

〈一般研究課題〉 焼却炉排熱を利用した廃棄物の再資源化
および循環システムの構築
助成研究者 豊橋技術科学大学 大門 裕之



焼却炉排熱を利用した廃棄物の再資源化 および循環システムの構築

大門 裕之
(豊橋技術科学大学)

Development of Waste Recycle Technology and System Using Waste Heat from Incinerator

Hiroyuki Daimon
(Toyohashi University of Technology)

Abstract :

This study developed and evaluated waste recycle technology and system using waste heat from incinerator in Higashimikawa region. The waste heat was utilized to dry raw material for feed manufacturing, and clean waste plastic in the waste recycle system. The results showed that greenhouse gas emission can be reduced by introducing cleaning waste plastic process compared with the conventional treatment system. Amount of final disposal waste also can be decreased by taking separation step of mixed constriction waste. Finally, this study concluded that developed waste recycle system is appropriately possible to apply for the region from the view of technical and environmental aspect.

1. はじめに

20世紀まで我が国は、「大量生産・大量消費・大量廃棄」によって経済を発展させてきた。しかし21世紀になり、地球温暖化や化石燃料の枯渇、最終処分場の残余年数が全国平均8.5年などの問題が深刻化し、廃棄物の最終処分量削減および循環型社会を目指す傾向が強まった。平成12年の循環型社会形成推進基本法の制定を皮切りに食品リサイクル法や容器包装リサイクル法など個別物品の特性に応じた規制が設けられ、日本国内における廃棄物の再資源化を推進する動きは一層に加速した。

一方、農業産出額が全国6位と、全国的にも有数の農業地域の愛知県豊橋市でも、バイオマスタウン構想の公表や、ごみゼロ運動等で廃棄物の有効利用を目指した取り組みが進んでいるが、未だに未利用のまま最終処分される廃棄物や、再資源化したものの有効に利用されていない廃棄物が存在している。

近年、建設工事に伴いされるコンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、建設発生木材の建設廃棄物は、産業廃棄物全体の排出量及び最終処分量の約2割を占め(平成13年度)、また不法投棄量の約6割を占めている(平成14年度)。それにより、平成12年5月に制定された建設リサイクル法では、特定建設資材、アスファルト・コンクリート、木材を用いた建築物等に係る解体工事又は、一定規模以上の建設工事(対象建設工事)について、その受注者等に対し、分別解体等及び再資源化等を行うことを義務付けた。

このような背景を受け、産業廃棄物焼却炉の排熱を有効利用した再資源化施設を豊橋市に設置することを提案する。図1に再資源化施設における廃棄物のフロー図を示す。この施設には、堆肥化施設、飼料化施設、廃棄プラスチック洗浄施設の導入が検討されており、有機性廃棄物は堆肥化、飼料化し、畜産農家等で利用され、廃棄プラスチックは洗浄されたのち、工場等の燃料として利用される。また、建設廃棄物の分別処理によって再資源化を行うことで、最終処分量の減量を行う。

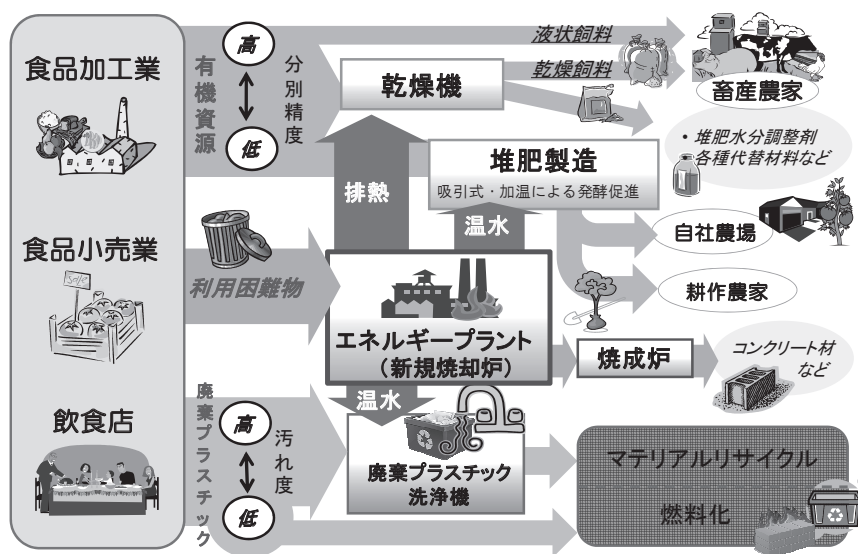


図1 本研究において検討する再資源化施設での廃棄物フロー図

2. 地域内産業廃棄物発生量および性状調査

図2に東三河地域の産業廃棄物中間処理業者にヒアリング調査に基づく廃棄物組成を示す。また、図3に提案した再資源化施設において取り扱うと予想される廃棄物組成を示す。この廃棄物を燃焼することにより、推計で15,710[kJ/kg-廃棄物]の低位発熱量を獲得できる。図2と図3を比較すると、新規焼却炉の計画では、廃棄プラスチックの割合が大きく減少しているのがわかる。現状では燃焼において廃棄プラスチックの割合が多いため燃焼室の温度が高温になり、燃焼炉の劣化や炉の冷却に伴う運転の停止等が危惧されている。そのため、計画では発熱量の高い廃棄プラの割合を減らし、洗浄したのちに燃料として販売を検討する。

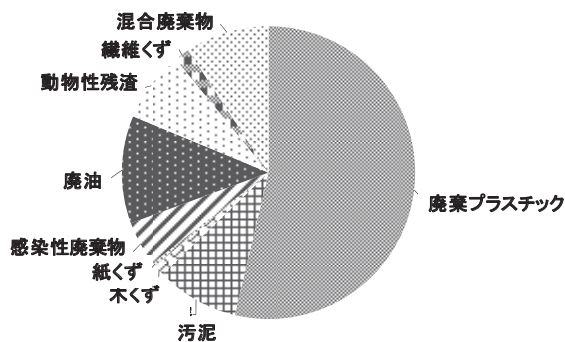


図2 ヒアリングに基づく現状取り扱われている廃棄物組成

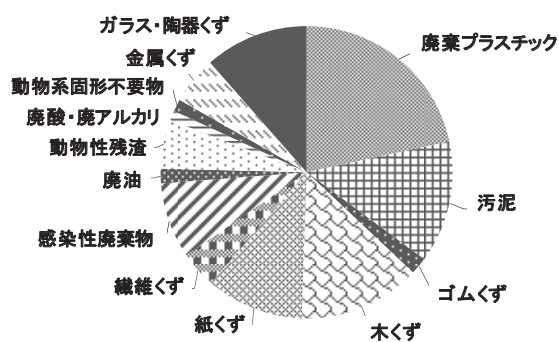


図3 新規再資源化施設における取扱廃棄物の内訳(予測)

3. 各要素技術の仕様決定

3.1 廃棄プラスチック洗浄実験の方法

本施設が取り扱う廃棄プラスチックは食品加工業等から廃棄された強い悪臭を放つ非常に汚れたものである。これらの廃棄プラスチックは、これまでの洗浄方法では完全な洗浄が困難なため、被洗浄物表面に付着した汚れの洗浄に大きな効果を持つ超音波技術を導入する計画が立てられた。しかし、これまでに超音波洗浄が廃棄プラスチック洗浄に応用される前例はないため、廃棄プラスチック洗浄機についてラボスケールでの実験を行い、効果を検討後、装置の仕様を決定した。

図4に廃棄プラスチック洗浄機のフロー図を示す。この実機のフローに基づき、洗浄工程をラボスケールで再現した。破碎作業は手作業により行い、温水洗浄はスターラーによる攪拌を用いることで再現した。超音波洗浄については、ビーカー等に水および廃棄プラスチックを投入後、水を充填した超音波洗浄機に投入し超音波を照射した。また、洗浄率については、各工程後の廃棄プラスチックの重量を量り、その差引により洗浄率を導出した。

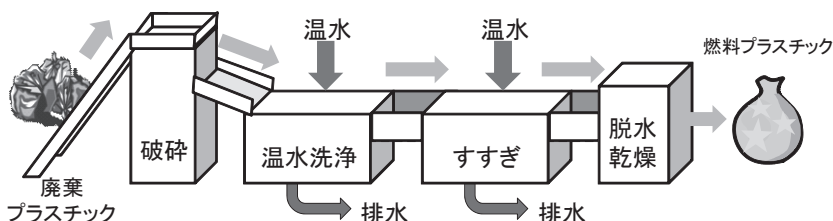
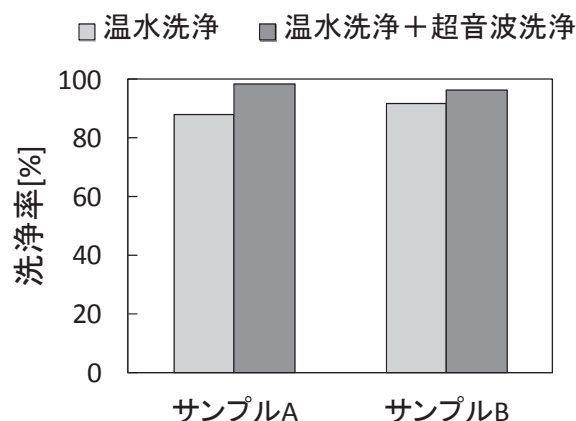


図4 廃棄プラスチック洗浄機のフロー図

3.2 廃棄プラスチック洗浄実験の結果

図5に超音波洗浄効果の実証結果について示す。本実験では、温水洗浄のみの洗浄率と、温水洗浄と超音波洗浄を施した場合の洗浄率を比較した。本実験に用いたサンプルは、実際にヒアリングした産業廃棄物中間処理業者に持ち込まれた廃棄プラスチックで、硬さの違う2種類の廃棄プラスチックを選別しサンプルAおよびBとして用いた。結果として温水洗浄の洗浄効率率は80 [%]を超え、それに超音波洗浄を加えることで90 [%]後半から100 [%]近い洗浄率を得ることができた。今回の実験では実験方法や操作方法により、予想を上回る温水洗浄効果が得られたが、超音波洗浄工程を加えることで更なる洗浄率の向上が期待される結果となった。



温水洗浄：水温41 [°C]，温水容量6 [mL]，洗浄時間3 [min]

超音波洗浄：水温41 [°C]，温水容量3 [mL]，洗浄時間10 [min]

図5 超音波洗浄効果の実証

次に、適切な超音波照射時間や最大投入量、温水温度を検討した。超音波を導入する場合、洗浄槽内に最大で170 [kg/m³]の廃棄プラスチックを投入することが可能だが、洗浄率は低下するため約60 [kg/m³]以下が望ましいという結果が得られた。洗浄時間が長いほど洗浄率が向上する傾向は見えてとれるが、分単位での詳細な洗浄率の差は確認されず、若干の差は見受けられるが、有意な差と考えることは困難な結果となった。さらに、水温の上昇に伴い洗浄率は向上するが、温水洗浄のベースラインから向上するものであり、超音波洗浄の効果が向上したとは考えにくい。80 [°C]の高温水を用いた場合であっても、洗浄率の最大値は50 [°C]の洗浄率の最大値と変わりなかった。実験後の調査により、超音波洗浄機は高温水によって故障を招く危険性があり、最適温度は55 [°C]であると考えられた。この結果により、温水洗浄のみに高温水を用いることが望ましいと考えられた。

3.3 廃棄プラスチック洗浄機の仕様の検討

想定した超音波洗浄機は連続式で、ベルトコンベアによって廃棄プラスチックを進行させ、側面から超音波を照射する。流路の幅と高さは、振動板の大きさおよび超音波照射距離により幅60 [cm]、高さ40 [cm]とした。長さは、実験により得られた洗浄時間に基づき、設置する振動板の数と流速により決定した。

実験結果より、洗浄時間を8分、廃棄プラスチック投入量を30 [kg/m³]と仮定し、廃棄プラスチック洗浄機の概要を想定した。この条件において必要な超音波洗浄機の仕様を表1に示す。この装置で、処理量5トン/日、稼働時間12時間を想定すると、洗浄機は2台が必要となることが明らかとなった。

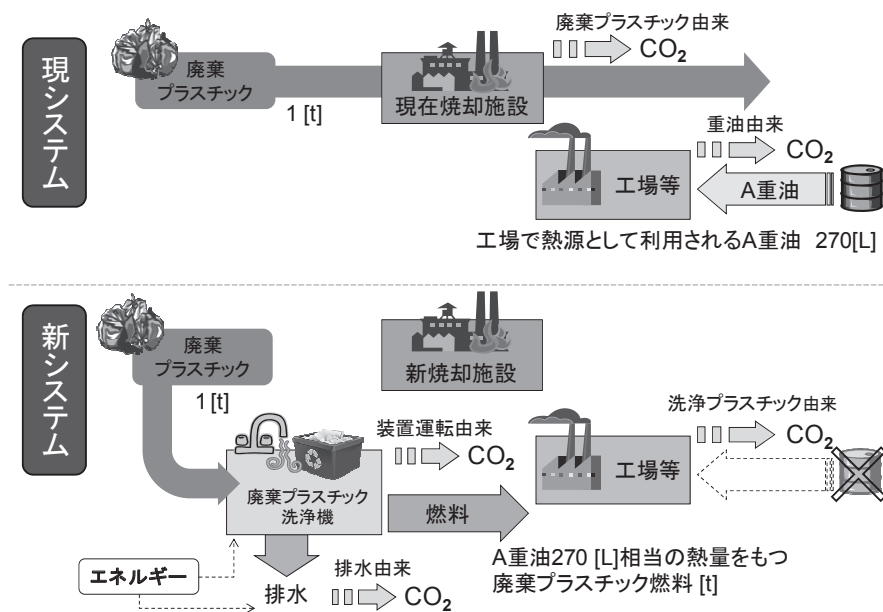
表1 想定する超音波洗浄機の仕様

スペック	数値
1ラインの大きさ [cm ³]	30 × 50 × 400
ライン数 [台]	2
温水温度 [°C]	50
超音波発振板数 [個]	8
流速 [cm/min]	50

4. 物質・エネルギーフロー解析による本システム導入効果の推計

4.1 廃棄プラスチック洗浄機導入による石油燃料由来の温室効果ガス削減効果の検討

超音波式廃棄プラスチック洗浄機導入による石油燃料由来の温室効果ガス削減量について推計を行った。その方法としては、実験結果に基づき超音波洗浄で必要となる超音波振動板の数と消費電力を算出し、その他の工程は、既存の洗浄機の平均的な消費電力から、廃棄プラスチック洗浄機全体の消費電力を決定した。また、排水処理に伴う環境負荷は、実験結果から得た廃棄プラスチックに付着する汚れに含まれる炭素・窒素量から求め、浄化槽で使用するブロウの消費電力を文献¹⁾から引用し算出した。次に、従来A重油が熱源の工場に、洗浄後の廃棄プラスチックを提供するシナリオを立てた。ここで輸送による二酸化炭素排出量は、近郊地域での消費とするため大きな影響はないと考え、推計範囲から除いた。洗浄廃棄プラスチックの重油代替による重油使用量とそれに伴う温室効果ガスの排出量削減量を推計し、本システム導入前後の環境負荷を、それぞれの温室効果ガスの排出原単位を用いて算出し、比較した。図6に現システムと新システムの評価対象範囲、図7に洗浄機のスペックに基づき推計した当計画導入による、廃棄プラスチック1トンの温室効果ガス排出量推計結果を示す。廃棄プラスチック洗浄機の導入で、廃棄プラスチック1トン当たり、熱量計算で約270[L]のA重油に相当することが明らかとなった。



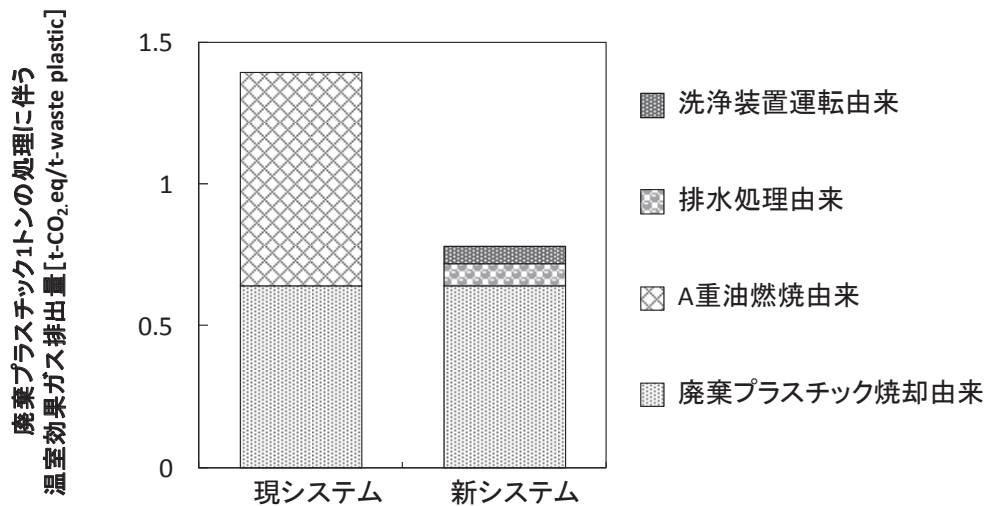


図7 廃棄プラスチック1トンの処理に伴う温室効果ガス排出量の推計と比較の結果

4.2 建設廃棄物の分別による最終処分量削減効果

図8に豊橋市における建設業からの廃棄物処理の内訳(平成16年度)と、図9に東三河地域の産業廃棄物中間処理業者のヒアリング調査に基づく建設廃棄物の各項目への分別率および最終処分率を示す。図8の豊橋市における建設廃棄物の大半が再資源化されていた。図9の中間処理業者の分別では、選別により最終処分量を57[%]削減していた。しかし、今回ヒアリングの対象とした中間処理業者は、小規模な建設物から排出される物を取り扱っており、大規模な建設廃棄物に比べ、細かく多種多様な廃棄物であるために再資源化が困難であったことが理由として挙げられる。なお、図9の再委託になっているものは、その後の処理方法が今回は不明だったものである。

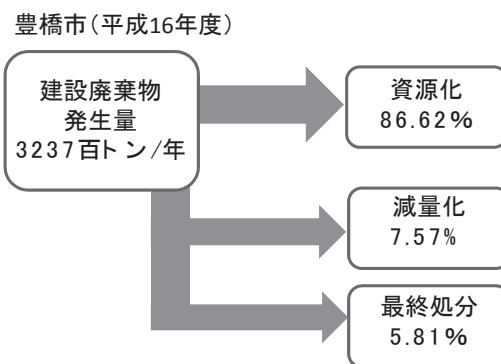


図8 豊橋市における建設業からの廃棄物処理の内訳(平成16年度)

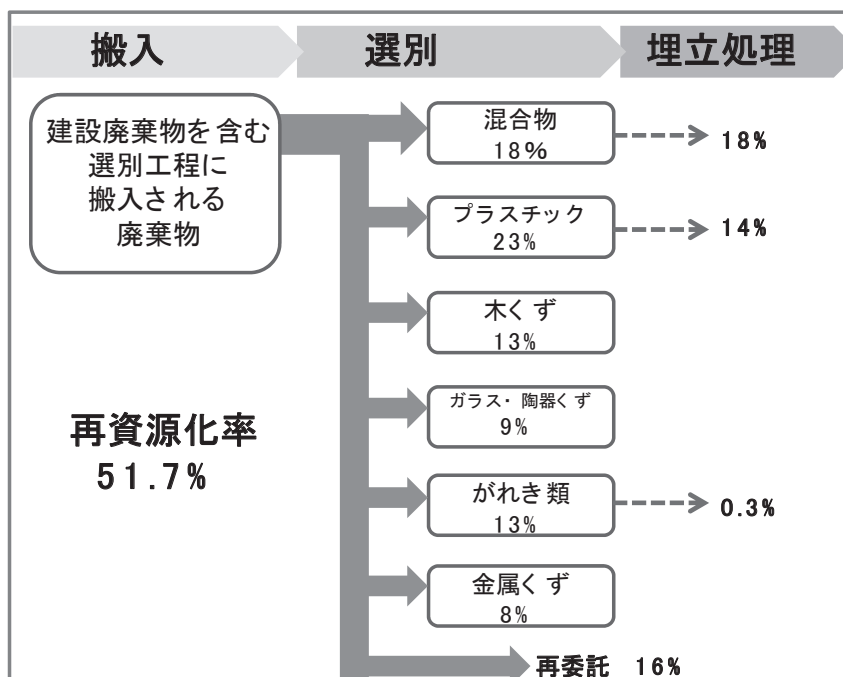


図9 廃棄物中間処理業者のヒアリングに基づく建設廃棄物を多く含む混合廃棄物の分別率と埋め立て処分率

5. まとめ

本研究により、産業廃棄物焼却炉の排熱を有効利用した再資源化施設の導入効果を推計した。地域の廃棄物発生量及び性状を調査した後、本施設のポテンシャルの評価を行った。新技術として超音波を適用することにより廃棄プラスチック洗浄機の、洗浄効率が向上することが明らかとなった。また、エネルギーをかけて超音波を適応した場合においても、従来使用していた化石燃料の削減が行え、温室効果ガス排出量の削減が可能であると考えられた。一方、多種の素材が混合し、これまで埋立処分されてきた建設廃棄物においては、再資源化可能な品目へ分別されることで、最終処分量の削減が可能であることが明らかとなった。

以上のことから、最終処分を排出しない施設を地域に導入した場合の効果が明らかとなり、本システムの環境面、技術面での有効性が示された。さらに、研究で得られた成果の一部を基にして、本研究において提案したシステムの実現可能性、発展性を高める事を目的とした事業(平成23年度文部科学省科学技術戦略推進費「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」[バイオマス・CO₂・熱有効利用拠点の構築])²⁾の採択に至っている。

参考文献

- 1) 井村正博、水野雄次、浄化槽およびブロワの省資源・省エネ化、月刊浄化槽、380、pp.23-29、2007
- 2) 蒲原弘継、佐合悠貴、熱田洋一、大門裕之、下水汚泥利用法の多角化による下水処理場のバイオマスパーク化構想、再生と利用、36(136)、pp.6-10、2012

