

ものづくり基礎講座 自動車用材料（第55回技術セミナー）

東北大学金属材料研究所 正橋直哉

1. はじめに

現在のライフスタイルにおいて自動車は必要不可欠の輸送手段で、2017年の世界中の生産台数は9700万台を超えているそうです。図1は2013年に発表された地域別の製造台数の予測ですが、2024年には1億2000万台を超えています。地域別では、欧米や日本などの先進国の伸びは鈍化するのに対し、中国も含むアジア地域の伸びが目立ちます。2017年度の統計によると、中国の生産台数は約2900万台と第一位で、続いて第二位は米国の約1100万台、第三位は日本の970万台、第四位はドイツの560万台です。そして世界の自動車の保有台数は12億台（2014年）を超え、2035年には19億台、2050年は23億台が見込めるそうです。

自動車に対する要請は、利便性、快適性、価格等の利用者主体から、地球規模の環境適合性や安全性等の社会主体へと変わっていることも見過ごせません。主流を占めてきたガソリン車からハイブリッド車やEV車への関心が高まり、環境性能が重視され、技術革新が活発です。特に、燃費は変速機や駆動方法に拠らず車体重量に強く依存することから（図2）、車体の軽量化が燃費向上、すなわち環境改善の有効手段として認識されています。

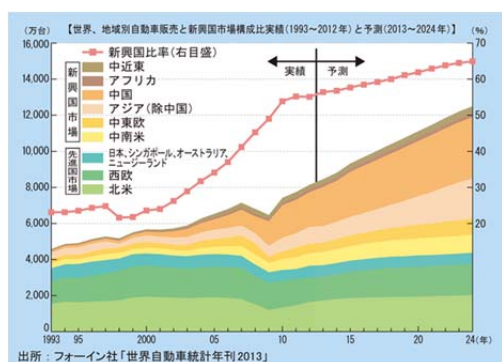


図1 世界の地域別自動車販売台数推移

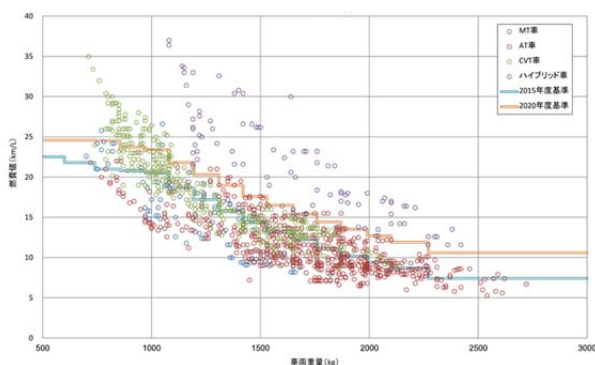


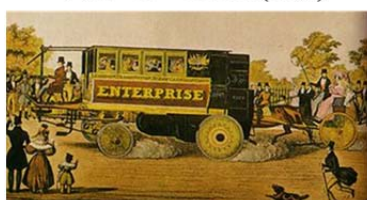
図2 自動車の車両重量と燃費の相関

自動車の歴史は古く、世界で最初の自動車はフランスの Nicolas-Joseph Cugnot が1769年に発明した蒸気機関で動く蒸気自動車でした。この自動車は木製ホイールとラダーフレームを擁し、タイヤには鉄製の輪が装着され、重量は3トンに達しました。走行は船舶用の舵を使用するもののほとんど方向を変えることはできなかった

ため、激突事故が多かったそうです。この蒸気自動車はイギリス人の **Walter Hancock** によって 1820 年代後半に実用化され、1833 年にはロンドンで乗合自動車として運行されました。一方、1860 年に石炭ガスを燃料とした内燃機関がフランス人 **Étienne Lenoir** により発明され、1870 年には内燃機関を使って駆動する世界初の自動車がオーストリアの **Siegfried Marcus** によって発明されました。その後、現在のガソリンエンジンの原形である点火装置とキャブレターを組み込んだ自動車が製造されました。時を同じくして、1885 年、ドイツの **Gottlieb Daimler** は小型化した内燃機関を取り付けた二輪車（オートバイ）を、また同年、同じくドイツの **Karl Benz** はエンジンを改良し三輪自動車を製造しました。蒸気自動車とガソリン自動車の開発は欧米で並行して行われ、初期はガソリン自動車の大きな振動と騒音が、静粛でトルクの大きい蒸気自動車に対して劣勢でしたが、蒸気化までに時間がかかることから、次第にガソリンエンジンが注目されました。図 3 は 19 世紀までに開発された主な自動車を示します。



世界初の蒸気自動車
キュニョーの砲車(1769)



蒸気機関の乗合自動車(1832)



マルクスの発明した世界
初のガソリン車(1870)



世界初のオートバイ (1885)



ガソリンエンジン三輪車(1885)

図 3 19 世紀までに開発された主な自動車

19 世紀までの自動車は動力を内燃機関にするか外燃機関にするかがポイントでしたが、材料そのものに目を向けられたのは、フォードが開発した大衆車 T 型フォードに採用されたバナジウム鋼の効能が上げられます。1908 年に登場した T 型フォードは、835 ドルという低価格で半年で 2500 台も販売されました。1927 年までの 20 年間にわたって約 1500 万台が生産され、車の大衆化を先導したと言われています。何より、それまでの米国の自動車は 50% が蒸気自動車で、ガソリン車は 20% に過ぎませんでした。T 型フォード販売を機にガソリン車の趨勢が始まりました。この T 型フォードのシリンダーブロックに軽量高強度のバナジウム鋼が使用されました。バナジウム鋼とは V_2O_5 やフェロバナジウムを添加した鋼のことですが、当

時の鉄の精錬技術は炭素をそれほど低減できなかったため、Vは容易に鋼中に残存する炭素と結合し V_4C_3 を析出して鋼を強化しました。バナジウム鋼は、当時蒸気機関部品を製造していた英国のWillans & Robinson社が求める強靱鋼を研究していた英国人の技術者J. Kent Smithにより見出されました。Smithは金属材料のコンサルタントを務め、フォード社はSmithを通してこの鋼を知ることになり、Ohio州Cantonに工場を建設して自動車部材への採用を検討し始めました。それまでの普通鋼と違い、バナジウム鋼は強度・耐食性・靱性・疲労特性・加工性の全てにおいて優れたことからT型フォードに採用され、創業者のHenry Fordは「世界で最も高品質な鋼」と称したそうです。フォード社はバナジウム鋼だけでなく、自動車のパーツごとに、必要とされる特性に応じた材料の選定に着手し、それまでは自動車には4種類の鋼しか使用されていませんでしたが、20種類にまで増やすこととなりました。

2. 自動車材料の軽量化

材料機能が注目されたT型フォードの販売から100年以上が経過し、時代と共に自動車への社会要請は環境重視型へと変遷しています。それと共に、自動車材料における鋼の使用割合は、アルミニウムやプラスチックなどの軽量材料にとって代わられてきています。図4はOICAの「Steel Perspectives for The Automotive Industry」の資料ですが、2011年には58%であった鋼の割合は、2020年には38%に低下し、それに替わってAIが7.8%から19.4%に、プラスチックと複合材料が19.6%から29.1%にそれぞれ増加しています。高張力鋼を含む軽量化材料の占める割合は、今後20年間で2倍に増え、各材料の高性能化やコスト低減等を目指した開発と共に、これら材料の組み合わせによる最適化が図られ、その結果、異種材料の接合技術、同一素材ですが異なる特性の素材の複層化技術、異種材料を組み合わせた複合化技術へのニーズが高まることが予見されています。

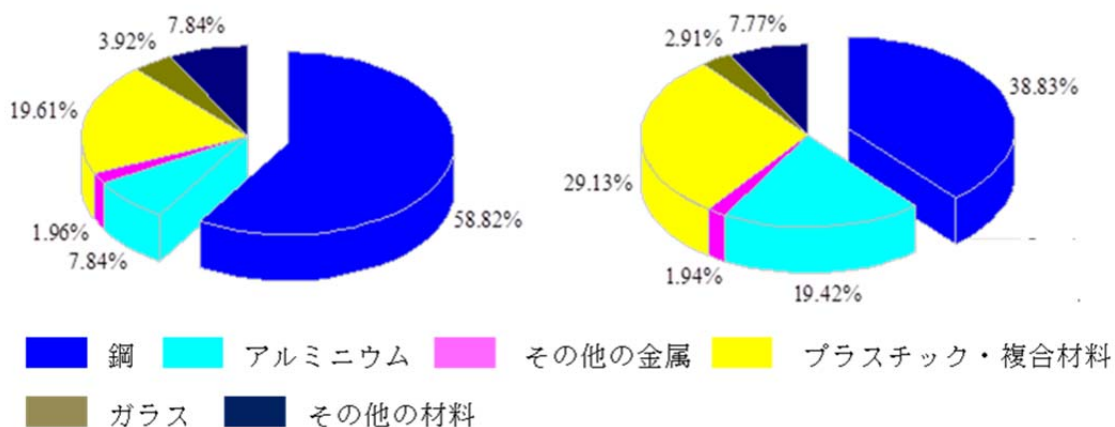


図4 自動車の使用素材の割合(2011年(左)、2020年(右))

自動車の軽量化には、第一に重量素材から軽量素材に置き換える方法と、第二に重量素材の体積を減少させる方法に大別できます。しかし、自動車の衝突安全性は素材軽量化とは相反するため、軽量素材への置き換えには限界があります。また軽量素材は従来の鋼に比べて、素材コストが高いため自動車単価が増加するという懸念があります。例えば、軽量化の極致とも言えるオールアルミの自動車は、現状の自動車より価格は数倍高くなると考えられています。そこで、軽量化と安全性を両立させるために、第一と第二の方法を併用し、構造部材ごとに素材を選定するマルチマテリアル化の車両設計が求められます。図 5 は齊藤（まてりあ 53 (2014) 584-588) による高強度鋼ハイテン材の強度と板厚の相関を示した図です。この図から 590 MPa ハイテン材と 1500 MPa ハイテン材の強度比を等価とすると、590 MPa 材では 2.4 mm 必要であった板厚が、1500 MPa 材では 1.6 mm で同じ強度を持たせることが出来ることがわかります。すなわち、ハイテンの強度を約 2.5 倍にすることで、板厚を 1/3 減らすことができ、高強度の鋼を使用することで、自動車の軽量化に貢献できることが判ります。

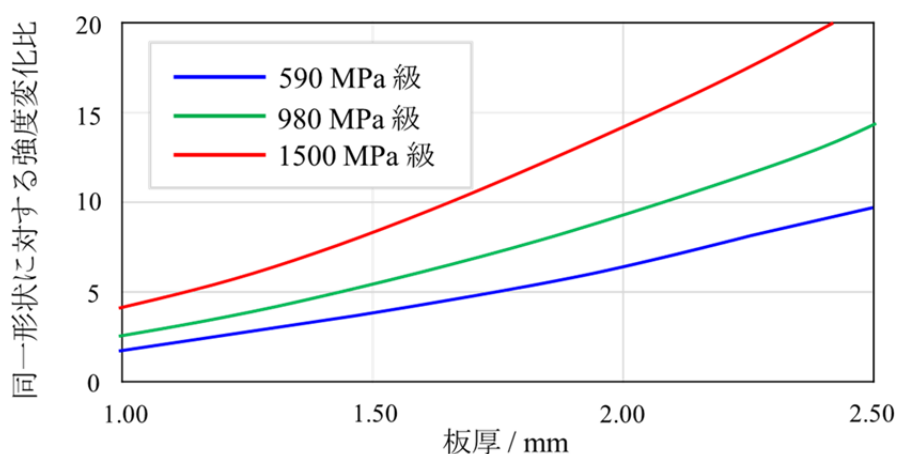


図 5 ハイテン材の強度と板厚の相関(出典:まてりあ 53 (2014) 584)

また、齊藤は現在販売されている自動車を例に、ハイテン化の使用割合は 2003 年の 40% から 2008 年度は 48%、2013 年度は約 56%と年々増加していることを紹介しています。そしてハイテン材のグレードは、2003 年は 590 MPa 材の使用比率が 13%、2008 年は 42%であったのに対し 2013 年は 34%に低下したものの、その分、より高強度な 780 MPa や 980 MPa、そして後述するホットスタンプ材 (1500 MPa 級) の使用割合が増加していると述べています。

3. 高張力鋼ハイテン

自動車用高張力鋼はそれまでの軟鋼材に替わる素材として、1970 年代から開発されました。ハイテンという名称は、High Tensile Strength Steel (高張力鋼) に由来します。合金成分と組織制御により、一般鋼材よりも強度を向上させた鋼材のことを

称し、高抗張力鋼とも呼びます。強度はおおむね 490 MPa 程度以上を有し、現在は 590 MPa や 780 MPa 級が主流で、近年は 1000 MPa 以上（超高張力鋼）の鋼も実用化されています。金属素材の強度増加の要因として、①固溶強化、②析出強化、③結晶粒微細化、④転位強化（加工強化）、⑤複合強化（複相強化も含む）に大別できますが、ハイテンの開発初期は①の固溶強化（C 以外に Si や Mn を添加）が主体でしたが、その後、TiC や NbC 等の炭化物による②の析出強化と③の結晶粒微細化が取り入れられました。そして、1990 年代以降には 590 MPa 以上の高強度ハイテン材として、硬質マルテンサイトと軟質フェライトからなる DP（Dual Phase）鋼、すなわち⑤の複相組織が採用されてきました。高強度と成形性を両立させるには、軟らかい組織の中に硬い組織を分散させる複合組織が有効です。また、局部的に大きな変形が必要なフランジ成形や曲げが要求される、骨格構造材やシャシー系部材では、応力集中を回避できる均一な組織が必要です。すなわち均一で複相組織を製造することが有利です。この複相組織の発展版として、高温から急冷により残留させた軟質のオーステナイト相中に、加工により誘起されるマルテンサイト相に変態させる TRIP（Transformation Induced Plasticity）鋼が開発されました。図 6 は一般的な水焼入れによるハイテンのマイクロ組織制御の模式図ですが、フェライトを変態点以上の温度で一部軟質のオーステナイトとした後で、水冷により硬質であるマルテンサイトを旧オーステナイト相に生成させます。硬質マルテンサイトの分率によって加工性を制御します。すなわち、焼入れ温度が高いとその分率は増加し、絞りなどの強加工の場合にはマルテンサイト量の少ない低温焼き入れ材（図 6(b)）を、曲げ変形の場合にはマルテンサイト量の多い高温焼き入れ材（図 6(d)）を使用します。

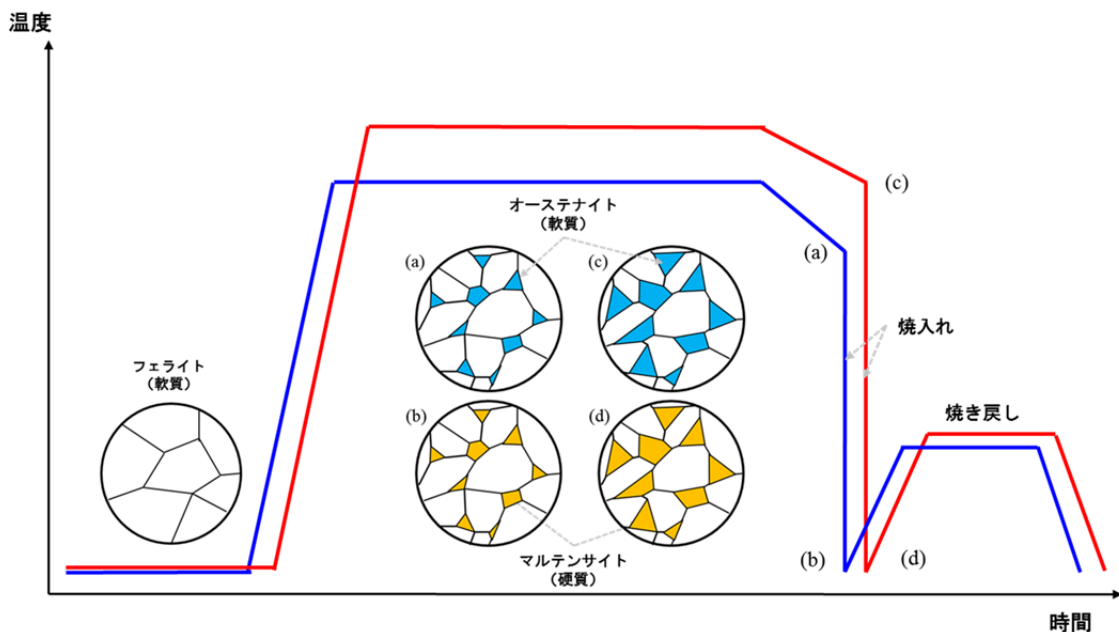


図 6 水焼入れ方式によるマイクロ組織の制御

図7は各種鋼板の引張強度と引張伸び（左）、引張強度とランクフォード値（右）の相関を示します。引張強度と引張伸びはトレードオフの関係にありますが、図7の左図から、鋼材の中でDP鋼やTRIP鋼は強度と伸びがバランスよく制御されていることが判ります。製造時の加工性を評価する指標として、素材を両側から引張る時の、板幅方向の変形歪と、板厚方向の変形歪の比であるランクフォード値（r値）があります。r値は高いほど板厚変化が少なく、板幅方向の変形が大きいことを意味し、深絞り性に優れます。図7の右図はr値と引張強度の相関を示しますが、左図と同様にr値と引張強度はトレードオフにあり、DP鋼やTRIP鋼が優れていることが判ります。ハイテンのプレス成型では成形不良が発生しやすいのが課題です。実際の塑性加工においては、ハイテンのヤング率は一般の鋼材と大差が無いため、弾性変形による歪発生が嫌われる部位には、薄肉化が適いません。強度が高いほどこの問題は顕著になり、軽量化と逆行する課題となっています。

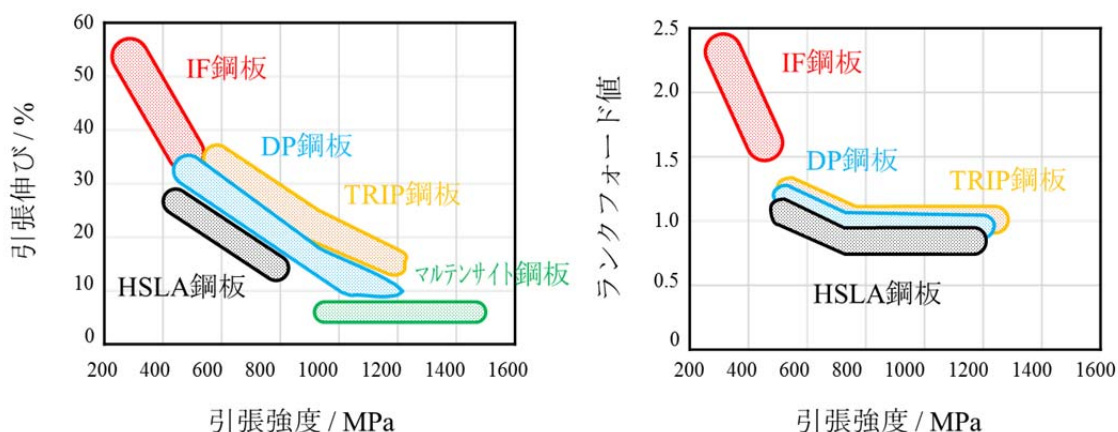


図7 鋼板の引張強度と引張伸び(左)、およびランクフォード値(右)との相関 ふえらむ 18(2013)48

他にもハイテンを成型加工する課題としてスプリングバックがあります。スプリングバックとは、図8のように、試料に係る圧縮力と引張力に起因し、プレス加工時に発生した応力が金型から外される際に解放されて弾性変形する寸法精度不良で、高強度材ほど大きくなります。そこで、スプリングバックを見込んで逆方向に変形させ、成形加工後に最終寸法に仕上げる方法が採用されます。高強度のハイテン材ほど見込み量を決めるのが難しく、データの蓄積とシミュレーション技術の確立が期待されています。

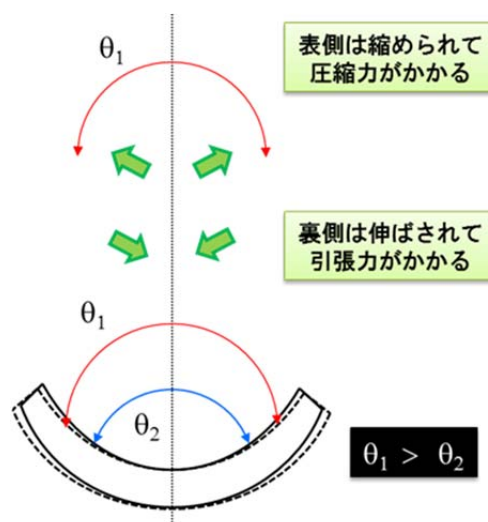


図8 スプリングバックの模式図

4. ホットスタンプ

ホットスタンプとはフェライトーオーステナイト変態温度 (A_3 変態点) よりも高温に加熱して軟質化させた鋼板を、冷却金型でプレス加工し、金型接触面で冷却することで焼き入れを施し、鋼材を強化する技術を称し、1500 MPa 級の引張強度のハイテンの製造に採用されています。図 9 は模式図ですが、前節で紹介したスプリングバックによる寸法精度不良の解決法として、近年特に注目されている技術です。

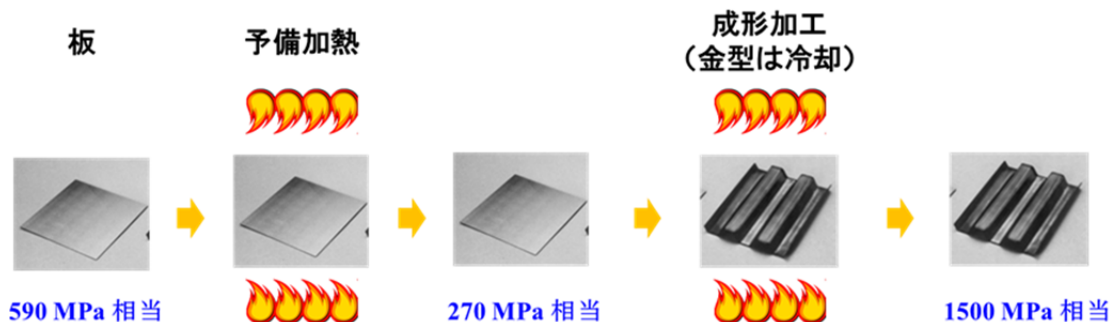


図 9 ホットスタンプの模式図

ホットスタンプの課題は、金型で焼き入れを行う際の接触冷却の均一性確保、金型冷却に 10 秒程度の時間がかかるため生産性が低いこと、焼き入れ後の製品が高強度であるために金型による後加工での治具の損耗が激しいこと、そして大型連続加熱炉やレーザ設備の投資額が大きいことが挙げられます。そのため、我が国でのホットスタンプの採用は、欧州に比べ若干遅れ気味とされています。しかし、最近同法による車体のドアまわりの側面部材の一体成形が可能となり、量産化への目途が立ちました。従来、この部分は複数のハイテン材をプレス成形後に溶接していましたが、同法により剛性の高いボディ製造が可能となり、工程数削減による生産性の向上が期待できます。図 10 は Arcerormittal 社の HP に掲載されている自動車部材でのホットスタンプ材の採用箇所ですが、前部座席と後部座席の間にある柱 (B ピラー)、屋根フレーム、バンパー、ドア回り補強材、敷居部材等に使われています。その結果、軽量化だけでなく、衝突安全性の改善とコスト削減に効果があるとのこと。



図 10 ホットスタンプ材の採用部材

(http://automotive.arcelormittal.com/products/By_region/2genphs)

5. 自動車用軽量金属素材

図4で示したように、自動車用材料は、鋼材主体から軽量化素材の使用比率が増加と予想できます。しかし安全性の確保から、鋼材使用が無くなることはないと考えられ、マルチマテリアル化が進むと言われています。図11はNEDOが公開している「自動車軽量化のための開発対象部材」の概観図ですが、主として強

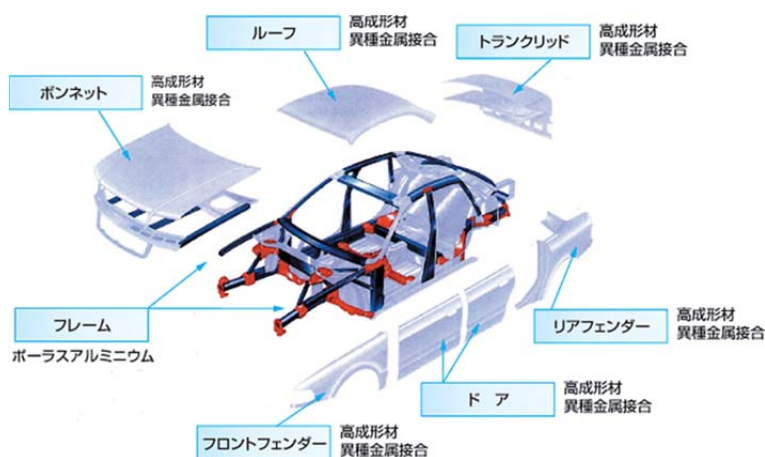


図 11 自動車の軽量化部材の概観図

http://www.nedo.go.jp/activities/ZZ_00226.html

度を担う部分は鋼材が、強度が厳しく取りざたされない部材は軽量素材の適用が期待されているようです。軽量化は欧州の方が我国より先行し、欧州車ではアルミニウムや樹脂が積極的に採用されています。本節では、軽量自動車用材料として、アルミニウム、マグネシウム、チタンの現状と課題を概説し、自動車軽量化における金属材料の役割について紹介します。

(1) アルミニウム

1993年アウディはA8に、アルミスペースフレーム (ASF) を採用し、約100kgの軽量化に成功しました (図12)。そして4代目となる次期A8のボディ骨格として、アルミニウム、マグネシウム、鋼材、CFRPの4種類の素材採用により、ねじれ剛性が33%向上することを2017年に発表しました。アルミニウム合金は車体の58%を占め、走行性と省燃費の飛躍的な向上が謳われています。



図 12 1993年に発表された、100%アルミ製のコンセプトカー Audi ASF

アルミニウムは密度が 2.70g/cm^3 と鉄の35%です。融点は 660.3°C で鉄より 875°C 低く、クラーク数は3 (7.56%)と、資源は鉄の1.6倍存在します。結晶構造は面心立方格子 (FCC)であることから、塑性変形が容易な金属です。アルミニウム素材メーカーであるAlcoa社の分析によると、自動車1台あたりのアルミニウム合金の使用量は、2000年は116kg、2010年は155kgでしたが、2020年には214kg、2025年に

は 259kg と予測しています。自動車材料にアルミニウムを使用する利点として、①軽量化による操縦安定性能が向上、②衝突時のエネルギーを変形しながら吸収するため安全性が確保、③バンパーなど重心から離れた部品の軽量化は慣性モーメントを低減し運動性能が向上、等があげられます。特に③は、外付け部材のため他の部品との干渉が小さくて設計自由度が高くなり、プレスとスポット溶接の工程で製造する鋼板材に比べ、部品数、組立数低減が可能になるという利点があります。自動車におけるアルミニウム合金の適用部材は、鋳造材として、エンジン、トランスミッション、ホイール、サスペンションが、押出材としてバンパービーム、サイドフレームが、展伸材としてフード、ドア、フェンダー、ルーフ等があります。

アルミニウムは一般に他の元素の固容量が少ないために、固溶強化に限界があり、溶体化・時効処理による析出強化を施します。ジュラルミンの名で知られる Al-Cu 合金は、Al 中への Cu の最大固容量は 5.7% ですが (図 13)、時効処理によって数 nm~数百 nm のサイズの析出物で強化します。析出物はマトリクスと整合である状態から、時効温度や時効時間の増加により部分整合、不整合と変遷します。

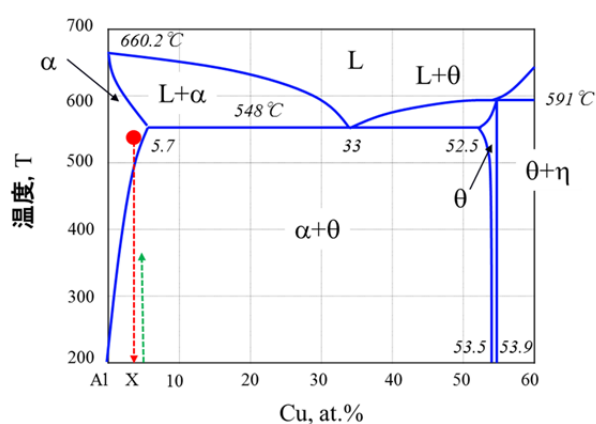


図 13 Al-Cu 二元合金における時効処理

強度は、部分整合から不整合に変わる条件下で最大を示しますので、溶体化や時効の温度と時間の最適化が重要となります。JIS 規格では、1000 番台の純 Al、2000 番台の Al-Cu 合金、3000 番台の Al-Mn 合金といった具合で、各合金が命番されていますが、自動車材料には、 Mg_2Si という析出物を利用した Al-Mg-Si 合金の 6000 番台と、 $Mg_{32}(Al, Zn)_{49}$ を利用した Al-Mg-Zn の 7000 番台が多用されます。多くは、加工性と衝撃吸収性に優れる 6000 番台が実用に供され、7000 番台 (超超ジュラルミン) は高強度を示すものの成形加工が難しく、衝撃吸収性に劣るため、自動車材料適用には課題があります。

アルミニウム合金の難点は、単位重量あたりの価格が鋼材の 3 倍程度であることと、板材においては成形性と接合に技術的課題がある点です。また鋼材に比べ伸びが小さいため、加工シワや割れ等が発生しやすく、スプリングバックが大きい傾向にあるためプレス成形が難しい点も課題とされています。一方、熱伝導率や電気伝導率が高いため、溶接時の熱が分散し、溶接には鋼材の 2 倍の加圧力、2~3 倍の電流と、エネルギーを必要とします。そのため高速回転の摩擦熱で塑性流動を起こして接合する摩擦攪拌接合やレーザー溶接、アーク溶接とレーザーを複合したハイブリッドレーザーなどの接合が必要となります。

(2) マグネシウム

2015年3月ポルシェはマグネシウム合金を屋根材に搭載した新型スポーツカー「911GT3RS」（図14）を発表し、「911GT3」に比べ、約10kg軽量化したことに加え、軽量ルーフによって重心が下がり、横方向のダイナミクスが改善されたと発表しました。そして2018年2月には、ホイールにもマグネシウム合金の採用を発表しました。



図14 Mg合金ルーフ材を搭載したポルシェ911GT3RS

マグネシウムは金属の中で最も比重が小さい 1.8 g/cm^3 で、Alの $2/3$ 、Tiの $1/3$ 、Feの $1/4$ 程度です。薄肉でも強度が高いため、比強度に優れ、要求強度に対して部品の薄肉化、軽量化に有利です。さらに良好な放熱性（熱伝導性は 150 W/mk ）を持つため、機器内部の熱を効率的に発散するという機能を持っています。少し古いデータですが、日本マグネシウム協会のデータ（図15）によると、自動車1台あたりのマグネシウム使用量は、2010年は北米で 5.6 kg 、欧州で 6.2 kg ですが、日本では 2.1 kg と若干少ないようです。日本での使用量が少ないのは、コストと環境への意識が欧米と差があることに起因すると言われていています。コスト高でも環境重視の欧州に比べ、我が国はコストを優先させる傾向にあるようですが、今後、我が国でもマグネシウム使用量が増加することが予測されています。

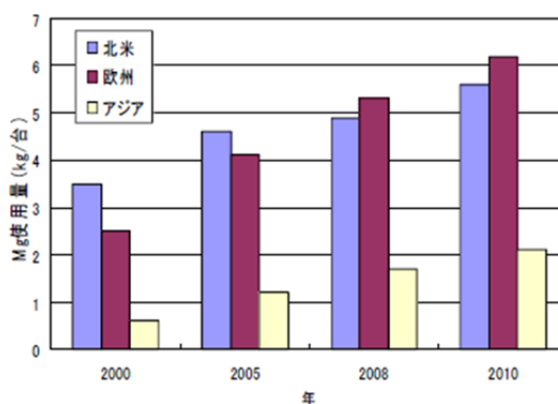


図15 自動車一台あたりのMg使用量予測
(日本マグネシウム協会資料(2005))

現在、マグネシウム合金が適用されている部品のほとんどは金型鋳造によるダイカスト材です。マグネシウム合金のダイカスト材は、順次高級車からアルミニウム合金のダイカスト材と置き換わっているようです。自動車用の実用Mg合金としては、シリンダーヘッドカバーやキーロックハウジング等の比較的複雑な形状の部品にはMg-Al-ZnのAZ合金が、衝撃吸収性や靱性・延性が要求されるステアリングハウジングやシートフレーム等の車体材料としてMg-Al-MnのAM系合金が使用されています。AZ合金もAM合金もAlが添加されているのは、マグネシウムの低い耐食性に起因します。マグネシウムは標準電極電位が -2.36 V と実用金属中で最も低いため、水や塩水など

の電解質があると、金属の種類によらず、その金属に接すると腐食（電食）します。そのため耐食性の改善効果に優れる Al との合金が必要となります（Mn も耐食効果があります）。Mg は Al と同様に軟らかい金属ですので、やはり析出物で強化させます。Al 添加合金を溶体化処理後に時効させることで、 $Mg_{17}Al_{12}$ という金属間化合物が析出し強度と靱性が改善されます。そして Zn 添加は同様に $Mg_{32}(Al, Zn)_{49}$ を時効析出させることで強度が増加します。こうしたことから、汎用のマグネシウム合金には Mg-Al-Zn 三元合金が多用されます。特に Mg-3Al-1Zn や Mg-9Al-1Zn は AZ31 や AZ91 として広く利用されています。

Mg 合金を自動車に適用するメリットに振動吸収性能があります。振動を吸収するので製品の長寿命化と騒音低減に寄与し、自動車のホイールやステアリングへの利用が期待されています。一般に材料は、耐久限度以下の振動を受けると、振動エネルギーを熱として吸収するか消散させ、その能力を減衰能と称します。減衰能は減衰係数で評価し、減衰係数は材料の 0.2% ひずみ相当

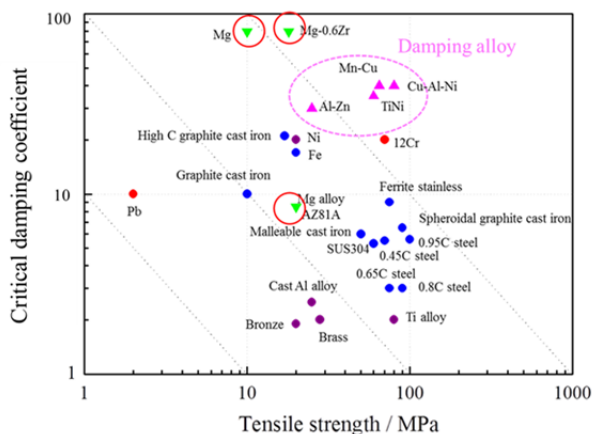


図 16 様々な材料の強度と減衰係数の関係

の引張応力の 1/100 の表面最大せん断ひずみを生じるように、ねじり振動法で測定した固有減衰能値と定義します。この値が高いほど振動吸収能力が高いことになります。図 16 は様々な材料の強度と減衰係数の相関ですが、Mg 合金（図中赤丸）は引張強度は低いですが、減衰性能に優れていることが判ります。

Mg 合金の欠点は、結晶構造が六方晶（HCP）のため塑性加工性が乏しい点と、耐食性が悪い点です。特に後者は、水などの電解質が付着した状態で他の金属と接触すると腐食するため、様々な防食処理が施されています（図 17）。

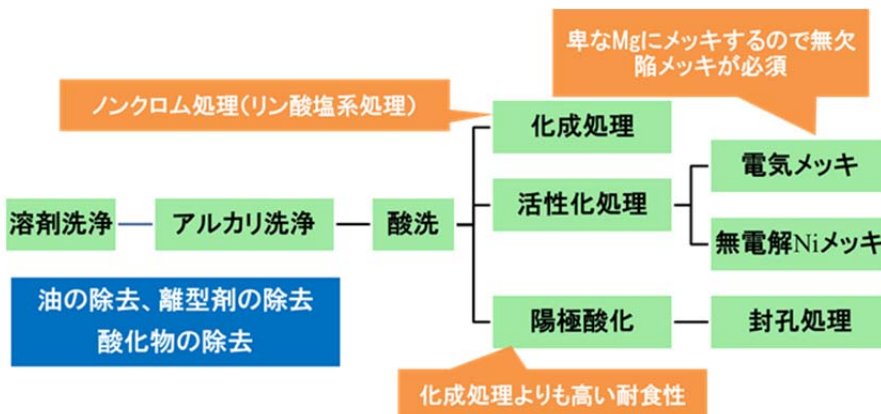


図 17 Mg 合金の主な表面処理

(3) チタン

イタリア・トリノの新興デザインスタジオ「ICONA（イコナ）」は、図 18 のチタン製のボディを纏ったスーパーカー「VULCANO（ヴォルケーノ）」を公開しました。同車は 2015 年に披露したコンセプトモデル「イコナ ヴァルカーノ チタニウム コンセプト」の市販モデルとして世界初のチタンカーとして注目されました。



図 18 チタンボディのスーパーカー VULCANO

チタンは密度が 4.51g/cm^3 とステンレスの 60% で、引張強度は $27\sim 55\text{ kg/mm}^2$ とステンレスと同等のため、鋼に比べて比強度が高く Al より耐熱性に優れます。鋼材を Ti と置き換えることによって二輪車で約 3kg、四輪車で約 8kg の軽量化が可能と言われています。また、Ti は鋼よりも熱膨張率とヤング率が小さく、熱膨張収縮による発生応力の半減が見込まれますので、熱サイクル疲労特性に有利と考えられます。そして Ti は 10% HCl 中に一年間浸漬しても 1 mm 以下しか腐食せず、鉄のような塩素イオンによる腐食に対して強いという特徴があります。一方、結晶構造は Mg と同様に六方結晶格子（HCP）のため変形能に劣り、容易に酸化して酸素を固溶して機械的性質を劣化させます。純 Ti は冷間加工性を有しますが、高強度の Ti 合金は加工性に劣るため、Ti 合金は鍛造品が主になると考えられます。自動車軽量化への寄与は十分ですが、自動車用鋼板で求められるほど薄く加工するのは難しいことと、コストが高いことが最大の難点です。自動車への適用例としては、エキゾーストパイプやマフラーを中心に年間約 1000 トンの市場があると言われています。図 19 はステンレスと Ti のマフラーの比較ですが、Ti は軽量性等に優れますが、やはり価格が課題のようです。



	ステンレス	チタン
軽さ	×	○
剛性	×	○
着色	×	○
光沢	○	×
サウ卜	×	○
価格	○	×

図 19 Ti とステンレス製のマフラーの比較 (<http://www.ganador.co.jp/products/titan.html>)

6. 終わりに

筆者は以前、ロンドンで日本車と北欧車の衝突事故を目にしたことがあります。日本車のフロント部は大きく破損していましたが、北欧車の破損は軽微でした。当時は燃費がよく軽量で足回りのより日本車と、燃費が悪く堅牢な北欧車は対照的でしたが、安全を考えると北欧車の方に分があったようです。あれから30年近く経過し、自動車業界では環境負荷軽減と燃料効率改善が絶対命題となり、軽量化は避けられなくなりました。その昔、自動車は1kgに対し1万円といわれてきましたが、たとえその価格が上昇しても軽量化への取り組みが進むことが予想され、図15で記載したように欧米の方が我が国よりも先行している様です。軽量化の方策は、鋼材ハイテンの更なる高強度化と、鋼材以外の軽量金属の採用率の増加が考えられますが、前者は成形加工の難易度の増加、後者は許容範囲を超えるコスト高という課題があります。安全確保を考えると、一般車の場合、たとえ電気自動車等が広く普及したとしても、ピラーやサイドルーフレールなどの骨格基幹部や、サスペンションやアームなどの足回り部材はハイテンが担い、それ以外の部材は軽量材料の使用比率が増えると考えます。その結果、鋼材と金属以外のCFRPも含む素材との混用割合が増え、マルチマテリアル化が進むほど、異種材料を接続する接合技術と電食対策が着目されることになると考えます。

2017年10月に開催された東京自動車ショーでは、「自律走行（自動化運転）」と「コネクテッドカー」が注目されたそうです。図20は2018年2月に発表された、自動運転・コネクテッドカーに対するサイバーセキュリティソリューションの構成図で、自動走行を妨害するサイバー攻撃対策の必要性を掲げています。時代の流れは、乗車時の居住空間の快適性と、移動における利便性の追求にあるのは確かです。

一方で、それらを満たすには、自動車という輸送機器が安全に走行できるという前提があるからで、そのためには構造部材の素材や成形加工技術の高度化が必須です。未来の車を実現するためにも、材料やプロセス技術の絶え間ない研究開発は今後とも重要と考えます。

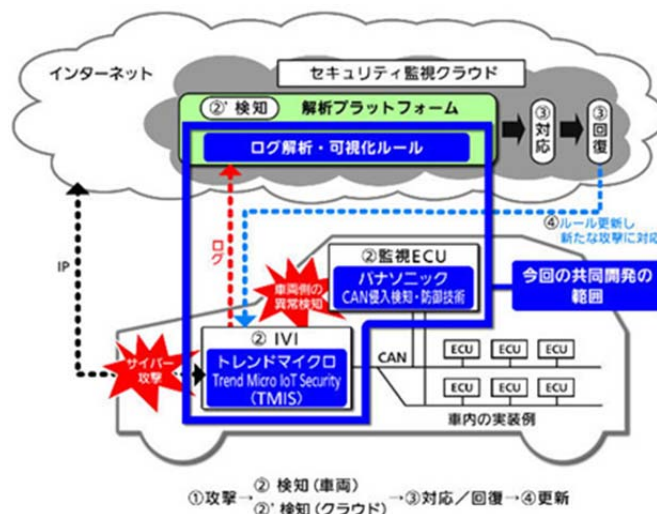


図20 自動車のサイバーセキュリティソリューションの構成図
(<https://scan.netsecurity.ne.jp/article/2018/02/15/40594.html>)