

特別講演

□第169回春季講演大会経営トップ特別講演
(平成27年3月18日)

神戸製鋼の複合経営と技術戦略

Integrated Management and Technology Strategy
of KOBE STEEL

川崎博也 (株)神戸製鋼所
代表取締役社長
Hiroya Kawasaki



*脚注に略歴

1 はじめに

本年は日本鉄鋼協会が創立100周年を迎え、2月には盛大な記念式典が開催された。鉄鋼協会においては、100年という節目の年であるが、我々神戸製鋼にとっても、未曾有の危機であった阪神淡路大震災からちょうど20年を迎える節目の年でもある。この20年間に我々を取り巻く環境は大きく変化しているが、このようなタイミングに講演を要請されたので、『神戸製鋼の複合経営と技術戦略』について、紹介する。

2 鉄鋼業界を取り巻く環境

図1に日本の年齢区分別将来人口推計を示す。現在、1億2千万人強の人口が、2050年には1億人を割り込むことが予測される。さらに、15歳から64歳までのいわゆる生産年齢人口

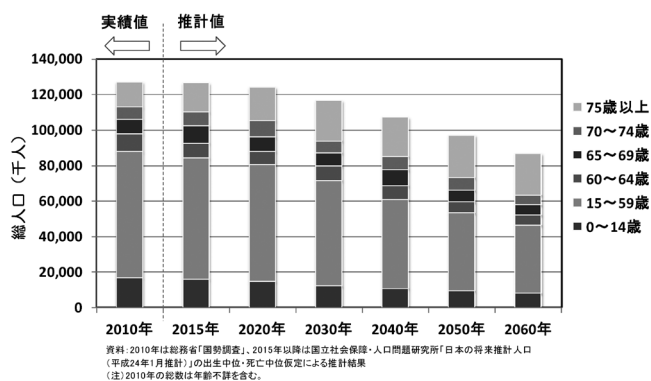


図1 年齢区分別将来人口推計

も、現在の約8千万人から5千万人を割り込むまで減少すると推測される。これは国内での労働力が大きく損なわれ、労働力の確保が大きな問題となるだけでなく、消費財等の需要も年々減少していくことを示唆している。一方、世界の人口は年々増加し、現在の約70億人が、2050年には90億人を超過するまでになると予測されている。

世界の粗鋼生産量は、90年代までは7億トン前後で推移していたが、21世紀に入り、新興国、特に中国の急速な生産規模の拡大により、昨年度は16億トンを超えるまでに増加している。日本ではリーマンショックに見舞われた2007年を除いて国内消費が減少する中、1億トンの生産量を確保し続けてきたが、昨今、アジア勢の追い上げが激しく、厳しさを増していると考えられる。

図2に各国の国民一人あたりのGDPと鋼材見掛け消費量

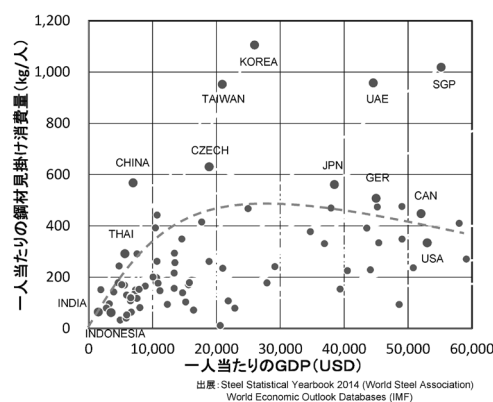


図2 一人当たりのGDPと鋼材見掛け消費量

* 昭和55年3月京都大学大学院工学研究科修士課程機械工学専攻修了、昭和55年4月株式会社神戸製鋼所入社、平成13年4月鉄鋼部門生産本部神戸製鋼所発電所建設本部工事部長、平成13年9月鉄鋼部門IPP本部建設部長、平成14年10月鉄鋼部門加古川製鉄所設備部長、平成18年4月鉄鋼部門加古川製鉄所副所長、平成19年4月執行役員、平成22年4月常務執行役員、平成24年4月専務執行役員、平成24年6月専務取締役、平成25年4月代表取締役社長。

の関係を示す。新興国では社会資本の整備のためGDPの成長に合わせて鋼材消費量が増加し、社会の成熟化に伴い400キロ程度へ収斂する傾向が見られる。一方、日本と類似する加工貿易型の国では、総じてこの標準ラインよりも上側に位置する傾向にある。現在は600キロ以上ある鋼材消費量については、国内における人口構成や需要動向により、他の成熟国同様、減少する可能性があると考えられている。

このような状況の中、日本の製鉄業は、世界に先駆けて高効率な高炉操業技術を獲得するとともに、コークス乾式消火設備（CDQ）や高炉炉頂圧発電（TRT）等の省エネ設備を駆使して、世界で最もエネルギー効率の良い製鉄プロセスを実現してきた。

また、図3に示すように国内メーカーが供給している自動車用ハイテンでは、2000年代から年々強度の改善が進み、現在では1180MPa級ハイテンを実用化し、製品市場でも世界を牽引している。

今後、国内における粗鋼生産の大きな拡大は望めないが、世界規模ではますます拡大すると考えられることから、日本で培われた優れた製鉄技術と製品技術を海外に展開していくことで、省エネルギー・省資源化や自動車軽量化など、世界的な課題の解決に貢献できるものと考えている。

3 神戸製鋼の複合経営

神戸製鋼グループの関連分野別 売上高を図4示す。神戸製鋼の事業は、鋼材や溶接などの鉄鋼関連分野、アルミ・銅分野、機械やエンジニアリング、環境ソリューションなどの機械関連分野、パワーショベルやクレーンなどの建設機械分野、さらに、電力卸供給、不動産、電子材料など多岐にわたっている。さまざまな事業が一つにまとまり、グループ全体の総合力を生かした複合経営を展開していることが、神戸製鋼グループの大きな特徴である。

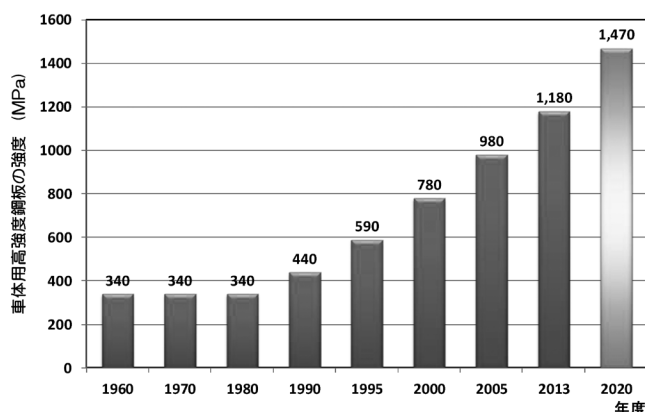


図3 車体用高強度鋼板の強度推移

これまでの神戸製鋼グループのコア事業は、素材系事業と機械系事業の2つであったが、今後は、電力卸供給事業（IPP）を第3の柱として育成していくことを方針として掲げている（図5）。

今からちょうど20年前の1995年に、阪神淡路大震災で甚大な被害をこうむった神戸製鋼は、神戸の地での復興を目指し、製鉄所で長年培った技術・ノウハウを活用して140万kWという国内最大規模で発電事業に参入した。2002年に1号機発電所、2004年に2号機発電所を稼働させ、神戸市の約70%の電力需要をまかなうとともに、ライフラインの強化にも役立っている。東日本大震災後の、政府によるエネルギー政策の見直しにより、発電事業機会は拡大する方向にあることから、関東地区での国土強靱化・電源分散ニーズに応えるべく、栃木県真岡市の120万kWのガス火力発電事業の建設を決定し、現在、環境アセスメントを実施している。さらに関西地区でも、神戸製鉄所の上工程跡地を活用し、新たに130万kW規模の発電事業を推進すべく、関西電力様の入札に参加し、落札が決定した（表1）。



図4 神戸製鋼グループの売り上げ構成



図5 神戸製鋼グループの事業構成

4 神戸製鋼の技術展開

神戸製鋼の技術戦略・技術展開の中から代表的な取り組みとして鉄鋼事業部門の競争力強化と自動車軽量化について紹介する。

4.1 鉄鋼事業部門の競争力強化

神戸製鋼の鉄鋼事業部門は、数多くの「オンリーワン製品」を創出・拡販している。

特殊鋼線材棒鋼分野では、弁ばねや冷間圧造用線材のトップメーカーとして、業界をリードするとともに、薄板分野では、自動車用高張力鋼板、いわゆるハイテンの、トップランナーとして、加工技術も含めた技術開発と提案によりお客様のニーズに応える努力をしてきた。厚板分野では、造船やエネルギー分野向けに優れた高級鋼を供給し、需要家の信頼を得ている。

特に自動車分野では、神戸製鋼の鋼材は様々な部材として活用されている。例えば、弁ばね用鋼は世界の50%のシェアを有し、車の2台に1台は神戸製鋼の弁ばねを使用している。北米や欧州などの先進諸国に加えて、成長する新興国マーケットなど、グローバルな展開を進めている自動車業界に対しても、世界中どこでも、国内と同等の高品質の鋼材を供給することに努めている。

4.1.1 鉄鋼事業部門の海外戦略

鋼材事業部門の海外戦略を自動車用ハイテンを例に図6に

表1 神戸製鋼の発電事業

稼働中の発電設備	規模	使用燃料	設備
神鋼神戸発電機	140万kW	石炭	ボイラー・タービン
自家発電 (加古川・神戸製鉄所)	約60万kW	製鉄所の副生ガス 重油・LPG・LNGなど	ボイラー・タービン ガスタービン・コンバインド・サイクル (GTCC)
計画中の発電設備	規模	使用燃料	設備
栃木県真岡市	120万kW	都市ガス	GTCC
神戸製鉄所上工程跡地	130万kW	石炭	ボイラー・タービン

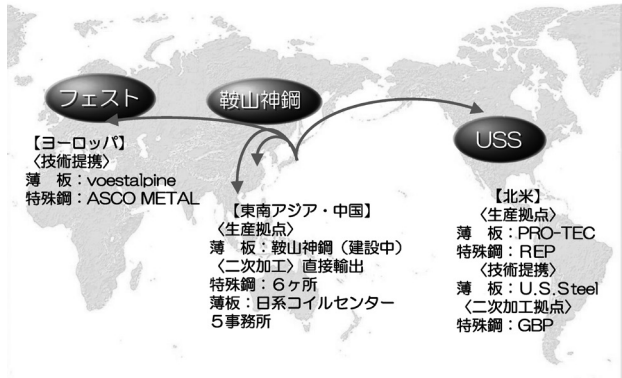


図6 鋼材のグローバル供給体制

示す。北米ではUSスチールとの合弁企業プロテックで、欧州では技術提携先であるオーストリアのフェストアルピネ社で、日本と同じ高級ハイテンを製造し、自動車メーカーに供給している。中国でも、鞍山鋼鉄と合弁会社を設立し、連続焼鈍設備 (CAL) を建設中で、2016年初頭の稼働を目指している。

図7に神戸製鋼グループの薄板生産能力の推移を示す。90年代より、海外展開を開始し、1993年にPROTECの#1溶融重鉛メッキ設備 (CGL) を稼働させ、1999年には#2CGLが稼働、海外生産能力が約100万トンまで増加した。さらに、2013年に稼働したプロテックのCALと2016年に計画している鞍山でのCALの能力を加えると、薄板の海外生産能力は国内の約2倍にまで強化される。

今回の中国での合弁会社の設立により、日・米・中・欧での高級ハイテンのグローバル供給体制が整うことになる。線材条鋼分野でも、技術提携や二次加工メーカーとの合弁事業展開により、高級線材のグローバル供給体制の整備を進めている。

4.1.2 鉄鋼事業部門の国内戦略

神戸製鋼は神戸製鉄所と加古川製鉄所の2つの鋼材製造拠点を有している (図8)。神戸製鉄所は、特色ある製品群で、

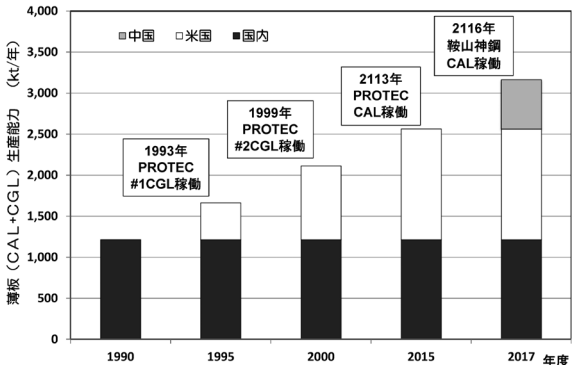


図7 薄板生産能力変化

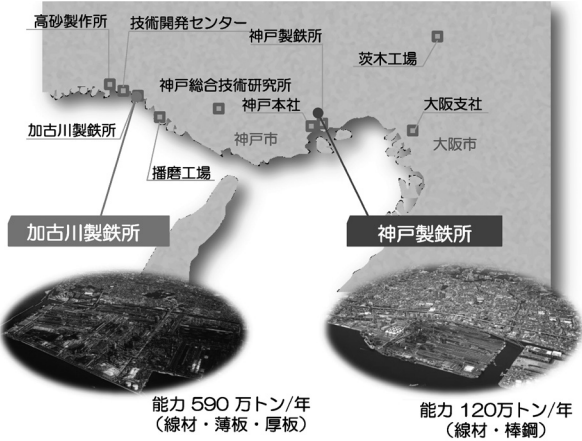


図8 鋼材製造拠点

線材の神鋼の象徴とも言える製鉄所ではあるが、国内では最小規模の高炉1基体制の製鉄所で、粗鋼規模が120万トンと少ないことに加え、事前処理工程を有しないことから競争力に課題がある。一方、加古川製鉄所は大型高炉2基を有し、粗鋼生産量は約600万トンである。中長期的な鋼材需要を踏まえて、国内の鋼材生産の拡大は望めない中、なお一層のコスト競争力強化が必要と考え、製鉄・製鋼コストで優位性のある加古川製鉄所へ、2017年度を目処に上工程設備を集約することを決定した。その後、神戸製鉄所では、加古川製鉄所からビレットを受け入れ、棒鋼工場ならびに第7線材工場が操業を継続する。この結果、加古川製鉄所では神戸製鉄所の上工程の削減能力分をカバーすることで、上工程の稼働率が向上し、両製鉄所のコスト競争力の強化にも繋がる。このようにして残された各々の工場を、世界戦略のマザープラントとして、技術力をさらに強化していくこと目指す。

4.2 自動車軽量化への取り組み

地球温暖化問題に対し、自動車から排出されるCO₂の削減は、重要な課題の一つである。環境規制の先導者である欧州における排出規制がグローバルに広まり、現在の排出規制値125g/kmを、2020年には35g/km削減して95g/kmとする必要がある(図9)。

自動車からのCO₂排出量を削減するには、車体の軽量化とエンジンの小型化・高効率化がポイントとなる。国土交通省がまとめた車体重量とCO₂排出量の関係データからは、車体重量を100kg軽量化することで、CO₂排出量を15g/km削減できる。この課題に対し、相反する要因でもある衝突安全性の向上も考慮した、車体骨格の軽量化に対しては、ハイテンのさらなる高強度化を、エンジンの小型化・高効率化に対しては、特殊鋼の高強度化により貢献できると考え、技術開発

を推進している。

4.2.1 特殊鋼線材・条鋼分野における取り組み

神戸製鋼の特殊鋼線材・棒鋼は、多岐にわたる自動車部品の中では、ドライブトレインや足回り部品に多く使用されている。代表的な製品である弁ばねは、自動車のエンジンバルブ開閉をコントロールしている最重要部品である。自動車エンジンの高効率化に向けたニーズとして、高出力化・低燃費化・小型化などがあげられるが、これらのニーズはいずれも、図10に示すように、弁ばねを小型・軽量化すること、すなわち、弁ばねの高強度化が必要である。このような背景から、弁ばねの高強度化は、自動車メーカーやばねメーカーから、常に要求されている。

神戸製鋼では、その要望に応えるべく、数十年来、弁ばねの高強度化を実現する素材の開発に取り組んできた。図11は、これまでの開発成果を疲労強度指数により示したものであり、ほぼ10年ごとに新しい弁ばね用鋼を開発してきた。直近では第3世代の弁ばねとして、KHV12Nを開発し、従来の汎用鋼(9254V)に対して、ばね重量50%の軽量化を実現し

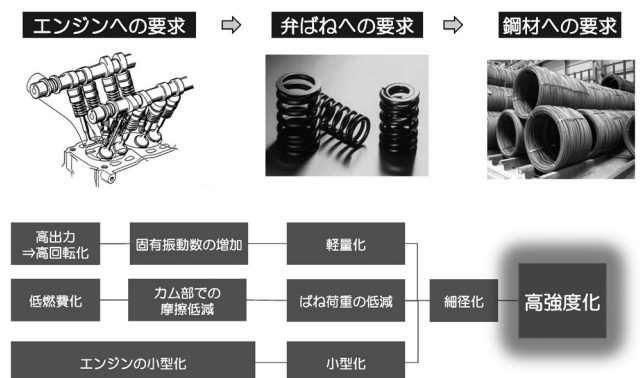
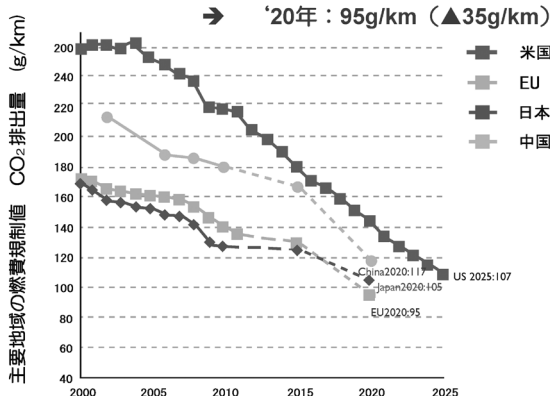


図10 弁ばねの高強度化

【背景】 CO₂排出規制の強化 欧州 → グローバルへ
排出量規制： '15年：130g/km
→ '20年：95g/km (▲35g/km)



[1] China's target reflects gasoline vehicles only. The target may be lower after new energy vehicles are considered.
[2] US, Canada, and Mexico light-duty vehicles include light-commercial vehicles.

図9 CO₂排出規制の強化

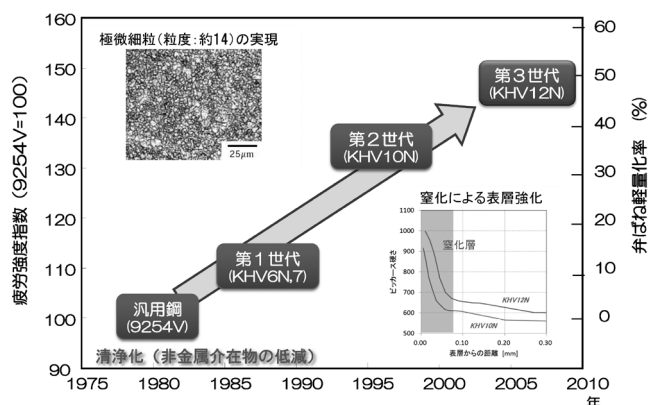


図11 当社弁ばね用鋼開発の歴史

た。組織の極微細粒化および窒化による表層強化を効果的に得るための化学成分の設計により量産化を果たした。

同様に、ボルトについても、特に燃費改善の観点から、小型・軽量化に繋がる高強度化が求められている。ボルトの引張り強さ1000MPaを基準として、1300～1400MPaに高強度化することで25%強、1600～1700MPaに高強度化することで、約40%弱の軽量化が可能であり（図12）、神戸製鋼では、既に1300～1400MPa強度を実現する鋼材を開発・実用化済みで、現在は1600～1700MPaを実現する鋼材の開発に取り組んでいる。高強度化にあたっては、静的強度を高めながら、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った。

懸架ばねについても、鋼材の高強度化を進めることで、小型化・軽量化を果たしてきた。現在も、鋼材本体の高強度化に向け開発を継続しているが、飛躍的な軽量化を目指し、懸架ばねの中空化にも挑戦した。試作品レベルではあるが、24%の軽量化を試験的に立証することができた（図13）。中空化には当社の独自プロセスである静水圧押出技術を活用し、また、線材などの品質検査で培った微細傷探傷技術を最大活用して試作に成功した。

今後も、特殊鋼自体の高強度化に加えて、これまでの常識

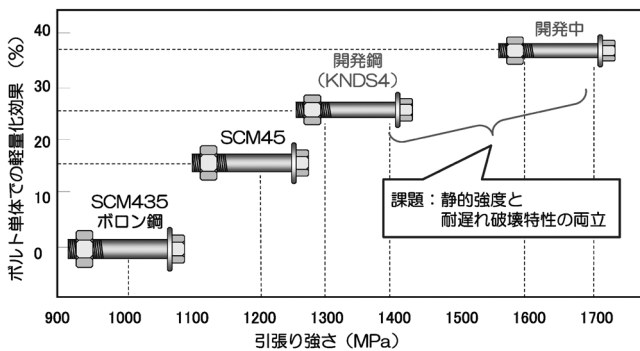


図12 ボルトの高強度化による軽量化効果

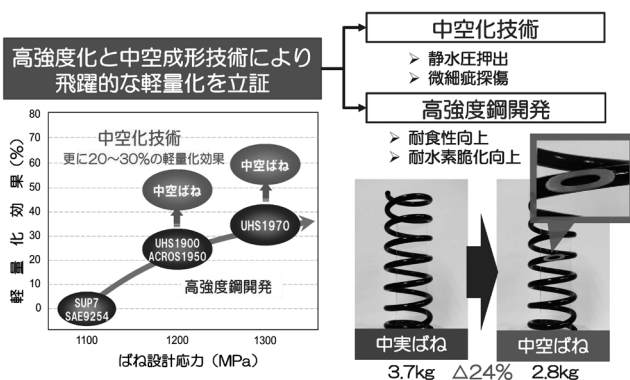


図13 懸架ばねのさらなる軽量化への挑戦

にとらわれずに、引き続き自動車軽量化に資する技術開発に挑戦していく。

4.2.2 車体軽量化における取り組み

図14に示すように、車体重量と製造コストは相反する関係にある。オール鋼板で車体骨格を作ると、コストは低く抑えられるが、車体重量が重くなる。アルミ板を多く活用することで骨格の軽量化を実現できるが、コストが高くなるため、高級車に限定されてきた。したがって、低コストと軽量化を同時に実現するには、より高強度で加工しやすい、高延性高強度な鋼板の開発が、重要な課題である。そこで、経済産業省の協力を得て、国家プロジェクトとして、革新的新構造材料革新鋼板の開発に着手した。本プロジェクトでは、現状より材料だけで車体骨格を20%軽量化できる高強度鋼板を開発することを目標としている。また、神戸製鋼は、高強度アルミ合金板や、鉄とアルミを使うための新たな接合技術の開発にも取り組み、それらを活用したマルチマテリアル化により、さらなる軽量化の実現を目指している。

図15はボディ骨格において高強度鋼板・ハイテンの使用

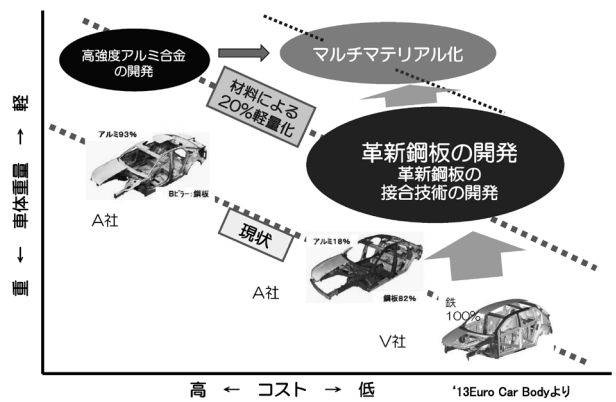


図14 神戸製鋼の車体系材料提案戦略

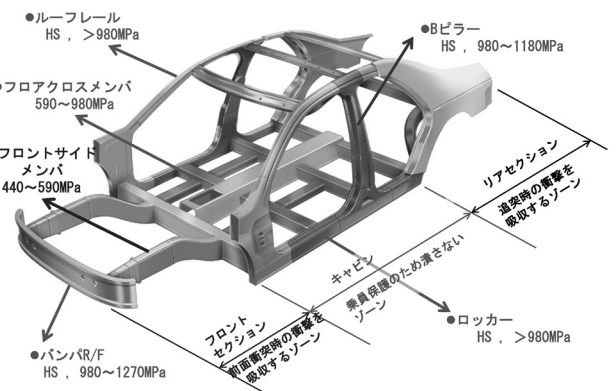


図15 ボディ骨格＝衝突安全の要（かなめ）

される部位を示している。ボディ骨格は、正面や側面から衝突したときの衝撃を吸収するとともに、乗員のスペースを確保することで、衝突安全性の要となる部分である。たとえば、フロントセクションでは、正面衝突時の衝撃を吸収するゾーンになり、590MPa級ハイテンなどが使われている。正面衝突したときにフロントサイドメンバーが、つぶれて衝突時のエネルギーを吸収する。他方、キャビン部は乗員保護のため、衝突時にもつぶれないように980MPa級以上の高強度ハイテンやホットスタンプ材が使われている。

安全性を確保した上で、軽量化を実現するには、加工のしやすさも要求されるので、鋼材の特性として、強度と延性を同時に向上させる必要がある。

神戸製鋼では、これらの要望に応えるべく、高強度化を実現する材料開発を進めてきた。図16は、次世代の革新鋼板の開発目標を示したもので、これまでの取り組みにより、従来材に比べて、強度と延性（伸び）を兼ね備えた鋼板の開発に取り組み、第三世代超ハイテンを実用化した。現在は、鋼板の更なる高強度高延性化を狙い、強度1.5GPa以上、伸びが20%以上の特性を示す鋼材を、2025年ごろの実現を目指して取り組んでいる。

図17に革新鋼板の開発の考え方を示す。従来はミクロン

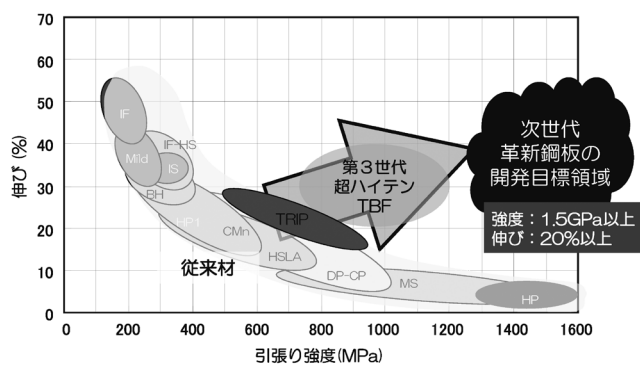


図16 革新鋼板の開発ターゲット

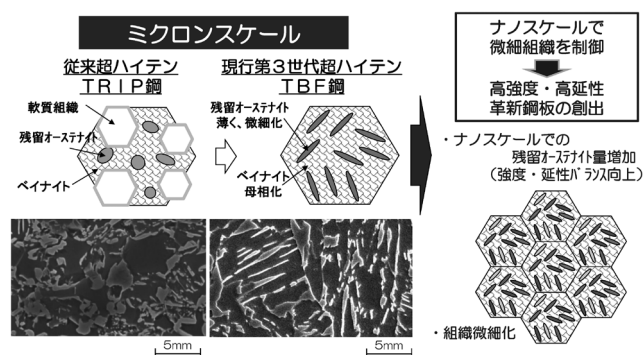


図17 次世代高強度・高延性革新鋼板開発の方向性

スケールでの組織制御により、強度と延性の向上に取り組んできた。従来のTRIP鋼では、軟質組織と高延性を示す残留オーステナイトにより延性を確保し、母相のベイナイトにより強度を向上させている。

第三世代TBF (Trip aided Bainitic Ferrite) 鋼では、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し、高強度・高延性を実現した。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の形状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。

ナノスケールでの組織制御を実現するには、分析解析技術の確立も重要な課題である（図18）。従来の分析手法に加えて、鉄鋼各社、大学や研究機関と共同で、電子線加速器や陽子加速器から発生する中性子などを活用したマクロスケールでの組織解析技術により、合金元素などの統計的な分布状態の評価技術の確立を目指している。また、微細組織の解析には、3次元アトムプローブにより、炭素原子や鉄原子の分布状態が解析可能なナノスケールでの元素分布状態の評価技術の開発を進めている。ナノスケールでの組織解析を活用して、次世代の高強度・高延性な特性を示す鋼板の実現を目指している。

一方、開発した革新鋼板の実用化には、部品レベルでの設計、評価も必要である。自動車が衝突した時の各部品の破壊挙動の評価や、車体骨格構造の解析に基づいた設計の重要度が高くなってきている。これまでの部品単体の試験評価では、自動車衝突時の複雑な破壊挙動の解析には限界があった。そこで、図19に示すように、実体車体衝突試験設備を導入し、衝突時の車の破壊挙動を評価し、実際の破壊現象を再現できるモデル解析を可能とすることで、部品レベルでの高精度な

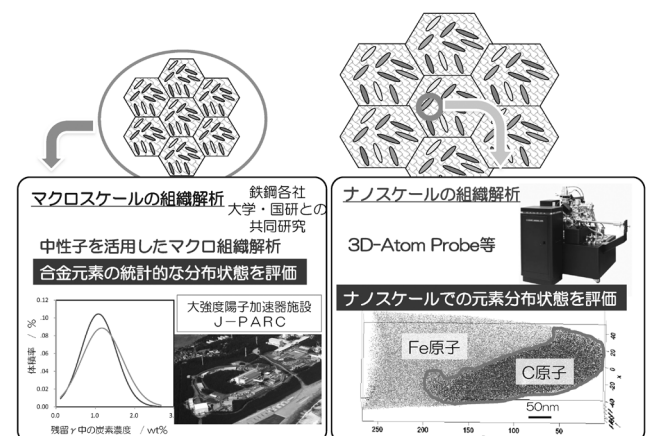


図18 ナノ & マクロスケールでの組織分析解析技術

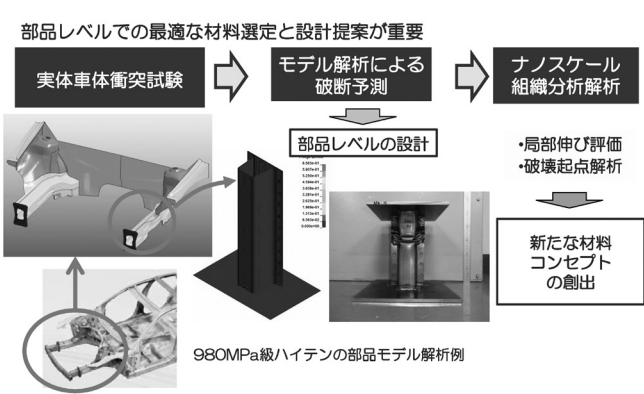


図 19 設計・評価技術の開発



図 20 鉄・アルミ・接合によるマルチマテリアルの取組み

設計・評価技術の確立に取り組んでいる。その際、ナノスケールでの分析解析技術を活用し、材料が破断するまでの局所伸びの評価や、破壊起点の解析を行うことで、新たな材料コンセプトを創出し、材料開発を加速できるとも考えている。

神戸製鋼は、鉄鋼材料のみならず、アルミ材料、溶接材料など多様な事業を保有した複合経営を進めてきた。材料技術に加え、自動車の衝突から、部品レベルでの高精度な解析と材料のナノスケールでの組織分析解析技術を駆使して、骨格構造を開発・実用化するために必要な、設計・評価・解析技術、成形技術などを獲得することで、基盤技術群の拡充を進め、自動車軽量化への取り組みを強化し、自動車メーカーへの総合的な技術提案を実現するとともに、先行開発を共同で推進したいと考えている (図20)。また、CO₂削減に貢献するために、事業部が連携して、さらなる軽量化に向けた、部品レベルでの提案を“マルチマテリアル”をキーワードにして、進めていく。

5 おわりに

成熟産業と言われる鉄鋼業界ではあるが、鉄鋼材料の研究開発は、自動車業界のみならず、産業全般の発展に不可欠なものであると考えている。また、鉄鋼材料には、研究開発の余地が残されているというよりも、まだまだ、開拓すべき未知の領域が膨大にあるものと確信している。これからも、あらゆる技術を結集して、これらの課題を克服していくことが必要であると考えている。

そのためには、まず、大学には、知的資産のストックとしての機能に加えて、優秀な人材を育成・輩出することを期待している。また、国には産学の連携を進めるとともに、積極的な支援をお願いしたい。また、これらの連携をさらに強固なものとするため、鉄鋼協会の果たすべき役割は非常に大きいものと考えている。百周年を迎えた日本鉄鋼協会のさらなる発展を祈念して、本日の講演を締めくくりたい。

(2015年4月17日受付)