

クルマの未来を支える 先進ハイテン



日本製鉄(株) 樋渡 俊二 フェロー

適材適所のニーズに対応する

自動車産業は現在、CASE※1やMaaS※2などに象徴されるモビリティ革命に挑戦しています。そこには従来追求されていた効率性や快適性、安全性などに加えて、省資源や気候変動抑制、SDGsへの対応なども必要になってきました。

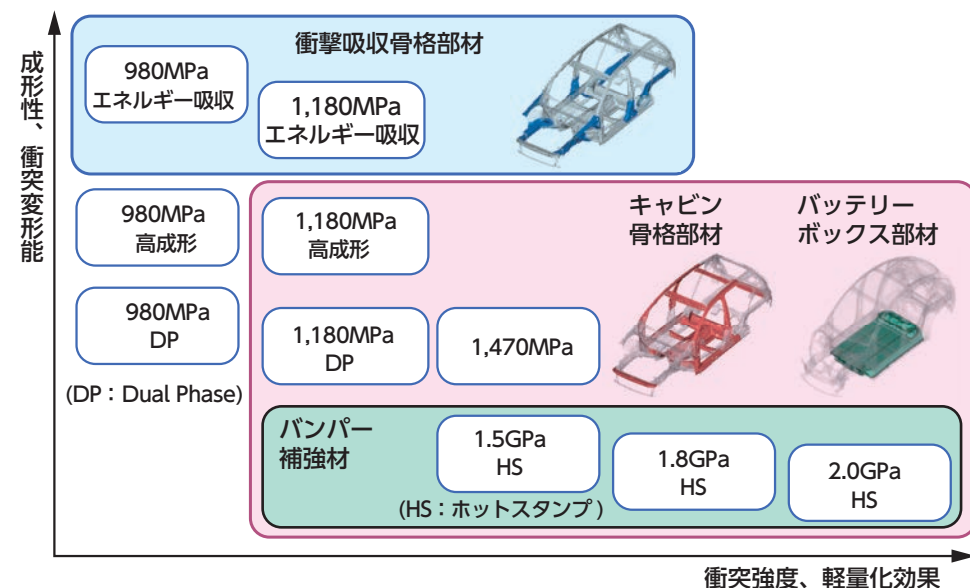
「運動性能向上、燃費向上、走行時のCO₂排出削減のために車体の軽量化が強く求められ始めたとき、鉄鋼材料が軽量化ほかの材料に置き換わるのではないかと予想されました。しかしながら車体を軽量化するためには、材料の強度が重要になります。同じ質量で発揮できる強度を示す指標である比強度を見ると、アルミニウム合金を超える比強度のハイテンがすでに大量に実用化されています。鉄は軽量他素材と同等以上の特性を持っているため、予想に反し鉄を用いた軽量化が進んでいるのです」(樋渡 俊二フェロー)

ハイテンとは、合金成分や製造工程の熱処理などを工夫することで、一般的な鋼材よりも強度を向上させた鋼材です。ひとくちにハイテンといっても、車体のどの部分に使うかによって、求められる特性が異なってきます。人命を守るための衝突安全性と、走行時のCO₂排出削減のための軽量化を同時に実現するため、日本製鉄は適材適所のニーズに対応するハイテンを開発してきました(図1・2)。

最も強度が求められる部品の例はバンパー補強材で、引張強度が1・8ギガパスカル級のホットスタンプ用鋼板が実用化されています。自動車部品の多くはプレス加工で製造されますが、ハイテンは加工しにくいという難点があります。そこでハイテン用材料を加熱し、軟らかい状態で成形すると同時に焼入れ処理してハイテン化する技術がホットスタンプ熱間プレスです。また、衝突時に乗員を保護するためには、客室(キャビン)の強度も重要です。キャビンの骨格の一部であるセンターピラーなどにもハイテンが使用されています。ただし材料が強いだけでは、衝突安全性を高めることはできません。衝突時の衝撃を材料の変形により吸収するための部品も必要になります。衝突により大きく変形しても破断することのない十分な変形能が、このような衝撃吸収骨格部材には求められます。日本製鉄は1・8ギガパスカル級のホットスタンプ用鋼板をはじめとする適材適所のニーズに対応するハイテンを製造し、車体性能の向上と安全性の確保、軽量化を実現しています。

図2 車体骨格向けハイテンの進化

車体向けのハイテンはバンパー、キャビン、衝撃吸収の3つに大別でき、それぞれに適した性能を持った材料が開発されています。



※1. CASE: Connected (インターネットとの接続機能)、Autonomous (自動運転)、Shared (シェアリング)、Electric (電動化)の略称

※2. MaaS: Mobility as a Service (さまざまな移動手段の単一サービスへの統合)

走行時のエネルギー効率を高める 鉄のテクノロジー

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、ハイブリッド車やプラグインハイブリッド車、電気自動車といった電動車の普及が急速に進んでいきます。これまで日本の自動車産業を支えてきた鉄鋼材料は、電動車でも重要な役割を担うと期待されています。走行時のエネルギー効率を高めるためには、車体の軽量化と駆動モーターの高効率化が求められています。これらを実現できるのが、日本製鉄の先進高強度鋼板(ハイテン)とモーター用無方向性電磁鋼板です。

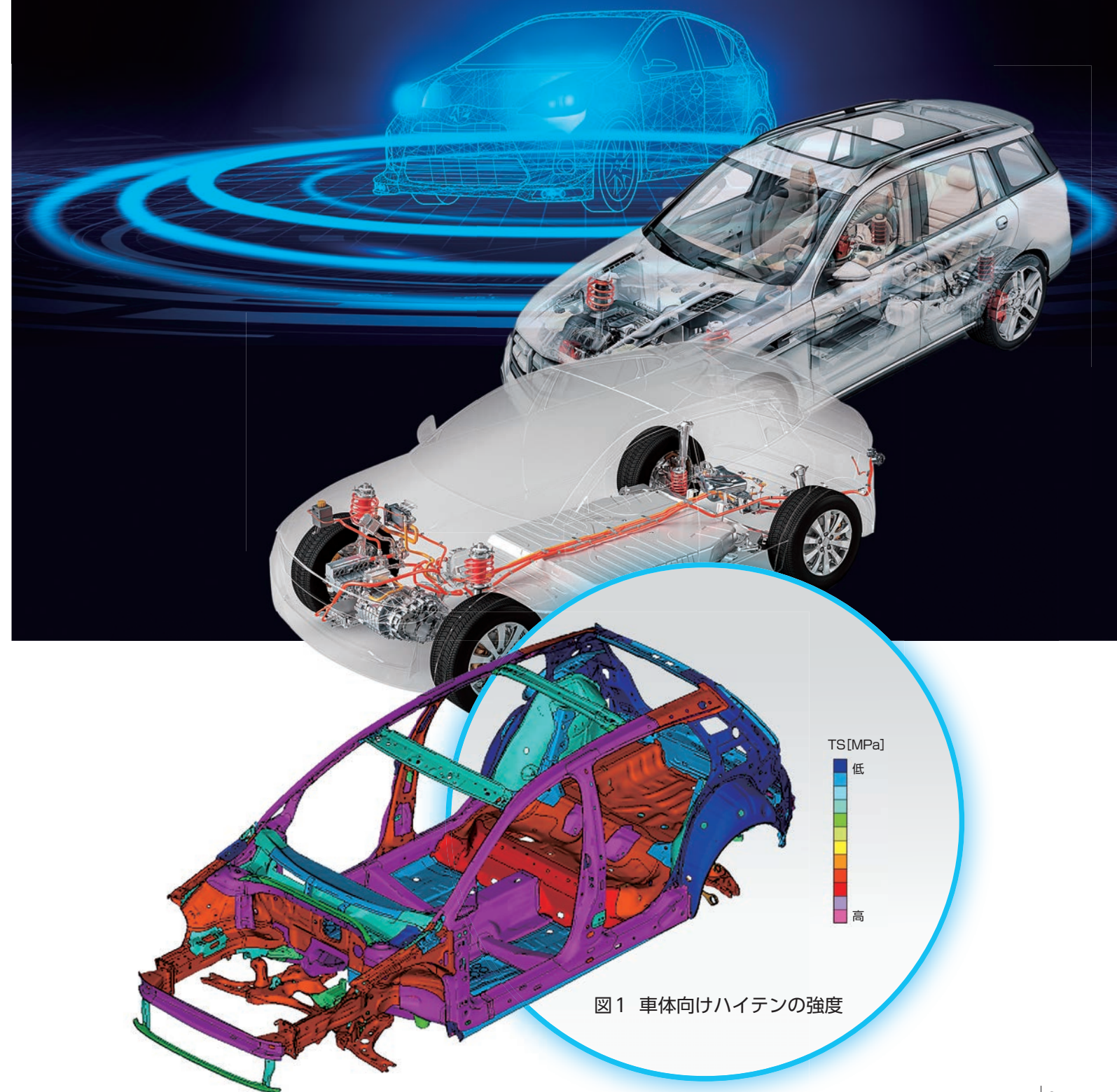


図1 車体向けハイテンの強度

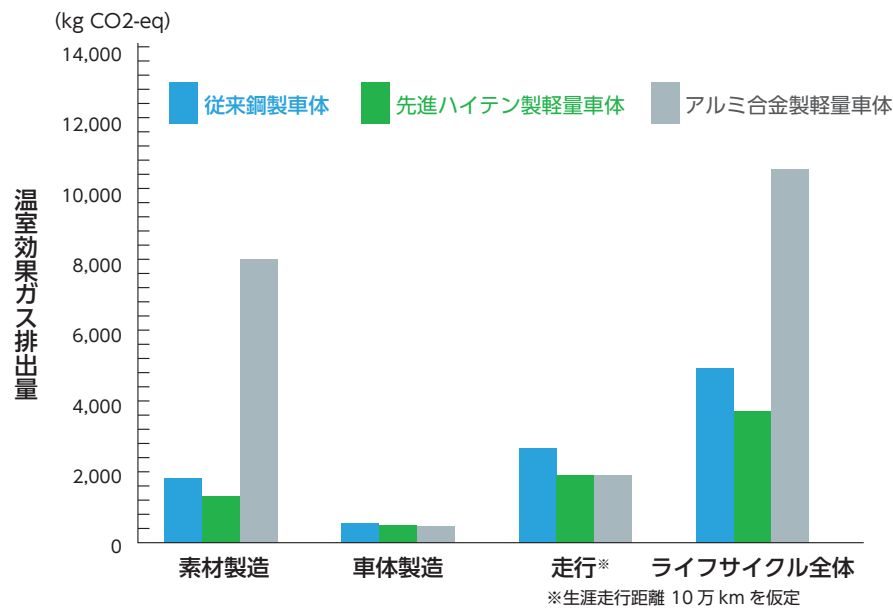


図4 各種車体のライフサイクルでの温室効果ガス排出量の試算例

先進ハイテンを用いたNSACによる軽量車体は、走行時の温室効果ガス排出量はアルミ合金製車体と同等にもかかわらず、素材製造時の排出量はより低いため、ライフサイクル全体での排出量を小さくできます。これはガソリン車の車体の寄与を評価した例ですが、電動化により走行時の排出量が減少すると、素材製造時の排出量の影響が相対的に大きくなります。

「日本製鉄のホームページ上に特設オンラインサイト『NIPPON STEEL AUTOMOBILE ONLINE LAB.』を開設し、自動車メーカーなど使用者の視点に立った技術を紹介しています。さらに5月25〜27日、パシフィコ横浜で開催される『人々くくるまのテクノロジー展2022』に出展し、電動車向け(図3)などラインアップを強化した日本製鉄の総合ソリューション提案を発信します」(齋藤部長代理)



日本製鉄(株)
薄板事業部 自動車鋼板商品技術室
齋藤 康正 部長代理

ライフサイクル全体で温室効果ガスを削減する
車体のアルミニウム合金適用や電動化は、一般には、自動車の走行時の温室効果ガス排出を削減するための手段と考えられています。しかし、カーボンニュートラルの推進にあたっては、温室効果ガス排出削減のための開発や施策の優先順位を、ライフサイクルアセスメント(LCA)により、合理的に判断することが求められてきています。世界各国で自動車の走行時のCO₂排出の削減のみならず、素材製造時、車体製造時、リサイクル時を含むライフサイクル全体で、CO₂排出を削減することが重視され始めています。日本製鉄は次世代鋼製自動車コンセプトNSACの提案により、自動車のライフサイクル全体での温室効果ガス排出量削減に取り組んでいます。自動車車体および車体を構成する各部品品の軽量化を中心とするソリューション提案時に、温室効果ガス排出量削減にどの程度効果がある取り組みかを明確にするため、部材設計段階でのLCAによる温室効果ガス排出量削減効果の定量評価を開始しました。

同じ質量で比べた場合、鉄鋼材料の製造時の排出量は軽量他素材よりかなり少ないことに加え、先進ハイテンなどNSACを駆使した車体は、大幅な軽量化により、車体製造時および走行時の両方でさらに排出量を削減でき、ライフサイクル全体で見た温室効果ガスの排出を効果的に抑えることができます(図4)。そして、さらに鉄鋼材料はリサイクル性にも優れています。「鉄鋼材料は使用済み製品のほとんどが回収されていて、何度でも再生して使用できる素材です。アルミニウム合金もリサイクルされていますが、精錬で不純物を取り除くことが難しいなどの課題があり、再生材の利用が制約されます。また、注目されているCFRP(炭素繊維強化プラスチック)では有効なリサイクルのシステム自体が確立されていません。鋼製車体は、使用された後に新たな材料として何度までも再生され、温室効果ガスの排出量をさらに削減することができます点でも優れているといえるのです。これからも鉄鋼材料のポテンシャルを普遍的に活用できるよう、絶え間ない技術革新に挑んでいきます」(樋渡フェロー)

CASEやMaas、カーボンニュートラルなど自動車を取り巻く状況が変化し、クルマに求められる機能が多様化するため、次世代モビリティ向けに鉄への期待がますます高まっています。日本製鉄では、NSACの4つの技術力(材料開発、構造・機能設計、工法開発、性能評価)を組み合わせた総合ソリューション提案を通じて、安全で性能・経済性を両立し、環境にやさしいクルマづくりに貢献していきます。

NSafe®-AutoConcept xEV

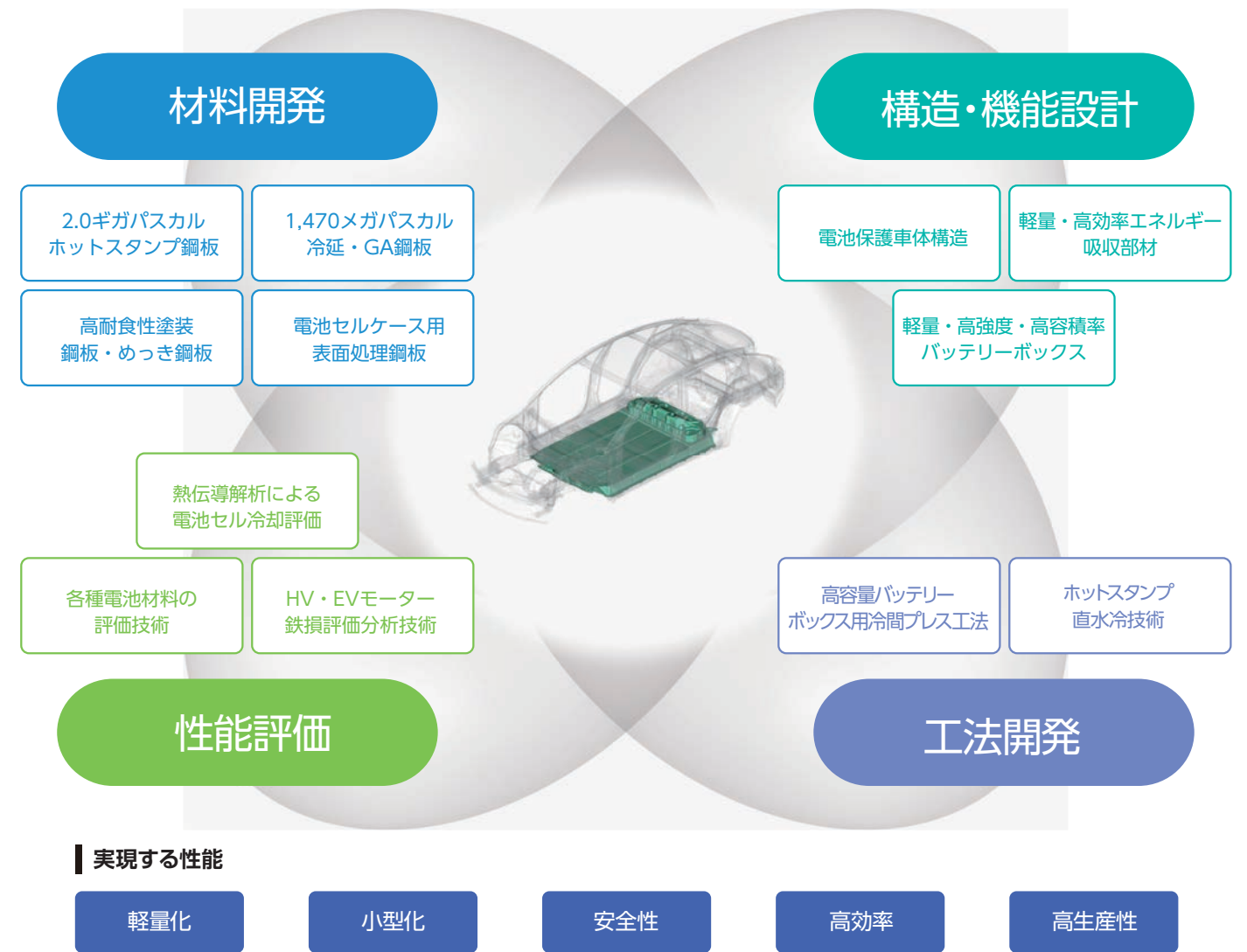


図3 NSafe®-AutoConcept xEV

日本製鉄は高機能材料とソリューション技術により従来の限界を超えた「安全性・高性能・経済性」を追求した電動車向けの鉄鋼ソリューションコンセプトを提案しています。骨格の部材として先進ハイテンを利用するほかに、電池を保護するバッテリーボックスの材料としても先進ハイテンが注目されています。

鉄の性能を引き出す 総合ソリューション提案

日本製鉄はハイテンを進化させ、さらに、それら先進ハイテンを効果的に使うための利用加工技術も併せて開発し、鋼製車体でもアルミニウム合金製車体と同等の軽量化を可能にしました。

「日本製鉄は2019年に次世代鋼製自動車コンセプト『NSafe®-AutoConcept (NSAC)』を発表しました。これは材料開発に加えて、構造・機能設計、工法開発、性能評価の技術領域を組み合わせて、次世代の自動車をカタチにするための総合ソリューション提案です」(齋藤康正部長代理)

材料の性能を最大限に引き出すためには、最適な構造を設計する必要があり、また、先進ハイテンでその構造を具現化するためには、加工方法にも一層の工夫が必要になります。例えば、鉄の強度を高めれば成形が難しくなるという課題に対して、NSafe®-FORMシリーズという新たな加工技術群の整備を進めています。また、加工と同時に焼入れを行うがゆえに生産性の低いホットスタンプ技術に対し、鋼板を直接水で冷却するという技術を開発し、その課題を克服しました。さらに、お客様が目標とする性能がきちんと達成されているかを評価するための各種試験・評価設備を取り揃えるだけでなく、多彩なシミュレーションツールを用意し、日本製鉄ならではの豊富な材料データに基づく高精度な解析結果を提供することにより、自動車開発の省力化や工期短縮にも貢献しています。

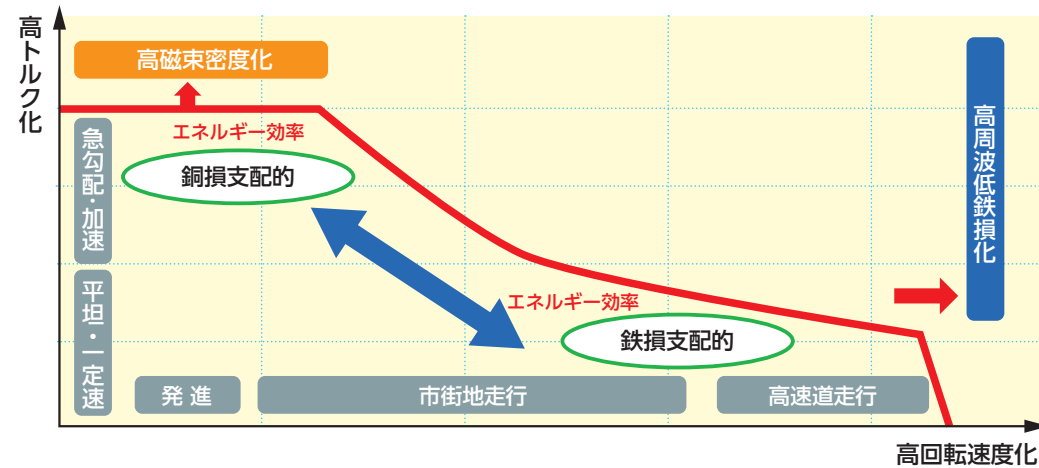


図2 電動車のモーター駆動条件と素材への要求特性

走行状況に応じて、駆動モーターには「高回転」「高効率」「高出力」が求められます。駆動モーター性能向上のため、無方向性電磁鋼板には「低鉄損」「高磁束密度」「高強度」の3特性をバランス良くつくり込む必要があります。

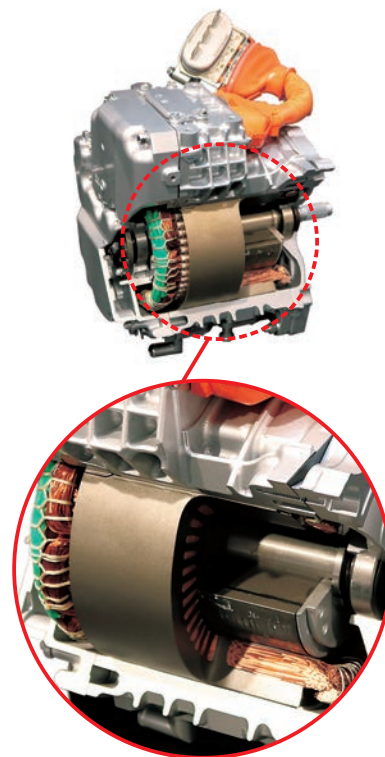
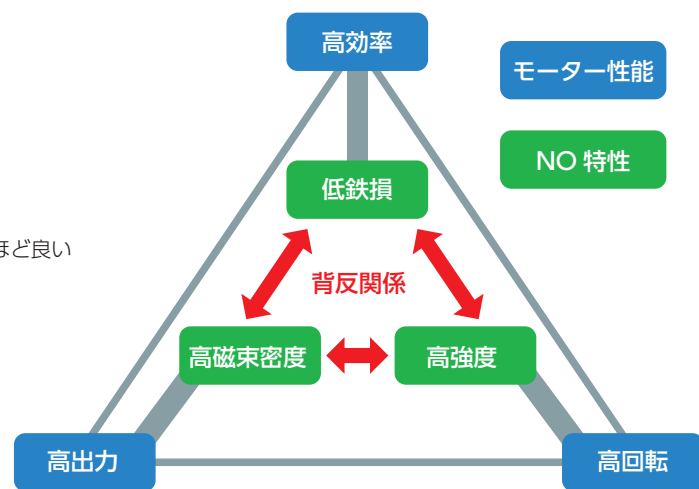


図1 モーターの構造

図3 背反関係にある無方向性電磁鋼板の3特性

- 鉄 損**
 - 鋼板を磁化したときに消費されるエネルギーで、小さいほど良い
 - モーターの効率に寄与
 - 板厚が薄いほど、低鉄損化(⇔高磁束密度化)
- 磁束密度**
 - 鋼板が磁化されたときの単位断面積あたりの磁束の量で、大きいほど良い
 - モーターのトルクに寄与
 - シリコンなどの添加量を減らせば磁束密度が上がる(⇔低鉄損化)
- 強 度**
 - モーターの高回転速度にも耐え得る強度
 - 高回転に耐える強度を担保することで、軽量化に寄与
 - シリコンなどの添加量を増やせば強度が上がる(⇔高磁束密度化)

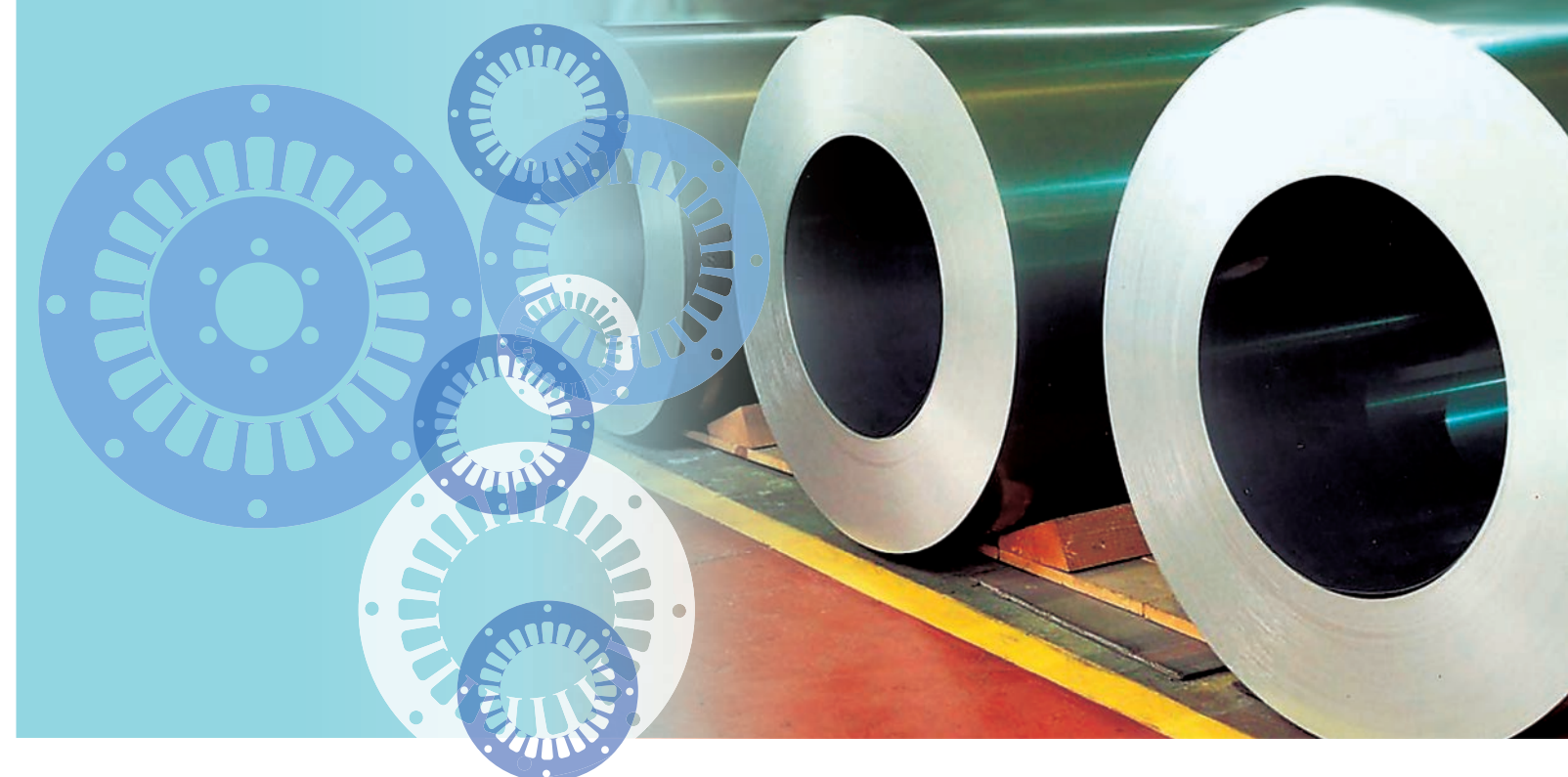


す動力となります。市街地走行では高効率、発進時や登坂時では高出力、高速運転時では高回転など、走行状況に応じた特性が駆動モーターには求められています(図2)。

駆動モーターの高効率、高出力、高回転のすべてを実現するため、無方向性電磁鋼板には「低鉄損」「高磁束密度」「高強度」の3つの特性が求められます。しかし、それら3特性は背反関係にあるため、同時に実現することは大変困難です(図3)。

例えば、駆動モーターの高効率を求めると、無方向性電磁鋼板の低鉄損化が欠かせません。鉄損を低くするためには、シリコンなどの添加量を増やすことが有効ですが、磁束密度の低下により、駆動モーターのトルクが低下します。シリコンなどの添加量を減らせば、磁束密度を高めることができるのですが、今度は無方向性電磁鋼板の強度が低下し、モーターの回転数を上げることが難しくなります。

このように相反する条件である低鉄損化、高磁束密度化、高強度化を高いレベルでバランス良くつくり込むことで、日本製鉄は高効率材を提供しています。世界的な電動車の普及に伴って、無方向性電磁鋼板の需要は一層拡大していきます。日本製鉄は、瀬戸内製鉄所八幡地区と九州製鉄所八幡地区の国内2拠点での生産能力を拡充するとともに、絶え間ない技術革新で、電磁鋼板のさらなる品質向上を実現し、2050年カーボンニュートラル、環境にやさしいクルマづくりに貢献していきます。



電動車の走行駆動モーターに欠かせない 無方向性電磁鋼板

総合的な供給体制を強化

電磁鋼板とは、磁石につく鉄の特性(磁性)を活かした高機能鋼材で、大きく分けて方向性電磁鋼板と無方向性電磁鋼板の2種類があります。電気エネルギーをつくる発電機、その電気を家庭や工場に送る際の電圧を変える変圧器、家庭のエアコンや冷蔵庫、そして電動車を動かすためのモーターなどの鉄心に使われている電力変換分野に欠かせない素材で、電気エネルギーのロス(鉄損)を減らし、省エネルギー・CO₂削減に貢献しています。

なかでも、電動車の走行駆動モーターの鉄心に使われている無方向性電磁鋼板は、自動車に対するCO₂排出規制や平均燃費規制の厳格化を受け、高効率なハイグレード材の需要が飛躍的に伸びています。世界における無方向性電磁鋼板の自動車向け需要は、2035年度には2020年度のおよそ10倍に増える見込みです。

また、世界的に見ても人口増加やインドなどの新興国を中心とした経済成長に伴い、世界の電力需要は堅調に推移する見込みです。CO₂排出削減ニーズが高まるなか、世界各国で変圧器に対する効率化規制が強化されており、変圧器の鉄心に使用される方向性電磁鋼板についても、エネルギーロスの少ないハイグレード材のニーズが一層高まっています。

こうしたなか、日本製鉄は2050年カーボンニュートラルの実現に向けた各種

取り組みの一環として、電磁鋼板の生産能力・品質向上対策を進めており、瀬戸内製鉄所八幡地区(兵庫県姫路市)と九州製鉄所八幡地区(福岡県北九州市)の国内2拠点で設備の増強に取り組んでいます。投資額は累計で約1230億円にのぼります。生産能力は現行の1.5倍に増える予定で、2024年上期中のフル稼働を目指して、電磁鋼板の総合的な供給体制を強化していきます。

絶え間ない技術革新で 世界最高水準の 無方向性電磁鋼板を開発

電動車に使われる無方向性電磁鋼板は、その性能が駆動モーターの効率に直結し、航続距離を大きく左右します。日本製鉄は駆動モーターの性能を向上させる世界最高水準の無方向性電磁鋼板を安定供給しています。日本製鉄の無方向性電磁鋼板にどのような技術が秘められているのかを紹介しましょう。

駆動モーター(図1)は電気エネルギーを運動(機械エネルギー)に変換する装置で、ステーター(固定子)とローター(回転子)の2つの部分で構成され、鉄心素材として通常、無方向性電磁鋼板が用いられます。ステーターは鉄心にコイルを巻いたもので、コイルに電流を流すことで磁界をつくり出します。一方、ローターはステーターで発生した磁界の変化によって回り続けます。ローターの回転はタイヤに伝えられ、クルマを動か