

釉薬性状の制御に関する研究

蒲地 伸明

佐賀県窯業技術センター

施釉時間、釉薬の濃度が施釉に与える影響を改めて確認するとともに、添加剤による施釉特性の改善を試みた。素地が飽和するまでは施釉時間と釉薬の付着量は比例すること、施釉時間に対する施釉重量の変化率は重ボーマスの影響をほとんど受けないことが確認できた。消泡剤や撥水剤の添加試験では、わずかな添加でも施釉体表面の状態が大きく変化することが明らかとなった。

An attempt to improve glazing properties.

KAMOCHI Nobuaki

Saga Ceramics Research Laboratory

The purpose of this study is confirmation how the glazing time and glaze density affect the workability and the glazed surface state. The glaze adhesion weight was directly proportional to glazing time until water saturating the body. The glaze density didn't affect on the glaze adhesion weight changing ratio to the glazing time. On the defoaming agent or water repellent agent additive test, a small amount agent gave large influence on the glazed surface state.

1. はじめに

陶磁器に使用される釉薬は目的の雰囲気や熱膨張等を得るために様々な原料を用いて調合される。当センターでも多様化する加飾ニーズに応えるために様々な釉薬開発を行ってきた¹⁾。他に、釉薬原料の変化に対応するために釉調合支援ソフトを開発し配布も行っている²⁾。

一方で、焼成後の雰囲気や熱膨張を優先した釉薬によっては施釉時の作業性の低下や、乾燥後の釉薬表面の脆さ等が問題となることがある。主な原因として、粘土鉱物の過多や過少、凝集・分散作用の強い原料の使用があり、原料の煨焼や釉薬の粒度調整などで対策するが限界もある³⁾。

そこで、本研究では施釉時間、釉薬の濃度が施釉に与える影響を改めて確認するとともに、添加剤による施釉特性の改善を試みた。

2. 実験方法

2.1 施釉装置

施釉特性の確認には安定して施釉を行う必要があるため施釉装置を製作した。図1に施釉装置の写真を示す。

施釉装置は 60~90° に角度調整可能な釉タンクとワイヤー支持の釉ばさみから構成されており、最小限の釉薬量で施釉試験が可能である。

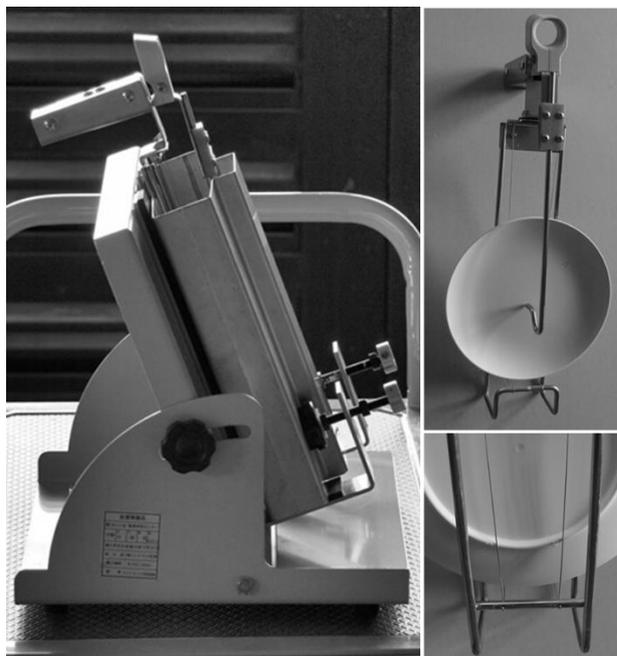
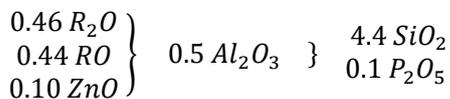


図1 施釉装置。
(左:釉タンク, 右上:釉ばさみ上面, 右下:釉ばさみ下面)。

2.2 基礎試験用釉薬

試験に使用した釉の調合を表1に、粒度分布を図2に示す。またゼーゲル式は以下のとおりである。



釉薬の粘度は B 型回転粘度計(DVH-BII,トキメック製)で測定した。

表1 基礎試験用釉薬の調合割合

原料	調合割合 %
益田長石	46
インドソーダ長石	19
焼タルク	6
骨灰	7
マレーシアカオリン	5
珪石	15
亜鉛華	2

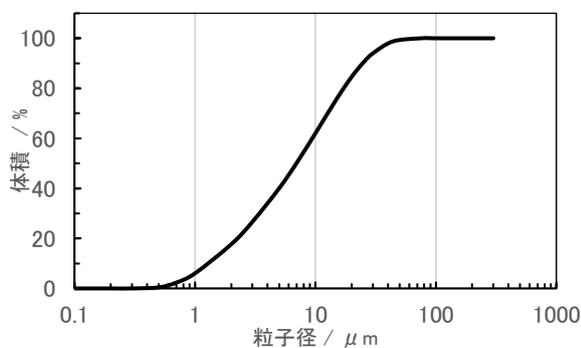


図2 基礎試験釉の粒度分布。(中心粒径 70μm)

2.3 施釉試験

2.2 に示した基礎釉のボーマ度を 38~44 まで変化させ施釉装置を用いて 5 寸皿へ施釉試験を行った。施釉前の素焼き素地重量を計量後、1, 3, 5 秒と浸漬時間を変えて施釉を実施し、乾燥後の試料重量から素地重量を差し引いて各条件で付着した釉薬重量を求めた。試験には、ローラーマシン成形で作製した 5 寸皿をランダムに 12 枚抜き出し試料として用いた。それらの試料は平均重量が 131.3g、標準偏差が 1.77 であった。

2.4 重ボーマ度、釉比重-含水率換算グラフ

本稿は釉薬の含水率を施釉現場の現状に合わせ重ボーマ度で示す。一方で、重ボーマ度になじみがない場合内容が判り難くなる懸念されるため、参考として釉薬原料の真密度を 2.6 と仮定して作成した重ボーマ度、釉比重-含水率の換算グラフを図3に示す。2.2 により調合した釉薬で確認したところ、重ボーマ度と含水率の関係はグラフの実線とよく一致した。

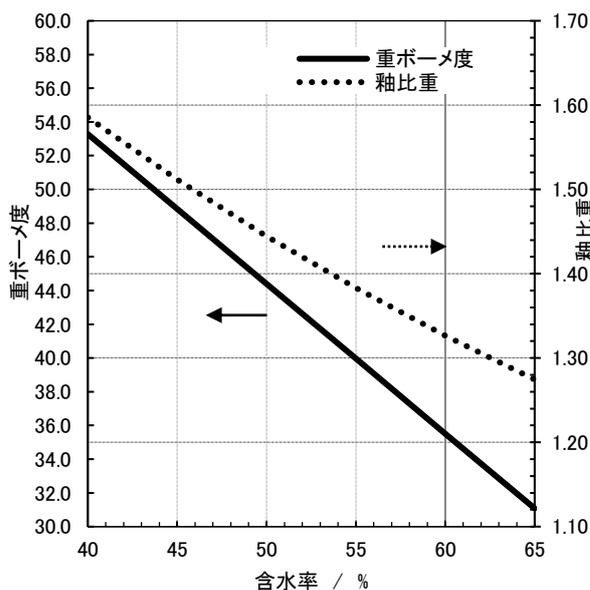


図3 重ボーマ度、釉比重-含水率換算グラフ。

3. 結果と考察

3.1 施釉時間、ボーマ度と施釉重量の関係

施釉試験に先立ち施釉装置の試験精度を確認した。釉薬の代わりに水道水を用い浸漬時間を 1, 3, 5 秒と変化させた時の素焼き素地 3 枚の平均吸水重量を図4に示す。エラーバーは各条件の最大・最小値を示す。図から明らかなように浸漬時間ごとの吸水重量の最大値と最小値の幅は、浸漬時間による変化に比べ小さく施釉装置を用いて精度よく施釉試験ができることが確認できた。なお、素焼き素地を水中に放置したのち測定した飽和吸水重量は 3 枚の平均が 20.4g であった。

釉薬の含水率を変化させ、ボーマ度を 38, 40, 42, 44 とし、4 番ローターを用いてローター回転数 1rpm と 20rpm で測定した粘度変化を図5に示す。いずれの回転数においても重ボーマ度が高くなるに従い粘度が増加する傾向

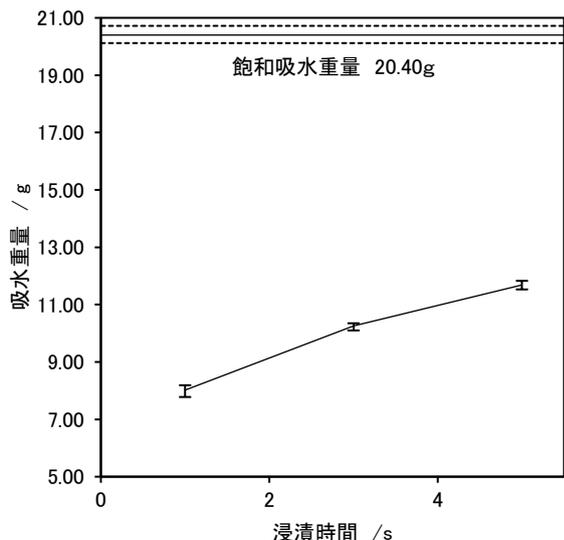


図4 浸漬時間と吸水重量の関係。(5寸皿 素焼き重量平均131g)

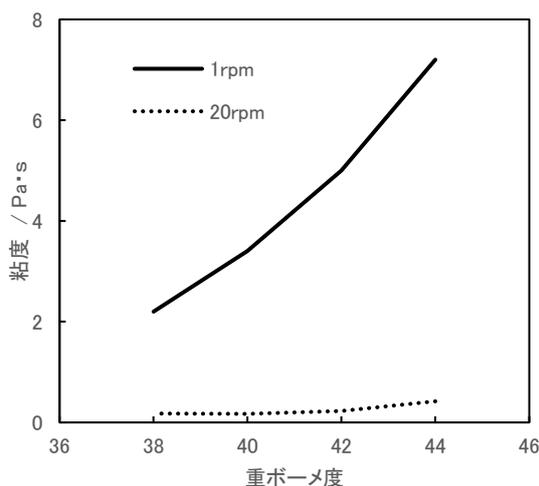


図5 重ボーマ度と粘度の関係。

が確認できたが、1rpmと比較して20rpmの測定値の変化量は非常に小さい。

施釉時に素地が釉薬中を移動している際には、素地周りの釉薬には4番ローター20rpm以上のずり速度が発生していると考えられるので、ボーマ度に関わらず施釉中の釉薬の粘度はほぼ一定と考えられる。

釉薬のボーマ度を38, 40, 42, 44とし施釉時間を1, 3, 5秒として5寸皿に施釉したときの施釉時間と釉薬の付着重量の関係を表2に示す。合わせて釉薬の付着量から次式により算出した施釉後素地の吸水が飽和したときの素地上の釉薬の含水率を示す。

$$\text{素地上釉薬含水率 (\%)} = \frac{(W_{dg}/(1 - u_g) - W_{dg}) - W}{W_{dg}/(1 - u_g)} \times 100$$

W_{dg} : 釉乾燥重量

u_g : 釉薬含水率

W : 素地飽和水分量(20.4g)

施釉は1条件につき3枚ずつを予定していたが、乾燥が遅く作業が困難であった条件では試験数を減じた。表中の水重量の部分で背景が薄いグレーの部分には試料2個の平均、濃いグレーは試料1個のデータである。表から明らかのようにグレーで示した部分における施釉後の釉薬の含水率が20%近くになると、施釉後の釉薬面に触れることができなくなり作業性が低下することが判る。

表2において素地の水分飽和の影響を受けていないと考えられる重ボーマ度38の1秒及び3秒施釉試料とボーマ度40, 42の1秒施釉試料について、釉乾燥重量における施釉時間と重ボーマ度の関係を確認した。図4に示した浸漬時間と吸水重量の関係から逆算した施釉時間が1秒から3秒に変化したときに期待される施釉重量の増加率は1.28であるが、実際の増加率は15.3/10.5=1.46と期待値の1.14倍であった。一方、ボーマ度が38から40, 42に変化したときに期待される施釉重量の増加率はそれぞれ1.1, 1.2であるが、実際の増加率は16.5/10.5=1.42、16.5/10.5=1.57でありそれぞれ期待値の1.29倍、1.30倍となった。したがって、施釉量への影響は施釉時間よりも重ボーマ度のほうが大きいと考えられる。

表2 施釉時間と釉薬の付着重量の関係、及び施釉直後の釉薬含水率

重ボーマ度 ↓	釉乾燥重量 /g			素地上釉薬含水率 /%		
	1s	3s	5s	1s	3s	5s
44	23.4	31.0	35.6	13	26	31
42	16.5	21.7	27.5	0	15	27
40	14.9	19.8	24.9	0	16	29
38	10.5	15.3	20.5	0	1	25

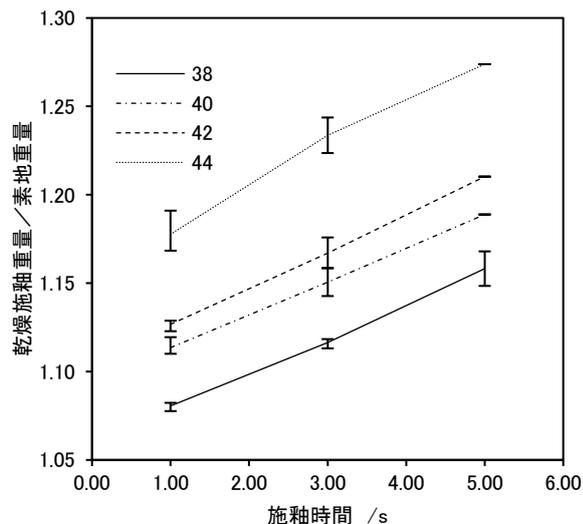


図6 施釉時間と釉薬付着割合の重ポーム度による変化

表 2 の乾燥施釉重量を素地重量に対する乾燥施釉素地の重量増加率としてグラフ化したものを図 6 に示す。エラーバーはそれぞれの条件における最大最長値を示しているが、図から明らかなように素地の飽和吸水重量を超える釉薬が付着した場合、施釉重量のばらつきが大きくなるが判る。一方で、施釉時間ごとの施釉重量の増加は直線的であり、素地飽和時素地上釉薬含水率が 30%程度までは施釉時間に比例して施釉重量が増加することが確認できる。また、グラフの傾きも重ポーム度による差はほとんどなく、施釉時間に対する施釉重量の変化率は重ポーム度の影響をほとんど受けないことが判った。

図 7 に施釉試験時に発生した釉ムラの写真を示す。左は重ポーム度 38 施釉時間 5 秒の条件のもので、施釉時間が長いために薄い縁部が水で飽和し縁部の釉が迅速



図7 釉ムラの発生状況。
(左:重ポーム度 38—施釉時間 5 秒、右:重ポーム度 44—施釉時間 1 秒)

に固化できずに半乾きの釉面に垂れてきたものである。右の重ポーム度 44 施釉時間 1 秒の試料には縁部からの釉だれはほとんどない。一方で、高台部からの釉だれが目立つ。高台部から余剰の釉薬が垂れてきたときにすでに高台付近の釉面は半乾きの状態になっているため、垂れてきた釉薬が周りとなじむことができずに段差になったものである。施釉時間が長い右の試料では高台部からの釉だれは周りとなじみ、ほとんど目立たない。このように釉層から素地への水分移動は速すぎても遅すぎても釉ムラが発生することが改めて確認できた。

3.2 釉薬への消泡剤、撥水剤添加試験

釉層から素地への水分移動の速度を制御するための様々な方法が知られている⁴⁾。代表的なものとして釉薬の粒度分布を変えたり、釉層の保水力に強く影響する粘土鉱物の一部を仮焼する等がある。これらの調整は釉組成によっては難しい場合もあるので、本研究では新たな試みとして水の表面張力を変化させることを試みた。

表面張力を低下させるためにシリコーン消泡剤(KM-73:信越化学工業)を重ポーム度 42 の釉中の水分量に対して 0.05%添加し 3 秒施釉した時の釉薬面を図 8 に示す。図から判るように消泡剤を添加した釉薬を用いた施釉体表面は、独特な釉ムラが発生した。釉ムラの発生の様子を確認したところ、施釉時に素地に吸われた水に押し出された素地中の空気が釉層の固化が始まる前に勢いよく弾け釉層の薄い部分を形成していると考えられた。釉層表面の乾燥は消泡剤無添加の釉薬に比べ速く水の表面張

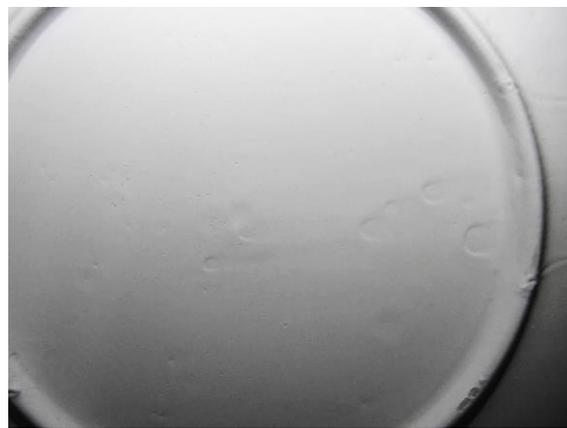


図8 消泡剤 0.05%添加釉薬の施釉体表面

力が低下した結果、素地中への水分移動が速くなったことが独特な釉ムラ発生の原因と推察される。製品によっては釉ムラを意図的に出したいという場合もあり、特殊な釉組成を作ることなく釉ムラを出せるこの方法は新しい釉加飾の技法としての可能性がある。

水の表面張力を低下させる消泡剤の添加で釉ムラが発生したことから、逆に水の表面張力を高くすることで釉ムラが軽減できないか検討した。しかしながら、釉組成に影響を与えずに表面張力を高くすることは難しいため、素地の濡れ性を低下させることで同様の効果が得られると考え、釉薬中へのフッ素系撥水撥油剤(AG-E080:明成化学工業株式会社)の添加を試みた。重ポーメ度 42 の釉中の水分量に対して 0.05% 添加し 3 秒施釉した時の釉薬面を図 9 に示す。図から明らかなように多数のピンホールが釉薬面に発生した。理由は不明であるが素地中から出てくる空気が撥水剤の影響によりピンホールを形成できるほどの大きな塊となったと推察される。施釉後の釉層表面の乾きは撥水剤無添加の施釉体に比べ遅くなった。

なお、消泡剤、撥水剤ともに添加量を増やしてもあまり釉薬面の状態に変化はなかった。また、同時に添加した場合は消泡剤の影響による釉ムラが発生した。



図9 撥水剤 0.05% 添加釉薬の施釉体表面。

4. まとめ

少量の釉薬で精度よく試験ができる施釉装置を製作し施釉時間、釉薬の濃度が施釉に与える影響を改めて確認した。結果、素地が飽和するまでは施釉時間と釉薬の付着量は比例すること、施釉時間に対する施釉重量の変化率は重ポーメ度の影響をほとんど受けないこと等が確認できた。

また、消泡剤や撥水剤の添加試験では、わずかな添加でも施釉体表面の状態が大きく変化することが明らかとなった。本研究では釉ムラを低減する添加剤を見出すことができなかったが、消泡剤や撥水剤の種類が変われば釉ムラやピンホールの発生状態は変化しており、今後も種類をふやして試験を続けていく予定である。また、釉ムラについては新しい加飾技法として提案するとともに、釉ムラの制御方法について検討していきたい。

参考文献

- 1) 志波雄三他, 佐賀県窯業技術センター令和元年度研究報告書・支援事業報告書, 1-18 (2020).
- 2) 蒲地伸明, セラミックス, 48, No11, 879-884 (2013).
- 3) 蒲地伸明, 佐賀県窯業技術センター平成 13 年度業務報告書, 33-37 (2002).
- 4) 素木洋一, 釉とその顔料, 技報堂, 392-424 (1968).