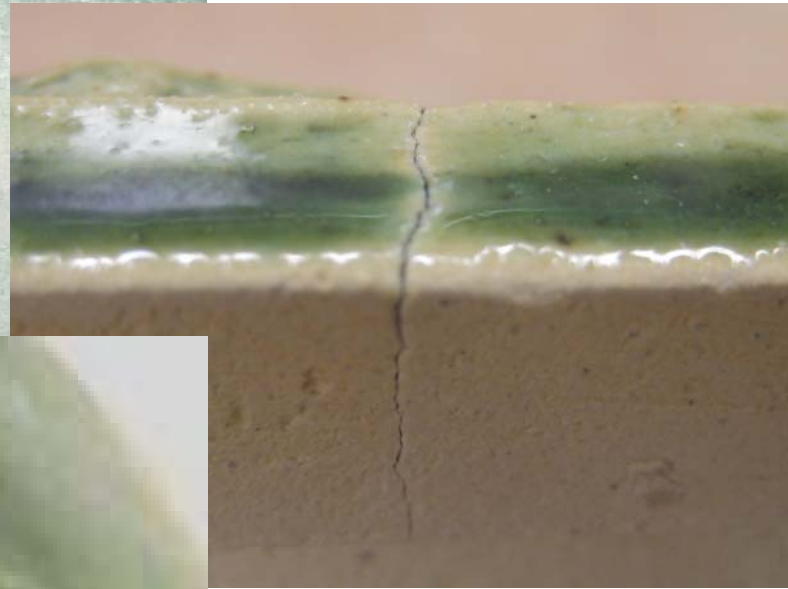
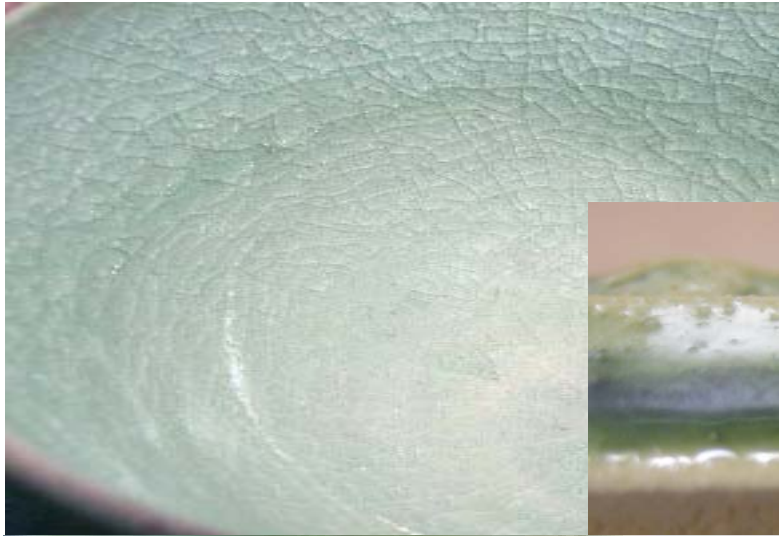
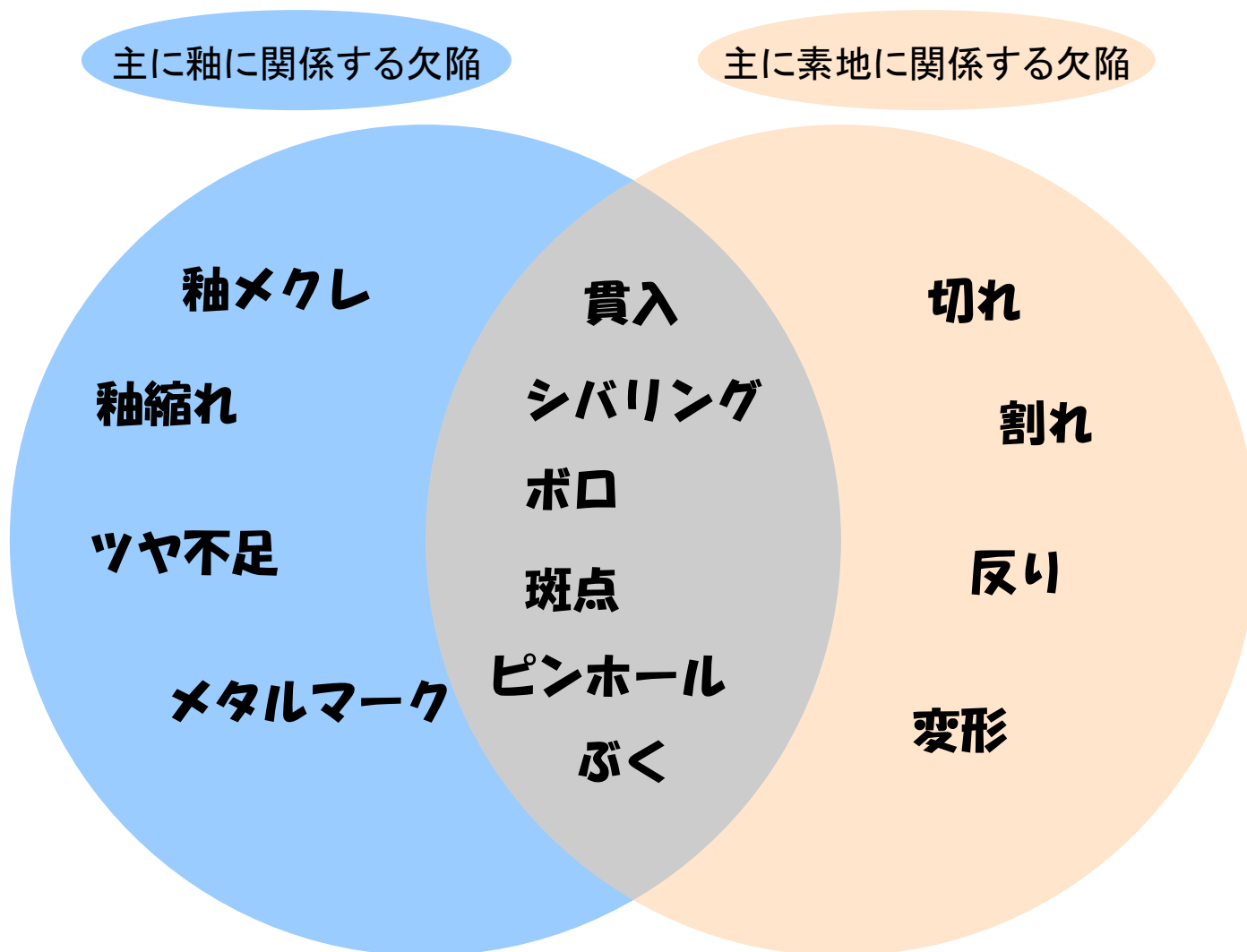


陶磁器の欠陥(原因と対策)



陶磁器に発生する主な欠陥の種類

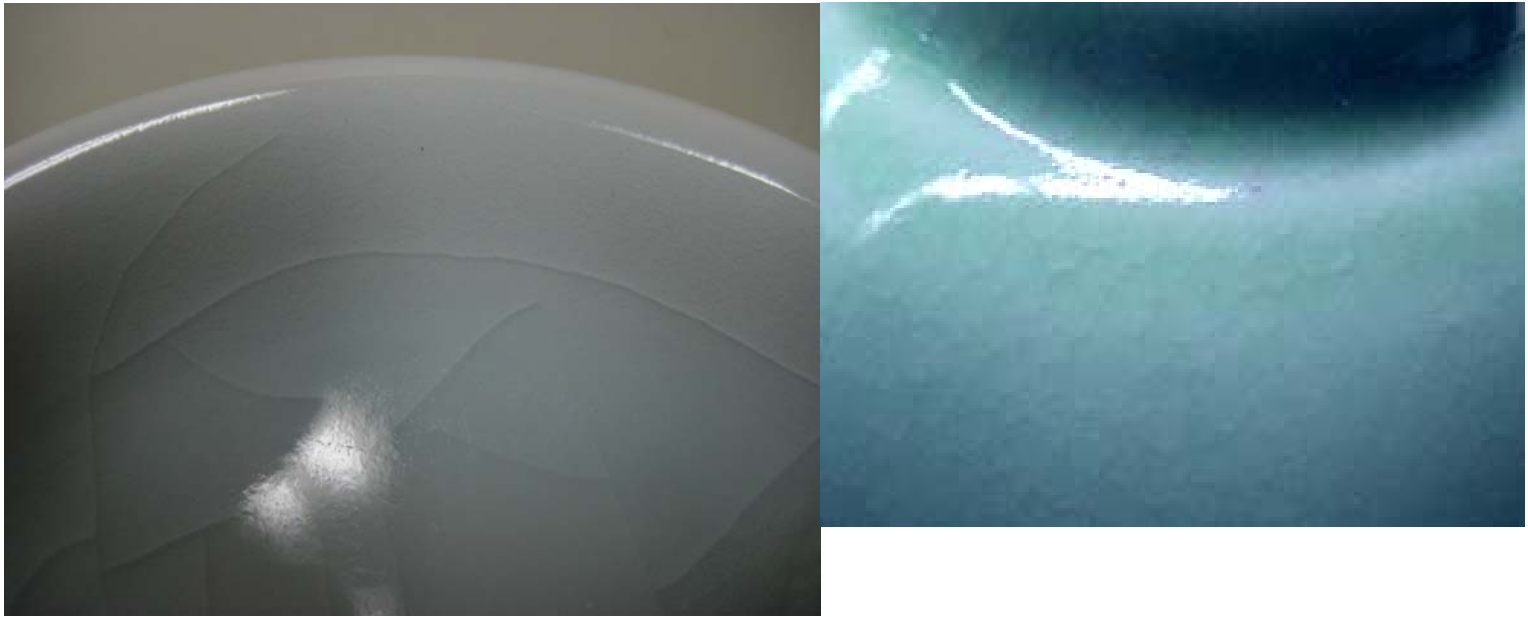


目次

- ・ 貫入 P3～P5
- ・ シバリング P6～P8
- ・ 釉メクレ・釉縮れ P9～P16
- ・ ピンホール P17～P22
- ・ ぶく P23～P26
- ・ ツヤ不足 P27～P30
- ・ 切れ・割れ P31～P33
- ・ 反り・変形 P34～P37
- ・ ボロ・斑点 P38～P40
- ・ メタルマーク P41～P42

貫入

釉に生じる細かいヒビ。素地と釉薬は、加熱すると膨張し、冷却すると収縮する。
(これを熱膨張と呼ぶ) 貫入は、素地と釉薬とで焼成・冷却の際の膨張収縮の度合いが異なるため起こる。



釉の表面に生じた貫入

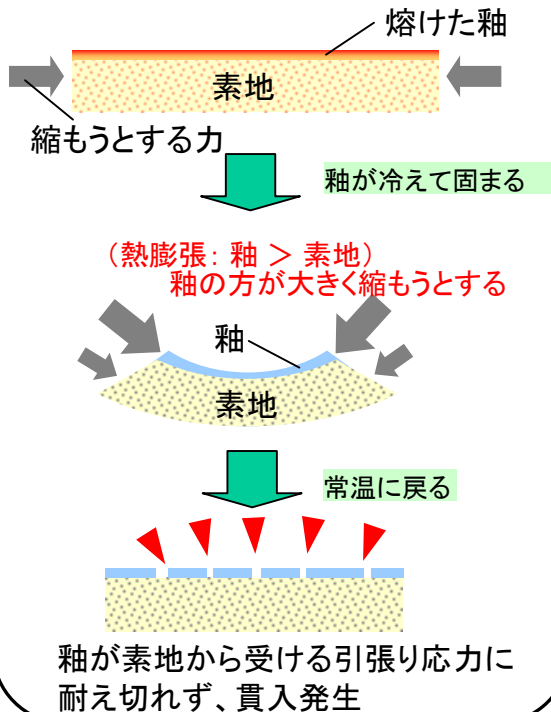
貫入



釉の熱膨張が素地の熱膨張よりも大きく、貫入が発生した例

貫入発生の様式図

釉が冷えて固まった後、常温に戻るまで釉が素地よりも大きく縮む



原因1 釉の熱膨張が素地の熱膨張より大きい

詳細

・焼成後、冷えていく間に釉が固まる。

⇒ 釉も素地も常温に戻るまで縮む。

このとき釉が素地よりも大きく縮む (=釉が素地よりも熱膨張が大きい) 場合、釉は素地に引っ張られる力 (=引張り応力と呼ぶ) を受ける。

⇒ 釉が素地からの引張り応力に耐え切れなくなったとき釉面に貫入発生。

対策

素地と釉の調合見直し

釉の調合にカオリン・珪石など骨格として働く原料を増やして釉の熱膨張を下げる。または素地に長石を加えて素地の熱膨張を下げる (熱に弱くする)。

釉・素地の調合を何パターンか試し、試験片を数点作成して焼成テストを行う。

試験場で行う主な試験等

スポーリング試験

製品が急な温度変化によって割れないかを、JIS-S2400に基づいて検査

熱膨張試験

釉と素地に温度を加えてそれぞれの膨張の度合いを数値で測定

貫入



釉が部分的に厚く、スポーリング試験後に貫入を生じた例

(赤インクが染み込んだ箇所へ貫入が入った。)

原因2 釉が厚すぎ／厚さが不均一

詳細

- ・ 製品全体の釉が厚すぎる
⇒ 素地から受ける引張り応力の影響がその分大きくなる
- ・ 釉の厚さが不均一
⇒ 部分的に引張り応力の強弱が発生し、貫入が入りやすくなる
(**釉の厚さ不均一は焼成後の釉面の色ムラ、釉メクレにもつながる**)

対策

厚くならないすぎぬよう、均一に釉掛けする

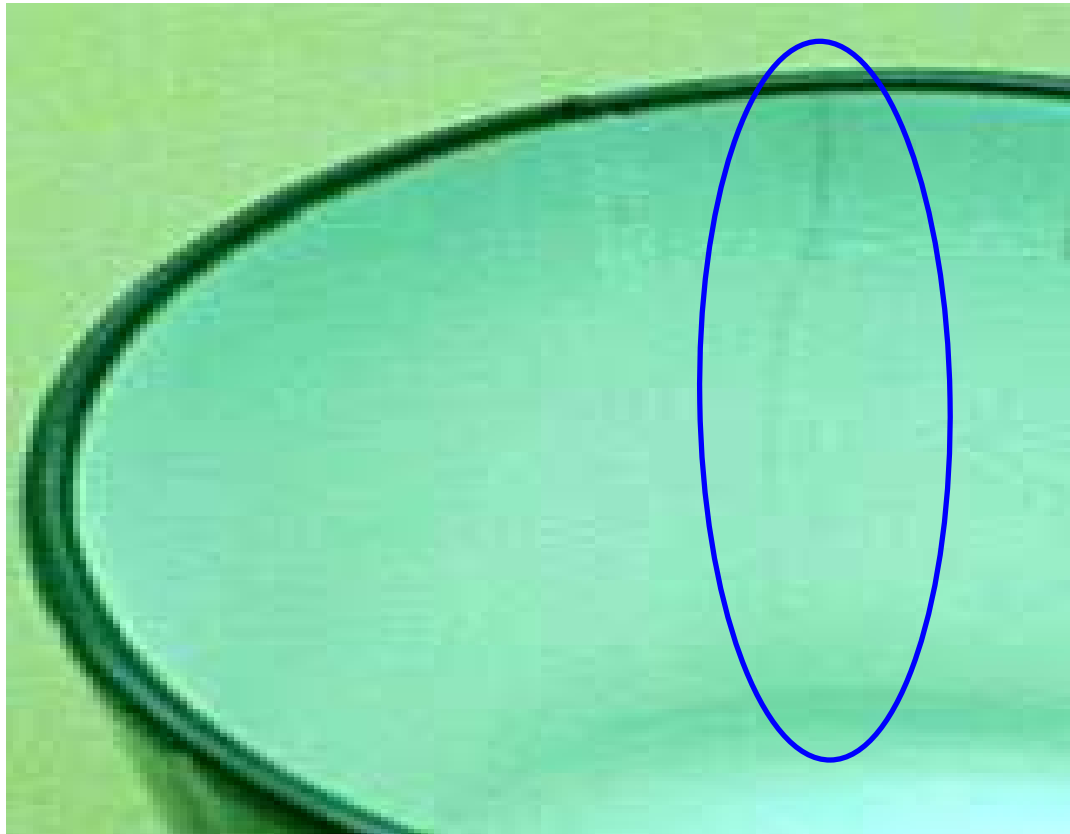
試験場で行う主な試験等

スポーリング試験 製品が急な温度変化によって割れないかを、JIS-S2400に基づいて検査

シバリング

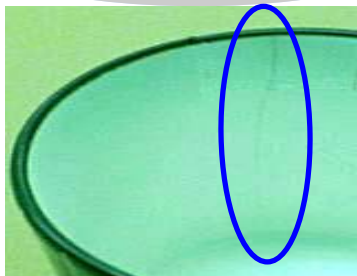
窯出し後、器の釉が飛ぶ現象。ひどいものでは器が素地ごと破壊される。井などで底がぱっくり抜けたように割れることがある。

(貫入とは逆で、素地の熱膨張が釉の熱膨張よりも大きい場合に発生。)



シバリングが発生して素地ごと亀裂が入った器

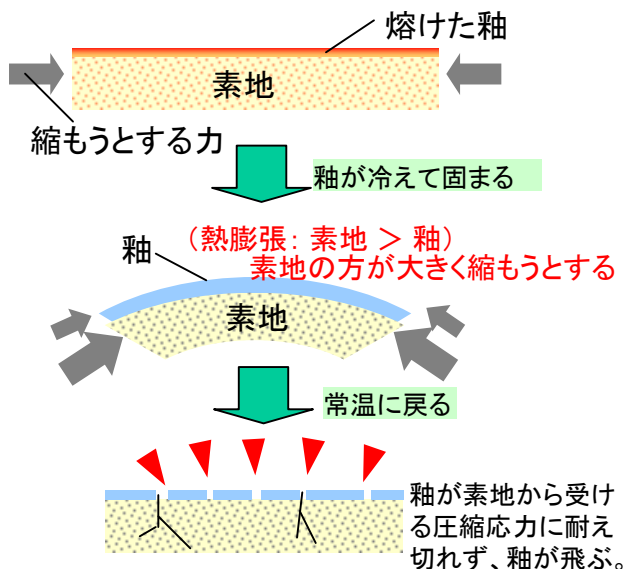
シバリング



素地ごと破壊した例

シバリング発生の様式図

釉が冷えて固まった後、常温に戻るまで素地が釉よりも大きく縮む



素地が釉に引っ張られるので

- ・熱膨張が大きく異なる (素地 >> 釉)
- ・器の内外で異なる釉の複数塗り分け

これらによって素地破壊・器ものでは底が抜け抜けたように割れるリスク増大

原因 1 詳細

素地の熱膨張が釉の熱膨張より大きい

- ・焼成後、冷えていく間に釉が固まる。

⇒ 釉も素地も常温に戻るまで縮む。

このとき素地が釉よりも大きく縮む (=素地が釉よりも熱膨張が大きい) 場合、釉は素地に押しつぶされる力 (=圧縮応力と呼ぶ) を受ける。

⇒ 釉が素地からの引張り応力に耐え切れなくなったとき釉面に貫入発生。著しく熱膨張が異なる(素地 >> 釉)場合は素地ごと破壊。

対策

(1) 素地と釉の調合見直し

釉に石灰・長石などの溶かす原料を増やして釉の熱膨張を上げる。または素地にカオリン、粘土、珪石を加えて素地の熱膨張を下げる (熱に強くする)。

釉・素地の調合を何パターンか試し、試験片を数点作成して焼成テストを行う。

(2) 2種類以上の釉を用いる場合、塗り分けをやめるか基礎釉を統一。釉と素地のアンバランスを避ける。

(3) その他、複数のメーカーの釉を用いている場合は同じメーカーの釉を用いるなど。

試験場で行う主な試験等

スポーリング試験

製品が急な温度変化によって割れないかを、JIS-S2400に基づいて検査

熱膨張試験

釉と素地に温度を加えてそれぞれの膨張の度合いを数値で測定

シバリング

原因2 本焼成で素地にクリストバライトが生成

詳細

・ 本焼成で素地に含まれる石英(※)が転移し、クリストバライトを生成

⇒ 素地の熱膨張が釉の熱膨張より大きくなり、シバリング発生。

- ・ 石英が多めの素地土
- ・ 石英の粒度が細かい
- ・ 焼成温度が高い

これらの条件で素地の石英が
クリストバライトに転移しやすい傾向

対策

(1) 焼成パターン見直し (焼成温度下げる方向に)

(メジャーリングを置いて窯の温度管理)

(2) 素地土をミルで調合するとき摺り過ぎない

(3) 原料の調合比率の見直し

素地の調合比率を少量で何パターンか試し、
試験片を数点作成して焼成テストを行う。



メジャーリング

(※)石英とクリストバライトとは

シリカ(化学式: SiO_2)の結晶形の一つ。
窯業原料(珪石、長石、粘土、カオリン、
陶石等)には化学成分としてシリカが含ま
れている。

シリカの結晶形として石英、トリジマイト、
クリストバライトが知られている。

通常、原料を調合するときはシリカ成分
は石英として存在。加熱によって石英の
結晶の形が変化してトリジマイト、クリスト
バライトに。

クリストバライトへの転移は、素地の調合、
素地の粒度、焼成温度によって変わる。
クリストバライトは素地の熱膨張を押し上
げる原因。

試験場で行う主な試験等

X線回折

試料に入っている鉱物・結晶の種類を調べる。長石・カオリナイト・石英などの有無が分かる。
石英が転移してできるクリストバライト相が素地中に生成していないか分析。

粒度分析

試料にどれくらいの粗さのものが、どれくらい含まれているかを調べる。原料珪石の
粗さを数値(粗さの分布)で表し、釉を何時間摺ってどれだけ細かくなったかを管理。

釉メクレ・釉縮れ

釉メクレは釉掛けして乾燥または焼成後、釉が剥がれて素地がむき出しになる現象。
また、釉縮れは焼成中に釉が素地の上で縮んでしまう現象。



釉メクレ・釉縮れの例

釉メクレ・釉縮れ

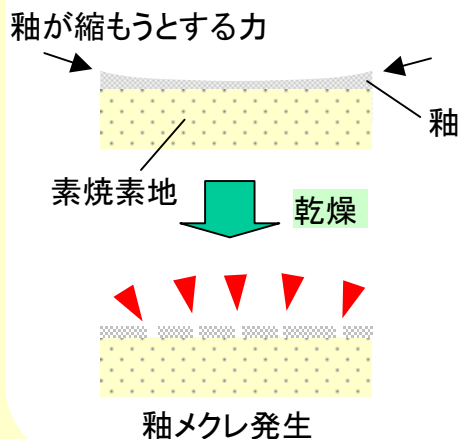
原因 1 釉の乾燥収縮が大きい

詳細



釉の乾燥収縮が大きく、
釉メクレが発生した例

釉の乾燥収縮模式図



- ・ 釉掛けの後、乾燥によって素地よりも釉が大きく縮む。

⇒ 釉が素地に引っ張られる形となり、釉メクレとなる。

窯詰めの段階では異状無くとも、釉が熔ける前の焙りの段階でも発生することが考えられる。

対策

釉の調合のうち、乾燥収縮の大きい蛙目粘土・木節粘土・カオリン等を減らす。または焼カオリンに置き換える等。

(特に木節粘土は細かい粘土粒子を多く含むため、粘りは得られるが乾燥収縮が大きい)

(注意：ただし、粘土やカオリンを焼くことで釉の粘りは低下)

釉メクレ・釉縮れ



釉を摺りすぎて縮れがおきた例

原因2 釉を細かく粉碎しすぎている

詳細

- ・ 釉を細かく摺りすぎ
 - ⇒ 釉表面に付着する水の量多くなる
(粒子が細かいと比表面積が大きくなるので水の付着量増える)
 - ⇒ その分だけ釉の乾燥収縮が大きくなり、釉メクレ・釉縮れが出やすい
(釉の摺りすぎはピンホールの発生にもつながる)

対策

釉を摺り過ぎない（釉の粉碎時間を管理）

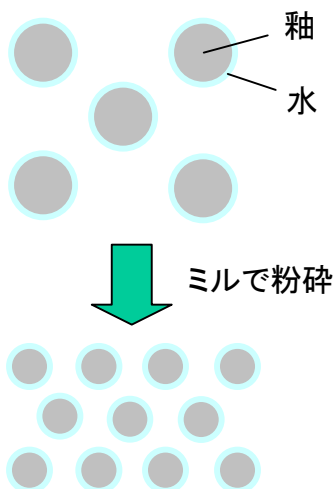
釉の粉碎時間を何パターンか試し、製品と同じ素地土で試験片を数点作成する。それぞれの粉碎時間の釉を塗って製品と同じ条件で焼成テストし、釉メクレ・釉縮れにならない粉碎条件を見つける。

**(注意：逆に摺りが足りないと粗い石英粒子が
熔け残りやすくなり、釉面光沢不足の原因に)**

試験場で行う主な試験等

粒度分析 試料にどれくらいの粗さのものが、どれくらい含まれているかを調べる。釉の粗さを数値(粗さの分布)で表し、釉を何時間摺ってどれだけ細かくなったかを管理。

釉粉碎の模式図



釉の粒子表面の
水の付着量増える

釉メクレ・釉縮れ

原因3 素地表面についてホコリ・汚れ

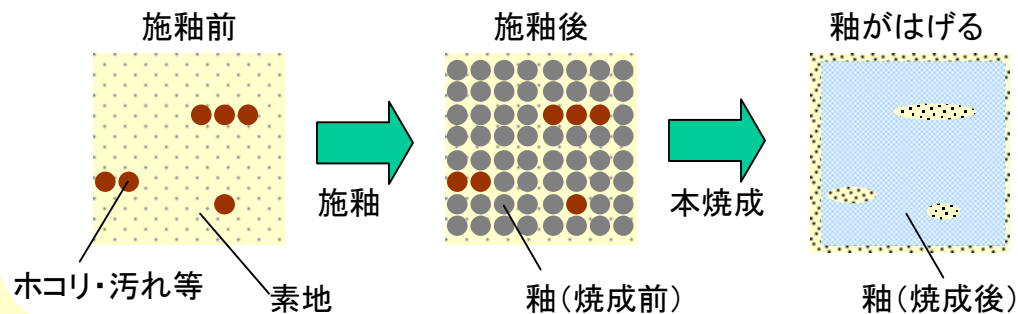
詳細

- ・ホコリや手の脂などが釉をはじく
施釉してもその部分だけ釉がはじかれ、焼成後の釉メクレ・釉縮れにつながる。



素地の汚れのため本焼成後に釉縮れが出たと思われる例

ホコリ・汚れによる釉メクレ・釉縮れ発生の模式図



対策

**ホコリ・汚れ・素焼の粉や手の脂が付かぬよう扱い注意
(エアーで吹き飛ばす、サンドペーパーで落とす、
保管場所に注意する等)**

釉メクレ・釉縮れ

原因4 釉の粘り不足

詳細

- ・ 釉に粘着力(粘り)が無い
⇒ 釉掛け後や焼成後に素地から剥がれやすくなる。

対策

**釉にカオリン、またはふのり・CMC等の
バインダーを添加（釉の沈殿防止にも有効）**

**（注意：ふのり、CMCは気温や湿度によって腐敗を起こすので
保管場所、安息香酸の添加（=防腐剤の役目）等を考慮）**

**（注意：釉にカオリンを加えて粘りを調節する場合は、
釉の熔け方も確認。透明釉の場合はマットにならないか等。）**



釉に粘り成分が足りず、焼成後に釉がめくれたテストピース

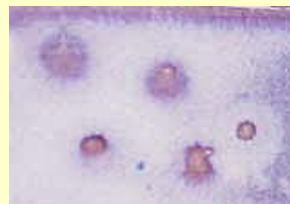
釉メクレ・釉縮れ

原因5 釉の可溶性塩類

詳細

- ・天然の灰を用いた灰釉を施釉して焼成したとき
⇒ 施釉後に乾燥して釉と素地の界面に可溶性塩類が析出。
これが釉層を浮き上げて釉メクレ・釉縮れにつながる。

(可溶性塩類とは水に溶けるナトリウム・カリウム等のアルカリ成分。釉を部分的に過焼にし、釉面にぶくを発生させる原因にもなる。その他、素地の孔から浸透して素地の耐火度を弱くする。)



釉の可溶性塩類によりぶくが発生した例

対策

灰に含まれる不純物を篩でこした後、灰の灰汁（あく）抜きを行ってから釉の調合に用いる。

(灰に水を加えてかき混ぜ、上水を捨てる。可溶性塩類は水に溶けるのでこれを何度も繰り返す。にがいを少量打つと水と灰とが分離しやすくなる。)

試験場で行う主な試験等

PH測定

灰や上水のpHを測定（釉への使用目安としてpH9以下）

詳細

- ・ 釉が厚く掛かる

⇒ 釉が乾燥収縮するとき、素地から引っ張られる力がそれだけ大きくなるため釉メクレ・釉縮れになりやすい(P10)。
また、釉が乾燥するうちに釉面に亀裂も入りやすくなる。

(釉面に出た亀裂は焼成後も貫入となって残る。釉が厚い分、熱衝撃にも弱い。)

対策

**釉を良く攪拌してボーメ計で濃度を管理し、
必要に応じて水を加えて釉を薄めて攪拌。**

**(注意：ただしあまり薄いと素地が水分を吸いやすくなり、
ざらつき・ツヤ不足およびねらった色が出なくなる原因に。)**



釉が薄すぎ、鉄釉が十分に発色しなかったテストピース(左)

(注意：ボーメ計を使う場合、必ず毎回同じ測定方法で濃度管理する。)

釉メクレ・釉縮れ 原因7 その他

(炉内の水蒸気)

詳細

- ・ 焙りが不十分で炉内に水蒸気多い
⇒ 水蒸気が釉面に付着して
釉メクレ・釉縮れが発生。
(原因2と同様)

炉内の水蒸気はピンホールの発生にもつながる。

対策

特に長く炉を使ってないときは空焚きをして炉内の水蒸気を確実に飛ばす。季節の変わり目は特に注意。

(素焼温度高すぎ)

詳細

- ・ 適正な素焼温度を超えて焼成
⇒ 素地が焼き締まり、吸水性低下
⇒ 釉の乗りが悪くなり、釉メクレ・釉縮れが発生

対策

**適正な温度で素焼。
目安として最高温度
600~800℃。**

(釉が素地から浮いている)

詳細

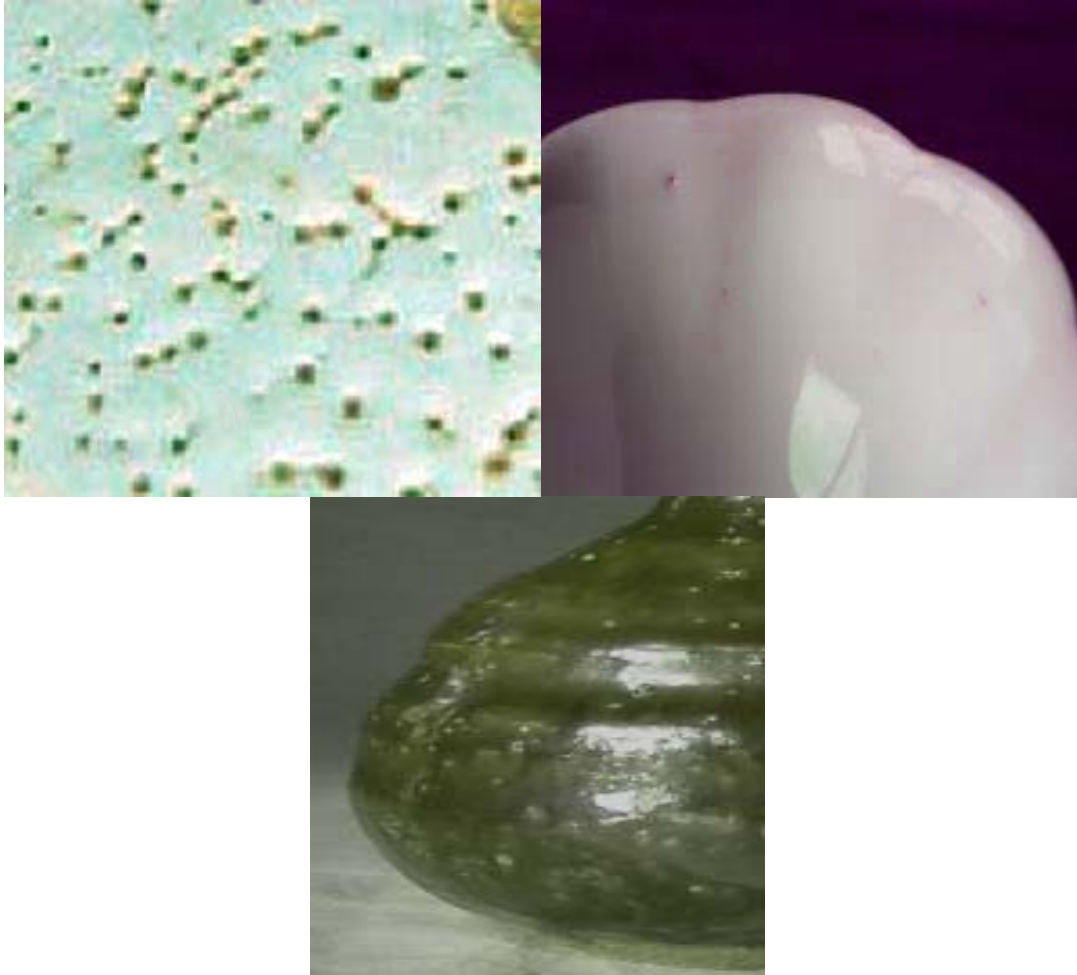
- ・ 釉掛け後の素地をどこかにぶつけた
⇒ 釉が素地から浮き、焼成後に
釉メクレ・釉縮れが発生

対策

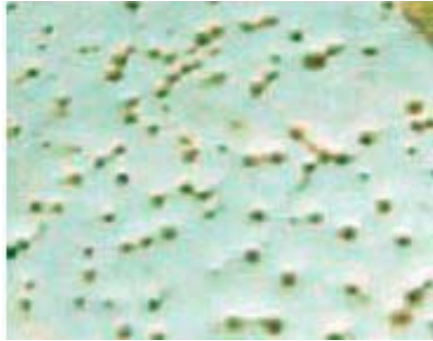
釉掛け後の衝撃に注意

ピンホール

釉の表面に小さな孔が針の先でつついたように出来たもの。



ピンホール

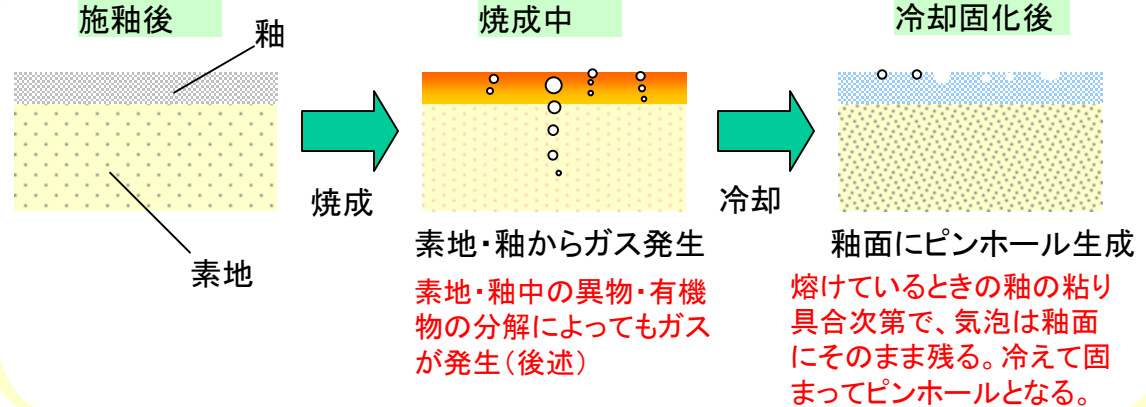


釉に気泡が残っていてピンホールとなった例

原因 1 鑄込み泥漿・釉の中の気泡 詳細

- ・ 調製した鑄込み泥漿を調製したときに細かな気泡が残っており、そのまま成形に用いた。
- ・ ミルで調合した釉に気泡が残っており、そのまま施釉した。
⇒ 焼成中に釉面からガスが抜ける。ガスの抜け跡が冷却後まで釉面に残り、ピンホールとなった。

ガスの発生によるピンホール生成の模式図



対策

- (1) 鑄込み泥で真空脱泡攪拌機を用いる場合は真空度も管理。
- (2) ミルで調合した釉を1、2日静置してから使う。
- (3) 目の細かい篩を通して気泡を除く。

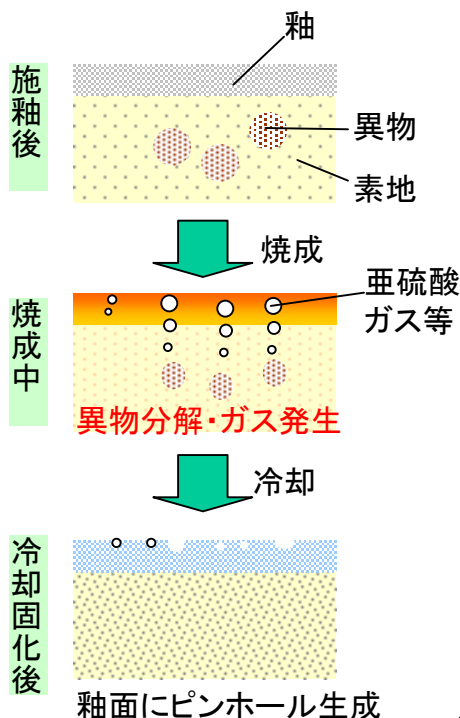
釉を筆で塗布する場合も気泡を取り込まないように注意。

ピンホール



石膏の付着と思われる例

異物の分解によるピンホール生成の模式図



原因2 異物の混入（主に石膏、ボロ等）

詳細

- ・ 石膏の混入した土を使用している
 - ⇒ 石膏が焼成で分解(反応式: $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaO} + \text{SO}_3 \uparrow$)して、亜硫酸ガス(化学式: SO_3)を発生。これが本焼成中の釉が熔けているうちに釉面から抜け、冷却後にピンホールとなって発生(ガス発生以降は原因1と同様)(石膏の混入についてはP40)
- ・ 炭化珪素の混入
 - ⇒ 棚板の(化学式: SiC)の混入にで焼成後にピンホールが発生することがある。主に棚板からのボロ降りが原因。

対策

- (1) 一度石膏型につけた土の再利用に注意
- (2) 鑄込み泥や釉は篩を通して使う
- (3) 棚板からのボロ降り注意
(亀裂の入った棚板を使わない)

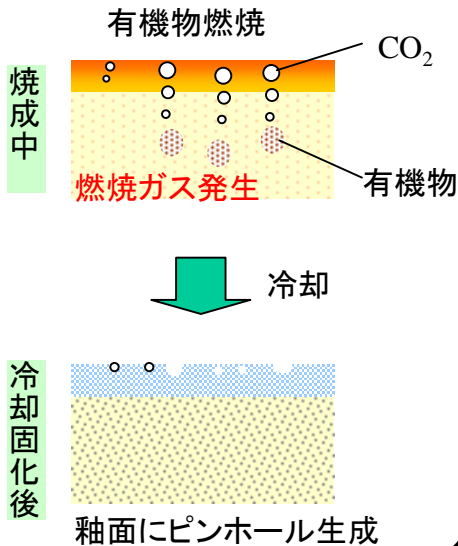
(注意：石膏の混入は、ぶくや斑点の発生にもつながる)

ピンホール



有機物燃焼によるガス発生
にと思われるピンホール

有機物燃焼によるピンホール
生成の模式図



原因3 素地土・釉に含まれている有機物の燃焼 詳細

- ・ 有機物の分解によるCO₂ガス発生
⇒ CO₂ガスの抜けた跡がピンホールとなって発生。(原因1,2と同様)

また、釉が厚いとそれだけ多く釉の有機物が燃焼してCO₂が発生。
そのためピンホールとなりやすい。

対策

- (1) 素焼パターン見直し
(温度上げ、時間長くし、有機物(揮発成分)を
より確実に燃やしておく)
- (2) (1)と同様、釉では生の原料を煨焼し、
有機物を極力飛ばしてから用いる。
- (3) 有機系不純物(ホコリ)等の混入注意。釉に糊剤
としてCMC、ふのりを加えた場合は良く濾す。
(注意:ただし、釉の粘りが無いと釉メクレ・釉縮れにつながりやすい)
- (4) 釉掛けを薄く。
(注意:釉掛けが薄すぎると釉面のざらつき・ツヤ不足が起きやすい)

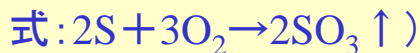
ピンホール

原因4 燃料ガス中の不純物

詳細

- ・ガスの中に含まれる硫黄(化学式:S)が燃焼
⇒ 亜硫酸ガス(化学式:SO₃)が生成。

(反応



これが釉面にピンホールを発生させる。

(釉面のざらつき・ツヤ不足にもつながる。)

対策

硫黄分の少ない燃料を用いる。

(ガスに不純物として硫黄が含まれる。)

原因5 成形体の表面の凹凸

詳細

- ・素焼の素地に細かい凹凸があると釉薬がかかりにくい部分ができ、ピンホールを生じやすくなる。

対策

(1) 成形体(素地)の表面を丁寧に仕上げる。目の細かいサンドペーパーを用いるなど。

(2) 鑄込み成形の場合、荒れた石膏を用いない等。

ピンホール

原因6 釉が細かすぎる

詳細

- ・ 釉を細かく摺りすぎ

⇒ 低い温度から熔けやすくなる。
熔け過ぎになってピンホール発生。



(釉の摺りすぎは釉メクレ・
釉縮れの発生にもつながる)

対策

釉を摺り過ぎない（釉の粉碎時間を管理）

釉の粉碎時間を何パターンか試し、製品と同じ素地土で試験片を数点作成する。それぞれの粉碎時間の釉を塗って製品と同じ条件で焼成テストし、ピンホールの起こらない釉の粉碎条件を見つける。

(注意：逆に摺りが足りないと、釉面のツヤ不足の原因に)

試験場で行う主な試験等

粒度分析

試料にどれくらいの粗さのものが、どれくらい含まれているかを調べる。釉の粗さを数値(粗さの分布)で表し、釉を何時間摺ってどれだけ細かくなったかを管理。

ぶく

陶磁器の釉面や素地面に発生する膨れ。



釉面に発生したぶくの例

ぶく

原因1 本焼成の焼成パターン不適合

詳細

- ・ 素地や釉の適正な焼成温度を超えて焼成。
⇒ 釉がぶくぶく煮え、煮えた跡がそのまま窯出しのときまで残った。



本焼成での過焼によって
ぶくとなった例

対策

- (1) 大窯で焼いた場合、窯内で温度ムラが発生して部分的に高温になっていないかメジャーリングを何個か置いて確認。**
- (2) 焼成パターン見直し (温度下げる方向に)**
- (3) 釉薬を熔けにくい調合または焼成パターンの変化に対して安定な調合に変更
(製品と同じ素地土を用いて試験片を数点作成。調合を少しずつ変えた釉を塗って製品と同じ焼成条件で焼いてみて、釉の焼け具合をテスト)**
- (4) 釉に天然灰を用いている場合、あく抜きを行ってから調合 (可溶性塩類の除去)**

ぶく

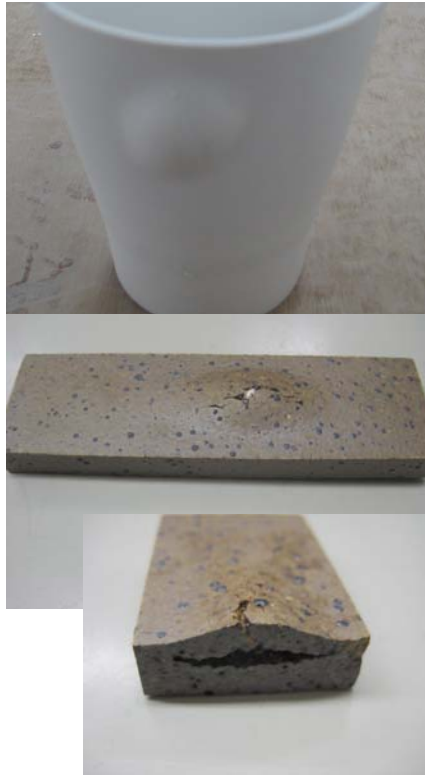
原因2 素地土・鑄込み泥漿中の気泡

詳細

- ・（鑄込み成形）鑄込み泥に気泡を巻き込んだ状態で焼成
⇒ 焼き締まる際にガスが素地から抜け切らず、
焼成後にぶくとなる。
- ・ 素地土の有機物が分解する（燃える）際にガスが
抜けきらずに、本焼成後にぶくとなる。

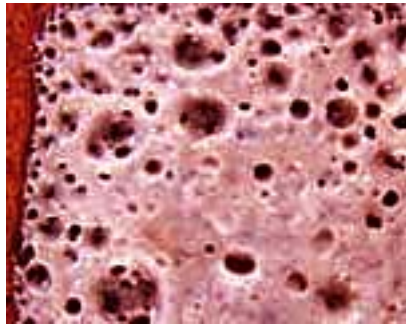
対策

- （1）鑄込む前に泥漿を静かにゆっくり攪拌し、
気泡の巻き込みを防ぐ。真空脱泡攪拌機
を用いる場合は真空度も管理する。**
- （2）素焼パターン見直し。
（温度上げ、時間長くし、有機物を燃やして
ガスをより確実に抜けさせる。）**
- （3）本焼成パターン見直し。
（焙いの時間を長く取り、有機物を燃焼して
ガスを抜けさせておく。急いで温度を上げると
素地からガスが抜けるのが妨げられる。）**



素地自体に気泡を含んでいて
焼成後に膨れた例

（ぶく内部は空洞）



異物(炭化珪素)の混入で
釉にぶくが発生した例

原因3 異物の混入（主に石膏、ボロ等）

詳細

- ・ 石膏の混入した土を使用している
 - ⇒ 石膏が焼成で分解（反応式： $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaO} + \text{SO}_3 \uparrow$ ）して、亜硫酸ガス（化学式： SO_3 ）を発生。これが本焼成中の釉が溶けているうちに釉面から抜けようとし、冷却後にぶくとなって発生（石膏の混入についてはP40）
- ・ 炭化珪素の混入
 - ⇒ 棚板の（化学式： SiC ）の混入にで焼成後にぶくが発生することがある。主に棚板からのボロ降りが原因。

塊状の異物は中に空気が入っていることもあり、素地の中に入ると焼成のときに膨れてぶくとなることがある。

対策

- （1）一度石膏型につけた土の再利用に注意**
- （2）鑄込み泥や釉は篩を通して使う**
- （3）棚板からのボロ降り注意**
（ヒビの入った棚板を使わない）

ツヤ不足

釉薬の表面に光沢が出ない状態。



ツヤ不足

原因 1 釉の粉碎不足

詳細

- ・ 釉の粉碎が不十分
⇒ 釉に含まれる粗い石英が熔け残り、ツヤ不足に。

対策

釉をミルでよりしっかり摺る（釉の粉碎時間を管理）

釉の粉碎時間を何パターンか試し、製品と同じ素地土で試験片を数点作成する。それぞれの粉碎時間の釉を塗って製品と同じ条件で焼成テストし、ツヤ不足の起こらない釉の粉碎条件を見つける。

（注意：逆に摺りすぎると釉メクレ・釉縮れが起こりやすくなる）



釉を摺りすぎて縮れがおきた例



粗い石英が熔け残り、ツヤ不足となった例

試験場で行う主な試験等

粒度分析 試料にどれくらいの粗さのものが、どれくらい含まれているかを調べる。釉の粗さを数値（粗さの分布）で表し、釉を何時間摺ってどれだけ細かくなったかを管理。

ツヤ不足



熔ける成分が少ないため、
釉のツヤが足りない例

原因2 焼成条件と釉の調合

詳細

- ・ 焼成条件と釉が合っていない。

焼成条件(温度・時間・雰囲気)に対して、熔けの悪い成分の釉を用いている。

対策

(1) 適正な釉薬を、適正な焼成温度・焼成時間で使用

**(製品と同じ素地土を用いて試験片を数点作成。
調合を少しずつ変えた釉を塗って製品と同じ焼
成条件で焼いてみて、釉の光沢具合をテスト)**

**(2) 窯内で温度ムラが生じていないかメジャーリング
等を何個か置いて確認**

試験場で行う主な試験等

X線回折

釉が完全にガラス化して熔けているか確認

化学成分分析

蛍光X線などを使って試料に含まれている化学成分の種類と量が分かる。釉に含まれる元素の種類と量から、熔ける成分が多く含まれているか調べる。

分析結果から、ゼーゲル式を用いて釉のおおまかな性状が分かる。

ツヤ不足

原因3 釉の濃度不足（薄すぎ）

詳細

- ・ 釉の攪拌が不十分で釉原料が沈殿

⇒ 上層部の濃度の薄い釉だけが掛かる。結果、釉そのものの厚さが薄くなり光沢が出ない。



釉の攪拌が不十分で濃度の薄い釉がかかってツヤ不足となった例

対策

- (1) 施釉前に釉をしっかり攪拌。
ボーメ計を使って濃度を管理。
(例として染付釉が40°～45°など)

(注意：ボーメ計を使う場合、必ず毎回同じ測定方法で濃度管理する。)

- (2) 釉を作ったときにかりを打っておく。
(釉成分の沈殿固化防止。施釉時に攪拌しやすくなる。)

原因4 その他使用中に発生する原因

(澱粉の残留・付着)

詳細

- ・ でんぷんの残留・付着

⇒ 使用しているうちに器の釉面（貫入がある釉の場合は貫入部分）に澱粉が堆積して落ちなくなっている。

対策

クレンザーを塗布し、スポンジで洗淨・水洗い

試験場で行う主な試験等

試験体にヨウ素液を浸して、青紫色に変色するか観察

切れ・割れ

製品にクラックが入り割れること。乾燥工程、焼成工程、その他素地の調合不適正にも起因。



切れ・割れ

(乾燥切れ)



水分不適正で乾燥切れが起きた例

原因 1 成形時の水分量が不適正（多すぎ）

詳細

- ・ 水分が多いと乾燥中にその分だけ素地が大きく収縮
⇒ そのため乾燥中の乾燥ムラも起こりやすい。
⇒ 製品の部分部分で乾燥収縮の早さに差が発生。
⇒ 乾燥切れ発生。

対策

- (1) 成形方法に応じて、素地の水分量を管理
- (2) (鑄込み成形の場合) 鑄込み泥調製のとて、鑄込み泥をサラサラにしようとして水を加えすぎない。

水ガラスその他の解膠剤を加えることで泥を調製し、水だけに頼りすぎない。

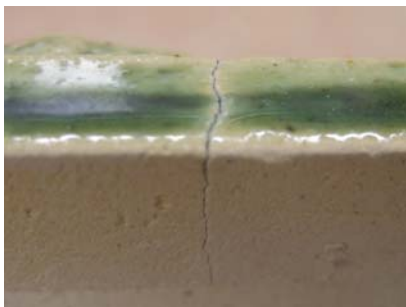
試験場で行う主な試験等

水分量測定

赤外線水分計で素地土の水分量を測定

切れ・割れ

(乾燥切れ／焼成切れ)



焼成切れの例

原因2 乾燥が不均一／不充分

詳細

- ・ 充分乾燥しないうちに風に当てる・乾燥機を利用した
⇒ 風のあつた面から急に乾燥収縮が進む。乾燥ムラにつながり、乾燥切れが発生。
- ・ 乾燥が不充分なうちに焼成した
⇒ 素地内部から急激に水分が蒸発。素地も急激に収縮する。結果、焼成中に切れや割れが発生。

対策

(1) 乾燥をゆっくり均一に行う。

成形したら発泡スチロールの箱に入れる。タタラ成形品は下にタタラ板等を敷き、上下均等に乾燥させる。

大物（壺、花瓶等）は濡れ雑巾を掛けるなどして口元からの乾燥切れを防ぐ。 **(複雑な形状のものでは特に注意)**

(2) その後、天日などで乾燥させた上で乾燥機・窯の余熱等を利用し、完全に乾燥させた後に焼成

形状が複雑・素地が厚すぎる・厚さが不均一・鋭角な部分がある場合は乾燥収縮の早さにずれが生じやすい。そのため、切れ・割れにつながりやすい。

反り・変形

乾燥後または焼成後に発生する素地土や製品の。原料の調合のほか、乾燥の仕方、焼成パターン、窯道具等、原因は様々。



反り・変形

(乾燥後／焼成後)



焼成後に反りを生じた例
(半乾式プレス成形)

原因 1 素地土の不均一（水分、粒子）

詳細

- ・ 部分的に水分量が異なる
 - ⇒ 製品の部分部分で乾燥収縮の早さが異なってくる。
乾燥後に反り・変形が発生。
- ・ 素地の粘土粒子の向きがある一定方向にそろう
 - ⇒ 部分的に焼き締まりが異なり、収縮率に差が出るため
乾燥後・焼成後に反り・変形が発生。

対策

- (1) 切れ・割れ対策と同様、乾燥収縮の違いが生じぬように急な乾燥を避け、上下均等に乾燥させるなどする(P33)
その後で乾燥機などを利用。
- (2) 可塑性成形（ロクロ、ローラーマシン、タタラ成形等）であれば素地土の真空土練、菊練りを充分に（土練りによって粒子の配向を壊す）
- (3) 鑄込みであれば、鑄込み泥の真空脱泡攪拌を充分行ってから使う

反り・変形

(乾燥後／焼成後)

原因2 素地の調合／焼成温度

詳細

- ・ 耐火度の低い土を使用している
⇒ 素地を形作る役割の粘土分が少なく、長石等の溶かす原料が多い素地土を使用した場合。焼成でガラスが多く生成し変形が起こりやすい。
- ・ 焼成温度が高すぎる
⇒ 焼成温度が高いと素地にガラスが多く生成し変形が起こりやすい。

対策

- (1) 素地の調合に長石・石灰など溶かす原料を減らすか粘土原料を増やして素地土の耐火度を上げる
素地の調合を数種類少量で焼成テストし、反り・変形の少ない調合を見つける。
- (2) 焼成パターン見直し（焼成温度下げる）
- (3) メジャーリングを置いて窯の温度管理。
温度ムラが生じて部分的に温度が高くなっていないか確認。

試験場で行う主な試験等

化学成分分析 蛍光X線などを使って試料に含まれている化学成分の種類と量が分かる。素地に含まれる元素の種類と量を分析し、溶ける成分の多い・少ないを管理。

反り・変形

(乾燥後／焼成後)

原因3 炉内の温度分布

詳細

- ・ 炉内の温度分布が大きい
⇒ 部分的に素地の焼き締まり・焼き縮みが異なってくるので、反りや変形発生。

(大物焼成では特に発生しやすくなる)

対策

窯内に温度ムラが生じていないか
メジャーリング等を置いて温度の
分布を管理。

大きな窯を使う場合や大物を焼
成する場合は、棚板ごとにメ
ジャーリングを設置するなど。

原因4 棚板の湾曲・ガタツキ

詳細

- ・ 何度も使用しているうちに発生する棚板の湾曲
- ・ 付着物・アルミナ剥がれによる棚板のガタツキ

これらの棚板の使用で製品にも反りが発生する場合がある。

対策

- (1) 棚板の上になるべく凹凸が無いか確認
- (2) 湾曲した棚板の使用を避ける



付着物、アルミナ剥れによって凹凸が生じた棚板



何度も繰り返し使用するうちに湾曲した棚板

ボロ・斑点

釉や素地に付着した小さな異物や黒点。



ボロ・斑点



原因1 窯道具からの剥がれ落ち（ボロ、釉、鉄粉）

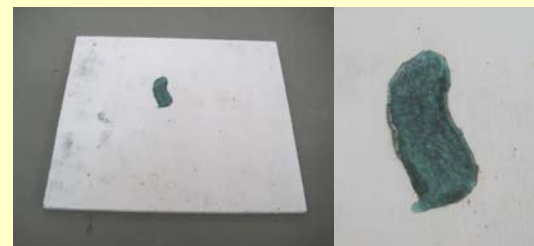
詳細

- ・ 棚板からのボロの欠け落ち
⇒ 亀裂のある棚板。アルミナの剥がれた棚板を使用した。
- ・ 棚板からの釉の剥がれ落ち
⇒ 低火度釉の付着した棚板。この棚板を使って高火度で焼成したとき、溶けて製品に落下。
- ・ 粉塵が降りかかった場合
⇒ 炉内の壁、炉内の天井から製品に付着。

これらが原因で焼成後に釉面・素地にボロとなって残ることがある。

対策

- (1) 亀裂がある・釉の多く付着した窯道具の使用を避ける**
- (2) 粉塵や目立つ汚れを予め飛ばしておく**



棚板に付着した釉

ボロ・斑点

原因2 石膏の混入

詳細

- ・(器ものの成形で)ローラマシン成形後の削り工程にて、石膏型が刃で削れ、石膏が素地に混入
 - ・上記で削った土を再利用した
- ⇒ 一度石膏に付けた土を用いると石膏が混入し、焼成後に黒い斑点となることがある。

対策

- (1) 一度石膏型につけた土の再利用に注意
- (2) 鑄込み泥や釉は篩を通して使う

(注意：石膏の混入は、ぶく・ピンホールの発生にもつながる)

その他諸設備からの異物

- ・鑄込みの攪拌機及び釉の攪拌機に付着した鏽の混入
- ・異物(ボルト等)が土練機に混入。土練機のプロペラで削られて素地土に混入

原因3 転写紙の糊剤の煤

詳細

- ・糊剤が燃えきらず煤となって残った。
- ⇒ 転写の絵柄に黒ずみ・斑点発生

対策

- (1) 上絵焼成パターンの見直し。
- (2) 上絵焼成を行うときは500℃くらいまで換気を良くして昇温。湯気抜き(煤抜き)をする。

メタルマーク

金属製のフォークやスプーン及びナイフの先端が器の釉面に触れることで、金属が削れる。削れカスが釉の微細な凹凸面や傷面に積もって起こる、黒～灰色がかった金属条痕。



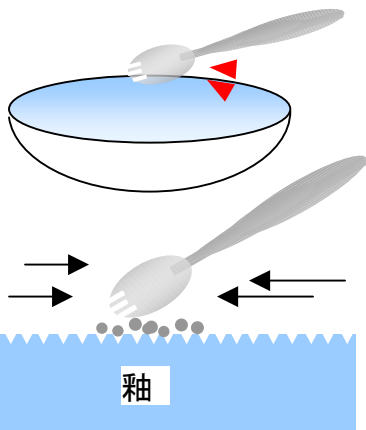
メタルマークの発生例(白マット釉)

メタルマーク

原因 **金属製のフォークやスプーンの削れカスが釉面に積もった**

詳細

メタルマーク発生の模式図



金属製スプーン、フォーク、ナイフが釉面でこすれて削れる。釉面の微細な凹凸に積もってメタルマークが発生。

左図参照。

・ 光沢のある透明釉よりも釉表面に微細な凹凸があるマット釉（例：ジルコンを添加したマット釉）では、削れた金属が溜まってメタルマークが起きやすい。

対策

酸および市販のメタルマーク除去剤に浸してメタルマーク発生部位を溶かす。

（ただし上絵が色褪せる場合も起こりうる）

試験場で行う主な試験等

器を酸に浸してメタルマーク発生部位の変化を観察 等

参考文献

- ・『わかりやすい工業用陶磁器』（素木洋一 著：技報堂）
- ・『瀬戸窯技だより No18、No20、No21』
- ・茨城県工業技術センター技術情報誌『助さん&格さん』（Vol.6 2007.1）
- ・滋賀県信楽窯業技術試験場情報誌『陶』（Vol.15 2001.11）
- ・『セラミックス工学ハンドブック』（日本セラミックス協会編：技報堂）
- ・第2版 セラミックス辞典（日本セラミックス協会編：丸善）
- ・三重県工業研究所/欠点の分類:陶磁器製品欠点防止法の科学
<http://www.mpstpc.pref.mie.jp/KOU/cr/defect/defect1.htm>
- ・その他、場内過去ファイル

土岐市立陶磁器試験場 セラテク/土岐

〒509-5403 岐阜県土岐市肥田町肥田287-3

TEL：0572-59-8312

FAX：0572-59-1767