

# 上下水道施設における東日本大震災後の復旧・復興への取り組み

Efforts Aimed at Restoration and Reconstruction of Water Supply and Sewage Facilities Damaged by Great East Japan Earthquake

富沢 幸彦

田村 邦夫

高津 充

■ TOMIZAWA Yukihiko

■ TAMURA Kunio

■ TAKATSU Mitsuru

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、広範囲の上下水道施設が被害に遭った。特に下水道施設は海岸沿いに設置されているものが多いため、津波による大きな被害を被ることになった。

東芝は、被災した上下水道施設の機能を早期に回復させるため、現地調査や応急・本復旧を目指して取り組んでおり、そこから見えてきた課題を解決するためのシステム技術を提案するなど、被災地の復興に向けて貢献していく。

The Great East Japan Earthquake on March 11, 2011, caused widespread damage to water supply and sewage facilities. In particular, the tsunami generated by the earthquake damaged a number of sewage facilities located along the coasts of the affected areas.

In order to restore the lost functions of these damaged water supply and sewage facilities, Toshiba is making full-fledged efforts to examine the sites and provide temporary facilities and equipment for urgent repairs. Through these activities, our aim is to contribute to the restoration and complete reconstruction of the areas affected by the disaster by offering useful solutions.

## 1 まえがき

2011年3月11日に発生したマグニチュード9.0の国内観測史上で最大規模の地震と、それにより発生した想像を絶する津波のエネルギーは、東日本太平洋沿岸部の広い範囲に甚大な被害をもたらした。

例えば、青森県～千葉県にかけた太平洋側6県の津波による浸水域は561 km<sup>2</sup> (山手線に囲まれた面積の約9倍)と広範囲にわたった<sup>(1)</sup>。とりわけ宮城県の浸水域が広く、低い土地が一面に広がる石巻市以南では、最大で内陸 5 km まで津波が到達している。

今回の地震により上下水道施設も多くの被害を受けたが、特に下水道施設は海岸沿いに設置されているものが多いため、この津波による被害が甚大で、その数は下水処理施設で120か所、ポンプ施設で112か所に上った<sup>(2)</sup>。

ここでは、これらの被災状況及び、被災時の初期対応から本復旧、復興に向けた東芝の取り組み、そこから見えてきた課題を解決するためのシステム技術について述べる。

## 2 上下水道施設の被災状況

上水道施設については、市街地の給水配管網に被害は見られたが、配水池などの水は確保はできていた。施設は津波が到達しない比較的内陸部や高台に設置されている場合が多いため、電気設備は地震による影響だけの比較的軽微な被害で済んでいる。これは、1978年の宮城県沖地震で多くの建築物や設備が被害を受けたことを契機に耐震設計・施工の法令化

の機運が高まり、1981年に「新耐震設計法」が施行され、電気設備においてはこの新基準に準拠したためである。

また、阪神淡路大震災以降の種々の震災経験から、地震発生時にはとにかく水を確保すべきとの考え方に基づき、配水池の流出箇所地震計と連動させた緊急遮断弁を設け、地震発生時にこの弁を遮断して配水池の水を確保できた例もある。

一方、下水道施設については、内陸部に設置された施設の場合、上水道施設と同様に地震の揺れによる大きな被害は見られなかった。しかし、海岸部に設置された多くの施設は、津波による建物の破壊や冠水など極めて甚大な被害を被った。津波が引いた後も場内の地下部分には塩水が滞留し、電気設備などの水没した状態が長期間続いた。

下水処理区域の水道が復旧するに従い、汚水の流入が増加し始めたことから、下水処理機能を早急に復旧させる必要に迫られた。そこで、短期間で仮設備の設計や、製作、据付けを行うことで必要最低限の下水処理機能を回復した。その後は本復旧に向けた対応を進めることになる。しかし、被災の程度が極めて大きく、水処理機能確保の見込みも立たない下水処理施設では、施設そのものを再構築する場合もあり、それまでの間、住民の避難施設や仮設住宅に合わせ、簡易的な代替水処理システムの分散設置など放流水質の改善検討が必要であった。

## 3 被災施設に対する東芝の応急復旧への取り組み

地震発生後の復旧対応は、通信や、電気、交通などインフラの復旧状況に大きく影響された。このことから、復旧対応の時

期を第1期～第4期に分け、それぞれにおける対応の内容と課題、及び下水処理施設の応急復旧事例について述べる。

### 3.1 応急復旧の内容と課題

復旧の各段階におけるインフラの状況と課題などを整理して表1に示し、それぞれの内容について以下に述べる。

**第1期 初動期(地震発生～1週間後)** 通信や、電気、交通ともまひした状況から、徐々に通信と電気が回復しつつある段階である。地震発生からの経過日数における東北地区の顧客緊急連絡(オンコール)の件数を対象設備ごとに整理したデータを図1に示す。これからわかるように、オンコール件数は地震発生直後から急増した。この段階では、設備の復旧手順に関する問合せが主であった。これらへの対応のため、顧客被害情報を一元管理する社内体制を構築し、当社のサービス部門を中心にそれらの収集にあたった。初期の通信障害に

よる社内通信網の不通により、現地と工場(設計・製造拠点)の通信はできなかったが、顧客納入システムの情報(図面類)を被災地に近い地方拠点の技術部門やサービス部門で分散保有していたことで、初期に集中した設備の復旧手順の問合せなどに、即座に対応することができた。

**第2期 応急復旧計画期(1週間後～2週間後)** 通信はほぼ回復しているが、電気はまだ復旧していない地域もあり、交通も不通箇所がまだ多く存在する段階である。顧客施設の被害状況の整理も進み、電源や動力回路の仮設要求が高まり、そのための現地調査が必要となった。道路や移動車両への燃料供給など現地の状況が不明のため、現地作業のリスクを回避した安全確保重視の調査計画を立案した結果、多くの現地調査員が必要となった。これには、社内関係部署と連携し、増員による体制強化と緊急車両登録などで対応した。

**第3期 応急復旧期(2週間後～8週間後)** 通信は正常となり、電気は一部地域を除いてほぼ回復し、また、交通は道路のがれき除去や燃料流通の回復が進んで機動性の問題が解消された段階である。オンコール件数は通常の件数程度に減少した。一日でも早く応急復旧を進めるために、当社では、システム技術、設計、製造、現地調整、及び工事の各部門が連携し、短期間での仮設設備製作と既存設備とのインターフェースや切替方法の検討を進めることで、早期の応急復旧を実現した。

**第4期 本復旧計画期(8週間後～)** 通信や、電気、交通全てが正常となり、被災施設では仮設設備による運用が安定するなか、本復旧に向けての計画を立案する段階である。計画立案においては、被災を免れた一部設備との共存や更新順序を意識した設備設計、現地での浸水対策施工、及び切替効率などに十分配慮する必要があった。また、下水処理施設では放流水質の更なる改善のため、本復旧により水処理機能が完全に回復するまでの期間、代替の簡易水処理システムが必要であった。

表1. 復旧の各段階における対応内容と課題

Response measures and issues at each stage of recovery

復旧段階	インフラ状況	顧客依頼	対応内容	対応時の課題
第1期 :初動期 (～1週間後)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信:混雑により不通</li> <li>交通:不通、道路寸断</li> <li>電気:停電</li> <li>対応人員:分散</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設備復旧手順の説明</li> <li>顧客被害情報の収集</li> <li>非常用電源の再運転</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電話での説明</li> <li>情報の一元管理</li> <li>取扱資料配信</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>顧客設備データベースへのアクセス確保</li> <li>非常用電源の燃料切れや放電への対策</li> </ul>
第2期 :応急復旧計画期 (1週間後～2週間後)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信:回復</li> <li>交通:不通、道路寸断</li> <li>電気:停電</li> <li>対応人員:増強、集中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設電源の確保</li> <li>応急復旧方針の決定</li> <li>仮設設備の設計・製作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設発電機の設置</li> <li>現地調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地環境や状況の遠隔把握</li> <li>車両燃料の確保</li> <li>対応人員や体制の整備</li> </ul>
第3期 :応急復旧期 (2週間後～8週間後)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信:正常</li> <li>交通:開通</li> <li>電気:回復</li> <li>対応人員:組織連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮設設備の設置・運用</li> <li>本復旧方針の決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地施工</li> <li>現地調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地での施工性や効率の向上</li> <li>非常時の仮設設置を考慮</li> <li>健全設備との共存</li> </ul>
第4期 :本復旧計画期 (8週間後～)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信:正常</li> <li>交通:正常</li> <li>電気:正常</li> <li>対応人員:組織連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>放流水質の改善</li> <li>汚泥の減量</li> <li>本復旧設備の設計・製造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易水処理システムの構築</li> <li>調査結果を反映</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置スペースや納期確保</li> <li>システムの拡張性</li> <li>現地での施工性や効率の向上</li> <li>設置場所の浸水対策</li> </ul>

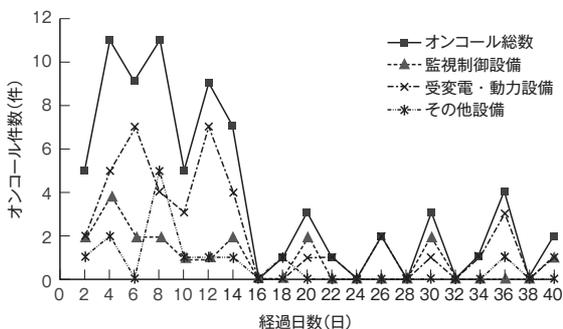


図1. 地震発生後の経過日数とオンコール件数 — オンコール件数は地震発生直後から急増するが、2週間程度で収束した。オンコールの対象設備は受変電・動力設備や監視制御設備が主である。

Relationship between days elapsed since earthquake and number of requests received by on-call services

### 3.2 下水処理施設の応急復旧例

宮城県の大規模下水処理場では、地震発生後の津波が川を逆流し、川の両岸に位置する下水処理施設が全て浸水し大きな被害を受けた。浸水レベルは最大2.5 mに達し、1階以下の設備はほぼ冠水した。

水が引いた後、設備の被災状況を調査するとともに、流入する汚水のくみ上げと簡易処理による放流を行うための仮設設備の設置が急務となった。汚水のくみ上げは、仮設の高圧受電盤を設けることで電源を確保し、仮設の水中ポンプやポンプ車などで対応した(図2)。

これと並行して既設汚水ポンプの復旧を進行させ、仮設の動力制御盤を設けることで既設汚水ポンプ1台を運転できるようにした。これにより、汚水くみ上げ能力が増大し、汚水が路上にあふれるおそれが少なくなった。その後、残り3台の



図2. 仮設備へ給電するための仮電源設置の様子 — 汚水のくみ上げのために、仮設の高圧受電盤を設置して仮設水中ポンプの電源を確保した。

Temporary power panels to supply temporary facilities

既設汚水ポンプ、及び簡易水処理設備と汚泥処理設備の応急運転を行い、地震発生後、約2か月で通常時とほぼ同じ9万m<sup>3</sup>/日の水処理能力を復旧させた。

現在は、2011年度内という早期の本復旧に向けて設備の設計や施工を進めている。

## 4 課題解決のためのシステム技術

3章で述べたように、いくつかの課題が浮かび上がった。それらは、図3に示すように、物理的復興（施設の再生）、人的復興（維持するための管理の回復）、及び地域復興（希望としての下水道施設復興）の三つの視点に分けて解決する必要がある。また、それらを考慮した課題解決のためのシステム技術例として、簡易水処理システムと広域水管理システムを図4に示す。これらについて次に述べる。

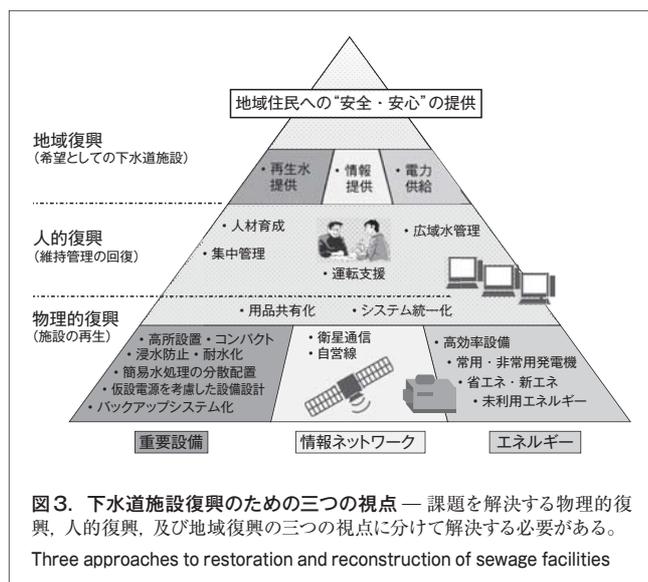


図3. 下水道施設復興のための三つの視点 — 課題を解決する物理的復興、人的復興、及び地域復興の三つの視点に分けて解決する必要がある。

Three approaches to restoration and reconstruction of sewage facilities

### 4.1 課題解決のための三つの視点

三つの視点のうちの一つ目は、物理的復興である。監視制御設備など重要設備の高層階への設置や密閉度の高い扉による浸水防止、仮設電源の設置を考慮した設備設計、及び下水処理場が復旧するまでのサテライト的な簡易水処理システムなどが考えられる。二つ目は人的復興で、現地被災状況の映像による把握、客先設備情報（図面類）の分散保有、及び運転操作員のノウハウを装備した広域水管理システムの導入などである。三つ目は、下水処理場を地域住民への“安全・安心”を提供する施設にするための地域復興である。エネルギー自立型の下水処理場を目指すなかで、避難所など重要施設への太陽光発電による電力供給などが考えられる。

### 4.2 簡易水処理システム

マンホールポンプと下水処理場の間が津波により寸断され、下水処理場自体も機能停止になると、マンホールポンプの近くで流入汚水に適切な処理を施し、水質改善して川へ放流する必要がある。

これらの課題を解決するためには、汚水処理できない下水処理場へ流入する前に汚水処理をしなければならない。そこで、管きょや下水処理場が復旧するまでの数年間にわたる汚水処理のため、マンホールポンプの近くに、例えば規模に応じてユニットの組合せで対応できる“生物膜担体などを用いた簡易水処理システム”を設置し、適切な水質に改善した後、川に放流することで汚水処理問題を解決する。発生した汚泥の産廃処理問題を解決するためには、発生した汚泥を“移動式汚泥乾燥車”を巡回させることで回収し、乾燥後の汚泥は肥料として有効活用する。そうすることで、汚泥の発生量と処理コストの低減が期待できる。

### 4.3 広域水管理システム

被災直後は、移動時における燃料不足や調査人員不足などにより初期段階で現地調査に時間を要したこと、浸水により電気室内の配電盤が使用不能となったこと、及びノウハウやデータが津波により流され消滅したこと、などの問題が発生した。

これらの課題は、大規模の下水処理場をキーセンターにして、海岸沿いに位置する中小規模の下水処理場を広域ネットワークで管理することにより解決できる。

複数の処理施設からの膨大なデータ信号については、信号の集約と監視表示レベルの設定機能を用いることで、重要信号だけを抽出する。映像信号については、被災時の状況をプレイバックすることで、配電盤の浸水した状況や浸水時間などの被災状況をいち早く把握する。これにより、被災現場の状況を遠隔から把握することができ、現地に行かなくても迅速に的確な初期対応を行うことができる。

また、当社が運用している気象情報サービスやリモート監視サービスを活用することで、課題を更に的確に解決することができる。

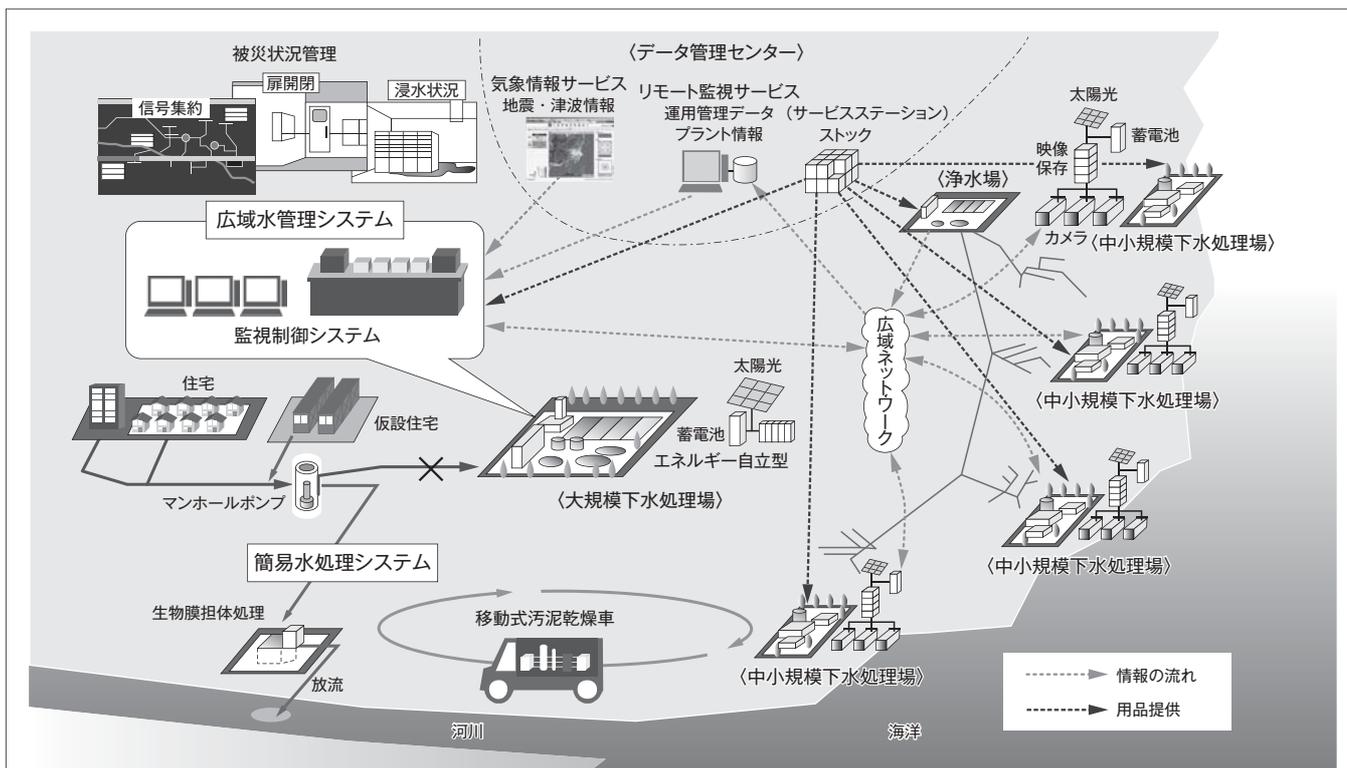


図4. 簡易水処理システムと広域水管理システム — 簡易水処理システムは、大規模な下水処理施設が被災したとき分散配置して水質を改善でき、広域水管理システムは、複数の処理施設をネットワークで結ぶことで情報を一元的に管理できる。

Simple water treatment system and regional water management system

気象情報サービスは、気象庁の気象データや独自の予測モデルにより得られた予測情報などを提供するもので、大雨、地震、津波などの気象情報と監視制御装置を連携させることで、地震発生直後からの重要な信号や映像を抽出し、管理することができ、災害に対していち早く備えることができる。

リモート監視サービスは、当社に設置しているデータ管理センターを介して個々のプラントの運転・故障情報を配信するもので、この情報により災害時の施設の運転状況を分析し、早期復旧のための対策や用品提供などを迅速に行うことができる。

#### 4.4 施設のエネルギー自立化と地域貢献

停電の影響で情報の送信に支障をきたさないために、“太陽光パネルと蓄電池の組合せ”など、商用電源に依存しないエネルギー自立型の電源を確保する必要がある。エネルギー自立型電源において施設で余剰となった電力は、電気自動車や充電式電子機器などの電源として住民のために利用することで、地域に貢献することができる。

## 5 あとがき

上下水道施設における被災状況及び、被災時の初期対応から復旧・復興への当社の取組み、その過程から見えてきた課題を解決するシステム技術について述べた。

今後、更にスピード感をもって、更なる課題抽出と整理を行い、よりニーズに合ったシステム技術を提案することで、被災地の早期復旧・復興に貢献していきたい。

## 文献

- 1) 国土地理院. “津波による浸水範囲の面積 (概略値) について (第5報)”. <<http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf>>. (参照 2011-06-17).
- 2) 国土交通省. “東日本大震災 (第57報)”. <<http://www.mlit.go.jp/common/000139083.pdf>>. (参照 2011-06-17).



富沢 幸彦 TOMIZAWA Yukihiko

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幹。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 Engineering Center



田村 邦夫 TAMURA Kunio

社会インフラシステム社 水・環境システム技師長。  
水・環境システムのエンジニアリング業務に従事。環境システム計測制御学会会員。技術士 (上下水道部門)。  
Social Infrastructure Systems Co.



高津 充 TAKATSU Mitsuru

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  
東日本制御システム技術部長。公共システムのエンジニアリング業務に従事。  
Water & Environmental Engineering Center