水栓製品の品質向上に関する研究（第６報）

－鋳造シミュレーションによる水栓部品の鋳造欠陥の低減－

三原利之*

Study on faucet parts for quality improvement（Ⅵ）
- Reduction of casting defects on faucet parts using casting simulation -

MIHARA Toshiyuki*

青銅鋳物製の水栓部品に発生した鋳造欠陥は、鋳造シミュレーションで予測された鋳造欠陥の発生箇所と実際に鋳造欠陥が発生した箇所がよく一致しており、本年度の研究で水栓製品に発生した鋳造欠陥は溶融した銅合金を鋳型に流し込む際に巻き込まれたガス由来の鋳造欠陥（ガス欠陥）であることが分かった。さらに、ガスの巻きこみが少なくするよう湯流れを改良した鋳型で、鋳造シミュレーションによりガス欠陥数を予測したところ 81 個から 57 個 (30 %減) に減少することが予測された。実際に改良した鋳造方案で鋳造すると、ガス欠陥数は改良前の 11.3 個から 0.7 個 (94 %減, n=3) に減少し、水栓部品に発生するガス欠陥数を大幅に低減することができた。鋳造シミュレーションを活用した鋳造方案の改良は、実際の鋳造現場での鋳造欠陥発生および生産性を革新的に改善する可能性があると考えられる。

1　はじめに

鋳物に求められる品質や精度が日々高まっている中、鋳物産業が抱える重要な課題の一つに、鋳造欠陥の高い発生率がある。生産現場では鋳物欠陥対策に膨大な時間と労力が費やされており、鋳造欠陥の低減は鋳物の高品質化・品質管理・生産性向上における極めて重要な課題となっている。具体的な鋳造欠陥対策として、鋳造方案の改良や鋳造条件の最適化が検討されているが、これらの対策は生産現場の経験的な方法に頼るところが多く、鋳造欠陥の発生要因を十分に把握できていない現状がある。さらに、同一の鋳造条件であっても、鋳造品の部位によって実際の凝固状態が異なっているため [1]、鋳造欠陥が局所的に発生することも考えられている [2]。そのため、鋳造欠陥の要因を明らかにすることは非常に困難である。

本研究では、青銅鋳物の水栓部品の鋳造欠陥を低減するため、青銅鋳物製の水栓部品について鋳造シミュレーションを行い、鋳造欠陥の要因を明らかにするとともに、鋳型の改良による鋳造欠陥の低減について検討した。

2　実験

2.1　供試材

本研究に用いた青銅鋳物 CAC406 製の水栓部品は、一般家庭等で使用される配管用継手であり、研究協力企業で鋳造され、その後の研磨の工程で鋳造欠陥が発見された水栓部品の提供を受けた。

図 1 に本研究に用いた青銅鋳物 CAC406 製の水栓部品の鋳造欠陥発生個所の例（左）と水栓部品の鋳造欠陥部の電子顕微鏡の SEM 像の例（右）を示す。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）を用いて測定した。いずれの水栓部品についても鋳造欠陥は水栓部品の一方の側のみに集中して発生していた。この鋳造欠陥は球状で、その内部にはデンドライトが生成しているため、これらの鋳造欠陥は注湯時のガスの巻きこみにより発生したもの（ガス欠陥）と考えられる。通常、こうしたガス欠陥は、溶融した銅合金（溶湯）を鋳型へ流し込む（注湯）際に巻き込まれた空気等が鋳物内部にとどまるために発生し、ガスは銅合金よりも比重が軽いため、溶湯が凝固する前に鋳物上部に集まり、ガス欠陥となる。

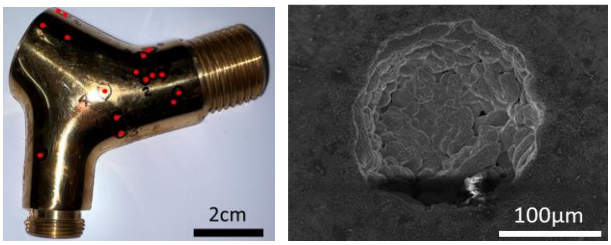

図 1　水栓部品の鋳造欠陥発生個所の例（左、●印）と鋳造欠陥部の電子顕微鏡の SEM 像の例（右）

2.2　鋳造シミュレーション

鋳造シミュレーションは、鋳造シミュレーションソフト（クオリカ（株）製 JSCAST）を用いて、鋳造欠陥が発生した鋳造方案（湯流れ改良前）と鋳造欠陥の低減のため湯流れを改良した鋳造方案（湯流れ改良後）について行い、注湯時のガス欠陥の発生個所と鋳造欠陥数を予測した。注湯時の溶湯の温度は注湯の平均温度である 1,160 ℃とし、そのほかの鋳造条件は実際の鋳造時に近い条件に設定した。鋳造方案は研究協力企業から提供を受けたものを用いた。

＊ 技術支援部

3　結果及び考察

鋳造シミュレーションを鋳造欠陥が発生した改良前の鋳造方案で行い、注湯時のガス欠陥の発生を予測した結果を図 2 に示す。ガス欠陥は水栓部品の上面のみに集中して発生することが予測され、実際の水栓部品でのガス欠陥の発生個所とよく一致している。このことは、鋳造シミュレーションは、ガス欠陥の発生予測に有効であることを示している。鋳造シミュレーションにおいて予測されるガス欠陥は、注湯時に溶湯が乱れ空気等のガスが巻きこまれることが主な要因であるため、注湯時の湯流れを改良することで、改善できると考えられる。

次に、湯流れを改良した鋳造方案について、鋳造シミュレーションを行った結果を図 3 に示す。この改良した鋳造方案では、水栓部品部に溶湯が均一に流れ込むように、溶湯の入り口（湯口）に対して全ての水栓部品が同じ向きとなるように配置を変更している。ガス欠陥の発生予測個所は、改良前の鋳造方案と同様に、鋳型内の水栓部品部の上方に集中していた。改良後のガス欠陥の予測数は、57 個であり、改良前のガス欠陥予測数（81 個）と比較して、30 % 低減できることが予測された。これは、鋳造方案での水栓部品の配置を変更したことで、湯流れがより均一となり、その結果、注湯時にガスの巻きこみがより少なくなることでガス欠陥が低減されたためと考えられる。この改良された鋳造方案で実際に水栓部品を鋳造したところ、製品 1 個あたりのガス欠陥による平均の鋳造欠陥数は 11.3 個 (n=3) から 0.7 個 (n=3) に大幅に低減（94 %減）することができたが、鋳造シミュレーションの予測（30%減）より大幅に少なかった。これは実際の水栓部品での欠陥数は、表面を研磨後に計測するため、ごく表面の微小なガス欠陥は研磨により除去された可能性が考えられる。今回行った鋳造シミュレーションでは、ガス欠陥を低減するための主な要因を明らかにすることができた。その一方で、より正確にガス欠陥を予測するためには、実際の鋳造条件をより正確に把握し、より精度の高い鋳造シミュレーションを行う必要があると考えられる。

4　まとめ

青銅鋳物の水栓部品の鋳造時のガス欠陥を低減するため、鋳造シミュレーションを用いてガス欠陥の発生個所の予測を行ったところ、鋳造シミュレーションによる予測と実際のガス欠陥の発生個所はよく一致し、鋳造シミュレーションによるガス欠陥の予測は有効であることが分かった。ガス欠陥の発生には注湯時の溶湯の流れが影響を与えている可能性が考えられたため、鋳型の水栓部品の配置を変更し湯流れを改良した鋳造方案で鋳造シミュレーションを行ったところ、湯流れの改良後の鋳造方案ではガス欠陥が大幅に低減できることが分かった。実際に、改良した鋳造方案で水栓部品を鋳造したところ、ガス欠陥を大幅に低減することができた。

鋳造欠陥の要因には湯流れのほかにも多様な要因が複雑に影響していると考えられ、今後、さらに鋳造欠陥が発生する要因について検討を進め、製造現場において鋳造シミュレーション技術を活かしたより実用性の高い鋳造欠陥対策を提言していく。

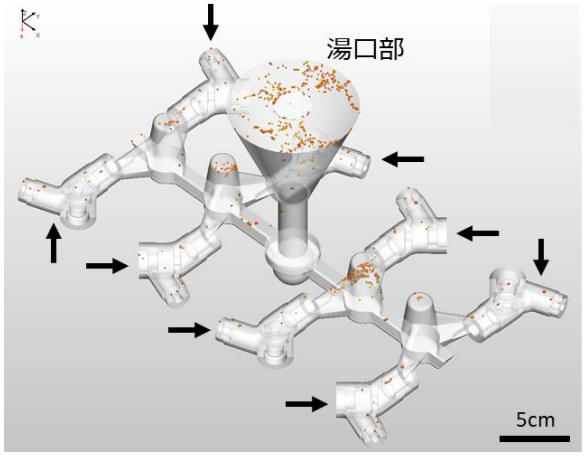

図 2 鋳造シミュレーションによるガス欠陥の発生予測箇所（湯流れ改良前、→：水栓部品部）

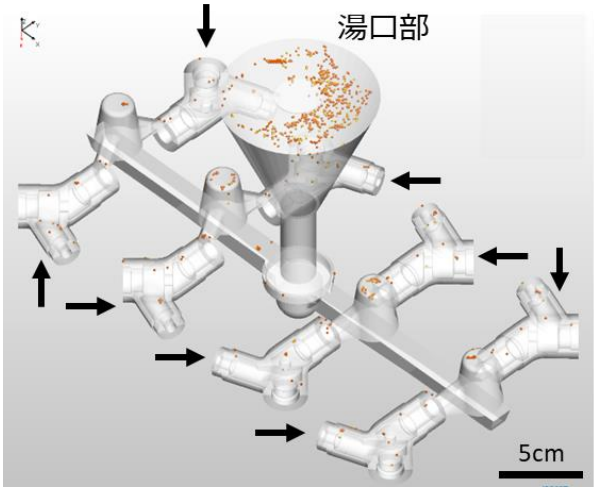

図 3 鋳造シミュレーションによるガス欠陥の発生予測箇所（湯流れ改良後、→：水栓部品部）

【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。本研究の一部は、一般財団法人越山科学技術振興財団の研究助成金により実施いたしました。

【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.4, pp21-22, 2023