

# 上水道施設の省エネ・省コスト運用に貢献する技術

Technologies Achieving Energy Saving and Reduction of Operating Costs for Water Supply Systems

服部 大 久保 貴恵 難波 諒

■ HATTORI Dai

■ KUBO Kie

■ NAMBA Ryo

近年の上水道事業には、水の安定供給や水質の安全確保はもとより、プラントの省エネ・省資源運用や省コスト運用が求められている。

東芝は、それらのニーズに応えるため、消費電力を従来比で20%低減する新型オゾン発生器や、プラントの省力運用に貢献する水運用システム、限りある水資源の有効活用にご貢献する漏水箇所検出技術など、上水道施設の場内から場外に至るまで、網羅的に課題を解決する各種ソリューション技術を開発し、提供している。

In the field of water supply services, plant operations to achieve effective utilization of energy and reduce the burden on the environment have become a focus of attention in recent years in addition to the ongoing need for the securing of safe and stable supplies of water.

To meet these requirements, Toshiba has been developing and providing various technologies to offer comprehensive water solutions both for inside plants and externally. These include a newly developed ozone generator that achieves a 20% reduction in energy consumption compared with the conventional type, a water management system that enhances the efficiency of plant operations, and a water leakage detection technology that contributes to the effective utilization of limited water resources.

## 1 まえがき

上水道事業を取り巻く環境は年々多様化し、抱える問題は複雑化している。水は生命や財産を支えるもっとも重要な基幹インフラであることから、持続可能な社会の実現に向けて、様々な課題の解決に継続して取り組んでいく必要がある。2013年3月に厚生労働省により策定された「新水道ビジョン」<sup>(1)</sup>では、上水道事業に影響を及ぼす大きな環境変化として、2010年度をピークとした日本国内総人口の減少、及び2011年3月に発生した東日本大震災が挙げられており、取り組むべき課題として、環境対策や運営基盤の強化がうたわれている。

東芝はこれまで、省エネ・省コスト運用や運営基盤の強化にご貢献する装置や技術を上水道分野に提供してきた。ここでは、それらの中から、上水道施設の場内から場外にわたるソリューションとして、新型オゾン発生器、水運用システム、及び漏水箇所検出技術について述べ、これらを通して各種課題の解決に向けた取組みについて述べる。

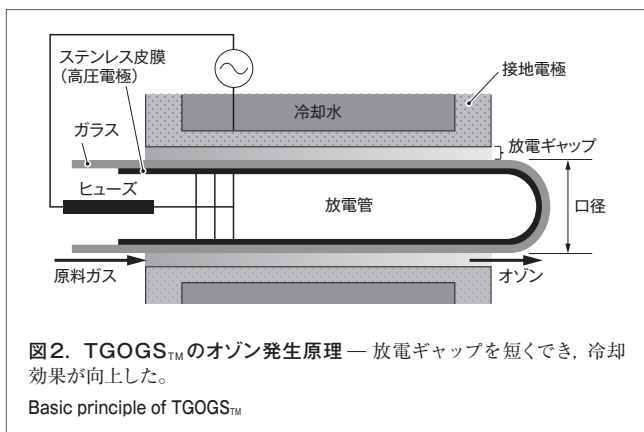
## 2 高効率化と小型化を実現した新型オゾン発生器 TGOGS™

近年、水道水における異臭味の発生やトリハロメタン生成の問題が顕在化し、より安全でおいしい水への需要が高まっていることから、オゾンの強力な酸化力を利用した高度浄水処



図1. 新型オゾン発生器 TGOGS™ — 小口径の放電管を開発し搭載することで、高効率化、高濃度化、及び小型化を実現した。  
Newly developed TGOGS™ ozone generator

理プロセスの導入が進められてきた。一方で、オゾン発生器におけるオゾンの生成効率は非常に低く、理論上、発生器へ投入されるエネルギーの5%程度しか生成に寄与しないことがわかっている。当社は、プラントの省エネ運用にご貢献するため、少ない投入エネルギーで効率よくオゾンを生成できる、新型オゾン発生器 TGOGS™ (ティーゴグス)を開発した(図1)。

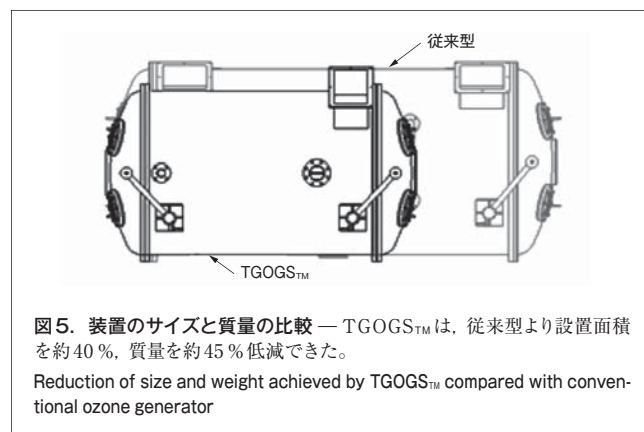
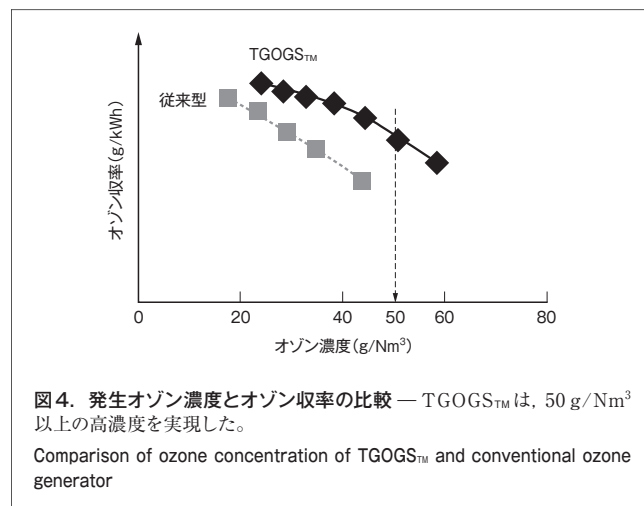
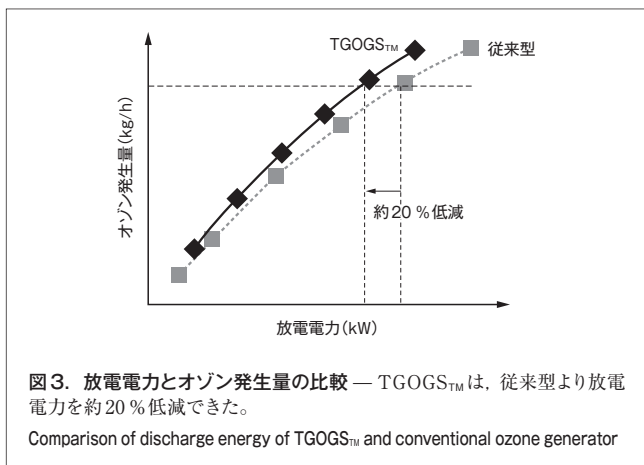


## 2.1 TGOGS™の特長

TGOGS™の特長は、小口径の放電管を開発し搭載したことである。当社の独自技術で40年以上の実績がある耐食性の高いステンレススパッタリング技術を応用し、従来比で約60%の口径となる放電管を新たに開発した。放電管を小口径にすることで、従来品と比べて放電ギャップを短くかつ均一化でき、ギャップ内の冷却効果が上がりオゾン発生効率が向上した(図2)。また、冷却効果の向上により、放電管の単位面積当たりの投入電力を増加させることができ、発生オゾンの高濃度化を実現した。更に、小口径放電管の採用で充填密度が増加し、オゾン発生器を小型化できた。

## 2.2 TGOGS™の効果

オゾン発生器の原料ガスは乾燥空気と乾燥酸素の2種類で、必要とされるオゾン濃度により使い分けられ、オゾン発生器の仕様もそれぞれ異なる。TGOGS™と従来型のオゾン発生器につき、空気を原料にしたときの性能比較の結果を図3～図5に示す。TGOGS™は従来型と比べて、同じオゾン発生量を得るために必要な放電電力が約20%低減され、高濃度化により50 g/Nm<sup>3</sup>のオゾン濃度まで発生できるようになった。また、装置の設置面積は約40%縮小でき、質量も約45%低減できた。



高濃度のオゾンガスを製造できるようになったことから、オゾン発生システムとしても、省エネと省スペースを実現した。オゾンの高濃度化によってガス流量を低減できるため、周辺機器である原料ガス供給装置や排オゾン処理装置の容量を小さくできるようになった。同じオゾン発生量という条件で、TGOGS™のオゾン濃度の定格40 g/Nm<sup>3</sup>を採用した場合、従来型のオゾン濃度の定格20 g/Nm<sup>3</sup>と比べて、オゾン発生システム全体の消費電力を20%以上低減できた。また、酸素を原料にした場合でも、空気原料のときと同様に、高効率化、高濃度化、及び小型化の効果があることがわかった(表1)。

表1. 従来型に対するTGOGS™の効果

Performance characteristics of TGOGS™

項目	効果	
	空気原料	酸素原料
消費電力	約20%低減	約12%低減
定格オゾン濃度 (オプション)	40 g/Nm <sup>3</sup> (~50 g/Nm <sup>3</sup> )	150 g/Nm <sup>3</sup> (~200 g/Nm <sup>3</sup> )
設置面積	約40%低減	約38%低減
質量	約45%低減	約43%低減
放電管の口径	従来型比 約60%	

### 3 施設運用の省力化に貢献する水運用システム

水運用システムとは、浄水場と配水所から得られた水量情報などを基に算出した水需要予測から、浄水場での水処理量及び配水所からの配水量を計画し、配信するシステムである。ここでは、川崎市に導入して省力化を実現した水運用システムについて述べる。

水運用システムの構成を図6に示す。

まず、水需要予測機能により、長沢浄水場、生田浄水場、及び鷺沼(さぎぬま)配水所から得られた水量情報や天候情報などを基にして、各配水ブロックの配水量と各配水池における配水量を予測する。次に、水運用計画機能では、予測値を基に、配水池の上下限水位内で推移し、かつ送水量の上下限などの制約を満足する送水値を計画する。川崎市の水運用システムには、これらの基本機能に加えて、運転員の省力化を実現する以下の特長的な機能がある。

#### 3.1 水運用の自動化機能

水運用システムで演算し策定した水運用計画値は、浄水場と配水所へ設定値として配信され、水運用の自動化を実現している。また、計画監視機能により、配信した計画値と実績値を30分周期で監視し、その差が一定以上になると運転員へアラームを通知し(偏差監視機能)、自動的に水需要予測と水運用計画を再実行し(計画補正機能)、水運用計画値を再度配信できる。

#### 3.2 水運用計画のシミュレーション機能

シミュレーション機能では、過去の運転実績データを活用

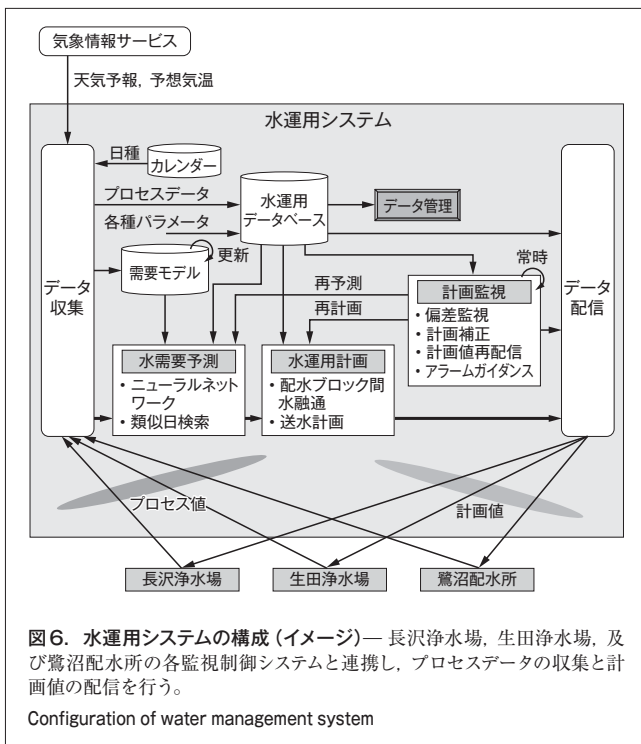


図6. 水運用システムの構成(イメージ)ー長沢浄水場、生田浄水場、及び鷺沼配水所の各監視制御システムと連携し、プロセスデータの収集と計画値の配信を行う。

Configuration of water management system

したり、通常運用時とは異なるパラメータを使ったりして水運用計画をシミュレーションできる。事故や、点検、工事などにより、取水(受水)と送水の各プロセスにおいて制約が発生したと仮定した場合の水運用計画を事前に実施しておくことで、制約発生日の運転員の負担を軽減できる。

#### 3.3 気象情報の自動入力機能と補正機能

水需要は気象状況により大きく影響を受けるため、水需要の予測には気象予報データが不可欠である。この水運用システムでは、気象情報配信サービスと連携し、最新の気象情報をリアルタイムで自動受信し、水需要を予測している。また、予報データをアメダスデータで補正し、気象実績データとして蓄積することで、水需要予測モデルの作成に活用している。

### 4 水資源の有効活用にご貢献する漏水箇所検出技術

当社は、漏水を迅速に検知し、発生箇所を特定することで、限られた水資源を有効活用し、省エネと省コストを実現する漏水箇所検出技術の開発に取り組んでいる。特に、管路破断による漏水は、水資源のむだが発生するだけでなく、給水サービスの停止や修繕に伴う追加コストが生じるため、漏水発生箇所の迅速な特定が必要である。ここでは、管路破断などの急激な圧力変化を伴う漏水が発生した際に、漏水発生箇所を推定する技術について述べる。

#### 4.1 圧力値を高速で収集する計測システム

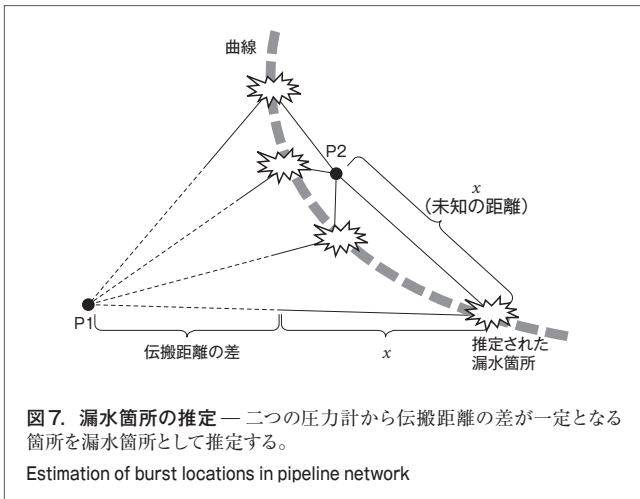
管路破断などによる急激な圧力変化は、圧力波となって配水管路を伝わる。ここでは、配水管路上で計測された圧力変化のデータを用いて、破断箇所を推定する技術について述べる。

一般に、圧力変化は波として配水管路を伝搬し、その速度は600～800 m/sと言われている。したがって、このような圧力変化を的確に捉えるには、秒単位の短い周期で圧力値を計測する必要がある。そのため、配水管路網の各圧力計から約1sの周期で圧力値を高速収集できる計測システムを用いて、実証試験を行った。

#### 4.2 破断箇所推定技術の実証

圧力値の高速収集を利用した破断箇所推定技術の有効性を実証するため、実際の配水管網を使って模擬漏水試験を実施した。この試験では、消火栓のバルブを開閉することで急激な圧力変化を発生させ、それが各圧力計に到達する時間差を記録した。その後、記録された到達時間差に伝搬速度を掛けることで、発生した圧力変化が各圧力計へ到達する伝搬距離の差を算出した。

漏水箇所を推定する原理を図7に示す。圧力計P1、P2からの伝搬距離の差が一定となる箇所を漏水箇所と推定すると、それらは曲線上に表れる。実際に、圧力変化は配水管路を伝搬しているが、圧力変化が漏水箇所から同心円状に伝わり仮定し、配水管路網の情報を利用しないこととした。一般に

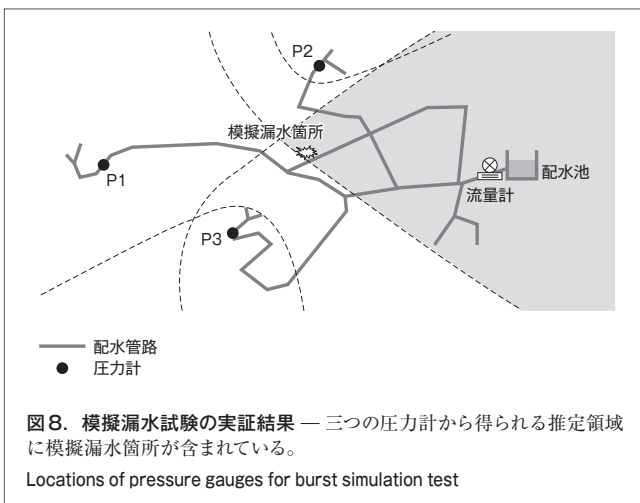


配水管路網のデータ量は膨大で、これらのデータの利用は維持管理の観点からコストが掛かるため、このように仮定することで配水管路網のデータの利用を回避できる。

実際には、圧力の伝搬速度を一定値として定めることは難しいため、600～800 m/sといった上下限界を持つ範囲とすることで、推定された漏水箇所の集合は曲線から面となり、曲線を境界とした領域で与えられる。このような推定をP1-P2間だけでなく、対象とする配水管路網の任意の二つの圧力計に対して繰り返し行い、それらが重なる領域を抽出することで、漏水箇所を推定できる。

### 4.3 実証結果

図8は、配水池と三つの圧力計P1, P2, P3の配置を示している。実際に、模擬漏水を発生させた箇所は図の中央部である。記録された圧力変化から前述の方法によって推定した模擬漏水箇所は図8の網掛け部分であり、模擬漏水の発生場所が含まれている。このため、この手法は配水管路網のデータを利用せず、有効に漏水箇所を推定していると言える。また、圧力計の設置台数を増やすことで、推定範囲を限定できる。



これにより、水資源の有効活用に貢献できるほか、漏水調査作業に伴うコストや負担を軽減できる。今後は、この技術を早期に実用化し、更なる省エネ・省コスト運用を実現していく。

## 5 あとがき

上水道施設における、省エネ・省コスト運用や、運営基盤強化に貢献する技術について述べた。今後、上水道事業を取り巻く環境は更に多様化し複雑化することが予想される。当社は、上水道事業の発展と改善に貢献するため、各種課題を解決するソリューションをこれからも提供し続けていく。

## 文献

- (1) 厚生労働省健康局. “新水道ビジョン”. 2013-03. <<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002yndb-att/2r9852000002yngq.pdf>>, (参照2014-03-05).
- (2) 有馬隼人 他. 監視制御システム更新による新しい運用. 環境システム計測制御学会誌. 17, 1, 2012, p.14-16.
- (3) 横川勝也 他. 配水管路網の状態変化を捉える一解析法. 第7回水道技術国際シンポジウム. 横浜, 2006-11, 水道技術研究センター. 2006, p.551-559.



### 服部 大 HATTORI Dai

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。上下水道をはじめとする公共システムのエンジニアリング業務に従事。技術士(上下水道部門)。  
Water & Environmental Systems Div.



### 久保 貴恵 KUBO Kie

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム事業部 環境プロセス技術部主務。水処理システムのエンジニアリング業務に従事。日本オゾン協会運営委員。  
Water & Environmental Systems Div.



### 難波 諒 NAMBA Ryo

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 情報・機器制御システム開発部。上下水道システムの研究・開発に従事。計測自動制御学会, 環境システム計測制御学会会員。  
Power and Industrial Systems Research and Development Center