

窯業原料調査（その5）

（与那国島地域）

赤嶺公一、中村英二郎、宮城雄二、花城可英、與座範弘

窯業原料の安定確保は業界の恒常的課題の1つである。当センターでは安定的な窯業原料の確保に資するため、平成18年度より窯業原料調査を実施している。調査では、沖縄本島北部、離島などこれまで未調査の地域を中心に試料の採取及び評価を行っている。今回、与那国島地域について未調査及び既に窯業原料として利用されている地点の試料採取と分析を行い、窯業原料としての基礎特性（化学組成、鉱物組成、呈色、耐火度）を明らかにしたので報告する。

1 はじめに

与那国島は日本最西端の島で、地形は基盤の八重山層群からなる山地と琉球層群の石灰岩でできた平坦面、そして表層堆積物からなる。与那国島の地質系統は下記に大別されている¹⁾。

- 氾濫原堆積物・段丘堆積物・砂丘堆積物・風化土壌、石灰岩 (完新世)
- 琉球層群 石灰岩・粘土・砂及び礫層 (更新世)
- 八重山層群 砂岩・頁岩・凝灰質砂岩 (中新世)

かつて与那国島内の数カ所で瓦が生産されていたが全て廃窯し、現在では島外から持ち込まれている。現在、陶器製造を営んでいる業者が1社あり、島内の粘土を原料として使用している。なお、これまで与那国島での窯業原料調査を行った報告はない。

このように窯業原料調査が行われていない地域であるので、新たな原料の探索および既存原料の確認のため窯業原料調査を行った。試料採取にあたっては、地質図¹²⁾を参考にするとともに、地元で窯業原料に関する聞き取りを行い、実際に現地で行った。

採取試料は、窯業原料としての基礎特性である化学組成、鉱物組成、呈色、耐火度の測定を行った。これらの基礎特性を測定することで窯業原料としての可能性を探った。

2 実験方法

2-1 試料の採取方法

試料採取は手ぐわ、ハンマー、スコップ等を用いて原土や岩石を採取した。原土試料を採取する際は、その表層を除き、平均的試料と思われる箇所から採取した。また、極力草木の混入を避けた。

2-2 採取地点及び採取試料の外観

当調査においては、陶器製造業者が利用している粘土や登り窯跡近くから瓦製作に使用していたと推測される粘土を採取した。さらに、地質図上¹⁾²⁾、八重山層群などの地質に区分されている地点から粘土を採取した。試料を採取した地点は図1に数字で示し、一覧は表1に示す。

表1 採取試料

No.	場所		外観	備考
	市町村	地域名		
29	与那国町	比川	砂混じり粘土	のり面
30	与那国町	比川	砂岩	No.1の母岩
31	与那国町	牧場近く	砂混じり粘土	のり面
32	与那国町	空港近く	粘土	陶器業者の粘土
33	与那国町	空港近く	粘土	陶器業者の粘土
34	与那国町	天蛇鼻	岩石	
35	与那国町	天蛇鼻	岩石	
36	与那国町	帆安	粘土	のり面
37	与那国町	帆安	粘土	サトウキビ畑 近く
38	与那国町	帆安	粘土	サトウキビ畑 横の斜面
39	与那国町	帆安	粘土	
40	与那国町	東崎	砂混じり粘土	ものみやぐら近く
41	与那国町	さんにぬ台	砂混じり粘土	
42	与那国町	さんにぬ台	砂混じり粘土	
43	与那国町	比川	砂混じり粘土	
44	与那国町	比川	粘土	淘汰の良い粘土
45	与那国町	久部良岳ふもと	砂混じり粘土	灰白色
46	与那国町	久部良岳ふもと	砂混じり粘土	赤白混じり粘土
47	与那国町	久部良	岩石	夕日が見える丘
48	与那国町	久部良	岩石	クブラバリ
49	与那国町	牧場近く	砂混じり粘土	登り窯跡

2-3 化学組成及び強熱減量

化学組成、強熱減量の測定には、採取した試料をアルミカップに適量取り 105℃で十分に乾燥した後、めのう乳鉢を用いて粉碎し測定に供した。強熱減量は前処理を行った測定用試料を磁製のつぼに約1g量り取り、電気炉を用いて1050℃で3時間強熱した。デシケーター中で放冷後重量を量り、その減量から強熱減量(%)を算出した。

化学組成は、測定用試料をルーズパウダー法専用容器に詰め、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(SPECTRO xepos)を用いて、FP法による半定量分析により測定した³⁾。測定成分は主要9成分(SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、TiO₂、CaO、MgO、Na₂O、K₂O、MnO)とSO₃の合計10成分とした。

2-4 鉱物組成

試料は化学組成測定用に粉砕したものを測定に供した。鉱物組成は、島津製作所 X 線回折装置 XD-D1 を用いて粉末法で測定を行った。測定条件は、Cu 管球、30kV、20mA、スキャン速度は 2° /min、2θ が 2~70° で測定を行った。鉱物組成は X 線回折の測定結果および化学組成から推定を行った。

2-5 呈色

試料は化学組成測定用に粉砕したものを乾燥後の呈色観察用とした。また、強熱減量の測定を行った後の試料を粉砕し、強熱後の呈色観察用とした。

それぞれの呈色は、標準土色帖⁴⁾に示された標準色と目視で比べて、近似した標準色を以て試料の呈色とした。

2-6 耐火度

耐火度はそれぞれの地域を代表する特徴的な試料を選び、振動ミルを用いて微粉砕を行った後、測定に供した。試料の成形は JIS R 2204:1999 「耐火物及び耐火物原料の耐火度試験方法」⁸⁾を参考にした。なお、昇温速度は 100~150°C/hour であった。

3 実験結果及び考察

3-1 化学組成結果

採取した試料のエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置での半定量測定結果を表 1 に示す。

測定した試料中、鉄分の含有量が 2%未満を示す粘土（試料 No.38, No.45）があり、白色系の窯業原料として使える可能性がある。

硫酸分は No.32 空港近く、No.42 さんにぬ台、No.46 久部良岳ふもとの試料に多く含まれている。多くの硫酸分を含む原料を素地として利用する際は、白華現象が懸念されるため注意が必要である。

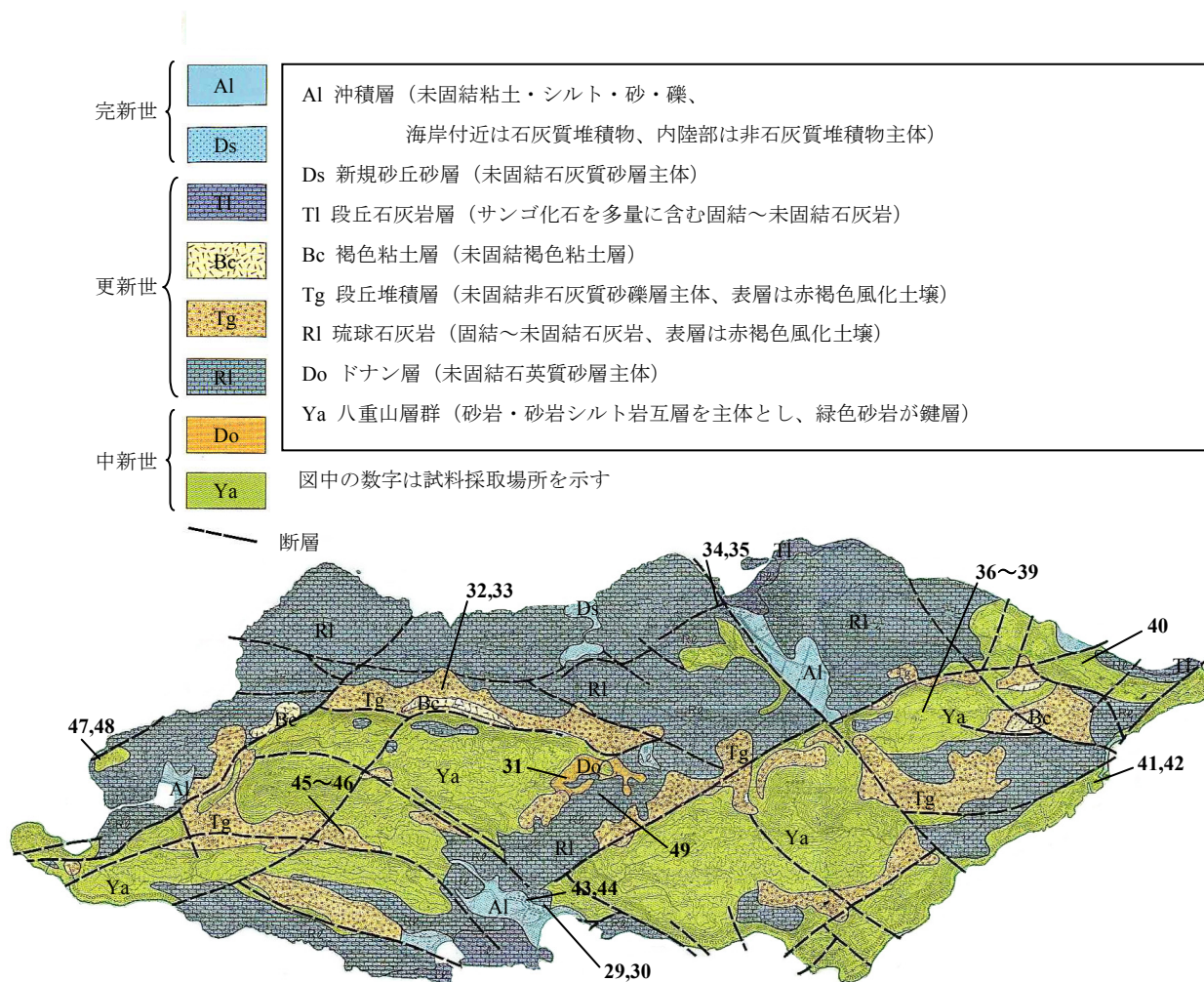


図1 与那国島 表層地質図および試料採取場所 出典：土地分類基本調査図（表層地質図）与那国島²⁾

表2 試料分析結果まとめ

No.	化学組成 (%)											主要鉱物											乾燥後の星色			強熱後の星色			耐火度
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	SO ₃	L.O.I.	Q	K	M	Ch	F	Cal	その他	色相	明度	彩度	色名	色相	明度	彩度	色名	色相	明度	
29	71.3	17.3	3.6	1.1	0.08	1.9	1.0	3.3	0.02	0.06	4.5	◎	x	x	△				2.5Y	8	2	灰白	7.5YR	7	8	黄橙	SK14		
30	70.2	15.2	6.8	1.0	0.04	2.0	1.2	3.0	0.06	0.07	4.3	◎	x	x	x				2.5Y	8	4	淡黄	2.5YR	5	8	明赤褐			
31	63.3	19.2	9.6	1.2	0.05	1.8	1.0	3.2	0.04	0.14	6.2	◎	x	x	x				10YR	8	6	黄橙	2.5YR	5	8	明赤褐	SK14		
32	62.2	20.1	9.7	1.4	0.04	1.6	1.0	3.1	0.04	0.17	6.8	◎	x	x	x				2.5Y	8	4	淡黄	2.5YR	5	8	明赤褐	SK18+		
33	68.1	20.3	3.7	1.5	0.03	1.6	1.1	3.2	0.02	0.09	6.0	◎	x	△	x				2.5Y	8	2	灰白	10YR	8	4	浅黄橙			
34	67.8	14.6	7.6	1.0	0.72	2.9	1.7	3.0	0.17	0.10	4.6	◎	x	x	△		Hem x		2.5Y	7	3	淡黄	2.5YR	4	6	赤褐			
35	75.0	10.5	4.6	0.7	2.62	2.1	1.8	2.0	0.07	0.09	4.1	◎	x	x	x		x		2.5Y	8	1	灰白	2.5YR	7	6	橙	SK20+		
36	62.1	24.0	4.4	1.3	0.05	1.9	1.0	4.6	0.01	0.08	7.0	◎	x	△	x				2.5Y	8	3	淡黄	7.5YR	7	6	橙			
37	61.6	25.0	3.5	1.4	0.03	2.0	0.9	5.1	0.01	0.05	6.7	◎	x	△	x				2.5Y	8	2	灰白	10YR	8	4	浅黄橙			
38	68.4	21.8	1.9	1.2	0.03	1.6	1.0	3.7	0.01	0.05	5.4	◎	x	△	△				2.5Y	8	2	灰白	10YR	8	3	浅黄橙	SK20+		
39	62.8	22.3	5.3	1.3	0.03	2.1	1.1	4.6	0.03	0.06	6.4	◎	x	△	x				2.5Y	8	3	淡黄	5YR	7	8	橙			
40	58.9	20.8	12.5	1.3	0.26	1.7	0.7	3.2	0.03	0.13	7.1	◎	x	x	x				7.5YR	7	8	黄橙	2.5YR	5	8	明赤褐	SK14		
41	68.7	15.4	9.5	1.1	0.04	1.5	0.7	2.5	0.05	0.12	5.3	◎	x	x	x				7.5YR	7	6	橙	2.5YR	5	8	明赤褐			
42	68.4	16.9	8.1	1.1	0.05	1.3	0.9	2.5	0.12	0.20	7.0	◎	x	x	x				10YR	8	4	淡黄橙	2.5YR	5	8	明赤褐			
43	74.0	16.0	2.6	1.1	0.32	1.5	1.3	2.9	0.06	0.03	3.9	◎	x	x	△				2.5Y	8	2	灰白	7.5YR	7	6	橙	SK14		
44	66.3	18.6	5.5	1.2	0.53	2.3	1.3	3.7	0.03	0.03	5.0	◎	x	△	△				2.5Y	8	2	灰白	2.5YR	5	8	明赤褐	SK13		
45	69.2	20.9	1.7	1.2	0.04	1.6	1.2	3.5	0.01	0.06	5.9	◎	x	△	x				2.5Y	8	1	灰白	10YR	8	2	灰白	SK20+		
46	67.7	17.4	8.6	1.3	0.02	1.2	0.9	2.3	0.02	0.26	5.9	◎	x	x	x				7.5YR	7	6	橙	2.5YR	5	8	明赤褐			
47	74.9	11.8	4.5	0.5	0.37	2.1	2.2	3.0	0.07	0.04	2.9	◎	x	△	△				2.5Y	8	2	灰白	2.5YR	5	8	明赤褐			
48	71.9	10.7	4.8	0.6	3.25	2.8	2.2	2.9	0.04	0.06	3.9	◎	x	△	△				5Y	8	1	灰白	5YR	6	8	明赤褐			
49	70.9	15.1	6.9	0.9	0.44	1.6	1.1	2.5	0.06	0.10	7.0	◎	x	x	x				2.5Y	8	4	淡黄	2.5YR	5	8	明赤褐	SK13		

L.O.I.は強熱減量を示す

Q:石英 K:カオリン 鉱物 M:雲母粘土 鉱物 Ch:緑泥石
F:長石 Gib:ギブサイト Cal:カルサイト Goe:ゲーサイト Hem:ヘマタイト

◎:とても強い ○:強い △:弱い ×:とても弱い

3-2 鉱物組成結果

試料の X 線回折分析結果から、鉱物組成の推定を行った。今回の測定では粉末法のみでの測定のため、確定できない粘土鉱物があるが、推定される鉱物組成を表 2 に示す。

3-3 呈色結果

呈色結果を表 2 に示す。有色原料では、鉄分の量が彩度に影響を与えている。鉄分が多ければ濃い褐色となる⁶⁾。Fe₂O₃ が 1.7%と比較的少ない No.45 久部良岳ふもとの試料は強熱後灰白色 (10YR 8/2) を呈する。

3-4 耐火度結果

JIS を参考に原土のまま粗い粒子もすべて粉碎して試験を行った。耐火度試験結果を表 2 に示す。

今回、耐火度試験を行った 10 試料では、最も高い耐火度が SK20+ (試料 No.36, No.38, No.45) であり、SK31 を超す試料は確認できず、鉱業法で規定される耐火粘土は認められなかった。

3-5 採取試料の窯業原料としての可能性

①八重山層群 (西崎層; 塊状凝灰質中粒砂岩)

本地域の八重山層群は 4 つの岩層に区分され、下位から西崎層、久部良岳層、比川層及び新川鼻層からなる¹⁾。西崎層は久部良割西方海岸から西崎にかけて分布し、塊状凝灰質中粒砂岩を主とする¹⁾。

久部良で採取した試料 No.47, No.48 が塊状凝灰質中粒砂岩に相当すると考える。試料は岩石質であり、鉄分はそれぞれ約 5%含まれている。海岸沿い帯に見られるため賦存量は多いと見込めるが、窯業的な利用は限られると判断する。

②八重山層群 (久部良岳層、比川層、新川鼻層; 砂岩及び頁岩互層)

前記の通り、久部良岳層、比川層、新川鼻層は西崎層の上位層にあたる。

久部良岳層は祖納ー比川低下帯以西の久部良ー与那国岳地壘状山地などに比較的まとまった広い分布が見られる。比川層は祖納ー比川低下帯以北の宇良部ーインピ岳地壘状山地及び尾手久ー東崎帯状山地にかけて比較的まとまった広い分布が見られる。新川鼻層は本地域東南部のサンニヌ台海岸付近から新川鼻にかけてのほぼ北東ー南西方向を示すサンニヌ台ー新川鼻帯状山地、その全面にかけての幅の狭い海食断崖に分布が見られる¹⁾。

各層は砂岩及び頁岩互層からなり¹⁾、主になる岩質 (砂岩優勢なのか、頁岩優勢なのか) や層厚などに違い

がある。

久部良岳層と見られる久部良岳ふもとの法面において、近接する層と比べて明度が高い灰白色の粘土 (試料 No.45) を採取した。また、比川層と見られる帆安でも灰白色の粘土 (試料 No.36~No.39) を採取した。灰白色の粘土 (試料 No.36) を採取した法面は、薄い板状にはがれる頁岩と推定される層が確認でき、頁岩が風化したと考えられる箇所から試料 No.36 を採取した。

久部良ふもとや帆安で採取した試料は鉄分量 (Fe₂O₃ 1.7~5.3%) や風化の度合いによりねばり具合に多少の違いはあるが、化学組成・主要鉱物は類似している。この中で鉄分量が最も少ない久部良岳ふもとの灰白色の粘土 (試料 No.45) は、強熱後の呈色も灰白色 (10YR 8/2) であり、白化粧用粘土として使用できる可能性がある。帆安の粘土とともに、耐火度は SK20+ (試料 No.36, No.38, No.45) あり、今回与那国島で採取した試料の中では最も高い耐火度を示した。

久部良岳ふもとや帆安で採取した粘土 (試料 No.36, No.38, No.45) が、久部良岳層や比川層に由来する粘土とした場合、久部良岳層や比川層には白化粧用粘土として使用できる可能性がある粘土や与那国島の中で比較的耐火度が高い粘土の賦存が見込まれる。

比川層と見られる東崎 (試料 No.40) や新川鼻層と見られるさんにぬ台 (試料 No.41, No.42) で採取した粘土は、砂混じり粘土でねばりは少ない。東崎の試料 No.40 は耐火度が SK14 あるため焼き締め用の原料として使える可能性がある。

③氾濫原堆積物及び段丘堆積物

段丘堆積層は基盤の八重山層群の亜角礫ー円礫や砂で特徴づけられ、表層は赤褐色土 (国頭マーヅ) が発達している⁷⁾。

焼き物業者が使用している粘土 (No.32, No.33) は氾濫原堆積物及び段丘堆積物と見られる。

採取した地点の法面では、地表下 50cm に焼き物業者が使用している層厚約 1m の粘土の層が見られた。採取した粘土 (No.32, No.33) の外観は赤色、灰白色のまだら状である。礫や砂は混ざらず、ねばりがある粘土質である。耐火度は赤色の粘土を多く含む試料 No.32 で SK14、灰白色の粘土に選り分けた試料 No.33 で SK18+だった。それぞれの化学組成を比較すると、鉄分量に違いがあり (試料 No.32:9.7%、No.33:3.7%)、鉄分量が耐火度に寄与していると推測する。

④琉球石灰岩（赤褐色風化土壌）

与那国島の琉球石灰岩は、基盤の八重山層群を直接おいたり、ドナン層を不整合におおって島の広い範囲に分布し、表層部には琉球石灰岩の見かけ上の風化土壌である赤褐色風化土壌（島尻マージ）が分布している⁷⁾。

登り窯跡近くで採取した砂混じり粘土（試料 No.49）が赤褐色風化土壌にあたると見られる。砂混じり粘土の粘りはあまりなく、耐火度は SK13 であった。瓦原料に限れば十分使用できる粘土であると推測する。

⑤沖積層（氾濫原堆積物及び段丘堆積物）

比川で採取した粘土（試料 No.43, No.44）の地点を矢崎¹⁾は氾濫原堆積物及び段丘堆積物とし、沖縄県土地分類基本調査²⁾では沖積層とされているが、土質は同様に礫、砂、粘土からなるとされている。

比川で採取した粘土（試料 No.43, No.44）の乾燥後呈色はともに灰白色だが、強熱後の呈色は鉄分の影響で橙色（試料 No.43）、明赤褐色（試料 No.44）となる。耐火度はそれぞれ SK14（試料 No.43）、SK13（試料 No.44）であり、とくに試料 No.44 は淘汰の良い粘土質のため砂礫を含まず、ねばりが十分にある。地元陶芸家の話によると、水ひ処理をしなくても使用できるとのことである。採取量が確保できるのであれば、有用窯業原料となる可能性がある。

表3 採取試料の特性と予想される用途

No.	地域名	特性	予想される用途	備考
29	比川	SK14	素地	
30	比川			
31	牧場近く			
32	空港近く	SK14	-	業者の粘土
33	空港近く	SK18+	-	業者の粘土
34	天蛇鼻			
35	天蛇鼻			
36	帆安	SK20+	素地	
37	帆安			
38	帆安	SK20+	素地	Fe少ない
39	帆安			
40	東崎	SK14	素地	
41	さんにぬ台			
42	さんにぬ台			
43	比川	SK14	素地	
44	比川	SK13	素地	淘汰がよい
45	久部良岳ふもと	強熱後灰白色	素地	白化粧用
46	久部良岳ふもと			
47	久部良			
48	久部良			
49	牧場近く	SK13	素地	例 瓦など

4 まとめ

与那国島の窯業原料を調査するため、八重山層群、氾濫原堆積物及び段丘堆積物、赤褐色風化土壌、沖積層にあたると見られる地点から試料を採取し分析を行い、窯業原料としての基礎特性（化学組成、鉱物組成、呈色、耐火度）を評価した結果以下のことがわかった。

1)最も耐火度の高い試料は八重山層群（久部良岳層、比川層）にあたると見られる地点から採取した粘土であり、耐火度は SK20+であった。

2)久部良岳ふもとの灰白色の粘土は、耐火度が SK20+あり、強熱後の呈色も灰白色であるため白化粧用粘土として使用できる可能性がある。

5 謝辞

与那国島について調査を行うにあたり、地元自治体、地元陶芸家の方々より貴重な情報を頂きました。ここに感謝の意を表します。また、分析用原料を提供して頂いた方々に感謝致します。

6 参考文献

- 1) 矢崎清貴,地域地質研究報告 5 万分の 1 図福宮古島(19) 第 7 号与那国島の地質(1981)
- 2) 沖縄県,土地分類基本調査図(表層地質図),与那国島 (1987)
- 3) 花城可英,新里美須々,中村英二郎, 沖縄県工業技術センター研究報告,9,107-110(2007)
- 4) 小山正忠,竹原秀雄編著,「新版標準土色帖」,日本色研事業(2006)
- 5) JIS R 2204 耐火物及び耐火物原料の耐火度試験方法 (1999)
- 6) 中村英二郎,赤嶺公一,宮城雄二,花城可英,与座範弘, 沖縄県工業技術センター研究報告,11,55-60(2009)
- 7) 沖縄県,土地分類基本調査西表島地域「与那国島」5 万分の 1 薄冊(1987)

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。