

(解説)

汎用空気圧縮機の省エネルギー

松隈正樹*・永野克彦**

*機械カンパニー・汎用圧縮機工場 **コベルココンプレッサ機

Saving Energy in Standard Compressors

Masaki Matsukuma・Katsuhiko Nagano

Rotation speed control and automatic group control have become primary energy saving technologies for compressors in recent years. The KOBELCO INVERTER SCREW rotational speed control compressor uses a sensorless internal permanent magnet motor, the first of its kind in the world. The high energy savings of the KOBELCO INVERTER SCREW received the "2000 years Excellent Saving Energy Machinery" corporate commendation from the Japan Machinery Federation.

まえがき = 圧縮空気は、全産業において水、電気と同様にユーティリティとして不可欠なものとして利用されている。日本の総消費電力の5%は圧縮機が占めており、また工場・事業所における圧縮機の消費電力の占有率は15 ~ 30%と高い。地球温暖化防止としての省エネルギー推進への取組みの中で、空気圧縮機の省電力は重要な課題と成っている。省エネ法の施行以来、600万kW・h/y以上の電力を消費する工場・事業所に、年1%以上のエネルギー原単位低減が義務付けられたこともあり、省エネ圧縮機の需要が急速に高まっている。

本稿では当社が開発した永久磁石モータ駆動インバータ省エネ空気圧縮機をはじめ、制御機器、周辺機器の適切な選定、使用方法を中心に空気圧縮機の省エネルギー方法について解説する。

1. 地球環境保護と省エネ空気圧縮機へのニーズ

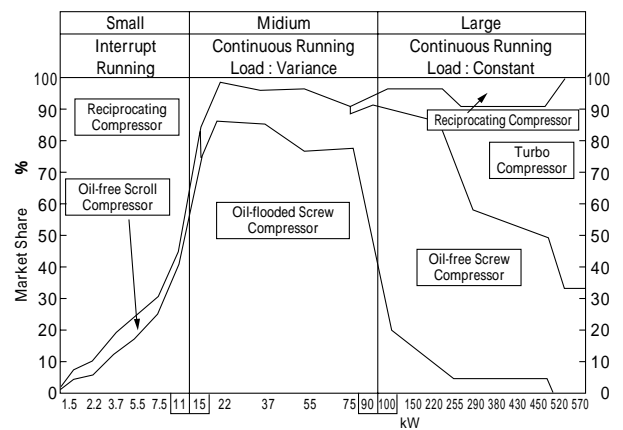
省エネ空気圧縮機需要の高まりの背景は消費電力の削減にあり、1997年12月に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において日本に課せられた1990年比温暖化ガス6%削減目標がわが国の省エネルギーを推進、加速してきた。

「エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)」により、企業は実質10%以上のエネルギー削減計画の策定を迫られている。こうした環境変化のなか、ISO14000シリーズ取得企業の著しい増加とあいまって省エネルギー対応機、環境対応機が増大している。

空気圧縮機の環境負荷をみると、その90%以上が電力消費にともなう大気汚染物質の排出によるものであることが、当社22kW汎用空気圧縮機へのLCA適用(SimaPro評価)によりわかっている。給油式スクリュ空気圧縮機の例をみると、最新の省エネ機である永久磁石モータ駆動インバータ機では消費電力が標準機に対し34%もの省電力となることから、回転数制御圧縮機の占める比率は年々高まっている。

2. 空気圧縮機の機種と消費電力性能

11kW出力以下の空気圧縮機は通常小型機と呼ばれ



第1図 機種比率 (2000年4~9月)

Fig. 1 Market share (April through September 2000)

る。11kW超、90kW以下は中型機、90kW超は大型機と呼ばれ、それらの出力別の機種比率を第1図に示す¹⁾。それぞれの使用法の特徴と消費電力性能を以下に説明する。

2.1 小型機

往復動圧縮機主体であるが、近年回転式の油冷スクリュやオイルフリースクロールの伸長が進んでいる。容量制御は圧力開閉式によるON-OFF制御が主流で圧縮空気が必要なとき自動起動し、不要になり一定圧力に吐出圧力が上昇すると自動停止するため、省エネ性能は比較的優れている。

2.2 中型機

中型機は負荷変動も多く、市場で使用される台数も多いため、消費電力削減の試みが最も積極的に試行されている。省エネニーズも高く、省エネ性能向上のため近年インバータ回転数制御機の投入や台数制御装置の採用が盛んである。給油式スクリュ機主体であるが、回転式オイルフリー機(スクリュ、スクロール、ツース)の比率も増加傾向にある。

2.3 大型機

大型機は工場のベースロードとして比較的負荷変動が少ないため、全負荷時の消費電力の少ないものが求められる。性能向上のため、圧縮空気通路、熱交換器、弁な

どの圧力損失低減，増速機のメカニカルロス低減，スクリュウ圧縮機にとっては高性能歯形の開発，ターボ圧縮機では流体解析技術の進展による高性能インペラの開発による性能向上が進み，従来の3段圧縮機の性能に迫る2段圧縮機も開発された。

3. 空気圧縮機の省エネルギー実施状況

3.1 省エネスクリュウ空気圧縮機

1) 油冷式スクリュウ空気圧縮機

油冷式スクリュウ空気圧縮機の消費空気量変動に対する消費電力特性は，容量調整機構によってその性能が大きく変わる。容量調整方法は，

吸込み絞り方式

吸込み絞り + 吐出圧力パーズ方式

吸込み絞り + 吐出圧力パーズ + 自動発停方式

インバータ機

があり，それぞれの当社機における特性を第2図に示す。

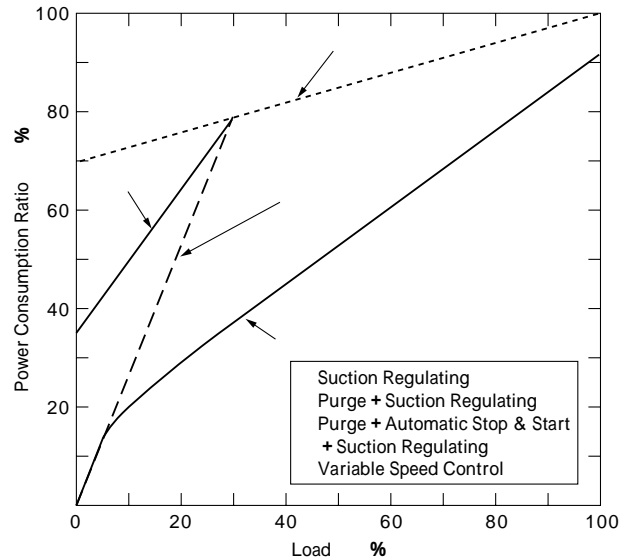
これまで 吸込み絞り + 吐出圧力パーズ + 自動発停機が省エネ圧縮機として税制上の優遇措置を受けてきたが，インバータ機が省エネ圧縮機の本命としてその比率を大きく伸ばしつつある。

2) オイルフリースクリュー空気圧縮機

オイルフリースクリュー空気圧縮機の省エネロジックは，使用空気量の変動がある場合，アンロード解除圧力（最小圧力）から容量調整設定周期経過後自動的にアンロードを開始し，無駄な圧力上昇を押さえ省エネ運転を可能とするものである。当社方式の省エネロジックとその節電割合を第3図に示す。なお，オイルフリー機にもインバータシリーズがその優れた省エネ特性から広まってきた。

3) 永久磁石モータ駆動インバータスクリュウ空気圧縮機^{2), 3)}

省エネ圧縮機の本命としてインバータ機がある。従来の圧縮機の駆動用モータは誘導モータであり，インバータ駆動時は「インバータ損失 + 回転子損失 + 弱励磁または過励磁」による損失増大によりモータ効率が大きく低

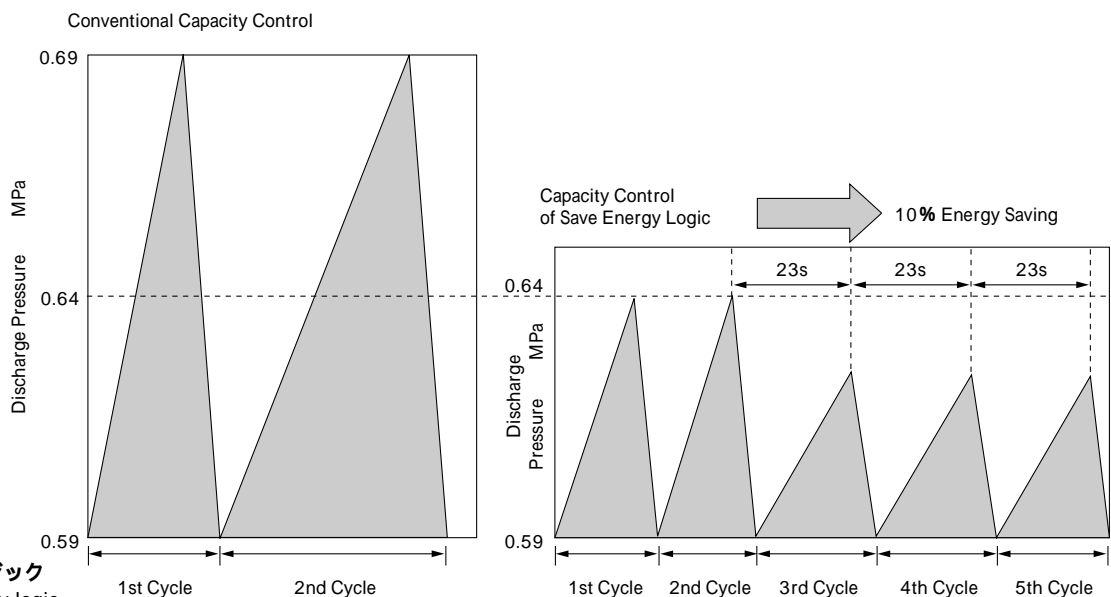


第2図 空気使用量に対する消費電力¹⁾
Fig. 2 Rating sheet of power saving by unloader

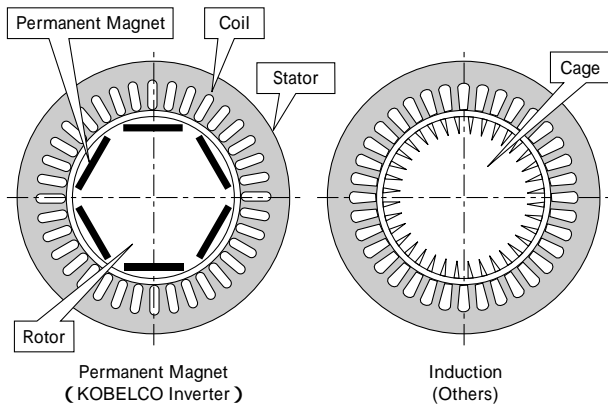
下する。この欠点改善のため，当社では永久磁石同期モータをインバータ機に採用している。永久磁石同期モータは回転子の発熱がないため，誘導機にくらべ電力ロスが40%少なく，インバータロス + モータロスの総合効率でも従来の高効率誘導モータ以上の効率を維持できる。またモータ回転数低下時（低負荷時）のモータ効率の低下および冷却効率の低下により，30%程度までの減速しか実現できなかったが，永久磁石の発熱の少なさと，圧縮機パッケージとしての冷却効率を向上させることによって，20%までの低負荷（低回転数）での運転を可能としている。

また，本機は低負荷時の力率特性も優れている。回転子の発熱が少ないためモータベアリング寿命が誘導機の2倍となり，ステータコイルを含めた信頼性も向上している。構造差と性能差を第4図，第5図に示す。

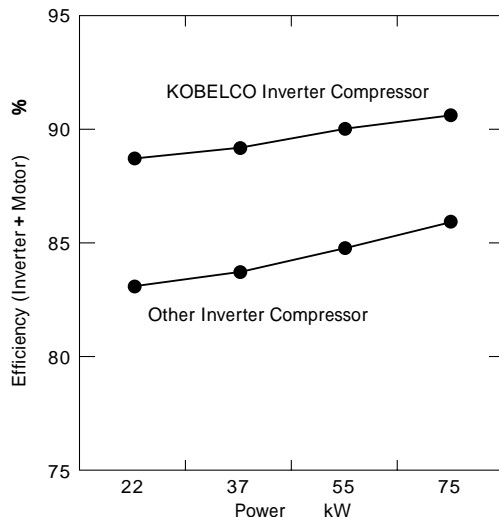
また回転数制御においては，永久磁石モータ仕様をパルスジェネレータをもちいることなくセンサーレス仕様として，振動，ノイズへの耐性を高めている。



第3図 省エネロジック
Fig. 3 Save energy logic



第4図 永久磁石モータの構造
Fig. 4 Structure of KOBELCO inverter motor



第5図 KOBELCO インバータの省電力効果
Fig. 5 KOBELCO inverter power saving effect

定圧制御インバータ機をもちいると従来標準機にくらべ負荷変動時の消費電力を大きく節減できる。標準機に対する年間電力節減比較を第6図に示す。

オイルフリースクリュ空気圧縮機にも永久磁石モータを組み込んだインバータ機をエメロードスクリュシリーズとして生産している。省エネ特性を高めるため2段機シリーズとしており、単段機との性能比較を第7図に示す。

当社の永久磁石モータ駆動圧縮機（コベルコインバータ）はその省エネルギー性能の高さを評価され、平成12年度優秀省エネルギー機器として、社団法人日本機械工業連合会より表彰を受けた。

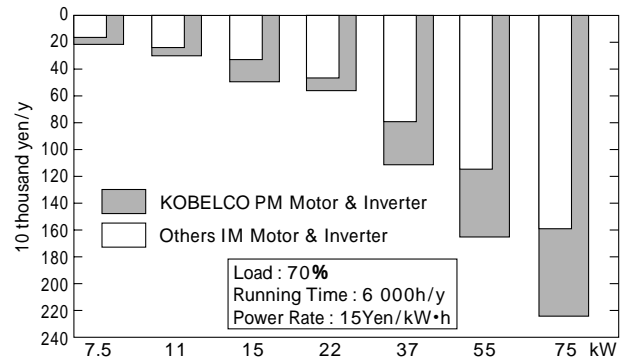
3.2 省エネターボ空気圧縮機

1) 高性能2段形ターボ空気圧縮機

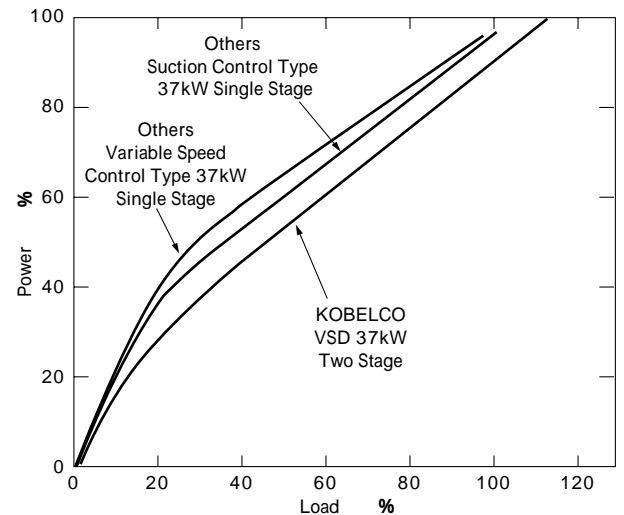
当社は高性能化を計ったターボ空気圧縮機としてエメロードターボ AVE シリーズを生産している。ブレード形状を3次元流れ解析した高效率インペラ、プレートフィン式熱交換器による低圧力損失化、増速機構造の改善によるメカニカルロス低減により、従来の3段圧縮機に迫る業界最高レベルの性能をえている。外観を写真1に示す。

2) 動力回収タービン内蔵ターボ空気圧縮機

当社は、工場・事業所の余剰蒸気エネルギーを効率良く動力回収する動力回収ラジアルタービン付きターボ圧縮機（エコセントリ、第8図）を、1999年に開発した。



第6図 インバータ化による電力費節減効果
Fig. 6 Saving cost by inverter



第7図 単段機との性能比較
Fig. 7 Rating sheet of power saving by VSD oil-free screw

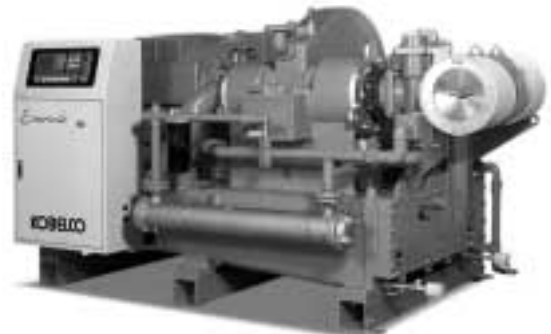
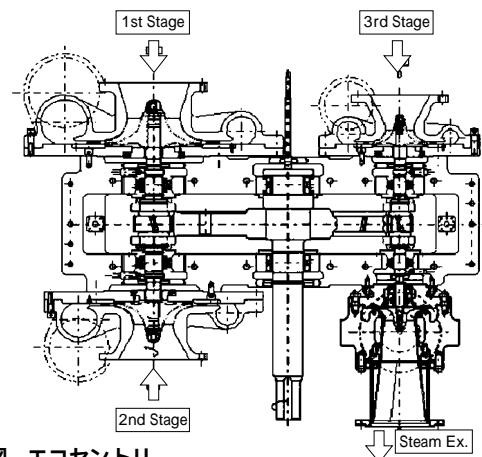


写真1 エメロード AVE ターボコンプレッサ
Photo 1 Emeraude AVE TURBO Compressor



第8図 エコセントリ
Fig. 8 Eco-centri (Structure)

3 500 ~ 27 600m³/h までシリーズ化し、その消費電力削減の高さから、余剰蒸気の利用できる工場・プラントで多用されている。

エコセントリは平成 11 年度優秀省エネルギー機器として、社団法人日本機械工業連合会より表彰を受けた。

3.3 圧縮機群の台数制御

自動台数制御運転システム「エコノマイルド」は、全体負荷の変動と各圧縮機の負荷率を確認して、工場・事

業所の消費空気量に合致するように運転台数を制御し、また複数台運転時には、エネルギーロスのない高効率な制御をすることにより、消費電力を最小限とするシステムである。

台数制御を導入しない場合の消費電力と当社エコノマイルドを導入した場合、さらにインバータ搭載機(VSD)との組合せ、全機インバータ機の場合の消費電力比較を第 9 図に示す。本エコノマイルドは異容量機、往復動タイプ、スクリュ、スクロールといった異機種種の自動台数制御にも対応可能である。

3.4 省エネドライヤ

当社は、排熱を利用する新しい回転吸着式除湿装置として、ED シリーズ省エネドライヤを開発・上市している。45kW 以上のオイルフリー圧縮機に対応できる。吸湿した吸着材再生のための空気ロス、電熱、蒸気といったエネルギーロスが無く低露点がえられ、消費電力はわずか 15W である。外観を写真 2、系統を第 10 図に示す。

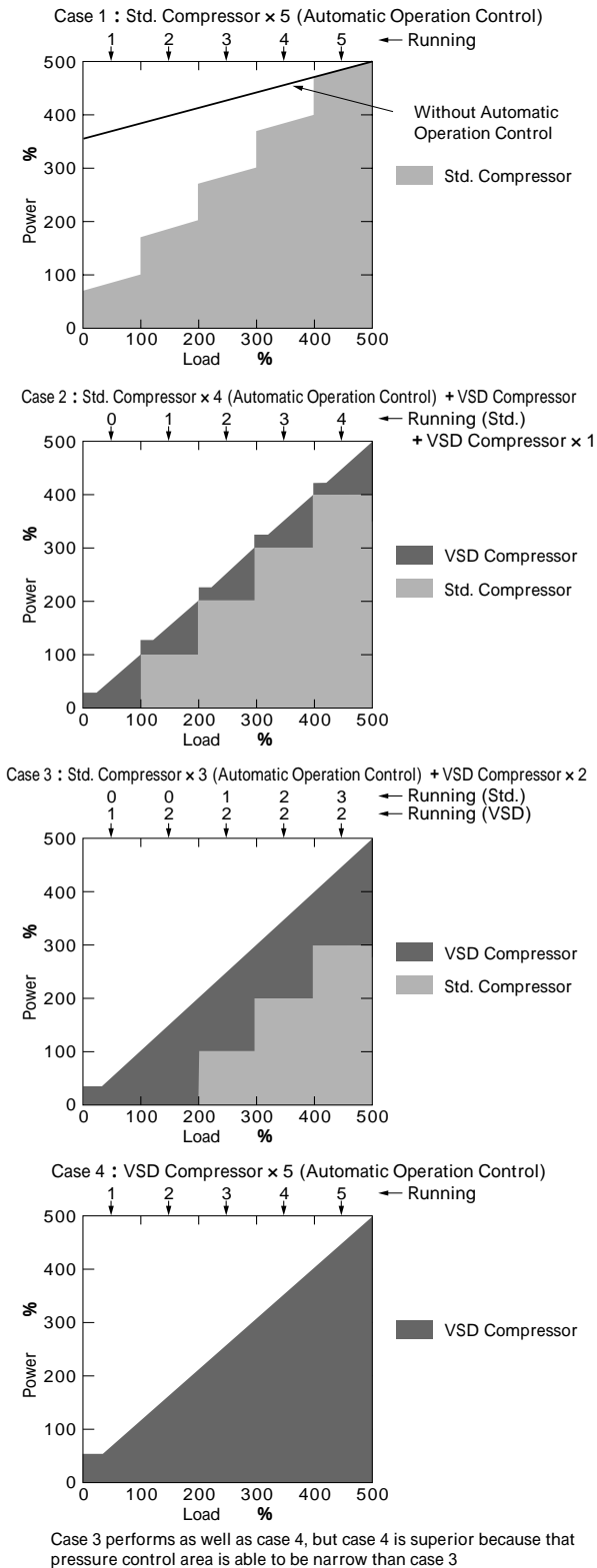
4. 工場・事業所における省エネ診断

空気圧縮機の省エネについてはこれまで、

- ・ 必要十分なライン圧力に低圧化する
- ・ 配管圧力損失を低減する
- ・ 配管漏れを無くす

といったことが主体におこなわれてきたが、より積極的に工場全体の空気圧縮機を必要な空気量に見合う圧縮機のみ運転するため運転台数を自動制御したり、より優れた省エネ機を圧縮機群のなかに投入し、消費電力量と消費空気量を一次比例により近づけたいという要望が大変強まっている。このニーズにたいし、当社では、消費空気量パターンと消費電力変動パターンを長時間計測し、空気圧縮機メーカーとして国内最長の経験と技術で最適な制御パターンを選定し、制御方法変更後の省電力量のシミュレーションを顧客に提示して、多くの顧客の年間電力費の大幅削減に貢献している。

具体的には以下の事項を実施して、多数の顧客の省エ



第 9 図 台数制御導入時の消費電力比較

Fig. 9 Save energy characteristics of oil-flooded compressor by automatic operation control

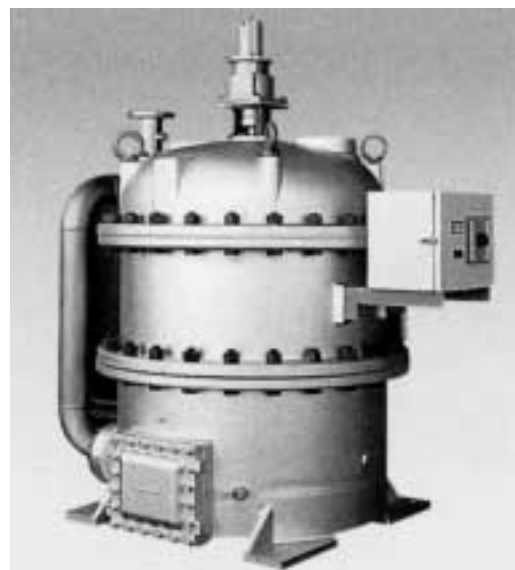
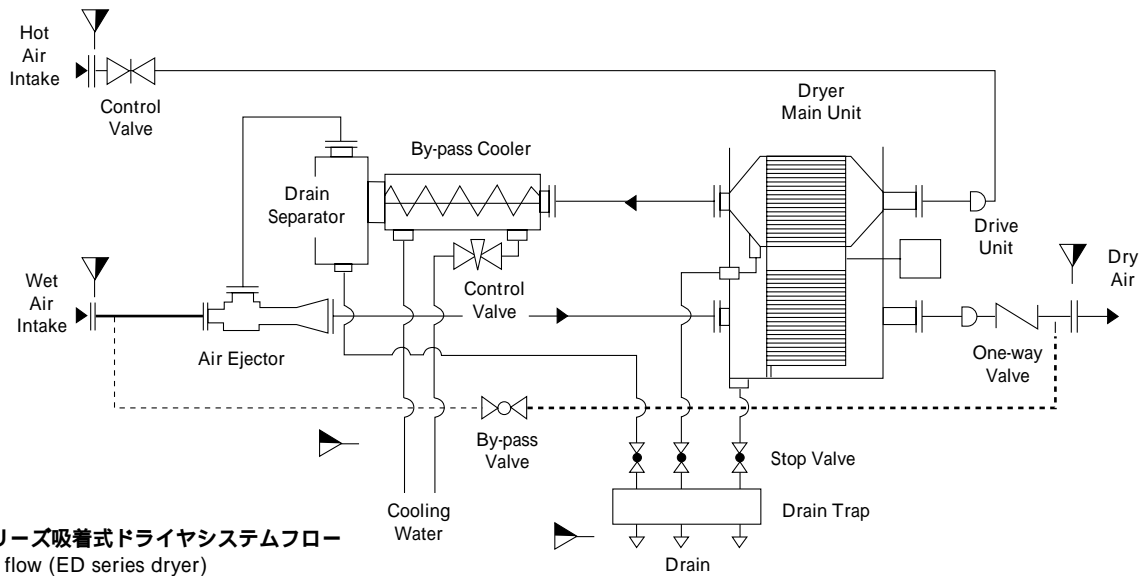


写真 2 ED シリーズドライヤ
Photo 2 ED Series Dryer



第10図 EDシリーズ吸着式ドライヤシステムフロー
Fig. 10 System flow (ED series dryer)

ネ改善を実現して好評を得ている。

1) データの測定・解析

稼働している各空気圧縮機ごとに吐出圧力、吸込圧力、電流値、負荷率、消費動力、吐出空気量を計測し、測定日ごとに分析を実施する。

2) 解析データの提示

各データを合成し工場全体の消費空気量パターンを解析して、現状の省エネ上の問題点を把握する(第11図参照)。

3) 省エネ改善マスタープラン作成

工場全体空気消費量の変動・圧力変動に最適な省エネ対策案を作成し、提案する。

4) 省エネ効果費用シミュレーション算出

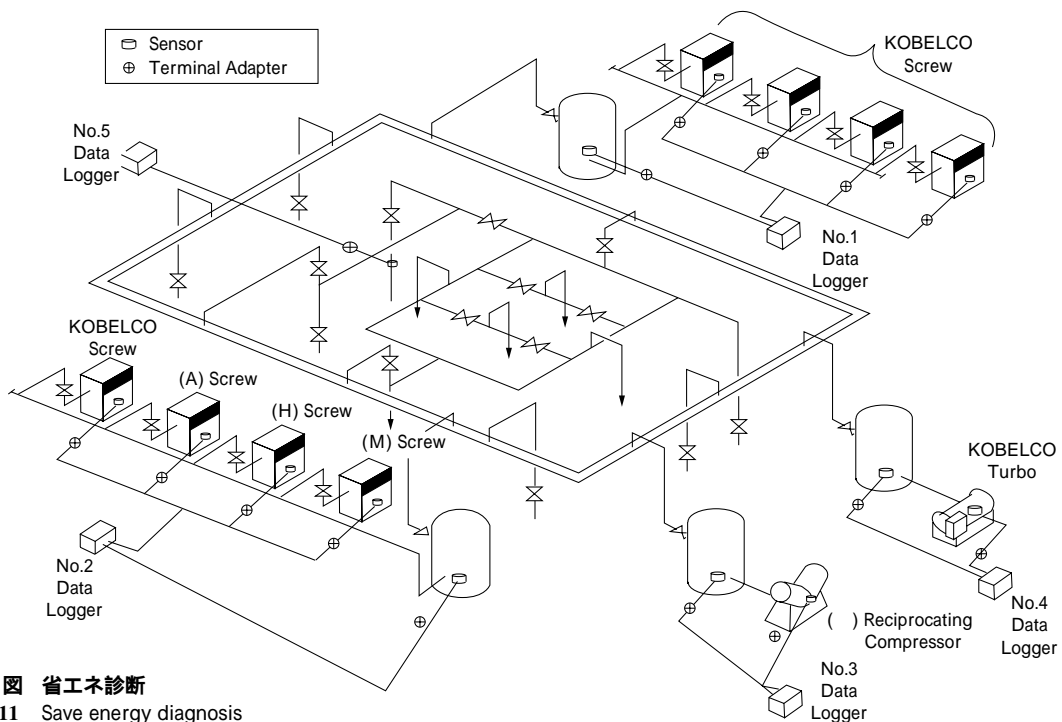
省エネ改善前後での削減電力費を算出し、費用対効果を明確にする。

むすび= 汎用空気圧縮機の省エネルギーは、電力ランニングコスト低減を目的とするレベルから、地球の環境問題として誰もが避けて通れない課題となってきた。

当社は、さらに環境負荷の少ないクリーンな圧縮空気を供給できる省エネルギー空気圧縮機の技術開発を推進し、汎用圧縮機におけるトップランナとして、努力していく所存である。

参考文献

- 1) 松隈正樹：産業機械, Vol.599, 8月号(2000), p.6.
- 2) (社)日本機械工業連合会平成13年2月発行“平成12年度優秀省エネルギー機器”, p.28.
- 3) 松隈正樹：フルイドパワーシステム Vol.32, No.6(2001), p10.



第11図 省エネ診断
Fig. 11 Save energy diagnosis