

本書については、<https://www.researchgate.net/publication/228463770>を参照してください。

## 熱可塑性樹脂リサイクルのLCA

カンファレンスペーパー・2007年1月

引用  
9

読み取り  
5,190

### 以下を含む4名の著者



ダニエル・ガラリン

Centro Investigones Energeticas, Medioambientals y Technologicas

178の出版物385の引用

PROFILE参照



ロサリオ・ヴィダル大学

のジャウメ1世

177件の出版物1,044件

PROFILE参照

本書の著者の一部は、これらの関連プロジェクトにも取り組んでいる。



LIFE Future Project:都市部の家具を中心に、グリーン公共調達に関する公共団体を支援するGUFツールの開発。Viewプロジェクト



配水システムビュープロジェクトの水質モデル

# 熱可塑性樹脂リサイクルのLCA

Daniel Garrain<sup>1</sup>, Pilar Martinez<sup>2</sup>, Rosario Vidal<sup>1</sup>, Maria J. Belles<sup>1</sup> 1GID, Engineering Design Group, Dpt. MEC, ジャウメ・I・カステロン大学  
Av. Sos Baynat/n, 12071 Castellon (スペイン)  
プラスチック技術研究所2MPLAS

Valencia Parc Tecnologic, C/ Gustave Eiffel, 4, 46980 Paterna-Valencia (スペイン) garrain@ujies.

キーワード:LCA、熱可塑性樹脂、リサイクル、HDPE、LCI

## 要約

熱可塑性プラスチックは、現在生産されているプラスチックの約80%を占めている。それらは数百種類あり、新しいバリエーションが開発されている。しかし、すべての熱可塑性プラスチックがリサイクルできるわけではない。最も一般的にリサイクルされる熱可塑性プラスチックは、PE、PP、PSおよびPVCである。本研究では、産業廃棄物から発生する押出またはブロー成形のためのブラックHDPEの機械的プラスチックリサイクルに関わる製品およびプロセスにLCA手法を適用することにより、産業界からの実データをプラスチックリサイクルの環境影響の分析に使用した。得られた結果を、他の著者による評価およびデータベースによるバージン熱可塑性プラスチックの製造に関連する影響と比較した。これらの比較結果から、リサイクルプロセスは過去数年間で最適化されており、環境負荷を低減していると結論づけることができる。さらに、石油からの直接製造に対するプラスチックリサイクルの環境効率の観点からの明確な利点を強調した。

## はじめに

過去30年間で、世界のプラスチック消費量は10倍になり、推定値は年間100Mトンに達した。しかし、この技術開発は、製品リサイクルの影響を予見するものではなかった。これらのリサイクルは、生分解性が限られているか、生分解性がないこと、また、埋立処分場への視覚的影響に加えて、石油のような再生不可能な資源(これらは欧州の石油消費全体の4%を占める)を枯渇させてしまうことを考慮しなければならない。

熱可塑性プラスチックは、現在生産されているプラスチックの約80%を占めている。それらは数百種類あり、新しいバリエーションが開発されている。しかし、すべての熱可塑性プラスチックがリサイクルできるわけではない。最も一般的にリサイクルされる熱可塑性プラスチックは、PE、PP、PSおよびPVCである。

最も広範なリサイクルプロセスは、機械的リサイクルであり、これにより、廃流からプラスチックが回収される。プラスチックは、選別、破碎、および洗浄工程を経て、プラスチックフレーク、ペレット、または粉末を生成する。このようにして得られた物質は、その後の新製品への変換の準備ができています。この種のリサイクルは、化学的、物理化学的、またはエネルギー回収リサイクルと比較すると、環境の観点からは最良の選択肢であるが、経済的観点からは最適化されていない[1]。

## 目標と範囲

本研究の目的は、産業廃棄物から発生する熱可塑性材料の機械的リサイクルに関与する製品とプロセスのライフサイクルアセスメントを実施することである。その結果を、リサイクル機械メーカーから提供されたデータおよび他の著者からの参考文献データと比較した。さらに、リサイクルの影響をバージンプラスチックの生産に関連する影響と比較した。

## ライフサイクルインベントリー(LCI)

### 1. リサイクル産業

ブラックHDPEの押出またはブロー成形のための産業廃材からの機械的プラスチックリサイクルに関わる製品および工程にLCA手法を適用することにより、プラスチックリサイクルの環境影響を分析するために、産業界からの実データを使用した。

図1は、黒色HDPEのフロー図と、使用される材料およびエネルギーの量を示している。システムの入出力に対して質量とエネルギーのバランスを行った。この場合、プラスチック加工プラントからリサイクルプラントへのHDPEの輸送も考慮されている。

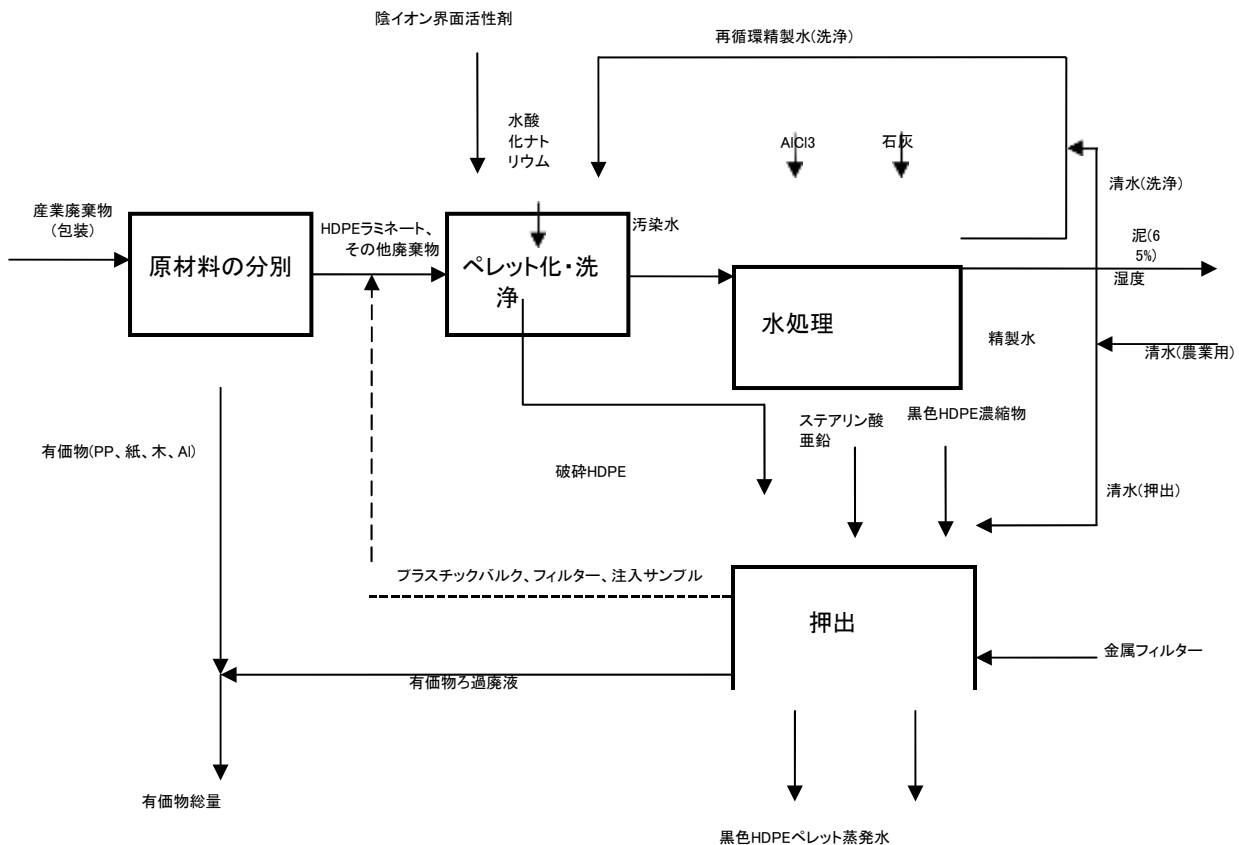


図1:ブラックHDPEリサイクルのフロー図

## 2. 書誌データ

i) Whiteら[2]は、プラスチックを含む固形廃棄物の統合管理に関するLCIを実施し、リサイクルプロセスのインプットとアウトプットを分析し、それらの環境影響を評価した。入手可能なデータは、硬質HDPEボトルをリサイクルする過程での質量とエネルギーの流れに関する詳細な情報を提供するリサイクルプラントの内部報告書[3]から得られたものである。

ii) Peruginiら [4]は、以前の研究[5]のフォローアップとして、プラスチック廃棄物の機械的リサイクルのライフサイクル評価を発表した。彼らの評価は、プラスチックの機械的リサイクルに専念するイタリア企業の包括的な集合を含んでおり、彼らは環境の観点から、焼却や単なる埋め立てのような他の代替品と比較した。また、低温熱分解や高圧水素化のような他の革新的なポストリサイクルプロセスによる影響を分析し、これらのプロセスが従来のプロセスよりも環境に優しいことを確認した。

材料とエネルギーの流れに対応して著者らが収集したインベントリデータは、プラスチック廃棄物からの再生PETとポリエチレンの生産に関連している。本研究では、機械的にリサイクルされたポリエチレン1kgの生産に関するデータのみを考慮に入れた。

## 3. リサイクル機械メーカー

リサイクルプロセスは、プラスチック廃棄物の破碎または破砕、融点以上の加熱、押出、および最終的にプラスチックのペレット化を含む。当社の場合、機械メーカーの技術データから抽出した機械類のエネルギー消費量のみを考慮し、添加物の除去、輸送、潤滑油等を検討しました。比消費量は、生産速度と必要な電力投入量から求めた。

Schulz & Partner (Heilbronn, Germany)は、イタリアのメーカーTECNOFER社がPEまたはPP洗浄・乾燥ラインモデルTC500を所有しており、これは押出およびペレット化の前にプラスチック廃棄物を処理するために使用されている。プラスチック廃棄物は、フィルムまたはバイルとしてラインに入り、押出可能な清潔で乾燥したビットとして排出される。ライン内の全要素の処理能力と全電力を考慮して、PPまたはPEの重量単位当たりの比消費量を求めた。

押出およびその後のペレット化に関する技術データは、オーストリアの製造業者Artecから入手した。いくつかの押出機からの平均値を考慮した。

これらのデータを用いて、プラスチックリサイクルプロセスの総エネルギー消費量を推定した。

#### 4. バージンHDPEの製造

HDPEの製造に関するデータは、Simapro 7.0の影響評価ソフトウェアにある以下のデータベースから得られている。

- ブワル250[6]。
- エコイベント[7]
- プラスチックヨーロッパ(欧州プラスチック製造業者協会)[8]。

#### 影響評価

インベントリデータ収集後に分析した各プロセスの環境負荷を下表に示します。影響評価方法は、ライデンの環境科学研究所(オランダ)が開発したCML 2ベースライン2000に準拠して実施された。採用した正規化係数セットは、1995年の西ヨーロッパに相当する[9]。

表1:1kgのHDPE(リサイクルまたは製造)の標準化されたエコプロファイル

	非生物資源 枯渇	地球温暖化 GWP100	酸性化	富栄養化
リサイクル産業	1,15E-14	5,82E-14	6,13E-14	8,06E-15
Whiteら [2]	3,63E-14	3,25E-13	4,10E-13	4,80E-14
Peruginiら [4]	1,38E-14	9,43E-14	1,15E-13	1,12E-14
機械工業	1,45E-14	9,89E-14	1,21E-13	1,18E-14
ブワル250[6]	2,04E-13	4,47E-13	4,47E-13	1,05E-13
エコイベント[7]	2,08E-13	3,94E-13	7,83E-13	1,09E-13
プラスチック欧州[8]	2,15E-13	3,91E-13	7,82E-13	1,04E-13

図2、図3は、調査したリサイクルプロセスによる環境負荷と、石油由来のHDPEのリサイクルによる影響を比較したものである。

リサイクル会社と機械会社のデータの違いは、後者がHDPEより融点の高いプラスチックをリサイクルできる機械を提供するのに対して、リサイクル会社はHDPEのリサイクル専用の1つのラインを有し、高度に最適化された破碎および洗浄プロセスを有していたためである。

Peruginiらが作成したインベントリ。[4]は、イタリアのポリエチレンリサイクル会社からのものであり、これは考えられているものと同じである。どちらの場合も、影響の類似性を理解することができる。

結果をWhiteらと比較する場合。[2]、これらのデータは、プラスチックのリサイクルが現在ほど最適化されておらず、利益も上がっていない1990年代にさかのぼることに注意しなければならない。これにより、図2に示すように、環境負荷が高くなる。

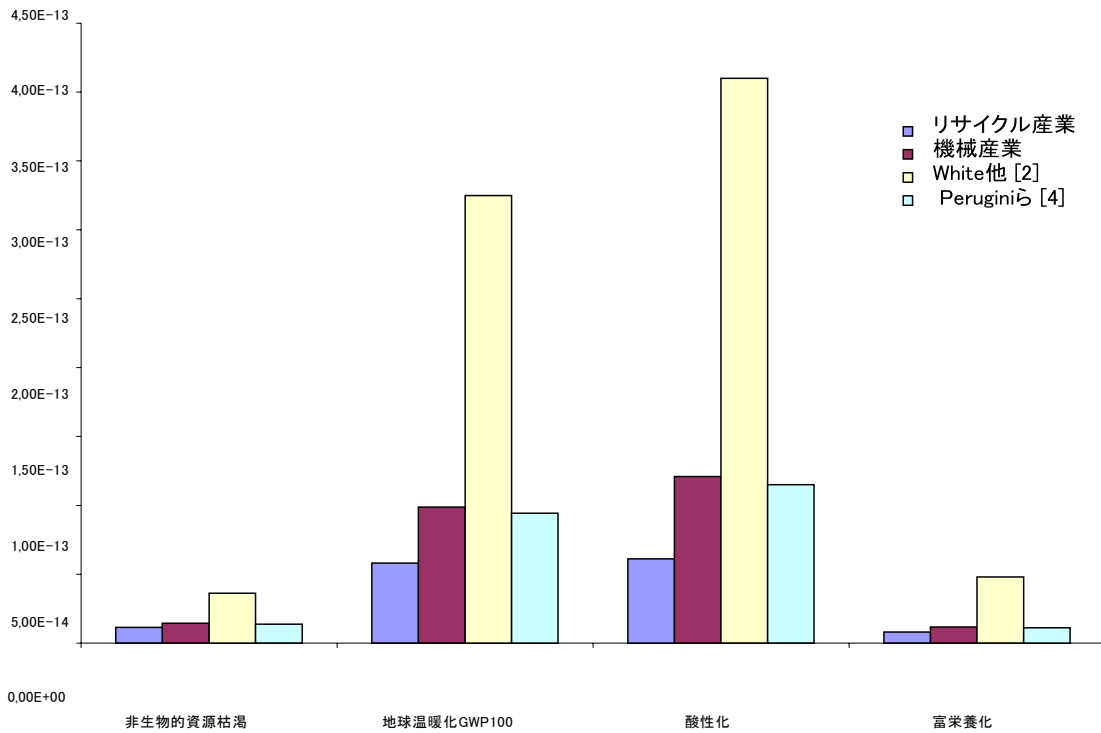


図2:HDPE1kgのリサイクルのエコプロフィール、データソース別

図3では、HDPEのリサイクルとバージンHDPEの生産を比較している。リサイクルHDPEは明らかに環境効率が低い。

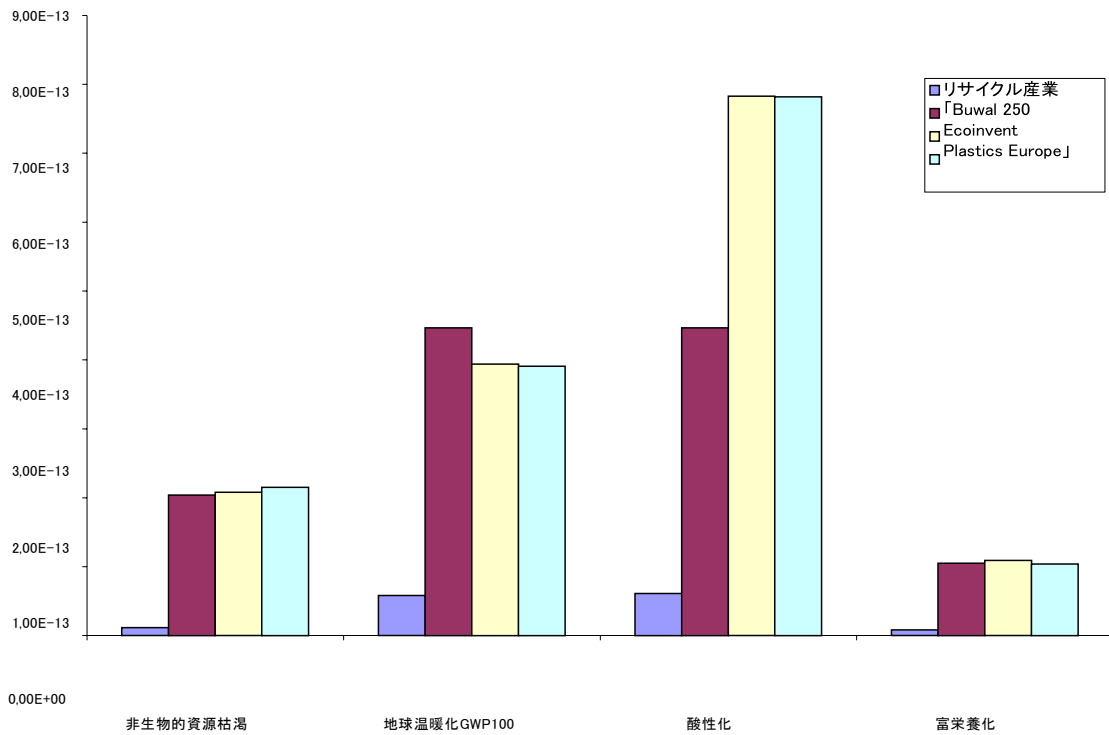


図3:再生HDPE 1kg vs. バージンHDPEのエコプロフィール

## 考察および結論

HDPEリサイクル企業のデータを用いたエコプロファイルには注目すべき類似点がある。これらの結果を1990年代の結果と比較すると、リサイクルプロセスの最適化、特に電力消費の点で評価できる。

再生プラスチックとバージンプラスチックのエコプロファイルの違いも大きい。これらの結果は、持続可能な開発のための新しいリサイクル製品の開発を支援するものである。

## 謝辞

本研究は、R&D国家プログラム2004-2007(スペイン環境省)の国家環境科学技術プログラム:参考文献566/2006/1-2.4のプロジェクトの一部として開発された。「Análisis de ciclo de vida de residuos de residuos de residuos de residuos biodegradables biocompostables, polímeros convencionales(従来のポリマーに代わる生分解性材料およびバイオ複合材料の廃棄物のライフサイクルアセスメント)とは別のものである。」

## 参考文献

- [1] Tukker A. プラスチック廃棄物の原料リサイクルと機械的リサイクル方法の比較。TNO, Holland, 2002.
- [2] White P.R., Franke, M., Hindle, P. Integrated 固形廃棄物管理。ライフサイクルインベントリー。編集: Blackie Academic & Professional, ISBN 0-7514-0046-7, 1995
- [3] Deurloo T. P&G包装におけるプラスチックリサイクルの環境影響評価 Procter&Gamble, 1990の技術報告書。
- [4] Perugini F., Mastellone M.L., Arena U. A Life Cycle Assessment of Mechanical and Feedstock Recycle Options for Management of Plastic Packag
- [5] Arena U., Mastellone M.L., Perugini F. Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycle System, International Jo
- [6] Habersatter K., Fecker I., Dall'aqua S., Falscher M., Falscher F., Fhelter R., Maifeller C., Menard M., Reusser L., Som C., Stahel U., Zimm
- [7] Hischer R. Life cycle inventory of packaging & graphical paper, Part II プラスチック。Ecoinvent report n.11, 2004.
- [8] ヨーロッパプラスチック産業のエコプロファイル「Bousted I. Eco-profiles」HDPE押出 プラスチックス ヨーロッパ(APME)、2005年の報告書。
- [9] ギネ・J・B・ゴレ・M・ハイジュングス・R・ハッペス・G・クレイジン・R・デ・コニング・A・ヴァン・オーアーズ・Suh・Udo de Haes H・A・デ・ブルイン・R・ヴァン・デュイン・R・Huijbregts・M・オランダ、住宅・空間計画・環境省、2001年。