

廃プラスチックのフィードストックリサイクルに関する

LCA (Life Cycle Assessment)

(株)東芝 環境システム推進部

杉山英一、伊部英紀

東芝プラントシステム(株) 社会インフラ事業部

{旧社名：東芝エンジニアリング(株)}

鈴木 春生

1 緒言

化石燃料の大量消費が続けば、地球規模での環境問題、資源・エネルギー源の枯渇などの事態が懸念される。特に石油資源の殆どを輸入に頼る日本では、環境保全や資源保護、資源リサイクルに軸足を移した新たな枠組みを構築することが必要である。そうした理念により国の施策として容器包装リサイクル法が施行され、プラスチック資源リサイクルの観点より2000年にはプラスチック容器包装に対しても同法が施行されるに至った。

本報告では、同法の本格施行に時期を合せて2000年4月に商業運転を開始した処理能力14800トン/年の廃プラスチック油化プラントの運用事例⁽¹⁾に基づき、廃プラスチック油化処理プロセスにおける環境負荷低減の効果、フィードストックリサイクルを実現した場合のLCA解析結果について報告する。

2 目的および評価範囲の設定

本検討の目的は、廃プラスチックの油化処理について、特に地球温暖化と化石燃料の資源枯渇の両面から環境負荷を定量的に評価して、環境負荷低減の可能性を検証することにある。そのため、現在運転中の廃プラスチック油化プラントの実績に基づき、評価を行うとともに、その発展型であるフィードストックリサイクルを実現した場合の効果の評価した。

LCAでは最初の手順として、対象とするシステム境界を設定する必要があるが、今回の評価の対象を油化プロセスにおき、当該プロセスおよびそれらの影響が及ぶ範囲、即ち、図1に示す廃プラスチックの受入から各種生成油の製造段階までを評価の範囲とした。

データの収集にあたっては、廃プラスチック受入～造粒までを前処理工程とし、脱塩工程と生成油回収工程の3工程を経て各種の生成油を製造するまでを一つの製造システムと考え、インベントリ分析は次のような前提で行った。

- ①プラスチックの製造、利用の部分での環境負荷は、本評価の対象外とし、廃プラスチックの収集から評価範囲とした。
- ②各プロセスのデータは年度あるいは年間の実測データを使用した。
- ③焼却・油化に関わる設備・機器の製作・施工での環境負荷は、本評価の対象外とした。
- ④上記の設備・機器を運転する際に投入されるエネルギー・副資材をLCAの対象とした。
- ⑤油化によって得られた生成物、例えば「電力」や「生成油」は現行の「電力会社の事業用電力」や「石油精製で得られたA重油」の代替品として扱い、それらを作らずに済んだものと見なして製造するまでに発生した環境負荷を差し引いた。
- ⑥本評価は、1995年産業連関表(注1)に基づき各種の統計データを使って(株)東芝が構築したデータベース⁽²⁾を用いた。
- ⑦外部購入となる原料、副資材などの製造時の環境負荷を考慮した。
- ⑧油化処理プラント内でのコジェネレーションなどのエネルギー消費およびその環境負荷も合算した。
- ⑨投入された廃プラスチックトン当たりの環境負荷を算出し、生成油等の最終製品までの環境負荷を合算した。
- ⑩比較・評価を行う廃プラスチックを原料とするRDF発電の環境影響評価は文献値⁽³⁾に従った。

(注1) 産業連関表：国が1年間に生産、消費する全ての財・サービスの取引量を部門に分類して、共通の単位(金額)で表したものの。製品の直接、間接のインベントリの算出が可能。

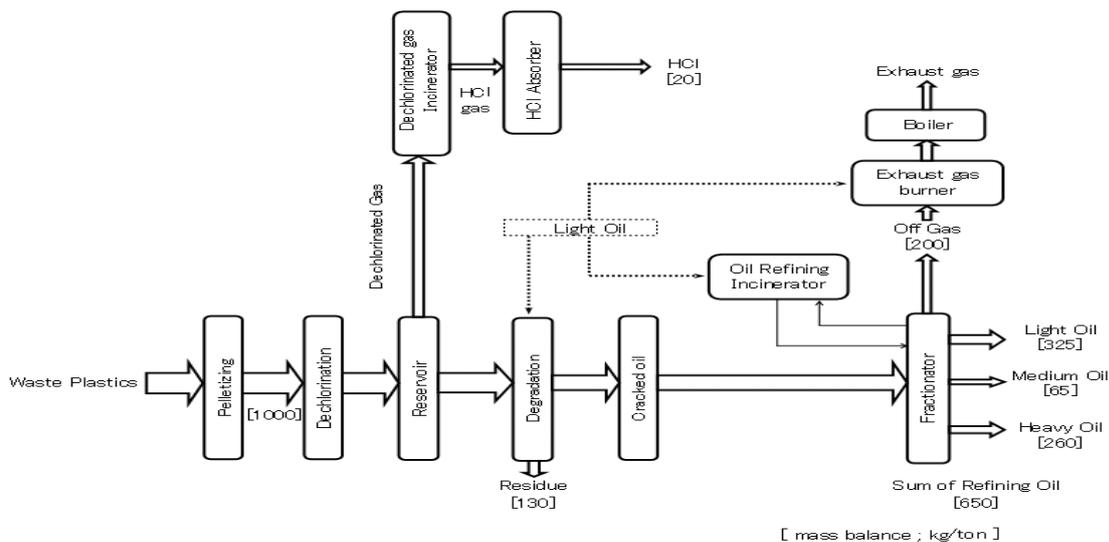


図1 油化プロセス・フロー

3 評価プロセスの概要

評価の上で参照し、実績データを使用したプラントのリサイクルプロセスは図1に示す通りである。対象地域の各家庭から分別・回収された容器包装リサイクル法対応の廃プラスチックは、同プラントに隣接して設置された選別センターにて、異物分離と圧縮・梱包が行われている。⁽⁴⁾

[処理対象の廃プラスチック]

廃プラスチックの油化処理はケミカルリサイクルに位置付けられ、一般家庭で分別収集された廃プラスチックを油化し、地元の地域冷暖房施設等の燃料として再商品化、再利用する地域密着型のリサイクル方法である。一般家庭から出る廃プラスチックには多種のプラスチックが混在するが、本評価対象の廃プラスチックについて組成分析例を図2に示す。本例によれば、油化に適したPE+PP+PSは76%で、油化不適合のPVCは2% PVDCは1.5%で、PETは14%と程度となっている。その他、金属類や木くず、生ゴミなどの異物が混入しているが、一般家庭においてよく分別されて排出されており、油化処理する上で問題となる量ではない。PS、PP、PEが油化のための主な原料であり、それらの含有量が油回収率の因子となる。(現在は受入れ原料に対して約60%の油回収率となっている。)

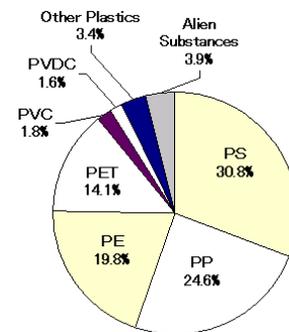


図2 廃プラ組成分析例

[前処理工程]

参照プラントの前処理設備では選別センターから廃プラスチックの供給を受けて、廃プラスチックが投入機→破碎機→選別機(磁選機+風選機)→造粒機→造粒物サイロのフローで処理される。下流の装置保護のため、金属等の油化不適合物を再度選別除去し、選別された廃プラスチックを油化処理に最適なペレット状造粒物に加工される。

[油化工程]

造粒ペレットはまず脱塩装置に投入されてPVC等の塩素が塩化水素の形で除かれる。分離された塩化水素ガスは燃焼炉にて高温燃焼により脱炭化水素、無害化された後、水吸収を経て塩酸として回収・処理される。

一方、脱塩された熔融プラスチックはロータリーキルン方式の熱分解装置によって熱分解されてガス状になり凝縮冷却された後、分解油として分解油ドラムに貯留される。

熱分解装置内にて生成したカーボンを含む主成分とした油化残渣は、一定周期のバッチ処理で自動排出されるが、この残渣が粉末状で排出されるのが本プロセスの特徴である。なお、この油化残渣は近隣の下水処理場の汚泥焼却設備の助燃材として有効活用されている。

分解油ドラム内の分解油は生成油回収塔にて軽質油、中質油、重質油の3つの留分に分離される。ナフサ相当の軽質油は現状では、プラント内の燃料として利用している。A重油相当の中質油は外販している。重質油は外部購入A重油と混合し、コジェネレーション設備のディーゼル発電機の燃料として内部利用しプラント内の電力及びスチームを賄い、余剰重質油は外販している。また、生成油回収塔からのオフガスは排ガス燃焼炉にて完全燃焼後、スチームとして熱回収される。

4 インベントリ分析

図1に示したプロセスに従って、投入される物質・エネルギーと排出される環境負荷を算出した。

本報告では、以下のシナリオを想定して比較分析を行い、その環境影響評価を行った。

<廃プラ焼却> 廃プラスチックを焼却した場合を想定し、文献⁽³⁾に記載されている投入データに基づき、(株)東芝が構築したデータベース⁽²⁾を用いて環境負荷を算出した。

<廃プラ発電> 固形燃料化(RDF)した廃プラスチックを使って発電して電力として回収した場合を想定し、文献⁽³⁾に記載されている発電効率を20%とした時の投入データに基づき、(株)東芝が構築したデータベース⁽²⁾を用いて環境負荷を算出した。

<シナリオ1> 現行の油化プラント運転データに基づき、(株)東芝が構築したデータベース⁽²⁾を用いて環境負荷を算出した。上記の評価と条件を同じにするため、廃プラスチックの収集・輸送に関する輸送方法残渣の輸送・埋立に関わる距離・投入エネルギー等は同じ数値を採用した。

<シナリオ2> 一般家庭における分別や容器包装の材料表示をさらに徹底し、油化不適合のPVC、PVDC、PETが除去された廃プラスチックを受け入れた場合を想定した。この場合、前述した前処理工程、油化工程における塩酸処理設備が軽減・削減される。油化不適合物除去による設備削減を前提として、<シナリオ1>と同じ条件で環境負荷を算出した。この場合は油の収率が80%程度となることが予想されるが、収率は変動しないものとして試算した。

<シナリオ3> 廃プラスチックを熱分解して生成した廃プラ油を、石油製品の原料として再利用するフィードストックリサイクルを実現した場合を想定し、石油化学プラントの既設ユーティリティの排熱等を活用するものとして<シナリオ2>と同じ条件で環境負荷を算出した。

5 インベントリ分析結果

図3に各シナリオに基づいてCO₂排出量の相対評価を行い、各々の処理方法の特質の比較分析を行った結果を示す。

廃プラスチックを焼却処分する<廃プラ焼却>に対し、廃プラスチックを燃料としてRDF発電するリサイクル方法<廃プラ発電>は、電力を回収することで相対的に環境負荷を低減する効果があることが判る。

一方、廃プラスチックを熱分解して各種の生成油として回収する油化技術は、プラス

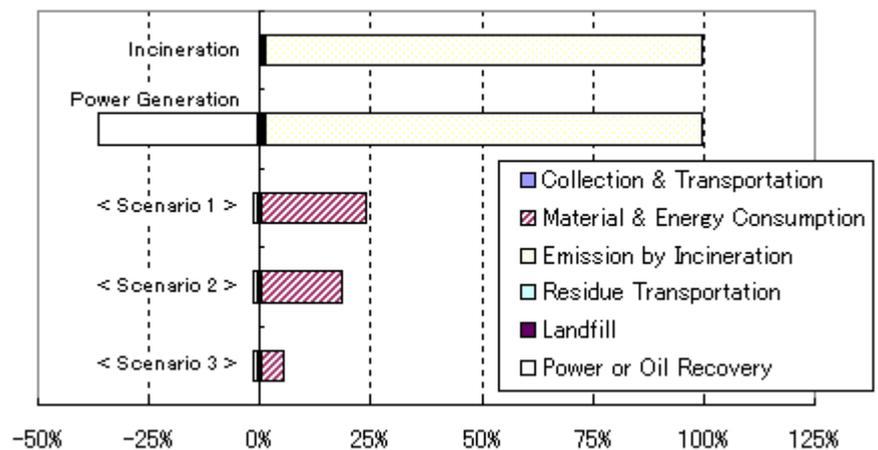


図3 CO₂排出量の相対評価

チックを焼却することが無い場合、焼却処理を行う場合のCO₂を削減することができる。また、原油の消費を低減させることができるため、環境負荷の更なる低減が可能である。

また、分別をさらに徹底して油化不適合プラスチックを除去した<シナリオ2>や、廃プラスチックを熱分解して生成した廃プラ油を、石油製品の原料として再利用する廃プラ油リサイクル技術<シナリオ3>は、さらに大きなCO₂の削減効果が得られることが判る。

以上のインベントリ分析結果から、廃プラスチック油化処理は環境負荷を低減する上で、有効なリサイクル手法と結論できる。しかしながらLCAにおいては、CO₂排出量等のインベントリ分析を行うだけでは、地球温暖化に対する一部の影響を評価したということにとどまり、枯渇性資源である化石燃料の消費を低減させる油化処理の効果の評価ができない。そこで、インベントリ分析の次のフェーズであるインパクト評価を実施し、地球温暖化や資源枯渇について検討を行った。

6 インパクト評価

図4に各シナリオに基づいて算出した地球温暖化と化石燃料に関わる資源枯渇の相対評価を行った結果を示す。廃プラスチックを焼却処分する<廃プラ焼却>に対し、廃プラスチックを燃料としてRDF発電するリサイクル方法<廃プラ発電>は、地球温暖化・化石燃料の資源枯渇の両面から環境影響を低減する効果があり、廃プラスチック油化処理は、<廃プラ発電>と同等もしくはそれ以上の低減効果があることが判る。

特に、廃プラスチックを熱分解して生成した廃プラ油を石油製品の原料として再利用する廃プラ油リサイクル技術<シナリオ3>の実用化が進めば、油化によるリサイクルの効果をさらに高めることに繋がる。

その一例として、既存の石油化学プラントに廃プラスチック油化設備を隣接させ、廃プラスチックを熱分解して生成した廃プラ油を、石油化学プラントの原油に混入させ石油製品の原料とするプラントが考えられる。

<シナリオ3>の結果からこの様な立地を考えた場合、油化設備の簡素化や、石油化学プラント既設設備活用により、環境影響を更に低減できる可能性があることがわかる。

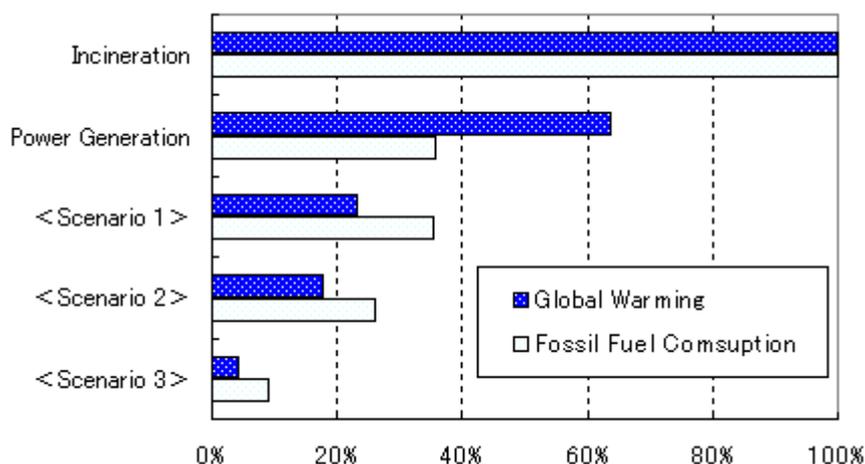


図4 地球温暖化と化石燃料に関する資源枯渇の相対評価

さらに、廃プラ油はほとんど硫黄分を含まないため原油に混入させた場合、原油に含まれる硫黄分を薄める結果となり、精製された石油製品の低硫黄化や脱硫工程の投入エネルギー低減に寄与するものと期待される。

また、各都道府県などの拠点で分解油を生成し、タンクローリ等により石油化学プラントへ輸送し、石油製品の原料とするといった応用も可能と考えられる。

7 結論

本報告では、廃プラスチックの油化処理並びにフィードストックリサイクルについてLCAを試みた。

その結果、廃プラスチックを焼却処分または廃プラスチックを原料としてRDF発電により電力を回収するのに対して、油化技術により各種の生成油として回収することで環境負荷が低減されることを試解析にて確認した。

また、廃プラスチックの発生段階で分別を徹底することで、前処理工程の環境負荷が大幅に削減され、油化プロセスの最終工程である生成油回収工程を経ずに現行の石油化学プロセスに原油代替として投入した場合は、更なる環境負荷の低減が図られ、石油化学プロセスの排熱利用等を行うことで、大幅な環境負荷の低減が図れる可能性を示した。

8 参考文献

- [1] E.Sugiyama, H.Ibe , “Waste Plastics Liquefaction Technology of Sapporo Plastic Recycle Corporation and Approach to Feedstock Recycling in near Future”, 2002 Symposium on Environmental Engineering JSME(2002)
- [2] H.Suzuki , “Development of LCA Software Easy-LCA”, The 4th International Conference on EcoBalance(2000)
- [3] “プラスチック廃棄物の処理・処分に関するLCA調査研究報告書”, (社)プラスチック処理促進協会 2001-3
- [4] E.Sugiyama, H.Ibe “A Process of Municipal Waste Plastic Thermal Degradation into Fuel Oil”
1st International Symposium on Feedstock Recycling of Plastics 1999-11
- [5] 中城、荻原：“世界最大規模の廃プラスチック油化処理システム” OHM (2001. 1. P89～92)
- [6] 佐藤、斎藤、橘：“一般プラスチックの油化” 廃棄物学会誌 (2002. Vol.13, No. 2. P99～106)