

文献調査に基づく雨天時浸入水対策に関する基礎的研究

滝本 麻理奈 金海 秀紀
森永 晃司 加藤 裕之

要旨：本研究では、地方公共団体を対象としたアンケート結果より、雨天時浸入水対策を実施するうえでの主要な課題として「発生源対策と対策効果に関する課題」「目標浸入率の設定に関する課題」「流域下水道の課題」を設定した。そして、課題解決のために必要な情報として、国土交通省が2020年に公表した「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」、下水道関係団体（日本下水道協会等）が出版しているマニュアル等、及び下水道研究発表会等の論文等について調査し、課題に応じた解決策を体系的に整理した。論文等については、①発生源対策の調査における定量的なコスト削減効果及び対策による定量的な削減効果を示す事例（計9件）、②目標浸入率の設定方針に関する文献、③流域下水道の連携・合意形成手法に関する文献並びに運転管理手法の採用によるコスト削減効果を示した事例（1件）が存在することがわかり、内容に応じて整理した。

最後に、今後効率的かつ効果的な雨天時浸入水対策を実施するうえでの検討事項についてとりまとめた。
キーワード：雨天時浸入水、雨天時浸入水対策ガイドライン（案）、発生源対策、流域下水道、目標浸入率

1. はじめに

1.1 雨天時浸入水対策に関する研究背景

雨天時浸入水の問題については、四半世紀以上も前から存在が認識されており研究が進められてきたが、その複合的な発生要因から、十分な対策がとられていないのが実状である。これらの状況を踏まえ、国土交通省は2020年に「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」¹⁾（以下、ガイドライン）を策定しており、雨天時浸入水の問題解決に向けた具体的な方針を示している（流域管理官（2020年1月31日）通知より）。これからの雨天時浸入水対策は、当該ガイドラインの活用を念頭に置き、効率的かつ効果的に行うことが重要となる。

1.2 研究目的

本研究では上述した背景を踏まえ、地方公共団体等が雨天時浸入水対策を進めるうえでの課題を収集した。そして、地方公共団体等が各課題に対する効率的・効果的な解決策を検討するための一助となることを目的に、文献調査から各課題に対する解決策を体系的に整理することを試みた。また、今後更なる雨天時浸入水対策の推進を図るために必要な方策についてもとりまとめた。

2. 研究方法

本研究の流れを図-1に示す。第一に、地方公共団体が雨天時浸入水対策を実施するうえでの課題について収集した。

次に、各課題の解決に際し、ガイドラインを参照することにより解決を図ることができると考えられ

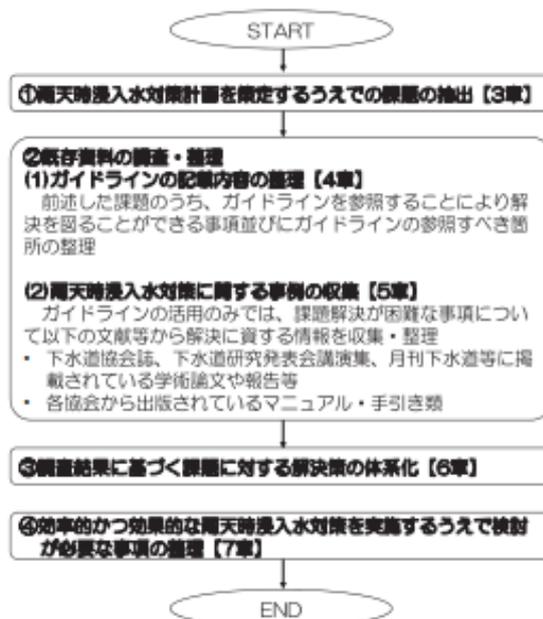


図-1 研究の流れ

る事項について整理した。そして、前述した整理において、ガイドラインの活用のみでは課題解決が困難と判断した事項については、論文等（下水道協会誌、下水道研究発表会講演集、月刊下水道等に掲載されている学術論文や報告等）や下水道関係団体が出版しているマニュアル、手引き類より解決に資する情報を収集、体系的に整理した。そのうえで、今後、更なる課題解決を図るために検討する必要がある事項について考察を行った。

3. 雨天時浸入水対策を実施するうえでの課題

著者らが2021年に行った研究²⁾では、「雨天時浸入水対策の推進状況に関する実態調査」（国土交通省調べ2020年度）より雨天時浸入水対策を実施するうえでの課題を抽出した。当該調査は、調査対象とした全国の自治体のうち雨天時浸入水に起因する事象が発生していることが報告された128処理区（117団体）を対象にアンケート形式（自由記述）で実施されたものであった。当該研究ではそこから「①発生源の特定：発生源対策の効果的な手法について」、「②費用対効果：費用対効果が見えないため、財政支出の説明が難しい」、「③費用の確保：他事業の優先順位等との兼ね合いで雨天時浸入水対策の費用を確保することが難しい」、「④浸入率の設定に関する課題：ガイドラインに基づく浸入率の設定において、参考値（日最大：0.3%、時間最大0.1%）によらない数値を設定する方法」、「⑤流域下水道の課題：流域関連公共下水道（以下、関連市）との連携・合意形成が課題となり、対策を実施するのに時間を要する」を割合の多い課題として抽出した（図-2）。

本研究でもこれらの課題を、雨天時浸入水対策を実施するうえで解決すべき課題として設定した。なお、①発生源の特定、②費用対効果、③費用の確保

については一連の発生源対策に関する課題であるため、本論文では「発生源対策に関する課題」としてひとまとめに扱うこととした。

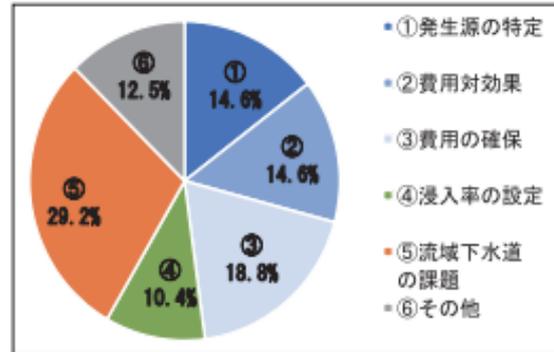


図-2 回答結果割合

4. 課題に対するガイドラインの内容の整理

ガイドラインは、2020年1月に本編並びに参考資料1³⁾及び2⁴⁾が公表されて以来、追加の参考資料⁵⁾⁻⁸⁾や事例集⁹⁾が公表されている。そこで、これらの資料のうち、3章で整理した課題の解決を図るために参照すべきガイドラインの引用箇所及び、ガイドラインのみの活用では課題解決が困難であると判断した事項について表-1にとりまとめた。なお、本稿では前述したようにガイドラインにおける課題解決策の記載の有無について述べるが、ガイドラインには「今後も各地方公共団体での取組や知見を踏まえ、随時内容の充実を図っていくこととしている。」とされており、今後は記載が追加される項目もありうる。

4.1 発生源対策と対策効果に関する課題

発生源対策と対策効果について、ガイドライン本編には発生源対策の概要が記載されている。また、参考資料6⁸⁾には、デジタル技術を用いた調査技術が紹介されている。一方で、3章で示した「発生源

表-1 各課題に対するガイドラインの記載事項

課題	参考文献	記載内容	ガイドラインの活用では課題解決が困難な事項
発生源対策と対策効果に関する課題	本編 ¹⁾	・発生源対策に関する紹介：P12	・効率的な発生源対策を進めるための詳細な手法 ・雨天時浸入水対策の費用対効果
	参考資料6 ⁸⁾	・デジタル技術を用いた調査技術の紹介	・新規調査技術の採用による定量的なコスト削減効果
浸入率の設定に関する課題	本編 ¹⁾	・目標浸入率設定の流れ：P15 ・（参考）浸入を最少限度とする措置が講ぜられた場合の浸入率の記載：P17	・地方公共団体が地域の実情に応じた目標浸入率を設定するうえでの考え方
流域下水道の課題	参考資料4 ⁶⁾	・流域下水道における雨天時浸入水対策計画の策定手順	・流域下水道の雨天時浸入水対策では連携や合意形成には長期的な期間を要するが、短期的に実施可能な対策の考え方に関する記載が無い。
	参考資料5 ⁷⁾	・流域下水道における維持管理負担金の按分方法に関する事例紹介	
	事例集 ⁹⁾	・流域下水道における雨天時浸入水対策の事例紹介	

対策に関する課題」の解決策となり得る、経済性を考慮した効率的な調査手法に関する記載や、効果的な発生源対策を進めるための詳細な手法については記載が無い。

4.2 目標浸透率設定について

ガイドラインでは、「雨天時浸透地下水量は、雨天時浸透状況の実態を把握した上で地域の実情に応じて設定する。」とされている。加えて、目標浸透率設定の流れと地方公共団体が独自で数値を設定することが困難な場合を想定した「(参考) 浸透を最少限度とする措置が講ぜられた場合の浸透率(日最大:0.3%, 時間最大0.1%)」については記載がある。一方、目標浸透率設定に際し、地方公共団体の地域の実情として考慮してよい事項や、設定値の妥当性を検証する方法については記載が無い。

4.3 流域下水道特有の課題

ガイドライン本編では、「流域下水道については、関連市と相互に連携し、対策に係る推進体制を構築することが重要である。」と記載したうえで、参考資料4⁶⁾及び参考資料5⁷⁾において流域下水道が関連市と連携して計画策定を行うための手順書並びに合意形成手法を示している。

加えて、「【対策事例に関して】事例集⁹⁾」が公表されており、そこには流域下水道における合意形成の図り方として表-2のような事例がとりまとめられている。

一方、流域下水道関係者の内部の連携や合意形成に至るまでの間に、被害を軽減させるために短期的に行う対策に関する記載が無い。

表-2 流域下水道における雨天時浸透水対策推進のための合意形成手法⁹⁾

都道府県名	内容
埼玉県	・雨天時浸透水の問題について流域市町と意識を共有 ・雨天時浸透水の調査・対策に関する「合意書」を県及び流域市町で締結 ・荒川右岸流域下水道において雨天時浸透水対策計画を策定
東京都	・関連市町村と都が参加する雨天時浸透水対策促進会議を開催し、技術支援を実施 ・流域幹線の市町村境や溢水箇所、多機能型マンホール蓋を設置(37か所)
神奈川県	・平成14年に「雨天時増水対策実行計画」を策定し、県の役割と市町の役割を明確にし、それぞれが対策を進めている
滋賀県	・県と市町で構成する「滋賀県下水道不明水対策検討会」を設置。(年2回開催) ・発生源対策、被害軽減対策について、それぞれソフト面、ハード面で対策を県と市町が協働して検討・実施
奈良県	・第一・第二処理区では事例データモデリングによる影響度マップを作成 ・宇陀川・吉野川処理区では簡易水位計によるスクリーニングマップを作成
大阪府	・行政区境界にあるマンホールに流量計を設置し、市町ごとの雨天時浸透水量を把握
高知県	・雨天時浸透水量を考慮した負担金の徴収

5. 雨天時浸透水対策に関連する文献等の整理

5.1 本研究で対象とする文献等の整理

著者の2021年の研究²⁾では、雨天時の浸透水対策について1979年から2020年までに公表され

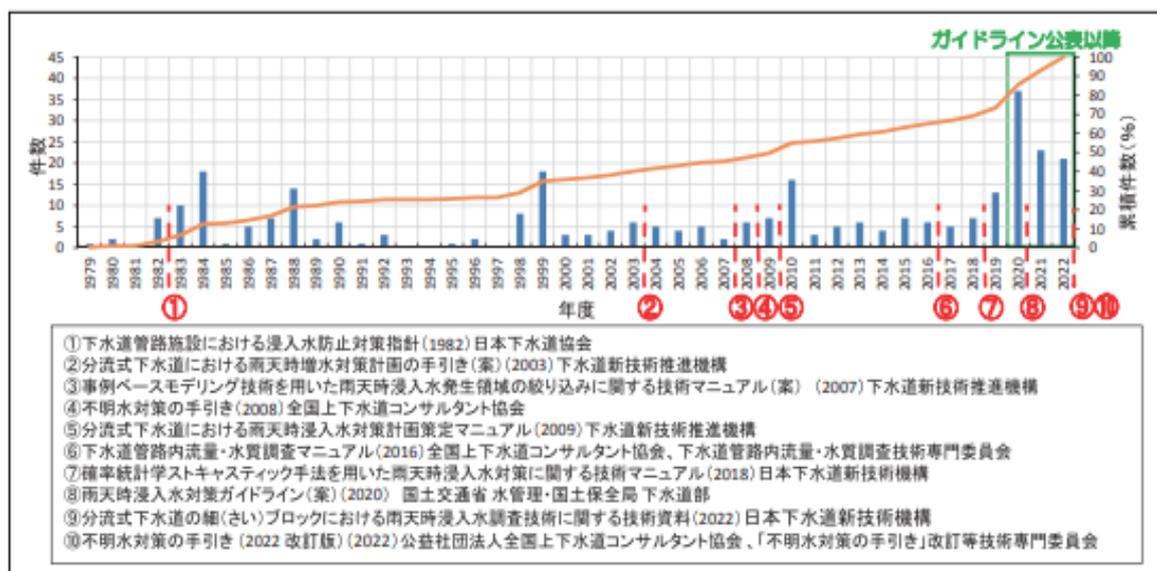


図-3 雨天時浸透水対策に関する時系列文献整理図

ている論文等 245 編について収集し分析を行った。本研究では前述した期間に加え、2020 年 10 月までの期間において公表されている論文等について合計 304 編を収集することができた。

これらの論文等を、下水道関係団体のマニュアル・手引き類の出版時期と共に時系列で整理した(図-3)。

この結果、ガイドラインが策定された 2020 年 1 月から 2022 年 10 月までの期間において 81 件(全体の約 13%) の論文等が存在することが明らかとなった。また、同時期には、国土交通省のガイドラインの策定を踏まえ、多くの関係資料が策定されている。「分流式下水道の細ブロックにおける雨天時浸水調査技術に関する技術資料(2022) 公益財団法人日本下水道新技術機構」(以下、技術資料(2022))¹⁰⁾ や「不明水対策の手引き(2022 改訂版)(2022)¹¹⁾ 公益社団法人全国上下水道コンサルタント協会、「不明水対策の手引き」改訂等技術専門委員会」(以下、手引き(2022)) が出版されている。

そこで本研究では、ガイドライン公表以降の当該期間において公表された文献等を分析対象とした。

5.2 各文献の記載内容の整理

前述した期間に公表・出版されている文献の特徴について、以下に記載する。

技術資料(2022)¹⁰⁾ は、細ブロック(2~5ha 未満のブロック)における効率的な雨天時浸水対策調査技術に関するものであり、資料編には従来技術を用いた場合との費用比較等についてもとりまとめられていた。

手引き(2022)¹¹⁾ は、ガイドラインの記載内容や、近年の雨天時浸水対策の技術の進展を踏まえた総合的な不明水対策の検討を促進するため、「不明水対策の手引き」2008 年 3 月を改定したものであった。

分析対象とする 81 件の文献等について、ガイドラインに基づく対策の流れを参考に、雨天時浸水対策計画の策定・浸入率の算定に関するもの、発生源の調査・対策技術(事例)に関するもの、運転管理手法に関するもの、地方公共団体の総括的な事例に関するもの、対策効果に関するもの、流域下水道の対策事例に関するもの、その他(PFI、要因分析、マニュアル類の解説もの)等にカテゴリー分けを行い、記載内容を整理すると表-3 に示す結果となった。

雨天時浸水対策計画の策定事例に関する論文等^{12)~15)} や、ガイドラインに基づき現況浸入率を算定した事例^{16)~18)} に関する論文等が報告されているため、各地方公共団体がガイドラインに基づき雨天時浸水対策計画の策定作業に取り掛かり始めていることを把握することができた。

また、雨天時浸水水の調査^{19)~23)} や運転管理^{24)~26)}

表-3 収集した論文等及び記載内容整理表

カテゴリー	内容	論文数	件数
雨天時浸水対策計画策定事例	ガイドラインに基づき雨天時浸水対策計画を策定している事例	4	2
浸入率算定	地方公共団体等がガイドラインに基づき現況の浸入率を算定している事例	3	3
調査技術	個別調査技術について紹介している事例	27	15
調査・対策事例	調査と対策に関する事例	4	4
運転管理	雨天時浸水対策に関する運転管理手法を紹介している事例	13	8
総括もの	地方公共団体が長年取り組んできた対策内容を総括的に論じている事例	6	3
対策効果の算定	対策効果について算定している事例	8	5
流域下水道	都道府県等が発表している流域下水道に関する対策事例	3	3
PFI	PFI 事業として雨天時浸水対策に取り組んでいる事例	1	1
要因分析	雨天時浸水水の発生要因を分析している事例	4	3
解説もの	ガイドラインや各種マニュアル等について紹介している事例	8	4
合計		81	51

※件数は同一著者による同一技術を説明している論文を控除した件数

に関する最新技術を紹介している事例が多数確認されているため、雨天時浸水対策に関する個別技術の開発が進展していることが明らかとなった。

加えて、これらの論文等の中には長年この問題に対して取り組んできた地方公共団体が、その取組を総括的にとりまとめている事例²⁷⁾ や、長年取り組むことによる対策効果に関してとりまとめている事例も数例存在していた^{28)~33)}。

さらに、新たな取組として、PFI 事業の中で雨天時浸水対策を実施している事例³⁴⁾ も 1 例確認することができた。

6. 関連論文等の整理より得られる各課題に対する解決策

3 章から 4 章においては、地方公共団体が雨天時浸水対策を実施するうえでの課題と、それぞれの課題に対して、解決策がガイドラインに記載されている事項と、記載されていない事項をそれぞれ整理した。そして、5 章ではガイドラインには記載が無い事項の課題解決のために資する事例について、論文等や既存マニュアル等の先行研究から収集し整理した。これらの関係を体系的に整理したものを図-4 に示した。課題解決に資する事例の収集内容を以下に記す。

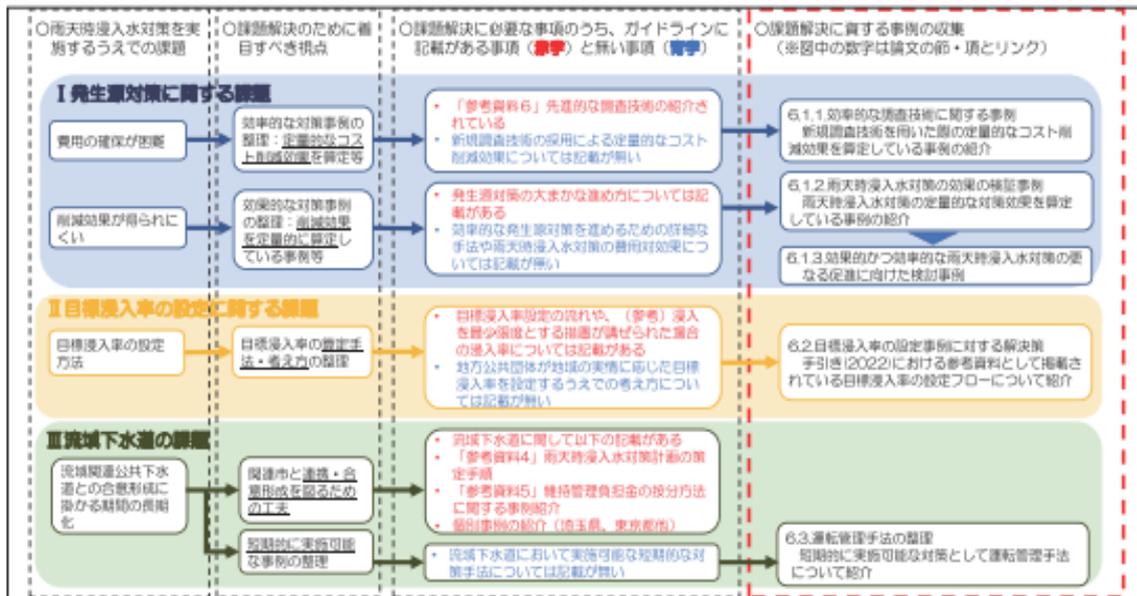


図-4 本研究における調査結果整理図

6.1 発生源対策に関する課題に対する解決策

雨天時浸水水対策の発生源対策を実施するうえでの課題には「費用の確保が困難」、「削減効果が得られにくい」等が存在していた。このため、課題解決に資する事例として、調査コストの削減事例（効率的な調査事例）及び削減効果を定量的に算定している事例（効果的な対策事例）に加えて、効果的かつ効率的な発生源対策を実施するにあたり有益と考えられる事例について収集した。

6.1.1 効率的な調査技術に関する事例

前述した課題のうち、費用の確保に関する課題の解決策として、本研究で収集した論文等や既存マニュアル等の中から定量的なコスト削減効果について算定している事例について表-4に整理した。事例は①AI関連技術、②クラウド監視システム、③細ブロックの調査手法に関する事例が存在した。各手法において、従来手法と比較して50%以上の削減効果が得られることが確認されているため、これらの手法の活用により効率的に対策を進めることが

表-4 調査コストの削減事例

項目	AIによる音響データを用いた雨天時浸水水検知技術 ^{19) 20)}	水位計と光ファイバー温度分布計測システムにAIを組み合わせた調査技術 ^{21) 22)}	マンホールポンプ場のクラウド監視システムを利用した雨天時浸水水スクリーニング調査手法 ²³⁾	細ブロックの調査手法 ¹⁰⁾
調査法概要	ボイスレコーダーを集音装置として下水道管内の流水音を収集し、晴天時と雨天時の流水音の違いをAIで解析	水位計と光ファイバー温度分布計測システムで得られた調査結果をAIを用いて解析し、雨天時浸水水発生箇所を検出	マンホールポンプの運転データを用いてスクリーニングを実施する手法	小ブロック(2~5ha規模)未清への雨天時浸水水の浸水範囲の絞り込みや原因把握に寄与できる調査技術
比較概要	【従来手法】大ブロック⇒中ブロックへの絞り込み(流量計)⇒小ブロックへの絞り込み(流量計)(人による解析) 【本技術】大ブロック⇒小ブロックへの絞り込み(音響調査)(AIによる解析)	【従来手法】大ブロック⇒中小ブロックへの絞り込み(流量計)⇒詳細調査箇所(本管TVカメラ、音響・染料調査等) 【本技術】大ブロック⇒中小ブロックへの絞り込み(圧力チップ等による水位調査)⇒詳細調査箇所(光ファイバー温度分布計測システムによる調査)⇒詳細調査(本管TVカメラ、音響・染料調査等)	【従来手法】流量計による調査 【本技術】日常的に記録しているMP運転データを基にスクリーニング	【従来技術】テレビカメラ調査+送煙調査を小ブロック全域に対して実施 【本技術】本技術(※)を用いて1ブロックまで絞り込んだ後にテレビカメラ調査+送煙調査を実施 ※画像・水位変換システム、横打超音波式水位計、卵形フリュームによる流量計測及び評価・解析、水温法による雨天時浸水水の調査及び影響評価技術、水質(電気伝導度、温度)を用いた不明水調査技術
コスト削減効果	本技術は、従来手法に比べて平均約58%削減(実証フィールドである5都市10地区)	本技術は、従来手法に比べて都市別では58~63%(2都市計で60%)	本技術は、従来手法に比べて1/10程度の費用で実施可能	どの技術を用いた場合でも、本技術は従来技術よりも約5~53%の費用削減率

表-5 雨天時浸入水対策対象施設と削減効果

著者	対策箇所	削減効果
G&U 技術研究センター ²⁹⁾	マンホール蓋	・ 現行マンホール蓋と旧式マンホール蓋の浸入水量の比較 ・ 勾配受け（鍵無し）蓋の浸入水量は現下水道協会規格蓋の浸入水量の約 10 ～ 20 倍、平受け蓋の浸入水量は現下水道協会規格蓋の約 100 ～ 200 倍
大阪市 ³⁰⁾	本管	・ 布設替え（取付管あり）（100%）、管更生（取付管あり）（95%）の浸入水削減効果 ・ 海水浸入水量が多い港抽水所管内において、現状 60%の不明水量を 5 年後には 8%，20 年後には 20%改善できると予測している
那覇市 ³¹⁾	公共ます	・ 公共ます周りを穿孔し、止水用の薬剤を注入し充填することで周囲を地中でコーティングする工法 ・ H28 年度 → 260 箇所の公共ますがある区画を 3 つの工区に分割して施工したところ平均 60%の削減に成功 ・ H29 年度は 295 箇所 で 67.2%，H30 年度は 264 箇所 で 59.4%，令和元年度は 261 箇所 で 55.3%の削減率となり、4 年間で平均 60%
神戸市 ³²⁾	本管、取付管、マンホール蓋	・ 雨天時浸入水量 1 m ³ /h を削減するのに要する費用を算定 ・ 対策内容は本管更生、取付管（布設替えまたは更生）、マンホールの取替 ・ 20mm/h 降雨を想定した際に 1 m ³ /h を削減するのに約 230 万円を必要とすると試算
甲府市 ³³⁾	本管、取付管、マンホール蓋	・ 事例ベースモデリング技術により絞り込み後に流量計で絞り込み（10 年の対策効果算定） ・ 雨天時浸入水（誤接続以外 + 誤接続）の削減量 1,932m ³ /日であり、対策前に対し約 65%削減効果 ・ 誤接続改善に伴う雨天時浸入水の削減量は、143m ³ /日であり 25%の削減効果があった ・ 常時浸入水の削減量は 1,603m ³ /日であり 80%削減効果があった ・ 常時浸入水量の削減に伴う処理費用の経済的な削減効果の試算結果は 10 年間で約 8.6 億円 ・ 管更生：約 10km、蓋の取替：546 箇所、誤接続解消：57 戸

出来る可能性が示唆された。

6.1.2 雨天時浸入水対策の効果の検証事例

次に雨天時浸入水の削減効果に関する課題の解決策として、雨天時浸入水対策による削減効果を算定している事例について紹介する。

各事例における対策箇所とその削減効果を整理して表-5 に示す。該当する事例の件数は多くはないが、本管、公共ます、マンホール蓋等多岐にわたる。

雨天時浸入水の発生源対策は、発生源の特定に至るまでの調査に期間を要する等の理由から対策効果の早期発現が難しい場合が多い。このため、各種対策内容とその定量的な削減効果が示されている事例は、今後雨天時浸入水対策を実施する地方公共団体にとって有益な知見になると考えられる。一方、雨天時浸入水の対策は処理面積や土質条件等の地域特

性に左右されるため、全ての地方公共団体において同一の削減効果が期待できるとは言い難いことに留意が必要である。

6.1.3 効果的かつ効率的な雨天時浸入水対策の更なる促進に向けた検討事例

前項まででは、雨天時浸入水に関する調査・対策技術について記載したが、効果的に対策を行うには、地域特性に見合った手法を選択することや、最大限に効果を発揮するための仕組みづくりを行っていくことが重要である。そこで、以下の 2 事例を紹介する。

1 例目は神戸市の事例である²⁷⁾。当該事例では市内で実績のある従来手法（流量計、水位計、MP 電流測定）と新技術（画像・水位変換システム、音響調査（AI 解析）、天球カメラ調査）の特徴（費用面、優位点、劣点）を整理し、調査の目的にあった手法

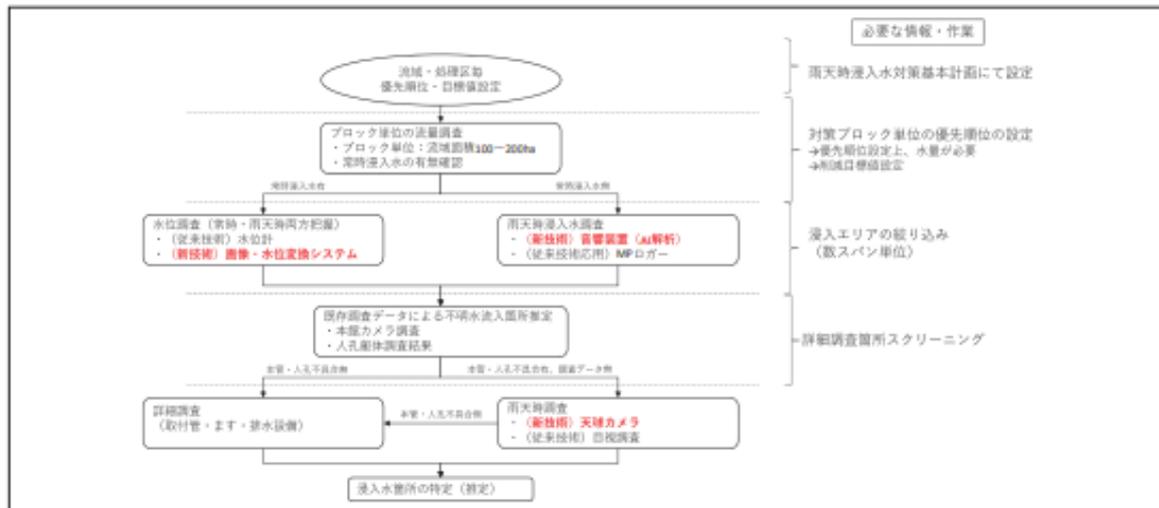


図-5 神戸市における不明水浸入箇所絞り込み手順²⁷⁾

を選定するためのフローを作成している（図-5）。なお、当該フローは次に示す考え方で作成されている：①雨天時浸入水対策基本計画にて流域・処理区毎の優先順位や目標値設定を行う。②対策ブロック単位の優先順位の設定を行う：対策目標値、ブロック間の優先順位を設定する上で、水量は必要となることから、ブロック単位の調査手法は、流量調査とする。③浸入エリアの絞り込み：②で設定したブロック内での不明水浸入箇所の推定には、不明水量は重要ではなく、浸入水有無の把握が重要となる。そのため、費用の高い流量調査で絞りこむのではなく、前述した従来手法及び新技術から、設置箇所条件（例地下水水位が高く常時浸入水の把握も必要）・費用等を勘案して手法を選定する。④詳細調査箇所のスクリーニング：神戸市では、市内全域の布設年度が古いコンクリート系管の本管 TV カメラ調査が令和元年度に完了したことから、当該データを分析することで、不明水浸入箇所のスクリーニングが可能。

2例目は、雨天時浸入水やストックマネジメントを推進するために、PFI事業を導入している富田市の事例である³⁴⁾。当該事例は2019年度より5箇年でPFI事業を行うものとしており、義務事業として管更生建設工事、マンホール蓋取替工事、ます及び取付管調査業務、誤接続調査業務を、付帯事業として誤接続解消工事を実施しているものである。同論文の中では、PFI導入によるメリットとして、単年度で行っていた設計・調査・工事発注を、一括して民間に委ねることにより、市職員の事務量を削減できるとともに、管更生工事以外も含めた一括発注により総事業費の低減が期待できると述べている（導入可能性調査時のVFMは9.6%）。

当該論文の中では、定量的な対策効果について記載はなかったが、今後、効果的な雨天時浸入水を検討する上で参考となる取組であると考えられる。

6.2 目標浸入率の設定に関する課題に対する解決策

地域の実情に見合った目標浸入率の設定についてはガイドラインに記載が無いため、独自で設定するうえでの考え方や、具体的な設定事例等について収集したが、論文等に事例は存在しなかった。一方、手引き（2022）¹¹⁾の（参考）巻末資料では、「モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）」として、流量調査に基づく雨天時浸入水量（現況）とストックマネジメント計画の管路詳細調査結果より、目標浸入率を設定し、雨天時計画汚水量（目標）を算定する方法が紹介されている。

6.3 流域下水道の課題に対する解決策

流域下水道のような広大な処理面積を有してお

り、内部の連携や合意形成に時間が要するケースにおいては、発生源対策と並行して運転管理により溢水等の被害を軽減することも有効である。そこで運転管理手法について紹介する。

6.3.1 雨天時下水活性汚泥法を用いた運転管理事例

本研究で収集した事例の中には、雨天時活性汚泥法（以下、3W）に関連する事例を紹介している論文等を数例確認することができた。3Wはステップ流入水路の活用等により、処理能力（1Qs）を超える下水を反応槽の後段に流下させて活性汚泥処理する方法である。

ここでは、3W関連事例のうち、経済性評価を行っている事例について紹介する²⁴⁾。当該事例は3Wで利用されている初期吸着と膜分離活性汚泥法を組み合わせた「ハイブリットMBR」を用いた事例であった。前述した技術を採用した場合と、水処理施設の建設、雨水滞水池の建設との3ケースで比較した結果、施設対策時のLCCの観点では、水処理施設の増設よりも38%、雨水滞水池の増設よりも13%削減できると試算していた。

6.3.2 運転管理手法の促進に向けての課題と検討事例

前述した事例のように、運転管理手法の導入は水量及び水質の管理の視点から有効な対策といえるが、収集した論文等の中には「運転管理の切り替え等の判断が現場依存となる」といった運転管理を実施するうえでの課題等について言及している事例も存在した²⁵⁾。

そこで、これらの解決策となり得る事例として、流入水量や水質をAI技術により予測することを試みている事例を確認することができた。これらは、「流入下水量」、「降水量」をインプットデータとした深層学習を行うものであり、今後、運転管理技術と併せて導入することにより、運転管理の最適化を図ることができると考えられた²⁶⁾。

7. 効率的かつ効果的な雨天時浸入水対策のための今後の検討事項

本章では、これまでの調査を踏まえ、今後、雨天時浸入水対策を促進するうえで検討を進めることが望ましい事項と具体的な対応方策例を以下に示す。

7.1 発生源対策及び費用対効果に関する課題に対する検討事項

7.1.1 対策手法の選定に資するデータ集積

4.3より雨天時浸入水の調査技術、対策技術は進展しており、一部においては導入効果も明らかと

なっている。一方、雨天時浸入水対策は処理面積、経過年数、管種、土質条件等の地域特性に左右されるため、有効とされる手法は各地域で異なることが想定される。

今後は各地方公共団体の地域特性に見合った手法を選択できるよう、対策事例を集積することが重要である。また、雨天時浸入水の発生状況と処理面積、経過年数、管種、土質条件等の地域特性に関する情報が紐づいたビックデータは存在しないため、まずは国土技術政策総合研究所が公表している「下水道管きょ劣化データベース」³⁵⁾のように分析に供する情報の集積を行うことが重要であると考えられる。

7.1.2 対策費用に関するデータ集積の必要性について

対策費用と効果の定量化による評価は大きな課題である。そこで、本稿では対策費用について現時点で地方公共団体が実施しうる費用の規模の試算として、神戸市の数値³²⁾を引用した例を示す。著者が雨天時浸入水対策に携わった某市（事業計画人口：3万人程度、事業計画面積1,000ha程度）は、対策が必要な雨天時浸入水量が2,800m³/h存在する。6.1.2表-5の神戸市事例³²⁾（1m³/hあたりの削減費用230万円）を用いると対策費として約64億円が必要と試算できる（表-6）。某市の試算に神戸市の対策費用をそのまま適用することには問題があるが神戸市³²⁾のような削減費用の算定事例を全国的に集積することにより、各地方公共団体が今後対策を実施していくうえで必要な費用の規模や、他団体との相対的な比較をすることが可能となる。これは、実施に向けての課題である財政支出を行うための説明材料の一つになりうると考えられる。

さらに、雨天時浸入対策の費用対効果の算定方法については、本稿では今後の課題として整理するとどめるが、削減量に応じた対策費用で評価するだけでなく、処理場やポンプ場における浸入水量の低減に伴う維持管理費の削減効果に加え、道路陥没防止・公共用水域の水質保全等の総合的な便益を考慮した評価を行う手法を作成する必要があると考える。

表-6 神戸市³²⁾事例を用いた試算結果

項目	費用	単位	備考
削減量	2,800	m ³ /h	①
1m ³ /h削減費用	2,300	千円	②：神戸市事例 ³²⁾ より
対策費用	6,440,000	千円	③：①×②

7.2 目標浸入率の設定に関する課題に対する検討事項

6.2には手引き（2022）¹¹⁾の巻末資料に示され

る目標浸入率の設定フローについて紹介している。しかし、目標浸入率（設定値）を雨天時浸入水対策計画に位置付けるための地域の実情や妥当性検証の考え方については記載がないため、これらの考え方を示すと同時に、具体的な設定事例の収集と分析が必要であると考えられる。

また、ガイドラインによると目標浸入率は「発生源対策により、直接浸入水の防止、及び雨天時浸入地下水の浸入を最少限度とする措置を講じた対策計画の期間が終了した後の浸入率」とされている。

ここで、課題となるのは発生源対策の完了である。ストックマネジメントにより修繕・改築が完了している地区を有する地方公共団体は多数存在していると考えられる。しかし、誤接続対策については、公共の管理するものではないため、調査により場所が特定できたとしても対策工事に長期間を要するケースが多く存在する。このため、シミュレーション等により誤接続対策による削減効果を算定可能にすることにより、発生源対策が完了した後の浸入率の設定を容易にすることも課題解決になり得ると考えられる。

7.3 流域下水道に関する課題に対する検討事項

4.3で流域下水道が関連市町村と連携・合意形成を図るうえでの工夫についてとりまとめ、6.3では短期的に実施が可能であると想定される運転管理手法について紹介した。今後は、流域下水道関係者で合意形成を図ったうえで、運転管理手法や、6.1で紹介している発生源対策等を組み合わせて実施することにより、各流域下水道における最適な対策を進めていくことが重要である。

8. まとめ

本研究では、地方公共団体を対象としたアンケート結果より、雨天時浸入水対策を実施するうえでの課題として「発生源対策に関する課題」「目標浸入率の設定に関する課題」「流域下水道の課題」を設定した。

そして、国土交通省が2020年に公表しているガイドライン、課題解決に資する情報を収集するために下水道関係団体が出版しているマニュアル・手引き並びに論文等について調査し体系的に整理した。各課題に関する結論を以下に示す。

①発生源対策に関する課題：論文等の収集において、調査における定量的なコスト削減効果を示す事例4件と、対策による定量的な削減効果を示す事例

5件を確認することができた。今後は、各地方公共団体の地域特性に見合った調査及び対策手法の選択に資する情報等を蓄積するため、データの収集及び分析を行うことが必要である。

- ②目標浸入率の設定に関する課題：手引き（2022）の巻末資料において、目標浸入率の設定フローについて紹介されていた。しかしながら、目標浸入率（設定値）を雨天時浸入水対策計画に位置付けるための地域の実情や妥当性検証の考え方については記載がない。これらの考え方をガイドライン等で示すとともに、具体的な設定事例の収集と分析が必要である。
- ③流域下水道の課題：流域下水道における雨天時浸入水対策については、ガイドラインの参考資料編において、流域下水道が関連市と連携して計画策定を行うための手順書並びに合意形成手法が示されている。また、短期的な対策としての運転管理手法の導入について、施設対策（貯留池等の建設）と比較した際のコスト削減効果を示す事例を1件確認することができた。今後は、都道府県、及び関連市町村等の流域下水道関係者で合意形成を図りつつ、運転管理手法や、発生源対策等を組み合わせた対策を実施することが重要と考えられる。

最後に、本研究では地方公共団体等における効果的・効率的な検討の一助となるよう体系化を試みた。本テーマは、今後の維持管理・事業経営の時代においては重要なテーマであると認識しており、本研究を参考にした検討が各地域でなされ、現時点では不足する内容が更に充実していくことを期待している。

〈参考文献〉

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2020）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）
- 2) 金海秀紀，浦部幹夫，滝本麻理奈，加藤裕之（2021）雨天時浸入水対策計画を策定するための手法に関する一考察，第58回下水道研究発表会講演集
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2020）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【参考資料1】雨天時浸入水対策計画の策定例
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2020）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【参考資料2】下水道法に基づく事業計画の記載例
- 5) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2022）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【参考資料3】雨天時浸入水対策ガイドライン Q&A
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2022）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【参考資料4】流域下水道における雨天時浸入水対策計画策定手順書
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2023）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【参考資料5】流域下水道における維持管理負担金の按分方法に関する実態調査
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2023）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【参考資料6】デジタル技術を活用した雨天時浸入水調査技術一覧及び個別技術紹介
- 9) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部（2022）雨天時浸入水対策ガイドライン（案）【対策事例に関して】事例集
- 10) 「分流式下水道の細（さい）ブロックにおける雨天時浸入水調査技術に関する技術資料（2022）日本下水道新技術機構」
- 11) 「不明水対策の手引き（2022改訂版）（2022）公益社団法人全国上下水道コンサルタント協会，「不明水対策の手引き」改訂等技術専門委員会」
- 12) 鍵本泰三：全国初の「長崎市雨天時浸入水対策計画」を策定—既存施設の水槽を活用した雨天時浸入水対策—，下水道協会誌，Vol.59，No.720，pp.15-17，2022
- 13) 山口将文，福島諒，平山允規：全国初の「長崎市雨天時浸入水対策計画」を策定，第59回下水道研究発表会講演集，2022
- 14) 岡部貴拓：雨天時浸入水対策計画の立案について，第59回下水道研究発表会講演集，2022
- 15) 中谷文則：発生源対策を基本とした雨天時浸入水対策計画の策定，下水道協会誌，Vol.59，No.720，pp.18-20，2022
- 16) 青木勲：函館市の分流式下水道における雨天時浸入水対策とその効果検証，第57回下水道研究発表会講演集，2020
- 17) 北村隆光，伊藤雄二，成田篤史：雨天時浸入水対策計画策定に関する調査研究，第57回下水道研究発表会講演集，2020
- 18) 三井保幸，山本雅夫，三好宏平：雨天時浸入水メカニズムの推測にもとづく削減対策の一提案，第57回下水道研究発表会講演集，2020
- 19) 松浦達郎：流水音とAIとを組み合わせた雨天時浸入水調査技術をガイドライン化，下水道協会誌，Vol.59，No.720，pp.29-32，2022
- 20) 国土交通省国土技術政策総合研究所（2021）AIによる音響データを用いた雨天時浸入水検知技術導入ガイドライン（案）
- 21) 秋葉竜大，今井聡，牛原正詞，松浦達郎：ラインスクリーニングによる雨天時浸入水調査の一事例，第59回下水道研究発表会講演集，2022
- 22) 国土交通省国土技術政策総合研究所（2022）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)
下水道研究部下水道研究室
- 23) 新穂孝行：マンホールポンプ運転データを活用した雨天時浸入水のスクリーニング調査, 下水道協会誌, Vol.59, No.720, pp.33-36, 2022
- 24) 小野亮輔, 永江信也, 松井寛幸, 矢次壮一郎, 齋藤洗樹：雨天時浸入水等による流量変動に対応可能なハイブリッドMBRの開発, 第59回下水道研究発表会講演集, 2022
- 25) 藤原尚洋, 金子陽輔, 高半禮純, 石井宏幸, 後藤雅子：分流式下水道における雨天時の運転管理に関する工夫, 第58回下水道研究発表会講演集, 2021
- 26) 藤原翔, 綿引綾一郎, 糸川浩紀, 松橋学：AIを活用した水処理制御支援技術の雨天時における予測精度検証, 第58回下水道研究発表会講演集, 2021
- 27) 浅井真平：管路施設における戦略的な不明水調査に関する一考察, 第59回下水道研究発表会講演集, 2022
- 28) 浅井真平：過年度調査データを用いた不明水に関する一考察, 第58回下水道研究発表会講演集, 2021
- 29) 柴田章兵, 内山真喜子, 村上一弘, 杉伸太郎：路面模型を用いた旧式マンホール蓋穴からの直接浸入水に関する実験研究, 第57回下水道研究発表会講演集, 2020
- 30) 谷輪陽介：下水管渠への浸入水に関する調査, 下水道協会誌, Vol.57, No.698, pp.29-31, 2020
- 31) 高山康：公共樹における雨天時の不明水対策工事, 下水道協会誌, Vol.57, No.698, pp.40-42, 2020
- 32) 社領沢：管きょによる雨天時浸入水対策に関する一考察, 第57回下水道研究発表会講演集, 2020
- 33) 望月宏泰, 内藤大：甲府市における浸入水対策の取り組みと効果検証について, 下水道協会誌, Vol.57, No.698, pp.15-17, 2020
- 34) 五枝茂幸：PFIで進める管路のストックマネジメントと不明水対策, 下水道協会誌, Vol.59, No.714, pp.38-41, 2022
- 35) 国土交通省国土技術政策総合研究所(2021) 下水道管渠劣化データベース

(R5.10.2 受付)



たきもと まりな
滝本 麻理奈
株日水コン 下水道事業部
東部計画管路部 技術第三課



かんかい ひであき
金海 秀紀
株日水コン 下水道事業部



もりなが こうじ
森永 晃司
株日水コン 下水道事業部
東部計画管路部



かとう ひろゆき
加藤 裕之
東京大学大学院工学系研究科
都市工学専攻
下水道システムイノベーション研究室
特任准教授