

株式会社日立産機システム 習志野事業所のモータ製造工場

special report

モータの進化は、「グリーン社会」に直結する

小型・高効率の永久磁石モータの可能性を広げる

世界の電力の約4割がモータで消費されている。

単純に計算すると、すべてのモータを10%省エネ化すれば、

電力消費全体を4%低減できる。これに加えて、エンジンや油圧で駆動する自動車や工作機械などの電動化を進めることで、

グリーン社会の実現に向けたさらなる貢献が期待できる。

特に注目されているのが、小型・高効率の永久磁石モータである。

日立グループは、電動応用統括推進本部の下で、

産業機械、自動車、建設機械などに加え、鉄道車両やエレベーター・エスカレーター、家電製品、風力発電設備に至るまで、

幅広い分野における永久磁石モータシステムの展開を進めている。

モータと共に歩んだ100年

モータが産業・社会の動力として使われるようになったのは、130年ほど前のこと。1880年代初頭にドイツで路面電車が走り、1888年にはニコラ・テスラが交流モータを開発、いよいよモータの時代を迎える。

明治時代の日本も、この新技术を積極的に導入してきた。1882(明治15)年に東京・日本橋に日本初のアーク灯が灯り、1891年には京都で琵琶湖疎水を使って水力発電に成功、1895年に京都市街を日本最初の路面電車が走った。産業利用をリードしたのは鉾山で、鉾山周辺の急流を利用して水力発電が盛んに行われるようになった。

日立製作所も、茨城県の日立鉾山が発祥である。創業者の小平浪平は、秋田県の日立鉾山や広島水力電気(現・中国電力株式会社)、東京電燈(現・東京電力株式会社)で発電所づくりに携わってきた。1906年に日立鉾山に移って発電所や製錬所の建設を指揮する一方、外国製電気機械の修理をしながら製作方法を研究し、1910年に5馬力(3.7 kW)モータを完成した。そして、「鉾山で使う電気機械は何でもつくろう」と、



ステータ部の巻線工程 (左上)。(左下)、永久磁石モータのロータ部 (右上)
永久磁石モータ (右下)

発電機，変圧器，モータを組み込んだ圧縮機，送風機，巻上機，ポンプなどの製作を行っていったのである。当初は失敗の連続だったが，技術を磨き，人を育て，昭和初年には日本有数の電気機械製作会社に成長。モータ応用品は電気機関車，エレベーター・エスカレーター，冷凍機，クーラー，電気冷蔵庫に広がった。

戦後も，炭鉱機械，鉄道車両，製鉄設備，灌漑（かんがい）・上下水道用ポンプなどを通じて産業・社会基盤の復興に貢献し，脱穀機，精米機の動力として農業電化，ホイスト，小型圧縮機「ベビコン」などによる工場近代化に尽くし，井戸ポンプ，家庭電化製品を通じて生活向上を支えてきた。

永久磁石モータを軸とする電動化

その伝統を受け継いで，日立グループは，2006年に電動応用統括推進本部（以下，電動本と記す。）を設置し，モータの利用を広げる電動化事業を展開している。

副本部長の 関秀明が事業のポイントを説明する。

「世界は地球温暖化防止に向けてグリーン社会をめざしています。モータは，世界

の電力の4割を消費しているだけに，その省エネ・高効率化は社会的なテーマです。日立がモータを製作して100年，私たちは，さらなるモータ技術の進化とその応用に取り組んでいます。中でも小型・高効率の永久磁石モータは，ハイブリッド自動車や電気自動車，建設機械の駆動モータに適しています。さらに，油圧駆動の工作機械やロボットなどに活用すれば，モータの俊敏性を生かした高度な運転が実現します。」

子どものころ，工作の時間にモータを組み立てた人も多いただろう。鉄心（コア）にエナメル線を巻いてロータ（回転子）をつくり，永久磁石をセットしたステータ（固定子）に納めて電池につないだ瞬間，モータが勢いよく回った感激は忘れられない。

だが，産業用モータでは強力な永久磁石がなかったため，ステータには回転磁界を作る交流巻線を，ロータにも電磁誘導作用で電流の流れる導体を埋め込んだモータを用いてきた。このタイプを誘導モータと呼ぶが，ロータ，ステータともにコイルを用いるのでどうしても大きくなってしまふ。

しかし，永久磁石は着実に進化を遂げ，1982年に日本で強力なネオジウム磁石（鉄



電動応用統括推進本部
副本部長
関 秀明



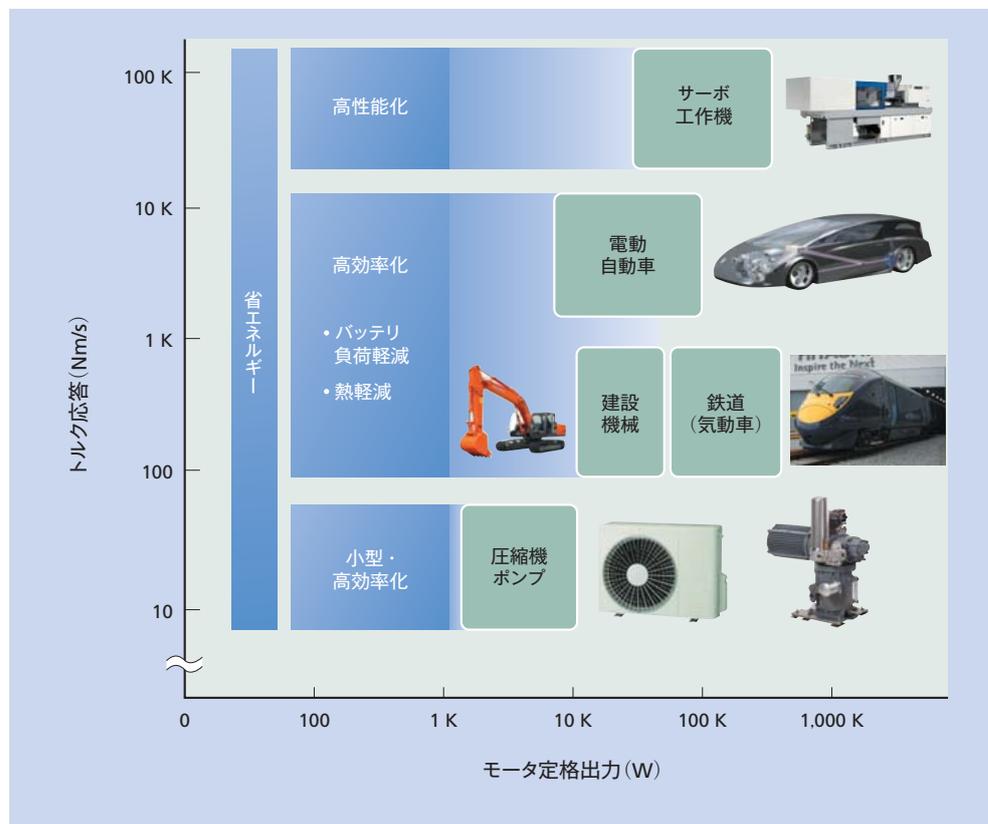
電動応用統括推進本部
福田 悦博



電動力応用統括推進本部
本部長付
清水 幸昭



電動力応用統括推進本部
モータ事業本部
第二開発部 部長
妹尾 正治



にネオジウム、ボロンなどを焼結させた磁石)が開発され、産業用にも永久磁石モータが使われるようになった。

「ハーモニアス・モータシステム」へ

「小さな体格で大きなトルクを生む永久磁石モータは、省資源の面からも期待されています。その開発には、磁石だけでなく、コア材料や電線、絶縁ワニスなどの低損失化、巻線の高密度化などが必要です。さらに、モータを制御するインバータや、自動車用などでは電池との相性も重要です。

そこで、電動本を核として、モータ関連事業所と研究所のほか、ネオジム磁石で圧倒的なシェアを持つ日立金属株式会社をはじめ、日立電線株式会社、日立化成工業株式会社などグループの技術を結集し、電源・電池・インバータ・モータ・制御などを一体的に考える『ハーモニアス・モータシステム』を追求することで、高出力・大容量化、安全性確保と長寿命化、環境性と駆動性の両立などに取り組んでいます。」と関は語る。

電動本には、モータと制御、材料のスペ

シャリストが集結している。

電動本の福田悦博は、原子力発電所の原子炉の再循環ポンプ用モータ開発ほか、種々の分野のモータ設計・製作にかかわった。「日立は1979年に日本最初の改良標準化プラントとなる東京電力福島第二発電所2号機に初めて使用されることになった再循環ポンプ用モータを納入しました。当時、炉心の再循環ポンプ用モータはすべて米国製でしたが、この国産化に挑戦し、超高信頼のモータを開発しました。以来、30年以上が経過しましたが、ノートラブルできています。」

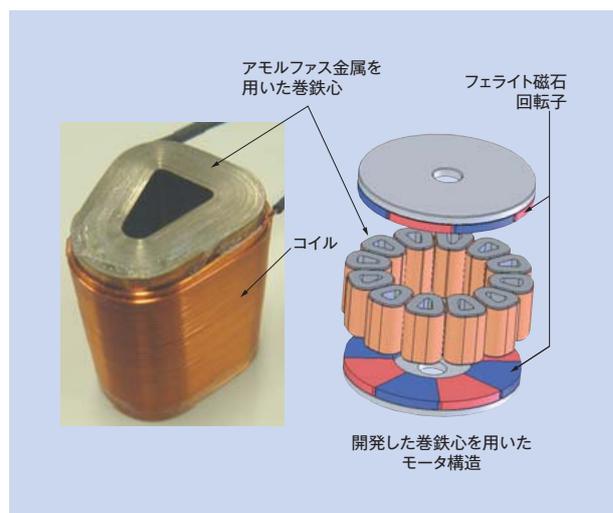
本部長付の清水幸昭は、ディーゼル電気機関車用モータの設計に携わった経験者。「日本の鉄道は電化が進んでいますが、世界を見わたせば非電化区間が圧倒的に多いのが現状です。当時のディーゼル電気機関車は、ディーゼル発電機でつくった電力で直流モータを回すもので、私が1980年代に手がけた車両は大部分が南アジア地域に輸出されました。」

ディーゼル電気機関車の技術は、2,000 HPクラスの鉱山用大型ダンプの電

レアメタルを使わない永久磁石モータ

レアアース、レアメタルの資源問題が大きな関心を集めている。

日立製作所と日立産機システムは、2008年に、コア材料にエネルギー損失が少ないアモルファス金属を採用することで、レアメタルを使わないフェライト磁石でもモータの効率を高められる技術を開発した。アモルファス金属は硬くて加工が難しいのが課題だったが、日立グループは、薄いアモルファス金属を巻いて鉄心状にする「巻鉄心技術」を開発。さらに、三次元磁界解析技術を開発し、アモルファス金属の高透磁率性と低飽和磁化特性を最大化することによって、モータの効率を約5%向上できた。



気駆動にも生かされている。

産業、家庭・民生分野の小型モータで実績をあげてきたのが、モータ事業本部第二開発部部長の妹尾正治である。1979年の第二次オイルショック後、国のムーンライト計画に続いて小型・高効率の直流ブラシレスモータの開発に参画し、エアコンのコンプレッサ用モータの大幅な省エネ化を実現している。その妹尾には忘れられない体験があるという。

「モータの設計では、ロータの材料開発で0.1%、絶縁材の改良で0.1%といったレベルでの地道な性能向上を図ってきました。ある時、電動工具の性能が出ないという苦情が届き、現場に向くと隣家から細い延長ケーブルを何十メートルも伸ばして使用していました。ケーブルの電力損失によって十分な性能が出ていなかったわけです。この経験から現場を知る大切さ、メンテナンスサービスの重要性を学びました。」

インバータ制御と新材料による革新

「ハーモニアス・モータシステム」のキーテクノロジーの一つにインバータがある。インバータは直流電流を交流電流に変換する装置で、周波数や電圧を変えることで回

転数やトルクを自在に制御できる。この結果、モータは負荷に応じて能力を変えることが可能になり、最適運転により大幅な省エネ化が実現した。日立は、1978年に汎用モータにインバータを採用した可変速VXシリーズを発売した。電動本の統合開発センタ長である宮崎英樹は、日立研究所時代にインバータIC (Integrated Circuit) を開発している。「インバータICは家電製品用モータに採用され、エアコンのファンモータ向けインバータで90%以上のシェアをとったこともあります。」というほどの大ヒット商品となった。

材料の進化も著しい。材料開発タスク長の相馬憲一は「同じ材料でも加工方法や利用技術が性能を大きく左右します。ネオジム磁石に使われるネオジムだけでなく、微量に添加されるディスプロシウムはさらに希少で高価なレアメタルです。ディスプロシウムをネオジム合金粒界面付近にのみ分散させる工夫をすることで、より少ない量で高い性能を発揮できます。また、コア材料でも従来の電磁鋼板を応力が少ない打ち抜き方をする方法や、あるいはアモルファス(非晶質)金属に置き換えることで内部損失を大きく低減できます。モータを



電動力応用統括推進本部
統合開発センタ
センタ長
宮崎 英樹



電動力応用統括推進本部
モータ事業本部
材料開発タスク長
相馬 憲一

産業分野に広がる電動化技術

ハイブリッド自動車、電気自動車には、電動コンポーネントが欠かせない。さらに、電動化により省エネ・高効率化を図った工作機械や建設機械も広がっている。

自動車分野では、エンジン制御とエレクトリックパワートレイン、また小型・軽量化や制御効率を向上させるメカトロニクスとの一体のソリューション（エネルギーマネジメント）を提供している。

日立グループの東洋機械金属株式会社は、1985年から電動サーボ機構を採用したプラスチック射出成形機を製品化。応答速度が速く省エネ性に優れた製品は同社の主力となっている。また、2006年には、電動サーボダイカストマシンを開発。溶けた金属を高圧で金型に注入するダイカストマシンは大きな力が必要なため、これまで油圧機構が用いられてきた

が、電動サーボモータ化によりサイクル短縮が可能になり、消費電力も約70%削減できた。

日立建機株式会社は、電動式建設機械の開発を進めている。1981年に実用化した電動式油圧ショベルは、ディーゼルエンジンに代わって、電動モータで油圧ポンプを駆動する。CO₂の排出がなく、ランニングコスト、保守性にも優れており、タイ、中国、アフリカなどで稼働している。

また、リチウムイオンバッテリーを用いたバッテリーショベルも製品化している。さらに、ディーゼルエンジンで発電し、電動モータで駆動する超大型ダンプトラック、エンジンと電動のハイブリッドによる超大型ホイールローダも鉱山や建設土木分野で活躍している。



小型化すると熱の影響が無視できなくなりますので、高耐熱性の電線エナメルや熱伝導性の良いコイル固着ワニスの開発も重要です。今後、ハイブリッド自動車や電気自動車、産業用途などに広く永久磁石モータを供給していくために、高性能で安全、省資源化につながる材料開発を進めていくことにしています。」と語る。

日立グループの総合力の下で

電動本と連携して開発に取り組む日立研究所モータシステム研究部部長の三上浩幸は、みずからの経験を基に語る。

「ハーモニアス・モータシステムでは総合力が問われます。かつて、産業用モータを40%小型化する製品化プロジェクト（Sプロジェクト）に参加しましたが、工場、研究所、さらに営業・サービス部門、調達

部門が集まることで、短期間で目標を達成できました。また、ユーザー企業とモータやインバータの共同開発を行った経験もあります。今後のモータシステムにおいては、お客様との密接な協力関係を築いて最適解を見つけていくことがますます重要であり、研究所も技術を通じ、事業部とともにお客様との協創を深めるべくさらに尽力したいと思っています。」

電動本では、日立グループを結集して、さらなる高度製品の開発とその応用展開に力を注いでいくことにしている。



日立研究所
情報制御研究センター
モータシステム研究部 部長
三上 浩幸