

## 未利用資源の活用による赤瓦素地の改質に関する研究

窯業室 花城可英 宜野座俊夫

与座範弘 照屋善義

### まえがき

赤瓦製造業者が与那原町を中心に8企業立地している。赤瓦用原土は、沖縄本島南部に大量に賦存する島尻層群与那原層中の灰色粘土岩いわゆるクチャが使われ、およそ月産640t消費している。

クチャは硬土のことであり、いくつかの特性が見られる。クチャの基礎性状と瓦土との関係は、次のように関連づけることができる。

- 1) クチャは硬い：他の原料と均一に混合しにくい。
- 2) クチャは粘土分が多い：成形水分を多く必要とする。乾燥時間が長く、亀裂が発生しやすい。
- 3) クチャ中には可溶性塩が多い：白華現象の発生要因になっている。
- 4) クチャは融剤成分が多く、耐火度が低い：焼成巾が狭く、焼成管理がむつかしい、膨化現象が起りやすい。

など多くの欠点がある。

本研究は、既存赤瓦素地の改質を図るため未利用資源の活用について検討した。

### 1. 原土（クチャ）と未利用資源（名嘉真粘土）の諸特性

#### 1.1 クチャの特性

沖縄赤瓦事業協同組合の原土は、大里村字古堅から採掘される大里クチャである。大里クチャの化学組成と組成鉱物を表1、クチャ中の可溶性イオンを表2、粒度組成を表3にそれぞれ示した。

表1 クチャの化学組成と組成鉱物

粘土名	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	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	lg. Loss
大里クチャ	57.1%	16.5%	6.38%	0.78%	5.00%	3.26%	0.46%	3.17%	7.92%

耐火度	構成鉱物	K：カオリン鉱物 M：雲母粘土鉱物	
SK2a	K・M・Ch・Q・Fel	Ch：緑泥石	Q：石英 Fel：長石

表2 クチャ中の可能性イオン

可溶性イオン	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>#</sup>	Mg <sup>#</sup>	Mn <sup>#</sup>	Fe <sup>#</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
濃度 (ppm)	2190	502	292	257	9.6	1080	131	1176

表3 クチャの粒度分布

粘土名	>44μm	44~17μm	17~13μm	13~9μm	9~5μm	5μm>
大里クチャ	0.1%	5.9%	7.1%	10.1%	17.8%	59.0%

表1から表3の結果から大里クチャは、次の特性のあることがわかる。すなわち、大里クチャは緑泥石と雲母粘土鉱物それに石英や長石などを含む泥岩である。化学組成において鉄分6%、全アルカリ成分(CaO+MgO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)が12%と高いこと、そのため耐火度にも影響を与えSK2a(1120℃)と低い値となっている。また、5μm以下の粘土分が59%もあり、シルトと砂質分の少ない粘土岩である。

一方、クチャは海成堆積物であるため可溶性イオン濃度が高い値を示すのも一つの特徴である。そのうち、特にナトリウムイオンNa<sup>+</sup>(2190ppm)硫酸イオンSO<sub>4</sub><sup>=</sup>(1176ppm)の濃度が高く、両イオン濃度間には、相関性のあることが検定されている。

### 1.2 名嘉真粘土の特性

名嘉真粘土は、恩納村字名嘉真に多量に賦存する黒雲母石英はん岩の風化帯土壤粘土である。母岩に由来する雲母片と石英粒を含むとともに非晶質の珪酸分と粘土分から成っている。

表4に化学組成と耐火度、図1にX線回折図を示した。

表4 名嘉真粘土の化学組成と耐火度

粘土名	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	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	lg. Loss	耐火度
名嘉真粘土	70.0%	15.1%	1.56%	0.28%	0.83%	0.71%	1.35%	1.80%	4.68%	SK15

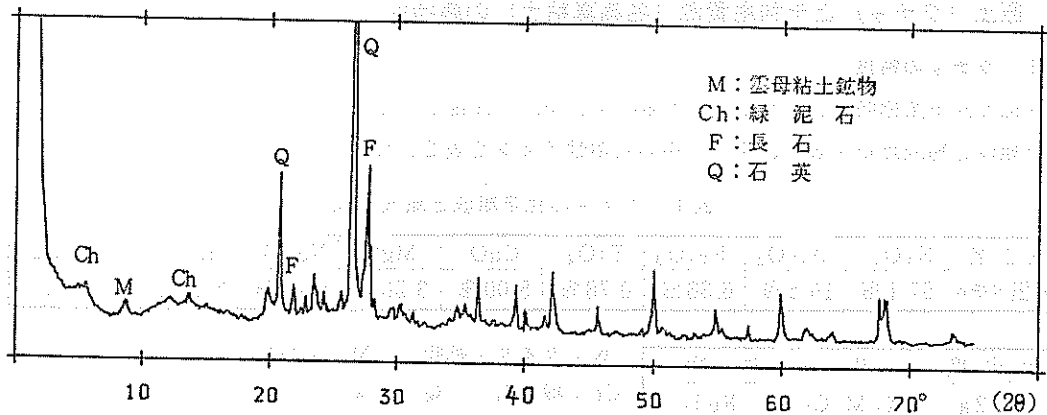


図1 名嘉真粘土のX線回折図

図1のX線回折の結果は、石英のほか長石が確認され、雲母粘土鉱物と緑泥石と考えられる粘土鉱物も認められる。化学組成は珪酸分が多く、アルカリ成分(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)が3%程度となっている。鉄分は1.6%と低い値を示している。耐火度はSK15(1435℃)である。

## 2. 新規瓦素地の配合と改質試験

既存赤瓦素地は、クチャ70%と砂質粘土30%の配合素地である。本研究では、砂質粘土の代替原料として名嘉真粘土を用いて配合試験を行なった。表5に配合割合を示す。

表5 配合割合

配合 No.	配合比	
	クチャ	名嘉真粘土
K - 100	100	0
K - 90	90	10
K - 80	80	20
K - 70	70	30
K - 60	60	40
K - 50	50	50

### 2.1 乾燥性状

配合素地の調製は、表5に示す配合比のクチャ量に対し0.3%の炭酸バリウムを添加し、成形水分を18%にして混合したのち24時間ねかしを行なった。試験体は、45<sup>厚</sup>×65<sup>巾</sup>×230<sup>長</sup>mmの二丁掛タイルを真空土練機で押し出し成形し室内乾燥した。表6に乾燥収縮率を示した。

表6 乾燥収縮率

配合 No.	K-100	K-90	K-80	K-70	K-60	K-50
乾燥収縮率	8.6%	8.5%	9.1%	9.2%	9.7%	9.5%

試験体表面は、殆んど白華現象は見られず炭酸バリウムの添加効果が現われている。乾燥収縮は、表6に示すようにクチャ単味素地が8.6%であるのに対し、名嘉真粘土が増加するに従って乾燥収縮率が大きくなる傾向を示す。

### 2.2 配合比と焼成温度の違いによる焼成性状の変化

焼成試験は0.1m<sup>3</sup>のガス窯を用いてそれぞれの配合比の二丁掛タイルについて50個を窯詰し焼成した。図2に1040℃の焼成曲線、図3には、配合比と焼成温度の違いによる焼成性状の変化を示した。

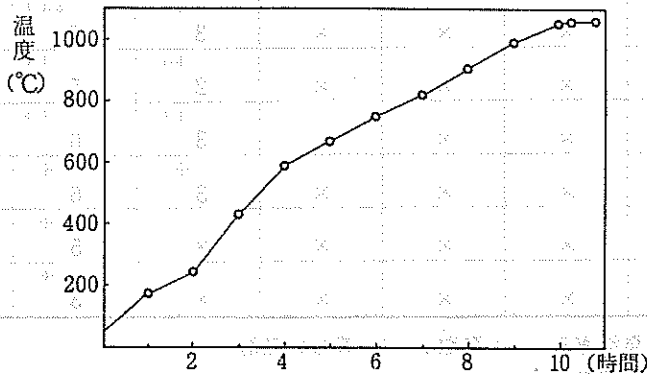


図2 1040℃における焼成曲線

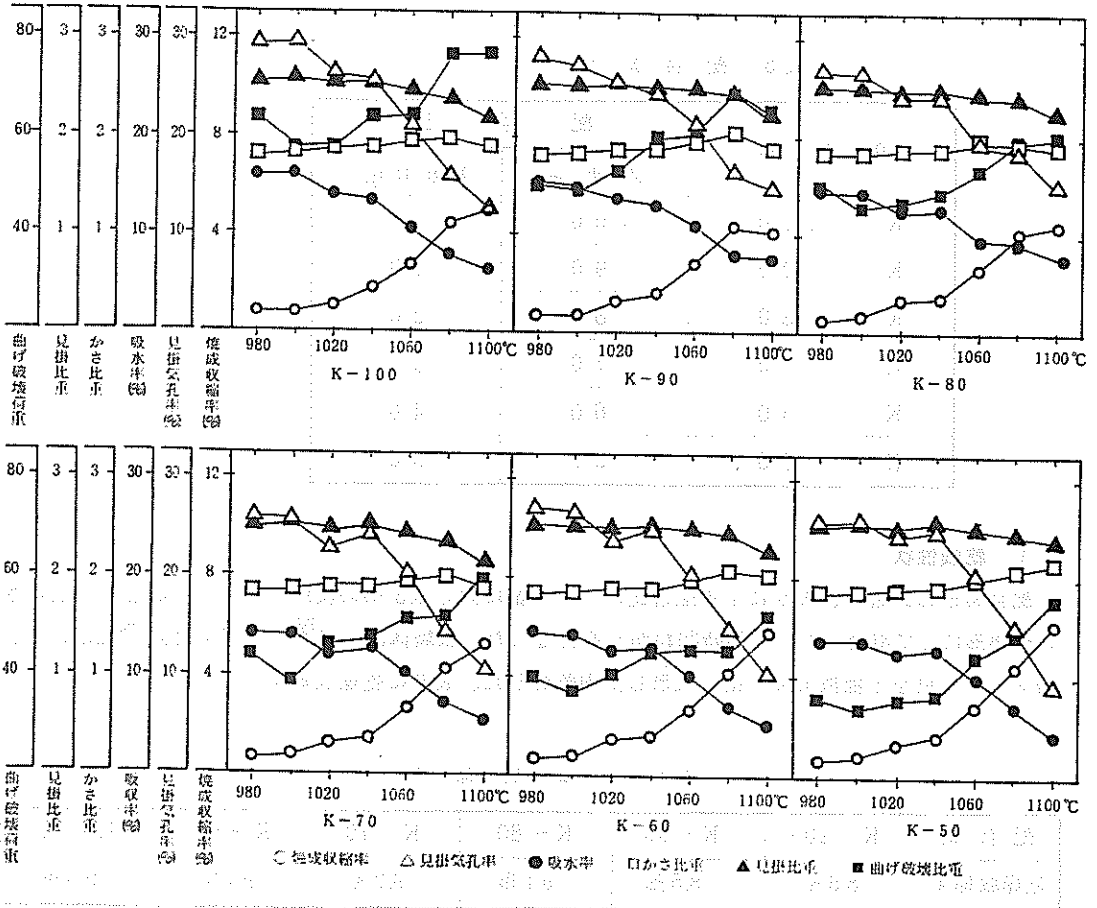


図3 配合素地の焼成性状

また、表7は焼成素地の膨化現象の傾向である。

表7 膨化現象の発生頻度

焼成温度		980℃	1000℃	1020℃	1040℃	1060℃	1080℃	1100℃
クチャ 100	名嘉真 0	×	×	×	×	3 <sup>++</sup>	6 <sup>+++</sup>	7 <sup>+++</sup>
	90	×	×	×	×	2 <sup>++</sup>	5 <sup>++</sup>	7 <sup>+++</sup>
	80	×	×	×	×	3 <sup>++</sup>	6 <sup>++</sup>	7 <sup>+++</sup>
	70	×	×	×	×	3 <sup>+</sup>	6 <sup>+</sup>	7 <sup>+++</sup>
	60	×	×	×	×	×	5 <sup>+</sup>	7 <sup>+++</sup>
	50	×	×	×	×	×	3 <sup>+</sup>	6 <sup>+</sup>

注 ×：発泡なし，+：発泡さみ，++発泡，+++著しい発泡  
数字は7試験体の発泡個数

表7から、膨化現象はクチャが多い素地ほど発生しやすく、また焼成温度が高くなるほど多く発生し発泡の程度も大きい。クチャが70%以上の配合素地では、1060℃から発泡する。

一方、図3から吸水率と曲げ強度の変化を膨化していない焼成素地の範囲内で考察すると、クチャが100%と70%の配合素地は1040℃の焼成温度で吸水率が13%程度あるのに対し、クチャが60%と50%の配合素地では1060℃においても膨化現象が起らず、さらに焼成温度も1060℃と高めることができることから吸水率も10%と低くすることが可能である。曲げ強度は、クチャが多くなるに従って、焼成温度が高くなる程増加の傾向を示す。

以上の結果から、新規瓦素地による赤瓦の改質を図るためにはクチャ60%と名嘉真粘土40%を配合し、クチャの量に対し炭酸バリウムを0.3%添加して製土し、この成形素地を1060℃で焼成する必要がある。焼成素地は白華がなく、均質な赤褐色を呈する。また、既存素地より吸水率が低く強度の高い素地の開発が可能である。

### 3. 試作開発

新規瓦素地の配合と改質試験の結果からクチャ60%と名嘉真粘土40%の割合で配合し、クチャ量に対し炭酸バリウムを0.3%添加、成形水分を18%として二丁掛タイルを真空土練押し出し成形した。成形体の焼成は工場規模の焼成窯を考慮して1050℃でそれぞれ4回に分けて焼成することとした。表8に試作品と既存製品（7社の平均値）の特性値を示す。また、写真1と写真2には試作品と既存製品の状態を比較して示した。

表8 試作品と既存製品の特性値

	吸水率%	見掛気孔率%	見掛比重	かさ比重	曲げ破壊荷重(kgf/cm)
試作品	10.3	20.4	2.5	2.0	45.3
既存製品	14.6	27.3	2.6	1.9	35.0

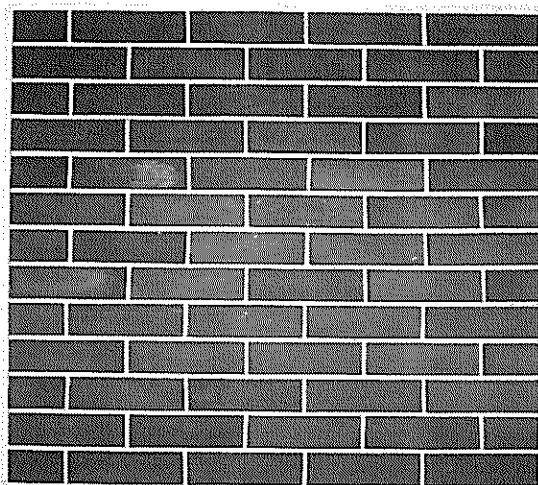


写真1 試作品

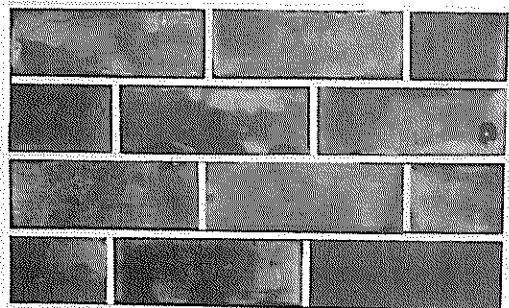


写真2 既存製品

試作品は、既存製品と比較して焼成色が良く均一な赤褐色を呈している。吸水率において既存製品が15%あるのに対し新規素地は10%、また新規素地の曲げ強度は45kgf/cmあり既存製品の35kgf/cmと比較して25%アップの強度の向上がみられる。

#### 4. まとめ

未利用資源の活用による赤瓦素地の改質について種々検討した結果、次の成果を得ることができた。

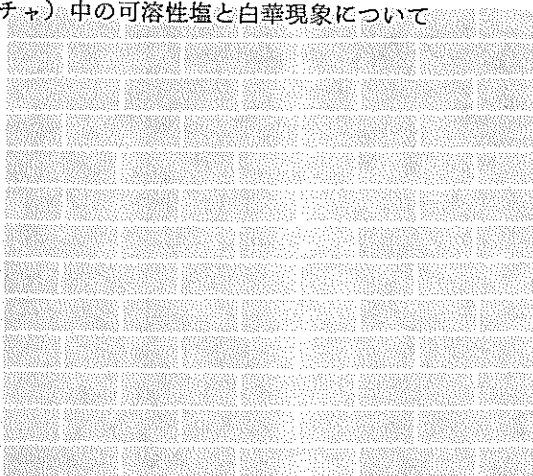
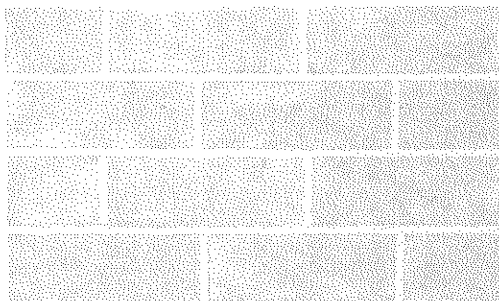
1. 既存赤瓦素地はクチャ70%と砂質粘土30%であるが、新規赤瓦素地としてクチャ60%と名嘉真粘土40%の新規赤瓦素地を開発することができた。
2. クチャ中の可溶性塩による素地の外観の欠点の白華現象は、クチャ量に対し炭酸バリウムを0.3%添加により解決できた。
3. 既存クチャ瓦素地の焼成巾は10℃と狭いが、新規赤瓦素地の焼成巾は40℃と広く、焼成管理が従前より容易であると同時に膨化防止につながっている。
4. 新規赤瓦素地は、吸水率が10%曲げ強度45kgf/cmを示し、既存製品の吸水率15%曲げ強度35kgf/cmと比較して品質の向上が見られる。

#### あとなぎ

本研究は昭和59年度及び昭和60年度沖縄県地場産業振興事業費補助金を受けて沖縄赤瓦事業協同組合が実施した新商品開発能力育成事業に対する指導研究である。当組合にとってクチャ瓦素地の改質は今日の課題であったが、本研究の成果を踏えて今後製土技術の確立と工場ラインの改善等によって「ニュークチャ瓦」の開発が期待される所である。

#### 参考文献

1. 照屋善義・宜野座俊夫・与座範弘・花城可英・宮城勝一郎：泥岩（クチャ）の坩器素地への開発研究、沖縄県工業試験場研究報告、1985
2. 花城可英・与座範弘・照屋善義：泥岩（クチャ）中の可溶性塩と白華現象について  
沖縄県工業試験場研究報告、1985



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

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.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。