

# 水栓製品の品質向上に関する研究（第2報）

—水栓鑄物の凝固状態の解析—  
三原利之\*、細野幸太\*\*、林哲郎\*\*、水谷予志生\*\*

Study on faucet parts for quality improvement (II)  
- Analysis for coagulated condition on faucet parts -

MIHARA Toshiyuki\*, HOSONO Kota\*, HAYASHI Tetsuro\*\* and MIZUTANI Yoshiki\*\*

青銅鑄物の凝固状態をミリオーダーで把握するため、電子顕微鏡によるスズ成分の分布状態を効率的に測定する方法を新たに開発した。この方法を用いることで従来法の測定時間を約99%短縮することができ、従来法では測定困難であった幅広い領域を測定可能とした。青銅鑄物の凝固状態は表層部と内部で相異があり、表層部ではスズ成分が比較的均一に分布、内部ではスズ成分が格子状に局在化していた。これは鑄込み過程において、表層部では速やかな凝固が進む表皮形成型凝固であることに対し、内部では凝固時間が長く固液共存状態が維持されるかゆ状型凝固となったためと考えられる。そのため、固液共存状態では鑄造欠陥が生じやすいことから、青銅鑄物の品質向上には凝固状態を効率的に解析する方法が有効である。

## 1. はじめに

鑄物に求められる品質や精度が日々高まっている中、鑄物産業が抱える重要な課題の一つに、鑄造欠陥の高い発生率がある。生産現場では鑄物欠陥対策に膨大な時間と労力が費やされており、鑄物の高品質化・品質管理・生産性向上に関して、極めて重要な課題となっている。そのため、具体的な鑄造欠陥対策として、鑄造方案の改良や鑄造条件による鑄物の凝固状態（条件）の最適化が検討されている。しかし、生産現場の経験的な方法に頼るところが多く、鑄造欠陥の発生原因を十分に把握できていないのが現状である。さらに、同一の鑄造条件であっても、実際の鑄造品の部位によって凝固状態が異なることがあり、鑄造欠陥が局所的に発生することも考えられている<sup>1)</sup>。よって、微細な結晶構造をもつ青銅鑄物の場合、凝固状態を解析することは非常に困難である。

本研究では、青銅鑄物の水栓部品の鑄造欠陥を低減するため、青銅鑄物の断面のスズ成分の分布状態を電子顕微鏡にて測定し、表層部と内部の凝固状態の相異を把握した。

## 2. 実験

### 2.1 供試材

図1に、本研究に用いた青銅鑄物 CAC406 製の水栓部品の CAD 図（左）とざく巣（溶湯の凝固収縮により生じる多孔状の収縮巣）部の電子顕微鏡の SEM 像（右）を示す。水栓部品は一般家庭等で使用される配管用継手であり、エルボー部にざく巣が発生していた。通常、ざく巣は鑄造過程の最終凝固部や溶湯が十分に供給されていない箇所に発生する。

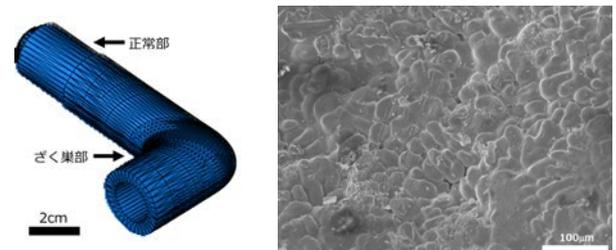


図1 青銅鑄物 CAC406 製の水栓部品の CAD 図（左）とざく巣部（エルボー部）の電子顕微鏡の SEM 像（右）

### 2.2 水栓部品の断面観察

水栓部品のざく巣部の電子顕微鏡の SEM 像は高分解能走査電子顕微鏡複合装置（日本電子（株）製 JIB-4600F）、また、断面（正常部（表層部と内部）・ざく巣部）の組成成分は電子線マイクロアナライザ（日本電子（株）製 JXA-8530F・EPMA（特性 X 線強度））を用いて測定した。断面のスズ成分の測定条件は、電子ビーム直径 1 μm とし、高解像度 1 μm×1 μm にて 4,718,592 (3,072×1,536) 箇所（図2）と低解像度 3 μm×3 μm にて 1,048,576 (1,024×1,024) 箇所（図3）とした。本研究では、従来開発した水栓部品の断面のスズ成分の測定方法<sup>2)</sup>と比較し、より短時間となる 1/9 の時間で測定する条件に改良した。なお、低解像度 3 μm×3 μm の場合（図3）、高解像度 1 μm×1 μm の場合（図2）と比較し、さらに 1/9 の時間で測定でき、従来法の 1/81 の 22 時間で測定することを可能とした。また、従来法の EPMA ではマイクロオーダーの精密な分析に使用されるが、本研究で開発した EPMA での測定方法の場合、従来法では測定が困難であったミリオーダーとなる約 9 mm<sup>2</sup>の広い領域を測定することができるようになった。

\* 技術支援部

\*\* 金属部

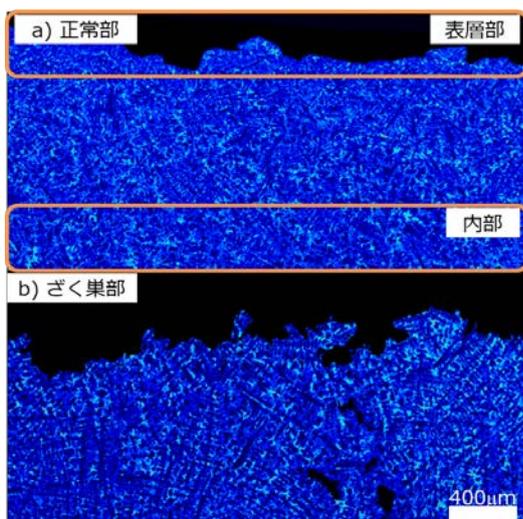


図2 青銅鋳物 CAC406 製の水栓部品の断面のスズ成分の分布図（測定間隔：1 μm）

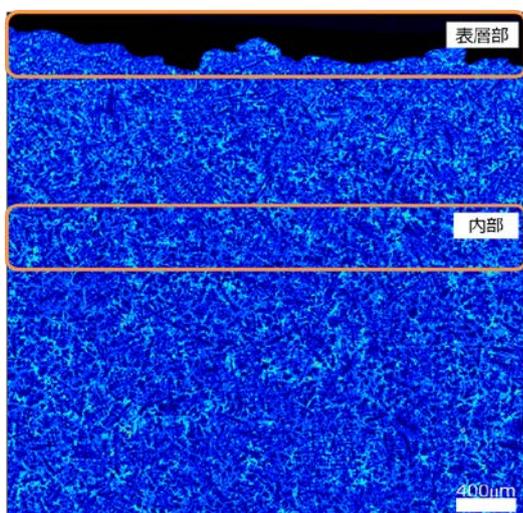


図3 青銅鋳物 CAC406 製の水栓部品の断面のスズ成分の分布図（測定間隔：3 μm）

### 3. 結果及び考察

水栓部品の断面（正常部（表層部と内部）・ざく巣部）の高解像度と低解像度のスズ成分の分布図を図2、図3に示す。図2より、本研究の水栓部品の正常部とざく巣部の両方ともに、スズ成分量が異なる二相に相分離していることが分かる。また、正常部の表層部ではスズ成分が比較的均一に分布しているのに対し、正常部の内部では格子状のデンドライトが生成し、スズ成分が局在化していた。これは鋳込み過程において、正常部の表層部では速やかな凝固が進む表皮形成型凝固であることに対し、正常部の内部では凝固時間が長くなり、固液共存状態が維持されデンドライトが形成されるかゆ状型凝固であるためと考えられる。また、鋳造過程の最終凝固部に生成されると考えられるざく巣が発生した部位では、より明瞭にスズ成分が局在化しており、溶湯が十分に供給されなかったことに加え、より長い固液共存状態が維

持されていたと考えられる。

さらに、同じ部位のスズ成分の分布状態に関して、高解像度（図2）と低解像度（図3）の場合を比較した。低解像度の場合も、高解像度の場合と同様に、表層部のスズ成分が均一となる分布と内部のスズ成分が局所化している凝固状態が確認できた。

このことにより、本研究で開発した低解像度の測定方法の場合でも、スズ成分の分布状態により、青銅鋳物の凝固状態を把握できることを確認した。低解像度の場合、スズ成分の分布状態を測定する時間を大幅に短縮（1/81（約99%））することができた。また、従来法のEPMAでは測定困難であったミリオーダーの幅広い領域（約9mm<sup>2</sup>）の凝固状態を測定することができた。

青銅鋳物のスズ成分の分布は、数μmと微細に分布しており、従来法のEPMAによる元素分析には限界となる広い領域（約9mm<sup>2</sup>）を短時間で測定することが困難であった。しかし、本研究で開発したEPMAによる測定方法の場合、今後の鋳造シミュレーションの結果との比較も可能となる。このことにより、より高精度の青銅鋳物の凝固状態の解析を明確に実施できると考えられる。

### 4. まとめ

青銅鋳物の水栓部品の鋳造欠陥を低減するため、青銅鋳物の断面のスズ成分の分布状態を電子顕微鏡で測定する新たな方法を開発し、青銅鋳物の表層部と内部で凝固状態が相違していることが分かった。これは表層部では凝固が速やかに進行し表皮形成型凝固となり、内部では固液共存状態が維持されかゆ状型凝固となったためと考えられる。かゆ状型凝固では鋳造欠陥が生じやすいことから、青銅鋳物の鋳造欠陥を低減するためには青銅鋳物の凝固状態を把握することは有効な手法である。これまで微細な結晶構造をもつ青銅鋳物の場合、従来法では凝固状態の解析は困難であったが、今回の手法では従来法より測定時間を約99%短縮することができ、ミリオーダーの幅広い領域を測定可能となった。

今後、本研究の結果を鋳造欠陥の解析に有効な方法の一つとして、鋳造シミュレーション技術による鋳造欠陥解析と比較検討し、製造現場におけるより実用性の高い鋳造欠陥対策を提言していく。

### 【謝辞】

本研究にご協力いただいた株式会社水生活製作所様に深く感謝いたします。

### 【参考文献】

- 1) 岡根利光, 鋳造工学 Vol.85, 9, pp605-612, 2013
- 2) 三原ら, 岐阜県産業技術総合センター研究報告, No.2 pp19-20, 2021