

# アルミニウム合金ダイカストに含まれるガスの調査

金森陽一\*, 樋尾勝也\*

## Investigation of Gases in Aluminum Alloy Die Castings

Yoichi KANAMORI and Katsuya HIO

Key words: Aluminum Alloy Die Castings, Gas Content, Gas Concentration, Air, Lubricant

### 1. はじめに

アルミニウム合金ダイカスト（以下、「アルミニウム合金ダイカスト」は「ダイカスト」とする。）は、高速で複雑形状品や薄肉品を製造できることから、自動車部品など多くの部品製造に適用されている。しかしながら、ダイカストでは、金型内に高速で溶湯を射出するため、プランジャースリーブや金型内の空気に加え、金型に塗布する離型剤、プランジャーチップなどに使用する潤滑剤、そしてこれらが分解して生成するガスの巻き込みが避けられない。ダイカスト品に巻き込まれたガスは、鑄巣（ブローホール、マイクロポロシティ）の発生原因となる<sup>1)</sup>ことが知られている。このため、巻き込みガスの量と種類を調べ、その発生原因を特定し、巻き込みガスを低減できれば、鑄巣に起因する不良の低減、強度、信頼性の向上が期待できる。

ダイカスト品中のガスについては、これまでの研究において、ダイカスト品中のガスに及ぼす鑄造条件の影響<sup>2,4)</sup>、ダイカスト品の鑄巣生成に及ぼすガスの影響<sup>5,6)</sup>などが報告されている。これらは、製品から旋盤加工等により採取した試料について行った研究であるため、製品内のガス分布の解析には有効であるが、製品全体のガス量、成分濃度を評価、比較することが困難である。鈴木らは、ダイカスト品をなるべく切断せずにガス量測定を行い、製品全体のガス量について報告している<sup>7)</sup>が、ガスの成分濃度については報告されてい

ない。

そこで、三重県工業研究所では、県内企業が製造したダイカスト品について、製品全体のガス量と成分濃度を調査するとともに、製品の形状とガス量、成分濃度の関係を検討し、県内企業の鑄巣低減の取り組みを実施してきた。本報告では、県内企業のダイカスト品中のガス量と成分濃度の調査結果及び巻き込みガス量が少なくなる条件を検討した結果について報告する。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 調査したダイカスト品

県内企業4社で量産されているダイカスト品を調査対象とし、製品全体のガス量と成分濃度を測定した。調査した製品数は21製品で、その重量は、約0.1~2 kgであった。

#### 2. 2 ガス量

真空中で試料を加熱融解してガスを抽出し、容器内の圧力を測定することで試料中の全ガス量を求めた。試料は極力製品のままとしたが、測定用るつぼ(φ185×195 mm)に入らない製品については、切断して試料とした。ガス量測定の前処理として、有機溶剤中での超音波洗浄及び真空乾燥を行った。

ガスの抽出条件は以下のとおりとした。容器内圧力は約 $10^{-2}$  Pa, 抽出温度は700 °C, 抽出時間は、試料のサイズ、肉厚により抽出完了時間が異なることから、15~40 minとした。

\* 金属研究室

## 2. 3 ガス成分濃度

ガスの成分濃度については、ガスクロマトグラフ（熱伝導度型検出器）を用いて、8種類（ $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$ ）のガスの体積濃度を測定した。ガスクロマトグラフへの試料（ガス）注入は以下のとおり行った。まず、ガス量測定直後の容器内に Ar ガスを導入し、容器内圧力を大気圧付近（111 kPa）に戻した後、容器内のガス（5 ml）を装置に注入した。なお、キャリアガスには Ar ガスを用い、キャリアガスの流量は約 60 ml/min とした。

## 3. 実験結果と考察

### 3. 1 全ガス量

図 1 は、ダイカスト品中の全ガス量の測定結果を製品数で整理したものである。図 1 において、横軸の 10-20 は 10 ml/100g 以上 20 ml/100g 未満を示す。ダイカスト品中の全ガス量は 10-20 ml/100g が最も多く 12 製品、0-10 ml/100g が 3 製品、20-30, 50-60 ml/100g が 2 製品で、30-40, 40-50 ml/100g が 1 製品で、平均値は 20.1 ml/100g であった。鈴木らの研究<sup>7)</sup>では、普通ダイカスト品の全ガス量は 15-45 ml/100g と報告されており、今回の測定結果とほぼ一致した。また、三重県工業研究所で調査した県内企業のダイカスト用溶湯中の全ガス量は、平均値で 0.27 ml/100g であった<sup>8)</sup>。ダイカスト品と溶湯中の全ガス量を比較すると、ダイカスト品中の全ガス量は、溶湯中の全ガス量の約 75 倍で、著しく増加している。こ

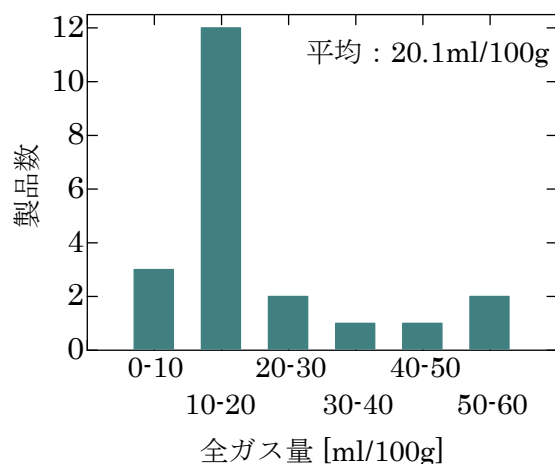


図 1 ダイカスト品中の全ガス量

の結果から、ダイカスト品中のガス量を低減するには、溶湯の脱ガスより、射出時の巻き込みガスの低減が重要であることが示唆される。

### 3. 2 ガス成分濃度

表 1 は、本研究で成分濃度を測定した 8 種類のガスと考えられる由来をまとめたものである。測定したガス成分は、その由来から、3 つにグループに分類できる。第 1 グループは、溶湯、離型剤及び潤滑剤（以下、「離型剤及び潤滑剤」は「離型剤等」とする。）由来のガスで、溶湯中の H 及び離型剤等に含まれる C と H から生成するガスである。これには、 $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_2H_6$  が該当する。第 2 グループは、空気及び離型剤等由来のガスで、空気中の O 及び離型剤等に含まれる C と O から生成するガスである。このグループは  $O_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  が該当する。第 3 のグループは、空気由来のガスで、 $N_2$  が該当する。

表 1 ガス成分と由来

成分	由来
$H_2$	溶湯, 離型剤及び潤滑剤
$O_2$	空気, 離型剤及び潤滑剤
$N_2$	空気
CO	空気, 離型剤及び潤滑剤
$CO_2$	空気, 離型剤及び潤滑剤
$CH_4$	溶湯, 離型剤及び潤滑剤
$C_2H_4$	溶湯, 離型剤及び潤滑剤
$C_2H_6$	溶湯, 離型剤及び潤滑剤

図 2 に、ダイカスト品中のガス成分濃度（平均）の測定結果を示す。ダイカスト品中のガスの成分濃度（平均）は、 $N_2$  が最も高く約 50 vol%（以下、「vol%」は「%」とする。）、 $CO_2$  が約 21 %、 $H_2$  が約 14 %、CO が約 9 %、 $CH_4$  が約 6 %、 $C_2H_4$  と  $C_2H_6$  はわずかに検出されたが、 $O_2$  は全く検出されなかった。ダイカスト品中のガスで最も濃度の高かった  $N_2$  は、表 1 の分類に示すように、プランジャスリーブや金型内の空気（ $N_2$ ）が巻き込まれたものであると考えられる。この結果から、巻き込みガスの低減には、空気の巻き込み抑制が

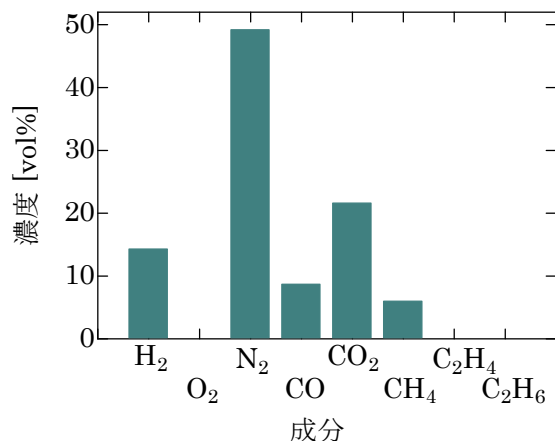


図2 ダイカスト品中のガス成分濃度 (平均)

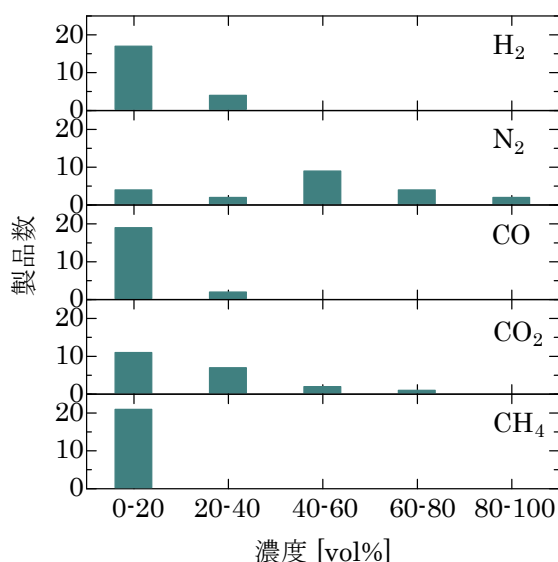


図3 ダイカスト品中のガス成分濃度

重要であることが示唆される。次に濃度が高かったCO<sub>2</sub> (約21%)、CO (約9%)は、表1の分類に示すように、プランジャースリーブや金型内の空気(O<sub>2</sub>)と離型剤等に含まれるC、Oが反応して生成したものと考えられる。3番目に濃度の高かったH<sub>2</sub>は、表1の分類に示すように、溶湯中のHと離型剤等に含まれるHの両方が考えられる。三重県工業研究所の調査において、溶湯中のガスの約94%はH<sub>2</sub>である<sup>8)</sup>が、その量は平均で0.26 ml/100g<sup>8)</sup>でわずかであることを明らかにしている。このことから、ダイカスト品中のH<sub>2</sub>は離型剤等が分解して生成したものと考えられる。約6%検出されたCH<sub>4</sub>、わずかに検出された

C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>とC<sub>2</sub>H<sub>6</sub>についても、H<sub>2</sub>と同様、離型剤等由来であると考えられる。図2でO<sub>2</sub>が全く検出されなかった理由としては、金型内などにあるO<sub>2</sub>が溶湯や離型剤等と反応し、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やCO、CO<sub>2</sub>などが生成したためと考えられる。

図3は、ほとんど検出されなかったC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>及び全く検出されなかったO<sub>2</sub>を除いた5種類のガスについて、ダイカスト品中のガス成分濃度の測定結果を製品数で整理したものである。なお、図3において、横軸の20-40は20%以上40%未満を示している。図2で最も濃度の高かったN<sub>2</sub>は、40-60%の範囲が最も高く9製品あったが、0-20~80-100%のすべての濃度範囲において確認された。CO<sub>2</sub>は0-20%が最も多く11製品で、60-80%の範囲まで確認されたが、濃度が高くなるほど製品数は少なくなった。H<sub>2</sub>とCOは、0-20%が最も多く、17と19製品であり、20-40%も4と2製品あった。CH<sub>4</sub>は、21製品すべてにおいて、0-20%の範囲であった。

### 3.3 巻き込みガス量が少なくなる条件

3.1節の全ガス量と3.2節のガス成分濃度の結果から、巻き込みガス量が少なくなる条件について考察する。表1に示すように、巻き込みガス量に及ぼす空気の影響は、N<sub>2</sub>の結果から検討可能である。一方、離型剤等から発生するガスの影響は、第1グループのH<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>と第2グループのO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>の両方を検討する必要がある。しかし、第2グループのO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>は空気の影響も含まれるため、本報告では、H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の濃度の和から離型剤等から発生するガスの影響を検討することとする。

図4に、全ガス量とN<sub>2</sub>濃度の関係を示す。図4から、全ガス量中のN<sub>2</sub>濃度が高くなるとともに全ガス量が少なくなることがわかる。図5に全ガス量と離型剤等から発生したガス(H<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)濃度の関係を示す。多少のばらつきはあるが、全ガス量中の離型剤等から発生したガス濃度が高くなるとともに全ガス量が多くなることがわかる。図4、5から、巻き込みガス量(全ガス量)を少なくするためには、離型剤等から発生するガス濃度を低くすることが重要であることがわかる。このことは結果的に、N<sub>2</sub>濃度が高くなることに繋がる。離型剤等から発生するガス濃度を低くするためには、離型剤等から発生するガス

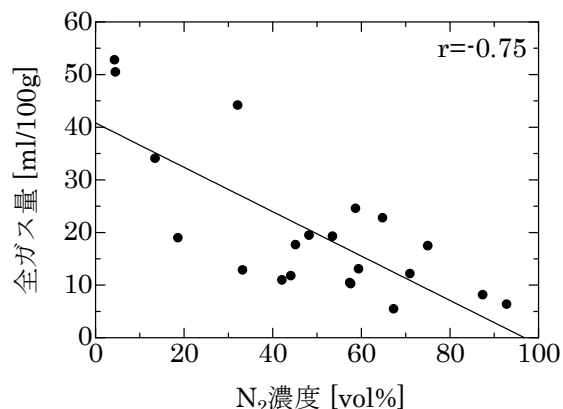


図 4 全ガス量と N<sub>2</sub> 濃度の関係

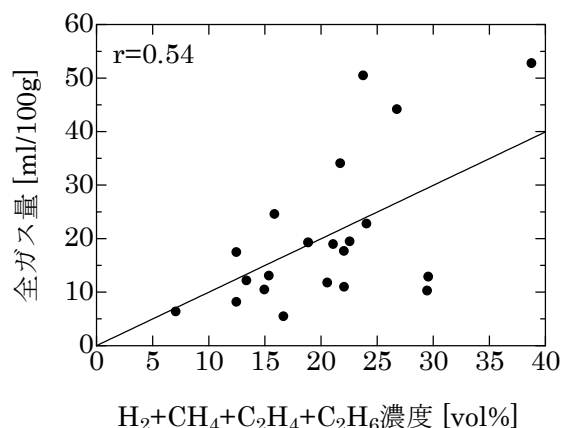


図 5 全ガス量と N<sub>2</sub> 濃度の関係

表 2 ガス量が多い製品とガス量が少ない製品のガス量と成分濃度 (vol%) の測定結果 (同一製品)

条件	全ガス量 ml/100g	成分濃度 vol%							
		H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
ガス量が少ない製品	8.1	12.5	-	87.5	-	-	-	-	-
ガス量が多い製品	34.0	14.5	-	13.6	11.6	53.1	7.3	-	-

量を減らす対策が重要である。この対策としては、離型剤等の使用量を必要最小限にすることはもちろんであるが、最適な離型剤等の選定、エアブロータイム及びサイクルタイムの最適化等も有効である。

表 2 は、同一製品について、ガス量が異なる製品（ガス量が多い製品とガス量が少ない製品）のガス量と成分濃度を測定した結果である。ガス量が少ない製品では、N<sub>2</sub> 濃度は 87.5 % で非常に高く、離型剤等から発生したガス (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) 濃度は 12.5 % で低い。一方、ガス量が多い製品では、N<sub>2</sub> 濃度は非常に低く 13.6 % で、離型剤等から発生したガス濃度は 21.6 % で高かった。これは、図 4 と 5 の結果と一致している。

図 4, 5, 表 2 において、全ガス量中の N<sub>2</sub> 濃度が高くなるほど、巻き込みガス量 (全ガス量) が少なくなることを明らかにした。N<sub>2</sub> 量で考えると、巻き込みガス量を少なくするためには、N<sub>2</sub> 量は少ない方が望ましいことは明らかである。しかし、ダイカストの工程を考えると、ある程度の空気 (N<sub>2</sub>) の巻き込みは避けられない。本研究で調査したダイカスト品の平均 N<sub>2</sub> 量 (N<sub>2</sub> 濃度と全ガス量から計算) は、約 7 ml/100g であった。こ

の結果から、N<sub>2</sub> 量は、少なくとも 7 ml/100g 以下、できれば 5 ml/100g 程度を目指すことが望まれる。巻き込み空気量を少なくする方法としては、金型方案の最適化 (空気がうまく抜けるようにする。), キャビティ内の空気を減らす (真空ダイカスト) 等がある。

製品によっては難しい場合もあると思われるが、巻き込みガス量を少なくするためには、N<sub>2</sub> 量: 約 5 ml/100g かつ N<sub>2</sub> 濃度: 約 90 % をめざして、離型剤等及び金型方案の最適化等に取り込むことが有効であると思われる。

#### 4. 結論

県内企業のダイカスト品中のガス量と成分濃度を調査し、巻き込みガス量が少なくなる条件について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

(1) ダイカスト品中の全ガス量は平均: 20.1 ml/100g であった。ダイカスト品と溶湯中の全ガス量を比較すると、ダイカスト品中の全ガス量 (平均値) は、溶湯中の全ガス量 (平均値) の約 75 倍で、著しく増加していた。ダイカスト品中のガス量を低減するには、溶湯の脱ガスより、射出時

の巻き込みガスの低減が重要である。

(2) ダイカスト品中のガスの成分濃度 (平均) は,  $N_2$ : 約 50%,  $CO_2$ : 約 21%,  $H_2$ : 約 14%,  $CO$ : 約 9%,  $CH_4$ : 約 6% で,  $C_2H_4$  と  $C_2H_6$  はわずかに検出されたが,  $O_2$  は全く検出されなかった。

(3) ダイカスト品中の全ガス量は,  $N_2$  濃度が高くなると少なくなり, 離型剤等から発生したガスの濃度が高くなると多くなった。巻き込みガス量を少なくするためには,  $N_2$  量: 約 5 ml/100g かつ  $N_2$  濃度: 約 90% をめざして, 離型剤等及び金型方案の最適化等に取り込むことが有効であると思われる。

### 謝辞

製品をご提供いただきました企業の皆様に, 心よりお礼申し上げます。

### 参考文献

1) 西直美: “ガス欠陥の形態と品質に及ぼす影響”。

日本鑄造工学会 研究報告, 74, p32-34 (1996)

- 2) 松尾茂ほか: “アルミニウム合金ダイカストの含有ガスに関する一考察”. 軽金属, 17, p148-151 (1967)
- 3) 富田耕平ほか: “アルミニウム合金ダイカスト中のガス”. 軽金属, 19, p169-177 (1969)
- 4) 富田耕平ほか: “アルミニウム合金ダイカスト中のガス”. 軽金属, 31, p186-194 (1981)
- 5) 品田与志栄ほか: “アルミニウム合金ダイカストの鑄巣生成とガス挙動”. 鑄物, 61, p920-925 (1989)
- 6) 品田与志栄ほか: “アルミニウム合金ダイカストの鑄巣生成に及ぼす鑄造条件の影響”. 鑄物, 61, p926-931 (1989)
- 7) 鈴木宗男ほか: “アルミニウムダイカストに含まれるガス量”. ダイカスト会議論文集, p28-34 (1981)
- 8) 金森陽一ほか: “アルミニウム合金溶湯の品質調査”. 三重県工業研究所研究報告, 37, p81-85 (2013)