

## 4. 4 下水道研究部

### 下水管きよの調査・診断の基準化に関する研究

Research on standardization about inspection methodology of sewer pipes

(研究期間 平成 21～23 年度)

下水道研究部 下水道研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater System Division

室長	横田 敏宏
Head	Toshihiro YOKOTA
主任研究官	深谷 渉
Senior Researcher	Wataru FUKATANI
研究官	宮本 豊尚
Researcher	Toyohisa MIYAMOTO
部外研究員	野澤 正裕
Guest Researcher	Masahiro NOZAWA

In advancing preventive maintenance type management, its attention was paid to the plastic pipe with which the judgment technique is not established. This research conducted a questionnaire, TV camera investigation, and an experiment, in order to extract the index at the time of judging plastic degradation.

#### [研究目的及び経緯]

我が国の下水道事業は、整備が一段落し維持管理の時代を迎えている。従来管きよの損傷・不具合に対して事後的に対処してきたが、事故や災害を未然に防ぐとともに改築更新のコストを抑制するためにも、施設を定期的に点検・診断し、致命的欠陥の発生前に対策を講じる予防保全型管理へ移行しつつある。予防保全型管理を実施するに当たっては、不具合を適切に発見するとともに、管きよの状態を正確に診断し、必要な改築および修繕を行う必要がある。

本研究では、まず不具合を診断する点検診断技術について、技術的特徴を把握、整理するとともに、今後の技術開発の方向性について検討を行った。この検討における結論の一つとして、管種による不具合項目の差別化が必要という結果を得た。様々な管種の中で、塩化ビニル管は全国の布設管きよのうち6割を占めているものの、歴史が浅く、経年劣化や不具合に関する知見が少ないため、調査・判定方法が確立されていない。そこで、塩化ビニル管の不具合の実態を把握し、劣化の判定を行う際の指標を抽出することを目的に、アンケート調査や現地調査、実験を実施した。

#### [研究内容]

##### 1. 管きよ診断技術のアンケート調査（平成 21 年度）

下水道管きよの調査率は、年間で管路施設総延長の3%（目視調査を含む）程度と低い。予防保全型管理を行うには、まず調査率をあげることが課題であることから、現有の点検診断技術の問題点把握並びに今後の

機器開発の動向を把握するため、民間の管路維持管理業者に対しアンケート調査を行った。

##### 2. 塩化ビニル管に関する調査（平成 22～23 年度）

塩化ビニル管の不具合の実態を把握し、劣化判定の指標を抽出するため、①アンケート調査、②TVカメラ調査、③実験の3つの手法を試みて調査を行った。

###### ①アンケート調査

全国の公共団体に対して塩化ビニル管に関するアンケート調査を実施し、塩化ビニル管起因の道路陥没の発生状態やその原因について整理を行った。

###### ②TVカメラ調査

布設後30年以上が経過している塩化ビニル管に対して、TVカメラを用いて実際に調査を行った。また、塩化ビニル管の調査延長が比較的長い公共団体から、TVカメラ調査結果を収集し、不具合の解析を行った。

###### ③実験

不具合を有する塩化ビニル管の性能を把握するため、人工的に作成したクラックを有する試験体の扁平強度試験および水密性試験を実施した。

#### [研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

##### 1. 管きよ診断技術のアンケート調査

アンケート調査の結果より、今後の課題として次のことが言える。現在管きよ診断を行う上で考慮すべき点は、維持管理業者が管きよ点検診断機器の新規購入に至れず既存の機器を使い続けていること、それにより精度にばらつきがあることがあげられる。また、異

常の判定基準は、地域によって差異があり、明確な基準が設けられていないのが現状である。

よって、高精度かつ複雑な新技術を開発するよりむしろ、不良スパンの選定精度をあげることに着目した簡易な点検技術（スクリーニング）や既存機器の簡易な改良によるバージョンアップなどのハード開発と、技術者の技量確保や不具合判定基準の統一化、管種による不具合項目の差別化などのソフト面の検討が、必要と考えられた。このうちスクリーニング技術については平成22年度からは、総合技術開発プロジェクト「社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発」で検討を行っている。

## 2. 塩化ビニル管に関する調査

### 2.1 全国アンケートの実施

塩化ビニル管に起因する陥没が発生した団体は、わずかに全国の3%であり、そのほとんどが年間に1件程度であった。陥没の発生原因は、経年劣化より初期不良や地盤に起因すると想定される原因の割合が高かった。一方で、60%以上の団体では、塩化ビニル管を対象としたTVカメラ調査・簡易カメラ調査のいずれの調査も実施していない実態も明らかとなった。

### 2.2 布設後30年以上経過した塩化ビニル管の調査

現地調査の結果、塩化ビニル管特有と考えられる不具合が確認された。

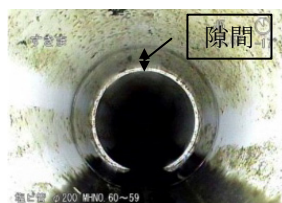
扁平については、管きよ布設時の砂基礎および埋戻しの際に締め目が不十分で、管にかかる土圧が増大することにより発生すると考えられる。扁平している箇所は、軸方向のクラックや浸入水といった不具合も同時に確認されており、調査時に注意を払う必要がある。

隙間については、下水道協会規格制定前に布設されたものについてはTS接合で接続されたと考えられる幅100~150mmの隙間を有する管きよが見つかった。

その他にも不具合が確認されたが、塩化ビニル樹脂の劣化よりは、埋設環境や施工時の影響によって不具合が発生している可能性が高いと推察された。



写-1 扁平の事例



写-2 隙間の事例

### 2.3 既存TVカメラ調査結果からの不具合解析

既存のTVカメラ調査結果を整理した結果、たると浸入水が多く、管きよで確認され、軸方向のクラックを含む破損もほぼすべての団体で確認された。一方で、現行の緊急度判定では緊急度I（速やかに改築・修繕

が必要）と判定されるスパンは存在しなかったが、実際には、緊急度Iと判定されるべき不具合も多数みられており、塩化ビニル管の緊急度判定方法についても見直す必要があることが明らかとなった。

### 2.4 塩化ビニル管に関する試験

クラックを有する塩化ビニル管(L=1m、φ200mm)についてJSWAS K-1規格に準拠して扁平強度試験を行った。

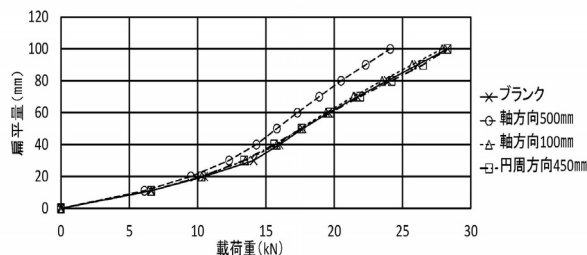


図-1 扁平強度試験の結果

軸方向のクラックについては、長さが100mmまでは塩化ビニル管の強度の低下がブランク値に対して1~2%程度であったのに対し、500mmでは最大15%の強度低下が確認された。クラックの端部では、載荷により応力集中が発生し、クラックの延長線上に樹脂の白化が確認された。また載荷条件によってはクラックの進行および管の破壊が発生しており、軸方向のクラックは即時の対応が必要な不具合であると考えられる。

一方、円周方向のクラックは、長さや発生角度に係らず管本体の強度にほとんど影響が見られなかった。今回の実験では白化も認められず、強度的には問題ないと判断されるが、浸入水や樹木根侵入など二次的な不具合の発生が想定される。

### 2.5 想定される塩化ビニル管の新しい診断項目・基準

本研究の結果から、塩化ビニル管の診断項目として下記項目を提案する。

#### ○ 扁平の追加

扁平が大きくなることで、破損・クラック・浸入水といった不具合も確認されている。扁平量によるランク分けが今後の課題である。

#### ○ 軸方向クラック/円周方向クラック

軸方向のクラックは、進行して破壊する可能性があるため、クラックの大きさにかかわらず速やかに修繕する。円周方向のクラックは、強度上は問題ないと判断されるが、二次的な不具合の発生が懸念されるため、簡易な補修にて対応する。

### [成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、今後、さらなる検証を行い、下水道維持管理指針等に反映されることで、予防保全型管理にむけての効率的な調査の一助になると考える。

# 下水道施設の地震対策推進に関する調査

Research about countermeasures for sewer lines against large-scale earthquake

(研究期間 平成 22～23 年度)

下水道研究部 下水道研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater System Division

室長	横田 敏宏
Head	Toshihiro YOKOTA
主任研究官	深谷 渉
Senior Researcher	Wataru FUKATANI
研究員	松橋 学
Researcher	Manabu MATSUHASHI

The Great East Japan Earthquake of 11th March 2011 caused extensive damage in Japan. In this disaster, not only the earthquake itself but also the tsunami and liquefaction due to the earthquake magnified the damage done to the sewage treatment facilities. This research is concerned with the damage situation of sewage treatment facilities caused by giant earthquake in March, 2011 and future seismic countermeasure plans.

## 〔研究目的及び経緯〕

大地震により下水道施設が被災すると、その機能麻痺に伴う公衆衛生問題や浸水被害発生、道路陥没やマンホール浮上に伴う交通障害など、社会活動に多大な影響を及ぼす。またトイレの使用が不可能になるなど、住民の生活環境に与える影響も計り知れない。下水道施設は他のライフラインと異なり代価手段が殆どないにも拘らず、平成9年より以前に施工された重要な幹線の耐震化率は、14%（平成22年度）であり、十分に耐震化がすすんでいない状況である。

また、先般の東日本大震災において下水道施設被害は過去に経験したことない広域で、甚大な被害を受けると同時に多くの課題を認識し知見を得た。特に津波により被災を受けた120の処理場、112のポンプ場は徐々に復旧しているが、平成24年2月6日現在、津波により甚大な被害を受けた処理場のうち2箇所が稼働停止中、12箇所が応急対応を余儀なくされているなど、今回の震災では、従前の耐震対策中心の下水道施設の対策のあり方に課題を残した。

今後、より安全安心な社会基盤の構築、および災害時にも下水道サービスが継続されるには、これらの課題や知見を整理し、技術指針として整備し次世代に引き継いでい必要がある。

## 〔研究内容〕

1. 下水道施設における過去地震被災情報の収集・整理  
散逸している過去の下水道施設の被災情報を収集し、統一的な様式でデータベース化し、これらのデータを分析することで下水道施設の被害推定などに用いるこ

とが可能な基礎情報を整理した。

## 2. 東日本大震災の下水道施設被害要因の分析

### (1) 下水道施設被害アンケート調査

東日本大震災において下水道施設が受けた被害状況を調査し、それらの被害要因を明らかにするために、災害査定の対象となった自治体に対し下水道施設被害に関するアンケート調査を実施した。

### (2) 既存の耐震対策効果の検証

既存の耐震対策指針には、埋戻し土の管きよの液状化対策工法として、埋戻し土の締固め、砕石等による埋戻し、埋戻し土の固化の3工法が示されている。下水道施設被害アンケート調査により、3工法の対策区間の一部に軽微な被害が発生している結果が得られた。軽微な被害があった場所について、施工時の工事書類確認と当時の工事担当者へのヒアリング及びボーリング調査等を実施し、原因の特定を行った。

## 3. 東日本大震災を受けた新たな下水道施設指針類の課題と今後のあり方のとりまとめ

東日本大震災において発生した特筆すべき事象と現行の下水道施設指針類の関係を整理し、今後想定される大規模地震における被害を最小限にするための指針類のあり方について検討しとりまとめた。

## 〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 下水道施設における過去地震被災情報の収集・整理  
過去地震の被災情報について統一的な様式でデータベースを作成した。これにより、効率的な耐震化や精度の高い被害想定が可能となるとともに、データベー

ス公開をおこなうことによる産官学の地震研究の発展、被災要因抽出による被災時の情報収集の円滑化に活用されることが期待される。

## 2. 東日本対震災の下水道施設被害要因の分析

### (1) 下水道施設被害アンケート調査

東日本大震災の特徴的な被害は、下水処理場及びポンプ場の津波被害と管路施設の液状化被害であることが明らかとなった。下水処理場・ポンプ場の主要な被害は、津波の浸水による電気・機械施設の被害と、津波荷重による建築及び、構造躯体の破壊である。また、管路施設の主要な被害は、地域により被災要因が異なり、東北地方から茨城県にかけての地域では、新潟中越地震の際に問題となった管路施設の埋戻し土の液状化被害が顕著であった。利根川下流域及び東京湾沿岸部の被害は管路施設の周辺地盤が全面的に液状化することによる被害が顕著であった。また管路施設被害の多くは、耐震対策が実施されていないものであり、耐震対策を行った殆どの区間では被害が認められなかった。

### (2) 既存の耐震対策効果の検証

埋戻し土の締め固めは、管きよの埋め戻し部の締め固め度を90%以上確保することで、地震時の液状化を抑制するものである。この工法を採用した場所はなかったため対策効果の確認ができなかったが、道路の基準で路盤及び路床の締め固めを90%以上(管周囲の締め固めの基準はない)とした箇所については、たるみ等の被害が認められた。このため、現行指針に示される管周囲についても締め固めの管理基準を設定するなどして、品質確保を図る必要性があると考えられた。

また砕石等による埋戻しは、埋戻し部が液状化しないよう、埋戻し材料に透水性の高い砕石を用いる方法である。この工法で軽微な被害が発生した箇所については、使用した砕石が耐震指針で示されるものより細粒分が多く含まれていた。このため、液状化時の過剰間隙水圧の消散効果が低下し、被害につながったものと推察された。

最後に、埋戻し土の固化は、埋戻し土に石灰やセメント系の固化剤を添加することで、埋戻し土の液状化を抑制しようとするものである。この工法で軽微な被害が発生した箇所については、攪拌後の仮置きが1日程度あったことやスパン全体もしくはマンホール全周の固化が実施されていない箇所において発生した。

これらのことから、耐震対策として示される3工法は、耐震効果を最大限発揮させるために、施工方法や耐震対策工法を正確に認識し、品質確保のための施工管理を徹底することが重要であることが示唆された。

## 3. 東日本大震災を受けた新たな下水道施設指針類の課

## 題と今後のあり方とりまとめ

東日本大震災では、津波と液状化の被害が顕著であり、これら被害はこれまでの下水道施設指針類では一部想定されていなかった事象である。

特に津波対策については「下水道の地震対策マニュアル 2006年版(日本下水道協会)」で、吐ロゲートへの配慮が示されているのみであり、波力、漂流物による衝突加重等を含めた津波に対する被害は想定していなかった。

そこで、今後の巨大地震により想定すべき津波高さに対して必要となる管路施設及びポンプ場、処理場における耐津波対策の目標性能について検討した。

また液状化については、埋め戻し3工法について誤った施工方法の採用や、適正な施工管理がなされない事例が散見された他、流動化処理土や自硬性安定液等の新たな材料に関し一定の施工実績があることが分かった。そこで埋め戻し3工法の施工管理上の配慮や新材料について耐震対策指針への追記を行うべきであることを示した。

加えて、管路施設の周辺地盤が全面的に液状化し、本管、マンホール継手部や取付管から大量の液状化した土砂が侵入し、下水道本管の土砂閉塞を招いた。そのため取付管の液状化対策やマンホール横ずれ防止などの設計手法について検討を進める必要があることを示した。

### [成果の活用]

本調査で得られた成果は、有識者からなる下水道地震・津対策技術検討委員会に報告し、応急復旧、本復旧に必要な考え方や、今後の下水道施設設計に必要な考え方について了承を得た。また、これらの考え方を基に、東日本大震災で被災した自治体に対し、「下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言」、「段階的応急復旧のあり方」、「東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方」としてとりまとめ、国土交通省から提言として発出し、東日本大震災で被災した自治体の応急復旧・本復旧に活用された。

また、全国の自治体の耐震・対津波対策の促進のために、「耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方」及び「下水道地震・津対策技術検討委員会最終報告書」をとりまとめた。これらは今後、「下水道施設の耐震対策指針と解説」、「下水道施設耐震計算例」、「下水道の地震対策マニュアル」等の下水道施設指針類の改定に活用される。

### [参考文献]

下水道地震・津波対策技術検討委員会委員会資料  
下水道施設の耐震対策指針と解説  
(2006.8 日本下水道協会)

# 下水道整備による効果及び汚水等処理施設連携に係る 技術的事項等に関する調査

Research on Technical matters about Effects by Constructing Sewage Facilities and  
Coordination of Wastewater Treatment Facilities

(研究期間 平成 23 年度)

下水道研究部 下水道研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater System Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher  
研究官  
Researcher

横田 敏宏  
Toshihiro YOKOTA  
重村 浩之  
Hiroyuki SHIGEMURA  
橋本 翼  
Tsubasa HASHIMOTO

下水道研究部 下水処理研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater and Sludge Management Division

室長  
Head  
主任研究官  
Senior Researcher

小越 眞佐司  
Masashi OGOSHI  
小川 文章  
Fumiaki OGAWA

Though wastewater treated population rate in Japan has reached about 87% (at the end of fiscal year 2010), construction of sewage facilities is considered still important. For efficient construction of wastewater treatment facilities, we researched an estimate method for water qualities of sewage treatment facilities of municipalities and actual states of connection to sewers of municipalities.

## 〔研究目的及び経緯〕

厳しい財政状況のもとではあるが、汚水処理人口普及率は平成 22 年度末現在で約 87%にとどまっており、生活環境の改善のためには、下水道、農業集落排水施設、浄化槽等の汚水処理施設の更なる整備が必要と考えられる。また、汚水処理施設の整備に当たっては、各種汚水処理施設の特徴を踏まえて整備を行うことが重要と考えられる。現在、国土交通省では、平成 20 年 9 月に「効率的な汚水処理施設整備のための都道府県構想マニュアル(案)」をとりまとめ、地方自治体に対して、下水道等の汚水処理施設の整備計画策定時における整備コストや維持管理コストの算定手法について提示している。

本調査では、汚水処理施設の整備状況を踏まえた水質予測手法についての検討を行った。また、下水道整備による効果に大きな影響を与える下水道接続状況について、接続率の実態について整理・分析を行った。

## 〔研究内容〕

### 1. 水質予測手法についての調査

下水道等の整備による処理場放流水質及び公共用水域水質の予測手法としては、下水道整備におけるマス

タープラン的な位置づけの計画とされている「流域別下水道整備総合計画」(以下「流総計画」)策定の際に用いられる手法が考えられる。しかし、流総計画で用いられる手法は、河川流量や降雨量、土地利用区分、人口予測、工業出荷額、各種排水の汚濁負荷原単位等、多くのデータが必要となり、簡易な水質予測に用いることは難しい。

よって、本調査では、汚水処理施設の整備検討を行う限定した区域において、複数の汚水処理施設を区分して整備する場合における、必要となる汚水処理施設の放流水質の予測手法を検討することとした。

### 2. 下水道接続に関する実態等についての調査

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海、有明海、指定湖沼といった閉鎖性海域の流域に属し、かつ平成 12 年度～21 年度の中で著しく下水道接続率が伸びていた年度を含む事例の 64 自治体について、平成 12 年度から平成 21 年度の下水道接続率と下水道処理人口普及率の関係を整理・分析した。

## 〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

## 1. 水質予測手法についての調査

標記手法について、以下に計算の一例を示す。

人口 5000 人のエリアの 8 割の人口を下水道で、2 割の人口をその他の汚水処理施設で処理する場合の、要求される下水道の放流水質を試算することとした。なお、処理場は当該エリア外にあり、他に人口 7000 人の処理を受け入れているものとする。

下水道のみによる整備の場合、環境基準達成のために必要な下水道の BOD(生物化学的酸素要求量)の放流水質が 10mg/L とする。このエリアに、放流水質が 15mg/L の他の汚水処理施設を 2 割の人口のエリアに整備することとする。

汚水量の原単位を 0.2m<sup>3</sup>/人/日とすると、全域で汚水処理施設により放流可能な BOD 負荷量は以下のとおり計算される。

$$5000 \text{ 人} \times 0.2 \text{ m}^3/\text{人/日} \times 10 \text{ mg/L} = 10.0 \text{ kg/日}$$

2 割の人口に 15mg/L の放流水質の汚水処理施設を整備すると、そこからの放流水の BOD 負荷量は以下のとおりである。

$$1000 \text{ 人} \times 0.2 \text{ m}^3/\text{人/日} \times 15 \text{ mg/L} = 3.0 \text{ kg/日}$$

なお、当該エリア外の 7000 人分に相当する下水道の放流水の BOD 負荷量は以下のとおりである。

$$7000 \text{ 人} \times 0.2 \text{ m}^3/\text{人/日} \times 10 \text{ mg/L} = 14.0 \text{ kg/日}$$

環境基準を守るために下水道に必要な BOD 放流水質は、以下のとおりとなる。

$$\frac{(10+14-3) \text{ kg/日}}{(4000+7000) \text{ 人} \div 0.2 \text{ m}^3/\text{人/日}} = 21 \div 11000 \div 0.2 \times 1000 = 9.5 \text{ mg/L}$$

よって、全域下水道で整備するよりも、やや高度な処理が必要になると考えられ、汚水処理施設の選定にあたる留意事項となる。

本手法は前提条件をかなり簡易としているが、本手法により汚水処理施設に求められる水質の推測が可能となると考えられる。また、BOD 以外の T-N(全窒素)、T-P(全リン)等の項目にも適用可能である。ただし、本手法が活用可能なのは、流総計画等の策定により、下水道より放流可能な負荷量が判明している場合である。

なお、河川水等の水質を計算したい場合は、既存の流総計画のシミュレーション結果が活用できれば、流域からの負荷量の変動に応じて、手動計算により特定の地点の河川水質を推測することが可能である。

## 2. 下水道接続に関する実態等についての調査

前述の 64 自治体について、平成 12 年度から平成 21 年度の下水道接続率と下水道処理人口普及率の関係性を整理・分析した。なお、下水道接続率は、各年度の下水道統計((社)日本下水道協会)の水洗便所設置済み人口(又は戸数)を処理区域人口(又は戸数)で割って

求めることとした。

これらの事例を確認したところ、下水道処理人口普及率(整備率)が順調に伸びている一方、下水道接続率が 80%前後で平行して推移する事例が多く見られた。以下に、そのような傾向が見られる A 自治体のグラフを図-1 に示す。このように、整備率が上昇しているものの、接続率が 70~80%程度で平行推移している自治体が、64 自治体中 26 自治体あった。

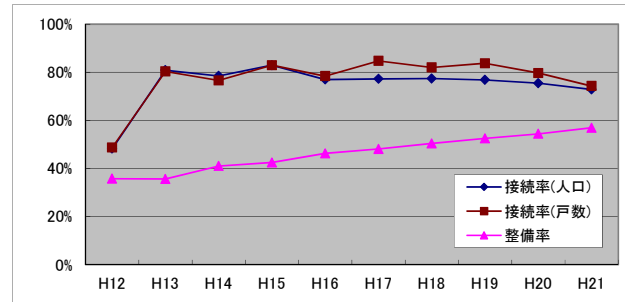


図-1 A 自治体の下水道接続率等の推移

また、90%を超える下水道接続率を示す自治体も見られたが、多くは、近年整備率が上昇していない自治体であった。そのような事例が 8 自治体においてみられた。図-2 に、その事例として、B 自治体のグラフを示す。高い接続率を示しているが、整備が進んでいないため、大きな水質改善効果は望めない。

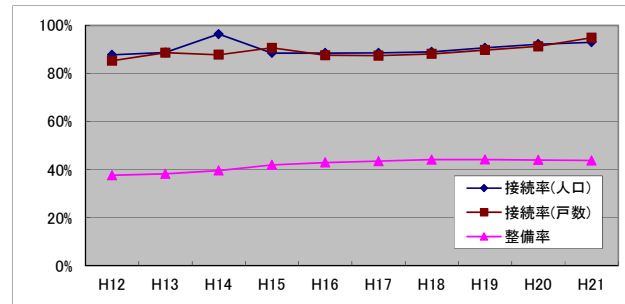


図-2 B 自治体の下水道接続率等の推移

これらを総合すると、下水道接続率が 90~100%になるには、下水道整備が落ち着いてからいくらかの期間が掛かる傾向が見られたと考えられる。

また、自治体において、戸別訪問や説明会による PR 活動や早期接続者への奨励金等の対策を取っている事例があるが、さらなる対策が望まれる。

### [成果の活用]

本研究で得られた成果に含まれる知見については、今後、地方自治体において汚水処理施設の整備計画を策定もしくは変更する際の検討材料として活用することが可能である。

## 下水道管きよのストックマネジメント導入促進に関する調査

Research on Application of Asset Management Approach to Sewers

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 22～24 年度)  
室 長 横田 敏宏  
主任研究官 深谷 渉  
研 究 官 宮本 豊尚

### [研究目的及び経緯]

平成 22 年度末の下水道普及率は 75%を超え、下水道管きよの総延長は約 43 万kmとなっており今後益々増加する。この膨大な下水道施設資産の維持管理が益々重要となっている。下水道管きよのストックマネジメントとは、莫大な下水道管きよ資産を長く良好な状態に維持するための方策群のことで、ストックマネジメントの導入により維持管理コストの軽減及び施設の延命化が期待される。

本研究では、ストックマネジメントの導入に向けて必要となる、管きよの健全性の予測精度の向上、リスク評価に基づくミクロマネジメント手法の検証、改築に係る LCA の算定、管きよ更生工法の規格化、修繕による機能回復評価手法の検討を行う。平成 23 年度は、管きよの劣化データベースの公開、管きよ更生工法の規格化に関する検討委員会を開催し議論を行ったほか、管更生に関する情報収集、次世代の下水道台帳に求められる項目について調査を行った。

## 都市雨水対策の推進に関する調査

Research on Promotion of Countermeasures for Urban Stormwater

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 22～24 年度)  
室 長 横田 敏宏  
主任研究官 重村 浩之  
研 究 官 橋本 翼

### [研究目的及び経緯]

近年、気候変動等の影響により日本各地において時間 50mm 以上の豪雨、さらには 10 分間といった短時間集中型の豪雨の発生が頻繁に見られるようになっている。各都市においては浸水被害を防ぐための対策が進められているところであるが、長期的に見ると降雨の特性が変化し、5 年や 10 年に一度の頻度で発生する降雨強度が増加傾向を示すと考えられるため、既存の浸水対策のみでは 5 年確率や 10 年確率で発生する豪雨に対応できなくなる可能性が考えられる。そこで本調査では、将来的な豪雨増加の傾向把握や対策検討、また、それを考慮した雨水対策計画策定にあたっての課題点抽出や改善策の検討等を進めている。

平成 23 年度は、10 分間降雨強度もしくは 60 分間降雨強度が超過する豪雨に対する降雨特性に応じた具体的な対策を整理した。また、全国 20 都市程度を対象に雨水対策計画策定事例に関する情報を収集し、都市における雨水対策計画策定手法の課題点抽出や改善策検討を行った。併せて、文献調査やアンケート調査により過去の内水被害の原因や浸水対策の実態について整理した。

## 下水道クイックプロジェクトの推進に関する調査

Research on economical methods for sewer service expansion

下水道研究部 下水道研究室

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 19～26 年度)

室 長 横田 敏宏

主任研究官 深谷 渉

研 究 員 松橋 学

室 長 小越 眞佐司

主任研究官 小川 文章

### 〔研究目的及び経緯〕

平成 22 年度末の下水処理人口普及率は約 75%（岩手県、宮城県、福島県除く）であるが、下水道予定処理区域内にありながらまだに下水道が整備されていない、いわゆる下水道未普及人口は、約 2000 万人に上る。また人口減少や高齢化の進展、厳しい財政事情など、整備・改築を進めていく上で難しい問題を抱えている地方公共団体も多い。こうした状況を踏まえ国土交通省が主導する「下水道クイックプロジェクト」では、地域特性を踏まえた新たな整備・改築手法の導入を進めるべく、複数のモデル都市において新技術の試験的な施工による社会実験を実施している。

社会実験では、様々な観点から新技術の性能評価を行い、今後、より多くの公共団体で当該技術が採用されるように問題点の整理及び、改良を行うこととしている。平成 23 年度は、社会実験を円滑に実施するために自治体のサポートを継続的に行うとともに、「クイック配管（側溝活用型）」について技術評価を終え、有識者で構成される下水道クイックプロジェクト推進委員会へ報告し、一般的な技術として普及させることのできることを得た。また、平成 22 年度にホームページに公開になった『下水道クイックプロジェクト技術利用ガイド（案）』に「クイック配管（露出配管・簡易被覆・側溝活用型）」の設計及び施工時の留意事点を取りまとめ加筆した。加えて、「工場製作型極小規模処理施設」及び「極小規模処理施設（PMBR）」について初期対応の一次評価を行い、下水道クイックプロジェクト推進委員会へ報告した。



# 都市におけるエネルギー需要・供給者間の連携と

## 温室効果ガス排出量取引に関する研究

Research on greenhouse gas emissions levels and on collaboration between energy suppliers and consumers in cities

(研究期間 平成 21~23 年度)

下水道研究部 下水処理研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater and Sludge Management Division

室長	小越 眞佐司
Head	Masashi OGOSHI
主任研究官	小川 文章
Senior Researcher	Fumiaki OGAWA
研究官	藤井 都弥子
Researcher	Tsuyako FUJII

都市研究部 都市施設研究室  
Urban Planning Department  
Urban Facilities Division

室長	西野 仁
Head	Hitoshi NISHINO
主任研究官	高柳 百合子
Senior Researcher	Yuriko TAKAYANAGI

In this study, we evaluated the technology can be applied to the business cooperation of energy, and created diagnostic program for business profitability to reduce greenhouse gas emissions. The results suggest that business cooperation of energy are effective in the reduction of greenhouse gas emissions.

### [研究目的及び経緯]

平成 20 年 3 月に改定された「京都議定書目標達成計画」では、業務その他部門は家庭部門とともに「効果的な対策を抜本的に強化する」とされており、「エネルギーの需要・供給に関連するそれぞれの主体は自らの役割を適切に認識し、自らが直接管理する範囲にとどまらず、他のエネルギー需要・供給者と連携してエネルギー効率の更なる向上を目指す」とされている。本研究は、連携技術の事例評価と適用可能な最新技術メニュー、連携技術の事業性診断に関する手法、都市計画と排出量取引のあり方の 3 点について方向性を示すことにより、各主体の個々の垣根を越えた温室効果ガス排出削減の取り組みがより促進され、従来の単独公益事業又は単独建物レベルの温室効果ガス排出削減にとどまらない低炭素型の都市・地域構造の形成が図られ、地球温暖化対策に資することを目指すものである。

このため、下水道事業と他事業の連携事業の技術的

課題に関する調査、潜在的供給・需要者に関する全国情報の収集整理、熱エネルギーの面的利用に関する適用可能な最新技術メニュー及び事業性診断手法の開発、連携事業の事業実施可能性に関する試算及びソフトウェアの開発、「熱エネルギーの面的利用による低炭素まちづくりの手引き」の作成、下水道等のエネルギー連携事業の実施のための基本事項の整理等を行った。

### [研究内容及び成果]

(1) 下水道事業と他事業の連携事業の技術的課題  
都市におけるエネルギー需要・供給者間の連携事業における温室効果ガスの排出量取引制度の効果について検討するためには、エネルギー等の供給者、中間事業者、需要者毎のエネルギー使用量及び温室効果ガス排出量を算出する必要がある。しかしながら、既に実施済みの事業の中には、事業者毎の使用量や排出量の内訳が明確で無いものや、制度上、下水道事業者にとって実施メリットの生じないものが見られた。また、温室効果ガス排出量の効果的な削減のためには、事業

における熱やエネルギーの回収時に消費するエネルギー削減技術のさらなる向上が必要であることが明らかとなった。

#### (2) 潜在的供給・需要者に関する全国情報の収集整理

全国の下水道管理者に対するアンケート調査の結果、エネルギー連携事業に関心の無い団体が約6割あった。また、連携事業を検討していない団体に対し、課題や障害について質問したところ、「事業採算性」が約7割を占めた。また、下水処理場と連携事業を実施中の事業場との距離について調査したところ、約4割が1km以内、約2割が1～3km以内であり、全体で約7割の事業が下水処理場から5km以内の事業場であった。特に、ごみ処分業、化学工業、窯業・土石製品供給業などが下水処理場に比較的近い位置に立地していた。

#### (3) 熱エネルギーの面的利用に関する適用可能な最新技術メニュー

6つの最新技術（太陽光発電、太陽熱利用、燃料電池、焼却廃熱利用、河川水等の熱利用、エリア・エネルギー・マネジメント）の導入事例を調査し、既存の面的な熱エネルギー技術（地域熱供給、地点熱供給、建物間熱融通）との組み合わせの可能性と有効性を明らかにした。

#### (4) 熱エネルギーの面的利用に関する事業性診断手法の開発

都市計画マスタープランなどで熱エネルギー面的利用促進地域を指定して、積極的に事業を推進していく地域を検討する場合と、地域を問わず、個別プロジェクトの企画構想段階で導入適性を検討する場合の2つの場面を設定し、それぞれの検討に必要な、抽出条件や判断基準の詳細を含む検討フローを作成した。

#### (5) 連携事業の事業実施可能性に関する試算及びソフトウェアの開発

1) 下水道等のエネルギー連携事業の事業採算性について3つの代表的な事業を例に試算を行った。そのうち、乾燥汚泥を火力発電所の石炭代替燃料として販売する事業については、現在のスキームでは事業採算性に課題があることが明らかとなった。

また、地方公共団体等の事業者が簡便に操作でき、補助金や販売収入も踏まえた概略の事業採算性について診断可能なソフトウェアを開発した。さらに、事業年度及び累積キャッシュフロー並びに燃料等の売却価格及びDSCRの関係についても示した。

2) 熱エネルギーの面的利用に関する事業性（に関して、簡便に試算可能なソフトウェアを開発した。建物の用途（6種類の中から選択）、床面積、熱源方式（7種類の中から選択）、必要な熱融通配管の距離、活用す

る再生可能エネルギー・未利用エネルギーの条件、を入力すれば、事業導入前後について、一次エネルギー消費量、CO2排出量、建設費の増加額、ランニングコスト削減額、単純投資回収年数、年間経費等を出力するものである。

#### (6) 「熱エネルギーの面的利用による低炭素まちづくりの手引き（案）」の作成

まちづくり部局担当者を対象に、(4)で検討したフローの手続きに沿って、熱エネルギー面的利用の導入を推進する場合に検討するための手引き（案）を作成した。その際、(5)で開発したソフトウェアを活用して、具体的な都市で導入適地を試算・検討し、例示した。

また、特にまちづくりの担当者にとっての身近な話題として、建物用途混合によるエネルギー負荷平準化の効果が実感できる簡易計算ソフトを作成した。

#### (7) 下水道等のエネルギー連携事業の実施のための基本事項の整理

下水道等のエネルギー連携事業を実施する際の基本事項について、4つの段階別に整理した。

第1段階の「予備検討段階」では、基礎調査、導入するエネルギー化技術の検討、連携事業者の検討、受け入れ基準等の条件の確認、事業採算性の評価等を、第2段階の「基本計画段階」では、関連法規制への対応、必要な技術条件の具体的検討、運営・維持管理手法の検討、事業の仕様の確定、建設費・運営維持管理費及び調達方法の検討、実施スケジュールなどの検討を行う。また、第3段階の「実施計画段階」では、設備等の詳細設計、建設費や運営・維持管理費の詳細検討、運営・維持管理の枠組みの決定、事業採算性の詳細評価を、第4段階の「事業準備段階」では、各種法規制に係る手続き、維持管理計画の策定、温室効果ガス関連手続き等を行うこととした。

#### 【まとめ及び今後の課題】

都市におけるエネルギー需要・供給者間の連携と温室効果ガス排出量取引について評価するため、連携事業に関する技術面の調査、潜在的供給・需要者に関する情報整理、事業実施可能性に関するソフトウェアの開発、「熱エネルギーの面的利用による低炭素まちづくりの手引き（案）」の作成、下水道等のエネルギー連携事業の実施のための基本事項の整理等を行った。これらの成果を活かしてエネルギー連携事業を推進し、より一層温室効果ガス排出量を削減することが望まれる。

#### 【成果の発表】

「低炭素都市づくりガイドライン」のエネルギー分野の改定にあたって、(6)の一部が活用される予定。

# 災害時の復旧段階における下水処理の適正な管理に関する調査

Controlling of waste water treatment while gradual recovery stage after disaster

(研究期間 平成 23 年度)

下水道研究部 下水処理研究室  
Wastewater and Sludge Management Division  
Water Quality Control Department

室長 小越 眞佐司  
Head Masashi OGOSHI  
研究官 西村 峻介  
Researcher Shunsuke NISHIMURA

Many waste water treatment plant damaged by the Tohoku Earthquake. It takes much time to recover these plants, so they are recovered gradually to control water quality. In this research, we surveyed the water quality of final effluent and receiving water body. At almost survey point, without closely point of waste water treatment plant, the water quality was met environmental standards.

## 【研究目的及び経緯】

東日本大震災により甚大な被害を受けた下水処理場では、本復旧に時間を要することから、段階的に処理レベルを向上させていくことによって対応せざるを得ない状況が生じている。そのため、国土交通省では、下水処理施設の迅速な復旧や適正な管理により、公共衛生の確保及び公共用水域に与える影響の最小化を図り、復旧段階における下水処理の適正な管理に関するガイドラインを作成することとしている。

本調査では、現状の簡易な処理方法を行っている浄化センターの実態、及びその処理水が放流先水域に与える影響を把握するため、東日本大震災により被害を受けた浄化センターとその放流先において、サンプリング・水質分析等の現地調査を実施の上、影響範囲の解析を行い、ガイドライン作成に必要となるデータ整理・基礎資料の作成を行うことを目的とした。

## 【研究内容】

平成24年1月から3月にかけて、東日本大震災によって被災し、現在応急復旧対応中の宮城県内の4箇所の浄化センター（石巻東部浄化センター、仙塩浄化センター、南蒲生浄化センター、県南浄化センター）の施設内

とそれぞれの放流先である運河、海域を調査した。それぞれの浄化センターの概要を表-1に示す。

調査項目は、「下水道地震・津波対策技術検討委員会第2次提言 段階的応急復旧のあり方」に水質目標が設定されている、BOD及び大腸菌群数について、段階的応急復旧における水質目標が設定されている。本研究では、これらの項目に着目して調査を行った。

## 【調査結果】

各浄化センターにおける BOD 及び大腸菌群数の放流量と除去量について、震災前の5か年の1月の平均値と、震災後の1月調査時の平均値とを図-1に示す。

BODについて、震災前はいずれの浄化センターでも平均して96～99%の削減割合であったが、震災後は応急復旧対応中であるため、11～44%と十分に除去されていない状態であった。その中で、全流量に対して簡易曝気を行っている仙塩浄化センターは他の浄化センターと比較して除去量が多いことから、応急復旧対応として曝気による簡易な生物処理が有効であったと考えられる。大腸菌群数について、震災前はいずれの浄化センターでも99.9%以上除去されており、震災後においてもほとんど全ての処理場で震災前と同レベルで除去されていた。石巻東部

表-1 調査対象浄化センターの概要

浄化センター名	水処理方法（処理系列）	消毒方法	汚泥引抜
石巻東部浄化センター	沈殿処理	固形塩素	あり
仙塩浄化センター	前曝気+沈殿処理+簡易曝気	液体次亜塩素酸ナトリウム	あり
南蒲生浄化センター	接触酸化法（流入水量の半分程度）	液体次亜塩素酸ナトリウム	あり
	沈殿処理（流入水量の半分程度）		あり
県南浄化センター	沈殿処理	次亜塩素酸ソーダ	なし
	沈殿処理+簡易曝気（一部系列）		あり
	沈殿処理+簡易曝気+砂ろ過（一部系列）		なし

浄化センターでは調査当時固形塩素を使用しており、使用方法によっては本調査結果で見られるように消毒効果が十分に得られず、大腸菌群数を減らすことができないケースがあることが確認された。BODの除去にあたっては、曝気による簡易な生物処理が有効であると考えられる。沈殿処理の段階からできる限り速やかに仮設フロア等を使用し、簡易曝気を行うことが重要である。

また、放流水の放流先水域への影響について環境基準を基に、各浄化センターの概況を表-2にまとめる。

石巻東部浄化センターでは、1月の調査では放流先水域の環境基準値を満たしていたが、3月の調査では環境基準値を超過していた。この原因として、旧北上川の水質悪化による影響が考えられ、本調査項目のみでは放流水単体の影響範囲は不明瞭であった。

仙塩浄化センターでは、貞山運河出口付近を除いて環境基準値を満たしていたことから、貞山運河の外側には放流水の影響は及んでいないと考えられた。

南蒲生浄化センターは処理区の一部が合流式下水道であり、降雨時に放流水量が増大した際には、南方向1500mより外側に影響が及ぶものと考えられる。

県南浄化センターでは、放流先水域が遠浅で混合されやすく、放流口近傍以外は環境基準値を満たしていたことから、放流水の影響は放流口の近傍までと考えられる。

【まとめ】

震災により被災し、復旧段階である浄化センターの放流水、及び放流先水域の水質を調査したところ、以下のことが明らかとなった。

- ・BODの除去にあたっては、曝気による簡易な生物処理が有効であると考えられた
- ・固形塩素の使用方法によっては、十分な消毒効果が得られないケースがある。
- ・放流先水域では、雨天時や放流口の近傍を除いて環境基準値が概ね満たされていた。

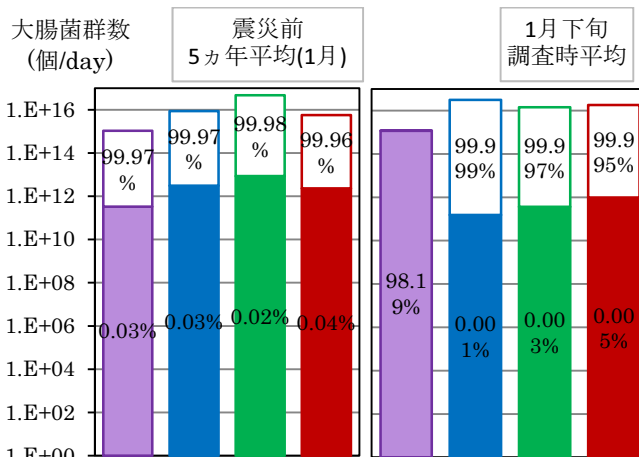
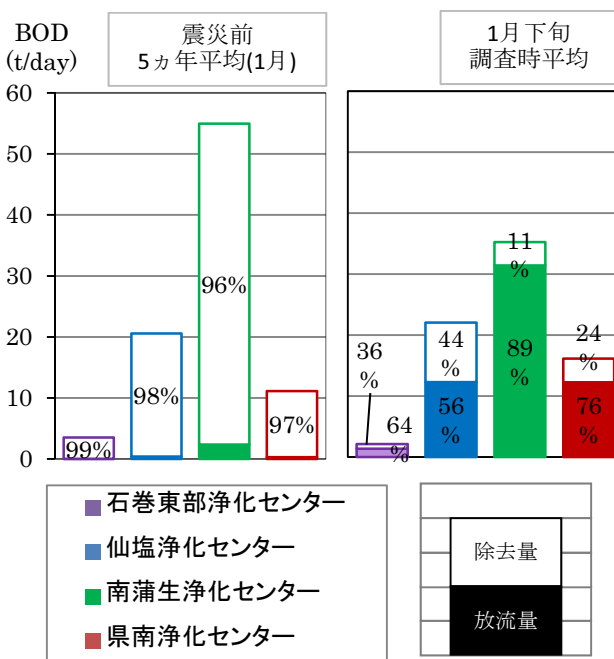


図-1 BOD・大腸菌群数の除去量と放流量

表-2 放流水の放流先での影響

	放流先水域	調査範囲内の水質	放流水の影響範囲 (COD、大腸菌群数で判断)
石巻東部浄化センター	旧北上川河口に合流後、海域へ流出	・1月調査時は調査を行った範囲内で環境基準を満たしていた ・3月調査時は、調査範囲内で環境基準を超過	旧北上川の影響が強く、本調査項目のみでは、放流水単体の影響範囲は不明瞭
仙塩浄化センター	貞山運河に合流後、仙台台港と塩釜港へ流出	・貞山運河で水質が環境基準を超過していたが、海域調査地点ではおおむね環境基準が満たされていた	貞山運河出口付近より外側には影響は及んでいない
南蒲生浄化センター	海域直接放流(七北田川が付近に流入)	・1月下旬調査時に放流水の影響範囲上でCODが環境基準を超過 ・大腸菌群数は放流水の影響範囲で常に定量下限値2MPN/100ml程度であった	降雨時に放流水量が増大した際には、放流口より南方向1500mより外側にまで影響が及ぶ
県南浄化センター	海域直接放流	・放流先水域が遠浅になっており、鉛直混合が強く、放流水の影響は薄くなっていた ・調査範囲内では環境基準が満たされていた	放流先水域の混合が強く、影響は浄化センター放流口の近傍までと考えられる

# 地球温暖化対策としての下水処理水再利用の

## 定量的効果に関する調査

Quantitative Effect of Water Reuse as a Global Warming Control Measure

(研究期間 平成 20~23 年度)

下水道研究部 下水処理研究室  
Water Quality Control Department  
Wastewater and Sludge Management Division

室長	小越 眞佐司
Head	Masashi OGOSHI
研究官	宮本 綾子
Researcher	Ayako MIYAMOTO
研究官	西村 峻介
Researcher	Shunsuke Nishimura

Water reuse has been practiced because it is recognised as reliable source and as countermeasure for climate change. We estimated the CO<sub>2</sub> emission from the wastewater treatment and distribution processes and LCCO<sub>2</sub> of area-wide water recycle system and the water circulation system in individual building to help promote the water reuse.

Agricultural use and groundwater recharge are the major applications of wastewater reuse. However, management systems of those uses have not yet been established. We investigate the appropriate indicator to evaluate the impact of groundwater recharge with treated wastewater on the recharged aquifer. The results show that carbamazepine and  $\delta^{15}\text{N}$  can be the indicators which show the influenced area and the ratio of the reclaimed water to groundwater of each point.

### [研究目的及び経緯]

「下水処理水の再利用のあり方を考える懇談会」(国土交通省設置)の報告書<sup>1)</sup>(「新たな社会的意義を踏まえた再生水利用の促進に向けて」、平成 21 年 4 月)では、再生水利用による CO<sub>2</sub> 削減効果の定量化により、再生水利用の地球温暖化対策としての効果を評価することの必要性が提示された。また、地球温暖化適応策として今後再生水の利用拡大が展望される農業用水や地下水涵養水源としての利用について、再生水量・水質の管理方を確立することが求められる。本調査は、様々な利用手法や上下水道の施設の条件に応じた再生水利用による CO<sub>2</sub> 削減量定量化方法の提示、および再生水の農業利用や地下水の涵養のための水質および水量の管理方策提示を目的としている。

### [研究内容]

1. 広域循環利用施設と個別循環利用施設を対象とした CO<sub>2</sub> 排出量実態調査と排出量削減効果検討 (平成 20~21 年度)

広域循環方式と個別ビル単位で行われる循環利用を対象として、各施設の諸元と電力消費量から再利用の

ための処理プロセスと送水に係る CO<sub>2</sub> 発生率の調査を行った。また、水処理・配水設備のライフサイクルの各段階における CO<sub>2</sub> 排出量を試算した。

2. 再生水の地下浸透が地下水質に与える影響の評価 (平成 20 年~23 年)

再生水を利用した地下水涵養池周辺の浅井戸の水質分析を行い、地下水質に与える影響等を評価するための手法について検討を行った。

### [研究成果]

広域循環利用施設と個別循環利用施設からの CO<sub>2</sub> 排出量の実態

広域循環の再生処理施設(二次処理までは対象外)と利用先までの配水施設からの CO<sub>2</sub> 排出量調査を実施した。また、生物処理を主とした処理により雑用水の再利用を行っている個別循環ビルの再生処理施設について同様の調査を実施した。この結果、広域循環については再生水 1m<sup>3</sup>の利用に伴う資源・エネルギー消費による CO<sub>2</sub> 排出量は概ね 1kg/m<sup>3</sup>以下であったが、稼働率が 9%と低い処理場では

2.86 kg/m<sup>3</sup>となった。これらの値は水道水製造時のユーティリティー利用に伴う CO<sub>2</sub> 発生率の 0.29kg/m<sup>3</sup> (水道統計<sup>2)</sup> による 2006 年度の実績平均試算) より大きく、広域循環による水の再利用は、ユーティリティー以外の部分からの CO<sub>2</sub> 発生率が上水より相当低くないと、削減効果がみられないことになる。個別循環についても、CO<sub>2</sub> 発生率は広域循環と同様に値にばらつきがあった。これは、施設ごとに発生する雑排水の水質、また、各施設の稼働率、処理方式に差異があることによると考えられる。CO<sub>2</sub> 発生率の高い施設は他の施設と比較してポンプの消費電力が大きいことなどが CO<sub>2</sub> 排出量増大の要因となっていた。CO<sub>2</sub> 発生率の点では、広域循環では下水処理場から遠く、かつ、処理場より相当高い位置にある利用先への送水は不利であると考えられ、地域特性に応じた適切な再利用形態を検討することが重要である。

次に、広域循環と個別循環の評価対象ビルを選定し、建設・運用段階を含めた LCA による検討を行った。その結果を表 1 に示す。いずれの施設もライフサイクルの環境負荷のうち運用段階 (再生処理・送水) の負荷が 6~7 割程度を占めていた。また、対象とした広域循環 (下水再生施設・再生水送水施設とビル内の合計値) では、個別循環と比べて低い LC-CO<sub>2</sub> および運用段階の CO<sub>2</sub> 排出量が算出された。再生水の利用先のビル内の送水に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は、再生処理による CO<sub>2</sub> 排出量に比べ、多くなる場合もあった。再生水を使用しない場合でも同等のエネルギーが上水道用給水ポンプに加算されるため、この排出量増加分が再生水利用によるとはいえないが、ビル内で水を上層階に送るためには比較的大きなエネルギーが消費されていることが示唆された。なお、個別循環では雑用水の需要量すべてがまかなえず上水による補給量が多く、広域循環では比較的高い節水効果があることがわかった。

### 再生水の地下浸透が地下水質に与える影響

香川県多度津町では、年間を通して親水公園から再生水の地下水涵養を行っており、灌漑期には農業用ため池に再生水を送水している。再生水の涵養池からの地下浸透による地下水質への影響について検討するため、町内の上水水源井戸を対象として人由来の微量化学物質 (カルバマゼピン) と窒素同位対比  $\delta^{15}\text{N}$  の分析を行った。その結果、涵養池から地下水流向下流側に約 390m 離れた井戸では、処理水の約 35%程度とな

る濃度のカルバマゼピンが検出された。同方向に 900m 離れると約 9%となる濃度まで低減し、1km 以上離れた井戸では検出下限値 (0.36ng/L) 以下であった。また、検出された井戸でも地下水涵養の停止後には濃度が漸減する傾向を示した。 $\delta^{15}\text{N}$  は窒素の由来を推定する指標で、カルバマゼピンと同様に涵養池の下流で再生水の影響を示したが、涵養終了後にカルバマゼピン濃度が低下しても  $\delta^{15}\text{N}$  の値が高くなる井戸が存在したことから、再生水以外に窒素発生源の存在する可能性があると考えられた。 $\delta^{15}\text{N}$  が高い値を示すのは尿あるいは畜産排水等を由来とする窒素であるが、今回の調査では再生水以外の発生源は不明であった。以上より、地下水質への再生水の影響を評価するうえで、涵養水量の増減による影響が見られたカルバマゼピンと  $\delta^{15}\text{N}$  を指標として用いることの有効性が示唆された。

### 【成果の発表】

- 1) 西村 峻介, 小越 眞佐司, 下水処理水再利用のエネルギー評価シミュレーション, 下水道研究発表会講演集, 2011, 473-475.
- 2) 小越 眞佐司, 西村 峻介, 再生水利用による CO<sub>2</sub> 削減効果の定量化, 第 45 回日本水環境学会年会, 2011, 404.
- 3) 宮本 綾子, 西村 峻介, 小越 眞佐司, 再生水の地下浸透における地下水への影響評価, 下水道研究発表会講演集, 投稿中

表 1 利用水量 (m<sup>3</sup>) あたりの CO<sub>2</sub> 排出量

循環方式	対象施設	LC-CO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )			運用段階のCO <sub>2</sub> 排出量(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )		
		(再生処理)	(送水)		(再生処理)	(送水)	
広域循環	下水再生施設+再生水送水施設	0.487*	0.168*	0.319	0.288	0.168	0.154
	ビルA	0.618	0	0.618	0.469	0	0.469
個別循環	ビルB (回分法+砂ろ過)	1.421	1.008	0.413	0.9	0.697	0.203
	ビルC (加圧浮上+MBR)	3.855	1.448	2.407	3.202	0.895	2.307

\*下水再生施設の建設段階の CO<sub>2</sub> 負荷量は含まれていない。

### 【参考文献】

- 1 「再生水水利用による地球温暖化の緩和策としての効果の検討について」、国土交通省  
<http://www.mlit.go.jp/common/000033103.pdf>, 参照 2012 年 6 月
- 2 「水道統計 (平成 18 年度)」(社) 水道協会

# 膜処理技術適用型施設における維持管理の基準化

Operation and management standardization of membrane treatment technology in municipal wastewater treatment plants

(研究期間 平成 23 年度)

下水道研究部 下水処理研究室  
Wastewater and Sludge Management Division  
Water Quality Control Department

室長	小越 眞佐司
Head	Masashi OGOSHI
研究官	藤井 都弥子
Researcher	Tsuyako FUJII
研究官	西村 峻介
Researcher	Shunsuke NISHIMURA

Membrane Bioreactor (MBR) is becoming an international standard in sewage treatment. It can remove most suspended solids and bacteria in wastewater and is easily implemented into existing facilities. However, during operation and maintenance, chemical cleaning is required to prevent membrane fouling. This temporarily reduces the water quality and consumes time and energy. In order to identify the best chemical process, this study analyzed the water quality and biological activity of a full scale MBR before and after different chemical cleaning processes. The results revealed that intermittent aeration during cleaning and partial cleaning of membrane units are needed.

## [研究目的及び経緯]

下水道において国際標準的膜適用技術である膜分離活性汚泥法（以下、「MBR」という。）は、従来の下水処理法で固液分離機能を担っていた最終沈殿池が不要になることや生物反応槽内の MLSS を高濃度化し、処理効率があげられるため、施設全体をコンパクトにすることができる。また、微細な孔径を持つ膜で固液分離を行うことため、病原微生物が除去でき、清澄で安全性の高い処理水が得られる。さらには、窒素・りん等の富栄養化原因物質の除去に関しても、硝化・脱窒工程の導入や凝集剤の併用により容易に対応できる処理方法であることから、高度処理化促進の面からも普及が望まれる技術である。

施設管理においては、日常の運転管理を自動制御できる部分が多いため、遠隔管理による無人化や週に数回の巡回点検で管理が可能である。一方、膜表面の目詰まりを防止するために常時曝気を行う必要があることから相当の電力が必要となる。また、曝気では防除できない膜面付着物や膜内部の汚れにより膜の透過性能が低下した場合には、定期的な薬品による洗浄や膜を生物反応槽から引き上げ、付着物等の除去作業を行う必要がある。これらの作業は、一部、自動化されている部分もあり、頻度は低いものの、相応の労力が必要になる。そのため、MBR の運転においては、電力消費量の低減及び膜洗浄の効率化・省力化が大きな課題となっている。また、過年度調査結果より、薬品による膜洗浄後に、一時的な処理水質の悪化が生じる場合

のあることが確認されている。

そこで、本調査では、洗浄後に処理水質の一時的な悪化が確認された実施設において、洗浄方法に関する聞き取り調査及び洗浄前後における水質分析等の現地調査を行い、最適な洗浄方法に関する検討を行った。

## [研究内容と結果]

MBR 施設である A 処理場において、薬品洗浄による処理水質の悪化の程度、生物活性への影響を把握するための調査を実施した。調査内容は、洗浄前後で好気槽の活性汚泥を採取し、遠心分離及びろ紙濾過の前処理を行うことで試料水とし、水質分析を行った。また、流入水質の変動による影響を考慮するため、薬品洗浄を行っていない系列においても、処理水の分析を行った。生物活性への影響把握は、洗浄系列の混合液を対象に酸素利用速度試験を行った。調査期間は、洗浄前 24 時間から洗浄後 48 時間までの 72 時間とした。調査対象とした MBR 施設の概要及びインライン洗浄方法を表-1 に示す。洗浄前後の水質変動を図-1、酸素消費速度試験結果を図-2 に示す。

調査の結果、S-BOD、NH<sub>4</sub>-N は、洗浄直後に急上昇する傾向がみられ、S-T-P については、洗浄中から上昇する傾向が見られた。また S-BOD は洗浄後約 12 時間、NH<sub>4</sub>-N 及び T-P は約 18 時間後まで影響が残ることが確認された。S-BOD 及び NH<sub>4</sub>-N については、洗浄に用いられた薬液（次亜塩素酸ナトリウム）が洗浄中に、膜周辺の活性汚泥と接触し細胞膜を破壊するた

表-1 薬品洗浄の概要

薬品の種類		次亜塩素酸 Na
次亜濃度	%	0.6
膜の種類		平膜
曝気停止時間	時間	3.5
薬液排水時間	時間	0.75
膜面積	m <sup>2</sup> /枚	0.8
膜面積あたり薬注量	L/m <sup>2</sup>	3.75
膜面積あたり次亜量	g・次亜/m <sup>2</sup>	23
MLSS	mg/L	12,000
単位汚泥あたり薬注量	L/g-SS	3.5
単位汚泥あたり次亜量	g・次亜/g-SS	21

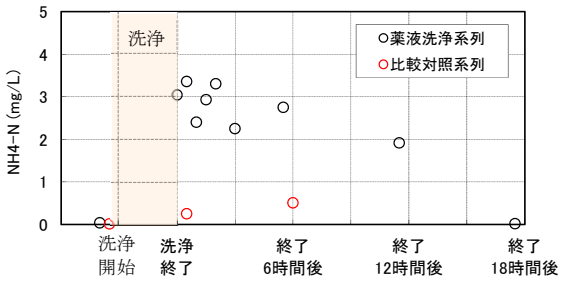
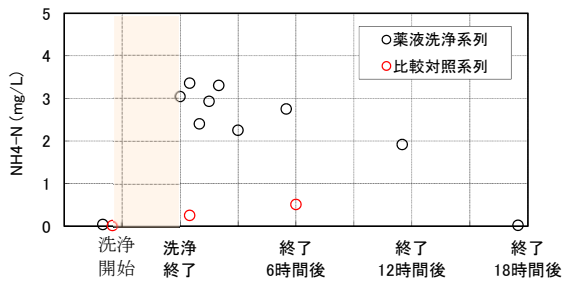
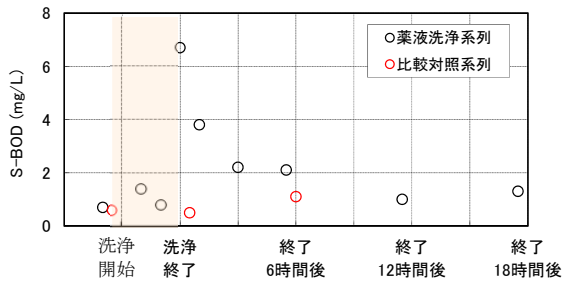


図-1 洗浄前後の水質変動

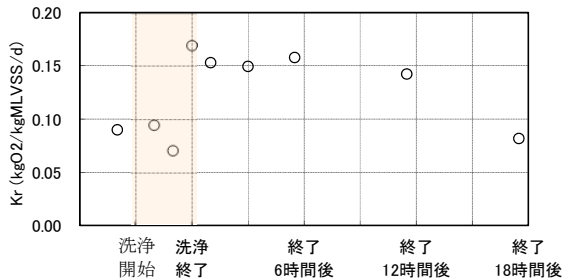


図-2 洗浄前後の酸素消費の変動

め、BOD 源となる内容物が溶出した後に、曝気再開に

よって反応槽全体にその影響が行き渡った結果と考えられる。T-P については、細胞内容物の溶出に加えて、洗浄中の曝気停止により反応槽内が嫌気化し、PO<sub>4</sub>-P が吐き出された影響も考えられる。そのため、薬品洗浄直前の混合液を採取し、一定時間静置後したもの対象に、バッチ実験を行った。静置時間は実施設の洗浄時間と同様 3.5 時間とした。結果を図-3 に示す。

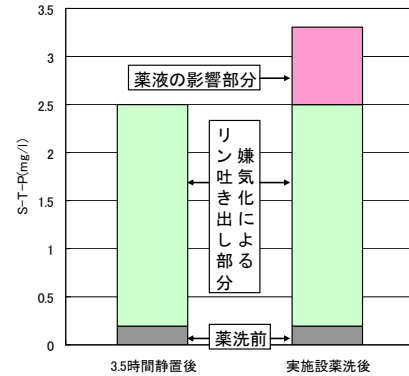


図-3 バッチ実験と薬品洗浄の比較

S-T-P 濃度の上昇幅はバッチ実験が 2.3mg/L であったのに対し、実施設では 3.1mg/L であったことから、薬液の影響部分が 3.3-2.5=0.8mg/L であったと推定できる。これにより、実施設における S-T-P の上昇は、薬液の影響よりも嫌気条件下における PO<sub>4</sub>-P の吐き出しによる部分の方が大きいことが推定された。

また、酸素消費速度(Kr)については、当初、薬品の影響により生物活性が低下し、減少すると想定していたが、洗浄直後に上昇する傾向がみられた。これは、薬液洗浄により活性汚泥全体の能力は低下せず、むしろ洗浄後に有機物や NH<sub>4</sub>-N 濃度が高くなることで、これらを酸化するため酸素消費活性が高まっている状態にあると考えられる。したがって、処理水質の悪化傾向が見られるのは、活性が高まって溶出した有機物や NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P を処理しきれないためと考えられる。

以上の調査結果より、反応槽内の全ての膜ユニットを一度にインライン洗浄するのではなく、分割して洗浄を実施することや、薬品注入後の静置時間中に、補助散気装置等による間欠曝気を行うことで、洗浄後の水質悪化を抑制することができる可能性が示唆された。これは、インライン洗浄のみならず、膜ユニットを引き上げて薬品に浸漬し洗浄する場合でも同様であり、反応タンク内の嫌気化を防止することで、処理水質への影響の軽減、洗浄後の曝気再開時における臭気発生抑制に繋がるものと考えられる。

本研究成果は、「下水道への膜処理技術導入のためのガイドライン」の改定に向けた検討資料として活用される予定である。



## 地域における資源・エネルギー循環拠点としての下水処理場の技術的ポテンシャルに関する

### 研究

Research on the potential of wastewater treatment plants as a base of material and energy circulation

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 23 年度～)  
室 長 小越 眞佐司  
主任研究官 小川 文章  
研 究 官 藤井 都弥子

#### [研究目的及び経緯]

地域の大規模公共施設である下水処理場において、周辺地域で発生するバイオマス等を取り込み、資源・エネルギー循環利用技術を複合的かつ一体的に運用することは、温室効果ガス排出量の削減を図る上で大きな効果が期待できる。このため、下水処理場における各種資源エネルギー循環利用技術の適用性等の技術的評価、技術的課題及び改善策、事業実施における目標設定及び効果予測の定量化手法等について整理するとともに、事業のフィージビリティの検討方法、ケーススタディのためのシナリオ設定の考え方等について示し、ガイドラインとしてとりまとめ、広く周知していくことが必要である。

本研究は、下水中の資源やエネルギーの利用可能性及び循環利用技術を評価し、下水処理場を核とした、地域における資源・エネルギー循環の実現に向けたシナリオの提示をするとともに、下水処理場における資源・エネルギー循環利用技術のガイドラインとしてのとりまとめを通じ、下水処理場における資源・エネルギー循環利用技術の導入を推進することを目的としたものである。平成 23 年度は、すでに実施されている複数の下水資源・エネルギー有効利用事業について、実施主体、事業特性、事業ごとの課題等の整理を行った。また、資源利用事業の実施を検討する際の各種要件の相互影響度や解決困難度について、下水道事業者に対するアンケート調査を実施した結果、「固形燃料の製品としての流通経路」と「事業実施費用の代替手段に対する経済的メリット」が事業化を検討する際の大きな影響因子となっていること等が明らかとなった。

## 下水処理施設における新たな衛生学的指標導入に関する検討

Introduction the new hygienic index for wastewater treatment plant

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 23 年度～)  
室 長 小越 眞佐司  
研 究 官 藤井 都弥子  
研 究 官 對馬 育夫

#### [研究目的及び経緯]

現在、下水処理場からの排水に関する衛生学的項目として大腸菌群数が用いられているが、土壌由来の細菌や環境中で増殖する細菌も含むなど、糞便性汚染を示す指標としては問題があることが指摘されている。環境基準（生活項目）についても、糞便性汚染の指標を大腸菌数に変更するための調査が始められていることから、放流先の水環境への影響を考える上で下水処理水中の大腸菌数の実態把握を行う必要性が高まっている。本研究は、下水処理水放流先の衛生学的な安全性を確保するため、新たな衛生学的指標導入に関する調査、検討を行うものである。

平成 23 年度は、関東地方の下水処理場を対象として、複数の測定方法、培地を用いて大腸菌数、大腸菌群数を測定し、測定方法や培地ごとの特徴について比較整理を行った。

## 下水道革新的技術実証事業

Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 23 年度～)  
室 長 小越 眞佐司  
主任研究官 小川 文章  
研 究 官 藤井 都弥子  
部外研究官 井口 斎

### **[研究目的及び経緯]**

エネルギー需要の逼迫や地球温暖化の進行等を踏まえ、下水道事業においても革新的技術による創エネルギー化・省エネルギー化等を推進する必要性が高まっている。また、革新的技術のノウハウ蓄積や一般化・標準化等を進めることにより、水ビジネスの国際競争力を強化していくことが求められている。

本研究は、下水道における低炭素・循環型システムの構築のため、下水汚泥のエネルギー利用、下水熱利用、下水処理にかかる革新的技術等について実規模レベルの施設を設置して技術的な検証を行い、ガイドラインとしてのとりまとめを行うものである。平成 23 年度は、大阪市、神戸市の下水処理場敷地内に実証施設を設置し、建設コスト、維持管理コストの低減、温室効果ガスの削減効果等に関する実証試験を行った。

## 下水道資源有効利用の推進に関する調査

Promotion of utilization of sewage sludge and treated wastewater

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 19 年度～)  
室 長 小越 眞佐司  
主任研究官 小川 文章  
研 究 官 對馬 育夫

### **[研究目的及び経緯]**

資源・エネルギーの消費に伴う環境負荷の増大により、地球温暖化が進行しているとされている。バイオマス等の積極的な利用は地球温暖化対策の一つとして期待されており、下水道は下水汚泥・下水処理水などの資源・エネルギーポテンシャルを有しているが、資源・エネルギーとしての利用は限られている。また、下水道は循環型社会の社会基盤として、健全な水及び資源循環の創出を図っていく必要がある。このため、下水道の有する資源回収・供給機能を積極的に活用するための施策展開が必要であり、施策の方向性の検討や実施状況のフォローアップ、見直しに必要となる下水道資源有効利用の実施状況に関するデータベースの構築が求められている。

当研究室では、全国を対象とした継続的な下水道資源有効利用の実施状況データの蓄積を行い、さらに汚泥リサイクル率・下水道バイオマスリサイクル率などのとりまとめを行っている。本年度は、全国の下水処理場 2,161 箇所に対して、平成 22 年度における下水道資源有効利用の実績についてアンケート調査を行い、情報整理を行った。

## 生物処理過程における N<sub>2</sub>O 発生抑制手法に関する検討

Investigative research on inhibition of nitrous oxide emission in biological treatment process

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 19 年度～)  
室 長 小越 眞佐司  
研 究 官 宮本 綾子  
研 究 官 對馬 育夫

### [研究目的及び経緯]

現在把握されている下水道の使用に伴い排出される温室効果ガスのうち、施設運転のために使用される電力や重油等による CO<sub>2</sub> は全体の約 50% を占め、下水処理・汚泥焼却・汚泥埋立の際に排出される CH<sub>4</sub> や N<sub>2</sub>O が残りを占める。このうち、汚泥焼却過程で排出される N<sub>2</sub>O に関しては、焼却炉を高温化 (800℃→850℃) することで約 60% の N<sub>2</sub>O 排出量を削減することが知られており、そのための対策が進められている。また、汚泥埋立から排出される CH<sub>4</sub> に関しても、下水汚泥の有効利用を推進していく中で、下水汚泥の埋立量を減少させていく方針が策定されている。一方、下水処理過程で発生する温室効果ガスは全体の 11.9% (CO<sub>2</sub> 換算) を占めており、決して無視できる数値ではないが、未だ明確な対応策が講じられていない。本研究では、標準活性汚泥法や膜分離式活性汚泥法等の処理プロセスが異なる下水処理施設を対象に 24 時間の現地調査を行い、N<sub>2</sub>O 発生量の把握を行った。

## 放射性物質で汚染された下水汚泥に関する調査および検討

Investigative study on sewage sludge contaminated by radioactive materials

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 23 年度～)  
室 長 小越 眞佐司  
研 究 官 對馬 育夫

### [研究目的及び経緯]

福島第一原子力発電所事故に伴い飛散した放射性物質が東北・関東を中心とする多くの下水処理施設に深刻な影響を与えている。地表に降下した放射性物質が下水道を介して下水処理施設へ流入するため、下水汚泥等から濃縮された放射性物質が検出されている。通常、下水汚泥は約 8 割がセメント化等に有効利用され、残りが埋立処分されるが、放射性物質を含むこれらの下水汚泥は有効利用も埋立処分も行うことができず、12 都県において約 83,000t の下水汚泥が保管されている (12 月時点)。

国総研では、下水処理プロセスにおける放射性物質の挙動調査を行うとともに、放射性物質を含む下水汚泥の安全な取扱に関する検討を行った。その結果、流入下水中に含まれる放射性物質は雨天時に高濃度になることが確認された。また、下水処理場内に流入した放射性物質は主にエアレーションタンクにおいて保持されていること、汚泥濃縮過程で、9 割以上の放射性物質が濃縮汚泥に移行することを明らかにした。また、下水汚泥の安全な取扱に関しシミュレーションを実施し技術的な対策手法を提示した。