

14. 五味土の地質・鉱物と瓦原料としての特性

Geological Research and Material Property of GOMITSUCHI for Roofing Tile

篠原 俊憲 (カナン地質)

菅 雅彦 (愛媛県窯業試験場)

1. はじめに

愛媛県の高縄半島にある今治市菊間町は、我が国有数のいぶし瓦の生産地である。その主原料は香川県丸亀市の洪積粘土であるが、五味土^{ごみつち}という副原料の配合により、成形性、収縮性、焼成温度などが良好になるため、品質の高い菊間瓦として発展してきた。

五味土は領家花崗岩帯の中の片状花崗閃緑岩及びその周辺の風化岩と粘土であるとされているが、現在まではその成因や鉱床の形について、研究発表された文献は見当たらない。五味土を採掘生産している鉱山は、過去には隣接する旧北条市を含めて3ヶ所あったと言われているが、現在は岩童子の1ヶ所のみで採掘されている。

地表踏査と採取試料のX線回折の結果、鉱床状況や鉱物の組み合わせが判明したので、今回はその結果と鉱床成因の考察及び瓦原料としての特性について報告する。なお瓦原料の特性の一部は、愛媛県窯業試験場の業務報告書から引用したことをお断りしておく。

2. 調査地の地質・鉱床

高縄半島の領家花崗岩類の岩相変化による分布状態や、長石鉱床の調査などでは、多くの研究があり、何種類かの地質図も作成されている。そのうち最新版が図-1に示した愛媛県地質図(1/20万)である。この地質図ではG2とした範囲を菊間型の片状花崗閃緑岩としているが、このゾーン

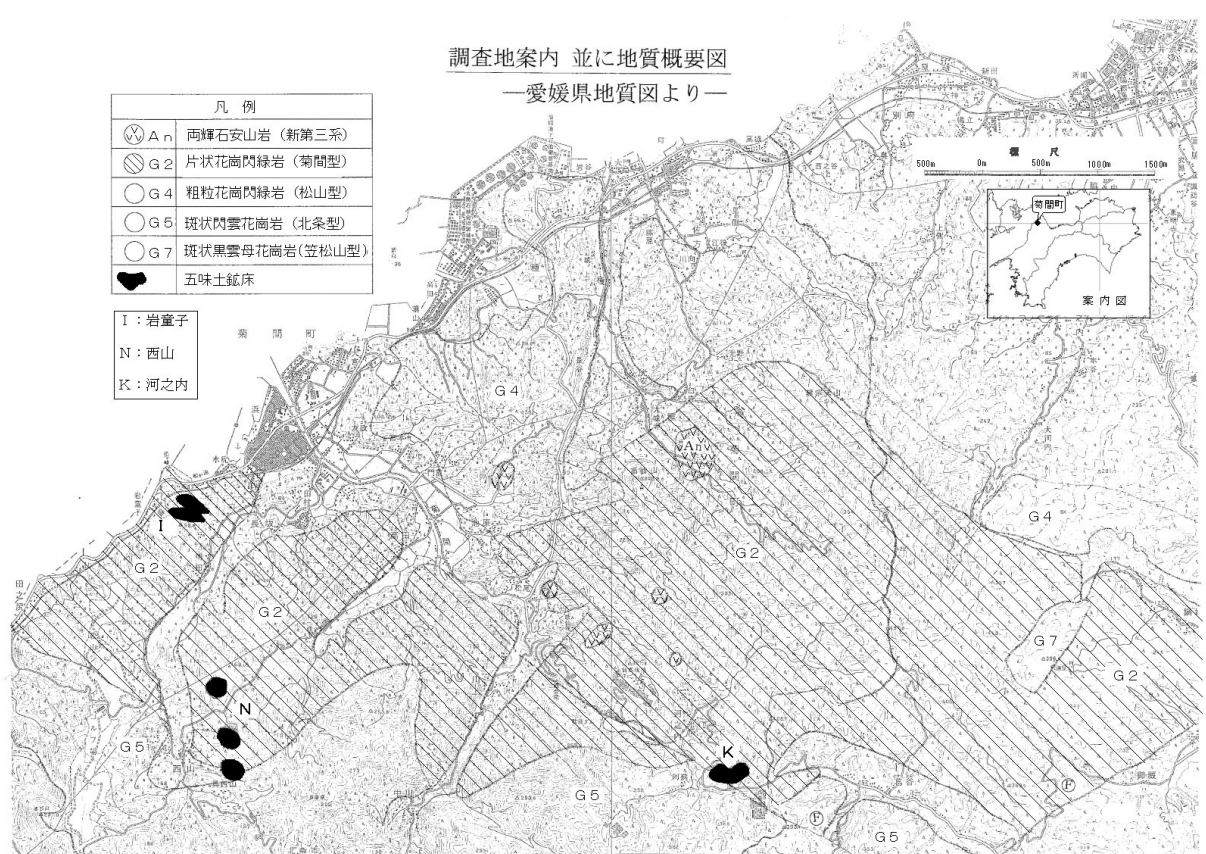


図-1 調査地案内及び地質概要図

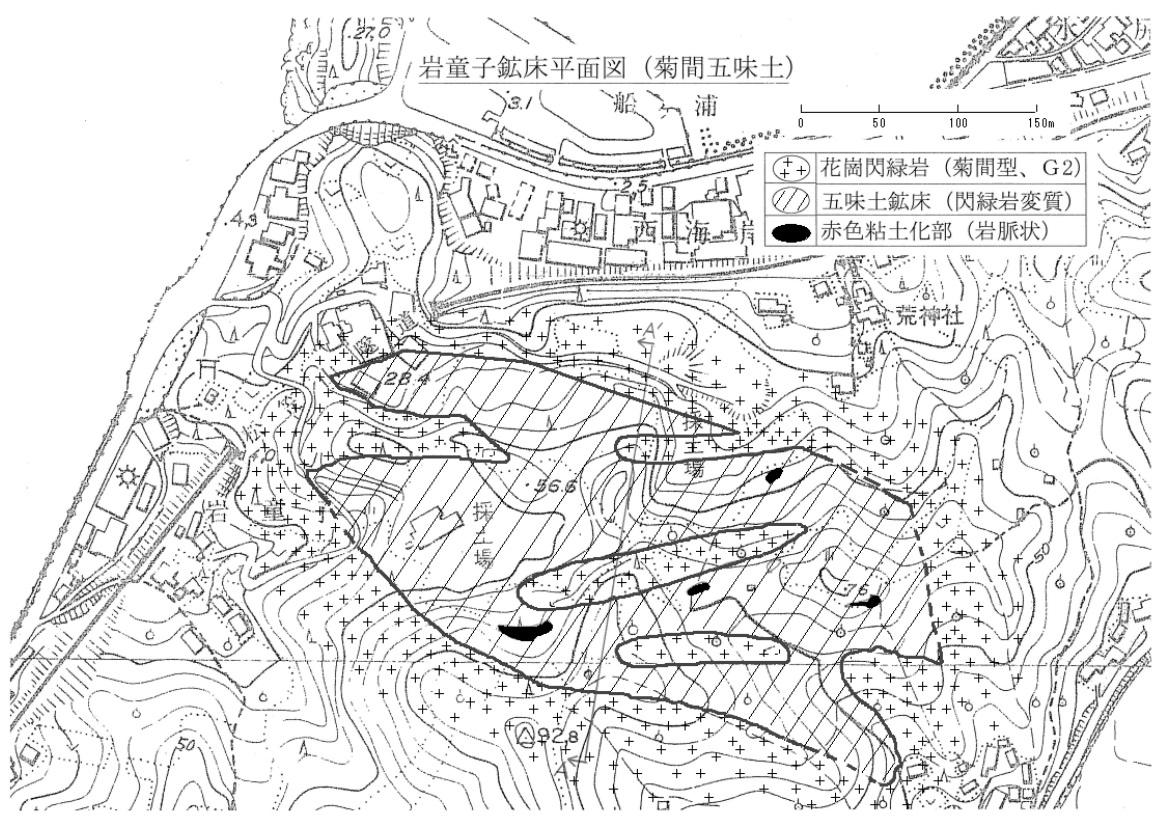


図-2 岩童子鉱床平面図

とその南に分布する北条型とされる斑状閃雲花崗岩体の境界付近に、五味土鉱床の主なものは分布している。

現在稼働している岩童子鉱床は、図-2、図-3 に示すように、G2 岩体とされるかなり古い岩体中に胚胎されており、大体南北方向 200m × 東西方向 500m の規模である。鉱床の範囲内

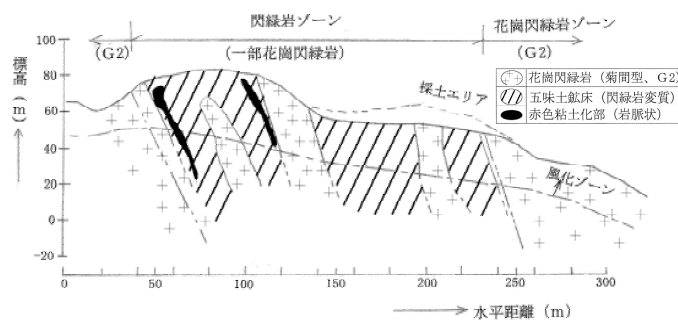


図-3 岩童子鉱床断面図(A - A')

では石英を含まない閃緑岩が主体で、これが粘土化変質されていて、軟岩～土砂状でみられる。鉱体は全体が均質ではなく、石英を伴う花崗閃緑岩を脈状ないしは塊状ではさんでいる。花崗閃緑岩の風化物はマサ土に近く、粘土鉱物化が少ないので、五味土に多く混合すると品質が落ちる。また一部に粘着性の強い赤色粘土の脈状部が点在する。これは特に品質を劣化させるものではないが、バラツキは生じる。

岩童子の南の西山地区は、北条型 (G5) と菊間型 (G2) の境界付近にある五味土鉱床で、全体としての規模は大きいものの、3ヶ所の露頭の連続性ははっきりしない。この中の北鉱体は、現在造成工事で大きいカット面が露れていて、花崗閃緑岩、閃緑岩、珪長石脈の関係や、風化帯、非風化帯の境界などがよく観察できる。ゼノリス (捕獲岩) や岩脈は、変質しているものと新鮮なものがあり、閃緑岩は広く部分的に交代したような範囲と、貫入脈状に見える部分とがある。切り取り面にみられる風化帯の厚さは、大体 10m 以下である。

3 . 五味土の鉱物組成

図-4 に A 花崗岩様組織の閃緑岩、B 岩脈状の閃緑岩、C 珪長石脈、D 捕獲岩から由来する代表的な五味土の X 線回折図を示す。鉱物の含有率は回折ピークからの概数である。また表-1 には未風化物 (未変質物) も含めた、それぞれの X 線回折結果を一覧表として示した。測定は CuK 線

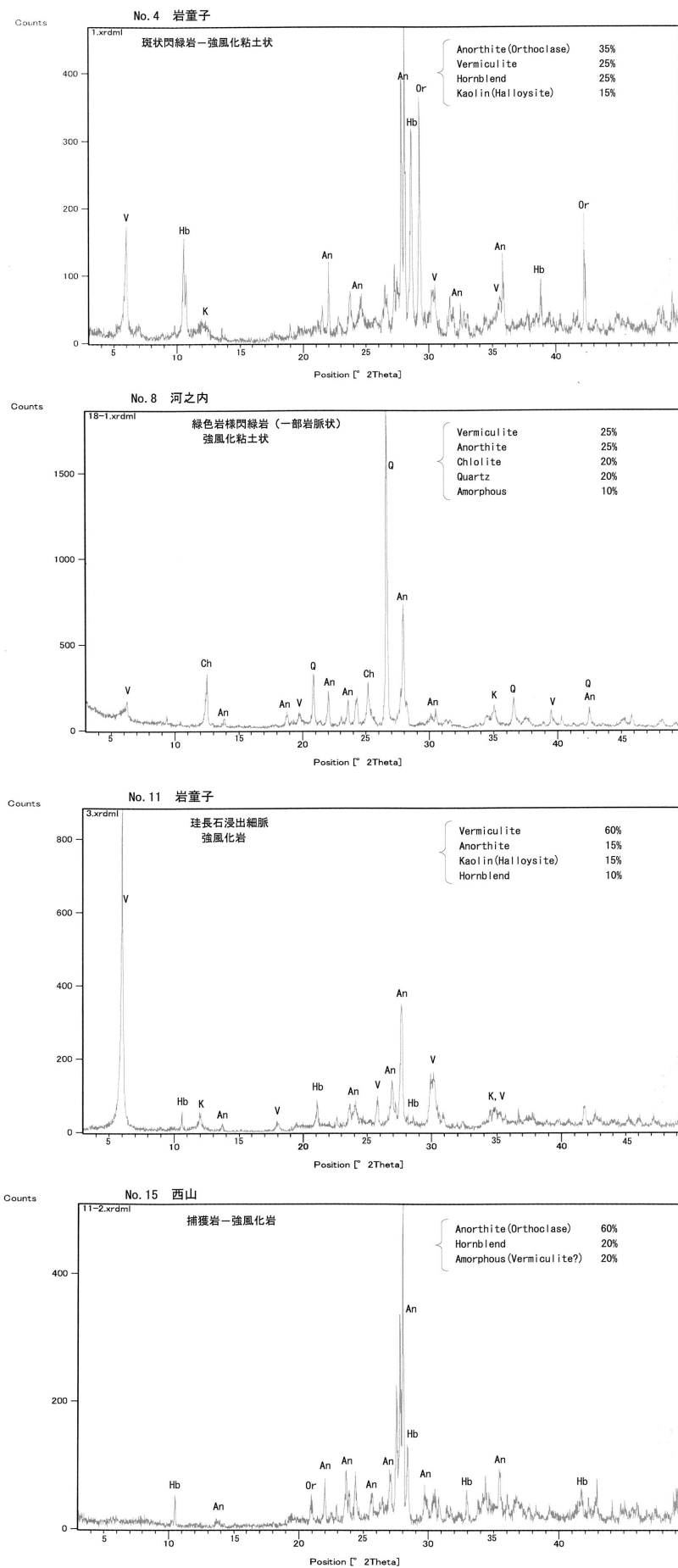


図-4 五味土のX線回折図

を用いた粉末法である。

これらの結果から、五味土の鉱物に関して、次のようなことが言える。

- (1) 変質岩の強風化帯の五味土はほとんど石英を含んでいない。母岩は一部に石英を含むものもある。
- (2) 主造岩鉱物は斜長石と角閃石であり、それらは全体が風化変質しても、多くはもとの鉱物のままで残存している。
- (3) 変質部の粘土鉱物はパーミキュライトが主体で、一部はクロライトとカオリン(おそらくハロイサイト)であり、アロフェンのような非定形粘土もみられる。
- (4) 捕獲岩は変成しているように見える岩体もあるが、斜長石と角閃石が主成分であり、変質しても結晶のはっきりした粘土鉱物にはなっていない。
- (5) 現在の五味土の製品は、Aの変質物が主体で、表層土砂も若干混入しているとみられる。鉱床の分布状況と一致する。
- (6) 石英は、岩童子の五味土が最も少なく、西山、河之内は比較的石英分が多く、粘土鉱物化していない変質帯もみられる。
- (7) 強風化状軟質岩などの粘土鉱物は、結晶度の低いものが多い。但し、パーミキュライトの一部には結晶度の高いものがある。

表-1 [X線回折による鉱物判定結果一覧表]

岩石分類	みかけの特徴	風化度	産地	X線回折・鉱物	備考
1 菊間型花崗閃緑岩(G2)	自形明瞭,中粒	弱風化岩	岩童子	Q > An > B > Hb	付近に五味土なし
A 閃緑岩 (花崗岩様組織)	未風化残留塊状岩	新鮮	"	An > Q > B > Hb	
	斑晶などは原岩の組成を残す	風化変質	"	An(Or) > Hb · V > Ch	Hb多型 ○
	粗しょう白色で再固結	強風化粘土状	"	An > V · Hb > K	Hb多型、K結晶度不良 ○
	捕獲岩の風化物含む混成帯	"	" (上段)	V · Hb > An, K, Amo	少し緑色、K結晶度不良 ○
	6 B 閃緑岩 (岩脈様緑色緻密)	緑色凝灰岩状	新鮮	西山	An > V · Ch > Q
7	褐色化しているが軟岩状	弱風化	河之内	An > Q · V > Amo	V結晶度不良 ○
8	緑色粘土状	強風化	"	V · An > Q · Ch > Amo	V結晶度不良 ○
C 長石質充填脈 (ピンク~白色の 浸出脈)	均質硬岩	新鮮	西山	An(Or) > Q	幅10~20cm
	10 岩塊状(ピンク色)	若干軟化	岩童子	Q · An > B	幅5~10cm
	11 赤色粘土、白い斑点少し残す	強風化	"	V > An · K > Hb	K結晶度不良 ○
	12 土砂状、粘着力あり	"	西山	Q > An > V	○
D 捕獲岩 (主として円礫状 で変成岩様組織)	13 暗褐色で新鮮な円礫	新鮮	岩童子	An · B > Hb	
	14 やや軟化した円礫	弱風化	西山	Hb · An > Q	
	15 茶色でくずれやすい円礫	強風化	"	An > Hb · Amo	An結晶度不良 ○
	16 粘土化、土砂状部	"	"	Q > An > V	V結晶度不良 ○
17 精製五味土(瓦原料)	- 2m/m粒状	(土~砂状)	杯土工場	An(Or) · Hb · V > K · Q · Amo	K、V、Anは結晶度不良

Q:石英 An:斜長石 Or:正長石 B:黒雲母 Hb:角閃石 V:パーミキュライト(粘土) Ch:クロライト(粘土) K:カオリン(粘土)
Amo:不定形粘土

○印は五味土原料、または原料となりうるもの。

表-2 化学分析表

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	lg.Loss	SK
五味土A	49.28	27.83	2.55	7.89	5.76	0.40	0.73	5.56	5a
五味土B	50.4	21.9	11.5	7.2	5.0	1.3	1.3	5.9	9
五味土C	54.8	12.1	10.1	5.1	2.6	1.3	0.9	5.2	6
丸亀粘土	73.4	16.7	2.9	0.5	0.9	3.3	1.5	8.9	14

五味土A及び丸亀粘土:1978日本窯業原料、五味土B:2004窯試分析、五味土C:1996窯試分析

4. 五味土鉱床の成因についての考察

五味土の母岩は閃緑岩であり、それが変質して一部がパーミキュライト及びカオリン粘土になっているが、大部分は斜長石や角閃石のままに残っているという鉱物組成である。クロライト粘土は、変質過程が異なった挙動を示すが、五味土の主成分ではない。

岩石が変質して粘土化する作用は、浅所から並べると次のようになる。

- 1) 風化変質・・・温度変化、水などの溶媒によって地表近くで起きる変質。海水風化もある。
- 2) 続成変質・・・主として堆積岩の埋没深さに対応して、温度・圧力が関与した変質。
- 3) 熱水変質・・・マグマからの高温でミネラルを含んだ熱水の作用による変質。
- 4) 初生変質(自変成)・・・岩の固結の末期あるいは直後に、その岩自体の熱や揮発成分による変質。

五味土の粘土生成の場は、2)、4)に関してははっきりしないが、1)風化及び3)熱水の関与が主な要因と考えられる。カオリン粘土のうちハロイサイトは、風化程度の低温・低圧で合成できる。当鉱床の粘土は結晶度が弱いので、ハロイサイト質の粘土とみられる。またパーミキュライト粘土は黒雲母から風化変質で形成されるという文献もあるが、結晶度の良好な黒雲母は風化変質の

みでは説明が難しい。熱水変質または初生変質の可能性もある。閃緑岩の五味土化した鉱床の中に、未風化物のように見える硬質な球状の岩塊がある。これは花崗岩の風化残留物と異なり、一度変質・変成作用を受けて再固結したようにみえる。

図-3の断面図に風化ゾーンとして、地表から約20mの深さに境界線を記入した。現在岩童子の採掘場では、ベンチ高さからみて確認されている厚さは最大20mで、以深は風化度が弱く塊状であるので、五味土としては使えないと言われている。したがってその範囲を風化の影響のある粘土化の範囲、すなわち五味土鉱床とする。しかしながらその下方は岩童子では未確認であるが、西山のカット面からみて、熱水変質ないしは初生変質は及んでいる。岩童子も瓦原料とするには破碎を要する岩塊となるおそれはあるものの、粘土化帯はもっと深部まで続いていると推定される。

五味土の粘土鉱床は、石英の少ない閃緑岩が、風化作用、熱水作用（あるいは初生変質）で変質したゾーンであるが、不定形粘土や結晶度の低い粘土及び斜長石などのあることから推察して、粘土化変質作用は完成しておらず、変質途上の鉱体とみられる。規模としては閃緑岩体の中に200m幅程度のゾーンで点在する。これらの連続性は今のところよく判らない。

なお昭和50年に、地質調査所四国出張所と愛媛県窯業試験場が共同で、西山及び河之内地区でハンドオーガーなどにより調査しているが、最大15m深度まで五味土を確認している。その中には石英の多い花崗閃緑岩風化部（ゴウラ）が20～30%混在する。

5. 五味土の瓦原料としての特性

瓦の製造の代表例としてのフローシートを図-5に示す。原料は五味土が30～40%で、4ヶ所ある杯土工場により配合比は多少変動している。30軒余りの瓦屋さんには、調整した杯土の受け入れからはじまる。焼成温度も工場によって多少の差があり、1,000～1,050である。表-2の化学分析値に示すように、原料は時期によって変化している（丸亀粘土も同様）。

そのため瓦製造工程では時々問題が発生している。窯業試験所の資料によると、酸化鉄の増加

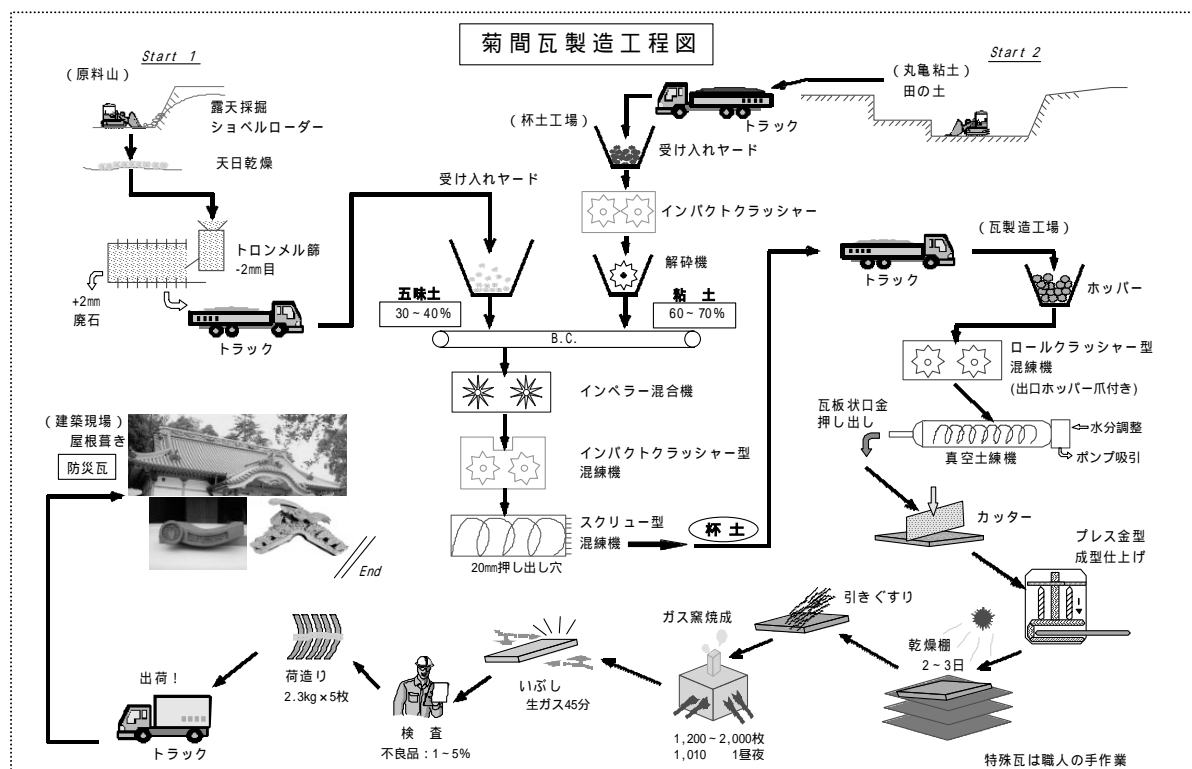


図-5 フローシート

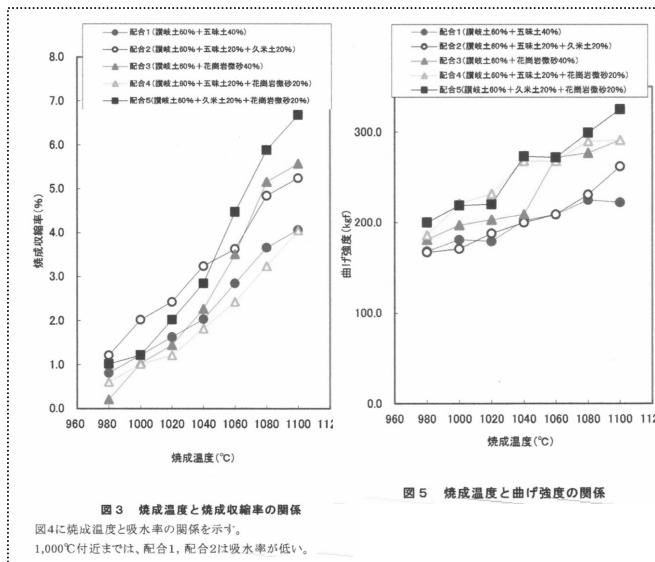


図-6 五味土配合品の収縮率と強度

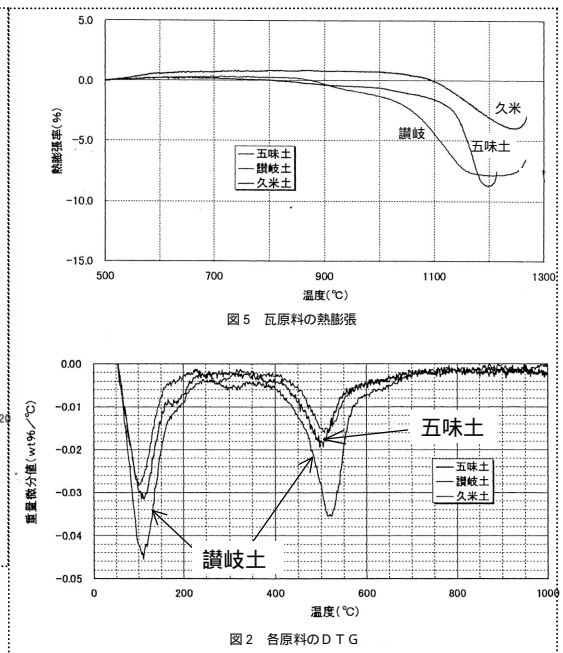


図-7 焼成による物性変化

による呈色異常、五味土の粗粒分の影響による瓦表面の荒れ、原料の可溶性塩類のための白華現象などである。その都度、新しい原料などを配合した試験を窯業試験場では実施しているが、その一例を図-6に示す。それによると五味土の多い杯土は、収縮率は小さいが、曲げ強度も若干低いことを示している。図-7は香川の丸亀粘土及び松山の久米粘土（いずれも洪積粘土）と五味土の、焼成による収縮率と熱水折の比較である。五味土は結晶水が少なく、収縮率も比較的小さい。また表-2の分析値の右端にSKとしているのは耐火度で、SK6は1,200、SK14は1,410で完全に溶融することを示している。

五味土の原料としての最大の特長は、収縮率が小さいにもかかわらず、低温で焼き締まることである。成型乾燥した時に腰が強いのも特徴と言えよう。欠点は鉱床の状態からみて不均質となることで、科学的管理で調整しようとするれば、原料コスト上昇を消化できないジレンマがある。なお、最近の五味土の生産量は400～450t/月で、全量瓦原料に用いている。

今後の研究課題は、閃緑岩の分布とその変質状態（主としてパーミキュライトの含有比）を調査し、それぞれの地区の鉱量を推計して、安定な品質のための配給管理体制に資することである。また純粋な研究テーマとして、閃緑岩の粘土鉱物をもっと詳細に（ポリタイプと原岩の関係など）調べることにより、花崗岩類及び捕獲岩の生成の場が判明する可能性もある。

参考文献

- 1) 愛媛県地質図 1/20万 : 愛媛県地質図編集委員会(1991)
- 2) 四国高縄半島の領家花崗岩類 : 越智秀二 地学雑誌 88巻6号(1982)
- 3) 粘土鉱物と変成作用 : 吉村尚久 地学団体研究会(2001)
- 4) 日本の窯業原料 : 工業技術連絡会議 窯業連絡部会(1978)
- 5) 業務報告書 No.8 : 愛媛県窯業試験場(1978)
- 6) 業務報告書 No.16 : 同上 (1999)
- 7) 愛媛県工業系研究報告 No.42 : 愛媛県(2004)