

県産骨灰資源によるボンチャイナ素地の研究

—— 技術指導事例研究 ——

窯業室 照屋 善義 花城 可英
宜野座 俊夫 仲村 勇*
与座 範弘 天久 昭信*

まえがき

沖縄県は四周海に面し魚類蛋白資源の豊富な地域と見なされがちである。しかしながら水産物の消費量は比較的少なく、陸棲動物蛋白質の消費量が全国平均より12%ほど多い。なかでも、牛肉の18%、豚肉では50%以上も本土より多く消費している状況にある。

以上のことは、沖縄の蛋白資源が動物蛋白（肉類）に依存していることを示しており、豚肉等が沖縄の気候風土とも関わりながら琉球料理のなかに良く生かされているように考えられる。特に豚肉は琉球料理の基本材料でもあり、ソーキ汁、足手びちのように大衆的な料理の一つとして多用されている。これらの料理からは当然のことながら骨が廃出し廃棄物として処理されている。

このように本県には豚骨が多量に廃出するが、これを窯業資源として捉え、窯業的に活用を図っていくことは一つの課題である。地場産業の振興が地域性のある独自の技術開発によって活性化できるとすれば、本研究テーマは「地域資源の活用」による素材開発として位置づけることができる。

県では「新製品・新技術の開発、製品の高級化、デザイン開発等を行う県内中小企業者の試作研究事業に対して補助金を交付して、県内の中小企業における工業製品の試作研究意欲の高揚を図る」ことを目的として、沖縄県中小企業製品開発費補助事業¹⁾を実施している。本研究は補助事業実施企業のうち、陶器製造業者による「県産骨灰資源によるボンチャイナ素地の開発に関する研究」テーマについて技術指導を実施した事例である。

1. ボンチャイナについて

一般的に「ボンチャイナは骨灰を媒溶剤とした軟磁器であり、この種の磁器は乳白色を帯び、温雅な色調と優れた透光性を備え、最も高級な磁器製品として装飾品などに使用されている。原料としては牛骨が色調の点で最も好適とされ、その平均配合組成は、骨灰30~60%、コーニッシュストーン7~30%、チャイナクレー20~45%である」²⁾とされている。

ボンチャイナの歴史は英国で育れ、成長し、1800年頃には、硬質磁器素地に骨灰を添加するボンチャイナの基本的な素地配合が確立されている。日本では19世紀末頃から牛骨灰を原料としたボンチャイナの研究が始められ、1933年には商品化され市場に出されている³⁾。ボンチャイナの原料は牛骨灰を利用するのが通常であるが、牛骨灰の代替として沖縄産沖大東ラサ島産の燐鉍石を使用する製造法⁴⁾やゼラチンの製造工程中に生ずる副産燐酸カルシウム化合物を使用して、それに石灰石などを加えて煅焼して骨灰成分を合成する方法^{5)~8)}などがある。沖縄でのボンチャ

* 丸勇陶房

イナ素地の研究は、はじめての試みであり、本研究は豚骨灰を原料とするのが特徴である。

2. 沖縄の骨灰資源

沖縄県で屠殺される動物の種類と生骨材の産出量は表-1のとおりである。

表-1 骨材資源の年間産出状況（58年度県畜産課資料）

種別	屠殺数量	枝肉産出量	生骨産出量*	骨灰産出量*
牛	3,371 頭	1,033,316 kg	($\times 0.3$) 30,999 kg	($\times \frac{1}{3}$) 10,333 kg
豚	402,110	29,470,063	($\times 0.3$) 2,947,006	($\times \frac{1}{3}$) 2,947,006
馬	43	—	—	—
山羊	747	13,169	1,317	($\times \frac{1}{3}$) 1,316
鶏	—	—	—	—

* 生骨の産出量は枝肉産出量の3割、骨灰産出量は生骨産出量の $\frac{1}{3}$ と見做して産出した。

表-1の骨灰資源のうち、牛骨灰が年間10トン、豚骨灰が2,947トン産出することになるが、牛骨は肥料用に多く使われていることに対し豚骨は、飼料の他廃棄物としているのが多い。

3. 骨灰の製法

表-1から、骨灰資源としては豚骨灰が有望と考えられるが、参考として牛骨についても図-1の処理工程によって骨灰を製造した。

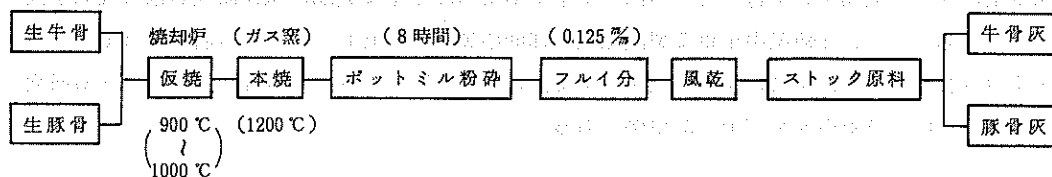


図-1 生骨材の処理工程

生骨材は予めミート会社の焼却炉で仮焼したのち、ガス窯でレンガ囲い詰し、1200℃において30分間保持し焼却した。その後、ポットミルで8時間粉砕しフルイを通し、水切り後風乾しストック原料とした。

3.1 骨灰の性状

仮焼骨灰は概して白色を呈しているが、骨髄部に炭素分が残り黒色を呈しているものもある。白色の程度は牛骨灰がよく豚骨は一般的に黄白色となっている。骨灰の化学組成とX線回折図をそれぞれ表-2と図-2に示した。

化学組成は牛骨灰、豚骨灰ともカルシウム分とリン酸分を主成分とし、リン酸石灰であることを示している。両者間の化学組成には違いは見られず鉄分の差も認められない。また、X線回折図はヒドロキシアパタイトの存在を示唆している。

表-2 骨灰の化学組成

種類 \ 項目	SiO ₂ (%)	CaO (%)	P ₂ O ₅ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Ig. Loss (%)
牛骨灰	0.08	54.0	40.3	0.25	0.88	1.1
豚骨灰	0.04	52.1	40.0	0.24	1.14	1.2

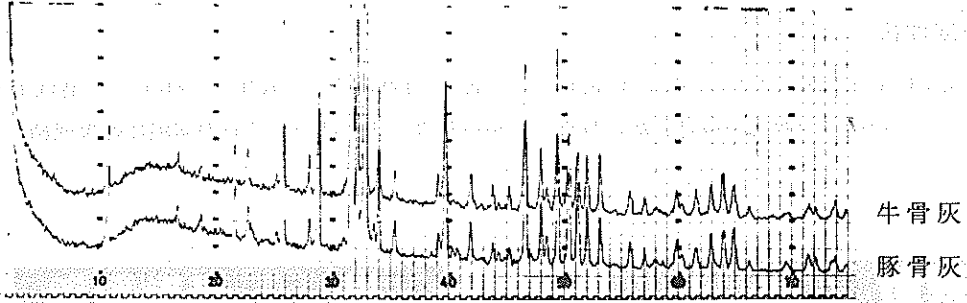


図-2 骨灰のX線回折図

4. 素地配合試験

一般的に骨灰磁器素地の配合においては、骨灰の割合が30~60%の範囲内であることが知られている。以下の配合試験では骨灰を40%にし、残り60%を粘土、長石により図-3から図-6の配合系によってそれぞれ24配合試験を行なった。使用した原料は蛙目粘土、大平長石、村上粘土の本土産原料と県産原料として石垣ハロイサイト、川平長石、大嵩セリサイトをを用いて相互間の違いを検討した。

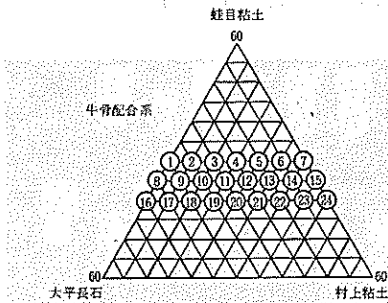


図-3 C-I 配合系

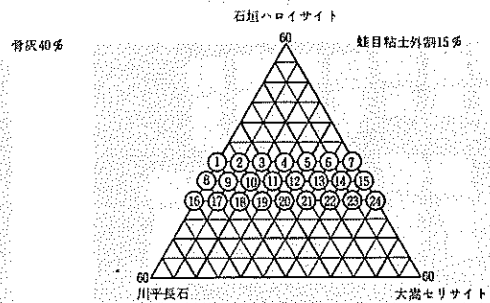


図-4 C-II 配合系

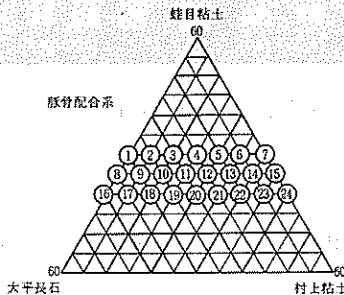


図-5 P-I 配合系

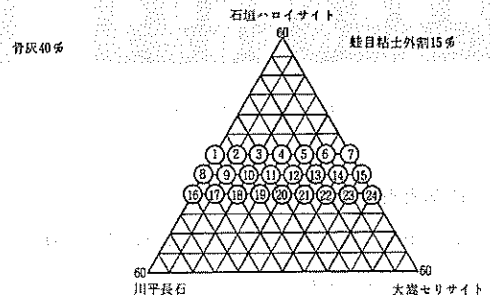


図-6 P-II 配合系

C-I 配合は牛骨灰と本土原料、C-II 原料は牛骨灰と県産原料、P-1 配合は豚骨と本土原料、P-II は豚骨と県産原料との配合系を示している。

配合試験にあたっては、焼成性状用のテストピース $4 \times 4 \times 0.5$ cm を石膏型を用いて型おこし成形し、透過度用にはくさび形のテストピース、予備試験成形物として小型コップをそれぞれ鋳込み成形して用いた。

5. 焼成性状

焼成試験は酸化焼成において SK 7 (1230°C)、SK 8 (1250°C)、SK 9 (1280°C) と焼成温度の違いによる特性値の変化を検討した。写真-1 から写真-4 にはそれぞれの試験体の焼成結果を示す。

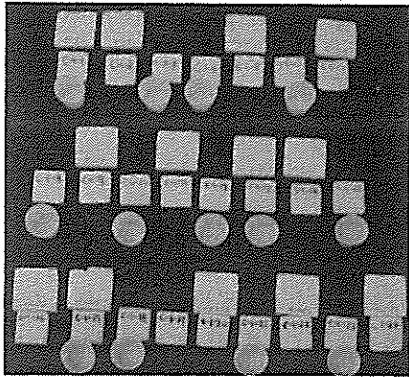


写真-1 C-I シリーズ

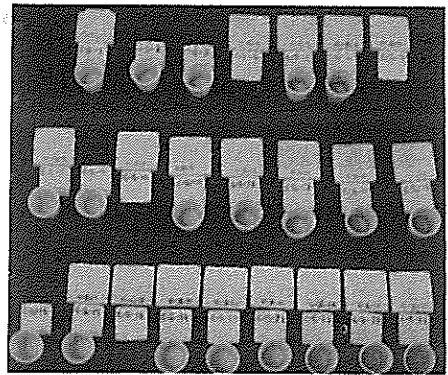


写真-2 C-II シリーズ

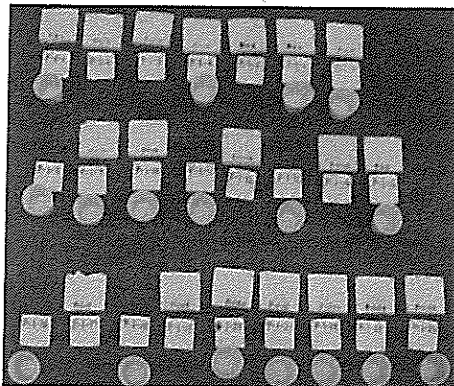


写真-3 P-I シリーズ

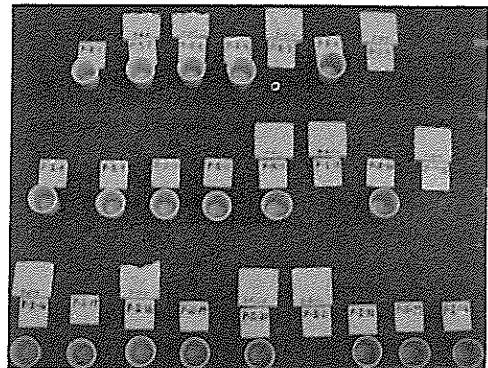


写真-4 P-II シリーズ

5.1 気孔率と吸水率

焼成素地の焼結性を判断するため JIS, R-2205 により気孔率と吸水率を測定した。その結果を図-7 から図-14 に示す。

図-7 から図-10 の吸水率の変化、図-11 から図-14 の気孔率の変化とから次のことがわかった。

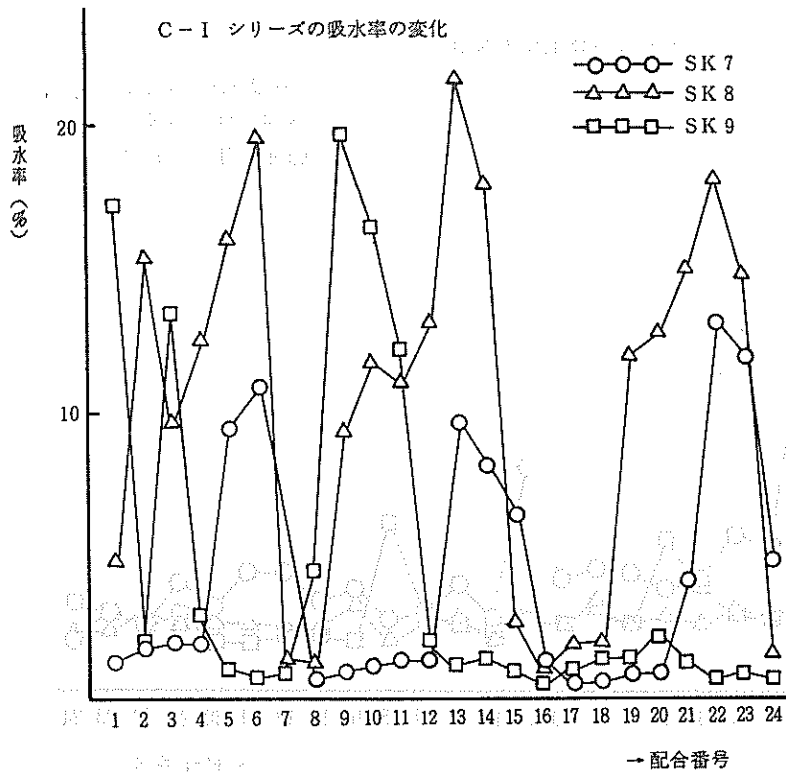


図-7 C-I 配合系による吸水率の変化

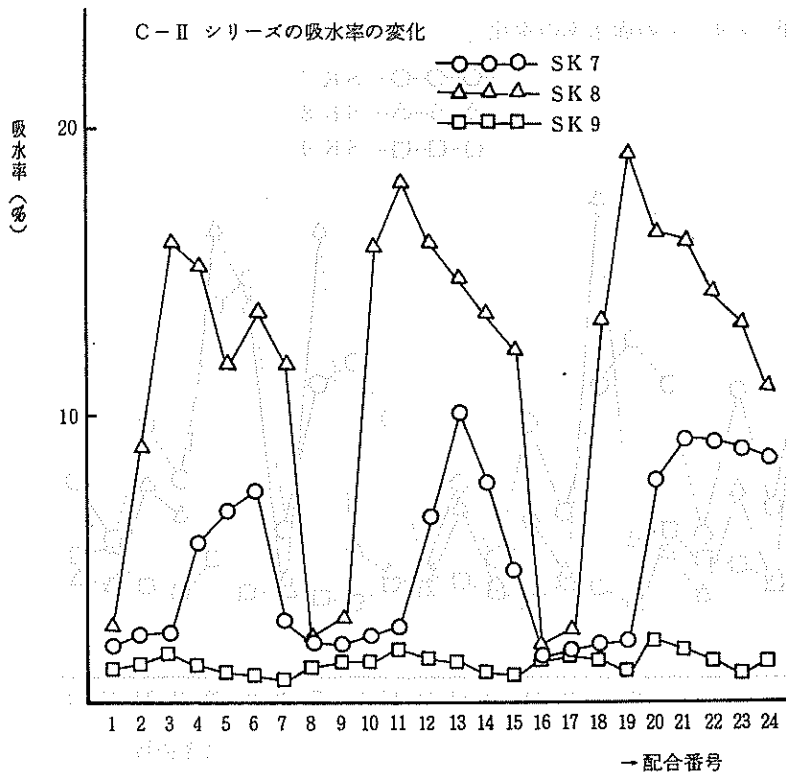


図-8 C-II 配合系による吸水率の変化

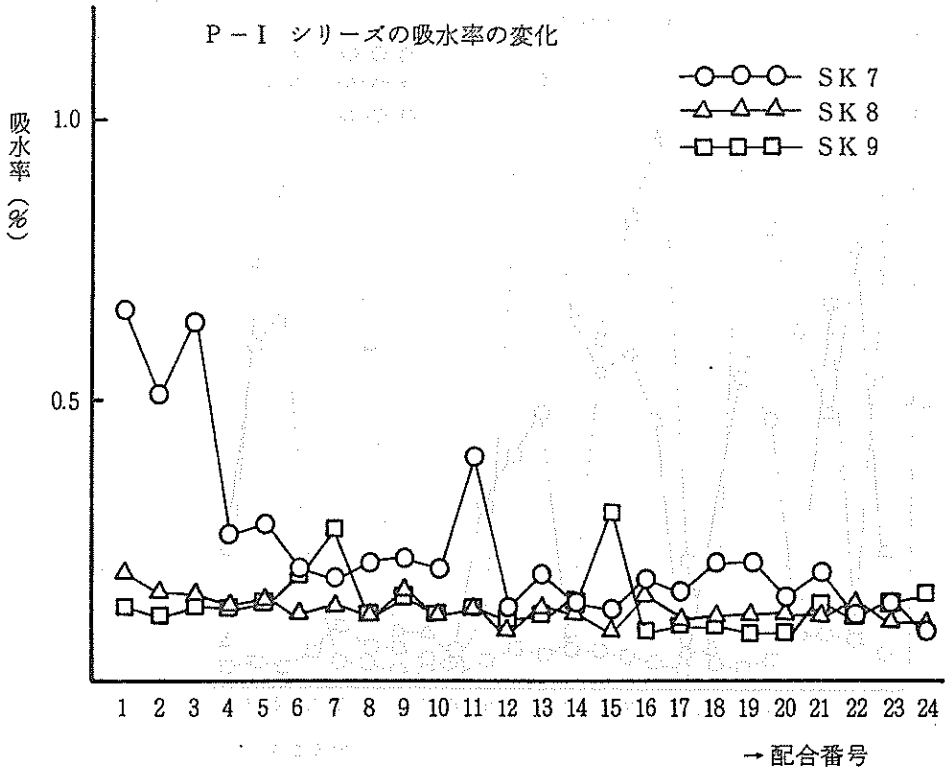


図-9 P-I 配合系による吸水率の変化

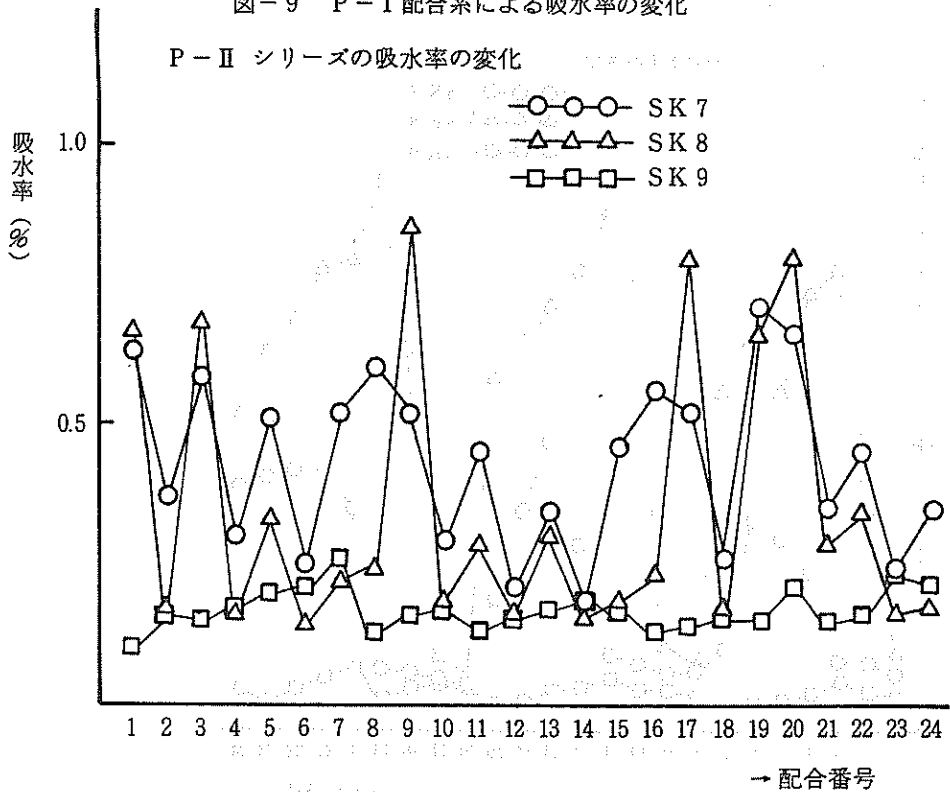


図-10 P-II 配合系による吸水率の変化

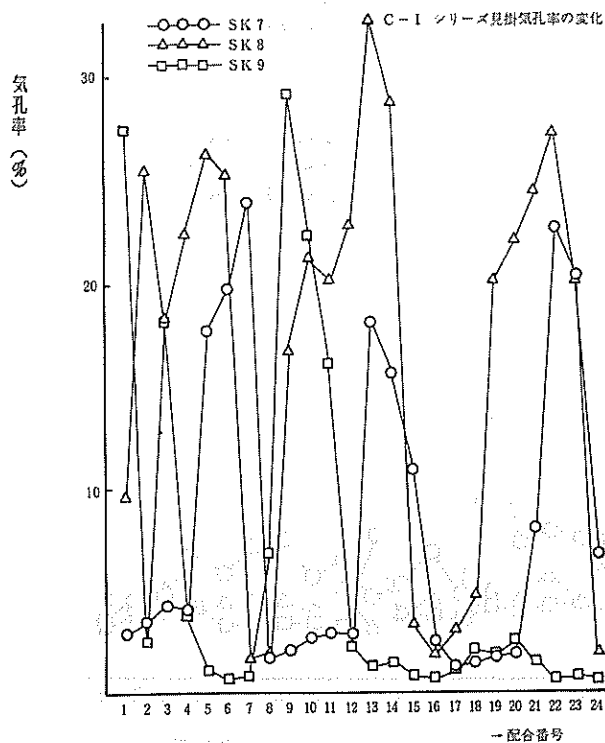


図-11 C-I 配合系の見掛気孔率の変化

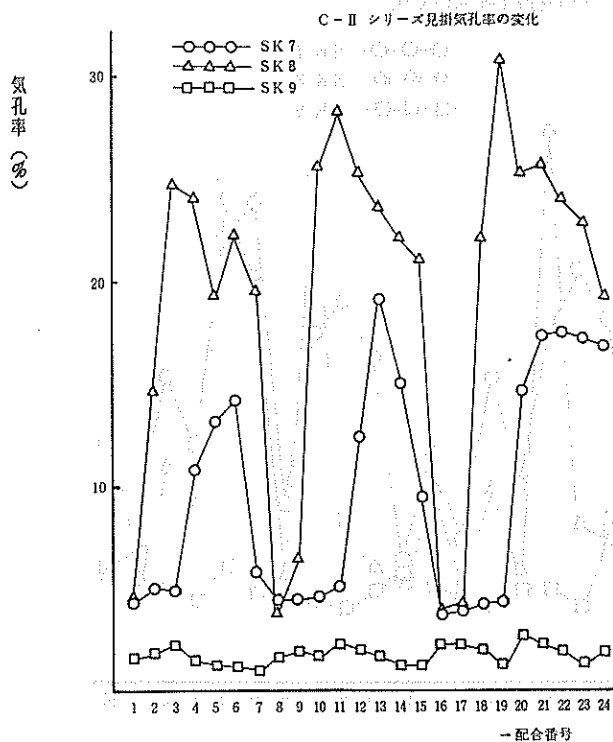


図-12 C-II 配合系の見掛気孔率の変化

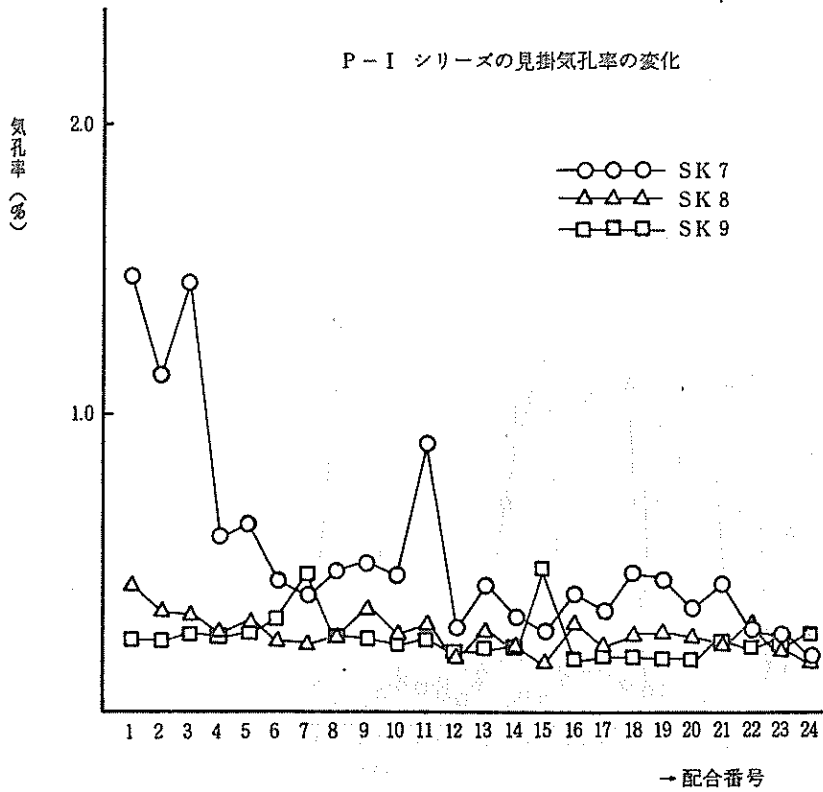


図-13 P-I 配合系の見掛気孔率の変化

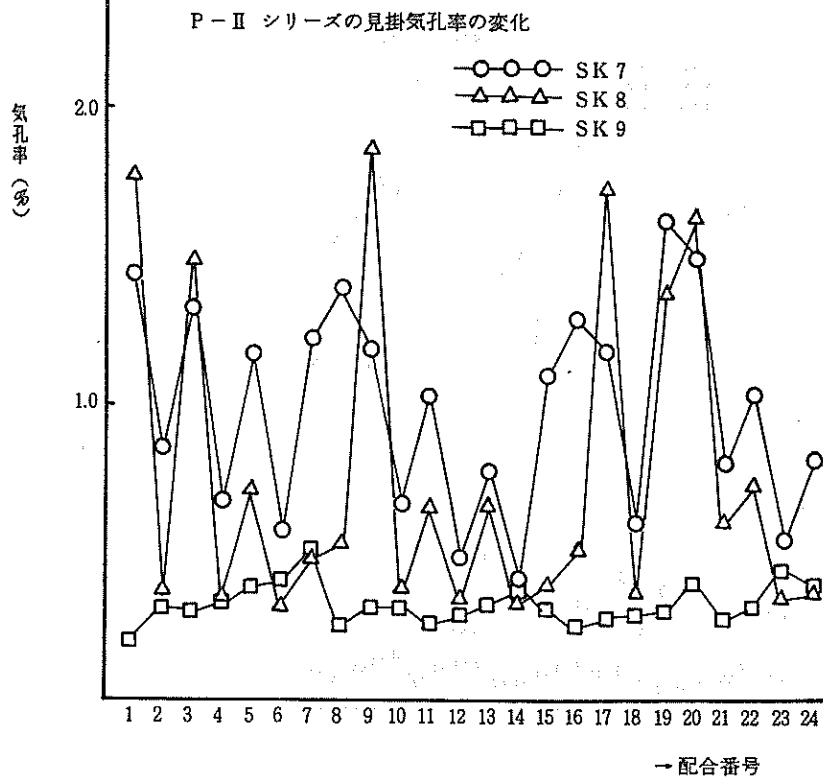


図-14 P-II 配合系の見掛気孔率の変化

- 1) 一般的に配合比の違いによって焼成性状を異にするが、焼成温度が高くなればなる程焼締まる傾向を示す、ただしC-1シリーズの牛骨灰と本土原料との配合系においては焼成温度の上昇によって発泡を起す配合比も見られる。
- 2) 牛骨灰配合と豚骨灰配合を比較した場合、豚骨灰配合系の素地が焼結性が良く、焼成温度巾も広く安定した素地である。ただし、焼成色においては牛骨灰配合が白色度は良い。
- 3) 同一骨灰を使用したときの本土原料と県産原料の違いは、牛骨灰系では県産原料配合が安定しているが、豚骨灰系では若干本土原料配合が有意な傾向を示す。
- 4) C-I 配合系ではNo.16、No.17、No.18配合比において吸水率（気孔率）が2%程度で最も焼き締まっている。その他の配合比ではバラツキが大きく、焼成温度の影響を強く受け焼成巾を狭くしている。従って、この配合系ではSK7（1230℃）が適性な焼成温度と考えられる。
- 5) C-II 配合系では、焼成温度の影響が大きくSK9（1280℃）で、はじめて全体的に焼結する。焼成温度の違いに拘わらず焼結性の良いのはNo.1、No.8、No.16、No.17の配合比である。
- 6) P-I 配合系では、全体的に焼結性が良く吸水率、気孔率とも1%以下となっている。特に良好なのはNo.12、No.14、No.22、No.23の配合比である。
- 7) P-II 配合系では諸性状においてP-I 配合系より若干落ちるが、それでも吸水率は1%以下で全体的に焼結性はよい。最も良い配合系はNo.12、No.14配合である。

5.2 透過度

図-15から図-18には1250℃における各配合系の透過度を示す。透過度の測定はLight-scope（拡大鏡）の光源を用いて光線の通過する素地の厚みを測定して透過度とした。

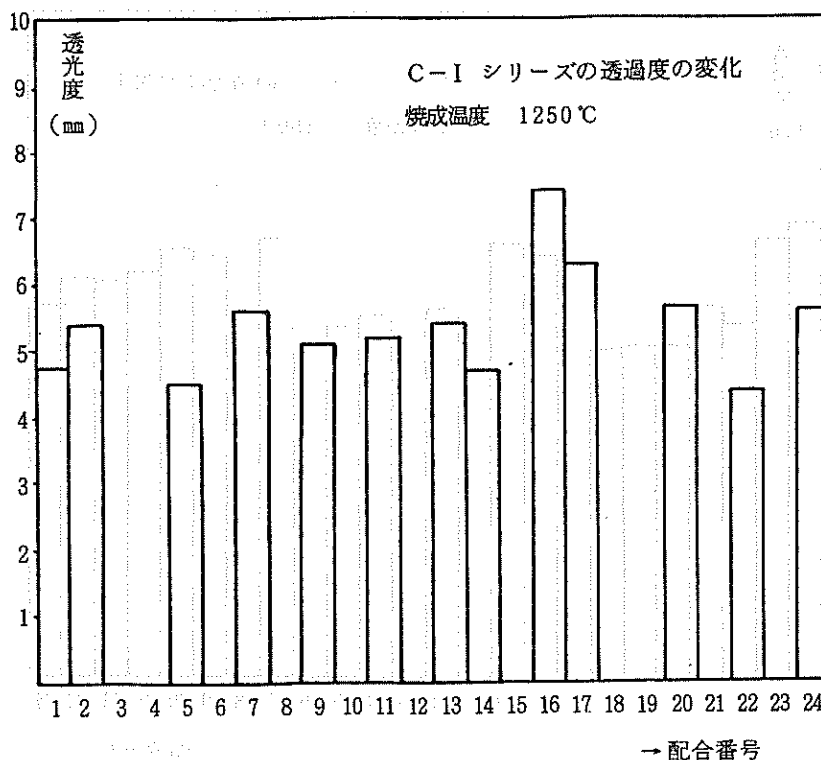


図-15 C-I 配合系の透過度

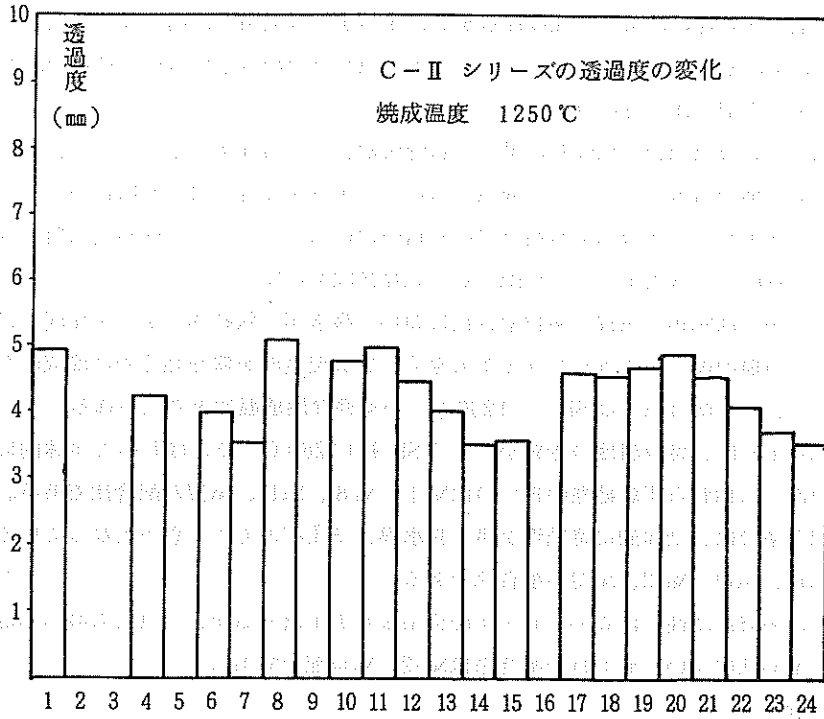


図-16 C-II 配合系の透過度

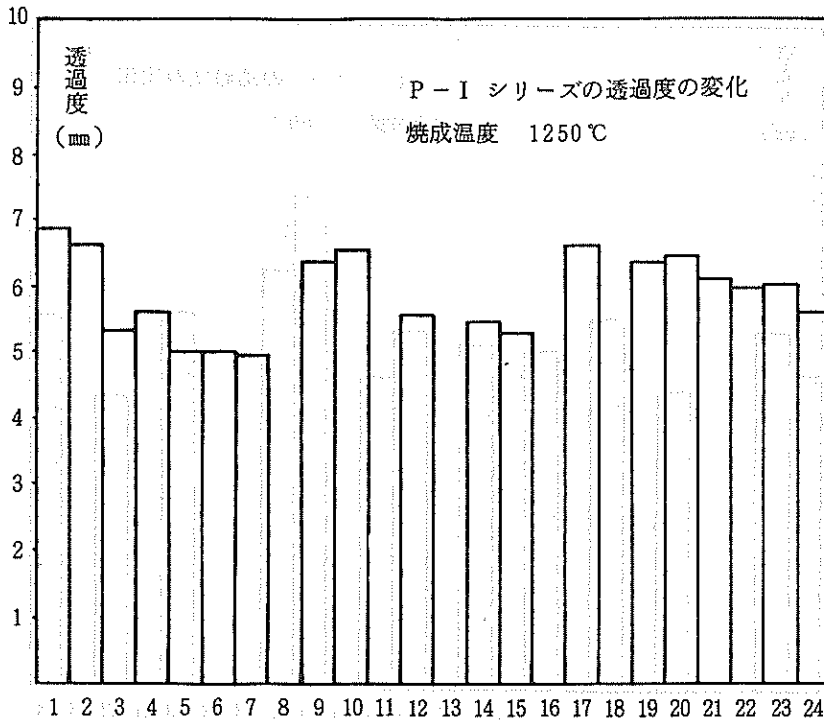


図-17 P-I 配合系の透過度

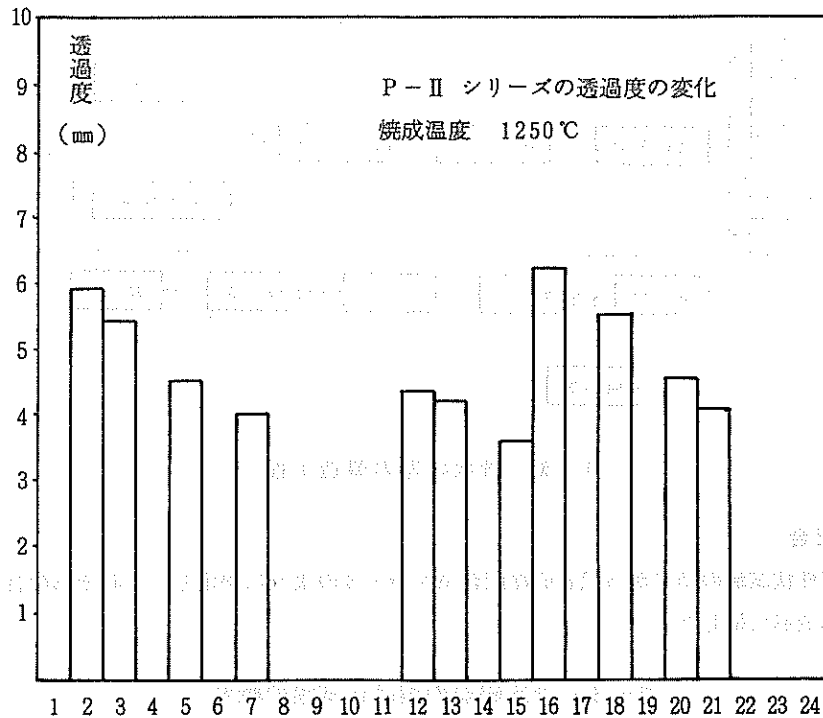


図-18 P-II 配合系の透過度

透過度は牛骨灰または豚骨灰の配合系とも本土産原料がよくおよそ 5 mm である。焼結性のよい No. 16 付近では 6 mm 以上の良好な透過性を示す。C-II、P-II 配合系の県産原料を配合した素地の透過度が比較的低い値を示すのは原料中の鉄分の影響によるものと考えられる。

6. 製品化試験

一般的なボンチャイナの製造工程³⁾は図-19に示すように、絵付を施すならば 縮焼 - 釉焼 - 絵焼付 と 3 回の焼成を必要とする。

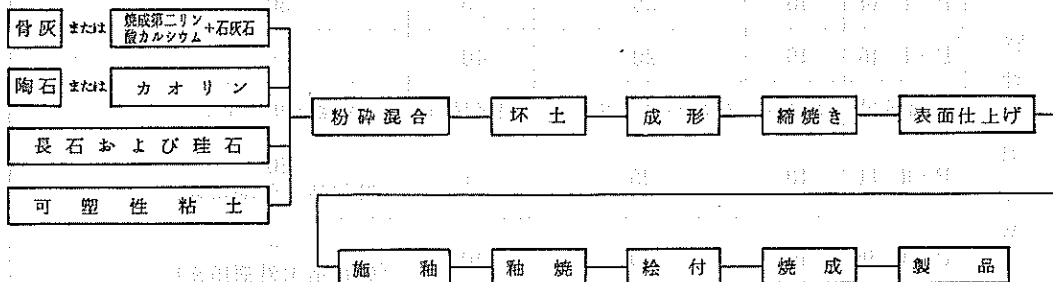


図-19 ボンチャイナの一般的製造工程

また縮焼された素地は表面仕上げのため、全面をバフ仕上げするなどの研磨を行う必要があるとしているが、本研究では一般的な磁器製造法によって図-20の製造工程に従って、素焼後施釉し、一度焼による製品化を試みることにした。

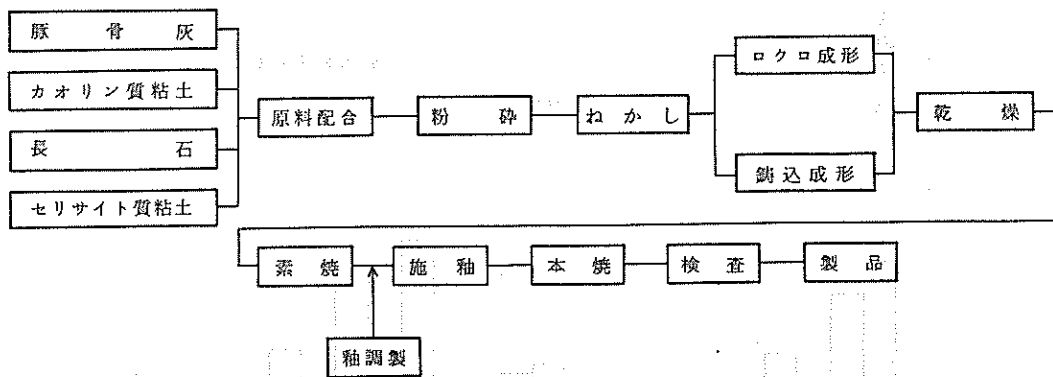


図-20 骨灰磁器の製造工程

6.1 原料配合

以上の基礎性状試験の結果から代表的な配合系を表-3のように決定し、それぞれ配合してロクロ成形、鋳込成形に供した。

表-3 骨灰磁器の製品化試験の概要

配合系	配合番号	牛骨灰	蛙目粘土	大平長石	-	焼成温度
牛骨灰配合系	C-I-16	40%	20%	40%		SK 7# (1230℃) OF
	配合番号	牛骨灰	石垣ハロイサイト	川平長石	-	
	C-II-16	40	20	40	(蛙目粘土外割15%)	SK 8# (1250℃) OF
配合系	配合番号	豚骨灰	蛙目粘土	大平長石	村上粘土	
豚骨灰配合系	P-I-14	40	25	5	30	"
	P-I-16	40	20	40	-	"
	配合番号	豚骨灰	石垣ハロイサイト	川平長石	大嵩セリサイト	
	P-II-14	40	25	5	30 (蛙目粘土外割15%)	"
	P-II-16	40	20	40	- (蛙目粘土外割15%)	"

6.2 成形

試作品はロクロ成形によって壺、徳利、皿、マカイ等を成形し、酒器、角瓶、カラカラ、人形、角鉢などは鋳込み成形によった。

6.3 釉調製

釉薬は長石釉の8番釉にフリットを20%添加した軟釉を用いた。

釉調合の例

釜戸長石	50%
珪石	18
炭石灰	18
亜鉛華	9
蛙目粘土	5
フリット20%添加	

6.4 焼成

焼成はガス窯と灯油窯を用いたが、ガス窯の方が焼上りが良好である。灯油は黒ずむ傾向が見られる。焼成温度は配合素地によって1230℃、と1250℃とした。図-21に焼成温度曲線を示す。

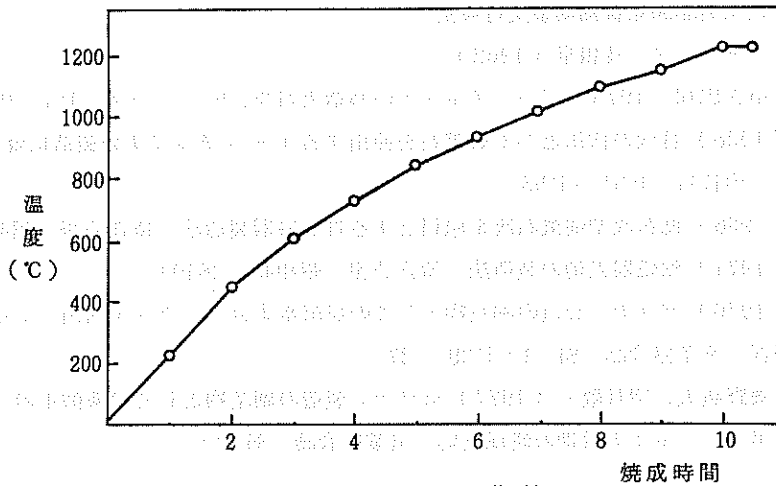


図-21 焼成曲線

製品の焼成結果は写-5と写-6のとおりである。

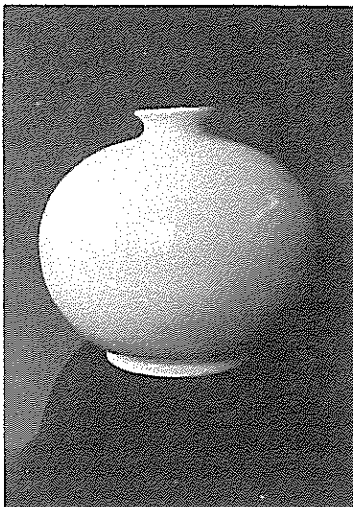


写真5 試作品



写真6 試作品

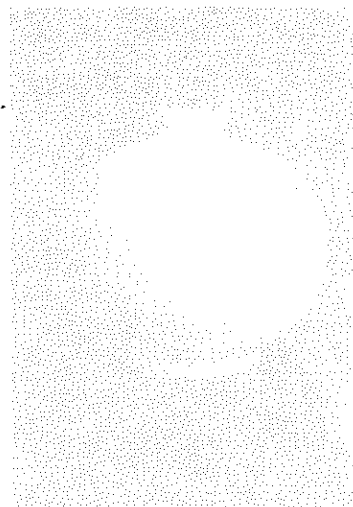
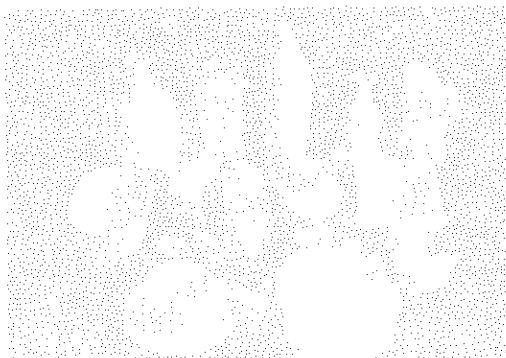
7. まとめ

「県産骨灰資源によるボンチャイナ素地の開発に関する研究」に関して技術指導を行なった結果、次の成果を得ることができた。

- 1) 本県には、骨灰資源として牛骨、豚骨、鶏骨などがあるが、その中で量的にも確保しやすく、前処理の方法もたやすいなどから判断して最も有望な骨材は豚骨と考えられる。
- 2) ボンチャイナ素地の開発として、牛骨と豚骨素地について検討したが、白色度は牛骨灰素地が優れている。反面、豚骨灰は焼成巾が広く焼成管理がたやすい有利な条件を備えている。
- 3) 本研究によって県産骨灰とりわけ豚骨灰を利用したボンチャイナの製造が可能であり、今後は量産システムによる商品化をみざす必要がある。

参考文献

- 1) 沖縄県中小企業製品開発費補助金交付規定
- 2) 窯業工学ハンドブック 技報堂(1962)
- 3) 磯野尠夫、市古忠利(1975) ボンチャイナの製造と科学、セラミックス 10(7) P 83～P 88
- 4) 寺島厚治(1936) 骨灰の代用として燐鉱石を使用するボンチャイナの製造に就て、陶磁器試験所報告 第17号 P 51～P 55
- 5) 伊藤 亮(1966) 低石灰型燐酸石灰を原料とする骨灰磁器製造法 特許公報 昭41-3459
- 6) 磯野尠夫(1971) 軟磁器素地の製造法 特許公報 昭和46-28404
- 7) 市古忠利(1976) ゼラチン製造の副産物としての燐酸水素カルシウムを利用した磁器素地の焼成反応過程 窯業協会誌 84[4] P 29～37
- 8) 市古忠利、磯野尠夫、望月敬一(1977) ゼラチン製造の副産物としての燐酸水素カルシウムを利用したボンチャイナ素地の焼成反応 窯業協会誌 85[1]



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。