

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1208

June 2022

令和2年度下水道関係調査研究年次報告書集

FY2020 Annual Report of Wastewater Management and Water Quality Control

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

## 令和2年度下水道関係調査研究年次報告書集

国土技術政策総合研究所 下水道研究部

下水道研究室  
下水処理研究室

# FY2020 ANNUAL REPORT OF WASTEWATER MANAGEMENT AND WATER QUALITY CONTROL

WASTEWATER SYSTEM DIVISION  
WASTEWATER AND SLUDGE MANAGEMENT DIVISION  
OF WATER QUALITY CONTROL DEPARTMENT

NATIONAL INSTITUTE FOR LAND AND INFRASTRUCTURE MANAGEMENT,  
MINISTRY OF LAND, INFRASTRUCTURE, TRANSPORT AND TOURISM, JAPAN

### 概要

本報告書集は、令和2年度に国土交通省国土技術政策総合研究所において実施された下水道に関する調査研究の成果を集約して資料としてとりまとめたものである。

キーワード：下水道、下水処理、ストックマネジメント、浸水対策、災害対策、  
温室効果ガス、省エネルギー

### Synopsis

This Annual Report introduces researches on wastewater management and water quality control carried out in Fiscal year 2020 by National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan.

Key words: wastewater system, wastewater treatment, stock management, stormwater management, disaster management, green house gases (GHG), energy saving

## 序 文

本報告書集は、令和2年度に国土交通省国土技術政策総合研究所（国総研）が実施した下水道関連の調査研究の成果をとりまとめたものであり、全12編の報告書から構成されています。

これらの調査研究は、下水道研究部の下水道研究室と下水処理研究室が担当し、予算費目としては下水道事業調査費、試験研究費です。調査研究の範囲は、国の重点課題や時代のニーズに応えるため、下水道管路のストックマネジメント、浸水対策、災害対策、温室効果ガス、省エネルギー等多岐にわたっています。これらの研究成果は、下水道施設を管理する地方公共団体や、コンサルタント及びメーカー、維持管理業者等の関係団体、大学等研究に役立つ情報を多く含んでおり、これを公表することで、下水道事業の更なる発展を期待するものです。

また、国総研では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施しています。B-DASH プロジェクトの実証技術については、別途、技術導入ガイドラインを作成しております。本報告書付録1にガイドラインも含めて直近に刊行した報告書一覧を示しています。

下水道関係調査研究課題12課題のうち令和2年度に終了したものは、以下の1課題です。

① 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

（下水道研究室；試験研究費、H30年度～R2年度）

また、令和2年度から新たに開始した課題は以下の6課題です。

① 下水道地震被害推定システムの精度及び利便性向上等に関する調査

（下水道研究室；下水道事業調査費、R2年度～R4年度）

② 下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査

（下水道研究室；試験研究費、R2年度～R3年度）

③ 下水処理水の衛生学的な安全性を考慮した技術基準及び管理手法に関する調査

（下水処理研究室；下水道事業調査費、R2年度～R4年度）

④ 下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査

（下水処理研究室；下水道事業調査費、R2年度～R4年度）

⑤ 下水処理場におけるエネルギー最適化に関する調査

（下水処理研究室；下水道事業調査費、R2年度～R4年度）

⑥ 下水処理プロセス安定化・高度化のための微生物データベース構築に関する基礎的研究

（下水処理研究室；下水道事業調査費、R2年度～R3年度）

国総研では行政ニーズに対応するとともに、国民の視点に立った調査研究を更に進めてまいります。これからも引き続きご意見等をいただければ幸いです。

令和4年6月

国土技術政策総合研究所 下水道研究部長 三宮 武

# 目次

頁

## I. 下水道事業調査費による調査研究

1. 下水道施設を活用した住民生活の利便性等の付加価値向上に関する調査……………（下水道研究室）…1  
(H30年度～R2年度)
2. 下水道管路における効率的なストックマネジメント実施に関する調査……………（下水道研究室）…7  
(R1年度～R3年度)
3. 効率的な浸水対策のためのストック活用に関する調査……………（下水道研究室）…17  
(R1年度～R3年度)
4. 下水道新技術の開発方向性及び導入促進に関する調査……………（下水道研究室）…23  
(R1年度～R4年度)
5. 下水道地震被害推定システムの精度及び利便性の向上等に関する調査……………（下水道研究室）…37  
(R2年度～R4年度)
6. 下水処理水の衛生学的な安全性を考慮した技術基準及び管理手法に関する調査・（下水処理研究室）…43  
(R2年度～R4年度)
7. 下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査……………（下水処理研究室）…47  
(R2年度～R4年度)
8. 下水処理場におけるエネルギー最適化に関する調査……………（下水処理研究室）…51  
(R2年度～R4年度)

## II. その他の予算による調査研究

### [下水道研究室]

1. 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究……………（試験研究費）…57  
(H30年度～R2年度)
2. 下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査……………（試験研究費）…71  
(R2年度～R3年度)

### [下水処理研究室]

3. 下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備及び検討……………（試験研究費）…79  
(R1年度～R3年度)
4. 下水処理プロセス安定化・高度化のための微生物データベース構築に関する基礎的研究（試験研究費）…83  
(R2年度～R3年度)

## 付録

- 付録1 直近の下水道関係刊行報告書一覧……………87
- 付録2 令和2年度 下水道関係調査研究課題表……………92

## I. 下水道事業調査費による調査研究

# 1. 下水道施設を活用した住民生活の利便性等の付加価値向上に関する調査

下水道研究室 室長 岡安 祐司  
 研究官 濱田 知幸

## 1. はじめに

国土交通省では、平成29年8月に「新下水道ビジョン加速戦略」を策定し、新下水道ビジョンの実現加速の観点から、国が選択と集中により5年程度で実施すべき施策をとりまとめた。新下水道ビジョン加速戦略の重点項目の一つとして、下水道の活用による付加価値向上を掲げ、高齢化社会等への対応として、下水道への紙オムツ受入れ可能性を検討することとした。また、平成30年1月に「下水道への紙オムツ受入れ実現に向けた検討会」を立ち上げ、紙オムツの下水道への受入れ実現に向けた3つの処理方式（Aタイプ（固形物分離タイプ）、Bタイプ（破碎・回収タイプ）、Cタイプ（破碎・受入タイプ））を提案し、平成30年度からの概ね5年間で実施する「下水道への紙オムツ受入れに向けた検討ロードマップ」を策定した<sup>1)</sup>。このため、国総研では、下水道への紙オムツ受入れによる下水道施設への影響や、紙オムツの破碎・回収装置の要求性能等に関する技術的検討を実施している。

令和元年度は、紙オムツに関する基本情報として重量、素材等の情報、素材毎の汚濁負荷量や物性を整理した。令和2年度は、これら夾雑物を下水管路施設に受入れた際の影響を明らかにするための検討を行った。本稿では、マンホールポンプ（以下、MP）の維持管理への影響を明らかにするため実施した地方公共団体（以下、団体）へのMP管理状況に関するヒアリング調査と、MPの不具合の原因となった物質の分析結果を報告する。

表1 ヒアリング対象都市の概要

対象都市	基数 (基)	人口 (万)	面積 (百km <sup>2</sup> )	可住地 人口密度 (千人/km <sup>2</sup> )	設置後経過年数 (%)			点検
					15年 未満	15年 以上 ~ 30年 未満	30年 以上	
A	432	10~20	4~6	0.5~1	19%	79%	3%	委託
B	525	30~40	8~10	1~2	60%	40%	0%	委託
C	534	20~30	8~10	1~2	49%	50%	1%	委託
D	148	30~40	2~4	1~2	62%	35%	3%	委託
E	54	50~60	2~4	8~10	28%	43%	30%	直営/委託

## 2. マンホールポンプの管理状況調査

### 2.1 調査方法

ヒアリングは、MPの維持管理労力が大きいことが想定される団体を対象とし、100基以上のMPを管理していること、地方の市域が広く比較的規模の多いことの2点を条件に抽出し、4箇所の自治体にヒアリングを行った。また、比較のため首都圏の人口密度が高い自治体1箇所にもヒアリングを行った。

ヒアリング対象都市の概要を表1に示す。MP設置基数は148~534基で、農業集落排水のMPも併せて管理している自治体もあり、これらの積算基数である。可住地人口密度はA~D市では0.5~2千人/km<sup>2</sup>、E市では8~10千人/km<sup>2</sup>であった。MPは設置

表2 ヒアリング対象都市の概要

項目	聞き取り内容
地方公共団体の体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>マンホールポンプの直営管理の有無</li> <li>作業内容</li> <li>担当の人員</li> </ul>
マンホールポンプの仕様	<ul style="list-style-type: none"> <li>メーカー</li> <li>機種・口径</li> <li>通報機能</li> </ul>
通信装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>警報の内容</li> <li>通信方法</li> <li>通信コスト</li> </ul>
点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>日常点検、定期点検の頻度・内容</li> <li>受託者の体制</li> </ul>
清掃	<ul style="list-style-type: none"> <li>頻度、内容</li> <li>受託者の体制</li> </ul>
緊急対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>頻度</li> <li>警報の内容</li> <li>対応方法(体制、対処方法)</li> </ul>

後 15 年以上経過した MP が多くなっており、30 年以上経過しているものもあった。ヒアリング項目を表 2 に示す。団体の体制、点検・清掃、緊急対応等に関して調査を行った。

## 2. 2 調査結果

### (1) 管理体制

地方公共団体の維持管理体制について、基本的に点検・清掃を委託していた。緊急対応について、多くの団体が市民生活に影響が及ぶ場合に立会っていた。

### (2) 日常点検（ポンプ吊上げなし）

ポンプ吊上げなしの日常点検の実施状況を表 3 に示す。下水道維持管理指針実務編<sup>2)</sup>では「流入水量、設置場所、設置環境により巡視点検回数を決め、運転状況により巡視点検回数を見直す」としており、点検頻度は月 1 回実施している団体が多かった。一方で、A、E 市など警報が多い MP を重点的に点検している地方公共団体もあった。MP の設置環境や運転状況を踏まえ点検回数を決めていることが確認された。A、B 市は計器の記録、目視点検だけでなく、水位計、電気設備及び通信装置の動作確認を実施しており、マニュアルに記載された点検項目を網羅していた。その他の点検内容として、よく詰まる MP の人孔流入口に設置したし渣カゴの管理、除雪・草刈りなどがあり、団体独自の工夫や設置環境に応じた作業を実施していた。

表 3 日常点検（ポンプ吊上げなし）の実施状況

	点検頻度	点検内容	点検時間
A	年2回(50基) :よく詰まるMP :幹線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ運転状況(電圧・電流値、振動、運転音)</li> <li>・運転時間、絶縁抵抗</li> <li>・通報試験、停電保障バッテリー動作確認</li> <li>・目視(破損、さび、MH内、制御盤の状態確認等)</li> <li>・水位計等の点検(校正・動作確認)</li> </ul>	30～ 60分
	年1回(382基)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保護装置の動作確認(漏電遮断器等)</li> <li>・草刈り、除雪</li> <li>・し渣カゴの定期点検</li> <li>・不良箇所の修理(可能なもの)</li> </ul>	
B	月1回	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ運転状況(電圧・電流値、振動、運転音)</li> <li>・運転時間、運転回数、絶縁抵抗値</li> <li>・目視(配線、ケーブル、人孔内確認等)</li> <li>・人孔内異物除去</li> <li>・制御盤点検(内部状態、作動状態、表示灯状態、漏電遮断器・保護継電器・自動通報装置の作動状態)</li> <li>・ポンプ、水位計の点検(異物除去・動作確認)</li> </ul>	20分 程度
C	月1回	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人孔槽内点検清掃(槽内高圧洗浄+ポンプ運転)</li> <li>・制御盤点検、時計計記録</li> <li>・通報確認</li> <li>・ポンプ運転状況の確認</li> </ul>	10分 程度
D	月1～2回	<ul style="list-style-type: none"> <li>・動力電力量・運転時間</li> <li>・自動運転状況確認</li> <li>・スラム堆積状況確認</li> <li>・警報発報状況確認</li> <li>・運転回数・ポンプ電流</li> <li>・水位計の状態確認</li> <li>・現場盤確認</li> </ul>	15分 程度
E	トラブル少MP :殆ど点検無	<ul style="list-style-type: none"> <li>週点検 : 電流値、運転時間の確認</li> <li>月点検 : 制御盤点検、電流・電圧・絶縁抵抗値測定</li> </ul>	30分 程度
	警報が多いMP :月1回 :週点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位計の点検</li> <li>警報装置のオンコール点検</li> <li>特に詰まりの多い3箇所はし渣網の交換清掃(高圧洗浄、吸引)を別途実施</li> </ul>	

### (3) 定期点検

ポンプの吊上作業のある定期点検や清掃等の実施状況を表4に示す。B市はポンプ内部の確認・清掃及びオイル交換を行っており、マニュアルに記載された定期点検項目を網羅していた。点検に要する時間は、準備・撤去を含め半日程度であった。A、E市はトラブルが多いMPを中心に清掃やオイル交換を実施していた。一方で、トラブルがないMPについて、ポンプ吊上げがある点検等を実施していない団体もあった。

### (4) 緊急対応

警報等での緊急の対応状況を表5に示す。全地方公共団体合計で、MP基数に対する年間の緊急対応回数比率（以下、対応比率）は0.28であり、MP4基のうち1基は年1回緊急対応していたことになる。

B市は0.062と対応比率が低くなった。他都市に比べ比較的新しいMPが多いことが一因として考えられる。その他、水位計の異常、異常高水位の対応といった不具合がないことが特徴である。水位計異常がない理由は、マニュアルに記載された日常点検、定期点検を実施しているため、水位計などの動作確認を実施している設備の故障が少ないものと考えられる。また、異常高水位がない理由は、水位が上昇した時に2台のポンプが

運転する仕様（以後、並列交互運転<sup>3)</sup>）となっているためと考えられる。並列交互運転は、契約電力の関係でデマンド値が高くなり電力料金が高くなるが、不定期排水や不明水など流量変動の見込が大きい場合に効果的であることが示唆された。E市は対応比率が高く、特定MPのみ緊急対応が多かった。他の地方公共団体でも同様の傾向がみられ、介護施設、病院近くなどの特定MPにおいてポンプの詰まりが発生しており、施設利用者が原因と推定されるものが多いとの意見があった。

### (5) ヒアリング調査まとめ

地方公共団体にMPの点検、緊急対応等の実態を聞き取り調査した結果、日常点検や定期点検について地方公共団体毎に内容や頻度に差があり、同じ地方公共団体の中でもトラブルが多いMPを集中的に点検するなどの維持管理作業の最適化を行っていた。本調査では、点検に労力をかけている地方公共団体で緊急対応が少なかった。また、緊急対応など不具合の内容として、異常高水位や

表4 定期点検（ポンプ吊上有）の実施状況

	点検頻度	点検内容
A	清掃 20基/年 (全体192基)	・ポンプを吊上げ異物除去 ・高圧洗浄、吸引  ・月次点検項目 ・インターロック試験(設定基のみ) ・ポンプ引き上げ点検(外観確認、清掃) ・ケーシング内部の確認・清掃
B	定期点検 1回/年	・モーター室とメカニカルシール等の摩耗状態確認 ・主軸の状況確認 ・羽根車の状態確認・清掃 ・オイルの状態確認・交換 ・ボルト類の緩み確認・増締め ・ケーブルの膨張・劣化状態の確認 ・高圧洗浄、吸引
C	オイル交換 1回/4年	・オイル交換 ・絶縁抵抗値の計測
D	-	-
E	定期点検 2回/年 ~1回/3年	・オイル交換(不具合の多いMPで実施) ・マンホール内油脂、スカム除去 ・水位計点検(検出器本体清掃、消耗品交換)

表5 警報時等の緊急対応状況

	平均対応回数	対応比率 対応回/(年・基)	不具合の内容
A	56回/年 (432基)	0.13	故障、停電、漏電、電源断 高水位発生後30分以内復帰なし 運転異常5回以上 軽微な機器誤作動、原因不明警報
B	33回/年 (525基)	0.062	制御が利かない詰まり 制御盤の何らかの異常が主
C	300回/年 (534基)	0.56	水位計誤作動・異常 異常高水位(降雨、融雪時) 制御盤、ポンプ異常
D	5回/年 (46基)	0.11	落雷、盤内浸水、強風盤転倒 過負荷
E	54回/年 (54基)	1.0	電流値異常、ポンプ故障 高水位が継続、停電
全自治体	444回/年 (1,591基)	0.28	



停電などの他、ポンプの詰まりによるものが多かった。ポンプの詰まりについて、介護施設、病院近くなどの特定MPにおいて、施設利用者が原因と推定されるものもあり、夾雑物流入により維持管理負担が大きくなることが示唆される。

### 3. マンホールポンプの不具合原因物質の実態調査

ヒアリング調査により、夾雑物流入がMPの不具合の一因となっていることが分かった。そこでMPの不具合原因となる夾雑物の物性を明らかにするため、MPの警報発生時や点検で見つかった原因物質について収集し、寸法の測定、FTIR(フーリエ変換赤外分光光度計<sup>4)</sup>)による素材同定を行った(図1)。測定結果を表6に示す。収集した13サンプルのうち、1回の採取機会に2サンプル採取したものがあった。12件のサンプル採取機会の経緯は警報によるものが8件、引上点検によるものが3件、B-DASH技術(IoTとAIを活用した効率的予防保全型マンホールポンプ維持管理技術)の検知によるものが1件であった。主要な原因は、ポンプ吸込部分(ケーシング内)の詰まりによるものと推察された。ポンプ吸込部分(ケーシング内)詰まりの原因物は、繊維状のし渣(ポリエチレン等のプラスチック繊維、セルロース)によるものが多く、木材、汚水枘または蓋が詰まっているケースもあった。また、空気抜きに比重の軽いフィルム等が詰まっているケースも2件あった。詰まりの原因物は寸法:長径100mm未満のものもあった。

詰まり原因物質となったプラスチック繊維の寸法について、長径100mm未満の比較的小さいものでも不具合原因となっていた。夾雑物を受入れる場合、比較的小さいものでもMPが下流にある場合は不具合原因になる可能性があるものと考えられる。



図1 マンホールポンプ不具合の原因物質の測定状況

表6 マンホールポンプ閉塞物の分析状況

サンプル No	発見経緯 状況	項目	FTIR	ノギス・定規による 計測(mm)			面積 (mm <sup>2</sup> )
				長径	短径	厚み	
No.1	警報 吸込ノズル(ベルマウス 内)詰まり	排水溝の蓋①	ポリエチレン樹脂	110	60	19	5,184
		排水溝の蓋②	ポリエチレン樹脂	86	84	19	3,612
		し渣	セルロース	89	52	25	4,628
		毛髪	タンパク質	70	30	15	2,100
No.2	警報 ポケットティッシュ袋:空気抜き詰 まり し渣:インペラ絡みつき	ポケットティッシュの袋	ポリプロピレン	123	81	2	9,963
		毛髪	タンパク質	45	15	4	675
		し渣	セルロース	43	40	4	1,720
		汚泥石渣	セルロース	24	17	3	408
No.3	警報 インペラとケーシングの 隙間に異物	し渣①	ポリエステル繊維	120	76	18	9,120
		し渣②	ポリエステル繊維	84	65	8	4,288
		毛髪	タンパク質	24	10	3	240
		塗装	PET	8	6	1	48
No.4	警報 吸込ノズル(ベルマウス 内)詰まり	大人用おむつ	ポリエチレン/ポリプロ ピレン複合物	160	110	23	17,600
		し渣	ポリエステル/セルロース 複合物	170	45	8	3,825
		毛髪	タンパク質	5	2	0.5	10
No.5	引上点検 吸込ノズル(ベルマウス 内)詰まり	木材	セルロース	65	44	22	2,860
No.6	警報 カッター部にラップフィ ルム	ラップフィルム	ポリ塩化ビニリデ ン	270	245	0.1	66,150
		汚泥石渣	セルロース	14	7	4	98
		種子	セルロース	7	3.5	2.5	12
No.7	B-DASH技術検知 ポンプ吸込部における 阻害(詰まってはいない)	靴下	セルロース	174	60	8	10,440
		し渣	イソプレンゴムまたは 天然ゴム	16	16	2	256
No.7-2	B-DASH技術検知 インペラ絡みつき (No.7と同時に発生)	コンドーム①	天然ゴム	70	30	4	2,100
		コンドーム②		30	6	6	180
		コンドーム③		33	33	3	62
		毛髪	タンパク質	30	1	1	30
No.8	警報 マンホール内にし渣の 塊	ショーツ	ナイロン/一部セ ルロース	174	139	40	24,099
		し渣	ポリエステル繊維 /一部セルロース	141	67	35	9,382
No.9	引上点検 ケーシング内異物	し渣	ポリエステル繊維	120	93	25	11,203
No.10	引上点検 ケーシング内異物	し渣	ポリプロピレン	153	136	0.04	20,808
No.11	警報	し渣	セルロース	47	41	4	1,934
No.12	警報	し渣	ポリエステル繊維	40	86	13	3,454
		毛髪	タンパク質	78	4	0.7	313

#### 4. まとめ

マンホールポンプの管理状況について地方公共団体にヒアリング調査を行い、日常点検、定期点検及び緊急時の対応を整理した。また、マンホールポンプの不具合の主因である夾雑物について、警報、点検時に発見された原因物質を収集し、寸法測定、FTIRによる素材同定を行った。以下に調査結果を示す。

- ・ 地方公共団体毎に内容や頻度に差があること、同じ地方公共団体の中でもトラブルが多いマンホールポンプを集中的に点検するなどの維持管理作業の最適化を行っていることがわかった。
- ・ 本調査結果では、点検に労力をかけている地方公共団体で緊急対応が少なかった。
- ・ 緊急対応など不具合の内容として、異常高水位や停電などの他、ポンプの詰まりによるものが多かった。介護施設、病院近くなどの特定マンホールポンプにおいて、施設利用者が原因と推定されるもので詰まりによる不具合が多いとの意見もあり、夾雑物流入により維持管理負担が大きくなることが示唆された。
- ・ 詰りの主要な原因は、ポンプ吸込部分（ケーシング内）の詰まりによるものと推察され、原因物は繊維状のし渣（プラスチック繊維、セルロース）によるものが多かった。
- ・ 詰まりの原因物は寸法：長径 100 mm 未満のものもあったため、夾雑物を受入れる場合、比較的小さいものでもマンホールポンプが下流にある場合は不具合原因になる可能性があるものと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：下水道への紙オムツ受入実現に向けた検討ロードマップを策定 ([http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13\\_hh\\_000368.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo13_hh_000368.html))、平成 30 年 3 月
- 2) 下水道維持管理指針実務編-2014 年版-、公益社団法人日本下水道協会、2014.9
- 3) 下水道マンホールポンプ施設技術マニュアル、財団法人下水道新技術機構、1997.6
- 4) JIS K 0117 赤外分光分析方法通則、2000

## 2. 下水道管路における効率的なストックマネジメント実施に関する調査

下水道研究室 室長 岡安 祐司  
主任研究官 田本 典秀  
交流研究員 原口 翼

### 1. はじめに

2019年度（令和元年度）末時点での全国の下水道管路管理延長（本管の延長であり、取付管の延長は含まない。）は約48万km、そのうち布設から50年を超える管の延長は全体の約5%にあたる約2.2万kmであり（図1）、年々増加している。今後老朽管の増加に従い、道路陥没などの発生リスクはますます高まっていくものと予想される。このような状況の中、下水道の機能を持続的に確保していくためには、管路の点検・調査から修繕・改築に至るプロセスを計画的に実施していくことが重要である。2017年に国土交通省が策定した「新下水道ビジョン加速戦略」では、重点項目の一つとして「マネジメントサイクルの確立」が掲げられ、維持管理情報のデータベース化を前提に、“維持管理を起点とした”マネジメントサイクルの確立が重要であるとされた<sup>1)</sup>。更に2020年には、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（管路施設編）」が策定・公表され、下水道管路の維持管理等に関する情報の管理方法やICTを活用した効率的・効果的な点検・調査方法等について取りまとめられたところである<sup>2)</sup>。

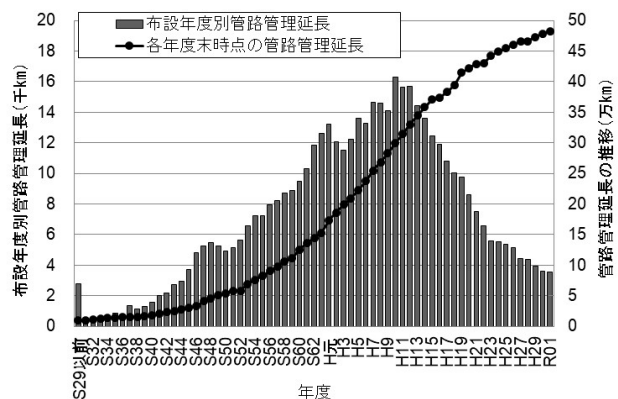


図1 下水道管路管理延長の推移

本調査は、全国の地方公共団体における下水道管路の効率的な管理を支援するための研究の一環として、下水道管路に起因する全国の道路陥没に関する実態把握とその推移を整理・分析したものである。併せて、地方公共団体から収集したデータを基に、下水道管路の劣化に関するデータベースを更新するとともに、本データベースを用いて、下水道管路の劣化や将来事業量の予測等に資するため、国総研が作成している健全率曲線を更新した。

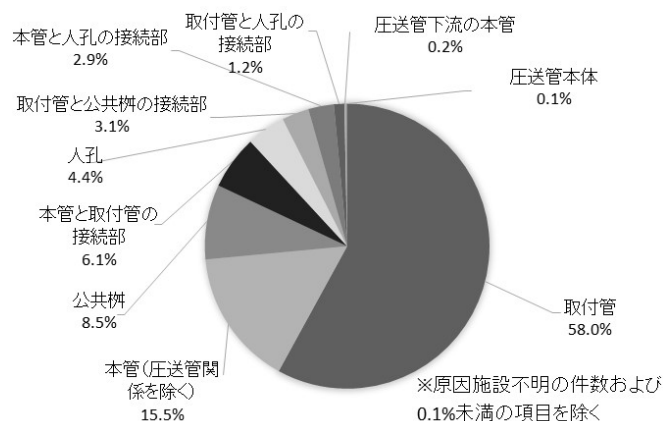


図2 原因施設・陥没位置別の陥没発生件数の割合

## 2. 道路陥没に関する実態調査

### 2.1 調査方法

下水道管路に起因する道路陥没の実態を把握するため、国総研では 2006 年度（平成 18 年度）から毎年継続的に下水道事業を実施する全国の地方公共団体（約 1,600 団体）を対象にアンケート調査を実施しており、2020 年度も引き続き 2019 年度内に全国で発生した道路陥没について調査した。併せて、2006 年度から 2020 年度までに国総研が収集したデータを基に、下水道管路に起因する道路陥没の経年的な推移や発生の傾向を整理した。調査方法については過年度調査<sup>3)</sup>と同様である。なお、本調査は各公共団体から得た回答に基づくものであり、国総研が陥没箇所を直接調査したものではない。

### 2.2 2019 年度（令和元年度）における道路陥没発生の実態

2019 年度に全国で下水道管路に起因する道路陥没は約 2,900 件発生した。図 2 は原因施設・陥没位置別に道路陥没発生件数の割合を整理したものである。取付管（公共ますと下水道の本管を繋ぐ管）に起因する道路陥没が全体の約 6 割を占めており、これは前年度調査<sup>3)</sup>で得られた傾向と同様であった。

図 3 および 4 は本管、取付管に起因する道路陥没件数の割合を管種別にそれぞれ示したものである。本管関連ではコンクリート管が約 6 割を占めており、続いて陶管および硬質塩化ビニル管（以下、「塩ビ管」と略す。がそれぞれ約 2 割ずつ占める結果であった。一方、取付管関連では陶管が約 7 割を占めていた。この点も前年度調査の傾向と概ね同様であった。

### 2.3 道路陥没の経年的な推移

#### (1) 陥没件数の推移

国総研が地方公共団体へのアンケート調査により収集した 2006 年度から 2019 年度まで 14 年間のデータを基に、下水道管路に起因する道路陥没の件数を整理したものが図 5 である。災害に起因するものを除くと道路陥没件数は減少傾向にあり、災害による陥没を除くと最も陥没件数の多かった 2007 年度と比べ、2019 年度は約 1,600 件減少した。なお、各年度において地方公共団体別に集計すると、上位 10 団体（多くが政令指定都市であった。）が全体の 5～6 割程度を占めていた。

また、道路陥没の発生件数をその発生した月ごとに整理したものが図 6 である。14 年分のデータを 4 年ないし 5 年の期間で 3 つのグループに分け平均した値を示している。道路陥没は夏季（6～8 月）に多く発生している傾向が見られ、これは既報<sup>4)</sup>で報告されている傾向と同様であった。

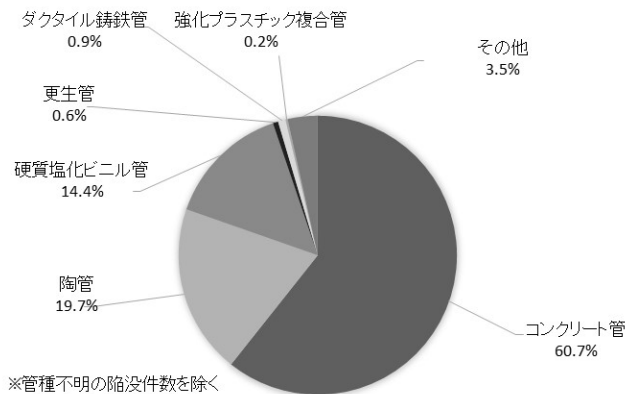


図 3 本管に起因する道路陥没における管種の割合

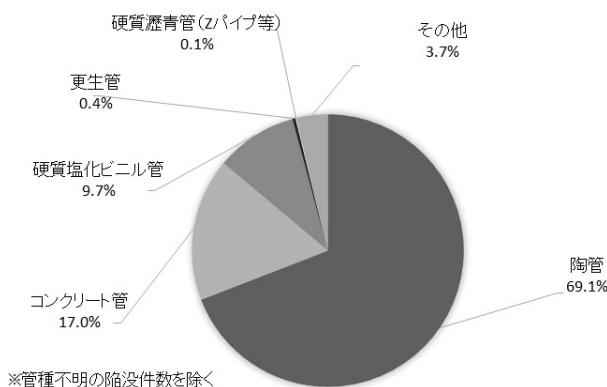


図 4 取付管に起因する道路陥没における管種の割合

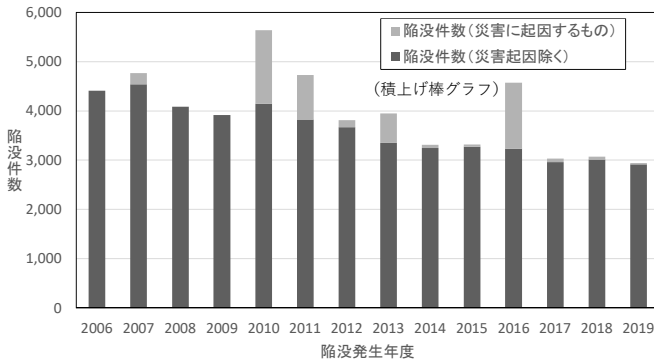


図5 下水道管に起因する道路陥没件数の推移 (2006～2019年度)

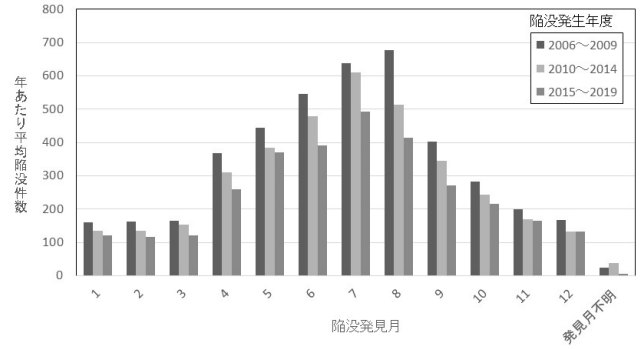


図6 陥没発生月別陥没発生件数 (年あたり平均件数)

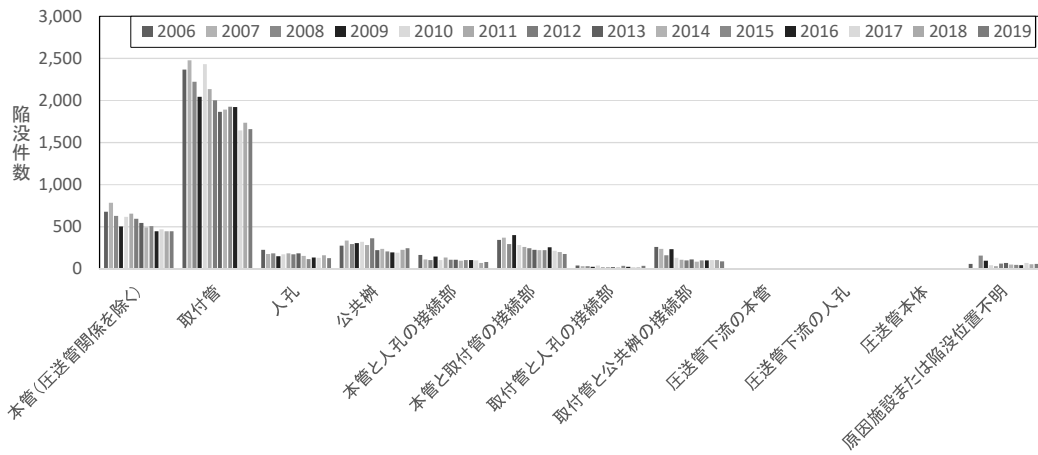


図7 陥没発生位置別の道路陥没件数の推移

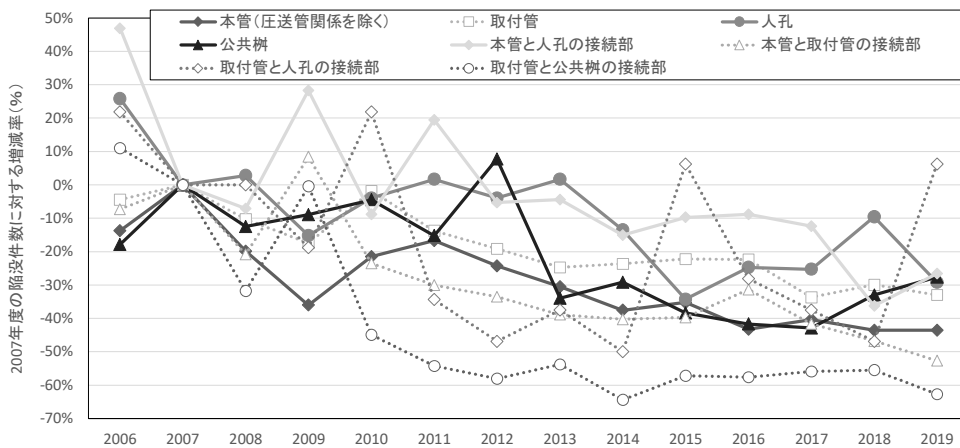


図8 2007年度の陥没件数に対する増減率 (陥没発生位置別に表示)

この経年的な傾向について、道路陥没が発生した位置ごとに分類した陥没件数を図7に示す。上述のとおり、下水道管に起因する道路陥没の多くは取付管の周りで発生しているが、図7は道路陥没件数の減少に最も寄与しているのも取付管に起因する陥没であることを示している。

また、取付管以外で発生した陥没についても減少の傾向があり、2007年度の陥没件数に対する増減率(図8)を見ると、取付管または取付管の周辺で発生した陥没(点線)だけでなく、本管等で発生した陥没も減少していることが確認できる。このことは、2008年度に創設された「長寿命化支援制度」や2016年度に創設された「ストックマネジメント支援制度」をはじめとする施策により、地方公共団

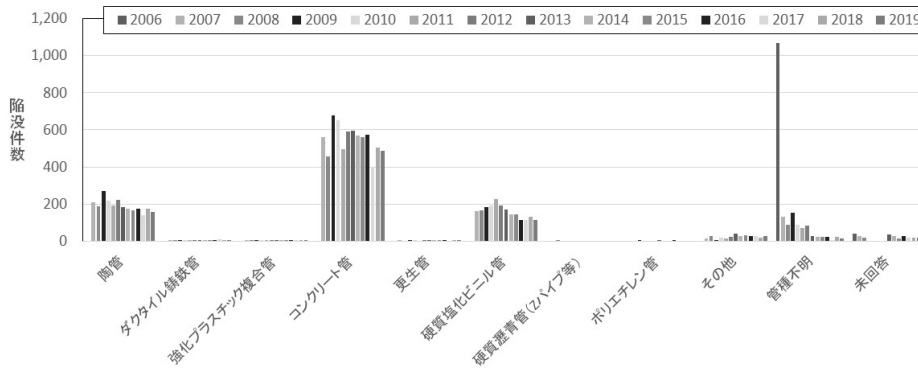


図9 本管関連に起因する道路陥没における管種別件数の推移

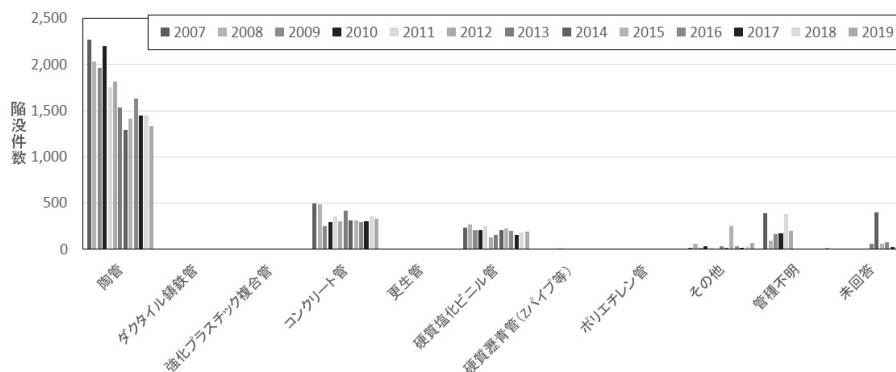


図10 取付管関連に起因する道路陥没における管種別件数の推移

体において下水道管路の適切な修繕・改築が促されたことを示唆するものと考えられるが、近年は横ばいで推移する傾向も見られ、引き続きデータを蓄積し精査する必要がある。

## (2) 管種の影響

次に、陥没件数の経年的な減少傾向に関して、管種の影響について考察する。図9および図10は、本管関連および取付管関連に起因する道路陥没について、管種ごとの陥没件数それぞれ示したものである。なお、本管関連の陥没については本管の管種で、取付管関連の陥没については取付管の管種でそれぞれ整理している。本管関連については、図9よりコンクリート管が最も多いが、これは管路延長によるものと考えられる。一方、取付管関連については、図10より陶管に起因する陥没件数が顕著であり、経年的な減少幅も大きいことから、下水道管に起因する道路陥没の減少において、陶管の取付管を改善することが大きく貢献していることが示唆された。これは、例えば、陥没件数が多い政令指定都市を中心に、老朽化した陶管の取付管の取替え等が進められたこと<sup>5)</sup>が一つの要因と推測される。

## (3) 経過年数・布設年度との関係

次に、下水道管路の布設後の経過年数および布設された年代と道路陥没との関係について考察する。図11および図12はそれぞれ管路の布設からの経過年数、布設年度と陥没件数との関係を示したものである。陥没件数は図6における整理と同様、14年分のデータを4年ないし5年ごとに3グループに分けたうえで、1年あたりの件数として表示している。図11(a)と12(a)を比較すると、図12(布設年度別の集計)では3グループの分布傾向が概ね一致しているため、実際の道路陥

没においては布設年度がより重要であると考えられる。また図 1 2 では、管路の布設が 1970 年～74 年の期間で 3 グループのピークが一致していることから、この期間に布設された管路を優先的に修

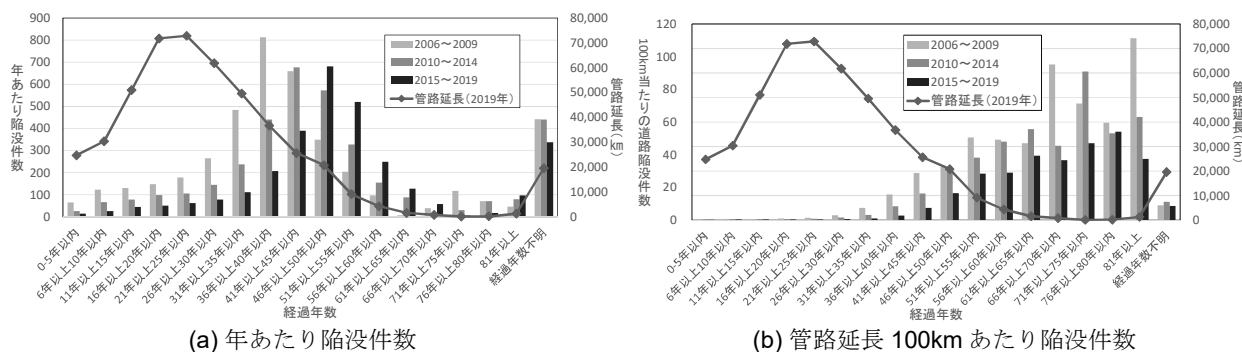


図 1 1 道路陥没件数と布設からの経過年数の関係

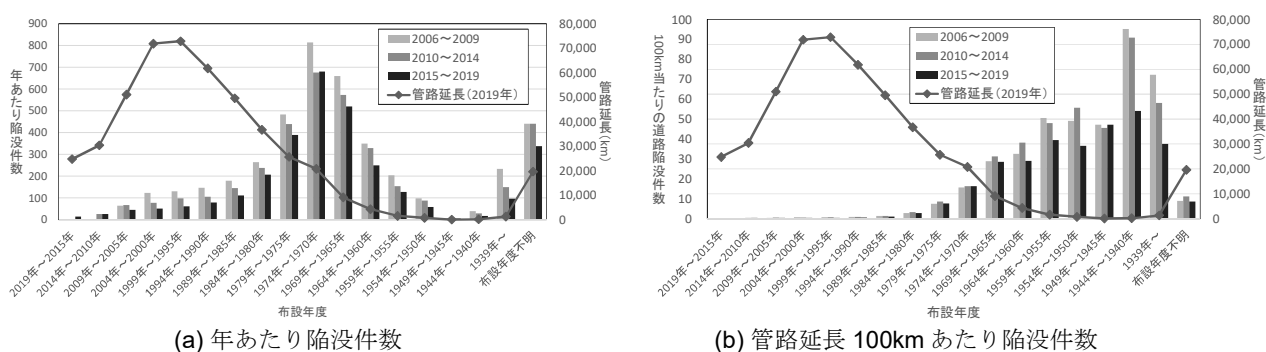


図 1 2 道路陥没件数と布設年度の関係

繕・改築等の対象とすることが効率的であると思料される。

また、陥没件数を管路延長 100km あたりで表示したものが図 1 1 (b) および 1 2 (b) である。年あたり陥没件数と同様、布設年度で表示すると 3 グループの分布傾向が概ね一致しており、特に図 1 2 (b) より戦前（特に 1940 年～1945 年）から 1960 年代にかけて布設された管路の陥没リスクが高いことが読み取れる。一方、同図より、この年代に布設された管の管路延長あたりの陥没件数は近年減少傾向にあることから、老朽化対策が一定の効果を挙げていることが推測できる。

### 3. 下水道管きよ劣化データベースの拡充と健全率予測式の更新

国総研では老朽化する下水道管路の計画的な維持管理や改築更新の実施に資するため、2011 年より「下水道管きよ劣化データベース」（以下、「管きよ劣化 DB」という。）および健全率予測式を作成し、国総研ホームページ<sup>6)</sup>で公開している。管きよ劣化 DB は、地方公共団体で実施した下水道管路内のテレビカメラ調査の結果を国総研が収集し、管種・経過年数・腐食やたるみ等の劣化判定結果等の情報をデータベース化したもので、特に点検調査データを十分有していない地方公共団体において、点検調査優先箇所の抽出や改築需要予測を検討する際の補完データとして活用することができる。また、上述の管きよ劣化 DB を基に管路施設全体の劣化状態（緊急度）を経過年数毎に予測することができる健全率予測式を作成し、管きよ劣化 DB と併せて公開している。

2020 年度は、地方公共団体から収集したデータを管きよ劣化 DB に追加し拡充を行うとともに、拡充した管きよ劣化 DB を基に健全率予測式の更新を更新し、それぞれ「下水道管きよ劣化データベース Ver.3」、「健全率予測式 2021」として公開した。



### 3. 1 下水道管きよ劣化データベースの拡充

#### (1) データベースの概要

国総研では、管きよ劣化 DB の Ver.1 を 2011 年に、Ver.2 を 2017 年にそれぞれ公開している。今回 26 の地方公共団体から約 10 万スパン分の管きよ内データの提供を受け、これを Ver.2 に追加し Ver.3 を作成した。Ver.3 は合計 98 団体、約 45 万スパンのデータを有しており、この一部である 60 団体、約 31 万スパンのデータを「公開版」として公開している。なお、新たに追加したデータは 2015～2017 年度に地方公共団体が実施したテレビカメラ調査により得られたものである。管きよ劣化 DB（公開版）の概要を表 1 に示す。

表 1 下水道管きよ劣化データベース Ver.3 (公開版) の概要

管種	単位: スパン	
	Ver.2 (前回)	Ver.3 (今回)
陶管	64,078	70,231
コンクリート管	166,182	213,062
塩ビ管	15,405	19,360
その他	915	2,546
不明	2,743	3,156
計	249,323	308,355

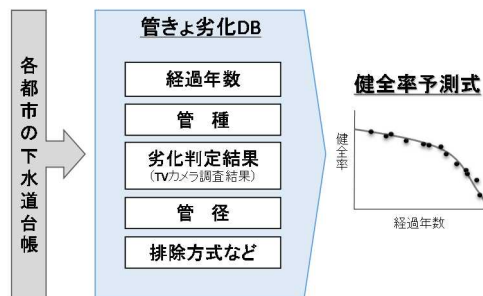


図 1 3 管きよ劣化 DB の概要

#### (2) 管きよ劣化 DB のデータの特徴

次に、管きよ劣化 DB（約 45 万スパン分）が有するデータの特徴について述べる。図 1 4 は全国の下水道管路管理延長と管きよ劣化 DB（Ver.3）に占める各管種の割合をそれぞれ比較したものである。実際に布設されている管路延長としては塩ビ管が最も多く（51%）、次いでコンクリート管（34%）となっているが、管きよ劣化 DB では、コンクリート管の劣化に関するデータが最も多く（68%）、次いで陶管（24%）、塩ビ管（5%）と続いており、実際に布設されている管きよの管種構成と異なっている。

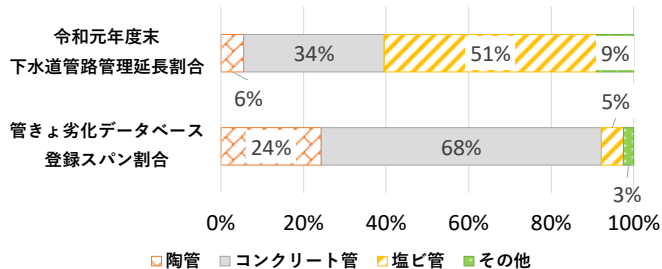


図 1 4 下水道管路管理延長（2019年度末）および管きよ劣化 DB（Ver.3）における管種構成割合の比較

図 1 5 は管きよ劣化 DB の登録延長と下水道管路管理延長について布設年度別に整理したものである。管きよ劣化 DB では政令指定都市のデータが大半を占める（図 1 5 A）とともに、管種としてはコンクリート管・陶管が多くを占めている（図 1 5 B）。一方、実際に布設されている下水道管路は、市町村管理の管路が多くを占める（図 1 5 C）とともに、管種はコンクリート管だけでなく塩ビ管も多い（図 1 5 D）。また、管きよ劣化 DB の登録延長（図 1 5 A、B）は 1970 年頃に布設された管が最も多いのに対し、実際に布設されている下水道管路は 2000 年前後に布設されたものが最も多い。したがって、実際に布設されている状況に比べ管きよ劣化 DB には政令指定都市以外の市町村のデータや塩ビ管に関するデータが少ないこと、管きよの標準耐用年数である 50 年前後の管齢のデータが多く管齢の若いデータが少ないことが特徴である。

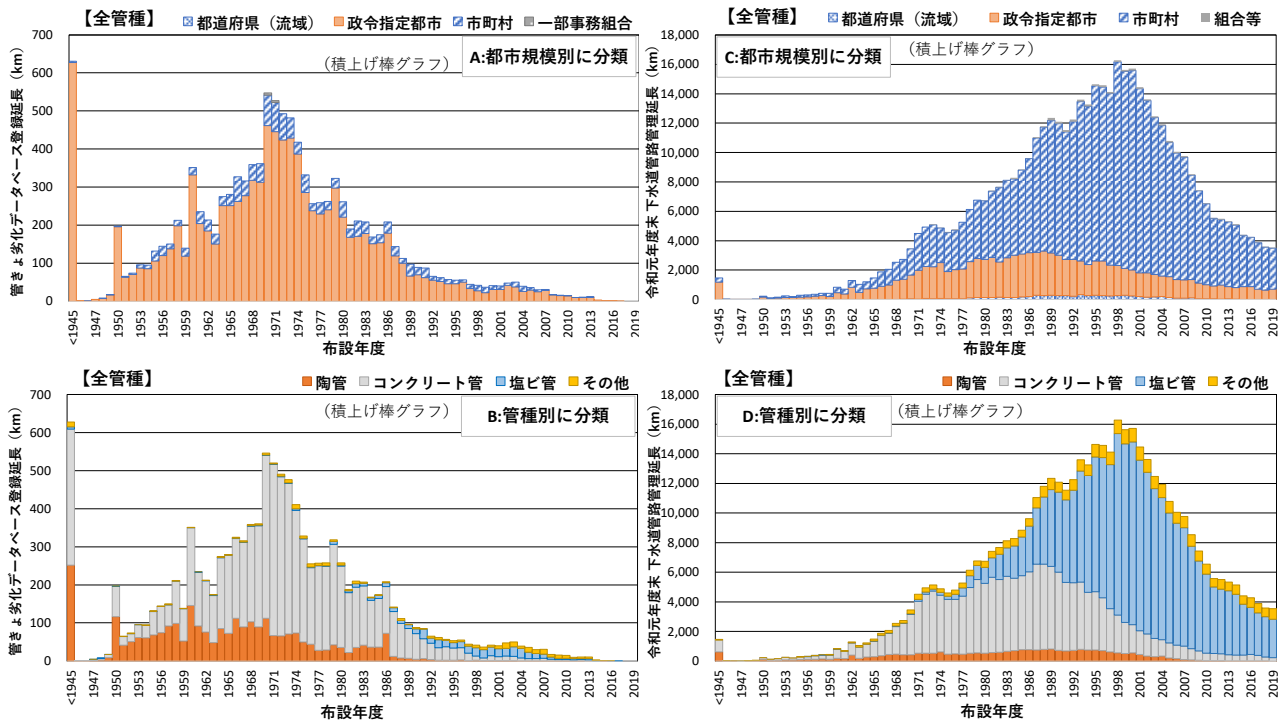


図15 管きよ劣化DBの登録延長（左上・左下）と下水道管路管理延長（2019年度末時点）の比較

### 3. 2 健全率予測式の更新

健全率予測式は、経過年数を説明変数、全管きよに対する健全な管きよの割合である「健全率」を目的変数とし、健全率の経年的な変化を予測する式である（本健全率予測式において、健全さは文献7)に定義される「緊急度」があるランク以上であることと定義される。）。健全率予測式は管きよ劣化DBを基にした近似式として作成しており、経年的に劣化が進行し健全度の高い管きよの割合が低下していくことを表している。今回、管きよ劣化DB ver.3を作成したことに併せ、健全率予測式を更新した。既報<sup>8)</sup>、<sup>9)</sup>と同様、最も適合する近似と考えられるワイブル分布式（式1）を用いて管種ごとに作成した。

$$R(t) = \exp\left\{-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right\} \quad \text{式1}$$

今回作成した健全率予測式 2021 を式1のパラメータおよび決定係数  $R^2$  と併せて図16に示す。図中の点線は95%信頼区間である。

### 3.3 健全率予測式 2021 の特徴

#### (1) 元データ（管きょ劣化 DB）の特性の影響

図 15A および B に示したとおり、健全率予測式を作成するために用いた管きょ劣化 DB には、1960～80 年代に布設された管きょのデータが多く登録されており、布設年度が 2000 年代以降の管きょの劣化に関する情報は比較的少ない。また、特に管齢の若い管については、異常があった個所を選択的に調査し記録されているものと想像される。したがって、図 15 の健全率予測式で経過年数の小さな領域においては、安全側（健全率が低い方向）に表示されている可能性がある。

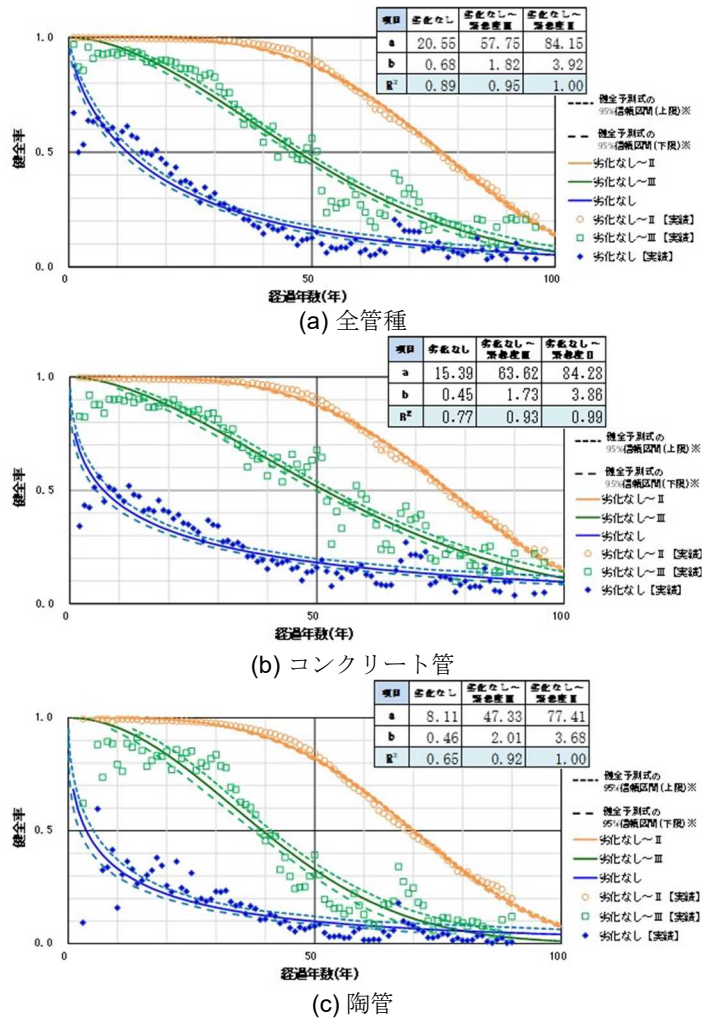


図 16 健全率予測式 2021（ワイブル分布式）

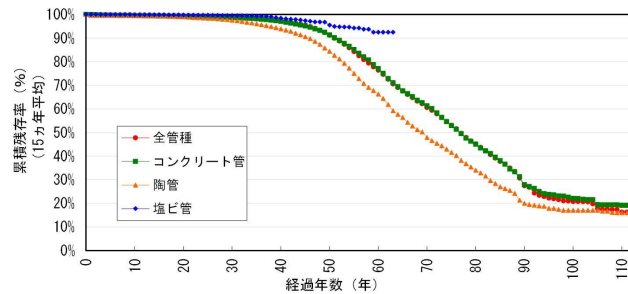


図 17 累積残存率

また、図 1 5A および C に示したとおり、管きょ劣化 DB には、政令指定都市の陶管・コンクリート管のデータを中心に登録されている。地方公共団体によっては、管種の構成割合等が異なる場合があることに留意が必要である。

## (2) 過去の改築事業量の影響

健全率予測式の作成に用いるデータについては、「みかけの健全率」に「累積残存率」を乗じて算出<sup>10)</sup>してプロットしている。みかけの健全率はテレビカメラ調査から得られた経過年数ごとの健全率を、累積残存率は、管きょの改築実績（別途国総研が調査している。）を基に、布設された管きょが改築されずに残存している割合をそれぞれ意味する。累積残存率は改築事業量によって毎年変動があることから、今回使用した累積残存率は、国総研がデータを有する過去 15 年分の累積残存率のデータを平均して求めた（図 1 7）。したがって、健全率予測式は過去の改築事業量の影響を受けており、今後改築の速度が大きく変化した場合には、健全率予測式の解釈について再検討を行う必要がある。

## (3) 塩ビ管の取扱い

多くの地方公共団体で布設されている塩ビ管については、図 1 7 のとおり、陶管・コンクリート管に比べ経過年数が短く、劣化に関するデータ・知見が少ないため、現時点では健全率予測式を公表していない。塩ビ管の劣化については、引き続きデータの蓄積を図り、研究を深めていく必要がある。

## 4. おわりに

下水道管路の計画的な維持管理・改築更新のためには、維持管理情報を適切に収集・データベース化したうえで、実際の事業に活かしていくことが重要となる。本調査では、全国の地方公共団体から収集したデータを基に、下水道管路に起因する陥没件数の傾向を明らかにするとともに、管きょ劣化 DB と健全率予測式の更新を行った。これらはマクロ的な視点に基づく調査であり、現場においては簡易な予測や不足するデータの補完として有益であると考えられるが、更に詳細な課題に取り組むうえで、ミクロ的なデータ分析を組み合わせることがより効果的と考えられる。

今後下水道事業においても ICT や DX の導入がますます進んでいくことが予想されるが、これらの新技術を効果的に現場に実装し、現場の課題解決のためのデータの利活用を更に促進させるとともに、全国の現場で得られたデータを統合的に分析する研究もまた重要になると考えられる。本調査における取組み（管きょ劣化 DB や健全率予測式など）についても、新技術を取り入れた形での発展の可能性について更に研究を深める必要がある。

最後に、データ提供など本調査にご協力頂いた地方公共団体の皆様に深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：新下水道ビジョン加速戦略、2017
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部、国土技術政策総合研究所下水道研究部：維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（管路施設編）、2020
- 3) 岡安祐司、川島弘靖、原口翼：令和元年度下水道関係調査研究年次報告書集、国土技術政策総合研究所資料

- 4) 横田敏宏、深谷渉、宮本豊尚：下水道管路施設に起因する道路陥没の現状、国土技術政策総合研究所資料、No.668、2012
- 5) 江角拓人：ビッグデータを活用した計画的維持管理、月刊下水道、Vol.43、No.13、2020
- 6) 国総研下水道研究室ホームページ：<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/index.htm>
- 7) 日本下水道協会：下水道維持管理指針実務編 2014 年版
- 8) 横田敏宏、深谷渉、宮本豊尚：平成 22 年度下水道関係調査研究年次報告書集、国土技術政策総合研究所資料 No.605、2011
- 9) 横田敏宏、深谷渉、宮本豊尚、竹内大輔：平成 28 年度下水道関係調査研究年次報告書集、国土技術政策総合研究所資料
- 10) 松宮洋介：マクロマネジメント-管きよの改築事業量の予測-、管路更生 No.15、pp.13-16、2010

### 3. 効率的な浸水対策のためのストック活用に関する調査

下水道研究室 室長 岡安 祐司  
主任研究官 松浦 達郎

#### 1. はじめに

近年、下水道施設の能力を超える局地的な大雨等が頻発しており、また、都市化の進行により内水氾濫による浸水被害リスクが増大している。一般的に浸水対策施設の整備には多くの費用・時間を要することから、早期に被害の軽減を図るためには、既存施設等のストックの能力を適切に評価した上でその機能を最大限に活用するとともに、令和 2 年 6 月に出された提言「気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について」<sup>1)</sup> (以下、提言) を踏まえ、気候変動による影響も考慮し、効率的に浸水対策を進めていくことが重要である。

令和 2 年度は、全国における計画降雨強度式の作成状況に関する実態を把握することを目的として、下水道事業において雨水計画を策定している団体に対し、アンケート等による実態調査を行った。

#### 2. 研究概要

令和 2 年 6 月に出された提言では、気候変動を踏まえた計画雨水量を設定した上で、中長期的な計画の策定を推進していくことが必要としている。また提言の中で、気候変動を踏まえた計画雨水量は、地域毎に設定された降雨量変化倍率 (以下、倍率) を計画降雨に乗じて設定することとなっている。

一方、各団体における計画降雨の作成時期や、作成に用いたデータ期間等の条件は様々であり、気候変動を踏まえた計画雨水量の設定にあたっては、各団体の状況に応じて適切に実施する必要がある。また、下水道事業における雨水計画では計画降雨として、降雨継続時間と降雨強度の関係を表す、降雨強度式により設定することが多い。

そこで、全国における計画降雨強度式の作成状況に関する実態を把握し、気候変動を考慮した適切な計画雨水量の設定方法の整理を目的として、下水道事業において雨水計画を策定している団体に対して実態調査を行った。

#### 3. 調査方法

下水道事業で用いる計画降雨強度式の作成手順は、「下水道施設計画・設計指針と解説 前編」<sup>2)</sup> (以下、設計指針) によると、降雨継続時間 5,10,20,30,40,60,80,120 分に対応する最低 8 組の降雨資料 (以下、厳密計算法)、若しくは 10 分と 60 分のみ (以下、特性係数法) について、それぞれ確率計算を行い、各継続時間の同一確率年値を抽出し最小二乗法により降雨強度式を作成するとともに、採用する降雨強度式の式型は、適合度や対象とする施設に応じて適宜選定することとなっている。また、計画規模として 5~10 の確率年を用いる場合は、使用する降雨資料の期間は少なくとも 20 年とし、40 年以上とすることが望ましいとされている。

一方、全国の団体において降雨強度式がどのように作成されているのか、という実態について近年とりまとめられたものは見受けられない。そこで本研究では、雨水計画の策定が想定される 1,124 団体に対してアンケートによる実態調査を実施した。

その結果、1,081 団体から回答が有り（回収率 96.2%）、その中で計画降雨を設定している 914 団体（計画降雨強度式の数：1,161）について整理を行った。

#### 4. 調査結果

##### 4. 1 現在の雨水計画に関する内容

各団体における現在の雨水計画に関して以下の項目を整理した。

###### ① 各団体における計画雨水量の算定方法

図 1 に示すとおり合理式を使用している団体が圧倒的に多く、合理式以外を用いている団体は全体の 3%未満であった。

###### ② 1 団体が作成している計画降雨強度式の数（図 2）

8 割以上の団体が 1 つであり、複数作成している団体は 2 割程度、最大は 8 であった。また複数作成している団体の約半数が、平成 11 年度以降に市町村合併をしていた。

###### ③ 計画降雨強度式で採用している確率年

図 3 に示すとおり、10 年が最も多く、次いで 5 年、7 年の順であり、これら 3 つで全体の 9 割以上を占めていた。

###### ④ 採用している降雨強度式の式型

図 4 に示すとおり、Talbot 型が最も多く、全体の 8 割以上を占めていた。設計指針では、

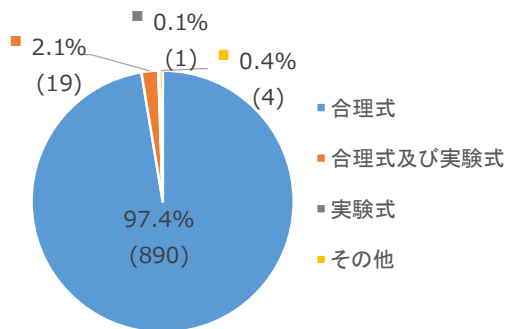


図 1 計画雨水量算定式の採用状況

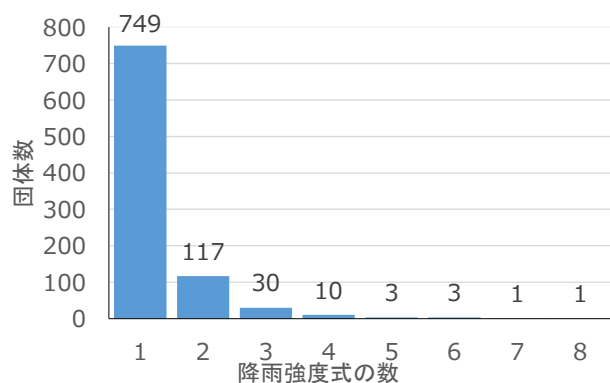


図 2 1 団体が作成している降雨強度式の数

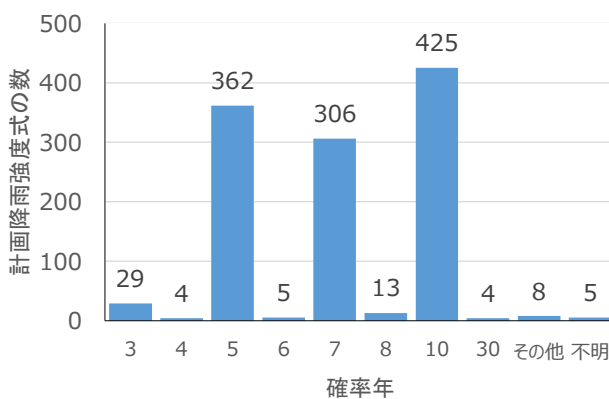


図 3 確率年の採用状況

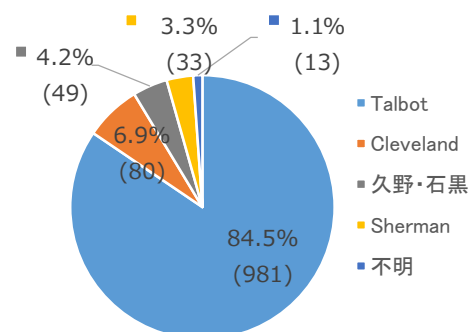


図 4 採用している降雨強度式の式型

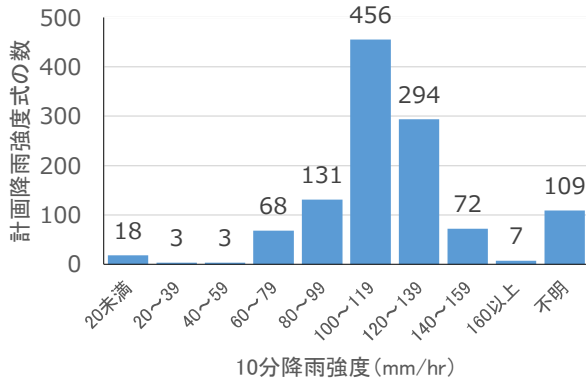


図5 10分降雨強度の採用状況

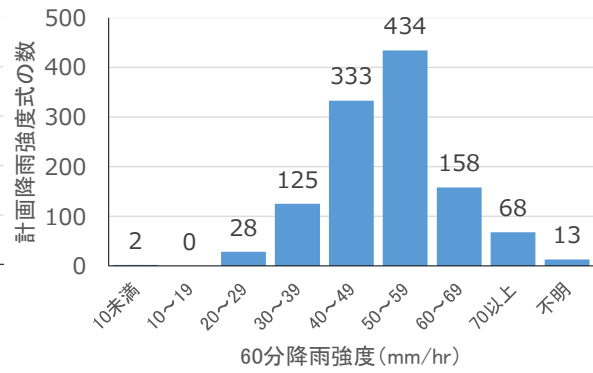


図6 60分降雨強度の採用状況

流達時間が短い管路等の設計を行う場合は、Talbot型を採用することが好ましいとされており、順当な結果と言える。

⑤ 計画降雨強度式で採用している10分降雨強度

図5に示す区分で整理した結果、最も多い区分は100~119、次いで120~139mm/hrであり、両者で6割以上を占めていた。また平均値は111.2mm/hrであった。

⑥ 計画降雨強度式で採用している60分降雨強度

図6に示す区分で整理した結果、最も多い区分は50~59、次いで40~59、60~69mm/hrの順であり、これらで全体の7割近くを占めていた。また平均値は51mm/hrであった。

#### 4.2 計画降雨強度式の作成に関する内容

各団体における計画降雨強度式の作成方法に関して以下の項目を整理した。

① 用いた確率計算手法 (図7)

降雨強度式作成時に用いた確率計算手法は岩井法が最も多く、次いでThomasプロット法が採用されていた。また両者で全体の7割以上を占めている一方、約2割の計画降雨強度式における手法が不明であった。

② 計画降雨強度式の定数決定方法 (図8)

8割以上が特性係数法を採用している一方で、約1割が不明であった。

③ 計画降雨強度式の作成主体 (図9)

7割以上の団体が自ら作成していた。

④ 計画降雨強度式の作成時期

図10に示す区分で整理した結果、7割以上が1971年以降に作成されており、最も多い区分は2011~2020年であった。また、約3割が近年20年以内に作成されている一方、約2割が作成から40年以上経過していることがわかった。



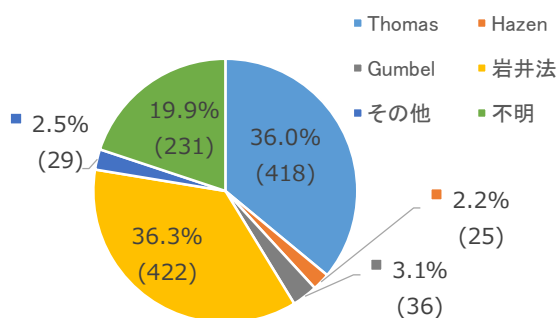


図 7 用いた確率計算手法

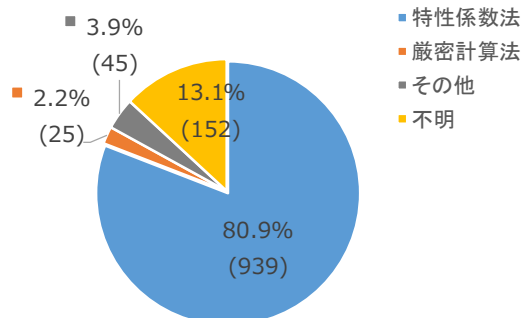


図 8 定数決定方法の採用状況

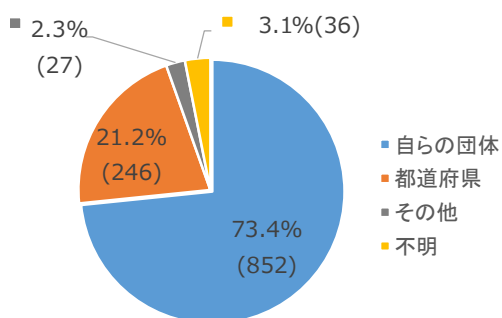


図 9 計画降雨強度式の作成主体

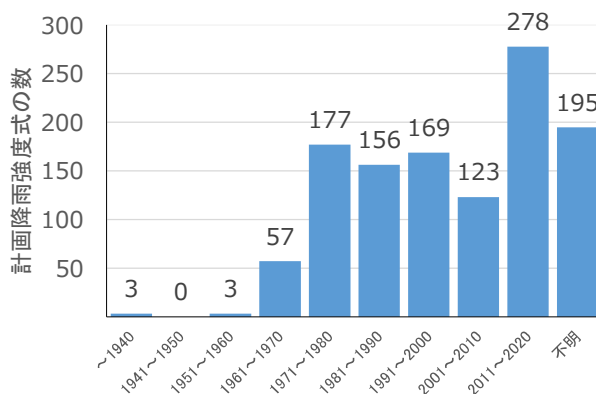


図 10 計画降雨強度式の作成時期

#### 4. 3 計画降雨強度式の作成に用いた降雨資料に関する内容

各団体の計画降雨強度式作成に用いた降雨資料に関して、以下の項目を整理した。

##### ① 使用した降雨観測地点 (図 1 1)

気象庁所管の観測地点が最も多く使用され、全体の約 8 割を占めていた。また、降雨強度式の作成に使用された気象庁所管の観測地点数は 220 であった。

##### ② 降雨資料の整理方法 (図 1 2)

毎年最大法値が最も多く使用され 6 割以上である一方、2 割以上が不明であった。

##### ③ 作成に用いた降雨資料の期間

回答が得られた 1,161 の計画降雨強度式のうち、作成に用いた降雨資料の期間 (使用開始年と使用終了年) が確認できた 923 式に対して、図 1 3 に示す区分で整理を行った。その結果、最多の区分は 30~39 年、次いで 20~29 年であり両方で 5 割以上を占めていた。また、約 9 割が 20 年以上の期間を用いている一方、40 年以上の期間を用いているのは約 4 割であることがわかった。また図 1 4 より、計画降雨強度式の作成時期が古いほど、降雨資料期間が 40 年未満となる割合が高くなる傾向であることがわかった。

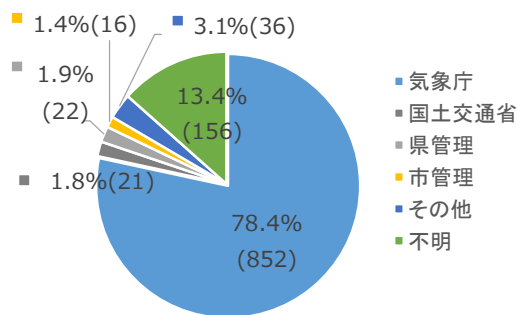


図 1 1 作成に用いた降雨観測地点種別

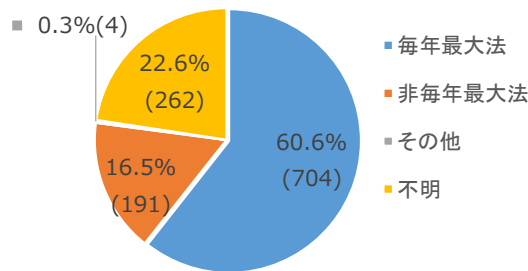


図 1 2 降雨資料の整理方法の採用状況

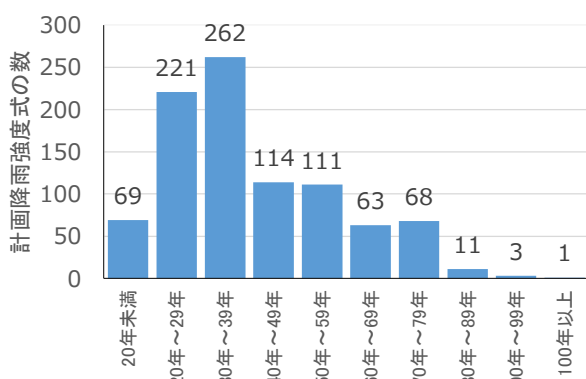


図 1 3 作成に用いた降雨資料の期間

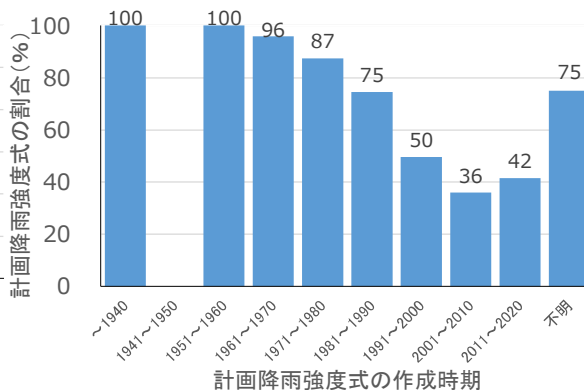


図 1 4 降雨資料期間が 40 年未満の割合

## 5. まとめ

全国における計画降雨強度式の作成状況に関する実態調査を行い、計画降雨を設定している 914 団体、1,161 の計画降雨強度式について回答が得られた。また得られた回答に対して、現在の雨水計画の状況、計画降雨作成に用いた降雨資料、計画降雨強度式の作成方法の 3 つに分類して整理を行った。整理した結果は 4 に示したとおりであるが、調査から得られた成果をとりまとめると以下の通りである。

- ① 計画降雨強度式の作成にあたっては、設計指針で示されている手法や考え方に基づいて作成している事例が大半であることが分かった。
- ② 計画規模を示す確率年や 60 分降雨強度、計画降雨強度式の作成手法や用いた降雨資料といった、現在の計画降雨の基本的な事項に対して、不明とする回答が一定数見られた。
- ③ 計画として採用されている確率年は、9 割以上が 5～10 年であった。一方、5～10 年の確率年を採用する際に用いる降雨資料の期間として、設計指針で望ましいとされている 40 年以上の期間を用いていたのは、4 割程度であった。
- ④ 計画降雨強度式の作成時期毎に資料期間を整理すると、作成時期が古いほど資料期間が 40 年未満の割合が増加する傾向がみられた。特に 1990 年以前のもので顕著であった。これ

は、作成時期が古いほど、作成時点において長期間の降雨資料を得られる観測地点が少なかったためと推察される。しかし現在では、40年以上の降雨資料を持つ観測地点は増えており、降雨資料の蓄積が進んだ観測地点を使用している場合は、必要に応じて資料期間を含めた見直しをすることが望ましい。

- ⑤ 計画降雨強度式の作成時期を整理した結果、約3割が近年20年以内に作成されていた。一方、気候変動による影響は既に現れている可能性が報告されており<sup>4)</sup>、例えば気候変動の影響を含んだ降雨資料を用いて作成している場合、提言で示された倍率をそのまま乗じることは、過大評価となる恐れがある。

今後は、今回の調査で得られた結果を基に、計画強度式作成に用いる降雨資料の時期や期間の違いが与える影響について整理し、提言で示された倍率を用いた、気候変動を考慮した適切な計画降雨量の設定手法について検討を進める予定である。

#### <参考文献>

- 1) 気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会：気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について提言、2020年6月
- 2) (公社) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 前編 2019年版、pp222、pp244、2019年
- 3) 気象庁：気候変動監視レポート 2019、pp1、2020年7月

## 4. 下水道新技術の開発方向性及び導入促進に関する調査

下水道研究部 下水道研究官 南山 瑞彦  
下水道エネルギー・機能復旧研究官 横田 敏宏  
下水道研究室 主任研究官 田本 典秀  
研究官 濱田 知幸  
交流研究員 田中 裕大

### 1. はじめに

下水道の中長期的な方向性や未来像を示すものとして、平成 26 年に新下水道ビジョンが公表された。この中で示されている長期ビジョンや中期目標を達成するため、技術開発に関する中長期的な計画として、下水道技術ビジョン<sup>1)</sup>が平成 27 年に策定された。

国土技術政策総合研究所では、下水道技術ビジョンのフォローアップを目的として、「下水道技術開発会議」を平成 28 年に設置し、下水道事業における技術ニーズの調査と分析、ロードマップの一部改定や重点課題の選定、事業主体の技術導入に向けた課題の分析などを進めている。また、下水道事業における新技術の導入を促進することを目的として、平成 30 年 10 月に下水道技術開発会議エネルギー分科会（以下、「エネルギー分科会」）を設置した。

令和 2 年度の下水道技術開発会議では、下水道技術ビジョンのフォローアップの一環として、下水道事業における技術ニーズ及び新技術導入上の課題の分析、ロードマップ重点課題の選定、技術開発・導入促進方策の検討等を行った。またその結果を「下水道技術開発レポート 2020」<sup>2)</sup>として取りまとめた。本稿では下水道事業の技術ニーズおよび新技術導入上の課題等に関するヒアリング調査、エネルギー分科会における小規模処理場での省エネルギー対策に関する調査等の結果を報告する。

### 2. 下水道事業の技術ニーズおよび新技術導入上の課題等に関するヒアリング調査

#### 2. 1 中小規模の地方公共団体へのヒアリング調査方法

下水道分野の技術的課題等について、中小規模の地方公共団体（一般市）を対象としたヒアリング調査を実施した。

調査を行った地方公共団体は、平成 28 年度～令和元年度にヒアリング調査を実施していない地方公共団体から選定した。さらに中小市町村の状況等を広く把握することを目的に、中小規模の地方公共団体へのヒアリング調査と合わせて都道府県も調査対象とした。選定の結果、市町村から 4 団体、都道府県から 1 団体の合計 5 団体を対象としたヒアリング調査を実施した。

ヒアリング調査では、主に以下の視点により情報を収集した。

- ・技術的課題・ニーズについて
- ・新技術導入上の課題について
- ・新技術導入に必要な情報について

#### 2. 2 ヒアリング調査結果

##### 2. 2. 1 技術ニーズについて

技術ニーズに関する主な回答を整理し、表 2-1 に示す。

管きょ関係の技術ニーズでは、不明水対策に係る効果的な調査・解析方法との回答があり、現場状況、降雨の状況、地下水の状況等が一定でないため対策をした効果が明確にはわからな  
いといった意見が挙げられた。

処理場関係の技術ニーズでは、運転しながら調査・工事をする技術、未処理下水の紫外線による消毒技術、中小規模の処理場でも使用でき、LCC 低減が期待できる技術、ICT を活用した互換性のある監視制御システム等の回答があった。運転しながら調査・工事する技術が求められる理由としては、代替施設がないことや、施設が古く系統分けができないことが挙げられた。ICT を活用した互換性のある監視制御システムについては、処理場毎に異なるメーカーシステムが採用されており、一括監視システムの構築が困難であること、特殊なシステムは入札時に競争が働きにくいことが理由として挙げられ、状態監視だけでも可能な技術や汎用技術で構築できると望ましいとの意見もあった。

その他、行政ネットワークのセキュリティレベルが高く、クラウドシステム等に接続するための制約が多いという意見があった。

表 2-1 技術ニーズに関する主な回答（趣旨）

管きょ関係	<p>◎不明水対策に係る効果的な調査・解析方法 現場状況、降雨の状況、地下水の状況等が一定でないため明確に答えが出ていない</p>
処理場関係	<p>◎運転しながら調査・工事をする技術 代替施設が無い。系統分けができない</p> <p>◎未処理下水の紫外線による消毒技術</p> <p>◎中小規模の処理場でも規模が合う LCC 低減が期待できる技術</p> <p>◎ICT を活用した互換性のある監視制御システム 処理場毎に異なるメーカーの監視制御システムが採用されており、一括監視システムの構築が困難である 集中監視システム等で特殊なシステムは、競争が働きにくい側面があることが懸念される 非常時には職員や維持管理業者が駆けつけることが原則であるので、状態監視だけでも可能なシステムがあればよい。汎用技術で構築できることが望ましい</p>
その他全般	<p>LGWAN（行政ネットワーク）のセキュリティレベルが高く、クラウドシステム等に接続するための制約が多い</p>

※◎は複数団体からの回答、◇は回答の詳細情報

## 2. 2. 2 新技術導入上の課題について

新技術導入上の課題に関する主な回答を整理し、表 2-2 に示す。

新技術導入上の課題として、新技術導入検討および実施時の技術不足、人員不足や、新技術の適用規模が範囲外であるとの回答があった。技術不足について、技術継承が困難であることや、下水道部局では土木職等の専門職の採用はしていないことを要因として挙げる意見があった。また、人員不足の要因としては市全体として新卒採用への応募者が少なくなっているという回答があった。中核市規模の団体に対して過去に同様の調査をした結果では、技術職員の不足による技術への理解不足が新技術導入上の課題の一つとして挙げられていたが、小規模の団体では技術職員がいないうえに、下水道部局の職員自体がより少ないため、中核市規模の団体と比べてより人員不足が深刻になっていると推察された。

新技術の導入にあたり、入札段階での課題として、包括的民間委託とすることが困難という回答や、一社だけの技術の導入は困難であるといった回答が得られた。包括的民間委託とすることが困難であるという回答については、回答団体が民間複数社に包括的民間委託の可能性をヒアリングしたものの、未処置の老朽化施設が多いため費用面に課題があるとの回答であったとのことであった。

表 2-2 新技術導入上の課題に関する主な回答（趣旨）

導入検討段階	<p>新技術導入検討および実施時の人員の技術不足、人員不足 技術継承が困難</p> <p>市全体として新卒採用への応募者が少ない上に、複数の自治体の採用試験に合格した場合には、より大都市に近い県内の自治体へ人材が流出してしまう傾向がある</p> <p>施設を熟知した職員も減少しているため施設被災時等に初期対応に当たれる職員が少ない</p> <p>土木・機械・電気・化学等の専門職では採用していない</p> <p>妥当性の判断（検討やその結果が適切であるかどうか）が困難</p> <p>新技術の適用規模の範囲外</p> <p>新技術は自団体の規模に該当しないと感じている</p>
入札段階	<p>包括的民間委託とすることが困難</p> <p>試行的に何社かにヒアリングしたところ未処置の老朽化施設が多いため金額が合わなかった</p> <p>一社だけの技術の導入は困難</p> <p>技術を絞り込むことは業者を絞り込むことになるため、ハードルが高い</p> <p>工種、設計金額に応じて指名競争、一般競争入札</p> <p>総合評価方式、プロポーザル形式の実績は計画業務や包括的民間委託での事例有り</p> <p>総合評価方式は計画部門では雨水管理総合計画策定、企業会計移行で経験がある団体があった</p>

	<p>包括的民間委託として運転管理業務を公募型プロポーザルで受託業者を決定した団体があった</p> <p>処理場の維持管理の包括的民間委託では、地元の維持管理業者との JV によることを要件とした団体があった（地元企業の技術力向上をねらったため）</p> <p>現在の契約内容では電気代を削減しても業者のインセンティブにはならない形となっている例があった</p>
--	---

※▶は回答の要因、◇は回答の詳細情報、●は国総研ヒアリング担当者による補足

### 2. 2. 3 新技術導入に必要な情報について

新技術導入に必要な情報に関する主な回答を整理し、表 2-3 に示す。

比較的小規模の地方公共団体が新技術の導入を検討するにあたり必要となる情報に関する意見の中で、新技術は自団体が保有する施設の規模に該当していないと感じているという回答があった。これはニーズに即した技術自体が無い場合と、技術は存在するが技術情報が行き渡っていない場合があると考えられる。技術が存在する場合、技術情報の周知方法のみならず、情報の受け手がより効率よく必要な技術情報に接する方法の検討が必要であると考えられた。

また情報源として、メールやインターネットの情報や会誌、営業・問い合わせ対応等が挙げられた。このうち、営業・問い合わせ対応については人脈のない団体へは問い合わせしにくいとの意見があった。また、全体的に民間からの営業が減少しているとの意見があった。

表 2-3 新技術導入に必要な情報に関する主な回答（趣旨）

情報内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・団体が保有する施設規模 (≠小規模) で利用できる技術情報 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 新技術は自団体の規模に該当しないと感じている（再掲） <ul style="list-style-type: none"> <li>● 技術自体が無い場合と技術情報が行き渡っていない場合などが原因として想定される</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>・使用中の技術・システムに対しての優位性の比較</li> </ul>
情報源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メール、インターネットでの情報提供</li> <li>・下水道協会誌等の会誌</li> <li>・営業・問い合わせ対応 <ul style="list-style-type: none"> <li>◇ 人脈がある団体であれば問い合わせしやすいが、そうでない団体へは問い合わせしにくい</li> <li>◇ 全体的に民間からの営業は 10 数年前に比較して減少したと感じる</li> </ul> </li> </ul>

※◇は回答の詳細情報、●は国総研ヒアリング担当者による補足

### 2. 2. 4 その他下水道事業全体にかかる主な意見について

その他下水道事業全体に係る主な意見について表 2-4 に示す。PPP/PFI の導入がメジャーな

手法として受け入れられるような社会意識を醸成して欲しいという意見や、広域化・共同化に関して、組合化のような複数の自治体にまたがる形式での実施や、汚泥の広域処理は処理施設をどこに建設するかが課題となるといった意見が挙げられた。

表 2-4 その他下水道事業全体に関する主な意見（趣旨）

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• PPP/PFI の導入は、メジャーな手法として受け入れてもらえるような社会意識を醸成して欲しい</li><li>• 広域化・共同化については、企業化よりも組合化し複数の自治体にまたがる形でも良いと考えている</li><li>• 汚泥の広域処理を行う場合、処理施設をどこに建設するかが課題</li></ul> |
|---|

### 3. 技術ニーズとシーズのマッチングに関する調査

#### 3. 1 背景と目的

技術ニーズとシーズのマッチングに関して、これまでの自治体ヒアリングや下水道技術開発会議にて、中小規模の地方公共団体では人員や技術不足等によってノウハウ等が不足しており新技術を検討することが困難であるという意見が挙げられてきた。下水道技術開発会議の審議では、職員数や予算が限られる団体では何が課題であるかを考える余裕が無いことや解決策の探し方が分からないのではないかという問題意識に基づき、課題解決のサポートを目的とした手法を検討することが提案された。そこで、技術ニーズとシーズの情報共有方法として課題チェックシート（以下、本シート）を検討することとした。これは、事業主体が現在直面している技術的課題・ニーズを認識することを促すとともに、課題解決にあたって、現在あるサポート内容を容易に把握し、解決のための一歩を踏み出すことを促す機会となるツールとなること目的としている。今年度は本シートを作成するとともに、活用にあたっての課題点の把握と改善を目的とし、地方公共団体から意見聴取した。

#### 3. 2 ヒアリング調査方法

2章のヒアリング調査の対象とした5団体に対して、事前に本シートを送付の上、ヒアリング調査の当日にツールの改善点や要望点、活用方法について調査した。

#### 3. 3 作成した課題チェックシートの概要

本シートは Excel 形式にて作成した。本シートのフローは、都道府県市町村を入力すると、統計データ等を自動的に比較し、該当する技術的課題の絞り込みを行う（図 3-1）。その後、技術的課題を選択することで課題解決に向けた情報が提示される構成とした。

技術的課題の絞り込みにあたり、課題の提示方法として「人員不足」「老朽化施設の増大」「事業運営費不足」の観点で課題を整理し、各項目について事業運営状況を示す指標と類似団体の指標とを比較することで事業運営上の課題が認識できるようにし、事業運営上の課題から技術的課題を絞り込むことで技術的課題が認識できるような構成とした。そして、抽出された技術的課題を課題解決に向けた情報に対応させ、課題解決をサポートする構成とした。



STEP 1. 自団体の情報入力							
都道府県名		市町村等団体名		事業名		類型区分	
				公共下水道		Bd1	
STEP 2. 自団体と類似団体の現況比較							
項目	カネ		ヒト	モノ		実施の実施状況	
	事業運営費	経費回収率	人員	管路	ポンプ場		処理場
比較指標	経費回収率	経費回収率 (維持管理費)	職員1人あたりの 処理区域内人口	供用年数	供用年数	供用年数	ストマテス指標の点数
自団体の数値	101.1 %	255.9 %	2495.7 人/人	54 年	57 年	54 年	100 点
類似団体平均	98.1 %	192.5 %	4137.1 人/人	42 年	39 年	40 年	49.4 点
課題判定	良好	良好	良好	課題あり	課題あり	課題あり	良好
判定条件	比較指標の数値が下記に 当てはまる場合「課題あり」と表示		比較指標の数値が下記に 当てはまる場合「課題あり」と表示	比較指標の数値が下記に 当てはまる場合「課題あり」と表示	比較指標の数値が下記に 当てはまる場合「課題あり」と表示	比較指標の数値が下記に 当てはまる場合「課題あり」と表示	比較指標の数値が下記に 当てはまる場合「課題あり」と表示
①	自団体 < 類似団体平均		自団体 < 類似団体平均	自団体 > 類似団体平均	自団体 > 類似団体平均	自団体 > 類似団体平均	自団体 < 類似団体平均
②	—		—	自 > 50年	自 > 20年	自 > 20年	—
参照元	経営状況の見える化ツール (国土交通省) 平成29年度版	経営状況の見える化ツール (国土交通省) 平成29年度版	下水道統計 (日本下水道協会) 平成29年度版	下水道統計 (日本下水道協会) 平成29年度版	下水道統計 (日本下水道協会) 平成29年度版	下水道統計 (日本下水道協会) 平成29年度版	事業マネジメント通覧簿 (国土交通省、日本下水道協会) 平成30年度版
備考				2020年現在の供用年数との比較	2020年現在の供用年数との比較	2020年現在の供用年数との比較	
STEP 3. 事業運営上の課題に関する技術的課題の選択							
事業運営上の課題	施設区分		技術的課題		技術数	各項目へのジャンプ	
	カネ	事業運営費不足	管さよ・マンホールポンプ	時間や水深、流速の制約で点検調査が進んでいない		2件	STEP 4.1
ヒト	人員不足	ポンプ場・処理場	処理場施設の劣化診断が進んでいない	3件	STEP 4.2	STEP 5.2	
モノ	老朽化施設の増大	ポンプ場・処理場	水処理施設の処理能力向上・高度処理化に課題がある	11件	STEP 4.3	STEP 5.3	

図 3-1 課題チェックシートによる技術的課題の絞り込み

### 3. 3. 1 事業運営上の課題の整理

事業運営上の課題の整理にあたり、表 3-1 に示す指標を類似団体の指標と比較することで課題の有無を整理することとした。類似団体は経営状況の見える化ツールにて用いられている類型区分（総務省 経営比較分析表の類似団体区分）に従い設定した。

表 3-1 地方公共団体の現在の事業運営状況を表す指標

事業運営状況	指標	出典
事業運営費	・経費回収率 [-]	下水道事業経営の地域差の「見える化」について、平成 29 年度決算版、国土交通省
	・経費回収率（維持管理費） [-]	
人員	・職員 1 人あたりの処理区域内人口 [人/人] (算定方法) 処理区域人口（観光人口を除く） / 部署等正規職員・正規職員・計	下水道統計（平成 29 年度版）、公益社団法人日本下水道協会
	・管路 供用年数 [年] (算定方法) 管路施設・供用開始年度（最も古いもの）	下水道統計（平成 29 年度版）、公益社団法人日本下水道協会
施設の状況	・ポンプ場 供用年数 [年] (算定方法) ポンプ場施設・稼働開始年度（最も古いもの）	下水道統計（平成 29 年度版）、公益社団法人日本下水道協会

施策の実施状況	・ 処理場 供用年数 [年] (算定方法) 処理場施設・処理開始年(最も古いもの)	下水道統計(平成29年度版)、公益社団法人日本下水道協会
	・ ストマネ通信簿の点数	下水道全国データベース 事業マネジメント通信簿(Gレポ) ストックマネジメント(平成30年度)、国土交通省・公益社団法人日本下水道協会

### 3.3.2 課題解決のサポート

課題解決をサポートするため、提示された技術的課題と、課題解決に向けた情報を対応させた。課題解決策として表3-2に示される新技術情報と、表3-3に示されている関連ガイドライン等が提示される。

課題解決に向けた情報は、下水道革新的技術実証事業等の新技術情報、関連団体が発行するガイドライン等である。新技術情報ではさらに技術概要へのリンクやキーワード(期待される効果)、ガイドラインの有無、問い合わせ先等、技術の有無だけでなく詳細情報も検索できるようにした。

表3-2 技術的課題解決策として提示される新技術の対象事業等

技術的課題解決策 / 新技術	
下水道革新的技術実証事業(B-DASH)	国土交通省
新技術導入制度(選定新技術)	地方共同法人日本下水道事業団
建設技術審査証明事業(下水道技術)	公益財団法人日本下水道新技術機構

表3-3 技術的解決策として提示される関連ガイドライン等と発刊主体

技術的課題解決策 / 関連ガイドライン・マニュアル	ガイドライン等発刊主体	
ガイドライン・マニュアル等	国土交通省	
刊行物(設計指針等)	地方共同法人	日本下水道事業団
技術マニュアル・技術資料	公益財団法人	日本下水道新技術機構
発行図書(技術・指針類等)	公益社団法人	日本下水道協会
技術資料	公益社団法人	日本下水道管路管理業協会
図書	一般社団法人	日本下水道施設管理業協会
技術資料	一般社団法人	日本下水道施設業協会
資料等(下水道事業関係)	公益社団法人	全国上下水道コンサルタント協会

### 3. 4 ヒアリング結果

表 3-4 に本シートに関するヒアリング結果を示す。

活用方法としては、ツールとして技術的課題と解決策の情報がひとつにまとめていることによって、何もないところから検索するより効率的に情報収集可能なことや、ガイドライン等の存在を知らない担当者でも資料を見つけやすくなるという意見が得られた。さらに、情報を入力するための導入として使いやすいとの意見が得られた。

課題、要望点としては、行政ネットワークのセキュリティにより Excel ツールのリンクから直接インターネットへのリンクが開けないという意見が挙げられた。これに対しては各技術についてホームページの掲載箇所を記載することで、セキュリティが厳しい場合でも解決情報を入力できるように対応した。また、どの技術的課題を選択すればよいかわからないという意見がある一方で、幅広い課題だけではなく詳細な条件を設定して技術を絞りこむことでより深い課題についても探索できるとよいといった意見があり、職員の下水道事業へのこれまでのかかわり方の違いをより意識した構成にすることも必要であると考えられた。今後、さらに試用を進め、本シートのブラッシュアップを行う必要がある。

表 3-4 地方公共団体職員による意見の概要

意見	
活用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>ツールとして技術的課題と解決策の情報をひとつにまとめていることで、何も無いところから検索・探索するよりは効率的に情報収集が可能である</li> <li>担当者によってはガイドラインや資料の存在を知らないこともある。このようなツールがあれば、これまでよりも資料を見つけやすいと思う</li> <li>下水道に精通していない職員が課題点を認識し技術情報を入力する際の、最初の取っ掛かりとしては使いやすいと思う</li> <li>新技術を探す際の取っ掛かり、情報を補完するような使い方ができれば有用である</li> </ul>
課題、要望点	<ul style="list-style-type: none"> <li>LGWAN（行政ネットワーク）のセキュリティ上、ツールから直接インターネットへのリンクが開けない</li> <li>職員の技術レベルによってはどの技術的課題を選択すればよいかわからないということもあり得る</li> <li>より深い技術的課題についても課題認識や解決策の探索ができるとうい</li> <li>選択した技術的課題に対応する新技術のリストについて、検索性が向上すると他の技術との比較が容易になる（現状は、技術概要等を読み込まないと判断が難しい）</li> <li>導入可否判定が可能であれば理想的である</li> </ul>

#### 4. 新技術の開発・導入促進に向けた検討

下水道の事業主体である地方公共団体は、近年、様々な技術的課題に直面している。これらに対応し得る新技術は、できるだけ早期に実施に導入され、全国に普及展開することが望ましいが、地方公共団体における新技術の導入は、容易ではないのが実情である。

以下、B-DASH 技術展開状況及び昨年度のエネルギー分科会から引き続き調査した内容を示す。

##### 4. 1 B-DASH 技術普及展開状況

B-DASH 技術を対象とし、国土交通省本省にて調査した普及展開状況を表 4-1 に示す。なお、令和 2 年 5 月時点での B-DASH 技術が導入された 10 技術 113 件を示している。

表 4-1 B-DASH 技術の普及展開状況（国土交通本省調べ、令和 2 年 5 月時点）

採択年度	実証技術	要素技術	導入先（順不同）
H23	超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム	超高効率固液分離	秋田県、岩手県大船渡市、石川県小松市、大阪市（2箇所）
H23	神戸市東灘処理場再生可能エネルギー生産・革新的技術（バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム）	高機能鋼板製消化槽 新型バイオガス精製装置	愛知県、埼玉県、熊本市 神戸市（2箇所）、京都市
H24	管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用技術実証事業	高効率ヒートポンプ 下水熱採熱技術	愛知県 仙台市、新潟市（2箇所）、滋賀県大津市、愛知県豊田市、横浜市
H25	脱水・燃焼・発電を全体最適化した革新的下水汚泥エネルギー転換システム	低空気比省エネ燃焼技術	埼玉県
H25	管口カメラ点検と展開広角カメラ調査及びプロファイリング技術を用いた効率的管渠マネジメントシステム	管口カメラ点検+展開 広角カメラ調査  (類似手法) 管口カメラのみまたは管口カメラ点検+直側カメラ調査	東京都八王子市、長野県岡谷市、愛知県豊田市、愛知県高浜市、京都府向日市、大阪府大阪狭山市、広島市、愛媛県大洲市 宮城県村田町、宮城県富谷市、福島県いわき市、南相馬市、茨城県行方市、千葉県柏市、千葉県白井市、千葉県茂原市、千葉県浦安市、さいたま市、埼玉県川越市、春日部市、行田市、新座市、東京都清瀬市、東京都瑞穂町、静岡県磐田市、袋井市、藤枝市、愛知県高浜市、西尾市、刈谷市、愛西市、豊川市、滋賀県米原市、奈良市、奈良県天理市、川西町、兵庫県川西市、伊丹市、三田市、広島市、広島県福山市、府中町、長崎県諫早市、熊本県上天草市、嘉島町
H25	広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的な管渠マネジメントシステムの実証事業	広角カメラ	岩手県奥州市、東京都羽村市、広島市
H25	広角カメラ調査と衝撃弾性波検査法による効率的な管渠マネジメントシステムの実証事業	広角カメラ+衝撃弾性波調査または衝撃弾性波調査のみ	北海道旭川市、釧路市、苫小牧市、紋別市、新ひだか町、青森県六ヶ所村、秋田県大仙市、宮城県村田町、福島県いわき市、茨城県日立市、群馬県中之条町、邑楽町、埼玉県春日部市、久喜市、神奈川県海老名市、新潟市、新潟県魚沼市、長野県松本市、浜松市、滋賀県東近江市、大阪府堺市、河内長野市、奈良県天理市、長崎県佐世保市、大分市、大分県日出町
H26	ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証事業	硝化制御技術・アンモニア計	横浜市（2箇所）
H26	ICTを活用したプロセス制御とリモート診断による効率的な水処理運転管理技術	NH4-Nセンサーを活用した曝気風量制御（NH4-N/DO制御）技術	横浜市（2箇所）
H28	脱水乾燥システムにおける下水道の肥料化・燃料化技術	脱水乾燥システム	千葉県市原市
H28	下水道圧送管路における硫酸腐食箇所の効率的な調査技術	-	秋田県、東京都、東京都国立市、山梨県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大津市、兵庫県、三重県、島根県、佐賀県佐賀市、沖縄県

※赤字は令和2年度追記

## 4. 2 小規模処理場での省エネルギー対策に関する調査

### 4. 2. 1 背景

新下水道ビジョン加速戦略（平成 29 年 8 月）では、「概ね 20 年で下水道事業における電力消費量の半減」を目標として取り組むことが重要であると述べられている。図 4-1 に全国の下水处理場の年間消費電力量の規模別の合計を示す。大規模、中規模処理場がそれぞれ 66%、21% の電力消費量を占めるが、小規模処理場も 13% の電力消費量を占めており、電力量半減のためには小規模処理場の省エネルギー化も必要となっている。エネルギー分科会では、主に下水道資源・エネルギー技術等の新技術の開発および導入促進方策の検討等を行うこととしていることから、オキシデーションディッチ法の処理場の省エネ運転に関するヒアリング調査を実施した。

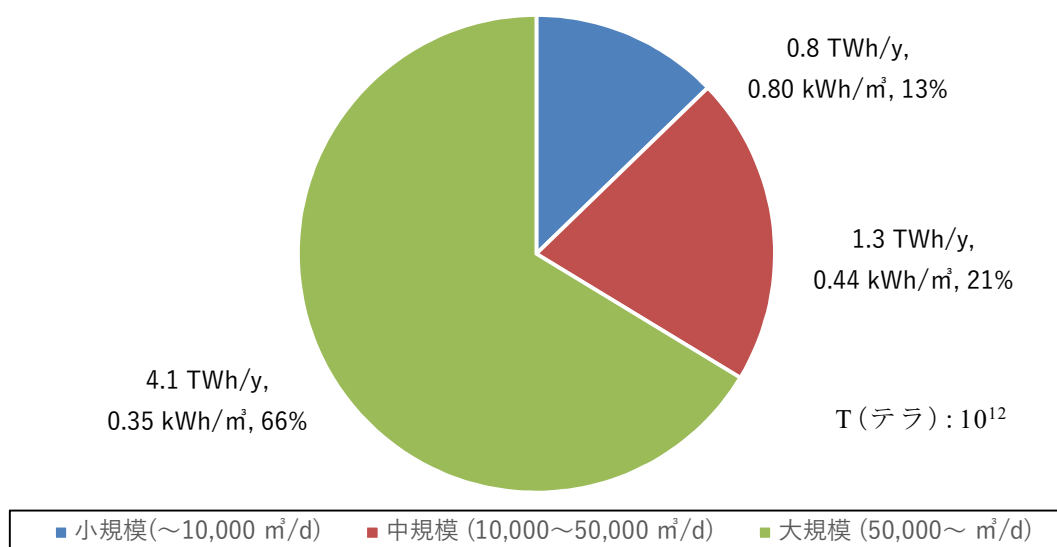


図 4-1 全国の下水处理場の年間消費電力量（規模別、平成 28 年度版下水道統計を整理）

### 4. 2. 2 方法

調査対象の処理場は、令和元年度調査の対象処理場のうち、以下に示す関東地方の 2 箇所の処理場を対象とした。

表 4-2 調査対象処理場

処理場	行政人口 (万人)	処理場数 (箇所)	供用開始 (年)	施設能力 (m³/日)	流入水量	流入比率 (%)
					(日平均) (m³/日)	
A	1	1	2004	2,400	1,070	45
B	20	1	2001	2,000	1,209	60

事前に、ヒアリング調査票を A, B 処理場を有する地方公共団体に送付し、回答をいただいた

後に、ヒアリングを実施した。ヒアリング概要を下記に示す。

- ・ エアレーション装置の仕様、回転数、運転時間
- ・ MLSS 濃度や水質の状況
- ・ 電力計の設置について
- ・ 計器の設置状況
- ・ その他課題や意見など

#### 4. 2. 3 結果

表 4-3 に下水道事業に係る地方公共団体職員へのヒアリング結果の概要を示す。

省エネ運転に向けた主な課題は以下の通りである。

##### ・ 責任の分担

運転方法の変更や電力計設置等を行った際に不具合が発生した場合、通常の維持管理に支障をきたすリスクを懸念する声があった。省エネ運転を試行するために、放流水質や維持管理業務に支障があった時の対処方法や責任の分担を明確にしておく必要があると考えられる。

##### ・ 費用負担について

一部の自治体へのヒアリングにおいては、省エネ運転の試行により、設備メーカーや保守点検業者の立会い等が必要となり、費用が発生する可能性が指摘された。また、業者も立ち会った上で、実施できるかの判断が必要と意見もあった。

##### ・ 水質変動などに対するリスク

ヒアリング対象の自治体では、急な流入水質の変動に対応するため、MLSS 濃度を高めに設定し備えているとのことであった。また、両自治体ともに、放流水質の悪化を懸念している。

省エネ運転をする際には、放流水質への影響に十分配慮して、運転方法などを変更する必要があると考えられる。

また、ヒアリングに先立つ令和 2 年 11 月に、令和元年度調査の報告を A, B 処理場を有する地方公共団体に対しそれぞれ行ったところ、B 処理場では令和 2 年 12 月末より一部省エネ運転を実施している状況であった。以下、B 処理場において省エネ運転を開始できた要因について考察する。

・ A, B 処理場とも運転管理は民間委託しているが、A 処理場では管理社員は 1 名である一方、B 処理場は 5 名であった。B 処理場の方が、管理が行き届きやすく不測の状態に対応しやすいといえる。

・ B 処理場を有する地方公共団体は、単独公共下水道の他に流域関連公共下水道事業も実施しており、処理場担当の職員は少ないが下水道部署全体の職員は多く、又体制が整っている。このことから、業者への指導が行き届きやすかったと推測される。

これらのことから、広域化・共同化により管理体制を充実させることや、省エネ運転実施に関する講習・研修の実施により地方公共団体職員の指導力の向上を図ることが、省エネ運転普及に向けて重要であることが示唆された。

表 4-3 地方公共団体の現在の事業運営状況を表す指標

	B 処理場	D 処理場
エアレーション装置の 運転時間の設定方法	1 サイクル 4 時間で 6 サイク ルタイマー設定	最大 7 サイクルのタイマー制御 で時間の幅は任意
エアレーション装置の 運転時間の調整の容易さ	比較的容易である	容易である (PLC 等の書き換え は不要)
電力測定の可否	電力計によって取り付けの可 否が異なるためできるか不明 (電気設備の保守点検業者回 答)	系列ごとに計測が可能
支障・課題と 責任分担 なる事項	不具合が発生した場合、通常の 維持管理に支障をきたすリス クがあるために、試行時に支障 があった時の対処や責任をど うするか明確にする事が必要 と思える	特になし
費用分担	省エネ運転の試行による業務 が通常の維持管理等に追加さ れた場合に、費用負担、責任等 を明確にする必要がある 系列ごとに運転を変更すると なると、業者 (設備メーカーや 保守点検業者) が必要となり、 費用が発生する可能性がある。 業者も立ち会った上で、実施で きるかの判断が必要 予算化していない費用などが 発生した場合の負担などが懸 念される	特になし
水質の変動	運転方法を変えることはでき るが、水質が悪くなった場合を 考えると、自治体職員からの指 示がないと、維持管理業者とし ては実施できない	流入 BOD 等計画値を大きく超 える流入がまれにある



## 5. まとめ

比較的小規模の地方公共団体等を対象とし、技術ニーズ等に関するヒアリング調査を実施した。導入検討段階の課題として、新技術導入検討および実施時の技術不足、人員不足や、新技術の適用規模が範囲外であるとの回答があった。また、比較的小規模の地方公共団体が新技術の導入を検討するにあたり必要となる情報に関する意見の中でも、新技術は自団体が保有する施設の規模に該当していないと感じているという回答があり、よりニーズに即した技術開発の必要性に加え、情報の受け手がより効率よく必要な技術情報に接する方法の検討が必要であると考えられた。

これまでの下水道技術開発会議での議論も踏まえ、課題解決のサポートを目的とした課題チェックシートを作成、ヒアリング対象とした地方公共団体に試用していただき、今後、より効果的なツールとしての修正の方向性を把握した。

また、エネルギー分科会では、小規模処理場を対象に省エネ運転実施に関するヒアリング調査を行い、実施する際の課題を把握した。

## 参考文献

- 1) 下水道技術ビジョン、国土交通省水管理・国土保全局下水道部、国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部、2015.
- 2) 下水道技術開発レポート 2020、国土技術政策総合研究所資料 1153 号、2021.

## 5. 下水道地震被害推定システムの精度及び利便性の向上等に関する調査

下水道研究室 室長 岡安 祐司  
研究官 濱田 知幸  
交流研究員 山路 昂央

### 1. はじめに

阪神・淡路大震災以降、頻発する大地震により、下水道施設が被災する事態が相次いでいる。東日本大震災（2011年）においては、下水道管路 600 km以上、マンホール 15,000 基以上、下水処理場 120 箇所、ポンプ場 112 箇所が被災した<sup>1)</sup>。ポンプ場及び下水処理場の被災箇所の多くは津波によるものであるが、管路被害の多くは液状化現象等によるもので、処理場の被害が軽微であっても、処理場に至る途中で、下水の流れが滞るケースも多く発生した。下水道管路施設が被災すると、下水道サービスの停止や、道路陥没等の二次災害が発生するなど、地震後の避難や生活再建、災害復旧等に多大な影響を及ぼす恐れがある。

下水道施設を整備・管理する地方公共団体は、これらの状況を踏まえ、早急に施設の耐震化を進め、被災した際に最低限の下水道の機能維持と早期に機能回復を実現させることが求められる。しかしながら、我が国の下水道管路施設の耐震化率は、平成 29 年度末現在、重要な幹線において 50% と低迷している。地方公共団体が、限られた人員、時間、予算の中で耐震化を迫られているなか、多様な土地利用や設置条件の異なる膨大な延長の下水道管路が埋設されていることから、被害想定等に基づき、守るべき施設を特定するなど、耐震対策の優先順位を定めて効率的に実施することが求められている。

下水道施設の耐震対策指針と解説<sup>2)</sup>（以下、耐震指針）では、管路施設の耐震対策の優先度は、施設の重要度や想定される被害形態、被害の程度等、万一被災した場合のリスクも加味して決めることが望ましいとしており、優先順位の評価指標として、「①下水道機能として重要、②二次災害の影響が大きい、③老朽化が進んでいる、④被害を受けやすい、⑤耐震性能が低い、⑥津波による浸水が想定される」を示し、これらを総合的に判断するとしている。国総研では、耐震指針で示された耐震化の優先順位の評価指標を踏まえて、地方公共団体が耐震化を計画する際、総合的に判断するための基礎的な資料として活用していただくことを念頭に研究を実施しており、評価指標のうち、「④被害を受けやすい」、「⑤耐震性能が低い」という評価指標で液状化危険度の高い下水道管路を把握し、耐震化計画に反映できるようにすることを目指し、「下水道管路の管属性条件別の被災率整理」に取り組んでいる。

本年度は、平成 30 年北海道胆振東部地震で被災した地方公共団体の下水道台帳等に記載された下水道管路の情報を表形式に整理し、過年度に整理した被災下水道管路の情報を用いて下水道管路の条件別の被災率を整理した。これらの結果について分析し、下水道管路の被災しやすい条件を検討した。

## 2. 下水道管路施設の情報整理

表 1 に示す平成 30 年北海道胆振東部地震で被災した地方公共団体（4 団体）の下水道管路の情報について、地方公共団体にご協力いただき、GIS データ等を収集し、エクセル形式で整理した。

表 1 収集データ

地方公共団体	事業計画図	下水道台帳	布設年度資料	施工方法	微地形分類	治水地形分類	
北海道	A	イラストレーター	GIS	GIS	GIS	GIS	
	B	CAD、 イラストレーター	GIS	GIS	GIS	古地図	
	C	CAD	クラウド	クラウド	クラウド	GIS	古地図
	D	CAD	PDF	PDF ※一部管きよについては現地にて竣工図書より確認	現地にて竣工図書より確認	GIS	GIS

### 【整理項目】

- ① 地方公共団体名（都道府県、地方公共団体名）
- ② 処理区名
- ③ 管路情報（管種・管径、土被り厚、スパン延長、布設年度等）
- ④ 管路の施工方法（開削工法・推進工法）
- ⑤ 地震情報（地震名、各地方公共団体における代表計測震度、発生年月日）
- ⑥ 地盤条件（微地形区分、治水地形分類）

## 3. 被災率整理結果

平成 30 年北海道胆振東部地震における下水道管路の布設条件別の被災率整理結果のうち、土被り、管種・管径、スパン延長及び施工方法の結果を示す。本年度は、被災が多かった污水管および合流管での被災率(被災延長/布設総延長×100)を算出した。

### (1) 土被り

A では全体的にどの深度でも被災率は低かった。B は 1.0m～3.0m、C は 3.0m～4.0m、D は 1.0m～4.0m で被災率が高くなった（表 2）。土被りが深いほど、地下水位以下となり液状化しやすいことが想定されたが本調査では顕著な傾向は得られなかった。

表2 土被り別の被災率

土被り	震度	5強	6弱	6強			7	合計	
	地方公共団体	A		B			C		D
	処理区	①	②	①	②	③			
1.0m以下	布設延長(km)	13.9	19.4	0.8			0.5	0.6	1.8
	被災延長(km)	0.15	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00
	被災率(%)	1.1	0.0	0.0			0.0	0.0	0.0
1.0m超 2.0m以下	布設延長(km)	1365.5	866.1	15.9	15.1	1.1	16.6	11.4	60.2
	被災延長(km)	1.67	0.17	0.63	1.63	0.43	0.34	1.36	4.39
	被災率(%)	0.1	0.0	4.0	10.8	38.4	2.0	11.9	7.3
2.0m超 3.0m以下	布設延長(km)	673.4	367.0	10.1	11.1	1.7	8.5	5.1	36.46
	被災延長(km)	1.20	0.29	1.20	1.84	0.17	0.29	1.56	5.06
	被災率(%)	0.2	0.1	11.9	16.6	9.9	3.4	30.8	13.9
3.0m超 4.0m以下	布設延長(km)	221.8	132.6	3.0	2.6	0.3	2.6	0.7	9.11
	被災延長(km)	0.38	0.08	0.21	0.05	0.00	0.60	0.20	1.06
	被災率(%)	0.2	0.1	7.1	1.9	0.0	23.3	28.2	11.6
4.0m超	布設延長(km)	212.9	137.1	5.2	3.0	0.5	1.9	1.3	11.83
	被災延長(km)	0.17	0.00	0.42	0.26	0.00	0.00	0.09	0.77
	被災率(%)	0.08	0.00	8.1	8.6	0.0	0.0	6.8	6.5
不 明	布設延長(km)		2.5	0.8					0.84
	被災延長(km)		0.00	0.00					0.00
	被災率(%)		0.0	0.0					0.0
合 計	布設延長(km)	2487.5	1524.6	35.7	31.9	3.6	30.0	19.1	120.22
	被災延長(km)	3.57	0.54	2.46	3.78	0.60	1.23	3.21	11.28
	被災率(%)	0.1	0.0	6.9	11.9	16.8	4.1	16.8	9.4

## (2) 管種・管径別

コンクリート管、塩ビ管の被災率を整理したが、以下のとおり地方公共団体によっては被災率の高いデータもあったが顕著な傾向は得られなかった。耐震指針では、マンホールと管きよの接続部などには、可とう性を有する継手を用いて屈曲が可能な柔軟な構造にするなどの対策を行うとされている。Aは可とう性継手を用いているのに対し、他の地方公共団体の布設年次が古い場合に可とう継手を設けていないところもあり、被災率が高くなった一因と考えられる。

### 1) コンクリート管

Aでは約3,300km布設されているが、被災率は1%未満となっている。その他の地方公共団体ではDが被災しており、φ250～φ400の条件で被災率が高くなった

### 2) 塩ビ管

Aではほとんど被災を受けていないものの、Bの一部処理区、Dで高い被災率となった。

## (3) 塩ビ管のスパン長別被災率

塩ビ管の被災が多かったB、C、Dの地方公共団体について、スパン長毎の被災率を整理した(表3)。スパン長が長くなるほど被災率が高くなる傾向にあった。

表3 塩ビ管のスパン長別被災率

スパン長	震度	6強			7	合計	
	地方公共団体	B			C		D
	処理区	①	②	③			
20m未満	布設延長(km)	1.48	1.41	0.11	1.36	0.74	5.10
	被災延長(km)	0.05	0.11	0.00	0.06	0.15	0.37
	被災率(%)	3.4	7.8	0.0	4.4	20.3	7.3
20～30m	布設延長(km)	2.82	1.97	0.17	1.44	1.06	7.46
	被災延長(km)	0.17	0.27	0.03	0.03	0.07	0.57
	被災率(%)	6.0	13.7	17.6	2.1	6.6	7.6
30～40m	布設延長(km)	3.07	3.28	0.18	1.83	1.73	10.09
	被災延長(km)	0.23	0.14	0.07	0.07	0.31	0.82
	被災率(%)	7.5	4.3	38.9	3.8	17.9	8.1
40～50m	布設延長(km)	4.46	5.18	0.23	4.00	1.58	15.45
	被災延長(km)	0.40	0.81	0.00	0.00	0.28	1.49
	被災率(%)	9.0	15.6	0.0	0.0	17.7	9.6
50m以上	布設延長(km)	18.55	16.84	2.86	20.74	8.87	67.86
	被災延長(km)	1.61	2.45	0.50	1.07	1.88	7.51
	被災率(%)	8.7	14.5	17.5	5.2	21.2	11.1
合計	布設延長(km)	30.38	28.68	3.55	29.37	13.98	105.96
	被災延長(km)	2.46	3.78	0.60	1.23	2.69	10.76
	被災率(%)	8.1	13.2	16.9	4.2	19.2	10.2

(4) 施工方法別被災率

Aの施工方法別被災率に関しては、管属性別被災率と同様にほとんどの条件で1%未満の被災率であった。A以外の施工方法別被災率を表4に示す。BとCでは開削工法区間のみが被災を受けており、Bの①処理区と②処理区で10%を超える被災率となっている。Dに関しては開削工法区間、推進工法区間ともに被災を受けたが、開削工法区間の被災率が20%を超えており被災が顕著であった。全体的に推進工法よりも開削工法区間の被災率が高かった。

開削工法区間でも、埋戻し液状化対策工法(表5参照:①埋戻し部の締固め度を90%以上により過剰間隙水圧を小さくする、②砕石等による埋戻しにより過剰間隙水圧を消散させる、③地下水位以深を固化改良土で埋戻して非液状化層とする)を実施したものは被災率が低くなっている可能性があるため、布設年度も含めた解析を実施する予定である。

表4 施工方法別の被災率

施工方法	震度	6強			C	7	合計
	市町名	B				D	
	処理区	①	②	③			
開削 工法	布設延長(km)	31.56	28.81	3.57	28.21	13.35	105.50
	被災延長(km)	2.46	3.78	0.60	1.23	2.99	11.06
	被災率(%)	7.8	13.1	16.8	4.4	22.4	10.5
推進 工法	布設延長(km)	4.12	3.06	0.00	1.79	5.75	14.72
	被災延長(km)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.22
	被災率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	1.5
合 計	布設延長(km)	35.68	31.87	3.57	30.00	19.10	120.22
	被災延長(km)	2.46	3.78	0.60	1.23	3.21	11.28
	被災率(%)	6.9	11.9	16.8	4.1	16.8	9.4

表5 埋戻し土の液状化対策概念図<sup>3)</sup>

埋戻し方法	埋戻し土の締固め	砕石による埋戻し	埋戻し土の固化
概要	良質土で締固め(締固め度90%以上)ながら、埋戻す。	透水性の高い材料(砕石)で地下水位より上方まで埋戻す。	地下水位以深をセメント固化改良土等で埋戻す。
概念図			
液状化対策の 効果	十分な締固めを行うことにより、埋戻し部の過剰間隙水圧を小さくすることが出来るため、液状化に対する効果は大きい。	マンホール・管路近傍部の過剰間隙水圧が消散するため、液状化に対する効果は大きい。	埋戻し部が非液状化層となるため、液状化に対する効果は大きい。

#### 4. まとめ

下水管路の布設条件別の被災率を整理した結果、「土被り」と「管種・管径」に関しては顕著な傾向は得られなかった。「スパン長」に関してはスパン長が長いほど被災率が高くなる傾向にあった。また、「施工方法」について推進工法よりも開削工法の被災率が高くなった。

今後は地質等の条件や複合的な条件による影響などの解析を進めるとともに、平成 30 年北海道胆振東部地震以外の被災率についても整理し、より多様な条件による被災しやすさの解析を行う。

#### 謝 辞

平成 30 年北海道胆振東部地震における下水道管路施設の被害傾向分析を進めるに当たり、関連資料の提供等にご協力いただいた地方公共団体の皆様に、心より謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会：下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書、2012.3  
下水道
- 2) 下水道施設の耐震対策指針と解説－2014年版－、社団法人日本下水道協会、2014.5
- 3) 下水道地震対策技術検討委員会報告書－新潟県中越地震の総括と地震対策の現状を踏まえた今後の下水道地震対策のあり方－、下水道地震対策技術検討委員会、2005.8

## 6. 下水処理水の衛生学的な安全性を考慮した技術基準及び管理手法 に関する調査

下水処理研究室 室長 田嶋 淳  
 研究官 松橋 学  
 研究官 福間 泰之

### 1. はじめに

公共下水道から公共の水域又は海域に放流される水の水質は、下水道法施行令の「放流水の水質の技術上の基準」及び、水質汚濁防止法の一般排水基準により定められており、その指標の一つとして、大腸菌群数が挙げられる。大腸菌群数の基準は、水道協会下水道部門を統合し下水道協会が設立された昭和 39 年よりさらに前の昭和 13 年水道協会が第 7 回総会において水道協会協定として議決された「放流水の水質標準」において「1 ccにつき 3000 個」<sup>1)</sup>とされており現在に至るまで放流水の基準として用いられてきた。しかし、平成 25 年 8 月の「水質汚濁に係る生活環境の保全に関する環境基準の見直しについて（諮問）」を受け、環境基本法に基づく水質汚濁に係る環境基準のうち、生活環境の保全に関する環境基準のうち、大腸菌群数を新たな衛生微生物指標として大腸菌数へ見直された<sup>2)</sup>。下水道からの放流水の水質の技術上の基準についても大腸菌群数から大腸菌数への変更について検討を行う必要があり、国土技術政策総合研究所では、下水道における大腸菌数の指標に関する実態の把握や測定方法、基準検討に必要な情報の収集、整理を行っている。

本調査では、下水を対象とした大腸菌測定方法の室間精度を把握することを目的に、下水処理場の二次処理水、放流水について、3 つの測定機関で大腸菌を測定し各測定方法の室間精度を把握した。

### 2. 調査方法

#### 2. 1 調査概要

調査対象の下水処理場は、関東地方の 2 箇所の下水処理場で流入水を採取後、滞留時間を考慮して 2 次処理水、放流水を採取した。試料採取は 2021 年 1 月および 2 月の 2 回実施し、2 次処理水の採水地点と塩素注入地点が近接しているため、放流水に加え、2 次処理水についても採水後ただちにチオ硫酸ナトリウムによる塩素中和を行った。採水した下水処理場の条件を表 1 に示す。

#### 2. 2 分析機関

本調査では、室間精度の検証を目的と

表 1 調査対象処理場

	A 処理場	B 処理場
処理方式	オキシデーションディッチ法	嫌気無酸素好気法
現有能力	17,600 m <sup>3</sup> /日 (晴天日最大)	53,200 m <sup>3</sup> /日 (晴天日最大)
滞留時間	51 時間 24 分	17 時間 15 分
消毒方法	次亜塩素酸ナトリウム	次亜塩素酸ナトリウム
接触時間	25 分	50 分
採水場所	流入水、二次処理水、放流水	
採取条件	晴天時、同一業者の採水、同一時間での採水	
採水日	1 回目 1 月 25～27 日、2 回目 2 月 22～24 日	



しているため、関東地方に分析室を持つ3つの分析機関（X社、Y社、Z社）で分析を実施した。また、測定精度の管理のため大腸菌測定時の操作開始時刻、及び試料測定順序等を統一して実施した。

### 2. 3 測定項目

#### 2. 3. 1 水質の測定

水質測定は、水温、pH、浮遊物質（ss）を下水試験方法<sup>2)</sup>に準じて測定すると共に、NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、NO<sub>2+3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N について測定を行った。

#### 2. 3. 2 大腸菌群数及び大腸菌数の測定

大腸菌群数及び大腸菌数の測定は、2処理場の流入水2回、二次処理水2回、放流水2回の計12試料を対象とした。流入水は、1分析機関で繰返し測定回数を3回とし、二次処理水及び放流水については3分析機関で繰返し測定回数を5回として測定した。また、測定方法は、特定酵素基質培地により平板法は（A）～（F）の6種類、最確数法は1種類（H）実施し、大腸菌群数についてデソキシコール酸塩培地による平板法（G）を併せて実施した。なお、実施にあたっては、培養時間、培養温度、培地製造ロットを統一して行った。培養条件等の詳細を表2に示す。

### 3. 結果及び考察

#### 3. 1 水質測定の結果

水質項目測定結果として、水温は15℃以上であり、pHは6.8～7.7であった。SSについては、流入水で150mg/L程度、処理水で2～4mg/L程度であった。また、アンモニアも減少しており、亜硝酸蓄積も見られないことから良好な処理が行われていることを確認した。また、2処理場の1回目、2回目の流入水及び放流水の水質は同程度であった。

表2 培養条件

培地	培養温度 (°C)	培養時間 (時間)
A	36	20
B	36	21
C	37	24
D	36	20
E	36	24
F	36	24
G	35	20
H	35	24

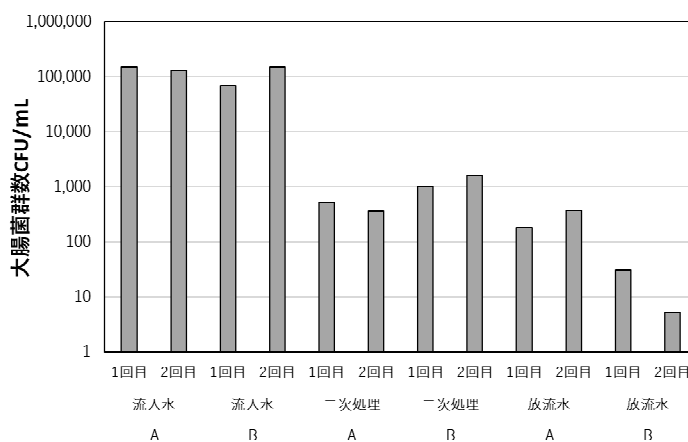


図1 デソキシコール酸塩培地による大腸菌群数の測定結果

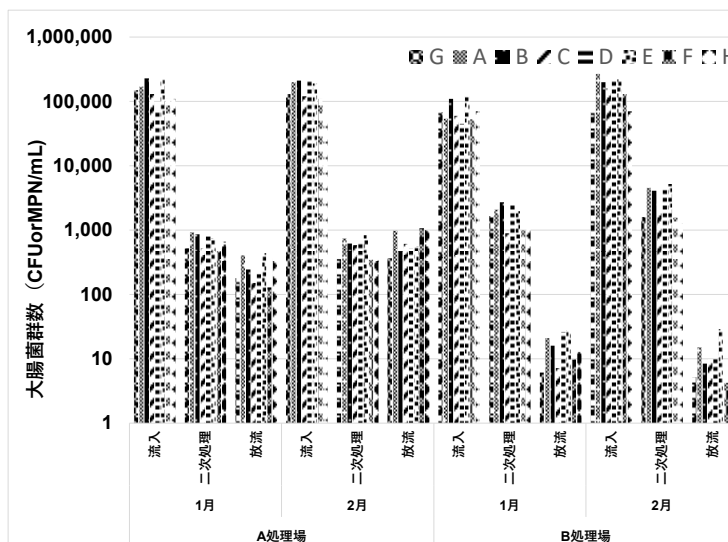


図2 デソキシコール酸塩培地と特定酵素基質培地による大腸菌群数測定の比較(分析機関X)

### 3.2 大腸菌群数及び大腸菌数の測定結果

対象処理場の処理状況実態把握のため、現在の公定法であるデソキシコール酸塩培地平板法(G)の測定結果について図1に示す。流入水では $10^5$ CFU/mL程度、二次処理水では $10^3$ CFU/mL程度、放流水では、A処理場で $10^2$ CFU/mL、B処理場で $10^1$ CFU/mL程度であり、過去の調査結果<sup>3)</sup>と同程度の除去率及び放流水質で

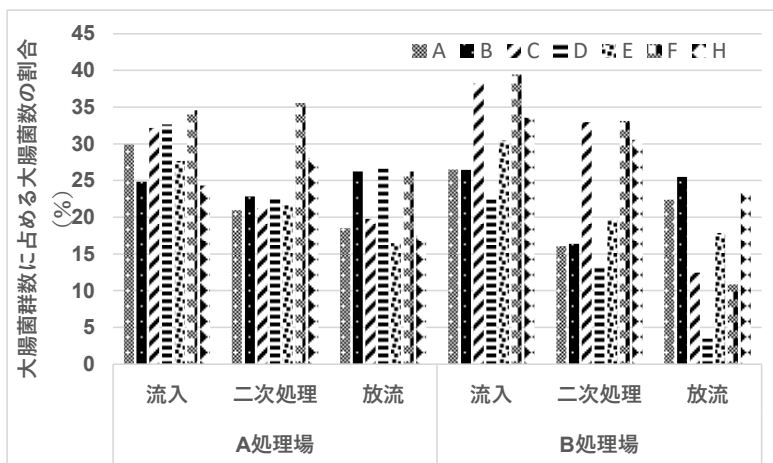


図3 特定酵素基質培地による大腸菌群数に占める大腸菌数の割合 (分析機関X)

あった。また、基準値である大腸菌群数 3000 個/mL を大きく下回る結果であることから対象処理場において良好な処理が行なわれていることが確認できた。

次に特定酵素基質培地平板法 (A) ~ (F)、最確数法 (H) で測定した大腸菌群数と公定法 (G) を比較した結果、B 処理場の放流水の試料にばらつきがあったもののそれ以外の試料についてはほぼ同様の値であった (図2)。また、大腸菌群数に占める大腸菌数割合を算出した結果、流入水で 20~40%、二次処理水で 15~35%、放流水で 5~25% の範囲であった。過去の調査<sup>4)</sup>では、処理水では概ね 20~40% の割合との報告がされており、本調査において、やや低い値を示す培地があったものの、同様の結果となった (図3)。

### 3.3 繰返し精度及び空間精度の検討

大腸菌測定における分析室間の精度検証を行うにあたり、特定酵素基質培地平板法で測定した各試料毎の繰返し精度を確認し、その結果を基に、3 分析機関の分析室間での測定結果の比較により室間精度を確認した。繰返し精度及び室間精度の評価は、水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン<sup>5)</sup>における目標値を参考に、変動係数がそれぞれ 30% 以内及び 35% 以内であれば精度が確保できるとい

う評価とした。  
繰返し精度について、それぞれの培地毎 1 試料当たり 5 回、各分析機関で測定し、変動係数を算出した結果を表3に示す。B 処理場の放流水以外は概ね 20% 以下であり、30% を下回る結果となった。B 処理場の放流水については、1 月は 10CFU/mL、2 月は 1 CFU/mL 以下の低濃度であ

表3 3 分析機関での測定による変動係数

		A2次処理水		A放流水		B2次処理水		B放流水	
		1月	2月	1月	2月	1月	2月	1月	2月
A	X	5.1%	12.3%	6.0%	6.2%	11.3%	12.1%	34.4%	223.6%
	Y	5.3%	3.8%	11.4%	4.8%	10.9%	9.8%	54.3%	-
	Z	5.9%	2.5%	11.2%	5.5%	19.3%	5.6%	45.1%	223.6%
B	X	12.5%	7.3%	17.8%	14.1%	13.3%	17.9%	51.3%	136.9%
	Y	5.6%	4.8%	23.8%	8.7%	9.3%	11.9%	46.6%	223.6%
	Z	3.6%	9.2%	8.9%	12.4%	10.1%	16.1%	35.4%	-
C	X	15.2%	14.0%	15.8%	12.2%	20.8%	11.9%	55.9%	136.9%
	Y	8.4%	8.0%	16.5%	6.3%	8.1%	9.2%	37.3%	136.9%
	Z	5.8%	7.7%	24.7%	10.5%	16.8%	15.1%	60.1%	-
D	X	8.8%	8.8%	16.7%	7.8%	8.4%	9.0%	108.7%	-
	Y	3.8%	15.6%	15.2%	8.6%	14.1%	17.7%	35.3%	-
	Z	5.0%	12.8%	13.1%	7.3%	11.0%	5.7%	31.7%	223.6%
E	X	9.1%	7.4%	11.7%	3.3%	17.4%	10.8%	93.1%	70.7%
	Y	20.3%	20.4%	8.1%	4.5%	19.1%	8.7%	55.2%	136.9%
	Z	7.5%	5.9%	6.5%	6.2%	18.8%	12.2%	24.8%	223.6%
F	X	7.9%	11.6%	14.4%	15.3%	19.2%	9.6%	139.2%	55.9%
	Y	6.1%	5.0%	22.0%	13.2%	8.4%	11.0%	53.4%	-
	Z	6.9%	18.3%	12.4%	17.1%	17.8%	18.8%	59.3%	223.6%

ることから、変動係数が高くなり精度が確保されなかったと考えられる。そのことから測定の際に計数するシャーレのコロニー数が少なくなると誤差が大きくなる傾向があり、試料が高濃度の場合、希釈倍率を変更することで精度の確保が可能である一方で、低濃度の試料については、定量的な評価を行う精度が確保できない可能性がある。

次に室間精度について3機関の分析結果から培地毎に変動係数を算出した結果を図4に示す。なおB処理場の放流水については、繰返し精度が確保できていないことから室間精度の検討から除外した。特定酵素基質培地平板法による大腸菌測定の実態は、A処理場放流水の培地Fを除き35%以内であった。A処理場の放流水で培地Fの変動係数が大きくなった原因として、1機関の放流水が二次処理水よりも大きな値となっていることから、当該機関の放流水試料にSSが混入するなど測定上の不具合があった可能性が考えられるが、明確な原因は不明であった。

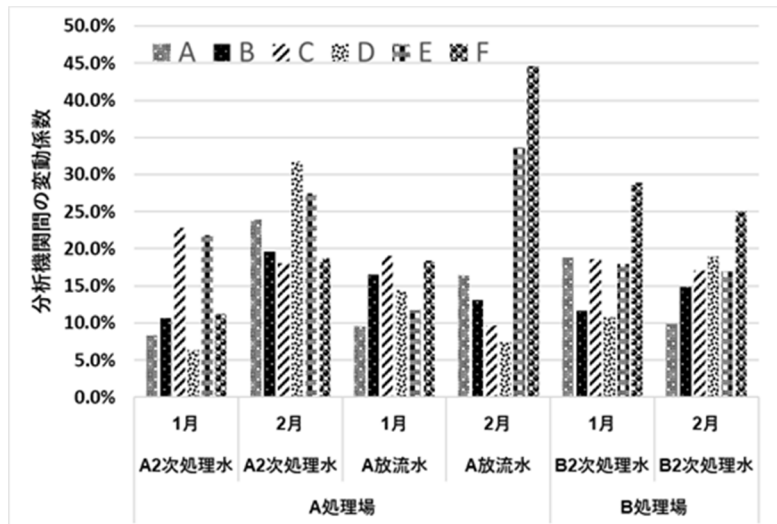


図4 分析機関間の変動係数

#### 4. まとめ

本調査では、2つの下水処理場の二次処理水、放流水について、大腸菌群数及び大腸菌数の実態を把握し、3つの測定機関で大腸菌を測定し各測定方法の室間精度を把握した。実態として、良好に処理されている下水処理場においては、放流水で大腸菌群数に占める大腸菌の割合は、15~35%であった。また、特定酵素基質培地を用いた平板法の精度は、大腸菌濃度が低濃度でなければ、繰返し精度は確保できていた。また、室間精度についても、繰返し精度が確保できていれば概ね精度は確保できると考えられる。今後は、計数時の希釈倍率の設定など測定の留意事項等について検討する。

#### 【参考文献】

- 1) 下水道技術開発委員会：環境基準見直しによる大腸菌数の排水基準設定に伴い発生する課題に関する調査研究報告書、平成29年3月
- 2) 環境省ホームページ：水質汚濁に係る環境基準の見直しについて（お知らせ）、<http://www.env.go.jp/press/110052.html>、令和4年3月23日現在
- 3) 下水試験方法2012年度版上巻、公益社団法人日本下水道協会 P229,P245,p251,
- 4) 原田一郎、藤井都弥子、小越 眞佐司、對馬育夫、：下水処理施設への新たな衛生学的指標導入に関する検討、平成24年度下水道関係調査研究年次報告書集、国土技術政策総合研究所資料、No.773、pp59-66、2014
- 5) 厚生労働省、水道水質検査方法の妥当性評価ガイドライン、P5、平成24年9月6日、最終改定平成29年10月18日

## 7. 下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査

下水道処理研究室 室長 田嶋 淳  
研究官 栗田 貴宣  
研究官 松橋 学

### 1. はじめに

2021年の地球温暖化対策計画において、2030年度における日本全体での温室効果ガス排出量削減目標が46%（2013年度比）とされている。その中で下水道から排出される二酸化炭素（以下、「CO<sub>2</sub>」という）、メタン（以下、「CH<sub>4</sub>」という）、および一酸化二窒素（以下、「N<sub>2</sub>O」）の排出量削減の取り組みが必要であることが記載されている<sup>1)</sup>。下水道事業から排出される温室効果ガスは約60%が電力消費によるCO<sub>2</sub>であるが、水処理及び汚泥焼却においてCH<sub>4</sub>やN<sub>2</sub>Oなどの強温室効果ガス（CH<sub>4</sub>はCO<sub>2</sub>の25倍、N<sub>2</sub>OはCO<sub>2</sub>の298倍の温室効果）も排出されCO<sub>2</sub>換算でそれぞれ約10、20%を占めている。水処理から発生するN<sub>2</sub>Oについては生物反応による副生成物もしくは中間生成物として発生することが知られているが、関与する微生物と環境因子が複数存在しているため、N<sub>2</sub>Oの発生因子や発生メカニズムについては依然不明な点が多く、N<sub>2</sub>O排出抑制にはつながっていない。

国総研ではこれまで実際の排出量や排出傾向について明らかにするために、標準活性汚泥法、高度処理水質を得ることを目的とした標準活性汚泥法の躯体を利用した工夫運転（段階的・高度処理）、嫌気好気法、循環式硝化脱窒法、嫌気無酸素好機法を採用する下水処理場を対象としたN<sub>2</sub>O発生量調査を実施してきた。本研究課題「下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査（R2～R4年度）」では、特にN<sub>2</sub>Oガスに着目した温室効果ガス排出量削減手法の提案・効果の評価を目的とする。令和2年度は、インベントリへの活用およびN<sub>2</sub>O発生因子抽出のための排出量実態を把握するために実下水処理場での発生量調査を実施した。

### 2. 研究内容

#### 2.1 擬似的な嫌気好気運転（疑似AO法）を実施している処理場における調査

閉鎖性水域などにおいて富栄養化対策として下水処理場における高度処理の導入が推進されているが、既存施設の改築更新時まで高度処理が導入されないことが多い。そこで、処理場によっては改築更新を待たずに、標準活性汚泥法施設を活用した段階的・高度処理運転の導入によって環境基準の早期達成や処理水質の安定化を図る取り組みがなされている。

これまでの調査において、四季変動を含む同一年度内でのN<sub>2</sub>O発生量の変化について明らかにするために調査を行ってきた。本年度は窒素除去を目的とした運転を実施している下水処理場において異なる時期におけるN<sub>2</sub>O発生量変動の傾向、特にN<sub>2</sub>O発生量に大きく寄与していると言われている亜硝酸蓄積への対応前後について、N<sub>2</sub>O排出量を把握するための調査を実施した。

##### 2.1.1 調査方法

対象とした処理場は、段階的・高度処理の一つである疑似AO法を採用しており、曝気制限によって擬似的に嫌気条件を再現していた。また、昨年度春季から夏季および秋季から冬季にかけての2回に亜硝酸の蓄積が確認されており、亜硝酸の蓄積が始まる前及び後で亜硝酸蓄積解消のための運転工夫がなされていた。本年度はこの運転工夫の前後においてどの程度N<sub>2</sub>O発生量に違いが生じる

かを検討することを目的として調査を実施した。

調査は令和2年7月16～17日、8月18～19日、11月30日～12月1日、令和3年1月18日～19日の4回実施した。調査は24時間調査とし、同採取地点において24時間コンポジット（4時間に1回）でガス採取及び採水を実施（計7回）し、平均値をそれぞれの調査時の値とした。サンプル採取は、疑似AO法では流入、初沈越流水、返送汚泥、嫌気槽、好気槽、最終沈殿池、処理水にて行った。ガス態のN<sub>2</sub>O測定用のサンプルとして、反応槽水面にガス捕集器を設置し、ガスバックに採取した。嫌気槽からの採取については、ガス捕集器を2台使用し、0分用と20分用を同時に設置した。それぞれ所定の時間のサンプルをガスバックへ捕集し、0分のものをバックグラウンド、0分と20分の濃度差を排出量の算出に用いた。ブランク試料として、ブロウ取り込み口付近の大気を採取した。溶存態のN<sub>2</sub>O測定用のサンプルは、あらかじめ22 mLバイアル瓶に20%グルコン酸クロルヘキシジン溶液160 μL（最終濃度：0.26%）、超純水9 mLを添加し、密栓したものを準備し、液体サンプル3 mLをシリンジで注入して冷蔵保存した。サンプル注入時は内部圧力を大気圧にするため、注射針を刺した状態でサンプルを注入した。ブランク試料として、サンプルを入れないものを3本作成した。水質分析用のサンプルは、採水後速やか（20分以内）にガラス繊維ろ紙にてろ過し、溶存有機物濃度（DOC）、溶存無機窒素濃度、リン濃度の測定を行った。また、採水後にMLSS濃度、SV30の測定を実施した。

N<sub>2</sub>Oガス分析は、電子捕獲検出器（ECD）付ガスクロマトグラフ（ガスクロマトグラフGC-8A、SHIMADZU社製）を用いて濃度測定を行った。カラムにはPORAPAK-Q（1 m、80/100メッシュ、Waters社製）を用い、キャリアガスにAr+CH<sub>4</sub>（5%）を使用した。ECD-GCの試料導入部及び検出器温度を250°C、カラム温度を80°Cに設定した。溶存態N<sub>2</sub>O濃度は、ヘッドスペース法（温度40°C、恒温時間150分、HEADSPACE Autosampler tekmar 7000（Tekmer-DOHRAMANN社製））により分析を行った。溶存有機物濃度については、TOC-5000（SHIMADZU社製）にて測定を行った。溶存無機窒素（NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N）及び全窒素濃度は、自動比色分析装置QuAAtro2-HR（BL-TEC社製）を用いて測定した。

## 2. 1. 2 段階的高度処理（疑似AO法）から排出されるN<sub>2</sub>O

嫌気槽および曝気槽は隔壁のない連続した一つの槽であるが、曝気を制限している範囲を嫌気槽、曝気槽前部を好気槽1、中部を好気槽2、後部を好気槽3とした。表1に単位流入水量あたりのガス態N<sub>2</sub>O発生量、表2に溶存態N<sub>2</sub>O濃度を示す。図1に各槽における各態窒素濃度および溶存有機物濃度（DOC）を示す。

表1 単位流入量あたりのガス態N<sub>2</sub>O排出量

	最初沈殿池	嫌気槽	好気槽1	好気槽2	好気槽3	最終沈殿池
2020.7月	0.0	39.9	34.8	250.6	610.0	6.3
2020.8月	0.1	0.5	36.4	126.9	75.0	0.5
2020.11月	0.0	0.0	11.3	46.7	104.7	0.3
2021.1月	0.0	0.8	38.5	173.2	363.0	0.9

(mg-N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>)

表2 単位流入水量あたりの溶存態 N<sub>2</sub>O 濃度

	流入水	最初沈殿池	嫌気槽	好気槽1	好気槽2	好気槽3	最終沈殿池	処理水
2020.7月	4.3	4.2	4.5	14.9	92.9	243.0	450.2	455.7
2020.8月	4.8	4.7	4.8	13.7	29.9	16.1	26.4	27.8
2020.11月	13.3	4.4	4.8	6.9	14.8	18.5	20.7	22.1
2021.1月	17.6	4.3	4.4	10.9	50.6	75.4	95.9	93.6

(mg-N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>)

サンプリング時の最終沈殿池における溶存有機物濃度は 10mg/L 以下であり、年間を通して安定した有機物除去が行われていることが確認できた。ガス態 N<sub>2</sub>O 最大排出量は 7、8、11、1 月において、それぞれ 610、127、105、363 mg-N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>であった。単純比較はできないが、これらの値は報告されている AO 法の N<sub>2</sub>O 排出係数<sup>1)</sup> 29.2 mg-N<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> (測定の平均値) に比べて非常に大きな値であることがわかる。溶存態 N<sub>2</sub>O 濃度についても N<sub>2</sub>O 排出量に比例する傾向が観察され、7 月サンプリング時に高い濃度が観察された。また、N<sub>2</sub>O 転換率 (除去された流入窒素の N<sub>2</sub>O への転換率) はそれぞれ 4.8、0.93、0.58、1.87% であった。これらの転換率は過去の調査で実施した標準法の躯体を利用した工夫運転によって硝化脱窒法を再現する疑似硝化脱窒法 (0.05~0.33%) や疑似 AO 法 (0.07~0.37%) と比較すると非常に大きな値であった<sup>2)</sup>。これまでの調査結果において、反応槽内で観測される亜硝酸濃度の上昇に伴い、N<sub>2</sub>O 排出量が増加する傾向が観察されていたが、本年度の観測結果から、図 1 に示す亜硝酸がほとんど蓄積していない硝化が卓越している状況 (8、11、1 月) においても N<sub>2</sub>O 発生量が大きく、亜硝酸が蓄積すること以外にも N<sub>2</sub>O 排出量増加に影響を与える因子が存在することが示唆される結果であった。

### 2. 1. 3 N<sub>2</sub>O 排出量へ影響を及ぼす因子について

7 月サンプリング時において、アンモニアが亜硝酸まで酸化される亜硝酸型の硝化が

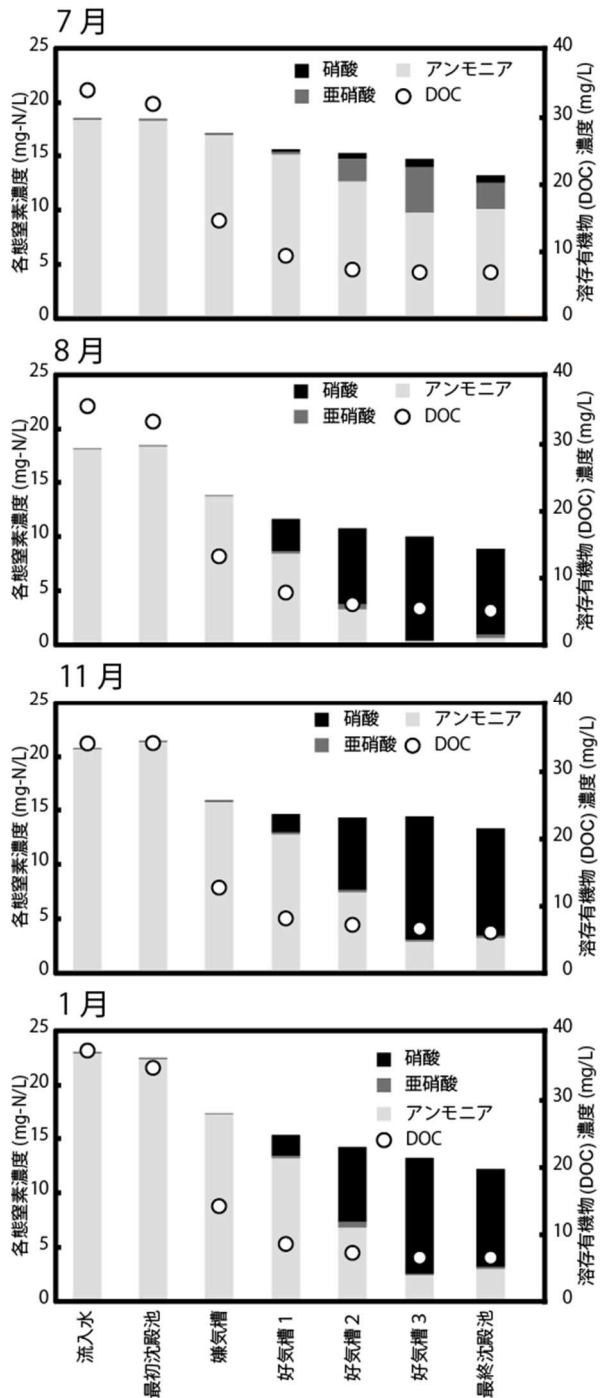


図1 各態窒素濃度および溶存有機物濃度

確認された。一方で、8月から11月においては、アンモニアが硝酸まで酸化される硝酸型の硝化が確認された。これまでの調査結果と比較すると、昨年度の8月の調査結果と本年度7月の調査結果は同様の傾向であり、運転方法についても同様であることを処理場の運転管理者に確認した。本年度の8月調査時には既に運転方法が硝化抑制運転から硝化促進運転へ切り替えられており、硝化活性が変化していることは各態窒素濃度からも確認ができる。しかしながら、例年の傾向では気温が低下してくる10月頃から徐々に硝化活性が低下し始め、それに伴って亜硝酸型の硝化が卓越する傾向にあるが、本年度の調査時には確認ができず、気温が10℃を下回る1月においても硝酸型の硝化が卓越する状況であった。このため、運転方法は例年とは異なり、冬季においても硝化促進運転を継続していることを処理場運転管理者に確認した。

昨年度と比較すると気温、水温、DOをはじめとする水質測定項目などに大きな違いが確認できなかった。その他の可能性の一つに台風がある。本年度は台風が処理場に影響を与えておらず、降雨の影響がなかったことがある。不明水による活性汚泥へのダメージがなかったことが要因の一つであると推測するが、大量の水が活性汚泥への程度影響を及ぼし、活性汚泥を構成する群集構造などに変化をもたらすかなどについて今後検討する必要がある。

### 3. まとめ

本年度の調査結果より得られた知見と課題を以下に示す。

- ・疑似AO法において、亜硝酸が蓄積していない硝酸型の硝化が卓越している状況においても大きなN<sub>2</sub>O排出量が確認され、亜硝酸以外のN<sub>2</sub>O排出因子があることが示唆された。
- ・疑似AO法において、亜硝酸蓄積以外にN<sub>2</sub>O排出量へ影響を及ぼす因子として、降雨による影響について検討することが今後の課題である。

### 参考文献

- 1)地球温暖化対策計画、2021年10月
- 2)山下洋正・道中敦子・栗田貴宣、下水道における一酸化二窒素発生抑制型処理方法に関する検討、平成30年度下水道関係調査研究年次報告集、国土技術政策総合研究所資料、1056号、pp.51-58

## 8. 下水処理場におけるエネルギー最適化に関する調査

下水処理研究室 室長 田嶋 淳  
研究官 藤井 都弥子

### 1. はじめに

日本全国の下水処理場及びポンプ場における電力消費量は平成30年度の時点で合計約75億kWh/年<sup>1)</sup>、電力由来の温室効果ガス排出量は約370万t-CO<sub>2</sub>/年であり、自治体を実施する事務事業のなかでも温室効果ガス排出量が大きく、電力消費量や温室効果ガス排出量の削減が下水道事業における喫緊の課題となっている。さらに、令和3年4月の気候変動に関する首脳会議において、温室効果ガス排出量について2030年度までに日本全体で2013年度比46%削減を目指すことが表明されたことから、下水道事業における省エネルギー・創エネルギー施策のさらなる推進が求められている。

こうした課題の解決に向けて、過年度には電力消費量が大きい中大規模処理場を対象に、電力消費量を算出するための算出式の作成、省エネ機器の導入や創エネ技術の導入による電力消費量削減効果の試算等を行った。

本研究課題においては、これまであまり調査が行われてこなかった小規模処理場の電力消費量の実態把握、水処理・汚泥処理工程における設置機器の違いによる電力消費量への影響等の整理を行い、下水処理場におけるエネルギー最適化を推進するための方策等を検討する。

令和2年度は、オキシデーションディッチ法（OD法）を用いている日最大流入水量10,000m<sup>3</sup>/日以下の小規模下水処理場を対象に設置機器や運転状況、電力消費量等に関する実態調査、及び調査結果を踏まえて設定した機器構成に基づく電力消費量算出式作成を行うとともに、試算値と実値の比較を行った。

### 2. 研究内容

#### 2.1 小規模下水処理場における実態調査

OD法を用いている処理場のうち計画日最大流入水量が1,000～2,000m<sup>3</sup>/日（以下、区分①）の処理場から11箇所、2,000～5,000m<sup>3</sup>/日（以下、区分②）の処理場から12箇所、5,000～10,000m<sup>3</sup>/日（以下、区分③）の処理場から10箇所を抽出してアンケート調査を行い、各区分における機器の仕様や運転状況等の傾向について整理した。

アンケートの内容は下記の通りである。

- (1) 処理場の概要（流入水量（現有能力、実績）、流入・放流水質、電力消費量など）
- (2) 次の機器の仕様（型式、電動機容量など）、台数、運転時間
  - ・主ポンプ
  - ・反応タンク攪拌機（型式がプロペラ型の場合は送風機や散気装置の仕様等も含む）
  - ・最終沈殿池汚泥かき寄せ機、返送汚泥ポンプ
  - ・汚泥濃縮設備（汚泥かき寄せ機、濃縮汚泥引抜ポンプ、汚泥貯留槽攪拌機）
  - ・汚泥脱水設備（脱水機、汚泥移送ポンプ、薬品供給ポンプ、薬品供給タンク攪拌機、洗浄水ポンプ、脱水汚泥搬出コンベア）



## 2. 2 電力消費量算出式の作成

2. 1の結果をふまえて、OD法を用いた処理場の水処理・汚泥処理設備の電力消費量を流入水量の関数として算出する式を作成した。

試算フローを図1に示す。まず、アンケートの結果をもとに各区分において最も導入数が多い機器の仕様、台数を整理した。運転時間については、アンケートの結果から、区分内の各処理場においてほぼ同程度である場合は、その値が標準的な運転時間であると判断し、アンケート結果に基づいて設定した。各処理場の運転時間のばらつきが大きい場合は、下水道施設計画・設計指針と解説(以下、「設計指針」)<sup>2)</sup>に基づき、日平均流入水量時の必要酸素量や汚泥量を算出し、機器の仕様等から運転時間を設定した。設定した機器の電動機容量や台数、負荷率、運転時間から各機器及び水処理、汚泥処理設備の電力消費量を計算し、その結果をもとに算出式を作成した。

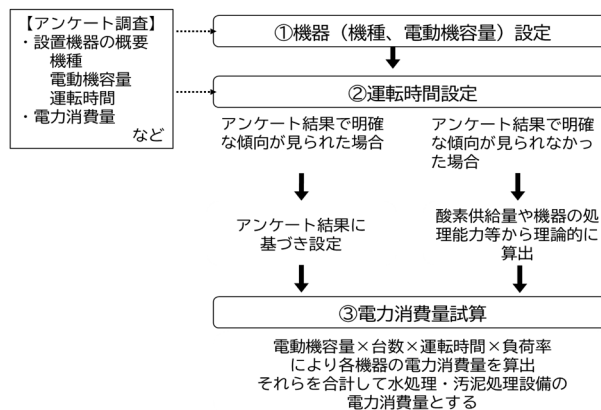


図1 試算フロー

## 3. 研究結果

### 3. 1 小規模下水処理場における実態調査

電力消費量算出式を作成するために必要な回答が得られた処理場は28箇所であった(回答率85%)。回答が得られた処理場の概要を表1に示す。日最大流入水量に対する日平均流入水量の比率の平均は約0.7であった。また、BODの除去率は、ほとんどの処理場で99%以上であった。

表2に反応タンク攪拌機、表3に重力濃縮設備汚泥かき寄せ機、表4に濃縮汚泥引抜ポンプ、表5に脱水機の型式や電動機容量等を示す。表2のNo.19処理場については、設置されている16台の反応タンク攪拌機のうち8台は電動機容量が4.5kWだったが、いずれも年間稼動時間が0.1時間程度であったため、残りの8台の情報を記載している。表5の脱水機については、小さい処理場で遠心型の設置が多かったが、これは、遠心脱水機は含水率の調整が容易であるとともに、補機が少ないことにより日常の管理が比較的容易であるためと考えられる。これらの結果から、各区分において導入数が多い機器を整理したものが表6である。反応タンク攪拌機や重力濃縮汚泥かき寄せ機は、区分にかかわらず設置されている型式がほぼ同じであった。濃縮汚泥引抜ポンプや脱水機は、アンケート結果では型式にばらつきが見られたため、各区分において最も導入数が多い型式を表6に示している(例えば1つの区分において型式Aが3箇所、型式Bが2箇所に設置されていた場合、その区分における代表型式をAとした)。

表1 回答が得られた処理場の概要

	現有能力 m <sup>3</sup> /d	日最大 汚水量 m <sup>3</sup> /d	日平均 流入量 m <sup>3</sup> /d	BOD		消費電力量		
				流入 mg/L	放流 mg/L	水処理 千kWh/年	汚泥処理 千kWh/年	合計 千kWh/年
1	1,000	549	408	160	4.8	—	—	116
2	1,100	599	493	221	1.9	102	27	—
3	1,130	1,388	1,111	203	2.0	—	—	270
4	690	4,549	905	315	3.0	—	—	160
5	1,200	1,125	595	197	2.0	97	49	—
6	1,320	1,156	890	156	3.0	62	7	138
8	1,630	2,042	883	198	0.8	107	26	—
9	1,650	1,325	994	205	0.6	124	53	253
10	1,800	1,246	779	173	1.5	87	198	347
11	1,970	2,487	1,711	170	2.8	249	34	361
12	2,000	1,199	967	270	5.5	143	11	254
13	2,040	1,758	1,161	220	1.3	206	17	263
14	2,240	4,277	1,623	231	2.0	176	20	318
15	2,420	1,279	1,025	237	3.7	167	27	281
16	2,710	2,138	1,450	375	1.8	—	—	321
17	3,000	2,540	1,659	186	0.9	193	32	290
18	5,400	11,485	3,183	206	1.4	—	—	855
19	2,800	2,196	1,749	129	1.2	—	—	56
20	4,000	3,797	2,587	161	1.1	326	48	458
21	4,200	3,356	2,681	327	3.1	—	—	914
25	5,300	3,272	2,365	240	0.7	291	105	589
27	6,120	3,975	3,142	198	1.2	430	36	720
28	6,600	4,876	3,320	230	2.0	852	68	1,143
29	6,720	6,098	3,882	143	1.9	105	11	183
30	6,750	8,365	4,955	269	2.2	500	55	855
31	7,000	3,848	3,191	264	1.2	443	66	734
32	7,600	8,000	3,828	130	1.0	—	—	1,033
33	9,244	6,121	4,764	286	3.0	844	30	1,188

なお、機械濃縮設備については、今回の調査対象においては導入されている処理場が少なかったため、電力消費量算出のための設定機器からは除外した。

### 3. 2 電力消費量算出式の作成

3. 1の結果から、各設備の型式や電動機容量等を設定し、日平均流入水量（ここではアンケートの結果をふまえ、日最大流入水量の7割と設定）時の電力消費量を算出した。水処理設備（反応タンク設備、最終沈殿池設備）については、各区分における機器の型式のばらつきがなかったため、日平均流入水量700 m<sup>3</sup>/日、3,500 m<sup>3</sup>/日、7,000 m<sup>3</sup>/日における電力消費量を算出し、その結果から算出式を作成した。

汚泥処理設備については型式にばらつきが見られたため、区分ごとに算出式を作成した。このとき、設定した機器の型式の違いによる電力消費量への影響を把握するため、各区分より流量範囲を広げて試算を行った。区分①については、表6に示した区分①の場合の型式の機器で日平均流入水量700m<sup>3</sup>/日及び3,500 m<sup>3</sup>/日（日最大流入水量に換算すると1,000 m<sup>3</sup>/日及び5,000 m<sup>3</sup>/日。以下、流量区分①）を処理した場合の電力消費量を算出した結果をもとに算出式を作成した。同様に、区分②については、表6に示した区分②の場合の型式の機器で日平均流入水量1,750 m<sup>3</sup>/日、5,250 m<sup>3</sup>/日（日最大流入水量に換算すると2,500 m<sup>3</sup>/日及び7,500 m<sup>3</sup>/日。以下、流量区分②）における電力消費量を算出した結果、区分③については表6に示した区分③の場合の型式の機器で日平均流入水量3,500 m<sup>3</sup>/日、7,000 m<sup>3</sup>/日（日最大流入水量に換算すると5,000 m<sup>3</sup>/日及び10,000 m<sup>3</sup>/日。以下、流量区分③）における電力消費量を算出した結果をもとにそれぞれ算出式を作成した。

運転時間については、最終沈殿池及び重力濃縮設備の汚泥かき寄せ機、濃縮汚泥貯留槽攪拌機、薬品タンク攪拌機は運転時間のばらつきが小さかったためアンケートの結果から設定し、それ以外の機器については計算により設定した。

設定した各機器の電動機容量や台数、運転時間を表7～表10に示す。なお、表8～表10の汚泥処理にかかる各機器の上段は算出式作成にあたって設定した流量の最小値の場合、下段は最大値の場合の設定を示している。これらの設定に基づき算出した水処理設備の電力消費量を図2に、汚泥処理設備の電力消費量を図3に示す。図2、図3にはアンケートで得られた水処理設備、汚泥処

表2 各処理場に設置されている反応タンク攪拌機の概要

	現有能力 m <sup>3</sup> /d	エアレーション方式	系列数	池数		設置 台数	電動機 容量 (kW)	1台あたりの 平均運転時間 (時間/年)
				整備数	利用数			
1	1,000	機械攪拌スクリー型	2	2	2	5	4.5	—
2	1,100	機械攪拌縦軸型	1	2	2	4	7.5	3,795
3	1,130	機械攪拌縦軸型	2	2	2	4	7.5	5,570
4	690	機械攪拌横軸型	2	2	2	4	15.0	4,352
5	1,200	機械攪拌縦軸型	1	1	1	2	11.0	6,325
6	1,320	機械攪拌縦軸型	2	2	2	2	7.5	2,191
		2				7.5	4,355	
8	1,630	機械攪拌縦軸型	2	2	1	2	11.0	—
		2				4.5	—	
9	1,650	機械攪拌縦軸型	1	1	1	1	15.0	4,400
10	1,800	機械攪拌スクリー型	2	2	2	4	3.7	3,220
						4	4.5	6,298
11	1,970	軸流ポンプ型	1	1	1	3	18.5	6,062
12	2,000	水中プロペラ型	2	2	2	3	2.3	8,781
13	2,040	機械攪拌横軸型	2	2	2	4	11.0	5,652
14	2,240	機械攪拌横軸型	2	4	4	8	11.0	3,715
15	2,420	機械攪拌縦軸型	2	2	2	4	15.0	3,608
16	2,710	機械攪拌縦軸型	1	2	2	4	15.0	5,098
17	3,000	機械攪拌縦軸型+横軸型	2	2	2	4	—	4,587
		2				30.0	3,900	
18	5,400	機械攪拌縦軸型	2	3	3	4	18.5	6,884
		2				—	—	
19	2,800	機械攪拌スクリー型	4	4	2	16	9.0※	4,161※
		2				3.7	6,965	
20	4,000	水中プロペラ型	2	2	2	2	2.6	8,824
		2				15.0	8,784	
		2				9.0	6,184	
21	4,200	機械攪拌スクリー型	3	4	4	2	23.0	7,943
						2	11.0	4,680
25	5,300	機械攪拌縦軸型	4	4	3	8	11.0	4,434
27	6,120	機械攪拌横軸型	4	5	5	4	22.0	8,069
28	6,600	機械攪拌スクリー型	2	3	2	4	11.0	5,418
29	6,720	機械攪拌縦軸型	3	3	3	6	22.0	4,182
30	6,750	機械攪拌スクリー型	2	3	3	12	11.0	8,776
31	7,000	機械攪拌縦軸型	2	2	2	4	30.0	—
32	7,600	機械攪拌縦軸型	3	3	3	3	22.0	—
33	9,244	水中プロペラ型	4	4	4	8	3.6	6,185

表3 各処理場に設置されている汚泥濃縮設備汚泥かき寄せ機の概要

	現有能力 (m <sup>3</sup> /日)	型式	設置 台数	電動機 容量 (kW)	1台あたりの 平均運転時間 (時間/年)
2	1,100	回転式	1	0.4	—
		1	0.4	7,581	
4	690	回転式	1	0.4	8,782
5	1,200	回転式	1	0.4	4,626
9	1,650	回転式	1	0.4	6,497
10	1,800	回転式	1	0.2	8,784
11	1,970	回転式	1	0.4	8,781
13	2,040	回転式	1	0.4	8,684
14	2,240	回転式	1	0.4	8,782
15	2,420	回転式	1	0.4	8,760
16	2,710	回転式	1	0.4	8,760
19	2,800	回転式	1	0.75	8,760
20	4,000	回転式	1	0.4	8,760
25	5,300	回転式	1	0.4	8,784
28	6,600	回転式	1	0.4	8,760
29	6,720	回転式	3	0.4	8,760
30	6,750	回転式	1	0.4	8,779
31	7,000	回転式	1	0.4	8,774
32	7,600	回転式	1	0.4	—
33	9,244	回転式	2	0.4	8,785

理設備の電力消費量の実値をあわせて示した。

水処理設備については機器の設定条件が実態に近く、試算値と実際の値が比較的近い結果となった。試算値と実際の値が大きく乖離している3つの処理場については、アンケートの回答によると実機の電動機容量が試算の設定より大きい、機器の構成上、試算条件に含まれていない送風機が攪拌機とセットで運転されているなど、機器の条件が試算と実際とで大きく異なっており、このことが影響したと考えられる。

一方、汚泥処理設備については多くの処理場で実際の値と試算値とで差が見られる結果となった。これは、汚泥処理設備は汚泥性状など処理場の特性に応じて様々な型式が選定される傾向があることから、同じ区分でも型式や運転時間の実態にばらつきがあり、特に濃縮汚泥引抜ポンプ及び汚泥脱水機は型式のばらつきが見られたことに加えて運転時間も計算により設定していることから、機器の設置・運転状況が試算条件と異なる処理場が多かった可能性が考えられた。

流量区分①と②は同じ流量で見たときの電力消費量がほぼ同じ値となったが、これは設定した機器の電動機容量及びそれに基づく運転時間に大きな差が見られず、全体の電力消費量にあまり差が生じなかったことが理由の1つと考えられる。流量区分③はベルトプレス脱水機の電動機容量が流量区分①②の遠心脱水機での設定値の1/4以下と小さく、脱水機の違いによる電力消費量の差が大きく影響し、同じ流量で見たときの電力消費量の値が流量区分①②より小さくなったと考えられる。

これらの結果から作成した算出式を表1-1に示す。なお、今回作成した算出式は、設定した流量の範囲における電力消費量のおおよその値を算出することを目的としており、切片の値は流量が0の場合の電力消費量を表すものではない。

既往調査との比較として、「下水道における地球温暖化対策マニュアル」<sup>3)</sup> (以下、「マニュアル」) に記載されている、「OD法における処理水量あたりのエネルギー起源CO2排出量(全国平均値)を算出する式」を基に算出した消費エネルギー

表4 各処理場に設置されている濃縮汚泥引抜ポンプの概要

	現有能力	型式	設置台数	電動機容量	1台あたりの平均運転時間
	(m <sup>3</sup> /日)			(kW)	(時間/年)
2	1,100	一軸ねじ式	1	3.7	133
4	690	一軸ねじ式	1	2.2	1,155
5	1,200	無閉塞型	2	2.2	35
9	1,650	無閉塞型	2	2.2	17
10	1,800	無閉塞型	2	1.5	94
13	2,040	吸込スクリー付汚泥ポンプ	2	1.5	45
14	2,240	片吸込渦巻ポンプ	1	2.2	144
15	2,420	無閉塞型	2	1.5	60
16	2,710	一軸ねじ式	2	2.2	370
19	2,800	クロレス型	1	1.5	57
20	4,000	吸込スクリー付汚泥ポンプ	2	3.7	60
25	5,300	一軸ねじ式	1	2.2	403
28	6,600	一軸ねじ式	2	11	210
29	6,720	一軸ねじ式	2	2.2	688
30	6,750	吸込スクリー付汚泥ポンプ	2	1.5	138
31	7,000	一軸ねじ式	2	3.7	564

表5 各処理場に設置されている汚泥脱水機の概要

	現有能力	型式	設置台数	電動機容量	1台あたりの平均運転時間
	(m <sup>3</sup> /日)			(kW)	(時間/年)
1	1,000	ベルトプレス	1	1.5	—
5	1,200	遠心分離	1	15.6	187
8	1,630	遠心分離	1	13.2	—
10	1,800	遠心分離	1	11	—
12	2,000	ベルトプレス	1	2.3	594
13	2,040	遠心分離	1	15	101
14	2,240	遠心分離	1	11	1,246
18	5,400	ベルトプレス	1	3.9	961
		多重版型スクリープレス	1	3.9	3,360
19	2,800	遠心分離	1	11	922
21	4,200	多重版型スクリープレス	2	3.7	4,874
25	5,300	ベルトプレス	2	2.3	1,537
28	6,600	高効率型遠心分離	1	38.4	1,072
30	6,750	ベルトプレス	2	3.7	2,499
31	7,000	遠心分離	4	30	554
				5.5	554
				11	1,526
				2.2	1,526
32	7,600	ベルトプレス	1	1.5	—
		多重版型スクリープレス	1	3.9	—
		スクリープレス	2	3.45	8,785
33	9,244	スクリープレス	2	4.1	8,785

表6 導入数が多い機器

		区分①	区分②	区分③
反応タンク	攪拌機	機械攪拌縦軸型	機械攪拌縦軸型	機械攪拌縦軸型
最終沈殿池	汚泥かき寄せ機	回転式	回転式	回転式
	返送汚泥ポンプ	吸込スクリー付	吸込スクリー付	吸込スクリー付
重力濃縮設備	汚泥かき寄せ機	回転式	回転式	回転式
	濃縮汚泥引抜ポンプ	無閉塞型	吸込スクリー付	一軸ねじ式
	濃縮汚泥貯留槽攪拌機	水中ミキサー	立型ミキサー	立型ミキサー
汚泥脱水設備	汚泥移送ポンプ	一軸ねじ式	一軸ねじ式	一軸ねじ式
	脱水機	遠心脱水機	遠心脱水機	ベルトプレス
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ式	一軸ねじ式	一軸ねじ式
	薬品タンク攪拌機	立型攪拌機	立型攪拌機	立型攪拌機
	脱水汚泥搬出コンベヤ	トラフ型ベルトコンベヤ	トラフ型ベルトコンベヤ	トラフ型ベルトコンベヤ
	洗浄水ポンプ	—	—	渦巻ポンプ

ギーとの比較を行った。まず式1からエネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量を算出し、その値をCO<sub>2</sub>排出係数0.555(t-CO<sub>2</sub>/千kWh)で除してから年間処理水量（日平均流入水量×365日）を掛けることで算出した。このとき、CO<sub>2</sub>排出量算出に用いる流入比率は、今回のアンケート結果をふまえて0.7と設定した。さらに、今回のアンケート結果では、作成した算出式に含まれていない「ポンプ場、その他」の電力消費量が全体に占める割合が28%であったことから、0.72を掛けることでマニュアルの式における水処理・汚泥処理施設の電力消費量とした。

$$\text{Log}[Y[\text{t-CO}_2/\text{千 m}^3]] = -0.234 \times \text{log}(\text{日平均処理水量}[\text{m}^3/\text{日}]) - 0.302 \times \text{log}(\text{流入比率}) + 0.258$$

(式1)

Y：エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量

今回の算出式によって算出した水処理・汚泥処理施設の電力消費量試算値、アンケート結果、マニュアルを基に算出した電力消費量の結果を図4に示す。今回の算出式による電力消費量の方が、マニュアルを基に算出した値より10~20%程度低い結果となった。マニュアルの式は実際の使用エネルギーを踏まえた近似曲線から作成されており、設計指針に基づいて算出した汚泥量等を基に、電動機容量や運転時間について理論値を設定している機器がある今回の算出式より電力消費量が大きく算出されることが理由であると考えられる。

今回作成した算出式は、標準的な型式の機器や運転時間で処理を行った場合にどのくらいの電力消費量となり得るかを簡易に把握することを目的としているが、特に汚泥処理設備については、汚泥性状や汚泥の処分（利用）方法等、処理場の状況に応じて機器を選定していると考えられることから、計算における機器設定やそれに基づく運転時間の考え方についてはさらに検討が必要である。

#### 4. まとめ

日最大流入水量10,000m<sup>3</sup>/日以下の小規模下水処理場を対象に、アンケートにより設置機器の仕

表7 水処理設備の機器設定

日最大流入水量 (m <sup>3</sup> /日)	機器	仕様	電動機容量 (kW)	負荷率	池数	台数 (台/池)	運転時間 (時間/日)	
1,000	反応タンク	攪拌機	機械攪拌縦軸型	7.5	0.64	2	2	7.7
	最終沈殿池	汚泥かさ寄せ機	回転式	0.4	0.64	2	1	24
		返送汚泥ポンプ	吸込スクリー	2.2	0.64	2	2	4.2
5,000	反応タンク	攪拌機	機械攪拌縦軸型	15	0.64	2	2	18.3
	最終沈殿池	汚泥かさ寄せ機	回転式	0.4	0.64	2	1	24
		返送汚泥ポンプ	吸込スクリー	3.7	0.64	2	2	16.2
10,000	反応タンク	攪拌機	機械攪拌縦軸型 (高速運転)	22	0.64	3	2	16.5
			機械攪拌縦軸型 (低速運転)	22	0.2	3	2	7.5
	最終沈殿池	汚泥かさ寄せ機	回転式	0.75	0.64	3	1	24
		返送汚泥ポンプ	吸込スクリー	3.7	0.64	3	2	21.6

表8 汚泥処理設備の機器設定 (区分①)

機器	型式	電動機容量 (kW)	負荷率	池数	台数 (台/池)	運転時間 (時間/日)		
重力濃縮設備	汚泥かさ寄せ機	回転式	0.4	0.64	—	1	24	
		濃縮汚泥引抜ポンプ	無閉塞型	2.2	0.64	—	2	0.14
		濃縮汚泥貯留槽	水中ミキサー	2.2	0.64	—	2	0.7
	濃縮汚泥貯留槽攪拌機	水中ミキサー	3.7	0.64	—	1	9.2	
汚泥脱水設備	汚泥移送ポンプ	一軸ねじ式	3.7	0.64	—	2	1.3	
		3.7	0.64	—	2	6.3		
	脱水機	遠心脱水機	11	0.64	—	1	1.3	
		11	0.64	—	1	6.3		
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ式	0.4	0.64	—	2	1.3	
	0.4	0.64	—	2	6.3			
	薬品タンク攪拌機	立形攪拌機	2.2	0.64	—	1	0.4	
脱水汚泥搬出コンベヤ	トラフ型	1.5	0.64	—	1	1.3		
	ベルトコンベヤ	1.5	0.64	—	1	6.3		

表9 汚泥処理設備の機器設定 (区分②)

機器	型式	電動機容量 (kW)	負荷率	池数	台数 (台/池)	運転時間 (時間/日)		
重力濃縮設備	汚泥かさ寄せ機	回転式	0.4	0.64	—	1	24	
		濃縮汚泥引抜ポンプ	吸込スクリー	1.5	0.64	—	2	0.35
		1.5	0.64	—	2	1.05		
	濃縮汚泥貯留槽攪拌機	立型ミキサー	2.2	0.64	—	1	9.2	
汚泥脱水設備	汚泥移送ポンプ	一軸ねじ式	3.7	0.64	—	1	9.2	
		5.5	0.64	—	2	3.1		
	5.5	0.64	—	2	9.3			
	脱水機	遠心脱水機	11	0.64	—	1	3.1	
		11	0.64	—	1	9.3		
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ式	0.75	0.64	—	2	3.1	
	0.75	0.64	—	2	9.3			
薬品タンク攪拌機	立形攪拌機	3.7	0.64	—	1	0.4		
脱水汚泥搬出コンベヤ	トラフ型	1.5	0.64	—	1	1.6		
	ベルトコンベヤ	1.5	0.64	—	1	3.1		

表10 汚泥処理設備の機器設定 (区分③)

機器	型式	電動機容量 (kW)	負荷率	池数	台数 (台/池)	運転時間 (時間/日)		
重力濃縮設備	汚泥かさ寄せ機	回転式	0.4	0.64	—	1	24	
		濃縮汚泥引抜ポンプ	一軸ねじ式	2.2	0.64	—	2	0.7
		2.2	0.64	—	2	1.4		
	濃縮汚泥貯留槽攪拌機	立型ミキサー	3.7	0.64	—	1	9.2	
汚泥脱水設備	汚泥移送ポンプ	一軸ねじ式	3.7	0.64	—	2	9.2	
		5.5	0.64	—	3	1.6		
	5.5	0.64	—	3	3.1			
	脱水機	ベルトプレス	2.3	0.64	—	2	1.6	
		2.3	0.64	—	2	3.1		
	薬品供給ポンプ	一軸ねじ式	0.75	0.64	—	2	1.6	
	0.75	0.64	—	2	3.1			
薬品タンク攪拌機	立形攪拌機	3.7	0.64	—	2	0.4		
脱水汚泥搬出コンベヤ	トラフ型	1.5	0.64	—	1	1.6		
	ベルトコンベヤ	1.5	0.64	—	1	3.1		
	7.5	0.64	—	2	1.6			
洗浄水ポンプ	渦巻ポンプ	7.5	0.64	—	2	3.1		

様や運転状況等を把握するとともに電力消費量を算出する式の作成を行った。アンケートの結果、水処理設備については設置されている機器の仕様や1池あたりの台数にあまりばらつきが見られなかった。汚泥処理設備については、汚泥かき寄せ機や薬品供給ポンプなどは仕様等にばらつきがあまり見られなかった一方、濃縮汚泥引抜ポンプや脱水機の仕様にはばらつきが見られる結果となった。

アンケートの結果を踏まえて最も導入数が多い機器の仕様等を設定するとともに、一部機器については設計指針に基づく標準的な運転時間を設定して電力消費量を算出した結果、水処理設備については今回の処理場規模の範囲では1つの算出式で概ね実態に近い電力消費量が算出できることが把握できた。一方、汚泥処理設備については、流量規模によって機器の構成が異なるため今回3つの算出式を作成したものの、特により規模が小さい処理場において実態との乖離が大きくなる傾向が見られた。

今後は、特に汚泥処理設備について、汚泥性状や汚泥の利用方法を考慮したきめ細かい運転条件設定に基づく処理フロー全体での電力消費量削減等についても検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) 公益社団法人日本下水道協会 平成30年度版 下水道統計(2021.1) p.108
- 2) 公益社団法人日本下水道協会 下水道施設計画・設計指針と解説 2009年版
- 3) 環境省・国土交通省 下水道における地球温暖化対策マニュアル(2016.3) p.45

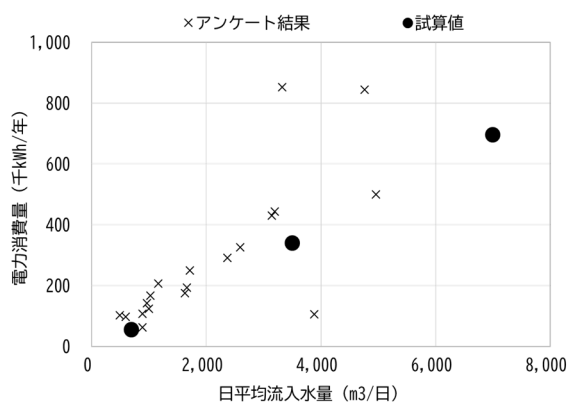


図2 電力消費量試算値と実値との比較 (水処理設備)

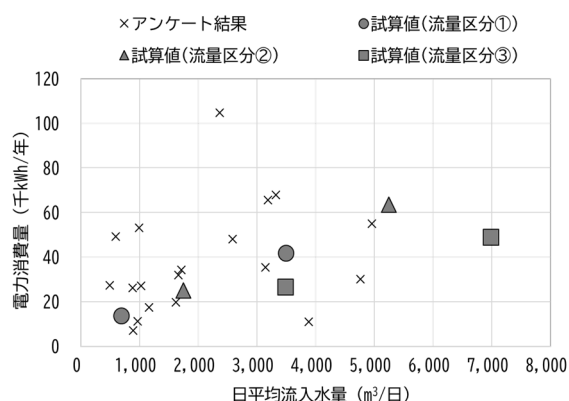


図3 電力消費量試算値と実値との比較 (汚泥処理設備)

表1-1 算出式一覧

	適用範囲	算出式 y: 電力消費量 (kWh/年) x: 日平均流入水量 (m³/日)
水処理設備	700~7,000 ※日平均流入水量 (m³/日)	$y = 101.76 x - 16,663$
汚泥処理設備	区分①	$y = 9.99 x + 6,612$
	区分②	$y = 10.94 x + 6,002$
	区分③	$y = 6.39 x + 3,847$

※汚泥処理設備については、区分①~③で設定した機器の仕様等における算出式を示している。

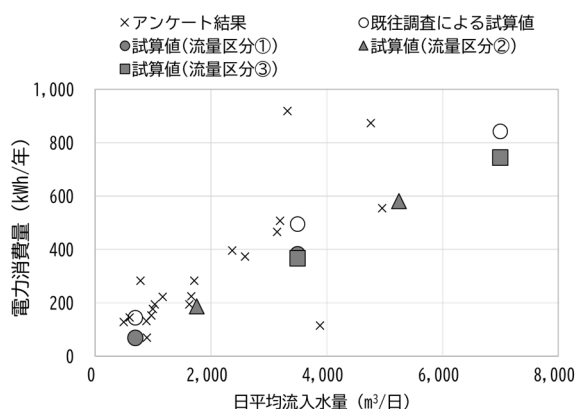


図4 電力消費量試算値と既往調査との比較 (水処理・汚泥処理設備合算)

## Ⅱ. その他の予算による調査研究

# 1. 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

下水道研究室 室長 岡安 祐司  
主任研究官 田本 典秀  
交流研究員 原口 翼

## 1. はじめに

我が国の2019年度（令和元年度）末時点での下水道管きよの総延長は約48万kmと膨大であり、下水道管路に起因する道路陥没も年間約2,900件発生している。（以下、「管きよ」は下水道本管を意味し、「管路」は下水道本管の他、人孔、取付管を含む管路施設全体を意味する。）今後、老朽管の割合は加速度的に増大する見込みであり、これに伴い、道路陥没等の重大事故の発生リスクが高まることが懸念される。また、下水道の事業主体である地方公共団体の職員や予算も限られる中、点検調査の一層の効率化と蓄積された維持管理情報の活用による管路管理に係るコストの最適化により、適切な管路マネジメントサイクルを構築する必要がある。

本研究は管路マネジメントサイクルを構築するにあたり、管きよ条件等に応じた最適な点検調査技術の選定手法（図1中の問題点①）や、修繕技術を効果的に組み合わせることによる修繕・改築の更なる効率化（問題点②）に着目し、維持管理情報を活用した計画・設計・施工・維持管理の最適化に向けた手法開発を目的に実施した。

本稿では、2020年度に実施した研究の成果として、特に下水道管きよの調査における最適な技術の選定方法についての机上検討と、この結果を踏まえ国内複数都市の下水道管きよを対象に実施したケーススタディの結果について述べる。

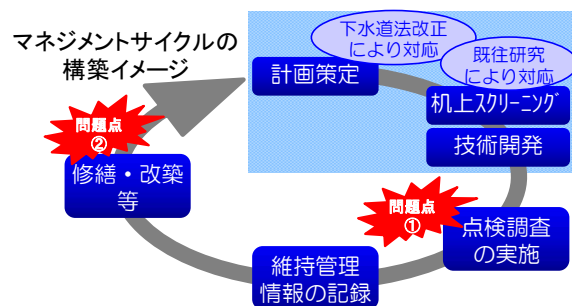


図1 本研究の全体像

## 2. 管きよ調査における最適な技術の選定方法に関する検討

### 2.1 簡易調査技術と詳細調査技術の組合せ

下水道管きよにおける調査については、管きよ延長に対する潜行目視による調査延長の割合が大きく減少する一方で、テレビカメラ調査を行った延長の割合は毎年1%程度と横ばいである<sup>1)</sup>。これは、今後すべての管きよをテレビカメラで調査すると仮定した場合、単純計算で約100年を要することとなる。JIS規格<sup>2)</sup>には、供用開始後経過年0～30年では、潜行目視調査又はテレビカメラ調査は10年に1回行う旨が参考として記載されており、上に述べた実態と大きな乖離がある。今後老朽化する管路がますます増加することを踏まえると、下水道管きよにおける調査技術・方法の更なる効率化を図ることが必要である。国総研では従来から調査実施の最適な頻度に関して研究を行ってきた<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup>が、本研究ではテレビカメラ調査（詳細調査）と、スクリーニングのために用いられてきた簡易調査技術を組み合わせることにより、一定の調査精度を担保しつつ、可能な限り効率化を図るための新たな調査方法について基礎的な検討を行った。

本研究では、文献<sup>5)</sup>に例示されている技術のうち、B-DASHでの開発実績<sup>6)</sup>、現場での適用実

績、更に適用範囲の広さ等を勘案し、「管口カメラ」、「広角展開カメラ」、「点検直視型カメラ」および「洗浄一体型カメラ」の4つを簡易調査技術の検討対象とした（図2）。詳細調査技術は、従来から用いられているテレビカメラ（直視側視カメラ）調査とした。



図2 本研究でコスト試算の対象とした簡易調査技術

## 2. 2 コスト試算の方法

### 2. 2. 1 検討ケース

検討ケースとして、詳細調査のみを実施する場合、詳細調査と簡易調査を組み合わせる場合をそれぞれケース1、2とし、「調査コスト」および「簡易調査における見落としリスク」の観点から両者を比較した。なお、今回の検討では、詳細調査の結果には誤りが無いと仮定して試算している。

調査コストの試算方法について、ケース1では調査対象となる管きよの全延長においてテレビカメラ調査を行うと仮定し費用を試算した。一方、ケース2では、まず調査対象となる管きよの全延長に対して簡易調査を実施し異常が発見された箇所について詳細調査を実施する（以下、「組合せ調査」という。）として調査費用を試算した。一般に、下水道管きよは布設から年数が経過するほど不具合が多数生じ、結果として簡易調査より詳細調査を実施すべき延長が増える（すなわち、経過年数が若いほど簡易調査で足りる傾向にある）ものと考えられることから、本コスト試算では、管きよの経過年数（0～100年）ごとに調査コストを算出したうえで、ケース2のコストがケース1を上回る管きよの経過年数を簡易調査技術ごと・管種ごとに試算した。

### 2. 2. 2 試算フロー・パラメータの設定

ケース1では、テレビカメラ調査の単価に調査対象延長を乗じてコストを試算した。また、ケース2では、調査対象管きよの経過年数ごとに、調査コストを図3に示すフローに従って試算した。調査単価の設定方法は表1のとおりである。両ケースとも管きよの経過年数（0-100年の整数値）ごとに、調査対象延長Lを10km、1スパンあたりの管の長さを33mとした。組合せ調査による調査のコスト面での効率化については、ケース1の調査コストに対するケース2の調査コストの比を計算することにより評価した。試算に用いたパラメータについて、経年劣化率 $\alpha$ は、修繕または改築が必要な緊急度IまたはIIと判断される管きよの割合と定義し、国総研が公開している「健全率曲線2020」<sup>10)</sup>を基に都市規模別（全国・政令指定都市・市町村）および管種別に算出した。異常項目割合pは、腐食やたるみなどの項目ごとに、国総研が公開している「管きよ劣化データベースVer.3」<sup>11)</sup>を基に、経過年数による変化は無いと仮定して0-100年間の平均値として表2のとおり設定した。異常項目割合pは、経過年数によらず一定値と見なし管種ごとに表2のとおり定めた。異



常発見率  $\beta$  は異常項目割合  $p$  と各技術が異常を検出する割合（検出率）  $q$  の積として定義し、表 3 のとおり設定した。なお、 $q$  は今回のコスト試算のために既往研究<sup>6)</sup>、<sup>12)</sup>の成果などを参考に設定しており、実際には現場条件や機種などにより異なる可能性がある。 $\beta$  は各調査技術の性能を規定しているものではない。

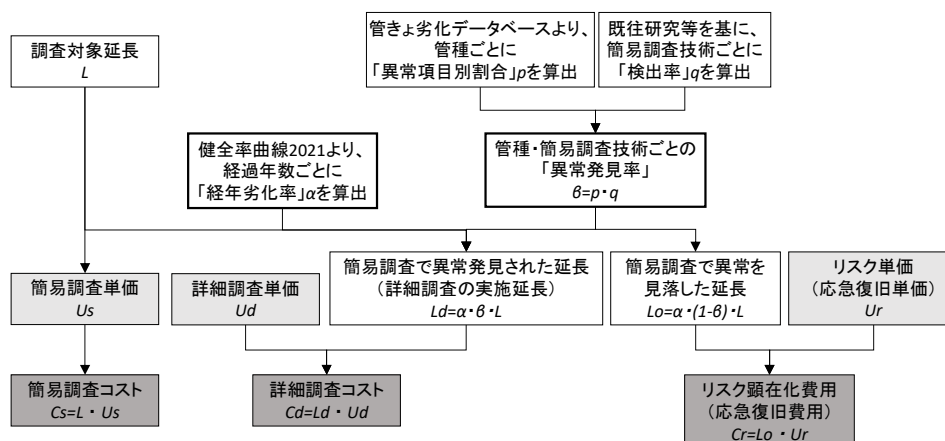


図 3 ケース 2（組合せ調査）におけるコスト・リスク試算方法

表 1 調査単価の設定方法

	技術名	設定方法
詳細調査	テレビカメラ	文献8による
	管口カメラ	文献9を基に積算。ただし基準価格は見積りにより決定
簡易調査	広角展開カメラ	文献9を基に積算。ただし基準価格は見積りにより決定
	点検直視型カメラ	見積りによる
	洗浄一体型カメラ	見積りによる

### 2. 2. 3 見落とし・見間違いリスクの評価方法

簡易調査では、本来異常があるにも関わらず「異常無し」と判定される「見落とし」のリスクが存在する。本研究では、見落した異常箇所の全てで道路陥没が発生するものと仮定し、異常が発生したスパン数に1か所あたりの復旧費用を乗じることにより、見落としリスクを「リスク顕在化費用」として表した。道路陥没1か所あたりの復旧費用は、文献<sup>6)</sup>の復旧費用別道路陥没件数において、発生割合が全体の64%と最も大きい（復旧工事費不明の件数を除く割合）「復旧費10万円を超え50万円以下」カテゴリの中央値である30万円と設定した。なお、道路陥没に伴う人的・物的被害や通行止めに伴う社会経済的な被害に係る費用は含まない。また、簡易調査においては、「見落とし」と同様「見間違い」（詳細調査で異常無しであるにも関わらず、簡易調査では異常ありと判断される事象）のリスクも存在する。見間違いが起きることにより、本来であれば調査の必要が無い場所で詳細調査を実施することになるため、不必要なコストが発生する。しかし、見間違いに関する知見が少ないこと、および、本検討では詳細調査の結果に誤りが無いと仮定しており見間違いによる道路陥没等の社会的な損失は直ちに生じないものと想定できることを踏まえ、本研究では見間違いに係るリスクは評価しないこととした。

表2 異常項目割合  $p$  (全国)

異常項目	ランク	異常項目割合 $p$ (%)		
		コンクリート管	陶管	塩ビ管
腐食	A	1.5	0.1	0.0
	B	7.7	0.4	0.6
上下のたるみ	A	0.1	0.2	5.4
	B	0.7	0.5	11.6
破損(軸方向クラック)	a	20.0	28.1	10.8
	b	8.7	6.8	1.6
管円周方向クラック	a	14.5	20.6	2.1
	b	10.6	7.7	1.5
継手ずれ	a	1.5	2.9	0.6
	b	2.8	10.8	5.5
浸入水	a	2.4	0.7	5.4
	b	11.2	4.1	17.2
取付管突出	a	1.4	2.2	1.1
	b	6.9	7.4	4.3
油脂付着	a	0.0	0.0	0.0
	b	1.0	0.4	4.1
樹木根侵入	a	0.7	0.8	1.1
	b	3.8	4.0	3.6
モルタル付着	a	0.5	0.6	0.2
	b	3.9	1.9	2.0
扁平	a	0.0	0.0	0.4
	b	0.0	0.0	17.3
変形	a	0.0	0.0	0.6
	b	0.0	0.0	3.1

表3 異常発見率  $\beta$

簡易調査技術	単位: %		
	コンクリート管	陶管	塩ビ管
管口カメラ	45	53	45
広角展開カメラ	90	91	88
点検直視型カメラ	85	85	66
洗浄一体型カメラ	74	80	59

## 2. 3 コストおよびリスクの試算

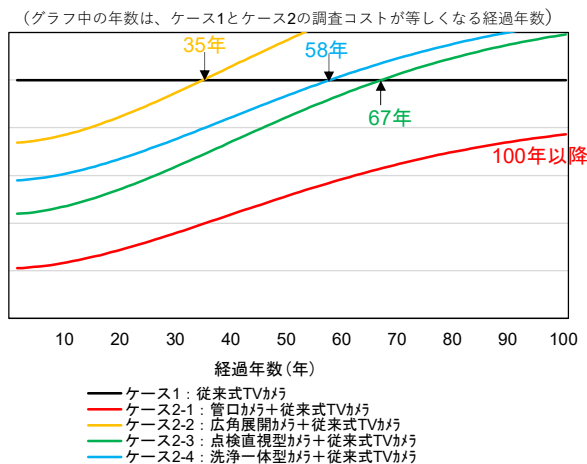
以降に示す試算結果については、前節で述べたとおり多くの仮定を置いて計算したものであるため、数値そのものの大小より各調査技術の相対的な関係に重きを置いて分析することとする。

### 2. 3. 1 簡易調査の組合せによる調査の効率化に関する試算

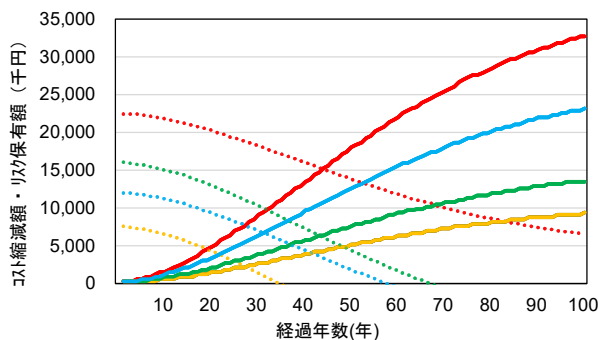
前節で述べた方法に従ってコストおよびリスクの試算を行った結果を図5に示す。同図左側のグラフは、コンクリート管、陶管、塩ビ管それぞれにおけるケース2のコストをケース1のコストに対する比率として経過年数ごとに示しており、コスト比率が1(黒の太い実線)を下回る場合にケース2(組合せ調査)の方がコスト面で有利となることを意味している。図5より、いずれの管種においても、コスト比率が高い順に、広角展開カメラ、洗浄一体型カメラ、点検直視型カメラ、管口カメラとなっている。これは主に調査単価によるものと考えられる。コスト比率=1の直線との交点(組合せ調査のコストが詳細調査のコストと等しくなる経過年数。以下、「コスト分界点」という))についても同じ順序であり、例えばコンクリート管の広角展開カメラ・点検直視型カメラの間では、2倍程度異なっていた。ただし、コンクリート管および陶管の管口カメラ、ならびに、塩ビ管におけるすべての簡易調査技術に関しては、今回試算対象とした経過年数0-100年の範囲にコスト分界点が現れず、100年以降と試算された。塩ビ管については他の管種と比べ劣化の進行が緩やかであるため、古い(経過年数が大きい)管に対しても組合せ調査がコスト的に有利になった

と考えられる。

コスト比率＝詳細調査／簡易調査組合せ

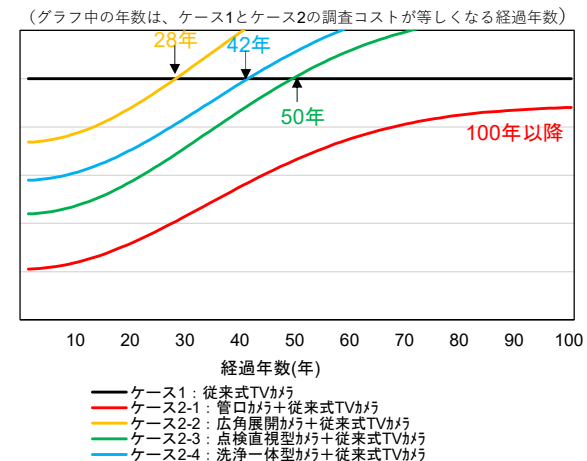


ケース	コスト縮減額	リスク保有額	左記の交点
2-1: 管口カマ + 従来式TVカマ	.....	.....	44年
2-2: 広角展開カマ + 従来式TVカマ	.....	.....	28年
2-3: 点検直視型カマ+従来式TVカマ	.....	.....	44年
2-4: 洗浄一体型カマ+従来式TVカマ	.....	.....	32年

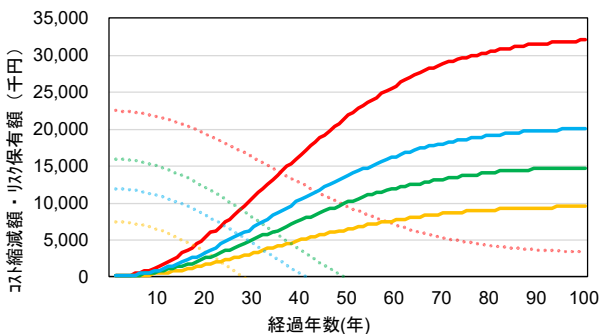


(a) コンクリート管 (左：詳細調査に対する組合せ調査のコスト比、右：コスト縮減額・リスク顕在化費用)

コスト比率＝詳細調査／簡易調査組合せ

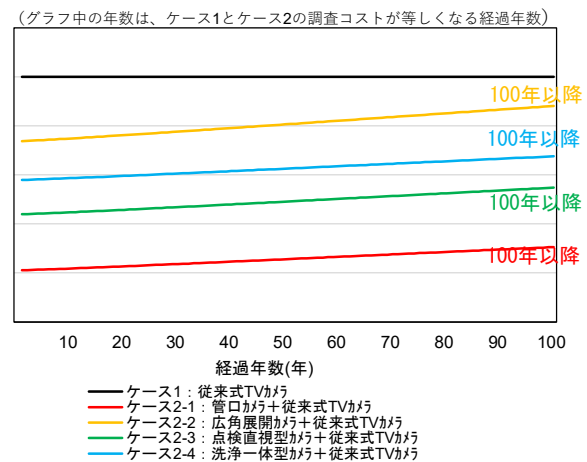


ケース	コスト縮減額	リスク保有額	左記の交点
2-1: 管口カマ + 従来式TVカマ	.....	.....	36年
2-2: 広角展開カマ + 従来式TVカマ	.....	.....	24年
2-3: 点検直視型カマ+従来式TVカマ	.....	.....	35年
2-4: 洗浄一体型カマ+従来式TVカマ	.....	.....	28年

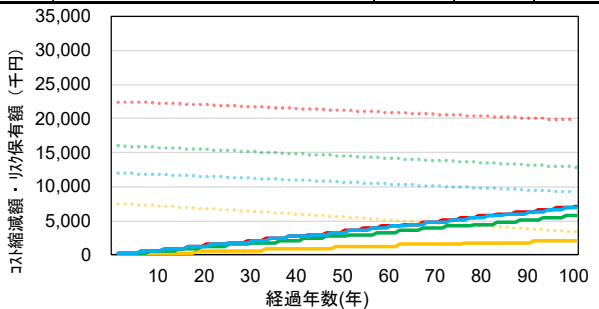


(b) 陶管 (左：詳細調査に対する組合せ調査のコスト比、右：コスト縮減額・リスク顕在化費用)

コスト比率＝詳細調査／簡易調査組合せ



ケース	コスト縮減額	リスク保有額	左記の交点
2-1: 管口カマ + 従来式TVカマ	.....	.....	100年以降
2-2: 広角展開カマ + 従来式TVカマ	.....	.....	100年以降
2-3: 点検直視型カマ+従来式TVカマ	.....	.....	100年以降
2-4: 洗浄一体型カマ+従来式TVカマ	.....	.....	100年以降



(c) 塩ビ管 (左：詳細調査に対する組合せ調査のコスト比、右：コスト縮減額・リスク顕在化費用)

図5 試算結果 (都市規模別の分類なし)

一方、組合せ調査におけるリスク顕在化費用について、コスト削減額とともに図5の右側のグラフに試算結果を示す（ここに示す費用は管きょ10kmあたりの額である）。リスク顕在化費用が大きいほど下水道管理者は管きょの異常リスクを保有することになるため、この額をできる限り小さくするよう管理することが望ましいと考えられる。この試算結果より、次の傾向が見出された。

まず、管口カメラについては、他の簡易調査技術と比べコスト削減により大きく寄与するが、同時に保有するリスクも大きなものとなると試算された。広角展開カメラについては、今回検討対象とした4つの簡易調査技術の中でコスト削減額・リスク保有額とも最小となった。点検直視型カメラおよび洗浄一体型カメラについては、コスト・リスクの2つの観点から上記2つの技術の中間の位置にあった。また、塩ビ管に関しては、コスト削減額とリスク顕在化額が等しくなる経過年数（以下、「リスク分界点」という。）がいずれの管種でも100年以上と試算され、簡易調査技術の間の差異が現れなかった。

### 2.3.2 都市規模別の試算

下水道管きょは都市によって布設された年度や管種構成が異なることから、ここでは政令指定都市と市町村に区分して分析を試みた。具体的には、文献<sup>8)</sup>（管きょ劣化データベース Ver.3）から政令指定都市のみ・市町村のみのデータを抽出してワイブル分布による健全率予測式を作成し、これを用いて経年劣化率 $\alpha$ をそれぞれ求めたうえでコスト・リスクの試算を行った。その結果を図6にコスト分界点・リスク分界点の関係として示す。管口カメラについては、いずれの管種においてもコスト・リスク分界点が100年以降と見積もられたため、同図では便宜上100年としてプロットしている。政令指定都市の方が古い管が多く、健全率予測式においても劣化の進行が早い傾向があるため、コスト分界点・リスク分界点ともに小さくなっていた。特に図6(a)より、リスク分界点については、技術に関わらず一定の上限値が存在するようも見受けられる。

なお、今回の試算で用いたパラメータについては、いずれも試算のために仮定を置いて設定した値であり、本来はある程度幅を持った値であるものと考えられる。したがって、本稿で示した試算結果については調査技術選定に当たっての参考資料としての活用を想定している。

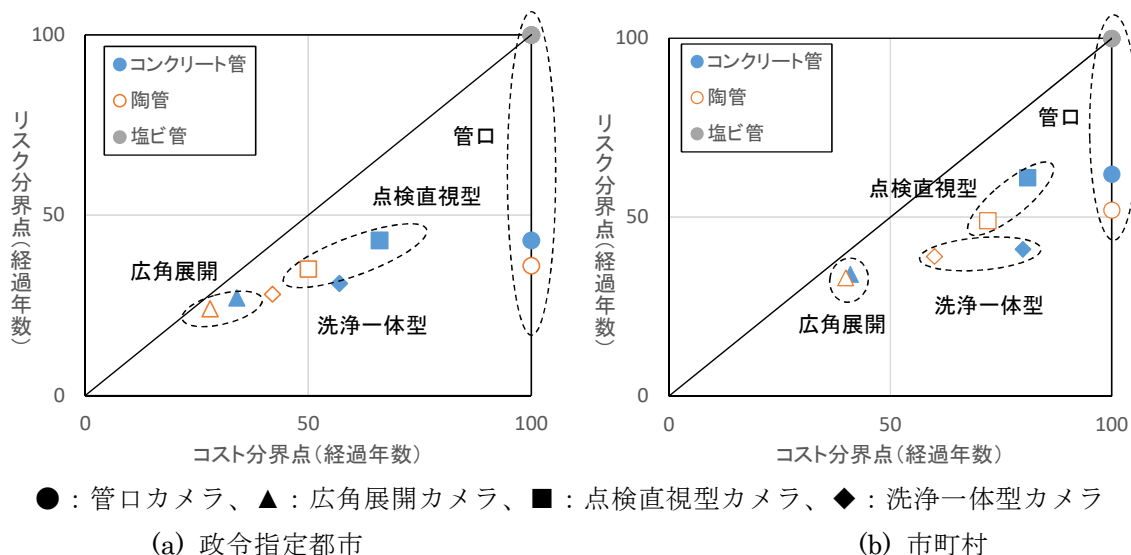


図6 コスト分界点・リスク分界点（都市規模別の比較）

### 3. ケーススタディ

2. で述べたコスト・リスクに関する机上検討を踏まえ、地方公共団体における実際の下水道管きょデータを用いてケーススタディを行い、現場の実態を踏まえた分析・考察を行った。本ケーススタディでは、社会情勢の変化（特に人口減少）に対応した下水道事業のあり方についても考察する観点から、今後人口減少が予想される2都市（A市およびB市）をモデル都市として選んだ。

#### 3.1 ケーススタディの方法

ケーススタディは、各モデル都市の下水道きょのうち、口径800mm以上の管と圧送管を除いたうえで、中心市街地とその周辺の約100~200km程度の管きょを抽出して実施した。800mm以上の管については、潜行目視調査が行われることが多いこと、中小都市においては簡易調査が行われることが少ないことから対象から除外した。また、圧送管についても調査方法が自然流下管と異なることから除外した。コストおよびリスクの算出方法については2.の方法と同じであるが、ここでは「ケース3」として詳細調査（ケース1）と組合せ調査（ケース2）を組み合わせ、コスト分界点までは組合せ調査を、コスト分界点を過ぎた管きょについては詳細調査のみを実施する場合を想定したケースを設定した（図7）。ケース1に対するケース3のコスト縮減額およびリスク保有額を試算した。

ケーススタディでは、将来予想される人口減少を踏まえ、シナリオ①：人口減少に伴う下水道使用料収入の減少およびシナリオ②：下水道サービス区域の縮小の2つのシナリオを想定した試算を行った。

シナリオ①については、2045年の人口推計<sup>13)</sup>を基に現在人口からの減少率を求め、それと同じ割合で下水道使用料の収入および調査実施延長が減少すると仮定した際のコストおよびリスクの試算を行った。シナリオ①の試算方法の概要を図8に示す。収入減により調査を実施しないとした延長のうち、異常ありの延長と調査を実施した延長のうち見落しの延長をリスク保有額として示した。

シナリオ②については、居住エリアが主要駅周辺に集中し、管理延長が減少したと仮定して試算を行った。想定する居住エリアに関しては、モデル都市の都市計画等を参考に設定した。

### 3.2 A市

#### 3.2.1 A市の概要

A市は人口約7万9千人（2020年度末時点）を有し、市内を流れる河川により形成

された平地（沖積氾濫原）の上に市街地が広がっている。中心市街地は鉄道駅を中心に発展したが、大規模商業施設の立地等により郊外に新市街地が形成され中心市街地の空洞化が進んだ。人口は2000年に約9万6千人であったが、この20年で約2割減少した。

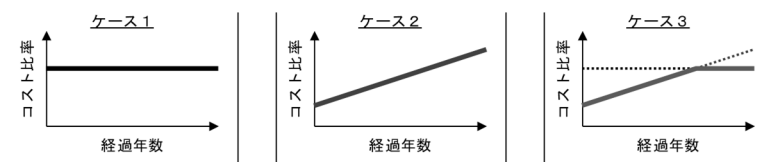


図7 「ケース3」の考え方

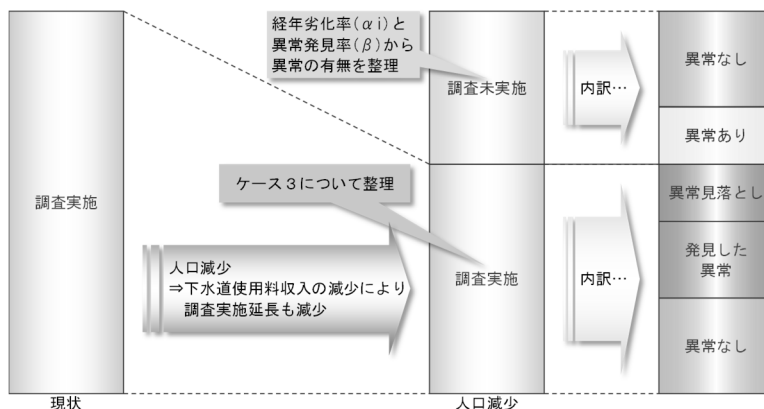


図8 「下水道使用料の減少」試算方法

下水道事業に関しては、市街地の雨水排除を目的に 1951 年に事業着手、1973 年度に下水処理場の運転が開始された。また、ストックマネジメント計画を策定し調査に基づく計画的な改築を実施している。現在の管きよ延長は約 500km、下水道普及率は約 88%（2020 年度末時点）である。軟弱地盤のため不同沈下による上下方向のたるみが多く見られるとのことである。

また、管路の包括的民間委託を導入しており、清掃・点検・調査・修繕を一体的に民間企業へ委託している。下水道職員数は 1998 年に 21 人であったが 2018 年には 7 人と 1/3 にまで減少した。ケーススタディの対象とした管きよは約 119km で、管種や経過年数の状況は図 9 および 10 のとおりである。コンクリート管、塩ビ管の割合がそれぞれ約 1/3、約 2/3 となっており塩ビ管が占める割合が高い。

### 3. 2. 2 コスト・リスク試算

図 11 は管きよ 1km あたりのコスト削減額とリスク保有額の試算結果である。いずれの簡易調査技術を用いたとしても、簡易調査を組み合わせることによるコスト面のメリットが認められた。コスト削減額は、管口カメラ、点検直視型カメラ、洗浄一体型カメラ、広角展開カメラの順に高い結果となった。一方、リスク保有額の大きさについても、点検直視型カメラの方が洗浄一体型カメラのリスク保有額より小さくなったが概ね同じ傾向であり、広角展開カメラが最も小さくなった。リスク保有額の大きさについて

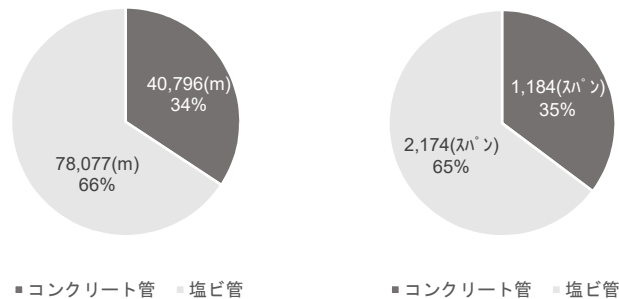


図 9 管種の構成割合

(左：延長、右：スパン数)

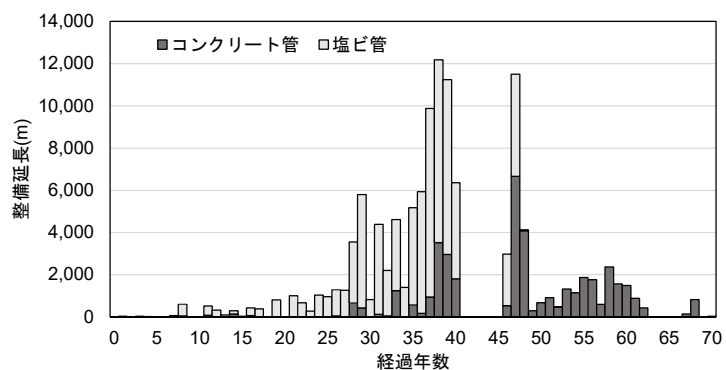


図 10 ケーススタディの対象とした

管きよの経過年数ごとの分布 (A 市)

表 4 コスト・リスク分界点

		管口	広角展開	点検直視型	洗浄一体型	
試算結果 (目安)	コスト分界点	コンクリート管	68 年以上	46 年まで	68 年以上	68 年以上
		塩ビ管	70 年以上	70 年以上	70 年以上	70 年以上
	リスク分界点	コンクリート管	62 年まで	29 年まで	62 年まで	47 年まで
		塩ビ管	70 年以上	70 年以上	70 年以上	70 年以上

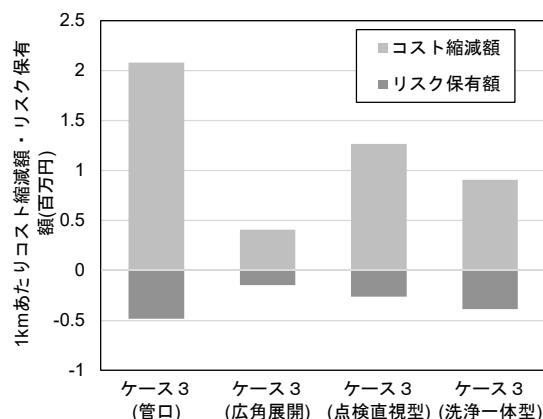


図 11 コスト・リスクの試算結果 (A 市)

は、コンクリート管の割合の大きいB市（図14参照）に比べると小さなものとなった。なお、A市に対して国総研がヒアリングを行ったところ、上述のとおり管きよの不同沈下が多く見られることから、洗浄一体型カメラを活用しこまめに洗浄を行って、機能確保を図っているとのことであった。

### 3.3.3 社会情勢の変化を踏まえたシミュレーション

将来の人口減少を想定したシミュレーションを以下のとおり行った。まず、シナリオ①：下水道使用料の減少については、A市の人口が2045年に2015年時点の人口の56%にまで減少すると予想されていることから、調査延長についても56%に留まるものとして試算を行った。また、シナリオ②：下水道サービス区域の縮小については、A市都市計画マスタープランを参考に、中心市街地に絞られるものと仮定して、対象の管きよ延長を119kmから38km（約7割減）に減少するもの仮定した。

以上のシナリオに基づく管きよ1kmあたりのコスト縮減額とリスク保有額の試算結果を図13(a)、(b)に示す。シナリオ②の方が1kmあたりのコスト縮減額がやや小さくなった。これは、シナリオ②の方がコンクリート管の割合が大きくなったためと考えられる。また、管理延長がシナリオ②の方が小さくなるため、調査コストの総額もシナリオ②の方が小さい結果となった（図13(c)、(d)）。リスク保有額（シナリオ①の未調査リスク含む）に関しては、管口カメラを用いる場合はシナリオ①と②は概ね同程度であったが、その他の技術に関してはシナリオ②のリスク保有額の方が小さく、有利であると示された。これは、シナリオ①において調査を実施しないことによる異常未発見のリスクが等しく上乗せされたためである。

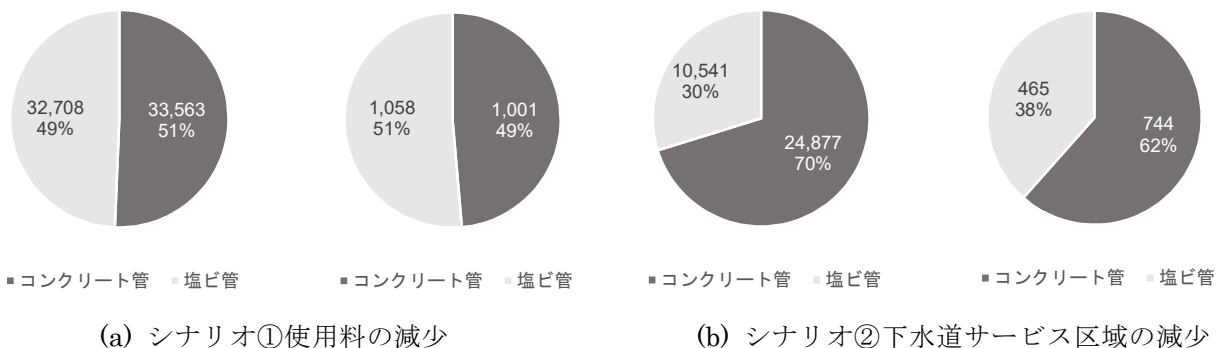
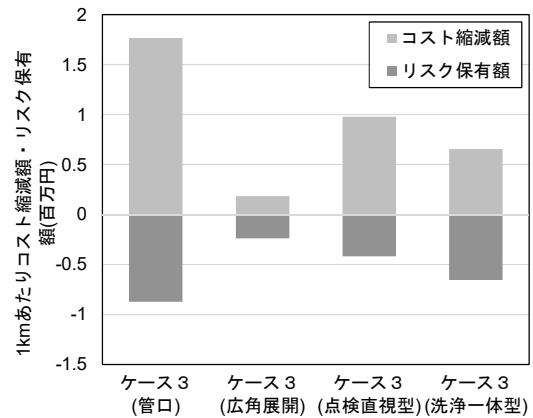
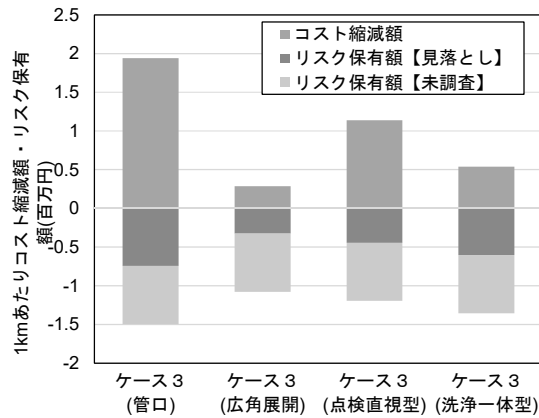
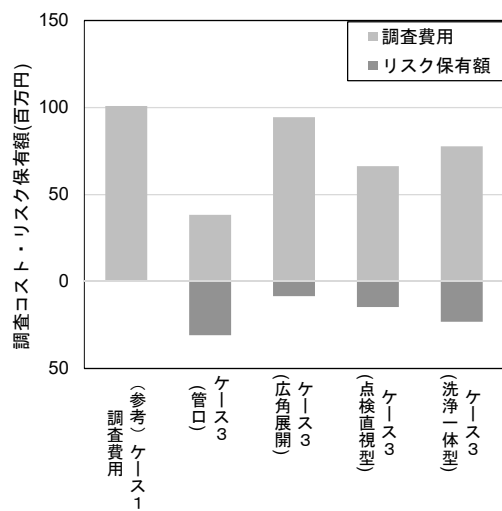
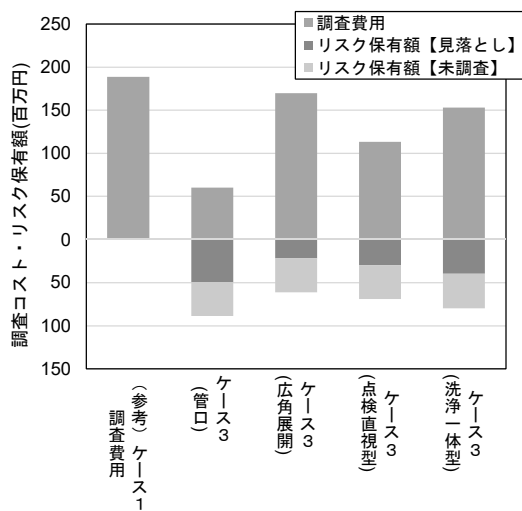


図12 各シナリオにおける管種の構成（A市）（左：延長、右：スパン数）

### 3.3 B市



(a) シナリオ①下水道使用料の減少 (1km 当り) (b) シナリオ②下水道サービス区域の縮小 (1km 当り)



(c) シナリオ①下水道使用料の減少 (d) シナリオ②下水道サービス区域の縮小

図 13 将来の人口減少を想定したシミュレーション結果 (A 市)

### 3. 3. 1 B 市の概要

B 市は人口約 6 万 1 千人 (2021 年 4 月 1 日時点) を有し、周囲を山に囲まれた盆地に市街地が形成されている。市域の 87%は森林で平地が限られているが、市域を流れる主要河川の東側の平地には主に中心市街地が、西側の平地には主に農地がある。人口は 2000 年に約 7 万 4 千人であったが、この 20 年で約 2 割減少した。2021 年 4 月には立地適正化計画を策定・公表している。

下水道事業に関しては、1951 年に旧下水道法の認可を受けて事業着手し、1973 年には下水処理場の運転が開始された。また、ストックマネジメント計画を策定し調査に基づく計画的な改築を実施している。現在の管きょ延長は約 200km、下水道普及率は約 57% (2020 年度末時点) である。市の下水道職員は 1998 年に 24 人であったが 2018 年には 13 人と概ね半減している。ケーススタディの対象とした管きょは約 186km で、管種や経過年数の状況は図 14 および 15 のとおりである。コンクリート管、塩ビ管の割合がそれぞれ約 2/3、約 1/3 となっており、コンクリート管が占める割合が高い。

### 3. 3. 2 コスト・リスク試算結果

図 16 は管きょ 1km あたりのコスト削減額とリスク保有額の試算結果である。コスト削減額に



についてはA市より小さい傾向にあり、これはコンクリート管の構成割合が大きいことが影響しているためと考えられる。簡易調査技術の同様の傾向が認められた。一方、リスク保有額の大きさについても同じ順であり、広角展開カメラが最も小さくなった。国総研がB市に対してヒアリングを行ったところ、調査スピードの向上とコスト縮減のため、B市は実際に点検直視型カメラを調査に用いているとのことであった。

### 3. 3. 3 人口減少予測を踏まえた対策シミュレーション

将来の人口減少を想定したシミュレーションを以下のとおり行った。まず、シナリオ①については、B市の人口が2045年に2015年時点の人口の65%にまで減少すると予想されていることから、調査延長についても65%に留まるものとして試算を行った。また、シナリオ②については、B市の立地適正化計画に定められる居住誘導区域に下水道サービス区域が集約されたとして、対象の管きょ延長を186kmから106km(約4割減)に減少するもの仮定した。

以上のシナリオに基づく管きょ1kmあたりのコスト縮減額とリスク保有額の試算結果を図18(a)、(b)に示す。シナリオ①と②の間でコスト縮減額については大きな差はなかったが、シナリオ①の未調査リスク含むリスク保有額に関しては、シナリオ①の方が大きくなった。これは主としてシナリオ①における未調査リスクの寄与によるものである。なお、図18(c)、(d)より、調査コ

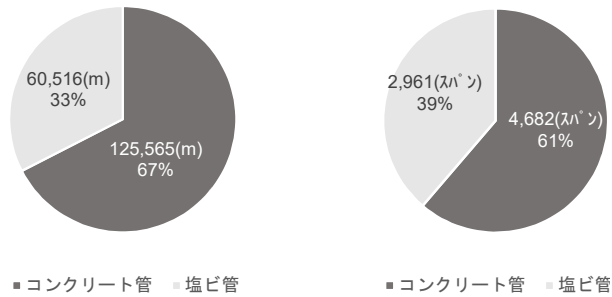


図14 管種の構成割合 (B市)

(左:延長、右:スパン数)

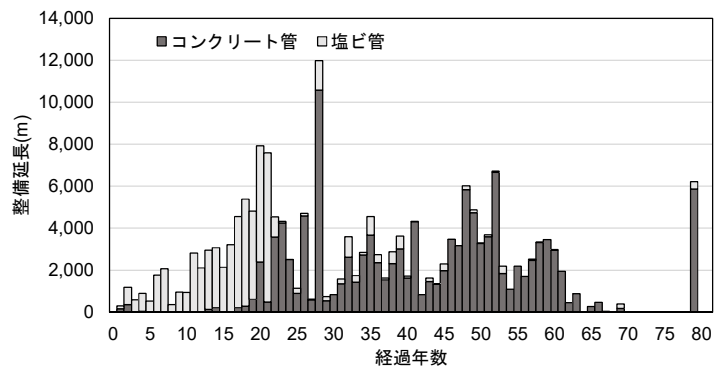


図15 ケーススタディの対象とした管きょの経過年数ごとの分布 (B市)

表5 コスト・リスク分界点 (B市)

	管口	広角展開	点検直視型	洗浄一体型
コスト分界点	コンクリート管 塩ビ管	68年以上 79年以上	46年まで 79年以上	68年以上 79年以上
リスク分界点	コンクリート管 塩ビ管	66年まで 79年以上	33年まで 79年以上	62年まで 79年以上

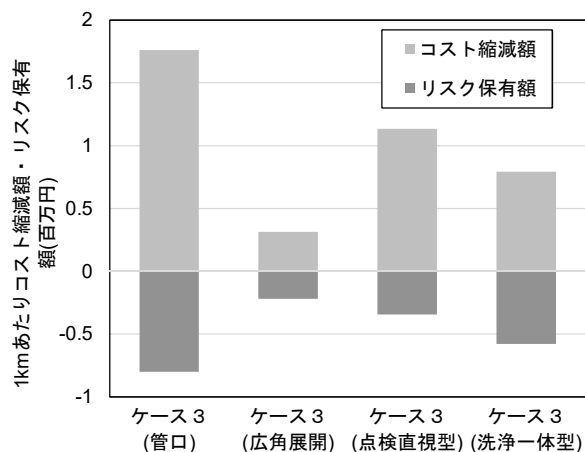


図16 コスト・リスクの試算結果 (B市)

ストの総額はシナリオ①と②の間で概ね同程度であった。

以上より、B市の場合、調査コストの観点からは両シナリオとも同程度であるが、リスク保有額の観点からは、シナリオ②がより効率的な管きょ管理に寄与する可能性が示唆された。

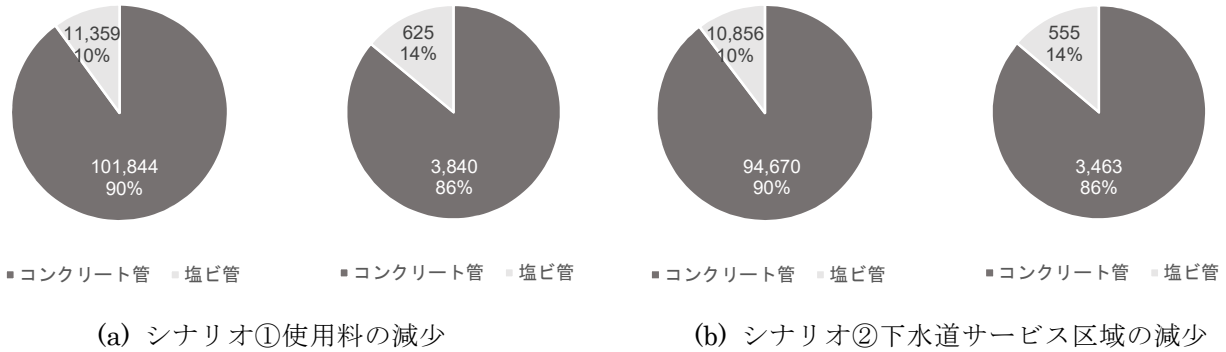


図 17 各シナリオにおける管種の構成 (B市) (左:延長、右:スパン数)

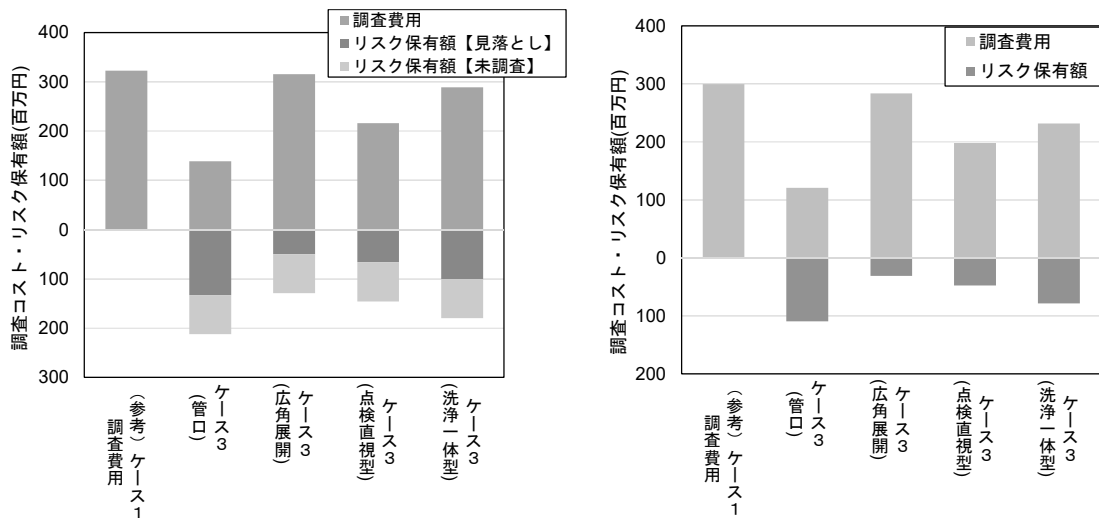
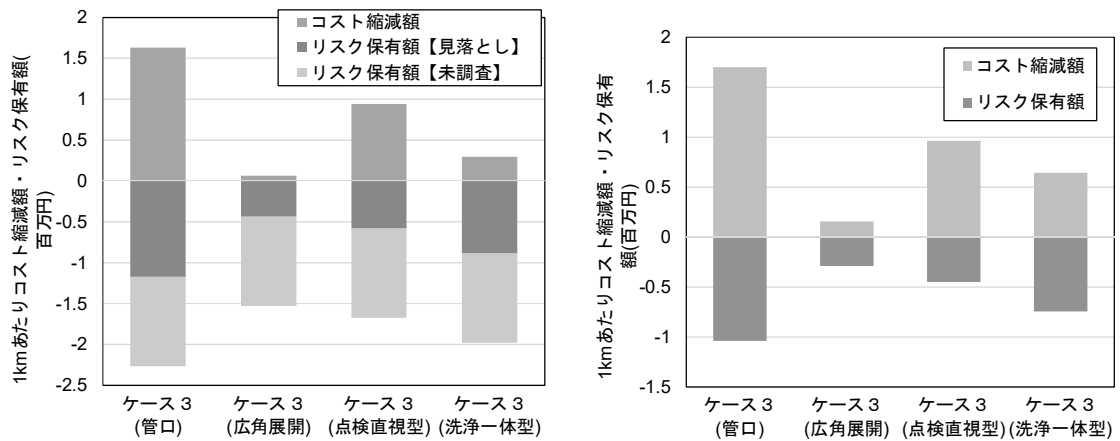


図 18 将来の人口減少を想定したシミュレーション結果 (B市)

#### 4. 考察

2. および3. の試算結果を踏まえ、以下に組合せ調査の導入に関する考察を述べる。

##### 4. 1 組合せ調査の有効性

上述の試算の結果、特に次のような場合においては、組合せ調査を導入することのメリットが現れやすいものと考えられる。

###### ① 布設から経過年数が短い管きょ

今回試算対象とした4つの簡易調査技術の中で最もコスト削減額・リスク保有額が小さい傾向にあった広角展開カメラについても、管種等の条件によるものの、コスト分界点は概ね30年～40年の範囲にある傾向にあった。地方公共団体によって状況が異なるため、各団体の特徴に合わせて判断する必要があるが、基本的に管齢が数十年程度までの管きょについては、組合せ調査が有効である傾向にあると考えられる。

###### ② 異常の発生傾向がある程度把握されている管きょ

既に点検・調査において管きょの劣化状況を把握している場合には、例えば二巡目の調査において組合せ調査を導入するなど、管きょの劣化状況・劣化傾向に応じて調査の効率化を図ることが有効である。

###### ③ 塩ビ管

塩ビ管については、現在のところ、他の管種と比べ劣化の進行が遅い傾向があるため、本研究ではどの簡易調査技術を用いてもコスト分界点が非常に大きくなると試算された。塩ビ管に対しては、基本的に組合せ調査が有効であると考えられる。なお、塩ビ管の劣化特性に関しては、引き続きデータを蓄積し知見を得る必要がある。

##### 4. 2 技術選定・導入促進に関する考察

今回試算の対象とした簡易調査技術の4技術は、上記に述べたコスト面以外にも考慮すべき特徴を有している。例えば、洗浄一体型カメラについては、清掃と併せて調査を実施できるため、今回のコスト試算には表れないメリットが存在する。このような技術ごとの特徴を踏まえ、各地方公共団体の管きょの持つ特徴と併せて技術の選定を検討することが重要である。

また、今後より一層簡易調査を活用する上では、地域に密着した地場業者の役割が重要になると考えられる。このような業者が簡易調査技術を習得・実践できるよう、一層の技術力向上を図ることが不可欠である。

#### 5. おわりに

本稿では、下水道管きょの調査における更なる効率化のため、簡易調査技術を組み合わせる方法（組合せ調査）について、コストおよびリスクの観点から机上検討を実施した結果について述べた。簡易調査技術を組み合わせることの有効性が示され、本稿で提案した方法を用いることにより、より短時間に、かつ、より少ないコストで調査を実施し、マネジメントサイクルの実施に繋がることが期待される。

最後に、本研究の実施にあたり、データ提供やヒアリングなど多大なご協力を頂いた地方公共団体等の関係各位に対し、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 田本典秀、原口翼：下水道管路施設のストックマネジメントに関する技術開発の動向、JASCOMA、Vol.27、No.54、pp.32-33、2021
- 2) 日本規格協会：JIS A 7501 下水道管路維持管理計画の策定に関する指針、2013
- 3) 深谷渉、末久正樹、小川文章：アセットマネジメントに向けた下水道管きょ調査における調査頻度の提案、土木技術資料、Vol. 58、No.8、pp.14-17、2013
- 4) 田本典秀、原口翼、岡安祐司：下水道管路における道路陥没の実態と新たな点検調査手法の提案、土木技術資料、Vol. 63、No. 3、pp.8-11、2021
- 5) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部、国土技術政策総合研究所下水道研究部：維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（管路施設編）-2020年版-、2020
- 6) 小川文章、深谷渉、末久正樹：国総研資料 No. 876 B-DASH プロジェクト No.7 スクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術導入ガイドライン（案）、2015
- 7) 横田敏宏、深谷渉、宮本豊尚：下水道管路施設に起因する道路陥没の現状、国土技術政策総合研究所資料、No.668、2012
- 8) 日本下水道協会：下水道施設維持管理積算要領 -管路施設編- 2020年版
- 9) 日本下水道管路管理業協会：下水道管路管理積算資料 -2019-
- 10) 国土技術政策総合研究所下水道研究室：健全率予測式 2021、  
[http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/deterioration\\_rate\\_prediction\\_formula\\_2021.pdf](http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/deterioration_rate_prediction_formula_2021.pdf)
- 11) 国土技術政策総合研究所下水道研究室：管きょ劣化データベース Ver. 3、  
<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/rekka-db.html>
- 12) 国土技術政策総合研究所下水道研究室：国総研資料 No. 1149 B-DASH プロジェクト No.33 ICTを活用した総合的な段階型管路診断システムの技術導入ガイドライン（案）、2021
- 13) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口ー平成 27（2015）～57（2045）年ー、2018

## 2. 下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査

下水道研究室 室長 岡安 祐司  
主任研究官 田本 典秀  
交流研究員 山路 昂央

### 1. はじめに

近年、気候変動に伴う大雨や短時間強雨の発生回数が増加しており、それに伴うインフラへの被害が激甚化してきている。2014年（平成26年）に閣議決定された「国土強靱化基本計画」では、施策分野ごと等に推進方針が定められており、下水道においても自然状況等の変化に対応しつつ被害を最小化すること等が示された。写真1の事例に見られるように、下水道管路施設の被害は公衆衛生への影響のみならず、道路交通に障害を与えるリスクもあるため、大量の雨水が施設に流入してくる状況においてもその機能を確保し施設の被害を抑制することが重要となる。下水道管路施設、とりわけ人孔蓋の飛散による被害については、1999年に建設省がその対策を技術資料<sup>1)</sup>として取りまとめているほか、国土技術政策総合研究所（国総研）においても、伏せ越し型雨水貯留管における人孔蓋に加わる内圧の算定方法に関し研究を実施してきた<sup>2)</sup>。地方公共団体においても、圧力開放型の人孔蓋を設置するなどの対策を進めてきている。しかしながら、台風や集中豪雨の際には依然として人孔蓋の飛散等の被害が発生している。また、国土交通省が2020年から検討を進め、2021年7月に策定した「雨水管理総合計画策定ガイドライン（案）」では、雨水整備に係る事業費の制約等を考慮し、段階的対策計画の中で当面は管きよを圧力状態で運用することを許容する旨が示された<sup>3)</sup>。

このような状況を踏まえ、国総研では2020年度（令和元年度）より、雨水流入に伴う管内の圧力上昇による被害の軽減に資する技術資料作成等のための調査研究に着手した。2020年度は、実態把握のため地方公共団体に対しアンケート調査を行い、被害の傾向を整理したほか、より詳細な被害実態の把握のため現地調査を併せて実施した。



写真1 大雨による下水道管路の被災例  
（マンホールの破損）

### 2. 雨水流入による下水道管路被害に関するアンケート調査

大雨時の雨水流入による下水道管路施設の被害について、実態を把握する目的で、アンケート調査を実施した。

#### 2.1 調査方法

国総研では、過去10年間（2010年以降）に雨水流入に伴う管内の圧力上昇により発生したと推察される下水道管路施設の被害について、政令指定都市および国総研が当該期間中に大雨による下水道管路施設の被害を把握していた団体、計69団体を対象にアンケートを実施した。アンケートは2020年8月に実施し、更に2021年1月には、より詳細な分析を行うための追加アンケートを行

った。調査対象団体・被害個所数およびアンケート内容の概要を表1、2にそれぞれ示す。69団体からの回答のうち、55団体において被害事例（467事例）が確認された。なお、1つの被災個所において複数の人孔が被害を受ける等の事例については、アンケートの集計上1「事例」として計上している。本稿ではこの事例数をベースに、アンケートの主な結果について報告する。

## 2. 2 調査結果

### 2. 2. 1 被害が発生した際の気象条件

図1、2および3は、被害当日の気象条件別に集計した被害事例数である。台風および集中豪雨による被害がそれぞれ全体の55%、44%を占めていた。いずれもほぼ毎年被害が発生しているが、まとまった被害を及ぼすイベントが見られる。特に台風による被害は、その多くが2019年の台風19号（令和元年東日本台風）によるものであった。なお、図3には当該降雨における時間最大降雨量を併せて示しているが、雨量と被害事例数の間には明確な関係はなかった。

### 2. 2. 2 排除方式・管路布設条件

図4は排除方式別の被害事例数である。今回得られた回答のうち、無回答を除いて最も多かったのが合流式で45%（210件）であった。次いで分流式（污水）が21%（97件）と続き、分流式（雨水）より多い結果となった。分流式（污水）の被害は主として雨天時浸入水によるものと推測される。雨天時浸入水については、2020年に国土交通省が「手引き」<sup>4)</sup>を策定するなど取組が進みつつあるが、本調査においても雨天時浸入水の影響の大きさが示唆された。

図5は被災した下水道管路が布設された年代別に被害個所数を整理したものである。「不明」を除くと最も多かったのは「1990年以前」

表1 調査対象とした地方公共団体・被災事例数

	調査対象団体数	雨水流入による被害が確認された団体数	被災事例数
北海道	2	2	9
東北	8	7	23
関東	25	21	177
中部	16	11	84
近畿	8	7	124
中国	3	3	39
四国	2	2	3
九州・沖縄	5	2	8
合計	69	55	467

表2 アンケート内容の概要

No.	アンケート内容
1	被災年月日
2	被災発生時刻
3	被災発生場所
4	道路種別(国道・県道・市道)
5	歩車道種別(車道・歩道)
6	当時の気象条件(台風・集中豪雨)
7	下水道施設種別(合流式・分流式雨水・分流式污水)
8	下水道布設年代(1970年以前・1980年以前・1990年以前・2000年以前・2010年以前・2011年以降)
9	被害状況(マンホールと管きよの種別・被害状況)
10	対策工法実施の有無及び対策内容(圧力解放可能な鉄蓋への取替え・空気抜き口の設置・その他)
11	浸水履歴の有無
12	雨水放流先(河川・ポンプ場)
13	水位計設置の有無
14	雨水流出解析モデル作成の有無

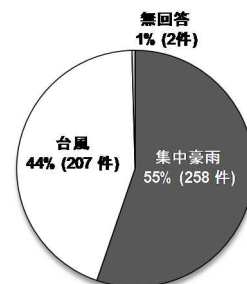


図1 気象条件別の被害事例数

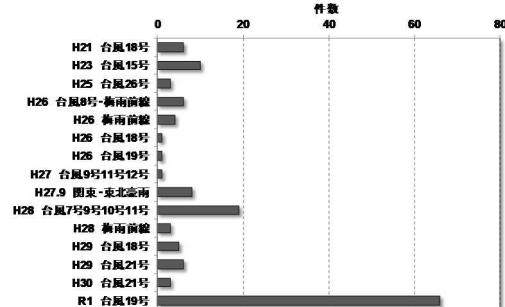


図2 台風による事例数内訳

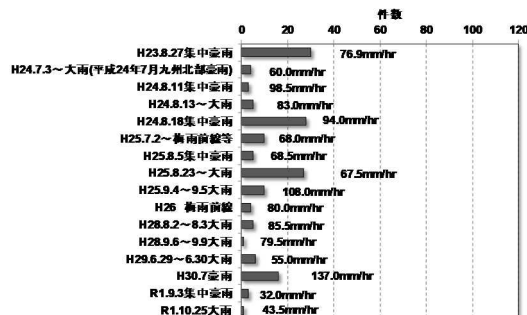


図3 集中豪雨による事例数内訳

(1981-1990年)で、99件であった。本調査の結果からは、被害と管路の老朽化との間に明確な関係性を見出すことはできなかった。

### 2. 2. 3 被害状況

被害状況別の事例数を図6(a)に示す。「周辺舗装破損/隆起」が最も多く(21%)、続いて「人孔蓋の飛散」(16%)、「人孔浮上/ずれ・周辺舗装破損/隆起」(16%)であった。被害状況については、人孔に関連する被害が多かったことから、下水道管路施設のみが生じた被害について図6(b)に整理する。93%(431件)が人孔(蓋を含む)のみに生じた被害であった。更にこの431の事例について、被害の状況別に内訳を整理したものが図7である。48%が周辺舗装の破損/隆起を、26%が人孔蓋の飛散を、25%が人孔の浮上/ずれをそれぞれ伴っていたことが分かった。

図8は被害を受けた人孔蓋の種類を整理したものである(飛散など人孔蓋そのものが被害を受けていないものも含む)。回答のあった範囲では勾配受タイプが最も多く(26%)、圧力開放型・平受蓋がそれぞれ同程度(15%)であった。ただし、蓋のタイプ別の設置数は不明である。本来管内圧力の上昇に伴う被害を抑制するために設置される圧力開放型の蓋を用いた個所においても一定の被害が見られたが、これは「想定より大きな力が加わったこと」または「維持管理上の問題から上手く排気されなかったこと」が原因として考えられる。

人孔蓋の種類について、被害事例として多くの報告があった「人孔蓋の飛散」、「周辺舗装破損/

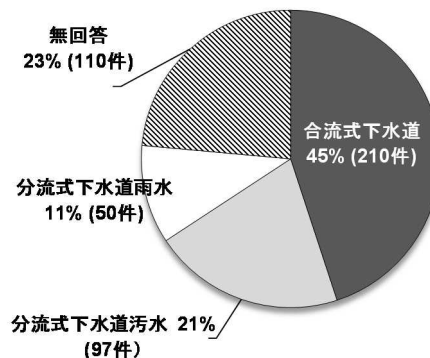


図4 排除方式別の被害事例数

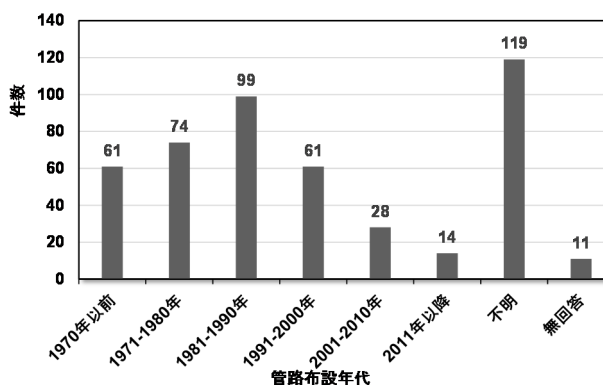
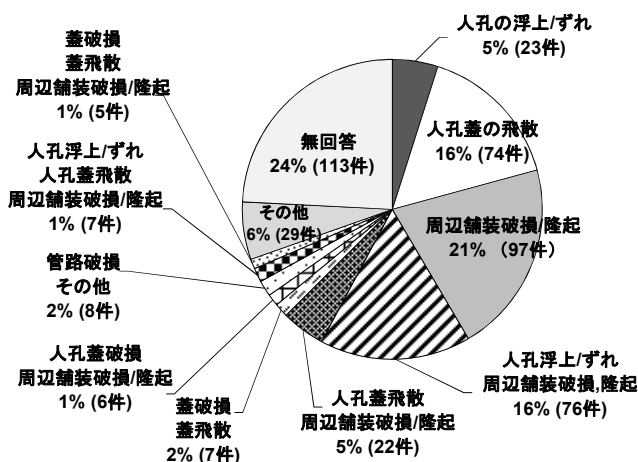
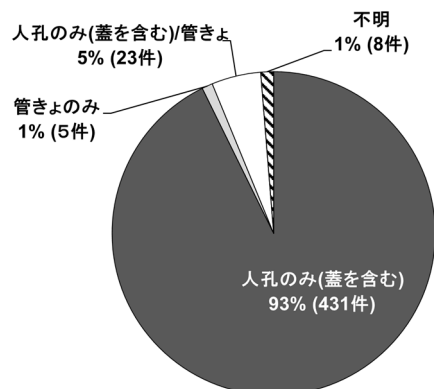


図5 被災した下水道管路の布設年代



(a) 被害状況 (全体)



(b) 管路施設の被災状況

図6 被災状況別の事例数

隆起)、「人孔ずれ・周辺舗装破損/隆起」の3項目について整理したものが図9である。「人孔蓋の飛散」(人孔蓋のみが飛散し周辺舗装などの被害はなかったケース、図9(a))は被害の多くが平受蓋で生じたが、舗装の破損が伴う被害の場合(図9(b)および(c))、勾配受タイプの蓋の被害が特に顕著であり、また、圧力開放型の人孔における被害も一定数報告されている。

### 2. 2. 4 被災前後の対策の実施状況

図10は被災前後における対策の実施状況である。被害個所の60%は対策が未実施であったが(図10(a))、被災後は53%の個所で何らかの対策を行ったとのことであった(図10(b))また、被災前後に実施された対策としては「圧力開放可能な蓋への取替」が最も多い結果となった。図11は、被災後に対策を実施した個所(250個所)

について、その後再度被災したか否かについて回答を整理したものである。対策後十分な時間が経過しておらず適切な評価は難しいと考えられるが、回答を得た範囲では、再度被災した個所が3%であり、80%の個所では被害は無かったとのことであった。

### 2. 2. 5 被害の原因

図12は被害の原因について、回答頂いた地方公共団体が想定する事項を被害個所ごとに集計したものである。およそ1/3に当たる148個所(32%)で「衝撃圧」、次いで52個所(11%)で「動水勾配の急勾配化」、21個所(4%)で「背水による水位上昇」が続いた。これら上位3項目については、次節で代表的な被害事例を報告する。その他(自由記載、7%)としては、「エアハンマー」、「不明水」、「上流側ポンプの稼働」などがあつた。

### 3. 特徴的な被害に関する現地調査・ヒアリング

上述のアンケートの結果を基に、より詳細な被害実態の把握と技術的な課題の検討を行うため、

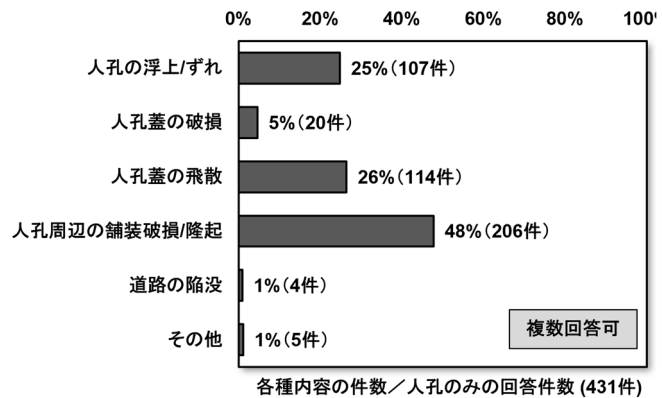


図7 人孔とその周辺の被害の状況

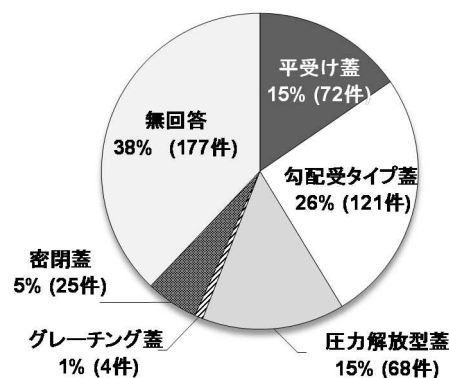
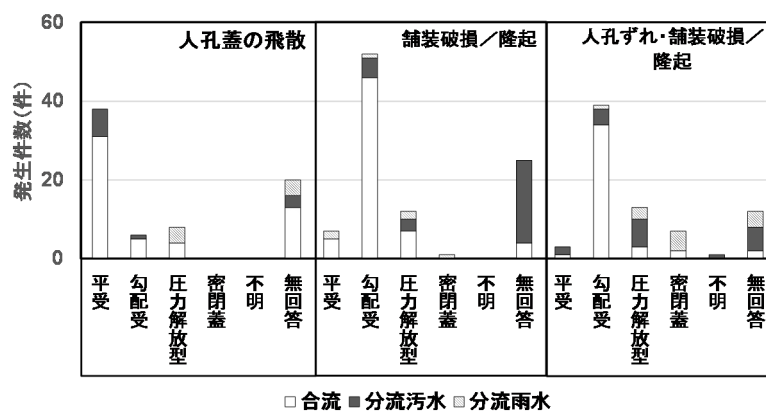


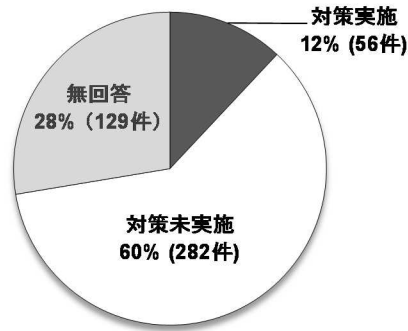
図8 被害を受けた人孔蓋の種類



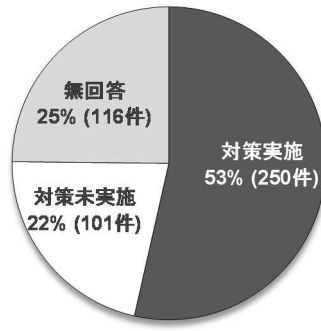
(a) 人孔蓋の飛散 (b) 舗装破損/隆起 (c) 人孔ずれ・舗装破損/隆起

図9 被害の状況・人孔蓋の種類別の被害事例数

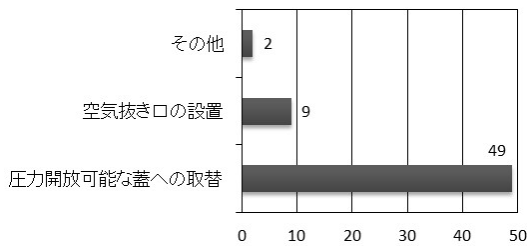




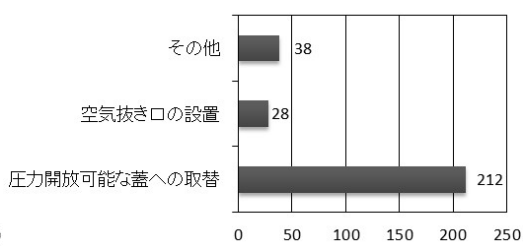
(a) 被災前における対策の実施有無



(b) 被災後における対策の実施有無



(c) 被災前に実施した対策の内容（複数回答可）



(d) 被災後に実施した対策の内容（複数回答可）

図10 被災前後の対策の実施状況

回答頂いた団体から8団体を選び、現地調査および担当職員へのヒアリングを行った。本稿では、3団体の被害事例について報告する。なお、現地調査は被災後一定の時間が経過した後に実施しており、調査時点では被災当日の管内の詳細な状況を把握することが難しいことから、本稿で述べる内容については若干の推測を含んでいる。

### 3. 1 A市（貯留管への急激な雨水流入の影響）

#### 3. 3. 1 被害のあった下水道管路施設

2011年9月、A市の合流区域内の雨水貯留管において発生した被害の事例である。

被災場所は、2000年代に布設された雨水貯留管（直径3,000mm、延長1,900m）の最上流部に位置する人孔で、この人孔は圧力開放型の蓋を有していた。被災場所および周辺の平面図および断面図を図13に示す。いわゆる「貯め切り型」の貯留管であり、最上流部のほか数か所から雨水の流入がある。ポンプ室は図13のとおり合計2カ所あり、ここから貯留した雨水を排水する構造である。

#### 3. 1. 2 被害状況

被害は、人孔のずれ・浮上と周辺舗装の破損であった。被災当時の写真（図13(a)）を確認すると、人孔のみならず舗装も埋め戻し土とともに吹き飛ばされたように見受けられる。計画上想定

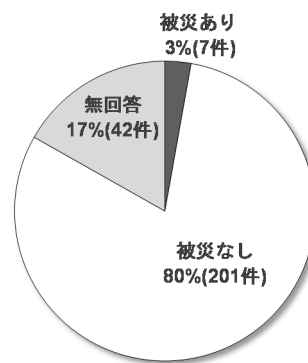


図11 被災後対策を実施した個所における被災履歴

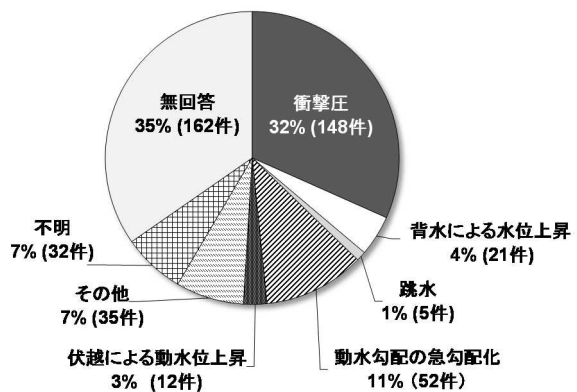


図12 回答者（地方公共団体）が想定する被害原因

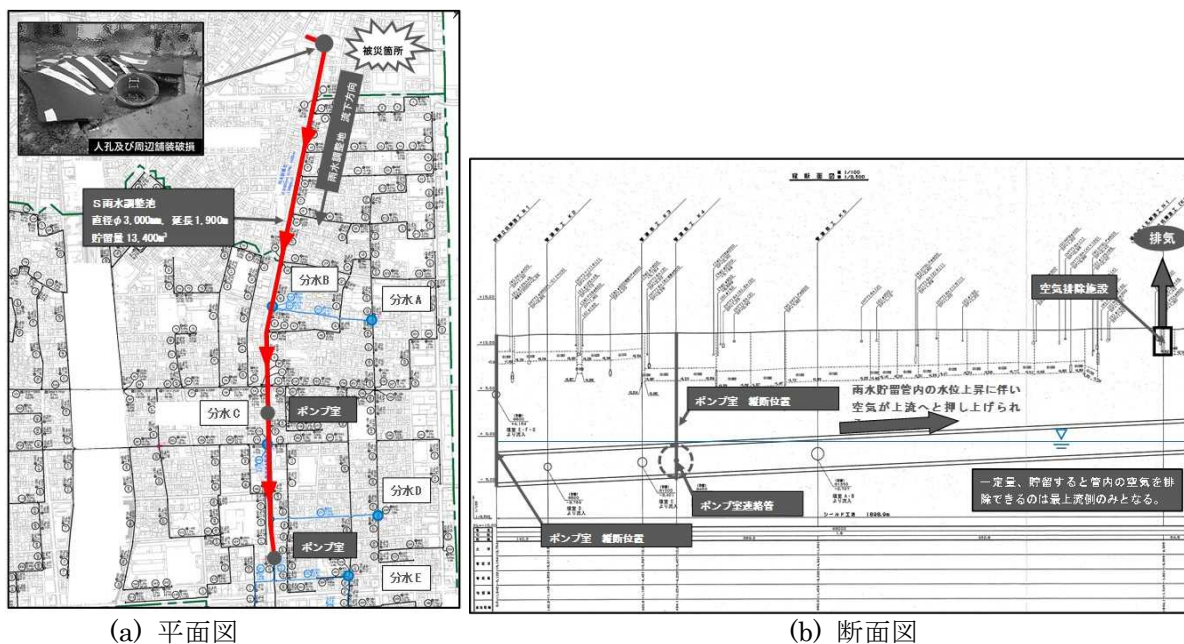


図 1 3 被災場所の詳細 (A 市)

していたピーク時の流入量を大きく上回る雨水の流入があったものと考えられる。当該貯留管は 60 分あたり 60mm の降雨に対応するよう計画されており、当日の 60 分最大降雨強度も 48mm で計画の範囲内にあったが、結果としては、数十分程度の短時間に想定を上回る強雨があったために被害がもたらされた可能性がある。短時間に大量の雨水が流入したことにより、管内の空気が急激に圧縮され、行き場を失った空気が最上流部で吹いたものと想定される (図 1 3 (b))。

なお、被災後に排気施設 (空気抜き管およびグレーチング蓋) を増設した結果、現在まで (調査時: 2020 年 11 月) のところ、その後被害は生じていないとのことであった。

### 3. 2 B 市 (外水位の影響)

#### 3. 2. 1 被害のあった下水道管路施設

2018 年 9 月、B 市の分流式下水道の雨水管において、台風の接近に伴う降雨と高潮によって生じた被害の事例である。

図 1 4 に被災場所の図と被災した施設の写真を示す。被災場所 (A 箇所) は 1970 年以前に布設された雨水管で 2,300×1,850mm のボックスカルバートである。放流先である海岸に面する住宅地の中にあり、2 カ所で被害が見られた。このうち上流側の人孔については、アンカーで蓋が固定されている密閉タイプの人孔であった。

B 市は山側 (北の方向) から海側 (南の方向) にかけて高低差があり、この地区の雨水排水については、その高低差を利用した圧力流れにより排水している。また、B 市の維持管理において、当該雨水管路については劣化等の異常は事前に確認されていなかったとのことであった。

#### 3. 2. 2 被害状況

図 1 4 の A 箇所の被害 2 カ所について、上流側では人孔の浮上・ずれが生じるとともに道路舗装が大きく破損した。また、下流側については、管路施設から漏出した雨水の影響により、道路に陥没が生じた。

被災当日は、台風の接近に伴って、強い降雨と高潮が同時に生じており、特に潮位については警報を発出するレベルの高い状態にあったとのことであった。したがって、当該雨水管は、山側から

流出する大量の雨水と放流先の高い潮位のため、動水勾配線が上方にシフトし、かなりの被圧状態にあったものと推測される。なお、このとき B 市内のポンプ排水を行っている地区では、被害は見られなかったとのことであった。

このように放流先水位の影響を受けたと思われる被害は B 市以外の調査においても見られ、大

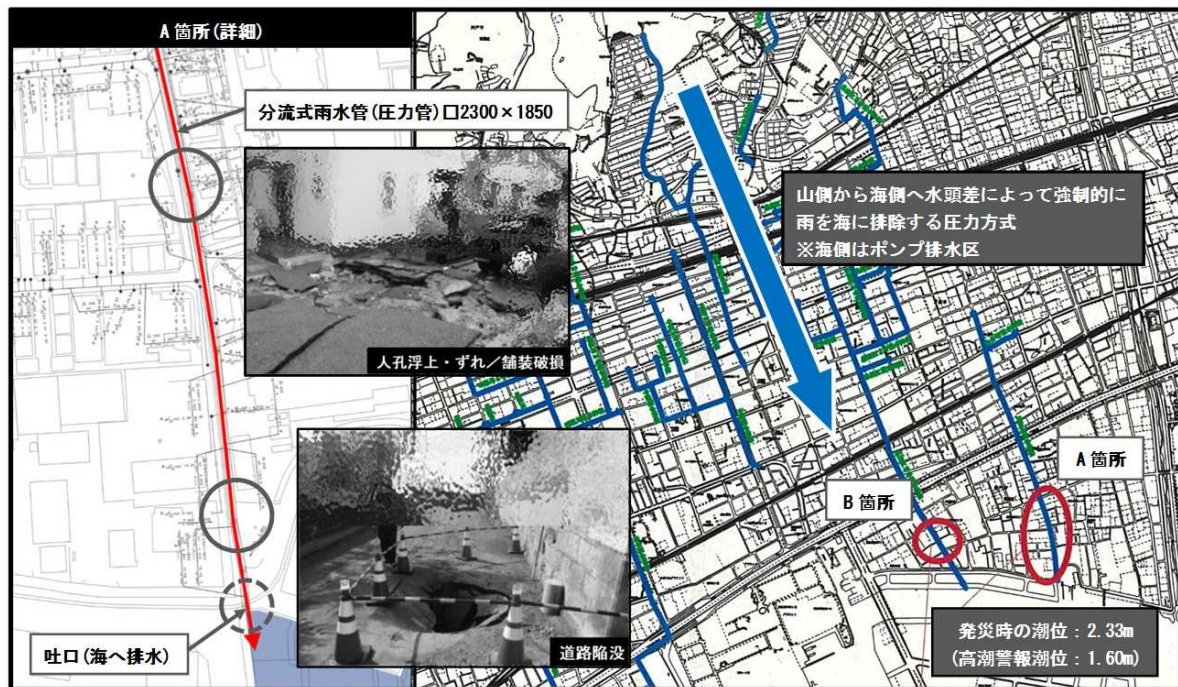


図 1 4 被害場所の詳細 (B 市)

雨に伴う河川水位の上昇により当該河川付近の人孔が複数破損する等の事例を確認している。

### 3. 3 C 市 (浸入水と下流側ゲートの影響)

#### 3. 3. 1 被害のあった下水道管路施設

2017 年 9 月、C 市の分流式下水道の污水管 (自然流下方式) において発生した被害の事例である。被災した箇所は、下水処理場の上流約 700m 付近で、直径 2400mm の A 幹線と直径 300mm の B 幹線が会合するポイントで、蓋は勾配受タイプであった。

#### 3. 3. 2 被害状況

被害としては人孔蓋の飛散と舗装の破損であった (図 1 5)。被災当日は台風が接近しており、昼過ぎから夜にかけて降雨 (下水処理場の雨量計で最大 40mm/h 程度の雨量) があつた。雨による流量増加に伴い、下水処理場では機能確保のためゲートの開度を調整していたが、このことにより動水勾配線が急勾配化するとともに上方にシフトしたことにより、被災人孔に大きな圧力が加わったものと予想される。

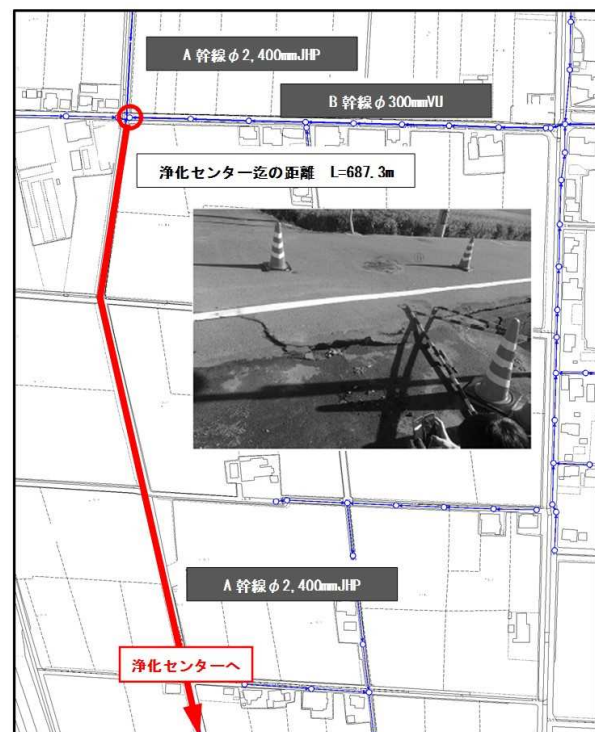


図 1 5 被害場所の詳細 (C 市)

#### 4. 被害軽減に向けた技術的課題の整理

上記の結果より、今後取り組むべき課題として以下の点が示唆された。詳細は引き続きデータを蓄積し、検討を深める必要がある。

##### ①人孔蓋の改善

被災リスクのある個所において平受蓋など安全な圧力開放が可能な蓋が用いられている場合は、引き続きその取替を着実に行う必要があると考えられる。特に、河川など放流先の水位上昇の影響を受けやすい個所にあつては、下流側ゲートの操作や背水により動水勾配の急激な変化が起きる可能性があるため、重点的にチェックすることが望ましい。

##### ②排気に関する設計のあり方

近年降雨は激甚化・集中化しており、本調査で実施したアンケートにおいても、勾配受や圧力開放型の人孔蓋で被災した事例が多く報告されていたことを踏まえると、想定される最大の雨量・流量に対して、下水道管路施設が管内の急激な圧力上昇に耐えられるか、改めて必要な排気量を見積もるなどを通じて、安全性の検証を行うことが有効であると考えられる。

##### ③雨天時浸入水対策

本調査を通じ、分流式下水道の汚水管においても一定数の被害を確認した。合流管や雨水管だけではなく、雨天時浸入水の影響が大きな場所では、参考文献<sup>2)</sup>などを踏まえ、雨天時浸入水対策を着実に実施しリスクの低減を図る必要がある。ただし、雨天時浸入水対策は一定の時間を要すると考えられるため、上記①、②の対策を併せて実施していくことが望ましいと考えられる。

#### 5. おわりに

本調査では、雨水流入に伴う下水道管路施設の被害について、被害軽減に向けて今後取り組むべき課題を検討するため、アンケートの実施および現地調査を通じた実態把握を行った。今後は、継続的に被害情報を収集・分析するなどし、被災の実態や原因について知見の蓄積を図るとともに、豪雨時における管内の水理現象や人孔周辺地盤含めた力学的挙動の詳細等について調査し、被害を軽減するための調査技術や対策工法等に関する技術開発・技術資料の整備を推進することも有効であると考えられる。

最後に、調査の実施にあたり、アンケート調査及び現地調査にご協力頂いた地方公共団体の関係各位に深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 公益社団法人日本下水道協会, 下水道マンホール安全対策の手引き (案), 1999.
- 2) 国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室, 伏せ越し型雨水貯留管におけるマンホール (人孔) 蓋に加わる内圧の算定手法 (案), <http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/kanni-hantei/kanni-top.html>
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部, 雨水管理総合計画策定ガイドライン (案), 2021, p.49-50.
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部, 雨天時浸入水対策ガイドライン (案), 2020.

### 3. 下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備

#### 及び検討

下水処理研究室 室長 田嶋 淳  
研究官 松橋 学  
研究官 福間 泰之

#### 1. はじめに

近年、豪雨による外水氾濫により想定外の大規模浸水が発生し、下水処理場が水没して処理機能を喪失する事象が起こっている。下水処理場への下水の受入ができなくなると、市街地のマンホールや下水処理場内で未処理下水の溢水が発生して衛生や環境面で重大な問題となるため、速やかな対策が必要となる。下水処理場の被災後の緊急措置として未処理下水の消毒放流を実施しているが、流入下水の性状や消毒方法によっては、消毒効果が不十分となる可能性があるが、下水性状等に応じた具体的な対策手法は確立されていない。また、応急復旧時における沈殿や簡易な生物処理についても、下水性状等に応じた効果的な対策手法を明らかにする必要がある。

令和2年度には、令和元年東日本台風(以下、「台風19号」という)に関する基礎的な情報および被害情報の収集・整理、各処理場の緊急措置・応急復旧対応の実施状況に関する情報収集を行った。

#### 2. 台風19号に関する基礎的な情報および被害情報の収集・整理

##### 2.1 調査方法

下水道施設における機能阻害の要因を確認することを目的として、気象庁及び国土交通省から公表されている文献を参考とし、台風19号に伴う降雨および河川の被災状況について情報の収集・整理を行った。

##### 2.2 調査結果

降雨について、東日本から東北地方を中心に広い範囲で大雨となった。令和元年10月10日～13日の総降水量が東日本を中心に17地点で500mmを超え、特に神奈川県箱根では約1,000mmに達するなど、年降水量の平年値の4割を超えた地点も見られた<sup>1)</sup>。この記録的な大雨により、12日15時30分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県の7都県に、12日19時50分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の5県に、13日0時40分に岩手県に特別警報が発表された<sup>2)</sup>。また関東・東北地方を中心に140箇所ですべりの決壊が発生しており、周辺地域への浸水被害をもたらした。

台風19号の接近および同時期に発生した低気圧による下水道施設の被害としては、東北地方、関東甲信地方や静岡県にかけて計18箇所の処理場で浸水による処理機能停止等の支障が発生した<sup>2)</sup>ことが確認された。また同様に、34箇所のポンプ場が一時的に運転停止となった他、管路施設100箇所、マンホールポンプ104箇所で被害が発生した。発災から3か月以上経過した令和2年1月24日時点で復旧が完了していない処理場・ポンプ場が複数あり、被災の影響は広範かつ長期間に及んだ。

#### 3. 各処理場の緊急措置・応急復旧対応の実施状況に関する情報収集

### 3. 1 調査方法

台風 19 号上陸直後の令和元年 10 月 12 日から 12 月 12 日にかけての 2 か月間にわたる、前述の 18 箇所の下水処理場からの被害状況報告を入手し、二次災害発生のおそれや重大な機能障害への対応を目的とする「緊急措置」<sup>3)</sup>対応を中心に、被災直後の対応の概要を整理した。また、暫定的に処理機能を確認することを目的とした「応急復旧」<sup>3)</sup>に該当する対応を行った 10 箇所の下水処理場を対象にアンケートを行い、詳細な対応状況の調査を行った。アンケートの項目としては、設備種別ごとの被害、硫化水素の発生、緊急措置・応急復旧対応の実施、資機材の調達・設置、周辺住民への広報の状況と、その他対応職員が苦慮した点や細かな気づきについて回答を求めたものであり、9 箇所の処理場から有効な回答が得られた。

### 3. 2 調査結果

#### 3. 2. 1 被災直後の対応の概要整理

処理機能停止等の支障が発生した 18 処理場において、被災状況がおおよそ判明した後、最初にとった措置の種別ごとにまとめた結果を図 1 に示す。

措置として特に多いのが、主ポンプの故障により溢水した下水を揚水するための仮設ポンプ設置 (39%) と、場内や建物内に滞留した浸入水や土砂等の清掃+吸引 (28%) である。「災害時における下水の排除・処理に関する考え方<sup>4)</sup>」(以下「考え方」という)にも記載の通り、主ポンプが故障した処理場については、揚水機能を確認し溢水を防止することを最優先としたものと考えられる。しかし、「考え方」には記載されていない被災事例として、処理場の立地によっては被災後数日経過しても浸入水が場内から自然に排出されず、被災状況の調査が実施できなかったという回答が複数あり、そのような場合においては清掃+吸引が最初にとった措置として挙げられていた。このことから、被災後も浸入水の滞留が続くと想定される処理場において、緊急措置としては揚水機能の確保よりも場内排水作業が優先されると考えられる。

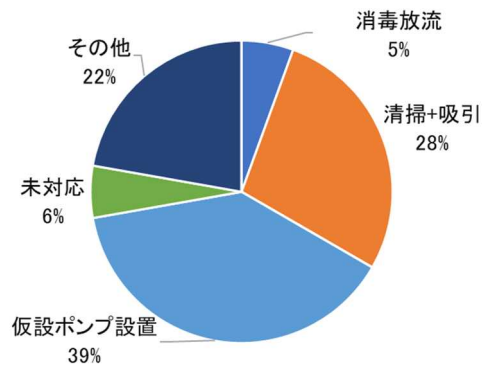


図 1 被災処理場の緊急措置対応別割合

揚水機能が確保できている処理場からは、放流先への影響をなるべく小さくすることが重要であると考え、消毒放流を最初に行ったとの回答が得られた。

その他の措置としては、補器類のための仮設電源の設置、隣接法面の崩落土砂に埋まった処理設備の掘り出し、処理能力を確保するために被災を免れた処理系列への切り替えの実施等の回答があった。

更に、処理場全体が水没する等、特に被害が大きく復旧までに長期間を要した 3 処理場について、被災直後の災害査定を行った時期に策定された復旧計画を収集し、共通部分を整理

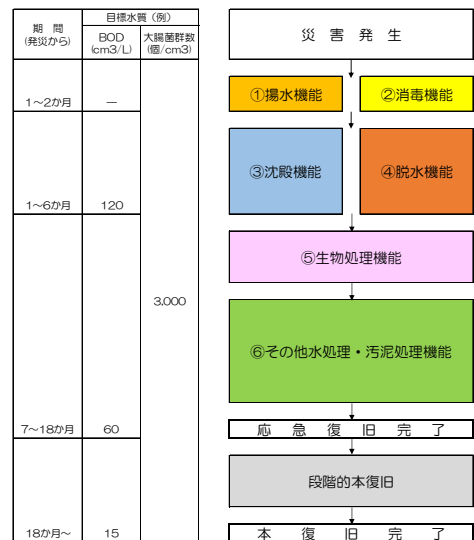


図 2 被災した 3 処理場における復旧計画概要

した図を作成した (図 2)。機能確保の優先順位は、ステップ 1 が①揚水機能と②消毒機能、ステップ 2 が③沈殿機能と④汚泥脱水機能、ステップ 3 が⑤生物処理機能、ステップ 4 が⑥その他水処

理・汚泥処理機能であった。それぞれの対応期間については3処理場の復旧計画において最も早いものから最も遅いものの期間とし、対応する目標水質を記載している。3処理場において、発災から概ね1~2か月までに揚水機能と消毒機能を、6か月までに放流水のBOD 120mg/Lを目標として沈殿機能と脱水機能の応急復旧を完了させる計画であった。その後7~18か月までに放流水のBOD 60mg/Lを目標として生物処理機能とその他水処理・汚泥処理機能の応急復旧を完了させたのち、最短18か月までに本復旧を完了させる計画であった。

### 3. 2. 2 緊急措置・応急復旧に関するアンケート調査結果

アンケートへの回答が得られた9処理場の被災状況について、機械及び電気設備の設備種別ごとに被害処理場数（重複回答あり）を整理した図を図3、図4に示す。なおこの設備種別については、「下水道施設の改築について」<sup>5)</sup>の別表における中分類単位で集計している。

機械設備では汚水ポンプ設備の被害が最多（6件）であった。また、雨水ポンプ設備の被害1件は一部合流式の処理場からの回答であり、揚水機能への被害という観点では合計で7件であった。

電気設備では制御電源及び計装電源設備、計装設備、ケーブル・配線類の被害が最多（6件）であった。特に電源設備が被災した場合、早期復旧には仮設電源の手配を要することから、前述の仮設ポンプとともに被災直後の需要が大きく、広い地域で被災した場合は確保が困難になることが想定される。

この他の被災状況として、土木及び建築施設については、躯体開口部蓋の流出やトップライトの破損、シャッター等建具の破損が数件報告されたものの、躯体の構造上の強度が不安視される事例は確認されなかった。また一時的な処理機能の停止により、硫化水素濃度の上昇の恐れから、2箇所処理場において一部区画を立入不可とした事例がみられた。被災後はなるべく速やかに被害状況の調査を行うべきであるが、二次災害を防ぐために、酸欠の恐れがある区画への立ち入りの判断を慎重に行った事例といえる。

緊急措置段階において苦慮した点として、仮設ポンプ及び仮設電源を早急に手配するにあたり、初動でどこに連絡すれば良いのかが分からなかったという回答が多くみられた（3件）。また、周辺自治体でも被災した下水道施設があるため、仮設ポンプの需要が高まり、揚水機能を満足するために必要なポンプを確保できなかった事例もみられた。これらの知見から、各処理場のBCP等において被災時の仮設設備の手配方法について詳細に定めるとともに、事前にメーカーや建設業者との災害時協定を結ぶなど事前の対応をしておくことが肝要であると考えられる。

また人員や資材が限られる中で工夫した点としては、「河川への処理水放流ポンプを転用して場

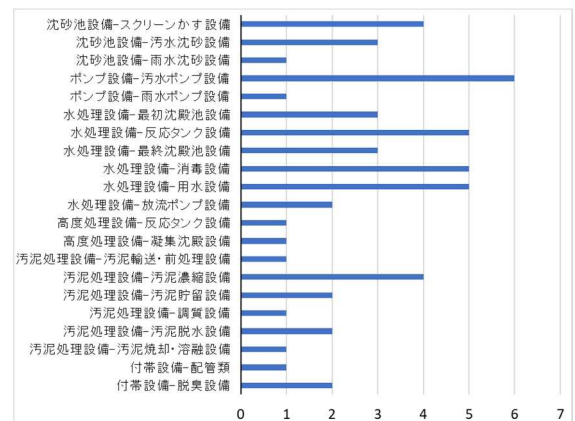


図3 被災設備区分ごとの被災処理場数（機械）

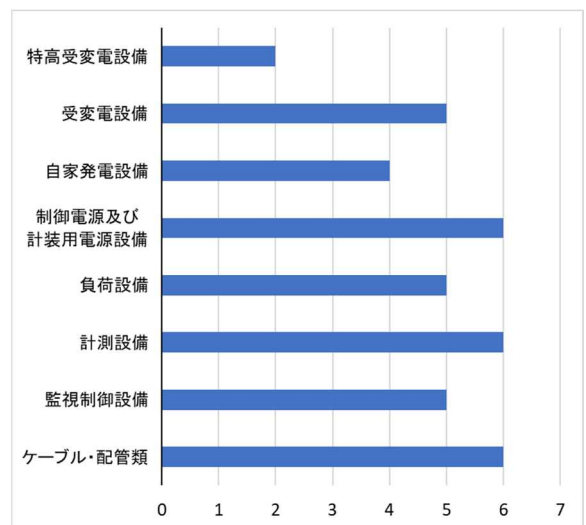


図4 被災設備区分ごとの被災処理場数（電気）

内排水を行った」、「国土交通省所有の排水ポンプ車による支援を要請した」、「消毒用の固形塩素等、不足物資を近隣自治体から融通してもらった」、「汚水処理や発生汚泥の一部を、処理余力のある近隣処理場に受け入れてもらった」等の回答が得られた。前述の仮設設備の手配と同様に、近隣自治体や国等との連携による広域的な支援について、事前に情報収集や協議を行っておくことで、より迅速な対応がとれる可能性が示唆された。

また、揚水能力が確保できるまでは、処理場への汚水の流入量を小さくすることも重要である。処理場が被災し、家庭からの排水をなるべく控えてもらうように住民へ広報した例が5件報告された。これにより汚水の溢水が軽減された他、その後の現地調査や復旧対応のために頻繁に車両が出入りすることについても、周辺住民の理解・協力が得られた事例がみられた。一方で、住民から節水の具体例や健康への影響等の問い合わせが多数寄せられ、その対応に別途人手を要したという事例もみられた。

応急復旧段階において苦慮した点としては、「除塵機が無いために仮設ポンプにし渣が絡みやすい」、「汚泥掻寄機が停止し、沈殿池上部から仮設ポンプを入れても効果的に汚泥を引き抜けない」、「浸水した設備を乾燥させて稼働させた場合には、常に漏電や機能停止の不安を抱え、巡回等の維持管理上の負担が大きくなる」、「応急復旧対応が長く続くと仮設設備や資材が劣化するため、点検が欠かせない」等の回答が得られた。機械・電気設備には工場製作期間が必要となるケースが多いことから、仮設設備での運転が半年から年単位で続き、その間にそれら設備に新たな維持管理上のトラブルが発生することも想定しておくべきであると考えられる。

#### 4. まとめと今後の課題

実際の被災処理場の対応状況から、台風等の大規模浸水による被災への対応は、施設からの排水が最も優先されるべき緊急措置であり、次に揚水機能の確保、その次に放流先を考慮した消毒機能の確保が優先されることが確認された。また台風19号において、広範囲に多数の処理場が被災したことから、応急復旧に必要な設備・資材の確保が困難な事例が報告された。東日本大震災の際にも同様の事態が課題としてあげられており、被災時に必要な資材確保に関する協定を締結しておく等、事前対策の重要性が改めて明らかとなった。本アンケート調査に加えて、今後各処理場から被災以降の維持管理情報等を収集することにより、復旧対応に応じた経時的な放流水質の変動を整理し、様々な選択肢がある復旧対応の中で、特に水質改善効果が高いと考えられる手法を明らかにする予定である。

##### 【参考文献】

- 1) 令和元年台風第19号とそれに伴う大雨などの特徴・要因について（速報），気象庁，2019年10月24日，[https://www.jma.go.jp/jma/press/1910/24a/20191024\\_mechanism.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/press/1910/24a/20191024_mechanism.pdf)
- 2) 令和元年台風第19号等による被害状況等について（第54報），国土交通省，2020年4月10日，<https://www.mlit.go.jp/common/001340439.pdf>
- 3) 下水道BCP策定マニュアル 2019年版（地震・津波、水害編），国土交通省水管理・国土保全局下水道部，令和2年4月，[https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo\\_sewerage\\_tk\\_000515.html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000515.html)
- 4) 災害時における下水の排除・処理に関する考え方，国土技術政策総合研究所，平成24年9月，[http://ccwww.nilim.go.jp/lab/ecg/doc/publish/saigai\\_01.pdf](http://ccwww.nilim.go.jp/lab/ecg/doc/publish/saigai_01.pdf)
- 5) 下水道施設の改築について，国都下企第8号，平成15年6月19日



## 4. 下水処理プロセス安定化・高度化のための 微生物データベース構築に関する基礎的研究

下水処理研究室 室長 田嶋 淳  
研究官 栗田 貴宣  
研究員 長崎 真

### 1. はじめに

下水処理プロセスは無数の微生物によって構成される活性汚泥による生物処理が根幹を担っており、現状の運転管理は MLSS や SVI 等の指標を用いている場合が多いが、より安定的な運転を行うための新たな試みとして微生物叢データの活用が考えられる。これまで下水処理プロセスを担う微生物に関する様々な研究が行われてきたが（例えば山崎ら<sup>1)</sup>）、活性汚泥において機能や役割が明らかとなっている微生物群はごく一部でしかなく、ほとんどの微生物群の生理・生態学的機能の全貌は明らかになっていない。将来の維持管理や処理水質の安定及び向上を実現させるためには個々の微生物生態学的な知見の蓄積・活用が重要である。

本研究では、下水中の微生物叢と有機物除去等の関連性を把握するため、流入水、処理水の炭水化物やタンパク質等の有機物の濃度を測定するとともに、次世代シーケンサーによる活性汚泥の微生物叢解析を行った。

### 2. 研究方法

#### 2. 1 サンプリング

A 県 B 処理場において、2020 年 12 月 18 日、2021 年 1 月 6 日、2021 年 1 月 28 日の計 3 回サンプリングを行った。B 処理場は標準活性汚泥法、A2O 法、修正 Bardenpho 法、循環型硝化脱窒法の計 4 種類の処理方式を採用している。各系列最初沈殿池に分配前の流入水及びそれぞれの処理方式の反応タンク内の活性汚泥、最終沈殿池において処理水の採水を行った。

#### 2. 2 測定項目・測定方法

測定項目は、水温、pH、ORP、電気伝導度、DO 濃度、溶存有機炭素 (DOC)、BOD、COD<sub>Cr</sub>、炭水化物、タンパク質、脂質、有機酸（ギ酸、酢酸、プロピオン酸、乳酸、n-酪酸、i-酪酸、n-吉草酸、i-吉草酸）、界面活性剤（陰イオン）、界面活性剤（非イオン）、T-N、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、T-P、PO<sub>4</sub>-P、微生物叢である。微生物叢以外の項目については、流入水、処理水を GF/B ろ紙でろ過したものを分析した。微生物叢については活性汚泥を分析した。

測定方法は、水温、pH、ORP、電気伝導度、DO 濃度については、ポータブル水質計（HORIBA 製）で測定した。DOC については TOC 計（SHIMADZU 製）にて測定した。BOD は下水試験方法 2012 年版に準拠し測定した。COD<sub>Cr</sub> は HACH 社製の測定キットにより測定した。炭水化物はフェノール硫酸法<sup>2)</sup>、タンパク質はローリー・フォリン法<sup>2)</sup>、脂質はエーテル抽出法<sup>3)</sup>、有機酸はイオンクロマトグラフ法<sup>4)</sup>、界面活性剤（陰イオン）はメチレンブルー吸光光度法<sup>4)</sup>、界面活性剤（非イオン）は固相抽出・吸光光度法<sup>4)</sup>で測定した。有機酸、界面活性剤については、下水試験方法 2012 年版に準拠した。T-N、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、T-P、PO<sub>4</sub>-P は、自動比

色分析機（BL テック製）により測定を行った。微生物叢については次世代シーケンサー（Illumina 製）により解析を行った。対象微生物は細菌（Bacteria）、古細菌（Archaea）とした。

### 3. 結果・考察

#### 3. 1 有機物除去

一般的に用いられる有機物指標である DOC、BOD、COD<sub>cr</sub>（全て mg/l）についての測定結果を表 1 示す。各試料名について、流入水は「日付\_流入」とし、処理水については「日付\_処理方式」で示す。DOC について各処理方式の計 3 回の平均除去率は、標準活性汚泥法（標準）が 87.5%、A2O 法が 90.0%、修正 Bardenpho 法

（修正）が 88.7%、循環型硝化脱窒法（循環型）が 90.1%であり、処理方式毎の大きな違いは見られなかった。また、BOD の処理方式毎の平均除去率は 93~95%、COD<sub>cr</sub> の処理方式毎の平均除去率は 90~91%の範囲であり、DOC 同様、処理方式毎の違いは見られなかった。

本研究では、文献<sup>5)</sup>を参考に下水に含まれていると考えられる有機物質についても測定を行った。炭水化物、タンパク質（ともに mg/l）の測定結果を表 2 に示す。DOC に対する割合を試算すると流入水については炭水化物が約 6%、タンパク質が約 30%であった。また、処理水については処理方式に関わらず、炭水化物が 15%前後、タンパク質が 65%~70%の範囲であった。なお、脂質、有機酸については、すべての試料で定量下限値未満（それぞれ 50 mg/l、0.5 mg/l）であり、界面活性剤（陰イオン・非イオン）については、流入水にのみわずかに検出された程度であったため、掲載を省略する。

炭水化物、タンパク質の除去について、MiDAS Field Guide<sup>6)</sup>から糖、タンパク質の代謝機能を持つ微生物を抽出した。MiDAS Field Guide には糖、タンパク質分解細菌がそれぞれ 208 属、136 属登録されており、本研究の試料からはそれぞれ 88~100 属、58~70 属検出された。各試料の微生物叢の解析結果から、検出された全ての糖分解細菌、タンパク質分解細菌の各属の存在割合をそれぞれ足し合わせることで、全体の存在割合を算出した。算出結果を表 2 に示す。

炭水化物の処理方式毎の平均除去率は 70%~75%の範囲であり、違いがみられなかった。これは、糖分解細菌の存在割合が 10%台の範囲であり、大きな違いがなかったことによるものと考えられる。

タンパク質も同様に処理方式毎の平均除去率は 71%~75%の範囲であり、これも、タンパク質分解細菌の存在割合が 10%前後と大きな違いがなかったことによるものと考えられる。

表 1 有機物（DOC、BOD、COD<sub>cr</sub>）の測定結果

試料名	DOC	BOD	COD <sub>cr</sub>
201218_流入	39.5	60.0	136
201218_標準	5.6	4.6	17
201218_A2O	5.0	4.4	14
201218_修正	4.5	4.0	16
201218_循環型	4.0	4.1	14
210106_流入	48.0	70.4	157
210106_標準	5.1	4.1	10
210106_A2O	4.4	4.1	9
210106_修正	4.2	3.9	11
210106_循環型	4.2	4.0	12
210127_流入	30.8	72.6	134
210127_標準	3.9	5.1	14
210127_A2O	2.9	4.0	13
210127_修正	4.3	4.1	14
210127_循環型	3.3	4.3	11

表2 各有機物質の除去率及び糖、タンパク質分解細菌存在割合

試料名	炭水化物 (mg/l)	タンパク質 (mg/l)	炭水化物 除去率(%)	タンパク質 除去率(%)	糖分解細菌 存在割合(%)	タンパク質分解 細菌存在割合 (%)
201218_流入	5.4	18	—	—	—	—
201218_標準	1.8	5.8	66.7	67.8	19.2	14.1
201218_A2O	1.7	6.1	68.5	66.1	12.5	9.8
201218_修正	1.5	5.2	72.2	71.1	11.0	9.8
201218_循環型	1.5	5.1	72.2	71.2	13.7	9.8
210106_流入	6.4	20	—	—	—	—
210106_標準	2	6.5	68.8	67.5	18.1	11.8
210106_A2O	1.7	4.7	73.4	76.5	12.7	9.6
210106_修正	1.6	4.7	75.0	76.5	11.7	8.7
210106_循環型	1.7	5.6	73.4	72.0	14.7	10.1
210127_流入	6.6	24	—	—	—	—
210127_標準	1.6	5.2	75.8	78.3	19.7	11.7
210127_A2O	1.4	4.3	78.8	82.1	14.2	9.3
210127_修正	1.6	5.4	75.8	77.5	11.8	9.5
210127_循環型	1.4	4.4	78.8	81.7	15.5	10.6

### 3. 2 窒素除去

NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N の測定結果を図1に示す。採水日に関わらず、標準法の窒素除去率がやや低く、修正 Bardenpho 法の除去率が高いことが分かる。MiDAS Field Guide より、アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌を抽出したところ、検出されたのはそれぞれ *Nitrosomonas* 属と *Nitrospira* 属のみで、存在割合はそれぞれ 0.04%~0.29%、1.20%~3.26%の範囲であり、処理方式毎の違いは出なかった。硝酸塩還元細菌についても抽出し、その存在割合を表3に示す。処理方式毎の合計の平均値は大きな差はなかったが、個々の微生物に着目すると、*Anaerolinea* 属、*Acidovorax* 属、*Denitratisoma* 属、*Sulfuritalea* 属の4属については修正 Bardenpho 法に多く存在していることが分かり、これら4属の微生物が窒素除去に強く関与していることが示唆された。しかし、このような知見は過去には報告されていないので今後もデータを蓄積し検証する必要がある。

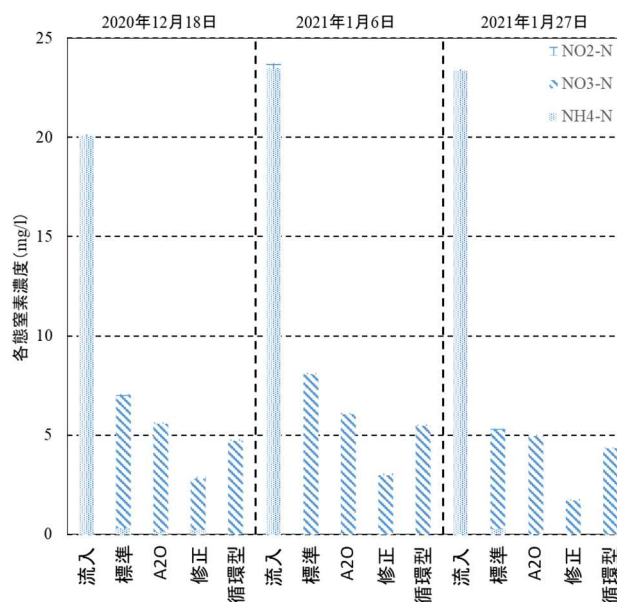


図1 各態窒素濃度

表3 硝酸塩還元細菌の存在割合(%)

	合計	<i>Anaerolinea</i> 属	<i>Acidovorax</i> 属	<i>Denitratisoma</i> 属	<i>Sulfuritalea</i> 属
標準_平均	7.63	0.00	0.03	0.00	0.14
A2O_平均	5.27	0.00	0.05	0.08	0.49
修正_平均	5.16	0.06	0.14	0.44	0.98
循環型_平均	7.33	0.00	0.04	0.00	0.32

#### 4. まとめ

本研究では、下水中の微生物叢と有機物除去等の関連性を把握するため、流入水、処理水の炭水化物やタンパク質等の有機物の濃度を測定するとともに、次世代シーケンサーによる活性汚泥の微生物叢解析を行った。

以下に得られた知見を示す。

- ・処理方式毎の炭水化物、タンパク質の除去率に違いは出なかったが、これは処理方式による糖、タンパク質分解細菌の存在割合に差がなかったことによるものと考えられる。
- ・窒素除去率が低かった標準法と、窒素除去率が高かった修正 Bardenpho 法について、硝酸塩還元細菌に着目して比較したところ、合計の存在割合に大きな差はなかったが、*Anaerolinea* 属、*Acidovorax* 属、*Denitratisoma* 属、*Sulfuritalea* 属については、修正 Bardenpho 法に多く存在しており、これらの属が窒素除去に強く関与していることが示唆された。しかし、本研究におけるデータ数が十分でないので今後もデータを蓄積し検証する必要がある。

#### 【参考文献】

- 1) 山崎廉予、出口 浩、5 か所の下水処理場における活性汚泥内細菌叢の分類比較、日本水処理生物学会誌 第49巻 第4号 p.123-132、2013
- 2) 小山忠四郎、半田暢彦、杉村行勇、湖水・海水の分析 第7版、講談社サイエンティフィク、1982
- 3) 日本食品衛生協会、食品衛生検査指針（理科学編 2015年）
- 4) 下水試験方法（上巻）-2012年版-、公益財団法人 下水道協会
- 5) 下水中の溶解性有機物の組成、立本英機、安部郁夫、藤代光雄、原史郎、石橋美幸、日本化学学会誌、1986
- 6) MiDAS Field Guide、<https://www.midasfieldguide.org/guide/search>

# 付 録

## 付録 1. 直近の下水道関係刊行報告書一覧

### 令和元年度下水道関係調査研究年次報告書集

国土技術政策総合研究所資料 第 1146 号 2021 年 2 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部

#### 要旨

本報告書集は、令和元年度に国土交通省国土技術政策総合研究所において実施された下水道に関する調査研究の成果を集約して資料としてとりまとめたものである。

キーワード：下水道、下水処理、ストックマネジメント、浸水対策、災害対策、温室効果ガス、省エネルギー

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1146.htm>

### B-DASH プロジェクト No. 33

#### ICT を活用した総合的な段階型管路診断システムの技術導入ガイドライン(案)

国土技術政策総合研究所資料 第 1149 号 2021 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室

#### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドライン（案）は、管きょ調査から診断を一連の流れで段階的に実施する管路診断システムの構築を目的として、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で採択された「ICT を活用した総合的な段階型管路診断システムの確立に関わる実証研究（実証研究期間 平成 30 年 7 月～令和 2 年 3 月）」における実証研究の成果を踏まえて、技術性能および技術導入の手順を明示し、技術の普及促進を図るために策定したものである。

キーワード：ICT、机上スクリーニング、現地スクリーニング、不明水対策、管路診断

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1149.htm>

## B-DASH プロジェクト No. 34

### AI による音響データを用いた雨天時浸水検知技術導入ガイドライン（案）

国土技術政策総合研究所資料 第 1150 号 2021 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室

#### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドラインは、雨天時浸入水対策に関する調査の低コスト化・効率化を目的として、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で採択された「AI による音響データを用いた 雨天時浸入水検知技術の実用化に関する実証研究（実証研究期間 令和元年 7 月～令和 2 年 3 月）」について、実証研究の成果を踏まえて、技術性能及び技術導入の手順を明示し、技術の普及促進を図るために策定したものである。

キーワード：分流式下水道、雨天時浸入水調査、音響データ、AI

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1150.htm>

## 下水道技術開発レポート 2020

国土技術政策総合研究所資料 第 1153 号 2021 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部

#### 要旨

国総研では、平成 28 年 1 月より、下水道技術ビジョンのフォローアップ及び下水道の技術開発促進方策の検討を目的として、下水道技術開発会議を主催している。

本研究資料は、下水道技術開発会議において、令和 2 年度に行った調査研究等の内容について取りまとめたものである。

キーワード：下水道技術ビジョン、下水道技術開発会議

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1153.htm>

## B-DASH プロジェクト No. 35

### ヒートポンプで低 LCC と高 COP を実現する 下水熱融雪システム導入ガイドライン（案）

国土技術政策総合研究所資料 第 1158 号 2021 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室

#### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドラインは、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギーの創出・活用を目指し、下水道革新的技術の 1 つである「他の熱源よりも低コストに融雪できる下水熱利用技術」のうち、“ヒートポンプレスで低 LCC と高 COP を実現する下水熱融雪システム”について、下水道事業者や民間事業者が導入検討する際に参考に出来る資料として策定したものである。

キーワード：下水熱、融雪システム、管底設置、高熱性能材料、ヒートポンプレス

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1158.htm>

## B-DASH プロジェクト No. 36

### 水位計と光ファイバー温度分布計測システムに AI を組合せた 雨天時浸入水調査技術導入ガイドライン（案）

国土技術政策総合研究所資料 第 1188 号 2022 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室

#### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドラインは、雨天時浸入水対策に関する調査の低コスト化・効率化を目的として、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）で採択された「水位計と光ファイバー温度分布計測システムに AI を組合せた雨天時浸入水調査技術」（実証研究期間 令和元年 7 月～令和 3 年 3 月）について、実証研究の成果を踏まえて、技術性能及び技術導入の手順を明示し、技術の普及促進を図るために策定したものである。

キーワード：分流式下水道、雨天時浸入水調査、水位計、光ファイバー温度分布計測システム、AI

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1188.htm>



## B-DASH プロジェクト No. 38 単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御による 高度処理技術導入ガイドライン（案）

国土技術政策総合研究所資料 第 1190 号 2022 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水処理研究室

### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー 効果の増大に寄与するため、下水道革新的技術の一つである「単槽型硝化脱窒プロセスの ICT・AI 制御 による高度処理技術」について、下水道事業者が導入検討する際に参考にできる資料として策定したものである。

キーワード：ICT、AI、風量制御、高度処理

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1190.htm>

## 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

国土技術政策総合研究所資料 第 1191 号 2022 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水処理研究室

### 要旨

地方公共団体においては、膨大な下水道管路ストックを抱える一方で、下水道職員数や下水道使用料収入が減少しており、より効率的な管路のマネジメントが求められている。

本研究では、管材の種類等の状況に応じた経済的な点検・調査技術の選定手法を提示するとともに、蓄積された維持管理情報を活用した、効率的な修繕・改築工法の選定手法を提示した。

キーワード：下水道管路、点検、調査、修繕、改築

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn1191.htm>

## B-DASH プロジェクト No. 37

### 小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型 高濃度メタン発酵技術導入ガイドライン（案）

国土技術政策総合研究所資料 第 1194 号 2022 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室

#### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドラインは、下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー・創エネルギー効果の増大に寄与するため、下水道革新的技術の一つである「小規模下水処理場を対象とした低コスト・省エネルギー型高濃度メタン発酵技術」について、下水道事業者が導入検討する際に参考にできる資料として策定したものである。

キーワード：メタン発酵、小規模下水処理場、低コスト、省エネルギー

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1194.htm>

## B-DASH プロジェクト No. 3

### 固定床型アナモックスプロセスによる 高効率窒素除去技術導入ガイドライン（案）

国土技術政策総合研究所資料 第 1195 号 2022 年 3 月  
国土交通省国土技術政策総合研究所 下水道研究部下水道研究室

#### 要旨

国土交通省下水道部及び国土技術政策総合研究所では、新技術の研究開発及び実用化を加速することにより、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー創出等を実現し、併せて、本邦企業による水ビジネスの海外展開を支援するため、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を実施している。

本ガイドラインは、下水道事業におけるコスト縮減や再生可能エネルギー等の創出を目指し、下水道革新的技術の一つである「固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術」について、下水道事業者が導入検討する際に参考にできる資料として策定したものである。

キーワード：アナモックス、窒素除去、消化汚泥脱水ろ液処理

URL：<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1195.htm>

## 付録2. 令和2年度 下水道関係調査研究課題表

担当研究室	調査研究課題名	期間 (年度)
下水道事業調査費  下水道研究室      下水処理研究室	1. 下水道施設を活用した住民生活の利便性等の付加価値向上に関する調査	H30-R2
	2. 下水道管路における効率的なストックマネジメント実施に関する調査	R1-R3
	3. 効率的な浸水対策のためのストック活用に関する調査	R1-R3
	4. 下水道新技術の開発方向性及び導入促進に関する調査	R1-R4
	5. 下水道地震被害システムの精度及び利便性の向上等に関する調査	R2-R4
	6. 下水処理水の衛生学的な安全性を考慮した技術基準及び管理手法に関する調査	R2-R4
	7. 下水道から排出される温室効果ガス対策に関する調査	R2-R4
	8. 下水処理場におけるエネルギー最適化に関する調査	R2-R4
その他の予算による研究  下水道研究室   下水処理研究室	1. 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究	H30-R2
	2. 下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査	R2-R3
	3. 下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備及び検討	R1-R3
	4. 下水処理プロセス安定化・高度化のための微生物データベース構築に関する基礎的研究	R2-R3
委託研究  下水道研究室          下水処理研究室	下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト）  1. ICT技術（クラウドAIシステム）を用いた汚水マンホールポンプのスマートオペレーションの実証研究 2. 水位計と光ファイバー温度分布計測システムにAIを組み合わせた雨天時浸入水調査技術の実用化に関する実証研究 3. IoTとAIを活用した効率的予防保全型マンホールポンプ維持管理技術の実証研究 4. AIを用いた下水道管渠損傷度判定システムの実用化に向けた研究（FS調査） 5. AIおよび展開図化システムを活用した管渠劣化状況の自動判定システムに関する研究（FS調査） 6. 車両型地中レーダ探査装置と空洞判定AIを用いたスクリーニング技術の実用化に関する研究（FS調査） 7. 単層型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術実証研究 8. 汚泥の高付加価値化と省エネ・創エネを組み合わせた事業採算性の高い炭化システムに関する研究（FS調査） 9. 災害時に応急復旧対応可能な汚水処理技術の実用化に関する実証研究 10. 中小規模広域化におけるバイオマスボイラによる低コスト汚泥減量化技術実証研究 11. 省コスト・省エネ型雨天時対応ハイブリッドMBRに関する研究（FS調査） 12. 大孔径膜ろ過と生物処理を併用した雨天時処理システムの開発に関する研究（FS調査）	H23-  R1-  R1-  R2-  R2-  R2-  R2-  R1-  R1-  R2-  R2-  R2-  R2-

---

国土技術政策総合研究所資料  
TECHNICAL NOTE of NILIM  
No.1208          June2022

編集・発行    © 国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは  
国土技術政策総合研究所 企画部 研究評価・推進課  
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 電話 029-864-2675