

アルミニウム材による車両軽量化と環境への貢献*

加藤 勝也**

Vehicle Lightweighting and Environmental Contributions of Aluminum Materials*

Katsuya Kato**

1. アルミニウムへの期待

自動車におけるアルミニウム材の適用は時代と共に求められる理由が変遷してきた。例えば、1990年に日本での初めてのフルアルミニウムボディ車であるNSXでは、アルミニウムを用いた軽量化により車両の高性能化が図られた。熱交換器やエンジンプロックといった部材では、アルミニウムの使用が基本となっているが、構造部材やボディパネル向けでは、鉄に比べて高コストであることから、採用は広がって来なかった。その後、1997年の京都議定書の締結が契機となり、国内では、燃費を重視する車に対して、ボディパネルやバンパーにアルミニウム材が用いられ、軽量化に貢献している。そして、EV化の推進に伴い、バッテリーやモータによる重量増に対して、構造部材やボディパネルの軽量化が求められることに加えて、各所に配置されたバッテリー、モータ、インバータなどに電気を供給したり、それらの部位で発生した熱を効率よく冷却したりするための部材として、電気伝導性や熱伝導性に優れたアルミニウム材が求められている。加えて、カーボンニュートラル社会に向けて、走行時はもちろんのこと、材料、部品、車体の製造過程、廃棄後のリサイクル性など、様々な段階でのCO₂排出量削減への貢献が求められる。

これらの軽量化のニーズとカーボンニュートラル実現への要求を両立する手段の一つとして、アルミニウム材の適用が期待される。

2. 軽量化のためのアルミニウム材の使用

アルミニウムは車体の様々な場所に用いられている。鉄の約1/3の比重であるが、ヤング率も約1/3となり、鉄部品と同じ設計でアルミニウムに置き換えた場合、走行や衝突などの車体性能を満たすことは難しい。

Fig. 1にビーム部に高強度7000系合金を用いたバンパーシステムの例を示す¹⁾。アルミバンパーシステムでは、アルミニウムの特性を生かした設計がされている。例えば、ビーム部は高強度の7000系合金を使用することに加え、アルミニウムの押出材が中空部を持った最適な形状を制作できることを利用し、複雑な断面形状を有している。また、バンパービームやクラッシュカンをつなぐための締結部品の重量分も軽量化するため、溶接構造となっている。このように軽量化のための最適設計と製造を行うことで、衝突性能の妥協をすることなしに、従来のバンパーユニットと比較し、約32%の軽量化を達成している (Fig. 2)¹⁾。



Fig. 1 Aluminum Bumper Assembly.

* 本稿は、プレス技術, 62 (2024), 56-62 より転載。

This paper has been published in Journal of the Press Working, 62 (2024), 56-62.

** 株式会社 UACJ 押出・加工品事業本部 名古屋製作所 生産技術部

Production Technology Department, Nagoya Works, Extrusion & Metal components Business Division, UACJ Corporation

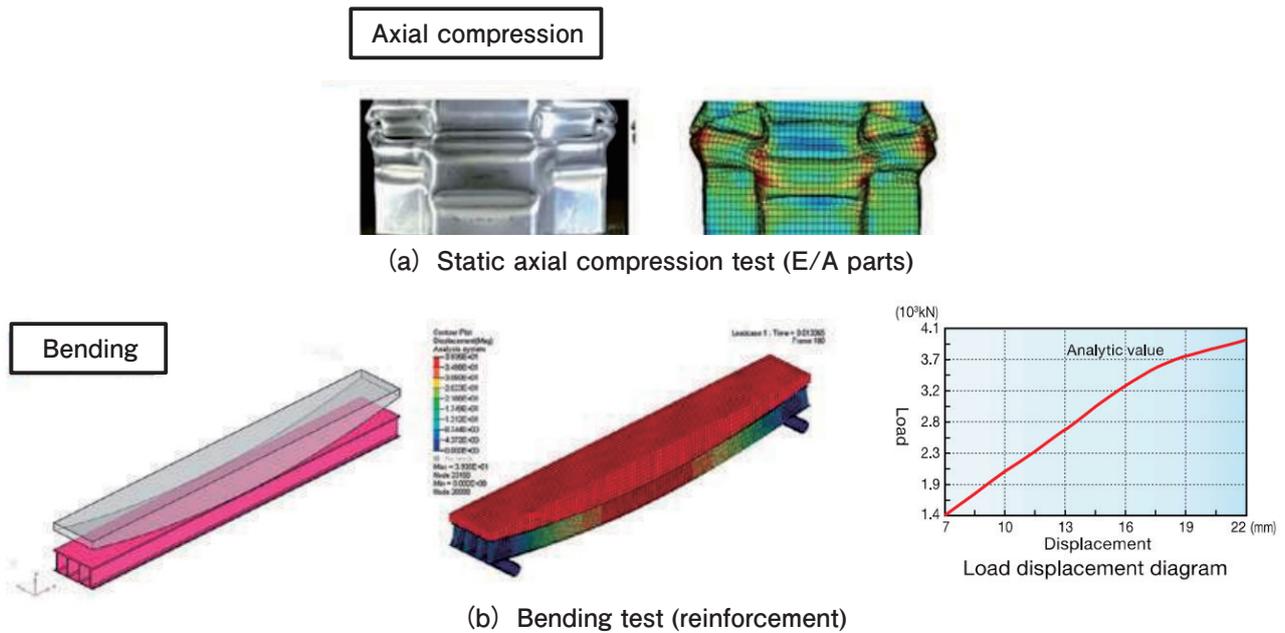


Fig. 2 CAE analysis examples about an energy absorbing components.

3. バッテリー冷却のためのアルミニウム材の利用

アルミニウムの大きな特長として優れた熱伝導性が挙げられる。この特長を活かし、エンジン冷却部材やエアコン部材として多く用いられてきた (Fig. 3)²⁾。現在、EVに用いられているリチウムイオンバッテリーは充放電時に熱を発生するため、特に急速充電時や大きな電気を放電する際には冷却する必要がある。各社により構造は異なるが、アルミニウムの板材や押出成形材を組み合わせたバッテリーケースが多く採用されている。バッテリー冷却はもちろん、衝突時にバッテリーを保護する役目も担っている (Fig. 4)³⁾。



Fig. 3 Aluminum heat exchanger.

4. ワイヤハーネスのアルミ化

自動車の電子制御化に伴う電子部品の増加とともに、それらをつなぐワイヤハーネスの使用も増加してきた。さらに、EV化に伴い、大容量バッテリーからモーターへの給電等でより多くのワイヤハーネスが必要となる。そのため、トータル重量の増加や銅地金価格の高騰によるコストアップの対策として、銅からアルミニウムへの切り替えの動きが加速している。ワイヤハーネスメーカーから、各種アルミハーネスが製品化されている⁴⁾。銅からアルミニウムへの切り替えにより、30～45%の軽量化が達成されている。これらメーカーからも積極的にアルミハーネスに切り替えを進める方針が出されている。

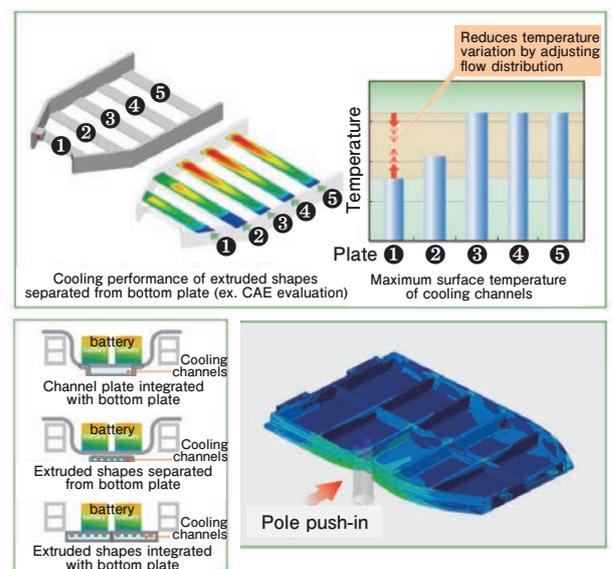


Fig. 4 CAE analysis example of an EV battery housing.

5. 軽量化のためのアルミニウム新材料開発

さらなる軽量化のための新材料技術として、Sc（スカンジウム）を添加した5000系板材及び6000系押出材の自動車部材への適用が検討されている⁵⁾。いずれもScを添加することで、従来材と比較し引張強度が向上している（Fig. 5）。加えて、5000系の板材では、フィラードレーザ溶接した場合の継手効率に優れ、母材とほぼ同等の強度が得られた。

これらの開発材料を用いて、現行のEV車に用いられているフロントサイドメンバ部材を試作している（Fig. 6）⁵⁾。鉄製のベンチマーク部品と同等の性能を確保しながら、44.6%の軽量化を達成している。

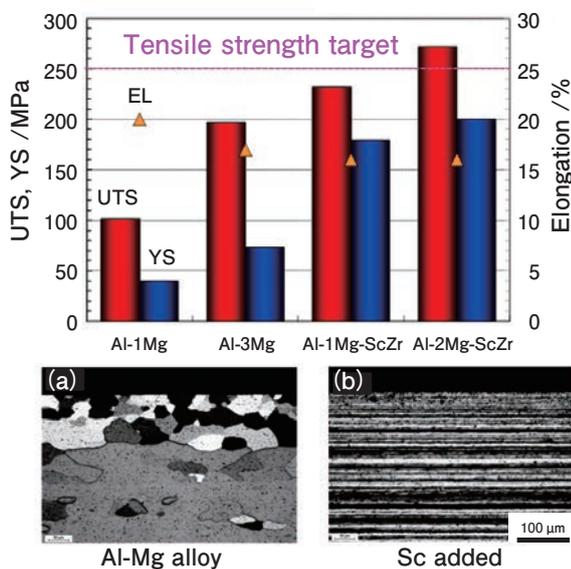


Fig. 5 5000 series aluminum alloy with Sc addition.

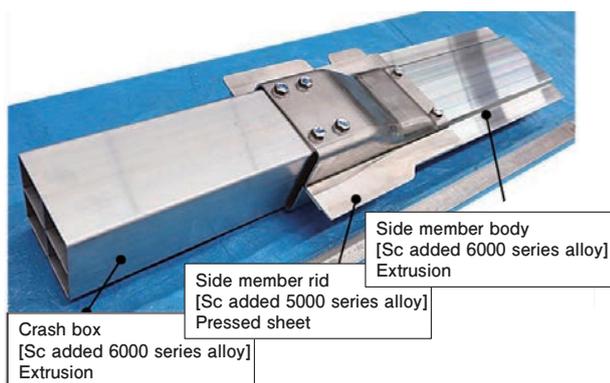


Fig. 6 Prototype fabrication of front side member components.

6. アルミニウムの表面改質技術

アルミニウムをはじめとした素材の表面状態は、様々

な特性や機能の発現に関係している。アルミニウム板材には、耐食性の向上や、外観の向上等を目的とし、リン酸亜鉛処理やZr化成処理といった表面処理がされ、様々な部品に使用されている。このような表面処理に対して、さらなる付加価値をつけるような表面処理技術が開発されている。

例えば、表面に樹枝上の構造を持ったアルミニウム酸化被膜を形成させることにより、接着剤や塗膜との密着性が良好で、耐食性にも良好な表面が得られる（Fig. 7～9）⁶⁾。マルチマテリアル化により、他の素材との接合が求められているが、このような表面処理を用いることにより、接着品質の向上等が期待される。

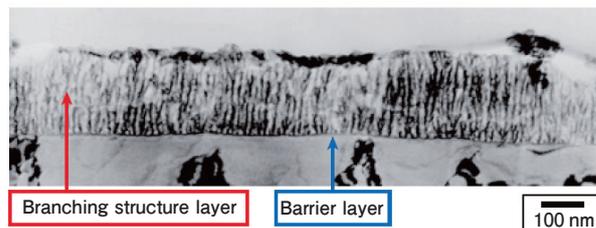


Fig. 7 TEM image of KO process film.

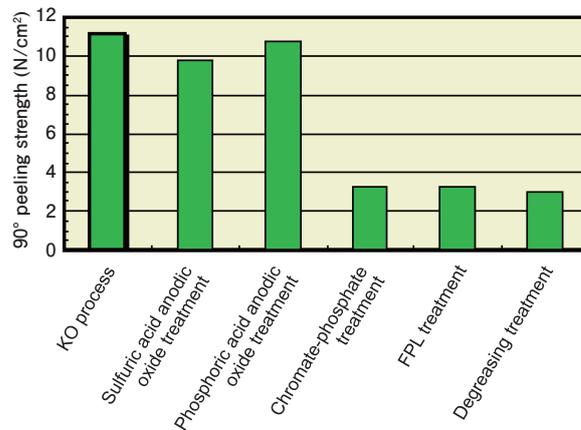


Fig. 8 90° peeling strength for selected surface treatments with acrylic adhesive.

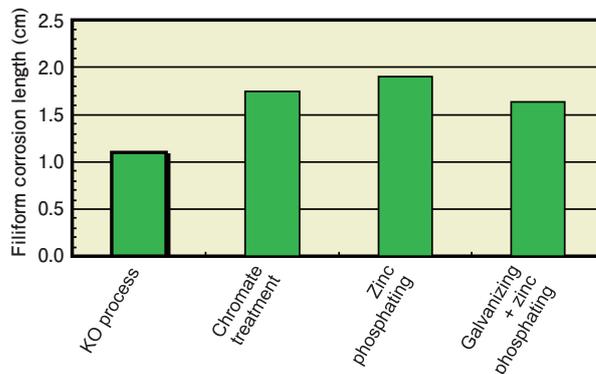


Fig. 9 Result of filiform corrosion tests on selected surface treatments.

また、塗装による優れた熱伝導性の付与が提案されている (Fig. 10)⁷⁾。EV化に伴い電子部品の搭載量が増え、放熱問題の解決が求められている。アルミニウム材は優れた熱伝導性を持つが、熱放射率が低く、放熱性に劣る課題がある。この塗装では、グラファイトの粉末を塗装中に均一に分散させることにより、アルミニウム側からの熱を効率よく表面に伝達し、放熱を促進することができる。これらのように、適切な表面処理を適用することにより、アルミニウムの特性を更に引き出すことができる。

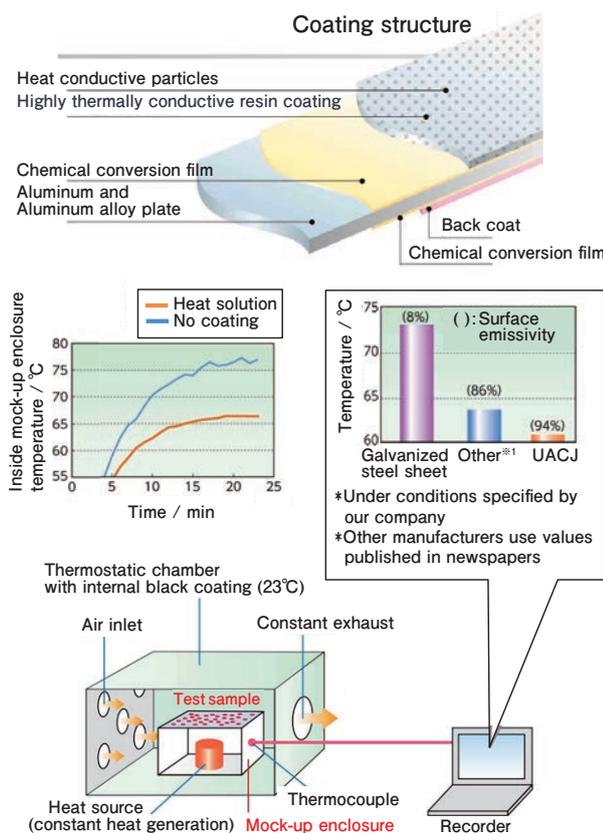


Fig. 10 Aluminum sheet with high heat radiation coating.

7. 新製造技術

アルミニウムの優れた鋳造性を生かした新製造技術が注目されている。ギガキャストと呼ばれる大型のダイカスト装置を用いて、一体化された大型部品を製作することにより、これまでの板材や形材を組み合わせた構造に比べて、大幅に部品点数を削減できる⁸⁾。国内でもいくつかのメーカーが参入を表明しており、今後採用車種が増え、自動車の作り方が変化していく可能性が考えられる。

8. カーボンニュートラル社会への対応

EVは排気ガスを出さないため、走行地域の環境汚染を防止できる。一方、カーボンニュートラル社会への対応の面では、走行時の排出ガスの抑制だけではなく、製造時CO₂の排出量を抑制し、サステナブルな社会を実現することが求められる。そのため、アルミニウム材には、軽量化による走行時のCO₂排出量の削減だけではなく、製造時のCO₂排出量の削減が求められる。日本国内において、アルミニウムの板材や押出材の製造時は、海外から新地金と呼ばれる純度99.5%前後のアルミニウムインゴットを輸入し使用される。各製造所にて各種元素を添加し合金とした後、圧延や押出など様々な加工を施し、アルミニウム素材として加工先に供給される。この新地金を製造するには、アルミニウム酸化物の還元処理の際に、大きな電力が必要である。アルミニウム材の製造に関わるCO₂排出量の大半は、この新地金を生産する際の精錬時の電気エネルギーに由来する。

一方、リサイクル時には、アルミニウムは融点が低く、少ないエネルギーで再溶解でき、再鋳造が可能のため、新地金を使用した製品に比べ、CO₂の排出量は大幅に少なくなる。そのため、製造時に出る不良部などや市場から集められたアルミニウムスクラップのリサイクルを進め、新地金の使用量を減らすことがCO₂排出量の削減につながる。

アルミニウムは圧延板や押出材などの展伸材としてリサイクルする場合、FeやSiなどの不純物量が増加したり、合金系の異なるアルミニウムが混合すると、素材製造時の生産性が低下したり、製品特性が変わってしまいやすい。そのため、可能な限り同じような成分の材料を回収し、鋳造時にリサイクル原料として使用することが望ましい。

そのため、解決策の一つとして、クローズドループ・リサイクルという取り組みがされている⁹⁾。クローズドループ・リサイクルとは、製造時に発生した端材や、回収した使用済みの自社製品などを再生することで、品質を維持しながら繰り返し再生することができるリサイクルの仕組みである (Fig. 11)。この仕組みにより、リサイクルによる品質の悪化を防止しながら、新地金の使用量を削減でき、CO₂排出の削減に貢献できる。

一方、不純物濃度が高くなってしまったリサイクル原料に対して、不純物を減らし、展伸材に使用できるようにする試みも進んでいる。

例えば、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) のプロジェクトとして、不純物を含む溶融ア

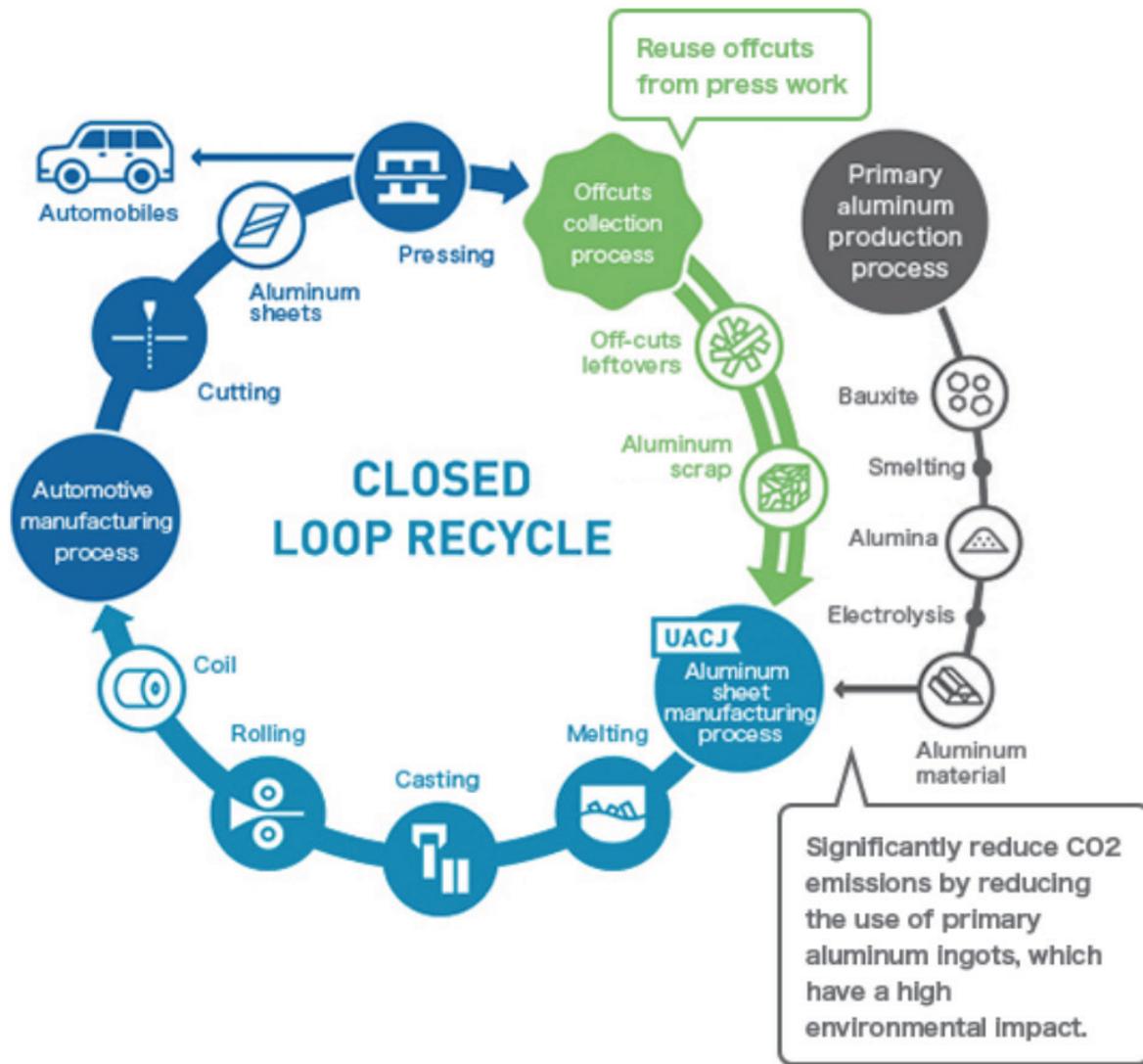


Fig. 11 Closed loop recycles.

ルミニウムが凝固する際、純度の高い固体が先に現れる現象を利用して不純物元素を低減するアップグレードサイクルプロジェクトが開始されている¹⁰⁾。

また、このようなりサイクル原料の回収や純化精製などといった技術を組み合わせた資源循環の取り組みを地域で推進していく試みが、富山大学を中心に始まっている¹¹⁾。高岡市に富山循環経済モデル創成にむけた

産学官民共創拠点を創設し、循環経済を推進する人材育成を進めると共に、産官学民で社会変革を進めるエコシステム（共創拠点）の構築を目指している。このような地域での取り組みから、日本全体での取り組みへ波及していくことが期待される。

9. 最後に

アルミニウムは自動車のEV化に伴い、直接的な軽量化だけでなく、すぐれた電気伝導性、熱伝導性を利用した部品への貢献ができ、カーボンニュートラル社会の達成へも貢献できると考えている。

参考文献

- 1) 田中晃二：本誌, 2 (2015), 182-184.
- 2) <https://uath.uacj-group.com/business/supply/>
- 3) https://uacj-automobile.com/jp/sheets_and_plates11.html
- 4) 小林宏平, 宮本賢次, 伊藤貴章, 高田 裕, 大井勇人：住友電工テクニカルレビュー, 194 (2019), 8-13.
- 5) 新構造材料技術研究組合：革新構造材料とマルチマテリアル 上下巻, 岸輝雄監修, オーム社, (2023).
- 6) Furukawa-Sky Review, 1 (2005), 44-45.
- 7) <https://www.uacj.co.jp/products/sheeting/uacjcoat.htm>
- 8) <https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/39288466.html>
- 9) <https://www.uacj.co.jp/release/20210805.htm>
- 10) https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101776.html
- 11) <https://kyoso.ctg.u-toyama.ac.jp/>



加藤 勝也 (Katsuya Kato)
株式会社 UACJ 押出・加工品事業本部
名古屋製作所 生産技術部