

下水道管路内流量・水質調査マニュアル

平成 28 年 2 月

一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会

下水道管路内流量・水質調査技術専門委員会

序

下水道整備の進展にともない、管路の延長は平成 25 年度末現在で、約 46 万 km に達し、下水道事業の主体は、整備から維持管理へと大きく変わろうとしています。この流れは、平成 26 年 7 月に策定された「新下水道ビジョン」や平成 27 年に改正された「下水道法」においてに顕著に表れています。

管路施設を整備する際には、計画下水量や計画雨水量といった設計諸元値に基づき、施設の設計・建設を実施してきましたが、これらのストックを継続的に適切に維持するとともに、浸水対策、合流式下水道改善および不明水対策等により、ストックの質の向上を図るためには、管路内の下水等の流れの実態を把握することが不可欠となります。特に、雨水管理においては、「水位主義」へと大きく転換しようとしています。

流量や水質の計測により実態を把握し、シミュレーション、対策案の検討を行い、対策が実施されますが、計測データは、対策施設の規模決定等に大きく影響しますので、これらの計測を調査目的に応じ、適切に実施することが非常に重要です。例えば、不明水対策のために流量を計測する場合、常時浸入水か雨天時浸入水かにより、計測の場所と測定レンジが異なります。その他の浸水対策、合流式下水道改善でも求めるものの量や精度等はそれぞれ大きく異なってきます。

一方、下水道管路内の下水等の流れは、水理的に極めて複雑なものとなっており、構造的制約や環境面から、計測機器を適切な条件で設置できない場合も多く、データの回収や機器の点検・保守に危険をともなうような状況が多く見受けられます。この他に、堆積物やきょう雑物、油分の付着による計測機器の感度劣化や損傷もあります。このため、管路内の水位や流速等を、確実かつ正確に計測することは思いのほか難しく、データ処理、計測精度に問題のある場合や、肝心の降雨ピーク時におけるデータ異常や欠測などが生じるケースがあります。

これらのことを踏まえ、下水道事業に携わるコンサルタントは、調査目的に応じ、現場条件に則した管路内の計測を適切に行うことに努めてきました。しかしながら、これらの経験やノウハウは、形式知化されていないのが現状でした。このため、求められる要求や課題に対して、膨大なストックを最大限に活用した効率的な事業実施に資することを目的に、当協会内に「下水管路内流量・水質調査技術専門委員会」を設置し、調査計画から計測、計測結果の解釈、活用までの一連の業務を体系的に取りまとめた技術マニュアルを作成することにしました。また、本委員会には、外部委員として、計測に関して豊富な経験と高い知見を有している(公社)日本下水道管路管理業協会から 3 名の委員に参画していただき、より実用的で、内容の充実したマニュアル作成に努めてまいりました。

最後になりますが、本マニュアルが、ストックを活用した事業を立案、実施する技術者に有効に役立てられ、効率的な事業実施に資することで次世代により良い形で下水道資産を遺すことができるよう祈念しています。

平成 28 年 1 月 28 日

一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会
会 長 野 村 喜 一

下水道管路内流量・水質調査技術専門委員会

(内部, 外部別, 氏名五十音順, 敬称略)

委員長	山崎	義広	(株)三水コンサルタント	
委員	押領司	重昭	(株)三水コンサルタント	
	浅井	岳春	オリジナル設計(株)	
	永田	壽也	(株)日水コン	
	二宮	侑基	(株)NJS	
	長谷川	孝	中日本建設コンサルタント(株)	
	松田	淳	(株)日本水工コンサルタント	
	三井	保幸	(株)浪速技研コンサルタント	
	矢嶋	邦憲	(株)東京設計事務所	
	山元	茂	日本水工設計(株)	
	吉田	惠勝	(株)アスコ大東	
	外部委員	伊藤	岩雄	管清工業(株)
		後藤	清	ペンタフ(株)
		中島	宏記	(株)シュア・テクノ・ソリューション.
旧委員	折田	一智		
事務局	幡豆	英哉	(一社)全国上下水道コンサルタント協会	
	倉持	嘉徳	(株)三水コンサルタント	

目次

第1章 総論	
第1節 背景	1
第2節 目的	2
第3節 適用範囲	3
第2章 流量・水質調査手法概論	
第1節 流量調査概論	6
§ 2.1.1 調査方法における留意点	6
§ 2.1.2 流量計測方法の種類と概要	8
§ 2.1.3 計測器の測定原理, 機器構成, および精度	14
§ 2.1.4 面速式流量計測法	20
§ 2.1.5 フリューム式流量計測法	24
§ 2.1.6 せき式流量計測法	31
§ 2.1.7 直接計測法	36
§ 2.1.8 計測器の取り扱い	38
§ 2.1.9 データ整理における留意点	40
§ 2.1.10 降雨量調査	43
第2節 水質調査概論	46
§ 2.2.1 調査方法の選定における留意点	46
§ 2.2.2 水質調査方法	47
§ 2.2.3 直接採水	48
§ 2.2.4 自動採水器（オートサンプラ）による採水	49
§ 2.2.5 機器による連続測定	51
§ 2.2.6 試料の保管・運搬・分析	52
第3章 目的別調査	
第1節 合流式下水道改善計画のための調査	54
§ 3.1.1 調査の目的	54
§ 3.1.2 調査項目	57
§ 3.1.3 調査計画および実施計画	59
§ 3.1.4 測定の方法	63
§ 3.1.5 調査地点の選定	66
§ 3.1.6 データの取り扱い	72
第2節 浸水対策および雨水管理計画のための調査	78
§ 3.2.1 調査の目的	78
§ 3.2.2 調査項目	79
§ 3.2.3 調査計画および実施計画	80
§ 3.2.4 測定の方法	86
§ 3.2.5 調査地点の選定	88

§ 3.2.6	データの整理	91
第3節	不明水対策のための調査	93
§ 3.3.1	調査の目的	93
§ 3.3.2	調査項目	96
§ 3.3.3	実施計画	98
§ 3.3.4	測定の方法	102
§ 3.3.5	調査地点の選定	104
§ 3.3.6	データの整理	105
第4章	その他の調査	
第1節	管路内流量・水質調査における近年の取り組み	108
第2節	未利用下水熱の利活用に関する調査	110
§ 4.2.1	調査目的および調査項目	110
§ 4.2.2	調査地点の選定	111
§ 4.2.3	管路内下水の熱利活用に関する留意点	112
第3節	管更生に関する調査	113
§ 4.3.1	調査概要および目的	113
§ 4.3.2	調査実施時の留意事項	113
第4節	電気伝導度などの変化に着目した不明水スクリーニング調査	115
§ 4.4.1	技術概要	115
§ 4.4.2	電気伝導度などの測定	115
§ 4.4.3	スクリーニング（絞込み）の評価例	116
第5章	現場作業と安全管理等	
第1節	基本的考え方	119
第2節	事前準備	119
第3節	管路内調査における現場作業と安全管理	122
§ 5.3.1	気象条件の確認	122
§ 5.3.2	管路内大気条件の確認	123
§ 5.3.3	作業中止および再開の基準	126
§ 5.3.4	退避計画	127
§ 5.3.5	交通安全管理	128
第4節	安全対策一般	129
第6章	関連法規	131

参考資料-1 調査機器及び設置位置の選定例

参考資料-2 流量計の設置例

第1章 総論

第1節 背景

下水道管路内の水位，流速および水質に関する調査（以下，「流量・水質調査」という）は，雨水管理計画，浸水対策，および合流式下水道改善計画等の検討に資するために必要不可欠なものである。しかし，調査目的と計測方法等は不可分な関係にあるが，一体的な技術として体系化されていないこともあり，多くの課題を抱えている。調査目的に応じた流量・水質調査に関して一連の技術マニュアル等の整備が求められている。

【解説】

この度策定された，新下水道ビジョン（平成26年6月15日国土交通省）における雨水管理のスマート化の中期目標のひとつに，既存ストックの評価・活用の実施があげられている。例えば，浸水対策を実施する場合，既存ストックを評価したうえで，機能改善や能力向上等を図ることを検討・実施することになる。これらに一連の作業において，流量・水質調査によるモニタリングが基礎となる。

また，合流改善計画を策定する際には，流量・水質等のモニタリング実施が必須となっている。下水道事業経営に大きな影響を及ぼす不明水についても，その対策の基本となるデータは，流量・水質であり，この他にも様々な場面で流量・水質調査が実施されている。

しかしながら，下水道管路においては，流量・水質の変動が大きく，かつ，激しいことから，満管・非満管，射流・常流，圧力状態，下流からの背水等の多様な水理現象が生じている。さらに，マンホールや管きよ内では，比較的狭隘で汚れている環境下であり，計測機器を適正な箇所に設置することが難しい場合も多く，堆積物やきょう雑物，油分の付着による計測機器の感度低下や損傷もある。

このように管路内における流量・水質計測は，非常に厳しい環境のなかで実施されるが，効果的かつ効率的な浸水対策等の計画策定において，流量・水質調査の成果は，品質確保のうえで，極めて重要である。このため，目的に応じて適切に流量・水質調査を実施するためには，下記の技術的要件が求められる。

- ① 調査目的や流出解析モデル構築の考え方を踏まえて，現場環境を考慮した調査地点，計測方法，設置する機器，計測頻度等を適切に設定すること
- ② 流量調査における管内水理を踏まえた計測機器の選定に関する技術的知見および知識
- ③ 水質調査における放流（排水）水域への影響を考慮した調査計画の策定
- ④ 流量と水質について，整合が図られた一体的な調査計画の策定
- ⑤ 降雨状況に対応かつ連動した多岐かつ複雑な条件に対する調査計画の策定
- ⑥ 計測したデータの処理および計測結果の妥当性を検証・判断できる技術力

しかしながら、上記に関する技術基準類については、部分的には整備されているが、調査計画から計測まで、ならびに実態を踏まえた結果のデータ整理・分析・解釈の業務に関して、一連の技術として体系化されていないのが実情である。このことから、これらの技術的要求事項に応えるため、体系化された技術マニュアルが求められている。

第2節 目的

本マニュアルでは、下水道管路内の流量・水質調査を必要とする「第1章第3節 適用範囲」に示す検討業務における調査の目的と活用方法を踏まえた計測手法の適切な選定とともに、計測箇所および使用機器の選定やデータの取り扱い方法等を体系的に示すことを目的としている。

【解説】

下水道管路内での流量・水質調査では、調査目的（不明水対策・合流改善対策・浸水対策等）により計測手法（適正な計測箇所・必要な精度・データ等）が異なる。

現在、調査目的に応じた計画策定指針・マニュアル等が整備されている。

例えば、「不明水対策の手引き」では「2.3.2 ブロック別（系統別）概略実態把握」の項において参考として流量計測上の注意点や流量計測方法の比較表が記載されている。ここでは求められる管路内での流量計の選定や設置方法に関する概要が示されている。

また、合流式下水道改善対策に関しては、「合流式下水道改善対策指針と解説」が日本下水道協会より2002年に発刊されており、さらに「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）」が2003年に下水道新技術推進機構より発刊されている。これらは当時の知見に基づくものであり、その後、適用された業務、特に下水道管路内での流量・水質調査に関して課題が散見される状況となっている。

その他の指針・マニュアル等においても同様のことが言える。

本マニュアルにおいて、これらの現状を踏まえて、調査目的に応じた「計測手法の選定」、「計測箇所および使用機器の選定」、および「データの取り扱い方法」を、具体的に示すことを目的とする。

第3節 適用範囲

本マニュアルの適用範囲は、以下の項目に関する調査、解析、計画等の策定、事後評価を行うための流量・水質調査を仮設の計器により実施する場合とする。

- (1) 合流式下水道改善計画
- (2) 浸水対策および雨水管理計画
- (3) 不明水対策
- (4) その他

【解説】

(1) 合流式下水道改善計画

合流式下水道は、雨水および汚水を速やかに排除し、水洗化の普及促進と浸水対策を同時に進めることができるという点において優れたシステムである。合流式下水道は、分流式下水道に比べ整備費用が安く抑えられ早期に整備が可能であったため、我が国における下水道整備の初期に、大都市を中心に多くの自治体で採用された。

しかし、合流式下水道では、その機能上、降雨時に汚水の一部が処理施設を經由せずに河川等の公共用水域に放流されることがある。このことは、衛生、水質汚濁防止、景観の観点からみて好ましくない事象であり、白色固形物（オイルボール）が東京湾に漂着したことが新聞に掲載されるなど社会問題として取り上げられた。

この問題を解決するために、平成15年9月には下水道法施行令の改正（平成16年4月施行）により、早急に合流式下水道改善対策を進めることとなった。

なお、合流式下水道改善対策の詳細等については、「合流式下水道改善対策指針と解説」（2002年 日本下水道協会）および「効率的な合流式下水道緊急改善計画策定の手引き(案)」（平成20年 国土交通省都市・地域整備局下水道部）を参照のこと。

合流式下水道改善対策においては、効果的な計画の策定および実施した対策の事後評価を行うため、未処理放流水等の流出状況や放流先水域の実態を把握することが必要となる。また、対策後の継続的な平均放流水質の把握が義務付けられている。

上記の①計画策定時、②事後評価時、③雨天時放流水質基準についてのモニタリングにおける、管路内での流量・水質調査を実施する場合等に、本マニュアルを適用する。

(2) 浸水対策および雨水管理計画

近年、市街化の発展や、計画の想定を上回る降雨の頻発化による都市域の浸水頻度が増加するとともに、その浸水被害が増大しており、早急な浸水対策が望まれている。従来の想定を超える雨水に対し、雨水排水施設の見直しが必要となっており、このために既存施設の的確な能力評価を行い、さらに適切かつ効率的な雨水排水施設等の整備が求められている。

従来、浸水対策および雨水排除計画の策定は、合理式等による雨水流出ピーク量

に対応することを標準としてきた。しかし、上記のような社会情勢を踏まえ、現在は、既存施設を活用した効率的な計画策定を目的とし、流出解析シミュレーションが活用されている。

流出解析シミュレーションは、雨水流出量および浸水状況の時間的・空間的な分布を把握することにより、浸水発生メカニズムを明らかにし、この対策として重点対策地区の設定や管きょおよびポンプ場の整備効果等の検討に用いられている。

流出解析シミュレーションにおける流出解析モデルの妥当性の評価手法としてキャリブレーションがあげられる。キャリブレーションとは、「流出解析モデル利活用マニュアル」（2006年3月 下水道新技術推進機構）の中で、流域特性を踏まえて、解析を行うためのパラメータを設定すること、および、パラメータの確認のため、観測地点における実測値とシミュレーション値の比較を行うこと¹⁾と定義されている。この流出解析モデルのキャリブレーションには、雨天時における下水道施設の実態、すなわち管路内での水位・流量の把握が必要である。この時、調査の対象となる流量規模は中流量から大流量であり、管内水位は満管あるいは圧力状態となることが想定される。

上記のような管路内での流量調査を実施する場合等に、本マニュアルを適用する。

(3) 不明水対策

不明水とは、流入下水量のうち、下水道管理者が下水道料金等で把握することが可能な水量以外の下水水量である。²⁾

不明水の増加は、維持管理費の増大等の様々な問題を引き起こしている。不明水は、管路への浸入経路、発生原因の違いから雨天時浸入水、地下水浸入水、その他不明水の3つに分類される。いずれの不明水においても、発生原因が多種多様であり、また浸入箇所が広範囲に及ぶことが多いため、不明水の実態を全体的かつ正確に把握することは容易ではない。

このため、不明水対策では、基礎調査、概略実態調査、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。

なお、不明水対策の詳細については、「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 下水道新技術推進機構）、および「不明水対策の手引き」（平成20年3月 本協会発行）を参照のこと。

不明水対策のための調査のうち、不明水発生領域の絞込み（概略実態調査）、不明水対策事業効果の定量化、分流式下水道雨天時増水対策（緊急対策）のための流況調査（流出解析モデルのキャリブレーションデータ）における、管路内での流量・水質調査を実施する場合等に、本マニュアルを適用する。

(4) その他

近年、下水道資源の利活用やストックマネジメントおよび新技術として以下のものがあげられており、これらに関わる管路内での流量・水質調査を実施する場合等に、本マニュアルを適用する。

- ① 未利用下水熱の利活用に関する調査

- ② 管更生に関する調査
- ③ 電気伝導度等の変化に着目した不明水スクリーニング調査

[参考文献]

- 1) 「流出解析モデル利活用マニュアル（雨水対策における流出解析モデルの運用手引き）」（公益財団法人 下水道新技術推進機構）2006年3月
- 2) 「不明水の手引き」（一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会）平成20年3月

第2章 流量・水質調査手法概論

第1節 流量調査概論

§ 2.1.1 流量調査における留意点

流量調査にあたっては、調査目的と計画（第3章、第4章参照）に適合する調査結果を得るために、必ず下水道台帳および現地確認を行い、調査位置の選定、調査方法や調査機器設置の適合判断を行う必要がある。あわせて作業の安全性を確保するための確認を行う必要がある。このことから以下の点について留意すること。

- (1) 調査目的および調査位置の確認
- (2) 調査方法および調査機器の選定と有効性
- (3) 管きよの設置状況と管きよ内の水理状況
- (4) マンホールおよび管きよ内の状況
- (5) 強制排水施設等の影響
- (6) 調査精度向上のための留意点

【解説】

本マニュアルに示す流量調査は、下水道管路施設を対象とした仮設の流量計による連続計測と直接計測に適用される。

(1) 調査目的および調査位置の確認

調査にあたっては、第3章第1節 合流式下水道のための調査、第2節 浸水対策および雨水管理計画のための調査、第3節 不明水対策のための調査、および第4章 その他の調査等に示す調査目的と計画内容の確認が必要である。さらに、目的を満足するための調査項目（水質、流量、降雨量、汚水、雨水、合流）と調査計画（位置、降雨回数と降雨強度、時期と期間、流量の計測範囲、データの時系列単位、地下水位、潮位等）を基本として、事前に下水道台帳および現地確認を行い、調査機器設置が可能な調査位置、調査方法、調査項目、調査期間を選定する必要がある。

なお、調査位置は、調査目的に適合する調査結果を得るために計画されるが、作業員の安全の確保を優先することから、現地確認にもとづく調査位置の変更検討が必要になる場合もある。

(2) 調査方法および調査機器の選定と有効性

調査目的と調査対象（施設規模、流速、水量、水深、作業条件）に適合する調査方法と調査機器の選定は、データの信頼性を高めるために重要である。

しかし、個々の調査方法には、適用範囲（例えば小流量に適したものや大流量に適したものなど）があり、これに適合しない場合は、データの信頼性が低下する。このことから調査対象流量の変動幅が大きいと予測される場合は、利用目的に対するデータの

有効性を理解し、どの変動範囲に適合する調査方法とするかの判断も必要となる。調査目的によって、流量の変動幅全ての計測精度が求められる場合は、複数調査の検討が必要になることもある。

(3) 管きよの布設状況と管きよ内の水理状況

下水道台帳や流量計算書等による事前確認と、現場の流水状況との照合を行い、調査箇所の管きよの設置状況と管きよ内の水理状況を確認する。

確認項目としては、管きよ（管径・管勾配・接合状況）、水理（流速・流量・実流水深・常流・射流）、その他（下流からの背水の有無・上昇水位の水跡・大口径管きよの小流量）が挙げられる。さらに雨天時水量等の最大流量や圧力状態の有無についての確認や予測も必要となる。

作業員の安全を確保するためにも、水量や水深の確認が必要である。

(4) マンホールおよび管きよ内の状況

調査対象箇所のマンホール内および管きよ内については、構造と作業スペース、足掛け金物の腐食・破損状況、蓋の固着等の内部状況や、地上交通状況について、現地確認を実施し、機器設置時・巡回点検時・撤去作業時の作業性および安全性を確認する。

特に、転落事故の主要因となる足掛け金物の有無や、腐食・破損が確認された場合は、安全帯の装着はもとより、梯子や縄梯子による昇降、ハーネス着用とクレーン付トラック等の昇降装置による昇降等が必要になる。この場合も、昇降梯子等の不安定性や、複数の作業員の緊急避難への支障等から、作業員の安全性が確保できない場合は、調査位置の変更検討が必要になる。

(5) 強制排水施設の影響

調査位置の上流側に強制排水施設等（ビルピット、マンホールポンプ場、中継ポンプ場、伏せ越し）がある場合は、急激な流量や水位の変動により、調査目的に対する良好な計測結果が得られなくなることや、嫌気環境下の排水による硫化水素濃度の上昇等により、作業員の安全性が損なわれる恐れがある。また、下流側に強制排水施設等があり、調査位置まで背水影響が予想される場合は、計測不能になることもある。

やむなく調査する場合は、事前の流量変動予測にもとづいた調査方法の選定が必要である。得られた測定結果は、流量の時間変動が発生することで、特に不明水調査の流量等の時系列特性値を定量できなくなる。したがって、調査結果のデータ整理時には、使用目的に対するデータの有効性について理解し、評価を加える必要がある。また、施設の概要、施設規模・能力および運転管理状況を確認し、急激な増水対策や換気設備対策等について、機器設置時・巡回点検時・撤去時作業の安全を確保しなければならない。

(6) 調査精度向上のための留意点

調査精度を向上させるためには、調査目的、調査場所の確認と流量パターンを予測し、適合する調査方法を選定することが重要である。

しかしながら、調査結果には必ず機器誤差、設置誤差、および流況による誤差をともなうことを認識しなければならない。

したがって、複数地点を同時に調査する場合、流量特性が近似していれば同一種類の調査法が望ましい。また、仮設流量調査で使用する計測器の選定は、フルスケール精度（§2.1.3(4)参照）で精度管理することになるため、調査地点において想定される計測最大値に対して、計測器の計測最大値（フルスケール値）の近い機器から選定することが望ましい。

このほかに、調査目的に適合した計測範囲からの逸脱、ポンプ排水施設等の影響、現場の水理状況や物理的制約下における設置による誤差、上下流差分計算による区間量計算誤差等、定置型の流量計に比べて、計測精度を低下させる要因が多岐にわたることを理解したうえで、個々の流量計測法（§2.1.4～§2.1.7参照）における留意点を参考にし、調査精度の向上を図る必要がある。

§ 2.1.2 流量計測方法の種類と概要

管路内での流量調査には、以下の計測法があり、それぞれが有する特徴と性能に応じて選定する。

- (1) 面速式流量計測法（超音波流速計等）
- (2) フリューム式流量計測法（パーシャル、パーマボーラス等）
- (3) せき式流量計測法（三角せき、四角せき、全幅せき）
- (4) 直接計測法（容積・時間法、フリユーム法、水深・流速法）

【解説】

管路内での流量計測法は、連続計測と直接(瞬時)計測に大別される。

表 2.1.1 に連続流量計測法、表 2.1.2 に有効管径別計測法、表 2.1.3 に直接(瞬時)計測法の分類を示す。これらの計測法では、基本的には水位や流速を測定し、演算処理をすることにより流量を得る。

演算処理の方法は、面速式流量計測法のように計測水位から算出する流下断面積に計測流速を乗じて流量を求める乗算型と、フリユーム式計測法やせき式流量計測法等のように計測水位と流量の関係式が規定されている水位演算型に分類される。

表 2.1.1 主な連続流量計測法

流量計測法		計測器の構成 (演算方式の分類)	主な用途	推奨される 流量計測範囲
面速式		水位・流速計 (乗算型流量計)	水路・管路流下量	中～大
フリューム式	パーシャル	フリューム+水位計 (水位演算型流量計)	処理場流入量	小～大
	パーマボーラス		管路流下量	小～中
せき式	三角	せき+水位計 (水位演算型流量計)	処理場・事業所排水 雨水吐・管路流下量	小
	四角			小～中
	全幅			中

表 2.1.2 有効管径別計測法

有効な管きよ内径 (mm)	面速式流量計測法	フリューム式流量計測法
150～450	△	○
450～800	○	○
800以上	○	△

※有効管径とは、流速 $\leq 1.5\text{m/s}$ 満管流量に相当する管径を示す。
 ※面速式流量計測法は、一定水深（参考 3cm～5cm）以上の流量計測とする。
 ※○：採用例多い，△：採用例少ない

表 2.1.3 直接(瞬時)計測法

流量計測法	計測器の構成	推奨される 流量計測範囲
容積・時間法	容器+ストップウォッチ	微小～小
フリューム法	フリューム+金尺	小
水深・流速法	流速計+金尺	中～大

(1) 面速式流量計測法

面速式流量計測法は、水位計と流速計を一体に組み合わせた流量計測法であり、計測水位から算出する流下断面積（流積）に流速計により検出する平均流速を乗じて、流量を求める乗算型流量計測法である。詳細については § 2.1.4 を参照のこと。また、図 2.1.1 に面速式流量計の設置例を示す。

この流量計は、管路・水路の形状や規模を問わず設置が比較的容易であり、一時的に圧力状態になる流量計測にも対応できるので、小流量を対象とした計測や小口径の管きよでの計測を除き、適用範囲は広い。また、矩形水路にも適用可能であるが、水路幅が大きい場合は、偏流を考慮し、複数台による計測が望ましい。

流速計は、水中型の超音波式流速計が一般的である。超音波式流速計は、流速検出器の性能が向上し、特定ゾーンや多方向の面流速を計測し、平均流速を演算することができる機器が増えている。

超音波式流速計に組み合わされる水位計には、水中型の超音波式水位計，あるいは圧力式水位計がある。

圧力式水位計は，ゲージ圧と水位の相関を利用した検出方式であり，超音波式は，センサ面からの発信波と水面に反射して受信するまでの時間が距離に比例することを利用した検出方式である。

水中型の面速式流量計測法は，付着や堆積，汚損の影響による誤差を生じやすく，維持管理頻度が高くなる。

その他，定置流量計および仮設流量計として 2012 年に米国で開発された空中型のレーザ式流量計もある。国内の実績例はまだ少ないが，国外での販売実績は 200 台以上に達し，実績の増えている計測法である。空中に設置したセンサ本体からレーザを照射する方式で流速を計測し，非接触の超音波式水位計により水位を計測する。このため，レーザ式流量計は，流量計の水中設置が困難な状況に適しており維持管理性は良いが，泡立ちやスカムの影響を受けやすい特徴を有している。

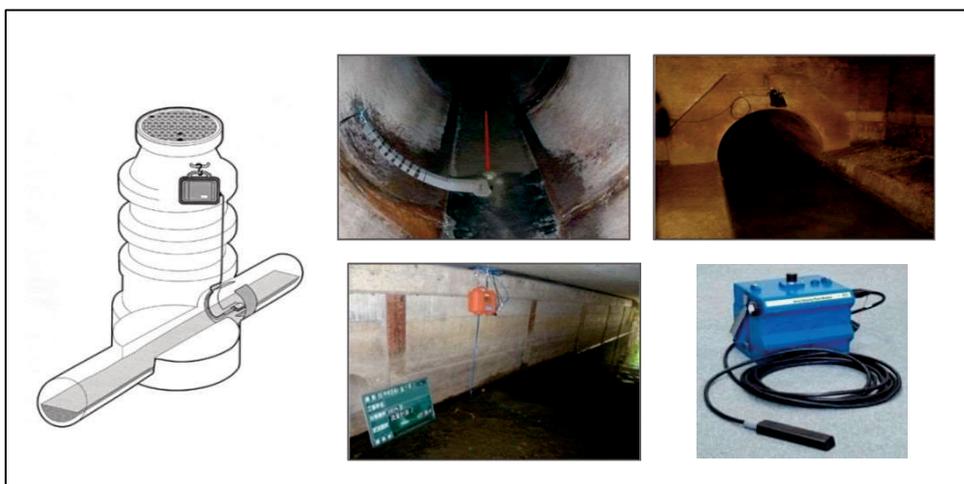


図 2.1.1 面速式流量計の設置例

(2) フリューム式流量計測法

フリューム式流量計測法は，フリューム（計測用水路）と水位計を組合せた流量計測法であり，計測水位と流量の関係式が規定されている水位演算型流量計測法である。詳細については § 2.1.5 を参照のこと。

特徴としては，フリュームによるせき上げが小さく，上流側の汚物堆積や背水影響が少ない。一般的なフリュームには，図 2.1.2 に示すようにパーシャルフリュームとパーマポラスフリューム（PBF）があり，用途により使い分ける。いずれも常流区間にフリュームを設置し，強制的に限界流と射流を形成させることでフリューム内に流況が安定する常流区間を形成し，その水深を計測して，規定の水位流量式から流量を算出する。

パーマポラスフリュームは，下水道の管路内（円形管内径 800mm 以下）用に開発されたものであり，小流量から中流量を対象とした計測に採用される。JIS において規格化されていないが，1936 年にアメリカで開発されて以来，多くの使用実績がある。

パーシャルフリュームは、JIS B7553 に規定されており、主に処理場流入きよ(矩形きよ)等の、定置式流量計としての採用例が多い。

その他に、近年、取付けマス用に開発された卵形フリューム式流量計がある。

本マニュアルでは、仮設による管路内調査の計測法として、パーマポーラスフリューム (PBF) について記述する。図 2.1.3 に設置例を示す。

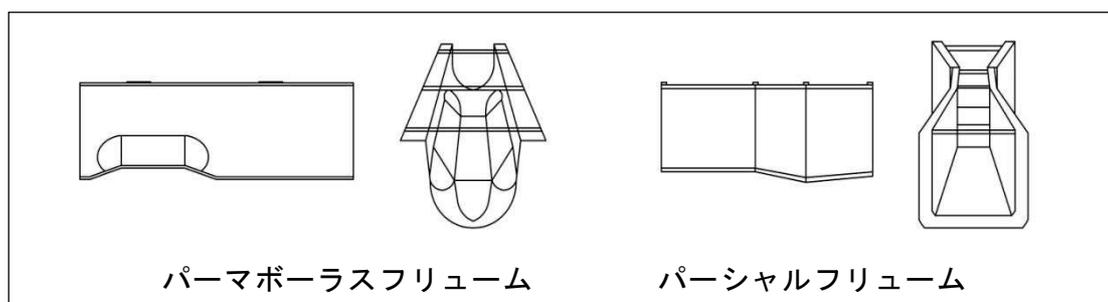


図 2.1.2 フリュームの種類

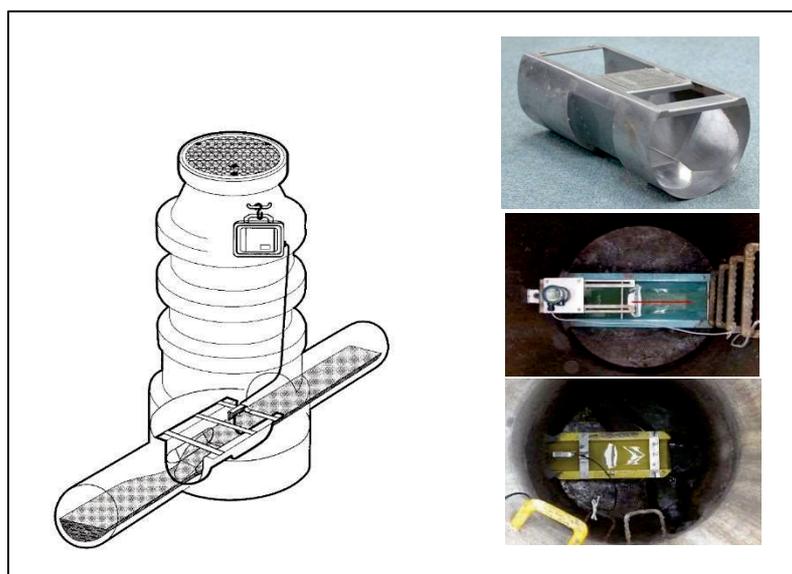


図 2.1.3 パーマポーラスフリューム式流量計の設置例

(3) せき式流量計測法

せき式流量計測法は、管路内マンホール部に仮設したせきと、水位計を組合せた流量計測法であり、せきの上流側で測定する越流水深から流量を算出する。詳細については §2.1.6 を参照のこと。

せき板の切欠き形状により、直角三角せき、四角せき、全幅せきに分類され、JISB8302 に越流水深と流量の関係式が規定されている。図 2.1.4 にせき板の構造、図 2.1.5 にせき式流量計測法の設置例を示す。小流量を計測する際の方法として、60 度三角せきが参考として JISB8302 の付属書に示されている。三角せきは、切欠きが狭いのできよう雑物や汚物等により水位上昇することがある。そのため、三角せきを採用する場合は、特異データの有無や巡回点検時の切欠き付近の状態に留意する。

せき式流量計測法は、管路内の流れを阻害するとともに、汚泥堆積の可能性もあり、安易な採用は避けなければならない。雨天時流量の把握調査に代表される、大流量を対象とした「合流式下水道改善のための調査」や、「浸水対策および雨水管理計画のための調査」では採用すべきではない。一方、小流量や中流量を対象とする「不明水対策のための調査」では、他の流量計測法が適合困難な現場条件において採用されている。

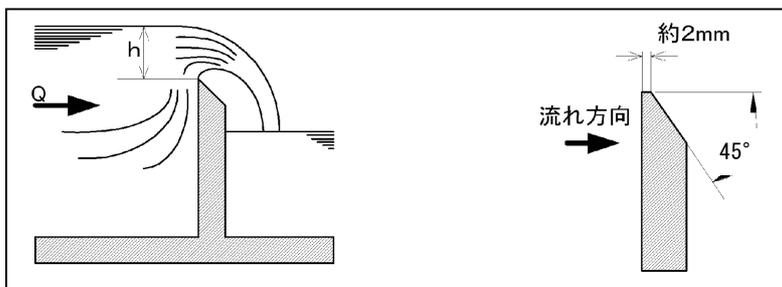


図 2.1.4 せき板の構造¹⁾

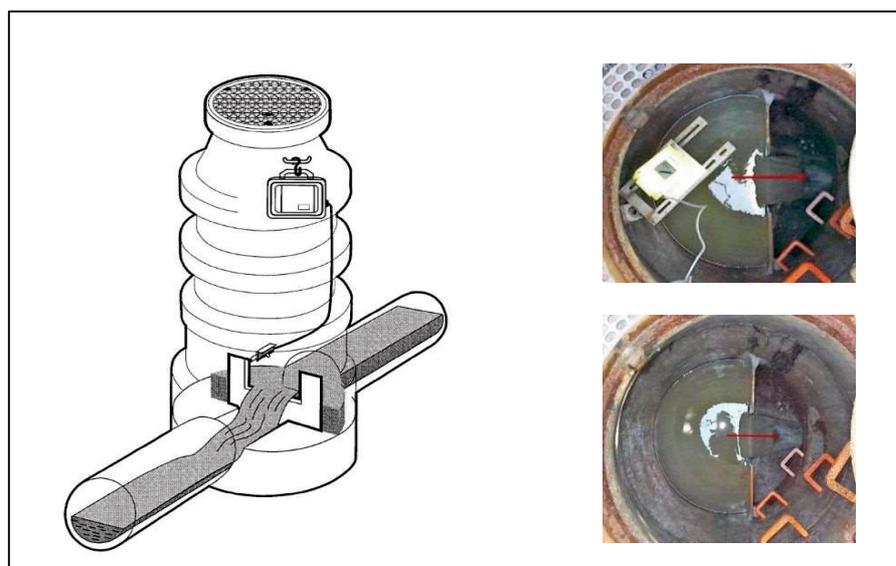


図 2.1.5 せき式流量計の設置例

(4) 直接計測法

直接計測法は、連続計測の必要性がなく、現地で直接計測することにより、瞬時的な値が必要な場合の流量計測方法であり、図2.1.6に調査方法および使用機材例を示す。

具体的な採用例としては、不明水対策の調査における常時浸入水量や海水浸入水量の分布追跡調査、常時浸入水量定量のための負荷量調査、事業排水の負荷量調査等がある。

1) 容積・時間法

容積・時間法は、必要に応じて管路内に簡易的なせき等を設け、計量器（メスシリンダ等）で直接計測する方法である。ストップウォッチ等を使用し、計量値を時間流量に換算する方法であり、少流量を対象とした計測に適している。

2) フリューム（パーマボーラスフリューム（PBF））法

パーマボーラスフリューム法は、管路内にフリュームを設置し、金尺等によりフリューム上流側の実水深を測定して流量換算する方法であり、少流量を対象とした計測に適している。

3) 水深・流速法

水深・流速法は、管きょ部において金尺等とポータブル流速計（電磁流速計ほか）で水深と流速を測定し、水深から算定した流下断面積に流速を乗ずることで、流量を算出する方法であり、中流量から大流量を対象とした計測に適している。

流速は、管きょ断面の大きさに応じて、複数の測定値から平均流速を求めることが望ましい。

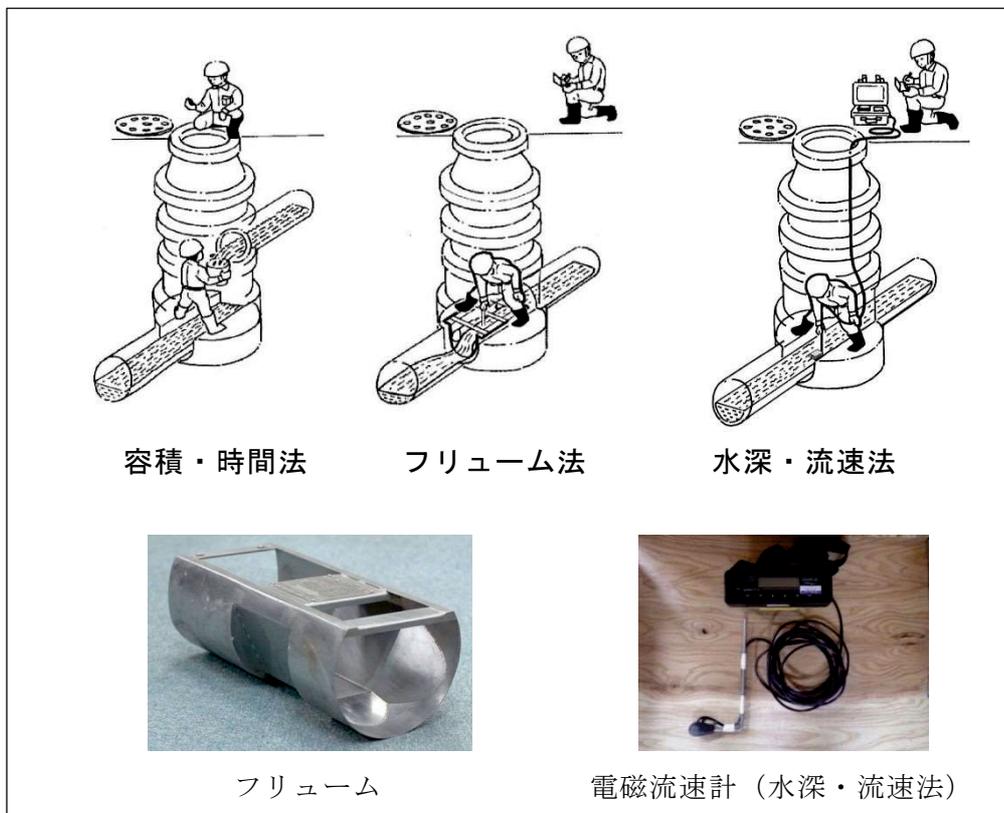


図 2.1.6 直接計測法の例と使用機材

§ 2.1.3 計測器の測定原理，機器構成，および精度

流量調査で使用する計測器には，水位計と流速計があり，計測原理により以下のように分類できる。これらの計測器の測定原理や機器構成の特徴を理解し，誤差の発生や故障を引き起こす可能性について留意し，適切な設置や精度管理を行わなければならない。

(1) 水位計

- 1) 超音波式（空中型・水中型）
- 2) 圧力式
- 3) その他

(2) 流速計

- 1) 超音波式
- 2) 電磁式
- 3) レーザ式

【解説】

(1) 水位計

1) 超音波式水位計（空中型・水中型）

超音波式水位計には，空中型と水中型がある。ともにセンサ面から水面に向かって超音波を発信し，反射波を受信して発受信の時間差から距離（水位）を算出する方式である。

空中型は，水面とは非接触で維持管理性に優れ，長期の連続計測に適していることから，水中式に比べて使用頻度が高い。反面，センサ面付近の障害物，水面の泡立ち，スカム，波立ち，蒸気によるセンサ面の湿潤，急激な温度変化等の影響により，誤差を生じる場合がある。空中式の超音波式水位計を写 2.1.1 に示す。

水中型は，汚泥の付着や堆積によるセンサ自体の汚損の影響を受けやすく，空中型に比べ維持管理頻度が高くなる。

空中型・水中型ともに測定範囲は，機種により異なる（例えば 0mm～500mm，0mm～5,000mm）ため，想定できる水位変動の範囲を把握し，適合機種を選定する。



写 2.1.1 超音波式水位計（空中型）

2) 圧力式水位計

圧力式水位計は、水中型での水位計であり、その測定原理は、ゲージ圧(絶対圧と大気圧との差圧)から水深を算出する方式である。圧力式水位計を写 2.1.2 に示す。

超音波式水位計に比べて、水面の泡立ちやスカムの影響を受けにくいのが、センサ周囲の流れが大きい場合は、動圧の影響から測定値の変動が大きくなることや、堆積物等の影響を受けやすい。なお、面速式流量計に組み合わされる圧力式水位計は、動圧の影響を受けにくいように、取り付け位置の工夫がなされている。

圧力式水位計の測定範囲は、機種により異なる(例えば 0mm～500mm, 0mm～5,000mm)ため、想定できる水位変動の範囲を把握し、適合機種を選定する。

通常、大気圧補正機能を有しているものが多いが、センサを管路内、データログを管路外に設置する場合は、管路内の気圧と大気圧との差異により、誤差が生じる場合がある。また、高湿度や冠水するようなマンホール等では、大気圧補正管の目詰まりによる計測不良や故障が発生することがある。



写 2.1.2 圧力式水位計

3) その他

特殊な条件下で使用される水位計として、空中型の触針式とレーダ(マイクロ波)式がある。

触針式水位計は、触針が液面の通電性を検知することにより液面の位置を感知するものであり、ピンポイント計測に適している。

レーダ(マイクロ波)式水位計の測定原理は、マイクロ波を水面に発信し、受信反射波との時間差から水位を算出する方式である。超音波式に比べて、長距離計測が可能であり、水面の泡立ちやスカムや高温多湿の影響を受けにくいのが、国内電波法の規制を受けない微弱電波であることや、使用条件についての仕様確認が必要である。

(2) 流速計

1) 超音波式流速計

超音波式流速計の測定原理は、ドップラー効果の原理を応用したもので、センサからの発信超音波と、水中の浮遊物質や気泡に反射した受信超音波との差分周波数が、流速に比例することを利用した方式である。平均流速を計測するために複数の発信センサを持つものや、特定面の流速分布を計測できるものがある。

写 2.1.3 に超音波式流速計を示す。面速式流量計のように水位計と流速計が一体になっているタイプも多い。

図 2.1.7 に示すように、センサ面から一定距離は不感域を持つため、斜め上方に向けた受発信面の高さプラス不感域の範囲は計測不能域になる。したがって、管底から一定以上の水深がないと計測ができない。このような理由から、水中型の超音波流速計は、小流量や小口径管の流量計測には適さない。計測に必要な水深は、機種により 3cm～5cm 程度とされているが、調査の際には、機器の仕様を確認する必要がある。

また、水中型のため、堆積の影響を受けやすい。降雨後や定期的な点検・管理が必要である。



写 2.1.3 超音波式流速計

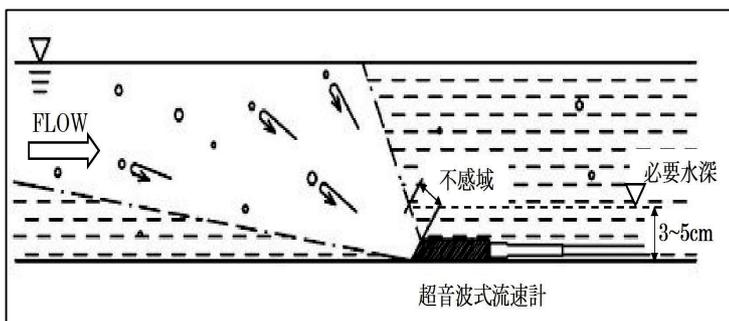


図 2.1.7 超音波式流速計の不感域と必要水深

2) 電磁式流速計

電磁式流速計の測定原理は、磁界を発生するセンサの周囲を通過する水(伝導体)の流速に比例して、起電力が生じる法則(ファラデーの右手法則)を利用し、流速を測定する方式である。センサ付近の点流速を測る方式であるため、平均流速を算出するには、複数点の計測が必要となる。写 2.1.4 に電磁流速計を示す。

長期間の計測ではセンサにスケールが付着して精度低下を引き起こすため、下水の流速測定に採用する場合は、瞬時の流速を測定する直接計測に用いられる。



写 2.1.4 電磁式流速計

3) レーザ式流速計

レーザ式流速計の測定原理は、ドップラー効果の原理を応用したもので、発信レーザ波と、水中の焦点位置にある粒子に反射した受信レーザ波の差分周波数が、流速に比例することを利用して流速を測定する方式である。任意の角度と深さの焦点位置から反射波を検知し、流速群として測定できる。また、この流速計には超音波式水位計が

組み合わされているものが一般的である。

レーザ式流速計は、図 2.1.8 に示すように空中型であるため維持管理性に優れ、流れを乱さないためセンサが原因となる誤差は生じにくい。水中型センサの設置が困難な高水位で大規模な水路や、高流速や低水位での流速計測も可能であるが、泡立ちやスカムの影響を受けやすい。

また、レーザ照射による本方式は、「消費生活用製品安全法」により、流下水量の計測目的に限定されている。

この流速計は、原理的にも優れた特徴を有しており、国内での使用実績が増加している。

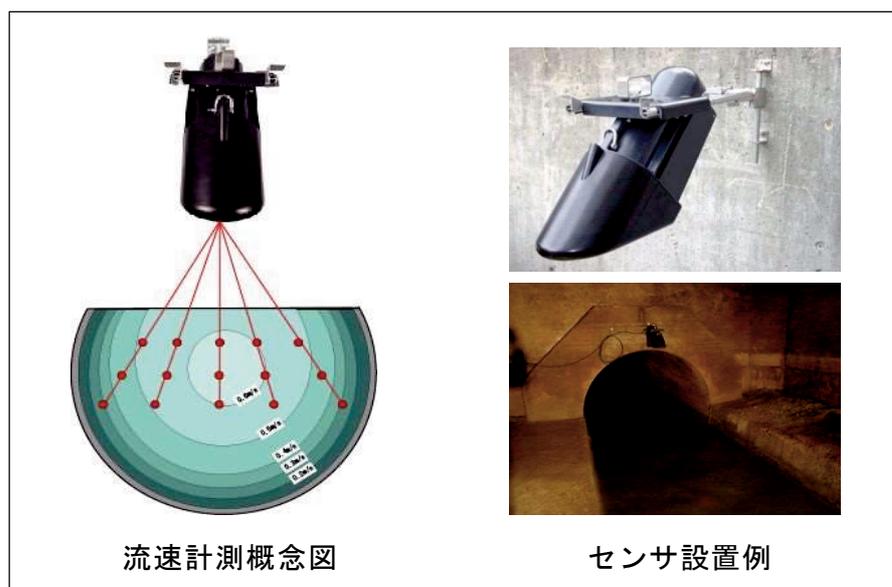


図 2.1.8 レーザ式流量計

(3) 流量計の機器構成

流量計は、計測器(水位計・流速計)、増幅器、計測制御回路、記録計(データログ)、電源回路、通信回路、指示・記録・積算表示計等で構成されている。指示計がなく通信端末だけを持ち、パソコンと接続して流量計の設定やデータ収集を行うタイプもある。

計測器は、計測制御回路から指令を受けて水面や流速を検出し、独自形式のデジタル信号やアナログ信号を増幅器(計測器の信号を変換・増幅)を経由し、計測制御回路に返す。

計測制御回路は、計測器を制御し、増幅器からの計測信号を必要な情報に加工して、データを記録計(データログ)に蓄積する。

記録計(データログ)は、データを記録媒体(内蔵メモリ・SDカード・コンパクトフラッシュ・ハードディスク等)に格納する。格納形式は、市販の表計算ソフトで扱いやすい CSV テキスト形式が一般的である。記録できるデータの容量は、媒体の容量と記録間隔にもよるが、近年、記録媒体の大容量化と低価格化により増大しており、長期間の連続計測が可能である。

通信回路は、計測制御情報や記録計に蓄積されたデータを外部媒体に通信する機能である。

(4) 計測器の精度管理

1) フルスケール(FS)誤差と読み値(RS)誤差

フルスケール(FS)誤差とは、計測可能範囲の最大値に対して一定の割合で誤差をとまうことを意味している。一方、読み値(RS)誤差とは、測定値(読み値)に対して一定の割合で誤差をとまうことを意味している。図 2.1.9 にそれぞれの比較例を示す。

一般に、水道メータ等の特定の取引に用いられる流量積算計等は、読み値(RS)精度、すなわち計測範囲の全ての値に対して精度管理され、基準校正器との校正によるトレーサビリティを有することを「計量法」により定められている。

これに比べ、仮設調査で用いられる流量計は、仮設であることによる計測値の再現性や精度の低下が生じるため、トレーサビリティを取ることは困難である。そのため、水位計または流速計の製品は、フルスケール(FS)精度(計測可能範囲の最大値に対しての誤差)により管理することとしている。

フルスケール(FS)精度では、計測値に対して、センサ測定レンジの最大値(フルスケール値)が大きいほど、計測値に対する誤差が相対的に増大する。

例えば、フルスケール値 100cm・精度 FS±10%の水位計は、測定水位に関わらず誤差の範囲は±10cmとなる。すなわち、同一の計測器による 50cm の読み取り誤差は、±20%になる可能性があることを意味している。このことから、常時浸入水等の小流量調査において、フルスケール値の大きい面速式流量計等を使用した場合は、計測結果に大きな誤差を生じさせることに留意しなければならない。

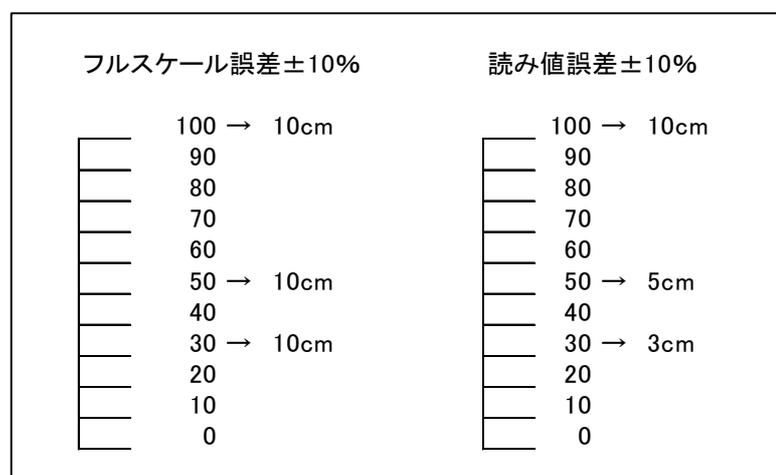


図 2.1.9 フルスケール(FS)精度と読み値(RS)精度の比較

2) 分解能

分解能とは、読み取ることができる測定値の最少間隔であり、計測方式または計測機器によって決定される計測値の細かさの限界(識別限界)のことを言う。

分解能は、フルスケール比(1/1000, 1/400等)、または、読み値最小単位(±1mm, ±0.001m/s等)で表わされる。必要とする計測精度に対し、十分な分解能を有する測定機器および測定方法を選定しなければならない。

分解能の違いによる出力値の比較を表 2.1.4 および図 2.1.10 に示す。

表 2.1.4 分解能の違いによる出力値の比較

No.	実際の液面	分解能	
		1000 分割	8000 分割
1	1	0	0.00
2	3	0	2.50
3	5	0	5.00
4	7	0	6.25
5	9	0	8.75
6	11	10	10.00
7	13	10	12.50
8	15	10	15.00
9	17	10	16.25
10	19	10	18.75
11	21	20	20.00
12	23	20	22.50
13	25	20	25.00
14	27	20	26.25
15	29	20	28.75
16	31	30	30.00
17	25	20	25.00
18	23	20	22.50
19	19	10	18.75
20	16	10	15.00
21	14	10	13.75
22	12	10	11.25
23	8	0	7.50
24	3	0	2.50
25	0	0	0.00

※ 単位はcm

水位計(フルスケール 10m, 誤差 F.S.±0.1%)の

分解能(1/1,000 と 1/8,000)の違いによる出力比較

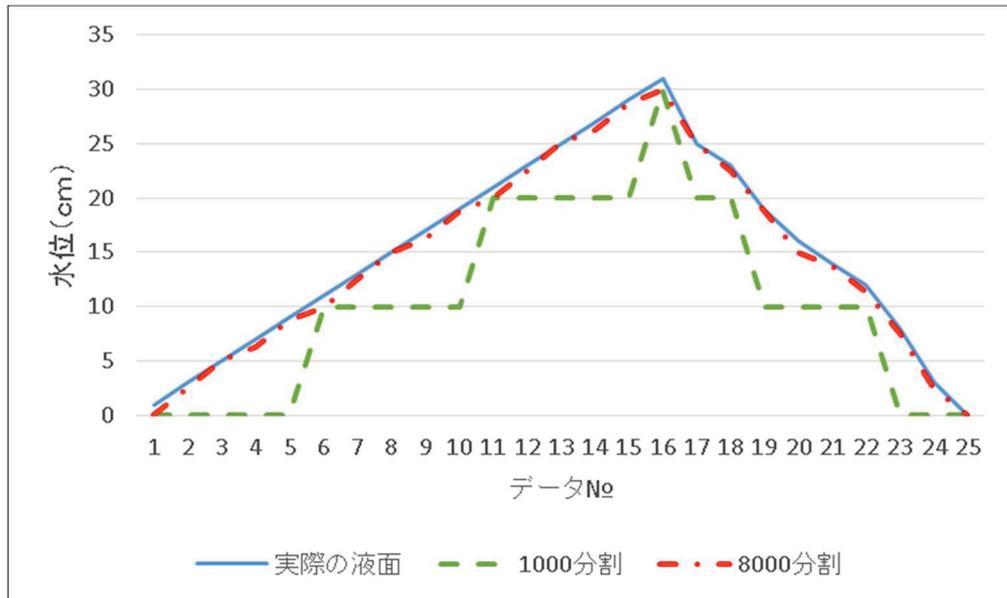


図 2.1.10 分解能の違いによる記録値の違いの一例

§ 2.1.4 面速式流量計測法

面速式流量計測法は、管路内に水位計と流速計を組合せた一体型流量計を設置し、計測水位と水路形状から流水断面(流積)を算出し、流速計により検出する平均流速を乗じて流量を算出する方式である。

【解説】

(1) 面速式流量計の特徴と留意点

現在、我が国で多く使用されている面速式流量計は、水中型の超音波式流速計と水位計(圧力式、超音波式)が一体型で組み合わせられているものである。

この面速式流量計測法の概要および種類を図 2.1.11 および図 2.1.12 に示す。

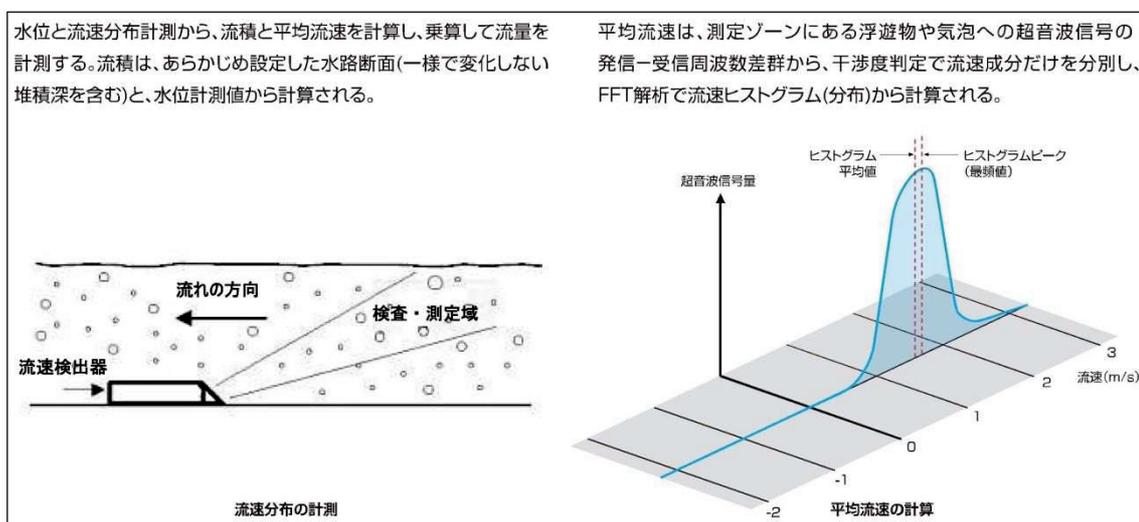


図 2.1.11 面速式流量計の水位および流速測定方法の概要

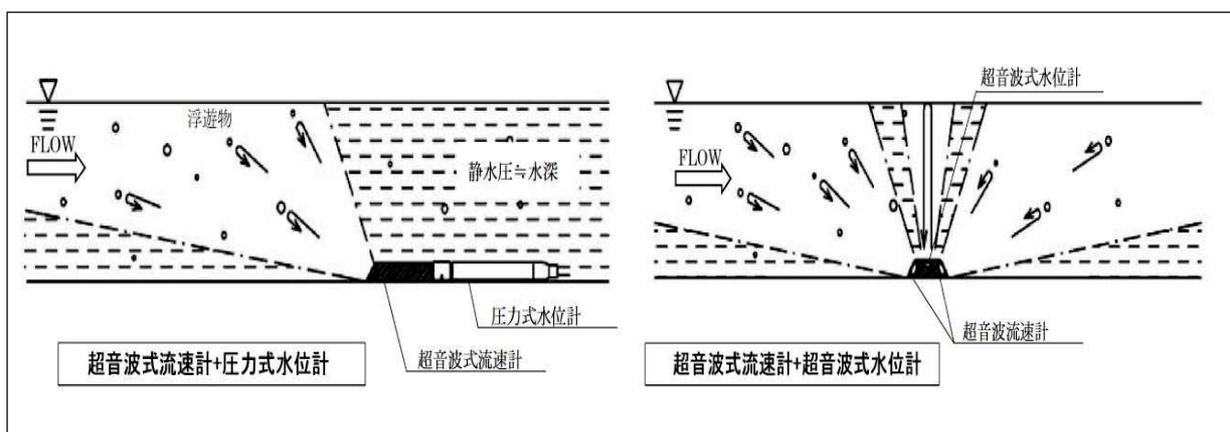


図 2.1.12 面速式流量計の種類

1) 超音波式流速計

水中型の超音波式流速計は、管路・水路の形状や規模を問わず設置が比較的容易であり、一時的に圧力状態になる流量計測にも対応できるので、中流量や大流量を対象とした計測に対する適用範囲は広い。一方、水深が小さい場合では、超音波式流速計が計測不能となること（機器仕様確認）に加えて、計測器自体が水流を乱すことで計測精度が低下するため、小流量を対象とした計測や小口径管での計測には適していない。

2) 水位計（圧力式、超音波式）

水中型の流速計と組み合わされている水位計には、圧力式と超音波式がある。

圧力式水位計は、ゲージ圧（絶対圧と大気圧との差圧）から水深を測定するものであり、水面の泡立ちやスカムの影響を受けにくい。しかし、センサが流水に直接接触すると、動圧の影響により測定値が変動することから、図 2.1.14 に示すように、圧力センサ面が流水に直接接しないような工夫がされている。

超音波式水位計は、センサ面から水面に向かって超音波を発信し、反射波を受信して発受信の時間差から距離を測定し水位を測定するものである。

圧力式水位計および超音波式水位計のような水中型の水位計は、汚泥の付着や堆積によるセンサ自体の汚損の影響を受けやすく、空中型の水位計に比べ維持管理頻度が高くなる。濁度や堆積状況によっては、水位計を空中型の超音波式水位計に分離設置して計測することを検討する必要がある。

また、水位計設置時は、図 2.1.13 に示すように、センサ読み値と管底高さの初期調整（オフセット調整）を行わなければならない。

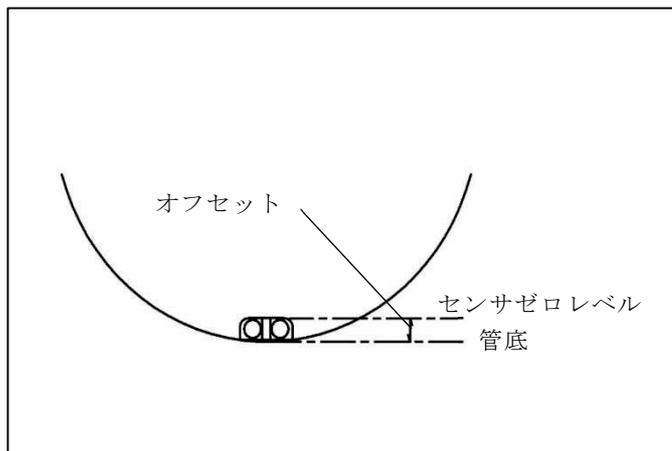


図 2.1.13 圧力式水位計のオフセット調整

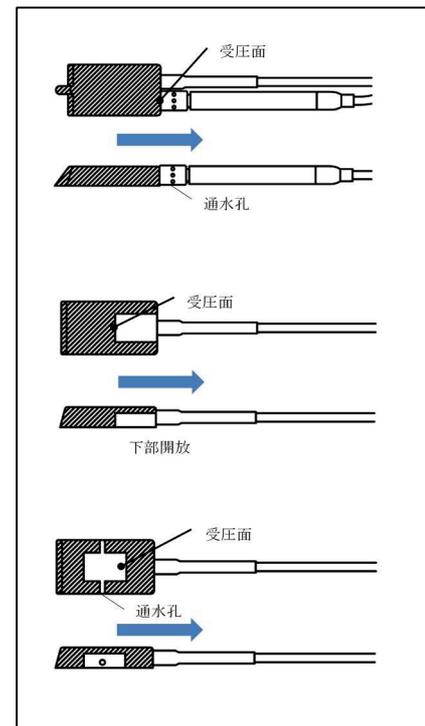


図 2.1.14 圧力式水位計の工夫

(2) 計測位置の選定における留意点

面速式流量計測法において、計測精度を確保するためには、水平に安定した水面と流水断面の中央上部における安定した流速群の分布が必要であり、このため、計測位置は、常流の直線区間であることが理想的である。

管路内では、常流、射流、横流入、落差、屈曲等が混在する可能性があるため、流量

調査においては、極力、水面変化や乱れの少ない箇所を計測位置として定めることが重要である。したがって計測位置は、不陸やたるみがなく、かつ「JIS B7554 付属書 1」および図 2.1.15 に示すように、計測位置の上流側に管きよ内径 (D) の 10 倍の直線部と、下流側に管きよ内径 (D) の 5 倍の直線部があることが望ましい。(以下「上下流の 10D・5D 条件」という。)

また、下流管きよの能力不足やポンプ場の影響等により、背水現象の起こるような箇所は、計測位置に適さない。

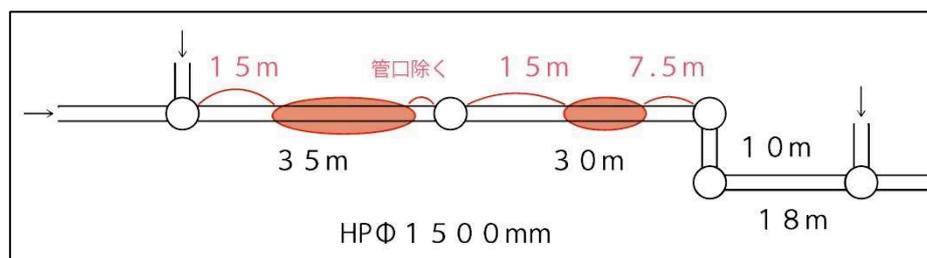


図 2.1.15 望ましい計測位置の例 (内径 1500 mm に対する適合箇所 ●)

ただし、上下流の 10D・5D 条件を満たす計測位置は、小口径管では設置が困難である (内径 300mm の場合、人孔から上流側に 1.5m の位置となる)。

また、中大口径管きよでは、厳密に適用することが困難である場合が多い。上記条件を満足していても、急勾配管きよおよびこの下流側の管路では、水面の乱れにより、面速式流量計測に適さない場合もある。

このため、実務的な計測位置判定として、作業の安全性確認、水面形 (波立ち、動水勾配の変化) の安定度、流速分布 (偏心の有無) の安定度等の確認により、計測位置を決定する。

また、取付け管からの流入がある場合は、図 2.1.16 に示すように、取付け管の少ない区間を選定し、本管流量との流量比から影響が小さいことの確認と、水面乱れの安定度を確認して、計測位置を決定する。

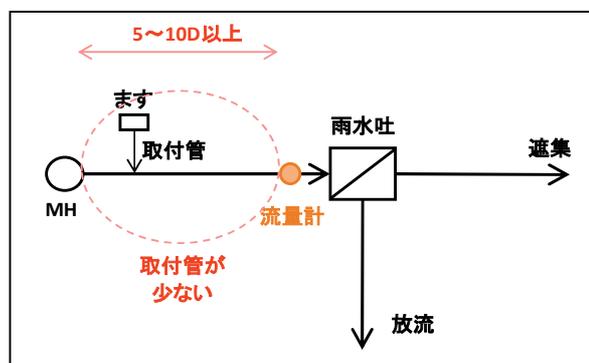


図 2.1.16 流況が安定している箇所の模式図

(3) 現場の特殊条件下における対応

1) 大口径管きよにおける小流量計測への対応 (水位かさ上げ)

大口径管きよにおいて低水位かつ小流量を対象とした計測が必要な場合は、図 2.1.17 に示すように、計測位置の下流側にバッファ (制限部) 等を設け、小流量時における水位上昇を図るなどの工夫をする場合もある。さらに小流量の場合は、水位の測定が不能となることから、他の流量計測法 (フレーム式、せき式等) との比較検討が必要になる。

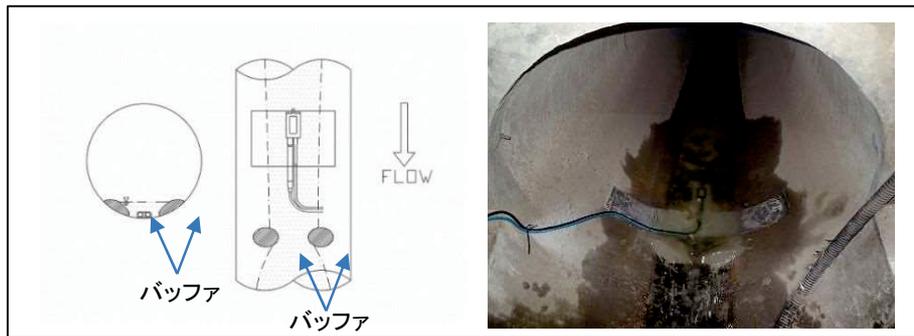


図 2.1.17 水位かさ上げによる計測例

面速式流量計測において、低水位時に流速の測定が不能となる場合は、低水位流況時に直接計測を行うなど補足計測が必要となる場合もある。直接計測については、§ 2.1.7 に準ずるが、計測箇所は、面速式流量計の上流側で行うことを原則とする。

2) 水位・流速が大きい場合の対応

流量計の設置作業時において、水位や流速が大きく、作業員の安全確保が困難な場合は、測点位置の変更検討や空中型のレーザ式流量計等、他の流量計測法への変更検討が必要になる。

3) インバート付マンホールでの対応

インバート付マンホールにおいて、段差がなく、半管水位までの流量計測の場合は、上流管口付近に流量計を設置できるものとする。この場合は、水面と流速の安定性確認が条件となる。

合流点や曲がりインバート部のマンホール等では、計測には適さない。

4) 流速分布実測による補正

円形断面における流速群の分布は、流水断面の中央上部に位置していることを前提に、通常、管底部分の一箇所に流量計を設置し平均流速を計測するが、流速群の分布が偏心したり、左右に分散するなどして、計測値が実態と乖離する場合がある。特に、低水位や大断面、および上下流の $10D \cdot 5D$ 条件を満足できない場合等は、実態との乖離が大きくなることから、必要に応じ「河川砂防技術基準 調査編」(平成 26 年 4 月国土交通省水管理・国土保全局)を参考に、現場の流速分布実測による平均流速値と計測器表示値との補正を行うことが望ましい。

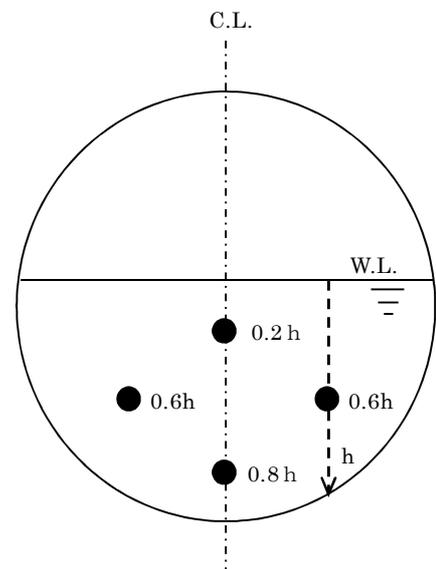


図 2.1.18 に流速分布の実測方法の例を示す。

図 2.1.18 流速分布の実測方法 (参考)

(4) 調査精度と精度を評価するうえでの留意点

水位・流速計について、実験水路によるフルスケール(FS)精度は機種によって様々

であるが、一般に使用されている機器の計測誤差は水位計で FS±0.1%～3%、流速計で FS±2%前後であり、流量の精度（水位×流速）は、おおむね FS±5%程度である。

§ 2.1.3(4)に示すように、計測器の特性上、フルスケール値に対する計測値の割合が小さくなるほど、計測値に対する測定誤差（RS 誤差）は大きくなる。

面速式流量計測法は、計測不能となる微小流量を除き、小～大流量までの計測が可能であるが、小流量計測値については、フルスケールとの関係によっては誤差が大きくなるため、この点を考慮して調査目的への適合性評価を行う必要がある。

さまざまな現場の制約条件により、やむを得ず安定した流れと異なる状況下での計測を行う場合は、計測精度が低下していることを認識しなければならない。

(5) 調査期間中の維持管理

調査精度の確保のためには、計測器の適切な設置と調査期間中の適切な維持管理が必要である。また、流量計表示値と照合する直接計測については、§ 2.1.7 に準じ、直接計測箇所は面速式流量計の上流側で行う。

1) 流量計設置段階

流量計設置時には、オフセット調整の後に、流量計表示値と実測値（流速・水深）の照合による計測機器の異常確認、および計測・演算・記録動作等を確認し、点検票に記録する。

2) 巡回点検段階

流量計表示値と実測値（流速・水深）の照合、流況や堆積等の設置段階からの変化、および収集データの妥当性を確認し、異常があればその内容と理由、改善内容を点検票に記録する。

3) 流量計撤去段階

巡回点検段階と同様に維持管理を実施する。流量計撤去後は、現状復帰を原則とするが、現状復帰後の状態が設置段階と異なるときは、その内容を点検票に記録する。

4) データ処理段階

収集データと点検票記載事項との照合、および点検実測値に基づく収集データの校正と計測精度の確認、欠測や特異データの処理等を通して精度を管理する。

§ 2.1.5 フリューム式流量計測法

フリユーム式流量計測法は、管路内の常流区間にパーマボーラスフリユーム(PBF)と水位計を組合せて設置し、フリユームの絞り部分に強制的に限界流と射流を発生させることで、フリユーム上流側の水位から、流量を算出する方式である。

【解説】

(1) フリューム式流量計測法の特徴と適用流量

フリユーム式流量計は、管路内（円形管：一般的に内径 800mm 以下）用に開発され

たパーマポーラスフリーム（PBF）とフリームの上流側に設置する水位計とで構成されている。水位計は、一般に、空中型の超音波式水位計を使用する。

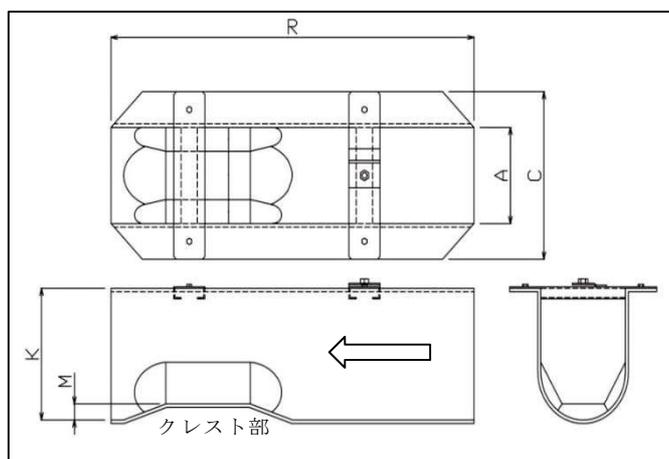
1) パーマポーラスフリーム(PBF)

パーマポーラスフリームは、主に内径 75mm～800 mmまでの小口径管用として開発されており、内径 450 mm以上のフリーム設置では、分割してマンホール蓋から搬入可能となっている。

パーマポーラスフリームは、小流量から中流量を対象とした流量計測に採用され、フリームサイズにより流量の計測上限が設定されている。

したがって、事前に計測対象流量の変動幅を予想し、フリームの適合性を確認する必要がある。中大口径管きよでも小流量の時は、計測流量範囲に合わせて、フリームをサイズダウンして用いることが望ましい。

パーマポーラスフリームの構造と流量式を図 2.1.19 に示す。



フリーム サイズ	最大 流量 m ³ /hr	最大 水位 mm	主要寸法 (mm)					流量式 $Q=ah^3+bh^2+ch$ (h: 水位)		
			A	C	K	M	R	a	b	c
75	6.2	58	75	175	125	12.5	750	-4.05353E-06	2.07936E-03	4.03632E-04
100	13.0	78	100	200	150	16.7	750	-3.15999E-06	2.35148E-03	2.16779E-03
150	27.3	105	135	235	185	22.5	580	-2.30862E-06	2.66089E-03	6.09433E-03
200	59.3	143	185	385	235	30.8	780	-1.56191E-06	3.02380E-03	1.42050E-02
250	108.2	182	235	335	285	39.2	800	-1.07495E-06	3.32468E-03	2.52302E-02
							980			
							930			
300	173.9	220	284	384	334	47.3	1050	-7.91366E-07	3.59660E-03	3.75025E-02
							1176			
							1050			
350	259.4	258	334	434	384	55.7	1200	-9.29225E-07	3.97392E-03	4.19037E-02
							1376			
							1080			
400	362.8	295	382	492	437	63.7	1200	-5.59683E-07	4.12063E-03	6.30783E-02
							1350			
							1588			
							1788			
450	498.0	334	732	542	487	72.0	1788	6.47348E-07	3.87920E-03	1.23061E-01
500	648.5	372	482	592	537	80.3	1988	-3.41222E-07	4.54868E-03	9.83116E-02
600	1038.5	449	582	692	637	97.0	2388	-2.21726E-07	4.94471E-03	1.37521E-01
700	1549.2	527	682	792	737	113.7	2788	-1.34140E-07	5.30333E-03	1.81986E-01
800	2179.8	604	782	892	837	130.3	3188	-7.44854E-08	5.63859E-03	2.30421E-01

図 2.1.19 PBF の構造と流量式 (参考) ²⁾

2) 水位計選定の留意点

フリューム式流量計測法に用いられる水位計には、維持管理性が良く、長期の連続計測に適しているという理由から、通常、空中型の超音波式水位計が用いられている。

一方、センサ面付近の障害物、水面の泡立ち、スカム、波立ち、蒸気によるセンサ面の湿潤、急激な温度変化等の影響を受けやすい特徴を有している。

特に泡立ちの多い流れの場合は、超音波が気泡に反射し、正確な水位を測定できなくなるため、上流マンホール部での消泡処置の工夫や、圧力式水位計への変更を検討する必要がある。また、面速式流量計測法と同様に、水位計の設置時は、センサ読み値と管底高さの初期調整（オフセット調整）を行なわなければならない。

水位計測位置は、図 2.1.20 に示すように、クレスト上流端（0 点）から上流側へフリューム幅の半分（ $W/2$ ）の点とする。

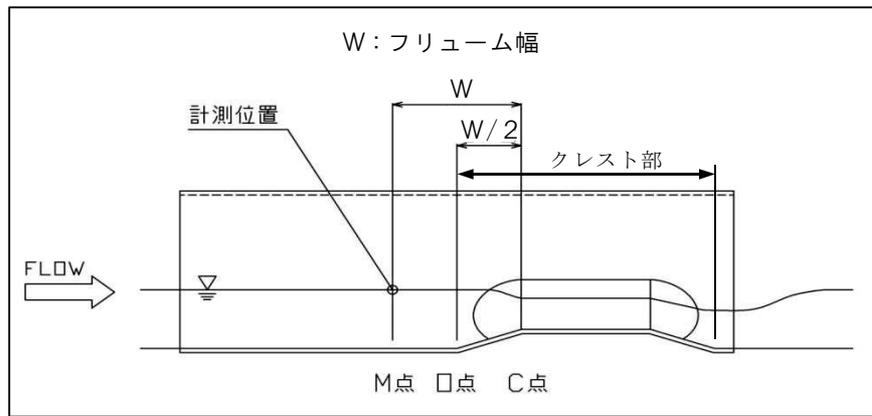


図 2.1.20 クレスト上流部の水位計測点

(2) フリューム設置時の留意点

1) 計測位置

フリューム式流量計の計測位置は、水面変化や乱れの小さい箇所とする必要があり、図 2.1.21 に示すように、上下流の $10D \cdot 5D$ 条件を確保し、不陸やたるみがないことが望ましい。ただし、フリュームの下流側に落差があっても限界流の形成に支障がないことから、段差のあるマンホール内で流入管にフリュームを取り付ける場合は、下流側の方向（曲がり）や直線部（ $5D$ ）に関する制約は受けない。

また、下流管きよの能力不足やポンプ場の影響等により、背水現象の起こるような箇所は、計測位置に適さない。

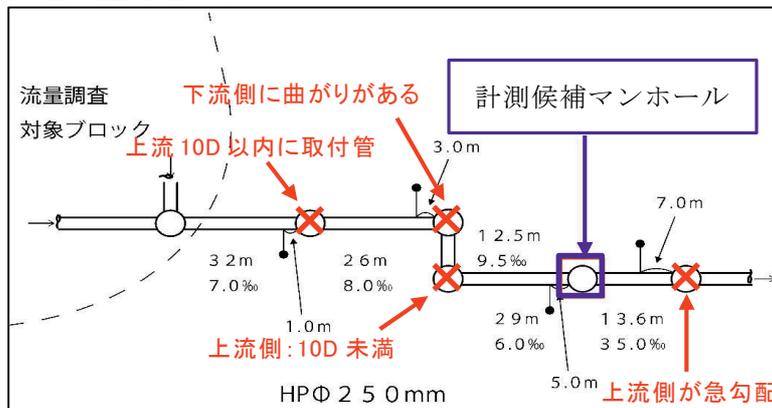


図 2.1.21 上下流の $10D \cdot 5D$ 条件に適合する計測位置の選定例

2) フリュームの設置

フリユームは、必ず縦横断方向ともに水平に設置する。

3) フリュームにおける限界流形成の確認

フリユーム計測が成立する条件は、図 2.1.20 および図 2.1.22 に示すように、フリユーム設置時にフリユームの上流部が常流であり、クレスト上流部 0 点からクレスト上部にかけて、限界流から射流へと変化する流れとなる。その際、クレスト上部に射流流れの V 字波を確認することができる。

クレストの上流部(0 点から上流部)で V 字波が発生している場合は、上流部が射流で、フリユームを射流のまま流下することになり、適正な計測値が得られない。

したがって、フリユームは常流区間に設置することを原則としている。小口径管の例として、内径 200mm～250 mm において、管きよ勾配 $i \leq$ 約 3.5%～6%，粗度係数 $n = 0.010 \sim 0.013$ で常流となる。このように管きよ勾配と想定流量から、常流・射流を事前計算しておくことが望ましい。

設置時・巡回点検時において、限界流形成の確認(クレスト上部の V 字波確認)が必要となる。

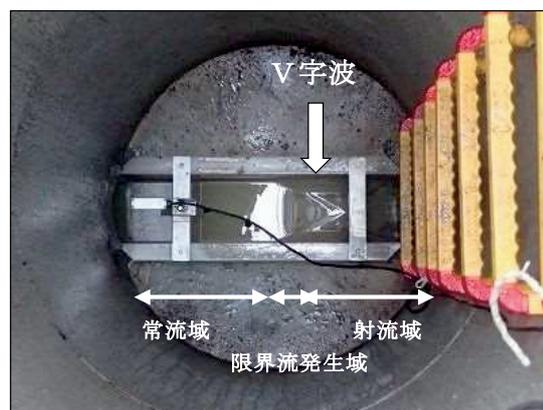


図 2.1.22 限界流形成の確認

4) 急勾配管路での設置条件

丘陵地のような傾斜地では、地表面勾配に合わせて急勾配で布設されている管路が多くある。急勾配管路でフリユームを設置した場合、小流量時にはクレスト部のせき上げと断面縮小の効果から、クレストの上流部で常流が形成できているが、一定流量に達すると常流から射流へ急変化し、計測水位が急激に低下する現象(突き抜け現象という)が発生する。その結果、上流から射流のままクレストを飛び越えていくような流れに変化し、フリユームによる計測が成立しなくなるため、急勾配管路においては、安易にフリユーム計測を採用するべきではない。

このような計測地点では、フリユーム上流部に常流域を大きく形成するために、フリユームの水平設置とクレストによるせき上げに加え、恣意的にフリユーム設置高を管底高より高くするなどの工夫により計測が可能になる場合もある。

フリユーム計測が可能な限界勾配について、流量の影響を受けるために一律の定義は難しい。採用にあたっては、事前に、十分な流量変動幅の予測と、過去の計測結果との条件比較のもとに、フリユーム計測の可否判断を行う必要がある。

この場合も、設置時・巡回点検時に、限界流形成の確認(クレスト上部の V 字波確認)と、計測結果の降雨量と流量との比較により、測定値に異常(水位の乱れ、降雨量との相関で急激な水位低下)のないことを確認する。

(3) 現場の特殊条件下における対応

1) 泡立ち・スカム対策

水位測定は、水面非接触式で施工が容易な超音波式水位計を一般的に採用しているが、写 2.1.5 に示すように、泡立ちの多い流れの場合は、超音波が気泡に反射し、正確な水位として測定できなくなる。そのため、上流マンホール部で消泡処置の工夫や、圧力式水位計への変更を検討する。

圧力式水位計へ変更する場合は、流れを阻害しないようにフレュームの測定ポイントに圧力式センサを埋め込む必要があり、パーマボラスフレューム自体を加工するなど手間が必要になる。超音波式水位計と圧力式水位計の設置状況を、写 2.1.6 に示す。



写 2.1.5 液面に泡が多い事例



超音波式

圧力式への変更（PBF に水没して仮設）

写 2.1.6 PBF と水位計（超音波式・圧力式）の設置例

2) 大口径管きよにおける小流量計測の対応

推進工法の採用等により管きよの内径が計画流量に対する管径より大きい場合等は、計測流量の想定および現地踏査等の事前調査により、測定箇所流量に対応したフレュームサイズを決定する。この場合、フレュームサイズは管きよの内径より小さくなる。

設置方法としては、写 2.1.7 に示すように、フレュームの上流部にバッファ板等を設け、水面の急縮を図るなどの工夫が必要である。この時、バッファ板の急縮部には必

ずせき上げが発生し、フリュームに流入する水面に乱れが生じる場合がある。したがって、バッファ板とフリュームの間には導水管を設け、水面の安定を確保することが望ましい。



PBF（下流から撮影）

導水管（下流から撮影）

バッファ板（上流から撮影）

写 2.1.7 大口径管の小流量計測の例

3) 副管や段差のあるマンホールへの対応

段差および副管付マンホールは、図 2.1.23 に示す方法で計測できる。フリュームからの流出水が壁面に跳ね返って限界流形成を阻害しないよう、壁面とフリューム下流端は、フリュームサイズ以上を確保する。副管付マンホールでは、まず副管の閉塞を行い、次に上流管にフリュームを接続する。

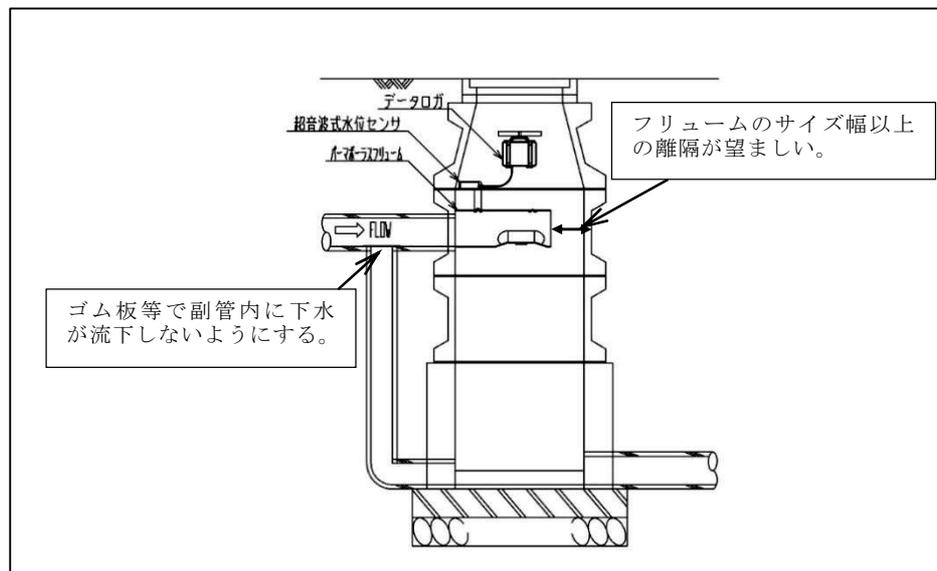


図 2.1.23 副管がある場合の PBF 設置例

(4) 調査精度と精度を評価するうえでの留意点

パーマポーラスフリューム（PBF）のフルスケール精度は、一般的に $FS \pm 2\%$ 以下とされている。水位計で $FS \pm 0.1 \sim 3\%$ とされていることから、流量精度（形状精度×水位）は、おおむね $FS \pm 5\%$ 程度と考えられる。

§ 2.1.3(4)に示すように、計測器の特性上、フルスケール値に対する計測値の割合

が小さくなるほど、測定誤差は大きくなる。したがって、フリューム式流量計測法では、予想流量に応じたフリュームサイズの選定が重要となる。また、フリューム設置や現場での対応に不備があれば、精度は大きく低下するため、「(2) 3) フリュームにおける限界流形成の確認」に示すように、計測期間および流量変動の全てにおいて、限界流形成を確保しなければならない。

(5) 調査期間中の維持管理

計測器の適切な設置と調査期間中の適切な維持管理により、調査精度を確保させる必要がある。また、水位計表示値と照合する直接計測については、§2.1.7に準ずる。

1) 流量計設置段階

水位計の設置時には、オフセット調整の後に、水位計表示値と実測値の照合による計測機器の異常確認、および計測・記録動作等の確認を行い、点検票に記録する。この際、限界流形成の確認（クレスト上部のV字波確認）を必ず行う。

2) 巡回点検段階

水位計表示値と実測値（水深）の照合、流況（限界流形成の確認）や堆積等の設置段階からの変化、および収集データの妥当性をチェックし、異常があればその内容と理由、改善内容を点検票に記録する。

3) 流量計撤去段階

巡回点検段階と同様に維持管理を実施する。流量計撤去後は、現状復帰を原則とするが、現状復帰後の状態が設置段階と異なるときは、その内容を点検票に記録する。

4) データ処理段階

収集データと点検票記載事項との照合、および点検実測値に基づく収集データの校正と計測精度の確認、欠測や特異データの処理等を通して精度を管理する。

§ 2.1.6 せき式流量計測法

せき式流量計測法は、管路内マンホール等に設置するせきにより流れをせき止め、三角形や四角形の切欠き部に限界流を発生させ、せきの上流側で計測する越流水深から流量を算出する計測法である。

【解説】

(1) せき式流量計測法の特徴と留意点

せき式流量計測法は、管路内マンホール部に仮設置したせきと、水位計（空中型超音波式水位計もしくは、圧力式水位計）を組み合わせた流量計測法である。

他の流量計測法と大きく異なる点は、現場状況に合わせて、流量計を製作しているところにあり、JIS B8302等に規定されている実験水路の再現性は難しい。したがって、仮設で使用される本計測法は、せき板の切欠き形状から、JIS B8302に規定されている流量式を根拠としており、基準流量と比較検定された事例はない。

また、§ 2.1.2 (3) で指摘しているように、管路内の流れを阻害する可能性があるため、雨水の流量把握等の大流量を対象とした調査には適していない。

以上の理由から、「不明水対策のための調査」において、フリューム式計測法や面速式計測法等で、計測困難な場合に採用している。

1) せき板と流量式

図 2.1.24 に示すように、せき板の切欠き形状により、直角三角せき、四角せき、全幅せきは、JIS B8302 に越流水深と流量の関係式が規定されている。図中の解説にも示されているが、JIS B8302 の流量式は、計測精度保持のために、それぞれに適用範囲（水路幅、越流水深、せき高）が規定されている。現場状況によって、JIS B8302 の適用範囲を超える場合は、JIS K0094 に示されている流量式を使用できるものとしているが、その場合においても精度は保持されないことになる。

なお、せき板の断面形状については、図 2.1.4 を参考にする。

せきの切欠き形状・寸法により、三角せきは小流量、四角せきや全幅せきは小流量から大流量まで適合することから、計測流量の変動範囲をあらかじめ予想し、せき形状を選定する必要がある。ただし、三角せきは、少流量の計測精度は高いが、せきの切欠きにきょう雑物や浮遊物が付着しやすく、越流水位の上昇にともなう計測誤差が生じやすい。このような理由から、下水の流量計測では、四角せきを使用することを原則とする。

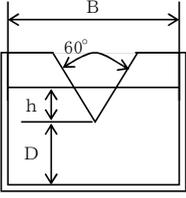
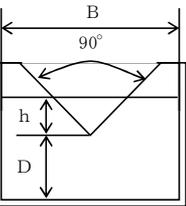
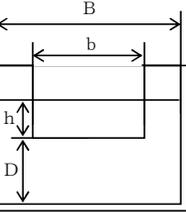
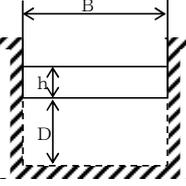
せきの種別		JIS B8302		JIS K0094
		流量式	適用範囲	流量式
60度三角せき		$Q = 0.577 Kh^{5/2}$ $K = 83 + \frac{1.978}{BR^{1/2}}$ $R : (B = \text{水路幅m}) 0.1h \sqrt{\frac{h}{\nu}}$ 水の場合 ($\nu = 10^{-6}$): $\therefore K = 83 + \frac{0.00625}{Bh^{3/4}}$	$B = 0.44 \sim 1.00 \text{ m}$ $h = 0.04 \sim 0.12 \text{ m}$ $D = 0.10 \sim 0.13 \text{ m}$	
直角三角せき		$Q = Kh^{5/2}$ $K = 81.2 + \frac{0.24}{h}$ $+ \left(8.4 + \frac{12}{\sqrt{D}} \right) \times \left(\frac{h}{B} - 0.09 \right)^2$	$B = 0.50 \sim 1.20 \text{ m}$ $D = 0.10 \sim 0.75 \text{ m}$ $h = 0.07 \sim 0.26 \text{ m}$ $h < \frac{B}{3}$	$Q = 1.40 \times h^{5/2} \times 60$ トムソンの公式
四角せき		$Q = Kbh^{3/2}$ $K = 107.1 + \frac{0.177}{h} + 14.2 \frac{h}{D}$ $- 25.7 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2.04 \sqrt{\frac{B}{D}}$	$B = 0.50 \sim 6.30 \text{ m}$ $b = 0.15 \sim 5.00 \text{ m}$ $D = 0.15 \sim 3.50 \text{ m}$ $\frac{bD}{B^2} \geq 0.06$ $h = 0.03 \sim 0.45 \sqrt{b} \text{ m}$	$Q = 1.84(b - 0.2h) \times h^{3/2} \times 60$ フランシスの公式
全幅せき		$Q = KBh^{3/2}$ $K = 107.1 + \left(\frac{0.177}{h} + 14.2 \frac{h}{D} \right) (1 + \varepsilon)$ $\varepsilon : \text{補正項目}$ $D \leq 1\text{m} : \varepsilon = 0$ $D > 1\text{m} : \varepsilon = 0.55(D - 1)$	$B \geq 0.50 \text{ m}$ $D = 0.30 \sim 2.50 \text{ m}$ $h = 0.03 \sim D \text{ m}$ (ただし、hは0.8m以下でかつB/4以下とする)	$Q = 1.84 \times B \times h^{3/2} \times 60$ フランシスの公式
備考	Q: 流量 (m^3/min) h: せきの水位 (m) K: 流量係数 B: 水路の幅 (m) b: 四角せき切欠の幅 (m) D: 水路底面よりせき下縁 (m) R: レイノルズ数 ν : 動粘性係数 = $10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$		設置現場の都合上 JIS B 8302 の流量公式適用範囲を超えた場合は、JIS K 0094 の流量公式により流量－水位を求めることが望ましい。	

図 2.1.24 せきの流量式と適用範囲

2) 越流井による流量制限

JIS B8302 に規定する実験水路は、せきの上流水路がせき板と同形状であり、整流板等で強制的に静水面を形成し、せきの越流水面が安定することにより越流量の安定的な計測を可能にしている。

このように、せき式流量計測の精度確保の条件として、越流側水路の水面安定（整流）を図ることが重要である。

仮設流量調査において、実験水路に相当するせきの上流水路は、マンホール内に設けた越流井がその役割を果たすことになる。越流水面の安定のためには、流入量・流入流速に対して、越流井の容量比が大きいほど有利であるが、図 2.1.25 に示すように、流入量・流入流速が一定の大きさに達すると、越流井で渦流の発生とともに越流水面が乱れ、流量計測値の精度低下を引き起こす。

一方、計測精度を保持するために、流入量と越流井容量に関わる指標等は、検証されていないのが現状であり、降雨時の最大流下量の予測と、過去の計測結果との条件比較のもとに、せき式流量計測の適合性判断やせきの高さ設定等に工夫が必要である。

以上の事由により、せき板形状による流量計測は、大流量にも適用できることになっているが、越流井の容量を大きくできないことが多いため、適用流量には限界がある。

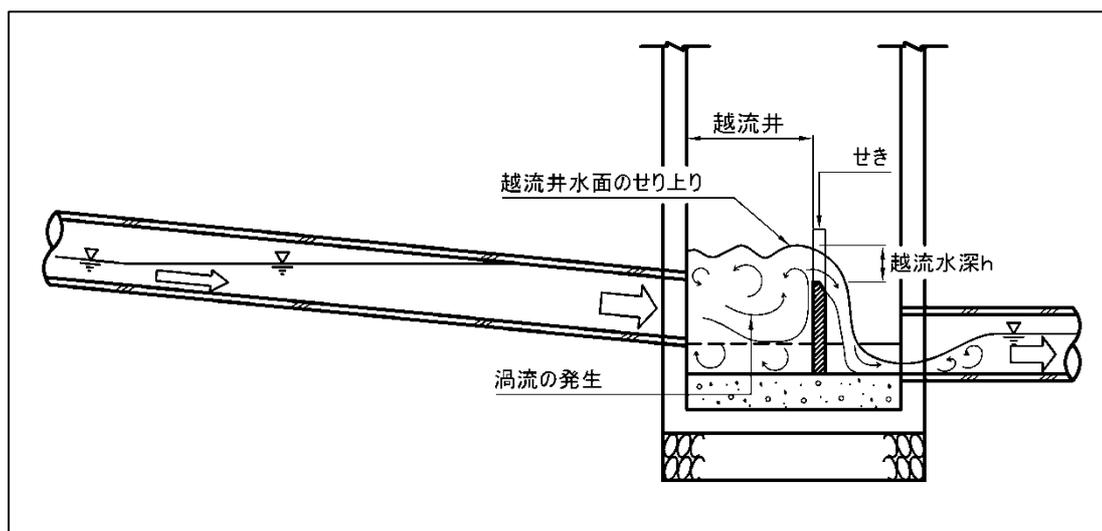


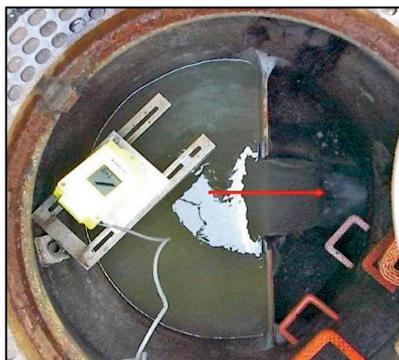
図 2.1.25 越流井の水面変化

3) 水位計選定上の留意点

せき式流量計測では、空中型超音波式水位計もしくは圧力式水位計が使用される。一般には、フリューム式流量計測法に使用する水位計と同様に、維持管理性に優れる空中型超音波式水位計が採用されるが、計測水面に泡立ちやスカムの多い場合は圧力式水位計の採用を検討する。

せき式の場合は、フリューム式等のような流水面の水位計測ではなく、せきの上流側越流井（滞留部）の水位計測を行なうことから、泡立ちやスカム、および浮遊物が溜まりやすい環境にあるため、水位計の選定に際して、事前の現場確認が重要である。

写 2.1.8 に、せき式流量計の設置例を示す。



写 2.1.8 せき板と水位計（超音波式）の設置例

(2) せき式流量計測計設置時の留意点

1) 計測位置

せき式流量計の計測位置は、せきの上流側に越流井を形成するため、上下流区間ともに一定の直線区間を必要としない。

2) せき板の切欠き形状

せき板は四角せきを原則とし、切欠き形状、および寸法は JIS B8302 に準拠する。

3) せき板の設置

a) せき板は、垂直に立て、せきの天端は水平に設置する。

b) 切欠き下端位置は、潜りせきとならないように、一般に上流流入管の管底以上としているが、下流水面まで 15cm 以上を確保する。

c) せき板周囲からの漏水がないように、急結セメント等で止水処置をおこなう。

4) 水位測定位置

越流水深を計測する水位測定位置は、JIS B8302 によるとせき板から、越流水深 h の 3 倍以上から水路幅 B 以内の距離としているが、実用上 30cm 以上離れた位置とする。

5) 越流井の水面安定の確認

越流井は、整流状態で水面が安定していることを確認する。流入管に落差がある場合、越流井の水面が乱れないように落差処理等の処置を行う必要がある。

(3) 現場の特殊条件化における対応

1) 泡立ち・スカム対策

写 2.1.9 に示すように、泡立ちや、スカム、浮遊物等が多い場合は、超音波が気泡に反射し、正確な水位として計測できなくなるため、圧力式水位計への変更を検討する必要がある。

圧力式水位計に変更した場合でも、水泡やスカム、浮遊物等がせきに付着するなど、水位測定誤差の原因になることから、水面清掃等の定期的なメンテナンスが必要である。



写 2.1.9 気泡発生における圧力式水位計の設置例

2) 落差処理対策

図 2.1.26 に示すように、マンホールに落差流入のある場合等は、越流井の整流が保持できるように落差処置の工夫が必要となる。

3) 上流管きよの圧力きよ対策

せきの設置によって、上流管きよが圧力状態となる場合、上流管きよの水密性不良箇所等から漏水が発生すると、晴天時の小流量計測時等で流下量が少なく計測されるなど、計測誤差が大きくなる。また、地下水汚染の原因にもなるため、周辺の浅井戸や農地利用等の有無の確認も必要となる。

管きよが圧力状態となった際の漏水量の把握は困難であることから、圧力状態区間の短くなる急勾配管路や、管継ぎ手の水密性に優れる塩ビ管での採用が望ましい。一方、ヒューム管や陶管の緩勾配管路では、漏水範囲が大きくなることから、極力避けることが望ましい。

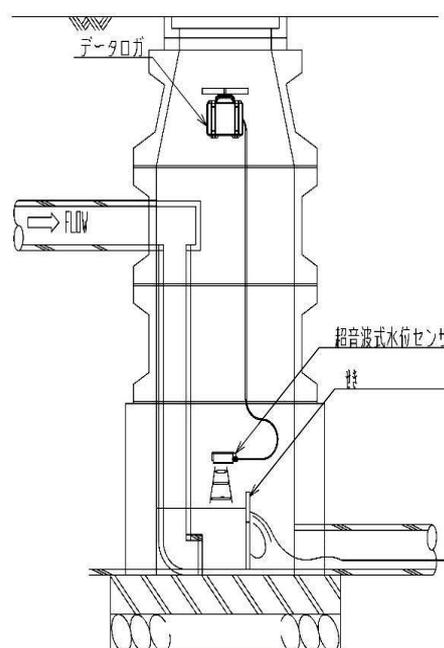


図 2.1.26 落差処理のせき設置例

(4) 調査精度と精度を評価するうえでの留意点

せき式流量計の実験水路において、JIS B8302 に規定される適用範囲での計測であれば RS 精度で約±1.5%が95%の信頼度で得られる³⁾とされている。適用範囲外の場合は、JIS K0094 に示されている流量式を使用できるものとしているが、その場合、精度は保持されないことになる。水位計の精度は、機種によって異なるが、FS±0.1～3%とされている。

ただし、「(1) 2) 越流井による流量制限」にも示したように、流量および流下速度が大きくなり、越流井の水面が乱れると、計測精度は著しく低下する。このように本計測法は、フルスケール精度で管理する面速式流量計やフリューム式流量計とは異なり、大流量時に計測精度が低くなる特徴を有している。

また、上流側管きよの水位上昇により、水密不良箇所等からの漏水が発生した場合は、小流量時の計測精度が低下する可能性もある。

(5) 調査期間中の維持管理

調査精度は、計測器の適切な設置と調査期間中の適切な維持管理により、向上させる必要がある。また、水位計表示値と照合する実測については、§2.1.7に準ずる。

1) 流量計設置段階

水位計の設置時には、オフセット調整の後に、水位計表示値と実測値の照合による計測機器の異常確認、および計測・記録動作等の確認を行い、点検票に記録する。この際、越流井が静水面であることを確認する。

2) 巡回点検段階

水位計表示値と実測値（水深）の照合、越流井が静水面であること、越流井の堆積状況と圧力式水位計等への影響、および収集データの妥当性を確認し、異常があればその内容と理由、改善内容を点検票に記録する。特に、降雨時の水位データを確認し、水位の大きな乱れが発生していた場合は、必要に応じ、せきの高さの変更検討を行なう。

3) 流量計撤去段階

巡回点検段階と同様に維持管理を行う。流量計撤去後は、現状復帰を原則とするが、現状復帰後の状態が設置段階と異なるときは、その内容を点検票に記録する。

4) データ処理段階

収集データと点検票記載事項との照合、および点検実測値に基づく収集データの校正と計測精度の確認、欠測や特異データの処理等を通して精度を管理する。

特に、降雨時の水位データに、乱れが発生している場合は、計測精度の低下が生じていることを考慮する必要がある。

§ 2.1.7 直接計測法

直接計測法は、連続計測を必要としない流量調査や、連続計測による調査を補完するような場合に用いる。計測法には、以下の方法がある。

- (1) 容積・時間法
- (2) パーマポーラスフリューム(PBF)法
- (3) 水深・流速法

【解説】

直接計測法は、基本的に流量および流量変動の少ない時間帯に計測されることが多く、対象とする流量によって適切な計測方法を選択する必要がある。また、連続計測と異なり特異値を計測することが考えられるため、可能であれば複数回計測し、適正な計測値を採用すること。

不明水調査において、常時浸入水の状況把握のために、深夜に計測を行なう場合は、事前の現地踏査と管路内の状況確認を実施することにより、円滑な計測作業計画と、マンホール蓋開閉による深夜の騒音防止に努めることが大切になる。

直接計測法の概要と概要図を § 2.1.2 (4) に示す。

(1) 容積・時間法

容積・時間法とは、水量（容積）を時間で除して流量を算出する方法であり、小流量向けの計測法である。使用器材として、導水管付止水栓、メスシリンダ、バケツ、ストップウォッチ、重量計、パテ等が用いられる。

落差のあるマンホール等において、管路内に簡易的なせき等を設け、流れ出す水の全量をバケツやビニール袋で受ける。バケツ内の水量は、メスシリンダや重量計等の計量器を用いて計測し「容積」を求める。また、バケツで水を受け続けた「時間」を計測し、「容積」を「時間」で割ることにより「流量」を算出する。

貯留時間の測定では、水受けの切り替え時間ロスによる計測誤差を少なくするため、10～20 秒程度が望ましい。貯留時間が短い場合は、複数回の計測平均値を算出する。

本計測法は、直接計測法の水深・流速法やパーマボーラスフリューム (PBF) 法が適用できない場合に実施することが多い。

(2) パーマボーラスフリューム (PBF) 法

パーマボーラスフリューム (PBF) 法とは、パーマボーラスフリューム (PBF) を設置し、金尺等で計測した水深から流量を算出する方法であり、小流量から中流量に適した計測法である。使用器材として、フリュームの他、金尺、パテ等が用いられる。

連続計測と同様にパーマボーラスフリューム (PBF) を縦横断方向ともに水平に設置する。水深測定ポイントは、クレスト上流端から上流へフリューム幅の半分 ($W/2$) の位置を標準とする。

その他、パーマボーラスフリューム (PBF) の設置条件および留意点は、§ 2.1.5 を参考とする。

写 2.1.10 にフリュームの仮設状況および金尺による水位測定を示す。



写 2.1.10 フリューム仮設と金尺による水位測定

(3) 水深・流速法

水深・流速法とは、管きよにおける「流下断面」と「流速」を乗じて流量を算出する計測法であり、中流量から大流量に適した計測法である。使用器材として金尺、ポータ

ブル式電磁流速計等が用いられる。図 2.1.27 に水深・流速法の概要図、写 2.1.11 に電磁流速計による流速測定の状態を示す。

水深および水面幅の測定では、金尺等を用いて計測し、「流下断面」を算出する。金尺での水深計測時は、流れ方向に沿うように金尺を下ろし、目視にて真横から目盛数値を読み取る。流速が早い場合は、金尺の上流側で跳水するため、跳水による上昇分を差し引いて目盛を読み取るなどの工夫が必要である。

流速測定では、ポータブル電磁流速計等を用いて計測し、調査者の立ち位置による影響を受けない箇所を選定する。

計測精度を向上させるためには、流下断面の安定するインバート部より上流の管きよ内での計測が望ましい。流速計測では、流下断面形状に応じて単点から複数点を測定し、平均流速を算出することが望ましい。電磁流速計のセンサ径（ $\phi 40\sim 50\text{mm}$ ）と流速の安定性から、一定以上の水深（5cm 以上）と流速（0.3m/s 以上）が望ましい。

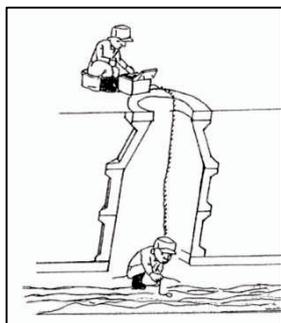


図 2.1.27 水深・流速法



写 2.1.11 電磁流速計による流速測定

§ 2.1.8 計測器の取り扱い

調査時における計測器の誤作動の防止や計測精度の確保のため、各段階において計測器の取り扱いには、十分に留意する。

【解説】

(1) 社内（室内）検定

検定とは、基準校正器（装置）との比較（較正・校正）による合否判定をいう。精度の根拠は、国際または国家標準器とのトレーサビリティによる。トレーサビリティとは、特定計量器として認証を受けた電磁流量計を基準校正器とした精度追跡が可能な一連の校正をいう。製造者または第三者機関より検定を受けた流量計は、試験成績書が貼付されるため、調査報告に当たっては、これまたは、これに準ずる社内（室内）検査成績書を添付することが望ましい。

トレーサビリティに拠れないときには、せき式流量計測法やフリューム式流量計測法の場合、JIS 規格を可能な範囲で適用し、水位検出精度または、水位・流速検出精度

から、計測器の精度を推定し、現場精度確認票として調査報告に添付することが望ましい。

面速式流量計は、原理的にトレーサビリティや JIS 規格に拠ることが困難なため、水位計測から推定される流積計算精度と、流速検出器の精度と「河川砂防技術基準 調査編」の方法により推定される平均流速値により、計測精度を推定し、現場精度確認票として調査報告に添付することが望ましい。

写 2.1.12 に検査の実施例を示す。左の写真は規定流量の調整を行っているところであり、右の写真は管きょ模型に設置した流量計の指示値を確認しているところである。



写 2.1.12 調査用機材の検査装置例

(2) 測定開始までの計測器精度管理の流れ

測定開始までの計測器の精度管理については、以下のような検査および調整等を行うことが望ましい。

1) 製造者・第3者機関による検定

定期的な製品製造側の精度確認検査を言い、試験成績票等により記録する。

2) 社内定期検査

社内検査基準に基づく定期的な動作チェックを行い、社内検査記録等により記録する。

3) 計測前調整

計測前に行う簡易な動作チェックを言い、チェックリスト等により記録する。

4) 現場オフセット調整および現場精度確認

現場オフセット調整とは、現場設置時に行う、指示値と実測値との整合を調整することであり、現場点検票もしくは現場精度確認票等に記録する。

図 2.1.28 にオフセット調整例を示す。

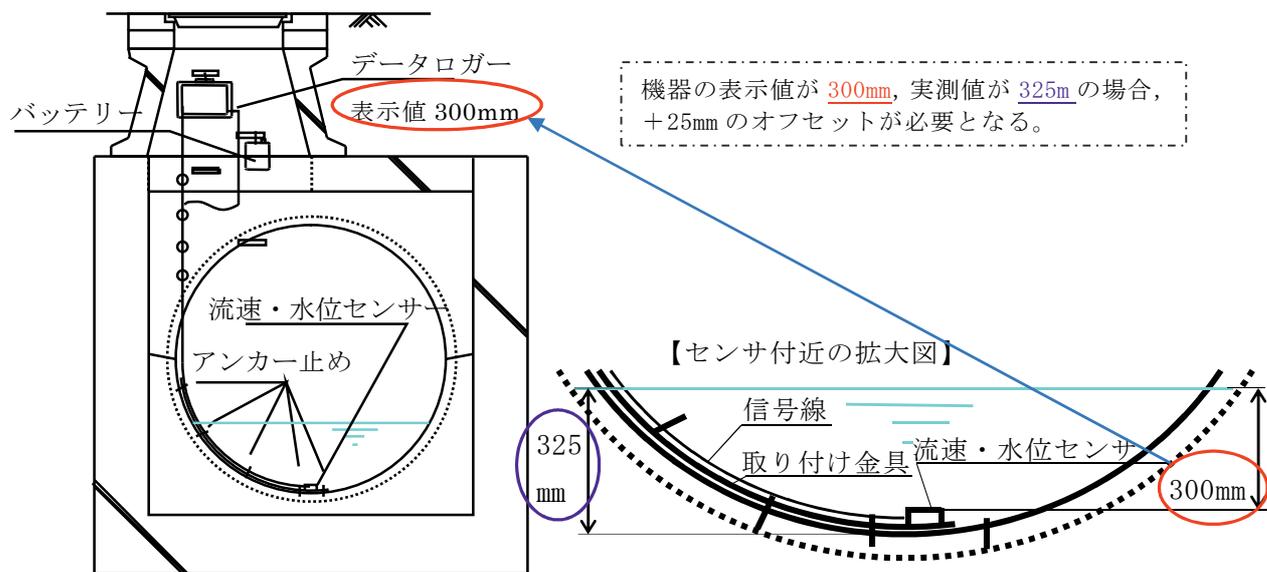


図 2.1.28 オフセット調整例（面速式流量計における水位データ調整）

§ 2.1.9 データ整理における留意点

流量調査においては、機器の精度や設置条件により様々な誤差が生じる可能性を有するため、データ整理にあたっては以下の項目に留意する。

- (1) 流量データ算出方法の提示
- (2) 異常値の抽出と欠測の取り扱い

【解説】

(1) 流量データ算出方法の提示

流量計（水位計を含む）によって採取された生データ、各巡回点検時の指示値と実測値の履歴、流量演算結果、流量演算時にどのような補正値を採用したのかなど、必要に応じ提示できるように準備することが望ましい。表 2.1.5 に補正値の算出例を示す。

表 2.1.5 補正値の算出例

日付	経過	計測時刻	作業内容	実測値 (mm)	表示値 (mm)	差異 (mm)	備考
10/1	1日目	10:35	機器設置	150	152	+2	除外
		10:36		151	153	+2	除外
10/7	7日目	9:21	巡回点検	135	134	-1	
		9:22		134	135	+1	
10/14	14日目	9:50	巡回点検	132	132	0	
		9:51		131	132	+1	
10/21	21日目	11:35	巡回点検	144	144	0	
		11:36		144	144	0	
10/31	31日目	14:10	機器撤去	122	122	0	
		14:11		121	121	0	
平均						0.125	補正値=0

※実測値と指示値の差異の平均を算出し確定補正値とする。

$(-1+1+0+1+0+0+0+0) \div 8 = 0.125 \div 0$ (単位はmm) →この場合の補正値は0とする。

(2) 異常値の抽出と欠測の取り扱い

機器の故障による異常値の見分け方は、実測値と比較することを基本とする。

データを整理するにあたって、欠測があった場合データを加工・補完するのではなく、あくまでも『欠測』として扱うことが基本である。統計的・理論的に欠測データを加工・補完しても問題のない範囲であれば利用しても良い。

面速式流量計で計測しているとき流速センサにきょう雑物が引っかかり流速が計測できなくなった場合、水位データが採取できている時に限り補完を可能とする。

図 2.1.29～32 に異常値を示した計測結果や欠測があった事例を示す。

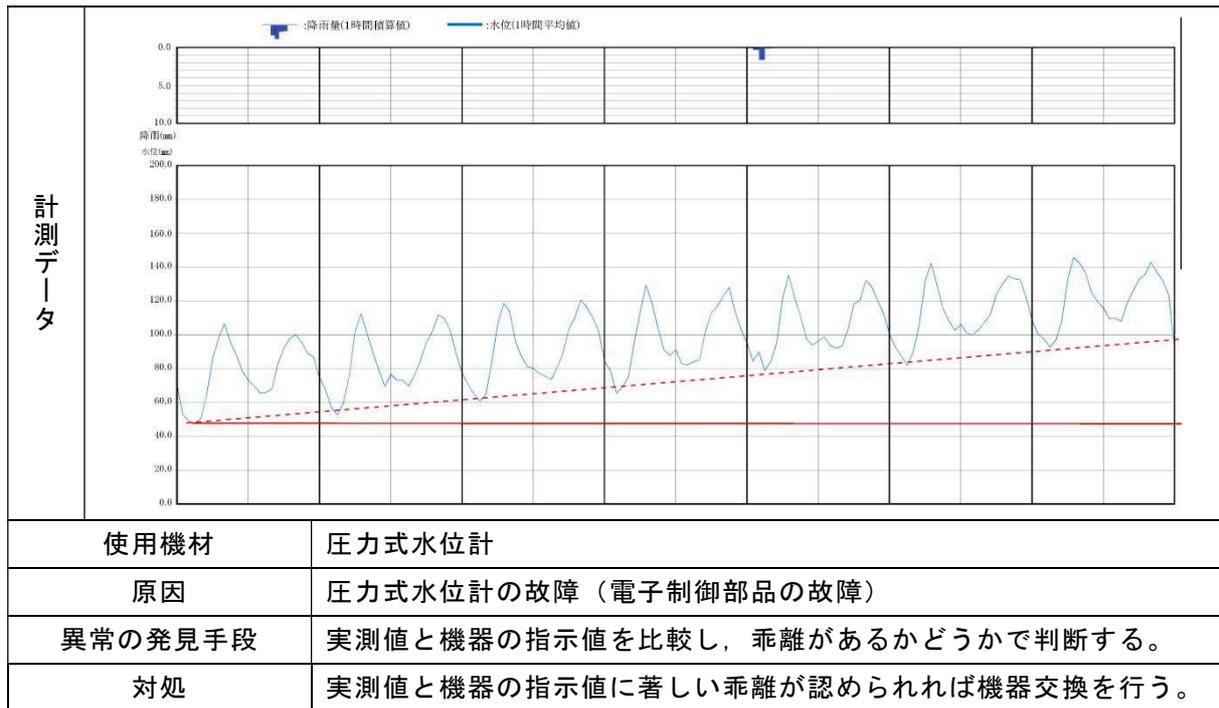


図 2.1.29 圧力式水位計の故障により右肩上がりに上昇波形を示した事例

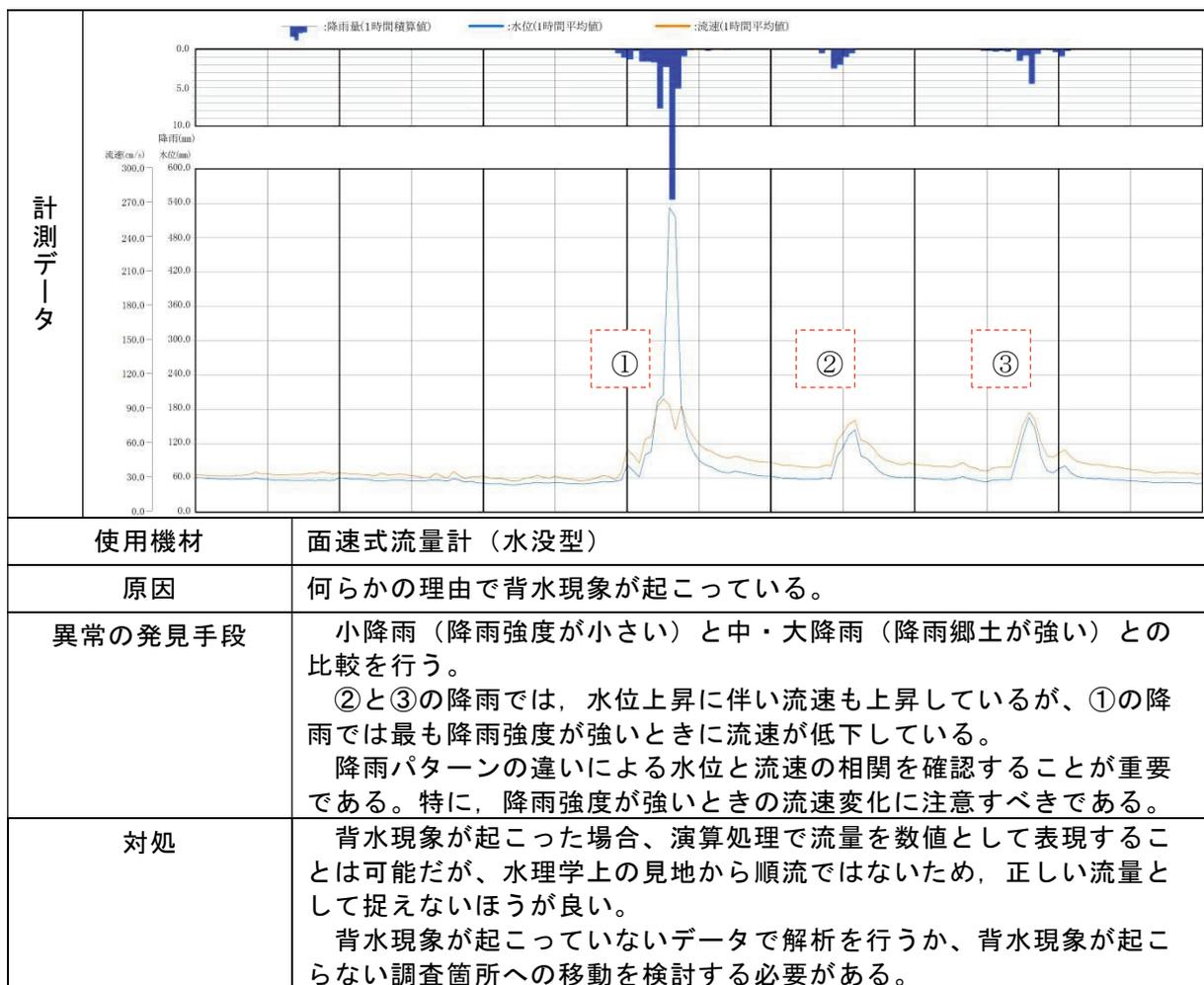


図 2.1.30 降雨に伴い水位が上昇しているが流速が落ちている（背水現象）事例

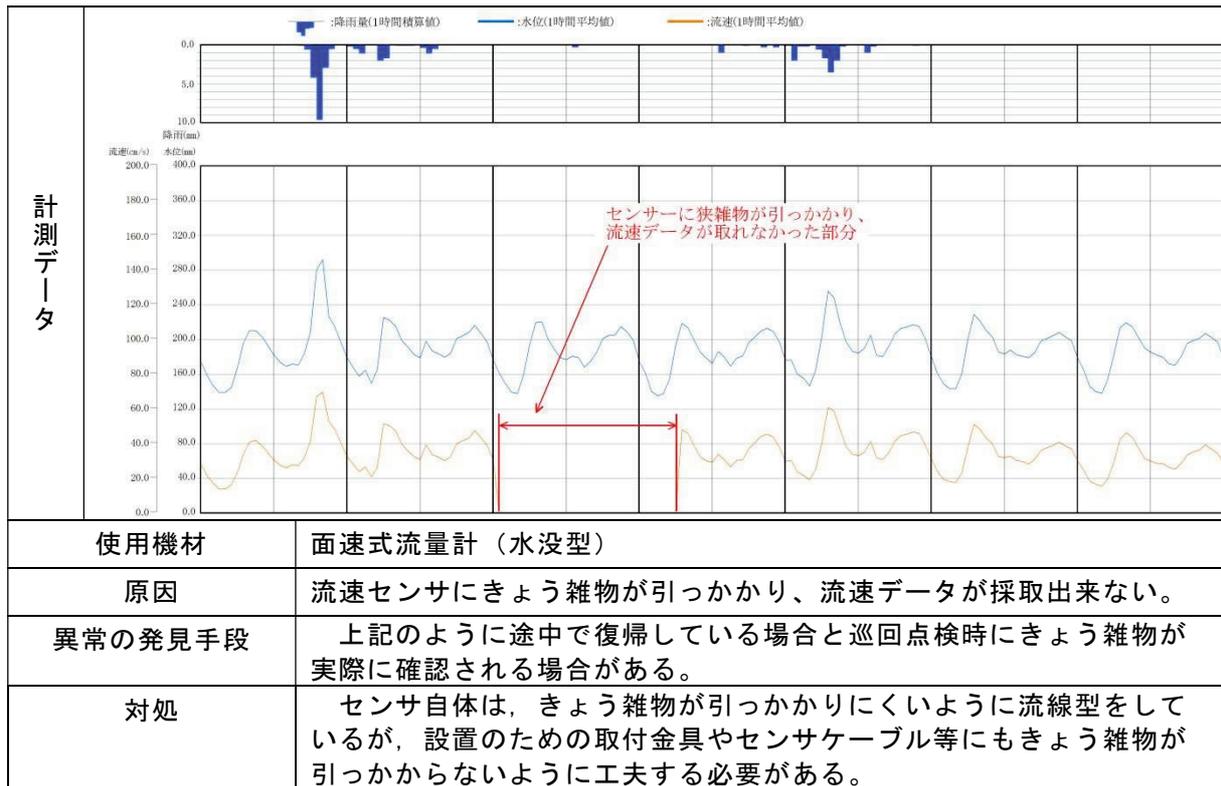


図 2.1.31 センサにきょう雑物が引っかかり流速データが取れなかった事例

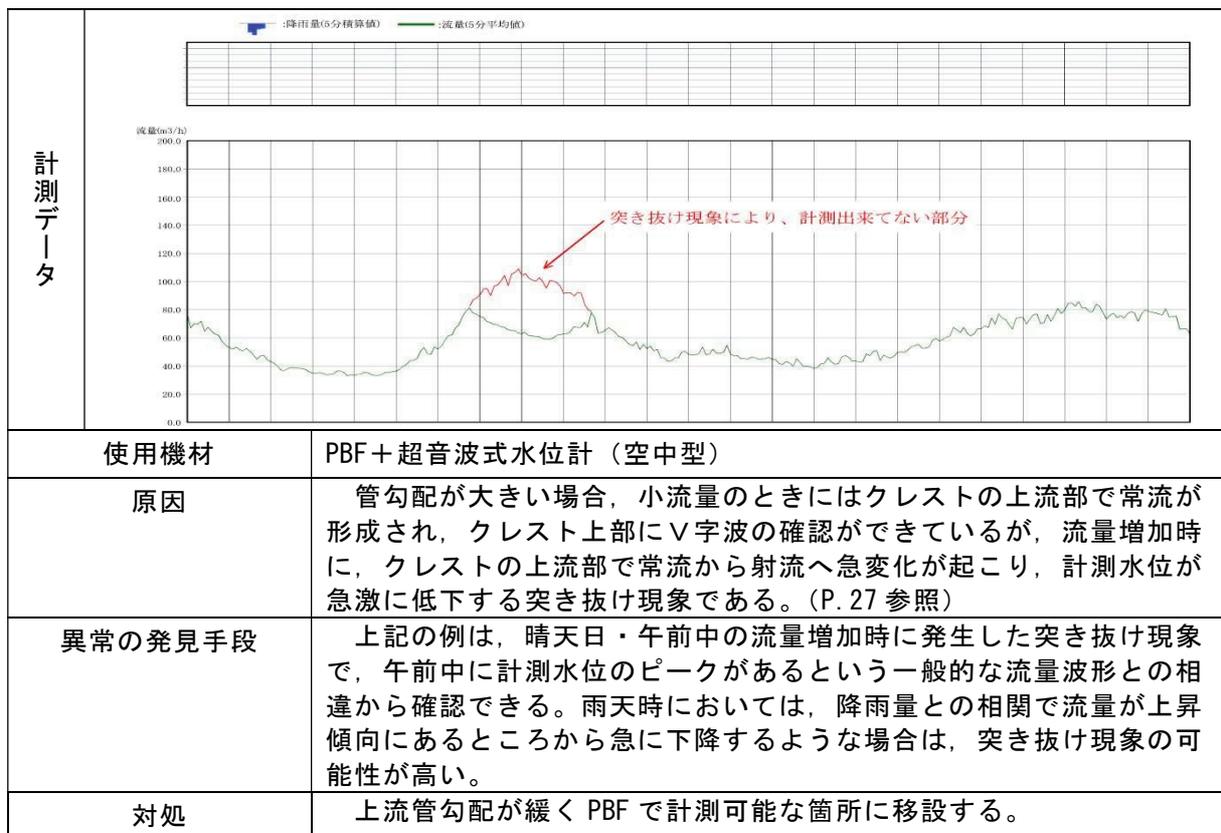


図 2.1.32 PBF の上流管勾配がきつく『射流流下=突き抜け現象』を起こしている流量波形の事例

§ 2.1.10 降雨量調査

管路への浸入水率の算定や流出解析のキャリブレーション等に雨天時の流量データを活用する場合、調査対象区域のより正確な雨量データを必要とするため、可能な範囲で降雨量調査を行うことが望ましい。

【解説】

(1) 適応

流量調査の目的に応じ降雨量調査を行うものとする。最近では、積乱雲の発生による局地的な降雨も確認されているため、流量調査の結果と相関がとりやすいように降雨観測の箇所数を決定する。

(2) 使用機材

転倒ます式雨量計は、図 2.1.33 に示すような構造を有しているものが一般的である。国内で使用されている転倒ますの容量は、大部分が 0.5 mm または 1.0 mm で、一部 0.1 mm、0.2 mm に相当するものがあるため、目的に応じて仕様を決定する。なお、気象庁では 0.5 mm を使用している。

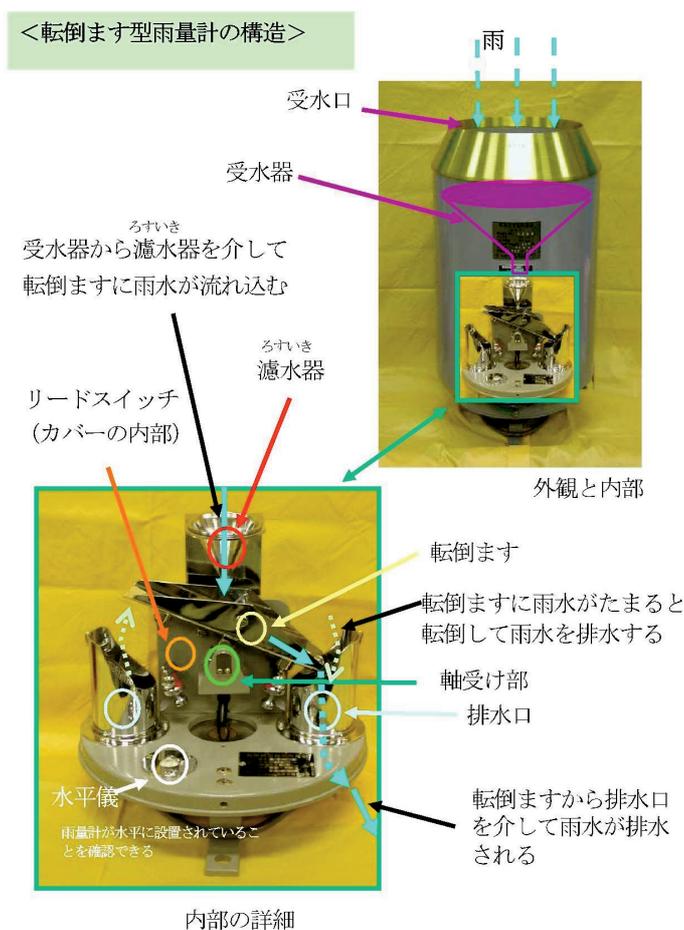


図 2.1.33 転倒ます式雨量計⁴⁾

(3) 機器設置時の条件

①建物や樹木からはできるだけ離して設置する。

図 2.1.34 のように、周辺に高い樹木や建物があると風の乱れが発生し、雨や雪の降り方が一様でなくなるために降水量の測定に影響が生じる。また、樹木からの葉や花びらが雨量計の受水口を詰まらせることもある。周辺の高い樹木や建物からはそれらの高さの 2～4 倍以上（不可能な場合は 10m 以上）の距離を離して設置する。

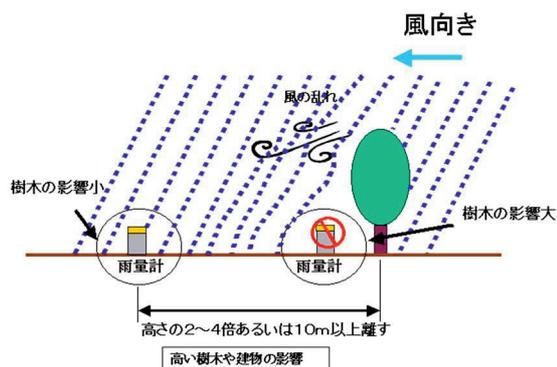


図 2.1.34 高い樹木の影響を受ける際の設置例⁴⁾

②受水口の水平確認を行う。

設置時には、雨量計の受水口が必ず水平であることを確認する。

③雨滴の跳ね返りを防止する。

地面に跳ね返った雨滴が受水口に飛び込むこともあるため、雨量計の周囲 1 m 程度の範囲には芝生（または人工芝）あるいは細かな砂利を敷くと良い。周辺に物を置くことも跳ねの原因となる。

④建物の屋上への設置はできるだけ避ける。

図 2.1.35 のように、建物の屋上周辺部では建物の影響で吹き上げるような風が発生する。このとき雨を吹き上げてしまうため雨量の測定に影響がでることになる。

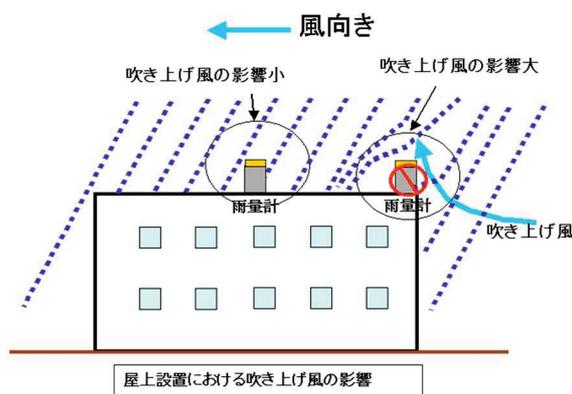


図 2.1.35 建物屋上での設置例⁴⁾

一般的には屋上の中心部のほうが吹き上げ風による影響は小さくなるので、やむをえず屋上に設置する場合はなるべく屋上の中心部近くへ設置する。また屋上の構造物の近くへ設置することも避ける。跳ね返り対策としては人工芝等を活用すると良い。

⑤道路近くなど、絶えず振動の多い場所は避ける。

※国土交通省気象庁の HP を参考

http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/b2.html

機器は水平に設置し、風等により横転しないような措置を取る。

写 2.1.13 に雨量計の設置例を示す。



写 2.1.13 雨量計設置例

(4) 調査精度

気象測器検定指針に準拠したものが市販されており、0.5mm 計の場合、20mm 以下の雨量の時は $\pm 0.5\text{mm}$ 以内、20mm を超える雨量の時は $\pm 3\%$ 以内である。

(5) 調査における留意点

雨量計の内部に、ますが転倒したときに生じるパルス信号をデータ格納しており、複雑な構造ではない。バッテリーの電圧不足等でデータ欠測がないように注意する。

既存雨量計データの多くが 0.5 mm雨量計データであり、その整合性から、降雨量調査時も 0.5 mm雨量計が使用されることが多い。また、0.5 mm雨量計は、100mm/h を超える高強度の降雨も正確に捉えられる。

一方、小降雨の流出特性を調査する場合等、0.5 mm雨量計では、降雨開始時間に大きなずれが生じ、その後も微量な変化を捉えられないことになる。そのような場合は、0.1 mmあるいは 0.2 mm雨量計が使用されている。この雨量計も 50 mm/h \sim 80 mm/h 程度の降雨強度までは、精度よく捉えられる性能（仕様確認のこと）を有している。

既存雨量計のデータが活用できる場合、設置されている機器の状態や設置場所の状況を十分に確認する。不備が確認された場合、既存雨量計のデータ活用を再検討する。

なお、レーダ雨量は、観測方法によっては、地上数千メートルの大気中の雨滴を観測しているため、地上で観測される降雨量とは異なるものであることに留意する。

第2節 水質調査概論

§ 2.2.1 調査方法の選定における留意点

水質調査には、採水した試料を分析する方法と機材を設置し連続測定する方法がある。調査方法の選定にあたっては、調査の目的や調査地点の状況等、以下の項目に留意する。

また、調査対象箇所については必ず現地踏査により確認し、調査方法の適合性や現場での作業性の判断、安全管理計画の検討等に活用する。

- (1) 調査目的
- (2) 調査地点の形状・構造
- (3) 潮位による影響の有無
- (4) 強制排水施設等の有無

【解説】

(1) 調査目的

水質調査は、合流改善計画、不明水調査、下水熱利用等の特定の物質・性状を調査するために、物理的に採水した検体を分析すること、または機器によって連続計測することにより、さまざまな事象の検証を行う基礎データとなるものである。

(2) 調査地点の形状・構造

調査地点については、採水箇所の形状・構造を把握し、調査時における調査員の安全確保と機器設置・巡回点検・撤去等が円滑に実施できるような場所を選択することが望ましい。

(3) 潮位による影響の有無

潮汐の影響により、海水等の混入が想定される場合、本来の調査対象とは異なる事象を調査する恐れがあるため、海域近くでの調査の場合は、調査地点における潮汐の影響の有無を事前に確認する必要がある。

(4) 強制排水施設等の有無

調査対象箇所（採水予定箇所）の上流に強制排水施設等がある場合は、施設の種別、施設規模・能力に留意し、機器設置・巡回点検・撤去時の安全確保と測定データの有効性について理解し、把握しておくことが大切である。

§ 2.2.2 水質調査方法

管路内での水質調査方法には以下のような手法があり、それぞれが有する特徴に応じて手法を選定する。

- (1) 直接採水
- (2) 自動採水器（オートサンプラ）による採水
- (3) 機器による連続測定

【解説】

(1) 直接採水

直接採水とは、基本的に人力による採水のことを言う。採水後速やかに分析を行う必要がある項目（溶存酸素、水温等）が調査項目にある場合や、自動採水器（オートサンプラ）の設置が物理的な理由により不可能な場合に、直接採水を行う。

(2) 自動採水器（オートサンプラ）による採水

自動採水器による採水は、採水後速やかに分析を行う必要がある項目（溶存酸素、水温等）が調査項目にない場合に実施される。また、採水地点の交通量が多く、マンホールを頻繁に開閉できない場合等にも採用される。

流量比例採水、降雨量比例採水、水深比例採水等の対応も機種により可能である。採水ビンは、500ml、1,000mlのいずれかで、内部に24本格納されているものが一般的である。

自動採水器の内部の様子を写 2.2.1 に示す。

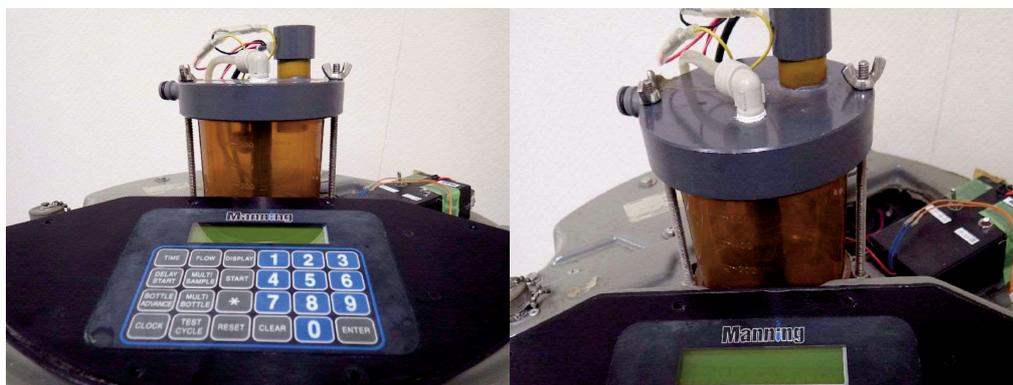


写 2.2.1 自動採水器（オートサンプラ）内部

採水方式には、計量ますの内圧を減圧して流体を吸い上げる『真空ポンプ式』と、シリコンホースの復元力を利用した『ローラーポンプ式（しごきポンプ式）』の2種類がある。ローラーポンプ式は、SS（浮遊物質）を破砕する可能性があるため適性を見極める必要がある。写 2.2.2 に自動採水器の採水方式の違いを示す。

また、自動採水器は機種ごとに揚程に限界があるため、設置箇所に留意しなければならない。揚程が不足する場合は、二段吸い上げなどにより対応可能であるが、採水完

了後のパージ作業（ホース内に残存する流体を加圧して吐き出す作業）に時間を要するため、採水間隔に留意する必要がある。設置にあたっては、可能な範囲で採水する箇所に近い位置に設置することが望ましい。



真空ポンプ式



ローラーポンプ式

写 2.2.2 自動採水器の採水方式の違い

(3) 機器による連続測定

機器による連続測定は、採水し分析する代わりに、特定の水質・性質を連続計測するものである。一例として濁度、電気伝導度（EC）、水温、PH、塩分濃度、塩素イオン濃度等があるが、いずれの機種もセンサを流体内に仮設しなければならない。その際、きょう雑物が絡んだりしないように設置しなければならない。

§ 2.2.3 直接採水

管路内から人力等により直接採水した試料を、現地あるいは水質分析機関等にて分析調査する方法をいう。

【解説】

(1) 適応

直接採水は、採水時から時間の経過とともに水質が変動するような項目（溶存酸素、

水温等)が調査項目にある場合や、自動採水器(オートサンプラ)の設置が物理的な理由により不可能な場合に実施される。

(2) 使用機材

直接採水に使用する機材には、採水ビン、ロープ付のバケツや採水缶、バンドーン採水器、ハイロート採水器、モニタリング機材、クーラーボックス等の保冷設備、冷媒、衛生用具一式等があげられる。

なお、管路内での採水にあたっては、ロープ付のバケツや採水缶による方法が一般的である。

(3) 採水方法

採水にあたっては、現場状況に応じて、安全でかつ採水しやすい方法で実施し、現地で測定する項目がある場合は速やかに行う。また、採水ビンに移動したのち速やかに、かつ適正に保管する。分析項目によっては採水ビンの「共洗い」を行い、大腸菌群数等の調査の場合は「共洗い」を行わずに滅菌ビンに封入する。

現場での直接採水の様子を写 2.2.3 に示す。



写 2.2.3 現場で直接採水の様子

§ 2.2.4 自動採水器(オートサンプラ)による採水

あらかじめ設置した自動採水器(オートサンプラ)で管路内から採水した試料を、現地あるいは水質分析機関等にて分析調査する方法をいう。

【解説】

(1) 適応

自動採水器による採水では、時間の経過とともに水質が変動しやすい項目(溶存酸素、水温等)が調査項目にない場合に実施される。採水ビンは500ml、1000mlのいずれかで、内部に24本格納されているものが一般的である。

(2) 使用機材

自動採水器による採水では，自動採水器（オートサンプラ），外部信号用センサ（流量計，水位計，雨量計等），採水ビン，クーラーボックス等の保冷設備，衛生用具一式等の機材を使用して実施する。

(3) 機器設置時の条件

機器設置にあたっては，自動採水器（オートサンプラ）他，外部信号用機材が安全に仮設できる場所を確保し，ストレーナ（採水ホースの先端部分）やホースが流下状況を阻害しないように仮設しなくてはならない。

自動採水器の設置例を写 2.2.4 に示す。



写 2.2.4 自動採水器の設置例

(4) 採水間隔のプログラムと外部信号との連携

自動採水器は，採水開始から等間隔採水，時間比例採水等のプログラミングが可能である。また，採水間隔を事前に設定することや外部信号対応も可能である。

§ 2.2.5 機器による連続測定

管路内にあらかじめ設置した各種センサを有する機器により、特定の水質や性状を連続測定する方法をいう。

【解説】

(1) 適応

直接採水や自動採水器による採水を行い、分析する代わりに、あらかじめ設置した機器により、特定の水質・性質を連続計測する。機器による連続測定項目には、一例として濁度、電気伝導度（EC）、水温、PH、塩分濃度、塩素イオン濃度等がある。

(2) 使用機材

機器による連続測定では、各種センサを有する水質モニタリング機器にて測定を実施し、データログと連動させ、あらかじめ設定した時間間隔により計測データを保存する。

写 2.2.5 に測定器の例を示す。



電気伝導度計（一体型）



水温計（一体）

写 2.2.5 測定機器の例

(3) 機器設置時の条件

機器設置では、いずれの機種もセンサを下水中に仮設しなければならないため、きょう雑物が絡んだりしないように設置しなければならない。

測定機器を設置した際に、きょう雑物対策を行った例を図 2.2.1 に示す。



きょう雑物絡み防止対策として、センサをアンカーボルト等で固定後、速乾性モルタルまたはパテで先端部の突起の解消策を実施。

図 2.2.1 測定機器の設置例

(4) 計測時の留意点

計測器の設置では、基本的にセンサを下水中に接触させるため、流下状況を著しく阻害しない、センサやケーブルが計測中に切断されたりしない、きょう雑物が絡まないなどに留意した設置方法をとらなければならない。

(5) 機器校正と検定

調査では、使用する機器類が正常に計測できるかどうかの判断が重要である。機器メーカーの保証書や試験成績書等によって確認することも一つの手段となる。

§ 2.2.6 試料の保管・運搬・分析

採水した試料は、調査の目的や分析項目に応じ、適正に保管、運搬したうえで、定められた方法で分析調査する。

【解説】

(1) 試料の保管・運搬

水質の分析では、試料採取後速やかに分析室に運搬し、直ちに分析に取りかかることを原則とするが、採取後直ちに分析できない場合は、水質が変化しないように適切に運搬・保管する。もっとも一般的な保存方法は、暗所にて0～4℃で冷却保存することである。また、運搬中の事故や試料容器の破損には十分注意する。⁵⁾

代表的な水質項目と試料の保存方法を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 試料の保存方法⁵⁾

水質項目	容器*	保存方法等	備考
BOD	P または G	0～10℃の暗所に保存	9 時間以内に試験着手
COD	P または G	0～10℃の暗所に保存	
SS	P または G	0～10℃の暗所に保存	
T-N	P または G	塩酸または硫酸を加え、pH を 2～3 とし、 0～10℃の暗所に保存	
T-P	P または G	硫酸または硝酸を加え、pH を 2 とし、 0～10℃の暗所に保存	
大腸菌群数	滅菌ビン	0～10℃の暗所に保存	9 時間以内に試験着手

※P：プラスチック容器，G：ガラス容器

(2) 試料の分析

試料の分析は、環境計量士が在籍している分析機関（計量証明事業所）で実施しなければならない。試料の保存方法や、これに続く運搬等について、試料の分析を行う機関に確認することが望ましい。

詳細な分析方法については、「下水試験方法」（日本下水道協会）に準拠する。

[参考文献]

- 1) 「計装 Cube」(工業技術社) 2003 年 3 月
- 2) 「PBF 資料」(ペンタフ株式会社) 2000 年 1 月
- 3) 「水理公式集-平成 11 年度版」(公益社団法人 土木学会) 1999 年 11 月
- 4) 「気象観測ガイドブック」(気象庁) 2002 年 12 月
(http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/guidebook.pdf)
- 5) 「下水試験方法」(公益社団法人 日本下水道協会) 2012 年 12 月

第3章 目的別調査

第1節 合流式下水道改善計画のための調査

§ 3.1.1 調査の目的

合流式下水道改善計画に関する以下の3つの段階で調査が必要であり、雨天時の下水道管路内の把握または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する。

- (1) 合流式下水道改善計画の策定
- (2) 合流式下水道改善計画の事後評価
- (3) 雨天時放流水質基準についての水質検査

【解説】

合流式下水道改善計画のための調査では、①計画策定時、②事後評価時、③雨天時放流水質基準についての調査において、それぞれの目的に応じた現地での流量・水質調査を行う必要がある。

①計画策定時では、放流実態の把握やキャリブレーション用実測値が必要であり、②事後評価時では、事業効果の確認や改善計画の評価・改善等のために、対策後の実態把握が必要である。また、③雨天時放流水質基準についての水質検査では、「下水道法施行令」により、放流水質基準が定められているなど、各調査の目的に応じて、調査の内容が異なる。なお、本節では、合流式下水道改善計画に関連する管路内における流量・水質調査を対象とする。

表 3.1.1 に各調査の目的と調査内容の概要を示す。また、図 3.1.1 に合流式下水道改善計画のための各調査の位置付けを示す。

表 3.1.1 調査目的と調査内容

調査実施時期	目的	内容
①計画策定時 合流式下水道改善計画の策定に関する調査	放流実態等の把握	未処理放流水等の放流状況や放流先水質の実態を把握する。
	流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集	流出解析モデルのキャリブレーションに用いて、作成した流出解析モデルの妥当性を評価する。
②事後評価時 合流式下水道改善計画の事後評価に関する調査	対策施設等の機能確認	実施した対策施設による汚濁負荷量削減効果や未処理下水の放流回数を確認し、施設の水質保全機能が発揮されているかを確認する。
	放流先水域の影響評価	放流先水域の水質改善効果等の把握、検証を行う。
③雨天時放流水質基準についての水質検査	下水道法施行令の水質基準遵守確認	下水道法施行令による放流水質の技術上の基準（雨天時放流水質基準 40mg/L、暫定基準 70mg/L）が遵守できているかを確認する。

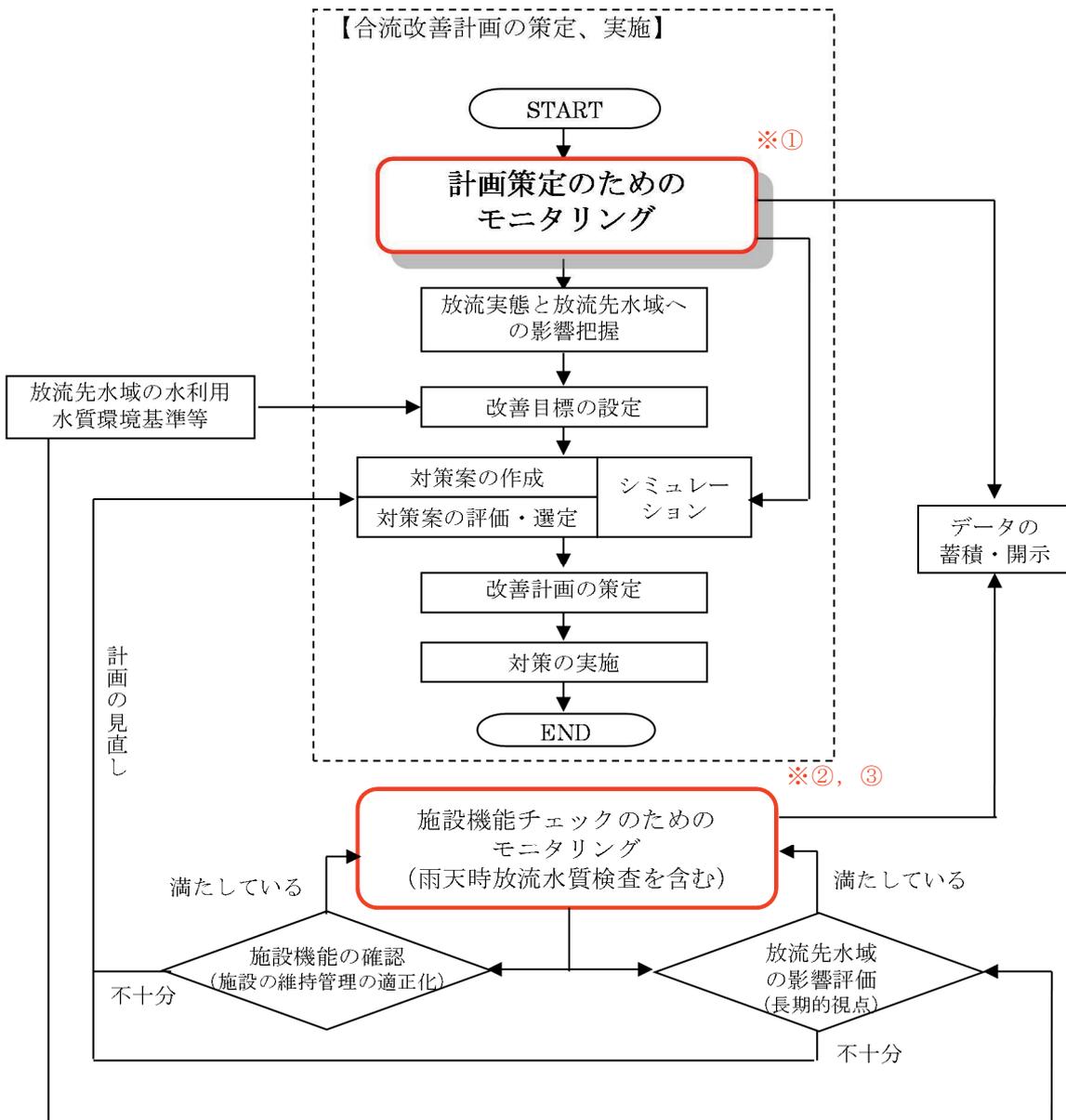


図 3.1.1 合流式下水道のための各調査の位置付け

- ※①.... 合流式下水道改善計画の策定に関する調査（計画策定時）
- ※②.... 合流式下水道改善計画の事後評価に関する調査（事後評価時）
- ※③.... 雨天時放流水質基準についての水質検査

出典：「合流式下水道の雨天時放流水質基準についての水質検査マニュアル（平成 16 年 4 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部）」を一部修正

(1) 合流式下水道改善計画の策定に関する調査

合流式下水道改善計画の策定における実態把握調査では、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、計画策定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する。

(2) 合流式下水道改善計画の事後評価に関する調査

合流式下水道改善事業の事後評価（以下、合流改善事後評価という）については、「社会資本整備総合交付金要綱（下水道事業）の運用について（平成 25 年 5 月 16 日 国水下企第 10 号-2、国水下事第 9 号、国水下流第 5 号）」などに従い実施されることになっており、事業完了後 3 年以内に評価を実施する必要がある。

また、「合流式下水道緊急改善事業の事後評価について（平成 26 年 3 月 31 日 国土交通省水管理・国土保全局下水道部流域下水道計画調整官 事務連絡）」において、事後評価の方法について取りまとめられており、この方法に基づいたモニタリング調査を対象とする。

(3) 雨天時放流水質基準についての水質検査

下水道法施行令（第 6 条の 2）における合流式下水道からの放流水質の技術上の基準は、処理区内における総降雨量が 10mm～30mm の範囲の降雨であり、かつ、降雨による雨水の影響が大きい時において、各吐口からの放流水に含まれる汚濁負荷量（BOD）の総量を、当該各吐口からの放流水の総量で除した数値が、40mg/L 以下（暫定基準として 70mg/L 以下）であることとされている。詳細については、下記【参考 1】を参照のこと。

このため、降雨による雨水の影響が大きい期間の、雨水吐、処理施設、貯留施設からの放流水について水質と水量を把握しなければならない。調査の方法は、「合流式下水道の雨天時放流水質基準についての水質検査マニュアル（平成 16 年 4 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部）」に準拠する。

【参考 1 雨天時放流水質基準】

雨天時放流水質基準は、個々の吐き口の水質を規定するものではなく、放流される汚濁負荷量の総量を放流水の総量で除した数値に適用するものである。すなわち、対象とする降雨による合流式下水道からの放流水の全体を対象として、それらの平均水質（空間的平均、かつ時間的平均）に対し、基準値を適用する。基準の概念について、図 3.1.2 に示す。

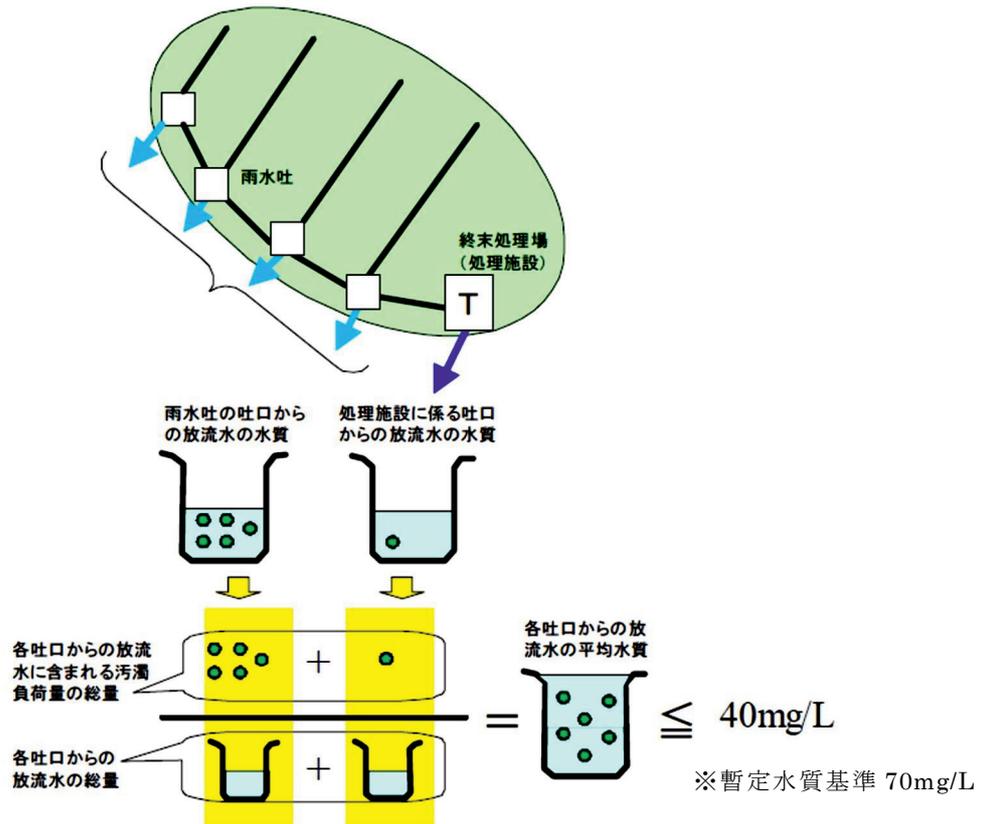


図 3.1.2 雨天時放流水質基準の概要図¹⁾

§ 3.1.2 調査項目

調査の項目は、「合流改善計画の策定に関する調査」「事後評価に関する調査」「雨天時放流水質基準についての水質検査」における各マニュアル等に定められたものとする。

【解説】

(1) 水質調査

合流式下水道改善計画における当面の改善目標のうち、汚濁負荷量の削減の対象とされている水質指標は、BODである。

ただし、CODやSS等が「生活環境の保全に関する環境基準」の水質項目であることや閉鎖性水域においてはT-N、T-Pの総量規制があるため、これらの項目についても計画策定における流出解析等に必要となる場合がある。

マニュアル等に定められている標準的な水質項目等を表3.1.2に示す。

表 3.1.2 各調査における標準的な測定項目

測定項目		調査目的		
大項目	水質項目	合流改善 計画策定	合流改善 事後評価	雨天時放流水 水質検査
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	○	○	○
その他	未処理放流時間	◎	◎	◎
	きょう雑物	◎	◎	—

凡例 ◎：必須とする項目 ○：目的に応じ必要となる項目 —：不要な項目 ※：現地測定項目

(2) 流量調査

計画策定や事後評価における流出解析モデルのキャリブレーションのために、管路内の流量の調査が必要であるとともに、未処理下水放流による放流先水域への影響の把握のため、未処理放流量の調査も必要となる。また、遮集倍率の検討を必要とする場合には、雨水吐き室への流入下水量、遮集量を測定する必要がある。雨天時放流水質基準についての水質検査では、未処理放流量の調査が定められている。

合流式下水道改善計画における目的別の流量調査対象項目を表 3.1.3 に示す。

表 3.1.3 目的別の流量調査対象項目

対象	調査目的		
	合流改善 計画策定	合流改善 事後評価	雨天時放流水 水質検査
合流管流量	○	○	—
遮集量	○	○	—
放流量	◎	◎	◎

◎：必要な項目，○：状況に応じて必要な項目，—：不要な項目

(3) 降雨量調査

合流改善計画における対象降雨および下水道法施行令による雨天時放流水質基準を適用する降雨は、対象となる処理区内における総降雨量が 10 mm以上 30 mm以下の範囲の降雨とされている。このため、計画策定や事後評価における流出解析モデルのキャリブレーションを実施する際には実降雨を用いることが必要である。

§ 3.1.3 調査計画および実施計画

調査計画および実施計画では、調査の目的ごとに調査地点や測定方法（測定時期、測定期間、測定時間、作業体制、実施工程）を適切に定める。

【解説】

(1) 調査種別と調査回数

調査種別と調査回数は、調査目的に応じて設定する。調査目的別の調査種別と調査回数の一例を表 3.1.4 に示す。

表 3.1.4 調査目的別の調査種別と調査回数（例）

調査種別 調査回数	調査目的		
	合流改善 計画策定	合流改善 事後評価	雨天時放流水 水質検査
晴天時調査	○	—	—
回数	2 回以上	—	—
雨天時調査	○	○	○
回数	3 回以上	1 回以上	毎年少なくとも 1 回

(2) 調査時期・期間

調査時期は、降雨の多い時期（6 月から 11 月上旬頃）に設定することが望ましい。調査期間については、調査目的に応じた調査回数を満足するための期間を設定する必要がある。また、調査計画書、道路使用許可申請書等の作成が必要となるため、準備期間として 2 ヶ月程度を見込む必要がある。

なお、晴天時調査を実施する場合、先行晴天日数を十分に確保した降雨の影響がない日に調査日を設定する必要がある。

1) 独立降雨

独立降雨とは、一般に降雨の前後に一定時間降雨のない場合に、その降雨を示すものである。「合流式下水道の雨天時放流水質基準についての水質検査マニュアル」（平成 16 年 4 月、国土交通省）では、小降雨（0.5mm 未満）は無降雨として取り扱うことができるとしている。雨天時調査では、0.5mm 以上の独立降雨を 1 降雨とする。（図 3.1.3 参照）

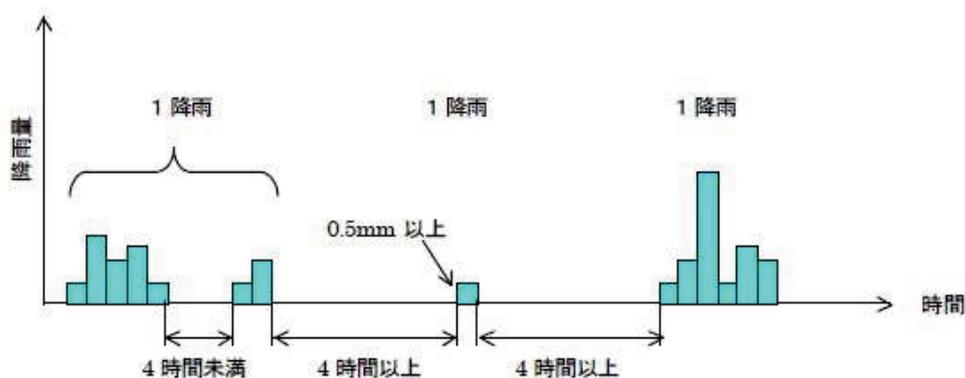


図 3.1.3 独立降雨の定義

2) 雨天時調査の対象降雨の目安

雨天時調査における降雨規模は、施設機能チェックのためのモニタリングで汚濁負荷量削減効果が確認できる平均的な雨量である総降雨量 10～30 mmを目安とし、かつ未処理放流の発生が見込まれる降雨を対象とする。

ただし、夏季に発生する雷雨等の降雨予測情報で事前に降雨を把握することが難しい降雨や、台風等の採水に危険が伴うような豪雨は、調査対象からあらかじめ除外するなどの配慮も必要である。

(3) 作業体制

作業体制は、調査目的や内容に応じて設定する。調査計画で定めた内容に基づく実際の現地作業において必要となる標準的な要員を表 3.1.5 に、現地作業体制を図 3.1.4 に示す。

表 3.1.5 水質調査の現地作業において必要となる標準的な要員と主な役割

調査地点と要員		主な役割
現場責任者		現地への出勤、作業継続および中止、各調査地点との調整等、現場の統括。
作業員	合流下水	<ul style="list-style-type: none"> ・バケツ等で採水した試料の容器保存。容器保存時間の記入。 ・未処理放流時間の確認。きょう雑物の補足状況等の確認。 ・写真撮影等。
	未処理下水	きょう雑物の補足状況等の確認。
輸送要員		採水した試料の回収と分析場所への輸送。
交通監視員		自動車や歩行者等の誘導等。

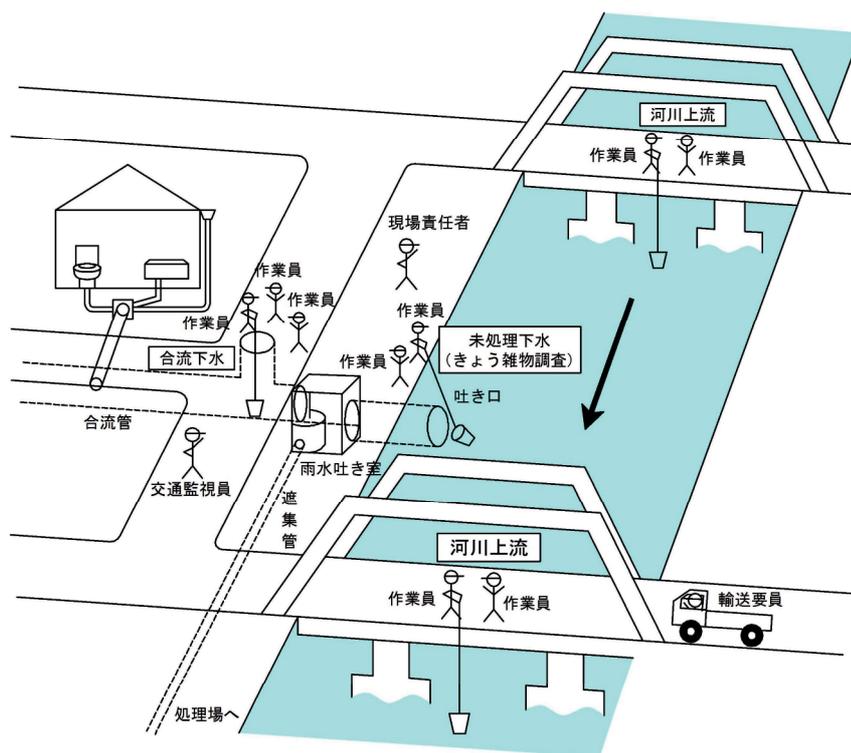


図 3.1.4 現地作業体制（雨天時における自然吐き口の例）¹⁾

(4) 実施工程

表 3.1.6 に合流式下水道のための調査のモニタリング作業工程例を示す。

調査計画の策定および調査の準備に時間を要するため、余裕を持った工程の策定が必要である。

また、表 3.1.6 は、解析作業、シミュレーションモデルの構築およびキャリブレーション等、合流改善計画の策定および事後評価で必要となる作業を除いたものである。これらの作業に支障をきたさないように、準備を進めることが望ましい。

表 3.1.6 雨天時放流水質基準についての調査の作業工程例

工種※	月別		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月	
	日別		7月		8月		9月		10月		11月		12月		1月		2月	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
1. 基礎調査																		
1-1. 資料収集・整理																		
1-2. 現地調査																		
2. モニタリング計画																		
3. モニタリングの実施																		
3-1. 実施計画																		
3-2. 関連管理者協議																		
3-3. モニタリング実施管理																		
3-4. モニタリングの実施																		
・現場準備																		
・機器の設置、撤去 および維持管理																		
・試料の採水と現地計測																		
・試料の運搬																		
・水質分析																		
・野帳、写真整理																		
4. データのとりまとめ																		
・放流実態の把握に関する整理																		
・流出解析モデルのキャリブレーション 用実測値に関する整理																		
5. 図書作成及び報告書作成																		

※ 点線で示した工種は本マニュアルの対象範囲外である。

1. 基礎調査

下水道施設の現況把握、未処理放流状況及び放流先水域の情報、降雨情報等の整理と現地踏査の実施によりモニタリングの実施に必要な基本的な情報の整理と地域特性を把握し、発注者と業務実施に係る基本事項の確認を行う。

2. モニタリング計画

調査対象となる区域や下水道施設を検討し、調査項目、調査回数、調査間隔等を設定し、モニタリング計画を立案する。

3. 不明水発生区域の絞り込み

3-1. 実施計画

調査地点、現場作業体制、緊急連絡体制、実施工程、使用資機材、安全管理、作業時及び緊急時の連絡体制等を実施計画書としてとりまとめる。

3-2. 関連管理者協議

河川管理者や道路管理者等と調査実施に必要な協議を行うと共に、必要となる道路使用許可申請、安全審査の届出等を行う。

3-3. モニタリング実施管理

モニタリングの実施に際し、出勤、継続、中止等の判断を行う。

3-4. モニタリングの実施

・現場準備

必要資機材の準備、実施体制の確認、交通監視員の確保等を行う。

・機器の設置、撤去および維持管理

流量計および雨量計を設置し、調査期間中の維持管理を行うと共に、調査終了時には速やかにこれらを撤去する。

※降雨量については、既存降雨データを参照して整理する場合もある。

・試料の採水と現地計測

試料の採水や雨天時合流水のきょう雑物を採取し、現地計測を行う。

・試料の運搬

採水した試料を分析機関へ運搬する。

・水質分析

分析機関により、採水した資試料の水質を分析する。

・野帳、写真整理

採水状況や採水時の写真等を野帳として整理すると共に、降雨量や流量等の測定結果を整理する。

4. データのとりまとめ

4-1. 放流実態の把握に関する整理

放流実態を把握するため、基礎調査に関する情報とモニタリング結果を整理し、現況における課題を抽出する。

4-2. 流出解析モデルのキャリブレーション

流出解析モデルのキャリブレーションに利用するため、実測値を整理する。

5. 図書作成及び報告書作成

モニタリング全般に対すとりまとめを行い、報告書をはじめその他必要な関係図書を作成する。

§ 3.1.4 計測の方法

計測の方法は、調査の目的により計測機器の選定を行い、計測機器ごとの留意点を踏まえたものとする。

- (1) 流量計測の方法
- (2) 水質計測の方法
- (3) 降雨量計測の方法

【解説】

(1) 流量測定の方法

1) 測定方法の選定

合流式下水道改善計画のための調査では、管径や流量の大小に応じて表 3.1.7 に示すように、流量測定方法を選定する必要がある。ただし、合流式下水道におけるモニタリング調査では、比較的管径が大きく、雨水による流量変化も大きいことから、面速式流量計が多く用いられている。

流量計の設置が困難な場合には、越流水深を測定し、せきの越流量の式から放流量を算定する場合もある。(図 3.1.5 参照)

表 3.1.7 流量の測定方法の選定

設置位置		放流管きよ	流入管きよ	遮集管きよ (遮集幹線接続)	遮集管きよ (下流に人孔)
管径		大口徑	大口徑	小～中口径	小～中口径
流量		中 (自由水面)	中 (自由水面)	満管	非満管
流量 測定 方法	面速式	◎	◎	◎	◎
	フリューム式	× (流水障害)	× (流水障害)	× (流水障害)	○
	せき式	× (流水障害)	× (流水障害)	× (流水障害)	× (流水障害)

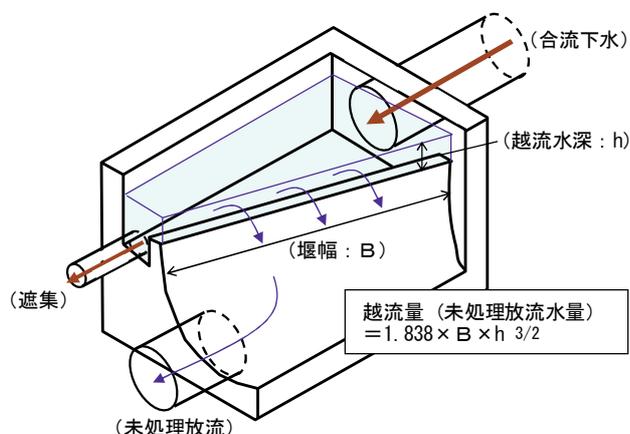


図 3.1.5 越流水深による未処理放流量の把握

2) 流量測定 of 留意点

流量計測器は、管径や水量に応じて適用できる機材が異なるため、選定された調査対象地点の流量をあらかじめ把握することが重要である。調査対象としている流量範囲に応じた精度（フルスケール）を有する計測器を選定する。

また、合流管における測定の場合は、晴天時と雨天時における測定対象流量の幅が大きくなる。晴天時における水位が低く、流量測定が困難となる場合は、図 2.1.17 のようにバッファを用いた計測が必要となる。

なお、水位の異常上昇に対して水密性の高いデータロガを用いることが望ましい。

(2) 水質測定の方法

1) 採水準備

水質測定のための現地採水にあたっては、事前に検討した実施計画に基づいて、流量計等の常時設置機材の動作確認や採水時の機材搬入出の確認等を行う必要がある。とくに雨天時調査では採水間隔が最短で 5 分であることから、採水準備として実際の採水間隔で予行演習を行うことが重要である。実際の採水調査前に未処理放流が見込まれるような降雨があれば、調査地点における雨天時状況を確認しておくことも必要である。

2) 水質測定 of 留意点

降雨初期は地表面や管路内に堆積した汚濁負荷が含まれ、高濃度となり（ファーストフラッシュ）、その後は雨水により希釈され濃度が低くなる。このため、雨天時の水質測定は、平均的な水質の把握のため、採水間隔を降雨初期には密に行い、その後段階的に採水間隔を長くする（図 3.1.6 参照）。

したがって、雨天時の合流下水の調査では降雨に合わせて採水間隔や検体数を調整する必要があるため、人力での直接採水（§ 2.2.3 参照）が基本となるが、ファーストフラッシュを逃さないように自動採水器（§ 2.2.4 参照）を補助的に導入することも考えられる。

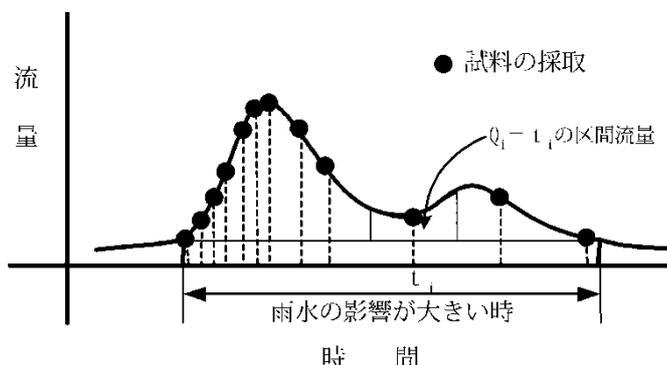


図 3.1.6 流量変動と試料の採取¹⁾

3) 試料の取り扱い

合流式下水道改善計画策定マニュアル（案）によると、1 試料あたりの採水量は、BOD を測定する場合は 20、それ以外の項目については 10 とされている。

代表的な水質項目と試料の保存方法については、表 2.2.1 を参照のこと。

試料分析場所については、分析項目によって早急に分析開始が必要となるため、調査地点から極力近いことが望ましい。特に大腸菌群数については採水後 9 時間以内に分析を開始する必要があるため、分析開始が深夜となることも考えられる。したがって、分析場所の位置に加え、深夜の分析要員や輸送要員が確保できる体制が必要である。

自動採水器を使用する場合には、BOD や大腸菌群数等の試料採取から測定までの時間制限がある水質項目について、放流開始から終了までの時間、あるいは一降雨の継続時間が試験着手までの制限時間を上回る場合には、採取の途中で試料を取り出さなければならないことに留意する必要がある。

(3) 降雨量測定の方法

合流改善計画における降雨量調査では、気象台やアメダスのデータ、下水道部局等で設置しているデータを使用することが多い。下水道部局等で使用しているデータを用いる場合は、雨量計の管理等が適切なものであるか確認する必要がある。

有効なデータが得られない場合には、新規に雨量計を設置し、降雨量調査を行う必要がある。なお、新規に雨量計を設置する場合、既設雨量計の設置条件については、§ 2.1.10 (3)を参照すること。

§ 3.1.5 調査地点の選定

調査地点の選定にあたっては、最初に図上による選定を行い、現場踏査により現地の状況を確認した上で決定する。

- (1) 流量調査地点の選定
- (2) 水質調査地点の選定
- (3) 降雨量調査地点の選定

【解説】

合流式下水道改善計画のための調査で最も重要な調査対象は、公共用水域への放流負荷量である。①計画策定時、②事後評価時、③雨天時放流水質基準にかかわる調査においては、いずれも、処理区全体の放流負荷量算定を目的としているために、調査対象とする箇所は、処理区を代表する雨水吐き口とする。(図 3.1.7 参照)

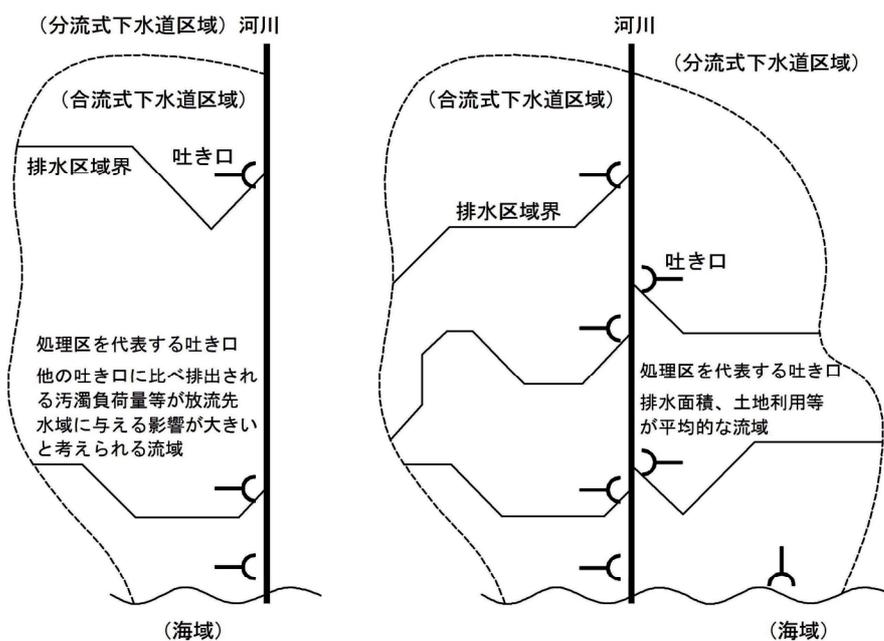


図 3.1.7 処理区を代表する雨水吐き口の選定³⁾

図上選定した調査地点を現場踏査で確認し、実際の現場周辺の状況、管路内の流況等を考慮し、調査地点を選定する。

(1) 流量調査地点の選定

①計画策定時、②事後評価時、③雨天時放流水質基準についての調査のいずれにおいても、放流量の測定が必要である。このため、放流量のみを必要とする場合の流量計測地点は、放流きよを原則とする。(図 3.1.8 参照)

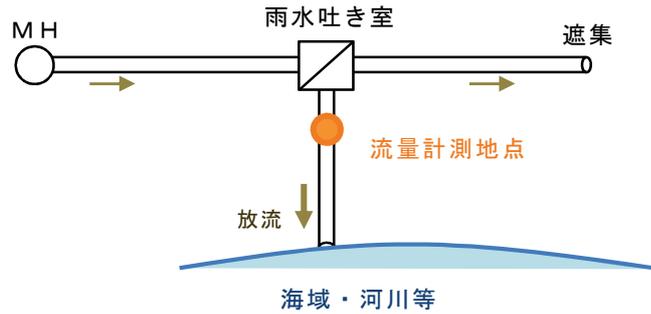


図 3.1.8 流量計測地点の例（放流きよ）

雨水吐き室は特殊な構造をしているものが多く、計器の設置箇所を選定する際には、実際の現場周辺の状況、管路内の流況等を考慮しなければならない。放流量の測定には、以下に示す 3 つの方法があり、図 3.1.9 に測定例を示す。

① 放流きよで放流量を測定する方法

放流きよで放流量を測定する場合には、唯一、面速式流量計が適合する。

しかし、図 3.1.11 に示すように、計測箇所がせきに近いと、水の落下、波立ち、不安定な流速分布のため計測精度を確保できないので、下流側の影響がない位置で計測する必要がある。また、図 3.1.12 に示すように、河川等の外水位や、下流ゲートの影響を受けると、放流量の時系列変化を定量できないので、タイミングか場所を変更する必要がある。

② 流入きよと遮集きよの差分流量を測定する方法

流入きよと遮集きよの差分により流量を特定する方法は、流入量、遮集量および放流量を特定するのに有効である。この方法では次の事項に留意すること。

- ・放流量のみを測定するには①の測定方法が最も適するが、現場条件が悪いため①の測定方法を採用することが困難な場合には、この方法を用いる。
- ・流量計を 2 台必要とするので、割高である。
- ・差分誤差が小さくなるように流量計の精度を管理する必要がある。

③ 分水せきの越流水深を測定し放流量を計算する方法

計測精度を確保する上で問題があるため、①および②の測定方法が採用できない場合に限って採用すべき測定方法である。

図 3.1.10 に示すように、分水せきは、流れに正対せず斜めの位置に設置されることが多く、広頂の横越流せきに近いため、1 点の越流水深から流量を計算することは困難である。精度の確保には、複数測点での同時計測が有効と考えられるが、煩雑な作業を伴い、実務的には困難である。

水量が多くなると、斜め越流の影響を受けて波立ちやすく、測定精度に影響を与える。また、きょう雑物の流出防止のためのスクリーンが設置されている場合には、スクリーンの影響を受け水位が上昇するため、この方法は採用できない。

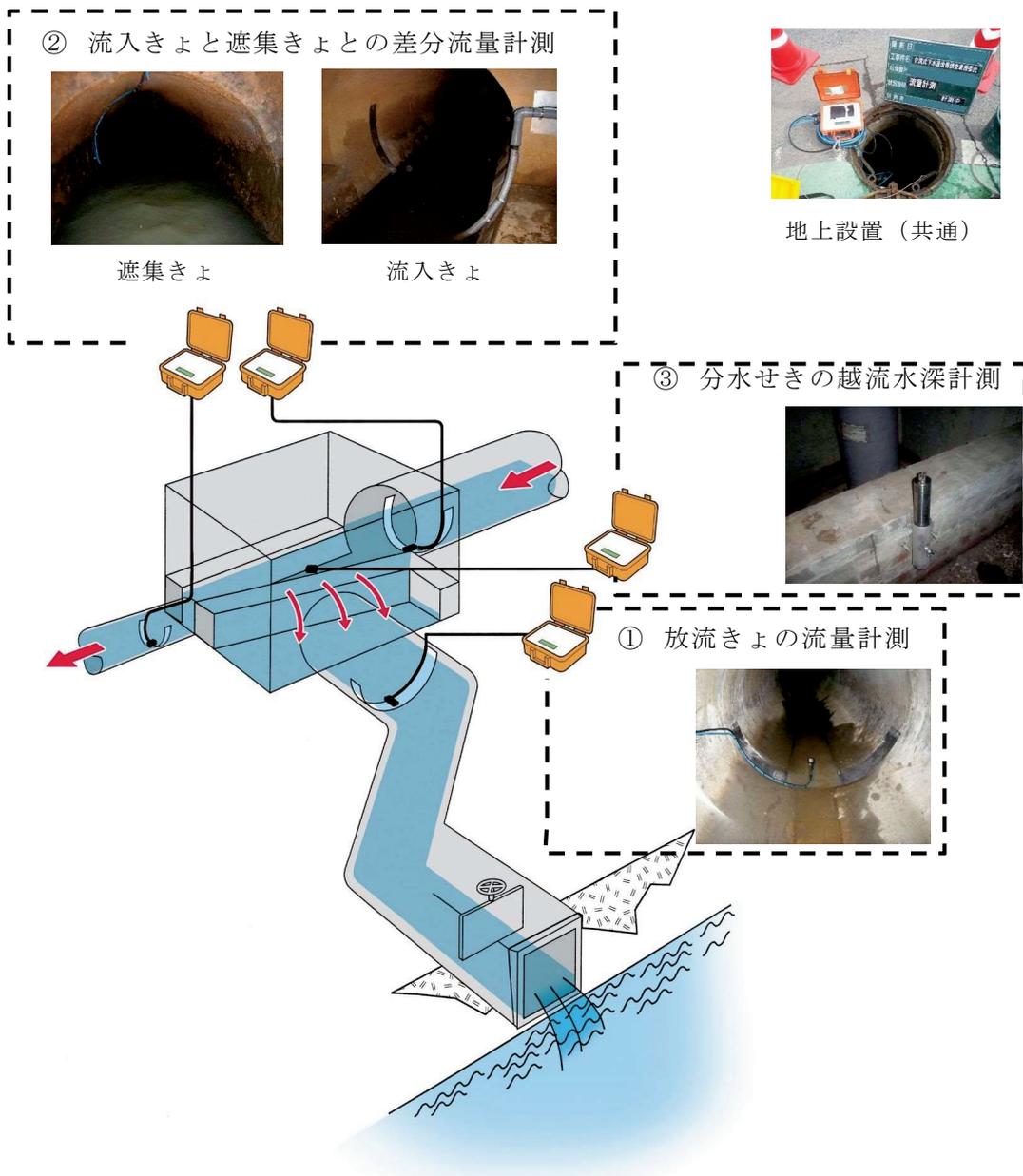


図 3.1.9 放流量の測定方法の例

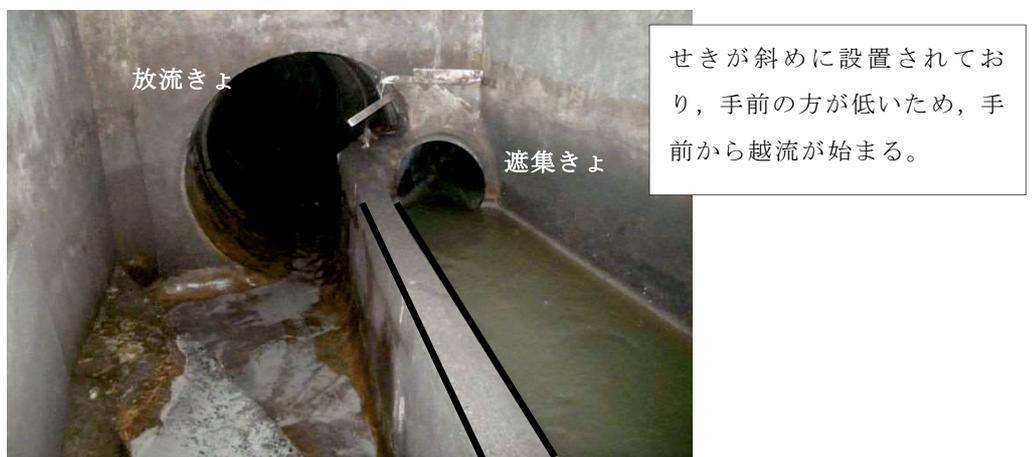


図 3.1.10 斜め越流せきによる悪影響の例

また、計画策定時および事後評価時では、適正な遮集倍率の検討や処理場の流入負荷量算定のために、雨水吐の流入量および遮集量を把握する場合には、2箇所の計測を行い、残る1箇所の流量は計算によって求める手法が一般的である。(表 3.1.8 参照)

表 3.1.8 2箇所に流量計を設置する場合の特徴

Case	概要 (模式図)	特徴
1		<p>【流量計測地点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流入きよ ・遮集きよ <p>【計算により算出する地点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放流量 = 流入量 - 遮集量 <p>【選定理由】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放流きよが、背水や分水せきからの落水の影響を受ける場合
2		<p>【流量計測地点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放流きよ ・遮集きよ <p>【計算により算出する地点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流入量 = 放流量 + 遮集量 <p>【選定理由】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流入きよが複数ある場合や流入きよの流況が不安定な場合
3		<p>【流量計測地点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流入きよ ・放流きよ <p>【計算により算出する地点】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遮集量 = 流入量 - 放流量 <p>【選定理由】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・遮集きよでの設置が困難な場合や、流況が不安定な場合

詳細な流量調査地点の選定においては、さらに以下の点に留意する。

1) 流況が安定している

流量調査の測定地点は、測定対象箇所周辺でマンホールのインバートや管きよ内部で流況の安定している箇所（上下流の 10D・5D 条件を満たす直線区間）が望ましく、計測地点の上流側の曲がり、たるみの他、枝管や取付管からの流入等の影響が小さいことが必要である。

また、水位センサは水位が著しく小さくなると精度が低下するため、ある程度の流量・水位がある管きよを対象とすることが望ましい。

また、放流量の測定において流量計がせきに近い場合には、水の落下、波立ち、不安定な流速分布のため計測精度を確保できない場合があるため、下流側の影響がない位置で計測する必要がある。(図 3.1.11 参照)



図 3.1.11 せきによる悪影響の例

2) 下流からの背水の影響がない

流量計測地点は、背水の影響がない地点を選定する必要がある。特に、雨水吐き室のせき・遮集管の水位上昇による背水の影響を受けない地点を選定することが望ましい。図 3.1.12 に排水の影響の有無についての模式図を示す。

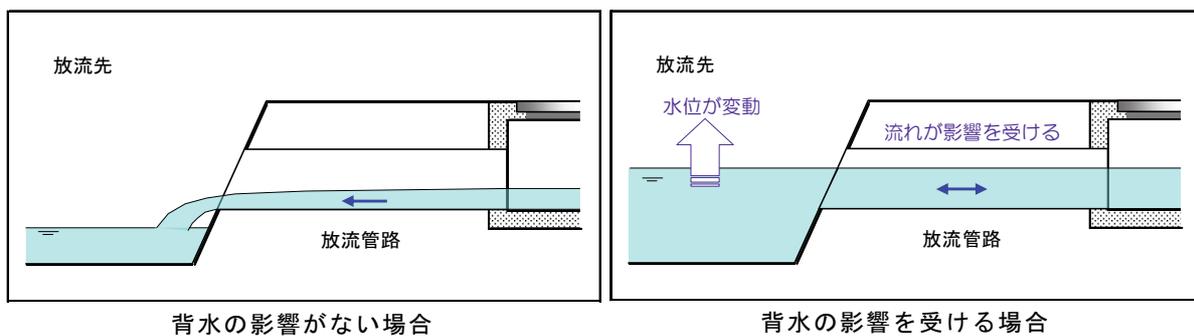


図 3.1.12 背水の影響の有無

3) 調査実施・維持管理が行いやすい

管路内に設置される仮設の流量計では、設置後に定期的な点検およびデータの回収が必要である。設置時に安全性を確保しやすいことに加え、維持管理が行いやすい箇所を選定することが望ましい。なお、流量計のセンサ部にはごみが付着するため、定期的にブラシ等で清掃することにより、測定条件を良好な状態に保つことが望ましい。

(2) 水質調査地点の選定

水質調査結果は、流量調査結果と合わせて、負荷量の算出に使用される。このことから、流量計測地点と同一箇所における調査が望ましい。しかし、雨水吐き室の構造によっては、同一箇所における採水が困難であることが多い。

このため、調査地点の選定においては、以下の点について留意する必要がある。

1) 流量調査地点と水質がほぼ変わらない

流量調査地点における水質調査が困難な場合には、その近傍において水質が大きく変わらない水質調査地点を選定する必要がある。

例えば、流入きょにおける採水が困難な場合には、水質調査地点を雨水吐き室直近のマンホールとし、横流入等がなく遮集および放流水と概ね水質が一致する箇所を選定する。(図 3.1.13 参照)

また、分水せきにきょう雑物等の流出抑制施設が設置されている場合には、せきの越流前後で水質が異なる可能性があることにも留意する。

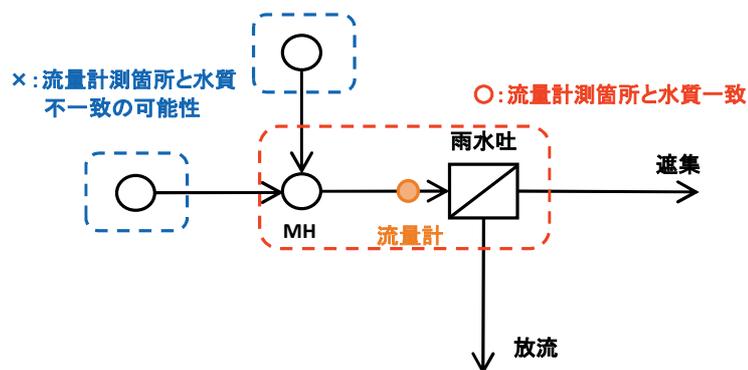


図 3.1.13 水質が一致する箇所の模式図

2) 滞留・滞水がない

滞留・滞水が発生している場合、SS 分が沈殿している可能性があるため、滞留・滞水のない箇所を選定する。

3) 下流からの背水の影響がない

雨水吐き室からの放流水を採水する場合、河川・海からの背水の影響がない箇所を選定する。

4) 作業の安全性を確保できる

調査時においても、作業の安全性、資器材搬入・搬出等の作業性を考慮した箇所を選定する。幹線道路や交通量の多い道路等に MH (マンホール) が設置されている場合には、作業の安全性等を考慮してこれを避け、直近のマンホール等で採水を行うことが望ましい。(図 3.1.14 参照)

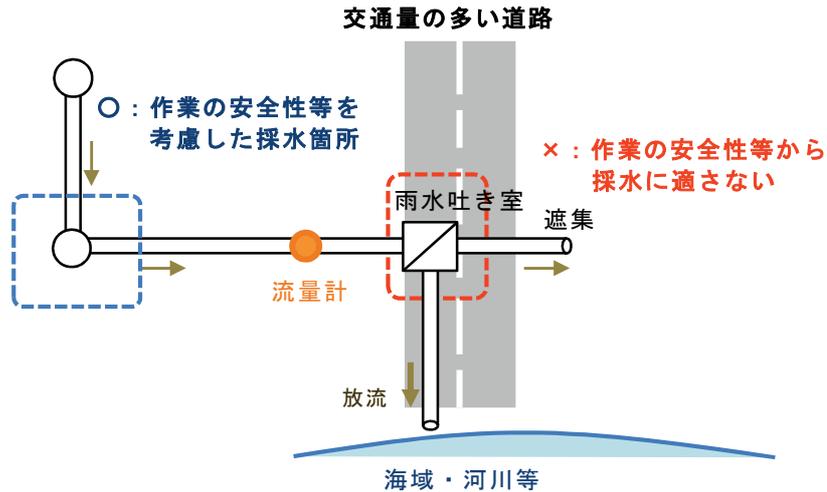


図 3.1.14 作業の安全性を確保可能な箇所の模式図

(3) 降雨量調査地点の選定

§ 3.1.6 データの取り扱い

モニタリング調査結果を整理し、調査データの妥当性を検討し、測定データを管理することが重要である。

【解説】

(1) データの整理

各調査で得られた合流下水、放流先水域の水質、流量等の結果は、調査時の自然条件および施設条件等の基礎調査情報と合わせて、経時変化や相関関係を把握しやすいように一覧表やグラフとして整理する。また、実態を把握したのち合流改善計画に資するために課題の抽出を行う必要がある。⁴⁾

1) モニタリング結果と基礎調査情報の整理

合流式下水道の雨天時下水には、一般に次のような特性がある。

- ・ 降雨初期に高濃度になるが、降雨の継続に伴って低濃度になる。
- ・ 晴天期間が長いと管路内の堆積物が多くなり、高濃度になりやすい。
- ・ 遮集下水量が大きいと未処理放流回数・流量・汚濁負荷量は少なくなる。

上記のような特性の有無を分析するために、得られたモニタリング結果と基礎調査情報を次の項目について整理する。

また、各項目の相関関係を把握するために、図 3.1.15 のようにグラフ化しておく。

なお、流量調査を実施した箇所については、水質だけでなく汚濁負荷量の経時変

化をグラフ化することも望ましい。

①降雨量に関するデータ

- ・ 地点名等(観測地点名, 所在地, 観測機関名)
- ・ 先行無降雨期間
- ・ 降雨開始から未処理放流開始までの累積雨量
- ・ 降雨量(各時刻の降雨量, 総降雨量, 10, 30, 60 分間等の最大降雨量, 降雨期間中の平均降雨強度)

②流量に関するデータ

- ・ 合流下水量・未処理下水量
- ・ 放流開始・終了時刻, 放流時間
- ・ 調査期間内想定汚水量(時間変動を考慮)
- ・ 想定雨水流出率

③水質に関するデータ

- ・ 各時刻に採水した試料の水質分析結果(最大値, 最小値)
- ・ 当該処理区の晴天時平均水質(水質項目は採水水質と同様)

④施設等に関する条件

- ・ 排水面積, 雨水吐き室の構造, 遮集下水量
- ・ ポンプ運転状態(先行排水運転, 貯留を考慮した運転等)
- ・ 管きよ・ポンプ場の事前清掃の有無等

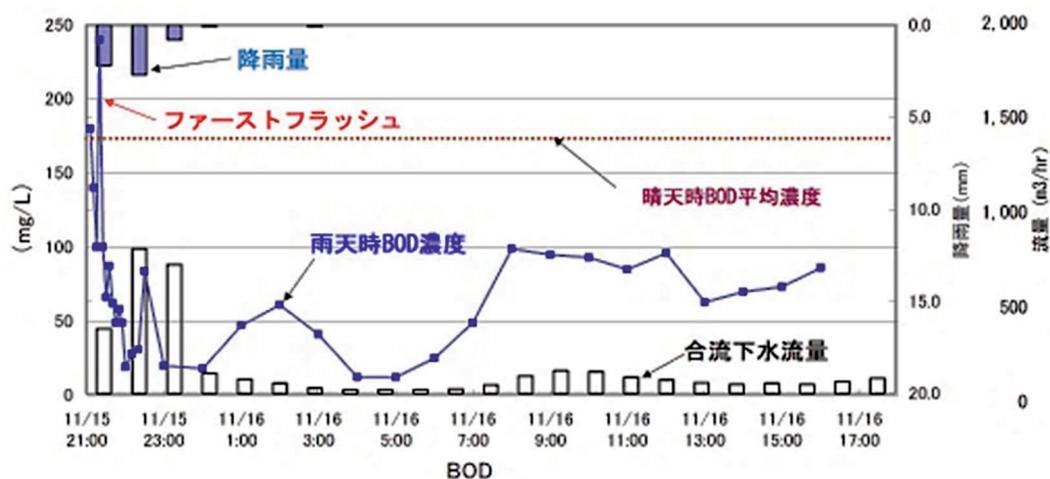


図 3.1.15 未処理下水のモニタリング結果のまとめ例

2) 計画策定および事後評価のためのデータ整理

合流改善計画では, 計画策定および事後評価において当該地区の下水道施設や降雨の特性を反映したシミュレーションを行う必要がある。そのため, 調査結果で得られた各種データに基づいて流出解析モデルのキャリブレーションを行い, 当該地区の特性を反映した諸係数を設定することが重要である。

したがって, モニタリング結果は, 流出解析モデルのデータとして利用しやすい

ように、放流先水質結果も含め、基礎調査情報とともに整理する。(図 3.1.16 参照)

観測コード 020701AB_CSP1_QC									
放流開始時刻	2002/7/1	11:10							
放流終了時刻	2002/7/1	11:40							
積算流量 (m3)	570								
想定汚水量 (m3)	125								
各時刻の流量・水質									
年月日	時刻	水深 (mm)	流速 (cm/s)	流量 (m3/min)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	大腸菌群数 (個/mL)	糞便性 大腸菌群数 (個/mL)
2002/7/1	10:00	100	12	0.5	50	・	・	1.00E+04	・
2002/7/1	10:05	110	13	0.6	70	・	・	2.00E+04	・
2002/7/1	10:10	120	14	0.8	100	・	・	2.00E+04	・
2002/7/1	10:15	130	15	0.9	150	・	・	2.00E+04	・
2002/7/1	10:20	140	16	1.0	200	・	・	1.00E+04	・
2002/7/1	10:25	150	17	1.1	300	・	・	2.00E+04	・
2002/7/1	10:30	250	24	2.2	400	・	・	5.00E+05	・
2002/7/1	10:35	300	32	2.8	200	・	・	8.00E+04	・
2002/7/1	10:40	600	58	7.0	150	・	・	4.00E+04	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
2002/7/1	12:00	140	16	1.0	10	・	・	1.00E+02	・
最大値		730	69	9.0	400	・	・	8.00E+04	・
最小値		90	11	0.5	10	・	・	1.00E+02	・

図 3.1.16 モニタリング結果の保存様式例 (雨天時合流下水)³⁾

3) 雨天時放流水質基準についての水質検査

下水道法施行令では雨天時放流水質基準を定めるとともに、放流水の水質検査を義務付けられている。このため、改善対策の実施や施設の適切な維持管理により基準値を満足する放流水質が得られているか確認する必要がある。

雨天時放流水質基準は、放流される汚濁負荷量の総量を放流水の総量で除した数値に適用されることから、水質調査で得られたデータを「下水の水質の検定方法等に関する省令」の規定に基づいて評価する必要がある。

(2) データの妥当性

整理した結果をもとに、平常時(晴天時)と比較してどのように変化しているかなど、雨天時の実態把握を目的に、下記の点に注意し調査結果の妥当性を検討する。

- ① 合流改善の効果が明確に現れる降雨規模であること
- ② 対象となる降雨回数がある程度確保されていること
- ③ 改善対策完了後であっても未処理放流等の生じる規模であること
- ④ ゲリラ雷雨等の突発的集中豪雨の規模の降雨は除外すること
- ⑤ 採水終了時期の見極めに間違いがないデータかチェックすること

とくに、流出解析モデルのキャリブレーション用実測値の収集のための採水終了時期は、下記の 3 つを目安として判断している。①ファーストフラッシュが表現できる。②1 降雨単位で汚濁負荷の収支が合う。③流量や負荷量のピーク値が合う。

また、調査結果の妥当性確認の方法として、降雨ごとに対策前後の平均水質を計算し、図 3.1.17 のように総降雨量の小さい順に並べる。ここで、総降雨量の大きさにより、各降雨を3つの領域に分け、各領域の降雨特性について、以下のように整理して調査結果の妥当性を確認することができる。

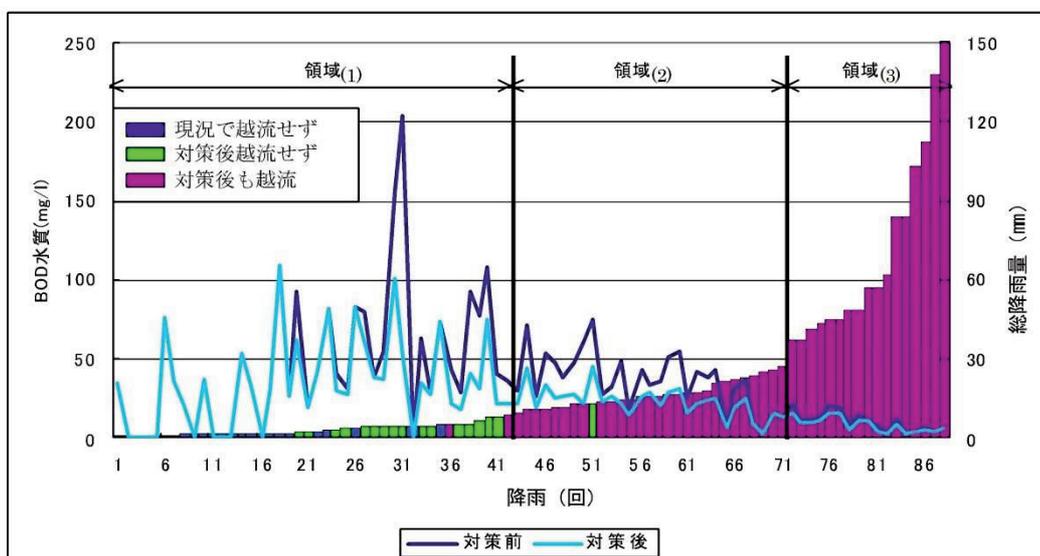


図 3.1.17 降雨量と水質²⁾

領域 1 ……対策後に未処理放流等がほぼ解消されてしまう降雨規模のため、上記③の観点からモニタリングの対象としては不適切。

領域 2 ……領域 2 の降雨は汚濁負荷削減量と汚濁負荷削減率が領域 3 の降雨を上回り、合流改善の効果を議論するにふさわしい降雨規模であるものと考えられる。

領域 3 ……対策前後の平均水質に大差がなく、上記①の観点から不適切。また降雨規模が大きいことから、上記④の観点からも対象から外す。

(3) データの管理

合流式下水道のモニタリング調査結果は、合流式下水道改善計画の策定と施設の機能チェック（事後評価）、雨天時放流水質基準の判定等に使用される。

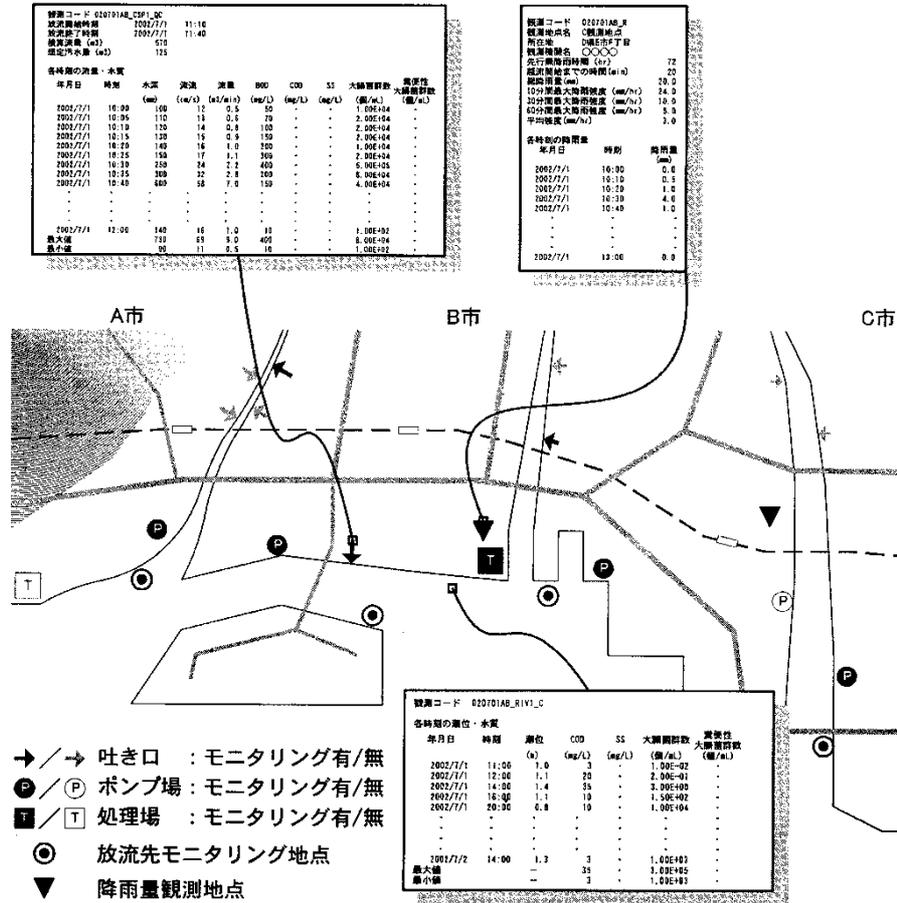
現在、合流式下水道を有する自治体で合流改善対策事業を実施していることから、今後は合流式下水道改善目標の達成状況を確認し、公表することで事業の成果を地域住民に対して分かり易く示すことを目的とした事後評価が必要となっている。

事後評価の結果、改善目標が達成されない場合は、計画の見直し等が必要となるため、モニタリングデータの適切な保管が必要である。目標が達成された状況にあっても、合流式下水道からの放流水の状況を継続的にモニタリングするとともに、さらなる水環境の改善および保全に向けて、積極的に発生源対策等の改善事業に取り組む場合においても、データを蓄積し活用することは重要である。

また、合流改善事業は長い期間を要することから、モニタリング結果の経年的な

変化を容易に把握できるようデータベース化するなど、適切に管理する必要がある。

なお、データベース化にあたっては、図 3.1.18 に示すような GIS (Geographic Information System: 地理情報システム) を利用した下水道台帳システムと組み合わせ、モニタリング実施地点の位置情報と調査結果データとあわせて管理することも考えられる。



第 2 節 浸水対策および雨水管理計画のための調査

§ 3. 2. 1 調査の目的

浸水対策および雨水管理計画策定のための調査では，雨天時における下水道施設の実態把握を目的とする。

【解説】

浸水対策および雨水管理計画策定のための調査は，流出解析モデルのキャリブレーションに必要とされる，雨天時における下水道施設の実態，すなわち管路内水位・流量等の把握を目的とする。調査の対象となる流量規模は中流量から大流量であり，管路内水位は，満管あるいは圧力状態となることが想定される。

浸水対策および雨水管理計画の調査フローを図 3. 2. 1 に示す。

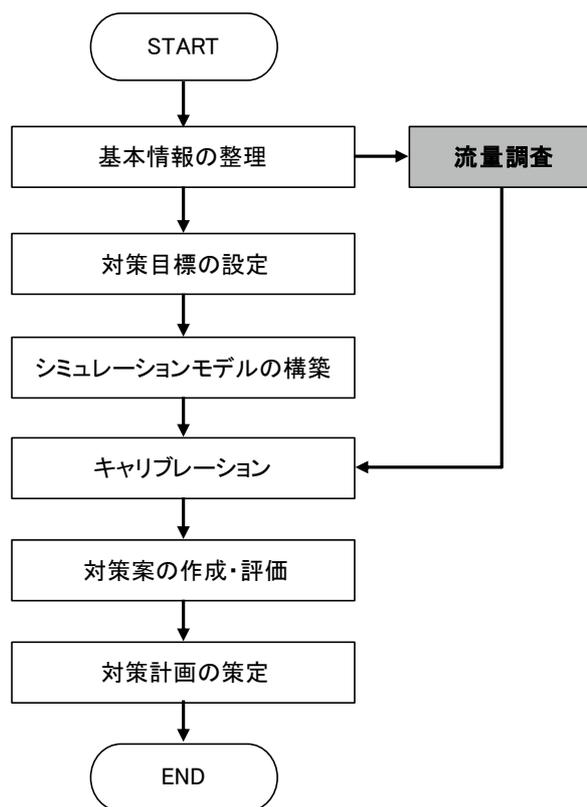


図 3. 2. 1 浸水対策および雨水管理計画の調査フロー

§ 3.2.2 調査項目

調査の項目は、以下に示すとおりである。

- (1) 水位・流量調査
- (2) 降雨量調査

【解説】

(1) 水位・流量調査

水位・流量調査目的は、雨天時における下水道施設の実態把握であるため、降雨日を含む一定期間の水位や流量の調査を行う。測定結果は、解析モデルの初期条件、境界条件の設定、パラメータ設定、キャリブレーション等に用いられる。調査の目的に応じ、雨天時の管路内水位・流量、あるいは放流先水位等を把握するものとする。

ここで、放流先水位（外水位）等は、原則として河川・港湾等の管理者による測定データを使用し、実測調査は行わない。しかしながら、管理者による測定データが得られない場合等については、実測調査を行う必要がある。

また、感潮河川では、上記測定データ水位と放流先水位との相関が取れない場合がある。そのような場合は、別途水位を計測する。

写 3.2.1 に放流先水位の計測例を示す。



写 3.2.1 放流先水位の計測例

計測結果の記録間隔の短い方がより詳細な変化を捉えることが可能となるが、バッテリー消費量も多くなるため、点検頻度と照らして適切に設定する必要がある。

(2) 降雨量調査

降雨量調査結果は、解析モデルのキャリブレーションにおける入力データとして必要とされる。対象となる降雨規模は大規模（概ね 30mm/h 以上の降雨強度）なものが想定される。

実降雨データとして、气象台やアメダスのデータ、下水道部局等で設置しているデータを利用することができる。下水道部局等で使用しているデータを用いる場合は、雨量計の管理等が適切なものであるか確認する必要がある。

有効なデータが得られない場合は、新規に雨量計を設置し、降雨量調査を行う必要がある。

§ 3.2.3 調査計画および実施計画

調査計画および実施計画では、以下の調査の目的ごとに調査地点や測定方法（測定時期、測定期間、測定時間、作業体制、実施工程）を適切に定める。

- (1) 水位・流量調査
- (2) 降雨量調査

【解説】

(1) 水位・流量調査

1) 調査地点の選定

調査対象区域の実態を把握するためには、図 3.2.2 に示すように、調査区域の流末、影響が大きい基幹施設、ならびに境界条件となる箇所等を選定する。

調査地点は、マンホール位置や交通状況等の現場条件、会合点、曲がり、段差等の影響、満管状態が想定される流量規模による流量測定機器の設置制約条件に留意して選定する必要がある。

なお、シミュレーション精度の向上のためには、調査地点は多い方が有利であるが、調査目的、流域面積、既設流量計の分布状況、費用対効果および作業性を考慮して、適正な調査地点数とする。

調査地点の選定方法に関する詳細は、§ 3.2.5 を参照すること。

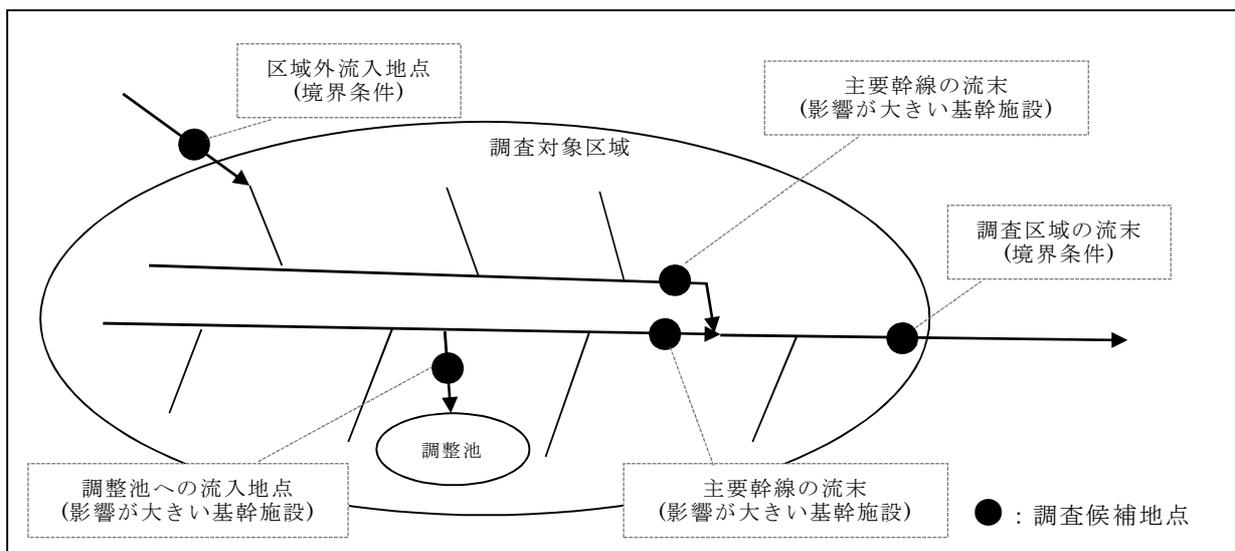


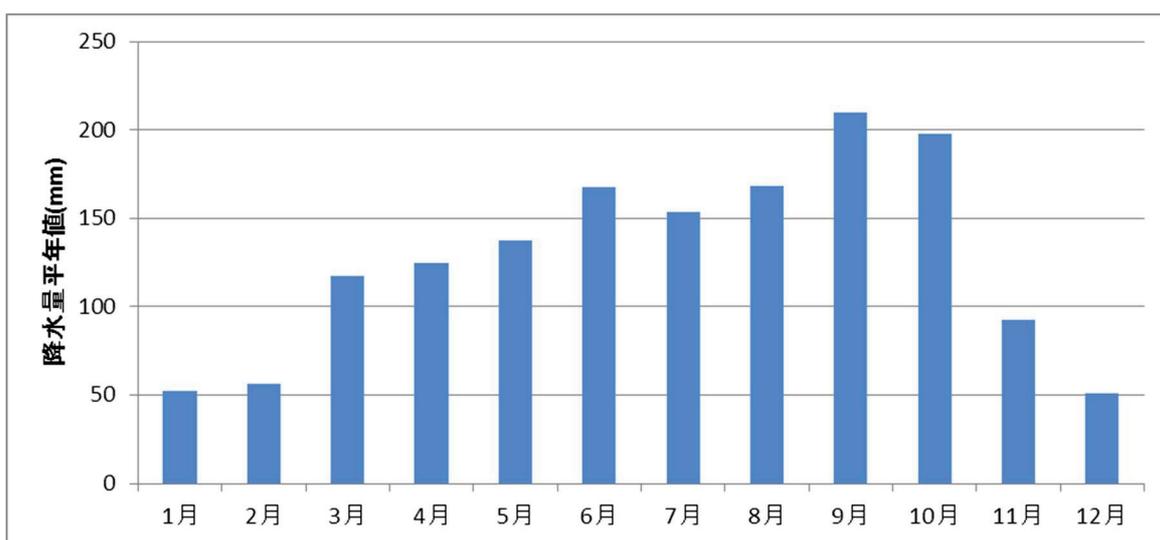
図 3.2.2 調査地点の選定例

2) 測定方法

a) 測定時期

測定時期は、降雨の多い時期に設定することが望ましい。降雨の少ない時期に設定すると、降雨規模が小さく、降雨頻度も少ないため、計画的な調査が実施できなくなるとともにデータの正確性が劣ることもある。また、降雨特性は地域により異なるため、測定時期の設定は、調査区域の降雨特性に留意すること。図 3.2.3 に降雨特性の一例として、東京観測所の月別降雨量平年値を示す。

なお、測定にあたり、調査計画（計測箇所を選定、計測業者を選定、現地確認）、関連機関への届け出（道路使用許可申請、河川、港湾、公園、道路管理者等との協議）等が必要となる。また、測定機器の設置等は、晴天時に作業を行う必要があるため、工程は天候に左右される。



※気象庁観測データより作成

図 3.2.3 気象庁東京観測所の月別降雨量平年値（1981年～2010年の平均値）

b) 測定期間

調査期間は、調査目的に応じた降雨の規模と回数を考慮し、余裕を持って設定する。なお、合流式下水道では、降雨の影響を受けない晴天日データを取得する場合もある。

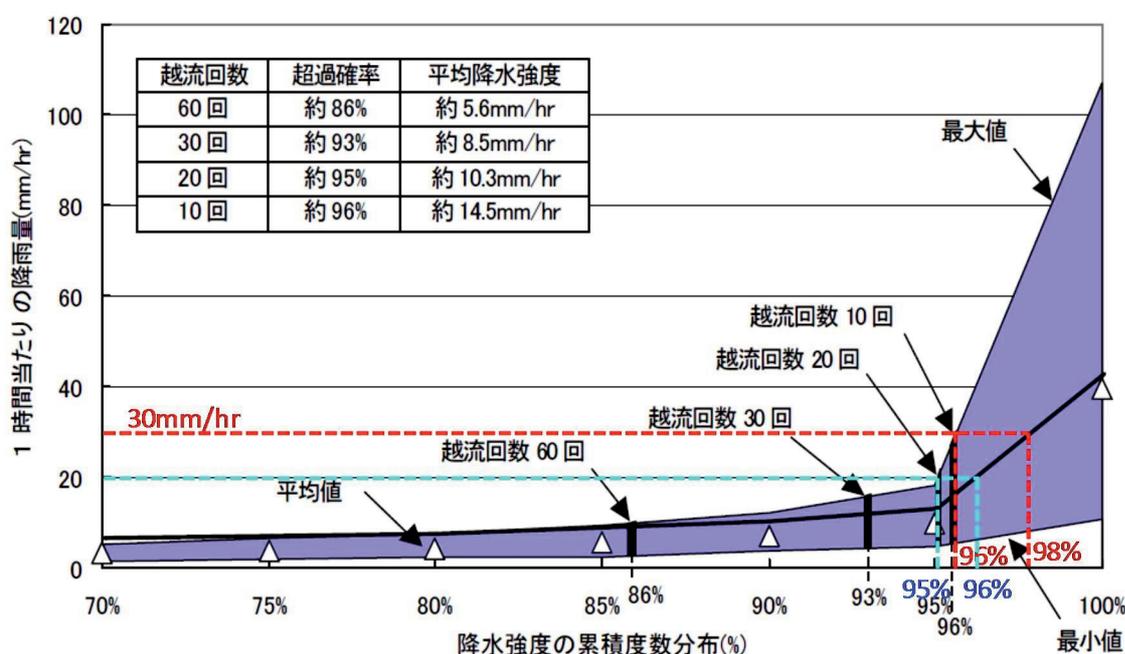
対象となる降雨（概ね 30mm/h 以上の降雨強度）は、表 3.2.1 および図 3.2.4 に示すとおり、平均して年間 3 回程度であると予想されることから、必要な調査回数が 1 回だとしても、2～3 ヶ月程度の測定期間を設定することが望ましい。

なお、調査目的に応じた降雨の規模と回数を調査期間中に取得できなかった場合は、調査期間の延長を検討する必要がある。

表 3.2.1 降水強度別の年間発生回数

	降水強度の累積度数分布				年間降水回数(回)	年間発生回数(回)	
	20mm/hr以下	30mm/hr以下	20mm/hr以上	30mm/hr以上		20mm/hr以上	30mm/hr以上
	①		② = 1 - ①			③	② × ③
最大	95%	96%	5%	4%	314	15.7	12.6
平均	96%	98%	4%	2%	139	5.6	2.8

国土交通省合流式下水道改善対策検討委員会（第3回）資料に示された、「国内192都市の平成11年度アメダスデータによる降水強度別の累積度数分布（①）と年間降水回数（③）」から、20(mm/h)および30(mm/h)の降雨が年間に発生する回数を算出した。



※降水量には、下水管への流入量のほか、直接河川等へ流出する水量、窪地貯留量、および地下浸透量等を含む。

図 3.2.4 降雨強度の累積度数分布

c) 測定時間

管きよの流量は絶えず変動しており、一般的に排水区域が大きい場合は流量の変動は緩やかで、排水区域の規模が小さい場合は流量の変動は早い傾向にある。測定時間に関する定めは特にはないが、標準として、測定単位は1分とし、流量としての出力単位は5分または10分とする。

d) 作業体制

図 3.2.5 に示すように、機器の設置、中間点検、機器の撤去の作業体制は、現場責任者、作業員（地上監視員、管内作業員）、交通監視員の構成により実施する。



図 3.2.5 作業模式図

e) 実施工程

機器の設置前には資料収集・基本事項等の確認作業に少なくとも 40 日程度の準備期間を要する。また、調査地点数が多い場合は、準備および設置に必要な期間がさらに長期となる。

このため、測定時期に対し、余裕を持った実施工程を定める必要がある。

表 3.2.2 に降雨の多い時期（6～7 月、もしくは 9～10 月）に流量調査を実施する場合の工程例を示す。

表 3.2.2 浸水対策の作業工程例

工種※	日別	月別																	
		4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		11月		12月	
		10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
1	資料収集および基本事項の確認																		
2	現地踏査																		
3	調査計画の策定		■	■															
4	現地確認			■															
5	実施計画の策定			■															
6	関係機関届出			■															
7	現場準備			■															
8	機器設置					■													
9	流量等調査					■	■	■	■										
10	機器の維持管理					○	○	○											
11	機器撤去									■									
12	現場調査報告書作成(野帳・写真整理)									■									
13	データ整理									■									
14	排水区のモデル化																		
15	キャリブレーション																		
16	シミュレーション(対策案の検討)																		
17	提出図書の作成																		

※ 点線で示した工種は、本マニュアルの対象範囲外であり、内容については該当するマニュアル(『流出解析モデル利活用マニュアル』)を参照のこと

1. 資料収集および基本事項の確認
調査に必要な計画区域の地域特性等の把握、下水道計画の現状と計画、放流先水域の情報、降雨情報、改善対策案の収集・整理を行なうとともに発注者と業務実施に係る基本事項の確認を行う。
2. 現地踏査
地域特性、土地利用状況の把握、関連下水道施設の事前調査等を行う。
3. 調査計画の策定
調査対象・地点数の検討、設置位置(マンホール等)の選定、測定間隔の設定、流量等調査の工程等を調査計画書としてとりまとめる。
4. 現地確認
図上選定した調査地点を現地で確認し、交通量、マンホール等の現地状況を確認し、調査地点、機器設置の可否を確認する。
5. 実施計画の策定
実施体制、必要資機材、安全対策、作業時及び緊急時の連絡体制、協議用資料等を実施計画書としてとりまとめる。
6. 関係機関届出
必要となる道路使用許可申請、安全審査の届出等を行う。
7. 現場準備
必要資器材の準備、実施体制の確認、交通監視員の確保等を行う。
8. 機器設置
実施計画に基づき、機器を設置する。
9. 流量等調査
実施計画に基づき、対象期間中の流量等について測定を行う。

10. 機器の維持管理
実施計画に基づき、機器の維持管理を行う。
11. 計測機器の撤去
設置した機器の撤去を行う。
12. 現場調査報告書作成（野帳・写真整理）
現場調査の結果をとりまとめ、現場調査報告書を作成する。
13. データ整理
流出解析モデルのキャリブレーション用実態値に関する整理（実態の把握と課題の抽出等）を行う。
14. 排水区のモデル化
対象となる施設のシミュレーションモデルを構築する。
15. キャリブレーション
測定データを基に、シミュレーションモデルの適合性を評価し、調整を行う。
16. シミュレーション
シミュレーションモデルに対策施設を組み込み、対策効果を確認する。
17. 提出図書の作成
調査結果及び検討結果をとりまとめ、報告書を作成する。

(2) 降雨量調査

1) 調査地点の選定

降雨量データとしては、調査区域内または近傍（2km 程度）の 1 箇所の降雨計測データを用いることを原則とする。調査区域内または近傍で降雨計測が実施されていない場合は、雨量計を設置して降雨量を調査する。

なお、調査区域が広域であるなど、降雨の偏在性の影響を考慮し、雨量計を複数設置することが必要な場合は、「下水道総合浸水対策計画策定マニュアル（案）平成 18 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部」の「対象降雨の設定（降雨の時間的・空間的分布の考慮）」を参考にすると良い。

雨量計設置時の留意点については、§2.1.10(3) 機器設置時の条件を参照

2) 測定方法（測定時期、測定期間、測定時間）

a) 測定時期および測定期間

流量測定と同一期間で測定を行う。

b) 測定時間

測定単位は毎正時 5 分単位の連続測定を標準とする。

c) 作業体制

機器の設置、中間点検、機器の撤去の作業体制は、現場責任者、作業員の構成により実施する。（図 3.1.3 および写 3.1.2 参照）

d) 実施工程

※表 3.2.2 浸水対策の作業工程例を参照

§ 3.2.4 測定の方法

測定にあたっては、調査の目的により計測機器の選定を行い、計測機器ごとの留意点を踏まえて測定すること。

- (1) 流量測定の方法
- (2) 水位測定の方法
- (3) 降雨量測定の方法

【解説】

(1) 流量測定の方法

1) 計測機器の選定

a) 調査目的に求められる性能

浸水対策および雨水管理計画のための調査では、対象となる流量規模は主に中流量から大流量であり、管内水位は一時的に満管あるいは圧力状態になることが想定される。したがって、計測機器は、満管状態でも計測が可能なこと、大流量時に流下を阻害しないことが求められる。この時、必要とされる水位計測精度は、センチメートル単位以下と考えられる。

表 3.2.3 調査目的に必要な計測機器性能

調査目的	使用の場面	検討対象	アウトプット	精度領域	対象
浸水対策 および 雨水管理計画	流出解析モデルの キャリブレーション (流下能力の定量)	ピーク対策 貯留対策	大規模降雨時の ピーク流量 水位・流速 総流出量	非満管 満管	中・大口径
			降雨時の 外水位	—	河川・港湾

b) 機器の選定

計測機器は、満管状態で計測可能、かつ、大流量時に流下を阻害しないという条件から、水中に比較的小型の計測機器を設置する測定方法である面速式流量計が適している。

面速式流量計以外の計測方法では、流量の特定に関して以下のような問題がある。

- ・せき式およびフリューム式では、計測範囲を超過する流量となる。
- ・せき式では、大流量時に流下を阻害する危険性がある。
- ・平均流速公式を利用して水位計測から流量計算する方法は、原理上、満管付近以上の水位では計測精度が保持できない。(検量線による方法も同様)

表 3.2.4 面速式流量計器の特徴

方式	計測器の構成	主な用途	推奨される流量計測範囲
面速式	水位・流速センサ (乗算型流量計)	水路・管路流下量	中～大

2) 機器設置時の留意点

a) 水位かさ上げ

合流式下水道を対象とした調査等において、面速式流量計を大口径管に設置し小流量時のデータが必要な場合は、センサ高さに対して十分な水位を確保できないことが懸念されるため、計測可能な水位を確保できるよう、水位かさ上げ対策が必要である。(図 2.1.17 参照)

b) オフセット調整

流量計を現場に設置するときは、必ず流量計の指示値と、現場実測値またはオフセット値とを照合し、整合を確認する。水位のオフセット調整では、超音波式では水面に見立てた既知高さの反射板で確認し、流速については、バケツの中でゼロ流速と計測動作を確認する。(図 2.1.13 参照)

(2) 水位測定の方法

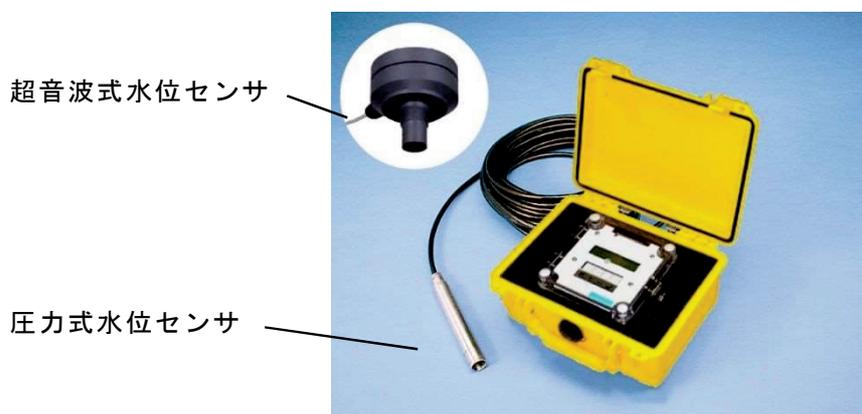
1) 計測機器の選定

a) 調査目的に求められる性能

流量測定と同様に水位測定では、雨天時における下水道施設の実態把握を目的とすることから、調査の対象となる流量規模は中流量から大流量であり、管内水位は満管あるいは圧力状態となることが想定される。したがって、計測機器には、満管状態でも計測が可能であり、大流量時には流下を阻害しないことが求められる。また、必要とされる計測精度は、センチメートル単位以下と考えられる。

b) 機器の選定

管きよ内の水位計測は、原則として、圧力式水位計または超音波式水位計を用いる。水位計の構成例を写 3.2.2 に示す。機器の選定は、調査目的により計測機器に求める性能が異なるため、調査目的に適した機器とする。



写 3.2.2 水位計の構成例

2) 機種選定上の留意点

空中型超音波式水位計等の空中にセンサを設置する計測方法では、センサ水没時に計測できないため、満管を超えた状態における水位データが必要な場合は、圧力式水位計等の水中にセンサを設置する計測方法が適している。水位計の特徴については § 2.1.3 を参照のこと。

(3) 降雨量測定の方法

1) 計測機器の選定

a) 調査目的別に求める性能

降雨量の測定は、測定単位 0.1~0.5mm、累積降雨出力 5 分、連続測定 60 日以上を標準とする。

b) 機器の選定

計測機器は、一般的な転倒ます式雨量計の採用を基本とし、上記の性能を満たす機器を選定する。

2) 機種選定上の留意点

測定精度は、気象測器検定指針に準拠したものを選定する。

§ 3.2.5 調査地点の選定

調査地点の選定にあたっては、最初に図上による選定を行い、現場踏査により現地の状況を確認したうえで決定する。

(1) 図上選定

(2) 現地踏査による調査地点の決定

【解説】

(1) 図上選定

図上選定では、下水道台帳等の基礎資料により、マンホール種別や形状（会合点、曲がり点、段差点）、受持面積、家屋数、管径（絞りの有無）、勾配、大型排水施設の有無、マンホール深、マンホール種別（構造図等）、ポンプ場等の有無を考慮し、調査候補地点を選定する。

選定にあたっては、以下の項目について留意する。

1) 検討目的からの選定条件

a) 流域を代表する箇所

調査地点の選定は、次に示す流域を代表とする箇所とする。

- ・流域の最下流付近等
- ・影響が大きい基幹施設（主要な幹線や取排水施設）

検討対象流域の流末は原則として調査が必要と考えられるが、複数地点で流況を

確認することで、シミュレーションの精度を高めることが可能となる。特に、主要な幹線や大規模施設への取水点等、シミュレーションの対象とする流域の流況に与える影響が大きい施設については、その取排水の状況を計測することが望ましい。

2) シミュレーションモデルの再現性を確保するための選定条件

a) 境界条件となる箇所

検討対象流域の外部と水のやり取りがある箇所、河川吐口、区域外からの流入がある箇所、および下水道台帳データが整備されていないためモデル化できない区域からの流入等については、水位あるいは流量を計測することが望ましい。

(2) 現地踏査による調査地点の決定

図上選定した調査候補地点について、現場周辺の状況、計測機器の設置位置（マンホール内目視）、下水道台帳等の資料との差異の有無（管径等）を現地で確認し、調査地点を決定する。

選定にあたっては、以下の項目について留意する。

1) シミュレーションモデルの再現性を確保するための選定条件

a) 複雑な水理構造物の影響がない箇所

流出解析モデルにおいて、水理構造物は円柱や直方体等のある程度単純化されたパーツを基に構築されていることから、水理構造物内部（特殊マンホール内部等）の局所的な事象や、複雑な水理構造物の水理特性の再現が困難なことがある。

このため、複雑な水理構造物等の影響を受けない箇所であり、流出解析モデルでの再現が可能な調査地点の選定が望ましい。

2) 計測精度を確保するための選定条件

a) 流況が安定している

流量調査の測定地点としては、測定対象箇所周辺でマンホールのインバートや管きょ内部で流況が安定している箇所（上下流の10D・5D条件）が望ましい。また、管路上流の曲がり、たるみの他、枝管や取付管からの流入等がないことが望ましい。さらに、水位が著しく低い場合は、水位センサの精度が低下するため、ある程度の流量および水位がある管きょを対象とすることが望ましい。

3) 設置作業および維持管理上の選定条件

a) 水深および流速が小さい箇所

面速式流量計は原則として管底部に設置するため、写 3.2.3 に示すように、水深が概ね30cm以上であると設置等の作業が困難となる。また、流速が早い場合は作業の安全性に問題が生じる。このため、晴天時流量が少ない管きょ内に計測器を設置することが望ましい。やむを得ず晴天時流量が多い箇所に設置する場合は、流量が減少する深夜に作業を行うなどの対策が必要となる。



写 3.2.3 水位が高く作業が困難な箇所の例

b) 周辺への社会的影響の小さい箇所

作業実施にあたり周辺住民の理解を得やすい（商店等の搬出入を阻害しない，周辺の通行安全確保が容易）箇所とすることが望ましい。

c) 硫化水素の発生等，管内作業の危険性が低い箇所

ビルピットやポンプ吐出口の近傍等，硫化水素の発生する危険性が高い箇所の設置は極力避ける必要がある。これらの箇所への設置が避けられない場合は，ビルピットやポンプの運転調整等の必要性について検討を行う。あわせて作業時の安全対策を徹底しなければならない。

写 3.2.4 に硫化水素の発生する可能性が高い箇所の例を示す。



写 3.2.4 硫化水素発生危険性が高い箇所の例

§ 3.2.6 データの整理

モニタリング結果と基礎調査情報（降雨量等の自然条件・晴天時および雨天時水量等の下水道施設条件）を整理する。

【解説】

(1) データの整理

流量および降雨量に関するデータを整理する。

1) 水位および流量に関するデータ

- ・雨天時における水位および流量の経時変化
- ・晴天時における水位および流量の経時変化（合流式下水道を対象とした場合）

2) 降雨量に関するデータ

- ・観測地点名，所在地，観測機関
- ・降雨量（各時刻の降雨量，総降雨量，10, 30, 60 分間等の最大降雨強度，降雨期間中の平均降雨強度）
- ・モニタリング地点の上流域を代表する地点（中心部，特殊な周辺状況でない箇所）のデータを使用することが望ましい。

(2) データ異常，欠測時の留意点

現場状況により，現場実測値と機器指示値には差異が生じることがあるため，計測の開始に当たっては，必ず校正器や現場実測によってオフセット調整をするとともに，機器の異常・故障等に備える必要がある。

欠測データの補完については，補完値には誤差が含まれていると考えられ，評価結果に与える影響が不明であることから，「データ欠測」として扱うことを原則とする。

面速式流量計による計測では，流量センサにきょう雑物が付着することで流速が計測されていない場合でも，水位データが取得できている時は補正が可能である。その際は，補正によるデータの必要性の有無と誤差の影響を判断するとともに，晴天時データと雨天時データ等，流量規模の違いによる水位-流速特性への影響に留意する必要がある。

図 3.2.6 に計測データ欠測時の補完例を示す。

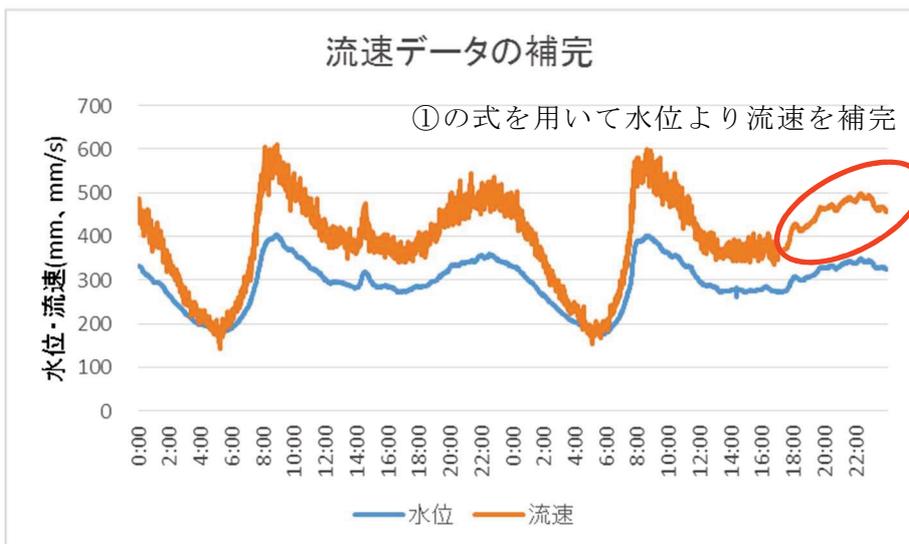
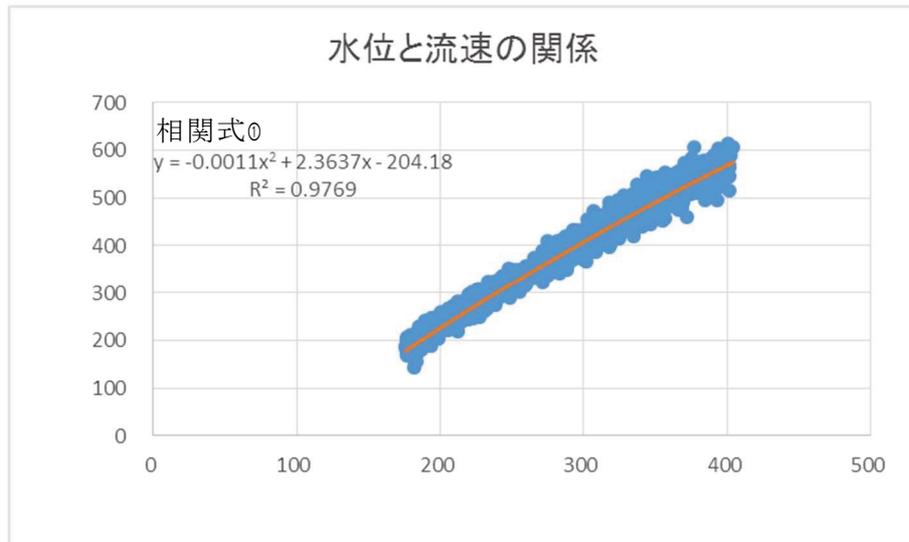
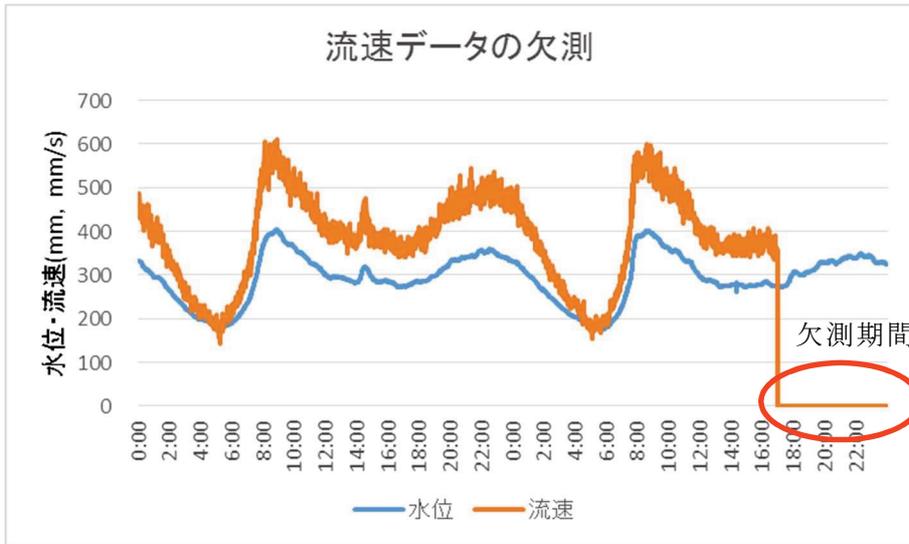


図 3.2.6 欠測の補完例

第3節 不明水対策のための調査

§ 3.3.1 調査の目的

調査の目的は、以下に示すとおりとする。

- (1) 不明水発生領域の絞込み（概略実態調査）
- (2) 分流式下水道雨天時増水対策のための流況調査(緊急対策)
- (3) 不明水対策事業効果の定量化

【解説】

不明水対策の調査フローを図 3.3.1 に示す。不明水対策のための流量調査は、不明水発生領域の絞込み（概略実態調査）、分流式下水道雨天時増水対策のための流況調査（緊急対策－流出解析モデルのキャリブレーションデータ）、および費用対効果分析における不明水対策事業効果の定量化のために実施する。

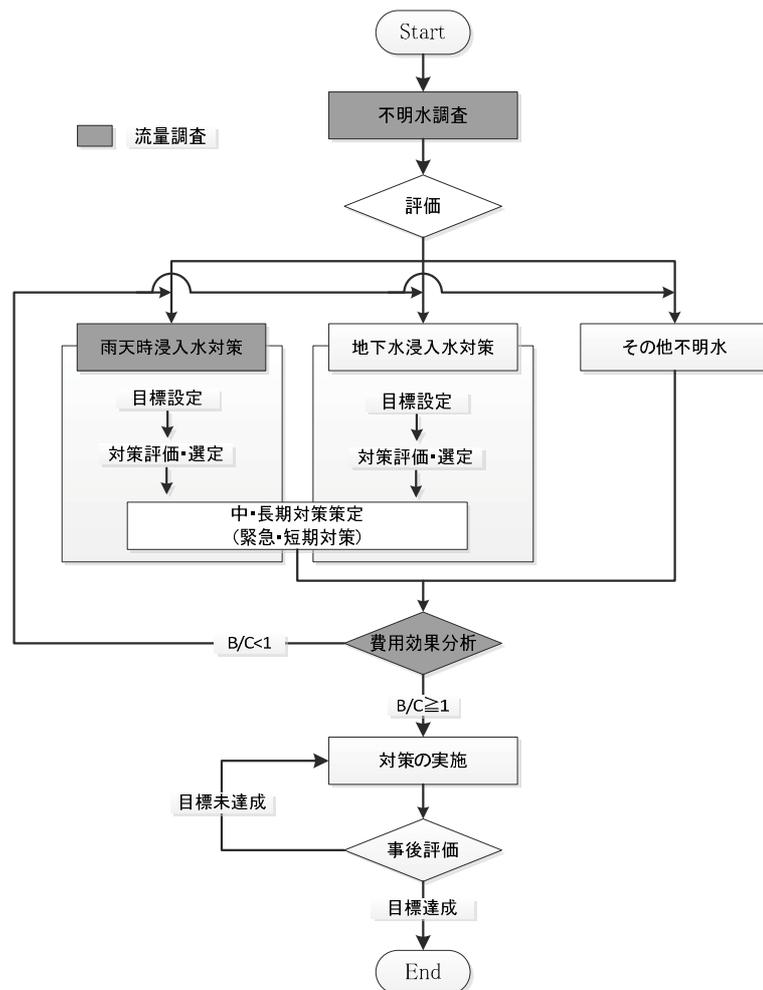


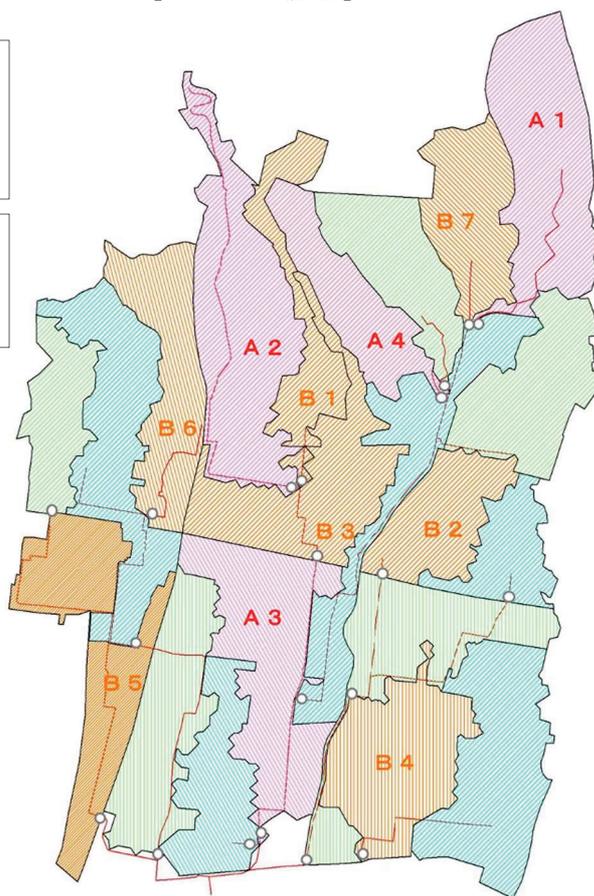
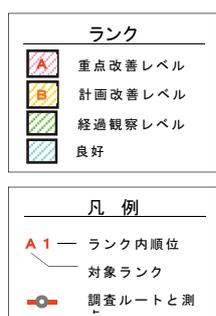
図 3.3.1 不明水対策の調査フロー⁴⁾

(1) 不明水発生領域の絞込み（概略実態調査）

不明水発生領域の絞込み（概略実態調査）では、分流式下水道の場合は、ブロック別の浸入水（雨天時浸入水、地下水浸入水、その他不明水）の流量を把握し、その結果、図 3.3.2 に示すような浸入水マップ（リスク評価図）を作成する。また、合流式下水道の場合も同様に、地下水浸入水対策のためのブロック別の流量を把握し、浸入水マップを作成する。

発生領域の絞込みのブロックの大きさは 2ha～5ha 程度⁵⁾までとされている。これは、図 3.3.3 上図に示すようにブロックの規模が小さすぎると 1 戸あたりの占める流量割合が高くなることで、流量波形がギザギザになり特異なデータとなりやすく流量変動にバラつきが見られ、平均化しにくくなるためである。（例えば風呂の栓を開放した時に突出した流量波形になってしまい、たまたま降雨と重なった場合に雨水浸入水と見誤る場合がある）しかしながら、図 3.3.3 下図に示すように、ブロックがある程度の大きさになると、日流量が平均化され、特異なデータとして表れにくくなり、滑らかな流量波形となることで雨水浸入水の定量がしやすくなる。

【リスク評価図】



A B 処理区

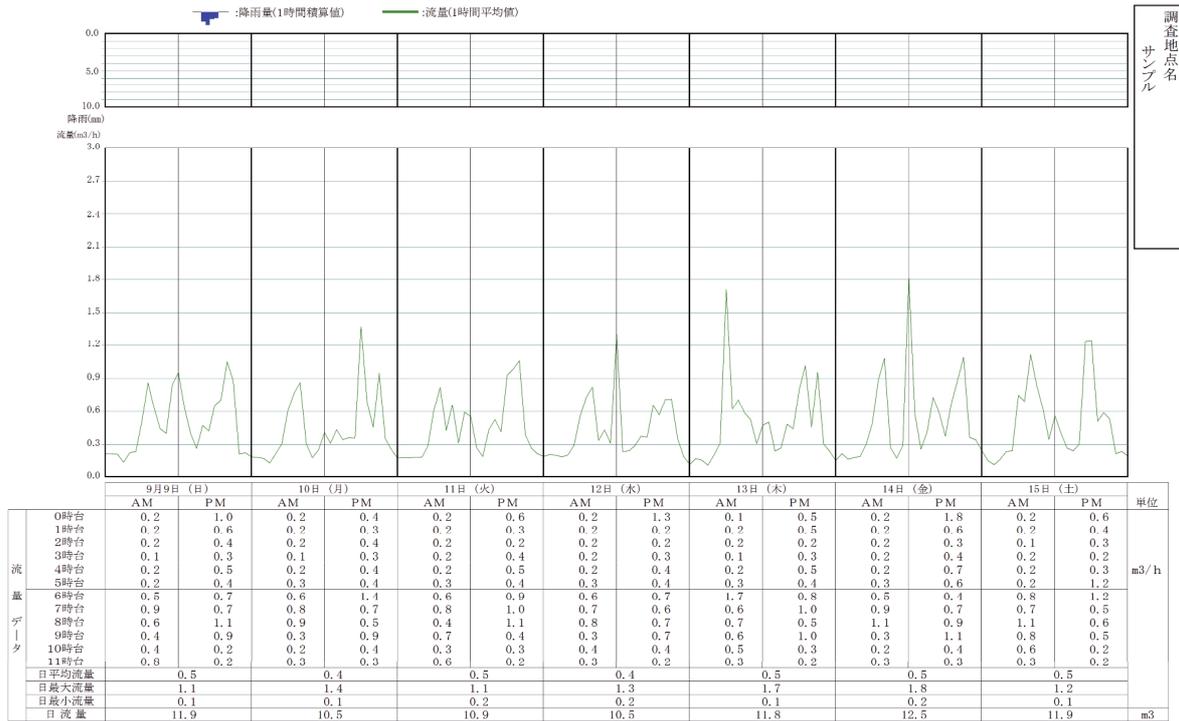
【リスク評価表】

ランク、順位	引受面積 ha	1haあたり		雨天時 浸入水量 m ³ /30mm	累積比 %	雨天時浸入水の構成	
		雨天時 浸入水量 m ³ /30mm/ha	雨天時 浸入水量 m ³ /30mm			直接比 %	浸透比 %
A1	25.3	40.5	1024.5	14	62	38	
A2	20.4	22.0	449.0	21	56	44	
A3	57.2	19.2	1097.2	36	30	70	
A4	17.6	19.1	335.4	41	61	39	
B1	43.6	16.6	723.2	51	58	42	
B2	26.1	13.7	358.5	56	47	53	
B3	44.6	13.4	598.3	64	46	54	
B4	28.0	13.3	373.5	69	39	61	
B5	22.6	11.7	263.5	73	18	82	
B6	41.6	8.5	353.8	78	44	56	
B7	29.0	7.4	214.9	81	54	46	

図 3.3.2 雨天時浸入水発生領域の絞込み（区域の絞込み）

《 週報 》

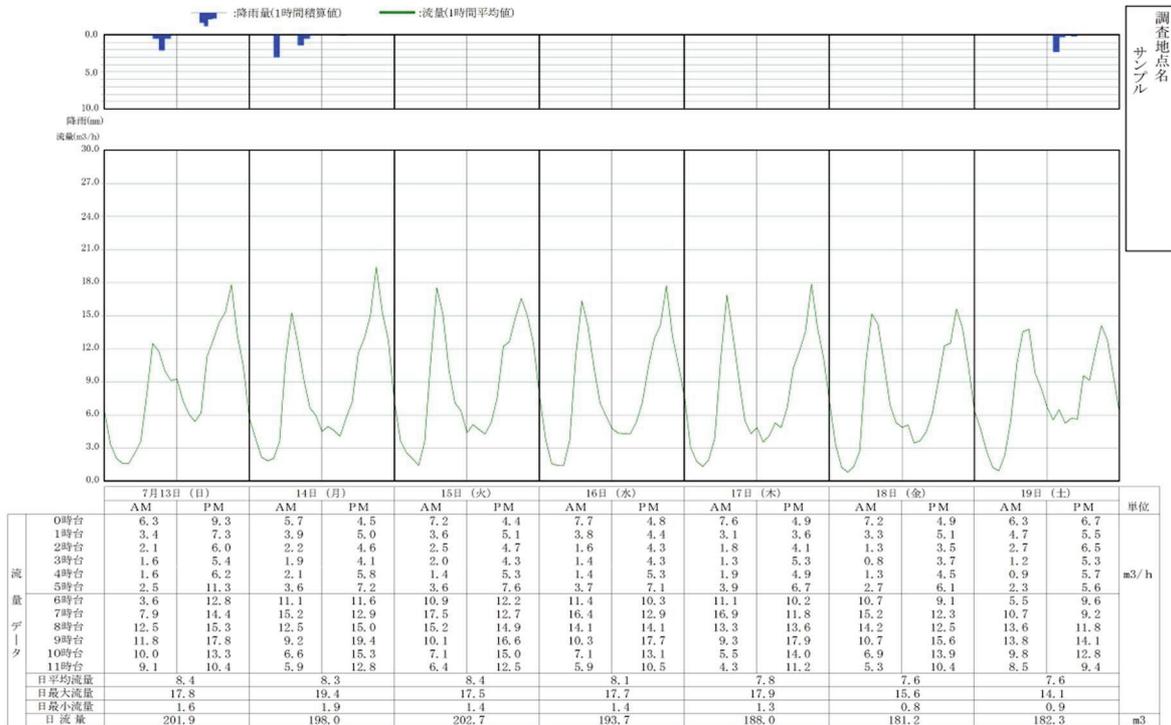
期 間 2012年9月9日(日)～ 2012年9月15日(土)



【小ブロックでの事例(週報)】

《 週報 》

期 間 2014年7月13日(日)～ 2014年7月19日(土)



【200戸程度の流量波形(週報)】

図 3.3.3 ブロックの大きさと流量波形例

(2) 分流式下水道雨天時増水対策のための流況調査（緊急対策）

降雨の影響により、汚水管きょからの溢水や処理場・ポンプ場における冠水が発生する場合には、溢水の解消や施設冠水の防止を目的とした緊急対策として、流出解析モデルを用いた分流式下水道雨天時増水対策の策定が必要であり、その際に用いる流出解析モデルのパラメータ設定に流量調査データが用いられる。

分流式下水道雨天時増水対策のための流況調査（緊急対策）の調査方法は、「(1) 不明水発生領域の絞込み（概略実態調査）」、「(3) 不明水対策事業効果の定量化」と異なり、「第2節 浸水対策および雨水管理計画のための調査」と類似しているため、そちらを参考のこと。

(3) 不明水対策事業効果の定量化

不明水対策事業効果の定量化のための流量調査では、不明水（雨天時浸入水、地下水浸入水）削減対策の実施効果を把握するための基礎データを収集する。図 3.3.4 に不明水対策事業効果の定量化の例を示す。

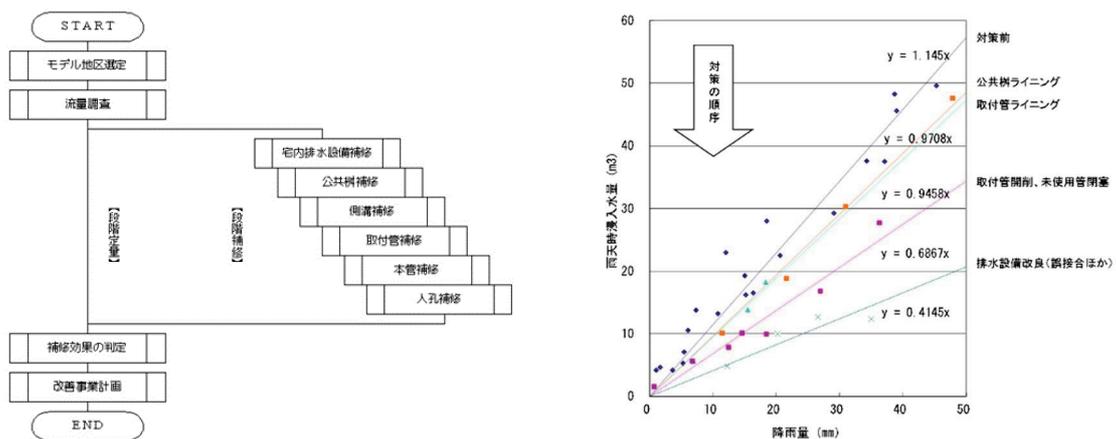


図 3.3.4 不明水対策事業効果の定量化

§ 3.3.2 調査項目

調査の項目は、以下に示すとおりである。

- (1) 流量調査
- (2) 降雨量調査

【解説】

(1) 流量調査

図 3.3.5 に不明水（地下水浸入水・雨天時浸入水）の定義を示す。

雨天時浸入水を対象とした不明水発生領域の絞込みおよび不明水対策事業効果の定量化のための調査では、晴天日と降雨日の両方を含む一定期間の流量を調査する。

また、地下水浸入水を対象とした不明水発生領域の絞込みおよび不明水対策事業効果の定量化のための調査では、降雨の影響を受けない晴天日の一定期間の流量を調査する。

近年、不明水発生領域の絞込みのための流量調査に代わる新しい技術として、水質（電気伝導度）調査により不明水発生領域の絞込みを行なう調査方法が開発され実用化されている。当該技術の概要を「第4章 第4節 電気伝導度等の変化に着目した不明水発生箇所スクリーニング調査」技術として示す。

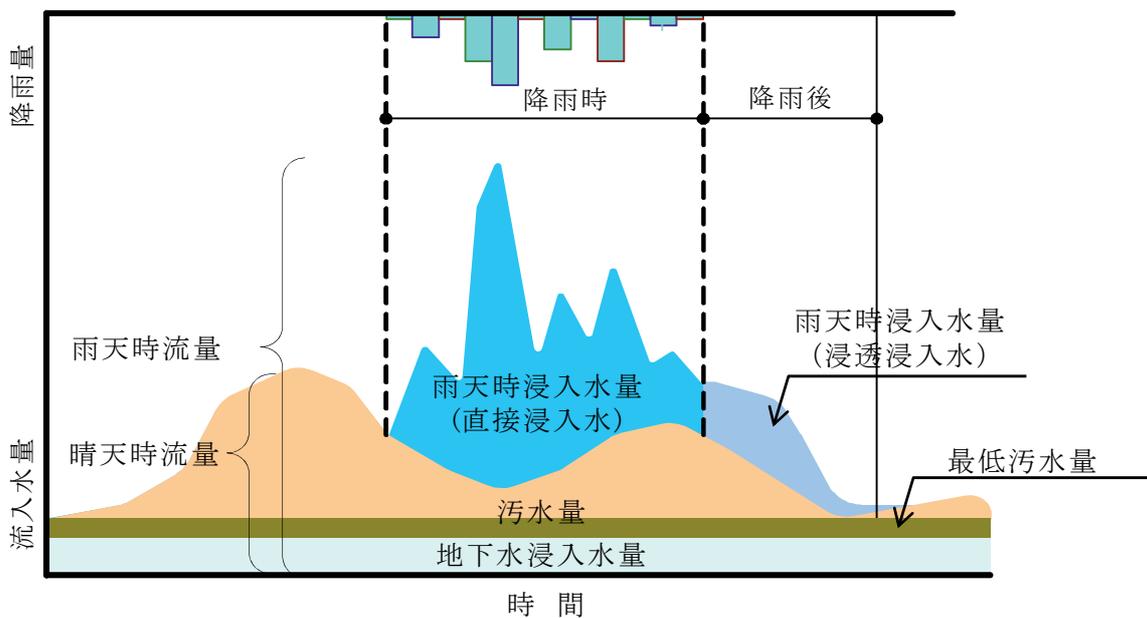


図 3.3.5 不明水(地下水浸入水・雨天時浸入水)の定義

(2) 降雨量調査

雨天時浸入水を対象とした不明水発生領域の絞込みおよび不明水対策事業効果の定量化のための降雨量調査では、流量調査時の降雨量の測定を行なう。

また、地下水浸入水対策のための流量調査では、降雨の影響を受けない晴天日に実施するため、降雨量調査は行わない。

§ 3.3.3 実施計画

実施計画では、以下の調査の目的ごとに調査地点や測定方法（測定時期、測定期間、測定時間、作業体制、実施工程）を適切に定める。

- (1) 流量調査
- (2) 降雨量調査

【解説】

(1) 流量調査

1) 調査地点の選定

調査地点の選定では、マンホール位置や交通状況等の現場条件、会合点、曲がり、段差等による流量測定機器の設置制約条件、ならびに以下に示す不明水調査の調査地点選定の留意点を考慮する。

a) 調査ブロックの規模を揃える（図 3.3.6 左図参照）。

ブロック規模が違い過ぎると、絶対量評価では大ブロックが多くなって浸入水が多いブロックのように見える。

単分量比較では、ブロック規模が大きすぎると小ブロックと大ブロック（小ブロック群の平均）との比較になって、何をしているか分からなくなる。

b) 上下流量の差し引き区間が生じないように工夫する（図 3.3.6 右図参照）。

差し引き区間にすると、区間を構成する流量計の誤差が重なり精度が落ちる。例えば下流の流量計がマイナス側、上流の流量計がプラス側に誤差を生じると、区間流量のマイナス誤差は 2 倍となる可能性がある。

c) ポンプ場下流は不連続的な流量パターンとなるので、上流の流入側で計測する。

d) 射流地点、滞留箇所を調査地点から除外する。

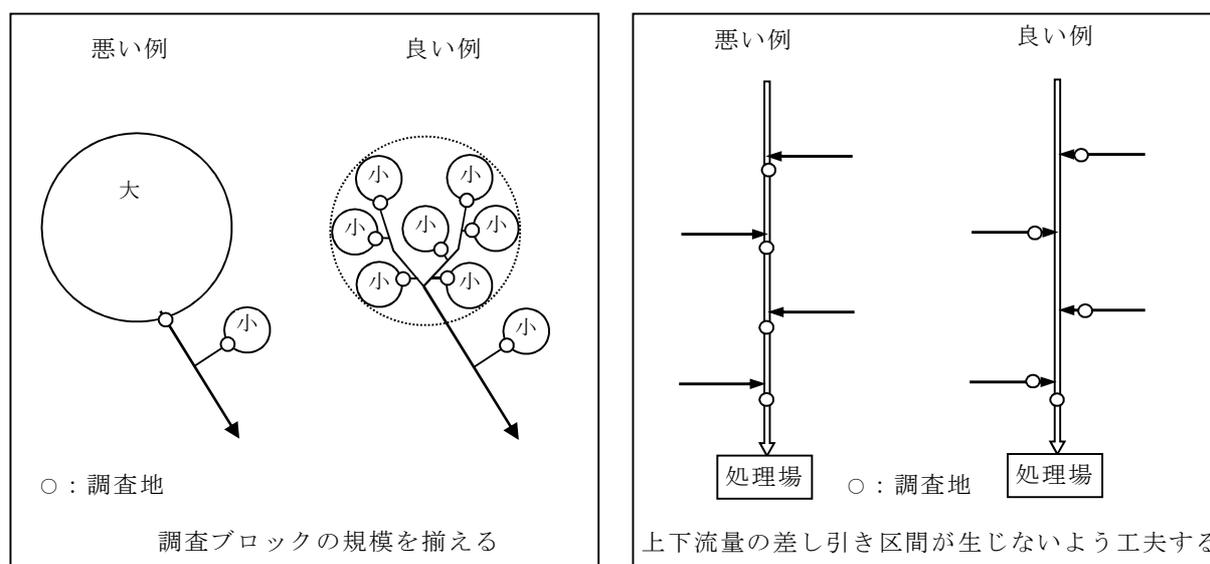


図 3.3.6 調査地点の選定例

2) 測定方法

a) 測定時期

雨天時浸入水の調査では、降雨の多い時期（例えば4月下旬から7月中旬頃、もしくは9月中旬から11月上旬頃）に設定することが望ましい。降雨の少ない時期に設定すると、降雨規模が小さく、降雨頻度も少ないため、計画的な測定が実施できないとともにデータの正確性が劣ることもある。

地下水浸入水の測定時期は、地下水位の高い時期（降雨の多い時期）が望ましい。

b) 測定期間

流量調査は、ブロック(系統)別流量調査のように、不明水発生領域の絞り込みの目的だけではなく、流量の時系列分析や統計解析、降雨量と雨天時浸入水の相関関係式の算出、直接浸入水と浸透浸入水の比率の算出等、様々な角度から雨天時浸入水を定量化および解析するための基本的な調査として比較的長期にわたって測定する場合と、不明水対策対象区域を絞り込みが目的で、雨天時浸入水の定量および解析をする必要がない場合には、調査期間の短縮について検討が必要である。

雨天時浸入水の流量調査では、調査の目的に合った対象降雨の規模と回数を設定する。不明水発生領域の絞り込みは調査期間の短縮が可能であるが、降雨日以外に降雨の影響を受けない晴天日（降雨規模にもよるが、降雨後の晴天日2日程度は降雨の影響を考慮して晴天日データから除外）のデータの取得も必要となる。降雨は不確実性を有しており、測定期間は余裕を持って1.5～2ヶ月程度に設定することが望ましい。

地下水浸入水の測定期間は、降雨の影響を受けない晴天日のデータの取得を考慮した設定が必要であり、7～10日程度が望ましい。

c) 測定時間

管きよの流量は絶えず変動しており、一般的に排水区域が大きい場合は流量の変動は緩やかで、排水区域の規模が小さい場合は流量の変動は早い傾向にある。測定間隔に関する定めは特にないが、標準として、測定単位は1分とし、流量としての出力単位は5分または10分とする。

d) 作業体制

図3.3.7に示すように、機器の設置、中間点検、機器の撤去の作業体制は、現場責任者、作業員（地上監視員、管内作業員）、交通監視員の構成とする。

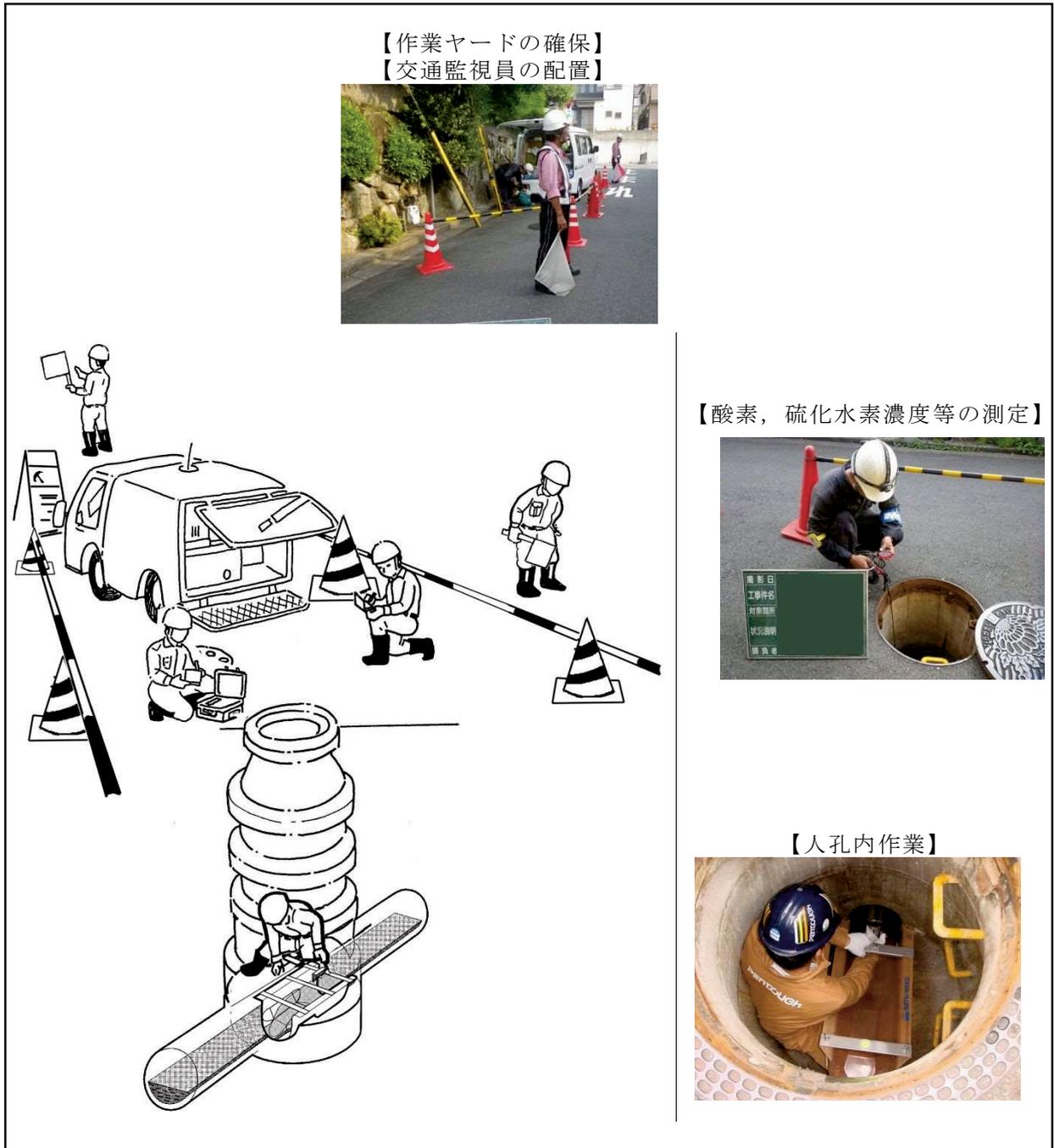


図 3.3.7 作業模式図

e) 実施工程

不明水調査を実施する際には、機器の設置前には資料収集・基本事項等の確認作業に少なくとも 40 日程度の準備期間を要する。また、調査地点数が多い場合には、準備および設置に必要な期間がさらに長期となる。

このため、測定時期に対し、余裕を持った実施工程を定める必要がある。

表 3.3.1 に降雨の多い時期（6～7 月，もしくは 9～10 月）に不明水調査（雨天時浸入水調査）を実施する場合の標準的な工程例を示す。

表 3.3.1 不明水調査（雨天時浸入水調査）の作業工程例

工種※	月別		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
	日別		7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
1.基本事項の確認・調査計画の策定										
2.基礎調査										
2-1.資料収集・整理										
2-2.現地調査										
3.不明水発生区域の絞り込み										
3-1.実施計画の策定										
・実施計画の策定										
・関係機関届出										
3-2.降雨量調査										
3-3.流量調査										
・現場準備										
・機器設置										
・降雨量，流量測定										
・機器の維持管理										
・機器の撤去										
・現場調査報告書作成										
3-4.調査結果の分析・評価										
4.提出図書の作成										

※ 点線で示した工種は本マニュアルの対象範囲外である（巻末の「積算資料（案）」では対象範囲）。

1. 基本事項の確認・調査計画の策定

対象区域，調査箇所箇所等を確認し，調査目的，調査内容，調査工程，安全管理等調査計画を策定する。

2. 基礎調査

2-1.資料収集・整理

不明水の状況，現状計画，既存施設・設備概要，維持管理状況の整理を行う。

2-2.現地調査

図上選定した調査地点を現地で確認し，交通量，マンホール等の現地状況を確認し，調査地点，機器設置の可否を確認する。

3. 不明水発生区域の絞り込み

3-1.実施計画の策定

・実施計画の策定

調査地点，現場作業体制，緊急連絡体制，実施工程，使用資器材，安全管理，作業時及び緊急時の連絡体制等を実施計画書としてとりまとめる。

・関係機関届出

必要となる道路使用許可申請，安全審査の届出等を行う。

3-2.降雨量調査

3-3.流量調査

・現場準備

必要資器材の準備，実施体制の確認，交通監視員の確保等を行う。

・機器設置

流量計および雨量計を設置する。

※既存の降雨データを入手して整理する場合もある。

・降雨量，流量測定

実施計画に基づき，対象期間中の降雨量，流量について測定を行う。

・機器の維持管理

実施計画に基づき，機器の維持管理を行う。

・計測機器の撤去

設置した機器の撤去を行う。

・現場調査報告書作成

現場調査のまとめ，流量測定データ，降雨測定データの整理報告書を作成する。

3-4.調査結果の分析・評価

測定データを基に，晴天時と雨天時および調査地点間の相対評価を行ない，浸入水の多いブロックを抽出する。

4. 提出図書の作成

調査結果及び検討結果をとりまとめ，報告書を作成する。

(2) 降雨量調査

1) 調査地点の選定

雨天時不明水調査では、調査区域内または近傍（2km 程度）の 1 箇所の降雨計測データを用いることを原則とする。調査区域内または近傍で降雨計測が実施されていない場合には、雨量計を設置して降雨量を調査する。

なお、調査区域が広域で降雨の偏在性を考慮して複数の雨量計測が必要な場合には、「下水道総合浸水対策計画策定マニュアル（案）平成 18 年 3 月 国土交通省都市・地域整備局下水道部」の「対象降雨の設定（降雨の時間的・空間的分布の考慮）」を参考に調査地点を選定する。

雨量計設置時の留意点については、§ 2.1.10(3) 機器設置時の条件を参照のこと。

2) 測定方法

a) 測定時期および測定期間

流量測定と同一期間で測定を行う。

b) 測定時間

測定単位は毎正時 5 分単位の連続測定を標準とする。

c) 作業体制

機器の設置、中間点検、機器の撤去の作業体制は、現場責任者、作業員の構成により実施する。（図 3.1.3 および写 3.1.2 参照）

d) 実施工程

表 3.3.1 に示す不明水調査（雨天時浸入水調査）の標準的な作業工程例を参照のこと。

§ 3.3.4 測定の方法

測定にあたっては、調査の目的により計測機器の選定を行い、計測機器ごとの留意点を踏まえて測定すること。

(1) 流量測定の方法

(2) 降雨量測定の方法

【解説】

(1) 流量測定の方法

1) 計測機器の選定

a) 調査目的別に求められる性能

調査目的により計測機器に求められる性能が異なる。表 3.3.2 に不明水調査（概略実態調査，不明水対策事業効果の定量化）に求められる計測機器性能を示す。

表 3.3.2 不明水調査に必要な計測機器性能

調査の目的	検討対象	測定対象	精度領域	対象口径
不明水発生領域の 絞込み 不明水対策事業効果の 定量化	地下水浸入水	夜間少流量時の 流量	小流量 (低水位) 時	小～大口径
	雨天時浸入水	雨天時の ピーク流量 総流出量	中規模降雨 (10mm 以上)	小～大口径
分流式下水道雨天時増水 対策のための流況調査	雨天時浸入水	雨天時の ピーク流量 総流出量	中規模降雨 (10mm 以上)	小～大口径

b) 機器の選定

調査目的により計測機器に求められる性能が異なるため、調査目的に適した機器を選定する。

不明水調査の対象流量は、小流量から中流量までを対象とされることから、調査地点の管口径を表 3.3.3 に当てはめて調査機器を選定する。

表 3.3.3 調査機器の選定

管口径	方式	計測器の構成
小～中口径	パーマポーラスフリューム式	フリューム+水位 (演算型流量計)
中～大口径	面速式	水位・流速センサ (乗算型流量計)

小口径：150～450mm 中口径：450～800mm 大口径：800mm 以上

2) 機種選定上の留意点

汚水大口径管きょおよび合流管きょの小流量測定では、口径と異なるタイプの測定器の選定を検討する必要がある。小流量測定のためのパーマポーラスフリューム (PBF) の設置例は、写 2.1.7 を参照のこと。

また、大口径管きょにおいて小流量から大流量までを測定する場合には、面速式流量計を選定し、小流量時の水位かさ上げ対策を実施する。設置例は図 2.1.17 を参照のこと。

3) 機器設置時の留意点

調査における精度を確保するため、機器設置時において、実測値と表示値を確認し、差異があればオフセット調整を行なう。オフセット調整例については図 2.1.13 を参照のこと。

(2) 降雨量測定の方法

1) 計測機器の選定

a) 調査目的に求められる性能

測定単位 0.1～0.5mm，累積降雨出力 5 分，連続測定 60 日以上とする。

b) 機器の選定

一般的な転倒ます式雨量計の採用を基本とし，上記の性能を満たす機器を選定する。

2) 機種選定上の留意点

測定精度は，気象測器検定指針に準拠したものを選定する。

§ 3.3.5 調査地点の選定

調査地点の選定にあたっては，図上による選定を行い，現地踏査により現地の状況を確認したうえで決定する。

(1) 図上選定

(2) 現地踏査による調査地点の決定

【解説】

(1) 図上選定

図上選定では，下水道台帳等の基礎資料により，マンホール種別や形状（会合点，曲がり点，段差点），受持面積，家屋数，管径（絞りの有無），勾配，大型排水施設の有無，ポンプ場等の有無を考慮し，調査候補地点を選定する。

(2) 現地踏査による調査地点の決定

図上選定した調査候補地点について，現場周辺の状況，計測機器の設置位置（マンホール内目視），下水道台帳等の資料との差異の有無（管径等）を現地で確認し，調査地点を決定する。

図 3.3.8 に管きよが外副管人孔に接続されている場合の対応例を示す。

現地踏査の結果、計測対象管きよが外副管でマンホールへ接続されており、副管への流入を締切り本管出口にフリームを設置した。

PBフリーム下流側と直壁の隙間がPBフリームのサイズ以上の隙間が必要である。隙間がPBフリームのサイズ以下の場合、直壁に当たった汚水が跳ね返って背水現象が起こるため、設置は不可である。



【設置前】



【設置後】

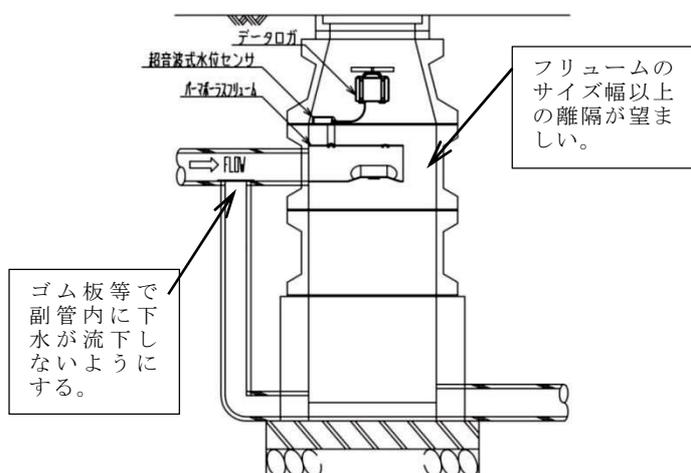


図 3.3.8 管きよが外副管で人孔へ接続されている場合の対応例

§ 3.3.6 データの整理

流量と降雨量測定データを整理するとともに、データの異常の有無の把握と、欠測データの取り扱いについて検討を行なう。

- (1) データの整理
- (2) データ異常，欠測時の留意点

【解説】

(1) データの整理

流量と降雨量測定データを整理し、計測値の妥当性を確認するとともに、異常値の把握および除外・校正について検討する。

1) 流量に関するデータ

流量に関するデータとしては、次のものがある。

- 観測地点位置，観測期間
- 調査期間の調査地点別流量測定データ

2) 降雨量に関するデータ

降雨量に関するデータとしては、次のものがある。

- 観測地点名，所在地，観測期間
- 調査期間の調査地点別降雨量測定データ

(2) データ異常，欠測時の留意点

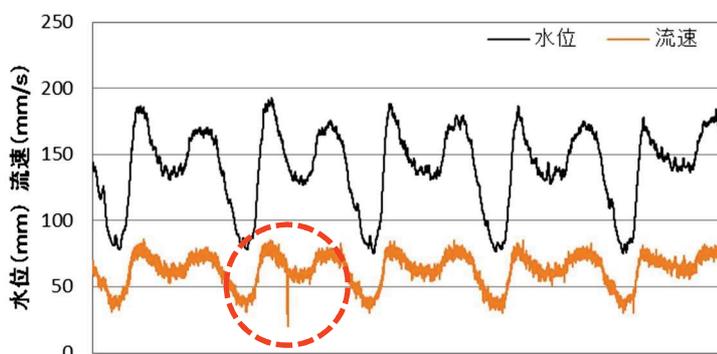
常に実測値と表示値の差異があるため，設置時・巡回点検時・撤去時に必ず実測値と表示値の差をチェックして補正するとともに，機器の異常・故障等に備えなければならぬ。

図 3.3.9 に面速式とフリューム式の異常値例を示す。欠測データの取り扱いは，補完を行わず「データ欠測」とすることを原則とする。

ただし，面速式流量計による計測において，きょう雑物が流速センサに引っ掛り流速測定できず水位のみが測定できる場合には，欠測データの補完が可能である。その際は，欠測データの補完の必要性の有無と誤差の影響を判断するとともに，晴天時データと雨天時データ等，流量規模の違いによる水位-流速特性への影響に留意して補完を行なう必要がある。

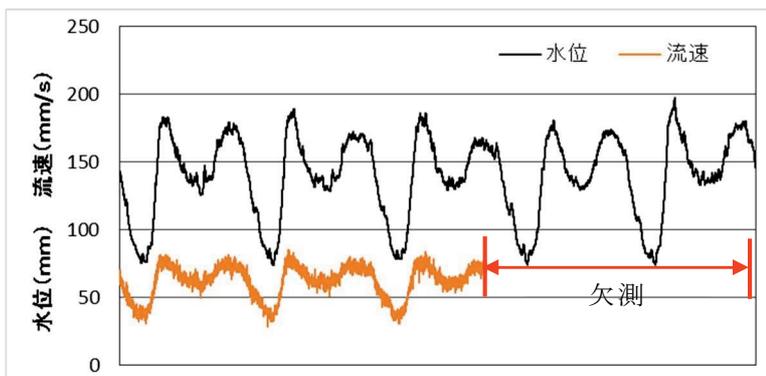
異常値例（面速式）

一時的な感度低下
(原因：堆積等)



異常値例（面速式）

欠測
(原因：堆積等)



異常値例（フリューム式）

欠測
(原因：計測可能域を超えている（フリュームサイズ 350）)

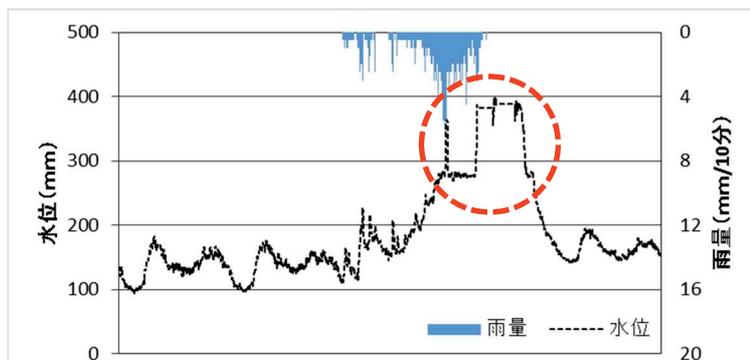


図 3.3.9 異常値の例

[参考文献]

- 1) 「合流式下水道の雨天時放流水質基準についての水質検査マニュアル」(国土交通省) 2000年4月
- 2) 「合流式下水道の改善対策に関する調査報告書—合流式下水道改善対策検討委員会報告—」(国土交通省・公益財団法人 下水道新技術機構) 2003年3月
- 3) 「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」(公益財団法人 下水道新技術推進機構) 2003年3月
- 4) 「不明水の手引き」(一般社団法人 全国上下水道コンサルタント協会) 平成20年3月
- 5) 「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」(公益財団法人 下水道新技術推進機構) 2009年3月

第4章 その他の調査

第1節 管路内の流量・水質調査における近年の取り組み

近年，下水道資源の利活用やストックマネジメントに資する技術に関連する管路内の流量・水質調査を紹介する。

- (1) 未利用下水熱の利活用に関する調査
- (2) 管更生に関する調査
- (3) 電気伝導度などの変化に着目した不明水スクリーニング調査

【解説】

(1) 未利用下水熱の利活用に関する調査

下水熱のポテンシャルは7,800Gcal/h(約1,500万世帯の年間冷暖房源に相当)¹⁾と言われており，他の再生可能エネルギーに比べ都市部に豊富に存在していること，特別な収集を必要としないこと，1次エネルギーの消費量やCO²の排出量を削減することが期待できることなどの理由から利活用の拡大が望まれている。

一般に，管路内の下水温度は，外気温と比較して夏は低く，冬は高いことから(図4.1.1参照)，この温度差を利用して，高効率のヒートポンプや熱交換器により，空調や給湯のエネルギー源とし安定的に利用することができる。

下水熱の利活用を検討する際には，「下水熱ポテンシャルマップ」²⁾³⁾が整備されている場合は，これを活用できるが，整備されていない場合には，熱需要施設に関する規模や設備の運転管理状況などの基本的なデータを整理する他，管路内における下水流量や下水温度に関する調査を行い，予め賦存量(ポテンシャル)を把握しておく必要がある。

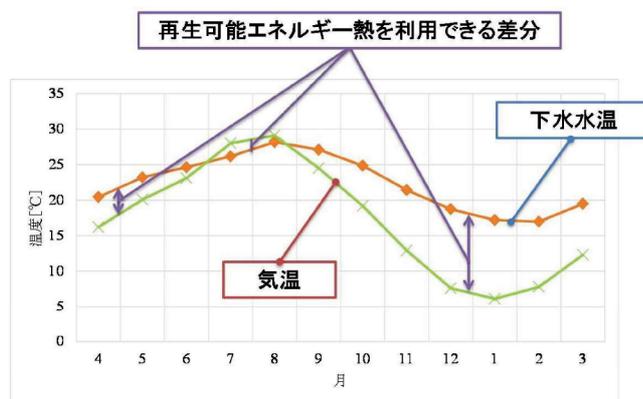


図 4.1.1 下水水温と気温との比較⁴⁾

(2) 管更生に関する調査

管路内下水の流下能力維持や管路施設の適切な保全対策として、既設管きょに対する更生が実施されている。

これら既設管きょの更生では、更生工法により適用できる水深および流速が定められており、必要に応じて水位および流速を確認する必要がある。

また、使用する更生材により耐薬品性や排出下水温に対する適用範囲が定められているものもあるため、このような更生材を利用する場合には、事前に施工予定箇所における水質調査を実施する必要もある。

(3) 電気伝導度などの変化に着目した不明水発生箇所スクリーニング調査

不明水の発生は、道路陥没事故を誘発する一因とされ、また下水道事業の経営にも悪影響を与える要因となっている。

不明水調査では、概略の実態調査（スクリーニング調査）により不明水の発生領域を絞り込み、次に流量調査や送煙調査などの手法による詳細調査が実施されているが、管路施設の老朽化の進展や下水道経営の健全化などによる社会的な要請から、近年、より効率的な概略実態調査（スクリーニング調査）が求められている。

当該技術では、管路内下水の電気伝導度などの水質項目について、一定期間の水質連続測定を実施し、晴天日と降雨日の相違を捉えることにより雨天時浸入水などの有無を定性的に評価する技術である。

第 2 節 未利用下水熱の利活用に関する調査

§ 4. 2. 1 調査目的および調査項目

利活用可能な下水熱の存在位置や賦存量を把握する必要がある。

そのため、利活用を予定する区域において、下水道台帳や流量計算書等の既存資料による図上調査と共に、以下の項目を計測する必要がある。

- (1) 下水流量
- (2) 下水熱（温度）

【解説】

下水熱の利活用を計画する区域または建物に対し、下水道台帳や流量計算書等により、管種や管径、周辺マンホールの位置などの管路施設の現況を把握したうえで、賦存量を把握するための調査を行う。

(1) 下水流量

管路施設内の流量調査を実施するにあたり、事前の現地踏査により状況確認を行い、適用可能な流量調査方法を確認する必要がある。流量調査方法については「第 2 章 第 1 節 流量調査概論」を参照のこと。

計測期間については、汚水量の日変動や季節変動（図 4. 2. 1 参照）に留意する必要があるが、季節変動が少ないため晴天日 14 日間分程度で十分であり、実測期間としては 2 週間から 1 ヶ月程度の期間が目安となるとしている。³⁾

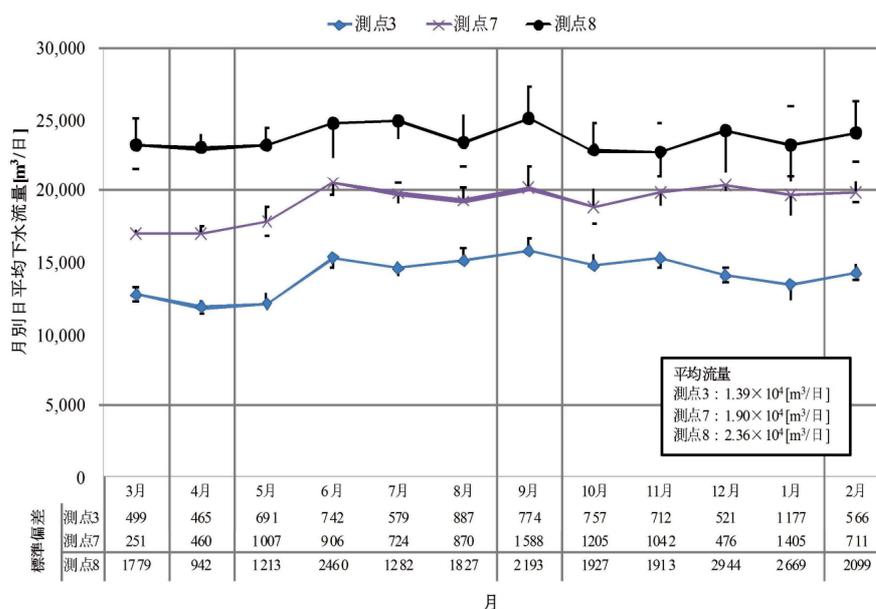


図 4. 2. 1 「下水管路における流量・温度推定のための下水流量・温度の実測」⁵⁾

(2) 下水熱（温度）

下水熱は、給湯や空調などに必要なエネルギーの削減効果が期待でき、採熱設備の性能にもよるが、その利活用には、一般的に大気との温度差が5℃程度あれば十分とされている。実際の利用においては、機器の性能等により異なるため、必ずしも5℃の温度差で利用するものではない。³⁾

そのため、管路内汚水の温度を計測（図4.2.2参照）する必要があるが、季節変動に留意し、季節別（夏季・冬季）における代表日（晴天日）の日平均下水温を取得することが望ましい。



図 4.2.2 管路内への温度センサ設置例

§ 4.2.2 調査地点の選定

調査地点の選定では、下水熱ポテンシャルマップ（広域・詳細）²⁾³⁾が整備済みである場合は、これを活用することとし、整備されていない場合には、熱需要家が想定している対象の直近のマンホールを中心に調査を実施する。

【解説】

下水熱の利活用では、熱需要家がマンホールを利用し採熱設備へアクセスすることが想定されるため、対象マンホールにおける調査を行う必要がある。困難な場合には、直近のマンホールを代用して調査を行う。

また、熱需要家は管路施設から採取した下水および下水温度を測定し、これを下水道管理者に報告する必要があることから、下水道管理者においては下水の採取されるマンホールのみならず、周辺の状態を把握しておくことが望ましい。

なお、暗きょ内での下水熱回収を行う場合にあっては、直接的に熱を利用する下水の温度を計測することが困難な場合がある。この場合は、熱源水となる下水の流量および温度を測定することなどにより下水熱利用前後の下水の温度変化を推定し、この値を代用して検討をすることも可能である。³⁾ 以上、温度測定に係る調査地点の選定例について、図4.2.3に示す。

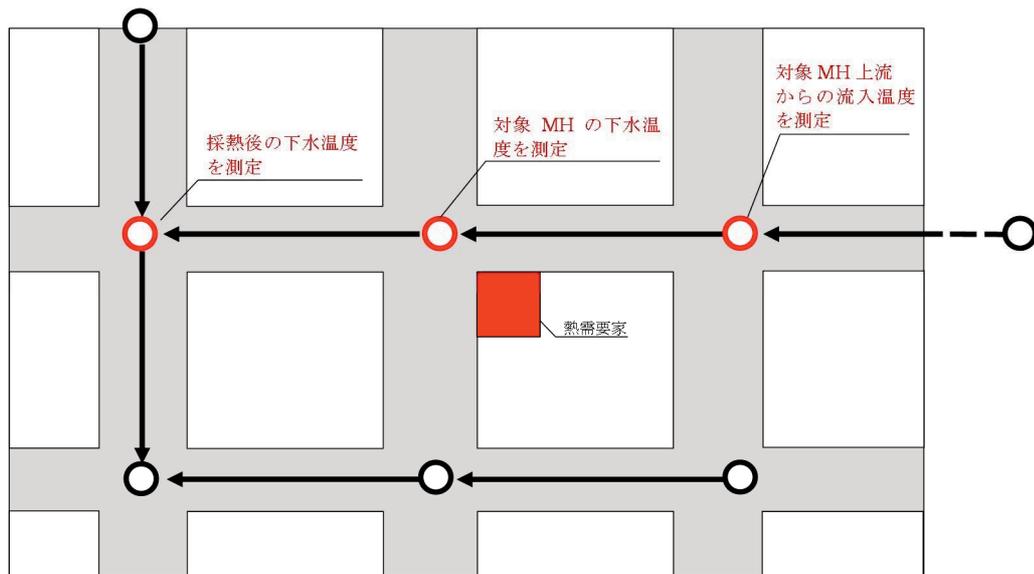


図 4.2.3 調査地点の例

§ 4.2.3 管路内下水熱の利活用に関する留意点

下水熱の利活用においては、未処理下水特有の留意すべき点があるため、調査結果の整理時において、これらを課題として整理する必要がある。

【解説】

(1) 賦存量調査の留意点

幹線規模や分流式・合流式の別など、天候による流量変動に留意する必要がある。また、管径の小さな枝管であっても、十分なポテンシャルを有するところから、実態調査（流量・熱量）により現況を把握することが必要である。³⁾

(2) 実態調査実施時の留意点

未処理下水からの熱利用であることから、採熱設備への取水に際してきょう雑物に対する対策が必要であり、調査時の状況を課題として整理する必要がある。

また、採熱設備の採用を検討する際には腐食性を考慮し、調査時にマンホール蓋の裏側が著しく錆びているなどが確認された場合には、調査票などに当該調査地点の腐食状況を整理しておくことが望ましい。

第3節 管更生に関する調査

§ 4.3.1 調査概要および目的

下水道管きよ更生工法を設計するにあたり，水位，流速および流量の実態調査を実施する。

この調査は，破損または老朽化した管きよを更生するための工法および水替え手法を選定することを目的にしている。

【解説】

下水道管きよの更生では，工法の選定にあたり，供用下での施工や水替えの有無を判断するため，水位，流速および流量に関して事前の管路調査と併せて取得しておく必要がある。「管きよ更生工法における設計・施工管理ガイドライン(案)」(平成23年12月 日本下水道協会)においても，「既設管の水位等によって，工法の適用可否や適用可能な工法が異なるため，流下状況についても調査する。」とされている。

水位，流速および流量に関しては，下水道台帳や流量計算書から求めることも可能であるが，更生を要する管きよでは，クラックや破損箇所などからの地下水の浸入，また汚水の漏出により，既存資料より求めた数値よりも供用水量の増減が考えられる。このため，現場条件に適した工法を選定する際の基礎資料とするためには，水位・流速および流量の実態調査を実施する必要がある。

§ 4.3.2 調査実施時の留意事項

流量調査は既設管きよの更生を実施する工事対象路線の直上下流マンホールにより行うが，たるみの発生などに留意する必要がある。

【解説】

工事対象路線の上下流マンホールで調査を実施するにあたり，以下に留意すべき事項について記載する。

- ①測定箇所は，管路の直線部に位置しているとともに，管路の曲がり，たるみの他，枝管や排水設備からの流入などが無いこと。
- ②下流からの背水（第2章1節を参照）の影響がない箇所であること。
- ③測定中に管路内の下水流下を阻害しないこと。

なお，老朽化対策として実施される既設管きよの更生工法では，様々な工法が提

案されているが、現在広く実施されている更生工事の対象は主に中-大口径の管きよ
である。そのため、流量調査は、面速式流量計により実施されていることが多い。測
定方法の詳細については、§2.1.4を参照のこと。



写 4.3.1 面速式流量計の設置状況

第4節 電気伝導度などの変化に着目した不明水スクリーニング調査

§4.4.1 技術概要

管路内下水の電気伝導度や温度などの水質項目に関し、一定期間の連続測定により、不明水（雨天時浸入水など）の概略実態を把握し、発生区域をスクリーニング（絞り込む）する技術である。

【解説】

雨天時浸入水などの発生による管路内下水の電気伝導度や温度などの変化に着目し、晴天時と雨天時を含む一定期間の測定を行う。

これにより、電気伝導度や下水温度などの晴天時と雨天時の相違や、地点間での電気伝導度や下水温度の差異から、不明水（雨天時浸入水）の発生区域を絞り込む技術である。

§4.4.2 電気伝導度などの測定

計測装置は、マンホール内のインバートへの設置を基本とする。

【解説】

調査地点の選定の考え方及び測定方法（測定時期・測定期間・測定単位時間）は、「3.3 不明水対策 3.3.3 調査計画（1）流量調査」と同等とする。

また、計測装置の設置では、計測装置のセンサ部を管路内下水と接触させることで計測することから、管口径やマンホール状況（会合点、曲がり、段差など）の制約を受けにくい。（図4.4.1および図4.4.2参照）



図 4.4.1 電気伝導度測定装置設置例

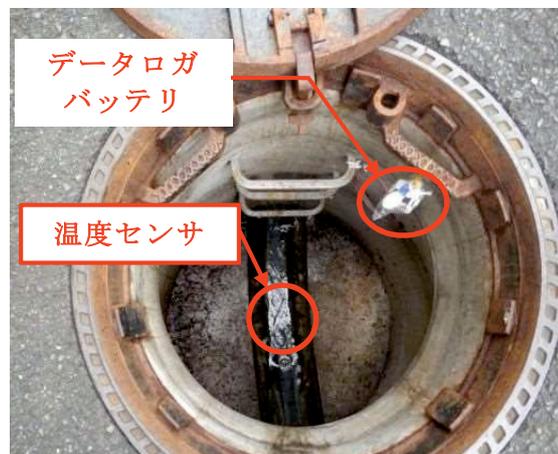


図 4.4.2 温度測定装置設置例

§ 4.4.3 スクリーニング（絞り込み）の評価例

同一のマンホールにおける晴天日と雨天日の電気伝導度や下水温を相対的に比較し、不明水（雨天時浸入水等）発生が疑われる区域のスクリーニング（絞り込み）を行う。

【解説】

スクリーニング（絞り込み）の評価では、一定期間測定した電気伝導度や温度などのデータを整理し、雨天日の値と雨天日の直近にある晴天日の平均の値を比較し、その差の程度を読み取ることで、雨天時浸入水等の発生が疑われる箇所を効率的にスクリーニング（絞り込み）することができる。

(1) 電気伝導度の変化に対する評価例

汚水管を流れる水質 C_a の汚水に水質 C_b の不明水が混入すると、その水質は以下の関係式で表される。これにより、地下水や雨水の浸入が多い地点では、夜間最小流量時や雨天時の水質にその影響が顕著に現れることから、その違いを地点間の相対比較により影響度を評価し、絞り込みを行う。

$$C_{a+b} = \frac{C_a \times Q_a + C_b \times Q_b}{Q_a + Q_b}$$

C_{a+b} : 汚水に不明水が混入した水質
 C_a : 汚水の水質
 Q_a : 汚水の量
 C_b : 不明水の水質
 Q_b : 不明水の量

電気伝導度による雨天時浸入水のスクリーニング（絞り込み）の評価では、降雨日の電気伝導度測定値（緑線）と、晴天日平均の測定値（黄線）を比較する。降雨時と晴天時の差異が大きい場合（図 4.4.3 参照）は、雨天時浸入水の発生が疑われると評価できる。また、雨天時浸入水を疑う必要が無いと評価される測定例を図 4.4.4 に示す。

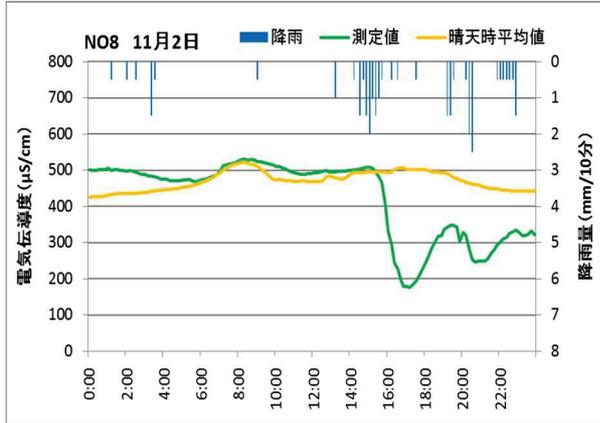


図 4.4.3 雨天時浸入水の疑われる箇所



図 4.4.4 雨天時浸入水の疑いがない箇所

(2) 下水の温度変化に対する評価例

汚水管を流れる下水の温度変化に対する評価の考え方は、電気伝導度の変化に関する評価と同様である。

雨天時浸入水の発生が疑われる箇所の測定例を図 4.4.5 に、雨天時浸入水の発生を疑う必要はないと評価された測定例を図 4.4.6 に示す。

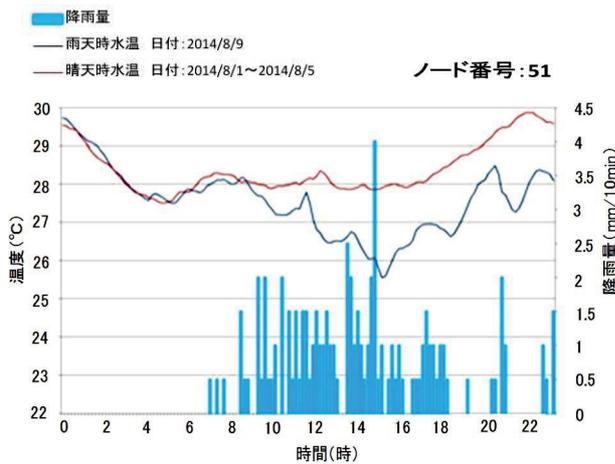


図 4.4.5 雨天時浸入水の疑われる箇所

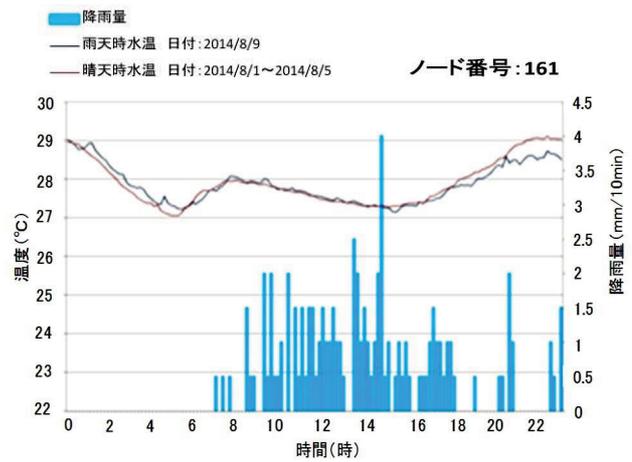


図 4.4.6 雨天時浸入水の疑いがない箇所

[参考文献]

- 1) 「下水熱でスマートなエネルギー利用を（パンフレット）」（国土交通省水管理・国土保全局下水道部）平成 25 年 1 月
(<http://www.mlit.go.jp/common/000986040.pdf>)
- 2) 「下水熱ポテンシャルマップ（広域ポテンシャルマップ）作成の手引き（案）」（環境省総合環境政策局，国土交通省水管理・国土保全局下水道部）平成 26 年 3 月
- 3) 「下水熱ポテンシャルマップ（詳細ポテンシャルマップ）作成の手引き（案）」（環境省総合環境政策局，国土交通省水管理・国土保全局下水道部）平成 27 年 3 月
- 4) 「下水熱利用マニュアル（案）」（国土交通省水管理・国土保全局下水道部）平成 27 年 3 月
- 5) 三毛正仁ら「下水管路における流量・温度推定のための下水流量・温度の実測」空気調和・衛生工学会論文集 No. 202, 2014 年 1 月

第5章 現場作業と安全管理等

第1節 基本的考え方

下水管路内での調査や作業を行う際には、その現場条件から常に危険が伴うため、一般的な安全対策に加えて、「降雨への対応」、「酸欠・有毒ガス対策」、「交通安全管理」を重視する。

【解説】

下水管路内で作業を行う際には、非常に危険を伴うことを認識しなければならない。調査対象区域（その上流域を含む）で降雨があった場合、特に合流管や雨水管には大量の雨水が管路内に流入することになる。また、長時間にわたり管路内に潜入して作業する場合があるととも、道路上のマンホールを開放して行うため、酸素欠乏・有毒ガスによる事故や、交通事故、歩行者の転落事故等の危険性も十分に認識する必要がある。

なお、各種現場作業や安全管理等の詳細については、「下水道管路管理に関する安全衛生管理マニュアル」（平成24年7月（公社）日本下水道管路管理業協会）、「管きよの維持管理における安全対策」（平成24年4月（公社）日本下水道管路管理業協会）および「局地的な大雨に対する下水道管渠工事等安全対策の手引き(案)」（平成20年10月 局地的な大雨に対する下水道管渠内工事等安全対策検討委員会）等を参照のこと。

第2節 事前準備

作業に先立ち、調査地点の現場特性を十分に把握したうえで、調査内容や安全管理等について記載した作業計画書を作成し、関連者協議を実施する。また、必要に応じて道路使用許可を申請・取得する。

【解説】

(1) 現場特性の把握

現場作業に先立ち、調査実施地点の管路内の状況、交通状況、周辺環境などの現場特性を机上調査や現地踏査により十分に把握し、作業計画書へ反映させる。

(2) 作業計画書の作成

現場特性を十分に把握したうえで、以下に示す項目等の内容を記載した作業計画書を作成する。

- 1) 調査概要
- 2) 調査内容
- 3) 実施工程
- 4) 現場組織
- 5) 安全管理

(3) 関連者協議

下水管路内で作業を行う際には、下水道管理者の内部調整はもとより、関連管理者に対し事前に協議を行う必要がある。

協議を行う管理者としては、道路管理者、公園管理者、その他管理者があげられる。調査地点が民家に隣接している場合等においては、調査を円滑に進めるため、調査地点周辺家屋等に対し、調査の実施を事前に広報しておくことが望ましい。

住民広報資料の例を図 5.2.1 に示す。

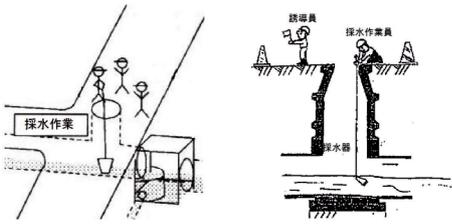
近隣の皆様へ		平成 27 年〇月	
〇〇市〇〇〇課		〇〇市〇〇〇課	
下水の採水・調査等について（お知らせ）			
日頃から、〇〇市の下水道事業につきましては、ご理解とご協力をいただき、誠にありがとうございます。			
さてこの度、下記の場所におきまして、下水の採水調査を行うことになりました。調査は、雨天時の下水の水質、流量を調査するため調査箇所のマンホールを開け、採水を行うものです。			
なお、調査は市が委託した調査員が行います。調査員は、市の腕章を着用し、身分証明証を携帯しておりますのでご不明の場合は確認をお願いします。			
調査期間中は、交通規制等、近隣住民の皆様には大変ご不便をおかけすることと思っておりますが、何卒、調査の趣旨をご理解いただき、ご協力をお願いいたします。			
また、ご不明な点がありましたら、下記までご連絡ください。			
記			
1	調査場所	〇〇市〇〇〇丁目〇〇番先	
2	調査件名	雨天時放流水質等調査業務	
3	調査期間	平成 27 年〇月〇日から平成 28 年〇月〇日のうち、原則雨天時 1 回 (降雨によっては夜間に行う場合があります)	
4	発注者	〇〇市〇〇〇課 電話 ****-**-**** (内線....) 担当：〇〇、△△	
5	委託業者	〇〇〇〇〇〇株式会社 電話 ****-**-**** 担当：〇〇、△△	

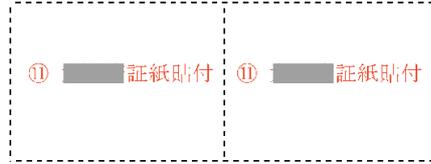
図 5.2.1 住民広報資料の例

(4) 道路使用許可申請

道路上での作業が発生する場合には、道路管理者に加えて、所管の警察署に道路使用許可申請を行い、道路使用許可を得る必要がある。

道路使用許可申請書の記載例を図 5.2.2 に示す。なお、記入方法や提出書類は、所管の警察署により異なる場合があるため、必要に応じ事前に警察署に確認するのが望ましい。

記載例



別記様式第六（第十条関係）

道路使用許可申請書			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>② ○ ○ 警察署長 殿</p> <p style="text-align: right;">③ 申請者</p> <p style="text-align: right;">住所 ○○市○○町○丁目○番○号 株式会社○○工務店 氏名 社長 甲 野 太 郎 ⑤</p> <p style="text-align: right;">(電話) ○○-○○○○-○○○○</p> </div> <div style="width: 35%; text-align: right;"> <p>① 平成○○年○○月○○日</p> </div> </div>			
道路使用の目的	④ ○○地区下水道管理設工事		
場所又は区間	⑤ ○○市○○町○丁目○番○号から○○市○○町○丁目○番○号まで		
期 間	⑥ 平成○○年○○月○○日○時から平成○○年○○月○○日○時まで (各日 (午前)・午後 ○○時から午前・(午後) ○○時まで)		
方法又は形態	⑦ 例1 ○○工法による下水道管理設工事 例2 別紙「道路使用の場所及び付近見取図」のとおり		
添 付 書 類	⑧ 「道路使用の場所及び付近見取図」 「交通整理員配置図」		
現 場	住 所	⑨ ○○市○○町○○丁目○番○号	
責任者	氏 名	乙 野 次 郎	電 話
○ ○ - ○ ○ ○ ○ - ○ ○ ○ ○			
第 号 ⑩ 道路使用許可証 上記のとおり許可する。ただし、次の条件に従うこと。			
条 件	別紙のとおり。		
年 月 日 <div style="display: flex; justify-content: flex-end; align-items: center; gap: 20px;"> <div style="width: 100px; height: 20px; background-color: gray;"></div> <p>警察署長 ⑪</p> </div>			

- 備考 1 申請者が法人であるときは、申請者の欄には、その名称、主たる事務所の所在地及び代表者の氏名を記載すること。
 2 申請者は、氏名の記載と押印に代えて、署名することができる。
 3 方法又は形態の欄には、工事又は作業の方法、使用面積、行事等の参加人員、通行の形態又は方法等使用について必要な事項を記載すること。
 4 添付書類の欄には、道路使用の場所、方法等を明らかにした図面その他必要な書類を添付した場合に、その書類名を記載すること。
 5 用紙の大きさは、日本工業規格A列4番とする。

（救小事項）
 この処分について不服があるときは、処分があったことを知った日の翌日から起算して60日以内に、警察委員会に対して、不服申立てをすることができます。また、処分があったことを知った日の翌日から起算して6か月以内に、警察委員会を被告として（訴訟において警察委員会を代表する者は、警察委員会となります。）、処分の取消しの訴えを提起することもできます。
 なお、不服申立てをした場合は、その不服申立てに対する裁決（決定）があったことを知った日の翌日から起算して6か月以内に、処分の取消しの訴えを提起することができます。

図 5.2.2 道路使用許可申請書の記載例

第3節 管路内調査における現場作業と安全管理

§ 5.3.1 気象条件の確認

下水管路内で作業を行う際には、作業前日から作業終了までの各段階において、気象条件の安全性について十分に確認のうえ作業にあたる。

【解説】

下水管路内で作業を行う際には、天候の急変により管路内の流量が大幅に増加することがあるため、気象条件を十分に確認する。

特に、合流管および雨水管の場合は、流量の増加に伴い、管路内水位が急激に増加することも想定されるため、リアルタイムで気象情報を取得できる体制を構築することが望ましい。

汚水管においても、雨天時浸入水の影響で晴天時よりも流量が増加し、作業の安全性を確保できなくなる場合もあるため、合流管や雨水管での作業時と同様に、周辺の気象条件に十分に留意して作業にあたる。

(1) 作業前日の対応

前日の気象予報から調査対象区域において、作業当日に相当の降雨が事前に予想される場合は、作業の中止を検討する。

(2) 作業開始前および作業中の対応

作業当日の天候について、図 5.3.1 に示すような気象庁ホームページの『レーダー・ナウキャスト（降水・雷・竜巻）』等の気象情報サイトの気象状況や『防災メール』等の自動配信情報により、各種警報・注意報の有無、雨雲の接近状況を確認し、的確に作業開始および作業中止の判断を行う。

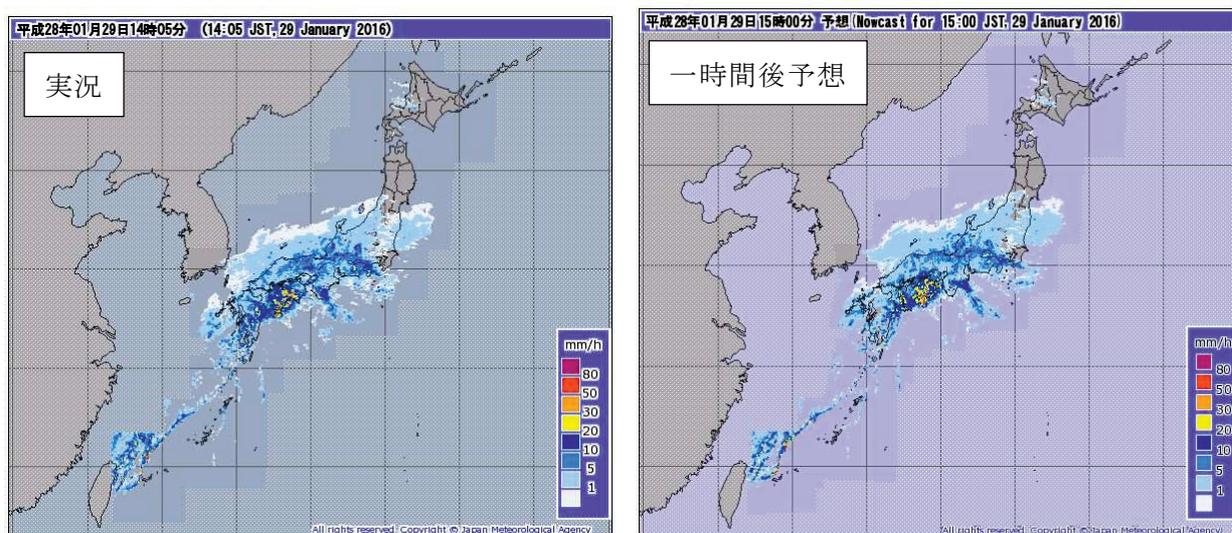


図 5.3.1 レーダー・ナウキャスト（出典：気象庁HP）

§ 5.3.2 管路内大気条件の確認

下水管路内で作業を行う際には、入孔する前はもちろんのこと、作業中も急激なガス濃度の変化にも迅速に対応できるよう常時監視することが必要である。酸素欠乏や硫化水素等の有毒ガス発生が予想される箇所では、作業前から換気を実施し、作業終了時まで継続する必要がある。測定結果については、記録用紙に記載のうえ保存する。

【解説】

(1) 酸素および有毒ガスの許容濃度

酸素および有毒ガスの許容濃度は、表 5.3.1 に示す基準値を用いて管理を行う。

表 5.3.1 酸素および有毒ガスの許容濃度

	酸素濃度	硫化水素	一酸化炭素
許容濃度	18%以上	10ppm 以下	50ppm 以下

※1：酸素および硫化水素 酸素欠乏等防止規則第 5 条

※2：一酸化炭素 事務所衛生基準規則第 3 条



図 5.3.2 ガス検知器の例と測定例

(2) 酸素および有毒ガスの測定

1) 入孔時の測定手順

作業着手に先立ち、管路内の酸素および有毒ガスの濃度を酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者が測定し、安全確認を行う。

測定の結果、酸素の欠乏または硫化水素の発生が認められた場合、換気を十分に行い、再度測定し安全を確認した後、入孔するものとし、作業時も常時換気を行う。

管路内作業箇所における大気条件の確認は、作業員が携帯する複合型ガス検知機にて行い、測定結果は地上作業員に定期的に連絡を行う。

ガス検知器の例と測定例を図 5.3.2 に示す。

2) 作業時の測定手順

管路内作業中には、常に地上部で有毒ガス検知機による測定および観測を行う。

また、大深度マンホールおよび管きょ内の場合は、作業員が携帯式ガス検知機を携帯する。

管路内の酸素等に異常が認められた場合は、直ちに作業員を退避させ、十分に換気作業を実施した後、再度管路内酸素等の測定を行い、安全を確認した上で作業を再開する。なお、作業時は常時換気を行うものとする。

3) 作業再開時の測定手順

作業再開に際しては、換気後に入孔時と同様の手順をとり、安全確認を行う。

(3) 測定結果の記録

各段階での測定結果は、表 5.3.2 の書式を参考に記録し保存する。

表 5.3.2 酸素および硫化水素濃度等測定記録表の例

		換 気	前・後
		圧 気 工 事	有・無
測定年月	年 月 日	測定者	
測定場所		人孔番号	
測定器名			

測 点 1	イ	ロ	ハ
温 度 (°C)			
酸 素 濃 度 (%)			
硫 化 水 素 濃 度 (ppm)			

測 点 2	イ	ロ	ハ
温 度 (°C)			
酸 素 濃 度 (%)			
硫 化 水 素 濃 度 (ppm)			

測 点 3	イ	ロ	ハ
温 度 (°C)			
酸 素 濃 度 (%)			
硫 化 水 素 濃 度 (ppm)			

(堆積物攪拌後)

測 点 4	イ	ロ	ハ
温 度 (°C)			
酸 素 濃 度 (%)			
硫 化 水 素 濃 度 (ppm)			

(措 置)

※1 開口部が大きな特殊マンホールの場合には、必要に応じて、水平レベルで複数箇所を測定する。

※2 マンホール深 2m を超える深いマンホールの場合には、必要に応じて、垂直レベルで複数箇所を測定する。

§ 5.3.3 作業中止および再開の基準

管路内調査における作業中止の判断は、事前に定めた基準に基づき行う。現地
の状況に応じて作業を中止し、地上に退避する。作業を再開する場合は、作業着手前
の全ての安全確認を完了したうえで再開する。

【解説】

(1) 作業中止基準

下水管路内で作業を行う際には、常に危険が伴うため、安全面を最優先させること。
管路内での作業条件の急変に備え、事前に基準を定めておくことが重要である。作業
開始前や作業中において、事前に定めた基準となった場合には、基準に基づき作業を
中止する。

なお、ここで示した基準は一例であり、実際の調査にあたっては、発注者を含む関連
管理者と協議のうえ設定する。その際、合流管・雨水管と污水管では、雨天時流量に大
きな違いがあるなど、調査地点の特性に応じた基準を定めるものとする。

作業中止基準の一例を表 5.3.3 に示す。

表 5.3.3 作業中止基準の例

	降雨	大気	地震
作業開始前	<ul style="list-style-type: none"> 調査区域に降雨の予報がある 調査区域に少量でも降雨がある 調査区域において注意報・警報が発令されている 	<ul style="list-style-type: none"> 酸素濃度 18%未満 硫化水素 10ppm 以上 一酸化炭素 50ppm 以上 	—
作業中	<ul style="list-style-type: none"> 現場において少量でも降雨がある 調査区域に少量でも降雨がある 	同上	<ul style="list-style-type: none"> 揺れを感じた場合

※1 その他、発注者や関係機関等からの指示があった場合は、直ちに作業を中止する。

※2 マンホール内に入坑し作業を行う場合に限る

(2) 作業再開基準

作業を再開する場合は、作業着手前の全ての安全確認を完了したうえで再開する。
なお、ここで示した基準は一例であり、実際の調査にあたっては、発注者を含む関連管
理者と協議のうえ設定する。

作業再開基準の一例を表 5.3.4 に示す。

表 5.3.4 作業再開基準の例

	降雨	大気	地震
作業再開	<ul style="list-style-type: none"> 雨が降っていない 注意報・警報が発令されていない 通常水位と変わらない (当初調査時の水位を基準) 	<ul style="list-style-type: none"> 酸素濃度 18%以上 硫化水素 10ppm 以下 一酸化炭素 50ppm 以下 	<ul style="list-style-type: none"> 地震情報を確認し、震度 3 未満の場合かつマンホール内に異常がない

§ 5.3.4 退避計画

管路内での調査に着手する前には、作業員の人命確保を最優先にするため、あらかじめ退避時の対応方法について、具体的な内容を定めておくとともに、退避計画の周知徹底のため、管路内調査作業の初日に避難訓練を実施する。

【解説】

(1) 退避指示の伝達

地上部の安全管理者が笛により管路内作業員へ注意喚起を行い、声掛けまたはトランシーバーにより退避指示を伝達する。

なお、中間スラブがあるような深いマンホールの場合は、中間スラブに監視人を配置するなど、確実に作業員に避難指示が伝達される方法を検討する。

(2) 退避方法

管路内作業時に作業中止基準に該当する事態が発生した場合、安全管理者は直ちに管路内作業員に連絡し、速やかに地上へ退避させる。

(3) 退避訓練

作業着手前には、作業員全員参加によるミーティングを行い、退避計画の周知徹底を図るため、避難訓練を実施し、退避伝達方法等を確認する。

訓練内容の例を以下に示す。

- ①作業員が管路最深部へ到達
- ②地上の安全管理者および監視人から管路作業員へ退避連絡
声掛け、笛、トランシーバーの伝達確認
- ③作業員の退避開始
- ④退避完了（②～④にかかる必要時間の計測）

§ 5.3.5 交通安全管理

公道等に埋設された下水管路内で作業を行う際には、所轄警察や管理者からの許可条件に準じた作業帯を確保するとともに、現場状況を十分に考慮した保安施設や交通誘導員を配置し調査にあたる。

【解説】

道路上で作業を行う場合は、作業員、歩行者、車両の安全確保のため、道路使用許可条件に基づき防護さく、注意灯、標識および交通誘導員等を配置する。なお、夜間作業を行うときは、この他に照明具、反射ベスト等を使用する。なお、交通誘導員は常に交通誘導に専念させる必要がある。

作業帯図の例を図 5.3.3 に示し、現場での保安施設や交通誘導員の配置状況の例を写 5.3.1 に示す。

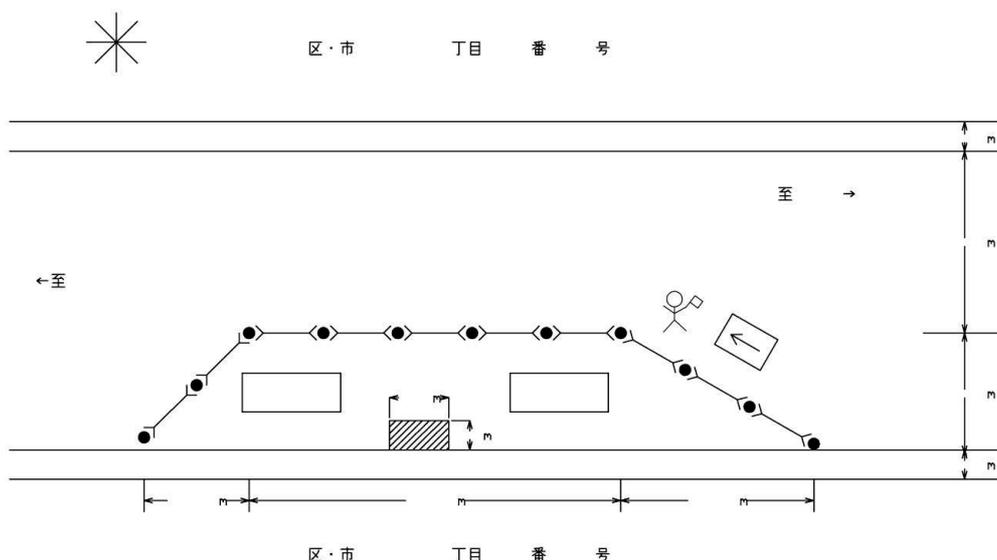


図 5.3.3 作業帯図の例



写 5.3.1 保安施設や交通誘導員の配置状況

第4節 安全対策一般

安全対策の一般的事項として以下の項目についても十分留意する。

- (1) 地震時の対応
- (2) 転落防止対策
- (3) 流下防止対策
- (4) 転倒防止対策
- (5) ビルピット排水対策
- (6) 騒音等公害防止の措置
- (7) 調査後の始末
- (8) 事故に対する措置
- (9) 想定外の作業
- (10) 緊急連絡体制
- (11) 安全衛生教育

【解説】

(1) 地震時の対応

管路内での作業中に、万が一、地震による異常が感じられた時には、管路内作業員を速やかに地上に避難させる。地上においても、ビルや建物の倒壊の可能性のある場所からは速やかに離れること。

(2) 転落防止対策

管路内に入る際には、足掛け金物の有無や腐食状態を確認し、使用が困難な場合には、転落防止措置を行った梯子および安全带等を使用するなど、転落事故防止に必要な措置を講じなければならない。

労働安全衛生規則においては、高さが2m以上ある場所で作業を行う場合は、安全带を使用する等転落防止のための措置を講じなければならないとされている。

(3) 流下防止対策

管路内で作業する際には、作業時の安全が確保できる流水の状態であることを確認し作業を行うものとする。安全確保のための確認事項として以下の項目が挙げられる。

- 1) 水位・流速が安全基準を満たしているか
- 2) 気象情報のチェック
- 3) 万が一の増水時における対策
- 4) 大型ポンプ場等の有無とその運転状況および連絡体制の確立

(4) 転倒防止対策

管路内で作業する際には、転倒しないような安全が確保できる状態であることを確認し、作業を行うものとする。転倒防止のための措置として以下の項目が挙げられる。

- 1) 安全帯の着用
- 2) スパイク等の滑り止めの着用
- 3) アンカーとアイナットによるロープ・手すり等の仮設

(5) ビルピット排水対策

管路内で作業する際には、近傍にビルピット排水が存在するエリアでは、高濃度の硫化水素が発生する可能性があるため、気相部の急激な変化にも安全が確保できるよう対策を講じる。

(6) 騒音等公害防止の措置

管路内で作業する際、近隣施設・住民に対し騒音等の公害防止ができるよう対策を講じる。

(7) 調査後の始末

管路内での作業終了後には、作業帯周辺およびマンホール内を清掃し、残置物がないかを確認した後に撤収する。

(8) 事故に対する措置

管路内での作業において万が一、事故が起きた場合は、状況に応じて緊急連絡体制に記載の所定の医療機関に速やかに連絡するとともに、労働基準監督署や関連部署等への連絡を速やかに行わなくてはならない。

二次災害の防止として有効な空気呼吸器等の呼吸用保護具、避難用具等を作業場やマンホール付近に常備する。救助に当たっては、呼吸用保護具等を装着して救助活動を行う。また、異常時に適切に対応するため、日頃から訓練を実施する。

(9) 想定外の作業

作業前に確認した手順以外の想定外の作業が生じる場合には、作業をいったん中断し、発注者と対応策を協議のうえ対応にあたる。

(10) 緊急連絡体制

管路内での作業にあたり、作業計画書に緊急連絡体制を明記し、万が一の事故・災害時においても速やかに対応ができるように備えておく。

(11) 安全衛生教育

流量・水質調査において管路内での作業にあたり、日常的な安全衛生教育が必要となる。また、当日の作業従事者の健康状態・危険予知ミーティング等を行い、その状況を写真にて記録し保存する。

第 6 章 関連法規

下水管路内で流量・水質調査を実施する際は、下記の関連法規を遵守する。

- (1) 道路交通法
- (2) 酸素欠乏症等防止規則
- (3) 事務所衛生基準規則
- (4) 水質汚濁に係る環境基準
- (5) 悪臭防止法
- (6) 騒音規制法および振動規制法
- (7) 消防法
- (8) 高圧洗浄安全衛生管理指針
- (9) 廃棄物の処理および清掃に関する法律

【解説】

(1) 道路交通法

道路上で調査などの作業を実施するときは、道路交通法に基づいて所轄警察署長から道路の使用許可を受けて、道路交通および安全の措置を考慮することに努めなければならない。

(最終改正：平成 27 年 6 月 17 日法律第 40 号)

- 1) 道路の使用の許可
- 2) 許可の手続
- 3) 道路使用許可証の様式等
- 4) 道路使用許可証の記載事項の変更の届出

(2) 酸素欠乏症等防止規則

事業者は、酸素欠乏症等を防止するため、作業方法の確立、作業環境の整備その他必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

(最終改正：平成 15 年 12 月 19 日厚生労働省令第 175 号)

- 1) 事業者の責任
- 2) 定義
- 3) 作業環境測定等
- 4) 測定機器
- 5) 換気
- 6) 保護具の使用等
- 7) 安全帯等
- 8) 保護具等の点検
- 9) 人員の点検

- 10) 立入禁止
- 11) 連絡
- 12) 作業主任者
- 13) 監視人等
- 14) 退避
- 15) 避難用具等
- 16) 救出時の空気呼吸器等の使用
- 17) 診察および処置
- 18) 設備の改造等の作業
- 19) 第 1 種酸素欠乏危険作業主任者技能講習の講習課目
- 20) 第 2 種酸素欠乏危険作業主任者技能講習の講習課目
- 21) 技能講習の細目
- 22) 事故等の報告

(3) 事務所衛生基準規則

労働安全衛生法第 57 号の規定に基づき、および同法を実施するため、下水管路内での一酸化炭素濃度の基準値を定める。

(最終改正：平成 26 年 7 月 30 日厚生労働省令第 87 号)

- 1) 事務室の環境管理

(4) 水質汚濁に係る環境基準

環境基本法第 16 条による公共用水域の水質汚濁に係る環境上の条件に基づき、人の健康を保護しおよび生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準は、次のとおりとする。

(最終改正：平成 26 年 11 月 17 日 環境省告示 126 号)

- 1) 水質環境基準
- 2) 一律排水基準及び放流水の水質事業者の責任

(5) 悪臭防止法

下水道施設の調査などの作業にあたっては、悪臭防止法に基づく規制について十分配慮し、作業環境を良好にするとともに、悪臭の発生の防止に努めなければならない。

(最終改正：平成 23 年 12 月 14 日法律第 122 号)

- 1) 規制基準
- 2) 事故時の措置
- 3) 水路等における悪臭の防止
- 4) 敷地境界線における特定悪臭物質の濃度に係る規制基準の範囲
- 5) 6 段階臭気強度表示法

(6) 騒音規制法および振動規制法

下水道施設の調査などの作業にあたっては、騒音規制法および振動規制法に基づく

規制について十分に配慮し、作業環境を良好に維持するとともに、異常な騒音および振動の発生の防止に努めなければならない。

(最終改正：平成 27 年 4 月 20 日法律第 77 号)

- 1) 騒音規制基準
- 2) 振動規制基準
- 3) 騒音および振動の測定方法
- 4) 騒音および振動の防止方法

(7) 消防法

下水道施設の調査などの作業に使用する危険物の取扱いは、本基準を適用する。

(最終改正：平成 26 年 6 月 13 日法律第 69 号)

- 1) 危険物の貯蔵、取扱い
- 2) 製造所等の設置、変更の許可
- 3) 危険物保安統括管理者の選任・届出
- 4) 危険物保安監督者の選任・届出
- 5) 危険物取扱者の免許の種類

(8) 高圧洗浄安全衛生管理指針

下水道施設の産業洗浄（高圧洗浄作業）における災害の未然防止対策および類似災害の再発防止措置等は、本指針を適用する。

(最終改訂：平成 24 年 4 月)

- 1) 作業体制と職務内容
- 2) 現場作業管理体制とその職務
- 3) 高圧洗浄作業の安全衛生教育と資格

(9) 廃棄物の処理および清掃に関する法律

下水道施設の調査などの作業において産業廃棄物の処理が必要となる場合は、本基準を適用する。

(最終改正：平成 27 年 7 月 17 日法律第 58 号)

- 1) 産業廃棄物の処理基準
- 2) 事業者の処理
- 3) 虚偽の管理票の交付等の禁止
- 4) 産業廃棄物処理業
- 5) 特別管理産業廃棄物処理業

参考資料

本参考資料は、「調査機器及び調査位置（設置位置）の選定」と、「流量計の設置」について、マニュアルの第2章流量・水質調査手法概論並びに第3章目的別調査における留意事項や考え方に基づき、具体例を示したものである。

特に、不明水対策のための調査においては、管路施設の状況、流況および設置条件により、適切な計測手法を設定する必要がある。

《 目 次 》

参考資料-1 調査機器及び設置位置の選定例	参考-1
参考資料-2 流量計の設置例	参考-3

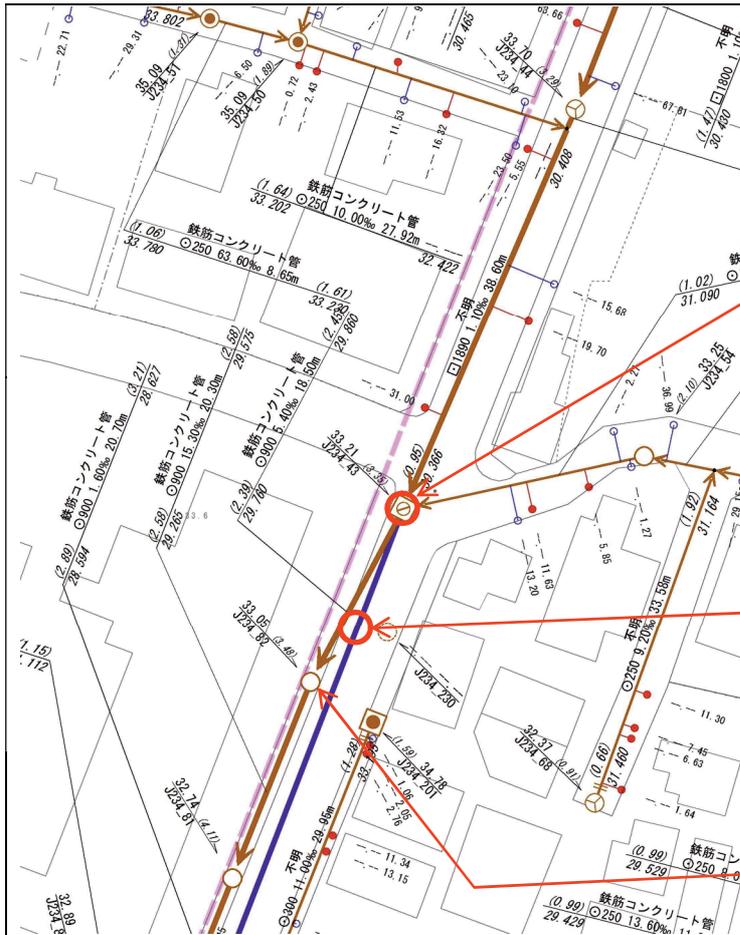
参考資料-1 調査機器及び設置位置の選定例

【調査機器及び設置位置の選定例】

調査地点	調査種別	計画			管きよの状況			機器選定		設置位置		備考
		排除方式	排水面積	計画流量	MH種別	上流管	下流管	選定機器	選定理由	設置箇所	選定理由	
例1-1	雨天時合流下水 水質調査	合流式	61ha	4.721m ³ /s	特殊人孔 (雨水吐室)	□1500 ×1200 4.0‰ 40.38m	□1500×1200 3.1‰ 49.54m (放流渠) 遮集渠	面速式	降雨時の流量を把握するた め、大流量計測に適した面速 式流量計を選定した。	放流渠 下流側 15m	放流渠における計測	
例1-2	雨天時合流下水 水質調査	合流式	17ha	2.221m ³ /s	特殊人孔 (雨水吐室)	HPφ1000 7.1‰ 30.23m	□1100×900 3.5‰ 8.63m (放流渠)	面速式	降雨時の流量を把握するた め、大流量計測に適した面速 式流量計を選定した。	上流側6m	差分により放流量を算出するた めに、越流セキを挟んだ上下流の管 渠で計測 晴天時には上下流で同量となること から精度確認が可能	少量時にも精度を確保するために絞 り式水位バフファを設置
						HPφ350 2.0‰ 29.41m (遮集渠)	面速式	小口径だが雨天時には満管 になるため面速式を採用	下流側			
例1-3	雨天時合流下水 水質調査	合流式	561ha	22.10m ³ /s	特殊人孔 (雨水吐室)	□4000 ×2690 0.9‰ 21.1m	□4000×2300 1.0‰ (放流渠) 遮集渠	超音波式 水位計	放流渠への設置が困難であ り、雨天時には遮集管が圧力 状態となるため、越流水深よ り流量を求める方法を採用。	越流堰上部	堰の越流水深を測定するため	越流水深と堰の流量公式により越流量を 算定
例2-1	浸水対策 (キャリブレーション使用)	分流雨水	47ha	6.870m ³ /s	開水路	□2500× 1500 1.0‰	□2500×1500 1.0‰	面速式	降雨時の流量を把握するた め、大流量計測に適した面速 式を採用。	開水路底	調査対象区域全体からの流量を把 握するため、対象区域の最下流付 近を選定。設置に支障がないこと も選定理由として挙げられた。	
例2-2	浸水対策 (キャリブレーション)	分流雨水	35ha	5.427m ³ /s	特殊人孔	HPφ1350 8.3‰ 72.55m	□2100×1680 1.9‰ 59.00m	面速式	降雨時の流量を把握するた め、大流量計測に適した面速 式を採用。	上流側8m	調査対象区域全体からの流量を把 握するため、対象区域の最下流付 近を選定。分水前の流量として人孔 の上流側管きよに設置。	
例2-3	浸水対策 (キャリブレーション使用)	合流式	32ha	4.120m ³ /s	特殊人孔 (雨水吐室)	HPφ1800 1.6‰ 47.55m	HPφ1800 1.6‰ 47.55m (放流管) 遮集渠	圧力式 水位計	河川水位上昇により、流量計 による定量化ができないおそれ があった。水没のおそれがある ため、圧力式水位センサを用いた。	余水吐 河川部	検討対象である雨水吐室内に設置 した。河川水位の影響を把握する ため河川内にも水位計を設置した。	放流先の河川及び吐室内に水位計を設置 し、実績降雨に対する水位を計測し、計画 降雨時の水位状況を推定した。高さが限ら れる雨水吐で堰を新設する際、実績を踏ま え、堰の設置による水位上昇を考慮した適 正な堰高設定の検討が求められた。
例3-1	不明水調査 (常時浸入水) (雨天時浸入水)	分流汚水	894ha	0.467m ³ /s	3号人孔	HPφ1000 2.4‰ 42.85m	HPφ1000 2.4‰ 52.75m	面速式	大口径に適した、面速式を採 用。	上流5m	上流側の水面の安定性を確認した 上で、機器設置位置の上流側に管 径の10倍、下流側に管径の5倍以 上を確保した。	
例3-2	不明水調査 (常時浸入水) (雨天時浸入水)	分流汚水	66ha	0.056m ³ /s	1号人孔	HPφ300 4.0‰ 53m	HPφ300 4.0‰ 59m	PBF φ300	管径を考慮して小口径向きの 機器としてPBFを採用。	ブロック最 下流人孔内	スクリーニングのために設定したブ ロックを代表する下流端マンホール を選定	
例3-3	不明水調査 (常時浸入水) (雨天時浸入水)	分流汚水	113ha	0.063m ³ /s	2号人孔	HPφ300 3.8‰ 36.99m	HPφ350 3.3‰ 23.00m	四角堰 300×300	合流点で2系統の合計の流量 が必要であったため、せき式 を採用。	ブロック最 下流人孔内	スクリーニングのために設定したブ ロックを代表する下流端マンホール を選定	
例3-4	不明水調査 (常時浸入水) (雨天時浸入水)	分流汚水	34ha	0.029m ³ /s	1号人孔	HPφ250 34.2‰ 25m	HPφ250 34.7‰ 25m	四角堰 300×300	急勾配(斜流)のため、せき式 を採用。	ブロック最 下流人孔内	スクリーニングのために設定したブ ロックを代表する下流端マンホール を選定	

参考資料-2 流量計の設置例

【面速式流量計の設置例】

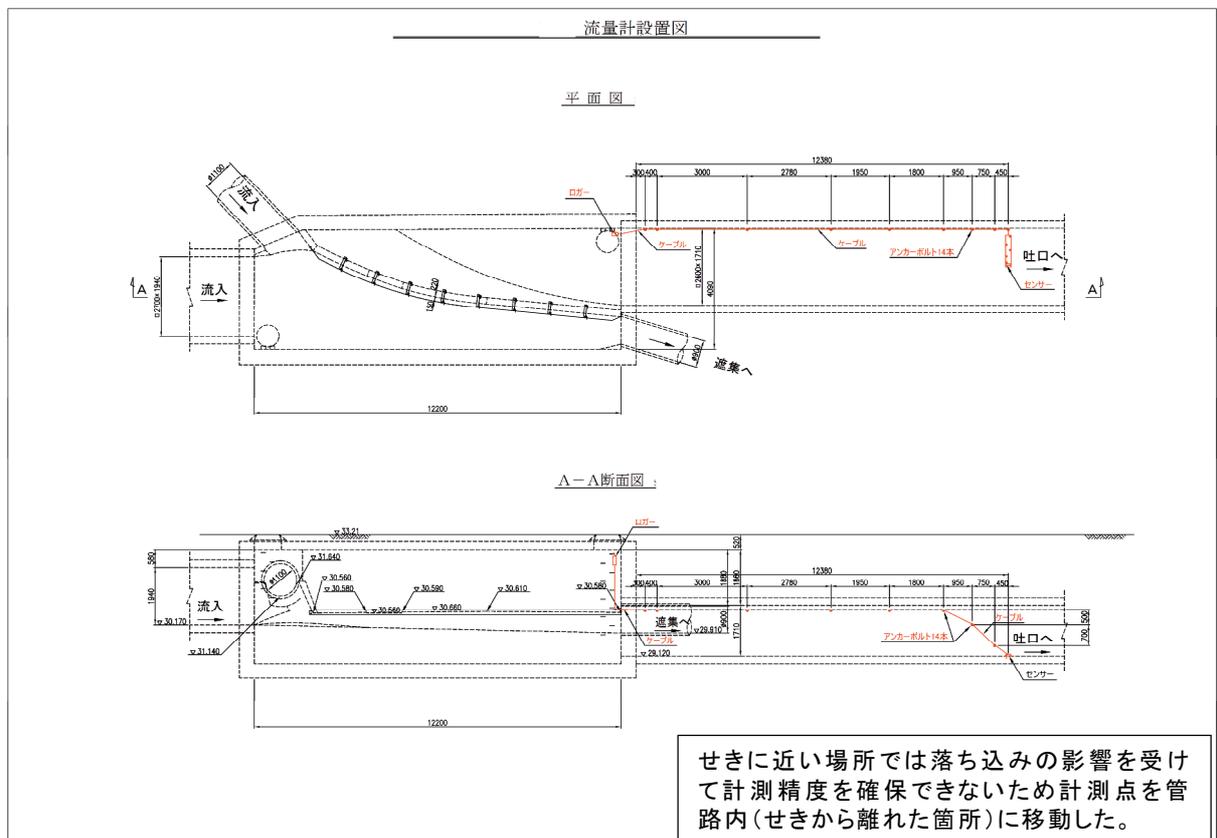


採水および流量計設置等

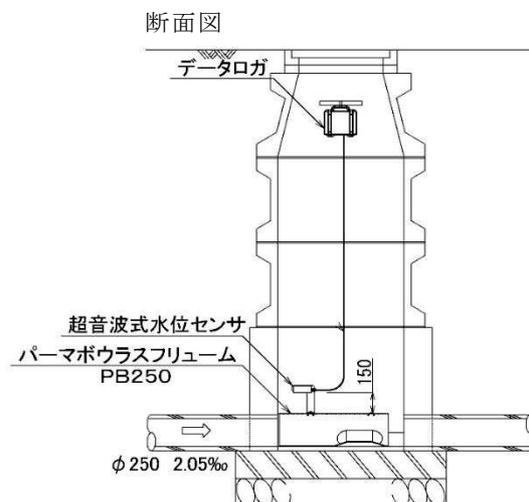
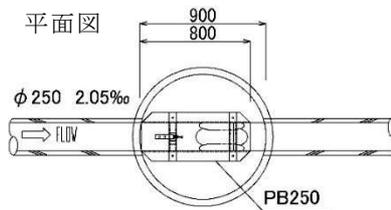
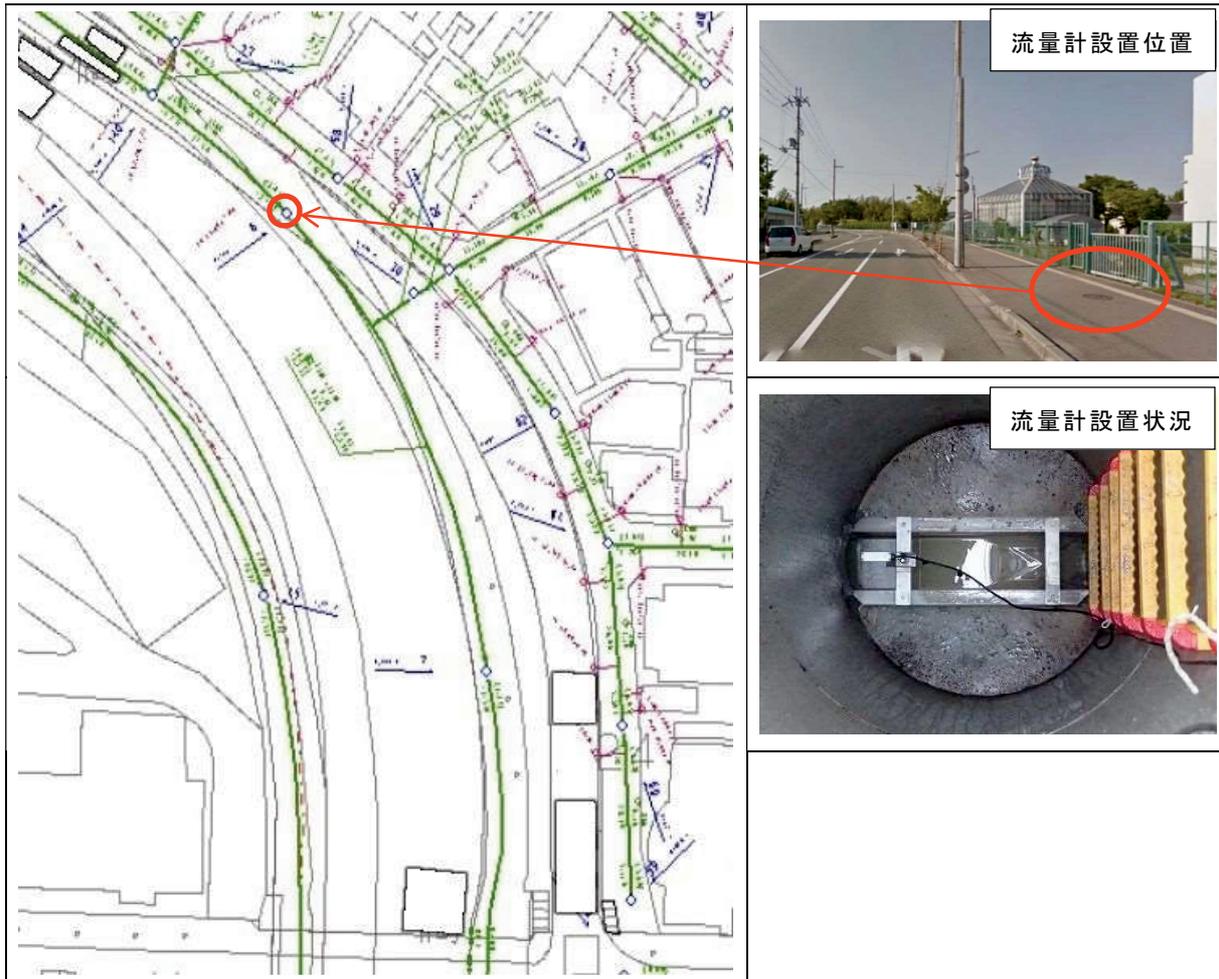


流量計設置状況

採水は分水人孔で行うが、放流きの流量が少なく採水が困難な場合は遮集側で採水する。



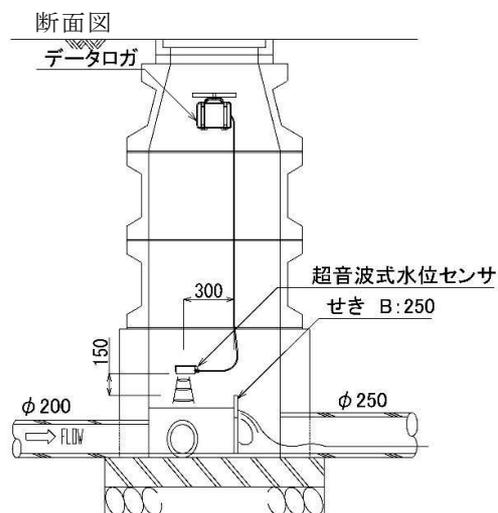
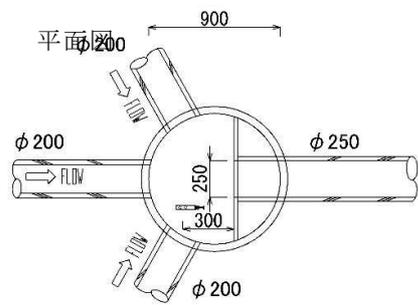
【フレーム式流量計の設置例】



【せき式流量計の設置例】

The figure shows a site plan on the left with a red circle indicating the installation location. On the right, two photographs are provided: the top one, labeled '流量計設置位置' (Flowmeter installation location), shows a manhole cover on a street; the bottom one, labeled '流量計設置状況' (Flowmeter installation status), shows the weir flowmeter installed inside the manhole. A red arrow points from the site plan to the manhole cover in the photograph.

3方向からの合流のため、せき式を採用。



あとがき

本マニュアル完成にあたり、作業に関係した者の一人として、背景などを説明します。

国内で下水管路内の流量調査が散見される契機となったのは、今から 30 年程前に民間開発団地の下水道管路施設を公共下水道に移管するにあたっての不明水調査が始まりと思います。当時、開きよや暗きよなどの自由水面をもつ下水流量測定方法が種々開発されてはいましたが、実験水路等での特定状況下の精度が、様々な計測目的、計測レンジ、現場条件にどの程度まで適応できるか明確になっていない状況でした。

そこで、平成 3 年に流量調査に関し、ロサンゼルス市や調査会社ならびに機器メーカーに、現水コン協野村会長の提案により 3 人で勉強に行った時の話を少し紹介します。調査会社である A 社は、Peter Petroff が 3 人の息子と 1975 年に設立した 350 名程度のスタッフをかかえ下水管路内の流量調査を専門にしている会社でした。Peter Petroff は、ドイツで電気・化学・土木工学を学び第 2 次世界大戦後に米国に渡り、アラバマの宇宙開発センターでフォン・ブラウン博士らとともに研究に従事していました。宇宙開発センターでは、サターン V 型ロケットやスパイ衛星の研究のなかで、いかに信頼できるセンサーを開発するかでした。A 社の設立は、EPA のクリーンウォータープログラムがきっかけのことでした。この Peter Petroff が「自由水面を持つ管路内の流量を正確に測定するのは、月にロケットを飛ばすより難しい」と言っていたことが強く記憶に残っております。

これまでの経験などから、下水道管路内での流量調査では、流量計に対して次の基本的な認識を持つことが大切であると学びました。

- ① あらゆる計測目的に対応するオールマイティな流量計はない。
- ② 微小流量から多大流量までの広い範囲にわたっての精度のよい流量計はない。
- ③ 開水路と管水路（満管）の両方を同様に精度よく計測できる流量計はない。
- ④ 流量計のカタログ精度と現場精度は多くの場合一致しない。

一方、平成 27 年 5 月に水防法・下水道法が改正され、内水に係る浸水想定区域制度、浸水被害対策区域制度など雨水対策に本腰を入れることになってきました。既存ストックの有効活用や水位観測にスポットが当たることとなりました。今後は、下水管路内の水位観測を行い分析することにより効果的な計画や対策を実施できることが避けられなくなります。まずは、下水管路内水位を正確かつ密に測定する「水位主義」の考えが主流になるでしょう。さらに、アセットマネジメントの時代に入り、下水道経営の視点からも不明水対策を避けて通れません。その対策を考える第一歩は、下水管路内の流量・水質調査です。

このことから、前述の流量調査の課題を踏まえ、調査目的に適合した計測方法やデータの解釈などについて、体系的な技術マニュアルとして整備することとしました。

おわりに、このマニュアルが下水道に携わる技術者に有効に活用されることを望みます。

そして、このマニュアル作成の実作業に携わった方、ご協力を頂いた（公社）日本下水道管路管理業協会様、ご指導とご理解を頂いた各位に深く感謝の意を捧げます。

下水道管路内流量・水質調査技術専門委員会
委員長 山崎 義 広