

三重県窯業試験場年報

昭和57年度 (Vol.17)

三重県窯業試験場

目 次

| | |
|-----------------------------------|----|
| ま え が き | 2 |
| 1. 概 要 | 3 |
| 2. 試 験 研 究 | 6 |
| (1) 急須用炻器坏土の改良 | 6 |
| (2) 高強度アルミナ質炻器素地の開発研究 | 8 |
| (3) 珪灰石を利用した石灰長石質陶器について | 16 |
| (4) 試 作 研 究 | 30 |
| (5) 伊賀焼伝統的工芸品の品質管理技術とデザイン開発 | 34 |
| 3. 依 頼 試 験 ・ 設 備 利 用 | 37 |
| 4. 技 術 相 談 指 導 | 37 |
| (1) 技 術 相 談 指 導 | 37 |
| (2) 巡 回 技 術 相 談 指 導 | 37 |
| (3) 技 術 ア ド バ イ ザ ー 指 導 事 業 | 38 |
| 5. 講 習 会 , 講 演 会 , 審 査 | 38 |
| (1) 講 習 会 ・ 講 演 会 の 開 催 | 38 |
| (2) 展 示 会 の 開 催 | 39 |
| (3) 審 査 | 39 |
| 6. 研 修 生 の 指 導 | 39 |

ま え が き

我が国の経済情勢は大変に厳しい環境下にあります。長期不況停滞が続き国際的には海外市場の貿易摩擦、発展途上国および産油国の調整不和による資源エネルギー問題等が大きく報道されています。また国内的には新技術をはじめとする先端技術の伸展、消費構造の需要の変化、中小企業にとって早急な対応が求められています。

特に陶磁器業界の消費需要の低迷はきびしい環境の中にあり、活路開拓に業界も努力され、また産地においては、新素材による新製品の開発、それにとまなうデザイン技術の対応、生産コストの低減化への新しい技術、その他実現のために技術力の充実を計っておられることと思います。当試験場においても業界ニーズに適応できるように一層の技術高揚に務め、積極的に技術開発を進めているところであります。

昭和57年度の年報は業界の技術に対応できるよう、珪灰石を利用した低火度素地や厨房食器の高強度アルミナ質炆器素他の開発研究をおこない、この素地利用によるデザインの試作を計画しております。

伊賀分場においては伝統的工芸産地の指定にとまなう伊賀焼素地の改良研究および耐熱厨房食卓製品のデザイン開発について研究をおこなっております。以上の試験研究成果が業界に役立つことを期待しております。

三重県窯業試験場

場長 林 君 也

1. 概 要

(1) 沿革

| | |
|---------|-------------------------------------|
| 明治42年4月 | 津市に三重県工業試験場窯業部として設置 |
| 昭和元年12月 | 三重県工業試験場四日市分場として、四日市市東阿倉川 224 番地に開設 |
| 昭和9年4月 | 三重県窯業試験場として独立 |
| 昭和14年1月 | 阿山郡阿山村丸柱に伊賀分場開設 |
| 昭和20年6月 | 戦災により本場建物、設備の全部を焼失 |
| 昭和22年9月 | 仮庁舎により業務一部開始 |
| 昭和35年3月 | 旧庁舎完備 |
| 昭和37年3月 | 国庫補助金（技術指導施設補助金）をうけ機器類設置 |
| 昭和43年2月 | 四日市市東阿倉川町 788 番地に新庁舎建設着工 |
| 昭和44年3月 | 新庁舎落成 |
| 昭和44年3月 | 国庫補助（技術指導施設費補助金）をうけ開放試験室設置（第2回）完了 |
| 昭和45年3月 | 国庫補助（技術指導施設費補助金）をうけ機器類設置（第3回）完了 |
| 昭和50年3月 | 国庫補助（技術指導施設費補助金）をうけ機器類設置（第4回）完了 |
| 昭和55年3月 | 国庫補助（技術指導施設費補助金）をうけ機器類設置（第5回）完了 |

(2) 敷地と建物

A 本 場

| | |
|-----------|-----------------------|
| 敷 地 | 11,307 m ² |
| 建 物 | 2,810 m ² |

(内 訳)

| | | |
|------------------------|--------------------|----------------------|
| 本 館 | 鉄筋コンクリート造2階建 | 1,433 m ² |
| 試作棟 | 鉄骨平屋建 | 413 m ² |
| 調土棟 | 鉄骨平屋建 | 455 m ² |
| 窯 場 | 鉄骨平屋建 | 196 m ² |
| 原料置場 | 鉄骨平屋建 | 103 m ² |
| 変電室 | 鉄骨平屋建 | 59 m ² |
| 車 庫 | 鉄骨平屋建 | 29 m ² |
| その他（ボイラー室、プロパン倉庫、渡廊下等） | | 122 m ² |

B 分 場

| | |
|-----------|--------------------|
| 敷 地 | 423 m ² |
|-----------|--------------------|

| | |
|-------------|----------------------------------|
| 建 物 | 218 m ² |
| 〔内 訳〕 | |
| 本 館 | 木造平屋建 269 m ² |
| そ の 他 | (倉庫, 便所) 12 m ² |

(3) 組織と業務分担

昭和58年4月1日現在

| 所 属 | 職 名 | 氏 名 | 業 務 分 担 |
|---------|------------------|-----------|------------------------------------|
| | 場 長 | 林 君 也 | 総 括 |
| 庶 務 課 | 次 長 兼 庶 務 課 長 | 宮 本 義 他 | 1. 予算経理, 庶務一般 (ゼーゲル錐の販売を含む) |
| | 主 任 主 事 | 伊 藤 す み 子 | |
| | 技 能 員 | 古 市 美 智 子 | |
| 試 験 課 | 試 験 課 長 | 岡 森 良 次 | 1. 依頼試験(化学的試験, 物理的試験) |
| | 主 査 | 平 賀 豊 | 2. 窯業公害対策の研究指導 |
| | 主 任 技 師 | 青 島 忠 義 | 3. 原材料と副材料の応用研究 |
| | ” | 熊 谷 哉 | 4. 陶磁器原料の品質管理の対策指導 |
| | 技 師 | 稲 垣 順 一 | 5. 海外研修生の指導 |
| 研 究 室 | 研 究 室 長 | 熊 野 義 雄 | 1. 素地釉薬の試験研究 |
| | 主 任 技 師 | 水 谷 了 介 | 2. 新製品の開発研究 |
| | ” | 三 宅 清 路 | 3. 製造技術に関する研究指導 |
| | ” | 佐 波 平 三 郎 | 4. デザインの研究指導 |
| | ” | 国 枝 勝 利 | 5. ゼーゲル錐の管理と生産 |
| | 技 師 | 伊 濱 啓 一 | 6. 研修生の指導及び海外研修生の指導 |
| | ” | 服 部 正 明 | 7. 依頼試験(物理的試験) |
| | ” | 伊 藤 隆 | |
| 臨時労務員 | 水 谷 麗 子 | | |
| 伊 賀 分 場 | 分 場 長 | 谷 本 藤 四 郎 | 1. 伊賀焼のデザイン, 素地釉薬の研究指導 |
| | 技 師 | 小 林 康 夫 | 2. 依頼試験(試作, 加工, 物理的試験) |
| | ” | 北 川 幸 治 | |

(4) 予 算
歳 入

(単位：円)

| 科 目 | 金 額 |
|----------|-----------|
| 使用料及び手数料 | 1,950,000 |
| 財 産 収 入 | 915,000 |
| 諸 収 入 | 180,000 |
| 計 | 3,045,000 |

歳 出

(単位：円)

| 科 目 | 試 験 場 費 |
|-----------|------------|
| 賃 金 | 787,000 |
| 報 償 費 | 60,000 |
| 旅 費 | 843,000 |
| 需 用 費 | 7,080,000 |
| 役 務 費 | 584,000 |
| 委 託 料 | 1,091,000 |
| 使用料及び手数料 | 170,000 |
| 原 材 料 費 | 233,000 |
| 備 品 購 入 費 | 145,000 |
| 公 課 費 | 47,000 |
| 計 | 11,040,000 |

2. 試験研究

(1) 急須用炆器坏土の改良

研究室 水谷了介

1. まえがき

急須を主体とする茶器類の製造に用いる赤萬古用炆器坏土は、利用する各原料の性状が不安定であり、また焼成製品の光沢が市場の志向するものより不足気味となっているのが現状である。そこで萬古陶磁器工業協同組合より、これらの欠点を改良し、品質の安定化と、焼成製品の商品価値を向上させる炆器坏土の依頼研究があったので、各原料の性状を把握し、その調合試験を行なった。

2. 原料と調合試験

炆器坏土の安定化には、現在使用中の原料と、市販原料を単味焼成した結果より数種類選んだ。調合には原料の種類を増すことと性状が安定している加工原料（水び物）を加えることにした。光沢については、現業で成形時にできるくず土の添加と、陶石、長石、を一部に用いること等によって各試験土を5～6種類の原料で10種類を調合した。利用した原料名と調合範囲は次に示す。

| 原料名 | ％ |
|-------|---------|
| 笠岡黄土 | 15 ～ 25 |
| 富貴黄土 | 20 ～ 45 |
| 瀬戸黄土 | 15 ～ 30 |
| 勝野青木節 | 15 ～ 25 |
| 小名田木節 | 5 ～ 15 |
| 原水ひ蛙目 | 5 ～ 10 |
| 鳩青岩 | 20 ～ 35 |

一部使用原料名

| | |
|------|---------|
| くず土 | 20 |
| 滝川陶石 | 15 ～ 20 |
| 須通陶石 | 15 ～ 20 |
| 釜戸長石 | 5 |

3. 試験方法

試験結果を製品に移行する可能性をみるため、試験土の調製には現業の製造条件に合せ、トロンメルで100kg調合し、水200kg加え48時間細磨後、150目/寸ふるいを通させた。その一部予備実験としてポットミルで2kg調合し、水4kg加えて、それぞれ製土した。次には、50mℓ（1.5合）入り急須を試験体として、数社工場で、2～3個焼成を行なった。またポットミルでの製土のものは同型の胴のみにして。

4. 結果

各試験坏土は成形性には大差はなかった。なお、長石、陶石を用いた坏土には一部やゝ難点があった。各原料の調合量は黄土系が40～50%で色調と素地面が良好であり、木節系は10～20%、水び粘土は5～10%が適量で何れも多量になると焼結が進まず、光沢は減少した。比較的低温で焼結する青岩は20～25%が良く、増加しても光沢は増さなかった。釜戸長石はやゝ光沢を増したが、一部に軟化して変形したのものがあった。陶石は色調を現業のものより明るくし素地面が滑らかになった。須通陶石を用いたポットミル細磨では、さらに光沢が加わった。く

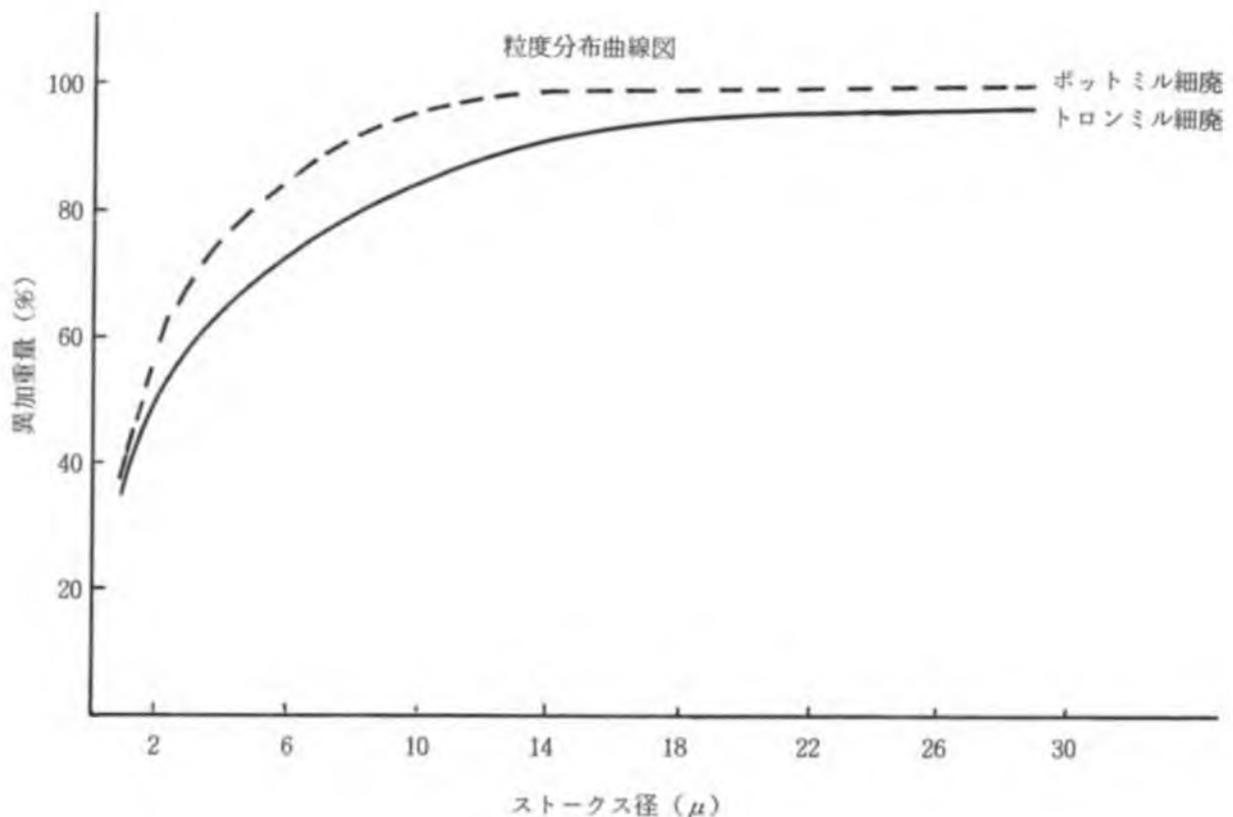
ず土の添加では大きな効果は認められなかった。またこれら実験中工場によっては同一試験土で色調、光沢に相違ができ各社焼成条件の異なる現象も見受けられた。ポットミル細磨で製土をしたものは、何れも表面が、きめ細かく滑らかであった。粒度ではポットミル細磨が、トロンメル細磨より細かく、各試験土の耐火度はSK 17⁻~18⁺であった。

5. 考 察

光沢については各試験体の間で大きな相違はなく、決定する材料を得られなかった。また、一部の工場で良好となったものもありこれにつ

いては焼成条件の差によるものと考えられる。

各社焼成条件の異なる窯で同一結果を得ることは困難なことではないかと思う、耐火度はSK 17⁻ではやや低く、製品の軟化変形の危険が伴い、SK 18以上では光沢が劣るようである。またポットミル細磨の試験体は表面がきめ細かく、滑らかで光沢も増したのは、粒度が細かくなったことが原因であり、これは素地改良に重要な要因になると考えられる。トロンメル調合でも効果的な細磨条件から適切な粒度にすれば更に改良出来るものと思われる。



(2) 高強度アルミナ質坩堝素地の開発研究

研究室 佐波平三郎 服部正明

1. まえがき

現在、四日市で生産されている半磁器は素地土に天然産の原料を用いて配合し、焼成を行なっている。そのために焼成素地の機械的曲げ強さや耐熱性の点では脆弱である。そこで、人工原料である酸化アルミニウムを素地土に配合し、機械的曲げ強さを増加させることにより、耐熱性のある素地土を開発する目的で試験を行なった。また、この素地に適合する釉薬の調合試験についても並行して実施した。次にその試験結果を報告する。

2. 素地土の調合と試験結果

2.1 酸化アルミニウム40%, 木節粘土30%, 長石, ベタライト, コージェライト配合の素地土

使用した原料は酸化アルミニウムが住友化学

の粗粒A 21, 粘土は本山木節の特級, 長石は大平長石の1級, ベタライトは南ア産, コージェライトは市販の白色品, 及び炭酸バリウムである。

素地土の調合割合は表1の通りである。試験体の作成には各素地土を2kg調合し、湿式粉碎した後、乾粉へ水分3%を添加し、プレス成形により試験体を成形した。試験体の寸法は80×20×5~6mmで、その重量は約30グラムである。また、プレス圧は1平方cm当り、210kgで30秒間保持した。焼成はガス窯で酸化炎により14時間で焼成し、1250℃にて1時間保持した。

焼成した試験体の収縮率, 吸水率, 白色度, 熱線膨張率, 膨張係数, 及び曲げ強さを測定した。その結果を表2に示す。

表1 2.1の素地土の調合割合

| 素地土No | 原料名 酸化アルミニウム | 木節粘土 | ベタライト | 大平長石 | コージェライト |
|-------|-----------------|------|-------|------|---------|
| 31 | 40 | 30 | 15 | 5 | 10 |
| 32 | 40 | 30 | 10 | 5 | 15 |
| 33 | 40 | 30 | 15 | 10 | 5 |
| 34 | 40 | 30 | 10 | 10 | 10 |
| 35 | 40 | 30 | 5 | 10 | 15 |
| 36 | 40 | 30 | 10 | 15 | 5 |
| 37 | 40 | 30 | 5 | 15 | 10 |

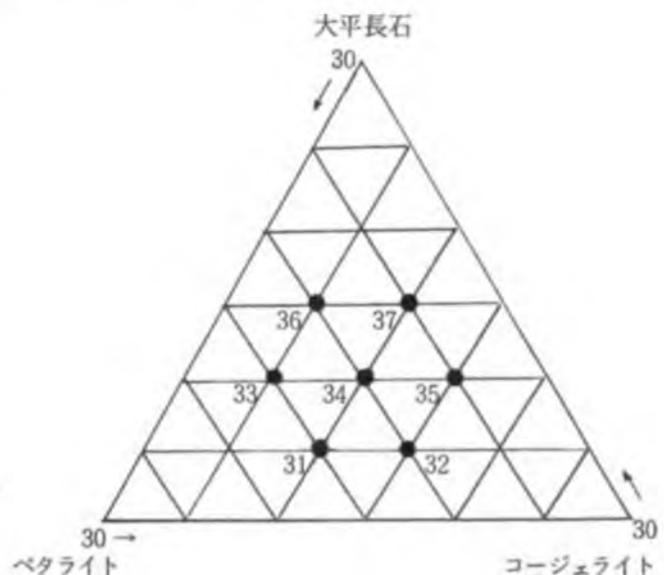


表2 2.1の焼成試験体の試験結果

| 試験項目 素地土No | 焼成収縮率 (%) | 吸水率 (%) | 白色度 | 熱膨張率 (%) 700℃ | 膨張係数 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) 700℃ | 曲げ強さ (kg/cm ²) |
|---------------|--------------|------------|-------|------------------|--|-------------------------------|
| 31 | 5.8 | 9.9 | 91.62 | 0.373 | 5.4 | 871 |
| 32 | 5.5 | 11.8 | 91.96 | 0.333 | 4.9 | 820 |
| 33 | 6.6 | 4.3 | 91.43 | 0.378 | 5.5 | 1088 |
| 34 | 6.7 | 6.9 | 91.74 | 0.391 | 5.7 | 938 |
| 35 | 6.3 | 9.3 | 91.65 | 0.371 | 5.4 | 625 |
| 36 | 8.2 | 0.54 | 91.00 | 0.397 | 5.8 | 659 |
| 37 | 7.3 | 5.6 | 91.09 | 0.394 | 5.8 | 1077 |
| 31 Ba | 6.1 | 10.1 | 90.38 | 0.396 | 5.8 | 1000 |
| 32 Ba | 6.0 | 9.9 | 90.75 | 0.390 | 5.7 | 956 |
| 33 Ba | 7.7 | 0.5 | 88.07 | 0.417 | 6.1 | 1083 |
| 34 Ba | 7.3 | 5.3 | 90.08 | 0.404 | 5.9 | 1061 |
| 35 Ba | 7.0 | 7.4 | 90.37 | 0.384 | 5.6 | 907 |
| 36 Ba | 9.0 | 0.05 | 87.33 | 0.420 | 6.2 | 1010 |
| 37 Ba | 8.6 | 0.14 | 87.18 | 0.426 | 6.2 | 1108 |

表下段のBa符号はBaCO₃を外割で5%添加した素地土である。

2.2 酸化アルミニウムの粒子径を変えて調合した素地土

酸化アルミニウムの微粒(日軽金のA31, A32H, A32I, A34), 普通粒(日軽金のA11, A12, A13), 粗粒(住友化学のA21), 8種類を各々に配合し, 素地土を調合した。表3にその調合割合を示す。次に試験体を14時間で焼成し, 1250℃にて1時間保持した。

焼成した試験体の収縮率, 吸水率, 曲げ強さを測定した。その結果を表4に示す。

表3 2.2の素地土の調合割合と使用した酸化アルミニウムの品名(符号)と, その平均粒子径 (%)

| 原料名 | 酸化アルミニウム | 木節粘土 | 大平長石 | コーシエライト |
|---------------|----------|------|------|---------|
| 素地土の調合割合 | 40 | 35 | 20 | 5 |
| 酸化アルミニウムの品名記号 | 粒子径 | | | |
| A21 (粗粒) | 70~90μ | | | |
| A11 (普通粒) | 40~60μ | | | |
| A12 (") | 40~60μ | | | |
| A13 (") | 40~60μ | | | |
| A31 (微粒) | 4~5μ | | | |
| A32H (") | 1μ | | | |
| A32I (") | 1μ | | | |
| A34 (") | 3~4μ | | | |

表4 2.2の焼成試験体の試験結果

| 試験項目 素地土符号 | 焼成収縮率 (%) | 吸水率 (%) | 曲げ強さ (kg/cm ²) |
|---------------|--------------|------------|-------------------------------|
| A21 | 8.28 | 3.88 | 873 |
| A11 | 7.36 | 5.77 | 825 |
| A12 | 9.29 | 4.53 | 837 |
| A13 | 8.15 | 12.21 | 512 |
| A31 | 8.37 | 0.01 | 848 |
| A32H | 11.09 | 0.008 | 918 |
| A32I | 12.52 | 0.011 | 795 |
| A34 | 9.71 | 0.011 | 878 |
| A21 Ba | 9.80 | 0.03 | 1000 |
| A11 Ba | 9.46 | 0.26 | 854 |
| A12 Ba | 11.68 | 0.02 | 487 |
| A13 Ba | 11.78 | 2.08 | 664 |
| A31 Ba | 8.98 | 0.00 | 828 |
| A32HBa | 10.79 | 0.00 | 883 |
| A32IBa | 11.91 | 0.00 | 786 |
| A34 Ba | 9.58 | 0.01 | 861 |

表下段のBa符号はBaCO₃を外割で5%添加した素地土である。

2.3 酸化アルミニウムの配合率を40から50%の素地土

使用の酸化アルミニウムは住友化学の粗粒A21で、表5に素地土の調合割合を示す。次に試

験体を14時間で焼成し、焼成温度は1230℃、1250℃、1280℃、及び1300℃で1時間保持した。焼成試験体の試験結果を表6に示す。

表5 2.3の素地土の調合割合

| 原料 | 素地No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 酸化アルミニウム | | 40 | 40 | 40 | 40 | 45 | 45 | 45 | 45 | 50 | 50 |
| 木節粘土 | | 25 | 30 | 35 | 35 | 20 | 25 | 25 | 30 | 25 | 25 |
| 大平長石 | | 25 | 25 | 20 | 15 | 25 | 25 | 20 | 20 | 15 | 20 |
| コージェライト | | 10 | 5 | 5 | 10 | 10 | 5 | 10 | 5 | 10 | 5 |
| 炭酸バリウム | | 外割5%を添加 | | | | | | | | | |

表6 2.3の試験結果

| 素地No | 焼成温度(℃) | 焼成収縮率(%) | 吸水率(%) | 白色度 | 熱膨張率(%) 700℃ | 膨張係数($\times 10^{-6}/\text{℃}$) 700℃ | 曲げ強さ kg/cm ² |
|------|---------|----------|--------|------|-----------------|---|----------------------------|
| 1 | 1230 | 9.8 | 0.10 | 86.2 | 0.445 | 6.4 | 897 |
| | 1250 | | 0.02 | | | | 1089 |
| | 1280 | | 0 | | | | 1274 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1043 |
| 2 | 1230 | 9.6 | 0.24 | 86.2 | 0.432 | 6.3 | 808 |
| | 1250 | | 0 | | | | 1085 |
| | 1280 | | 0 | | | | 1358 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1142 |
| 3 | 1230 | 7.8 | 2.23 | 88.2 | 0.437 | 6.3 | 865 |
| | 1250 | | 0.26 | | | | 1226 |
| | 1280 | | 0 | | | | 1386 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1010 |
| 4 | 1230 | 6.9 | 1.63 | 89.6 | 0.420 | 6.0 | 818 |
| | 1250 | | 0.22 | | | | 1149 |
| | 1280 | | 0.11 | | | | 1373 |
| | 1300 | | 0.07 | | | | 838 |
| 5 | 1230 | 10.1 | 0.84 | 87.8 | 0.434 | 6.2 | 827 |
| | 1250 | | 0.05 | | | | 1253 |
| | 1280 | | 0 | | | | 1284 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1236 |
| 6 | 1230 | 9.4 | 0.70 | 88.7 | 0.433 | 6.3 | 925 |
| | 1250 | | 0.08 | | | | 1011 |
| | 1280 | | 0 | | | | 1438 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1151 |
| 7 | 1230 | 9.1 | 0.99 | 87.9 | 0.430 | 6.3 | 887 |
| | 1250 | | 0.13 | | | | 1163 |
| | 1280 | | 0 | | | | 1372 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1221 |
| 8 | 1230 | 8.2 | 0.75 | 88.0 | 0.443 | 6.4 | 875 |
| | 1250 | | 0.19 | | | | 1030 |
| | 1280 | | 0.03 | | | | 1450 |
| | 1300 | | 0 | | | | 1151 |
| 9 | 1230 | 5.9 | 5.02 | 91.3 | 0.421 | 6.1 | 882 |
| | 1250 | | 0.71 | | | | 1185 |
| | 1280 | | 0.23 | | | | 1335 |
| | 1300 | | 0.07 | | | | 1060 |
| 10 | 1230 | 6.4 | 3.50 | 91.9 | 0.450 | 6.5 | 887 |
| | 1250 | | 1.42 | | | | 1080 |
| | 1280 | | 0.10 | | | | 1399 |
| | 1300 | | 0.07 | | | | 1125 |

2.4 以上の試験結果から、焼成素地の機械的強度を判断する曲げ強さの値で、実験 2.3 の素地 No 3 が焼成温度 1250℃ から 1280℃ の範囲内において最も良好であった。

次に、素地土の実用化試験を行うために、素地 No 3 を 150 kg 調合し、ローラーマシン成形機を用いて、7 インチ皿を成形し、また加圧鋳込成形の方法により、各種形状の皿を作成した。

3. アルミナ坩堝器用透明釉の試験

3.1 試験の指針

この試験では、施釉することによって素地の曲げ強度を増大させること、また施釉物が耐貫入性を有するとともに耐熱性が高いことを目標に試験を行なった。これらの目標を満足させる

ためには、釉の熱膨張係数を素地のそれより低くする、つまり圧縮釉をかける必要がある。磁器の場合、適当な釉をかけると曲げ強度が約 30% 増大するといわれている。

素地の耐熱性は、素地自体の熱膨張係数が小さいことが重要であるが、施釉した場合、熱衝撃による釉の貫入防止のためには、やはり釉の熱膨張係数が素地より小さいことが必要とされる。よって釉の塩基性成分のうち、KNaO を少なくし MgO を多くすること、また Al_2O_3 、 SiO_2 を溶解得る限り多くするのが有利である。

3.2 透明釉の焼成

試験の指針により、表 7 に示す釉組成で試験を行なった。

表 7 透明釉ゼーゲル式組成

| 系列 | 組成 | KNaO | CaO | MgO | ZnO | BaO | Al_2O_3 | SiO_2 |
|----|----|------|------|------|------|------|-----------|---------|
| 1 | | 0.15 | 0.45 | 0.40 | | | 0.45~0.60 | 4.0~5.0 |
| 2 | | 0.15 | 0.35 | 0.30 | 0.15 | 0.05 | 0.50~0.60 | 4.0~5.0 |
| 3 | | 0.15 | 0.30 | 0.45 | 0.10 | | 0.45~0.65 | 3.0~5.0 |
| 4 | | 0.15 | 0.30 | 0.45 | | 0.10 | 0.50~0.60 | 3.5~4.5 |
| 5 | | 0.20 | 0.80 | | | | 0.45~0.60 | 4.5~5.5 |
| 6 | | 0.20 | 0.60 | | 0.20 | | 0.40~0.60 | 4.0~5.0 |
| 7 | | 0.20 | 0.60 | 0.20 | | | 0.40~0.60 | 3.5~5.0 |
| 8 | | 0.20 | 0.40 | 0.40 | | | 0.40~0.65 | 3.5~5.0 |
| 9 | | 0.20 | 0.35 | 0.35 | 0.10 | | 0.45~0.60 | 3.0~4.0 |
| 10 | | 0.20 | 0.25 | 0.45 | 0.10 | | 0.50~0.60 | 4.0~5.0 |

素地は表 5 の調合の中から No 3 (アルミナ 40%、木節 35%、大平長石 20%、コージェライト 5%、炭酸バリウム 5%) を選んだ。この土を 70×50×7 (mm) の板状試験体に成形し、約 800℃ で素焼をし、ハケ刷りで施釉した。

素地 No 3 の熱膨張係数は、 6.3×10^{-6} (室温

～700℃) であるので、釉の熱膨張係数を Hall の線膨張係数因子からあらかじめ計算しておき、圧縮応力のかかる範囲を中心に試験を行なった。

使用した原料は福島長石、珉石灰、仮焼亜鉛華、仮焼タルク、炭酸バリウム、朝鮮カオリン、福島珪石、土岐口蛙目である。

1250℃、1時間保持(OF)の条件で焼成した結果、窯出しの時点で貫入のきているものはなかった。〔2〕、〔6〕のようにZnOが多い軸は、泡が多くかつ表面状態が悪かった。表7にはないが、KNaOが0.1モルでは不溶で、最低0.15モル程度必要である。BaOは熱膨張係数を下げるにはあまり有利ではなく、また気泡が残り易いという欠点がある。

全体的にピンホールが目立ったので、CaO分を石灰ではなく珪灰石からとった軸も試験したが、軸面はそれほど改善されなかった。しかし

熔融は良好になった。

3.3 耐熱試験

一般にセラミック製品の破壊強度は圧縮強度より引張り強度が著しく小さい。よって圧縮応力が発生する急熱試験より、引張り応力の発生する急冷試験の方が、苛酷な条件といえる。

本研究では、JIS(案)「陶磁器製耐熱食器」S0000-1983を参照し、水中急冷試験を行った。試験方法は、試験体を電気オープン(強制熱風循環方式)で所定の温度に約30分間保持した後、水中に投入し、1日後、軸葉及び素地

表8 水中急冷試験(1)

| 軸系列 | 1 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|---|---|---|---|
| 軸 性 状 | | | | |
| | | | | |

× 温度差 180℃ 不合格
 ⊗ { " 180℃ 合格
 " 210℃ 不合格
 ○ " 210℃ 合格

の欠点の有無を調べた。ここでいう点とは、上記JIS(案)によると、釉薬の貫入もしくは剥離又は素地の割れ、切れ(ひびわれ)もしくはかけのことをいう。

結果を表8に示す。この表で不合格とあるのはすべて釉薬の貫入であり、そのほとんどが釉面と無釉面の境界から入る数mmの微細な貫入であった。これは実際の製品では(ハマ)からの微細な貫入に相当すると思われる。

また表8には釉性状も併記した。

結果をみると、〔1〕、〔3〕、〔8〕系列で良好

な釉が多く得られた。SiO₂、Al₂O₃とも多いポイントで貫入がくるのは、熔け不足からと思われる。〔5〕系列のような石灰釉は、釉面中央に貫入のはいるものが多かった。

次に〔1〕、〔3〕、〔8〕系列で、前述の微細な貫入は無視して、比較的目立った貫入を合否の基準として耐熱試験を続行した結果が表9である。なお、温度差450℃までの試験で、素地に欠点は出なかった。ゼーゲル式で、KNaOが0.20モルの〔8〕系列より、0.15モルの〔1〕、〔3〕系列の方が耐熱性良好である。

表9 水中急冷試験(2)

| 釉系列 | 1 | 3 | 8 |
|-------|---|---|---|
| 釉の耐熱性 | | | |

× 温度差 350℃ 不合格
 ⊗ 350℃ 合格 400℃ 不合格
 ○ 400℃ " 450℃ "
 ⊙ 450℃ "

3.4 施釉素地の曲げ強さ

施釉することによって素地の強度が増大することは、3.1でも述べたが、耐熱性との関連を調べるために表10に示した3種の釉薬を素地No.3に片面施釉し、施釉部分を下にして曲げ強さを測定した。No.1は耐熱性の大きな釉、No.2は中ぐらいの釉、No.3は耐熱性の劣る釉を施釉した素地である。それぞれ試験体を10本づ

つ作製し、その平均を採った。釉の厚みは0.3mm(素地の約20分の1)である。

結果をみると、無釉素地より強度が増大したのはNo.1だけで、それもあまり大きくは増加しなかった。ただ耐熱性との関連では、耐熱性の高いものが強度も大きいという比例関係が得られた。

表10 施釉試験体の曲げ強度

| 釉No | 釉系列とゼーゲル式 | 曲げ強さ (kg/cm ²) | 無釉素地に対する増加率 (%) |
|------|--|-------------------------------|--------------------|
| 無釉 | ————— | 1196 | ————— |
| Na 1 | (3) { 0.15 KNaO 0.30 CaO 0.45 MgO 0.10 ZnO } 0.60 Al ₂ O ₃ 4.5 SiO ₂ | 1291 | + 7.9 |
| Na 2 | (7) { 0.20 KNaO 0.60 CaO 0.20 MgO } 0.55 Al ₂ O ₃ 4.5 SiO ₂ | 1116 | - 6.7 |
| Na 3 | (8) { 0.20 KNaO 0.80 CaO } 0.50 Al ₂ O ₃ 5.0 SiO ₂ | 1010 | - 15.6 |

4. 試作成形試験体の耐熱試験

ローラーマシン成形機により成形した7インチ皿と加圧鋳込により成形した皿へ、釉薬の良好なもの2点、釉Aは〔3〕系列で0.55 Al₂O₃, 4.5 SiO₂と釉Bは〔7〕系列で0.55 Al₂O₃, 5.0 SiO₂を施釉し、ガス窯にて焼成した。焼成時間は14時間行い、1260℃の温度で1時間保持した。次に焼成試験体の3点を用いて耐熱試験を行なった。試験の方法は電熱オーブンをを用い320℃に加熱し、1時間保持する。その後、直ちに20℃の水中へ投入冷却する。冷却後に釉表面への亀裂発生の有無を調べた。同一の試験体を用いて亀裂が発生するまで繰返し試験を行なった。その結果、7インチ皿は繰返し試験回数4回終了までは釉A、釉Bとも亀裂の発生がなく、5回目で釉面に10cmの長さの亀裂が発生した。また鋳込成形による試験体には3回目に釉Aの表面に1cm程度の貫入があったが、釉Bは

かなり貫入があった。

5. まとめ

焙器素地の耐熱性を良くするために、酸化アルミニウムを配合し、焼成試験体の機械的強さを増加させることによって、耐熱性の良好な素地と、その素地に適合する釉薬の開発試験を行なった。その結果をまとめると次の通りである。

1) 酸化アルミニウム(住友化学のA21)を素地土に40%配合し、木節粘土30%、と残りをベタライト、コージェライト、大平長石で配合した素地土を14時間で焼成し、1250℃で1時間保持した。その結果、曲げ強さと吸水率の双方で満足する値が得られなかった。

2) 酸化アルミニウムの粒子径の違いが素地の焼結にどのような影響を与えるかを調べるために、粗粒、普通粒、微粒の酸化アルミニウム8種類を用いた素地土を調合した。試験体を14時間で焼成し、1250℃で1時間保持した。そ

の結果、酸化アルミニウムの粗粒A21を配合し炭酸バリウム5%添加した素地が良好であった。

3) 酸化アルミニウムの粗粒A21を40%から50%の範囲内で素地に配合し、14時間で焼成し、1230℃、1250℃、1280℃、及び1300℃の各温度で1時間保持した。その結果、1250℃から1280℃の焼成温度範囲で、素地No.3、の曲げ強さの値が最も良好であった。

そこで、素地土の実用化試験を行うために、素地No.3、を150kg調合し、ローラーマシン成形機により、7インチ皿を成形し、また加圧鑄込の方法により、各種形状の皿を成形した。

4) 耐熱炆器用透明釉としてはゼーゲル式でMgOが0.4モル程度のタルク透明釉が耐熱性が

良好であった。また施釉素地の曲げ強度は釉の種類によって大きく異なるために、高強度を目標とするには釉の選択が重要である。

5) 試作成形試験体の耐熱試験の結果についてはローラーマシン成形機により成形した7インチ皿を電熱オーブンで320℃にて1時間保持し、直ちに20℃の水中へ投入冷却する。同一試験体を繰返し試験したところ4回終了までは釉の表面に亀裂の発生がなく、5回目で釉表面に亀裂が発生した。また鑄込成形による試験体は3回目に釉の表面に亀裂が発生した。

参考文献

釉とその顔料、素木洋一著、JIS(案) S0000-1983、「陶磁器製耐熱食器」

(3) 珪灰石を利用した石灰長石質陶器について

研究室 服部 正 明
" 伊 藤 隆

1. まえがき

現在、四日市には「低火度」と称する石灰長石質陶器があり、石灰石が約9%含まれている。

石灰分をある程度含む素地は、比較的低温で焼成できるという利点があり、これは、石灰分が焼成の際、非晶質物質と反応して、素地中にアノーサイトなどの結晶質物質を生成することにより、水和膨張の小さい素地が比較的低温焼成で得られるということである。

実際には、素地の石灰分として石灰石を利用しているため、その焼成温度は、1100～1150℃程度を必要としている。

石灰長石質陶磁器素地に対して珪灰石を用いることは、タイル工業などにおいて既に行なわれており¹⁾ その効果として(1)焼成温度を低くできる、(2)迅速焼成が可能である、(3)乾燥・焼成収縮の減少、(4)水和膨張が小さい、(5)焼成体の強度が増加する、などがあげられる。^{2) 3)}

純粋な珪灰石の化学式は $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ で表される。これから考えて「低火度」素地の石灰分として、珪灰石が利用できるものと思われ、石灰石と違って珪灰石は焼成の際に熱分解を伴

なわないので、素地の焼成密度の上昇や焼成体強度の増加が期待できる。さらに、より低温での焼成が可能となることなども見込まれる。

そこで本研究では、石灰長石質陶磁器素地への珪灰石の添加および石灰分としての置換効果について調べ、珪灰石を利用することの可能性を検討した。

2. 実 験

2-1. 使用原料

本実験に用いた原料は、中国産珪灰石、赤坂産石灰石、河合陶石1級、滝川陶石特級、平木陶石1級、勝光山ロウ石、平津長石、畑長石、瀬戸丸岡木節である。

この中国産珪灰石の鉱物組成は、X線回折の結果、 β -ワラストナイトと少量のカルサイトより成っていた。(図1参照)

また、この中国産珪灰石と赤坂産石灰石の化学組成を〈表1〉に示す。表1より、この珪灰石 Fe_2O_3 分が少なく、白さを要求される素地に適すると思われる。

各原料は、トロンミルで24時間湿式粉碎した後、105℃で乾燥した。

〈表1〉 珪灰石と石灰石の分析値(%)

| 原料 | 組成 | SiO_2 | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | TiO_2 | CaO | MgO | K_2O | Na_2O | Ig-Loss |
|--------|----|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------|
| 中国産珪灰石 | | 46.88 | 0.34 | 0.13 | 0.02 | 47.20 | 0.35 | 0.05 | 0.02 | 4.53 |
| 赤坂産石灰石 | | 0.20 | 0.11 | 0.03 | — | 54.64 | 0.93 | — | — | 43.57 |



〈図1〉 中国産珪灰石のX線回折図

2-2. 原料の調合

基礎となる素地の組成は、上記の原料を使って、陶石 41.3%、木節 28%、ロウ石 14.5%、長石 7.7%、石灰石 8.5%となる様に調合したものである。

この組成の素地に対して、珪灰石を添加したものおよび石灰石との置換をしたものを調合した。その組成をく表2〉に示すが、ここでは石灰石以外の成分は常に一定であるので省略した。

このように調合したものを、ポットミルで4時間湿式混合し、石膏型上で練土状態として各試験体に供した。

〈表2〉 素地の組成(%)

| 素地 | 原料 | 石灰石 | 珪灰石 | 素地 | 原料 | 石灰石 | 珪灰石 |
|-----|----|-----|-----|------|----|-----|-----|
| W-1 | | 8.5 | 0 | W-7 | | 0 | 5 |
| W-2 | | 8.5 | 5 | W-8 | | 0 | 10 |
| W-3 | | 4 | 5 | W-9 | | 0 | 15 |
| W-4 | | 4 | 10 | W-10 | | 0 | 20 |
| W-5 | | 4 | 15 | W-11 | | 0 | 25 |
| W-6 | | 4 | 20 | W-12 | | 0 | 30 |

2-3. 試験項目と方法

2-3-1. 収縮率

適当な水分量の練土を約90g採り、平らな石膏型の上で、長さ約14cm、幅3~4cmの板状試験体を作製し、ノギスで10cmのマークを長さ方向に入れ、乾燥収縮、焼成収縮を測定した。焼成温度は1100℃、1120℃、1140℃とし、0.2m³カンタル電気炉で30分間保持した。これは三窯試製ゼーゲルコーンで、ほぼSK3a、4a、5a焼成に相当するが、炉内温度分布は均一ではなく、位置によりやや差がある。

試験体は各焼成温度ごとに3本ずつ作製し、結果はそれらの平均を採った。

2-3-2. ベッファーコーン試験⁴⁾

各素地練土の水分量を変化させ、直径33mm、高さ40mm(H₀)の円柱を作製し、1192gの円板を186mmの高さからこの円柱に落下させ、変形した試料の高さ(H₁)から変形率H₀/H₁=3.3に相当する含水率(湿重量基準)をグラフ上で求め、この値をベッファーコーンの可塑性値とした。各練土の水分量は100℃で1日間

温風乾燥して秤量した。

2-3-3. 抗折強度

試料は一旦 105℃で乾燥させ、粉碎(0.5mmアンダー)した上で、水分を3%添加した。このように調整した試料を30g採り、100×20mmの金型を用い、ハンドプレス210kg/cm²で試験体を成形した。この試験体を用いて、かさ密度(後述)も測定するため、素焼をした後サンドペーパーで表面仕上げを行ない、できるだけきれいな直方体になるようにした。

抗折強度は、島津製作所製オートグラフP-100を用い、荷重降下速度10mm/min、スパン幅8cmで測定し、次式により抗折強度(M)を求めた。値は、試験体10本の平均値を採った。

$$M = \frac{3W\ell}{2ab^2}$$

W: 荷重(kg)
ℓ: スパン幅(cm)
a: 試料の幅(cm)
b: 試料の厚さ(cm)

2-3-4. かさ密度

抗折強度試験体を用い、焼成後、重量と体積を測定し、かさ密度を算出した。

2-3-5. 白色度

練土を、石膏の押し型で60×60×5mmの板に成形し、焼成後、カラーマシン(株)製光電色沢計で測定し、5個の平均値を求めた。

2-3-6. 吸水率

吸水率は、収縮率、抗折強度、白色度各試験体について測定した。測定方法は、乾燥重量を測定した後、3時間煮沸し、吸水後重量との差を乾燥重量で割って求めた。

2-3-7. X線回折

X線回折は、理学電機製自記X線回折装置D-8Cを用い、CuK_α線35kV-15mA、Niフ

ィルター、走査速度2°/min、スリット1°-0.15mm-1°の条件で測定した。測定は粉末法により、焼成温度の相違による鉱物変化を調べた。

2-3-8. 熱膨張及び水和膨張度

練土を石膏の押し型で、直径3mm、長さ約55mmの円柱体に成形し、焼成窯出し後、直ちにデシケーターに保存し、水和膨張の影響を防いだ。熱膨張は、真空理工(株)製赤外線加熱横型熱膨張計を用い、昇温速度5℃/minの条件で700℃まで測定した。更に測定後の試料をオートクレーブ処理(9気圧、1時間保持)し、再び熱膨張を測定し、前回との600℃における差をもって水和膨張度の目安とした。

3. 試験結果及び考察

3-1. 収縮率及び可塑性値

珪灰石を添加すると、乾燥収縮の低減がはかれる⁵⁾とされているが、今回の試験では(表3)のようになった。

〈表3〉乾燥収縮及びベッファーコーン試験

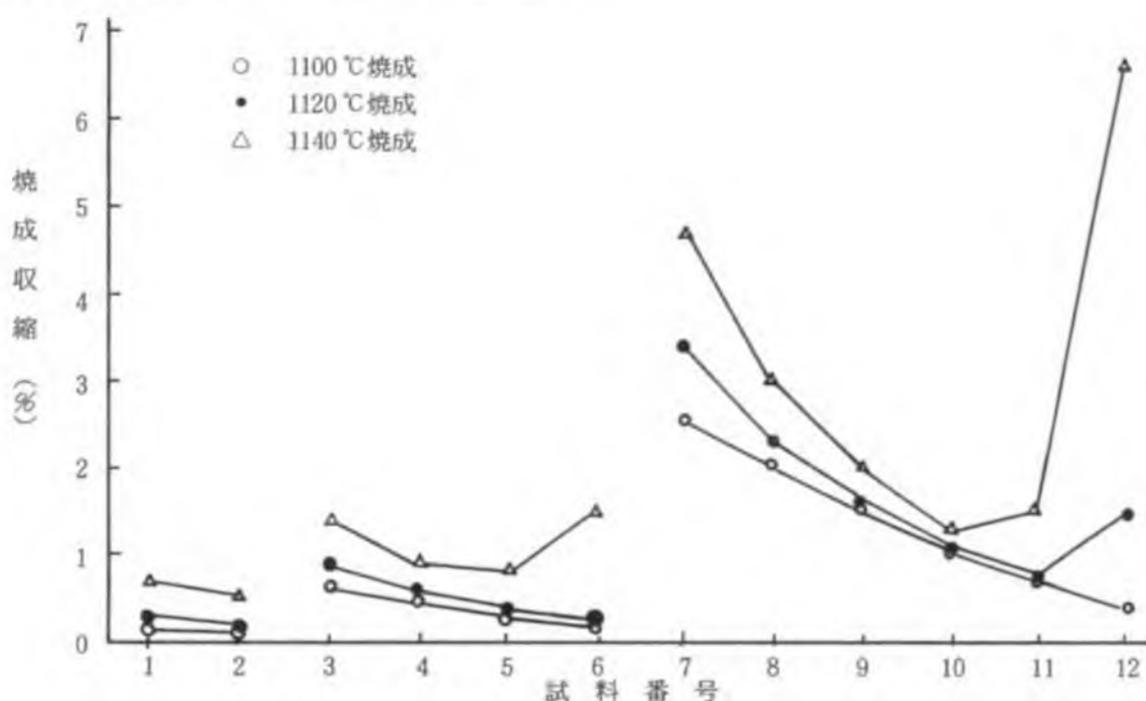
| 素地番号 | 乾燥収縮(%) | 練土の水分量(%) | ベッファーコーン試験による可塑性値 |
|------|---------|-----------|-------------------|
| W-1 | 6.41 | 23.85 | 26.5 |
| W-2 | 6.50 | 24.91 | 26.5 |
| W-3 | 5.78 | 24.50 | 25.6 |
| W-4 | 5.56 | 24.69 | 25.6 |
| W-5 | 5.76 | 25.33 | 25.6 |
| W-6 | 5.11 | 25.27 | 25.4 |
| W-7 | 5.82 | 24.41 | 25.9 |
| W-8 | 5.33 | 26.07 | 25.4 |
| W-9 | 4.79 | 25.43 | 25.1 |
| W-10 | 4.67 | 24.91 | 24.8 |
| W-11 | 4.42 | 24.95 | 25.1 |
| W-12 | 4.70 | 26.32 | 26.0 |

〈表3〉より珪灰石の増加につれて、乾燥収縮が低減する傾向にあることがわかる。ただ練土は、適当な柔らかさになった時点で成形したので水分量が一定ではない。水分が多いと当然、乾燥収縮も大きくなるので、水分量を考慮に入れ、乾燥収縮の値をみると、かなり規則的に低くなっていることがわかる。

次にベッファーコーン試験による可塑性値を〈表3〉に示す。各素地に明確な差異は見い出

せなかったが、珪灰石が増えると、相対的に粘土分が減少するためか、可塑性値が下がる傾向にあるが、珪灰石の多いW-11, 12では再び上昇している。これは、可塑性が向上したとは考え難い。珪灰石は針状結晶であるため、珪灰石の多い素地では成形時、水分を多くしても表面に亀裂を生じ易く、成形能はあまり良くない。

次に焼成収縮は〈図2〉のようになった。



〈図2〉 焼成収縮率

焼成収縮は、石灰石を減らすと増大するが、同石灰量で珪灰石を増加させると、焼成収縮が減少する傾向にある。しかし、珪灰石の多い素地(W-6, 11, 12)では、1140℃焼成で急激に焼き締まるため、焼成収縮も大きくなっている。焼成収縮が増加に転ずるのは、1140℃焼成でW-6, W-11, 1120℃焼成ではW-12であり、1100℃焼成では一貫した減少傾向を示している。W-6, W-11は、CaO分として12%弱、W-12は約14%であり、一定のCaO

量を超えると急熔性を示すと考えられる。また焼成温度が高いほど少ないCaO量で急激に焼き締まる傾向にあることがわかる。

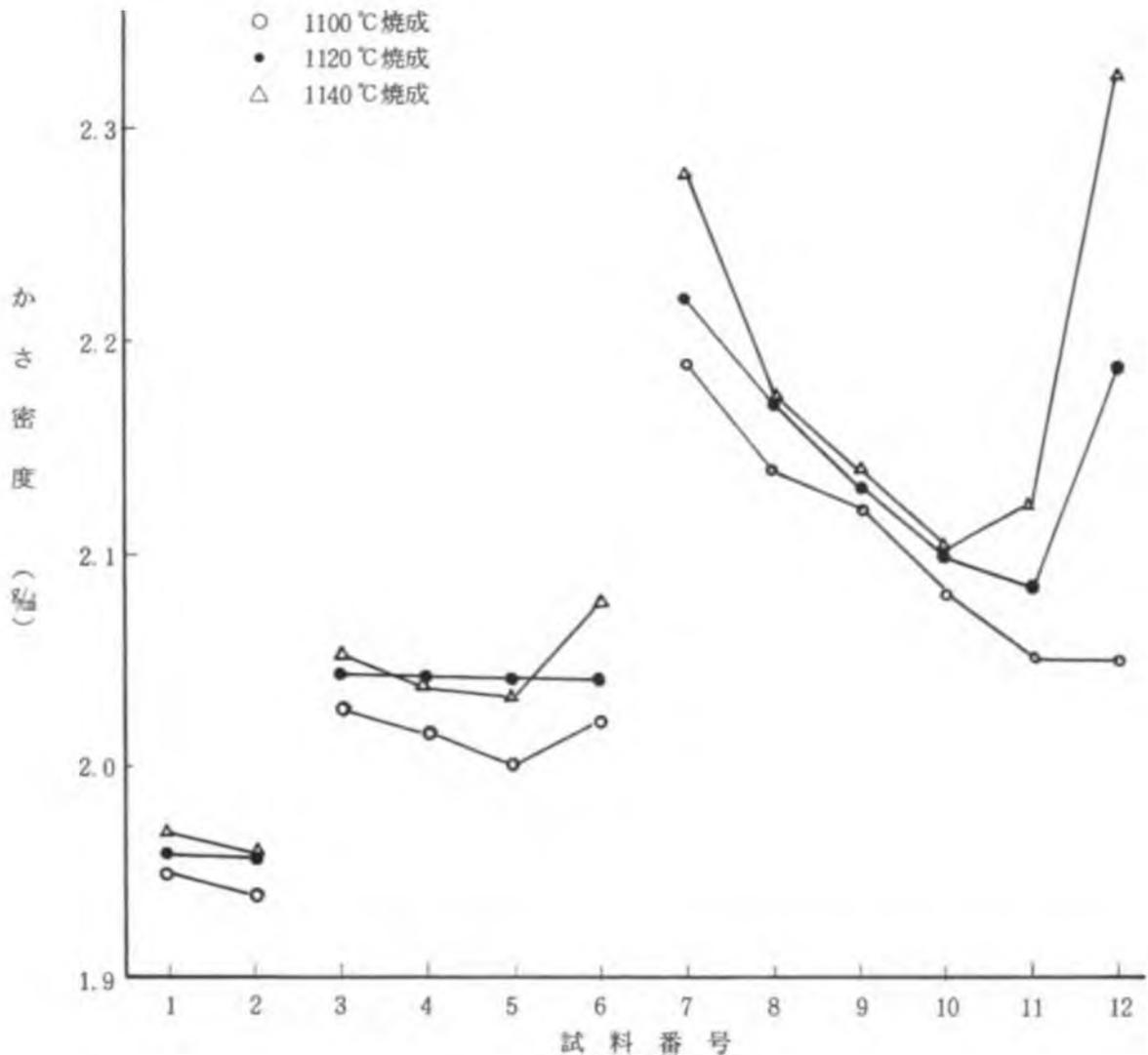
3-2. かさ密度

現業の低火度素地は、かさ密度が小さく、これがひとつの特徴になっている。まえがきでも述べたが、珪灰石を使用した場合、石灰石のように熱分解($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$)を伴わないので、素地の気孔が少なく、かさ密度の増加が予想される。〈図3〉に各試験体のか

かさ密度を示す。

かさ密度は、焼成収縮と同様の傾向を示し、相関関係はかなり高い。W-3, 4あたりでW-1より数%, W-8, 9では10%以上かさ密

度が大きくなる。W-12の1140℃焼成体の吸水率はほぼ0になっており、かさ密度の上限は2.35付近と思われる。

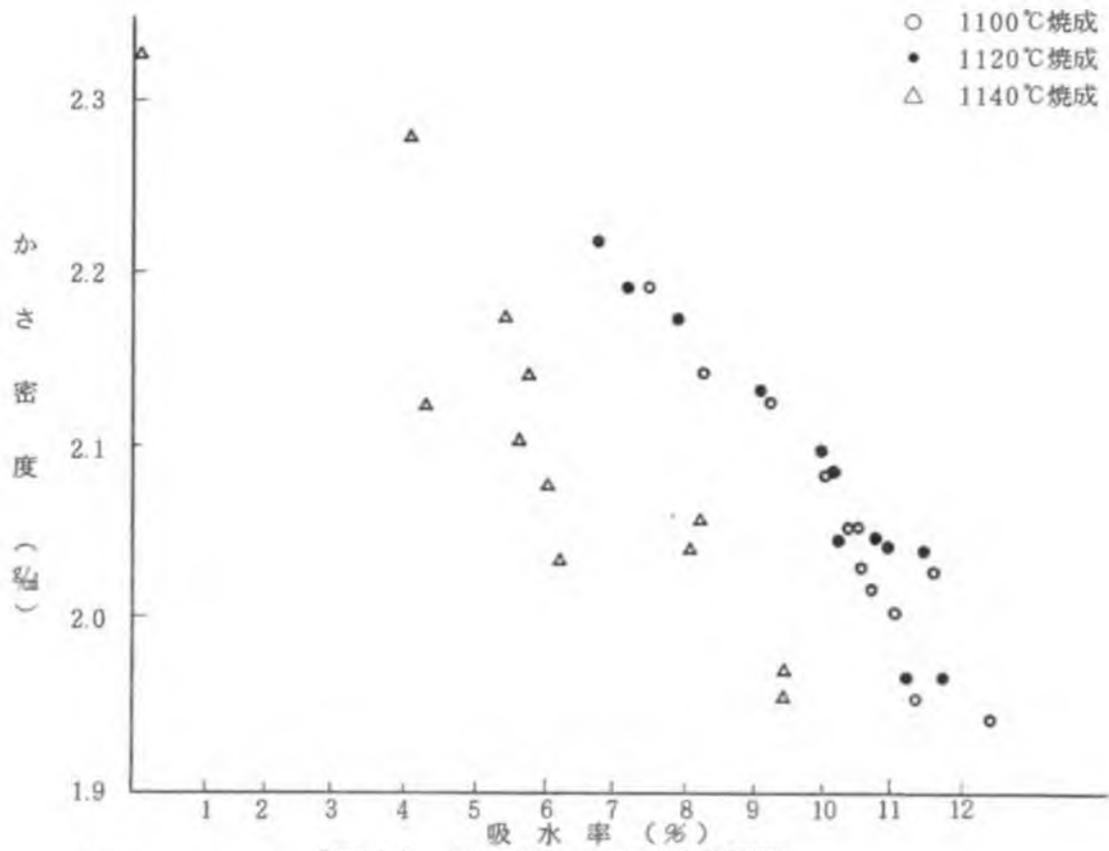


〈図3〉 かさ密度

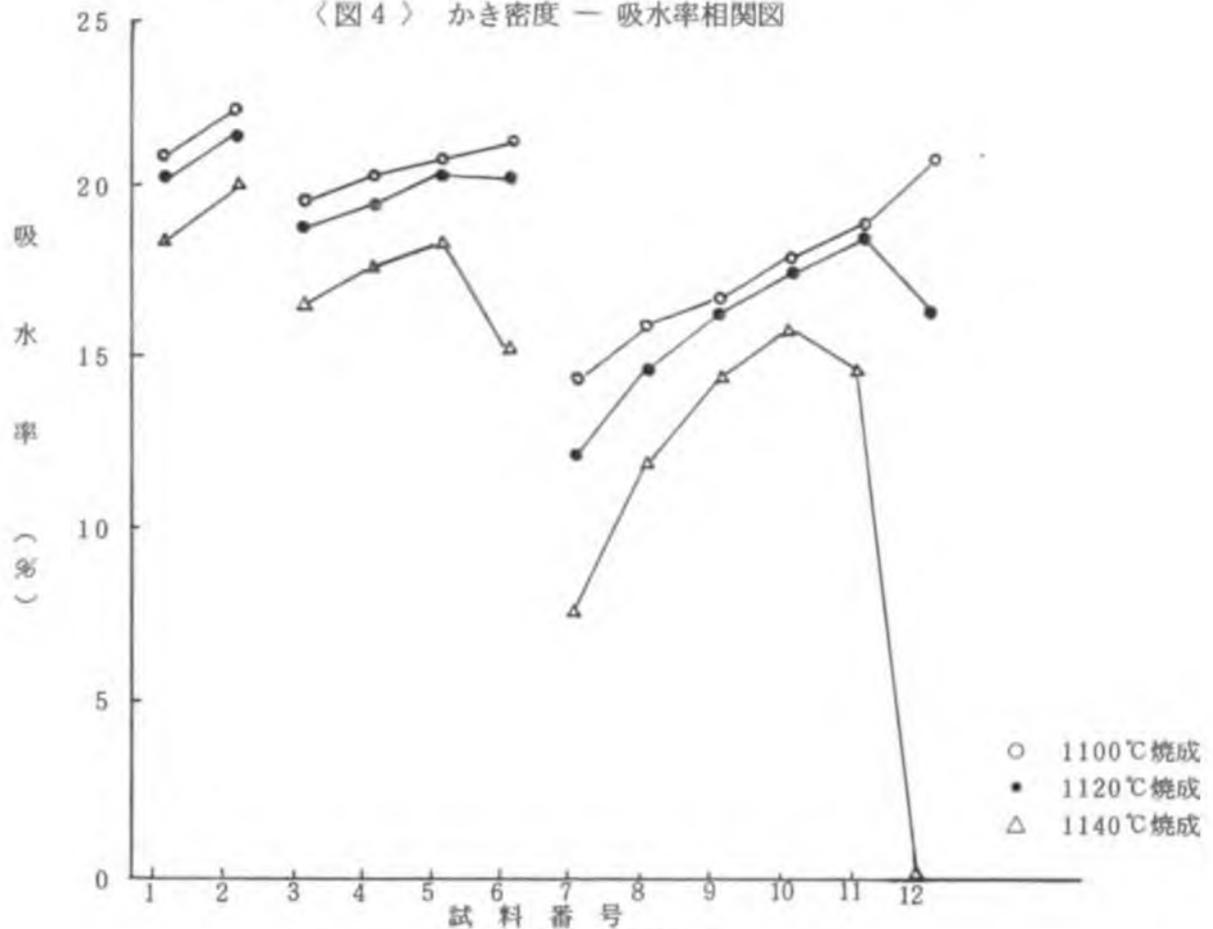
次に、かさ密度と吸水率の相関関係を〈図4〉に示す。

かさ密度と吸水率の関係は、吸水率が小さくなるほど、かさ密度が大きくなる傾向にある。その中でも1100℃、1120℃焼成体に限って言えば、かなり高い相関関係を示す。1140℃

焼成体の場合は、吸水率が低くとも、かさ密度がそれほど増加しないことがわかる。これは、1140℃焼成において、試験体の体積収縮はあまり起こらないが、試験体内の開気孔が石灰分のSinteringによって閉気孔になる⁶⁾ためではないかと推察される。



〈図4〉 かさ密度 — 吸水率相関図



〈図5〉 吸水率 (収縮率試験体)

3-3. 吸水率

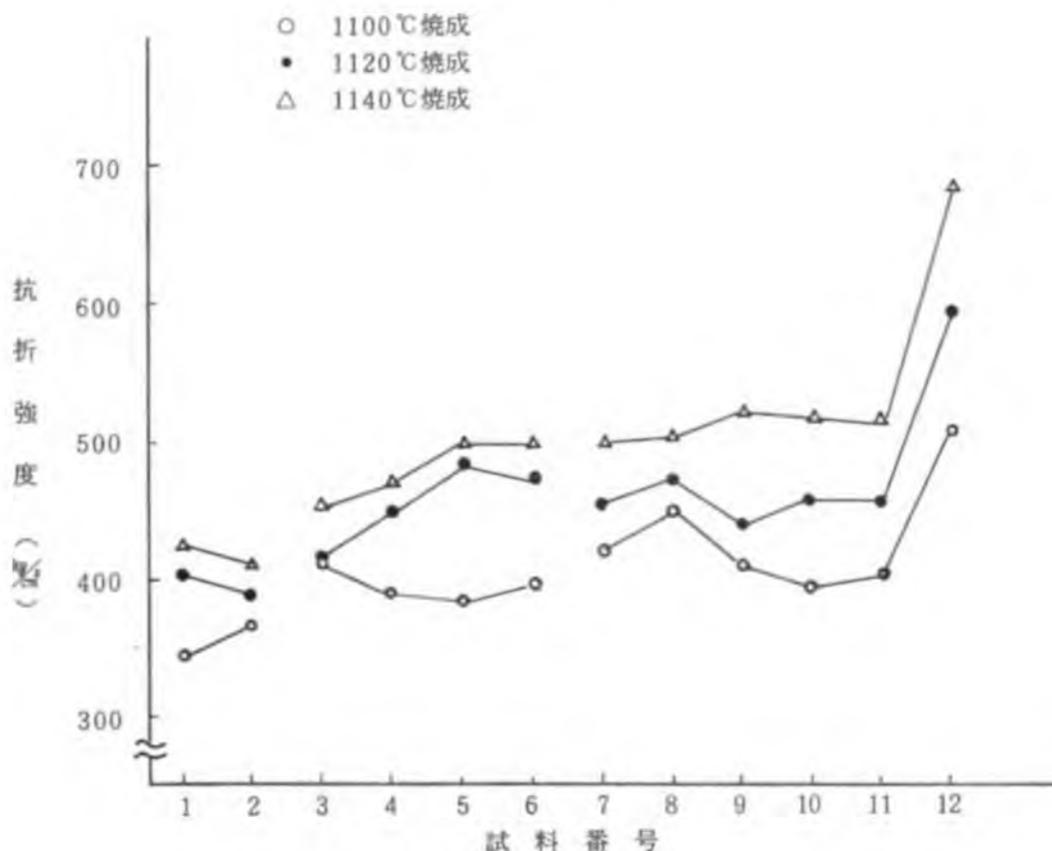
収縮率測定用試験体を用いて、吸水率を測定した。結果を〈図5〉に示す。〈図5〉は〈図2〉、〈図3〉のグラフを逆にした関係になっており、焼成収縮、かさ密度との相関関係の高いことがわかる。

1140℃焼成で、特にW-6, 7, 11, 12で

急に吸水率が低下しており、1140℃は過焼温度である⁵⁾と思われる。

3-4. 機械的強さ

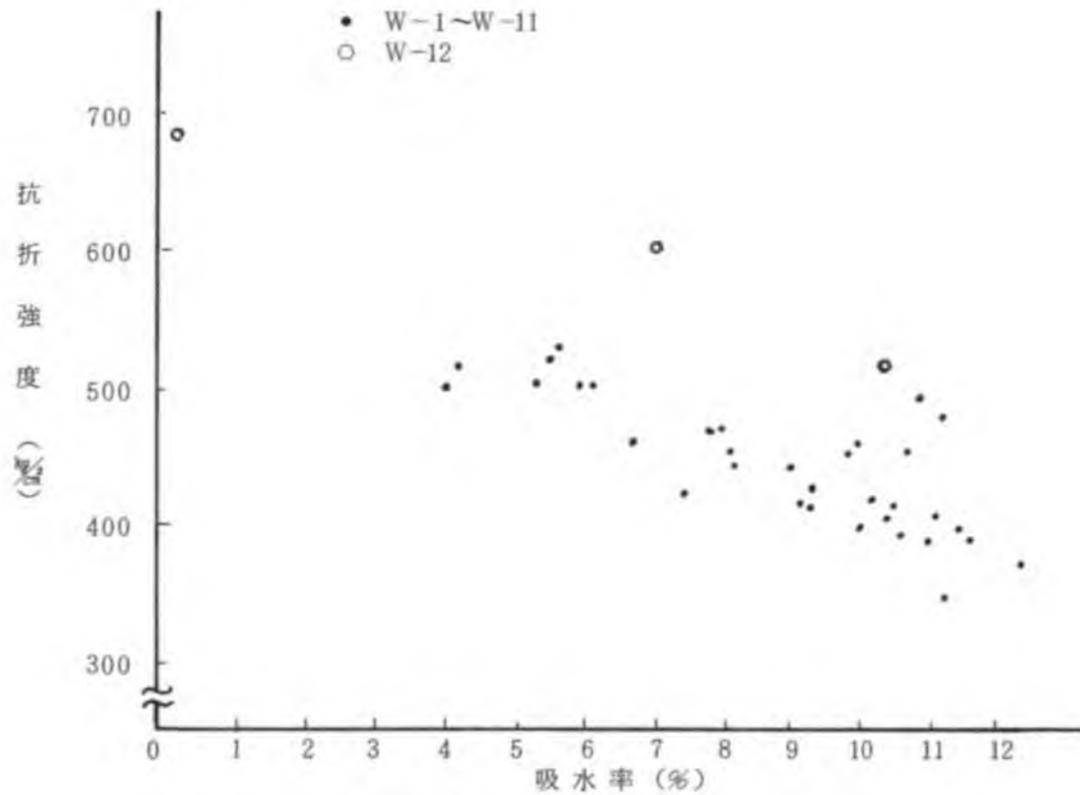
各素地の抗折強度を〈図6〉に示したが、10本の試験体にかなりばらつきのあるものが多い。総じて、現業の低火度素地(W-1)よりは強度の増加がみられる。



〈図6〉 抗折強度

抗折強度と吸水率の相関図〈図7〉をみると、W-12を除くと、吸水率の低下により強度が増加する相関関係が認められる。しかし、〈図3〉のかさ密度が減少するのに、抗折強度はほぼ一定であること、W-12の1100℃焼成のかさ密

度は、W-11のそれと変わらないのに、抗折強度は大きく増加すること、等不明な点も多い。これらの点は、抗折強度に寄与する要因がかさ密度や吸水率だけでなく、焼結時の鉱物変化によるもの⁷⁾かもしれないと考えられる。



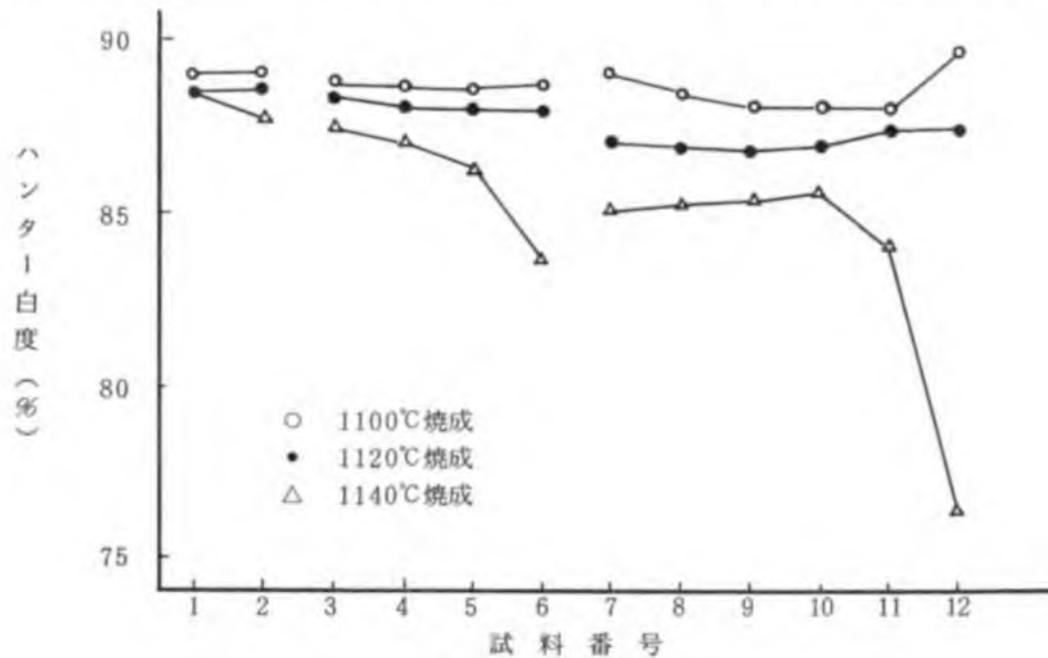
〈図7〉 抗折強度 — 吸水率相関図

3-5. 白色度

焼成体の白色度を〈図8〉に示す。1100℃、1120℃焼成では、珪灰石を用いた素地の白色度は、用いないもの(W-1)に比べてわずかに劣るようであるが、肉眼的に問題となる程の差ではなく、珪灰石量の増加に伴う変化もほとんど認められない。

1140℃焼成では、珪灰石を用いた素地の方に劣るようであるが、肉眼的に問題となる程の差ではなく、珪灰石量の増加に伴う変化もほとんど認められない。

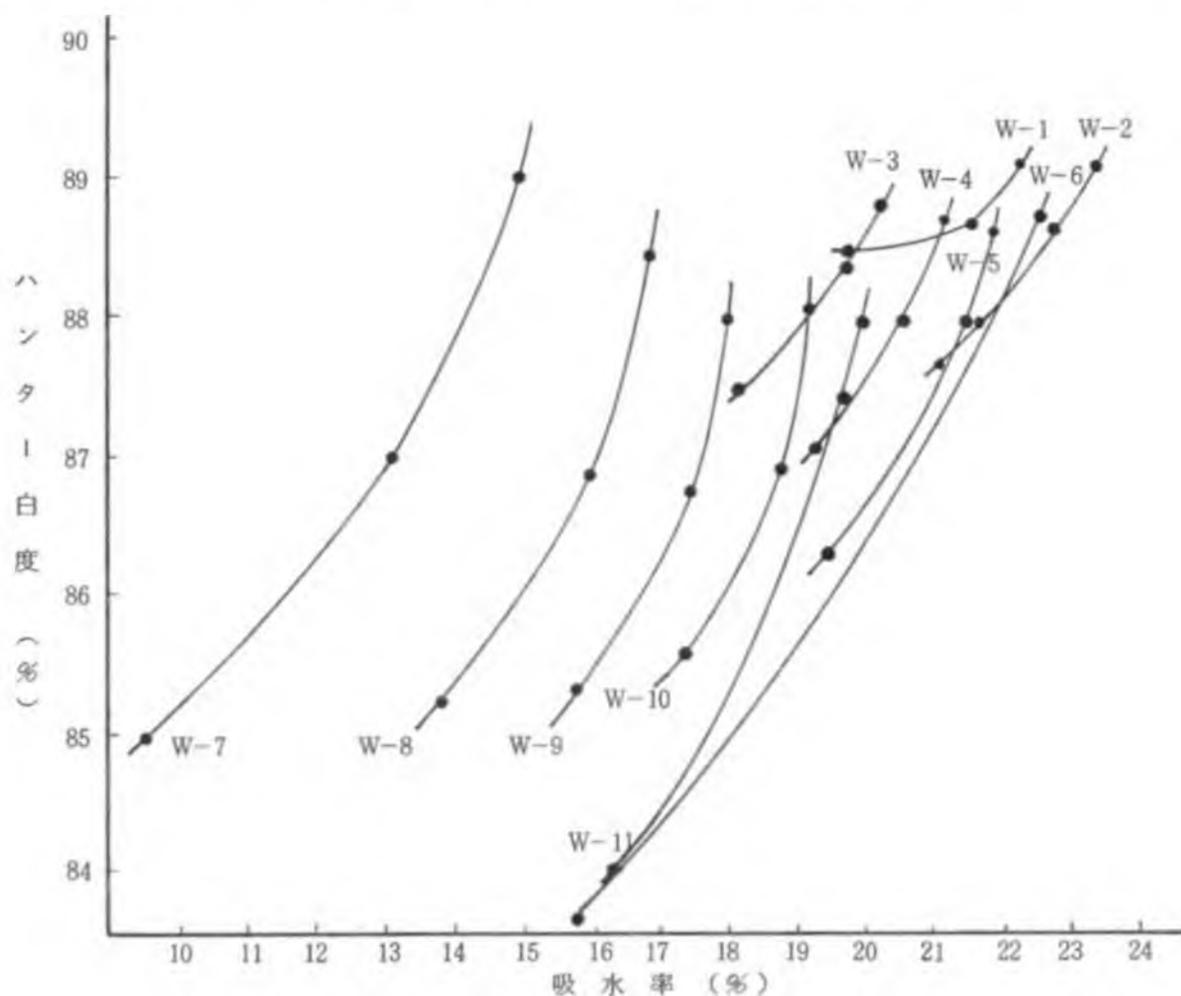
1140℃焼成では、珪灰石を用いた素地の方



〈図8〉 白色度

が明らかに白色度は低く、特に珪灰石量の多い W-6, 11, 12においてその傾向が著しい。

次に白色度と吸水率の相関関係を(図9)に示す。W-12は極端に吸水率が違うので除外し



〈図9〉 白色度 — 吸水率相関図

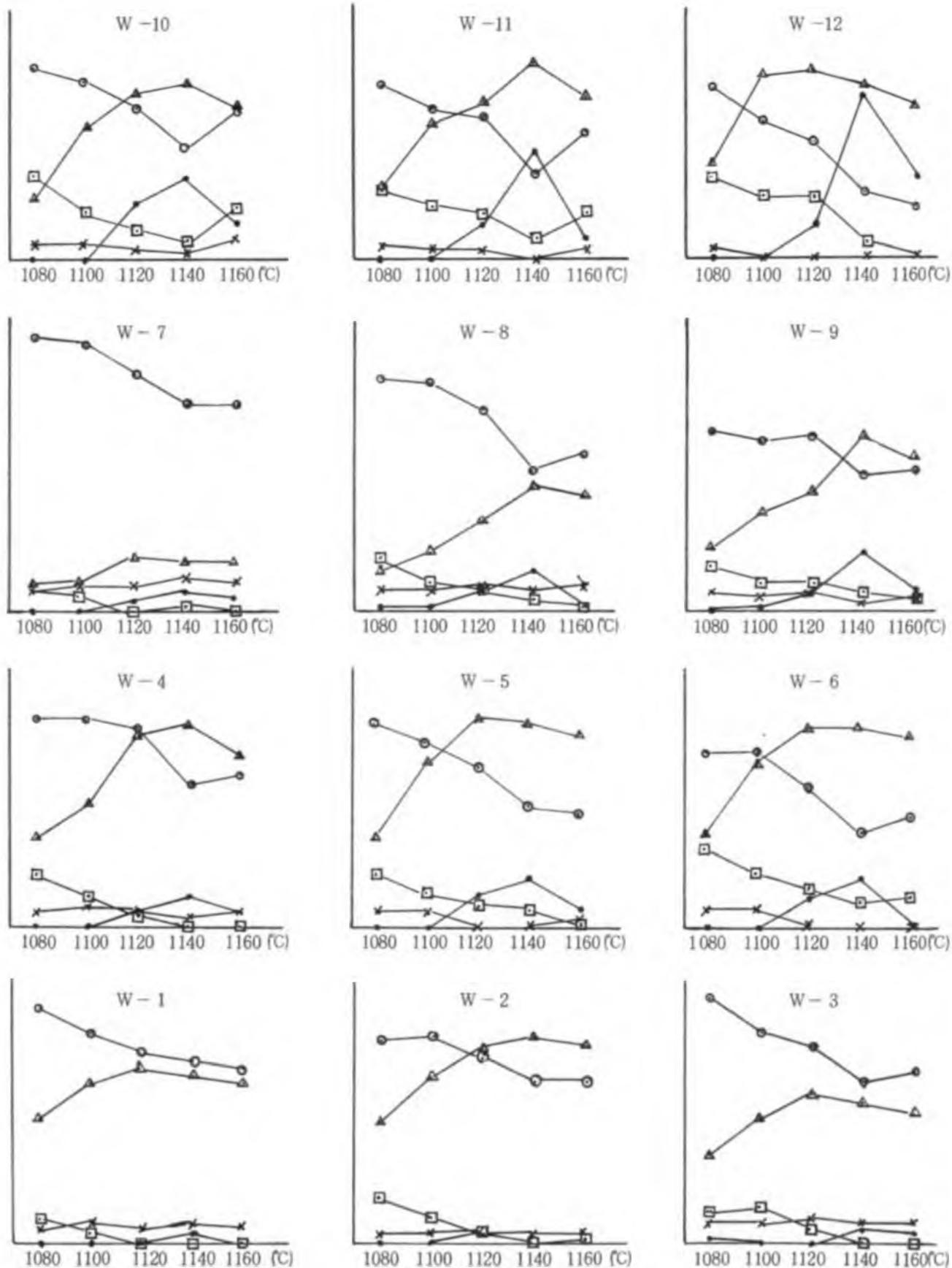
てある。全体的に吸水率の増加に伴って白色度も高くなっているが、素地の種類別にみると、各焼成温度における点を結んだ線の傾きは、珪灰石の含有量が高いものほど大きくなっている。すなわち珪灰石量が多くなると、焼成温度の変化は吸水率よりも白色度に大きく影響することがわかる。従って、白色度の点から言えば、珪灰石を用いた素地は焼成温度が重要であり、1120℃以下にすることが望ましい。

3-6. 鉱物組成

〈図10〉は素地の種類別に、焼成温度による

鉱物組成の変化を示したもので、X線回折の結果、存在が認められた各鉱物の所定の回折面におけるピーク高さをプロットした。 α -石英は(100)、アノーサイトは(204)、 β -ワラストナイトは(310)、 α -クリストバライトは(101)、ムライトは(110)の各面を採用した。

なお珪灰石は、1125℃付近に $\beta \leftrightarrow \alpha$ の転移点をもっているので、1140℃、1160℃焼成で α -ワラストナイトの生成が予想されたが、X線回折では他の鉱物の影響もあり、認められ



〈図10〉 焼成温度による鉱物組成の変化(縦軸:ピーク高さ, 横軸:焼成温度)
 ○ α-石英 △ アノーサイト □ β-ワラストナイト ● α-クリストバライト × ムライト

難かった。

〈図9〉から、1140℃以下では、全般的に焼成温度の上昇に伴って、 α -石英、 β -ワラストナイトの量は減少し、アノーサイト、 α -クリストバライトの量は増加していることがわかる。ムライトについては、珪灰石が15%以下の組成では焼成温度によらずほぼ一定であり、20%以上の組成では焼成温度の上昇とともに減少しているようである。

これから、焼成により素地中の石灰分が α -石英や非晶質のアルミノ珪酸塩等と反応して、アノーサイトを生成する⁸⁾ことが推定され、珪灰石も石灰分として、この反応に寄与しているものと思われる。

1160℃焼成では、1140℃以下と全く逆の傾向を示すものもあり、非常に特異な状態を示しているが、 α -クリストバライトおよびアノーサイトが減少するのは、高温による溶解が進むためと思われる。

〈図11〉は焼成温度別に、素地の種類による鉱物組成の変化を示したものである。いずれの焼成温度でも、珪灰石の多い素地ほど α -石英、ムライトは減少傾向にあり、アノーサイトは増加傾向にある。 β -ワラストナイトも増加傾向にあるが、焼成温度が高くなるとその傾向は弱くなり、全体的に回折ピークの高さが低く、残留する β -ワラストナイトが少なくなるようである。このことも、珪灰石が反応してアノーサイトを生成することを示している。

α -クリストバライトは、1100℃以下でどの素地にもほとんど認められないが、1120℃以上では、珪灰石の多い素地ほど生成量が増加する傾向にある。 α -クリストバライトの生成

はCaOが存在すると、触媒的作用により促進されるといわれており、1120℃以上での α -クリストバライトの上記のような傾向は珪灰石中のCaOの作用によるものと思われる。

このように1120℃以上では、 α -クリストバライトの生成が顕著であることから、焼成温度は1100℃以下であることが望ましく、1100℃以下で適度の焼結性を示す焼成温度範囲を見出す必要がある。

また石灰石を利用するW-1では、1080℃程度の温度でもかなりアノーサイトの生成がみられるのに対し、珪灰石を使用した素地では、アノーサイトの生成は少なく、石灰石の方が珪灰石よりも反応性が良いと思われる。これは、石灰石が700~800℃で熱分解を起こし、活性なCaOを生成する¹⁰⁾ためであろう。

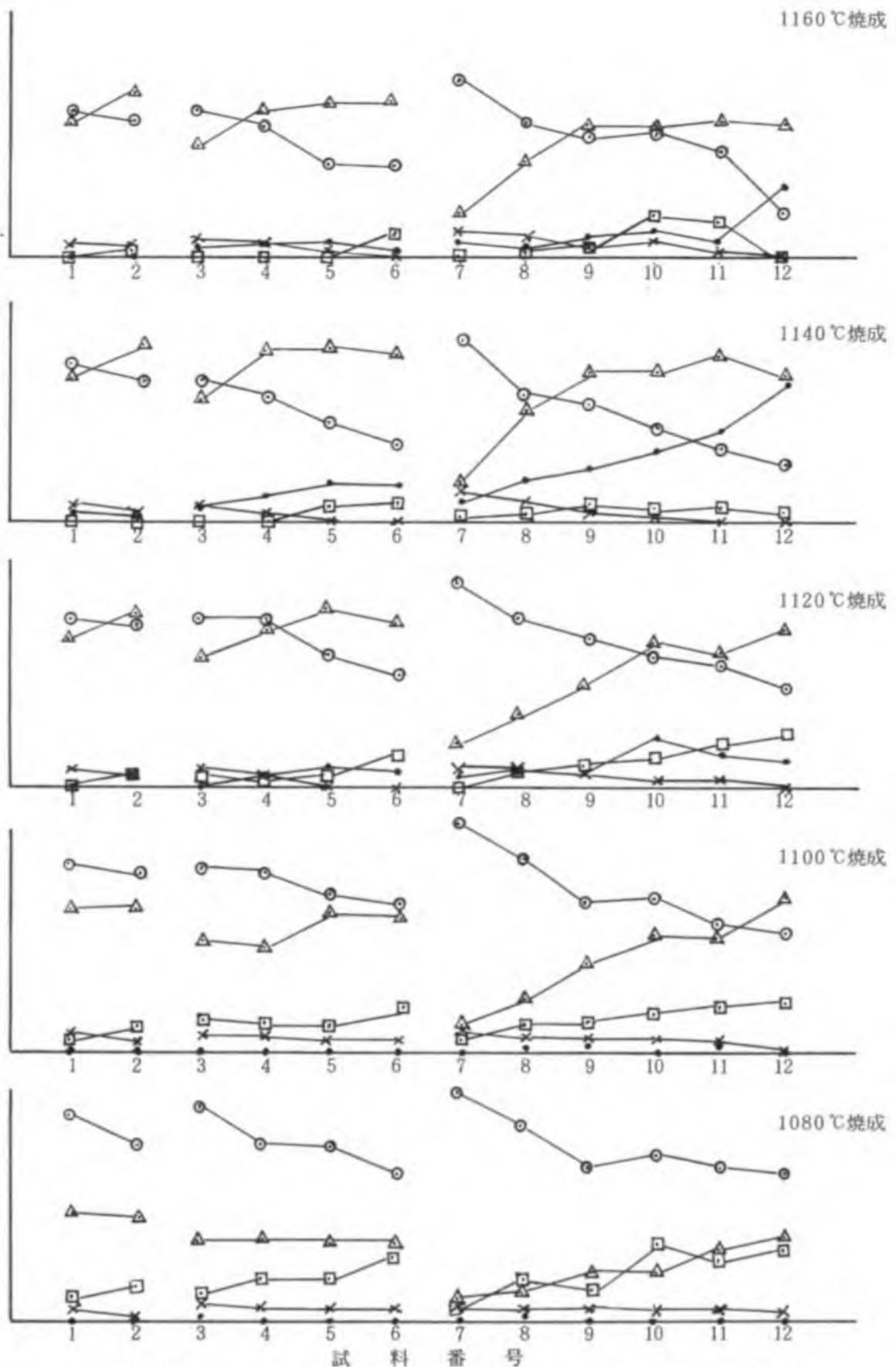
従って、珪灰石を用いた素地は、反応性の点からみると珪灰石の量を相当多くする必要があると思われる。

3-7. 熱膨張及び水和膨張度

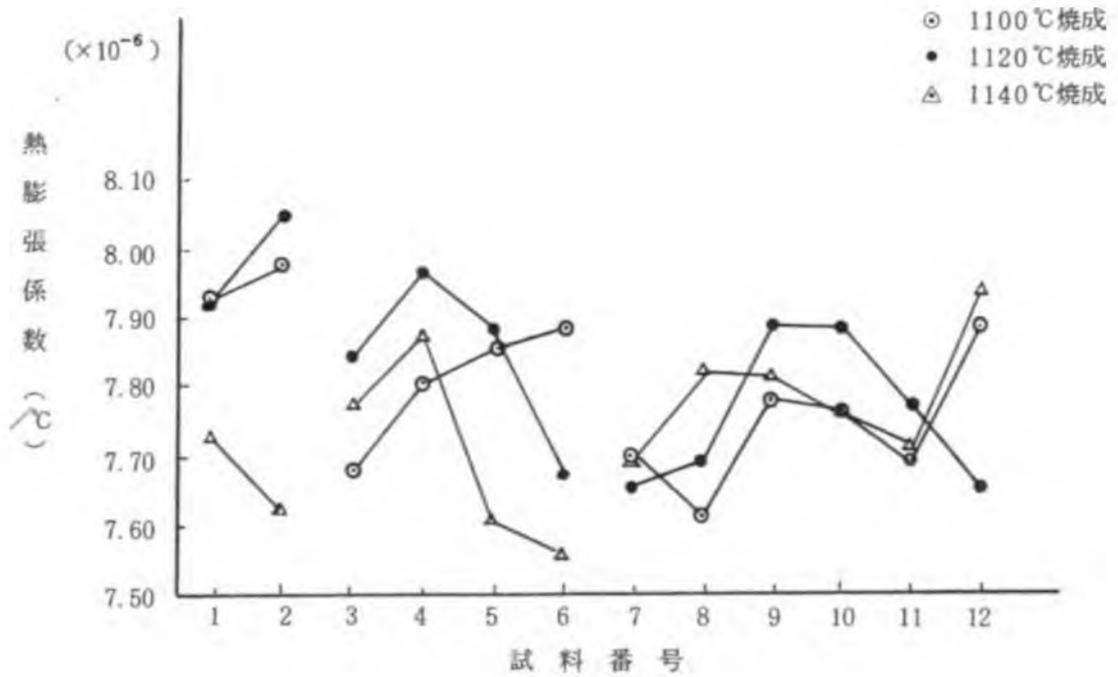
700℃における熱膨張係数を各素地について求めたが〈図12〉であるが、組成や焼成温度の違いによる一定の傾向を見出すことはできない。しかし、石灰石を使用した素地に比べて、珪灰石使用素地の熱膨張係数が著しく異なることはないようであり、問題はないと思われる。

〈図13〉に、1100℃、1120℃、1140℃焼成体のオートクレーブ処理前後での600℃における熱膨張係数の差を示した。この値が小さいほど、水和膨張も小さいことが予想される。

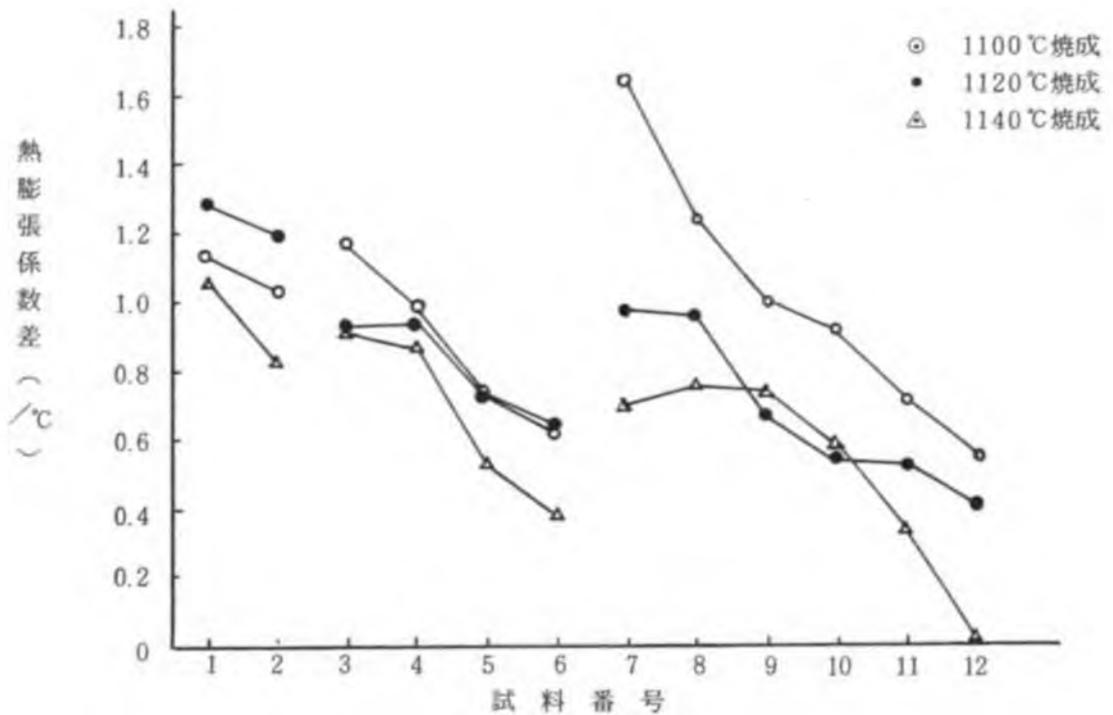
水和膨張は冷却速度がゆっくりだと再結晶がおこる¹⁾ので小さくなる。今回試験したのは電気窯で、冷却はガス窯より遅いので、水和膨張



〈図11〉 素地の種類による鉱物組成の変化(縦軸:ピーク高さ, 横軸:試料番号)
 ○ α-石英 △ アーサイト □ β-ワラストナイト ● α-クリストバライト × ムライト



〈図12〉 700℃における熱膨張係数



〈図13〉 オートクレーブ処理前後の600℃における熱膨張係数差

が小さくでている可能性が強い。

〈図13〉をみると、同石灰石量では珪灰石が増加するに従って水和膨張度は小さくなって

おり、1100℃焼成のW-7を除いて、水和膨張で問題になることはないと思われる。

珪灰石量の多い素地(W-5, 6, 10, 11,

12)では特に小さな値を示し、珪灰石が素地中の非晶質物質と反応して、結晶質物質を生成したことを暗示している。

4. まとめ

石灰長石質陶器において、石灰石と珪灰石を置換した素地12種の焼成性状を検討し、次の結果を得た。

①珪灰石を用いた素地は、乾燥収縮、吸水率が減少し、焼成収縮、かさ密度、抗折強度が増加した。これは珪灰石が焼成の際、石灰石のように熱分解を伴わないためと考えられる。しかし、同石灰石量では、珪灰石の増加に従って、焼成収縮、かさ密度が減少する。またCaOの多い素地は1140℃以上の焼成で急増性を示すようになる。

②1120℃以下の焼成では、白色度の変化は少ないが、珪灰石の多い素地は、焼成温度の上昇により、吸水率はあまり変化せず、白色度が大きく低下する傾向を示す。

③焼成によって、 β -ワラストナイト、アノーサイト、 α -クリストバライト、ムライトが生成される。アノーサイトの生成量からみて、珪灰石は石灰石より反応性が悪い。 α -クリストバライトは1120℃以上で、珪灰石の多い素地ほど増加する。ムライトは焼成温度、組成の違いに対し変動が少ない。

④水和膨張度は、同石灰石量で珪灰石の増加にともなって減少する。

以上のような結果から、珪灰石量が15~20%程度の素地を用い、現業より低い焼成温度で実用試験を行なう予定である。

謝辞 本研究を行なうに当って、珪灰石を提供していただいた金生興業社と、試験の一部を援助していただいた当試験場研修生、姜美淑氏(KYUNG HEE UNIVERSITY)に、感謝いたします。

文 献

- 1) 素木洋一, セラミックス, 6, 65-69(1971)
- 2) M. Vukovich, J. Am. Ceram. Soc., 39, 323-329(1956)
- 3) A. C. Bull, Trans. J. Brit. Ceram. Soc., 81, 69-74(1982)
- 4) 金岡繁人 他, 粘土科学, 21(2) 37-46(1981)
- 5) 安田, 伊部, 福井窯試報, 16, 43-58(1980)
- 6) M. S. Tite, Y. Maniatis, Trans. J. Brit. Ceram. Soc., 74, 19-22(1975)
- 7) 川村, 黒川, 名工試報, 31, 111-116(1982)
- 8) T. Peters, R. Iberg, J. Am. Ceram. Soc. Bull., 57, 503-509(1978)
- 9) I. Austrheim, Trans. J. Brit. Ceram. Soc., 76, 134-138(1977)
- 10) 井本米蔵, 窯協, 79, 156-163(1971)

(4) 試作研究

研究室 三宅清路

1. まえがき

従来、四日市万古焼の代表的材質である半磁器および耐熱陶器の試作、開発研究を行なっているが、本年度は当試開発による新材質、省資源を目的とするカオリン質炔器、高強度化により耐熱性への対応をはかるアルミナ質炔器を加え試作、装飾技法の研究を行なった。以下にそのおもな試作の内容をしるす。

2. 内 容

2.1 テーマ 耐熱食器1 (写真1～2)

2.1.1 目的 生活構造あるいは生活意識の変化から生じる機能に対応する耐熱食器の試作 (56年度より継続、年報VOL16参照)

2.1.2 経過 今後需要が増大すると予想される耐熱食器の一つにシチューポットがある。現在ではホーローを含めた金属器がその大半を占めるが、こげつきが少なく味がまろやか、保温性に優れるなどの長所から一部グルメ派に使用される傾向がみられ、これが一般に普及して行く可能性を含むものと思われる。そこで本年度は品種をシチューポットに定めた。容量は核家族を対象にして2400ccとし、胴および蓋の形状は一定で、把手の変化により多品種化が可能な成形法にした。炎による汚れ、料理材料による汚れを防ぐため鉄赤釉の吹付け施釉による濃淡を装飾技法として行なった。これはまたシチュー類をおいしくみせる色であり、あきのこない長く使える食器を目的としたものでもある。

把手は使用上の機能をそこなわない限度で遊



No. 1



No. 2



No. 3



No. 4

戯性をもたせ、消費者の個性的な要求への対応をはかった。

素 地・ベタライト系耐熱陶器

成 形・手ろくろ

装飾法・鉄赤釉吹付け

焼 成・1210℃、OF、電気炉

2.1.3 構成 シチューポット単品10種

2.2 テーマ 耐熱食器2（写真3～4）

2.2.1 目的 土鍋の新趣製品開発

2.2.2 経過 土鍋は万古焼の代表的製品であるが、ほとんどの家庭で保有されており、市場拡大は期待できない状況である。

そこで現在の材質、技術の域内で製品化できる、消費者の個性細分化の一つの極を対象とした試作を企画してみた。

土鍋に求められる諸機能で重要なものに収納性がある。とくに都市居住者にとって、あまり使用されず、大きな場所を占める土鍋は収納に困る器の一つである。しかし収納性を優先すると土鍋料理のもつ精神的な要素が失われる。そこでこゝでは収納性は後退させ、材質感を強調する器を試みた。

テーマ2.1と同様に胴の形状は一定にし、把手を変えることにより多品種化が可能なものにした。火色釉を吹付けすることにより、形態とあわせハンドクラフト性のある製品にした。

素 材・ベタライト系耐熱陶器

成 形・手ろくろ

装飾法・火色釉吹付け、内部は白マット釉

焼 成・1210℃、OF、電気炉

2.2.3 構成 土鍋単品3種

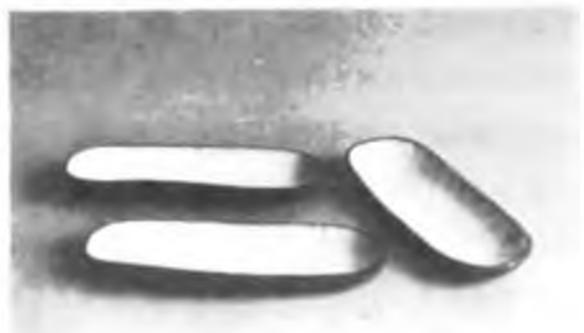
2.3 テーマ 半磁器による食器の試作（写真5）



No. 5



No. 6



No. 7



No. 8

2.3.1 目的 半磁器による装飾技法の研究
およびテーブルウェアの開発

2.3.2 経過 昨年度からの継続テーマであるが、本年度は鉄下絵に赤絵を加え、半磁器にみられない技法を試みた。

形状は楕円を基本にし、強度を増すためにや
ゝ肉厚に成形した。

素地・半磁器（工業組合并土）

成形・圧力鋳込成形

装飾法・鉄下絵石灰亜鉛釉、赤絵

焼成・1220℃、RF、ガス炉 750℃上
絵付

2.3.3 構成 ティーカップソーサー、肉皿、
パン皿、ティーポット、シュガーボール

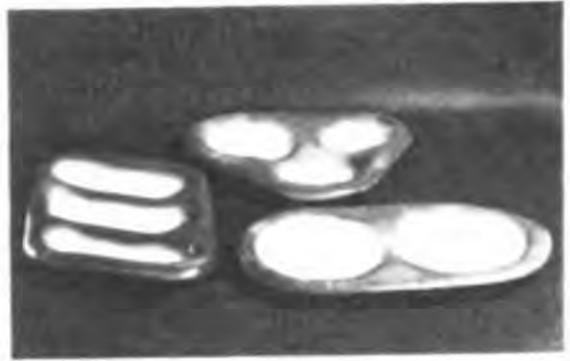
2.4 テーマ 低級カオリン利用による炆器
の試作（写真6～10）

2.4.1 目的 従来捨てられていた低級カオ
リンを利用して万古焼のイメージカラーである
茶褐色の炆器素地を作り、これによる食器類の
試作、装飾技法の研究を目的とする。

2.4.2 経過 カオリン20%、酸化第一鉄6
%含有で調製された坯土を用いた。酸化焼成に
よる素地の呈色は万古焼急須素地より浅く、乾
いた肌面であるが、ほぼ相似系であると判断さ
れた。しかし乾燥収縮率が大きく、ひずみ、き
れなどの欠点が生じやすい素地であり、大きな
器の成形には適さないことが判明した。そこで
比較的小さい器、小皿、小鉢、調味料入れ等の
試作を計画した。基本的には部分施釉で一部素
地地面を見せる装飾法により、万古焼のイメージ
を前面に出すようにした。

素地・カオリン質炆器

成形・手ろくろ、押型



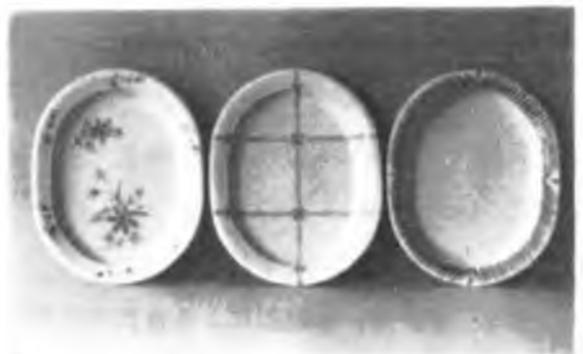
No.9



No.10



No.11



No.12

装飾法・乳白釉片身替り，同掛分け黒釉
焼成・1190℃，OF，電気炉

2.4.3 構成 小皿2種，ボール2種，調味
料セット2種，オードブル皿3種

2.5 テーマ 高強度アルミナ質炻器（研-
0）の装飾技法（写真11～12）

2.5.1 目的 オープン用食器試作のための
装飾技法

2.5.2 経過 テーマの材質は機械的強度を
高めることにより耐熱性を得るものである。こ
れによる電子レンジ，オープン用食器試作のた
めの装飾技法の研究である。装飾技法は1.素地
によるもの，2.釉によるもの，3.顔料によるも
のを試み，そのなかで顔料によるものが材質に
適した技法であると判断し，スクリーン転写と
手描きを併用することを前提に行なった。顔料

は市販の呉須を主にして，ピンク，黄，ヒワの
3種との対比を試みた。

素地・アルミナ質炻器

成形・圧力鋳込

装飾法・下絵，透明釉

焼成・1250℃，OF，ガス炉

2.5.3 構成 楕円皿試験体10種

3. あとがき

以上が本年度の試作研究の概要である。テー
マ5の高強度アルミナ質炻器は装飾技法の研究
にとどまったが，58年度も継続して試作を行な
う予定である。

これらの試作品は昭和58年3月17日当試にお
いて展示発表した。なおこれらのうちの一部は
第20回陶磁器試験研究機関作品展にも出品し
た。

(5) 伊賀焼伝統的工芸品の品質管理技術とデザイン開発

伊賀分場 技師 北川 幸 治

1. まえがき

今、キッチンスタイルからリビングスタイルまで、今日の消費者ニーズに対応するデザイン開発が求められている。これから21世紀にかけて社会や暮らしはどう変わってゆくのか…。本格的な余暇時代に入りつつある現在、消費者の求めているものを分析し、伝統的工芸品としての伊賀焼の品質管理技術を確立し、それを現代の生活用品にいかにかかすか。本年度は伝統的製品である厨房食器の原料選択や処理技術を検討するとともに、現代の食生活に対応した耐熱食器素地の開発研究と試作を行なった。また伊賀粘土を利用した新趣素地の研究で得られた坯土で室内用品であるカーテンリングと、島ヶ原地域に産する黄蛙目粘土を使ったワインクーラーの試作を行なった。以下に内容と試作品写真を報告する。

2. 内 容

2-A 目 的

耐熱食器素地を有色にすることによって商品の個性化をはかり、食卓用品としてのデザイン展開が促進される。

2-A-1 試験経過及び結果

- ①系 ベタライト+赤土
- ↓
- ②系 ベタライト+伊賀工粗土+FeO
- ↓
- ③系 ベタライト+伊賀工粗土+木節粘土+FeO

試作に使用した素地土は③系である。下記に素地土調合率を示す。



No 1



No 2



No 3



No 4

| | |
|-------|-----|
| ベタライト | 50 |
| 伊賀工組土 | 30 |
| 本山木節 | 20 |
| FeO | 1.5 |

上記の調合率による土の呈色はSK7, OF焼成で*にぶ赤味色、(dull red)であった。

2-B 目的

磁器製品と同等の強度をもつ素地土を利用した商品として、シンプルでカラフルなカーテンリングを試みた。

2-B-1 伊賀粘土を利用した新趣素地の研究。(4)素地土調合試験、表5 No2より黒蛙目27, 本山木節18, 釜戸長石10, 土橋陶石45, に陶試紅5, を加えてミル調合をした。

2-C 目的

ワイン需要の増加にともない、食卓用品として定着しつつあるワインクーラーの試作である。リング状のユニットをスタッキングすることによって冷却保持機能を高めることが出来る。また使用しない場合は、テーブル上の楽しむ小道具としても使用できる。

2-C-1 島ヶ原地域に産する黄蛙目粘土の単味試験の結果950℃, OF焼成にて美しい朱泥色を呈した。吸水率16.36%

3. 試作内容

3-1 (直火用オープンウェア) 2種

| | |
|-----|-----------------------------------|
| 材質 | 試作土 |
| 成形 | 手ロクロ |
| 装飾法 | 白マット, 鉄茶マット, マスキングテープ。SK7, OF |
| 目的 | 現代感覚のあるオープンウェア。Mテープを使用して有色素地をみせる。 |



No 5



No 6



No 7

3-2 (パン)大・小

| | |
|-----|----------------------|
| 材質 | 試作土 |
| 成形 | 手ロクロ |
| 装飾法 | 白マット軸, ローヌキ, SK7, OF |
| 目的 | 素地色を強調したデザインである。 |

3-3 (ミルクパン)

| | |
|----|-----|
| 材質 | 試作土 |
|----|-----|

成形 手ロクロ
装飾法 鉄マット釉 SK7, OF
目的 上記同
3-4 (カーテンリング)
材質 2-B-1の試験土
成形 型おこし
装飾法 &
他材料 透明釉, ネジピン, 白無地カーテ
ン素地, バイブ SK7, OF

3-5 (ワインクーラー)
材質 2-C-1の黄蛙目(三光鉱業)
成形 型おこし
装飾法 焼酎, 950℃ OF

4. あとがき

以上が本年度の試作と内容である。次年度も引き続き同じテーマで試作研究を行なう。

これらの試作品は6月6日、伊賀分場研究発表会に展示を行なった。

3. 依頼試験，設備利用

| 項 目 | 件 数 | 項 目 | 件 数 |
|-------------|-----|-----------|-------|
| X 線 分 析 | 162 | 焼 成 試 験 | 165 |
| 化 学 分 析 | 656 | 加 工 試 験 等 | 109 |
| 物 理 試 験 | 180 | 水 質 試 験 | 18 |
| 耐 火 度 試 験 | 50 | 試 料 調 整 | 103 |
| 熱 膨 張 等 試 験 | 92 | 設 備 利 用 | 78 |
| 耐 寒 試 験 | 9 | 計 | 1,622 |

4. 技術相談指道

(1) 技術相談指導

| 項 目 | 内 容 | 件 数 |
|---------|--|-----|
| 原 料 | 窯業原材料（陶石，長石，粘土，金属酸化物，顔料等）の選定，適正利用法，処理法 | 16 |
| 釉薬および素地 | 釉，素地の調整法，配合比の調整 | 305 |
| 製 造 技 術 | 成形，乾燥，窯，炉材，熱量，焼成 | 53 |
| デ ザ イ ン | デザイン（パターン，形状，着彩法）および装飾技法 | 45 |
| そ の 他 | | 1 |
| 計 | | 420 |

(2) 巡回技術相談指導

| 対 象 | 巡回企業数 | 指 導 内 容 |
|-------------------------------|-------|-------------------------------|
| 万古焼，伊賀焼 陶磁器製造業及 び県下瓦製造業 | 335 | 原材料，素地，釉，製造技術，デザイン，焼成技術，瓦等の指導 |

(3) 技術アドバイザー指導事業

| 対 象 | 地 区 名 | 指導企業数 | 指 導 日 数 | | 指 導 事 項 |
|--------|-------|-------|---------|-----|--------------------|
| | | | アドバイザー | 職 員 | |
| 陶磁器製造業 | 北 勢 | 15 | 72 | 45 | 陶磁器生産技術 陶磁器デザイン |
| | 伊 賀 | 1 | 5 | 4 | 陶磁器生産技術 |
| | 東紀州 | 1 | 3 | 3 | 陶磁器生産技術 |
| 計 | | 17 | 80 | 52 | |

(4) 技術指導施設費補助事業による指導

| テ ー マ 名 | 項 目 | 件 数 | 備 考 |
|------------------|-------------|-----|------|
| 県内産粘土の利用及び陶磁器の改良 | 技 術 相 談 | 140 | 最終年度 |
| | 巡 回 指 導 | 295 | |
| | 講 習 ・ 研 修 会 | 4 | |
| | 展 示 会 | 2 | |
| | 技術者の養成 | 68 | |

5. 講習会，講演会，審査

(1) 講習会・講演会の開催

| 名 称 | 年 月 | 場 所 | 人 員 (人) | 内 容 |
|----------------------|-------|--------|------------|-------------------------------|
| 実 技 講 習 会 | 57. 8 | 当 試 | 14 | 墨絵技法 |
| ニューセラミック講習会 | 11 | 萬古工業館 | 26 | セラミックスの低温焼結 |
| ” | 12 | ” | 24 | ニューセラミックス“特に電気絶縁材料”の現状と今後について |
| デ ザ イ ン 講 演 会 | 58. 1 | 当試伊賀分場 | 23 | 最近の陶磁器に対する消費者のニーズとデザインの動向 |
| 実 技 講 習 会 | 3 | 当 試 | 10 | 陶彫技法 |
| 昭和57年度 陶磁器開発技術講習会 | ” | ” | 44 | 研究成果の発表 |
| デ ザ イ ン 講 演 会 | ” | ” | 44 | いま消費者のもとめているもの |

(2) 展示会の開催

| 名 称 | 年 月 | 場 所 | 内 容 |
|------------|-------|--------|---------------|
| 陶磁器デザイン展示会 | 57. 6 | 萬古工業会館 | 地域特性を活かしたやきもの |
| 試作品展示発表会 | 58. 3 | 当 試 | 試作品の発表と指導 |

(3) 審 査

| 名 称 | 年 月 | 場 所 | 委 員 名 |
|--------------|-------|--------------------|--------------|
| 意匠登録審査会 | 57. 5 | 萬古工業会館 | 場 長 林 君 也 |
| ” | 6 | ” | ” |
| ” | 10 | ” | ” |
| ” | 58. 2 | ” | ” |
| 四日市萬古焼陶芸展 | 57. 5 | ” | ” |
| 萬古急須品評会 | 9 | ” | ” |
| 第11回三重県発明工夫展 | 10 | 三重県工業技術 セ ン タ ー | 研究室長 熊 野 義 雄 |

6. 研修生の指導

| 名 称 | 期 間 | 人 員 (人) | 内 容 | 担 当 者 |
|-----------------|----------------|------------|------------------------------------|---------|
| 海外窯業技術 研 修 生 | 57. 4 ~ 57. 6 | 2 | 素地及び釉薬の基礎的試験と自国 原料の利用試験及び諸性状試験 | 伊 濱 啓 一 |
| ” | 57. 8 ~ 57. 12 | 2 | ” | ” |
| 特別研修生 | 57. 6 ~ 58. 3 | 1 | 窯業原材料の化学分析, X線回折, 熱分析及び釉素地の調整技術 | 熊 谷 哉 |