3.発生源対策

3.1 発生源対策と浸入率

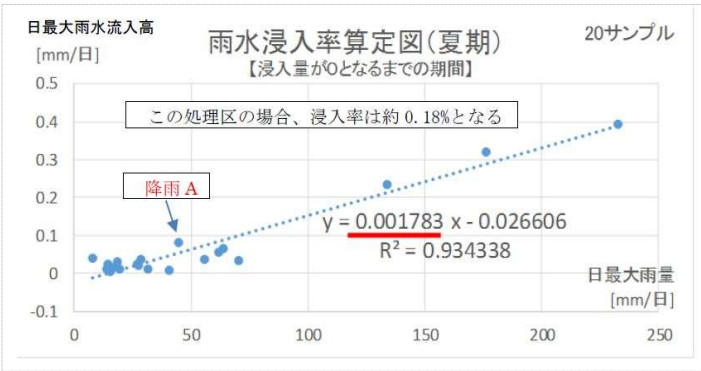
(1) 発生源対策の目安となる浸入率(雨水流入高/雨量)、日(時間)最大 0.3(0.1)%が示されたため、これを基準とする評価が可能になった

(2) この目安により、発生源特定に至るどの段階、どの規模でも評価が可能で、許容値をもった発生源区域の絞り込みができる

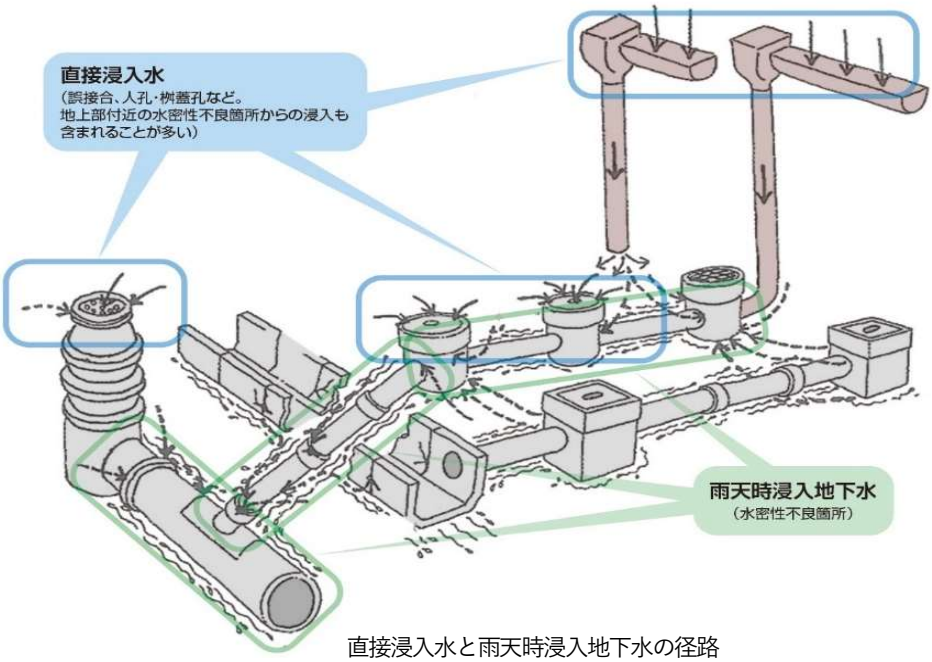
(3) 自然流下の管路施設では、圧送管のような水密性の確保は想定されていないため、地下水(常時浸入地下水相当)は、基礎汚水量の 10～20%程度までは許容されている

(4) 雨天時地下水(雨天時浸入地下水+常時浸入地下水)が導入されたので、この 10～20%を超える部分が雨天時増水対策と発生源対策の対象である

雨天時浸入水抽出図(マニュアル抜粋)



降雨量/雨天時浸入水量相関図(マニュアル抜粋)



直接浸入水と雨天時浸入地下水の径路

3.2 発生源を見つけるまでのプロセス

(1) 現状の把握
施設状況を把握するため、処理場の流入きょや地区毎に下水量を測定し、雨天時浸入水量を把握する

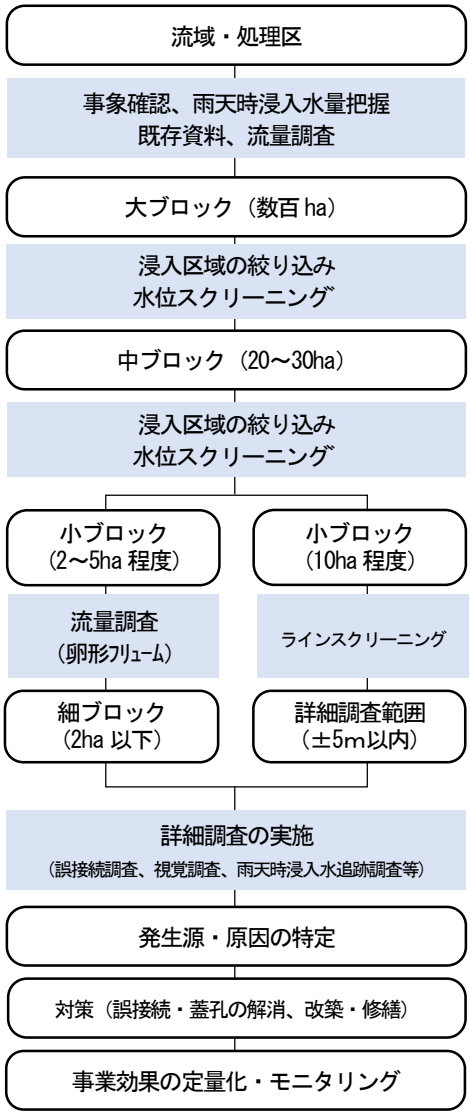
(2) 浸入区域の絞り込み
「分流式下水道における雨天時浸入水対策計画策定マニュアル（2009.3）」には 3 段階の絞り込みについて記載されているが、処理区の規模や用途地域の分布、対策の単位規模により、さらに細かく分けることがある

(3) 発生源対策は、むやみに詳細調査(発生源の特定)を行うより、雨天時浸入水がより疑われる区域を抽出し、優先的に対策する方が費用対効果に優れている

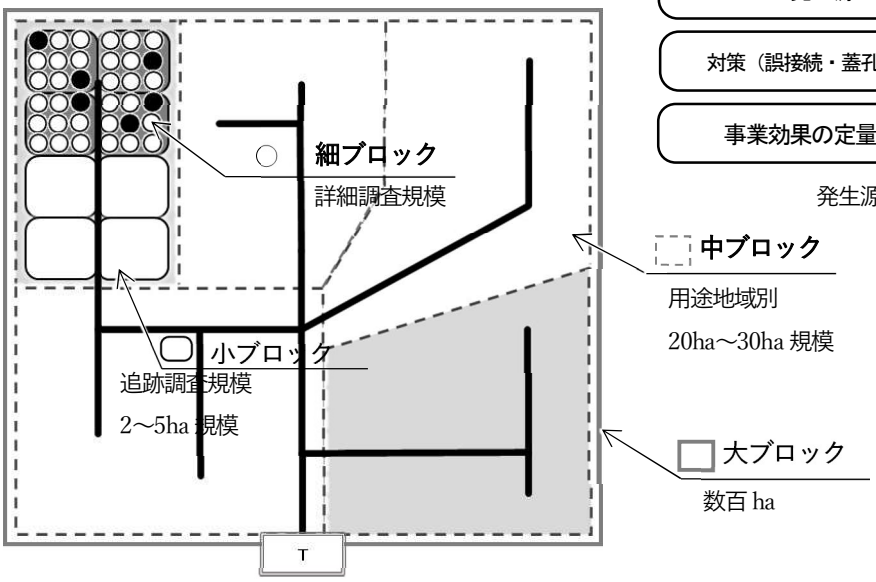
(4) 発生源の偏りが大きいと、絞り込む過程で対象がどんどん小さくなり、対策をしなくても良い範囲が拡がってゆくことが実感される

(5) 水位スクリーニングを実施し、浸入区域を小ブロックまで絞り込む。その際、事業効果検証のために流末１箇所における流量調査を検討する。

(6) 詳細調査範囲の絞り込み
小ブロックと詳細調査規模に差があるときは、卵形フリュームによる流量調査やラインスクリーニングにより、細ブロックや詳細調査が必要な範囲を絞り込む



発生源対策フロー



発生源の絞り込み

3.3 スクリーニング

(1) スクリーニングは、雨天時浸入水の発生源を細・小ブロックにまで絞り込むための技術で、規模や測点数は様ざまである

(2) 晴雨天時の水位や水温、電気伝導度等を同時多測点で計測して、雨天時浸入水多量発生エリアやルート、細・小ブロックに絞り込む

(3) 弊社は、圧力チップを使った水位スクリーニングを提案している。この方法は管径水位比による雨天時増水対策と、浸入率による発生源対策の両方に対応できる特徴がある

(4) 圧力チップで絶対圧(水圧+大気圧)を計測し、大気圧(別計測)との差圧(ゲージ圧)から水位を計算する。溢水箇所でも水位計測が可能で、ケーブルがないため簡単に仮設できることが最大の特徴である

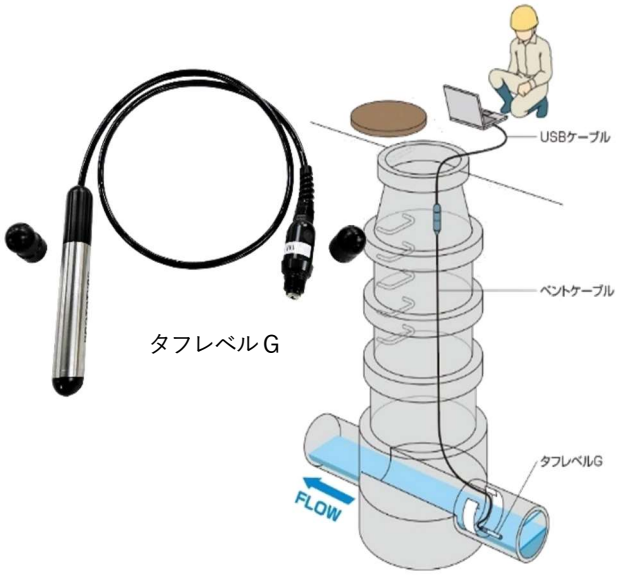
(5) 計測水位からは、マニング公式等を利用して流量に計算することが可能だが精度は低い。異なる水位 2～3 点で平均流速を実測し、粗度勾配係数を変数扱いで計算すると流量計測精度が実用に耐えうる(弊社特許)

(6) ただし自然流下でないところ(会所、段差、湾曲蛇行、勾配急変箇所や滞留箇所)では流量計測精度は悪くなる

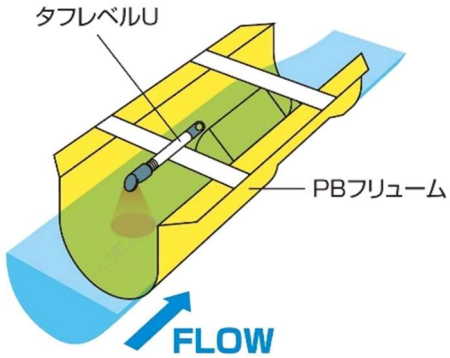
(7) 主要ポイントだけフリューム式や面速式流量計を使用することも有効である

(8) 計測データの異常を AI で自動判定して除外する技術が令和 2 年度の下水道革新的技術実証事業（B ダッシュプロジェクト）に採択された

(9) 管底水位計測(タフレベル C)だけでなく、管底地下水位計測(タフレベル G)や、流量計測(PB フリューム式又は面速式流量計使用)を組み合わせることにより、雨天時増水対策に必要な情報を総合的に収集できる



タフレベル U
来春、最新 Ver リリース



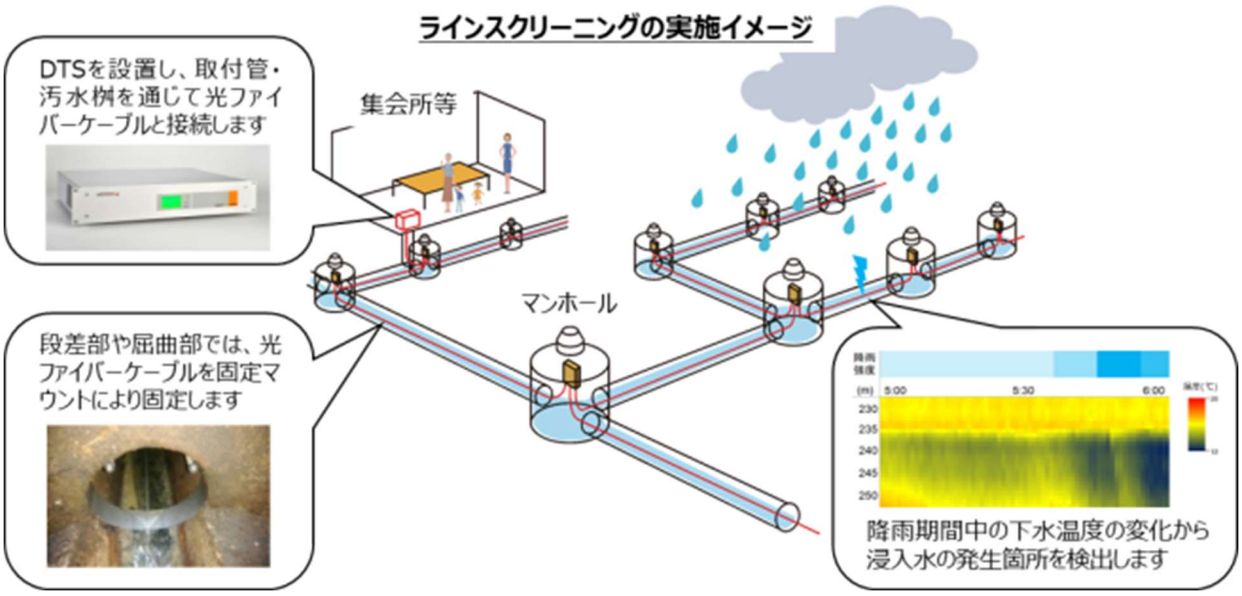
【ラインスクリーニング】

(1) ラインスクリーニングとは、中・小ブロック（10ha 程度）の下水道管路に光ファイバーケーブルを仮設し、DTS(分散型温度センシング：光ファイバー自体を温度センサとして、温度分布を測定するシステム)により、流下下水の温度を 1 m間隔・1 分周期で計測する技術

(2) 晴・雨天時の水温パターンを AI により解析し、雨天時浸入水の発生箇所を±5m 範囲で検出することで、詳細調査対象の路線や家屋を絞り込む

(3) 令和元～2 年度下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）に採択され、国土技術政策総合研究所からの委託研究により、フィールド実証を重ねた上で、令和 4 年 3 月に導入ガイドライン（案）が公開された

ラインスクリーニングにより絞り込まれた
詳細調査範囲のイメージ

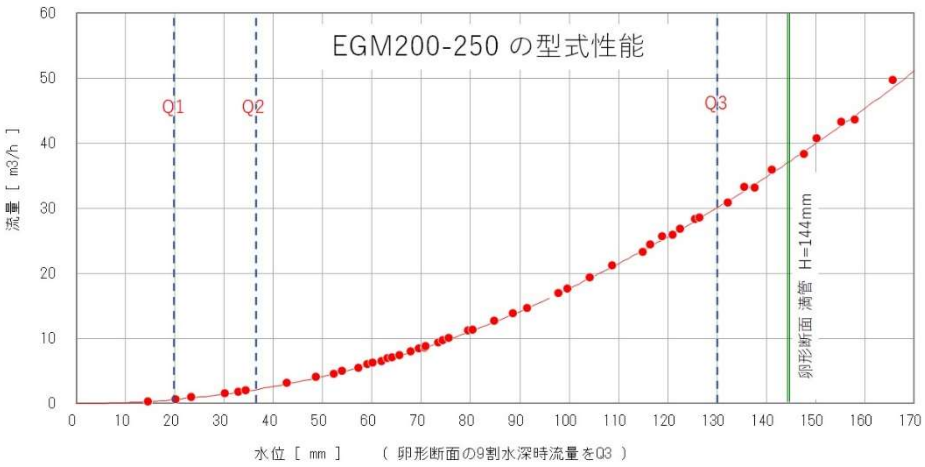


【細ブロック流量調査】

(1) 細ブロック対策の事業効果の定量を目的とした、マンホール用卵形フリューム式流量計を使った削減浸入水量調査
(2) 卵形フリューム式流量計は、JIS B 7337 に準拠し、定置型の定格精度としては、等級 3 を有する
(3) 調査用のポータブル流量計としては、定格精度に拠れないので、等級 5 程度と推定される
(4) (公財)日本下水道新技術機構との共同研究で、流量計の仮設性能や、計測精度の実証試験を行った
(5) 卵形フリュームは、せきのような貯水機能と流出口へ向かう流線形状が特徴で、上流側に汚泥が堆積しがちな微小流量でも、正確に流量を計測することができる
(6) 設置は、卵形フリュームと水位チップをマンホール内の上流管口に挿入する方法による
(7) 小口径管(φ200～φ300)を流れる微小流量が主な計測対象だが、同様の流量であればより大きな管径にも対応できる

卵形フリューム(マンホール用)

フリュームの設置（1 号人孔）



卵形フリュームの型式性能

【雨水整備のための水はけ調査】

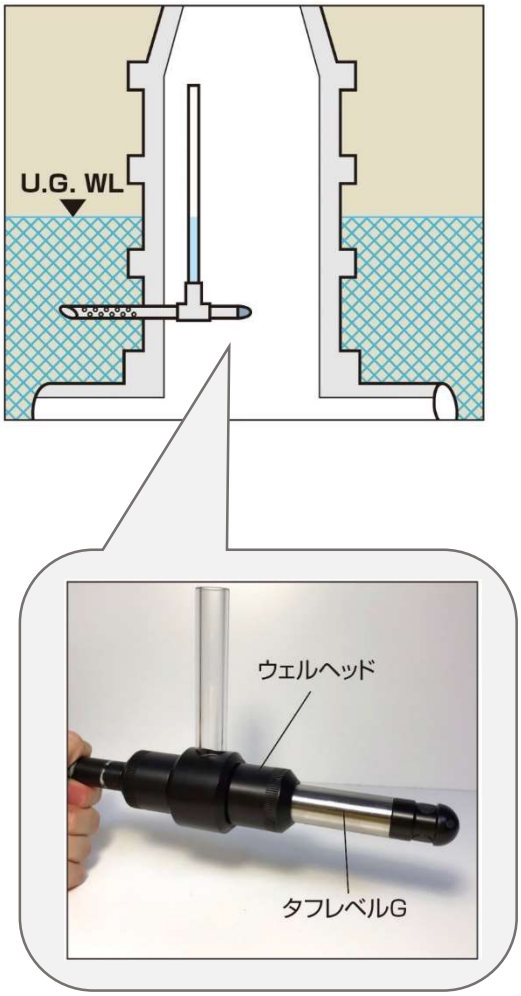
(1) マンホール内に圧力チップ(ゲージ圧)を仮設して、雨天時の管底地下水位を計測し、地下水(雨天時浸入地下水＋常時浸入地下水)との関係を調べる

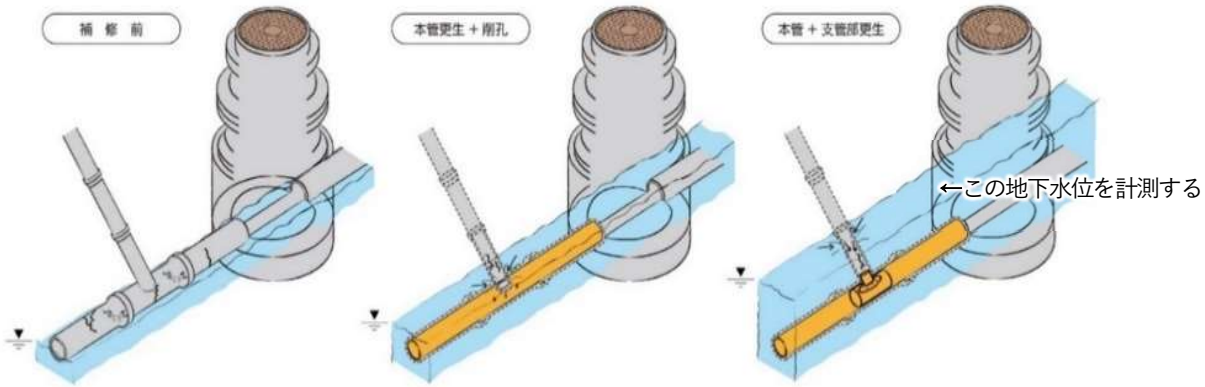
(2) この方法は地上からのボーリング法に比べると非常に簡単かつ経済的で、下水管が埋設された掘削溝を流れる伏流水位を計測するため調査目的に適う。掘削溝の埋め戻し状態により水位を検出できないときは、マンホール内の仮設位置を変更する

(3) 削孔・仮設位置は模式図より下のインバート天端付近。掘削溝の埋め戻し状態により水位を検出できないときは、マンホール内の仮設位置を変更する

(4) 複数ルートの上下流で管底地下水位を計測できれば、降雨と地下水位の挙動が明らかになる

(5) 降雨量(強度)と管底地下水位の時系列変化から、地形と水はけの関係を調べる。管底地下水位が降雨に敏感で、管内頂を超えるようなばあいは、雨水整備により水はけを良くすることが発生源対策と雨天時増水対策の両方に有効である





地下水位上昇に伴う雨天時浸入地下水の増加

3.4 詳細調査(発生源の特定)

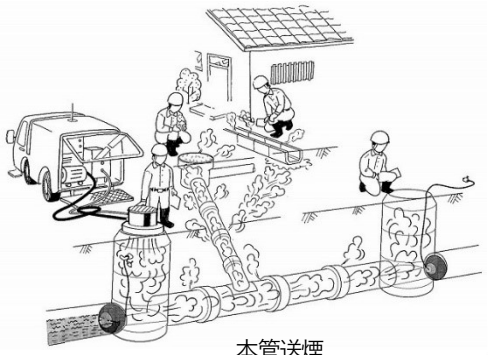
3.4.1 誤接続調査

(1) 送煙調査

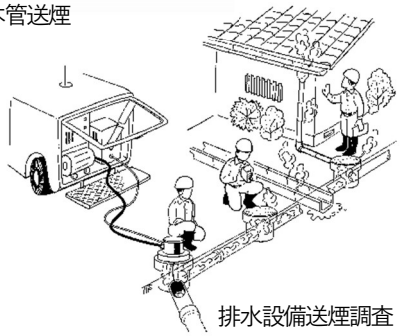
① 本管送煙調査と総合送煙調査(本管+排水設備送煙)があり、漏煙箇所から誤接続を特定する。

② 漏煙箇所からは、地上施設の水密性不良個所の特定や、地中施設の雨天時浸入ルートを推定することができる

③ 地下水位以下にある施設の水密性不良個所からは漏煙しないので、調査は渇水期に行う必要がある



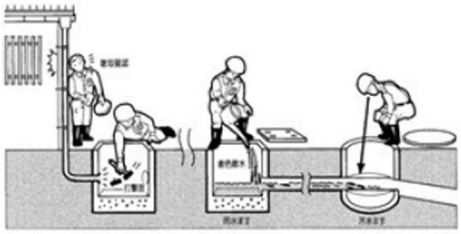
本管送煙



排水設備送煙調査

(2) 音響・染料調査

① 音響や着色水で、誤接続や蓋穴流入箇所を特定する



音響（撒水・目視）調査

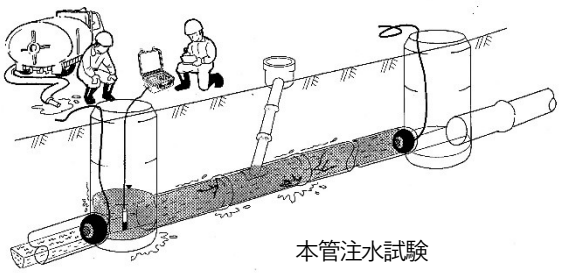
3.4.2 水密性試験

下水道管路施設の水密性判定試験参照

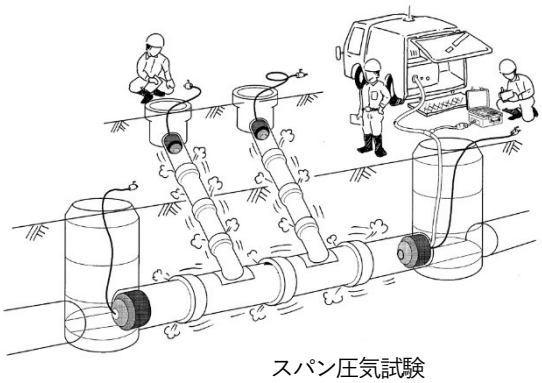
① 注水試験：既設の公共桝・取付管・本管・マンホール用の水密性試験。漏水量(速度)から水密性を判定する。施設対策のランク・順位評価に用いる

② 圧気試験：新設管や更生管用の気密検査。漏気圧の変化から、水密性を判定する。注水試験よりシビアで、既設管に用いると大半が不合格になりやすい

③ 誤接続と水密性不良を無くせば、雨天時浸入水をゼロにできる理屈だが、実際は不可能で、誤接続と浸入水発生箇所の修繕や改築で対応している現状がある



本管注水試験



スパン圧気試験

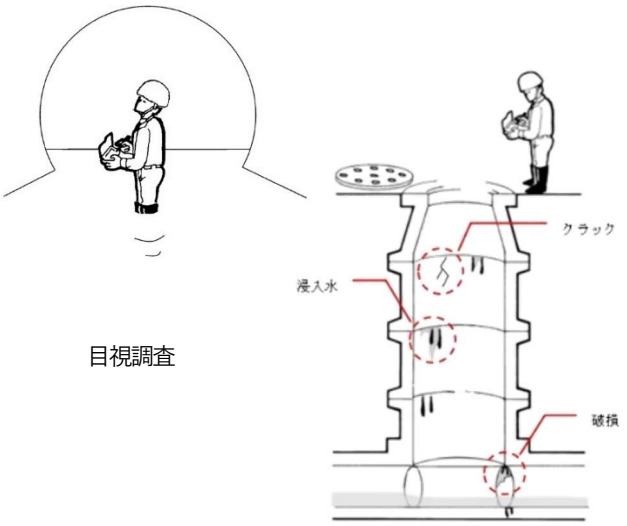
3.4.3 視覚調査(浸入水や劣化の定性調査)

(1) 目視調査(大口径本管・マンホール・街路)

① 浸入水のほかに、劣化・維持管理箇所とランクも同時に調査する

② 雨天時浸入水調査としては、雨天時の蓋穴流入調査(公共桝やマンホール)や、公共桝踏査(桝内や排水設備からの浸入水確認)、街路や庭地の滞水調査がある

③ 雨天時調査では、マンホール内に立ち入らないことが原則で、地上からの確認調査になるが、雨天時調査自体、空振りが多く簡単なものではないので、浸入水発生箇所以外の調査はしない



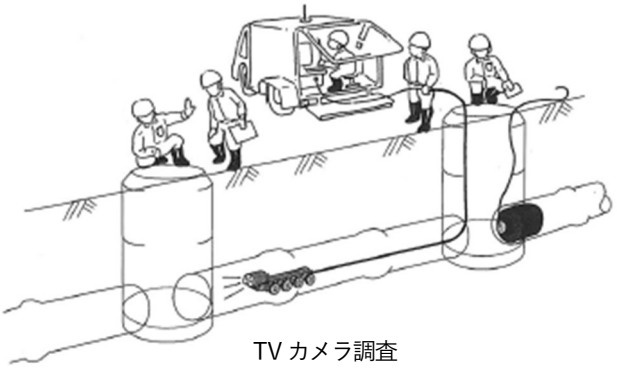
目視調査

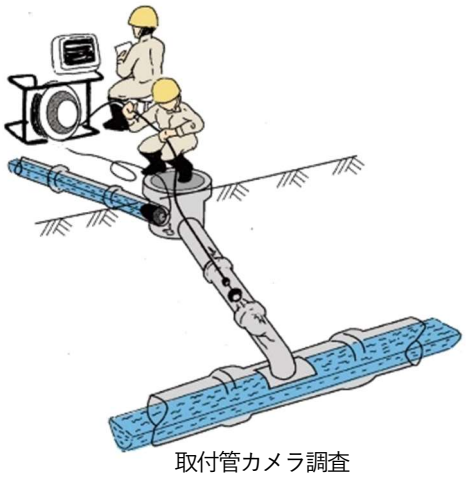
(2) TV カメラ調査(中小口径本管・取付管・管口・マンホール)

① 晴天日の TV カメラ調査では、常時浸入地下水の発生箇所しか特定できないので、できるだけ地下水位の高い豊水期に行うのが原則だが、雨天時浸入水発生源調査としては不十分

② このため、雨天時踏査や雨天時 TV カメラ調査を希望される自治体が増えてきたが、空振りや中断が多いため、実用化には実証試験を重ねて、浸入箇所特定以外の作業を削ぎ落とす方向で、標準化する必要がある

③ このような経緯から、弊社では実証試験を重ね、実効性の高い雨天時浸入水追跡調査を提案している(次ページ)


TV カメラ調査


取付管カメラ調査

【雨天時浸入水追跡調査】

(1) 雨天時浸入水追跡調査とは、細ブロックを対象とし、ポータブル遠隔監視装置で雨量や地下水位、水位(流量)をモニタリングしながら、雨天時浸入水発生箇所を追跡するもの

(2) 雨量計モニタリングにより、設定条件下における調査開始、中断、再開等の情報を関係者間で即時に共有できる

(3) 事前の水位（流量）モニタリングにより、データ回収（現場巡回）することなく、雨天時浸入水追跡調査の開始基準を決めることができる

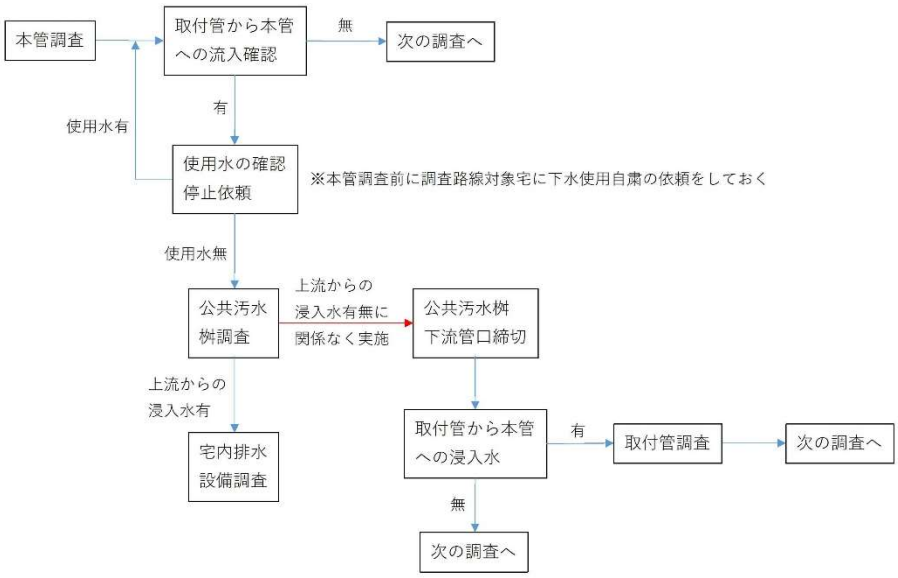
(4) 水位（流量）モニタリングにより、調査対象路線における雨天時浸入水の影響を確認しながら雨天時浸入水追跡調査が実施できることから、従来的な調査手法に比べ、発生源を特定できる確率が飛躍的に上がることが期待できる

(5) 事業形態が、雨天時緊急出動型であるため、事業主体は、地元維持管理会社である

(6) 弊社は、使用機材やモニタリングシステム、報告書作成支援を併せたパックレンタルやデータサービスにより、地元維持管理会社を支援している

(7) 調査に必要な降雨強度の、通常作業時間帯(9～17 時)に 2mm/h 以上の降雨が 3 時間以上発生する頻度は、1 ヶ月に 1 回程度(下表）。このため、過去データによる調査時期の検討と、ラインスクリーニングや卵形フリュームによる細ブロックの更なる絞り込みが重要になってくる

(8) 弊社では、下水道革新的技術実証事業（B-DASH プロジェクト）を含む、5 例の実証試験をもとに、実用化（地元維持管理会社支援形態の標準化など）に努めている

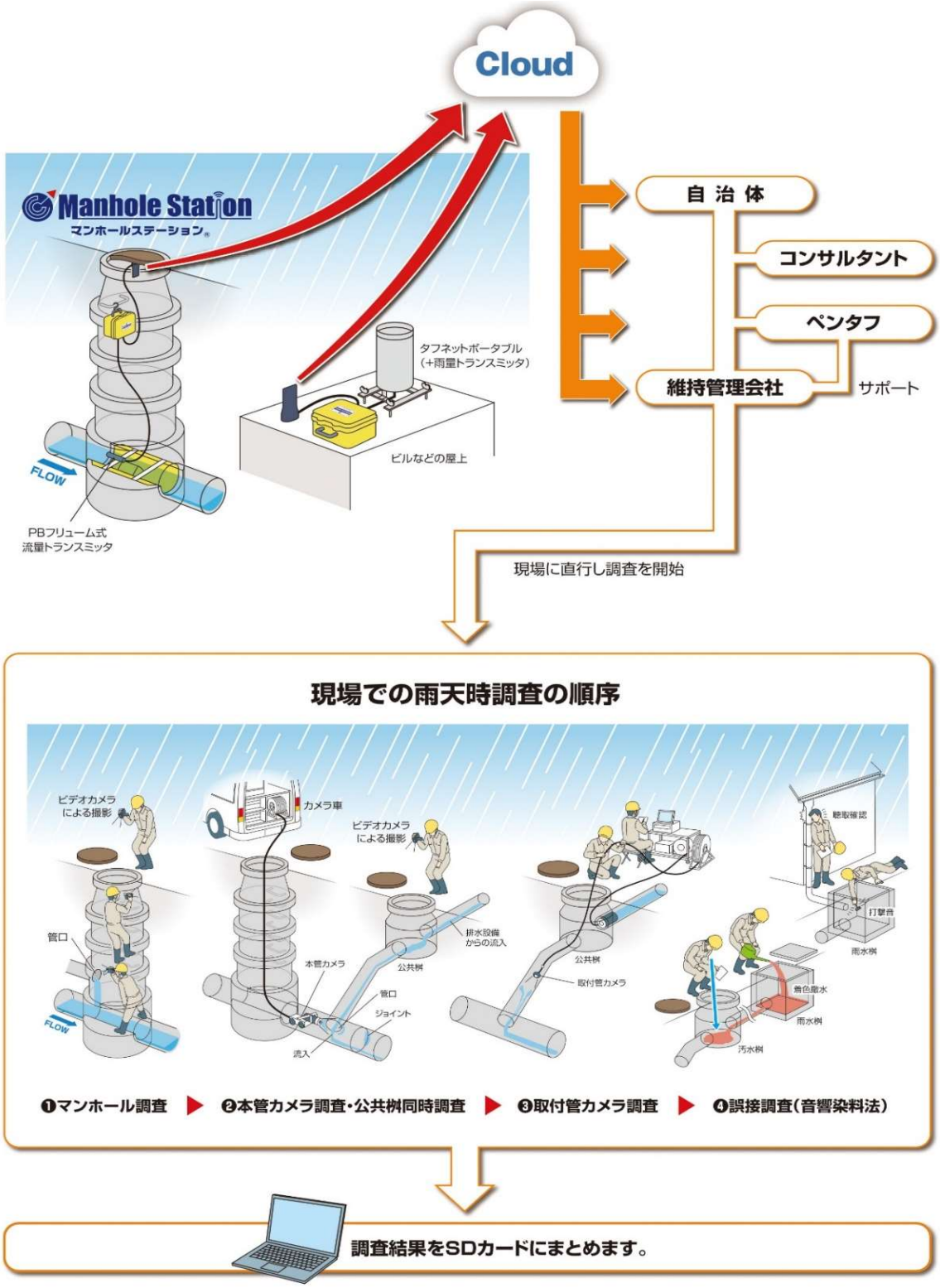


雨天時浸入水追跡調査フロー（大津市における実施例）

作業時間帯(9～17 時)に一定強度降雨を 3 時間以上記録した日数

降雨強度	2017	2018	2019	2020	2021	平均
1mm/h以上	16	11	14	18	16	15
1.5mm/h以上	12	9	9	12	12	10.8
2mm/h以上	**8**	**6**	**8**	**8**	**9**	**7.8**
2.5mm/h以上	5	6	7	4	9	6.2
3mm/h以上	4	6	5	4	6	5
4mm/h以上	2	3	1	3	2	2.2
5mm/h以上	2	3	1	0	1	1.4

大津市における 6～12 月の集計値



雨天時浸入水追跡調査図

3.5 発生源特定後の対策

(1) 直接浸入水対策：誤接続と蓋孔流入の解消
(排水設備・公共桝・マンホール・側溝と本管)

(2) 雨天時浸入地下水対策：施設の改築・修繕
(本管・マンホール・公共桝・取付管・排水設備)
対策後、新たに発生する雨天時浸入地下水には、面整備や追加調査+追加対策が有効である

(3) 雨水整備：水はけ対策による道路冠水防止と雨天時地下水水位上昇抑止のほか、浸水対策(遊水地、貯留管等、堤防整備)が有効である

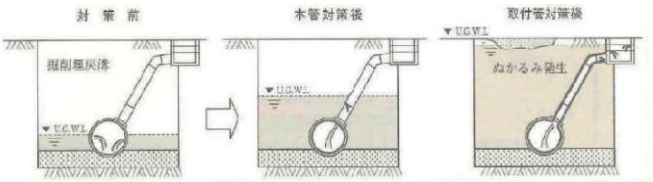
(4) 排水設備対策：下水道法に則った誤接続の解消、雨水配管の整備による庭地滞水箇所の解消が有効である
送煙調査で公共桝や宅桝付近から多量の漏煙が確認される場合は、公共桝や宅桝の水密性改善が有効である

3.6 事業効果の定量

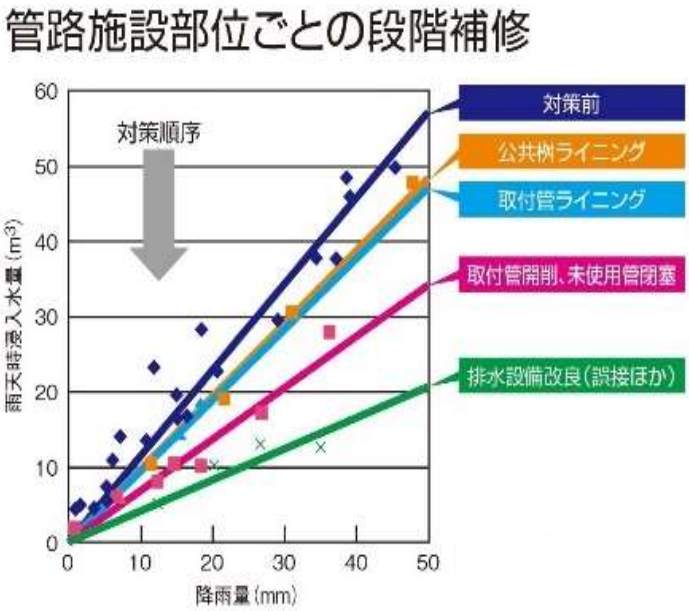
(1) 事業効果は、対策前後の雨量・流量調査やモニタリングによって定量される

(2) 定量は、対策の規模に応じて精度管理された流量計(面速式、PB フリューム式、せき式、卵形フリューム式)を使用する

(3) 対策後、地下水位が上昇し、新たに雨天時浸入水が発生するケースでは、管底地下水位の変化を計測して、事業効果に与える影響を評価する



止水すると地下水位が上がって、浸入水が他へ廻る現象



改善効果の定量

(対象規模:2.5ha、798.59m、99戸)

#			①	②	③	④	⑤	⑥
補修段階			接続桝ライニング	取付管ライニング	開削取替え	未使用管閉塞	誤接改善	水密性不良箇所改良
部位			接続桝	取付管			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%		67.7	43.2	26.3	11.9	10.1	25.3
	単価￥		42,000	99,000	250,000	130,000	105,550	16,000
	合計		2,730,000	5,049,000	7,750,000	1,820,000	1,055,500	400,000
	費用A		2,730,000	14,619,000			1,455,500	
検査	検査項目		接続桝注水試験	取付管圧気試験		本管TV	排水設備調査	
	数量		68	58		798.59	99	
	単価		4,648	9,406		1,110		8,730
	合計		316,064	550,188		892,824		864,270
	費用B		316,064			1,443,012		864,270
改善+検査	費用A+B		3,046,064			16,062,012		2,319,770
削減水量C		m3/mm	0.174	0.284			0.272	
単位雨水浸入水量比単価(￥/m3/mm)	改善1箇所あたり	A/C	15,689,655			51,475,352		5,351,103
		A/C/N	163,434			436,232		54,052
	改善+検査1箇所あたり	(A+B)/C	17,506,115			56,556,379		8,520,566
		(A+B)/C/N	182,355			479,291		86,147
排水設備を1としたときの費用比			2.1	5.6			1.0	
削減率D		比率	15.2	24.8			23.8	
削減比単価(￥/%)	改善1箇所あたり	A/D	179,605			589,476		61,155
		A/D/N	1,871			4,996		618
	改善+検査1箇所あたり	(A+B)/D	200,399			647,682		97,469
		(A+B)/D/N	2,087			5,489		985

対策部位別削減率＋事業効果計算書

【公共桝流量調査】

雨天時浸入水の追跡と公私比率調査事例参照

(1) 排水設備からの雨天時浸入水量定量を目的とした、桝用卵形フリューム式流量計を使った調査

(2) 卵形フリュームの形状や計測性能はマンホール用とほぼ同様

(3) 排水設備の汚水量は、急激に増減するため、1 分単位の計測では定量は困難だが、雨天時浸入水は降雨強度と相関して変化するため、流量パターンから雨天時浸入水部分だけを抜き出して、概ね定量することができる

(4) φ150 取付管に流出する公共桝内の流量を計測し、雨天時浸入水の公私比率調査や事業排水量調査に用いる

(5) 雨天時浸入水の公私比率調査とは、細ブロックの雨天時浸入水量 Qt と、その中にある排水設備群の雨天時浸入水量合計 ΣQd から公私比率(Qt－ΣQd：ΣQd)を調査するもの

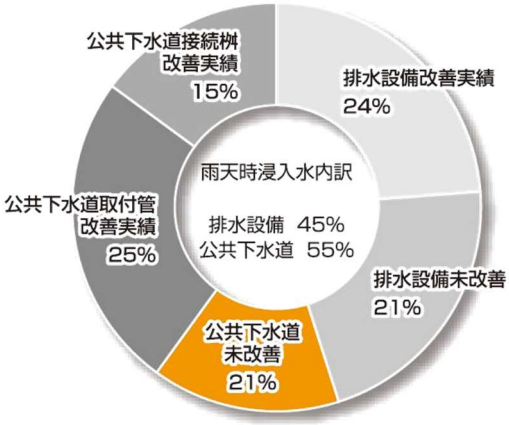
(6) 弊社実績では、公私比率は 6：4 から 5：5 で、排水設備対策の事業効果(削減雨天時浸入水量／コストは公共下水道対策に比べて数段高いことが判っている

(7) しかし私有施設が大半のため、下水道法に則った誤接続の解消でさえ困難な状況がある

(8) 公私比率調査から、排水設備対策の圧倒的な事業効果を示すことができれば、事業効果に依拠した公的な排水設備対策の経済合理性が認識されると思う

(9) このような理由から、用途地域の異なる数ブロック×30 戸程度の標本調査による、排水設備発生源対策の標準化を提案している

卵形フリューム（桝用）



補修による雨天時浸入水の削減効果（A市実績）

【備考】排水設備改善内容‥‥誤接箇所･有効蓋など
公共下水道未改善‥‥人孔･本管

卵形フリュームの桝内設置