

# 上下水道施設の再生可能エネルギー自立運転システムと発電事業への取り組み

Self-Sustaining System Utilizing Renewable Energy Sources for Water Supply and Sewerage Facilities and Approach to Power Generation Business

大石 将之

数澤 真也

毛受 卓

■ OISHI Masayuki

■ KAZUSAWA Shinya

■ MENJU Takashi

上下水道施設においては、効率的な施設の運用、災害発生時の水処理機能の維持、及び環境負荷の低減を目的として、再生可能エネルギーを活用したいというニーズがある。

東芝は、このようなニーズに応えるために、太陽光発電や、消化ガス発電、小水力発電など再生可能エネルギーを活用した発電事業を展開している。また、複数の電源システムを組み合わせることで災害発生時の電源を確保し、水処理機能を最低限維持するための縮退運転ができるようにする、再生可能エネルギー自立運転システムを開発した。

In the field of water and sewerage facilities, there is a growing need for environmentally friendly electricity supplies utilizing renewable energy sources to facilitate efficient operations and maintain water treatment functions in the event of a disaster.

With this as a background, Toshiba is promoting power generation business utilizing renewable energy sources appropriate for water and sewerage facilities, such as photovoltaic power generation, sewage gas power generation, and small-scale hydroelectric power generation. We have also developed a self-sustaining system utilizing renewable energy sources in conjunction with multiple power units in order to supply power and perform fallback operation by maintaining the minimum functions of the water treatment system at the time of a disaster.

## 1 まえがき

再生可能エネルギーによる電力の固定価格買取制度が2012年に施行されたことで、上下水道施設においても、売電による収益と施設運用コストの削減、及び温室効果ガスの排出量削減による環境負荷の低減を目的として、再生可能エネルギーを活用した発電システムの導入が増えている。

また、上下水道施設は、国民が生活を営むうえで欠くことのできない重要な社会インフラであり、震災などの災害発生時においても、持続的な運用が求められている。そのため、災害時でも水処理に必要な電源を確保することが重要な課題となっている。

東芝は、再生可能エネルギーによる発電システムと発電事業を手がけている。今回、上下水道施設におけるこれらのニーズや課題を解決する手段として、複数の電源システムを組み合わせることで効率的で安定的な電力供給の仕組みを実現する、再生可能エネルギー自立運転システムを開発した。

ここでは、上下水道施設向けに当社が手がけている発電事業と再生可能エネルギー自立運転システムについて述べる。

## 2 上下水道施設における再生可能エネルギー導入への取り組み

### 2.1 再生可能エネルギーを活用した発電事業

上下水道施設では、太陽光発電、消化ガス発電、及び小水

力発電などを有効に活用できるため、当社は、これらのシステムの開発、設計、施工だけでなく、再生可能エネルギーによる電力の固定価格買取制度を利用した、20年間の運用の維持管理も含む発電事業に取り組んでいる。以下に、その一例について述べる。

**2.1.1 太陽光発電を活用した事業** 上下水道施設には、発電容量が1,000 kW以上の太陽光発電システムを設置できる広い敷地を持った施設が多い。

このため、上下水道施設における固定価格買取制度の利用でもっとも多いのは、太陽光発電による電力の販売である。

当社は、太陽光発電に関連した事業として、太陽光パネルやパワーコンディショナの設計と製造及び発電システムの建設を手がけるだけでなく、固定価格買取制度による売電期間中の運用の維持管理を含めて、一括で請け負うビジネスを展開している。

**2.1.2 消化ガス発電を活用した事業** 水処理の過程で発生する汚泥を減容化するために、消化設備を設置している下水処理場が多い。この消化設備で発生する消化ガスを利用して発電するとともに、発電装置の排熱も利用して消化槽の加温を実現する消化ガス発電が可能である。

当社は、消化ガス発電を活用した事業として、消化ガス発電システムの運用維持と、自治体から購入した、消化ガスによる発電電力を、固定価格買取制度を利用して売電するビジネスを推進している。これにより、自治体側は消化ガス発電システムの運用コストが不要になり、消化ガスの販売収入を運用コス

トに充てられるというメリットがある。

**2.1.3 小水力発電を活用した事業** 上下水道施設においては、水が流れる際の位置エネルギーを利用した小水力発電が可能である。

小水力発電を活用した事業として、発電システムの設置場所を自治体から借用し、発電システムの運用維持と発電電力の固定価格買取制度による売電を当社が行うビジネスを展開している。自治体側にとっては、当社が支払う借地代と施設利用料を運用コストに充てられるというメリットがある。

**2.2 上下水道施設の効率的な運用と機能維持**

上下水道施設は重要な社会インフラであり、電力会社の系統が停電した場合でも、最低限の水処理機能の維持と、効率的な運用の仕組みが求められている。その仕組み作りの方法の一つとして、再生可能エネルギーの活用が目ざされている。

そこで当社は、再生可能エネルギーによる発電システムに、非常用発電システムや充放電制御が行える蓄電池システムなど、上下水道施設内に設置された複数の電源システムを組み合わせることで、安定した電力を計画的に供給できる仕組みを開発した。これにより、電力会社の電源系統が停止しても施設内の負荷に電力を安定供給できる体制や、電力料金を削減できる体制を構築できる。

**3 変動抑制やピークカットの制御機能を備えた再生可能エネルギー自立運転システム**

上下水道施設では、環境負荷の低減や施設の運用コストの削減、又は固定価格買取制度の利用による売電を目的として導入した再生可能エネルギーによる発電システムを、電力の安定供給手段として活用することも期待されている。

**3.1 概要**

再生可能エネルギーによる発電システムや、蓄電池システムなどを上下水道施設の電力系統に接続して有効活用するために、上下水道監視制御システム TOSWACS<sub>TM</sub>-V に実装する再生可能エネルギー自立運転システムを開発した。

気象条件などにより発電電力が変動する太陽光発電システムは、供給電力の制御が可能な蓄電池システムと組み合わせることで、施設を運用するための電源として有効活用できる。

**3.2 システム構成**

上下水道施設内に設置されている既存の電力系統に、再生可能エネルギーによる発電システムや蓄電池システムを接続して構成される。再生可能エネルギー自立運転システムは、受電点や、施設内の負荷、発電システム、蓄電池システムなどの各点における有効電力、無効電力、電圧、周波数などを監視制御する。システムの構成例を図1に示す。

**3.3 省コスト**

通常時は、既存の電源系統、再生可能エネルギーによる発

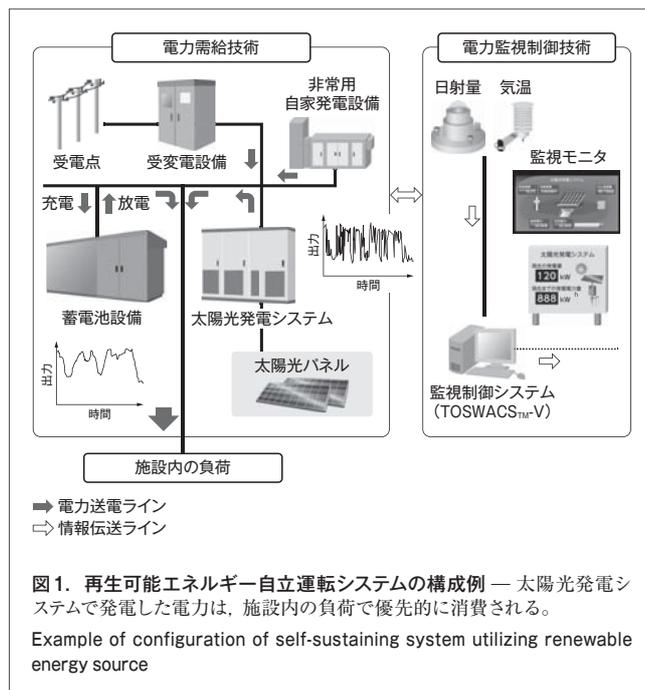


図1. 再生可能エネルギー自立運転システムの構成例 — 太陽光発電システムで発電した電力は、施設内の負荷で優先的に消費される。

Example of configuration of self-sustaining system utilizing renewable energy source

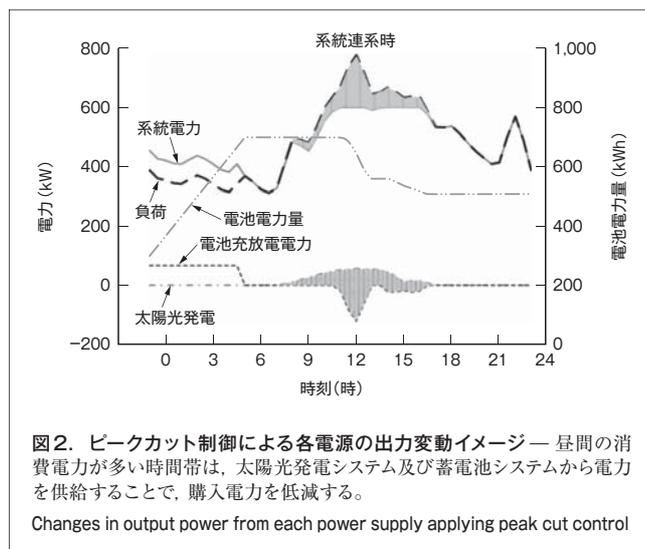


図2. ピークカット制御による各電源の出力変動イメージ — 昼間の消費電力が多い時間帯は、太陽光発電システム及び蓄電池システムから電力を供給することで、購入電力を低減する。

Changes in output power from each power supply applying peak cut control

電システム、及び蓄電池システムを連系し、受電点の電力量が最大となる時間帯に合わせて電力供給を行い、購入電力を低減するピークカット制御や受電点の力率が監視装置から入力された目標値となるように、蓄電池システムから無効電力を供給し改善する力率制御を行うことで、上下水道施設の運用コストを低減する。ピークカット制御による各電源の出力変動イメージを図2に示す。

**3.4 省資源**

再生可能エネルギーによる発電システムは発電量が急激に変動しやすいため、この変動を常時監視し、充放電の制御が可能な蓄電池システムと組み合わせることで変動を吸収することで、安定的な電力の供給を実現する。蓄電池システムには、急速

充放電と10,000回の繰返し充放電が可能な当社製リチウムイオン電池 SCiB™を使用する。これにより再生可能エネルギーを有効に活用でき、環境負荷の低減につながる。

### 3.5 リスク低減

電力会社の電力系統が停止した際には、上下水道施設内に設置されている自家用の非常用発電システムで電力を供給するが、再生可能エネルギーによる発電システムを並列運転することで、自家用発電システムの燃料消費を低減できるとともに、自家用発電システムが燃料切れや故障で運転を停止した場合の緊急電源としての活用も期待される。再生可能エネルギーによる発電電力の出力変動を、蓄電池システムの変動抑制制御機能により低減し、施設内の電力系統における電圧変動や周波数変動が負荷の運転に影響しないように、安定的に運用する。これにより、施設の最低限の運用に必要な電力を確保する。

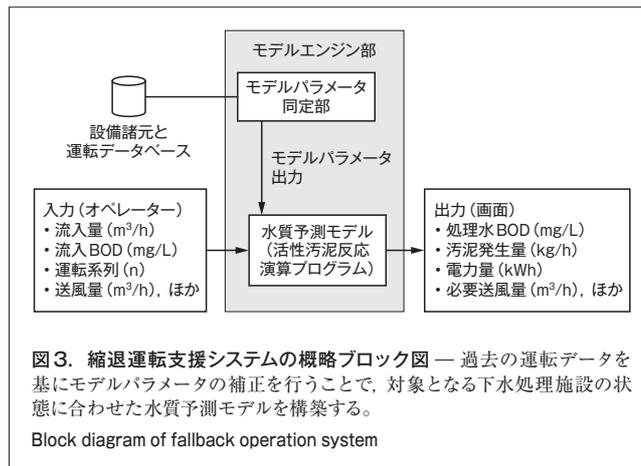
## 4 非常時に再生可能エネルギーを有効活用するための縮退運転支援システム

再生可能エネルギー自立運転システムを更に有効活用するため、通常時より少ない電力しか供給できない場合でも、稼働設備を限定して下水処理施設の水処理機能を最低限維持するための、縮退運転支援システムを開発した。その機能について以下に述べる。

### 4.1 概要

下水処理場は生物処理を利用しているため、電力会社の電力系統に障害が起こった場合や、システムの改造工事などで利用可能な設備に制限がある場合は、処理できる下水量の最大値はいくらか、系列を停止する場合はどの負荷をどの程度停止すべきかなど、熟練した運転員の知見やノウハウなどに基づいて決めざるをえない。運転する系列で可能な最大負荷の処理を行う必要があるが、そうした場合の処理水質の結果予測などは困難で、余裕のない運転管理を余儀なくされるといったリスクを抱える。

このシステムは、システムの改造工事時や電力供給に制限がある際に、運転可能な負荷をプロセスシミュレーションの結果に基づいて提示し、オペレーターが運転可能な範囲を判断するための支援を行うものである。処理系列でのプロセスシミュレーションにより、再生可能エネルギーによる発電で供給できる電力容量の範囲内での最大処理量や処理水質の結果を予測し、下水処理施設の運転条件を判断するための支援情報を提供する。このシステムには二つの特長がある。一つは、生物反応モデルに標準活性汚泥型と硝化促進型の2種類があって選択できることであり、もう一つは、過去の運転データに基づいて前述の生物反応モデルのパラメータを算出し、変更できることである。



### 4.2 システム構成

縮退運転支援システムの概略ブロック図を図3に示す。モデルパラメータ同定部と水質予測モデルから成るモデルエンジン部、設備の諸元や運転データを蓄積するデータベース、及びオペレーターへの入出力装置で構成される。

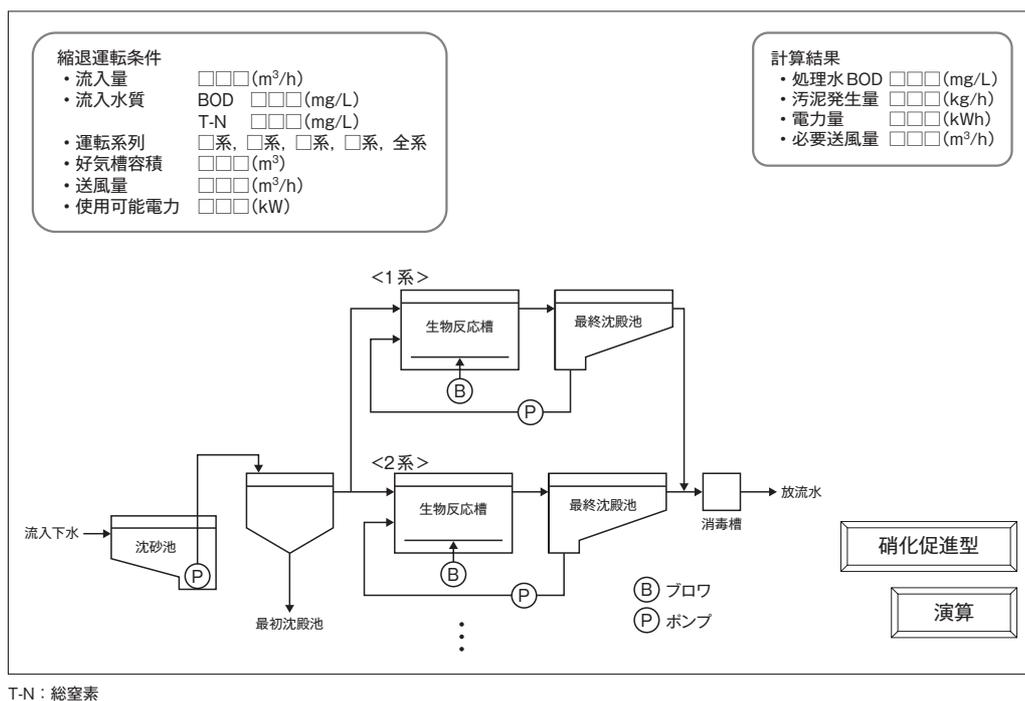
水質予測モデルは、活性汚泥の生物反応式に基づいており、標準活性汚泥型と硝化促進型を切り替えて演算するようになっている。また、生物反応式のパラメータは日々変化するため、モデルパラメータ同定部では、蓄積された運転データに基づいて生物反応式のパラメータを同定し、水質予測モデルを最新の状態又は希望する期間の状態に合わせることができる。

縮退運転支援システムのフローは、運転員が流入量や、流入水質、運転系列、送風量などの条件を入力すると、モデルエンジン部で槽の容積など設備の諸元をデータベースから読み込み、水質予測モデルにより、放流水質や、汚泥発生量、消費電力などを試算する。同時に複数の条件を入力することが可能で、数種類の条件で比較検討ができるようになっている。

### 4.3 支援画面と活用例

実際の入出力画面のイメージを図4に示す。電力会社の電力系統が停止した際には、非常用発電システムと再生可能エネルギーによる発電システムから電力供給を行うために、再生可能エネルギー自立運転システムを立ち上げる。この際、平常時に比べて供給可能な電力が少ない場合は、稼働させる設備を限定して縮退運転を行う。自立運転システムの見込み発電電力を入力すると、その電力で稼働可能な運転系列数や反応槽への送風量を算出し、処理水の生物化学的酸素要求量(BOD: Biochemical Oxygen Demand)や汚泥発生量がどのようになるかを表示する。このとき、処理水のBODが上限値を超える場合は、流入水量を制限する必要があることが示される。これにより、非定常時における施設運用の支援が可能になる。

また、逆に、処理水のBODの上限値を入力すると、運転系列数や反応槽への送風量、及びそれに必要な電力量を算出で



T-N: 総窒素

図4. 縮退運転支援システムの入出力画面例 — 入力テーブルに必要な運転条件を入力し、標準活性汚泥型か硝化促進型かを選択して演算スイッチをクリックすると、入力した各条件での演算結果が出力される。

Example of input/output display to support fallback operation system

きる。これにより、自立運転システムにより電力を供給できる時間が算出され、施設運用の目安にできる。

シミュレーションに使用する各パラメータは、状況に合わせて適宜変更できるため、このシステムは非定常時だけでなく、通常時にも水処理プロセスの状態把握や省エネを目的とした、施設運用の見直しや改善の検討にも応用することができると考えられる。

## 5 あとがき

当社の再生可能エネルギーを活用した発電事業への取り組みと、再生可能エネルギー自立運転システムについて述べた。これにより上下水道施設の効率的な運用ができるとともに、震災などの災害が発生したときでも最低限の水処理機能を維持することができる。

今後も、再生可能エネルギーを有効に活用できる仕組みを開発し提供していくことで、環境負荷の低減や持続的な運用が可能な上下水道施設の構築に積極的に貢献していく。

## 文献

- (1) 大石将之 他. 再生可能エネルギーを活用した上下水道スマートエネルギーソリューション. 東芝レビュー. 67, 5, 2012, p.12-15.



大石 将之 OISHI Masayuki

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム事業部 水・環境システム技術部主務。公共システムのエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Systems Div.



数澤 真也 KAZUSAWA Shinya

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム事業部 水・環境システム技術部主務。環境システムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。

Water & Environmental Systems Div.



毛受 卓 MENJU Takashi

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 環境・水システム開発部グループ長。下排水処理プロセス及び上水水質制御の開発に従事。化学工学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center