

将来自動車を支える材料技術の進化

神鋼リサーチ（株）大西 隆

2017年5月24日（水）から5月26日（金）までの3日間にかけて「人とくるまのテクノロジー展 2017 横浜」がパシフィコ横浜で開催された。人とくるまのテクノロジー展は公益社団法人 自動車技術会が主催する学会の併設展示会であるが、日本の全ての自動車メーカーが出展する他、部品メーカー、材料メーカー、テストメーカーなど自動車関連企業が多く出展することから、自動車業界の第一線で活躍するエンジニアのための自動車技術展と位置づけられている。出展社数と来場者数の推移を表1に示しているが、今年は自動車技術会創立 70 周年という節目の年に当たり、来場者数、出展社数とも過去最高を記録した。

表1 来場者数と出展社数の推移

	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
入場者数	71,785	78,255	87,523	86,939	87,375	90,687
出展社数	475	463	512	538	537	550

また、出展社の業種分類は表2に示すとおりであり、日本の自動車メーカー（12社）が全て出展しているのに加えて、部品メーカー、テストメーカーが多く出展した。

表2 出展社の業種分類

自動車	部品	材料	テスト	CAE ソリューション	カー エレクトロニクス	R&D・ 出版・団体	合計
12	156	57	183	38	25	79	550

人とくるまのテクノロジー展では様々な自動車技術をテーマにしたフォーラムも開催される。今年は20件のフォーラムが開催され、昨年の14件に比べてフォーラム数も大幅に増加した。このうち、「将来自動車を支える材料技術の進化」と題するフォーラムを聴講したので、その概要を以下に紹介する。

このフォーラムでは自動車メーカー（日産自動車）から基調講演があり、この講演に引き続き材料メーカー（新日鐵住金、JFE スチール、UACJ、旭化成）からの講演が行われた。

日産自動車からは、自動車会社としての環境への取組みについて講演が行われた。

世界の自動車台数は2050年までに25億台になると予想されており、その場合温室効果ガス排出に占める運輸部門の割合は約14%になると試算されている。そのため、各国で自動車に課されるCO₂ガスの排出規制は年々強化されていくことになるが、日産自動車では

- (1) エネルギーおよび資源の使用効率向上
- (2) エネルギーおよび資源の多様性と循環を促進

により、企業活動やくるまのライフサイクル全体で、環境負荷や資源利用を自然が吸収できるレベルに抑えることを取組みのゴールと考えている。

新車のCO₂排出量（Well to Wheel）に対しては、2000年比で2050年までに90%削減する必要があるが、

- ・短期的取組み：内燃機関のロス低減による低燃費車の拡大
- ・長期的取組み：ZEV（EV、FCV）の普及

により目標達成を図ろうとしている。CO₂ 排出量を削減するためには、燃費の向上、車両重量の削減などを実施する必要があるが、材料技術に関わる対策としては、

- ・超ハイテン材（ ≥ 780 MPa）の適用拡大
- ・従来材（鋼板）の軽量素材（Al、CFRP）への置換

などを進めている。鋼板は強度を高めると延性が低下する傾向にあり、プレス加工時の割れが課題となるが、日産自動車では 1.2 GPa 級高成形性超ハイテンを独自に開発し、センターピラーレインフォース、フロントルーフレール、サイドルーフレールへの適用を図っている。また、980 MPa 級の超ハイテン材であるにもかかわらず 590 MPa 級相当の高成形性を有する鋼材が開発されたことから、この開発材の車体骨格部分への採用・実用化を開始している。

このように車体骨格部材に対する超ハイテン材適用拡大の流れを受けて、新日鐵住金では高強度・高機能鋼材の実車適用を拡大すべく、

- ・材料機能を最大限に引き出す材料特性使い切り構造設計
- ・加工・組立てにおける材料利用技術

の開発を行っている。

自動車用鋼板において高強度化が進んだ背景には、これら利用技術の進化によるところが大きいとしており、

- ・高強度化の効果を最大限に発揮させるために、変形により生じた塑性仕事を最大化する構造設計（高強度鋼板の材料特性を使い切る構造設計）
- ・高強度化に伴い成形限界が低くなるため、変形状態を制御して破断を回避する加工技術（高強度鋼板を使いこなす成形加工技術）

をユーザーに提案している。

鋼材には熱延鋼板、冷延鋼板、ホットプレスなど様々な種類があるが、それぞれの鋼材に対して高強度鋼材の開発が進んでおり、熱延鋼板では 980 MPa 級、冷延鋼板では 1470 MPa 級、ホットプレスでは 1800 MPa 級までの高強度鋼材が実用化されている。

JFE スチールから、自動車用表面処理鋼板の最近の動向について報告がなされた。

1970 年代後半になって、欧米の寒冷地において融雪剤による自動車腐食が顕在化したことを契機に、自動車の外板に防錆鋼板が使用されるようになってきている。自動車用防錆鋼板は大きく「合金化溶融亜鉛めっき（GA）」「溶融亜鉛めっき（GI）」「電気亜鉛めっき（EG）」の 3 種類に分類されるが、日本ではプレス成形性や溶接性に優れる GA が主体であり、超ハイテン材の適用拡大と相まって、今後はハイテン GA の需要が高まっていくと予想される。

GA は 500～550℃に焼鈍した鋼板を溶融亜鉛浴に浸漬するプロセスで製造されるが、超ハイテン材には Si や Mn が特に多く含まれており、焼鈍時に Si、Mn が選択的に外部酸化することにより、めっき濡れ性が低下し、欠陥が発生しやすくなる。また、合金化速度が低下するという課題もある。そこで、これらの課題を解決する手段として、「Fe 酸化－還元法」「プレ Fe めっき法」などが提案されている。特に、前者は未焼鈍の鋼材表面にあらかじめ鉄の酸化物層を形成し、再結晶焼鈍過程で該酸化物を金属鉄層に還元して溶融亜鉛めっきを施す手法である。これにより、Si や Mn の選択外部酸化が抑制され、めっき濡れ性を改善できることから、ハイテン GA の製法として実用化されている。

車両重量の削減に向けて、「超ハイテン材（ ≥ 780 MPa の適用拡大」とともに「鋼材のアルミニウム材への置換」も活発に進められており、自動車 1 台当たりのアルミニウム使用量は着実に増加している。

アルミニウムは鋼材に比べて、伸び、形状凍結性が悪く、成形性に劣るが、他の軽量化材料に比べて、強度・延性バランスに優れ、塑性加工用材料として優れている（表 3～表 4）。特に、パネル類に必要な「張り剛性」に関しては、ハイテン化（鋼材を高強度化）しても張り剛性は増加しないため、アルミニウム化による軽量化効果が大きく、軟鋼比：1/2～1/3 の軽量化が可能となる。日本および米国では、フードを中心にアルミニウムパネルが採用されており、採用車種も高級車から環境適用車へと拡大している。欧州では、スポーツカー・高級車種にオールアルミニウム車体が採用されており、採用車種も拡大傾向にある。このように、自動車用アルミニウム材の需要は大幅に拡大する見通しにあることから、世界のアルミニウムメーカーは自動車用アルミニウム材の開発・供給に注力している状況にある。

表 3 アルミニウムと競合材料の物理的性質

材料		密度 (g/cm ³)	熱伝導率 (W/m°C)	導電率 %IACS	線膨張率 ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	溶融温度範囲 (°C)
Al	5182-O	2.7	119	30	24.1	577~638
Mg	MDC1A	1.8	71	10	24.7	470~595
樹脂	SMC	1.8	—	—	—	—
鋼板	SPCC	7.8	71	16	11.7	~1500

表 4 アルミニウムと競合材料の機械的性質

材料		引張強度 TS (N/mm ²)	耐力 (N/mm ²)	伸び (%)	ヤング率 (kN/mm ²)	比強度 TS/ ρ ($\times 10^6$ mm)	比剛性 E/ ρ ($\times 10^6$ mm)
Al	5182-O	270	130	26	71	10.0	2600
Mg	MDC1A	234	159	3	44	13.3	2500
樹脂	SMC	70	—	1.5	11	3.9	610
鋼板	SPCC	310	180	42	210	4.2	2700

自動車用アルミニウム材には、従来成形性に優れる 5000 系合金が多用されていたが、現在は時効処理により高強度化できる 6000 系合金が主流になっている。このような背景から、UACJ では 6000 系合金の自然時効と人工時効現象を研究しており、6000 系合金の自然時効を抑制できる組織制御技術、6000 系合金を強化できる人工時効処理技術（二段時効法、三段時効法など）の開発を進めている。

自動車技術は様々な要素技術で構成されているが、材料技術の進化が将来の自動車の革新を支える基盤であることに間違いはない。自動車の車体には今後とも様々な新材料が使用されていくと予想されることから、材料技術者の視点で今後の動向を捉え、自動車分野における材料技術情報の収集・発信を続けていきたいと考えている。

以上