

# 省エネルギーを実現する産業機器

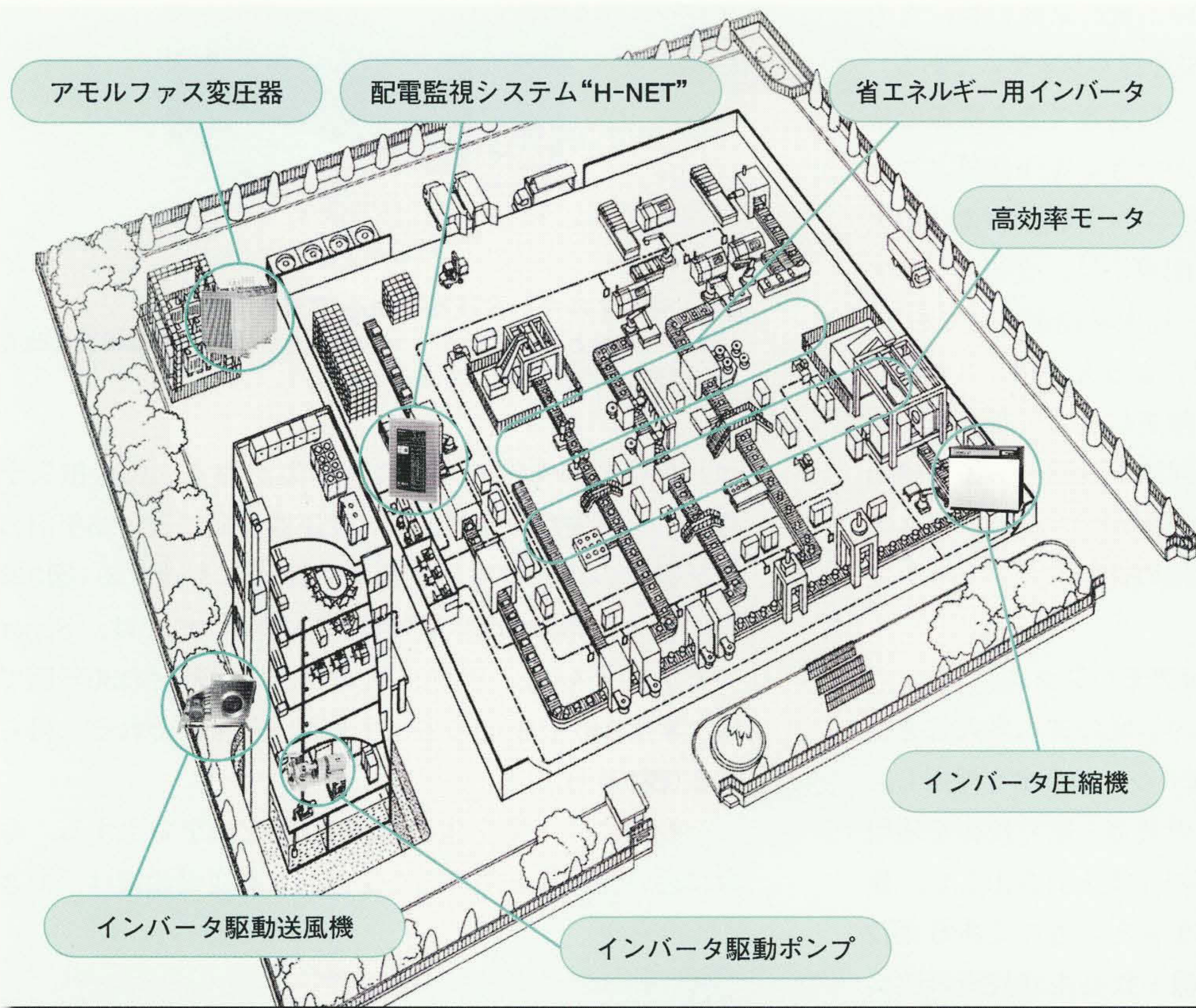
Industrial Components and Equipment for Saving Energy

上金良博 Yoshihiro Kamigane

寺岡 渉 Wataru Teraoka

森永茂樹 Shigeki Morinaga

柳田貞雄 Sadao Yanada



## 省エネルギー工場概念

インバータやアモルファス変圧器、高効率モータなどを導入することにより、エネルギーコストパフォーマンスの高い、工場全体の省エネルギーを実現する。

工場の省エネルギー化を計画、推進するためには、電気設備や機器の使用エネルギーを計測、記録し、その稼動状況やむだを定量的に把握し、その分析結果に基づいて高効率機器を導入していく必要がある。

工場の省エネルギーを実現する産業機器として、(1)受電端から末端負荷までのデータ収集に役立つ配電監視システム、(2)電力の入口での省エネルギーをねらった省エネルギー変圧器、(3)負荷側として約3.5%の効率向上が望める高効率誘導モータ、および(4)工場でのエネルギー消費の大部分を占めるファンとポンプへ適用して省エネルギーを実現するインバータシリーズを製品化した。

この製品を適用し、省エネルギー7.3%を達成した実績を踏まえ、省エネルギーのさまざまなソリューションを提案している。

## 1 はじめに

1999年4月に施行された改正省エネルギー法では、第1種エネルギー管理指定工場に対して、エネルギー使用状況と合理化状況を記載した定期報告書のほか、中長期省エネルギー改善計画書の作成・提出が義務づけられ、さらに、第2種エネルギー管理指定工場の区分が新設されるなど、規制が強化されてきた。2000年以降は、これら改正省エネルギー法順守の厳正化が求められ、省エネルギーに関する要求がますます高まってきている。

ここでは、日立製作所が開発した工場の省エネルギー

を実現するキーコンポーネント製品とその省エネルギー効果について述べる。

## 2 動力電源系省エネルギー製品

工場などの省エネルギーを計画、推進するには、電気設備や機器の使用エネルギーを計測、記録し、その稼動状況やむだなどを定量的に把握する必要がある。また、対象設備を二次変電所や各フィーダにつながる個々の設備・機器にまで展開し、詳細に分析することが不可欠になってきた。このような動力電源系省エネルギー製品として、日立製作所の配電監視システム“H-NET”と、電



力の入口での省エネルギーをねらいとした省エネルギー変圧器「Superアモルファス」について以下に述べる。

## 2.1 配電監視システム“H-NET”

H-NETは、図1に示す動力電源システムの系統監視、電力管理、および配電機器の状態監視を行うシステムである。その構成は、各フィーダごとに一括管理できる電源監視ユニット、複数ポイントの監視ができるW・h演算ユニット、パルス入力、アナログ入力ユニット群、および中央監視用汎用パソコンから成る。配線法は、ツイストペアケーブルのカスケード式のため、逐次増設が容易であり、必要最小限の規模からLAN活用による大規模システムに至るまでの拡張が可能である。解析によって得られたデータから省エネルギーが可能な回路や設備・機器を抽出できるので、対策の立案と結果の把握ができる。水・ガス・油などのユーティリティの管理用の機器もオプションでそろえている。

## 2.2 省エネルギー変圧器「Superアモルファス」

「Superアモルファス」は、1999年度の省エネ大賞を受賞した変圧器であり、鉄心にアモルファス合金を採用し、アモルファス鉄心の製作に独自の製造・組立技術を適用することにより、素材の最大限の性能を引き出して、無負荷損失・負荷損失とも大幅に低減したものである(図2参照)。さらに、巻線技術、巻線・鉄心組立技術の改良などの最新技術によってコンパクト化を図っている。損失特性については、現行標準のけい素鋼板変圧器に比

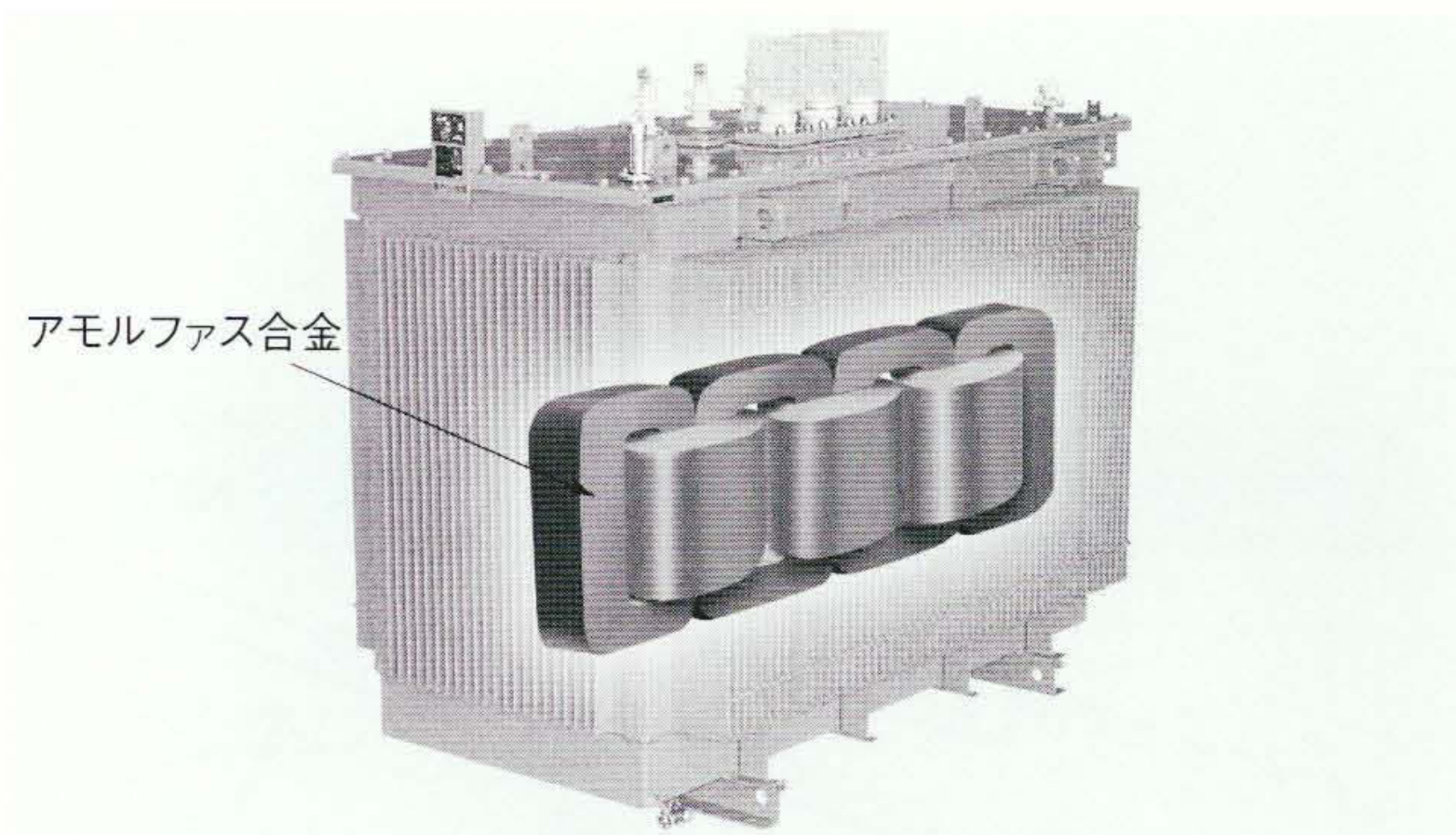


図2 省エネルギー変圧器「Superアモルファス」

鉄心用素材としてアモルファス合金を採用し、巻線構造の改良で全損失を約50%に低減できる。

べ、負荷率60%時で、無負荷損失が約 $\frac{1}{5}$ 、負荷損失が約 $\frac{2}{3}$ 、全損失が約 $\frac{1}{2}$ である。変圧器寿命に近い25年前の変圧器との比較では、全損失で約 $\frac{1}{3}$ にも達する(図3参照)。油入三相1,000 kVAの新規導入時の比較では、「Superアモルファス」は、年間28 MW・h、期待寿命の30年間で、累計840 MW・hの省エネルギー効果がそれぞれ得られる(表1参照)。

一般的に、工場全体の約5%の負荷損を発生する、寿命に近い変圧器を使用した受電・二次変電設備は、でき

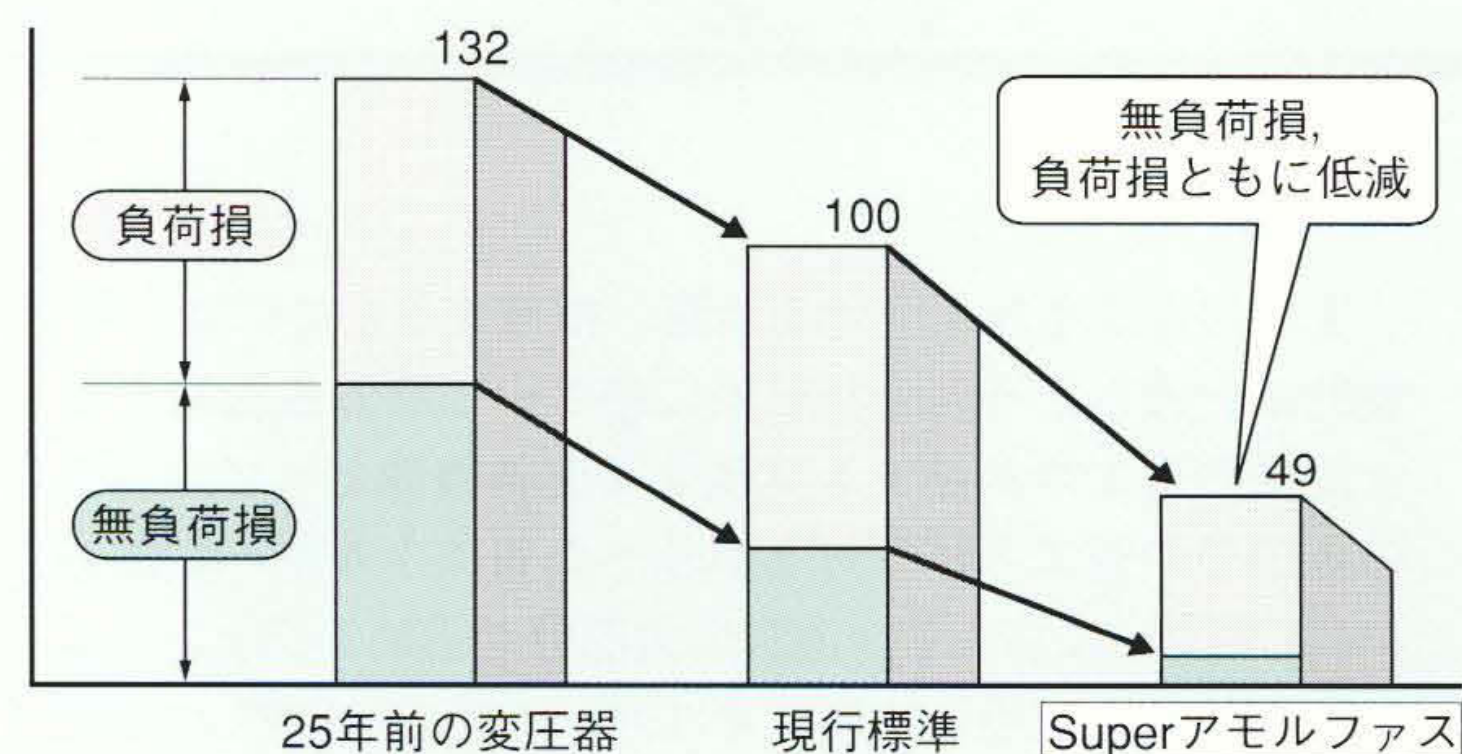


図3 油入三相1,000 kVA変圧器での負荷率60%時の損失比較

日立製作所現行機比で、無負荷損(ヒステリシス損と渦電流損)を約 $\frac{1}{5}$ に低減する。また、負荷損も約 $\frac{2}{3}$ に低減する(機種によって一部異なる)。

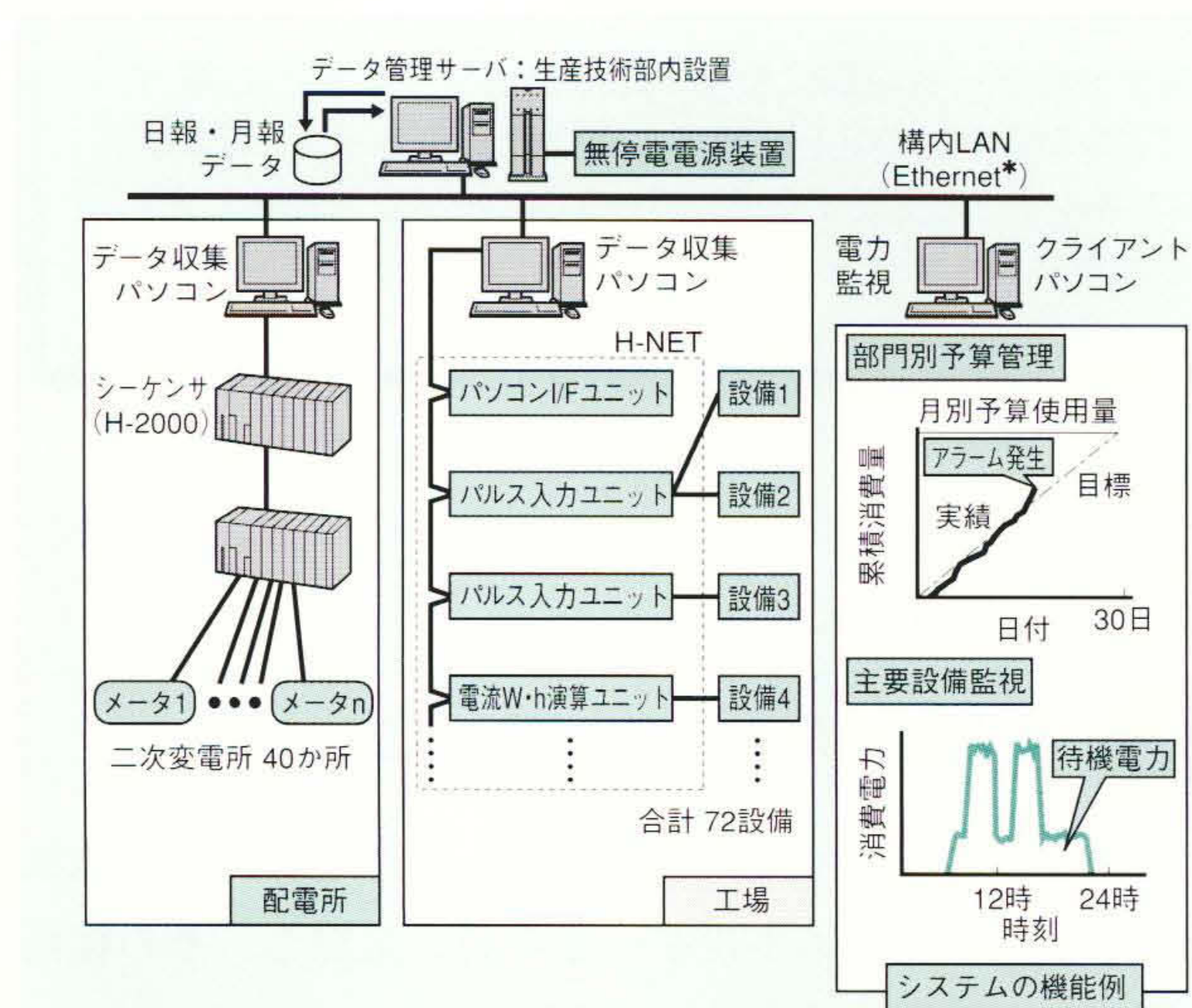
表1 油入三相1,000 kVA変圧器での負荷率60%時の省エネルギー効果

負荷率が高いほど、また長く使うほど省エネルギー効果が得られる。

| 項目                | 1年間(MW・h/年) | 30年間(MW・h)   |
|-------------------|-------------|--------------|
| 25年前のけい素鋼板変圧器との比較 | 45(19 t/年)  | 1,350(570 t) |
|                   | 49.5万円/年    | 1,485万円      |
| 現行けい素鋼板変圧器との比較    | 28(12 t/年)  | 840(360 t)   |
|                   | 31万円/年      | 930万円        |

注1：カッコ内の数値は、CO<sub>2</sub>削減効果(t/年)を示し、1990年時点での電力受電端CO<sub>2</sub>排出係数0.423 kg-CO<sub>2</sub>/kW・hで算出したもの

注2：金額は、11円/kW・hで計算したときの省エネルギー効果



注：略語説明など I/F (Interface)

\* Ethernetは、米国Xerox Corp.の商品名称である。

図1 リアルタイム電力監視システム“H-NET”の構成

生産設備の省エネルギー推進を支援するシステムとして活用している。



るだけ早期の更新が望ましいと考える。なお、「Superアモルファス」はリサイクル性でも優れており、材料の分別は容易で、その材料の90%以上にリサイクルが可能な素材(鉄、アモルファス合金、銅、アルミニウムなど)を採用している点も特徴である。

### 3 省エネルギーに貢献する高効率モータ

#### 3.1 概要

産業用途での平均的工場で使用される電力量の約70%がモータの電力であることから、エネルギー効率向上の主要な対象としてモータが注目されている。このため日立製作所は、モータCAE技術を駆使し、従来の標準誘導モータ「ザ・モートル」と同じ寸法でさらに高効率化を実現した高効率誘導モータ「ザ・モートルSuper Power」と、界磁に永久磁石を用いた高効率と、多様な駆動装置に組み込み可能な融通性の高い構造を持つ小型・軽量化ブラシレスDCモータ「小型・軽量化ECOHEART」を製品化した。

#### 3.2 「ザ・モートルSuper Power」による省エネルギー効果

「ザ・モートルSuper Power」では、「ザ・モートル」のスロット形状の最適化や高性能電磁鋼板の採用などにより、平均で3.5%の効率を向上させた。一定時間以上の運転によって経費の逆転が生じ、省電力分の効果が生じる(図4参照)。出力11 kW、年間運転時間8,000時間、電力料金11円/kW・hとすると、投資は約2年で回収が可能となる。また、工場の省エネルギー駆動源として従来品に代わって広く用いられるように、「ザ・モートル」と同

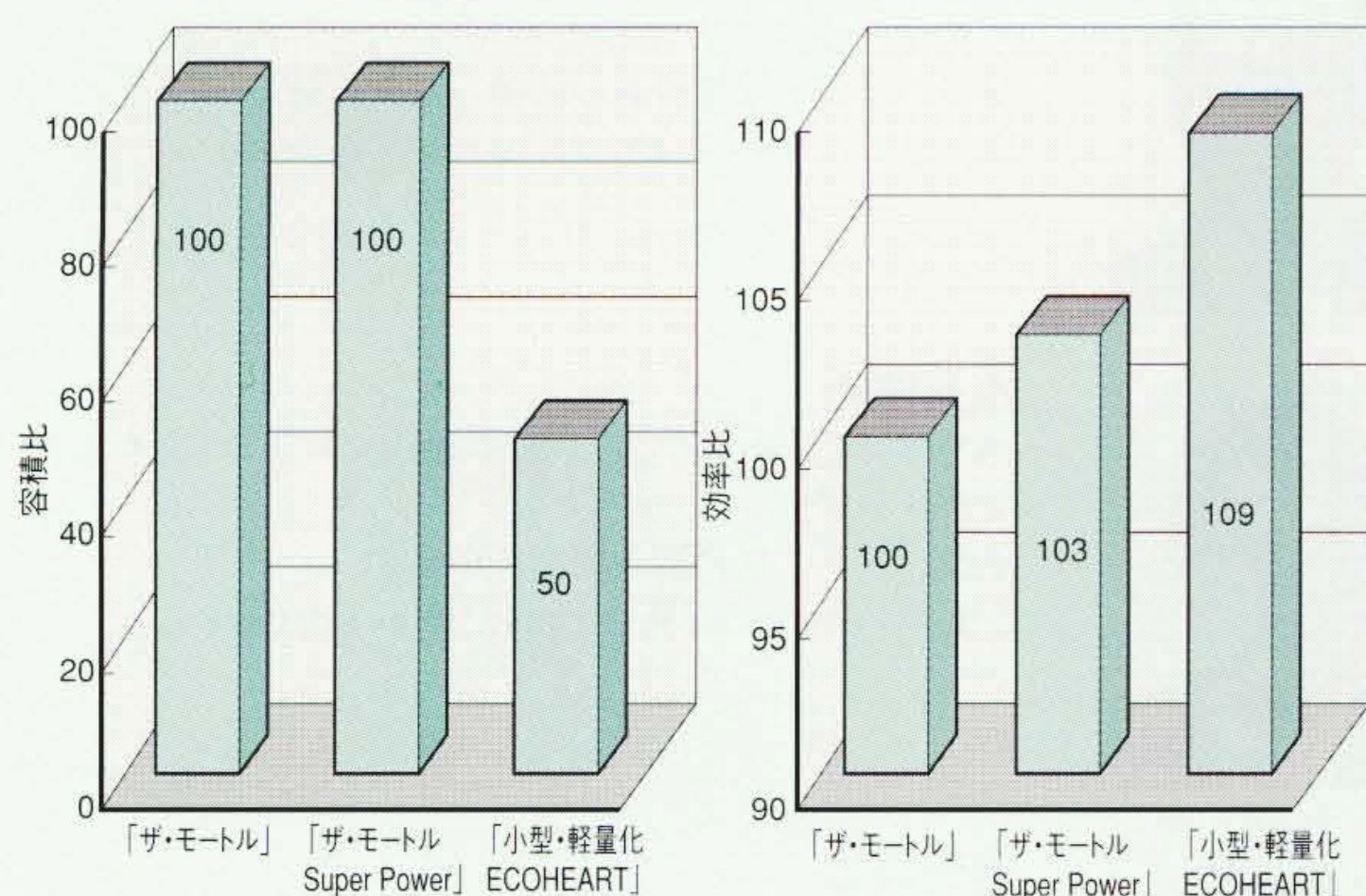


図4 容積と効率の比較(3.7 kW 3,600 min<sup>-1</sup>)

「ザ・モートル」と、「ザ・モートルSuper Power」、「小型・軽量化ECOHEART」の容積、効率を示す。ECOHEARTは、容積で50%、効率で9%向上している。

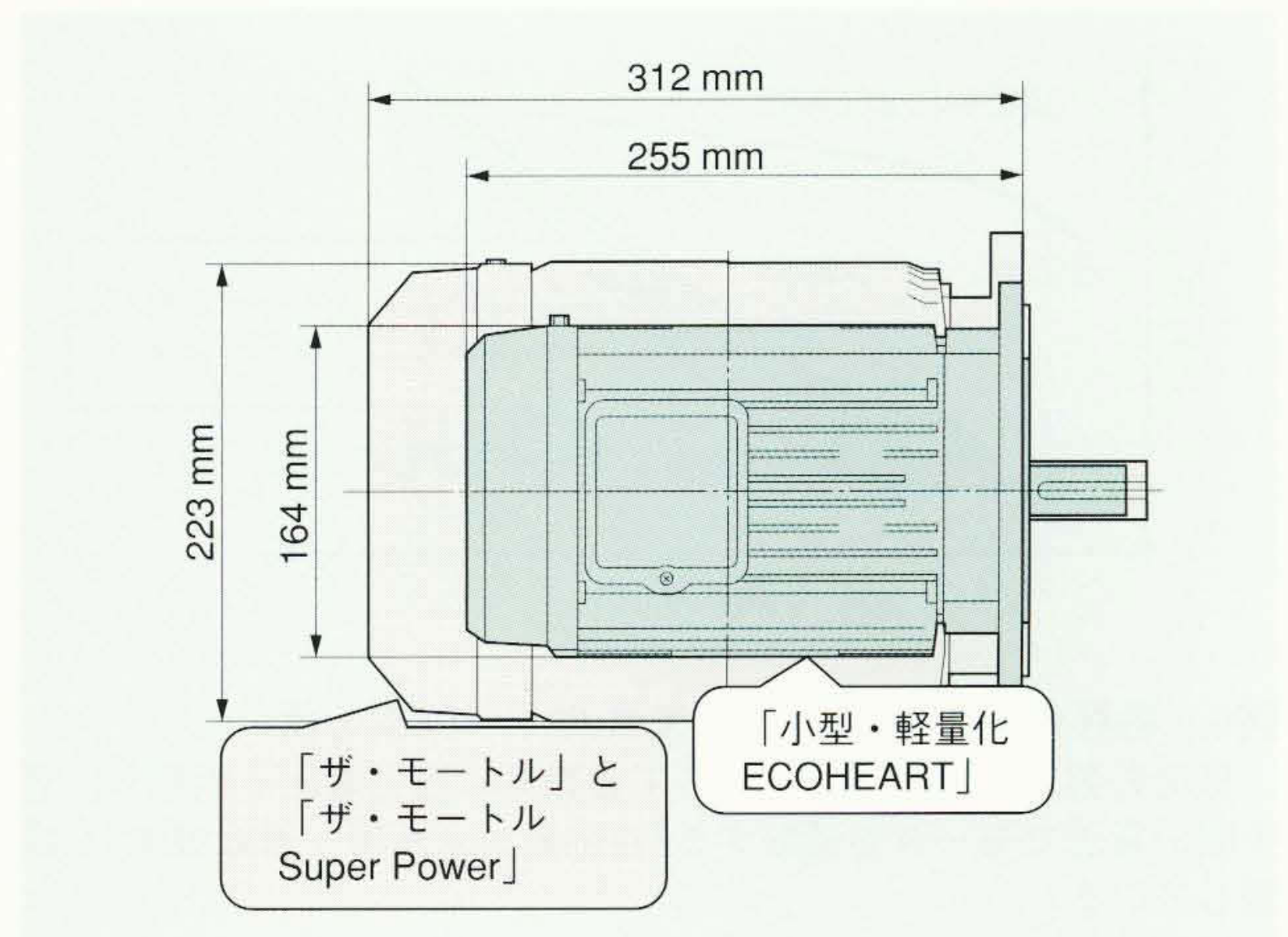


図5 「ザ・モートルSuper Power」と「小型・軽量化ECOHEART」の寸法比較

「小型・軽量化ECOHEART」は容積、質量の低減、効率の向上に寄与すると同時に、低騒音化も実現している。

一の取付け寸法とし、0.2~132 kW、2極、4極、6極をシリーズ化している。さらに、高効率であることから、発熱が減少し、軸受の長寿命化(日立製作所従来機種比2.5倍)により、メンテナンス性も向上する。

#### 3.3 「小型・軽量化ECOHEART」

「小型・軽量化ECOHEART」は、省エネルギー効果に加え、小型・軽量化を図ったモータで、例えば、フランジ型2極3.7 kWの「ザ・モートル」と比べて、容積を50%低減、質量を35%軽減し、効率を9%向上させた。0.4~3.7 kW、3,600 min<sup>-1</sup>の範囲をシリーズ化している。また、正弦波に限りなく近い電流波形を通電することにより、トルクリプルを軽減して低騒音化を図った(図4、5参照)。

## 4 省エネルギーに貢献するインバータ

#### 4.1 概要

インバータは、モータを可変速制御することができるため、モータの省エネルギー装置として目覚ましい発展を遂げてきた。特にファンやポンプに代表される流体負荷では、モータの回転数の三乗に比例した省電力運転が期待できるので、省エネルギーの切り札として家電から産業用まで多用されている。

#### 4.2 省エネルギーインバータの特徴

最新の高性能システムLSIを採用した日立製作所のL300Pシリーズインバータは、新方式の自動省エネルギー運転機能を搭載している(図6参照)。この機能は、負荷の要求するトルクに応じて自動的に出力電圧を調整



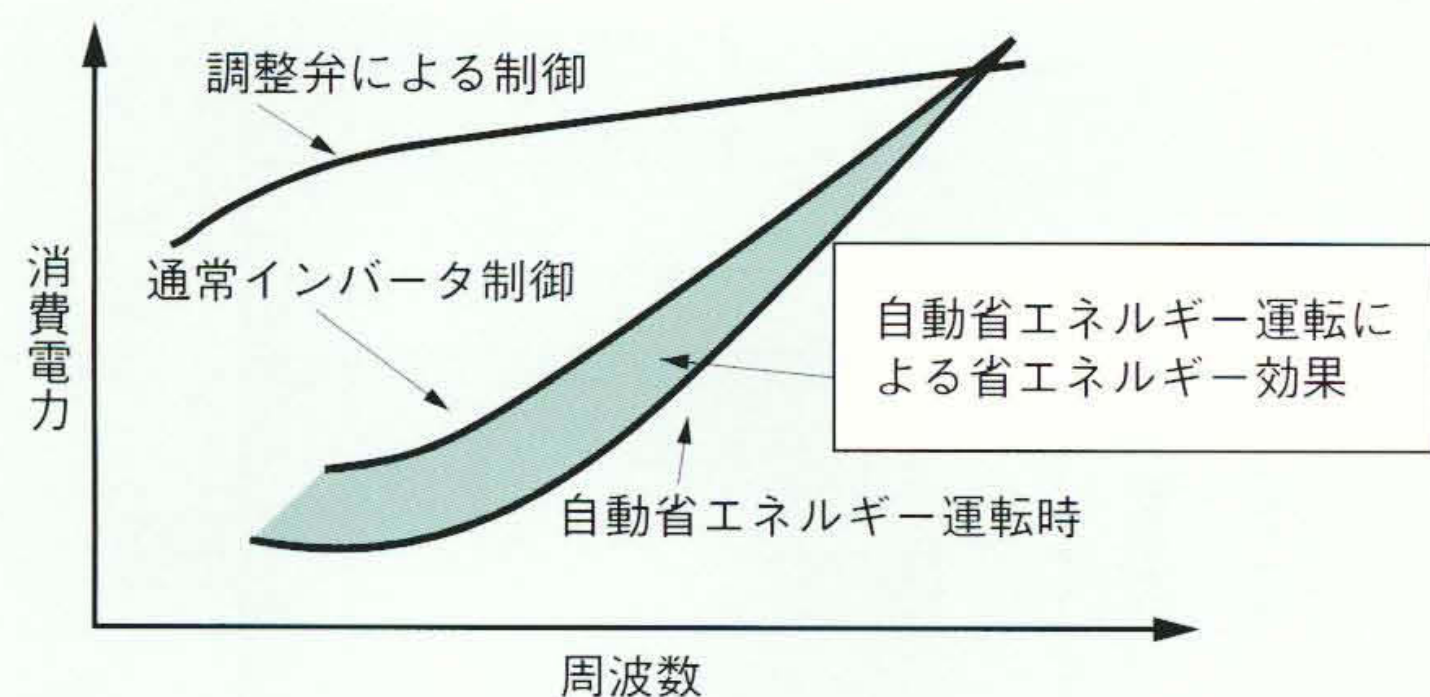
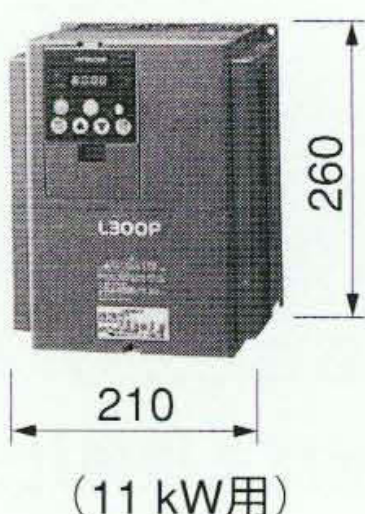


図6 各種制御方式による省エネルギー効果の例

負荷の要求するトルクに応じて自動的に出力電圧を調整し、最小限の電流でモータを運転する「自動省エネルギー運転機能」を搭載している。



| 項目     | 内容                        |
|--------|---------------------------|
| 機能     | 自動省エネルギー運転, PID制御         |
| メンテナンス | 冷却ファン, 平滑コンデンサ, 制御端子台の着脱可 |
| 省スペース  | 日立製作所従来機種比70%             |
| 操作性    | ボリューム付き操作パネルで簡単操作         |
| ネットワーク | RS485, DeviceNet*         |
| 環境     | 低ノイズ, EMCフィルタ (オプション)     |
| 規格     | グローバル対応 (UL, CE)          |

注：\*DeviceNetは、ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) の登録商標である。

図7 高機能省エネルギーインバータの外形と特徴

最新の高性能システムLSIを採用して小型化を実現した。電力表示をはじめ、エネルギーの把握に便利なモニタ機能やネットワークなど、システム構成に便利なインタフェースI/Oを搭載している。

し、最小限の電流でモータを駆動する。このため、モータの銅損を最小化でき、最高効率を引き出せる。また、省エネルギーシステム構成に重要な電力表示、モニタ機能やネットワーク機能、PID (比例・積分・微分) 制御、商用切換機能などを搭載している。この外形と特徴を図7に示す。

#### 4.3 省エネルギー効果

商用電源で連続運転する従来のファンやポンプの制御では、インバータによる回転制御で圧力と流量を一定とする制御を適用することにより、50%以上の省エネルギーが達成可能である。さらに、自動省エネルギー運転機能を利用することにより、最適電力制御でいっそうの省エネルギーが可能である。

## 5 応用例

ファン30台から成るアルミ連続溶解炉の燃焼用空気の風量調整にインバータ制御を採用し、最大67%の省エネルギーを実現した応用例を図8に示す。

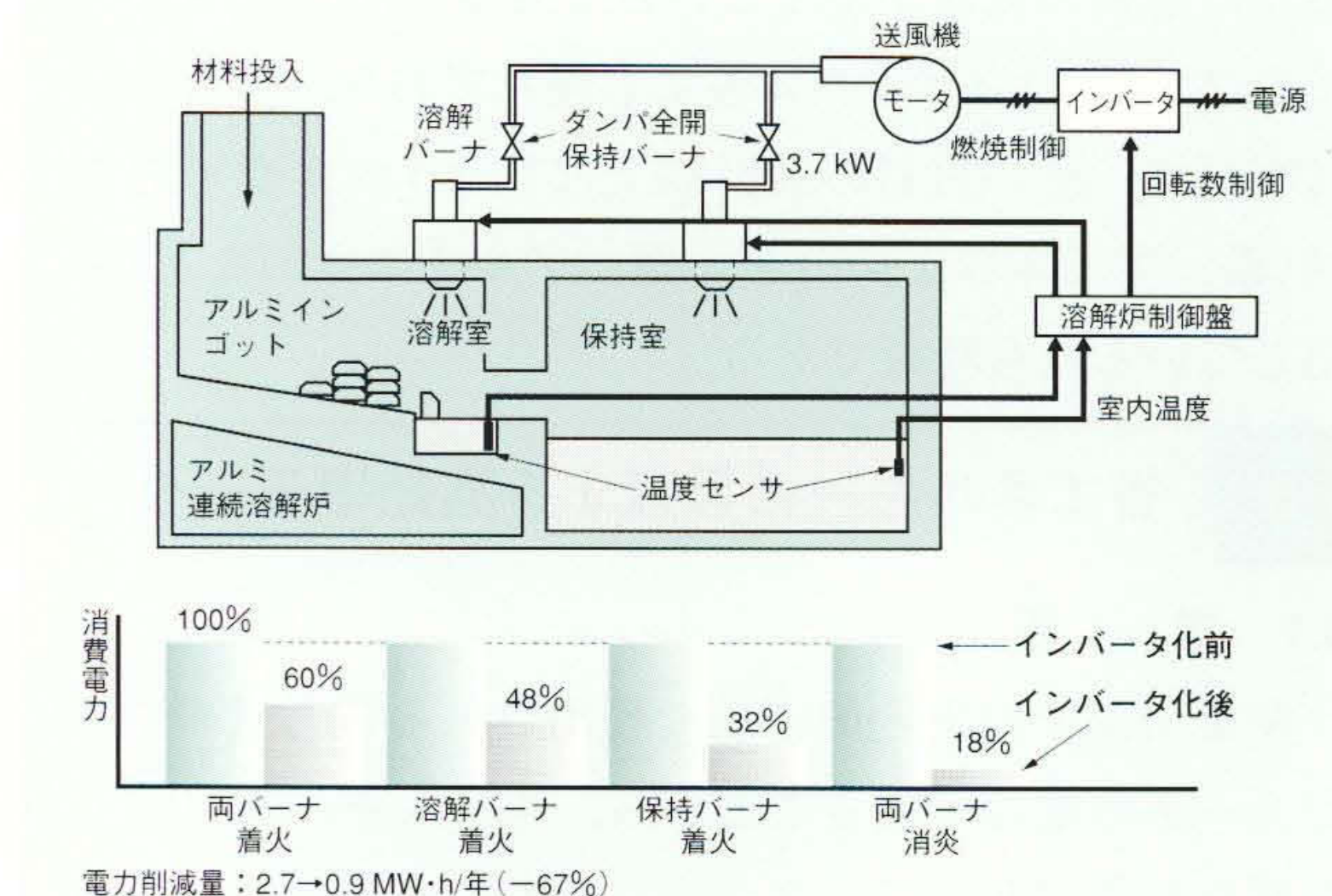


図8 アルミ連続溶解炉送風機のインバータ化

送風機の風量調整をモータの回転制御で行う。動力は回転数の三乗に比例するため、インバータによる省エネルギー効果は大きい。

## 6 おわりに

ここでは、日立製作所が開発した工場の省エネルギー実現のためのキーコンポーネント製品とその省エネルギー効果について述べた。

今後も、省エネルギーをめざす産業界で省エネルギー性の高い製品を提供し、工場の省エネルギーのためのさまざまなソリューションを提案していく考えである。

### 執筆者紹介



#### 上金良博

1973年日立製作所入社、産業機器グループ 新事業推進室 所属  
現在、省エネルギーソリューション事業に従事  
電気学会会員  
E-mail: kami@ice.head.hitachi.co.jp



#### 寺岡 渉

1973年日立製作所入社、産業機器グループ 日立中条テクノロジー システム設計部 所属  
現在、配電・環境機器の開発・設計に従事  
E-mail: teraoka@gm.nakajo.hitachi.co.jp



#### 森永茂樹

1972年日立製作所入社、産業機器グループ 開発本部 開発センタ 所属  
現在、ドライブ機器の開発に従事  
E-mail: morinaga@gm.narashino.hitachi.co.jp



#### 柳田貞雄

1972年日立製作所入社、産業機器グループ 日立ドライブシステムズ システム設計本部 制御システム部 所属  
現在、汎用インバータの開発・設計に従事  
E-mail: s-yanada@gm.narashino.hitachi.co.jp