

研究論文

汚泥焼却灰を配合した高強度素地の開発

深澤正芳^{*1}、棚橋伸仁^{*2}、山本光男^{*3}

Development of High-Strength Body Blended Sludge Incineration Ash

Masayoshi FUKAZAWA^{*1}, Nobuhito TANAHASHI^{*2} and Mitsuo YAMAMOTO^{*3}Tokoname Ceramic Research Center^{*1*2*3}

常滑産粘土に汚泥焼却灰を20%添加した素地を調合し、押出成形体を作製した。汚泥焼却灰を添加しないものでは適当な焼成温度が1150℃であるのに対し、汚泥焼却灰を添加したものでは焼成温度が50℃低下した。1150℃焼成用の素地としては、より耐火度の高い粘土を用いる必要があり、品野白土A/汚泥焼却灰/小原長石=40/20/40の調合物が最適であった。これを湿式ボールミル粉碎処理することで、1150℃焼成で曲げ強さ50MPaを上回る押出成形用高強度素地が得られた。

1. はじめに

常滑地区の窯業建材業界は低迷が続いているが、当地区の競争力を回復させ、他産地との差別化を図るためには新規建材用素地の開発が必要と考えられる。当地区は押出成形が主力であるため、本研究では窯業用粘土にリサイクル材として汚泥焼却灰を20%以上配合し、1150℃焼成体の曲げ強さが50MPaとなる押出成形用高強度素地の開発を目指した。

2. 実験方法

2.1 汚泥焼却灰の物性評価

汚泥焼却灰について、粒度分布、蛍光X線分析、X線回折測定により物性を評価した。粒度分布については、粒径45 μ m以上をふるい分け法で測定し、レーザー回折散乱法の測定データとまとめた。

2.2 押出成形試験

常滑産粘土(富貴赤土、頁岩粘土)に汚泥焼却灰を20%配合し、噴霧器により加水しながら混練機で20分間混合し、押出成形用素地を調合後、真空押出成形機により、33 \times 15mmの金型を用いて直方体状の試験体を成形した。比較のため、粘土のみの場合についても押出成形を行った。成形体は乾燥後、昇温速度100℃/h、最高温度1100,1150,1200℃で1時間保持して焼成した。焼成体については、焼成収縮、曲げ強さ及び吸水率(3時間煮沸)を測定した。

2.3 第3成分の添加試験

素地の焼成温度を調整するため、粘土(富貴赤土、品野白土A:瀬戸産)、汚泥焼却灰の他に第3成分としてアルミナ、珪石粉、小原長石いずれか1種類を添加した。

汚泥焼却灰の添加量を20%で固定し、粘土と第3成分の混合比を変化させて調合した。焼成性状態を簡便に把握するため、乳鉢で混合し、115 \times 15mmの金型を用いて20MPaでプレス成形した。成形体は、昇温速度100℃/h、最高温度1100,1150℃で1時間焼成し、焼成収縮、曲げ強さ及び吸水率(3時間煮沸法)を測定した。

2.4 押出成形用高強度素地の調製

品野白土A/汚泥焼却灰/小原長石=40/20/40の混合物について、ポットミルによる湿式粉碎処理を行った。磁製ポットミルに混合物3kg、アルミナボール6kg、水を3kg添加し、85rpmで24時間回転させた。得られた泥しょうはフィルタープレスにより縮土として回収した。乾燥により、真空押出時の練土がNGK硬度計で13を示すように水分を調整し、2.2と同様に押出成形体を作製した。比較のため、混練機で30分間混練のみを行った練土についても押出成形体を作製した。押出成形体は2.2と同様に焼成し、焼成収縮、曲げ強さ及び吸水率(3時間煮沸法)を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 汚泥焼却灰の物性

今回使用した汚泥焼却灰は赤褐色の微粉末であり、飛散防止のために湿量基準で34%の水分が添加されていた。図1に汚泥焼却灰の粒度分布を示す。粒度は細かく、500 μ mふるい全通であった。約90%が45 μ m以下の粒子からなり、平均粒径は15 μ mであった。

汚泥焼却灰の蛍光X線オーダー分析では、主成分としてSiO₂が32%、Al₂O₃が22%、P₂O₅が28%含まれ、その他はアルカリ分や鉄分等であった。また、X線回折で

*1 常滑窯業技術センター 材料開発室(現三河窯業試験場) *2 常滑窯業技術センター 材料開発室 *3 常滑窯業技術センター 材料開発室長(現産業技術センター 自動車・機械技術室長)

は、 α -石英、赤鉄鉱等が確認できた。

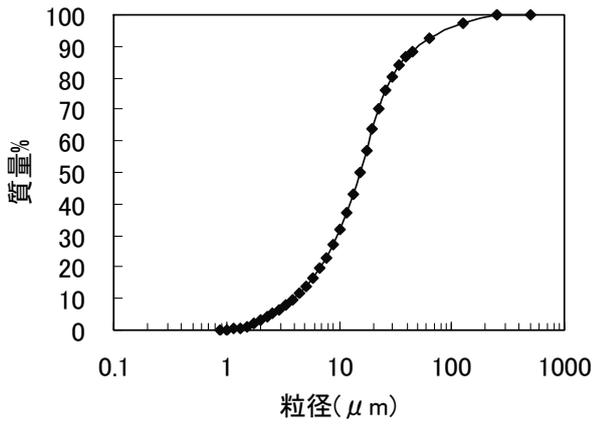


図1 汚泥焼却灰の粒度分布

3.2 常滑産粘土への汚泥焼却灰添加

図2に焼成温度を変化させた場合の焼成体の焼成収縮を示す。粘土のみの場合は焼成温度 1150℃で焼成収縮が最大になったが、汚泥焼却灰を 20%添加した素地では、焼成温度 1100℃で焼成収縮が最大となった。1150℃以上で焼成収縮が小さくなったのは焼成体が発泡し始めたためである。

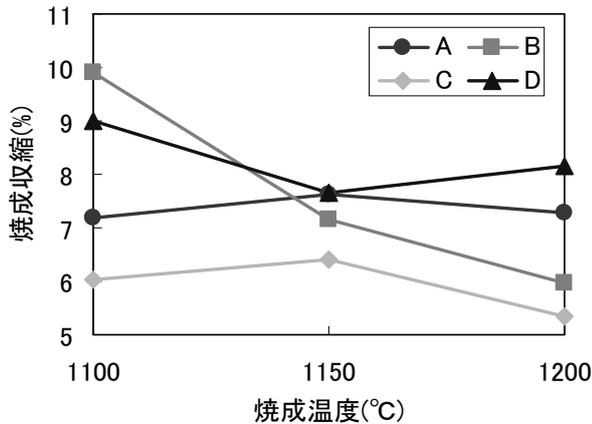


図2 常滑産粘土の焼成収縮

(A : 富貴赤土、B : 富貴赤土/汚泥焼却灰=80/20、
C : 頁岩粘土、D : 頁岩粘土/汚泥焼却灰=80/20)

図3に試験体の曲げ強さを示す。富貴赤土のみの場合は 1150℃で曲げ強さは最大となり、汚泥焼却灰を添加することにより、1100℃焼成で 50MPa 近くの曲げ強さとなり、汚泥焼却灰を添加することで、富貴赤土の焼成温度は約 50℃低下した。頁岩粘土については、乾燥時に欠陥が生じやすいため、焼却灰の添加の有無に関わらず高強度の焼成体は得られなかった。

図4に試験体の吸水率を示す。富貴赤土のみの場合には 1200℃で最低の吸水率を示したが、汚泥焼却灰を添加した場合には、1100℃で最低の吸水率となり、焼成温度が上がるに従って吸水率が増加する傾向が見られた。頁

岩粘土についてもほぼ同様の傾向が見られ、汚泥焼却灰を添加することで最適焼成温度が低下した。

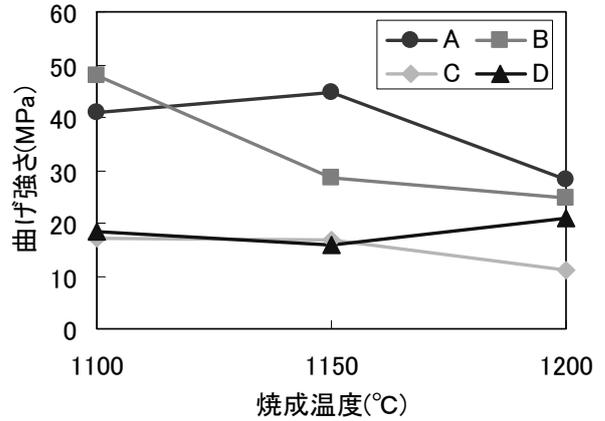


図3 常滑産粘土の曲げ強さ

(A : 富貴赤土、B : 富貴赤土/汚泥焼却灰=80/20、
C : 頁岩粘土、D : 頁岩粘土/汚泥焼却灰=80/20)

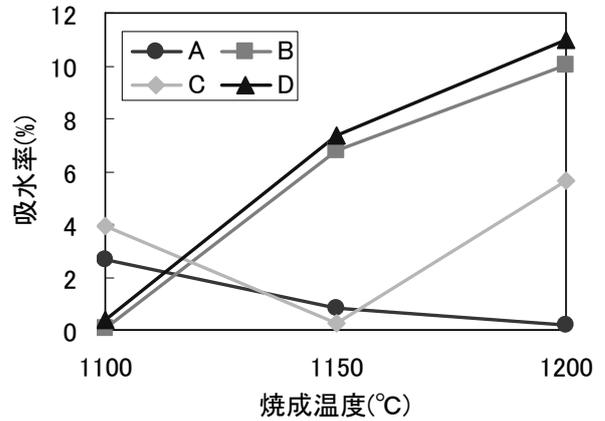


図4 常滑産粘土の吸水率

(A : 富貴赤土、B : 富貴赤土/汚泥焼却灰=80/20、
C : 頁岩粘土、D : 頁岩粘土/汚泥焼却灰=80/20)

3.3 第3成分添加による焼成体の物性変化

富貴赤土、汚泥焼却灰に各種第3成分を添加した素地

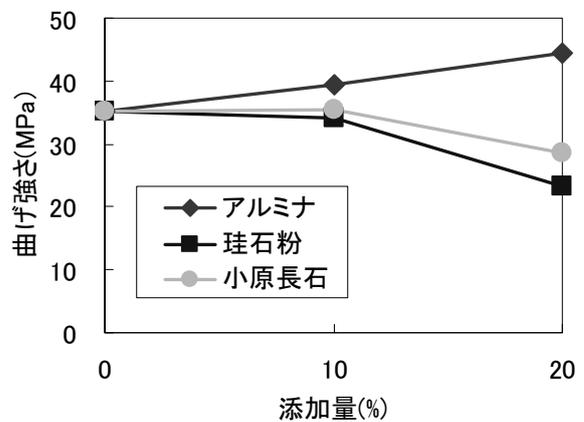


図5 第3成分添加による曲げ強さ変化
(富貴赤土/汚泥焼却灰系 : 1150℃焼成)

の1150℃焼成物の曲げ強さを図5に示す。アルミナについては、添加量を増やすに従い曲げ強さが向上するが、珪石粉の場合は添加量を増やすに従い曲げ強さが低下した。小原長石の場合も添加量を増やすに従い曲げ強さは低下するものの、珪石粉と比較すると、低下の程度は小さかった。第3成分としてはアルミナが適当ではあるが、実用上はより安価な小原長石が妥当と考えられた。ただし、小原長石は添加量を増やすに従い、焼成体が発泡し始めたため、富貴赤土、汚泥焼却灰と組み合わせて1150℃焼成に用いるのは不適當と考えられる。

粘土に富貴赤土より耐火度の高い品野白土Aを用いた焼成体の焼成収縮を図6に示す。1100℃焼成では、小原長石の添加量を増やすに従い、焼成収縮は大きくなった。1150℃焼成では30%添加までは焼成収縮は大きくなったが、さらに添加量を増やした場合には焼成収縮はほぼ一定となった。

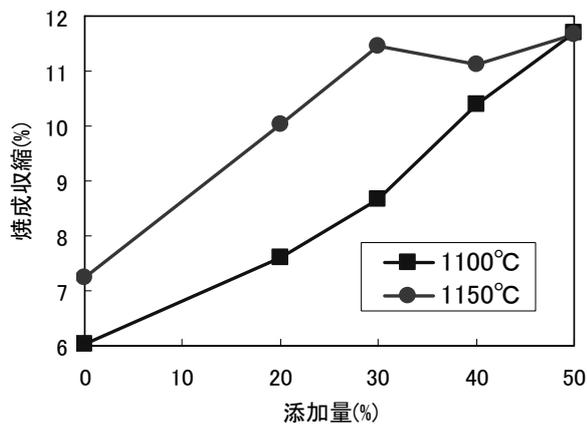


図6 小原長石添加による焼成収縮変化
(品野白土A/汚泥焼却灰系)

図7に小原長石の添加量を変化させた場合の曲げ強さ変化を示す。1100℃焼成では添加量に従い曲げ強さは向上するのに対し、1150℃焼成では40%添加で最大の曲げ強さを示した。1100℃焼成よりも1150℃焼成で曲げ

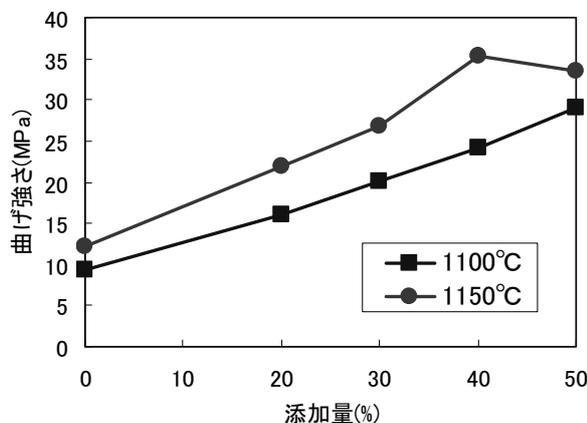


図7 小原長石添加による曲げ強さ変化
(品野白土A/汚泥焼却灰系)

強さの大きな焼成体が得られているため、品野白土A/汚泥焼却灰/小原長石=40/20/40の調合物は1150℃焼成用素地として最適である。

図8に小原長石添加による吸水率変化を示す。1100℃焼成では、添加量を増やすに従い吸水率は低下した。1150℃焼成では1100℃焼成よりも低い吸水率を示し、40%以上添加した場合には吸水率はほとんどゼロになった。以上の結果より、1150℃焼成用の素地としては、常滑産粘土より耐火度の高い瀬戸産粘土を用いるのが適正である。

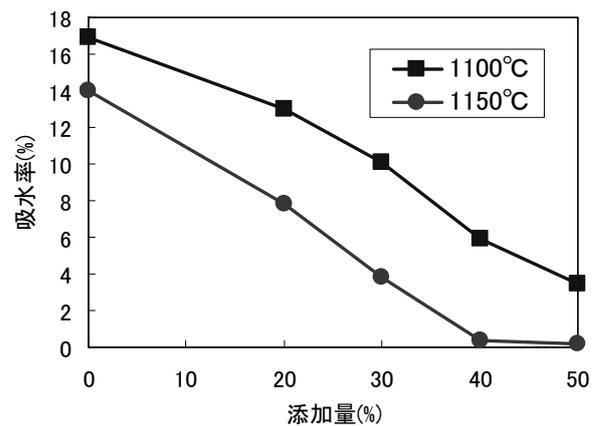


図8 小原長石添加による吸水率変化
(品野白土A/汚泥焼却灰系)

3.4 押出成形用高強度素地の物性評価

図9に品野白土A/汚泥焼却灰/小原長石=40/20/40調合物(以下高強度素地と記す)の粒度分布を示す。粒度分布の測定は、汚泥焼却灰と同様の手法である。混練のみの場合には1mm全通で、99%が45μm以下の粒子からなる。一方でポットミル粉碎したものは、30μm以下の粒子で構成されている。

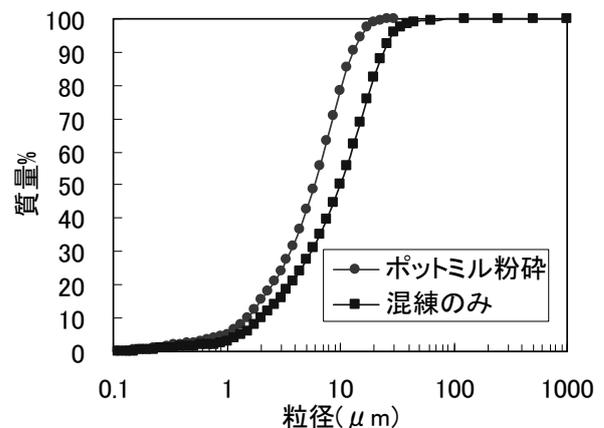


図9 押出成形用素地の粒度分布

図10に押出成形体の焼成体破断面を示す。混練のみ、ポットミル粉碎物のどちらも1150℃焼成で最もよく焼き締まり、1200℃では発泡による膨張が始まっているのが見て取れる。混練のみの場合には粗い粒子が混入して

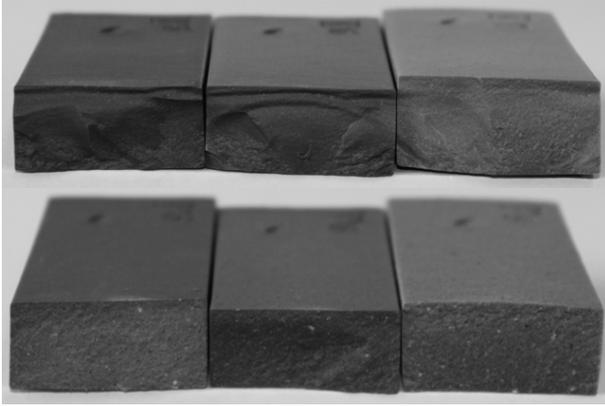


図 10 押出成形体の焼成物

(上はポットミル湿式粉碎、下は混練のみ、
焼成温度は左から 1100, 1150, 1200°C)

いるが、ポットミル粉碎物では破断面の素地のきめが細かい。

図 11 に高強度素地の焼成収縮を示す。1150°C 焼成の時に最も焼成収縮が高くなった。単に混練するよりはポットミル粉碎をした方がより焼成収縮が大きくなる。

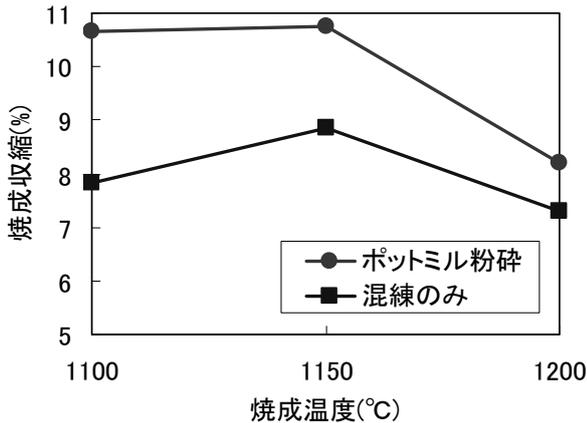


図 11 高強度素地の焼成収縮

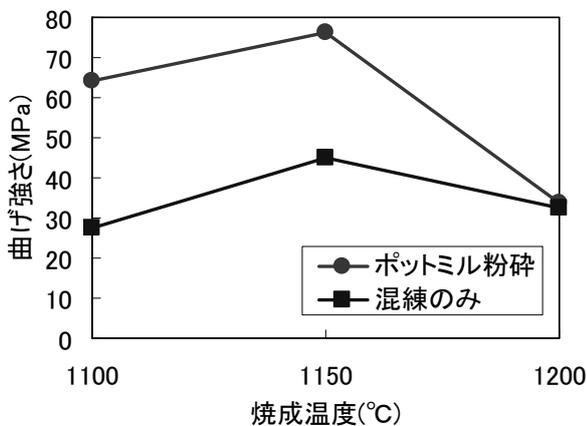


図 12 高強度素地の曲げ強さ

図 12 に高強度素地の曲げ強さを示す。湿式ボールミル粉碎処理することで、1100, 1150°C 焼成で曲げ強さ 50MPa を上回る押出成形用高強度素地が得られた。混練のみの場合には 50MPa を下回った。

図 13 に吸水率を示す。混練のみの場合には 1150°C で吸水率が最低になったが、ポットミル粉碎の場合には 1100°C でも吸水率がほぼゼロになった。ポットミル粉碎により粒子が微細化した影響で最適焼成温度はやや低下しているが、1150°C で使用可能な素地と言える。

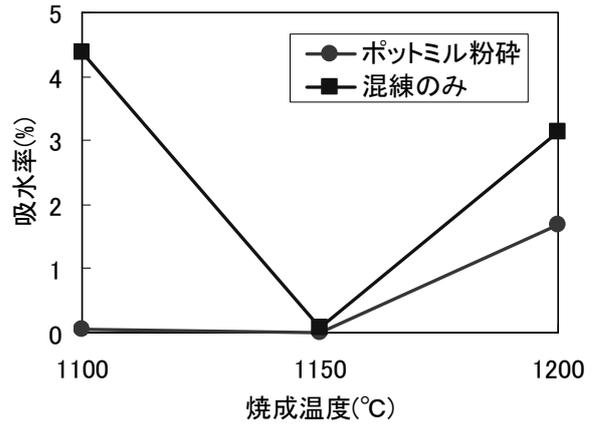


図 13 高強度素地の吸水率

4. 結び

汚泥焼却灰のリサイクル材を 20%以上配合し、1150°C 焼成体の曲げ強さが 50MPa となる押出成形用高強度素地の開発を目指した。品野白土 A/汚泥焼却灰/小原長石 = 40/20/40 の調合物を 24 時間ポットミル湿式粉碎処理することで、1150°C 焼成で曲げ強さ 50MPa を上回る押出成形用高強度素地が得られた。

謝辞

今回実験に使用した汚泥焼却灰を御提供頂いたシンエツセラコン株式会社の栗原正孝技術部長に深く感謝申し上げます。