

3 下水道研究部

下水道革新的技術実証事業

Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High Technology Project

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 23 年度～)

室 長 山下 洋正
主任研究官 田嶋 淳
主任研究官 重村 浩之
研 究 官 道中 敦子
研 究 官 濱田 知幸
研 究 官 松本 龍
研 究 官 板倉 舞
研 究 官 小越 眞佐司
交流研究員 山口 修史
交流研究員 前田 光太郎
交流研究員 堀井 靖生

下水道研究部 下水道研究室

室 長 横田 敏宏
主任研究官 深谷 渉
主任研究官 松浦 達郎
研 究 官 宮本 豊尚
研 究 員 中村 裕美
交流研究員 竹内 大輔
交流研究員 麦田 藍

[研究目的及び経緯]

本研究は、下水道革新的技術に関する実証事業を行い、その結果をガイドラインとしてとりまとめることにより、革新的技術のノウハウ蓄積、一般化・標準化等の推進、技術の普及促進、水ビジネスの国際競争力強化を図るものである。以下の①、②の観点から技術の実証研究を行っている。

①下水道資源の利用・省エネルギー・維持管理の省力化等の推進に資する下水道革新的技術の実証

エネルギー需要の逼迫や地球温暖化の進行等を踏まえ、下水道事業においても革新的技術による下水道資源の利用・省エネルギー・維持管理の省力化等を推進する必要性が高まっている。平成 26 年度は、福岡市、埼玉県、高知市、茨城県及び福岡県の下水处理場敷地内に新たに実証施設を設置し、それぞれ、下水バイオガス原料による水素創エネ技術、高効率固液分離技術と二点 DO 制御技術を用いた省エネ型水処理技術、無曝気循環式水処理技術、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、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の実証研究を行い、ガイドラインとしてとりまとめた。また、佐賀市、熊本県内、糸満市において、バイオガス中の CO2 ガスの利用、バイオガス集約利用、下水処理水の再生利用技術の実証実験をそれぞれ実施し、成果を取りまとめた。更に守谷市、日高市、仙台市にて ICT を活用した下水道設備の診断技術の実証事業を実施し、成果を取りまとめた。

②都市浸水対策機能向上に資する下水道革新的技術の実証

近年、局所的集中豪雨や都市化の進行により浸水被害が頻発していることから、これまでに整備された下水道施設のストックを活用し、より効率的に浸水被害を軽減できる革新的技術が求められている。平成 27 年度は、広島市に設置した実証施設を運用し、本技術の導入効果等について成果をとりまとめた。さらに、小型レーダーによる降雨観測技術や短時間降雨予測技術、高速流出解析技術等を組み合わせた浸水対策技術について、福井市・富山市において実証施設を設置し運用を開始するとともに、成果を取りまとめた。

③下水道管路施設に起因する道路陥没を未然に防止するための下水道革新的技術の実証

年間 4000 件発生している下水道管起因の道路陥没を抑制するため、下水道管起因の陥没兆候やその原因となる異状を効率的に検知可能な調査点検技術の導入を図る必要がある。平成 27 年度は、船橋市、相模原市、名古屋市、豊中市において空洞探査やモービルマッピングシステム、空洞波形解析技術等を用いた陥没予兆検知技術の予備的な実証事業を実施し、成果を取りまとめた。

下水道管路施設のストックマネジメント支援に関する調査

Research on sustainability of management methods of sewer pipes

(研究期間 平成 25~27 年度)

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

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
部外研究員
Guest Research Engineer

横田 敏宏
Toshihiro YOKOTA
深谷 渉
Wataru FUKATANI
宮本 豊尚
Toyohisa MIYAMOTO
竹内 大輔
Daisuke TAKEUCHI

Polyvinyl chloride (PVC) pipes which occupy almost the half of the national total pipe length, however, are flexible and differ from the rigid pipes in materials and physical characteristics. Therefore, developing appropriate criteria for classification of the state of PVC pipes are required. Our research clarified the state of abnormality and capacity deterioration of the PVC pipes, and proposed criteria for abnormality and urgency classification.

【研究目的及び経緯】

ストックマネジメントの効果を最大限に発揮させるためには、下水道管路施設の劣化状況を調査し把握することが重要である。

管路施設の劣化は TV カメラを用いた目視調査が主流であり、視覚判定基準に基づいて劣化状況の判定を行うのが一般的である。視覚判定は、管路施設の構造的な劣化項目（破損・腐食等）や流下能力に影響を与える性状項目（上下方向のたるみ、樹木根侵入等）を視認し各項目別に劣化状態をランク付けし、対策の必要性や緊急性を評価する緊急度判定を行う。

しかしながら、これまでの視覚判定基準は、主に鉄筋コンクリート管等の剛性管を対象に作られたものであるため、既存管路ストックの 5 割を占めるプラスチック系可とう管である塩化ビニル管への適用には課題があった

本研究では、塩化ビニル管の老朽化に備え、適用可能な視覚判定基準及び緊急度判定基準を検討し、指針等に提案するものである。

【研究内容】

1. 塩化ビニル管の劣化特性の把握

塩化ビニル管は、鉄筋コンクリート管・陶管等の剛性管と構造・材質が異なるため、発生する劣化の特徴も異なる。このため、TV カメラ調査結果を基に、塩化ビニル管特有の劣化特性の把握を行った。

2. 塩化ビニル管の視覚判定基準及び緊急度判定基準の検討

塩化ビニル管の劣化特性を把握した上で、各種劣化による耐荷性及び水密性能の有無を定量的に判定するための、視覚判定基準及び緊急度判定基準を作成した。

3. 塩化ビニル管の健全率曲線の検討

提案した緊急度判定基準に基づき再判定を行った TV カメラ調査データを用いて、塩化ビニル管の改築事業量の予測に活用可能な健全率曲線の作成を試みた。

【研究成果】

(1) 塩化ビニル管の劣化特性の把握

塩化ビニル管特有の劣化特性を把握するために地方公共団体から収集した TV カメラ調査データの分析や物性試験等を実施した。この結果、剛性管にはない「偏平：管断面が上下方向に圧縮される断面変化（写真-1）」と「変形：管外部の突起物等により発生する局所的な内面方向の変状（写真-2）」の事象を確認した。偏平については、破損・クラックと併発している事例が多く見られ、偏平が大きいと破損の程度も大きくなる傾向にあった。また、クラック等を再現した模擬管による偏平試験等の物性試験により、管理上危険なクラック幅や向き等を明らかにした。



写真-1 偏平と破損の併発

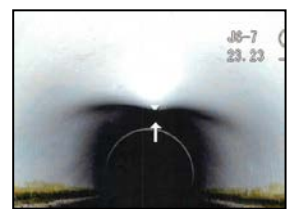


写真-2 変形の事例

(2) 塩化ビニル管の視覚判定基準及び緊急度判定基準の検討

1) 視覚判定基準の作成

塩化ビニル管特有の変形及び扁平の事象を、剛性管の視覚判定基準の劣化項目に追加した。さらに、塩化ビニル管の物性試験結果及び継手構造の違いによる水密性能への影響を考慮して定量化を図り、判定基準を見直した。剛性管の視覚判定基準から変更・追加した箇所（青マーキング部）を抜粋し、表-1 に示す。

表-1 視覚判定基準（一部抜粋）

管1本ごとに評価	項目	ランク			
		適用	a	b	c
管の破損及び軸方向クラック	鉄筋コンクリート管 陶管 塩ビ管	鉄筋コンクリート管	欠陥 軸方向のクラックで幅:5mm以上	軸方向のクラックで幅:2mm以上	軸方向のクラックで幅:2mm未満
		陶管	欠陥 軸方向のクラックが管長の1/2以上	軸方向のクラックが管長の1/2未満	—
		塩ビ管	亀甲状に割れている 軸方向のクラック	—	—
管の継手スレ	鉄筋コンクリート管 陶管 塩ビ管	鉄筋コンクリート管	脱卸	鉄筋コンクリート管:70mm以上 管:50mm以上	鉄筋コンクリート管:70mm未満 管:50mm未満
		陶管	脱卸	接合長さの1/2以上	接合長さの1/2未満
		塩ビ管	たわみ率15%以上の扁平	たわみ率5%以上の扁平	—
変形 (内面に突出し)	塩ビ管	扁平	たわみ率15%以上の扁平	たわみ率5%以上の扁平	—
		変形	白化または本管内径の1/10以上内面に突出し	本管内径の1/10未満内面に突出し	—

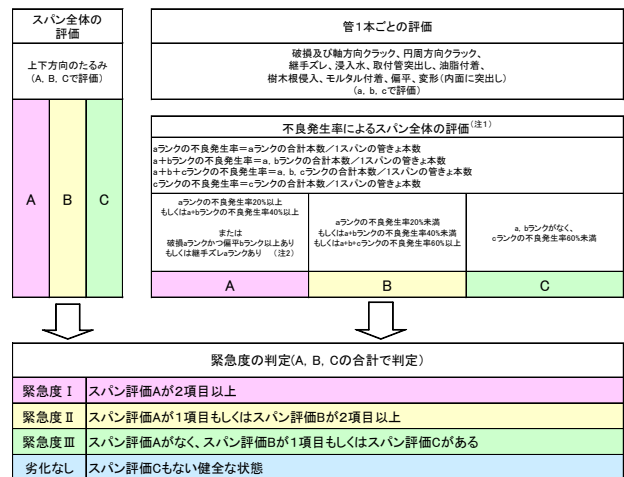
2) 緊急度判定基準の作成

緊急度は、視覚判定基準に基づく劣化の判定結果より、修繕等対策の必要性の有無及びその実施時期を定めるものである。従来の緊急度判定基準は剛性管に対応したものであり、塩化ビニル管では発生しない「腐食」が含まれ、塩化ビニル管特有の「扁平」「変形」が含まれていない。また、扁平と破損併発時のリスクにも配慮されていないこと等から、複数の劣化項目が同時に発生した場合の管体への影響を把握するため、模擬管による扁平試験を実施した。

この結果、扁平と破損が併発している場合には、発生する歪みが極めて大きく危険であることが明らかとなった。よって、塩化ビニル管の判定の際には、『破損』と『扁平のbランク以上』が併発している場合は、道路陥没等の社会的影響が想定されることから、スパン全体においてAランクとする等の判定基準の変更を行った。塩化ビニル管を対象とした緊急度判定基準を図-1 に示す。

(3) 塩化ビニル管の健全率予測手法の検討

健全率予測式は、管路全体の（マクロ的な）劣化の進行状況について確率予測モデルを通じた統計的な手法を用いて表したものである。劣化の度合いが高い順に、緊急度Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、劣化なしの4段階に区分し、経過年数に応じて各緊急度が発生する割合の推移を表す任意の関数式で示される。健全率予測式を作成するためには、TVカメラ調査結果データが必要となるが、塩化ビニル管の歴史は浅く、調査事例も少ないことから、これまで正確な関数式を導き出せなかった。そのため、



(注1) 同一箇所でも複数の不良が発生している場合には、最上位の評価ランクのみをカウントする。
(例)「管のクラック」と「浸入水」があった場合には、最上位の評価「管のクラック」のみをカウントする。
(注2) 破損かつ扁平ランク以上が同時にあった場合、既に管体材料は降伏していると判断し、不良発生率による判定とは別にスパン評価をランクとする。
継手スレランクが1箇所以上ある場合、周辺地山の管内への流入による道路陥没等、社会的影響の大きい不具合が想定されることから、不良発生率による判定とは別にスパン評価をランクとする。

図-1 塩化ビニル管を対象とした緊急度判定基準

地方公共団体にデータ提供を依頼し標本数を増やしつつ、より精度を高めるため、健全率に寄与する等の条件について整理を試みた。

劣化項目と各種管きょ条件（管径、スパン長、土被り、経過年数等）との関係性、緊急度と劣化項目の関係性を分析することにより、緊急度Ⅱに対し影響が強い劣化及びその劣化と関係性の強い管きょ条件を整理した。その結果、劣化の発生には土被り等の条件が影響していることが明らかとなった（図-2）。

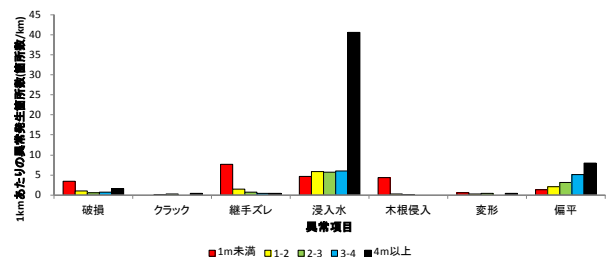


図-2 土被りと1kmあたりの劣化発生個数

【成果の活用】

塩化ビニル管の視覚判定基準（案）及び緊急度判定基準（案）は、公益社団法人日本下水道協会「下水道維持管理指針 実務編 -2014年版-」及び、国土交通省水管理・国土保全局下水道部「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン」（平成27年11月）に反映された。

効率的な都市雨水対策推進に関する調査

Researches on Promotion of Efficient Measures for Urban Stormwater

(研究期間 平成 25～27 年度)

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

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究員
Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

横田 敏宏
Toshihiro YOKOTA
松浦 達郎
Tatsuro MATSUURA
中村 裕美
Yumi NAKAMURA
麦田 藍
Ai MUGITA

In recent years, heavy rainfalls of more than 50 mm/h and heavy rainfalls concentrated into short time spans of around 10 min have occurred more frequently throughout Japan. Risk of inundation damage increasing, In the limited funds, we conducted researches on promotion of efficient measures for urban stormwater.

[研究目的及び経緯]

(平成 25 年度)

近年、日本各地において 1 時間降水量 50mm 以上の豪雨、さらには 10 分間程度の短時間に集中する豪雨が頻繁に発生するようになってきている。豪雨の発生頻度が高まる中、都市化の進展に伴う雨水の貯留浸透能力低下や、地下空間利用の発達に伴う浸水被害リスクが増大しており、各都市は限られた財源の中で、効率的かつ効果的に都市雨水対策を進めていく必要がある。

本調査では、下水道以外の他事業との連携による浸水被害の軽減方策について、具体的な事例の収集・分析を行い、連携を行う上での課題点やその解決のための方向性の整理を行った。

また、気候や人口規模等が異なる複数の都市を対象として、既存の降雨強度式に近年の降雨データを加えた降雨強度式を作成し、現在の降雨状況に対する既存計画の雨水排除能力について分析を行った。さらに、浸水被害が発生した降雨を対象に「降雨継続時間」「最大降雨強度」「総降雨量」「最大降雨強度の発生位置」の 4 項目で降雨の特徴を整理し、これらの実績の降雨波形と、「下水道施設計画・設計指針」¹⁾ (以下、指針) に基づき設定した降雨波形 (以下、計画降雨波形) を比較し、その差異から計画降雨波形の留意点について整理した。

[研究内容]

1. 下水道以外の他部局との連携対策手法の課題と解決の方向性の整理

他部局との連携対策手法の効果的な実施に向け、既存の事例を収集するため、文献調査や他部局との連携事例を有する 2 自治体を対象としたヒアリング調査を行った。

2. 近年の降雨データを加えた降雨強度式の試算と既存計画の雨水排除能力の分析

(平成 26 年度)

全国から気候や人口規模が異なる 29 の都市を選定し、各都市の計画降雨強度式 (以下、計画式) を収集するとともに、計画式に 2013 年までの降雨データを加えた降雨強度式 (以下、近年式) を作成した。次にこれらを比較することにより、現在の降雨状況に対する計画式の能力や特徴について分析を行った。

3. 浸水実績がある降雨の特性整理と計画降雨波形の留意点の調査

(平成 27 年度)

2 で対象とした都市のうち、2004 ～ 2013 年に浸水被害が発生しており、かつ降雨継続時間が 24 時間以内の降雨を対象に、「降雨継続時間」、「最大降雨強度」、「総降雨量」、「最大降雨強度の発生位置」の 4 項目について値を整理した。さらにこれらの降雨に対して、指針に基づき作成した計画降雨波形と比較を行い、計画降雨波形を用いる際の留意点を整理した。尚、ひとまとまりの降雨の判定は、24 時間

の無降雨時間を基準とした。

[研究成果]

1. 下水道以外の他部局との連携対策手法の課題と解決の方向性の整理

対象としたのは、道路、学校・公園、農業、都市等の部局であり、各部局との連携における課題と解決の方向性を整理した。例えば、雨水流出抑制対策として、校庭の地下に雨水貯留施設を設置し、雨水の貯留を行う、という教育委員会との連携が考えられる。その際の課題として、施工する際に学校運営に支障にならないよう、工期の制約や、施工後の維持管理について教育委員会と調整が必要になることが挙げられる。これらの課題に対しては、校庭は通常、国道等のように大きな重量がかかることは考えにくいので、頑強なコンクリート構造物ではなく、耐久性は低いが施工性の良いプラスチック貯留槽を用いることで、短時間で施工を行った。また、施工後の維持管理については、教育委員会と管理協定を締結し、調整を図っている事例がある。このように他部局との連携における課題と解決の方向性について整理することで、他部局との連携を促進する為の基礎資料としての活用が考えられる。

2. 近年の降雨データを加えた降雨強度式の試算と既存計画の雨水排除能力の分析

計画式と近年式との比較の一例を図1に示す。この都市では、近年式が計画式を上回っており、特に降雨継続時間が短いほど、その傾向が顕著である。これは、計画策定時と比べて、近年は短時間に強く降る降雨の頻度が増加していることを示唆していると考えられる。また、同様に近年式が計画式を上回った都市は全体の約8割となり、以前よりも降雨強度が強い降雨が増加している都市が多いことが確認できた。

現在の降雨状況が継続した場合、既存計画では能力が不足することも考えられることから、これらの都市については近年の降雨状況や既存施設の能力を確認する等、現在の計画について点検を検討すべきと考えられる。

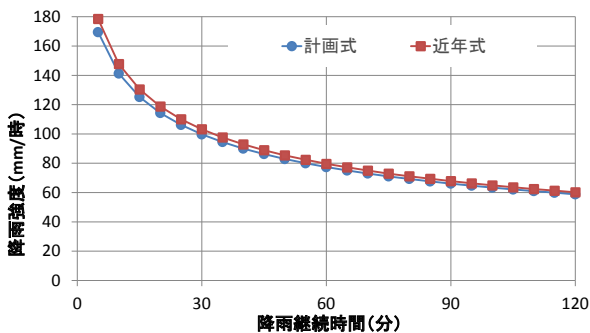


図1 計画式と近年式の比較例

3. 浸水実績がある降雨の特性整理と計画降雨波形の課題の調査

今回検証対象とした浸水被害が発生した降雨の多くは、「最大降雨強度」の値が20mm/h以上、「総降雨量」の値が50mm以上、「降雨継続時間」が5時間以上となっていることが分かった。(図2) なお、「最大降雨強度の発生位置」については特徴が見られなかった。

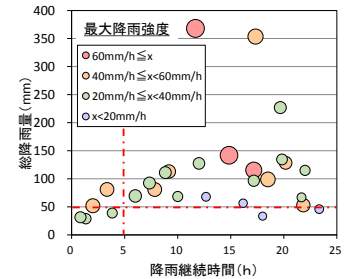
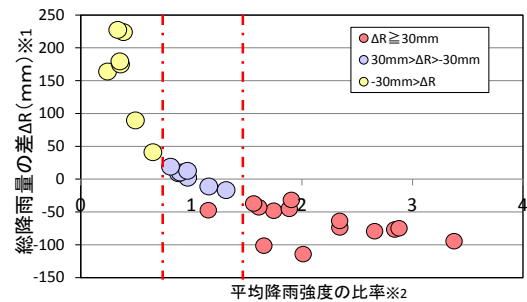


図2 実績降雨の整理

さらに、これらの降雨について、計画降雨波形を作成し、計画降雨波形と実績降雨波形の「総降雨量」の差について確認し、差の出方に影響する項目を確認した。結果、図3に示すとおり、「総降雨量」の差^{※1}が小さい降雨は、「平均降雨強度」の比率(実績/計画降雨波形)^{※2}が1周辺に集まり、差の大きい降雨はそれ以外に位置していた。特に、「平均降雨強度」について実績が計画降雨波形の値の約1.5倍以上大きくなると、「総降雨量」は、計画降雨波形の値が実績の値を下回る傾向が確認され、設計上危険側となる可能性があることが分かった。

よって、留意事項として、降雨実績を基に計画降雨波形を作成する際は、「最大降雨強度」だけでなく、「平均降雨強度」も着目することが必要と考えられた。



※1: 計画降雨波形の値 - 実績降雨波形の値
※2: 計画降雨波形の平均降雨強度を1.0として
実績降雨波形の平均降雨強度を正規化した値

図3 総降雨量と平均降雨強度の関係

[成果の活用]

本研究で得られた成果及び知見は、現在改訂作業中の「下水道施設計画・設計指針」に反映させるとともに、今後、地方自治体において都市雨水対策を進める際の参考資料として活用されることが期待できる。

参考文献

1) 社団法人 日本下水道協会(2009): 下水道施設計画・設計指針と解説 前編 -2009年版-

ディスポーザ排水による下水道施設への影響に関する調査

Research on The impact of food waste disposers to sewage facilities

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長 横田 敏宏
研 究 官 宮本 豊尚
研 究 員 中村 裕美

[研究目的及び経緯]

昨今、生ごみは、有機性廃棄物の資源としての有用性が認識されている。都市域においては、直投型ディスポーザーを設置し、整備率の高い下水道を用いて生ごみを回収することは一つの手段であるが、都市域で多く採用されている合流式下水道に直投型ディスポーザーを許可している地方公共団体はない。ディスポーザー導入時の影響について、技術資料「ディスポーザー導入による影響評価に関する研究報告ーディスポーザー導入時の影響判定の考え方ー」(H17.7)をとりまとめているが、その中でも合流式下水道に直投型ディスポーザーを導入する際の影響について情報が不足しているため、技術資料を補足する必要がある。

本年度は、海外の合流式下水道で直投型ディスポーザー導入時の影響調査レポートを収集し、国内と海外の諸条件の比較と共に同様の検討をする際に必要な検討項目を抽出した。

下水道新技術の導入支援に関する調査

Research on Introduction support of Sewage technology

下水道研究部 下水道研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長 横田 敏宏
主任研究官 深谷 渉

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、1300万人にのぼる下水道未普及人口の存在及び普及率の都市間格差、下水道施設の老朽化等による道路陥没事故発生等の現状を踏まえ、汚水処理施設を今後10年で概成させる3省統一の目標設定や、管路施設の点検義務化などの下水道法の改正、将来的に下水道事業が目指すべき政策目標を定めた新下水道ビジョンの策定等を実施した。しかしながら、地方公共団体は厳しい財政状況や人員不足等の課題を抱えており、これらの目標等を実現するには、新技術の積極的な導入や技術開発により、コスト縮減や業務効率化等を図っていく必要がある。

本調査は、国の政策目標を実現するための新技術の導入・開発のロードマップを作成した上で、施策毎の目標達成に有用な技術の導入マニュアル等を随時整備していくものである。平成27年度は、下水道未普及解消のための低コスト整備技術や発注・契約方式等の導入手順や有用な技術等を「下水道未普及早期解消のための事業推進マニュアル(案)」としてとりまとめ平成28年3月に公表したほか、今後の新技術導入・開発のロードマップである下水道技術ビジョンを公表した(平成27年10月)。

下水道施設の戦略的な耐震対策優先度評価手法に関する調査

Study on strategic methods of assessing priority of earthquake resistance countermeasures of sewage treatment systems

(研究期間 平成 25～27 年度)

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

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

横田 敏宏
Toshihiro YOKOTA
深谷 渉
Wataru FUKATANI

When sewage systems are damaged by earthquake, the damages affect public health and social activities such as disorder of sanitation facilities and traffic disturbances.

In this research, we collect information of past cases of damaged sewage systems, and construct the database system. When we construct the database system, we try to choose appropriate indexes for damaged factor of sewer pipes. After we finish constructing the database system, we are plan to publish the system and would like to contribute for the damage prediction by a large-scale earthquake.

And the economic loss is extracted based on sewer damage prediction. Then how to determine the priority of earthquake countermeasures of sewage systems will be proposed.

〔研究目的及び経緯〕

我が国の下水道管路施設の耐震化率は、平成 25 年度末現在、重要な幹線（流域幹線やポンプ場・処理場に直結する幹線管路、河川・軌道下横断管路、緊急避難路下管路、防災拠点や避難所等の排水を受ける管路等）において 44%と耐震途上にある。一方、中央防災会議では南海トラフ巨大地震や首都直下地震といった大規模地震の発生を予測しており、地方公共団体は、限られた人員、時間、逼迫した予算の中で下水道施設の耐震化を効率的に進めることが求められている。

下水道管路施設における耐震対策優先度としては、耐震対策設計指針¹⁾では前出の重要な幹線と呼ばれる点的な施設が示されているが、下水道管路は末端の各家庭から流末の処理場に至る線状の構造物である。このため、耐震化の実施には、流れの連続性の確保が重要であり、また二次的被害等のリスクマネジメントの視点も必要である。

本研究では、限られた予算等制約条件下で、必要不可欠な耐震対策を施し、下水道施設に被害が発生しても最低限の機能維持（水洗トイレの利用、溢水防止）と早期の機能回復を実現させることを目的とし、下水道管路施設の耐震化優先順位を合理的に決定するための耐震対策優先度評価手法について検討を行った。

〔研究内容〕

下水道管路施設の合理的な耐震化優先度評価手法の検討にあたり、迅速な応急復旧や BCP 作成に

有用な被災想定精度向上に役立つ過去の大規模地震の被害情報の整理を実施するほか、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を加味した下水道管路施設の耐震化優先順位の評価に必要な指標及びその定量化等について検討を行った。

〔研究成果〕

主な研究成果の概要を以下に示す。

(1) 下水道管路施設地震被害データベース構築

今まで十分な整理されていなかった下水道管路施設被害情報について、平成 12 年鳥取県西部地震以降、東日本大震災までの地震で被災した地方公共団体の被害情報を収集し、下水道管路施設の諸元（管種、管径、布設年度など）、人孔浮上量などの被害情報、土質や N 値などの地盤情報、計測震度などの地震動情報を統一様式で整理しデータベースを構築した。

(2) 下水道管路施設耐震対策優先度評価手法の検討

管路施設の耐震対策の優先度は、施設の重要度や万一被災した場合の社会的被害の大きさ等の被害規模に関わる指標と、被害形態や被害の程度等の被害確率に関する指標の両方を加味したリスクマネジメントの視点による決定手法が望ましい。また、近年の防災に対する基本的な考え方は、施設損傷等の被害を未然防止するための事前対策（施設耐震化）と二次的被害の拡大を防止するための事後対策（迅速な応急復旧）の最適な組み合わせであり、これにより全体被害の最少化

を図ることが可能となる。

下水道管路施設の耐震対策優先度の評価フロー（図1）の通りであり、被災による下水道機能への直接的被害（システム信頼度）と下水道被害による二次的被害（社会的影響度）について、地震被害データベースを活用した被害発生確率を加味した指標の定量化を行ったほか、事後対応の可否判断に関する検討を行った。

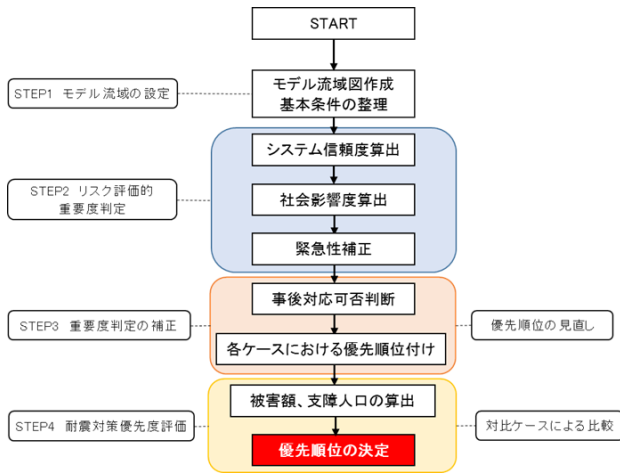


図1 耐震対策優先度評価フロー

システム信頼度は、任意のリンク（路線）の耐震化による最下流点での到達流量の向上寄与度を算定し、これに被害確率を乗ずるものとした。防災拠点や救急病院といった震後に人や物が一時的に集積する場所は、下水道サービスを確実に提供するため、流量の補正を行うものとした。

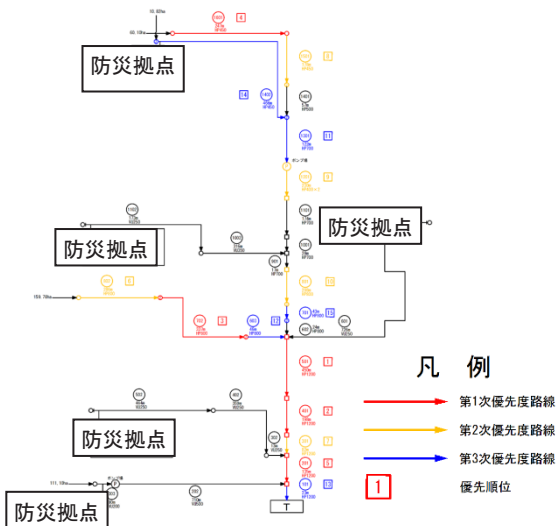


図1 システム信頼度の算出結果（イメージ）

社会的影響度は、緊急輸送路等に埋設されている下水道管きよが被災した場合に道路陥没やマンホール浮上による交通障害を誘発し、災害時における住民の避難や人命救助、緊急物資の輸送等に重大な支障が生じ

ることから、道路通行止めによる移動時間の増加等を貨幣換算し交通途絶による波及被害額を算出し、これに被害確率を乗じた。波及被害額は、道路交通センサスの車種別時間帯交通量や過去地震時の調査結果などを元に試算するものとした。

事後対応の可否判断は、東日本大震災時に被害を最小限に抑えるため実施した事後対策（仮設ポンプ設置、緊急放流等）の実態を踏まえ、対応可能な施工規模・流量等を設定し、事後対応困難な路線の優先度を高く評価するものとした（表1）。

表1 事後対応の可否判断例

判定項目		事後対応困難	事後対応容易
施工規模	工事費用	500万円以上	500万円未満
	人口密度	1,000人/km ² 以上	1,000人/km ² 未満
	管径	φ600mm以上	φ600mm未満
流量		2.0m ³ /分超え	2.0m ³ /分以下
土被り		3.0m以上	3.0m未満
道路種別		主要道路	一般道路

システム信頼度及び社会的影響度、事後対応可否判断の各指標の算出結果は、最終的には5段階評価で点数化し、合計点により順位付けを行う方法がより簡便である。また、各指標に重みを付けたり、耐震診断の結果や被害想定結果を反映させることで、地域の実情に合わせたより精度の高い評価が可能になる。

【成果の活用】

研究の一環で収集した地震被害情報は、地方公共団体の下水道施設耐震化やBCP策定の推進、及び地震関連研究者の研究推進のため、管路被害想定精度向上や耐震化優先度の判定に参考となる基礎情報を「下水道管路地震被害データベース」として取りまとめ、下水道研究室ホームページで公開している (<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/index.htm>)。

本研究で提案した耐震対策優先度評価手法は、リスク評価の視点を組み込んだ簡便な手法であり、中小都市を中心とした活用を期待する。

- 1) 下水道施設の耐震対策指針と解説 2014、公益社団法人 日本下水道協会、2014
- 2) 国土技術政策総合研究所下水道研究室ホームページ (<http://www.nilim.go.jp/lab/ebg/index.htm>)

高水温に適した下水高度処理技術に関する研究

The effect of high temperatures on biological nutrient removal performance of activated sludge processes

(研究期間 平成 26~27 年度)

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

室長
Head
研究官

山下 洋正
Hiromasa YAMASHITA
道中 敦子
Atsuko MICHINAKA

The enhanced biological phosphorus removal (EBPR) process using activated sludge for the removal of phosphate from wastewater is globally operated. However, the applicability of EBPR in warm climates is less well-known. In this study, lab-scale reactors were operated for EBPR at 22°C to 32°C to examine the performance of polyphosphate accumulating organisms and EBPR capability.

【研究目的及び経緯】

発展途上国では、COD 排出基準値のみを満たす経済的負担が少ない処理方法が導入されてきた。しかしながら近年、都市化が進むにつれ富栄養化が問題視されるようになり、今後の発展に伴いリンや窒素除去を視野に入れなければならない。現在先進国で導入されている下水高度処理技術では、リン除去細菌や硝化細菌、脱窒細菌など、微生物の持つ特徴を活用し、有機物だけでなく栄養塩（リン・窒素）を除去していることから、熱帯地域に位置する発展途上国へ生物学的な下水高度処理技術の導入を検討するにあたり、高水温条件（25~40°C）が系内微生物群集に与える影響を調べることは不可欠である。

そこで、本研究では高水温条件が下水高度処理に関与する微生物群集に与える影響を調べるとともに、良好な栄養塩除去が保持可能な高温度条件について明らかにするものである。特に、高温時に影響を受けると考えられる生物学的リン除去に着目し、水温条件がリン除去及び系内微生物群集に与える影響を調べた。

【研究内容】

生物学的リン除去はポリリン酸蓄積細菌の特徴的な代謝（図1）を活用し、嫌気好気運転を行うことで下水からリンを除去する。

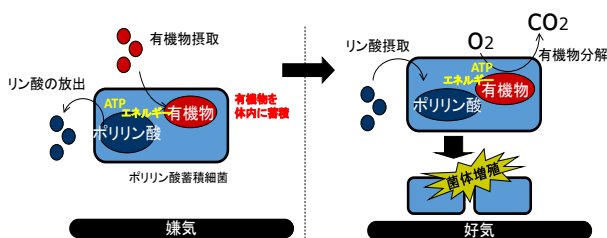


図1 ポリリン酸蓄積細菌の代謝

そのメカニズムは以下のとおりである。ポリリン酸蓄積細菌は、嫌気工程にてポリリン酸を分解することで生じるエネルギーにより有機物を摂取し体内に蓄積し、その後好気工程へ移行すると体内に蓄積した有機物を分解することで得たエネルギーより増殖及びポリリン酸の再合成を行う。従って嫌気ではリンをはき出すが、好気ではリンを取り込み、取り込み量が吐き出し量を上回ることから、結果的に処理水の溶存態リン濃度は流入水より低くなり、流入下水からリンを除去することができる。図2にリン除去が良好なプロセスにおける水質（リン濃度）の挙動の例を示す。

本研究では、実験室リアクター（2L）（写真1）を用いて22°Cから32°Cまで順次温度条件を変更し、高水温条件が生物学的リン除去に及ぼす影響を調べた。

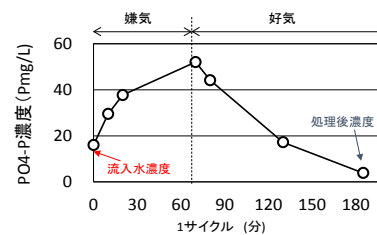


図2 リン除去が良好なプロセスにおける水質（リン濃度）の挙動の例（対照系のデータより）



写真1 実験室リアクター

〔研究成果〕

実験室リアクターを用いて、22～32℃まで順次温度を上昇し運転した。22℃にて馴致運転を開始した後、22℃、25℃、28℃、30℃の温度条件にてそれぞれ70日間以上の運転を行い、リン除去能力及び微生物相の推移について整理した。

(1) リン除去能力の推移

リン除去率についてそれぞれの温度条件における期間平均を運転日数と処理水質とともに表1に示す。温度条件を変更した運転を行ったものを実験系、温度条件を変更せず22℃にて同じ運転を行ったものを対照系とする。対照系は馴致期間を除く356日間を通して、期間平均で86.3%のリン除去率が確認された。実験系については、22℃から28℃まで、温度を上昇しても除去率は7割以上を保持しており、いずれも良好なリン除去を行っていた。実験系におけるリン除去率の推移を図3に示す。22℃、25℃、28℃において運転条件等を変更した際に一時的にリン除去率が低下する現象が見られたがその後復帰している。一方、30℃に条件変更後約1か月間、60%程度のリン除去率を保持していたが、その後回復は見られず減少した。引き続き32℃にて運転を行ったが全くリン除去は観察されず、復帰する見込みがないと判断し運転期間23日間で停止した。

表1 各温度条件運転時リン除去率および水質

運転条件	運転日数	処理水リン濃度 (mg/L)	リン除去率 (%)	
実験系	22℃	83	3.5	78.3%
	25℃	75	3.5	77.9%
	28℃	84	2.4	85.0%
	30℃	81	10.2	38.3%
	32℃	23	22.6	9.1%
対照系	22℃	356	2.2	86.3%

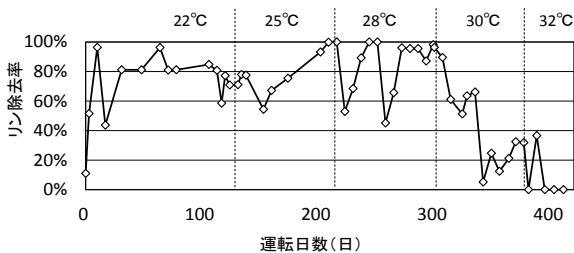


図3 リン除去率の推移 (実験系)

(2) プロセスにおける水質 (リン濃度) の挙動

実験系において、22～28℃までは良好なリン除去と同様な代謝が確認された。しかしながら、30℃を超えると好気工程におけるリン取り込み量が減少しており、良好なリン除去と同様な代謝が保持出来ていなかった。

(図4)。

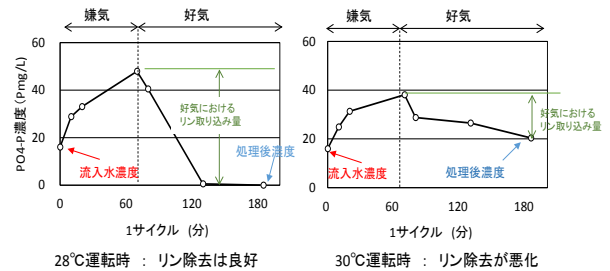


図4 プロセスにおける水質の挙動 (実験系)

(3) 微生物群集解析

リン蓄積細菌と競合細菌 (GB) の遺伝子を定量PCR法により定量することで各存在量の経日変化を調べた結果、対照系および実験系 (22～28℃運転時) ではリン蓄積細菌と競合細菌に差がなかった。しかしながら、リン除去能力が低下した30℃運転時にリン蓄積細菌の減少が確認された。構成しているリン蓄積細菌の種類を調べたところ複数の種類が存在していたが、先進国にて確認されている clade IIA が優占しており、水温上昇の影響を受け30℃運転時に著しく減少していた。このことから、優占するリン蓄積細菌が水温上昇の影響を受け減少したことが、リン除去能力の低下した原因と考えられた。

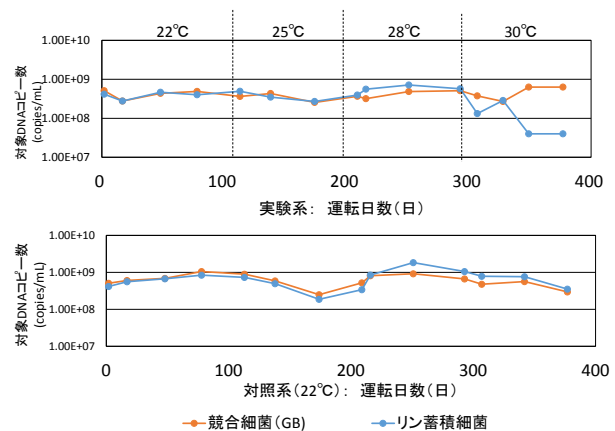


図5 リン蓄積細菌と競合細菌の経日変化

〔まとめ〕

活性汚泥の種類によっては高水温条件により影響を受けることが明らかとなり、生物学的な下水高度処理を熱帯地域へ導入する際には土着活性汚泥の種類を踏まえて検討する必要がある。また、長期的に30℃を連続的に超える熱帯と同等な水温となるような気候変化が起った場合には、温帯～亜寒帯の先進国の活性汚泥が温度上昇による影響を受ける可能性が示され、得られた成果は地球温暖化に起因する水温上昇時や熱帯への下水処理における高度処理導入時の技術的評価に関する基礎資料等として活用できる。

処理水・再生水の衛生学的リスク制御技術の評価に関する調査

Research on Evaluating the Hygienic Risk Control Technologies for Treated Wastewater and Reclaimed Water

(研究期間 平成 26～28 年度)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	山下 洋正
主任研究官	重村 浩之
研 究 官	小越 眞佐司
研 究 官	板倉 舞
交流研究員	前田光太郎

〔研究目的及び経緯〕

現在、下水処理場からの放流水に関する衛生学的項目として大腸菌群数が用いられているが、土壌由来の細菌や環境中で増殖する細菌が含まれるなど、糞便性汚染を示す指標としての妥当性が低いことが指摘されている。上水の水質基準項目については、平成 15 年に大腸菌群数から大腸菌数に変更されており、また、環境基準（生活項目）についても、項目を大腸菌数に変更するための検討が進められていることから、下水処理水中の大腸菌数の実態把握を行う必要性が高まっている。また、下水処理水の再利用が国内外で進められており、ISO/TC282 においても国際規格が検討されていることを踏まえ、再生水利用のリスク及び性能評価についての検討が求められている。

平成 27 年度は、塩素消毒における大腸菌群・大腸菌の除去特性を把握するため、処理水と放流水それぞれにおける大腸菌群数および大腸菌数の測定ならびに大腸菌群の鑑別・定量、塩素注入率と大腸菌群数・大腸菌数の関係について整理した。また、再生水利用等における適切な処理方法を検討するため、ノロウイルスを対象例として、衛生学的リスク（年間感染リスク）の試算、求めるリスク制御レベル達成に必要なノロウイルス除去率、処理方法毎のコストおよびエネルギー消費量を試算した。

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

Investigation of biological wastewater treatment systems for low nitrous oxide emission

(研究期間 平成 26～28 年度)

下水道研究部 下水処理研究室

室 長	山下 洋正
主任研究官	重村 浩之
研 究 官	道中 敦子

〔研究目的及び経緯〕

生物反応を利用した下水処理プロセスでは、二酸化炭素（CO₂）のほかに、メタン、一酸化二窒素（N₂O）が温室効果ガスとして発生することが特徴であり、CO₂の約 300 倍の温室効果を有する N₂O は、下水道事業全体の地球温暖化ガス排出量において約 1 割を占めることから無視できない。しかしながら、水処理プロセスにおける排出実態については依然として不明な点が多いことから、本研究では排出実態の把握と発生抑制手法の検討を目的としている。

これまでの調査結果より、標準活性汚泥法の下水処理場から放出される寄与率が高いことがわかったことから、標準活性汚泥法における抑制型運転を検討している。平成 27 年度は、反応槽の前段部で曝気風量を抑える段階的高度処理から発生する N₂O の排出量把握のため現地調査を行った結果、温室効果ガスインベントリにて提示されている標準活性汚泥法の N₂O 排出係数より低い値となり、段階的高度処理運転では N₂O 排出量が抑えられることが示唆された。

下水道における水環境マネジメント推進に関する調査

Research on the promotion of water environment management in sewerage

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 26～28 年度)

室 長	山下 洋正
主任研究官	田嶋 淳
研 究 官	浜田 知幸

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、社会情勢の変化を踏まえ、水環境の改善に向けた効果的な下水道等管理の実現に向け、新しい時代の「水環境マネジメントのあり方」の検討を行い、平成 24 年度に「水環境マネジメント検討会 報告書(案)」を取りまとめた。本研究は、検討会で整理された取組方針のうち、「流域全体における資源・エネルギーの最適管理」について、具体的な検討方法・考え方を技術資料として提示するものである。

下水処理場においては、処理方法や導入されている設備等の特性によりエネルギー使用量が大きく異なるため、特性を踏まえ処理工程毎のエネルギー使用状況を把握し、体系的に整理することが下水処理場のエネルギー使用量を最適化するうえで重要となる。このため、平成 27 年度は、メーカーヒアリング、下水処理場における実態調査を行い、処理工程や設備毎の一般的なエネルギー使用量を把握した。これらの知見を整理し、下水処理場の特性を踏まえたエネルギー使用量として下水処理場の水処理運転方法等による電力使用量への影響を検討した。この結果を踏まえ、エネルギーの最適化を推進する技術資料として今後とりまとめる。

下水処理場の既存施設能力を活用した汚水処理システムの効率化に関する調査

Research on improving the efficiency of sanitary sewage treatment systems by utilizing the capacity of existing sewage treatment plants

下水道研究部 下水処理研究室

(研究期間 平成 27～29 年度)

室 長	山下 洋正
主任研究官	重村 浩之
研 究 官	浜田 知幸
研 究 官	松本 龍
交流研究員	山口 修史

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、第 4 次社会資本整備重点計画において、人口減少社会における重点的、効果的かつ効率的な社会資本整備を目指している。本研究では、人口減少社会において、地方都市における汚水処理システムの維持・効率化を目指し、効率的な汚水処理システムの検討・評価を地方公共団体の事業者等が行うための具体的な検討方法・考え方を技術資料として提示するものである。

平成 27 年度は、稼働率を踏まえたコスト・消費エネルギーに関する実態を把握するため、全国の下水道、農業集落排水、し尿処理場の各事業者に対してアンケート調査や、メーカーへのヒアリング調査を実施し、コスト・消費エネルギーの実態について整理した。