

シラス、耐火石添加による瓦用配合粘土の 低温焼成に関する研究

榊原 満 永柳 辰一

Study on Low Firing of Mixed Roof Tile Clay by
Adding Shirasu or Kōkaseki
by

Mitsuru SAKAKIBARA and Tatsuchi NAGAYANAGI

瓦用配合粘土に、シラス、耐火石を添加して焼成温度の低下を試みた。その結果、シラス、耐火石とも添加量を増すことにより吸水率が低下し、50%の添加により焼成温度を50℃低下させることができた。しかし、その反面、乾燥曲げ強度、焼成曲げ強度の低下等のデメリットも現われた。特に乾燥曲げ強度については、50%添加時で瓦用配合粘土単味のものと比較して、シラスの場合46.9%、耐火石で41.0%となり、大幅に低下していることがわかった。

1. ま え が き

三河地区の瓦用配合粘土は1100℃で焼成されているが、燃料重油の高騰により瓦1枚当り20円程度になり（1ℓ当り80円換算）、製造原価に占める割合は30%前後になっている。このため、燃料節減に対する粘土瓦業界の意欲は強く、炉壁の断熱、台車の軽量化、省エネルギー窯への改築等が盛んに行われているが、これらはいずれも窯の構造面からの取り組みであり、原料面からの省エネルギーの検討はほとんどなされていなかった。

本研究では、原料面からの省エネルギーを図るため、瓦用配合粘土に低温溶融原料を添加することにより焼成温度を低下させようとするもので、低温溶融原料としてシラスと耐火石をそれぞれ添加した場合の効果を検討した。

度がSK6で、非常に低温で溶融する。また、組成的にも長石、石英、ガラス質物が主成分となって

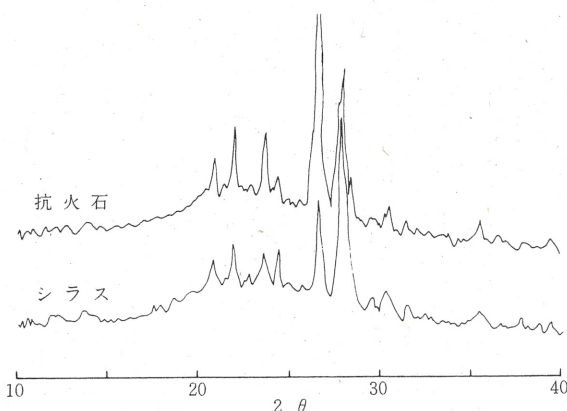


図1 X線回折図

2. 実験方法

2.1. 使用原料の性状

瓦用配合粘土は市販のものを使用した。原料土の配合割合は表1のとおりである。使用したシラスは鹿児島県志布志町産、耐火石は東京都新島産のもので、耐火度、粒度分布等の基礎性状は表2のとおりである。シラスと耐火石はどちらも耐火

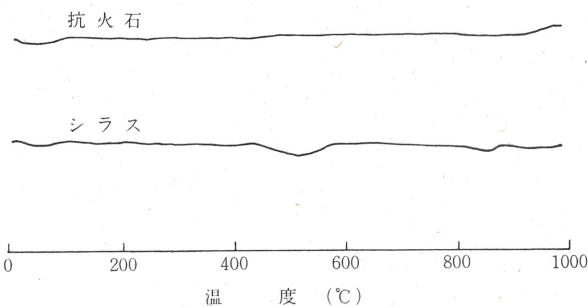


図2 示差熱分析曲線

表1 原料土の配合割合

原料土	三河粘土	山砂利廃土	山土	頁岩
配合割合(%)	46.4	25.2	22.2	6.2

表2 低温溶融原料の基礎性状

原料名	耐火度 (SK)	化学分析値 (wt%)								粒度分布 (wt%)			真比重	主要な構成鉱物
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	lg. loss	44 μm 以下	44 μm~ 250 μm	250 μm 以上		
シラス	6	72.3	13.0	2.32	1.48	0.36	3.31	3.12	2.91	18.6	39.5	41.9	2.40	斜長石, 正長石, 石英, ガラス質物
抗火石	6	78.8	11.3	0.82	0.67	0.18	2.50	4.08	0.89	4.4	22.2	73.4	2.38	そう長石, 正長石, 石英, ガラス質物

おり、極めてよく似ている。しかし、図1のシラスのX線回折図と抗火石のX線回折図を比較した場合、石英のピークがシラスの場合は小さいのに対して、抗火石の場合はかなり大きく出ている。

図2にシラスと抗火石の示差熱分析曲線図を示す。シラスも抗火石もともに吸熱のピークは非常に小さい。

2.2 原料の調合及び試験

配合粘土は風乾後フレットミルで粉碎し、1680 μmの篩全通のものを、シラス及び抗火石については710 μmの篩全通のものを使用して、シラス及び抗火石をそれぞれ10, 20, 30, 40及び50%の割合で配合粘土と調合した。これを可塑水分で練り、石膏型で手起し成形によりテストピースを作成した。このテストピースを室内で自然乾燥させた後110℃で乾燥し、乾燥収縮率等乾燥性状を測定し

た。次に焼結状態をみるため1050, 1100及び1150℃の3点で電気炉を用いて焼成し、焼成収縮率、焼成曲げ強度等焼成性状を測定した。

目的としたのは、現在の配合粘土を使用した瓦の焼成温度を1100℃から1050℃にすることで、配合粘土に低温溶融原料を添加したものを1050℃で焼成した時に、配合粘土を1100℃で焼成した時と同じ焼結状態が得られることである。

3. 実験結果

配合粘土にシラスを添加した場合の諸物性を表3に、抗火石を添加した場合の諸物性を表4に表わす。焼結状態は吸水率で判定したが、配合粘土単味の試料を1100℃で焼成した時の吸水率は9.6%であり、シラス又は抗火石の添加試料を1050℃で焼成したものの吸水率がこの値以下になるのは、

表3 配合粘土にシラスを添加した場合の物性

添加量 (%)	焼成温度 (℃)	乾燥収縮率 (%)	乾燥曲げ強度 (kg/cm ²)	焼成収縮率 (%)	焼成曲げ強度 (kg/cm ²)	吸水率 (%)	減圧吸水率 (%)	飽和係数	かさ比重	見掛け比重	見掛け孔隙率 (%)
0	1050			2.1	115	12.6	14.8	0.85	1.87	2.60	27.8
	1100	6.3	25.6	3.8	131	9.6	12.2	0.79	1.96	2.58	24.1
	1150			4.6	191	6.9	9.8	0.71	2.03	2.54	19.9
10	1050			2.3	120	12.5	15.2	0.82	1.85	2.58	28.2
	1100	5.9	22.0	3.7	117	9.6	12.5	0.77	1.94	2.56	24.2
	1150			4.9	202	6.9	10.1	0.68	2.01	2.52	20.3
20	1050			2.5	103	11.9	15.2	0.79	1.84	2.56	27.9
	1100	5.3	15.5	4.1	148	9.3	12.6	0.73	1.92	2.54	24.4
	1150			5.3	167	6.7	10.2	0.65	1.99	2.50	20.3
30	1050			3.0	95	12.3	16.1	0.76	1.79	2.54	29.0
	1100	4.6	15.0	4.2	123	9.4	13.1	0.72	1.89	2.52	24.7
	1150			5.8	166	6.5	10.0	0.65	1.99	2.49	19.9
40	1050			3.6	111	11.0	14.9	0.74	1.82	2.50	27.1
	1100	3.5	12.6	4.8	114	8.0	12.0	0.66	1.91	2.48	22.9
	1150			5.9	157	5.1	8.8	0.58	2.01	2.45	17.8
50	1050			4.3	86	9.0	15.7	0.63	1.78	2.47	28.0
	1100	2.2	12.0	6.4	112	7.1	11.7	0.61	1.91	2.46	22.2
	1150			7.2	138	5.4	9.8	0.55	1.96	2.43	19.3

表4 配合土に抗火石を添加した場合の物性

添加量 (%)	焼成温度 (℃)	乾燥収縮率 (%)	乾燥曲げ強度 (kg/cm ²)	焼成収縮率 (%)	焼成曲げ強度 (kg/cm ²)	吸水率 (%)	減圧吸水率 (%)	飽和係数	かさ比重	見掛け比重	見掛け孔隙率 (%)
0	1050			2.1	115	12.6	14.8	0.85	1.87	2.60	27.8
	1100	6.3	25.6	3.8	131	9.6	12.2	0.79	1.96	2.58	24.1
	1150			4.6	196	6.9	9.8	0.71	2.03	2.54	19.9
10	1050			2.3	107	11.7	14.3	0.82	1.88	2.57	27.0
	1100	5.7	23.7	3.6	144	8.9	11.8	0.75	1.96	2.56	23.2
	1150			4.7	165	6.3	9.2	0.69	2.06	2.52	19.0
20	1050			1.6	89	11.7	14.8	0.79	1.86	2.55	27.6
	1100	6.1	17.5	3.8	123	8.6	11.7	0.74	1.95	2.54	22.9
	1150			4.8	173	6.4	9.9	0.65	2.01	2.50	19.9
30	1050			2.7	100	10.6	13.9	0.77	1.86	2.53	26.0
	1100	4.9	13.4	3.9	126	7.9	11.6	0.68	1.93	2.51	22.5
	1150			5.3	166	5.6	9.2	0.62	2.01	2.47	18.6
40	1050			2.9	100	9.8	13.6	0.73	1.87	2.51	25.5
	1100	3.4	12.3	3.3	102	8.0	11.7	0.68	1.93	2.50	22.7
	1150			5.3	140	5.4	9.2	0.58	2.01	2.47	18.6
50	1050			3.4	84	9.5	14.0	0.68	1.83	2.48	25.9
	1100	3.1	10.5	5.0	101	8.0	12.7	0.64	1.89	2.47	23.8
	1150			6.3	124	4.7	9.3	0.53	2.00	2.44	18.9

両者とも50%添加した時である。

3. 1 シラスを添加した時の効果

シラス添加量と吸水率の関係を図3に示す。添加量30%までは吸水率の低下はゆるやかであるが、30%をこえると勾配がきつくなり、焼結効果が急速に現われていることがわかる。1050℃焼成の曲線を見ると47.5%添加のところで吸水率が9.6%に達しており、焼成温度の50℃低下が可能である。

収縮率をみると、乾燥収縮率では配合粘土単味の場合が6.3%であるのに対し、シラスの添加量とともに減少し、50%添加では2.2%と非常に小さくなっている。焼成収縮率では、1100℃焼成の場合、配合粘土単味の場合は3.8%であるのに対して、50%添加のものは6.4%とかなり大きくなっている。全収縮率でみると、添加量の増加とともに小さくなり、配合粘土単味が9.9%であるのに対し、50%添加のものでは8.5%となっており寸法精度の向上に効果が認められる。

曲げ強度をみると、乾燥曲げ強度は配合粘土単味のものが25.6kgf/cm²であるのに対して、シラス添加量の増加とともに低下し、50%添加では12.0kgf/cm²と46.9%の強度になっている。焼成曲げ強度も同様に低下の傾向を示し、1100℃焼成の場合で比較すると、配合粘土単味のものが131kgf/cm²であるのに対して50%添加のものが112kgf/cm²と

なっている。

耐寒性の目安となる飽和係数は添加量の増加とともに減少し、良好な結果が得られた。

3. 2 抗火石を添加した時の効果

抗火石添加量と吸水率の関係を図4に示す。抗火石の場合シラスと異なり、添加量の増加に比例して直線的に吸水率が低下し、50%添加で、1050℃焼成のものの吸水率が9.6%となり、焼成温度の50℃低下が可能である。

収縮率をみると、乾燥収縮率は抗火石添加量の増加とともに小さくなる。50%添加では3.1%でシラスの場合よりは大きいものの、配合粘土単味と比較すれば半分程度となっている。焼成収縮率は1100℃焼成の場合、配合粘土単味が3.8%、50%添加のものが5.0%でシラスの場合よりはかなり小さくなっている。全収縮率では配合粘土単味が9.9%に対し、50%添加のもので7.9%となっており、シラスの場合よりも良い結果が得られた。

曲げ強度をみると、乾燥曲げ強度は添加量の増加とともに減少し、50%添加では10.5kgf/cm²で配合粘土単味の41%に落ちている。焼成曲げ強度も同様に低下の傾向を示し、1100℃焼成の場合101kgf/cm²となっている。

飽和係数は添加量の増加とともに減少し、シラスと似たような結果が得られた。

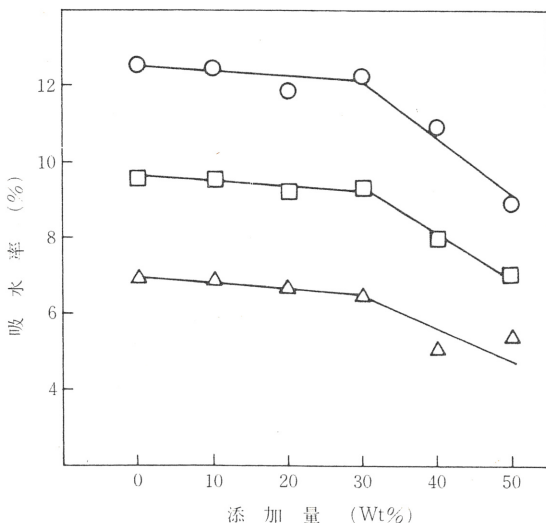


図3 シラス添加量と吸水率

○1050℃ □1100℃ △1150℃

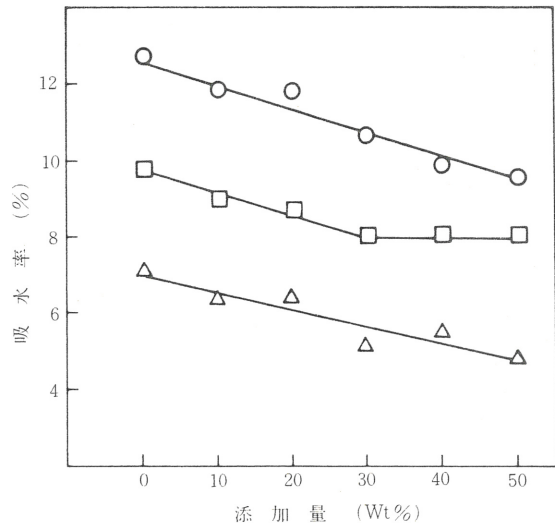


図4 抗火石添加量と吸水率

○1050℃ □1100℃ △1150℃

4. ま と め

瓦用配合粘土の焼成温度を50℃低下させるため低温溶融材としてシラス及び抗火石を用いて調合試験を行い、次のような結果を得た。

① シラスを瓦用配合粘土に50%近く添加すると焼成温度を50℃低下させることができる。しかし、配合粘土単味のものと比較して乾燥曲げ強度は47%、焼成曲げ強度は70%程度に減少する。

② 抗火石を瓦用配合粘土に50%添加すると焼成温度を50℃低下させることができる。しかし、配合粘土単味のものと比較して、乾燥曲げ強度は41%、焼成曲げ強度は63%程度に減少する。

③ シラスと抗火石を比較すると、X線回折、化学分析の結果からみて、シラスの方が石英が少ないため冷め割れが起きにくく、また、焼成温度低下の効果もやや大きい。