

上下水道プラントに適用する環境配慮型システム製品

Environmentally Conscious Products for Water and Sewage Plants

宮尾 圭一 須之内 康真 杉野 寿治

■ MIYAO Keiichi

■ SUNOUCHI Yasumasa

■ SUGINO Toshiharu

近年、世界中でCO₂（二酸化炭素）の削減をはじめとする環境対策の気運が高まるなか、わが国の上下水道分野における使用電力量は、国内で消費される電力の約1.68%を占めており、いっそうのエネルギー削減が要求されている。

東芝は、特定有害物質の削減、高効率化技術やシステム制御技術を活用したCO₂の削減に向け、設備機器からプラント運用に至るまで、環境配慮型システム製品の開発に取り組んでいる。

The growing worldwide trend toward environmental preservation in recent years, including the reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions, has also had an impact in the field of water supply and sewage services, where demand for further energy saving has been increasing. This reflects the fact that the electric power consumed in the operation of such plants accounts for about 1.68% of Japan's total electricity consumption.

Toshiba has been applying highly efficient system control and other technologies to the development of environmentally conscious products and systems, including those for water supply and sewage plant operation, in order to reduce specific toxic substances and CO₂ emissions.

1 まえがき

日本の上下水道分野における使用電力量は、2003年度の水道統計及び下水道統計によると、上水道分野で約73億kWh/年、下水道分野で約68億kWh/年となっている。これは、わが国全体の消費電力量⁽¹⁾（産業用から一般家庭用までのすべて）に対し、それぞれ0.87%と0.81%を消費していることを意味しており、いっそうの消費電力削減に向けたプラント運営が求められている。また、RoHS指令^(注1)に代表されるように、有害物質の管理と削減にかかわる法規制が整備されるなか、プラント設備を構成する各種機器についても、環境に配慮したものを採用することが望まれている。

そこで、これまで上下水道プラントに受変電設備や監視制御装置などの電気設備機器を提供してきた東芝は、環境配慮型製品の開発と省エネ製品の提供を推進している。前者は、従来のSF₆（六フッ化硫黄）ガスを使用しない配電盤、RoHS指令に対応した環境配慮型制御盤などであり、後者はトランスナー変圧器、高圧・低圧インバータ、そして省エネ運転に貢献するシステム制御技術などである。

ここでは、それらの特長と、環境にやさしく省エネ運転を目指す上下水道プラント運営への取組みについて述べる。

2 有害物質材料の削減による環境配慮型製品

1997年の気候変動枠組条約 第3回締約国会議（地球温暖化防止京都会議：COP3）において、排出削減数値目標が指定された温室効果ガスは、CO₂、CH₄（メタン）、N₂O（亜酸化窒素）、HFC（ハイドロフルオロカーボン）、PFC（パーフルオロカーボン）、SF₆の6ガスである。

当社は、上記指定ガスの削減数値目標（1990年比マイナス6%）を達成するために、配電・制御機器の小型・軽量化による省資源化、電力損失の低減及び指定ガス使用の中止と削減を推進し、地球環境の向上に努めている。以下、当社の代表的な環境配慮型製品について述べる。

2.1 固体絶縁スイッチギヤ

当社は、公称電圧77kV以下の特別高圧電気設備で、SF₆を絶縁材料として使用したキュービクル式ガス絶縁開閉装置（Cubicle type Gas Insulated Switchgear：C-GIS）を、多くの上下水道プラントに納めている。SF₆は、温室効果ガスの一つに指定されており、積極的な回収と再利用が義務付けられている。また、近年、上下水道プラントの多くは更新の時期を迎えており、各自治体では、スイッチギヤに対する小型・軽量化及び低コスト化のニーズが高まっている。

当社は、こうした社会的要請に応えるため、公称電圧が22kVと33kVで、絶縁材料にエポキシ樹脂を用いた固体絶縁スイッチギヤ（Solid Insulated Switchgear：SIS）を開発・製品化した。SISの主な特長は、次のとおりである。

- (1) SF₆をいっさい使用せず、環境負荷を低減
- (2) 小型・軽量化により、リニューアル時に省スペースと経

(注1) EU（欧州連合）が2006年7月1日に施行した規制で、電気・電子機器への特定有害物質の含有を禁止するもの。規制対象は、鉛、カドミウム、六価クロム、水銀、ポリブロモビフェニル、ポリブロモジフェニルエーテルの6物質である。

表1. C-GISとSISの比較

Comparison of cubicle type gas-insulated switchgear (C-GIS) and solid-insulated switchgear (SIS)

項目	C-GIS	SIS
SF ₆ 使用量 (kg)	5	0
質量 (kg)	1,900	850
容積 (m ³)	2.7	1.7
部品点数 (点)	2,500	1,200

済的メリットを実現

(3) 保守時の安全確保と省力化を実現

従来機種とのC-GISとSISの比較を表1に示す⁽²⁾(当社製24 kV受電盤1面当たりの比較)。

2.2 金属閉鎖形スイッチギア及びコントロールセンタ

(社)産業環境管理協会は、2002年に環境ラベルに関する国際規格(ISO 14025)に準拠したエコリーフ環境ラベル制度を創設した。エコリーフとは、LCA(ライフサイクルアセスメント)の手法で、資源採取から製造、物流まで、製品の全工程における環境負荷を定量的に開示する環境ラベルであり、当社は、金属閉鎖形スイッチギア(高圧配電盤)とコントロールセンタの2品目で認証を得ている。

(1) 金属閉鎖形スイッチギア 当社の金属閉鎖形スイッチギア(VUHE形)は、スイッチギア分野で業界初^(注2)のエコリーフ環境ラベルを取得した。RoHS指令の規制対象である特定有害物質の削減や、小型・軽量化の実現により、CO₂換算の排出量を20%削減した(当社比)。

(2) コントロールセンタ 電動機へ電力を供給する開閉ユニットを搭載したコントロールセンタ(TE形)は、ユニットを小型化したことで、ユニットの最大積込み台数を従来の7段から10段にでき、据付けスペースを25%削減した(当社比)。また、省エネ形制御器具やエコ電線^(注3)の採用で環境にも配慮している。

2.3 制御盤

環境配慮型制御盤は、RoHS指令で規制対象となっている特定有害物質の削減に合わせ、屋内自立盤の構造・製造面の根本な改善を行い、開発した制御盤である(図1)。

この制御盤の特長は、次に示すとおりである。

- (1) 配線をパネル表面方式から裏面方式へ変更することにより、塩化ビニル樹脂製ダクトを排除
- (2) 配線カバーにハロゲンフリー材を採用
- (3) メッキ部品の表面処理を六価クロムから三価クロムに変更
また、配線をパネル裏面方式にしたことで、盤内美観も向上

(注2) 2006年6月15日登録、当社調べ。

(注3) 塩素などのハロゲン系化合物を含まず、焼却処理をしてもダイオキシンが発生せず、また、埋立て処分後の鉛の溶出がなく、廃棄後に被覆材と電線本体の分別が容易であるなど、環境に配慮した電線やケーブル。

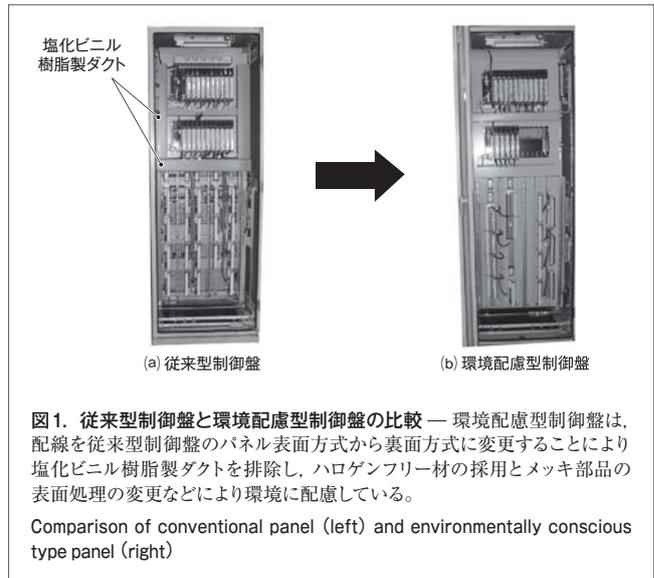


図1. 従来型制御盤と環境配慮型制御盤の比較 — 環境配慮型制御盤は、配線を従来型制御盤のパネル表面方式から裏面方式に変更することにより塩化ビニル樹脂製ダクトを排除し、ハロゲンフリー材の採用とメッキ部品の表面処理の変更などにより環境に配慮している。

Comparison of conventional panel (left) and environmentally conscious type panel (right)

した。波及効果としては、ダクトくずなど廃棄物の削減、正背面への配線の最短化による電線使用量の削減、パネル面の有効面積増加による実装密度の22%向上(当社比)、及び表面ダクト不要による放熱効果の向上などがある。

3 CO₂削減に貢献する省エネ製品

最近のCO₂削減気運の高まりや、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)の改正を受けて、当社は、様々な省エネ製品を開発している。ここでは、トッランナー変圧器、高効率電動機及び高圧・低圧インバータについて述べる。

3.1 トッランナー変圧器

配電用変圧器は、省エネ法の特定機器に指定され、目標年度(油入変圧器は2006年度、モールド変圧器は2007年度)から、すべての目標基準値を達成することが義務付けられている。この省エネ法に適合した配電用変圧器をトッランナー変圧器と呼び、当社は、1999年のJIS準拠製品に比べ、効率を40%改善した。配電用変圧器は、上下水道プラントの動力・照明設備への電力供給に欠くことのできない重要機器であるが、エネルギー消費量が大きく、効率向上が特に必要な機器である。

効率改善のポイントは、無負荷損と負荷損を低減することである。無負荷損の低減では、鉄心材料に結晶方位性を高めた高配向性電磁鋼板、及び表面溝加工により磁区を細分化した磁区制御電磁鋼板を採用することで、従来の方向性ケイ素鋼板よりも損失を抑えた。また、負荷損の低減では、従来よりも銅導体の適用範囲を広げることで損失を抑えた⁽³⁾。

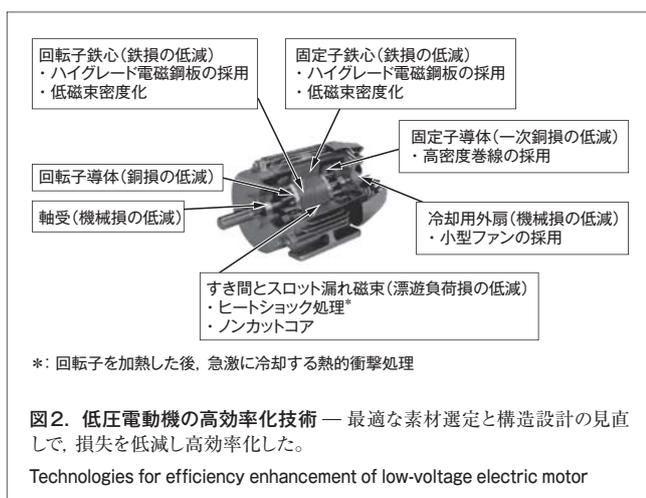
トッランナー変圧器の大きな特長は、40%の効率改善によるCO₂の削減、冷却構造の合理化とコイルの高密度化による小型化、そして磁気ひずみの少ない鉄心材料の採用で騒音

レベルの低減（従来のJIS基準値で約マイナス8 dB）を実現したことである。

3.2 高効率電動機

当社の55 kW以下の低圧かご形誘導電動機（東芝ゴールドモートル）は、回転子と固定子へのハイグレード電磁鋼板の採用、及び固定子巻線の高密度化と構造の見直しで、損失を低減し高効率を実現した（図2）。

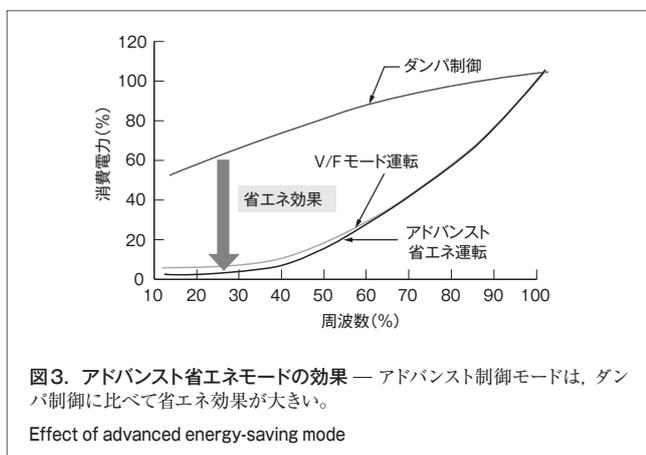
この製品は、1999年の省エネ法の改正を受けて制定された新しいJIS規格（JIS C 4212）に適合しており、一般電動機の規格値（JIS C 4210）に対し5～15%程度効率を改善している。また、RoHS指令にも適合している。



3.3 低圧インバータ

二乗低減トルク特性の負荷であるファンやポンプは、ファン及びポンプ専用のインバータ（VF-PS1）を適用することで消費電力を低減でき、高効率電動機と組み合わせることで大きな省エネ効果が期待できる。

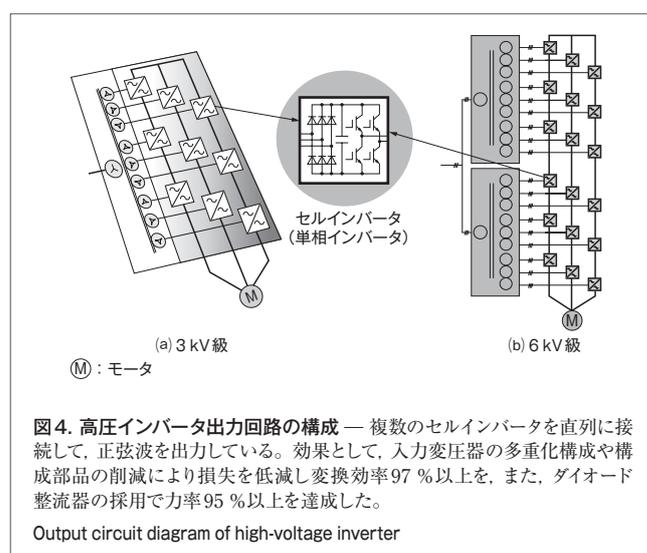
出力をダンパで制御した場合とインバータで制御した場合の省エネ効果の比較を図3に示す。消費電力は回転数の三乗



に比例して低減するため、インバータによる速度制御（V/Fモード運転^{（注4）}）は特に省エネの効果が大きい。更に、全速度領域において負荷に見合った最適な電流を流す機能である“アドバンスト省エネ運転”により、効率が悪化する低速度領域でも効率を高めることができ、いっそうの省エネが期待できる。

3.4 高圧インバータ

高圧電動機を駆動する場合、従来は低圧汎用インバータを使用していたため、電圧をいったん降圧し再度昇圧する変圧器が必要であった。これに対し、当社の高圧インバータ（MVインバータ）は、高圧電動機をダイレクトに可変速運転できる独自の構成により、高効率と高力率を実現している。その出力回路の構成と特長は、図4と次に示すとおりである。



- (1) 入力変圧器を多重化構成
- (2) 単相出力のセルインバータを直列で多段接続して正弦波電圧を出力することで、出力変圧器を省略
- (3) ダイオード整流器を採用

効果としては、入力変圧器の多重化構成やセルインバータの採用による構成部品の削減で損失を低減し変換効率97%以上を、ダイオード整流器の採用で力率95%以上を達成した。また、入力変圧器の多重化やダイオード整流器の採用でインバータから発生する高調波を低減し、電源環境にも配慮している。

4 上下水道プラント監視制御システム

これまで当社は、上下水道プラントに対し30年以上にわたり監視制御システムを供給してきた。今後、監視制御システム

（注4） VはVoltage（電圧）、FはFrequency（周波数）のことで、VとFを一定の比率に保って変化させる電動機速度制御法のこと。

を構成するコンポーネントには環境に配慮した製品を順次適用し、プラント運転におけるシステム制御には省エネ運転を旨とした制御技術を取り入れていく。

4.1 システムコンポーネント

2007年10月に、計装・電気制御分野で統一的に使用できる、高速性、信頼性、経済性を兼ね備えた産業用コントローラ“ユニファイドコントローラnvシリーズ”を発表した。この装置では、鉛フリーはんだの使用とグリーン調達による部品選定を行っている。当社の上下水道監視制御システムTOSWACS™-Vの標準コントローラとして採用していく予定である。

また、監視サーバや操作端末に適用するパソコン(PC)に関しても、TOSWACS™-Vに用いる当社の産業用PC(FA3100S model 9000)などにおいて、メインボードなど自社設計のボードに鉛フリーはんだを使用している。

4.2 水処理プロセスにおけるシステム制御技術

これまで述べてきたように、環境への配慮として環境配慮型製品や省エネ機器で効果が上がると考えるが、加えてプラントの運用手法の改善による方法も有効である。一例として、ここでは下水道プラント向け曝気(ばっき)風量制御について述べる。

下水処理において、省エネと放流水質向上(窒素濃度・リン濃度削減)は一般的にトレードオフの関係にある。すなわち、水質を良くするためには電気エネルギーがより多く必要となるが、省エネを行おうとすると水質が悪化するおそれがある。ここで述べるシステムは、このトレードオフ関係にある省エネと放流水質向上の両立を目指した省エネ型の曝気風量制御システムである(図5)。

従来の溶存酸素計(DO計)だけによる曝気風量制御では、常に窒素とリンの水質を良好に保つため、ある程度DOを高く保つ必要があり、その分過剰な風量を供給している例が多かった。通常曝気槽の流入汚水では、COD(Chemical Oxy-

gen Demand: 化学的酸素要求量)、リン、アンモニアの順に除去が完了するので、アンモニアの除去に適正な風量を供給すれば、他の水質成分除去が可能となる。一方、アンモニア計だけによる制御では、流入する水量と水質の急変動に対応できず、DOが異常に低下し水質が悪化してしまう問題がある。このシステムでは、アンモニア濃度とDOにより制御システムを切り替え、DO低下による放流水質悪化を防ぎながら、風量を削減することができる制御となっている。

処理量72,000 m³/日で、ブロワ450 kW×3台の処理場において、この制御システムを導入してブロワをインバータ制御とすることで、ブロワ動力費を17%削減することが可能であるとの試算結果が得られた。

5 あとがき

上下水道プラントに適用する環境配慮型システム製品として、化学物質使用を制限した製品、省エネに貢献する製品及び省エネ制御技術について述べた。

いよいよ京都議定書の約束期間に突入し、今後5年間で1990年度比において温室効果ガスを6%削減する必要があるが、その見通しは極めて厳しいと言われている。上下水道分野においても、計画的な投資を行い、よりいっそうの削減努力が必要と考えられる。今後は、環境配慮型システム製品として、更に省エネ診断や運用改善の提案も併せて行っていく。

文献

- 電機事業連合会。“電力需要実績2003年度分(確報)”。< <http://www.fepec.or.jp/>>, (参照2008-01-10)。
- 佐藤純一, ほか。地球環境に配慮した24 kV 固体絶縁スイッチギヤ。東芝レビュー。58, 12, 2003, p.66-69。
- 福田真一郎, ほか。トッランナー変圧器の技術動向と性能。電気設備学会誌。26, 3, 2006, p.171-174。

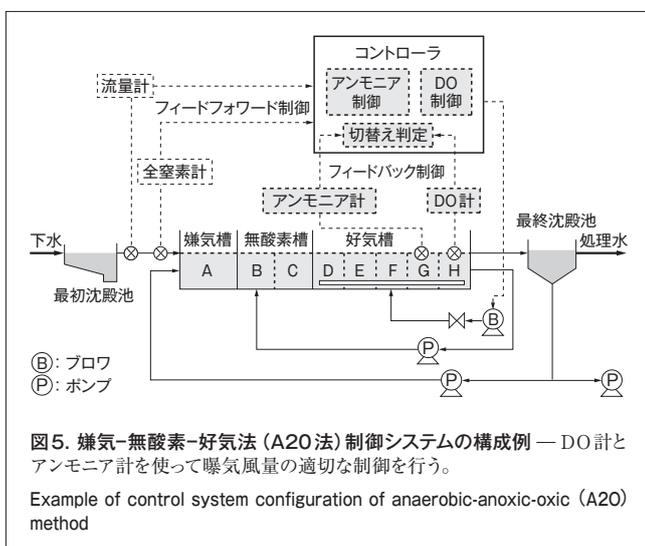


図5. 嫌気-無酸素-好気法(A2O法)制御システムの構成例 — DO計とアンモニア計を使って曝気風量の適切な制御を行う。

Example of control system configuration of anaerobic-anoxic-oxic (A2O) method



宮尾 圭一 MIYAO Keiichi

社会システム社 水・環境システム事業部 公共システム技術部。
公共システムのエンジニアリング業務に従事。
Environmental Systems Div.



須之内 康真 SUNOUCHI Yasumasa

社会システム社 水・環境システム事業部 公共システムプロジェクト部主務。公共システムのエンジニアリング業務に従事。
Environmental Systems Div.



杉野 寿治 SUGINO Toshiharu

社会システム社 水・環境システム事業部 公共ソリューション技術部主務。公共システム技術開発業務に従事。
Environmental Systems Div.