

1.2.2 アルミスクラップの再生利用

2018年の日本のアルミニウム地金消費量は423万トンですが、このうちスクラップから作られた再生地金が約3割の135万トンです。アルミスクラップの再商品化は、ボーキサイド資源の消費抑制だけでなく、精錬過程に必要な電力消費量の節減に大きな意義があります。アルミスクラップから作られる再生地金は、機械部品や日用品の原料に広く使われています。

1. アルミの原料と新地金

アルミの原料は赤灰色のボーキサイドで、酸化アルミ (Al₂O₃, アルミナ) が 52~57%含まれています。ボーキサイドの確認埋蔵量は約 300 億トンで、2017年の消費量は約 3 億トンですから、資源としては余裕があるといえるでしょう。産出国はオーストラリアが約 30%、中国が約 21%、ギニアが約 14%、ブラジルが約 13%です。

アルミ精錬工場がボーキサイドからアルミの新地金を作るには、ボーキサイドと苛性ソーダを混合して水酸化アルミ Al (OH) ₃ を抽出します。この溶液を大量の水で希釈すると、水酸化アルミが固化して沈殿するので、約 1000℃で焼成します。すると、アルミと酸素が強く結びついた融点の高いアルミナ (Al₂O₃) ができます。このアルミナを約 1000℃で電気分解すると、アルミナはアルミと酸素に分解し、熔融したアルミが電解炉の底に沈みます。この熔融アルミを取り出して型枠に入れ、冷却固化したのが新地金です。ボーキサイドからアルミナを製造するのはアルミナ工場、アルミナから新地金を製造するのは電解工場ですが、多くのアルミ精錬工場が、ボーキサイドから新地金まで製造しています。

2. アルミスクラップから作られる再生地金

アルミは非常に多くの分野で使われているので、スクラップにも表 1 に示す多くの種類があります。アルミ加工工場で発生するアルミ屑や、市中で回収されるアルミ使用済み製品は、専門の回収業者が収集し、形状や品質に応じて選別しています。次に輸送しやすいブロック状に加工し、アルミ再生工場に搬入します。アルミ再生工場では、スクラップを約 800℃に加熱して熔融し、型枠に入れて冷却固化します。これが再生地金で、ボーキサイドから作られる新地金と同様の工程を経て、多様なアルミ製品になります。

表 1. アルミスクラップの種類

種類	主要発生源
アルミドライ粉 アルミ切り粉 アルミ切削屑	アルミの材料を旋盤やフライス加工した際に発生する屑と切り粉。
アルミプレス屑 アルミ食器類	プレス加工で発生する端材。使用済みの食器や家庭用品。廃家電機器など。
アルミ印刷版 PS版・写真版	印刷工場で使用済みになったアルミ印刷版など。
アルミ鋳造屑 (ダイカスト) (鋳物)	自動車エンジン部品。照明や小型家電製品。iPhoneのボディもアルミ鋳造品。用途が広いので身近なスクラップ。
アルミ合金屑 (板・丸棒など)	Mg (マグネシウム) を添加した規格 5000 番台の合金。船舶や電車などの車両、化学プラントなどの構造材、工場発生端材や解体機械類。

表 1. アルミスクラップの種類（続き）

種類	主要発生源
アルミサッシ新	サッシや窓枠の加工工場などで切り離れた端材。未使用品なので不純物が少ない。
アルミサッシ（ビス付き）	使用済みのアルミサッシで建築物の解体で発生。鉄のビスや取手などが残っている。
アルミガラ アルミ屑	不純物が残っているアルミ屑の総称。アルミ製の鍋やフライパン。脚立など。IH 対応フライパンは底面に貼ってあるステンや鉄が不純物になる。
アルミホイール	鉄のビスや鉛のバルンサー、チューブロ金などが不純物。鍛造品と鋳造品があり、代表的なアルミスクラップ。
使用済みアルミラジエーター	空調機器などに含まれる冷却用のラジエーター。アルミと銅以外の金属が不純物。銅は許容されることが多い。
スクリーン印刷用のアルミ枠	スクリーン印刷時に版を張るアルミの枠。密閉構造物は二次加工が必要。
飲料缶（合金）	ビール・コーラ・ジュース・お茶などの使用済み飲料缶。

3. アルミ地金からアルミ製品へ

アルミの地金には純度が 99.95% 以上の高純度地金、純度が 99~99.9% の普通純度地金、何種類かの金属を添加した合金地金、加工メーカーが自由に溶解して使えるインゴットの 4 種類があります。図 1 にアルミ製品の製造工程を示しますが、アルミの新地金と再生地金は、主にスラブ、ビレット、ワイヤパー、インゴットに成形されます。ス

ラブは半連続鋳造法で作られる大型の圧延用鋳塊で、回転するローラーの間を通して徐々に薄くしていきます。第 1 段階は約 400℃ で操作する熱間圧延で、第 2 段階はもっと薄くする常温圧延です。スラブの圧延で作られる主な製品は、厚さが 0.15 ミリメートル以上の板材とコイル状に巻いた条材、および厚さが 0.2mm 以下のアルミ箔です。円柱状に作られるビレットは、400~500℃ で操作する押し出し機や、常温で操作する引き抜き機を通し、主に管材、型材、棒材、線材になります。ワイヤパーは熱間圧延を経て多様な線材になりますが、主な用途は電線です。インゴットは、通常、1 個が 20kg に作られています。鋳造品（鋳物）メーカーはインゴットを再度溶融し、砂型や金型を使って多様な鋳物製品を作っています。鍛造品メーカーは、加熱したインゴットを目的製品の型に入れ、油圧や水圧で加圧して精密な精度の機械部品に成形します。

4. アルミのマテリアルフロー

図 2 に日本のアルミニウムマテリアルフローを示します。2018 年の新地金の消費量は 200 万トンで、再生地金（二次地金）の消費量は 223 万トンですから、再生地金が全地金消費量の 53% を占めています。新地金は 1980 年頃まで国内でも生産していましたが、現在は全量をオーストラリア、UAE（アラブ首長国連邦）、ロシア、ニュージーランド、サウジアラビア、ブラジルなどから輸入しています。ボーキサイドからアルミニウムを製造するには、アルミナの電気分解に大量の電力を消費します。このため 1970 年代の石油危機以降、高騰した石油を燃料とする日本の火力発電では、価格の点で国際競争力を保てなくなったのです。現在の新地金輸出国は、大半が石炭、天然ガス、石油が豊富で安価な国々です。

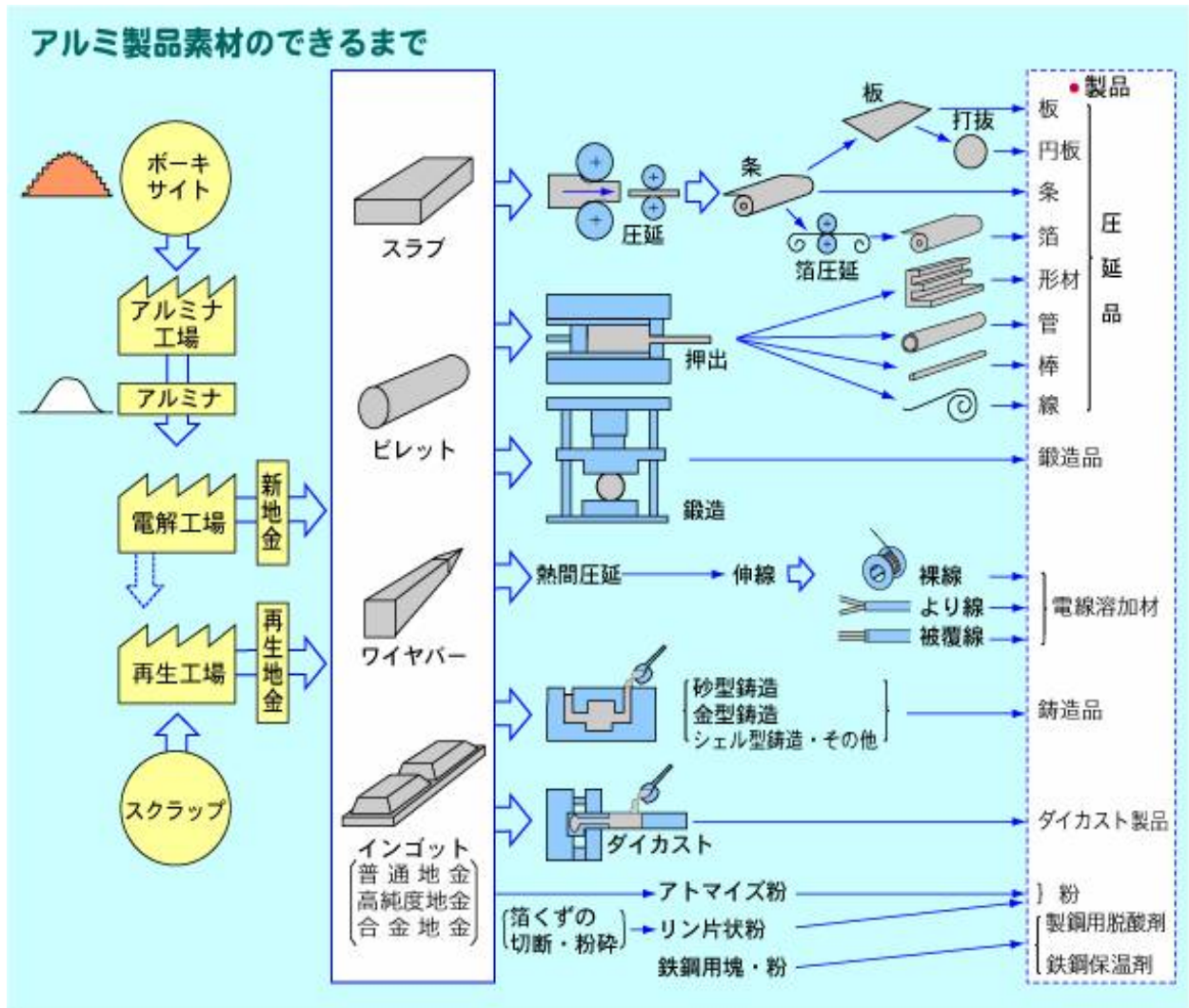


図1. アルミニウム製品の製造工程 (出典：(社) 日本アルミニウム協会)

一方、再生地金の消費量は223万トンですが、6割に相当する135万トンが国内で回収されたアルミスクラップから作られ、4割が海外で生産された再生地金です。アルミ缶は2017年で約92%の31万トンが回収され、そのうちの輸出を除く25万トンが再生地金になっています。したがって、アルミ缶の比率は日本で製造する再生地金135万トンの約2割に相当します。アルミ製品の利用分野は、鉄道車両や大型車などの輸送機器類が全体の約4割で、主に新地金から作られる圧延品が使われています。食品分野の利用は約1割で、主にアルミ缶とアルミ箔を含む包装用です。建設分野

の利用は約1割で、製品は主に住宅や建造物の部材です。金属製品の分野は約1割強の需要で、主に機械類の需要ですが、コンピューター関連機器や通信機器も含まれています。

5. アルミスクラップ再商品化の意義

アルミスクラップ再商品化の第1の意義は、ボーキサイド資源の消費抑制です。確認埋蔵量と消費量の観点では、他の金属資源と比べて余裕がありますが、再生産が不可能な化石資源に変わりはありません。したがって、なるべく消費量を抑制

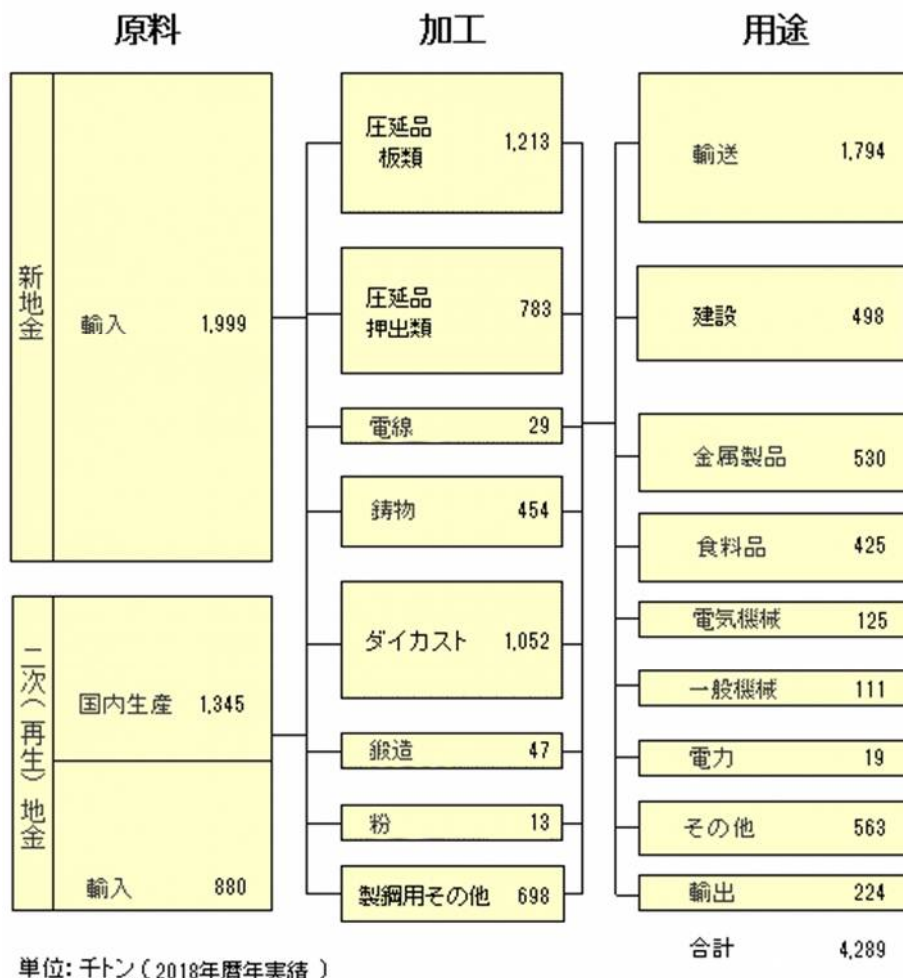


図2. 日本のアルミニウムマテリアルフロー (出典: 日本アルミニウム協会 HP)

する意義があります。第2の意義は、これが非常に大きいのですが、エネルギー消費の抑制です。ボーキサイドからアルミニウムを作るのに必要なエネルギーは、主にアルミナを作る際の焼成と、アルミナの還元に必要な電気分解です。とくに電気分解に必要な電力が多く、アルミニウム1kgあたり約1.2kgの石油換算エネルギーが必要です。一方、アルミスクラップを再生地金にするのには800℃で溶解するだけでよく、1kg当たり0.1kg以下の石油換算エネルギーしか必要としません。

意義の第3点は環境保全です。ボーキサイドに含まれている酸化アルミ (Al₂O₃, アルミナ) は約

半分なので、精錬の過程で残りの半分が残渣として発生します。残渣は酸化鉄を多く含むので濃い赤色をしており、俗に赤泥と呼ばれています。日本でも1970年代までボーキサイドからアルミニウムを製造していたので、赤泥の最終処分が厄介な環境問題でした。精錬工場の周辺には、数万m³も山積みになっていただけでなく、海洋投入も広く行われており、漁業資源への影響が問題になっていました。その後、国内では新地金の製造を止めたので、赤泥の最終処分問題からも、アルミ精錬のための火力発電にともなう大気汚染からも解放されました。しかし、現在も新地金を製造している国では、アルミ1kgあたり約2kg発生する赤泥が環境問題の一つになっています。アルミスクラップの再商品化は、赤泥の発生を抑制する意義も小さくありません。

(おわり)

参考: 日本アルミニウム協会 HP
石油天然ガス・金属鉱物資源機構 HP