

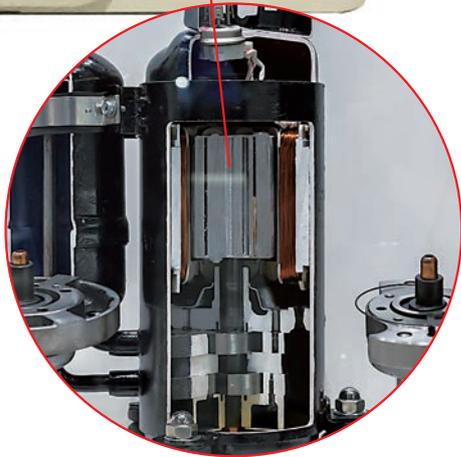


エアコン室外機



家電と鉄のコラボレーション

より快適な暮らしを実現するため、新日鉄住金は家電メーカーのパートナーとして、独自技術の優れた鉄鋼材料を提供し、消費者が求める家電製品の開発に貢献している。ルームエアコンとドラム式洗濯乾燥機の2つの開発プロジェクトを紹介しましょう。



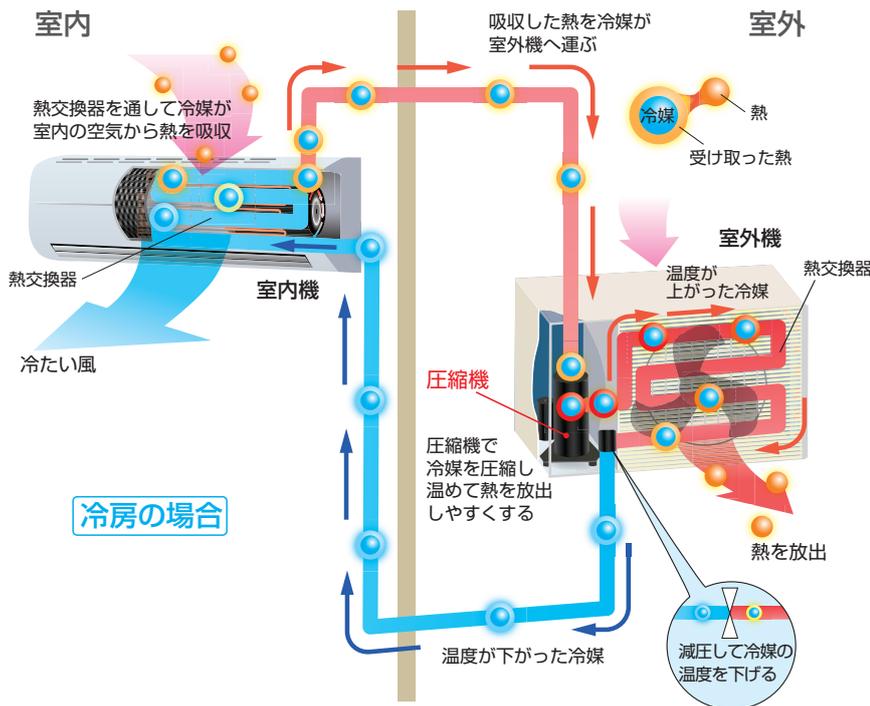
エアコンの心臓部
圧縮機モータの電磁鋼板

ルームエアコン 省エネ性能を極める

安価で省エネ効果のあるインバータエアコンがほしい。そんな消費者のニーズに応えるため、ダイキン工業(株)は低コストと環境性能を両立する圧縮機モータ(図1)を新日鉄住金と共に開発し、インバータエアコンの新製品を生み出した。

左から
ダイキン工業(株)
テクノロジー・イノベーションセンター
関本 守満 グループリーダー
安田 善紀 主任技師
竹田 よし美さん
山際 昭雄 グループリーダー





■ 図1 エアコンの仕組みと圧縮機の役割

冷媒がパイプを循環し、熱が持つ「高い温度」から「低い温度」へ移動するという法則を利用することにより、熱交換器で熱を乗せたり降ろしたりして、部屋を涼しくしている。圧縮機は冷媒の温度をコントロールするエアコンの心臓にあたり、その心拍数をコントロールしているのがインバータだ。

インバータ技術を新興国に広めるために

ルームエアコンのエネルギー消費効率は、大幅に向上している。例えば平均的なリビング用エアコンを、1995年型から2008年型の省エネ性能に優れている製品に買い換えただけの場合、エネルギー消費と電気代は約40%も削減できる。さらに最近のルームエアコンは、室内機のフィルターを自動的に掃除する機能や、人がいるエリアや日差しの量をセンサーが感知して自動運転する機能、室内の空気をきれいにしたり、湿度をコントロールする機能などが搭載され、より快適な暮らしと省エネの両立が図られている。ルームエアコンの消費者ニーズと新製品開発について、ダイキンの山際昭雄グループリーダーは次のように話す。

「用途や地域によってニーズは多種多様ですが、なかでも購入時の価格と使用時の電気代が重要視される点は、国内外を問わず共通しています。一方、日本で当たり前となつてきているインバータエアコンの普及率は、海外でまだ50%程度です。こうしたなか中国では、電力使用量を削減できる有効な手段としてインバータ技術が注目されています。しかし一般家庭に普及するためには価格が課題でした。そこでポリウムゾーンをターゲットとした新しいインバータエアコンの開発に取り組みました」

インバータの搭載されていないエアコンでは、温度調節といっても設定温度になつたら動作を停止し、冷房の場合は温度が上がれば動作を開始するという単純な動作しかできない。これに対してインバータエアコンでは、設定温度になるまではフルパワーで動作し、設定温度になると低速運転に切り替えることができるため、ノンインバータエアコンに比べて、消費電力を約30%削減できる。

「開発でまず課題となつたのは、中国の電源高調波規制です。電力効率を高めたインバータの場合、周波数の高い高調波電流が流れてしまい、各家庭のコンセントからさかのぼって変電所や発電所に悪い影響を及ぼします。そのため高調波電流の発生量は制限されています。規制は日本よりも海外のほうが厳しいため、中国の規制に対応するインバータ回路づくりが急務でした。対策としては、部品を追加すれば高調波を抑えることが可能です。しかし部品点数の増加は製品コスト増に直結します。中国では日本以上に価格設定を安くしないと普及しません。低コスト化を図るために部品点数を削減しても高調波電流の抑制を可能にし、環境性能を発揮する新しいインバータ制御を確立するためには、それに最適な圧縮機モーター用電磁鋼板の開発が必要でした」(関本守満グループリーダー)

鉄損測定の常識を覆す挑戦

エアコンの圧縮機モータは、磁石と電気の力で動いている。磁石は2種類あり、ひとつはもともと磁力を持っている「磁石」、もうひとつは電気の力で磁力を発生させる「電磁石」である。電磁石は電気の流れる向きでS極とN極が決まる。

磁石と電磁石の磁極がS極とN極に向き合うと引き合う力が発生し、S極同士やN極同士のように同じ磁極に向き合うと反発する力が発生する。この引き合う力と反発する力を、電磁石の切り替えて交互に発生させることによって、モータは回転している(図2)。

モータの鉄心には電磁鋼板(写真1)が使われている。高性能な電磁鋼板ほど電気を無駄なくモータの動力に変え、少ないエネルギーロスでモータトルク※1

を大きくすることができると、モータ性能向上の鍵を握っている。新日鉄住金は低鉄損※2、高磁束密度の世界最高水準の高性能な電磁鋼板を開発し、エアコンの省エネ性能向上に貢献してきた。

「試作段階で新しいインバータ回路は、複雑なモータ電流によって大きなモータ損失が発生していました。電磁鋼板自体の鉄損を測ることはできませんが、圧縮機モータが回転している状態で電磁鋼板から発生する鉄損を正しく測定した人は誰もいません。測定できないのは仕方ないことだと諦めていました。しかし新しいインバータ制御に最適な圧縮機モータを設計するためには、鉄損に関する電磁鋼板の材料データを測定することが欠かせません。一緒に



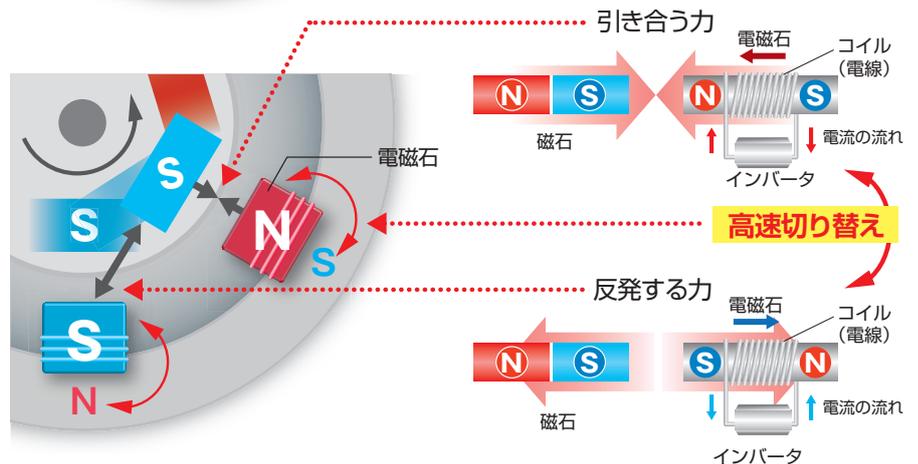
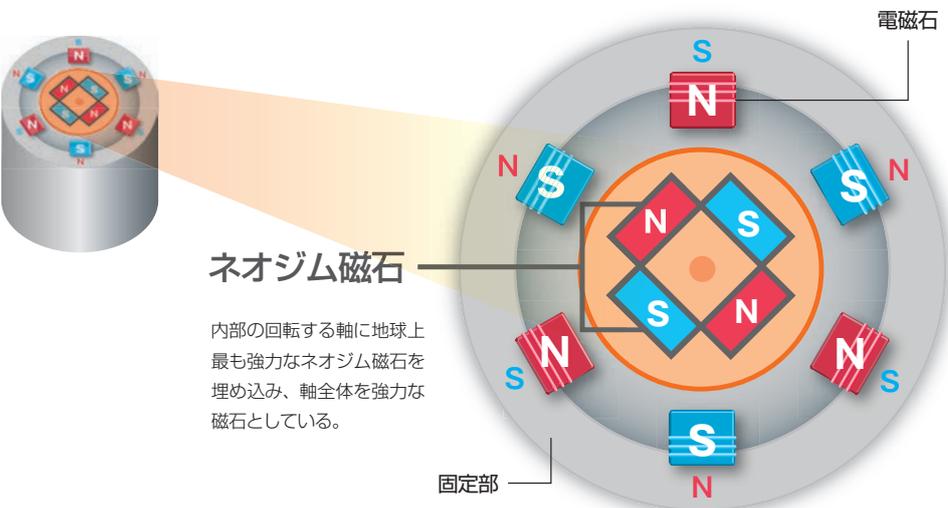
写真1 圧縮機モータ用電磁鋼板(例)

■ 電磁鋼板の特徴

鉄の磁気特性を利用した機能材料
(低鉄損、高磁束密度の鋼板)

■ 電磁鋼板の用途

無方向性電磁鋼板
(モータ・発電機など回転機の鉄心)
方向性電磁鋼板(トランスの鉄心)



■ 図2 圧縮機モータの原理

電磁石のN極とS極の切り替えを高速に行うことで、圧縮機モータを回転させている。高速モータでありながら、インバータはモータの運転手として、圧縮機を動かすモータの回転数を高精度にコントロールし、高い省エネ性能を実現している。

※1 モータトルク：モータが回転する力の強さ。電磁鋼板の磁束密度が高いほどトルクが大きい。

※2 鉄損：モータ駆動時に電磁鋼板から発熱するエネルギーロス。低いほど良い。

分析してくれるパートナーがいないと、新製品開発プロジェクトは走り出すこととすれないと痛感しました。測定不可能とされてきた常識を覆す挑戦に對して、真面目に伝えてくれたのが新日鉄住金でした」(山際グループリーダー)

ダイキンと新日鉄住金による新しいインバータ回路に最適な圧縮機モーター用電磁鋼板の研究開発が始まった。両社の技術者は定期的にダイキンの研究所に集まり、その間に測定した鉄損データを分析していった。測定を担当した竹田よし美さんは次のように語る。



■ 写真2 ダイキン工業(株)と当社のコラボ

2015年11月に新設されたダイキンのテクノロジー・イノベーションセンターでは、両社技術者が各社の研究服を着て一丸となって、引き続き新たな技術課題に向かって共同研究に取り組んでいる。

「圧縮機モーター回転時に電磁鋼板から発生する鉄損データは、モーター損失の測定結果から、理論式に沿って、さまざまな値を引き算して求めます。引き算を間違えると大きな誤差が生じてしまいます。間違えたものを一生懸命見ても正しい答えは導き出せません。これまで十分な精度で測れなかった鉄損を、ばらつきがないよう一つ一つ丹念に実験と計算を繰り返しました」

新日鉄住金はモーターの効率とコストを極限まで追求した電磁鋼板を提案する一方、ダイキンはその電磁鋼板を用いたモーターと新しいインバータ制御回路によって、低価格化と環境性能の両立を実現することができるのか、模索する日々が続いた。そして、ついにモーターの効率とコスト面でバランスの良い、新しいインバータ制御に最適な圧縮機モーター用電磁鋼板の設計条件を見出した。共同研究のブレイクスルーのポイントはどこにあったのか。

「当社のインバータ・モーター設計側から見た電磁鋼板への損失影響因子と、新日鉄住金の電磁鋼板開発側から見た損失発生要因を連携させて、分析技術を確認したことが大きな前進につながりました。モーターには刻々と変動する電流が流れています。そのモーターから発生する電磁鋼板の鉄損を正確に求めることは、どの理論書にも書かれていない常識を覆す挑戦であり、その挑戦はこれからも続きます。しかし今回、技術課題の壁を一つ乗り越えることができ、研究開発の醍醐味を実感することができました」(安田善紀主任技師)

新しいインバータに最適な圧縮機モーター用電磁鋼板を開発

新しいインバータ制御技術が確立すると、それに最適な圧縮機モーター用電磁鋼板を開発した。この電磁鋼板を用いたダイキンのインバータエアコンは、2014年から生産を開始し、中国市場を切り拓いてきた。こうしたダイキン製品の販売への多大な貢献が評価され、新日鉄住金は2015年、ダイキンから最高位賞であるCEO賞を受賞した。CEO賞はダイキングループの生産活動に最も際立つ貢献をした取引先に贈られるもので、鉄鋼業界初受賞の榮譽に輝いた。ダイキンがCEO賞表彰するのは2005年以来10年ぶりの画期的な出来事であった。

「当社はダイキンへ圧縮機モーター用電磁鋼板やエアコン室外機の外板をはじめ各種鋼材を納入していますが、なかでも高品質な電磁鋼板の開発で高い評価をいただきました。今回開発した電磁鋼板は当社高効率シリーズ「ハイエックスコア™HX」として、新たに規格化を完了しています。低鉄損・高磁束密度を有する製品シリーズで、小ささまざまな高性能回転機にご使用いただけるよう、磁気特性別に豊富なメニューを取り揃えています。今後ともダイキンをはじめとするお客様のニーズに応える製品開発に取り組んでいきます」(新日鉄住金・美嶋洋一主幹)

ダイキンは2015年11月、新たな研究開発拠点として、テクノロジー・イ

ノベーションセンターを開所した。この新しい舞台で、両社のコラボレーションはさらに深化している(写真2)。

「新日鉄住金とのコラボを通して感じるのは、素材メーカーでありながら、ユーザー視点を常に意識され、ユーザーと共に商品開発を実践されている点です。あるときは一緒に悩んでくださり、あるときは心に響くご意見をいただける。大変ありがたいことです。ルームエアコンがこれからも進化を続けるためには、高パワー密度・高強度に対応した材料がより求められます。当社としては、単に高パワー密度・高強度の材料がほしいというだけではなく、インバータ・モーターの開発・設計段階、ひいてはエアコンの設計コンセプト段階から一緒に総合的なメリットを引き出せる研究開発を、新日鉄住金と継続していきたいと考えています」(山際グループリーダー)

新日鉄住金はこれからも良きパートナーとしてダイキンの研究開発に参画し、独自技術の優れた鉄鋼材料を供給して、より快適な暮らしを実現するルームエアコンの進化に貢献していく。



新日鉄住金(株)
大阪支社 薄板商品技術室
美嶋 洋一 主幹

核家族の洗濯ニーズに 応えるために

洗濯機はこれまでの縦型からドラム式が増えている。その背景にはライフスタイルの変化が大きく影響している。1970年代までは1世帯当たりの家族数が多く、洗濯物をまとめ洗いの家族数が多い。洗濯代も節約できた。しかし80年代以降は核家族化が進み、1世帯当たりの家族数が少なくなり、少量の洗濯物を効率的に洗濯するためには、従来の縦型よりもドラム式のほうがメリットを発揮するようになった。

ドラム式洗濯乾燥機は、横向きのだらむが回転するたびに、衣類を持ち上げて落とすたたき洗いをするため、洗濯物全体を水に浸す必要はなく、節水できる。また少量の水で洗剤を溶かすため泡の濃度が高く、特に皮脂汚れが良く落とせる。さらに洗濯物のからみが少ないので生地が傷みにくく、乾燥も効率的にできる特長がある。



ドラム式洗濯乾燥機 静けさを追求する

ご近所に迷惑をかけることなく、帰宅後の夜間に洗濯がしたい。そんな消費者のニーズに応えるため、パナソニック(株)は洗濯機の最適形状と塗装鋼板の最適材質を新日鉄住金と共同開発し、静音性を向上させた「ななめドラム式洗濯機」を生産している。



左から
 パナソニック(株)
 グローバル調達センター ランドリー・クリーナー調達部 静岡購買課 溝口 浩 課長
 ランドリー・クリーナー事業部 静岡工場 静岡管理課 遠藤 正人 係長
 ランドリー・クリーナー事業部 静岡工場 廣田 亮治 工場長
 ランドリー・クリーナー事業部 ドラム洗技術部 寺井 謙治 部長



横向きビード形状を施した塗装鋼板

横向きビード形状の 新しい洗濯機筐体が開発される

パナソニックは1997年に日本製では初のドラム式洗濯機を発売、2003年には洗濯物の出し入れをしやすくすることで消費者の満足度を高め大ヒットした、ななめドラム式洗濯機を開発・販売してきたが、さらに夜間洗濯をしても音が気にならない静けさを追求した。

「乾燥時間を短縮できるように脱水時にはドラムが高速で回転します。その振動に耐えるとともに、騒音の低減を図るため、側板の素材には強度と耐食性に優れた塗装鋼板を使っています。板の厚さをアップすれば、振動を抑え、さらなる静音化を図ることは可能です。設置・取り付け作業などの面から販売業者から軽量化を求められており、本体重量の増加につながる板厚のアップはできません。どうすればいいのか。そこで新日鉄住金との共同研究が2007年から始まりました(パナソニック・寺井謙治部長)」。騒音の主な原因は、高速でドラムが回転するとき、衣類のアンバランスにより振動が生じ、その振動がボディに伝わり、ボディ全体が揺れることだった。これまで塗装鋼板の縦方向にビードを付けることで、ある程度の静音化に

応じてきた。そこでビードの凹凸や幅など形状を変えることによって、さらなる静音化を実現できないか模索した。研究開発では新日鉄住金が得意とする3次元FEM(※3)による構造解析技術を駆使し、ボディが振動し始める共振点がどこにあるのかを探った。

「当初、縦向きでいろいろな形状のビードを試しましたが、ブレードスルーできませんでした。従来の縦向きにこだわらず、斜めや横向きにしてみたらどうなるだろうか」と発想を転換させました。その結果、新しい形状のビードを横方向につけることで、本体重量を増やすことなく振動と騒音を抑えることができることを突き止めました。白物家電は成熟した製品です。ブレードスルーがないと製品開発はできません。新しい気づきが大切であることを再認識しました(寺井部長)」。さらなる静音化プロジェクトが始まり、横向きビード形状が施された塗装鋼板を使った洗濯機が開発されるまでの期間は、わずか1年というスピードだった。洗濯時の音は31デシベルまで低減した。これは日常生活で静かさを感ずる45デシベル、静かな図書館の40デシベルを大きく下回っている。

※3 FEM (Finite Element Method) : 有限要素法。数値解析法の1つで、物体を小さな要素に分割し、全体の挙動を近似値として求める手法。

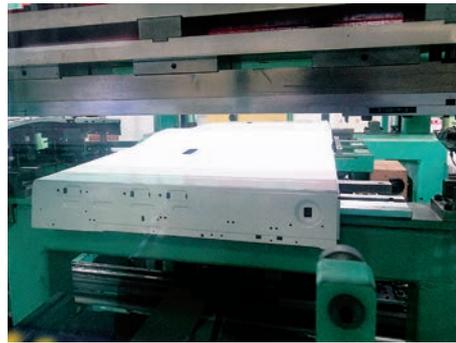
洗濯機ができるまで



新日鉄住金君津製鉄所から運ばれた塗装鋼板の梱包コイル



コイルが解かれていく塗装鋼板



プレス機で曲げ加工される塗装鋼板



表面をビード形状に加工される塗装鋼板



縦型洗濯機のボディ形状に加工された塗装鋼板



キズなどがないかボディ外観を検査



ドラム材料のステンレス鋼板

家電メーカーの省工程・省力化に貢献

横向きビード形状に適應する塗装鋼板を使った新しいドラム式洗濯機は、2008年からパナソニック静岡工場が生産されている。塗装鋼板は新日鉄住金の君津製鉄所からコイル状で運ばれてくる。

「お客様の在庫最小化と生産性向上に貢献するため、塗装鋼板を必要とします」(新日鉄住金・矢口健一主幹) コイルを解かれた塗装鋼板は、まず寸法に合わせて切断される。そして大型プレス機で鋼板表面にビード加工、鋼板全体に鋭角な曲げや深絞り加工が行われる。

「塗装鋼板を30年来採用していますが、当初苦労したのが接合部でした。塗装鋼板は溶接に向かないため、鋼板同士を圧着させて塑性変形を利用したカシ

メ接合を確立することで、技術課題を乗り越えました。工数を要する溶接工程や塗装工程の廃止、塗装作業に伴って必要だった環境対策の省略によって、生産性は向上しました。次に苦労したのが加工でした。市場ニーズに合わせて曲げや絞りなどの加工が必要となり、塗装が割れたり、剥げたりする現象が発生しました。しかし新日鉄住金の塗装技術の進化によって、複雑な形状でも塗装が割れたり、剥げたりせず、さまざまな加工が容易にできるようになりました」(パナソニック・溝口浩課長)

洗濯機に使われている鉄は塗装鋼板だけにとどまらない。ドラムには新日鉄住金ステンレス(株)のステンレス鋼板が使われている。塗装鋼板と同じようにコイル状で運び込まれ、穴開けなど加工を施した上で円筒状に成形し、カシメによって組み立てられている。ドラム材料には、縦型のときは、かつてプラスチックが使われていたが、ステンレス鋼板への転換が図られた。ドラムが高速回転するとプラスチックでは変形してしまうが、ステンレス鋼板は強度に優れていること、プラスチックよりも衛生的でカビが生えにくいこと、さびにくいこと、さらにはリサイクル性が高いことが理由としてあげられる。

