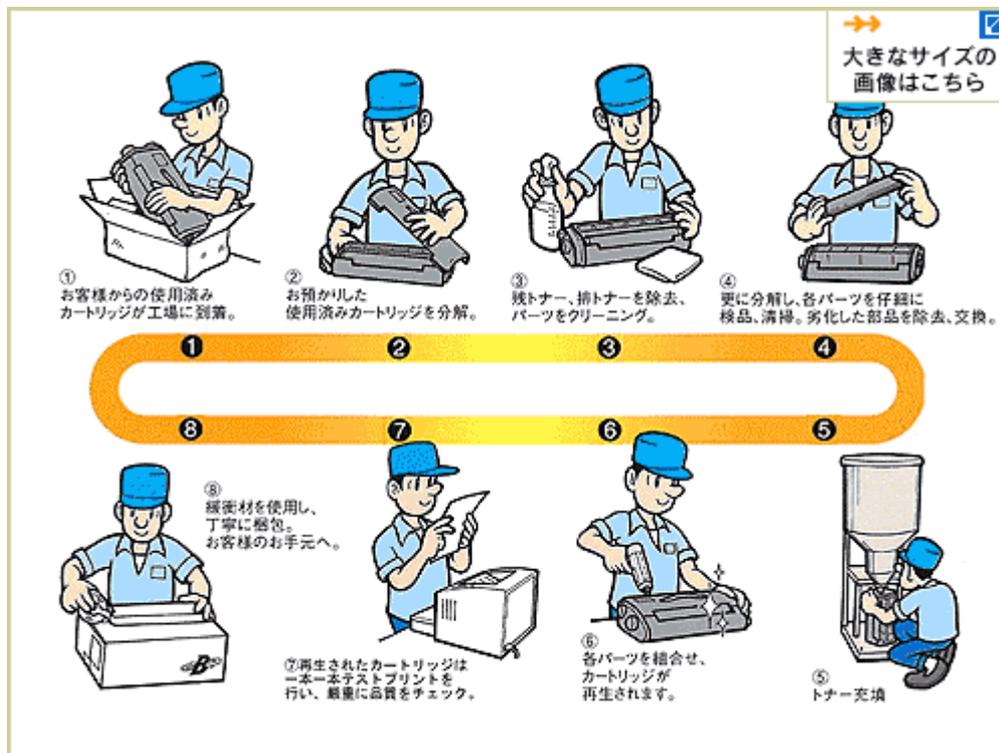
お客様が快適に御使用頂ける様アフターサービスは万全。万が一のトラブルにもスピーディに対応いたします。

当社は独自の製造物責任者保険に加入しています。

より良い職場環境の構築

リサイクル活動への参加という企業イメージの向上に繋がります。又、社内の意識の変革にもなり職場環境向上の為の手段ともなります。

環境国際標準:ISO14001 の取得の一端を担います。



2 - 18 . ガラスなどのリサイクル

フジコンテック株式会社

リサイクルガラスと樹脂、コンクリートを複合化し、新しい高機能性路面表示板を開発。

小倉セメント製品工業株式会社

リサイクルガラスとリサイクル樹脂等を用いて、新しい路面用平板や縁石を開発。

その他、実証研究エリアに産学共同開発中の技術多数あるが、まだ実用化までは至っていないのが現状である。

3 . 謝 辞

本校の技術教育の中では各専門分野の教育だけでなく、工業安全および環境問題の教育にも重点においてきており、これらの問題についての倫理観を有した技術者の育成に力を注いでいる。今までにも、技術論、安全工学、環境化学、建築環境工学などを通して教育してきたが、昨年より技術者倫理、環境技術の科目を増設し教育に当たっている。

今回「廃棄物のリサイクル技術に関する研究」の共同研究を学生と共に実施してきて感じたことは、机上での教育だけでは満足のいく倫理観は育たないことを痛感した。

この共同研究に携わった学生の環境保全に対する意識が向上し、また、周りの学生にもよい影響を与えた。このことを教訓として、このゼロエミッションの研究を継続し、実践的な教育による技術者の育成を図りたいと考えている。

今回、この共同研究のチャンスを与えてくださったことに対し、栃木県、小山市、小山工業団地管理協会の関係者の方々に感謝し、御礼申し上げます。

平成18年3月31日

研究担当者代表

齊藤 光司

廃棄物のリサイクル技術に関する研究報告書

平成18年3月31日発行

発行 小山工業高等専門学校 地域共同開発センター

編集 物質工学科 飯島 道弘

〒323-0806 小山市大字中久喜 771 番地

TEL ,FAX 0285-20-2156

印刷 三和印刷所有限公司

〒328-0035 栃木市旭町 16-36

TEL 0282-22-0273

FAX 0282-25-2389