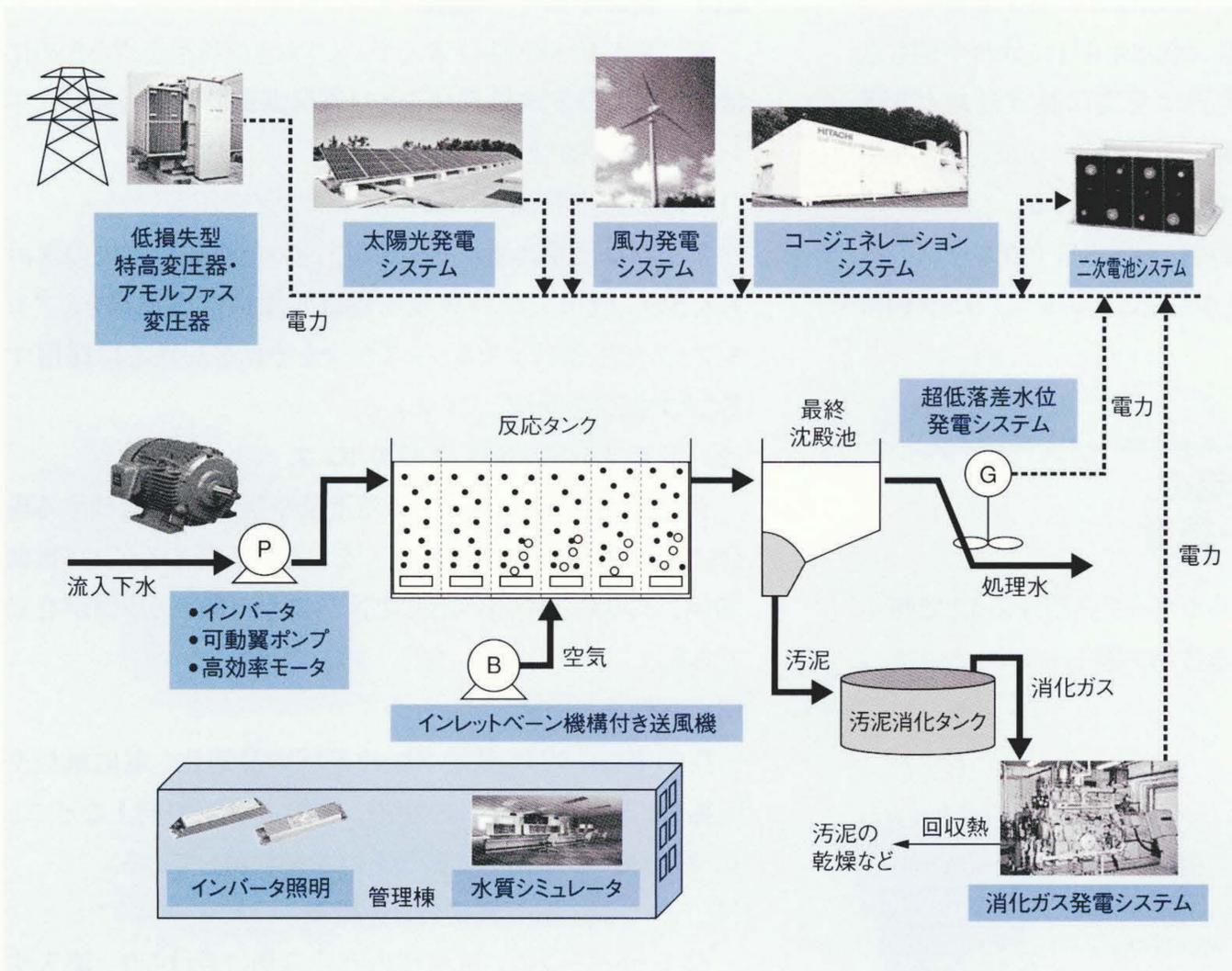


浄水場・下水処理場における省エネルギー技術

Energy Saving Technologies for Water and Wastewater Treatment Plants

陰山 晃治 Kouji Kageyama 原 直樹 Naoki Hara 鈴木 裕幸 Hiroyuki Suzuki



省エネルギー施策を支援する技術の位置付け(下水処理場の例)

日立グループは、省エネルギー機器や新エネルギーシステムのほか、水質シミュレータによる運用適正化技術も含めた総合的なエンジニアリングにより、ユーザーにとって適切な省エネルギー施策の実現を支援する。

注：略語説明
 P(Pump)
 B(Blower)
 G(Generator)

1999年に改正されたエネルギー使用の合理化に関する法律(改正省エネルギー法)では、多量のエネルギーを消費する事業場に対して年1%以上の省エネルギー目標値を定めており、大規模な浄水場や下水処理場でも省エネルギー施策の重要性が高まっている。

省エネルギーを実現する手段としては、(1) 損失を低減した高効率省エネルギー機器の導入(これにより、消費エネルギーを容易に低減できる。)、(2) 太陽光発電システムなど、クリーンな新エネルギーシステムの導入(この場合、消費エネルギーは変わらないが、環境負荷を与えずにエネルギーを新たに創出できるので、トータルでは省エネルギーとなる。)、(3) 送風機の送

気量の変更など、運用適正化による省エネルギー(これは、イニシャルコストが低くて済むといった特徴を持つ。)の三つが考えられる。

これらの手段を適用することができるかどうかを判断したり、省エネルギー効果を最大化するためには、例えば流量変動パターンや既存設備の有無など、浄水場や下水処理場の条件を考慮した評価を行うことが必要である。

日立グループは、総合的なエンジニアリング技術により、浄水場や下水処理場に特有の性質を考慮した、効果的な省エネルギー施策を提案する。

1 はじめに

1997年のCOP3(気候変動枠組条約第3回締約国会議)で採択された京都議定書を受け、エネルギー使用の合理化に関する法律(改正省エネルギー法)が1999年に改正され、2001年から施行された。この中では、年間のエネルギー使用量が電力換算で600万kWh以上の事業場は第2種エネルギー管理指定工場に指定され、年1%以上の省エネルギーの努力義務が設定された。大規模な浄水場や下水処理場の多くは、この第2種エネルギー管理指定工場に該当し、「安全でおいしい水の供給」や「水環境へ与える負荷の低減」など、本来の社会的使命を果たすと同時に、省エネルギーへの取り組みが必要となっている。2002年6月にはわが国も京都議定書を批准したように、世界は着実に温室効果ガス排出削減「実施」のステージへと移行している。今後、省エネルギーの重要性はますます高まるものと予測される。

ここでは、浄水場・下水処理場における日立グループの主な省エネルギー技術と、省エネルギーのエンジニアリング例について述べる。

2 浄水場・下水処理場の主な省エネルギー技術

浄水場・下水処理場の省エネルギーを実現するうえで想定されるニーズと、それに対応する技術を図1に示す。

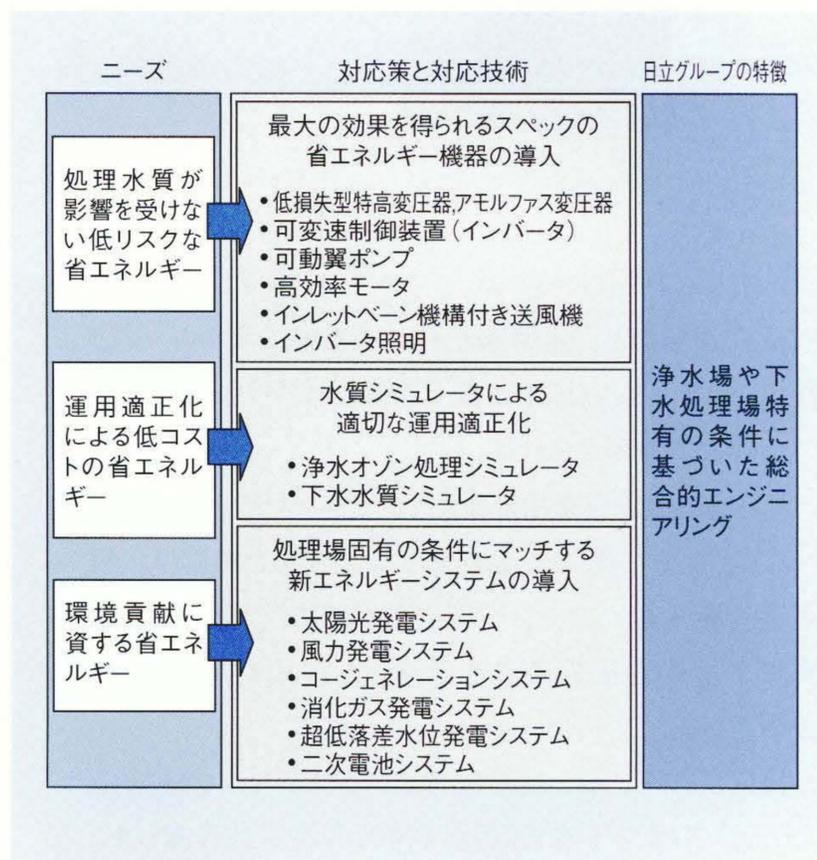


図1 省エネルギーに関するニーズと対応技術

省エネルギー機器導入や新エネルギーシステムなどのハードウェア面のほか、水質シミュレータを応用したソフトウェア面からも浄水場・下水処理場の省エネルギーに対応する。

まず考えられるニーズは、処理水質に影響を及ぼさない低リスクな省エネルギー施策であり、省エネルギー機器の導入が対応策となる。例えば、送風機のモータを高効率化することで現状の送気量を維持しながら省エネルギーが可能となり、一方、処理水質に対するリスクは増大しない。

次に考えられるニーズは、運用適正化による省エネルギーであり、水質シミュレータが対応する。

最後に考えられるニーズは、積極的な環境貢献に資するための省エネルギーである。この実現には、場内の未利用エネルギーや自然エネルギーを活用した新エネルギーシステムが有効である。

2.1 省エネルギー機器

省エネルギー機器の導入で、より大きな効果を得るためには、浄水場や下水処理場ごとの負荷変動特性を考慮したエンジニアリングが必要である。

(1) 低損失型特高変圧器, アモルファス変圧器

変圧器は変換エネルギー量が大きいため電力損失の累計も大きい。低損失型特高変圧器は低鉄損電磁鋼板を、アモルファス変圧器はアモルファス合金をそれぞれ鉄心に採用することで損失を低減している。

(2) 可変速制御装置, 可動翼ポンプ

ポンプや送風機に要求される流量や送気量が変動する場合には、圧力損失でエネルギーをむだに消費するダンパ制御よりも、インバータを用いた可変速制御や可動翼ポンプが有効である。

(3) 高効率モータ

高効率モータは、鉄心スロット形状の最適化、電磁鋼板や電線など最新高級材料の使用、巻線占有率の向上などにより、現行モータに比べて損失を約20%低減している。

(4) インレットベーン機構付き送風機

インレットベーンは、送風機の吸込み側に設けられ、流入する気体に旋回流を与えながら流量を絞る機能を持ち、ダンパ制御よりも効率が良い。

(5) インバータ照明

従来の蛍光灯照明で使用していたトランス型安定器をミニインバータに置換すると、鉄損や銅損が生じないことから損失が小さく、安定器を交換するだけで約25~34%の省エネルギーを図ることができる。

2.2 水質シミュレータ

水質シミュレータによって送気量など機器の制御量と処理水質との関係を定量的に求めることで、処理水質のリスクが小さい省エネルギーが可能となる。機器の更新・新規導入が不要なため、ユーザーにとってはインシャルコストが低いという利点がある。主な水質シミュレータを以下に示す。

(1) 浄水オゾン処理シミュレータ

浄水場では、かび臭成分の対策としてオゾン処理が導入されることがある。浄水オゾン処理シミュレータを用いれば、オゾン発生量を必要最小限に抑えることができ、オゾン発生に必要な電力が低減できる¹⁾。

(2) 下水水質シミュレータ

下水処理場では、反応タンクへ空気をばっ気する送風機が多量の電力を消費するので、送気量の低減によって大幅な省エネルギー効果が見込める。しかし、送気量と処理水質とは一般にトレードオフの関係にあり、送気量を過剰に低減すると処理水質が悪化し、下水処理本来の機能が損なわれる。そのため、反応タンク内の生物反応を模擬した下水水質シミュレータを使用すれば、目標水質をクリアできる必要最小限の送気量を計算することができる²⁾。

2.3 新エネルギーシステム

新エネルギーシステムを導入する際には、現地調査や実績値の解析に基づいて適切なシステムを選定する必要がある。

(1) 太陽光発電システム

多くの浄水場・下水処理場は広い池を持っており、太陽光発電システムの導入に適している。単結晶シリコン製品の場合、25 m²で最大3.2 kWの発電能力がある。

(2) 風力発電システム

風力発電システムは、発電と同時に省エネルギーのモニュメントとしてPR効果も期待できる。

(3) コージェネレーションシステム

浄水場・下水処理場で多量の熱を必要とする場合には、ガスタービンなどの原動機を用いた、65～85%の総合効率が得られるコージェネレーションシステムの導入が効果的である。

(4) 消化ガス発電システム

下水処理場の余剰汚泥を嫌気性消化すると、メタンガスを約60%含んだ消化ガスが発生する。この消化ガスを原動機の燃料に用いることで発電ができる。

(5) 超低落差水位発電システム

浄水場・下水処理場内または放流管路などで水流に落差がある場合、小型の水車を設置して落差の位置エネルギーを電気エネルギーとして回収することができる。

(6) 二次電池システム

二次電池システムそのものは電力を発生しないが、太陽光発電システムや風力発電システムによる発電電力の変動を安定化することができる。

3 省エネルギーを実現するエンジニアリング技術

この章では省エネルギー施策をいっそう適切に、かつ効率的に実施するためのエンジニアリング技術例について述べる。

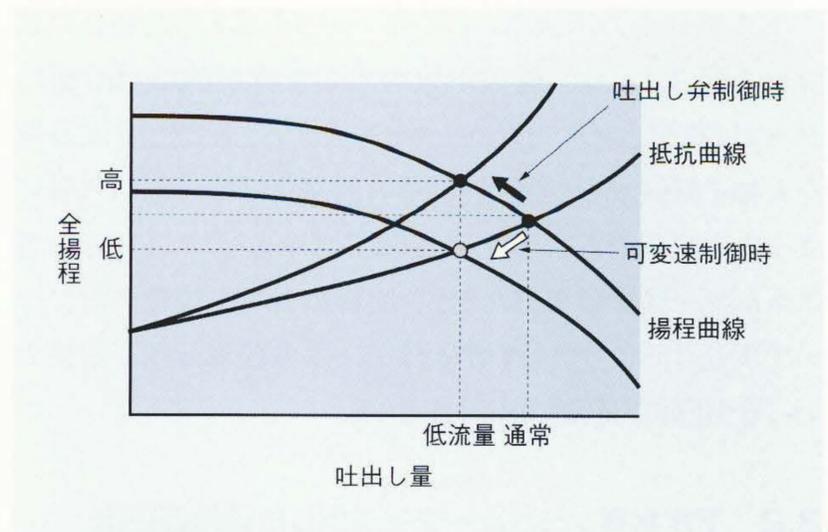


図2 可変速制御による省エネルギーの原理

同じ低流量を得る場合に、吐出し弁を絞った場合よりも可変速制御をしたほうが動作点（揚程曲線と抵抗曲線の交点）の全揚程が低く、ポンプに必要なエネルギーが小さい。

3.1 ポンプへのインバータ導入効果の試算

(1) 原理

ポンプは、動作点（機器仕様で決定される揚程曲線と、施設の構造で決定される抵抗曲線との交点）での吐出し量と全揚程で稼動する（図2）。低流量が必要な場合に吐出し弁を絞って吐出し量を制御すると、抵抗曲線の形状が変わり、動作点の全揚程が高くなる。これに対し、可変速制御をすると揚程曲線の形状が変化し、動作点の全揚程が低い値となる。ポンプの使用電力量は吐出し量と全揚程の積にほぼ比例するので、可変速制御を用いると動作点の圧力差の分だけ省エネルギーとなる。

(2) 試算例

上述したように、可変速制御による省エネルギー量は吐出し量によって異なるので、それぞれの浄水場・下水処理場によってインバータ導入の効果は大きく異なる。効果を定量的に算出するためには、帳票や施設仕様に基づいたエンジニアリングが不可欠となる。

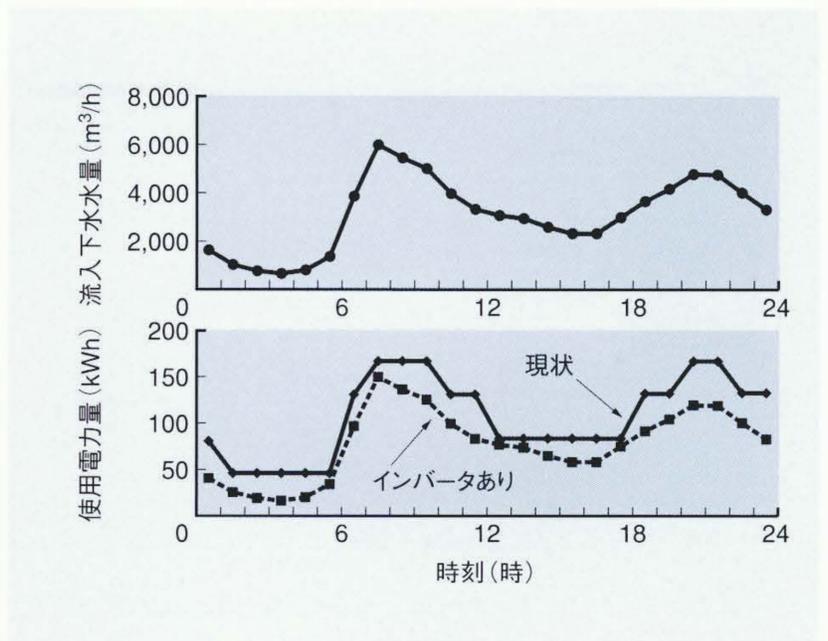


図3 インバータ導入効果試算例

水量の変動に伴い、インバータ導入効果は変動する。

下水処理場の汚水ポンプにインバータを導入した場合の試算例を図3に示す。流入下水の水量を典型的な24時間パターンに設定した³⁾。インバータを導入することで使用電力量を大幅に低減することができ、その低減量は毎時刻の水量によって大きく異なることがわかる。ここで示したのは1日分の省エネルギー試算結果であるが、同様の計算を複数の日について実施することで、適切なインバータの仕様と導入効果のいっそう正確な見積もりが可能となる。

3.2 下水水質シミュレータを応用した運用適正化

(1) 原理

下水水質シミュレータでは、流入下水の水質や水量、設備仕様、送風機の送気量などの入力値から、処理水質や物質収支を計算することができる。計算の核となる生物反応モデルは、活性汚泥を構成する微生物の増殖・死滅や化学反応を数学的にモデル化したものである。このモデルの主な特徴は、国際水協会(IWA:International Water Association)が提唱している活性汚泥モデルと、有機物をBOD(Biochemical Oxygen Demand;生物化学的酸素要求量)で表現した独自のモデルを組み合わせた点にあり、国内各地の下水処理場に適用可能である。運用適正化の計算をする場合には、例えば送気量をパラメータとした反復計算を実施し、処理水質との関係を明らかにする。この結果から、目標水質を得るために必要な最小限の送気量を求めることができ、省エネルギーが可能となる。

(2) 運用適正化の計算が可能な下水水質シミュレータ

運用適正化の計算ができるように開発した下水水質シミュレータ(図4)を用いれば、処理水質と省エネルギーの双方の観点から、送風機の送気量やポンプの流量を適切に決定することができ、的確な運用適正化を提案することができる。簡

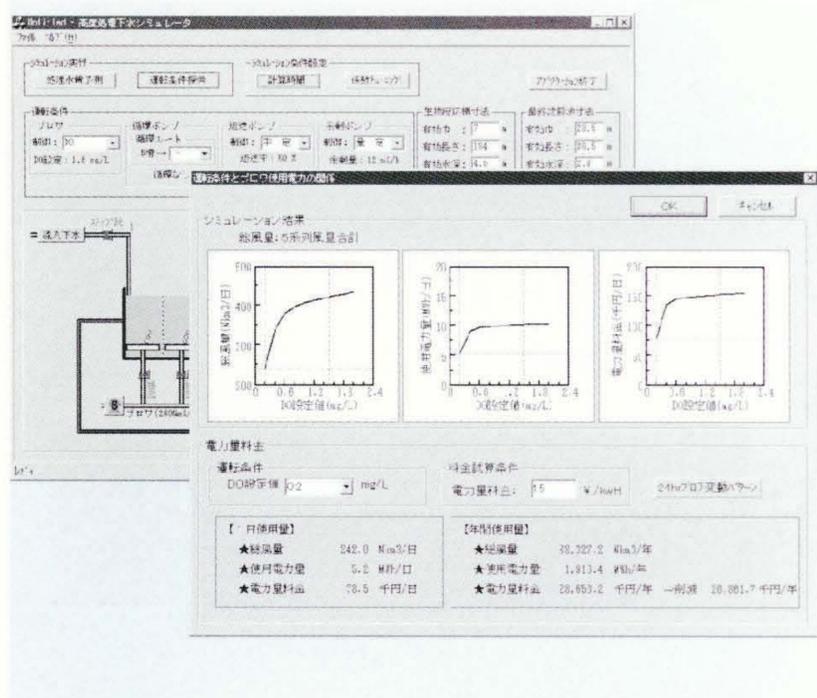


図4 下水水質シミュレータの画面例

設定した水質目標値を満たす最小限の溶存酸素濃度設定値と、その設定値を適用した場合に期待できる省エネルギー効果を表示する。

潔でわかりやすいヒューマンインタフェースを備えているため、監視制御システムに運転支援用のソリューションとして組み込み、使用することもできる。

4 おわりに

ここでは、浄水場・下水処理場における日立グループの省エネルギー技術の紹介と、それを効率的に実施するためのエンジニアリング技術例について述べた。

省エネルギー施策を実施する場合、その効果を最大限にするためには単なる製品の導入だけではなく、各浄水場・下水処理場の条件に基づいたエンジニアリングが不可欠である。

日立グループは、これらの検討に基づいて適切な容量の機器やシステムを導入し、運用適正化ソリューションとの併用により、総合的な省エネルギー施策を提案する。さらに今後も、長期的な視野で省エネルギー技術の向上と実用化に努めていく考えである。

参考文献

- 1) 陰山, 外: パイロットプラントに基づいたオゾン接触池シミュレーションモデルの検証, 第47回全国水道研究発表会講演集, 96~97(1996)
- 2) 原, 外: 生物学的リン・窒素除去プロセスの設計・運転支援システム, 第36回下水道研究発表会講演集, 78~80(1999)
- 3) 建設省都市局下水道部監修: 下水道施設計画・設計指針と解説 後編, 社団法人 日本下水道協会(1994)

執筆者紹介



陰山晃治

1993年日立製作所入社, 電力・電機グループ 電力・電機開発研究所 公共・産業プロジェクト 所属
現在, 上下水処理と省エネルギー技術の研究開発に従事
環境システム計測制御学会会員
E-mail: kouji_kageyama@pis.hitachi.co.jp



原 直樹

1984年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 所属
現在, 上下水道監視制御システムの開発, 設計に従事
E-mail: naoki_hara@pis.hitachi.co.jp



鈴木裕幸

1981年日立製作所入社, 電力・電機グループ 社会システム事業部 工事エンジニアリング部 所属
現在, 上下水道システムのエンジニアリング取りまとめに従事
電気学会会員
E-mail: hiroyuki-b_suzuki@pis.hitachi.co.jp