

水モデルを用いた湯流れの観察及び改善

島崎 良^{*1}

Observation and Improvement of Flow Ability using Water Model

Ryo Shimasaki

鋳造は、金属の加工方法として広く普及しているが、様々な鋳造欠陥を生じることがある。中でも、ガス欠陥は原因の特定が難しい。そこで今回は、鋳造時の熔融金属の「流れ」に着目し、ガス欠陥への影響を調査した。金属の流し方によって、ガスの巻き込みは大きく異なるが、実際には「流れ」以外の要因も大きく、それらを複合的に抑える必要があることがわかった。

1 はじめに

鋳造は、複雑形状の金属製品を量産する加工法として広く普及している。金属の熔融・凝固過程を経るため、様々な欠陥を生じやすいが、その中でもガス欠陥は原因の特定が難しい。今回は、原因の一つである、熔融金属の「流れ」によるガス巻き込みに着目し、その改善方法を検討した。

鋳造では、流し込む金属が高温かつ鋳型が不透明であることから直接観察が難しく、数値シミュレーションによる流れの予測が広く行われている。しかし、物性データや初期条件のわずかな差異により、実際と大きく異なる結果になることも多い。また、X線透過撮影による直接観察¹⁾も行われてはいるが、容易には実施できない。そこで、より簡便な方法で流れを模擬できる水モデルを用いて、流れの観察を試みるとともに、実際の鋳造結果と比較を行った。

2 実験方法

2-1 PIV(Particle Image Velocimetry)による流れ観察

流れ観察のため、アクリル樹脂製の透明鋳型を作製した。その概要を図1に示す。本研究では、鋳造における代表的な方案として、上から流し込む「落とし込み」と下から流し込む「押し上げ」の2種類の方案を比較した。落とし込みでは湯道を塞いで押湯上部から、押し上げでは湯道から水を流し込むことで、これらの方案を再現した。この鋳型に、レーザシートを照射しながらトレーサ粒子（ポリアミド12、粒径 $50\mu\text{m}$ ）を混ぜた水を流し込み、高速度カメラ（1000fps）で撮影

した。その様子を図2に示す。撮影した映像からトレーサ粒子の動きを解析し、流速を測定した。

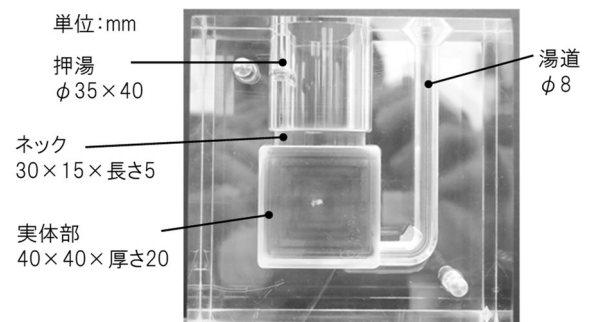


図1 透明樹脂模型の概略

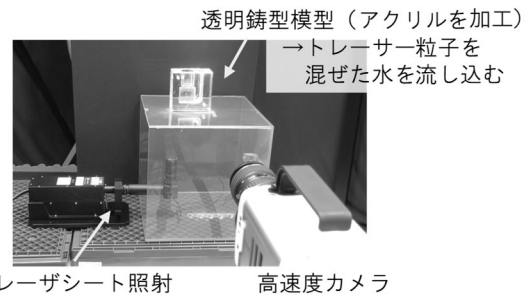


図2 水モデルのPIV測定

2-2 実際の鋳造品との比較

PIV で使用した透明鋳型と同形状の砂型を作製するため、樹脂 3D プリンタ装置で鋳造用模型を出力し、砂型を作製した。その例を図3に示す。砂型は、珪砂に7wt%の水ガラスを混練し、模型に込めた後、炭酸ガスを通じることで硬化させた。その後、バーナーで砂型表面を乾燥し、組立てて鋳型とした。次に、高周波溶解炉で、アルミナるつぼにて炭素鋼（S45C 相当）を溶解し、約 1650°C で鋳造した。得られた試験片は

^{*1} 機械電子研究所

縦断面で切断し、目視で欠陥の発生状況を確認した。

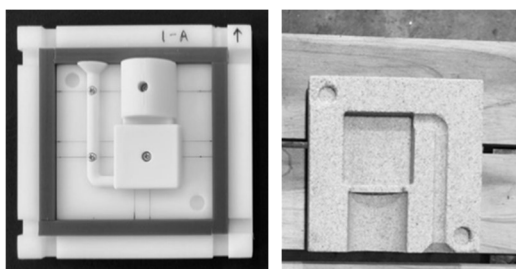


図3 鋳造用模型（左）と造型した砂型（右）

3 結果と考察

落とし込み方案及び押し上げ方案について、水モデルをPIVで測定した結果をそれぞれ図4及び図5に示す。

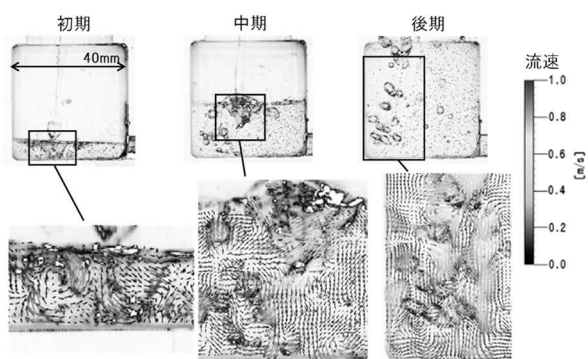


図4 落とし込み方案のPIV測定結果

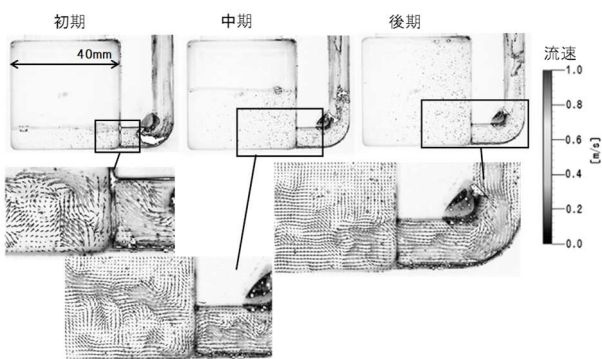


図5 押し上げ方案のPIV測定結果

落とし込み方案では、注ぎ込まれる水の周囲に強い下降流が生じ、数mmの大きな気泡が多数巻き込まれていた。流速は0.6~0.8m/sで、激しい乱流が見られた。一方、押し上げ方案ではゆるやかな上昇流となり、1mm以下の小さな気泡が見られるのみで、流速は0.3m/s以下となった。従って、気泡の巻き込みは押し上げ方案の採用により、大幅に抑制できることがわかった。

また、PIVで測定したモデルと同形状の鋳型について、実際に鋳造した。その外観及び断面を図6及び図7に示す。

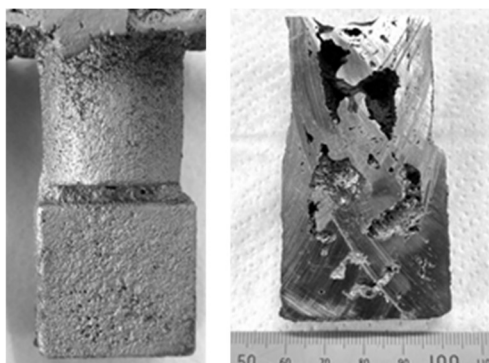


図6 落とし込み方案の鋳造結果

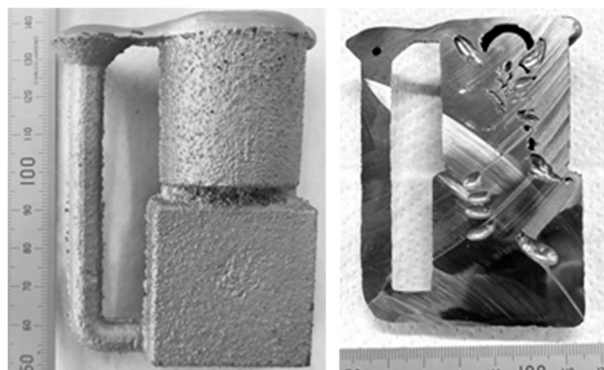


図7 押し上げ方案の鋳造結果

いずれの方案でも、内部に多くのガス欠陥が発生していた。押し上げ方案の方が軽微ではあるものの、水モデルとは大きく異なっていた。これは、金属の凝固時に発生したガスや高温による鋳型からの発生ガス等、流れによるガス巻き込みとは別要因で欠陥が発生したためと考えられる。

4 まとめ

- 1) 水モデルで流れを模擬することで、鋳造時の流れを観察することができた。
- 2) ガス欠陥の発生には、流れによるガス巻き込みの影響もあるが、それ以外の要因も大きく、複合的に対策をとる必要がある。

5 参考文献

- 1) 杉山明, 大中逸雄, 岩根潤, 安田秀幸: 鋳造工学, 78巻(12号), pp. 691-697(2006)