

陶磁器における色彩と素材研究

Studies on Colors and Materials of Ceramic Ware

太田公典^{*}・梅本孝征^{*}・佐藤文子^{*}・杉山豊彦^{**}

OHTA Kiminori、UMEMOTO Takayuki、SATO Fumiko、SUGIYAMA Toyohiko

We studied the colors of blue-and-white ceramic ware, measuring their hue, value and chroma on the basis of Munsell color system with the spectrum photometer. We measured with the photometer blue shades of some blue-and-white porcelain produced in China from the end of the fifteenth century through the nineteenth century, the one made in Arita in the middle of the seventeenth century and some other samples, and we also examined some contemporary blue-and-white porcelain decorated with presently used Gosu. Then we compared those results in the graphic charts of their hue, value and chroma. The comparison of the charts visualized the differences of their color structures. This study developed the possibility of new way of research on blue-and-white porcelain.

キーワード：分光測色計（Spectrum photometer）、マンセル表色系（Munsell color system）、色相（Hue）、明度（Value : Brightness）、彩度（Chroma）、陶磁器（Ceramic ware）、染付（blue and white）、呉須（Gosu）

1 はじめに

陶磁器の研究はこれまで主に考古学的なアプローチによる古文書や古窯の発掘などの調査による研究が行われて来た。明治期になると、工業試験場による科学的なアプローチが盛んに行われた。科学的アプローチとしては原料の科学分析による比較と再現、陶磁史的アプローチとしては文様や形体の変遷、窯や道具などの変化が研究対象であった。

陶磁器は焼成によって様々に変化するため原料及び焼成された物の分析だけでは、人間の目にどのように見えているか評価が難しい。今回の色彩の研究は、色彩を数値として表すことにより、人間の目にどのように見えているかという鑑賞・評価の視点から色彩の研究を行い、それと共に呉須との関係を研究した。

*愛知県立芸術大学 教授 太田公典 准教授 梅本孝征 講師 佐藤文子

**独立行政法人産業技術総合研究所中部センター 杉山豊彦

呉須の色に関する研究では、共同研究者の1人である杉山豊彦によっておこなわれた。以下の呉須の発色に関する研究を参考に本研究を進めた。

・呉須の発色と釉

呉須の色を分光学的に解析するとき、呉須の発色に釉が及ぼす影響を把握する必要がある。呉須が下絵として用いられる場合、描画された文様が、施釉して焼成後も流れずに留まることから、呉須と釉との化学反応は限定的である。しかしまた、釉によって呉須下絵の色合いが変化することは、日常的に広く知られており、呉須と釉の化学反応を示している。既存作品の呉須発色の分析では、釉の影響を排除し、発色のうち呉須本来の特性に由来するものを抽出することが有効であり、そのために、釉の影響を定量的に見積もることが必要である。また、作品の生産地域特有の化学組成を有する釉が用いられている場合には、釉の化学組成に依拠する発色特性を知ることは作品の調査において有益な情報と期待される。呉須の発色に釉が及ぼす影響については、古くから多くの研究例があるが、分光学的に定量的な測定を行った例は僅かである[1]。

化学組成を系統的に変えた5種類の石灰-マグネシア釉を準備した。そのゼーゲル式と原料調合を表1に示す。素焼きした磁器生地の上に市販の呉須を均一に塗布し施釉した。市販の呉須として6種類を試験した。塗布する呉須の濃さは3通りに変えた。また、一般の染付と同様な筆描きの試験片も作製した。還元焼成後、発色を観察し、分光反射率を分光光度計日立製 C2000S により測定した。

図1に伊万里呉須を濃く塗布した試験片の分光反射率測定結果の例を示す。釉のマグネシウム含有量が多いほど、反射率が高く明るい色である。呉須の濃さによる反射率変化が大きいことが認められたため、色合いの変化を分析するために、図1の反射率曲線を相対値に変えたグラフを図2に示す。図2のグラフでは反射率積分値が同一になるように係数を掛けている。伊万里呉須では520,590,650nm付近に吸収が見られ、釉にMg成分が多いほど吸収ピークは小さく平坦であり、これが外観の色の赤味増加に対応した。更に他の呉須のデータも含め総合的な解析を現在進めている。

表1. 釉のゼーゲル式と原料調合

	①	②	③	④	⑤
KNaO	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Al2O3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
SiO2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
CaO	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
MgO	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
福島長石	45.43	46.04	46.86	47.48	48.45
珪石	28.90	27.35	25.59	23.88	21.95
NZカオリン	7.50	7.64	7.73	7.88	7.95
鼠石灰石	18.17	15.93	13.45	10.87	8.19
焼タルク	0.00	3.04	6.37	9.88	13.47

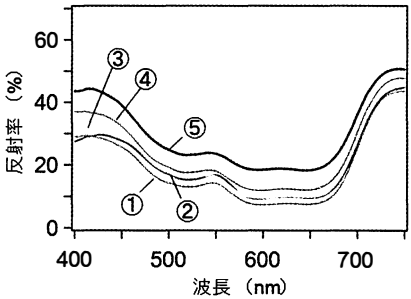


図1. 呉須の分光反射率

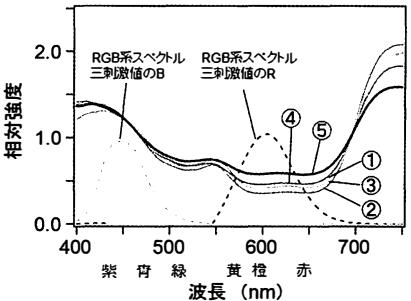


図2. 呉須の分光反射率の相対強度

[1] 窯業協会雑誌 56, 73-77(1948)

2 実験方法

2.1 実験試料

(1) 古陶磁陶片

今回の測定に使用した古陶磁陶片試料は、中国明・清時代の染付磁器である。* No.1～4 は 17 世紀前半・景德镇、* No.5～8 は 17 世紀中頃・景德镇、No.9～12 は 16 世紀後半・景德镇、No.13～19 は 18 世紀・福建省徳化窯、No.20～26 は 15 世紀末～16 世紀前半・景德镇、No.27～33 は 17 世紀前半・景德镇、No.34～39 は 17 世紀中頃・有田、No.40～44 は 17 世紀・福建省漳州窯、No.45～48 は 19 世紀・徳化窯、No.49～51 は 17 世紀前半・漳州窯、No.53～57 は 17 世紀前半・漳州窯などで焼成された品である。形体的には碗、皿の品がほとんどで、その形状は緩やかな曲面をしている。試料の総点数は 30 種類である。

(2) 呉須実験試料

呉須実験試料のテストピース作製については、いままでの制作経験を基に、呉須に酸化金属を添加する方法で 176 種類のテストピースを製作した。製作にあたり、素地原料は、 SiO_2 69.56%、 Al_2O_3 0.26%、 Fe_2O_3 0.49%、 TiO_2 0.14%、 CaO 0.39%、 MgO 0.12%、 Na_2O 1.38%、 K_2O 3.10%、の化学分析値をもつ磁土を使用し、釉薬は、市販の一号石灰釉に外割りでの柞灰(SiO_2 29.09%、 Al_2O_3 1.72%、 Fe_2O_3 0.30%、 CaO 42.10%、 MgO 1.09%、 Na_2O 0.40%、 K_2O 1.49%)を 7%加えたものを使用した。素地を 850℃で素焼きしたのち、それぞれの呉須で絵付けをし、ブタンガスを燃料としたガス窯(大和キルン工業製)による還元焼成をおこなった。焼成は、焼成時の窯の雰囲気で呉須の発色が変化することから、 CO 、 CO_2 濃度測定器を使用し、 CO 、 CO_2 濃度を測定した。還元焼成中の窯の雰囲気を測定機の CO 濃度の数値が 3.5ppm～4.6ppm の範囲を保つようにした。今回の呉須実験試料に使用した染付用の呉須の調合比は、表 - 1 を参照されたい。

*測定装置 CO 、 CO_2 濃度測定器

サンプリングユニット CFP-301 島津ポータブルガステスタ CGT (島津製作所)

2.2 機器分析

(1) 分光測色計 (コニカミノルタ・CM-700d) による染付の測定方法

分光測色計 (コニカミノルタ・CM-700d) での計測は、測色用標準イルミナイト D65 (紫外域を含む昼光で照らされている物体色の測色用光源)を使用し、光をスペクトル(波長成分)に分け、さまざまな波長成分が混ざり合っている色(視覚で色として認識される光)を数値化することができる。色彩の表示方法は「色相」、「明度」、「彩度」で分類した「マンセル表色系」や色を数値

* No.1～4, No.5～8 のデータは別冊資料集に掲載したが、本論稿ではデータについての考察をしていないので、頁数の関係で掲載していない。

で表す「L*a*b*表色系」などがあり、各種表色系への数値で表示される。本研究では、試料に垂直光をあて、あらゆる方向から均等に反射光を集め計測した光をスペクトルに分け、さまざまな波長成分がまざり合っている色を数値化した。試料の測定範囲は、直径3mmの円とした。

古陶磁陶片30種類からは、測定ポイントを123箇所選択し、新たに作製した呉須実験試料176種類。176個からは、測定ポイント472箇所選択した。全試料としての個体数は、595箇所である。

(2) 測定過程と記録方法

古陶磁陶片では測定面が曲面であるため、光源が放散し、試料面への角度の違いによって測定数値が異なった。測定装置のターゲットマスクの外径に添った黒いゴム板を試料に添わせ放散を少なくすることで、測定者の当て方による測定値の誤差を少なくすることができた。また実験試料においても、試料面の凹凸による源光の放散が測定数値の相異となったことから、同様の方法で測定を行った。

測定ポイントを記録するため、試料に測定範囲である直径3mmの円形と同径のシールを貼付し、ターゲットマスクと一致させ記録写真を撮影した。

*測定装置 分光測色計CM-700d (コニカミノルタ)

*記録装置 キヤノンEOS Kiss X4 EF (キヤノン)

2.3 目視による分析

目視による比較は、マンセル色票の色相による考察(グループ分け)、分光測色計の測定グラフの波長による考察(グループ分け)をした後、目視による比較をおこなった。

(1) マンセル色票の色相 (Munsell C Hue) による考察

測定資料は、595箇所に及んだが、その測定結果から得られたマンセル色票の色相 (Munsell C Hue) の数値を基に相互に比較をおこなった。マンセル色票の色相 (Munsell C Hue) の数値が、一致する試料を考察することから始める。呉須の測定から得られた色相は、マンセルシステムの色相環(図-1参照)によると8.6B~7.7PBの範囲で分布することが分かった。マンセル色票の色相 (Munsell C Hue) の数値が、一致したグループは、40組のグループで分けられ、その試料総数は、248箇所に及んだ。グループ分けにあたり、必ずグループ内に古陶磁陶片試料を含んでいることを条件とした。

(2) 分光測色計の測定グラフの波長による考察

マンセル色票の色相 (Munsell C Hue) の数値が一致したグループ40組の中で、各色相 (Munsell C Hue) ごとに分光測色計の測定グラフの波長が類似するものを選び出した。その際、古陶磁陶片試料の波形グラフを基本として、それに類似するものを選び出した。その結果、11組のグループ分けができ、試料総数では、45箇所となった。分光測色計の測定グラフの波長によるグループ分けは、波長の形がその色の性質をあらわすことから、各試料の波長を比較することで測定試料の色を理解することができる。今回の測定から得られた呉須の持つ波長は、概ね400nm~450nmで最も高い反射率を示す。450nm~500nmで下り坂になり、500nmから700nm

にかけては平行か緩やかな下り線となる。その間 550 nm 付近で反射率が少し上がることが分かった。

(3) 目視による比較

分光測色計の測定グラフの波長によるグループ分けの結果、11組のグループから古陶磁陶片試料を基本として、古陶磁陶片と呉須実験試料の染付の色が、同一かどうかを目視により確認した。目視による確認作業は、複数人によるアンケート形式でおこない、A=同じ、B=ほぼ同じ、C=やや違う、D=違うで選択した。その結果、52組の比較をおこないA、Bを選択した割合が75%を超えるものが13組存在した。

(4) 明度と彩度の比較

目視による確認をおこなった結果、13組の古陶磁陶片と呉須実験試料の組み合わせが得られた。13組、26個の試料の明度と彩度を比較したところ、明度で0.14~0.7、彩度で0.07~1.37の範囲にあることが分かった

(5) 目視による比較の問題点

分光測色計による測定結果から得られる数値(色相・明度・彩度)や波長グラフによる分析では、2.3 目視による比較の手順により、呉須が示す色合をある程度同じグループに絞り込むことが可能である。しかし、上記の手順では、色相によるグループ分けは有効であるが、測定グラフによる比較において波長の類似性を決定する確かな指標に乏しい。波長の比較では、分析者の主観が入るのは避けられず、更に多くの計測をおこない、分析することで波長の比較における規則性を見出す必要がある。更に目視による確認でも、比較者の主観が大きく左右するので、一般論としても膨大な数の試料を大勢の比較者により、同条件で比較検討する必要があることから、分析方法としては現実性に乏しい。

3. グラフによる複数点の総合比較と考察及び結果

3.1 グラフによる比較

目視により合致した試料の測定値を比較すると、相互に近い値を示している。しかし同一測定値が複数の試料で確認された場合においても、2.3 目視による比較、(5)で示したように目の前で全ての試料を比較することは作業として困難である。そこで、色相、明度、彩度を折れ線グラフとして表すことで、濃淡による違いを一つの画面の中に表し、他試料と比較できるようにした。折れ線グラフで表現するためには、色相を表す表示がマンセルでは環状であるため、そのままの数値では折線グラフとして表せない。そこで表-2のようにP10(赤紫)を0.01として色相環を左回りにマンセル測定値0.1ごとに0.01数値を増やし、RP0.1(紫)を10と便宜的に置き換えることにした。色相を整数に置き換え折れ線グラフに表すことで、色の性質をグラフの形で比較することが可能になると考えた。

(1) グラフによる比較と分析

これまでの比較データの内からNo.9=No.255、No.135=No.532、No.135=No.255は、それぞれグラフでも近く、目視でも近いことが判っている。No.9とNo.225が同じであれば、No.135とNo.9が近いのではな

いかと推測できると考え比較する事とした。しかしNo.9～No.12、No.135～No.136、No.254～No.256、No.532と試料ごとにみるとグラフに差がある。呉須は2.3目視による分析(1)によりマンセル値8.6B～7.7PBの差0.9の値を示すが、明度と彩度の関係がそれぞれに特徴があり、同一とは言い難いことが分かる。グラフを見ていると、明度と彩度の関係に特徴を持つデータが存在する。その折線の特徴が材料と関係あるとすれば比較の手掛かりになると考えた。そこで特徴ある、No.133の明度に対して彩度が低く折れ曲がった線に注目して、再度エクセルの表機能を使い検索することにした。検索において目視判断の許容範囲を考慮して、マンセル色相で2、明度で2、彩度で2の幅で検索を行うこととした。No.133の数値から色相2.6PB～4.6PB、明度1.33～3.33、彩度0.16～2.16の範囲のものを選び出したものが表-3である。

No.132～No.136とNo.20～No.26のグラフに関してはNo.133・No.21の折れ方、No.135・No.20の明度と彩度の関係、No.132・No.24の明度が低く彩度が高い特徴など、ほぼ同じ特徴をみることが出来る。No.134・No.136、No.22・No.25・No.26は素地の白色部分である。No.117はNo.133と近いが呉須の薄いところ等の測定点が少ないため比較は難しかった。No.324はNo.133と近いがNo.322・No.323は違っている。この試料も測定点が少ないため比較が難しかった。No.108は一点の測定点のみであるため比較が出来ない。No.132の試料は中国清時代、No.20の試料は中国明代(15世紀末～16世紀前半)である。No.322の測定値は表-4である。No.322～No.324はNo.586～No.588とほぼ同じ形をしている。この試料はどちらも現代作であり同じ所で作ったものである。焼成窯は違うがほぼ同じ特徴をグラフは表し、測定点は少ないが、ほぼ一致していることが解る。成分分析の表-5を見ると、コバルトの含有量等が違っているが、呉須の性質は近いと考えられる。

(2) 芙蓉手の考察

3.1(1)をふまえて産地、年代、文様の様式が判っている17世紀中頃の有田の皿での考察をおこなった。No.35の色相から6.3PB～8.3PB、明度1.64～3.64、彩度5.06～7.06で抽出した。結果No.35を含む24点が選出された。No.319・No.320とNo.34・No.35は近似値を示し、No.321は明度の低い色でありNo.34の試料には無い低さであるため比較の対象外とした。呉須実験試料No.319～No.321の測定値は表-4である。No.319の試料と同じような傾向をNo.322・No.323は示しているが、No.324は濃い色であるため反射の関係か、No.321での彩度が高く表示されているのとは逆に低く表されている。No.469とNo.35、No.470とNo.36が近い形を示している。No.469・No.470の測定値は表-4である。No.531とNo.36、No.529とNo.35は近い形を示している。No.531の測定値は表-4である。

今回の芙蓉手文様試料ではNo.35のデータをもとに検索したが、呉須実験試料No.319～No.321、No.529～No.531に近い形が現れた。同じ性質を持つものであるか、今後の研究課題としたい。

同形式の18世紀福建省徳化窯、芙蓉手の試料は、どのような形が現れるかNo.13～No.19のグラフをNo.34～No.39と比較をしてみることにした。同じ芙蓉手であるが、呉須の形を表すNo.13とNo.14の形はNo.35に近いが、No.13～No.19は明度2.3～3.45の間を示しているが、No.34～No.39ではNo.35を除いて、4.9～6.0と明度が高い。彩度を見るとNo.13～No.19は4.4～6.3であるが、No.34～No.39は2.4～4.8と低い数値を示していて、2作品は、文様は同様であるが、呉須の色に明らかな違いを読み取ることが

できた。

3.2 結果

「目視による考察」において色相、明度、彩度による比較が一試料において一点のみの比較では、呉須の使用時における濃淡による明度や彩度の変化に対応できないことが分かった。

そのため、一点のサンプリングポイントのみでなく、薄いところから濃いところまで測定することで、呉須に含まれている原料の違いが濃淡の変化に特徴あるグラフ形となって現れるのではないかと考え「グラフによる複数点の総合比較と考察」をすることとした。

今回の測定と分析から、非常に近い数値を表すグラフであれば同時代同地域であるとする可能性は充分ある。しかし古陶磁との比較において、呉須実験試料から近似値のデータを示すものを探すには、折線グラフと原料との関係を分析しながら、多くの実験を重ねる必要がある。

今回のグラフによる比較研究の有効性を確認するために古陶磁試料No.34～No.39の芙蓉手の皿の比較を行った。その結果同じ芙蓉手の様式を持つNo.13～No.19にもNo.35と近いNo.13というグラフ線がある。しかし全体でみると、No.13～No.19の試料では明度が低く彩度の高い特徴がみられるが、No.34～No.39の呉須には明度が高く彩度の低い特徴がみられる。目視でもNo.13の試料は鮮やかな印象がある。呉須の色だけで同時代、同産地を特定するためには産地、年代がはっきりしている試料の測定データが必要である。混色による呉須実験試料との比較ではNo.529～No.531の調合が、No.34～No.39にかなり近い数値を示している。今後、研究課題としたい。

以上のように今回の研究において、先行する研究が確認できなかったため、測定値を有効に使うための方法論が中心となった。グラフにすることで以下の事が、今後、可能になると考えられる。

- ・古陶磁を測定する事による、色彩の数値化。そのことによって、直接比較出来ない作品も数値によって、比較することが可能となる。
- ・再現のための実験での評価が、染付のように濃淡で表現する場合は、目視で複数を比較することは困難である。グラフにすることによって、色彩の特徴を比較することができ、同定が可能であろうと考えられる。

また、古陶磁の色彩の研究において分光測色計を使う研究は、始まったばかりである。今後、同様の研究が広まることで、陶磁への理解が深まることを願っている。

今回の研究は、学校法人愛知公立大学の理事長研究費によって実施しました。今回の研究を採択して頂いた理事長には、大変感謝しています。また、古陶磁の資料提供とご助言を頂いた愛知県陶磁資料館の森達也氏、田村哲氏、そして、今回の研究に度々のご助言を頂いた、津坂和秀先生、測定やデータ整理に大変お世話になった福島由子氏、前田江里奈氏、久野笑加氏、熊沢文太氏、村松由加里氏、森本静花氏に謝意を表したいと思います。

主要参考文献

色を読む話 (株)コニカミノルタセンシング.

陶磁器における色彩と素材研究 参考図版

番号	割合	番号	割合
58-59	古代コス酸化コバルト100	343-344-345	旧0:古0:伊20:新0:京80:焼コソ
60-61	古代コス96.77酸化コバルト3.23并柄0	346-347-348	旧0:古0:伊50:新0:京50:焼コソ
62-63	古代コス90酸化コバルト0并柄10	349-350-351	旧0:古0:伊80:新0:京20:焼コソ
64-65	古代コス86.02酸化コバルト3.23并柄10.75	352-353-354	京呉須28.57:伊万里呉須28.57:并柄42.86・二酸化マンガソ
66	古代コス88.61酸化コバルト11.39并柄0	355-356	京呉須18.75:伊万里呉須18.75:并柄62.5・二酸化マンガソ
67-68	古代コス81.4酸化コバルト8.98并柄11.63	357-358	京呉須16.67:伊万里呉須16.67:并柄33.33・二酸化マンガソ33.33
69-70	古代コス75.27酸化コバルト3.23并柄21.51	359-360-361	京呉須28.57:伊万里呉須28.57:并柄0・二酸化マンガソ42.86
71	古代コス75.95酸化コバルト11.39并柄12.66	362-363-364	京呉須18.75:伊万里呉須18.75:并柄0・二酸化マンガソ62.5
72-73	古代コス69.77酸化コバルト6.98并柄23.26	365-366	京呉須11.43:伊万里呉須45.71:并柄42.86・二酸化マンガソ
74-75	古代コス64.52酸化コバルト3.23并柄32.26	367-368	京呉須7.5:伊万里呉須30:并柄62.5・二酸化マンガソ
76-77	古代コス76.92酸化コバルト23.08并柄0	369-370-371	京呉須6.67:伊万里呉須26.67:并柄33.33・二酸化マンガソ33.33
78	古代コス69.44酸化コバルト16.67并柄13.89	372-373-374	京呉須11.43:伊万里呉須45.71:并柄0・二酸化マンガソ42.86
79-80	古代コス63.29酸化コバルト11.39并柄25.32	375-376-377	京呉須7.5:伊万里呉須30:并柄0・二酸化マンガソ62.5
81-82	古代コス61.54酸化コバルト23.08并柄15.38	378-379-380	古80:京20:伊0:新0:焼コソ
83-84	古代コス55.56酸化コバルト16.67并柄27.78	381-382-383	古50:京50:伊0:新0:焼コソ
85-86	古代コス50.63酸化コバルト11.39并柄37.97	384-385-386	古20:京80:伊0:新0:焼コソ
87-88	古代コス43.01酸化コバルト3.23并柄53.76	387-388-389	古80:京0:伊0:新0:焼コソ
89	古代コス58.82酸化コバルト41.18并柄0	390-391-392	古50:京0:伊0:新0:焼コソ20
90-91	古代コス39.22酸化コバルト41.18并柄19.61	393-394-395	古20:京0:伊0:新0:焼コソ80
92-93	古代コス30.77酸化コバルト23.08并柄46.15	396-397-398	古80:京0:伊20:新0:焼コソ
94-95	古代コス25.32酸化コバルト11.39并柄63.29	399-400-401	古50:京0:伊50:新0:焼コソ
96-97	古代コス21.5酸化コバルト3.23并柄75.27	402-403-404	古20:京0:伊80:新0:焼コソ
98	古代コス27.03酸化コバルト72.97并柄0	405-406-407	古0:京20:伊0:新80:焼コソ
99-100	古代コス19.61酸化コバルト41.18并柄39.22	408-409-410	古0:京50:伊0:新50:焼コソ
101-102	古代コス13.89酸化コバルト16.67并柄69.44	411-412	古0:京80:伊0:新20:焼コソ
103-104	古代コス10.83酸化コバルト6.98并柄81.4	413-414-415	古80:京0:伊0:新20:焼コソ
105	古代コス10酸化コバルト0并柄90	416-417-418	古50:京0:伊0:新50:焼コソ
106-107	古代コス0酸化コバルト100并柄0	419-420-421	古20:京0:伊0:新80:焼コソ
108	古代コス0酸化コバルト72.97并柄27.03	422-423-424	古0:京0:伊20:新80:焼コソ
109	古代コス0酸化コバルト3.23并柄96.77	425-426-427	古0:京0:伊50:新50:焼コソ
110	古代コス0酸化コバルト0并柄100	428-429-430	古0:京0:伊80:新20:焼コソ
177-178	焼磚コソ 灰呉須	431-432-433	旧呉須11.43:伊万里呉須45.71:并柄42.86・二酸化マンガソ
179-180	焼磚コソ 50:80元呉須	434-435-436	旧呉須7.5:伊万里呉須30:并柄・二酸化マンガソ62.5
181-182	焼磚コソ 50:180元呉須	437-438-439	旧呉須6.67:伊万里呉須26.67:并柄33.33・二酸化マンガソ33.33
183-184-185	7種コソ 旧呉須	440-441-442	旧呉須11.43:伊万里呉須45.71:并柄0・二酸化マンガソ42.86
186-187-188	7種コソ 京呉須	443-444-445	旧呉須7.5:伊万里呉須30:并柄0・二酸化マンガソ62.5
189-190-191	7種コソ 焼貫呉須	446-447-448	伊万里呉須45.71:古代呉須11.43:并柄42.86・二酸化マンガソ
192-193-194	7種コソ 伊万里呉須	449-450-451	伊万里呉須30:古代呉須7.5:并柄62.5・二酸化マンガソ
195-196-197	7種コソ 古代呉須	452-453-454	伊万里呉須26.67:古代呉須6.67:并柄33.33・二酸化マンガソ33.33
198-199-200	7種コソ 新呉須	455-456-457	伊万里呉須45.71:古代呉須11.43:并柄0・二酸化マンガソ42.86
201-202-203	7種コソ 酸化コバルト	458-459-460	伊万里呉須30:古代呉須7.5:并柄0・二酸化マンガソ62.5
204-205-206	旧コソ10:伊万里90	461-462-463	旧呉須11.43:焼貫呉須45.71:并柄42.86・二酸化マンガソ
207-208-209	旧コソ20:伊万里90	464-465	旧呉須7.5:焼貫呉須30:并柄62.5・二酸化マンガソ
210-211-212	旧コソ30:伊万里70	466-467-468	旧呉須6.67:焼貫呉須26.67:并柄33.33・二酸化マンガソ33.33
213-214-215	旧コソ40:伊万里60	469-470-471	旧呉須11.43:焼貫呉須45.71:并柄0・二酸化マンガソ42.86
216-217-218	旧コソ50:伊万里50	472-473-474	旧呉須7.5:焼貫呉須30:并柄0・二酸化マンガソ62.5
219-220-221	旧コソ60:伊万里40	475-476-477	伊90.91:丸石陶石(生)9.09
222-223-224	旧コソ70:伊万里30	478-479-480	伊83.33:丸石陶石(生)16.67
225-226-227	旧コソ80:伊万里20	481-482-483	伊76.92:丸石陶石(生)23.08
228-229-230	旧コソ90:伊万里10	484-485-486	伊71.43:丸石陶石(生)28.57
231-232-233	旧呉須95.24:并柄4.76・二酸化マンガソ	487-488-489	伊90.91:丸石陶石(焼)9.09
234-235-236	旧呉須95.24:并柄0・二酸化マンガソ4.76	490-491-492	伊83.33:丸石陶石(焼)16.67
237-238-239	京呉須95.24:并柄4.76・二酸化マンガソ	493-494-495	伊76.92:丸石陶石(焼)23.08
240-241-242	京呉須95.24:并柄0・二酸化マンガソ4.76	496-497	伊71.43:丸石陶石(焼)23.57
243-244-245	焼貫呉須95.24:并柄4.76・二酸化マンガソ	498-499	伊90.91:天草陶石(生)9.09
246-247	焼貫呉須95.24:并柄0・二酸化マンガソ4.76	500-501-502	伊83.33:天草陶石(生)16.67
248-249-250	伊万里呉須95.24:并柄4.76・二酸化マンガソ	503-504-505	伊76.92:天草陶石(生)23.08
251-252-253	伊万里呉須95.24:并柄0・二酸化マンガソ4.76	506-507	伊71.43:天草陶石(生)23.57
254-255-256	古代呉須95.24:并柄4.76・二酸化マンガソ	508-509-510	伊90.91:伊勢久精製カオリン9.09:天然土灰0
257-258-259	古代呉須95.24:并柄0・二酸化マンガソ4.76	511-512-513	伊83.33:伊勢久精製カオリン16.67:天然土灰0
260-261-262	新呉須95.24:并柄4.76・二酸化マンガソ	514-515-516	伊76.92:伊勢久精製カオリン23.08:天然土灰0
263-264	新呉須95.24:并柄0・二酸化マンガソ4.76	517-518-519	伊71.43:伊勢久精製カオリン23.57:天然土灰0
265-266-267	伊70:旧30:并柄0・クロム0	520-521-523	伊90.91:日本陶料水箐カオリン9.09:天然土灰0
268-269-270	伊66.67:旧28.57:并柄4.76・クロム0	523-524-525	伊83.33:日本陶料水箐カオリン16.67:天然土灰0
271-272-273	伊63.64:旧27.27:并柄9.09・クロム0	526-527-528	伊76.92:日本陶料水箐カオリン23.08:天然土灰0
274-275-276	伊58.33:旧25:并柄16.67・クロム0	529-530-531	伊71.43:日本陶料水箐カオリン28.57:天然土灰0
277-278-279	伊46.67:旧20:并柄33.33・クロム0	532-533	伊90.91:日本陶料水箐カオリン0:天然土灰9.09
280-281-282	伊35:旧15:并柄50・クロム0	534-535-536	伊83.33:日本陶料水箐カオリン0:天然土灰16.67
283-284-285	伊66.67:旧28.57:并柄0・クロム4.76	537-538-539	伊76.92:日本陶料水箐カオリン0:天然土灰23.08
286-287-288	伊60.87:旧26.09:并柄8.7・クロム4.35	540-541-542	伊71.43:日本陶料水箐カオリン0:天然土灰28.57
289-290-291	伊56:旧24:并柄16・クロム4	543-544-545	伊90.91:并柄9.09:マンガソ0:コバルト0
292-293-294	伊45.16:旧19.35:并柄32.26・クロム3.23	546-547-548	伊83.33:并柄16.67:マンガソ0:コバルト0
295-296-297	伊34.15:旧14.63:并柄48.78・クロム2.44	549-550	伊76.92:并柄23.08:マンガソ0:コバルト0
298-299-300	旧80:古20:伊0:新0:京0:焼コソ	551-552-553	伊71.43:并柄28.57:マンガソ0:コバルト0
301-302-303	旧50:古50:伊0:新0:京0:焼コソ	554-555-556	伊66.67:并柄33.33:マンガソ0:コバルト0
304-305-306	旧20:古80:伊0:新0:京0:焼コソ	557-558	伊90.91:并柄0:マンガソ9.09:コバルト0
307-308-309	旧80:古0:伊20:新0:京0:焼コソ	559-560-561	伊83.33:并柄0:マンガソ16.67:コバルト0
310-311-312	旧50:古0:伊50:新0:京0:焼コソ	562-563-564	伊76.92:并柄0:マンガソ23.08:コバルト0
313-314-315	旧20:古0:伊80:新0:京0:焼コソ	565-566-567	伊71.43:并柄0:マンガソ28.57:コバルト0
316-317-318	旧80:古0:伊0:新0:京20:焼コソ	568-569-570	伊66.67:并柄0:マンガソ33.33:コバルト0
319-320-321	旧50:古0:伊0:新0:京50:焼コソ	571-572-573	伊90.91:并柄0:マンガソ0:コバルト9.09
322-323-324	旧20:古0:伊0:新0:京80:焼コソ	574-575-576	伊83.33:并柄0:マンガソ0:コバルト16.67
325-326-327	旧80:古0:伊0:新0:京0:焼コソ	577-578-579	伊76.92:并柄0:マンガソ0:コバルト23.08
328-329-330	旧50:古0:伊0:新0:京20:焼コソ	580-581-583	伊71.43:并柄0:マンガソ0:コバルト28.57
331-332-333	旧20:古0:伊0:新0:京0:焼コソ	583-584-585	伊66.67:并柄0:マンガソ0:コバルト33.33
334-335-336	旧80:古0:伊0:新20:京0:焼コソ	586-587-588	伊万里70:旧ゴソ30 950℃還元
337-338-339	旧50:古0:伊0:新50:京0:焼コソ	589-590-591-592	焼貫ゴソ100 新窯焼成
340-341-342	旧20:古0:伊0:新80:京0:焼コソ	593-594-595	伊万里70:旧ゴソ30 1150℃還元

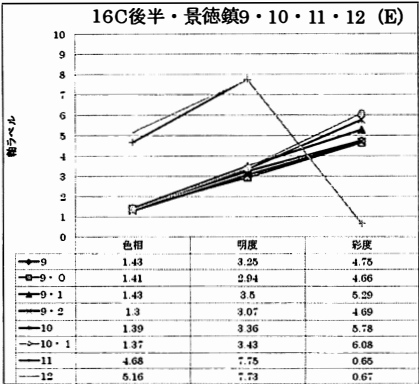
表 - 1

[illegible]

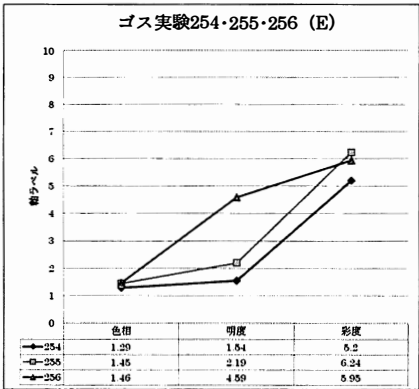
表 - 2

番号	反射光	Hue	Value	Chroma
21	E	3.6PB	2.72	1.33
108	E	3.2PB	1.4	1.78
117	E	3.2PB	2.66	1.45
133	E	3.6PB	2.33	1.16
324	E	3.0PB	1.63	0.41
586	E	2.8PB	1.63	0.59

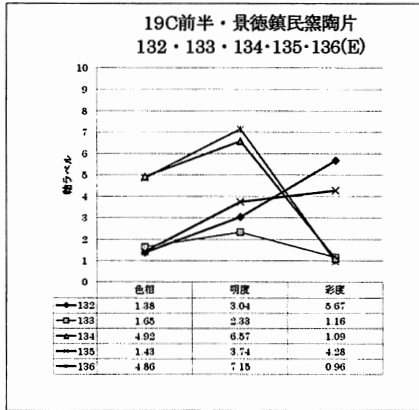
表 - 3



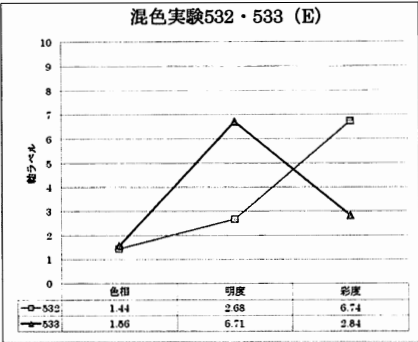
試料No.9～No.12 グラフ



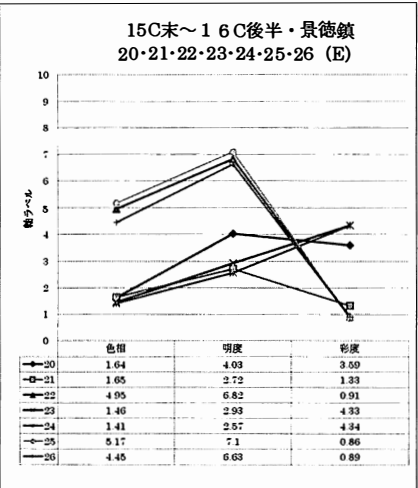
試料No.254～No.256 グラフ



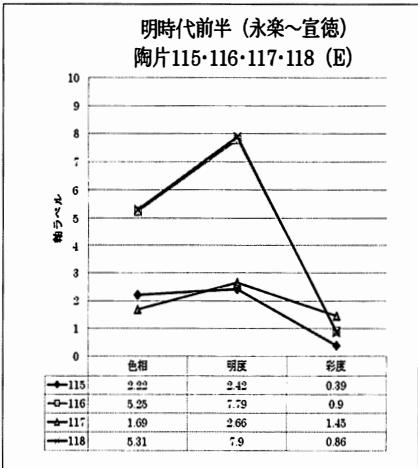
試料No.132～No.136 グラフ



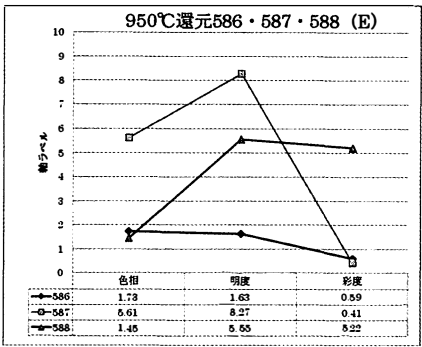
試料No.532・No.533 グラフ



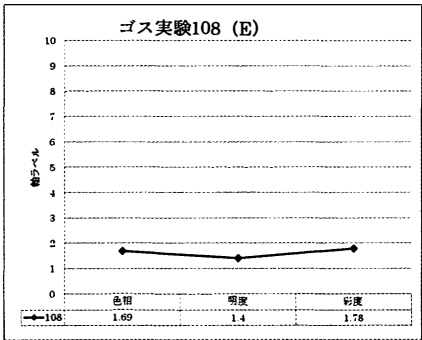
試料No.20～No.26 グラフ



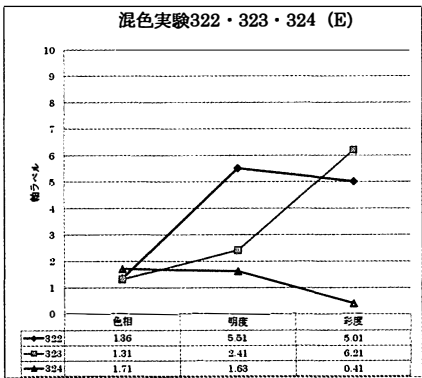
試料No.115～No.118 グラフ



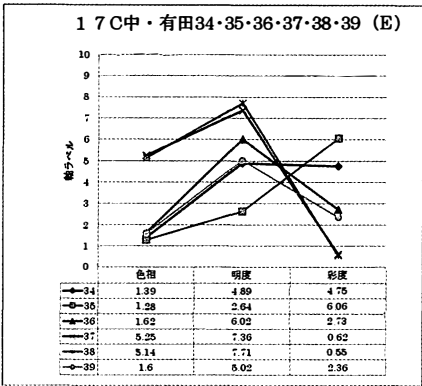
試料No.586～588 グラフ



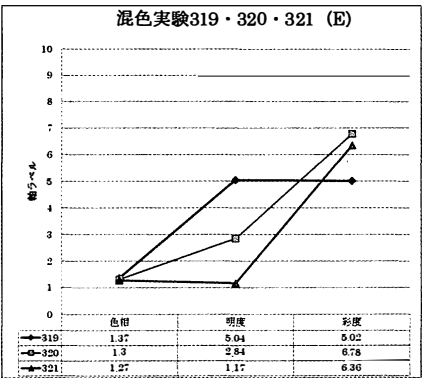
試料No.108 グラフ



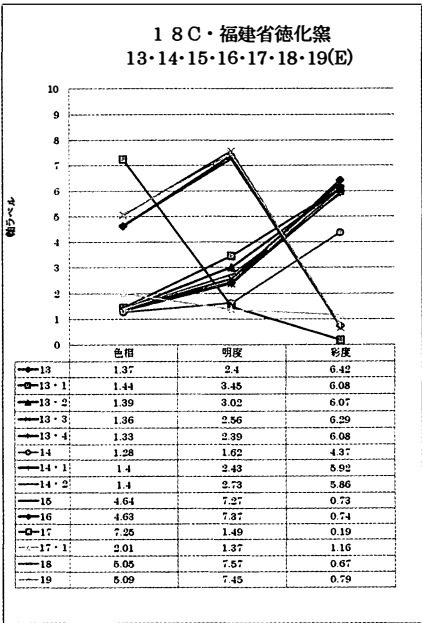
試料No.322～324 グラフ



試料No.34～No.39 グラフ



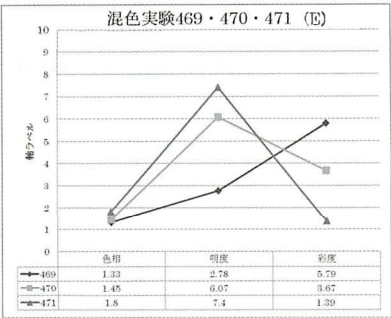
試料No.319～321 グラフ



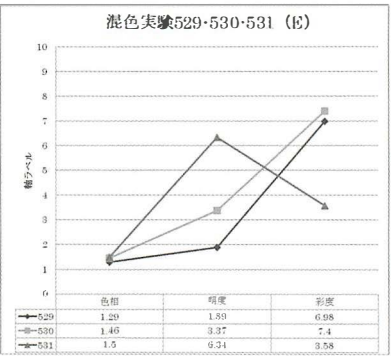
試料No.13～19 グラフ

番号	反射光	Hue	Value	Chroma
13	E	6.4PB	2.4	6.42
35	E	7.3PB	2.64	6.06
60	E	6.3PB	2.4	5.51
76	E	7.0PB	3.07	6.91
92	E	6.6PB	3.45	6.39
125	E	6.4PB	2	6.1
132	E	6.3PB	3.04	5.67
187	E	6.9PB	1.9	6.38
188	E	6.7PB	3.33	6.34
251	E	7.8PB	1.78	5.13
252	E	7.1PB	2.34	7.06
258	E	6.9PB	1.94	6.89
311	E	6.7PB	1.86	6.83
320	E	7.1PB	2.84	6.78
322	E	6.5PB	5.51	5.01
323	E	7.0PB	2.41	6.21
327	E	6.3PB	2.48	5.62
347	E	7.2PB	2.59	6.74
380	E	7.0PB	2.93	5.76
382	E	6.7PB	2.46	6.43
403	E	6.6PB	1.86	6.7
458	E	6.4PB	2.85	5.55
469	E	6.8PB	2.78	5.79
470	E	5.6PB	6.07	3.67
511	E	7.6PB	1.72	5.27
529	E	7.2PB	1.89	6.98
531	E	5.1PB	6.34	3.58

表 - 4



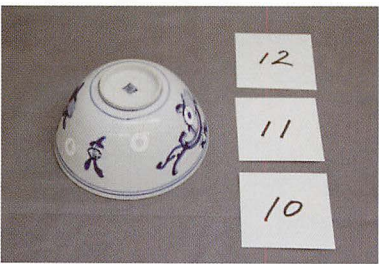
試料No.469～No.471 グラフ



試料No.529～No.531 グラフ



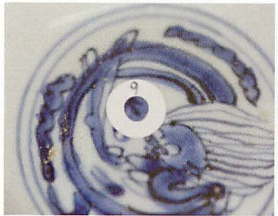
16 世紀後半 景德鎮



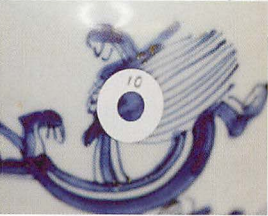
16 世紀後半 景德鎮



試料No.132～No.134



試料No.9



試料No.10



試料No.11



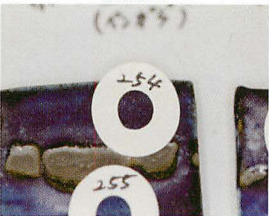
試料No.135, No.136



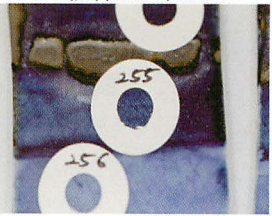
試料No.12



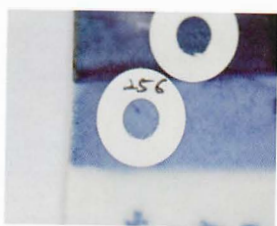
試料No.532, No.533



試料No.254



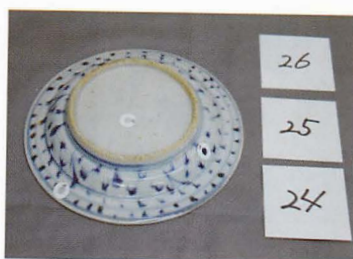
試料No.255



試料No.256



15 世紀末～16 世紀前半 景德鎮



15 世紀末～16 世紀前半 景德鎮



景德鎮 民窯



試料No.115, No.116



試料No.117



試料No.118



試料No.588



試料No.108



試料No.322～No.324



17 世紀中頃 有田



17 世紀中頃 有田



試料No.34～No.37



試料No.38



試料No.39



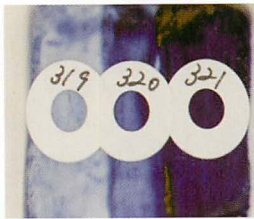
呉須実験試料 伊万里呉須 7 : 旧呉須 3



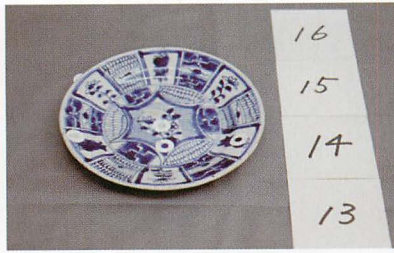
試料No.586



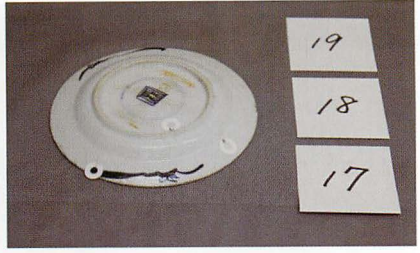
試料No.587



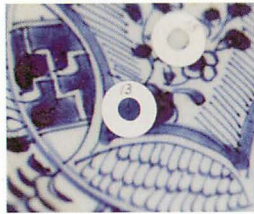
試料No.319～No.321



18 世紀 福建省徳化窯



18 世紀 福建省徳化窯



試料No.13



試料No.14



試料No.16



試料No.17



試料No.18



試料No.19



図 - 1

番号	Sio2	Al2O3	Co2O3	MgO	CaO	K2O	Fe2O3	Na2O	TiO2	BaO	Cl
322/323/324旧呉須 20: 京呉須80	36.04	21.88	15.64	0.3298	1.9156	0.8464	12.094	1.2876	0.10776	0.2226	0.21232
	P2O5	SO3	MnO	NiO	SrO	ZrO2	F	ZnO	PbO	CuO	Rb2O
	0.07184	0.03266	6.968	2.26346	0.015	0	0	0.01206	0	0.0058	0.00104
	As2O3	Cr2O3	V2O5	MoO3	MnO2						
	0	0	0	0	0						
番号	Sio2	Al2O3	Co2O3	MgO	CaO	K2O	Fe2O3	Na2O	TiO2	BaO	Cl
319/320/321旧呉須 50: 京呉須50	42.85	20.5	11.2	0.286	1.339	1.5415	9.835	1.089	0.1401	0.3915	0.1513
	P2O5	SO3	MnO	NiO	SrO	ZrO2	F	ZnO	PbO	CuO	Rb2O
	0.11465	0.0305	9.005	1.42865	0.0159	0	0	0.03015	0	0.0145	0.0026
	As2O3	Cr2O3	V2O5	MoO3	MnO2						
	0	0	0	0	0						
番号	Sio2	Al2O3	Co2O3	MgO	CaO	K2O	Fe2O3	Na2O	TiO2	BaO	Cl
469・470・471	31.10701	15.47329	5.55386	1.3042259	0.3311784	0.5421881	0.890354	0.2159987	0.1085661	0.11079501	0.02308479
	P2O5	SO3	MnO	NiO	SrO	ZrO2	F	ZnO	PbO	CuO	Rb2O
	0.03520135	0.01683338	44.28198242	0.00883439	0.00432003	0.00187411	0	0.00689229	0	0.0033147	0.00059436
	As2O3	Cr2O3	V2O5	MoO3	MnO2						
	0	0	0	0	0						
番号	Sio2	Al2O3	Co2O3	MgO	CaO	K2O	Fe2O3	Na2O	TiO2	BaO	Cl
529/530/531伊万里 呉須100: 韓国力オリ ン40	53.305869	26.202602	7.8573	0.2557128	0.6092789	0.931442	2.892915	0.3578551	0.150003	0.05892975	0.02242902
	P2O5	SO3	MnO	NiO	SrO	ZrO2	F	ZnO	PbO	CuO	Rb2O
	0.4307229	0.02057184	1.250025	0.06035835	0.00342864	0.0042858	0	0	0	0	0
	As2O3	Cr2O3	V2O5	MoO3	MnO2						
	0	1.728606	0	0	0						
番号	Sio2	Al2O3	Co2O3	MgO	CaO	K2O	Fe2O3	Na2O	TiO2	BaO	Cl
586/587/588 旧呉須3: 伊万里呉 須7	55.74	20.23	8.84	0.2221	0.4445	1.65	4.656	0.4493	0.2052	0.25965	0.03686
	P2O5	SO3	MnO	NiO	SrO	ZrO2	F	ZnO	PbO	CuO	Rb2O
	0.4779	0.02823	4.945	0.07034	0.00858	0.0042	0	0.01809	0	0.0087	0.00156
	As2O3	Cr2O3	V2O5	MoO3	MnO2	Fe2O3					
	0	1.694	0	0	0	0					

呉須実験成分分析表 表 - 5