

(技術資料)

水噴射式インバータ駆動オイルフリースクリュ空気圧縮機「エメロードアクア®」

Inverter-motor Driven, Water-injected, Oil-free Screw Air Compressor; EmerauDe- Aqua® Series



戸塚順一郎*
Junichiro TOTSUKA



野口 透*
Toru NOGUCHI

Kobe Steel has developed a series of oil-free screw air compressors; the EmerauDe-Aqua series, which uses water injected during compression for sealing and cooling of elements. Each compressor employs Kobe Steel's original non-contact screw, along with an IPM high-speed motor driven by an inverter and connected directly with the screw rotor, so as to assure high performance for a wide range of flow volume.

ま え が き＝日本の空気圧縮機の消費エネルギーは約 500 億 kWh/年（日本の総消費電力量の約 5%に相当し、国内製造業事業所の消費電力量の 20～30%に相当する。）と大量である。近年、各企業は省エネ法への対応のため、また、地球環境保全に貢献するため、エネルギー低減効果が大きい空気圧縮機を効率的に運用することによる省エネを積極的に進めている。とくに、インバータ制御機能を装備した省電力型空気圧縮機への更新は、省エネ手段として広く認知され、多くの事業所で採用されている。このことは、当社のインバータ駆動型給油式空気圧縮機の出荷比率にも現れており、2000 年以降一貫して高い比率で増加し続け、2007 年度では 50%を超えるまでに至っている（図 1）。今後は、吐出し空気に油分を含まないオイルフリー空気圧縮機においてもインバータ駆動型の需要が伸びると考えられる。

そこで当社は、自社技術を有するドライオイルフリースクリュ圧縮機の非接触本体技術と、高速 IPM モータの

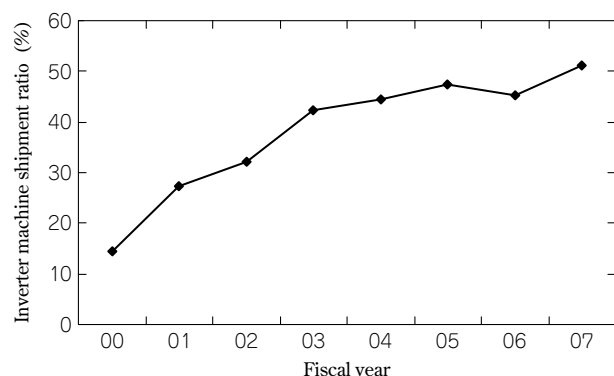


図 1 給油式スクリュ圧縮機のインバータ機出荷比率（当社中形クラス）
Fig. 1 Inverter machine shipment ratio in our medium-class oil injected screw compressor

オーバハング直構造を持つ給油式インバータ駆動スクリュ圧縮機の技術を融合し、インバータ駆動に適した高効率な水噴射式のオイルフリースクリュ空気圧縮機「EmerauDe-Aqua（エメロードアクア）シリーズ（EA400AD-VS, EA650AD-VS）」を開発、2008 年 3 月より販売を開始した。本稿ではこの EmerauDe-Aqua（エメロードアクア）シリーズについて紹介する^{1)~4)}。

1. 商品コンセプト

エメロードアクアは「当社のドライオイルフリースクリュ圧縮機の技術と給油式インバータ駆動スクリュ圧縮機の技術を融合して、高効率の省エネコンプレッサを開発し、地球温暖化防止に貢献する」というコンセプトを掲げて商品開発した。エメロードアクアの外観を図 2、仕様を表 1 に示す。



図 2 EA650AD-VS 外観
Fig. 2 Outside view of EA650AD-VS

表 1 仕様
Table 1 Specifications

Type	EA400AD-VS	EA650AD-VS
Free air delivery (m ³ /min)	3.7~4.0	6.2~6.5
Discharge pressure (MPa)	0.69~0.59	0.69~0.59
Rated motor power output (kW)	22.7	37.7
Noise level (dBA)	62	65

*機械エンジニアリングカンパニー 圧縮機事業部 汎用圧縮機工場

2. エメロードアクアの特長

2.1 IPM モータ直結駆動非接触本体

エメロードアクアの本体断面構造図を図3に示す。本圧縮機は圧縮室に水を噴射することにより、従来のドライオイルフリースクリュウ圧縮機と比較して性能を大幅に向上させている。水噴射式における水の役割はつぎに示したとおりである。

- ・圧縮工程に水を噴射し、吐出空気温度を冷却することによって圧縮効率を向上させる
- ・雄・雌ロータ間、ロータとケーシング間など圧縮室の隙間を液でシールし、漏れ空気量を低減することによって圧縮効率を向上させる

油冷式圧縮機の場合も同様に圧縮室に油を噴射して性能を向上させている。油冷式圧縮機の場合、油に潤滑性があるため、雄ロータが雌ロータを直接駆動している。しかし、水噴射の場合、潤滑性は油と比べると格段に低い。給油式スクリュウ圧縮機のように金属製の雄・雌ロータを接触駆動させると、ロータが焼きついたり摩耗したりする。このため、競合他社では水噴射機用に工夫した樹脂ロータを用いて水環境に対応している。

エメロードアクアでは、ドライオイルフリースクリュウ圧縮機と同様にタイミングギヤを用いて金属製の雄ロータと雌ロータ間を微小な隙間を保って非接触駆動させるとともに、圧縮工程に水を噴射させる構造とした。この構造によって、水は圧縮工程の冷却とシール性向上にだけ用いられるため、水環境下において雄・雌ロータを接触駆動させる時の課題である摩耗による性能低下が発生しなくなる。また、ロータ材質を樹脂でなく金属製とすることで熱膨張による寸法変化が小さくなること、加工精度が安定することから、雄・雌ロータ間、ロータとケーシング間の隙間を小さく設計することが可能となり高い圧縮効率を達成した。

タイミングギヤや軸受などの潤滑は信頼性の高いオイルバス式とした。タイミングギヤや軸受の機械的ロスによって油温が上昇するが、油室に水配管を通過させて油を冷却する方式を採用することにより、高コストの要因となる油循環システムと油冷却装置を不要にした。

軸封部には水用、油用シールの間に大気開放穴とドレ

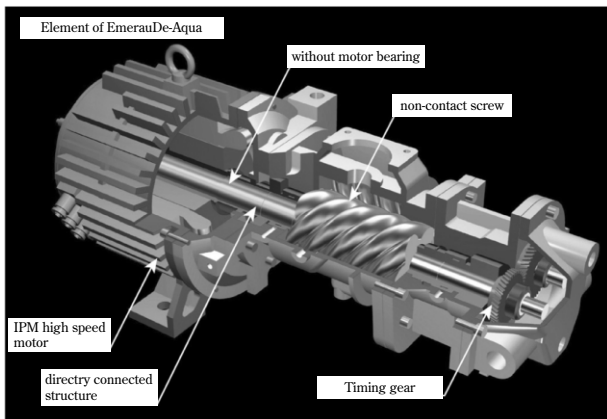


図3 エメロードアクア本体断面図
Fig. 3 Cross sectional view of Emerald De-Aqua

ン穴を設け、万一の場合も水と油が混じり合うことがない設計にするとともに、油室内圧を当社のドライオイルフリースクリュウ圧縮機で採用している超低圧力損失形エグゾーストクリーナを用いることにより、大気圧に開放して油漏れ対策を講じている。

雄ロータの駆動方法として、当社の給油式インバータ駆動スクリュウ圧縮機と同様に、スクリュウ圧縮機本体のロータ軸に電動機のロータを直接取付けるオーバハング直結構造を採用したが、この構造によって電動機軸受を省略することができた。モータには総合効率に優れるIPM高速モータを採用し、広範囲な部分負荷特性を獲得するとともに、小形軽量化を達成した。

2.2 クラス No.1 の省エネ

エメロードアクアは、水噴射式新型圧縮機本体の採用によりクラス最大の吐出風量を達成した。これは、当社の給油式インバータ駆動スクリュウ圧縮機でも採用している、下記3点の省エネ機能を備えている。

- ・ワイドレンジ制御：圧縮機の動力は吐出圧力に大きく依存し、吐出圧力が下がった場合、電動機動力に余裕が出てくる。そこで、吐出圧力を監視し、圧力が下がった場合の電動機余裕分を回転数増加に用いて容量制御範囲を15~105% (EA650AD-VS) まで拡大して風量を増加させる。ワイドレンジ制御の増風量概念を図4に示す。
- ・残圧起動：停止直後にエアーが必要となった場合も即時起動する。
- ・冷却ファンのインバータ化：冷却ファンの必要冷却能力は運転条件や周囲温度により変化する。そこで、インバータ制御によって冷却ファンの回転数を制御する。低負荷運転時や周囲温度が低い時にはファン回転数を抑えて消費電力を低減させる。図5に吐出温度とファンの消費電力の関係を示す。

これらを具備することにより、図6に示すようにあらゆる負荷状況において同クラスのオイルフリー圧縮機の

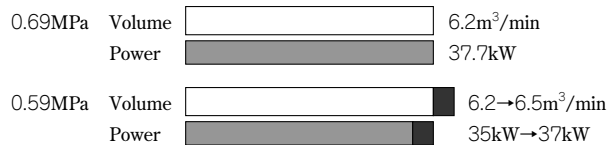


図4 増風量概念
Fig. 4 Concept of air volume increase

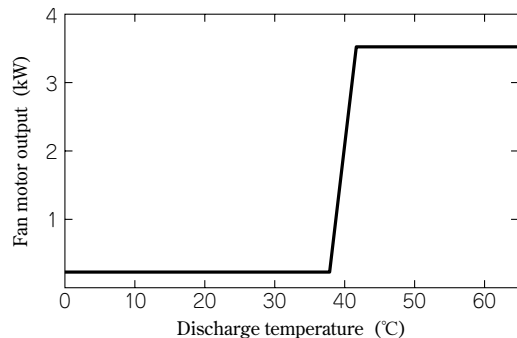


図5 インバータ化による冷却ファン動力
Fig. 5 Cooling fan output by inverter

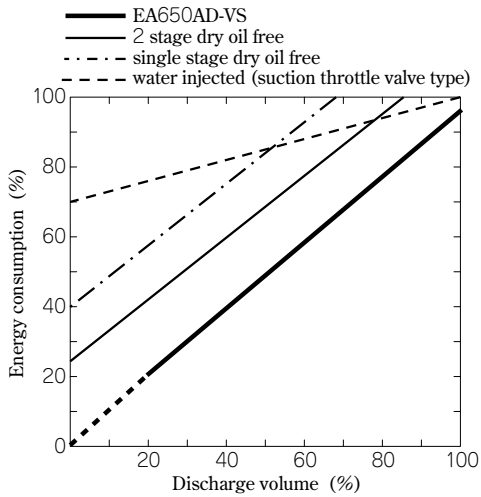


図 6 性能比較 (37kW クラスオイルフリー機)
Fig. 6 Performance comparison (37kW class oil free compressor)

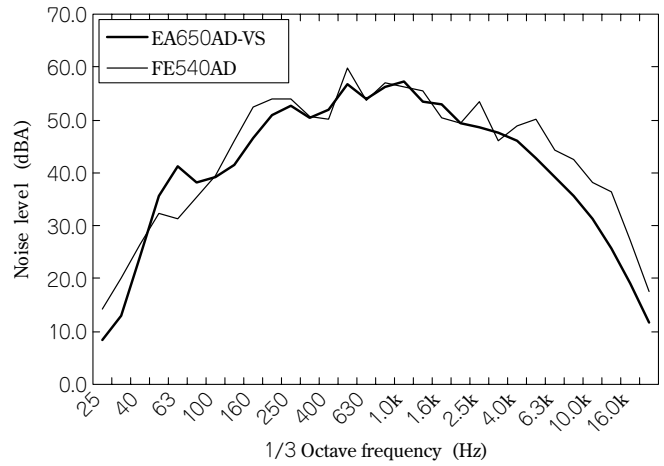


図 8 騒音比較
Fig. 8 Noise comparison

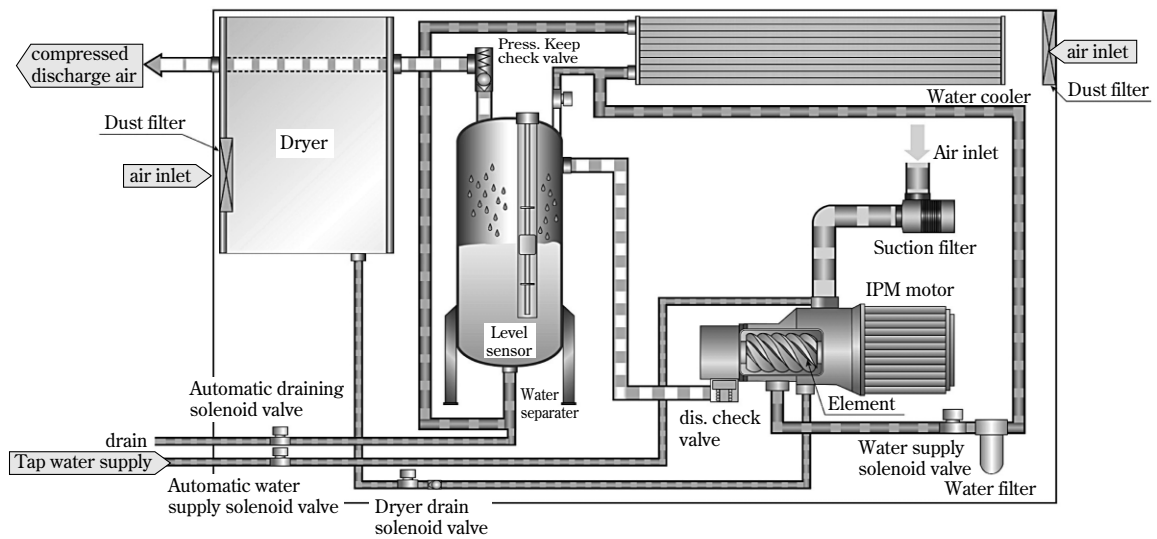


図 7 系統図
Fig. 7 System diagram

中で、最大の吐出空気量を実現した。

2.3 水質管理, 耐食性

エメロードアクアは、水噴射式コンプレッサの課題である循環水の水質管理をドライヤドレン循環方式の採用で解決した。

図 7 にエメロードアクアの系統図を示す。初期供給水には腐食成分である塩化物イオンやスケール障害の元となるシリカ、カルシウムが含まれており、これらの成分が長期間に渡って蓄積すると圧縮機のトラブルの原因となる。

純水並みの性質を持つドライヤドレン水を回収し、循環水として再利用することでこれらの腐食成分などを希釈する。この方式により、従来水噴射式コンプレッサに必要であった純水装置などのオプションが不要になった。また、接水部にはステンレス鋼、銅合金、樹脂・ゴムによってのみ構成することでドライヤドレン循環方式と合せて耐食性を確保した。

2.4 クラス最高の静粛性

エメロードアクアの騒音対策設計には、鉄道、建設機械、高速道路などの騒音対策で実績のある当社開発のシミュレーション技術を活用した。同出力の当社の 2 段ド

ライオイルフリースクリュ圧縮機 FE540AD とエメロードアクア EA650AD-VS との騒音比較を図 8 に示す。EA650AD-VS では FE540AD と比べて耳障りな 1.0~6.3 kHz の高音域の音圧レベルが抑えられており音質面が改善された。また、全負荷運転時の騒音値は同クラス機最小であり、冷却ファンのインバータ制御によって低負荷運転時や周囲温度が低い場合には、ファン回転数が下がるためさらに低騒音となる。

むすび=エメロードアクアは、広い流量範囲での省エネ、オイルフリー化、低騒音化などの現在最も重要度が高い環境問題に積極的に取り組んだ商品である。

当社は今後も、省エネ型空気圧縮機の開発を通じて地球温暖化防止および CO₂ 削減に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 中村 元ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.55, No.2 (2005), pp.97-99.
- 2) 戸塚順一郎: R&D 神戸製鋼技報, Vol.58, No.2 (2008), p.103.
- 3) 戸塚順一郎: 油空圧技術, Vol.48, No.2 (2009), pp.28-31.
- 4) 戸塚順一郎: R&D 神戸製鋼技報, Vol.59, No.2 (2009), pp.45-47.