

## 7章 Web に Link 解説

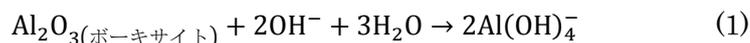
### p.143 アルミニウムの歴史

今となっては身近な軽金属材料の一つとなっているアルミニウム (aluminium(英), aluminum(米)) は, イギリスで始まった産業革命以降に大量生産方法が確立された比較的歴史の浅い新しい材料である。それ以前は, フランスの化学者 A. L. Lavoisier が 1782 年にミョウバン石の中に酸素との親和力が非常に強く, 炭素で還元できない元素の存在を予言していた。それを最初 (1807 年) に分離したのはイギリスの Sir. H. Davy である。彼がそのときできた鉄-アルミニウム合金を *aluminium* と名付けたことが, *aluminum* あるいは *aluminium* となる起源である。アルミニウムは, 1886 年に米国のホールとフランスのエルーが同時に電解製錬を発明したこと, 1900 年代の始めに高強度合金がドイツの A. Wilm によって偶然に見つけられたこと, そして, 日本ではゼロ式戦闘機の運動性能を支えた合金であったなどアルミニウムの歴史には多くのエピソードがある。

### p.143 アルミニウムの製錬

#### バイヤー法 (Bayer process)

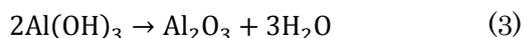
ボーキサイトを粉砕して, 水酸化ナトリウム (NaOH) の熱溶液に入れ, ボーキサイト中のアルミナを



の反応で溶液に溶解する。このときボーキサイト中の他の成分は溶解せず, 固体として残るので, 溶液をろ過して不純物を分離, 除去する。ろ液を冷却すると,



で水酸化 Al として沈殿する。これを分離回収し, 約 1050 °C に加熱して

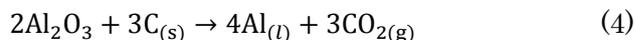


の反応でアルミナを製造する。これをバイヤー法 (Bayer process) という。

#### ホール・エルー法 (Hall-Héroult process)

アルミナからアルミニウムを製造するプロセスはホール・エルー法 (Hall-Héroult process) と呼ばれる熔融塩電解工程である。この方法では, アルミナに氷晶石

( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) を加えて加熱溶解し, 黒鉛電極で熔融塩電解して金属 Al を採取する。総括的な反応は,



で表わされ, 純度は約 98 %の金属 Al が製造される。ここで, 下線は熔融塩に溶けている

ことを示す。C(s)はアノードとして使用されている黒鉛電極である。代表的な電解炉の概略図を次に示す。

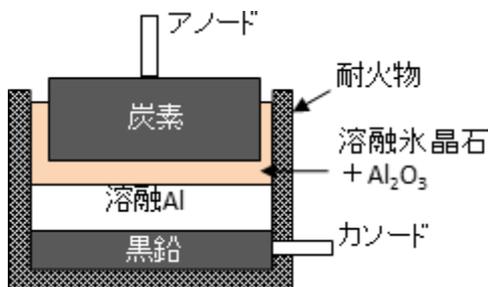


図 ホール・エルー法

### 三層式電解法

電解製錬により得られたアルミニウム中には鉄 (Fe) やケイ素 (Si) などの不純物が多く含まれる。高純度な Al を得るには三層式電解法と呼ばれる熔融塩電解 (約 1000°C, プロセスによる) が行われ, 純度 99.98 - 99.998 % の高純度 Al が製造される。三層式電解法では, 下図のように精製炉中に陽極合金層, 電解浴層および陰極アルミニウム層を比重差で保持し, 電解精製により高純度 Al を得る。

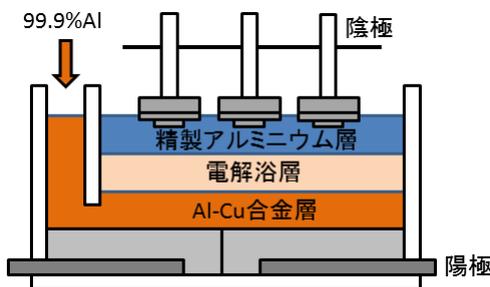


図 三層式電解法

### 例題

アルミナから金属 Al を 1 kg 作るためにはアルミナはどれくらい必要か答えよ。ただし, Al の原子量を 26.98, 酸素の原子量を 16.00 とする。

### 解答

アルミナの分子量は  $M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 2 \times 26.98 + 3 \times 16.00 = 101.96 \text{ (g/mol)}$ 。

アルミナから金属 Al が生成する反応は式 (4) で表わされるので, 金属 Al 4mol ( $4 \times 26.98 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ) に対し, アルミナ 2 mol ( $2 \times 101.96 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ) 必要である。したがって, 1 kg の Al を生成するために必要なアルミナは,

$$\frac{1}{2} \times \frac{4}{4 \times 26.98 \times 10^{-3}} \times 2 \times 101.96 \times 10^{-3} = 3.78 \text{ kg}$$

p.158 各種鑄造法

生砂型鑄造法 (Green Sand Mold Process) は、古くから行われてきた鑄造方法で、粘土と水分を足した珪砂を使って鑄型を作製し、それに溶湯を流し入れる。砂型は金型に比べ保温力が高いため、マイクロ組織は徐冷凝固組織が得られる。凝固後、鑄物は鑄型を崩して取り出し、使用済みの鑄型砂は繰り返して使用する。鑄型を造形する工程が必要な方法である。シェールモールド法 (Shell-Mold Process) は、粘結剤の働きをする熱硬化性のフェノール樹脂等をコーティングした珪砂を加熱することで鑄型を作る方法である。CO<sub>2</sub> プロセス (Carbon Dioxide Process) は、珪砂にケイ酸ナトリウムを粘結剤として添加し、CO<sub>2</sub> ガスを吹き込むことで硬化させて砂型を作る方法である。フルモールド法 (Full Mold Process) は、発泡ポリスチロール製の模型を乾燥した砂の中に埋めて鑄型とする。模型は溶湯が入ると燃焼して消失する。製品精度は低いが型ばらし、砂落しが容易で低コスト、量産も可能な方法である。

砂型に比べてより精密な鑄造法としては、インベストメント鑄造法 (Investment Casting Process)、石こう鑄型鑄造法 (Plaster Mold Casting Process) などがある。インベストメント鑄造法は、精密鑄造法の代表的な手法でロストワックス法とも呼ばれ、ろうで作った模型を使う方法である。石こう鑄型鑄造法は、石こうに発泡剤を混ぜ、水で溶かして泥状にしたものを流し込み鑄型を作る。模型はシリコンゴムなどが用いられることが多いが、ろうの模型を使えば、インベストメント鑄造法と同じ造形法になる。製品精度が高くて鑄肌も精緻な製品が得られるが、生産性が低いため試作品の鑄造に用いられる。

近年では、砂型によるアルミニウム合金鑄物の生産は減っており、生産性向上のため繰返し使え、砂型に比べ精密な鑄物を作ることができる金型が用いられている。金型を使った鑄造には、重力鑄造法と圧力鑄造法がある。重力鑄造法 (Gravity Die Casting Process) は、耐圧性や強度に優れた鑄物を作れることから、自動車用ブレーキ部品や一般機械部品に用いられている。代表的な圧力鑄造法であるダイカスト法 (Pressure Die Casting) は、溶湯が油圧のプランジャーで強制的に鑄型に押し込まれる。生産性が非常に高く、鑄造組織は微細であり、薄肉鑄物もできる。しかし、ガスの巻き込みによりガスが合金内に残るため、鑄造後の熱処理には適さない。ガスの巻き込みを抑制するため鑄型内を真空にする真空ダイカストなどもある。ダイカスト法は、二輪車・自動車部品、OA 機器、家電用品、建築用品などの幅広い製品の構造部品に適用されている。低圧鑄造法 (Low Pressure Die Casting Process) は、溶湯を鑄型に流し入れるのではなく、密閉したるつぼの溶湯液面をガス加圧することで、溶湯を鑄型内部に下から押し上げて鑄造する方法である。大型厚肉製品に適しており、自動車用シリンダヘッド、タイヤホイールの製造に用いられている。

近年、アルミニウム合金鑄物は数多くの自動車部品に採用されている。低コストで高性能の鑄物製品を作り出すために、様々な鑄造法が開発されている。高圧鑄造法 (High Pressure

Die Casting Process) は、高圧で凝固させ引け巣（铸造欠陥の一つで、凝固収縮によって発生する諸欠陥を言う）や気孔の発生を抑制する铸造法である。スクイズ・カスティング (Squeeze Casting) または溶湯鍛造とも呼ばれる。鍛造に匹敵する機械的強度が得られる。半凝固铸造法 (Rheocasting Process) は、溶融金属を攪拌しながら温度を下げていくと、固相率約 50%前後の固液混合状態でも流動性が保たれ、ダイカストマシンなどで注湯が可能になる。通常はデンドライト状の初晶  $\alpha$  相が球状に近い形態になり機械的性質が改善される。さらに、半凝固铸造法で得られた铸塊を固液共存温度範囲へ再加熱すると、溶湯はチクソトロピック（ゲルのような塑性固体に攪拌などのせん断力を加えると流動性を示す性質）な性質を示す。この性質を利用する铸造法をチクソカスティング (Thixocasting Process) という。半溶融状態からの铸造は、引け巣が発生し難く、ガスの巻込みもない。また、凝固潜熱量が少ないので金型寿命が長くなるなどの利点がある。遠心铸造法 (Centrifugal Casting Process) は、遠心力を利用して溶湯を铸型内へ铸込む方法である。溶湯を回転する円筒铸型に注湯することで、大径の長い管の製造に利用されている。