

カラー珐瑯被膜の健全性に及ぼす基地鋳物の 材質と表面処理の影響

米倉 勇雄*、齋藤 裕之*

カラー珐瑯被膜に発生する「泡欠陥」の原因について検討した。その結果、泡の発生には、釉薬の塗布厚さ、乾燥速度、焼成温度および時間などが関与していること、さらには基地である鋳物の材質と熱処理および表面処理の影響が極めて大きいことなどが明らかになった。

キーワード： 鋳鉄製厨房用品、カラー珐瑯、表面処理

Influence of the Property of Basic Castings and Surface Treatment on the Quality of Colored Enamel Coating Film

YONEKURA Isao and SAITOH Hiroyuki

We investigated the causes of the blistering appear on colored enamel coating film. Consequently, we recognized that the thickness of enamel spray, drying velocity, porcelain temperature and the time, are concern in appearance of the blisters. And we reached to the conclusion that the property of basic castings, heat treatment and surface treatment are greatly influence to the blisters.

key words : kitchenware made of gray cast iron, colored enamel coating, surface treatment

1 緒 言

岩手県の特産品である「南部鉄器」は、1975年制定の
時限立法「伝統的工芸品産業の振興に関する法律（通商
産業省告示第44号）」の第1号指定などから明らかである
ように、全国的にも極めて知名度が高い。しかし、その
売上額は、平成9年の61.3億円をピークに下降を続け、
現在では約37.5億円と最盛期の60%近くまで落ち込んだ
状態が続いている。これは、消費者の鉄器離れが原因で
あるが、平成不況の深刻化に伴って外食をやめて家庭内
で鍋を囲む機会が増えたことから、一時期鍋類の売り上
げが上昇に転じた時期もあった。しかし量販店が取り扱
う温調ヒーター付きのテフロンコート鉄板鍋に凌駕され
た為に再び売り上げの低迷が深刻化している。このよう
な状況の中で、現在盛岡市内のデパートでは、ヨーロッ
パ製のカラー珐瑯仕上げの鋳鉄厨房用品が売られており、
全国的にも料理教室などが発端となって静かなブームに
なっていると言われている。南部鉄器は、古くから漆や
カシュー、ポリサイトなどの塗料によって、黒や茶色な
などの地味な色合いに仕上げられ、落ち着いた素朴な味わ

いを売り物にしてきた。しかし、ここに来て古来からの
手法による鉄器の売り上げが落ち込み、替わるようにカ
ラフルな珐瑯仕上げの鋳鉄厨房用品が売れている。この
結果は、派手な色彩の厨房用品を嫌う日本人の好みが、
若い世代を中心に変わりつつあると見て間違いはない。

このことは、県内の厨房用品メーカーでも熟知してお
り、昨年のニーズ調査で複数の厨房用品メーカーがカラ
ー珐瑯技術を挙げている。そのニーズ内容は、自社でカ
ラー珐瑯に挑戦してみたが「泡欠陥」が多発して売り物
にならず、その原因と対策について検討してもらいたい
というものが殆どであった。本研究は、この要望に応え
るべく、カラー珐瑯被膜に発生する「泡欠陥」の原因と
それを抑止するための方法について、基地鋳物の材質、
熱処理、表面処理そして珐瑯被膜の施工技術について検
討したものである。

2 実験方法

2 - 1 珐瑯施工試験片の溶製

珐瑯釉薬を焼き付け、欠陥の発生程度を比較検討する

* 電子機械技術部

ための基地鋳物試験片には、110 × 83 × 厚さ 4mm の板状試験片と、図 1 に示す実製品に近い形状の小型フライパンを使用した。

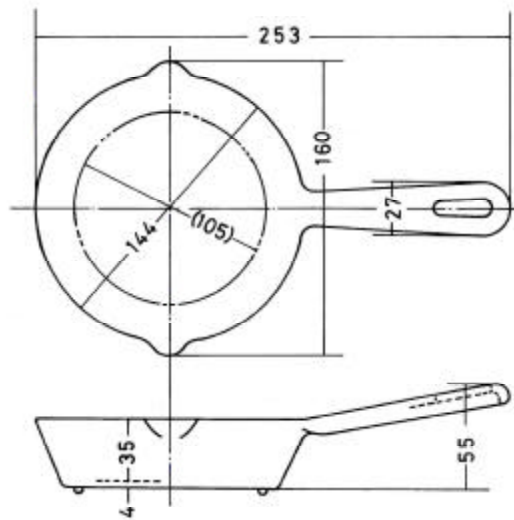


図 1 基地鋳物試験片

試験片の材質は、表 1 に示すように県内の厨房用品メーカーで製造されている通常の工芸品組成に近いもの（以下、工芸品）と、炭素飽和度（Sc）を下げて FC200 程度の硬い材質に調整したもの（以下、低 Sc）、さらにリン（P）を通常の厨房用品より多めに添加したもの（以下、高 P）の 3 種類とした。

表 1 基地鋳物試験片の化学組成（mass%）

成分名	T.C	Si	Mn	P	S
工 芸 品	3.78	2.42	0.38	0.038	0.042
低 Sc	3.52	2.19	0.61	0.038	0.031
高 P	3.50	2.13	0.67	0.390	0.034

それぞれの試験片は、マッチプレートにして、粒度指数（F.N）154 のけい砂生型で造型し、高周波溶解炉で溶解した溶湯を約 1,400 で注湯した。

2 - 2 試験片の熱処理および前処理

脱ガス熱処理の効果を検証する試験片は、星和理工（株）製の高温マッフル炉により 800 で 1 時間加熱した後、300 まで炉冷してから空中放冷した。熱処理およびこれを行わない鋳造試験片の表面仕上げは、粒度 500 μm のアルミナグリッドを研磨剤とする不二製作所製のニューマブラスターで、表面の酸化皮膜が完全に剥離するまでブラスト処理し、その後乾燥空気によって表面に付着しているホコリや黒鉛屑および研磨剤屑などを吹き払った。

2 - 3 釉薬の選定

釉薬には、表 2 に製品記号を示す関東珪瑯釉薬（株）

製の鋳鉄用湿式珪瑯釉薬を使用した。

表 2 供試釉薬の種類

釉 薬 の 種 類	製 品 記 号
下釉薬（白）	CIG - 3135
上釉薬（白）	CIW - 34123
カラー釉薬（赤）	CIR - 045911
カラー釉薬（黄）	CIYR - 055911
カラー釉薬（青）	CIB - 42136
カラー釉薬（緑）	CIG - 43136

2 - 4 釉薬の塗布、乾燥および焼成

釉薬の塗布は、ノズル径 2.0mm の重力式スプレーガンを使用し、上・下釉薬ともに湿態での塗膜厚さ 300 μm を目標に、約 0.24MPa の空気圧で吹き付けした。

釉薬塗布後、大和科学工業（株）製の定温乾燥器を用いて 150 ± 5 で 30 分間乾燥し、直ちに脱ガス熱処理に使用したマッフル炉に投入して、下釉薬を 720 で 20 分、上釉薬（白）を 700 で 20 分、カラー釉薬を 700 で 18 分間焼成した。

2 - 5 珪瑯被膜の健全性評価方法

珪瑯被膜の健全性は、泡を中心とする欠陥の発生程度と発生個数などを総合して、目視により表 3 に示す 4 段階の記号で評価することとした。

表 3 珪瑯被膜の健全程度と評価記号

被 膜 の 状 態	記号
欠陥が殆ど無く、商品として十分に通用する	
軽微な膨れや毛筋はあるが、使用上は問題ない	○
欠陥が目立ち、商品としての価値は低い	
著しい発泡があり、全く商品にはなり得ない	×

釉薬の塗布から乾燥、焼成、被膜評価までの順序は、特別の場合を除いて、最初に全ての試験片に下釉薬を焼き付け、この時点で発泡が認められない試験片のみ、次の上釉薬施工工程に進むこととし、同様に欠陥の無い上釉薬が施工された試験片について、必要に応じてカラー釉薬を施工することとした。

3 実験結果および考察

3 - 1 欠陥発生に及ぼす基地鋳物材質の影響

表 4 に、3 種類の材質の板状試験片それぞれ 5 枚に、標準条件で珪瑯を施工した場合の被膜の健全性を示す。

表 4 鋳物材質と珪瑯被膜の健全性

基地鋳物の材質	試 験 片 番 号				
	1	2	3	4	5
工芸品		○	×		×
低 Sc	○	○	×		○
高 P			○	○	○

表4から判るように、通常の工芸品組成の厨房用品にカラー珐瑯を施工して、欠陥のない被膜が形成される確率は極めて低く、この組成での製品化は難しい。図2は、その工芸品の試験片の下釉薬層に発生した欠陥の状況を示したもので、大きく発達し鋳肌表面に開口した黒鉛直上の釉薬層にブローホールが生じている。

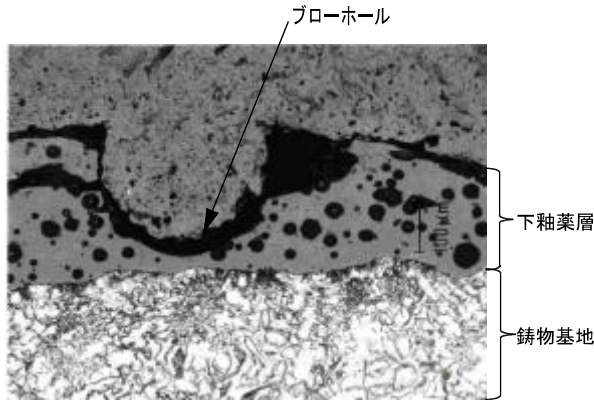


図2 珐瑯被膜に発生した欠陥（工芸品）

粗大黒鉛の晶出を避けるために炭素飽和度を低くした低 Sc 試験片に施工した下釉薬被膜には、表4から判るように工芸品と比較すると明らかに欠陥の発生数が少い。

しかし、薄肉鋳物であることから、図3に示すように試験片の端部にレデブライトが晶出しやすく、その部分に施工された珐瑯被膜に発泡が多くなる。また、これとは別に、レデブライトの晶出のない試験片中央部分で、珐瑯焼成時の加熱によってパーライト中のセメントイトが分解したものと考えられる塊状のテンパーカーボンの晶出があり、その部分に発泡が多くなった。従って、基地の炭素飽和度を低くすることのみで無欠陥の珐瑯被膜を形成させることも、工芸品と同様に難しい。

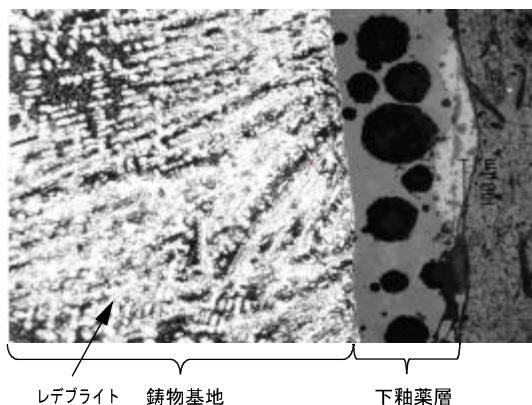


図3 試験片端部の組織と被膜中の気泡（低Sc）

これに対して高 P の試験片では、炭素飽和度が低 Sc と同じであるにもかかわらず、端部にレデブライトを生じることが少なく、図4に示すように比較的容易に欠陥のない珐瑯被膜が得られる。図4から判るように、この

組成の組織はステダイトが多いものとなり、材質的に脆弱であることは明白である。しかし、珐瑯の密着性が良く、被膜中の気泡も極めて小さいので、殆ど欠陥として目立たない。この P による欠陥抑止作用には、2つの理由が考えられる。1つは、P の添加で溶湯の湯流れ性が改善され、溶湯が高温のまま試験片の端部に達するためにレデブライトの生成が避けられることが挙げられる。もう1つは、この組成の場合、下釉薬、上釉薬そしてカラー釉薬までの、3回に及ぶ焼成の熱影響を受けても、低 Sc 組成の試験片に多く見られるテンパーカーボンの生成が少ないことから、P にパーライト中のセメントイトの分解抑制効果があると考えられる。

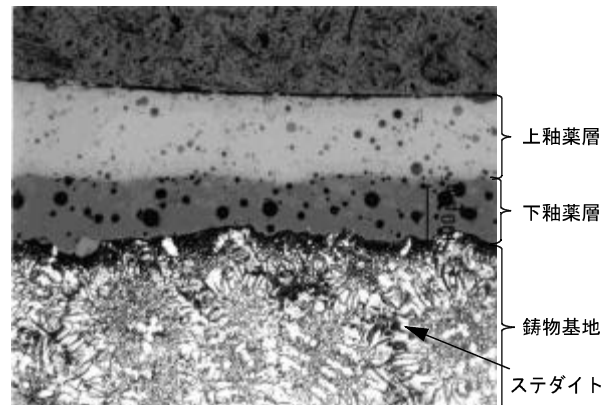


図4 試験片の組織と珐瑯被膜の状況（高P組成）

3 - 2 脱ガス熱処理の効果

珐瑯焼成時に基地鋳物から発生する微量のガスによって、熔融状態にある釉薬層が発泡して形成する泡欠陥を防止するために、釉薬塗布前の試験片の脱ガス熱処理を試みた。表5に、脱ガス処理をした3種類の材質の板状試験片それぞれ5枚について、珐瑯処理した場合の被膜の健全性評価結果を示す。

表5 鋳物材質と珐瑯被膜の健全性（熱処理済）

基地鋳物の材質	試験片番号				
	1	2	3	4	5
工芸品	×	○			○
低 Sc		○	○		○
高 P	○			○	

表5から判るように、3種類の材質とも、熱処理を施さない場合（表3）と比較して被膜の健全性がかなり改善されており、明らかに脱ガスの効果が認められる。組織内のミクロポロシティの他に黒鉛の脱落跡など、元々鋳肌表面に空洞の多い工芸品組成の試験片については、あまり大きな改善効果が見られない。しかし、低 Sc の試験片への改善効果は特に顕著であり、未熱処理の試験片に出現した広い面積を有する欠陥は全く発生しなかった。この低 Sc 組成の試験片には、熱処理によって珐瑯

焼成前にテンパーカーボンが晶出することが多く、それが焼成加熱によって成長する形態が多く見られる。しかし、この時被膜内に生じる気泡は、未熱処理の場合と比較して小さく、決定的な欠陥にはならない場合が多かった。このことは、軟化溶解している珪瑯被膜の下で生成するテンパーカーボンは重大な欠陥発生の原因になるが、珪瑯塗布前に、予めテンパーカーボンを晶出させてしまうことで泡欠陥の抑制が可能であることを示している。また、高 P の材質の試験片に脱ガス熱処理を施したもののには、目立った泡欠陥が殆ど発生しなくなることが判り、これが珪瑯用の基地鋳物として最適に近い材質、そして前処理方法であるものと考えられる。

3 - 3 珪瑯被膜の健全性に及ぼすその他の要因

3 - 3 - 1 表面処理

釉薬を塗布する前の基地鋳物の表面処理は、極力丁寧に行う必要がある。砂噛みや珪酸鉄（ファイヤライト）の巻き込みがある部分には、泡欠陥が集中発生することから、これを完全に除去する必要がある、それが不可能な鋳物は珪瑯用の基地としては使用できない。サンドブラスト後、基地表面に付着しているホコリや黒鉛屑は、乾燥空気で吹き飛ばす処理が最善で、アルコール、熱湯および酸などによる洗浄は、鋳物の場合好ましくない。

3 - 3 - 2 釉薬の塗布厚さ

基地の角部分の釉薬は、平らな部分と比較して薄く塗布されやすく、その部分の下釉薬が焼き切れて炭化すると上釉薬の発泡原因になることから、他の部分よりも角が少し厚めになるように 2 度塗りするなど現場的なテクニックが重要である。また、逆にコーナーの部分の釉薬は厚くなりやすく、「たまり」や「ひび割れ」が生じやすいので、重ね塗りにならないように注意が必要である。

3 - 3 - 3 釉薬塗布後の乾燥速度

多数の基地鋳物に対して順番に釉薬を塗布し、バッチ式の炉で乾燥した後に焼成すると、明らかに先に釉薬を塗布した鋳物の泡欠陥発生率が高くなる。この原因は湿った釉薬が乗った状態で長時間放置されることによって、

鋳物表面の酸化が進行することによるものと考えられ、乾燥炉から取り出した鋳物を大気中に長時間放置した後、に焼成した場合にも全く同様の欠陥が多発する。

4 結 言

カラー珪瑯被膜の健全性に及ぼす基地鋳物の材質と表面処理の影響に関して、次のような知見が得られた。

- 1) カラー珪瑯を施工する厨房用品の材質は、通常の工芸品よりも炭素飽和度を低めにしたほうが「泡欠陥」の発生が少なくなり、これに P (リン) を添加することでさらに安定した欠陥抑止効果が得られる。
- 2) P の欠陥抑止効果は、薄肉鋳物の湯流れ性改善によるチル生成防止およびパーライト中のセメンタイトの分解を抑制する 2 つ作用によるものと考えられる。
- 3) 珪瑯施工前の脱ガス熱処理は、泡欠陥を少なくする効果があり、それは低炭素飽和度の基地鋳物の場合に特に顕著である。
- 4) 釉薬塗布前の基地鋳物の表面処理は、砂や珪酸鉄（ファイヤライト）などの付着物のみならず、鋳肌表面の全ての酸化皮膜が除去されるまで丁寧に行う必要がある。
- 5) 下釉薬の厚さムラは、生焼けや焼き切れの原因になり、それが次に重ねて施工される上珪瑯およびカラー珪瑯層の欠陥発生に強く関与する。
- 6) 釉薬の塗布から乾燥開始までの時間と乾燥時間および乾燥終了から焼成までの時間は、できるだけ短くして、釉薬層と鋳物基地表面との境界に発生する錆び（酸化鉄）の進行を少なく抑える必要がある。

以上のように、欠陥の無いカラー珪瑯被膜施工のためには、多くの作業工程において厳重な品質管理と細心の現場テクニックが必要であり、その全てが達成されることによって、図 5 に示したような無欠陥の製品が得られる。これまでの塗装製品に加え、全面カラー珪瑯仕上げによる新しい形の南部鉄器が生産されることで、産地の隆盛が取り戻されることを心から願うものである。



図 5 全面カラー珪瑯仕上げの試作品