



見ることから始まる ものづくりの旅

鉄は乗り物やビル、橋、家電など、私たちの身近なあらゆるものに使われている欠かせない材料です。鉄の特性を最大限に引き出すためには、その本質をよく見て、よく知り、よく考えることが大切です。鉄づくりは中身を見ることから始まるのです。新日鉄住金のラボ（研究所）でその研究開発の一端を見てみましょう。

新日鉄住金の Open Lab

オープンラボ

ナノレベルで制御してキロ・トンでつくり込む

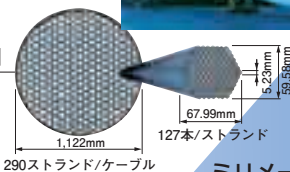
新日鉄住金はナノオーダーでの組織解析で、世界最高の引張強さを持つワイヤを開発。そのワイヤ(線径約5ミリ)を127本束ねたストランドを、さらに290本束ねてつくられたメインケーブル(直径約1.2メートル)が、世界最長の吊橋・明石海峡大橋(全長3,911メートル)を支えている。ワイヤの総距離は約30万キロメートルに達し、地球約7周半分に相当する。ナノレベルで制御してキロ・トン単位でつくり込む鉄の成果の典型例だ。

明石海峡大橋



キロメートル

ケーブル断面模式図



メートル

ミリメートル

SEM 像



SEM：走査電子顕微鏡

TEM 像



マイクロメートル

TEM：透過電子顕微鏡

3DAP 像



3DAP：3次元アトムプローブ
ナノメートル

暮らしを豊かにするイノベーション

鉄には「重くて硬い」というイメージがあります。しかし実際には「軽くて軟らかい」ものもあり、用途に応じて多種多様な性質や形状を持つ鉄がつくられています。

新日鉄住金は、最終製品をつくるお客様に「どんなビルを建てたいのか」「どんなデザイン・性能の車にするのか」「鉄をどこに、どんな形で使うのか」と話を伺います。そしてお客様の求める材料を検討し、その材料の性能に基づいたシミュレーションを行います。お客様の製品設計段階から情報を共有して、ニーズをいち早く理解することで、そのニーズに応じた材料を供給するだけでなく、利用技術を含めたソリューション※1を提供しているのです。

鉄のさまざまな性質を引き出し、多様な形につくり込むためには、鉄の本質をよく理解することが大切です。例えば昆虫について知りたい場合、虫眼鏡で様子を観察し、さらに刺激を与えて反応を見て、その生態に迫っていきますが、それと同じです。技術者たちは、研究所で電子顕微鏡などを使い、組織を詳細に観察します。そして外部から加わる大きな力や熱などのストレスに対して、どのような変化していくのか、その変化の過程を捉えます。変化を予測できると、鉄の性

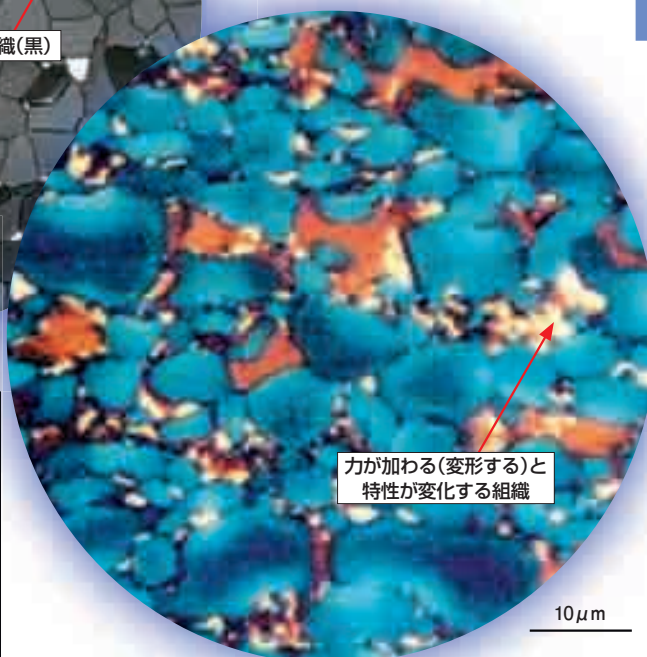
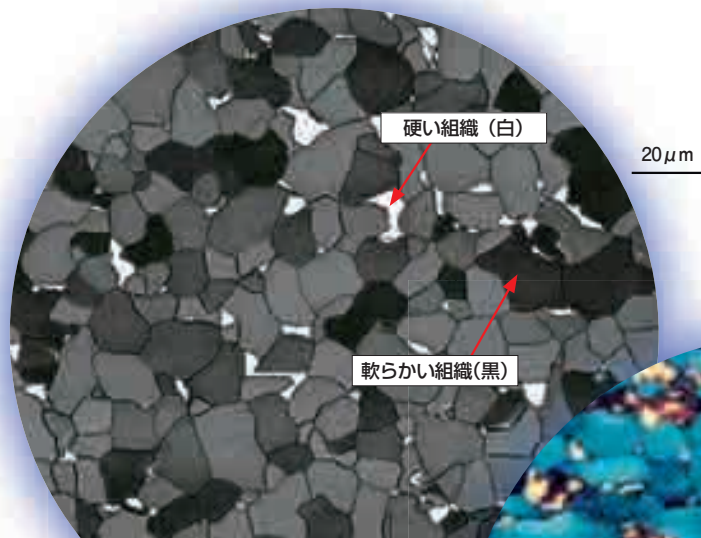
質を正しく理解でき、多様な材料を設計することが可能となるからです。こうした基盤研究のもと、お客様の求める特性を持つ製品を生み出しています。

鉄を進化させる研究開発の難しさは、品質コントロールにあります。電子顕微鏡など観察・解析装置の発達によって、組織をナノオーダーで制御できるようになりました。しかし実際のつくり込みはキロ・トン単位で行われます。高品質な製品を、製鉄所で何十、何百トンと大量生産するときに、ものづくりの真価が問われます。新日鉄住金では、鉄の製造工程で起こる材料内部の変化も研究所で解明し、世界最高水準の設備とノウハウを活かして、最適な製造プロセスを構築しています。こうしたプロセス研究に取り組みことで、お客様の求める製品の安定供給を実現しています。

鉄のことを知り尽くしているエキスパートだからこそ、暮らしを豊かにする自動車や建築、家電などの材料に使われる製品をつくることのできるのです。

※1 ソリューション…鉄は切断、加工、溶接、組み立てなどを経て最終製品となります。そこで、お客様が手を加えるところまで配慮して、鉄の材質をつくり込み、お客様に納入しています。

クルマのオープンラボ



DP 鋼 (左上) と TRIP 鋼のミクロ組織

見る技術

組織をナノレベルで
観察して特性を理解し、
変幻自在な鋼板開発に
取り組んでいます



1台のクルマには使用目的に合わせて100種類以上の鉄鋼材料が使われています。その中で車体用の鋼板には、美しいデザインを可能にする「加工しやすい鉄」と、軽量化による燃費向上と衝突安全性を両立する「薄くても強い鉄」が求められてきました。この相反する機能の実現を追求し、クルマの進化を材料の側面から支えています。

ナノ組織を操り
加工しやすく
強い鉄をつくる

デザイン性が重視される車体用の鋼板には、延ばす、絞るなど複雑な成形性が求められます。そこで生まれたのが、軟らかい結晶組織と硬い結晶組織を混ぜるという発想でした。鉄は高温時と低温時で結晶構造が異なります。その性質を利用して、鉄をつくる熱処理過程で緻密な温度制御を行い、硬・軟2つの結晶組織をバランスよく分散させることで、強さと成形のしやすさを両立したのがDP(Dual Phase)鋼です。

軟らかさと強さを
極める鉄



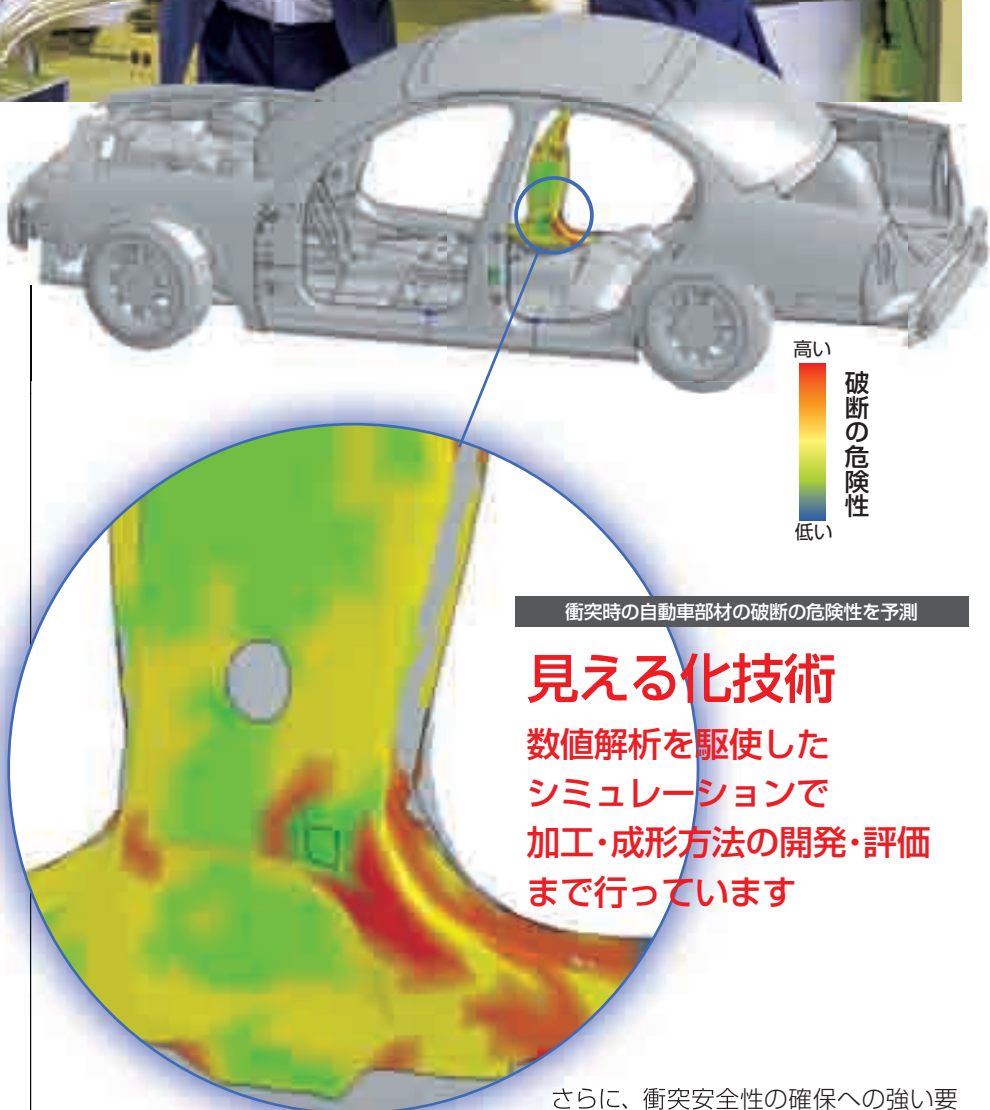


自動車の車体を支える“柱”となるフロントピラーやセンターピラーなど、形状が複雑な部品の成形では、割れやしわが発生しやすいため、材料に高い延び特性が必要となります。一方、ピラーはクルマの屋根を支えるだけでなく、衝突安全性や車体剛性の確保という重要な役割を担っているため、高い強度も求められます。衝突時の材料破断の危険性が高いことは、数値解析を駆使したシミュレーション(見える化)によってわかっていますが、これまで加工性の問題から強度590MPa^{※2}級のプレス用鋼板の適用が限界でした。

こうした中、新プレス工法NSafe[®]-FORM-LTを開発し、非常に強度が高くプレスが難しい980MPa超級の複雑な形状の成形を可能にしました。新プレス工法は金型内で変形していく鋼板の動きを見える化することで、鋼板の打ち抜き加工の形や変形の仕方を変えることができるようになり、割れやしわの発生を克服しました。これからも部品の要求性能に応じた各種鋼板の開発と、プレス成形などのアプリケーション技術の開発を通して、クルマの安全性と燃費の向上に貢献していきます。

鋼板の最適な 加工・成形方法を 提案する

※2 MPa：メガパスカル。引張り強さや圧力の単位



衝突時の自動車部材の破断の危険性を予測

見える化技術

数値解析を駆使した
シミュレーションで
加工・成形方法の開発・評価
まで行っています

さらに、衝突安全性の確保への強い要求に応えるため、より強く成形性に優れた鉄づくりに挑戦。DP鋼開発で培った複合組織化技術を活かして、最適な組成と熱処理条件を導き出し、成形性を維持しながら衝突時の強度をさらに高めたTRIP (Transformation Induced Plasticity) 鋼を開発しました。TRIP 鋼は、力が加わると軟らかい組織が硬い組織に変化することで、衝撃を吸収できます。これらの基本技術はさらなる進化を続けており、現在では、従来をはるかに上回る強さと成形性を兼ね備えた鋼板を実現しています。これらの鋼板により、車体軽量化による燃費向上と衝突安全性向上へのニーズに応えています。

高層建築のオープンラボ

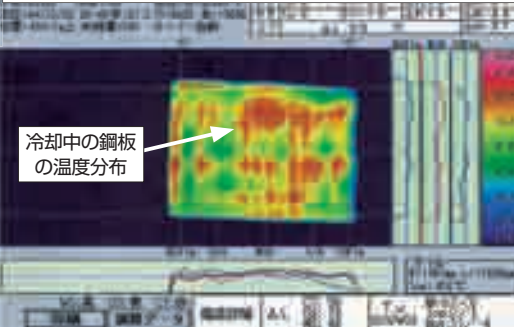
鉄の結晶を
微細化し
強靱な厚板を
つくり込む

高層建築の柱や梁には、6～100ミリ厚の鋼材が使われていますが、この鋼材には強さ(強度)と粘り強く壊れにくい性質(靱性)が求められます。強度と靱性を両立させる最も有力な方法は、鉄の結晶粒を小さくすることです。

製鉄所では、例えば1,200℃以上に熱した鉄の塊に、強い圧力をかけて目的の厚みに延ばしていきます(圧延)。このとき大きさ数十ミクロン～数百ミクロンの鉄の結晶は、つぶされて長く延びていきますが、やがてその結晶の中に新しい小さな結晶が生まれます(再結晶)。続いて少し低い800～900℃の温度で延ばしますが、再結晶は起こらず結晶粒はつぶされたままの状態が残ります。このつぶされた結晶は、圧延後に一定の温度以下になると、大変小さな結晶に変化します(相変態)。しかし、その小さな結晶も時間とともに成長して大きくなるため、圧延終了後に水で冷やすこと(冷却)でその成長を抑え、数ミクロンの大変小さな結晶粒をつくり込んでいます(TMCP^{※3}技術)。

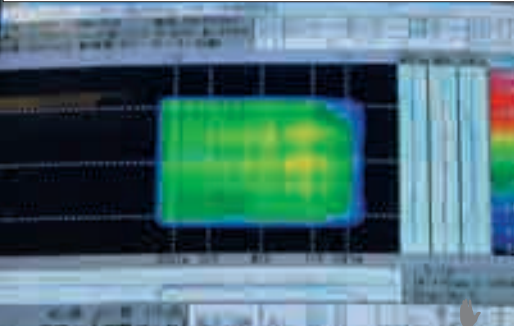
新日鉄住金は幅5メートル、長さ30メートルにも及ぶ鋼材を、ミクロン単位で品質のバラツキなくつくるために、TMCP技術を磨き、世界でも類のない冷却装置「CLC-μ」^{※4}をつくりました。この装置は24時間稼働に耐えるように、実物規模の試験も行って開発したもので、鋼材全体を狙いどおりの速度で均一に冷却して、狙った温度で止めるといったコントロールができ、従来の温度ばらつきを半減することに成功し、鉄の結晶を微細化して強靱な厚板をつくり込んでいます。

従来の冷却装置では、冷却時に鋼板温度にばらつきが出る



冷却中の鋼板の温度分布

CLC-μでは、あらゆる温度域で均一に冷却できる



世界でも類のない冷却装置「CLC-μ」を開発

見る技術

数十トン単位のダイナミックな
製造工程の舞台裏では、
ミクロン・ナノレベルで
結晶を制御する緻密な世界が
広がっています

インフラを支える
たくましい鉄

※3 TMCP(Thermo Mechanical Control Process) : 熱加工制御

※4 CLC(Continuous on Line Control Process) : 冷却制御プロセス



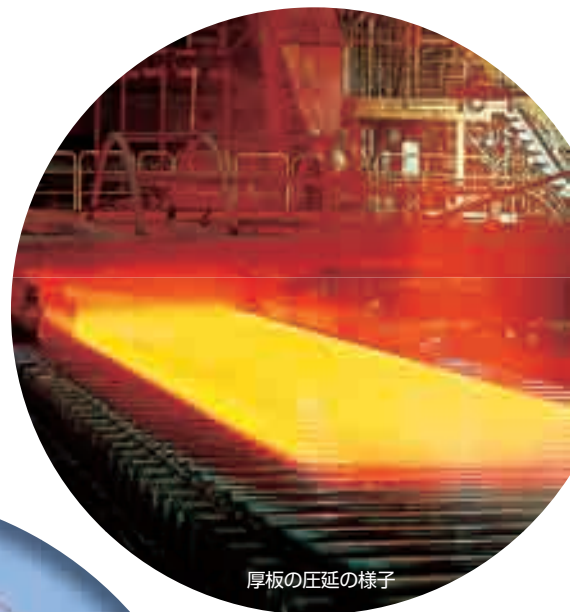
世界最大級の大型構造物交番載荷装置
(荷重 1,000 トン、載荷ストローク 1.2 メートル)



柱曲げ試験前の緊張の瞬間



CLC- μ 開発時の実物大試験装置



厚板の圧延の様子

地震が多い日本では、建物に求められる耐震性が年々高まっています。ここで紹介した粘り強く壊れにくい厚板やH形鋼が、建物の柱や梁に使われたとき、果たしてその真価を十分に発揮できるのでしょうか。

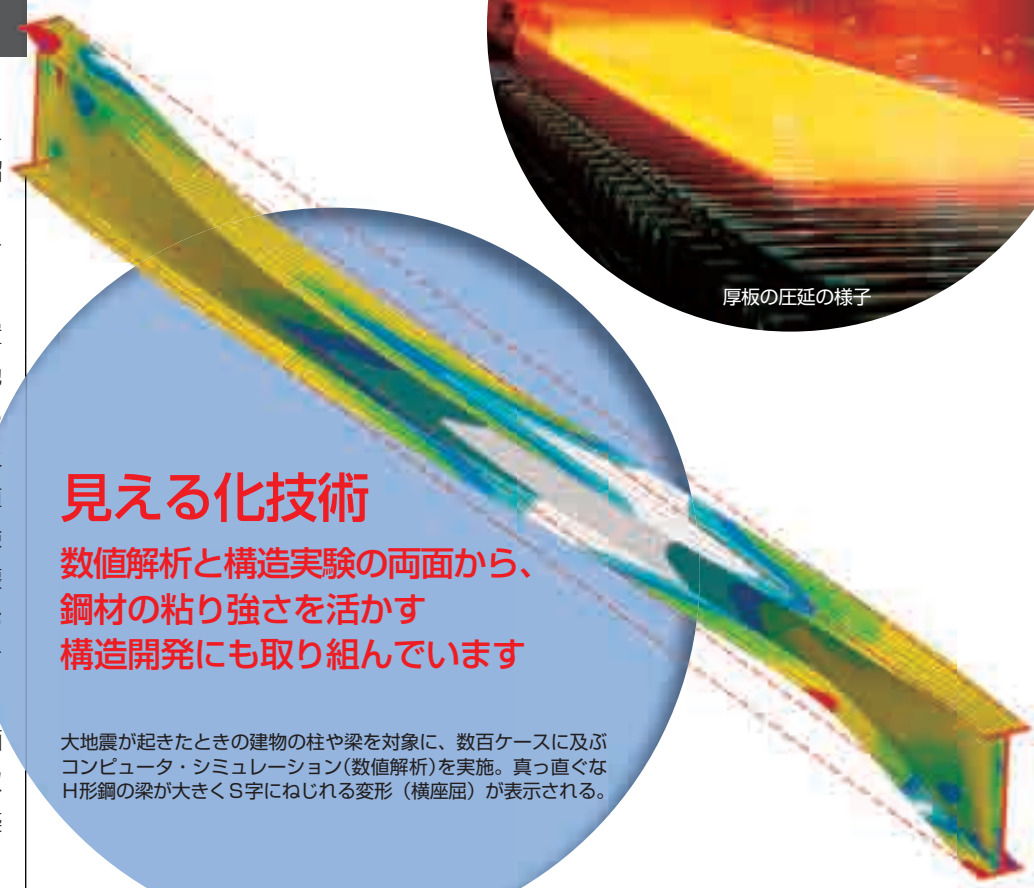
新日鉄住金では世界最大級の試験装置で柱や梁の性能を検証しています。大地震の揺れにどこまで耐え抜くことができるかを確認するため、まず数百ケースに及ぶコンピュータ・シミュレーション(数値解析)を行っています。次に実物大の試験体をつくり、壊れるまで力を加え、その壊れ方を観察します。大きな試験装置のおかげで、より大きな地震の揺れを再現することができます。

このような数値解析と構造実験の両面から、鋼の粘り強さを活かす構造開発に取り組み、材料技術の開発とあわせて建築物の安全性向上に貢献しています。

見える化技術

数値解析と構造実験の両面から、
鋼材の粘り強さを活かす
構造開発にも取り組んでいます

大地震が起きたときの建物の柱や梁を対象に、数百ケースに及ぶコンピュータ・シミュレーション(数値解析)を実施。真っ直ぐなH形鋼の梁が大きくS字にねじれる変形(横座屈)が表示される。



地震の揺れに
耐え抜く
鋼材を追求する



粘り強く大きく変形した耐震性の高いH形鋼の梁性状を確認

家電のオープンラボ

新しい機能を
加えて
さらなる
使いやすさを追求

鉄の最大の敵はさびです。でも鉄はこんな身近にあるのに、赤茶けたさびを見ることが減っていませんか？ 屋外で風雨にさらされるエアコンの室外機や水回りの洗濯機などには、溶けた亜鉛で鋼材表面を覆う溶融亜鉛めっき鋼板やその上に塗装した鋼板が使われています。塗装により水分の侵入を防ぐとともに、鉄よりも酸化しやすく溶けやすい亜鉛が先に溶け出すことによって、たとえ塗膜にキズがついてもそこから赤さびが進行することを抑えているのです。さらに研究所でさび(腐食)の抑制効果のメカニズムを突き止めて、もっとさびに強いめっきも開発されています。

SEM

SL — 20 μ m

曝露試験を行い、鋼板の切断端面付近を走査型電子顕微鏡(上)と電子線マイクロアナライザによる元素マッピング(左下)で観察。表面処理が腐食を抑えるメカニズムの解明に役立っている。

冷蔵庫のドアにメモやチラシをマグネットで貼り付けることができるのは、なぜでしょう。それは鉄でできているからです。私たちの身の回りにあり、何気なく触れる家電製品に鉄が使われています。強い、加工しやすい、さびにくい、熱を逃がしやすい、汚れにくい、見た目が美しいなど、さまざまな機能を持たせるために、表面に特殊な処理を施す技術を開発し、私たちの暮らしをより快適にしています。

0

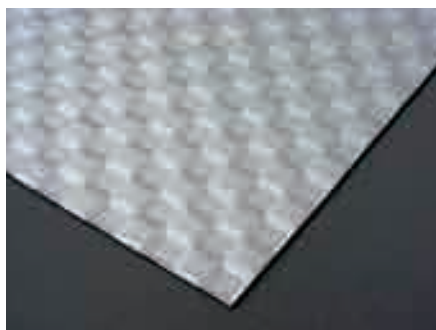
0 — 20 μ m

見る技術

10年にわたり
実証実験を行い、
さびの進行を抑える
性能などを確かめています



暮らしを快適にする鉄



家電の筐体などは、曲げやねじれに耐える強さ(剛性)が求められる。そこで凹凸をつけて、凹凸の接続部の形状も工夫することで剛性を高めた(LATIS®)

家電製品に鋼材が利用されるとき、さまざまな“かたち”に加工されます。新日鉄住金は、より優れた“かたち”を導き出すための技術“かたちソリューション®”の研究を進めています。かたちソリューションとは、建築物のような大型構造体の開発で培った形状設計技術を、家電製品のような小型構造体に応用し、より軽く、より強く、といったお客様のニーズに応えるための技術の集合体です。建築と家電は大きさも機能も異なりますが、その構造をシンプルな棒や面に単純化すれば、実は同じように設計できるのです。

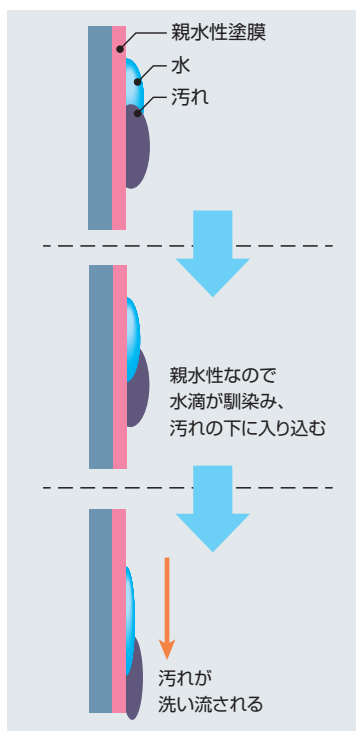
かたちソリューションでは、特定の製品に対する改良提案を行うだけでなく、さまざまな製品へ応用可能な剛性向上のシーズ技術も提案しています。パネルの曲げ剛性^{※5}とねじれ剛性を同時に改善できるエンボス鋼板(LATIS®)の開発はその好例です。機能美を兼ね備えた“かたち”に着目し、これからも新たな鋼材利用のアイデアを創造していきます。

機能美を 兼ね備えた 「かたち ソリューション®」 を提案

※5 剛性：物体に力を加えて変形させようとするとき、変形に抵抗する性質



当社従来品(右。エアコン室外機用ビューコート)に比べて、セルフクリーニングタイプは耐雨だれ汚染性に優れ、きれいな外観を保つ



セルフクリーニングのメカニズム

屋外や水回りで使われる家電にはさびにくさが求められる一方、ヒートポンプ給湯器など大型の室外機には汚れにくいことも求められるようになりました。新日鉄住金は降り注ぐ雨を利用して汚れを洗い流すセルフクリーニングタイプの鋼板を開発しました。

テレビやDVDレコーダー、複写機・プリンターなどの屋内で使われる家電では美しい外観が求められます。そこで薄くてきれいな外観の電気亜鉛めっき鋼板やさらにその上に薄い着色塗膜をもうけた意匠鋼板(NSジンコート®カラー)をつくっています。

またAV製品にもさまざまな機能が求められています。AV製品に触れると意外に熱いことに驚いたことはありませんか。AV製品は高性能化により発熱量が増加するとともに、高集積化や小型化・薄型化が進み、製品容積当たりの熱負荷も増加しています。狭い空間ではファンを置くこともできず、熱に弱い電子部品を守ることができません。そこで着色塗膜に高い放熱性で熱の上昇を抑える性能を加え、さらに電磁波によるノイズを避けるために、シールド性も確保した導電吸熱鋼板を生み出しました。このように長年培った表面処理技術の粋を集め、多様な機能を持つ表面処理鋼板を開発し、家電製品の進化を支えています。



NSジンコート®カラーを用いた薄型テレビのバックカバー