

やきもの焼成技術研究会 ー冷却時の雰囲気と釉発色変化ー

小島 均* 吉田 彩美* 吉田 博和* 根本 達志** 寺門 秀人*

1. はじめに

笠間焼産地を中心とした製陶業は、その大半の95%ほどが個人事業主で多品種少量生産を行っている。企業それぞれが「勘・経験」による製品づくりを行っているため、技術課題も個別にさまざまであり、解決しないまま運営しているケースもある。とくに焼成技術は各自の経験に基づく場合がほとんどであり、焼成に関する技術相談も多いのが現状である。

本報告では、平成29年度に実施したガス窯焼成の講演及び平成28、平成29年度に実施した電気炉を用いた還元冷却焼成試験で得た知見について報告する。

2. 目的

「勘・経験」に頼りがちな焼成技術について、化学的知見から実験と検証を行い、品質向上及び新製品開発を支援するために当研究会を実施した。焼成試験では、各種雰囲気による釉発色の変化について検討した。

3. 研究内容

3.1 研究会

品質の安定や作業の効率化をめざし、陶芸用ガス窯の構造及び操作について外部講師による座学講習を行った。また、講演内容を取りまとめた技術資料「陶芸用ガス焼成の基礎」を作成した。

さらに、各々の企業では種々の焼成雰囲気での試験は困難であるため、各種焼成雰囲気での焼成試験を行い釉及び素地発色などについて検討した。

3.2 焼成試験（還元冷却焼成）

焼成の冷却時雰囲気が素地及び釉の発色に影響を及ぼすことが知られている。しかし、発色と釉組成及び冷却雰囲気の関係は、明らかではない。

冷却中の還元雰囲気を保つ温度条件を検討するため表1に示す条件で焼成試験を行った。なお、ガス窯還元焼成品（冷却中酸化雰囲気）と比較を行った。

3.3 実験方法

ガス窯還元焼成は、大和工業製ガス窯 0.3m³を、電気炉による還元冷却焼成は株式会社シンボ製酸化還元併用炉を使用した。全ての焼成試験は、約900℃までを酸化雰囲気で、約900℃から還元雰囲気(CO=4~5%)で焼成し、最高温度で0.5~1hr保持した。冷却中の雰囲気を表1に示す。

表1 焼成試験 冷却中の雰囲気

試験記号	冷却時雰囲気			
	1250℃ ⇒1100℃	1100℃ ⇒900℃	900℃ ⇒750℃	750℃⇒
GAS-RF	OF			
E-RF1	RF		OF	
E-RF2	OF	RF	OF	
E-RF3	RF			

OF：酸化雰囲気 RF：還元雰囲気

釉の選択は、釉中の鉄分に着目して10種類の釉薬を選択し、鉄分の少ない信楽特濃粘土（白土）を用いたテストピースに浸し掛けて施釉して焼成試験を行い、釉の発色変化について検討した。焼成試験に用いた釉配合の例を表2に示す。

表2 焼成試験を行った釉の配合とゼーゲル式

①ジルコン白釉 0.31KNaO 0.48Al2O3 5.2SiO2 0.52CaO 0.17MgO SiO2/Al2O3= 7.1 外割wt% [Fe2O3: 0.2 P2O5: 1.1]	福島長石(白) : 45 合成土灰 : 22 蛙目粘土 : 10 合成わら灰 : 23 *ジルコン : 8
②青磁釉 0.41KNaO 0.59Al2O3 5.2SiO2 0.58CaO 0.01MgO SiO2/Al2O3= 8.8 外割wt% [Fe2O3: 1.2]	釜戸長石 : 79 鼠石灰 : 11 朝鮮カオリン : 8 珪石 : 3 *珪酸鉄 : 2
③酸化鉛釉 0.28KNaO 0.47Al2O3 4.5SiO2 0.70CaO 0.02MgO SiO2/Al2O3=9.4 外割wt%[Fe2O3:5.2 MnO:4.0]	福島長石(白) : 40 鼠石灰 : 17 蛙目粘土 : 12 珪石 : 31 *弁柄 : 5 *二酸化マンガン : 4
④鉄赤釉 0.39KNaO 0.53Al2O3 4.9SiO2 0.39CaO 0.22MgO SiO2/Al2O3= 9.2 外割wt% [Fe2O3:12.6 P2O5:5.0]	福島長石 : 52.5 鼠石灰 : 8.8 タルク : 6.2 蛙目粘土 : 7.5 珪石 : 25.0 *磷酸カルシウム : 12.5 *弁柄 : 12.5

4. 結果と考察

4.1 技術資料「陶芸用ガス焼成の基礎」

技術資料「陶芸用ガス窯焼成の基礎」の概要を図1に示す。当資料はガス窯、ガスバーナーの構造、焼成操作に必要な一次空気及び二次空気の調整方法、焼成時の注意点などについて解説したガス窯焼成初心者向けの資料となっている。



図1 技術資料「陶芸用ガス窯の基礎」

4.2 焼成試験結果

平成28、29年度に実施した電気炉を用いた還元冷却焼成試験及びガス窯還元焼成試験の焼成記録より、各焼成試験の熱履歴は、ガス窯還元焼成(GAS-RF)及び電気炉E-RF1がやや高い熱履歴であった。

素地の色調変化は、鉄分が少ない白土では各雰囲気間の差異は小さく、ごく薄い赤色に発色したが、E-RF3のみ灰白色となった。なお、同時に焼成試験を行った鉄分の多い赤土の発色は、GSA-RFで赤茶褐色に、E-RF1～3では黒褐色となった。

焼成試験を行った釉の中から代表的な結果であるジルコン白釉、青磁釉、酸化鉛釉及び鉄赤釉の釉発色の変化を図2～図5に示す。

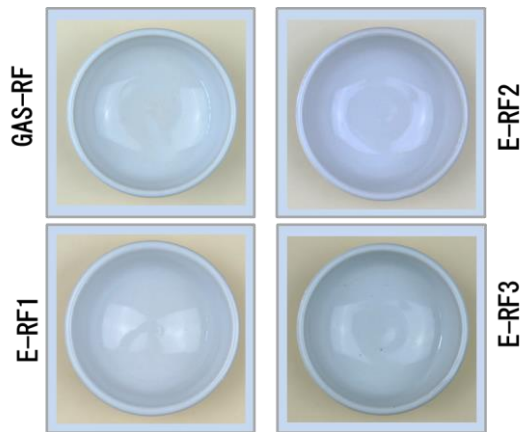


図2 焼成品比較 ジルコン白釉 白土

鉄分をほとんど含まないジルコン白釉は、冷却条件による釉発色に大きな差異は見られなかった。(図2)

鉄分 1.2wt%で透明釉に属する青磁釉は、冷却中還元雰囲気条件(E-RF1～3)では、酸化雰囲気冷却(GAS-RF)と比較し青色の発色が良好であった。さらに750℃まで還元雰囲気を維持したE-RF3で冴えた青色を観察した。(図3)

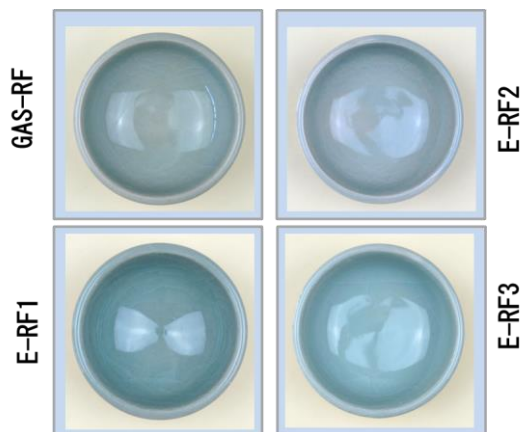


図3 焼成品比較 青磁釉 白土

鉄分5.2%の酸化鉛釉はGAS-RFで黒天目釉の発色に対し、E-RF1及びE-RF2はやや緑色の黒味ラスター調に変化し、E-RF3では灰オリーブ色に変化した。(図4)

鉄分 12.6wt%の鉄赤釉は、GAS-RFで朱色に対し、E-RF1及びE-RF2で黒色ラスター調の発色に変化し、E-RF3ではやや青味の灰色の発色に変化した。(図5)

冷却中の雰囲気を還元にすることで、釉及び素地の発色の変化が観察された。特に鉄分を多く含む酸化鉛釉及び鉄赤釉で他の焼成雰囲気とは顕著に異なる釉の発色を得た。



図4 焼成品比較 酸化鉛釉 白土

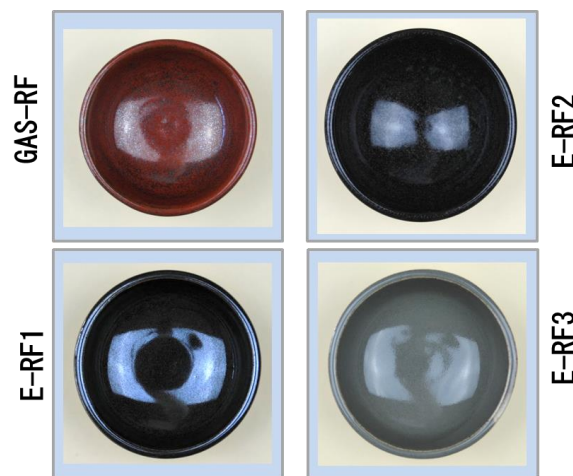


図5 焼成品比較 鉄赤釉 白土

還元雰囲気で900℃までを冷却の条件(E-RF1)とし、また、最高温度から1100℃までを酸化雰囲気とし、1100℃から900℃まで還元雰囲気とした条件(E-RF2)では釉及び素地の発色に大きな差異は観察されなかった。また、還元雰囲気を750℃まで維持した条件では、青磁釉の発色が冴えた青色に、素地の発色も他条件とは異なり灰白色となった。これらの結果から、釉及び素地への還元冷却の効果に大きな差異が起こる冷却温度は、900℃～750℃間にあると思われる。

5. まとめ

ガス窯焼成の手引きとなる技術資料「陶芸用ガス窯焼成の基礎」を作成した。今後の製陶業者への技術支援に活用したい。

還元雰囲気で冷却にすることで、釉及び素地の発色の変化が観察され、特に鉄分を多く含む酸化鉛釉及び鉄赤釉で他の焼成雰囲気とは顕著に異なる釉の発色を得た。

今後、還元雰囲気を維持し冷却する温度について、さらに検討が必要と思われる。また、冷却条件により変化する釉発色の原因についても検討が必要であり、今後の課題としたい。