鋳物廃砂ダストをシリカ原料とする有用物質製造の研究

毛利　敦雄*　佐藤　健*　田中　亙*　久保田　順一*

Study on Synthesis of Useful Substance using Casting Sand Dust as Silica Source

MOURI Atsuo*, SATO Takeshi*, TANAKA Tohru*and KUBOTA Junichi*

1. 緒　　言

中越鋳物工業協同組合企業からは, 廃砂ダスト, ノロ, スラグなどの様々な廃棄物が発生する。これらは管理型産業廃棄物として, 埋め立て処理を行っている。しかし, 埋め立て処分場の処分容量の枯渇や処理費用の高騰に伴い, 廃棄物処理量の削減が要請されている。

中越技術支援センターでは, リサイクルが難しいとされているフラン樹脂廃砂ダスト（年間4,000t 発生）をモデルとして取り上げ, これを原料として有用物質に転換する調査研究を行った。

本研究では, 市場性を踏まえた有用物質の選定, 基礎実験の実施, 実用化炉の調査, 法律面の検討など, 多方面からの調査, 実験を行った。

2. 調査研究の内容

2.1 有用物質の選定

有用物質は, 廃砂ダストのけい素分をシリカ原料とするもの, 流通量が多く市場が形成されているものとの観点から, 選定のための調査を行った。

白土製造メーカー, 肥料メーカーなどの調査を通じて, 次のことが明らかになった。

廃砂ダストをリサイクルして, けい酸質肥料に変換することが可能と考えられる。

けい酸質肥料は, 主として水稲のけい酸補給, および水田の土壌改良のために施用される。

また, けい酸質肥料の生産量は, 年 259,000t あり, 普通肥料全体（年 9,834,000t）の中で見ても, ある程度の割合を占める[1)]。

けい酸質肥料では, けい素は可溶性であることが求められる。鋳物砂では, 一般的にけい砂（不溶性）を使用する。このため, けい酸質肥料として使用するには, 廃砂ダストを消石灰（$Ca(OH)_2$）などのアルカリと混合, 焼成して反応させ, けい素を可溶性化する必要がある。鉱さいけい酸質肥料の規格は, 可溶性けい酸 10%, アルカリ分 35%以上となっている[2)]。

以上より, 廃砂ダストを転換する有用物質としては, 鉱さいけい酸質肥料を選択した。

2.2 基礎実験

実験に使用したフラン樹脂廃砂ダストの分析値を表 1 に示す。SiO_2 は約 39%, 樹脂分は, Ig.loss（1000℃焼成による重量減）に等しいとすると約 26%である。

廃砂ダストと市販の消石灰をスパチュラで混合し, 磁器製箱に収めた磁製角皿に入れて, 電気マッフル炉で焼成を行った。

試料は, 廃砂ダスト中の Si と, 消石灰中の Ca のモル比をパラメータとして作製した。配合組成を表 2 に示す。

焼成物中の可溶性けい酸の含有量を分析した結果を表 3 に示す。

1250℃2h では 12～14%, 1300℃2h では 18～23%の可溶性けい酸を含む焼成物が得られた。

また, 1250℃以上では焼成物の融着が見られるようになり, 反応率が高くなると, 焼成物の融着が発生しやすくなることがわかった。

* 中越技術支援センター

表１　廃砂ダストの成分(%)

Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MnO	Al_2O_3	Na_2O	K_2O	MgO	ZrO_2	S	Ig. loss
9.79	39.03	1.50	0.49	3.81	0.85	2.10	8.24	6.19	0.96	26.20

表２　配合組成

	廃砂ﾀﾞｽﾄ	$Ca(OH)_2$	Si:Ca
組成1	30g	14.7g	1:1
組成2	30g	22.2g	2:3
組成3	30g	24.9g	1:2
組成4	30g	9.8g	3:2

表３　焼成物中の可溶性けい酸(%)

試料 / 条件	未粉砕				粉砕
	組成1	組成2	組成3	組成4	組成1
1100℃・2h	1.90	2.20	2.05	1.97	6.93
1150℃・2h	3.29	3.23			9.24
1200℃・2h	3.19	3.79	3.08	2.97	15.64
1250℃・2h	13.7	14.1	12.9	12.2	18.22
1300℃・2h	融着	23.1	17.6	融着	

表４　実用化炉の概要

処理量	年3000t処理	年300t処理
処理方式	連続処理	バッチ処理
キルンの大きさ	φ2m×L16m	φ2m×L2.7m
処理物1tあたりの重油必要量	1.5t	5.8t

このため，実用化に際しては造粒などの融着防止対策が必要であると考えられる。

焼成温度を低下させるため，組成 1 の試料を使用して粉砕の効果を評価した。

ボールミルを使用して，粉砕前の中心粒径 60μm が 10μm になるまで処理を行ったところ，焼成温度は約 50℃低下した。ただし，原料中の樹脂がバインダーとなり，粉砕中に原料が粉砕容器の壁に付着するため，実用化の上では難しいものと考えられる。

このほか，アルカリ分を消石灰に比べ反応性の高い炭酸カリウム（K_2CO_3）に置き換える実験を行い，粉砕と同様に焼成温度が約 50℃低下することも確認した。

以上の基礎実験により，廃砂ダストと消石灰を混合し，高温で焼成することにより，鉱さいけい酸質肥料に相当する焼成物が得られることがわかった。

2.3　実用化炉の調査

基礎実験から得られた焼成条件（1300℃2h）をもとに，実用炉の調査を行った。

廃棄物処理炉メーカーに，年間処理量が 3,000t と 300t の 2 つのケースについて，ロータリーキルンの仕様，ランニングコストなどの試算を依頼した。

ちなみに，前者は複数社の廃砂ダストを一括処理する場合，後者は 1 社内で処理する場合を想定したものである。

結果を表 4 に示す。年間処理量 3,000t のケースでは連続処理，300t のケースでは，1 日 1 回のバッチ処理方式となる。

キルン内で 1300℃の溶融状態を維持するためには，多量の重油が必要である。さらに，通常の焼却炉などで使用されるバーナーでは，昇温が困難であるため，酸素富化による助燃が必要となる。このような高温処理では，燃焼空気中の窒素から環境基準を超える濃度で窒素酸化物が生成するため，これへの対策が必要である。

また，コストに関しては，年 3,000t 処理の場合で，設備費 12 億円，償却年数 10 年とした設備償却を含めたランニングコストが，トンあたり 19 万円と試算された。

2.4　法律上の検討

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下廃棄物処理法）では，廃砂ダストは産業廃棄物の鉱さいに分類され，事業者の責任において処理することとなっている。

次の事例について，弁護士より法律的な見地から指導を受けた。

A 社が鋳物廃砂ダストを社内で処理して，処理物を B 社に有償譲渡する。B 社は処理物から有用物を製造して市場で販売する。

これについての弁護士の見解は，

① A 社では処理物の製品管理がなされる。
② 処理物は，書面契約により合理的価格で，継続的かつ計画的に B 社に譲渡される。
③ B 社で製造する有用物は市場を持ち，有用物の販売は，継続的かつ計画的になされる。

という条件を満たせば，廃棄物処理法の規制には該当しないが，複数社の鋳物廃砂ダストを集めて処理を行う場合は，形態を問わず産業廃棄物中間処理業の許可が必要となるとのことであった。

3.　成果発表会の実施

本調査研究で明らかにした内容は，成果発表会を開催して，県内鋳造企業に提示した。

廃砂ダストの処理については，調査したけい酸質肥料のほか，セメント原料やコンクリート二次製品の骨材なども考えられる。廃砂中のフラン樹脂等を焼却し、無機質材料に加工する程度であれば 2.3 で述べた、キルン設備に関係する経費は 1/10 程度になるとされている。どの方向に進むかは，本研究を基に中越鋳物工業協同組合など鋳物業界で判断して頂くこととする。

4.　結　　言

(1) フラン樹脂廃砂ダストの有用物質への転換について検討した。けい酸質肥料への転換を目標として，焼成条件などの処理方法，事業化に際しての設備や法律上の問題点などを明らかにした。
(2) 成果発表会において，調査結果を県内鋳造業界に提示し，廃砂ダストのリサイクル化への判断材料として提供した。

参考文献

1)　農林水産省消費・安全局農産安全管理課監修，“ポケット肥料要覧 2004”，2004，p7-8.
2)　“肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件”（昭和 61 年 2 月 22 日　農林水産省告示第 284 号）