

都市ごみ焼却灰の資源化

Resource Recovery from Municipal Solid Waste Incineration Ash

阿部 清 一*

Seiichi Abe

1. はじめに

ここ数年、都市ごみ処理に係る話題が沸騰している。香川県豊島の産業廃棄物の不法埋立、埋立地からの有害物流出、焼却に伴って排出されるダイオキシン問題など枚挙にいとまがない。高度経済成長時代を通じて定められた法の中で行ってきた環境行政では既に日本の「環境」は守れなくなった状態にあるといえる。

これらの現況を鑑み、厚生省は平成3年に廃棄物処理法を抜本的に改正し、更に平成9年、ダイオキシンに対する新ガイドラインを設定、かつ廃棄物処理及び清掃に関する法律施行令の一部改正を行った。一連の法改正の主眼は大气のみならず大地も含めて我々の周辺環境と設定し、そこに対して廃棄物処理による有害物の排出量をミニマムにするということである。

この精神を都市ごみ焼却灰にあてはめた場合、埋立処分場も周辺環境であることから現状行われている焼却灰の埋立処分は将来続けるわけにはいかない。

これからの背景からキーワード「環境負荷低減」、「ゼロエミッション」「資源循環」が求められており、それを現実のものにする技術として溶融技術が取りあげられている。

今回は都市ごみ焼却灰の溶融による資源化の試みの一端を紹介する。

2. 焼却灰前処理テスト

2.1 目的

全国の市町村にある約1900ヶ所の都市ごみ焼却炉から排出されている焼却灰（主灰と飛灰を含む）の大部分は水浸もしくは加水されて含水率20～40%の湿灰になっている。

この湿灰の溶融処理を考えた場合、湿灰に含まれる

鉄缶類を除去する必要があるが湿っているため分離された鉄缶類に灰が付着している。

付着灰のためスクラップ価値はなく、このままの状態であると埋立処分するしかない。それ故焼却灰前処理テストでは焼却灰からの鉄缶類の分離と分離した鉄缶類から付着灰の除去を行い、そのスクラップ価値を確認した。

2.2 調査方法及び結果

(1) 鉄缶類分離テスト

図-1に試験設備のフローを示す。まず図に実線で示してあるフローは溶融処理の前処理として鉄分を選別し、焼却灰の粒径を30 (mm) 以下に破碎するフローである。また点線で示すフローは、選別した鉄分の付着灰を除去するフローである。焼却灰は手篩で30 (mm) 以下に分離された試料について磁選機により鉄分③を回収し、篩下試料②は溶融試料となる。また30 (mm) 以上の篩上試料④についても破碎機で破碎し、磁選機により鉄分⑤回収し手篩にかけける。そして再度手篩にかけ30 (mm) 以下の篩下試料⑥が溶融対象となる。

試験に用いた焼却灰は、水分23%、鉄分8%でありその他は硝子、瓦礫、灰等であった。この試料を図-1のフローで分離した結果を図-2に示す。

図-1において最初に得られた鉄分③、⑤の灰付着率を調べたら鉄分重量に対し約30～25%の乾燥重量の付着灰が含水率8～15%の状態が付着していた。この付着灰を分離する目的で再度破碎機に投入した結果、図-2に示す磁選鉄が得られた。

(2) 磁選鉄再利用性テスト

前項で行った付着灰除去実験で得られた磁選鉄の再利用性の検討を行った。検討方法は付着灰除去実験で得られた磁選鉄約20 (kg) を十分に天日乾燥を行った試料を対象し、高周波溶融炉で溶解することで行った。その結果を表1に示す。

* ㈱クボタ 焼却炉設計工事部副部長・主任技師

〒556 大阪市浪速区元町3-1-4 なんばAKビル3F

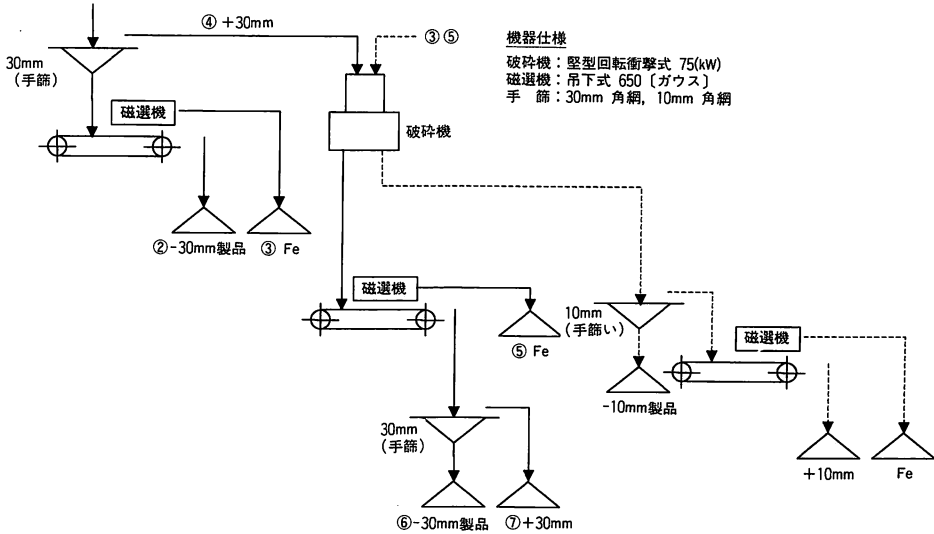


図-1 試験設備フロー

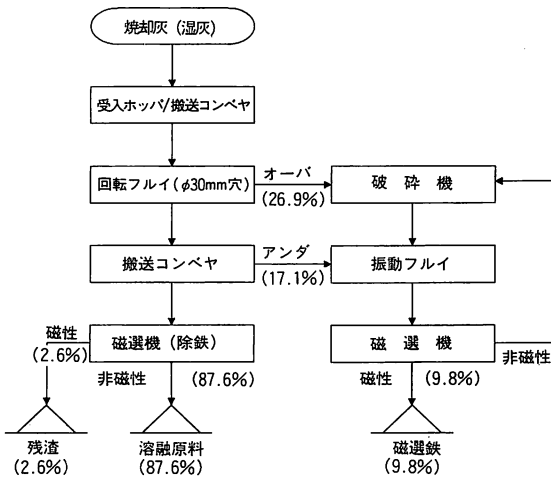


図-2 焼却灰のマテリアルバランス

表 1 磁選鉄溶解試験のマテリアルバランス

		重量(kg)	割合(%)
溶解前	磁選鉄	20.45	100
	溶解鉄	18.78	91.8
溶解後	ノロ	1.03	5.1
	不明分	0.64	3.1

とができる乾燥時発生するダイオキシン類の対応が不必要になり、又焼却灰を一ヶ所に集めて広域的に熔融処理する場合に適応できるという利点があるため湿灰の直接熔融を試みた。テストは20T/日の実証プラントを使って行った。

なお、処理対応物である焼却灰は前処理テストに使用した物ではなく新たに提供を受けた物である。

3.2 テストプラント

(1) 設備フロー

テストプラントのフローを図-3に示す。焼却灰は前処理装置に送られる。30mmの篩いと磁選機を通過した30mmアンダーサイズの処理灰が回転表面熔融炉に供給され都市ガスを熱源とする高温雰囲気中で溶かされ熔融スラグとして排出される。スラグはその後製砂設備で鉄、アルミが分離され、粒径2mm以下の砂状スラグとなる。

熔融炉からの排ガスは後燃焼室、ガス冷却塔、バグフィルタ、触媒脱硝塔を経て系外へ排出される。

バグフィルタからの熔融飛灰は山元還元のテストに供される。

2.3 焼却灰前処理テストのまとめ

本テストの結果をまとめると以下ようになる。

- ・湿灰状態の焼却灰に対し篩い、磁選、破砕を組み合わせることにより磁選鉄と熔融処理可能物とに分けることができる。
- ・磁選鉄のスクラップとしての品位は高いため有効利用可能であり、結果として焼却灰から埋立処分すべきものをなくすることができる。

3. 焼却灰熔融テスト

3.1 概要

湿灰状態の焼却灰を直接乾燥処理なしで熔融するこ

表4 砂状スラグ骨材試験結果

項目	試験結果
洗い試験	1.8%
単位容積重量	1.66kg/l
実績率	59.2%
表乾比重	2.81
絶乾比重	2.80
吸水率	0.50%
安定性	2.2%
最適含水比	13.8%
最大乾燥密度	1.865g/cm ³
修正CBR	44.5%

燃料としての都市ガス使用量は約250m³/灰・tとなり灰の水分が高いため通常より20%程度大きくなった。

排ガス性状はCO以下の項目で後燃焼室出口で既に低いレベルである。

ダイオキシンの濃度も0.1ng/m³Nに比べて十分に低く溶融処理におけるダイオキシン類分解率は99.9%以上となっている。

表4は砂状スラグの骨材試験の一例である。製砂設備により2mm以下の粒度となっているため修正CBRは製砂前の10~20%から44.5%にあがっている。焼却灰中に含まれる金属アルミニウムの90%が除去されているため細骨材や窯業原料としての利用がしやすくなっている。

溶融処理によって二次的に生成されるものは溶融スラグと溶融飛灰である。灰中に含まれる低沸点重金属の大部分が溶融飛灰に移行し、溶融飛灰中のPbとZnの含有量は合計で10%前後にもなる。

その他の大部分はNaCl, KClのいわゆる塩であり本来スラグになるSiO₂, CaOなどの高沸点物質は全体で1%前後となっている。

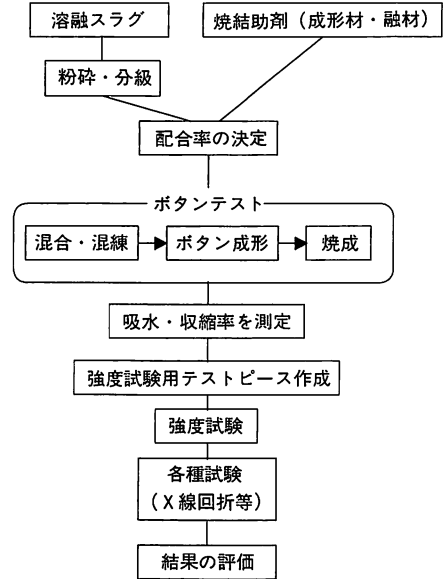


図5 スラグを利用した窯業製品試作のための基礎試験フロー

溶融操作は低沸点重金属の濃縮・分離操作といえ分離された溶融飛灰はその性状から非鉄原料に再成されるべきである。

4. スラグの資源化（窯業原料としての利用）

4.1 概要

スラグの有効利用テストは種々行なわれているが、その大部分は細骨材即ち砂の代替品としての扱いである。

しかしその成分的な特徴は表5に示すようにCaOを除くと粘土鉱物に類似している。

そこで溶融スラグを窯業用原料として用いた場合、以下のような特徴を示すものと考えられる。それらは①アルカリ金属などのような融点降下作用をもつ成分

表5 溶融スラグ及び陶器原料の組成

項目	単位	溶融スラグ	陶器原料の一例 (参考)			
			カオリン	粘度	長石	珪石
SiO ₂	%	38.24	45.91	51.78	65.04	99.60
Al ₂ O ₃	%	19.11	38.00	31.98	19.25	Tr
Fe ₂ O ₃	%	3.30	0.52	1.45	0.05	0.06
CaO	%	25.38	0.03	0.18	0.22	0.14
MgO	%	3.05	0.19	0.23	Tr	Tr
K ₂ O	%	1.14	0.07	1.93	12.29	Tr
Na ₂ O	%	2.85	0.07	0.19	2.74	0.02

表6 スラグ焼成品の作成条件

項目		条件	
使用原料	骨材	溶融スラグ	混合比はそれぞれ20%変化させる。
	成形材	平粘土	
	融材	フリット	
混練水分		6%	
燃成温度		900℃, 1000℃, 1100℃の3条件	
昇温速度		100℃/1hr	
焼成温度保持時間		1hr	

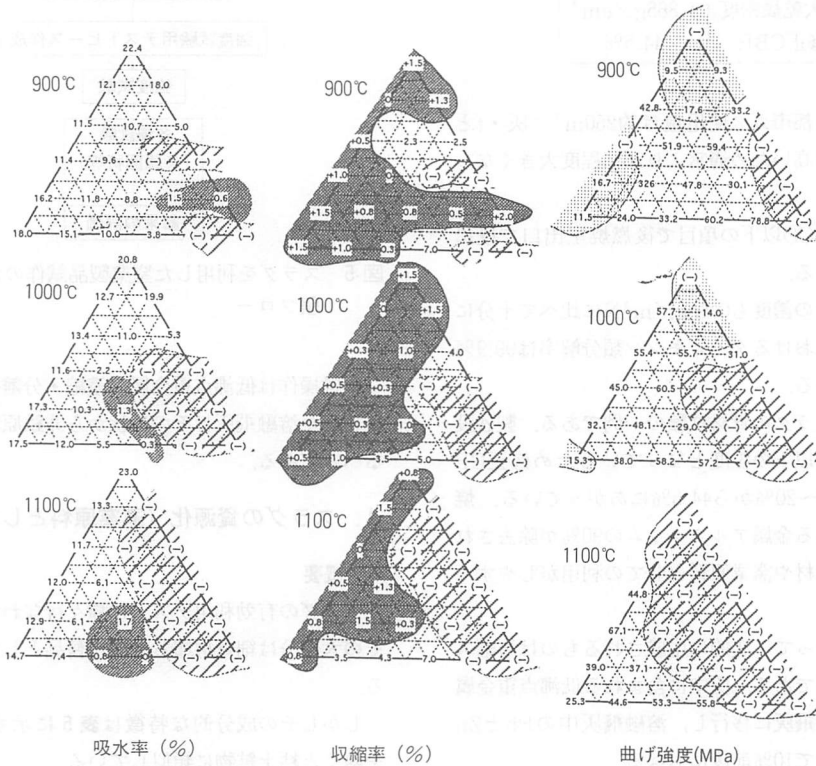


図-6 焼成品の性能測定結果

を比較的多く含むので焼成工程で従来の焼成温度よりも低く設定することができる②未燃炭素や塩化物、硫化物をほとんど含まないので焼成品の割れやひびが起きにくい③ガラスを主体とするので異常膨張が少なく迅速焼成が可能④ $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ 系の化学構成を主としているため、焼成品はアノサイトやゲーレンナイトの結晶を含み焼成収縮率が小さくなる、といった特徴である。

以上の見地から本項ではスラグを窯業原料と位置づけて行った実験の概要を紹介する。

4.2 溶融スラグ焼成品の試作条件

窯業原料を大きく分類すると主成分である骨材、粘

性作用をもつ成形材、融点を降下させる作用をもつ融材で表すことができ、これら三成分を適切な配合率で混合、水を適量添加して混練し、成形機によって成形、乾燥、1300℃前後で焼成し検査工程を経て製品となる。本試験では溶融スラグを骨材として位置づけ図-5に示す試験フローで行った。

テストピースの製作は各々の原料を乳鉢を用いて十分に混合しそれに水を加え、十分に混練したのちその素地を直径20mmのボタン型成形器でプレス成形して作った。

テストピースの作成条件を表6にまとめる。

4.3 試験結果

使用原料の骨材に熔融スラグ、成形材に平粘土、融材にフリットを用い、900℃から1100℃で焼成した焼成品の吸水率、焼成収縮率、曲げ強度を図-6に示した。ただし、図中の(－)の表示は、その配合率において素地が熔融したもの、あるいはサンプル及び焼成板が付着して物性の測定不能であった焼成品を示す。

図の見方は三角図表中、上部頂点がスラグ100%、右側頂点がフリット100%、左側頂点が粘土100%を示し以後相対する底辺と平行にその割合を減じていく。

各配合において焼成温度が高くなるに従い吸水率が小さくなっている。収縮率はほぼ±1%以内の収縮率となり一般的に陶磁器製品が5～20%の焼成収縮を示すことを考えるとスラグを使った製品を製造する際、寸法精度的に製造しやすいといえる。

スラグはもともとガラス質であり、しかもその構造の中に結晶が点在していると推測されることから収縮しにくいと考えられる。

曲げ強度に関しては、ほとんどの焼成温度及びスラグ配合率において約30MPa以上であり、一般に市販されている装飾タイルとほぼ同等あるいはそれ以上の強度であることがわかった。

これらの結果からスラグを主原料として焼成品をつくった場合、市販品とほぼ同等のものが通常製品の焼成温度1200～1300℃に比べて低温で安くつくることが判明した。今後はスラグの有効利用の重要な方法として調査されるものと考えられる。

5. あとがき

日本における廃棄物処理は世界の一般論ではない。

国土狭大な日本において少ない平野に1億2千万人ものが住み、原料輸入国と称し年間6億tもの資源を輸入している。国内で調達している資材を含め年間20億tを使い1億tを輸出し11億tを製品もしくは構造物として蓄積、残りの7億tを排ガスや廃棄物として大気、大地に拡散させている。11億tの製造物もいわゆる潜在廃棄物である。

都市ごみの焼却炉が1900ヶ所もあるというのは世界で例がない。とにかく燃やしてかさを減らし山の中に埋める。しかしそれでも埋める場所がなくなった。資源循環という言葉は日本において埋立地がなくなってきてから必要になった言葉といえる。

有害物を含む原料は製品という形で拡散し、あるいは廃棄物で埋立処分場に集められる。埋立処分場は周辺環境に比べ数百倍の有害物質を内包したまま新しい土地に生まれ変わり町ができ人が住む。

資源循環という言葉は単なる流行語ですます時代は終わった。「資源」、「エネルギー」という言葉の意味をもう一度問い直す時期と思われる。

今回紹介した焼却灰の熔融による資源化はそのため一つの題材である。

環境を守る、即ち環境負荷をミニマムにしながら資源循環を図りそれに係るコスト、エネルギーをミニマムにする。

これが環境によって生かされている人間がやらなければいけない最低の必要条件と考えられる。

共催行事ごあんない

「第5回『環境と化学』講演会」

〔主 催〕 日本学術会議化学研究連絡委員会

〔参加費〕 無料。資料代 5,000円 (予定)

〔共 催〕 安全工学協会、石油学会 他

〔申込先〕 〒141 東京都品川区西五反田 1-26-2

〔日 時〕 平成9年11月27日(木)～28日(金)

五反田サンハイツ304号

〔会 場〕 日本学術会議講堂

(株)日本分析化学会

(東京都港区六本木 7-22-34,

「環境と化学」講演会係

Tel 03-3403-6291)

Tel 03-3490-3351, Fax 03-3490-3572

〔内 容〕 各日特別講演 1件、講演 5件