

# アルミニウム溶湯清浄度評価基準策定のための溶湯調査\*

岩清水 康二\*\*、池 浩之\*\*、高川 貫仁\*\*

岩手県内のアルミニウム合金鋳造企業を対象にアルミニウム溶湯の清浄度の調査とその評価基準の策定を試みた。その結果、溶湯の清浄度を確認はできたが、細かい評価基準の策定には至らなかった。アルミニウム溶湯の清浄度を評価するために必要な基準を策定するには、溶解条件や溶湯処理条件、合金別にそれぞれサンプル数を増やし、データを蓄積することが必要であることがわかった。

キーワード：アルミニウム合金鋳造、溶湯清浄化、

## Examination of Purity Standard of Aluminum Casting

IWASHIMIZU Koji, IKE Hiroyuki and TAKAGAWA Takahito

Purity of molten aluminum was investigated for aluminum alloy casting company of Iwate, and planning of evaluation standard of molten aluminum was attempted. As a result, the purity of molten aluminum was able to be checked, but evaluation standard was not able to be made. To plan evaluation standard of purity of molten aluminum, it is necessary to accumulate the data of every aluminum alloy made by varying melt conditions and treatment conditions of molten aluminum.

key words : aluminum alloy, casting.

### 1 緒 言

アルミニウム合金溶湯中の介在物は、溶湯成分が大気中の酸素と反応して生成する $MgAl_2O_4$ 、 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 等の酸化被膜、酸化物が多いと考えられる。更に介在物は合金成分の酸化物だけではなく、溶解炉や溶解設備に使用される耐火物の混入もある。混入した介在物は大きさや形も様々であり、切削加工時にハードスポットとして問題となる場合がある。そのような介在物を除去するため、一般に $NaCl$ 、 $KCl$ 、 $NaF$ を主成分とするフラックスが添加される。添加されたフラックスは、酸化物等の介在物と反応し湯面へ浮上し、垢とりなどで除去される。更に、溶湯は介在物だけではなく、大気中の水分や燃焼ガス中の水分、耐火物中の水分と反応して水素ガスが溶け込むことにより、ポロシティ（気泡）となって品質への問題となる場合がある。この脱ガスの方法としては、溶湯へアルゴン、窒素等の不活性ガスを吹き込み、気泡に水素ガスを拡散させ除去するのが一般的である。以上の方法により現場では介在物、水素ガスの除去を行うが、清浄化された溶湯についての評価が確立されていないことから、どの程度、清浄化されているかや品質に適切な溶湯となっているかについては不明な点が多い。そのため、アルミニウム合金の鋳造現場において清浄度を確認している企業は少ない。

このことから、溶湯清浄度についての評価の策定と具体的な研究開発テーマの絞り込みを目的に調査を行った。

\* 東北経済産業局委託事業

\*\* 材料技術部

本報では、岩手非鉄金属加工技術研究会の協力を得、現状における溶湯の清浄度について調査した結果を報告する。

### 2 調査方法

岩手県内企業において鋳造、ダイカストで主に使われているアルミニウム合金ADC12、AC4C、AC7Aの溶湯を調査対象とした(表1)。ADC12は6企業、AC4Cは1企業、AC7Aは2企業の溶解炉よりサンプルを採取し、2種類の介在物測定と水素ガス含有量判定を行った。また、岩手県内企業での調査結果と比較のため、先端企業においてもADC12、AC4Cについて同様の調査を行った。

表1 調査対象としたアルミニウム合金の記号、特色

| 記号    | 合金系      | 鋳型区分  | 合金の特色                           |
|-------|----------|-------|---------------------------------|
| ADC12 | Al-Si-Cu | ダイカスト | 機械的性質、被削性および鋳造性がよい。             |
| AC4C  | Al-Si-Mg | 金型、砂型 | 鋳造性がよく、靱性に優れ強度が要求される大型鋳物に用いられる。 |
| AC7A  | Al-Mg    | 金型、砂型 | 耐食性が優れ、靱性がよく、陽極酸化性がよい、鋳造性はよくない。 |

#### 2-1 Kモールド法

採取溶湯は、板状に鋳造(図1)し、ハンマーで5,6

片に破断して介在物について破面観察を目視で行った。1種の溶湯に対して板状に铸造したものを3本とり、15片について介在物数を測定し、K値を求め、日軽金株判定表(表2)に基づき、A~Eのランクに判定をした。

・K値=S/n

K: 1小片に認められる介在物数(ヶ/片)

S: nヶの小片に認められた介在物数の合計(ヶ)

n: 観察した小片の数(片)

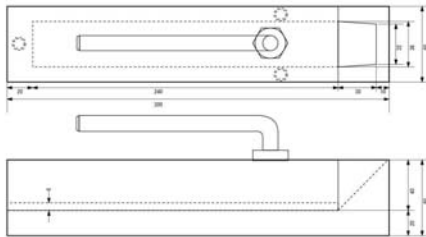


図1 Kモールド試験片鑄型

### 2-2 減圧凝固法

減圧凝固法は、炉前のガス含有量測定の手段として現場で利用可能な方法である。アルミニウム溶湯を鉄製小坩堝に約50cc入れ、720mmHgの減圧下で凝固させ、溶湯中の溶存ガスを、気泡として放出させた。凝固した試料を切断、研磨後、限度見本を基に目視により測定を行った(図2)。気泡の発生が少ない状態(1級) < 多い状態(7級)とし、気泡状態を観察して、アルミニウム溶湯中のガス量を判定した。介入するガスとして多く考えられるのは水素、窒素等であるが、目視により溶湯の良否を判定するため、ガスの特定はできない。しかし、炉前で溶湯のガス量を確認するためには有効である。



図2 試料切断面(エミリー紙#600研磨後)

### 2-3 溶湯清浄度評価装置による残渣率の測定

アルミニウム合金の溶湯をフィルターを通し、溶湯の試験前後の重量差を残渣率として清浄度を評価する方法である。溶湯中の酸化物等の介在物が多いと残渣率が上がり、溶湯が汚れていることが理解できる。ADC12の場合には残渣率が1.0%以上の場合、清浄化が必要であるとされている。

$$\text{残渣率} = (\text{試験重量} - \text{濾過重量}) / \text{試験重量} \times 100$$

## 3 調査結果

### 3-1 Kモールド法による調査結果

実験結果を表3に示す。目視観察で確認できる介在物は100μm程度であるが、介在物は300μmより大きくなると機械的性質に影響を及ぼすといわれている<sup>1)</sup>。

AC7Aは砂型鑄造用の溶湯でありK値は高めであるが、脱滓前、脱滓後を比較すると大きな差があった。ADC12は鑄造可能なA、B判定以外の結果が多いことから脱滓の効果が十分ではなく、100μm以上の介在物が残っていると思われる。

この方法は炉前における清浄度の確認には簡便で適しているが、目視による判断のため経験ならびに個人差が出やすいことに注意しなければならない。

表2 K値による清浄度判定基準

| 級 | K値      | 清浄度の判定     | 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    | できれば処理したほうが良い |
| 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    | 〃             |
| E | >10     | 著しく汚れている溶湯 | 〃             |

表3 判定結果

| 番号 | 材質    | K値   | 級 | 脱滓処理 |
|----|-------|------|---|------|
| あ  | ADC12 | 1.5  | D | なし   |
|    | ADC12 | 0.4  | B | あり   |
| い  | ADC12 | 2.7  | D |      |
|    | ADC12 | 2.4  | D |      |
|    | ADC12 | 4.4  | D |      |
| う  | ADC12 | 2.3  | D |      |
| え  | ADC12 | 5.9  | D |      |
|    | ADC12 | 4.9  | D |      |
| お  | ADC12 | 0.5  | B | あり   |
|    | ADC12 | 0.9  | C | あり   |
| か  | ADC12 | 0.9  | C | あり   |
|    | ADC12 | 0.7  | C | あり   |
| き  | AC7A  | 4.3  | D | あり   |
| く  | AC7A  | 24.9 | E | なし   |
|    | AC7A  | 0.6  | C | あり   |
|    | AC4C  | 6.6  | D | なし   |
|    | AC4C  | 3.3  | D | あり   |

### 3-2 減圧凝固法による調査結果

アルミニウム合金が凝固する際、気泡を形成しない限界固溶量は、ダイカスト用合金で0.3cc/100g、砂型用合金で0.15cc/100gといわれている<sup>2)</sup>。材種毎の判定結果の割合を図3に示す。脱ガス処理を行っている企業は少なく、その結果、ADC12種に関しては、5~7級(ガスの固溶量は0.3cc/100gを越える)が多かった。このため、

脱ガスの処理が必要であると考えられる。AC4C、AC7Aは砂型鑄造用の合金であり、坩堝にて十分に脱ガス処理を行うことから、処理前後に気泡の発生に大きく差が見られた。

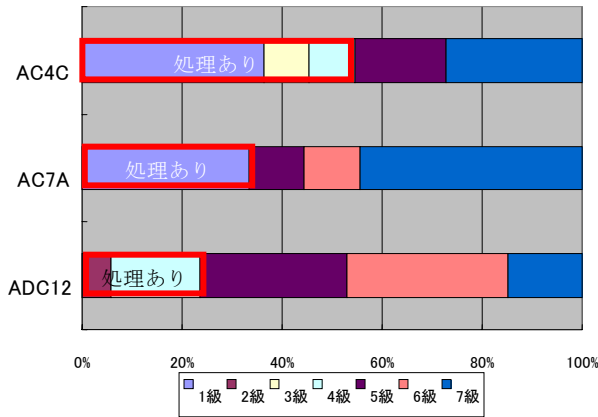


図3 減圧凝固判定結果

### 3-3 溶湯清浄度評価装置による結果

岩手県内企業で採取した溶湯の平均残渣率を表4に示す。ADC12に関しては、残渣率が1.0%を超えていることから、介在物の混入があることが示唆される。AC7A、AC4Cは、坩堝炉で溶解を行うため、大気との接触が多く、溶湯表面に酸化被膜が形成されやすいと思われる。

表4 溶湯清浄度評価装置結果

| 材種    | 平均残渣率 (%) | サンプル数 (個) |
|-------|-----------|-----------|
| ADC12 | 1.43      | 12        |
| AC7A  | 2.9       | 3         |
| AC4C  | 1.22      | 2         |

### 3-4 先端企業における調査結果

アルミニウム合金の鑄造、ダイカストを行う先端企業にて県内企業と同じ方法で調査を行った。その結果を表5に示す。減圧凝固法や溶湯清浄度評価装置に結果は岩手県内企業と大きな差が見られないが、Kモールド法の結果に関しては、A、Bランクであり、介在物の粒子が小さいことが理解できた。先端企業の殆どは、炉前にてKモールドにより、溶湯の清浄度を測定していた。このことにより安定した品質を保っているとのことであった。

表5 先端企業調査結果

| 種別 | 材質    | Kモールド |   | 減圧凝固法 | 溶湯清浄度評価装置 |
|----|-------|-------|---|-------|-----------|
|    |       | K値    | 級 |       |           |
| A  | ADC12 | 0.3   | B | 4     | 0.56      |
| B  | ADC12 | 0.2   | B | 7     | 1.06      |
| C  | AC4C  | 0.06  | A | 1     | 0.78      |

## 4 結 言

清浄度を評価する方法として、Kモールド法、減圧凝固法、溶湯清浄度評価装置を使用し、清浄度の測定ができた。その結果、岩手県内の企業は、先端企業に比べ、K値が大幅に高いことから、K値による判定基準Bランク（ほぼ清浄な溶湯）、溶湯清浄度評価装置による残渣率は1.0%以下を目標に脱滓処理する必要があることが分かった。今後、評価基準を策定するには、溶解条件の違い、材種の違いなどにより各測定のサンプル数を増やすことが必要であり、疲労試験や引張試験などの強度試験の測定結果や不良発生率と介在物測定結果との関係を含め検討していくことで信頼性の高い評価基準を策定できると考える。

また、介在物の形成とその除去方法や脱ガスの方法についても検討を進めていくことが必要である。

本調査を実施するにあたり、サンプル調査で御協力を頂いた岩手非鉄金属加工技術研究会会員企業様、先端企業様、スタッフに深く感謝いたします。また、御指導・御助言をいただいた東京工業大学名誉教授 神尾彰彦氏、東京都立産業技術研究所 佐藤健二氏に深く感謝いたします。

## 文 献

- 1) 神尾 彰彦：研究会講演「アルミニウムの溶解と溶湯品質」（2006）
- 2) 山田盛雄：アルミニウム鑄鍛造技術便覧（カロス出版）（1991）