

**陶磁デザインにおける
磁土の白と透光性を活かす表現研究（1）**
—— 釉薬配合実験と、透光性の計測及び比較を中心に ——
The research on the white and translucent expression of porcelain clay
in ceramic design(1):
Focusing on glaze formulation experiments
and translucency measurements and comparisons

石原 茉由子
ISHIHARA Mayuko

In contemporary ceramic design, the application of color and translucency of ceramic materials to products is an important research topic. This research focuses on the whiteness and translucency of porcelain, and aims to propose a ceramic design suitable for modern living spaces. This report describes the findings obtained by analyzing the whiteness and translucency of photographic images of test pieces with different raw materials and firing conditions using commercially available Photoshop. A proposal for ceramic design based on the results of this experiment will be described in the next report.

1. はじめに

本研究は、磁土の特性である白色性と透光性に注目し、これらを活かす新たな陶磁表現の創出を試み、現代の居住空間にふさわしい陶磁デザインの提案を目指している。

磁土は透き通るような白色が特徴であり、筆者は2年間の博士前期課程の制作の中で、この白色をより美しく見せる装飾方法や造形を追求した。またその過程で様々な磁土に触れる中で、硬く冷たい印象を持つ磁土が、光を通すことで今度は柔らかく感じさせる温かい色調になり、その雰囲気を変え大きく変えることに関心を持ち、これらの磁土の性質を活かす作品制作に取り組んできた。

本稿は、筆者が取り組む博士論文「陶磁デザインにおける磁土の白と透光性を活かす表現研究」を構成する論考の一部であり、制作に使用する磁土と釉薬に関する素材の実験研究について報告するものである。今回は特に、釉薬配合の実験と透光性の計測・比較を行った。これらの素材実験研究から考察を行うことで、作品展開への視座を得ようとするものである。

1.1 背景

本研究は、磁土素材の特徴である『白色』と『透光性』を中心に、造形や装飾方法を模索し、より豊かな表現の創出を目指す試みの一環である。

暮らしのためのデザインは、人々の生活の多様化とともに複雑化し、デザインの課題は常に変様している。

日本の「陶磁デザイン」は、明治以降「デザイン」の概念が日本に導入されてから、長い時間をかけて成熟していった。維新後、日本政府が参加したウィーン万博で、出品した陶磁器や漆器等のジャンルが初めて「工芸」と翻訳されたが、この頃の「工芸」という表記には、今日でいうデザインの概念も含まれていた。中でも陶磁器は、明治期日本の輸出振興政策における工芸品の主役として、在来産業の中でも早くから近代化が着手され、産業として今日に継承された工芸分野の一つである。陶磁器は、「工芸」、「産業工芸」、「図案」、「意匠」、「工業デザイン」の対象として、多様な進化を遂げ、その過程で「陶磁デザイン」は誕生している。戦後日本の高度成長期に、暮らしのための美しいデザインの重要性が強く認識されるようになった。物が不足する戦後の日本では、外貨獲得のための輸出陶磁器だけでなく、国内の日常的な暮らしをより豊かに美しくすることを目指し、陶磁デザインは発展していった。第一回グッドデザイン賞を受賞した森正洋の「G型しょうゆ差し」は、そのような陶磁デザインを代表する例である。そして、高度成長期からバブル期前半までは、進化する成形技術で大量生産される製品の機能性や利便性、生産性が、デザインの美しさとともに陶磁デザインの大事な課題として重視されてきた。

しかし、日本人が物質的な豊かさを実現し、適正価格で美しく機能的な道具や物で暮らしが充たされた今日、製品をより多くの人が使えるように量産することよりも、一人一人が様々な暮らしの在り方を模索し、それぞれの個性をデザインを通じて実現しようとする時代になった。それに伴い、自分の暮らしに相応しいデザインを自分のために選ぶ、多少高価でも自分にとって優れたデザインを選択する時代であると考え。筆者が制作で目指すのは、陶磁素材の特徴を活かした筆者独自の表現創出とデザイン提案である。その一つとして、磁土の白さと透光性、また磁土素材の美しさをより深める釉薬の色彩や質感を考察し、釉薬実験に取り組むことで、磁土の表現に釉薬による装飾的な方法を見出そうと考えた。陶磁器の色彩や質感については多くの研究が行われているが、筆者が目指す白色と透光性について満足できる研究報告は見当たらない。そこで、筆者は磁器原料として白磁土と、着色材を使用しない白色・透明釉に限定し、磁土素地と釉層の光学的特性だけでなく境界での反応も考慮した磁器の透光性と質感についての実験的研究を行った。透明釉や結晶釉やマット釉などの釉の質感による透光の変化、また磁土と釉薬の組み合わせによる白色度について注目した実験を行うことで、筆者の作品制作にふさわしい、磁土と釉薬による表現手法を検討した。

1.2 目的と本稿の流れ

本稿では博士後期課程における研究の作品制作に用いる素地と釉薬に関する実験を行うことで、得られた結果による素材の選択を目的としている。磁土素材と釉薬による白さと透光性などの特性

を計測・考察することで、筆者の作品制作に独自性の獲得を目指すものである。

素地の厚みと密度、釉薬の厚みを可能な限り均等にすることによって、それぞれの原料の透光性と白色の比較を試み、より素材の表現として効果的な磁土と釉薬を模索した。

本稿の流れは、はじめに筆者の陶磁制作について制作工程を確認するとともに、制作技法と、素材実験の方法について述べた。次に、実験で使用する釉薬の調合・焼成について記載した上で、素地と釉薬の組み合わせによる透光性の比較方法を記述し考察を行った。最後に、以上の実験研究で得られた知見をもとに今後展開する制作に向けた計画を述べ、総括とする。

2. 陶磁器の制作技法について

今回実施した実験報告について一般的な陶芸の制作工程に関する理解が必要となるため通常筆者の行う陶芸の制作工程について解説する。

陶磁器は一般的に、素地土の調整→成形→乾燥→素焼き→加飾→施釉→本焼成（→上絵焼成）の流れで作られる。

筆者の場合、素地土を泥漿に調整→石膏鑄込み技法による成形→乾燥→素焼き（900℃）→施釉→本焼成（1280℃）の工程で制作を行っている

次に、制作の各段階におけるそれぞれの素材と技法について、記述する。

2.1 素地土について

陶磁器とは、焼き物全般を指す言葉であり、一般的には陶器と磁器に分けられる。陶器素地は一般に吸水性があり透光性はないのに対し、磁器素地は 1250℃ 以上の高温で焼成すると白色で吸水性は無くなり、厚みによっては透光性を持つ。これは焼き物の素地としては唯一のものである。

2.2 素地土の調整（泥漿）

石膏型鑄込み成型のため素地土を泥漿という状態に調整する。

泥漿とは素地土に水を加え泥状にした調整素地を指すが、石膏型鑄込み技法に使う場合、石膏型の乾燥サイクルを増やすためこの調整素地に加えて解コウ材として水ガラス（珪酸ソーダ Na_2SiO_3 ）を混ぜ合わせる。泥漿に水ガラスを加えると、水分量が極めて少なくとも泥漿の流動性を保つことができる。

今回の実験では磁器土（白磁 100）を使った水ガラス入りの泥漿を使用した。

2.3 石膏型鑄込み

成型は石膏型鑄込み技法（排泥鑄込み成形法）で行う。一般的な陶芸での成形法にはロクロ技法、練り上げ技法、たたら成形法、型打ち技法などがあるが、石膏型鑄込み技法はそれらに比べ同一の形状の成形品を大量に生産するのに適している。

石膏型鑄込み（排泥鑄込み成形法）は原型を石膏で型取りし、型に泥漿を流し込み一定時間置い

てから、型を逆さにして泥漿を流し出す技法である。石膏型が泥漿の水分を吸い込み、石膏型の内側に土が張り付くことで成形する。石膏型はある程度回数鑄込みを行うと吸収できる水分量が飽和するが、型を乾燥することで繰り返し使用できる。また、鑄込みにかかる時間により素地の厚さを調整することができる。

今回の実験でも釉薬実験用素地ピースの制作を石膏型鑄込み技法（排泥鑄込み成形法）で行った。

2.4 素焼き

陶磁器は、基本的に素焼きと本焼成と呼ばれる二度の焼成を行う。素地の成形・乾燥後、最初に行うのが素焼きであり、700～900℃で焼く。素焼きした素地土は水につけても形が崩れなくなる。また吸水性が高まるため、後に行う施釉を行い易くなる。

今回の実験では900℃での素焼きを行った。

2.5 施釉

釉薬とは粉状の釉薬原料に水を加え、泥状にしたものである。素焼きした素地を釉薬に漬けて釉薬の原料を表面に付着させることで施釉を行う。この施釉した素焼き素地を1200℃以上の本焼成の窯で焼成することで粉状であった釉薬原料が溶け、陶磁器の表面を覆う釉薬となる。

今回の実験では複数の釉薬を作成し、素地の透光性に及ぼす影響の比較を行った。

2.6 本焼成

磁器土の本焼成は一般に約1280～1300℃で焼成する。本焼成は焼成方法に、酸化焼成（OF）と還元焼成（RF）がある。酸化焼成は窯内に燃料とともに加える酸素の量を十分に供給する完全燃焼の焼成方法である。一方、還元焼成は燃料に対する酸素の供給を制限する不完全燃焼の焼成方法である。

筆者が制作において用いる磁土は焼成方法によって素地の色がわずかに変化する。酸化焼成の場合、焼き締まった素地の色は素地に含まれる鉄イオン（ Fe^{2+} , Fe^{3+} ）の発色により、薄い黄色味を帯びた暖かい印象の白色となり、還元焼成は鉄イオンが還元されるため薄い青灰色寄りの冷たい印象の白色となる。筆者が求めるのは白磁の優しく柔らかな白色であるため、焼成方法は酸化焼成とする。また焼成温度は高温であるほど焼成による歪みが出やすいことから、素地が薄造りでも、高温帯で比較の変形の少ない1280℃で本焼成する。この温度は、白磁土に適した焼成温度帯であり、かつ一般的に高温であるほど高い透光性が得られるとされる中で素地の透光も期待できる温度である。

以上のことから今回の実験では酸化焼成の1280℃で本焼成をした。

3. 実験用素地の制作

実験用素地には、丸石窯業原料株式会社の『白磁 100』を使用した。『白磁 100』は主原料のニュージーランドカオリンに、セリサイト、タルク、アルミナ、サバ、珪砂を配合した磁器土であり、白色度は値 86（丸石窯業原料株式会社、製品カタログより。数値は ISO 値によるもの。）の高白色が特徴である。また鑄込み成形に適した磁土であり、筆者の透光作品の制作に適した磁土素地の厚み 3mm の状態で、安定した透光性・柔らかな印象を持つ黄色系の透光色であったことから作品制作の磁土に選択している。使用する磁土素地の選定には、以前、高い透光性や白色性を有する磁土数種類のテストピースを、同一条件下で

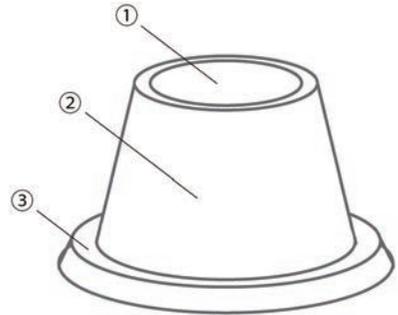


図1 釉薬実験用素地ピースの図

作成し焼成、比較実験を行っている（愛知県立芸術大学大学院美術研究科 博士後期課程 研究報告書 vol.13, p.71-79）。筆者の作品制作の主な技法が石膏鑄込み技法であるため、実験用素地の制作は石膏鑄込み技法を採用した。素地の形状は図1のようにトップに凹みのある台形であり、①の凹みで釉薬の溜まりの様子と、縁の凸で鋭角面の釉薬の溶けや剥がれ具合、②の台形の傾斜で釉薬の流れの様子を確認する。また③のそり返りのある縁は流れた釉薬の受け皿の役割がある。

本焼成した磁器素地は素地の厚み、密度、焼成した時間や温度の違いによって透光性や色合いに変化が起こる。また、鑄込み成形は、石膏型の密度や厚みや乾燥具合、泥漿の濃度や鑄込み時間などで素地厚や密度が変わる。このため釉薬実験用素地ピースは、素地の厚み・密度を可能な限り均等にすることを目指した。焼成は素焼き・本焼成とも全て同じ窯を使用し、それぞれの焼成を一度に行うことで、釉薬実験用素地ピースの焼成による差異も可能な限り最小になるようにした。

3.1 石膏型の制作方法

石膏型の密度を均一にするために、一つの捨て型から制作した同一の原型を2つ用意し、一つの石膏攪拌用注器で真空攪拌機による機械攪拌をした石膏を一度に入れた。捨て型とは、制作に使用する石膏型を作るための型であり、目的の石膏型を制作した後は廃棄する使い捨ての型を指す。石膏型は1kgの粉末石膏に対し水700mlで3分間攪拌したものを、外枠の透明プラスチック容器に引いた目印の位置まで流し入れ制作した。原型と外枠の容器は共に、同じ規格である為、同時に制作した石膏型の側面の厚みはほぼ同一である。離型した2つの型を乾燥機室内にて乾燥するが、この際も位置の違いによる乾燥の差が出ないように、2つの型は近い位置に置いた。これを乾燥機に72時間据え置くことで完全乾燥とした。以上の方法で、2つで1組の石膏型を、A1,A2 / B1,B2 / C1,C2 / D1,D2の4セット分制作した。

3.2 鑄込みの方法

鑄込み用の泥漿は、白磁 100 のプレスケーキ 80kg に対し、水 6,500ml と水ガラス 219.25g を入れ、泥漿攪拌機（攪拌機：ALTAX DRIVE 『CNHM05-5087-11』、制御盤：HITACHI 『SJ200-004LFR』）で約 10 時間攪拌した後、濃度計で比重をボーメ度 64 に調整した。

石膏型は、鑄込みを行うことで泥漿から水分を吸収するため、鑄込み後は重さが増す。石膏型に前回鑄込み分の水分が過剰に残っていると、次回の水分の吸収量が減り、鑄込み時間が同じでも素地の厚さが変わるなど成形に影響する。そのため、石膏型は乾燥後、鑄込み前の重さを毎回揃えることが望ましい。よって、今回は完全乾燥をした鑄込み前と鑄込み後の型の重さを毎回計測した。

まず、石膏型の完全乾燥後の重さを計量器で計測した後、石膏型の水分吸い込み量を安定させることを目的として初めに 3 回捨て鑄込みを行い、3 回目の離型直後の石膏型の重さを計測した。その後石膏型が完全乾燥時の重量に戻るまで約 17 時間乾燥機で乾燥させた。

表 1 石膏型の鑄込み前・鑄込み後の重さ計測 (0.5g 単位)

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2
完全乾燥 (g)	500	491.5	499	493	486.5	488.5	494	491.5
捨て鑄込み 3 回後	515	506	517	511	515.5	516	520	522
	(+15)	(+14.5)	(+18)	(+18)	(+29)	(+27.5)	(+26)	(+30.5)
乾燥後	500	491.5	499	493	487	488.5	494	492
1 回目鑄込み後 (3 回とり)	525.5	516	526	520.5	515	517	523	520
	(+25.5)	(+24.5)	(+27)	(+27.5)	(+28)	(+28.5)	(+29)	(+28)
乾燥後	500	491.5	499	493	487	488.5	494.5	492
2 回目鑄込み後 (4 回とり)	535	526	536	531	528	530	535	534
	(+35)	(+34.5)	(+37)	(+38)	(+41)	(+41.5)	(+40.5)	(+42)
乾燥後	500	491.5	499	493	487	488.5	494.5	492
3 回目鑄込み後 (4 回とり)	539	530	540	535	528	530	535	534
	(+39)	(+38.5)	(+40.5)	(+42)	(+41)	(+41.5)	(+40.5)	(+42)
乾燥後	500	491.5	499	493	487	489	494.5	492
4 回目鑄込み後 (4 回とり)	539	530	540	535	525	527	531	529
	(+39)	(+38.5)	(+41)	(+42)	(+38)	(+38)	(+36.5)	(+37)
乾燥後	500	491.5	499	493	487	489	494.5	492
5 回目鑄込み後 (4 回とり)	541	531	540	533	527.5	529.5	535	533
	(+41)	(+39.5)	(+41)	(+40)	(+40.5)	(+40.5)	(+40.5)	(+41)
乾燥後	500	491.5	499	493	487	488.5	494.5	492
6 回目鑄込み後 (4 回とり)	538.5	529.5	540	534.5	525	527	534	532
	(+38.5)	(+38)	(+41)	(+41.5)	(+38)	(+38.5)	(+39.5)	(+40)
乾燥後	499.5	491	499	493	487	488.5	494.5	492
7 回目鑄込み後 (4 回とり)	537	527	539	532	529	530	536	534
	(+37.5)	(+36)	(+40)	(+39)	(+42)	(+41.5)	(+41.5)	(+42)
乾燥後	500	491.5	499	493	487.5	488.5	495	492
8 回目鑄込み後 (4 回とり)	540	531	541	536	532	532	537	535
	(+40)	(+39.5)	(+42)	(+43)	(+44.5)	(+43.5)	(+42)	(+43)

鑄込み時間はタイマーで8分間計り、排泥後は型を約10度の傾斜で伏せ、泥漿が乾燥し流動しなくなった時点で元の位置に戻した。その後1時間程度で離型、これを一日に3～4回繰り返した。1回目の本鑄込みのみ3回鑄込みを行い、2回目以降は4回鑄込み、完全乾燥を1セットとして、毎回鑄込み前（乾燥後）と鑄込み後の重さを計測した。今回の鑄込みはそれぞれの型で合計8セット行った。計測には電子計り（HARIO、V60メタルドリップスケール）を使用、小数点は四捨五入の0.5単位の測定である。それぞれの鑄込み回数と連動する重さの計測は下の表1に表した。

表1に示したとおり、回数が増えるごとに、乾燥後（鑄込み前）から鑄込み後の重さが増加した。この中で、全体を通して増えた重量から、安定していると考えられたD1,D2の型を今回の釉薬実験用素地ピースとして選択した。また、鑄込んだ全ての釉薬実験用素地ピースは一度に電気窯にて900℃で素焼きを行った。素焼きは、近藤電炉工業所製の陶芸用電気炉（電力30KW）を使用し、400度までを80℃/h、900℃までを200℃/hの温度勾配にて焼成を行った。

3.3 均一な実験用素地の抽出

素焼き後の素地厚を確認するため、ダイヤルキャリパーゲージ（PEACOCK製、LA-1、最小計測単位0.1mm）を使用して素地側面の厚みを計測した。実験用素地は鑄込みの制作工程の特性上、型の高さ方向に向かって僅かに厚みが薄くなる。また、排泥の際に傾けた面の素地が僅かに厚くなる。このため釉薬実験用素地ピースの上から2.5cmの高さを円周状に複数箇所計測し、最も薄い面の測定を行った。制作したD1,D2の素地全ての厚みを計り、その中から3.6mm以上、3.9mm未満のものを規定値として、素地を抽出した。これによって得た素地を実験用素地とした。

4. 釉薬実験

本稿の釉薬実験は、事前実験で得た約100種類の釉薬から、白磁の白色や透光性を活かす表現につながると思われる釉薬を抽出した。これらの抽出した釉薬を、調合、施釉、焼成の条件を一定にして再度制作を行い、実験の記録としてまとめた。釉薬の抽出には、色味・質感・結晶の析出具合を鑑み、また光を透かした際の表情も重視した。

また、それぞれの釉薬のゼーゲル式を算出し、ゼーゲル相関図と参照することで、抽出した釉薬の性質の図表化を行った。ゼーゲル式とは、釉薬を構成する要素を、塩基性酸化物（アルカリとアルカリ土類 / $\text{Li}_2\text{O}, \text{KNaO}, \text{CaO}, \text{MgO}, \text{SrO}, \text{BaO}, \text{ZnO}$ など）、中性酸化物（アルミナ / Al_2O_3 ）、酸性酸化物（シリカ / SiO_2 ）の3つの酸化物に分け、それらをモル比（原子の数）で表す式である。ゼーゲル式とゼーゲル相関図から、釉薬の大まかな性質がわかる（図2）。

透明釉…釉薬層全体が溶けた透明ガラス状の釉薬。

マット釉…溶け込まない Al_2O_3 が釉中に分散し、細かなアノーサイト結晶などが釉薬層と釉表面に析出することで、光を乱反射し不透明な釉質になる。サラサラした手触りのマットな質感が特徴。

結晶釉（結晶性乳濁釉）…釉中のアルカリ土類の濃度が高く、釉薬層にアルカリ土類由来の結晶

が析出したもの。大きな結晶が釉内部に成長すると結晶釉、小さな結晶が釉内部に点在すると結晶性乳濁釉。

乳白釉（乳濁釉）…釉薬層で釉薬の成分が分相することで、透明な部分と白濁した部分が混在するガラス質の釉薬。

不溶性マット釉…アルカリ類が不足することでSiO₂が不溶になり、釉薬層で溶け残った珪石による不溶性のマット釉。不溶分が多くなるほど、ザラザラした土感のある質感が特徴。

ゼーゲル式 (一例) 6-19-7	
0.15 Li ₂ O	} 0.17 Al ₂ O ₃ · 1.49 SiO ₂
0.14 KNaO	
0.23 CaO	
0.48 MgO	
(塩基性酸化物) (中性酸化物) (酸性酸化物)	
調合 (一例) 6-19-7	
福島長石 45.3(%)	
福島珪石 14.1	
韓国力オリン 1.9	
鼠石灰石 11.3	
マグネサイト 21.7	
リチウム 5.7	

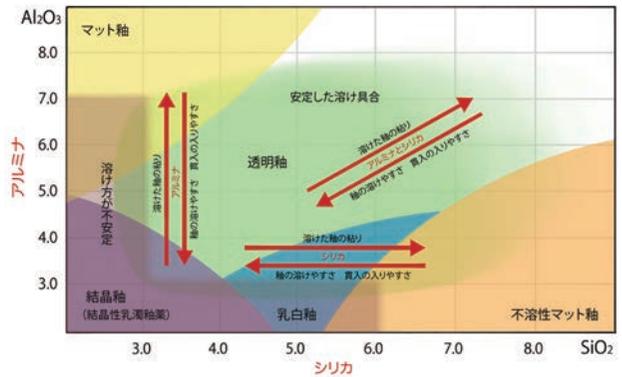


図2 ゼーゲル相関図

以下に、抽出した釉薬の調合（表2）と、ゼーゲル式から作成したゼーゲル相関図（図3）を記載する。

表2は、今回、事前実験から抽出した30種類の釉薬の調合（重量比）表である（値は小数点第2位を四捨五入）。釉薬のゼーゲル式から性質ごとに分類し、上から結晶釉（結晶性乳濁釉）、結晶釉と不溶性マット釉の特徴を有する釉、不溶性マット釉、透明釉である。

図3は表2の釉薬のゼーゲル式をもとに、ゼーゲル相関図上に配置したものであり、抽出した釉薬の特性は図のようになる。結晶釉（結晶性乳濁釉）が12種類、結晶釉と不溶性マットの特徴を有する釉が3種類、不溶性マット釉が4種類、透明釉

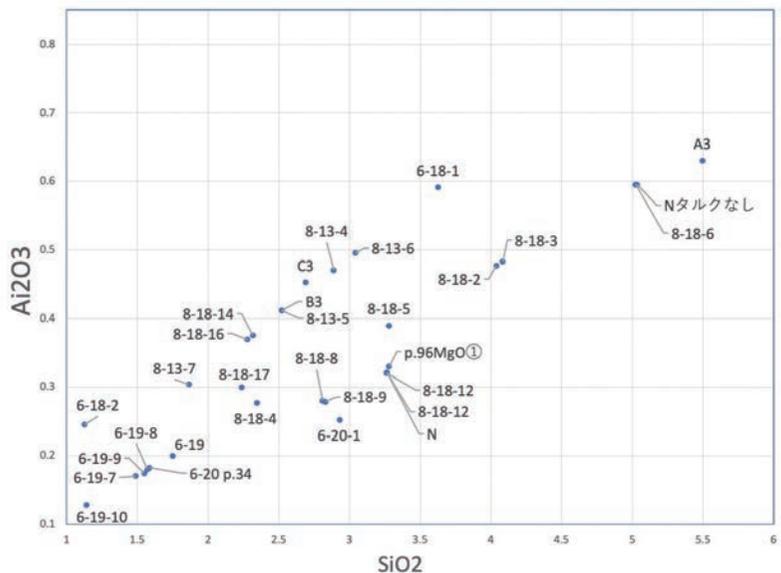


図3 表2の釉薬のゼーゲル式をもとに配置した図

が11種類あり、抽出した釉薬の傾向として、結晶釉から透明釉のゼーゲル相関図上の斜め方向に伸びた帯状の範囲に渡った領域に多いことがわかった。また結晶釉と不溶性マットの特徴を有する釉と不溶性マット釉は、いずれも結晶釉寄りである。

表2 釉薬の調査表 (g)

		福島長石	福島珪石	韓国 カオリン	鼠石灰	満州 タルク	マグネ サイト	炭酸 ストロン チウム	炭酸 バリウム	亜鉛華	炭酸リチ ウム	ジルコン
結晶釉	6-18-2	30		20	40	10						
	6-19	48	15	2	12		23					
	6-19-7	45.3	14.1	1.9	11.3		21.7				5.7	
	6-19-8	44.4	13.9	1.9	11.1		21.3	7.4				
	6-19-9	42.8	13.4	1.8	10.7		20.5		10.7			
	6-19-10	40	12.5	1.7	10		19.2			16.7		
	6-20 P34	53.1	11.4		11.4					24.1		
	8-13-7	37.5	14.2	16.7	15					16.7		
	8-18-4	43.7	20.8	8.3	10.4					16.7		
	8-18-14	49	11.1	13.9				7.4		18.5		
	8-18-16	47.3	10.7	13.4					10.7	17.8		
8-18-17	44.1	10	12.5		16.7				16.7			
結晶釉と 不溶性 マット釉 の特徴を 有する釉	6-20-1	34	25.5	7.3	16.5	16.7						
	8-18-8	38.9	18.5	7.4	9.3	18.5		7.4				
	8-18-9	38.2	18.2	7.3	9.1	18.2			9.1			
不溶性 マット釉	8-18-5	47.7	22.7	9.1	11.4		9.1					
	8-18-12	38.9	18.5	7.4	9.3	18.5						7.4
	N	42	20	8	10	20						
	P96MgO ①	51.5	22.5	2.5	16.4		7.1					
透明釉	6-18-1	45	17	20	18							
	8-13-4	40.9	15.5	18.2	16.4			9.1				
	8-13-5	40.9	15.5	18.2	16.4		9.1					
	8-13-6	40.9	15.5	18.2	16.4				9.1			
	8-18-2	48.6	23.1	9.3	11.6			7.4				
	8-18-3	47.7	22.7	9.1	11.4				9.1			
	8-18-6	48.6	23.1	9.3	11.6							7.4
	A3	48	26	10				16				
	B3	46	12	15				17			10	
	C3	52	10	15	7			8			8	
N タルク なし	52.5	25	10	12.5								

4.1 釉薬の調合方法

実験では、それぞれの原料を合計で50gとなるように調合した。分量計測には0.01g(標準偏差0.01g)のまで計測が可能な電子計り(株式会社エー・アンド・デイ製、EK-200i)を使用した。計測した原料はまとめて乳鉢に入れ、攪拌に必要な水を入れて湿式混合粉碎により15分間手擦りを行った。釉薬に使用した原料によって、乳鉢で擦ることに適した粘度にするために必要な水の量は異なるため、水分量は都度調整した。

4.2 均一な施釉の方法

施釉では、素焼き素地の厚みと釉薬の水分量、施釉の時間(素焼き素地を釉薬に漬ける時間)によって素地に付着する釉薬の厚みが変わる。素焼きの実験サンプルは3章で解説した方法によって選別されているため実験に使う素地のそれぞれの厚みは均一とあってよい。しかし、今回実験に使う釉薬はそれぞれ水分量が異なるため、釉薬ごとに施釉の条件が変わり同一の厚みの施釉を行うことは難しい。そのため、実験では施釉時間のコントロールにより釉薬の厚みの異なるものを釉薬ごとに複数作成し、施釉後に釉薬の厚みを計測することで、中から最も目標の厚みに近似のサンプルを選出した。この工程によって釉薬ごとのサンプルの釉薬の厚みの均一化を図った。

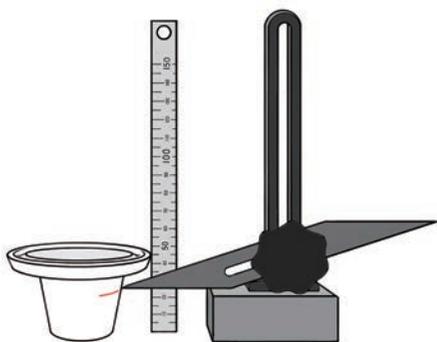


図4 釉薬実験用素地ピースにトースカンで目印を引き入れる

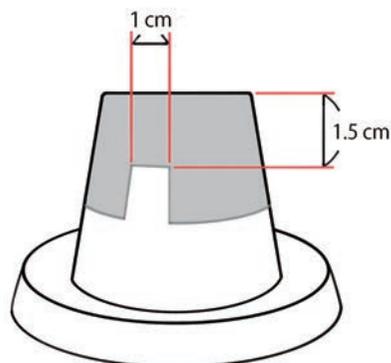


図5 釉薬の厚み確認のための一部釉薬の削り落とし

実際の施釉ではまず、視認性の良い透明な容器に釉薬を入れて施釉作業を行うことによって、それぞれのサンプル素地に同じ高さまで釉薬をかけた。施釉位置はトースカンで釉薬実験用素地ピースの上面から2.5cmの高さにラインを引き入れ目印とした(図4)。トースカンとは加工物に所定の水平線を引くための工具である。釉薬をかける際、少しずつ施釉の時間を変えることで目標の釉薬厚み(1mm)より僅かに薄いものから僅かに厚いものまでサンプルを5個作成した。

次に施釉した釉薬の厚みを計測した。計測する位置は、施釉位置の目印をつける際と同じ方法で、釉薬実験用素地ピースの上面から1.5cmの高さにラインを引き入れ目印とした。トースカンによって入れたラインから下の釉薬をカッターで削ぎ落とし、そのライン上の釉薬の断面の厚みの計測を行った(図5)。本焼成前の施釉後の釉薬は紛体状の釉薬原料が素焼き素地に付着した状態で、非常

に脆いためノギスなどで直接計測するのは困難である。このため計測には厚さ 1mm の金属板を使い、削ぎ落とした釉断面に当てて比較することで5つのサンプルの中から釉薬の厚みが最も近いものを選定した(図6)。この際、5つのサンプルのうち釉薬の厚みが最も薄いものか最も厚いものが選択された場合は再度5つのサンプルを制作し、選択されたサンプルの釉薬の厚みが可能な限り 1 mm に近づくようにした。これによって目視ではあるが ± 0.01 mm ほどの誤差で施釉したサンプルを揃えることができた。



図6 釉薬の厚み計測
削った釉薬層断面に金属板ゲージ(1mm)を
当て厚みの比較、計測を行った

4.3 焼成について

焼成は全自動電気窯(近藤電炉工業所製、サイリスタ式フリット用電気炉 KB8 型)で酸化焼成、1280℃で行った。焼成の温度勾配は、800℃までを 228℃/h、1200℃までを 100℃/h、1280℃までを 26℃/h、1280℃を 30 分温度保持とし、室温まで自然徐冷をした。

5. 透光性の計測と比較

焼成したテストピースを裏面より LED 光源を使い光を透過させ、その状態をミラーレス一眼カメラを使い同一条件下で撮影した。その画像データをもとに PC ソフト Photoshop を使用し釉の違いによるテストピースの透光性の数値化による比較を行った。

以前、光源の色温度が磁土の透光色へ与える影響(色味の変化)について、白磁 100 の試片を使用した比較実験を行った(愛知県立芸術大学大学院美術研究科 博士後期課程 研究報告書 vol.13、p.71-79)。色温度の調節が可能な市販の LED 照明に試片をのせることで、JIS 規格を元に、3000K、5000K、7000K の色温度ごとの透光色の違いを目視にて確認した。結果、それぞれの色温度により、磁土の透光色はオレンジがかった黄色から薄い黄色まで違いが見られたが、強弱はあるがいずれも黄色系で、JIS 規格を越えた色温度 9000K でも僅かに黄色味を感じるアイボリーになることがわかった。本研究では、光を通すと黄色に透光することを磁器の特徴として捉え、作品創作に活かしたいと考えている。また、自然光を取り入れた作品制作も視野に入れているため、最も自然光に近い 5000K で実験に取り組んだ。これにより、化学的な側面から釉薬の透光の考察を試みた。

5.1 透光性計測の方法

光源には株式会社進光社製の『LED ビュアー 5000A4』を使用した。製品の仕様は以下に示す。

LED ビュアー本体型番：SV541A

照明面中央の明るさ	照度 (ルクス)	輝度 (cd/m ²)
通常モード	約 9800	約 3900
エコモード	約 6800	約 2600
照明面の均一性	75%	
色温度	5,000 ± 350 K	
光源 (使用 LED)	日亜化学製高演色白色 LED (平均演色評価数 Ra82)	
LED 点灯方式及び、明るさ調整	制限抵抗方式	
照明面材質	アクリル樹脂	
照明面寸法	297(W) × 260(D) × 17(H)	
製造	日本製 (株式会社進光社製)	

本製品は色温度が自然な白色に近い約 5000K で高い演色性があり、高輝度、また LED 点灯が制限抵抗方式によりデジタル撮影時にフリッカーが見えないなどの点から光源に採用した。撮影時テストピースは照明の中央に固定し、ミラーレス一眼カメラ (Panasonic、LUMIX (DMC-GF7)、レンズ H-FS12032) を使用して撮影記録を行った。

撮影は照明のサイズに合わせた黒色ボードの中心に、テストピースの内径に合わせた直径 5cm の穴を開けたものを照明に固定し、照明面中央にテストピースサンプルを配置、三脚に固定した一眼カメラで撮影した (図 7)。これにより光源の明るさは照明中央値の約 9800 ルクス、約 3900cd/m² と想定する。一眼カメラは三脚に固定した上で撮影位置を固定。テストピースとの距離は上面の撮影時は 37.5cm (図 8)、側面の撮影時は 28.5cm (図 9) の位置に設置した。

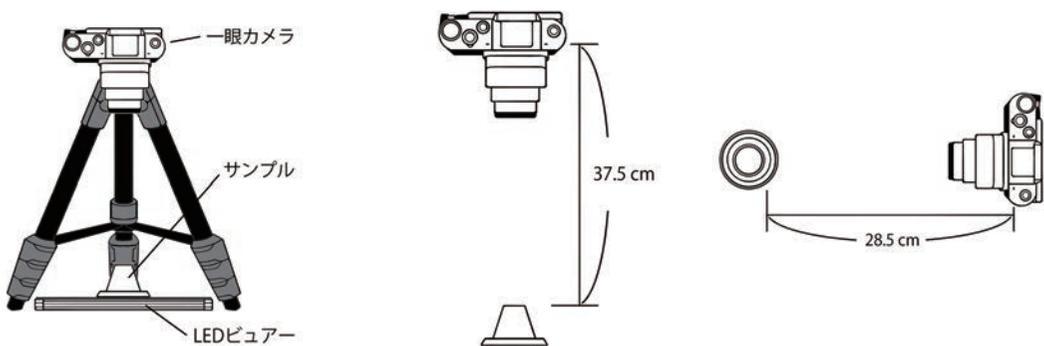


図 7 テストピースの撮影図

図 8 テストピース上面の撮影図

図 9 テストピース側面の撮影図

以上の方法で撮影した写真をもとに、Photoshop の「カラーサンプラーツール」にて測定を行った。測定に使ったコンピュータは Surfacebook3 (windows11)、使用したソフトウェアは Photoshop cc (2022) 23.42 を使用した。

5.2 透光性の計測

磁土の透光性は、素地の厚みと釉薬によって変化する。素地と 4. 釉薬実験で制作した釉薬の組み合わせによる透光性を比較するため、写真と photoshop による測定と比較を行った。

なお今回は素地透光性の比較が目的であり、透光性の絶対値計測が目的ではない。透光性を活かした作品制作において使用する釉薬の選択にあたり、磁土と釉薬の透光性の関係を客観的に明らかにすることで、制作の足掛かりとなると考えた。Photoshop による計測は次の手順で行った。

テストピースの上面部、側面部ともに測定位置のテンプレートを作成し、同一の測定箇所を指定（図 10）。素地の写真ごとの位置ずれは、photoshop 上でテンプレートを作成、計測箇所を写真ごとに調整し、素地ごとの測定箇所の違いを最小となるようにした。

その上で測定箇所を photoshop の「カラーサンプラーツール」にて測定。カラーサンプラーツールは画像の色をピクセル単位で計測するツールで、単ピクセルの色または 3、5、11、31、51、101 ピクセル四方の平均色を求めることができる。釉薬は結晶や貫入などにより発色にばらつきがあるため、今回は 51 ピクセル四方平均での計測を行った。51 ピクセル四方はテストピースの実物において約 4mm 四方にあたる。

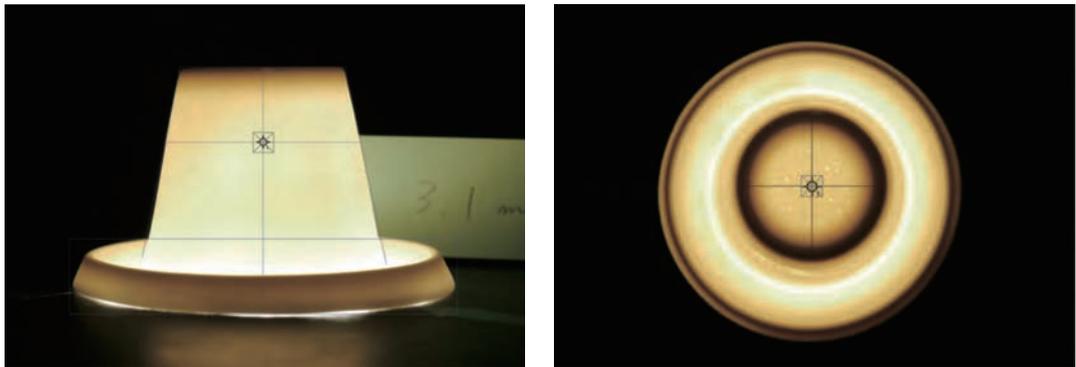


図 10 51 ピクセル四方平均の計測範囲 測定図

5.2.1 素地の透光性の計測

以上の方法で、まずは素地の厚みによる透光性の変化を明確にするために、素焼き後時点で磁土の厚み 3.1mm から 0.2mm 単位ごとに 4.5mm までの無釉薬の実験用素地ピースを、1280 度で酸化焼成したものを作成し、その透光性の測定を行った（表 3）。表 3 左端の mm 表記は素焼き前の素地厚を表している。（白磁 100 は 1280 度の焼成で収縮率 12～14% であるため、本焼成後はこれより 0.5mm 程薄く焼き締まっている）。素地の厚み測定は、測定器とテストピースの形状の関係上、全て側面で計測したものである。そのため、無釉のテストピースは側面部の数値で確認した。

表 3 から、素地の厚みが増すと透光度が低下し、特に 3.9mm 以降の透光性の低下が著しいことがわかる。本研究では、素地の強度と透光性のバランスを考え、磁土素地の厚みは 3.6mm 以上 3.9mm

未満としている。よって、無釉の素地の透光度はおよそ 89 と想定し、次に釉薬の組み合わせによる透光性の比較を行った。

表 3 無釉の実験用素地ピースの透光性測定

素地厚	上面部			側面部		
	51 ピクセル四方の平均			51 ピクセル四方の平均		
(素焼き後)	L*	a*	b*	L*	a*	b*
3.1mm	98.28	-5.546	16.03	95.63	-4.71	29.48
3.3mm	95.08	-5.226	38.48	92.61	-0.601	45.54
3.5mm	94.16	-3.53	44.95	90.2	0.359	56.03
3.7mm	93.76	-2.772	46.29	89	0.68	58.55
3.9mm	91.84	-0.546	52.61	82.54	3.383	69.24
4.1mm	91.74	-0.546	53.27	82.87	3.063	68.63
4.3mm	86.85	2.094	65.56	79.63	5.93	72.59
4.5mm	88.85	0.93	62.18	78.07	7.219	73.55

5.2.2 釉薬の透光性の計測

釉薬は基本的に施釉が厚く、溜まりとなる部分に結晶が生成されやすく、特に結晶釉はその差が大きい。そこで、凹型の形状により釉薬溜まりがができやすいテストピース上面部の中央の値と、釉薬の厚みが上面部に比べて一定である側面の値を測定した（表 4）。

表 4 釉薬の透光性測定

釉薬	上面部 (釉厚部)			側面部 (釉薄部)			釉薬	上面部 (釉厚部)			側面部 (釉薄部)		
	51 ピクセル四方の平均			51 ピクセル四方の平均				51 ピクセル四方の平均			51 ピクセル四方の平均		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*		L*	a*	b*	L*	a*	b*
6-18-1	94.79	-4.851	40.22	89.48	0.344	58.53	8-18-4	91.98	-0.546	51.09	86.55	1.539	61.39
6-18-2	90.43	0.344	59.02	82.53	3.547	66.97	6-18-5	89.5	0.297	61.13	83.47	2.648	65.29
6-19	90.71	0.039	60.85	86.16	2.156	66.33	8-18-6	89.55	0.773	58.91	84.45	2.211	65.84
6-19-7	91.39	-0.772	54.33	86.03	1.672	61.63	8-18-8	84.99	3.406	75.18	82.83	3.43	68.77
6-19-8	83.88	3.297	74.95	89.58	0.594	58.94	8-18-9	90.93	-0.976	56.22	85.77	1.672	62.96
6-19-9	82.6	4.492	75.52	84.69	2.508	64.39	8-18-12	84.97	2.922	69.59	79.53	5.953	72.36
6-19-10	91.56	-0.632	55.66	88.6	0.898	57.52	8-18-14	85.87	1.023	66.47	82.78	3.406	68.66
6-20-1	90.44	0.656	58.07	82.33	3.602	69.64	8-18-16	86.93	0.203	64.69	83.84	2.391	65.01
6-20 P34	88.74	1.953	65.88	89.9	0.406	56.59	8-18-17	86.41	1.477	67.52	84.99	2.539	66.5
8-13-4	88.64	0.883	61.88	83.05	2.953	65.77	A3	89.7	0.672	59.23	81.28	4.25	69.51
8-13-5	94.49	-4.421	43.25	91.43	0.344	51.19	B3	95.54	-5.819	35.13	89.95	0.352	55.98
8-13-6	91.02	0.031	55.82	86.73	1.563	61.65	C3	95.04	-5.03	38.23	92.79	-1.116	46.86
8-13-7	91.7	-0.64	53.88	86.67	1.656	60.27	N	90.8	0.258	58.59	84.53	2.398	66.95
8-18-2	92.02	-0.616	49.88	84.83	1.961	64.23	N タルクなし	90.76	0.648	54.99	85.37	1.938	62.88
8-18-3	93.26	-2.093	47.45	86.17	1.711	62.3	P96MgO ①	87.73	1.633	63.59	79.49	5.828	70.89

5.3 比較の考察

まず、前述の無釉素地の側面の値である透光度 89 と、施釉の側面の値を比較すると、釉薬のほとんどが 89～80 の間にあり、透光度の低下は少ないことがわかった。例外として、透光度が特に上昇した C3 や 8-13-5 は、どちらも測定位置に結晶や気泡などが無い、透明で滑らかなガラス質の釉質であった。釉薬の透光性は、素地と釉の反応層の結晶の出現により変わるものと考えられる。これらの全体の測定値の傾向から、基本的に透光度を低下させるのは、マット釉＞結晶釉（細密＞荒い＞まだらで不均一な結晶）＞透明釉の順であることがわかった。以上が透光度の測定数値からの考察であるが、視覚的な装飾性という面で見ると、マット釉は磁土の質感や光が少し柔らかい印象となり、結晶釉薬は結晶の種類や形状によって表情が大きく変わる。特に大きな結晶がまばらに析出した結晶釉は、光が結晶部を鮮明にするため、装飾的な模様としての効果が大きいと感じた。

今回の磁土と釉薬の組み合わせによる透光性の測定で、ジルコンや亜鉛華による白色釉、マグネサイトによるディオプサイト結晶釉などにおいては若干の透光性の低下はあるものの、磁土の透光性を大きく妨げるものではなく、透明系の釉薬はほとんど影響を与えないことがわかった。一方で表面質感や透光で見られる結晶の模様など、視覚的な効果が感じられることから、白色・透明系釉薬は照明作品などの表現の手法として期待できる。

以上の釉薬の中から、筆者の制作に特にふさわしいと考えるものを、さらに数点抽出した。結晶釉の 6-19-9、8-18-14、8-18-17 の三点、結晶釉と不溶性マット釉の特徴を有する釉の 6-20-1、不溶性マット釉の 8-18-5 を選択した。これらは、磁土の白色を損なわない（大きく乖離しない）こと、釉表面の触感が心地良いこと、析出した結晶が模様の的であるなど釉質に特徴があるものを選んだ。それぞれの釉薬の評価は以下である。

6-19-9 は釉の溜まり部分に細かい針状の結晶（ウイレマイト結晶であると思われる）があり、全体の質感は釉表面に析出した細かい結晶による半マット、少しベージュの色味の結晶釉である。8-18-14 は、1～2mm ほどの結晶が表層に点在、特に釉薬のたまり部に多い。ガラス質と結晶の分離がはっきりとしている。8-18-17 は結晶が釉全体に分布し、ツヤがあるガラス質と結晶の混在している様子が特徴的である。8-18-14 と 8-18-17 は結晶の形や析出具合が似通っているが、8-18-14 は結晶がより表面化、単体で結晶が育っている。

結晶釉と不溶性マット釉の特徴を有する釉質である 6-20-1 は、今回の釉薬実験の中で最も表面がきめ細かな艶なしマット質であり、釉薬の色味は目視で済んだ印象の白色、表面質感はサラサラして手触りが良い。色、質感ともに磨いた白磁の磁器肌に近い。

不溶性マット釉 8-18-5 は釉全体に艶がある半マットであり、サラサラとした手触りをしている。釉のたまり部にピンホールが点在し、内側から光を照らすと、釉薬に穴が空いた状態のピンホールの部分が点々と光るため、透光の釉表現に良いと考えた。これらの釉薬は、今後作品制作に取り入れる考えである。

最後に、以上の実験で得られた知見をもとに、今後の作品制作について現在考えられる展開を述べる。

6. 作品制作

作品制作においては、磁土の白色、または透光性を活かしたデザインを提案し、居住空間に展開することが目的である。今後は、今回の実験で得た釉薬を、より陶磁作品の魅力となる形で活かすために、まずは作品の形態を模索する必要がある。そこで、磁土の透光性を最大に見せることができる『照明』、次に、手に触れる機会が多く、人に近い距離にあることで磁土の質感や色などのディテールを感じとれる『器』、そして磁土素材の特徴である透き通るような空気感を空間に広く展開する『空間オーナメント』の3テーマで作品制作を検討している。

6.1 照明

磁土は不透明性の原料を含み、かつ強度面からある程度の厚みが必要であるため、ガラスや紙、プラスチックなどの素材に比べると光の透けを感じにくい。磁土は素地厚のミリ単位の変化で光の透けが大きく変わることが特徴であり、上記の素材に比べ、造形によって光のグラデーションなどの繊細で幅広い奥行き感を作り出すことができる。磁土の透光性をより明確に表現するためには、光源に安定した強い光を用いた『照明』が適している。照明作品をデザインする上で、点灯時と消灯時で見え方や雰囲気が大きく変化することを最大限に活かす造形や、表現方法が重要となる。また、照明作品は主に、結晶が目視でもはっきりと見える結晶釉を使用することを検討している。結晶釉は、結晶の析出した箇所が光を受けてはっきりとした模様となるため、人工光を用いた照明作品において、より効果的な装飾になる。今後はこの知見を活かして、照明作品のデザインと制作に取り組む。

6.2 器

陶磁器は生活の中で身近なものである。特に食器は手に触れるものであり、常に人の近くにあることから、色や質感は特に重要である。今回の実験で得られた釉薬の繊細な表現には、器の作品が相応しいと考えた。白色が美しく映える形状となることを第一に、陰影を際立たせた造形的な形を追求する。また、表面に結晶のあるマット釉・結晶釉は汚れの付着の原因となるため、特に食器には釉の表面に結晶の生成が少ない、光沢～半マットの使用を検討する。現状のデザイン制作の一例を以下に掲載する。



図11 デザイン図：「プレート」、「花器」、「小皿」

6.3 空間オーナメント

磁土の透き通るような白色は、清涼な印象を与える。また磁土の淡い透過光は、素材が硬質でありながらも柔らかで温かい雰囲気がある。このような独特の空気感を、空間に広く展開したいと考えた。作品をデザインする上で、「空間が軽やかに感じられること」や、「静寂な空気感の演出」をテーマに、既存の陶磁器の在り方にとらわれない形状・展示方法の提案を目指し、空間における美しい造形を追求する。今後、まずは形状や展示形式を限定せず、さまざまな形体を検討していく。



図12 空間オーナメントのデザインイメージスケッチ図、流線形態の群像



図13 空間オーナメントのデザインイメージスケッチ図

おわりに

本稿では、磁土と釉薬に関する素材実験研究に取り組み、その組み合わせごとに透光性の化学的数値化を試みた。これにより、透明・白色系の釉薬が磁土素地の色や質感、透光性にも影響することが確認できた。マット釉や結晶釉で多少の透過光の低下が見られたが、装飾性の観点から考察すると、逆に表現の多様化に繋がることわかった。

筆者は博士後期課程の研究において、磁土の素材特性である白色性と透光性の可能性を追求し、それらを創作表現に活かした陶磁デザインの提案を目指している。今回の実験研究から得られた知見は、従来の釉薬装飾や表現の在り方に、新たな可能性を提示するものである。今後、居住空間のための陶磁デザイン作品制作において、同知見の活用と展開が課題である。

謝辞

本稿執筆にあたり、多くの助言とご指導を賜りました客員教授 外館和子先生、副指導教員 梅本征孝先生、佐藤直樹先生、指導補助 佐藤文子先生、非常勤講師 高木典利先生、澤岡織里部先生、主指導教員 長井千春先生に、心より御礼申し上げます。

(受稿日：2022年8月22日、受理日：2022年11月28日)

参考文献

- 外館和子「日本近現代陶磁史」、阿部出版、2016年
- 野口長次、浜野健也「磁土素地の透光性と微機構（第1報）」、『窯業協曾誌』60巻671号、公益社団法人日本セラミックス協会、1952年、181-184頁
- 浜野 健也「長石-石英系素地の透光性」、『窯業協曾誌』64巻732号、公益社団法人日本セラミックス協会、1956年、271-279頁
- 河野将明、吉田秀樹、小林孝幸、山口英次、兼石哲也「透光性のよい照明具の開発」、『長崎県窯業技術センター研究報告（平成19年度）』、長崎県窯業技術センター、2007年、39-42頁
- 藤井 兼籌「透光性磁器（有彩色性のものを含む）の研究（第1報）」、『窯業協曾雑誌』56巻630号、公益社団法人日本セラミックス協会、1948年、13-15頁
- 徳永留美、田口 肇、岡崎友紀、前崎信也、篠田博之「白磁の照明光色の違いによる色知覚と印象評価」、『日本色彩学会誌』第39巻第5号、一般社団法人日本色彩学会、2015年、122-123頁
- 素木 洋一「セラミック外論(61)」、『窯業協曾誌』73巻838号、公益社団法人日本セラミックス協会、1965年、C378-C383頁
- 素木 洋一「セラミック外論(62)」、『窯業協曾誌』73巻840号、公益社団法人日本セラミックス協会、1965年、C482-C486頁
- 素木 洋一「セラミック外論(67)」、『窯業協曾誌』73巻844号、公益社団法人日本セラミックス協会、1965年、C685-C690頁
- 野田稲吉、稲田博、深沢力「市販磁器の透光度と微構造について」、『窯業協曾誌』66巻748号、公益社団法人日本セラミックス協会、1958年、91-97頁
- 喜多捷夫「環境をつくるあかり」、『照明学会誌』79巻10号、1995年、593-597頁
- 「くらしとあかり」プロジェクト実行委員会「これからのくらしとあかり」、エクスナレッジ、2009年
- 落合勉、大谷義彦「光源の歴史とLEDの役割」、『電気設備学会誌』32巻1号、2012年、3-8頁
- 岩田利枝「室内の光環境・視環境」、『室内環境 [2008]』11巻2号、2008年、117-123頁
- 加藤未佳、関口克明「影から判断する光のやわらかさ」、『日本建築学会環境系論文集』78巻685号、2013年、255-260頁
- 津坂和秀「完全版 釉薬基礎ノート」、株式会社双葉社、2004年

参考ホームページ

- “KONICA MINOLTA 計測機器” <https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section2/02.html>
(アクセス日 2022年8月16日)

執筆者

石原 茉由子（大学院美術研究科博士後期課程美術専攻 陶磁研究分野3年）