

不明水対策の手引き (2022 改訂版)

令和4年7月

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

目 次

1. 総論	
1.1 背景.....	1- 1
1.2 目的.....	1- 3
1.3 適用範囲.....	1- 5
1.4 不明水の定義.....	1- 6
2. 不明水対策の基本的な考え方	
2.1 常時浸入地下水対策の基本的な考え方.....	2- 1
2.2 雨天時浸入水対策の基本的な考え方.....	2- 2
2.3 その他不明水対策の基本的な考え方.....	2- 4
3. 不明水量の考え方	
3.1 不明水量の目標設定.....	3- 1
3.2 不明水量の現状分析.....	3- 2
3.3 対策目標の設定.....	3- 4
3.3.1 計画期間.....	3- 4
3.3.2 常時浸入地下水量の目標設定.....	3- 5
3.3.3 雨天時浸入地下水量の目標設定.....	3- 6
3.4 雨天時計画汚水量.....	3- 7
4. 不明水調査	
4.1 不明水調査の目的.....	4- 1
4.2 不明水調査の手順.....	4- 2
4.3 基礎調査.....	4- 4
4.4 スクリーニング.....	4- 7
4.4.1 スクリーニングの目的.....	4- 7
4.4.2 大・中ブロックへの絞り込み.....	4- 8
4.4.3 小ブロックへの絞り込み.....	4- 16
4.5 詳細調査.....	4- 20
4.6 詳細調査結果の活用.....	4- 26

5. 運転管理と施設対策	
5.1 雨天時計画汚水量に対する能力の確認.....	5- 1
5.2 主な対策メニュー.....	5- 3
5.3 運転管理.....	5- 6
5.4 施設対策.....	5- 7
6. 発生源対策	6- 1
6.1 発生源対策の考え方.....	6- 1
6.2 常時浸入地下水対策.....	6- 3
6.2.1 常時浸入地下水削減計画の策定.....	6- 4
6.2.2 優先順位の設定.....	6- 7
6.3 雨天時浸入水対策.....	6- 13
6.3.1 直接浸入水対策.....	6- 14
6.3.2 雨天時浸入地下水対策.....	6- 15
6.4 スtockマネジメントの活用による対策.....	6- 16
6.4.1 スtockマネジメントの活用.....	6- 16
6.4.2 スtockマネジメント計画.....	6- 17
6.5 雨水整備.....	6- 19
6.6 排水設備.....	6- 20
7. その他不明水対策	7- 1
8. 評価・モニタリング	
8.1 評価及びモニタリング.....	8- 1
8.2 CAPD サイクルの構築.....	8- 2

(参考) 巻末資料

1. モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）の具体例.....	参- 1
2. 雨天時浸入水対策事例.....	参- 9
3. 地下水浸入水対策事例.....	参- 22
4. 不明水対策の事後評価事例.....	参- 36

序

公益社団法人全国上下水道コンサルタント協会（当時は一般社団法人、以下「水コン協」という。）は、平成 20 年 3 月に「不明水対策の手引き」を発刊いたしました。この手引きは、不明水の原因として、雨水と地下水のほか無届事業所排水、井戸水、湧水などを対象に、原因を特定するための概略調査、原因別の対策フローや緊急、短期・中長期に分けた改善対策を示すとともに、対策の費用効果の分析方法や事後評価のフローについても述べられており、不明水対策に関する総合的な技術資料といえます。また、不明水対策に取り組む技術者の入門書であるとともに実務書となっています。

しかしながら、発刊から 10 数年が経過し、不明水を取り巻く環境（施設老朽化の進行、大規模地震による被災の増加、高強度降雨の増加）、制度（ストックマネジメント制度の導入、雨天時浸入水対策ガイドライン（案）の制定）及び技術（一例として、電気伝導度や下水温度の差異によるスクリーニング技術）が大きく変化・進化しました。さらに、雨天時浸入水対策ガイドライン（案）により、分流式下水道における効果的かつ効率的な雨天時浸入水対策の検討、実施が促進されるとともに、雨水以外の不明水対策の必要性が認識され、不明水対策事業の促進も期待される状況になりました。

このような背景のもと、総合的に不明水対策を検討し、対策を計画・実施するにあたっては、本手引きは不可欠な技術資料であります。現在の環境、制度、技術に対応した手引きの改訂を行うことにより、不明水対策に関する技術の更なる普及並びに効果的かつ効果的な対策事業の促進に繋がるものと考えられます。このことから、令和 2 年に水コン協内に、「不明水対策の手引き」改訂等技術専門委員会を設置し、2 年余りをかけて、改訂作業に取り組んでまいりました。

この度の「不明水対策の手引き」2022 改訂が、不明水対策の一層の事業促進に寄与するとともに、持続可能な下水道事業に資することを祈念いたします。

令和 4 年 7 月

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
委員長 押 領 司 重 昭

「不明水対策の手引き」改訂等技術専門委員会

(五十音順、敬称略)

委員長	押領司重昭	株式会社三水コンサルタント
委員	青柳 武浩	オリジナル設計株式会社
	遠藤 雅也	株式会社N J S
	竹内 大輔	株式会社日本インシーク
	永田 壽也	株式会社日水コン
	長谷川 孝	中日本建設コンサルタント株式会社
	三井 保幸	株式会社浪速技研コンサルタント
	森谷 敦人	株式会社ニュージェック
	矢嶋 邦憲	株式会社東京設計事務所
	山賀 秀昭	日本水工設計株式会社
旧委員	吉見 崇	株式会社三水コンサルタント
	吉田 恵勝	
事務局	大津 順	株式会社N J S
	佐藤 雅彦	株式会社三水コンサルタント
	幡豆 英哉	公益社団法人全国上下水道コンサルタント協会

1. 総論

1.1 背景

不明水がもたらす問題として、維持管理費の増大による下水道経営への負担増、公衆衛生上のリスク増大、公共用水域の水質保全に関するリスク増大及び2次災害としての交通障害発生等が挙げられる。特に、近年、施設の老朽化の進行や地震等の被害による水密性低下と豪雨発生頻度の増加に伴い、降雨時に下水の流量が増加し、污水管等からの溢水や宅地への逆流等が発生している。

不明水問題は、解決すべき課題であると認識されているものの、必ずしも十分な対策が進んでいない状況である。

このような状況に対処するため、効率的かつ効果的な不明水対策の検討、実施が求められている。

【解説】

不明水により顕在化する現象として、「有収率の低下」、「ポンプ場、処理場等の施設の冠水」、「流入量増加、流入水質低下による水処理運転への影響」、「管路施設からの污水の溢水」、「マンホールふたの浮上や飛散」、「流入した土砂の堆積による管きよの流下能力の低下や阻害」、「海水の混じった地下水の浸入によるコンクリート施設の劣化」、「道路陥没」等が挙げられる。

これらの現象は、「経営負担の増大」、「公衆衛生上のリスク増加」、「公共用水域の水質保全リスク増加」や「交通障害」等の問題をもたらす。現象と問題は、多岐に渡って関係している。不明水の分類とこれらの関係を表 1-1 に示す。

表 1-1 不明水がもたらす問題点

不明水の分類			顕在化する現象	もたらす問題点			
雨天時 浸入水	常時浸入 地下水	その他の 不明水		経営負担	公衆衛生上 のリスク	公共用水域の 水質保全リス ク	交通障害
●	●	●	有収率の低下	●			
●			ポンプ場・処理場施設 の冠水	●	●	●	
●			水処理運転への影響	●	●	●	
●	●		管路施設からの 污水溢水	●	●	●	
●			マンホールふたの 浮上・飛散	●			●
	●		土砂流入による管きよ 流下能力の低下・阻害	●			
	●		海水浸入による コンクリートの劣化	●			
	●		道路陥没	●			●

国土交通省により、平成 30 年度に分流式下水道を使用する地方公共団体を対象にした不明水に関するアンケートでは、約 57%が「維持管理上の問題あり」と回答しているが、この中で、発生箇所・原因の調査を行っている団体は約 40%、発生源対策を実施したことのある団体は約 37%と、不明水の問題を認識しているが、対策等の実施に至っている団体は低い状況である。

一方、近年、施設の老朽化の進行や地震等の被害による水密性の低下と豪雨発生頻度の増加に伴い、降雨時に下水の流量が増加し、汚水管等からの溢水や宅地への逆流等が発生している。特に、雨天時浸入水については、気候変動に伴う降雨量の増加や短時間豪雨の頻発等が懸念される状況であり、対策が急がれている箇所もある。このことから、国土交通省では、雨天時浸入水に起因する事象の発生を防止することを目的に、令和 2 年 1 月「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」を公表した。これは、地域の実情や施設の状況を踏まえ、雨天時浸入水対策計画を策定し、発生源対策に加え、効果的な運転管理や施設対策を行う等、総合的な対策の実施を求めている。

このように、不明水によりもたらされる問題は多岐に渡り、その問題は認識されているが、対策の実施率は低い状況であり、持続可能な下水道事業のため、効率的かつ効果的な不明水対策の検討、実施が求められている。

1.2 目的

本手引きの目的は、不明水に起因して発生する様々な問題に対する計画的かつ総合的な不明水対策の必要な手順等を定めたものである。

【解説】

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」において、計画汚水量に雨天時浸入地下水量を加算して算出する「雨天時計画汚水量」が定義され、雨天時浸入地下水量は、発生源対策により浸入を最小限度とすることを前提としている。このような「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」の方向性を踏まえ、本手引きでは、「不明水対策の基本的な考え方」を示した上で、「不明水量の考え方」を整理するものである。また、これらの考え方に基づき、計画的かつ効果的な不明水対策を実施するため、必要な対策計画の手順を取りまとめるものである。

一般的に、不明水対策は、基礎調査、不明水の概略実態把握、テレビカメラ調査等の詳細調査を経て対策を実施している。このため、不明水の発生源対策には、多大な時間、労力、費用を要しており、早急に不明水を削減することは困難な状況にある。また、発生源対策を実施しても期待したほど不明水量が減少しない等、投資効果が現れにくいケースも報告されている。このように、多くの自治体では不明水の抜本的な解決に至っていない状況にある。

不明水対策を取扱った主な指針・手引きとして、「下水管路施設における浸入水防止対策指針 昭和 57 年 10 月 （社）日本下水道協会」のように汚水管に関する雨天時浸入水対策や地下水浸入水対策を対象とした指針や「分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き（案） 2003 年 3 月 （財）下水道新技術推進機構」のように雨天時浸入水対策のみを対象としたものがある。さらに、「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」では、分流式下水道における雨天時浸入水に起因する事象に対し、効果的かつ効率的な対策を立案するための基本的な考え方を示している。このように雨天時浸入水対策についての指針・手引きは発刊されているものの、不明水対策を包括的に取扱った指針・手引きは見当たらない。

本手引きでは、不明水に起因して発生する様々な問題に対して解決を図るために、下水道施設全般を対象とした効率的な調査手法や修繕・改築計画を考慮した中・長期的な対策計画の立案手順や手法について解説するとともに、雨天時の危機管理等の観点から既存施設等を有効に活用した対策立案手法等も解説する。本手引きを含め、不明水対策を取扱った指針・手引きと適用範囲を表 1-2 に示す。

表 1-2 不明水対策を取扱った指針・手引きと適用範囲

		雨天時浸入水対策		地下水浸入水対策		その他不明水対策		事後評価
		調査	対策計画	調査	対策計画	調査	対策計画	
①	污水管	●	●	●	●	▲	▲	●
	ポンプ場・処理場	●	●	●	●	▲	▲	●
②	污水管	●	●	▲	▲	▲	▲	▲
	ポンプ場・処理場	●	●					
③	污水管	●	●	●	●			●
	ポンプ場・処理場							
④	污水管	▲	▲	▲	▲			
	ポンプ場・処理場	▲	▲	▲	▲			
⑤	污水管	●	▲	●	▲	▲	▲	
	ポンプ場・処理場	▲		▲				
⑥	污水管	●	●					
	ポンプ場・処理場	●	●					
⑦	污水管	●	●					●
	ポンプ場・処理場							

●：具体的に記述されている。 ▲：基本的な方針のみが記述されている。

①：本手引き

②：雨天時浸入水対策ガイドライン（案） 令和2年1月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部

③：下水道管路施設における浸入水防止対策指針 昭和57年10月 （社）日本下水道協会

④：下水道施設計画・設計指針と解説 2019年度版 （社）日本下水道協会

⑤：下水道維持管理指針 2014年度版 （社）日本下水道協会

⑥：分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き（案） 2003年3月 （財）下水道新技術推進機構

⑦：分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル 2009年3月 （財）下水道新技術推進機構

1.3 適用範囲

本手引きは、雨天時浸入水、常時浸入地下水、その他の不明水を対象とし、これらに関する調査、解析、対策計画策定、及び対策実施後の評価・モニタリングに適用する。

【解説】

不明水対策のフローと本手引きの適用範囲（章の構成）を図 1-1 に示す。このうち、破線で囲った部分が「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」における「雨天時浸入水対策計画の策定」の範囲である。

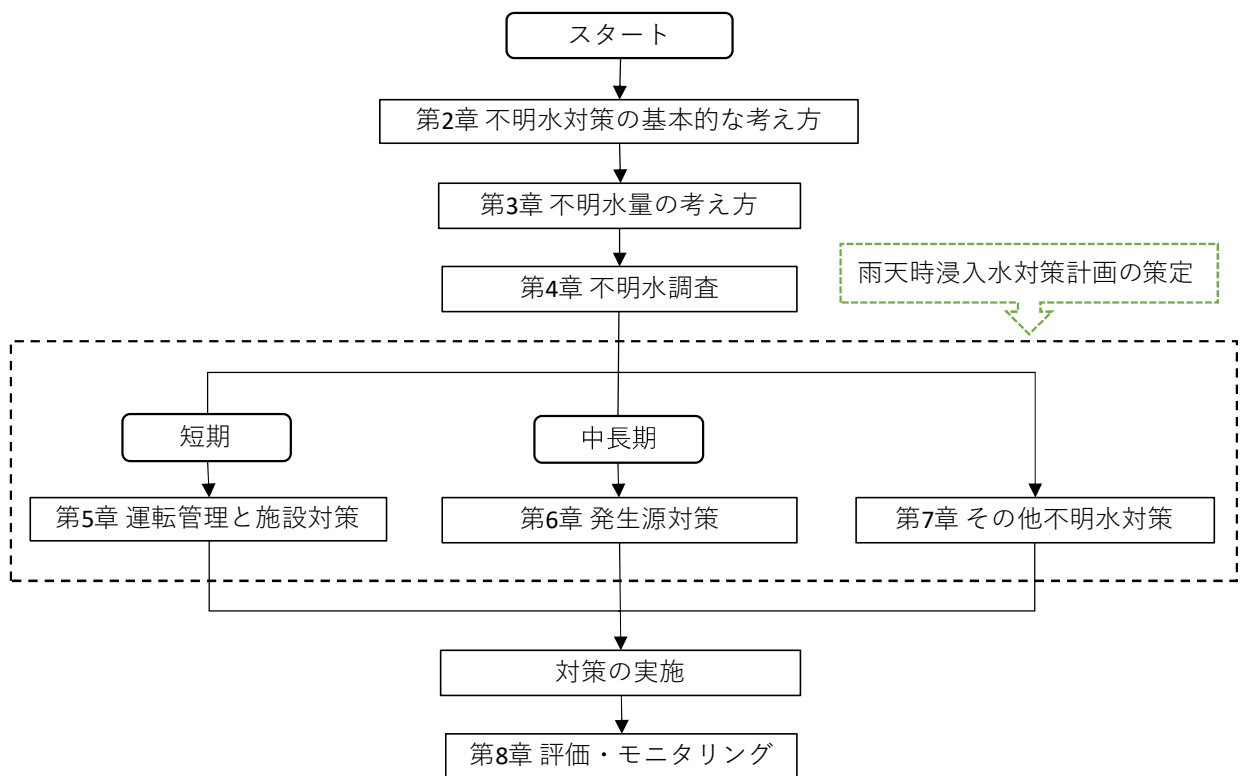


図 1-1 不明水対策のフローと適用範囲

1.4 不明水の定義

(1) 不明水

不明水とは、分流式下水道の汚水系統に流入する下水のうち、常時浸入地下水、雨天時浸入地下水、直接浸入水、その他不明水等からなるものをいう。

(2) 地下水

地下水とは、管きよ、取付け管、マンホール、及び排水設備等の水密不良箇所から浸入する常時浸入地下水と雨天時浸入地下水の総称をいう。

(3) 常時浸入地下水

常時浸入地下水とは、地下水位以下に埋設された汚水系統の施設に常時浸入する地下水をいう。

(4) 雨天時浸入地下水

雨天時浸入地下水とは、雨天時の地下水位上昇や、雨水の地下への浸透や浸入により、汚水系統に浸入する地下水をいう。

(5) 直接浸入水

直接浸入水とは、地下水及びその他不明水を除く不明水で、主にマンホールのふた穴や誤接合等により汚水系統に直接浸入する雨水をいう。

(6) その他不明水

その他不明水とは、地下水及び直接浸入水を除く不明水で、主に無届で下水道に接続している工場排水や事業所排水の有収外汚水をいう。

(7) 雨天時浸入水

雨天時浸入水とは、雨天時浸入地下水と直接浸入水の総称をいう。

(8) 雨天時計画汚水量

雨天時計画汚水量は、計画汚水量に雨天時浸入地下水量を加算して算出したものをいう。また、計画汚水量に基づき計画された施設について、排水能力の確認等に用いる。

(9) 浸入率

浸入率は、降雨量に対する雨天時浸入水量の割合をいう。降雨量と浸入水量の散布図による直線回帰式の傾きによって求められる。

(10) 発生源対策

雨天時浸入水及び常時浸入地下水に対して、宅内排水設備、公共汚水ます、取付け管、下水道本管、マンホール、その他の浸入部位における浸入水の防止又は低減の対策全般をいう。

【解説】

不明水とは、図 1-2 に示すとおり、流入下水量のうち、下水道管理者が下水道料金等で把握することが可能な水量（有収水量：汚水系統からの漏水、製品転化水量は除く）以外の下水量をいう。分流式下水道においては、汚水系統に流入する下水のうちで、地下水（常時浸入地下水、雨天時浸入地下水）、直接浸入水、及びその他不明水からなるものである。

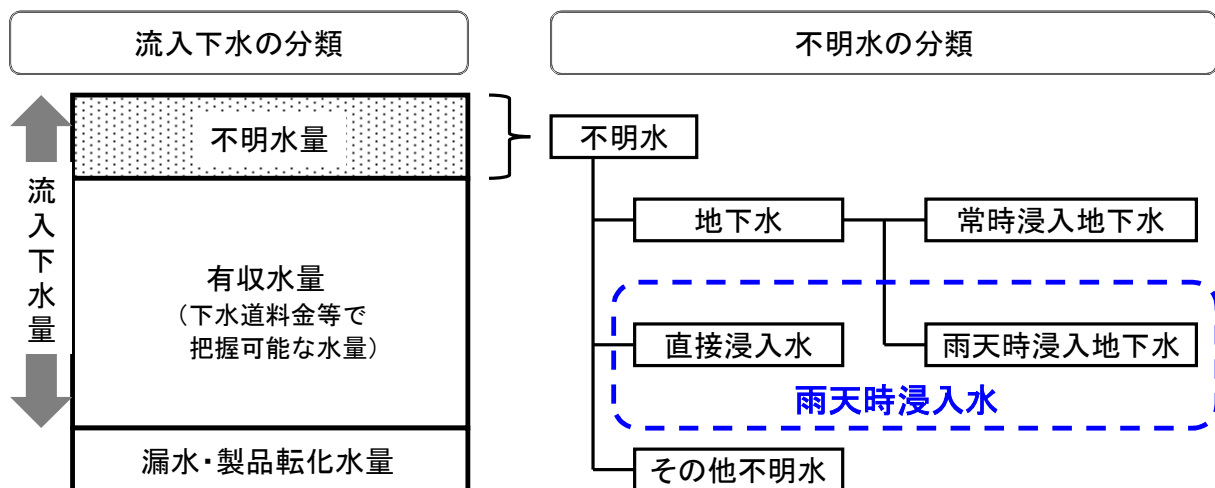


図 1-2 不明水の体系図

不明水は、地下水、直接浸入水及びその他不明水に分類され、地下水は晴天時の常時浸入地下水と雨天時浸入地下水に分類される。降雨に伴う雨天時浸入水は、直接浸入水と雨天時浸入地下水を合わせた水量となる。各不明水は図 1-3 及び図 1-4 に示すとおり、それぞれ発生源、浸入経路が異なっている。

常時浸入地下水は、主に地下水位以下に埋設された汚水系統の水密不良箇所(破損箇所、継手の目開き部分等)から恒常的に浸入する。

雨天時浸入地下水は、雨天時の地下水位上昇等に伴い、常時浸入地下水の浸入部位からの増量や水密不良箇所から新たに浸入する。又は、地下に浸透や浸入した雨水が、取付け管、排水設備等の水密不良箇所に向かう水みちを経て浸入する。

直接浸入水は、汚水系統への雨水系統や側溝等の誤接合や雨水排水設備の誤接合が原因で雨水が直接汚水系統に浸入する経路や、排水設備、マンホールのふた穴等の地上に開放された部分から直接浸入する経路がある。

その他不明水は、無届で下水道に接続している工場排水や事業所排水等の有収外汚水として直接汚水系統に浸入する場合や、上水系からの漏水等が汚水系統等の水密不良箇所から浸入する場合がある。

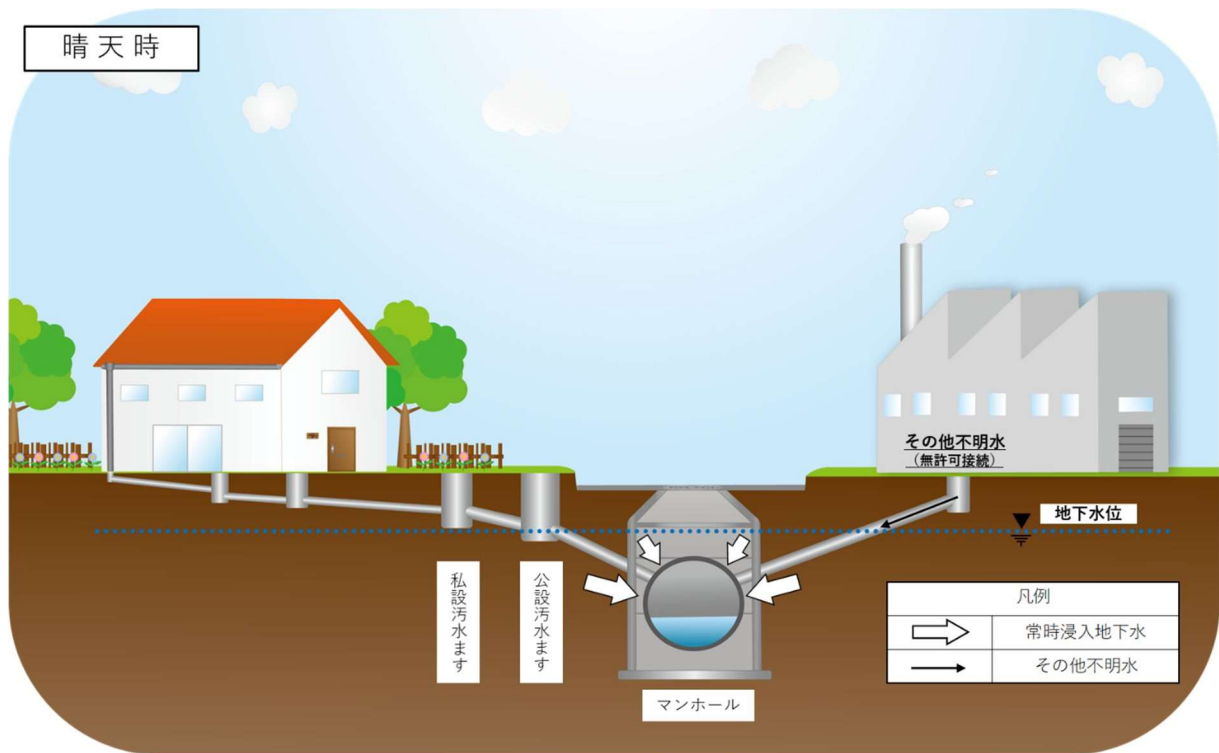


図 1-3 不明水の浸入経路（晴天時）

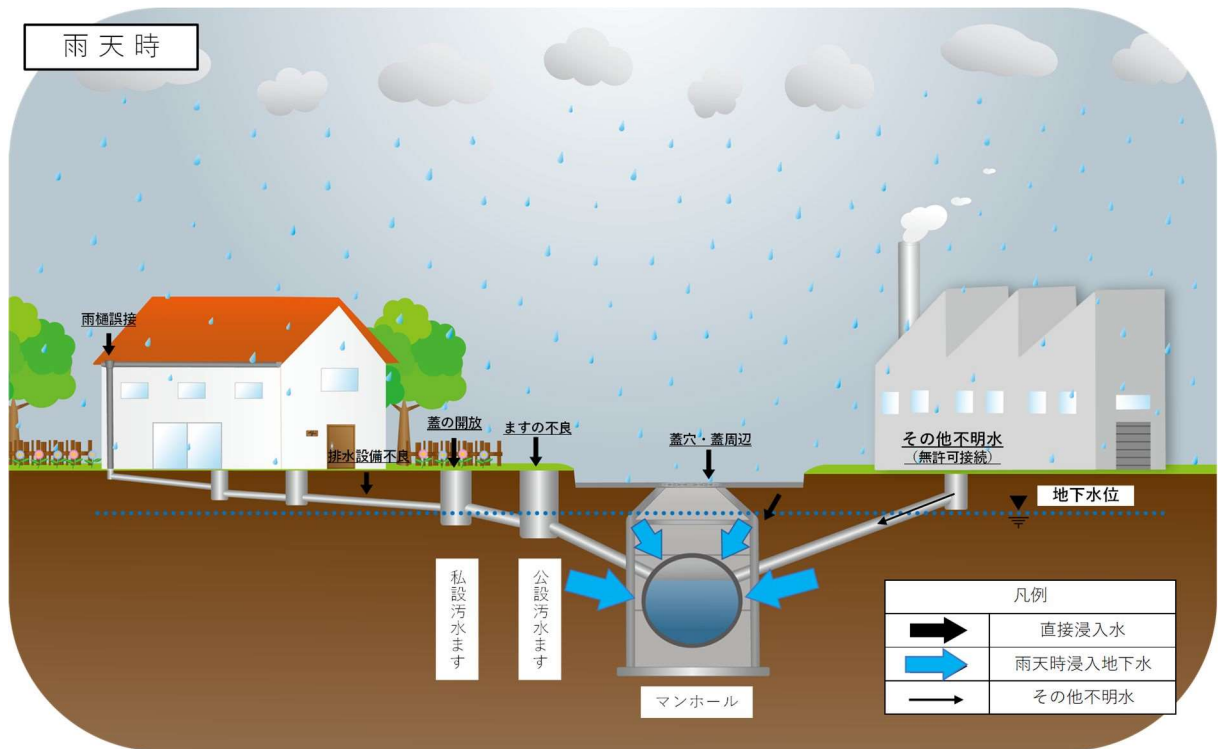


図 1-4 不明水の浸入経路（雨天時）

【参考文献】

- 1) 雨天時浸入水対策ガイドライン(案) 令和2年1月 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部

2. 不明水対策の基本的な考え方

2.1 常時浸入地下水対策の基本的な考え方

常時浸入地下水対策では、健全な下水道経営、あるいは適正な施設能力の確保や道路陥没等の事故を未然に防止する観点から、基本方針は次のとおりとする。

- (1) 管路施設の水密性を復元する抜本的な対策を実施する。
- (2) 修繕・改築実施計画の一環として事業を効率的に進めていく。
- (3) 対策の要否、時期等を明確にする指標を定め、中・長期的な視点に立脚した対策を立案する。

【解説】

常時浸入地下水が著しく増大した場合、下水道施設の能力不足となるほか、表 1-1 に示す不明水がもたらす問題点の事象が顕著となり、処理・通水能力を単に増強する対症療法的な対策では、これらの問題の解決は図れない。したがって、管路施設の水密性を復元する抜本的な対策を基本とする。

一方、管路施設は広範囲にあり、その全てに対し水密性を復元するための対策を講じるには、非常に多くの時間と費用を必要とすることから、常時浸入地下水対策では、対象とする管路施設を絞り込むことや対策実施時期を明確にすることが重要となる。

したがって、常時浸入地下水対策は、修繕・改築実施計画の一環として事業を効率的に進めていくことを基本とする。

なお、対策を実施するに当たっては、あらかじめ許容できる常時浸入地下水量を定め、これを超える浸入水があった場合には対策を実施するなど、対策の要否、時期等を明確にする指標を定め、中・長期的な視点に立脚した対策を立案する必要がある。

たとえば、「下水道施設計画・設計指針と解説 2019 年版 (社)日本下水道協会」(以下、「設計指針」という)では、管きよの布設前に浸入水量を予測することは不可能であることから、既整備区域については、処理場への晴天時流入水量と有収水量の実績データから、地下水量の実績値を算定し、融雪期、季節別の変動等の地域性を考慮した上で地下水量を設定するものとしている。また、実績に基づく設定が難しい地域については、生活汚水量と営業汚水量の和に対する日最大汚水量の 10~20%を見込むものとしていることから、常時浸入地下水が計画日最大汚水量の 20%を超える場合には、これを抑制する対策案を作成するなど、事業計画における地下水量を対策指標とするなどの方法がある。

2.2 雨天時浸入水対策の基本的な考え方

雨天時浸入水は、分流汚水系統に雨水が浸入し、晴天時に比べて著しく流入下水量が増大することにより、汚水系統からの溢水や処理施設の機能低下又は停止等の問題を引き起こす要因となっている。

このため、雨天時浸入水対策の基本的な考え方は、次のとおりとする。

- (1) 直接浸入水は、発生源対策により浸入を防止する。
- (2) 雨天時浸入地下水は、発生源対策により浸入を最少限度とする措置を講じる。
- (3) (2) の対策が講ぜられているにもかかわらず浸入する雨天時浸入地下水については、雨天時計画汚水量に見込むこととし、運転管理の工夫や施設対策による総合的な対策を講じる。

【解説】

(1) について

直接浸入水対策は、下水道法施行令などにおいて排水設備は汚水と雨水とを分離して排除する構造とすることや、汚水を排除すべきます又はマンホールは密閉することができるふたを設けることが定められていることから、雨天時計画汚水量には見込まず発生源対策により浸入を防止することを基本とする。

(2) について

雨天時浸入水対策は、排水施設（以下、「管路施設」という。）及び排水設備からの浸入が考えられるが、管路施設については公共下水道又は流域下水道の構造の基準を定めた下水道法施行令第5条の八を、排水設備については下水道法施行令第8条を踏まえ、地下水の浸入を最小限度とする措置を講じることとされている。

(3) について

発生源対策が講ぜられているにもかかわらず浸入する雨天時浸入水については、現状の把握を適切に行った上で、地域の実情に応じて適切に雨天時計画汚水量に見込むこととする。

雨天時計画汚水量に対する対策としては、計画汚水量に基づき計画された施設について雨天時計画汚水量に対する排水能力などを確認する。その上で、能力不足と判定された施設に対し、適切な運転管理などを検討し、総合的かつ段階的な施設対策を検討する。

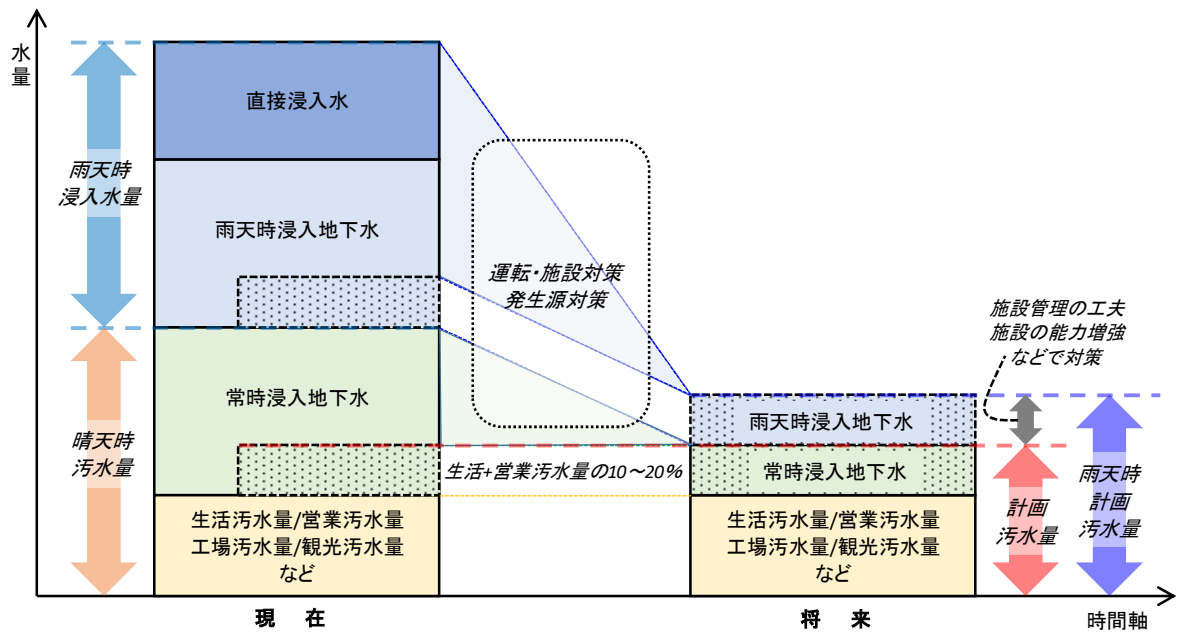


図 2-1 雨天時浸入水対策の考え方

2.3 その他不明水対策の基本的な考え方

不明水とは、流入下水量のうち、下水道管理者がおおむね下水道料金等で把握することが可能な水量以外の下水量で、そのほとんどが雨天時浸入水と常時浸入地下水であるが、その他不明水が挙げられる。その他不明水は水量が微小であることが多いため、水量等の実態把握を対策の基本とする。ただし、影響が無視できない状況が生じている場合には、個別に対策を検討する。

【解説】

その他の不明水は、「有収外汚水」、「上水系浸入水」、「その他」があり、雨天時浸入水や常時浸入地下水と比較すれば少量である場合は多いが、財政面への影響や道路陥没等への影響が無視できない場合には、個別に対策を検討する必要がある。

3. 不明水量の考え方

3.1 不明水量の目標設定

対策完了時点の不明水量については、次に示す基礎調査に基づき不明水量の現状分析を行い、対策目標を定めて設定する。

- (1) 不明水量の現状分析
- (2) 対策目標の設定
- (3) 不明水量（目標）の設定

【解説】

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」で示される雨天時浸入水対策計画は、計画目標となる雨天時計画汚水量を計画降雨強度式に基づき設定する等、計画降雨に対する浸水リスクの低減を主眼とした計画となっている。本手引きでは、不明水量の増加に伴う有収率の低下や水処理運転への影響といった、事業経営や施設運営の負担の軽減についても勘案し、目標設定を行うことを推奨する。また、雨水管理の観点から、計画降雨だけでなく、照査降雨（既往最大降雨等）も配慮した目標設定や対策効果の検証を行うことで、より一層の影響の軽減が可能となる。

(1) について

不明水量の実態や定量的・定性的な分析を行うため、基礎調査（第4章参照）に基づき、各種計画（上位計画・関連計画）、既存資料（施設情報）、維持管理状況（給水・下水道使用料データ）、自然条件等の収集整理を行う。基礎調査で整理した資料をもとに、常時浸入地下水量、雨天時浸入水量、その他不明水量をそれぞれ算定する。

(2) について

不明水量の削減に向けた対策の目標設定を行うため、常時浸入地下水量、雨天時浸入地下水量それぞれの対策方針を整理する。

(3) について

対象処理区で把握される調査結果から、不明水量（目標）を算定する。

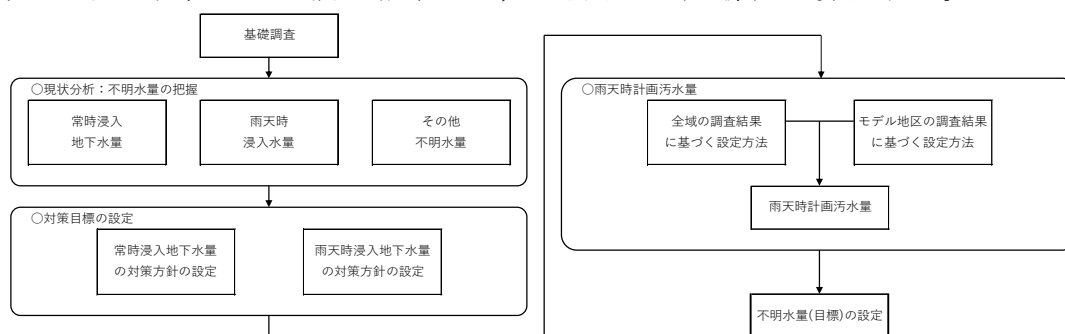


図 3-1 不明水量算定フロー図

3.2 不明水量の現状分析

不明水量の実態把握のため基礎調査情報に基づき次項について算出し、不明水量の現状を分析する。

- (1) 常時浸入地下水量
- (2) 雨天時浸入水量
- (3) その他不明水量

【解説】

(1) について

常時浸入地下水量の概略実態把握については、晴天時における有収水量及び処理場流入水量から把握する方法や、有収水量の把握可能な配水池エリア単位の流量調査から求める方法もある。常時浸入地下水量の算定式を次に示す。ただし、その他不明水の要因が小さい箇所に適用する。

$$\text{常時浸入地下水量} = \Sigma [\text{流入下水量 (晴天時)} - \text{有収水量}]$$

概略実態把握において有収水量を得られない場合には、晴天日の時間最小下水量を常時浸入地下水量とみなす方法もある。

なお、流入下水量の時間変動を整理し、曜日の違い、雨天日と晴天日の違い、生活様式や営業活動形態の違い、流達時間のずれ等による影響を考慮する必要がある。そのため時間流入下水量の算定では、調査区域の大半が一般家庭で構成され、かつ調査区域の面積が小さい場合を前提とし、図 3-2 に示すように降雨の影響のない調査期間を選定し、晴天日連続の水量を求め、各日の時間最小下水量の平均値を常時浸入地下水量とする方法や「雨天時浸入水対策ガイドライン (案)」の処理場 (ポンプ場) の運転記録から整理する方法等がある。

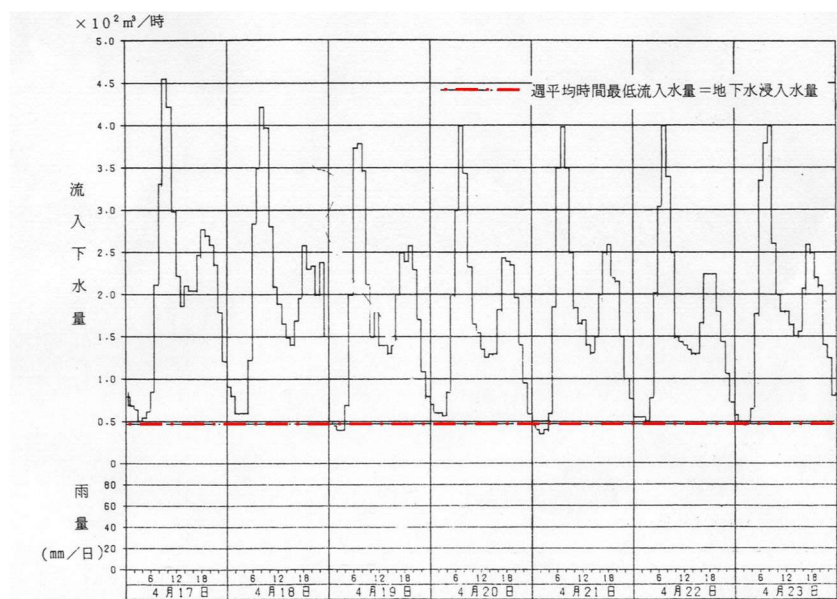


図 3-2 流入下水量時間変動図

(出典：下水道管路施設における浸入水防止対策指針 昭和 57 年 10 月 (社) 日本下水道協会)

(2) について

雨天時浸入水量の把握については、調査区域に最も近い流量観測場所（中継ポンプ場、処理場、関連公共下水道の接続点等）の流量データより、雨天時下水量と晴天時平均下水量の差分として算定する。なお、雨天時浸入水量の算定方法については、次に示す「雨天時浸入水量の考え方（図 3-3 参照）」によるものとする。

- ① 雨天時浸入水の継続時間の始点は、一般的に、降雨開始時刻とほぼ一致することが多い。
- ② 雨天時浸入水の継続時間の終点は、雨天時浸入水量が 0 になったときとする。
- ③ 雨天時浸入水量 = Σ [雨天時下水量 - 晴天時平均下水量]

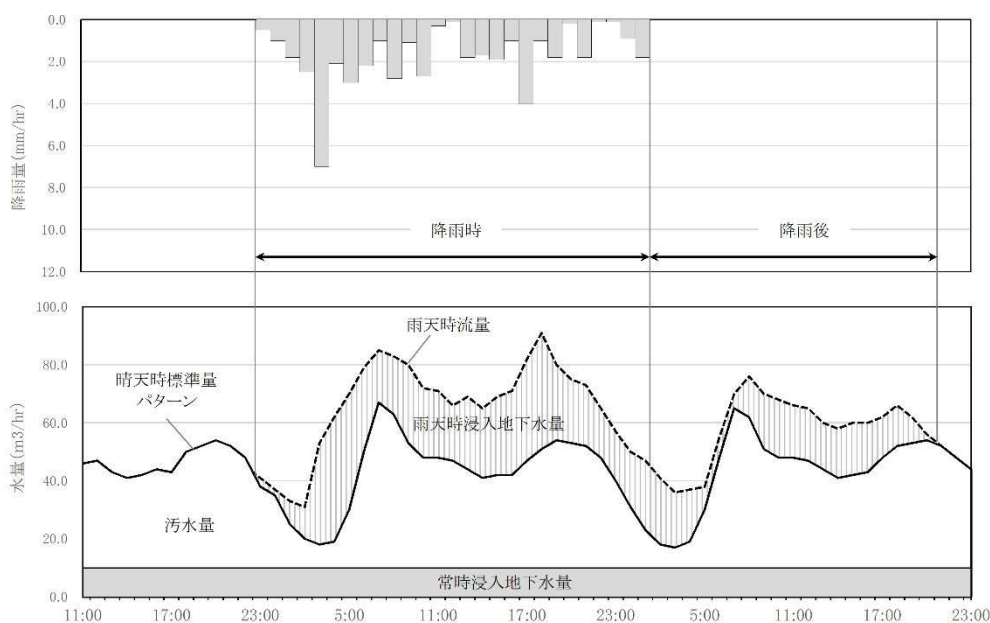


図 3-3 雨天時浸入水量の考え方

(出典：下水道管きよ改築・修繕にかかる調査・診断・設計実務必携 平成 17 年 11 月(財)経済調査会を加筆修正)

(3) について

地下水（常時浸入地下水）及び雨天時浸入水以外の不明水としては、無届け排水事業場からの排水、認定水量を超過した井戸水、農業用排水の浸入等が考えられる。調査区域に次のような事象がある場合については、これらの不明水による浸入の可能性があるため、流量調査を行い、その実測値と水道使用量や認定水量等の有収水量との差をその他不明水量として把握する。

- ① 特定エリアから特定時間に大量の流量が観測される。
- ② 井戸水を使用している家庭、事業場が多い。
- ③ 灌漑期に非灌漑期よりも不明水量が多い。

3.3 対策目標の設定

3.3.1 計画期間

対策目標の設定に当たっては、当面の対策目標と中長期的な対策目標を定め、段階的な対策計画の策定を行う。

【解説】

不明水対策の最終的な目標は、雨天時浸入水の全量削減であるが、その達成には、長期間継続して対策を実施する必要があるとともに、浸入を最小限とする措置を講じた場合においても、雨天時浸入地下水の浸入は起こりえるため、段階的な対策目標を設定し、計画的かつ効率的な対策計画を策定することが重要である。

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」によれば、「能力が不足すると判断された施設については、適切な運転管理等を検討した上で、総合的かつ段階的な施設対策を検討すること」とされており、溢水・冠水等の地域被害、下水道施設の機能障害など喫緊の課題を抱える箇所については、当面の対策として、これらの影響を防止・軽減するために必要となる対策目標を設定する方法が挙げられる。また、中長期的には、改築更新事業等の関連事業との調整や財政状況を考慮した目標設定を行う。なお、目標浸入率の中長期的な目標設定に当たっては、浸入を最小限とする措置を講じた場合の水量を用いて設定することを基本とし、具体的な計画期間の設定としては、短期的には下水道事業計画の目標年次を想定した5～7年、中長期的には下水道全体計画の目標年次を想定した20～30年を目安とし、事業の進捗状況を考慮し、適宜見直しを実施するものとする。

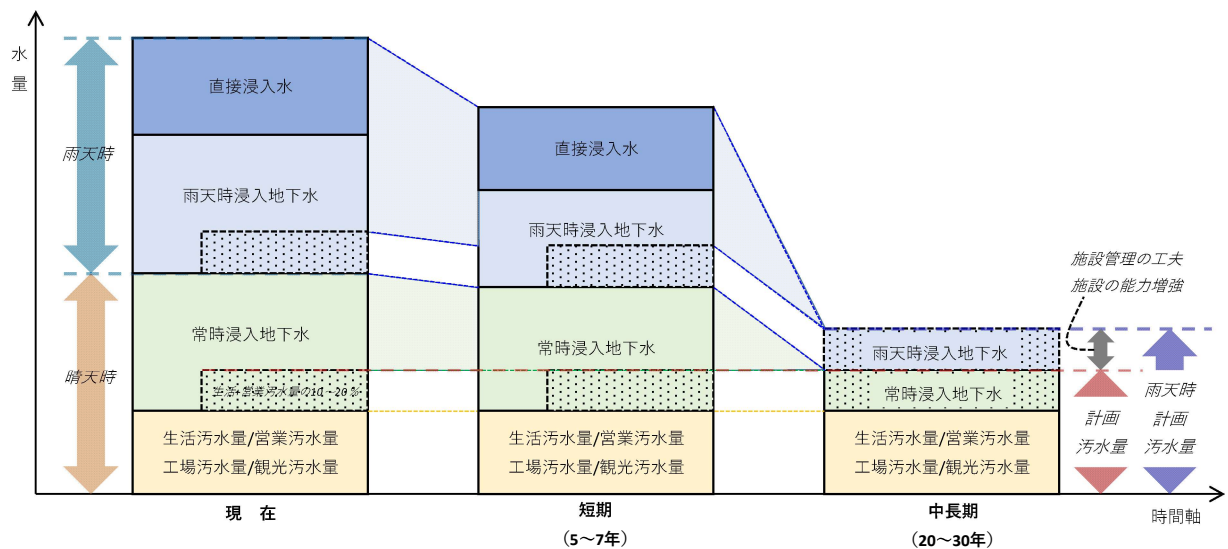


図 3-4 計画期間設定の概念図

3.3.2 常時浸入地下水量の目標設定

常時浸入地下水量は、管路施設の改築更新が実施されることで、浸入水量の減少が期待される。このため、常時浸入地下水量の目標設定は、管路施設の長期的な修繕・改築計画を踏まえた対策量を参考に行う。

【解説】

常時浸入地下水量の目標設定に当たっては、ストックマネジメント計画における管路施設の改築更新の実施に伴い、本管からの浸入水量の減少が期待されることを勘案し、下水道計画における地下水量（日最大汚水量の10～20%程度）や、処理能力又は管きよの流下能力等を常時浸入地下水量の許容ボーダーラインとして定める。

ただし、計画目標時点の対策量については、ストックマネジメント計画の改築スケジュール等に留意し設定する必要がある。

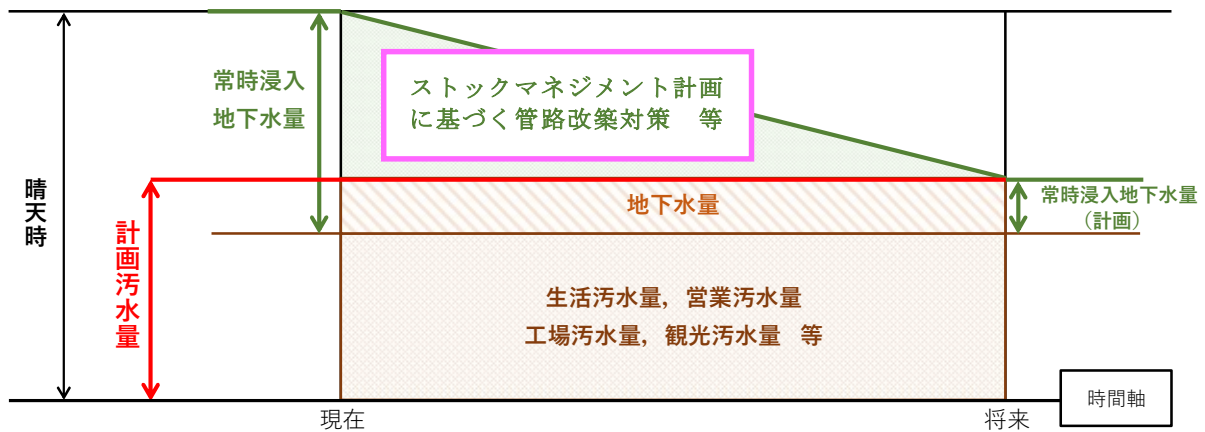


図 3-5 常時浸入地下水量の目標設定

3.3.3 雨天時浸入地下水量の目標設定

雨天時浸入地下水量の目標は、発生源対策や管路改築に伴う浸入水量の削減効果量を算出し設定する。

【解説】

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」によると、「浸入を最小限とする措置が講ぜられているにも関わらず浸入する雨天時浸入地下水については、雨天時計画汚水量に見込むこと」とされており、対策の実施にあたり、将来の雨天時浸入地下水量の目標設定が重要となる。

対策の範囲については、事前に行われる調査結果や解析結果を十分に踏まえ、浸入地下水量や、浸入水別地域（地下水位の高い地域、海浜地域、河川・湖沼近傍地域）、又は幹線系統別に分類されたテレビカメラ調査による不良発生率の割合等をもとに、費用効果や財政状況も勘案して、実現可能な範囲を定める。

なお、具体的な目標設定の手法は「3.4 雨天時計画汚水量」を参照されたい。

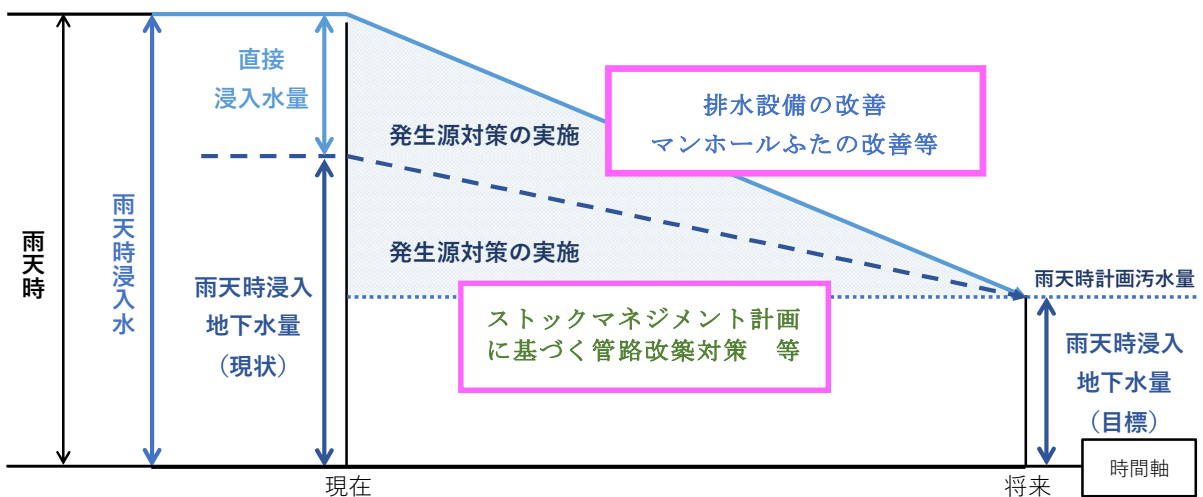


図 3-6 雨天時浸入地下水量の目標設定

3.4 雨天時計画汚水量

雨天時計画汚水量は、計画汚水量に雨天時浸入地下水量（目標）を加算し算定する。

【解説】

雨天時計画汚水量は、晴天時の計画汚水量に、雨天時に管路施設へ浸入する雨天時浸入地下水量を加えたものとする（図 3-7 参照）。なお、具体的な算出方法は「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」を参照されたい。

$$\text{雨天時計画汚水量} = \text{計画汚水量} + \text{雨天時浸入地下水量（目標）}$$

なお、施設能力の確認等に用いる各雨天時計画最大汚水量は、次の算式によって算出する。

$$\begin{aligned} \text{雨天時計画 1 日最大汚水量} &= \text{計画 1 日最大汚水量} + \text{雨天時 1 日最大浸入地下水量} \\ \text{雨天時計画 時間最大汚水量} &= \text{計画 時間最大汚水量} + \text{雨天時 時間最大浸入地下水量} \end{aligned}$$

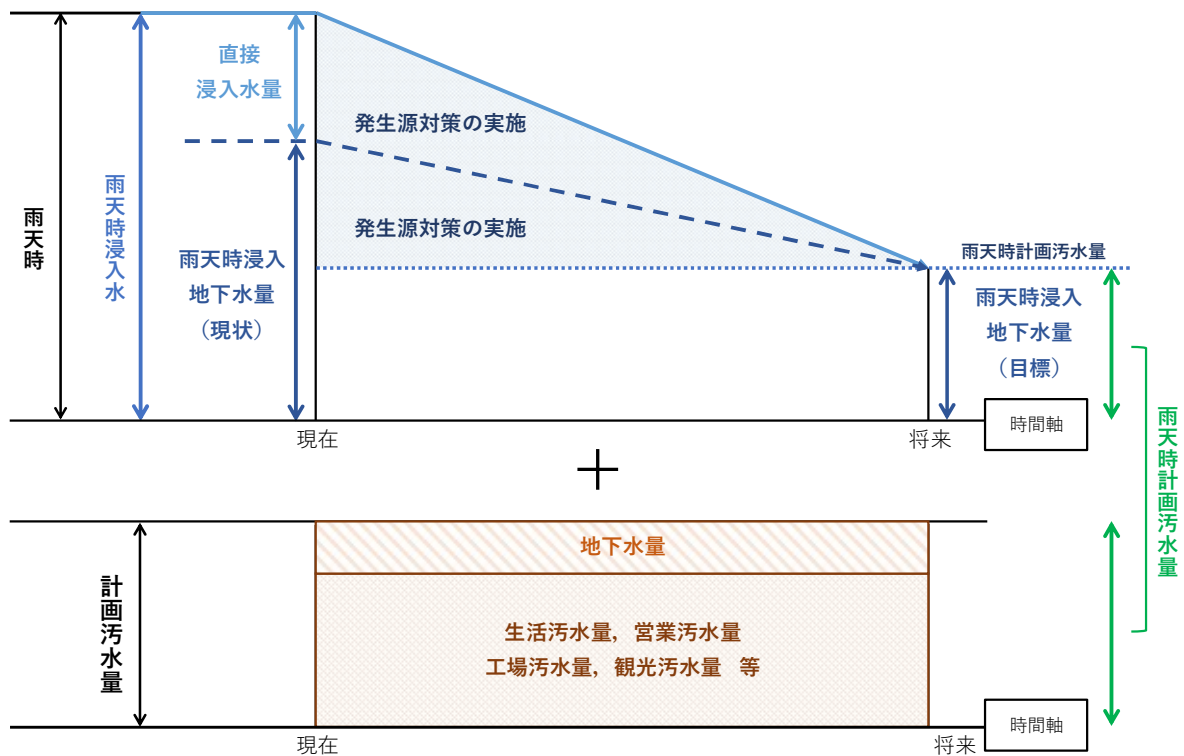


図 3-7 雨天時計画汚水量の概念図

雨天時浸入地下水量（目標）の設定で利用される浸入率（現況）の算定は、処理施設及びポンプ施設等において、雨天時に計測した下水量及び計測地点近傍の雨量データに基づき、降雨量に対する日最大及び時間最大の雨天時浸入水量の割合とする。

浸入率及び雨天時浸入地下水量の算定方法の詳細は、「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」を参照するものとし、浸入率算出は次の基本式を用いる。

【浸入率算出の基本式】

$$\text{浸入率} [\%] = \text{雨水流入高} [\text{mm}] \div \text{雨量} [\text{mm}] \times 100$$

$$\text{雨水流入高} [\text{mm}] = ([\text{雨天時浸入水量} : \text{m}^3] \div [\text{処理面積} : \text{ha}] \div 100^2) \times 1000$$

なお、雨天時計画汚水量の算定は、処理区全域の調査結果に基づき設定することが望ましいが、全域での調査が時間面・費用面で困難な場合は、処理区内の部分的な調査結果に基づき、処理区全域の傾向を算出し設定する方法がある。

また、目標浸入率の設定に当たっては、浸入を最小限とする措置を講じた場合の水量を用いて設定することを基本とするが、ストックマネジメント事業等では、宅内排水設備を原因とした浸入水への対策が見込めないため、排水設備への対策を並行して実施した場合の目標設定となることに留意する。次に、設定方法例の概要を示す。

(1) 処理区全域の調査結果に基づく設定方法

処理区全域で、「流量調査実績に基づく雨天時浸入水量」、「管路詳細調査結果」、「管路改築スケジュール」、「発生源対策の実施効果実績」等の調査結果が整理されている場合、各対策の実施効果量を算出し、発生源対策計画やストックマネジメント計画の改築スケジュールから、雨天時計画汚水量を算定する。

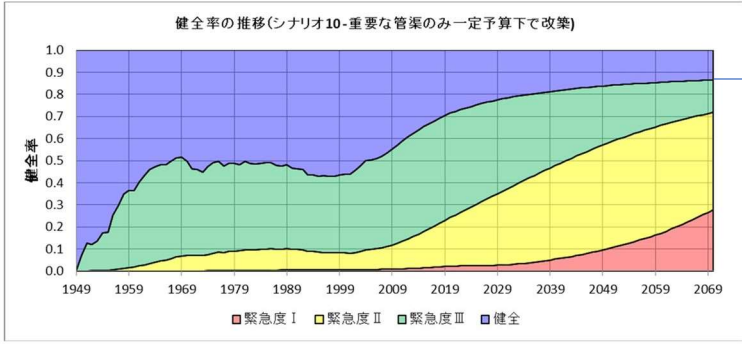
(2) モデル地区の調査結果に基づく設定方法（簡易版）

ストックマネジメント計画に基づき、長期的な管路施設の平均経過年数を算定することで管路の劣化状況（浸入水の発生状況）の見通しを設定する。

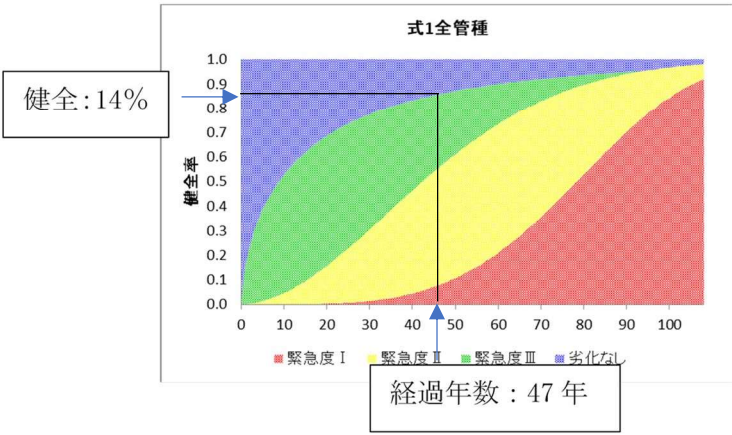
現況施設のうち、長期的な平均経過年数に該当する管路で流量調査を実施し、浸入率を算定することで、長期的な浸入水量を設定する。以下に、検討の概略と図 3-8 にフロー図を示す。

- ①長期シナリオにおける健全な管きよの割合の見通しを設定する
- ②健全な管きよの割合の見通しから、長期的な管きよの劣化状況（経過年数換算）を設定する
- ③該当する経過年数の地区（直接浸入水のない地区とする）で流量調査を実施する
- ④調査結果より、現実的な劣化状況（経過年数換算）における浸入率を把握する
- ⑤「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」における目標浸入率等を考慮し、自治体の実情に合った目標設定を行う

①ストックマネジメント計画（採用シナリオ）



②長期的な健全率等から経過年数を換算



③該当する地域で雨天時浸入水調査

④現実的な浸入水の目標（見通し）設定

⑤必要に応じて目標（改善対策）設定

比較的若い自治体は長期的に現況より劣化する見通しの場合も考えられる。（現況が長期的な平均年齢の施設未満）
・・・現況で最も古い地区で調査、目標は現況維持など

図 3-8 モデル地区の調査結果に基づく設定方法（簡易版）の概略フロー図

(3) モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）

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を有するモデル地区を選定し，雨天時計画汚水量（現況）を算定する。

流量調査結果及び管路詳細調査の結果に基づき，「緊急度」別に，「雨天時浸入水量原単位」を設定する。雨天時計画汚水量（目標）は，ストックマネジメント計画の改築スケジュールに基づき管路施設の改築が進捗するに伴い，雨天時浸入水量原単位と施設改築量から算出した雨天時浸入水量分を，現況の雨天時浸入水量から控除し設定する。具体の算定方法については，巻末の参考資料を参照されたい。

なお，前述の簡易版では，管路の平均経過年数を基に浸入水率を設定するため比較的計算が容易であるが，緊急度が低い施設からの浸入量が多い地区によっては，将来の浸入水量が過少と評価される可能性があることに留意する。

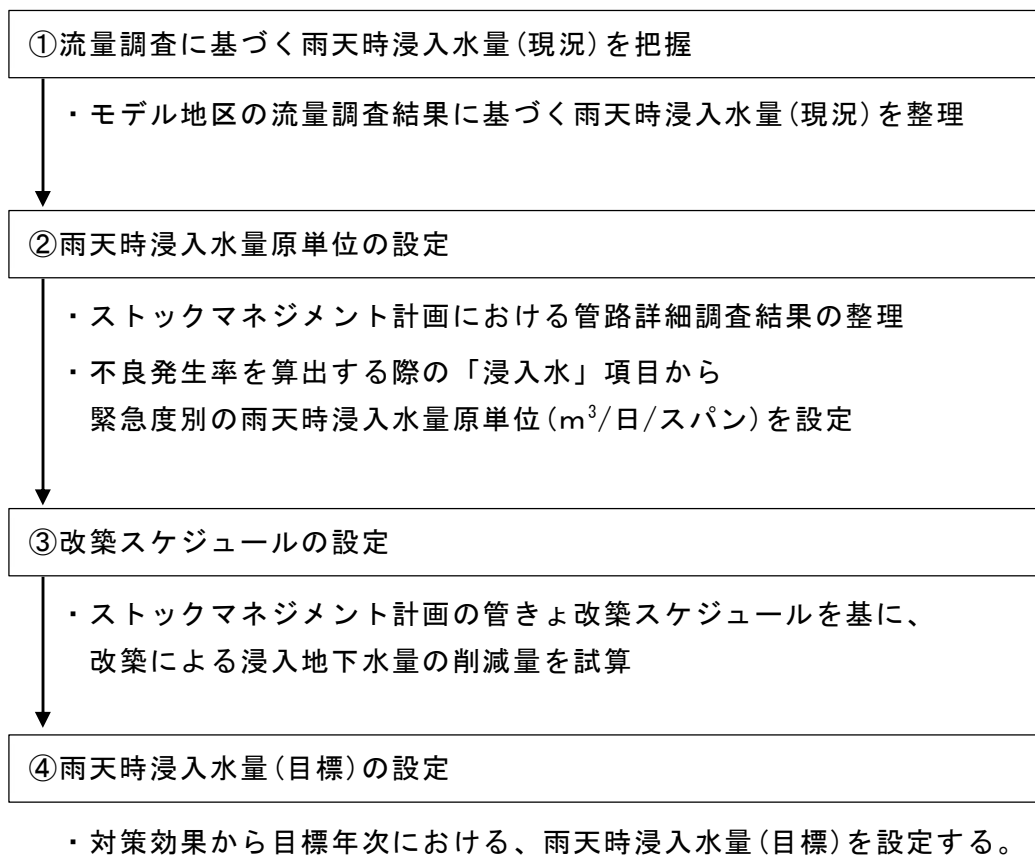


図 3-9 モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）の概略フロー図

4. 不明水調査

4.1 不明水調査の目的

不明水調査では、雨天時浸入水及び常時浸入地下水の発生源並びに水量の把握を目的とする。

【解説】

雨天時浸入水対策の実施に当たっては、主に雨天時浸入水及び常時浸入地下水の発生源を把握することが必要であり、対策の効果を確認するためには、主に水量の把握が必要となる。不明水調査は、雨天時浸入水及び常時浸入地下水の発生源並びに水量を把握するために行われる。不明水調査の目的を踏まえ、不明水調査の対象を管路施設及び排水設備とする。

なお、その他不明水については、一般に雨天時浸入水又は常時浸入地下水に比べればわずかな量であるため、不明水調査の対象とはしない。その他不明水による財政面等への影響を無視できない場合には、「7. その他不明水対策」を参考に監視や確認等を行う。

4.2 不明水調査の手順

不明水調査の手順は次のとおりとする。

- (1) 基礎調査
- (2) スクリーニング（絞り込み）
- (3) 詳細調査
- (4) 詳細調査結果の活用

【解説】

雨天時浸入水及び常時浸入地下水の発生源は多様なうえ、その箇所が広範囲に及ぶことも多いため、特に雨天時浸入水の実態を全体的かつ正確に把握することは容易でない。よって、不明水調査の実施に当たっては、基礎調査から詳細調査までを効率的に進めることが重要であり、例えば、ストックマネジメントにおける点検・調査と連携することが求められる。これらの調査や対策とストックマネジメントとの関係は図 4-1 のように表わすことができる。

(1) について

基礎調査では、処理区全体を対象とし、スクリーニングや発生源対策に必要となる各種計画・既存施設・維持管理状況について調査する。

(2) について

雨天時浸入水及び常時浸入地下水への対策を効果的に実施するため、スクリーニング（絞り込み）を行う。スクリーニングでは、大・中ブロックから小ブロックへと対象区域を順次狭めることを基本とする。

(3) について

雨天時浸入水等の発生源又は水量を把握するための詳細調査は、視覚調査と不明水調査に大別される。

(4) について

詳細調査の結果を発生源対策の優先度選定や運転管理の検討等に活用する。

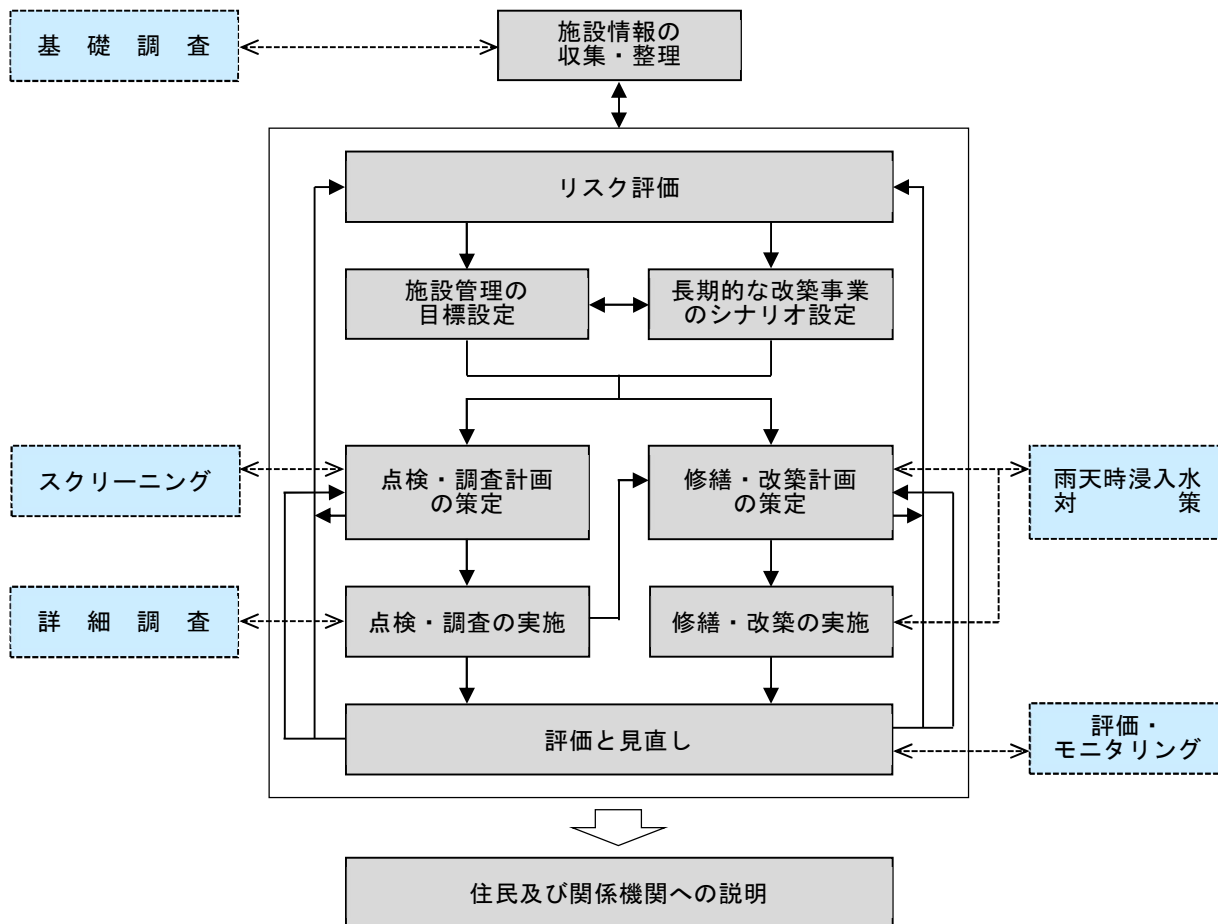


図 4-1 スtockマネジメントと不明水調査等の関係

(「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-2015 年版-」に加筆)

4.3 基礎調査

基礎調査では、処理区全体を対象とし、スクリーニングや発生源対策等に必要となる各種計画・既存施設・維持管理状況について調査する。

【解説】

基礎調査では、次に示す項目に必要となる資料の収集・整理を行う。基礎調査における収集資料は表 4-1 のとおりである。

- 1) スクリーニング
- 2) 詳細調査
- 3) 発生源対策・運転管理・施設対策

雨天時浸入水等の発生源を特定することが難しい場合には、「4.2 不明水調査の手順」で述べたように、基礎調査後はスクリーニングに移行するのが一般的である。しかし、ポンプ施設における流入量実績又はポンプの運転回数等の運転履歴や管路施設の点検・調査結果等から雨天時浸入水等が生じていると考えられる区域を特定可能な場合には、スクリーニングを行わずに基礎調査後に詳細調査を行うこともできる。

表 4-1 基礎調査における収集資料

資料区分		収集資料	調査項目
自然条件		地形・地質関連	地形図 地盤高 土質柱状図 地下水位 土地利用図
		水域関連	河川水位 潮位潮汐表
		気象関連	降雨量 降雨強度 降雨継続時間
各種計画	上位計画	流域別下水道整備総合計画 マスタープラン ビジョン 都市計画	流域界 都市計画区域 計画人口 集水区域 汚水量原単位
	全体計画	下水道全体計画	流域界・処理区域 排水区域の統廃合
		下水道法事業計画	計画人口 計画汚水量 区画割面積
	関連計画	ストックマネジメント計画	点検・調査計画 修繕・改築計画
		雨水管理総合計画	重点対策地区 一般地区 計画降雨 段階的整備計画等
		下水道施設耐震化計画	点検・調査結果 耐震診断結果 耐震設計 耐震化計画
		広域化・共同化計画	汚水処理整備構想 広域化・共同化の予定
		財政計画	年度別予算 下水道使用料の推移
		統廃合計画	ポンプ施設・処理施設等の統廃合計画
		民間の開発計画	開発事業により設置された下水道施設関連資料

既存資料	管路施設	下水道台帳 竣工図	断面・形状・管種・取付け管 延長・勾配
		設備台帳 資産台帳	設置・供用開始年度 特定施設届出情報
	ポンプ施設 処 理 施 設	下水道台帳 竣工図	施設・設備能力 仕様
		設備台帳 資産台帳	設置・供用開始年度
その他の施設	道路台帳	消雪パイプ	
	地形図	農業用排水路	
維持管理 状 況	管路施設	日常点検記録 定期点検記録 不明水調査資料 修繕・改築工事記録	清掃情報 道路陥没事故情報 不明水調査結果（誤接合調査や流量調査等） 修繕・改築工事の履歴 ヒアリング資料 年度別維持管理費用
	ポンプ施設 処 理 施 設	日常点検記録 定期点検記録 運転操作資料 修繕・改築工事記録	運転履歴 日報・月報 事故・故障・異状履歴 異状時・緊急時の指示内容 運転操作の把握 修繕・改築工事の履歴と計画 ヒアリング資料 有収水量・流入水量 降雨量 年度別維持管理費用

4.4 スクリーニング

4.4.1 スクリーニングの目的

雨天時浸入水及び常時浸入地下水への対策を効果的に実施するため、スクリーニング（絞り込み）を行う。

- (1) 大・中ブロックへの絞り込み
- (2) 小ブロックへの絞り込み

【解説】

雨天時浸入水及び常時浸入地下水は様々な箇所から浸入しており、その範囲も広範囲に及んでいると考えられる。そのため、まずは対策優先度の高いブロックに絞り込むことが必要となる（図 4-2 参照）。スクリーニングを行う際、次に示す公益財団法人下水道新技術推進機構のマニュアルを参考にできる。

- 1) 分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアルー2009年3月ー
- 2) ストキャストチック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアルー2018年3月ー

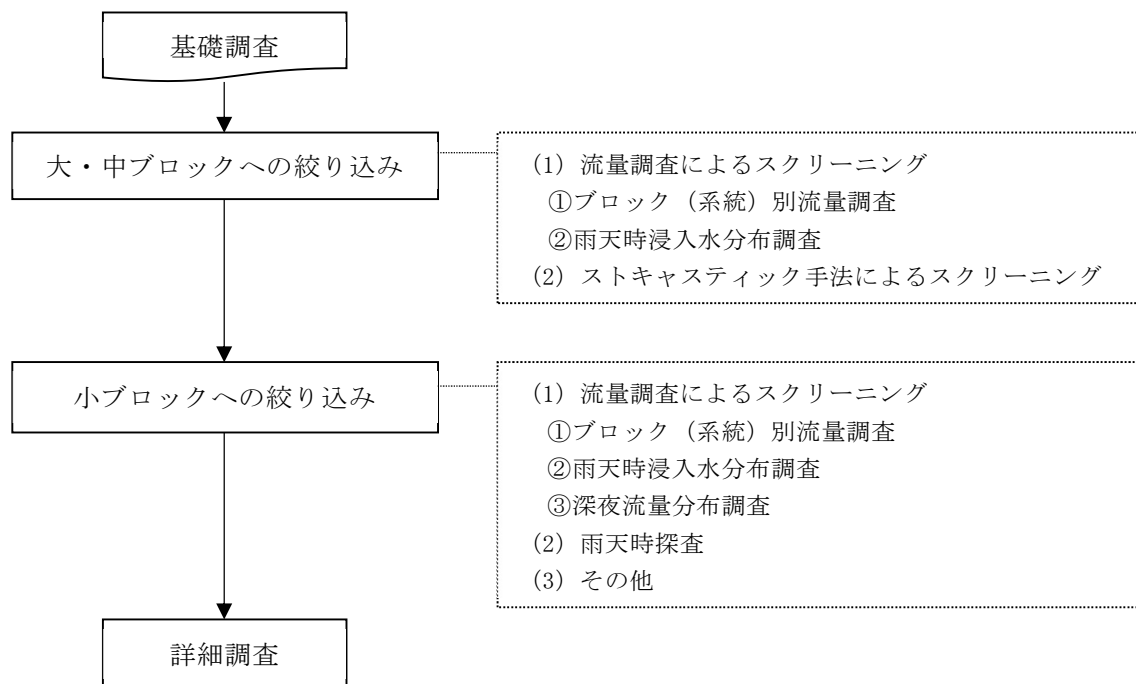


図 4-2 スクリーニングの概要

4.4.2 大・中ブロックへの絞り込み

処理区等の中から，不明水調査の対象区域をまずは大・中ブロックへと絞り込む。

- (1) 流量調査によるスクリーニング
- (2) ストキャスティック手法によるスクリーニング

【解説】

雨天時浸入水及び常時浸入地下水への対策が必要な区域を大ブロック（数百 ha 程度）さらには中ブロック（20～30ha 程度）へと絞り込む。絞り込む手法には，流量調査によるものと，ストキャスティック手法によるものが挙げられる（図 4-3 参照）。

なお，大ブロックへの絞り込み手法と中ブロックへの絞り込み手法は同様であり，対象区域の規模が異なるだけである。

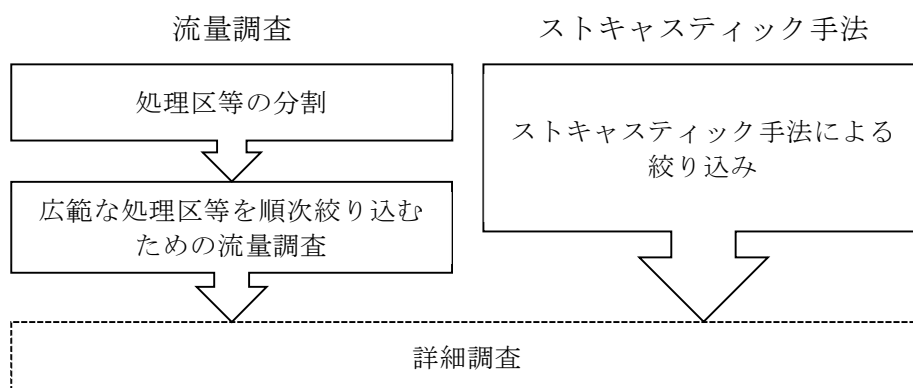


図 4-3 大・中ブロックへのスクリーニング

(1) について

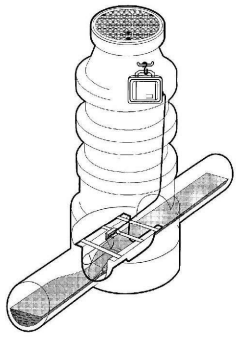
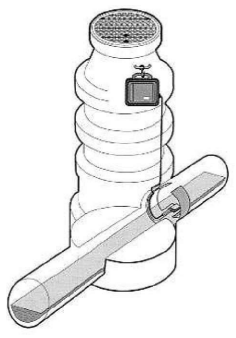
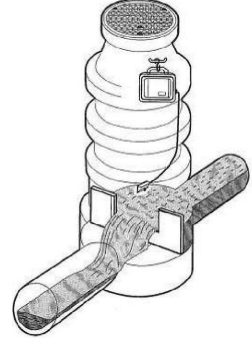
流量調査は，絞り込みだけに用いられる手法ではなく，対策効果を確認するための水量を得ることもできる。そのため，流量調査の目的や費用等に応じて，調査方法を使い分けることも必要である（表 4-2，表 4-3 参照）。

表 4-2 絞り込みのための流量調査方法の比較

調査方法	ブロック（系統）別流量調査	雨天時浸入水分布調査
概 要	対象ブロックごとに流量計を設置し、比較的長期に渡って流量を計測する。	雨天時浸入水の絞り込みを行う区域において、多数の流量計を設置し、同降雨で同時に流量を計測する。
調査目的	<ul style="list-style-type: none"> ・絞り込み ・浸入水を定量・解析するためのデータ取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・絞り込み ・相対比較による順位評価
流 量 計 設 置 数	比較的少ない（計測対象ブロックに応じて設置する）。	比較的多い（絞り込みたい対象区域によって異なる）。
対象降雨	定量解析に必要な降雨量と降雨回数を必要とする。	評価に有効な1降雨が必要であるが、状況により、複数降雨を対象とする。
調査期間	長 期	短 期
調査費用	比較的成本高	比較的成本低

（出典：分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアルー2009年3月ー）

表 4-3 流量の計測方法

方 式	PB フリューム式	水位-流速式	せき式
目 的	雨天時浸入水の定量		
適 用	小・中口径管が主 大半がφ150～φ300	中・大口径管が主 様々な形状の開水路	PB フリューム式や水位-流速式 では計測が困難なケースに対応
測定原理	PB フリュームは、水路の一部を絞って限界流を発生させる装置で、絞り部分上流側の水位が流量の関数になることを利用した方式	水路形状と水位から流積、流速分布から平均流速を測定し、乗算して流量を計算する方式	せきは、水路の一部をせき止めて限界流を発生させる装置で、せきを越流する水位が流量の関数になることを利用した方式
装置構成	①PB フリューム ②超音波式水位センサ ③水位-流量演算型流量計	①圧力式水位センサ ②超音波ドプラ式流速センサ ③水位流速乗算型流量計	①せき（主に四角せき） ②超音波式水位センサ ③水位-流量演算型流量計
長 所	①流速を測る必要がなく、再現精度に優れ信頼度が高い ②汚水に非接触な超音波センサ使用で汚損がほとんどない ③30年以上の実績があり、特に小、中口径管流量を精度良く計測できることが知られている ④流量分布調査用に短時間で仮設できるタイプが開発されている	①射流、滞留、逆流、一時的な満管流の計測が可能 ②変形水路等、様々な水路形状に対応 ③設置手間が水路規模によってあまり変わらないので大規模水路ほどフローム式より有利 ④流量分布調査用に短時間で仮設できるタイプが開発されている	①せき止め越流で計測可能な、上流側条件（低水位、射流、曲がり、段差、合流、満管流等）に対応 ②フローム式や水位-流速式では計測が困難なケースに、次善の方法として検討する ③簡易な方法から厳密な方法までJISで規格化されている
短 所	①原理的に射流、滞留、逆流、一時的な満管流の計測は不可 ②大規模になるほどフロームの設置が困難で、フローム本体費用や設置費用が高む ③通常、合流や曲がり、段差のないマンホールのインバート部分に設置するため、フロームの設置が困難なケースがある	①水中型の2センサ組み合わせなので、フローム式より汚損によるメンテナンス機会が多い ②流積に比しセンサ断面が大きくなる低水位や小口径管では精度が低下することがある ③流速分布が乱れる合流点や段差、曲がり点等では精度が低下することがある	①上流に堆積が生じやすく、頻繁なメンテナンスを必要とする ②三角せきは切り欠きに浮遊物が引っかかりやすい ③せき上げにより、汚物が溜まるため流量変化が鈍る ④上流側の水密性不良箇所でも漏水することがある ⑤小流量時、越流（ナップ）不良で精度が低下することがある ⑥設置に時間を要する
計測参考図			
備 考	① 3 方式から、現場条件に適合するものを選定する ② 準ずる方法として、河川測量で用いられる、水位-流量検量線法がある		

（出典：分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアルー2009年3月ー）

1) ブロック（系統）別流量調査

ブロック（系統）別流量調査は、絞り込みだけではなく、流量の時系列変化や降雨量と雨天時浸入水の相関等の把握など、様々な角度から雨天時浸入水を定量化するための基本的な手法としてこれまでに多くの実績を持っている。しかし、ブロック（系統）別流量調査は、調査期間を長くとる必要があるため、コスト面で問題になることがある。対策区域を絞り込むことだけが目的で、特に雨天時浸入水の定量化等の必要がない場合は、調査期間の短縮や設置箇所数の見直し等もしくはその他の方法の採用について検討が必要である。

ブロック（系統）別流量調査の手順は次のとおりである（図 4-4 参照）。

- ① 調査対象区域をブロック（集水系統）に区分し、ブロック別浸入水量調査を行う。
- ② 基礎調査データ及び①の調査データをもとに、不明水浸入状況を解析する。
- ③ ブロック別に対策優先度の重み付けを行う。
- ④ 対策優先度の高いブロックを対策区域として選定し、対策区域を必要に応じてさらに細分割する。

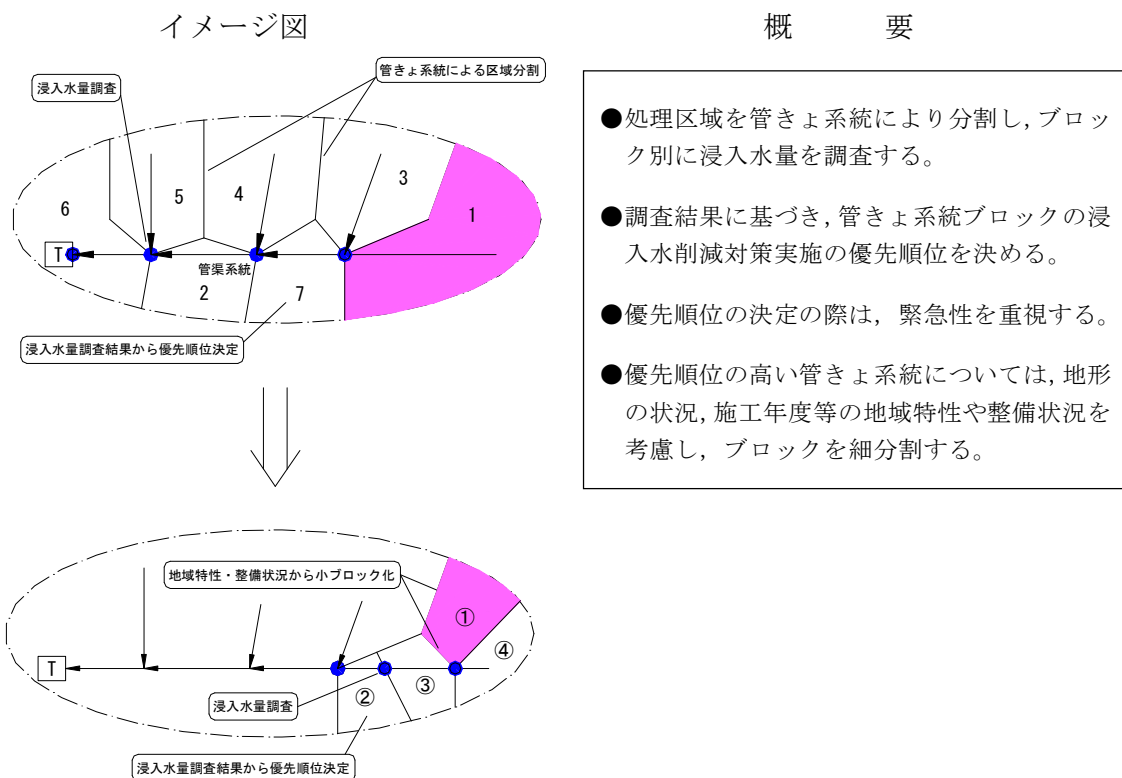


図 4-4 ブロック（系統）別流量調査

2) 雨天時浸入水分布調査

雨天時浸入水分布調査とは、主に絞り込みだけを目的とし、一降雨及び一晴天日以上を含んだ短期間に、多数の流量調査（目安は20～30箇所）を同時に実施するものである。広い区域において同じ降雨を対象として同時に流量調査を行うことで、各測点で得られた測定データの比較が容易となる。どの測点で雨天時浸入水が多いかを検証

することで、対象地域を絞り込める。雨天時浸入水分布調査は、スクリーニングの最初の段階で、費用をそれほどかけず、早期に雨天時浸入水が多い地域を把握したい場合に有効な方法である。

(2) について

ストキャスティック手法とは、確率統計学的に雨天時浸入水の発生領域を絞り込むための手法である。ストキャスティック（確率統計学的）手法を用いることで、効率的に雨天時浸入水の発生領域を絞り込むことができる（表 4-4 参照）。

「ストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアル－2018年3月－」には、次に示す7つの手法について、特徴や解析手順等が示されている。各手法の詳細については同マニュアルを参照されたい。

- 1) 単位図法を活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法
- 2) 合成合理式を活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法
- 3) 修正RRL 法を活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法
- 4) 事例ベースモデリング技術を活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法
- 5) 独立成分分析を活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法
- 6) 流域特性を活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法
- 7) ベクトル自己回帰モデルを活用した雨天時浸入水発生領域絞り込み調査手法

表 4-4 ストキャスティック手法によるスクリーニング (1/3)

	流出解析モデルの応用		
	線形モデル		非線形モデル
	①単位図法	②合成合理式	③修正RRL法
手法イメージ			
概要	<p>浸入水を2つの成分に分類し、各成分の流入時間の差を考慮し、流達ハイドロの算定を行い、実流量との比較を行うことで、雨天時浸入水発生領域を絞り込む。</p>	<p>合理式を合成することにより、流達ハイドロを作成し、実流量と各対象区域からの流達ハイドロのトライアル計算を行うことで、雨天時浸入水発生領域を絞り込む。</p>	<p>土地の利用形態と降雨データ、流量データを用いて流達ハイドロを算定する。流達ハイドロのトライアル計算を行うことで、雨天時浸入水発生領域を絞り込む。</p>
特徴	<p>簡易的な手法で計算でき、流量の推定が可能。</p>	<p>簡易的な手法で計算でき、流量の推定が可能。</p>	<p>流量の推定が可能。</p>
留意点	<p>対象範囲が広ければ広いほど計算に要する時間がかかる。</p>	<p>対象範囲が広ければ広いほど計算に要する時間がかかる。</p>	<p>対象範囲が広ければ広いほど計算に要する時間がかかる。</p>
実績	<p>国内 無 海外 有</p>	<p>無</p>	<p>無</p>
参考文献	<p>「A Toolbox for Sanitary Sewer Overflow Analysis and Planning (SSOAP) and Applications」 Fu-hsiung Lai, Srinivas Vallabhaneni, Carl Chan, Edward H. Burgess, Richard Field</p>	<p>「合成合理式の理論的導出」 渡邊暁人・笹田拓也・渡辺直樹・山田正</p>	<p>「修正RRL法による浸水を考慮した都市域下水の流出解析」 三浦浩之・和田彦彦</p>
解析に必要なデータ	<p>①処理場等の流入量データ ②レーダ降雨量情報(メッシュ単位) ③管きょ網データ</p>	<p>①処理場等の流入量データ ②レーダ降雨量情報(メッシュ単位) ③管きょ網データ</p>	<p>①処理場等の流入量データ ②レーダ降雨量情報(メッシュ単位) ③管きょ網データ ④土地利用データ</p>

(出典：ストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアルー2018年3月ー)

表 4-4 ストキャスティック手法によるスクリーニング (2/3)

		雨天時浸入水解析モデル	
		④事例ベースモデリング技術	⑤独立成分分析
手法 イメージ	<p style="text-align: center;"> 浸入水の影響度 ランク 処理区全体の影響度 高を15ランク(赤～青) に分け表示 低 </p>	<p style="text-align: center;"> メッシュ001 可能性: 低 メッシュ002 可能性: 中 メッシュ003 可能性: 高 </p>	
概要	過去の流量データと気象データを比較することによって、メッシュ毎に影響度の算定をする。	メッシュ毎の降雨パターンと流量パターンの比較を行い、その結果から雨天時浸入水の影響が強い箇所を推定する。	
特徴	国内での実績が多く、流量調査によって解析結果の妥当性が確認されている。	無次元化することにより、簡易な計算で絞り込みを行うことが可能。	
留意点	3年以上のデータが必要 適用範囲は500ha以上	大流域に適用させることが難しい 水位が満管以上になった時に波形の比較ができない。	
実績	国内実績多数 有	無	
参考文献	「事例ベースモデリング技術を用いた雨天時浸入発生領域の絞り込みに関する技術マニュアル」 財団法人日本下水道機構	「独立成分分析と画像解析」 陳 延偉	
解析に必要なデータ	①処理場等の流入量データ ②レーダ降雨量情報(メッシュ単位) ③管きょ網データ ④施設運用情報 ⑤流入水位と下水の貯留量との関係を表す資料 ⑥市街地図データ	①処理場等の流入量データ ②レーダ降雨量情報(メッシュ単位) ③管きょ網データ	

(出典：ストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアルー2018年3月ー)

表 4-4 ストキャスティック手法によるスクリーニング (3/3)

雨天時浸入水解析モデル																																																																																																																				
	⑥流域特性	⑦ベクトル自己回帰モデル																																																																																																																		
手法イメージ	<table border="1"> <thead> <tr> <th>管種</th> <th>平均径</th> <th>延長</th> <th>管種</th> <th>平均径</th> <th>延長</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>管1</td> <td>1.0%</td> <td>174km</td> <td>管1</td> <td>1.4%</td> <td>281.9</td> </tr> <tr> <td>管2</td> <td>2.5%</td> <td>182km</td> <td>管2</td> <td>3%</td> <td>89.9</td> </tr> <tr> <td>管3</td> <td>4.6%</td> <td>274km</td> <td>管3</td> <td>2.5%</td> <td>245.2</td> </tr> <tr> <td>管4</td> <td>1.2%</td> <td>21.2km</td> <td>管4</td> <td>3%</td> <td>38.9</td> </tr> <tr> <td>管5</td> <td>1.7%</td> <td>205km</td> <td>管5</td> <td>4%</td> <td>41.8</td> </tr> <tr> <td>管6</td> <td>0.8%</td> <td>168km</td> <td>管6</td> <td>1.4%</td> <td>68.7</td> </tr> <tr> <td>管7</td> <td>0.8%</td> <td>187km</td> <td>管7</td> <td>2%</td> <td>42.8</td> </tr> <tr> <td>管8</td> <td>1.7%</td> <td>181km</td> <td>管8</td> <td>3%</td> <td>22.9</td> </tr> <tr> <td>管9</td> <td>3.8%</td> <td>224km</td> <td>管9</td> <td>4%</td> <td>42.9</td> </tr> <tr> <td>管10</td> <td>0.8%</td> <td>195km</td> <td>管10</td> <td>3%</td> <td>37.8</td> </tr> <tr> <td>管11</td> <td>0.8%</td> <td>186km</td> <td>管11</td> <td>4%</td> <td>48.7</td> </tr> <tr> <td>管12</td> <td>0.8%</td> <td>188km</td> <td>管12</td> <td>3%</td> <td>38.8</td> </tr> <tr> <td>管13</td> <td>0.8%</td> <td>124km</td> <td>管13</td> <td>3%</td> <td>38.7</td> </tr> <tr> <td>管14</td> <td>0.2%</td> <td>8.2km</td> <td>管14</td> <td>3%</td> <td>28.8</td> </tr> <tr> <td>管15</td> <td>0.2%</td> <td>11.9km</td> <td>管15</td> <td>3%</td> <td>32.1</td> </tr> <tr> <td>管16</td> <td>1.7%</td> <td>122km</td> <td>管16</td> <td>3%</td> <td>28.9</td> </tr> <tr> <td>管17</td> <td>0.4%</td> <td>100km</td> <td>管17</td> <td>3%</td> <td>34.0</td> </tr> <tr> <td>管18</td> <td>0.2%</td> <td>188km</td> <td>管18</td> <td>1.4%</td> <td>38.8</td> </tr> </tbody> </table>	管種	平均径	延長	管種	平均径	延長	管1	1.0%	174km	管1	1.4%	281.9	管2	2.5%	182km	管2	3%	89.9	管3	4.6%	274km	管3	2.5%	245.2	管4	1.2%	21.2km	管4	3%	38.9	管5	1.7%	205km	管5	4%	41.8	管6	0.8%	168km	管6	1.4%	68.7	管7	0.8%	187km	管7	2%	42.8	管8	1.7%	181km	管8	3%	22.9	管9	3.8%	224km	管9	4%	42.9	管10	0.8%	195km	管10	3%	37.8	管11	0.8%	186km	管11	4%	48.7	管12	0.8%	188km	管12	3%	38.8	管13	0.8%	124km	管13	3%	38.7	管14	0.2%	8.2km	管14	3%	28.8	管15	0.2%	11.9km	管15	3%	32.1	管16	1.7%	122km	管16	3%	28.9	管17	0.4%	100km	管17	3%	34.0	管18	0.2%	188km	管18	1.4%	38.8	$\begin{bmatrix} x_{1,t} \\ x_{2,t} \\ \vdots \\ x_{n,t} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{1,t-1} \\ x_{2,t-1} \\ \vdots \\ x_{n,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1,t} \\ u_{2,t} \\ \vdots \\ u_{n,t} \end{bmatrix}$ <p>外力項の追加</p>
管種	平均径	延長	管種	平均径	延長																																																																																																															
管1	1.0%	174km	管1	1.4%	281.9																																																																																																															
管2	2.5%	182km	管2	3%	89.9																																																																																																															
管3	4.6%	274km	管3	2.5%	245.2																																																																																																															
管4	1.2%	21.2km	管4	3%	38.9																																																																																																															
管5	1.7%	205km	管5	4%	41.8																																																																																																															
管6	0.8%	168km	管6	1.4%	68.7																																																																																																															
管7	0.8%	187km	管7	2%	42.8																																																																																																															
管8	1.7%	181km	管8	3%	22.9																																																																																																															
管9	3.8%	224km	管9	4%	42.9																																																																																																															
管10	0.8%	195km	管10	3%	37.8																																																																																																															
管11	0.8%	186km	管11	4%	48.7																																																																																																															
管12	0.8%	188km	管12	3%	38.8																																																																																																															
管13	0.8%	124km	管13	3%	38.7																																																																																																															
管14	0.2%	8.2km	管14	3%	28.8																																																																																																															
管15	0.2%	11.9km	管15	3%	32.1																																																																																																															
管16	1.7%	122km	管16	3%	28.9																																																																																																															
管17	0.4%	100km	管17	3%	34.0																																																																																																															
管18	0.2%	188km	管18	1.4%	38.8																																																																																																															
概要	雨天時浸入水発生要因として考えられる流域特性について、解析を行い、流域特性毎に重みづけを行うことによって、地区毎の影響度を把握する。	過去の流量データと降雨データから、ベクトル自己回帰モデルによって、各対象区域のパラメータを解析することに雨天時浸入水を絞り込む。																																																																																																																		
特徴	多変量解析により、雨天時浸入水発生原因の推定が可能。	絞り込む範囲により、二つの方法で絞り込みを行う。条件によっては、半年から1年程度の流量データで解析可能。																																																																																																																		
留意点	雨天時浸入水発生要因として挙げられる項目のデータが複数必要。	詳細な絞り込みのためには、対象流域末端の流量データを用いた解析が必要。																																																																																																																		
実績	国内 有 海外 有	国内事例にて検証																																																																																																																		
参考文献	「A Qualitative Approach to Determining Areas of Highest Inflow and Infiltration in the Milwaukee Metropolitan Sewerage District's Jurisdiction」 Anna Boersma	「時系列解析の方法」 赤池弘次, 尾崎統, 北側源四郎																																																																																																																		
解析に必要なデータ	①雨天時浸入水量データ ②流域特性データ (経過年数, 管種, 開発団地の有無等)	①処理場等の流入量データ ②レーダ降雨量情報(メッシュ単位) ③管きょ網データ																																																																																																																		

(出典：ストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアルー2018年3月ー)

4.4.3 小ブロックへの絞り込み

大・中ブロックから小ブロックへと絞り込む手法には、次のものがある。

- (1) 流量調査によるスクリーニング
- (2) 雨天時探査
- (3) その他

【解説】

(1) について

流量調査による小ブロック（2～5ha 程度）への絞り込み手法には次のものが挙げられる。

- 1) ブロック（系統）別流量調査
- 2) 雨天時浸入水分布調査
- 3) 深夜流量分布調査

上記 1) 及び 2) の調査方法は、「4.4.2 大・中ブロックへの絞り込み」で示したものと同様である。よって、ここでは深夜流量分布調査について説明する。

深夜流量分布調査とは、降雨後の深夜流量を調査し、深夜流量の多い地域を特定するための手法である。深夜流量の多い管きよの下流から上流へ遡り、管きよの合流点（マンホール）で深夜流量の多量ルートと少量ルートを判定し、徐々に上流に向かって絞り込みながら、詳細調査の対象とするスパンもしくはルートを選定する。この調査は流量の多少を判定することが目的で、定量的な流量計測を必要としないが、定量的な流量計測が必要な場合には図 4-5 に示す方法を用いるとよい。

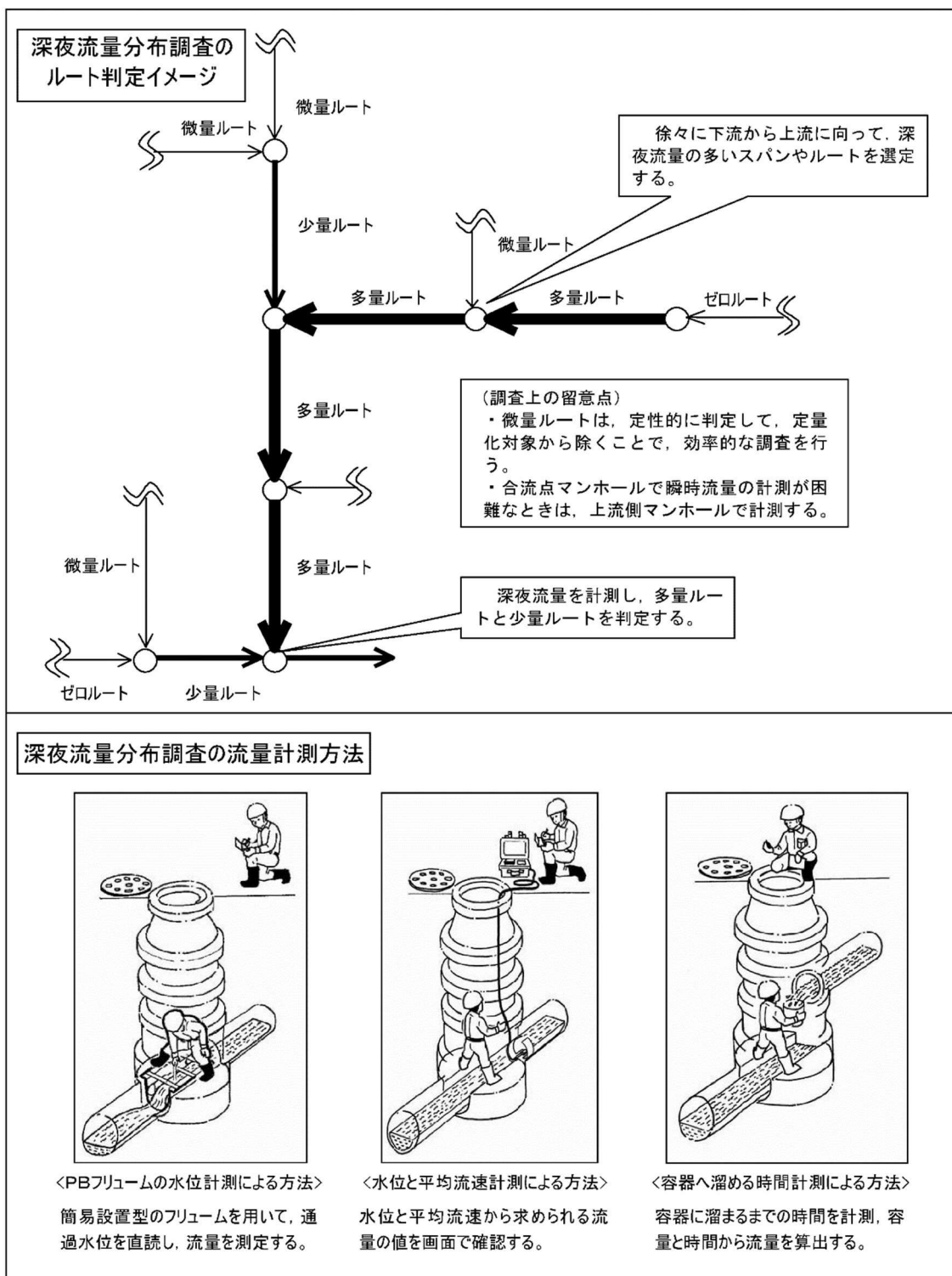


図 4-5 深夜流量分布調査の概念

(出典：分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアルー2009年3月ー)

(2) について

雨天時探査は、小ブロックへの絞り込みを目的とし、降雨時又は降雨直後に管路施設における下水の流下状況を目視で確認するものである。

- 1) 雨天時マンホール探査
- 2) 雨天時公共ます探査
- 3) 雨天時テレビカメラ探査

小ブロックへの絞り込みを目的とした雨天時探査は、晴天時と雨天時の流下状況を比較し、雨天時浸入水による流量の変化を目視で確認するものである。そのため、精度を期待できないが、雨天時浸入水の有無を把握するための予備調査や、各種調査を補完するための手段として有効である（表4-5参照）。

なお、特に雨天時テレビカメラ探査では次のような問題が生じやすいため、適用に当たっては実現性や費用対効果等を十分に検討すべきである。

- 1) 待機に伴う不稼働時間が大きくなる場合がある。
- 2) 降雨の継続時間が短い場合には、準備工だけで調査工に至らない場合がある。
- 3) 降雨に合わせて現場へ速やかに移動する必要があるため、地理的・費用的に対応可能な調査会社が限られる場合がある。

表 4-5 雨天時探査の概要

探 査 方 法	雨天時マンホール探査	雨天時公共ます探査	雨天時テレビカメラ探査
目 的	<ul style="list-style-type: none"> ・下水の流下状況から、雨天時浸入水の有無を調べる。 ・路面排水性等を確認し、地表面からの浸入箇所や可能性を調べる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・下水の流下状況から、排水設備からの雨水流入状況を調べる。 ・目地のにじみ具合等で水密性を調べる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天時もしくは降雨直後にテレビカメラにより、本管及び取付け管内から雨天時浸入水の流入に関わる対策箇所を特定する。
長 所	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天時浸入水の多いエリアの大まかな特定に向いている。 ・ふた穴等からの雨水浸入状況を確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水密性不良公共ますを特定できる。 ・排水の流下状況や透明度から、排水設備からの雨天時浸入水を確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・雨天時浸入水に関係する、本管や取付け管の不良箇所を特定できる。 ・排水設備からの雨天時浸入水を特定できる。
短 所	<ul style="list-style-type: none"> ・浸入水量を計量しないので、正確な順位評価ができない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・公共ますが民地側にある場合、敷地内に立ち入るため、事前の周知が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・直接浸入水の有無を判断するためには、晴天日のカメラ調査結果との比較が必要となる。
備 考	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの調査も、一定以上の降雨が発生すると判断した段階で、現場に急行する必要がある。 ・いずれの調査も、その性格上、あまり広い調査地域には適さない。 ・目視による定性的な調査が主体となるため、調査員の判断が重要で、相応の経験者を必要とする。 ・天候に左右される調査であるため、十分な工期を必要とする。 		

（出典：分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル－2009年3月－）

なお、ストックマネジメント計画等に基づく通常的点検・調査によって、次の状況を把握できる。これらを活用することで、発生源の推定も行いやすくなると考えられる。

- 1) マンホールふたの点検結果に基づく、マンホールふたの開口部の有無
- 2) テレビカメラ調査結果等に基づく、常時浸入地下水の原因の一つである浸入水の有無

(3) について

ストックマネジメントに基づく修繕・改築によって水密性を向上させ、雨天時浸入水を削減する場合には、小ブロック（2～5ha 程度）まで絞り込めれば十分だと考えられるが、2ha 未満まで絞り込む必要が生じた場合には、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）や公益財団法人下水道新技術推進機構による共同研究等の結果を活用できる。

4.5 詳細調査

雨天時浸入水等の発生源又は水量を把握するため、次の詳細調査を実施する。

- (1) 視覚調査
- (2) 不明水調査

【解説】

雨天時浸入水及び常時浸入地下水の発生源又は水量の把握を主目的として、詳細調査を実施する。発生源を把握するのは発生源対策に資するためであり、水量を把握するのは運転管理・施設対策に資するためである。対策の効果を確認するためにも水量は用いられる。

(1) について

視覚調査は、調査対象に応じて次のように区分される。

- 1) 管内潜行目視調査
- 2) 本管テレビカメラ調査
- 3) マンホール目視調査
- 4) マンホールふた調査
- 5) まず調査
- 6) 取付け管テレビカメラ調査

ここでは、各視覚調査の概要を示す。各視覚調査の詳細については公益社団法人 日本下水道管路管理業協会の「下水道管路管理マニュアル-2019-」を参照されたい。

これらの調査は、管路施設の劣化状況及び浸入水の有無の把握に主眼が置かれており、一般的に晴天時に実施され、マンホールふた開口部のような直接浸入水の発生源や常時浸入地下水の発生箇所等を把握することができる。

1) 管内潜行目視調査

管内潜行目視調査は、調査員が管径 800mm 以上の管きょ内へ入り、地下水の浸入状況やクラックの有無・程度等を直接目視し、管内の状態を把握するものである（図 4-6 参照）。管径が 800mm 以上の大口径管では、管径・延長・流量等の現場条件が様々なため、大雨や酸素欠乏症等への対策を含めた安全衛生管理が重要となる。流量が多かったり有毒ガスの発生が予想されたりする場合には、大口径管テレビカメラ調査の適用を検討する。

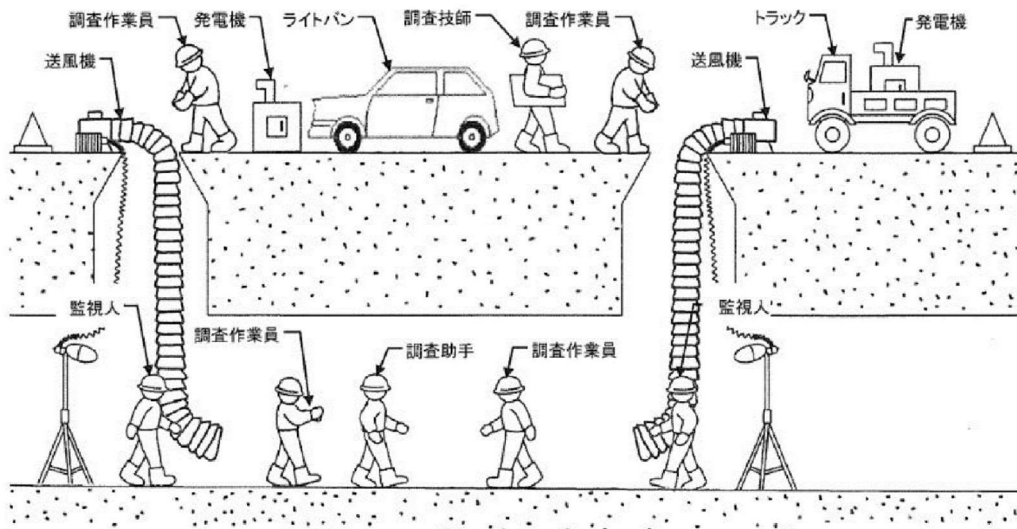


図 4-6 管内潜行目視調査作業模式図

(出典：下水道管路管理マニュアルー2019 年ー)

2) 本管テレビカメラ調査

本管テレビカメラ調査には、小中口径管テレビカメラ調査（管径 800mm 未満）と前述した大口径管テレビカメラ調査（管径 800mm 以上）がある。小中口径管テレビカメラ調査の作業模式図を図 4-7 に、大口径管テレビカメラ調査の作業模式図を図 4-8 に示す。

本管テレビカメラ調査は、調査員が管きょ内に入らず、調査員の代わりにテレビカメラを挿入し、テレビカメラ車のモニター映像を通して管きょ内の状態を把握するものである。

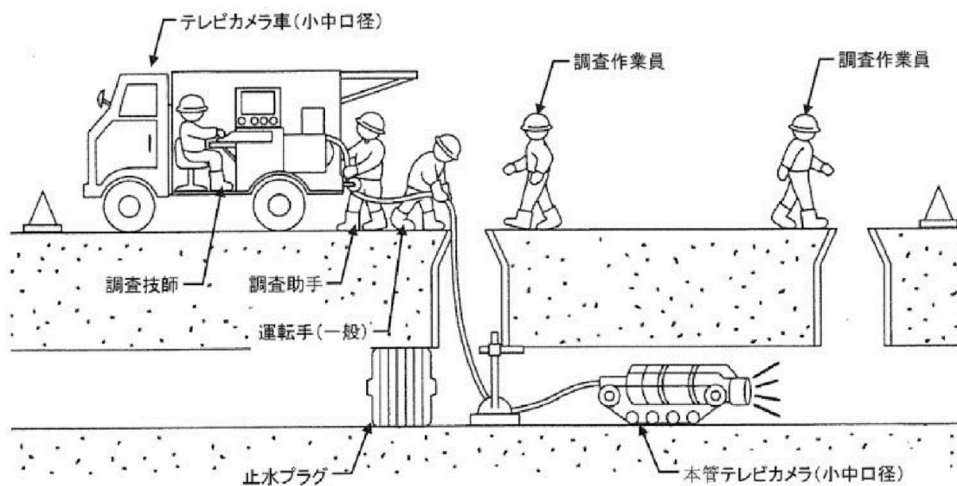


図 4-7 小口径管テレビカメラ調査作業模式図

(出典：下水道管路管理マニュアルー2019 年ー)

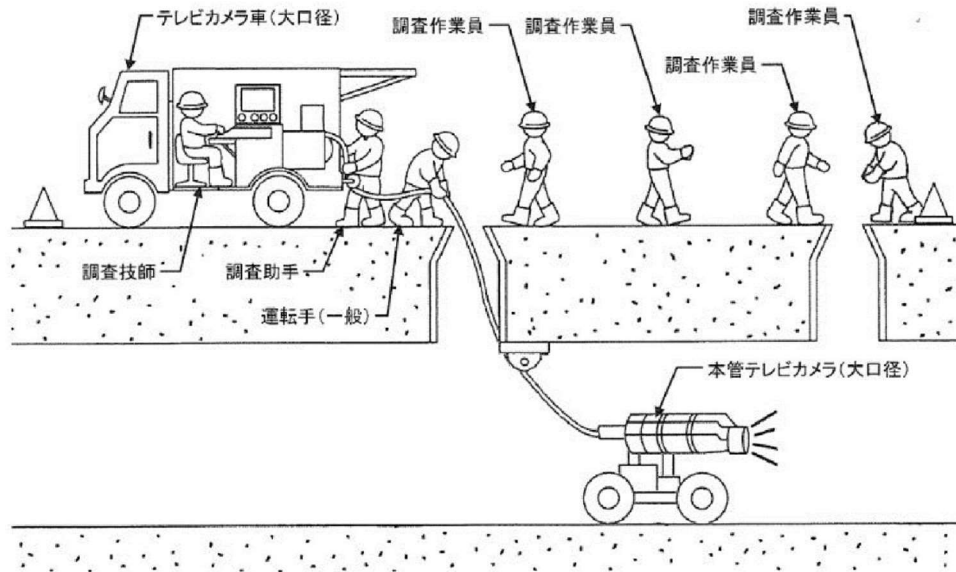


図 4-8 大口徑管テレビカメラ調査作業模式図

(出典：下水道管路管理マニュアル-2019 年-)

3) マンホール目視調査

マンホール目視調査では、調査員がマンホール内へ入り、直接目視によってマンホールの壁面や管口等の状況を把握する。併せて、マンホール内から可視できる範囲の管きよの状況も確認する（図 4-9 参照）。

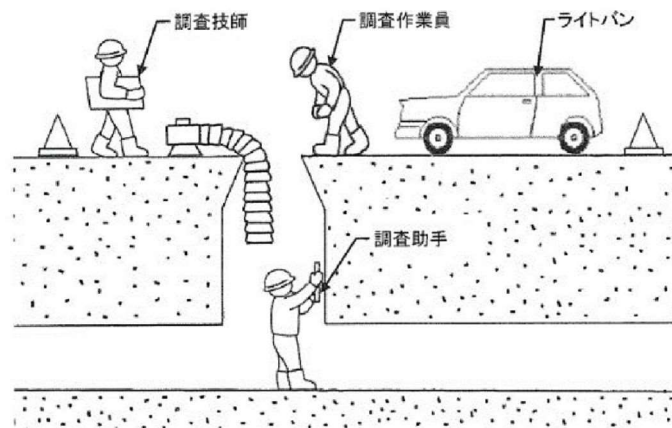


図 4-9 マンホール目視調査作業模式図

(出典：下水道管路管理マニュアル-2019 年-)

4) マンホールふた調査

マンホールふたの調査項目は、性能劣化に関するものと機能不足に関するものに大別される。性能とは、マンホールふたが道路の一部として持つべき能力と物性をいう。機能とは、マンホールふたが管路施設の一部として、また維持管理の入り口として持つべき役割をいう。よって、性能劣化に関する調査項目はガタツキや表面摩耗等となり、機能不足に関する調査は浮上・飛散防止機能や転落・落下防止機能等の有無となる。

なお、発生源の把握を主目的としてマンホールふた調査を行う場合、ふた穴の有無並

びに支持構造の違い（平受けや緩勾配受け等）に留意する必要がある。マンホールふた変遷表を活用すれば、ふた穴の有無並びに支持構造の違いを効率よく把握できる。

5) まず調査

まず調査では、直接目視による形状や構造等の確認に加え、まず内部の状態も把握する。分流式下水道を採用している区域では、まず内部に付着又は堆積している夾雑物の種類により、排水設備の誤接合が明らかになることもある。

過去の事例では、排水設備からの浸入水について、次のような事例が報告されている。このような事例から、改築による管路施設の水密性向上に加え、誤接合の解消や汚水ますの取り替え等が対策として有効なことが分かる。よって、雨天時浸入水の多い地区では、管路施設の点検・調査のほか、排水設備の点検・調査も考慮するとよい。

【K市の事例】

- ▶不明水量のうち、排水設備の誤接合による影響が大だった。
- ▶浸入水の発生箇所は、排水設備におけるものが45%で、公共下水道におけるものが55%だった。
- ▶不明水対策として、排水設備の改善による効果が大きく、小規模工事なので費用対効果も大きかった。
- ▶排水設備の無料点検・調査と改善工事の助成制度を導入し、約1万5千戸で無料点検・調査を実施したところ、公共ますの43%、排水設備の52%に不良があった。
- ▶無料点検・調査によって発見された不良の多くは、誤接合、汚水ますの穴・ひび割れだった。

【G県の事例】

- ▶ある地区では、修繕後に雨天時浸入水量を多く削減できた。これは、誤接合解消による効果が大きかったと推定される。
- ▶汚水ますの修繕率を上げられれば、不明水の削減効果も期待できる。

6) 取付け管テレビカメラ調査

取付け管テレビカメラ調査では、取付け管内の洗浄後、まず内の管口から本管まで直視式カメラヘッドを人力で押し込み、取付け管内の状態を把握する（図4-10参照）。

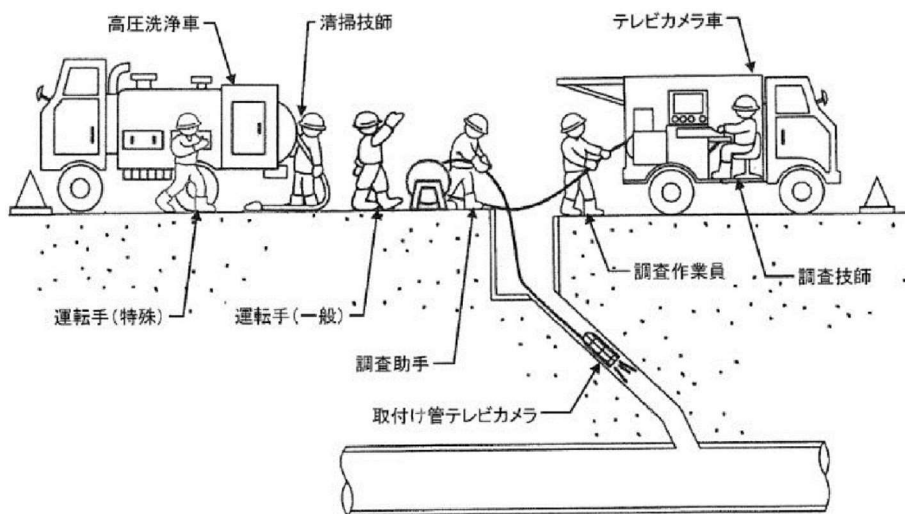


図 4-10 取付け管テレビカメラ調査作業模式図

(出典：下水道管路管理マニュアルー2019年ー)

(2) について

不明水調査には、次のものがある。なお、詳細については、公益社団法人 日本下水道管路管理業協会の「下水道管路管理マニュアルー2019ー」を参照されたい。

- 1) 流量調査
- 2) 誤接合調査
- 3) 水密性調査

1) 流量調査

流量調査の概要は表 4-3 に示したとおりである。測定するうえで注意すべき事項には次のようなものがある。

- ▶測定箇所は、管路の直線部に位置していること。
- ▶測定箇所の上流に蛇行やたるみ等がないこと。
- ▶下流からの背水の影響がない箇所を測定箇所として選定すること。
- ▶降雨等による水量の急増に注意して作業すること。

2) 誤接合調査

誤接合調査では、分流式下水道における排水設備の雨水系統と汚水系統が正しく分離されているかどうかを確認する。誤接合調査の方法には、送煙試験、音響試験、染料試験がある。

誤接合には、民地内にある雨水ますから、汚水管又は公共汚水ますに接続されている例が多くみられる。屋根部分の工種別基礎流出係数は 85～95%と 100%に近い。さらに流入時間は短いので、汚水管に流入する雨天時の水量は短時間に大きな値を示すことが多くなる。不明水量における誤接合の影響が大きいことは (1) で前述したとおりである。

3) 水密性調査

水密性試験では、浸入水の原因となる管路施設の水密性を調べる。水密試験には注水試験と水圧・圧気試験がある。

注水試験は、止水プラグで密閉した管きょ内に地下水位より高いところまで水を張り、その水位の降下量を測定することで、1スパンごとの水密性を調べる。水圧・圧気試験では、加圧装置（注入パッカー）を管きょの継手ごとに取り付けた後、コンプレッサーによって気圧を加え、圧力の低下状態から継手の水密性を調べる。

4.6 詳細調査結果の活用

詳細調査の結果を発生源対策・運転管理・施設対策の検討に活用する。

【解説】

「雨天時浸入水対策ガイドライン（案）」では、雨天時浸入水対策の基本的な考え方を次のように示している。

- ① 直接浸入水は、発生源対策により浸入を防止する。
- ② 雨天時浸入地下水は、発生源対策により浸入を最少限度とする措置を講じる。
- ③ ②の対策が講ぜられているにもかかわらず浸入する雨天時浸入地下水については、雨天時計画汚水量に見込むこととし、運転管理の工夫や施設対策による総合的な対策を講じる。

発生源対策を行う際、修繕・改築によって、穴開きマンホールふたを取り替えたり、管更生によって浸入水を抑えたりすることが有効となる。詳細調査の結果を活用することで発生源を把握し、発生源対策も考慮に入れた修繕・改築計画を策定できる。修繕・改築計画の計画期間は5～7年が標準であるため、修繕・改築計画に合わせた短期目標を設定しつつ、段階的に中長期的な雨天時浸入水対策を進めていくとよい。

【参考文献】

- 1) 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-2015年版- 平成27年11月 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
- 2) 分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル 2009年3月 (財)下水道新技術推進機構
- 3) ストキャスティック手法を用いた雨天時浸入水対策に関する技術マニュアル 2018年3月 (公財)日本下水道新技術機構
- 4) 下水道管路管理マニュアル-2019- (公社)日本下水道管路管理業協会

5. 運転管理と施設対策

5.1 雨天時計画汚水量に対する能力の確認

管路施設、ポンプ施設及び処理施設について、雨天時計画汚水量に対する排水能力等を確認する。

- (1) 管路施設
- (2) ポンプ施設
- (3) 処理施設

【解説】

表5-1に示す対象施設に対する対象流量の考え方により、図5-1に示すように、現状の下水道施設の雨天時計画汚水量に対する排水能力や処理能力の評価を行い、下水道施設の問題点を整理する。能力が不足すると判断された施設については、適切な運転管理等を検討した上で、効果的かつ効率的な施設対策を検討する。

表5-1 対象施設に対する対象流量の考え方

項目	対象流量
管路施設	雨天時計画時間最大汚水量
ポンプ施設	雨天時計画時間最大汚水量
処理施設	雨天時計画1日最大汚水量

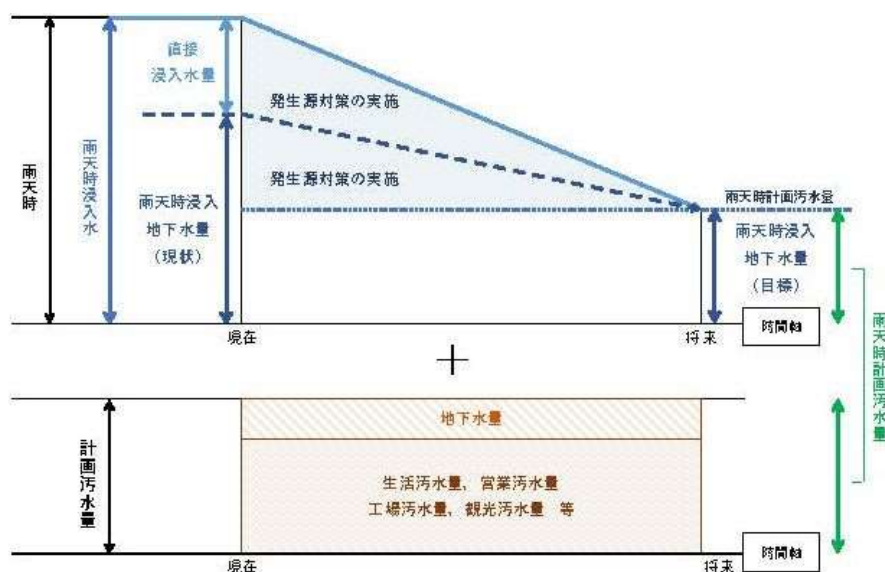


図5-1 雨天時計画汚水量の概念図

(1) について

管路施設は、雨天時計画時間最大汚水量に対して、満管における排水能力の確認を行う。この際、等流計算による確認を基本とする。

(2) について

ポンプ施設は、雨天時計画時間最大汚水量に対する予備機を含めた揚水能力の確認を行う。

(3) について

処理施設は、雨天時計画 1 日最大汚水量に対する処理能力の確認を行う。なお、場内ポンプ施設については、(2) の方法により確認する。

5.2 主な対策メニュー

雨天時浸入水対策は、その機能や内容により、施設の運転管理対策と施設の機能向上対策の2つに分類される。

【解説】

雨天時浸入水対策メニューは、その機能や内容により表 5-2 のように整理される。その他、処理施設が建設途中の場合には、「増設計画を前倒し」することにより、一時的に雨天時浸入水処理能力を増強することも可能となる。

対策メニューの選定に当たっては、新たな施設を追加することによる施設能力や機能を向上させる機能向上対策では、事業費や整備期間を要することから、すぐに実施可能な既存施設を有効活用する運転管理対策を優先させることが望ましい。

なお、図 5-2 の雨天時浸入水対策の事例（設計指針）では、排水設備や取付け管の修繕・改築等をオンサイト対策としているが、「2.2 雨天時浸入水対策の基本的な考え方」で述べたように、雨天時の直接浸入水は発生源対策により浸入を防止し、雨天時浸入地下水は発生源対策が講ぜられているにもかかわらず浸入する雨天時浸入地下水について、雨天時計画汚水量に見込み、運転管理の工夫や施設対策による総合的な対策を講じることとしている。発生源の抜本的な対策であるストックマネジメント（修繕・改築）に関しては、本手引きでは「6. 発生源対策」で整理を行っているため、図 5-2 の排水設備や取付け管の修繕・改築等のオンサイト対策については、本手引きとは対策の位置づけが異なっている点に留意する必要がある。

表 5-2 対策例の概要と効果

種類	対象施設			目的別効果			対策例	概要	増強される能力		
	管路	ポンプ場	処理場	汚水溢水	施設冠水等	障害防止能			流下	処理	貯留
施設の 運転管理 対策	○			-	○	△	ゲート操作・オリフィス等による流出抑制 ^{注1)}	幹線接続点におけるゲートの開度調整やオリフィスの設置による支線から幹線への流出量の抑制	○		
		○	○	-	○	△	ゲート操作による管内貯留 ^{注1)}	ポンプ場や処理場流入部のゲート操作等により施設に流入する下水量を抑制すると同時に、余剰下水量を上流部の既設管路内で一時貯留する。			○
		○	○	○	○ ^{注3)}	-	ポンプ予備機の活用	ポンプの予備機を稼働することにより揚水能力を増強する。	○		
			○	-	-	○	反応タンクステップ流入	反応タンクをステップ運転することにより処理水量を増強する。		○	
施設の 機能向上 対策	○			○	-	-	管路の流下能力の増強 (管路の二条化, 布設替え)	増補管を布設することにより二条化することや、増径した管に布設替えすることにより流下能力を増強する。	○		
	○			○	○	○	管路のネットワーク化	雨天時下水量に対して流下能力が不足している管路と余裕がある管路をネットワーク化し、管路網としての能力増強を図る。	○		
	○			○	-	-	浮上防止型マンホール蓋への改良	浮上防止型マンホール蓋に改良し、マンホール蓋の飛散による人身事故を防止する。	○		
	○	○	○	○	○	○	貯留施設の設置	貯留施設を設置し、下水道施設への流入を抑制する。			○
	○	○	○	○	○	○	緊急時(処理場間)ネットワーク管の有効利用	緊急対策用に設置した処理場間ネットワーク管を貯留施設として有効利用を図る。			○
		○		○	○ ^{注3)}	-	ポンプ能力の増強 (設備の有効利用) (ポンプ場 ^{注2)} の新設)	整備途中のポンプ場・ポンプ施設において雨天時浸入水用としてポンプ設備を増設し、揚水能力の増強を図る。	○		
			○	-	○	-	ポンプ能力の増強 (設備の有効利用) (ポンプ施設 ^{注2)} の新設)	整備途中のポンプ施設において雨天時浸入水用としてポンプ設備を増設し、揚水能力の増強を図る。また、処理場にて雨天時浸入水用として下水道全体計画以上のポンプ施設を建設し、揚水能力の増強を図る。		○	
			○	-	○	△	処理場内流下ルートの確保	処理場内の導水渠・水路等の流下能力が雨天時浸入水により不足する場合に他の流下ルートを確保する。	○		
			○	-	-	○	施設・設備の有効利用	施設計画の見直し等により余裕が生じた施設を貯留施設として活用することや稼働していない施設を活用する等、既存施設の有効利用を図る。			○
			○	-	-	○	反応タンク・最終沈殿池のバイパス水路の設置	反応タンク・最終沈殿池をバイパスすることにより、処理水量を増強する。		○	
		○	-	-	○	雨天時浸入水用処理施設 ・凝集剤添加など沈殿能力の増強 ・高速ろ過設備 ・消毒設備等	高速ろ過・凝集沈殿施設等雨天時浸入水用処理施設を設置し処理水量を増強する。			○	

注1) ゲート操作やオリフィス等による対策を実施する場合は、降雨強度の変動による溢水の危険性を考慮する必要がある。

注2) ポンプについては、処理場内の揚水施設を「ポンプ施設」、管路途中における圧送・揚水施設を「ポンプ場」と区分する

注3) 下流管路に影響

※ 増強される能力：流下＝流下能力・揚水能力／処理＝処理能力(処理可能量)／貯留＝貯留によるピーク流量の低減

※ 対策の効果：○＝効果あり／△＝副次的に効果あり／－＝効果なし

(参考：分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き(案) 2003年3月 (財)下水道新技術推進機構)

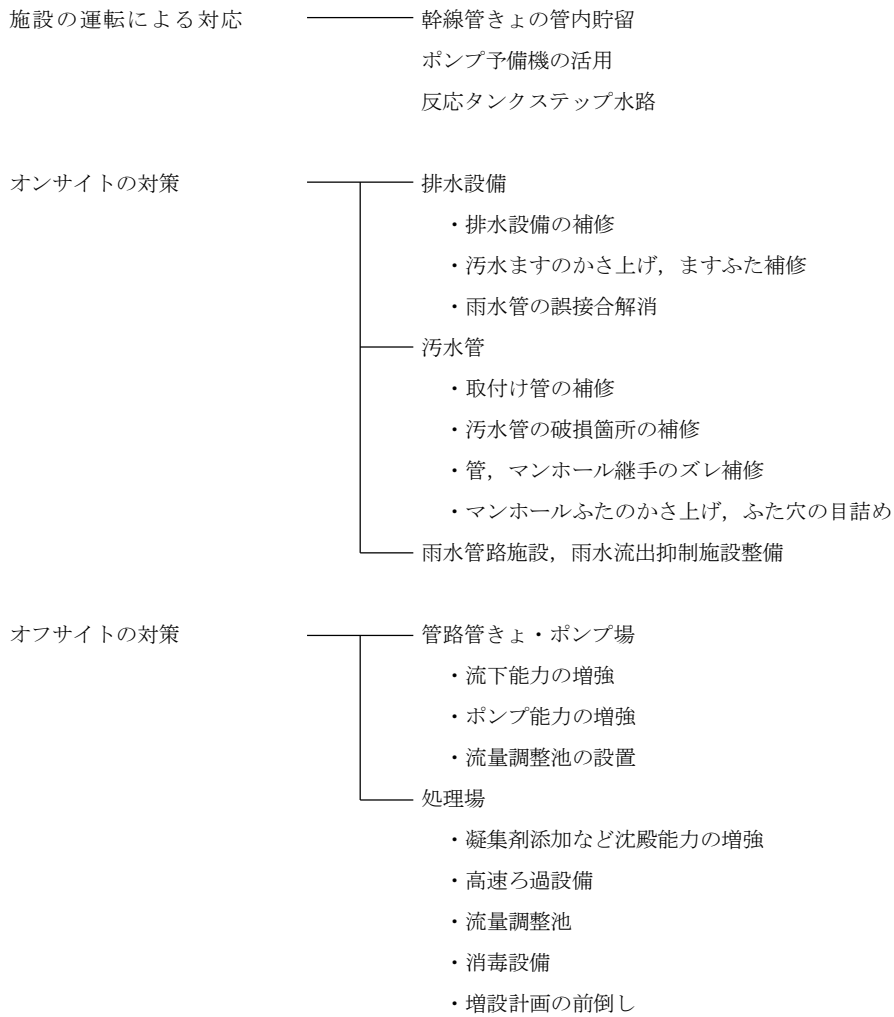


図 5-2 雨天時浸入水対策の事例

(出典：下水道施設計画・設計指針と解説 2019 日本下水道協会)

5.3 運転管理

雨天時浸入水の対策として、現有施設能力を最大限に発揮できる運転管理手法を実施する。対策に当たっては、管路施設、ポンプ施設及び処理施設などの下水道施設がシステムとして効率的に機能するような運転管理方法を検討するとともに、降雨に備えた運転管理体制を整えておくことが重要である。

【解説】

運転管理手法は、機能向上対策として新たに設置する施設や設備の運転操作方法や維持管理方法はもとより、降雨量、雨天時浸入水量、ポンプ施設や管路施設の水位などに関するデータを蓄積し、下水道施設がシステムとして排水能力や処理能力を最大限発揮できるものを選定することが重要である。運転管理方法の内容としては表5-2に示す事項が挙げられる。

また、これらの下水道施設の運転管理方法に応じた運転管理体制やマニュアルを整えておくことが必要である。

5.4 施設対策

雨天時浸入水の施設対策については、事象の発生状況や現有施設の状況等を踏まえ、処理区全体において効果的かつ効率的な施設対策を実施する。

また、対策手法の検討に当たっては、現状の下水道施設の能力や課題に基づいて、優先的に実施すべき対策を明確にするとともに、適用可能な対策手法を整理した上で、対策手法の組合せを検討する。

なお、「5.3 運転管理」にも配慮し効果的かつ効率的な対策を検討する。

- (1) 基本的事項
- (2) 管路施設の対策
- (3) ポンプ施設の対策
- (4) 処理施設の対策

【解説】

(1) について

施設対策の検討に当たっては、今後の人口減少や経営的な観点を踏まえるとともに、これらの対策施設は、一般的に雨天時において活用されることから、活用頻度が晴天時より相対的に少ないことを考慮し、晴天時と併用できる施設とするなど、効果的かつ効率的な対策を検討することが重要である。

検討に当たっては、雨天時浸入水に関する事象が発生した地区だけでなく、雨天時計画汚水量に対して能力が不足する施設について検討対象とする必要がある。なお、施設対策は、例えば管路施設における対策の概略検討の結果、流下能力増強対策が経済的な場合でも、処理施設における対策を含めて検討すると、管路で貯留対策した方が全体として経済的となる場合があることから、処理区全体で検討することが必要である。

処理区内において地区によって雨天時浸入水量に大きな違いがある場合は、実態を踏まえ、地区ごとに浸入率を設定し、対策を講じることが有効となる場合もある。また、流域下水道では関連公共下水道が複数に及び処理面積も広大になる。このような場合、地域ごとに異なる計画降雨を採用する方法や、処理区内で最も処理面積の大きい地域における計画降雨を当該処理区の代表的な計画降雨として採用するなど、地域の実情に応じて設定することも考えられる。

雨天時浸入水対策は、「5.3 運転管理」における運転管理の工夫や地域の実情及び放流先の水環境等を踏まえ、施設対策の内容や優先順位を検討することが重要である。

雨天時浸入水対策メニューは、その機能や内容により表5-2のように整理される。その他、処理施設が建設途中の場合には、「増設計画を前倒し」することにより、一時的に雨天時浸入水処理能力を増強することも可能となる。

対策メニューの選定に当たっては、新たな施設を追加することによる施設能力や機能を向上させる機能向上対策では事業費や整備期間を要することから、すぐに実施可能な既存施設を有効活用する運転管理対策を優先させることが望ましい。

(2) について

管路施設では、雨天時計画時間最大汚水量を支障なく流下させる必要がある。能力確認で流下能力が不足と判断された場合には、溢水の危険性がある地点の上流部又は下流部で対策を行う必要があり、管路施設の流下能力を増強する方法、又は流下量を低減させる方法がある。

流下能力の増強については布設替え、流下量の低減については貯留施設の設置やネットワーク化等があり、既存埋設物や用地等を踏まえ、効果的な対策を検討する。

(3) について

ポンプ施設では、雨天時計画時間最大汚水量を支障なく揚水する必要がある。揚水能力が不足する場合には、ポンプ能力の増強や、貯留施設の設置によるポンプ施設への流入量の低減対策を検討する。

(4) について

処理施設において雨天時計画1日最大汚水量の処理能力が不足する場合には、貯留能力の増強や処理能力の増強を検討する。

貯留能力を増強する手法としては、処理場用地を活用した貯留施設の設置や、人口減少等による計画汚水量の減少を踏まえた既存処理施設での一部貯留といった方法が考えられる。貯留容量の設定については、晴天時の処理施設への返流処理能力を踏まえ検討する。

処理能力を増強する手法としては、高速ろ過設備などの設置や、消毒設備の増強といった対策があり、放流先を考慮して適切な対策手法を選択する。

また、貯留能力の増強対策と処理能力の増強対策を組み合わせることも考えられる。

【参考文献】

- 1)雨天時浸入水対策ガイドライン(案) 令和2年1月 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部
- 2)分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き(案) 2003年3月 (財)下水道新技術推進機構
- 3)下水道施設計画・設計指針と解説 2019 (公社)日本下水道協会

6. 発生源対策

6.1 発生源対策の考え方

発生源対策は、次の内容を踏まえ、適切に行うこととする。

- (1) 雨天時浸入水の発生源対策を実施するにあたっては、各種調査により浸入箇所を絞り込んだ地区に対して適切な手法を選定することが有効である。
- (2) 発生源対策については、ストックマネジメントや雨水整備等と合わせて総合的に行うことが効果的である。

【解説】

(1) について

雨天時浸入水の浸入箇所を把握するには、対策優先度の高い対象ブロックへ絞り込むスクリーニング後に、浸入部位や浸入原因を把握するための詳細調査を実施することが有効である。

なお、雨天時浸入水の浸入部位は、宅内ます等の排水設備から下水道管や公共ますなどの管路施設まで様々であり、その原因も目地切れやクラック、破損、継手部のゆるみ等多岐にわたることから、発生源対策を効果的に実施するためには、詳細調査によって雨天時浸入水の浸入箇所を把握し、優先順位を設定して、浸入原因に応じた対策を行うことが有効である（図 6-1、表 6-1 参照）。

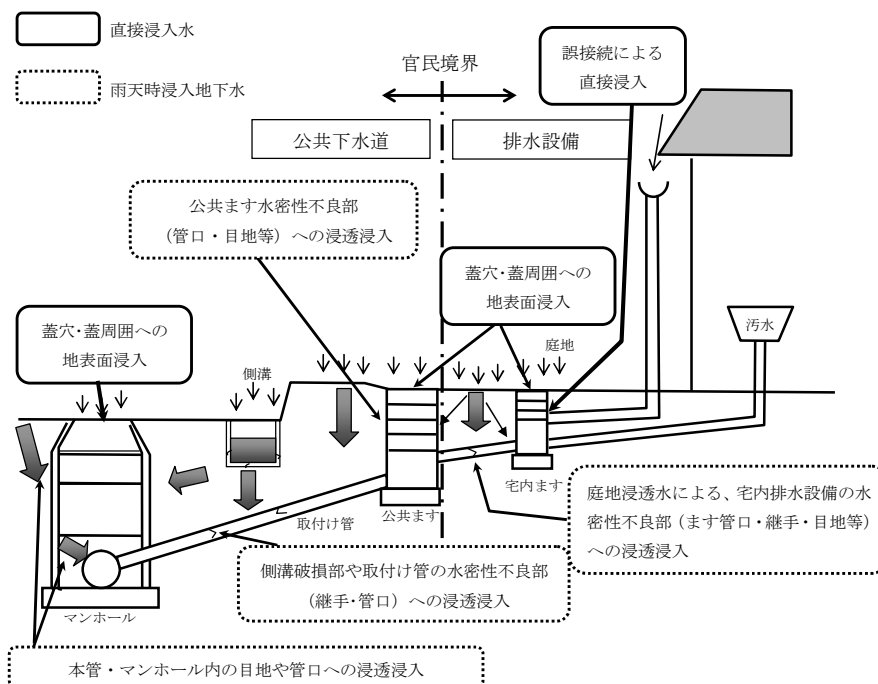


図 6-1 雨天時浸入水の浸入経路のイメージ

(出典：雨天時浸入水対策ガイドライン(案)令和2年1月)

表 6-1 浸入部位・浸入原因別の浸入水削減対策手法及び効果の例

対象施設	浸入部位 及び原因	対策手法	効果	
			直接 浸入水	雨天時 浸入地下水
宅内排水設備	誤接合	誤接合の解消	○	—
	管口や破損による 水密性不良	修繕・改築	—	○
公共汚水ます	ふた穴やふた周辺 からの浸入	ふたの交換, ふた穴 の閉塞	○	—
	管口や破損による 水密性不良	修繕・改築	—	○
取付け管	継ぎ手部や破損に よる水密性不良	修繕・改築	—	○
下水道本管	継ぎ手部や破損に よる水密性不良	修繕・改築	—	○
マンホール	管口や破損による 水密性不良	修繕・改築	—	○
	ふた穴やふた周辺 からの浸入	ふたの交換, ふた穴 の閉塞	○	—
その他	全般	雨水整備	○	○

(出典：雨天時浸入水対策ガイドライン（案）令和2年1月)

(2) について

ストックマネジメントは内面腐食やクラックなどによる劣化を考慮して実施され、雨水整備は浸水リスクを考慮して実施される。雨天時浸入水対策が、これらの事業の主目的として実施されたことはこれまで少なかったが、これらの事業は発生源対策に寄与することから、雨天時浸入水の原因や事象によっては、他の目的を有する事業と連携した継続的な施策展開が効果的である。

6.2 常時浸入地下水対策

常時浸入地下水対策は、健全な下水道経営、又は適正な施設能力の確保や道路陥没等の事故を未然に防止する観点から、管路施設の水密性を復元する抜本的な対策を実施することを基本方針とする。

【解説】

常時浸入地下水対策を実施するに当たっては、あらかじめ許容できる常時浸入地下水量を定め、これを超える浸入水があった場合には対策を実施するなど、対策の要否、時期等を明確にする指標を定め、中・長期的な視点に立脚した対策を立案する必要がある。

6.2.1 常時浸入地下水削減計画の策定

常時浸入地下水削減計画の策定では、費用対効果の観点から対策目標を設定し、対策範囲が広範囲で対策期間が複数年にわたる場合、単年度に実施可能な対策範囲、又はそれらを連結した範囲で、対策の緊急性等を十分に検討し、対策順位、対策方法を決定する。

- (1) 対策目標の設定と対策範囲
- (2) 緊急性等を勘案した対策範囲内の絞り込み・ブロック化
- (3) 常時浸入地下水削減計画の策定

【解説】

常時浸入地下水削減計画は、広い区域が対象となる常時浸入地下水対策を効率的かつ効果的に実施していくための計画であり、費用効果を十分考慮し、実現可能な計画を立案することが肝要である。

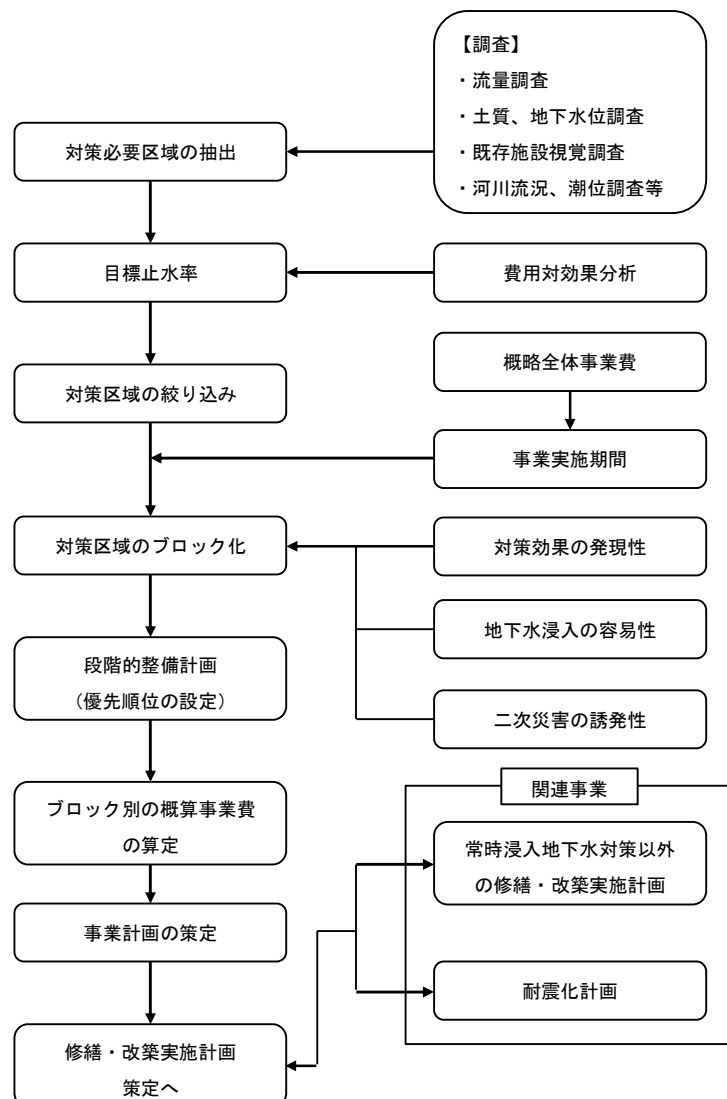


図 6-2 常時浸入地下水削減計画フロー

(1) について

常時浸入地下水は、現実的には大規模な常時浸入地下水対策を実施しても完全に止水することは困難であり、対策を実施するにあたり、費用効果の観点から妥当な対象範囲の設定や、対策目標の設定が重要となる。

また、対策の範囲、期間、目標とする浸入地下水削減率止水率（以下「止水率」という。）の設定においては、財政状況や、市町村全体の中長期計画等と整合した、妥当かつ実現可能なものでなければならない。

対策の範囲については、事前に行われる調査結果や解析結果を十分に踏まえ、常時浸入地下水量や、浸入水別地域（地下水位が高い地域、海浜地域、河川・湖沼近傍地域）、又は幹線系統別に分類されたテレビカメラ調査による施設不良率の大小等をもとに、費用効果や財政状況も勘案して、実現可能な範囲を定める。

対策の期間については、対策期間があまりに長期間となったり、反対に対策期間が短く単年度当たりの対策規模（事業費）が大きくなりすぎたりしないよう、財政状況を勘案し、市町村の中長期整備計画等にも整合した期間とすべきである。

対策目標の指標を止水率とした場合、費用効果の観点から最も対策効果の高い止水率を目標とする方法と、事業計画における地下水量を削減後の浸入水量とし、止水率を定める方法等がある。

いずれの止水率を用いる場合においても、費用効果の観点や事業規模の現実性等を勘案し、実現性の高い目標を設定することが重要である。

(2) について

常時浸入地下水の対策では、一般に広範囲な区域を対象とすることが多く、区域内における浸入水量や、地域特性・地形状況、又は常時浸入地下水の浸入形態が多岐にわたることがある。

一方、施設不良率や、管きょ延長により違いはあるものの、経験的に単年度で実施できる事業規模は2.5ha～5.0ha程度であり、設定した対策範囲を一様に単年度ブロック化していくと、10年以上の事業期間を必要とする場合も少なくない。また、対策範囲全体を対象に単年度ごとの対策順位を設定しようとした場合、ブロックが小さいためブロックごとの特性が把握しにくく、単年度ブロック別の緊急性や対策優先判定が明確にできず、効率的な対策とならない場合がある。

したがって、対象区域内の浸入水量や地域・地形状況等の特性・特徴が分類できる場合は、それらを勘案したうえで、下水の集水系統を基準に、単年度に対策実施可能な複数ブロックをひとつの事業実施ブロックとして設定し、ブロック別優先順位を設定すると効率的である。この手法より、事業実施ブロックを第一期対策範囲と、第一期対策後の常時浸入地下水量を検証したうえで、次期以降の対策の可否を判断する範囲とに分類するなど、適正な事業期間を設定することができる。

また、ブロックの優先度を判定する場合、次の点を総合的に評価する。

- ① ブロック別管路延長当たり不明水量（対策効果の発現性）
- ② ブロック内の海浜又は河川の存在、ブロック別用水路長又はブロック別田面積、

ブロック別地下水位下の管路延長（地下水浸入の容易性）

- ③ 重要幹線道路下や軌道下の埋設，又はブロック別の交通量（道路陥没等の二次災害の誘発性）

（3）について

常時浸入地下水削減計画の策定では，施設整備による対策効果及び被害軽減額と事業費から費用分析を行ない，地域の財政事情を考慮し，実現性のある目標をもって常時浸入地下水対策区域全体の計画構想をまとめることが望ましい。

なお，対策範囲内の計画対象面積が大きい場合，前述したように事業実施ブロック別に対策優先順位を設定し，第一期対策範囲と，第一期対策後の常時浸入地下水量を検証したうえ，次期以降の対策の可否を判断する範囲とに分類することがある。この場合においても，次期以降対策範囲もその範囲内においてブロック別優先順位を設定することが望ましい。

そのため，常時浸入地下水削減計画では，対策ブロック別に標本抽出されたテレビカメラ調査結果や，目視調査等から，ブロック別の異常・劣化特性や部位を特定し，これらの解消・改善に有効な対策方法を選定するとともに，概算事業費の算出を行う。

6.2.2 優先順位の設定

常時浸入地下水対策における優先順位は、次の観点から緊急度を判断し設定する。

- (1) 流量調査結果からの判定
- (2) 管路内調査結果からの判定
- (3) 総合評価

【解説】

(1) について

流量調査結果に基づき、常時浸入地下水対策の緊急度を判断するため、下水道計画における計画地下水量の割合（日最大汚水量の10～20%程度）や、計画地下水量を、処理能力又は管きよの流下能力、及び常時浸入地下水許容量のボーダーラインとして用い評価基準を定める。

一般に下水道使用料金は、1～2箇月間隔で検針される水道使用量等に応じて徴収されるため、下水道の有収水量は日平均汚水量に近い形で算定されることとなる。ここで、設計指針では、日最大汚水量と日平均汚水量の比を水道使用実績より推定できる場合はこれを用いることとし、それができない場合は1:0.7～0.8を用いるとしている。

したがって、常時浸入地下水対策の必要性を常時浸入地下水量／有収水量比で判断するならば、図6-3に示すように、常時浸入地下水量が有収水量の28%を超えた場合は、日最大汚水量の20%以上に相当する計画値以上の常時浸入地下水量があることとなり、対策の必要性が高いと判断できる。

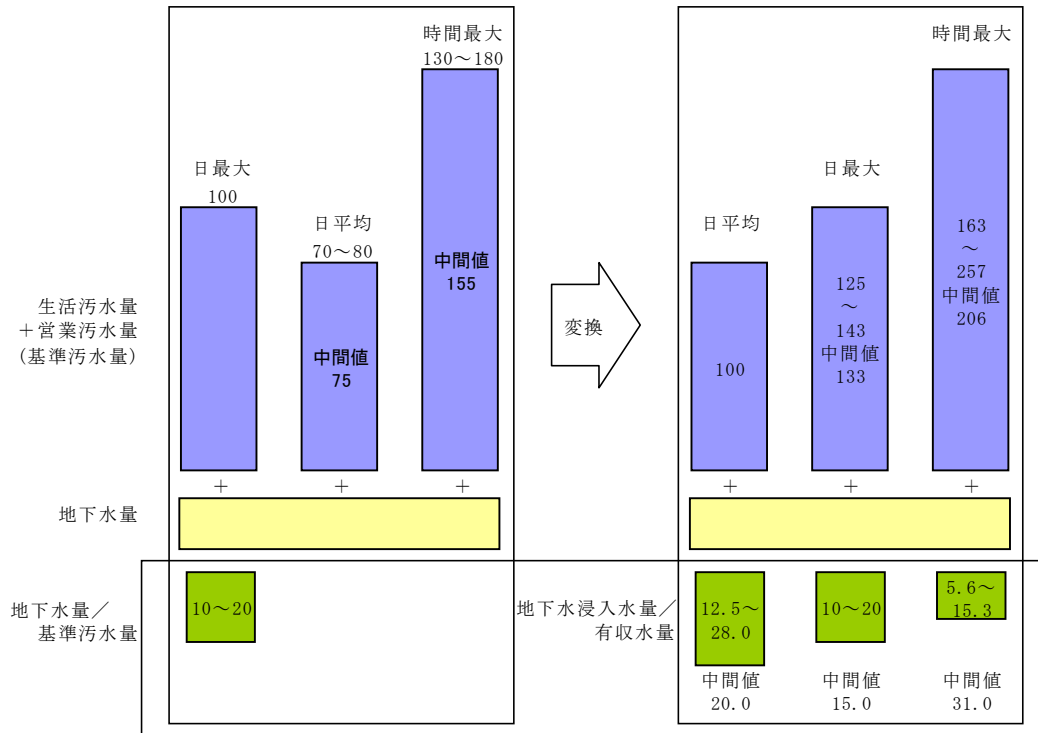


図 6-3 計画汚水量にみる地下水量の割合

(参考：月刊下水道 Vol.22 No.2)

また、施設能力の観点から常時浸入地下水対策の必要性を判断する場合、図 6-4 に示すように、常時浸入地下水を含む下水量が施設規模を決定する計画値を超える水量である場合には対策が急務と判断できる。

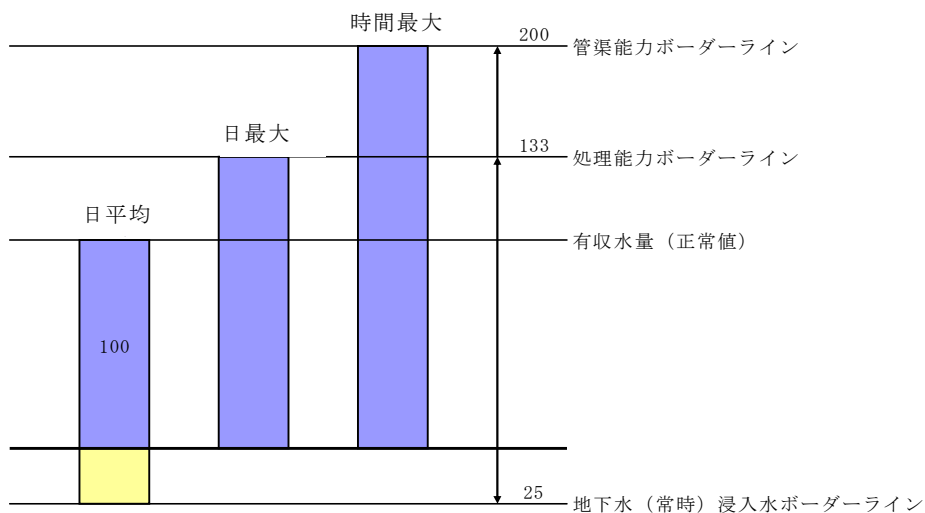


図 6-4 施設能力から見た常時浸入地下水のボーダーライン

例えば、計画 1 日平均汚水量：計画 1 日最大汚水量：計画 1 時間最大汚水量の比が、図 6-3 右図に示す中間値である場合、常時浸入地下水量に対する評価基準は表 6-2 に示すように設定することができる。

表 6-2 常時浸入地下水量に対する評価基準例
(日平均汚水量：日最大汚水量=1:1.3 の場合)

不良ランク 種別	A ランク	B ランク	C ランク	良 好
常時浸入地下 水	基準汚水量※ の 30%以上	基準汚水量※ の 20%を超え 30%未 満	基準汚水量※の 10%を超え 20%未 満	基準汚水量※ の 10%未満
溢水頻度	大雨時，頻繁 に 溢水する	災害レベルの 大雨時に溢水	これまで 1, 2 回 溢水を経験	溢水無し

※基準汚水量は、有収水量とほぼ同じと考え、次式によって求めている。

$$\text{基準汚水量} = \text{有収水量} = \text{調査流量} - \text{不明水量}$$

表 6-2 では、基準汚水量に対する常時浸入地下水量の割合の想定根拠は、次に示すとおりである。

- ・ 基準汚水量の 30%以上 (A ランク)
常時浸入地下水量を含む晴天時下水量が計画 1 日最大汚水量を超えた場合を想定。
- ・ 基準汚水量の 20%～30% (B ランク)
常時浸入地下水量が計画 1 日平均汚水量における地下水量を超えた場合を想定。
- ・ 基準汚水量の 10%～20% (C ランク)
常時浸入地下水量は計画 1 日平均汚水量における地下水量に達していないものの、これを超える危険性が增大している状況を想定。
- ・ 基準汚水量の 10%未満
常時浸入地下水量が計画 1 日平均汚水量における地下水量を超えるおそれがないものを想定。

また、管きよの流下能力に対する評価基準については、常時浸入地下水を含む晴天時下水量が計画 1 日最大汚水量を超える状況は希少であることから、雨天時のマンホールやポンプ場における溢水頻度も評価基準とした。表 6-2 では、溢水が発生する降雨の状況を「大雨」「災害レベル」と定性的に示しているが、雨水排除計画における確率年等を基に評価基準となる確率雨量を設定し、基準水量との比率にかかわらず、この降雨量（大雨）で溢水する場合、確率雨量を大きく超える降雨量（災害レベル）で溢水する場合等を評価基準とする考え方もある。

ただし、下水道計画における計画汚水量や地下水量は、各自治体によって異なっているため、判定基準を設定する際は、それぞれの自治体における計画汚水量等の諸元値や、処理場等の能力を確認する必要がある。

(2) について

管路内調査結果からの判定では、浸入水によって道路陥没などの二次災害を誘発さ

せるおそれがある管きよを優先度の高い管きよとして位置付けるほか，修繕・改築実施計画における事業種別要因である管きよの経過年数も主要な判断項目として設定する。

個々のスパンで評価される管きよ内調査結果を区域ごとに判定する手法として，区域をブロック化する方法が有効である。

ブロック化では，評価方法や事業の着手方法等の条件に応じてその手法を選択する。次に，メッシュ型及び流域型による区域のブロック化方法を示す。

1) メッシュ型

メッシュ型は，対象となる区域を 500m 四方などの一定サイズの矩形領域でブロック化する方法である。

この方法では，経緯度等の数値や管理番号のみで地理的な位置を把握でき，各施設等の地理情報があれば，即座に当該メッシュを把握できるなど，対象範囲が広い場合や，大量のデータを処理する場合などに有効である。

ただし，メッシュ型を用いた場合には下水道計画区域や幹線系統とは異なる分けを行うため，幹線流域ごとに不明水対策の効果を確認する場合，隣接する幹線流域の効果が一部含まれることとなり，幹線流域が小さい場合にはその影響が大きくなる懸念される。

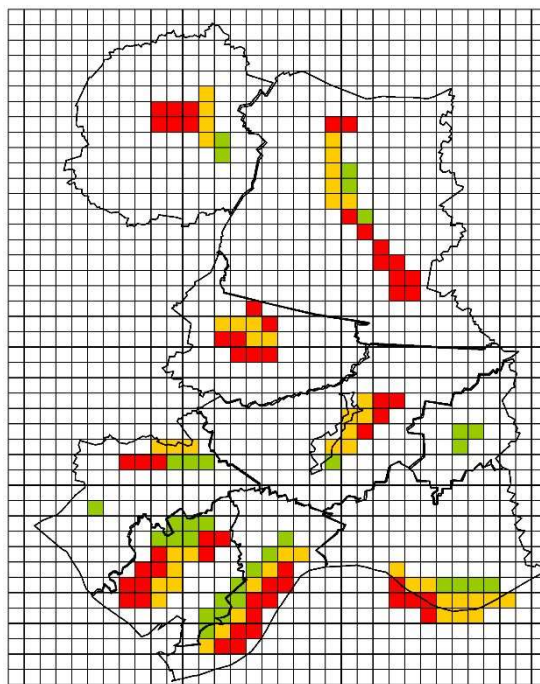


図 6-5 メッシュ型のイメージ

2) 流域型

流域型は，幹線系統や主要な管きよの集水区域単位でブロック化する方法である。この方法では，流量計測地点ごとや基準とする排水面積ごとに集水区域を分割するため，1 ブロックの小規模な区域から複数ブロックの幹線流域等の広範囲の判定にも利

用できる。また、集水区域ごとの対策範囲を選定できることから、対策効果を確認することが容易である（図 6-6 参照）。

ただし、1つのブロックが一定の矩形形状でないため、メッシュ型に比べブロック化に多くの手間が掛かる場合がある。

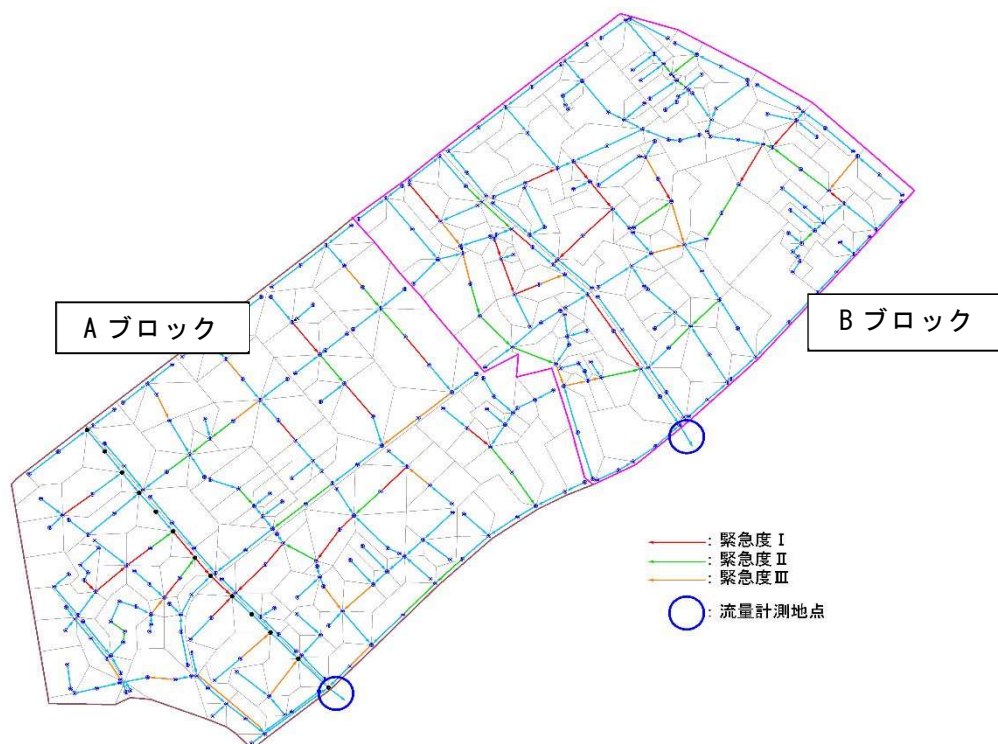


図 6-6 流域型のイメージ

ブロックごとの劣化による対策の優先度（必要性）の検討では、個々の管きよの劣化診断結果より浸入水に対する評価を用いて各ブロックごとに対策が必要な箇所について緊急度のレベルごとにスパン数を集計し、ブロック内の総スパン数に対する不良率を算定する。

表 6-3 に示す判定例では、管きよの緊急度における点数化は、総スパンに対する不良スパン数の割合を用いて 1%=1 点として設定した。

なお、緊急度の区分については次のとおりである。

- ・ 緊急度 I：速やかに措置が必要な場合。
- ・ 緊急度 II：簡易な対応により必要な措置を 5 年未満まで延長できる場合。
- ・ 緊急度 III：簡易な対応により必要な措置を 5 年以上に延長できる場合。

表 6-3 管きよの劣化対策緊急度からの判定例

		緊急度判定			
総スパン		216	不良スパン数	(%)	点数
Aブロック	緊急度	I	20	9.3%	9
		II	19	8.8%	9
		III	16	7.4%	7
小計					25

(3) について

ブロック別の優先順位総合評価では、常時浸入地下水量を判定基準とすることのほか、ブロック別の道路陥没事故、溢水事故等の履歴、施設の経過年数や劣化状況から見た将来の道路陥没等のリスク評価を勘案し、判定することが重要である。

ここに示す各ブロックの評価事例では、常時浸入地下水を含めた浸入水量に対する評価と、管きよの不良率からの評価に対して点数化を行うことによって事業の優先順位設定している。

事業優先順位の設定手順を次に示す。

- ① 流量計測を行った地点ごとに区域内管きよの緊急度を設定し、緊急度別スパン数を集計する。
- ② ①の緊急度別スパン数の割合を、同区域内の全スパン数を母数として算出し、点数化を行う。
- ③ 各流域の浸入水量に対する評価結果を点数化する。
- ④ ②及び③で求めた点数の合計の高い順から浸入水対策の事業実施優先順位を設定する。

上記の事業優先順位の設定手順により、浸入水対策の導入時期を判定した例を表 6-4 に示す。

表 6-4 浸入水対策導入時期判定例

	緊急度判定					浸入水量評価						合計	優先順位
	総スパン	216	不良スパン	不良率	点数	常時浸入地下水		雨天時浸入水		溢水頻度			
Aブロック	緊急度	I	20	9.3%	9	C	3点	B	6点	B	6点	40	②
		II	19	8.8%	9								
		III	16	7.4%	7								
	小計			25				15点					
Bブロック	緊急度	I	16	8.6%	9	B	6点	A	10点	A	10点	50	①
		II	18	9.7%	10								
		III	10	5.4%	5								
	小計			24				26点					

表 6-4 は、図 6-6 の緊急度に浸入水量を併せて評価した例である。ここで、浸入水量に対する点数化は、表 6-2 の評価基準から A ランクを 10 点、B ランクを 6 点、C ランクを 3 点、良好を 0 点とした。

同表に示したように管きよの老朽度からは A ブロックの優先度が高いと判断されるが、流量計測結果によって不明水量が多い地域は B ブロックである。このように常時浸入地下水対策の事業実施は総合的な判断を行い、優先順位を設定することが望ましい。

6.3 雨天時浸入水対策

雨天時浸入水対策の基本的な考え方は、次のとおりとする。

- (1) 直接浸入水は、発生源対策により浸入を防止する。
- (2) 雨天時浸入地下水は、発生源対策により浸入を最少限度とする措置を講じる。
- (3) (2) の対策が講ぜられているにもかかわらず浸入する雨天時浸入地下水については、雨天時計画汚水量に見込むこととし、運転管理の工夫や施設対策による総合的な対策を講じる。

【解説】

(1) について

直接浸入水対策は、マンホールのふた穴の閉塞や污水管への誤接合の解消等によって、污水系統に流入する雨水の浸入を防止する。

(2) について

雨天時浸入地下水は、管路施設及び排水設備からの浸入が考えられる。管路施設については、耐水性の材料で構築し、かつ、漏水及び地下水の浸入を最小限度とする措置を講じる。排水設備については、耐水性の材料で構築し、かつ、漏水を最小限度のものとする措置を講じる。また、分流式の排水設備は、污水と雨水を分離して排水する構造とする。ます又はマンホールについては、密閉ふたを設ける。

(3) について

雨天時計画汚水量は、計画汚水量に雨天時浸入地下水量を加算して算出する。また、計画汚水量に基づき計画された施設について、排水能力の確認等に用いる。

6.3.1 直接浸入水対策

直接浸入水については、下水道法施行令等において排水設備は汚水と雨水とを分離して排除する構造とすることや、汚水を排除すべきます又はマンホールは密閉することができるふたを設けることが定められていることから、雨天時計画汚水量に見込まず発生源対策により浸入を防止することを基本とする。

【解説】

管路施設における対策については、雨天時浸入水を考慮したストックマネジメントが重要であり、適切な修繕・改築により水密性を向上させることによって、雨天時浸入水を削減できる。

直接浸入水の浸入経路のひとつであるマンホール等のふたは、密閉されていないものが現在も存在するため、巡視・点検を行い、下水道法施行令第五条の九の基準を満足した施設に計画的に改築することや、ゴム栓等によるふた穴の密閉等の対策により、管路施設への浸入を防止することが重要である。なお、管路施設の密閉度を高めると硫化水素による腐食のリスクが高まることに留意が必要である。

排水設備については、下水道法施行令第八条等を踏まえ、直接浸入水の浸入経路である誤接合について適切に指導し浸入を防止する。

6.3.2 雨天時浸入地下水対策

雨天時浸入地下水については、管路施設及び排水設備からの浸入が考えられるが、管路施設については公共下水道又は流域下水道の構造の基準を定めた下水道法施行令第5条の八を、排水設備については下水道法施行令第8条を踏まえ、地下水の浸入を最少限度とする措置を講じる。

なお、地下水位以下における施設の対策は、「6.2 常時浸入地下水対策」に準ずる。

【解説】

雨天時浸入地下水については、古い陶管などの剛性管、本管と取付け管及びマンホールの接続部、コンクリート製の取付ますなどは水密性が確保できていないことがあるため、詳細調査結果を踏まえた適切な対策を実施し、浸入を最少限度とする措置を講じることが重要である。

雨天時浸入地下水は、スパン改築を実施しても、別のスパンから浸入することも想定されることから、浸入量を削減するには、面的な改築を実施することも有効である。

また、排水設備の破損に関して適切に指導し、雨天時浸入地下水の浸入を最少限度とする措置を講じることが重要であり、また、各戸貯留を促進し雨水の流出を抑制することや、排水設備の検査を適切に実施することも重要である。

6.4 スtockマネジメントの活用による対策

6.4.1 スtockマネジメントの活用

常時浸入地下水対策，雨天時浸入水対策（直接浸入水対策，雨天時浸入地下水対策）は，stockマネジメントを活用した対策の実施を基本とする。

- (1) 常時浸入地下水対策
- (2) 雨天時浸入水対策

【解説】

(1) について

常時浸入地下水対策は部分的なものから広範囲で計画的な対応が必要になるものまで，対策規模の幅が広く，原因もさまざまである。このうち，施設の老朽化などに起因する常時浸入地下水は施設の適切な維持管理及び修繕・改築により対策を実施する。

管きよの診断状況を踏まえ，今後の修繕・改築計画から，常時浸入地下水対策を修繕で行うのか，更新や長寿命化で行うのか確認する（図 6-7 参照）。

通常，stockマネジメント計画では各年度に必要な事業費を記載することとなり，計画書には改築のみで修繕は記載しないことから，4条予算を対象として記載する。

浸入水が局所的で部分的な修繕で対応が可能な場合は，3条予算での対応となり，stockマネジメント計画には上げられないが，大規模な修繕など，長寿命化に寄与する対策を行った場合においては，4条予算で実施できる可能性があり，stockマネジメント計画にあげられることも考慮する。これらは，短期的な収支としては下水道使用料を抑制する方向に働くとはいえるが，将来的に起債償還費の残高を増やすこととなるため，長期的な財政見込みも踏まえて検討することが望ましい。

なお，事業計画における財政計画では維持管理費と改築に係る事業費を分けて計上することになるため，整理しておく必要がある。

(2) について

雨天時浸入水は，雨天時浸入地下水と直接浸入水に分類される。施設の診断状況を踏まえ，常時浸入地下水対策と同様に，stockマネジメント計画を活用できる。

雨天時浸入地下水は，老朽化に伴う管路施設の水密性不良箇所（マンホールのクラック，管路施設の破損，クラック，継手ずれ，取付け管の突出部，樹木根侵入部）によるものがあり，降雨に伴う地下水位の上昇等の要因により発生する。この老朽化によるものは，stockマネジメント計画に位置付けて対策を行う。

直接浸入水は，誤接合やふた穴からの地表面浸入等，老朽化によるものではないものも多いが，ふた周囲からの地表水の浸入等は，老朽化に伴い発生している場合

もあることから、調査診断結果をもとに、ストックマネジメント計画の活用を検討する。

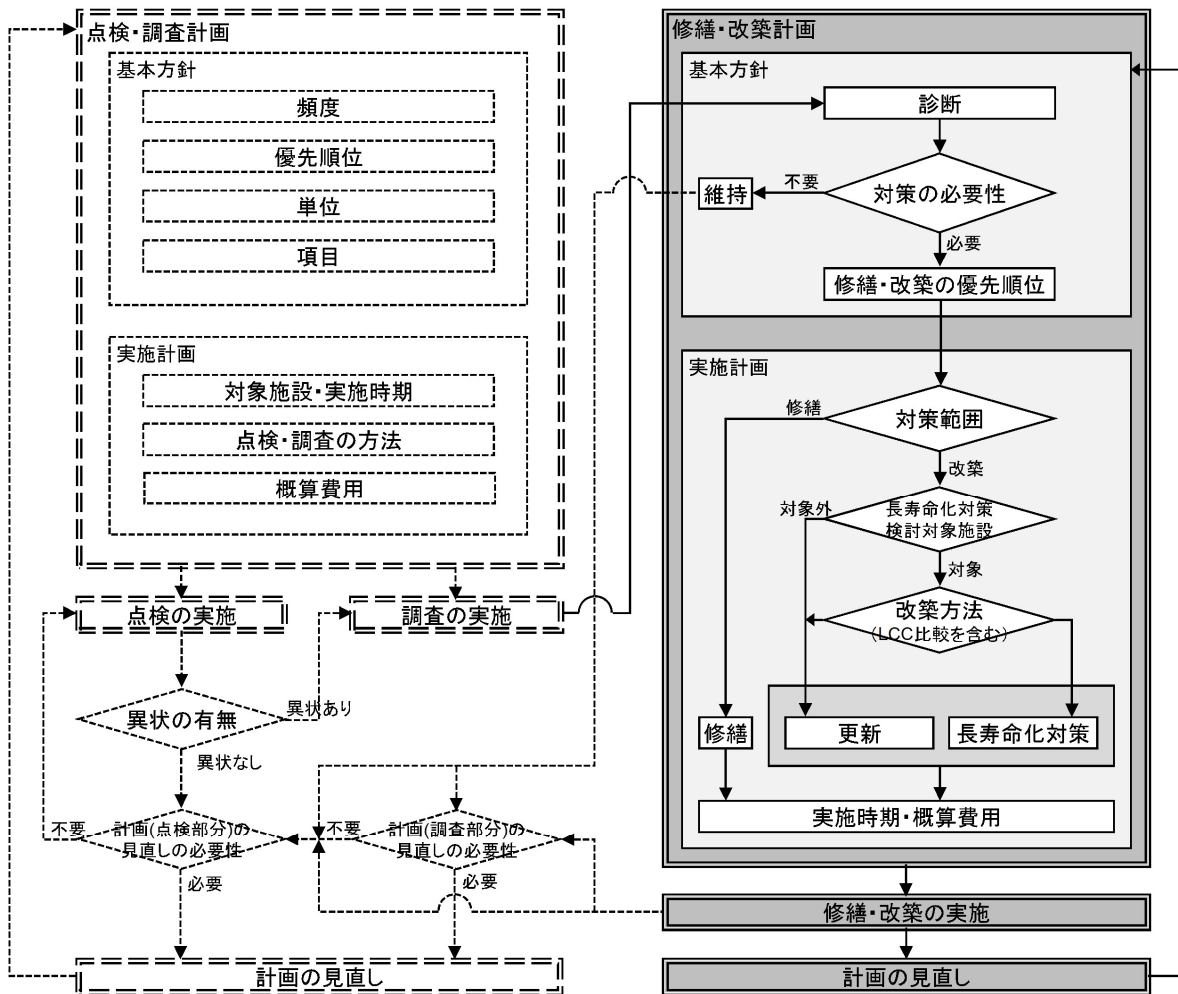


図 6-7 管路施設の修繕・改築計画の策定と実施のフローの例

(出典：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ー2015年版ー平成27年11月)

6.4.2 ストックマネジメント計画

常時浸入地下水対策及び雨天時浸入地下水対策において、ストックマネジメントを活用する場合には、常時浸入地下水及び雨天時浸入地下水の削減計画により設定した事業実施ブロックごとに、具体の診断を行い、事業種別を判定することで、年度別事業計画を含めた修繕・改築計画を定め、ストックマネジメント計画に反映させる。

【解説】

ストックマネジメント計画に、常時浸入地下水、直接浸入水、雨天時浸入地下水への対策として対象にできる修繕・改築を位置付ける場合においては、適切に緊急度を考慮して設定する。

常時浸入地下水が多い処理区域は、緊急度の判定で優先度を上げる等の対応を考慮する。

雨に起因する雨天時浸入水（雨天時浸入地下水及び直接浸入水）を対象とするストックマネジメント計画を策定する場合は、水密性不良箇所、降雨とそれに伴う地下水位の上昇の影響を踏まえて緊急度の判定を行う。

また、施設管理に関する目標としては、長期的な視点に立って目指すべき方向性及びその効果の発現に対する目標（アウトカム）と、目標を実現するための具体的な事業量等の目標値（アウトプット）を設定する。

アウトカムは、社会的影響、サービスレベルの維持、事業費の低減を勘案して、「不明水の削減量」や「浸入水率」などを設定するとともに、計画策定及び段階的な進捗状況評価のために、目標達成期間を設定する。

アウトプットは、目標を達成するために必要な年次別の「事業量」などを設定し、事業の進捗管理などを行うことが望ましい。

6.5 雨水整備

雨水整備は浸水リスクの低減を主な目的として実施されるものであるが、雨水対策の未整備が原因となって生じる、道路冠水等に伴うマンホール等のふたからの直接浸入水や、地下水位の上昇による雨天時浸入地下水の浸入水量の増加を抑制するためには、雨水整備を着実に実施することが重要である。

近年増加傾向にある下水道の整備目標を超過する豪雨等による浸水被害の増加とともに、雨水対策の未整備が原因となって生じる不明水量も増加傾向にあり、雨水整備事業は発生源対策として寄与するものと考えられる。

【解説】

雨天時浸入水（雨天時地下浸入水及び直接浸入水）の原因として、雨水対策の未整備によって、道路冠水や浸水が発生し、マンホールふた穴や閉塞不良箇所から雨水が直接浸入するものや、地表面の冠水等により地下水位が上昇した結果、埋設管の水密不良箇所から浸入する雨天時地下浸入水が考えられる。

雨水整備水準が低い地区や浸水常襲地区において発生する雨天時浸入水の対策としては、雨水整備の促進が有効となる場合があり、雨水整備事業と連携した継続的な施策展開が重要である。

6.6 排水設備

排水設備については、下水道法施行令第八条等を踏まえ、直接浸入水の浸入経路の一つである誤接合について適切に指導し浸入を防止するとともに、排水設備の破損に関して適切に指導し雨天時浸入地下水の浸入を最少限度とする措置を講じることが重要である。

【解説】

宅内排水設備の誤接合や破損、老朽化による水密性不良により、継手、破損箇所等からの直接浸入水や雨天時浸入地下水の流入が発生している。これらは、住民等に対して排水設備の適切な管理を行ってもらうことで対応する。そのためには、宅内排水設備の適切な管理を行政が指導することが有効である。

特に、供用年が古い団地等（下水道に移管されたコミュニティプラントを含む）や不明水量が多い地区については、排水設備の誤接合や排水設備の損壊の可能性があるため、詳細調査を実施したうえで修繕・改築等の指導を行うことが望ましい。

7. その他不明水対策

不明水とは、流入下水量のうち、下水道管理者がおおむね下水道料金等で把握することが可能な水量以外の下水量で、そのほとんどが雨天時浸入水と地下水浸入水であるが、その他に次の不明水が挙げられる。これらの不明水の影響が無視できない場合には、対策を検討する。

- (1) 有収外汚水
- (2) 上水系浸入水
- (3) その他

【解説】

その他の不明水は、雨天時浸入水や地下水浸入水と比較すれば少量である場合は多いが、財政面への影響や道路陥没等への影響が無視できない場合には、対策を検討する必要がある。

(1) について

有収外汚水として挙げられる排水を次に示す。

1) 無届けの工場排水や事業所排水

無届けの工場排水や事業所排水に対しては、下水道法第13条及び下水道条例等に基づき、立入調査又は資料等の提出を求め、公共下水道に適切に接続されているかを確認する必要がある。

2) 井戸水排水

井戸水利用では、一般的に一世帯一人につき4~6m³/月の下水道使用量としている場合が多いが、実際の使用量との乖離が指摘されている場合もあり、ポンプ揚水の場合には流量計を設置する等の対策を行うことが望ましい。また、事業所等における規定量外の地下水汲み上げ排水についても調査を行う必要がある。

3) 工事現場からの湧水の排水

マンション、ビル等の建築工事により湧水が発生し、この湧水を公共下水道に排水する場合には、公共下水道の一時使用の届出が必要であり、適切な届出を行っているかを監視する必要がある。

4) 地下施設の湧水の排水

民間ビル等の地下施設から生じる地下湧水は、水量が把握されることもなく下水道に排出されているのが現状である。これらの地下湧水は一般に清澄であることから環境用水として利用することが、水環境の改善だけでなく、下水道への流入を低

減できることから効果的である。

5) 雨水の有効活用による排水

近年、資源の有効活用の観点から雨水の利用が増加してきているが、雨水を貯留しトイレ等に利用する場合には汚水となり、料金徴収対象となることから、上記の湧水と同様に届出が行われているかを確認する必要がある。

6) 温泉排水

一般的には温泉排水の内、洗い場からの排水は汚水であり、湯舟の掛け流しは汚水とはならない。しかし、掛け流しが汚水排水となっている場合が多く、洗い場排水と掛け流しを分離できる構造とするように指導を行う必要がある。

下水道統計（公益社団法人 日本下水道協会）の平成 20 年度から平成 30 年度までの 11 年間の、全国公共下水道の年間汚水処理量と年間有収水量から年度別に平均有収率を算定した。近年 11 年間の有収率推移を図 7-1 に示す。

なお、有収率とは、下水道で処理した汚水のうち使用料収入の対象となる有収水の割合で、施設の効率性を示す指標の一つである。

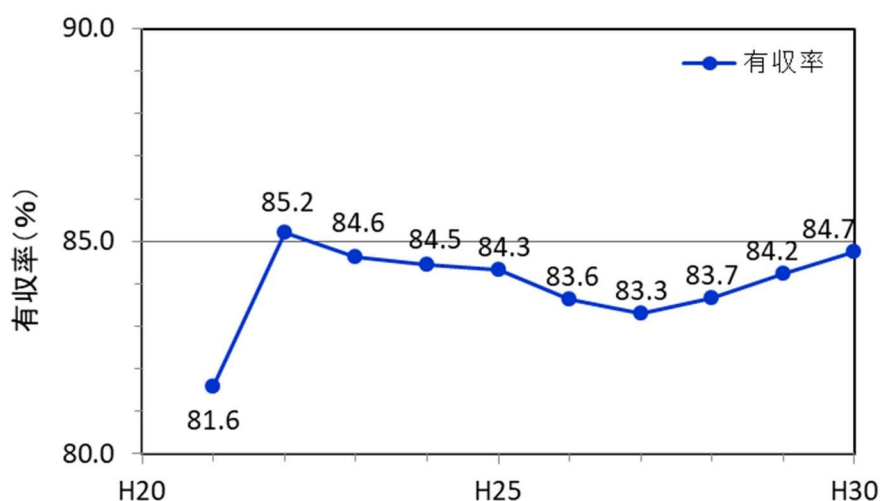


図 7-1 全国公共下水道の有収率の推移

(2) について

上水道、工業水道、中水道、農業用水道等の上水系からの漏水の浸入が不明水として考えられる。

これらの漏水に起因する浸入に対しては、各事業者による予防的漏水防止対策を実施し、有効率を向上させることが必要である。

なお、平成 30 年度の全国の水道有効率は 92.4%である（出典：平成 30 年度版 水道統計 日本水道協会）。

(3) について

農業排水路等のように、雨水の汚水系統への誤接合とは別に、まれに意図的に公共下水道に接続されている場合もある。

本来有収外汚水とは、使用料徴収の対象となる汚水が、種々の理由により使用料が徴収できていない状況をいうが、農業排水路等は有収水の対象ではないことから、街路調査等により問題箇所を抽出し適正な処置を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) 下水道統計 平成 20 年度版～30 年度版 公益社団法人 日本下水道協会
- 2) 水道統計 平成 30 年度版 公益社団法人 日本水道協会

8. 評価・モニタリング

8.1 評価及びモニタリング

不明水対策の効果を評価するとともに、不明水に起因する事象をモニタリングする。評価及びモニタリングの実施により、CAPD を構築し、効果的かつ効率的な不明水対策の実施につなげる。

【解説】

評価及びモニタリングに関わる調査項目と内容の例を表 8-1 に示す。

表 8-1 事象別の調査項目と内容の例

調査項目	調査内容	雨天時浸入水に起因する事象		
		事象 1	事象 2	事象 3
発生日時	事象が発生した日時	○	○	○
発生場所	事象が発生した場所	○	○	○
下水道施設の損傷	下水道施設の損傷状況，被害の程度	○	○	○
	処理機能への影響	—	—	○
事象類型	3つの事象類型	○	○	○
事象の発生経緯及び対応	事象発生前後の経緯及び対応内容（時系列）	○	○	○
	汚水管等からの流出状況	○	○	—
	処理場等からの放流状況	—	—	○
事象の原因	降雨強度，降雨継続時間，降雨観測点	○	○	○
	雨天時下水量	○	○	○
	下水道施設の排水・処理能力	○	○	○
	処理施設・ポンプ施設の運転状況	—	○	○
事象への対応状況	下水道管理者の緊急措置，関係機関の緊急措置，関係機関への連絡，住民や報道への対応	○	○	○
水道原水など利水への影響	利水の有無，事象発生箇所との関連性	○	○	○
再発防止策	応急対策，中長期対策	○	○	○
その他	必要に応じて調査	○	○	○

(出典：雨天時浸入水対策ガイドライン（案），令和2年1月)

8.2 CAPD サイクルの構築

不明水対策では、対策の完了までに一定の期間を要することから、段階的な計画を策定し、その効果を確認しつつ事業を進めていくことが重要である。

【解説】

不明水対策の対象区域は広範囲にわたることが多いため、期間も費用もかさむことが想定される。そのため、対策計画の策定では、投資効果の評価や対策の妥当性等を踏まえ、必要に応じて見直しを図り、CAPD サイクルを構築することが肝要となる。

(参考) 巻末資料

※用語の定義は、H20年版手引きのものである。

1. モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）の具体例

本章では、「3.4 雨天時計画汚水量」の「(3) モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）」の具体例を整理する。

1.1 モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）の概略フロー

算定方法の概略フロー図を以下に示す。

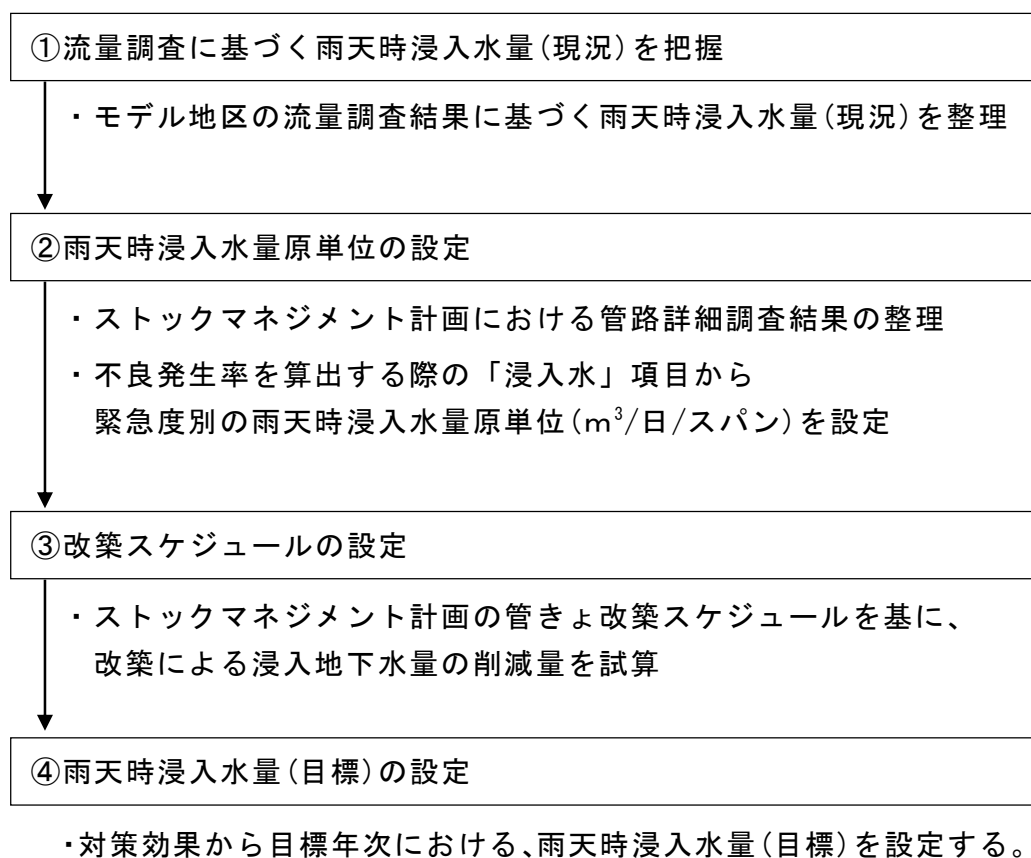


図 1-1 モデル地区の調査結果に基づく設定方法（詳細版）の概略フロー図

1.2 雨天時計画汚水量の算定

1.2.1 算定条件の整理

「降雨条件」、「対象処理面積」等の計算に係る条件を設定する。本記載例では、雨天時浸入水対策ガイドライン（案）（以下「国ガイドライン」という）の計算条件を用いて試算する。

表 1-1 算定条件の整理

○国ガイドライン

P22

「1.4.1 雨天時浸入地下水量の算定条件」

大項目	細目	設定値
計画降雨	日最大	5年確率降雨(河川計画) $I = 648.1 / (t^{0.65} + 3.06)$ 24時間雨量: 134 mm/日 ※○○県小河川向け降雨強度式(△△地区)を採用
	時間最大	5年確率降雨(下水道計画) $I = 3,740 / (t + 25)$ 1時間雨量: 44 mm/h ※同処理区内には7年確率降雨を採用する地区もあるが、対象区域面積の大きい5年確率降雨を採用した。
目標浸入率	日最大	0.30%
	時間最大	0.10%
処理面積		638 ha

1.2.2 浸入水量原単位の設定

日最大浸入水量原単位及び時間最大浸入水量原単位を算定する。

なお、各浸入水量原単位の算定は、国ガイドラインに示される浸入水量原単位の基本式に基づき設定する。

○国ガイドライン

P23

「1.4.1 浸入水量原単位の設定」

【日最大の基本式】

日最大雨水流入高 [mm/日]	=	日最大浸入率 [%]	÷	100	×	降雨強度式から算出する24時間雨量 [mm/日]
日最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	=	日最大雨水流入高 [mm/日]	÷	1,000 [m/mm]	×	100 ² [m ² /ha]

【日最大の算定】

日最大雨水流入高 [mm/日]	=	0.30 [%]	÷	100	×	134 [mm/日]
	=	0.40200				
日最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	=	0.40200 [mm/日]	÷	1,000 [m/mm]	×	100 ² [m ² /ha]
	=	4.0200				

【時間最大の基本式】

時間最大雨水流入高 [mm/h]	=	時間最大浸入率 [%]	÷	100	×	降雨強度式から算出する60分雨量 [mm/h]
時間最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	=	時間最大雨水流入高 [mm/h]	÷	1,000 [m/mm]	×	24 [m ² /ha] × 100 ² [m ² /ha]
時間最大浸入水量原単位 [m ³ /s/ha]	=	時間最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	÷	24 [h/日]	÷	60 ² [s/h]

【時間最大の算定】

時間最大雨水流入高 [mm/h]	=	0.10 [%]	÷	100	×	44 [mm/h]
	=	0.04400				
時間最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	=	0.04400 [mm/h]	÷	1,000 [m/mm]	×	24 [m ² /ha] × 100 ² [m ² /ha]
	=	10.56				
時間最大浸入水量原単位 [m ³ /s/ha]	=	10.56 [m ³ /日/ha]	÷	24 [h/日]	÷	60 ² [s/h]
	=	0.00012222				

図 1-2 浸入水量原単位の設定

1.2.3 雨天時浸入地下水量の算定

前述の浸入水量原単位と処理面積から雨天時浸入地下水量を算出する。

○国ガイドライン P24

「1.4.3. 雨天時浸入地下水量の算定」

雨天時1日最大浸入地下水量 [m ³ /日]	=	日最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	×	処理面積 [ha]	
	=	4.0200	×	638	
	=	2,565			
雨天時時間最大浸入地下水量 [m ³ /日]	=	時間最大浸入水量原単位 [m ³ /日/ha]	×	処理面積 [ha]	
	=	10.56	×	638	
	=	6,737			
雨天時時間最大浸入地下水量 [m ³ /s]	=	雨天時時間最大浸入地下水量 [m ³ /日]	÷	24 [h/日]	÷ 60 ² [s/h]
	=	6737.00	÷	24	× 60 ²
	=	0.0780			

1.2.4 雨天時計画汚水量の算定

雨天時計画汚水量は国ガイドラインに示される算定式に基づき算定する。

○国ガイドライン P24

「1.5 雨天時計画汚水量」

雨天時計画汚水量 = 計画汚水量 + 雨天時浸入地下水量

【日最大】

雨天時計画1日最大汚水量 [m ³ /日]	=	7,150	+	2,565
	=	9,715		
	≒	9,720		(計画汚水量の約 1.36 倍)

【時間最大】

雨天時計画時間最大汚水量 [m ³ /日]	=	10,530	+	6,737
	=	17,267		
	≒	17,270		(計画汚水量の約 1.64 倍)

浸入率の区分	水量の区分	単位	浸入率	計画汚水量	雨天時浸入地下水量	雨天時計画汚水量	改め
実績	日最大	m ³ /日	0.45%		3,847	10,997	11,000
	時間最大	m ³ /日	0.29%		19,538	30,068	30,070
	時間最大	m ³ /s			0.2261	0.3480	0.3480
国ガイドライン	日最大	m ³ /日	0.30%	7,150	2,565	9,715	9,720
	時間最大	m ³ /日	0.10%	10,530	6,737	17,267	17,270
	時間最大	m ³ /s		0.1219	0.0780	0.1999	0.1999

1.3 浸入地下水量原単位の設定

管路詳細調査結果（テレビカメラ調査結果）を基に、管きよの「緊急度」と不良発生率を算出する際の「浸入水」項目を整理する。浸入水項目の abc に重み係数を設定し、緊急度別に浸入水項目の点数化を行う。

②-①緊急度別、浸入水調査結果 単位:スパン

緊急度	a	b	c
I	10	5	5
II	2	2	176
III	3	11	924
—	—	—	—
総計	15	18	1,105

②-②浸入水調査結果別 点数

浸入水	a	b	c
点数	10	4	1

調査結果等を踏まえ任意に設定した。

②-③緊急度別、浸入水点数化

単位:点数、比率

点数化	a	b	c	計	比率B
I	100	20	5	125	9.42%
II	20	8	176	204	15.37%
III	30	44	924	998	75.21%
—	—	—	—	—	—
計	150	72	1,105	1,327	100.00%
比率A	11.30%	5.43%	83.27%	100.00%	—

緊急度別・浸入水得点結果に雨天時浸入地下水量を配分し、浸入地下水量原単位 (m³/日/スパン) を設定する。

②-④浸入地下水量原単位

【日最大】 雨天時浸入地下水量 3,847 m³/日

汚水量配分	テレビカメラ調査-浸入水結果			計	スパン数	原単位 m ³ /日/スパン
	a	b	c			
I	290	58	14	362	100	3.620
II	58	23	510	591	876	0.675
III	87	128	2,679	2,894	2,626	1.102
—	—	—	—	—	1,725	—
計	435	209	3,203	3,847	5,327	—

【時間最大】 雨天時浸入地下水量 19,538 m³/日

汚水量配分	テレビカメラ調査-浸入水結果			計	スパン数	原単位 m ³ /日/スパン
	a	b	c			
I	1,472	294	74	1,840	29	63.448
II	294	118	2,591	3,003	1,866	1.609
III	442	648	13,604	14,694	3,968	3.703
—	—	—	—	—	2,207	—
計	2,208	1,060	16,269	19,537	8,070	—

管路詳細調査項目の「浸入水」について abc ランクの基準を以下に示す。

表 1-2 管路詳細調査に浸入水項目の abc ランク

項目	ランク		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等	欠落 軸方向のクラックで幅 5 mm以上	軸方向のクラックで幅 2 mm以上	軸方向のクラックで幅 2 mm未満
	陶管	欠落 軸方向のクラックが管長の1/2以上			
管の円周方向クラック	鉄筋コンクリート管等	円周方向のクラックで幅 5 mm以上	円周方向のクラックで幅 2 mm以上	円周方向のクラックで幅 2 mm未満	-
	陶管	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満		
管の継手ズレ		脱却	鉄筋コンクリート管等: 70mm以上	鉄筋コンクリート管等: 70mm未満	陶管: 50mm未満
浸入水		噴き出ている	流れている	にじんている	
取付管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満	
油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞		-
樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞		-
モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満	

また、調査結果の整理例を以下に示す。

対策(修繕・改築)対応判定項目													診断結果		緊急度(見直し)																										
調査結果											計	不良発生率	腐食 たるみ	不良発生率																											
スパン全体(本)			管1本ごと(本)														a	b	c																						
腐食			たるみ			破損			クラック			継手ズレ			扁平							変形			浸入水			補正			a	b	c								
A	B	C	A	B	C	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a						b	c				
																				2	2				2	2							13%	13%	B	III	III				
																				2	2			1			2	3			2	3		13%	20%	B	III	III			
																					1					1					1			4%		C	III	III			
																					4	2					4	2			4	2		17%	9%	B	III	III			
																				1																	B	III	III		
																					2							2								4%		B	III	III	
																											2									33%		C	III	III	
																					1						1								6%		C	III	III		
																					1						1								5%		C	III	III		
																					1	1					1	1						6%	6%	B	III	III			
																										1	1	2	1	1	2			6%	6%	13%	B	III	III		
									2												1	1				3	1	1	3	1	1			20%	7%	7%	A	II	II		
																									2										7%	14%	B	III	III		
									1																	1									7%		A	II	II		
																									3										33%		C	III	III		
																					2						2	3						29%	43%	B	III	III			
																									3										21%		C	III	III		
																										1									6%		C	III	III		
																																							C	III	III
																											2								18%		C	III	III		
																										1								6%		C	III	III			
																																		9%		C	III	III			
																					1							2						38%		A	II	II			
																										3	1		6	1		6		6%		38%		A	II	II	
			1																															6%		C	B	III	III		
																												1	3	1	3			8%	23%	B	III	III			
																											1							8%		C	III	III			
																											1	1		1	1			4%	4%	B	III	III			

1.4 改築スケジュールの設定

ストックマネジメント計画の管きょ改築スケジュールを基に年間あたりの改築ボリュームを設定する。なお、ストックマネジメント計画の改築・更新計画に基づいた管路施設の改築を実施している実績が少ないため、中小都市規模の改築量を想定し設定した。

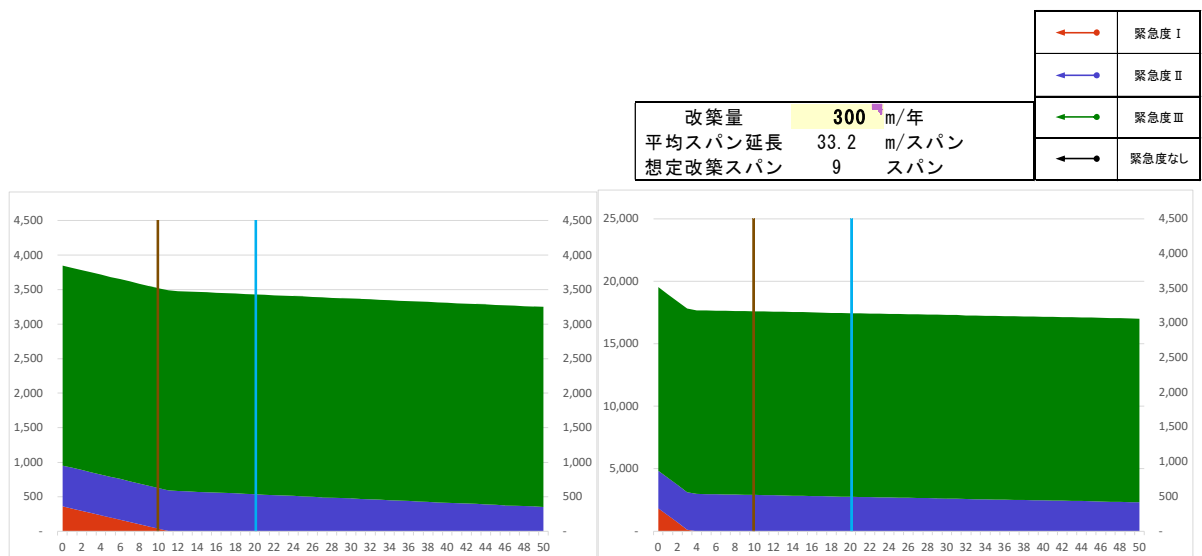
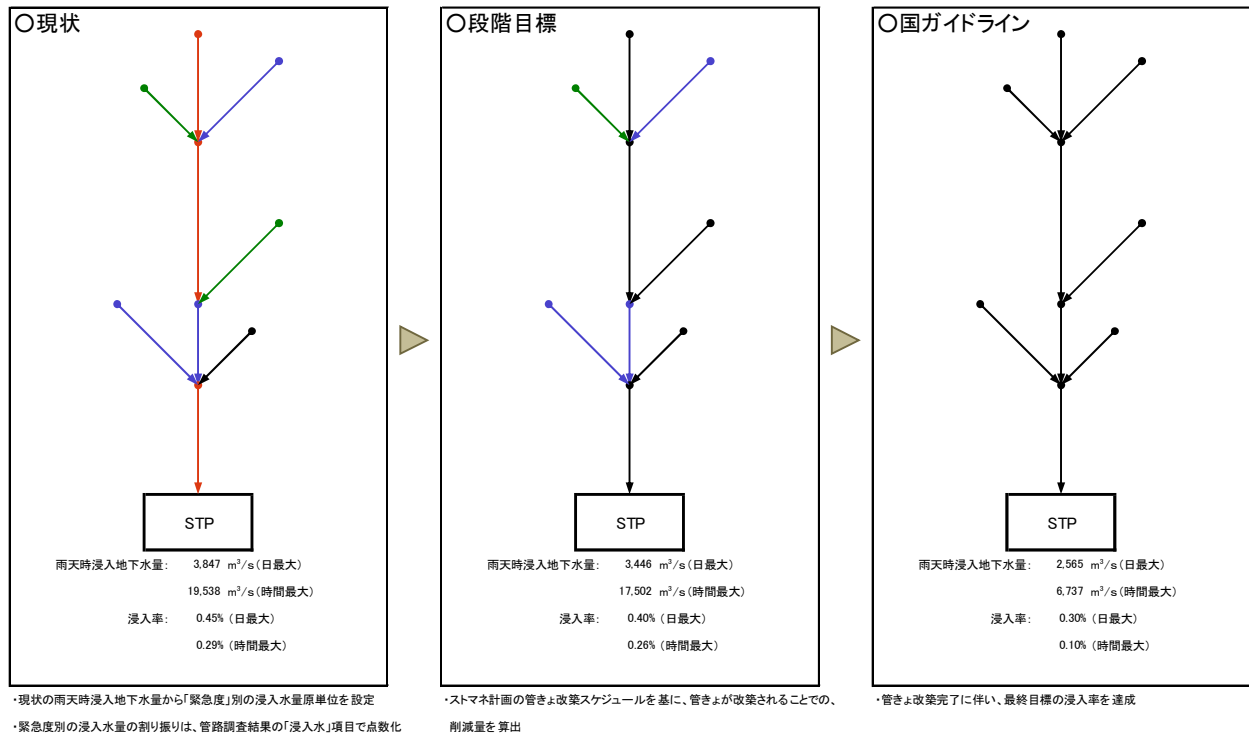


図 1-3 改築スケジュールの設定

1.5 雨天時計画汚水量（目標）の設定

雨天時計画汚水量（目標）は，ストックマネジメント計画の改築スケジュールに基づき管路施設の改築が進捗するに伴い，雨天時浸入水量原単位と施設改築量から算出した雨天時浸入水量分を，現況の雨天時浸入水量から控除し設定する。

表 1-3 雨天時計画汚水量（目標）

浸入率 の区分	水量の区分	単位	浸入率	計画 汚水量	雨天時浸入 地下水量	雨天時 計画汚水量	
							改め
実績	日最大	m ³ /日	0.45%		3,847	10,997	11,000
	時間最大	m ³ /日	0.29%		19,538	30,068	30,070
	時間最大	m ³ /s			0.2261	0.3480	0.3480
段階目標 (10年)	日最大	m ³ /日	0.41%	7,150	3,521	10,671	10,670
	時間最大	m ³ /日	0.26%	10,530	17,595	28,125	28,130
	時間最大	m ³ /s		0.1219	0.2036	0.3255	0.3255
段階目標 (20年)	日最大	m ³ /日	0.40%	7,150	3,431	10,581	10,580
	時間最大	m ³ /日	0.26%	10,530	17,450	27,980	27,980
	時間最大	m ³ /s		0.1219	0.2020	0.3239	0.3239
国ガイドライン	日最大	m ³ /日	0.30%	7,150	2,565	9,715	9,720
	時間最大	m ³ /日	0.10%	10,530	6,737	17,267	17,270
	時間最大	m ³ /s		0.1219	0.0780	0.1999	0.1999

2. 雨天時浸入水対策事例

ここでは、雨天時浸入水による溢水箇所解消や広大な区域を対象とした優先順位の設定等、雨天時浸入水対策事例を 3 例紹介する。なお、いずれの事例も流出解析モデルを用いた定量評価を行い、最適な対策の策定と効果の検証を行っている。

雨天時浸入水対策で実施した 3 つの事例のタイトルと概要を以下に示す。

事例 1：溢水箇所解消に対する対策を行った事例(バイパス管設置等)

急傾斜地から平坦地への地盤変化点において、30mm/hr 程度の降雨があると、マンホールから溢水が発生する状況となっており、早期に溢水の解消を求められている。下流の管きよには流下能力に余裕があることから、短期対策としてポンプ場までバイパス管を設置し、溢水が発生しないような対策立案を行うため、流出解析モデルを用いて、溢水の原因把握と対策立案および改善効果の把握を行った。

事例 2：処理場・ポンプ場施設での対策を行った事例(調整池対策等)

流域内の低地部において、年に数回程度溢水が発生している。この流域には中継ポンプ場があり、晴天時の流入量に対し、雨天時には最大で 6 倍程度の流入量が入ってきており、ポンプ場が冠水の危機にある。そこで、短期対策として低地部の溢水解消とポンプ場の冠水防止を目指し、流出解析モデルを用いた対策立案と効果の把握を行った。

事例 3：流出解析モデルを用いた雨天時浸入水対策と効果検証事例

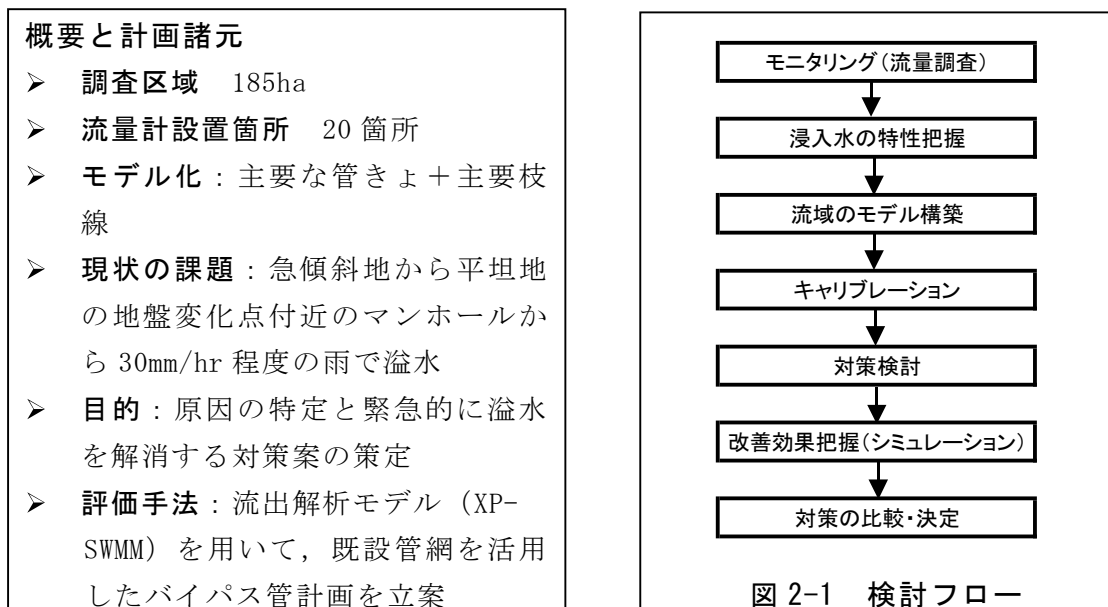
雨天時浸入水対策を実施しているものの、区域が 1200ha と広大であり、顕著な効果を得ることができていない状態であった。したがって、定量的な評価による効率的・効果的な対策を実行するため、対象区域を 20 分割し、それぞれのブロックで実測調査を行い、この結果に基づいて流出解析モデルを用いた優先順位の決定を行った。

また、修繕・改築計画においては、この基本計画による優先地区をさらに細分化して実測調査を行い、テレビカメラ調査地区を選定し、この調査結果に基づいて修繕・改築箇所を決定した。さらに、修繕・改築計画の結果に基づいて補修を行った後、事後調査を行い、対策前後の改善効果について検証を行った。

(1) 施設対策事例 1：溢水箇所解消に対する対策を行った事例(バイパス管設置等)

急傾斜地から平坦地への地盤変化点において頻発する溢水の原因把握と溢水解消を目的に流出解析モデルを用いて対策立案と効果把握を行った。

図 2-1 に検討フローを示す。



流量計設置箇所位置図

浸入水量の状況を把握するため、10ha に 1 箇所程度の割合で流量計を設置し、モニタリング調査を実施した。

- 流量計設置箇所 20 箇所
- 雨量計設置箇所 1 箇所
- 調査期間 2 週間

図 2-2 に調査区域と流量計設置ブロックを示す。

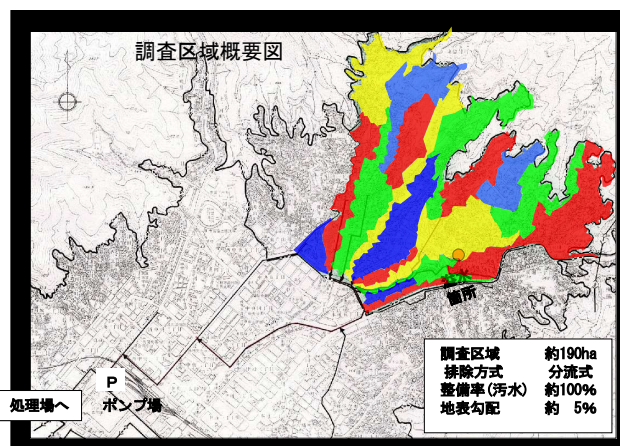


図 2-2 調査区域と流量計設置ブロック

雨天時浸入水量の把握

晴天時および雨天時のモニタリング結果から、雨天時浸入水量を算定した。第 12 ブロックでは、晴天時の日平均流量に対し、約 4 倍の浸入水量が確認された。

図 2-3 に雨天時浸入水量の算定結果を示す。

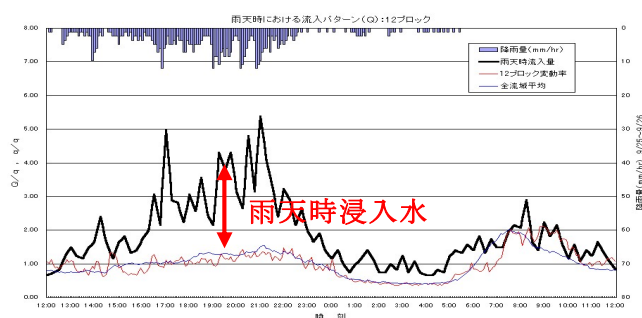


図 2-3 雨天時浸入水量の算定結果

浸入水量と降雨の関係

雨天時浸入水量と降雨の関係を重ねると、図 2-4 に示すように降雨の波形と雨天時浸入水の波形がほぼ一致しており、非常に早い時間で雨水浸入が生じていることが確認できた。

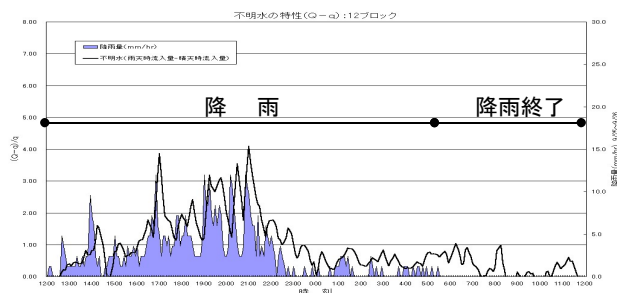


図 2-4 浸入水量と降雨の関係

管きょモデル化状況図

急傾斜地から平坦地への変化点において、30mm/hr を超える降雨時に溢水が発生していることから、流出解析モデルを用いて定量評価を実施している。

上流部については主要な管きょ＋主要枝線をモデル化し、下流部は、影響を受けるメイン系統のみをモデル化している。図 2-5 に管きょモデル化状況図を示す。

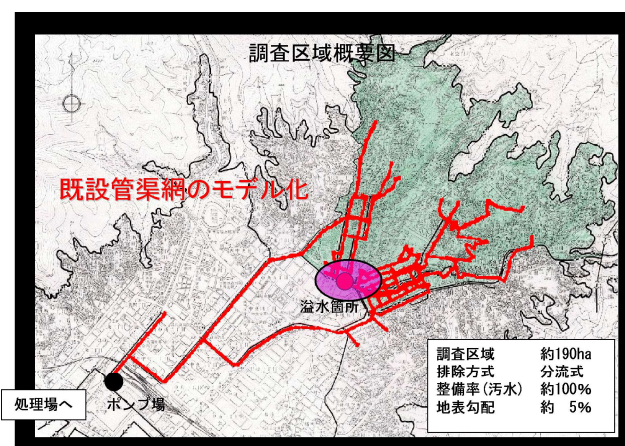


図 2-5 管きょモデル化状況図

キャリブレーション

モニタリングで得られた3降雨の実測値を用いて、キャリブレーションを実施し、解析で用いるパラメータを決定している。

図 2-6 にキャリブレーション結果を示す。

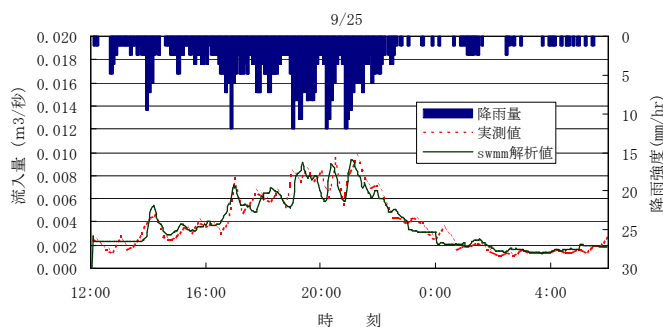


図 2-6 キャリブレーション結果

シミュレーション結果：対策前

現況施設をモデル化し，過年度に溢水被害が発生した降雨を用いて，シミュレーションを行っている。その結果，実際と同じように地形の変化点において溢水が発生している。

図 2-7 に対策前平面図，図 2-8 に対策前縦断図を示す。

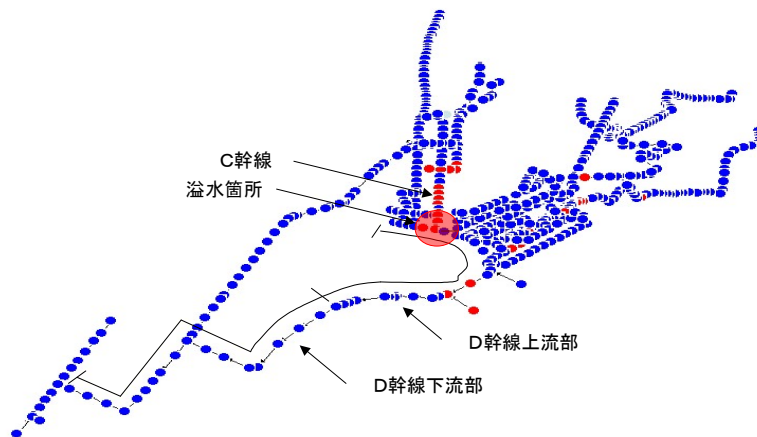


図 2-7 対策前平面図

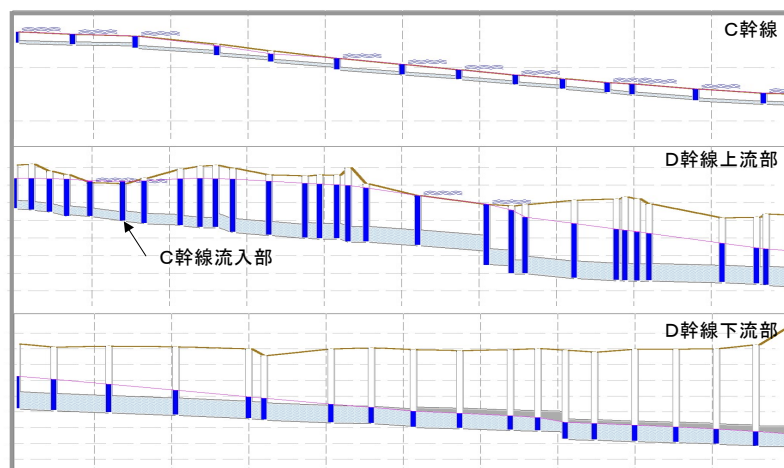


図 2-8 対策前縦断図

シミュレーション結果：対策後

溢水原因は、急傾斜地の雨が短時間で集まり、下流の管きょ能力が不足していることから、溢水箇所の水に影響が出ない下流部までバイパスするため 800mm のバイパス管を設置する案を策定し、流出解析モデルで評価を行い、溢水を解消できることを確認している。

図 2-9 に対策後平面図，図 2-10 に対策後の縦断図を示す。

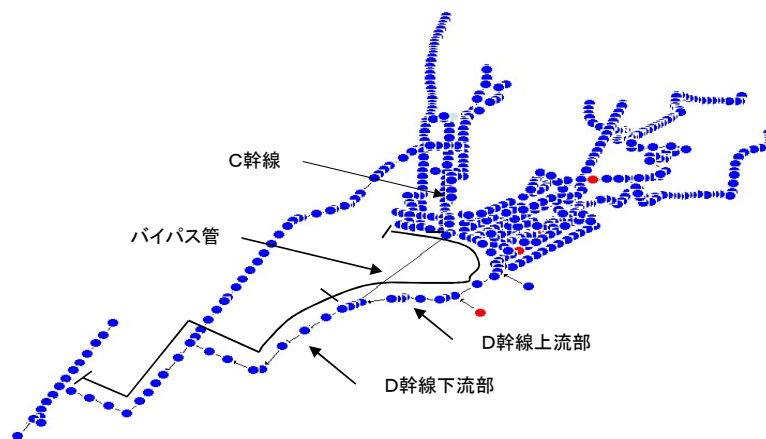


図 2-9 対策後平面図

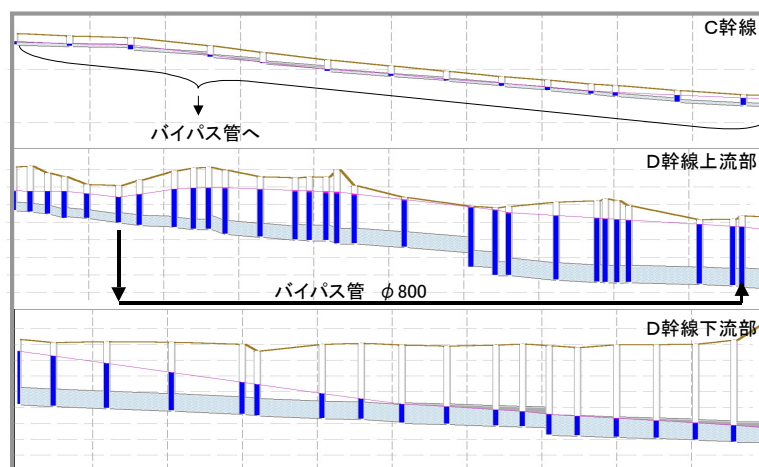
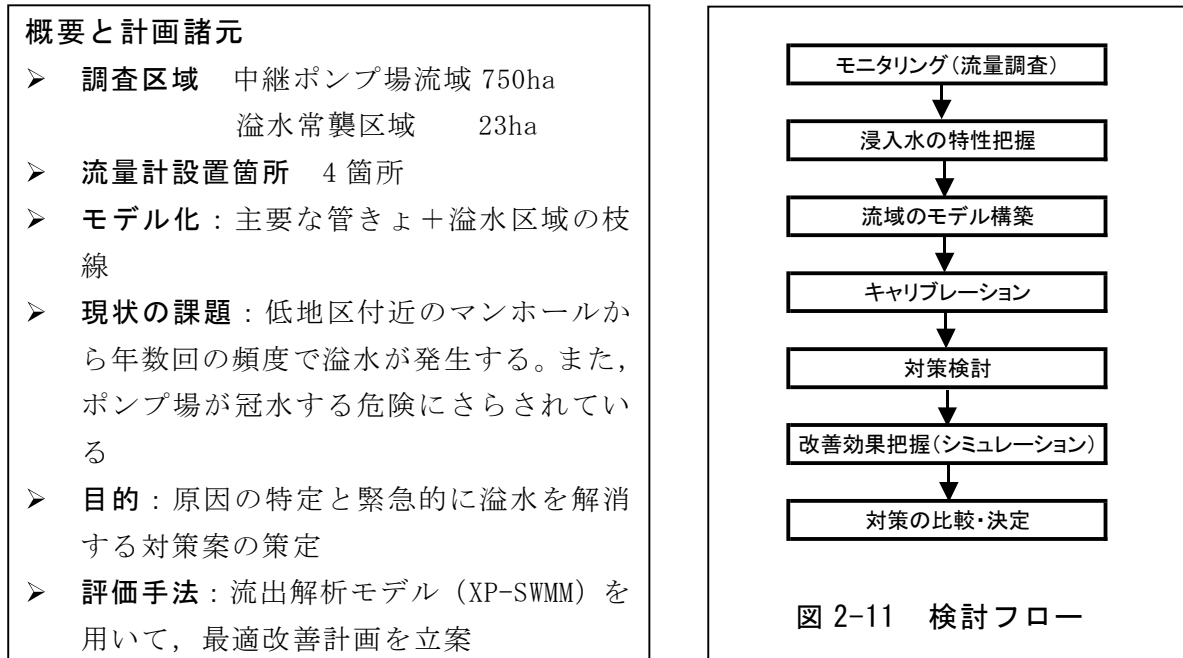


図 2-10 対策後縦断図

(2) 施設対策事例 2：処理場・ポンプ場施設での対策を行った事例（調整池対策等）

低地区で発生する溢水とポンプ場の冠水の危険が問題となっていることから、原因の把握と溢水解消を目的に、流出解析モデルを用いて対策立案と効果把握を行った。

図 2-11 に検討フローを示す。

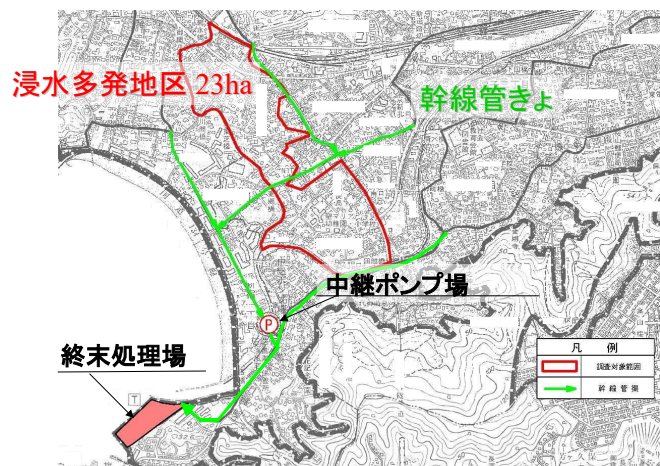


流域の概要

中継ポンプ場流域 750ha に集水された汚水は、ポンプにて河川を横断後に処理場へ流入するが、降雨時には、雨天時浸入水量が大きく、低地区で溢水が発生する他、ポンプ場が冠水する恐れがある。そこで、ポンプ場へ流入してくる幹線系統 3 箇所と低地区に流量計を設置し、雨天時浸入水量の実態把握を行っている。

中継ポンプ場では、雨天時に最大で晴天時の 6 倍の水量が流入している状況が確認されている。

図 2-12 に流域概要図、写真 2-1 に溢水の状況を示す。



管きよモデル化状況図

管きよのモデル化については、上流側は主要な管きよと溢水常襲区域の枝線まで、下流側は処理場までの幹線とその幹線に接続する幹線をモデル化している。

また、ポンプ場についても、一体的なモデル化を図り、実際の運転水位データを入力している。

図 2-13 にモデル化の状況図を示す。

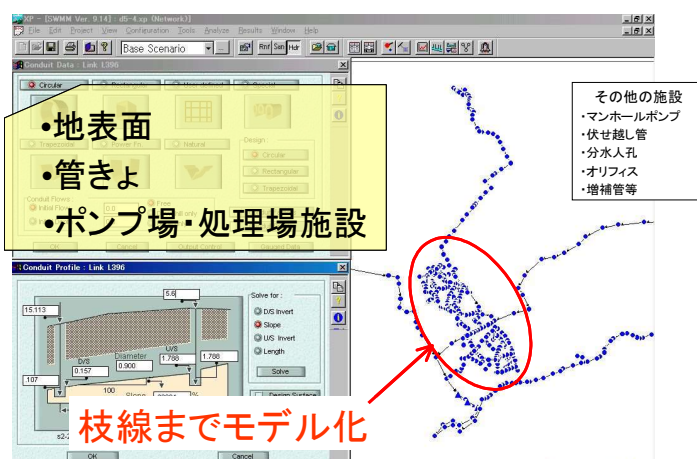


図 2-13 モデル化状況図

シミュレーション結果：対策前

現況施設に対して計画降雨強度である 50mm/hr の雨を用いて、施設能力のチェックを行う。

その結果、ポンプ場に流入する幹線と低地区において浸水が発生する状況を確認されている。

図 2-14 に対策前平面図を示す。

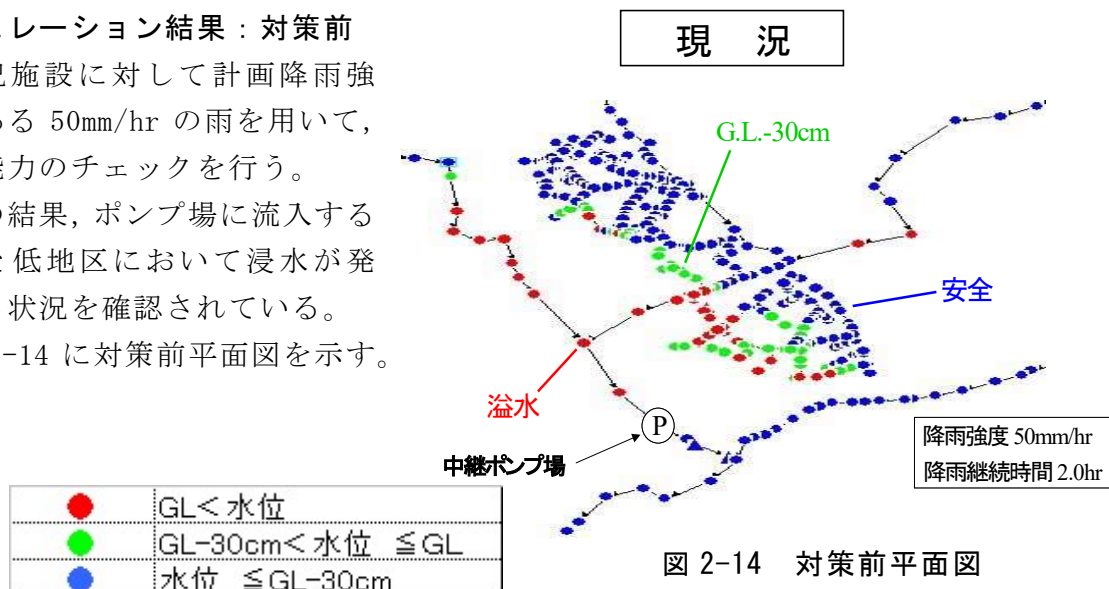


図 2-14 対策前平面図

シミュレーション結果：対策前の管網でポンプ場を自然吐き口として解析

現況施設のうち、ポンプ場を自然吐き口に変更して解析を行っている。この解析では、ポンプ場能力不足による背水影響を受けないため、管きよ能力の評価が可能となっている。計画降雨強度である 50mm/hr の雨を用いて、施設能力のチェックを行った結果、能力的には問題ないことを確認している。これは、主要幹線はシールド工法で施工されているため、余裕のある断面になっていることが要因と考えられる。

図 2-15 にポンプ場を自然吐き口として解析した対策前平面図を示す。

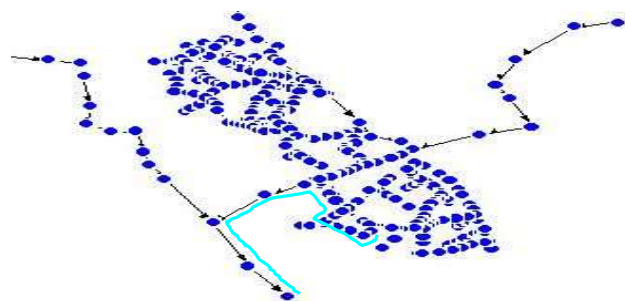


図 2-15 対策前平面図
(ポンプ場を自然吐き口に変更)

シミュレーション結果：対策案1（ポンプ増強案）

ポンプ場が能力不足であるため、ポンプ場の能力増強を考えた。その結果、ポンプ場上流部の溢水は解消される結果となったが、下流の管きょ能力以上の水量を送水したため、低地で溢水する状況となっている。

図2-16にポンプ場増強による対策案の改善効果を示す。

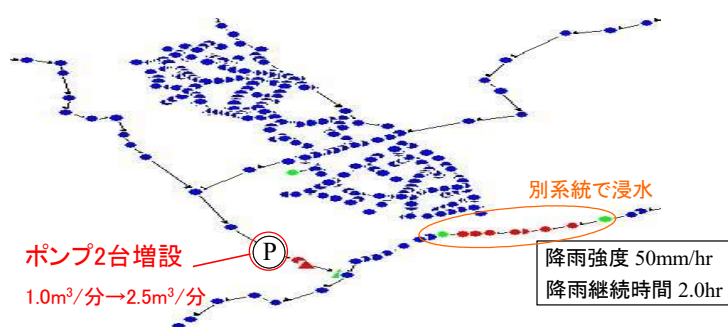


図 2-16 対策案1(ポンプ増強案)

シミュレーション結果：対策案2（貯留槽設置案）

ポンプ場増強では対応できないため、ピーク流量の平準化を図る目的で貯留槽の設置を行い、流出解析モデルで評価を行っている。その結果、地表面から30cm程度の所まで水位が上がるものの、地表面への溢水は解消される結果が得られている。

図2-17に貯留槽設置による対策案の改善効果を示す。

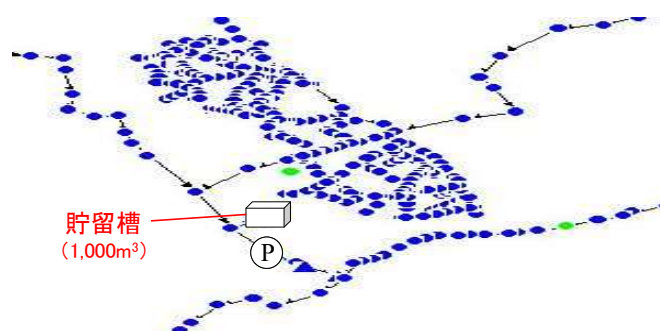


図 2-17 対策案2(貯留槽設置案)

(3) 施設対策事例 3：流出解析モデルを用いた雨天時浸入水対策と効果検証

検討方針

基本計画では、対象区域約 1,200ha を 20 分割し、それぞれのブロックで実測調査を行い、この結果に基づいて流出解析モデルによるシミュレーションを実施し、優先順位を決定している。

修繕・改築計画では、基本計画において選定された最優先地区をさらに細分化し、それぞれのブロックにおいて実測調査を行い、その結果に基づきテレビカメラ調査地区を選定・調査し、修繕・改築箇所を決定されている。

その後、修繕・改築計画の結果に基づいて補修を行った後、事後調査を行い、対策前後の改善効果について検証を行っている。図 2-18 に対策検討フローを示す。

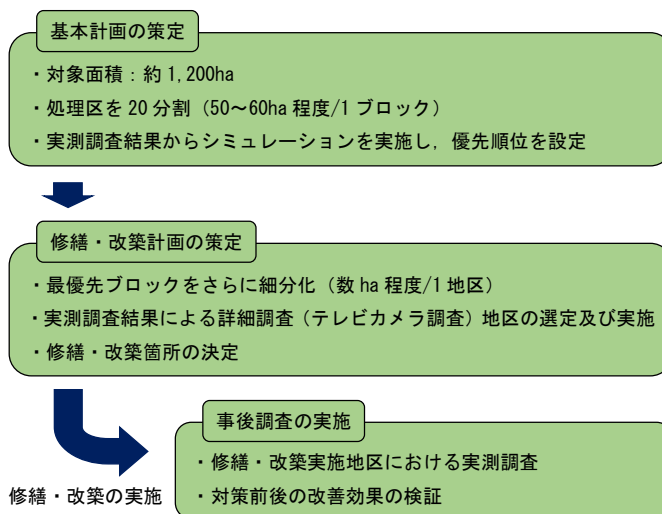


図 2-18 検討フロー

実測調査内容とブロック概略図

基本計画における実測調査は、以下の内容を実施している。

- 調査区域約 1,200ha を 20 分割
 - 降雨量と管内流量を 3 ヶ月間調査
- 検討に当たってブロック分けは、処理場に向かって西と南に伸びる幹線に対して右図のように設定している。

図 2-19 に検討ブロック概略図を示す。

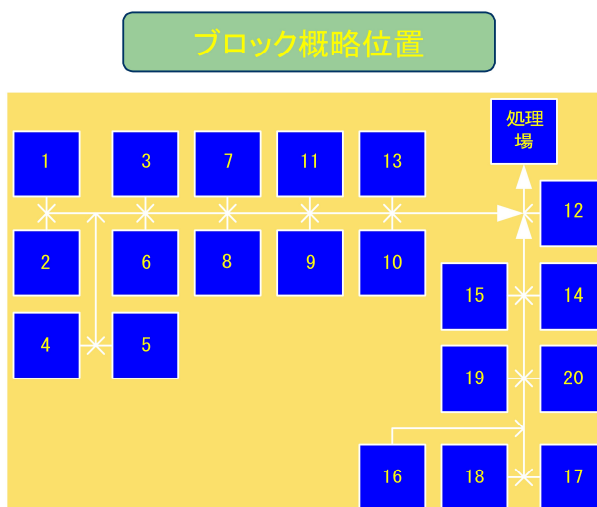


図 2-19 ブロック概略図

流域のモデル化

流出解析モデル(MOUSE)を用いて、各幹線系統、地表面、処理場のポンプ室までをモデル化している。

図 2-20 にモデル化の状況を示す。

モデル化

- ・使用モデル: MOUSE
- ・モデル化: 各幹線系統、地表面、処理場流入部(ポンプ室)

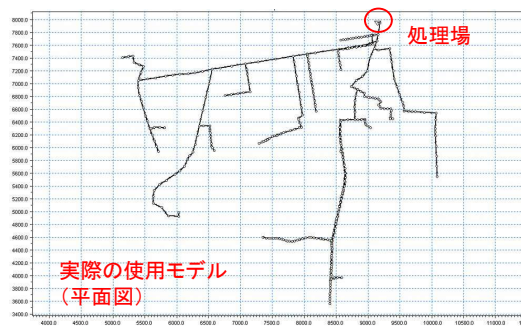


図 2-20 モデル化状況図

優先順位の設定

優先順位は、雨水浸入率、降雨終了後の晴天時レベルへの回復時間、排水面積、当該ブロックの供用開始後の経過年数を勘案して、対策レベルとして5段階に設定している。

図 2-21 に対策優先順位の設定項目を示す。

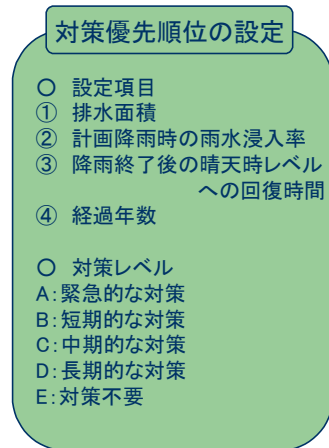


図 2-21 対策優先順位の設定項目

対策効果の検証

優先順位に基づいて対策を順次講じた場合、どの程度の効果が認められるかについて流出解析モデルで検証している。対策目標レベルは、下水道計画で許容される汚水量(通常の汚水量に地下水量を加えた値である)35,000m³/日としている。表 2-1 に対策効果の検証結果を示す。

この対策レベルでは、20 ブロックのうち優先順位の高い8ブロック(表中、太枠で表示)で対策を行うことにより達成できることが検証されている。

表 2-1 対策効果の検証結果

優先順位	該当ブロック	対策レベル	対策効果 (処理場流入水量)
現況	-	-	49,000m ³ /日
緊急(Aランク)	10, 18	処理区内の溢水解消	45,000m ³ /日
短期(Bランク)	16, 17, 19, 20	雨水浸入率の低減	38,000m ³ /日
中期(Cランク)	8, 11	雨水浸入率の低減	35,000m ³ /日
長期(Dランク)	2, 14, 15	雨水浸入率:0.060以下	32,000m ³ /日
対策なし(Eランク)	1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13	-	-

修繕・改築計画の作業フロー

基本計画において緊急度が高いと判定された No18 ブロックを 18 箇所に細分化して管内流量を実測することで、雨天時浸入水量の多い地区を抽出し、詳細調査(テレビカメラ調査)を行っている。また、この調査結果から、修繕・改築箇所を選定している。

なお、実測調査については、18 地点で1ヶ月間実施している。

図 2-22 に修繕・改築結果の作業フローを示す。

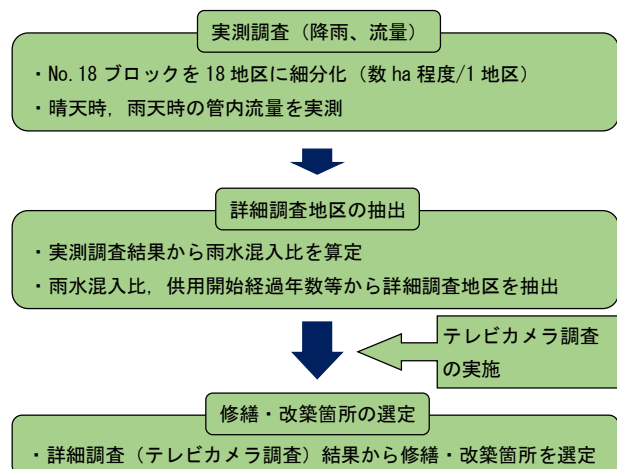


図 2-22 修繕・改築結果の作業フロー

雨水混入比の算定

実測調査結果から雨水混入比を算出し、テレビカメラ調査箇所を選定している。

雨水混入比は降雨期間中の時間最大流量と当該時間帯の晴天時汚水量との割合であり、テレビカメラ調査地区はこの雨水混入比が3.00以上の地区を抽出している。

表 2-2 に雨水混入比算定結果を示す。

表 2-2 雨水混入比算定結果

項目	調査箇所							未調査箇所平均	
	18-3	18-4	18-6	18-9	18-10	18-11	18-17		
雨水混入比	平均	7.61	3.55	4.41	3.24	3.03	27.90	3.71	1.72
	最大	21.54	5.29	7.48	6.32	5.24	121.32	7.28	6.57
	最小	1.52	2.21	2.31	1.35	1.68	2.31	1.74	0.75

修繕・改築箇所の選定

抽出した地区について、本管と取付管についてテレビカメラ調査を行い、雨天時浸入水対策効果が高いと考えられる異常箇所(破損、クラック、浸入水等)を修繕・改築箇所として選定している。

その結果、本管 68 箇所、取付管 43 箇所、合計 111 箇所を選定している。

表 2-3 に修繕・改築箇所の選定結果を示す。

表 2-3 修繕・改築箇所の選定

地区 No.	修繕・改築箇所			備考
	本管	取付け管	計	
18-3	8	2	10	
18-4	3	4	7	
18-6	8	16	24	
18-9	12	10	22	
18-10	11	2	13	
18-11	15	8	23	
18-17	11	1	12	
計	68	43	111	

雨天時浸入水対策の実施

111 箇所の修繕・改築箇所のうち、本管部分 68 箇所について管更生を実施したのち、対策効果の検証のため、事後調査を実施している。

事後調査は、修繕・改築地区のうち、18-4、18-6、18-11 の 3 地区において降雨量と管内流量を調査している。

図 2-23 に事後調査の方針を示す。

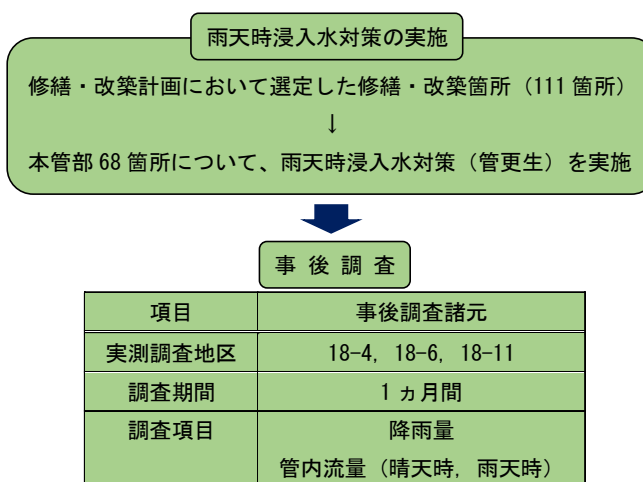


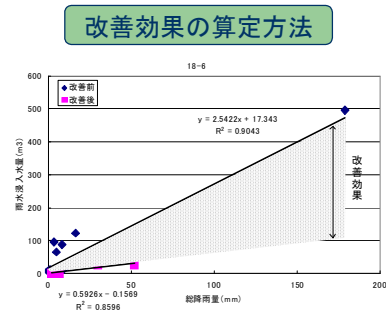
図 2-23 事後調査の方針

改善効果の算定方法

修繕・改築前後の実測調査結果から雨天時浸入水量を算定し、これと総降雨量に関する相関図を作成することにより、計画降雨、総降雨量約 92mm での改善効果を検証している。

改善効果の算定結果を見ると、対策前後の雨天時浸入水量の削減率としては、平均で約 68%程度となり、大幅な改善効果があることがわかる。

図 2-24 に改善効果の算定方法、表 2-4 に改善効果の算定結果を示す。



対策前後の総降雨量と雨水浸入量の相関図作成

計画降雨時(91.54mm/日)の改善効果を検証

図 2-24 改善効果の算定方法

表 2-4 改善効果の算定結果

項目	計画降雨時の雨水浸入水量(m³)		改善効果	
	対策前	対策後	対策前-対策後	削減率
18-4	156.8	90.6	66.2	42.2%
18-6	250.1	54.1	196.0	78.4%
18-11	387.9	111.4	276.5	71.3%
平均	264.9	85.4	179.6	67.8%

No18 ブロックにおける改善効果

No18ブロックにおける改善効果としては、以下の結果が得られている。

A ランク対策では、計画降雨時の処理場流入量に対して、4,000m³/日を削減目標としており、これを面積按分すると、No18 での対策目標量は、2,797m³となる。

一方、対策前後の雨天時浸入水対策効果の検証結果から、対策箇所 1 箇所当たりの対策効果は平均で 21.7m³となる。

これに No18 ブロックの修繕・改築箇所である 111 箇所を乗じると、2,408.7m³となり、これを対策目標と比較すると No18 ブロックの約 4 割程度の地区における対策で 86%程度削減したことになり、本手法は非常に効率的・効果的な手法であると考えられる。

図 2-25 に No18 ブロックにおける改善効果を示す。

No.18ブロックにおける改善効果の検証

Aランク対策ブロック: No.10(37ha)、18(86ha)

Aランク対策目標
処理場流入量: 49,000m³/日→45,000m³/日
(4,000m³/日削減)

No.18対策目標量
2,797m³(面積按分)

本管1箇所当たり対策効果: 21.7m³/箇所

No.18ブロック対策効果
21.7m³/箇所 × 111箇所(改築・修繕箇所)
↓
2,408.7m³

全体の4割程度の地区の対策での削減効果: 86%

図 2-25 No.18 ブロックにおける改善効果

【参考文献】

- 1) 流出解析モデル利活用マニュアル 2006年3月 (財)下水道新技術推進機構
- 2) 流出解析モデルを適用した不明水対策について 平成13年3月 平成12年度技術報告集(第15号)(社)全国上下水道コンサルタント協会
- 3) 流出解析モデルを用いた雨天時浸入水対策 2005年7月 第42回下水道研究発表会
- 4) 流出解析モデルを用いた雨天時浸入水対策とその効果検証 平成19年3月 平成18年度技術報告集(第21号)(社)全国上下水道コンサルタント協会

3. 地下水浸入水対策事例

地下水浸入水対策においては、対策エリアの規模、地下水浸入水量、施設の劣化状況等により、対策規模、手法、整備年数等の対策内容はさまざまとなるが、ここでは、中規模程度のエリア（およそ100～500ha）を対象とした地下水浸入水削減計画事例を紹介する。

なお、本事例は不明水対策における中・長期対策にあたり、不明水に対する抜本的な改修を実施するものであり、対象浸入水は地下水浸入水と雨天時浸入水としている。

事例1：地下水浸入水削減計画事例

事例2：地下水浸入水削減対策と対策結果事例

【事例 1：地下水浸入水削減計画事例】

港湾都市であるA市は、分流式単独公共下水道として昭和40年初めに下水道事業に着手し、昭和40年中頃から供用を開始している。地下水浸入水削減計画の対象区域は、最も供用開始が早かった、区域面積約100ha、区域内管きょ総延長約20.0kmの地区である。

対象区域の管路施設は供用当初より不明水の発生が著しく、特に臨港地域にあっては多量の浸入水が発生していた。これを受け、これまでの部分的な補修による対策では抜本的な解決にならないため、本対策では費用効果の観点を考慮し、効率的かつ効果的な対策を実施することとした。

計画に先立ち、エリア内に系統別に流量計を15箇所設置し、1箇月間の流量調査を実施した。また、このほかに地下水位計5箇所、降雨計1箇所を設置し、同期間における地下水位の変動および降雨状況を把握した。調査ブロック図を図3-1に示す。

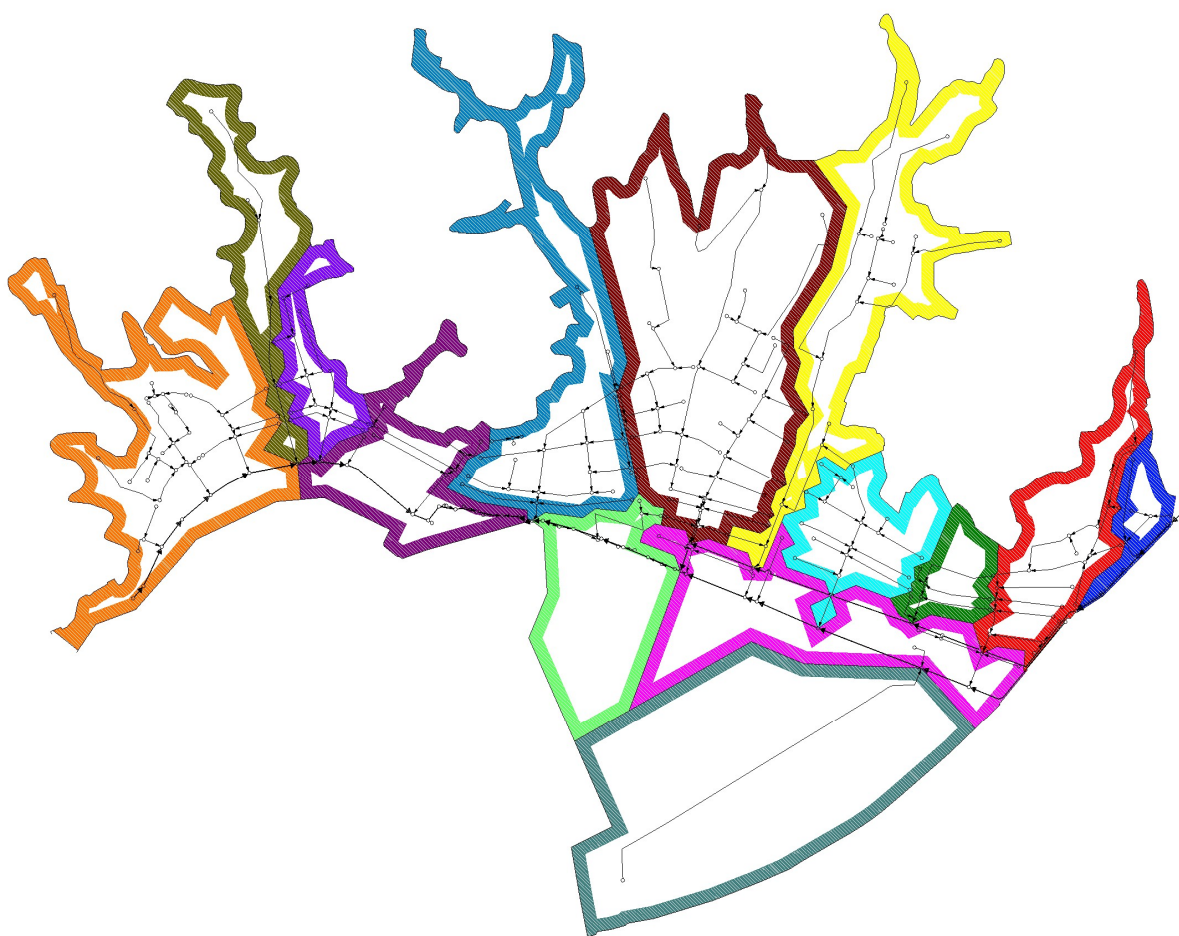
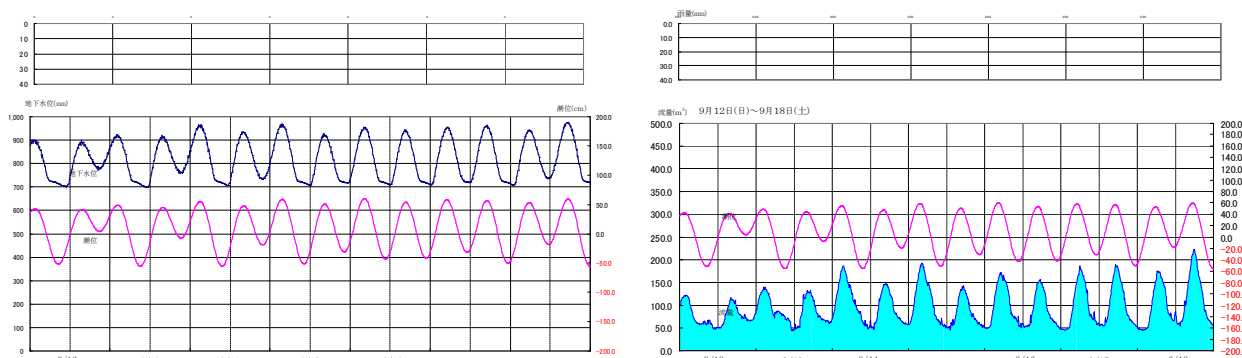


図 3-1 A市の浸入水調査ブロック

流量調査、降雨量調査、地下水位調査の結果から、不明水は区域全体から発生しているが、特に埋立地を中心とした臨海部からの常時浸入水量、および沖積錐（規模の小さな扇状地）に発達した市街地からの常時浸入水量と雨天時浸入量が突出して多かった。

また、地下水位変動、および流量変動と、別途収集したA湾の潮位データを比較・検証した結果、臨海部については、地下水を介した海水の浸入があり、常時浸入水増大の直接的原因となっていることが判明した（図3-2参照）。



地下水位と潮位の関係 (ピンクが潮位) 流量と潮位の関係

図 3-2 地下水位・汚水流量と潮位の比較

ブロック別の浸入水量を評価判定する方法として、浸入水の種類別に許容限度の基準を設け、これを判定基準とした。

なお、対策を実施した場合に削減される浸入水は、地下水浸入水に限定されないため、雨水浸入水についても許容限度を設けた。

許容限度設定のための基本概念は、本編の図 6-4 を参照されたい。また、許容限度と施設能力の関係は以下のように設定した。

- ① 管きょ能力ボーダーライン：これを超えると管きょに余裕がない場合、満管になり溢水する可能性がある。
- ② 処理能力ボーダーライン：これを超えると、処理能力を超過する可能性がある。
- ③ 地下水（常時）浸入水ボーダーライン：これを超えると、計画以上の年間処理費増大をもたらすと同時に、慢性的な処理能力超過を生じる可能性がある。

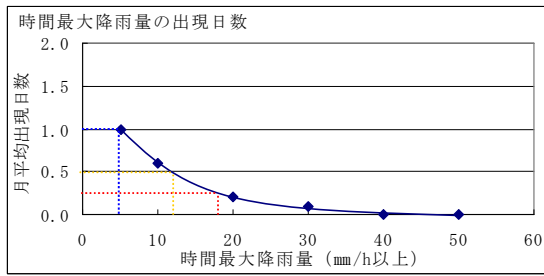
このうち、管きょ能力に基づく評価は、降雨調査と流量調査の結果から算定された降雨強度および降雨浸入強度（時間あたり最大浸入水量）をもとに、評価基準値から設定した評価ランク別基準値における降雨浸入強度を回帰直線に沿って予測した値と、管きょ能力ボーダーラインを比較して行った。

このときの、評価基準値は A 測候所の 22 年間の降雨データから、時間最大降雨量の月平均出現頻度を調査し、月 1 回程度出現する時間最大降雨量（降雨強度）とした。

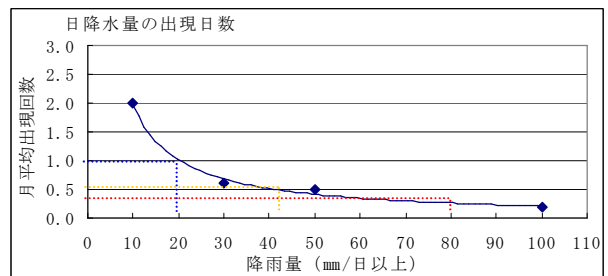
なお、処理能力に基づく評価は、降雨調査結果と流量調査から算定された、降雨量および雨水浸入水量をもとに、評価基準値から設定した評価ランク別基準値における雨水浸入水量を回帰直線に沿って予測した値と、処理能力ボーダーラインを比較して行った。

なお、評価基準値は A 測候所の 22 年間の降雨データを用い、日降雨量の月平均出現頻度を調査し、月 1 回程度の出現する日降雨量とした。

また、評価ランクは A、B、C ランクとし、A ランクの基準値は月 1 回程度の出現頻度である基準評価値を、B ランクはその半分の頻度、C ランクはさらにその半分の頻度の降雨量を対象とした 3 段階の基準値を設定した（図 3-3 参照）。



1時間最大降雨の月平均出現日数 (1984~2004のA測候所)						
	時間最大降雨量 (mm/h) 以上					
	5	10	20	30	40	50
統計値	5	10	20	30	40	50
出現数	240	148	46	17	5	2
月平均	1.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.0



日降水量の出現日数	(1984~2004のA測候所)			
	日雨量 (mm/日) 以上			
	10	30	50	100
統計値	10	30	50	100
出現数	515	149	125	49
年平均	24.5	7.1	6.0	2.3
月平均	2.0	0.6	0.5	0.2

図 3-3 評価基準の算定グラフ

地下水浸入水ボーダーラインの設定については、事業計画に位置付けられた地下水量である日最大汚水量の 15.0%から、日平均汚水量ベースに換算した 20.0%を基準値とした。

なお、この事例では雨水浸入水量を降雨直後に浸入する水量と、降雨後 2~3 日程度持続して浸入する浸透浸入水に分けており、このうち、浸透浸入水については、地下水浸入水と同じ評価基準で評価判定している。

各浸入水における評価基準を整理すると表 3-1 のとおりとなる。

表 3-1 浸入水別評価基準

不良ランク 浸入水	Aランク	Bランク	Cランク	良 好
常時浸入水	基準汚水量の 20%以上	基準汚水量の 10%以上	基準汚水量の 5%以上	基準汚水量の 5%未満
浸透浸入水 (参考)	基準汚水量の 20%以上	基準汚水量の 10%以上	基準汚水量の 5%以上	基準汚水量の 5%未満
雨水浸入水	20mm降雨時に基準汚水量の33%以上	40mm降雨時に基準汚水量の33%以上	80mm降雨時に基準汚水量の33%以上	80mm降雨時に基準汚水量の33%未満
雨水浸入強度 (日換算値で計算)	5mm/h降雨強度時に基準汚水量の100%以上	15mm/h降雨強度時に基準汚水量の100%以上	20mm/h降雨強度時に基準汚水量の100%以上	20mm/h降雨強度時に基準汚水量の100%未満
溢水頻度	大雨時、頻繁に溢水する	災害レベルの大雨時に溢水	これまで、1,2度溢水を経験	溢水なし

各調査ブロックで、浸入水に対し、上記の算定方法および評価方法による判定結果や、浸入水の質・量の傾向、年度別の事業規模等を総合的に評価し、調査ブロックの統合などにより、事業計画ブロックを設定した。

なお、基礎汚水量、浸透浸入水量および常時浸入水量は期間水量として総括してあるため、想定雨水浸入水量および想定雨水浸入強度については、基礎汚水量を日当たりに換算した値を基に評価した。

基礎汚水量を日平均汚水量と仮定した場合の、降雨浸入強度に関する原単位評価を図 3-4 に、雨水浸入水量および地下水浸入水量に関する原単位評価を図 3-5 に示す。

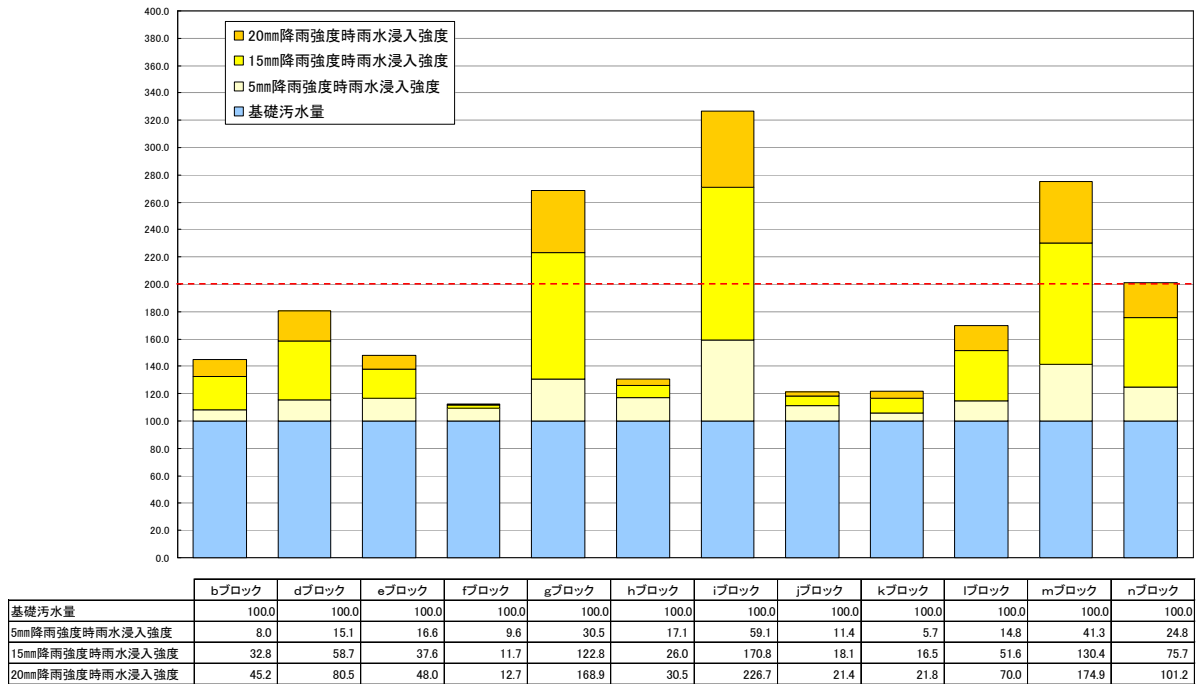


図 3-4 降雨浸入強度に関する原単位評価グラフ

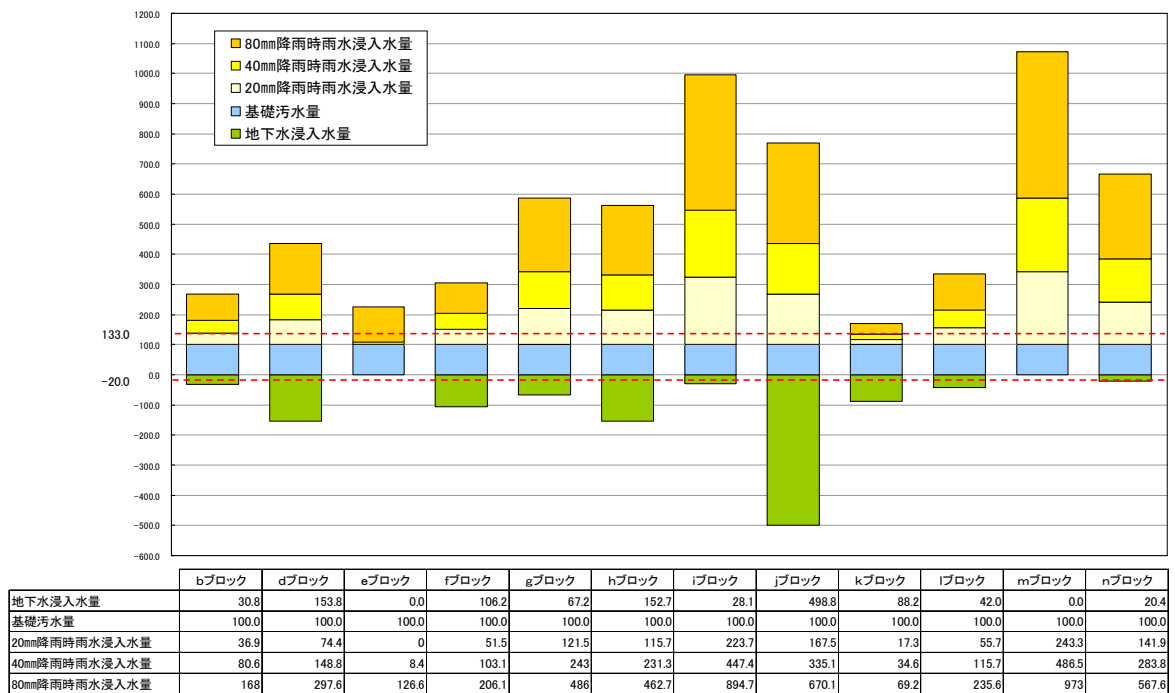


図 3-5 雨水浸入水量および地下水浸入水量に関する原単位評価グラフ

上記評価より、各調査ブロック別の評価を確定し、ブロックの隣接状況や、評価の類似性、実施可能な事業範囲等を勘案し、事業ブロックを決定した。

決定した事業ブロックを図 3-6 に示す。

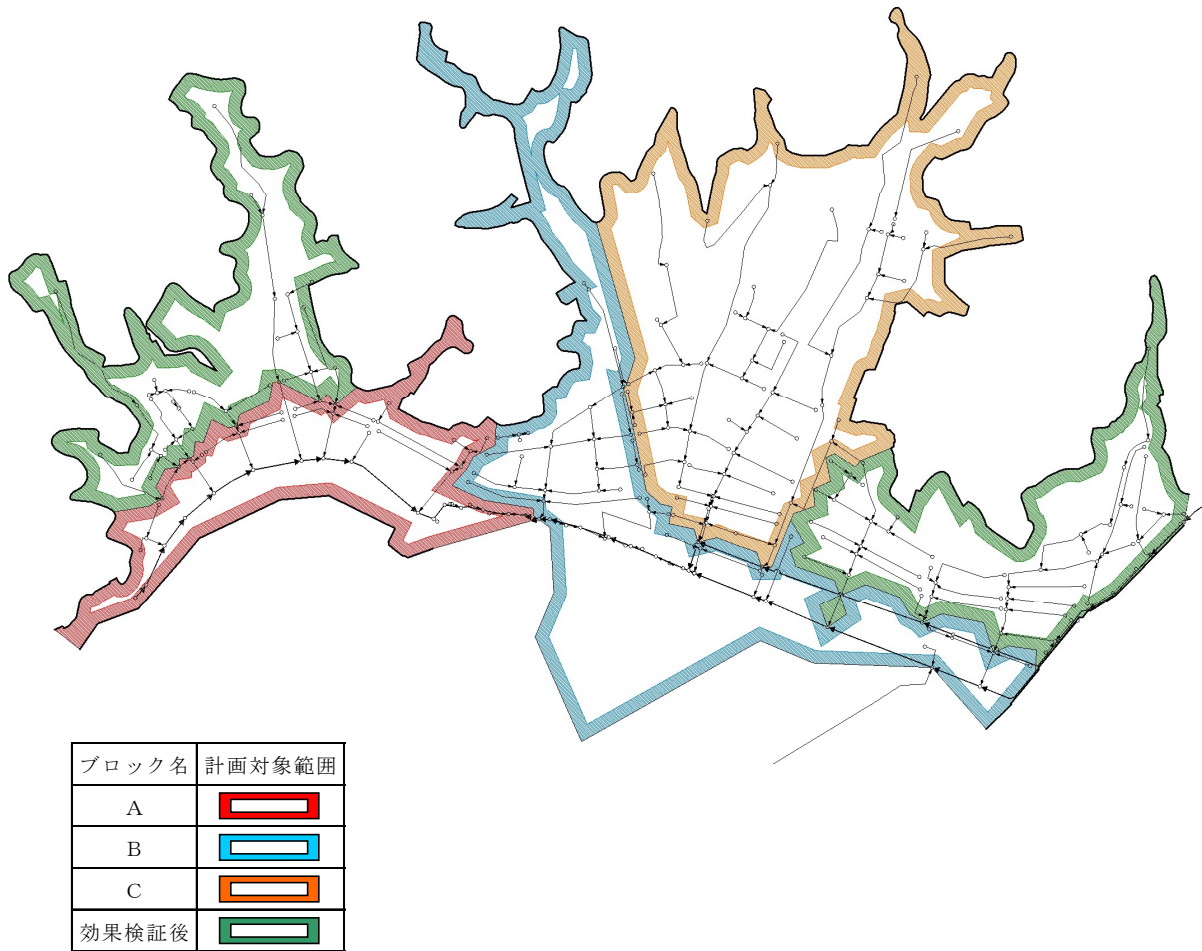


図 3-6 事業ブロックの確定

なお、図 3-6 のうちブロック名を「効果検証後」としたブロックは、対策の必要性はあるものの、相対的な浸入水量が少なく、事業効果が小さいことから、緊急度の高い 3 ブロックの整備が完了した時点で、再度整備が必要か検証することとしたブロックである。

事業における費用効果分析について、業務中で実施した揚水試験と、テレビカメラ調査結果を用い、費用曲線（バスタブ曲線）を作成した。その結果、区域全体で浸入水量が非常に多いため、整備に伴う維持管理費削減効果が大きく、理論上、異常箇所全てを補修しても整備効果はあるとの結論になった。

この場合、100%補修・100%止水は現実的ではなく、目標の設定には別のアプローチが必要である。

本事例の場合、事業計画における地下水量まで削減することを目標とするケース（算定の結果、目標止水率 90%）と、経験的な浸入経路別浸入水割合（図 3-7 および表 3-2 参照）を基に対策ブロック別に削減量を求め、止水率を算定するケースとで比較を行った。

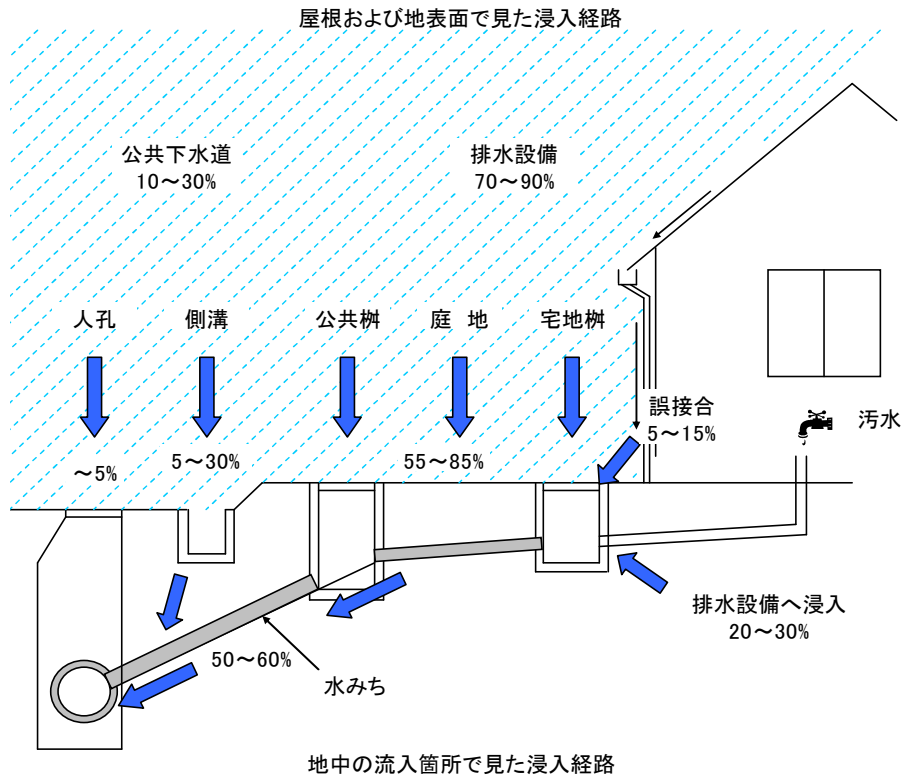


図 3-7 経験的に見た一般的な浸入水浸入経路と浸入水の割合

(出典：月刊下水道 Vol.22 No.6)

表 3-2 経験的に見た公共下水道による各浸入水削減率

	公共下水道	排水設備
雨水浸入水	30%	70%
浸透浸入水	60%	40%
常時浸入水	90%	10%

このうち、経験的な浸入経路別浸入水割合を基に対策ブロック別に削減量を求め、止水率を算定する方法では、表 3-3 のうち、公共下水道で削減可能なものを各浸入水の削減率とし止水率を算定した。算定結果を表 3-2 に示す。

表 3-3 止水率算定結果

ブロック名	総浸入水量			雨水浸入水量		浸透浸入水量		常時浸入水量	
	総量 (m ³ /月)	削減量 (m ³ /月)	止水率	総量 (m ³ /月)	削減量 (m ³ /月)	総量 (m ³ /月)	削減量 (m ³ /月)	総量 (m ³ /月)	削減量 (m ³ /月)
Aブロック	2,532.1	2,086.1	82.4%	240.1	72.0	162.5	97.5	2,129.6	1,916.6
Bブロック	4,487.6	3,455.6	77.0%	460.4	138.1	1,023.4	614.0	3,003.8	2,703.5
Cブロック	3,861.9	2,632.9	68.2%	573.5	172.0	1,662.2	997.3	1,626.2	1,463.6
Dブロック	1,468.5	1,147.7	78.2%	200.7	60.2	178.5	107.1	1,089.3	980.4
Eブロック	1,232.8	947.7	76.9%	173.4	52.0	192.6	115.5	866.9	780.2
合計	13,583.0	10,270.0	75.6%	1,648.0	494.3	3,219.1	1,931.4	8,715.8	7,844.3
止水率	75.6%			30.0%		60.0%		90.0%	

揚水試験とテレビカメラ調査の結果をもとに、2 ケースにおける止水率達成に必要な管きよ補修率を予測すると、補修延長率は 14.0%および 24.0%と小さな値となり、揚水試験による浸入水が認められた管きよ延長率（85%）と大きく乖離（図 3-8 参照）した。また、止水率 90%では、排水設備の補修が困難なことから達成が難しく、76%止水が實際上最大の目標値となると結論づけた。

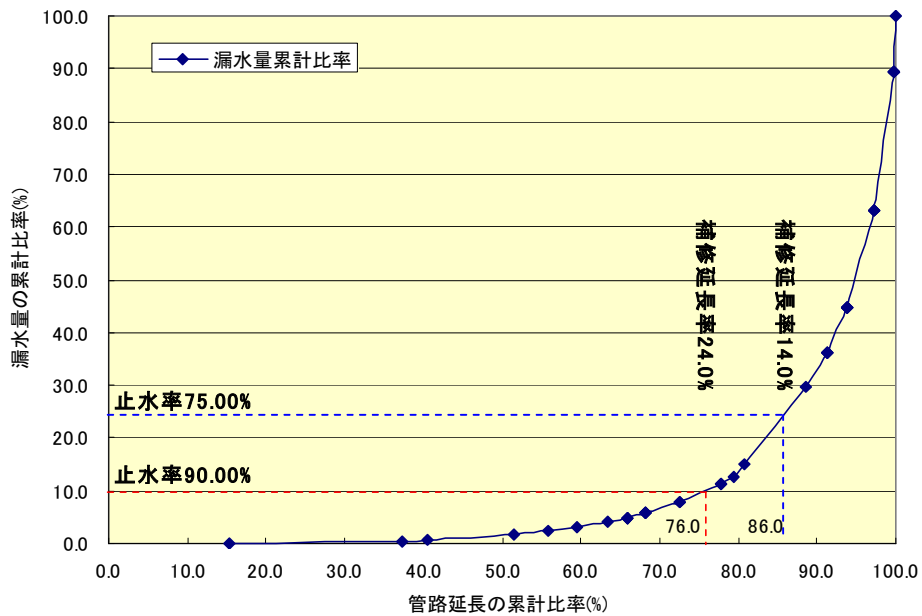


図 3-8 目標止水率と補修管きよ延長の関係

したがって、本事業における目標止水率および管きよ補修率は以下のように設定した。

- ・ 目標止水率：76.0%
- ・ 管きよ補修率：85.0%
- ※管きよ補修率は参考

【事例 2：地下水浸入水削減対策と対策結果事例】

干拓地に形成された〇村は、分流式単独公共下水道として昭和 40 年初めに下水道事業に着手し、昭和 40 年中頃から供用を開始している。地下水浸入水削減計画の対象区域は区域面積約 310ha、区域内の管きょ総延長約 19.0 kmの地区である（図 3-9 参照）。

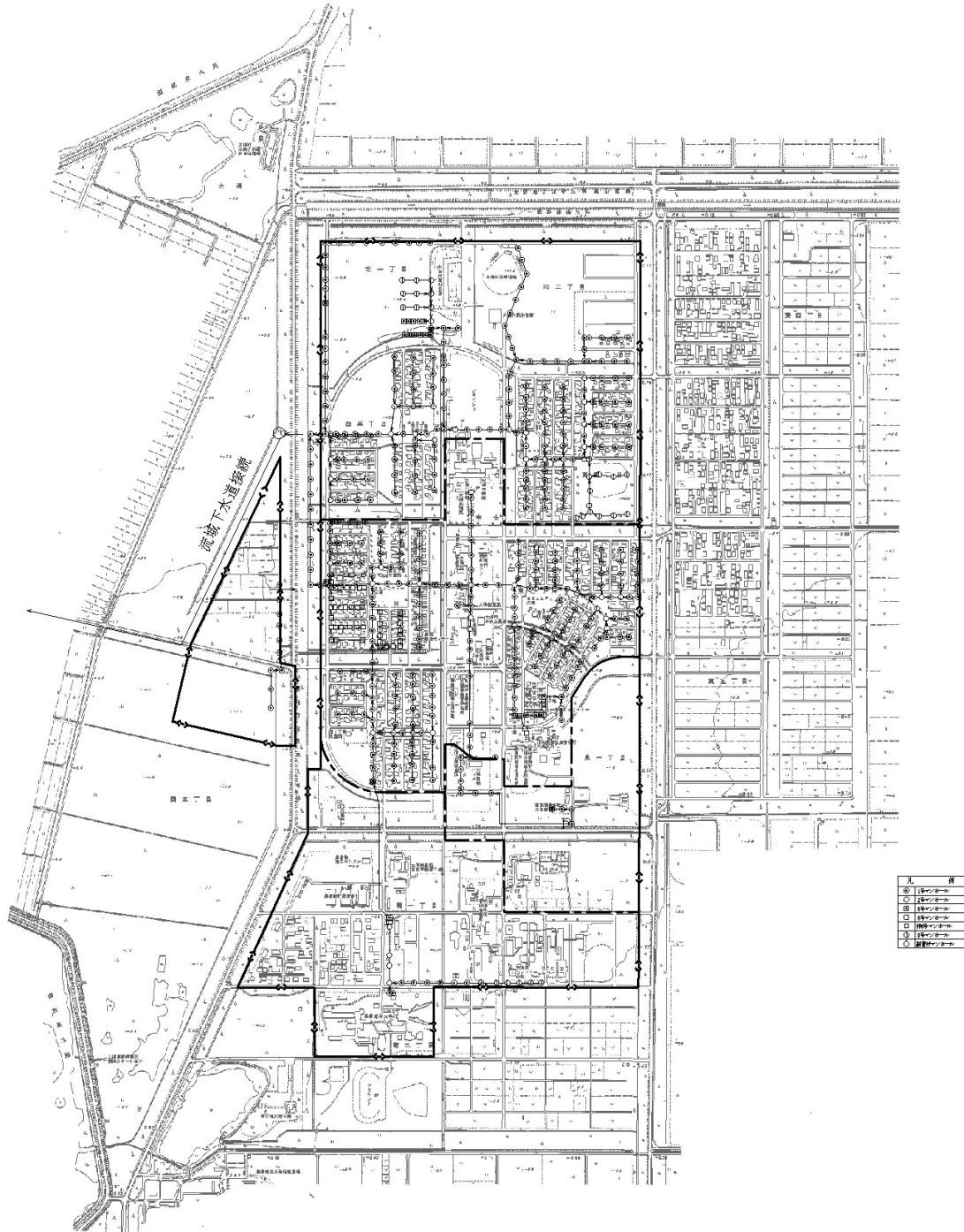


図 3-9 調査・計画範囲

計画に先立ち、系統別に流量計を10箇所設置し、1箇月間の流量調査を実施した。流量調査の結果から、区域全体で発生している不明水量は、基礎汚水量（有収水量）の100%に達していることが判明した（図3-10参照）。

なお、不明水は区域全体から発生しているが、特に区域中央から南にかけて多かった。

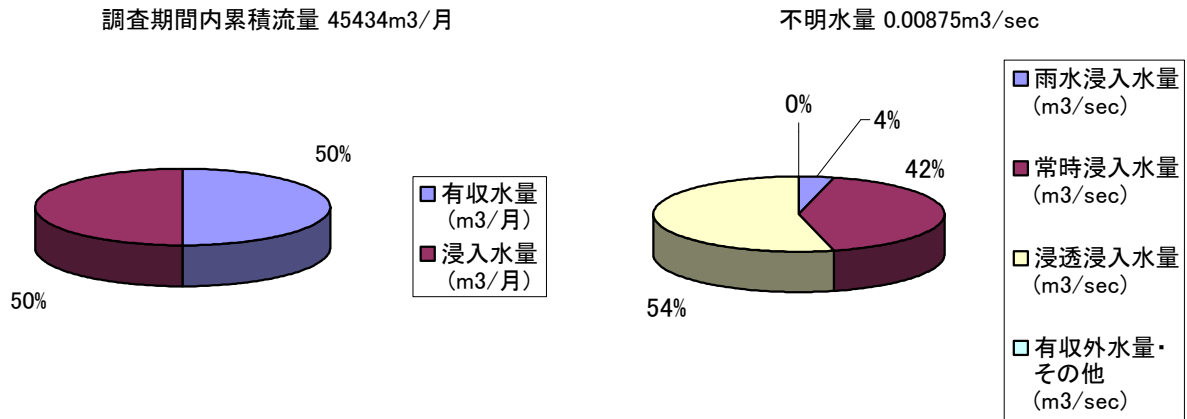


図 3-10 不明水量と内訳

また、区域内の抽出した路線でテレビカメラ調査を実施したところ、約57%の管きよで改築が必要であるとの結論に達した（図3-11参照）。

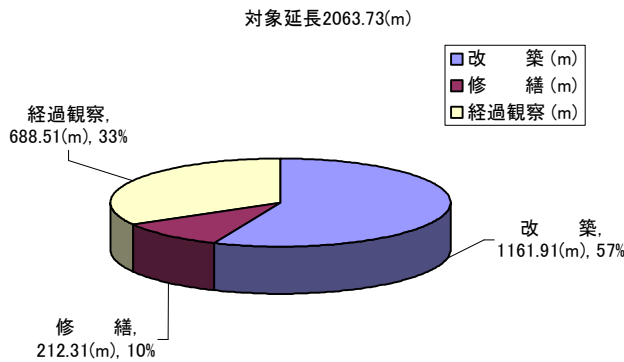


図 3-11 診断結果

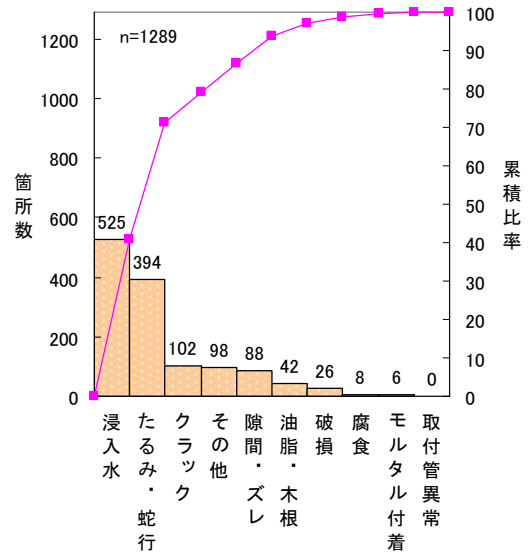


図 3-12 異常箇所パレート分析

浸入水の原因については、さまざま考えられるが〇村は、村全体が大規模な干拓地内にあり、既存の地質調査結果から軟弱土層が厚く堆積しており、異常項目で浸入水に続きたるみ・蛇行が多いのはこれが原因と推察された（図3-12参照）。

また、地質調査の坑内水位を基に等水位線図（図3-13参照）を作成したところ、地下水位が高い場所と浸入水発生量が多い場所はほぼ一致した。

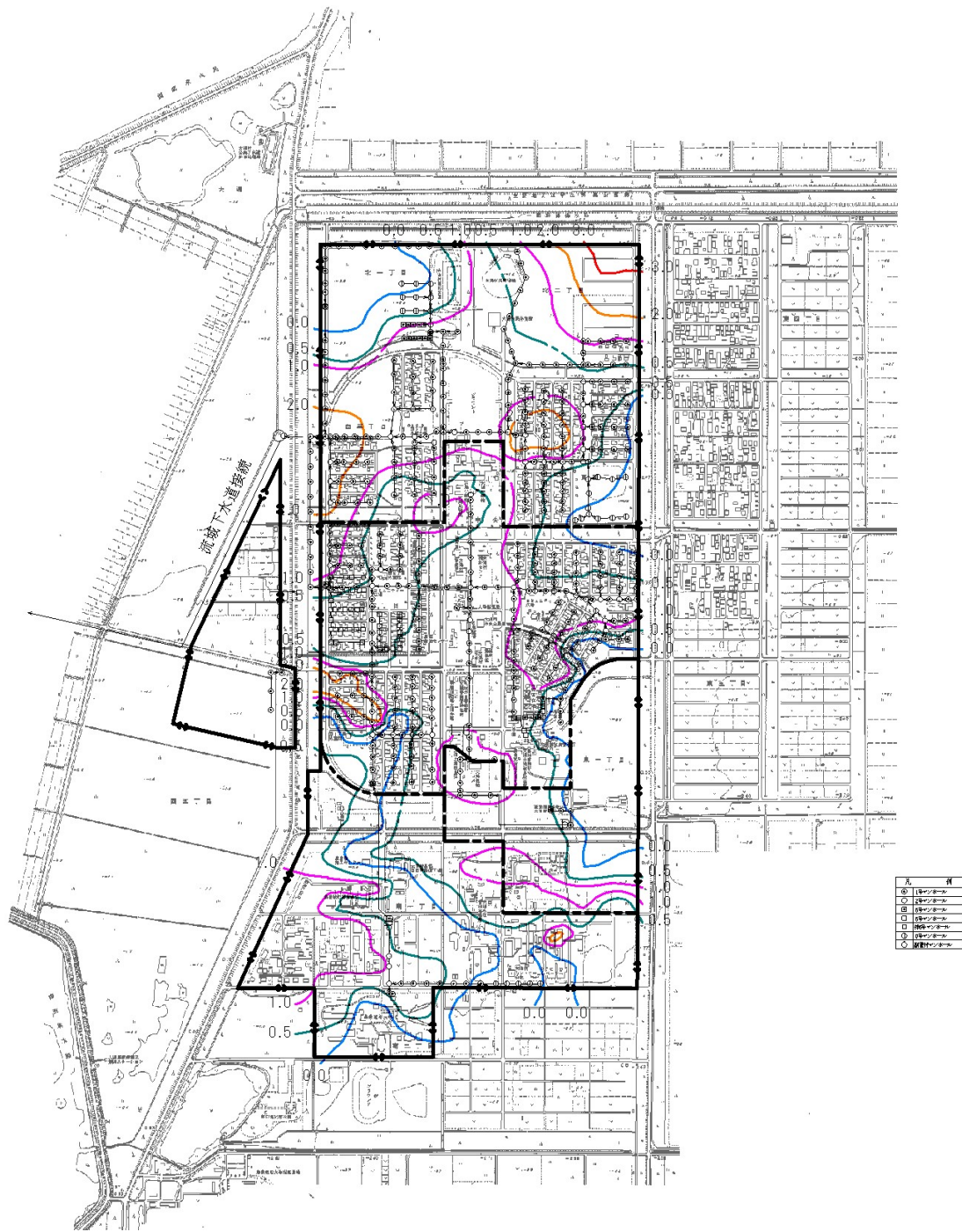


図 3-13 ボーリングデータに基づく水位等高線

事業の目標値を設定するため、業務中に実施した揚水試験と、テレビカメラ調査結果を用い、費用効果分析を実施し、最適な止水率および補修率を設定した。設定した地区別目標止水率を表 3-4 に示す。

目標止水率および補修率は、浸入水調査結果で顕著な差があった北地区と、その他地区に分類し、さらにその他地区を 3 ブロックに分け、5 箇年事業で計画した。

設定した年度別事業区域を図 3-14 に示す。

表 3-4 地区別目標止水率と必要改築延長の目安

事業基礎 区域番号	地 区 名	止水率 (%)	改築延長 率 (%)
①	西一丁目, 同二丁目, 中央, 東一丁目, 同二丁目に係る幹線	86.0	50.0
②	西二丁目, 中央		
③	東一丁目, 同二丁目		
④	南一丁目, 南二丁目, 西一丁目		
⑤	西三丁目, 北一丁目, 同二丁目, 東三丁目	47.0	20.0

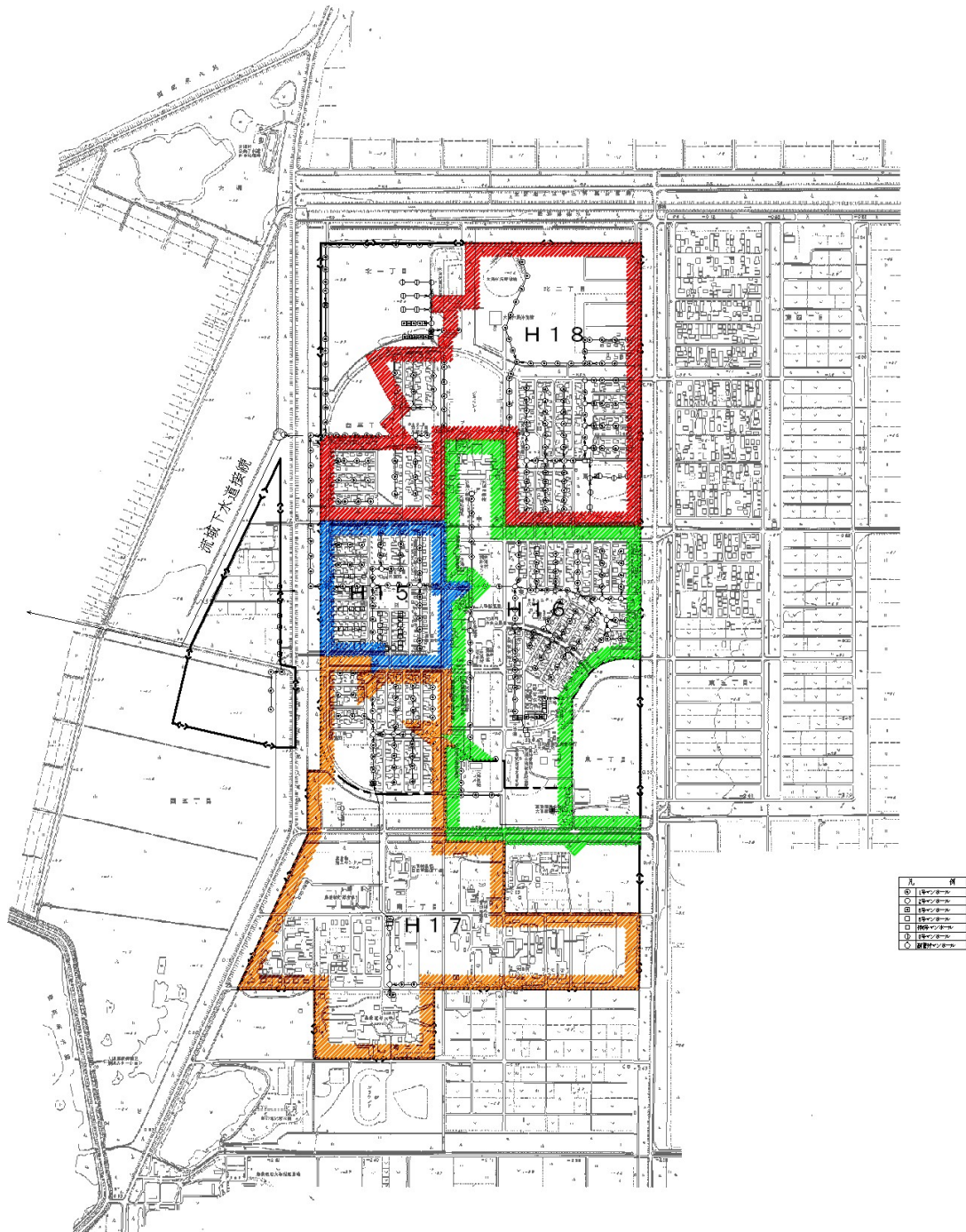


図 3-14 浸入水削減対策計画図

また、事業着手にあたり対策を講じない場合の浸入水の伸びと、対策を行った場合の浸入水の削減状況を予測した。予測の結果、不明水率は現状（平成13年度）の約39%から、事業が完了する平成18年度末には18%程度まで削減可能となった（図3-15参照）。

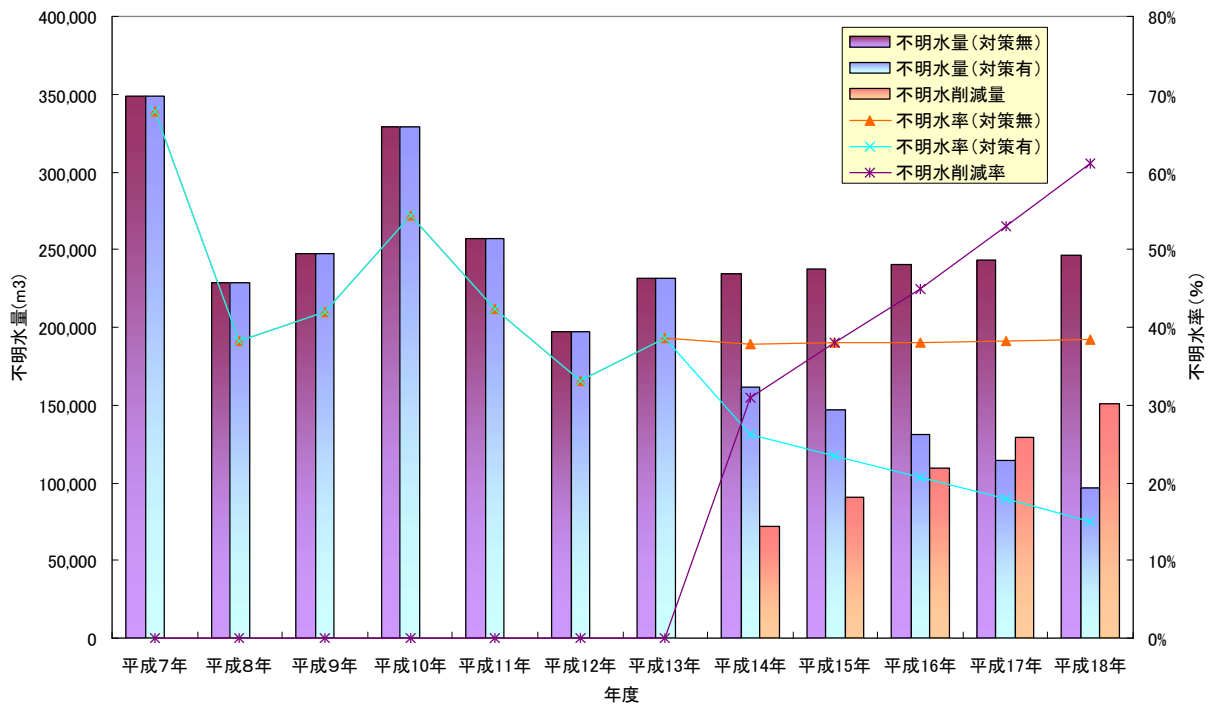


図 3-15 想定年度別不明水削減量

さらに、事業中においても流末のポンプ施設にて流量を観測し、有収水量との差から浸入水量をモニタリングした。その結果、平成18年度の年平均浸入水率は約20%となり、事業目標は達成したといえる（図3-16参照）。

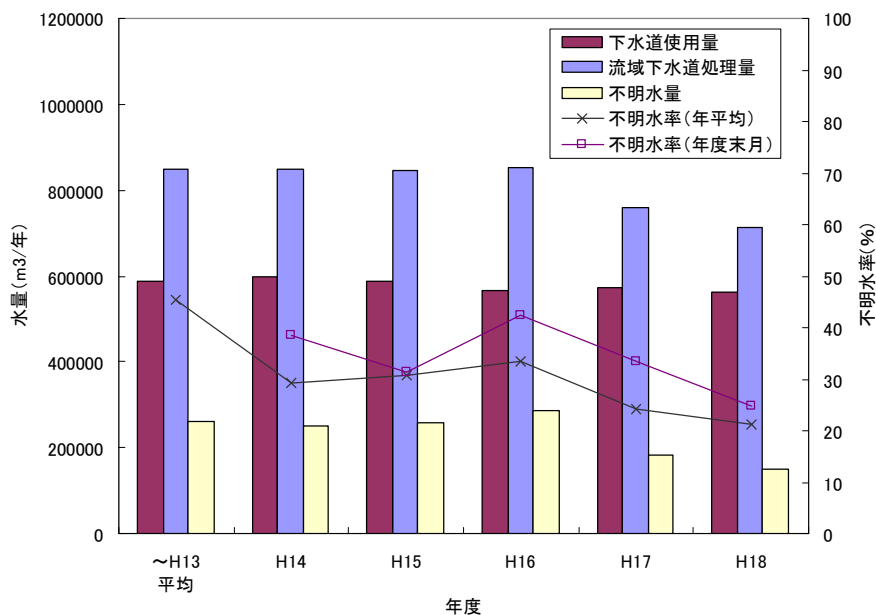


図 3-16 浸入水削減実績

【参考文献】

- 1) 下水道施設計画・設計指針と解説 2001年版 (社)日本下水道協会
- 2) 下水道施設改築・修繕マニュアル(案) 1998年版 (社)日本下水道協会
- 3) 下水道管きょ改築等の工法選定手引き(案) 平成14年5月 (社)日本下水道協会
- 4) 管更生の手引き(案) 平成13年6月 (社)日本下水道協会
- 5) 管きょ更生工法(二層構造管)技術資料 2006年3月 (財)下水道新技術推進機構
- 6) だれでもわかる不明水対策講座 後藤清 1999年2月号,5月号 月刊下水道 環境新聞社

4. 不明水対策の事後評価事例

ここでは、不明水対策における3つの検討事例を示す。

(1) 『研究事例紹介 〈K〇市における浸入水の削減効果検討事例〉』

(2) 修繕・改築における段階ごとの効果

(3) 不明水対策の費用効果（事後評価）ケーススタディ

(1) 『研究事例紹介 〈K〇市における浸入水の削減効果検討事例〉』

この調査事例は、K〇市S処理区内にモデル地区を設定し、雨天時浸入水量および浸入経路を調査し、順次補修工事を実施しながら浸入水の削減量の定量化を行ったものである。

この地区の地下水位は、降雨時・晴天時ともに污水管より低いことから、常時浸入地下水はなく、浸入水は雨天時浸入水のみと考えられる。

1) 補修の内訳

モデル地区の条件

面積：2.5ha，家屋数：99戸，公共下水道の施工年度：昭和48年

表 4-1 補修の内訳

内容	項目	公共下水道					排水設備	
		汚水本管 (ヒューム管) 250mm	マン ホール	取付 け管	接続 ます (既設)	接続 ます (新設)	誤接合 家屋	その他 浸入水 家屋
補修の内訳	全体数量	798.59m	44個	118本	68個	31個	10戸	25戸
	公共下水道							
	開削補修	—	—	31本	—	31個	—	—
	ライニング補修	—	—	51本	65個	—	—	—
	未補修	798.59m	44個	17本	3個	—	—	—
	不要管の閉塞	—	—	19本	—	—	—	—
排水設備	補修	—	—	—	—	—	10戸	25戸

(注-1) 補修順序：①既設接続ますライニング，②取付け管ライニング，③接続ますの開削新設，④排水設備の補修

(注-2) 接続ます・取付け管の未補修は、注水試験で良好であったもの。

- ① 排水設備では、降雨時のます調査により、誤接合家屋10戸以外に25戸の雨水浸入の家屋が確認された。この原因は、排水設備に対する老朽化の進行および雨水排水設備の不備により、雨天時に汚水排水設備に雨水が流入するものと考えられる。
- ② 排水設備と公共下水道の浸入水量の比率は、排水設備側が45%、公共下水道側が55%であった(図4-1参照)。図4-1に示した排水設備のうち19%は、誤接合家屋の屋根面積から降雨量を推計したものである。排水設備側の浸入水の計量は、浸入水の多い6戸、少ない家屋5戸、浸入水のない家屋1戸、計12戸の接続ますに流量計を設置して行った。

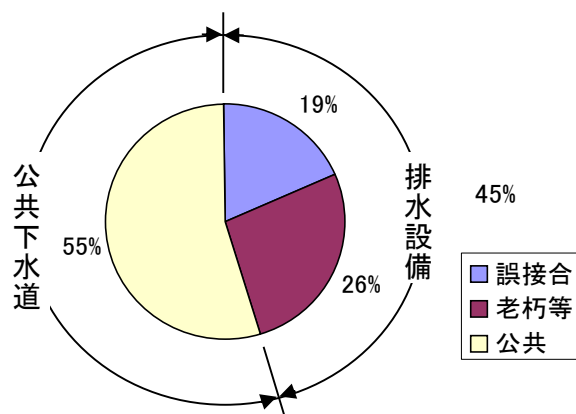


図 4-1 浸入水の内訳

- ③ 公共下水道側の補修効果として、既設接続ますのライニングにより浸入水量が 15% 削減された。また、取付け管ライニングおよび開削によるますの新設により浸入水量が 25%削減され、公共下水道側で合計 40%の削減となった。
- ④ 排水設備側の補修効果として、誤接合箇所の切替工事および老朽箇所の補修により、浸入水量が 24%削減された。
- ⑤ 公共下水道側の浸入水量 55%のうち、取付け管および接続ますの補修で 40%の削減となり、残り 15%は本管・マンホールなどからの浸入水と思われる。
- ⑥ 汚水管の流量計測結果より、流量と降雨強度の相関が非常に高いため、雨天時浸入水の大部分は浸透ではなく直接流入する雨水と考えていたが、補修効果からもこのことが確認された。
- ⑦ 補修費の費用効果は、表 4-2 より排水設備側が高いが、排水設備は個人財産であるため、補修の実行には多くの労力と時間を要する。また排水設備の点検方法、補修の方法の指導、補修工事の助成など検討すべき課題は多い。
- ⑧ このような対策を行っても、公共下水道で 15%、排水設備で 21%の浸入水量(合計で 36%)が、浸入水削減の困難な量として残される(図 4-2 参照)。

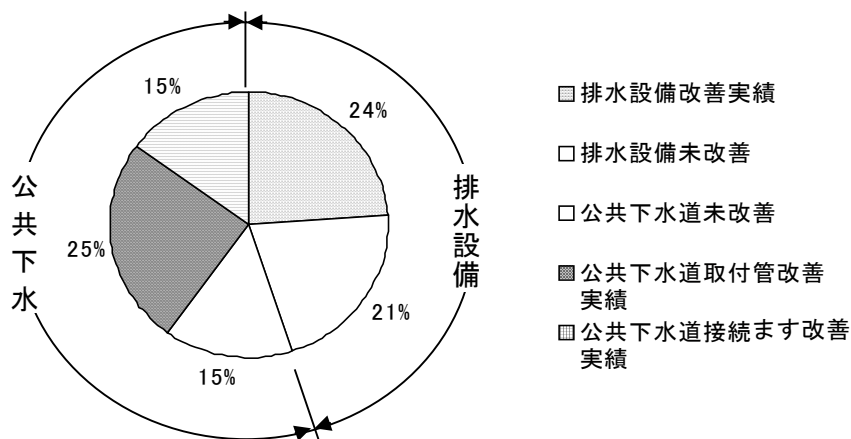


図 4-2 補修による削減効果(実績)

表 4-2 調査の概要

調査区域の概要	S 処理区全体	処理区域面積 1,100ha 総家屋数 15,149 戸 誤接合 558 戸 誤接合率 ※3.7% 浸入水率 ※3.5%		
	モデル地区	調査面積 2.5ha 調査家屋 99 戸 誤接合 10 戸 誤接合率 10% 浸入水率 4.6%		
モデル地区での調査概要	調査項目	① 流量・雨量調査 ② 地下水水位調査 ③ 目視調査 ④ テレビカメラ調査 ⑤ 注水試験 ⑥ 圧気試験	・本管, 宅内 ・降雨時の人孔, 接続ます ・本管, 取付け管 ・本管, 人孔, 接続ます ・本管, 取付け管	
	補修	補修順序で ① 取付け管, ますの改良 ② 宅地内の補修 ③ 人孔補修		
モデル地区での排水設備の浸入水調査	浸入水増加	35 戸	誤接合 10 戸, その他 25 戸	
	浸入水の原因	誤接合の他, 排水設備の老朽化による水密性の低下		
モデル地区での浸入水公私比率	公共下水道(公)	55%		
	排水設備(私)	45%	内 誤接合 19%	
浸入水削減率	公共	接続ますの補修	15%	
		取付け管改良	25%	
	宅内	排水設備改良	24%	不良家屋 35 戸の改良
		計	64%	
削減に要した費用	公共	取付け管・接続ます	15,000 千円	100 戸 (150 千円/戸)
		排水設備補修	400 千円	22 戸 (18 千円/戸)
	宅内	誤接合の分離(切替)補修	1,000 千円	10 戸 (100 千円/戸)
		計	16,400 千円	6,560 千円/ha

※ 表 4-3 接合調査結果参照(KO市S処理区の平成9年~11年家屋誤接合調査実施結果)

※ 浸入水率：対象地域の全降雨量に対する污水管への浸入水量の百分比

表 4-3 誤接合調査結果

	調査戸数 (戸)	誤接合家屋数 (戸)	誤接合率 (%)
浸入水量の多い区域	3,156	268	8.5
その他の区域	11,993	290	2.4
計	15,149	558	3.7

2) 雨天時浸入水量の公私比率計算

まず、排水設備の流入目視調査(99 箇所)のうち、流入量の多少により抽出した 12 箇所(多 6, 少 5, 無 1)において、公共ますで排水設備からの流量調査を行った。

表 4-4 に宅内流量調査結果を示す。

表 4-4 宅内流量調査結果

宅地No.	排水設備流入 目視調査結果	雨天時下水量 (m ³) a	晴天時下水量 (m ³) b	雨天時浸入水量 (m ³) a-b
9	少	0.20	0.06	
13	多	1.10	0.16	
建築中	少	0.10	0.00	
34	無	0.00	0.00	
35	少	0.40	0.19	
41	少	0.20	0.08	
57	多	0.80	0.13	
60	少	0.30	0.03	
64	多	1.00	0.12	
65	多	1.00	0.15	
90	多	0.90	0.13	
98	多	1.00	0.11	

上記の調査結果を受け、調査対象地区全体の排水設備からの雨天時浸入水量を推定する。表 4-5 に調査対象地区全域の排水設備からの雨天時浸入水量の推定結果を示す。

表 4-5 調査対象地区全域の排水設備からの推定雨天時浸入水量

排水設備流入 目視調査結果	調査戸数 (戸) N	合計雨天時浸入水量 (m ³) Q	排水設備流入 目視調査全数 N ₀	調査対象地区全体の 排水設備からの推定 雨天時浸入水量 (m ³) Q*N ₀ /N
多	6	5.00	17	14.17
少	5	0.80	18	2.88
無	1	0.00	64	0.00
計	12	5.80	99	17.05

調査対象地区の最下流端で測定した調査対象地区全体の雨天時浸入水量と、推定した調査対象地区全体の排水設備からの推定雨天時浸入水量を用いて、公共下水道側の雨天時浸入水量を推定し、雨天時浸入水量の公私比率を算出する。

表 4-6 に雨天時浸入水量の公私比率の算出結果を示す。

表 4-6 雨天時浸入水量の公私比率

調査対象地区全体の雨天時浸入水量(m ³)	①	37.60
調査対象地区全体の排水設備からの雨天時浸入水量(m ³)	②	17.05
公共下水道側の推定雨天時浸入水量(m ³)	③=①-②	20.55
公私比率	③:②	55:45

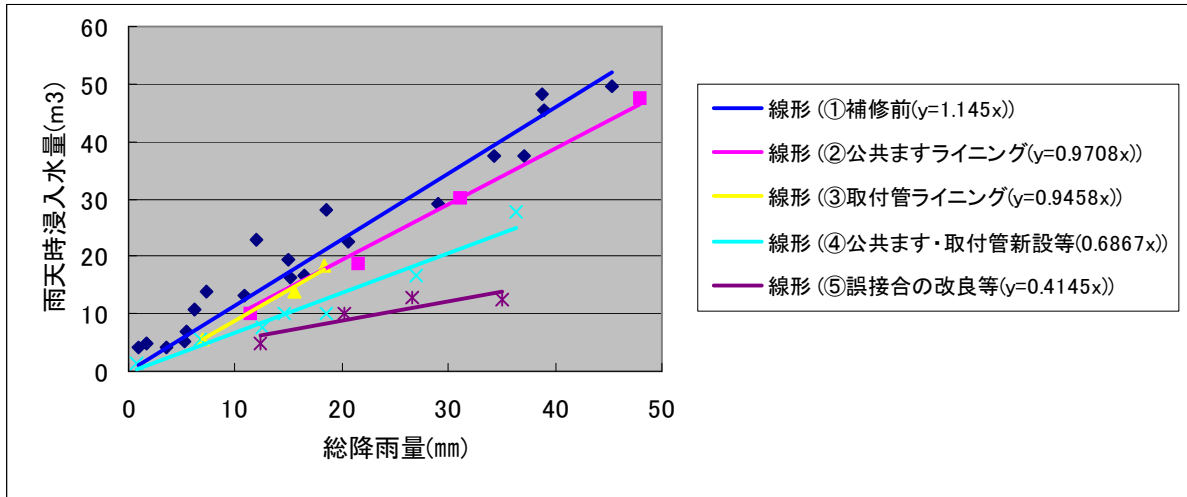
(出典：分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き(案) 2003年3月 (財)下水道新技術推進機構)

(2) 修繕・改築における段階ごとの効果

修繕・改築の実施による雨天時浸入水の削減効果を把握するため、対象流域の総降雨量と雨天時浸入水量の相関関係について、修繕・改築の段階ごとについて算定する。

図 4-3 に修繕・改築段階ごとの雨天時浸入水削減傾向を示す。

各段階の浸入水量の算定結果から、グラフに示すように各段階における直線式が求められ、この直線式を用いて、表に示す項目の計算式より修繕・改築段階ごとでの削減効果を把握することができる。



改築・修繕段階	部位	全数 (箇所) N	改良数 (箇所) n	改良 比率 (%) n/N	雨天時 浸入水量 (m³/mm) Q	雨天時 浸入比率 (%) P=Q/Q _① *100	削減率			
							累計 Pd=P _① -P	各段階 p	公私比率	
									公共比 p/55%	排水設備比 p/45%
① 改築・修繕前	—				1.145	100.0%	—	—	—	—
② 公共ますライニング	公共ます	96	65	67.7%	0.971	84.8%	15.2%	15.2%	27.7%	—
③ 取付け管ライニング	取付け管	118	51	43.2%	0.946	82.6%	17.4%	2.2%	4.0%	—
④ 公共ます+取付け管新設 未使用管閉塞	取付け管	118	31	26.3%	0.687	60.0%	40.0%	22.6%	41.1%	—
		14	14	100.0%						
⑤ 誤接合の改良 水密性不良箇所改良	排水設備	10	10	100.0%	0.415	36.2%	63.8%	23.8%	—	52.8%
		25	25	100.0%						
									公共分	排水設備
									72.8%	52.8%

図 4-3 修繕・改築段階ごとの雨天時浸入水量の削減効果

修繕・改築による費用効果は、ここまでの調査・試験および修繕・改築費用を削減浸入水量(削減浸入水率)で除して行う。費用効果分析の結果を表 4-7 に示す。

表 4-7 費用効果分析計算書

改築・修繕段階		②	③	④		⑤	
		公共ます ライニング	取付け管 ライニング	公共ます +取付け管 新設	未使用管 閉塞	誤接合の 改良	水密性不良 箇所改良
部位		公共ます	取付け管			排水設備	
全数(N)		96	118			99	
改善	改善数(n)	65	51	31	14	10	25
	全数比(n/N)	67.7%	43.2%	26.3%	11.9%	10.1%	25.3%
	単価(千円)	42	99	250	130	106	16
	合計(千円)	2,730	5,049	7,750	1,820	1,056	400
	費用A(千円)	2,730	14,619			1,456	
検査	検査項目	公共ます 注水試験	取付け管圧気試験		本管TV 調査	排水設備調査	
	数量(試験:箇所, 調査:m)	68	58		798.59	99	
	単価(千円)	4.6	9.5		1.1	8.7	
	合計(千円)	313	551		878	861	
	費用B(千円)	313	1,429			863	
改善+検査(費用A+費用B)		3,043	16,048			2,319	
計		21,410					
削減水量C(m ³ /mm)		0.174	0.284			0.272	
単位雨天時浸入水量 比単価(千円/箇所/mm)	改善1箇所当たり (A/C/N)	163	436			54	
	改善+検査1箇所当たり (A+B)/C/N	182	479			86	
排水設備1の時の費用対比		2.1	5.6			1.0	
削減率D		15.2%	24.8%			23.8%	
削減比 単価 (千円)	改善1箇所当たり(A/D/N)	187	499			62	
	改善+検査1箇所当たり (A+B)/D/N	209	549			99	
	改善+検査1箇所当たり $\Sigma \{(A+B)/D/N\}$	857					

注) 単価, 費用については参考とする。

(出典: 分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き(案) 2003年3月(財)下水道新技術推進機構)

(3) 不明水対策の費用効果（事後評価） ケーススタディ

この検討例では、不明水対策の事後評価における費用効果分析の検討例として、不明水対策費と削減費用（建設費および維持管理費）を比較したものを示す。

また、費用の設定については事後評価であることから実費による比較を基本とする。

1) 費用比較概要

① 比較対象区域

定量的な対策効果を把握するためには、対策前後における不明水量の実態調査が必要となるため、調査の効率性からポンプ場等の運転記録を用いることとし、比較対象区域については、当該ポンプ場の集水区域（表 4-8 参照）とする。

また、対策効果の一つとして処理場管理費等の低減が含まれることから、処理区全体および特定区域別（事後においても流量調査を実施する場合など）に集計を行うことが有効である。

表 4-8 調査区域別概要（例）

対策区域	集水面積 (ha)	年間処理水量 Q (千m ³ /年)	晴天時下水量 (有収水量) (千m ³ /年)	不明水量		止水率 (%)	対策費 (千円)	不明水1000m ³ /年 当たり対策費 (千円/1000m ³ /年)
				対策前 (千m ³ /年)	対策後 (千m ³ /年)			
A 地区	100	3,500	2,000	1,500	600	60.0%	200,000	222
B 地区	200	7,000	4,000	3,000	1,500	50.0%	500,000	333
C 地区	50	2,000	1,000	1,000	500	50.0%	100,000	200
D 地区	150	4,500	3,000	1,500	1,000	33.3%	150,000	300
対象外	500	11,000	10,000	1,000	1,000	0.0%	0	-
合計	1,000	28,000	20,000	8,000	4,600	42.5%	950,000	279

② 比較対象費用

分析に用いる費用（対策費および削減費用）に関しては、対策工事費、維持管理費、施設用地費などが想定されることから、年当たり費用による比較を行う。

なお、建設費等の年当たり費用の算定方法では、各対策費用と利率に応じた換算係数より求め、基本的な計算手法は、「下水道事業における費用効果分析マニュアル（令和 3 年 4 月）」に準じるものとする。

$$\text{年当たり費用（建設費）} = \text{総費用} \times \text{換算係数}$$

$$\text{換算係数} = \{ i + i / [(i + 1)^n - 1] \}$$

$$i : \text{利率（=4.0\%とした）} \quad n : \text{耐用年数}$$

ここで、調査費や設計費等における換算係数については、当該調査、設計に基づく対策を施された施設の耐用年数を用いることとした。

また、不明水対策計画の策定は、概ね 10 年ごとに見直すものと想定し、解析費・設計費についての耐用年数は 10 ヶ年を用いることとした。

③事後評価時の調査方法

不明水対策の実施については、基礎調査や詳細調査の実施および調査結果により対策手法や対策地区等の優先順位が決定される。

したがって、実施した各対策の効果分析を行うためには対策手法別および調査区域別に、調査時と同様の集計することが望ましいが、不明水調査時と同様の詳細調査を行う場合には、多大な調査期間と費用を要するため、事後評価時の調査方法は対策前後の処理場およびポンプ場の運転記録に基づく処理水量実績や維持管理費に関する統計資料等を活用し評価する。

2) 不明水対策費

効果分析に用いる不明水対策費には、主として調査費、解析・設計費および修繕・改築費等が挙げられる（表 4-9 参照）。

表 4-9 不明水対策費用（例）

【対策費】		利率： 4.0%						
項目	対策内容	単位	対策数量	単価 (千円)	費用 (千円)	耐用 年数	換算 係数	年当たり 費用 (千円/年)
調査費	公共ます注水試験	ヶ所	3,500	4.6	16,100.0	10	0.1233	1,985
	取付管圧気試験	ヶ所	3,500	9.5	33,250.0	10	0.1233	4,100
	本管TV調査	m	50,000	1.1	55,000.0	50	0.0466	2,563
	排水設備調査	ヶ所	100	8.7	870.0	50	0.0466	41
	流量調査(1ヶ月間)	ヶ所	20	1000.0	20,000.0	50	0.0466	932
解析費・設計費	不明水対策計画・設計	式	1	15000.0	15,000.0	10	0.1233	1,850
改築修繕費	公共ますライニング	ヶ所	1,000	42.0	42,000.0	10	0.1233	5,179
	取付管ライニング	ヶ所	1,000	99.0	99,000.0	10	0.1233	12,207
	公共ます+取付管新設	ヶ所	2,000	250.0	500,000.0	50	0.0466	23,300
	未使用管閉塞	ヶ所	50	130.0	6,500.0	50	0.0466	303
	本管改築	m	1,700	150.0	255,000.0	50	0.0466	11,883
	誤接合の改良 水密性不良箇所改良	ヶ所 ヶ所	50 50	106.0 16.0	5,300.0 800.0	50 50	0.0466 0.0466	247 37
費用合計					1,048,820.0			① 64,627
内、	A地区							13,572
	B地区							33,606
	C地区							7,109
	D地区							10,340

3) 効果算定例

不明水対策の効果として現れる費用には、主として処理水量増加に伴うポンプ揚水にかかる動力費や薬品費等の維持管理費、および不明水対応のために前倒しして建設した施設建設費等が挙げられ、本検討事例では、次のとおりとする。

①維持管理費

本検討例においては、維持管理費の削減効果として以下の項目を計上した。

- ・ 処理場およびポンプ場におけるポンプの揚水にかかる動力費
- ・ 処理水量増加に伴う消毒費（薬品費）

表 4-10 に維持管理費の削減効果例を示す。

維持管理費の削減効果の算定では、既存資料や各施設の運転記録を活用する。

注 1) エアレーションにかかる動力費については、不明水由来の汚濁負荷は 0kg と考え、フラッシングによる一時的な負荷量の増加は見込まないものとした。

注 2) 雨天時における不明水量増加に伴う管理費（人件費）の増加については、不明水量にかかわらず台風や大雨時には自家発の運転管理のため増員するなどの対応が多いという理由から、本検討例においては見込まないものとした。

表 4-10 （効果）維持管理費（例）

【維持管理費】					
項目	効果内容	維持管理費(千円/年)		削減分 (千円/年)	備考
		対策前 処理水量相当	対策後 処理水量相当		
処理場	ポンプ揚水費	39,400	34,200	5,200	原則、不明水由来の汚濁負荷はゼロとする。 ファーストフラッシュなどは、降雨がなくても清掃時に排出されるため見込まない
	薬品費	33,600	29,500	4,100	
	エアレーション動力費			0	
ポンプ場-01	ポンプ揚水費	5,300	4,700	600	
ポンプ場-02	ポンプ揚水費	3,700	3,500	200	
維持管理費計	①			10,100	

②建設費

建設費については、不明水削減水量に見合う増設分の前倒し費用を計上した。

増設する施設としては、最初沈殿池，反応タンク，最終沈殿池を対象としたが、不明水削減水量と池の規模が必ずしも一致するわけではないことから、必要に応じて効果の判定のため費用関数を用いることも考えられる。

ただし、本検討例では増設にかかる実績値を用いることとした。

建設費の削減効果例を表 4-11 に示す。

なお、建設費についても対策費用との比較のため、年当たり費用に換算する。

換算方法は、対策費用と同様に利子率および耐用年数から求まる換算係数により算定する。

表 4-11 (効果) 建設費 (例)

【建設費】

利率： 4.0%

項目 増設分の 前倒し費用	効果内容	建設費(千円)		削減分 (千円)	耐用 年数	換算 係数	年当たり 費用 (千円/年)
		対策前 処理水量相当	対策後 処理水量相当				
処理場	水処理施設 (土建)	26,020,000	24,204,000	600,000	50	0.0466	27,960
		11,710,000	11,110,000				
	(機電)	14,310,000	13,094,000	1,216,000	15	0.0899	109,318
	ポンプ設備	140,000	120,000	20,000	15	0.0899	1,798
ポンプ場-01	ポンプ設備	30,000	26,000	4,000	15	0.0899	360
ポンプ場-02	ポンプ設備	20,000	15,000	5,000	15	0.0899	450
建設費計	②						139,886

③効果分析

費用効果の算定結果は、次に示すとおり 2.32 となり、不明水対策効果が十分発揮されたと評価できる。

$$\text{効果合計} = \text{①} + \text{②} = 10,100 + 139,886 = 149,986 \text{ 千円/年}$$

【費用効果】

$$149,986 \text{ 千円/年} \div 64,627 \text{ 千円/年} = 2.32 > 1.0$$

【参考文献】

- 1) 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針 平成16年2月 国土交通省
- 2) 上下水道資源の活用に向けた水循環マスタープラン策定マニュアル(案) 平成16年3月 (社) 全国上下水道コンサルタント協会
- 3) 汚水管きょへの雨天時浸入水に関する調査報告書 2002年1月 国土技術政策総合研究所
- 4) 下水道管路施設における浸入水防止対策指針 昭和57年10月 (社) 日本下水道協会
- 5) 分流式下水道における雨天時増水対策計画の手引き(案) 2003年3月 (財) 下水道新技術推進機構
- 6) 下水道事業における費用効果分析マニュアル 令和3年4月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部
- 7) 下水道事業の手引き 平成19年度版 (財) 下水道新技術推進機構
- 8) 下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル 平成14年12月 日本下水道事業団

