

# 東京都下水道局「技術開発推進計画 2010」の策定

東 郷 展

当局では平成 23 年 1 月に「技術開発推進計画 2010」（以下「計画」と称す）を策定し、局の基本計画である「経営計画 2010」や地球温暖化対策計画である「アースプラン 2010」の取り組み、そして将来目標の達成に向けた対策を推進する技術の開発を行っている。一方では、当局と連携して技術開発を進めてきた民間企業の開発意欲が景気低迷などの影響によって低下しているなど、技術開発を取り巻く環境は大きく変化しているという背景もあった。

そこで当局が必要としている技術に即した効率的な技術開発を行うこと、技術開発と開発機器の導入を一体的に行うなどで民間企業の開発意欲向上を図ることに狙いを定めた計画を策定した。以下に主な内容を紹介する。

キーワード：下水道、技術開発、震災対策、地球温暖化対策、資源の有効利用

## 1. はじめに

東京の下水道は 120 余年に及ぶ歴史を有しており、施設の老朽化対策や首都直下地震への備えが急務となっている。また、都市化の進展や集中豪雨に伴う浸水被害の軽減、東京湾の更なる水質改善、事業の過程で発生する温室効果ガス削減などの新たな課題への対応も急がれている。更に、将来に向けては、都市の一層の安全やより良い水環境・地球環境を次世代に引き継いでいくことが求められている。

これらに着実に対応し、将来にわたって高水準の下水道サービスを提供していくためには、これまで蓄積してきた技術とともに、創造的かつ先駆的な技術開発を行い、事業への活用を図っていくことが重要である。更に、培った技術やノウハウを基にした、下水道産業の活性化や国際展開への貢献も求められている。

更に、計画策定後の本年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、東北地方の下水道施設が甚大な被害を被ったのみならず、東京や近郊都市においても数多くの被害が発生した。従来より震災対策や浸水対策の技術開発には力を注いで来たところであるが、これらへの取り組みを一層深化させる必要がある。加えて、原子力発電所の事故に伴う省電力社会にも対応できる下水処理システムの開発の必要性といったことも喫緊の課題と捉え、技術開発のスピードアップを図っていく。

## 2. 計画の概要

### (1) 基本方針

技術開発の基本方針を次のとおり定め、これに基づき技術開発を推進していく。

- ①下水道サービスの向上に向けて、新たな課題を技術により解決するとともに、より一層の都市の安全と良好な水環境の創出などを実現するため、先駆的な技術開発に取り組み、下水道の未来を創造する。
- ②下水道にかかわる様々な分野の技術を結集して技術開発を行う。

### (2) 技術開発を進める上での課題とあるべき方向

#### (a) 技術開発ニーズと技術シーズのマッチング

当局が必要としている技術については、ホームページなどを通じて情報提供しており、民間企業も独自に技術情報を発信している。お互いの情報交流をすすめ、具体的な技術開発に結び付けていくことが効率的であるが、適切にかみ合っていない場合がある。

#### (b) 新しい発想の不足

新たな課題に対しては従来の下水道技術では解決できない場合がある。そこで、既存の技術や枠組みにとらわれず新しい発想で技術革新を起こす必要がある。

#### (c) 改善の余地がある技術開発制度

長引く景気低迷が民間企業の投資意欲を低下させ、技術開発が停滞してしまうことが懸念されている。継

続的に技術開発に取り組むためには、投資意欲の向上に繋がる技術開発制度が求められている。

#### (d) 技術力の向上と国際展開

所謂「水ビジネス」の世界的な競争が起こっており、我が国企業の競争力を高めるために当局が蓄積してきたノウハウの集約・提供が求められている。一方、団塊世代の大量退職により当局職員の技術力低下が懸念されており、技術継承が極めて重要な課題となっている。

### (3) 重点的な取組

技術開発を進める上での課題とあるべき方向を踏まえ、次の取組方針により技術開発を行う。

#### (a) 技術開発ニーズの発信とシーズの活用

これまでの技術開発の傾向としては、民間企業などが発想した提案技術（シーズ）を実施に適用し、熟成させる手法による場合が少なくなかったが、民間企業の技術提案が減っている現状にある。

そこで当局が直面している技術的な課題を徹底的に洗い出して技術開発ニーズの掘り起こしを行った。この結果に基づき民間企業の持つシーズについて提案を受けるとともに、当局の技術開発ニーズを提示して行く。これにより局職員と民間企業の技術者が意見交換を行う場として設けた「下水道テクノ・カンファレンス」を充実させるなどして、ニーズとシーズのすり合わせを行っていく。

更に、開発した技術については、局のホームページなどを活用し、国内外へ積極的に情報発信を行い、更なる技術開発や企業の開発意欲向上に結び付けていく。

#### (b) 産学公連携強化によるオープン・イノベーション<sup>\*1</sup>

地球温暖化対策などの新たな課題に対してはブレークスルーできるような斬新な発想や技術が必要であるため、従来下水道技術にとらわれない技術や最新の学術的な知見を活用した技術の重要性が一層高まっている。

そこで、様々な分野との技術の融合を図るオープン・イノベーションを推進し、局内外の技術者がお互いの英知を結集させて先進的な技術を開発する。そのため、技術開発、研究の拠点として整備した「下水道技術研究開発センター」を効果的に活用し、技術開発を推進していく。

#### (c) 技術開発制度の充実

当局では、従来より、その時々状況に応じて技術開発制度の見直しを行ってきた。民間企業の投資意欲が低下する現状において技術開発を活性化するためには、様々な主体が積極的に、新たな開発に参加できる環境づくりを行う必要がある。このため、従来の手法

に加え、他所での実績がある機器を簡易な方法で評価する手法や、技術開発と工事を一体的に実施することで企業などの技術開発意欲を向上させる方法を取り入れていく。

#### (d) 技術力の向上と国際展開

技術力の向上を図るために人材の育成を行うとともに技術情報の共有化と局内外への情報発信を進めることによって高度な技術を継承する。因みに都庁の中で最も特許取得件数が多いのは下水道局である。

また、監理団体と連携するなどして、当局が蓄積したノウハウや技術を海外へも積極的に展開する。これは我が国の下水道産業の活性化に対する貢献にも繋がっていく。

### (4) 技術開発における下水道局の役割

水質処理技術の開発は、実際のフィールドが必要なこと、成果を得るのに長期間が必要なこと、加えて高度な専門知識の必要性から主に当局が主体を担ってきた。

一方、土木技術、設備技術の場合は、下水道事業が拡大基調にあったこと、汚泥質の変化や環境基準の強化などといった取り巻く環境に変化があったことから、メーカーが主体となって工法や機器の開発を弛みなく行ってきた側面が強い。しかし、技術が一定レベルに達したこと、バブル崩壊後に低成長期に入った事業に対してメーカーが閉塞感を抱いていることなどから、技術開発が停滞気味という現状にある。

そこで、このような時こそ当局の主導性を今以上に発揮して、次世代のニーズに応える技術開発を行う必要がある。このため当局が果たすべき役割を次のように捉え、職員各人がそれぞれの役割を適確に担って技術開発に取り組んでいくこととした。

#### (a) クリエーター

創造的な発想により、新技術を用いた製品化や工法の開発を先導する。

#### (b) プレーヤー

短期的、中・長期的な課題を見極め、自ら専門的立場で開発を行う。

#### (c) コーディネーター

技術開発テーマ（ニーズ）を関係者に提示して、民間企業や大学などと連携し、下水道技術とは異なる分野の有益な技術と下水道技術を融合する調整を行う。

#### (d) ディレクター

開発計画の立案及び進行管理を行うとともに、民間企業が提案する技術の種（シーズ）の下水道への適用性を分析するなど評価を行い、有益な技術の開発を促す。

### 3. 各技術開発テーマ

#### (1) 再構築技術

施設の老朽化対策や雨水排除能力などの機能向上を図っていくこと、都心4処理区の下水道管の再構築を平成41年度までに完了するため整備ペースをアップすること、再構築工事には更生工法などを採用しコスト縮減や工事周辺地への影響を抑制する必要がある。

##### 【開発技術の内容】

##### (a) 下水道管の更生工法の技術改良

更生工法は、使用材料や施工方法の異なる工法が数多くある中で、コストや安全性から現場状況に適切に対応できる技術の改良が必要である。更生工法のうち、製管工法の急曲線対応について、管径の7.5倍の曲率半径まで施工ができる技術の検証を行う。

##### (b) 下水道管の改築推進工法

道路を掘らずに下水道管の敷設替えが可能となる技術の一つとして改築推進工法がある。この技術について、活用の可能性や東京都内での適用性の調査を行い、更にコスト縮減やスピードアップなどについて検討する。

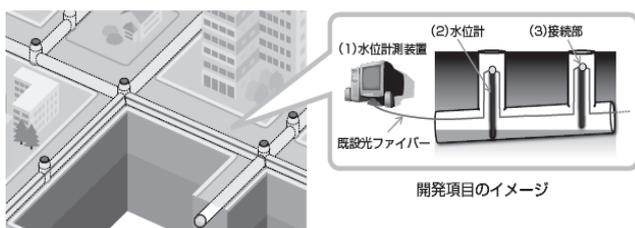
#### (2) 浸水対策技術

都市化の進展により下水道が整備された地域でも浸水被害が発生している。また、くぼ地や坂下など浸水の危険性が高い地区が存在する他、最近では1時間に50mmを超える局所的集中豪雨が増加している。これに対応するためには幹線やポンプ所など基幹施設の整備といった抜本策が必要である。しかしこれらへの整備には長い年月と多大な費用が必要のため十分には対応し切れていない。このため、浸水対策施設の整備促進と浸水被害の軽減に向けた技術が求められている。

##### 【開発技術の内容】

##### (a) 下水道管内水位計測技術

既設光ファイバー網を活用し、光ファイバーを加工したセンサーによって圧力を検知する機能を用いて、複数の水位情報を同時に把握・処理する水位計測装置を開発し、浸水被害軽減対策に活用する。



市街地の道路下のイメージ

図1 下水道管内水位計測技術

(b) 新たな雨水流出抑制技術（低地型雨水浸透柵）  
雨水流入量を減少させるため土地条件図、土質調査報告書などを活用して低地部の表層地質情報を整理し、雨水浸透に不適な低地でも雨水を砂層などの透水層に直接浸透させる構造の低地型雨水浸透柵を開発する。

#### (3) 震災対策技術

首都直下地震などの震災に備えて、トイレ機能の確保や下水処理に必要となる施設の耐震化技術、お客さまの避難時の安全性を確保するための人孔（マンホール）浮上抑制技術などの開発が必要となっている。

##### 【開発技術の技術内容】

##### (a) 大口径下水道管の耐震化技術

既に開発済みの小口径管に加え、口径800mm以上の大口径下水道管とマンホールの接合部に、伸縮性のある材料や止水性のある材料を充填することで震災時の応力集中を緩和させ、流下機能を確保する。これにより、水再生センターまでの下水道管の耐震化を推進していく。

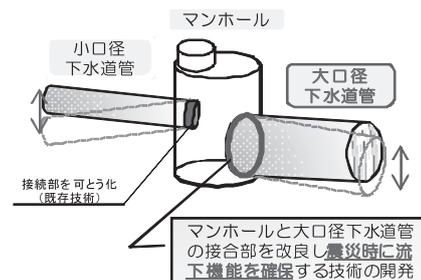


図2 大口径下水道管の耐震化技術

##### (b) 新たなマンホール浮上抑制技術

マンホールの構造や現場の状況により、従来の工法ではマンホール浮上抑制対策が十分に施せない箇所について、確実に対策が図れる技術を調査し、有効な技術については、試験施工などを行い技術の評価する。

##### (c) 土木構造物基礎の耐震補強技術

水槽構造物などの既存土木構造物の基礎の耐震化を図っていくため、過去の被災事例や道路橋などの設計例を踏まえた診断・設計手法を検討するとともに、下水道施設特有の構造・立地条件（面積が広い地下構造で、液状化が危惧される水辺の近くに立地）を考慮した効率的な耐震補強技術を検討する。

#### (4) 合流式下水道の改善技術

東京都区部では、下水道整備面積の約8割を汚水と雨水をひとつの管で流す合流式下水道として整備してきたため、大雨の時に汚水混じりの雨水や狭雑物（ごみ等）が河川や海へ流出してしまう。これを改

善するため平成16年には下水道法施行令が改正され、平成35年度までに雨天時の放流水質を処理区平均でBOD40 mg/L以下にすることが義務付けられた。雨天時放流負荷を削減し、良好な水環境の創出に寄与する技術が求められている。

#### 【開発技術の内容】

##### (a) 濁度計による汚濁濃度計測システム

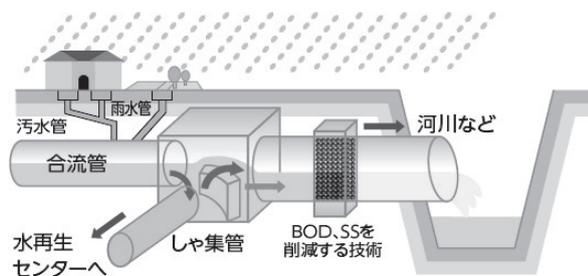
下水の濁度を連続的に計測してBODに換算するシステムを開発し、雨水吐口からの放流負荷量を連続的・安定的に計測することで、放流水の改善対策に活用する。

##### (b) 微生物燃料電池BOD計による汚濁濃度連続計測システム

下水中の有機物の化学的エネルギーをセンサー内の特殊な微生物を用いて電気的エネルギーへ変換して、BODを連続計測する。精度の高い測定が出来る可能性があり、水再生センターにおける水処理への活用が期待できる。

##### (c) 雨水吐口付近に設置可能なコンパクトな合流改善技術

大雨時に雨水吐口から公共用水域に放流される下水の汚濁負荷量を削減するため、吐口や分水人孔付近など限られたスペースに設置可能な装置を開発する。夾雑物に加え、SS（浮遊物質）に由来するBODの削減も期待できる。



図一三 合流改善技術

#### (5) 地球温暖化対策技術

当局では事業で排出される温室効果ガスを2020年度までに2000年度比で25%削減することを目標としている。また、「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」の改正により、大規模事業所を対象とした温室効果ガス排出総量削減義務が導入され規制が強化されたことから、新たな温室効果ガス排出削減技術が求められている。

#### 【開発技術の内容】

##### (a) 水処理から発生する $N_2O$ の排出抑制技術

反応槽内のアンモニア、硝酸、亜硝酸濃度などを測定しながら、反応槽内への流入水や返送汚泥の入れ方

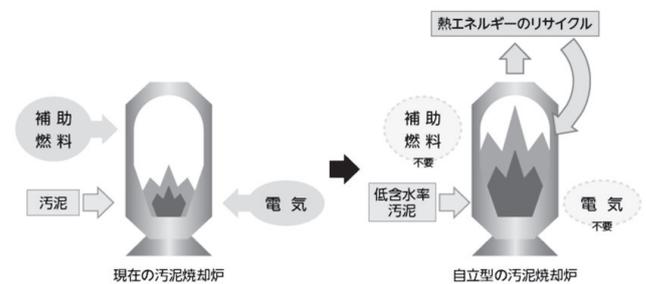
を工夫し $N_2O$ の排出がより少なくなる処理法を開発する。

##### (b) 硝酸・亜硝酸連続測定計

アンモニアを処理する過程で生成する亜硝酸は、 $N_2O$ の生成に深く関与していることから、亜硝酸を安定して連続測定できる計器を開発し、 $N_2O$ の排出を抑制するための制御技術に活用する。

##### (c) 汚泥焼却技術

脱水汚泥の含水率を低下させ、汚泥自体が含有している熱量を最大限活用して外部からの補助燃料や電力を必要としない自立型の焼却炉や、汚泥からバイオマス燃料・エネルギーを創り出す汚泥焼却システムの開発を検討する。



図一四 汚泥焼却技術

##### (d) MBRの省エネルギー技術

MBR<sup>\*3</sup>は膜の汚れを取り除くために大量のエネルギーを消費する。汚れの付きにくい膜システムの開発や膜の洗浄方法を検討し、エネルギー消費量の少ないMBRシステムを開発する。また、MBRとNF/RO<sup>\*4</sup>膜を組み合わせた再生水造水と栄養塩回収システムを開発する。

##### (e) 電動機の省電力技術

永久磁石を用いることで電力損失が少なくなるPMモーター<sup>\*5</sup>技術について、大型電動機への適用調査を行う。この電動機を使用することにより、污水ポンプや送風機など連続運転する大型電動機の省電力化を図ることができ、温室効果ガス排出量の削減が可能となる。

##### (6) 水処理技術

東京湾の水環境改善を目指して、ちっ素・りん濃度規制及び総量規制が施行、強化されており、高度処理などの導入を推進している。また都の長期計画「10年後の東京」では、豊かな水辺空間の創出に向けた東京湾の水質改善に取り組むこととしている。これらの計画を実現していくには、運転管理が容易で処理水質が安定した高度処理技術や地球環境に配慮した温室効

果ガス発生量の少ない水処理技術が必要である。

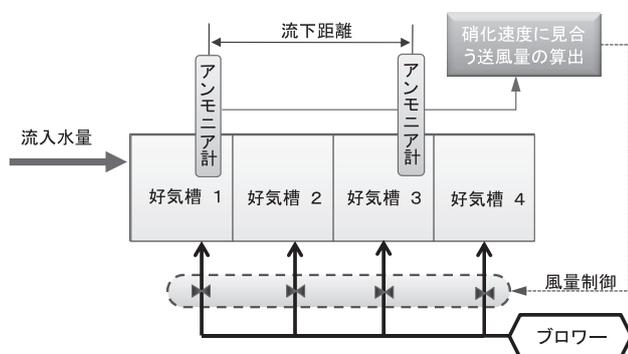
#### 【開発技術の内容】

##### (a) 省エネルギー型高度処理技術（凝集剤・担体添加法）

従来の嫌気・無酸素・好気法に加え、りん除去は、りん固定剤（凝集剤）添加法で処理の安定化を図り、ちっ素除去は、深槽反応槽に対応した硝化担体などを活用して滞留時間の短縮や除去率の向上を図る方法を開発する。あわせて最新の省エネ設備や制御方法を組み合わせて温室効果ガス排出量を削減する。

##### (b) 硝化速度による送風制御技術

アンモニア計を複数設置して反応槽内の硝化速度を測定し、送風量を適正に制御することで送風量の削減を図り、温室効果ガス排出量を削減する手法を開発する。



図一5 硝化速度による送風制御技術

#### (7) 汚泥処理技術

現在、汚泥処理は、スラッジプラントに集約化しスケールメリットを活かした処理を行っているが、更に効率的かつ維持管理が容易で温室効果ガス排出量の少ない処理技術が求められている。加えて汚泥の持つエネルギーや汚泥に含まれる有用資源の回収に適した処理技術の開発も望まれている。

#### 【開発技術の内容】

##### (a) 低含水率脱水汚泥の効率的な搬送技術

低含水率脱水汚泥は、焼却する際には都市ガスなどの補助燃料を削減できる一方、含水率が低いため流動性が極端に低下するので、従来の配管圧送では摩擦抵抗が増加し汚泥の搬送が困難である。低含水率脱水汚泥を効率よく搬送する技術を開発することで、焼却炉における補助燃料削減や搬送動力削減などに結び付く技術を開発する。

##### (b) 送泥汚泥の変質抑制技術

長距離送泥に伴う汚泥質の変化が汚泥処理に与える影響を調査し、汚泥質変化への対応策を確立するとともに、汚泥処理コストの低減、返流水質の向上による

水処理コストの削減が見込める技術を開発する。

#### (8) 資源の有効利用技術

下水道には、水や汚泥の中に有用物質やエネルギーなどの資源が大量に含まれている。これらを有効利用し、環境負荷の少ない都市の実現に貢献するため、汚泥焼却灰の資源化メニューの多様化や下水熱などの利用拡大技術が求められている。

#### 【開発技術の内容】

##### (a) 粒度調整灰（スーパーアッシュ）の利用技術

防食用シートライニング材の原料に粒度調整灰（スーパーアッシュ）を利用するなど、粒度調整灰の利用拡大を目的とした技術を開発する。

##### (b) 焼却灰からのりん回収及びりん回収後の処理灰の有効利用

汚泥焼却灰からりんを溶出させりん酸カルシウムとして回収し、更に焼却灰を新たに資源材料化する技術など、処理灰の資源化を広げる技術の調査や開発を行う。

##### (c) 焼却炉低温廃熱及び自然エネルギーの利活用技術

焼却炉からの低温廃熱を利用したバイナリー発電<sup>6</sup>や下水道施設の上部空間などを活用して太陽熱などの自然エネルギーを利用する技術など、再生可能エネルギーの利活用技術を開発する。

#### (9) 維持管理向上、効率化などの技術

下水道管や水再生センターなど多くの施設を適切に管理するために、補修を行う技術、延命化技術、安全に維持管理を行う技術などが求められている。

#### 【開発技術の内容】

##### (a) 高水位の下水道管など調査困難箇所の調査技術

老朽化に伴う補修必要箇所や損傷度合などは、これまでの管路内調査方法では伏越し部分や満管に近い水位など条件により調査困難となる箇所があった。また、圧送管や送泥管などについても状況の確認が困難であった。これらについて調査を確実にを行うために、最新の技術や他分野の技術と融合した手法の開発が不可欠である。

##### (b) 維持管理作業などの機械化技術

下水道施設の維持管理作業や建設工事は、より安全な維持管理や建設を行うため、無人化・機械化技術が今後必要となってくる。マンホール及び下水道管内の調査・点検時に、一連の作業を人力から機械に置き替えることにより、安全に効率よく作業を行うことを可能とするため、他分野で導入されている無人化・機械化技術を下水道分野に応用するための調査を行う。

## 4. 技術開発方法の整備

### (1) 従来の技術開発制度

局自らが実施する固有研究に加え、次の3種類の共同研究手法によって技術開発を行ってきた。

#### (a) 公募型共同研究

下水道局が課題を提示し、応募された企画内容を評価し共同研究者を決定して実施する。

#### (b) ノウハウ+フィールド提供型共同研究

民間企業が実用化を視野に入れた研究開発段階で提案する技術開発で、当局がノウハウ、用地及び施設並びに試料などを提供して行う。

#### (c) 簡易提供型共同研究

ノウハウ+フィールド提供型の簡易版で、研究期間が1年程度で出来るもの。

既述のように、民間企業等の技術開発意欲が盛んであった時には、これら制度が受け皿として十分機能してきたが、必ずしも十分と言えない現状にある。

### (2) 新たな技術開発方法

次のような考え方や手法を取り入れることで、民間企業の技術開発意欲や投資意欲の向上を図っていく。

#### (a) 技術開発制度の充実

公的機関から性能の評価を取得済みで、既に他の自治体で導入実績があり、新たな開発要素が少ないなど一定の要件を満たす技術については、当局への適合性の確認を簡易な方法で評価し迅速な導入を図る。新工法、新材料、新機器の導入に際して、当局への適合性を確認するため、試験施工、性能確認などにより評価を行う。

#### (b) 開発技術の導入を前提とした開発意欲向上策

従来の研究手法に加え、民間企業が行う技術開発の意欲向上のため、開発した技術を導入する工事の発注を前提とした共同研究を実施する。

## 5. おわりに

計画策定後に発災した東日本大震災は、都においても被害が発生した。主なものとしては、特定地域が液状化しシルト状の汚泥が下水道管に大量に流入し流下機能を大きく阻害したこと、水再生センターの沈殿池に起きたスロッシング<sup>※7</sup>により、多くの池において掻き寄せ機のチェーンが脱落したこと、加えて2階層式沈殿池の上下層間に設置されている搬入口用のPC板などが外れ、チェーン破断の原因となったことなどである。

一方では、液状化による浮上を防止するフロートレス工法マンホール<sup>※8</sup>の機能が正常に機能したこと、感震器により焼却炉が緊急停止し大事に至らなかったことなど、今まで積み上げてきた技術が役に立ったことも実証された。

更に原子力発電所の事故によって、今後は今以上に省電力の水処理・汚泥処理が求められるといった新たな課題も提起されている。

計画に記載済みの震災対策の強化として更なる下水道管の耐震化技術やマンホール浮上抑制技術、土木構造物基礎の耐震補強技術、省電力技術として幾通りかの省エネルギー型水処理技術や自立型の汚泥焼却システム、電動機の省電力技術などについて検討や技術開発に着手したところであるが、早急に具体化に向けてスピードアップを図る必要がある。これらに加え、各地の被災状況なども調査・分析し、対応策の強化などに役立つ技術を「新たなニーズ」と捉え、対応を図っていくことが必要となる。

今後は、限られた予算・人材を活用し、東京のみならず日本の下水道ユーザーに安心して質の良いサービスを享受して頂けるよう、技術の面から貢献していく。なお計画の詳細は、下記の当局ホームページを参照願いたい。

<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/>

- ※1 オープン・イノベーション：内外のアイデア・技術を融合し、新たな価値を創造すること。
- ※2 N<sub>2</sub>O：一酸化二窒素。CO<sub>2</sub>（二酸化炭素）の310倍の温室効果があるガスで、汚泥焼却や水処理の過程で発生する。
- ※3 MBR：膜分離活性汚泥法（Membrane BioReactor）。下水処理において固液分離に膜分離技術を適用した方法。省スペースでの設置が可能だが、膜表面洗浄用に大量の空気が必要で電力使用量が増える。
- ※4 NF/RO：ナノろ過（NanoFiltration）、逆浸透（Reverse Osmosis）膜。NF膜は2nmより小さい程度の粒子を、RO膜は1nmより小さい塩類などのイオンや低分子の有機物を除去できる。
- ※5 PMモーター：永久磁石電動機（PermanentMagnet Motor）。回転子に巻線がなく永久磁石を用いる電動機。2次銅損などがなく、消費電力量が削減できる。
- ※6 バイナリー発電：低沸点の物質を比較的低温の廃熱により沸騰させて蒸気をつくり発電する。
- ※7 スロッシング（sloshing）：地震発生時にタンクや水槽内に貯えられた液体が上下左右に激しく動くこと。槽に大きな力が掛かり、損傷の原因となる可能性がある。
- ※8 フロートレス工法マンホール：非開削人孔浮上抑制工法。人孔に消散弁を設置し、地震時に発生する過剰間隙水圧を消散させてマンホールの浮上を抑制する。

JICMA

#### 【筆者紹介】

東郷 展（とうごう まこと）  
東京都下水道局  
技術開発担当部長

