

モータ・インバータを核にした産業機器製品の環境対応技術

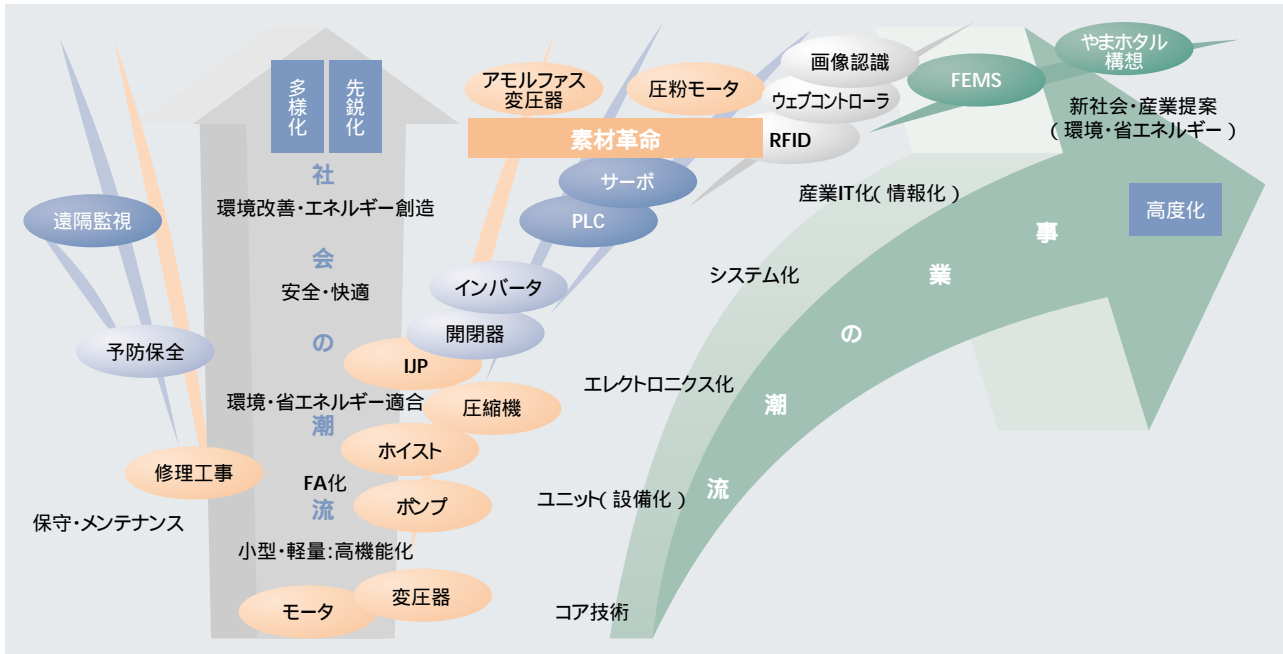
Technology to Respond to Environmental Issues for Industrial Equipment such as Motors and Inverters

酒井 孝寿 Takatoshi Sakai

田中 雄司 Yuji Tanaka

田中 英晴 Hideharu Tanaka

宇辰 勝之 Katsuyuki Utatsu



注:略語説明 FEMS(Factory Energy Management System),RFID(Radio-frequency Identification),PLC(Programmable Logic Controller),IJP(Ink Jet Printer)
FA(Factory Automation)

図1 産業機器分野技術の潮流

産業機器分野では電機機器の小型高性能化を追求するとい課題に加え、環境・省エネルギーに向けて事業の潮流の舵(かじ)取りが求められている中で、モータ動力の可変技術の果たす役割は大きい。

産業分野のモータ動力占有率は約60%と大きく、環境負荷に及ぼす影響が大きい。モータの省エネルギーに向けた製品開発においては、高効率モータや損失低減のための新材料の開発などが行われてきた。

また、モータにかかる負荷を最適化するため、可変速にインバータを活用した圧縮機などの技術開発が、インバータの高機能化/低損失化とともに、急速に進められてきた。これらの産業機器は、環境・省エネルギーの促進を求める強い社会ニーズに対応し、急速に普及してきている。

一方、環境対応のため、再生可能エネルギーの活用が「やまホタル構想」の呼びかけで広がりを見せており、小型分散電源として、インバータの技術が必要不可欠となっている。モータ・インバータの技術は、今後、環境・省エネルギーの核となる技術として期待されている(図1参照)。

1.はじめに

モータ動力の環境対応技術として、省エネルギー化のためにインバータの活用が強く求められている。

ここでは、今後の環境対応技術としての普及を視野に入れ、モータの低損失化追求と最適化制御のために、圧縮機やマイクロ水車にインバータを活用した事例について述べる。

2.モータ・インバータの高効率化

2.1 インバータを利用した省エネルギー効果

一般にファンやポンプなどにおいて、負荷の変動に応じるためには、バルブやダンパなどを機械的に調整する方法と、インバータでモータ回転数を制御する方法がある。

ファンやポンプの必要動力(P)は、流量(Q)と揚程(H)の積に比例する。また、流量は回転数(周波数)に比例して減少し、揚程は流量(回転数)の2乗に比例して減少する。バルブやダンパで制御した場合、流量は減少していくが、揚程は

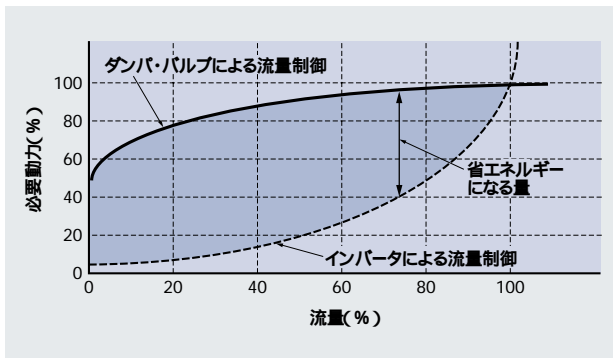


図2 流量と必要動力の関係
ファン、ポンプのインバータ運転が、絞り制御に比べて優れた特性を示す。

増加するので必要動力はそれほど減少しない。しかし、インバータ制御を行うと、必要動力は回転数の3乗に比例して減少することになる。例えば、インバータの出力周波数を50 Hzから40 Hzに落とし、ファンやポンプの回転数を80%とした場合、およそ半分の動力となり、大きな省エネルギー効果が得られる(図2参照)。

2.2 高効率モータを利用した省エネルギー効果

高効率モータとは、標準誘導モータより効率値を高めた誘導電動機を指し、JIS C 4212に基準となる効率値がある。モータの効率を上げるためには、損失を小さくすればよい。モータの発生損失には以下の4種類がある。

- (1) 機械損:軸受の摩擦損、冷却ファンの風損など
- (2) 鉄損:鉄心内で磁界が変化することにより発生
- (3) 銅損:抵抗を持つ導線に電流が流れることによって発生
- (4) 漂遊負荷損:上記以外の損失

各損失の低減策はさまざまあり、総合的な対策を行い、高効率化を図っている。標準モータと高効率モータの効率比較を図3に示す。

2.3 永久磁石モータを利用した省エネルギー効果

永久磁石モータ DCBL(直流ブラシレス)では、誘導モータのように回転子側にアルミニウムや銅の電気良導体を使用せず、永久磁石自体が界磁磁束を作る。そのため、回転子側の渦電流損はほとんど発生せず、誘導モータより効率よく運転することができる。誘導電動機とインバータを組み合わせたものと、永久磁石モータの総合効率を比較して図4に示す。

損失低減によるモータ自体の温度上昇が抑制されることから、モータ自体の小型化も実現できる。プロワ・ポンプ・空気圧縮機など長時間運転する機械に採用することにより、効率向上による消費電力節減、モータ自体の小型化によるユーザー機械の省スペース化も可能になる。

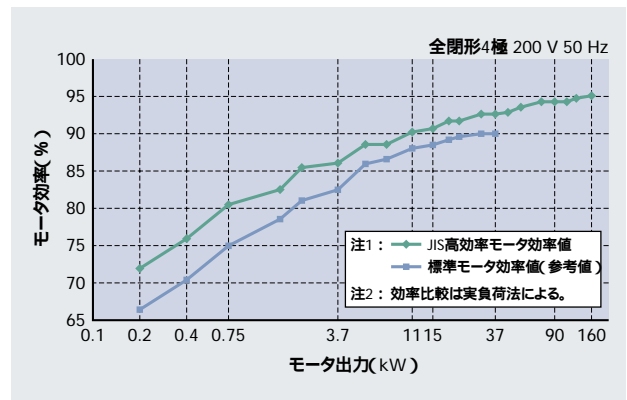
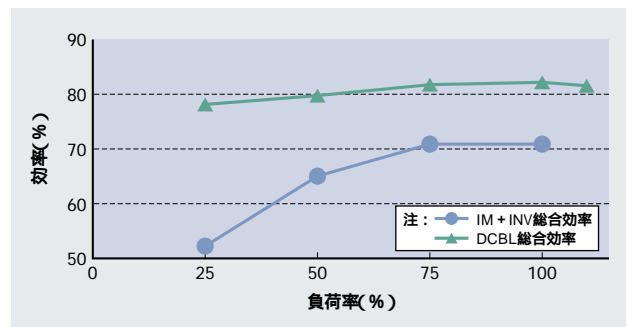


図3 標準モータと高効率モータの効率比較
標準モータに比較して優位であることを示す。



注:略語説明 IM(Induction Motors), INV(Inverter)
DCBL(Direct Current Brush Less)

図4 総合効率の比較
永久磁石モータ DCBL とインバータ制御の負荷特性の対比を示す。

3. スクリュー圧縮機の高効率化と新技術

3.1 開発のねらい

空気圧縮機は工場内でエアブロー、空圧シリンダ駆動用など、さまざまな空圧機器の動力源として幅広い産業分野で用いられている。その使用電力量は工場設備全体の約25%を占めるとも言われており、地球温暖化防止のためのCO₂削減を推進するうえで、省エネルギー性能の向上は重要な意味を持つ。株式会社日立産機システムは、こうした省エネルギー要求に応えるべく、「可変速ドライブ」と「空気圧縮機」の両技術を有する業界唯一のメーカーである強みを生かして、すべての主要構成要素について、新技術の適用および改良を図った新型油冷式スクリー圧縮機「HISCREW NEXTシリーズ Vplus」を開発し、製品化した(図5参照)。



図5 HISCREW NEXTシリーズVplus 37 kWタイプ
オールインワン構造エアエントをパッケージ化した構造のイメージを示す。

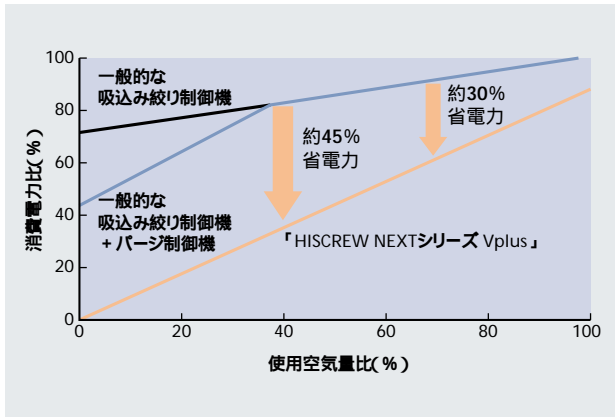


図6 省エネルギー効果
「HISCREW NEXTシリーズ plus」の使用空気量比ごとの省エネルギー効果を示す。

3.2 省エネルギー効果

空気圧縮機の特性に合わせて専用開発した小型高効率「DCBL駆動システム」を新規に搭載し、使用空気量に応じて最適な回転数制御を行うことにより、一般的な吸込み絞り制御機と比較すると、使用空気量40%時には約45%の省電力化を達成した(図6参照)。

3.3 製品の特長

3.3.1 オールインワン構造エアエンド

高効率の「DCBLモータ」と高性能な「スクリー圧縮機本体」を直結したことにより、ベルト増速などによる動力伝達ロスのゼロ化を実現した。さらに、オイルセパレータなどの主要構成部品もスクリー圧縮機本体との一体構造化により、各部品間をつなぐ接続配管を廃止し、圧力損失ロスを徹底排除した(図7参照)。

3.3.2 DCBLコントローラ

空気圧縮機として世界初の「カスケードベクトル制御」を新規に搭載し、一般的な位相制御に加え、トルク制御を直列(カスケード)に加える2段階のDCBLモータ制御により、どのような運転状態においても高効率かつ信頼性の高い運転を実現している(特許 第3255213号ほか)。

3.3.3 その他の技術

空気圧縮機の制御には、圧縮機の最高回転数を自動調整する「PQワイドモード」(特許 第3516108号ほか)と、低負荷運転時でも設定圧力を維持する「運転圧力維持機能」(特許 第3262011号ほか)を搭載した。

さらに補機にも、新開発の低騒音高効率「ターボファン」をインバータによって最適制御することに加え、「エアドライヤー」では低圧力損失オールステンレス製熱交換器を開発するなど、トータルに空気圧縮機ユニットの省エネルギー化を追求している。

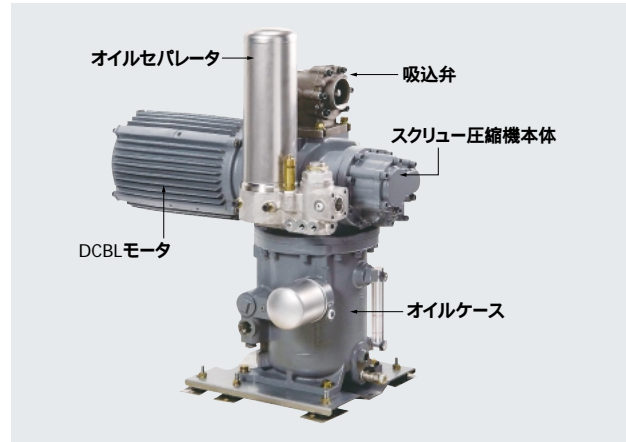


図7 オールインワン構造エアエンド
スクリー圧縮機とDCBLモータを一体直結したエアエンドの完成外観を示す。



図8 日立エネルギー回収システム製品の外観
マイクロ水車発電機 2機種 と制御盤の外観を示す。

4. マイクロ水力発電へのインバータ制御技術応用による新エネルギーの活用

4.1 マイクロ水力発電へのインバータ制御技術の適用

マイクロ水力発電によって、都市の高層ビルにおける水蓄熱式空調設備や工場の冷却水循環設備の未利用エネルギーを回収することができる。この場合、循環水は変流量となるが、マイクロ水力発電は出力が小さく、小型であることから、固定ガイドペーンを採用するため、そのままでは変流量に対応できない。

一方、ビルの水蓄熱式空調設備および工場の冷却水循環設備の未利用水力エネルギーは、外気温と冷却負荷の変化に対応して変流量である。

日立エネルギー回収システム(マイクロ水車)は、インバータ技術を応用した水車コントローラで、水車を可変速制御することによって変流量に対応する。即ち、交流発電機を水車コントローラでPWM(Pulse Width Modulation)制御し、回転速度を調節する。発電機周波数は電源周波数と異なるが、水車コントローラで直流に変換した後、パワーコンディショナーで交流出力する(図8参照)。

4.2 可変速最適運転制御と直流送電

回転速度，流量，水車効率の関係を図9に示す。水車効率は回転速度に対し山形になる。また，最高効率点であるa点の回転速度は，b点，c点のように流量の低下に対応して小さくなる。エネルギー回収システムはa，b，cの各点を自動的に追従する。これを可変速最適運転制御と呼んでいる。

パワーコンディショナーで交流出力する場合，直流/交流変換時に損失が生じる。一般的な機器の効率は約90%であり，決して低いものではないが，損失はないほうがよい。日立エネルギー回収システムは，水車コントローラからポンプ，ファンなど負荷を駆動しているインバータへ直流送電することができ，直流/交流変換損失をなくすることができる。

この場合，負荷の消費電力が少なくなり，発電電力を下回ると直流電圧が上昇し，機器の故障につながる。水車コントローラは直流電圧が上限値を超えないようにする電力抑制制御，および瞬時の電圧上昇に対し，一時的に発電を停止する二重の安全制御を持っている。

4.3 適用例の運転状況

日立エネルギー回収システムは，2003年にパワーコンディショナーによる交流出力タイプを初納入し，現在までに20台を納入，いずれも順調に稼働している。

最近の納入例では，高効率水車の発電を有効利用する目的から，直流出力をインバータの補助動力として適用する例が多くなっている。2008年1月には，印刷機械の冷却水の戻り3系統の戻り管に設置した水車の発電動力を，送水ポンプのインバータに直流で送電し，順調に稼働を続けている。

5 .おわりに

ここでは，モータの低損失化追求と最適化制御のために，圧縮機やマイクロ水車にインバータを活用した事例について述べた。

日立グループは，産業機器の環境・省エネルギーのためにモータ，インバータの高効率化を追求するとともに，負荷としての流体機械においても高効率化モータやインバータを活用し

執筆者紹介



酒井 孝寿
1970年日立製作所入社，株式会社日立産機システムソリューション・サービス統括本部 産業システム事業部 装置エンジニアリング部 所属
現在，環境・省エネルギーシステムの開発に従事



田中 英晴
1992年日立製作所入社，株式会社日立産機システム事業統括本部 空圧システム事業部 汎用圧縮機設計部 所属
現在，スクリー空気圧縮機の開発に従事

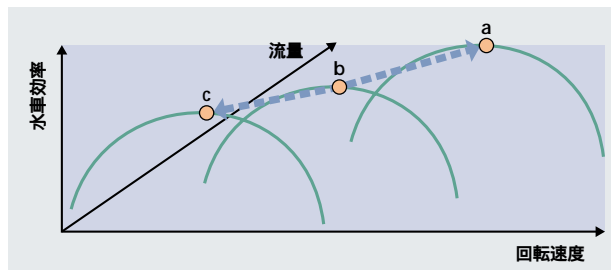


図9 可変速最適運転制御
マイクロ水車のインバータ技術による最高効率点制御を示す。



図10 「やまホタル構想」
「やまホタル構想」とは太陽，風，水などの自然エネルギーを再生可能エネルギーとして，省エネルギーに役立つ環境に配慮したソリューションを開発していくことをめざす再生可能エネルギーの概念である。再生可能エネルギーの活用と小型分散電源普及の想定を示す。

ながら省エネルギー化を図り，地球温暖化防止に向けて活動してきた。

近年では省エネルギーに加え，太陽光，水力，風力などの再生可能エネルギーの活用が求められている。再生可能エネルギーは不安定であり，小容量のエネルギーを安定化して使用することに課題がある。この小型の分散電源においてもモータ，インバータの応用技術が重要な役割を占めることから，高効率化の追求にとどまらず，活用方法に関しても従来の系統連系だけでなく直流送電についても変換損失を低減する目的で導入事例を積み重ねていく必要がある。

図10に示す「やまホタル構想」は再生可能エネルギーの活用の横断的展開を図るべく活動を推進中である。



田中 雄司
1975年日立製作所入社，株式会社日立産機システム事業統括本部 風水力機械設計部 所属
現在，ポンプシステムの開発に従事



宇辰 勝之
1991年日立製作所入社，株式会社日立産機システム事業統括本部 ドライブシステム事業部 所属
現在，モータ，インバータの企画・拡販業務に従事