

氏名	飯野 成憲
所属	都市環境科学研究科 都市環境科学専攻 都市基盤環境学域
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	都市環境博 第 244 号
学位授与の日付	平成 30 年 9 月 30 日
課程・論文の別	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題名	都市ごみ焼却残渣の資源化に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 荒井 康裕 委員 教授 宇治 公隆 委員 准教授 酒井 宏治 委員 特任教授 小泉 明

【論文の内容の要旨】

我が国の廃棄物処理に関して、狭小な国土による埋立処分場の確保が困難である点、また公衆衛生の確保を最優先させる観点から、海外では直接埋立が多いのに対して焼却処理が原則となっている。家庭等から排出されるごみ（以下、「都市ごみ」という。）の焼却残渣の 71%は再利用されることなく最終処分場に埋め立てられ、最終処分量のうち焼却残渣の占める量は 77%にも上る（2016（平成 28）年度）。最終処分量は着実に減少しているものの、近年はほぼ横ばいであり、限りある最終処分場の容量確保のため焼却残渣の再利用の促進は重大な課題である。焼却残渣の資源化には、他の廃棄物等と共にセメントの原料とするセメント原料化、焼却残渣を主原料としてセメントを生産するエコセメント原料化、焼却残渣から異物を除き粒度調整して再利用する混合材料化、焼却残渣に散水して重金属類を溶出しにくい形態に変化させるエージング、物理的に金属を回収する方法等がある。

国連が推進する持続可能な開発目標（SDGs）や我が国の第 5 次環境基本計画で求められる環境・経済・社会の統合的取り組みの観点から焼却残渣の問題を考えると、焼却残渣の再利用が進まない原因として、第一に、高濃度の重金属による環境安全性の問題や塩類によるセメント原料化の制約がある。欧州では焼却残渣に含まれる重金属を有用な資源として捉え、積極的に回収されているが、我が国では環境安全性の問題のみが取り上げられることが多い。環境省の告示では金属資源の資源性評価方法は定められておらず、実際、焼却残渣からの金属資源の回収は鉄、アルミを除き殆ど行われていない。このため、焼却残渣の環境安全性だけでなく、資源性も適正に評価し、焼却残渣から金属資源等を分離回収したうえで、エージングによる溶出リスクの低減、残存する土石成分のセメント原料化や混合材料化の検討が重要と考えられる。第二に、迷惑施設とされる最終処分場の新設が

困難な中で最終処分量を削減する必要があるものの、自治体の財政が厳しく焼却残渣の処理施設の建設や運用、処理委託に必要なコスト負担が大きいという社会経済問題がある。特に最終処分量を削減する上で焼却残渣のセメント原料化は現状で大きな可能性があるが、中長期での広域処理による既存セメント工場の利用、塩類処理が不要なエコセメント工場の新設等を選択する検討は行われておらず、最適な処理システムとはいえない。

そこで本研究では、上記の問題を踏まえ、「焼却残渣等の資源性、環境安全性の評価」という実験的研究と、「焼却残渣のセメント原料化の経済性及び社会システムの評価」というシステム研究を2つの柱として、都市ごみ焼却残渣の資源化方法の提案を行う。

第1章は序論であり、廃棄物処理から循環型社会、SDGs への社会の変化と、都市ごみ焼却残渣の資源化の現状について述べるとともに、本研究の目的と構成を示した。

第2章では、焼却残渣等を用い、環境省告示第19号（環告19号）、レアメタル等暫定分析法、および非鉄金属製錬分野において資源性の評価方法として利用されているマツト融解法による各分析値の比較を行った。各分析法についてスクリーニング試験や資源性評価としての活用、再現性について検討したところ、環告19号やレアメタル等暫定分析法は自治体等での資源循環分野における分析方法として活用が期待できることを示した。

第3章では、焼却主灰や有用金属含有量が高いとされる落じん灰の粒径の違いによる金属濃縮、溶出・脱塩挙動、塩素の除去率の分析により、資源性、環境安全性を総合的に評価することを試みた。粒度に基づいて分級することにより低コストで焼却残渣のセメント原料化や混合材料化が実現可能か否か検討したところ、分級や水洗浄のみでは金属濃縮、脱塩は不十分であったため、高度物理選別や炭酸ガス等による脱塩方法を提案した。

第4章では、システム分析に話題を転じ、最終処分量の削減に大きな影響をもたらす可能性のあるセメント原料化の経済性及び社会システムの評価を行った。既存セメント工場、新設エコセメント工場で資源化を実施した場合の主灰処理計画モデルによるコスト分析の結果、対象都市単独では既存セメント工場の利用が有利となった。一方、次世代型のエコセメント工場として他県と共同運営した場合の費用便益分析の結果、年間30万tから50万t程度の処理量ではエコセメント工場の利用が比較的有效であることを示した。

第5章では、将来の焼却主灰の脱塩前処理等の必要性、飛灰との同時脱塩による効率性も勘案し、焼却主灰および焼却飛灰の脱塩処理を考慮した都市ごみ焼却残渣のセメント原料化モデルを構築した。既存セメント工場の焼却灰受入余力を推計した上で、受入余力を変化させ、清掃工場、既存セメント工場、リサイクルポート、エコセメント工場で脱塩処理する4パターンにおいて、コスト最小化を目的とするセメント原料化モデルを構築した。モデルによる計算の結果、受入余力の上限にかかわらず、エコセメント工場を利用する場合、他の3パターンに比べ総コストを抑えられることを示した。

第6章では、上述の研究成果を総括するとともに、本研究で得られた実験的研究及びシステム研究による成果が、今後の無機系資源のリサイクル分野において、どのような役割を果たすのか、また、今後の研究課題について述べた。