

包括的民間委託に資する不明水対策 — 浸入水削減を担保する対策の実務 —

ペンタフ(株) 後藤 清

平成24年11月

もくじ

はじめに - 浸入水削減を担保するために -

I. 包括的民間委託における不明水対策

II. 不明水対策の目的と方法

III. 対策の手順

IV. 不明水の見える化にかかわる実務

V. モデル地区対策に関わる実務

VI. 全体計画と本対策にかかわる実務

VII. 不明水対策の展望

1. 担保できない理由

(Pentough's Proporsal 「不明水問題解決のために」参照)

- 浸入箇所だけを対策しても、その分の浸入水量は削減できない
浸入箇所<原因事象の変化を含んだ浸入箇所<水密性不良箇所
- 本管、取付管の水密性を向上させると、付近の地下水位が上昇することが多い
- 補助事業の制約から、本管だけしか改善しないケース
- 雨天時浸入水の原因は、必ずしも誤接合ではない
調査経験の範囲では、雨天時浸入水の約半分が排水設備から入っている
1万件の社内統計では、誤接合の宅地比率約6%、雨水浸入率15%前後(幅が大きい)
- 私有である排水設備の改善は困難

2. どうすれば担保できるか

(Pentough's Proporsal 「不明水問題解決のために」参照)

- 水密性試験と視覚調査を合理的に組合わせて、改善対象を特定する
- 本管改善後に、浸入水が減らなかったり、すぐに増加した場合は、追加的に取付管を改善する
- 改善工事前後に、必ず浸入水を定量して、事業効果を確かめながら、対策を進める
- 排水設備でも可能な改善を、自治会と協議しできる範囲で行い、歩留まりを考える

1.国策としての包括民間委託

- 「循環のみち下水道」(ビジョン2100)
廃棄処理から循環使用へ
- 下水道界をとりまく社会情勢の変化
- 下水道インフラの成熟マネジメントの必要性
- 持続可能性の確保に向けた課題
下水道資産の更新時期が急激に増加する現状の、
財政が抱える制約
地方公共団体組織体制の脆弱化
- 結果としての、包括的民間委託推進の必要性

1. 国策としての包括民間委託

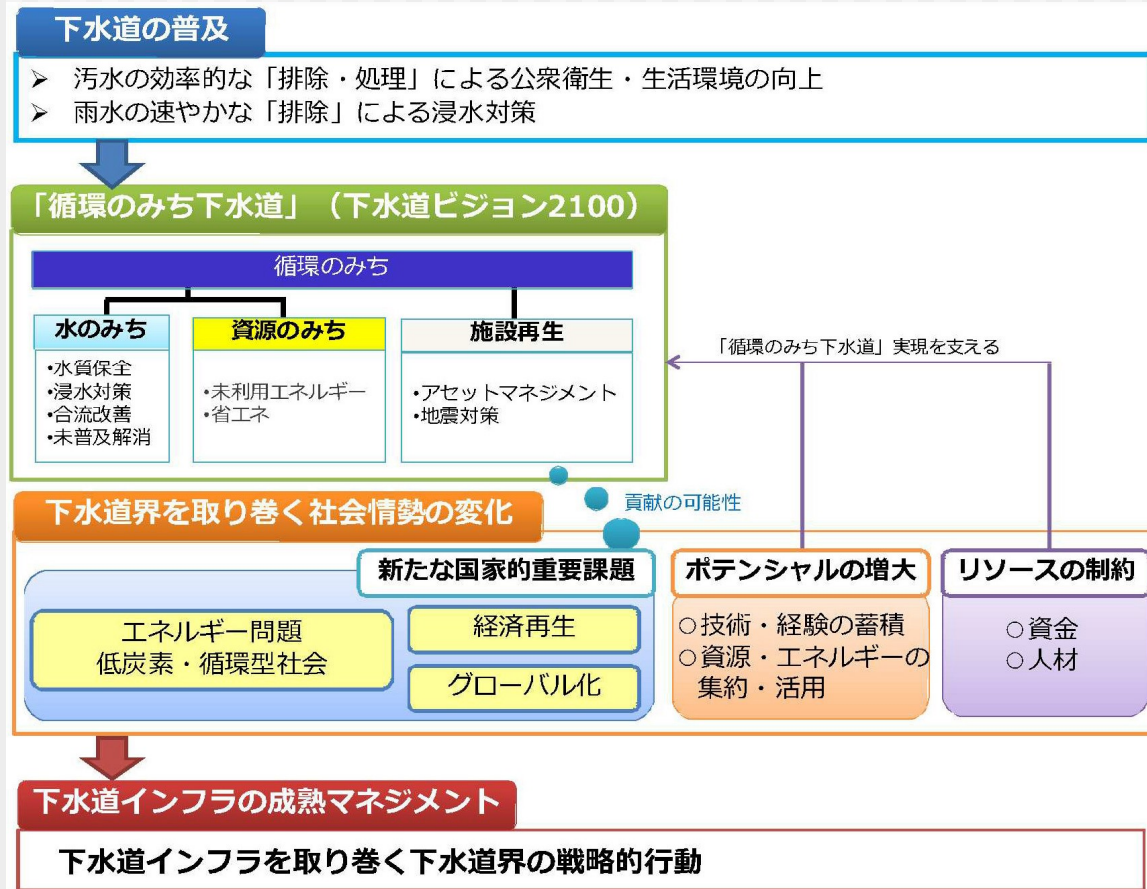


図1. 国策としての包括民間委託「循環のみち下水道」成熟化に向けた戦略と行動【2012春】国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 より抜粋

2.包括的民間委託における不明水対策の位置づけ

- 管理保全業務を構成する管理保全業務の②問題解決業務に分類される
- 主な問題解決業務
 - 不明水対策
 - 有収外污水対策:事業収益向上
 - 雨天時浸入水対策:溢水・浸水対策、処理場・ポンプ場過負荷
 - 常時・浸透浸入水対策:処理コスト削減対策、管きよの延命化対策
 - 雨天時増水対策:施設増強を優先する対策
 - 土壌汚染対策:廃水の管外漏水による2次災害の予防
 - 悪水対策:水質・負荷量規制外の廃水対策

2. 包括的民間委託における不明水対策の位置づけ

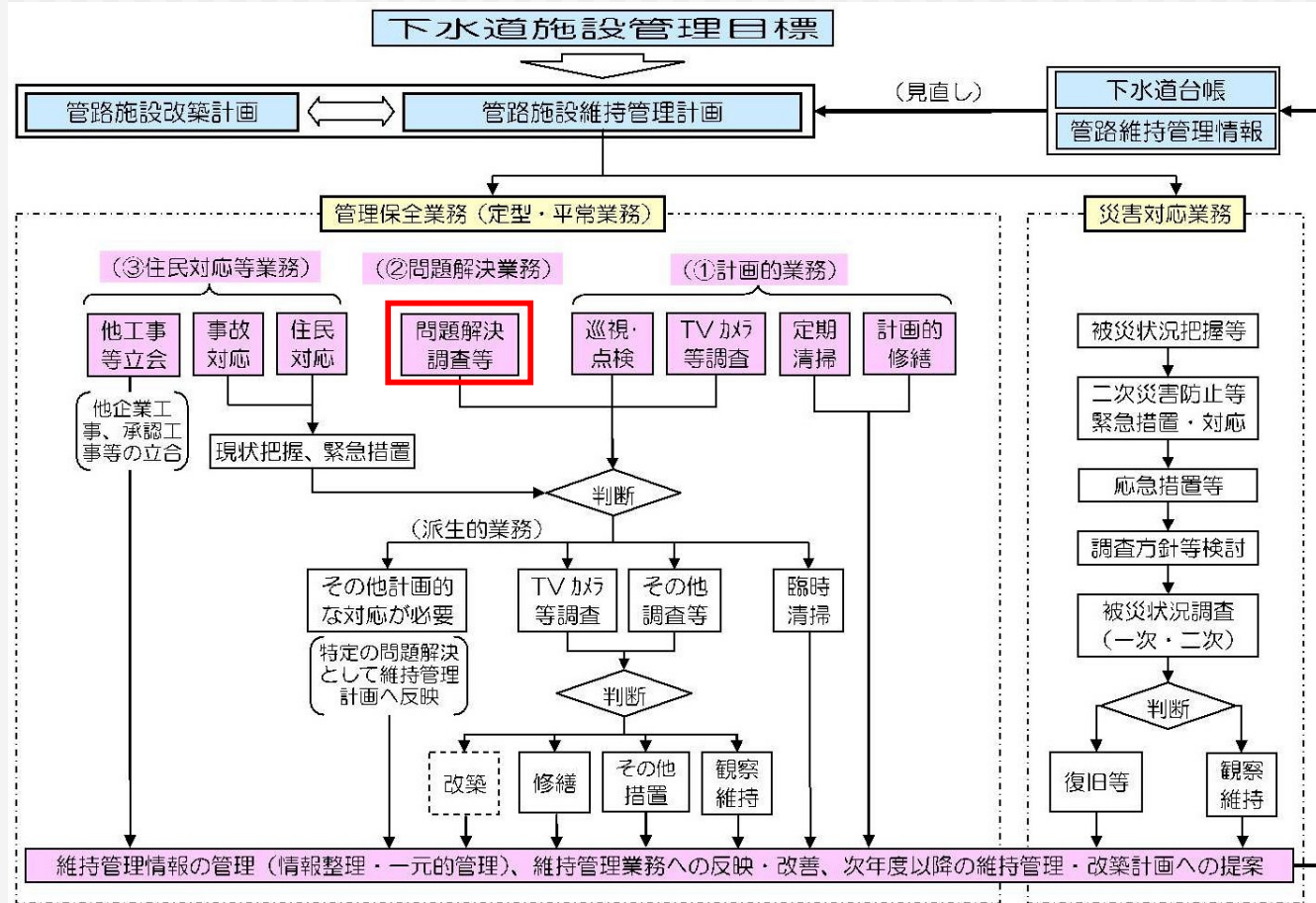


図2. 包括的民間委託における不明水対策の位置づけ 「下水道管路施設の維持管理における包括的民間委託の導入に関する報告書」平成24年4月 管路施設維持管理業務委託等調査検討会 より抜粋

3.仕様発注から性能発注へ

- 問題を解決することからの発想
- 浸入水削減を担保できる対策の実施
- 費用便益計算に基づく、事業効果が認められる範囲の対策
- 民間経営の視点に立った経済性と公共性の両立
 - 有収外汚水の解消という社会的公正の確保
 - 調査のための調査をしない
- 予防保全による、膨大なリスクコストの発生回避
 - 溢水・浸水と2次災害(人身・交通事故、施設汚損破壊、環境汚染など)
 - 道路陥没と2次災害(道路・交通障害、他のインフラへの悪影響など)
 - 管外漏水による土壌汚染と2次災害(深刻な環境汚染、地価下落など)
- リスク対策がすべてに優先する(施設増強>浸入水削減)
- 不明水の定量による、絞込みと事業効果判定が不可欠

4. 包括民間委託の形態とマネジメント(参考)

- 委託形態としてのPPP (Public Private Partnership)
民間委託、PFI、独立行政法人化、民営化等、
公共サービスに市場メカニズムを導入するもの
- PFI (Private Finance Initiative) から始まる民間委託
民間資金・経営・技術導入による、公共施設の建設、維持管理、運営
- アセットマネジメント
特定のインフラを投資資産として考え、経営管理すること
ストックマネジメントのほか、他用途利用などで資産価値を高めることも含まれる
- スtockマネジメント
既存施設(ストック)の有効活用と長寿命化を図る、体系的な管理手法
寿命管理による、ライフサイクルコストの低減と平準化
予防保全により、リスク回避とコストダウンを促進する

1. 有収率の向上(収益管理)

- 有収外汚水の削減または有収化
 - 海水を使った冷凍海産物の解凍排水の有収化
 - 露天作業場の汚水扱いの雨水流入の分離
 - 申請以外の無届事業排水の有収化
 - 冷却排水や工事排水で発生する、地下水の汚水系排出の分離
 - 末端水道常時開栓分の有収化
 - 有収外汚水の削減は、相手負担の改善なのでもっとも効率が良い
- 常時・浸透浸入水の削減
 - 計画段階の想定地下水量を大幅に上回るケースの改善
 - 量的にはもっとも多いため、主たる削減対象になる
- 雨天時浸入水の削減
 - 溢水・冠水レベルの雨天時浸入水は収益向上よりリスク管理から対応が必要
 - 通年量としては常時浸入水よりも少ない

流入下水	汚水	有収水 -(製品転化分)	
	不明水	雨天時浸入水	直接浸入水+浸透浸入水
		地下水浸入水等 (常時浸入水)	地下水浸入水
			海水浸入水
			用水浸入数値
			融雪浸入水
	有収外汚水	人為放流 (放雪、庭浸水排除他)	
バイパス放流 (誤接合ではない)			
無断接続 (無届けの事業排水や工場排水)			
漏水	マイナス値の不明水 (土壌汚染・悪臭の原因)		

図3. 不明水の構成

2. 人孔溢水・施設冠水の解消(リスク管理)

- 施設増強
拡径、バイパス、貯留施設、ポンプ増強による、通水能力向上
- 雨天時浸入水の削減
浸入水の削減だけでは問題を解消できないことが多い

3. 道路陥没の解消と予防保全(リスク管理)

- 土砂を伴う多量浸入箇所全般の水密性確保



道路陥没写真

国土交通省HPより

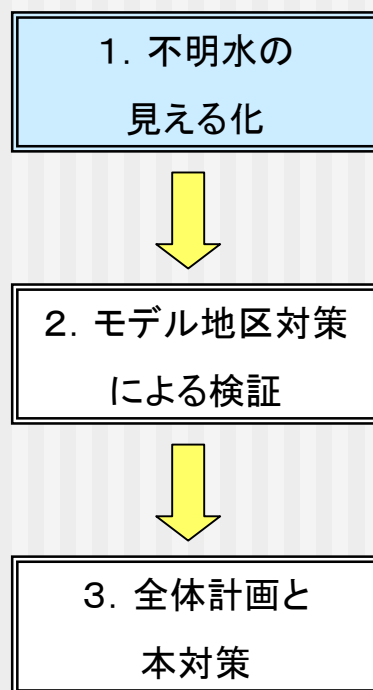
4. 不陸蛇行・管路周囲空洞化の解消(寿命管理)

- 土砂を伴う浸入箇所全般の水密性確保

5. 管外漏水、深刻な土壌汚染の解消・予防(リスク管理)

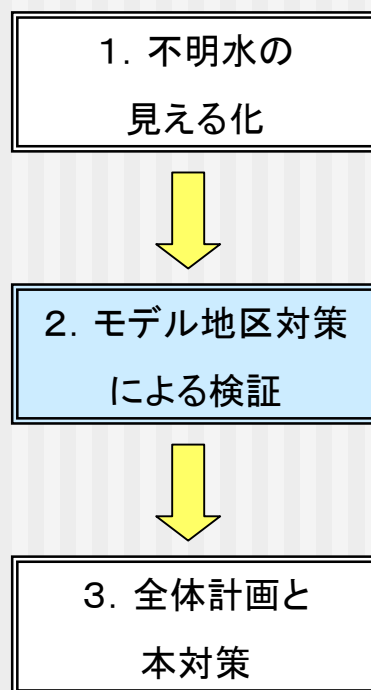
- 特定事業廃水ルートの水密性確保

1.不明水の見える化



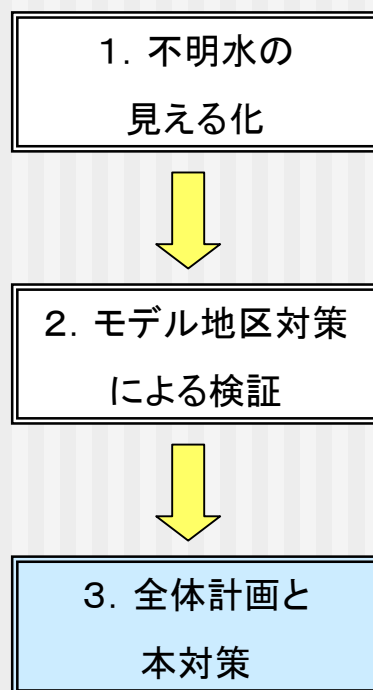
- 既存資料による、不明水全体の見える化
維持管理履歴、処理場流入および流域接続点流量
不明水起因と推定される、溢水・浸水、閉塞、悪臭、
過負荷、環境汚染等
不明水量・比率の時系列変化の定量
不明水の種類や地域性（住宅団地や旧市街地等）の推定
- 雨天時浸入水の見える化
処理区から排水区、単年度改善規模への段階的絞込み
排水区単位や2.5ha規模への絞込みは、流量調査や
Dr.TCBMによる
単年度改善規模へは、同時多測点流量調査による
- 常時浸入水の見える化
単年度改善規模までは、雨天時浸入水と同様
更に下流会所人孔から遡り、瞬時流量調査でルート・スパン
単位に絞り込む

2.モデル地区対策による検証



- モデル地区の選定
不明水強度の高いブロックを選定。不明水種別、住居区分、建設年度 等を加味
- 集約詳細調査による、改善箇所とランクの特定
- 部位別段階補修と削減浸入水量の定量
部位別事業効果の定量比較
有効な調査と改善方法の検討
- 浸入水の公私比率調査による、対策の歩留まり推定
- 可能な排水設備対策に関する検討

3.全体計画と本対策



- 対策範囲特定と順位評価
- 本調査と改善工事の基本仕様の決定
標本調査活用による調査費の合理化
改善工事と削減浸入水量の定量を組み合わせ
現地適合を考えた必要最小限度の対策
調査-対策-事業効果定量を一体的に計画
(不明水対策事業の見える化)
- 事故履歴や事故懸念に基づく別途対策
溢水、浸水対策としての施設増強
土壌汚染対策としての管路施設の水密性確保対応

1.既存資料による、不明水全体の見える化

- 維持管理履歴
 - 人孔溢水、施設浸水履歴
 - 溢水・浸水が多いルートは、施設増強による増水対策が必要で、雨天時浸入水削減対策に優先する
 - 施設増強は、拡径、バイパス、貯留施設、ポンプ増設等で、浸入水を含む流出解析に基づいて行う
 - 土砂堆積が顕著なルートは、浸入水と引き込み土砂による、空洞化や道路陥没誘発の恐れあり
 - 浸入水の多寡に関わらず、予防保全的な対策が必要。
- 処理場流入流量
 - 全体の不明水量・比率の定量と年次変化の確認
 - 年間雨天時浸入水量・比率の概算、改善レベルの認識
 - 年間常時浸入水量・比率の概算と、季節変化の確認
 - 不明水の処理コスト増大に及ぼす影響を評価
- 流域接続点流量
 - 調定水量・不明水分増額負担金からみた、改善レベルの認識
 - 終末処理場受け入れ能力からみた、改善レベルの認識

2. 浸入水の見える化

- 広域同時多測点流量調査による、処理区から排水区規模への絞込み
有効1降雨以上の短期間、地下水位の高い豊水期に実施
同時に排水区規模に合わせて降雨量調査又はアメダスデータが必要
大都市周辺では、開発団地単位で調査することも有効

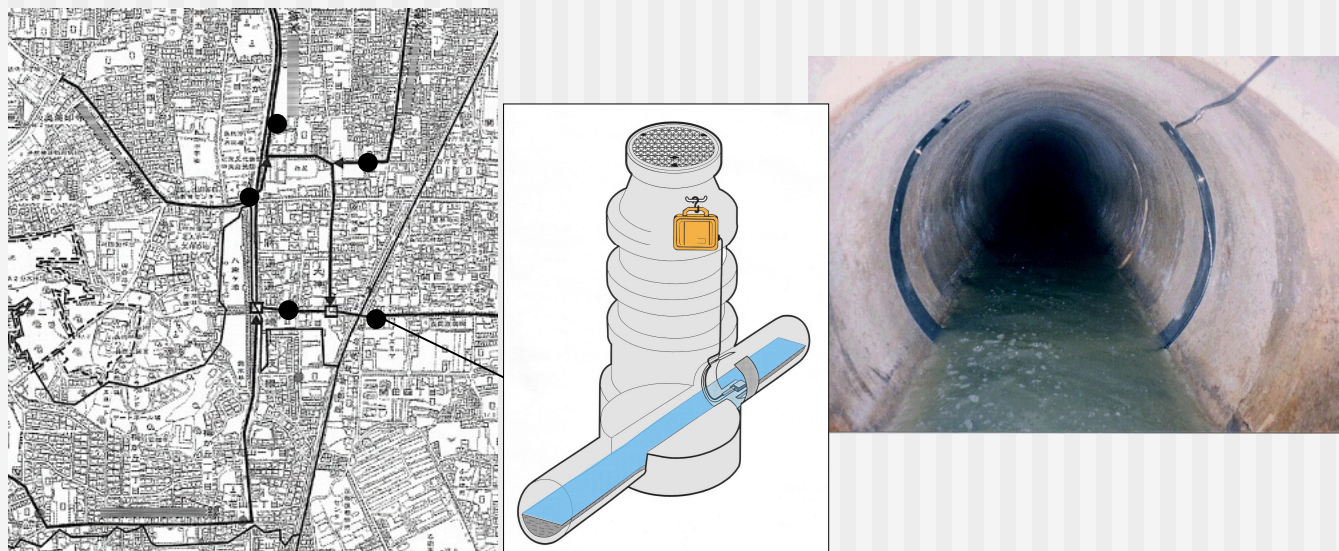


図4. 面速式流量計による幹線管渠の流量調査

2. 浸入水の見える化

- Dr.TCBM解析による、雨天時浸入水の25haメッシュへの絞込み
既存流量データを活用した絞込み
根拠流量データの精度確認が必要
場合によって補足の流量調査を必要とすることがある

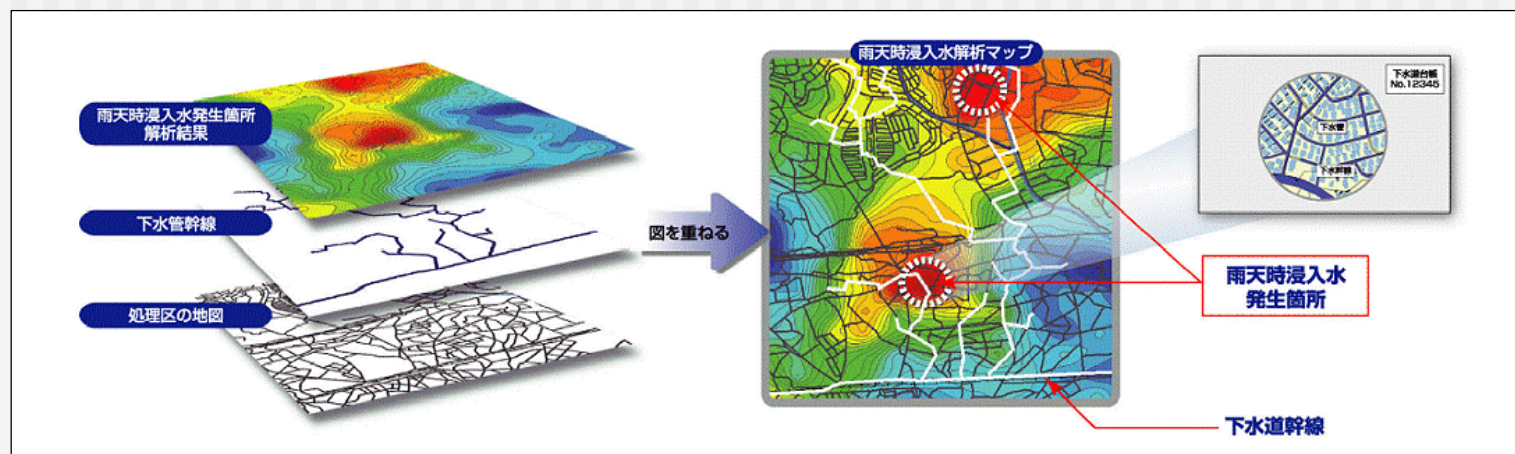


図5. 事例ベースモニタリング手法 資料提供 (株) アズビル

3. 単年度改善規模の浸入水の見える化

■ 同時多測点流量調査による単年度改善規模への絞込み

単年度改善規模
 (概ね、3ha、100戸、1km基準)
 有効1降雨以上の短期間、
 地下水位の高い豊水期に実施

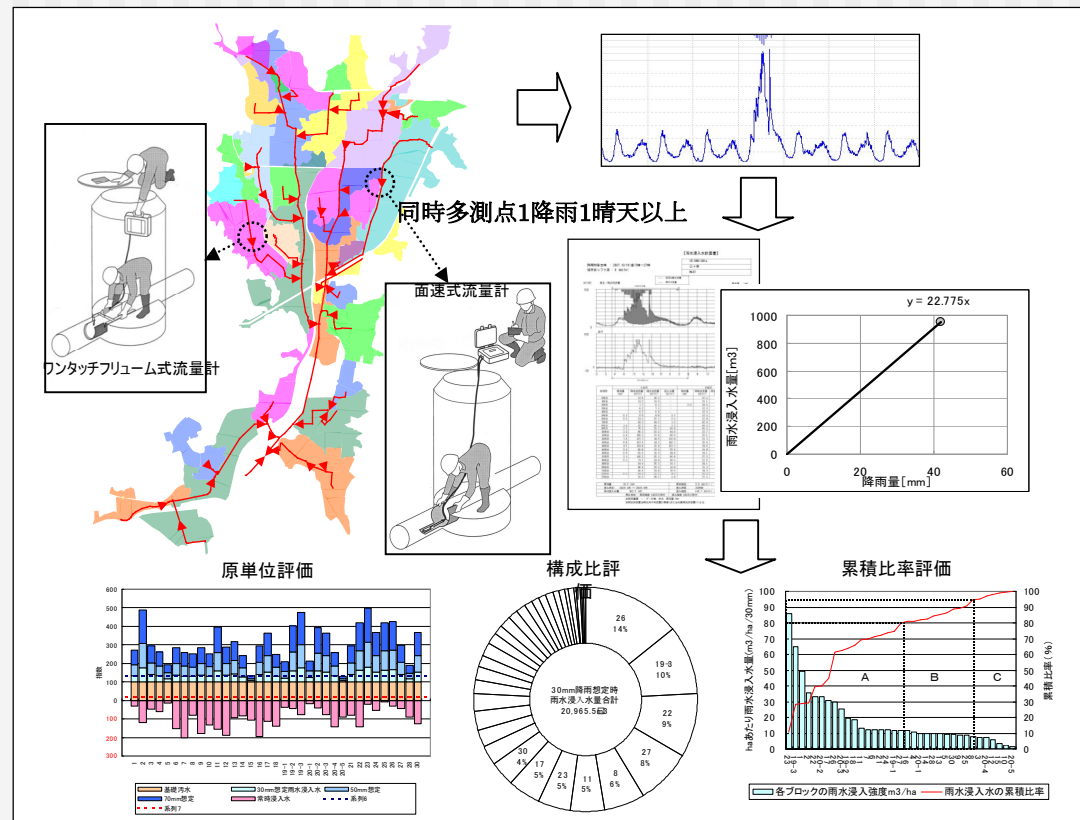


図6. 同時多測点流量調査事例

3.単年度改善規模の浸入水の見える化

晴雨天時の差分流量から雨天時浸入水と浸透浸入水を定量
 晴天の深夜量からみなし常時浸入水量を定量
 流量のほか、降雨量、代表人孔付近の地下水水位を計測する

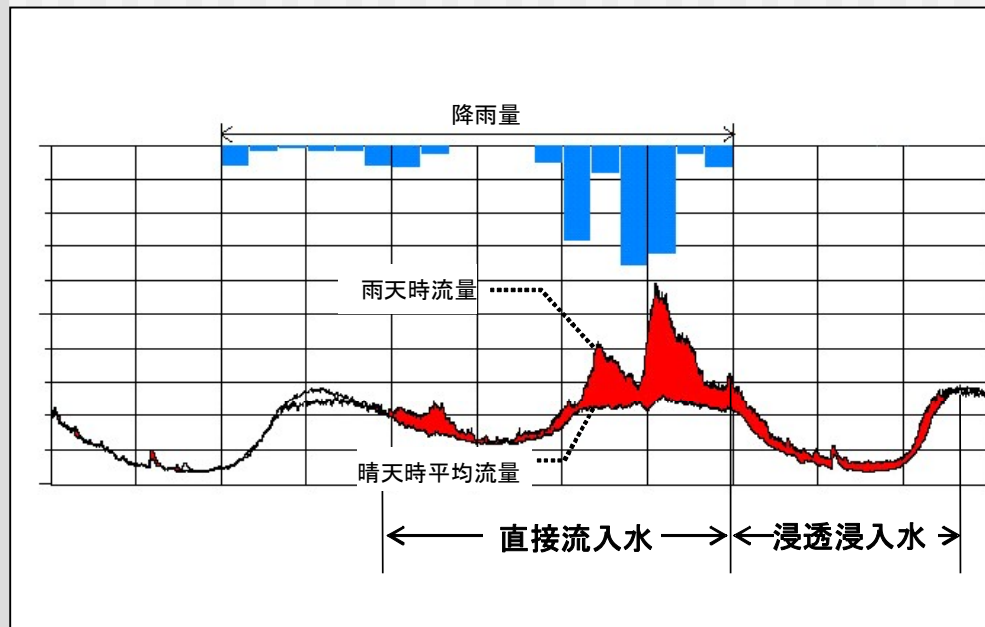


図7. 雨天時浸入水の定量

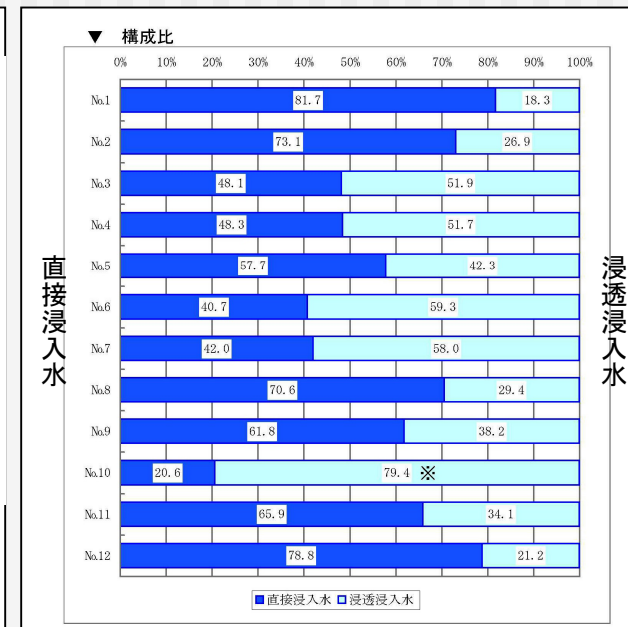


図8. 浸透浸入水の構成比

3. 単年度改善規模の浸入水の見える化

- 同時多測点流量調査の方法

現場の水理条件や流下量に合わせて、3方式から最適なものを選択

調査の経済性と迅速性を高めるため、ワンタッチ流量計が開発されている

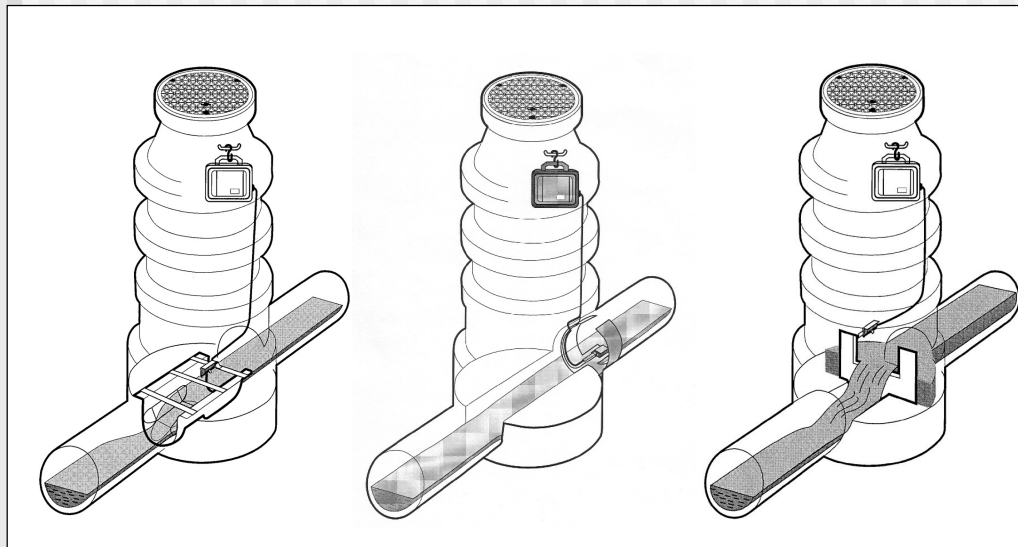


図9. 流量調査の方法（左からフルム式/面速式/せき式）



図10. ワンタッチ流量計

3.単年度改善規模の浸入水の見える化

- 同時多測点流量調査による浸入水の評価

不明水の種別定量

有収外汚水(未定量事業排水、工事排水、緊急避難用バイパス管)

常時浸入水(地下水・海水・用水・融雪水の相関する流量増加)

浸透浸入水(降雨後の晴天比流量増加分)

雨天時浸入水(降雨時の晴天比流量増加分)

3. 単年度改善規模の浸入水の見える化

構成比(絶対量)、強度(単位量)、晴天污水比、累積比率による評価

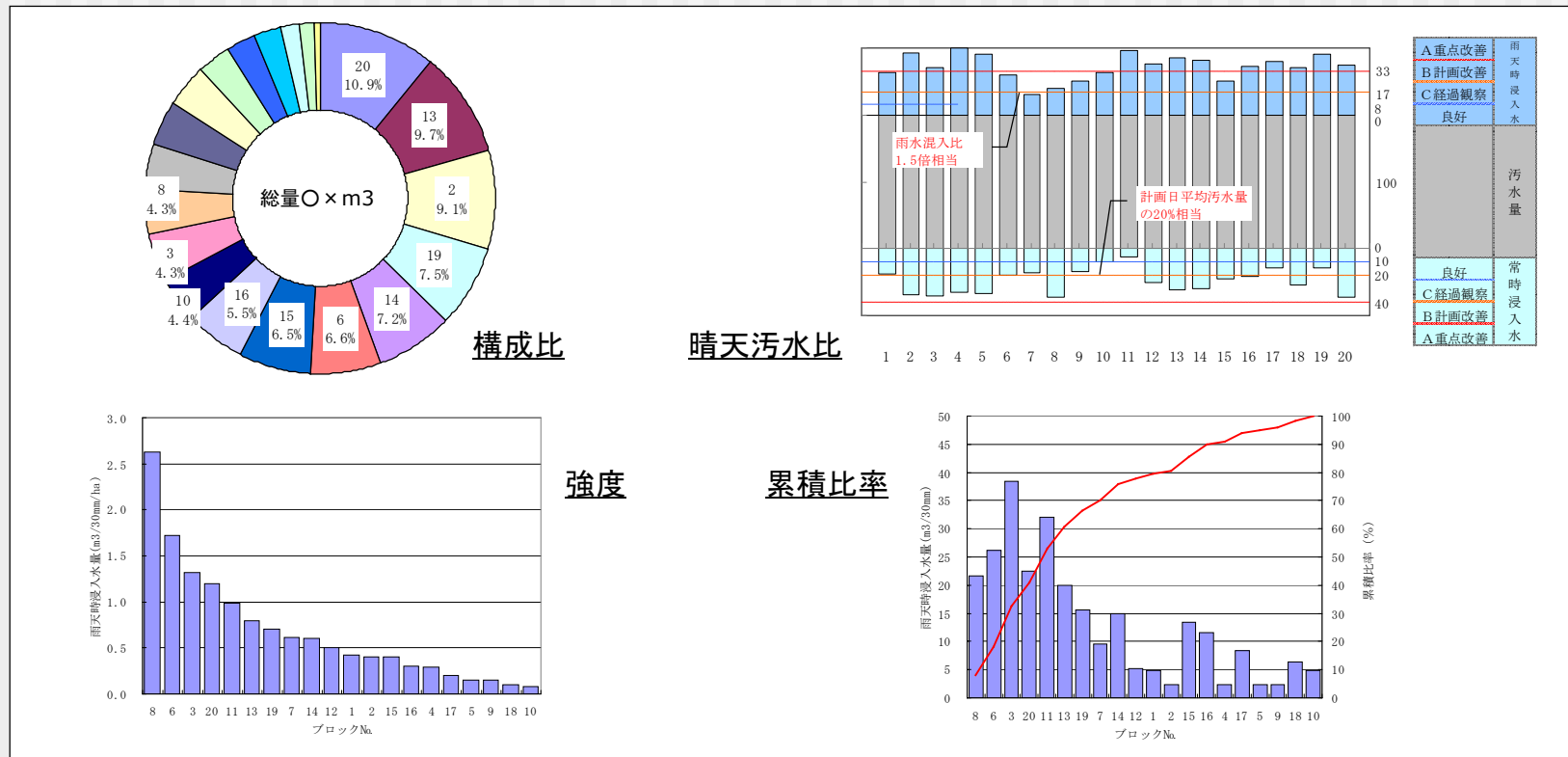


図 1 1. 浸入水の評価方法

3.単年度改善規模の浸入水の見える化

晴天汚水比で改善レベル、単体量で改善順位を評価する
 ケースによって計画値対比で評価することもある

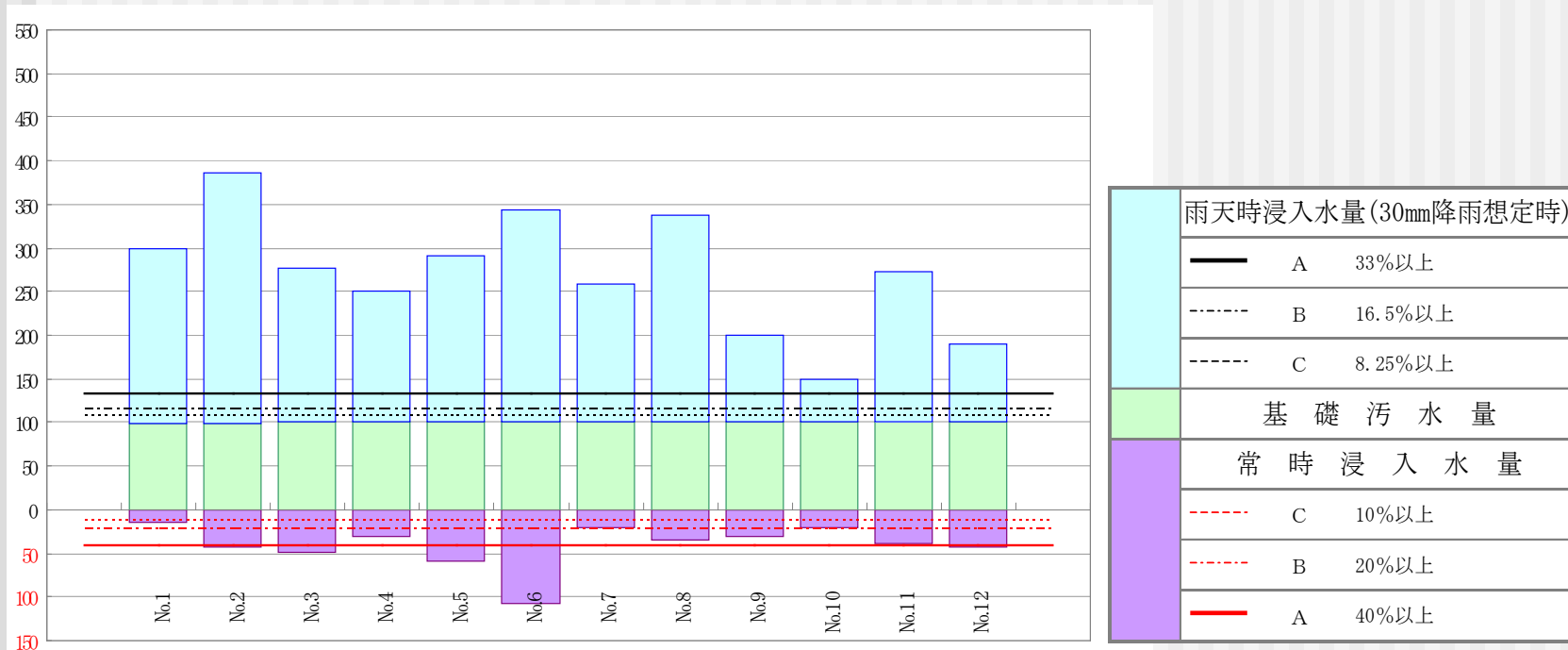


図12. 原単位方式による簡易評価事例

3.単年度改善規模の浸入水の見える化

- 遡流式瞬時流量分布調査による常時浸入水ルートの特徴
 - 同時多測点流量調査で常時浸入水が多いブロックが対象
 - 会所人孔で瞬時流入流量を定量しながら、会所人孔単位で遡ってゆく
 - 浸入水がない、または微量な流入ルートは、更に上流へは遡らない
 - 汚水の少ない深夜や、海水浸入が多く見込まれる大潮満潮時に調査する
 - 有収外汚水はこの遡流過程で特定できることが多い

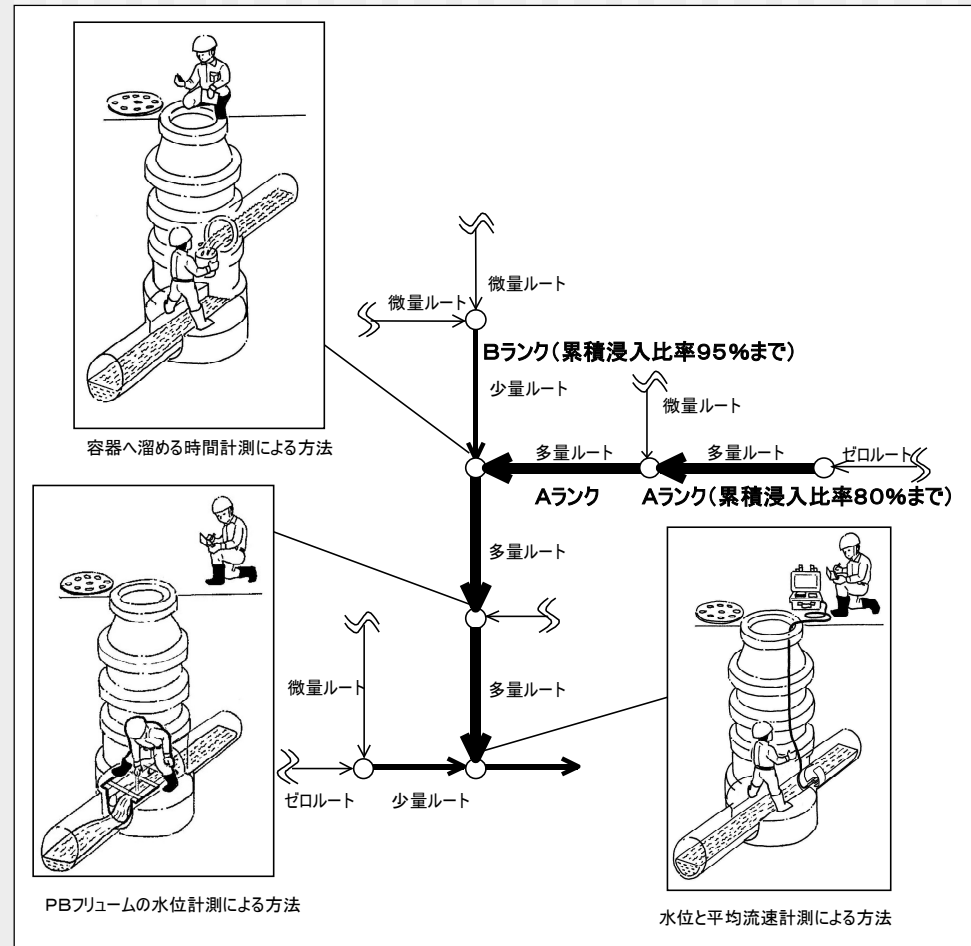


図13. 遡流式瞬時流量調査事例

3.単年度改善規模の浸入水の見える化

■ 遡流式瞬時流量分布調査の方法

現場の水理条件や流下量に合わせて、3方式から最適なものを選択

微量なものは計測対象から除外するのが合理的

事業排水が見込まれる場合、pHや温度、電気伝導度を併せて

測定する

海水浸入水が見込まれる場合、電気伝導度を併せて測定する

原因事象(地下水位、潮位、付近河川水位)を併せて調査する

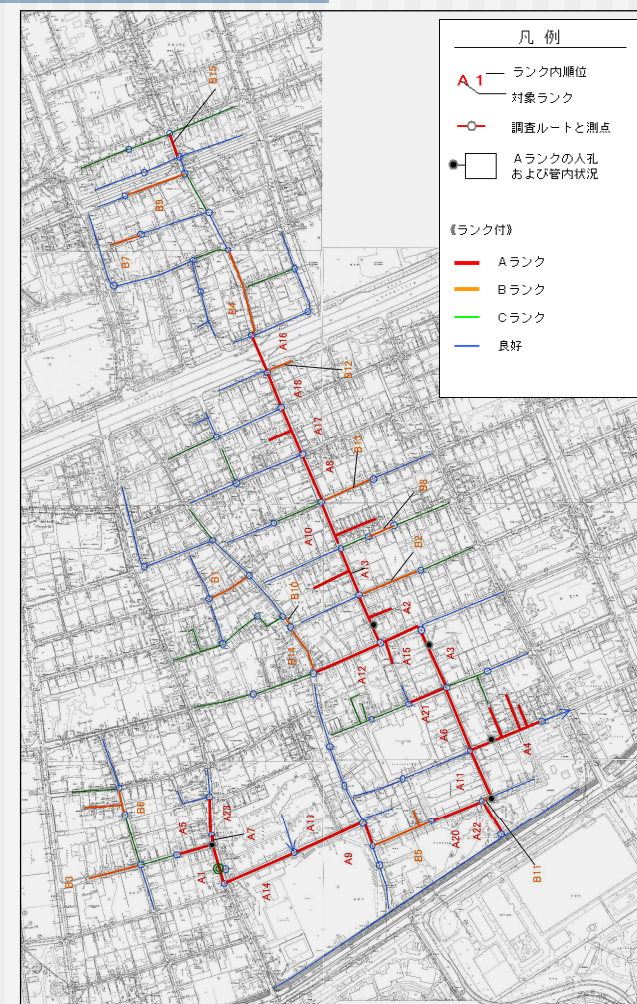


図14. 調査結果図

1.モデル地区対策の目的

- 事業効果の事前検証
集約型詳細調査＋改善施工＋削減浸入水量の逐次定量の組み合わせ
- 有効な調査や改善工事に関する有効性の比較検討
さまざまな調査法や施工法を小さいモデル地区で試す
視覚調査と水密性調査の相関性の確認
- 排水設備対策の事前検討
対策の可能性検討(誤接合、未接縦樋、有孔汚水枡蓋、雨天時放水の解消)
自治会折衝による問題解決の糸口を探る
- 全体計画へ敷衍できる情報の収集
事業効果予想、削減浸入水の歩留まり比率予測

2.集約型詳細調査

- 集約型詳細調査の目的
視覚調査・注水調査・送煙調査の重複調査により
改善可能範囲と必要十分条件から、調査方法の最適解を探す
十分条件：原因事象+水密性不良または誤接合
必要条件：浸入水箇所やクラック破損などの目視箇所
- 集約型詳細調査の経済性
改善できない、しない条件があるときは、削減浸入水の
歩留まり調査を検討
水密性が期待できる部位は、標本調査で経済性を考慮

2.集約型詳細調査

- 雨天時浸入水対策の詳細調査:地上および地上付近の施設が対象
 - 排水設備:私有施設であっても試験施工として公費全数検査を検討
 - 誤接合調査(音響・着色撒水法)
 - 雨天時公共柵内目視
(排水設備からの雨水流入)
 - 送煙調査および注水試験:
特定ケースの標本調査として考える公共柵
 - 雨天時柵内目視:雨天時の柵内浸入水の確認
 - 注水試験+晴天時柵内目視:
水密性+目視不良箇所確認
 - 送煙調査:地上漏煙箇所から公共柵付近の水密性不良箇所を推定

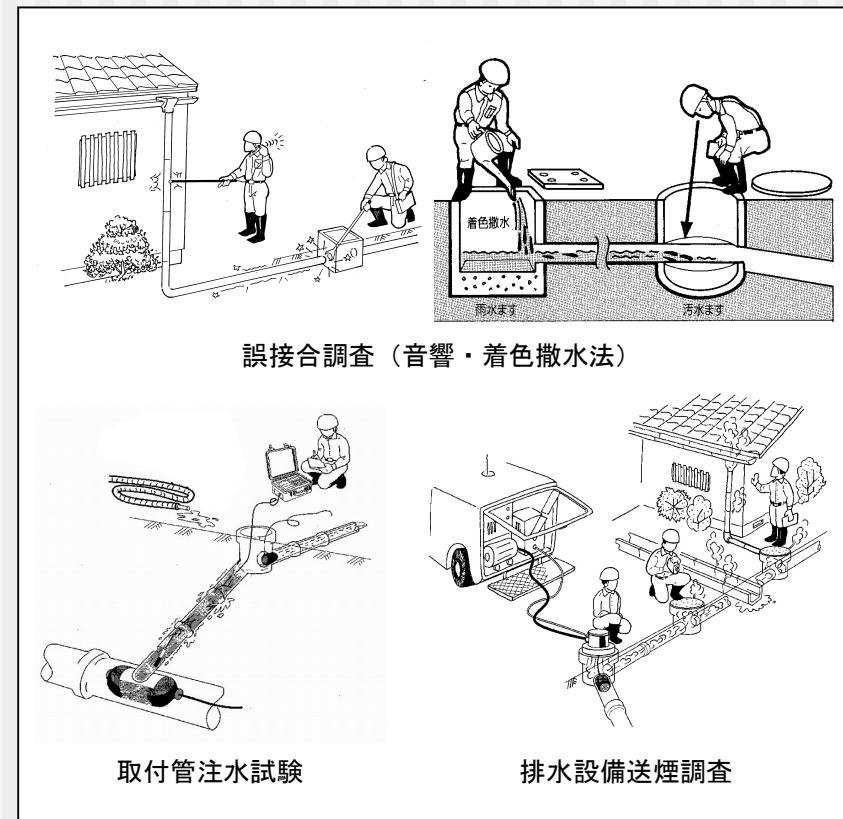


図15. 雨天時浸入水対策の詳細調査1

2.集約型詳細調査

取付管

TVカメラ調査:視覚不良箇所確認

注水試験:水密性確認

送煙調査:地上漏煙箇所から取付管付近の水密性不良箇所を推定

側溝(参考:送煙調査の結果によることが多い)

雨天時側溝目視:雨天時の側溝内浸入水および漏出水の確認

注水試験+晴天時側溝内目視:水密性+目視不良箇所確認

送煙調査:側溝内および付近漏煙箇所から側溝の水密性不良箇所を推定

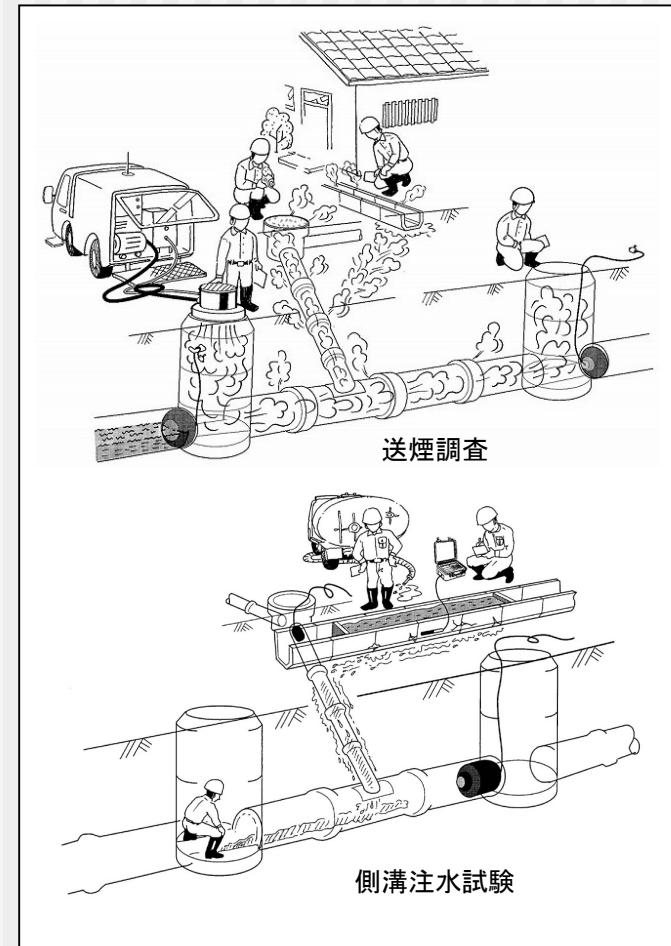


図16. 雨天時浸入水対策の詳細調査2 30

2.集約型詳細調査

人孔地表部

雨天時踏査：人孔蓋からの多量雨水流入箇所の特定

晴天時踏査：蓋部の地表比較高さ、有孔蓋、蓋枠付近クラック・破損の特定

送煙調査：側溝内および付近漏煙箇所から側溝の水密性不良箇所を推定

2.集約型詳細調査

- 常時・浸透浸入水対策の詳細調査
 遡流式瞬時流量分布調査結果に基づく
 本管・取付管・人孔とも
 目視・TVカメラ調査と注水試験の組合せ

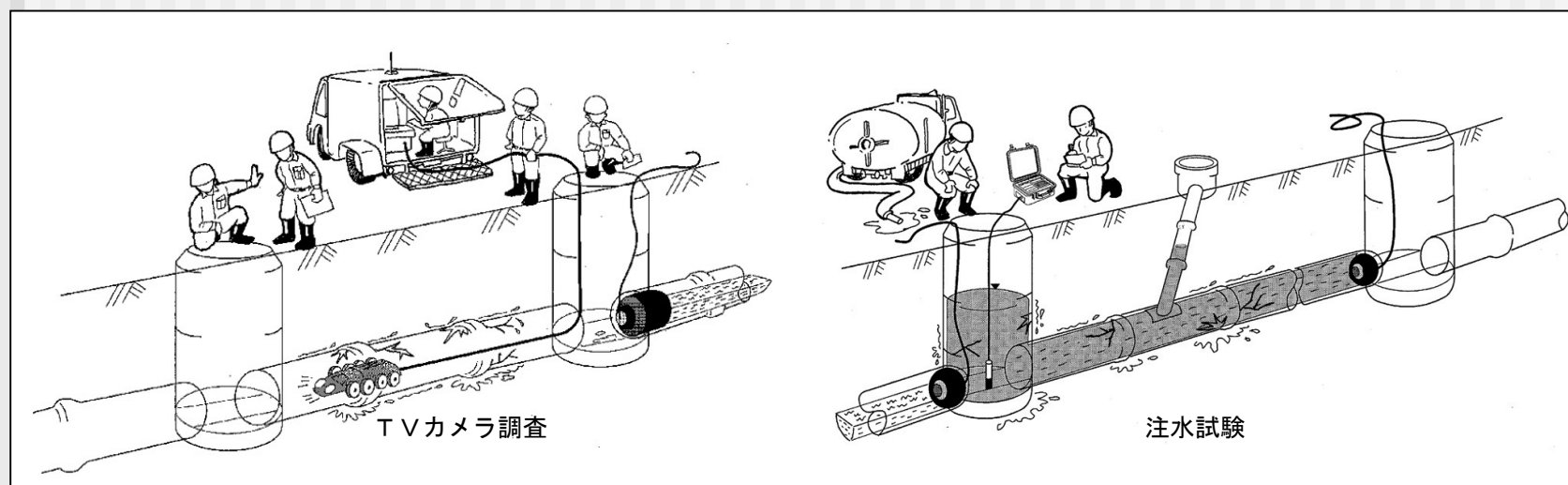


図17. 常時・浸透浸入水対策の詳細調査

2.集約型詳細調査

■ 調査結果の取りまとめ

各調査結果を一覧図に
集約する

各調査結果の関連性を
調べ、有効な組合せを検
討する

改善箇所・ランクを特定し、
改善数を集計する

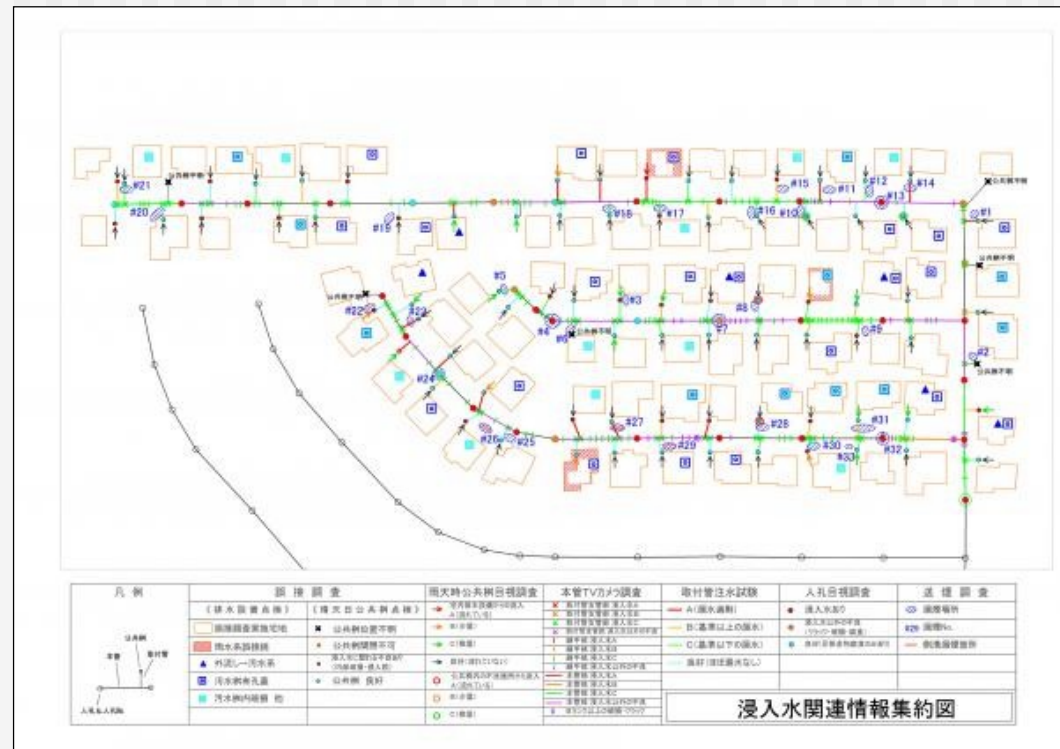


図18. 調査結果集約図

2.集約型詳細調査

- 雨天時浸入水の公私比率調査(参考)
雨天時公共柵踏査結果に基づく標本調査
公共柵内に専用流量計を設置して、排水設備からの雨天時浸入水を定量
モデル地区全体の雨天時浸入水量から公私比率を計算



図19. 専用に開発された公共柵用流量計

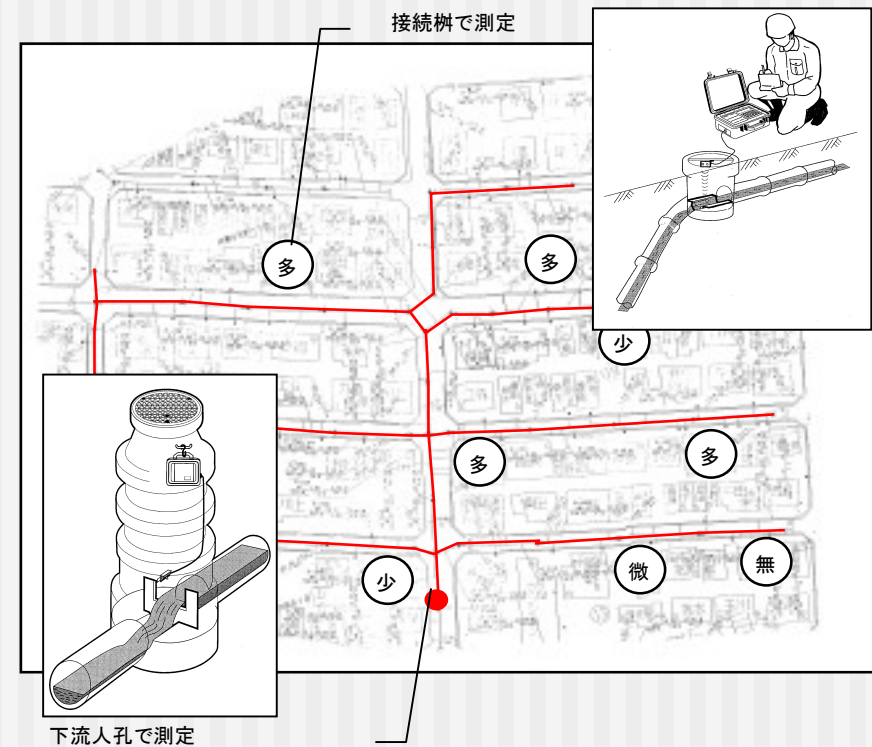


図20. 公私比率調査模式図

2.集約型詳細調査

- 水密性試験の判定基準について(参考)
 新管・更生管検査としては低圧圧気試験がより厳密
 既設管検査としては注水試験が一般的で、設置時の品質を考慮する

試験区分	規格	適用	初期加圧	均圧保持	検査圧	判定時間	許容減圧量	
			kPa	分	kPa		kPa	
新設	欧州統一 EN1610	管種を問わずφ 1000位まで	LA	5分	5分	別計算書による	0.25	
			LB				1	
			LC				5	
			LD				10	
	米ASTM	C924M-89	HP 100~600	27~28	検査圧以上 2~5分	24	7(3.5)	
		C828	CP 100~900					
既設	独ATV	M143E(6)	100~1200	11	10分×管径m	10	10分×管径m	1.5
			ジョイント	11	15秒	10	別計算書による	1.5
	日本	参考(管路施設維持管理マニュアル)	-	-	-	50	10~30秒	10
新設	区間スパン	A市特記仕様	HP・VP700迄	22	5	20~21	別計算書による	1.5

試験区分	規格	適用	初期注水	水压保持	判定時間	許容漏水量	
			人孔満水	初圧~1kPa(約10cm水頭) 範囲に1時間以上保持		0.15%/m ³	
新設	管渠 管渠+人孔 人孔 管渠ジョイント	欧州統一 EN1610	φ1000位まで	人孔満水	初圧~1kPa(約10cm水頭) 範囲に1時間以上保持	30±1分	0.20%/m ³
							0.40%/m ³
							0.20%/m ³
							0.20%/m ³
既設	管渠+人孔 取付+樹	独ATV	M143E(6)	-	上流管頂+50cm以上に保持	15分	0.20%/m ³
				-	接続管頂より+50cmに保持		0.40%/m ³
	2人孔間 人孔	米ASTM	C969M-94	-	管頂+60cm以上	浸漬 4~72時間	15分~24時間

試験区分	規格	適用	初期注水	水压保持	判定時間	許容浸入水量		
既設	2人孔間 人孔	米ASTM	C969M-94	HP	-	上流管頂又は地下水位+60cm以上	15分~24時間	別計算書による

図 2 1. 水密性試験の判定基準

3.部位別段階補修と事業効果の定量

■ 部位別段階補修

雨天時浸入水対策では、地上から地中の施設へ向かって

改善してゆく

常時浸入水対策では、地中施設を対象とするが公共柵に

及ぶこともある

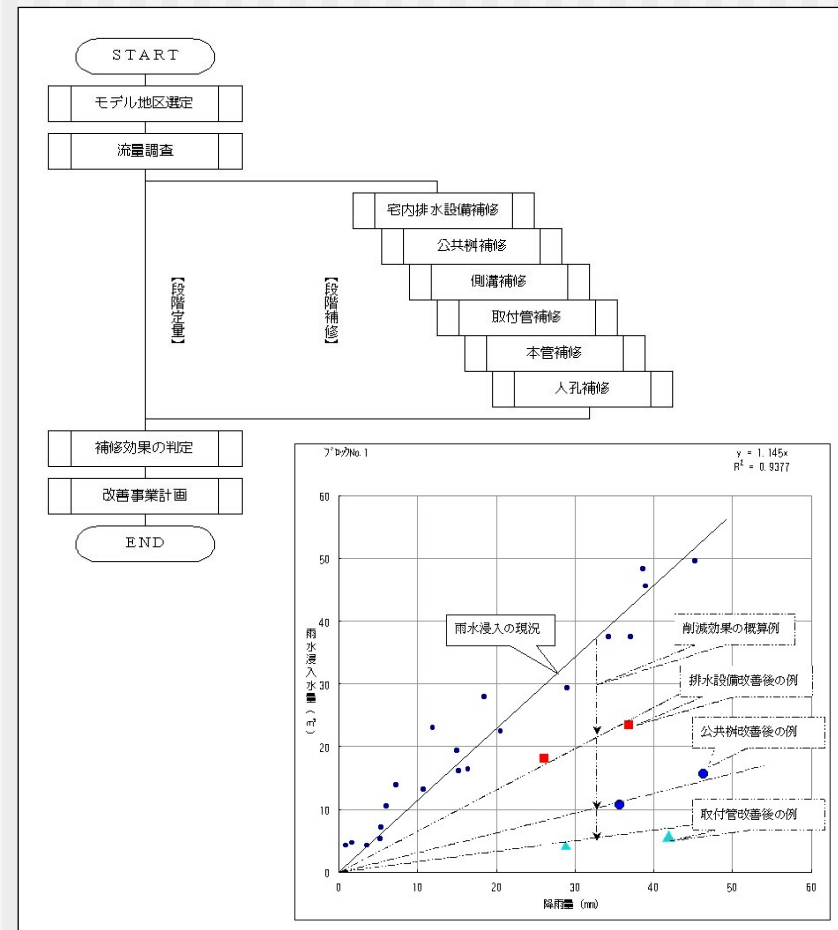


図 2 2. 段階補修定量の模式図

3.部位別段階補修と事業効果の定量

- 事業効果の定量
 - 削減浸入水とそれに掛かった調査費および工事費から費用対効果を算出
 - 全体計画の策定に、この費用対効果を参考にする

(対象規模:2.5ha、798.59m、99戸)

#	①	②	③	④	⑤	⑥	
補修段階	接続樹 ライニング	取付管 ライニング	開削 敷設替え	未使用管 閉塞	誤接改善	水密性不良箇所 改良	
部位	接続樹	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	接続樹注水試験	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	9,486		1,118	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	A/C	15,689.655	51,475.352		5,351.103	
	1箇所あたり	A/C/N	163.434	436.232		54.052	
	改善+検査	(A+B)/C	17,506.115	56,556.379		8,528.566	
	1箇所あたり	(A+B)/C/N	182.355	479.291		86.147	
排水設備を1としたときの費用対比			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	A/D	179,605	589,476		61,155	
	1箇所あたり	A/D/N	1,871	4,996		618	
	改善+検査	(A+B)/D	200,399	647,662		97,469	
	1箇所あたり	(A+B)/D/N	2,087	5,489		985	

図23. 費用対効果計算書

1.対策範囲と対策順位

- 雨天時浸入水対策
対策範囲は雨水混入率1.5倍以上のブロック
対策順位は、原則、浸入強度(単位面積あたりの浸入水量)によるピークカット・ピーク均しに重点を置いた、事業効果が見込める範囲の対策施設増強対策を優先させる
- 常時浸入水対策
対策範囲は、計画時想定地下水量以上のブロックで更に絞り込んだルート
対策順位は、原則、浸入強度(単位延長あたりの浸入水量)による改善により地下水位が高くなることを想定し、個々のスパンではなく、ルート単位で対策する
本管改善後も常時浸入水が多いスパンを対象に、取付管を追加的に改善してもよい
従来の改善工事をできるだけ生かす

2. 基本スキーム

- 事業効果が期待できるものを選択的に対策
- 調査-改善工事-事業効果定量の一体処理
- 所定の費用対効果を下回った時点で終了
- 維持管理データベースによる不明水の時系列管理

3. モデル地区対策との相違

- 必要最小限度の調査と改善工事、事業効果定量の組合せ
全部は直さないのが原則
費用対効果の低い部位は除いて、歩留まりを考慮する
- 改善工事前後の流量計測による事業効果の判定
- 標本調査の多用による経済性の追求
標本調査で大半が悪ければ、先の調査をしないですべてを改善する
標本調査で大半が良ければ、先の調査をしないで改善しない

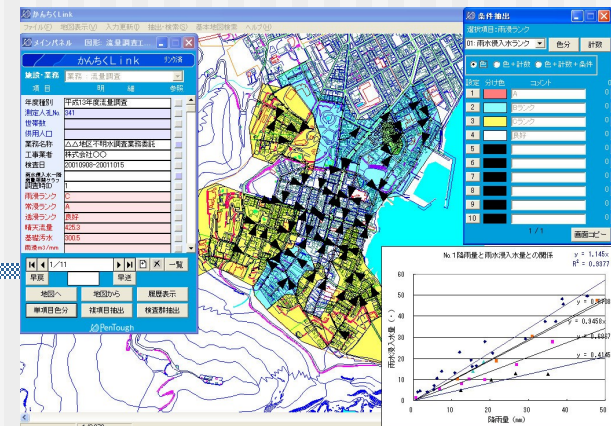


図 2 3. 維持管理データベースの事例

1.ストックマネジメントに資する総合対策

- 衝撃弾性波検査を中心とする劣化診断
- 不明水対策を中心とする機能診断
- 劣化診断と機能診断に基づく、寿命・リスク管理

2.包括的民間委託に不可欠な不明水対策

- 問題解決業務として、今後、さらに対策の重要性が増すだろう



図 2 4. 衝撃弾性波検査ロボット

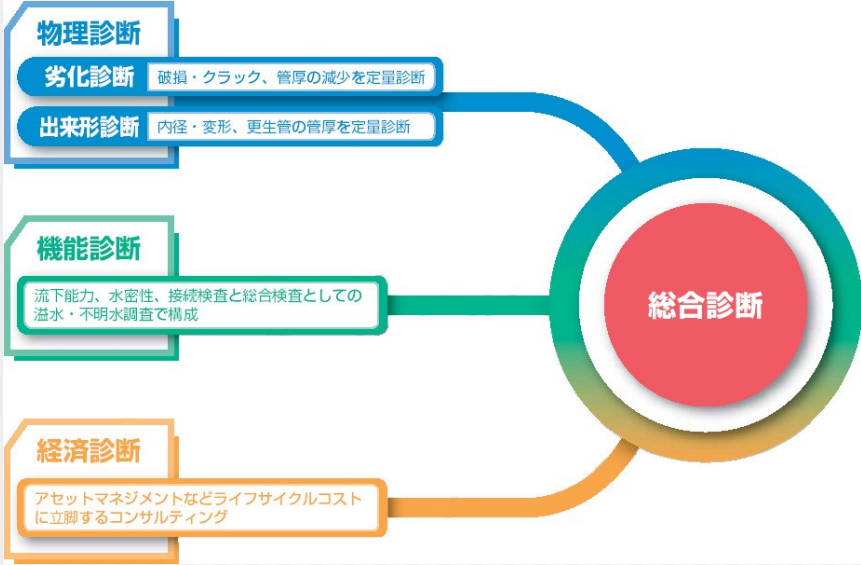


図 2 5. 劣化診断模式図