

与那原町赤瓦原材料（クチャ）埋蔵量調査

赤嶺公一、宮城雄二、花城可英、八幡昇*

赤瓦原材料の確保に資するため、本島南部の公共事業が予定される7地区を調査し、採取されたクチャについて、吸水率や曲げ強度、焼成呈色等の試験を行い、赤瓦製作に適した原材料としての評価を行った。

その結果、調査地区ごとに評価し、試験結果から、今後公共事業に伴い発生するクチャ残土を赤瓦原材料として活用する際の注意点をまとめることができた。さらに、地質図を用いて調査地区の地層を確認したところ、試験結果が良好な地区は同一の地層であることがわかった。本研究により、赤瓦原材料に適したクチャを確保する際の知見が得られたと考えられる。

1 はじめに

本島南部の地表に分布する地質は、下位より島尻層群、琉球層群及び完新世堆積物に区分される。島尻層群は、豊見城層、与那原層、親里層（下位より）から構成される。これらの層は、シルト岩を主体とし砂岩・凝灰岩を挟む¹⁾。シルト岩は乾燥すると灰白色となり容易に風化され、方言で「クチャ」と呼ばれる¹⁾。

現在、県内で生産している赤瓦はクチャを原材料としている。そのクチャについては、これまで住宅・畑等の造成に伴い、発生するクチャ残土を個別に交渉し購入を図ってきた経緯があり、原材料の安定的な確保が将来において懸念される。そこで、赤瓦原材料（クチャ）の安定供給に向けて、公共事業（土地改良事業、道路建設等）に絡む事業に協力を依頼し、将来の切土計画を踏まえたクチャの地質調査、賦存量調査等²⁾を行い、今後発生するクチャ残土の活用について検討した。さらに、地質図を用いて調査地区の地層を確認²⁾し、赤瓦原材料に適したクチャが賦存する地層について検討した。

当センターは採取されたクチャを用いて、窯業原料としての評価（赤瓦製作に適した原材料としての評価）に必要な試験を行った。その試験結果をもとに、沖縄県赤瓦事業協同組合とともに評価を行い、調査地区ごとに赤瓦原材料として活用する際の注意点をまとめた。さらに、赤瓦原材料に適した地層がわかったので報告する。

2 実験方法

2-1 試料

宮平など7地区の調査地区から、ボーリングコア試料（約φ8cm×h100cm、一部地表面からの採取試料含む）84種類を採取した。採取試料は、乾燥後にロールクラッシャーで粒径2mm以下程度まで粉碎し縮分後、試験に供した。鉱物組成、化学組成の測定には更にサイクロミルを用いて微粉碎した試料を用いた。

*沖縄県赤瓦事業協同組合

調査地区を代表する試料を抽出するため、採取試料を用いて、鉱物組成、化学組成の測定や焼成試験（外観観察、焼成呈色、吸水率）による予備試験²⁾を行った。予備試験結果やボーリング位置等を参考にボーリングコア試料数が多い津嘉山地区から2試料、他地区からは1試料を抽出し、本試験の試料とした（以下、抽出試料）。表1に試料一覧を示す。

抽出試料との比較には、沖縄県赤瓦事業協同組合で現在使用しているクチャ原土（以下、k023 瓦組合クチャ）やk023 瓦組合クチャに赤土を30%配合した赤瓦製作用クチャ坏土（以下、k053 クチャ坏土）を用いた。

表1 試料一覧

地区名	採取試料		抽出試料	
	試料No.	試料数	試料No.	試料名
宮平	s001～009	9	s005	宮平B-2②
津嘉山	s010～030	21	s011	津嘉山B-1②
津嘉山			s028	津嘉山B-7①
津嘉山公園	s031～045	15	s041	津嘉山公園B-4②
伊覇	s046～057	12	s051	伊覇B-2②
喜屋武	s058～066	9	s063	喜屋武B-2②
与那原	s067～075	9	s071	与那原B-2②
大里	s076～084	9	s080	大里B-2②
—	—	—	k023	瓦組合クチャ
—	—	—	k053	クチャ坏土

2-2 基礎性状の把握

2-2-1 鉱物組成

X線回折装置（RIGAKU UltimaIV）を用いて測定した。測定条件はCu管球、40kV、40mA、半導体高速検出器、スキャン速度は5°/min、2θが5～70°で連続測定を行

った。

2-2-2 化学組成

エネルギー分散型蛍光X線分析装置 (SPECTRO xepos) を用いて測定した。試料はルーズパウダー法専用容器に詰め、FP法による半定量分析で測定を行った。測定成分は主要な8成分 (Na₂O、MgO、Al₂O₃、SiO₂、K₂O、CaO、Fe₂O₃、SO₃) とした。強熱減量は1000℃の強熱法により測定した。

2-2-3 焼成試験 (外観観察、焼成呈色、吸水率)

試料に適量の水を添加し混練を行った。その後、石膏型を用いて約50×40×7mmに成型し、自然乾燥後に電気炉 (北村電気炉製作所KEW KS26) を用いて焼成を行った。焼成条件は、最高温度1000℃、1030℃の2条件、昇温速度毎時100℃、最高温度保持時間1時間で行った。また、比較のためにk023瓦組合クチャやk053クチャ坏土についても同様に行った。

①外観観察 (白華現象とひび割れ)

焼成後の試験体を用いて外観観察を行い、白華現象とひび割れについて評価した。評価はk023瓦組合クチャの試験体を基準とし、それぞれの試験体と目視により比べた。

②焼成呈色

呈色測定は、標準土色帖を用いて標準色に近い色を判定した。

③吸水率

吸水率は24h自然吸水法により測定を行い、次式により吸水率 (%) を算出した。

$$\frac{\text{飽水重量} - \text{乾燥重量}}{\text{乾燥重量}} \times 100 = \text{吸水率}(\%)$$

2-3 窯業原料としての評価試験

(粗粒の分析 (含有割合/化学組成/鉱物組成)、粒度分布、収縮率、耐火度、曲げ強度)

窯業原料としての評価に必要な試験 (粗粒の分析 (含有割合/化学組成/鉱物組成)、粒度分布、収縮率、耐火度、曲げ強度) を行った。比較のため、k023瓦組合クチャやk053クチャ坏土についても同様に行った。

2-3-1 粗粒の分析 (含有割合/化学組成/鉱物組成)

クチャ中に粗粒 (砂層等) が多く含まれると焼成した

試験体の物性値 (吸水率、収縮率、耐火度、曲げ強度) に影響を及ぼすと考えられるため、クチャ中の粗粒について分析を行った。

粗粒の含有割合測定のため、試料50gを用いて湿式ふるいによるふるい分けを行なった。ふるいは、「JIS Z 8801-1 試験用ふるい」で規定される0.425、0.25 mmの目開きのものを使用した。

粗粒の化学組成、鉱物組成の測定には、ふるい分け後のs011津嘉山B-1②の粗粒 (0.25-0.425mmの粒) を用いた。

2-3-2 粒度分布

試料は2-3-1粗粒の分析後の0.25mm以下の試料を用いた。試料0.5gに分散液 (0.2wt%ヘキサメタリン酸水溶液) 30mlを加え攪拌し、さらに超音波洗浄器にて30分間処理した懸濁液を測定試料とした。同様の分散液を用いてレーザー一回折式粒度分布測定装置 (日機装MT3300EXII) にて測定を行った。

2-3-3 収縮率

収縮率は、乾燥収縮率の測定を開始する坏土の硬さを同一にするために、山中式土壤硬度計を用いて差し込み深さ8~9mmになるよう坏土の水分量を調整した。その後、たたら成形により40×70×20mmの試験体を切り出し、標線間の寸法が50mmになるようにH型にかみそり刃で印を付けた。焼成条件は、2-2-3焼成試験と同様に最高温度1000℃で焼成した。乾燥後と焼成後の寸法をそれぞれ測定、次式により乾燥収縮率 (%) と全収縮率 (%) を算出した。また、試験体の生重量と乾燥重量を測定し、含水率 (%) を算出した。

$$\frac{50(\text{標線間の寸法}) - \text{乾燥後の寸法}}{50(\text{標線間の寸法})} \times 100 = \text{乾燥収縮率}(\%)$$

$$\frac{50(\text{標線間の寸法}) - \text{焼成後の寸法}}{50(\text{標線間の寸法})} \times 100 = \text{全収縮率}(\%)$$

$$\frac{\text{生重量} - \text{乾燥重量}}{\text{生重量}} \times 100 = \text{含水率}(\%)$$

2-3-4 耐火度

耐火度は、収縮率を測定するために調整した坏土を用いてJIS R 8101「耐火度試験用標準コーン」に規定されるゼーゲルコーン形状に成型し、試験体とした。乾燥後の試験体を土台と80°になるように固定し、標準試験体と一緒に高温電気炉に並べ、昇温速度毎時150℃、最高温度保持時間30分の条件で試験を行った。標準試験体との比較により試料の耐火度とした。

2-3-5 曲げ強度

曲げ強度は、収縮率を測定するために調整した坏土を用いて25×150×20mmの試験体を切り出し、乾燥後に耐水ペーパーにて表面を平滑に研磨後、焼成を行い試験体とした。焼成条件は、2-2-3焼成試験と同様に最高温度1000℃、1030℃の2条件で焼成した。試験機（島津製作所 オートグラフAGS-5kNG）を用いて、3点曲げ試験方法でスパン100mm、試験速度1mm/minとし、試験体と治具との間に厚さ3mmのゴムを挟み、曲げ破壊荷重の測定を行った。測定後、試験体破断面の寸法を計測し、次式により曲げ強度（N/mm²）を算出した。

$$\frac{3 \times \text{曲げ破壊荷重} \times 100 (\text{支持ロッド間のスパン})}{2 \times \text{試験体の幅} \times \text{破断面の厚さ}^2} = \text{曲げ強度} (\text{N/mm}^2)$$

2-4 赤瓦原材料に適した地層

地質図を用いて調査地区の地層を確認し、赤瓦原材料に適したクチャが賦存する地層について検討した。

3 実験結果および考察

3-1 基礎性状の把握

3-1-1 鉱物組成

代表例としてs080大里B-2②のX線回折図を図1に示す。石英、長石、カルサイト、雲母粘土鉱物、緑泥石と

推定されるピークが検出された。調査地区が異なっても、これらの主要鉱物の種類に大きな差異は認められなかった。一部の試料にはパイライト（FeS₂）の主ピーク位置（2θ:33.0°）に弱いピークが認められた。パイライトは酸化されると硫酸イオンとなる。硫酸イオンは赤瓦製品の表面に見られる白華現象の原因³⁾とされており、パイライトを多く含む試料は白華現象に注意が必要である。

3-1-2 化学組成

抽出試料の化学組成を表2に示す。試料は全てクチャであるため、SiO₂、Al₂O₃を主成分とするものである。白華現象を誘発する要因とされる硫黄分（SO₃）の最も多い試料はs005宮平B-2②で1.1%（SO₃）である。ただし、当実験では硫黄分と白華現象に相関は認められなかった。白華現象が認められない要因として、試料中に含まれる硫黄分がパイライト（FeS₂）等の比較的安定した形態であると推測する。白華現象はクチャ中の可溶性塩が乾燥過程で素地表面に溶出後に沈積し、焼成により素地表面に現れたものである。ただし、前述したように、パイライトは酸化されると硫酸イオンとなるため、白華現象が生じる可能性があり、パイライトを含むクチャについては炭酸バリウムの配合割合を増やす等の白華現象防止対策の検討が必要である。

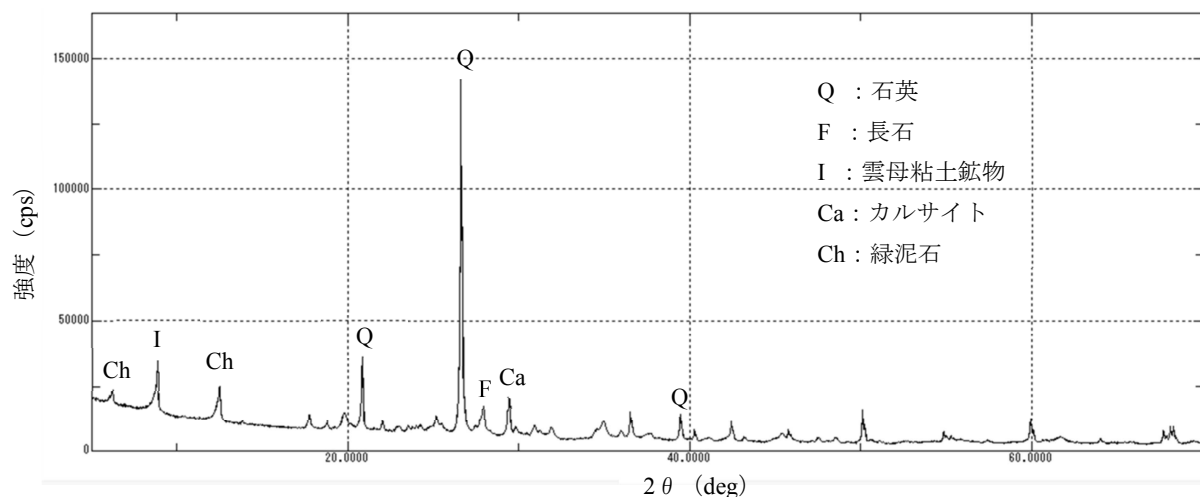


図1 抽出試料（s080 大里 B-2②）のX線回折図

表2 抽出試料の化学組成

試料No.	試料名	化学組成(%)									
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	強熱減量	合計値
s005	宮平B-2②	1.0	3.2	14.3	51.6	1.1	2.5	8.5	6.7	9.8	98.6
s011	津嘉山B-1②	1.4	2.8	15.9	53.9	0.4	2.6	5.6	7.4	8.5	98.6
s028	津嘉山B-7①	1.0	2.7	15.5	52.8	0.3	2.8	6.5	7.1	9.8	98.6
s041	津嘉山公園B-4②	1.0	2.6	15.7	53.2	0.4	2.7	6.4	7.3	9.2	98.6
s051	伊覇B-2②	0.7	2.9	16.3	53.7	0.6	3.1	4.6	8.0	8.7	98.5
s063	喜屋武B-2③	0.8	2.8	15.1	53.1	0.9	2.7	6.7	7.4	9.1	98.6
s071	与那原B-2②	1.3	2.7	16.5	54.0	0.4	3.0	5.1	7.5	8.3	98.6
s080	大里B-2②	1.0	2.8	16.3	53.8	0.3	3.0	5.1	7.6	8.7	98.6
k023	瓦組合クチャ	1.0	2.7	16.3	54.7	0.3	3.1	4.3	8.3	7.8	98.5

3-1-3 焼成試験（外観観察、焼成呈色、吸水率）

焼成試験体を用いた外観観察（白華現象とひび割れの評価）、焼成呈色、吸水率測定結果を表3に示す。

白華現象はs005宮平B-2②のみに見られた。採取試料を用いた予備試験では、伊覇地区、大里地区において白華現象が多く生じる傾向があったが、抽出試料を用いた本試験において白華現象は認められなかった。予備試験と本試験での白華現象の傾向に違いがあったのは、試験体作製時の乾燥条件による影響だと推測する。よって、白華現象が生じた地区の原料を赤瓦製作に用いる際は、乾燥工程の管理に注意する必要があると考える。ひびは005

宮平B-2②、s063喜屋武B-2②で確認し、予備試験と同様の傾向を示した。

焼成呈色を判定した結果、k023瓦組合クチャと同様に赤みが強い焼成呈色（2.5YR6/6）を示したのは、1000℃の焼成条件ではs071与那原B-2②、1030℃では与那原に加えs011津嘉山B-1②、s051伊覇B-②、s080大里B-2②である。

吸水率はs051伊覇B-②、s080大里B-2②がk023瓦組合クチャと同様に低いため、焼きしまりが進んでいると考える。

表3 抽出試料の焼成試験（外観観察、焼成呈色、吸水率）

試料No.	試料名	吸水率(%)		外観							
		1000℃	1030℃	焼成呈色						白華	ひび
				1000℃			1030℃				
				色相	明度	彩度	色相	明度	彩度		
s005	宮平B-2②	23.0	21.6	5YR	8	4	5YR	7	4	○	○
s011	津嘉山B-1②	17.7	15.7	5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—
s028	津嘉山B-7①	19.3	18.1	5YR	7	6	5YR	6	6	—	—
s041	津嘉山公園B-4②	20.6	18.8	5YR	7	6	5YR	6	6	—	—
s051	伊覇B-2②	15.8	13.8	5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—
s063	喜屋武B-2②	23.1	21.5	5YR	7	6	5YR	6	6	—	○
s071	与那原B-2②	17.8	15.5	2.5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—
s080	大里B-2②	16.6	14.8	5YR	7	6	2.5YR	6	6	—	—
k023	瓦組合クチャ	14.5	12.5	2.5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—
k053	クチャ坏土	15.8	14.1	5YR	6	6	2.5YR	6	8	—	—

3-2 窯業原料としての評価試験

3-2-1 粗粒の分析（含有割合/化学組成/鉱物組成）

粗粒の含有割合結果を表4に示す。s005宮平B-2②、s011津嘉山B-1②、s041津嘉山公園B-4②、s063喜屋武B-2②の試料において粗粒（0.25mm以上の粒）が確認され、粗粒の含有割合判定を「多い」とした。粗粒の代表として、s011津嘉山B-1②の粗粒（0.25-0.425mmの粒）を分析した結果を表5、図2に示す。X線回折結果より粗粒は周辺のクチャ層よりも長石類を多く含むことが確認された。また、化学組成の分析より硫酸分（SO₃）が多く、鉱物組成からパイライト（FeS₂）と推測する硫化鉱物を確認した。パイライトは前述したように、白華現象の要因となる可能性があり、砂層（粗粒）を多く含む原料を用いる際は白華現象に注意する必要があると考えられる。

3-2-2 粒度分布

粒度分布結果を表6に示す。s005宮平B-2②、s011津嘉山B-1②、s041津嘉山公園B-4②、s063喜屋武B-2②の試料

は125μm以上の粒子が比較的多く、3-2-1粗粒の含有割合（粗粒の含有割合判定）と同様の傾向を示した。

表4 抽出試料による粗粒の含有割合（%）と判定（多いorない）

試料No.	試料名	粗粒の割合(%)		粗粒の判定
		0.25-0.425mm	0.425mm<	
s005	宮平B-2②	1.3	0.5	多い
s011	津嘉山B-1②	1.2	0.3	多い
s028	津嘉山B-7①	—	—	ない
s041	津嘉山公園B-4②	0.5	—	多い
s051	伊覇B-2②	—	—	ない
s063	喜屋武B-2②	0.5	0.4	多い
s071	与那原B-2②	—	—	ない
s080	大里B-2②	—	—	ない
k023	瓦組合クチャ	—	—	ない

※粗粒の割合が0.2%未満は“—”

表5 s011 津嘉山 B-1②の粗粒（0.25-0.425mm）の化学組成 (%)

試料No.	試料名	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	BaO	強熱減量	合計値
k052	s011の粗粒	3.0	0.6	21.3	46.1	7.4	0.5	10.9	6.3	0.2	3.0	99.4

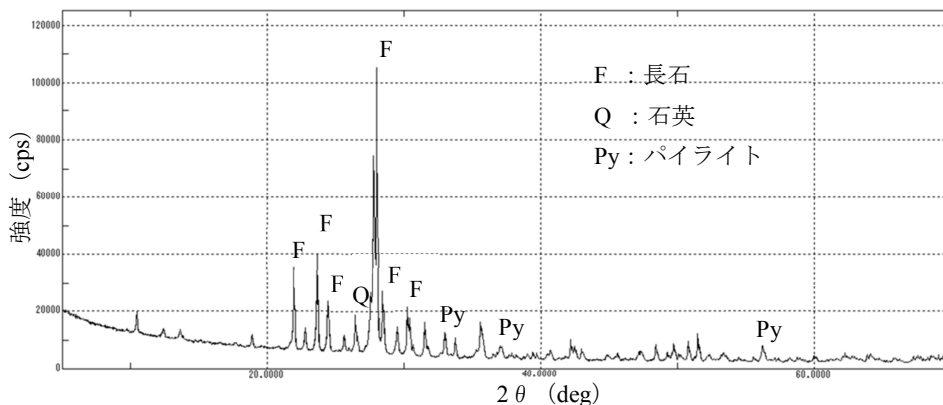


図2 s011（津嘉山 B-1②）の粗粒（0.25-0.425mm）のX線回折図

表6 抽出試料の粒度分布

試料No.	試料名	粒子径(μm)								粗粒の判定
		<5	5-10	10-20	20-45	45-125	125-250	250<		
s005	宮平B-2②	33.9	25.7	18.7	12.5	6.8	2.3	0.2	多い	
s011	津嘉山B-1②	35.5	24.5	17.3	11.2	7.0	3.4	1.1	多い	
s028	津嘉山B-7①	40.4	27.5	20.1	9.8	2.3	0.0	0.0	ない	
s041	津嘉山公園B-4②	33.7	25.4	20.2	12.8	5.9	1.8	0.1	多い	
s051	伊覇B-2②	25.1	26.1	27.4	17.1	4.5	0.0	0.0	ない	
s063	喜屋武B-2②	38.8	25.7	14.7	9.1	8.4	2.8	0.5	多い	
s071	与那原B-2②	34.6	28.2	24.2	11.1	1.9	0.0	0.0	ない	
s080	大里B-2②	29.8	25.9	24.7	14.8	4.5	0.3	0.0	ない	
k023	瓦組合クチャ	30.7	25.0	25.2	15.1	4.1	0.0	0.0	ない	

※粗粒の含有割合判定は湿式ふるい分け結果をもとに判定（多いorない）

3-2-3 収縮率

収縮率（含水率含む）の測定結果を表7に示す。乾燥収縮率は6.8～9.8%、全収縮率は7.5～10.5%の範囲だった。砂分（粗粒）が多い試料（s005宮平B-2②, s041津嘉山公園B-4②, s063喜屋武B-2②）は配合する水が多くなる傾向があったが、s011津嘉山B-1②は水を入れても試料中に保持しない傾向があり、水を多く加えても可塑性に変化がなかったため、含水率は比較的低い。

k023瓦組合クチャと比較し、乾燥収縮・全収縮率が比較的大きい試料はs011津嘉山B-1②を除くとs028津嘉山B-7①である。赤瓦を製作する際には真空土練機を用いるが、同様に乾燥収縮・全収縮率の傾向を示すか確認作業が必要である。

3-2-4 耐火度

耐火度の測定結果を表7に示す。耐火度はSK1a（熔倒温度1100℃）～SK4a（熔倒温度1160℃）の範囲だった。s005宮平B-2②、s063喜屋武B-2②の試料は、k023瓦組合クチャよりも耐火度がSK2番以上低いため、赤瓦原材料として用いる際には焼成に注意が必要である。

3-2-5 曲げ強度

曲げ強度の測定結果を表7に示す。1000、1030℃焼成とともに、k023瓦組合クチャの曲げ強度を超える試料は確認できなかった。曲げ強度が比較的大きい試料はs051伊覇B-2②とs080大里B-2②である。s028津嘉山B-7①やs071与那原B-2②は1030℃焼成において曲げ強度が20MPa以上となり、k023瓦組合クチャの1000℃焼成時の曲げ強度（25.1MPa）に近づくことがわかった。

表7 抽出試料による耐火度、収縮率、含水率、曲げ強度、粗粒の判定

試料No.	試料名	耐火度	収縮率(%)		含水率(%)	曲げ強度(MPa)		粗粒の判定
			乾燥収縮	全収縮		1000℃	1030℃	
s005	宮平B-2②	SK1a	8.6	9.2	28.6	11.8	14.1	多い
s011	津嘉山B-1②	SK3a	9.8	10.5	20.8	16.5	17.8	多い
s028	津嘉山B-7①	SK3a+	9.8	10.3	29.9	17.9	21.1	ない
s041	津嘉山公園B-4②	SK3a+	8.2	8.6	28.1	14.2	16.2	多い
s051	伊覇B-2②	SK4a	6.8	8.0	25.5	23.0	23.7	ない
s063	喜屋武B-2②	SK2a	8.4	9.7	30.1	11.3	13.7	多い
s071	与那原B-2②	SK4a	7.3	7.5	27.5	17.1	22.8	ない
s080	大里B-2②	SK4a	7.4	8.2	26.2	22.4	25.6	ない
k023	瓦組合クチャ	SK4a	8.2	8.6	26.5	25.1	29.3	ない
k053	クチャ坏土	SK4a	7.1	7.8	24.3	16.3	17.9	—

曲げ強度と粗粒の含有割合との関係について検討した結果、曲げ強度は粗粒が多い試料では小さくなる傾向が見られたため、曲げ強度と粗粒の含有割合に相関があると考えられる。今後、測定データを蓄積し確認する必要がある。

3-3 赤瓦原材料に適した地層

今回、調査を行った地区を地質図¹⁴⁾にて確認すると、全て島尻層群与那原層だった（図3）。与那原層は浮遊性有孔虫化石分帯により6層に細分化（下位よりYlp₁, Yup₁, Ylp₂, Yup₂, Yp₃, Yp₄）されるが、今回の調査地区はその内の3層（Ylp₁, Yup₁, Ylp₂）に区分される。窯業原料としての評価（赤瓦製作に適した原材料としての評価）を行った結果、伊覇地区と大里地区が赤瓦事業協同組合で現在使用しているクチャ原土と同様に吸水率が低く、曲げ強度が大きい傾向等が認められた。これら試験結果が良好な地区は、同一の地層であるYlp₂に区分されている。赤瓦製作に適したクチャが賦存する地層が、同一の地層であることがわかった。

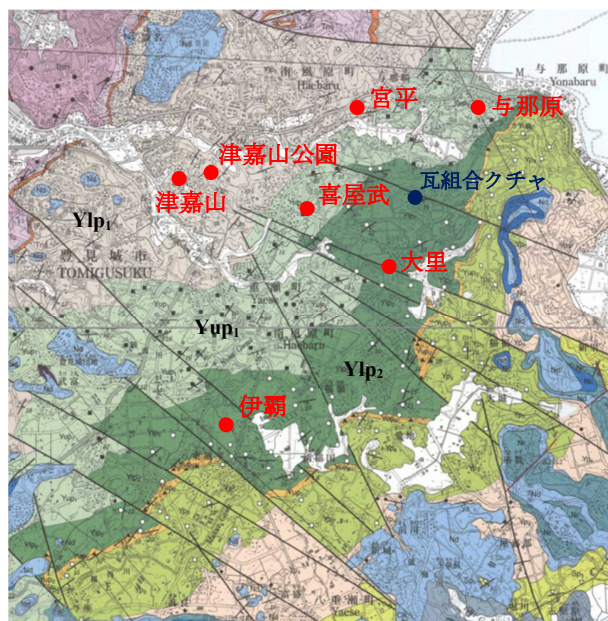
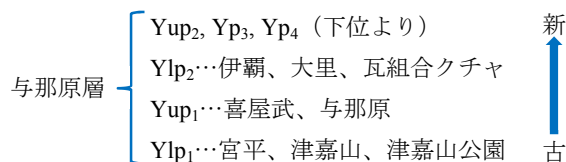


図3 地質図

地質図は、以下の著作物を利用しています。産業技術総合研究所地質調査総合センター、1/5万地質図幅「那覇及び沖縄市南部地域」「糸満及び久高島地域」



4 まとめ

本島南部の公共事業が予定される7地区を調査し、採取されたクチャを用いて、窯業原料としての評価（赤瓦製作に適した原材料としての評価）を行った。評価のため、鉱物組成、化学組成、焼成試験（外観観察、焼成呈色、吸水率）、粗粒の分析（含有割合/化学組成/鉱物組成）、粒度分布、耐火度、収縮率、曲げ強度を測定した。その結果、いくつかの知見を得たので要約する。

1. クチャは調査地区が異なっても、主要鉱物の種類に大きな差異はないが、粗粒（ $0.25\mu\text{m}$ 以上の粒）の含有割合に違いが認められた。
2. クチャ中の粗粒にはパイライト（ FeS_2 ）が確認された。パイライトは白華現象の要因となる可能性があり、粗粒を多く含むクチャ（砂層が多いクチャ）を用いる際は白華現象に注意する必要がある。
3. 粗粒を多く含むクチャは、曲げ強度が小さくなる傾向があると推測する。粗粒を多く含むクチャを原料に用いる際は、強度に注意する必要がある。
4. 地質図を用いて調査地区の地層を確認したところ、試験結果が良好な地区（伊覇地区、大里地区）は同一の地層（与那原層Y1p₂）であることがわかった。

本研究により、赤瓦製作に適したクチャを確保する際の知見が得られたと考えられる。

本研究は、沖縄県赤瓦事業協同組合から受託した「与那原町赤瓦原材料（クチャ）埋蔵量調査（2013技018）」で行ったものである。

謝辞

本研究を実施するにあたり、株式会社シビルエンジニアリングの関係各位よりご協力を頂きました。感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 氏家宏, 兼子尚知, 地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）那覇及び沖縄市南部地域の地質,(2006)
- 2) 与那原町役場産業振興課, 株式会社アジア測量設計, 平成25年度 与那原町赤瓦原材料（クチャ）埋蔵量調査業務委託 沖縄本島南部 設計報告書 地質調査報告書 測量成果簿, (2013)
- 3) 花城可英, 与座範弘, 照屋善義, 沖縄県工業試験場昭和59年度業務報告,77-83(1984)
- 4) 氏家宏, 兼子尚知, 地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）糸満及び久高島地域の地質,(2006)

＜参考資料＞調査地区の概要

宮平（採取可能土量4,535m³）

- ・焼成呈色は様々だが、全体的に赤みが弱い。
- ・砂層が多い箇所があり、粗粒を多く含み、表面にひび割れが生じている試験体多数
- ・吸水率は1030℃で焼成しても20%以上
- ・耐火度はSK1a（熔倒温度1100℃）と低いため、焼成に注意が必要
- ・曲げ強度は1000℃、1030℃焼成ともに極めて小さい
- ・硫黄分（SO₃）は多めであり、白華現象に注意が必要

津嘉山（採取可能土量134,425m³）

- ・焼成呈色は全体的に赤みが弱い。
- ・砂層が多い箇所があり、粗粒を多く含む
- ・粗粒を分析したところ、パイライト（FeS₂）と推測する硫化鉱物を確認
- ・白華現象はほとんど認められなかったが、パイライトは酸化されると硫酸イオンとなるため、白華現象が生じる可能性があり注意が必要
- ・抽出試料によってばらつきはあるが、吸水率は高く、曲げ強度は小さい傾向
- ・乾燥・全収縮率が大きい傾向があり、赤瓦製品の歪みに注意が必要

津嘉山公園（採取可能土量2,050m³）

- ・焼成呈色は全体的に赤みが弱い
- ・砂層が多い箇所があり、粗粒を多く含む
- ・吸水率は高く、曲げ強度は小さい傾向
- ・白華現象は認められない

伊覇（採取可能土量4,560m³）

- ・焼成呈色は全体的に赤みが強い
- ・風化（褐色化）が進んでいる箇所が多い
- ・赤瓦事業協同組合で現在使用しているクチャ原土（k023瓦組合クチャ）を除くと、最も吸水率は低く、曲げ強度は大きい
- ・乾燥条件によっては、著しい白華現象が認められる

喜屋武（採取可能土量25,700m³）

- ・焼成呈色は様々
- ・砂層が多い箇所があり、粗粒を多く含み、表面にひび割れが生じている試験体多数
- ・1000℃、1030℃焼成ともに吸水率は高く、曲げ強度は小さい
- ・耐火度はSK2a（熔倒温度1120℃）と低めであり、焼成に注意が必要
- ・白華現象は一部の試験体だけに認められるが、硫黄分（SO₃）は多い傾向があり、白華現象に注意が必要

与那原（採取可能土量2,765m³）

- ・焼成呈色は全体的に赤みが強い
- ・吸水率は低い傾向
- ・1030℃焼成において曲げ強度が22.8MPaとなり、k023瓦組合クチャの1000℃焼成時の曲げ強度（25.1MPa）に近づく
- ・白華現象は少ない

大里（採取可能土量3,280m³）

- ・焼成呈色の赤みはやや弱い
- ・伊覇地区と同様に、吸水率は低く、曲げ強度は大きい
- ・乾燥条件によっては、著しい白華が認められる

表 抽出試料による試験結果一覧

地区名	試料No.	試料名	吸水率		外観									収縮率(%)		含水率(%)	曲げ強度(MPa)		粗粒の判定
			1000℃	1030℃	焼成呈色						白華	ひび	耐火度	乾燥収縮	全収縮		1000℃	1030℃	
					1000℃			1030℃											
					色相	明度	彩度	色相	明度	彩度									
宮平	s005	宮平B-2②	23.0	21.6	5YR	8	4	5YR	7	4	○	○	SK1a	8.6	9.2	28.6	11.8	14.1	多い
津嘉山	s011	津嘉山B-1②	17.7	15.7	5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—	SK3a	9.8	10.5	20.8	16.5	17.8	多い
津嘉山	s028	津嘉山B-7①	19.3	18.1	5YR	7	6	5YR	6	6	—	—	SK3a+	9.8	10.3	29.9	17.9	21.1	ない
津嘉山公園	s041	津嘉山公園B-4②	20.6	18.8	5YR	7	6	5YR	6	6	—	—	SK3a+	8.2	8.6	28.1	14.2	16.2	多い
伊覇	s051	伊覇B-2②	15.8	13.8	5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—	SK4a	6.8	8.0	25.5	23.0	23.7	ない
喜屋武	s063	喜屋武B-2②	23.1	21.5	5YR	7	6	5YR	6	6	—	○	SK2a	8.4	9.7	30.1	11.3	13.7	多い
与那原	s071	与那原B-2②	17.8	15.5	2.5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—	SK4a	7.3	7.5	27.5	17.1	22.8	ない
大里	s080	大里B-2②	16.6	14.8	5YR	7	6	2.5YR	6	6	—	—	SK4a	7.4	8.2	26.2	22.4	25.6	ない
—	k023	瓦組合クチャ	14.5	12.5	2.5YR	6	6	2.5YR	6	6	—	—	SK4a	8.2	8.6	26.5	25.1	29.3	ない
—	k053	瓦組合クチャ (赤土30%配合)	15.8	14.1	5YR	6	6	2.5YR	6	8	—	—	SK4a	7.1	7.8	24.3	16.3	17.9	—

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。