

鑄物ダストのリサイクル技術の研究

橋本寿之, 花房龍男^{*1}

Study of Technology to recycle Dust Waste from Foundries

HASHIMOTO Toshiyuki and HANAFUSA Tatsuo^{*1}

To recycle the dust waste from foundries around Bingo region, we researched the classification process and were able to decrease impurities density of dust waste by removing minute particles.

備後地域に集積している鑄物製造企業から排出されるダストを工業用シリカ材へリサイクルする技術開発を試みた。分級処理によって微粒子を除去することで、ダストの不純物濃度を下げることができた。

キーワード：鑄物ダスト, リサイクル, 分級

1. 緒言

備後地域の鑄物製造企業から排出されるダスト(以下、鑄物ダストと略)は年間約10トンにおよび、そのほとんどは埋立処分されている。鑄物ダストは粒度が小さく、そのままでは土木資材として利用しづらいため、セメントを固化剤として鑄物ダストの造粒物を試作した研究¹⁾が実施されている。

本研究では、鑄物ダストを工業用シリカ材へ加工することを目的として、鑄物ダストを分級処理や焼成処理し、ダスト中のシリカ濃度を工業用シリカ材の規格に適合させる加工方法を模索した。

2. 実験方法

2.1 材料

備後地域の鑄物製造企業4社から排出されたダストをサンプリングし、実験材料に用いた。

2.2 測定方法

鑄物ダストのpHは、ダスト5gを精製水50mlに加えて1分間攪拌した溶液を測定した。鑄物ダストの成分分析は、蛍光X線分析装置(株式会社リガク製, ZSX101e)により、FP法により測定した。鑄物ダストの直接観察は、走査型電子顕微鏡(株式会社日立製作所製, S-4100)を用いた。鑄物ダストの粒度分布測定は、レーザー回折散乱式粒度分布測定器(株式会社セイシン企業製, LMS-2000e)を用いた。

鑄物ダストの焼成処理は、マッフル炉(ヤマト科学株式会社製, FP410)を用い、1000℃の空気雰囲気中で4時間処理した。鑄物ダストの分級処理は、最初に精密気流式分級機(株式会社セイシン企業製, クラッシャー)を用

いて粒子径20 μ m以下の粒子を分取し、微小分画とした。残った粉を振動ふるい機(株式会社セイシン企業製, KFS型)にかけ、粒子径100 μ m以上の粒子を大分画、粒子径100 μ m以下の粒子を中分画とした。

3. 結果及び考察

3.1 鑄物ダストの性状分析

備後地域の主要鑄物製造企業4社のダスト排出状況を表1に、蛍光X線分析した結果を表2に示す。

表1 鑄物ダストの性状

企業名	造型方法	排出量 (トン/年)	性状	
			pH	色
A社	生型	2400	約7	黒
B社	樹脂	1200	3~4	黒
C社	水ガラス	700	11~12	灰
D社	生型 樹脂	500	約7 3~4	黒 黒

表2 鑄物ダストの成分分析結果 (質量%)

企業名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	SO ₃
A社	73.6	9.9	10.2	0.7	1.5	0.5
B社	66.8	2.6	10.7	0.1	0.4	13.5
C社	66.5	5.1	3.3	6.4	10.9	0.2
D社	52.3	2.8	7.8	0.2	0.8	28.8

本結果より、鋳物製造企業から排出されるダストの主成分はケイ酸であることが確認できた。鋳型を粉砕して砂を再生させる工程において発生する鋳物砂由来のシリカ粉であると推定される。また、鋳型造型方法の違いによって、鋳物ダストは特異的な不純物を含有していた。すなわち、生型においてはベントナイト由来のアルミナが、樹脂においてはスルホン系硬化剤由来の硫黄が、水ガラスにおいてはナトリウムが含まれていた。さらに、A社、C社およびD社のダストには、鋳造物の表面研磨によるショットブラスト粉末が含まれるため、鉄を多く含有していることが判明した。

鋳物ダストの主成分はシリカであることより、工業用シリカ材へのリサイクルが有望視される。工業用シリカ材についての調査を実施した結果、大量消費が期待できる用途先として塗料用および銅精錬用が有望であることがわかった。塗料用および銅精錬用シリカ材の規格の一例を表3に示す。各企業から排出される鋳物ダストのシリカ含有率は50～75%であり、表3に示される規格を満たしていなかった。

表3 工業用シリカ材の品質基準

塗料用の品質基準	
シリカ	95%以上
アルミナ	3%以下
酸化鉄	1%以下
KETT白色度	70%以下
粒度	350メッシュが0.5%以下

銅精錬用の品質基準	
シリカ	93%以上
アルミナ	5%以下
粒度	1mm以下

焼成処理によって樹脂および硬化剤を除去することが可能であるので、B社およびD社のダストを1000℃で4時間焼成した。焼成後の成分分析結果を表4に示す。焼成することによって、B社およびD社のダストのシリカ濃度は高くなったが、工業用シリカ材の規格を満たしておらず、鋳物ダストを焼成処理のみで塗料用シリカ材に加工することは困難であると判断した。

表4 焼成後の鋳物ダストの成分分析結果（質量%）

企業名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃
B社	82.1	3.0	9.0	<0.1
D社	78.6	4.6	6.3	<0.1

不純物の存在形態を探る目的で、A社、B社およびC社のダストを電子顕微鏡で観察した。その結果を図1から図3に示す。

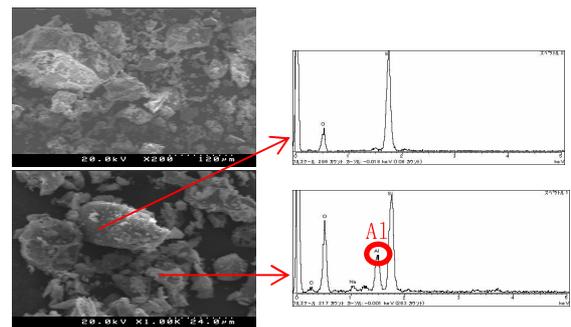


図1 A社ダストの電子顕微鏡観察結果

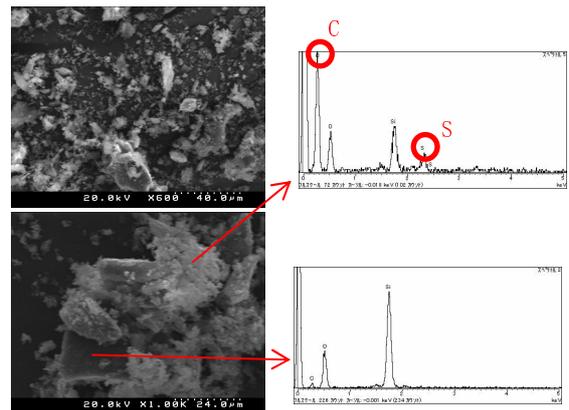


図2 B社ダストの電子顕微鏡観察結果

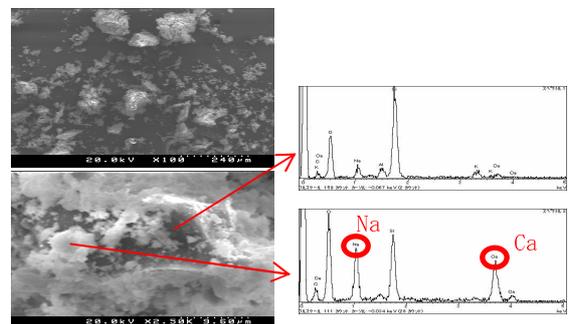


図3 C社ダストの電子顕微鏡観察結果

本結果より、大きい粒子の表面に小さい粒子が付着していること、大きい粒子に不純物（シリカ以外の成分）がほとんど含まれないこと、ならびに、小さい粒子のみに不純物が含まれていることが確認できた。このことから、粒子の分級処理により、不純物の除去ができるものと推定された。

レーザー回折散乱式測定器を用いて、A社、B社およびC社から排出されたダストの粒度分布測定を行った。結果を図4から図6に示す。A社ダスト（図4）では、中心粒子径80μmのピークが確認できた。焼成処理により、粒子径10μm以下の粒子が減少していた。粒子径10μm前後に、1000℃焼成処理によって消失する粒子のピークが隠れていることが推測された。B社ダスト（図5）では、3つのピーク（中心粒子径：3μm、20μm、300μm）が確認できた。焼成処理により、中心粒子径3μmのピークが消失した。B社の鋳型造型は樹脂を用いていることから、

消失ピークの大部分は樹脂であることが推測された。C社ダスト(図6)では、3つのピーク(中心粒子径:3μm, 80μm, 300μm)が確認できた。

表5 分級処理後の各分画の割合 (質量%)

企業名	大 (>100μm)	中 (20~100μm)	微小 (<20μm)
A社	35.9	55.7	8.4
B社	6.9	27.5	55.0
C社	51.1	35.1	6.1

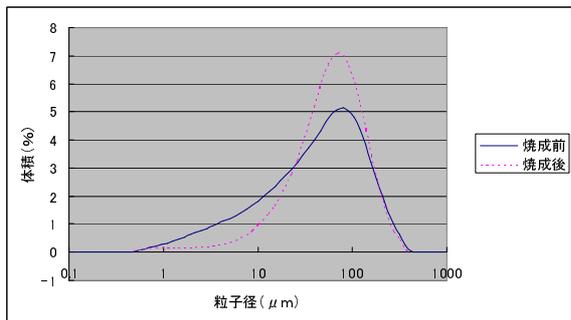


図4 A社ダストの粒度分布

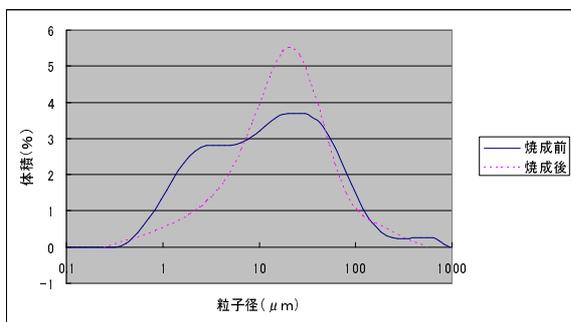


図5 B社ダストの粒度分布

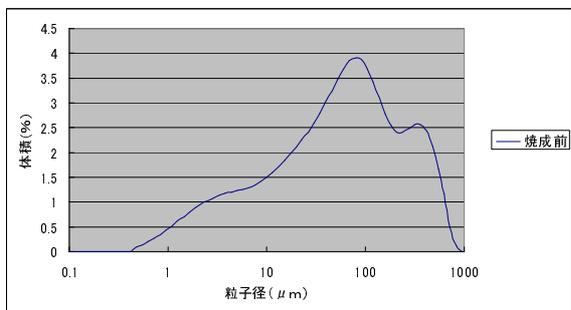


図6 C社ダストの粒度分布

以上より、B社とC社のダストには、異なった中心粒子径の3グループが存在し、A社のダストには異なった中心粒子径の2グループが存在することがわかった。

3.2 分級処理による不純物除去

電子顕微鏡観察の結果から、中心粒子径の異なるグループでは成分組成に差異があると期待されたので、分級処理を実施した。鋳型造型方法が単一であるA社、B社およびC社のダストを材料として分級処理を行い、粒子径の異なる3分画(大, 中, 微小)を得た。各分画の割合を表5に示す。各社の分級処理後の分画の粒度分布を図7から図9に示す。中分画に微細粉粒が少量混入しているが、粒子径の異なる3つのグループに概ね分級できたことが確認できた。

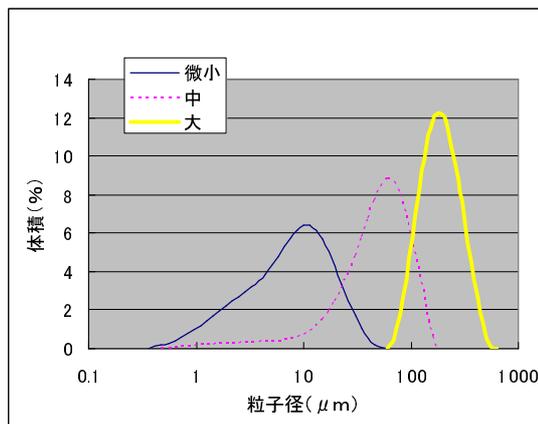


図7 A社ダストの各分画の粒度分布

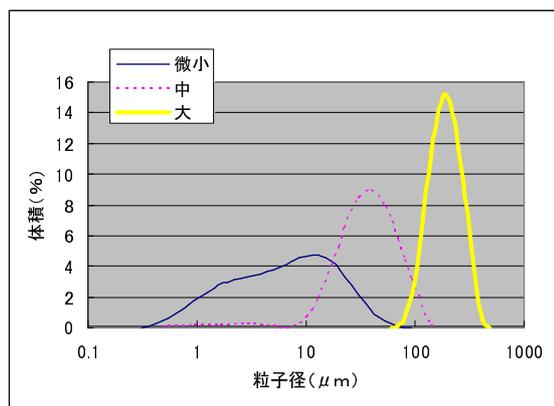


図8 B社ダストの各分画の粒度分布

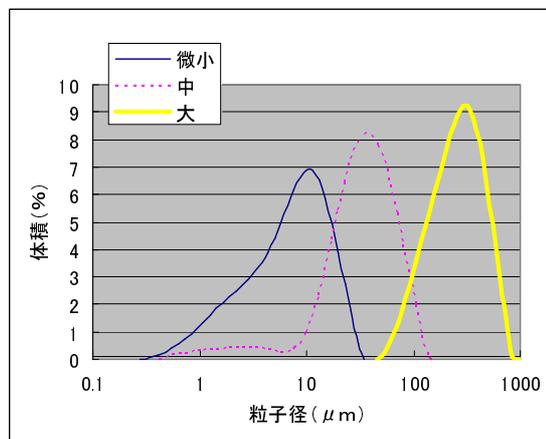


図9 C社ダストの各分画の粒度分布

次に、各社の分級後の成分分析結果を表6から表8に示す。各社の分画後のシリカ濃度は、粒子径が大きいほど高く、不純物（A社：アルミニウム、B社：硫黄、C社：ナトリウム・カルシウム）濃度は微小分画が最も高かった。また、ショットブラスト由来のダストが含まれるA社とB社の鉄濃度は、粒子径が小さいほど高かった。

表6 A社ダストの各分画の成分分析結果（質量%）

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO	SO ₃
大	85.8	7.4	2.0	1.3	1.0	0.8
中	75.6	10.7	7.6	1.4	1.5	1.1
微小	64.8	10.9	10.2	1.4	7.1	3.1

表7 B社ダストの各分画の成分分析結果（質量%）

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	SO ₃
大	91.8	2.5	0.8	1.4	0.3	0.2	1.6
中	82.8	2.7	3.3	2.1	<0.1	0.2	7.4
微小	64.9	7.1	10.5	1.7	5.1	2.1	6.1

表8 C社ダストの各分画の成分分析結果（質量%）

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	SO ₃
大	78.2	6.2	1.7	3.0	7.0	2.3	<0.1
中	69.2	6.7	2.1	2.6	11.3	5.6	<0.1
微小	58.9	4.5	1.8	1.6	22.3	8.8	<0.1

ただし、今回実施した分級処理のみでは、鋳物ダストを工業用シリカ材の規格に適合させることはできなかった。

4. 結 言

備後地域の鋳物製造企業から排出されたダストを調査した結果、以下の知見が得られた。

- 1) ダストの主成分はシリカであったが、シリカ濃度は工業用シリカ材の規格を大きく下回っていた。
- 2) 電子顕微鏡による観察により、ダスト中の大きい粒子に不純物がほとんど含まれないこと、ならびに、小さい粒子のみに不純物が含まれていることが確認できた。
- 3) 鋳物ダストを分級した結果、粒子径が大きいほどシリカ濃度が高く、粒子径が小さいほど不純物濃度が高いことが判明した。

以上より、大きい粒子の表面に付着（あるいは結合）している小さい粒子を完全に取り除く技術を確立することによって、不純物濃度の低いシリカ材を得ることができると推測される。気流式分級機で微細粉を除去したものを工業用シリカ材の規格に適合させる加工技術の確立が、今後の課題となる。

謝 辞

本研究は、NPO 法人広島循環型社会推進機構からの受託研究として行った。広島工業大学環境学部今岡務教授、株式会社松浦組柳生専務、広島県立総合技術研究所保健環境センター山本康彦研究員に多大なるご協力をいただいた。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 畝英生：(社)日本鋳造工学会中国四国支部会報こしき、29、16-19（2006）。