

4 下水道研究部

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 Stock Management Approach to Sewers

(研究期間 平成 22~24 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	末久 正樹
Researcher	Masaki SUEHISA
部外研究員	野澤 正裕
Guest Research Engineer	Masahiro NOZAWA

Japan has invested heavily for the expansion of sewer network since the 1960's. Aging problems are appearing for the early laid sewers. As a result, annual road cave-in caused by sewer reached to more than 4,000 cases in recent years. Our research developed the methodology for innovate stock management.

[研究目的及び経緯]

ストックマネジメントは、良好な施設状態を維持しながら、施設全体に対するライフサイクルコストの最小化を図り、合理的な改築・修繕等の計画策定を可能にさせ、さらに予算の平準化や優先度を考慮した事業計画を策定することで財政制約下での下水道事業経営の健全化を実現させることが可能な一手法である。

現在、下水道管きよの総延長は約 44 万kmとなっており、この膨大な下水道施設資産にストックマネジメント手法を導入することで、効率的かつ効果的な維持管理計画の立案並びに下水道経営の健全化が推進されることが期待される。本研究では、ストックマネジメント手法の導入に向けて、劣化予測や低廉な点検技術の開発、工事品質の確保に向けた基準作成を行ってきた。以下に本研究の内容を示す。

[研究内容]

1. 効率的な管きよ調査頻度の検討 (平成 22~23 年度)

ストックマネジメントの導入及び道路陥没等の未然防止には、長大な管きよストックを効率よく点検調査し、既設管きよの健全度を把握する必要がある。

本研究では、厳しい財政下において膨大な管きよストックを効率よく調査するための調査頻度の考え方について検討した。

2. 管きよ劣化データベースの公開 (平成 23 年度)

過年度に公表した健全率予測式のバックデータとなる、全国から収集した TV カメラ調査結果及び下水道

台帳データの一部をデータベース化し、『管きよ劣化データベース』(以下、劣化 DB)として 2011 年 9 月に公開した。¹⁾

3. 塩化ビニル管の劣化診断の標準化

(平成 22~24 年度)

ストックマネジメントを導入する上で、適切な調査の実施により既存の管きよの劣化状況を正しく評価することが重要である。一方、管きよ残存延長の約 6 割を占める塩化ビニル管については、他の管種と比べ不具合に関する知見が少なく、劣化メカニズムが不明であることから、既往の劣化診断手法では正確な評価が困難となっている。本研究では不具合事例の収集や実証実験により、塩化ビニル管の不具合の実態把握、破壊時の挙動を解明し、塩ビ管の判定基準(案)の作成を行った。

4. 下水道管きよ更生工法 JIS 規格原案の作成

(平成 23~24 年度)

更生工法は管路施設の長寿命化を図る上で今や不可欠な技術となっている。一方で、更生管きよは現場で製品を加工し構造物とする現地製作物であることから、品質確保においては、材料(規格・特性等)と施工技術が現地条件に適合し、適切に施工されることが最も重要である。本研究では更生工法の品質確保に向け、既存の団体規格や ISO 規格をもとに、工法ごとに工場段階、施工段階における要求性能を整理し、国内基準(JIS 規格)原案の作成を行った。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 効率的な管きょ調査頻度の検討

管きょの重要度に応じたメリハリのある調査頻度の設定手法について検討した。調査頻度は、管きょ1スパン毎の重要度及びリスクの大きさに応じ、布設経過年数と管きょ延長当たり道路陥没件数の傾向、過年度研究で得られた信頼性重視保全(RCM)の考え方に基づく調査頻度、健康寿命の算定結果に基づき設定した。

表-1 調査頻度の設定例

管きょ重要度	完成検査時	初回調査	2回目調査	3回目以降	RCM
重要な幹線	0年	10年に1回			1回/10年
その他の幹線	0年	15年経過時	40年経過時	以後15年に1回	1回/15年
上記以外(枝線)	0年	30年経過時	以後20年に1回		1回/30年
健康寿命		13~20年 (緊急度Ⅲ発症)	40~48年 (緊急度Ⅱ発症)	57~62年 (緊急度Ⅰ発症)	

2. 管きょ劣化データベースの公開

劣化DBは、8政令市4中核市における下水道台帳データとTVカメラ調査データを集約した結果である。DBに含まれる項目は、管きょ情報(経過年数・管径・管種・取付管本数等)及び劣化情報(腐食・たるみ・破損・クラック・継手ズレ・浸入水等)である。劣化DBの活用により、管きょの敷設条件や管種等の個々の特性に配慮した、事業体固有の予測式の作成が可能となり、調査頻度の検討と併せて適切な事業体の既設管きょの維持管理計画や改築更新計画の策定、あるいは精度の良い改築事業量予測の実施に役立つことが期待される。

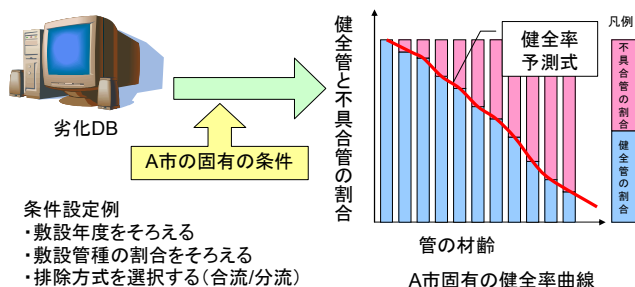


図-1 劣化DBの活用例(健全率予測式の作成)

3. 塩ビ管の劣化診断の標準化

塩ビ管の劣化診断に必要な判定基準を作成するため、不具合事例の収集及び発生傾向分析を行うとともに、判定のための基準値を明確にするための不具合を有する塩化ビニル管の性能試験・CAE解析を実施した。

これらの結果を基に塩化ビニル管の判定基準(案)を作成した。判定基準(案)では、従来の鉄筋コンクリート管の判定基準に代わり、軸方向に発生するクラックや塩化ビニル管特有の事象である扁平、変形の評価

方法を新たに盛り込んだ。本研究で作成した塩ビ管の判定基準(案)については、現在改定中の下水道維持管理指針²⁾への反映を提案中である。

4. 下水道管きょ更生工法JIS規格原案の作成

学識者、更生工法メーカー、自治体等からなる下水道管きょ更生工法JIS規格検討委員会を立ち上げ、下水道管きょ更生工法JIS規格原案の作成を行った。

管きょの非開削修復技術である更生工法に関しては、ISO/TC138/WG12により国際基準であるISO11295が平成22年に、ISO11296シリーズが平成23年に制定されている。本規格原案はこれらの国際規格を1つの規格にまとめるとともに、耐震性能等の日本国内における諸条件等を取り入れて作成したものである。

現在ISO規格化されていない組立管の要求性能、更生管の設計手法についても、国内の考え方をもとに、ISOに先んじて規格化しているのが特徴である。

本研究で作成したJIS規格原案については、国土交通省、経済産業省の共管によりJIS規格としての策定手続きが進められる見込みである。JIS規格として策定されることにより、更生工法の国内技術力のスパイラルアップ、国内環境に適合しない海外製品の流入防止、国内企業の海外進出の促進が期待される。

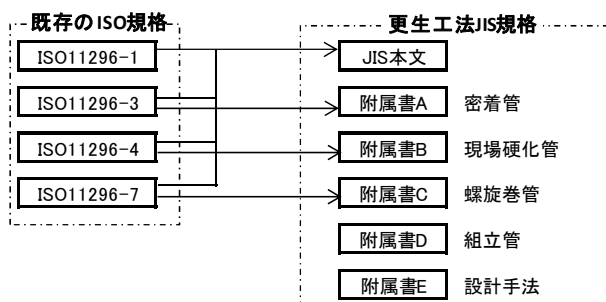


図-2 JIS規格の構成

[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、各種指針、JIS規格等に反映されることで、予防保全型管理の実現の一助になると考える。また、劣化DBについては、平成23年9月に研究室HPで公開後、約800ダウンロードを記録し、自治体及びコンサルタント、大学等研究者各位に広く利用されている。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所下水道研究室 HP : <http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>
- 2) (社)日本下水道協会：下水道維持管理指針—2003年版一、平成15年8月

都市雨水対策の推進に関する調査

Research on Promotion of Countermeasures for Urban Stormwater

(研究期間 平成 22～24 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

In recent years, heavy rainfalls of 50 mm/h or more and heavy rainfalls concentrated into short time spans on the order of 10 min have occurred more frequently throughout Japan. In order to promote the effective countermeasures for urban stormwater, we researched the specific measures that are suitable for each district, and optimal planning methods of the countermeasures.

〔研究目的及び経緯〕

近年、日本各地において時間 50mm 以上の豪雨、さらには 10 分間程度の短時間に集中する豪雨の発生が頻繁に見られるようになってきている。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、既存の浸水対策のみでは対応できなくなる可能性がある。

本調査では、豪雨増加が既存の浸水対策に与える影響を検討するとともに、降雨特性や流域特性に応じた効果的な浸水対策について整理した。また、将来的な豪雨増加への対応として複数の浸水対策の組合せを検討する上でニーズが高まると考えられる不定流解析モデルのメリット・デメリットなど、都市雨水対策計画策定手法の課題点・改善点について整理した。

〔研究内容〕

1. 豪雨増加が既存の浸水対策に与える影響評価

全国 57 気象台における毎年最大降雨強度の 50 年間のデータ（1960～2009 年）を用いて、気象台ごとに 5 年・10 年確率の 10 分・60 分間降雨強度の 50 年間の増加率を算出することで、全国的な豪雨の変化傾向を推定した。その結果を踏まえて、10 分・60 分間降雨強度が増加したときの降雨シナリオを設定し、実排水区の 3 地区を対象に浸水シミュレーションによるケーススタディを実施して、豪雨増加が各地区での既存の浸水対策に与える影響を評価した。

2. 降雨特性や流域特性に応じた浸水対策の検討

10 分・60 分間降雨強度が増加した場合について、浸水対策の効果発現性や実行可能性の観点から、降雨特性や流域特性に応じた浸水対策手法を定性的に類型化

した。また、排水面積が異なる 2 つの仮想排水区を用いたシミュレーションを実施し、各地区の浸水要因に応じた浸水対策内容について定量的に整理した。

3. 都市雨水対策計画策定手法の課題点・改善点の整理

不定流解析モデルの適用事例やメリット・デメリット等を整理するために、政令指定都市、中核市など 24 自治体を対象としたアンケート調査等を行った。この結果を踏まえ、合理式ベースの手法（合理式、合理式合成法等による施設計画手法）と不定流解析モデルを用いた手法（浸水シミュレーションを活用する手法）を対象に、対策検討の内容に応じた設計手法の最適選択方法を検討した。

〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 豪雨増加が既存の浸水対策に与える影響評価

全国的には 50 年後の 5 年又は 10 年確率の 10 分・60 分間降雨強度が、現在のそれらに対して最大で 1.3～1.4 倍程度（95 パーセンタイル値）に増加すると推定された。これを踏まえて実施したケーススタディでは、表-1 に示す通り、10 分・60 分間降雨強度が増加した場合、浸水深 20cm 以上の面積が 4～9%増加と予測されるケースが見られた。また、広域的に雨水排除能力が不足している場合や、枝線の排水能力が原因で局所的に浸水が生じている場合等、各地区の浸水原因に応じた対策が必要であると示唆された。

2. 降雨特性や流域特性に応じた浸水対策の検討

1. の結果をベースに設定した表-2 の降雨シナリオを対象に、浸水対策の効果発現性や実行可能性の観点から浸水対策手法を類型化した。雨水調整池、貯留管

表-1 豪雨増加が既存の浸水対策に与える影響評価

地区名 (): 排除方式		X地区(合流)	Y地区(分流)	Z地区(合流)
シミュレーション対象面積		約3,350 ha	約62 ha	約1,900 ha
流出係数		約0.45	約0.60	約0.82
シミュレーション対象60分間降雨強度・10分間降雨強度		34.3・87.1 mm/hr	50.0・109.5 mm/hr	53.4・114.6 mm/hr
浸水対策の形態		流下幹線整備中心	貯留池整備併用	貯留幹線整備併用
既存降雨強度での浸水シミュレーション状況		一部開水路確保	一部開水路確保	満管(管頂レベル超)
既存降雨に対する浸水深20cm以上の 浸水面積増加率 (): 主な浸水集中域	10分間降雨強度30%増	0.7%	6%(上流部)	0.4%
	60分間降雨強度30%増	7%(中流部)	0%	7%(全体的)
	10分・60分間降雨強度30%増	9%(中流部)	6%(上中流部)	4%(全体的)

表-2 降雨シナリオの設定

		降雨シナリオ A	降雨シナリオ B	降雨シナリオ C
対象 降雨	10分間降雨強度	計画超過	計画内	計画超過
	60分間降雨強度	計画内	計画超過	計画超過
計画超過降雨の特性		<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨継続時間は短い ● 10分降雨強度が強い ● 総降雨量は少ない ● 降雨区域は局所的 	<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨継続時間は長い ● 60分降雨強度が強い ● 総降雨量は多い ● 降雨区域は広域的 	<ul style="list-style-type: none"> ● 降雨継続時間は長い ● 10分・60分降雨強度が強い ● 総降雨量は多い ● 降雨区域は広域的
想定される降雨		局所的な短時間集中豪雨	これまでの下水道整備水準(60分間雨量)を越える豪雨(台風など)	既往最大降雨など、これまでの下水道整備水準を大きく越える集中豪雨
想定される主な浸水原因		枝線の流下能力不足	幹線の流下能力不足	排水域全体の流下能力不足

表-3 対策検討の内容に応じた設計手法の最適選択案

対策検討の内容	雨水管きよのみの対策				雨水管きよに貯留・浸透対策等の組合せ			
	単純管網		分水等複雑管網		組合せ対策は単体		組合せ対策は複数	
	自由水面確保	圧力状態許容	自由水面確保	圧力状態許容	自由水面確保	圧力状態許容	自由水面確保	圧力状態許容
最大計画雨水流出量の算定におけるピーク時の水位の基準	合	合	モ(合)	モ	合	モ	モ	モ
【既存施設のモデル化】 現状雨水排水特性の再現、現況施設の能力評価	合	合	モ(合)	モ	合	モ	モ	モ
【新規対策施設の立案】 対策手法の選定、施設規模・概略構造検討、施設配置計画	合	合	合	合	合	モ*	合	モ*
【対策効果の評価】 新規対策施設設置による浸水解消効果の確認、施設計画の確定	合	合	モ	モ	合	モ	モ	モ

※合:合流式ベースの選択を推奨、モ:不定流解析モデルの選択を推奨、():適用可、モ*:合理式による概略評価を行った後不定流モデルによる立案を行う方法を推奨

等のピークカット型の対策や、増補管、バイパス管等の排水能力アップの対策は、いずれの降雨シナリオにも効果的と評価された。降雨シナリオ A に対しては道路雨水ます蓋のグレーチング蓋への取替え等、降雨シナリオ B に対しては大規模幹線のネットワーク化、ポンプ場の新設・増設等が有効な対策として挙げられた。

排水面積が異なる2つの仮想排水区を用いたシミュレーションの結果、枝線排水域レベルの区域や短時間豪雨に対してはピークカット型の貯留施設が効果的であり、幹線排水域レベルの区域で長時間続く豪雨に対しては排水域全体のレベルアップとして、流下施設、貯留施設等の対策施設を組み合わせる面的に対策して排水能力を上げることが重要であることが示された。

3. 都市雨水対策計画策定手法の課題点・改善点の整理

政令指定都市、中核市など24自治体を対象としたアンケート調査等では、各自治体の都市雨水対策計画策定事例に関する情報として、不定流解析モデルの適用事例やメリット・デメリットをはじめ、浸水対策計画の目標や基準等に関する情報を収集した。

浸水対策の計画目標については、計画降雨のレベルアップを考えている自治体が大半であり、最大計画雨水流出量の算定におけるピーク時の水位の基準については、状況に応じて管きよの自由水面確保と圧力状態許容を使い分けている自治体が見られた。

下水道による浸水対策施設の規模や配置等を立案するための手法としては、合理式ベースの手法が従前から用いられている。しかし、既存施設の有効利用・超過降雨時対応策・段階的整備手法の検討などでは、不定流解析モデルを用いた手法の適用が近年増えてきている。不定流解析モデルを用いた手法は、複雑な条件の解析が可能となり、複合的・効果的な対策立案が可能となる反面、モデル構築・計算に相当の時間・技術・費用が必要、客観的な判断・審査が困難等のデメリットがある。これらを踏まえ、表-3に示す通り、対策検討の内容に応じた設計手法の最適選択案を作業手順ごとに整理した。例えば、単純な雨水管きよのみの場合は合理式ベースの手法が有効であり、雨水管きよに貯留・浸透対策などを組み合わせる場合、特に管きよの圧力状態を許容する場合は、不定流解析モデルを用いた手法が有効であるケースが多い。本調査で示した考え方に基づく各手法の利点を活かした設計手法の選択が、今後の適正かつ効率的な都市雨水対策計画策定に資すると考えられる。

【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都市雨水対策計画を策定・変更する際の検討材料として活用可能である。

南海トラフ連動型地震における下水道施設の復旧方法に関する研究

Research about recovery assistance for sewage treatment facilities against Nankai Trough Quake disaster

(研究期間 平成 24 年度～)

下水道研究部 下水道研究室

室 長	横田 敏宏
主任研究官	深谷 涉
研 究 官	松橋 学

[研究目的及び経緯]

近い将来発生が懸念される南海トラフ巨大地震では、関東から九州の広範囲にわたる下水道施設に甚大な被害が生ずることが想定される。本研究は、被災後の迅速かつ適切な支援体制を構築するための必要人員等の把握を目的とし、中央防災会議における被害想定に基づき下水道施設の被害規模の推定を行うものである。

本年度は、兵庫県南部地震及び新潟県中越地震、東日本大震災における被災延長、自治体毎の平成 9 年度以前施工の管きょ延長などを基に南海トラフを震源とする地震・津波による下水道管路施設の被害想定を実施した。その結果、都道府県ごとの被災処理場数、管きょ被災延長を推定するとともに、管きょ被災時の支援規模を推定した。

下水道施設の液状化・津波対策技術に関する調査

Research about countermeasures for sewage treatment facilities against liquefaction and tsunami

(研究期間 平成 24 年度～)

下水道研究部 下水道研究室

室 長	横田 敏宏
主任研究官	深谷 涉
研 究 官	松橋 学

[研究目的及び経緯]

本研究は、地震発生時に下水道施設の耐震・耐津波性能を確実に発揮させるため、東日本大震災で明らかとなった知見に基づき、液状化及び津波に対する対策技術の検討を行うことを目的とする。

本年度は、下水道地震・津波対策技術検討委員会で問題点が指摘された下水道管きょの埋戻し土の締固め工法について施工管理に関する問題点を把握するため、品質に影響を与えるパラメータをアンケート及び文献より抽出した。抽出したパラメータの影響度については、試験的な施工を実施し、締固め度等の計測及び転圧時の埋設管きょの挙動を把握した。また、津波襲来時に構造物にかかる浮力の挙動を把握するための実験を実施し、砂地盤の締固め度に応じた浮力の変化を把握した。

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 涉
研 究 官	松橋 学
室 長	原田 一郎
研 究 官	宮本 綾子
研 究 官	浜田 知幸

[研究目的及び経緯]

平成 23 年度末の下水処理人口普及率は約 75.8%(岩手県、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い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 24 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、「工場製作型極小規模処理施設(接触酸化型)」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了承を得た。加えて、「工場製作型極小規模処理施設(膜分離型)」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。

適正な汚水処理手法可能性(FS)に関する検討業務

Research on Sustainability of management methods of wastewater treatment facilities

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 24～26 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]

本研究は、持続的な下水道経営に資する、低コスト型の下水道整備手法及び維持管理手法を確立することを目的とする。

本年度は、厳しい地方財政を前提とした投資可能額を設定し、新しい手段の活用を検討したうえで、どのような下水道事業運営(施設建設及び維持管理等)ができるかを検討する「コストキャップ型下水道」調査に着手し、企業ヒアリング等による低コスト型下水道整備手法及び維持管理手法の情報収集、及びこれらの手法等を取り入れたモデル自治体におけるコストキャップ型下水道計画の検討を実施した。この中で、低コスト型の下水道整備手法等を導入した場合の下水道整備等に掛かるコスト縮減額、経営シミュレーションにより算定する一般会計繰入金の縮減額や下水道整備期間の短縮度合い、下水道使用料や下水道接続率等を変化させた場合の経営シミュレーション結果より、下水道経営への影響について検討した。

放射性物質による下水汚泥汚染機構と対応指針

Pollution mechanism of sewage sludge by radioactive materials and countermeasures.

(研究期間 平成 24 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	原田 一郎
Head	Ichiro HARADA
研究官	小越 眞佐司
Researcher	Masashi OGOSHI
研究官	對馬 育夫
Researcher	Ikuo TSUSHIMA

The radioactive materials discharged by the Fukushima Dai-ichi nuclear power station accident have flowed into and accumulated in many wastewater treatment plants (WWTPs) via sewer systems of eastern Japan. In this study, the behavior of radioactive materials in a WWTP in Fukushima was investigated to determine the mechanism by which sludge is concentrated during water and sludge treatment processes. In addition, long-term leach experiments were conducted by using radioactive incinerator ash or dewatered sludge cake including radioactive materials.

〔研究目的及び経緯〕

福島第一原発事故に伴い飛散した放射性物質が地表に降下し、下水道を介して、下水処理場に流入するため、東北・関東を中心とする多くの下水処理場において、下水汚泥等から高濃度に濃縮された放射性物質が検出された¹⁾。放射性物質を含む下水汚泥について、原子力災害対策本部は平成 23 年 6 月「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方²⁾」の中で、10 万 Bq/kg 以下であれば、適切な措置を講じることにより埋立処分できるとの方針を示した。しかしながら、8,000 Bq/kg 以下の低濃度の汚染であっても、下水汚泥の受入が進まず、現在 12 都県において約 12 万 t の下水汚泥が処分できず保管され、深刻な問題となっている (2012 年 9 月時点)。

このような状況を踏まえ、国土交通省では (社) 日本下水道協会とともに「下水道における放射性物質対策に関する検討会³⁾」を設置し、国総研が調査・研究を実施した。本検討会の成果は「平成二十三年三月十一日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う原子力発電所の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法 (特措法)」(平成 23 年法律第 110 号) 等の整備、対策の推進に活用された。

本研究室では、昨年度、下水道における放射性物質の挙動調査、下水汚泥の安全な保管や周辺住民の健康影響に関する検討、下水汚泥の溶出試験を行った。今年度は、下水処理場における放射性物質のフォローアップ調査および下水汚泥の長期浸出実験を行った。

〔研究内容〕

1. 下水処理施設における放射性物質の挙動調査

調査は福島県内の合流式下水処理場を対象に行い、流入下水、初沈流入水、初沈流出水、活性汚泥、放流水、生汚泥、余剰汚泥、濃縮汚泥、脱水汚泥、焼却灰、焼却炉等排ガス、返流水等を採取し、水質および放射性ヨウ素、放射性セシウムの濃度測定を試みた。

2. 長期浸出実験

放射性セシウムを含む焼却灰および脱水汚泥を水と長期間接触させた場合の放射性物質の溶出を調べるため、64 日間の長期浸出実験を行った。

〔研究成果〕

下水処理施設における放射性物質の挙動

対象の下水処理場における平成 23 年 7 月から平成 25 年 1 月までの各処理過程における水・汚泥に含まれる放射性セシウム濃度を表 1 に示す。また、図 1 に平成 23 年 7 月調査時の各処理過程における放射能濃度と放射性セシウムの移動量相対値を示す。流入下水には放射性セシウムが合計約 25 Bq/L、生物反応槽活性汚泥には約 200 Bq/L、濃縮汚泥には約 4,200 Bq/kg、脱水汚泥には約 82,000 Bq/kg と汚泥処理過程で脱水されることにより高濃度になっていることが明らかになった。また、濃縮分離液、脱水分離液中に含まれる放射性セシウムもそれぞれ約 120 Bq/L、および約 870 Bq/L と比較的高濃度であった。この量

は、1日当たりの物質移動量を考慮すると、脱水汚泥に移行する放射性セシウムのおよそ1割が水処理系に再循環していることになる。沈殿後水中に含まれる放射性セシウム濃度は約13 Bq/L（浮遊性；1.2 Bq/L、溶解性；12 Bq/L）で、溶解性の放射性セシウムは活性汚泥中とほぼ同程度であったのに対し、浮遊性の放射性セシウムはほとんどがSSとともに汚泥濃縮脱水過程に移行していることが示された。また、BOD等の放流水水質は事故前との差は認められず、原発事故による下水処理（活性汚泥）への影響は認められなかった。

2回目調査時以降、全体的に放射能濃度が低下したが、平成24年度冬季において、脱水汚泥等で散発的な増加が見られたが、長期的には下水処理場内（主に生物反応槽）に蓄積されている放射性物質の量は減少していた。また、本調査ではすべての試料から放射性ヨウ素は検出されなかった。

長期浸出実験

放射性セシウムが約8,000 Bq/kgの焼却灰、約4,000 Bq/kgの焼却灰、約400 Bq/kgの脱水汚泥を用い、長期浸出実験を行った。その結果、全ての系列において、¹³¹I、¹³⁴Csおよび¹³⁷Csは検出されなかった。なお、pHは中性付近で推移していた。焼却灰の組成分析の結果から、セシウムは水への溶解度の低いアルミノケイ酸塩（CsAlSi₂O₆等）の形態となっていることが推測され、中性付近ではほとんど溶出しなかったものと考えられる。脱水汚泥に含まれる放射性セシウムの形態は不明であるが、過去の調査や報告によると、下水中の土壌粒子等の浮遊物質に吸着された状態で存在していると考えられる。土壌鉱物は負電荷の層状構造の層間の空隙に陽イオンであるCs⁺を吸着する性質があると推測され、溶出しなかったものと考えられる。

本実験では焼却灰もしくは脱水汚泥が常時水に接している状態を想定したが、年間降水量を1,500 mmとし、土壌の透水係数を5×10⁻³ mm/secと仮定すると、1,500 mmの水が土壌に浸透するのに要する時間は、年間降水量(mm)÷透水係数(mm/sec) = 約83.3時間と計算される。1年間分の降雨で焼却灰が水と接触する時間を83.3時間とした場合、本浸出実験は約100倍の加速効果がある(365 day×24 h÷86.8 h)。したがって、64日間の本浸出実験は、約6,400日(約17.5年)分に相当し、実際に放射性セシウムを含む焼却灰および脱水汚泥を埋立処分した場合、埋立環境が中性付近である限り、長期的に見ても地下水へ汚染等の影響はほとんどないと考えられる。

表1 放射性セシウム濃度 (Bq/kg または Bq/L)

調査年月	流入下水	初沈流出水	生物反応槽 活性汚泥	放流水	濃縮汚泥	脱水汚泥
平成23年7月	25 (17/8)	37 (25/12)	199 (186/13)	13 (1/12)	4,100	82,000
平成23年8月	5 (2/3)	23 (16/7)	66 (57/7)	8 (0/8)	1,460	22,000
平成24年1月	2.7 (1.8/0.9)	8.3 (3.2/5.1)	178	15.5 (1.5/14.0)	1,050	8,415
平成24年2月	2.6 (1.8/0.8)	31.4 (7.4/34)	162	47.2 (1.2/46)	960	9,700
平成24年3月	1.2 (1.2/0)	1.4 (0.7/0.7)	162 (159/3)	3.5 (1.0/2.5)	1,700	12,000
平成24年11月	0.5 (0.3/0.2)	12.5 (3/9.5)	48	6.4 (0.5/5.9)	1,100	6,900
平成25年1月	4.3 (4.3/0)	3.0 (0.3/2.7)	27.4	5.3 (0.4/4.9)	790	4,400

*括弧内の数字は(浮遊性の放射性セシウム濃度/溶存性の放射性セシウム濃度)

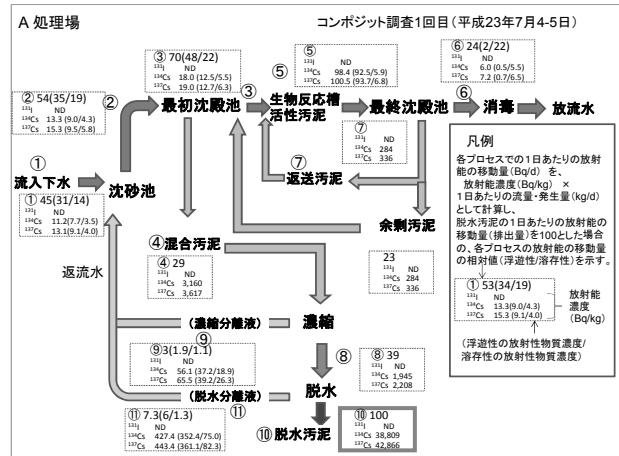


図1 放射性物質の濃度と挙動（湿潤量）

【成果の発表】

- 1) 對馬育夫、小越眞佐司 (2012) 下水処理場における放射性物質の影響と挙動、第49回下水道研究発表会講演集、2012、430-432.
- 2) 對馬育夫、小越眞佐司 (2012) 下水処理場における放射性物質の影響と挙動、第49回下水道研究発表会講演集、2012、439-441.
- 3) 對馬育夫、小越眞佐司、山下洋正、原田一郎 (2013) 下水処理場における放射性セシウムの挙動調査および溶出試験、水環境学会誌、2013、23-28.
- 4) 對馬育夫、小越眞佐司 (2013) 放射性物質を含む下水汚泥を用いた長期浸出実験、下水道協会誌、2013、(受理)

【参考文献】

- 1) 岩崎宏和 (2012) 放射性物質が検出された下水汚泥の対応について、下水道協会誌 49:pp.10-13
- 2) 原子力安全・保安院原子力災害対策本部 (2011) 放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方 (ニュースリリース、2011年6月16日) <http://www.meti.go.jp/press/2011/06/20110616006/20110616006.html> (2013年3月時点)
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部 (2011) 下水道における放射性物質対策に関する検討会 http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000165.html (2013年3月時点)

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

(研究期間 平成 23 年度～)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	原田 一郎
主任研究官	山下 洋正
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 24 年度は、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促進に向けたシナリオ案とガイドライン骨子を作成し、自治体の下水道事業者及びメーカー・発電事業者等に対するヒアリングの結果とあわせて、ガイドラインに盛り込むべき事項を整理した。

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

(研究期間 平成 23 年度～)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	原田 一郎
研 究 官	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 24 年度は、関東地方の下水処理場を対象として流入水、消毒前処理水、消毒後放流水中の大腸菌群数、大腸菌数を測定し、季節や採水時間による菌数の変動状況、消毒効果等について整理を行った。

下水道革新的技術実証事業

Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

(研究期間 平成 23 年度～)

下水道研究部 下水処理研究室

[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、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研究を行い、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 24 年度は、前年度に大阪市、神戸市の下水処理場敷地内に設置した実証施設を用いた実証試験を継続し、水処理・バイオガス回収・発電、バイオガス回収・精製をそれぞれ含むシステムに関する実証研究を行い、ガイドラインとしてとりまとめた。また、長崎市、松山市、大阪市、熊本市及び神戸市の下水処理場敷地内に新たに実証施設を設置し、固形燃料化、下水熱利用、窒素除去、リン回収に関する技術の実証研究を行った。

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

(研究期間 平成 19 年度～)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	原田 一郎
主任研究官	山下 洋正
研 究 官	對馬 育夫
部外研究官	井口 齋

[研究目的及び経緯]

下水道事業は大量のエネルギーを消費して処理を行うとともに大量の下水汚泥を発生させる。近年、発生した下水汚泥の約 8 割は緑農地利用や建設資材等に有効利用されているが、下水汚泥を“再生可能エネルギー”としてバイオガス化や固形燃料化等へ利用推進していくことが強く望まれており、そのための施策展開が必要となっている。したがって、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 2,181 箇所に対して、平成 23 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 N₂O 発生抑制手法に関する検討

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

(研究期間 平成 23 年度～)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	原田 一郎
研 究 官	宮本 綾子
研 究 官	對馬 育夫
研 究 官	松橋 学

[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 CO₂ 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 CH₄ や N₂O が残りを占める。このうち、汚泥焼却過程で排出される N₂O に関しては、焼却炉を高温化 (800℃→850℃) することで約 60% の N₂O 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 CH₄ 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% (CO₂ 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、様々な処理方式の下水処理場を対象に現地調査を行い、N₂O 発生量の把握および微生物群集構造解析を実施し、N₂O 制御型の運転方法の検討を行った。

流域における水環境マネジメント技術に関する検討

Study on water environment management technology in watershed

(研究期間 平成 24 年度～)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	原田 一郎
主任研究官	山下 洋正
研 究 官	浜田 知幸

[研究目的及び経緯]

水質改善の後れている閉鎖性水域等において下水道による栄養塩の負荷削減対策を継続的に推進する必要がある一方、低炭素化や資源循環等の新たな社会的要請に対応するため、多様な観点から下水道整備・管理の最適化方策が求められている。省エネルギー化、コスト削減、放流先への栄養塩供給等、社会的要請に応じた流域全体での新たな水環境マネジメント技術を確立することを目的とする。平成 24 年度は処理法や規模等、処理場の特性によるエネルギー使用量を把握するとともに、省エネルギー技術、リンの流通、及び栄養塩排出の季別運転に関するレビューを実施した。