

廃プラスチック処理装置

Waste Plastic Treatment Equipment

氏家 康晴
UJIE Yasuharu

杉山 英一
SUGIYAMA Eiichi

資源循環社会への転換の社会的必要性がより強く認識されるなかで、「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」(以下、容器包装リサイクル法)の完全施行を1年後に控え、廃プラスチックのリサイクル技術の確立が求められている。社会的要求の増大にこたえるべく、当社はリサイクル技術として認定されている“廃プラスチック油化装置”, ポリ塩化ビニル(以下、塩ビと略記)混入率の低い廃プラスチック対応の“低濃度塩ビ対応廃プラスチック脱塩素装置”, および100%塩ビの処理も可能な“高濃度塩ビ対応廃プラスチック脱塩素装置”を開発した。

In recent years, there has been increasing demand for resource-recycling of waste plastic, especially due to the introduction of legislation on recycling of materials used for packages of household goods. Methods of recycling waste plastic from household goods are currently still under development, and appropriate techniques to deal with such waste are required.

Toshiba has developed a technique to dehydrochlorinate plastic containing polyvinyl chloride(PVC). This paper introduces our petrolization and dehydrochlorination system for waste plastic containing PVC.

1 まえがき

わが国ではプラスチックの原料となる原油はほぼ全量を輸入に頼っているが、世界的な資源枯渇の危険性が指摘されている現在でも、埋立て処理される廃プラスチック量が多いのが現状である。廃プラスチックは原料が石油であるため、燃料として使用した場合石炭以上の高カロリーをもち、ただ埋め立ててしまうのではエネルギー的にも大きな損失といえる。また、プラスチックの特長である、丈夫・長もち・腐らないなどは、逆にひとたび廃棄物となった後の処理を難しくしている。

ここでは、廃プラスチックの処理の現状を概観し、廃プラスチックの有効利用を難しくしている技術的要素を述べたうえで、当社の提案するソリューション^(注1)である、廃プラスチック油化装置、低濃度塩ビ対応廃プラスチック脱塩素装置、および高濃度塩ビ対応廃プラスチック脱塩素装置について述べる。

2 廃プラスチック処理の現状

廃プラスチックは種類ごとに混合のない状態で分別排出されれば、プラスチックとして再利用が可能である。例えばポリエチレンテレフタレート樹脂(PET)ボトルは、その形状と販売ルートから分別・回収が容易であると想定されるため、“容器包装リサイクル法”でもすでにプラスチ

(注1) 問題点を解決し、仕事の効率を高めるための解決手段。

ックリサイクルを開始している。しかし、一般に家庭や工場から排出される廃プラスチックは各種プラスチックが混合している。“容器包装リサイクル法”でも、PETボトル以外のプラスチックを“その他プラスチック”として、特に種類別に分別して排出することを規定していない。これらから、廃プラスチックの大部分はこのような各種混合したプラスチックである。現在行われている再生処理は、プラスチックを使用した製品を製造している工場から混合のない分別されて排出された廃プラスチックを対象とする場合がほとんどであり、混合プラスチックにそのまま適用することはできない。

廃プラスチック処理の内訳を、図1に示す。

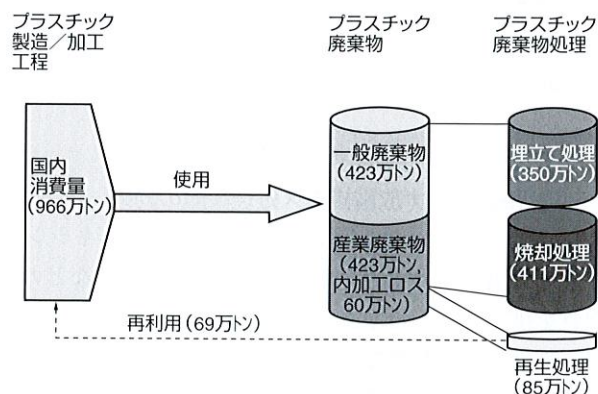


図1. 廃プラスチック処理の内訳(1994年度) 排出量の約40%が埋立て処理されている。

Breakdown of waste plastic handling(1994)

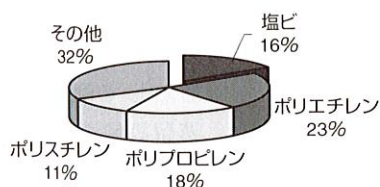


図2. わが国におけるプラスチックの種類別生産量 塩ビは約16%を占めている。(1995年)

Output ratios of various types of plastic

3 塩ビ脱塩素技術の必要性

3.1 技術的背景

塩ビは樹脂としての機能に優れた点が多く、さまざまな製品に多量に使用されており、廃プラスチックに占める量は無視できない。わが国のプラスチック生産量の比率を、図2に示す。

塩ビはその名が示すとおり塩素(Cl)を成分として含んでいるため、焼却や化学処理による廃プラスチックの再生の際には塩化水素(HCl)ガスが発生する。リサイクルのためには、主に以下の問題が指摘されている。

- (1) 発生したHClガスは、高温下において、あるいは水分に溶解塩酸となると、焼却炉や化学プラントの内部を腐食し装置の寿命を短命化する。
- (2) 特に焼却後に発電・ボイラなどで熱利用を行う場合には、熱交換に使用するパイプなどの素材を腐食するため、熱交換器部の温度を上げられず高効率な熱交換が難しい。
- (3) 塩酸ガスそのものも有害物質であるため、処理後外部に漏れ出さないようにするための公害除去装置にコストがかかる。

プラスチック材料は、用途に合わせた特性を得るために複合化したり着色剤や添加剤を加えた物が多く、使用済みとなった混合廃プラスチックを材料種別に選別して収集することは困難である。また、混合廃プラスチックから塩ビだけを比重分離などの方法で除去する方法なども提案されているが、選別後の塩ビの処理は必要である。

このように、混合廃プラスチックの塩ビからClを高効率に除去する技術(脱塩素技術)を確立することが、塩ビの事前分別や排出時分別の必要のない再資源化を実現するために重要である。

3.2 脱塩素技術の原理

塩ビは270~350℃程度で分解し、HClガスを放出する。一方、塩ビ以外のプラスチックが熱分解する温度は、よく使われるポリエチレン、ポリプロピレン(PP)で約450℃、ポリスチレンで約400℃と、350℃以上にある。そのため、塩ビが混入した廃プラスチックを約300℃程度に加熱することで、他のプラスチックの分解を抑えて廃プラスチック

からClを抽出、除去できる。

3.3 脱塩素装置構成上の問題点

300℃程度の温度では塩ビ以外のプラスチックは粘度の低い、流動性の良い状態になるが、塩ビだけは脱塩素が進むと粘度が高まる傾向がある。熱分解過程では塩ビには外部から熱が加えられ脱塩素過程は表面から進行するため、塩ビの脱塩素が進むとまず外側が硬くなり、内部にHClが閉じ込められ、また内部まで熱が伝わり難くなり、脱塩素の進行が遅延することになる。

効率的に脱塩素を行うには、廃プラスチック中の塩ビの内部まで短時間で加熱することと、内部のHClガスを取り出す仕組みが必要となる。

4 当社の提供する装置の社会的位置づけ

現在検討されているリサイクル方法の例と、当社の提供する装置の位置づけを、図3に示す。

各種リサイクル手段の実現に必要な塩ビ処理工程の対応として低濃度/高濃度塩ビ対応脱塩素装置を、またリサイクル手段の提供のため油化装置を開発し、廃プラスチックリサイクルに広く貢献可能な装置を準備している。

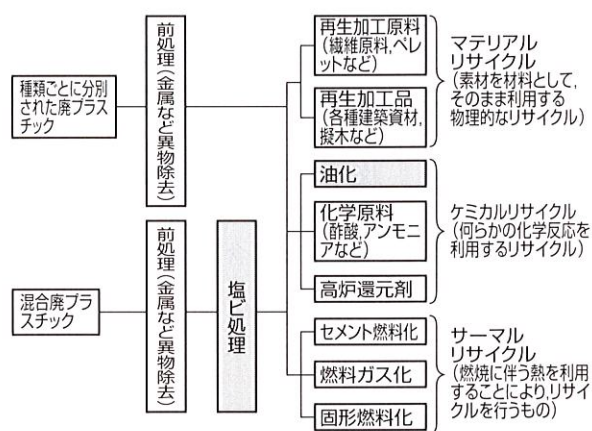


図3. 廃プラスチックのリサイクル方法 当社は、図中網かけ部装置を提供している。

Waste plastic recycling methods

4.1 廃プラスチック油化処理システム

4.1.1 油化処理システムの原理 油化処理システムのフローおよび各プロセス概要を図4に示す。

プラスチック類は、分子量がきわめて大きな高分子物質で、主に炭素(C)・水素(H)・窒素・酸素などからなる有機化合物である。これらは、石油原料から作られたモノマー(単量体)を触媒などの作用を利用して重合させて作られる。油化技術は、無酸素状態でプラスチックに数百度の熱

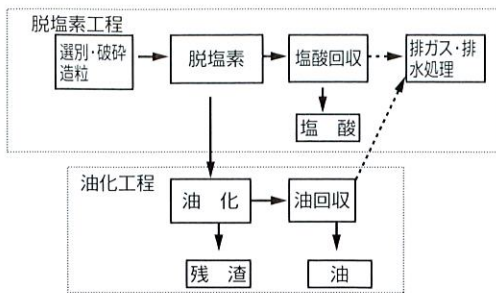


図4. 油化システムのプロセス構成 脱塩素工程と、油化工程から構成される。

Petrolization process for waste plastic containing PVC

を加え、分子中の化学結合を切断して低分子量化するものである。

4.1.2 油化システムの特長 図5に連続処理パイロットプラントを、以下にシステムの特長を示す。

(1) 処理材料の前処理および投入工程 受け入れた廃プラスチックは、前処理で大きな金属、PET ボトルなどの異物を取り除き、さらに小金属片、土砂などを除去後、乾燥、粒状化などを行う。

油化処理対象となる廃プラスチックは、C および H からなるポリオレフィン類(ポリエチレン, PP), ポリスチレンが主体であるが、一般的に家庭ゴミから排出されるプラスチックは、塩ビを含め受け入れ可能である。ただし、ポリオレフィン含有量が多いほど油回収率も高くなる。

(2) 脱塩素処理 廃プラスチックを脱塩素装置に導入し、約 350℃ に加熱する。この段階で、Cl 分を HCl ガスとして脱離させ、塩ビに含まれる Cl の大部分を除去する。

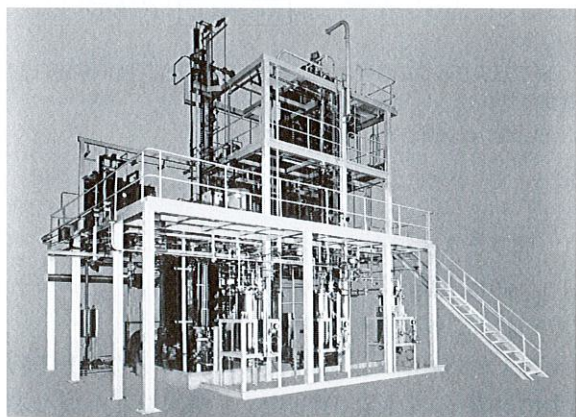


図5. 連続油化パイロットプラント 油化システムのパイロットプラントとして、当社内に設置されている。

Pilot plant for waste plastic petrolization

(3) 分解・油化処理 脱塩素処理された熔融廃プラスチックを熱分解装置内に送り、プラスチックの熱分解温度の 400~430℃ まで加熱して油ガスを発生させる。油化システムでは、蒸留設備を備え、軽質油、A 重油相当、重質油に分けて回収する。生成油を触媒により再分解するガソリン灯油の回収率を向上させる方式は採用せず、重油成分を燃料として回収している。

回収油のうち、軽質油と重質油は加熱用として自家消費し、A 重油相当油を外部で活用することが可能である。生成重油は、可燃性・排ガス性状ともに市販 A 重油と同等であるとの試験結果を得ている。

(4) 塩酸回収 脱塩化水素処理で塩ビより脱離させた HCl ガスは、同時に発生する無水フタル酸や油分を除去・処理した後、水に吸収させて塩酸として回収する。

(5) 残渣(さ)排出 熱分解装置で廃プラスチックを熱分解させ、油が生成した後の熱分解装置内には C が主成分の固体がたまっていく。この成分は、連続または間欠的に熱分解装置下部から引抜く。残渣成分は、C 分が多く、燃焼熱量は石炭と同程度の 5,000~7,000 cal/g 程度である。

(6) 排ガス処理 塩化水素吸収塔では、塩ビから脱離した HCl の 90% 以上を回収でき、残りの未回収 HCl は苛性ソーダ水溶液との接触で中和処理され、排出口での濃度は 5 ppm 程度まで低減している。脱塩化水素工程での分解ガス、および熱分解装置で発生した分解ガスは、850℃ 以上で燃焼処理し、有害な HCl や炭化水素類は排ガス規制基準値以下となるようにしている。

5 低濃度塩ビ対応脱塩素装置(カッタ炉)

5.1 装置の用途

廃プラスチック油化装置では、投入された廃プラスチックは油の状態では回収される。しかし、高炉還元剤・固形燃料・セメント燃料などでリサイクルする場合には、油化前の脱塩素されたプラスチック状態でも使用可能である。また、脱塩素化されたプラスチックは比重がほぼ 1 程度にまで減容化されており、回収された状態の廃プラスチックを運ぶより輸送コストが大幅に削減されるメリットもある。

5.2 装置の特長

熔融状態の廃プラスチックは、脱塩素反応が進行すると粘度が高まる性質がある。この装置では熱分解炉内部の回転軸にカッタブレードが装着しており、これが高速回転して加熱により表面が硬くなった塩ビを切り裂き、内部に閉じ込められた HCl ガスを取り出す。またカッタブレードにより液状化したプラスチックを熱分解炉壁につねに接するように攪拌(かくはん)しているので、効率良く熱伝達す

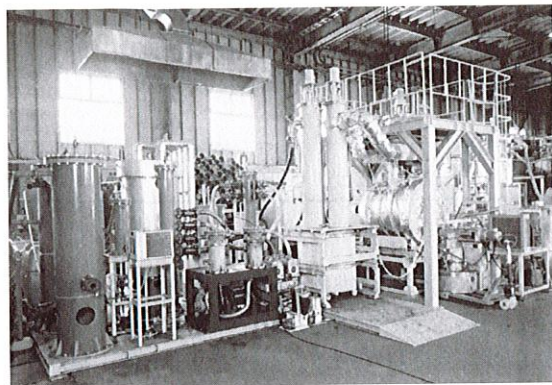


図6. 低濃度塩ビ対応廃プラスチック脱塩素装置 塩ビの混入率が低い廃プラスチックの処理装置である。

Dehydrochlorination system for plastic containing low percentage of PVC

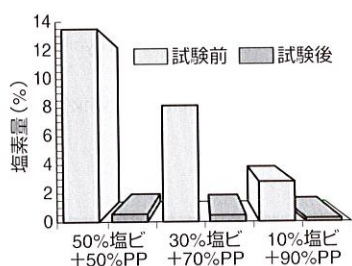


図7. 残留塩素量試験結果 軟質塩ビを10%~50%と、残りPPからなる混合プラスチックを使用している。

Test results for dehydrochlorination system

る効果もあり、脱塩素反応を効率化する。カットブレードは熱分解炉壁との間にすき間があるので、廃プラスチックに含まれる金属やガラスなどの異物もある程度のサイズのものも許容できる。低濃度塩ビ対応脱塩素装置については、現在1t/日の処理規模のパイロットプラントで、実際の廃プラスチックを使用して実証試験中である。パイロットプラントを図6に、実験結果を図7に示す⁽¹⁾。

5.3 装置構成

この装置は、廃プラスチックを熱分解炉に投入するホッパ、脱塩素処理を行うカット式熱分解炉、脱塩素された廃プラスチックを排出し、固形物として回収する排出系、脱塩素時に発生するガスを処理し、塩酸を回収する分解ガス処理系、および排気ガス処理系からなっている。

塩酸ガス回収および排ガス処理についての基本は、油化システムと同等である。

6 高濃度塩ビ対応脱塩素装置

塩ビ含有量の高い廃プラスチックではカットなどではカット歯などへの溶融プラスチックの付着が発生し、十分な破碎の進行が難しくなる。当社では高濃度塩ビ対応装置として、脱塩素加熱炉に回転キルンを採用した高濃度塩ビ対

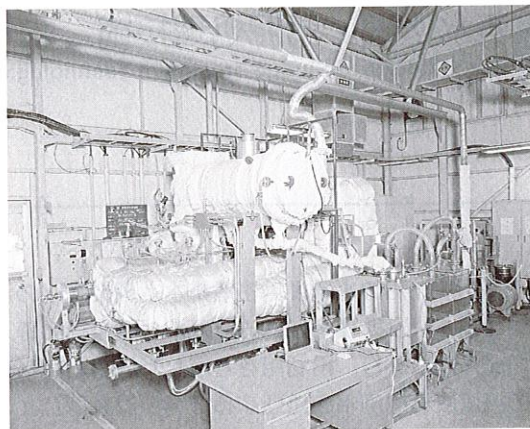


図8. 高濃度塩ビ対応廃プラスチック脱塩素装置 産業廃棄物などの塩ビの混入率が高い廃プラスチックを対象とする装置である。

Dehydrochlorination system for plastic containing high percentage of PVC

応装置を開発している。

高濃度塩ビ廃プラスチックは主に産業廃棄物として発生するため、この装置の排ガス処理装置構成は投入される廃棄物の組成により変化する。このシステムでは加水分解による熱分解ガスの一括処理プロセスを採用し、廃棄物組成に対応した最適なガス処理系を構築可能である。図8に、装置を示す。

7 あとがき

以上のように、当社は塩ビの混じった廃プラスチックの適正処理を可能とする装置を開発・提案している。これらの装置はプラスチック資源循環社会実現の一助となるものと確信している。資源循環の実現には装置だけでなく、収集を含めた社会システムの構築が必要である。今後は、実際の廃プラスチック適正処理可能な装置の実現をとおして、よりいっそう地球環境に貢献する技術提案の推進を進める所存である。

文献

(1) 小杉伸一郎, 他. 廃プラスチックの脱塩素装置とリサイクル. 合成樹脂. 43, 7, 1997, p.52.



氏家 康晴 UJII Yasuharu

環境事業推進本部 環境システム技術部主務。
環境関連装置のシステム開発・設計に従事。
Environmental Management Business Group



杉山 英一 SUGIYAMA Eiichi

官公システム事業部 環境システムエンジニアリング部主務。
環境関連装置のシステム開発・設計に従事。日本機械学会会員。
Government & Public Corporation Systems Div.