

コークス炉化学原料化によるプラスチックリサイクル

Plastics Recycling by the Coke-Oven from Waste Plastics to Chemical Raw Materials

後 藤 裕 規^{*(1)}

Hiroki GOTO

近 藤 博 俊^{*(5)}

Hirotoishi KONDOH

小 関 常 雄^{*(2)}

Tsuneo KOSEKI

茨 城 哲 治^{*(3)}

Tetsuharu IBARAKI

松 隈 英 治^{*(4)}

Hideharu MATSUGUMA

抄 録

廃棄物問題の解決、二酸化炭素低減による地球温暖化防止の社会要請にこたえるため廃プラスチックの有効利用に取り組み、既存の製鉄プロセスでコークス炉を利用したリサイクル技術を開発した。プラスチックをコークス炉にて熱分解し、油、ガス、コークスに再利用する。市町村で収集される容器包装プラスチックのリサイクル処理を行い廃プラスチック問題の解決に貢献している。

Abstract

Plastics recycling by the coke-oven from waste plastics to chemical materials has been developed to solve the problems of waste plastics and to protect from the global warming by the reduction of CO₂ emissions. Plastics are thermally decomposed in coke-ovens to oil, gas and cokes. These are effectively used in the chemical plant, power plant and blast furnaces in the Works. The recycling process for container and package plastics in municipality has been successfully operated and contributes to the favorable recycling of waste plastics.

1. 緒 言

我国のプラスチックの生産量は約1 500万 tであり、比重を勘案すると体積相当で鉄鋼(約1 億 t)とほぼ同等である。国内での製品消費量は年間約1 100万 tで、そのうち約950万 tが廃棄物となっている¹⁾。つまりプラスチック製品は社会ストックされずに使い捨てされることが特徴である。単一プラスチックでその種類が明確な産業廃棄物の一部はわずかながら再利用されているが、残りは焼却もしくは埋め立てに回され、家庭から排出される一般廃棄物にいたっては大半が焼却あるいは埋め立て処理されている。

このような状況下において、埋め立て処分地の逼迫、焼却ガスの問題等からプラスチック廃棄物の処理は深刻な問題となっている。この950万 tの廃棄物の内、一般廃棄物の容器包装プラスチック(約330万 t²⁾)を再資源化するために容器包装リサイクル法が2000年4月から完全施工された。一般家庭から排出される容器包装プラスチックを市民が分別排出し市町村により分別回収され、再資源化を進めるものである。

一方、地球温暖化防止対策の一環として二酸化炭素排出抑制は重要な環境課題であり、日本鉄鋼連盟は2010年までに年間100万

t程度の廃プラスチックを使用し、プラスチック焼却による二酸化炭素発生を抑制することを目指している。

廃棄物問題の解決、二酸化炭素低減による地球温暖化防止という大きな二つの社会要請にこたえるため廃プラスチックの有効利用に取り組み、コークス炉化学原料化法によるプラスチックリサイクル技術を開発し、2000年11月より容器包装プラスチックのリサイクル処理を開始したのでその内容を報告する。

2. プラスチックリサイクル処理の製鉄プロセスへの取り込み

容器包装リサイクル法の当初の主要なリサイクル技術であった油化法(熱分解法)について、中小企業事業団、桶川市との技術研究³⁾ならびに廃棄物研究財団、立川市との実証研究⁴⁾を行い、プラスチックリサイクル法として熱分解法の有効性を確認した。次に熱分解機能を有した乾留炉であるコークス炉に着目し、一般廃棄物系プラスチックを用いてコークス炉におけるリサイクル実験を行い、その汎用性を確認し、プラスチックをコークス炉で熱分解するコークス炉化学原料化法を確立した^{5, 6)}。

製鉄業では鉄鉱石と石炭を主原料とし鉄鋼製品を製造する。石炭

^{*(1)} (財)千葉県産業振興センター 千葉県地域結集型共同研究事業
グループリーダー 工学博士
千葉県木更津市矢那1532-3 (財)かずさDNA研究所内 ☎292-0812
☎0438-52-3987

^{*(2)} 君津製鐵所 資源リサイクル部 課長

^{*(3)} 君津製鐵所 資源リサイクル部 グループリーダー

^{*(4)} 環境・水ソリューション事業部 環境・水ソリューション事業センター
資源循環推進部 マネジャー

^{*(5)} 技術総括部 部長

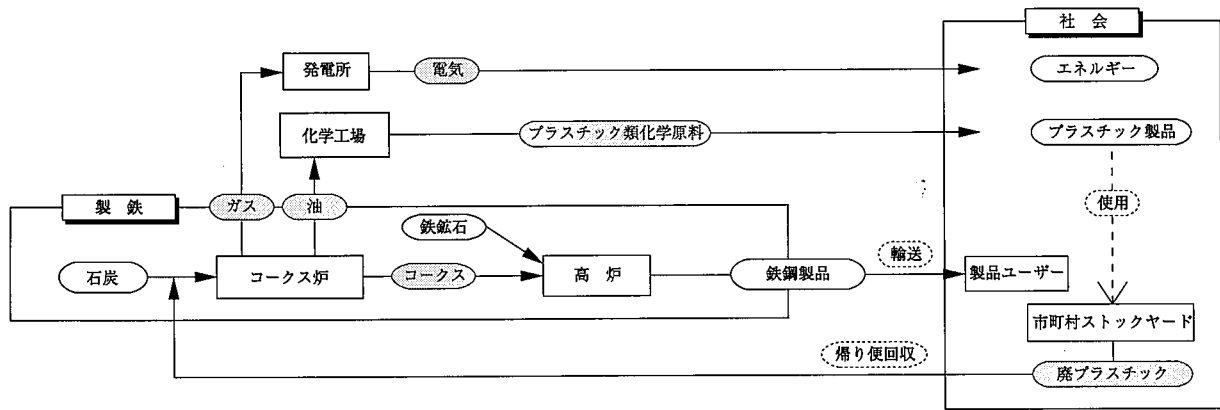


図1 プラスチックリサイクル全体フロー

を乾留しコークスとし鉄鉱石の還元剤として使用するが、この乾留工程で油およびガスが発生しこれら副産物を回収する。油は化学工場にて化学原料となり、副生ガスは発電に利用されている。製鉄業は化学工場、ガス利用施設(発電所)を融合したシステムを形成している。このような製鉄プロセスにおける廃プラスチックリサイクルの有効性についてその特徴を記述すると下記のとおりである。

- 1) 製鉄業は、設備規模が大きく昼夜連続操業であり含有している大きなエネルギーを有効に利用でき、さらに副生ガス、副産物、用水等を再利用できる技術を確立している。したがって、製鉄業は最もエネルギー効率が高いプロセスであり、廃棄物を再商品化できるプロセス基盤を有している。
- 2) 製鉄プロセスでは鉄鋼製造工程とともに化学工場とガス利用施設(発電所)を融合したシステムを形成し、副産物は厳しく品質管理され品質保証されたものとして社会に供給されている。
- 3) プラスチックの主成分は炭素と水素であり、この主成分と同じ石炭を多量に使用している。
- 4) 鉄鋼製品の出荷デリバリーを有し、この帰りを廃プラスチック輸送に利用することにより閉じた物流ネットワークを形成できる。

これらの特徴を有するプラスチックリサイクルの全体フローを図1に示す。鉄の製造プロセスに廃棄物リサイクルシステムを組み入れたものである。

3. プラスチックのリサイクルフロー

プラスチックリサイクルの基本工程は、(1)プラスチックの収集、(2)異物除去と造粒化を目的とした事前処理工程、(3)コークス炉における熱分解処理工程である。

3.1 プラスチック収集

住民がプラスチックを市町村の指導に従って分別排出し、市町村は異物を除去する粗選別と、保管・運搬時の効率性を確保することから圧縮機にて圧縮梱包(ベール化)を行う。

人口や面積等の市町村規模、これまでのごみ処理方法、施設能力等により各市町村で分別収集状況ならびにベールの状況は異なっている。表1に示すとおり、収集量、収集方法、粗選別法、ベール形状、寸法等は広範囲で各種各様である。各市町村単位に、引取りと輸送条件を決定する。現在、輸送はトラックで行い、原則としてトラック1台分に相当するプラスチック約5～10t単位で市町村における収集量と収集日を考慮して定期的に引取りを行っている。

分別収集の方法、粗選別の程度等は異物および汚れ等のベール品

表1 市町村プラスチック収集条件

年間収集計画量	最小 A町: 1t 最大 B市: 35000t
収集方法	容器包装プラスチックを収集 プラスチック全体を収集 市町村が指定した特定の容器包装プラスチックを収集
粗選別法	手選別、機械選別
ベール寸法・形状	600mm×400mm×300mm程度の直方体 600mm×400mm×600mm程度の直方体 1000mm×1000mm×1000mm程度の直方体 ラウンドベール

表2 収集市町村分布

地 方	市町村数
北海道	34
東北	24
関東	51
甲信越	71
中部	58
近畿	37
中国	31
四国	17
九州	32
合 計	355

質に影響を与え、また圧縮梱包設備能力により、ベール形状、嵩密度も変化する。各市町村のベール条件に応じて、市町村単位で処理を行っている。処理後、プラスチックの品質フィードバックを行い市町村と新日本製鐵の両者で継続的に品質改善を実施できる体制を目指し進めている。また、住民への分別排出の協力は極めて重要であり、市町村および関係団体と協力して環境イベントの参画等^{7,8)}を通して住民のプラスチックリサイクルへの理解を深める活動を行っている。

2001年度では約350の市町村が容器包装プラスチックのリサイクルに参画している⁹⁾。これらの市町村は表2に示すとおり全国に広く分布しており、製鉄所でリサイクル処理を行うためには広域収集が必要となる。そのためにも、鉄鋼製品等の輸送のネットワークを利用した空車復路便に廃プラスチック輸送を行うことが有効であ

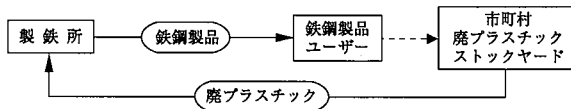


図2 鉄鋼製品輸送とプラスチック収集ルート

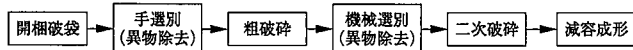


図3 事前処理設備フロー

る。廃プラスチックの市町村からの輸送の基本経路は図2に示すとおり、鉄鋼製品の輸送後の空車復路便を活用するもので、排気ガス、騒音等による環境負荷の低減と省エネルギー化を図るものである。収集輸送量が多い関東地方において廃プラスチック輸送トラックの約90%が鉄鋼製品等の輸送の復路を利用している。

3.2 事前処理工程

容器包装プラスチック廃棄物は、各種のプラスチック製容器包装類の混合物であり、その形状と化学物質の種類は雑多なものである。住民が分別し、市町村で粗選別を実施しても不定期的に混入する金属類、無機系物質、食物残さ等は避けられない。そのためコークス炉保護を目的とし図3に示す異物除去機能とコークス炉に投入可能なプラスチック造粒の機能を有する事前処理設備を建設した。全体の装置構成は異物選別機能(手選別、機械選別)を充実させた。前述の中小企業事業団、桶川市との技術研究³⁾、廃棄物研究財団、立川市との実証研究⁴⁾の中で蓄積された一般廃棄物系のプラスチックごみからのプラスチック選別技術を事前処理設備の設計に反映した。

ボール状で受入れた廃プラスチックを開梱破袋後、識別可能な異物を手選別にて除去し、次に粗破碎機で百数十mmのサイズに破碎する。機械選別では、磁性金属を磁力選別機で、(重量)無機物質を振動篩にて除去する。二次破碎機で20mm程度に粉碎する。石炭と同様にコークス炉への輸送、装入等のハンドリング性をもたせるために数十mmのサイズの造粒物に減容成形する。造粒物の生産処理能力は8.4t/hである。加熱炉や水処理の無い設備構成とし、排気ガスや排水の問題のない環境負荷の小さい設備である。

3.3 熱分解処理工程(コークス炉)

形状、サイズを調整したプラスチック造粒物を石炭とともに図4に示すコークス炉の炭化室に投入する。詳細を図5に示す。炭化室内は外気と遮断された状態でれんが壁をととして両側から間接加熱され、プラスチックは燃焼することなく乾留される。最高1100~1200℃の高温かつ還元雰囲気、プラスチックは熱分解され水素、炭化水素のガス、油が発生する。コークス炉から発生した900℃程度の高温ガスはコークス炉頂部から回収され、水冷却により80℃以下に急冷される。さらにガス冷却器で35℃程度に冷却され、凝縮した液体は油水分離され、油分はタールとして回収する。ガスは次工程でナフタリン回収、脱硫工程を経て軽油分を回収し、常温でガス状のものはコークス炉ガスとして回収する。

プラスチックは平均的には油分約40%、ガス分約40%、コークス分約20%に分解され⁵⁾、ほぼ全量有効成分として利用される。油はタールおよび軽油が主体で、これらは化学工場に送られ、プラスチックや塗料などの化学原料となる。ガスは水素ならびにメタンが主成分で発熱量も高く発電に利用される。コークスは高炉で還元剤として使用される。

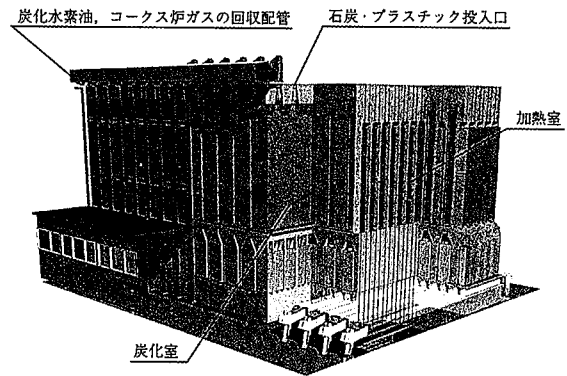


図4 コークス炉構造

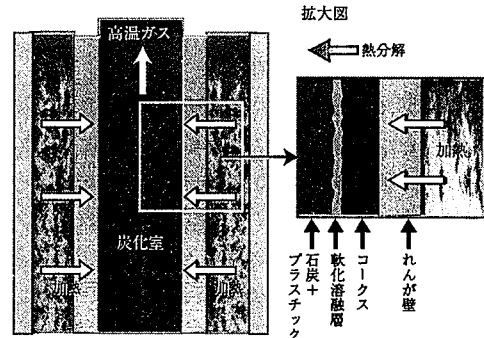


図5 コークス炉内熱分解進行状況

なお、石炭の場合は、コークス約75%、ガス約10%、油分約5%に分解され¹⁰⁾、プラスチックの方が油、ガスの発生割合が多い。この理由は石炭とプラスチックの成分構成比が異なり、石炭と比較してプラスチックは芳香族成分が低いことに起因していると推察される。プラスチックの乾留は油分、ガス分が多く回収できることが特徴である。

4. リサイクル処理実績

新日本製鐵君津製鐵所では、図6に示すとおり、2001年度、人

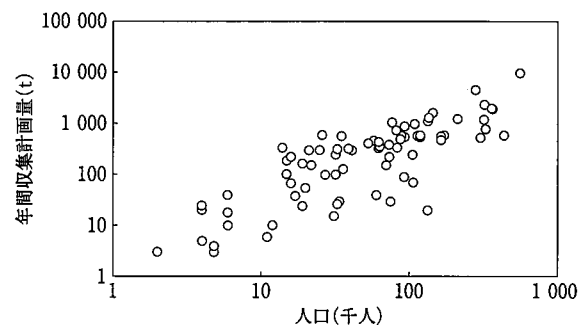


図6 市町村収集計画量

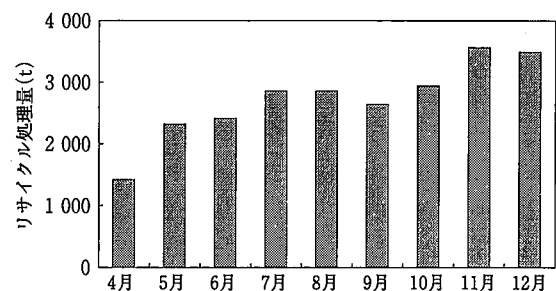


図7 君津製鐵所における2001年度のリサイクル処理量の推移

口約2千人の村から人口約60万人の中規模都市まで80の市町村からプラスチックを収集しリサイクル処理を行っている。

図7に示すように、市町村の分別収集量の増加とともに増加し、直近では月間3000tを越えるリサイクル処理を安定して行っている。市町村における廃プラスチックの埋め立て処理および焼却処理の低減に大きく寄与している。

5. 結 言

廃棄物問題の解決、二酸化炭素低減による地球温暖化防止の社会要請にこたえるため廃プラスチックの有効利用に取り組み、既存の製鉄プロセスにてコークス炉を利用したリサイクル技術を確立した。プラスチックをコークス炉にて熱分解し、油、ガス、コークスに再利用するもので、市町村にて収集された容器包装プラスチックのリサイクル処理を全国規模で実施している。

市町村ならびに住民とのコミュニケーションを深めリサイクル処理を進めており、本処理法は受入能力が高く安定していること、リサイクル品がプラスチック原料等の化学原料、電気に転換され社会へ還元されていること、過度な分別精度を要求することなく市町村の現実レベルに対応していることから、多くの市町村ならびに住民

が安心してプラスチックリサイクルを進められるとの評価を得ている。ごみ発生量が低減している報告¹¹⁾もあり、今後、市町村、住民、関係各団体とともにプラスチックリサイクルの拡大を図り、廃棄物問題ならびに地球温暖化問題の解決へ貢献していく。

参考文献

- 1) (社)プラスチック処理促進協会:プラスチックリサイクルの基礎知識. 2000, p.20
- 2) 荷福正隆:プラスチックリサイクルの現状と今後の課題, 化学工学会関東支部 1999, p.25
- 3) 中小企業事業団:プラスチック廃棄物リサイクル技術研究. 1994
- 4) 廃棄物研究財団:プラスチック廃棄物リサイクル実証事業. 1999
- 5) 加藤ほか:日本機械学会第10回環境工学総合シンポジウム2000講演論文集. 2000, p.154
- 6) 鈴木ほか:第9回日本エネルギー学会大会講演要旨集. 2000, p.159
- 7) 金沢リサイクルフェア. 北国新聞(2001.10.22)
- 8) 千葉県環境研究センター公開講座, 2001.11.17
- 9) 日本容器包装リサイクル協会:2001年度プラスチック製容器包装入札条件リスト
- 10) 日本鉄鋼協会編:鉄鋼便覧. 第3版. 東京, 丸善, 1981, p.169
- 11) 朝日新聞. 2001.12.6