

瓦用配合粘土の粒度組成が機械的強度に及ぼす影響

島村 修 田中 愛造 浅井 邦雄 伊藤 征幸

Effects of Particle-size Distribution
on Mechanical Strength of Mixed Roof Tile Clay
by

Osamu SHIMAMURA, Aizo TANAKA,
Kunio ASAI and Tatsuyuki ITO

瓦用配合粘土を $5\mu\text{m}$ 以下、 $5\sim 63\mu\text{m}$ 、 $63\mu\text{m}$ 以上の粒子径になるように水簸処理により分級した後、これらを瓦用配合粘土に加え、収縮および機械的強度への効果を調べた。 $5\mu\text{m}$ 以下になるように分級した粒子を加えた素地は強度が大きくなると同時に収縮も大きくなった。 $5\sim 63\mu\text{m}$ になるように分級した粒子を加えた素地は収縮、強度の変化は少なく、 $63\mu\text{m}$ 以上になるように分級した粒子を加えた素地は強度は低下し、収縮は小さくなった。

1. ま え が き

粘土瓦、タイル等の建築用陶器は、寸法のバラツキ、機械的強度の低下、凍害、白華、さびによる変色等の欠点が生ずる。これらの欠点に影響を与える因子の1つに素地の粒度分布が考えられる。

本研究は、瓦用配合粘土を標準試料として、これに $5\mu\text{m}$ 以下、 $5\sim 63\mu\text{m}$ 、 $63\mu\text{m}$ 以上の各粒子径になるように分級した粒子を配合して、素地の粒度分布が収縮、機械的強度に及ぼす影響を検討した。

2. 試 料

2.1 試料の調製

瓦用配合粘土を約3%の懸濁液とし、十分解膠分散させた。2時間静置後、水面より深さ30cmの位置より懸濁液を採取し、フィルタープレスによりケーキとして取り出し、乾燥後粉碎したものを粘土分試料（以下記号A試料）とした。水面よりの深さ30cm以下の粗粒部を篩目の開き $63\mu\text{m}$ の篩を全通したものをシルト分試料（以下記号B試料）とし、篩上残査を砂分試料（以下記号C試料）とした。次に建築陶器用素地の代表として、瓦用配合粘土（以下記号M試料）を標準試料とした。なおM試料の配合比率は三河粘土55%、三好粘土20%、珪砂廃土20%および頁岩粘土5%である。

2.2 鉱物組成、化学組成および粒度分布

M試料の主要構成鉱物は石英、長石、カオリナイト鉱物で、その他に少量の雲母鉱物が認められた。A試料はカオリナイト鉱物が主要構成鉱物で、

その他にモンモリロナイトおよび雲母鉱物が認められた。BおよびC試料は石英、長石が主要構成鉱物であった。

次にA、B、CおよびM試料の粒度分析結果を図1に示す。図よりA試料は $5\mu\text{m}$ 以下の粒子を75.5%含有し、粘土分は最も多い。B試料は $5\sim 63\mu\text{m}$ のシルト領域の粒子を58.7%含んでいる。C試料は $63\mu\text{m}$ 以上の粒子を68.6%含み砂含有率が最も多い。M試料は微粒子から粗粒子まで一様に分布し、粒子の偏りは少ない。

次にA、B、CおよびM試料の化学組成を表1に示す。A試料はB、C試料にくらべて SiO_2 成分が少なく、 Al_2O_3 成分が多い。その他 Fe_2O_3 、 Na_2O 成分も多い。一方 SiO_2 および K_2O 成分はC試料に多く含まれるのが特徴である。

3. 試 験 方 法

M試料にA、B、C試料を表2に示す割合で加えて12種類の乾粉を配合した。試験体は、乾粉を攪拌機で十分混合した後、水を加えてよく混練して坯土を調製し、これを石膏型による型起しにより $25\text{mm}\phi \times 240\text{mm}$ の丸棒を成形した。室内で風乾後 110°C の温度に保たれた乾燥器中で乾燥し、冷却後乾燥収縮率と乾燥曲げ強度を測定した。次に乾燥した試験体をガス炉で 1000 、 1100 および 1200°C の温度で焼成した。この試験体について、焼成収縮率と焼成曲げ強度を測定した。

表1 試料の化学組成

(%)

	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
M試料	6.15	66.3	19.2	3.56	0.58	0.53	0.61	2.28	0.81
A試料	10.9	51.7	27.1	4.66	0.78	0.31	0.65	1.67	3.08
B試料	2.67	74.6	13.2	3.89	0.31	0.27	0.44	3.81	1.05
C試料	0.71	83.5	10.4	0.94	0.13	0.47	0.18	4.05	0.79

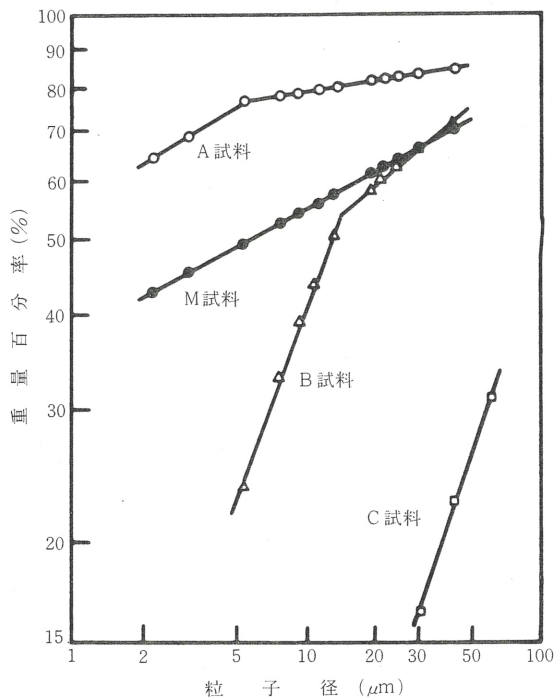


図1 試料の粒度分布図

表2 素地の配合割合

(%)

M試料	A試料	B試料	C試料
100			
80	20		
60	40		
40	60		
	100		
80		20	
60		40	
40		60	
		100	
80			20
60			40
40			60

4 試験結果と考察

4.1 乾燥素地の物理的性質

4.1.1 乾燥収縮率

M試料にA, B, C試料を配合した時の乾燥収縮率を図2に示す。図よりM試料単味素地は7.5

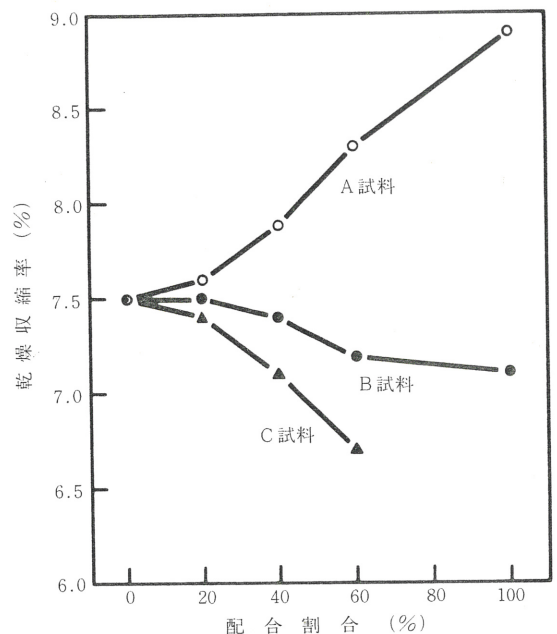


図2 乾燥収縮率に及ぼすA, B, C試料の配合効果

%の収縮を示し、A試料を配合した時は収縮率は大きくなる。B試料を配合した場合はやや収縮率は減少する。同様にC試料を配合した場合の収縮率の減少は著しく、60%配合した素地は6.7%に減少し、M試料単味素地に比べて0.8%小さくなり、例えば成形時の瓦の寸法を35cmとすれば約3mm減少したことになる。

4.1.2 乾燥曲げ強度

図3にM試料にA, B, C試料を配合した時の乾燥曲げ強度を示す。M試料単味素地は50kgf/cm²で、A試料の配合量が増すほど強度は大きくなり、逆にB, C試料の配合量が増すほど強度は低下する。特にC試料を配合した場合に強度の低下が著しく、60%配合した素地は26kgf/cm²に減少した。

この場合、乾燥時の瓦の厚さを16mmとして、粘土がわら JIS A 5208により曲げ破壊荷重を算出すると70kgfになる。

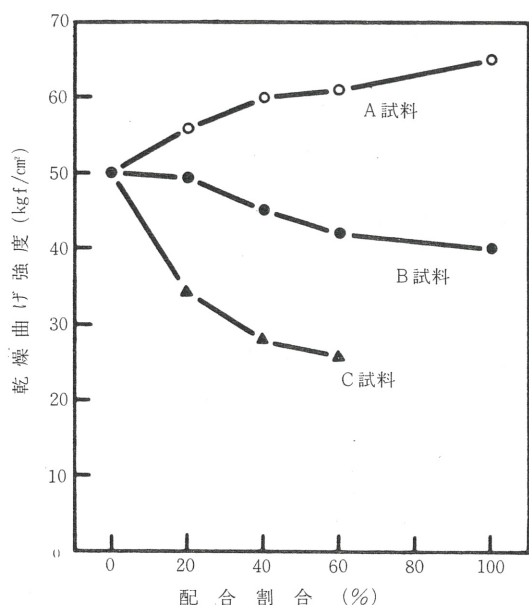


図3 乾燥曲げ強度に及ぼすA, B, C試料の配合効果

4. 2 焼成素地の物理的性質

4. 2. 1 焼成収縮率

図4に、M試料にA試料を配合した場合の焼成

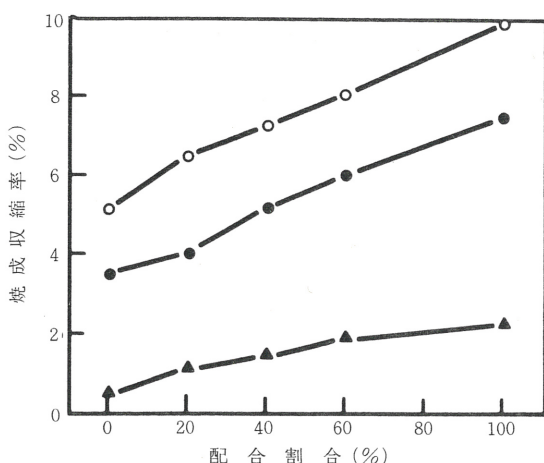


図4 焼成収縮率に及ぼすA試料の配合効果

焼成温度 ▲ 1000°C ● 1100°C ○ 1200°C

収縮率を示す。1000, 1100および1200°Cのいずれの焼成温度もM試料単味素地の焼成収縮率が最も小さく、これにA試料の配合量が多くなるほど

焼成収縮率は大きくなる。次に1000°C焼成した場合のM試料単味素地の焼成収縮率は0.5%であり、A試料単味素地は2.2%の焼成収縮率でその差が1.7%であるのに対し、1200°C焼成ではM試料単味素地は5.1%, A試料単味素地は9.8%の焼成収縮率を示し、その差は4.7%と大きくなるのが特徴である。また1100°C以上の焼成温度では焼成収縮率がM試料単味およびM試料にA試料を配合した素地は3.5%以上になり、寸法精度には注意を要する。

図5にM試料にB試料を配合した場合の焼成収

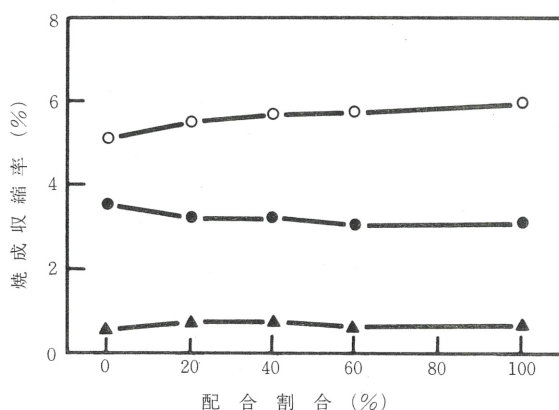


図5 焼成収縮率に及ぼすB試料の配合効果

焼成温度 ▲ 1000°C ● 1100°C ○ 1200°C

縮率を示す。M試料にB試料を配合した場合の焼成収縮率は配合割合を多くしても焼成収縮率は各焼成温度ともほぼ一定値を示した。1000°C焼成の場合は0.6~0.7%, 1100°C焼成の場合は3.1~3.2%, 1200°C焼成の場合は5.5~6.0%の値を示した。

図6にM試料にC試料を配合した場合の焼成収縮率を示す。C試料はその配合割合が増すほど焼成収縮率は減少し、60%配合した素地の焼成収縮率は1200°C焼成の場合は2%以下、1000°C焼成の場合は0.0%と無収縮であった。

4. 2. 2 焼成曲げ強度

図7にM試料にA試料を配合した時の焼成曲げ強度を示す。1000°C焼成素地はM試料にA試料を多く配合するほど曲げ強度は大きくなる。1100°Cおよび1200°C焼成素地は配合量が多くなるほど曲げ強度は大きくなるが、その増加率は1000°C焼成素地より大きい。特に1200°C焼成素地はA試料の配合量を多くすると曲げ強度の増加する割合が著

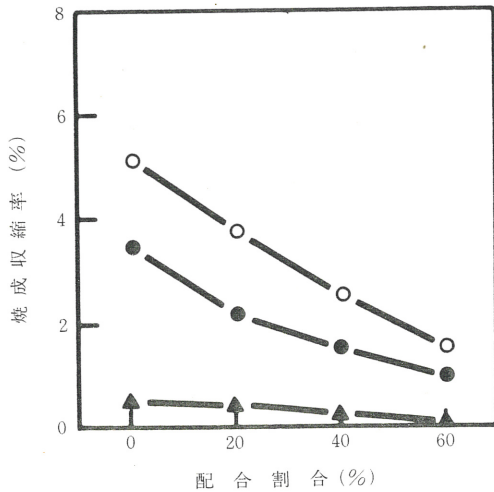


図6 焼成収縮率に及ぼすC試料の配合効果

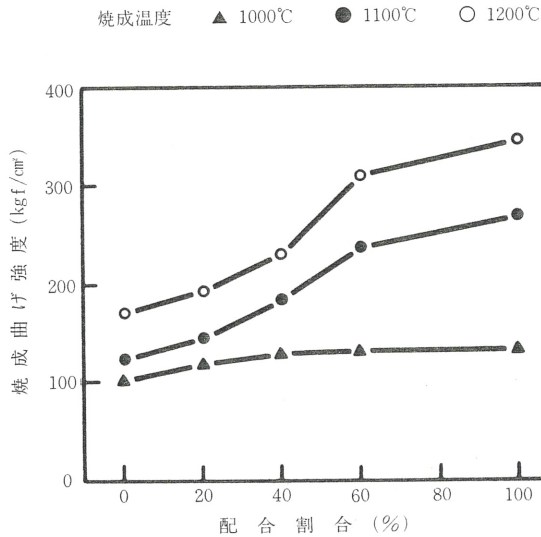


図7 焼成曲げ強度に及ぼすA試料の配合効果

焼成温度 ▲ 1000°C ● 1100°C ○ 1200°C

しい。これは原料中の長石がガラス化あるいは粘土鉱物がムライト化するためと、真気孔率や見かけ気孔率などの気孔率が減少するためである。

図8にM試料にB試料を配合した時の焼成曲げ強度を示す。1000°Cおよび1100°C焼成素地はB試料を配合しても曲げ強度を大きくする効果は少ない。1200°C焼成素地はB試料を40%配合した素地で曲げ強度はM試料単味素地に比べて約50kgf/cm²同様に60%配合した素地で約110kgf/cm²曲げ強度は大きくなる。これはA試料を配合した場合の効果と同様に、試料中の構成鉱物の変化が著しいためと、気孔率が減少し、このため曲げ強度を大き

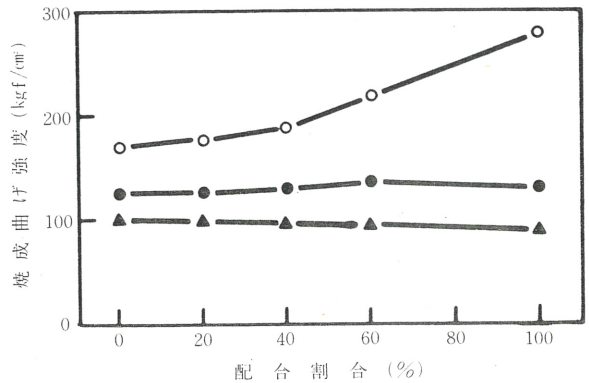


図8 焼成曲げ強度に及ぼすB試料の配合効果

焼成温度 ▲ 1000°C ● 1100°C ○ 1200°C

くしたものと思われる。

図9にM試料にC試料を配合した時の焼成曲げ

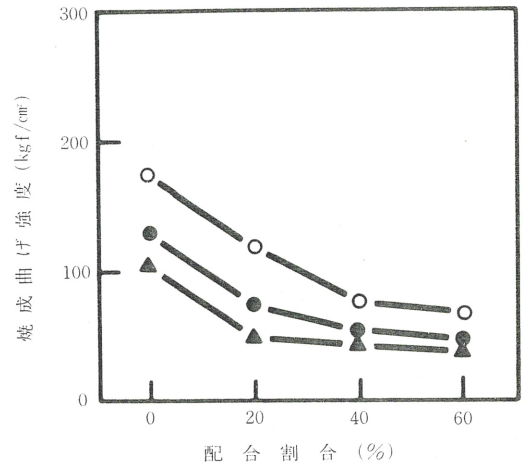


図9 焼成曲げ強度に及ぼすC試料の配合効果

焼成温度 ▲ 1000°C ● 1100°C ○ 1200°C

強度を示す。いずれの焼成温度で焼成した素地もその配合量が増すほど、曲げ強度は減少する。これはC試料が主に石英や長石の粗い粒度で構成されており、また長石が十分にガラス化していないためと思われる。

5. まとめ

1. 乾燥収縮率および乾燥曲げ強度は、M試料にA試料の配合量が多くなるほど大きくなり、逆にC試料を多く配合した場合は減少する。B試料は配合量に関係なくほぼ一定値を示した。
2. M試料にA試料を配合した時の焼成収縮率および焼成曲げ強度は配合量が増すほど大きくな

る。このことより粘土分を多く含む原料は収縮、強度を大きくする効果がある。

3. M試料にB試料を配合した時の焼成収縮率および焼成曲げ強度は配合量に関係なくほぼ一定値を示した。このことより、石英、長石等より構成され、シルト領域の粒度構成よりなる原料

は増量剤としての活用が期待できる。

4. M試料にC試料を配合した時の焼成収縮率および焼成曲げ強度は配合量が増すほど減少する。これより、砂分を多く含む原料は、強度を低下させる反面、収縮率は減少するため、寸法精度を高める効果が著しい。