

シラスの工業的利用に関する研究 (第8報)

シラスを原料とする白色タイル素地

島田欣二*・出雲茂人**・池田 靖***

(受理 昭和44年5月13日)

STUDIES ON THE INDUSTRIAL APPLICATION OF "SHIRASU" (Report 8)

On the Preparation of Lightweight Tile Using "SHIRASU"

Kinji SHIMADA,* Shigeto IZUMO** and
Yasushi IKEDA***

A little amount of white cement, kaolin and wollastnite is added to magnetic separated and selected SHIRASU, the mixture then press moulded and fired in the electric furnace.

Physical and thermal properties and bending strength of those fired bodies were investigated. The properties of SHIRASU-white cement-kaolin system or SHIRASU-white cement-wollastnite system fired at 1150 to 1200°C are as follows, apparent gravity 2.3~2.7, bulk gravity 1.8~2.0, water absorption 0~17(%), bending strength 80~500 kg/cm², and thermal expansion coefficient is found in the following region "5.6~5.8×10⁻⁶".

The whiteness of the tile bodies SHIRASU is 90(%), near the pure white, so that colouring is good and can be expected the reduction of pigment consumption.

1. 緒 言

前報¹⁾でシラス原土そのままを原料とし、ポルトランドセメントあるいは粘土を粘結剤として加圧成形後、高温焼成してタイルを試作した。しかし、原料に鉄分その他の不純物を多量に含むため製品の品質、特に色調が不統一で高級タイルとして問題点が多い。

本報ではシラスを精選分級し、磁力脱鉄を行ったものを主原料とし、粘結剤として白色カオリン、白色ポルトランドセメントを用いて加圧成形後、焼成して白色タイル素地を試作し、製品の物理的性質および強度におよぼす原料の粒度、配合比、焼成温度・焼成時間などの焼成条件の影響について検討した。

2. 実験および実験結果

2.1 原料

主原料のシラスは鹿屋市古江産の古江下層降下軽石をジョー・クラッシャーで粗砕後、297 μ ~590 μ の粒径のものをふるい分級して磁力脱鉄を行なった。

磁力脱鉄は日本磁力選鉱KK製の対極磁選機NJ式を用い、原土シラスの給鉱量 16 kg/hr, ロータ回転速度 50 r.p.m., 磁場の強さは 26000 gauss の条件で行なった。磁選精鉱歩留りは非磁性物、すなわち精選シラス歩留り 82~83%, 着磁物は 18~17% である。原料の分級、脱鉄は九州工業技術試験所で行なわれたものである。

分級、脱鉄された精選シラスは、さらにポットミルで粉碎し、44 μ ふるいを完通したもの(シラスA)と210 μ ふるいを完通したもの(シラスB)を各種実験に供した。

白色カオリンは鹿児島県薩摩郡入来町副田産のものでカオリナイトを主要構成鉱物とするものである²⁾。

白色ポルトランドセメントは小野田セメント製の市販品を用い、焼結温度の低下を目的として少量添加したワラストナイトは大分県南海部郡宇目町大字木浦産のもので³⁾、原石をジョー・クラッシャーで粗砕後、ポットミルで粉碎し、149 μ ふるいを完通させたものを各種実験に供した。それぞれの原料の化学成分を表

* 鹿児島大学工学部・教授 ** 鹿児島大学工学部・助手 *** 日本タイル工業株式会社

表1 原料の化学成分(%)

原料名	Ig. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Total
精 鋳 シラス	0.82	66.33	18.50	0.65	5.40	1.78	2.25	4.42	—	100.15
入来カオリン	12.16	47.70	40.64	0.32	0.30	0.17	—	—	—	101.29
木浦ワラスト	0.30	51.56	0.96	0.25	45.11	1.35	—	—	—	99.53
ナイト	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
白色セメント	2.70	24.16	4.77	0.21	63.97	1.37	—	—	2.10	99.28

1に示す。

2・2 調合および成形

2・1の原料を表2に示すようにシラス80~90%、カオリン0~20%、白色セメント5~20% およびワラストナイトを0~20%を配合し、磁製乳鉢で3時間乾式で混合後、ステンレス製金型(40×20×100mm)で加圧成形した。

試料W(シラスB80%、白色セメント10%、ワラストナイト10%)について生素地の強度におよぼす添加水の影響をしらべた結果は図1に示すとおりで約10%が適量であると認められたので、すべての試料についても添加水分は10%とした。

成形圧は高いほど生素地および焼結体の強度は増大するが、450 kg/cm²以上の成形圧の強度の増加は僅少であったので、経済性も考慮して500 kg/cm²で成形を行なった。成形体の重量は約15g、40×20×10mmの長方体の試料で、成形後105°Cに空気乾燥器中で24時間乾燥した。

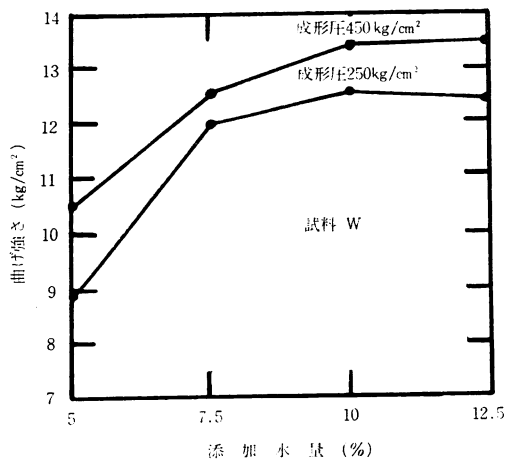


図1 添加水量が生素地の強度に及ぼす影響

2・3 焼成および冷却

成形試料の焼成には柳本製エレマ電気炉(形式 ED-11, 炉内寸法 100×150×500mm, 最高使用温度

表2 シラス・タイル素地の配合割合(%)

試料番号	シラス		白色ポルトランドセメント	入来カオリン	木浦ワラストナイト
	A	B			
A	80		20		
B	80			20	
C	80				20
D	80		15	5	
E	80		15		5
F	80		10	10	
G	80		10		10
H	80		10	5	5
I	80		5	10	5
J	80		5	5	10
K	80		5	15	
L	80		5		15
M	80			15	5
N	80			5	15
O	80			10	10
P	85		15		
Q	85			15	
R	85				15
S	90		10		
T	90			10	
U	90				10
V		80	15		5
W		80	10		10
X		80	5		15

1350°C)を用いて、1000°C~1250°Cの50°Cおきの各温度に1~6時間一定温度に保持して焼成した。

焼成法は急熱急冷法と徐熱徐冷法を採用した。前者では、まず成形生素地を300~400°Cで1~2時間加熱後、所定の焼成温度に保持されている電気炉中に装入し、1時間その所定温度に保持後、炉外に取り出して急冷した。後者では成形生素地を炉内において、120~200°C/hrの加熱速度で昇温して所定の焼成温度に1~6時間保持後、電源を切り炉内で自然冷却した。

2・4 焼結体の品質試験

それぞれの焼結体試料について、見掛比重・嵩比重・吸水率・見掛気孔率などの物理的性質、焼成収縮率、曲げ強さ、熱膨脹率および白色度の測定を行なった。

2・4・1 焼結体の物理的性質と強度

焼結体の見掛比重・嵩比重・吸水率・見掛気孔率などの物理的性質の測定は焼成試料を120~130°Cに1時間、空気乾燥器中で乾燥したのち、デシケーター中

で冷却して乾燥重量 W_1 を秤量した。つぎに湯浴中で1時間煮沸後、冷水で冷却して水中懸垂重量 W_2 および飽水重量 W_3 を秤量して(1)~(4)式により求め、その結果を表3に示した。

$$\text{見掛比重} = W_1 / (W_1 - W_2) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{嵩比重} = W_1 / (W_3 - W_2) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{見掛気孔率} (\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_3 - W_2} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{吸水率} (\%) = \frac{W_3 - W_1}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

焼結体試料の曲げ強さ σ は(5)式により求め、その結果を表3に示した。

$$\sigma (\text{kg/cm}^2) = \frac{3}{2} \times \frac{Wl}{bh^2} \dots\dots\dots (5)$$

ここで W は試料が折れるまで加えられた荷重 (kg), l は試料を支えるナイフエッジ間の間隔 (cm), h は試料の厚さ (cm), b は試料の幅 (cm) である。

表3 シラス焼結体の性質

試料番号	焼成温度(°C)	焼成時間(hr)	昇温速度(°C/hr)	冷却速度(°C/hr)	見掛比重	嵩比重	吸水率(%)	見掛気孔率(%)	収縮率(%)	曲げ強さ(Kg/cm ²)	色調
A 1	1000	1		急	2.61	1.84	16.0	29.6	5.4	256	
A 2	1050	1		急	2.60	1.84	15.8	29.2	5.3	267	
A 3	1100	1	熱	冷	2.60	1.80	16.8	30.4	5.5	318	
A 4	1150	1		法	2.57	1.82	7.1	4.3	8.1	330	
A 5	1200	1		法	2.74	2.29	0.4	0.9	8.9	488	
B 1	1000	1		急	2.61	1.85	15.7	29.0	0.9	31	
B 2	1050	1		急	2.62	1.90	14.7	27.9	0.9	43	
B 3	1100	1		急	2.62	1.90	14.4	27.6	1.6	63	
B 4	1150	1	熱	冷	2.62	2.04	11.0	21.9	2.1	106	
B 5	1200	1		法	2.61	2.03	7.0	12.4	3.7	141	
B 6	1250	1		法	2.56	2.24	6.1	12.3	6.0	133	
C 1	1000	1		急	2.70	1.69	21.8	37.0	0	4	
C 2	1050	1		急	2.70	1.68	22.2	37.5	0	8	
C 3	1100	1	熱	冷	2.70	1.69	21.4	37.1	0	12	
C 4	1150	1		法	2.69	1.88	16.8	31.1	3.3	46	
C 5	1200	1		法	2.52	2.46	0.8	2.1	12.1	350	
D 1	1000	1		急	2.70	1.79	18.6	33.5	0.3	58	
D 2	1050	1		急	2.69	1.77	19.2	34.0	0.3	60	
D 3	1100	1		急	2.69	1.77	19.2	34.1	0.4	63	
D 4	1150	1	熱	熱	2.66	1.81	17.5	31.8	1.4	162	
D 5	1200	1		法	2.64	1.92	14.2	29.0	3.8	171	
D 6	1250	1		法	2.53	2.17	6.4	14.6	8.3	249	
E 1	1000	1		急	2.61	1.69	20.7	35.1	2.9	117	
E 2	1050	1		急	2.61	1.70	20.2	34.4	2.6	165	
E 3	1100	1	熱	冷	2.61	1.73	19.4	33.6	2.5	237	
E 4	1150	1		法	2.55	1.81	15.9	28.9	3.1	249	
E 5	1200	1		法	2.36	2.36	0.1	0.3	11.8	648	
F 1	1000	1		急	2.56	1.74	19.1	32.8	4.6	135	
F 2	1050	1		急	2.56	1.77	17.5	31.6	4.9	176	
F 3	1100	1	熱	冷	2.56	1.81	15.3	28.1	5.8	187	
F 4	1150	1		法	2.44	2.21	3.4	7.5	10.7	221	
F 5	1200	1		法	2.32	2.31	0.1	0.3	10.4	350	
G 1	1000	1		急	2.69	1.78	18.4	33.1	0.0	24	
G 2	1050	1		急	2.68	1.80	18.6	33.3	0.0	29	
G 3	1100	1	熱	冷	2.68	1.81	17.9	32.5	0.0	50	
G 4	1150	1		法	2.67	1.85	16.4	30.5	0.5	96	
G 5	1200	1		法	2.59	2.14	8.1	17.5	5.1	110	
H 1	1000	1		急	2.70	1.72	21.0	36.2	0.0	14	
H 2	1050	1		急	2.71	1.73	20.6	35.9	0.0	20	
H 3	1100	1	熱	冷	2.70	1.75	20.3	35.5	0.0	33	
H 4	1150	1		法	2.69	1.78	19.2	34.1	0.7	82	
H 5	1200	1		法	2.65	2.06	10.6	21.9	0.6	181	

料 試 番 号	焼成温 度(°C)	焼成時 間(hr)	昇温速 度(°C/hr)	冷却速 度(°C/hr)	見 掛 比 重	嵩比重	吸水率 (%)	見掛気 孔率 (%)	収縮率 (%)	曲げ強さ (Kg/cm ²)	色 調
I 1	1000	1			2.66	1.85	16.5	30.5	0.0	33	
I 2	1050	1	急	急	2.66	1.84	16.5	30.6	0.0	30	
I 3	1100	1	熱	冷	2.66	1.85	16.3	30.3	0.0	46	
I 4	1150	1			2.65	1.88	16.2	30.1	0.5	88	
I 5	1200	1	法	法	2.62	2.03	10.9	22.3	5.1	149	
J 1	1000	1			2.68	1.79	18.7	33.4	0.0	22	
J 2	1050	1	急	急	2.68	1.79	20.1	35.2	0.0	39	
J 3	1100	1	熱	冷	2.68	1.77	18.8	33.6	0.0	48	
J 4	1150	1			2.66	1.81	17.3	31.6	0.8	118	
J 5	1200	1	法	法	2.46	2.36	1.7	4.1	8.5	243	
K 1	1000	1			2.58	1.79	17.1	30.8	0.6	86	
K 2	1050	1	急	急	2.58	1.79	17.0	30.5	0.7	104	
K 3	1100	1	熱	冷	2.58	1.79	16.9	30.5	1.3	122	
K 4	1150	1			2.58	1.79	16.9	30.4	1.3	120	
K 5	1200	1			2.55	1.84	15.0	27.7	1.5	204	
K 6	1250	1	法	法	2.36	2.14	4.4	10.1	5.6	160	
L 1	1000	1			2.59	1.62	23.0	37.3	1.7	137	
L 2	1050	1	急	急	2.58	1.80	16.8	30.2	2.2	101	
L 3	1100	1	熱	冷	2.53	2.26	4.5	10.3	11.5	205	
L 4	1150	1			2.42	2.41	0.1	0.2	13.6	493	
L 5	1200	1	法	法	2.32	2.32	0.1	0.3	—	—	
M 1	1000	1			2.59	1.83	16.0	29.4	0.3	43	
M 2	1050	1	急	急	2.59	1.86	14.8	27.8	0.6	68	
M 3	1100	1	熱	冷	2.58	1.93	13.2	25.5	1.2	100	
M 4	1150	1			2.57	1.94	12.7	24.7	2.0	123	
M 5	1200	1			2.54	1.99	10.8	21.7	3.0	137	
M 6	1250	1	法	法	2.37	2.28	1.8	4.3	6.1	172	
N 1	1000	1			2.61	1.61	23.9	38.4	0.6	32	
N 2	1050	1	急	急	2.61	1.62	23.2	37.7	1.1	45	
N 3	1100	1	熱	冷	2.61	1.72	19.9	34.2	2.5	75	
N 4	1150	1			2.57	2.07	9.4	19.6	7.9	267	
N 5	1200	1	法	法	2.50	2.40	1.7	4.2	12.3	301	
O 1	1000	1			2.59	1.62	22.9	37.1	0.2	23	
O 2	1050	1	急	急	2.59	1.66	21.5	35.8	0.6	47	
O 3	1100	1	熱	冷	2.59	1.71	19.4	33.9	1.2	126	
O 4	1150	1			2.58	1.76	18.0	31.8	2.5	175	
O 5	1200	1			2.46	2.33	1.9	4.5	10.9	280	
O 6	1250	1	法	法	2.43	2.31	1.7	4.0	9.3	243	
P 1	1000	1			2.59	1.66	21.6	35.9	1.9	130	
P 2	1050	1	急	急	2.59	1.66	21.7	35.9	1.8	128	
P 3	1100	1	熱	冷	2.59	1.68	20.7	34.9	2.4	135	
P 4	1150	1			2.55	1.94	12.2	24.1	6.8	284	
P 5	1200	1	法	法	2.39	2.13	2.2	5.0	11.7	404	
Q 1	1000	1			2.55	1.59	24.0	38.1	1.1	24	
Q 2	1050	1	急	急	2.55	1.63	22.1	36.1	1.7	29	
Q 3	1100	1	熱	冷	2.54	1.75	18.0	31.4	4.0	67	
Q 4	1150	1			2.53	1.96	11.4	22.4	7.5	106	
Q 5	1200	1	法	法	2.51	2.18	5.93	13.0	10.7	128	
R 1	1000	1			2.58	1.63	22.4	36.7	2.1	65	
R 2	1050	1	急熱	急冷	2.58	1.64	22.1	36.3	1.9	75	
R 3	1100	1	法	法	2.58	1.66	21.9	36.2	2.1	90	
S 1	1000	1			2.58	1.63	22.4	36.7	2.1	65	
S 2	1050	1	急	急	2.58	1.64	22.1	36.3	1.9	75	
S 3	1100	1	熱	冷	2.58	1.66	21.9	36.2	2.1	90	
S 4	1150	1			2.53	2.11	8.0	16.8	9.2	231	
S 5	1200	1	法	法	2.57	2.34	2.0	4.8	12.5	362	

試料 番号	焼成温 度(°C)	焼成時 間(hr)	昇温速 度 (°C/hr)	冷却速 度 (°C/hr)	見掛 比 重	嵩比重	吸水率 (%)	見掛気 孔率 (%)	収縮率 (%)	曲げ強さ (Kg/cm ²)	色調
S 6	1150	1	120	120	2.60	1.89	14.5	27.4	—	267	
T 1	1000	1	急 熱 法	急 冷 法	2.55	1.58	23.7	37.6	1.0	17	
T 2	1050	1			2.55	1.62	22.2	36.2	1.8	17	
T 3	1100	1			2.55	1.70	19.1	32.6	2.4	67	
T 4	1150	1			2.54	1.96	10.8	21.4	7.7	138	
T 5	1200	1			2.51	2.20	5.5	12.2	11.0	158	
U 1	1000	1	急 熱 法	急 冷 法	2.53	1.58	25.3	39.1	1.3	19	
U 2	1050	1			2.54	1.81	15.6	28.4	4.6	99	
U 3	1100	1			2.52	2.14	6.6	14.2	11.0	311	
U 4	1150	1			2.45	2.44	0.2	0.5	14.0	764	
V 1	1150	1	120	120	2.69	1.65	23.4	38.6	0.1	70	
V 2	1150	3	120	120	2.68	1.69	22.0	37.1	0.3	98	
V 3	1150	6	120	120	2.67	1.69	21.5	36.5	0.6	110	
V 4	1150	1	160	120	2.66	1.65	22.4	37.4	0.1	82	
V 5	1150	3	160	120	2.69	1.68	22.4	37.6	0.1	83	
V 6	1150	6	160	120	2.68	1.69	21.5	36.3	0.4	106	
V 7	1150	1	200	120	2.67	1.67	22.4	37.5	0.1	96	
V 8	1150	3	200	120	2.69	1.67	22.6	37.8	0.4	85	
V 9	1150	6	200	120	2.69	1.70	21.8	37.0	0.4	101	
W 1	1150	1	120	120	2.68	1.70	21.6	36.7	0.7	108	
W 2	1150	3	120	120	2.67	1.73	20.4	35.2	1.3	123	
W 3	1150	6	120	120	2.66	1.75	19.5	34.1	1.4	134	
W 4	1150	1	160	120	2.65	1.69	21.1	36.0	0.5	118	
W 5	1150	3	160	120	2.67	1.70	21.4	36.4	0.6	109	
W 6	1150	6	160	120	2.66	1.73	20.4	35.2	1.1	135	
W 7	1150	1	200	120	2.66	1.70	21.2	36.0	0.8	119	
W 8	1150	3	200	120	2.67	1.73	20.6	35.5	0.8	130	
W 9	1150	6	200	120	2.67	1.73	20.4	35.3	0.9	140	
X 1	1150	1	120	120	2.66	1.70	21.5	36.6	0.9	151	
X 2	1150	3	120	120	2.65	1.79	18.2	32.5	2.3	157	
X 3	1150	6	120	120	2.64	1.79	17.9	32.1	2.1	160	
X 4	1150	1	160	120	2.64	1.75	19.2	33.6	1.6	140	
X 5	1150	3	160	120	2.67	1.75	19.6	34.3	1.9	145	
X 6	1150	6	160	120	2.66	1.77	18.7	33.2	2.1	158	
X 7	1150	1	200	120	2.65	1.76	19.1	33.6	2.1	127	
X 8	1150	3	200	120	2.66	1.78	18.5	33.0	2.1	157	
X 9	1150	6	200	120	2.66	1.78	18.6	33.1	2.1	165	

註 急熱法とは電気炉を処定の焼成温度に保持した炉中に試料を入れて加熱する方法で、急冷法とは処定の焼成温度の炉中から試料を取り出し放冷する方法。

(a) 成形圧が焼結体の物理的性質および強度におよぼす影響

試料G（シラス 80%，ワラストナイト 10%，白色ポルトランドセメント 10%）を用い、添加水 10% を加え、250 kg/cm²、300 kg/cm²、350 kg/cm²、400 kg/cm²、450 kg/cm² および 500 kg/cm² の各成形圧力で加圧成形後、1100°C で 2 時間一定温度に保持した。炉の加熱速度は 200°C/hr、冷却速度で 120°C/hr である。

焼結体試料について、見掛比重、嵩比重、吸水率、

見掛気孔率および曲げ強さを測定した結果は表 4 のとおりである。

表 4 に示すように、成形圧が大きくなるにつれて焼結体の見掛比重、嵩比重は僅かに大きくなるとともに、吸水率、気孔率も僅かに減少する。曲げ強さも成形圧が大きくなるにつれて増大するが、450 kg/cm² 以上ではその増加率は僅かである。

(b) 配合成分が焼結体の強度におよぼす影響

シラスを主成分とする焼結体の強度におよぼす白色セメント、カオリンおよびワラストナイトの影響は表 3 および図 2～図 4 に示すとおりである。

シラス—セメント系素地ではセメント量の増加にともなって強度が増進し、シラス—カオリン系素地では

表4 成形圧が焼結体の物理的性質および強度におよぼす影響 (試料: G, 焼成温度: 1100°C, 焼成時間: 2 hrs)

	成形圧力 (Kg/cm ²)					
	250	300	350	400	450	500
見掛比重	2.69	2.68	2.71	2.70	2.69	2.69
掛水率 (%)	1.62	1.64	1.66	1.67	1.68	1.69
吸水率 (%)	24.3	23.6	23.2	22.8	22.3	21.9
見掛気孔率 (%)	39.5	38.8	38.6	38.1	37.6	37.0
曲げ強度 (Kg/cm ²)	29.7	32.1	34.3	34.4	38.1	38.8

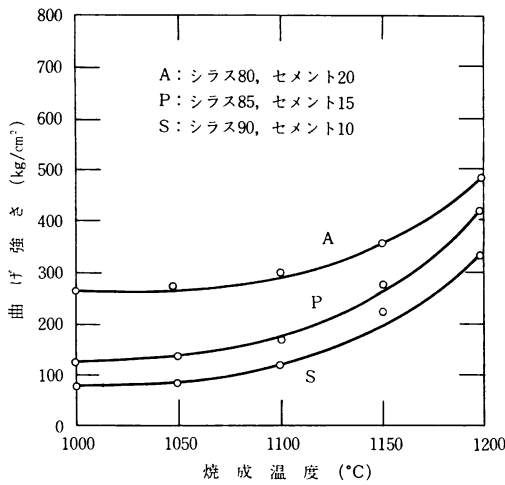


図2 シラスタイル素地の強度におよぼすセメントの影響

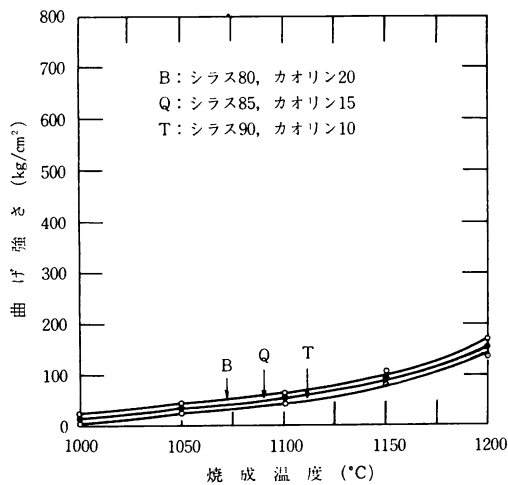


図3 シラスタイル素地の強度におよぼすカオリンの影響

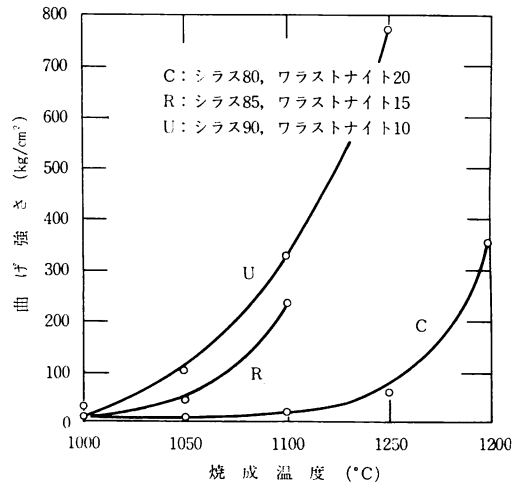


図4 シラスタイル素地の強度におよぼすワラストナイトの影響

カオリン 10~20% まではいちじるしい強度の増進は認められない。これらに対して、シラス-ワラストナイト系素地では少量のワラストナイトの添加でいちじるしい強度増進が認められるが多量に加えると、かえて強度は低下する。

シラス-セメント-ワラストナイト系素地においてセメントの一部をワラストナイトで置換することによって、5% 以下の場合には強度が増進するが、5% 以上ワラストナイトの量が増加すると強度は低下する。(図5) シラス-セメント-カオリン系素地において、

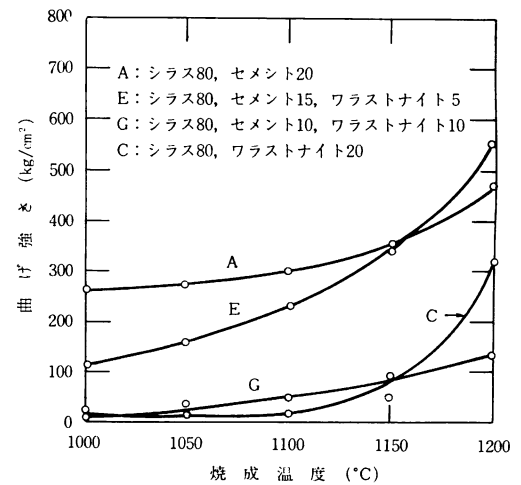


図5 シラス-セメント-ワラストナイト系素地の配合比と強度との関係

セメントの一部をカオリンで置換すると、カオリンの量が増加するにもなって強度は低下する。（図6）また、シラス-カオリン-ワラストナイト素地においてはカオリンの一部をワラストナイトで置換する場合の強度の変化はいちじるしくないが、少量の置換の場合には強度が増進するようと思われる。

(c) 配合成分が焼結体の物理的性質におよぼす影響
シラス-セメント系素地においてはセメント量の増加にともない吸水率、気孔率は減少し、いずれの場合も1100°Cからいちじるしい減少が認められる。（表3

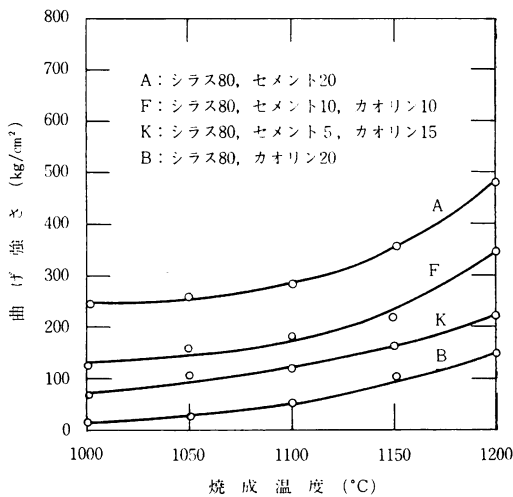


図6 シラス-セメント-カオリン系タイル素地の配合比と強度との関係

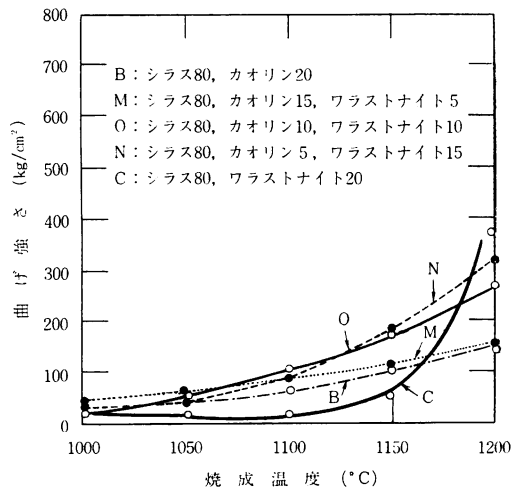


図7 シラス-カオリン-ワラストナイト系タイル素地の配合比と強度との関係

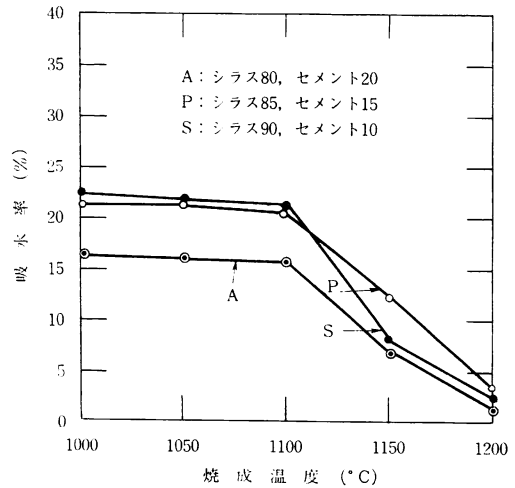


図8 シラス-セメント系素地の配合比と吸水率との関係

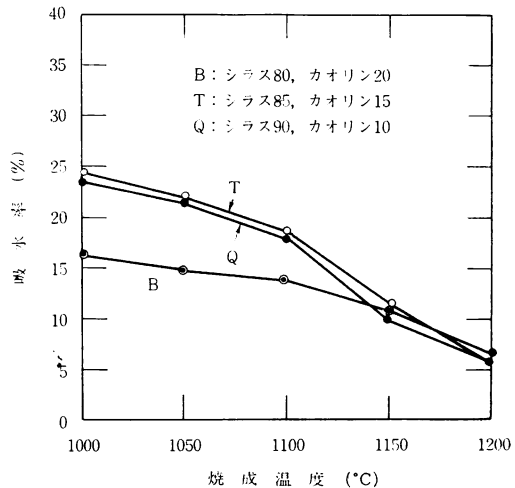


図9 シラス-カオリン系素地の配合比と吸水率との関係

および図8) シラス-カオリン系素地においても同様にカオリン添加量の増加にともなって吸水率、気孔率の減少が認められるが、シラス-セメント系よりはその減少度はいちじるしくない。（表3および図9）それに対して、シラス-ワラストナイト素地においては、ワラストナイトの増加にともなって気孔率、吸水率が増大している。（表3および図10）また、シラス-カオリン-セメント系、シラス-カオリン-ワラストナイト系およびシラス-セメント-ワラストナイト系素地においてはそれぞれの二元系素地の相互作用が

認められる。(表3および図11, 12, 13).

比重の成分による変化は図14~図16に示すように、シラス-セメント系素地ではセメント量の増加にともなって比重が増大し、シラス-カオリン系でも同様な傾向が認められる。シラス-ワラストナイト系では10%ワラストナイトの場合、見掛比重は小さいが嵩比重が温度の上昇につれて急激に増加し、1150°C焼成物では両者の差が僅少となる。これは素地のガラス化が進んだためと思われる。ワラストナイトの配合量がそれよりも増加するとガラス化温度が上昇するため、

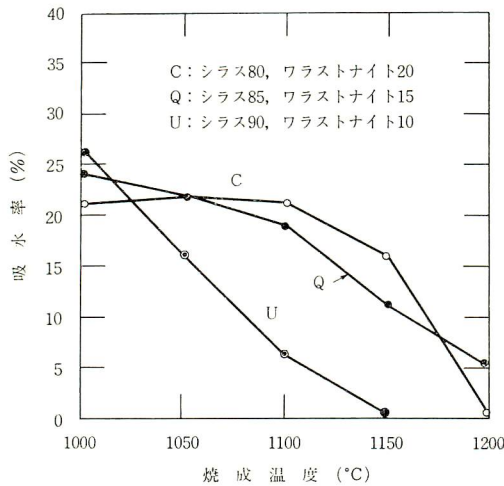


図10 シラス-ワラストナイト系素地の配合比と吸水率との関係

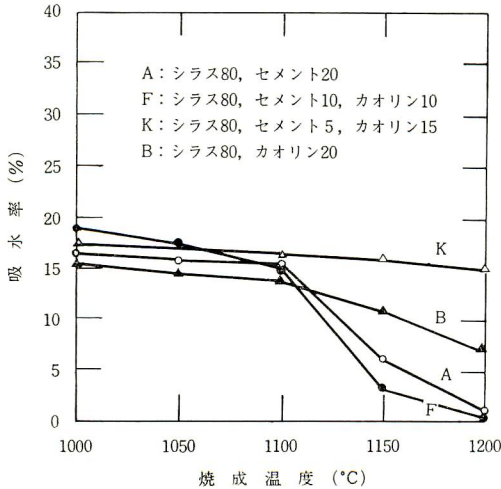


図11 シラス-セメント-カオリン系素地の配合比と吸水率との関係

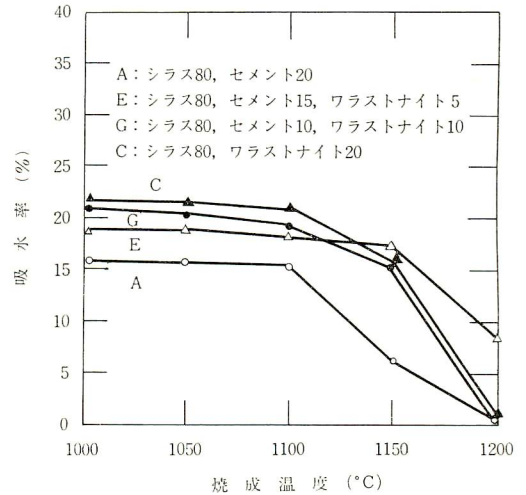


図12 シラス-セメント-ワラストナイト系素地の配合比と吸水率との関係

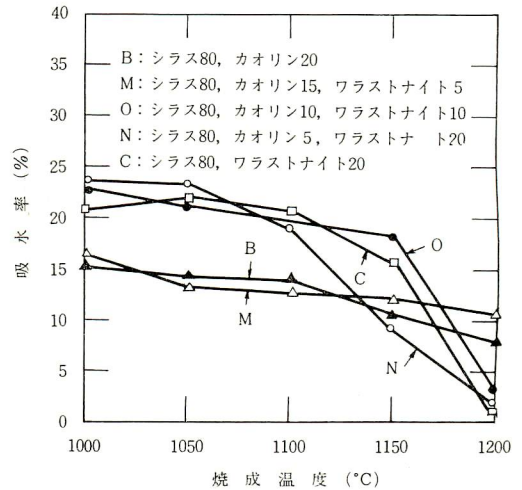


図13 シラス-カオリン-ワラストナイト系素地の配合比と吸水率との関係

1100°C まではいちじりしい変化は認められない。

収縮率はいずれの試料も 1100°C から急激に収縮して焼固するが、ワラストナイトを少量含むものは 50°C ほど低い温度で焼結する。

(d) 焼成時間および炉の上昇速度が焼結体の物理的性質および強度におよぼす影響

表3の V, W, X に示すように、焼成保持時間の変化による見掛比重、嵩比重の影響はほとんど認められないが、吸水率および気孔率は保持時間が長くなるほど減少し、強度および収縮率は増大し、特に強度の変

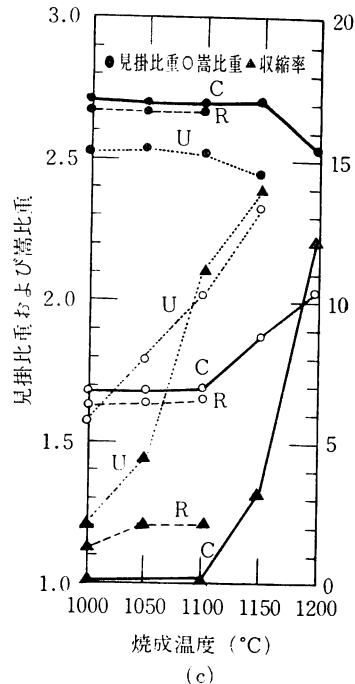
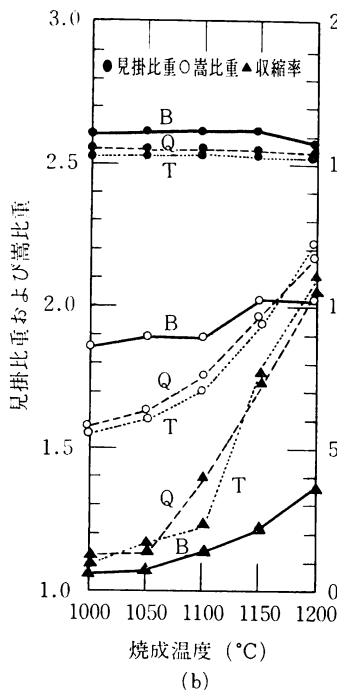
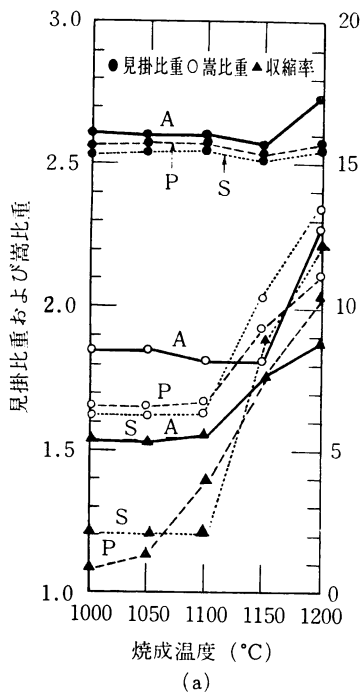


図14 シラス-セメント系素地の比重および収縮率の温度変化

(A : シラス80, セメント20)
(P : シラス85, セメント15)
(S : シラス90, セメント10)

図15 シラス-カオリン系素地の比重, 収縮率の温度変化

(B : シラス80, カオリン20)
(Q : シラス85, カオリン15)
(T : シラス90, カオリン10)

図16 シラス-ワラストナイト系素地の比重, 収縮率の温度変化

(C : シラス80, ワラストナイト20)
(R : シラス85, ワラストナイト15)
(U : シラス90, ワラストナイト10)

化がいちじるしい。

炉の上昇速度の焼結体の性質におよぼす影響はあまり明瞭ではないが、120~160°C/hrの範囲では上昇速度が早いほど収縮率および強度は大きくなる傾向が認められる。

(e) 原料の粒度が焼結体の性質におよぼす影響

同一焼成条件に近い V7 と E4, W7 と G4 および X7 と L4 とを比較すると粒度の大きいものほど焼結温度が高く、多孔質である。したがって、シラスの粒径を大きくすると嵩比重が小さく、強度がいちじるしく低下し、吸水率および気孔率が大きくなる。

(f) 焼成操作が焼結体の性質におよぼす影響

電気炉を所定の焼成温度に保持し、その中へ成形生素地の試料を挿入し、1時間その温度で保持して焼成後、炉の扉を開き炉外の室温に取り出す急熱急冷の焼成操作と生素地を電気炉に入れて 120°C/hr の速度で徐々に炉の温度を上昇させ、所定の焼成温度に1時間保持後、電源を切り試料を炉内で徐冷する徐熱徐冷法とによって焼結体の性質がどのように変化するかを検

討した。

表3の S4 (急熱急冷法) と S6 (徐熱徐冷法) とを比較すると、強度は多少徐熱徐冷したものが大きい、吸水率、気孔率などは急熱急冷法が小さい。

2.4.2 熱膨脹

シラス焼結体の熱膨脹を立花式直読形熱膨脹計で測定し、その結果の一部を表4および図17に示した。シラス焼結体の熱膨脹はいずれも類似した値を示し、 $5.6 \sim 5.8 \times 10^{-6}$ の熱膨脹係数で、その熱膨脹曲線も直線的である。

2.4.3 素地の白色度

シラス焼結体素地の白色度を日本電色工業株式会社製の P II 形色彩計を用い、3 刺激値 X, Y, Z を測定し、(6) 式により白色度を求め、その結果を表6に示した。

$$W = 100 - \{ (100 - L)^2 + (a^2 + b^2) \}^{1/2} \dots\dots(6)$$

$$W = \text{白色度} (\%)$$

$$L = 100\sqrt{Y}$$

$$a = 175(1.02X - Y) / \sqrt{Y}$$

$$b = 70(Y - 0.847Z) / \sqrt{Y}$$

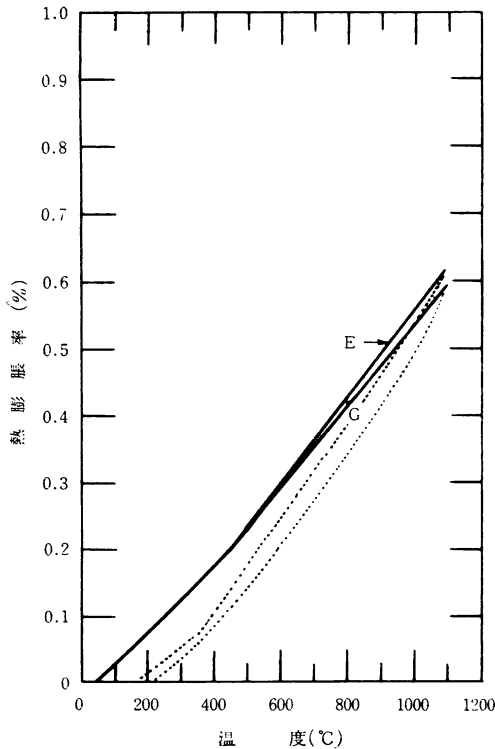


図17 シラス焼結体の熱膨脹

表5 シラス焼結体の熱膨脹係数

温度 (°C)	E-5	G-5	L-5
16~ 100	4.7×10^{-6}	3.7×10^{-6}	2.9×10^{-6}
100~ 200	5.0	4.3	4.1
200~ 300	5.8	5.3	5.1
300~ 400	6.0	5.0	4.8
400~ 500	5.3	6.3	5.6
500~ 600	7.0	7.1	6.4
600~ 700	6.0	6.6	6.1
700~ 800	6.5	7.1	7.1
800~ 900	7.5	7.3	8.2
900~ 1000	6.0	6.8	6.4
1000~ 1100	5.8	4.5	4.6
16 ~ 1100°C までの平均熱膨脹係数	5.6×10^{-6}	5.8×10^{-6}	5.7×10^{-6}

表6 シラス焼結体素地の白色度

試料	G-5	S-1	S-2	T-5	U-5	F-5	平均
白色度 (%)	87.4	91.5	88.7	87.3	88.4	91.0	89.0

表6に示すように、シラス焼結体の白色度は高く、平均89.0%を示した。

3. 考 察

脱鉄精選シラスに少量の白色ポルトランドセメント、カオリンおよびワラストナイトを添加して加圧成形後焼成した試料について、物理的・熱的性質および強度をしらべた。

シラス焼結体は見掛比重2.3~2.7、嵩比重1.8~2.0、吸水率0~17%、強度80~500 kg/cm²、収縮率1.3~14.0% (1150~1200°C焼成物)である。これをタイル素地として用いる場合、市販品より遙かに軽量で、またその強度、吸水率の点でも市販品と同程度である。市販のタイルの吸水率は陶器質で20%以下、半磁器質で15%以下で曲げ強度は陶器質で150 kg/cm²以上、磁器質で200 kg/cm²以上である⁴⁾。

また、シラス焼結体の熱膨脹係数は $5.6 \sim 5.8 \times 10^{-6}$ で市販品の $3 \sim 7 \times 10^{-6}$ の範囲内にある。特にその熱膨脹曲線が直線的であって、そのために市販タイル素地に比較して焼成が容易である。すなわち、市販タイルは粘土、長石、石灰石、ケイ石を原料としており、粘土や石灰石は焼成中において分解するので、その分解温度の近傍では慎重な炉の温度の調節が必要であるのに対し、シラス素地は原料中に分解するような物質がないので温度上昇に対し特別の考慮を要しない。

シラスタイル素地の白色度は約90%で純白に近く、そのため釉掛けした場合、発色があざやかで顔料の使用量も軽減されることが期待される。

また、シラスタイル素地は熱衝撃性が大きいので急熱急冷による製造法をとっても素地の破壊やソリなどが起り難く、迅速製造が可能で、原料が無尽蔵に豊富であり、焼成時間がきわめて短かくてよい点などからかなりのコストダウンが期待されよう。

本研究費の一部は鹿児島県未開発資源企業化対策協議会の援助によるものである。シラスの脱鉄精選を担当していただいた九州工業技術試験場資源開発課第二課長諫山幸男氏およびいろいろ助言をいただいた本学部小牧助教授に感謝します。

文 献

- 1) 島田, 小牧, 福重: 鹿大工研究報告 10, 31~36, (1968).
- 2) 野元: セラミックス, 2, [12], 40~44 (1967).
- 3) 島田, 小牧, 川崎: (未発表).
- 4) 窯業協会: 「窯業工学ハンドブック」, 1276頁 昭和41年 (技報堂).