

素材開発から見た自動車構造材の軽量化

三井物産戦略研究所
 マテリアル&ライフイノベーション室
 大楠恵美

自動車「軽量化」の背景とその方策

材料やエネルギーの効率的利用はあらゆる産業において重要な課題である。自動車産業においても、1970年代のオイルショックやその後の資源問題、環境意識の高まりにより環境負荷低減が絶え間なく要求され、図表1に示すとおり日米欧を中心に燃費向上やCO₂排出量の抑制に関する高いハードルが設定されている。燃費にはエンジン性能や転がり抵抗などが関わるが、中でも車体重量は燃費支配要因の40%程度を占め、車体軽量化の意義は大きい。一般に100kgの軽量化は燃料消費を8%以上低減し、燃費を約1km/ℓ向上させるといわれ、「軽量化」は今や自動車各社共通の重要な取り組み課題の一つとなっている。

軽量化には樹脂、アルミニウム合金、マグネシウム合金などの軽量化素材の採用や、部品の小型化や中空化、ハイテン材の活用などさまざまなアプローチが取られてきたが、本稿では、技術開発により従来以上に軽量化が図れるようになった超高張力鋼（超ハイテン材）や、生産性向上とコストダウンへの取り組みにより、いよいよ量産車への採用段階を迎えようとしている炭素繊維強化プラスチック（CFRP）に注目する。

素材開発と量産車への適応

超高張力鋼（超ハイテン材）

鉄鋼材料は自動車重量の7割を占める主要素材であるが、中でも近年、自動車鋼材の5割以上が「ハイテン材」と呼ばれる引張強度の高い鋼材となっており、数年後には6割に達すると見込まれている。ハイテン材とは高張力鋼（High Tensile Strength Steel）の略称で、普通鋼材の多くが引張強度270~330MPa程度であ

るのに対し、440MPa以上のものがハイテン材、さらに強い980MPa以上は超ハイテン材と呼ばれる。1990年代は440MPa級ハイテン材が、2000年代前半は590MPa級がそれぞれ一般的となり、2000年代後半には超ハイテン材が使われ始め、現在は車両部位に応じた材質の使い分けが進んでいる（図表2）。

従来、ハイテン材には、高強度化すると成形性や形状凍結性、溶接部強度の確保などが難しくなる問題があったが、これらは加工方法の改善や成分系の変更等により克服され、自動車への適用が可能となった。今後さらにハイテン材や超ハイテン材の適用部位拡大が進むものと予想される。

日産自動車と新日本製鐵、神戸製鋼所が共同開発した超ハイテン材の引張強度は1,200MPaで、2013年発売の量産車に採用される見通しである。鉄鋼メーカーが従来の超ハイテン材をより微細化し、硬質相と軟質相が最適な組織分配率となる複合組織を形成、強度延性バランスの改善を達成したこと、超ハイテン材に最適な新たなスポット溶接パターンを確立したことの二つの技術開発によっており、冷間プレスによる超ハイテン材が自動車骨格部材として採用される見込みである。

一方、マツダ、住友金属工業、アイシン高丘の共同開発による超ハイテン材は1,800MPaで、2012年発売車のバンパービームに使用される。これは580MPaのハイテン材を加熱した後、高温状態でプレス加工、そのまま金型で冷却（焼入れ）することにより高強度化する熱間プレス工法によっている。

熱間プレスは、プレス前の酸化防止処理が必要となるものの、強度レベルの低い鋼材を高温でプレスするため複雑な形状に対応できる利点があり、欧米で導

入が進んでいる。自動車生産のグローバル化と素材調達において、鉄鋼メーカーの技術開発による超ハイテン材を活用した冷間プレスと欧米で進む熱間プレスのどちらが将来の主流になるのか、その動向も今後の注目点の一つである。

ハイテン材や超ハイテン材は、衝突安全性確保と軽量化の両立を可能にする材料である。鉄鋼材料は自動車メーカーが要求する性能を満たせる幅が広く、最も価格競争力に優れた素材であるため、今後も進化を続けながら自動車の主要素材であり続けるだろう。

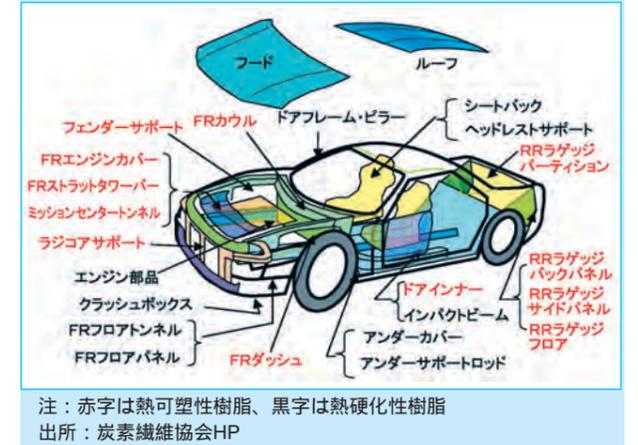
炭素繊維強化プラスチック（CFRP）

炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastics：以下CFRP）とは、炭素繊維と合成樹脂との複合材をいう。CFRPに使用される炭素繊維は比重が1.8前後と鉄の7.8に比べて約4分の1、引張強度を比重で割った比強度が鉄の約10倍、引張弾性率を比重で割った比弾性率が鉄の約7倍と、「軽く強い」素材である。東レ、帝人¹、三菱レイヨンの日系3社で世界の炭素繊維生産の約70%を占め、航空機・風力発電用ブレード・圧力容器などの産業用途に加え、自動車部品等への用途拡大により年率15%以上の需要拡大が見込まれている。

従来、自動車へのCFRP部材導入はレーシングカー、スポーツカー等のごくわずかにとどまっていたが、技術革新による低コスト炭素繊維の開発、高効率成形プロセスの導入により、CFRPの自動車用途への本格採用が期待され、日系3社は欧米企業との連携を強めている。2011年に東レは独ダイムラーAGとCFRP部品の製造販売の合弁会社を設立し、2012年からメルセデス・ベンツ向け部材を供給予定である。帝人はGMと共同開発契約を締結、松山にパイロットプラントを建設し、2015年発売車に向け開発を行うとしている。また、三菱レイヨンはSGLグループ（独カーボンメーカー）と2011年に炭素繊維原料の製造合弁会社を設立、この炭素繊維はBMWが2013年発売予定の電気自動車i3シリーズ²での採用を予定している。

量産化技術では、熱を加えると溶け常温で固化する「熱可塑性樹脂」を用いて、プレス加工で1分以内に成形する技術を帝人等が確立している。2011年7月より経済産業省を中心に産官学を挙げてCFRP成形技術の評価研究基盤整備が始まり、日系企業の強みである素材生産（川上）に加え、成形加工（川中）、自動車メーカー等ユーザー（川下）の連携強化が図られている。

図表3. CFRP使用可能箇所



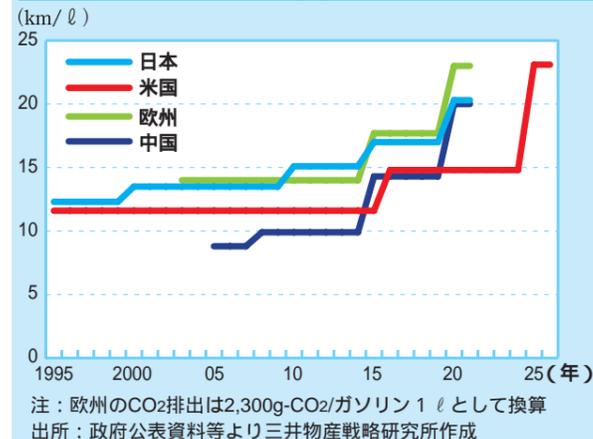
実用化に向けての今後の技術開発

自動車には今後も安全性と環境性能の向上が求められる、軽量化のニーズはますます高まり、さまざまな素材を用いて数百グラムから数キログラム単位での軽量化努力が続けられていくものと思われる。素材の多様化は新たな接合技術を要求し、材質や厚さの異なるものを接合する溶接、接着といった技術も実用化・製品化のための重要なポイントとなってこよう。アルミと鋼材、マグネシウムと鋼材などの接合技術が既に開発されており、接合技術を伴う素材開発がますます必要となっていこう。

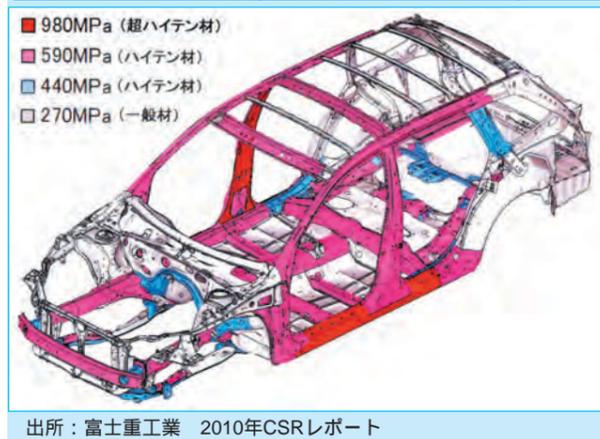
自動車用構造材料には、安全性の担保に加え、厳しい価格競争力が求められる。最も価格競争力に優れた鉄鋼材料はその代表格であり、本稿で取り上げた超ハイテン材もその延長線上にある。鉄鋼材料は絶え間ない努力により、より軽く、より強い材料に置き換わりながら自動車軽量化を徐々に推進していく素材ということができる。

一方、炭素繊維は、航空機では主要構造材に使われるほど強度に優れ、軽量化の切札の素材に成長しているが、自動車用素材としては価格が桁違いに高いため、従来は超高級車の一部にしか採用されず、量産車への適用は不可能であった。鋼材価格がキログラム当たり百~数百円台であるのに対し、CFRPは1万円以上といわれ、鉄鋼代替の試算でも、使用する重量は少なくなるものの、コストは鋼材使用と比べ十倍近く高価になる。しかし、さらなるコストダウンを目指してCFRPの新たな成型方法や量産技術を開発中であり、飛躍的な価格低減が実現できれば高級車の一部にとどまらず量産される一般の自動車にも採用される可能性が出ている（図表3）。今後の動向に注目したい。

図表1. 各国・地域の燃費基準



図表2. 鋼材使用例（新型レガシィの場合）



1 100%子会社の東邦テナックスを含む。
 2 BMW電気自動車i3シリーズは、アルミニウム合金製シャーシーに、CFRPを全面的に使用した居住部分（パッセンジャー・セル）を接合する構造としている。