

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

Smart Energy Solution for Water Supply and Wastewater Systems Utilizing Renewable Energy Sources

大石 将之 志宮 篤政 的場 雅啓
 ■ OISHI Masayuki ■ SHIMIYA Atsumasa ■ MATOBA Masayoshi

温室効果ガスの排出量削減に加え、東日本大震災以降は災害時における非常用電源の確保という観点から、上下水道施設においても太陽光発電や小水力発電など再生可能エネルギーの活用に関心が高まっている。

東芝は、上下水道施設への再生可能エネルギーの導入を促進するとともに、再生可能エネルギーと電力貯蔵装置を組み合わせ、平常時にも災害時にも効率的な電力需給を実現する上下水道スマートエネルギーソリューションを提唱している。

Demand has recently arisen for environmentally friendly electricity supplies utilizing renewable energy sources such as photovoltaic power generation, small hydroelectric generation, and so on. The reason for this trend is not only to reduce greenhouse gas emissions but also, since the Great East Japan Earthquake, to secure emergency power systems in the event of a disaster.

Toshiba is promoting the introduction of renewable energy sources into water supply and wastewater systems. We are also developing a smart energy solution for water supply and wastewater systems to realize efficient electric power supply and demand through the combination of renewable energy sources and electricity storage devices in both normal and emergency situations.

1 まえがき

近年、低炭素社会の実現に向けて、太陽光発電や小水力発電など再生可能エネルギーの利用が急速に広がっており、国内の上下水道施設においても再生可能エネルギーを利用した分散型電源の導入が進められている。

東日本大震災により被災した上下水道施設には、機能回復が困難になった施設もあるが、被害が少なく施設が運転可能であったにもかかわらず、電力会社からの電力供給が停止したり非常用発電装置に燃料補給ができず停電となり、上下水道施設としての機能を維持できなくなった施設もあった。このような経験から、災害時に電力会社からの電力供給や非常用発電装置の燃料に頼ることなく発電可能な、再生可能エネルギーを利用した自立型電力供給システムへの要求が高まっている。

東芝は、上下水道施設において再生可能エネルギーの利用を推進するとともに、上下水道施設内で自立型電力供給システムを構築し、分散型電源を賢く制御できる、上下水道スマートエネルギーソリューションを提唱している(図1)。

ここでは、再生可能エネルギーを利用した分散型電源を活用して、平常時にも災害時にも効率的な電力需給を実現する上下水道スマートエネルギーソリューションについて述べる。

2 上下水道スマートエネルギーソリューション

2.1 コンセプト

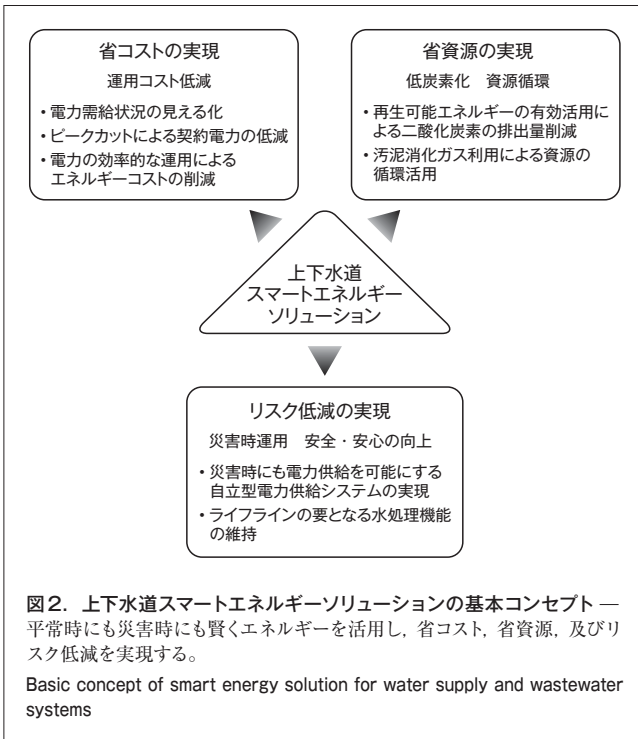
上下水道施設では、次のような再生可能エネルギーの利用



図1. 東芝が提唱する上下水道スマートエネルギーソリューション — 再生可能エネルギーを利用した発電装置と電力貯蔵装置などを活用することで、上下水道施設の効率的な電力需給制御を実現する。
 Toshiba smart energy solution for water supply and wastewater systems

が可能である。

- (1) 太陽光発電 上下水道施設では、水を浄化するのに必要な広い敷地があるため、施設の建屋上部空間などを利用できる。
- (2) 小水力発電 上水道施設では、原水を取水地点から浄水場まで自然流下で送水することが多いため、高い場



所から低い場所へ水が流れるときの落差を利用できる。

- (3) 風力発電 下水道施設は海沿いなどに設置されていることが多いため、強い風が吹く場所もありその風を利用できる。
- (4) 消化ガス発電 下水汚泥は、嫌気性消化処理をすることでメタンガスを生成できるため、このメタンガスを燃料として利用できる。

上下水道スマートエネルギーソリューションでは、次に述べる省コスト、省資源、及びリスク低減の実現を基本コンセプト(図2)に、これらの再生可能エネルギーを利用した分散型電源を活用する。

- (1) 省コストの実現 分散型電源と電力貯蔵装置を組み合わせ、ピークカットにより負荷平準化を実現し、電力を効率的に運用してコスト削減に貢献する。
- (2) 省資源の実現 上下水道施設で利用可能な再生可能エネルギーを有効活用して低炭素化を図るとともに、下水道へ流入する都市排熱を利用したり下水汚泥から発生するメタンガスを発電機の燃料として有効活用したりすることで、資源循環を実現する。
- (3) リスク低減の実現 災害時にも上下水道施設内に電源供給できる自立型電力供給システムを実現する。これにより、長期間にわたる電力系統遮断時にも、ライフラインの要となる“水処理機能”を最低限維持する仕組みを構築する。

2.2 構成要素

上下水道スマートエネルギーソリューションの主な構成要素

は、次のとおりである。

2.2.1 再生可能エネルギー利用発電装置 太陽光や、小水力、風力、消化ガスなど再生可能エネルギーを利用して、温室効果ガスの排出量削減に寄与する分散型電源として使用する。

2.2.2 ベース電源発電装置 ガスタービン機関やディーゼル機関などを利用して、一定量の電気を安定的に供給する分散型電源として使用する。

2.2.3 電力貯蔵装置 鉛電池やリチウムイオン電池など二次電池を利用して、電源供給を安定化させるとともにピークカット、電源無瞬断バックアップ、及び自家発電の代替用途に使用する。

2.2.4 上下水道EMS 上下水道スマートエネルギーソリューションを実現する上で最も重要な基幹システムである上下水道EMS (WEMS: Water Supply and Wastewater Energy Management System) は、分散型電源の制御とともに電力需給状況の見える化を行い、エネルギーの有効活用を管理する。

2.2.5 TOSWACS_{TM}-V 上下水道監視制御システム TOSWACS_{TM}-Vは、水処理プラントの監視制御を行い、このシステムで収集したプロセスデータを前述のWEMSで電力需給予測に利用する。

2.3 技術的課題

上下水道スマートエネルギーソリューションにより、省コスト、省資源、及びリスク低減を実現するためには、次のような技術的課題がある。

- (1) 省コストを実現するうえでの課題 需要電力、発電電力、及び蓄電電力を適切に制御し運用コストを最小にするため、電力需給予測技術を上下水道施設の負荷特性に合わせて適用していくことが課題である。また、ピークカットによる運用コスト削減を実現するには、大容量化と高出力化を実現した電力貯蔵装置を実用化することが課題である。
- (2) 省資源を実現するうえでの課題 再生可能エネルギーを利用した太陽光発電や風力発電は、気象条件によって発電量が変化するため、消化ガス発電や電力貯蔵装置などの制御が容易な電源と組み合わせることで安定的な電源供給を行う必要がある。そのため、電力需給制御技術を適用していくことが課題である。
- (3) リスク低減を実現するうえでの課題 太陽光発電や風力発電は、気象条件によっては発電量が短時間で大きく変化して配電系統の需給バランスを崩し電圧や周波数に乱れを発生させるおそれがある。そのため、発電出力が変動しても配電系統へ影響を及ぼすことがないように、電力品質を確保する技術を適用していくことが課題である。

2.4 課題解決のための取組み

前述の技術的課題に対し、当社はWEMSと電力貯蔵装置の高機能化により課題解決に取り組んでいる。

2.4.1 WEMSの高機能化 課題を解決するためには、WEMSに電力需給予測、電力需給制御、及び電力品質確保の各機能を持たせることが必要である。以下に、これらの機能について述べる。

(1) 電力需給予測 分散型電源の効率的な制御により省コストを実現するために必要な技術であり、過去の運転情報や翌日の気象情報に基づき長期的な変動予測を行い、運転計画の立案に利用する。過去の運転情報は、上下水道施設全体の監視制御を行うTOSWACS_{TM}-Vに蓄積された、下水道施設の電力トレンドや負荷の運転・故障履歴などのデータをWEMSへ取り込んで利用する。気象情報は、気象庁などから配信される情報を活用する。

(2) 電力需給制御 電力需給予測機能で立案した運転計画を元に目標値を設定し、分散型電源による発電電力を目標値と一致させるように制御する。施設における需要電力の変化が比較的緩やかな場合は、消化ガス発電などの制御可能な分散型電源で吸収し、太陽光発電や風力発電のような気象変化による急激な変動は、電力貯蔵装置の充放電制御で吸収することで、目標とする発電量を確保する。

(3) 電力品質確保 分散型電源による発電量と需要電力との需給バランスをリアルタイムに制御することにより、電源の電圧や周波数の安定化を図る。分散型電源に異常が生じた場合には、異常箇所を迅速に検出し、分散型電源の解列や電力貯蔵装置からの給電を行って電力品質を安定化させリスク低減を図る。

2.4.2 電力貯蔵装置の高機能化 電力貯蔵装置には、安全性に優れた当社製二次電池SCiB_{TM}を適用することにより省資源及び省コストを実現する。以下に、SCiB_{TM}の特長について述べる(図3)。

(1) 長寿命 6,000回の充放電を繰り返した後も、初期容量に対して80%以上の性能が維持できるため、社会インフラに求められる長期間の運用が可能になり、ライフサイクルコストの低減を実現できる。

(2) 大実効容量 二次電池の全容量に対して実際に使用できるエネルギーが大きく、電力貯蔵装置をコンパクト化できる。

(3) 高出力 キャパシタ並みの入出力密度を持っているため、上下水道施設の需要電力の急激でかつ大きな変動に対する電力需給制御が可能になる。

(4) 急速充電 最短6分で充電が可能のため、太陽光発電などのように短期間で頻繁に発電量が変動する場合でも電力需給制御が可能になる。



(5) 低温性能 -30℃の環境下においても十分な放電が可能のため、寒冷地でも加温する必要がなく、ヒータ電力コストを削減できる。

3 上下水道スマートエネルギーソリューションの活用と効果

当社は、上下水道スマートエネルギーソリューションを次に述べるような発電規模に応じ機能を変えて提供することで、最適なシステムを構築できると考えている(表1)。

(1) 小規模発電 発電容量が数kWから数十kW程度の太陽光発電の場合、一般にパワーコンディショナ(PCS)を経由して構内の低圧電源系統に電源供給するが、直流交流変換せずに、太陽光発電から直流のまま制御電源や計装設備へ電力供給するなど、電力変換ロスの低減やシンプルで効率的なシステムの構築を可能にする。

(2) 中規模発電 発電容量が数十kWから数百kW程度となる分散型電源の場合、電力貯蔵装置と組み合わせることで、ピークカット制御による電力料金削減の効果が期待できる。また、災害や計画停電などによって電力会社からの給電が停止したときでも、複数の分散型電源を活用した自立型電力供給システムとすることで、重要な特定負荷への電源供給を可能にする。

(3) 大規模発電 発電容量が数百kWから数千kWとなる分散型電源の場合、消化ガス発電のような制御可能な発電装置を設置することで、電力会社からの給電が停止しても分散型電源と電力貯蔵装置による自立型電力供給システムからの給電を長時間確保できるようになる。ま

表1. 再生可能エネルギーの効果的な活用

Effective use of renewable energies appropriate to power generation capacity

| 発電規模 | 小規模発電 | 中規模発電 | 大規模発電 |
|-------|--|--|--|
| 想定発電量 | 数kW～数十kW | 数十kW～数百kW | 数百kW～数千kW |
| イメージ図 | | | |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> 発電量 > 需要電力 商用電源から独立し、太陽光発電から直接電源を供給 計装・制御電源の完全直流化 | <ul style="list-style-type: none"> 発電量 > 需要電力 商用電源と連系し分散型電源と組み合わせて電源を供給 対象負荷を限定した分散型電源による自立電力供給 電力需給制御が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 発電量 < 需要電力 上下水道施設の常時自立運転 災害時においても上下水道施設の自立運転が可能 私設線敷設により流域ポンプ場にも電力供給が可能 電力需給予測、電力需給制御、及び電源品質確保が必要 |
| 活用効果 | <ul style="list-style-type: none"> 買電電力の削減 直流交流変換ロスによる電力損失削減 計装・制御用変圧器レス | <ul style="list-style-type: none"> ピークカットによる契約電力の削減 主変圧器の容量削減 小規模電力貯蔵システムとしての適用 | <ul style="list-style-type: none"> 上下水道施設内で電力自給が可能ため、買電電力が極小 上下水道施設内で発電した電力をポンプ場へ融通することが可能 |

た、分散型電源による発電量が需要電力量より大きい場合は、近隣のポンプ場などへの電力供給が可能になる。更に、上下水道施設に電気自動車用充電スタンドを設置し、充電スタンドの利用を住民へ解放することで地域貢献も可能である。

- 三木 勇 他. 上下水道・環境システム分野での温室効果ガス削減技術. 東芝レビュー. 65, 5, 2010, p.60-63.
- 吉村 吉彦 他. スマートグリッド監視制御システム μ EMS. 東芝レビュー. 65, 9, 2010, p.6-9.

4 あとがき

当社が提唱する上下水道スマートエネルギーソリューションについて述べた。これにより、上下水道施設において再生可能エネルギーなどの分散型電源を活用し、平常時にも災害時にも効率的な電力需給を実現できる。

この技術は、上下水道施設を災害に強い施設にすることができるため、東日本大震災で被災した施設の復興にも適用可能であると考えている。

今後も、上下水道施設の省コスト、省資源、及びリスク低減を推進し、更なるスマート化の実現に向けて技術開発に取り組む、新たなソリューションを提供していく。

文献

- 鳥田直人 他. 二次電池 SCiB_{TM} を適用した出力変動抑制用 50 kW 蓄電池システム. 東芝レビュー. 65, 9, 2010, p.15-18.
- 小杉伸一郎 他. 安全性に優れた新型二次電池 SCiB_{TM}. 東芝レビュー. 63, 2, 2008, p.54-57.



大石 将之 OISHI Masayuki

社会インフラシステム社 水・環境エンジニアリングセンター
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 Engineering Center



志宮 篤政 SHIMIYA Atsumasa

社会インフラシステム社 水・環境エンジニアリングセンター
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 Engineering Center



的場 雅啓 MATOBA Masayoshi

社会インフラシステム社 水・環境エンジニアリングセンター
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。電気学会会員。技術士（上下水道部門）。

Water & Environmental Engineering Center