

調査編
第2章 水文・水理観測
第4節 流量観測

目次

第4節	流量観測	1
4.1	総説	1
4.2	流量観測の方法	2
4.2.1	流量観測手法の分類	2
4.2.2	流量観測手法の選定	4
4.3	流量観測所の配置と設置	4
4.3.1	流量観測所の配置	4
4.3.2	流量観測所の設置場所の選定	5
4.3.3	観測施設が備えるべき設備	6
4.3.4	観測所の維持及び管理	9
4.4	観測	9
4.4.1	総説	9
4.4.2	観測回数	9
4.4.3	器材の管理	10
4.4.4	流速計の検定	10
4.4.5	観測心得の交付	10
4.4.6	精度確保のための留意事項	11
4.4.7	安全確保のための留意事項	12
4.4.8	野帳への記録と保管	12
4.5	可搬式流速計による流速計測法	12
4.5.1	総説	12
4.5.2	水理条件に対応した流速計の選定に当たっての留意事項	12
4.5.3	測定回数、測線と測点（標準法）	13
4.5.4	測定回数、測線と測点（精密法）	14
4.5.5	流量算出の手順	15
4.6	浮子による流速計測法（浮子測法）	17
4.6.1	総説	17
4.6.2	付帯施設	17
4.6.3	流速測線	18
4.6.4	浮子の種類	19
4.6.5	浮子による流速の測定	20
4.6.6	浮子測法による流量の算出	20
4.7	舟に搭載した ADCP（超音波ドップラー流向流速計）による流速計測法	21
4.7.1	総説	21
4.7.2	流速分布計測の方法	21
4.7.3	流量の算出	24
4.8	非接触型流速計測法	24
4.8.1	総説	24
4.8.2	流速計の設置及び付帯施設	24

4. 8. 3	流量の算出	26
4. 8. 4	維持管理	27
4. 9	超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）	28
4. 9. 1	総説	28
4. 9. 2	超音波流速計測法による流速の測定	28
4. 9. 3	超音波流速計測法による流量の算出	29
4. 9. 4	維持管理	30
4. 10	水理構造物を用いる方法	30
4. 10. 1	総説	30
4. 10. 2	堰測法の種類と配慮事項	30
4. 10. 3	可動ゲートを有する堰における要件	31
4. 10. 4	越流水深の測定	31
4. 10. 5	堰測法による流量の算出	31
4. 11	流量の連続データの算出	32
4. 11. 1	総説	32
4. 11. 2	水位流量曲線の作成手法の基本	33
4. 11. 3	水位流量曲線の更新	34
4. 11. 4	曲線分離	34
4. 12	特殊な場所における流量観測	34
4. 12. 1	結氷河川における留意事項	35
4. 12. 2	河口感潮域における留意事項	35

適用上の位置付け

河川砂防技術基準調査編は、基準の適用上の位置付けを明確にするために、下表に示すように適用上の位置付けを分類している。

分類		適用上の位置付け	末尾の字句例
考え方	技術資料	●目的や概念、考え方を記述した事項。	「…ある。」「…いる。」 「…なる。」「…れる。」
必須	技術基準	●法令による規定や技術的観点から実施すべきであることが明確であり遵守すべき事項。	「…なければならない。」「…ものとする。」
標準	技術基準	●特段の事情がない限り記述に従い実施すべきだが、状況や条件によって一律に適用することはできない事項。	「…を標準とする。」 「…を基本とする。」 「…による。」
推奨	技術資料	●状況や条件によって実施することが良い事項。	「…望ましい。」 「…推奨する。」 「…務める。」 「…必要に応じて…する。」
例示	技術資料	●適用条件や実施効果について確定している段階ではないが、状況や条件によっては導入することが可能な新技術等の例示。 ●状況や条件によって限定的に実施できる技術等の例示。 ●具体的に例示することにより、技術的な理解を助ける事項。	「…などの手法（事例）がある。」 「…などの場合がある。」 「…などが考えられる。」 「…の場合には…ことができる。」 「…例示する。」 「例えば…。」 「…事例もある。…もよい。」

関連通知等	関連する通知やそれを理解する上で参考となる資料
参考となる資料	例示等に示した手法・内容を理解する上で参考となる資料

第4節 流量観測

4.1 総説

<考え方>

本節は、河川での流量観測を実施するために必要な技術的事項を定めるものである。

河川流量は単位時間に河川のある横断面を通過する水の量である（土砂の流送量については、第6章で扱う。）。

流量観測は、河川の計画・管理を適切に行うために、流域から河道への流出過程及び河道内の流下過程を把握することを目的としており、河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等による水災害への対応等を実施するための最も基本的な調査項目の一つである。

流量観測データの具体的な活用事例としては以下が挙げられる。

- 1) 流域の主要な地点の流量の時間的変化を正確に把握し、実現象を精度よく再現できる水文流出モデル、並びに河道流下モデルの構築に活用する。
- 2) 河道内の流れの状況を把握し、河床変動の傾向を把握し、河床の局所洗掘や堆積を予測し、被災予防等効率的な河川管理に活用する。
- 3) 水利権の見直し、正常流量の設定に活用する。
- 4) ダム・堰等の流水制御施設の計画、施設の運用管理に活用する。

本節で主に扱うのは、本章の第1節 総説 で説明した3つのカテゴリーのうちのカテゴリー1であり（表 2-1-1 参照）、特に断らない限り、本節ではカテゴリー1の流量観測について述べている。このことから、本節で記述する基準は、特に断らない限り、水文観測業務規程に基づき定常業務として実施する観測を前提としている。

また流量は、カテゴリー3.1、3.2にとって基本となる量であり、カテゴリー2においても対象となる可能性が高い。本節の内容は、それらのカテゴリーの観測手法の検討にも役立つ情報を含むので、カテゴリー1に限定せず適宜参考にすると良い。

得られた流量観測値の照査やデータ整理・保存については、本章 第5節 水文資料の整理保存と品質管理 によるものとする。

<標準>

河川・砂防に関する計画の立案、工事の実施、施設の維持管理、環境の整備及び保全、洪水や渇水等の水災害への対応等を実施するため、流量を観測することを基本とする。

<関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成29年3月31日，国水情第44号，国土交通事務次官通達。
- 2) 水文観測業務規程細則，平成29年3月31日，国水情第45号，国土交通省水管理・国土保全局通達。

<参考となる資料>

得られた流量観測値の照査やデータ整理・保存については、本章 第5節 水文資料の整理・保存と品質管理 を参照のこと。本節に規定していない流量観測の詳細な要領及び国際的な流量観測技術基準との関係については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，全日本建設技術協会，2002。
- 2) 国土交通省中部地方建設局河川部河川調整課：絵で見る水文観測，(一社)中部地域づくり協会，2001。

- 3) WMO : Guide to Hydrological Practice, 2008.
- 4) ISO 748 Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels using currentmeters or floats, 2007.

4. 2 流量観測の方法

4. 2. 1 流量観測手法の分類

<考え方>

流量観測手法は、次の3つの方法に大別される。

- 1) 河川横断面において、流速計測値と、水位観測等により求めた断面積値から、(流速) × (面積) の計算を行って流量を算出する方法 (流速断面積法)。
- 2) 堰等の水理構造物において、適切な位置において水深を計測 (若しくは水位観測結果より算定) し、越流公式等から流量を求める方法 (水理構造物法)
- 3) 洪水痕跡水位等を含む水位観測結果を利用し、開水路流れとしての水理的知見に基づき流量を算出する方法 (間接計測法)

本節では、主に、上記のうち、1) と 2) による観測法を取り上げる。

3) の水位観測結果を利用した流量を求める方法は、本章 第1節 総説 で説明したカテゴリー3.1 (表 2-1-1 参照) の観測から流量の解析を行う方法に属する。これについては、本章 第7節 河川の流れの総合的把握 によるものとする。

なお、洪水時の流量観測は1) の手法のうち人力による浮子測法を用いる事が一般的だが、大規模洪水時等には様々な制約により観測できない場合があることから、センサや非接触型を用いた無人観測や、3) の間接計測法の活用に向けた取組を進めることが重要である。

<例示>

国内外で提案されている流量観測手法の主な例を表 2-4-1 に例示する。手法の特性を踏まえて、また、当該観測が本章 第1節 総説 に述べた3つのカテゴリーのどれに当たるかに応じて、観測手法の選定を行う必要がある。

なお、ここで固定式観測法とは、一定地点に無人・自動での連続観測が可能なセンサを流量観測地点のしかるべき場所に固定設置して観測する設置型の観測手法を指す。一方、非固定式観測法とは、観測作業を実施する日時に、個別に流量観測地点にて可搬型のセンサ等を活用して随時に観測する手法を指している。我が国における流量観測手法として広く知られている、低水時の可搬型流速計を用いた流速計測法や、高水時の浮子測法は、後者の非固定式観測法に分類される。したがって、非固定式流量観測法を用いる場合は、得られる流量観測データは、その観測作業を現地において実施した日時の値のみである。水文統計資料として任意の日時における連続的な流量観測データを収集する必要がある場合は、固定式流量観測法を用いるか、水位流量曲線法と組み合わせるかのいずれかの方法を一般に用いる必要がある。

表2-4-1 主要な流量観測手法の種類

分類		名称	直接の測定対象	説明	
流速断面積法	トレーサによる流速計測法	浮子測法	吃水部 平均 流速	直線上に一定の区間を定め、浮子をその区間の上流から流し、その下流までの距離を流下時間で除して流速を求める方法である。	
		色素投入法・希釈法等	ある代表的な流速	水深が浅く表面浮子が使用できない場合等に、フルオレッセン等の色素や化学物質を投入して代表的な流速を測定する方法である。	
	流水にセンサを接触させる流速計測法	可搬式流速計	回轉式流速計測法	横断面内点流速分布	回轉する測定部を流水中に水没させ、その回轉数から流速を測定する方法である。水車やプロペラを回轉部に持つ横軸型(広井式流速計等)と円すい型のカップを回轉部に持つ縦軸型(プライス流速計)に分類される。
					可搬式電磁流速計測法
	水中固定	船搭載	ADCP(超音波ドップラー流向流速計)計測法	横断面内流速分布	超音波のドップラー効果を応用することによって、断面内の三次元流向・流速分布を測定する機器である。この測定器を橋上係留船等に搭載し、移動しながら測定することによって大水面、大水深領域の通過断面内流量を短時間で測定できる。また、河床等に固定した場合は、流速分布の時間変化を測定できる。
					超音波流速計測法(パルス伝播時間差法)
		H-ADCP 法	ADCP を水平方向に設置し、横断方向の流速分布を超音波の反射波におけるドップラー効果から測定する。中小河川であれば、片岸のセンサだけで測定システムを構成することが可能。		
	非接触型流速計測法	連続観測可能	開水路電磁流量計測法	断面平均流速	両岸に設置した電極間に生じる起電力が断面平均流速に比例する原理により流量を算出するシステムである。
					ドップラー型(電波式、超音波式)
	水理構造物法	非固定式観測法	堰測法等	水深	洪水時に流況をビデオカメラ等で撮影した映像を用いて、画像解析手法により流速を計測する手法である。流下するゴミ、波紋等を河岸から撮影、画像解析する PIV 法や、動画から得られる連続した静止画を用いて輝度値等を時間軸方向に積み重ねた時空間画像に生じる縞パターンから水表面流速を求める STIV 法等がある。
水面勾配断面積法					水位
間接計測法	非固定式観測法	水面勾配断面積法	水位	河川断面の粗度を仮定し、洪水痕跡等から推定される水位、水面勾配から流量を算出する方法である。洪水痕跡水位については本章 第 3 節 水位観測 3.9 が参考になる。	

- ※ 観測中や観測現場への移動中の観測員の安全確保など、浮子測法の適用に課題を抱えた観測所で、改善のために非接触型流速計測法が用いられた例がある。
- ※ 非接触型流速計測法は、センサを橋桁等に固定設置することで固定式流量観測法として利用するのが一般的であるが、可搬型の非接触型センサ（小型電波流速計やビデオカメラ）を橋上等に仮設置して用いる場合は、非固定式流量観測法として利用することも可能である。
- ※ 表 2-4-1 に記載していない水位流量曲線法は、様々な水位における上記の手法による流量観測値を収集することで、流量の連続評価を行うための関係式を作成するものであり、上記に挙げた流量観測法（特に非固定式観測法）に依存して成立する方法である。このことから、流量観測法としては挙げていない。
- ※ 間接計測法の一つである「水面勾配断面積法」は、最も単純な手法として例示している。なお、本章 第 1 節 総説 で説明したカテゴリー 3.1（表 2-1-1 参照）の観測の中で、多地点の水位連続観測による対象河川区間の水理システムの把握により、流量の他、河床の変動等の洪水時の河道の諸元など、より多くの情報を得ることも行われる。これについては、本章 第 7 節 河川の流れの総合的把握 によるものとする。
- ※ 各点の流速計測値に代表させる区分断面ごとの区分流量を単純にそのまま足し合わせるのではなく、それらの計測値群が満足すべき水理学的条件を同時に考慮して流量を算出する方法も近年提案されている。
- ※ 表面流速を測定対象とする手法として、洪水時航空測量により、計測原理としてカメロン効果を用いるなどしてスナップショット的に表面流速を計測する技術がある。洪水流の特性を面的に広域に把握する上で有用である。

<参考となる資料>

ここに紹介した各種の観測・解析手法の概要については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，pp. 376 第 4 章 流量観測，全日本建設技術協会，2002.
- 2) Herschy: Hydrometry - Principles and Practices (2nd ed.), John Wiley & Sons, p. 376 , 1999.
- 3) 木下良作: 航空写真による洪水流解析の現状と今後の課題，土木学会論文集, No. 345 II-1, pp. 1-19, 1984.
- 4) 二瓶泰雄，木水啓：H-ADCP 観測と河川流計算を融合した新しい河川流量モニタリングシステムの構築，土木学会論文集 B, Vol. 63 No. 4, pp. 295-310, 2007.
- 5) 非接触型流速計測法の手引き（試行版），平成 30 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局 河川計画課河川情報企画室。

4. 2. 2 流量観測手法の選定

<必須>

流量観測手法を選定するに当たっては、流量観測所の設置目的、設置条件、流量規模、必要精度、観測頻度を勘案して、前項に挙げた各種方法の現時点での精度・信頼性・適用範囲・労力やコスト等の特性を踏まえ適切な手法を選択若しくは組み合わせることで流量観測を実施するものとする（本章 第 4 節 流量観測 4.5～4.10 も参照）。

4. 3 流量観測所の配置と設置

4. 3. 1 流量観測所の配置

<必須>

河川等の計画・管理上重要な地点に、必要に応じて、カテゴリー 1 の流量観測のための流量観測所を設けなければならない。

<標準>

流量観測所は、低水から高水に至るまで連続的に流量を把握できる地点に設置することを標準とする。

しかし、流量観測所の設置目的を低水計画・管理又は高水計画・管理に特化する場合は、その限りではない。

<例示>

流量観測を行う地点には、以下に示すような地点が考えられる。

- 1) 管理区間最上流端付近（本川・支川）
- 2) 重要支川の合流後及び同支川の下流端（背水区間を除く）
- 3) 重要派川の分流前後
- 4) 遊水地、湖沼、貯水池の流出口、若しくはその下流地点
- 5) 流水制御施設の上下流、伏没・還元、適正な取水の把握、正常流量の設定等、水収支を把握する必要のある地点
- 6) 水面勾配や河道幅・セグメント等の河道条件が変化する地点の前後

4.3.2 流量観測所の設置場所の選定**<標準>**

観測所は、次の1)～5)の条件を満足する場所に設置することを標準とする。

- 1) 水位観測施設が設置できる場所
- 2) 流量観測を安定して行うことができる以下の場所
 - a) 流路や河床の変動が少ない場所
 - b) 流れに瀬や淵の部分がなく、みお筋が安定している場所
 - c) 対岸及び観測断面周辺の見通しが良い場所
 - d) 低水流量観測及び高水流量観測が同一場所若しくはなるべく近い場所で実施できる場所（低水又は高水のいずれかの観測目的に特化した観測所を除く）

浮子測法を用いる観測所では、更に以下の e)～h) の条件を満たす場所とする。

- e) 浮子の流下時間を測定する直線区間が必要な距離以上確保できる場所
- f) 洪水中の水平方向・鉛直方向の流速分布に大きな変化がない場所
- g) 浮子投下施設を設置できる場所。又は、浮子を必要な測線に安全・確実に投下できる橋がある場所
- h) 流れを阻害する立木・構造物等がない場所

電波流速計を用いる観測所では、以下の i)～k) の条件を満たす場所とする。

- i) センサ面からの対水面間距離、対象洪水時の水表面流速等が機器の仕様、計測範囲内であり、水面が波立つ等電波が確実にセンサに反射され測定できること。
- j) 電波流速計の電波照射範囲に護岸、岩、河床、樹木やその枝葉等、流水以外がないこと。
- k) 河道の湾曲や橋脚などの影響により大きく流速が異なる水域や渦を巻くような流れ等

にならない場所であること。

- 1) 流速計測箇所横断形状と当該箇所の水位観測値を得られること。

画像処理型流速測定法を用いる観測所では、以下 m) から o) の条件を満たす場所とする。

- m) 流速計測箇所近傍の水位（洪水時）や横断測量（洪水前後）成果が取得しやすいこと。
- n) 流速計測範囲において画像解析に必要な情報（STIV 法における水表面の波紋、Float-PTV 法におけるトレーサの視認、標定点など）を撮影できる画角が設定可能な撮影箇所であること。
- o) 渦を巻くような流れや偏流、橋脚等の構造物の影響がない位置であること。

- 3) 観測所の維持管理がしやすい場所

- 4) 観測作業を実施するに当たって危険が少なく安全である場所

- 5) その他

- a) 水位流量曲線法により流量の連続評価を行う観測所の場合は、大河川との合流点や堰等の水位制御施設の直上流点や感潮区間等、下流水位の影響を受ける地点は避けるべきである。
- b) 固定式観測法（水理構造物による方法を除く）を採用する観測所においては、非固定式観測法による観測値との同時刻流量の比較を実施することによる校正・検証作業が一般に必要なことから、固定式観測法（水理構造物による方法を除く）を採用する場所は、原則として、校正用に観測する非固定式観測法が適用可能な場所とする。

<参考となる資料>

流量観測所の配置・設置の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・2 観測所の配置と位置選定，全日本建設技術協会，2002。
- 2) 非接触型流速計測法の手引き（試行版），平成30年3月，国土交通省水管理・国土保全局 河川計画課河川情報企画室。

4.3.3 観測施設が備えるべき設備

(1) 総説

<必須>

流量観測所には以下の設備を設置しなければならない。

- 1) 水位観測施設
- 2) 観測断面を指定する流量観測所横断線扱標
- 3) 標識
- 4) 流量観測に必要な観測装置及び付帯設備

<必須>

流量観測に影響を与える河川区間内では、整正な水流を確保することを目的として、立木伐採、除草、障害物の除去、断面の保全等、必要な維持管理に努めなければならない。

浮子測法による場合、上記の区間は浮子投下断面より 50m 程度上流から、第2見通し断面

より 50m 程度下流までの範囲とする。

(2) 各観測方法における留意事項

<必須>

観測方法によっては、以下の事項について、留意して設置しなければならない。

- 1) 水位観測施設については、本章 第3節 水位観測 3.5 水位観測所が備えるべき設備に記載されている設備を設置しなければならない。
- 2) 流量観測所横断線拋標については、浮子測法による計測において、夜間でも照明等により見通すことのできる見通し杭として設置しなければならない。
- 3) 固定式観測法を用いる場合には、観測装置を現地に設置する。恒久設置をする場合だけでなく、観測期間中のみの一時的な暫定設置をする場合もある。
- 4) 非接触型流速計測法の場合には、付帯設備として、風向風速計も設置しなければならない。

<参考となる資料>

流量観測所の観測設備の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法） 4・4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002。

(3) 流量観測所横断線

<必須>

流量観測所には、流心に直角の方向に流量観測所横断線を設定し、当該横断線の位置を示すために横断線拋標を設置しなければならない。

<標準>

横断線の数及び間隔は、観測の方法に応じて、次の表 2-4-2 によることを標準とする。

表2-4-2 横断線の数及び間隔と観測の方法

方法	横断線設置箇所数	備考
浮子測法	2 箇所	浮子測法の 2 箇所の横断線拋標（第 1 及び第 2 見通し杭）間の距離については、流下時間計測における誤差を抑制する観点から、最大流速×10 秒～15 秒程度の距離（概ね 50m 以上が目安）をとることを標準とする。 ただし、その直線区間内においても高水敷・植生等による大規模な乱流や渦の存在等により適正に浮子が流下しないケースがある場合は、確保すべき直線区間の距離を短縮してもよい。その場合は、流下時間計測等による誤差を減らすため、同一測線での浮子投下・計測回数の増加等の工夫を行わなければならない。
上記以外	1 箇所	流量観測を実施する断面に設定する。

<標準>

流量観測所に設置する水位観測施設は、流量観測所横断線（2か所の場合は、流心に直角方向の測線のうちいずれか1か所の横断線）上に設置することを標準とする。

<参考となる資料>

流量観測所における横断線の設置に関する詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法） 4・4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002。

(4) 流量観測所横断線の横断測量**<必須>**

流量観測所横断線については、横断線ごとに横断測量を行い、流量観測所横断図面を作成しておかなければならない。

<標準>

流量観測所の横断図面は、出水期の前に行う横断測量により修正することを標準とする。洪水等によって河床が変化したと認められる場合には、その都度速やかに横断測量を行い、同様に修正するものとする。

水理構造物を用いる方法の場合には、構造物の変形や堆砂がない限り測量し直す必要はない。ただし、可動ゲートが設置された堰については、ゲートの開度を常に記録しておくことが必要である。

なお、河川横断面の深浅測量の一般的な方法は、第22章 測量・計測 によるものとする。

(5) 標識**<必須>**

流量観測所の付近には観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、標高（水位標・零点高）、河口からの距離又は支川においては合流点よりの距離及び観測所番号を記した標識を立て、必要な場合には周囲に防護のための柵等を設けるものとする。

標識は水位流量観測所とし、水位観測所と分ける必要はない。

本章 第3節 水位観測 3.5.5 標識 を併せて参照するものとする。

(6) 台帳**<必須>**

流量観測所を設置し流量観測を行う者は、流量観測所台帳及び付図（流量観測所横断線の断面における横断測量図を含む）を作成しなければならない。

流量観測所台帳には観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載しなければならない。

既存の流量観測所に流量観測を委嘱した場合にも同様とする。

流量観測所には、流量観測所台帳及び付図の写しを備えつねなければならない。

本章 第3節 水位観測 3.6 観測所台帳 を併せて参照するものとする。

<関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程細則，平成29年3月31日，国水情第45号，国土交通省水管理・国土保全局通達。

4. 3. 4 観測所の維持及び管理

< 必 須 >

河川管理者は、観測所の維持及び管理の実施に際して「水文観測業務規程」第8章 観測所の維持及び管理、「水文観測業務規程細則」第8章 観測所の維持管理等 に従わなければならない。

また、観測所ごとに点検や維持管理上必要な事項を記入した点検記録簿を備えなければならない。

< 関連通知等 >

- 1) 水文観測業務規程，平成 29 年 3 月 31 日，国水情第 44 号，国土交通事務次官通達，第 8 章 観測所の維持及び管理。
- 2) 水文観測業務規程細則，平成 29 年 3 月 31 日，国水情第 45 号，国土交通省水管理・国土保全局通達，第 8 章 観測所の維持管理等。
- 3) 河川砂防技術基準維持管理編（河川編），平成 27 年 3 月 3 日，国水情第 20 号，国土交通省水管理・国土保全局。

4. 4 観測

4. 4. 1 総説

< 考え方 >

本節 4.4 では、カテゴリ 1 の流量観測の実施について共通となる事項について述べる。

4. 4. 2 観測回数

< 必 須 >

低水流量観測は、種々の水位に対してできるだけ数多く観測しなければならない。

高水流量観測は、観測値の流量規模に偏りが無いように大規模のみならず、中規模の洪水も含めて、できるだけ数多くの洪水を観測しなければならない。

< 標 準 >

低水流量観測は、年間 36 回以上実施することを標準とする。

流量の連続評価が可能な固定式観測法については、観測が可能な流況の範囲において、低水時には毎正時、高水時には 10 分以下の間隔で連続観測を実施し、これを保存することを標準とする。

< 標 準 >

高水流量観測は、洪水の上昇期のみならず下降期にも行うことを標準とする。

洪水ピーク流量を水位流量曲線を介した外挿で推定する必要があるように、適切なタイミングで観測するように努力しなければならない。

非固定式観測法では、ピーク流量観測以外の観測間隔は、毎時実施することを標準とするが、観測所の出水特性、出水状況により判断する。

< 推 奨 >

非固定式観測法により急激な増減水を伴う洪水の観測を行う場合は、1 時間ごとより短い観測間隔で観測することが望ましい。

<推 奨>

渇水時に、前年度の水位流量曲線の適用外（外挿）となるところまで水位が低下した場合は、観測頻度の確保や精密流量観測の実施等により観測精度の確保に努めることが望ましい。

<参考となる資料>

観測回数・頻度に関する判断については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・4 浮子による流量観測(pp. 147-148) 5・6 水位流量曲線，全日本建設技術協会，2002.

4. 4. 3 器材の管理**<必 須>**

流量観測に使用する器材は、求められる所定の機能が常に発揮・保持できるように適切に管理しなければならない。

<参考となる資料>

観測手法ごとに必要となる器材の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4. 4. 4 流速計の検定**<必 須>**

流速計は、流速計が必要とする精度を確保しているかを確認するための検定（係数試験）又はそれに準じる精度検証を行い、必要な精度の確保が確認できた流速範囲のみにおいて、流速計測に使用しなければならない。検定（係数試験）結果の有効期間は1年を超えないものとする。

回転式流速計や電磁流速計等の可搬式流速計は、流速計検定所（係数試験所）において検定（係数試験）を行わなければならない。

なお、ADCP や電波流速計等のドップラー効果を原理とする流速計については、超音波や電波の送受信性能の確認をもって、上記の精度検証に代えてもよい。

流速センサが必要とする精度は、河川流量観測の目的を踏まえ、測定対象とする流速範囲において、少なくとも5%以内を確保しなければならない。

<標 準>

流速計の計測特性に変化が生じたおそれのある場合は、その都度速やかに検定（係数試験）若しくはそれに準じる精度検証を受けることを標準とする。

4. 4. 5 観測心得の交付**<必 須>**

流量観測責任者は、現地で流量観測作業に従事する観測員に対して、観測心得を定め、これを観測員に交付しなければならない。

<標 準>

観測心得には次に掲げる事項を定めることとする。

- 1) 観測の目的と意義
- 2) 観測施設の使用方法
- 3) 観測機器の取扱方法
- 4) 観測記録の整理方法
- 5) 観測の実施に際して必要な注意事項
- 6) 臨時観測の基準
- 7) その他必要な事項

なお、5) 観測の実施に際して必要な注意事項 には、器材の故障時の対処方法と連絡先、異常値が観測された場合の通報先等が含まれる。

また、7) その他必要な事項 として、作業の安全対策を含めて記述する。

4. 4. 6 精度確保のための留意事項

<必 須>

カテゴリー1の主要な流量観測法については、観測地点の水理・水文特性を十分把握した上で、断面全体での流量観測値の精度を確保する必要がある。したがって、それぞれの流量観測法の原理と運用実態、並びに、観測地点の水理・水文現象の実態の両者を踏まえ、観測精度が低下するおそれのある条件下においては、基準を柔軟に運用するなどにより流量観測値の精度を確保するように努めなければならない。

特に、洪水時に実施する高水流量観測では、急激な増減水を伴う中で、緊急かつ迅速に流量観測を行わなければならないことから、急激な水位上昇等により一連の観測作業が間に合わない等の理由で必要な流速測線数を確保することが困難と判断される場合がある。このような条件下においては、観測作業の迅速性に配慮しつつ、流量観測の時系列データをより多く取得することを優先して流量観測を実施するものとする。

また、観測地点の水理・水文特性及び周辺状況の変化により非固定式流量観測手法で観測できなくなる事態が想定される場合は、固定式流量観測機器の併設を行うなど、欠測の防止に努めなければならない。

<例 示>

流量値の観測精度が低下するおそれのある事例としては、以下が挙げられる。

- 1) 可搬式流速計や浮子測法による流量観測において、洪水時等水位変動が大きい場合には、測線間隔を細かくし過ぎることにより測定に要する時間が長くなり、その間の水位の変動によって、全体としての流量観測の精度が低下する場合がある。これらの場合、複数のグループで観測作業を並行させる、橋上操作艇搭載 ADCP 法や非接触型流量計測法を有効に活用するなどの対応方法がある。
- 2) 高水敷の広い複断面での浮子測法の適用において、測線間隔を等間隔におくことを優先することにより、洪水の主流部となる低水路部での流速分布を的確に再現することが困難となり、断面全体での洪水流量観測精度を低下させてしまう場合がある。この場合、過去の観測実績も踏まえた上で区分流量が区分断面ごとにほぼ等しい値になるように測線位置を変更する、区分流量が相対的に大きい場所で密に測線を設定する、橋上操作艇搭載 ADCP 法を有効に活用するなどの手法がある。

4. 4. 7 安全確保のための留意事項

<必須>

現地観測員は、救命具を着用するほか、低水路満杯付近から高水敷に流水が乗る状況へ急速に変化する場合を想定し、水位の急激な上昇に備えた観測・退避体制の確保に万全を期するなど、観測時に発生する危険な状況を事前に想定し、観測員が現地で実施する作業の安全確保のための対策に万全を期さなければならない。

4. 4. 8 野帳への記録と保管

<必須>

現地観測員は、観測の都度、観測年月日、時刻、観測流量、観測の方法、当該流量の算出方法等を野帳に記録しなければならない。野帳の様式は、各観測手法ごとに定めておくものとする。

これらの現地での計測データ等を記録した野帳は確実に保管しなければならない。野帳の保存期間等の詳細については、「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

<関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程細則，平成 29 年 3 月 31 日，国水情第 45 号，国土交通省水管理・国土保全局通達，第 3 章 観測の実施。

<参考となる資料>

観測心得としての流量観測における様々な留意事項や野帳記入の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測，全日本建設技術協会，2002。

4. 5 可搬式流速計による流速計測法

4. 5. 1 総説

<考え方>

可搬式流速計による流量計測法は、河川の水面幅及び水深に応じて事前に設定した測点において流速を計測し、その流速とそれが代表する区分断面積を乗じて、区分断面ごとの流量を算定し、それらを全断面で加算することにより流量を求めるものである。したがって、1 回の観測において水深測定と流速測定を組み合わせる実施する。

<参考となる資料>

可搬式流速計による流速計測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第 4 章 流量観測 4・3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法），全日本建設技術協会，2002。

4. 5. 2 水理条件に対応した流速計の選定に当たっての留意事項

<標準>

感潮河川、河口付近、河川の分合流部付近での観測や、低水位時に河床地形等に起因した廻り込み流れが無視できない場合等、逆流・斜流が生じたり、水流が乱れるなどして、流速の方向が横断線に対して垂直にならない場合がある。このような条件下において観測しなければならないときは、横断線に対して水流の流向のなす角（方位角）を測定できる流速計を用いることを標準とする。

また、可搬式流速計は、一般に、必要な精度を確保できる水深範囲（表面からの深さ及び河床からの距離）に関する制約があることに注意が必要である。計測すべき測点での計測に対応できる流速計を選定することを標準とする。

4. 5. 3 測定回数、測線と測点（標準法）

（１）測定回数

<標準>

水深測定については、同一横断線上を往路と復路で1回ずつ計2回実施するものとする。
流速測定については、上記の水深測定のいずれかの観測に合わせて、水深測定と同じ横断線上の各測点において実施するものとする。ただし、出水時のように、水位、流速の変化が大きいときはこの限りではない。

（２）測線

<標準>

水深測線及び流速測線は、横断方向に以下の表に示す間隔になるように設定することを標準とする。

表2-4-3 水面幅と水深測線間隔、流速測線間隔

水面幅 (B) m	水深測線間隔 (M) m	流速測線間隔 (N) m
10 以下	水面幅の 10~15%	N=M
10~20	1	2
20~40	2	4
40~60	3	6
60~80	4	8
80~100	5	10
100~150	6	12
150~200	10	20
200 以上	15	30

<標準>

水深測線は、横断線を含む鉛直面内で流速測線上及び互いに隣り合う流速測線の中央に設けることを標準とする（図 2-4-1）。なお、両岸側においては、流速測線の外側の死水域との境界にもそれぞれ1つの水深測線を設けるものとする。

<推奨>

横断面の形状や流速分布が複雑なときは、測線間隔を短縮し、より密に設定することが望ましい。

（３）測点

<標準>

流速測点は、流速測線上鉛直方向に水深の2割、8割の位置の流速を測定する2点法を採用することを標準とする。

なお、流速計（及び錘）のサイズによっては、水深が小さい場合に2割水深において流速

計感部が水面上にはみ出す、8割水深で必要位置に測点を設定できない等により2点法をとることが困難な場合がある。2点法をとるために必要となる水深は以下により算定できることから、その必要水深以下の場合には水深6割における1点法を基本とする。

1) ロッドにより測定を行う場合

2点法の必要水深 = (ロッドの最下端と流速計の中心の間の距離) × 5

2) 流速計に錘をつけて測定する場合

2点法の必要水深 = (錘の最下端と流速計の中心の間の距離) × 5

<参考となる資料>

上記の測線・測点に関する基準の妥当性の検証事例としては、下記の資料が参考となる。

- 1) 今村仁紀, 深見和彦, 天羽淳: 河川における低水流量観測技術基準の再評価, 土木技術資料, vol. 48 No. 1, pp. 66-71, 2006.

(4) 各測点における流速計測

<必須>

流速計測に当たっては、流速計感部が所定の器深に正しく保持されていることを確認の上、計測を開始しなければならない。

各測点では、20秒以上の有効測定時間を確保した計測を少なくとも2回繰り返さなければならない。両者に著しい相違(10%以上を目安)があった場合は、計測を1回追加し、相違の少ない2回の計測値を確保した上で、それらの平均値を算出し、当該測点における流速値とする。

なお、所定の器深とは、本節4.5.3(3)測点に定める深さをいう。正しく保持するとは、流速計の方向が流速方向に合致していること、ワイヤが傾いていても器深が正しい測点位置に達していることをいう。

<標準>

流量観測値を算出するのに必要な各測点での流速は、測線に鉛直方向の流速成分である。したがって、流向が観測断面に対する垂直方向から大きくずれる場合は、垂直方向からずれた角度を同時に計測した上で、鉛直方向に通過する流速成分に換算することを標準とする。

<参考となる資料>

流速計測における留意事項の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修, (独)土木研究所編著: 水文観測, 第4章 流量観測 4.3 可搬式流速計による流量観測(流速計測法), 全日本建設技術協会, 2002.

4.5.4 測定回数、測線と測点(精密法)

<必須>

流速分布の不規則な乱れ等の観測地点の水理条件により、標準法では必要な精度が確保できない場合には、精密法による測定を行い、測定精度を保持するように努めなければならない。

特に感潮区間、河口付近等で塩水浸入等の密度成層の見られる地点や、低水位時等の河床地形による廻り込み等による流速分布の不規則な乱れが無視できない条件下での流量観測は、精密法によらなければならない。

精密法による流量観測と同時に行った他の観測法による流量値との差異は、野帳、観測流量表及び水位流量曲線図にそれぞれ記入しておかなければならない。

<標準>

精密法による測定は、以下のとおり実施することを標準とする。

1) 測線

水深測線・流速測線の間隔について、ともに標準法の 1/2 とする。

2) 測点

水面から河床までの間に等間隔に 10 点の測点をとることとする。

なお、水深 2m 未満の条件下で精密測定を実施する場合は、測定間隔を 20cm とした上で、可能な範囲で測点数を確保することとする（鉛直方向の測点数は 10 点以下となる。）。

3) 各測点における流速計測

各測点において、60 秒以上の有効測定時間を確保した計測を少なくとも 2 回繰り返すものとする。両者に著しい相違(10%以上を目安)があった場合は、計測を 1 回追加し、相違の少ない 2 回の計測値を確保した上で、それらの平均値を算出し、当該測点における流速値とする。

<推奨>

誤差の原因が流速分布の乱れによるものと想定され、精密法を実施する場合は、以下の測点の設定で計測を行うことが望ましい。

1) 水深 2m 以上の条件下では、20cm の測定間隔を下限値として、10 点以上の測点を確保すること。

2) 水深 2m 未満の条件下では、小型の流速計を活用するなどして、10 点以内を目安としてできるかぎり多くの測点を確保すること。

<参考となる資料>

上記による精密法の適用事例として、下記の資料が参考となる。

1) 今村仁紀，深見和彦，天羽淳：河川における低水流量観測技術基準の再評価，土木技術資料，vol. 48 No. 1，pp. 66-71，2006.

4. 5. 5 流量算出の手順

<標準>

可搬式流速計による流速計測値から流量を算出する作業は、次の各項に従って行うことを標準とする。

1) 流量観測の開始時に、水位を測定する。

2) 水深は、各水深測線において往復 2 回測定した値を平均する。

3) 水深の往路（もしくは復路）測定時に、各流速測線において、水深値に応じて鉛直方向の測点を決め、各測点毎に 2 回ずつ流速を測定する。鉛直方向の平均流速値は、同一測点で 2 回ずつ測定した流速を平均して求め、これを用いて各流速測線ごとに次のいずれかにより求める。

a) 2 点法にあってはそれぞれの測点の平均流速値を平均した値

- b) 1点法にあつては1点での測点の平均流速値
- c) 精密法にあつては、各測点の流速を直線で結んだ鉛直方向の流速分布曲線を描き、曲線内の面積を台形の面積計算法により計算した上で、水深値で除した値（図 2-4-2 参照）。水面の流速は水面に最も近い測点での流速値、河床の流速はゼロとおいてもよい。
- 4) 流量観測の終了時に再度水位を測定し、開始時の水位との平均値を、流量観測時の水位とする。
- 5) 横断面中において1つの流速測線の鉛直方向の平均流速値が代表する区分断面面積は、これと互いに隣り合う流速測線の中央までとする。互いに隣り合う水深測線間の区分断面面積は、台形近似により求めてもよい（図 2-4-1 参照）。なお、水面幅 10m 以下にあつては、水深測線と流速測線が一致している（表 2-4-3 参照）ことから、隣り合う2つの水深（流速）測線の間点に仮想的な水深測線を配置し、両隣の水深測線における水深値の平均水深を与えることで、当該流速測線に対応する区分断面面積を求める。
- 6) 流量は、1つの流速測線における鉛直方向の平均流速値と、対応する区分断面面積との積を全測線（全区分断面）について合計することによって求める。
- 7) なお、両岸に死水域があれば、その区分断面面積の流量はゼロとする。
- 8) 算出した流量値は直ちに前年の最終の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係に変化があるかを確認する。固定式流量観測法によるリアルタイムの流量観測値がある場合は、その値との比較も行う。前年の水位流量関係や、固定式流量観測法によるリアルタイムの流量観測値との間に 10% 程度以上の大きな差異がある場合には、原因を究明する。原因が明らかにならない場合には、確認のため再測定を行う。

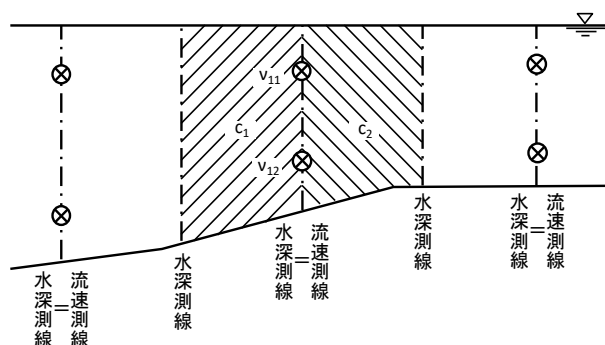
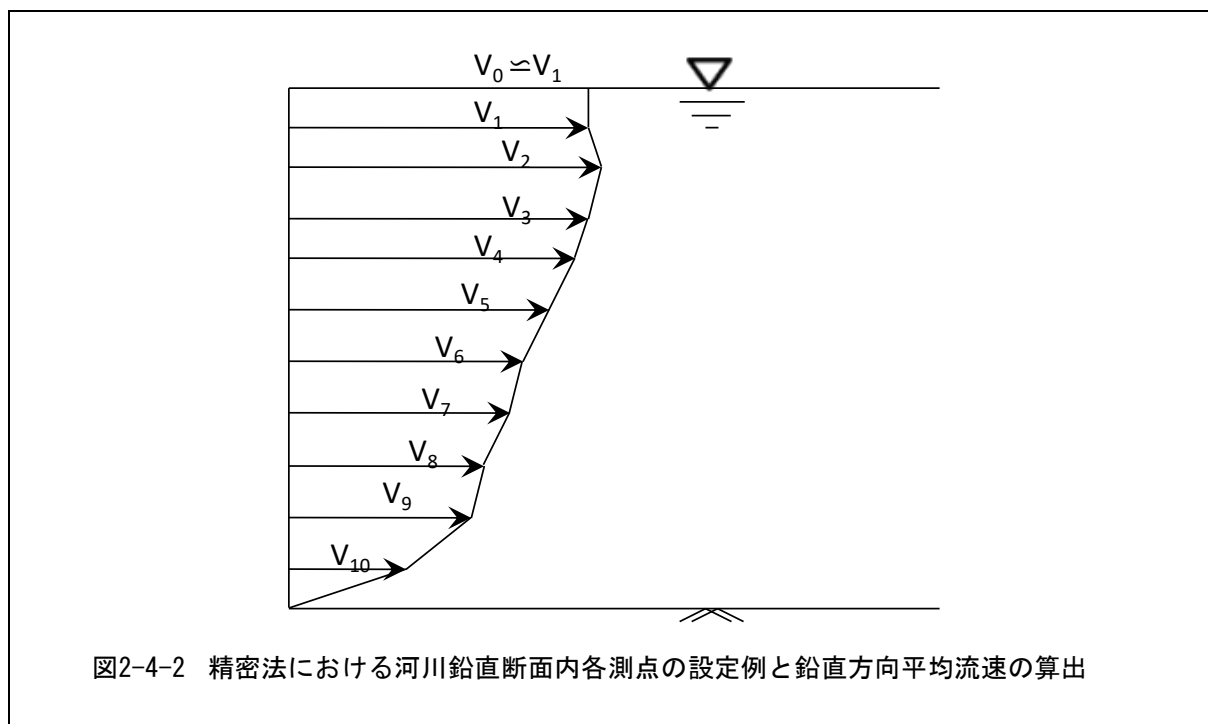


図2-4-1 標準法（2点法）における河川横断面内での測線・測点・区分断面の設定



<参考となる資料>

流量算出の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・3 可搬式流速計による流量観測（流速計測法），全日本建設技術協会，2002.

4. 6 浮子による流速計測法（浮子測法）

4. 6. 1 総説

<考え方>

浮子測法は、浮子を投下して、ある区間を流下する時間を計測し、その区間の平均流速を求める方法である。急峻な日本の河川は、洪水時の流速が速く、ゴミや流木等の流下物も多い。浮子測法は、このような洪水時の厳しい条件下においても河川の流速を確実に計測することができるという特長がある。

本項では浮子測法の標準的な手法を示すが、洪水時の水理条件の変動が特に大きい地点や橋脚やその周辺の構造物等の影響による流れの乱れ（橋脚後流）の影響が無視できないと想定される場合は、浮子の流下状態に注意し、適切な観測値が得られるように実施する必要がある。

<参考となる資料>

浮子測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4. 6. 2 付帯施設

<必須>

浮子測法による流量観測を行うためには、浮子のほか、次の付帯設備を備えなければならない。本節 4.3.3 観測施設が備えるべき設備 も参照すること。

1) 浮子投下施設

橋梁を利用する場合と、橋梁が利用できないところでは、専用の浮子投下施設を設ける場合がある。

2) 見通し杭

見通し杭（横断線扱標）は、第1見通し横断面及び第2見通し横断面に設置する。併せて、夜間でも照明等で見通すことのできる見通し杭を備えなければならない。

また、浮子投下施設として橋梁を利用する場合は、橋脚後流の影響が及ばないように第1見通し横断面及び第2見通し横断面を設置する必要がある。

3) 水位標

水位標は、第1見通し横断面及び第2見通し横断面に設置する。

4. 6. 3 流速測線

<標準>

流速測線は、第1見通し横断面と第2見通し横断面の間で流れに沿うよう設けるものとする。

測線間隔については、第1見通し横断面の水面幅に応じて、表2-4-4に示す測線数以上を確保することを標準とする。

表2-4-4 水面幅に対応した浮子流速測線の目標数

水面幅	20m 未満	20～100m 未満	100～200m 未満	200m 以上
浮子流速測線数	5	10	15	20

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和29年10月9日総理府令第75号）

一方、急激な増減水を伴う中で、緊急かつ迅速に流量観測を行わなければならない場合には、水面幅に応じて次の表2-4-5に示す測線数を下限数とし、表2-4-4にある測線数を目標にして、その間の測線数を確保することを標準とする。

表2-4-5 やむを得ず流量観測を緊急かつ迅速に行わなければならない場合の
水面幅と最小浮子流速測線数の関係

水面幅	50m 未満	50～ 100m 未満	100～ 200m 未満	200～ 400m 未満	400～ 700m 未満	700m 以上
浮子流速測線数	3	4	5	6	7	8

浮子流速測線数の出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和29年10月9日総理府令第75号）

<標準>

測線の配置については、観測誤差をできるだけ小さくするため、区分流量が大きい部分に密に配置することを標準とする。

なお、流線が流下方向に平行でないため、各測線上に投下した浮子が流下するにつれて左右にふれる場合においても、第1見通し横断面を基準として測線を設定することを標準とする。

<例 示>

測線の具体的な位置について、流速分布が未知の場合は、想定される水深分布を参考として設定する方法がある。

<例 示>

測線の位置を適切に設定するために、観測地点付近の洪水流の特性を事前に把握する調査を行う場合がある。そのための方法としては、1) 表 2-4-4 に示す間隔よりも密に設定した測線において浮子により計測する方法、2) 他の流速分布を密に把握できる観測手法を用いる方法等が考えられる。

<関連通知等>

- 1) 水位及び流量調査作業規程準則，昭和 29 年 10 月 9 日，総理府令第 75 号，総理府。

4. 6. 4 浮子の種類**<必 須>**

浮子測法に使用する浮子は、桿浮子（棒浮子）又は表面浮子とし、水深に応じた浮子を用いなければならない。なお、夜間も確実に浮子の位置を確認できるように発光体を付けるなど工夫された浮子を用いるものとする。

浮子の流下速度は、水面から浮子の吃水深までの間の平均流速であることから、水面から河床までの間の鉛直方向全体での平均流速に変換するために更正係数を乗じなければならない。

<標 準>

観測に用いる浮子は、水深に応じて、水位及び流量調査作業規程準則に与えられている表 2-4-6 に示すとおり、表面浮子、0.5m 吃水の浮子、1.0m 吃水の浮子、2.0m 吃水の浮子、4.0m 吃水の浮子のいずれかを用いることを標準とする。

表2-4-6 浮子番号と水深、吃水の適用範囲

浮子番号	1	2	3	4	5
水深 (m)	0.7 以下	0.7～1.3	1.3～2.6	2.6～5.2	5.2 以上
吃水 (m)	表面浮子	0.5	1.0	2.0	4.0

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

<例 示>

植生が繁茂している等により、観測に用いる浮子について表 2-4-6 に依ることが不適切な測線においては、1 段階短い浮子を用いることで、当該測線の観測データを確保する手段が有効となる場合がある。

<例 示>

高水敷が冠水した時には、水深に応じた適切な浮子を使用するほか、可搬式流速計を用いて高水敷上の観測を行う場合がある。また、必要に応じて非接触型流量計測法による観測を行う場合がある。

4. 6. 5 浮子による流速の測定

<標準>

浮子による流速測定作業は、次の各項に従って実施することを標準とする。

- 1) 浮子は、浮子投下施設や橋梁を使って、定められた測線位置において順次投下する。
- 2) 測線ごとに、水位と横断面図とから水深を求め、適切な吃水の浮子を投入する。
- 3) 第1見通し横断面通過から第2見通し横断面通過までの時間 t を測定し、両横断面間の距離 L を t で割って浮子流下速度 v_0 とする。第1、第2見通し横断面間の距離については、本節 4.3.3(3) 流量観測所横断線 を参照する。また、浮子が異常流下していないことを後から確認できるように、浮子の流下状況の記録（ポンチ絵、写真、ビデオ等）を残すものとする。
- 4) v_0 に更正係数を掛けて測線ごとの深さ方向平均流速 v を算出する。
- 5) 浮子の更正係数については、次表の値を標準とする。

表2-4-7 浮子番号と水深、更正係数の関係

浮子番号	1	2	3	4	5
水深 (m)	0.7 以下	0.7~1.3	1.3~2.6	2.6~5.2	5.2 以上
更正係数	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

出典：水位及び流量調査作業規程準則（昭和 29 年 10 月 9 日総理府令第 75 号）

但し、4.6.4 の例示に基づき、1 段階短い浮子を用いる場合には、水深と浮子の吃水深に応じて更正係数値の修正を行う必要がある。その場合の修正更正係数は、流速分布式に基づき浮子吃水部の平均流速に対する全水深平均流速の比により設定することを基本とする。

- 6) 流速測定の開始時と終了時とにおいて、第1見通し横断面及び第2見通し横断面でそれぞれの水位を観測する。

<推奨>

水深が 10m 程度を超える場合は、浮子の吃水比が 0.4 以下となり、上表の更正係数の設定条件からのずれが大きくなることから、流速分布式や ADCP による流速分布実測値に基礎を置いた、更正係数の再設定を行うことが望ましい。

<関連通知等>

- 1) 水位及び流量調査作業規程準則，昭和 29 年 10 月 9 日，総理府令第 75 号，総理府。

<参考となる資料>

浮子測法における諸基準、流速分布式・更正係数の設定根拠・手法については、下記の資料が参考となる。

- 1) 江川太朗，竹内俊雄：浮子の更生係数，土木技術資料，vol.5 No.1，pp.18-21，1963.
- 2) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・4 浮子による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4. 6. 6 浮子測法による流量の算出

<標準>

浮子測法による流量の算出は、次の事項に従って行うことを標準とする。

- 1) 流量算出に用いる断面は、横断面ごとに、洪水前後の横断測量の結果から求められる洪水前及び洪水後の全断面積（洪水期間中の最高水位時）を比較して、いずれか大きい方の断面を用いる。
- 2) 上記の断面積算出に用いる水位は、横断面ごとに、本節 4.6.5 に定めた流速計測の開始時と終了時における水位の平均値とする。
- 3) 1つの流速測線の深さ方向平均流速が代表する区分断面は、これと相隣り合っている流速測線との中央線までの領域とする。
- 4) 第1見通し横断面と第2見通し横断面において、1つの流速測線それぞれに対応した区分断面の面積を求め、両者の算術平均をその流速測線の受け持つ区分断面積とする。
- 5) 流量は、測線ごとの深さ方向平均流速とその平均流速が受け持つ区分断面積との積を全測線について合計して算出する。
- 6) 測定精度のチェックのために、算出した流量値は現場で速やかに前年の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係を確認するとともに、固定式観測法による洪水流量観測データが存在する場合には、そのリアルタイム観測データとの比較を行う。水位流量曲線図において、水位～流量の点を時系列的につないで、観測値が反時計回り又は、時計回りのループを描いているかを確認し、実況の水理状況に合致しているかどうかを確認する。

4.7 舟に搭載した ADCP（超音波ドップラー流向流速計）による流速計測法

4.7.1 総説

<考え方>

ADCP は水中に発射する超音波が、流水に乗って移動する細粒土砂やプランクトン等に当たって反射する際に生じるドップラー効果を利用して、河道断面内の3次元的な流速分布を計測する測器である。

ADCP を活用した流量計測法としては、舟に搭載して水面から流速分布を計測する非固定式の方法をとる場合、舟が有人か無人かにかかわらず、必ず人が現場で舟を操作する必要があるが、舟を水面上で横断方向に移動させながら観測することにより、河川流水断面内の流速分布と断面積を同時に計測できること、観測原理上水面及び川底の付近に一部の観測不能域が生じるものの、流水内の流速分布について他の手法よりも少ない仮定で積分的に流量を計測できることといった特長がある。

水面波浪が大きく、ADCP を搭載した舟の揺動が激しくなる（20度以上が目安）場合や、流木・ゴミの流下が特に多い場合には、安全で安定した計測ができなくなることに注意が必要である。

<参考となる資料>

本節に記載ない ADCP による流速計測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・7 新しい流量・流速の観測法，全日本建設技術協会，2002.

4.7.2 流速分布計測の方法

(1) 基本事項

<標準>

洪水時の ADCP による非固定式の流量観測は、橋上操作艇に ADCP を搭載し、橋上からの曳航操作による横断計測を標準とする。

低水時の ADCP による非固定式の流量観測は、有人艇・無人艇（橋上操作艇若しくはラジコ

ン艇)のいずれに搭載する方法でもよい。

いずれの場合においても、観測中は上流からのゴミや流木の監視を行い、それらを迅速に回避する体制をとるものとし、安全管理を十分に行う。

また、ADCPによる流量観測については、観測地点において以下のような水理・水文現象が生じている場合には実施しないものとする。

- 1) (波浪の波長が舟の長さよりも十分長い場合を除き) 水面の波高が 50cm を超え、舟を浮かべたときに揺動が激しく転覆のおそれがある場合
- 2) 洪水時の流木が舟に頻繁に引っかかるなどにより観測に危険が生じる場合

上記の場合は浮子による観測等を含め、観測方法を別途検討する必要がある。

(2) 使用する計測機器等

<標準>

計測機器等は、下記のものを用いることを標準とする。

- 1) ADCP
- 2) 高精度位置標定装置 (RTK (Real Time Kinematic)-GNSS 等)
- 3) ADCP を搭載する舟
- 4) 遠隔操作装置 (無人艇の場合)
- 5) 橋上から舟を安全に係留操作するための架台 (曳航観測の場合)

<推奨>

- 1) 観測所の状況に応じて下記の機能を有する計測機器を使用又は併用することが望ましい。
 - a) 音響測深器 (高濁度下での観測や河床の凹凸が複雑かつ顕著な場合)
 - b) VTG (進行方向対地移動速度) 情報を取得できる (RTK- GNSS) の使用、又は、トータルステーション
 - c) 磁場の影響を受けない外部コンパス (GNSS コンパス) (観測断面周辺の鋼構造物等による磁場の変化を受けて流向流速ベクトルの算出に影響が及ぶ場合)
- 2) 洪水時の計測に使用する舟は高速流に対応できるトリマラン型 (三胴艇) の橋上操作艇を用いることが望ましい。

<参考となる資料>

ADCP に併せて用いる計測機器の利用目的・原理・留意事項の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 菅野裕也, 萬矢敦啓, 橋田隆史, 井上拓也, 深見和彦: 外部コンパスを併用した ADCP 観測に関する提案, 河川技術論文集, vol. 17, pp. 35-40, 2011.
- 2) 萬矢敦啓, 岡田将治, 橋田隆史, 菅野裕也, 深見和彦: 高速流における ADCP 観測のための橋上操作艇に関する提案, 河川技術論文集, vol. 16, pp. 59-64, 2010.
- 3) 萬矢敦啓, 菅野裕也, 深見和彦: 河川実務者の観点から見た ADCP による流量観測技術開発の論点, 河川流量観測の新時代, 第 1 巻, p. 46, 2010.

(3) 計測機器等の点検準備**<必須>**

使用する計測機器等は、舟への固定方法、ケーブル類の配線方法等を検討するとともに、計測前に十分な点検を行わなければならない。

計測時は、ADCP のほかに観測所の状況に応じた計測機器等が必要となる。計測機器等のトラブルは、洪水時の流量観測データを取り逃すことにつながるため、舟への搭載に当たっては、各機器の固定方法やケーブル類の配線方法を検討し、計測時の揺動においても機器の脱落、ケーブルの切断等が生じないようにしなければならない。また、観測時に必要となる発電機等も含め、観測前には十分な点検を行うものとし、特に機器のバッテリーや発電機の燃料等は十分な予備を携帯する必要がある。

(4) 横断計測の範囲**<標準>**

横断計測の範囲は、水際部を除き、河道断面内の流速分布（死水域を含む）について可能な限り計測できる範囲とし、水際部は計測範囲内の流速分布データにより適正な補間処理を行うことを標準とする。

また、横断計測では、水際部に近づくにつれて水深が浅くなるため、近づきすぎると波の影響等で舟が河岸や河床に接触して破損する危険が伴う。このため、水際付近の計測には十分注意するとともに、リアルタイムの計測データにより水深を確認しながら計測を行うことを標準とする。

<例示>

高水敷における計測では、樹木等の影響や地形により、横断計測の途中で橋上操作艇の曳航ができなくなる場合がある。地形により曳航が不可能となった場合は、一度、舟を水面から撤去し、再び観測可能な箇所へ着水させることで、横断計測を継続することが可能となる。

(5) 横断計測の速度**<推奨>**

横断計測の速度については、計測原理上は遅い方が望ましいが、出水時に特に急激な水位変動が見られる場合には、流況の変化に影響がない時間内での観測が望まれる。観測データの精度を安定させるためには両者のバランスが必要となる。

低水流量観測においては、流速が舟の横断速度に比べて極端に遅い場合に、RTK-GNSS 等から得られる横断計測の速度が流速値に与える影響が大きくなるため、計測に使用する舟の制御可能な範囲において、できるだけ舟の横断速度を遅くすることが望ましい。

高水流量観測において橋上操作艇を使用する場合は、横断計測の速度を 1m/s 程度とすることが望ましい。

(6) 計測状況の記録**<必須>**

現地計測の状況に係る下記の項目は、必ず現地において野帳に記録しなければならない。

- 1) 計測年月日
- 2) 観測開始時刻と終了時刻
- 3) 舟と左右岸の水際線までの距離（データ補間処理が必要な距離）

- 4) 計測を開始した河岸（左岸または右岸）
- 5) その他、ADCP 観測時の河道状況等で明記すべき事項（浅瀬の存在等）

4. 7. 3 流量の算出

<標準>

流量の算出は下記の手順によることを標準とする。

なお、低水路、高水敷を分けて算出するとともに、それぞれ直接計測部と観測不可能領域での補完部の流量も更に分けて算出しておくことを標準とする。

- 1) 各セル（流速分布計測単位）の流速に各セルの面積を乗じて各セルにおける流量を算出する。
- 2) 各セルの流量を合計し、横断計測における各細分化区分断面ごとの計測部流量を算出する。
- 3) 観測不可能領域の流量については、直接計測部より得られる鉛直方向若しくは横断方向の流速分布を適切に活用しながら補完するものとする。
- 4) 各細分化区分断面の流量及び観測不可能領域の全合計値を全断面流量として算出する。
- 5) 全断面平均流速の算出は、全断面流量を全断面積で除して算出する。

4. 8 非接触型流速計測法

4. 8. 1 総説

<考え方>

非接触型流速計は、流水に直接接触することなく河川の表面流速を計測する器械である。このことから、非接触型流速計を活用することで、洪水時の河川の流量を無人で安全かつ自動的に連続観測するシステムの構築が可能である。

ここでは、非接触型流速計の中でも適用事例の多いドップラー型の電波流速計と画像処理型流速測定法を対象として、適用手法を記述する。

<参考となる資料>

非接触型流速計による流量観測システムの詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・7 新しい流量・流速観測法，全日本建設技術協会，2002.
- 2) 非接触型流速計測法の手引き（試行版），平成30年3月，国土交通省水管理・国土保全局 河川計画課河川情報企画室.

4. 8. 2 流速計の設置及び付帯施設

(1) 電波流速計

<標準>

電波流速計は、可搬型流速計による流速計測法や浮子測法と同様に、複数測線（複数区分断面）を設定し、その区分断面ごとの表面流速代表値を計測できるように、電波流速計を橋桁等に設置する。測線の設定に当たっては、橋上操作艇に搭載した ADCP や浮子測法等による現地観測結果等により、洪水時の横断方向流速分布を事前に把握した上で、それぞれの区分流量がほぼ均一になるように設定する。必要測線数は、浮子測法の基準に準じる（4.6.3 参照）。ただし、急激な増減水や固定式電波流速計の適用時の経済性、機器同士の電波の干渉などやむを得ない場合は、最小浮子流速測線数を適用できる（4.6.3 参照）。

横断方向流速分布から流量演算処理を行うためには、事前に区分断面ごとの水深－断面積（H-A）の関係を算出しておく必要がある。このため、流速観測を開始する前に電波照射域を設定し、その中に流量観測断面を設定する。電波流速計は、その流量観測断面に垂直な方向に向けて計測を実施するものとし、同断面における水位も流速と同時に計測するものとする。また、流量観測断面の横断測量を実施して、区分断面ごとの水深－断面積（H-A）の関係を事前に把握しておくことを標準とする。

また、出水時には河床が変化する場合があることから、流量観測断面の横断測量を洪水前後に実施し、流量演算処理に反映させることを標準とする。

電波流速計が計測する表面流速は、風による吹送流の影響を受けるため、観測所の近傍に併せて設置する風向風速計のデータを用いて吹送流の影響を除去することを標準とする。

固定式電波流速計では安定性や保守点検を考慮し、設置場所の状況に応じて、保守点検足場、観測局舎、振動対策設備等の周辺設備を設置することを標準とする。

（２） 画像処理型流速測定法

<考え方>

画像処理型流速測定法とは、洪水流を撮影した映像を解析することで流速を計測する手法である。主に LSPIV（あるいはPIV）（Large-Scale Particle Image Velocimetry）、STIV（Space-Time Image Velocimetry）、Float-PTV（Particle Tracking Velocimetry）の3手法がある。LSPIVは平面2次元的な流況を捉えるには有効な手法であるが、高水流量観測事例は少ない。一方、STIVとFloat-PTVは観測事例が比較的多く高水流量観測に適している。

STIV：

- ・STIV法は水面の波紋の移動速度から水表面流速を計測する手法である。
- ・STIVで得られるのは、（検査線上の）水表面流速の1方向成分のみである。

Float-PTV：

- ・Float-PTVは、原則、浮子の流下速度の計測や流下軌跡を追跡する手法である。
- ・浮子以外にも、浮子の替わりになるような“Float（流木等）”の流下状況を追跡することで流速等を把握することが可能である。

<標準>

画像処理型流速測定法を用いた高水流量観測では、録画画像を用いた画像解析手法に適した撮影機材を用いて観測、記録を行うことを基本とする。

STIVやFloat-PTVといった画像処理型流速測定法を実施する上での画角設定方法は以下を標準とする。

- ・計測範囲及び兩岸の標定点や標定点として使用可能な既設構造物等をカメラ画角内に収める
- ・ズーム機能も用いて、空やその他の流速・流量算出に係わらない部分はできるだけ画角内に入れない

カメラ映像を用いるにあたり、画像上での位置の移動を実空間での位置の移動に変換するため、必要に応じ標定点を設置することを標準とする。

画像処理型流速測定法のうちSTIVを採用する場合、その検査線の位置、長さ、時間は以下を標準とする。

1) 検査線の位置と検査線の本数

検査線の位置は、検査線の中心が流量を算出する横断面上になり、かつ、流量を算出する横断面に対し直交するように配置する。検査線の本数は、浮子測法における標準法（表 2-4-4）以上とする。

2) 検査線の長さ

検査時間は検査線の長さや流速に依存する。可能な限り、検査線の長さや検査時間は STI がほぼ正方形になるように設定する。検査線の長さは、現地の河道特性・流況に合わせて設定する。

3) 解析時間

解析時間は検査線の長さや流速に依存する。可能な限り、検査線の長さや解析時間は STI がほぼ正方形になるように設定することが望ましい。解析時間は、現地の稼働特性・流況に合わせて設定する。

また、出水時には河床が変化する場合があることから、流量観測断面の横断測量を洪水前後に実施し、流量演算処理に反映させることを標準とする。

表面流速は、風による吹送流の影響を受けるため、観測所の近傍に併せて設置する風向風速計のデータを用いて吹送流の影響を除去することを標準とする。

<例 示>

STIV により流速を算出する場合、検査線の設定する位置、検査線の長さ、時間は流速の算出精度の影響を及ぼす。

1) 検査線の本数

検査線の本数が増えることで、詳細な水表面流速の横断分布が把握可能となり、流量算出精度の向上が期待できる。

2) 検査線の長さ

できる限り STI 画像自体が正方形であることが望ましい。なお、10～15m 程度が適切であるという実証例がある。併せて、STI 中に現れる波紋の縞模様の傾きが 30～60 度以内になるようにし、40～45 度程度が最適である。

3) 解析時間

可能な限り、検査線の長さや解析時間は STI がほぼ正方形になるように設定することが望ましい。なお、特に大きな流況の変化等がない場合、15 秒程度で問題ないという実証例がある。併せて、STI 中に現れる波紋の縞模様の傾きが 30～60 度以内になるようにし、40～45 度程度が最適である。

検査線長が 10m の場合、解析時間が 15 秒程度で STI 画像が正方形に近い形になる。

4. 8. 3 流量の算出

<標準>

流量は、区分断面ごとの平均流速を算定し、それに区分断面積を乗じて区分断面ごとの流量を算出し、全断面での総和により算出する。

区分断面の平均流速は、区分断面ごとの風補正をした水表面流速に流速補正係数を乗じることで算出する。

流速補正係数は、各観測所における適切な値を使用することを基本とする。

非接触型流速計測法による流量の算出は、次の事項に従って行うことを標準とする。

- 1) 流量算出に用いる断面は、横断面ごとに、洪水前後の横断測量の結果から求められる洪水前及び洪水後の全断面積（洪水期間中の最高水位時）を比較して、いずれか大きい

方の断面を用いる。

- 2) 上記の断面積算出に用いる水位は、流速計測の開始時と終了時における対象横断面の水位の平均値とする。
- 3) 1つの流速測線の深さ方向平均流速が代表する区分断面は、これと相隣り合っている流速測線との中央線までの領域とする。
- 4) 非接触型流速計測法により流量を算出する断面において、1つの流速測線それぞれに対応した区分断面の面積を求める。
- 5) 測線ごとの深さ方向平均流速は、非接触型流速計測法で得られた水表面流速に対し、風の影響による補正をし、その補正された水表面流速に流速補正係数を乗じる。
- 6) 流量は、測線ごとの深さ方向平均流速とその平均流速が受け持つ区分断面積との積を全測線について合計して算出する。
- 7) 測定精度のチェックのために、算出した流量値は現場で速やかに前年の水位流量曲線図に記入し、水位流量関係を確認する。

<例 示>

流速補正係数は、各観測所における適切な値を使用することが望ましいが、検証が出来ない場合、暫定的に0.85を使用しても良い。

今後、ADCPによる様々な規模の洪水時の鉛直方向の流速分布に関する観測結果から係数の妥当性を検証し、必要に応じて更新・修正を行う。

<参考となる資料>

非接触型流速計による流量観測システムの詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 非接触型流速計測法の手引き（試行版），平成30年3月，国土交通省水管理・国土保全局 河川計画課河川情報企画室。

電波流速計による流量観測システムの詳細や適用事例については、下記の資料が参考となる。

- 1) 萬矢敦啓，菅野裕也，深見和彦，葭澤広好，宮本孝行：流量観測高度化に関する富士川南部観測所における取組，土木技術資料，vol.52 No.3，pp.40-43，2010。
- 2) 深見和彦，今村仁紀，田代洋一，児玉勇人，中島洋一，後藤啓介：ドップラー式非接触型流速計（電波・超音波）を用いた洪水流量の連続観測手法の現地検証～浮子測法との比較～，河川技術論文集，vol.14，pp.307-312，2008。
- 3) 土木研究所，土木研究センター，アジア航測，小糸工業，拓和，横河電子機器，東京建設コンサルタント：非接触型流速計を用いた開水路流量観測方法及びその装置，特開2004-219179，2004-8-5。

4.8.4 維持管理

<必 須>

非接触型流速計測の計測断面では、流下断面の変化を反映させて計測精度を確保するため、設置後においても出水期前に横断測量を実施しなければならない。

<標 準>

電波流速計は、現地への設置の前に、流速検定施設において検定を行い、設置後は現地において観測精度を確認することを標準とする。

設置後、観測機器の劣化や不備による欠測を未然に防ぐため、定期的に保守管理を行うことを標準とする。

<標準>

非接触型流速計測の計測断面に H-A 関係、H-V 関係に影響を与えるような変化が生じた場合には、計測結果を ADCP 等による観測結果と比較し、演算処理装置内の係数（流速補正係数）を更新することを標準とする。

4.9 超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）**4.9.1 総説****<考え方>**

超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）は、対となる超音波送受波器を河川の水の中兩岸に斜めに対向して設置し、上流側から下流側へ超音波が伝播するのに要する時間と、反対に下流側から上流側へ伝播するのに要する時間の差が、超音波伝播線上の平均流速に比例することを利用した流速計測法である。

<参考となる資料>

超音波流速計測法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・6 超音波流速計による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4.9.2 超音波流速計測法による流速の測定**<標準>**

超音波流速計測法による流速の測定は、次の各項に従って行うことを標準とする。

- 1) 適切な観測位置とシステムを選定する。
- 2) 流量を観測する位置に、流向に対して斜めにかつ水平に流速測線を設け、その両端（水中）に対向させて超音波送受波器を設置する。あわせて断面積算定のための水位計も設置する。
- 3) 送受波器は、流速測線上にある堅固な杭又は護岸等の水中部に取り付ける。
- 4) 横断面の形状・河川の水理・水質特性に応じて、流速測線は1本又は複数設置し、それに応じた超音波制御・処理システムを選定する。
- 5) 測定・演算等のため超音波機器設備は陸上に局舎を設け、設置する。

なお、観測位置については本節 4.3 流量観測所の配置と設置 に従うものとするが、位置の選定とシステムの選定は相互関連があるので、下記の点にも留意して位置を設定する必要がある。

- 1) 川幅：標準的には、100～200m 程度まで対応が可能であり、それより川幅が広い場合、断面を分割して計測する方法をとるなどの工夫が必要である。
- 2) 水深：水深が浅いと、超音波が水面・底面に当たり多重反射を起こす場合があるので注意が必要である。中州がある地点は避ける。
- 3) 流速：高流速時の気泡、乱流等によるノイズや、洪水時の濁度上昇による減衰の影響を受けることに注意する必要がある。
- 4) 流向：流向の変化の影響は、送受波器を V 字型に配置することで解決できるが、著しい流況の変化があるところは避ける必要がある。
- 5) 水温・塩分の鉛直分布：躍層は、超音波屈折の原因となるので、多層での計測や断面分割等の対策が必要となる場合がある。

6) 水温・塩分の時間変動：速い変動により流速計測に影響を与える場合には、上流方向と下流方向の超音波の同時送波が必要である。

<推奨>

水温変化や塩分変化が流速計測に影響を与えていると想定される場合には、水温計・塩分計を設置することで水温・塩分の鉛直分布を監視することが望ましい。

4.9.3 超音波流速計測法による流量の算出

<標準>

複数の流速測線を持つ場合の流量の算出は、次の各項に従って行うことを標準とする。

- 1) 流量を測定する横断面において1つの流速測線の受け持つ区分横断面積は、上下の流速測線との中間までとする（流速測線が一つの場合は、全横断面を受け持つことになる。）。なお、横断面は、超音波送受波器の方向にかかわらず、流水に直角方向の横断面を用いる。
- 2) 最上段及び最下段に設定された流速測線の受け持つ区分横断面の最上限及び最下限は、それぞれ水面及び底面とする。
- 3) 流量は、平均流速とその受け持つ区分横断面積との積を全測線について合計して求める。

なお、非固定式観測法や ADCP の計測結果との比較により、流速補正係数を用いる必要が明らかになれば、その流速補正係数を用いることを標準とする。

3 測線の場合を数式に表わすと、

$$Q = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 + a_3(H) \cdot v_3 \tag{2-4-1}$$

- Q : 求められる流量
- v_1, v_2, v_3 : 超音波による平均流速 (3 測線)
- a_1, a_2 : 断面積 (一定)
- $a_3(H)$: 断面積 (水位の関数)

である。

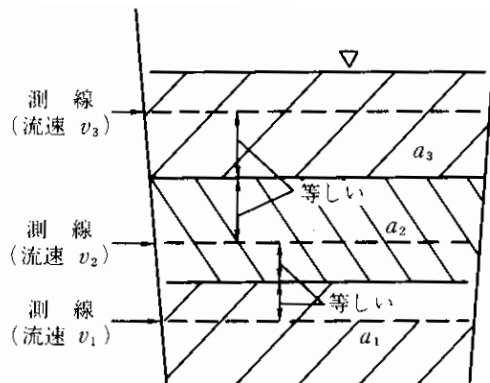


図 2-4-3 パルス伝播時間差法における測線・区間横断面積の考え方

4) 超音波機器設備としては、この流量観測システムに要求される目標、たとえば流量管理に適した情報が表示されるように測定・演算・表示することを標準とする。

<推奨>

観測データについては、水位流量曲線を介さずに直ちに流量を算出・表示できるメリットを最大限生かすため、テレメータ設備を用いて、事務所、管理所等で即時利用できる自動演算処理・表示システムを導入することが望ましい。

4.9.4 維持管理

<必須>

超音波の伝播経路となる斜め横断面内に、超音波伝播の障害物が生じないように、河道の維持管理に努めるものとする。

4.10 水理構造物を用いる方法

4.10.1 総説

<考え方>

堰や限界流フリュームは、常流から射流に遷移する流れを発生させることにより支配断面を形成することで、水位（越流水深）と流量との間に1対1の関係をつくり、水位から流量を換算することのできる水理構造物である。比較的小流量の河川（小規模な溪流等）における流量観測に用いられる。また、ダムや水門等の構造物についても、流れを拘束するなどして水位と流量との関係を単純化し、水理実験によって通過流量を把握するための流量換算式を作成することが行われる。

本節では、流量観測を目的とした水理構造物として代表的な堰を活用した流量計測法（堰測法）を中心に記載する。

<参考となる資料>

本節に記載ない水理構造物を用いる方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・5 堰等による流量観測，全日本建設技術協会，2002.

4.10.2 堰測法の種類と配慮事項

<考え方>

流量観測が可能な堰は、堰の形状によって次の3種に分類される。

- 1) 刃型堰：精度が良い。小規模な河川で一般に利用される。
- 2) 越流頂：ダムの余水吐等で自由ナップの形状が採り入れてあれば、大流量でも利用できる。
- 3) 広頂堰：一般の落差工等を利用した流量観測所に見られる。ただし、流量係数は複雑である。

<必須>

堰によって流量を観測する場合には、堰上流の堆砂及び堰下流の洗掘に対して十分な対策を立てておかなければならない。

また、特に刃型堰では、流木、ゴミ等により観測の精度が著しく低下することがあるので、これに対する対策を講じなければならない。

堰測法においては、いずれも越流水深を測定するのであるが、堰上流側の堆砂は、上流側の堆砂ポケットの大きいダム等を除いては問題となる。堆砂は堰測法の精度に影響するため、堆砂が問題となる場所に設置した場合には、排砂装置をつけて精度確保に努めておかなければならない。

また、下流側の洗掘に対しては、河床保護工を行うなど対策を立てておかなければならない。

<例 示>

一般の落差工を用いる堰測法では、低水時には越流水深が極めて小さくなることがあるので、精度を上げるために複断面の堰とする例がある。

4. 10. 3 可動ゲートを有する堰における要件

<必 須>

可動ゲートを有する堰に流量観測所を設ける場合には、ゲートの開度を水位と同時に記録しておかなければならない。

4. 10. 4 越流水深の測定

<標 準>

堰測法によって流量を観測する場合には、堰に近く、流速の小さい位置に水位観測施設を設置し、これにより越流水深を観測することを標準とする。

水位観測については、本章 第3節 水位観測 によるものとする。

4. 10. 5 堰測法による流量の算出

<標 準>

堰測法において、完全越流の矩形堰の場合には、次の公式を用いて流量を算出することを標準とする。

$$Q = CBH^{3/2} \quad (2-4-2)$$

Q：流 量 (m³/s)

C：堰の越流係数

B：堰 幅 (m)

H：越流水深 (m) である。

越流係数については、堰形状・適用範囲が、堰に関する公式（石原・井田の式、板谷・手島の式等）の適用条件を満たすものであれば、それらの公式をそのまま用いることができる。そうでない場合は、模型実験による越流水深と流量の関係式を求める必要がある。

その他の形状の堰、不完全越流又は、潜り越流の堰及び可動ゲートを有する堰については、その形状等に最も適した公式を用いるか、又は観測、模型実験等により水位と流量との関係を求めることを標準とする。

<参考となる資料>

越流係数の求め方を含む越流公式の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 土木学会水理委員会：水理公式集 [2018年版]，第3編 ダム，第2章せきと越流頂，丸善，2019.

4. 11 流量の連続データの算出

4. 11. 1 総説

<考え方>

観測された水位(H)と流量(Q)との関係を示す曲線を水位流量曲線(H-Q曲線)と呼ぶ。連続的に得られている水位観測値から365日24時間の連続した流量を算出できることから、長年にわたり、流量を連続的に算出する手法として幅広く用いられてきている。

ここで、水位から流量が1対1に求まる条件は、エネルギー勾配(又は河床勾配)に対して水面勾配の変化の影響を無視できる場合であり、ある程度以上の河床勾配を有し、かつ、ゆっくりとした水位変動の場合には、水位と流量はほぼ1対1に対応する。ただし、当該流量観測地点を含む河道区間が、河積や粗度(特に樹木群の繁茂状況)の縦断方向の急変等により、河床勾配が急な割に一ハイドログラフ内での水面勾配の変化の影響が出やすい条件を有している場合にはこの限りではない。ここでは、流量観測所が本節4.3.2に示された条件を満足することが標準であり、また本節4.3.3(1)に記した維持管理が流量観測所においてなされていることを前提に、水位と流量がほぼ1対1に対応するための条件を広目に記述している。こうしたことから、当該流量観測所が、河積や粗度の縦断方向の急変等の特性を有していないかをチェックすることは、水位と流量がほぼ1対1の関係を持つことを前提にデータの処理を行って良いかを確認する上で重要である。

本節では、この原理を活用した水位流量曲線による連続的な流量データの算出手法について規定する。

なお、本節4.8~4.10で解説した固定式流量観測手法を用いることにより、水面勾配の変化にかかわらず、ある範囲の河川流量において、流量の連続データの算出を行うこともできる。

<必須>

本節で用いる流量の観測資料は、後述の第2章水文・水理観測 第5節 水文資料の整理・保存と品質管理 5.3 照査 5.3.2 異常値補正 に述べる現地補正を済ませた後の観測資料を用いなければならない。

<推奨>

緩流河川においては、下流側における潮汐や合流、堰操作等による背水の影響による水面勾配の変化の影響が無視できないため、水位流量曲線を水位のみの一価関数として表現することはできない。したがって、このような地点においては水位流量曲線法を用いないことが望ましい。緩流河川でなくとも、上述のように、河積や粗度(特に樹木群の繁茂状況)の縦断方向の急変が見られる場合も、水位流量曲線法の採用を再検討することが望ましい。

このような地点で流量の連続評価を行う場合は、こういった水理条件下でも利用可能な固定式流量観測手法を活用することが望ましい。

固定式観測手法を適用し、必ずしも水位流量曲線を作成する必要のない流量観測所においても、本章 第5節 水文資料の整理・保存と品質管理 5.3 照査 5.3.2 異常値照査 (2) 流量の異常値補正(流量の現地照査)及び水位流量曲線の作成、ならびに、5.3.3 標準照査 (3) その他 に記述する水位流量関係の照査を併せて行うことが望ましい。

<例示>

河川の合流点付近の流量観測所では、近傍の流量観測所のデータに基づく水収支より連続評価を行う事例もある。

<参考となる資料>

水位流量曲線法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修, (独)土木研究所編著:水文観測, 第5章 観測記録の整理と保存 5・6 水位流量曲線, 全日本建設技術協会, 2002.

4. 11. 2 水位流量曲線の作成手法の基本**<標準>**

水位流量曲線式の作成は、水位を縦軸として流量を横軸とする座標上に、水位及び流量の値をプロットし、最小二乗法等によって関係式を求めることを標準とする。

水位流量曲線式には、2次式を用いることを標準とする。2次式の場合、曲線式は、水位を $H(m)$ 、流量を $Q(m^3/s)$ として、以下のようになる。

$$Q = a(H + b)^2 \quad (2-4-3)$$

a, b : 観測断面、作成対象となる期間・水位範囲によって決まる定数

水位流量曲線を用いて流量の算出を行う場合、当該期間中の流量観測値の範囲内において流量を算出することとし、当該期間中の流量観測範囲を超えた外挿領域への曲線式の適用は行わないことを標準とする。

また、水位流量曲線式の定数を求める際には、低水位部分で流量値がマイナスとならない制限を設けて同定することを標準とする。

縦断勾配が緩やかな河川では、水位流量曲線は、洪水時（特にハイドログラフが急激に変化し非定常効果が大きくなる洪水時）に水面勾配の変化等の影響を受けて、単純な一価関数とならずに、時系列的に反時計回りのループを描く場合がある。緩流河川でなくても、縦断方向の河積の急変等により、場合によっては同様の特性が出現する可能性がある。この場合、近隣の水位観測所との水位差（水面勾配）を考慮した水位流量曲線の導入を検討することを標準とする。これは、表 2-4-1 に示した水面勾配断面積法の原理を応用するものである。

<推奨>

水位及び水面勾配から流量を得ようとしても、必要な精度が満足されない場合も考えられる。その原因としては、当該河川区間の流れが、水位流量曲線はもちろん水面勾配断面積法を採用しても適切に再現できない水理的特性を本来的に有していることが考えられる。そうした状況においては、流量と相関の高い水理量の組合せを形式上見いだそうと、更に作業を進めるのではなく、本章の第1節 総論 に述べたカテゴリー 3. 1 の観測を通じて（その内容は本章 第7節 河川の流れの総合的把握 に記述している）、当該区間の流れの総合的把握を行い、そこでの流れを支配する水理システムを理解し、流量を算出する合理的な方法を個々に見いだしていくことが望ましい。

<推奨>

自記水位計の記録から得られる当該地点での最高水位・最低水位において、現地での流量観測が行われていなかったり、前年の H-Q 式をベースにした洪水予測等の日々の河川管理の目的のために、水位流量曲線をその流量観測範囲を超えて左下方（渇水）と右上方（洪水）にやむを得ず外挿して適用しなければならない場合も想定される。その場合は、観測範囲の水位流量曲線を単純に延長するのではなく、 Manning 式等を活用し断面特性を加味した水理学的な水位流量曲線とする方法をとることが望ましい。

<例 示>

水位流量曲線式として2次式により精度を確保できない場合は、べき乗値を2と固定しない一般のn次式を用いてもよい。この場合、未知定数が3つとなるが、特にnの同定値について、一般に見られる開水路の断面形状において Manning式から理論的に想定される1~3の範囲を超えるような不合理な値をとることのないように注意する必要がある。

<参考となる資料>

水面勾配による水位流量曲線の補正や、Manning式を用いた水位流量曲線の作成、n次式におけるnの取り得る範囲、等の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修, (独)土木研究所編著: 水文観測, 第5章 観測記録の整理と保存 5・6・4 水位流量曲線式の選定, 全日本建設技術協会, 2002.
- 2) ISO 1100-2 Hydrometry - Determination of the stage-discharge relationship, 2012.

4. 11. 3 水位流量曲線の更新**<標準>**

水位流量曲線は一水文年をひとつの有効期間として曲線式を作成するのが一般的であるが、洪水による河床変動等を契機として水位流量関係が変化した場合は、その変化時を区切りとして曲線式を更新する。

一つの水位流量曲線について有効な期間から、別の異なる水位流量曲線について有効な期間に移行する境界（有効期間を一水文年とする場合は、年界）において、同じ水位に対する流量算出値が極力不連続にならないようにすることを標準とする。

4. 11. 4 曲線分離**<標準>**

複断面等の複雑な断面形状を有する河川では、低水から高水までを一つの曲線式で表すことができないことが多い。この場合、一つの曲線式で回帰できる水位区間群に分割し、水位区間ごとの水位流量曲線式を求めることを標準とする（曲線分離）。

これらの曲線分離においては、分離して同定された水位流量曲線同士の境界周辺の日時若しくは水位において、流量が不連続にならないようにするものとする。

<推奨>

水位流量曲線の作成に当たっては、以下のことに注意することが望ましい。

- 1) 高水部分を曲線分離する水位は、断面形状（又はH-A関係）の変曲点等を参照しながら設定する。
- 2) 高水流量観測においては、一連の観測値を時刻順に結ぶことによって、水面勾配等の影響による水深-流量関係のループ効果をH-Q関係のばらつきや観測誤差と区別しながら水位流量曲線の検討を行う。

4. 12 特殊な場所における流量観測**<考え方>**

流量観測手法に関する事項は、結氷することがなく、かつ、上流から下流に向かって全断面で常に順流状態で流水が流れる地点での流量観測手法を基本に記述したものである。このため、寒冷地における結氷時の流量観測や、河口感潮域等の全断面で順流状態が確保されるとは限らない地点での流量観測においては、別途留意が必要となる。

4. 12. 1 結氷河川における留意事項

<考え方>

結氷河川での流量観測は、厳しい気象条件下での作業であるとともに、流水が氷で覆われていることから観測自体も困難となる。このため、本節 4.5 以下に述べた観測手法を結氷河川に適用する場合、非結氷河川における流量観測と比べると観測機材や観測方法等に別途留意が必要となる。

<参考となる資料>

結氷河川における留意事項の詳細、河川結氷時の連続的な流量評価の新しい手法の研究開発成果、結氷河川の感潮域での流量観測の事例、及び、海外における検討事例については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・8 特殊な場所での流量観測，全日本建設技術協会，2002.
- 2) 吉川泰弘，渡邊康玄，早川博，平井康幸：河川結氷時の観測流量影響要因と新たな流量推定手法，水工学論文集，第54巻，pp.1075-1080，2010.
- 3) 吉川泰弘，平井康幸：結氷河川における感潮域の流量観測手法に関する検討ー常呂川河口観測所における結氷時と開水時の流量観測ー，北海道開発局技術研究発表会，第54回 技18，2010年度.
- 4) ISO 9196 Hydrometry - Flow measurement under ice conditions, 1992.

<標準>

結氷河川での流量観測は、以下の事項に留意して実施することを標準とする。

- 1) 降雪、降雨、暴風、気温等の天候の変化に留意して観測計画を立てる。
- 2) 氷上作業を行う際は、事前に氷板の厚さを確認し、特に水際部分の氷板は不安定であるため氷上に乗る際は十分に注意するなどの安全対策に配慮する。
- 3) 流速計の凍結防止対策として、できる限り空気中に出さないなどの対策を行い、凍結した場合には固形燃料等を用いて、流速計に着氷した氷を融解させる対策も必要である。
- 4) 水位標に着氷している氷を除去する場合は、水位標の目盛板の損傷に十分に留意して氷を除去する。
- 5) 結氷時は氷板や晶氷（モロミ）により流積が変化するため、流速分布が複雑となる場合や流量が偏在している場合は、標準よりも密に測線を設ける必要がある。
- 6) 結氷下の断面における流積、積雪面積、氷板面積及び晶氷面積を的確に把握するために、各測線で水深測定を行う場合、以下の事項についても測定する。
 - a) 氷板（結氷）上の積雪の厚さ
 - b) 氷板の厚さ
 - c) 氷板下に滞留する晶氷（モロミ）の厚さ
 - d) 実質的な流積を形成する河床から流水上面までの厚さ

4. 12. 2 河口感潮域における留意事項

<考え方>

河口感潮域における低水時の調査については、本節 4.5 以下に詳述した流量観測手法が原則的に用いられる。しかし、潮汐の影響で時々刻々水位と流量が変動するので、特に可搬式流速計による流速計測法の適用に当たっては、特別な配慮が必要となる。また、本節 4.11 に

記述するような、水位から一意的に流量を連続的に評価する水位流量曲線法が使えないことに注意が必要である。さらに、複雑な流動を示すことが多い河口感潮域において、流動に関わるどのような水理量の継続観測が必要か、それと流量との関係はどうかに留意し、目的と当該区間の流動の特徴を踏まえた上で観測内容を定めていくことが重要である。

<参考となる資料>

河口感潮域における流量観測での留意事項の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 国土交通省監修，(独)土木研究所編著：水文観測，第4章 流量観測 4・8 特殊な場所での流量観測 4・8・2 河口感潮部における流量観測，全日本建設技術協会，2002.
- 2) ISO 2425 Hydrometry - Measurement of liquid flow in open channels under tidal conditons, 2010.

<標準>

河口感潮域での低水時の流量観測は、以下の事項に留意して実施することを標準とする。

- 1) 潮汐等対象区間の流動特性をよく考慮して観測計画を立てる。
- 2) 水位・流速の変動があるため、観測の同時性確保の必要性に応じて、迅速に計測作業を行う。
- 3) 順流・逆流が入れ替わる前後の時間帯等、流水内の流速分布が複雑となるため、代表的な流速値を適切に把握できるように流速計測を行う。可搬式流速計による流速計測法においては、流向を測定できる流速計を用いるとともに、必要に応じて、精密法等により多くの測点での流速計測を行うことを標準とする。

<推奨>

流況が時々刻々変動するため、固定式観測法を採用することで、流速・流量を連続的に観測できる手法を導入することが望ましい。

<例示>

可搬式流速計による流速計測法の適用に当たっては、代表的な潮汐条件のときに精密法で流速分布を把握しておき、いかなる深さでその測線上の平均流速を把握できるかを事前に調べておくことで、一般的な方法からの流速測点数の増加を抑制することができる場合がある。