

強靱で持続可能な社会インフラを支える 東芝のスマートな水ソリューション

Toshiba's Approaches to Smart Water Solutions Supporting Resilient and Sustainable Social Infrastructures

仲田 雅司郎 殿塚 芳和

■ NAKADA Masajiro ■ TONOZUKA Yoshikazu

2011年3月11日の東日本大震災以降、企業の事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）の重要性が再認識され、再生可能エネルギーの活用を含めた電力需給の安定化、施設の耐震化、及び設備の強靱（きょうじん）化が進められている。また、上下水道など社会インフラの老朽化による脆弱（ぜいじゃく）さも顕在化している。わが国では、2013年12月に成立した「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」（国土強靱化基本法）の基本理念の下、経済や、産業、エネルギー、医療、教育、食糧、通信など、多様な分野での危機に備えた強靱かつ持続可能な社会の構築に期待が寄せられている。

東芝は、上下水道及び民間水処理の分野で、強靱性や持続性の観点に立ち、エネルギーの安定した確保や、施設の老朽化対策、人材不足にも対応した運営ノウハウの確保、資源の有効活用、環境負荷の低減など、様々な課題を解決するスマートな水ソリューションを提供している。

In line with the growing importance of business continuity plans (BCPs) since the Great East Japan Earthquake of March 11, 2011, measures to ensure stable power supplies including the utilization of renewable energy sources, as well as to improve the earthquake resistance of buildings and enhance the robustness of equipment, have been implemented in parallel. In particular, the aging of social infrastructure systems has become a critical issue. Demand is therefore increasing for the realization of a strong and sustainable society that is prepared for various crises in the economic, industrial, energy, medical, educational, food, and communications fields, in accordance with the Basic Act on National Resilience enacted in December 2013.

In order to respond to various issues related to stable supplies of electricity, aging public facilities, transfer of management know-how to overcome a lack of skilled operators, effective utilization of resources, and reduction of the environmental burden in the public and private water supply and sewerage fields, Toshiba is offering a broad range of smart solutions for water-related facilities to support the resilience and sustainability of social infrastructures.

地域社会を取り巻く環境

われわれは日常的に地域社会と密接に関わりながら生活をしており、更に地域社会は国や世界へと関わりが広がっている。日頃意識することは少ないが、地球規模の環境変化による自然災害や、世界的な金融危機、水を含む資源とエネルギーの枯渇、地域紛争とテロリズムの脅威など、様々な問題やリスクに巻き込まれるおそれがある。

このような事態を避けるためにも、問題やリスクの規模、重要度、緊急度などを考え合わせて、国際、国家、政府、自治体、企業、及び個人が連携し対処していくことが重要になっている。地域社会全体で潜在的なリスクを認知して特定し、回避や予防、低減を目的とするリ

スクコントロールをしなければならない。様々なリスクをコントロールし、安全・安心で快適な地域社会を構築していくために考慮すべきキーワードとして、“持続可能な社会”、“強靱な社会”、“社会インフラの整備”、及び“スマートコミュニティ”の四つを挙げ、以下に述べる。

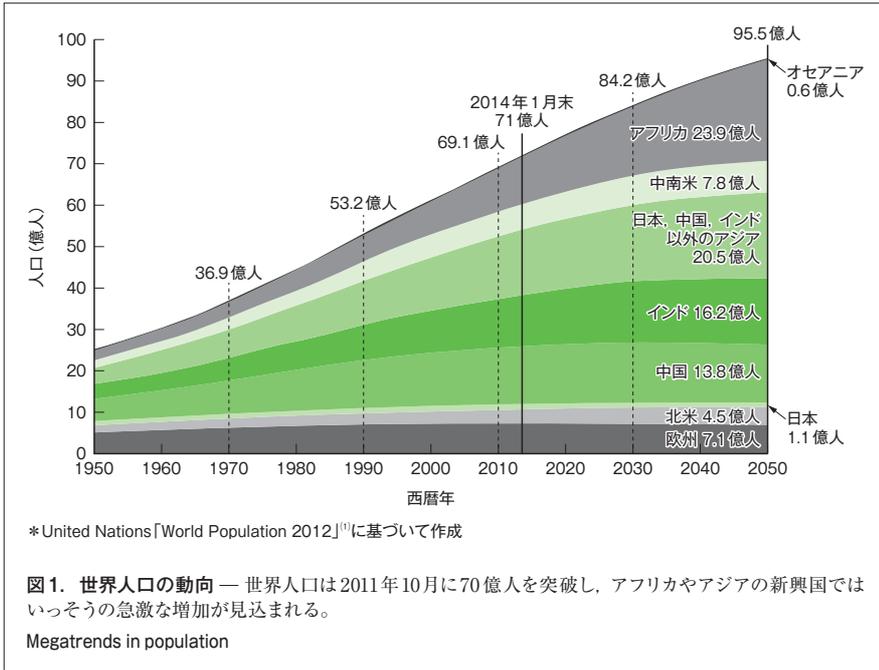
■ 持続可能な社会

欧州の主要各国やわが国は少子高齢化により人口減少に直面しているが、世界の人口は、アジア・アフリカ地域で今後も増加が続き、2050年には現在の約1.5倍になり、90億人を超えると予測されている（図1）。人口増加に伴い都市化が進み、経済活動が活発化しエネルギー需要が増大する。更に、食糧や、水を含む資源などの不足や枯渇が深刻

化し、地球温暖化や水質汚染など環境問題が顕在化している。

この問題は、“経済発展”、“資源とエネルギーの確保”、及び“環境保全”の3要素が相互に関連し合って発生しているため、これらを共存させて、持続可能な社会を実現させることが国際的に求められている（[囲み記事参照](#)）。

この課題に対し、3R (Reduce, Reuse, Recycle) 政策に基づく循環型社会の形成や、風力、太陽光、バイオマスといった再生可能エネルギーの活用による低炭素社会の形成など、様々な取組みを進め、将来人口が増加しても、快適な地域社会が持続するようにしていくことが求められている。



■ 強靱な社会

世界各地で、台風や、ハリケーン、地震、津波、洪水などの自然災害が発生しており、道路や、橋、トンネル、上下水道といった社会インフラに多大な被害をもたらしている。その結果、国や地方自治体の行政機能が低下し、地域社会が混乱するなど、持続可能な社会に対する大きな障害になっている(図2)。

わが国でも、東日本大震災で社会インフラが壊滅的な被害を受けた経験から、災害に対する社会システム全体の脆弱性を把握し、防災や減災に向けた取り組みが求められる。このため、どのような事態が発生しても機能不全に陥らない強い国づくりの指針として、「国土強靱化政策大綱」^[3]が決定された。強靱化(レジリエンス)は、社会インフラの整備に限られるものではなく、経済、産業、

企業、及び行政に対しても同様に求められるもので、地域社会は持続性に加え強靱化の観点からもリスクコントロールが必要になる。

■ 社会インフラの整備^[4]

欧州の主要各国やわが国では、古くから社会インフラの整備が進められてきたこともあり、その水準は高く、経済と産業の発展、及び市民の安全性や利便性の向上の基礎になっている。しかし、これまでに整備した膨大な社会インフラのストックは老朽化が進行し、機能や性能が脆弱になっており、機能の回復や更新が不可欠である。更に大規模災害に備え社会インフラの強靱化も新たに求められている。少子高齢化に伴う人口減少社会に直面した厳しい行財政の下で、社会インフラの機能回復、更新、及び強靱化を進めていくことは、より困難さが増している。

一方、アジア・アフリカ地域では、人口増加に伴い社会インフラの整備を拡充、拡大させ、国や地域における経済と産業の発展や、市民の安全性や利便性の向上の基礎を構築していく必要がある。しかし、資金調達が困難であることが社会インフラの整備が進まない要

持続可能な社会とは？

“持続可能”や“持続性”という用語は様々な場面で使用されているが、もともとは“持続可能な開発”(SD: Sustainable Development)から始まっている。

1987年に「環境と開発に関する世界委員会」が公表した報告書「Our Common Future」^[2]で取り上げられた概念で、「将来の世代の欲求を満たしつつ、現在の世代の欲求も満足させる開発」のことを言う。この概念は、環境と開発を互いに反するものではなく、共存しうるものとして捉え、環境保全を考慮した節度ある開発が重要であるという考え方である。

そして、持続可能な開発が行われている

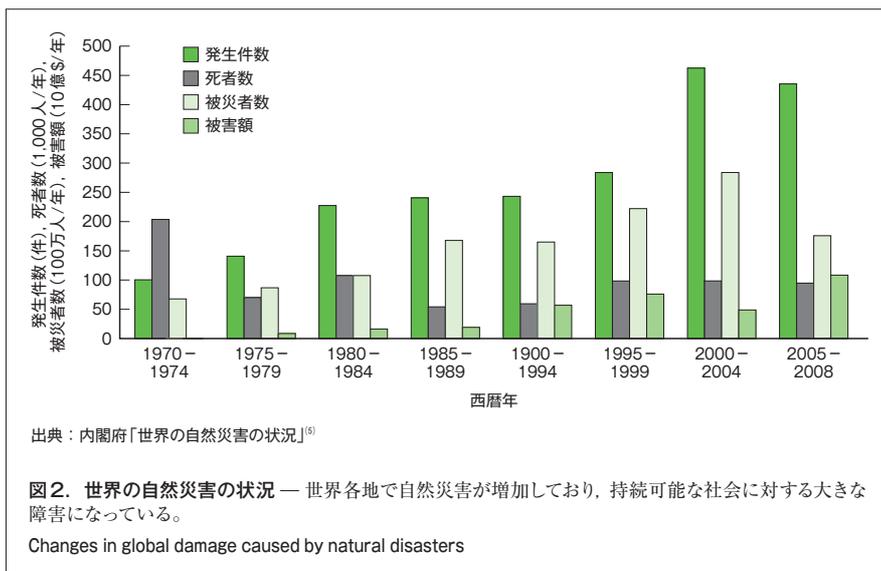
社会を“持続可能な社会”と言っている。

持続可能な社会の実現を突き詰めていくと、エネルギー(Energy)、環境(Environment)、及び経済(Economy)の3要素が互いに影響し合い、どれか一つの目標を達成させようとする、他の目標が達成できないという三つどもえの矛盾が生じてしまう。このことから、3要素の頭文字を取り、3Eトリレンマ(Trilemma)と呼ぶことがある。

地球環境保全に関する概念から生まれた用語であるが、現在は、国家政策や、企業の戦略などでも、経済、年金、地域づくり、農業、ビジネスなど、様々に使われている。

更に、企業の事業継続計画(BCP: Business Continuity Plan)を考える場合、様々な突発的な緊急事態を想定しなければならない。突発的な緊急事態は、地震や、洪水、噴火、津波といった大規模な自然災害の他にも、第2のリーマンショックや、海外での経済危機、地域紛争とテロリズム、資源の輸入停滞、交通・流通網の麻痺(まひ)、サイバー攻撃、風評被害、ウイルス性健康被害など、多岐にわたる。

われわれは、地球環境、経済情勢、エネルギーと資源、どの要素においても、快適で暮らしやすい持続可能な社会を、将来の世代に引き継いでいかなければならない。



因になっている。

社会インフラの整備の停滞は、経済と産業の発展を停滞させるリスクになることから、先進国、新興国ともに社会インフラを整備するための資金を確保することが課題になっており、民間資金を活用したPPP (Public Private Partnership) が注目されている。例えばインドでは、人口が約12億人で経済成長率が7%と、人口増加及び経済成長とも著しく、社会インフラの整備資金の確保にPPPを活用する事例が増えている。2006年以降、PPP事業投資額が増大しており(図3)、社会インフラの整備と経済・産業発展の両輪を加速させている。

今後、社会インフラの整備を進めていくうえで、国や自治体だけが主体を担っていくことは困難さを増すため、民間企業の資金、人材、及びノウハウを活用していくことが不可欠になっている。従来の行政機能は官民連携によって、持続性の向上と強靱化が進められていく。

■スマートコミュニティ

持続可能な社会の実現や強靱な社会の構築を目指し社会インフラを有機的に結合したスマートコミュニティの実現が望まれている。スマートコミュニティは、情報通信技術 (ICT) を活用しながら、再生可能エネルギーの導入を促進

しつつ、電力や、熱、水、交通、医療、生活情報などあらゆる社会インフラの統合的な管理や最適制御を実現して地域社会全体のスマート化を目指すもので、次世代型の社会システムである(図4)。東日本大震災の被災地復興にあたり、安全・安心や、防災及び減災、環境調和などをコンセプトに、再生可能エネルギーを導入したスマートコミュニティ構築事業が東北地域の八つの自治体で進められている。

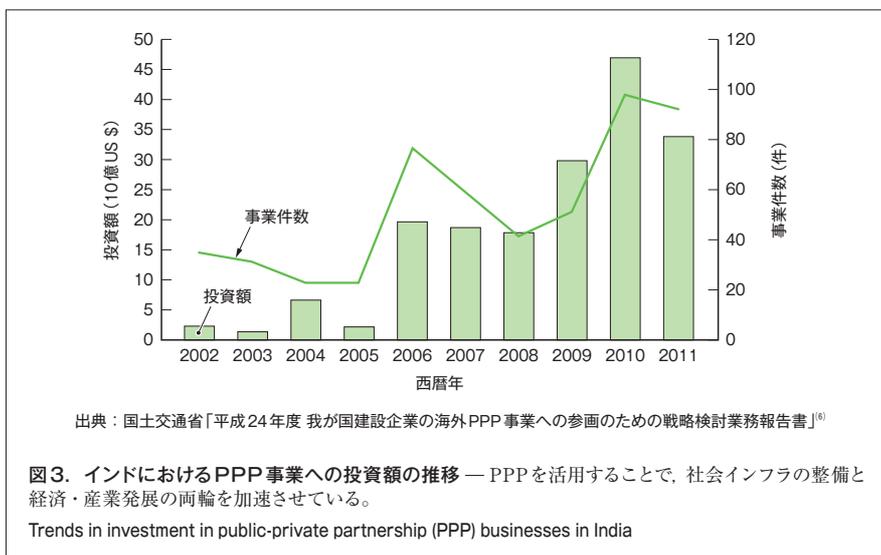
これらの地域社会では、資源やエネルギーが効率的に活用される低炭素・循環型社会を実現させ、防災や減災を踏まえた強靱な社会を構築し、社会インフラを整備するための資金、人材、及びノウハウを含めた官民連携が進められている。

国内の水を取り巻く環境

国内では、20年以上も続いた経済の低迷から脱却して、今後の10年にわたって経済を成長させるための基本戦略として「日本再興戦略」^[7]が2013年6月に閣議決定された。上下水道の分野でも基本戦略に基づき、持続性の向上及び強靱化の観点から施設の老朽化対策や耐震化対策、民間活用、及び低炭素・循環型社会への取組みが進められている。

■施設の老朽化対策

国内の上下水道施設は、1950年代中盤から1970年代中盤にわたる高度経済成長期に整備されたものが多く、水道普及率は2011年度末に97.6%に、下水道普及率は2012年度末に76.3%に達している。社会インフラのストックは膨大になっており、今後老朽化による機能や性能の低下が懸念されている。下水処理場を例にとると、約2,200か所ある下水処理場のうち、約1,200か所が運用開始から15年以上を経過している。下水処理場内の電気設備の耐用年数が約15年であることから、今後、更新コストは



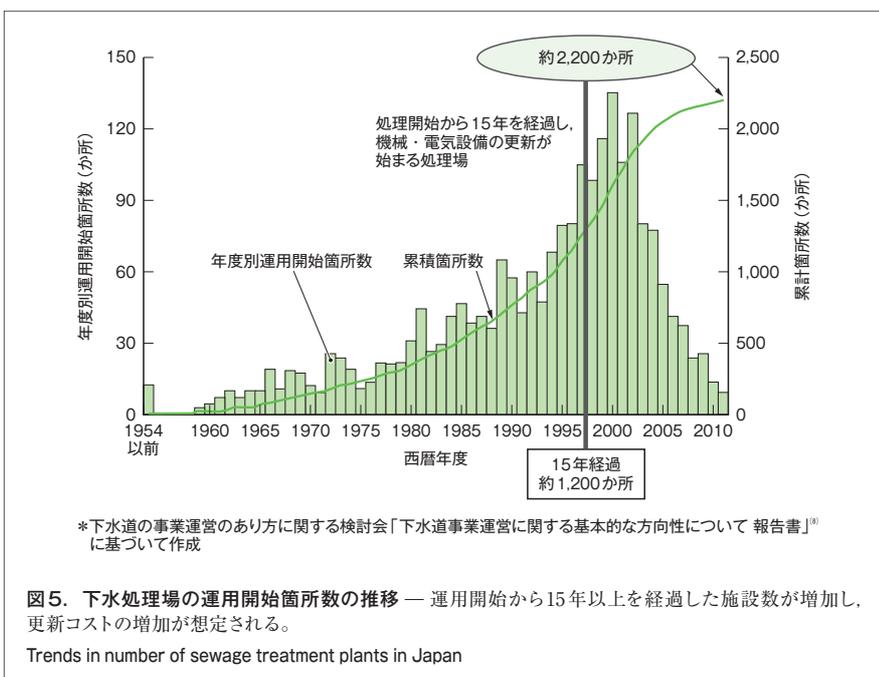


定される。

民間活用^{(12), (13)}

少子高齢化時代の到来により、上下水道や民間水処理の分野でも、施設運転の技術を持つ人材の不足が問題になっており、技術者の確保と技術継承が課題になっている。経営効率を高める目的で、合理化や統合を進めつつ、上下水道サービスの質の向上や、民間水処理の付加価値向上にも取り組んでいくことが求められている。特に上下水道施設を運営する地方自治体では、限られた経営資源で上下水道サービスの質の向上に努めるため、施設運転管理業務（O&M：Operation and Maintenance）を民間企業に委託するケースが増加しており、官民連携の一つの姿になっている。

また、国内上下水道施設の老朽化対策や耐震化を加速させるには、公共投資を拡大していく必要がある。しかし、厳しい行財政状況や人材不足である状況を考えると、経営資源になる資金、人材、及びノウハウを、民間から調達するPPPを積極的に導入する必要がある。PPPを導入するにあたり、地方自治体が運営していた機能を単純に民間へ移行させるだけでなく、民間が持つ技術能力を最大限に生かし、上下水道サービスの質をいっそう向上させる連携形態が望まれている。



低炭素・循環型社会への取組み

地球温暖化の防止や資源の有効活用など環境負荷低減を目指した活動は、企業の社会的責任（CSR：Corporate Social Responsibility）の観点から、上下水道や民間水処理の分野でも同様に活発化している。太陽光発電、小水力発電、バイオマス発電、及び汚泥燃料化といった自然エネルギーの活用や、水処理や汚泥焼却処理で発生する二酸化炭素（CO₂）及び一酸化二窒素（N₂O）といった地球温暖化ガスの排出量抑制、水処理に投入する薬品量の削減、

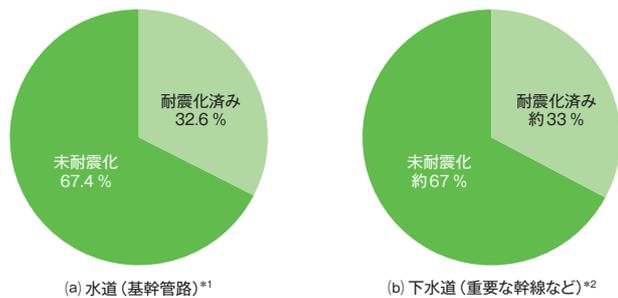
ますます増加すると想定される（図5）。

施設の耐震化^{(9), (10)}

東日本大震災では、巨大な津波や、大規模な液状化、長周期震動による水槽内のスロッシングなどにより、上下水道や民間水処理の分野も、多大な被害を受けた。

文部科学省 地震調査研究推進本部によると、今後30年以内に東海地震、

東南海地震、南海地震、及び首都直下地震が高い確率で発生するとされており⁽¹¹⁾、国土強靱化や事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）の観点から、上下水道や民間水処理施設の耐震化は急務である。上下水道の主要な管路施設の耐震化状況は、2011年度で水道、下水道とも約33%となっており（図6）、耐震化未実施の割合が高く、耐震化対策に対するコストの増加が想



*1: 厚生労働省「水道事業における耐震化の状況(平成24年度)」⁹⁾に基づいて作成
 *2: 国土交通省「地震対策の推進」¹⁰⁾に基づいて作成

図6. 上下水道管路施設の耐震化率(2011年度) — 強靱化や継続性の観点から耐震化が求められ、コストが増加すると想定される。

Earthquake resistance rates of water and sewage pipeline facilities

省エネ機器の適用など、環境負荷を低減する低炭素・循環型社会に向けた取り組みが増えている¹⁵⁾。

東芝が考える スマートな水ソリューション

地域社会は持続可能な社会の実現や強靱な社会の構築に向けて歩み始めており、上下水道や民間水処理の分野でも持続性の向上と強靱化に向けた取り組みが加速していく。高度な技術によって、効率的でかつリスクにも耐えうる仕組みが求められることから、当社は高度化、効率化、及びリスク低減を軸としたスマートな水ソリューションを提供し、地域社会における水循環プロセスの持続性の向上と強靱化に貢献していくことを目指している。

■水循環プロセスの高度化

地域社会がスマートコミュニティへと進化すると、電力や、交通、流通、医療、ビル、家庭、工場、上下水道などの各分野に応じたソリューションがICTを活用して相互連携し、効率的な水循環プロセスが形成される(図7)。更に、センシング技術や、情報通信技術、制御技術、予測技術、シミュレーション技術などを高度化し、新しい付加価値を創出していくことが可能になる。

一連の水循環プロセスで、利用され

る施設、装置、機器、及びセンサをネットワーク化して広域管理を行うことで、多種多様な情報をネットワークを介して得ることができる。こうした情報を元にシミュレーションを行い、水処理プロセスで消費される電力量、燃料使用量、及び薬品投入量を最適に制御できる。

また予測技術により水処理プロセス

の異常を早期に察知し、経験が浅い運転員にベテラン並みの判断基準をモバイル端末を介して提供するなど、高度化された技術によって施設をスマートに運用する水ソリューションを提供できる。

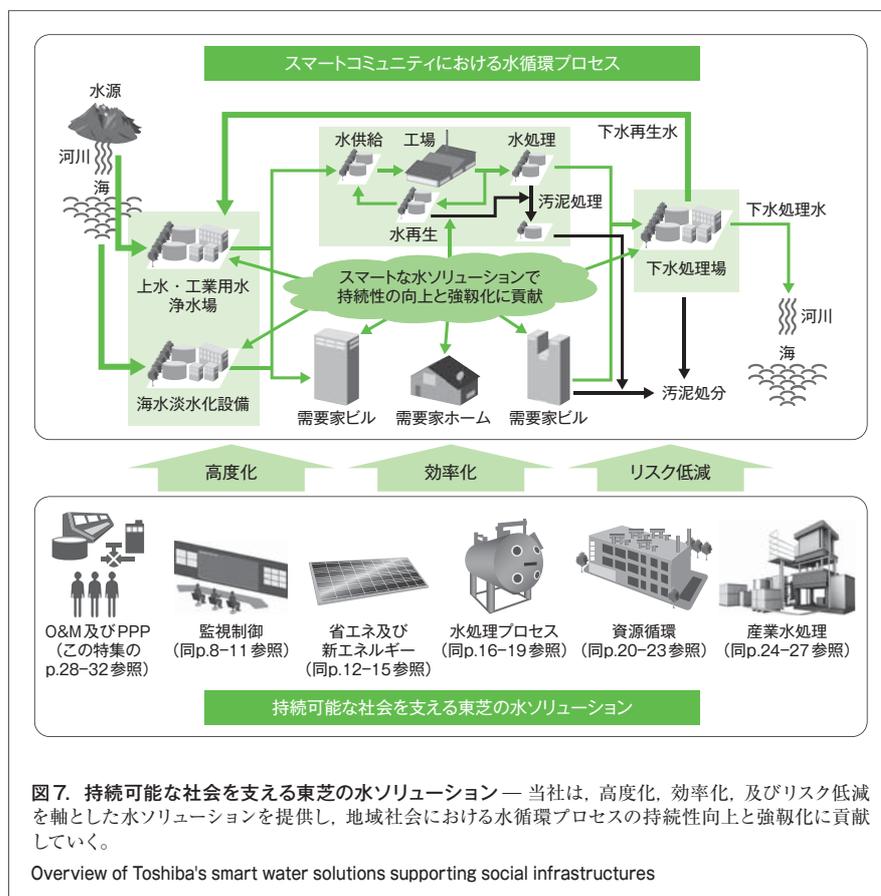
■効率化を目指した水ソリューション

効率的な水ソリューションを実現するためには、次の二つの効率化が求められる。

- (1) 低炭素・循環型社会に向けた、省エネや、創エネルギー、省資源など、エネルギーと資源利用の効率化
- (2) 厳しい行財政状況や人材不足状況に対応していくための、資金や、人材、ノウハウといった経営資源運用の効率化

これらを実現するためには、装置、システム、及び事業スキームそれぞれを効率化させていかなければならない。

装置の効率化としては、高効率電動機やトッランナー変圧器のように水処



理装置を構成する電気品それぞれの効率を高め、これらで構成する水処理装置全体としても高効率化を実現するソリューションを提供していく。

システムの効率化としては、複数の機器や装置を組み合わせたシステムで培ってきた制御技術やシミュレーション技術を駆使して、システムの目的を効率的に達成させる水ソリューションを提供していく。

事業スキームの効率化としては、施設運用効率を高めるO&Mソリューションなどの導入を推進する。施設の運用状況を示すデータを蓄積して分析し、施設運用の改善点を抽出し、電力や薬品に掛かる運用コストを削減することで効率化された施設運用を行える。運用状況のデータ分析ノウハウをもって事業スキーム型の水ソリューションを提供していく。

このように、装置、システム、及び事業スキームのそれぞれで効率化を目指すことで、水循環プロセスの持続性向上と強靱化に貢献していく。

■ リスク低減を可能にする水ソリューション

大規模災害など危機的状況に対する強靱化を図るため、様々なリスクに対応して、防災や減災の観点からリスク低減を目的とした水ソリューションが求められている。特に被災時にも壊滅的な状態になることを避けるため、機能を冗長化したり分散化したりすることや、一度機能を喪失しても迅速に復旧できる回復性を備えていることが重要である。

例えば、太陽光発電や、風力発電、バイオマス発電などの自然エネルギーを導入し、平常時には電力ピークカットを目的に発電し、非常時には電力会社からの電力供給が停止することが想定されるため、これらの発電設備を自立運転し、確保した電力量の範囲内で水処理プロセスを縮退運転させ、施設を継続的に稼働させることが可能になる。このように非常時を想定し、リスク低減を可能にする水ソリューションを提供していく。

今後の展望

水を取り巻く環境は急速に変化しており、官民連携によるPPPを中心とした事業スキーム型のソリューションが求められていく。

この特集で紹介するソリューションをより進化させ、当社が保有する技術能力を最大限に生かした事業スキーム型のソリューションを提供し、上下水道・民間水処理分野が持つ問題の解決に貢献していく。

文 献

- (1) United Nations, Dept. Economic and Social Affairs, Population Div. "World Population 2012". United Nations Homepage. <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/trends/WPP2012_Wallchart.pdf>, (accessed 2014-04-19).
- (2) World Commission on Environment and Development. "Our Common Future". UN Documents Website. <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>>, (accessed 2014-04-19).
- (3) 国土強靱化推進本部. "国土強靱化政策大綱". 内閣官房ホームページ. <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/taikou_honbun.pdf>, (参照 2014-04-19).
- (4) 財務省主計局. "社会資本を巡る現状と課題". 財務省ホームページ. <http://www.mof.go.jp/about_mof/councils/fiscal_system_council/sub-of_fiscal_system/proceedings/material/zaiseia241107/01.pdf>, (参照 2014-04-19).
- (5) 内閣府. "世界の自然災害の状況". 内閣府防災情報のページ. <<http://www.bousai.go.jp/kokusai/kyoryoku/world.html>>, (参照 2014-04-19).
- (6) 国土交通省土地・建設産業局. "平成24年度我が国建設企業の海外 PPP 事業への参画のための戦略検討業務報告書". 国土交通省ホームページ. <<http://www.mlit.go.jp/common/000995735.pdf>>, (参照 2014-04-19).
- (7) 日本経済再生本部. "日本再興戦略 - JAPAN is BACK -". 首相官邸ホームページ. <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf>, (参照 2014-04-19).
- (8) 下水道の事業運営のあり方に関する検討会. "下水道事業運営に関する基本的な方向性について 報告書". 国土交通省ホームページ. <<http://www.mlit.go.jp/common/001017490.pdf>>, (参照 2014-04-19).
- (9) 厚生労働省健康局水道課. "水道事業における耐震化の状況 (平成24年度)". 厚生労働省ホームページ. <<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10908000-Kenkoukyoku-Suidouka/20131213.pdf>>, (参照 2014-04-19).

- (10) 国土交通省水管理・国土保全局. "下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書". 国土交通省ホームページ. <<http://www.mlit.go.jp/common/000216882.pdf>>, (参照 2014-04-19).
- (11) 文部科学省. "わが国の地震の将来予測". 地震調査研究推進本部ホームページ. <<http://www.jishin.go.jp/main/pamphlet/leaflet/leaflet.pdf>>, (参照 2014-04-19).
- (12) 厚生労働省健康局. "新水道ビジョン". 厚生労働省ホームページ. <<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/newvision/dl/newvision-all.pdf>>, (参照 2014-04-19).
- (13) 厚生労働省健康局. "水道の運営基盤の強化". 厚生労働省ホームページ. <<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000027apo-att/2r98520000027ave.pdf>>, (参照 2014-04-19).
- (14) 国土交通省水管理・国土保全局. "地震対策の推進". 国土交通省ホームページ. <http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000133.html>, (参照 2014-04-19).
- (15) 国土交通省都市・地域整備局水道部; 日本下水道協会. "下水道ビジョン 2100". 国土交通省ホームページ. <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040902_2/01.pdf>, (参照 2014-04-19).



仲田 雅司郎
NAKADA Masajiro

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム事業部技監。上下水道、環境分野のシステムエンジニアリング・開発業務に従事。環境システム計測制御学会会員。技術士（上下水道部門）。Water & Environmental Systems Div.



殿塚 芳和
TONOZUKA Yoshikazu

コミュニティ・ソリューション社 水・環境システム技師長。上下水道、環境分野のシステムエンジニアリング・開発業務に従事。環境システム計測制御学会会員。Community Solutions Co.