石灰釉に酸化鉄を添加した鉄釉の発色 (第1報)

——基礎釉組成が吸収係数に及ぼす影響——

杉山豊彦・長江 肇・山田豊章・鈴木 傑*

産業技術総合研究所セラミックス研究部門, 463-8560 名古屋市守山区下志段味穴が洞 2266
*名古屋工業大学セラミックス基盤工学研究センター, 507-0071 岐阜県多治見市旭ヶ丘 10-6-29

Coloring of Lime Glazes Containing Iron Oxide (Part 1)

——Influence of Chemical Composition on Absorption Coefficient of Glaze——

Toyohiko SUGIYAMA, Hajime NAGAE, Toyoaki YAMADA and Suguru SUZUKI*

Ceramic Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology,
2266, Anagahora, Shimo-Shidami, Moriyama-ku, Nagoya-shi 463-8560

*Ceramics Research Laboratory, Nagoya Institute of Technology, 10-6-29, Asahigaoka, Tajimi-shi, Gifu 507-0071

For analysing color of lime glaze containing 1 mass% or 8 mass% of Fe_2O_3 , the spectral absorption coefficients were measured by a method based on Kubelka-Munk theory. The strong absorption considered as a tail of absorption in ultraviolet region was shown at the short wave length side on the glaze containing 1 mass% of Fe_2O_3 . The coefficients of the absorption increased largely with increasing Al_2O_3 content in glaze. But the absorption coefficients were almost independent with SiO_2 . The spectral absorption coefficients of 8 mass% Fe_2O_3 were similar to the tendency of the glaze with 1 mass% Fe_2O_3 . From the results obtained in the present work, the correction of the traditional admitted explanation, the variation of apparent color in the iron glaze is entirely explained by the variation of absorption in visible region, should be necessary. An influence of factors other than absorption should be investigated on the variation of color.

[Received July 4, 2002; Accepted November 6, 2002]

Key-words : Iron glaze, Spectral absorption coefficient, Coloring, Tenmoku, Ame glaze, Reflectance

1. 緒 言

鉄の発色は、日本の数多くの代表的な釉薬に用いられている。伝統的釉薬では、天目釉、黄瀬戸釉、鉛釉、青磁釉などがある。また、タイル、瓦などの不透明釉にも、鉄は着色剤として頻繁に用いられる。

釉の色は、釉組成や焼成条件を変えることにより制御される。石灰系の基礎釉に酸化鉄を添加したときの釉組成と発色の関係が調べられている¹⁾。多様な釉が、基礎釉のアルミナ、シリカの配合を変化させることによって得られる。

釉を研究、開発する場合に、その色は、外見で評価されることが一般的であった。反射率を測定する方法がこれに該当する。しかし、この方法では、例えば釉の厚さが変わると、色は変わってしまう。これは、釉組成などの諸条件と発色の関係を調べる場合に、正確な因果関係を得ることを困難にする。発色の制御が十分実現しないため、伝統的な工芸では発色が秘伝であったり、工業生産においても経験と勘にたよる部分が多い状態である。実験結果の活用においても、色の変化の傾向は得られるものの、同じ釉を作っても焼成炉が異なると発色は異なってしまうことも多い。

釉の色の評価において、可視光の吸収係数、散乱係数は、釉の材質固有の性質を測定するものである。酸化クロムによる緑色の発色では、これらの係数を測定することにより、複雑な色の変化が系統的に把握できることが分かっている²⁾。発色の要因を解析することは、色の制御に有益である。例えば、釉の色の变化が、鉄イオンの吸収の変化によるものであればガラス組成などの制御が重要であるし、結晶の析出や散乱の変化に起因するものであれば基礎釉組成と同時に焼成条件の制御が重要である。

釉の外観の色は釉中での吸収と散乱のほかに、表面への結晶

の析出や表面の凹凸など複雑な要因によっている。これを光の進み方から整理すると、釉の表面での反射、釉中での吸収と散乱、釉と素地の境界面での反射、そして釉の中に明瞭な層構造がある場合はその境界での反射に整理される。本研究では、釉において最も重要な着色剤の一つである酸化鉄の発色について研究した。本報告では、発色の第一の要因と考えられる吸収係数を測定し、基礎釉の組成との関係などを検討した。

2. 実験方法

基礎釉として化学組成が単純な石灰釉を用いた。表1のような組成を実験の対象とした。調合に用いた原料は長石、石灰石、カオリン、ケイ石であり、長石とカオリンは瀬戸市の窯業原料会社が市販する配合原料、ケイ石は東濃地域産の原料である。表1の釉の番号は、釉組成をゼーゲル式で表したときの、 Al_2O_3 と SiO_2 の係数に対応するように付けた(図1)。これらの基礎釉組成に試薬の酸化鉄(Fe_2O_3)を添加した。酸化鉄の添加量は外割で8 mass%と1 mass%を試験した。以下、各釉は表1の番号に、酸化鉄添加量が8 mass%の場合にA、1 mass%の場合にBを付して、A11などと記す。釉を調製後、生地に施釉した。生地は瀬戸市のタイルメーカーより購入した50×50 mmの磁器質素地のプレス成形品を、900°Cで素焼きして用いた。また、釉を乾燥し、耐火粘土(より土)で作った直径が約50 mm、深さ約10 mmのろつぽに入れた。これらを、電気炉により1280°Cで酸化焼成した。昇温時間は約10 h、最高温度に30 min保持した。試験片と同時に設置した日本ゼーゲルコーン協会のゼーゲルコーンではSK9番の焼成に相当した。降温は試験片中に気泡の発生を防ぐため、緩やかにして、約6 hで900°Cまで下げた後、放冷した。

ろつぽで作製した釉は、上下の両面を研磨して、厚さが約

Table 1. Recipes and Seger Formula of Prepared Iron Glazes *) Raw Material Prepared by a Company in Seto City

		11	12	13	14	15	16	22	23	24	25	26	32	33	34
recipe /mass ratio	feldspar ^{*)}	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	lime stone	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
	kaolin ^{*)}	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	40.5	40.5	40.5
	silica stone	1.0	17.5	33.5	50.0	83.0	116.5	12.5	29.5	46.5	81.0	116.0	7.0	24.5	42.5
Seger formula	KNaO	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.32	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30
	CaO	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.68	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70
	Al ₂ O ₃	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.50	0.50	0.50
	SiO ₂	2.49	3.00	3.49	4.00	4.99	5.99	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	3.00	3.49	4.00

		35	36	43	44	45	46	53	54	55	56	64	65	66
recipe /mass ratio	feldspar	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	lime stone	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
	kaolin	40.5	40.5	61.5	61.5	61.5	61.5	84.5	84.5	84.5	84.5	109.5	109.5	109.5
	silica stone	15.5	20.0	4.5	8.0	14.0	18.5	3.0	6.5	12.5	17.0	5.0	11.0	15.5
Seger formula	KNaO	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.31	0.29	0.30	0.30	0.31	0.29	0.30	0.30
	CaO	0.69	0.69	0.70	0.70	0.70	0.69	0.71	0.70	0.70	0.69	0.71	0.70	0.70
	Al ₂ O ₃	0.49	0.49	0.60	0.60	0.59	0.59	0.70	0.70	0.69	0.69	0.79	0.79	0.78
	SiO ₂	5.00	6.00	3.49	3.99	5.00	6.00	3.49	3.99	5.00	6.00	3.99	5.00	6.00

		0.3 KNaO x Al ₂ O ₃ y SiO ₂													
		0.7 CaO													
X	0.8	63 64 65 66													
	0.7	53 54 55 56													
	0.6	43 44 45 46													
	0.5	32	33	34	35	36									
	0.4	22	23	24	25	26									
	0.3	11	12	13	14	15	16								
		2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0								
		y													

Fig. 1. Seger formula of prepared glazes. Sample numbers in the diagram corresponds to the numbers in Table 1.

1 mm の薄片とした。この薄片を用いて分光光度計（日立製作所製カラーアナライザー307）により、反射率と透過率を測定し、Kubelka-Munk の理論に基づく式により、吸収係数を算出した²⁾。また、施釉した試験片とるつぼ中で焼成した釉の表面について分光反射率を測定した。

3. 結果と考察

3.1 釉の外見の色

釉の調査に用いた原料の化学組成の分析値を表2に示す。この分析値と原料の調査割合から算出した各基礎釉のゼーゲル式は表1に示すとおりである。これらの基礎釉に酸化鉄を8 mass%添加して、磁器素地に施釉して焼成した試験片の外

観を図2に示す。基礎釉の組成変化に伴う鉄釉の性状について研究された例を図3に示す¹⁾。今回の実験結果は図3に示される傾向に合致した。基礎釉組成がアルミナ、シリカの少ないA11, A12などの釉は透明性が幾分ある茶色であり、シリカが増すと黒くなる。また、シリカが少なくアルミナの多い場合に茶褐色で光沢がないそば釉の状態となった。A16, A26などは光沢感のある天目釉、A66などは外見上から釉の粘性の高さを感じられるような天目釉である。分光反射率の測定と測色を行った。それぞれの釉の色をマンセル表色系で表すと、A11: 2.9PB 0.2/0.2, A16: 4.1PB 0.4/0.3, A32: 5.7YR 3.6/2.7, A66: 8.4YR 1.2/0.5などであった。分光反射率の測定結果の一例を図4に示す。A14, A24, A34, A44, A54, A64はゼーゲル式のSiO₂係数が一定で、Al₂O₃係数の変化する一連の釉である。A14とA24の反射率の差異は小さく、A34, A44とAl₂O₃成分が多くなるほど反射率は増大した。しかし、A54, A64の反射率はA44に比べ小さくなった。A44, A54, A64の釉はAl₂O₃が多いほど表面が艶消し状態になっている。

酸化鉄の添加量が1 mass%の場合には釉は黄色から褐色を呈し、アルミナ成分の多い一部の釉を除いて透明性が高い。このため外見の色は素地の影響を受けて、釉の色の変化は明瞭ではない。そこで、るつぼに入れて焼成した釉の表面の分光反射率を測定した。この場合に、釉は十分厚いので、白い素地に薄く施釉した場合とは条件が異なるが、釉自体の色を反映していると思われる。基礎釉の組成をゼーゲル式で表したときSiO₂の係数が異なる釉では、反射率の変化は小さいものの、B22からB26へとSiO₂が多くなるほど反射率が低下し、黒くなった（図5）。これは酸化鉄の添加量が8 mass%の場合と同様である。ゼーゲル式のAl₂O₃係数が異なる釉では、Al₂O₃係数が小さいB14の釉は大きな反射率を示し、B14からB34まではAl₂O₃が多くなると反射率は大幅に低下するが、更にAl₂O₃が多いB44, B54, B64の釉の反射率はB34に比べ大きくなった（図6）。反射率が最小となったB34の釉は、Al₂O₃係数とSiO₂係数の比が1:8であり、一般に最も透明釉になりやすいとい

Table 2. Chemical Composition of Raw Materials Analyzed by X-Ray Fluorescens

raw materials	Composition / mass%										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	ig. loss
feldspar	72.87	13.80	0.01	0.03	0.15	0.00	3.11	9.85	0.01	0.00	0.16
lime stone	0.30	0.07	0.05	0.00	54.81	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	44.1
kaolin	47.61	33.61	1.12	0.14	4.77	1.83	2.09	0.42	0.04	0.01	8.36
silica stone	94.72	1.16	0.04	0.05	0.00	0.00	0.11	1.14	0.01	0.00	2.76

Fig. 2. Iron glaze containing 8 mass% Fe₂O₃ with Seger formula of 0.3 KNaO·0.7 CaO·x Al₂O₃·y SiO₂. Fig. 3. Traditional Japanese glazes with iron oxide obtained by varying the composition of base glaze with Seger formula of 0.30 KNaO·0.55 CaO·0.15 MgO·x Al₂O₃·y SiO₂.¹⁾

われる組成である。

Al₂O₃ 成分が多く艶消しとなる釉を除けば、酸化鉄添加量が 8 mass% の場合には反射率は Al₂O₃ 係数の増加とともに大きくなったのに対し、酸化鉄添加量 1 mass% では変化は異なった。この差異については、吸収係数との関係を含めて後述する。

3.2 酸化鉄添加量が少ない釉の基礎釉組成と吸収係数

釉の外観の色の観察に基づいて、表面状態や結晶などの影響

Fig. 4. Spectral reflectance of iron glazes added with 8 mass% Fe₂O₃ to each base glaze with various Al₂O₃ content, measured with surface of usual glaze. Fig. 5. Spectral reflectance of iron glazes added with 1 mass% Fe₂O₃ to each base glaze with various SiO₂ content, measured with surface of usual glaze. Fig. 6. Spectral reflectance of iron glazes added with 1 mass% Fe₂O₃ to each base glaze with various Al₂O₃ content, measured with surface of usual glaze.

が少なく、色の変化が特徴的に見られる一連の基礎釉を選んで、吸収係数の変化を調べた。基礎釉の組成をゼーゲル式で表したとき、Al₂O₃ 成分の係数が変化する、B14, B24, B34, B44,

Fig. 7. Spectral absorption coefficient of iron glaze with 1 mass% Fe_2O_3 , measured using thin specimen of glaze.

B54, B64の釉薬の吸収係数を図7に示す。これらの釉は外観の表面の色と、表面を研磨して分光測定用に作製した釉薄片の色がおおよそ一致するものである。これらの基礎釉について着色剤が含まれないときには、吸収ピークは認められないことが分かっており²⁾、吸収は酸化鉄の添加によるものである。紫外部にピークをもつと思われる大きな吸収のすそが可視部に及び、この吸収が主要なものであることが分光スペクトルから分かる。その他に、波長が440 nm付近に別の吸収が認められるが、前述の大きな吸収の上に乗っており、ピーク位置は判然としない。酸化鉄による釉の発色における吸収スペクトルは、これまでの研究では反射スペクトルから推測されていたのみであり、今回初めて吸収スペクトルが測定された。今回の実験では紫外領域の測定ができなかったためピークの位置は特定されなかったが、これらの吸収はケイ酸塩ガラス中の Fe^{3+} による吸収³⁾に対応付けられると思われる。

酸化鉄添加量が一定であるにもかかわらず、基礎釉の Al_2O_3 成分の増加とともに、吸収強度は大きくなった。石灰釉に酸化クロムを添加した緑色釉では基礎釉の Al_2O_3 含有量が変化しても吸収係数に大きな変化がみられないが²⁾、酸化鉄による発色では Al_2O_3 含有量の変化は吸収係数に大きく影響することが示された。吸収係数の増大はB24とB34の間では変化量が小さくなった。B54及びB64の外見の色は、そば釉の特徴を示し、光沢の低下と褐色を帯びる色の変化が認められる。しかし、分光吸収係数では特別な変化がなく、全波長領域で、吸収の増加が認められるのみであった。 Al_2O_3 成分を変えたときに大きく変化した外観の色と反射率は、この吸収係数の変化により生じるものと考えられる。しかし、反射率と吸収係数には相反する変化も認められた。分光反射率により評価した外観の色は図4に示したようにB34が最も黒い結果であったが、吸収係数はそれと異なり Al_2O_3 成分が多くなるほど強い吸収を示した。外観の色を表す反射率は、吸収係数、散乱係数、表面反射率によって決まり、それらはKubelka-Munkの式により関係付けられる²⁾。基礎釉の Al_2O_3 成分が変化したときの、反射率と吸収係数の変化に見られた差異は、吸収係数以外の要因が外観の色に影響を及ぼしていることを示している。B14, B34, B44, B54, B64の釉について、B24の吸収係数を基にし、吸収係数の比を算出した(図8)。 Al_2O_3 が多く、そば釉の傾向を示すB54, B64釉はB24と比較して波長450~570 nmの領域の吸収係数が若干高い傾向などを示すが、B14, B34, B44の釉とB24の釉の

Fig. 8. Ratio of spectral absorption coefficient of B14-B64 glazes to B24 glaze.

Fig. 9. Spectral absorption coefficient of iron glaze with 1 mass% Fe_2O_3 , measured using thin specimen of glaze.

吸収係数の比は波長に依存せず一定となった。

酸化鉄の添加量が1 mass%の釉について、基礎釉のシリカ成分を変えたB22, B23, B24, B25, B26の吸収係数を図9に示す。B22は他と異なる吸収係数を示すが、それ以外の4種の釉の吸収係数は同一であった。B22の釉の外見の色は、シリカが少なく、アルミナが多い場合に見られる褐色の傾向を若干示している。B25とB26では分光反射率に若干の差異があり、B26のほうが黒さが増すという変化が認められたが(図5)、吸収係数にはほとんど変化がなかった。釉の製造時に、焼成条件などに応じて、基礎釉組成の変更が必要となる場合がある。 SiO_2 成分の割合を変えても吸収係数が不変であるという知見は、釉調査に有益な情報であると思われる。

酸化鉄を1 mass%添加した鉄釉の吸収係数は、 Al_2O_3 成分の変化に伴い大きく変化した。しかし、 SiO_2 成分の変化による影響は小さかった。鉄釉の発色の原因として、 Fe^{3+} イオンによる吸収と、 Fe^{2+} と Fe^{3+} イオン間の電荷移動による吸収の二つが考えられている^{4),5)}。ガラスの発色からの類推であり釉に関しては実験的に確定されていないが、酸化鉄の添加量が数%であり黄色を呈する場合は前者の吸収、添加量が7 mass%以上と多く黒色を呈する場合は後者が支配的であるとする考え方が提唱されている。また、ケイ酸塩ガラス中の Fe^{3+} イオンによる吸収は、他の着色元素に比べると、ガラスの塩基度の影響を受けにくいとされている³⁾。Takashimaら⁴⁾による酸化鉄6 mass%の鉄釉の反射率測定結果では、反射率は Al_2O_3 成分の変化に大きく影響され、それは釉中の Fe^{2+} と Fe^{3+} の量比に対応することが報告されている。これらの事実から、吸収係数

の変化は、 Al_2O_3 成分量の変化に伴いガラス中での Fe イオンの状態が変化することに対応していると推測される。酸化鉄を添加した釉は、 Al_2O_3 成分を変化させたときに透明性から判断される溶融度の変化が大きい。このことも吸収係数の変化に関連すると思われる。

3.3 酸化鉄添加量が多い釉の吸収係数

酸化鉄添加量が 8 mass% の場合の吸収係数を図10に示す。酸化鉄の添加量が 1 mass% の釉に比べ、吸収係数は著しく増加する。図10に示したデータでは、釉によって短波長の係数が示されていないが、これは吸収が大きく、透過光量が装置の測定限界以下となったためである。また、 Al_2O_3 の多い一部の釉で不透明性が大きいなど、係数が得られなかった (A34, A54, A64)。酸化鉄添加量が 8 mass% の場合も、A14, A24, A44 の釉を比較すると、 Al_2O_3 成分が多いほど、大きな吸収を示した。ただし、A34の釉は、透過光の角度分布を測定したところ小さい散乱を示したにもかかわらず透過光量が測定できないほど小さく、大きな吸収係数が推測される。A14からA44までは Al_2O_3 成分の増加に伴い、施釉試験片の分光反射率は増加した (図4)。吸収係数の増大は反射率の低下をもたらすが、A14, A24, A44の釉の反射率と吸収係数は相反する変化を示した。これらの釉の反射率の変化は、吸収係数以外の因子の影響を受けていると考えられる。Takashima ら⁴⁾による酸化鉄 6 mass% を添加した鉄釉の反射率と Al_2O_3 成分量との関係は、本実験における酸化鉄添加量 1 mass% の場合に近い結果であり、 Al_2O_3 成分が多いほど反射率は低下した。これらの事実から、酸化鉄添加量が 8 mass% の反射率の変化について、次のような説明が考えられる。酸化鉄添加量が 8 mass% と多い場合には、A14のように Al_2O_3 成分が少ない場合でも、吸収係数の影響による反射率の低下は十分大きく、 Al_2O_3 成分が増した場合の反射率の変化には、吸収係数よりも他の因子が大きく影響する。

SiO_2 成分が変化する A24, A25, A26 の釉は、吸収係数の差異は比較的小さくなった (図10)。これらの釉は、磁器素地に施釉した場合には、褐色を帯びた鉛釉の外観から黒色の光沢のある天目釉へと変化する。 SiO_2 成分が変化した場合の施釉試験片の分光反射率の詳細については割愛するが、それらの分光反射率は Al_2O_3 成分が変化した場合に比べると変化量が小さいものの、分光スペクトルの変化も認められた。しかし、そのような分光反射率の変化は吸収係数のみからは十分説明されず、吸収係数以外の因子の影響の評価を含め、今後の課題である。

基礎釉が同一で酸化鉄添加量異なる釉の、吸収係数の値の比を図11に示した。係数の比は、短波長で大きく、長波長で小さくなった。酸化鉄添加量が 1 mass% の釉において基礎釉の Al_2O_3 成分を増加させると吸収係数の増加が生じる。酸化鉄添加量を少しずつ増すことによっても吸収係数の増加が可能である。しかし、図8と図11を比較すると両者の吸収係数の変化には違いがあり、酸化鉄添加量による場合は短波長の吸収係数の変化が大きくなった。このため、両方法によって色を濃くすることができるが、そのときの色合いの変化は異なると思われる。

酸化鉄の添加量が 1 mass% の場合と 8 mass% の場合では、吸収係数の値は大きく異なるものの、 Al_2O_3 成分の増加に伴い吸収係数が大きく増大することと、 SiO_2 成分の変化にはあまり影響されないことが共通して認められた。このような吸収係数の変化は、鉄釉の外見の色を決定する大きな要因と考えられる。しかし、基礎釉組成の変化に伴う吸収係数の変化は規則的であったが (図7, 9, 10)、鉄釉の外観の色を表す反射率は不規則な変化を示し (図4, 5, 6)、その変化は吸収係数のみでは

Fig. 10. Spectral absorption coefficient of iron glaze containing 8 mass% Fe_2O_3 , measured using thin specimen of glaze.

Fig. 11. Ratio of spectral absorption coefficient of glaze with 8 mass% Fe_2O_3 to glaze with 1 mass% Fe_2O_3 .

説明できなかった。鉄釉の色の変化を、 Fe^{2+} , Fe^{3+} イオンの量や状態と関連付けて説明する従来の方法は、発色が吸収係数によって支配されていることを前提としている。吸収係数で説明されない色の変化は、ガラス中の着色元素と関連付けることはできなくて、散乱因子などと関連付けて研究する必要がある。

4. 結 論

石灰釉に酸化鉄を添加した鉄釉の発色を、吸収係数を測定することにより調べた。酸化鉄添加量が 1 mass% の場合には、紫外部にピークを有する大きな吸収の裾と、440 nm 付近にピークを有する吸収が認められた。また、釉組成の Al_2O_3 成分が変化すると、それに伴って吸収係数は大きく変化した。これに対し、 SiO_2 成分が変化した場合には、吸収係数はほとんど変化しなかった。酸化鉄添加量が 8 mass% の場合には、吸収が大きく、十分なデータは得られなかったが、添加量が 1 mass% の場合と同様に、 Al_2O_3 成分の変化に影響されて吸収係数が大きく変動すること、 SiO_2 成分の変化では吸収係数の変化は小さいことが確認された。

従来の研究では、反射率から推測される吸収をもとに発色の変化が調べられていたが、本実験において散乱などの因子を除いた吸収係数自体を得ることができた。その結果、吸収係数は基礎釉組成の変化とともに規則的に変化する、鉄イオンの吸収と関連付けて考えられてきた外見の色の变化のうち幾つかの変化は、吸収係数のみでは説明できないことが分かった。今回得られた吸収係数の変化と基礎釉組成の関係は、効果的な発

色の制御に有効な情報と考えられる。

謝 辞 釉と施釉試験片の作製において、愛知県立芸術大学の内田ゆかり氏、政年佐智子氏、本高明子氏の御助言を頂きました。

References

- 1) Kato, E., "Yuu Chougou no Kihon," *Yogisha* (1973) pp. 135-145 [in Japanese].
- 2) Sugiyama, T., Ariga, M. and Suzuki, K., *J. Ceram. Soc. Japan*, Vol. 108, pp. 498-503 (2000) [in Japanese].
- 3) Duffy, J. A. and Grant, R. J., *Phys. Chem. Glasses*, Vol. 16, pp. 124-132 (1975).
- 4) Takashima, H. and Kato, E., *Reports of National Industrial Research Institute of Nagoya*, Vol. 17, pp. 33-39 (1968) [in Japanese].
- 5) Wakamatsu, M., Takeuchi, N., Shimizu, S., Ishida, S. and Yu, K., *J. Ceram. Soc. Japan (Seramikkusu Ronbunshi)*, Vol. 96, pp. 677-680 (1988) [in Japanese].