

流動床式ガス化溶融炉における最終処分量低減

～金属類回収量の向上～

Reduction of Final Disposal Volume in Fluidized Bed Gasification and Melting Furnace ～ Improved Metal Recovery ～



小野雄基*
Yuki Ono



島 孝一*
Koichi Shima



鈴木崇之*
Takayuki Suzuki



青木 勇**
Isamu Aoki

循環型社会への移行が押し進められており、廃棄物処理分野でも焼却処理時に発生するエネルギー利用のみではなく、資源化物を回収し再利用することが求められている。当社の流動床式ガス化溶融炉は、流動床炉においてごみをガス化し、後段の溶融炉にて化石燃料を使わずに飛灰を溶融処理し、スラグとして回収することを特長としている。金属類は酸化されずに流動層底部から不燃物として排出されることから、分別回収後、資源として再利用することが可能である。金属類の回収量を増加させるための不燃物処理フローに関して検討し、磁選機の多段化、非鉄選別機の高性能化および篩選別機の日開き最適化を行った。これらを組み合わせることにより、回収物の金属割合を90%以上とし、高純度の金属類を回収できる新規フローを開発した。

With society transitioning to a recycling basis, it has become necessary in the field of waste treatment not only to use the energy generated in the process of waste incineration but also to recover and recycle resources. Our fluidized bed gasification and melting furnace is capable of gasifying refuse in a fluidized bed furnace and melting fly ash into slag in a subsequent melting furnace without using fossil fuels. Furthermore, metals are discharged as incombustibles from the bottom of the fluidized bed without being oxidized, so the metals can be separated, collected and recycled as resources. Research was subsequently conducted into the incombustibles treatment flow in order to increase the recovery of metals and resulted in the development of a multi-stage magnetic separator, enhanced performance of the non-ferrous metal separator and optimized mesh size for the sieving machine. These improvements combined to create a new treatment flow that increased metal recovery by over 90 % and allowed metals of a higher degree of purity to be recovered.

Key Words :

流動床式ガス化溶融炉
金 属 類 回 収
最 終 処 分 量 削 減
循 環 型 社 会

Fluidized bed gasification and melting furnace
Metal recovery
Reduction of final disposal Volume
Recycling society

【セールスポイント】

- ・ 廃棄物の保有する熱エネルギーを利用することで外部燃料を使用せずに廃棄物のガス化、高温燃焼、灰の溶融処理を一貫して行うことのできる経済的な処理方式である。
- ・ 多種多様な性状の廃棄物に適用可能であり、掘起しごみや他所灰の処理により、最終処分場の負荷を軽減可能である。
- ・ 金属類を未酸化状態で回収し、有効利用することが可能である。

ま え が き

1991年の廃棄物処理法改正により、廃棄物の排出抑制と分別・再生（再資源化）が法律の目的として加えられ、社会システムはそれまでの大量消費型から循環型へ移行している。近年では、廃棄物として回収されるものに有用価値を見出し、社会で再利用する仕組みの構築が進み、循環型社会の高度化が進んでいる。一方、気候変動に起因した災害が多発し生活環境が脅かされることもあり、社会の持続可能性を高めることが国際的な共通課題となっている。

社会システムの中で廃棄物処理は、静脈産業として包括的に資源循環と持続可能性を高める上で重要な役割を担っている。廃棄物中には金属類に代表される有用な資源が含まれており、廃棄物から分別回収されたこれらの資源は、廃棄物処理施設から循環システムへ再供給されている。また太陽光やバイオマスといった再生可能エネルギーの利用は拡大しているが、未だにエネルギー自給率が低い我が国にとって、廃棄物発電は、全国に広く分散し持続可能社会を構成するエネルギー供給拠点として期待される。

このように廃棄物処理施設に対する新たな期待が高まる一方で、継続して課題となっているのが最終処分場の延命化である。最終処分場の残存容量は平成22年19 452万 t から平成28年16 777万 t へと減少傾向にある。最終処分場へ搬入される最終処分物の削減により、最終処分場の延命化を図ってはいるものの、残余年数は17年程度で推移し大きな改善は期待できない状況である¹⁾。資源の再循環や有効利用による最終処分量の削減は、継続して取り組むべき喫緊の課題である。

当社の流動床式ガス化溶融炉は、化石燃料に対するダイベストメント（投資撤退）が進む中、ごみのエネルギーで発電とともに灰のスラグ化を実現できる処理方式として注目され、実績を積重ねている。現在は、最終処分場の掘起こしごみの処理による処分場再生や他施設灰のスラグ化まで適用範囲を拡大させている^{2), 3)}。またガス化方式に流動床を採用していることから、流動床での比重差分離によりごみ

中の金属を不燃物として回収できることも大きな特長である⁴⁾。処分場再生事業を例にとれば、現在よりも選別機能が不十分であった過去の処理物を溶融処理することになり、この場合不燃物中に多くの有価資源が含まれている可能性がある。したがって、不燃物からの金属類の選別とスラグ化という流動床式ガス化溶融炉の資源再生機能は、資源の有効活用と最終処分量低減につながるため、今後ますます重要になってくる。

今回、流動床式ガス化溶融炉の資源再生機能向上を目的として、不燃物選別処理の高度化の開発を行い、従来よりも回収物の品位を向上できる結果が得られた。これらの成果は新規設備だけでなく、資源回収の強化を希望する既存設備へも適用でき、リサイクル分野で広く活用することができる⁵⁾。本報では、不燃物から高純度で金属類を回収する方法について提案する。

1. 不燃物処理フロー

1.1 従来の不燃物処理フロー

従来の不燃物処理フローを図1に示す。まず磁選機と非鉄選別機にて、それぞれ鉄分と非鉄金属類が有価物として回収される。鉄分に高い純度が要求される場合には、回収した鉄分を砂分離スクリーンに通して砂を分離し、鉄分の純度を高めている。非鉄選別機を通過した不燃物からは、不燃物スクリーンで粒度の大きいその他金属類を Mix メタルとして回収する。スクリーン通過物是不燃物貯留槽で一次貯留した後、定量的に粉砕機へ投入される。不燃物中のがれき類は、ここで細かく粉砕される。最終処理工程で粉砕物スクリーンを通過した粉砕物は、ガス化炉から排出される熱分解ガスに伴った飛灰とともに溶融炉へ供給され、溶融スラグとなる。粉砕物スクリーン上から回収された不燃物は、金属類残渣として排出される。この金属類残渣は、スクリーンの篩目を通過しなかったがれきの一部が金属類と混在した状態で回収される。このような従来の不燃物処理工程を見直し、回収する有価金属類の純度向上を実現することが望まれる。

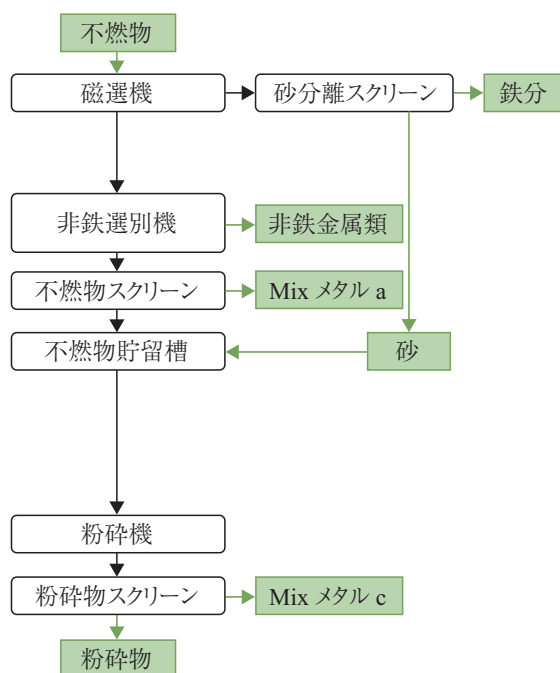


図1 従来フロー

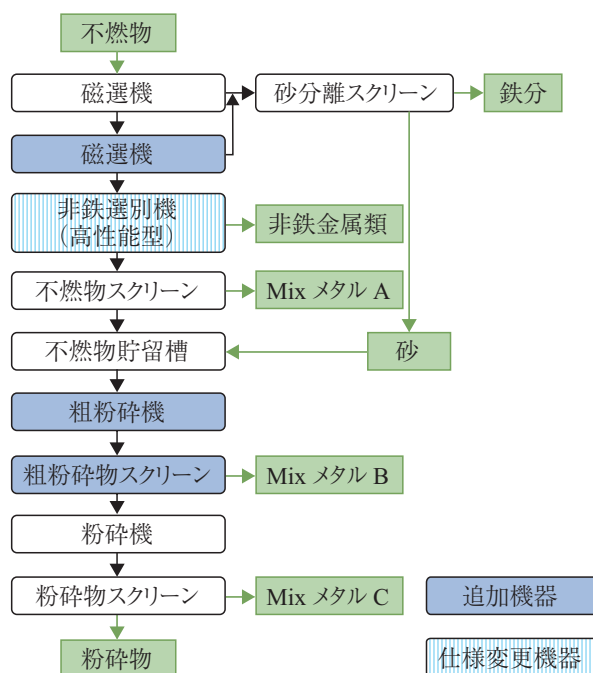


図2 新フロー

1.2 新規の不燃物処理フロー

今回新しく検討した不燃物処理フローを図2に示す。各追加機器の目的について、以下に記載する。

1) 磁選機の追加

磁選機を2段設置し、接触回数を増やすことによって鉄分をより多く回収する。

2) 非鉄選別機の性能向上

非鉄金属類については、高性能型の非鉄選別機の採用により資源化物回収量を向上させる。

3) 粗粉砕機および粗粉砕物スクリーンの追加

粉砕機（ロッドミル）の前段に粗粉砕機（ダブルロールクラッシャ）を設置し、2段階粉砕処理をすることで、がれき類の粒径を段階的に小さくする。その他金属類とがれき類の粒径差に応じて粗粉砕物スクリーン、粉砕物スクリーンの篩目幅を適正に選定することで、スクリーン上から回収される Mix メタル中に混入するがれき類の同伴量を低減し、Mix メタルの品位を向上させる。

2. 試験結果

2.1 不燃物原料の組成

実施設の不燃物原料を対象として、試験を行った。実サンプルを2回採取し、組成と粒度分布を調査した結果をそれぞれ表1と図3に示す。がれき類が約61 %～71 %と最も多く、次いで鉄が20 %前後であり、アルミニウムが4 %前後であった。金属類の粒度分布については2.8 mm 以上がほぼ全量を占め、その内の約7割が26.5～2.8 mm で、53 mm 以

表1 不燃物原料の組成

組 成	割合（重量％）
鉄	19 %～22 %
銅	0.49 %～0.51 %
アルミニウム	3.5 %～4.2 %
その他金属	6.3 %～13 %
がれき類	61 %～71 %

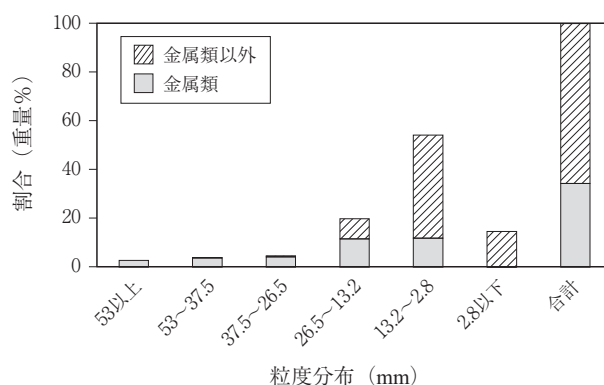


図3 不燃物原料の粒度分布（2回のサンプル平均値）

上の大きいサイズも含まれていた。金属類に対してがれき類（金属類以外）は全体的に粒度が小さく、26.5 mm 以下がほぼ全量を占め、その内訳は26.5～13.2 mm が1割程度、13.2～2.8 mm が7割以上、2.8 mm 以下が2割程度という粒度分布であった。

不燃物原料の調査結果より、まずは金属の中でも

多く含まれる鉄分、アルミについて、それぞれ磁選機、非鉄選別機により分別回収を行うこととした。さらに、53 mm 以上の粒度のものについては、金属類の割合が100 %であったことから、1 段目の不燃物スクリーンの篩目は53 mm を採用し、回収金属類の純度を上げるとともに、後段に設置する粗粉碎機への負荷を軽減した。

2.2 磁選機による選別特性

1 段目磁選機の回収物、1 段目 + 2 段目磁選機の回収物の粒度分布をそれぞれ図4 と図5 に示す。1 段目と2 段目の回収物量の比率は、1 段目が96.4 %、2 段目が3.6 %であり、鉄分の多くは1 段目磁選機で回収されていた。図4 と図5 を比較すると粒度分布にはほとんど差が無く、13.2 mm 以上の粒子の割合が50 %以上を占め、4.75 mm 以上の粒子の割合が90 %以上を占めていた。

2.3 非鉄選別機による選別性能

非鉄選別機による回収物の粒度分布を図6 に示す。非鉄選別機の回収物の粒度分布は13.2 mm 以上の粒子が占める割合が60 %で、組成割合では非鉄金属が全量の約85 %を占めていた。また、非鉄金属の大部分は非磁性物であるステンレスであった。

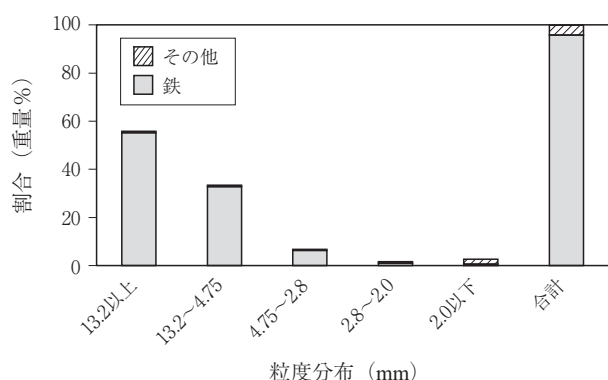


図4 1 段目磁選機の回収物の粒度分布

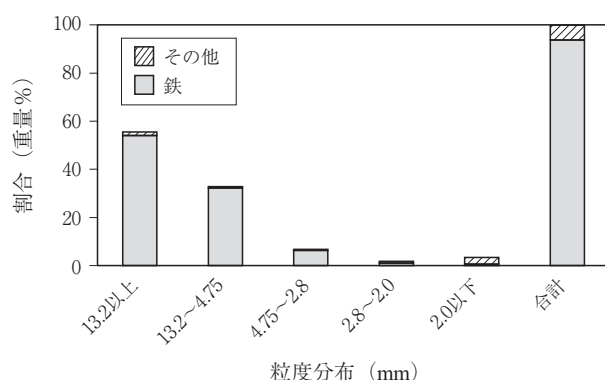


図5 1 段目 + 2 段目磁選機の回収物の粒度分布

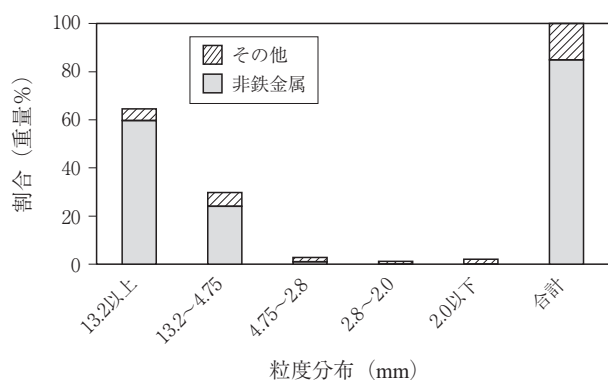


図6 非鉄選別機回収物の粒度分布

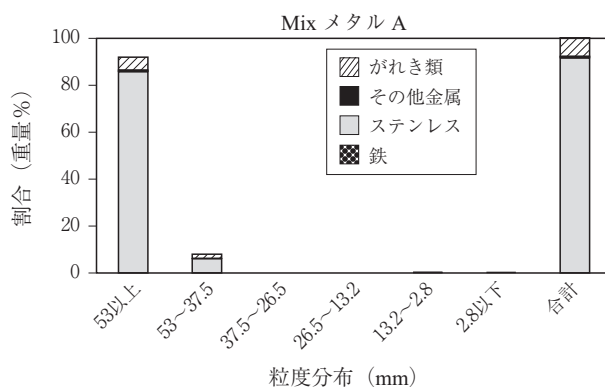


図7 不燃物スクリーン回収物組成 (篩目幅53 mm)

2.4 不燃物スクリーン、粗粉碎処理および粗粉碎物スクリーン、粉碎処理および粉碎物スクリーンの篩分け特性

不燃物スクリーンの回収物の組成を図7 に示す。不燃物を前段で磁選機と非鉄選別機で選別処理した後、不燃物スクリーンで篩分けを行った結果、回収物 (Mix メタル A) の組成は、約92 %が金属類であり、金属類を高純度で回収することができた。

今回、一定粒度までがれきを粉碎することができ、かつ、安定して連続処理することが可能であることから、粗粉碎機としてダブルロールクラッシャを採用した。前段の不燃物スクリーンの目幅を53 mm としたことから、投入物の粒径は約53 mm 以下となる。ロール間に滞留物が残りにくい間隙として、ダブルロールクラッシャの間隙は10 mm とした。不燃物スクリーンを通過した不燃物を粗粉碎機に投入してがれき類を粉碎し、後段の粗粉碎物スクリーン上の回収物における金属類の割合を評価した。篩目幅16 mm、22.4 mm の粗粉碎物スクリーン上の回収物中の金属類と金属類以外の割合を図8、図9 に示す。回収物 (Mix メタル B) 中の金属類の割合は、篩目幅16 mm の場合86.9 %であったのに

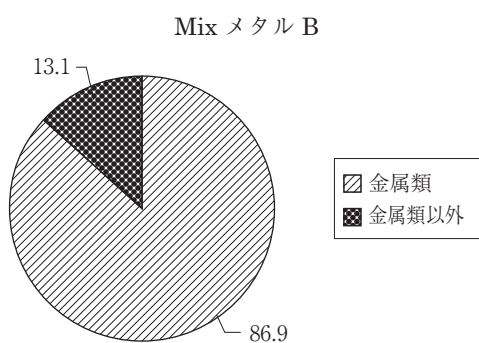


図8 粗粉碎物スクリーン回収物組成 (篩目幅16 mm)

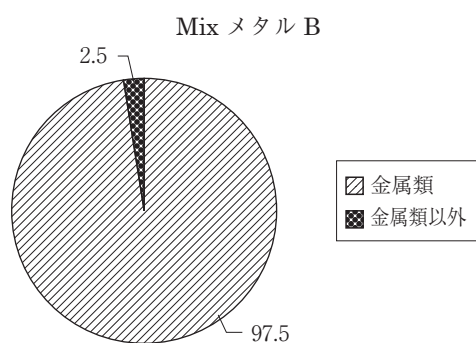


図9 粗粉碎物スクリーン回収物組成 (篩目幅22.4 mm)

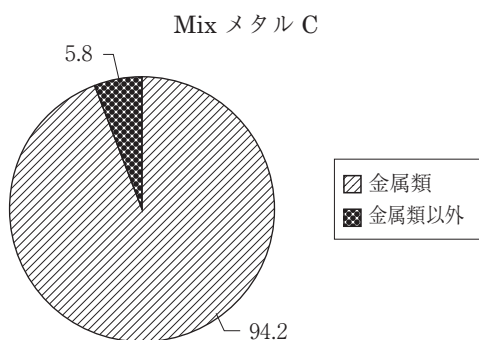


図10 粉碎物スクリーン回収物組成 (篩目幅2 mm)

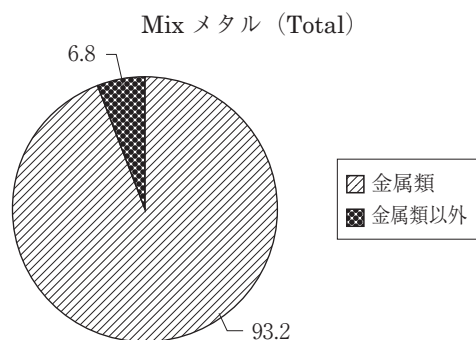


図11 Mix メタルの組成

対し、篩目幅22.4 mm の場合は97.5 %に向上した。不燃物を粗粉碎した上で、不燃物の粒度分布に応じて粗粉碎物スクリーンの篩目幅を適正に選択することで、スクリーン回収物中の金属類の純度を大幅に向上できることが示された。

粗粉碎物スクリーンを通過した不燃物を、粉碎機でさらに細粒化する試験を実施した。粉碎機を通過後に粉碎物スクリーンで篩分けした、スクリーン上の回収物 (Mix メタル C) の組成を図10に示す。回収物中の金属類の割合は94.2 %で高い純度が得られた。

粗粉碎機および後段の粗粉碎物スクリーンによるがれきの粉碎と金属類の回収では、粗粉碎機のロール間隙間と粗粉碎物スクリーンの目幅を調整することで、純度の高い金属類を回収することができることがわかった。また、粗粉碎物スクリーンにより金属類を回収することで後段の粉碎機 (ロッドミル) に投入される金属量は低減され、より効率的にがれき類の粉碎処理を行うことが可能となった。また、本フローの最終工程に設けた粉碎物スクリーンで、回収する金属類の純度が向上することも明らかになった。

2.5 トータル Mix メタルの組成

不燃物スクリーン、粗粉碎物スクリーン、粉碎物スクリーンの回収物を全て混合した Mix メタルの組成を図11に示す。金属類以外の混入率は6.8 %に

抑えられ、Mix メタル中の金属類の割合は93.2 %と高い純度となった。施設によって、地域性を反映して不燃物の組成や粒度分布は異なるが、それらの入口条件に応じて粗粉碎処理や粉碎処理、各スクリーンの篩目幅を最適化することにより、Mix メタルの純度を向上できると考えられる。

むすび

選別機器の追加や選別性能の高い機器の採用により、金属類濃度が90 %を超える高い純度の Mix メタルを回収できる最適な不燃物処理フローを構築した。一方で、地域によっては高純度でなくても回収した金属類をリサイクルできる場合もある。機器の追加は初期コストのアップにもつながるので、不燃物処理の導入には、本研究成果を基に、地域の要請に適したフローを提案してまいりたい。

最後に、本試験にあたりご協力頂きました上伊那広域連合の関係者の方々にお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 環境省報道発表資料 (2019)
- 2) 黒岡ら：神鋼環境ソリューション技報, 16 (1) p.26-31 (2019)
- 3) 細田：神鋼環境ソリューション技報, 13 (2) p.2-11 (2017)
- 4) 小松原ら：神鋼環境ソリューション技報, 13 (1) p.21-26 (2016)
- 5) 小野ら：第41回全国都市清掃研究・事例発表会 講演論文集Ⅱ-4-81 (2020)