

平成29年度 下水道技術研修会実施報告書

日 時： 平成30年1月26日(金)13:30～16:00

場 所： AOSSA 601B・C研修室

参加者： 35名

講 演： 「不明水対策概論」
下水道アドバイザー 篠田 康弘
(公益社団法人 日本下水道管路管理業協会 常務理事)

事例発表： 「県内の下水道事故事例、対策について」
発表 福井県土木部河川課 下水道整備グループ 企画主査 山下 剛史

主 催： 公益財団法人 福井県下水道公社

後 援： 福井県、福井県下水道協会、公益社団法人 福井県下水道管路維持協会

内 容： 講師が不明水について、「浸入水の影響」、「浸入水の原因と調査」、「浸入水対策」の観点から実際に自治体等が行った調査方法、補修方法を説明し、県内の下水道事業関係者が受講した。

講 演



事例発表



不明水対策概論

平成 30 年 1 月

公益社団法人 日本下水道管路管理業協会

常務理事 篠田康弘

1、不明水問題の変遷

「不明水」とは、平成 26 年 9 月に改訂された「下水道維持管理指針」（以下「指針」という）では、流入下水量の内、下水道料金等で把握することが可能な水量（有収水量）以外の下水量をいい、表-1 に示すように、地下水浸入水及び雨天時浸入水、その他の不明水の 3 つに区分している。

有収汚水		下水道料金等で把握が可能な水量	
不明水（有収汚水以外）	浸入水	地下水浸入水	恒常的あるいは比較的長期にわたり下水管きょに浸入した地下水。
		雨天時浸入水	分流式下水道で雨天時に汚水管路施設に浸入した雨水
	その他		<ul style="list-style-type: none"> ・無届の事業所排水や湧水などの有収外汚水 ・上水系排水（漏水） ・その他（農業排水路からの接続等）

表-1 不明水の分類（指針を参考に作成）

不明水にかかる費用（処理費・揚水費など）は、料金対象外の費用で管理者が負担せざるを得ないため、下水道財政を圧迫する大きな要因となっている。さらに、一般会計からの繰出し対象として区分され地方財政措置が講じられており、一般会計及び国の財政改善の観点からも効果的な対策が求められている。このため、不明水対策は主に経営改善として年間総量としての不明水率を削減する取組みが昭和年代まで行われてきた。

一方、昭和年代末から平成年代にかけて分流式下水道の整備が進んでくると、分流式下水道において雨天時に一時的に水量が増大し、溢水などのトラブルが発生し、管理上の対応が求められる問題が各地で頻発するようになってきた。整備初期においては施設に余裕があるため問題の発生に至らないことが多いが、整備率の向上とともに問題が顕在化してくる。これは、合流式下水道越流水（CSO）の問題と対照的なもので分流式下水道越流水（SSO）問題として位置付けられるものである。

さらに今日では、その他の不明水として不明水の中に入る部分でも有効活用しようとする動きも出てきている。湧水など清浄なものを取り出し、環境用水として積極的に活用しようとするもので、これにより不明水の削減と環境対策の一石二鳥の効果が期待できる。

2、浸入水の影響

浸入水は、下水道では計画上も地下水率として 10～20%を見込むのが一般的であり、予期したものとして考えられている。この中で地下水浸入水は、年間を通して発生するものであり、量的にはかなりの部分を占め、財政的な影響は雨水浸入水と比し極めて大きいものとなっている。表-2 は、「下水道管路施設における浸入水防止対策指針」（社）日本下水道協会、以下「浸入水防止対策指針」という）に示された 26 処理区の調査事例（有収水量よりの推定値による）を集計したものであるが、地下水の割合は不明水の約 9 割を占め、雨水の 10 倍近い値となっている。また、地下水の浸入は、分流式・合流式に係らず発生す

るもので、両者の共通の課題といえる。

対象	有収汚水 (%)	不明水		
		地下水 (%)	雨水 (%)	不明水率 (%)
全体 (26 処理区)	71.3	25.9	2.8	28.7

表-2 浸入水防止対策指針で引用された処理区の年間流入下水量の割合

一方、雨水浸入水は、分流式下水道に特有の問題で、総量的には地下水に比べ少ないものの、短時間ではあるが急激に増大し、地域によっては極めて深刻な問題となっている。

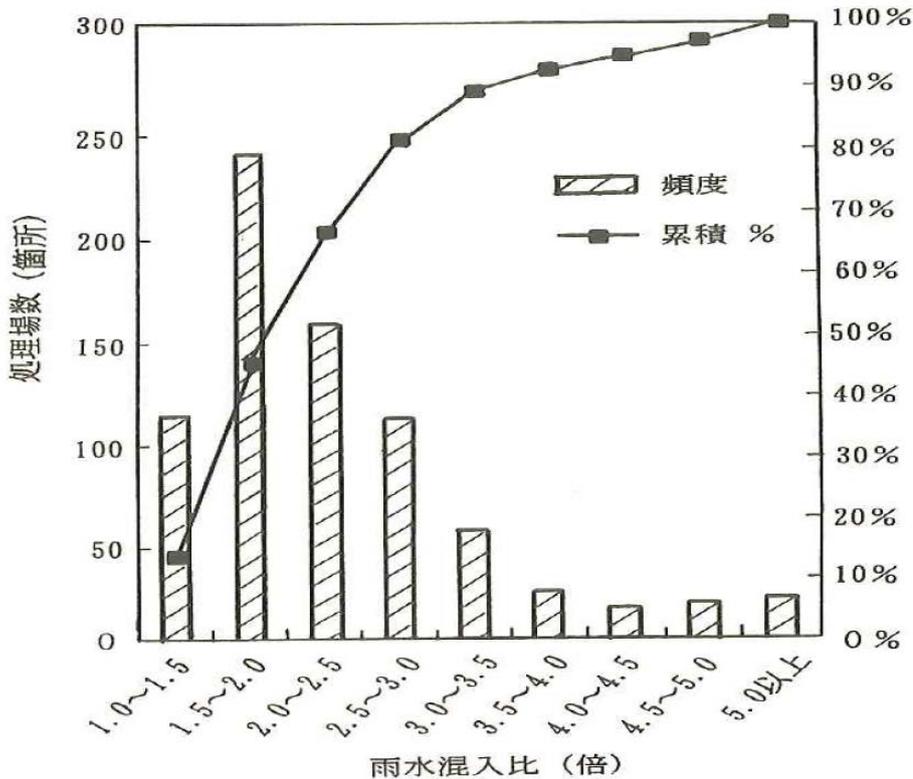


図1 晴天日平均汚水量に対する雨天時汚水量の比率 (土木研究所調査)

図-1は、雨天日年最大汚水量の晴天日平均汚水量に対する比率を雨水混入比として設定し、この比率の範囲毎に出現する処理場数(箇所)を頻度として縦軸に示したものであるが、最も多く出現する倍率が1.5~2.0の範囲で、半数以上が2倍以上となっていることが分かる。処理場の日単位でもこのような倍率を示すのであるから、管きよやポンプ場では、雨天時の瞬間的にはこれをはるかに上回る倍率になることが推定される。

このため、下水道施設計画・設計指針と解説(公益社団法人日本下水道協会)(以下、「設計指針」とする)では、汚水管きよの余裕としては下表の値を示している。

・ 700mm未満の管きよ	計画下水量の100%
・ 700mm以上1650mm未満	計画下水量の50%以上100%以下
・ 1650mm以上3000mm以下	計画下水道の25%以上50%以下

表3 設計指針における管きよの余裕率

このような余裕を設けているにもかかわらず、分流式下水道の污水管において、雨天時に溢水が発生するのは、想定を超える増水が発生しているためと考えることができる。甲府市の調査（第42回下水道研究発表会「分流式下水道の不明水対策におけるマンホール鉄蓋の浸入水調査」）では、実態調査の結果50mm/時降雨時の雨水浸入水量を計画汚水量に対して325%と推定しており、極めて高い倍率を示している。

図-2は、浸入水の影響を示したもので、大きく分けて水量増と土砂引込みの問題とに区分できる。

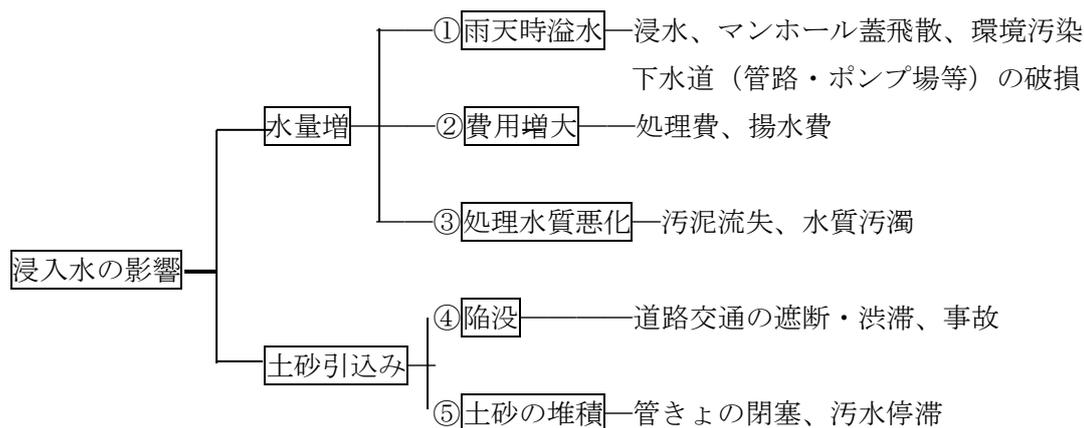


図-2 浸入水の影響

①雨天時溢水

分流式下水道において雨天時に急激に増水し、一時的に管きよやポンプ場の能力をオーバーして溢水を起こすもので、これにより浸水や環境汚染、衛生問題、さらには下水道施設の破損など深刻な問題が発生している。また、場所によっては急激な水位上昇により管内空気圧を急上昇させ、マンホール蓋の飛散現象を生み出している。

さらには、施設の損壊に至る場合もある。急激な増水により、ポンプ場の止水扉や沈砂池機械が破損したり、かんきよ・マンホールが破損することもある。

②費用増大

不明水量増による処理費や揚水費の増は、下水道財政を圧迫する要因ともなっており、財政面から対策が強く求められている。水処理費や揚水費、さらには流域下水道の場合、流域関連公共下水道は水量により負担金を算定されている場合が多く、負担金が増大することとなる。

③処理水質悪化

不明水による水量増は、処理能力の不足する処理場では特に影響が大きくなる。また、分流式下水道では簡易放流施設がないため、沈澱池の流速が過大となり汚泥越流を生じさせ、処理機能を長時間失わせることにもなる。地下水浸入水に海水が浸入している場合は、塩分濃度を高め、コンクリート腐食などにより、施設劣化を生じさせる原因ともなる。

④道路陥没

一方、土砂の引込みで最大の問題は、道路陥没である。浸入水により土砂が下水管に引

き込まれ、上部に空洞を生じ、空洞が発達して陥没が起こるとされている。

⑤土砂の堆積

浸入水により引き込まれた土砂が管内に堆積し管きょを閉塞させるとともに、汚水滞留から硫化水素を生じさせ、腐食やガス中毒の原因ともなる。

3、浸入水の原因と調査

(1) 雨天時浸入水の原因

図 3 に示すように、様々な経路から污水管に雨水が浸入し増水する事例が多数起きている。その原因の主なものを挙げると以下のようなものである。

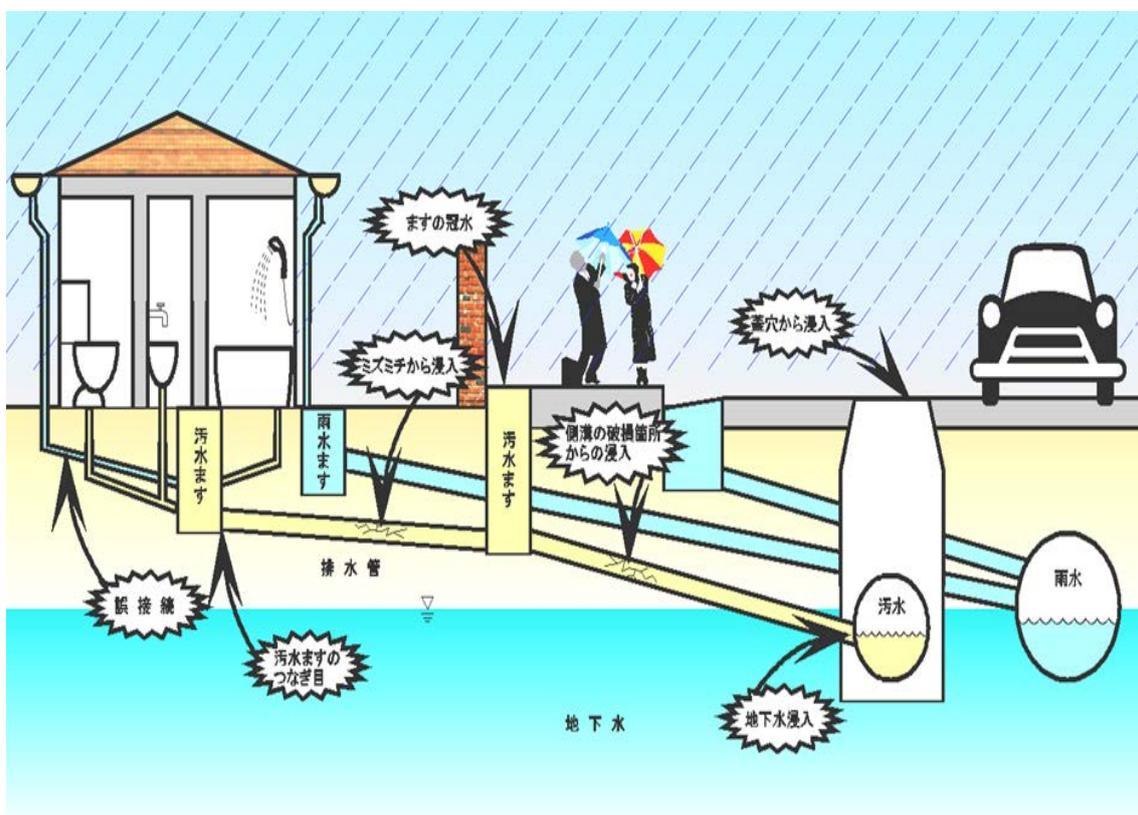


図-3 市街地における雨水浸入水の経路の例

①誤接合

宅地内において雨どいや雨水管が污水管や汚水ますに接続されるもので、雨水が直接浸入することから、降雨とともに発生し、タイムラグが小さく出現するものと考えられる。原因としては、排水設備業者の施工ミスや排水改良を意図した誤接合が考えられる。

図-4 は、ある住宅地域の誤接合調査の結果であるが、誤接合が 130 件と全体 441 件の 30%にも達していた。この他、污水系統が雨水系統に接続される「逆誤接」が 2 件あり、浸水問題と水質汚染が両方起こる、驚愕の実態であった。

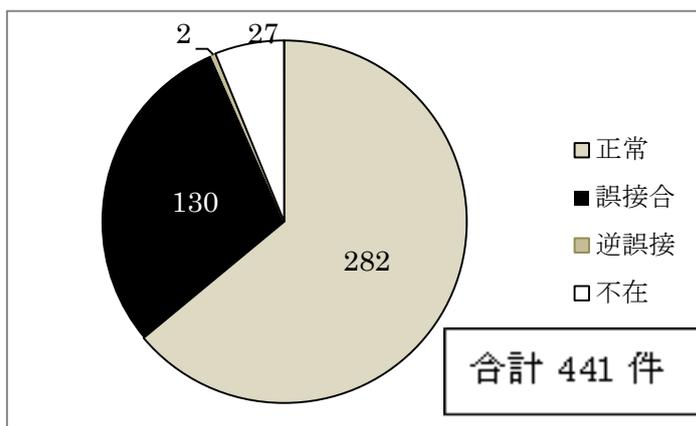


図-4 誤接合調査結果の例 (件数)

②管路・排水設備の損傷・施工不良

管きよ、マンホール、取付け管、公共枿、排水設備などの損傷部や管口などの接続不良の箇所から雨天時に発生する。一時的に地下水となることから、若干のタイムラグが生じるものと考えられる。

③蓋穴からの浸入

ますやマンホール蓋の穴や隙間からの浸入は、雨水が溜まる凹地において発生する機会が多い。甲府市の調査（第42回下水道研究発表会「分流式下水道の不明水対策におけるマンホール鉄蓋の浸入水調査」）では、鉄蓋からの浸入水量は、調査ブロックの計画汚水量の28%に相当し、同じく調査ブロックの全浸入水量の27%に相当する、としている。地形特性も影響すると考えられるが、決して過小評価してはならない部分といえる。

(2) 雨天時浸入水の状況のパターン

図5は、雨天時浸入水の状況のパターンを示したものであるが、雨天時浸入水量は雨天時下水流量から晴天時下水流量を差し引いたものとなる。

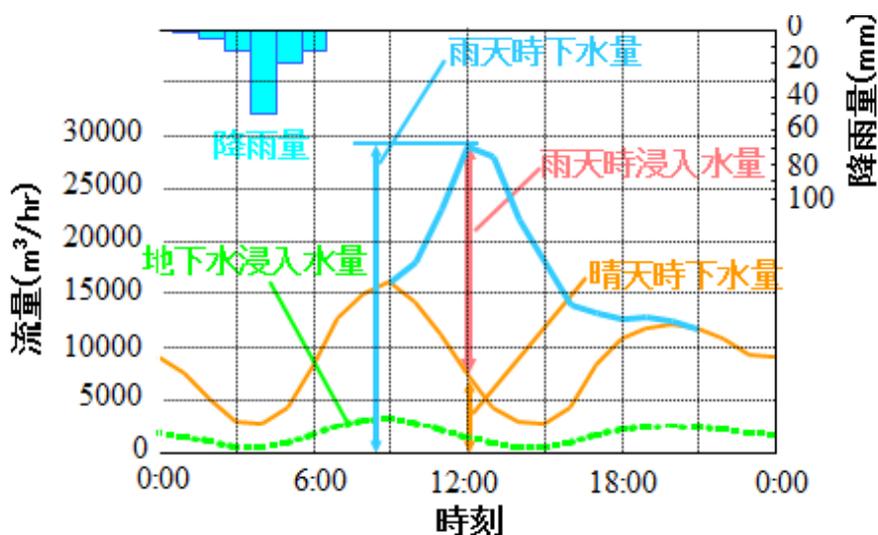


図5 雨天時浸入水の状況のパターン

(2) 地下水浸入水の原因

地下水浸入水は、主に管路の損傷・施工不良の箇所から常時浸入する地下水をいい、地下水水面下の比較的深い位置での浸入となる。降雨が浸透したもの、地下水として長時間経過したもの、水田からの農業用水に起因したもので灌漑期に発生するもの、さらに臨海部では海水が地下水に浸入したものなどがある。なかでも地下水位の高い低平地や河川沿いの沖積地では、地盤も軟弱な場合が多く、経年の不等沈下や交通荷重などにより管路が損傷を受けている可能性が高く、浸入水のリスクの高い地域である。雨水が結果的に地下水になるので雨天時浸入水との区分は明確ではないが、降雨の影響のない日の深夜間の水量を地下水浸入水とする場合が多い。ただし、汚水の混入が考えられる場合は、水質測定により汚水の希釈倍率を推定し、これにより汚水量を求めて差し引くこととなる。

3、浸入水調査

浸入水を断ち切るには、原因を排除するのが原則である。このためには、原因箇所を発見し、その量を把握することとなるが、面的な広がりの中で地中など目に見えない部分の調査が多だけに、困難度の高い業務である。また、流域全体を対象とするよりは影響の大きいブロックを絞り込み、集中的に対策を講じるのが効果的である。ただし、最初から区域が特定されている場合には、絞り込みを省くことになる。

また、施設では維持管理での工夫や雨天時増水等を見込んだ余裕により、一定程度の増水は受け入れ可能な場合が多い。このような「余裕等」を考慮し、「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」(財下水道新技術機構)では雨水混入比が概ね 1.5 倍以上の場合に浸入水対策計画を策定することとしており、調査における区域の絞り込みにもこのような目安を用いることが効果的である。

(1) 雨天時浸入水の調査のフロー

雨天時浸入水の調査は、溢水などの問題の発生を受けスタートするのが一般的である。

①既存資料調査と大ブロック分割

対象流域に係る既存資料(流入水量、降雨量、台帳・管網図等)を整理するとともに、苦情・浸水状況・汚水流出等の異常現象を把握する。これにより問題となる区域の上流流域を絞り込むことが必要である。流域絞り込みの後、その流域をいくつかの大ブロックに分割し、各ブロックの流末地点(マンホール)を特定する。

②流量調査

各大ブロック流末地点の雨天日流量及び代表地点の降雨量を測定する。また、晴天日で降雨日と同様の流量パターンの曜日の流量測定も行う。降雨量は、影響が明瞭に出る程度(10mm/時以上が目安)の降雨を選定する。雨天日の流量から晴天日の流量を差し引いた流量を降雨影響量として算出する。(図-6)

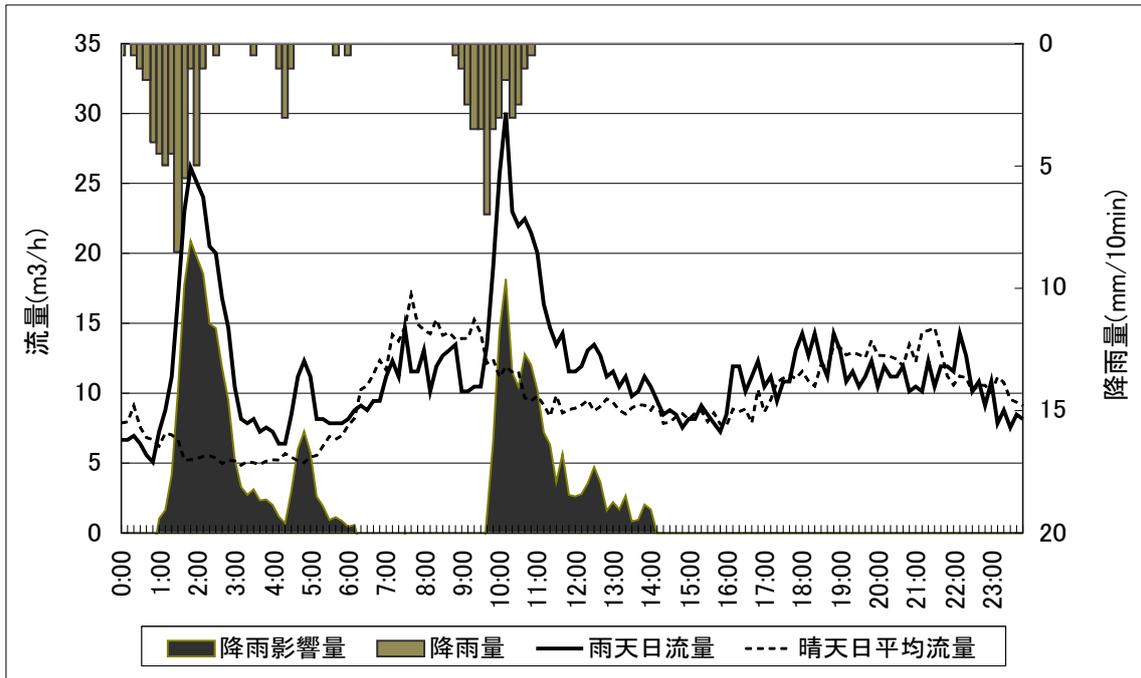


図-6 降雨影響量の算出例

③大ブロックの絞り込み（優先ブロックの選定）

各大ブロック毎に降雨影響量をピーク値又は総量で算出し、これを各ブロックの面積で除した単位面積当たりの雨天時浸入水量を算出し、この値の大きいものから優先順位を付けていく。水量が問題の場合は、単位浸入水量で、溢水などのピーク流量が問題の場合は、単位ピーク浸入流量で比較する。また、単位ピーク流量の単位汚水量に対する比率としての雨水混入比が0.5倍未満のブロックは除外するなどの重点化を図る。

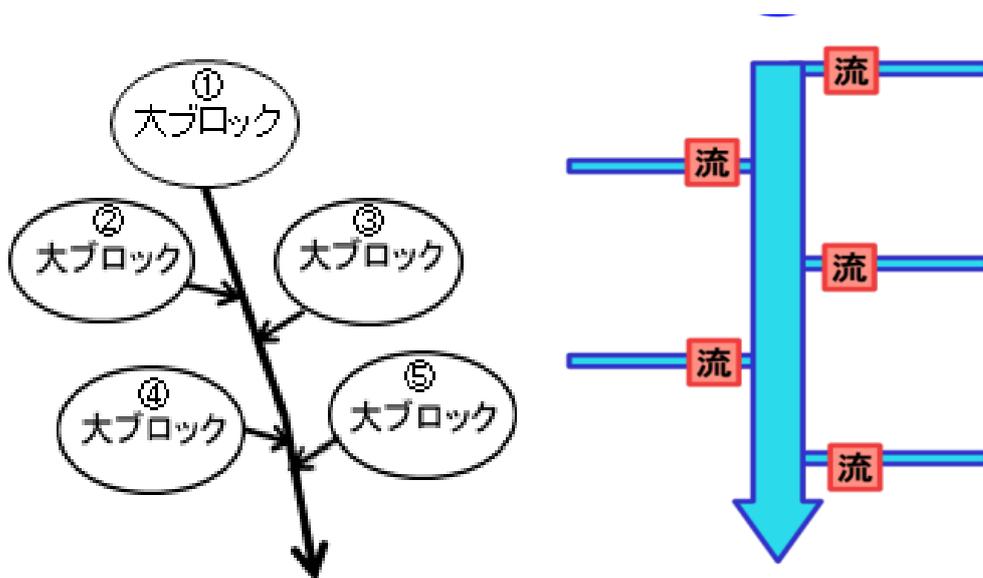


図7 流域分割と流量測定箇所概念図

ブロック	面積 (ha)	単位汚水量 (m ³ /秒/ ha)	浸入水 量 (m ³)	ピーク浸入 水量 (m ³ /秒)	単位浸入水 量 (m ³ /ha)	単位ピーク浸 入流量 (m ³ /秒/ha)	順位	
							水 量	ピ ー ク
①	20	0.0023	30	0.08	1.5	0.004 (1.7)	3	3
②	18	0.0025	50	0.13	2.78	0.0072 (2.9)	1	1
③	21	0.0021	40	0.10	1.9	0.0048 (2.3)	2	2
④	23	0.0020	10	0.02	0.43	0.0009 (0.4)	5	5
⑤	19	0.0023	9	0.01	0.47	0.0023 (1.0)	4	4

総降雨量 50mm、ピーク降雨強度 15mm/時、平均降雨強度 8mm/時

表4 単位浸入水量、単位ピーク浸入水量の計算

④小ブロックへの絞り込み（優先順位付け）

優先順位の高い大ブロックを取り出し、③の絞り込みと同様の絞り込みを行い、小ブロックの優先順位付けを行う。

⑤管路調査

優先小ブロック内の管路施設（管きよ、マンホール、ます、取付け管）の視覚調査（TVカメラ調査等）を行い、損傷・不具合状況を調査する。マンホール及びますの蓋の状況を点検し、蓋からの流入可能性を把握する。雨水管や道路雨水ますなどの誤接合についてもチェックする。

⑤排水設備調査（誤接合、宅内点検）

排水設備は、その所有者が管理すべきもので、調査・是正も所有者が実施するのが基本であるが、必要に応じ管理者又は受託者が検査を行うことが可能である。

調査としては、誤接合調査と宅内点検がある。

1) 誤接合調査 方法は表-4に示すように3種類あるが、送煙試験により誤接合の宅地を発見し、その詳細調査として音響試験と染料試験により経路を把握する。

区分	方法	適用
送煙試験	止水プラグで閉塞された汚水管きよ内に発煙筒の煙を送り接続されているますや雨樋からの昇煙により誤接合を発見する。	経路の特定ができないので、音響・染料試験との併用が必要である。
音響試験	打音調査伴をばれ、ハンマーや音波により流下経路を確認する。	雑音等による不安定さがあるが、安価で容易。
染料試験	無害な染料希釈液を流下させ、経路・漏出箇所・流下時間を調査する。	送煙・音響試験で経路が確認できない場合に使用する。

表-5 誤接合調査方法と適用条件

2) 宅内点検 宅内のます・蓋の状況を視覚で点検する。有孔雨水柵や蓋・ます本体の損傷は浸入水の原因となる。地表にかけ流している立樋からますに浸入していないかも確認する。

(2) 地下水浸入水の調査

地下水浸入水の調査は、地下水位の高い時期の晴天日の深夜流量測定により推定することが一般的である。ただし、水質測定により汚水の混入が推定される場合は、汚水の希釈倍率を算定し、汚水量を除外する。

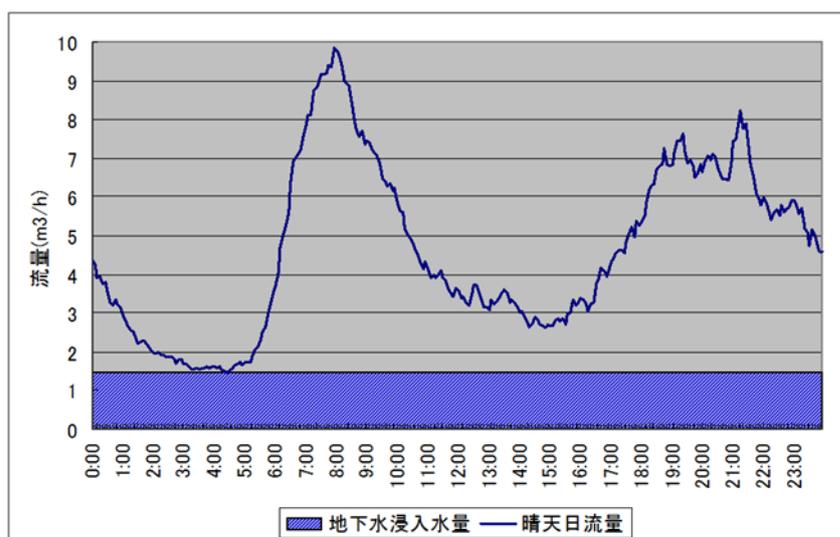


図8 地下水浸入水量の推定

調査のフローは雨天時浸入水と類似しているが、その例を以下に示す。

①ブロック毎の深夜間流量測定

流域をブロック分けして各ブロック流末のマンホールを特定し、深夜管流量を測定する。地下水位との関連が深いので、同時に地下水位も測定し、関連を把握する。海水の場合は、潮位と塩分濃度（電気伝導度）の測定により、その影響度合いを推定する。ただし、水産工場など塩分を含む排水がある場合には、その影響を除外する必要がある。

②ブロックの優先順位付け

ブロック毎の面積当たりの深夜下水量を算定し、ブロックの優先順位付けを行う。

③多量ルートの特定

深夜下水量の多いルートを追跡し、多量ルートの特定する。

④多量ルートの管路内視覚調査

多量ルートの管路内のTVカメラ調査などの視覚調査を行い、修繕・改築の必要性をスパン毎に把握する。

4、浸入水対策

対策毎の効果の大きさは地域により異なる場合が多いので、ブロックの中でモデル地区を設定し、各対策を順番に実施し、その都度、効果測定（深夜間流量調査）を行うことにより、各対策の効果を定量化する。また、費用と効果の関係を把握し、実現可能な目標を設定することも重要である。

国土交通省国土技術政策総合研究所の調査（「污水管きよへの雨天時進入水に関する調査報告書」）では、K市における改善効果把握のために1年間をかけて5段階で補修工事を行い、効果の実測調査を行っている。これによれば、①対策前の浸入率の平均が約7%だったのが、②接続ます更生後に約1.9%、③取付け管更生後に約2.3%、④接続ます+管開削交換及び未使用管閉塞後に約0.5%、⑤排水設備改良後に0.4%改善し、全体で約5.1%改善したとしており、③と②の取付け管・ますの更生の効果が他の対策を大きく上回っていたことを示している。

（1）管路施設の修繕・改築

地下水浸入水にも雨天時浸入水にも共通する対策であり、対象となる管路の修繕・改築により不具合を是正し、改善する。老朽施設対策とも重複するので、修繕・改築計画（長寿命計画）に組み込んで実施するのが効果的である。

（2）排水設備の改良

雨天時浸入水の約半分は排水設備に起因するとの報告もあり、排水設備対策は避けては通れない道である。ただし、排水設備は、民間の所有物であるので、所有者の対応を期待して、所有者に対して補修や誤接続の是正等の指導・要請を根気よく行う。

そのためには、問題のある宅地に対して、不具合状況と改良の必要性を理解してもらう広報活動が重要である。さらに、改良の促進のために、排水設備の無料点検や助成金を交付する例（「神戸市排水設備改善工事助成制度」）も見られ、社会資本整備総合交付金のうちの水環境創造事業として制度化もされている。

（3）バイパスルートを設置

上記対策には長期間を要することも考えられるが、問題 ~~は~~ の緊急性が高い場合には、雨天時浸入水の場合、管路では能力不足区間をバイパスしたり、緊急措置としての他の水域への放流管の設置を対策として実施することにより、当面の問題を解消することも可能である。また、処理場では汚泥流出を防ぐため反応タンクをバイパスすることも当面の対応として効果的である。ただし、緊急措置の実施は環境汚染に繋がりがねないので、あくまで緊急避難として考えなければならない。

仙台市では、大雨時に污水管からの溢水を防ぐため、図に示すような「緊急避難管」を市内104カ所に設置している。（仙台市ホームページより）

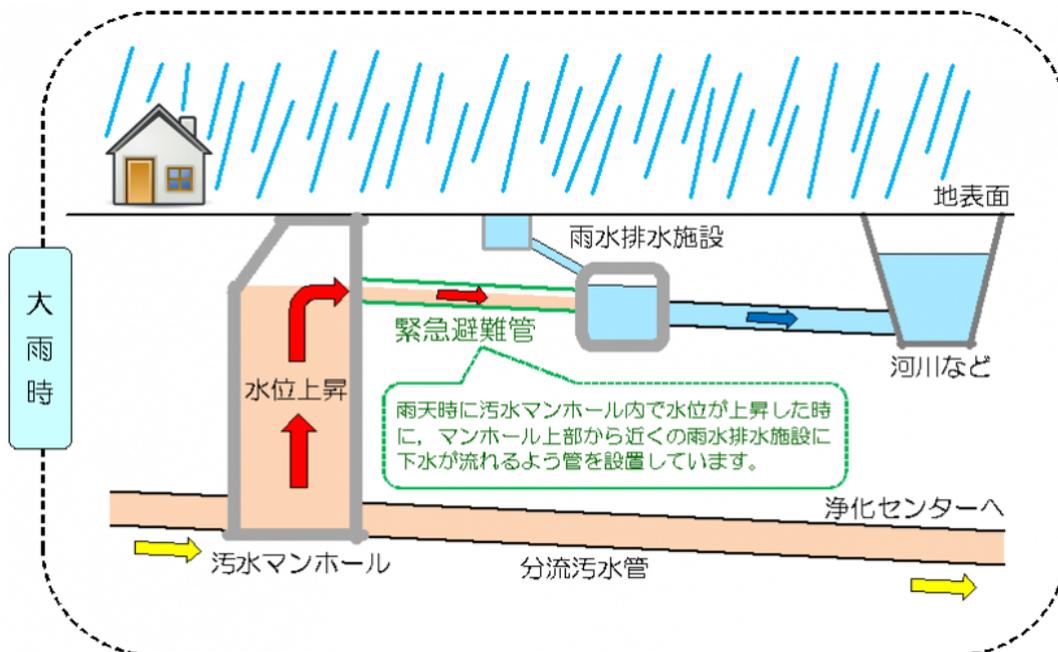


図 仙台市における「緊急避難管」(バイパス管)の概要 (仙台市ホームページより)

(4) その他の不明水対策

今回の指針では、「その他の不明水」の項目を新たに加えており、その内容は以下のようである。

①有収外汚水

無届で下水道に排水している事業所排水や湧水、雨水有効活用排水等であり、料金徴収から漏れているものである。不法なものであり、収入にも直結するので、発見に力を入れる必要がある。

②湧水の活用

地下鉄や地下トンネルなどの地下施設では、大量の清浄な湧水を下水道に排水している場合が見られる。下水道に排水すれば料金の対象となり、下水道経営の観点からは貴重な収入であるが、水路などに放流して環境改善を図ることも必要な場合もある。下水道の処理区域では、排水は下水道に放流するのが原則であるが、下水道法には特別に免除する規定もあるので、水質と放流先が担保される場合にはこの規定を適用し、環境用水への活用も検討が必要である。

6、終わりに

浸入水とは反対に汚水が地中に流出する浸出水の問題は、我が国では表面化していないため見落とされがちである。管路の損傷箇所等では汚水が地下に浸透し、地下水汚染をもたらす可能性が高く、井戸水への影響も懸念される。文献(「下水道管路の維持・管理と保全」D.シュタイン著)では、下水の流出により飲料水が数週間にわたり大腸菌汚染された

こと、取付け管からの流出により地下水の硝酸塩濃度が高まったこと、管きよの損傷個所下流側に腐敗汚泥が形成されていたこと、などが報告されている。

浸入水量が、1～2割程度発生しているということは、逆にそれに近い水量が浸出水として地下水汚染を起こす可能性を示すもので、実態調査も含め真剣に取り組むべき課題といえる。