

アルミニウム合金溶湯の品質調査

金森陽一*, 樋尾勝也*, 尾上豪啓*, 中村創一**

Investigation of Quality of Aluminum Casting Alloy Melt

Yoichi KANAMORI, Katsuya HIO, Takehiro ONOUE and Soichi NAKAMURA

Keywords: Aluminum casting alloy, Quality of molten metal, Gas content, Hydrogen, Inclusions

1. はじめに

アルミニウム合金鋳物及びアルミニウム合金ダイカスト(以下、「アルミニウム合金鋳物」は「鋳物」, 「アルミニウム合金ダイカスト」は「ダイカスト」とする。)において, 溶湯品質は極めて重要である。溶湯品質を決める要因としては, 溶湯の化学成分(不純物元素を含む), 溶湯温度, 溶湯中のガス量及び介在物量などがあるが, なかでも, ガス量, 介在物量は製品品質に直結するため, その管理は特に重要である。しかしながら, 中小の鋳物, ダイカストメーカーにおいては, 鋳巣やピンホール, ハードスポットなどの不良が発生してから, ガス量, 介在物量を調べることも少なくない。

金属研究室では, 平成 23 年度から県内企業のアルミニウム合金溶湯中のガス量, 介在物量等を調査し, その結果を基に溶湯清浄化の取り組みを実施してきた。本報告では, 県内企業のアルミニウム合金溶湯中のガス量, 介在物量等を調査した結果について報告する。

2. 実験方法

2. 1 サンプルングした溶湯

県内の鋳物, ダイカストメーカー延べ 8 社から, 鋳物 (AC2A, AC4A, AC4B, AC4C) 及びダイカスト (ADC6, ADC12) の溶湯を合計 27 件サンプルングした。

2. 2 ガス量測定

ガス量測定については, 真空固体加熱抽出法²⁾

* 金属研究室

** プロジェクト研究課

により, 全ガス量及び水素ガス量を測定した。ガス量測定の供試体は以下の通り作製した。溶湯を銅製のランズレー鋳型に注湯して, $\phi 12 \times 105$ mm の試料を採取した。この試料を, 無潤滑にて $\phi 9 \times 35$ mm に切削加工し, ガス量測定の供試体とした。

2. 3 介在物量測定

介在物量測定については, K モールド法による K 値測定と DIK 溶湯清浄度評価装置による残渣率測定により行った。K モールド法による K 値測定では, 溶湯を K モールド鋳型に注湯し, $36 \times 6 \times 240$ mm の試料を採取した。この試料を 6 個の小片に破断し, 得られた破断面について, 3 倍の拡大鏡で観察される介在物量を数え, 式 (1) から K 値を求めた。DIK 溶湯清浄度評価装置による残渣率測定では, 溶湯を専用の鋳型に注湯し, 約 4kg の試料を採取した。この試料を供試体として, 試験溶湯温度: 1043 K, 試験圧力: 0.09 MPa, ろ過面積: 314 mm^2 の条件でろ過試験を行い, 式 (2) から残渣率を求めた。

$$K \text{ 値} = \text{破断面で観察された介在物の合計} / \text{小片数} \quad \text{式 (1)}$$

$$\text{残渣率} = (\text{サンプル重量} - \text{ろ過重量}) / \text{サンプル重量} \times 100 \quad \text{式 (2)}$$

3. 実験結果

3. 1 ガス量

図 1 に鋳物及びダイカストの溶湯中の全ガス量の測定結果を示す。図 1 において, 横軸の 0.1cc/100g は 0.1cc/100g 以上 0.2cc/100g 未満を示

す。鋳物の全ガス量は0.1cc/100gが最も多く5件、0.2cc/100gが4件、0.3cc/100gが1件で、平均値は0.20cc/100gであった。一般的な鋳物製品中のガス量は0.2~0.5cc/100gと言われており³⁾、今回測定した鋳物の溶湯中のガス量は、それより僅かに少なかった。一方ダイカストでは、0.2cc/100gが最も多く12件、0.3cc/100gと0.4cc/100gがそれぞれ2件、0.1cc/100gが1件で、平均値は0.27cc/100gであった。一般的なダイカスト、真空ダイカスト、PFダイカスト製品中のガス量は10~30cc/100g³⁾(50cc/100g程度⁴⁾、3~5cc/100g⁴⁾、約1cc/100g⁴⁾と言われており、これらに比べ、今回のダイカストの溶湯中のガス量はかなり少なかった。

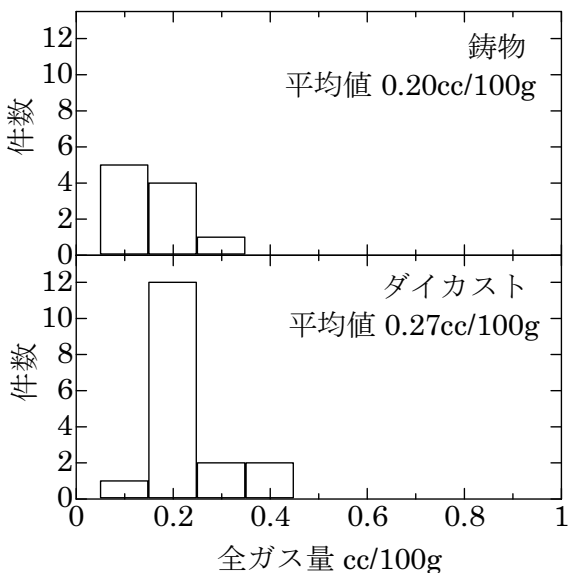


図1 全ガス量の測定結果

図2は今回調査した溶湯の処理方法をまとめたものである。図2から、鋳物の溶湯処理は回転翼(8件)またはランス等によるガスの吹き込み(2件)により行われ、ダイカストでは、溶湯処理なしが1件あるが、その他はすべてフラックスにより行われていた。一般的に、回転翼やランスによる脱ガスでは0.15cc/100g以下の脱ガスが可能であり⁵⁾、フラックス処理による脱ガスでは0.2cc/100g程度が限界である⁶⁾と言われている。図1の鋳物において、全ガス量:0.1cc/100gの5件は、回転翼またはランスによる脱ガスが適切に行われた溶湯であると考えられる。しかし、全ガス量:0.2cc/100gの4件と0.3cc/100gの1件は、溶湯処理が適切に行われていない、または溶湯処

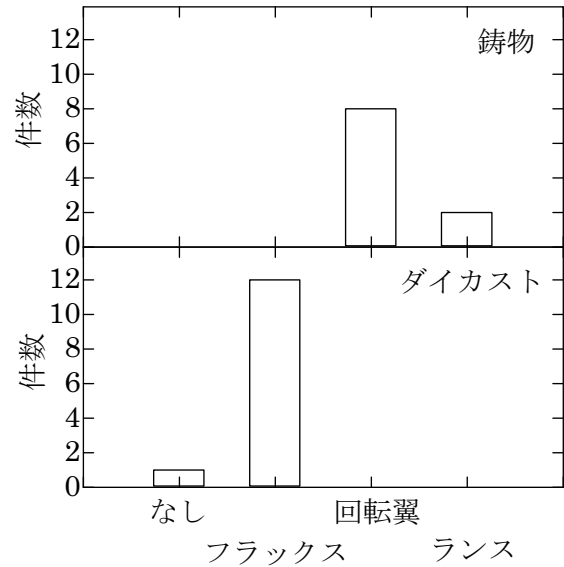


図2 溶湯処理方法の調査結果

理からの経過時間が長くなった溶湯であると考えられる。一般的な砂型鋳物では0.2cc/100g程度でもおおむね健全な鋳物を作ることができる⁷⁾と言われていることから、鋳物中の全ガス量についてはこれ以下にすることが望ましい。今回測定した全ガス量:0.2cc/100gの4件と0.3cc/100gの1件については、厚肉部においてピンホール欠陥の発生が懸念される。一方、図1のダイカストにおいて、全ガス量:0.2cc/100gが最も多くなったのは、ダイカストの溶湯処理がフラックスにより行われていたこと、ダイカストの溶湯温度が低いことに起因すると考えられる。フラックスによる溶湯処理では、前述の通り、0.2cc/100g程度の脱ガスが

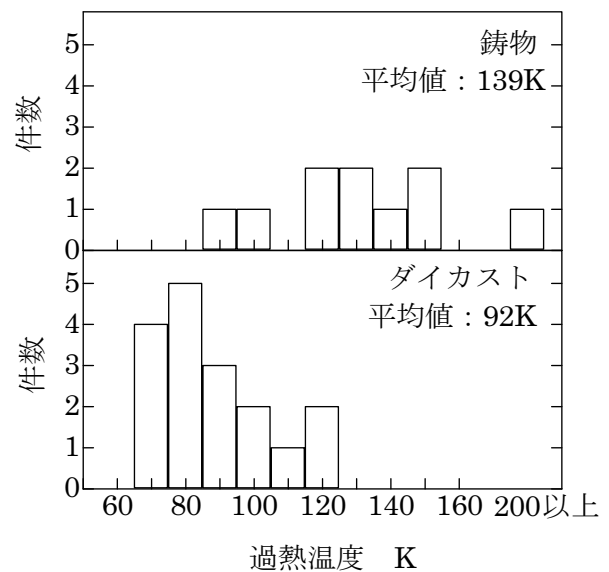


図3 過熱温度(溶湯温度)の調査結果

限界であるが、ダイカストの溶湯温度は低いため、溶湯処理後のガス吸収も少なく、0.2cc/100g が最も多くなったと考えられる。図3は今回調査した溶湯の温度をまとめたものである。横軸の過熱温度は、実際の溶湯温度から液相線温度を引いた値を示している。鋳物とダイカストの過熱温度を比較すると、平均値でダイカストは鋳物より約50K低かった。

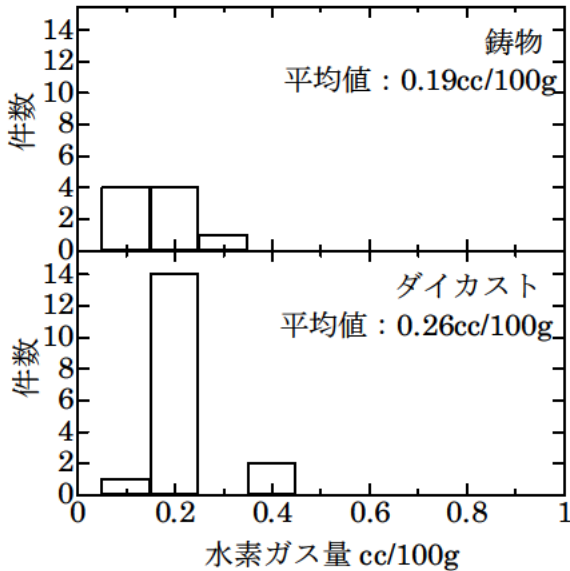


図4 水素ガス量の測定結果

図4に鋳物及びダイカストの溶湯中の水素ガス量の測定結果を示す。図4において、横軸の0.1cc/100gは0.1cc/100g以上0.2cc/100g未満を示す。鋳物の水素ガス量は0.1cc/100gと0.2cc/100gがそれぞれ4件で最も多く、0.3cc/100gは1件で、平均値は0.19cc/100gであった。一方ダイカストでは、0.2cc/100gが最も多く14件、0.4cc/100gが2件、0.1cc/100gが1件で、平均値は0.26cc/100gであった。図1の全ガス量と図4の水素ガス量の測定結果を比較すると、鋳物及びダイカストともに、全ガス量と水素ガス量はほぼ同じような結果

となった。

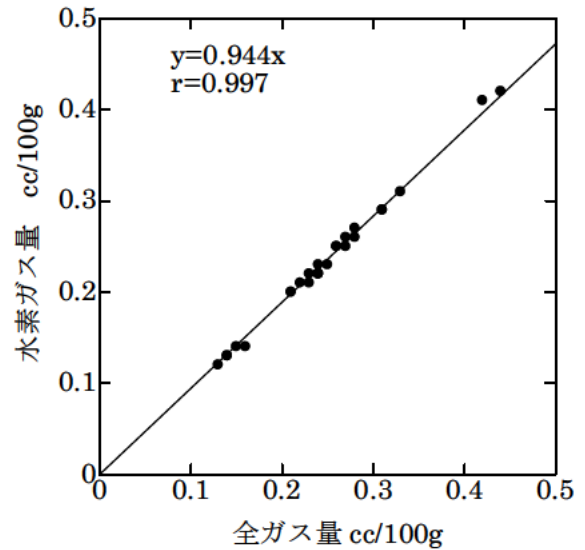


図5 全ガス量と水素ガス量の関係

図5は、鋳物及びダイカストの溶湯中の全ガス量と水素ガス量のすべての測定結果について、横軸に全ガス量、縦軸に水素ガス量をプロットした図である。図5から鋳物及びダイカストの溶湯中の全ガス量と水素ガス量は、合金の種類によらず直線関係にあり、溶湯中のガスの約94%が水素ガスであることがわかる。

3. 2 介在物量

図6に鋳物及びダイカストの溶湯のK値の測定結果及びランクを示す。表1にKモールド法による介在物の判定を示す⁸⁾。図6から鋳物では、ランクCのやや汚れている溶湯が8件、ランクBのほぼ清浄な溶湯が2件で平均値は0.5であった。鋳物では、ランクCが多いものの平均値は0.5であり、ほぼ清浄な溶湯であると考えられる。一方ダイカストでは、ランクCのやや汚れている溶湯が7件、ランクBのほぼ清浄な溶湯が5件、ランクDの汚れている溶湯が4件、ランクEの著しく汚れてい

表1 Kモールド法による介在物の判定

ランク	K 値	清浄度判定	鑄造可否の判定
A	<0.1	清浄な溶湯	鑄造しても良い
B	0.1~0.5	ほぼ清浄な溶湯	鑄造しても良いが、できれば処理した方が良い
C	0.5~1.0	やや汚れている溶湯	処理の必要がある
D	1.0~10	汚れている溶湯	処理の必要がある
E	>10	著しく汚れている溶湯	処理の必要がある

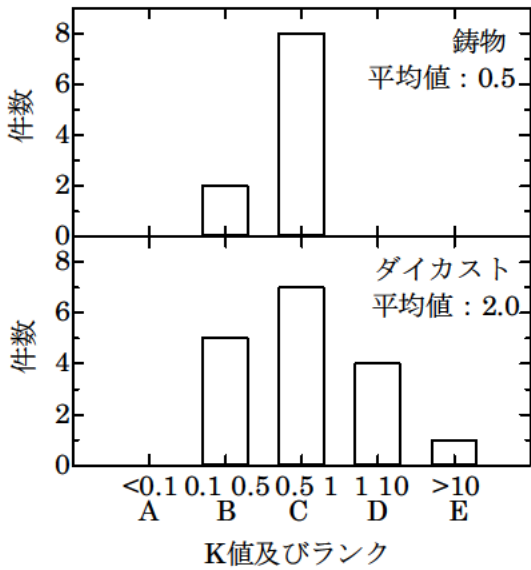


図6 K値の測定結果とランク

る溶湯が1件で、平均値は2.0であった。ダイカストでは、鋳物に比べK値(平均値)が大きく、溶湯が汚れていることが示唆された。特にランクDの4件、ランクEの1件については、溶湯処理の改善など溶湯清浄化の取り組みが必要であると考えられる。

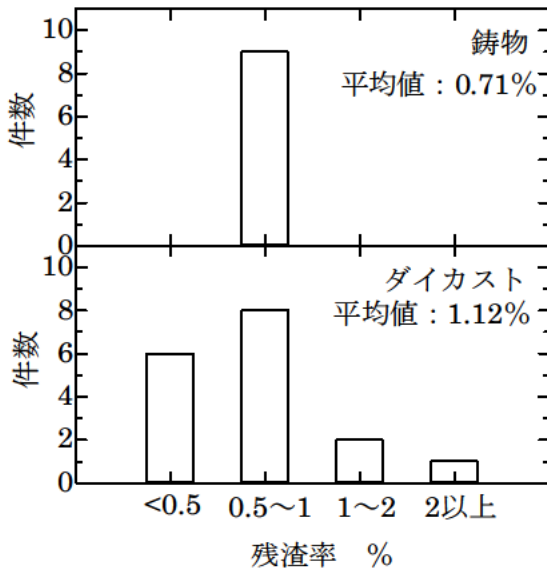


図7 残渣率の測定結果

図7に鋳物及びダイカストの溶湯の残渣率の測定結果を示す。なお、残渣率はその値が小さいほど溶湯はきれいであり、ADC12において残渣率が1%以下であれば、きれいな溶湯であるとされている。鋳物の残渣率は、すべて0.5~1%の範囲に入っており、平均値は0.71%であった。この結果から、合金

は異なるものの、鋳物の残渣率は1%以下で、ほぼきれいな溶湯であると考えられる。一方ダイカストでは、0.5~1%が8件、<0.5%が6件、1~2%が2件、>2%が1件で、平均値は1.12%であった。残渣率の結果からも、ダイカストの一部の溶湯(残渣残渣率:1~2%の2件、残渣率:>2%の1件)において、溶湯清浄化が必要な溶湯が確認された。

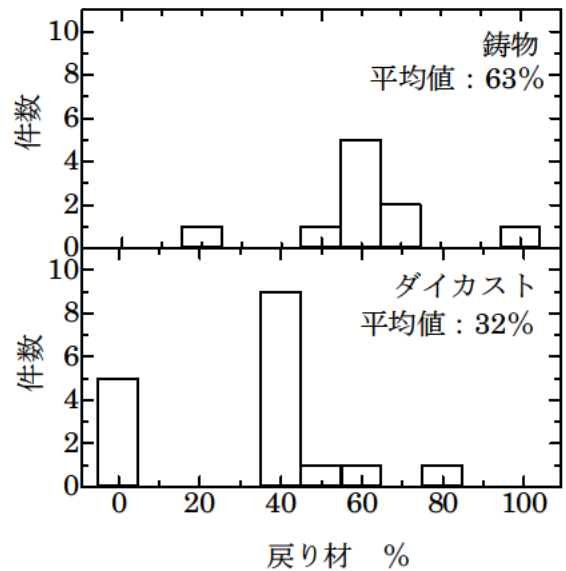


図8 戻り材の配合率の調査結果

図8は、今回調査した溶湯の戻り材の配合率をまとめたものである。図8において、横軸の20%は20%以上30%未満を示す。図8から鋳物では、戻り材の配合率は60%が最も多く、平均値も63%であった。ダイカストでは、戻り材の配合率は

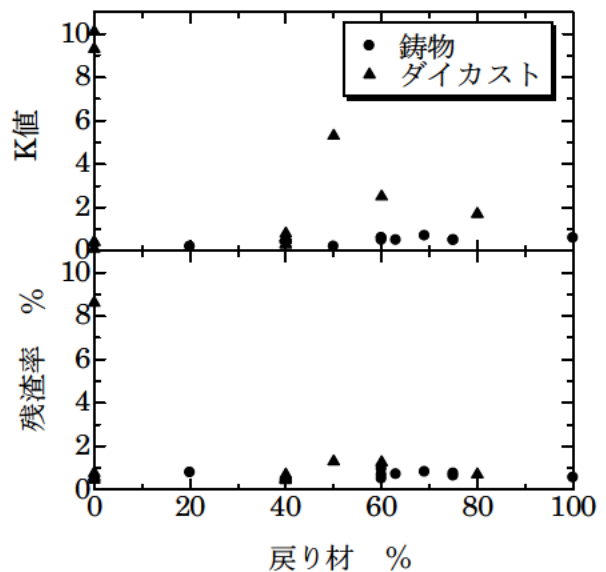


図9 戻り材の配合率とK値、残渣率の関係

40%が最も多く、平均値は32%であった。

図9に、戻り材の配合率とK値、残渣率の関係を示す。図9から、戻り材の配合率とK値及び残渣率には、相関が見られないことがわかる。この結果は、今回調査した溶湯では、1溶湯を除くすべての溶湯で溶湯処理が行われており、戻り材の配合率が高くて、K値及び残渣率が大きくならなかったと考えられる。

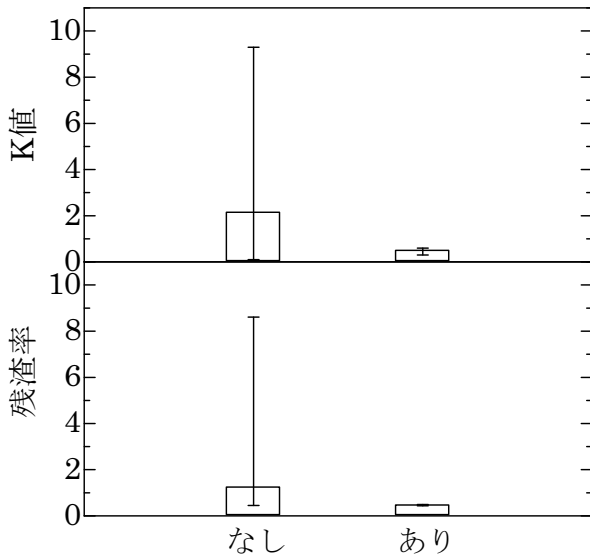


図10 フィルター設置の効果 (ADC12)

図10は、ダイカストのADC12について、K値及び残渣率を溶解炉内にフィルターを設置していた溶湯とフィルターを設置していなかった溶湯に整理した図である。図10の横軸のなしは溶解炉内にフィルターを設置していなかった溶湯、ありは溶解炉内にフィルターを設置していた溶湯を示す。図10から、溶解炉内にフィルターを設置することは、K値及び残渣率を大幅に小さくするとともにそのばらつきも小さくし、溶湯清浄化に効果があることがわかる。

4 結論

県内企業の溶湯中のガス量、介在物量等を調査した結果、以下のことが明らかとなった。

1) 鋳物及びダイカストの溶湯中の全ガス量は、鋳物の平均値：0.20cc/100g、ダイカストの平均値：0.27cc/100gであった。鋳物とダイカストの溶湯中の全ガス量の違いは溶湯処理方法及び溶湯温度

が違うことによると考えられる。

2) 鋳物及びダイカストの溶湯中の水素ガス量は鋳物の平均値：0.19cc/100g、ダイカストの平均値：0.26cc/100gであった。また、鋳物及びダイカストの溶湯中のガスの約94%は水素ガスであった。

3) 鋳物及びダイカストの溶湯中の介在物量は、K値（鋳物の平均値）：0.5、K値（ダイカストの平均値）：2.0、残渣率（鋳物の平均値）：0.71%、残渣率（ダイカストの平均値）：1.12%であった。ダイカストの溶湯において、溶湯清浄化が必要な溶湯が確認された。

4) 溶解炉内にフィルターを設置することは、K値及び残渣率を大幅に小さくするとともにそのばらつきも小さくし、溶湯清浄化に効果がある。

謝辞

サンプリングにご協力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)北岡山治：“軽合金鋳物ダイカストの生産技術改訂版”。財団法人素形材センター,p106-113(2000)
- 2)高橋照夫：“アルミニウム合金鋳物中のガス含有量測定法”。*鑄造工学*,75,p796-799(2003)
- 3)荻野谷生郎：“アルミニウム合金鋳物の溶解と鑄造の基礎”。*軽金属学会*,p15(1980)
- 4)金子昌雄：“軽合金鋳物ダイカストの生産技術改訂版”。財団法人素形材センター,p494(2000)
- 5)例えば,北岡山治：“新版 アルミニウム技術便覧”。カロス出版,p352-353(1996)
- 6)大隅研治：“最近のアルミニウム溶湯処理用フラックス”。*軽金属学会 第76回シンポジウム 最近のアルミニウム溶湯処理技術*,p32-38(2005)
- 7)荻野谷生郎：“アルミニウム鑄鍛造技術便覧”。カロス出版,p98(1991)
- 8)北岡山治：“鋳物・ダイカスト用アルミニウム合金溶湯中の介在物評価方法”。*鑄造工学*, 75, p800-806(2003)