HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	集約型還元溶融を用いた一般廃棄物中有用金属回収システム提案に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	山口, 直久
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14244号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79444
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yamaguchi_Naohisa_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　山口　直久

審査担当者　主　査　特任教授　松藤 敏彦
副　査　教　授　石井 一英
副　査　教　授　廣吉 直樹
副　査　准教授　東條 安匡

学位論文題名

集約型還元溶融を用いた一般廃棄物中有用金属回収システム提案に関する研究
(Study on the proposal for the recovery system of useful metals in municipal waste by using centralized reductive melting)

わが国の一般廃棄物の最終処分量は一貫して減少傾向にあるものの,2009 年度以降, 減少傾向は鈍化している。最終処分量に占める焼却残渣の割合は依然と多く, 最終処分量の削減および再生利用率の増加のためには焼却残渣の再資源化が期待される。一方で, 焼却残渣には銅・鉛等のベースメタルに加え, 金・銀等の貴金属類も含まれていることから, これら金属系有用資源の集積場所としての側面も有する。従来の焼却残渣の再資源化手法である灰溶融やセメント原料化では, 一部を除いてこれら金属系有用金属については回収されることはない。

こうした潮流を背景に, 焼却残渣の再資源化技術として電気炉を用いた製鋼技術の応用である集約型還元溶融に着目した。集約型還元溶融の金属資源回収ポテンシャルを評価するとともに, 環境負荷の観点から集約型還元溶融の有用性を示し, さらに, 集約型還元溶融を活用した地域特性に応じた新たな焼却残渣資源化システムの提案を行うことを目的として本研究を実施した。

本論文は 7 章で構成され, 以下に概要を示す。

第 1 章は, 研究の背景, 目的について述べた。

第 2 章で, 集約型還元溶融事業と, 焼却残渣の埋立処分および従来の焼却残渣再資源化手法 (セメント原料代替, エージング) と比較したマテリアルフロー解析により, 焼却残渣の資源代替性を明らかにするとともに,$LCCO_2$ 手法による環境負荷の評価を行った。集約型還元溶融事業における再生資源 (溶融メタル, 粗酸化亜鉛) については, 銅・鉛・亜鉛の品位は金属精鉱の 1/10〜1/3 程度, 金・銀の品位は, 金は金属鉱石の 40 倍, 銀は 53 倍である。全国で最終処分される焼却残渣が有する金属資源の潜在的回収量は, 国内の金属生産量の 0.6〜5% と推定され, この金属資源価値は約 350 億円に相当すると試算された。GHG 排出量は増加するものの, 将来的に削減される可能性があることを示した。

第 3 章では一般廃棄物の溶融処理で生成される溶融メタルに着目し, 炉形式や溶融条件等による溶融メタルの金属濃度の相違やその要因を考察するとともに, 溶融メタルの金属資源性を評価した。溶融メタル中の金属濃度は既存研究における濃度と同程度であり, 鉱石の金属品位と比較して Au,Pt,Pd は 10 倍以上であった。搬出物全体中の金属量は処理される廃棄物の性状を反映していると考えられたが, 小型家電リサイクルの実施状況との関連は見られなかった。溶融メタルの TMR(関与物質総量:Total Material Requirement) からは, 燃料式灰溶融と電気式灰溶融が金属資源

としての品位は高いが, 金属資源の総量としては, 溶融メタルは炉形式によらずほぼ同等の金属回収ポテンシャルを有すると考えられた。

第 4 章では, 破砕残渣の有する金属資源ポテンシャルの評価を行った。一般廃棄物焼却施設から生じる焼却残渣及び不燃粗大ごみ破砕施設から発生する破砕残渣を対象として金属資源含有量の実測調査を行った。希少金属濃度はおおよその傾向として, 基板≧溶融メタル > 焼却灰 > 小粒径破砕残渣 > スラグとなっていた。破砕残渣に占める基板の組成割合は小さく,1 人 1 日あたりの金属量で比較すると, 破砕残渣は主な金属供給源ではない。しかしこれには, サンプリング誤差の影響があると考えられた。

第 5 章では, 一般廃棄物に含まれる金属資源の主な由来は小型家電と考え, 溶融処理による金属資源回収と比較することで, 小型家電リサイクルによる金属資源回収の効率を評価した。1 人 1 日あたりの Au,Pd は溶融メタル移行金属量は小型家電の製品中金属量 (潜在的回収量) と同等もしくはそれ以上であり, 一般廃棄物における Au,Pd の主要供給源は小型家電である可能性が考えられた。また,Pt と Cu の溶融メタル移行金属量は小型家電リサイクルによる潜在的回収量より多く, 他の金属供給源が存在すると考えられた。

第 6 章は, 一般廃棄物に含まれる金属資源を効率的に回収するための, 集約型還元溶融を活用した資源循環システムを検討, 提案した。小型家電回収効率の低い人口 100 万人以上の都市の一部 (人口 640 万人相当) に集約型還元溶融を導入することで, 小型家電リサイクルの目標と同等の金属資源回収を達成できることが示された。

第 7 章は結論である。

これを要するに, 著者は, 焼却残渣の再資源化技術である集約還元溶融に注目し, 実施設における溶融スラグの分析によって希少金属回収ポテンシャルを明らかにした。金属の主な由来が小型家電であると推定し, 最後に国の目標を達成する現実的な解決方法として小型家電リサイクルとの併用システムを提案し, 廃棄物処理工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。