

産業系廃プラスチック油化の現状と課題

(株)前田製作所 環境・新規事業部
コンサルティング部長 梶 光雄

1. はじめに

一般系廃プラスチックのリサイクルは、容器包装リサイクル法の下で、順調な進展が図られ、油化については、いよいよ今年から、家庭ごみのプラスチックを油化したオイルが製油所にリサイクルされ、再びプラスチック製品にリサイクルされる「フィードストックリサイクル」が始まる年となった。これは世界で初めてのリサイクルシステムである。

一方、産業系廃プラスチックについては、焼却炉のダイオキシン規制が制定され、更に炭素税や炭酸ガスの有料化、産業廃棄物税など、環境問題に関する様々な法規制が検討され始めていることから、焼却や埋立を止め小規模の油化装置を検討する企業が増加してきた。これに伴い、油化装置メーカーも増加してきたが、技術的に未熟な点

が多く、油化装置は設置したものの、稼動しないケースもあり、多くの不満の声が聞かれ、油化に対する不信感が生まれ世論を困惑させている。かかる状況下、油化について理解を得るため、国が進めてきた技術の経緯や現状、そして課題や対策について本稿では述べたい。

2. プラスチック油化技術開発の歴史

廃プラスチックの油化技術の歴史をふり返ると、昭和47年、(社)プラスチック処理促進協会が、当時の通産省の補助を受け、油化の研究開発に着手したのが始まりである。その後、当時の厚生省も加わり、国は、廃プラスチック油化技術の確立に向け、力を入れてきた。その経緯は以下の通りである。

表-1 国と廃プラスチック油化のかかわり

昭和47年	(社)プラスチック処理促進協会廃プラスチック油化技術開発に着手(小型自動車振興協会補助事業)
昭和48年	同協会は、溶融方式、マイクロ波による2段加熱方式、流動床方式の3方式で油化実施、技術評価(日本自転車振興会補助事業)
平成 2年	桶川市の一般系廃プラスチックの油化実証実験実施(400t/y) (中小企業事業団受託)
平成 3年	相生市で産業系廃プラスチックの油化実証実験実施(5000t/y) (クリーンジャパンセンター受託)
平成 8年	(社)プラスチック処理促進協会は、川崎市にパイロットプラントを建設し「次世代廃プラスチック液化技術開発」(多種類廃プラスチックの油化)を実施(通産省補助事業)
平成 9年	新潟市の一般系廃プラスチック油化実証設備を建設(6000t/y)、実用化運転開始(通産省補助事業、歴世礦油(株)、(社)プラスチック処理促進協会)
同年	(財)廃棄物研究財団は、立川市の一般系廃プラスチック油化実証設備を建設(3000t/y)(厚生省委託事業)
平成10年	廃プラスチック熱分解油のJIS規格化を検討、平成11年、TR原案を発表(日本規格協会受託)

このように、国(経済産業省、厚生労働省等)は、油化の技術やシステムについて研究開発、実証実験を進め実用化可能であることをマスコミに発表、これを受け「容器包装リサイクル法」では、廃プラスチックの油化を主要な再商品

化手法として取り上げた。

そして、新潟市の歴世礦油(株)に引き続き、平成12年、東芝は札幌市のエコタウン事業の一環として、札幌プラスチックリサイクル(株)(能力 14800 t/y)を、クボタは三笠市

に(株)道央油化センター(能力6000t/y)を設立し、一般系廃プラスチックの油化商業化運転の幕開けとなった。

産業系廃プラスチックの油化は、(表-1)に示すように、平成3年、フジサイクルの技術で、相生市に5000t/yの能力の設備が設置され実用化されたのが始まりである。原料は、3P(PE、PP、PS)で、プラスチックの製造工場から排出される屑で、比較的性状の良いものであった。その後、多くの装置メーカーが油化装置の開発を行ってきたが、実用化されたのは発泡スチロールの油化が主体で、それ以外の廃プラスチックに対応できる油化装置は少ない。最近多種類廃プラスチック(3P、PET、ナイロン等)の油化装置が開発され販売された多くの事例を聞いているが、いずれも技術が未熟なため稼働せず、事業者の苦情をかかっている例が多いようである。

3. 産業系廃プラスチック油化の現状

そこで、産業系廃プラスチックの油化を長期間稼働させ実績を上げている企業や新しい油化技術の研究開発に成功し、実用化段階にある事例を紹介する。

亀田製菓(株)は、平成13年、NEDOの補助を受け油化装置を設置し、平成14年度の「省エネルギー優秀事例全国大会」で次のような成果を公表している。工場から排出されている包装廃プラスチック(3P)を油化し、生成油をA重油とブレンドした後、ディーゼル発電機を稼働させて工場の電力として利用するシステムである。年間、廃プラスチック120tをリサイクルすることで、工場の省エネや炭酸ガス削減など、廃棄物の処理のみならず多くの環境問題に対しても改善効果が生まれている。

- ① 産業系廃プラスチック120tを油化し、発電ディーゼルエンジンの燃料として年間72kl再生した。
- ② 電力会社との連携システムにより発電機の発電効率の向上、契約電力の低減ができた。
- ③ 発電機の廃熱回収によりボイラーの燃料が年間35kl削減できた。
- ④ 廃プラスチックから電気という夢のようなことが現実となり、従業員全員の環境意識が高揚した。

また、最近「プラスチック化学リサイクル研究会第7回検討会」で発表された油化の新技术を紹介する。冒頭で述べたように大型の一般系廃プラスチックを対象とした油化

設備では、多種類廃プラスチックを油化する技術は確立されていたが、工場などに設置可能な小型油化装置については、多種類廃プラスチックを油化するには、処理費用が高くつき経済性の問題で実用化が困難であった。

最近、(株)前田製作所は、3Pに加えPETやナイロンなどの廃プラスチックの油化が可能で、経済性の成り立つ技術を確立しており、更に、(財)中国技術振興センターでは、岡山大学に研究を委託し、塩化ビニールや臭素含有樹脂などのハロゲン対応型小型油化装置の開発に成功した。この研究メンバーの日陽エンジニアリング(株)は、(株)前田製作所と共同で、双方の技術を組み合わせ「多種類廃プラスチック小型油化装置」の実用化に踏み切っている(図-1)。

多種類廃プラスチックの熱分解ガス中には、塩化水素やシアン化水素ガスなど有害なガスが含まれているため、先ず、収着剤で塩化水素ガスは吸着除去され無害な塩化カルシウムとなり、また、シアン化水素等は排ガス無害化装置で完全燃焼されクリーンな排ガスとして放出される。次に生成油は、有機塩素化合物を触媒で分解除去した後、生成油により直接冷却される。生成油中に含まれるPETの熱分解生成物であるテレフタル酸や安息香酸などの昇華性物質は、沈降槽で除去される。

このように、産業系廃プラスチックも単一樹脂から多種類樹脂の油化へと技術開発が進んでおり、且つ、工場密着型で自社内でリサイクルが可能となる小型油化装置の設置を検討する企業も増加している。これは、次のような理由である。

- ① 食品の長期保存を図るため、ガスバリアー性のあるPET、ナイロン、塩化ビニリデンなどをラミネートした複合材プラスチック包装材が増加し、このため分別が困難で、材料リサイクルがむずかしくなってきたことから、これに対応できる油化装置が求められるようになってきたこと。
- ② 産業廃棄物の不法投棄が多く「生産者拡大責任」により排出した企業に遡り責任が問われるようになり、産廃業者から自社内処理に切り替える企業が増加してきたこと。
- ③ ダイオキシン規制、産業廃棄物税、炭素税、炭酸ガス削減などの環境規制により、これまで行ってきた焼

- 却や埋立が企業にとって難しくなってきたこと。
- ④ ゼロエミッション、ISO14001の取得などを掲げる企業が増加してきたこと。
- ⑤ 外部処理ではなく、廃プラスチックを自らがリサイクルすることにより、社内環境意識の高揚が図れること。

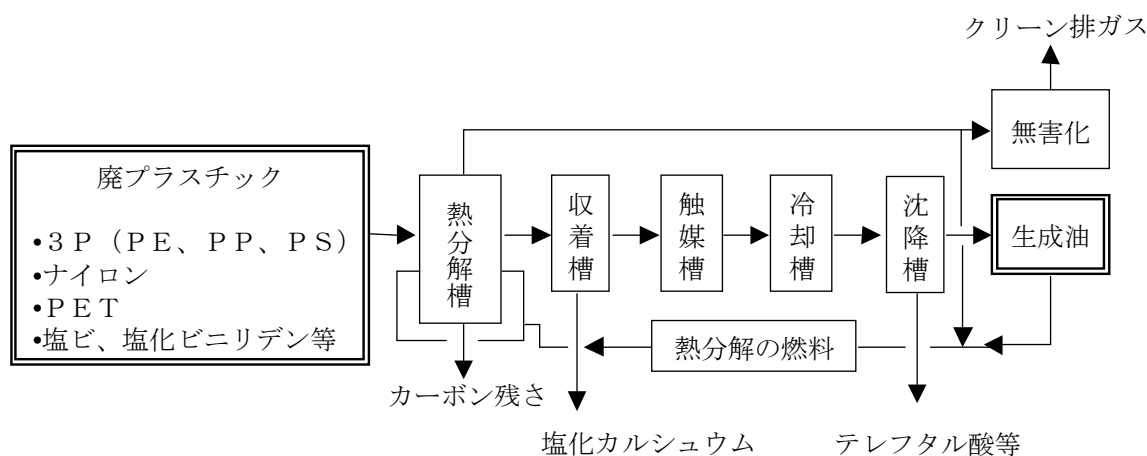


図-1 多種類廃プラスチック油化フロー

4. 産業系廃プラスチックの油化事業化の留意点と課題

廃プラスチックをフラスコスケールの実験装置で油化すると、すぐに生成湯が得られ油化できるため簡単な技術と思われがちである。ほとんどの装置メーカーは、これらの実験結果をもとに、スケールアップし装置を設計しているように思われる。

また、出来上がった装置の実証実験も、汚れないプラスチックカバージnPelletを使用し油化している例が多い。我々が経験した例では、廃プラスチックに混入してくるわずかな金属類などの異物やPET、PVCなどにより、排ガス、精製油、残さの性状が大きく変わり、カーボン生成による熱分解能力の低下、分解性生物による装置の腐食、閉塞、排ガス、排水による公害問題など様々な問題が生ずる。即ち、油化がうまくいくかどうかは、油化する原料廃プラスチックの性状、組成により決まってくると言って良い。従って、性状、組成を明確にし、これに対応できる技術が必要となる。特に、油化装置の購入を計画されている事業者は、自社の廃プラスチック性状、組成に対応できる装置になっているかどうかを十分確認してみる必要がある。

平成8年、(社)プラスチック処理促進協会が行った多種類廃プラスチック油化の研究開発と事業化の経験を基に「油化事業化にあたってのチェックポイント」を作成したので紹介する。多種類廃プラ、特に、塩ビ、PET、ナイロン、ウレタン等の樹脂は、熱分解すると、運転面や保安環境

面で問題を起こす要因を持っているので注意を要する。

事業化する場合の油化技術の基本的なチェックポイント

- (1) プロセスの基本原理が明解になっており、十分理解の得られるデータがそろっているか。
 - (2) プロセスの物質収支(塩素、窒素バランスを含む)、熱収支が取られているか。
 - (3) 生成油、生成ガス、残さの組成分析がなされ、内容に問題ないか。
 - (4) 油化で使用する原材料、用役の原単位(廃プラ1kg当たりの使用量)が明確になっているか。
 - (5) 生産能力算出の根拠(廃プラ投入量、組成、異物量、運転人員、稼働率等)が明確になっているか。
 - (6) 環境保安上の対策(大気、水質、悪臭、騒音等)がとられ、必要なデータが採取されているか。
- (1)～(6)の内容は装置を設計・建設する上で基本的事項であり、事業化を行う場合、県や保健所から資料の提出と説明が求められます。

技術上注意を要するチェックポイント

基本的にはPETや塩化ビニールは、油化に適さないプラスチックで、単独では油化し難く、油化しても生成油の収率は10%以下で殆ど固体(残さ)やガスになる。

また、ナイロン、ウレタン、ABS樹脂などを油化すれば、

シアン化水素やアンモニアガスが生成するので必ず無害化等の対策が必要となる。

(1) 装置上のチェックポイント

① 熱分解槽のカーボン除去方法の確認

プラスチックが熱分解すると必ずカーボンが生成する。このカーボンは、熱分解槽内で壁や攪拌機に付着し、熱の伝達を阻害しトラブルを起こす原因になる。

特に、PETや塩化ビニールが多いと、カーボンの生成量は急増するため、このカーボンが外部にうまく排出されるようになっているか確認する必要がある。

② ラインの閉塞対策が取られているか。

PETボトルや塩化ビニールを熱分解するとフタル酸類が多く発生する。これらは昇華性物質のため、冷却するとラインや熱交換器を閉塞する。昇華温度は約300℃で、この温度以上ではガス状でこれ以下になると固体になり固まるためである。したがって、常時ガスラインは約300℃以上にしておき、冷却する場合は閉塞防止を考えた特殊な冷却方法を取る必要がある。

③ 装置の腐食対策が取られているか。

塩化ビニールを熱分解すると、多量の塩化水素が発生する。塩化水素は、強い酸性を示し鉄を腐食する。対策として、特殊な退職材料を使用するか、またはこのガスを耐食領域の温度範囲内に保持する方法があり、これらの対策が取られているかどうかチェックする必要がある。

④ 投入口から外部へ逃す漏れ、空気吸い込み対策が取られているか。

連続運転を行う場合、廃プラスチックをプロセス内に安定してフィードすることが重要だが、廃プラ投入口は、大気とプロセスとがつながっている部分であり、プロセス内のガスが大気に漏洩しやすく、また、プロセス内へ空気を吸い込むと、火災・爆発の原因となるため、大気とプロセスを常時完全に遮断しておく対策が必要で、更に遮断弁開閉を阻害する金属などの異物対策も必要である。

(2) 熱分解油品質の確認事項

生成油中に有機塩素が含まれる場合、燃焼さすと塩化水素や、ダイオキシンの発生源になるため、経済産業省ではボイラー、ディーゼル用熱分解油品質の標準化情報(TR原案)を作成し、100ppm以下を目標としている。その他、引火点、流動点、窒素分などボイラー燃料やディー

ゼル燃料として必要な品質項目を定めているので参考にしてもらいたい。(平成14年公表)

(3) 環境保安上のチェックポイント

① 残さを安全に抜き出すことができるか。

PETボトルや塩化ビニールを熱分解すると残さとして多量のカーボン(炭素)が生成する。また、金属類などの異物も混入する。この残渣を熱分解槽からうまく安全に外部に抜き出す方法が取られているかどうか重要である。

② 熱分解生成物の大気への朗詠防止やけ以内への空気吸入防止対策が取られているか。

熱分解生成物である低分子ポリマーは、着火点が低く(約250℃)空気と接触すると自然発火する恐れがある。また、熱分解油は、引火点の低い成分もあり、特に軽質油は系外に抜き出すときに静電気着火の恐れがあるため、あらかじめ対策を取っておく必要がある。

③ シアン化水素の無害化対策が取られているか。

ナイロン、ウレタン、ABS樹脂は、窒素元素を含むプラスチックで、これらを熱分解するとアンモニウムやシアン化水素(HCN)ガスが発生する。これらは毒性の強い物質であり、無害化装置が必要となる。HCNはアルカリ水で中和しても毒性の強い青酸ソーダになるだけで、別途無害化装置が必要となる。

④ 法規制は遵守されているか。

熱分解槽はプロセスによっては労働安全衛生法で定める第一種圧力容器に該当する場合がある。また、設備は、消防法の危険物の製造所、取扱所、貯蔵所などに該当するので、これらが技術上の基準を満足しているかどうか、チェックする必要がある。生成湯は、第一石油類に該当する場合があり、この場合、防爆機器の設置や静電気除去対策が義務付けられている。

以上、これまで述べたチェックポイントは、必要最小限のもので、事業者は少なくとも、これらを明確にし理解したうえで装置を購入することが重要である。よくあるのは、「企業秘密であるから説明できない」などごまかす装置メーカーがいるが、このような装置メーカーの技術はほとんど信頼できないと思って良い。

繰り返しになるが、油化システムは、原料となるプラスチックの種類、組成、性状により大きく変わってくる。例えば、産業系廃プラスチックの①発泡PS、②3P、③これに塩ビ

やPETが混入および異物の有無などにより、それぞれ装置の構成、機能、操作方法が異なり、その結果、生成油収率、設備費、ランニングコストなどまったく異なってくることを理解して頂きたい。油化装置には既製品はなく、すべてオーダーメイドで原料に適応した装置が設計、製作されるのである。最近、「設備費が安価なので購入し事業化したところ、問題点が多発し稼動しない」との事業主側からの苦情が多く聞かれ、油化技術の信頼性までが問われるようになってきていることに注目し、あえて技術の留意点、チェックポイントを紹介した。

4. おわりに

21世紀は、循環型社会構築の時代であり、我が国にとって、いや世界にとっても「ゴミを減らし、資源としてリサイクルする」ことが重要課題の一つである。廃プラスチックの油化については技術の進歩が著しく、我が国で世界初の「製油所へのフィードストックリサイクル」も開始されたが、他方では技術に対する苦情の声も聞かれる。そこで、この機会に「産業系廃プラスチックの油化」をテーマに取り上げ、実際にリサイクルが行われている企業や産廃業者などから、意見や苦情を聞き、そのいくつかを課題、改善策として紹介した。また、廃プラスチックのリサイクル技術について詳細をお知りになりたい方は、本誌発刊の「プラスチック化学リサイクル研究会 (FSRJ)」に、ご相談されることをお勧めしたい。これまで述べたことが皆様のご参考になれば幸いである。