

廃家電品の適正処理とプラスチック油化技術

Proper Recycling of Home Electrical Appliances and Oil Reclamation from Waste Plastics

伴瀬 忠敏
T. Banse

伊部 英紀
H. Ibe

小杉 伸一郎
S. Kosugi

廃家電品や廃プラスチックの処理の適正化が近年大きな課題となっている。廃家電品の適正処理に対しては、(財)家電製品協会(以下、家製協と略記)を核に家電業界挙げて問題解決に取り組んでいる。当社は、その特別事業のうち、油化技術をベースにした“乾溜式冷蔵庫処理システム”技術を提案し研究開発を進めている。また、廃プラスチックの処理についても、「容器包装に係わる分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」が1995年6月に公布され、廃プラスチックの油化技術が再商品化技術として改めて期待されている。当社は廃プラスチックの“連続油化処理システム”の研究開発を進め、パイロットシステムを製作して実証試験を展開している。

In recent years, society has been confronted with the problem of proper treatment of discarded electrical appliances and waste plastics. Centering around the Association for Electrical Home Appliances, enterprises in the home electrical appliances industry have been working together to find solutions to the problem of recycling these discarded products.

Within this special project, Toshiba is working on proposals for and research and development of a dry distillation system as a waste refrigerator recycling technology based on fuel oil recycling practices. With the promulgation of legislation on the recycling of containers and wrapping paper in July 1995, oil reclamation techniques for waste plastics are expected to produce recycled goods. Toshiba has also been working on the research and development of a continuous oil reclamation system for waste plastics, and has developed a pilot system.

廃家電品の適正処理

Proper Recycling of Home Electrical Appliances

1 まえがき

増大する廃棄物総量(図1)、埋立地不足、特定フロン回収、シュレッダダストからの重金属溶出問題など、廃家電品処理をめぐる周囲環境は一段と厳しさを増している。これら問題の解決には家電産業の知恵を結集する必要があるとの認識から、業界レベルで実証研究事業を進めるなど具体的な活動が展開されている。

なかでも廃家電品の代表格にある廃冷蔵庫処理について、当社は“乾溜式一貫処理システム”という独自方式を提案している。ここでは、これを軸に廃家電品適正処理にかかわる動向などの概要を紹介する。

2 廃家電品対策と法の改正

廃家電品など家庭から排出されるごみは、産業廃棄物や特定廃棄物以外の分類、いわゆる“一般廃棄物”に当たり、一義的には自治体に処理責任がある。これは世界的にみても同等の位置づけにある。

廃家電に関連した法として、1991年10月「再資源の利用

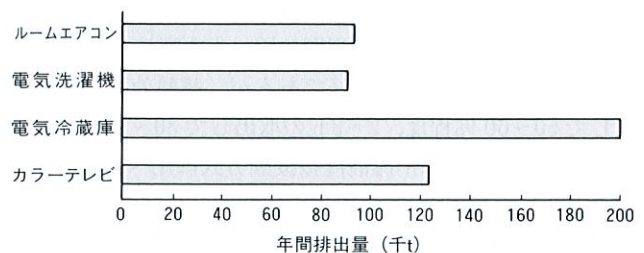


図1. 主要廃家電品排出量推定 家製協「廃家電便覧」から(平成2年推定) 大型廃家電品4品目中で冷蔵庫が全体の1/2を占める。

Estimated emissions from discarded major home appliances

の促進に関する法律」(通称“リサイクル法”)が制定され、“冷蔵庫”、“洗濯機”、“テレビ”、“ルームエアコン”が法の第一種指定品目に指定された。同法では、法に示された判断基準に基づき、事業者に対して開発・設計・製造各段階での製品アセスメントの実施や記録、リサイクル促進にかかわる情報開示、プラスチックの材質表示、などを義務づけている。また、1994年に「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(通称“廃掃法”)が改正され、「250L以上の冷蔵庫」、「25型以上のテレビ」の大型家電品2品目が「指定一般廃棄物」に指定された。1995年3月からの法の施行で自治体から要請があれば、適正処理につき事業者側に協力が義務づけられている。

これ以外にも、シュレッダダストの重金属などの溶出問題から、従来認められていた廃家電品ダストの一般型埋立地への処分が、管理型埋立へと規制強化され、その処分地も数年で満杯になる状態と言われている。また、廃冷蔵庫および廃エアコンではオゾン層保護のため、特定フロン回収の法制化が求められる状況にある。

3 家電業界の対応

環境問題の特徴は、多くの場合、境界のない事物が対象で、各社が個別に対応するより業界全体で実行するほうが効果は倍増する。このため、関連工業会と主要家電メーカーで構成する家製協が中心となって各種の施策を実行しつつある。代表的事例は次のとおりである。

家製協では、1995年3月に廃家電品適正処理協力センターを開設し、傘下組織として全国主要地区に支部を、県単位に県支部を設置した。また、これらと対となる形で、関係流通団体を加えた地区協力協議会を設け、廃家電品の適正処理の確保、および自治体からの要請に基づく具体的協力内容の協議・調整などを行うこととなっている。

適正処理協力事業は、指定一般廃棄物の冷蔵庫・テレビ以外に、リサイクル法第一種指定の洗濯機・ルームエアコンを加えた大型家電品4品目まで対象を拡大し、全国レベルでの適正処理につき協力する体制を整えている。

4 廃家電適正処理技術の開発

前述の協力事業の一環として、家製協では特別事業の推進と適正処理に役だつ技術の開発に着手した。その事例としては、“廃テレビブラウン管の処理”、“廃冷蔵庫の断熱材処理”の技術開発などであり、また、国庫補助事業の“廃家電一貫処理システム技術開発”がある。

これらは1998年度までに実証実験や評価を終了し、得られた成果・情報を広く社会に提供する予定である。

4.1 廃家電品処理技術開発のねらい

大型廃家電品4品目の全国年平均排出量は50万トン強と推定され、これだけで全家電品排出の80%を占めている。また、品目別の割合は図1に示すように、全体の1/2を冷蔵庫が占め、1/4がテレビ、残り1/4をエアコンと洗濯機が占めているという構図である。

また、素材別構成は鉄・非鉄金属類が54%、プラスチック類が29%を占め、有価物が少ないため一部がシュレッダにかけられ鉄類が回収される程度で、ほとんどが無価値なダストとして埋立られているのが実態である。

リサイクル法の制定により、プラスチックの材質表示などを開始して数年を経たが、現実には経済的な側面から資源再利用に活用されるまでに至っていない。何らかの手段

を構じ継続的に運用できる仕組みを作るにしても、製品の本质を知るメーカー側が合理的な処理システムを開発し、社会に向け提案するという応分の役割を果たす必要がある。

4.2 乾溜式廃冷蔵庫一貫処理技術の開発

廃棄物量で他を圧倒する冷蔵庫の機能上重要な断熱キャビネットは、外側鉄板と内側プラスチック間を発泡ポリウレタンで固着し、その発泡剤も特定フロン(CFC-11)が使われている。このため、分離分別が面倒、フロン回収・無害化が必要など、適正処理の困難さでも筆頭格にある。

特に、破碎混合され多量に排出する廃プラスチックの扱いはやっかいで、廃冷蔵庫の処理が合理的に行えれば、廃家電品問題の大半は解決すると言っても過言ではない。

このため当社では、別稿の“プラスチック油化技術”をベースにした“乾溜式廃冷蔵庫一貫処理システム”の開発を、家製協特別事業の一つとして提案しており、1995年度から受託研究を開始している。

当社提案のシステム概念を図2に示すが、発泡剤フロン(CFC-11)をセル中に含むポリウレタン断熱材が主成分の冷蔵庫キャビネットを、粗破碎の後、連続的に乾溜(蒸焼き)炉でガス化し、CFC-11を遊離させるとともに、プラスチック成分を冷却・油化して燃料・動力用に再利用する。

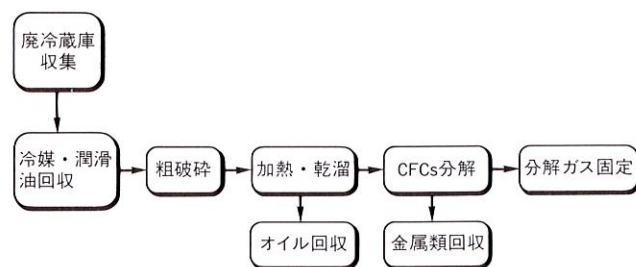


図2. 乾溜式廃冷蔵庫断熱材処理システムの流れ 加熱乾溜でプラスチックを油化、連続してフロンも分解固定する2段階分解法により廃冷蔵庫を処理する。

Flowchart of waste refrigerator recycling

一方、分離したフロンは触媒分解システムに導き無害化固定するという、連続2段階分解法を当社は提唱している。

この処理技術の特長は、「乾溜温度が約500°C以下で各種処理が容易」、「プラスチック類を油化し良質な金属が分離回収できる」、「特定フロンも連続的に無害化する」という自己完結型システムが構成できることにあり、低廉で合理的な処理システムが構築できる可能性を秘めている。

現在、乾溜・油化については当社の環境技術研究所が、またフロン触媒分解については住空間システム研究所が、それぞれ分担し要素技術を開発中であり、1996年度中にベンチスケールの連続処理試験システムを製作、実験を通して開発評価を行う予定である。

5 廃製品処理・資源回収義務と生産物責任

環境対策先進国の、スウェーデンなどスカンジナビア3国、ドイツ、スイス、オーストリアおよびオランダなどの欧州各国は、1990年代になってから、地方税やごみ処理費徴収など公的費用負担のもと、自治体が専門処理業者に委託する姿で、家庭が排出する冷蔵庫ほか廃家電品から資源回収・有害部品の除去・フロン回収などを実行している。

しかし近年、機器の電子化・新素材の使用などで、回収・無害化費用が増大傾向にあり、「これ以上の住民の負担増は問題」として、生産物責任を問う動きが顕著である。具体的にはドイツの“リサイクル促進法”制定の動きに見るように、リサイクルや無害化処理費用をあらかじめ製品価格に上乗せし、事業者側にリサイクル義務を負わせようとするものである。1995年11月の家製協の現地調査では、北欧各国政府（環境省側）は基本的に同一スタンスにあることが判明した。

これに対し、生産者側は「最終ユーザの費用負担がもっとも低廉」、「既存のシステムを活用することがもっとも合理的」、「長期使用後の処理費用をあらかじめ算出し、製品価格に正しく反映させることは困難」などの正論を展開し対峙（じ）している。最終的結論がどうなるか予断を許さないが、環境政策でトップを走るこれら欧州動向は今後も注視すべきである。

リサイクル社会を旗印にし、容器包装法などの制定で先行するドイツでは、回収された多量のプラスチックをどのように活用するかが最大の課題となりつつある。これまで法律で燃焼処理を禁止していたプラスチックも、運用上は11,000 kcal/kg以上のものを燃焼によるサーマルリサイクルを認める方向にある。廃冷蔵庫集中処理工場から排出される多量の混合プラスチックも、その多くは製鉄所で溶鉱炉の還元材として消費しているとのことである。これなど事実上は燃焼処理が行われていることのあかしであろう。

今後は、単一素材で比較的容易に収集できるものはマテリアルリサイクルに、また、分離分別が困難なものは加熱・燃焼をベースにした無害化処理の方向へ進むものと推察される。

6 あとがき

欧州では廃家電品処理が自治体ですでに実行され、その上の完全処理に生産物責任が問われているが、わが国では自治体の処理が約20%にすぎず、多くの廃製品が販売店に戻っている現実がある。廃家電品の適正処理には、役割分担や費用負担のありかたなど社会的コンセンサスの形成が重要で、きわめて日本的なアプローチが必要となろう。

数年後には、実証研究の成果として合理的仕組み構築に

向けた各種の提案がなされることになろうが、当社が開発を推進する“乾溜式廃冷蔵庫一貫処理システム”は、他の無害化システムとともに、有用な選択肢の一つになると考えている。
(伴瀬)

プラスチック油化技術

Oil Reclamation from Waste Plastics

1 まえがき

年々増加する廃棄物に対して埋立て処分場の確保が困難になってきている。また、限りある地球資源の保護の観点からの廃棄物処理が必要となってきている。プラスチックも廃家電品同様その廃棄物処理が重要な問題となっている。焼却処理をする場合でも、エネルギーの浪費が許されない、処理の際に有害なガスを排出してはならないなどの制約が明確になってきている。また、焼却処分の廃棄物と埋立て処分の廃棄物、そしてリサイクルを行う廃棄物の分別の問題もある。これらの分別については、近年では自治体の施策によりごみの分別収集が一般的になっており、解決されつつある。しかし、分別が十分なされたとしても廃プラスチックは容積が大きいので、埋立て処分場のスペースを広くする必要があり減容化が望まれるが、その方策はまだ十分ではない。また、多種多様のプラスチックを詳細に分別し処理することは現実的ではない。さらに、廃プラスチックの焼却については、混入しているポリ塩化ビニルの燃焼により、塩化水素などの環境に有害なガスを排出させたり、発熱量が大きいために焼却炉を傷めるなどの問題がある。

こうした状況から廃プラスチックの適正な処理が求められているが、一方では1995年6月に「容器包装に係わる分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」の公布があり、プラスチックごみを排出する側の責任として廃プラスチックの再商品化が義務化される方向となってきている。当社は廃プラスチックを排出する企業側の責任を果たすべく、また社会的な要請にこたえるシステムの創出のため、廃プラスチック処理システムの開発を進めてきた。実用化に向けてまだいくつかの課題を残しているが、現状の開発状況・成果について述べる。

2 廃プラスチック処理方法検討の経緯

プラスチックは石油を原料としてつくられた高分子化合

物であり、エネルギーを加えて原子間の鎖を断つことにより、油の分子構造に近い物質が得られる。鎖を断つエネルギーは加熱によって容易に与えることができる。原料に近い形でリサイクルできることから、当社ではこれまで廃プラスチックの加熱処理に着目し、ピーカ試験からパイロットプラントによる実証試験などを実施してきており、実用化のための検証を行ってきた^{(1),(2)}。

プラスチックの大部分を占める熱可塑性プラスチックに対し、加熱による油化処理が可能であることがわかっているが、図3に示すとおり種類が多く、それぞれの種類に応じた処理の最適条件は異なる。現実にはプラスチック種類の分別は困難であり、これら多量混在廃プラスチックに適用できるシステムを目標してきた。

その結果、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどの分解処理が加熱により実現でき、重油・軽油・灯油相当の油を生成できる見通しが得られた。一方ではポリ塩化ビニルの処理の難しさが再認識され、アルカリ添加法などの方策⁽²⁾を検討してきた。

装置の実用化に際して取り組んできた課題は表1のとおりである。それら課題解決の達成状況について以下に述べる。

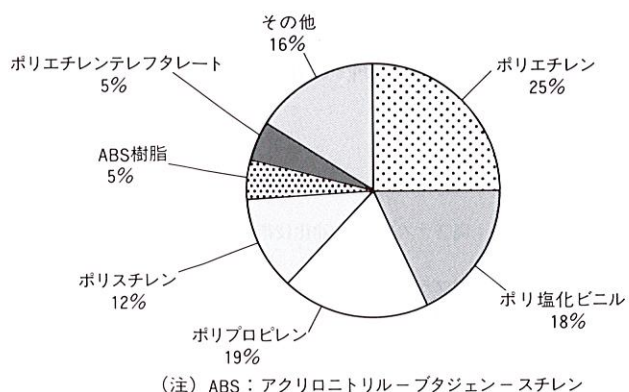


図3. 熱可塑性プラスチックの生産比率 (1994 化学工業統計年報及び月報) 熱可塑性プラスチックの種類は多いがポリプロピレン、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリ塩化ビニルが主なものである。

Amounts of thermoplastic resins produced

表1. 装置化への課題と解決策

Toward systematization of problems and countermeasures

課題	解決策	
	バッチ処理	連続処理
塩酸の処理	アルカリ添加による固定	加温による分離
加熱槽でのコーキング	冷却後除去	均一加熱スクレーパ付き攪拌翼
残渣処理	同上	連続排出装置
油生成	分留処理などによる油質改善	

3 開発状況

表1に示した課題のうちバッチ処理方式についてはすで実証確認を終えており、現在は実用化が必要と考えられる連続処理方式にかかわる開発を重点的に実施している。

3.1 脱塩酸処理にかかわる検討

ポリ塩化ビニルを他のポリプロピレンなどが分解する温度(400°C前後)で加熱すると塩化水素ガスが発生し、設備の材料や排ガスの処理に特別な考慮が必要となる。

廃プラスチックをバッチ処理する場合は投入した廃プラスチックに応じた量だけアルカリを添加して加熱すると、塩酸は塩となり、分解後の残渣(さ)の中に固定することができる。加熱槽1,000 L規模の実証装置により、アルカリ投入の効果を確認した。

装置の実用化のためには連続処理が望まれるが、適切なアルカリ投入方法の検討が必要であり、後述する小型連続実証装置により適正化検討を行う予定にしている。

また、ポリ塩化ビニルを250~300°C程度に加熱すると塩素基が脱離するという特徴を利用し、前工程での加温処理方法の可能性についても図4の装置により検討した。

実験の結果、ポリ塩化ビニルからの脱塩素率が95%以上であり、前工程での加温により塩酸が除去できる見通しを得た。この方法によって前工程で十分に塩酸を除去し、下流工程への負荷(腐食、高粘性の問題など)の軽減ができる。

3.2 連続処理化にかかわる検討

廃プラスチックをバッチ処理する場合、装置の昇温や処理後の降温、残渣のかき出しなどに時間がかかり、稼働率が低減し、ランニングコストが大となる可能性がある。また、システムの大きさが処理量に依存することになり、大型化が困難である。そのため、廃プラスチックを連続的に投入・加熱処理し、油の生成を実現する連続処理装置の開

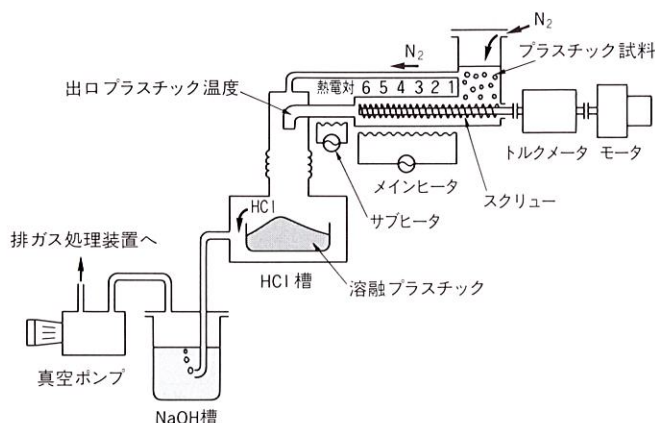


図4. 脱塩酸試験装置概要 この装置で実験した結果、ポリ塩化ビニルからの脱塩素率が95%以上で、前工程で十分に塩酸を除去できることを確認した。

Outline of dechlorination equipment

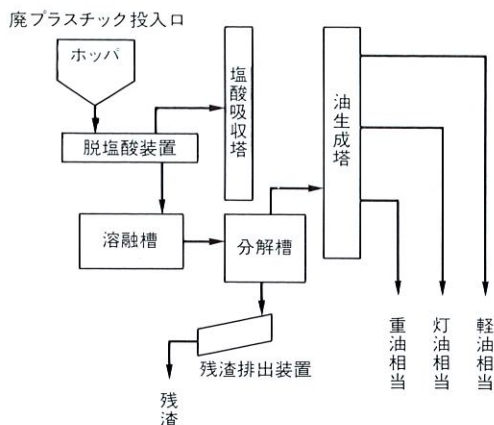


図5. 廃棄プラスチック油化処理装置系統概念 廃棄プラスチックを連続的に投入し、連続加熱することによって重油・軽油・灯油相当の油が分離生成できる。

Concept of system for oil reclamation from resin wastes

発が不可欠である。これまでに連続処理装置のための装置の開発を次のとおり実施してきた。これらの装置を連結し、システムの基本構成を定めた(図5)。

- (1) 連続脱塩酸処理装置 スクリューフィーダにより加温して脱塩酸を連続処理する。
- (2) 分解槽 均一加熱を実現するために、加熱炉には熱風炉、内部にはコーキングの蓄積を防止するスクレーパ付き攪拌(かくはん)翼を採用。
- (3) 残渣排出機構 傾斜した加熱炉の中にセラミックボールを配置して加熱しながら回転し、残渣を破碎して粉末性状にして連続的に排出する独自の機構を採用。
- (4) 油生成塔 廃プラスチックから分解したガスを蒸留し、重油・軽油・灯油相当に分離する。触媒を用いずに質の良い油を生成。

4 小型実証試験装置

これまでの開発成果を踏まえた連続実証試験装置を製作し、実証試験を開始した。試験装置の諸元を表2に示す。

表2. 連続実証試験装置
Continuous oil reclamation pilot system

廃プラスチック処理量 (目標)	500 kg/日
概略寸法(幅×奥行×高さ)	15 m×15 m×10 m
投入材料	ポリプロピレン, ポリスチレン, ポリエチレン, ポリ塩化ビニル
機能	次を連続処理する ・廃プラスチックから塩酸を除去 ・塩酸の回収 ・油の生成 ・残渣の排出 ・排ガス処理

この装置の運転により、不均質な廃プラスチックを処理するための運転管理に関するデータを収集し、最適運転を実現するシステムの開発を進めていく予定である。各要素試験の結果を基に推定した物質収支を図6に示す。

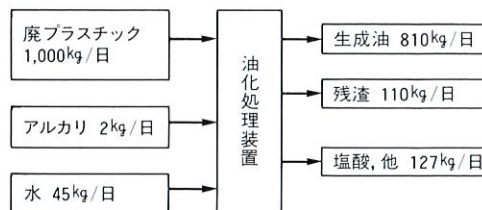


図6. 物質収支 ポリ塩化ビニルが10%混入している材料を投入した場合の物質収支の推定例である。

Mass balance (example : case of 10 % polyvinyl chloride treatment)

5 あとがき

これまでの研究開発により、廃プラスチック処理システムの基本構成と装置の構造を確立した。生成油回収率の向上、油質の改善、コスト低減など、より高い目標の達成に向けて今後も実証試験を展開していく予定である。また、処理が困難とされる農業用塩化ビニルや、廃家電品をはじめとするほかの廃棄物処理への応用も考えていきたい。

(伊部/小杉)

文献

- (1) 前沢幸衛, 他: 廃プラスチックの油化技術, 東芝レビュー, 49, 1, pp.39-42 (1994)
- (2) 忠内仁弘, 他: 廃プラスチック油化処理システム, 東芝レビュー, 49, 5, pp.343-345 (1994)



伴瀬 忠敏 Tadatoshi Banse

住空間システム事業本部技術企画担当 参与。
家電製品協会環境特別委員会フロンWG 主査。日本電機工業会電気冷蔵庫技術専門委員会委員長。
Airconditioners & Appliances Group



伊部 英紀 Hidetoshi Ibe

官公システム事業部環境システムエンジニアリング部参事補。
環境・都市エネルギーシステムの開発・設計に従事。
Government & Public Corporation Systems Div.



小杉 伸一郎 Shin-ichiroh Kosugi, D.Eng.

重電技術研究所機械・機器技術開発部主務, 工博。
各種流体機械および流体計測技術開発に従事。日本機械学会会員。
Heavy Apparatus Engineering Lab.