

# 特別講演

□第173回春季講演大会渡辺義介賞受賞記念特別講演  
(平成29年3月15日)

## 自動車軽量化技術の進展と 素材メーカーとしての神戸製鋼の取組み

Advances in Automotive Lightweighting Technology and  
Kobe Steel's Initiatives as a Materials Manufacturer



\*脚注に略歴

川崎博也 (株)神戸製鋼所  
代表取締役会長兼社長  
Hiroya Kawasaki

### 1 はじめに

私は大学を卒業し神戸製鋼所に入社してから長らく技術者として、また経営者として鉄鋼業に関わって参りましたが、この度は栄誉ある生産技術賞を頂戴し誠に光栄なことであります。これも社内外の多くの皆様のご指導、ご支援があったからこそと思っております。この紙面をお借りして厚く感謝を申し上げます。

本報告では、「自動車軽量化技術の進展と素材メーカーとしての神戸製鋼の取組み」と題して、当社が中期経営計画で取り組んでいる輸送機軽量化、その中でも、鉄鋼材料と関わりの深い自動車軽量化に関する取組みを中心に紹介したいと思います。

### 2 神戸製鋼グループの事業戦略

図1に示すように、2016年度から新たに始まった当社の中期経営計画「KOBELCO Vision G プラス」では、航空機・自動車・船舶などの輸送機軽量化やエネルギー・インフラを中長期的に伸張する成長分野と位置付けており、素材、機械そして電力を三本柱として事業基盤の強化・成長を目指している。その中でも軽量化のニーズが高い自動車分野は、様々な素材を有する当社の特長が活かせる重要な領域であることから、研究開発・技術開発の強化に取り組んでいる。

本報告では、自動車に要求される性能と鉄鋼メーカーの役割、またそれらに対して神戸製鋼はどのような技術、製品を提供してきているかについて紹介する。合わせて、車体軽量

化の最新動向と当社の将来の取組みについても説明する。

### 3 自動車に求められる性能と鉄鋼メーカーの役割

自動車に対してはデザインや走行性能などのドライバーからのニーズだけでなく、燃費・環境性能や運動性能、安全性といった特性も要求される(図2)。特に、燃費・環境性能や、運動性能、安全性の向上については、先進国での法規制の強化もあり、自動車メーカーが対応すべき非常に重要な課題となっている。ご存知のように燃費規制に対しては、ハイブリッドカーや電気自動車、燃料電池車といった環境対応車の普及が、安全性の向上に対しては衝突防止技術や自動運転などの普及が進んでいる。しかしながら、このような技

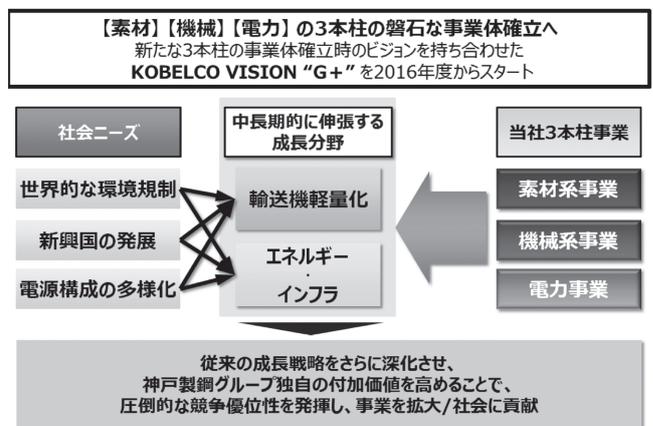


図1 当社中期経営計画

\* 昭和55年京都大学大学院工学研究科修士課程を修了後、(株)神戸製鋼所に入社し、IPP本部建設部長、加古川製鉄所設備部長、同副所長、執行役員・技術総括部長、常務執行役員、専務取締役などを歴任し、平成25年に社長就任。平成28年より現職。

術の効果をさらに高めるためには、自動車自体を軽量化していくことが非常に重要なポイントとなる。

### 3.1 自動車を取り巻く規制

自動車を取り巻く規制としては、まずは燃費・環境に対するものが挙げられる。図3は各国のCO<sub>2</sub>排出量に関する規制の推移を示しているが、どの国も年々規制値が厳しくなっている。現状では欧州と日本の規制が他の国に比べて厳しいが、2020年以降に向かっては、米国、中国の規制も大幅に強化されていく。

CO<sub>2</sub>の削減は言い換えると燃費の向上になる。図4は横軸に車体重量を、縦軸にCO<sub>2</sub>排出量を示しているが、当然ながら車が重くなるほど走行距離当りのCO<sub>2</sub>排出量が増える傾向がある。規制をクリアするためにはCO<sub>2</sub>排出量を減らす必要があるが、それには2通りの方法がある。

1つ目はエンジンの燃費改善や電動化などといったパワーtrainの性能向上、改良によってCO<sub>2</sub>排出量を削減する方法であり、ハイブリッドカーや電気自動車などの環境対応車がこの方法に当たる。2つ目はクルマそのものを軽くしてい

くことであり、この方法はガソリンエンジン車だけでなく環境対応車の重量増加に対する対策としても有効である。

次に衝突安全に関する規制について説明する。表1は世界各地の衝突安全性能に関する規制状況を示したものであるが、規制に関しては米国と欧州が先行しており前面衝突における微小ラップ衝突や、側面衝突におけるポール衝突などといったより厳しい条件での衝突安全性が求められている。日本や中国についても欧米を追随する形で今後より厳しい安全基準が適用されていくものと考えられる。そのため、自動車メーカー各社は表1に示しているような日・米・欧・中の主要市場向けで、最高レベルでの衝突安全性を達成する必要がある。

自動車の衝突については、もう一つのアプローチとして予防安全という考え方があり、現在は衝突防止機構などが良く知られている。予防安全については表2に示すようにさらなる自動運転化の検討も進められている<sup>3)</sup>。自動運転化を始めたこれらの予防安全技術はいわゆる「アクティブセーフティ」であり事故の発生確率を減らす技術になる。一方、先ほど説明した衝突安全性は「パッシブセーフティ」であり、

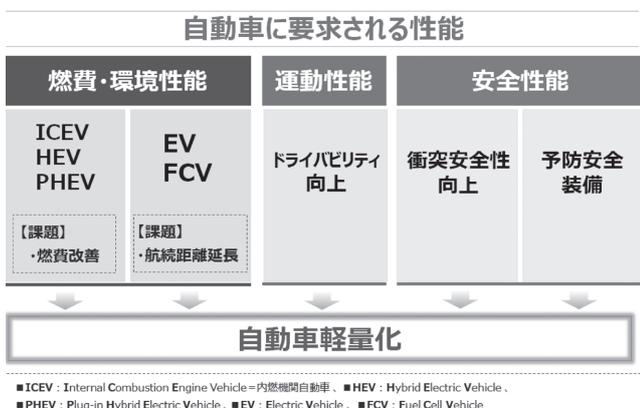


図2 自動車に要求される性能

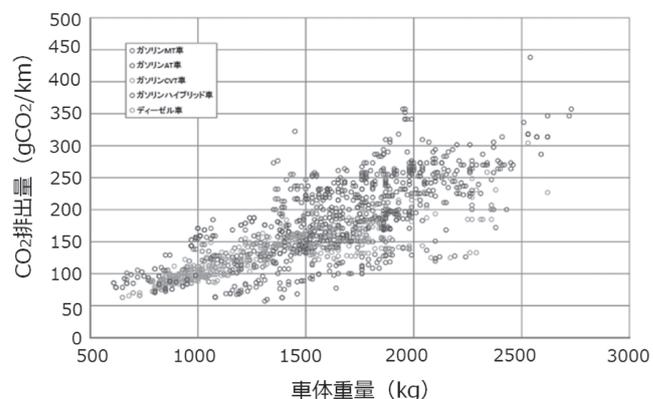


図4 乗用車の車両重量別CO<sub>2</sub>排出量 (JC08モード)<sup>2)</sup>

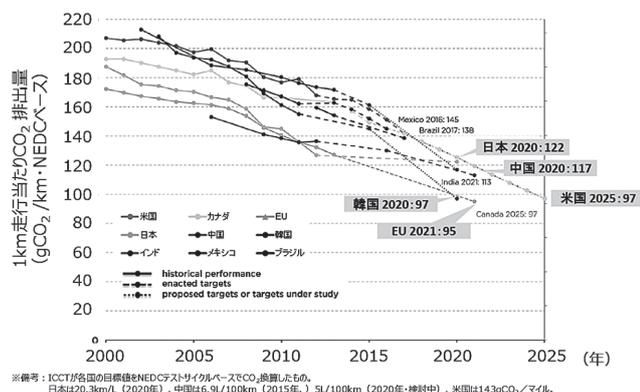


図3 CO<sub>2</sub>排出目標の推移・将来目標<sup>1)</sup>

表1 衝突安全規制の強化状況

|    | 前面衝突               |                   |                  | 側面衝突  |     | ルーフ強度 |
|----|--------------------|-------------------|------------------|-------|-----|-------|
|    | フルラップ<br>(100%ラップ) | オフセット<br>(40%ラップ) | オフセット<br>(側面ラップ) | 台車バリア | ポール |       |
| 米国 | 法規                 | ○                 | ○                | ★     | ○   | ○     |
|    | UN NCAP            | ○                 |                  |       | ○   | ○     |
|    | IIHS               |                   | ○                | ◎     |     | ◎     |
| 欧州 | 法規                 |                   | ○                |       | ★   |       |
|    | Euro NCAP          |                   | ○                | ●     | ○   |       |
| 中国 | 法規                 | ○                 | ○                |       | ○   |       |
|    | C NCAP             | ○                 | ○                |       | ○   |       |
| 日本 | 法規                 | ○                 | ○                |       | ○   |       |
|    | J NCAP             | ○                 | ○                |       | ●   |       |

※NCAP:第3者機関による衝突安全/衝突予防性能評価 (公表されて消費者の判断材料の一つとなっている)  
 ◎ 米国IIHSがルーフ強度テストの強化 (2009)、微小ラップ試験の導入 (2013)  
 ★ 米国と欧州では後/オフセットおよびポール衝突の法規化を予定 (2017年)  
 ● 欧州/日本で側面衝突試験速度を非米部のみ60km/hへ (2017~2018年モデル年)

これは万が一事故が起きた時に人の命を守る技術である。自動運転が普及したとしても万が一衝突した時の乗員の安全は確保することが必須であり、衝突安全性については将来も必要な要素であると考えられる。

### 3.2 規制への対応と鉄鋼メーカーの役割

上述で説明した内容を今一度図5に整理した。自動車メーカーの課題としては、「燃費・環境性能の向上」と「安全性向上」の二つがある。どちらも車体重量が軽い方が有利であるが、燃費・環境性能の向上に関してはハイブリッドカーや電気自動車のようにバッテリーの搭載などによって重量は増加する傾向にある。

一方、衝突安全性向上のためには安全対応装備の追加や丈夫な骨格の車にする必要があるため、こちらも重量の増加が避けられない。これらの問題を解決するためには自動車自体の軽量化は避けて通れない重要な課題であり、今後ますます軽量化のニーズが加速していくものと思われる。

自動車の軽量化の手法については、「材料置換」、「工法最適化」、「構造最適化」に大別されるが、「工法最適化」と「構造最適化」については使用する材料の影響も大きいことから「材

料置換」が軽量化のキーとなる。

自動車軽量化に対する当社の取組みを図6に示す。「材料置換」の方法としては、「自動車に多く採用されている鉄鋼材料を高強度化することで、使用する鉄鋼材料の重量を減らす方法」と、「鉄より軽いアルミなどの材料を使用することで重量を下げ方法」の二通りの方法がある。当社は鉄鋼とアルミのどちらも有するメーカーであるため、「鉄鋼の高強度化」と「アルミの適用」の両方で自動車の軽量化への貢献に取り組んでいる。また、鉄とアルミを上手く組み合わせることで、より効果的な軽量化ができるような「マルチマテリアル化」についても検討を進めており、それを支える「接合技術」などのソリューションについても開発に取り組んでいる。

## 4 製品に求められる特性と対応する技術

図7には自動車の車体重量の構成比率を示す。最も比率が高いのはボデーに関する部材で、全体の4割を占めている。次に多いのはサスペンションやシャーシ、その次にはパワートレインといった順番となっている。当社の鉄鋼製品はこれ

表2 安全運転支援システム・自動走行システムの定義

| 分類      | 概要             | 実用化  | 左記を実現するシステム                           |
|---------|----------------|--|---------------------------------------|
| 情報提供型   | ドライバーへの注意喚起等   |  |                                       |
| 自動制御活用型 | 【レベル1】単独型      | 加速・操舵・制動のいずれかの操作をシステムが行う状態                   | 既に各社が実用化済み（自動ブレーキ機能など）                |
|         | 【レベル2】システムの複合化 | 加速・操舵・制動のうち複数の操作を一度にシステムが行う状態                | 日産、テスラ、メルセデス・ベンツが販売。トヨタ、ホンダは2020年に予定。 |
|         | 【レベル3】システムの高度化 | 加速・操舵・制動を全てシステムが行い、システムが要請したときのみドライバーが対応する状態 | 2020年頃                                |
|         | 【レベル4】完全自動走行   | 加速・操舵・制動を全てシステムが行い、ドライバーが全く関与しない状態           | 2025年頃                                |

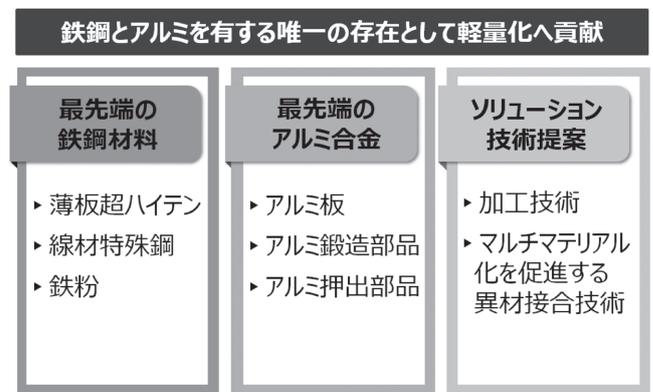


図6 自動車軽量化に対する神戸製鋼の取組み

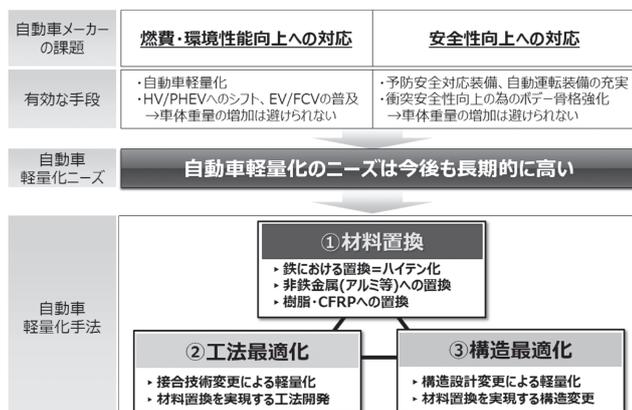


図5 自動車分野の軽量化ニーズ

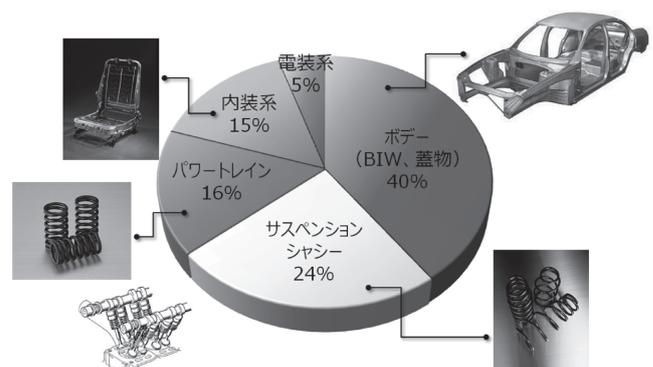


図7 車体重量の構成比率と鋼材の関係

ら車体重量の構成を成す各部材で使用されており、車体全体の軽量化に様々な形で貢献している。

以下に各部材で使用されている線材・条鋼製品および薄板製品の車体軽量化に対する取組みを紹介する。

#### 4.1 線材・条鋼製品における対応技術

図8に示すように線材・条鋼製品を使用した自動車部品は多岐に渡っているが、その中でも神戸製鋼の線材・条鋼製品はパワートレインや足回り部品に多く使用されている。線材・条鋼製品としては、クルマ1台当たりで約220kgが使用されていることから、これらの製品の重量を減らすことは自動車の軽量化に大きく貢献すると言える。

表3は線材・条鋼製品の高強度化による軽量化効果の事例を示している。弁ばねについてはばね高さの低減が、ボルトについては小型化や細径化が、懸架ばねについてはばねの巻き数を減らすことが可能となる。また、タイヤに使用されるスチールコードについては使用量を減らすことが可能となる。ただし、高強度化が進むことに対応して耐疲労性、耐久性、加工性などの強度以外の特性についても要求特性が厳しくなることから、それらの課題についても同時に解決する必



図8 自動車に使用される主な線材・条鋼製品

要がある。

#### 4.1.1 弁ばねの高強度化に対する取組み

弁ばねは、1分間に何千回もの伸縮を繰り返しており、例えば10万kmの走行で約1億回もの伸縮が繰り返される非常に過酷な状況で使用されている部品である。自動車エンジンの効率化のために「高出力化」、「低燃費化」、「小型化」が要求されるが、いずれも図9で示すように弁ばねを小型化・軽量化することが重要な因子であり、そのためには使用される線材の高強度化が必要となる。

当社ではこの様な要望に応えるべく、数十年来に渡って弁ばねの高強度化を実現するための材料開発に取り組んできた<sup>4)</sup>。図10は横軸に材料の疲労強度指数を、縦軸に軽量化効果を示したものである。現在は第3世代の弁ばねであるKHV12Nを開発し量産している。図11に示すように、この鋼材は1980年頃に量産されていた従来の汎用鋼に対して、ばね重量で約50%の軽量化を達成している。さらにばねの高強度化・軽量化により、ばねだけでなくエンジン自体の小型化・軽量化も可能となることから、クルマ全体の軽量化に大きく

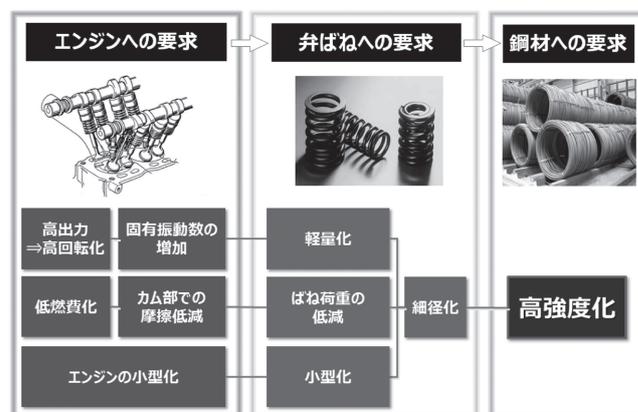


図9 エンジンの要求に対する鋼材の必要特性

表3 線材・条鋼製品の高強度化による軽量化効果

| 種類                  | 高強度化による軽量化効果                                   | 高強度化における課題 |
|---------------------|--|------------|
| 弁ばね用鋼 (エンジン)        | ・高強度化により、弁ばね高さ低減が可能<br>⇒弁ばね自体の小型化              | ・疲労        |
| 冷間圧造用鋼 (コンロッド締結ボルト) | ・高強度化により、ボルトの小型化・細径化が可能<br>⇒ボルト細径化によりコンロッド小型化等 | ・耐遅れ破壊性    |
| 懸架ばね用鋼 (サスペンション)    | ・高強度化により、ばね巻き数減少<br>⇒懸架ばね自体の小型化・軽量化            | ・腐食耐久性     |
| スチールコード用鋼 (タイヤ)     | ・高強度化により、スチールコード量削減<br>⇒タイヤの軽量化                | ・加工性       |

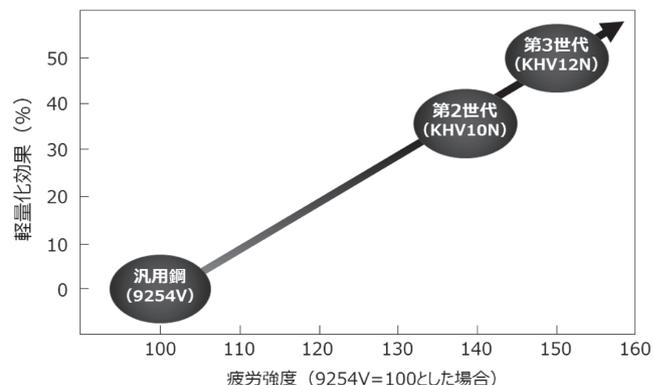


図10 弁ばねの高強度化の推移

貢献する。

一方で、弁ばねの高強度化が進むと使用されるばね自体の線径が細くなるため、耐疲労強度も同時に向上させていくことが必要となってくる。これは線径が細くなることにより疲労強度に対する介在物の影響が大きくなるためであり、影響の大きい介在物としてはSiO<sub>2</sub>系などの非金属系介在物が挙げられる。これらの非金属系介在物については、図12に示すように製鋼段階で介在物の組成を制御することにより低融点化し、圧延時に介在物を小型化・無害化できるようにすることで解決している<sup>5)</sup>。

#### 4.1.2 ボルトの高強度化に対する取組み

弁ばね以外のボルトなどについても同様で、高強度化により部品自体が小型化できるだけでなく、ユニットや車両自体の小型化や軽量化にも貢献している。図13にボルト用鋼材の高強度化に対する推移を示す。当社では既に1,300~1,400MPaの強度を実現する鋼材を開発・実用化済みだが、現在はさらに1,600~1,700MPaを実現する鋼材を開発中である。このような高強度化にあたっては静的強度を高めなが

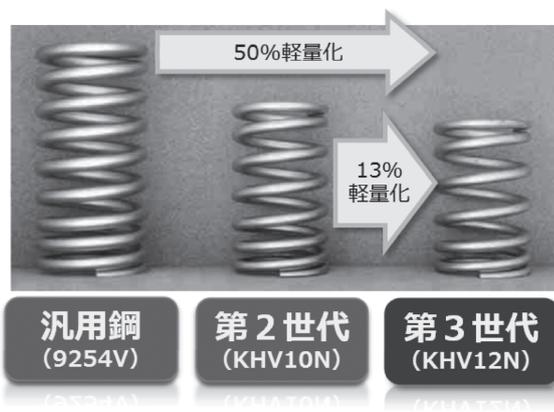


図11 弁ばねの高強度化による軽量化効果

ら、耐遅れ破壊特性も両立して確保するための化学成分設計と最適熱処理条件の選択がキーとなる。

#### 4.2 薄板製品における対応技術

図14にボデーの軽量化に対する動向を示す。自動車における薄板製品の主な用途はボデーになるが、ボデーは大きく分けると「パネル・蓋物」と「ボデー骨格」に分類される。パネルや蓋物などについては剛性の制約などから、高強度化により板の厚みを薄くするには限界がある。そのため、一部車種ではアルミや樹脂などの鉄よりも比重の軽い材料の適用が進んでいる。

一方、ボデー骨格については、衝突安全性が必要であること、および形状の工夫などにより剛性の問題はクリアできることから、「高強度化」と「軽量化」の両立が可能な高張力鋼板、即ちハイテン材が主流で採用されている。

実際にボデー骨格へのハイテン材の適用を考えた場合には、衝突安全性の観点からボデーの場所によって求められる性能は変わってくる。表4に示すように、キャビンについては衝突時に乗員を守るために潰れないことが重要になる。そのため、材料については高強度化だけでなく、耐遅れ破壊性や靱性が求められる。一方、フロントとリアについては上手く

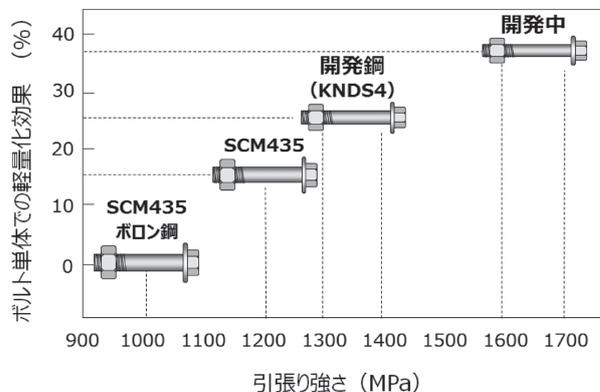


図13 ボルト用鋼材の高強度化推移

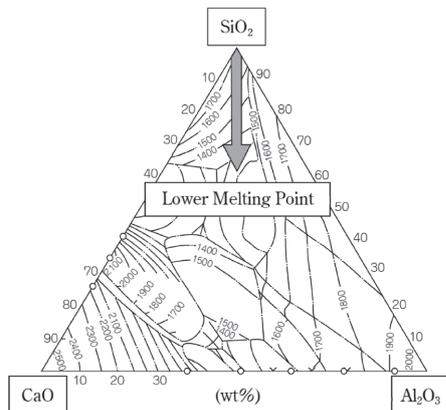


図12 介在物組成の低融点化

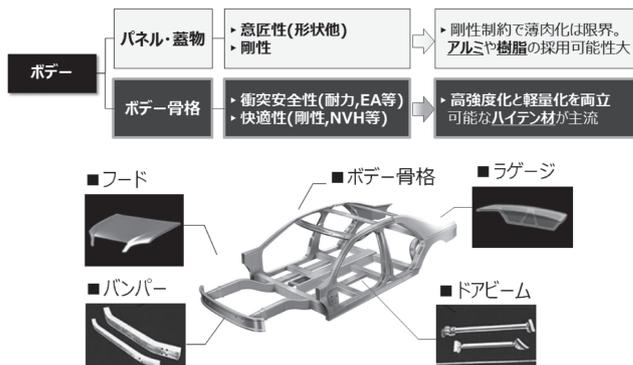


図14 ボデー軽量化手法の動向

潰れて効果的に衝撃を吸収する必要がある。そのため、材料については高強度化だけでなく、曲げ性や靱性が求められる。

これらの部位ごとの要求に加えて、実際に自動車用の鋼板として使われるためにはプレス成形性や溶接性などの性能も必要になる。

実際のクルマへの採用動向について、もう少し詳しく説明する。図15にボデー骨格へのハイテン適用動向を示す。ここに示しているのは衝突安全性も担うボデー骨格を部品毎に分解したものである。色が濃くなるほど材料強度が高くなっていくが、図を見て分かるように今後ますます高強度ハイテンを適用する部品が広がっていく。当社ではこのような流れを見越して新しいハイテンの開発に鋭意取り組んでいる。

当社では590MPa級ハイテンが採用され始めた90年代後半から高強度と加工性のバランスに優れたDP鋼を開発・生産してきた。さらに高強度化した980MPa級ではボデー骨格の主要部品に対するハイテン化にも貢献してきた。

しかしながら、DP鋼であっても980MPa以上の高強度域においては強度と加工性を高次でバランスさせることは困難である。図16は、横軸に強度、縦軸に伸びを示したもので、一般に強度が増すと伸びは低下していく。当社は、DP鋼よりさらに一段上の加工性を有する高加工性ハイテンとしてTBF鋼を開発し、2013年からボデー骨格の主要部品に量産

表4 自動車車体用ハイテンに求められる性能

| 対象            |                         | 求められる特性   |
|---------------|-------------------------|---|
| 部品性能面で求められる性能 | キャビン<br>【潰さないエリア】       | ▶乗員を守る“強固なキャビン”が必要<br>→超高強度、遅れ破壊性、靱性など                    |
|               | フロントおよびリア<br>【うまく潰すエリア】 | ▶エネルギー吸収 (EA)や潰れ方を重視<br>→曲げ性、靱性など                         |
| 部品製造面で求められる性能 |                         | ▶プレス成形 (寸法精度確保)<br>→均一伸び (Ei)、局部伸び (λ)<br>▶溶接<br>→スポット溶接性 |

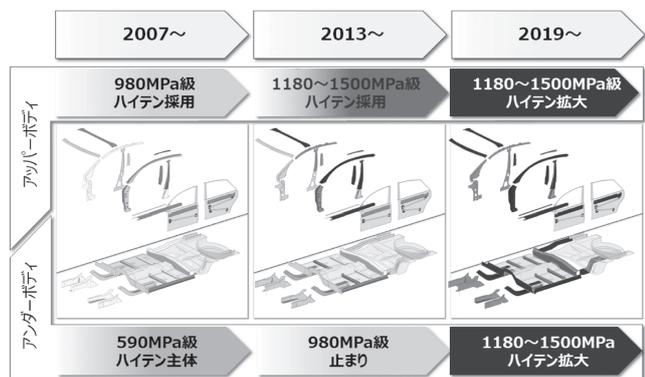


図15 ボデー骨格へのハイテン適用動向

適用されている。今後は、さらに高加工性を有する次世代ハイテン、いわゆるジェネレーション3のハイテンが、日本でも世界でも求められていることはご存じのとおりである。

図17に次世代ハイテンに対する当社の取組みを示す。当社はこれまではミクロンスケールでの組織制御により、強度と伸びの向上に取り組んできた。従来のTBF鋼では、ベイニティックフェライトを母相として、残留オーステナイトをミクロンスケールで薄く微細化することで、破壊起点となる課題を解決し、強度と延性のバランスを向上させ、高強度、高延性を実現してきた。これらの材料に対し、さらなる高強度・高延性を目指す次世代の革新鋼板の開発では、高延性を示す残留オーステナイトをナノスケールで微細分散させるとともに、母相のベイナイト組織を、より一層微細化することで、高強度と高延性をバランスよく実現することを目指している。また、理想的な組織を実現するための製造技術、熱処理プロセスの探索についても、大学と共同で取り組んでいる。

次世代ハイテンの開発については経済産業省の主導で進められている「ISMA (Innovative Structural Materials Association) プロジェクト」でも取り組まれており、当社もこのプロジェクトに参画し、先ほど説明したナノスケールでの組織制御のコンセプトの確認、実現に向けて研究開発を進めている。

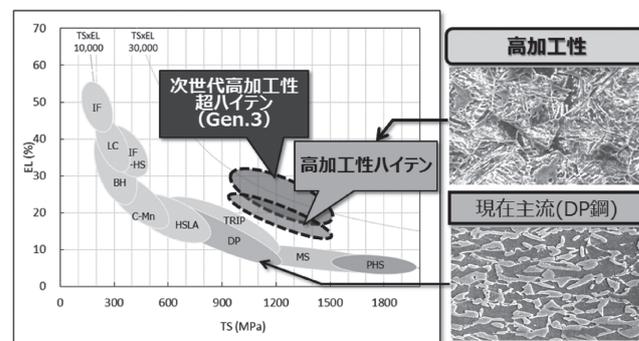


図16 当社自動車ボデー骨格用ハイテンの商品化動向

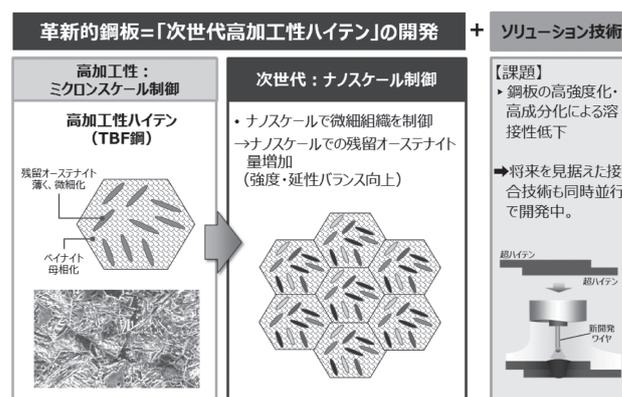


図17 次世代ハイテンへの当社の取組み

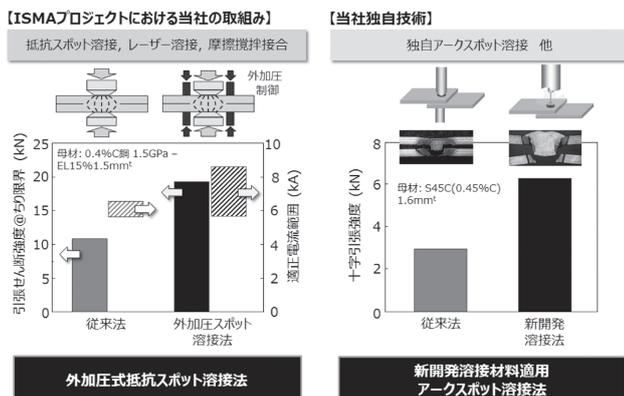
ISMAプロジェクトでは、高強度と高加工性の両立を目指しており、強度×伸び=30,000以上という非常に高いレベルの目標を掲げている。当社は炭素添加量の増加により残留オーステナイトを増加させ、さらにこの残留オーステナイトを高度に組織制御することにより、実験室レベルでは、ほぼこの目標を達成できるデータが得られている。今後、次世代の高加工性ハイテンは商品化・実用化に向けて着実に検討を進めていく。

一方で、材料自体の高強度化に加えて、ハイテンの高強度化に伴う主要な課題のひとつとして接合方法がある。一般的に高成分化に伴いスポット溶接が難しくなる。また高強度化にともない機械接合も難しくなる。そこで当社は、こういった課題を解決するための高強度ハイテンの接合方法についても開発を進めている。

次世代ハイテンについても炭素添加量の増加により溶接性が低下するといった問題があるため、実用化にはハイテン同士の接合技術についても合わせて検討を進める必要がある。現在、当社では独自技術で様々な溶接方法による継手強度の向上に対する検討を行っている。

ここでは取組みの事例を二つ紹介する(図18)。一つ目は「外加圧式抵抗スポット溶接法」である。これは強度の高い鋼板同士を上手く密着させるために溶接チップの周囲を押さえ、溶接する方法であり、従来の方法よりも広い電流範囲で従来以上の強度を確保することが可能となる。二つ目は「新開発の溶接材料を適用したアークスポット溶接法」である。次世代ハイテンの高カーボン化に対応した新たな溶接材料を用いてアークスポット溶接を行うことで、従来の抵抗スポット溶接法と比較して非常に高い強度が得られる<sup>6)</sup>。

このように当社では高強度鋼板の材料開発だけでなく、それを使いこなすための接合技術や新たな溶接材料についても技術開発を進めている。



## 5 車体軽量化の最新動向

車体軽量化については、超ハイテンやホットスタンプ材の適用拡大、よく言われる「鉄の使い切り」だけではなく、最近では非鉄材料との組合せ、すなわち、「マルチマテリアル化」も伸展している。マルチマテリアル化については欧米が先行しており、高級車を中心に蓋物をアルミ化する事例が増加しているだけでなく、ボデー骨格部品へのCFRPの適用も始まっており、様々な素材の適用が検討されている。このような流れは止めることは出来ず、鉄鋼材料についても今後はマルチマテリアル化の動向にも対応していくことが重要と考えている。

マルチマテリアル化、すなわち鉄鋼材料で構成されていたボデーに非鉄材料が使われるようになると、従来の接合技術が使えずに新たな技術が必要になってくる。すでに欧州の自動車メーカーでは接着剤やカシメ接合などが先行して採用されているが、今後のマルチマテリアル化の流れの中で接合技術は大きく変化していく時期にあると考えている。

例えば鉄とアルミとの接合を考えると、蓋物へのアルミ板の適用ではアルミと軟鋼との接合が主であり、リベットやカシメを活用した機械接合が採用されているが、ハイテン材や超ハイテン材、ホットスタンプ材となると穴あけが難しくなり、衝突時に亀裂などの課題も出てくる。超ハイテンの採用が進んでいく際の課題として、他素材とのマルチマテリアル化のための機械接合の進化や機械接合と溶融接合の組合せなどといった多様な接合方法の開発・実用化がキーとなる。

こういった中で、現在当社では超ハイテンとアルミ材料の組合せを対象とした異材接合技術の開発にも力を入れている。そのひとつが、図19に示すような金属エレメントと溶接ワイヤを併用する溶接法であり、この方法を当社では「エレメントアークスポット溶接法」と呼んでいる<sup>7)</sup>。この溶接方法は、他の接合方法と比べて非常に高い継手強度を示すことを確認している。今後も、継手強度、コスト、使いやすさなど

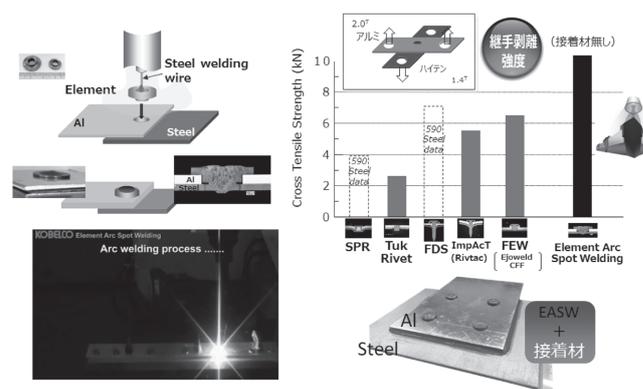




図20 自動車軽量化に対する取組み

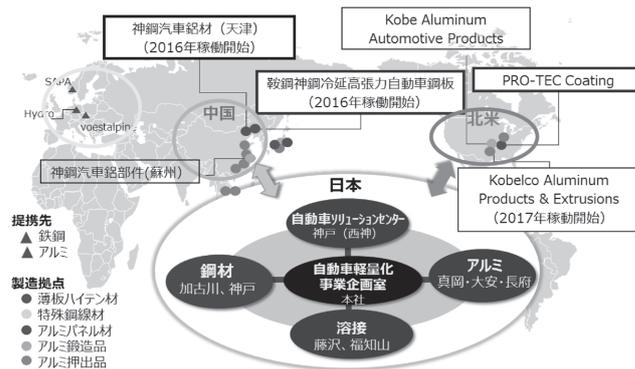


図22 当社のグローバル戦略

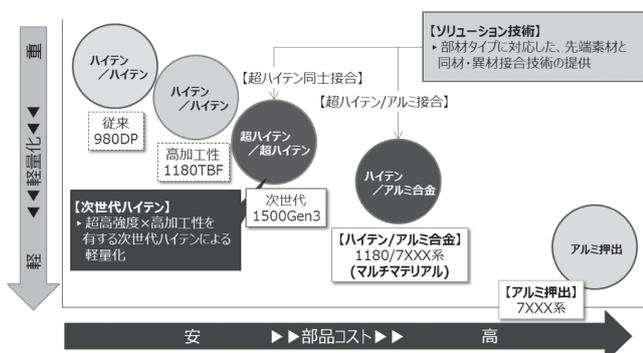


図21 当社の提案イメージ

を考慮しつつ、超ハイテン材やマルチマテリアルに適用可能な接合技術の開発・実用化を進めていく。

これまで説明してきたように、当社は特殊鋼やハイテン材などの鉄鋼製品の高強度化に加えてアルミ材料や溶接材料も有している強みを活かし、これらの技術を結集することでマルチマテリアル化に向けた提案を積極的に進めていく(図20)。

その例として部品レベルでのマルチマテリアルの提案イメージを図21に紹介する。鉄だけを使用する鉄の使い切りの場合と、オールアルミ化の間には、鉄とアルミのマルチマテリアル化による組み合わせも考えられる。どの軽量化レベル・コストレベルを選ぶかについては、自動車メーカーの判断によるが、当社はこれら全てのパターンに対応できるように技術蓄積を進めている。この様な複数素材と接合技術の組み合わせによって、コストと軽量化を両立する当社独自の幅広い提案を行っていきたく考えている。

## 6 おわりに

最後に当社のグローバル戦略について説明する。日系の自動車メーカーは、日本だけでなく世界各国でグローバルに生産を行っている。そのため、素材メーカーとしても、グローバルに提供できる体制を持つ必要がある。当社は自動車の主要生産地域である北米、中国において、鉄のハイテンやアルミのパネル材、押出材・鍛造材を供給する生産体制を構築している。また、その中心となる日本では、この4月から、本社に「自動車軽量化事業企画室」を、また、技術開発本部に「自動車リノベーションセンター」を新たに設けることとした(図22)。

鉄、アルミ、溶接の各生産拠点、研究開発拠点、および当社が密に連携し、自動車メーカーへの総合的な技術提案を行っていく。今後も神戸製鋼は、様々な素材を有するメーカーとして、自動車の軽量化への貢献を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 環境省「諸外国における車体課税のグリーン化の動向」, 平成28年12月
- 2) 国土交通省:「自動車燃費一覧(平成28年3月) 5.乗用車の燃費・CO<sub>2</sub>排出量」, 平成28年3月
- 3) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP), 自動走行システム研究開発計画, 2016年10月
- 4) 吉岡直: R&D 神戸製鋼技報, 1(2011) 61, 39.
- 5) 須田澄恵, 茨木信彦: R&D 神戸製鋼技報, 55(2005) 2, 22.
- 6) 鈴木励一, 宮田実: R&D 神戸製鋼技報, 66(2017) 2, 63.
- 7) 鈴木励一: 溶接技術, 1(2017), 64.

(2017年3月30日受付)