

## 首里城正殿復元瓦等の開発に関する研究

窯業室 照屋善義・宜野座俊夫・与座範弘・花城可英

### 1. 緒言

首里城正殿の復元事業は、国・県の復帰20周年事業として位置づけられ、県内外の衆目的となっている。

首里城正殿の復元工事にあたっては、木造、瓦類、彩色、彫刻の各専門部会があって、筆者らの一人照屋も瓦類部会の専門委員として技術的な検討に参画した。

瓦類部会の検討内容は「屋根瓦・龍頭棟飾り・鬼瓦・雲形飾り瓦・磚・漆喰などについてその歴史的経緯を踏まえ、正殿にふさわしい性能、形態工法などの仕様づくり」<sup>1)</sup>である。

従って、瓦類部会では歴史、考古学、文化財、陶芸史、窯業技術など多面的な検討が加えられ、その結果を復元工事仕様に、より具体的に提示する必要があった。

瓦の品質はJISに定められているが、首里城正殿の復元瓦等については性格上、より高品質の瓦が使用されるべきであって、その特性値は重要かつ大きな重みをもつものと考えられる。

そこで、工業試験場では、地場資源の活用によりどの程度の品質の瓦や磚が可能であるかについて、既存瓦と比較しながら種々な実験を行った。以下その結果について報告する。

### 2. 試料と実験方法

#### 2.1 試料の種類

実験に使用した原土の種類、性状、賦存状況を表1に示す。

表1 原土の種類と賦存状況

原土名	賦存状況
古我知粘土	名護市字古我知に賦存する鬼板を狭む黄色系の堆積性粘土 砂礫層と互層をなす。採掘性はよいが不連続 ※推定可採鉱量 202,725 吨
恩納粘土	恩納村に賦存する鬼板を狭む灰色系の堆積性粘土 砂礫層と互層をなす。採掘性がよく連続的 ※堆定可採鉱量 247,800 吨
於茂登粘土	石垣島に賦存する黄色系の堆積性粘土
野底粘土	石垣島に賦存する赤色系の堆積性粘土
クチャ	大里村古堅に賦存する既存原料 採掘性がよく量・質とも安定

※ 陶土賦存状況等調査報告書（昭和54年）

2.2 試験体の調製と試験項目

図1に試験体の作成フローシートと試験項目を示す。試験体は厚23mm×巾56mm×長250mmを金型を用いてプレス成形した。表2は成形時の含水率である。

図1 試験体の作成フローシートと試験項目

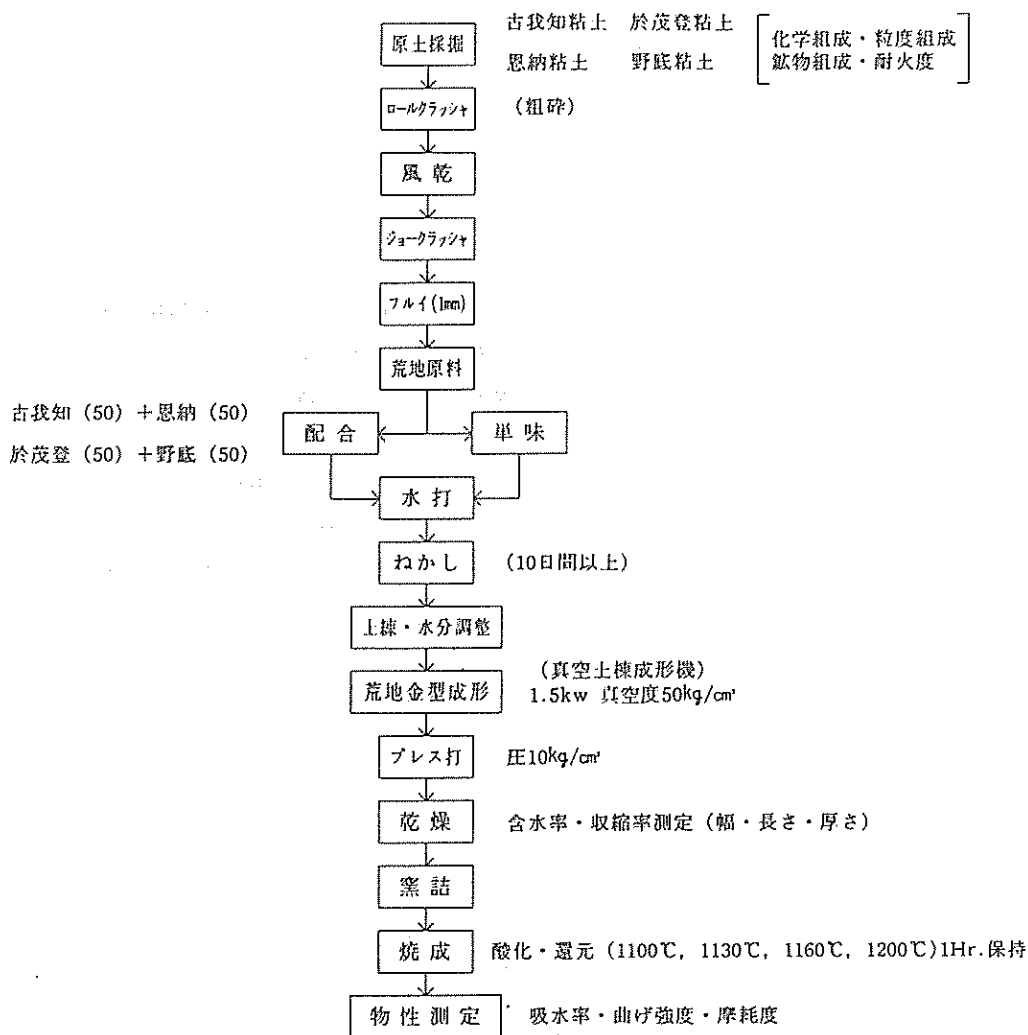


表2 試験体の含水率

試料名	含水率
古我知粘土	22.7%
恩納粘土	21.3%
古我知(50) + 恩納(50)	23.1%
於茂登粘土	21.5%
野底粘土	29.2%
於茂登(50) + 野底(50)	25.5%
クチャ	19.5%

2.3 実験方法

2.3.1 化学組成

原土試料を微粉碎し、理学電気製ビードサンプラーによりガラス化した。このガラス試料を用いて理学ガイガーフレックス蛍光X線分析装置により化学分析<sup>2)</sup>を行なった。

2.3.2 耐火度

JISM 8512 に準拠し、東工試式酸素プロパン炉（高田商会）を用いて測定した。

2.3.3 鉱物組成

化学分析用の微粉碎物を用いて、理学電気ガイガーフレックスX線回折装置により粉末X線回折を測定した。

2.3.4 粒度組成

粒度分測定装置（島津 SA-CP 3 L 型）を用いて光透過法により測定した。

2.3.5 焼成試験

0.2 M<sup>3</sup> のガス窯を用いて酸化及び還元焼成を行った。いぶし焼は宮崎県瓦業者へ依頼した。試験体の割付を表3と表4に示す。

表3 試験体の割付

試料名	記号	試料総数	酸化焼成				還元焼成				いぶし焼成 970℃	計
			1100℃	1130℃	1160℃	1200℃	1070℃	1100℃	1130℃	1160℃		
古我知粘土	K	53	6個	6個	6個	6個	6個	6個	6個	6個	1個	49
恩納粘土	O	50	6	6	6	6	6	6	6	6	1	49
古我知(50) 恩納(50)	KO	54	6	6	6	6	6	6	6	6	1	49
於茂登粘土	I	67	7	7	7	7	7	7	7	7	1	57
野底粘土	N	76	8	8	8	8	8	8	8	8	1	65
於茂登(50) 野底(50)	IN	74	8	8	8	8	8	8	8	8	1	65
	計	374	41	41	41	41	41	41	41	41	6	334

表4 試験体の割付（クチャ）

試料名	酸化焼成			還元焼成			計
	980℃	1010℃	1040℃	980℃	1010℃	1040℃	
クチャ	12個	12個	12個	12個	12個	12個	72個

2.3.6 収縮率

試験体の長さ方向の収縮率をノギスを用いて測定した。

2.3.7 焼成呈色

目視により焼成呈色を色別した。

2.3.8 吸水率

JIS A 5208 粘土瓦試験法に準拠した。

2.3.9 曲げ強度

島津オートグラフ R 2000 型によりスパン 10 cm の 3 点曲げ試験を行なった。

2.3.10 摩耗減量

JIS A 5209 陶磁器質タイル試験法に準拠して行なった。

3. 実験結果及び考察

3.1 化学組成と耐火度

原土の化学組成を表 5 に示す。

表 5 原土の化学組成と耐火度

試料	項目	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ig.Loss	耐火度
古我知粘土		65.1%	18.8%	5.54%	1.11%	— %	0.65%	2.62%	0.06%	6.06%	SK 13 #
恩納粘土		67.5	20.2	1.80	0.93	—	0.62	3.59	0.33	5.09	SK 15 #
於茂登粘土		64.5	17.1	7.63	1.16	0.06	0.79	1.96	—	6.81	SK 9 #
野底粘土		64.0	18.3	8.79	1.00	—	0.38	1.41	—	6.12	SK 17 #
クチャ		57.1	16.5	6.38	0.78	5.00	3.26	3.17	0.46	7.92	SK 2a #

沖縄島産原土の古我知粘土と恩納粘土は化学組成がほぼ同質の粘土であるが、古我知粘土は、鉄分が恩納粘土より高く、耐火度にも影響を与えている。

石垣産粘土は、鉄分が 8～9% と高く、特に於茂登粘土は SK 9 # と耐火度の低い粘土である。既存原料のクチャは、石灰・マグネシア・カリ・鉄分のいわゆる融剤成分が高く、耐火度も SK 2a と著しく低い。

3.2 鉱物組成

原土の X 線回折結果を図 2 に示す。

古我知粘土はイライト、ハロイサイトの粘土鉱物と石英、長石の非粘土鉱物を含む。また鉄化合物のうちゲータイトのピークが若干認められる。ゲータイトが確認できる粘土は、概して鬼板を挟むことが多い。

恩納粘土はイライトとハロイサイトのピークの高さが、古我知粘土より高いことからより粘土質であることを示している。その他石英、長石を含む。

於茂登粘土はイライト、ハロイサイトのほか若干のパイロフィライトの含むことを特徴とし、その他石英、長石、ゲータイトを含む粘土である。

野底粘土は結晶度の低いイライト、ハロイサイトを含み、その他石英、ゲータイトが確認できる。

クチャの X 線回折は示していないが、イライト、ハロイサイトのほか緑泥石を含み、非粘土鉱物として石英、長石、カルサイトを含むことが判っている。<sup>4)</sup>

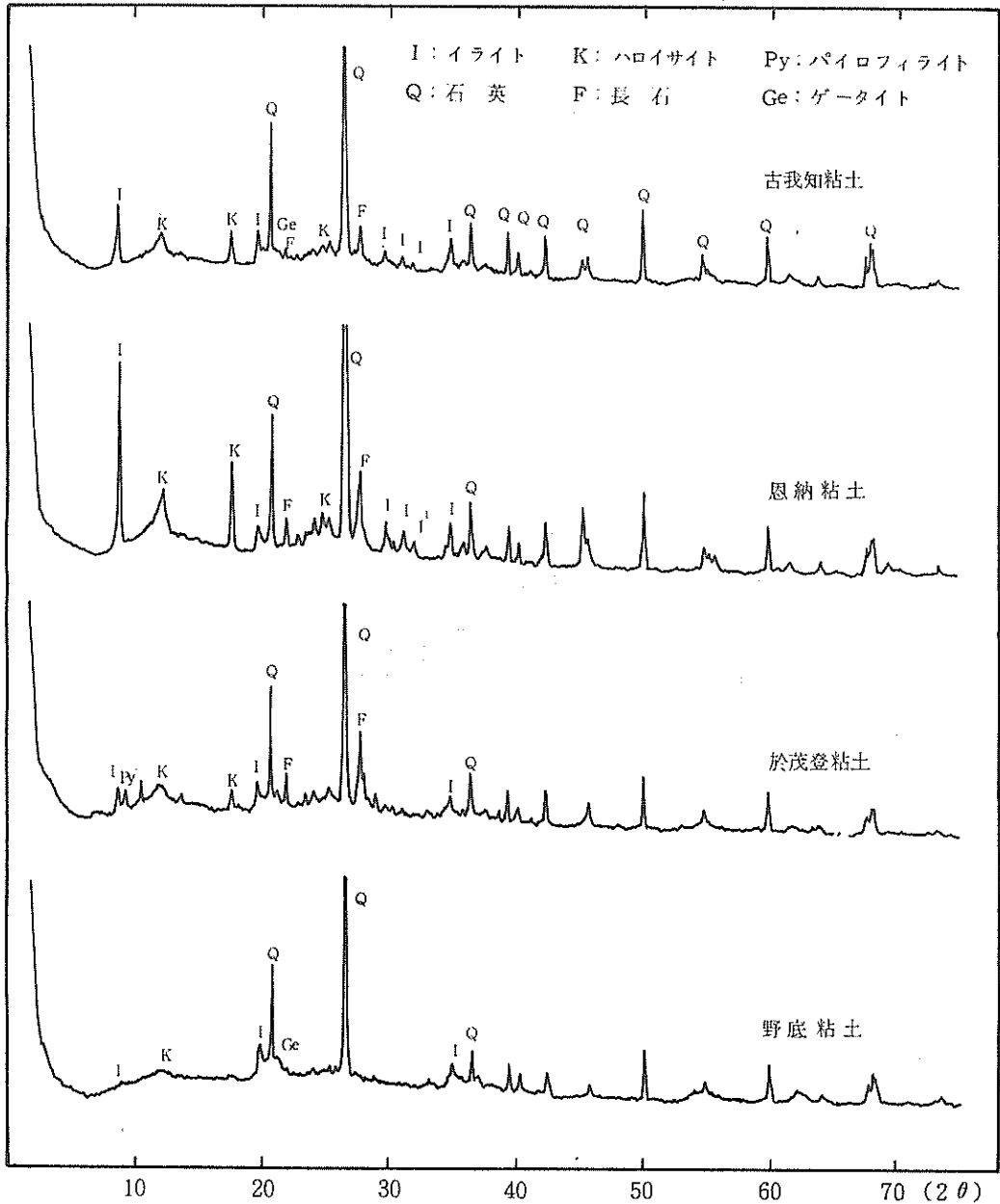


図2 原土のX線回折図

### 3.3 粒度組成

試験体の成形に用いた原土の粒度組成を図3に示す。

古我知粘土は微粒分(10 μm) 49%、細粒分(10 μm~40 μm) 28%、粗粒分(40 μm~250 μm) 17%、礫分(0.25 mm~1 mm) 5%の粒度組成を示す。恩納粘土は古我知粘土と比較して微粒分と細粒分が高く、粗粒分と礫分が低いことからより細かい粘土であることを示している。

於茂登粘土や野底粘土は微粒分が少なく、粗粒分と礫分の高い粘土である。特に野底粘土の礫分は19%と高く、最も粗い原土であることを示している。

クチャは微粒と細粒分の含量が77%もあり、細かい粘土であることがわかる。

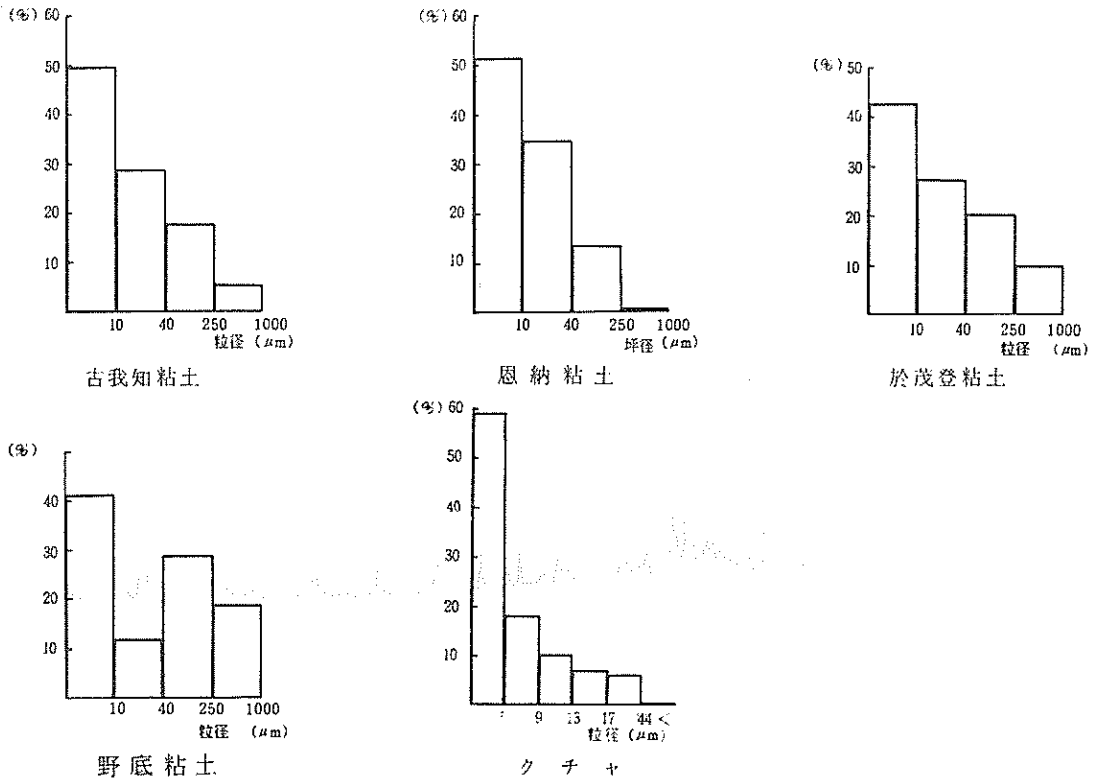


図3 原土の粒度組成

### 3.4 焼成呈色

表6に焼成温度と焼成雰囲気の違いによる焼成呈色の変化を示す。

表6 試験体の焼成呈色

温度	酸化焼成				還元焼成				いぶし焼成
	1100℃	1130℃	1160℃	1200℃	1070℃	1100℃	1130℃	1160℃	
試料名	1100℃	1130℃	1160℃	1200℃	1070℃	1100℃	1130℃	1160℃	970℃
古我知粘土	赤褐	赤褐	黒褐	黒褐	灰黒	灰黒	灰黒	灰黒	銀黒
恩納粘土	淡褐	黄灰	淡褐	淡褐	灰褐	灰褐	灰褐	灰褐	銀黒
古我知(50) 恩納(50)	黄赤	黄赤	黄灰	黄灰	灰黒	灰黒	灰黒	灰褐	銀黒
於茂登粘土	褐	褐	黒褐	黒褐	黒褐	黒褐	黒褐	黒褐	銀黒
野底粘土	赤褐	赤褐	赤褐	黒褐色	黒褐	黒褐	黒褐	黒褐	銀黒
於茂登(50) 野底(50)	暗褐色	暗褐色	暗褐色	暗褐色	黒褐	黒褐	黒褐	黒褐	銀黒

温度	酸化焼成			還元焼成		
	980℃	1010℃	1040℃	980℃	1010℃	1040℃
試料名	980℃	1010℃	1040℃	980℃	1010℃	1040℃
クチャ	赤褐色	赤褐色	赤褐色	赤褐色	灰黒	灰黒

焼成呈色の変化は、鉄分の多い原料ほど赤色から褐色を呈する。

焼成雰囲気の違いによる焼成呈色の変化は、酸化焼成が還元焼成より彩度・明度とも高い。また、焼成温度が高いほど、彩度・明度とも低くなっている。

クチャは酸化焼成では赤褐色を呈するが、還元焼成では黒色化の傾向を示す。

首里城正殿の屋根瓦の色は、黒にするか赤にするかで一時ホットな議論があった。首里城正殿の歴史的経緯と沖縄の風土と環境から、結局、屋根瓦は赤瓦とすることになった。

赤色系を呈する原料は古我知粘土、於茂登粘土、野底粘土それにクチャである。

### 3.5 焼成収縮率

焼成温度と焼成雰囲気の違いによる焼成収縮率の結果を表7と図4に示す。

表7 試験体の全収縮率

試料名	酸化焼成				還元焼成				いぶし焼成 970℃
	1100℃	1130℃	1160℃	1200℃	1070℃	1100℃	1130℃	1160℃	
古我知粘土	14.0%	14.8%	15.2%	14.9%	14.0%	15.4%	15.3%	14.9%	9.7%
恩納粘土	12.2	13.3	13.3	12.9	12.9	13.7	13.6	13.2	7.0
古我知(50) 恩納(50)	12.1	13.8	14.4	14.2	14.3	14.9	14.8	14.4	7.5
於茂登粘土	13.6	14.1	14.2	13.7	13.9	14.3	14.6	14.2	8.7
野底粘土	15.7	15.9	15.8	15.8	15.4	15.6	15.7	15.8	12.5
於茂登(50) 野底(50)	13.8	14.0	14.2	14.2	14.4	15.0	15.1	14.9	10.9

試料名	酸化焼成			還元焼成		
	980℃	1010℃	1040℃	980℃	1010℃	1040℃
クチャ	7.2%	8.4%	—	9.1%	12.1%	—

焼成温度の違いもあるが、全収縮の最も小さいのはクチャの10%以下である。

その他の原土は酸化及び還元焼成においても12~16%の範囲である。原土のなかで収縮率が最も小さいのは恩納粘土であり、最も大きいのは野底粘土の16%である。

酸化焼成において、古我知粘土と恩納粘土は1100℃から1160℃までほぼ直線的に収縮する傾向を示し1160℃で最大の収縮となっている。両粘土の配合系地は両粘土の中間的な収縮の傾向を示している。

於茂登粘土と野底粘土の収縮率は焼成温度の違いによる特性値の差は見られず、ほぼ一定の値を示している。両粘土間には収縮率に大きな差があるが、配合系地においては収縮率の小さい於茂登粘土の影響を強く受ける結果となっている。

還元焼成における古我知粘土と恩納粘土の収縮率の変化は酸化焼成と同様な傾向を示し、焼成温

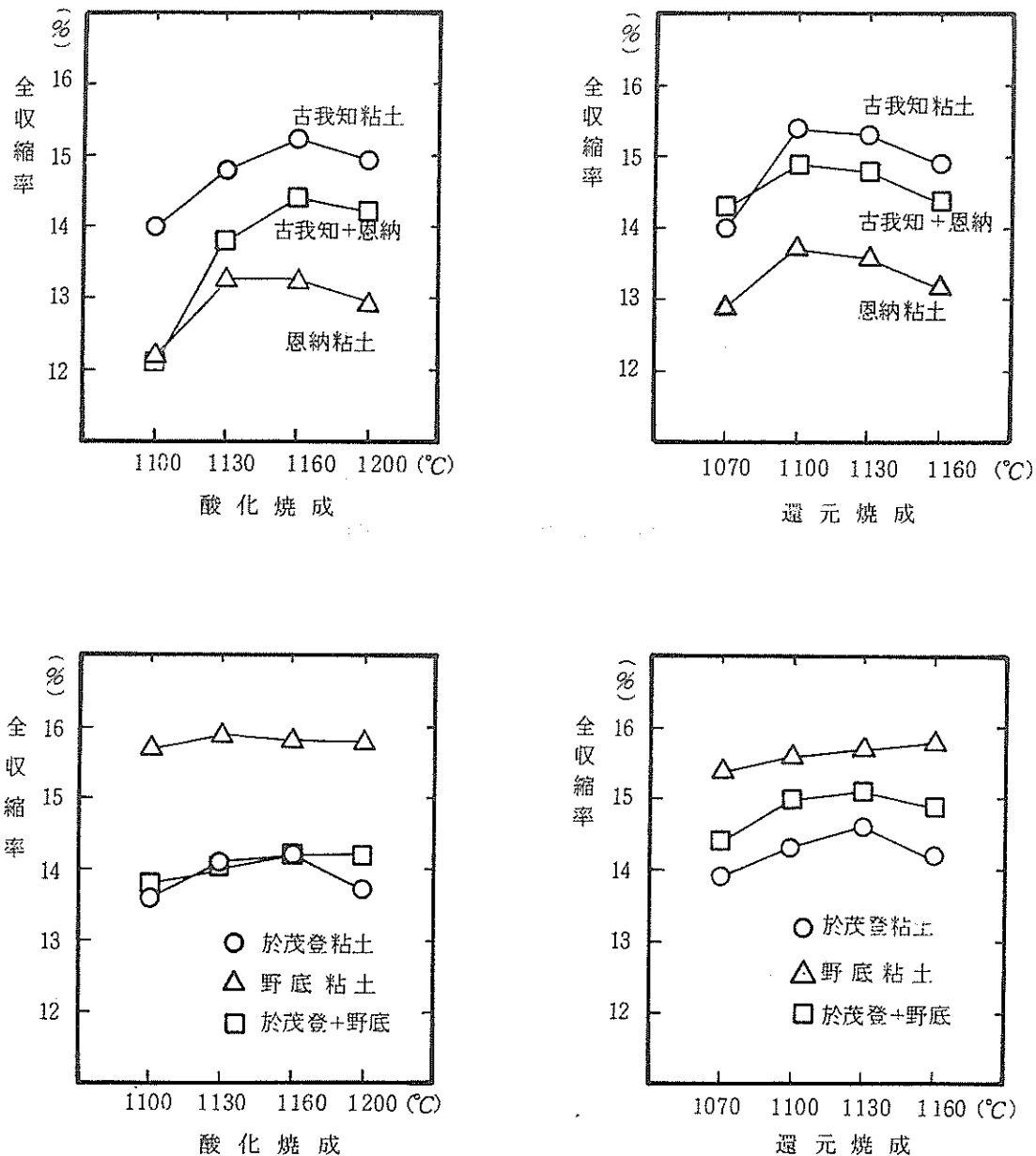


図4 試験体の全収縮率

度が1100°Cで最大の収縮率を示している。両粘土の配合素地は収縮率の大きい古我知粘土の影響を受ける結果を示している。

於茂登粘土と野底粘土の収縮率の変化は酸化焼成と同様な結果を示すが、両配合素地において両粘土の中間的な特性値を示すことが酸化焼成と異にしている。

いぶし焼成における収縮率は概して低い値を示し、7%~12%の範囲にある。



3.6 吸水率

焼成温度と焼成雰囲気の違いによる吸水率の測定結果を表8にその変化を図5に示す。  
酸化焼成において、恩納粘土は1130℃で吸水率が0.1%と焼結する傾向を示すのに対し、古我知粘土は1200℃においてはじめて焼結性を示す。両粘土の配合素地は両粘土の中間的特性を示し、1160℃で焼結する。

表8 試験体の吸水率

温度	酸化焼成				還元焼成				いぶし焼成
	1100℃	1130℃	1160℃	1200℃	1070℃	1100℃	1130℃	1160℃	
試料名									970℃
古我知粘土	4.98%	2.35%	0.40%	0.09%	1.83%	0.03%	0.08%	0.08%	15.1%
恩納粘土	1.95	0.10	0.02	0.02	0.73	0.01	0.07	0.04	17.1
古我知(50) 恩納(50)	5.42	1.04	0.07	0.02	0.55	0.01	0.06	0.05	18.5
於茂登粘土	2.63	1.40	0.56	0.17	1.32	0.08	0.11	0.12	15.0
野底粘土	12.1	11.6	10.9	9.8	11.3	9.5	8.9	7.5	18.7
於茂登(50) 野底(50)	8.9	8.3	7.4	5.0	6.5	4.1	3.0	1.1	15.7

温度	酸化焼成			還元焼成		
	980℃	1010℃	1040℃	980℃	1010℃	1040℃
試料名						
クチャ	12.5%	8.9%	6.6%	9.7%	4.4%	0.4%

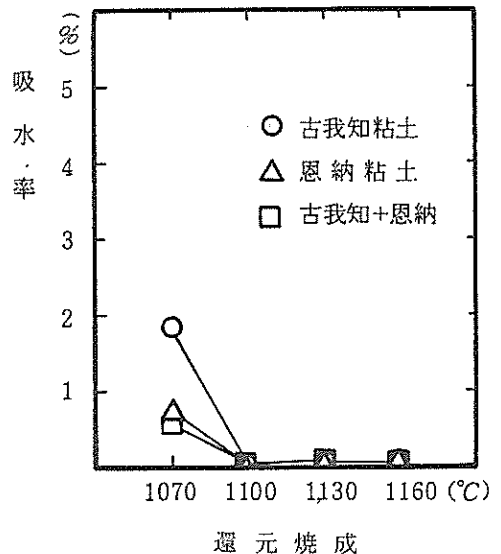
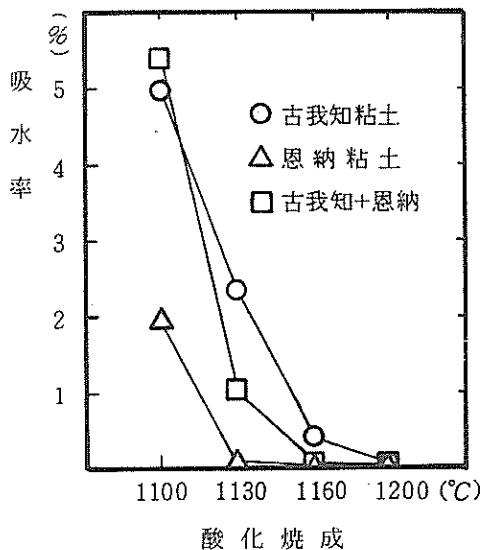


図5 試験体の吸水率

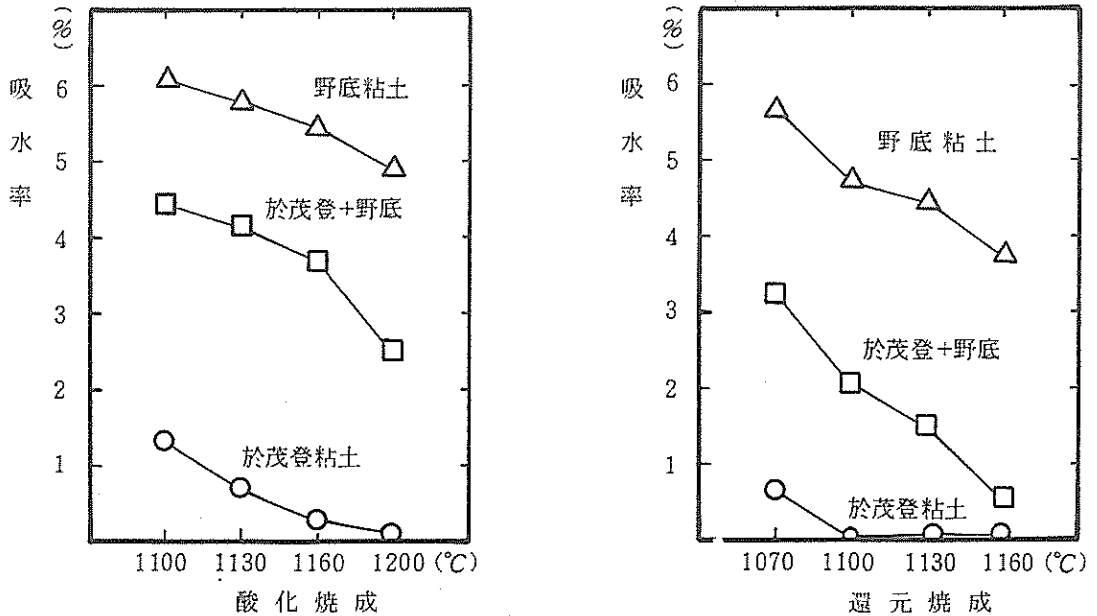


図5 試験体の吸水率

於茂登粘土と野底粘土の吸水率は明らかな違いが見られる。すなわち、於茂登粘土は 1200 °C で焼結するが、両粘土の配合素地は野底粘土の影響を受けて焼結性は見られない。野底粘土は焼成温度を 1200 °C と高くしてもなお吸水率が 9.8% あり、焼結する傾向が見られない。

クチャは焼成温度が高くなるに従って吸水率が低下し、焼結する傾向に見えるが 1010 °C では膨化現象を引き起こしている。

還元焼成においては、古我知粘土、恩納粘土及び両粘土配合素地ともより低い 1100 °C の焼成温度で焼結が見られる。

於茂登粘土は 1100 °C で焼結性が見られるが、野底粘土と両粘土配合素地は酸化焼成と同様焼結する傾向が得にくい。

クチャは 1040 °C で焼結するかのように見られるが、1010 °C から変形し発泡傾向がある。

いぶし焼成における吸水率は、15%～18%を示し、原土相互間に大きな差は認められない。なおクチャのいぶし焼成は行っていない。

### 3.7 曲げ強度

焼成温度と焼成雰囲気の違いによる強度の測定結果を表 9、その変化を図 6 に示す。

酸化焼成において、最も強度の大きいのは恩納粘土である。同粘土の焼成温度 1130 °C の強度は 537 Kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup> であるが、それ以上の温度では強度が低下する傾向にあることから、1130 °C 以上の焼成温度では発泡する傾向にあるものと考えられる。古我知粘土は焼成温度が高くなるに従って強度の向上が図られる結果を示している。

於茂登粘土と野底粘土は焼成温度の違いによっても強度の変化が見られず、ほぼ一定の値を示している。

クチャは 1010 °C の焼成温度によって強度の向上が見られるが、1040 °C では変形発泡を起し強度の測定が不可能である。

還元焼成において特徴的なことは、古我知粘土と恩納粘土は 1070 °C から 1100 °C と 30 °C 焼成温

度を上げることによって著しく強度の向上が見られることである。

古我知粘土と恩納粘土は 1100 °C で 500 kg f/cm<sup>2</sup> を示す。

於茂登粘土と野底粘土は還元焼成においても強度の向上は見られない。

クチャは還元焼成によって著しく強度の向上を図ることのできることを示している。

いぶし焼成では、いずれの原土も著しく強度の低い値を示している。

表9 試験体の曲げ強度 (kg f/cm<sup>2</sup>)

温度	酸化焼成				還元焼成				いぶし焼成
	1100°C	1130°C	1160°C	1200°C	1070°C	1100°C	1130°C	1160°C	
古我知粘土	269	343	365	410	201	492	465	550	120
恩納粘土	366	537	508	453	366	496	495	511	91
古我知(50) 恩納(50)	257	306	514	471	256	540	479	484	102
於茂登粘土	252	308	301	278	193	334	350	336	111
野底粘土	137	146	145	149	91	141	137	154	74
於茂登(50) 野底(50)	170	183	190	193	144	229	216	252	110

温度	酸化焼成			還元焼成		
	980°C	1010°C	1040°C	980°C	1010°C	1040°C
クチャ	199	232	—	257	411	—

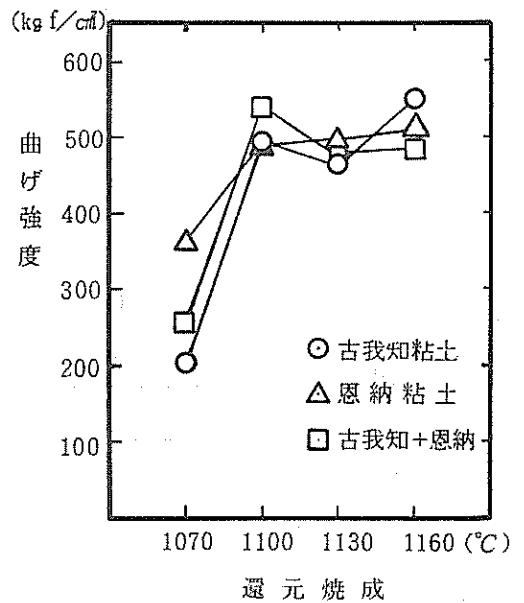
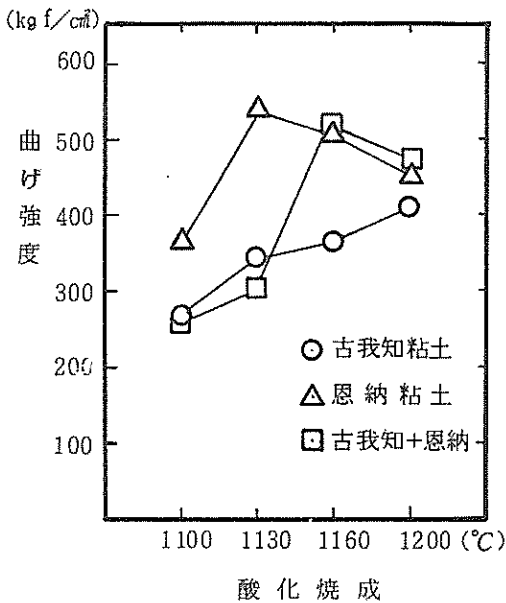


図6 試験体の曲げ強度

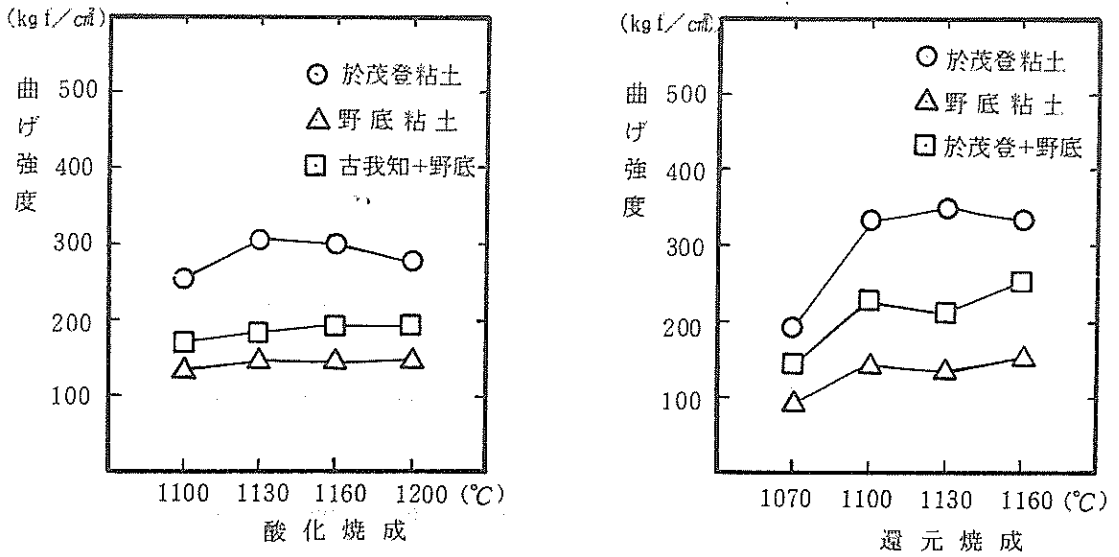


図6 試験体の曲げ強度

### 3.8 摩耗減量

焼成温度と焼成雰囲気の違いによる摩耗減量の測定結果を表10、その変化を図7に示す。

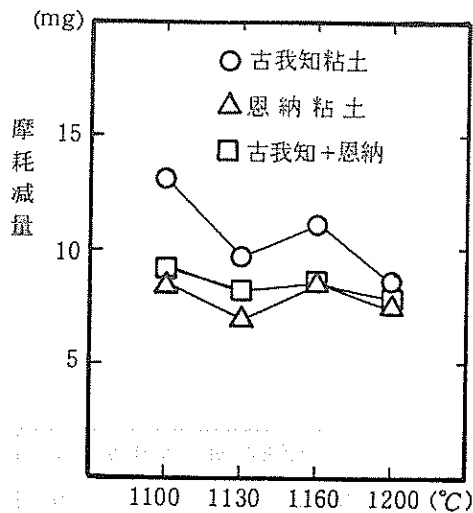
酸化焼成において、摩耗減量は恩納粘土が最も小さく7mg～8mg程度である。

於茂登粘土や野底粘土は摩耗減量が大きく60mg以上に達するものもある。

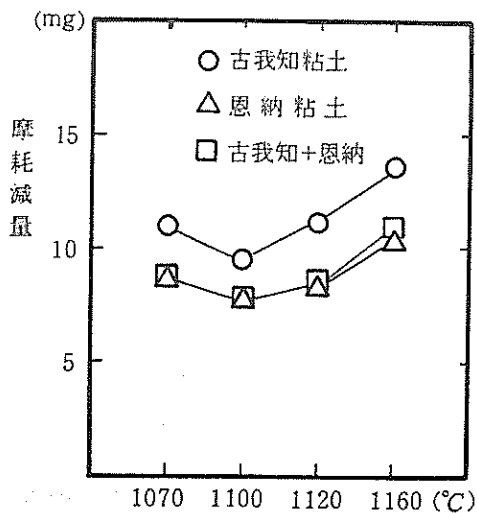
表10 試験体の摩耗減量

温度	酸化焼成				還元焼成				いぶし焼成
	1100°C	1130°C	1160°C	1200°C	1070°C	1100°C	1130°C	1160°C	
試料名	1100°C	1130°C	1160°C	1200°C	1070°C	1100°C	1130°C	1160°C	970°C
古我知粘土	269 mg	343 mg	365 mg	410 mg	201 mg	492 mg	465 mg	550 mg	123 mg
恩納粘土	366	537	508	453	366	496	495	511	91
古我知(50) 恩納(50)	257	306	514	471	256	540	479	484	102
於茂登粘土	252	308	301	278	193	334	350	336	111
野底粘土	137	146	145	149	91	141	137	154	74
於茂登(50) 野底(50)	170	183	190	193	144	229	216	252	110

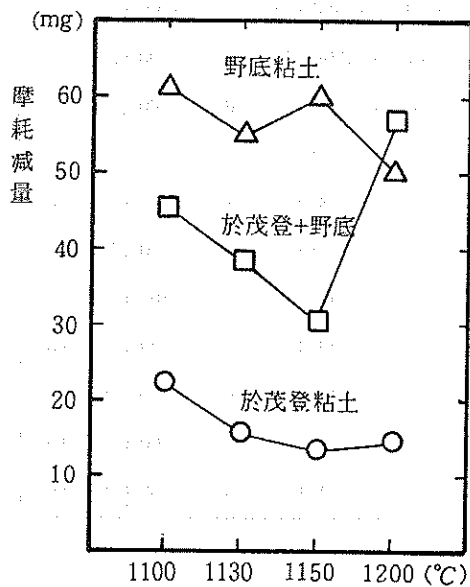
温度	酸化焼成			還元焼成		
	980°C	1010°C	1040°C	980°C	1010°C	1040°C
試料名	980°C	1010°C	1040°C	980°C	1010°C	1040°C
クチャ	189 mg	232 mg	-	257 mg	411 mg	-



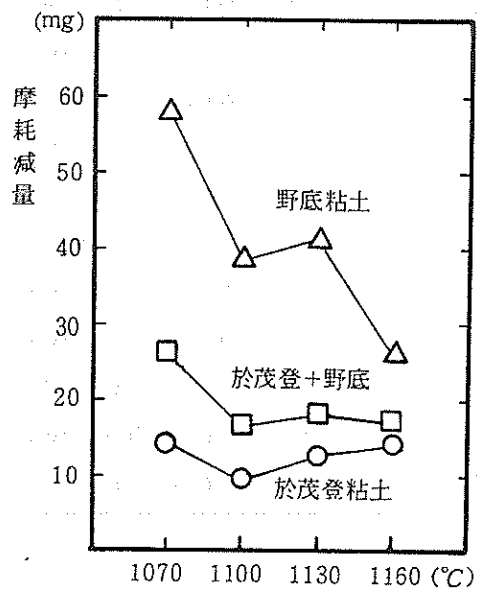
酸化焼成



還元焼成



酸化焼成



還元焼成

図7 試験体の摩耗減量

クチャは摩耗減量の高い素地である。

摩耗減量は焼成温度が高くなっても必ずしも少なくならず、大きくなる試料もある。

還元焼成において、恩納粘土と於茂登粘土又は配合素地の摩耗減量は、酸化焼成の大きな差はなく、雰囲気の違いによる効果は小さい。

於茂登粘土と野底粘土又は配合素地の摩耗減量は酸化焼成の値より低くなっており、焼成雰囲気の効果が大きい。

クチャは焼成雰囲気の影響が著しく、その値も小さくなっている。

いぶし焼成において、各試料の摩耗減量は概して大きい、野底粘土のように酸化、還元焼成で摩耗減量の最も大きい試料が、摩耗減量が少ないなど特徴的な結果が見られる

### 3.9 焼成性状の結果

以上の焼成試験の結果から最も良好な特性値を抽出して示すと表11のとおりである。

また、焼成試験体の状況を写真1から写真3に示す。

瓦素地の収縮率、吸水率、曲げ強度、摩耗減量等の諸特性に与える影響因子は、原土の種類、製土の方法、成形法、焼成法等々多くの要因がからんでいる。

表11 各種粘土の良好な試験結果

試料名	焼成色	全収縮率(%)	吸水率(%)	曲げ強度kg/cm <sup>2</sup>	摩耗度(mg)
古我知粘土	OF (1130°C) 赤褐色	(1100°C) 14.0%	(1200°C) 0.09%	(1200°C) 410	(1200°C) 8.6
	RF (1100°C) 灰黒色	(1070°C) 14.0%	(1100°C) 0.03%	(1160°C) 550	(1100°C) 9.6
恩納粘土	OF (1100°C) 淡褐色	(1100°C) 12.2%	(1160°C) 0.02%	(1200°C) 410	(1130°C) 7.0
	RF (1130°C) 灰褐色	(1070°C) 12.9%	(1100°C) 0.01%	(1160°C) 511	(1100°C) 7.7
古我知(50)	OF (1130°C) 黄赤色	(1100°C) 12.1%	(1200°C) 0.02%	(1200°C) 514	(1100°C) 7.8
恩納(50)	RF (1130°C) 灰黒色	(1070°C) 14.3%	(1100°C) 0.01%	(1160°C) 540	(1100°C) 7.7
於茂登粘土	OF (1130°C) 褐色	(1100°C) 13.6%	(1200°C) 0.17%	(1100°C) 308	(1160°C) 13.7
	RF (1100°C) 灰黒色	(1070°C) 13.9%	(1100°C) 0.08%	(1130°C) 350	(1200°C) 9.8
野底粘土	OF (1130°C) 褐色	(1100°C) 15.7%	(1200°C) 9.8%	(1200°C) 149	(1160°C) 50.2
	RF (1100°C) 黒褐色	(1070°C) 15.4%	(1160°C) 7.5%	(1160°C) 154	(1160°C) 26.1
於茂登(50)	OF (1130°C) 暗褐色	(1100°C) 13.8%	(1200°C) 5.0%	(1200°C) 193	(1160°C) 30.6
野底(50)	RF (1100°C) 黒褐色	(1070°C) 14.4%	(1160°C) 1.1%	(1160°C) 252	(1100°C) 16.9
クチャ	OF (980°C) 赤褐色	(980°C) 7.2%	(980°C) 12.5%	(980°C) 199	(980°C) 50.5
	RF (980°C) 暗赤褐	(980°C) 9.1%	(980°C) 9.7%	(980°C) 257	(980°C) 26.6

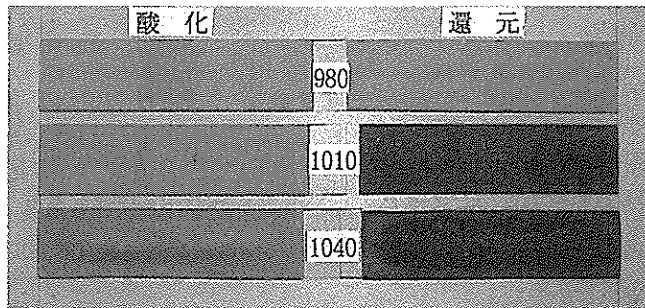


写真1 クチャ瓦素地

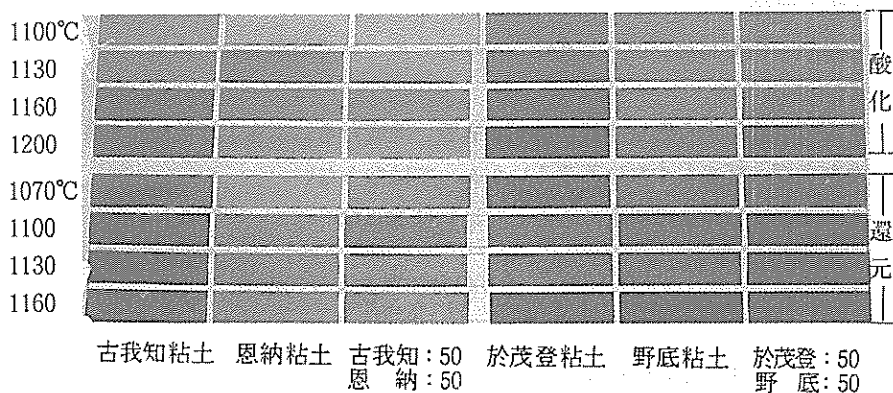


写真2 首里城復元瓦・磚素地の配合試験

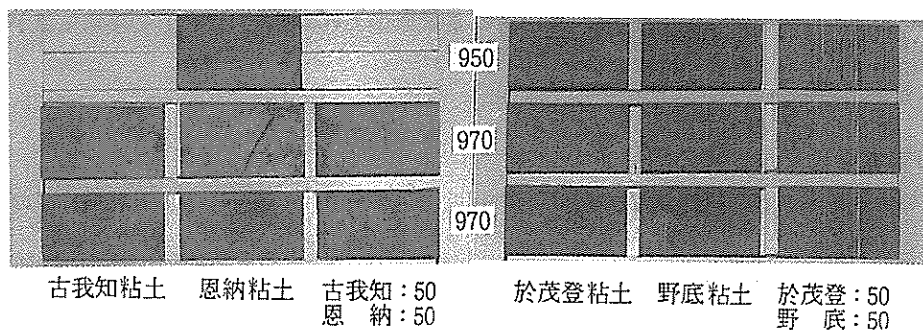


写真3 いぶし瓦素地

本研究では製土、成形法、焼成法をなるべく定形化し影響因子の排除につとめ、原土の種類及び焼成温度と焼成雰囲気の違いについて実験を行い検討を加えた。

収縮率、吸水率、曲げ強度は焼結性の難易を示す特性値であると同時に、瓦の品質を評価する上でも重要な特性値である。

当然のことながら収縮率、吸水率、強度の相互間には一定の傾向が見られる。すなわち、収縮率の大きい原土は吸水率が小さく、吸水率の小さい原土は曲げ強度が高い。また逆のこともあり得ることである。

一方焼成温度の違いにおいては、焼成温度が高くなれば収縮率が大きく、逆に吸水率は低く、強度も大きくなっている。

焼成雰囲気の違いにおいては、酸化焼成より還元焼成の方が収縮率が大きく、吸水率も急激に低くなり、強度も大きくなる。また還元焼成は酸化焼成と比較して、30°C~60°C低い温度で焼成しても酸化焼成と同程度の特性値が得られる。

#### 4. 瓦の品質と規格

粘土瓦の規格は、<sup>3)</sup> 釉薬瓦及びいぶし瓦のさんがわらについて規定されている。

品質について

- (1) 粘土がわらは、使用上有害な変形、きず、き裂、焼成むら、ふき上げ後見付け部分における菜地の露出、また色調の好ましくない不ぞろいがあるてはならない。
- (2) 粘土がわらの品質は下表の規定に適合しなければならない。

JIS規格 曲げ破壊加重および吸水率

曲げ破壊加重 kg	吸水率 %	
	ゆう葉がわら	いぶしがわら
120 以上	14 以下	20 以下

その他、耐凍害性の必要性が規定されているが、沖縄県のように冬期（1月）の平均気温が16℃の地域では耐凍害試験の必要性は認め難い。

#### 5. 首里城復元瓦及び磚の品質

首里城正殿にふさわしい瓦や磚の品質はどの程度のものであればよいか、設計仕様作成の上で重要なことである。

首里城正殿の屋根は雄・雌瓦によるいわゆる本葺であって、瓦の品質上次のことが重要と考えられる。

- ① 瓦は赤瓦であること。
- ② 耐候性の瓦であって、吸水率が低いこと。
- ③ 強度が保持されていること。
- ④ 磚は摩耗減量が小さいこと。

本研究の結果から条件を満足する原土は次のとおりである。

- (1) 首里城復元瓦は、古我知粘土を原料とし、雌・雄瓦ともプレス成形し、1100℃～1130℃で酸化焼成すれば、吸水率5%前後、曲げ強度300 kgf/cm<sup>2</sup>の赤瓦が得られる。
- (2) 首里城の復元磚は、屋根瓦と比較して彩度や明度が低く、落ちついた色調がよく、加えて摩耗減量の小さいことが重要である。これらの条件を満足する磚は、恩納粘土を原料とし、1100℃～1130℃で還元焼成すれば、吸水率1%前後、曲げ強度500 kgf/cm<sup>2</sup>前後、摩耗減量10 mg以下の暗褐色系の磚が得られる。
- (3) 首里城の復元瓦を石垣島産粘土を用いて焼造するとすれば、於茂登粘土が好ましい。於茂登粘土を用いて雌・雄瓦ともプレス成形し、1100℃～1130℃で酸化焼成すれば、吸水率5%前後、曲げ強度300 kgf/cm<sup>2</sup>の赤瓦が可能である。
- (4) 首里城復元磚を於茂登粘土を用いてプレス成形し、1100℃～1130℃で還元焼成すれば吸水率1%前後、曲げ強度500 kgf/cm<sup>2</sup>、摩耗減量10mg以下の暗褐色の磚が得られる。

以上の結果は、JIS規格を充分満足するものであり、首里城正殿にふさわしい品質の瓦や磚



が開発できることを示している。

## 6. 総括

首里城正殿復元瓦と磚の素地の開発を図るため、沖縄産粘土と石垣産粘土及び既存クチャ原料について検討した結果、次のことがわかった。

- ① 明るい赤瓦は、鉄分が5%～6%含む粘土を使い、1100℃前後の酸化焼成によって可能である。
- ② 摩耗減量が低く落ちついた色を呈する磚は鉄分が2%前後含む粘土を使い、1100℃前後の還元焼成によって可能である。
- ③ 既存クチャ原料では、首里城正殿復元瓦にふさわしい品質性能を得ることは困難である。
- ④ 県産原料を使いたいぶし瓦は過去にも現在でも見られないが、県産原料によるいぶし焼成は可能である。

## 7. あとがき

首里城正殿屋根瓦の復元については、首里城正殿実施計画委員会瓦類専門部会において数回の議論を重ねてきた。

その間、首里城のシンボルともいべき屋根瓦の色が「赤か黒か」について、ホットな議論もあった。本報告は首里城正殿にふさわしい瓦の性能、形態、工法を目標として検討した内容である。

平成2年度から首里城復元瓦は、民間サイドで試作開発されていくが、首里城正殿屋根瓦にふさわしい品質の目標値が達成できるものと期待している。

そして、この機会に業界の技術の向上は勿論のこと、瓦類の需要開拓や新製品の開発が促進され、瓦産業の活性化が図れるものと確信している。

## 謝辞

本研究を実施するにあたっては、いぶし焼成を快よく引き受けて下さった宮崎県工業試験場山崎忠之特別研究員に深謝します。

## あとがき

- 1) 首里城正殿実施設計 第4回瓦類部会資料P1. (株)日本公園緑地協会 1988年
- 2) 照屋善義 沖縄県工業試験場研究報告 Vol.7. P23 1979年
- 3) JIS A-5208 粘土瓦試験法
- 4) 花城可英・宜野座俊夫・与座範弘、照屋善義：沖縄県工業試験場研究報告P89 1985年

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

TEL (098)929-0111

FAX (098)929-0115

URL : <http://www.pref.okinawa.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。