

鋳物製品の内部欠陥の低減に関する研究（第2報）

大平 武俊、水谷 予志生、足立 隆浩

Study on Reduction of Internal Defects in Castings (II)

Taketoshi Ohira, Yoshiki Mizutani, Takahiro Adachi

鋳造時に砂型や中子から発生するガスに起因する内部欠陥を低減するために、ガス発生量の少ない粘結剤の開発が望まれている。粘結剤から発生するガスの種類・量を分析するための瞬間熱分解法の検討及びその分析を行った。その結果、管状炉を用いたガス置換雰囲気下での瞬間熱分解法により、粘結剤からの発生ガスの分析手法を確立した。また、瞬間熱分解法は、従来の昇温熱分解法と比べ、発生ガスの種類や量が大きく異なっており、注湯時のガス発生状況を解析する手段として有益と考えられる。

1. はじめに

鋳物はその製造過程で、“鋳巣（いす）”とよばれる内部欠陥（鋳物内部の気孔）が発生し、材料強度の低下や破損等に繋がる。また、機械加工後に内部に隠れた鋳巣が表面に現れることで外観不良となる等、鋳巣の発生は鋳物業界で長年の大きな課題となっている。この製造過程において、熔融した金属を流し込むための砂型や中空部を作るための中子は、砂を樹脂（粘結剤）で固めてあるため、高温の熔融金属からの熱伝導による加熱で樹脂が熱分解し、大量のガスが発生することで鋳物の内部に鋳巣を発生させる原因の一つとなっている。本研究では、この砂型や中子から発生するガスに起因する内部欠陥の低減のために、粘結剤からのガスの発生特性について検討する。

昨年度は、発生ガスの分析方法の確立と熱分析装置を用いた昇温熱分解法による発生ガスの分析を行った¹⁾。しかし、実際の注湯時には、砂型および中子は高温の溶湯との接触や輻射熱により瞬時的に加熱されるため、昨年度行った昇温熱分解法では実際のガス発生状況を再現していないと考えられる。そのため、本年度は管状炉を用いて瞬間的に熱分解する機構を考案し、瞬間熱分解法による発生ガスの分析手法の確立、およびそのガス分析を行ったので報告する。

2. 瞬間熱分解法の確立

2. 1 瞬間熱分解装置

瞬間熱分解装置の写真を図1に示した。両端にフランジ（株）ヒートテック製 SNW30SW-40-304）を取り付けた炉心管（株）ニッカー HB チューブ 外径 30mm 内径 24mm 長さ 600mm）を、管状炉（株）東洋製作所製 FUT532TB）にて加熱する。フランジの導入側変換ピース（2穴）（株）ヒートテック製 SNW40-4-2-316）の一方を雰囲気ガスの導入口、もう一方をサンプル導入口とした。サンプル導入口には石英管（外径 8mm 内径 6mm 長さ 600mm）を接続し、端はユニオン継手で密閉した。出口側変換ピース（1穴）

（株）ヒートテック製 SNW40-4-1-316）の排出口には PTFE 三方コックを接続したアルミナ製保護管（株）ニッカー製 SSA-S 保護管 外径 6mm 内径 4mm 長さ 300 mm）を炉心管出口側より 200mm 中心部に向けて挿入した。この三方コックには、一方にガス採取用の捕集袋¹⁾または捕集管¹⁾を、もう一方にはガス置換用に真空ポンプ（アルバック機工（株）製 DAP-6D）を接続した。ガス採取に際しては、マスフローコントローラー（コフロク（株）製 FLOW COMPO FCC-3000-G1）を用いることで流量制御を可能としている。

サンプルを高温部に導入するためのサンプル導入管は、先端を加工したアルミナ製保護管（株）ニッカー製 SSA-S 保護管 外径 5mm 内径 3mm 長さ 400mm）を用い、その保護管末端には鉄製のネジを無機接着剤で接着し、ネオジウム磁石（φ5×15mm）を取り付けた。

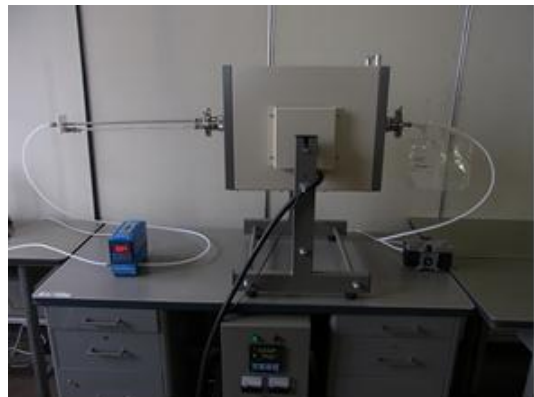


図1 瞬間熱分解装置全景

2. 2 試料導入方法

次の手法により試料導入方法とした。

粉末状のサンプルを入れたサンプル導入管を飛散防止のためセラミック繊維（イライト工業（株）製 イケール 1400バルク）で覆い、サンプル導入管の先端を炉心管側にして導入石英管に挿入し、石英管末端を密閉する。この時、

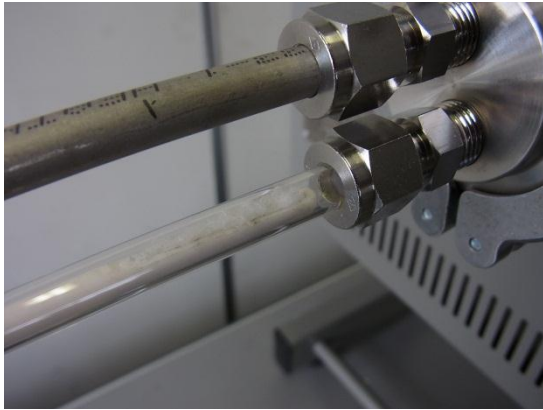


図2 サンプル導入管セット状況

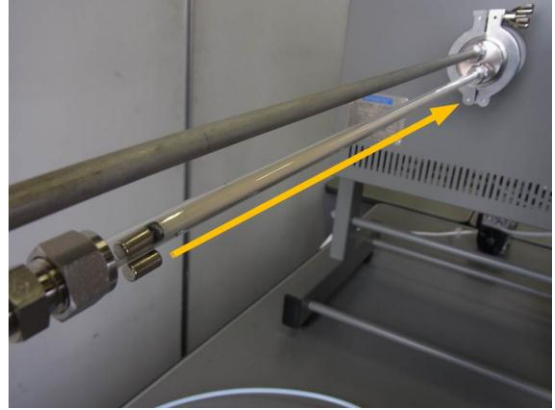


図3 サンプル導入管の導入方法

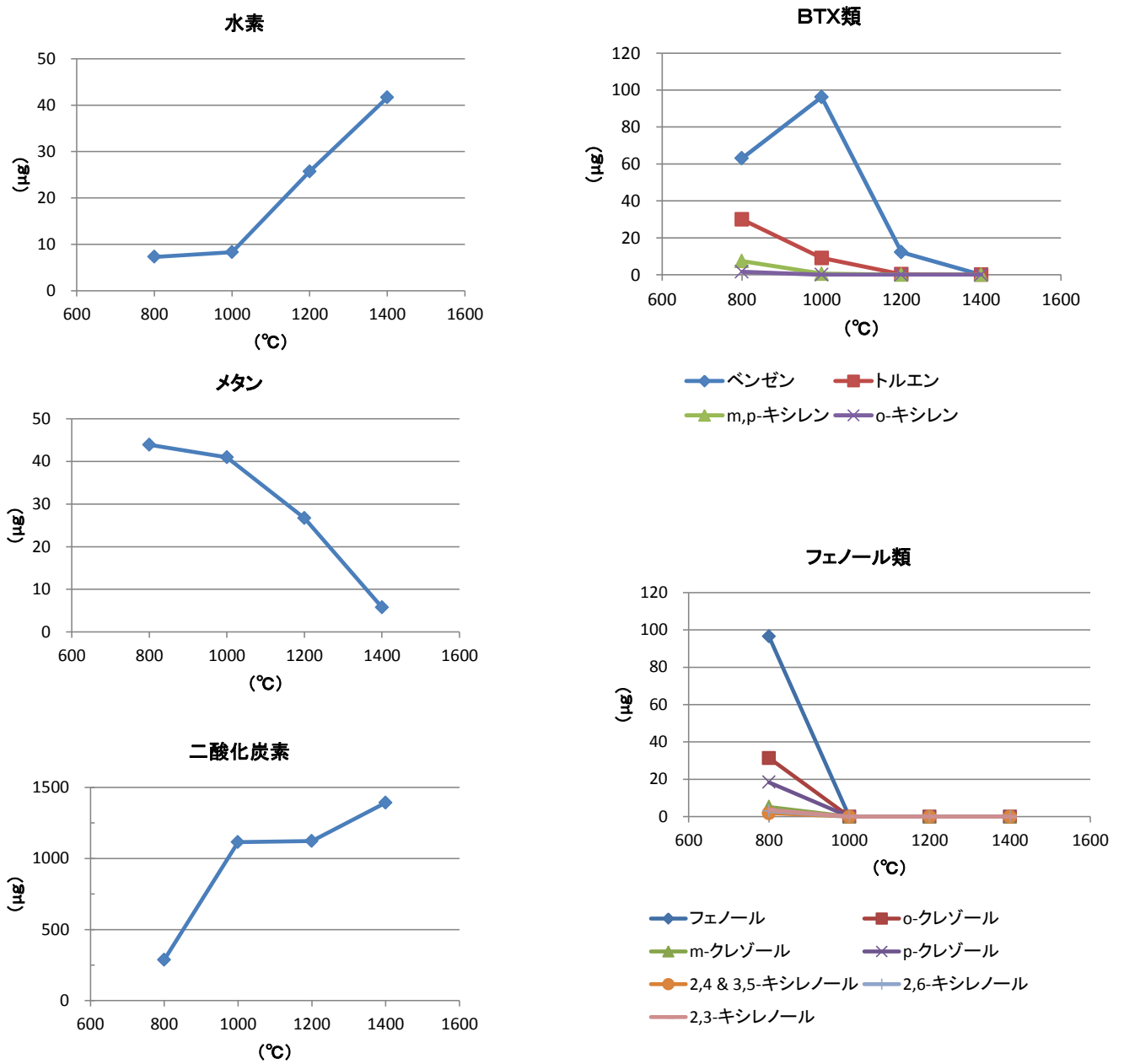


図4 瞬間熱分解温度における発生質量

サンプル部は炉心管の導入口より外側になる位置にする(図2)。管状炉中心が所定の温度になった後、導入石英管の外側から別のネオジウム磁石を用いて、内部のサンプル導入管のネオジウム磁石を磁力で動かし、サンプルが管状炉中心にくるよう瞬時に移動させ(図3)、瞬間加熱を可能としている。

2.3 瞬間熱分解方法

供試品として、コーテッドサンド(CS-B¹) 70mg を用いた。系内をヘリウムガス¹ で置換後、ヘリウムガス流量を 600 ml/min とし、三方コックで流路を切り替えて採取開始し、10秒後にサンプルを炉心管中央に導入して、70秒後に採取終了とした。管状炉の設定温度は、800℃、1000℃、1200℃、1400℃とした。

2.4 分析方法

瞬間熱分解法の検証とガス発生量の概要を把握するため、昨年度に行った昇温熱分解法にて発生量の多かった水素、二酸化炭素、メタン、フェノール類、BTX類の発生ガスについて捕集、分析を行った。また、捕集方法および分析方法は前報¹ のとおりとした。

3. 結果及び考察

3.1 瞬間熱分解法

水素、メタン、二酸化炭素、BTX類、フェノール類の各瞬間熱分解温度における発生質量を図4に示す。

それぞれの化合物を炉内温度ごとに見ると、水素では、800℃、1000℃では 10 μ g 程度と少なく、1200℃、1400℃

と高温になるにつれて発生質量が増加した。メタンは、800℃、1000℃では 40 μ g 程度と多く、1200℃、1400℃と高温になるにつれて発生質量が減少した。二酸化炭素は、800℃では、300 μ g 程度と他の化合物に比べ多く、1000℃、1200℃、1400℃においては 1000 μ g 以上と増加した。BTX類ではベンゼンが最も多く、次いでトルエンであり、m,p-キシレン、o-キシレン、スチレンはやや少なかった。また、ベンゼンは 800℃では 60 μ g 程度であったが、1000℃では 100 μ g 程度と減少せず、1200℃、1400℃と温度が高くなるにつれ減少していた。これに対し、トルエン、キシレン類は、800℃から温度が高くなるにつれ減少している。これは 800℃でベンゼンとトルエンに分解している割合に対し、1000℃ではメチル基のないベンゼンへの分解がやや優位になっているためと考えられる。フェノール類は 800℃で検出されたが、1000℃以上では不検出であった。また、800℃でフェノールが最も多く、次いでクレゾール類、キシレノール類であった。

発生ガスの種類別質量を図5に、発生ガスの種類別物質質量を図6に示した。温度ごとの発生総質量は、800℃では 600 μ g 程度であったが、1000℃、1200℃、1400℃では 1200~1400 μ g 程度と倍増していた。800℃では、フェノール類が 160 μ g 程度と全体の 1/4 を占めていたが、1000℃以上ではほとんど発生していなかった。BTX類は、800℃、1000℃で 100 μ g 程度で、1200℃、1400℃では減少した。二酸化炭素は、800℃では全体の 1/2 を占めていたが、1000℃、1200℃、1400℃では、全体の 8割以上を占めていた。水素、メタンは質量としては合わせても全体の 1/10 程度と少なかった。

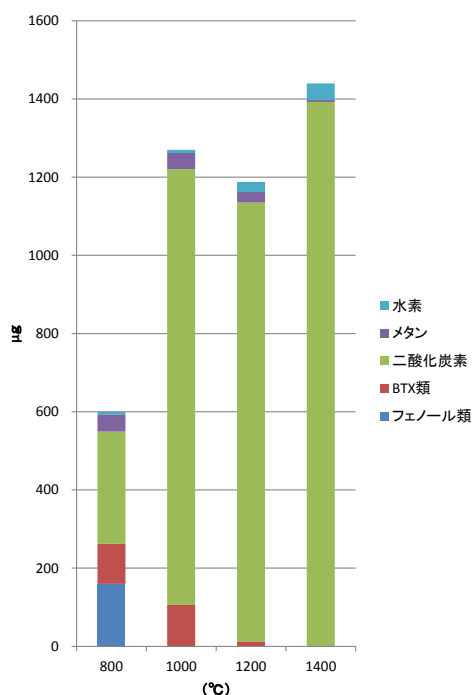


図5 発生ガスの種類別質量

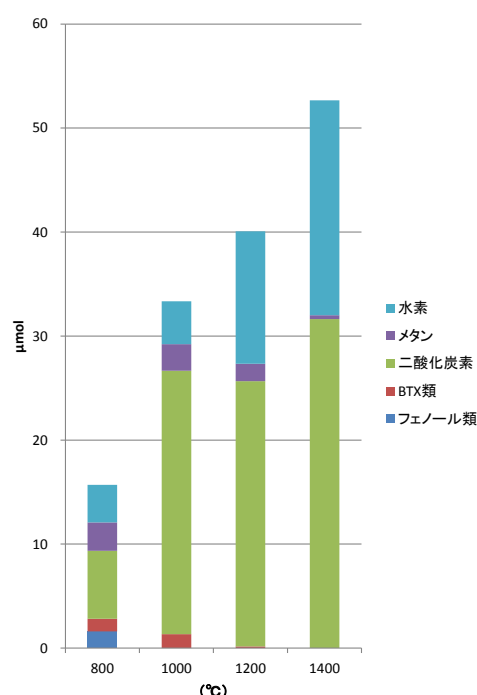


図6 発生ガスの種類別物質質量

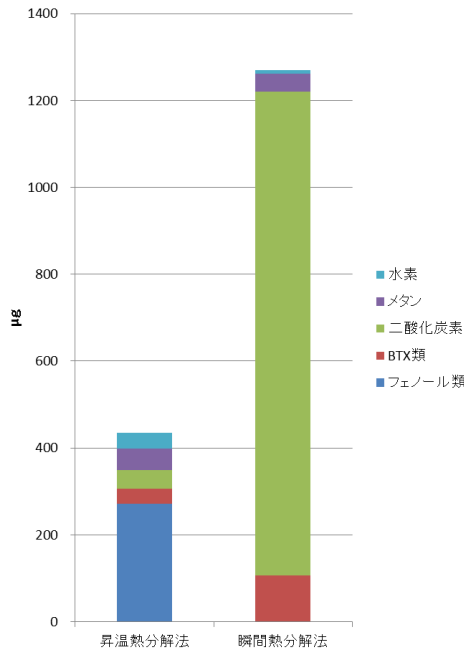


図7 分解法比較 (質量)

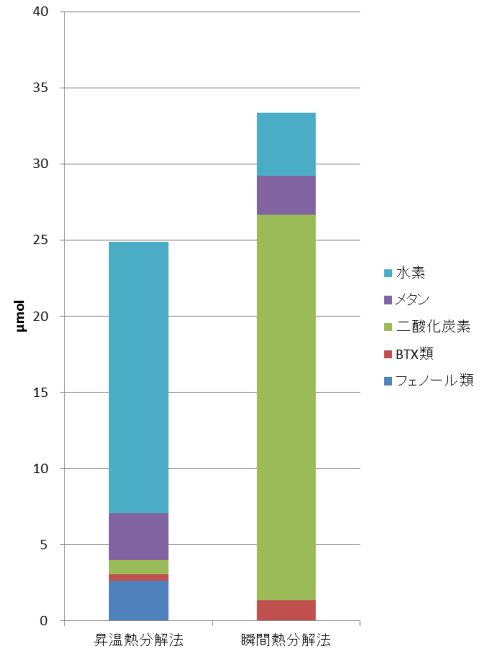


図8 分解法比較 (物質質量)

発生物質量では、800℃から 1400℃へと温度が高くなるにつれて、徐々に増加していた。その主な増加ガスは、800℃から 1000℃では、二酸化炭素であり、1000℃から 1200℃、及び 1200℃から 1400℃では水素であった。物質量の比は気体の体積比と同等であるので、分解温度が高くなるにつれて体積が増加していることがわかる。

これらは、分解温度として 800℃では低温のために高級炭化水素化合物までの分解が多く、1000℃では高温のため低級炭化水素・二酸化炭素への分解が進み、さらに高温の 1200℃以上では水素までの分解が進んだためと考えられる。

3. 2 昇温熱分解法と瞬間熱分解法の比較

前報での昇温熱分解法による室温～1000℃までと、今回の瞬間熱分解法 (1000℃) の主な発生ガスの比較を図7、図8に示した。

図7の発生ガスの質量については、フェノール類が昇温熱分解法で多くを占めているが、瞬間熱分解法では検出されていない。これに対し、BTX類は、同じ芳香族類でありながら昇温熱分解法より瞬間熱分解法の方が3倍程度検出された。二酸化炭素は、昇温熱分解法では僅かであるが、瞬間熱分解法では発生質量の約90%を占めていた。メタンは、昇温熱分解法、瞬間熱分解法とも同程度であった。総発生質量は、瞬間熱分解法の方が昇温熱分解法に比べ約3倍であった。

図8の発生ガスの物質質量については、水素が昇温熱分解法で多くを占めているが、瞬間熱分解法では全体の1/8程度しか占めていない。二酸化炭素は、昇温熱分解法では僅かであったが、瞬間熱分解法では約3/4を占めていた。発生物質量の合計は、瞬間熱分解法の方が昇温熱分

解法に比べ3割程度多かった。

昇温熱分解法では、徐々に加熱されることから、中温域での分解が進み、高分子のモノマー単位であるフェノール類への分解が優位になるのに対し、瞬間熱分解法では瞬間的に高温にさらされるため、フェノールよりも小さな分子に分解されることが優位になるためと考えられる。また、昇温熱分解法と瞬間熱分解法の質量合計に大きな差があることは、昇温熱分解法では、徐々に加熱されるため、比較的大きな分子として飛散している可能性が考えられる。

4. まとめ

粘結剤の瞬間熱分解法の確立及びその分析を行った。

- 1) 管状炉を用いたガス置換雰囲気下での粘結剤の瞬間熱分解法を確立した。
- 2) 瞬間熱分解法による発生ガスは、主に二酸化炭素、水素、メタンであった。また、温度域ごとに発生ガスの種類や物質質量が異なっていた。
- 3) 瞬間熱分解法は、従来の昇温熱分解法に比べ、発生ガスの種類や量が大きく異なっており、実際の注湯時の発生状況解析の手段として有益となると考えられる。

【謝 辞】

本研究に際し、試験体を提供いただきました株式会社マツバラ、株式会社瓢屋に対し感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 岐阜県工業技術研究所研究報告 第2号, pp.19-22, 2014