

無機系産業廃棄物の窯業原料への利用 *

佐々木秀幸**、谷藤 眞一***

無機系産業廃棄物を窯業原料として利用するために、数種類の無機汚泥を混合してタイルの試作試験を行った。3種類の汚泥を適切な割合で混合処理することによりタイルのJIS規格を満たすことができた。適正焼成温度は1000℃前後であり、十分な強度が得られた。

キーワード：廃棄物、スラッジ、再利用、焼成

Utilization of Inorganic Waste Sludge as Ceramic Raw Materials

SASAKI Hideyuki, TANIHUJI Shinichi

We produced tiles by way of experiment from the mixture of several kinds inorganic waste sludge for utilize to ceramic raw materials. The tile made with mixture of 3 kinds sludge in appropriate ratio passed Japanese Industrial Standard(A5209). Suitable sintering temperature was about 1000 degrees, and the trial product had sufficient strength to use.

key words : waste, sludge, recycle, sintering

1 緒 言

近年産業廃棄物に対する関心の高まりとともに、各分野で様々な再資源化が行われている。しかし、工場系の無機汚泥は、依然として大部分が埋立処分されており、その再資源化技術の開発が要求されている。我々は無機汚泥の分析方法を検討するとともに¹⁾、数種類の汚泥について、年間の成分変動、焼成による鉱物組成や成分の変化、溶出特性を調査した²⁾。

今回これまでの結果をもとに、各種の無機汚泥を窯業原料として再資源化するため、各汚泥を混合比を変えたタイル状成型体を作成し、各種様温度で焼成し、窯業原料化の可能性を検討したので報告する。

2 実験方法

2-1 成型体の作成

汚泥中最も再資源化が望まれているものがメッキスラ

表1 汚泥試料の主な含有成分

単位：wt%

	含水率	Ig. loss	Si	Ca	Al	Fe	Mg	P	S	Na	K
メッキスラッジ	75.41	83.33	2.05	7.96	12.25	0.65	0.20	5.43	1.27	0.51	0.01
生コンスラッジ	67.92	28.30	11.41	28.70	3.14	2.37	0.95	0.03	0.34	0.68	0.28
ガラス研磨スラッジ	33.73	35.01	31.01	0.43	0.07	-	-	-	-	6.71	8.27

含水率以外の値はすべて105℃乾燥試料に対する含有量を示す。

* 産業廃棄物の再利用（第3報）

** 化学部

*** 高弥環境整備株式会社

ッジであるため、これを最低20%以上含むこととし、媒溶原料としてガラス研磨スラッジ、非可塑性原料として生コンスラッジを加え3成分系で成形体を作成した。3種類の汚泥は105℃で乾燥し使用した。含有成分を表1に示す。なお、強熱減量が多い汚泥は、900℃で仮焼し使用した。これらをそれぞれボールミルで30分粉碎し、V型混合機で所定の混合比で10分間混合攪拌した後、水20%を加え、油圧プレス機により圧力300kg/cm²で金型成形した。

金型はφ20mmの円柱状(混合試料2g)と、100mm×100mmの正方形(混合試料100g)とした。試料は成形後105℃で乾燥し、電気炉により800~1100℃で焼成した。

設定温度までの昇温時間、及び保持時間はそれぞれ3時間で、焼成後は炉内自然冷却とした。実験のフローを図1に示す。

3 結果及び考察

3-1 窯業原料として最適な汚泥混合領域・焼成温度

最適な汚泥混合領域を特定するため、φ20mm金型を使用し、厚さ約10mmの成形体を20%区分ごとの混合比で作成し、これを800、900及び1000℃で焼成した。焼成後、その外観から最適な汚泥混合領域を推定した。

つぎに、この混合領域につき100mm×100mmのタイル状成形体を作成して同様に焼成した。その外観(亀裂、溶融等)、変形(ばち、反り)、熱収縮率、曲げ強さをを陶磁器質タイルの規格(JIS A 5209)により測定し、混合領域、焼成温度と物性変化について検討し、基準(磁器質床タイル)と比較した。最適混合領域を図2

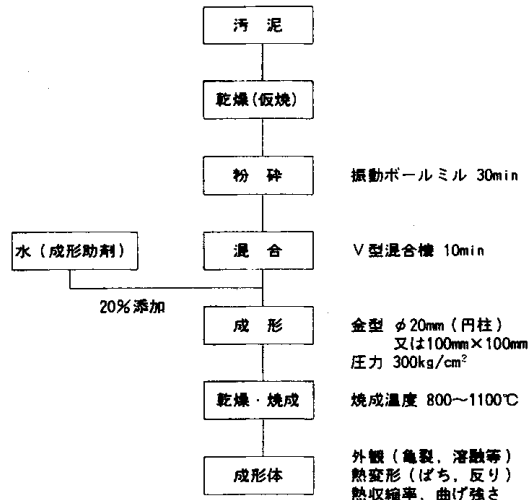


図1 実験のフロー

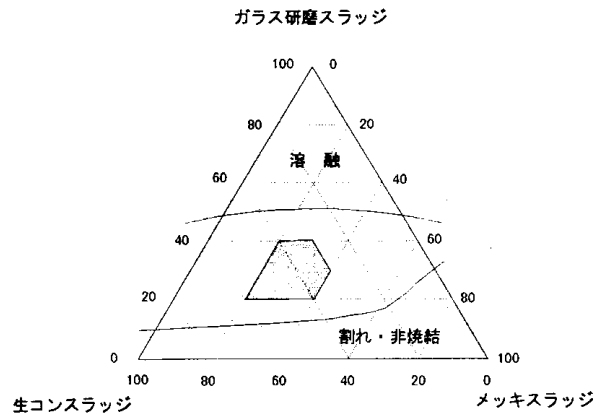


図2 乾燥汚泥3成分の最適混合領域

に示す。

1000℃においてはガラス研磨スラッジ50%以上で明らかな溶融、収縮が見られ、ガラス研磨スラッジが少ない

表2 成形体番号と各汚泥の混合比

汚泥試料 / 成形体 No.	1	2	3	4
メッキスラッジ (105℃乾燥)	20	20	—	—
メッキスラッジ (900℃仮焼)	—	—	20	20
生コンスラッジ (105℃乾燥)	50	40	—	—
生コンスラッジ (900℃仮成)	—	—	50	40
ガラス研磨スラッジ (105℃乾燥)	30	40	30	40
水 (成形助剤)	20	20	20	20
成形体厚さ (mm)	6.9	7.0	6.1	6.0
成形性の良さ (○:良, △:不良)	○	○	△	△

くメッキスラッジが多くなると割れ、非焼結が見られる。

また、最適領域内でもメッキスラッジの含有量が少ない方が好結果が得られた。

なお、仮焼をした試料についてもほぼ同じ結果が得られた。

3-2 各成形体の焼成による外観の変化

3-1の結果から、表2の混合比でタイル状の成形体を作成し、800～1100℃の範囲で焼成した。成形体3、4は焼成時の熱収縮を抑えるために仮焼試料を使用したものである。初めに外観結果を表3に示す。発泡、溶融は、1000℃まではほぼ許容範囲内であるが、1100℃では急激に発泡、膨張あるいは溶融の発生が見られた。

また、き裂は比較的早い段階から現れ、特に成形体1、2で大きく現れる。き裂は冷却段階でなく焼成過程で発生するが、原因は過大な収縮や、成形体内の密度の不均一による熱収縮差であると考えられる。これは仮焼試料では、き裂が少なくなることから熱収縮に原因があることが推測できる。

なお、1100℃以上の焼成では、溶融により形状が完全に崩れて、測定不能の項目があり以下は800～1000℃の焼成結果について述べる。

3-3 焼成による平均収縮率変化

全体の焼成収縮を見るため、成形体各辺の平均収縮率を測定した。その結果を図3に示す。各成形体とも焼成収縮率はほぼ同じような挙動を示しており、素地全体が900℃から1000℃で溶化して急激な熱収縮（焼結）が起こることが分かる。

仮焼試料では5～10%前後収縮が抑えられ、寸法精度の確保に有利になる。

3-4 焼成によるばち及び反り変化

磁器質床タイルの規格を基準値として、変形及び強度を測定した。

図4は4辺の最大差を示すばちの測定結果である。この基準値は2.0mmで、これと比較すればほぼ下回っているが、明らかに形状が歪んでいるものもあり、問題があった。ばちの変化は焼成収縮と同じように900～1000℃で大きく、かつ成形体1、2の方が大きかった。このことから、熱収縮が急激で大きいと形状を保持することが難しく、ばちも大きくなってしまふことが分かる。

また、収縮の小さい成形体3、4でも、ややばちが見られており、収縮を均一にするため試料の作成方法を改善する必要がある。

表3 各成形体の焼成結果（外観）

焼成温度 / 成形体 No.		1	2	3	4
800℃	割れ、き裂	△	×	○	△
	発泡、溶融	○	○	○	○
900℃	割れ、き裂	△	×	○	△
	発泡、溶融	○	○	○	○
1000℃	割れ、き裂	×	×	○	△
	発泡、溶融	○	△	○	△
1100℃	割れ、き裂	×	×	○	△
	発泡、溶融	×	×	×	×

* ○：なし △：僅かにあり ×：あり

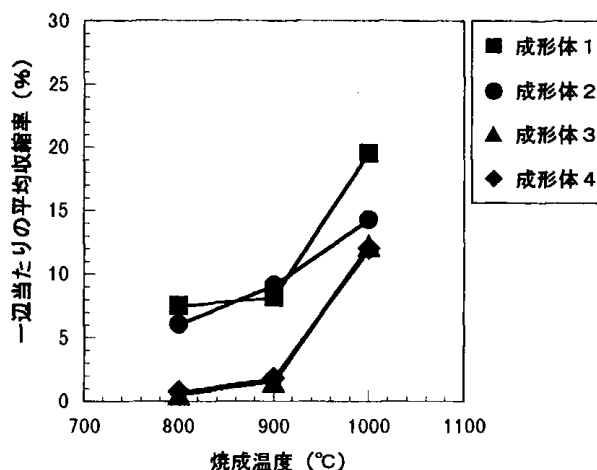


図3 焼成温度と収縮率変化

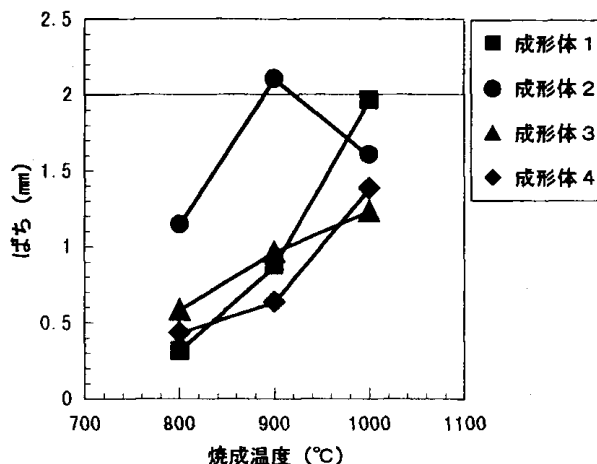


図4 焼成温度とばちの変化

図5は反りの変化を表したものである。これも基準値（でこ反り1.2mm，へこ反り0.9mm）以下であるが、1000℃まで焼成していくと全てへこ反りが見られた。これは、焼成表面部と底部（焼成板側）に熱勾配が生じ、表面部の溶融、収縮が早くなったためだと考えられる。この解消には、昇温速度の低下や炉内の成形体の配置を考える等の対策が必要である。また、成形体1、2では反

り変化も大きく、高温になると波形に変形しているのに対して、成形体3, 4は変形差が小さく、比較的安定していることから、仮焼も有効な対策の一つである。

3-5 焼成による曲げ強さの変化

次に、曲げ試験の結果を図6に示す。900～1000℃にかけて焼結が起り、急激に強度が高くなる。これは、融点が700℃前後のガラス研磨スラッジが溶融し、融点が高い他の汚泥のバインダーとなり固化するためと考えられる。また、各汚泥で焼成過程に発生するCaOやK₂O等の低融点成分がSiO₂と反応し、溶化が促進され、より低い温度で全体が焼結し、強度がさらに増加したと思われる³⁾。

また、各成形体の測定値を基準値の120N/cmと比較すると、全て下回っている。特に成形体1, 2は亀裂が大きく、実際よりも低い数値となった。しかし、今回の成形体の厚さは1000℃焼成時で5～6mm前後で、通常の床タイルの半分ほどの厚さであった。成形体3の混合比で試料の量を倍にしたところ(厚さ11.6mm)、曲げ破壊加重は181.2N/cmとなり、基準を満足する数値となった。曲げ破壊加重の基準を満たすためには、成形体を厚くすれば良い

4 結 言

無機系産業廃棄物の窯業原料への利用を目的とし、組成の異なる3種類の汚泥について、配合、成形、焼成により、磁器質床タイルの日本工業規格基準値と比較検討した結果、各乾燥スラッジの混合割合はガラス研磨スラッジ20～40%、生コンスラッジ30～60%程度が良く、メックススラッジは40%以下でなるべく少ない方が良かったことが分かった。焼成温度は焼結が起り、強度が増す1000℃前後が適当で、この時十分な曲げ強さも得られることが分かった。

また、仮焼によって焼成変形(割れ、き裂、収縮、そり等)は、基準値以下に押さえられる。

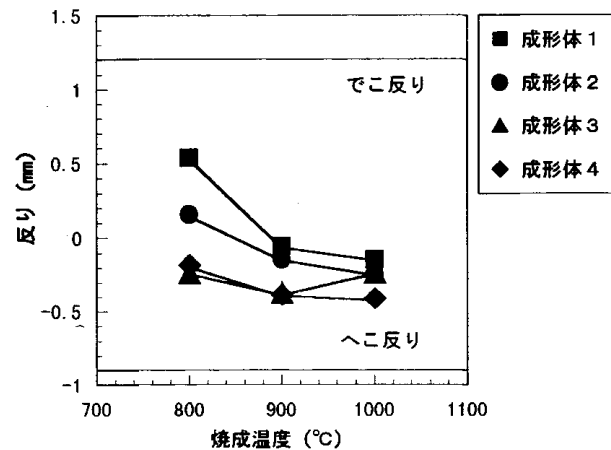


図5 焼成温度と反りの変化

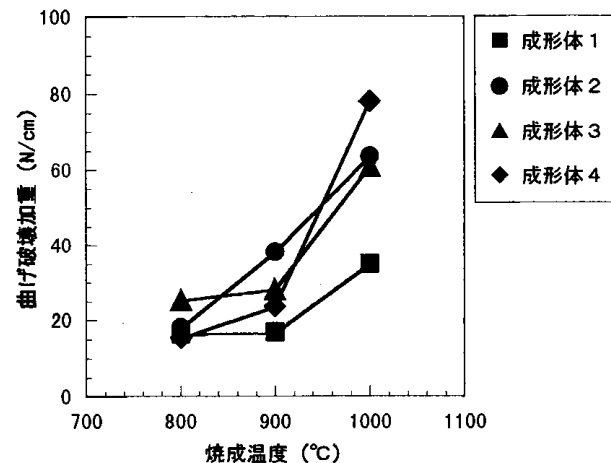


図6 焼成温度と曲げ破壊加重の変化

以上の結果より、無機系産業廃棄物汚泥の再資源化が可能と考えられる。

今後は更に細部にわたり諸条件について検討を重ね、実用化に対処する予定である。

文 献

- 1) 佐々木秀幸、谷藤真一：岩手工技セ研報,1,35(1994)
- 2) 佐々木秀幸、谷藤真一：岩手工技セ研報,2,79(1995)
- 3) 素木洋一：セラミックス製造プロセス,技報堂(1982)