

研究論文

瓦用原料の調査研究

—砂利排土の窯業基礎性状—

鈴木陽子*¹、竹内繁樹*¹、松下福三*²Investigation of Roof Tile Materials
—Basic Properties of the Elutriation Clay—Yoko SUZUKI*¹, Shigeki TAKEUCHI*¹ and Fukuzo MATSUSHITA*²Tokoname Ceramic Research Center, AITEC *¹*²

製土メーカーが瓦用原料として、実際に使用している砂利排土（11種類）の窯業性状に関する基礎的なデータを得た。砂利排土は、粗粒がほとんどなく粘土分に富むものが多く見られた。成形性に関しては、水分に対して敏感な土が多く、砂利排土単味での利用には水分管理が重要であることが分かった。曲げ強さは、砂利排土単味品と配合粘土品を比較した結果、強度差はほとんど見られなかった。しかし、吸水率は、砂利排土単味品の方が10%程度高い値を示した。このことから、砂利排土の割合増加は、同時に瓦自体の吸水率を増加させることが分かった。

1. はじめに

愛知県三河地区は、粘土瓦を中心とした窯業建材品の産地である。三州瓦発祥の頃の瓦用素地は、安城市一帯で産出されていた三河粘土が100%であったが、現在は三河粘土に加え、山土、砂利排土（砂利・珪砂採取時に発生する粘土質原料）とシャモットを加えた配合粘土が主流となっている（図1）。

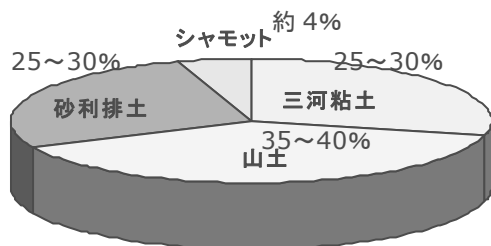


図1 配合粘土の原土比率

毎年約200万トンにも及ぶ大量の配合粘土を使用する粘土瓦業界では、瓦用原料の安定確保と供給が課題となっている。

本研究は、瓦品質の安定化につなげるため、原料の調査研究を継続して行ない、原料の各種特性基礎資料を得ることを目的とした。そこで、今年度は、採掘量が減少している三河粘土の代わりに配合量が増加する傾向にある砂利排土について調査を行った。

2. 実験方法

2.1 調査試料

表1 試料番号と産出場所

NO.	産出場所	NO.	産出場所
1	瀬戸市内	7	豊田市内
2	碧南市内	8	尾張旭市内
3	安城市内	9	瀬戸市内
4	瀬戸市内	10	瀬戸市内
5	豊田市内	11	豊田市内
6	瀬戸市内		

本調査研究では、製土メーカーが実際に使用している砂利排土で、瀬戸・豊田市を中心に県内各地で産出されている11種類の試料について調べた。表1に試料番号と産出場所を示す。なお、各種特性評価は、分級などの前処理することなく、採取した砂利排土をそのまま使用して測定した。

2.2 試験項目と測定方法

2.2.1 化学組成

化学分析は $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{TiO}_2, \text{CaO}, \text{MgO}$ 及び K_2O の7成分を蛍光X線分析法により定量分析した。また、 Na_2O は原子吸光法により定量分析した。強熱減量（LOI）は1030℃の強熱法により測定した。

2.2.2 X線回折

粉末X線回折法により鉱物の同定を行った。

*1 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場 *2 常滑窯業技術センター 三河窯業試験場（現常滑窯業技術センター 開発技術室）

2.2.3 粒度測定

45 μ m以上の粗粒子は、湿式ふるい分け法により測定し、45 μ m未満の微粒子はレーザー回折散乱法により測定した。

2.2.4 可塑性

練土試料の可塑性を、ペップファーコロン法により測定し、変形比 ($H_0/H : H_0$ は試験前の練土の高さ、 H は試験後の練土の高さ) が 3.3 のときの含水率を可塑性値 (%) とした。

2.2.5 熱膨張試験

練土を用いて、 ϕ 10mm \times 50mmの円柱試料を作製し、室温で乾燥後、デシケーター中 (相対湿度 75%) で湿分を一定にしたあと、熱膨張測定装置にて熱膨張率を測定した。昇温速度は 4 $^{\circ}$ C/min とした。

2.2.6 乾燥性状

金型 (115 \times 15 \times 10mm) により加圧成形した試験体を用い、110 $^{\circ}$ Cで 24 時間乾燥後の乾燥収縮率を測定した。乾燥収縮率は、成形後と乾燥後の横一辺の長さから算出した。

2.2.7 焼成性状

乾燥収縮率を測定した試験体を焼成し、焼成収縮率、曲げ強度及び吸水率を測定した。焼成条件は、最高温度 1130 $^{\circ}$ Cとし、昇温速度 60 $^{\circ}$ C/h、1 時間保持とした。焼成収縮率は、乾燥後と焼成後の横一辺の長さから算出した。曲げ強度は、スパン 9cm、試験速度 0.5m/min の条件にて 3 点曲げ法で曲げ試験を行い、値を求めた。吸水率は JIS A 5208 の試験方法に準じて試験した。

3. 実験結果及び考察

3.1 化学組成

化学分析結果を表 2 に示す。

平均値は、SiO₂66.7%、Al₂O₃20.1%、Fe₂O₃2.85%、TiO₂0.49%、CaO0.12%、MgO0.40%、Na₂O0.19%、K₂O2.33%であり、LOI は 6.81%であった。いずれの試料も同様の化学組成形態を示した。

次に、化学分析結果をもとに、鉱物組成の定量を算出するノルム計算を行った¹⁾。その平均値は、石英分 36%、粘土分 43%、長石分 16%、その他が 5%であった。瓦素地となる配合粘土は、石英分 36%、粘土分 37%、長石分 22%、その他が 5%である。この結果を比較すると、石英分はほぼ同程度であったが、粘土分が約 6%多く、逆に、長石分が約 6%少なかった。この結果から長石分は、砂利排土以外の原料である三河粘土や山土から補充されていることが分かった。

3.2 鉱物組成

粉末法による X 線回折図を図 2 に示す。

すべての試料から石英、長石、カオリナイト鉱物、雲母粘土鉱物が検出され、ほぼ同等の鉱物組成であることが分かった。

3.3 粒度分布

粒度分析結果を、国際土壌学会法で定められている粒径区分²⁾ (0 \sim 2 μ m, 2 \sim 20 μ m, 20 μ m 以上) により、三角グラフで整理した結果を表 3 に示す。

平均値は、0 \sim 2 μ m 区分が 15.3%、2 \sim 20 μ m 区分が 56.9%、20 μ m 以上の区分が 27.8%であった。20 μ m 以

表 2 化学組成とノルム計算結果

試料番号	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	
化学分析値 (%)	SiO ₂	64.0	64.8	67.2	68.7	66.2	65.4	66.1	66.4	68.8	68.3	67.8
	Al ₂ O ₃	21.5	20.8	19.8	18.9	20.5	20.9	21.0	19.9	18.3	19.4	20.0
	Fe ₂ O ₃	3.42	3.42	2.80	2.65	2.72	3.15	2.48	3.45	2.61	2.57	2.12
	TiO ₂	0.50	0.51	0.52	0.51	0.58	0.41	0.43	0.50	0.48	0.54	0.44
	CaO	0.17	0.20	0.08	0.06	0.17	0.10	0.04	0.14	0.20	0.02	0.13
	MgO	0.41	0.42	0.45	0.38	0.37	0.41	0.36	0.43	0.50	0.32	0.33
	Na ₂ O	0.28	0.33	0.13	0.16	0.15	0.27	0.12	0.34	0.20	0.07	0.03
	K ₂ O	2.31	2.39	2.40	2.21	2.21	2.39	2.17	2.10	2.99	1.97	2.54
	LOI	7.38	7.13	6.65	6.40	7.02	6.96	7.29	6.74	5.90	6.75	6.65
ノルム計算値 (%)	石英分	31.4	33.1	37.4	40.2	36.0	33.8	35.3	36.5	38.8	40.1	37.7
	粘土分	46.0	43.9	42.9	40.8	44.7	44.9	46.5	42.9	36.4	43.4	43.1
	長石分	17.3	17.6	15.2	14.7	14.6	16.6	14.1	15.4	20.5	12.2	15.6
	その他	5.3	5.4	4.5	4.3	4.7	4.7	4.1	5.2	4.3	4.3	3.6

上の区分では、砂利排土の種類による比率の違いは20%近くの差が見られた。

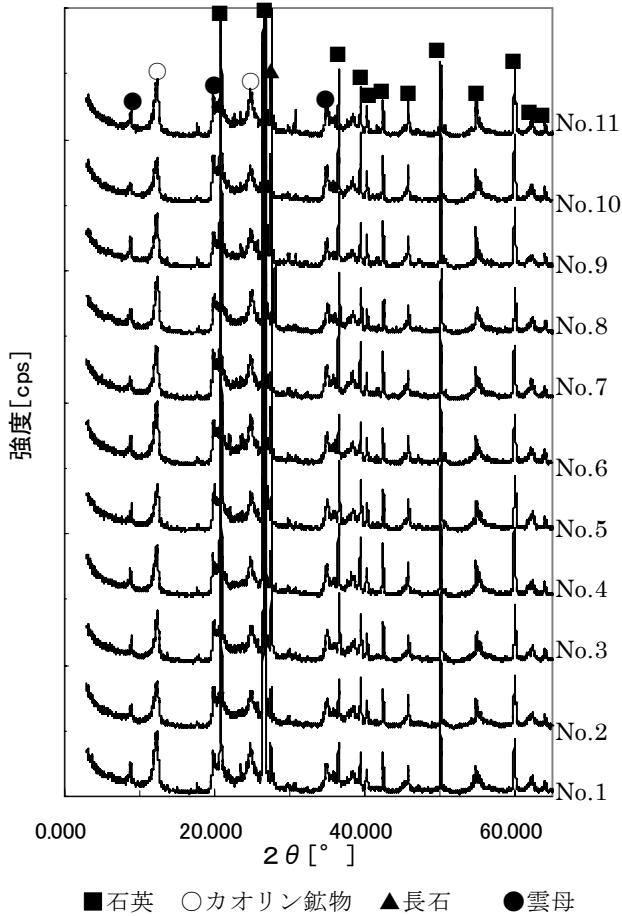


図2 X線回折図

表3 粒度分析結果

NO.	粒度分布 (%)		
	0~2 μm	2~20 μm	20 μm以上
1	14.7	60.7	24.6
2	17.2	59.1	23.7
3	16.9	60.2	22.9
4	17.3	60.0	22.7
5	18.1	61.6	20.3
6	14.0	55.5	30.5
7	17.4	61.9	20.7
8	14.3	55.5	30.2
9	11.6	48.5	39.9
10	17.5	58.3	24.2
11	13.0	49.9	37.1

表4 ペップァーコロン法による可塑性値含水率 (%)

試料番号	可塑性値	
	含水率 (%)	傾き
No. 1	40.8	1.62
No. 2	37.0	1.71
No. 3	38.2	1.77
No. 4	35.6	2.29
No. 5	40.2	1.40
No. 6	38.9	1.54
No. 7	41.0	1.45
No. 8	39.1	1.09
No. 9	31.3	2.26
No. 10	38.1	1.58
No. 11	34.0	1.76

また、ふるい分けの結果から、いずれの砂利排土についても、125 μm以上の粗粒は全体の1%以下であることも分かった。これは、砂利・珪砂採取時の水洗によるものと考えられる。

3.4 可塑性

可塑性値含水率を表4に示す。可塑性値含水率の平均値は37.7%であった。特にNo.1,5,7は、可塑性値含水率が40%以上あり、可塑性が大きいと言える。また、No.1,5,7は比較的粘土分が多いことが共通している。

傾きは、試料の水分に対する敏感さを表す指数で、傾きが小さいほど、含水率が変わっても可塑性への影響が少ないことを表している。したがって、No.8が最も水の影響を受けにくい排土であることが分かった。

3.5 熱膨張

熱膨張曲線を図3に示す。図から明らかなように、いずれの試料も100~300℃付近で付着水の脱水による収縮が、500~600℃の間に石英の存在を示す膨張が現れている。しかし、石英量による最大膨張率の差は見られたが、曲線パターンに大きな違いはなかった。

3.6 乾燥性状と焼成性状

乾燥及び焼成後の物性値を表5に示す。平均値は、乾燥収縮率6.5%、1130℃の焼成収縮率4.1%、吸水率14.1%、曲げ強さ16.1MPaであった。

配合粘土の乾燥収縮率は6.3%、焼成収縮率は4.6%、吸水率は5.1%、曲げ強さは17.6MPaであることと比較すると、乾燥収縮率、焼成収縮率及び曲げ強さは、配合粘土の値とほぼ同じであった。しかし、配合粘土試料の

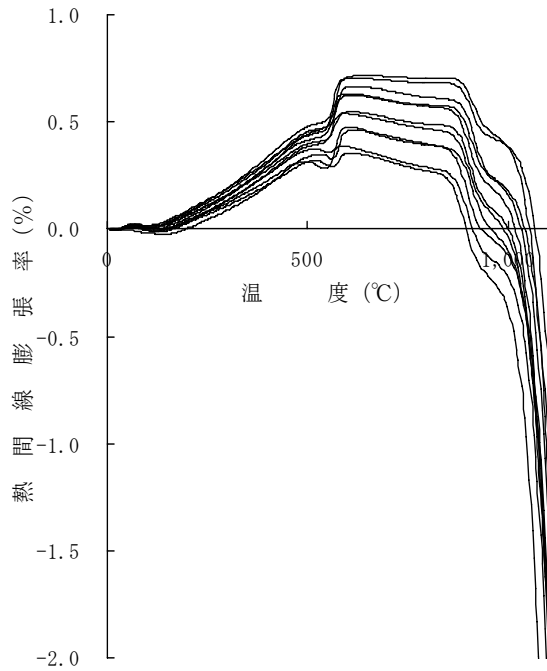


図3 熱膨張曲線図

吸水率が5%前後であるのに対して、約14%と高い値であった。したがって、砂利排土の配合比率の増加は、瓦素地の吸水率の増加に繋がることが分かった。

4. 結び

本研究の結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) 砂利排土は粗粒がほとんどなく、粘土分が多い。
- (2) 砂利排土は水分に敏感で、扱う際には水分管理が重要である。
- (3) 砂利排土焼成時の吸水率は10%以上と大きく、砂利排土の配合量の増加は、瓦素地の吸水率を上げる

表5 乾燥及び焼成後の物性値

試料番号	乾燥 収縮率 (%)	1130°C焼成		
		収縮率 (%)	吸水率 (%)	曲げ強さ (MPa)
No. 1	6.8	5.2	12.2	17.1
No. 2	5.8	4.0	12.4	15.1
No. 3	6.6	4.5	12.6	21.9
No. 4	6.6	4.0	14.6	17.2
No. 5	7.7	4.4	12.9	19.3
No. 6	6.8	4.4	14.4	15.1
No. 7	6.8	4.1	16.5	15.7
No. 8	7.5	4.3	14.2	14.5
No. 9	5.0	4.0	12.0	16.7
No. 10	6.3	3.2	17.8	11.7
No. 11	5.5	2.8	15.2	12.3

おそれがある。

謝辞

本調査にあたり、試料提供にご協力下さった三河製土協力会の皆様に深謝します。

文献

- (1) 工業技術連絡会議窯業連合部会：日本の窯業原料，P875 (1992)
- (2) 日本粘土学会：粘土ハンドブック第二版，P3 (1987)