

# 鋳物の高品質化、品質管理技術に関する研究

## —鋳型内ガス圧の測定と影響—

関範雄\*、三原利之\*、水谷予志生\*\*、久富茂樹\*\*\*

### Study on casting for quality improvement and quality control technique

### - Measurement and effect of gas pressure in mold during injecting molten metal -

SEKI Norio\*, MIHARA Toshiyuki\*, MIZUTANI Yoshiki\*\* and KUDOMI Shigeki\*\*\*

青銅鋳物鋳造の1000°C超の溶湯を扱う注湯過程において鋳型内ガス圧及び温度を計測し、これらの時間変化から鋳物への品質影響を検討した。今回の銅合金鋳造では、注湯後、溶湯は数秒間で固液共存状態になり、その後数十秒で凝固した。固液共存状態ではガス欠陥が生じやすいため、鋳型内ガス圧の把握、及び溶湯の凝固形式を推測するための鋳型内温度モニタリングは、ガス欠陥防止に有効な手段といえた。

## 1. はじめに

鋳物の品質や精度は日々高くなっている中、鋳物産業の抱える品質に関わる重要な課題の一つが高い欠陥発生率である。現場では欠陥検出など品質管理に膨大な時間と労力が費やされており、鋳造欠陥対策が鋳物の高品質化、品質管理、生産性向上に極めて重要となっている。

鋳造欠陥対策としては、方案最適化が検討されているが、現場の経験的手法や知見に頼るところが多い。例えば、鋳物のガス欠陥防止対策としては、鋳砂の粒度指数を低くし、鋳型や中子のガス排気性を高めたり、中子の樹脂量を減らしたり、その他に鋳込み温度、ガス抜き、鋳込み速度などの調整が知られている。このような対策は鋳型内ガス圧を下げ、ガス残留時間を短くすることにあるから、内部圧力変化を捉えることが求められる。しかし、1000°C超の高温下でのガス圧測定は容易に行えず、方案ごとに圧力変化を把握することは難しい。

そこで本報では注湯過程での鋳型内ガス圧変化を把握するため、鋳型内ガス圧を測定し、その欠陥発生影響について検討した。

## 2. 実験

### 2. 1 鋳造実験

青銅鋳物系鋳物材 (CAC401) を用い渦巻型流動試験を応用した鋳造実験を行った。

鋳物砂には専用人工砂、フラン樹脂系バインダ（砂に対して 2wt%）を用いた砂型積層造型装置（シーメット株式会社、SCM-10）にて鋳型を造型した。鋳造には、上型、下型から構成される鋳型（図 1）を使用した。下型に流動部となる溝を渦巻状に設計し、上型にはガス圧センサ等を挿入する穴を予め造型した。

鋳型の注湯口に設置したスリープ（内径 65mm）内に溶湯（炉内温度 1200 °C、1.65kg）を上型の上面から

55mm の高さまで注ぎ入れ、スリープ内に設置した温度計（最高到達温度 1140°C）が上昇した時を注湯開始とした。

### 2. 2 鋳型内部のガス圧及び温度測定

上型鋳型に注湯口から溶湯の流動経路上に A から I の順 9か所に、図 2 に示すガス圧センサ（ガス圧測定装置：株式会社仲井製作所、Castio I）及び温度センサ（JIS 規格 K 熱電対）を配置し、注湯時の鋳型内ガス圧（0.2 秒間隔）及び温度（0.1 秒間隔）を測定した。

### 2. 3 鋳型の細孔特性及び気体透過係数測定

砂型積層造型装置にて直径 25mm、各種厚さ 5～10mm の円盤試料（鋳型試料）を作製し、貫通細孔分布測定装置（PMI 社、CFP-1200AXL）にて細孔特性及び気体透過係数を測定した。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 鋳型の細孔特性及び気体透過特性

ガス圧測定用鋳型に用いた鋳物砂は人工砂で球状である。積層造型された鋳型の平均細孔径は、積層面に対する積層方向及びそれに直行する水平方向ともに 15.5μm であり、ガス透過の異方性は認められなかった。

鋳型の気体透過性について、透気流量（図 3）は圧力上昇に比例して増大し、その気体透過係数は 17.4 (ml·cm/kPa/s/cm<sup>2</sup>) であった。これを砂鋳型特性の指標である通気度に換算すると 102.7 (ml·cm/cmH<sub>2</sub>O/min/cm<sup>2</sup>) になり、生型の一般的な管理通気度<sup>1)</sup>の範囲内にあった。

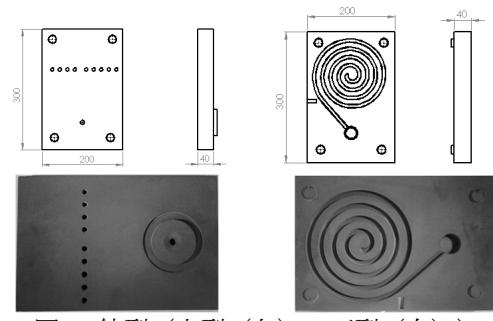


図 1 鋳型（上型（左）、下型（右））

\* 技術支援部

\*\* 金属部

\*\*\* 情報技術部

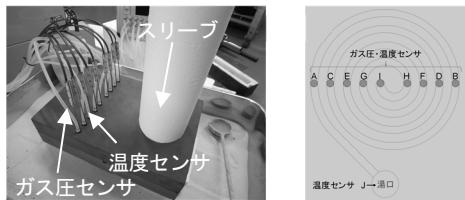


図2 浇口のスリーブ、ガス圧及び温度センサを配置した鋳型

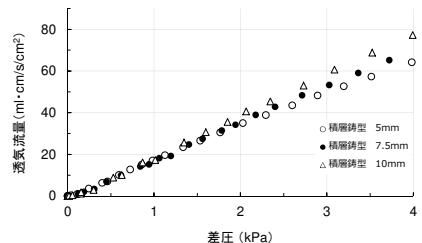


図3 砂型積層造型鋳型の気体透過特性



図4 鋳造実験によって作製された鋳物

### 3. 2 鋳型内部のガス圧及び温度変化

図4に鋳造実験によって得られた鋳物を示す。流動長は556mmであった。

鋳型内部温度(図5)の注湯開始からの時間変化を示す。A点の温度は注湯開始1秒後に急上昇し、その0.4秒後にB点の温度も急上昇した。A点では注湯開始6.3秒後に820°C、B点では開始2.9秒後に1000°Cの到達最高温度に達した。このときの湯口温度は約1130°Cで溶湯は溶融状態であった。

注湯開始から1~2秒間にA点からB点を流動して、溶湯凝固は、流動直後のA点で鋳型壁近くの温度が820°Cと低いことから表皮形成とかゆ状型が並行して進行、B点では固液共存状態のかゆ状型凝固が優勢で進行したと推測した。

また注湯直後からA点、B点でのガス圧は急上昇した(図6)。これは湯先が到達したA点、B点のみ計測でき、それ以外の測定点では計測できていない。A点では注湯開始9秒後に1.3kPa、B点では17.5秒後に3kPaの最高ガス圧に達し、その後注湯40秒後に圧力はなくなった。最高ガス圧に達したときの実測温度(810°C程度)から溶湯は固相へと相変態したと考えられた。

鋳型の気体透過係数とガス圧及び温度の時間変化の結果から、注湯による鋳型内での膨張・発生ガスによる容量増加分は、開始1.3秒間までは鋳型を透過して外部に放出される。その後開始約40秒まではその間のガス増加容量のうち5.3%~9.3%が鋳型内に残留したと考えら

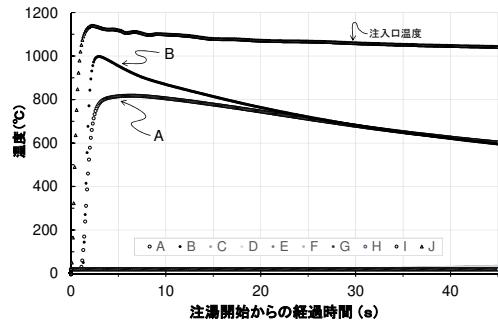


図5 鋳型内部温度の経時変化

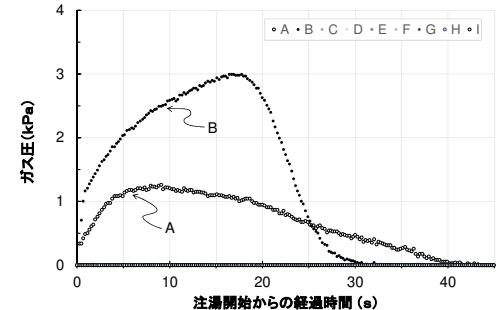


図6 鋳型内部ガス圧の経時変化

れる。

### 4. まとめ

青銅鋳物鋳造のような1000°C超の溶湯を扱う注湯過程において鋳型内ガス圧及び温度を0.2秒及び0.1秒間隔で簡易に測定し、これらの時間変化を把握した。

銅及びその合金の鋳型内凝固進行は、表皮形成型とかゆ状型の2つの形式に大別される<sup>2)</sup>。今回の青銅の鋳造実験では、かゆ状型凝固が優勢に進行し、鋳型の温度状況から注湯口に近い側の一部で表皮形成型も推測された。固液共存状態のかゆ状型凝固では残留ガスが、湯先部、最終凝固部に気泡として存在し、微細に分散するガス欠陥発生に大きな影響を与える。実験で示されたように銅合金の鋳造では注湯後、溶湯は数秒間で固液共存状態になり、遅くとも1分間で凝固する。

以上のことから、注湯直後1分間の鋳型内ガス量の指標となるガス圧の把握、また溶湯の凝固形式を推測するための温度モニタリングがガス欠陥防止に有効な手段であるといえる。

### 【謝 辞】

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補助金により実施しました。ここに深く感謝いたします。また、実験にご協力いただいた岐阜大学工学部新川真人准教授、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) 日本铸造工学会編, 鑄造工学便覧, p73, 丸善, 2002
- 2) 岡根利光, 鑄造工学, Vol.85, 9, pp605-612, 2013