

合流式下水道改善計画策定のための モニタリングに関する調査研究

1. 研究の目的

わが国では、大都市をはじめ、古くから下水道の普及に取り組んできた都市において、汚水と雨水を同一の管きよで排除する合流式下水道が採用されてきた。合流式下水道は、浸水の防除、生活環境の改善、公共用水域の水質保全を同時に進めることができ、都市の発展に大きな役割を果たしてきた。

しかし、合流式下水道は、その機能上、雨天時に未処理下水が雨水吐き室やポンプ場から放流されるという問題を抱えており、水質汚濁、衛生、景観等への影響が懸念されている。このような影響を軽減するために合流式下水道の改善対策は各地で取り組まれてきたが、必ずしも十分ではなかった。これは、これまでの水環境保全対策については晴天時に重点が置かれてきたこともあり、雨天時における合流式下水道からの未処理下水の放流状況や公共用水域への影響について、十分に把握されていなかったことが原因の一つと考えられる。

そこで、合流式下水道の改善対策を緊急的、総合的に進めるために、平成13年度に国土交通省は、国、地方自治体、および学識経験者からなる合流式下水道改善対策検討委員会を設置し、改善目標や改善対策のあり方等に関する提言をとりまとめた。これを受け、平成14年6月には「合流式下水道改善対策指針と解説－2002年版」（社団法人 日本下水道協会）（以下、「対策指針」という。）が発刊された。この

中で、合理的な合流式下水道の改善計画を策定するためには、事前にモニタリングを実施し、雨天時における合流式下水道からの未処理下水の放流状況や公共用水域への影響等の実態を十分に把握することが必要であるとしている。

本機構では、平成13年度に国および地方自治体と協力し、全国13都市でモニタリングを実施し、その結果を合流式下水道改善対策検討委員会に報告するとともに、合流式下水道の改善計画を策定するためのモニタリング実施にあたっての必要事項をとりまとめ、「モニタリング手引き（案）暫定版」を刊行した。

本研究は、合流式下水道を採用している192都市、特にこれまで合流改善の検討実績の少ない都市を対象として、計画に先立ち早急に実施する必要がある「計画策定のためのモニタリング」について、平成13年に実施した13大都市モニタリング調査の手法および結果を踏まえ、その計画手法、実施方法等についてマニュアル（案）としてとりまとめることを目的とする。

マニュアル（案）の作成にあたっては、国、関係自治体の有識者による委員会を構成し、広く知見をいただき、平成15年3月に「合流式下水道改善計画策定のためのモニタリングマニュアル（案）」として発刊した。

2. 研究の内容

2.1 モニタリングの位置付け

対策指針では、未処理放流水等の放流状況や放流先水域の実態把握、合理的な計画の策定、実施した対策施設の機能や放流水域の水質改善状況などの把握・検証を行うため、計画策定のためのモニタリングおよび施設機能チェックのためのモニタリングの実施を位置付けている。合流改善対策におけるモニタリングの位置付けを図-1に示す。

① 計画策定のためのモニタリング

計画策定のためのモニタリングでは、合流改善計画の策定にあたり、あらかじめ未処理放流等の放流状況、雨天時における放流先水域の実態を把握するとともに、合流改善計画において必要となる流出解析モデルのキャリブレーション用実測値を収集することを目的としている。

② 施設機能チェックのためのモニタリング

合流改善対策における当面の改善目標の達成、さらに長期目標を達成するためには、合流改善計画に基づき合流改善対策を着実に実施するとともに、既存施設や対策施設が適切に維持管理され、適切に機能していることが必要である。そこで、下水道管理者は、合流改善施設の適切な構造の確保および適切な維持管理により水質保全機能が発揮されているかを確認するために、未処理放流水等のモニタリングを通じて、当該下水道施設から排出される汚濁負荷量の削減効果を確認することが必要である。

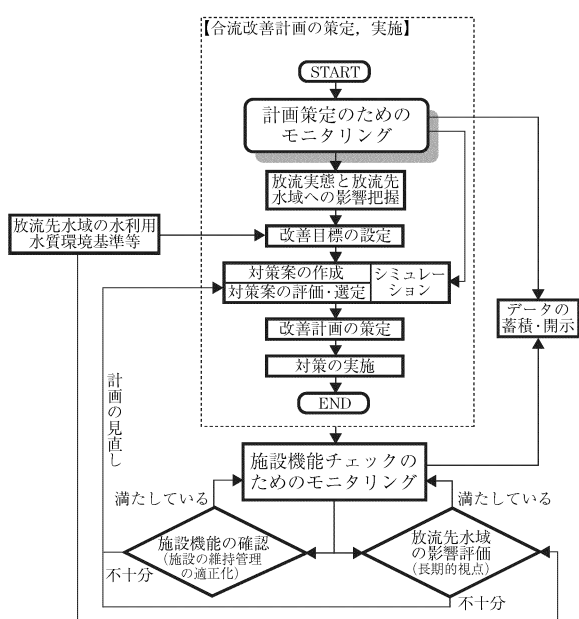


図-1 合流改善におけるモニタリングの位置付け

2.2 研究の対象

計画策定のためのモニタリングでは、「放流実態等の把握」として、未処理下水および簡易処理水の放流状況、ならびに放流先水域の実態把握、「流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集」として、合流下水の実態把握が必要となる。また、このほかに合流改善計画を策定する上では、汚濁負荷量を算定するために雨天時における終末処理場からの高級処理水の放流状況、積雪寒冷地における融雪期の終末処理場からの放流状況も把握する必要がある。さらに、分流式下水道並の負荷削減目標を設定する際には、当該合流式下水道を分流式下水道に置き換えた場合に想定される雨水の放流水質についても、必要に応じて調査を行うことが望ましい。

本研究では、これら合流改善計画に係るモニタリングのうち、実態がほとんど把握されていない未処理下水の放流状況の把握および放流先水域の実態把握と、流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集に関する調査を対象とした。

2.2.1 未処理下水の放流状況の把握

雨天時の未処理下水は、ファーストフラッシュ現象等の水質変化がほとんど把握されておらず、ポンプ場以外の吐き口においては、放流水量の把握もできていないのが実状である。このため、計画策定のモニタリングでは雨天時未処理下水の放流状況の把握は不可欠である。

2.2.2 放流先水域の実態把握

未処理下水の放流先水域への影響は地域ごとに異なると想定され、放流先水域ごとに実態調査を行う必要がある。特に、重要影響水域が放流先水域にある場合は水利用形態に合わせた実態調査が不可欠である。ただし、放流先水域の実態把握では水質変化の傾向を晴天時と比較し確認できる程度とする。

2.2.3 流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集

合流改善計画の策定にあたっては、流出解析モデルによるシミュレーションにより対象区域から発生する汚濁負荷量や、放流回数を推定する必要がある。流出解析モデルによるシミュレーションは、キャリブレーション（解析モデルの推定結果と実測結果との比較によるモデルの適正化）を行うことにより降雨や地域特性をよく反映させた解析を行うことができる。合流下水の水質、水量は、地域特性等により大きく変わり、実態を反映したデータによりキャリブレーションを行うことが重要であることから、合流下水のモニタリングが必要となる。

2.3 研究の内容

本研究は、モニタリングの計画手法、実施方法、データの整理方法について明らかにするものである。

計画策定のためのモニタリングの全体フローを図-2に示す。

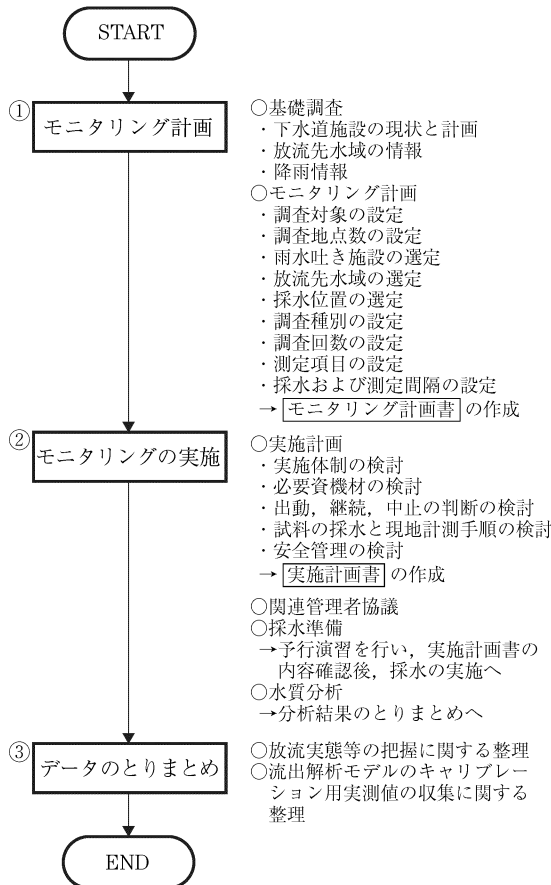


図-2 計画策定のためのモニタリング全体フロー

3. モニタリング計画

モニタリング計画の策定にあたっては、あらかじめ対象となる地域の下水道施設の現状と計画、放流先水域の情報、および降雨情報などの基礎調査を実施し、調査対象とすべき雨水吐き施設や放流先水域を選定する。また、調査対象を選定したのち、必要となる調査の種別、調査回数、地域の状況に応じた測定項目などを設定し、モニタリング計画書を作成する。

3.1 基礎調査

モニタリング計画の策定にあたり、以下に示す基

礎調査を実施する。

(1) 下水道施設の現状と計画

- ・排水面積、計画水量、主要な管路施設、雨水吐き施設等
- ・未処理放流回数、未処理放流量、ポンプ場運転状況等

(2) 放流先水域の情報

- ・水利用の状況および計画
- ・水質環境基準、排水基準などの法令
- ・流況把握（水量、水質、水位等）
- ・苦情等の現状課題

(3) 降雨情報

- ・雨量計設置状況
- ・季節別降雨状況
- ・放流開始降雨強度等

3.2 調査対象

調査対象は、雨水吐き施設に流入する合流下水、および放流先水域を原則とする（表-1、図-3）。

3.2.1 合流下水

未処理下水の放流状況の把握および流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集を目的として、雨水吐き施設に流入する合流下水を調査対象とする。ただし、合流下水が未処理下水と同等でないと判断される場合には、必要に応じ未処理下水のモニタリングを行う。

3.2.2 放流先水域

① 河川

河川においては、同一河川に多数の吐き口から未処理放流が行われる場合もあるため、水域全体の汚濁状況を把握できるように、各雨水吐き施設からの未処理下水が流集している最下流を対象調査地点として選定する。また、雨天時の河川水質は、山林・耕作地・市街地分流域等の後背地から発生するノンポイントソース汚濁負荷の影響も受けるため、未処理下水とその他の汚濁要因の判別を目的として、未処理下水の影響が少ない上流についても対象調査地点として選定する必要がある。

② 海域および湖沼

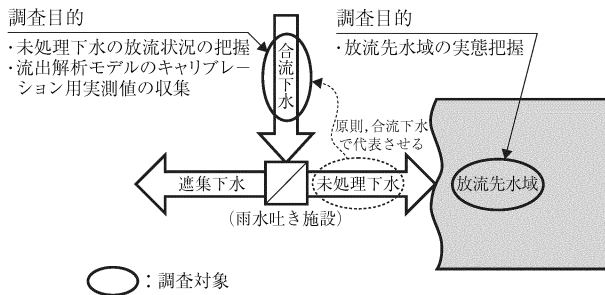
海域および湖沼は、河川とは異なり放流先水域が非常に広域であることが多く、初期汚濁の影響が拡散しやすいため、特定の未処理下水が放流先水域に及ぼす影響を把握しにくい水域である。さらに、海域においては潮汐の影響があり、海水の流れ方向が時間的に異なる場合がある。

そのため、海域および湖沼にあつては、通常、特

定の未処理下水の影響を把握することは難しい。ここでは、最小限の調査として未処理放流が発生する雨天時の水質変化の把握を主眼として調査対象を選定する。

表－1 調査目的と調査対象

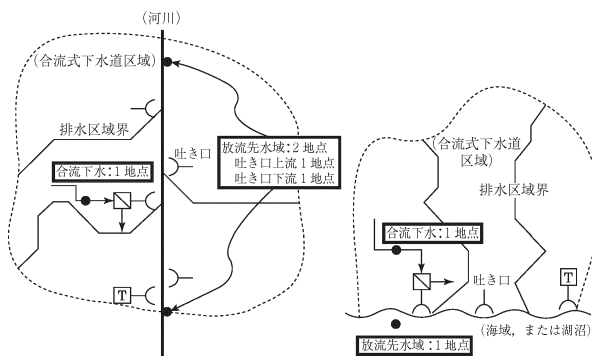
目 的	調査対象
放流実態等の把握	未処理下水の放流状況の把握
放流先水域の実態把握	雨水吐き施設からの未処理下水（原則、合流下水で代表させる）
流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集	放流先水域
	雨水吐き施設に流入する合流下水



図－3 調査目的と調査対象

3.3 調査地点数

調査地点数は、1処理区につき合流下水1地点、放流先水域は水域が河川の場合は吐き口の上流および下流の2地点、海域および湖沼の場合は1地点を原則とする（図－4）。ただし、放流先水域に重要影響水域が存在する場合は、必要に応じて調査地点数を複数とする。



図－4 調査地点数のイメージ

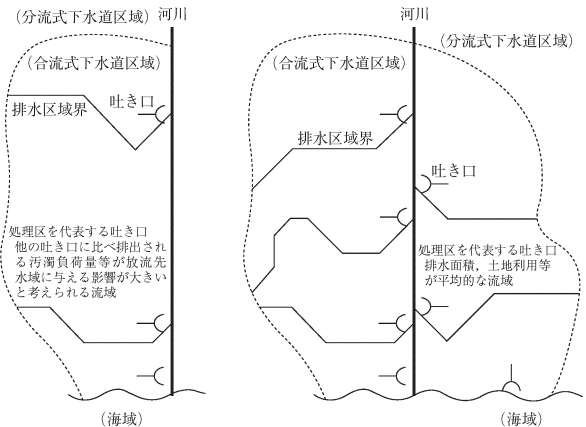
3.4 雨水吐き施設の選定

雨水吐き施設は、想定される放流水質、排水面積や土地利用状況などの地域特性を把握した上で、合理的な合流改善計画の策定、調査対象水域の懸案地点に対する影響度を勘案し、処理区を代表する雨水

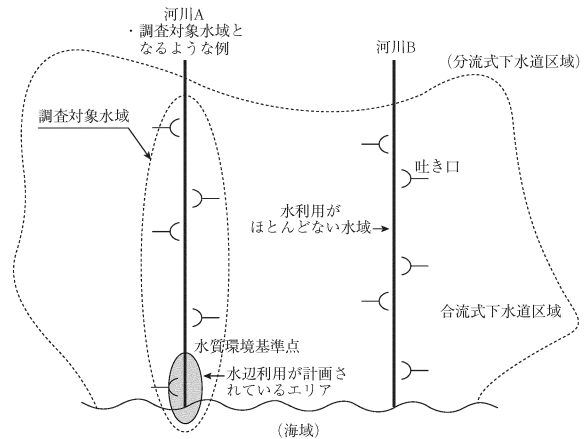
吐き施設を選定する（図－5）。

3.5 放流先水域の選定

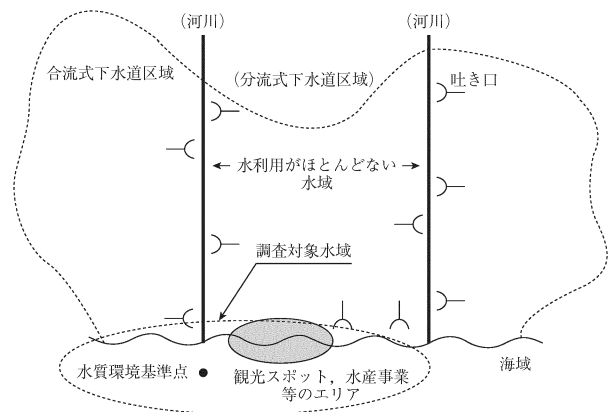
放流先水域は、合流改善計画の策定および施設機能チェックのためのモニタリングを考慮して設定することが重要である。放流先水域に重要影響水域が存在する場合には、重要影響水域を優先的に調査対象水域として選定する（図－6、図－7）。



図－5 処理区を代表する吐き口の選定



図－6 対象水域のイメージ（河川）



図－7 対象水域のイメージ（海域）

3.6 採水位置の選定

採水位置は、採水作業の安全性、効率性、必要資機材の搬入・搬出等の作業性、および流量計測等に適した位置などを考慮して選定する。

3.7 調査種別

モニタリングは雨天時の未処理放流の実態把握を主体とした調査であるが、放流先水域については、未処理下水による影響の程度を捉える必要があるため、晴天時の状況を把握することも重要である。したがって、原則として晴天時調査および雨天時調査の2種類の調査を行うものとする。

3.8 調査回数

合流改善計画におけるシミュレーションでは、モニタリング結果に基づき、より多くの降雨における未処理放流の状況を再現し、当該流域の特性を表現する諸係数の設定が重要である。また、1回の調査だけでは調査データの妥当性を判断できないため、調査は複数回行うことが望ましい。

そこで、調査回数は、雨天時調査については降雨特性の異なる降雨を調査するために3回以上、晴天時調査については既存の水質試験結果等があることを前提に2回を原則とする。

3.9 測定項目

測定項目は、一般項目（気候、気温、水温、外観等）、水質（BOD、COD、SS等）、水理水文（降雨量、流量、水位）、その他（きょう雑物等）に分けられ、モニタリングの目的である、放流実態等の把握、流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集で必要となる項目を放流先水域の種別や水利利用の状況など地域特性を考慮した上で適宜選択する。

未処理下水の放流状況の把握および流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集を目的とした合流下水での標準的な測定項目を表-2に、放流先水域での標準的な測定項目を表-3に示す。

3.10 採水間隔、測定間隔

採水の開始時期、終了時期、および採水期間中の採水間隔は、調査対象毎に設定する。ただし、測定間隔は採水間隔と異なる場合もあるため測定項目毎に設定する。

(1) 合流下水の採水期間および採水間隔

晴天時調査における合流下水の採水期間は、原則

として24時間とする。ただし、採水間隔は1～2時間、採水時刻は正時が望ましい。

雨天時調査における合流下水の採水期間は、原則として雨水吐き施設の地点において降雨が発生した時点から開始し、降雨終了後に水位等が晴天時の状態に戻るまでの期間とする。一般的に雨天時の合流下水の水質は降雨初期に地表面や管内に堆積した汚濁負荷が含まれるため高濃度となり、その後は雨水量の増加で希釈され降雨初期に比べ濃度が低くなる

表-2 合流下水での標準的な測定項目

測定項目		放流先水域の種別		
		河川	湖沼	海域
一般項目	天候*		○	
	気温*		○	
	水温*		○	
	外観(色)*		○	
	臭い*		○	
水質	pH*		○	
	BOD		○	
	COD	○	○	○
	SS		○	
	DO*		○	
	T-N		○	
	T-P		○	
	大腸菌群数		○	
	糞便性大腸菌群数		○	
水理・水文	n-ヘキサン抽出物質	—	—	○
	管内流量(水位、流速)		○	
	放流量(水位等)		○(吐き口)	
	外水位		○	
その他	降雨量		○	
	きょう雑物		○(吐き口)	
	未処理放流時間		○(吐き口)	

凡例 ○：必須とする項目 / ○：地域の実情等に応じ必要となる項目
—：不要な項目 / *：現地測定・観測項目

表-3 放流先水域での標準的な測定項目

測定項目		水域の種別		河川	湖沼	海域
				順流河川	感潮河川	
一般項目	天候*				○	
	気温*				○	
	水温*				○	
	外観(色)*				○	
	臭い*				○	
水質	pH*				○	
	BOD	○	○	○	—	—
	COD	○	○	○	○	○
	SS				○	
	DO*				○	
	T-N				○	
	T-P				○	
	大腸菌群数				○	
	糞便性大腸菌群数				○	
	n-ヘキサン抽出物質	—	—	—	—	○
水理・水文	電気伝導率*	—	○	—	—	○
	水位または潮位				○	
	降雨量				○	

凡例 ○：必須とする項目 / ○：地域の実情等に応じ必要となる項目
—：不要な項目 / *：現地測定・観測項目

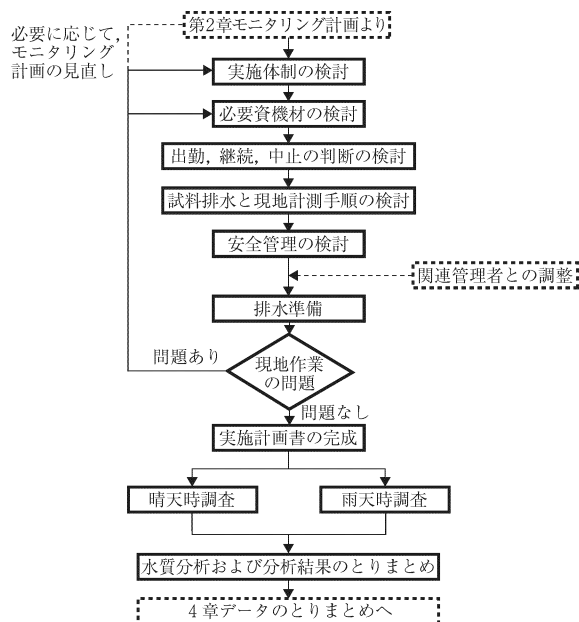
ことから、採水間隔は降雨初期には密に行い、その後、段階的に疎に行うものとする。

(2) 放流先水域の採水期間および採水間隔

放流先水域は、順流河川、感潮河川、湖沼、海域により水質特性が大きく異なることが予想されるため、区分毎に採水間隔と採水期間を設定することとした。特に、感潮河川、湖沼、海域における採水期間は、水域の停滞性を考慮に入れ、降雨終了後、最大で2日までとすることが望ましい。

4. モニタリングの実施

モニタリングの実施にあたっては、現地での作業が効率的かつ安全に行えるように実施計画書を事前に作成する。モニタリング実施の作業フローを、図－8に示す。



図－8 モニタリング実施の作業フロー

5. データのとりまとめ

5.1 放流実態等の把握に関する整理

モニタリング結果（合流下水および放流先水域の状況）と基礎調査情報（降雨量等の自然条件・遮集下水量等の下水道施設条件）を整理し、放流実態等を把握するとともに課題の抽出を行う。

5.2 流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集に関する整理

モニタリング結果および基礎調査情報は、合流改善計画で流出解析モデルのキャリブレーションに利用するために整理し保存する。

6. まとめ

本研究は、平成13年度に実施した13大都市モニタリング調査の手法および結果を踏まえ、モニタリングの計画手法、実施方法、データのとりまとめに関して「合流式下水道改善計画策定のためのモニタリングマニュアル（案）」としてとりまとめたものである。計画策定のためのモニタリングを実施した後、合流改善計画を立案し、対策を速やかに実施することとなる。

今後は、対策施設が適切に機能し、改善目標を達成しているかどうかを判断するために、施設機能の評価方法、改善目標達成の評価方法を明らかにした上で、その評価方法に適した施設機能チェックのためのモニタリング手法を確立することが必要である。

本マニュアル（案）が、合流改善対策を実施しようとする地方公共団体において、モニタリングを実施する際の一助になれば幸いである。

●この研究を行ったのは

研究第二部長
研究第二部主任研究員
研究第二部研究員
研究第二部研究員

高相 恒人
松田 博希
馬上 英機
城田 猛

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長
研究第二部総括主任研究員
研究第二部研究員
研究第二部研究員

高相 恒人
松田 博希
渡邊 健治
城田 猛