

壺屋灰立釉の開発に関する研究

窯業室 宜野座 俊 夫
与 座 範 弘
照 屋 善 義

まえがき

柳宗悦は「琉球の富」のなかで『壺屋の釉は、非常に特色があって珊瑚礁からとる石灰と「もみがら」とを合わせ焼いて釉にする。味が柔らかく、出来たものは宋窯に近い温みがある。この釉が守られる限り壺屋は他の窯の真似などせずにする』と、壺屋の白釉の調製法について述べている。

すなわち、透明釉は、サンゴ石灰ともみがらを混ぜ合わせて焼いたものと、それに具志頭白土、喜瀬粘土の三成分系原料によって調製されるが、この場合釉薬の基本原料の成分としてサンゴ石灰ともみがらを焼いて使う手法は他産地には見られない極めて特徴的な内容をもっているということである。それは真に琉球の風土と環境のなかで育まれてきた独特な伝統技術の一つとも言えよう。

沖縄の焼物は多種多様であって、その発達背景も種々指摘されているが、技術的に見ると沖縄にある天然土石を駆使したことによる技術の確立が製品の特徴にも現われ多くの興きを彷彿しているように考えられる。

近年、工芸産業の振興と相まって伝統的原材料の天然土石が枯渇化の傾向にあるところからその代替原料の開発は焦眉の急である。

そこで本研究では

- I 釉原料とその特性
- II 透明釉の基本調合と釉特性
- III 色釉の基本調合と釉特性

について区分し報告する。

本稿は昭和57年度技術開発研究費補助事業成果普及講習会用テキストとしてまとめたものである。

I 釉原料とその特性

壺屋焼の伝統釉は沖縄の伝統釉でもあり、釉調製技術の基礎をなしている。

透明釉の壺屋配合原料は、具志頭白土-もみ灰・消石灰-喜瀬粘土の三成分系であるが、これらの原料のうち具志頭白土、もみがら、喜瀬粘土が枯渇化の状況にある。

そこで、枯渇化原料の代替性として図1に示す新規原料の開発による転換を試みた。

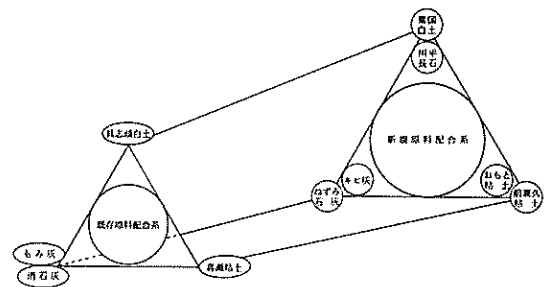
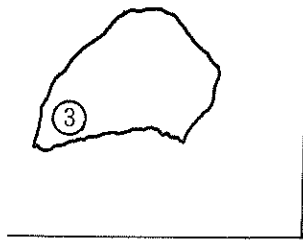


図1 既存原料と新規原料

粟国島



沖縄本島

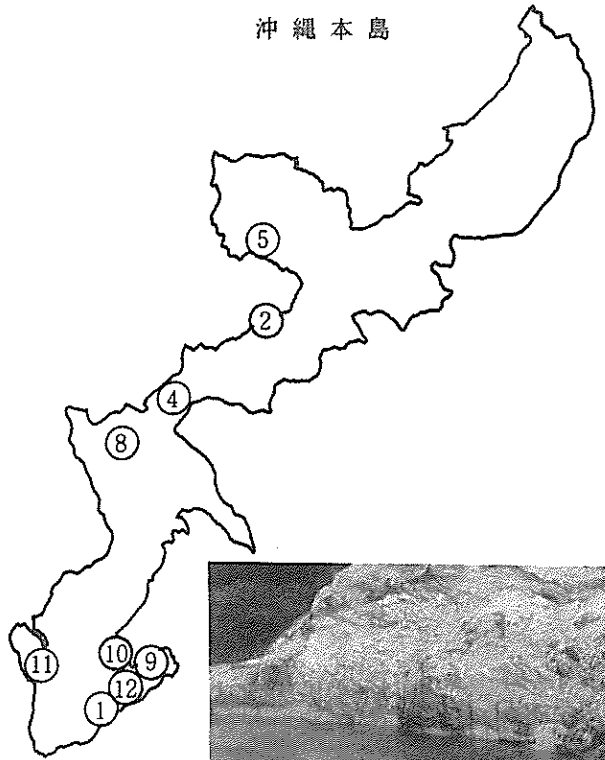


写真1 具志頭白土 (No.1)

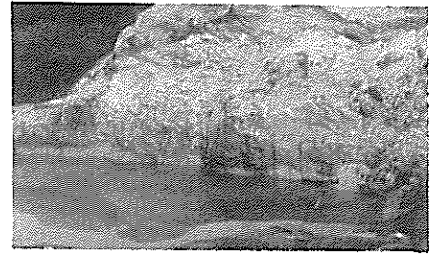


写真2 喜瀬粘土 (No.2)

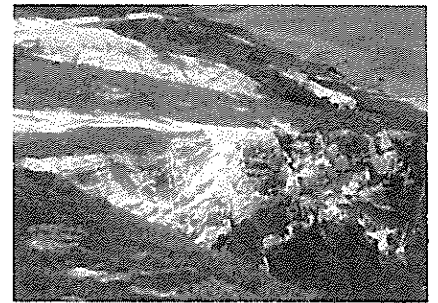


写真3 粟国白土 (No.3)

石垣市

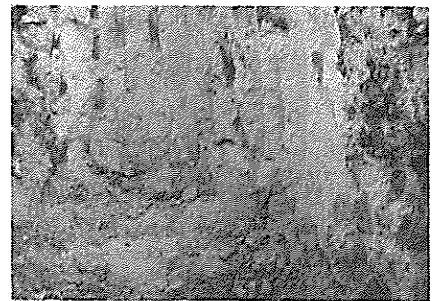


写真4 前兼久粘土 (No.4)

図2 釉原料の分布図

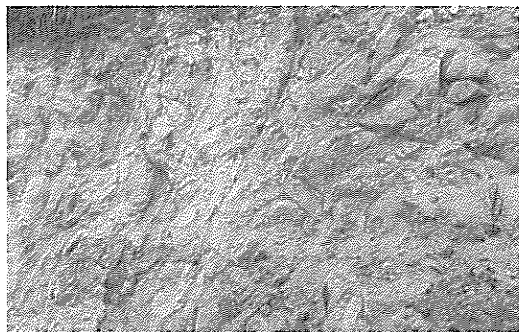


写真5 川平長石 (No.6)

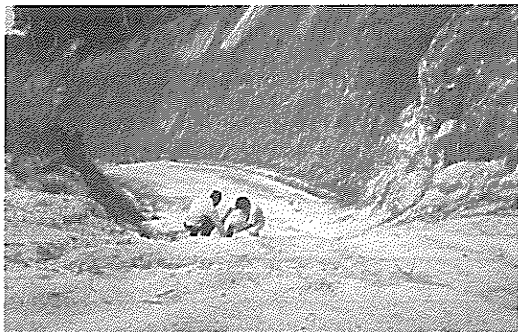


写真6 おもと粘土 (No.7)



写真7 喜名鬼板 (No.8)

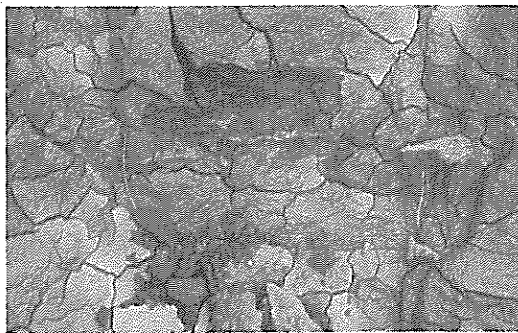


写真8 佐敷鬼板 (No.9)



写真9 クチャ (No.10)

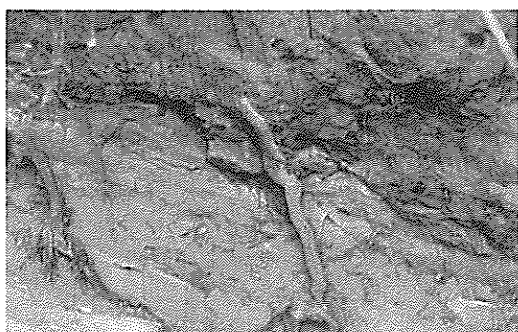


写真10 コウイル (No.11)

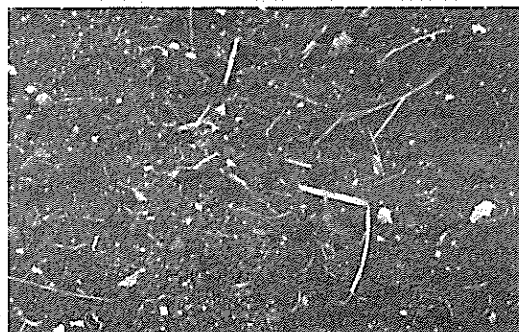


写真11 マンガンノジュール (No.12)



写真12 天然呉須 (No.13)

以下では、透明釉の既存原料や新規原料の他、色釉の天然着色材等の特性についても述べる。

1. 釉原料及び天然着色剤の種類と分布

伝統釉の原料または新規原料の種類を表1、また、天然原料の分布を図2に示した。写真は模式地の賦存状況を示している。

表1 伝統釉の原料及び新規原料の種類

No.	原料名	賦存地	備考
1	具志頭白土	具志頭村字具志頭	火山灰に由来する凝灰岩で、壺屋焼の伝統的な釉原料、現在は枯渇化の傾向にある。
2	喜瀬粘土	名護市字喜瀬	基盤の粘土質千枚岩の風化したもの。現在では、枯渇化の傾向にある。
3	粟国白土	粟国村字西	粟国島の西方海岸に堆積する90mにも及ぶ軽石質火山れき凝灰岩層の凝灰岩質白土。
4	前兼久粘土	恩納村前兼久	貫入した安山岩の岩脈が熱水作用により粘土化したもの。
5	ねずみ石灰	名護市屋部	本部半島に大量に賦存する古生紀石灰岩。現在は、主にセメント原料や碎石として利用されている。
6	川平長石	石垣市川平	比較的多量に賦存する長石質原料、長石の種類としてはカリ長石である。
7	おもと粘土	石垣市おもと岳	おもと岳を中心とする花崗岩帯の周辺部に産出する粘土で花崗岩が著しい風化作用をうけたもの。
8	喜名鬼板	読谷村喜名	いわゆる喜名粘土中に存在する含鉄鉱物
9	佐敷鬼板	佐敷町外間	泥岩（クチャ）中に存在する鬼板
10	クチャ	与那原町当添	沖縄本島中南部に大量に賦存する泥岩。従来は瓦・レンガ等の原料である。
11	コウイル	那覇市具志	小禄砂岩層に存在する塊状の砂岩
12	マンガンジュール	佐敷町新里	赤褐色の亜熱帯風化土壌（島尻マージ）中に産する団塊状の含マンガン鉱物
13	天然呉須	石垣市富崎	砂礫層中に浸み着いたタール状物質、瀬戸呉須に類似している。

2. 釉原料の特性

釉原料の化学組成と耐火度を表2に示し、以下では各々の原料の特性について述べる。

表 2 釉原料の化学組成と耐火度

No	原料名	化学組成									耐火度
		SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Ig・Loss (%)	
1	具志頭白土	71.3	11.8	1.43	0.20	1.32	0.67	3.59	1.81	5.56	SK 4a (1,160℃)
2	喜瀬粘土	72.0	19.3	1.10	0.58	0.04	-	1.46	-	6.02	SK 19 (1,520℃)
3	もみ灰	92.9	0.05	0.03	0.03	1.17	0.30	1.60	0.67	3.64	SK 26 (1,580℃)
4	シルグスイのもと	9.52	0.28	0.13	-	50.6	0.41	0.13	0.11	39.5	SK 14 (1,410℃)
5	栗国白土	70.6	14.0	3.05	0.21	1.89	0.87	3.24	1.85	3.23	SK 2a*(1,130℃)
6	前兼久粘土	62.6	23.2	1.23	0.61	0.27	0.19	0.46	0.54	8.80	SK 32 (1,710℃)
7	キビ灰	62.3	2.54	1.41	0.18	14.0	4.66	5.34	2.92	5.92	SK 2a*(1,130℃)
8	ねずみ石灰	0.62	0.42	0.11	-	56.0	0.41	0.04	0.01	42.8	
9	川平長石	78.9	13.5	0.04	0.22	0.20	0.70	5.96	1.54	0.63	SK 12*(1,360℃)
10	おもと粘土	65.5	23.3	0.69	0.41	0.30	0.93	6.24	1.52	1.62	SK 18 (1,500℃)
11	土灰	27.1	7.55	1.25	1.32	18.7	10.8	2.84	4.04	25.8	SK 2a (1,120℃)
12	キビ灰クリンカー	66.7	2.38	1.51	0.14	11.8	4.61	7.83	2.82	0.93	

2・1 具志頭白土

具志頭白土は伝統釉の主原料の一つで、具志頭長石とも呼ばれている。

図3は若干の石英と長石の存在を示唆しているが、ほとんど非晶質の物質から成っており凝灰質の堆積物であることがわかる。

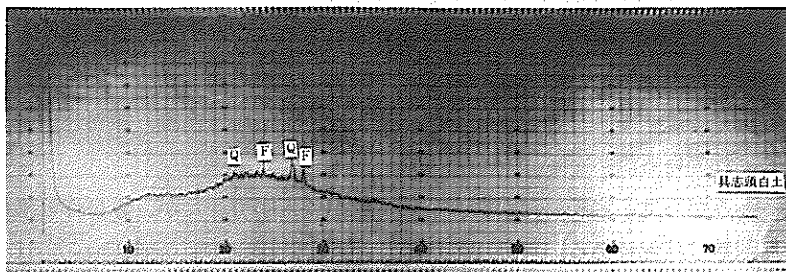


図 3 具志頭白土のX線回折図

具志頭白土の主な化学組成は、珪酸分 (SiO₂ 71.3%) を主成分とし、それにアルミナ (Al₂O₃ 11.8%) とアルカリ成分 (K₂O + Na₂O 5.4%) とから成っている。耐火度はSK4 (1160℃) と低く長石の代替原料としての性質をもっている。

ちなみに、ノルム計算による鉱物組成は次のとおりである。

カリ長石	21.2%
ソーダ長石	15.3%
灰長石	6.5%
粘土	6.6%
珪石	41.1%

具志頭白土は、往時から今日まで長年の使用に耐えてきたが、今日では賦存地の土地改良事業により可採鉱量が減少し枯渇化の傾向にある。

2・2 喜瀬粘土

喜瀬粘土は名護市喜瀬で採掘されることから「ナゲー」と呼ばれ、釉原料はもとより化粧土や白素地原料として貴重な原料の一つである。成因的には千枚岩の風化残留成粘土とされ、鉱床の規模は小さいが、安富祖、石川、喜瀬武原等随所に見られる。

喜瀬粘土は、国定公園指定の海中公園施設内に賦存しているが、殆んど取りつくされ可採できない状況にある。「アフスー」として知られる安富祖粘土も多量の賦存度は期待できない。

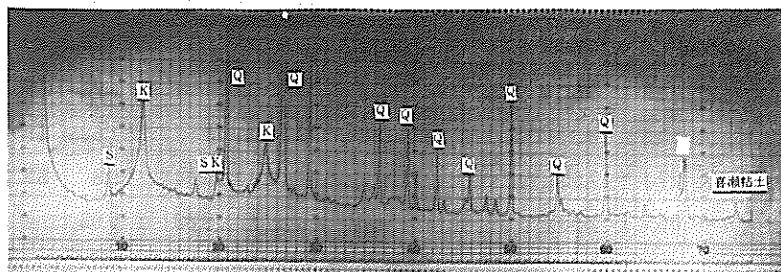


図4 喜瀬粘土のX線回折図

図4から石英、セリサイト、カオリン鉱物等の存在が確認できる。また、化学組成において鉄分が1%以下と少ないのが特徴的である。耐火度はSK 19 (1520℃)の中火度原料である。

2・3 もみがらと消石灰の仮焼物（シルグスイのもと）

もみがらと消石灰を混ぜて時間をかけて仮焼（もみがらの灰化）し、それを透明釉の一成分とする方法は沖縄独特の釉原料処理法の一つである。すなわち、消石灰の切研一杯に対してもみがら5杯を容量合せて混ぜ仮焼する。その仮焼物をあくぬき後、透明釉（白釉）原料とすることから「白釉のもと」と呼ばれている。

もみ灰となるもみがらは、水稻耕作が盛んな頃は容易に入手できたが、きび作転換の昨今ではもみがらの確保も困難な状況にある。

消石灰は市販消石灰を使用しているが、往時にあっては荒焼窯^{フエ-1炉}の灰石を消化して使用していたという。

図5には、もみ灰、消石灰、シルグスイのものとX線回折図を示した。もみ灰は、石英のピークが若干現われるだけで非晶質の物質である。市販消石灰は、ポートルンダイト (CaO・H₂O)の他にカルサイト (CaCO₃)の存在が確認できる。これは、空気中での炭酸化反応が進行していることを示唆している。

一方、シルグスイのものは殆んどカルサイトのピークを示しており、化学組成とも考え合わせるとおよそ90%がカルサイトであり残りはもみ灰による珪酸分(約10%)であることを示している。すなわち、シルグスイのものはねずみ石灰90%ともみ灰10%の混合物と見做すことができる。

また、化学組成においてはもみ灰の珪酸分が93%と多く、耐火度もSK 26 (1580℃)と高いのに対し、シルグスイのものと耐火度はSK 14 (1480℃)と低くなっている。

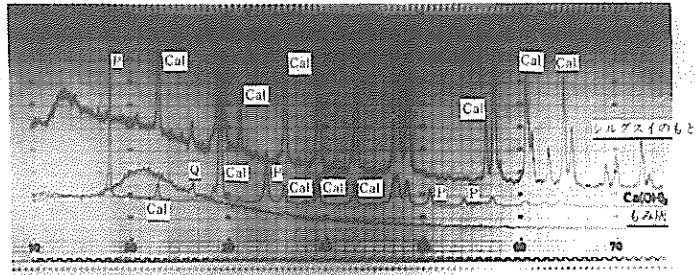


図5 シルグスイのもと、消石灰、もみ灰のX線回折図

2・4 栗国白土

栗国白土は、具志頭白土の代替原料として開発しようと試みた原料の一つである。

栗国白土は栗国島の西方に堆積する凝灰岩のことで、島では「シラクチャ」と呼ばれている。

図6のX線回折図は具志頭白土と類似し、殆んど非晶質の物質であることを示している。

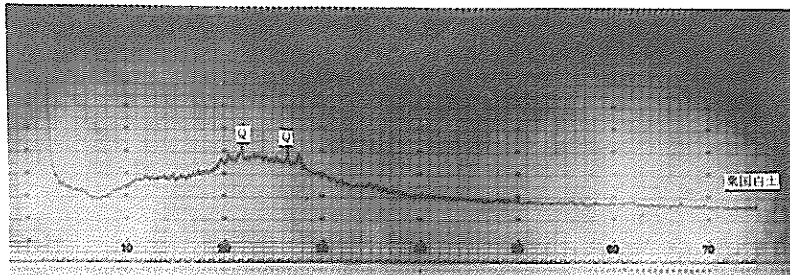


図 6 栗国白土のX線回折図

化学組成においては、鉄分が具志頭白土より多く、3%程度含有するのが大きな違いである。耐火度は具志頭白土よりは低く、SK2a⁺（1130℃）である。

ノルム計算による鉱物組成は次のようになる。

カリ長石	19.2%
ソーダ長石	15.7%
灰長石	9.4%
粘土	8.6%
珪石	39.3%

2・5 前兼久粘土

前兼久粘土は、恩納村字前兼久または富着部落付近に賦存することから「メーガニク」と称される。酸性貫入岩が熱水変質を受けた、いわゆる熱水成粘土である。恩納村、石川市、名護市などに見られる。

沖縄本島に賦存する代表的な耐火粘土で、素地や窯道具に使用される。耐火度がSK32（1,710℃）と高く、法定鉱物の耐火粘土である。

図7は石英、カオリン鉱物、セリサイトを構成鉱物とする粘土であることを示している。

化学組成においてもアルミナ分が高く、喜瀬粘土の代替原料として位置づけられる。

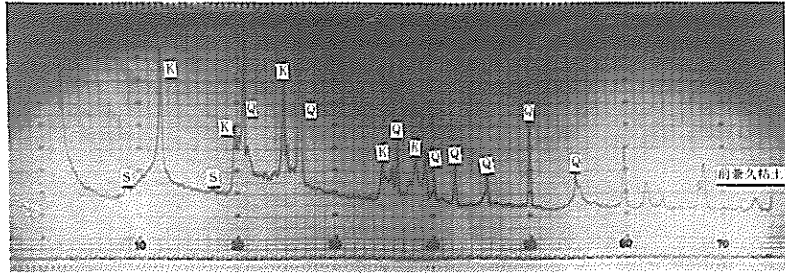


図 7 前兼久粘土の X線回折図

2・6 キビ灰とねずみ石灰

キビ灰は、製糖工場のバガスを燃料とするバガス灰のことでボイラー室の廃棄物としてクリンカーを伴って排出される。

図8に示すように、キビ灰は石英、クリストバライトの存在が確認できるが、クリンカーでは石英は消失しクリストバライトが増加している。

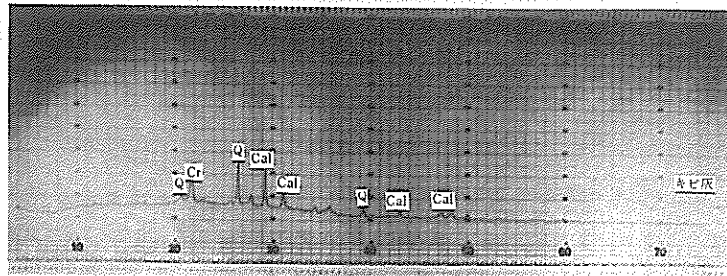


図 8 キビ灰の X線回折図

キビ灰の化学組成は、もみ灰と土灰の中間的組成を持ち、CaO 14.0%、MgO 5.43%、Na₂O 2.92%の融剤成分を含有している。

ねずみ石灰は、セメント原料や砕石となっている古成紀石灰岩の本部石のことである。

釉原料としての石灰（源）はねずみ石灰を使用するのが通常であるが、沖縄では消石灰を使用している。

ねずみ石灰は、砕石場の最も細かい粉末を利用することができ、釉泥漿の安定性や経済性の面でも有利である。

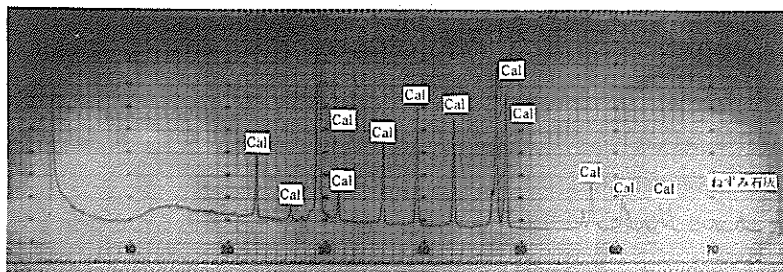


図 9 ねずみ石灰の X線回折図

図9のX線回折図と化学組成とから、本部石のねずみ石灰は結晶性の良いカルサイトであることが判断できる。

キビ灰とねずみ石灰は、それぞれもみ灰と消石灰の代替原料として位置づけられる。

2・7 川平長石

沖縄本島では、まだ長石山は見つかっていないが、石垣島には長石の賦存が確認されている。川平長石は、昨年（1982年）発見されたものである。その後、明石、おもと岳付近でも長石が発見されている。

図10のX線回折図は石英と長石を主成分とする他、カオリン鉱物やセリサイト等の粘土鉱物も含むことを示し、特に長石はカリ長石（Orthoclase）であることがX線的に解析されている。

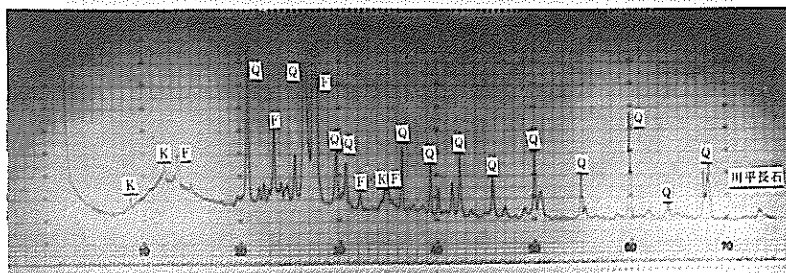


図 10 川平長石のX線回折図

川平長石のノルム計算による鉱物組成は次のとおりである。

カリ長石	35.2%
ソーダ長石	13.0%
灰長石	1.0%
粘土	10.6%
珪石	41.9%

耐火度はSK 12⁺（1360℃）であるが、溶融度や鉄分の少ないところから、釜戸長石の特級相当と見做すことができよう。具志頭白土に替る本格的な長石釉の開発が期待されている。

2・8 おもと粘土

おもと粘土は、於茂登花崗岩の風化物で広範囲に分布している。

図11に示すように、カオリン鉱物やセリサイトの他、石英、長石を含んでいる。

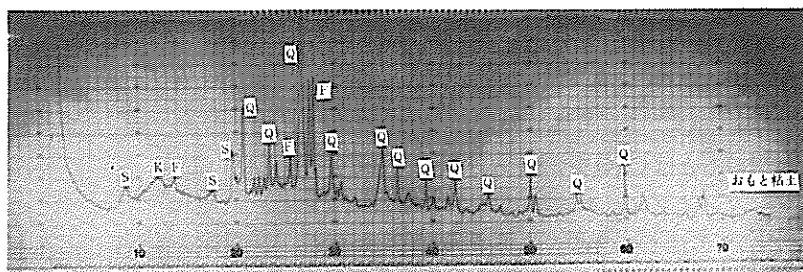


図 11 おもと粘土のX線回折図

化学組成においてAl₂O₃分が23.3%と高いところから喜瀬粘土の代替原料として検討した。ま

た、カリ長石によるK₂O分6.24%と高く、耐火度はSK 18 (1500℃)程度となっている。

2・9 土 灰

琉球そばの製麺工場では、“そば”の腰や香味の向上を図る目的で風呂屋の灰の灰汁（あく）を使う。灰汁抜きされた灰は精製された灰となっており、この良質の灰を土灰として釉原料に使用していた。現在では、豚舎灰を灰汁きして土灰としている。

図12に脱鉄土灰のX線回折図を示すが、カルサイト、石英、ヘマタイトの存在が確認でき、化学組成においては珪酸分、石灰、マグネシアが主成分である。耐火度はSK 2a (1120℃)と低い。

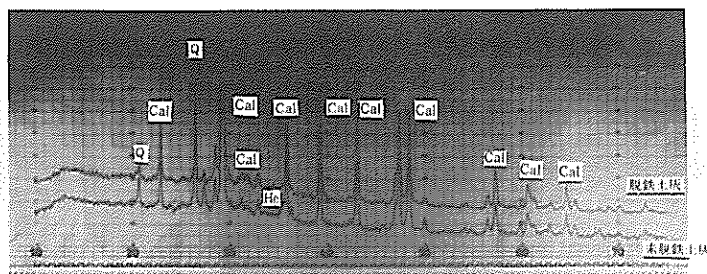


図 12 土灰のX線回折図

3. 色釉着色材の特性

沖縄の伝統色釉は鉄系と銅系が主流をなし、それにマンガンとコバルトによる呈色が見られる。これらの着色材には天然彩料と化学薬品があり、往時は殆んど天然彩料に依存していたようである。

以下では、伝統的に使用されている着色材と新規天然彩料についてそれぞれの特性を示す。表3に使用した着色材の化学組成と耐火度を示す。

表3 着色材の化学組成と耐火度

No	着色材名	化学組成	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Ig・Loss (%)	耐火度
1	喜名鬼板		25.4	8.16	59.3	—	0.06	0.36	1.23	0.05	5.94	SK 2a ⁺ (1,130℃)
2	佐敷鬼板		26.3	9.28	40.0	—	1.41	0.99	1.01	0.08	19.0	SK 2a (1,120℃)
3	コウイル		74.9	11.7	7.15	0.01	0.53	0.98	2.13	0.13	2.56	SK 2a (1,120℃)
4	クチャ		55.0	16.0	6.50	0.76	5.50	2.68	3.24	1.91	9.03	SK 1a ⁺ (1,110℃)
5	青磁のもと		55.2	0.87	0.21	—	0.85	0.33	2.59	0.26	—	SK 20 (1,530℃)
6	マンガンジュール		25.1	19.2	21.8	0.01	0.50	0.70	0.90	0.15	13.2	SK 1a (1,100℃)

1) 青磁のものはCuOを22.7%、ZnOを14.9%含んでいる。

2) マンガンジュールはMnOを18.4%含んでいる。

3・1 鉄系彩料

鉄系原料としては鉄分の多い鬼板と砂岩類、泥岩などがある。喜名鬼板は、赤色喜名粘土賦存地域に板状に堆積する含鉄鉱物で鉄分が59%と最も高い。佐敷鬼板は、クチャ（泥岩）層に狭まれる

これらの値は、含有される銅と亜鉛の量比が6 : 4であり、使用した真鍮屑は六四真鍮であることを示している。

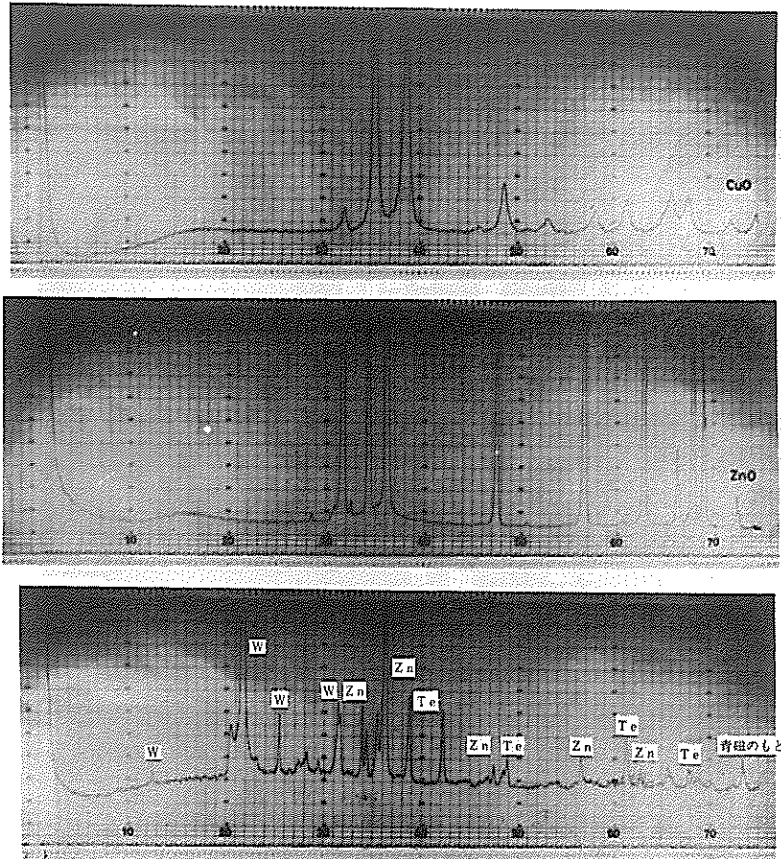


図 14 青磁のもと、酸化銅、酸化亜鉛の X線回折図

図 14 には青磁のものと他、酸化銅（市販品）、酸化亜鉛（市販品）の X線回折図を示した。青磁のもとには CuO (Tenorite) と ZnO (Zincite) の他ウイレマイト ($2 \text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$) の存在が確認できる。2.09 Å のピークは金属銅 (Cu) と金属亜鉛 (Zn) の特徴線と考えられるが、4.70 Å の特徴線は未確認のピークである。

3・3 マンガン系着色材

マンガン瘤を着色材とする黒色マンガン釉は「長太郎」と呼ばれている。マンガン瘤は石灰岩風化赤色土壤中に褐黒色の団塊状に散在するもので、古くから釉原料として活用されてきた。

化学組成において、鉄分 21.8%、 MnO 18.4% 含むことからマンガン系釉等に充分使用できることがわかる。

鉱物組成は、図 15 に示すように石英の他には特徴線は見られず、非晶質の鉄・マンガン物質である。

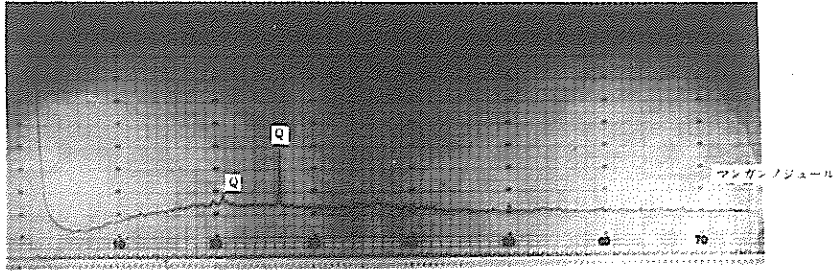


図 15 マンガンノジュールの X線回折図

3・4 天然呉須

具志頭白土中に、極めて薄く黒色に染め付く程度に賦存するのを花紺青と称して染付材に使用したと言われているが、科学的に確認するに到っていない。

石垣島には、小礫岩層に黒色に染まっている、いわゆる岩呉須と称するものが賦存している。これは磁器素地の還元焼成によってうすい紺青色を呈することから天然呉須であることを示している。化学組成はまだわかっていないが、図 16 にはその X線回折図を示す。

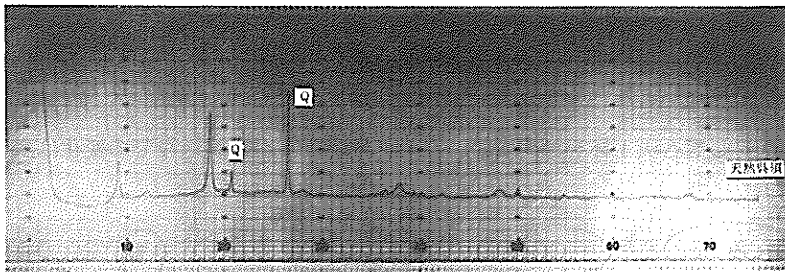


図 16 天然呉須の X線回折図

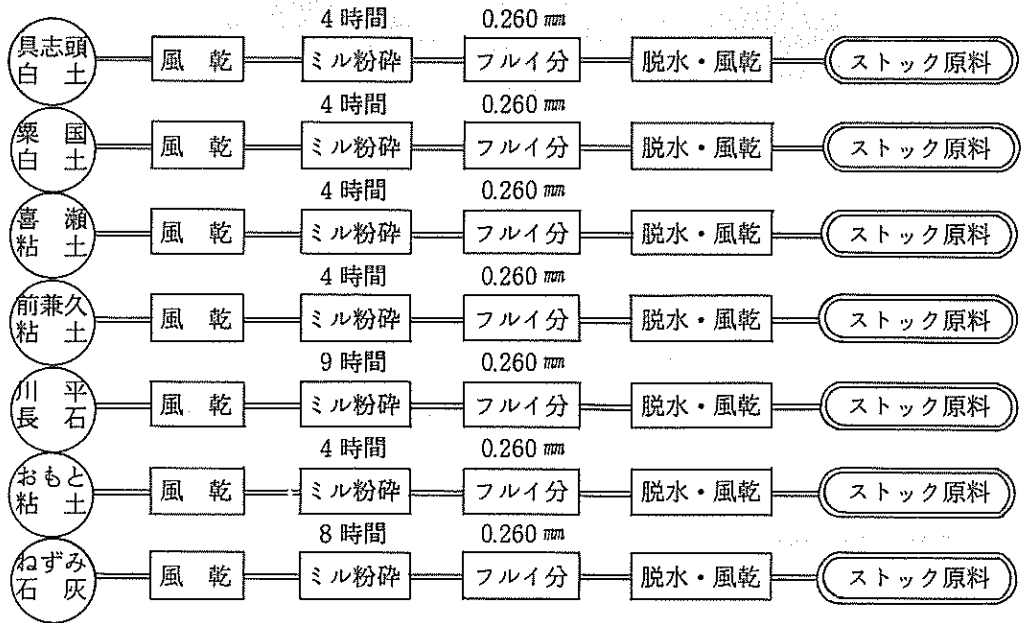
図 16 は、金岡等の瀬戸産岩呉須の X線回折図と同一のパターンを示し、その後、瀬戸産岩呉須の主成分鉱物が含リチウム・アルミニウム・コバルト・マンガン鉱のリシオフォル鉱であることが芝崎らによって明らかにされている。このように、石垣呉須は瀬戸産岩呉須の産状とも類似するところから同一形態の岩呉須と考えられる。

4. 釉原料及び着色材の処理と調製法

釉原料や着色材の調製法は、原料採掘→粉碎→乾燥→ストック原料とするのが基本操作であるが、以下では天然原料、灰類、着色剤に区分してそれぞれの処理調製法を示す。

4・1 釉原料調製法

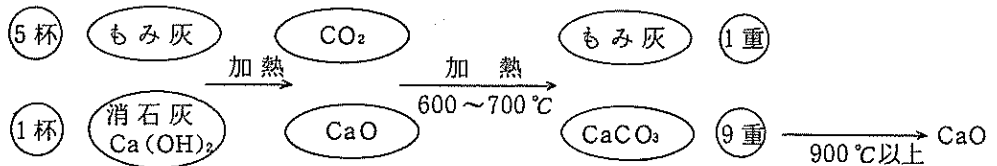
釉原料の調製は、使用する原料の違いによって粉碎時間を異にする。また、原料の粉碎はある配合比の仕込み原料についてポットミル粉碎するのが通常であるが、以下では個々の原料をそれぞれ粉碎し固形ストック原料として用いた。それぞれの原料調製は、5 kg ポットミルを用い下記工程により処理した。



4・2 灰原料調製法

シルグスイのものと調製の良否は、壺屋透明釉の釉調を決定づける重要な意義を持つものと考えられる。

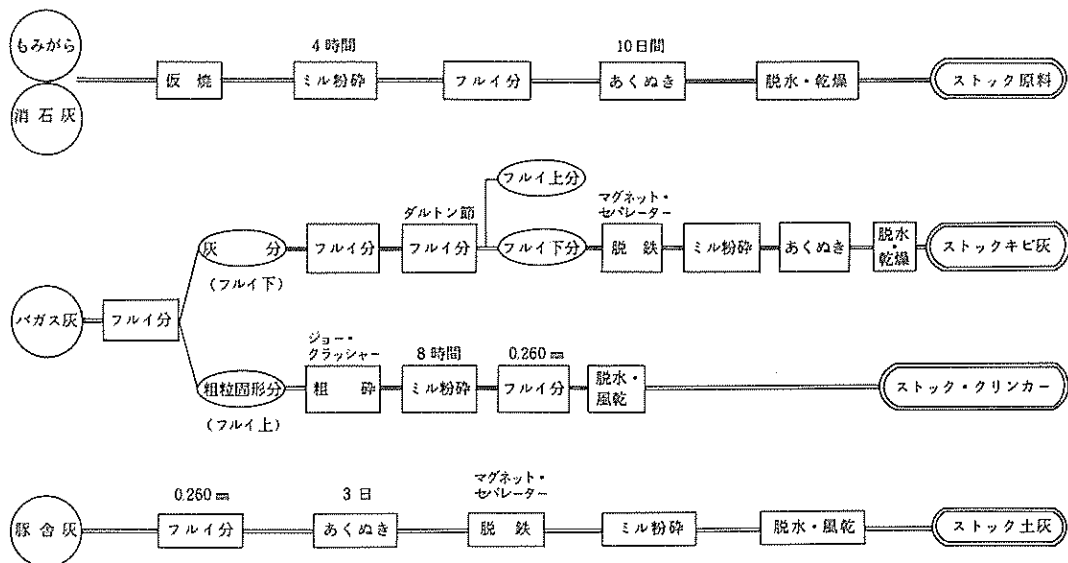
もみがら5杯に対し消石灰1杯を加えてよく混ぜ、仮焼するが仮焼過程での変化は次のように考えられる。



すなわち、もみがらは消石灰の炭酸化反応を促進する上で重要な役割を担っている。そのため、600～700℃の温度でなるべく時間をかけて、くすぶらしながら混焼する必要がある。また、焼く温度が900℃以上になると、せっかくできた炭酸カルシウム(CaCO₃)が熱分解を起こし生石灰に変化するため、焼く温度にも注意が必要である。

消石灰の炭酸化が不充分であると、①釉泥しょうがどぶつき、容量法で釉配合する場合、特に影響が現われる。②あくぬきにより石灰分の減少につながる等が考えられ、もみがらと消石灰の混焼はあせらずに時間をかけて均一に焼く必要がある。

また、キビ灰、土灰は特に脱鉄して使用するのが好ましい。キビ灰と土灰の処理法は下記のように行った。



4・3 着色材の調製法

青磁もとの調製法の前処理として真鍮屑ともみ灰を卵子状にして予め仮焼して使用するが、化学組成やX線回折の結果から次のように指摘することができる。

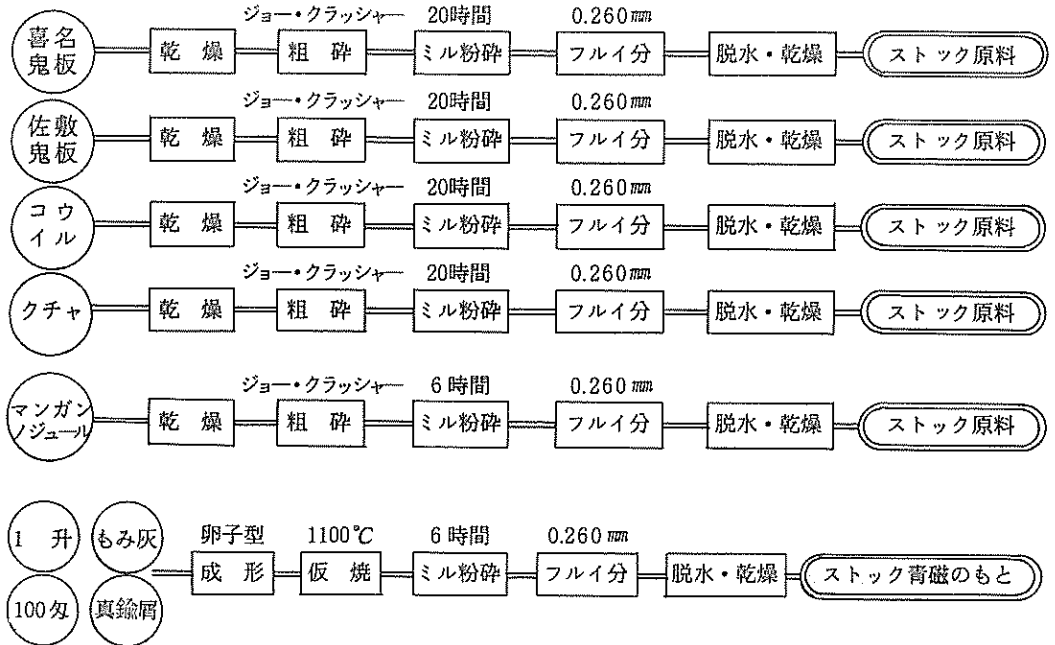
すなわち真鍮屑だけを仮焼した場合は、仮焼物の表面は赤黒色を呈し、硬く金属状態のものである。X線的には酸化銅、酸化亜鉛と金属の銅と亜鉛の存在が確認できる。一方、もみ灰と真鍮粉の



写真13 もみ灰と真鍮粉の卵子型仮焼物

卵子型仮焼物は写真13に示すように、1,000℃においては白色と緑色のまだら状の卵子型であるが、1,100℃、1,200℃と温度が高くなるに従って黒味を増す傾向にある。図14は1,100℃仮焼物のX線回折図であるが、真鍮屑仮焼生成物のほか珪酸亜鉛や未確認鉱物の生成が見られるところから、もみ灰が金属真鍮の分解を促進しているものと考えられる。

青磁のもとをはじめ、その他の着色材は下記により処理した。



4・4 灰原料の脱鉄試験

キビ灰中には、製糖工場のキビ圧搾工程におけるカッターや圧搾機等の損傷によるものと考えられる鉄分が含まれている。また、土灰はもともと雑木灰のことであるが、実際に使用されている土灰は畜舎燃料となっている家屋廃材の灰を利用しているため、廃材中のくぎによる鉄粉の影響が考えられる。

そこで写真14に示す脱鉄装置（マグネットセパレーター）により脱鉄試験を行った。表4にキビ灰と土灰の脱鉄前後の化学分析値を示した。

キビ灰の脱鉄効果が37.5%であるのに対し、土灰では68.3%となり脱鉄効果が高い。透明釉の原料としては、脱鉄して使用した方が好ましい。

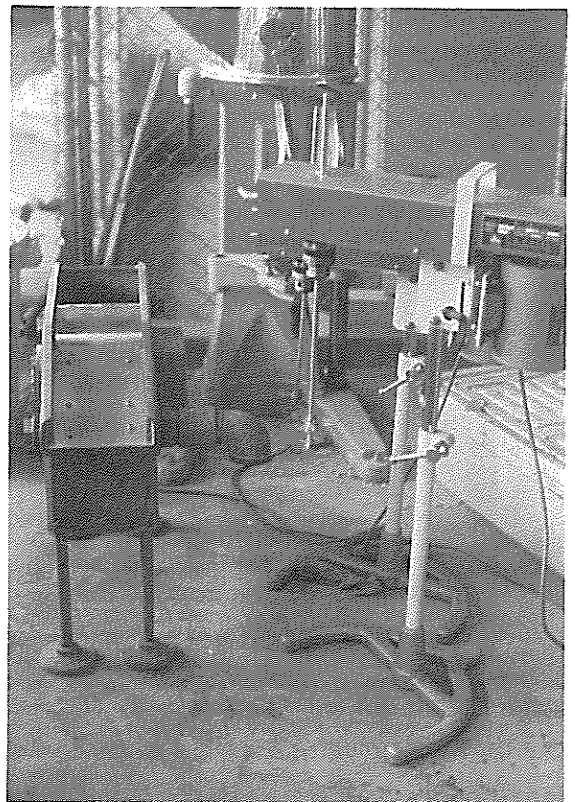


写真14 脱鉄装置

表4 脱鉄試験による化学組成の変化

灰名	成分 脱鉄	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ig・Loss
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
キビ灰	前	62.0	3.3	2.40	0.16	13.9	4.95	5.80	3.39	—
	後	61.5	2.70	1.50	0.16	14.8	5.30	5.66	3.75	5.92
土灰	前	30.8	6.7	3.95	1.63	21.8	10.9	3.26	3.96	—
	後	27.1	7.5	1.25	1.32	18.7	10.8	2.84	4.04	25.8

II 透明釉の基本調合と釉特性

沖縄の基本釉は、壺屋配合系による容量法で調配合されている。すなわち、具志頭白土、シルグスイのもと、喜瀬粘土を個別にポットミル粉碎し、泥しょう濃度を適当に調整したのち、例えば、具志頭白土2杯、シルグスイのもと2杯、喜瀬粘土1杯などと柄杓で調合する方法である。

この方法は、釉の溶けやすさを加減するのに手取早いこと、また少々の配合量が変わっても失敗が少ないことなどの便利な面もあるが、反面、一定の泥しょう濃度を把握するのにかなりの経験が要求されること、あるいは、泥しょう濃度に個人差があって釉調が不安定になりやすいなどの短所もある。

本研究では、釉原料の違い、配合系または配合比の違い等による透明釉の特性について検討するため、常法の重量法によって調配合試験を行った。用いた原料は、いずれもI節一釉原料とその特性一で述べたストック原料である。

1. 素地と試験体の調製

素地は壺屋陶器事業協同組合製土工場の赤素地と川平粘土（白素地）を用い、35 × 45 × 5 mmの試験体を石膏型により型抜成形し、半素地一半白化粧して素焼後、試験に供した。

2. 釉原料配合系の検討

既存透明釉の具志頭白土一シルグスイのもと一喜瀬粘土による配合を壺屋配合系とし、粟国白土

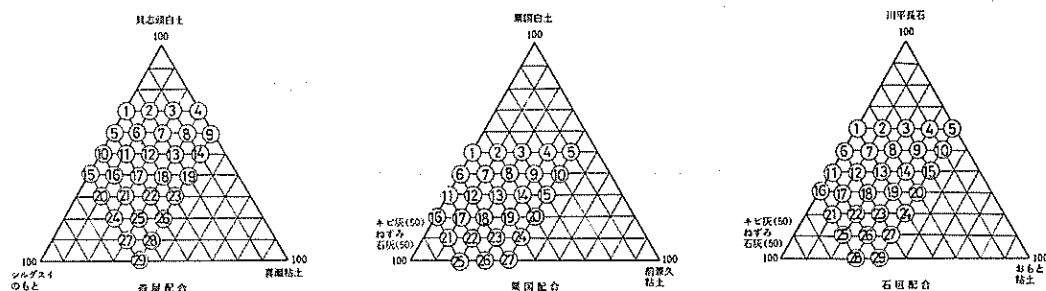


図 17 釉薬原料の配合系と配合比

ーキビ灰・ねずみ石灰ー前兼久粘土の配合を粟国配合系、川平長石ーキビ灰・ねずみ石灰ーおもと粘土の配合を石垣配合系として調配合し、予備試験、本試験、追試験を重ねた後、それぞれの釉調について比較検討を行った。特に、配合比はそれぞれの配合系について予備試験を行い、その結果に基づいて、図17の三角座標に示す配合番号の範囲内に止めることにした。

釉泥しようの調製は、それぞれの配合比重量で原料を計り取り、水を加えて写真15に示す攪拌搗潰機で20分間混合攪拌し、概して厚目に施釉した。

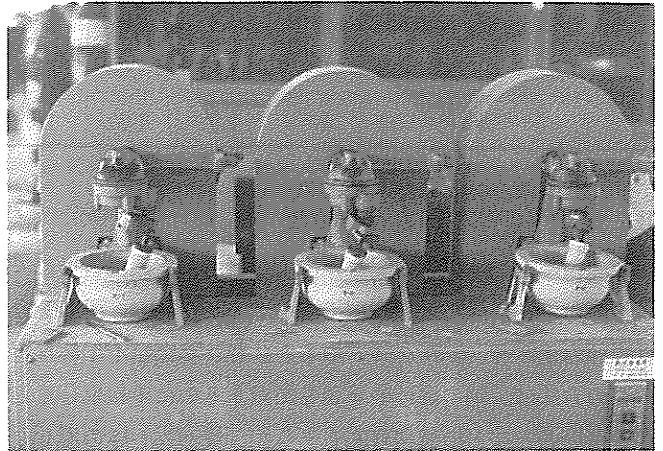


写真15 攪拌搗潰機

3. 焼成条件

焼成は、LPG窯を用いてSK6(1200℃)、SK7(1230℃)、SK8(1250℃)の温度変化と酸化、還元の焼成雰囲気の違いによる釉調の変化について検討した。

図18は試験窯の焼成温度曲線である。

4. 配合系の釉性状

4・1 壺屋配合系

図19にSK7における酸化と還元焼成の釉性状を示す。

一般的な釉性状は、不溶ー半溶ー半溶マツトーマツトー半マツトー半透明ー透明の変化を示し、シルグスイのもとが50%以上と10%以下の領域では、不溶またはマツト系となり透明釉は得られない。また、具志頭ーシルグスイのもと系と具志頭ー喜瀬

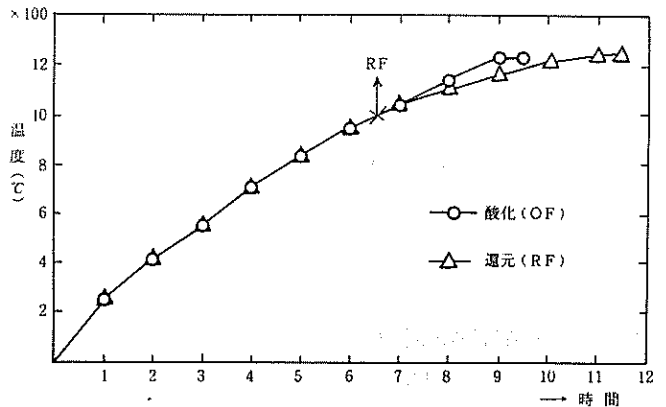


図18 焼成温度曲線

瀬系の二成分系では釉薬は得られないが、シルグスイのもとー喜瀬粘土系では二成分系でも透明釉が得られる配合系がある。すなわち、喜瀬粘土の増加する方向へ透明釉が得意やすい。

その他、壺屋配合系の試験結果から次のことがわかった。

- 1) 壺屋配合系の釉薬は透明領域が狭く、貫入が多い釉調となっている。
- 2) 一連の焼成試験結果から、SK6の酸化焼成では溶けが甘く、少なくともSK7以上で焼成する必要がある。還元焼成においてもSK7の釉が調子のよい青磁釉が得られる。
- 3) 最も透明感のある釉は、23#釉、また、貫入がなく使用に耐え得る釉は13#釉である。

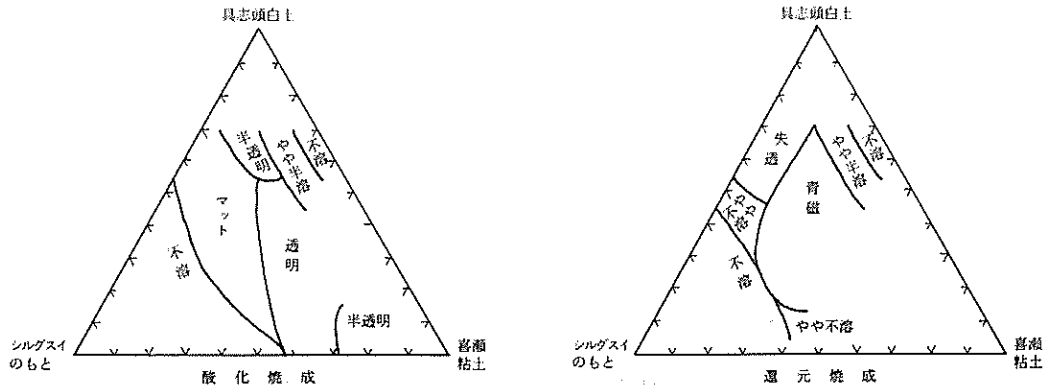


図 19 壺屋配合系の釉性状

23[#] 釉のゼーゲル式

0.09 KNaO

0.02 MgO 0.35 Al₂O₃ 2.83 SiO₂

0.89 CaO

23[#] 釉のゼーゲル式

0.16 KNaO

0.04 MgO 0.48 Al₂O₃ 4.08 SiO₂

0.80 CaO

4) 壺屋焼の釉調製は、具志頭白土－シルグスイのもと－喜瀬粘土の泥しようをそれぞれ2：2：1割合の容量法によることはすでに述べたが、この割合を固形分（重量）換算すると、シルグスイのもと（24%）：喜瀬粘土（17%）：具志頭白土（59%）となり、図18の6[#] 釉と7[#] 釉の中間の釉に相当し、溶けが甘く半透明釉の領域になっている

5) 透明釉を調製するときのシルグスイのものは独特なものであるが、この場合、もみがらを個別にもみ灰にした後、消石灰と混ぜ合わせて使用すると白釉は得られないと言われている。

図20には、シルグスイのものをもみ灰と消石灰1：6の混合物（もみがら5杯の灰化重量は消石灰1杯の6分の1に相当する）に置換した時の釉性状を示してある。

図20は一定の配合領域で透明釉のできることを示しており、指摘される釉の可否については、釉調製法における容量法と重量法の違い、または配合比の違いによって起こる現象と考えられる。

6) シルグスイのものをキビ灰とねずみ石灰に置換した場合、釉調はどう変化するか、興味のある課題である。図21に全配合系の焼成結果を示す。

キビ灰は未脱鉄灰を使用したため、うすい黄色を呈しているが、透明釉として十分利用できるものと考えられる。

一般的な釉性状は、不溶－半溶－マット－乳濁－透明となるが、喜瀬粘土領域で不溶領域、

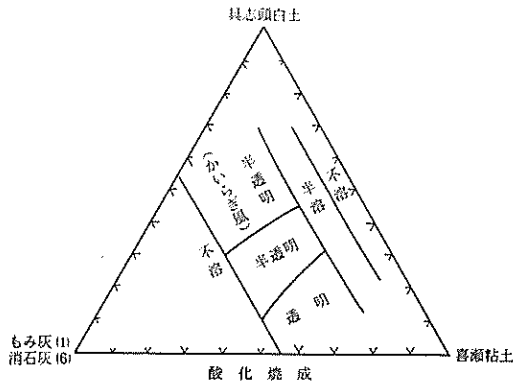


図-20 もみ灰と消石灰の個別合せによる壺屋配合系の釉性状

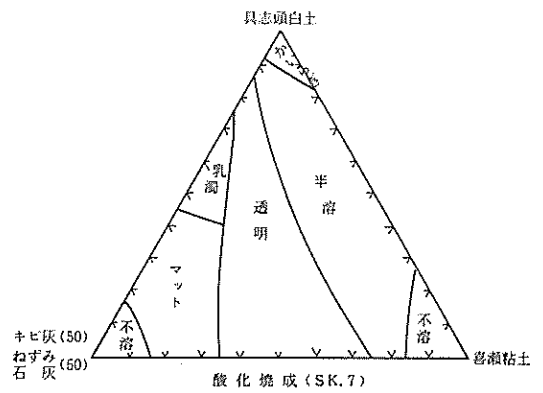


図-21 具志頭-キビ灰・ねずみ石灰-喜瀬粘土系の釉性状

キビ灰・ねずみ石灰領域でマット系、具志頭単独または10%キビ灰・ねずみ石灰を添加すると絞肌、かいらぎなどが得られる。

透明釉は、具志頭白土0~70%、キビ灰・ねずみ石灰40~60%、喜瀬粘土10~70%と巾広い配合比で得られ、貫入のある釉、貫入のない釉とがある。また、具志頭-キビ灰・ねずみ石灰の二成分系で乳濁釉が得られるが、特に具志頭60-キビ灰・ねずみ石灰40の失透乳濁釉は良好である。

4・2 粟国配合系

図22に粟国配合系のSK7における酸化・還元焼成での釉性状を示す。

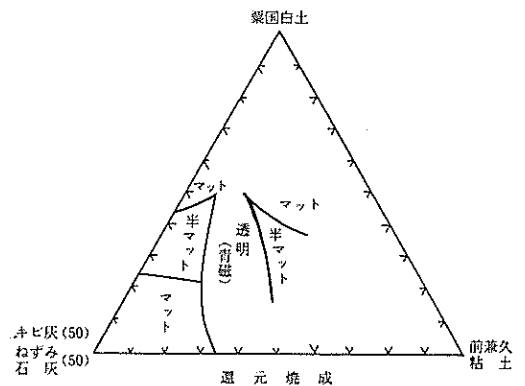
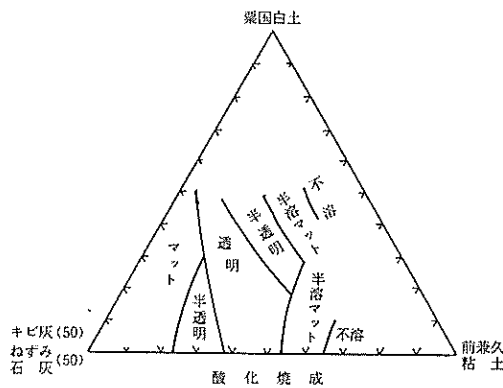


図 22 粟国配合系の釉性状

一般的な釉調は、不溶-半溶-半溶マット-マット-半マット-半透明-透明と壺屋配合系と同じ傾向を示すが、粟国白土-キビ灰・ねずみ石灰系およびキビ灰・ねずみ石灰の60%以上の配合系では、概してマット系が多くなる。透明釉はキビ灰・ねずみ石灰が40~50%の範囲内で、前兼久粘土の増加（粟国白土の減少）する方向へ拡大する。

その他、特徴的な釉調は次のとおりである。

- 1) 全体的に貫入釉になっていて、それ程透明領域も広くない。
- 2) 粟国白土-キビ灰・ねずみ石灰の二成分系では、なまこ釉（1[#]釉、6[#]釉、11[#]釉、16[#]釉）

釉)ができる。これは、キビ灰中のリン酸分が効果的に作用しているものと考えられる。

3) 透明釉となる傾向は、13[#]釉を中心に前兼久粘土が増加する方向にできやすい。

13[#]釉のゼーゲル式

0.12 KNaO

0.09 MgO 0.23 Al₂O₃ 2.01 SiO₂

0.79 CaO

4) 粟国白土は鉄分3%を含むため、酸化焼成では黄瀬戸風(例、8[#]釉)になりやすい。

5) 還元焼成では透明領域が拡がり青磁釉になっている。特に、2[#]釉は天竜寺青磁調、19[#]釉は高麗青磁風の釉調となっている。

4・3 石垣配合系

図23に石垣配合系のSK7における酸化および還元焼成での釉性状を示す。

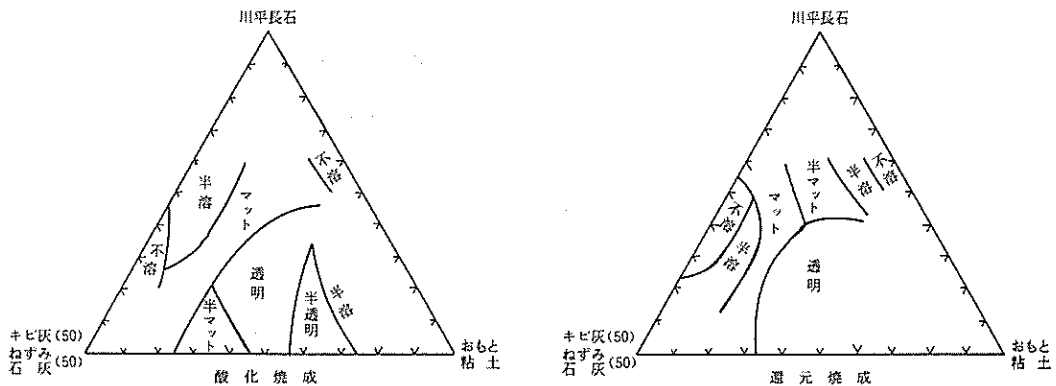


図 23 石垣配合系の釉性状

一般的な釉調は、不溶-半溶-半溶マット-マット-半マット-半透明-透明と変化し、壺屋または粟国配合と同傾向を示す。

川平長石-キビ灰・ねずみ石灰系では不溶、キビ灰・ねずみ石灰60%以上では不溶またはマット系、透明釉はおもと粘土30%以上の配合系においてできる。

その他、特徴的な釉調は次のとおりである。

- 1) 全体的な釉調は、他の配合係より安定しているが、貫入の多い釉になっている。
- 2) 透明釉の範囲は、19[#]釉を中心におもと粘土の増加する方向にできるが、3[#]釉が透明釉を示すのは特異な釉調と考えられる。

19[#]釉のゼーゲル式

0.21 KNaO

0.10 MgO 0.31 Al₂O₃ 2.55 SiO₂

0.69 CaO

3) 還元焼成では、酸化焼成の透明域で透明青磁調になる。

5. クチャ添加による各配合系の改善（クチャ釉の開発）

前述したように、壺屋配合、粟国配合、石垣配合のいずれの配合系でも透明域が狭く、貫入の多い釉調を示すことがわかった。

透明領域の巾を拡げるためには釉補助剤の添加、貫入の防止策としては塩基成分の種類（ MgO 、 $SrCO_3$ 、 $BaCO_3$ など）を増すか、 Al_2O_3 成分（粘土）を増すかなどの手法が考えられる。

これらの釉の改善策として、クチャ添加による方法を試みた。その結果を図 24 に示す。

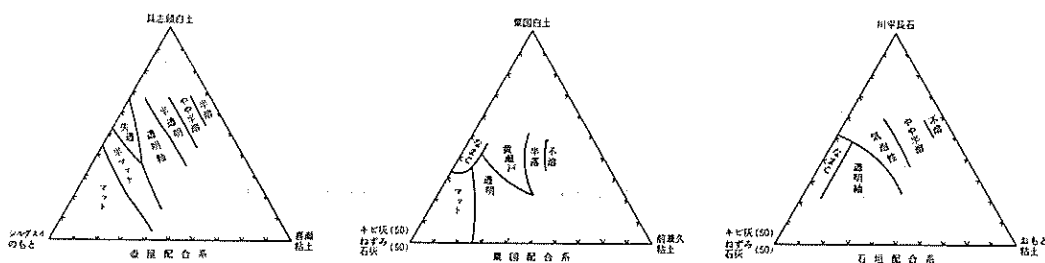


図 24 クチャ10%添加による各配合系の釉性状

クチャ10%（外割）を添加することによって、各配合系とも透明域が広がると同時に貫入も減少し、釉の安定化が図られることを示している。このことは、クチャ10%添加により釉組成のケイ酸・アルミナ比による透明領域の釉組成の変化によるものと考えられる。表5に化学組成の変化を示す。

表5 クチャ添加による珪酸・アルミナの変化

配合名	無 添 加				クチャ10%添加			
	釉性状	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	釉性状	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
壺屋配合	12# 釉 半透明	モル 2.40	モル 0.24	9.82	12# 釉 光沢透明	モル 2.49	モル 0.27	9.22
粟国配合	7# 釉 半マット	1.99	0.20	9.85	7# 釉 光沢透明	2.26	0.23	9.97
石垣配合	12# 釉 半溶	2.11	0.20	10.8	12# 釉 光沢透明	2.18	0.22	9.94

クチャ添加による釉の改善は、特に壺屋配合に効果的に作用するが、粟国配合では鉄分が多くなり黄瀬戸または飴釉調になる傾向を示す。石垣配合では透明領域は拡がるが貫入防止にはつながらない。

6. キビ灰クリンカー釉について

キビ灰クリンカーは、キビ灰がボイラー燃焼室で焼固したもので、白色～淡青色の溶岩様の物質である。表2に示した化学組成を釉のゼーゲル式で示すと次のようになる。

キビ灰クリンカーのゼーゲル式

0.28 KNaO

0.25 MgO 0.05 Al₂O₃ 2.45 SiO₂

0.47 CaO

このクリンカーをポットミル粉碎し、施釉焼成することにより、写真16に示すような温雅な柚子肌失透釉ができる。

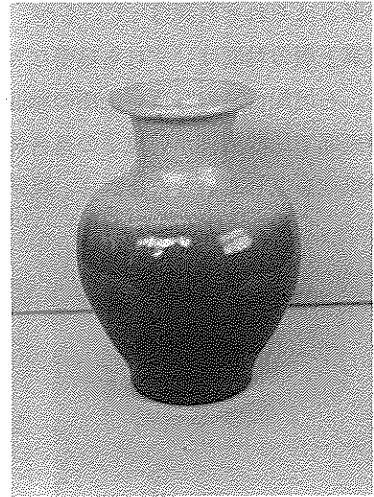


写真16 キビ灰クリンカーによる試作品

7. 焼成素地と釉薬の熱膨張

沖縄の陶器（上焼）は一般に化粧土の上に施釉する。すなわち製品は、素地－化粧土－釉薬の三層構造を形成している。従って、この三者間の熱的変化は、製品の品質に重要な影響を与えることになる。

図25には素地、化粧土、釉薬の焼成物の熱膨張曲線を示した。

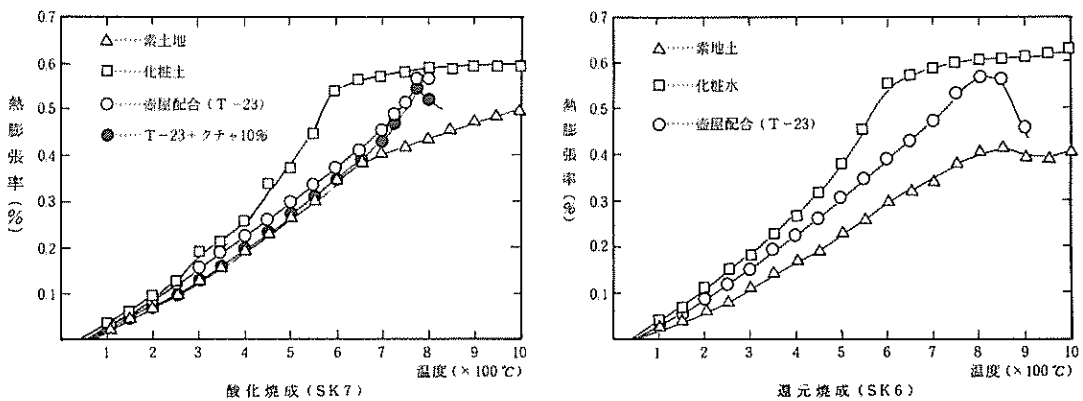


図 25 素地、化粧土、釉の熱膨張曲線

一般に素地と釉薬の関係は焼成過程における素地の膨張が釉より大きい（冷却過程では素地の収縮が大きい）場合、ちぢれや貫入等の現象が起こるものとされている。

図25の酸化焼成における熱膨張曲線は、化粧土の熱膨張は釉の熱膨張より大きく、素地と釉の熱膨張はほぼ同様な変化を示すことから、壺屋配合23[#]釉は化粧部では貫入が発生しやすく素地部では貫入が発生しにくいことを示している。

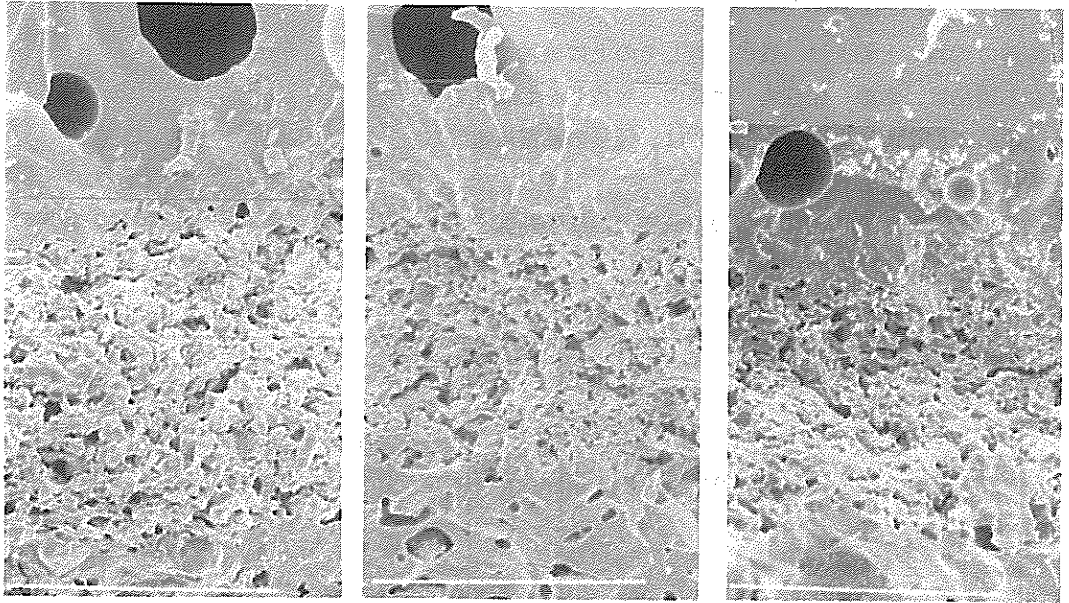
還元焼成では貫入の多い釉となりやすいことが、図25の還元焼成素地の熱膨張曲線の結果からも理解できる。すなわち、素地－化粧土－釉相互間に熱膨張の差が大きく現われている。

8. 釉の微細構造

写真17は、壺屋配合系、栗国配合系、石垣配合系の透明釉の電子顕微鏡写真である。撮影は、走査型電子顕微鏡（ALPAA-9型、明石製作所）を使用した。

試料はSK7（1230℃）で酸化焼成された素地－化粧土－釉薬の三層部分の断面である。化粧土

の厚さはそれぞれ異なっているが、写真上部から釉薬、化粧土、素地の部分が明らかに区別できる。写真上層の釉面はいずれも緻密なガラス相を呈しており、所々に気泡の発生しているのが認められる。石垣配合系の写真右上部の釉面の亀裂は貫入であることを示している。化粧土部分は、写真の中央部で比較的細かい粒子の集合体からできている。素地の部分は写真下部で、緻密質の中に大小の気泡を生じていることから、焼結過程の状況を示唆している。



A 壺屋配合系(×400)

B 粟国配合系(×400)

C 石垣配合系(×400)

写真17 透明釉の電子顕微鏡写真

III 色釉の基本調合と釉特性

沖縄の伝統釉は、鉄釉の飴・黒釉、銅釉の織部・琉球青磁（緑色）、マンガン釉の飴・黒釉などを中心に展開されている。

色釉の呈色は、着色材の種類や添加量をはじめ、基本釉の違いによっても微妙に変化する。

以下では、天然着色材と化学薬品を使用した場合の釉性状の変化と、伝統釉に加えて新規色釉の性状について述べる。

なお、使用した着色材は、釉原料及び着色材の処理と調製法で述べたストック原料である。

1. 基本釉と色釉試験の展開

着色材による色釉の配合試験は、図17に示した配合系を基本釉として表6に従って行った。

表6 色釉の配合試験

基本釉の種類		着色材の種類と添加量（外割％）			
壺屋配合（T）	（焼成条件） 焼成温度 SK（1,230℃）	1. 喜名鬼板……………	5	10	15
		（Fe ₂ O ₃ として）	（3.0	5.9	8.9）
		2. 佐敷鬼板……………	10	20	15
		（Fe ₂ O ₃ として）	（2.0	4.0	6.0）
粟国配合（A）	焼成雰囲気 酸化焼成 還元焼成	3. コウイル……………	10	20	30
		（Fe ₂ O ₃ として）	（0.7	1.4	2.1）
		4. クチャ……………	10	20	30
		（Fe ₂ O ₃ として）	（0.6	1.3	1.8）
石垣配合（F）		5. 弁柄……………	5	10	15
		6. 青磁のもと、土灰……………	OF 15	15	50
		（CuOとして）	（1.7	2.8	5.7）
		RF 5	15	25	
		（0.6	1.7	2.8）	
		7. 酸化銅……………	OF 3	5	10
		RF 1	3	5	
		8. マンガンジュール……………	10	15	20
		MnO として MnO ……	1.8	2.7	3.6
Fe ₂ O ₃ ……	2.2	3.3	4.4		
9. 二酸化マンガン……………	10	15	20		

2. 色釉性状と特性

2・1 壺屋配合系の色釉

T-1) 喜名鬼板による色釉と釉性状

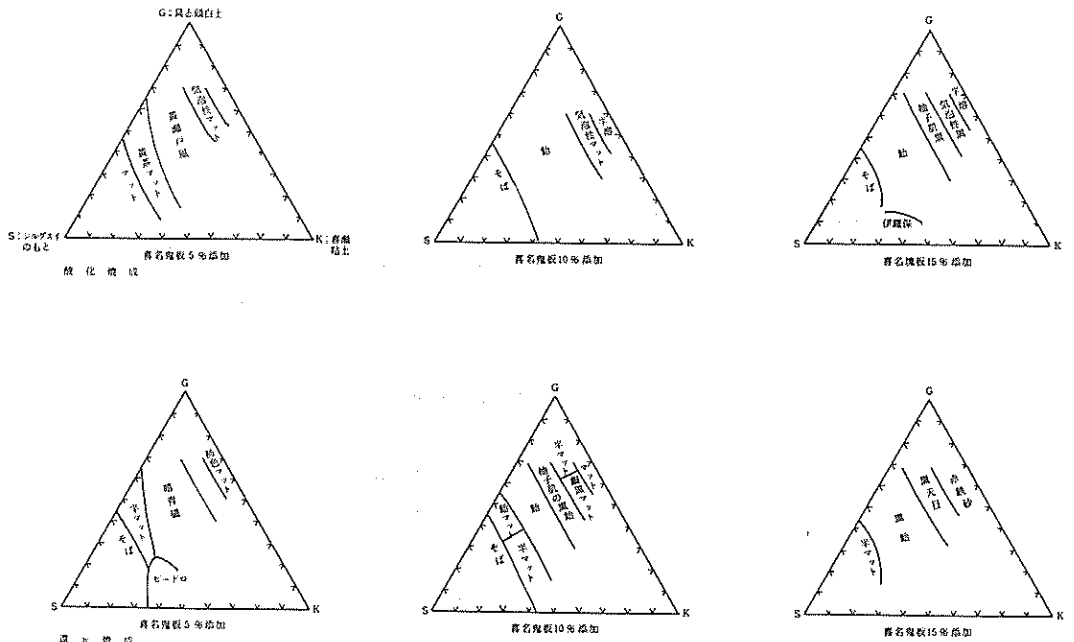


図 26 喜名鬼板による色釉と釉性状

酸化焼成

- 喜名鬼板 5% 添加では、黄瀬戸風になっている。
- 10% 添加で飴釉 (1[#]、6[#]、12[#]、18[#]、21[#])、石灰分の多い配合系ではそば釉になる。
- 概して、喜名鬼板 15% 添加が使いやすい釉調である。飴、柚子黒、そば、いらぼ釉などができる。

還元焼成

- 喜名鬼板 5% 添加では、鉄分過剰による暗青磁になる。25[#]、26[#]、27[#]、28[#] はビードロ釉で、流し釉に効果的な釉と考えられる。
- 10% 添加では、黄味の飴釉、または黒釉などができる。10[#] 釉のマット釉は古陶風の飴である。
- 15% では、化粧部で黒飴、素地では天目になる。3[#]、8[#]、14[#] 釉に鉄砂釉ができる。

T-2) 佐敷鬼板による色釉と釉性状

酸化焼成

- 佐敷鬼板 5% 添加では、透明釉に近い薄い黄瀬戸風になりやすい。
- 10% 添加では黄瀬戸風になる。
- 15% では、そば (16[#] 釉が良好)、暗い飴、柚子黒釉などが出る。

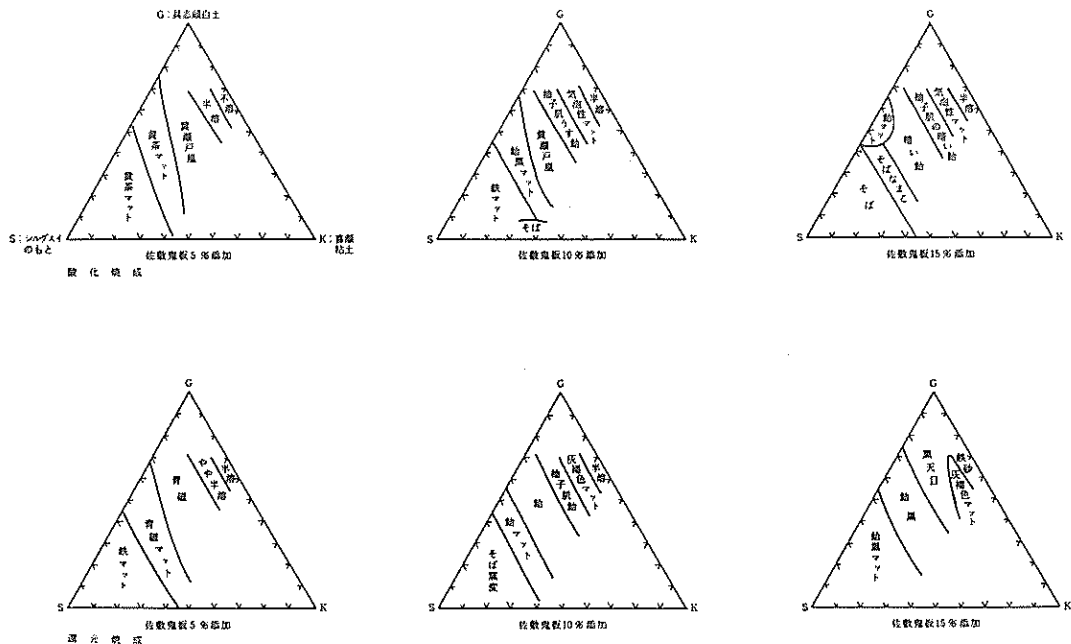


図 27 佐敷鬼板による色釉と釉性状

還元焼成

- 佐敷鬼板 5% 添加では、広い範囲で緑青磁 (18# 良好) ができる。
- 10% 添加では、そば窯変、鉛マット等ができる。
- 15% では天目や鉛黒釉の範囲が広く出る他、鉄砂釉ができる。

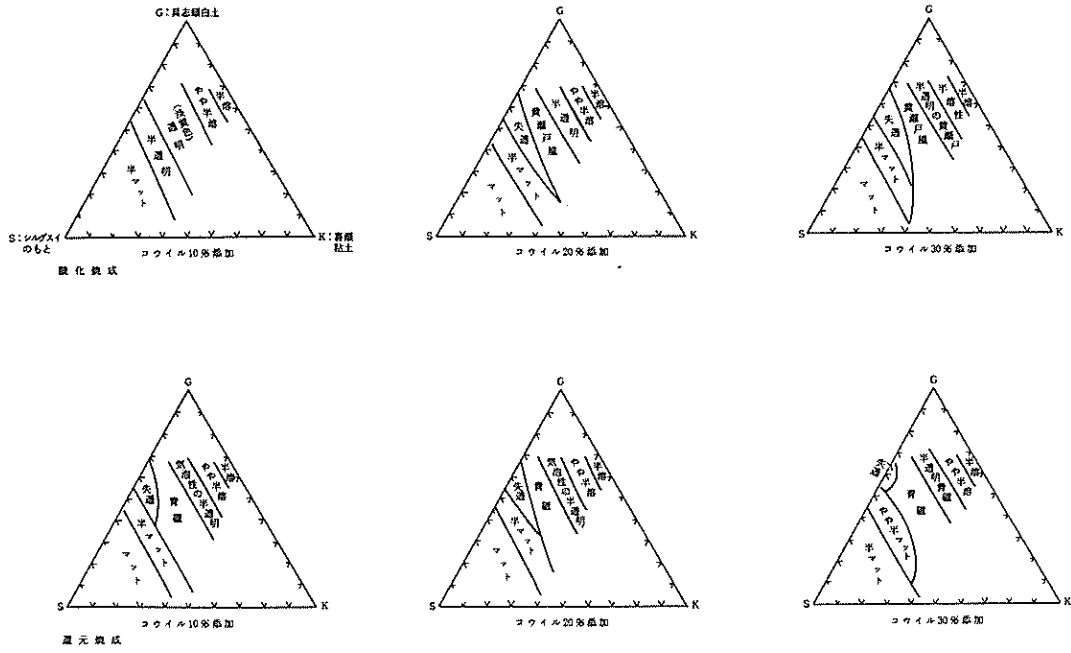


図 28 コウイルによる色釉と釉性状

T-3) コウイルによる色釉と釉性状

酸化焼成

- コウイル10%添加では、光沢透明釉になり、貫入の減少がみられる。
- 20%添加でも透明釉調である。30%添加で黄瀬戸風になる。

還元焼成

- コウイル10%添加では、淡青磁釉が得られる。
- 20%添加では緑味の強い青磁ができる他、石灰分が増すと貫入ができやすく、少ない所で貫入は少なくなる。
- 30%ではマット系が減少し、光沢青磁釉が増加する。

T-4) クチャによる色釉と釉性状

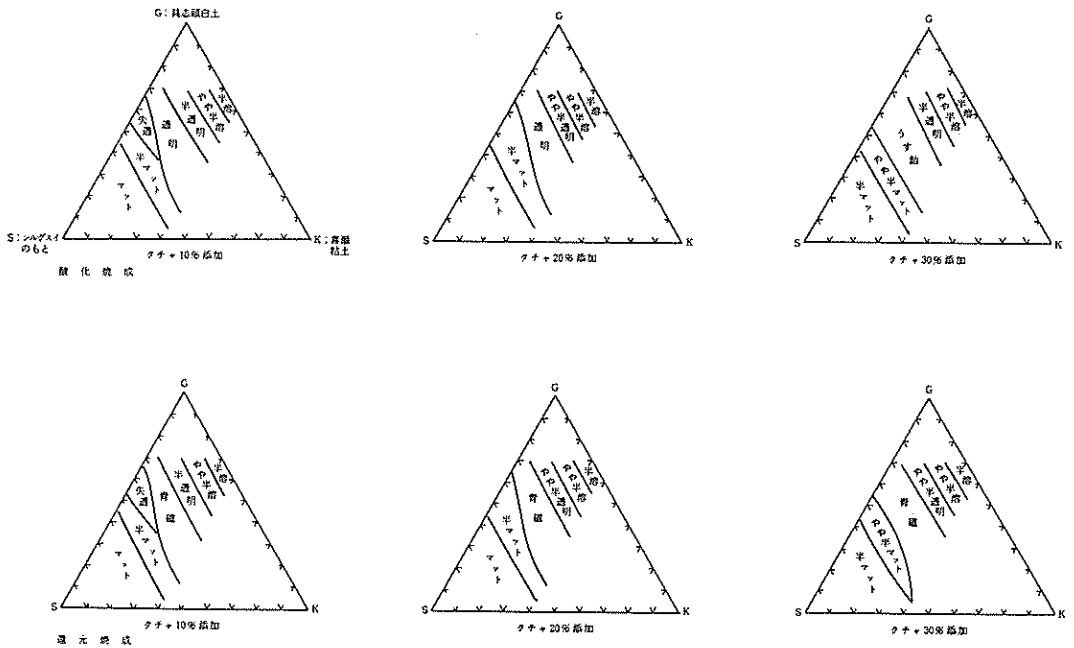


図-29 クチャによる色釉と釉性状

酸化焼成

- クチャ10~20%添加により光沢が増し、透明釉領域が広がるとともに貫入防止の効果が現われる。
- 30%では着色し、透明釉の効果はうすれる。

還元焼成

- クチャ20%添加では、うすい青磁調になる。
- 30%添加では、全配合系で光沢青磁釉調となる。

T-5) ベンガラによる色釉と釉性状

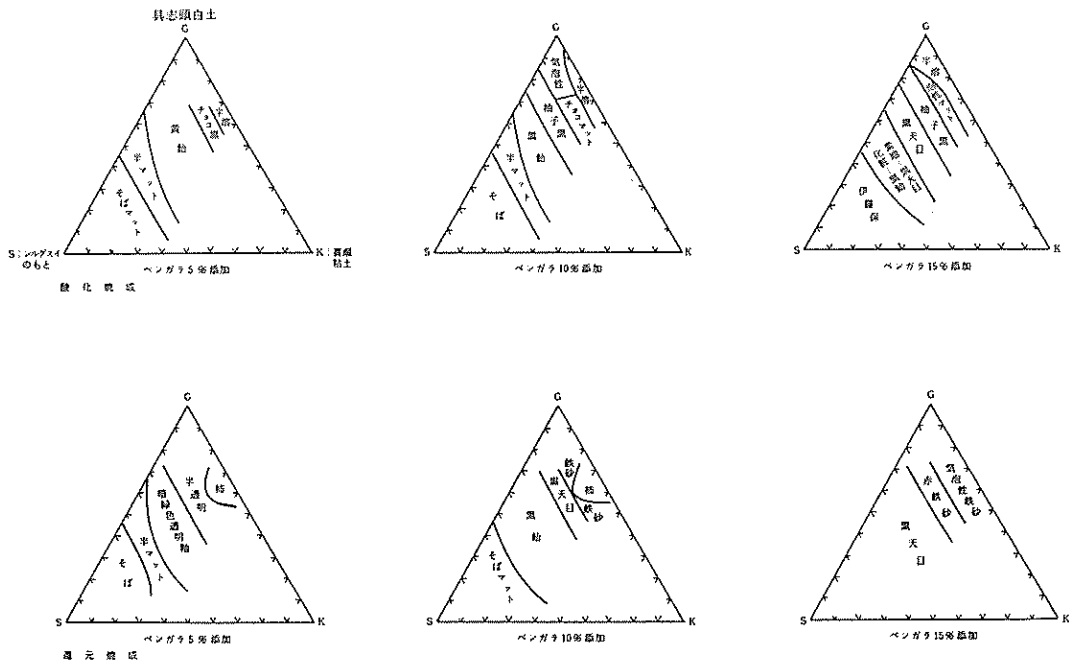


図 30 ベンガラによる色釉と釉性状

酸化焼成

- ベンガラ 5% 添加では、黄飴釉がしやすい。
- 10% 添加では黒飴が多く。石灰が増すとそば釉、少ないところでは釉粘性の増大により柚子黒釉(7# 良好)になる。
- 15% では、黒飴ないし黒天目釉が多くなる。その他、いらば釉ができる。

還元焼成

- ベンガラ 5% 添加では、青磁と飴の中間色の暗緑色釉になる。その他、オリーブそば釉ができる。
- 10% 添加では、黒飴釉が増し黒天目釉へ移行する。
- 15% では、黒天目の他に赤鉄砂釉ができる。

T-6) マンガンノジュールによる色釉と釉性状

酸化焼成

- マンガンノジュール 10% 添加で鮮かな黄瀬戸調の釉(6#、12#、13# 良好)、13# 釉には黄瀬戸調のマット釉が出る。
- 15% 添加では、良好な飴釉が得られる。
- 20% では飴釉の他、黒の半マットと伊羅保釉が得られる。

還元焼成

- マンガンノジュール 10% 添加では、17# 釉を中心に淡青磁風になる。石灰の多い配合系では、緑色青磁(22# 良好)ができる。
- 20% では、緑色伊羅保ができる。ノジュール添加量の多い方が、伊羅保釉は得られやすい。

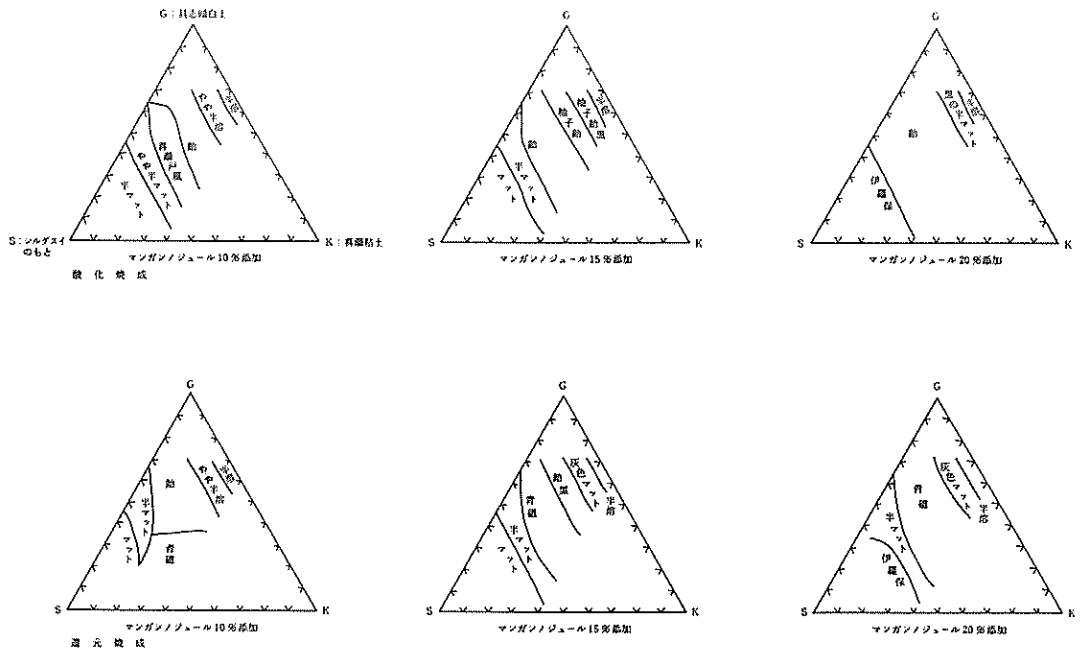


図 31 マンガンノジュールによる色釉と釉性状

T-7) 二酸化マンガンの色釉と釉性状

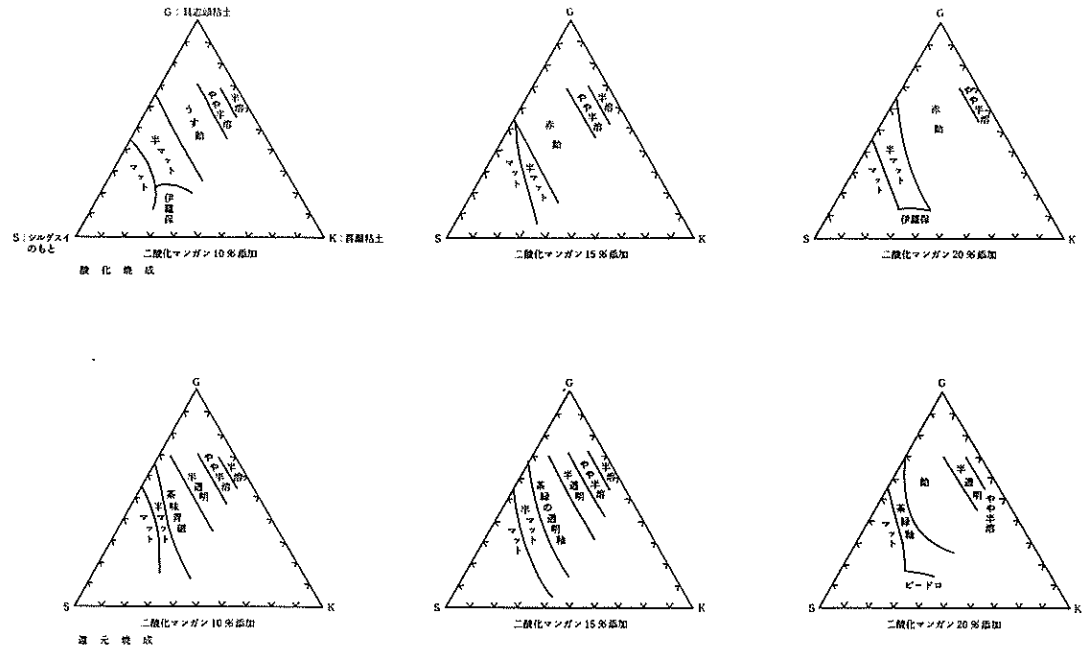


図 32 二酸化マンガンの色釉と釉性状

酸化焼成

○二酸化マンガンの10%添加により、うす鉛釉となる。

- 15%添加では明るい飴釉となり、石灰の多い方へ広がる。
- 20%では、石灰分の少ない方に飴釉（13[#]、17[#]良好）が広がる。

還元焼成

- 二酸化マンガンを10%添加により、茶味を帯びた青磁と安定した淡青磁が得られる。
- 15%添加では飴釉と青磁の中間色である茶緑色を呈し、石灰が多く具志頭の少ないところではビードロ調となる。
- 20%では、濃い飴と茶伊羅保釉などが得られる。
- 一般にマンガノジュールに比して、二酸化マンガンの方が明るい呈色を示す。

T-8) 青磁のもと・土灰による色釉と釉性状

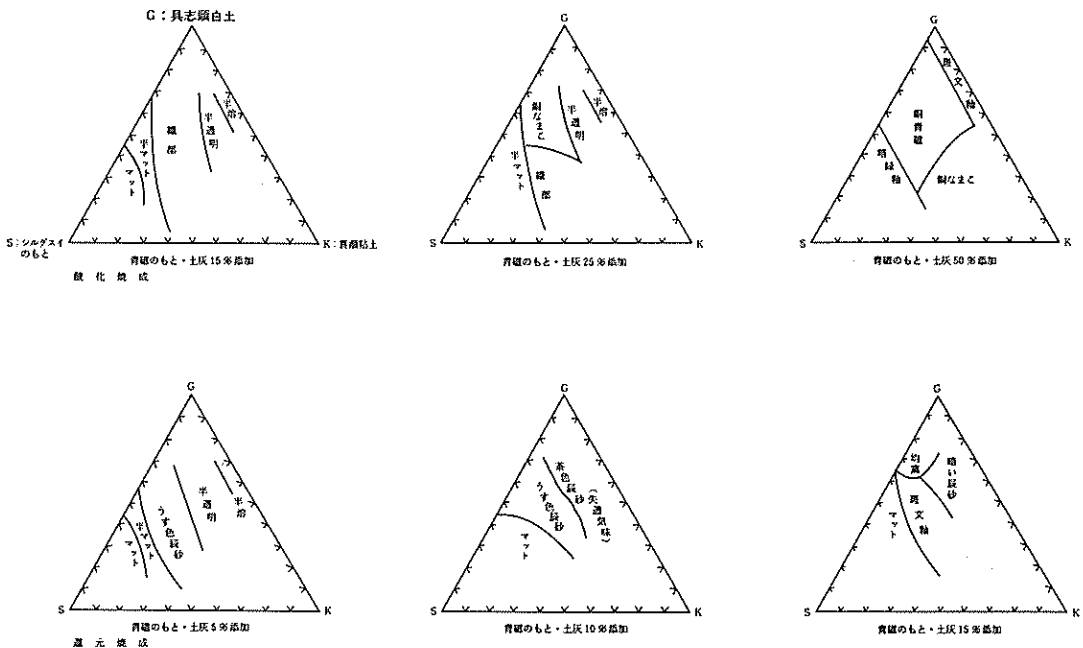


図 33 青磁のもと・土灰による色釉と釉性状

酸化焼成

- 青磁のもと・土灰15%添加では、織部釉（12[#]、17[#]良好）ができています。
- 25%添加では、織部（17[#]良好）の他、銅なまこ釉ができる。
- 50%では、銅青磁（2[#]、32[#]良好）や銅なまこの他、斑文釉ができる。
- 一般に青磁のもとを増やしていくことと珪酸分を増すと銅青磁が得られやすい。
- 斑文釉は、珪酸分が多い割に石灰分が少ないために起こる一種の窯変的なものと考えられる。

還元焼成

- 青磁のもと・土灰5%添加では、うす辰砂が出る。明るい辰砂を得るには、発色補助剤（SnO₂）等の添加が必要であろう。
- 15%添加では失透気味の茶色辰砂となり、25%では均窯釉が得られるが辰砂釉は暗い。

T-9) 酸化銅による色釉と釉性状

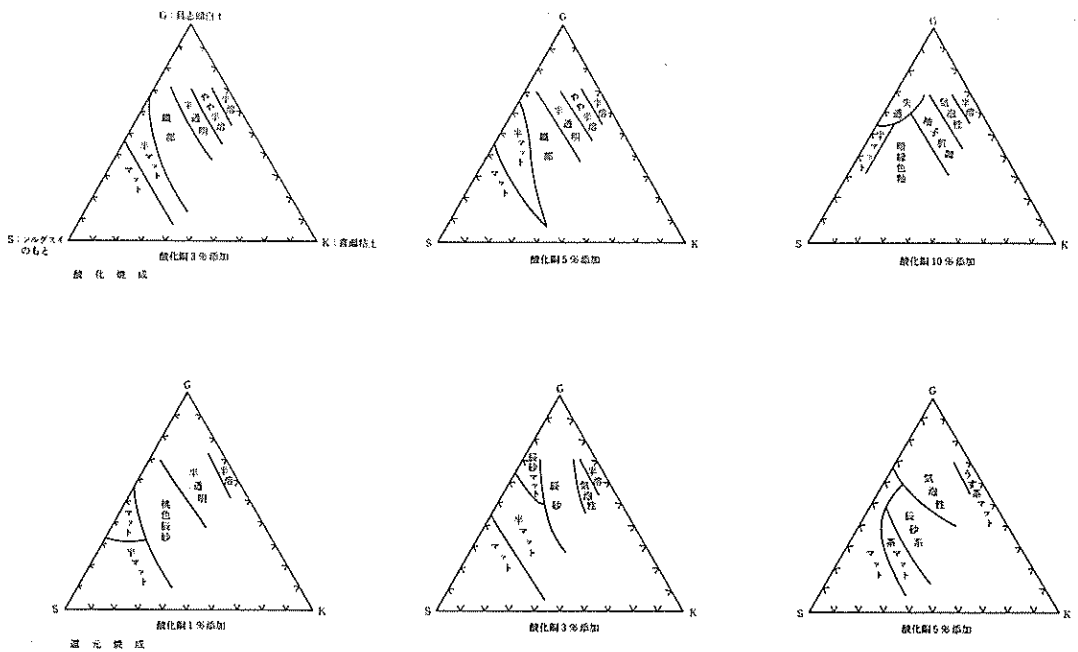


図 34 酸化銅による色釉と釉性状

酸化焼成

- 酸化銅 5% 添加では、織部釉 (26[#] 良好) ができる。3% 添加では鉄の影響で茶味を帯びるが、10% 添加では過剰みである。
- 銅青磁を得るには、骨灰、TiO₂、SnO、ZrO₂、SiO₂等の乳濁剤を添加するか、または、もみ灰、わら灰などの珪酸分を添加する必要がある。

還元焼成

- 酸化銅 1% 添加では、良好な桃色辰砂ができる。
- 3% 添加で辰砂が出ているが、普通辰砂釉の添加量は 1~1.5% が適量とされている。
- 5% では過剰気味となり、うすい茶半マットの特殊な釉調になっている。

2・2 粟国配合系の色釉

A-1) 喜名鬼板による色釉と釉性状

酸化焼成

- 喜名鬼板 5% 添加で、うすい鉛釉が広範囲にできる。粟国白土-キビ灰・消石灰の二成分系でなまこ釉ができる。
- 10% 添加では鉛釉になる。
- 15% では濃い鉛釉ができる。
- 一般的に、粟国白土が多く、石灰の少ない領域で黒釉系になる。3[#] 釉は柚子肌黒である。

還元焼成

- 喜名鬼板 5% 添加では、若干暗い青磁釉ができ、13[#] 釉は天竜寺青磁釉調になっている。
- 10% 添加では、暗い青磁調になる。

酸化焼成

- 佐敷鬼板5%添加により、13[#]釉を中心に黄瀬戸、栗国白土が30%以上になると黄鉛になる。
- 10%添加では、13[#]釉を中心に暗い鉛釉、なまこ釉ができる。
- 15%では広い範囲での暗い鉛釉と、4[#]、10[#]に柚子肌黒ができる。

還元焼成

- 佐敷鬼板5%添加では、広い範囲で青磁釉が得られる。
- 10%添加では、暗緑色の釉調となる。
- 15%では、化粧土上で黒鉛、素地部では天目釉になる。その他、10[#]釉は柿釉、15[#]釉ではつや消し天目釉となる。

A-3) コウイルによる色釉と釉性状

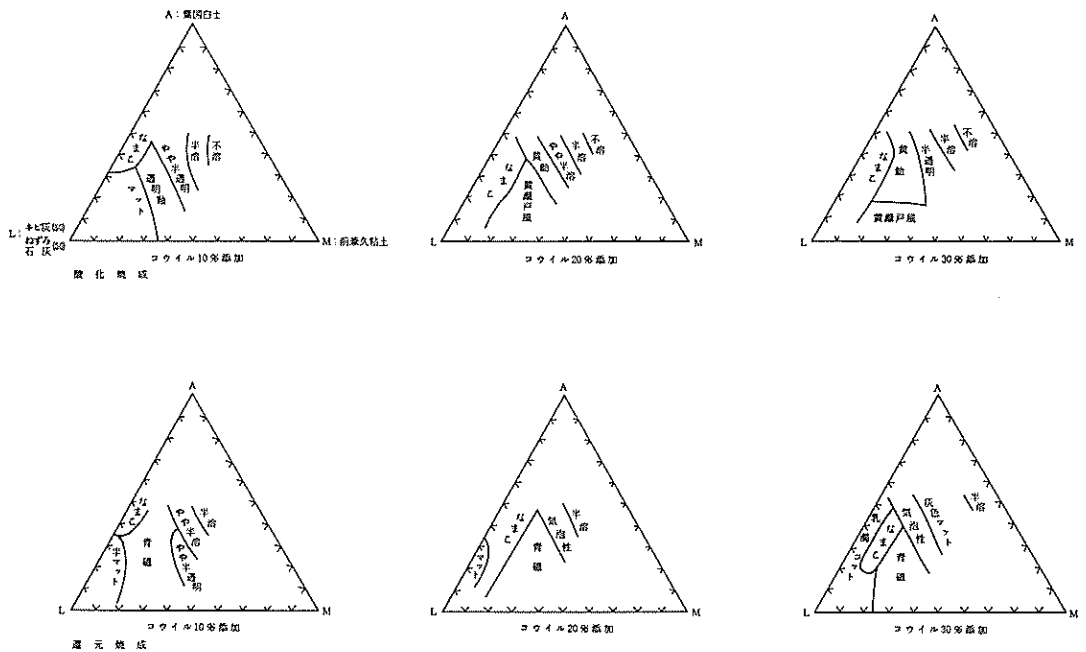


図 37 コウイルによる色釉と釉性状

酸化焼成

- コウイル10%添加では、透明釉となり領域が広がる。1[#]、6[#]ではなまこ釉、その近傍ではマツト系が得られる。
- 20%添加では、黄瀬戸調の他、なまこ、糠白マツト釉が得られる。
- 30%では、なまこ釉の範囲が12[#]、17[#]、21[#]と石灰の多い方へ移行する。

還元焼成

- コウイル10%添加では、なまこ釉の他、淡青磁ができる。
- 20%添加で、緑色系の青磁の他、前兼久粘土よりになまこ釉ができやすい。
- 30%では、還元が強いためか発色がよくない。青磁なまこ、灰マツトができる。

A-4) クチャによる色釉と釉性状

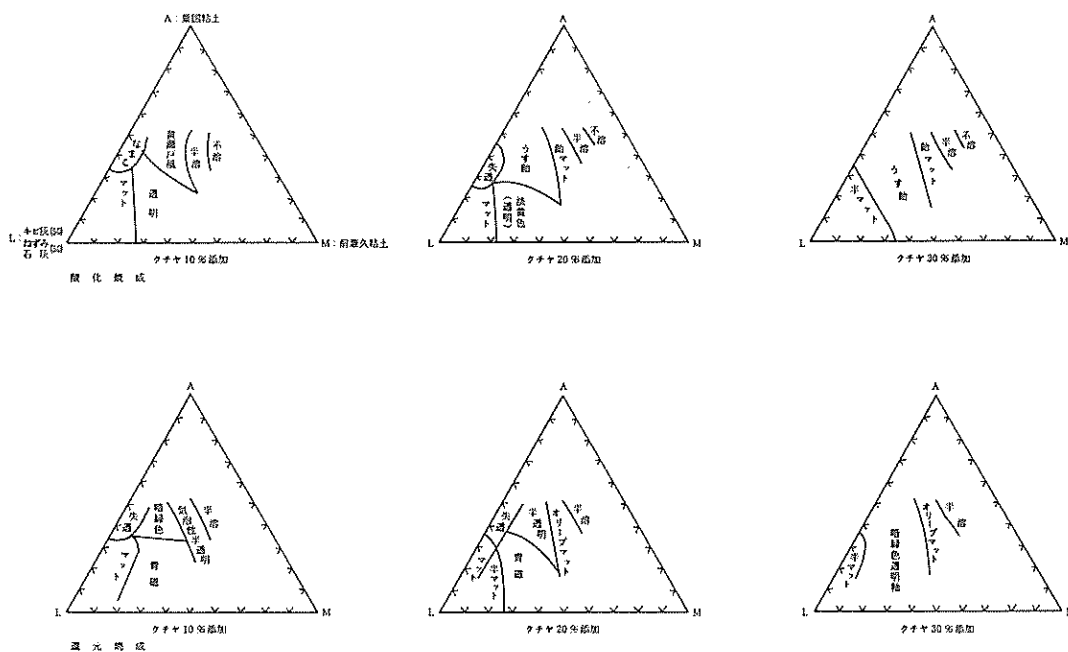


図 38 クチャによる色釉と釉性状

酸化焼成

- クチャ10%添加では、貫入のない透明釉が得られる。
- 20%添加では、栗国白土が少ない配合のところでは透明釉になるが、多くなると黄瀬戸風になる。
- 30%では、全体的に鉄分による呈色が見られ黄瀬戸風になる。

還元焼成

- クチャ10%添加では、栗国白土が30%程度までは青磁、それ以上では暗い青磁釉となる。
- 20%添加では、全体的に暗い青磁釉となる。
- 30%では、灰色釉のほかになまこ釉となる。

A-5) ベンガラによる色釉と釉性状

酸化焼成

- ベンガラ5%添加では、全体的に鉛釉が拡がり、なまこ釉、茶黒系統の釉がではじめる。
- 10%では濃い鉛が多い他、4#釉において油滴天目が出るのが特徴的である。また、前兼久粘土が多く栗国白土が少ないところでは、マット系の伊羅保釉(20#、24#、27#)ができる。

還元焼成

- ベンガラ5%添加では、全体的に暗い青磁釉ができる。
- 10%添加では、鉛黒の他、鉄砂釉ができる。
- 15%では、鉄砂釉が他の配合系より広範囲でできる。

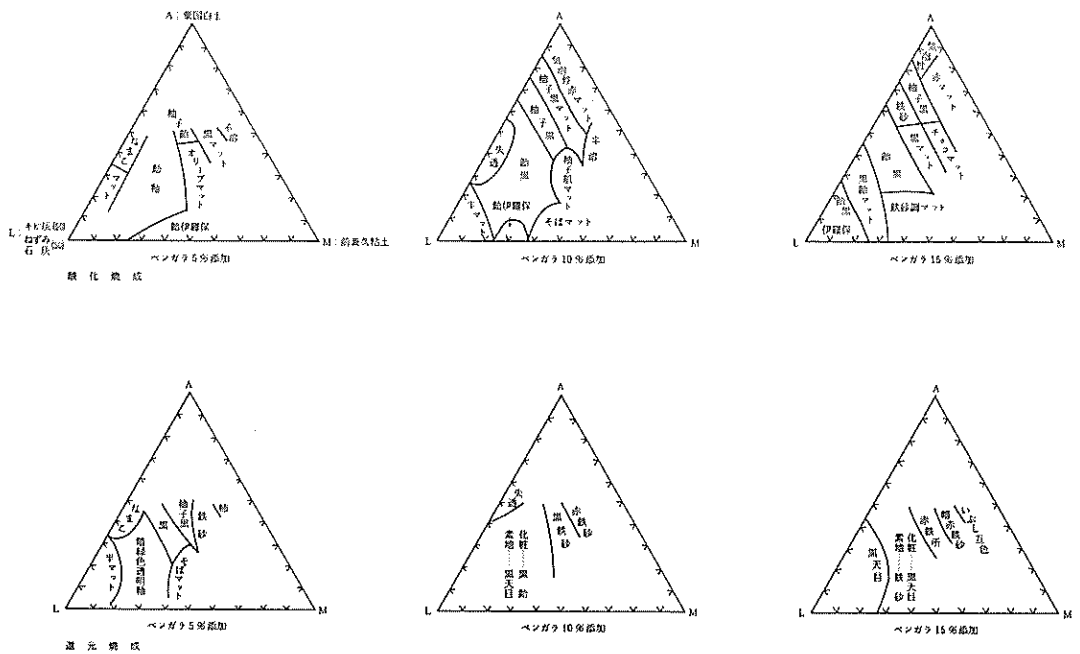


図 39 ベンガラによる色釉と釉性状

A-6) マンガンノジュールによる色釉と釉性状

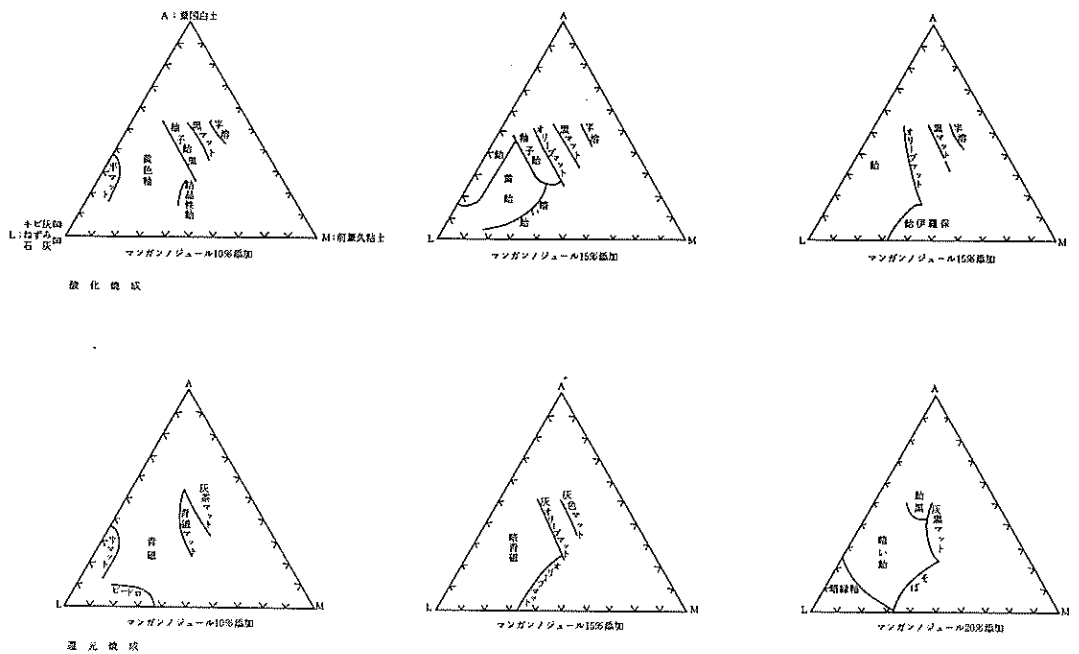


図 40 マンガンノジュールによる色釉と釉性状

酸化焼成

○マンガンノジュール10%添加では黄味の釉が多いが、柚子肌鉛黒、黒マット、結晶性鉛釉など

ができる。

- 15% 添加では、黄鉛の他、柚子肌鉛、オリブ色マツト釉などができる。
- 20% では、鉛釉（1[#]、6[#]、7[#]、12[#]良好）の伊羅保、オリブマツト、オリブ柚子肌釉が得られる。
- マンガンノジュール20% 添加が釉調・呈色などで安定している。

還元焼成

- マンガンノジュール10% 添加では、青磁（19[#]良好）が広く出来やすい。石灰分の多いところでは、ビードロ調の灰釉青磁となる。
- 15% 添加では、全体的に暗い青磁釉の他オリブマツト系となる。
- 20% では暗い鉛釉の他、そば系の釉が出る。

A-7) 二酸化マンガンの色釉と釉性状

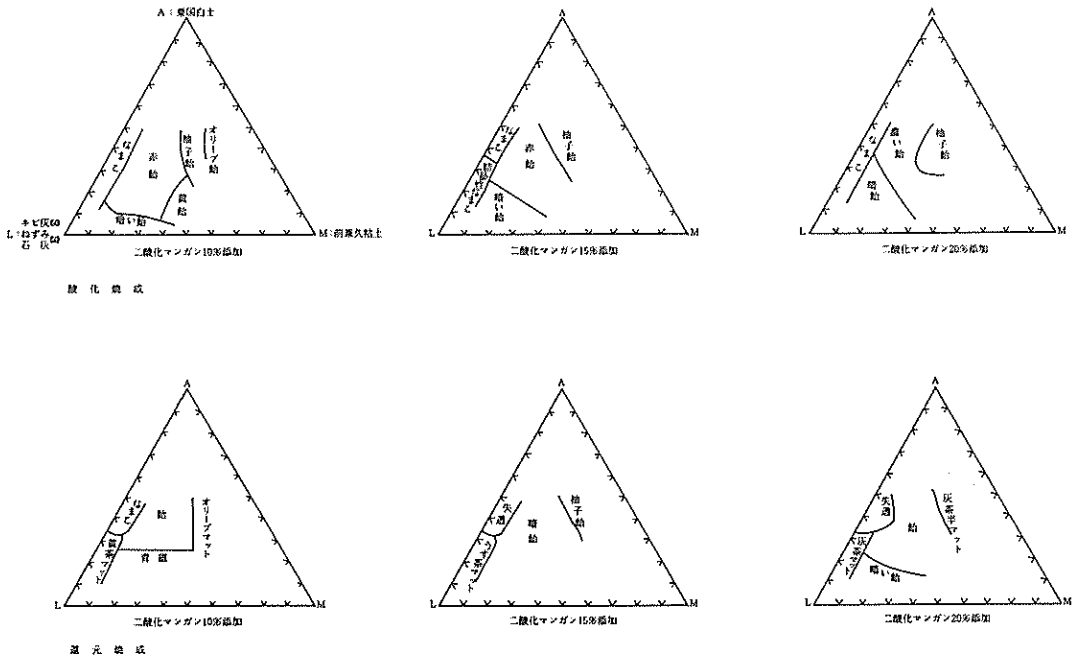


図 41 二酸化マンガンの色釉と釉性状

酸化焼成

- 二酸化マンガンの10% 添加では、なまこ釉の他、うす赤、黄味、暗い柚子肌鉛と微妙な呈色の変化を示す。
- 15% 添加では、明るい赤味の鉛釉が多く、その他、なまこ、柚子肌鉛釉などが出はじめる。
- 20% では暗い鉛やなまこ釉の他、良好な柚子肌鉛が得られる。

還元焼成

- 二酸化マンガンの10% 添加では、粟国の少ないところで青磁、多いところでは鉛釉になる。その他、なまこ、マツト系釉ができる。
- 15% 添加では、暗い鉛釉のほか柚子肌鉛釉が得られる。

○20%添加では通常の鉛釉となり、特に、粟国が多く石灰が30~40%領域で鉛釉が広がる。
 A-8) 青磁のもと・土灰による色釉と釉性状

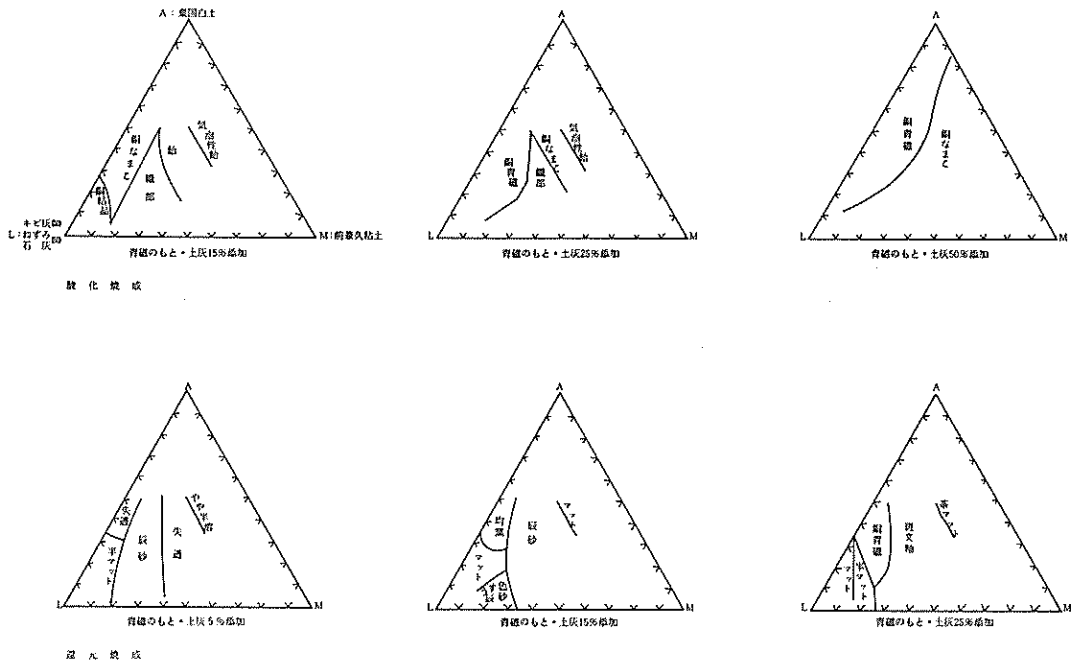


図 42 青磁のもと・土灰による色釉と釉性状

酸化焼成

- 青磁のもと・土灰15%添加で、銅なまこ、鉛(9#良好)、織部釉(23#良好)ができるが、鉛釉は粟国白土の鉄分によるものと考えられる。
- 25%添加では、9#釉の鉛と23#釉の織部が鉄と銅の呈色が鮮やかなポイントで、9#釉は従来の沖縄の鉛、23#釉は沖縄の織部調になっている。
- 50%では、銅青磁釉(1#、2#、31#、34#、39#良好)と銅なまこ釉が得られる。特に、銅青磁釉は粟国-キビ灰系の粟国白土50~80%の領域で良好な結果が得られる。

還元焼成

- 青磁のもと・土灰5%添加で辰砂釉が出る。土灰が多くなる方向で辰砂領域が広がる。
- 15%添加では、辰砂の他、均窯釉ができる。
- 25%では、銅青磁釉になる。

A-9) 酸化銅による色釉と釉性状

酸化焼成

- 酸化銅3%添加により織物釉が多く見られるが、特に石灰の多いところでは結晶の析出が見られ、少ないところでは半溶状態で気泡が見られる。
- 5%添加では、織部釉(22#良好)の範囲が広がり鉛釉が少なくなる。
- 10%では過剰のCuO添加のため、暗緑系統の古陶風の釉調になる。

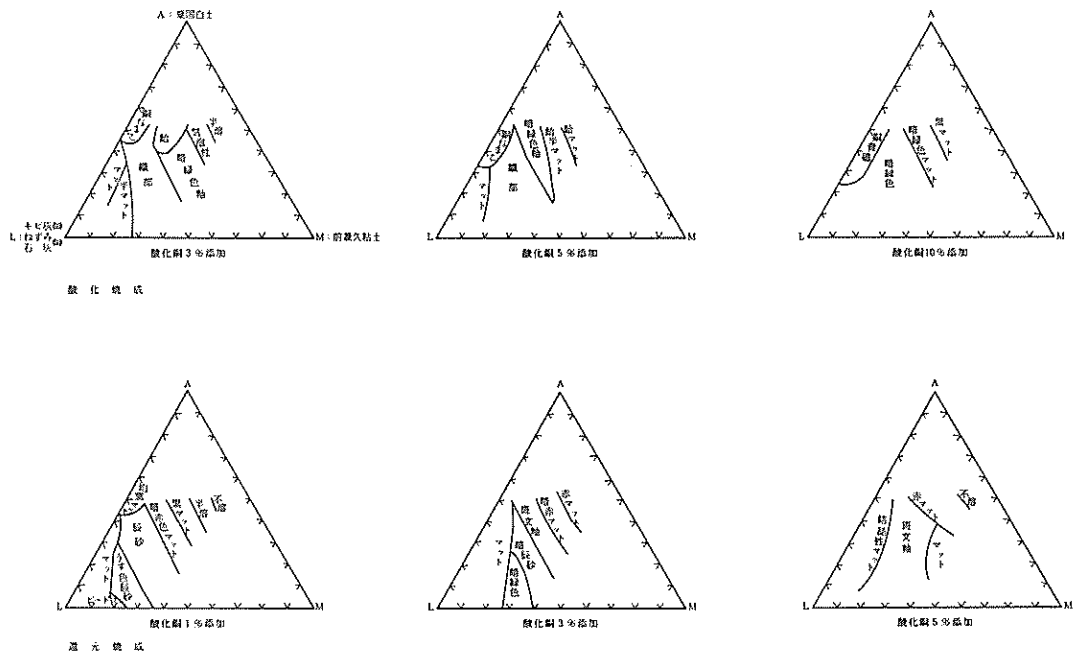


図 43 酸化銅による色釉と釉性状

還元焼成

- 酸化銅 1% 添加では、広い範囲に辰砂釉 (23[#]、27[#] 良好) が出て安定した色調を呈する。
- 3% 添加の辰砂は、後酸化現象が起こって赤味が減少して暗い辰砂釉になっているものと考えられる。
- 5% では、暗緑色となり辰砂釉は得られない。

2・3 石垣配合系の色釉と釉性状

F-1) 喜名鬼板による色釉と釉性状

酸化焼成

- 喜名鬼板 5% 添加では、黄瀬戸風の釉調が広がる。
- 10% 添加により、なまこ (6[#] 良好)、飴 (18[#]、23[#] 良好) が増え、飴黒マット釉までできる。
- 15% では、黒飴が多くなり、柚子黒釉 (3[#] 良好) も得られる。

還元焼成

- 喜名鬼板 5% 添加では、なまこ、青磁釉が得られるが、特に青磁は高麗青磁風 (23[#]、26[#] 良好) になる。
- 10% 添加では、なまこの他、飴黒釉の範囲が広がる。
- 15% では、素地の上で鉄砂、化粧土の上では天目釉になる。

- 10%添加では、なまこ、飴、飴黒、柚子黒の他6[#]のなまこ（月白釉）は調子が良い。
- 15%では、なまこの他、特に黒飴や柚子黒釉の範囲が広がる。

還元焼成

- 佐敷鬼板5%添加では、1[#]釉において素地では萩、化粧部では月白釉となる。青磁釉の範囲は広く、概して高麗青磁風になっている。
- 10%添加では、なまこ、飴黒、黒天目釉ができる。
- 15%では黒天目が広がり、なまこの他、鉄砂及び鉄砂天目釉が得られる。

F-3) コウイルによる色釉と釉性状

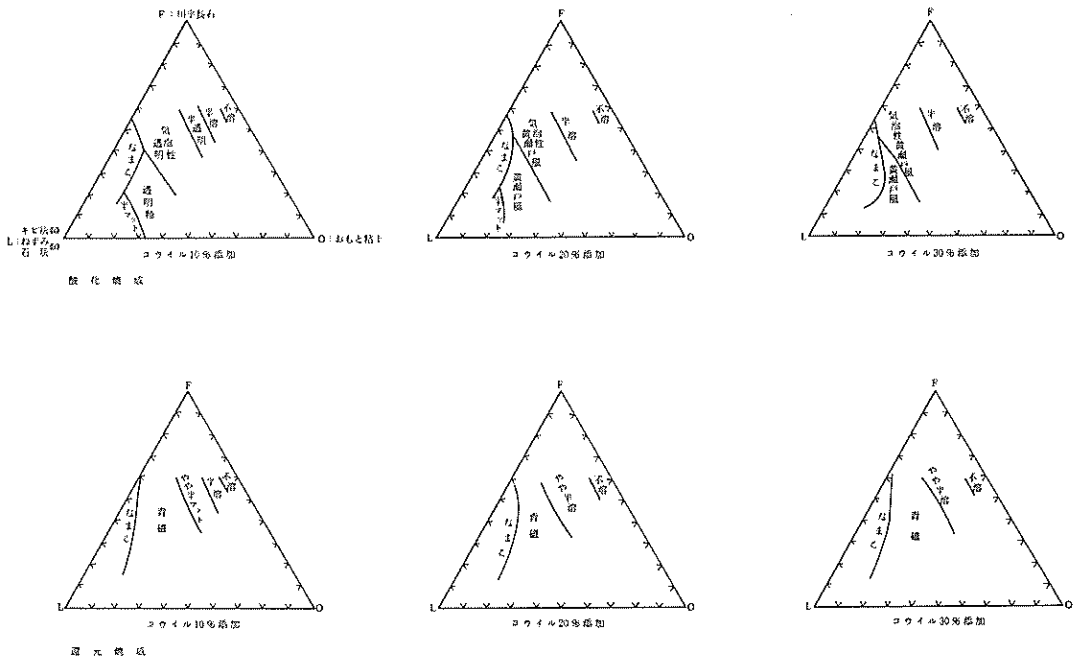


図 46 コウイルによる色釉と釉性状

酸化焼成

- コウイル10%添加では、コウイルの鉄分の影響よりは珪酸分の影響が大きく、なまこ釉の範囲が広がり失透釉になりやすい。
- 20%添加では、コウイル10%添加と同じ傾向である。
- 30%では、良好ななまこ釉が得られ、透明領域では黄瀬戸風になる。

還元焼成

- コウイル10%添加では、化粧土との反応が強く透明域も広い。なまこ釉もできる。
- 20%添加では、なまこの他に淡青磁釉調になる。
- 30%では1[#]の月白釉の他、なまこ釉、透明感の強い青磁釉が得られる。

F-4) クチャによる色釉と釉性状

酸化焼成

- クチャ10%添加では、透明釉としては使用できるが、貫入防止にはならない。

○20%または30%でも同じ傾向を示し、クチャ添加による改善はみられない。

還元焼成

○酸化焼成と同様、それぞれの添加量によって透明領域は増すが、貫入防止にはなっていない。

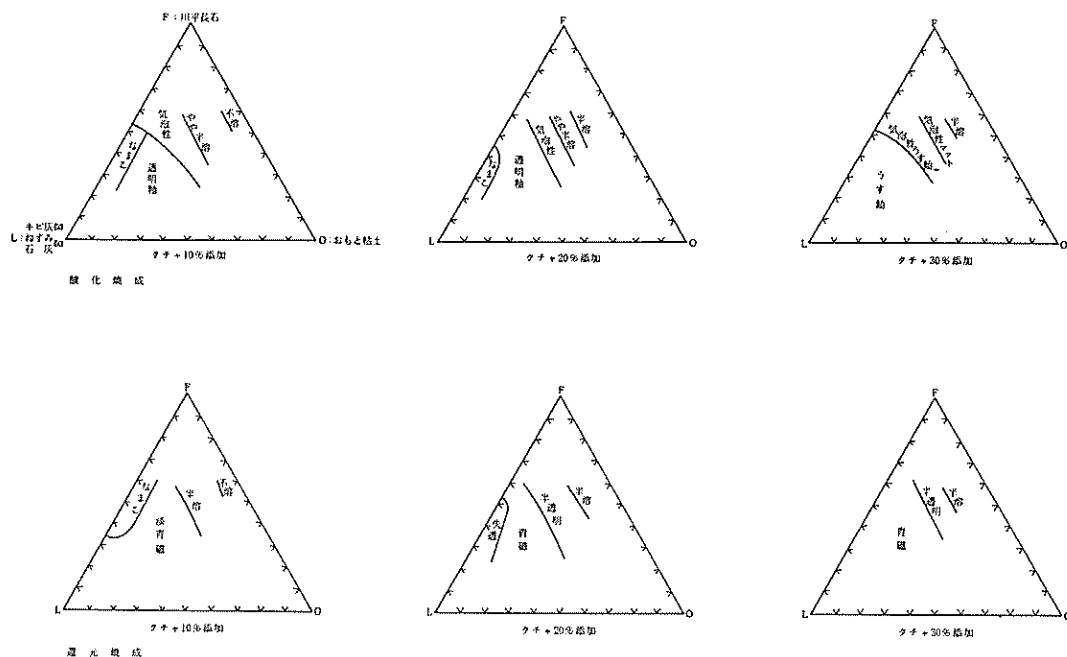


図 47 クチャによる色釉と釉性状

F-5) ベンガラによる色釉と釉性状

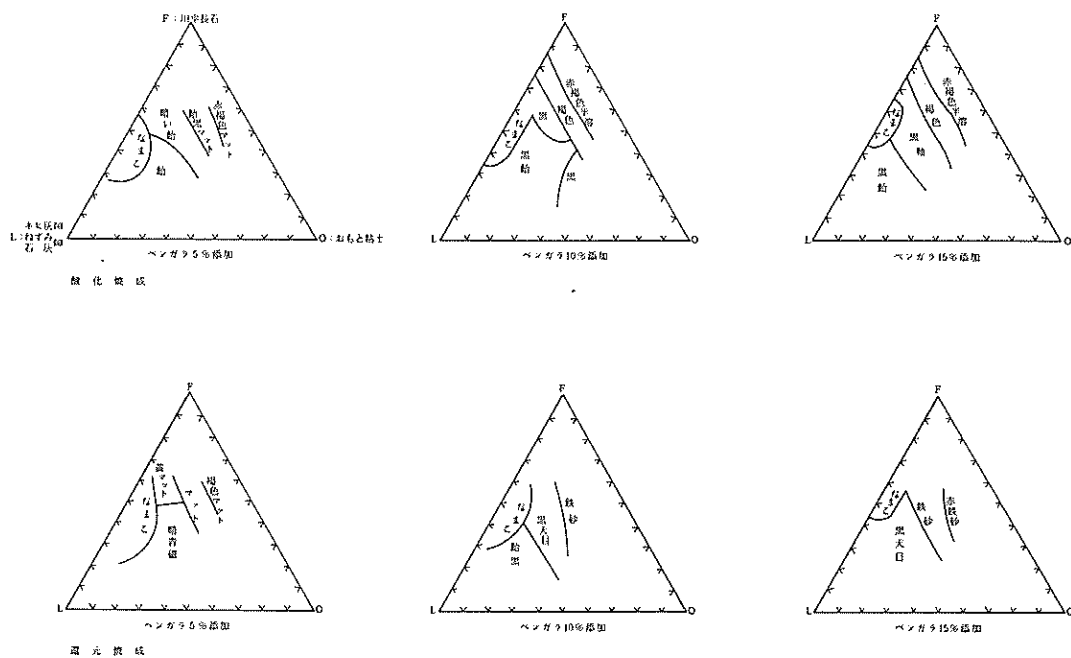


図 48 ベンガラによる色釉と釉性状

酸化焼成

- ベンガラ5%添加では、なまこ、鉛釉ができる。
- 10%添加では、黒鉛釉(18#良好)の範囲が広い。
- 15%では、きれいななまこ釉(1#、6#)が得られ、黒鉛釉(14#良好)も多い。

還元焼成

- ベンガラ5%添加では、なまこ、暗い緑色青磁または織部調になっている。
- 10%添加では、なまこ、黒鉛、黒天目の他、鉄砂釉が出る。
- 15%では、黒天目(7#良好)が多くなる。1#では素地上で鉄砂、化粧土上でなまこと天目釉が出ている。

F-6) マンガンノジュールによる色釉と釉性状

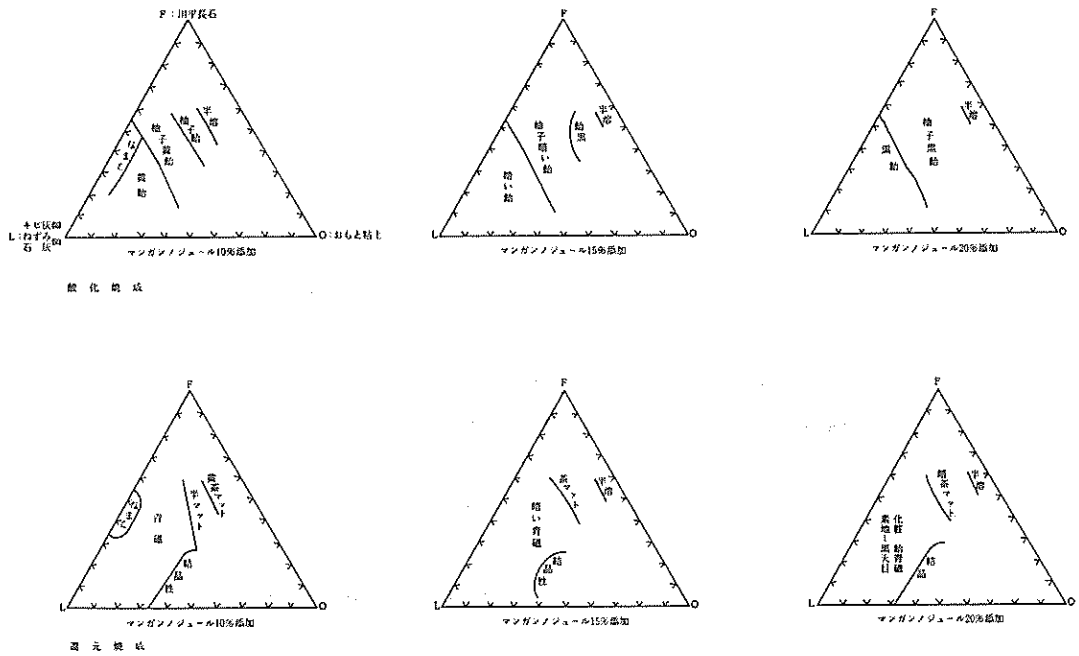


図 49 マンガンノジュールによる色釉と釉性状

酸化焼成

- マンガンノジュール10%添加により7#釉を中心に黄味鉛釉ができる。
- 15%添加では、12#、18#ラインに暗い鉛釉が得られる。
- 20%では、12#釉を中心に柚子肌の鉛釉が多く得られる。

還元焼成

- マンガンノジュール10%添加では、石灰分が30%以上のところで青磁、それ以上のところでは18#釉付近で緑色の強い青磁釉ができる。
- 15%添加では、22#釉を中心に織部に近い暗緑色の青磁釉が得られる。
- 20%では、特徴的な鉛青磁、緑色がかった青磁、これらの中間的な青磁釉等微妙に変化する。

F-7) 二酸化マンガンの色釉と釉性状

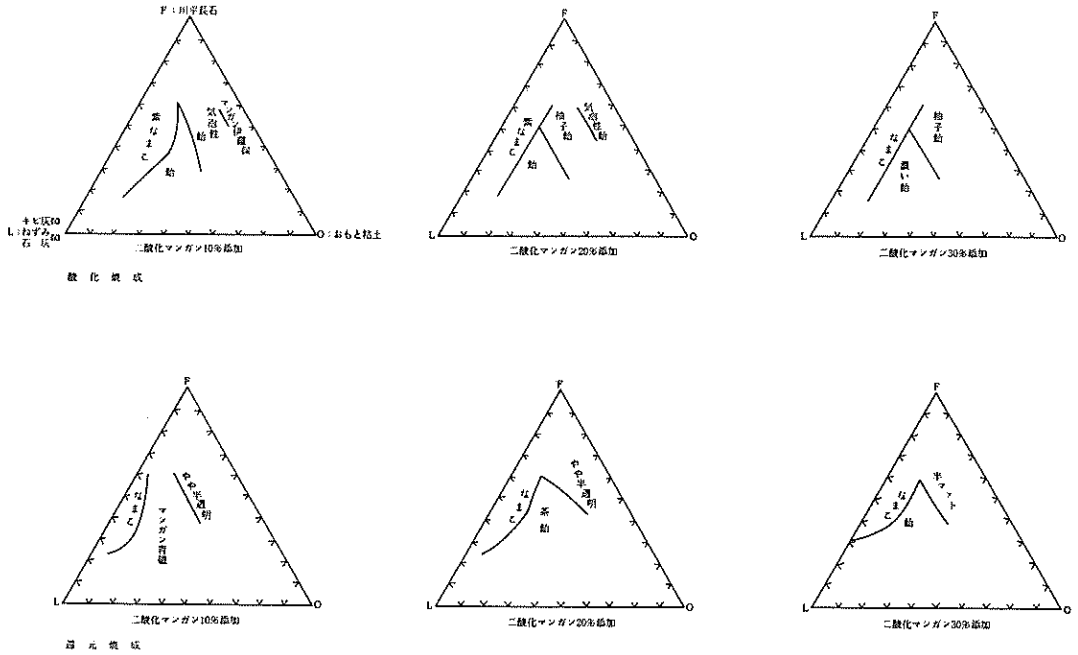


図 50 二酸化マンガンの色釉と釉性状

酸化焼成

- 二酸化マンガンの10%添加では、粘土の多い側へ失透範囲が増え、マンガンのなまこ釉(12#良好)、マンガンの伊羅保釉ができる。その他、薄い鉛釉が出る。
- 15%添加では、鉛(19#良好)が増し、なまこ釉の範囲が広がる。
- 20%では、なまこ(2#, 7#)の調子が良く、鉛釉の範囲が広い。

還元焼成

- 二酸化マンガンの10%添加では、23#釉を中心に青磁領域が広がり、酸化焼成より失透範囲は減少する。
- 15%と20%添加では、19#釉を中心にそれぞれ茶緑系の鉛と暗い鉛釉が広範囲にできる。

F-8) 青磁のもと・土灰による色釉と釉性状

酸化焼成

- 青磁のもと・土灰15%添加では、織部釉をはじめなまこ(13#, 19#良好)と明るい銅青磁釉(1#, 11#)が得られる。
- 25%添加では、銅青磁釉の範囲も広がる。
- 50%では、さらに銅青磁釉(1#, 6#良好)が広がる。

還元焼成

- 青磁のもと・土灰5%添加で、均窯(1#良好)域が広く、辰砂釉(23#良好)もできる。
- 10%添加では、ZnOによる失透効果が出て、泥掛辰砂釉が出る。
- 15%では、中国の均窯風とも見られる緑斑均窯釉(12#, 18#)が得られる。

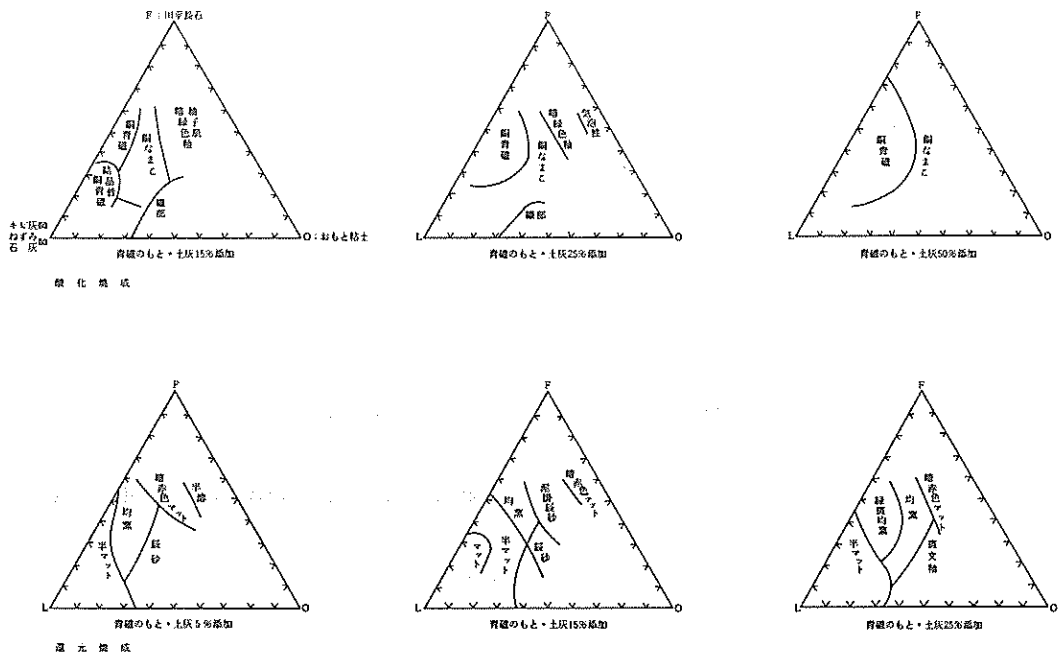


図 51 青磁のもと・土灰による色釉と釉性状

F-9) 酸化銅による色釉と釉性状

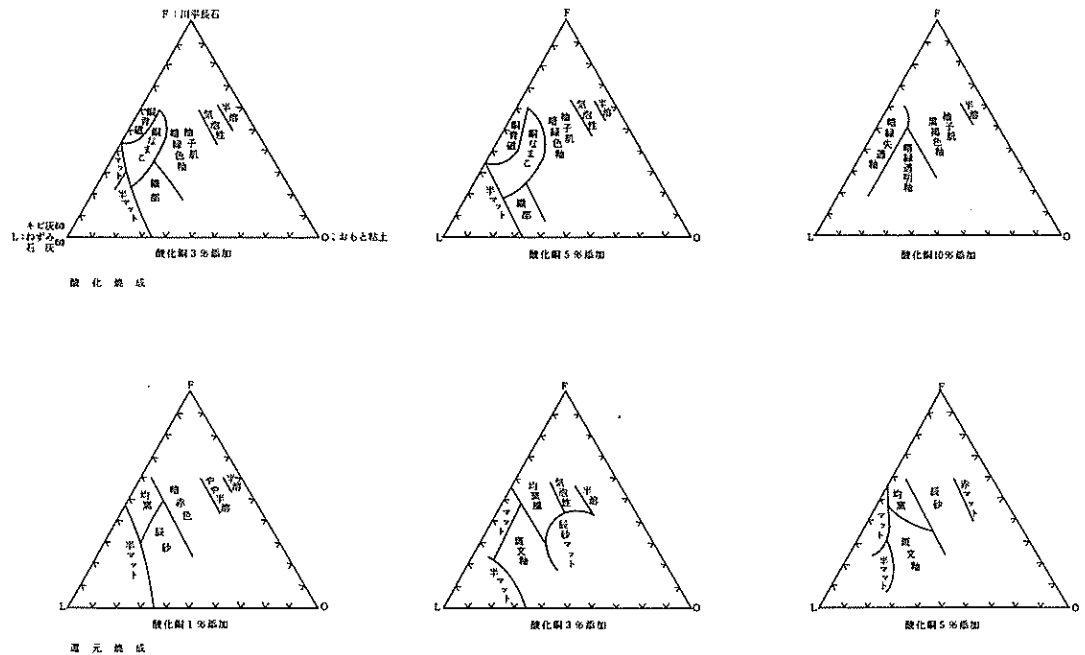


図 52 酸化銅による色釉と釉性状

酸化焼成

○酸化銅3%添加では織部(26#良好)の範囲が広くて、なまこ(7#良好)、銅青磁釉などが得られる。

○ 5% 添加では、失透範囲（なまこ）が広がる。

○ 10% では、暗緑色失透釉になる。

還元焼成

○ 酸化銅 1% 添加では、均窯（6[#] 良好）辰砂釉（23[#]、26[#]）ができる。

○ 3% 添加で半溶マツ辰砂（泥辰砂）となるのは、めずらしい現象である。

○ 石灰分が50% 以上になると、釉がやわらかくなりすぎて、CuO 3%、または5% 添加しても銅が揮発して辰砂釉にならない。

3. 染付呉須の調整法

皿、碗の化粧土に施す唐草模様の染付は美しい。染付呉須は通常、次のように調製される。

酸化コバルト 15

二酸化マンガン 25

弁 柄 10

カ オ リ ン 50

これらを配合し湿式で混合し、乾燥後 SK 11 で還元焼成したものを、さらに粉碎、水洗したものに対して同量のカオリンを配合して使用する。

本研究では、酸化コバルトとマンガンジュールの二成分系の配合によるコバルト青の変化を試みた。その結果を表7に示す。

酸化焼成ではマンガンジュールが増すに従って暗い紺青色に変化していき、還元焼成では酸化焼成より明るい色調を呈する。

酸化コバルト（2）：マンガンジュール（8）か酸化コバルト（1）：マンガンジュール（9）の割合が最適な発色と見られる。

表7 酸化コバルトの呈色変化

酸 化	青海色 —————→ 暗藍色								
酸化コバルト	9	8	7	6	5	4	3	②	①
マンガンジュール	1	2	3	4	5	6	7	⑧	⑨
還 元	明海碧色 —————→ 明藍色								

4. 色釉の応用試験

壺屋配合、粟国配合、石垣配合において鉄系（5種類）、マンガン系（2種類）、銅系（2種類）の着色材を添加したところ、着色材、添加量、焼成雰囲気の違いによって色調や釉調が変化することがわかった。

三つの配合系による釉の数は5,000種類にも及ぶが、製品化に移転できる釉はおよそ3%の150点である。表8には各配合系における良好な色釉の結果を示した。

また、写真18から写真21には、表8からさらに抽出した釉について製品化試験を行った結果を示してある。

テストピース（平面）を基本とした応用試験の結果は製品（立体）化の釉調とはほぼ一致しており、業界の釉調合の基本釉として展開できるものと考えられる。

表 8 配合系における良好な色釉

添加剤	配合系	窯 屋		配 合		粟 国		配 合		石 垣		配 合		
		OF	RF	RF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	OF	RF	
喜 名 鬼 板	5 多	No.18 胎	No.10 胎マツト	No.19 黒天目	No.12 胎	No.3 柚子肌胎	No.13 青磁	No.6 月白	No.23 青磁	No.1 赤・月白				
		No.15 No.20 結晶性マツト	No.10 胎マツト	No.15 そば	No.15 そば	No.3 柚子肌胎	No.10 赤鉄砂	No.18 胎	No.10 なまこ	No.18 胎				
		No.18 胎	No.19 黒天目	No.12 胎	No.20 鉄砂	No.20 鉄砂	No.14 鉄砂天目	No.20 黒鉄砂	No.3 柚子黒	No.15 鉄砂天目				
											No.10 柿			
											No.10 柿			
佐 敷 鬼 板	5	No.22 うす胎	No.18 青磁	No.1 青磁	No.6 なまこ	No.1 青磁	No.10 柿							
		No.12 胎	No.16 そば	No.13 胎黒	No.4 鉄砂マツト	No.27 いらぼ	No.1 なまこ	No.27 伊羅保	No.6 なまこ					
		No.23 透明					No.1 なまこ	No.1 なまこ	No.26 透明					
								No.14 瀬戸のひき出し黒に類似	No.17 No.21 なまこ	No.1 月白				
コ ウ イ ル	20		No.23 No.26 青磁	No.23 青磁		No.1 なまこ								
ク チ ャ	30	No.18 No.23 透明	No.22 透明			No.23 No.24 透明								
		No.23 透明				No.19 透明								
弁 柄	5	No.6 黄胎	No.3 袖滴天目											
		No.7 柚子黒												
		No.17 黒天目												
Mn - ノ ジ ュ - ル	20	No.12 No.23 胎		No.13 赤鉄砂	No.23 黒天目	No.7 胎	No.13 黄胎							
		No.3 琉球黒				No.12 黄胎								
						No.1 No.6 胎								
二酸化マンガン	10													
青磁のもと + 土 灰 (50)	OF RF 15 (5)	No.23 胎		No.2 胎	No.11 なまこ	No.2 胎	No.8 赤胎	No.19 胎	No.15 胎					
		No.23 胎		No.4 黒 (柚子肌)	No.4 柚子肌胎	No.8 胎い胎								
		No.33 銅青磁袖		No.9 神刺の胎	No.23 織部	No.13 辰砂								
土 灰 (50)	25 (5)	No.12 No.17 織部		No.7 均窯		No.13 19 織部		No.1 No.6 No.7 銅青磁	No.1 No.12 均窯					
		No.17 織部		No.33 銅青磁		No.1 銅青磁		No.2 No.8 銅ナマコ	No.1					
		No.2 銅青磁		No.7 均窯		No.1 銅青磁		No.1 No.6 No.36 銅青磁	No.18 緑斑	No.23 均窯				
酸 化 銅	3 (1)			No.18 桃色辰砂				No.7 なまこ	No.26 織部					
				No.18 辰砂		No.22 織部		No.1 銅青磁						
酸 化 銅	5 (3)	No.26 織部袖												
酸 化 銅	10 (5)													

OF:酸化焼成 RF:還元焼成

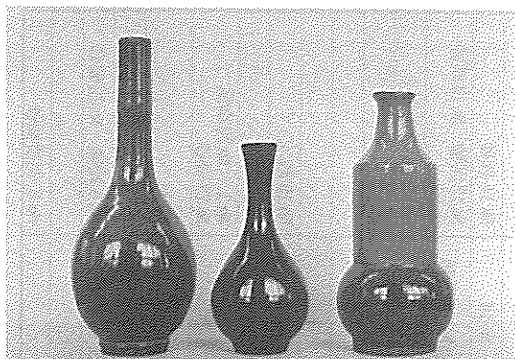


写真18 鉄系着色材による試作品（酸化焼成）
両端はなまこ釉、中央は飴釉

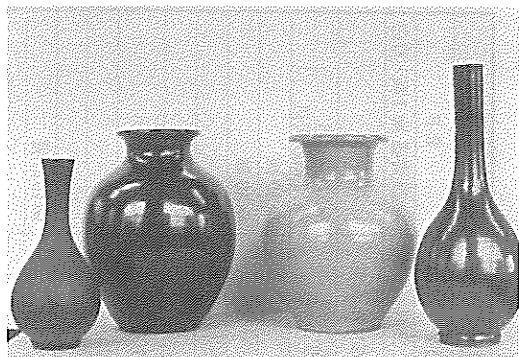


写真19 鉄系着色材による試作品（還元焼成）
左端から、そば釉、鉄砂釉、青磁、
柿釉の順である。



写真20 銅系着色材による試作品（酸化焼成）
左は織部釉、右は銅青磁釉



写真21 銅系着色材による試作品（還元焼成）
前列右端、後列中央は均窯釉、残り
は辰砂釉である。

まとめ

「壺屋灰立釉の開発に関する研究」を実施するにあたり原材料の代替性、新規釉薬の開発を目的として推進してきたが、まとめの視点としては常に次のことを腹藏させながら検討を加えてきた。

1. 沖縄伝統釉の体系化の確立
2. 伝統釉の科学的な根拠の把握
3. 釉の基本調合法と釉調製技術の確立

などであるが、その中で伝統的技術技法についていくつかの知見を得ることができた。

釉原料、透明釉及び色釉の配合試験の結果から得られた成果の概要は次のとおりである。

- 1) 釉原料の代替性については、県内賦存原料によって充分対応することができる。
- 2) 壺屋配合の透明釉は溶融範囲が狭いことがわかったが、クチャ10～20%添加することによって透明領域が拡大され貫入等の防止も可能であろう。このことは、クチャ釉の開発として位置づけ

られる。

- 3) 容量法で釉を調製する場合、もみがらと消石灰は、高温（900℃以上）にならない程度にできるかぎり時間をかけて焼くことが肝要である。
- 4) 壺屋配合系において天目釉、柚子肌天目、油滴天目、辰砂、均窯等の釉が可能である。
- 5) 粟国配合は壺屋配合の代替配合として、充分使用に耐え得るものである。色釉の領域によってはむしろ鮮明な呈色を示し、釉調の応用範囲も広い。
- 6) 石垣配合は長石釉である。長石替りにしている具志頭白土や粟国白土と比較して安定した釉調を示し、色釉において格調高い色調を呈している。
- 7) 全般に、天然原料と化学薬品とでは釉調の違いが見られる。天然原料がしっとりした渋さのなかに深い味わいが感じられるのに対し、化学薬品は、色調は明るいがけばけばしい雰囲気になっている。
- 8) 壺屋配合、粟国配合、石垣配合の三つの配合系によって得られた釉のテストピースは5,000個にも及ぶが、製品化できる釉はおよそ3%の150点と見做される。
壺屋配合、粟国配合、石垣配合釉には、各々の特徴があり趣好もうかがえる。これら個々の釉の選択は、業者により製品の違いにより決定されるべきものであろう。

あとがき

やきものが、地域の資源や伝統性によって特徴づけられることは衆知の事実である。従って、伝統的技術法の保証も素材の確保が前提となろう。

枯渇化の傾向にある釉原料の代替としていくつかの原料を開発することができたが、未だ多くの天然素材がお互いの周辺に散在しているように思われる。

釉薬の世界は無限な広がりをもち、好みも十人十色である。沖縄的な色の深索が、ますます進展するよう期待される場所である。

本研究をまとめるにあたり、伝統的技術の意義づけや重要性について御教示いただきました名古屋工業技術試験所加藤悦三博士、また、釉調合の変化や商品化への展開など、種々御指導いただきました県技術アドバイザー森田四郎、加藤整治両氏に併せて厚く御礼申し上げます。

中小企業庁技術課、沖縄総合事務局商工課には、技術開発研究費補助事業として、年度中格別な御指導・御鞭達を賜り深く感謝申し上げます。

この研究が中小企業者の現場において釉調合のヒントになれば幸甚であり、さらに限らない釉調の展開を期待する次第である。

参考文献

- 1) 加藤悦三著（1976）、釉調合の基本（窯技社）
- 2) 大西政太郎（1976）、陶芸の釉薬（理工学社）
- 3) 照屋善義（1982）、沖縄の陶器について（3）—焼物と風土—沖縄県工業試験場報告第9号
- 4) 沖縄地学会編著（1982）、沖縄の島々をめぐって（築地書館）
- 5) 与座範弘（1983）、石垣島の窯業原料について、沖縄県技術情報誌 Vol.7、No.2

- 6) 金岡繁人、芝崎靖雄、長谷川吉蔵（1978）、瀬戸産岩呉須の加熱変化について、第24回名工試研究発表会予稿集
- 7) 芝崎靖雄、掘尾正和、渡村信治、金丸文一、延谷宏治（1983）、天然呉須の化学組成とその成因、第34回名工試研究発表会予稿集
- 8) 野原昌人、大城逸朗（1979）、琉球列島に産するマンガノジュールの化学組成、沖縄県立博物館紀要第5号
- 9) 森田四郎、加藤悦三（1971）、いらぼ釉について、第15回名工試研究発表会予稿集
- 10) 森田四郎、金岡繁人、水田博之、稲垣貞子、青磁釉について、第26回名工試研究発表会予稿集

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。