

## 第 2 章 水文・水理観測 第 1 節 総説

### 目 次

第 1 節 総説 .....	1
----------------	---

平成 24 年 6 月 版

## 第2章 水文・水理観測

### 第1節 総説

#### <考え方>

本章は、河川・砂防に関わる計画と管理等のためのデータを得ることを目的とした、降水量、水位、流量、地下水及び関連水文気象要素等の観測と、結果の整理・分析に必要な技術的事項を定めるものである。

本章で扱う水文・水理観測については、以下の3つのカテゴリーに分けることができる。本章各節とこれら3つのカテゴリー（サブカテゴリーまで含めると4つ）との関係については、3)で述べる。

- ・ カテゴリー1：基盤・汎用観測
- ・ カテゴリー2：特定目的観測
- ・ カテゴリー3：総合観測
  - 〔 3.1 河川の流れの総合的把握
  - 〔 3.2 河川・流域の水循環把握

なお、調査編において、このカテゴリー分けは、観測が重要な位置を占める本章と第21章 海岸調査の2つの章に用いる。また、このカテゴリー分けは観測に対してのものであり、1つの観測所において複数のカテゴリーにまたがる観測が行われる場合もあり、観測所を無理に1つのカテゴリーに当てはめる必要はない。

#### 1) 3つのカテゴリーの説明

##### a) カテゴリー1：基盤・汎用観測

水文・水理量に関する基盤的な情報を汎用目的に蓄積するための観測である。その特徴は次のとおりである。

- ・ 降水量、水位、流量など、個々の水文・水理量を対象とし、それ自体の把握が観測の第一の目的となる。
- ・ 当該水文・水理量に対応した観測法単独で所要の精度を確保することが基本となる。
- ・ 基盤的情報として、汎用的に活用できるように蓄積される。
- ・ 代表的な活用として統計資料用のデータ蓄積があることなどから、長期にわたる継続的な実施、手法の一貫性、全国的な網羅性が重視される。
- ・ 精度や信頼性について一定の条件を満足する均質な情報が蓄積されるよう、一律な精度管理がなされることが基本となる。
- ・ 観測法については信頼性・確実性・堅牢性が重視される。
- ・ 観測手法の技術的改良は、慎重な検証を伴い、段階的な改善を通じて逐次行われることが基本となる。
- ・ 観測の実施方法等に関して、法律や業務規程（国土調査法、気象業務法、水文観測業務規程等）により定められる部分が多い。

なお、特に、基盤・汎用観測の観測機器においては、災害等による欠測等の不測の事態に備え、観測の二重化や機器の水没対策など、適切な対策をとることが重要である。

##### b) カテゴリー2：特定目的観測

特定の目的のために水文・水理量を把握する観測である。目的としては、「ある個別の技術判断を行うこと」や「ある個別の技術情報を得ること」などがある。たとえば、水防活動等

において、的確な予警報や早期避難などの実施に役立てるため、特定の場所の降水量や流速、洪水位、氾濫水位などを把握すること、河道内の洪水流や洪水氾濫流、浸水、津波、土石流等の痕跡高の空間分布を測定することなどがある。その特徴は次のとおりである。

- ・ 汎用的な活用が主目的ではないことから、目的に応じて行うことが基本になる。
- ・ 個々の目的に応じて、最適な観測手法を柔軟に採用し、観測の実施方法についても機動的となることがある。
- ・ 観測手法あるいは観測結果の利用方法について、先導的取組となる場合がある。
- ・ 観測データの蓄積方法については、個々の目的に応じて適宜行うことになる。

#### c) カテゴリー3：総合観測

単一箇所の一種類の水文・水理量ではなく、一定期間、一定範囲において多点かつ複数種類の水文・水理量を対象として、水理現象等の全体状況やシステム、相互関係等を明らかにすることを目的として、総合的あるいは統合的な観点から組み立てられた観測である。

本章で扱う水文・水理観測については、以下の2つのサブカテゴリーがある。

##### ① カテゴリー3.1：河川の流れの総合的把握

観測データと水理的考察に基づく解析等を行うことにより、一定範囲の河川の流れを水理システムとして把握することを主たる目的とするものである。水位、流速、流量を一括して観測対象とすることが一般的である。その特徴は次のとおりである。

- ・ 水位や流量という一種類の水文・水理量を観測するのではなく、対象とする流れを特徴づける複数種類の水文・水理量を複数地点で同時に観測し、更にこれを一定時間内の多時点で行い、得られた水文・水理量データの相互関係を把握できるようにすることが基本となる。
- ・ 観測対象となる水理量は、対象とする流れ及びそれを支配する水理システムから決められる。
- ・ 観測及び解析等の結果として、個々の水理量を、カテゴリー1などにより直接観測するよりも高い頻度で求める場合がある。
- ・ カテゴリー3.1は、観測と水理解析を一体的あるいは双方向的に捉えるものである。カテゴリー3.1の観測が適用される場については、多くの場合、総合的な流れの特徴の把握を必要とする課題を有する河川区間という観点から決められることになる。
- ・ 水位や流量との水理システムを介しての相互作用関係がない降水量は、通常、カテゴリー3.1の観測対象とはならない。
- ・ 水理システムの構成要素に河床変動や流砂量まで組み込み、観測をデザインするという方法もある。

カテゴリー3.1の具体の説明は、本章の第7節 河川の流れの総合的把握 によるものとする。

##### ② カテゴリー3.2：河川・流域の水循環把握

カテゴリー3.2の観測は、降水、蒸発散、地中への浸透、地下水流動、流域から河川への降雨流出、河川における流れ、河川水と地下水との出入り、といった自然系の水循環を基本に、必要に応じて上水道、工業用水道、下水道、農業用排水路等を経由して流れる人工系の水循環を組み込み、対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程を総体的に把握す

ることを主眼に行われるものである。把握対象には、必要に応じ、適切な時間スケールでの水収支の観点も含める。カテゴリ3.1の観測と同様に、個々の水文・水理量の観測は、水循環の状況を把握するという全体目的の中で位置付けられ、相互の関係把握が重視される。ここで、カテゴリ3.1では対象河川区間の水理システムが観測をデザインする際の基軸になるのに対し、カテゴリ3.2では、対象河川流域の水循環が基軸になる。

カテゴリ3.2の具体の説明は、本章の第8節 河川・流域の水循環の観測 によるものとする。

## 2) 水文・水理観測における各カテゴリの位置付け及び相互関係

水文・水理観測において、カテゴリ1は、国土管理全般に資する基盤的データを整備するために、カテゴリ2は特定の目的を達成するために、カテゴリ3.1と3.2はそれぞれ対象エリアにおける水理システムあるいは水循環状況を把握するために用いる。ただし、これらのカテゴリは、図2-1-1に示すように、互いに重複する部分を持ち、また、相互補完的な関係をなす。たとえば、カテゴリ1の観測結果が、カテゴリ2、3.1、3.2の観測に活用されることがあり、また、カテゴリ2の観測を通じて得られた新しい観測手法がカテゴリ1の観測手法の改善に最終的に反映されることもある。カテゴリ2の結果がカテゴリ3.1や3.2の観測に組み込まれることもあろう。さらに、カテゴリ3.1の観測結果がカテゴリ1のそれを補完する情報として役立てられることも考えられる。こうしたことから、水文・水理観測に当たっては、当該観測がどのカテゴリに属するかを意識し、カテゴリの違いによる基本的な性格の差異を踏まえ、更にカテゴリ間の相互補完関係に留意して他カテゴリへの活用を考慮することで、当該観測の位置付けについての理解を高め、もって観測とその結果の活用がより適切かつ効率的で有効なものとなるよう工夫することが重要である。

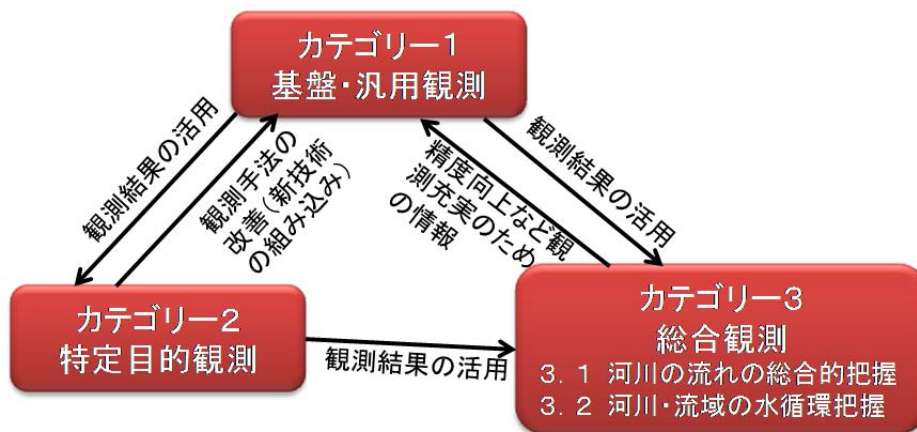


図2-1-1 3つのカテゴリ間の相互関係

## 3) 本章各節と各カテゴリとの関係

表2-1-1に、本章各節と水文・水理観測の各カテゴリとの関係を示す。なお、カテゴリ2の特定目的観測については、個々の目的に応じて観測法が設定され、目的をあらかじめ設定することができないことから、それを主に扱う節を定めていない。

表2-1-1 水文・水理観測の各カテゴリーと第2章各節との関係

節	節のタイトル	カテゴリー1 【基盤・汎用観測】	カテゴリー2 【特定目的観測】	カテゴリー3 【総合観測】	
				カテゴリー3.1 【河川の流れの 総合的把握】	カテゴリー3.2 【河川・流域の 水循環把握】
第2節	降水量観測	◎	※		※
第3節	水位観測	◎	○、※	※	※
第4節	流量観測	◎	※	※	※
第5節	水文資料の整理・保存と品質管理	◎	※		
第6節	地下水観測	○	○		○、※
第7節	河川の流れの総合的把握	□		◎	
第8節	河川・流域の水循環の観測	□			◎

(凡例)

◎：その節で主に扱うカテゴリー

○：その節の一部で扱うカテゴリー

※：その節に、当該カテゴリーで活用できる観測手法、解析法、整理法等が含まれる場合がある。

□：精度向上など観測充実のための補完情報となる場合がある。

## 第2章 水文・水理観測 第2節 降水量観測

### 目次

第2節	降水量観測	1
2.1	総説	1
2.2	降水量観測の方法	1
2.3	自記雨量計による観測	2
2.3.1	地上雨量観測所の配置	2
2.3.2	地上雨量観測所の設置場所の選定	4
2.3.3	地上雨量観測所が備えるべき設備	4
2.3.4	観測所台帳	6
2.3.5	地上降水量観測	6
2.4	レーダ雨量計による観測	7
2.4.1	レーダ雨量観測所の配置及び設置場所の選定	8
2.4.2	レーダ雨量観測所が備えるべき設備	9
2.4.3	観測所台帳	10
2.4.4	レーダ雨量観測	10
2.4.5	レーダ雨量観測所の維持及び管理	13
2.5	関連気象水文要素の観測	13

平成24年6月 版

## 第2章 水文・水理観測

### 第2節 降水量観測

#### 2.1 総説

##### <考え方>

本節は、降水量及び関連気象水文要素の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。

降水は、大気から地面に降下する水のことである。一般に、降雨と降雪に大別される。

降水量は、ある時間内に地表の水平面（又は地表の水平投影面）に達した降水の量であり、降水が平面上にたまったと仮定した場合の深さで表す。測定単位は mm である。

降水量観測は、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。

また、近年では、地球温暖化の進行に伴う気候変化による洪水や渇水等に与える影響が懸念されており、温暖化に伴う様々な影響への「適応策」を講じるためにも、長期にわたる同一品質の観測データの確保が必要である。

本節で主に扱うのは、本章 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 である（表 2-1-1 参照）。

得られた降水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。

##### <関連通知等>

- 1) 国土調査法，昭和 26 年 6 月 1 日法律第 180 号，最終改正：平成 23 年 5 月 2 日法律第 35 号。
- 2) 気象業務法，昭和 27 年 6 月 2 日法律第 165 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号。
- 3) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達。
- 4) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達。
- 5) 河川砂防技術基準同解説・計画編，国土交通省河川局，2005。
- 6) 河川砂防技術基準維持管理編（河川），国土交通省河川局，2011。
- 7) 地上気象観測指針，気象庁，気象業務支援センター，2002。

##### <参考となる資料>

本節に規定していない降水量観測の詳細な要領については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，（独）土木研究所編著，全日本建設技術協会，第 2 章 降水量観測，2002。

#### 2.2 降水量観測の方法

##### <標準>

降水量観測は、自記雨量計（自動記録装置を備えた雨量計）を用いた地上雨量観測を標準とする。

レーダ雨量計による観測は、面的な降水量分布を的確に評価するために必要であり、自記雨量計による観測に加えて実施する。

##### <例示>

降雨観測網から外れた離島や海上の降雨量が必要となる場合、主に地上雨量計の観測網が不

十分な発展途上国等での利用向けに研究開発されている人工衛星に搭載されたレーダやマイクロ波放射計の観測に基づく衛星雨量データを利用することで、部分的補完が可能な場合がある。衛星雨量は、一般に複数の衛星により観測されたデータを一定時間ごとに集計した複合プロダクトとして提供されている。たとえば、JAXA（宇宙航空研究開発機構）の GSMaP や NASA（米国航空宇宙局）の 3B42RT がある。自記雨量計による地上雨量データと異なる特性を十分理解した上で用いる必要がある。

#### <参考となる資料>

衛星雨量の特徴と利用に当たっての課題の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 深見和彦，小澤剛，猪俣広典：日本の河川情報技術による国際貢献 衛星観測雨量を用いた洪水予測技術の現状と課題，河川，pp.63-68，2010.

### 2. 3 自記雨量計による観測

#### <考え方>

降水量観測は、河川流域内の降水量分布とその定量的な降水量を把握することが重要であり、本節 2.3.1 地上雨量観測所の配置 に示すように適切な設置密度に配置された地上雨量計による観測が必要である。

また、地上雨量計観測は、面的な降水量分布の把握を補完するレーダ雨量計の精度管理を行う観点からも重要である。

特に、降水量観測結果が既往の河川計画の基本資料として利用され、今後も継続して用いられることが想定される観測所については、優先して観測を継続することが重要である。

なお、降水量観測は、気象業務法に基づき実施しなければならない。

#### <関連通知等>

- 1) 気象業務法，昭和 27 年 6 月 2 日法律第 165 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号.
- 2) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通事務次官通達，第 3 章観測.
- 3) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達，第 3 章観測の実施.

#### 2. 3. 1 地上雨量観測所の配置

##### <必須>

自記雨量計を設置する地上雨量観測所は、河川等の計画・管理上、適正な観測網となるように配置しなければならない。

##### <標準>

自記雨量計は、以下の基準に従い、設置することを標準とする。

- 1) 観測対象区域をおおむね均一の降水状況を示す地域に区分して、各地域に 1 観測所を配置するものとする。
- 2) ただし、おおむね均一の降水状況を示す地域に区分することが困難であるときは、観測対象区域をおおむね 50km<sup>2</sup> ごとの地域に区分して、各地域に 1 観測所を設置するものとする。
- 3) 河川構造物等の管理や急傾斜地の安全確保等のための降水量観測については、上記基準に



捉われず、必要に応じて個別に自記雨量観測所を設置することとする。  
 4) 気象庁による観測データ等、河川計画・管理上の目的に適合した属性・品質の降水量観測データが別途得られる場合には、それも考慮に入れた上で観測網を検討するものとする。

**<例 示>**

流出解析を行う観点から、その計算単位となる流域の平均降水量（面積雨量）を精度よく把握することが重要である。当該流域の面的な降水量分布特性をレーダや密な地上雨量計による観測等から把握し、流域平均としての降水量を精度よく把握できる観測網を設定することが望ましい。面的降水量分布特性が把握できる資料が存在しない場合、ある流域面積と地上雨量計設置密度に対して、把握できる面積雨量としての観測精度を簡易的に推定する手法として、橋本(1977)の研究事例がある。

それによると、面積雨量としての降水量観測の誤差は、次式で表される。

$$E_s = \frac{e_s}{\mu} = \frac{\sigma}{\mu} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \quad (2-2-1)$$

- ここに、 $\sigma$  : n個の観測所で得られた観測値の標準偏差
- $\mu$  : " 平均値
- $e_s$  : 標準誤差 (=  $\sigma / \sqrt{n}$ )
- $C_v$  : 変動係数 (=  $\sigma / \mu$ )
- $E_s$  : 標準相対誤差

変動係数 $C_v$ は、降雨特性や流域特性（大きさ、地形）によって異なる。

上式と利根川流域等における一雨連続雨量での $C_v$ の実測値から、雨量観測所数と観測誤差の関係を図 2-2-1 に示す。この図から、50km<sup>2</sup>に1台程度の雨量計の設置密度で一雨連続雨量の面積雨量誤差を10%程度以内に抑えることができるのは、流域面積が1,000km<sup>2</sup>程度以上の場合であることが読み取れる。流域内の降水分布に関する知見がなく雨量計をおおむね均一に配置しているなどの前提条件の下での結果であるが、支川や中小河川の河川管理におけるレーダ雨量による補完の必要性を示唆している。

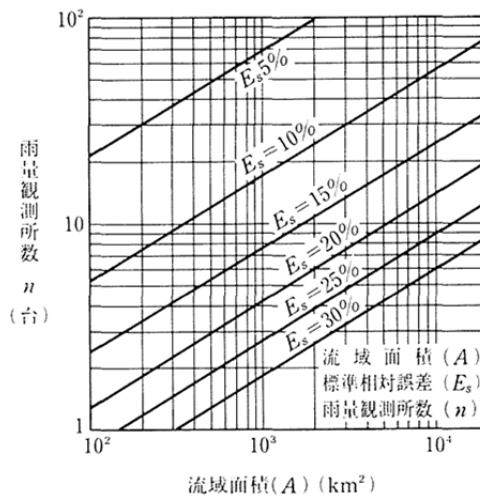


図2-2-1 雨量観測所数と観測誤差精度の関係

出典：橋本健，佐藤一郎：面積雨量の精度と雨量観測所数，土木技術資料，Vol. 16, No. 12, pp. 631-637, 1974.

### <参考となる資料>

自記雨量計の設置密度と面積雨量としての精度・信頼度との関係については、下記の資料が参考となる。

- 1) 橋本健：標本計画法による面積雨量の精度及び信頼度の評価に関する研究，土木研究所報告，No. 149，1977.

## 2. 3. 2 地上雨量観測所の設置場所の選定

### <標準>

地上雨量計は、その雨量計が代表することを期待される当該地点並びにその周辺領域の降水量を適正に計測できる場所に設置することを基本とする。

原則として、以下の事項に掲げる条件に適合することを基本とする。

- 1) 地形の狭窄や急変等により気流や降水が特殊な値を示すようなことがない地点であること。
- 2) おおむね 10m 四方以上の広さの開放された土地であって、局所的な気流の変化が少ないこと。
- 3) 豪雨時に浸水や崖崩れのおそれがないこと。
- 4) 観測や巡回点検に便利であること。

### <関連通知等>

- 1) 地上気象観測指針，気象庁，気象業務支援センター，第 7 章 降水量及び積雪・降雪の深さの観測，7・2・3 観測条件，p. 53，2002.

### <参考となる資料>

本項に規定していない詳細な要領については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第 2 章 降水量観測，2・2・2 観測所の位置選定，2002.

## 2. 3. 3 地上雨量観測所が備えるべき設備

### (1) 雨量計

#### <必須>

降水量観測用の雨量計は、「気象業務法」及びこれに基づく「気象測器検定規則」に適合したものでなければならない。

また、雨量計は、以下の事項に対応しなければならない。

- 1) 雨量計の受水口は水平に設置するとともに、風の影響が著しいと思われる観測所では、受水口に風よけを付けること。
- 2) 凍結が生じるおそれのある地点では、凍結防止機能の付いた雨量計（たとえば、温水式雨量計、ヒータ付雨量計等）を用いること。
- 3) 降雪による降水量を観測する観測所では、温水式雨量計若しくは溢水式雨量計を用いるとともに、常に積雪面上に受水口が出ているように設置すること。

#### <標準>

雨量計の受水口の直径は 20cm を標準とする。

設置地点の制約により観測局舎の屋上等に雨量計を設置する場合には、たとえば屋上の中央部に雨量計を設置するなど、局所的な気流の影響を受けないように配慮するものとする。

#### <関連通知等>

- 1) 地上気象観測指針，気象庁，気象業務支援センター，第7章 降水量及び積雪・降雪の深さの観測，7・3 転倒ます型雨量計による観測，pp. 53-55，2002.

#### <参考となる資料>

雨量計の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第2章 降水量観測，2・3 雨量観測器械，2002.

### (2) 自動記録装置

#### <標準>

地上雨量観測所には、自記紙やデータロガー等の自記記録装置を設置することを標準とする。

自動記録装置は、無人・自動での確実な観測データ記録と定期的なデータ収集に支障のないように設置することを標準とする。

### (3) 自動データ伝送装置

#### <必須>

河川管理・施設管理上、リアルタイム観測が必要な自動雨量観測所は、求められる時間の降水量を的確に伝送できる自動データ伝送装置（テレメータ等）を備えなければならない。

自動データ伝送装置は、「電気通信施設設計要領（案）（通信編）」に基づき設計されたものでなければならない。

#### <標準>

自動データ伝送装置は、10分以下の観測間隔の機能を有するものを標準とする。

#### <関連通知等>

- 1) 電気通信施設設計要領（案）（通信編），平成14年2月28日，国技電第57号，国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室長通知。

### (4) 標識

#### <必須>

地上雨量観測所には標識を設置しなければならない。

標識には、観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度（世界測地系）、標高、観測所記号を記載する。

### (5) 観測小屋

#### <必須>

地上雨量観測所には、観測小屋、柵を設置することとし、観測小屋は雨量計による観測の障害物とならないように設置しなければならない。ただし、設備の特性や設置条件等により、不要と判断できる場合は設置しなくてもよい。

## 2. 3. 4 観測所台帳

### < 必 須 >

地上雨量観測所を設置した場合には、雨量観測所台帳及び付図を作成しなければならない。  
台帳には、雨量観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載する。雨量計等の移設や交換等の変更が生じた場合には、気象業務法上の届け出とともに、台帳への記載加筆を速やかに実施しなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

地上雨量観測所には、雨量観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。ただし、観測小屋を設置していない場合はその限りではない。

雨量観測所を新設・変更・廃止する場合は、気象業務法上の届け出を行う。

### < 関連通知等 >

- 1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通事務次官通達，第 2 章 観測所の配置及び設置.
- 2) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達，第 2 章 観測所.

### < 参考となる資料 >

標識・観測小屋・観測所台帳の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第 2 章 降水量観測，2・4 観測施設，2002.

## 2. 3. 5 地上降水量観測

### (1) 観測の実施

#### < 必 須 >

降水量の観測の実施に当たっては、「水文観測業務規程」及び「水文観測業務規程細則」の定め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，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通事務次官通達，第 2 章 観測所の配置及び設置.
- 2) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達，第 2 章 観測所.

### < 参考となる資料 >

本項に規定していない観測の実施の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第 2 章 降水量観測，2・5 観測，2002.

### (2) 地上雨量観測所の維持及び管理

#### < 必 須 >

観測所の維持及び管理の実施に際しては、「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 の定めに従わなければならない。

また、観測所ごとに維持管理に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。

#### <標準>

観測所の点検は、観測所の維持管理において最も重要である。点検については、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせて実施することを基本とする。

- 1) 総合点検は、年1～2回程度（出水期前後等。必要に応じて回数を増やす。）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の内部に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行う。この点検は、測定部（受水部）、記録部、器械類の故障の有無を確認し、観測データの精度向上を図ることを主たる目的としている。
- 2) 定期点検は、月1回以上（総合点検を除いた月）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の外部に対して目視による点検を中心に行う。この点検は、測定部（受水部）、記録部、器械類の機能障害等の異常を早期に発見し、観測データの欠測や異常値を生じさせないことを主たる目的とする。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第7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14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達，第8章 観測所の維持管理等.

#### <参考となる資料>

本項に規定していない観測所の維持管理の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第2章 降水量観測，2・6 観測所の維持管理，2002.

## 2.4 レーダ雨量計による観測

#### <考え方>

レーダ雨量計は、即時性や空間的な網羅性等、降水量の時空間的な把握が容易であるなどの特長を有しており、面的な降水量分布や面積雨量を把握するのに適している。ただし、レーダ雨量計は、数百mから数km程度上空にある雨滴を計測対象としており、地上雨量計と観測対象が異なることに留意する必要がある。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通事務次官通達.
- 2) 水文観測業務規程細則，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達.

#### <参考となる資料>

レーダ雨量計による降水量観測の特徴と、地上雨量計観測値との関係・差異に関する議論については、下記の資料が参考となる。

- 1) 深見和彦：レーダ雨量計利活用の前提となる観測精度の実態と今後の研究課題，河川，No.716，pp.40-46，2006.

## 2.4.1 レーダ雨量観測所の配置及び設置場所の選定

### <標準>

Cバンドレーダ雨量計においては、半径120km、XバンドMPレーダ雨量計については、半径60kmを目安に定量観測範囲として設定する。

レーダ雨量計の特長を最大限に活用し、地上雨量計観測網と連携することで、対象流域の面積雨量を精度よく把握する運用を可能にするために、レーダ雨量計網を配置することを標準とする。

特に電波を活用した計測器械については、以下の事項を考慮することが必要である。

- 1) 既設のほかの無線局との干渉を可能な限り避けるように配置する。
- 2) レーダの観測距離、レーダビームの減衰や遮蔽並びに観測高度、グラウンドクラッタ等（大地や海面等からの不要反射）を総合的に考慮して配置する。
- 3) レーダビームの減衰が大きいXバンドレーダ等については、観測領域を複数のレーダでカバーすることにも留意する。

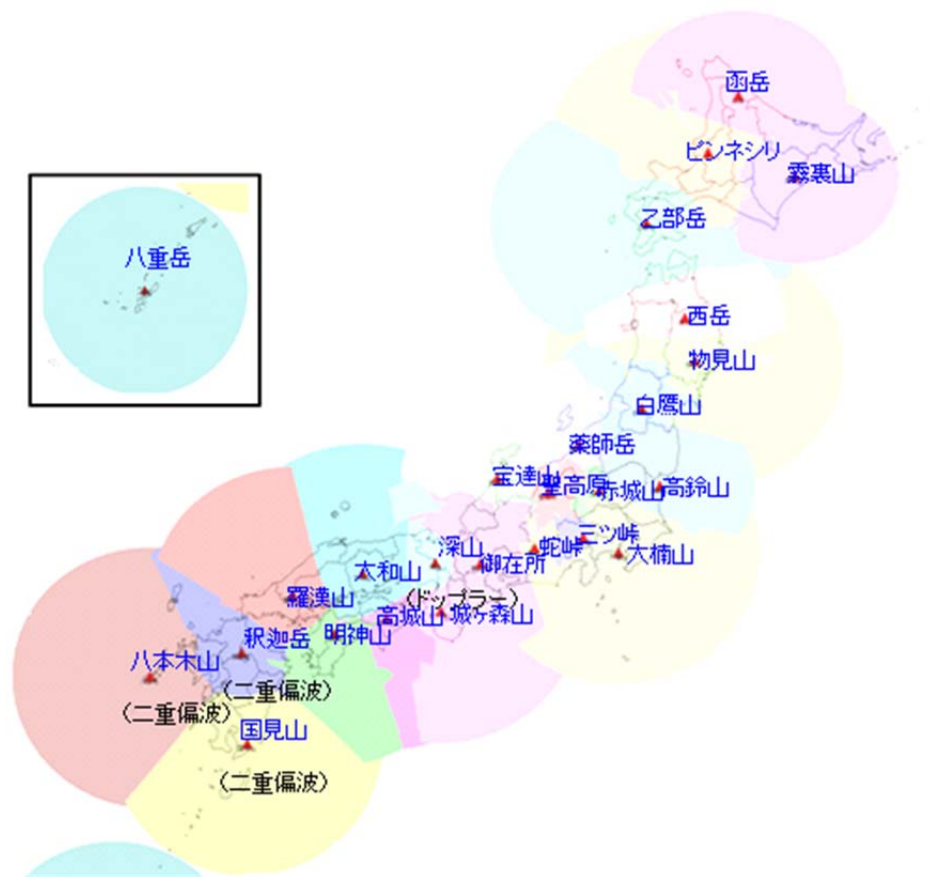


図2-2-2 レーダ雨量計（Cバンドレーダ）配置図（平成23年12月1日現在）

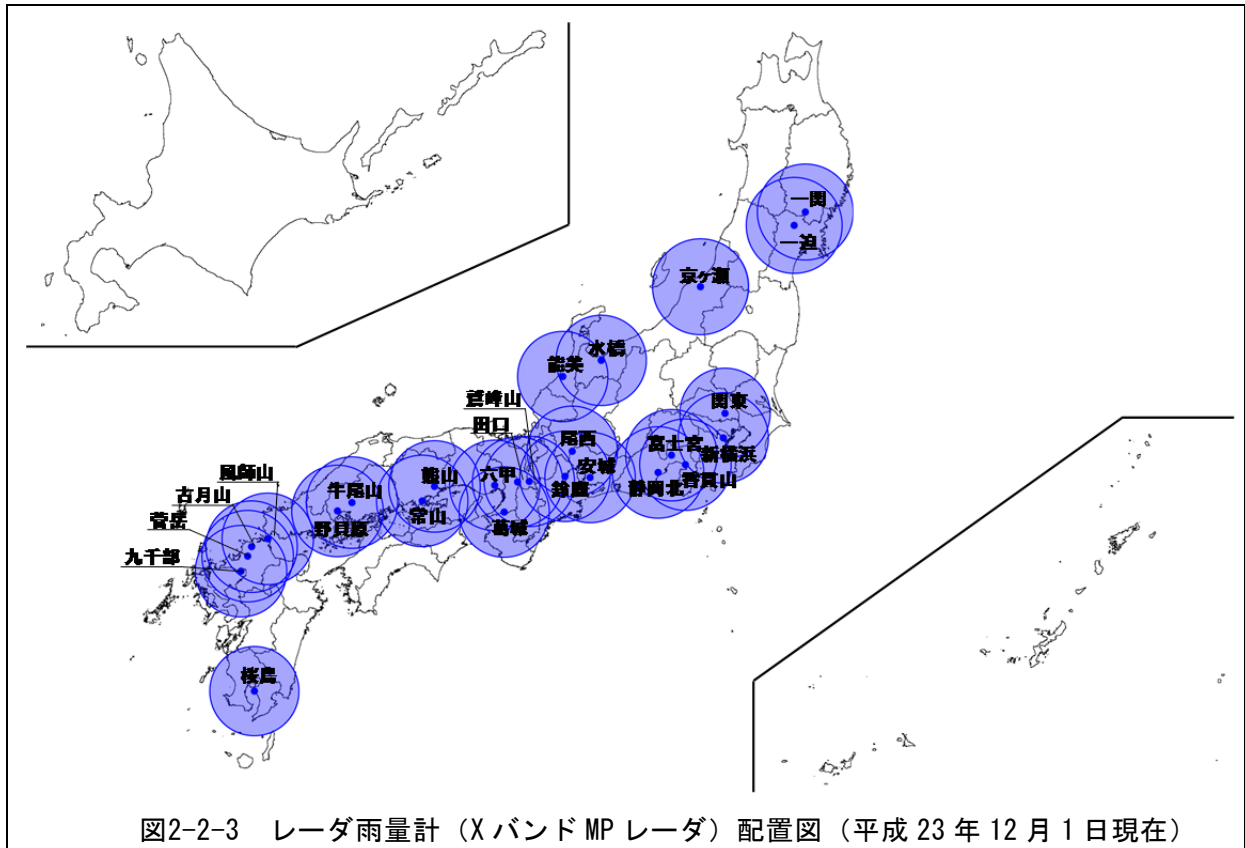


図2-2-3 レーダ雨量計（XバンドMPレーダ）配置図（平成23年12月1日現在）

## 2.4.2 レーダ雨量観測所が備えるべき設備

### (1) 総説

#### <必須>

レーダ雨量計のシステム一式は、空中線装置、空中線制御装置、マイクロ波送受信装置、信号・データ処理・表示装置、データ記録装置、付属装置（レドーム、導波管、避雷器、電源等）から成る。詳細は、「電気通信施設設計要領（案）（情報通信システム編）及び（通信編）」によるものとする。

### (2) 標識

#### <必須>

レーダ雨量観測所には、標識を設置しなければならない。

標識には、観測所名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度（世界測地系）、レーダ設置標高、観測所記号を記載する。

### (3) 付帯施設

#### <必須>

レーダ雨量観測所には、安全施設として柵等を設置しなければならない。

レーダ雨量観測所を設置する場合、周辺の無線局に与える干渉を防止する対策、並びに、ほかの無線局からの混入電波による観測精度低下を防止する被干渉対策を行わなければならない。

### 2. 4. 3 観測所台帳

#### <必須>

レーダ雨量観測所を設置した場合には、レーダ雨量観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

レーダ雨量観測所台帳には、雨量観測所の位置や施設構造等に関する諸元を記載する。雨量計等の移設や交換等の変更が生じた場合には、台帳への記載を速やかに実施しなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

レーダ雨量観測所には、レーダ雨量観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通事務次官通達，第 2 章 観測所の配置及び設置.
- 2) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達，第 2 章 観測所.
- 3) 電気通信施設設計要領（案）（情報通信システム編）及び（通信編），平成 14 年 2 月 28 日，国技電第 57 号，国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室長通知.

### 2. 4. 4 レーダ雨量観測

#### （1）レーダ雨量計の分類

#### <考え方>

レーダ雨量計は、以下に示すような幾つかの観点から分類されることが多い。

##### 1) 用いる電波（マイクロ波）の周波数

我が国では、Cバンド（5GHz帯）若しくはXバンド（10GHz帯）が一般に用いられる。Cバンドは、波長が長く降雨減衰の影響が比較的少ないため、広域観測に適している。一方、Xバンドは、波長が短く降雨減衰の影響が大きいため広域観測には適さないが、降水量観測の感度が高く、空中線等のサイズが小さくシステム全体を小型化できるなどの利点がある。

##### 2) 複数の偏波により測定する機能

1980年代前半までは、全てのレーダ雨量計は単一の偏波（水平若しくは垂直偏波）のみの送信・受信を行う単偏波レーダであった。その後、複数の偏波（水平及び垂直偏波）での送信・受信を行う二重偏波レーダが開発され、実用化が進みつつある。

##### 3) 位相を測定する機能

雨滴からのマイクロ波後方散乱による受信電力値のみを計測する従来のレーダは、ノンコヒーレントレーダと呼ぶ。一方、近年の二重偏波レーダでは、電力値のみならず後方散乱波の位相を計測できるコヒーレントレーダが一般的となっている。

なお、複数の偏波で位相を測定する機能を有するレーダは、マルチパラメータレーダ（MPレーダ）とも呼ばれる。ある周波数での単一の偏波での受信電力値のみを計測する従来型のノンコヒーレント単偏波レーダに較べて、MPレーダは、複数の計測パラメータを駆使することができることから、より高精度に降水量分布を計測できる。



#### 4) ドップラー速度を測定する機能

ドップラー速度を測定する機能を有するレーダとは、風で流される雨滴からの後方散乱波におけるドップラー効果による周波数変移を計測することで、雨域移動速度を計測する機能を有するレーダである。単独1台のドップラーレーダの場合は、VAD(Velocity Azimuth Display)法やVVP(Velocity Volume Processing)法により、水平風の場合を近似的に推定できる。2台以上のドップラーレーダの情報が活用できる場合は、より仮定の少ない近似で3次元風速場を推定することが可能となる。

#### <参考となる資料>

VAD(Velocity Azimuth Display)法やVVP(Velocity Volume Processing)法に関しては、下記の資料が参考となる。

- 1) 石原正仁:1台のドップラーレーダによる大気下層の水平発散の検出—1台と2台の観測結果の比較を基にした検討—, レーダー気象学; ドップラーレーダー; 観測技術, 1991.

### (2) 観測・運用モードの設定

#### <必須>

観測・運用に当たっては、以下の事項を考慮して、仰角、回転速度、メッシュサイズ（雨量値を算出する単位エリアの分解能）を設定しなければならない。

- 1) 各メッシュにおける雨量観測に必要な受信電力値のダイナミックレンジ（観測可能な雨量強度の幅）と精度を確保すること。
- 2) 降水量観測の時空間分解能と、広い観測範囲を確保すること。
- 3) 山岳等による遮蔽率を下げること。
- 4) 大地や海面等からの不要反射（グラウンドクラッタ等）を抑制すること。
- 5) 複数レーダ雨量計の情報を合成する際の降水量値の不連続性を抑制すること。

#### <推奨>

上記の条件を満たすために、必要に応じて複数の仰角による観測を行う。一般に低い仰角による観測は精度が高い一方、山岳等による遮蔽により観測範囲が狭くなるというトレードオフの関係にあり、上述の必須条件を同時に満たすことが困難な場合、必要に応じて複数の仰角による観測を行い、観測値の平均等により、雨量を算出することが望ましい。

### (3) レーダ雨量の算出と精度管理手法

#### <必須>

レーダ雨量計から得られる情報を降水量に変換する方法については、レーダ雨量計の種類によって幾つかの方法が存在する。いずれの方法を採用する場合も、その方法で必要とされる諸定数については、地上降水量観測値との比較分析をとおして、観測対象としている降水現象の平均的な特性を代表できるように適切に設定しなければならない。

#### <標準>

レーダ雨量計から得られる情報を降水量に変換する方法に必要なとされる諸定数の妥当性については、原則として年1回は再確認し、必要に応じて見直しを行うことを標準とする。レーダ雨量計観測装置の更新を行った場合も同様である。

### <標準>

単偏波レーダ雨量計の場合は、受信電力値からレーダ方程式により求められる反射因子  $Z$  と降水強度  $R$  との関係 ( $Z$ - $R$  関係) を経験的なべき乗式で関係づける  $B\beta$  法により、降水強度の初期算出を行うことを標準とする。

$B$ 、 $\beta$  定数の算出に当たっては、 $Z$ - $R$  関係両対数図において、ある  $Z$  値レベル (層) ごとに  $R$  平均値を算出した上で、そのプロット群を最適に表現する直線式の傾きから  $B$ 、 $\beta$  を求める層別平均値法を用いることを標準とする。

二重偏波レーダ雨量計の場合は、 $B\beta$  法に加え、偏波間位相差変化率 ( $K_{dp}$ ) から降水強度を算出する  $K_{dp}$  法等、多偏波受信電力値、位相情報及びドップラー速度データといった複数の情報を適宜組み合わせながら有効に活用することで  $B\beta$  法を上回る降水量観測精度を確保できる手法を併せて検討し、その成果を観測手法に反映させることを標準とする。

### <推奨>

単偏波レーダ雨量計の場合、 $B\beta$  法では、降水粒子の形態の粒径分布等の変動等によって  $Z$ - $R$  関係式が変動し、降水量観測の誤差要因となるため、それを抑制するために自動データ転送装置 (テレメータ) による地上雨量計データを用いたオンライン補正処理を行うことが望ましい。

その場合、レーダ雨量計が直接の計測対象としている空間の平均降水量観測値を評価する観点からは、レーダ雨量計観測値だけでなく、地上雨量計観測値にも面積雨量評価値として不確かさが含まれていること (2.3.1 地上雨量観測所の配置 の<例示>を参照) を踏まえた上で、複数の地上雨量計データに適切な重みを加えたオンライン補正処理を行うことが望ましい。

### <例示>

レーダ雨量計のあるメッシュ値に対する補正係数を決めるために考慮すべき地上雨量計の範囲と重みを最適化する方法として、降水強度によって異なる空間相関性を考慮したダイナミックウィンドウ法がある。

### <参考となる資料>

ダイナミックウィンドウ法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 河川情報センター：レーダ雨量補正・配信システム，特開 2002-350560，2002-12-4。

## (4) 同時刻補正

### <標準>

単偏波レーダ雨量計による降水量データについては、オンライン補正処理が品質照査の行われていない未確定の地上雨量値を基にした補正であること、過去時間の補正值を現在時間のレーダ雨量に外挿していることなどの課題があることを踏まえ、レーダ雨量及び高度照査後の地上雨量の観測時刻を一致させて補正を行う同時刻補正処理を行うことを標準とする。

### <参考となる資料>

レーダ雨量計による降水量観測の原理や用語の詳細及び国内外における最新の技術開発研究の動向については、下記の資料が参考となる。

- 1) 中北英一：レーダーによる降雨観測と予測の最新動向について，河川，No. 762，pp. 20-27，2010。
- 2) 吉野文雄著：レーダ水文学，pp. 175，森北出版，2002。

- 3) 深尾昌一郎，浜津亨助著：気象と大気のレーダーリモートセンシング，pp.491，京都大学出版会，2005.

## 2.4.5 レーダ雨量観測所の維持及び管理

### <必須>

観測所の維持及び管理の実施に際しては、「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 の定め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。

また、レーダ雨量計システムを構成するレーダ雨量観測所、合成処理装置、補正処理装置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。

### <標準>

レーダ雨量計システムにおいては、レーダ雨量観測所に加えて、合成処理装置、補正処理装置についても適切に点検することが重要である。点検については、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせることを基本とする。それぞれにおいて、点検すべき主要な事項は以下を標準とする。

- 1) 総合点検は、年1回又は6か月ごとに実施し、対象とする施設・設備において特に器械類の内部や観測に重要な装置に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行うものである。  
この点検は、送受信装置、信号処理装置、駆動部等の故障確認及び測定器による計測により観測データの精度向上が図られるよう保守及び校正を行うことを目的とする。
- 2) 定期点検は、3か月ごとに実施するものとし、対象とする設備において器械類の外部に対して目視による点検や器械類の動作状況の確認を行うことを標準とする。この点検は、送受信装置、信号処理装置、駆動部等における機能の異常を早期に発見し、データの欠測が生じないように点検することを目的とする。
- 3) 合成処理装置、補正処理装置については、電子計算機システムの点検に準じて行う。

### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第7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14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達，第8章 観測所の維持管理等.

## 2.5 関連気象水文要素の観測

### <標準>

降水量・水位や流量のほか、以下に挙げるような関連する気象水文要素について、必要に応じて選択して観測することを標準とする。

- 1) 降雪深、積雪量
- 2) 降水のpH、溶存成分等
- 3) 蒸発量、蒸発散量
- 4) 気温、湿度
- 5) 風向・風速
- 6) 日射量

## 7) 気圧

### <標準>

関連気象水文要素の観測を行う場合においても、無人での連続的な観測を可能とするために、自動記録装置（データロガー等）を併置することを標準とする。

観測器械や自動記録装置等の収納や標識の設置、観測所台帳・点検記録簿等については、本節 2.3.3 (5) 観測小屋 及び 2.3.4 観測所台帳 と同様に行うことを標準とする。

また、点検及び維持管理については、本節 2.3.5(2) 地上雨量観測所の維持及び管理 と同様に行うことを標準とする。

### <標準>

観測方法については、「地上気象観測指針」に準拠することを標準とする。ただし、降雪深、積雪量、蒸発量、蒸発散量については、気象学的な厳密な観測手法だけではなく、水文学的な評価手法（たとえば、蒸発散量を水収支法により推定する方法等）もあり、観測値に求められる精度と利用できるリソースを総合的に判断することで評価手法を選定するものとする。

### <推奨>

リアルタイムでのモニタリングが必要となる場合は、降水量観測等と同様に自動データ転送装置を併置することが望ましい。

### <関連通知等>

- 1) 地上気象観測指針，気象庁，気象業務支援センター，2002.
- 2) 気象観測の手引き，気象庁，1998.

### <参考となる資料>

本項に規定していない関連気象水文要素の観測方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測：国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第2章 降水量観測，2・7 降雪量の観測，2・9 その他の水文気象要素の観測，2002.

## 第2章 水文・水理観測 第3節 水位観測

### 目次

第3節	水位観測	1
3.1	総説	1
3.2	水位の基準面の取り方	1
3.3	水位観測の方法	2
3.4	水位観測所の配置と設置	3
3.4.1	水位観測所の配置	3
3.4.2	水位観測所の設置場所の選定	4
3.5	水位観測所が備えるべき設備	5
3.5.1	総説	5
3.5.2	自記水位計	5
3.5.3	水位標	7
3.5.4	水準基標	8
3.5.5	標識	8
3.6	観測所台帳	8
3.7	水位観測	9
3.7.1	自記水位計による観測	9
3.7.2	水位観測システムの二重化	9
3.8	水位観測所の維持及び管理	9
3.9	洪水痕跡水位調査	10
3.9.1	総説	10
3.9.2	洪水痕跡水位の測定法	11

## 第2章 水文・水理観測

### 第3節 水位観測

#### 3.1 総説

##### <考え方>

本節は、水位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。

水位とは、ある基準面からの水面の高さであり、河川、湖沼、貯水池、遊水地、内水及び河口等の水文・水理現象を把握することを目的として観測を行う。その観測結果は、当該地点における水位の把握のほか、個別地点の水深やほかの地点との関係の中での水位差・水面形・水面勾配に換算したり、本章 第 4 節 流量観測 で記述する流量や流速に変換したりすることで活用される。

水位観測は、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の、最も基本的な調査項目の一つである。

本節で主に扱うのは、本章第 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 の水位観測について述べている。ただし本節 3.9 では、実務上の重要性に鑑み、カテゴリー 2 に属する洪水痕跡水位調査を記載している。

得られた水位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。

##### <関連通知等>

- 1) 国土調査法，昭和 26 年 6 月 1 日法律第 180 号，最終改正：平成 23 年 5 月 2 日法律第 35 号。
- 2) 気象業務法，昭和 27 年 6 月 2 日法律第 165 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号。
- 3) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達。
- 4) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達。
- 5) 河川砂防技術基準同解説・計画編，国土交通省河川局，2005。
- 6) 河川砂防技術基準維持管理編（河川），国土交通省河川局，2011。

##### <参考となる資料>

水位観測の詳細な要領については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第 3 章 水位観測，2002。

#### 3.2 水位の基準面の取り方

##### <考え方>

水位の測定表示単位は、m とし、読み取り最小単位は、1/100m とする。

水位の基準面の取り方には、主に以下の 3 種類がある。

- 1) 水位観測地点において、当該地点独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
- 2) ある水系内の上流から下流に至る観測所間での水位の相互関係を明らかにするため、当該水系独自の基準面を設定し、そこからの水面の高さとする方法。
- 3) 東京湾平均海面 (T.P.) を基準面とし、そこからの水面の高さとする方法。

上記 1) の基準面の取り方は、水位観測の目的（水防活動の基準等）や河川断面・堤内地標高等の特性を考慮して最も適切な基準面（零点高）を地先ごとに定める方法である。

しかし、それだけでは、複数地点の水位を比較することができないことから、水系一貫の河川計画・管理を行う場合には、上記 2)、3) のように当該水系における統一基準面を設定した上での基準面の取り方が有効となる。上記 3) の基準面の取り方は、水面の標高表示といえるものであり、水系をまたがる全国統一基準面での水位となる。水系内の統一基準面を T.P. とすることが多いが、水系により独自の統一基準面を設定している例（利根川水系：Y.P.、荒川・多摩川水系：A.P.、淀川水系：O.P.等）もある。

また、水位は、河川・湖沼等における流れ、貯留量等を把握するための基本量であることから、一般には波浪の影響を受けない平均的な水面の高さを測定する必要がある。このことから、水位は、波浪の影響を受ける瞬時値ではなく、当該地点の水利特性を表す時間平均値として計測することが必要である。

#### <参考となる資料>

水位観測の基準面や表示の概念の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，3・1 概説，2002.

### 3. 3 水位観測の方法

#### <標準>

カテゴリ 1 の水位観測は自記水位計による観測を標準とし、必要に応じて水位標による観測によって補完するものとする。

<例 示>

河川等の調査でよく使われている水位計には次のようなものがある。

表2-3-1 主な水位計の種類

検出方式	機器名称	説明
接触型 フロート式	フロート式水位計	水面に浮かべたフロートと錘とをワイヤーで結び、そのワイヤーを滑車にかけて、回転量を記録する。設置については観測井が必要である。
	リードスイッチ式水位計	水中に測定柱を立て、その中に磁石の付いたフロートと一定間隔に並んだリードスイッチを配置するフロートの上下によるスイッチの ON/OFF により水位を測定する。設置のためにH鋼などの支柱が必要である。
接触型 圧力式	気泡式水位計	水深と水圧が比例することから、水中に開口した管から気泡を出すときに必要な圧力を測定し、機械的または電氣的な変換により水位を測定。気泡管を水中に固定するだけで設置は簡易である。気泡発生装置が必要である。
	水圧式水位計	水中に設置された圧力センサーの信号を電氣的に変換して水位を測定する。電池で長時間作動し、データを記録するロガー付きの小型タイプのものであれば、現場に機器を取り付けるだけで、比較的簡単に水位の時間変化測定を行うことができ、簡易観測*にも用いることができる。
非接触型	超音波式水位計 電波式水位計	超音波又は電波送受波器を水面の鉛直上方に取り付け、超音波が水面に当たって戻ってくるまでの時間を測定することにより、水位を測定する。非接触型であるため、流路の変動時に対処しやすい。
	CCTV	橋脚や護岸など水面輝度の違いを認識できる場所を利用して、CCTV カメラから水面位置を認識し、事前測量データと組み合わせることで水位を測量する。既存の施設を活用できるが、精度は上記の水位計群よりも劣るため、簡易観測*に適している。

簡易観測\*：精度を確保した長期的な統計資料として活用することを主目的とせず、概略的、緊急的、若しくは臨時的に、洪水時の特定の水理・水文状況等について個別具体的に設定し、それに適した簡易的な方法・センサ等で観測することを指す。本章の第1節 総論 カテゴリー2やカテゴリー3の観測において有効となる。重要区間等で水位を密に把握するために設置するデータ発信機能付きのアドホック型水位計による観測や、本節の3.9 洪水痕跡水位調査での利用が考えられる最高水位計（洪水後に最高水位のみが把握できるように工夫された水位計）による観測は、その具体例である。

### 3.4 水位観測所の配置と設置

#### 3.4.1 水位観測所の配置

<必須>

水位観測所あるいは観測地点は、本章の第1節 総説 に述べた3つのカテゴリーのどれに該当するかに応じて、その配置を検討しなければならない。

本節で主対象としているカテゴリー1については、水系全体から見た適正な観測網を考慮して、カテゴリー1の観測趣旨に合うように、河川等の計画、管理上、重要な地点に配置しなければならない。

<推奨>

水系全体から見た適正な観測網を構成する重要な地点としては、以下の地点を選定すること



が望ましい。

- 1) 重要支派川の分合流前後、堰・水門等の上下流
- 2) 流量を観測する地点
- 3) 狭窄部、遊水地、湖沼、貯水池、内水及び河口等の水理状況を知るために必要な地点

なお、洪水時に水位流量曲線がループを描く流量観測所では、近隣の水位観測所との水位差（水面勾配）を考慮に入れた水位流量曲線を導入することにより、流量観測精度が高くなる場合がある。その場合は、当該観測所の上下流地点にも水位観測所を別途設置することが望ましい。

一方、近年、中小河川や河川上流部・支川における水害発生が顕著となっており、従来よりもきめ細かな観測網による水位予測の精度の向上をとおして早期避難や的確な水防活動を実施するなどの危機管理体制の強化が必要となってきた。このようなカテゴリー2に属する水位観測を実施する場合は、既設の水位観測所を補完する場所に、簡易型水位計を設置し、簡易観測を実施することが望ましい。

### 3. 4. 2 水位観測所の設置場所の選定

#### <標準>

カテゴリー1の水位観測所は次の各項に掲げる条件を考慮し、要求される精度の観測が行える場所に設置することを標準とする。

- 1) 水流の乱れが少なく、流心が安定している場所
- 2) 流路や河床の変動が少ない場所
- 3) 観測所の維持管理が容易な場所
- 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

#### <推奨>

カテゴリー1の水位観測所の具体的な位置設定に当たっては、上記のほか、以下のような事項にも留意することが望ましい。

- 1) 湖沼・貯水池、場合によっては河川においても水面の振動現象（セイシュ）が発生して水位観測の精度が低下する場合がある。そのため、事前に調査を実施し、水面の振動現象が発生しない場所に設置する、又は振動の静止点（節ともよぶ）に観測所を設置するなどの対応が必要である。
- 2) 内水水位観測の場合には付近の地形・地物を考慮して代表性のある所を選ぶ必要がある。
- 3) 感潮河川の感潮区間上流で、感潮区間内ではないとされている地点においても、近時の河床低下等で潮汐の影響を受けていることがあるので、非感潮区間で観測する場合には、特に渇水期の大潮時に調査を行っておく必要がある。

#### <参考となる資料>

観測設備の配置・設置の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，3・2 観測所の配置と位置選定，2002.

### 3. 5 水位観測所が備えるべき設備

#### 3. 5. 1 総説

##### <標準>

カテゴリ1の水位観測所は、以下の設備等を備えることを標準とする。

- 1) 自記水位計（自動記録装置を含む。必要に応じて自動データ転送装置を含む。）
- 2) 水位標（量水標）及び水準基標
- 3) 標識

河川における水位標については、以下に示す水位の範囲を計測できるように設置することを標準とする。

計測下限：水位標については、既往の最低水位より 1m 以上低い水位。自記水位計については、既往の最低水位より 0.5m 以上低い水位。

計測上限：無堤区間の場合、計画高水位又は既往最高水位より 1m 以上高い水位。有堤区間では、堤防天端より 0.5m 以上高い水位。

河川以外に設置する水位計についても、その目的に照らして計測しておくべき範囲の水位を欠測しないように設置するものとする。

目的を低水計画・管理若しくは、高水計画・管理に明確に区別して絞り込むことができる場合は、いずれかの目的に対応する水位範囲のみを観測する設備としてもよい。

カテゴリ2やカテゴリ3等で行う簡易観測の設備は、観測目的に応じ、水位標・水準基標・標識を設置しなくてもよい。

##### <参考となる資料>

水位観測所の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，3・4 観測施設，2002.

#### 3. 5. 2 自記水位計

##### (1) 自記水位計が満たすべき要件

##### <必須>

カテゴリ1の観測に用いる自記水位計は、水位の時間平均値を記録・出力することができなければならない。ただし、自動記録装置として自記紙のみを採用し、かつ、自動データ伝送装置を備える必要のない自記水位計については、その限りではない。

データ処理・表示・記録等を担う主要部は、堅固な基礎の上で、洪水時にも冠水しない高さに据え付けなければならない。

水位の最小読み取り単位は 1/100m を原則とする。高い精度を要求される場合には、必要に応じて最小読取単位を小さくするものとする。

##### <標準>

水位計としての必要な性能を満たすことを証明する試験成績書が添付された水位計を使用することを標準とする。

## (2) 自記水位計の選定・設置

### <標準>

カテゴリー1の観測に用いる自記水位計の機種を選定及び設置に当たっては、水位計設置場所の水利特性や地形等に適合していること、目的に応じ洪水や濁水のような異常時も含めて計測すべき最低水位から最高水位まで継続的に安定したデータが取れること、必要精度を満足すること、設置地点の条件下において維持管理が容易であり、設置も含めた経費が適正であること等を総合的に判断して、機種と設置位置を選定するものとする。

### <例示>

主要な自記水位計について、選定に当たっての参考事項を以下に例示する。

表2-3-2 主な自記水位計の比較選定時における参考事項

水位計の種類	選定における参考事項
(1) フロート式水位計	センサ本体には電子部品がないため、電源異常や中断時の対応が容易であり、長期にわたる水位観測データの収集・蓄積において歴史的に大きな役割を果たしてきた実績がある。しかし、観測井・導水路を伴う施設整備が必要であり、河床変動・土砂輸送が激しい河川では、導水管の水流からの隔絶や土砂堆積による閉塞への対策が必要である。
(2) リードスイッチ式水位計	観測井が不要でH型鋼を利用して比較的容易に設置ができ、中下流部での観測に多く用いられる。低水から高水までの観測を確保するために、一般に同一断面に複数のセンサを設置する必要がある。流下物の影響を小さくするゴミよけ等の対策が必要である。
(3) 気泡式水位計	気泡が送気管から出るときの圧力を測る水位計である。以前に比べてシステム全体が小型化されており、海外では、適用事例は少なくない。
(4) 水圧式水位計	水中にセンサ部を設置すればよく、設置が容易である。しかし、動水圧の影響や、高速流・転石等によるセンサ流出・ケーブル破断、および、貯水池等での大水深計測時の水の密度変化の影響には注意が必要である。
(5) 超音波式水位計、電波式水位計	水面と全く接触せずに計測でき、観測断面内におけるセンサの設置位置の自由度が高いことから、高流速の地点や河床変動が激しく川筋が大きく変動する場所での設置に適している。センサ本体を空中に設置することから、風による振動や、設置土台の振動を抑制する必要がある。また、超音波式の場合、気温補正が必要である。
(6) CCTVを活用した水位計	既設のCCTVが活用できれば、橋脚等での水面を抽出することを通して、簡易的な水位の計測が可能であり、危機管理目的やより高度な河道管理への情報収集等を目的とした水位計測に用いることができる。橋脚を水面抽出の対象とする場合、橋脚による水位の乱れ（せき上げ等）の影響に注意が必要である。

### <参考となる資料>

自記水位計の種類ごとの特徴や留意事項については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，3・3 水位観測器械，2002.

## (3) 自動記録装置

### <必須>

水位観測所には、自記紙やデータロガー等の自動記録装置を設置しなければならない。

自動記録装置は、関連機材を収納することのできる観測小屋又は観測ボックス等の内部に設置し、無人・自動での確実な観測データ記録と定期的なデータ収集に支障のないようにしなければならない。

ただし、カテゴリー2やカテゴリー3等において実施する簡易観測を目的とした簡易水位計の場合はその限りではない。

#### <標準>

自記水位計のうち、デジタル的に水位を表示・記録する装置の場合は、1秒以下の時間間隔で水位の瞬時計測値を得ることができ、それらのある一定時間内で平均した値（波浪等の影響を除いた水位の観測値）について、10分以下の時間間隔で表示・記録できる機能を有していることを標準とする。

なお、水位瞬時計測値を水位観測値とするためのサンプリング間隔（瞬時計測の時間間隔）とその平均時間については、本節3.7.1自記水位計による観測によるものとする。

### (4) 自動データ転送装置

#### <必須>

リアルタイム観測が必要な水位観測所は、自動データ伝送装置（テレメータ等）を備えなければならない。

自動データ伝送装置は、「電気通信施設設計要領（案）（通信編）」に基づき設計されたものでなければならない。

#### <標準>

自動データ伝送装置は、10分以下の時間間隔でデータを転送できる機能を有するものを標準とする。

### 3.5.3 水位標

#### <必須>

水位標は、量水板を用いて水位を目視観測するための設備である。

量水板の最小目盛の単位は原則として1/100mとしなければならない。

ただし、高い精度が要求される場合には、必要に応じて最小読取単位を小さくするものとする。

水位標の零点の標高（零点高）は、水準基標を基準として測量しておかななければならない。これにより、本節3.2に述べた各種の水位表示法について、目的に応じていつでも相互に変換できるようにしておくものとする。

水位標の零点高は原則として既往最低水位以下としなければならない。ただし、上下流の近接する既設水位標の零点高との関連も考慮して定めるものとする。また、河床掘削計画等がある場合には、その影響を見込んで設定するものとする。

夜間や出水時の場合でも、目盛を正確に読み取ることができる箇所に水位標を設置しなければならない。

水位計測範囲を大きくとる必要がある川では、2m程度の支柱を護岸や堤防のり面に複数本設置し、水位上昇時においても、順次上位の水位標に読取を安全に引き継げるようにしなければならない。

その際、上位・下位の水位標目盛の重複は0.5m以上とする。

水位標の設置後においても、その零点高は少なくとも年1回は測定しなければならない。そ

の場合、水準器の読取の単位は1mmを用いる。

#### <標準>

零点高の変化が見られた場合、零点高の変化時点（洪水、地震等）が分かる場合にはその時点より、分からない場合は前年の測定時点より、水位観測値を補正することを原則とする。ただし、補正の単位は1/100mとする。

### 3.5.4 水準基標

#### <必須>

水準基標（水準拋標）は、水位観測所（水位標）の零点高と東京湾平均海面（T.P.）及び当該水系における独自の統一基準面がある場合にはその基準面との関係を定義するために、水位観測の近くに水準点に準じて必ず設置するものとする。やむを得ず距離標等で代用する場合は堅固な構造としなければならない。

定期的な水準測量により、その標高を常に明らかにしておかなければならない。

地盤沈下・隆起のある地域では、地盤変動していないと推定される水準点を基準として水準測量しなければならない。

#### <標準>

水準基標の測量精度は、2級水準測量とする。

### 3.5.5 標識

#### <必須>

水位観測所には、標識を設置し、必要に応じ観測小屋、柵を設置しなければならない。

標識には、観測所名、水系・河川名、設置者名、設置年月日、観測所所在地、緯度・経度、標高（水位標零点高）、河口又は合流点からの距離、指定水位（水防団待機水位）、警戒水位（はん濫注意水位）を記載する。

また、必要に応じて、既往最高水位、計画高水位、観測所番号等、参考となる事項を記載するものとする。

#### <参考となる資料>

標識に関わる詳細な内容については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，2002.

### 3.6 観測所台帳

#### <必須>

水位観測所を設置し水位観測を行う者は、水位観測所台帳及び付図を作成しなければならない。

台帳には、観測所の位置や施設構造等に関する諸元のほか、指定水位（水防団待機水位）、警戒水位（はん濫注意水位）及び計画高水位（はん濫危険水位）並びに水位標位置、零点高及び観測機器の変化等を記載し、観測条件の変遷を明らかにしておかなければならない。

水位観測所には、水位観測所台帳及び付図の写しを備え付けなければならない。

様式については「水文観測業務規程細則」に従わなければならない。

#### <参考となる資料>

観測所台帳に関する詳細な内容については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，2002.

### 3.7 水位観測

#### 3.7.1 自記水位計による観測

##### <標準>

自記水位計により計測した水位は、波浪の影響を排除するために、ある一定時間にサンプリングされた水位瞬時計測値群を対象として、その一定時間で平均した値を水位観測値として記録するものとする。

##### <推奨>

自記水位計のうち、デジタルによりに水位を表示・記録する装置の場合、瞬時計測値のサンプリング間隔や平均値を算定するための観測対象時間は、出水特性を考慮した上で波浪等の周期性を排除できるサンプリング間隔・平均手法を検討することが望ましい。

ただし、その検討が行われていない段階では、水位の瞬時計測値のサンプリング間隔を1秒、平均時間を全体で20秒以上、と設定してもよい。

##### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第6号，国土交通事務次官通達，第3章 観測.
- 2) 水文観測業務規程細則，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達，第3章 観測の実施.

#### <参考となる資料>

自記水位計による観測に関わる詳細な内容については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位観測，3・5 観測，2002.

#### 3.7.2 水位観測システムの二重化

##### <推奨>

カテゴリー1の観測において、河川計画・管理、危機管理上重要な水位観測所においては、データの欠測を極力防止するため、必要に応じて観測システムの二重化を図ることが望ましい。

観測システムの二重化を図る場合には、自記水位計の機種は異機種を原則とし、設置地点は、同一地点、少なくとも同一断面内を原則とする。やむを得ず、縦横断方向に位置がずれる場合には、相互の水位関係を把握しておくこととする。

また、主水位計と副水位計の切り替えを行う場合には、切り替えの基準を明確にしておくこととする。

### 3.8 水位観測所の維持及び管理

##### <必須>

観測設備の維持及び管理の実施に際しては、「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」の第8章 観測所の維持管理等 の定めに従わなければならない

い。

また、観測設備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。

#### <標準>

観測設備の点検は、観測設備の維持管理において最も重要である。点検は、以下に示す総合点検及び定期点検を組み合わせることを基本とする。それぞれにおいて点検すべき主要な事項は以下を標準とする。なお、これらの点検においては、水位標読取値と自記水位計記録値は必ず記録・比較し、自記水位計の校正をその都度図ることを原則とする。

- 1) 総合点検は、年1～2回程度（出水期前後等。必要に応じて回数を増やす。）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の内部に対して詳細点検を実施し、擬似テスト等による点検を含めた総合的な保守及び校正を行う。この点検は、測定部（センサ）、記録部、器械類の故障の有無を確認し、観測データの精度向上が図られるよう保守及び校正を行うことを主たる目的とする。
- 2) 定期点検は、月1回以上（総合点検を除いた月）とし、対象とする施設・設備において特に器械類の外部（表示値を含む）から判断できる点検を中心に行う。この点検は、測定部（センサ）、記録部、器械類の機能障害等の異常を早期に発見し、観測データの欠測や異常値を生じさせないことを主たる目的とする。なお、これらの点検においては、水位標読取値と自記水位計記録値を必ず記録・比較し、自記水位計の校正をその都度図ることを原則とする。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第6号，国土交通事務次官通達，第8章 観測所の及び管理。
- 2) 水文観測業務規程細則，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達，第8章 観測所の維持管理等。

#### <参考となる資料>

水位観測所の維持管理・点検の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第3章 水位調査，3・6 観測所の維持管理，2002。

### 3.9 洪水痕跡水位調査

#### 3.9.1 総説

##### <考え方>

洪水痕跡とは、堤防のり面等に繁茂する植生に付着した泥やゴミ等、当該洪水時に冠水したことを示す跡である。洪水痕跡水位は、任意の河道横断測線上において洪水痕跡が認められる最高地点の標高として測定するものである。多数の河道横断測線において痕跡水位を得ることで、当該出水時の左右岸に沿った最高水位の詳細な縦断分布を知ることができ、洪水流下のネック部（せき上げ）、河道の湾曲や砂州による左右岸の水位差、粗度係数等といった洪水の流下特性を調査するための基礎的データとして活用する。

本調査で得られる水位の精度は、本節3.9.2に後述するように、カテゴリ1の水位観測に比較して低いことが一般的である。また、痕跡であることから、その地点の最高水位を表すものであり、その生起時刻や水位の時間変化に関する情報は得られない。洪水痕跡水位調査には

このような短所がある一方、縦断方向に密な測定が可能で、縦断的な水位分布に関する詳細な情報を得られる可能性が高く、洪水時の観測の困難さから考えて、洪水痕跡調査を行うことが洪水流の特性を知る上で非常に重要と認識され、実施されてきたところである。こうした観点から、カテゴリ2の具体例として記載する。

なお近年は、表 2-3-1 に簡易観測として示したように、水位の時間変化を測定することが技術的にもコスト面でも容易になってきたことから、縦断方向に密で、かつ時間変化の情報まで得られる水位測定が可能となってきている。したがって、こうした水位測定方法を洪水痕跡水位測定に代わり採用する、あるいは併用するという選択肢があることを考慮しておくことが望ましい。

### 3. 9. 2 洪水痕跡水位の測定法

#### <標準>

痕跡水位の測定については、以下により実施することを標準とする。

- 1) ピーク水位発生後、なるべく早く痕跡の位置を測定すること。又は杭・マーカー等で印を付けて、後日測定すること。
- 2) 痕跡の判定は、河岸・高水敷・堤防のり面の植生に付着する泥によるものを基本とする。ただし、樹木や茎の固い草本植物では、洪水流中では倒伏していたものが出水後に立ち上がり、そのため痕跡による水位が実際より高い位置になる場合があるため、その採用に当たっては、他の植物種の痕跡と比較するなど注意を要する。また、高水護岸上では一般に泥の付着による痕跡の判定が困難であり、確実な痕跡水位を得ることができない。そうした区間が左右岸とも連続する河道区間では、最高水位のみを記録する簡易な水位計等を設置すること。
- 3) 泥が見られずゴミで判定する場合には、測定対象地点周辺の痕跡をできるだけ多く観察し、低いものを除外し、高さがおおむね一致するほぼ直線上に位置する痕跡群を採用すること。ただし、護岸の設置された堤防や河岸のり面上には、最高水位の位置にゴミが残らず、小段等平坦面上に集積する場合がある。それらのゴミも上記のように観察した結果、痕跡群として採用される場合がある。このような護岸上（特に小段等平坦面上）における痕跡は精度が低い可能性があるため、測定する際にその旨を記録しておくこと。また、そうした区間が左右岸とも連続する河道区間では、最高水位のみを記録する簡易な水位計等を設置すること。
- 4) 以上に基つき、左右岸で洪水痕跡水位を得る。洪水痕跡水位は少なくとも定期横断測線上で測定することとするが、低水路幅に比較して定期横断測線の間隔が大きい河川では、低水路幅と同程度の縦断間隔で少なくとも1個以上の洪水痕跡水位が得られるように測定すること。

#### <推奨>

洪水痕跡水位は、流量データと並んで粗度係数の逆算等、出水に関する水理検討の結果を大きく左右するので、その水位の精度についてより精度の高い水位測定値との比較から確認することを推奨する。

図 2-3-1 は、全国の河川を対象に、洪水痕跡水位に含まれる誤差と河床勾配との関係を示したものである。なお、誤差は、洪水痕跡水位の測定を行った断面（地点）内に設置してある自記水位計、普通水位計等により得られた水位を真値と仮定し次式により求めた。



$$\text{誤差} = (\text{洪水痕跡水位}) - (\text{水位計、普通水位計等により測定した水位}) \quad (2-3-1)$$

図 2-3-1 によると、河床勾配が大きいほどばらつきが大きく、またほぼ同一勾配の河川の誤差の分布特性に注目すると、零を中心にして、正負同様にばらつく傾向となった。ただし、誤差の原因についてはまだ十分には把握されていないことから、図 2-3-1 はあくまで参考とされたい。

上記を踏まえて、急勾配河川等痕跡のばらつきが大きい河川では、縦断間隔を短く、多地点で洪水痕跡水位を測定することが望ましい。

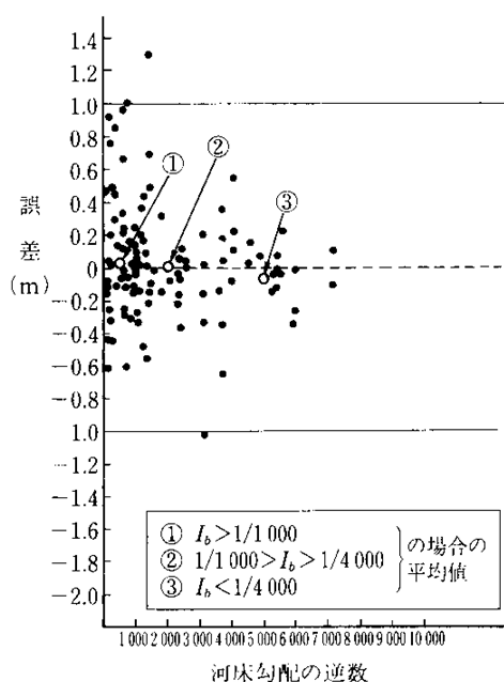


図2-3-1 洪水痕跡水位に含まれる誤差と河床勾配との関係

出典：河道特性に関する研究，建設省河川局治水課・土木研究所，第42回建設省技術研究会報告，1988.

## 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	8
4.4	観測	8
4.4.1	総説	8
4.4.2	観測回数	8
4.4.3	器材の管理	9
4.4.4	流速計の検定	9
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	10
4.4.7	安全確保のための留意事項	11
4.4.8	野帳への記録と保管	11
4.5	可搬式流速計による流速計測法	11
4.5.1	総説	11
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）	12
4.5.4	測定回数、測線と測点（精密法）	13
4.5.5	流量算出の手順	14
4.6	浮子による流速計測法（浮子測法）	16
4.6.1	総説	16
4.6.2	付帯施設	16
4.6.3	流速測線	17
4.6.4	浮子の種類	18
4.6.5	浮子による流速の測定	18
4.6.6	浮子測法による流量の算出	19
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	20
4.7.1	総説	20
4.7.2	流速分布計測の方法	20
4.7.3	流量の算出	22
4.8	非接触型流速計測法	23
4.8.1	総説	23
4.8.2	電波流速計の設置及び付帯施設	23

4. 8. 3	流量の算出	23
4. 8. 4	維持管理	24
4. 9	超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）	24
4. 9. 1	総説	24
4. 9. 2	超音波流速計測法による流速の測定	24
4. 9. 3	超音波流速計測法による流量の算出	25
4. 9. 4	維持管理	26
4. 10	水理構造物を用いる方法	26
4. 10. 1	総説	26
4. 10. 2	堰測法の種類と配慮事項	27
4. 10. 3	可動ゲートを有する堰における要件	27
4. 10. 4	越流水深の測定	27
4. 10. 5	堰測法による流量の算出	27
4. 11	流量の連続データの算出	28
4. 11. 1	総説	28
4. 11. 2	水位流量曲線の作成手法の基本	29
4. 11. 3	水位流量曲線の更新	30
4. 11. 4	曲線分離	30
4. 12	特殊な場所における流量観測	31
4. 12. 1	結氷河川における留意事項	31
4. 12. 2	河口感潮域における留意事項	32

## 第2章 水文・水理観測

### 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。

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。

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) 水利流量の見直し、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つのカテゴリのうちのカテゴリ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3.1、3.2にとって基本となる量であり、カテゴリ2においても対象となる可能性が高い。本節の内容は、それらのカテゴリの観測手法の検討にも役立つ情報を含むので、カテゴリ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。

##### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通事務次官通達。
- 2) 水文観測業務規程細則，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達。

##### <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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，2002。
- 2) 絵で見る水文観測，建設省中部地方建設局河川部河川調整課，社団法人中部建設協会，2001。
- 3) Guide to Hydrological Practice (Fifth ed.)，WMO，1994。
- 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学的知見に基づき流量を算出する間接計測法

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) 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。

#### <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	トレーサーによる流速計測法	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。	
	可搬式流速計	回転式流速計測法	横断面内点流速分布	回転する測定部を流水中に水没させ、その回転数から流速を測定する方法である。水車やプロペラを回転部を持つ横軸型（広井式流速計等）と円すい型のカップを回転部を持つ縦軸型（プライス流速計）に分類される。	
				可搬式電磁流速計測法	水中に電磁式の測定部を持つ流速計で、人工的に発生させた磁界の中を水が動くときに生じる起電圧から流速を測定する。
	流水にセンサを接触させる流速計測法	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。
		水中固定	超音波流速計測法（パルス伝播時間差法）	代表深さにおける平均流速	超音波の伝播速度が流れの方向では増加し、流れと逆方向には減少することを利用して、その差を測定して流速を求めるものである。送受信装置を測定箇所の上流・下流に設置し、水中に送波して測定する。
	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。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。	
	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。	
	非接触型流速計測法	連続観測可能	ドップラー型（電波式、超音波式）	表面流速	流れの表面に橋桁等に設置したセンサから電波もしくは超音波をある俯角をもって水面に向けて発射し、その反射波の周波数変化から表面流速を測定するシステムである。現状では、高水流量観測のみに利用可能。
			画像処理型（PIV法等）		洪水時に流下する流木やゴミあるいは波紋を河岸に設置したビデオカメラにより撮影し、画像解析から表面流速を測定するものである。局所的な流況分析に優れるが、天候・日照変化等の影響を受けやすい。
水理構造物法		堰測法等	水深	三角堰や台形堰を自由越流する際の越流水深を測定し、実験等により求められた流量公式により流量換算する方法である。	
水面勾配断面積法	非固定式観測法	勾配断面積法	水面勾配等	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。	

- ※ 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。
- ※ 「水面勾配断面積法」は、間接計測法の中の最も単純な手法の1つとして例示している。本章 第1節 総説 で説明したカテゴリ 3.1（表 2-1-1 参照）の観測の中で、対象河川

区間の水理システムの把握と併せ流量について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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，pp.376，第4章流量観測，2002.
- 2) Herschy: Hydrometry - Principles and Practices (2nd ed.), p.376, John Wiley & Sons, 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.

### 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>

流量観測所は、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) 水位観測所が設置できる場所
- 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行える場所  
(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)

浮子測法を用いる流量観測所では、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
- 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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第4章 流量観測，4・2 観測所の配置と位置選定，2002.



### 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) 水位観測所
- 2) 観測断面を指定する流量観測所横断線拠標
- 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) 水位観測所については、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) 流量観測所横断線拠標については、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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，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，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拠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 か所	<p>浮子測法の2か所の横断線拋標（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。</p> <p>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。</p>
上記以外	1 か所	流量観測を実施する断面に設定する。

<標準>

流量観測所に併置する水位観測所は、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) 水文観測, 国土交通省監修, (独)土木研究所編著, 全日本建設技術協会, 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, 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必要がある。

なお、河川横断面の深淺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14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達。

## 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14年4月22日，国河環第6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14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達，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），国土交通省河川局，2011。

## 4.4 観測

### 4.4.1 総説

#### <考え方>

本節4.4では、カテゴリー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な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ないように、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・頻度に関する議論については、下記の資料が参考となる。

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

### 4. 4. 4 流速計の検定

#### <必須>

流速計は、少なくとも毎年 1 回、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。

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・水文特性によって、個々の手順や基準にとらわれ、断面全体での流量観測値の精度を低下させてしまうことがある。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。

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、固定式流量観測手法の併設を行うなど、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、洪水時の浮子測法では緊急法として必要最小限の範囲で測線間隔拡大

を図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、救命具を着用する他、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 14 年 4 月 22 日，国河環第 7 号，国土交通省河川局長通達，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、下記の資料が参考資料となる。

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

#### <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.

#### <例 示>

なお、水深 50cm 未満の場合は、2割水深において流速計感部が水面上に出る可能性があるため、水深6割における1点法を採用している事例もある。

### (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) 水文観測, 国土交通省監修, (独)土木研究所編著, 全日本建設技術協会, 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), 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、測定の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) 水深は、往復 2 回測定した値を平均する。ただし、流量観測の開始時と終了時において水位を測定しておくこと。

- 2) 各流速測線における鉛直方向の平均流速は、同一測点で 2 回測定した値を平均して流速を求め、これを用いて測線ごとに次のいずれかにより求める。
  - a) 2 点法にあつてはそれぞれの測点平均流速を平均した値
  - b) 1 点法にあつては 1 点での測点平均流速値
  - 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。
- 3) 横断面中において 1 つの流速測線の鉛直方向平均流速値が代表する区分断面積は、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積は、台形近似により求めてもよい (図 2-4-1 参照)。
- 4) 流量は、1 つの流速測線における鉛直方向の平均流速と、対応する区分断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。
- 5) なお、兩岸に死水域があれば、その区分断面積の流量はゼロとする。
- 6) 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、設置型流量観測法によるリアルタイム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。

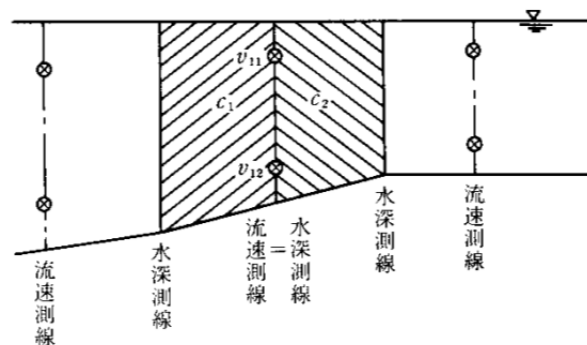
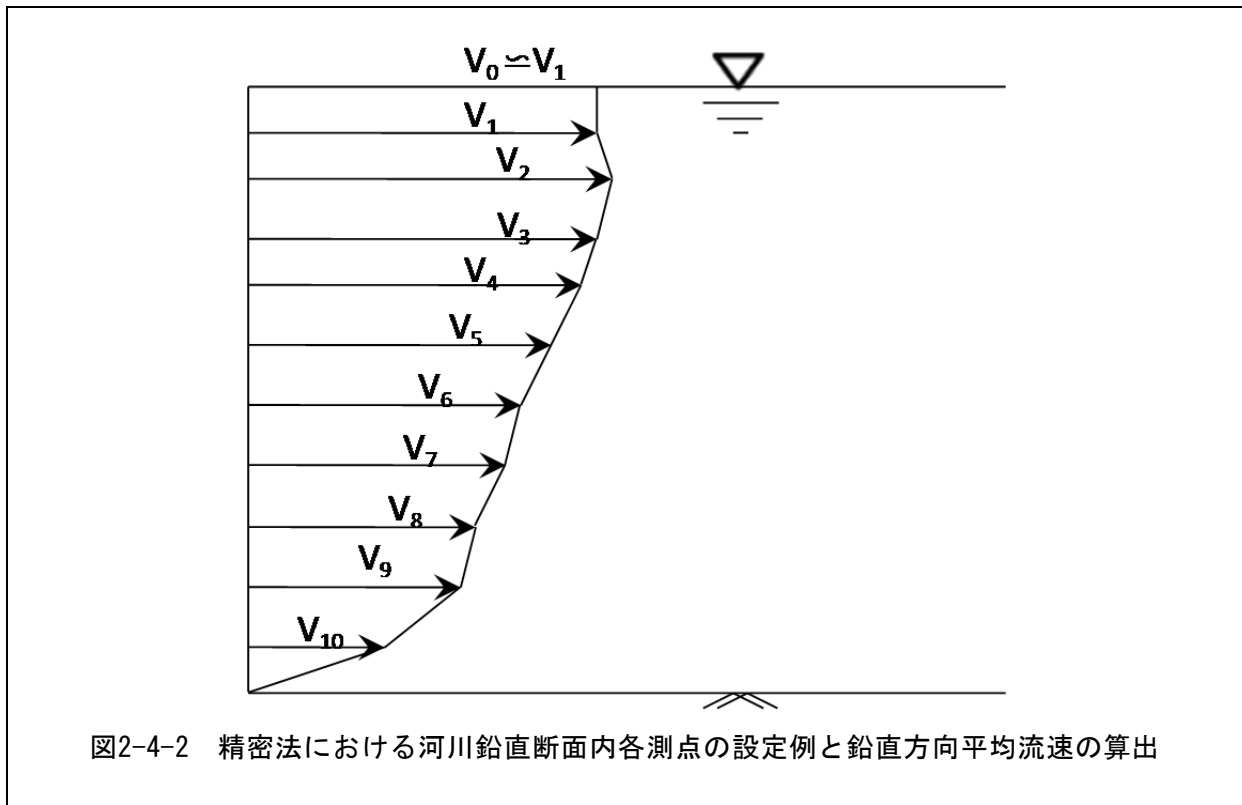


図2-4-1 標準法 (2 点法) における河川横断面内での測線・測点・区分断面の設定



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

専用の浮子投下施設を設ける場合と、橋梁を利用する場合がある。橋梁を利用する場合、橋脚後流の影響が及ばないように第1横断面及び第2横断面を設置する必要がある。

#### 2) 見通し杭

見通し杭（横断線抛標）は、第1横断面及び第2横断面に設置する。併せて、夜間でも照明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。

#### 3) 水位標

水位標は、第1横断面及び第2横断面に設置する。

### 4. 6. 3 流速測線

#### < 必 須 >

流速測線は、第1横断面と第2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しなければならない。

表2-4-4 水面幅と浮子流速測線数

水 面 幅	20m未満	20～100m	100～200m	200m以上
浮子流速測線数	5	10	15	20

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。

また、急激な増減水を伴う洪水時等、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には、次の表に示す測線数を下限値として、必要最小限の測線数の縮小を図ってもよい。

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

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>

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。

### 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。なお、植生が繁茂するなど、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てもよい。

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）

### 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 横断面通過から第 2 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 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）

6) 流速測定を開始時と終了時とにおいて第 1 及び第 2 両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を望ましい。

#### <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。

#### <参考となる資料>

浮子測法における諸基準の設定根拠については、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.

### 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横断面と第2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、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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第 4 章流量観測，4・7 新しい流量・流速の観測法，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)-GPS)
- 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- GPS) 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 (GPS 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, 水文・水資源学会研究グループ「河川流量観測高精度化研究会」, 2010.

### (3) 計測機器の点検準備

#### <必 須>

使用する計測機器は、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器等が必要となる。計測機器のトラブルは、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、横断観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、横断観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、流況の変化が無視できる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-GPS 等から得られる横断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、できるだけ横断速度を遅くすることが望ましい。

洪水流量観測において橋上操作艇を使用する場合は、横断速度を 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) ADCP 観測時の河道状況等で明記すべき事項

## 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の事例を中心として、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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第4章流量観測，4・7 新しい流量・流速観測法，2002.

### 4. 8. 2 電波流速計の設置及び付帯施設

#### <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ことを標準とする。

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。

### 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、それに河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。

電波流速計はある測線での表面流速を直接の計測対象としていることから、ある測線での表面流速から区分断面での平均流速に変換するため、鉛直方向及び横断方向の流速補正係数を求めておき、これを用いて流量を算出することを標準とする。

流速補正係数は、ADCP による様々な規模の洪水時の鉛直方向並びに横断方向の流速分布に関する観測結果から算出した値を用いることを標準とする。

#### <参考となる資料>

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>

電波流速計の計測断面では、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。

##### <標準>

電波流速計の計測断面に 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、電波流速計の計測結果を 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) 水文観測, 国土交通省監修, (独)土木研究所編著, 全日本建設技術協会, 第4章流量観測, 4・6 超音波流速計による流量観測, 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・河川の水利・水質特性に応じて、流量測線は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、

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

- Q** : 求められる流量  
**v<sub>1</sub>, v<sub>2</sub>, v<sub>3</sub>** : 超音波による平均流速 (3 測線)  
**a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>** : 断面積 (一定)  
**a<sub>3</sub>(H)** : 断面積 (水位の関数)

である。

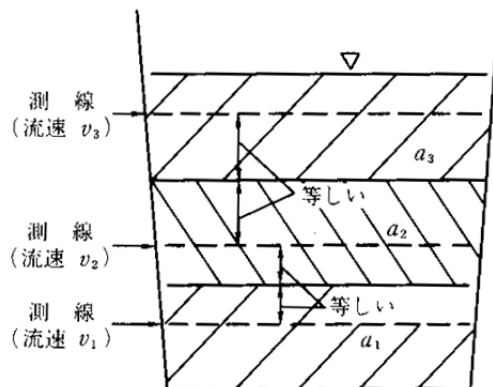


図2-4-3 パルス伝播時間差法における測線・区間横断断面積の考え方

- 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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第4章流量観測，4・5 堰等による流量観測，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：ダム之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 (m<sup>3</sup>/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〔平成11年版〕，第3編ダム・発電編，第1章せきと越流頂，土木学会，1999.

## 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なければならないことを前提に、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、水面勾配の変化に関わらず、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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第5章 観測記録の整理と保存 5・6 水位流量曲線，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（特にヒ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 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、マニング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マニング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、マニング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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，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，2002.

### 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及び結氷河川の感潮域での流量観測の事例については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，第4章流量観測，4・8 特殊な場所での流量観測，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，土木学会，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，国土交通省，北海道開発局技術研究発表会，第54回，技18(治)，2011.

##### <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) 水文観測，国土交通省監修，(独)土木研究所編著，全日本建設技術協会，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，2002。

##### <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。

## 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

### 目次

第5節	水文資料の整理・保存と品質管理	1
5.1	総説	1
5.2	データ整理	1
5.3	照査	2
5.3.1	総説	2
5.3.2	異常値補正	3
5.3.3	標準照査	9
5.3.4	高度照査	10
5.4	保存	13

平成24年6月 版

## 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

#### 5.1 総説

##### <考え方>

本節では、カテゴリー1の観測によって得られた水文資料の整理・保存と品質管理の内容について定めるものである。第2節 降水量観測、第3節 水位観測、第4節 流量観測で述べた方法により得られた、カテゴリー1に属する水文観測データは、長期にわたる安定した品質を保証した上で、所定の様式によりデータベース化され、いつでも必要に応じて参照することができる状況を確保することにより基礎データ（水文資料）として有効に活用することが可能となる。

##### <必須>

取得された水文観測データは、以下の水文観測業務規程及び同細則に定められた手続・作業分担によって十分な照査を行うことにより、品質を管理しなければならない。

また、照査を完了した水文観測データは、水文観測業務規程及び同細則に定められた手続・様式により整理・保存し、水文資料としてデータベース化を実施しなければならない。その際、水文資料の確実な保存や、水文資料の参照・利用・公開のための作業の効率化について、特に配慮しなければならない。

##### <必須>

現地における観測作業から、水文観測データの整理・照査・保存に至る一連の作業は、極めて多岐にわたる作業を伴う。これらの作業の分担は、水文資料整理の一連の作業が円滑にできるように、事前に関係者間（地方整備局等、河川事務所）で定めておかななければならない。

##### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成14年4月22日，国河環第6号，国土交通事務次官通達。
- 2) 水文観測業務規程細則，平成14年4月22日，国河環第7号，国土交通省河川局長通達。
- 3) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知。
- 4) 水文観測データ統計処理要領，平成14年7月24日，国河環第39号，国土交通省河川環境課長通知。

##### <参考となる資料>

水文資料の整理・保存・品質管理の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 水文観測，国土交通省監修，（独）土木研究所編著，全日本建設技術協会，第5章観測記録の整理と保存，2002。

#### 5.2 データ整理

##### <必須>

水文観測データの整理は、水文観測業務規程及び同細則に定められた手続・様式に従って、実施しなければならない。

## 5.3 照査

### 5.3.1 総説

#### <必須>

水文観測データの照査は、観測データの異常値の検出、正常値、仮値及び欠測の処理並びに水位観測データの流量換算方法の妥当性の評価及び修正を行うものであり、水文資料の品質を確保するために重要なプロセスである。

水文観測の実施責任者は、品質管理するための組織を設置するなど照査の体制を確保し、以下に示す段階に従って照査を行い、品質確保に万全を期さなければならない。

照査の結果、誤りを見いだした場合は、所定の手続を経て修正しなければならない。

#### <標準>

水文観測データの照査は、一般に以下の3つの段階から成る。

#### 1) 異常値補正（流量資料については、「現地照査」と呼ぶ。）

観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、観測機器の点検報告やデータ回収の整理結果を受けて、異常値の検出と修正を随時行うものである。

#### 2) 標準照査

観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、対象とする当該水文観測所ごとの水文観測データを用いて行う照査であり、異常値補正では検知できない異常値を検出し、修正するものである。

#### 3) 高度照査

高度照査は、原則として、地方整備局等、広域の水文観測資料を取りまとめる立場の組織が、当該水文観測所の観測データを対象に、周辺近傍の複数の水文観測所の観測データを用いて行う照査である。高度照査は、水文資料を河川の計画・管理に具体的に活用する観点から、水文資料（雨量・水位・流量）が相互に大きな矛盾がなく、河川流域全体の降雨～流出現象を精度よく把握し、信頼性の高い資料となっていることを確認する。

これらの照査の作業分担と方法については、事前に定めておくものとする。

なお、流量観測データの照査については、流量観測時に観測の錯誤の可能性を検出し適切なデータを取り直す現地照査が異常値補正に相当する。水位流量曲線等を用いて連続的な流量資料を得る段階で実施すべき流量観測データの照査が、高度照査に相当する。

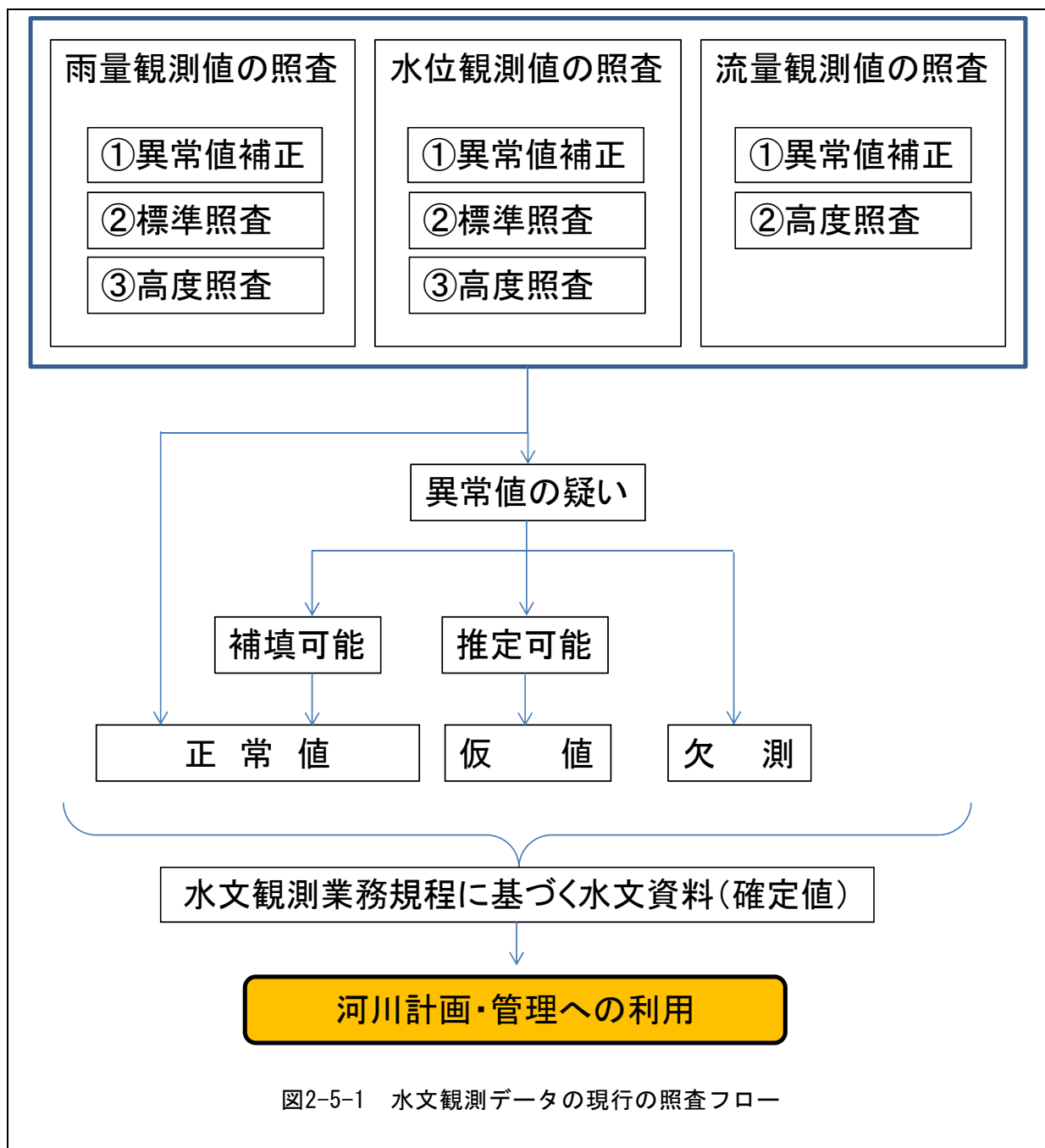


図2-5-1 水文観測データの現行の照査フロー

### 5.3.2 異常値補正

#### <標準>

異常値の補正は、観測機器の点検報告、電子ロガーによる記録や自動記録紙の回収結果の整理報告を受けて、定期的実施することを標準とする。

また、テレメータの水文観測データを監視する上で、リアルタイムで異常値が確認された場合も、異常値の補正を実施することを標準とする。

#### (1) 雨量の異常値補正

##### <必須>

降水量の観測値は、観測機器の点検結果により、受水器や転倒マスの変形、ゴミの堆積、自動記録装置内の内蔵時計のずれ等が確認された場合には、各器械と観測値の異常に応じて観測



値の補正を行わなければならない。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査の手引き(案), 平成16年9月17日, 国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

### (2) 水位の異常値補正

#### <必須>

水位の観測値は、観測機器の点検結果により、水位計の動作エラー等のセンサー異常、水位標読み値とセンサー値のズレ、地盤沈下等による零点高の変化、自動記録装置内の内蔵時計のズレ、伝送経路（テレメータ）の異常等が確認された場合には、各器械と観測値の異常に応じて観測値の補正を行わなければならない。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査の手引き(案), 平成16年9月17日, 国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

### (3) 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

#### <必須>

現地において観測された個別の流量観測値は、水位・水深や流速分布等の計測値を基に算出される。このため、それらの計測値に誤りや異常がないか、流量の算出過程に誤りがないか、その観測の都度速やかに異常値補正（以下、流量においては、“現地照査”という。）を行い、品質の確保・向上に努めなければならない。

#### <必須>

流量の現地照査により、現地観測の時点で誤りや異常が疑われる観測値が含まれていることが判明した場合には、その観測値について現地にて再測定をしなければならない。

ただし、観測手法の適用等における明らかな誤りを除き、個別の流量観測の時点で誤りや異常が疑われた場合には、その観測値を簡単に除外せず、必ず再測定値と併せて観測野帳に記録し保存しておかななければならない。

異常値かどうかの判断については、その後の断面再測量結果や低水・高水の流量観測結果、水位流量曲線作成過程等を併せて参照し、最終的に総合判断しなければならない。

#### <標準>

流量の現地照査は、現地における流量観測作業の終了直後（高水流量観測に当たっては、その作業中又は作業終了直後）に行うことを標準とする。

### ① 準備

#### <標準>

流量の現地照査に当たっては、以下の資料（写しでもよい）を事前に収集し、照査作業に備えることを標準とする。

観測流量表、流量観測野帳、流量計算書、断面計算書、横断面図

水位流量（H-Q）関係資料、水位断面積（H-A）関係資料、及び、水位流速（H-V）関係資料

## ② 照査方法

### < 必 須 >

流量の現地照査は、下記の4つの照査図を用いて行わなければならない。

- 1) 「横断図～流速・流量図」
- 2) 「観測水位流量図 (H-Q図若しくは $H-\sqrt{Q}$ 図)」
- 3) H-A図
- 4) H-V図

これらの当該照査図上に、観測値を速やかにプロットし、大きな外れがないかどうかを確認し、観測時点における水理水文条件に照らし、誤りや異常が含まれるかどうかを迅速に総合判断しなければならない。

本照査作業により、当該時点の水理水文条件によるものとは確定できず、流量観測の誤りや異常による可能性を否定できない観測値が含まれていることを確認した場合は、速やかに異常が疑われる観測値の再測定作業を行わなければならない。

### < 標 準 >

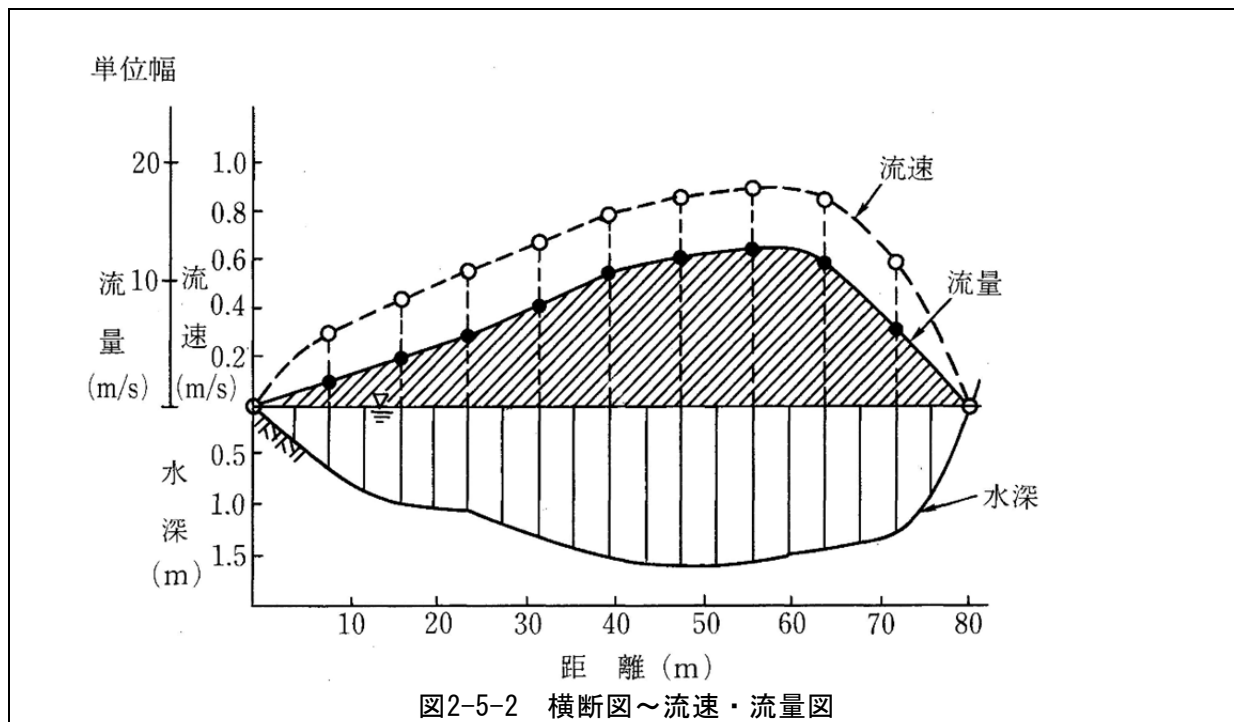
固定式流量観測手法による流量観測値については、主要な洪水発生直後に現地照査作業を行うことを標準とする。

- 1) 流量算出に影響を与える河床変動等が生じたことが本章の第4節 4.3.3 流量観測所横断線に定める観測断面の横断測量の結果明らかになった場合には、流速補正係数の見直しや断面積情報の更新を迅速に行い、リアルタイムでの連続的な流量観測値の品質の確保・向上に努める必要がある。

## ③ 「横断図～流速・流量図」による照査図の作成

### < 必 須 >

流速測定における誤りや異常の有無を確認するため、流量観測作業のたびに、最新の横断測量成果を描いた横断図の上半部の縦軸に、流量観測作業による各測線の流速値（測定値及び測線の平均流速値）をプロットしてこれを線で結ぶものとする（図 2-5-2 参照）。水深分布と流速分布との関係に不自然な部分がある場合は、その測線における観測の異常によるものである可能性がある。



#### ④ 「観測水位流量図（H-Q図若しくはH- $\sqrt{Q}$ 図）」による照査図の作成

##### < 必 須 >

流量観測や流量算出過程における誤りや異常の有無を確認するため、観測水位と計算流量を前年の水位流量曲線図（水位流量曲線を作成していない場合は前年の水位流量関係をプロットした図）にプロットするものとする（図 2-5-3）。

高水流量観測に当たっては、更に一連のイベントにおける観測値群のプロットを時刻順に線で結ぶものとする。Qの代わりに $\sqrt{Q}$ （2次式の場合。図 2-5-4）若しくは $Q^{1/n}$ （n次式の場合）を横軸にとった図でもよい。

これらの観測水位流量図上にプロットされた新しい流量観測値が、既往の水位流量関係から大きく外れる場合は、河床変動や下流水位条件等の水理条件の変化の可能性とともに、観測又は流量算出過程の異常によるものである可能性がある。

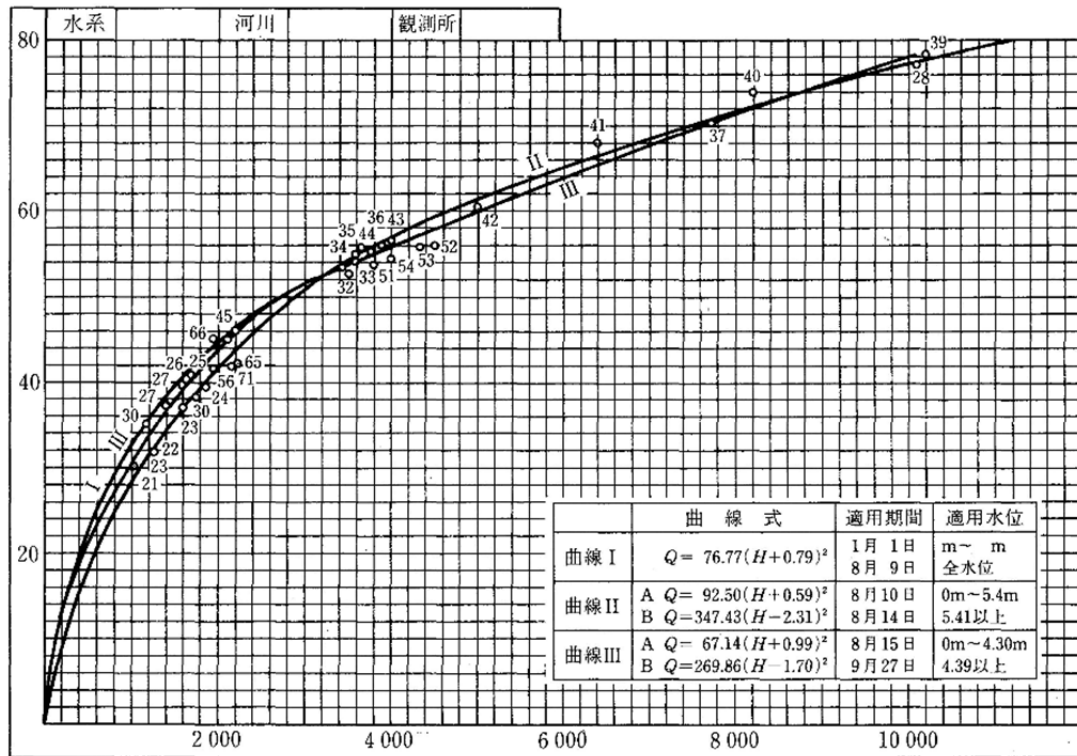


図2-5-3 観測水位流量図 (H-Q 図)

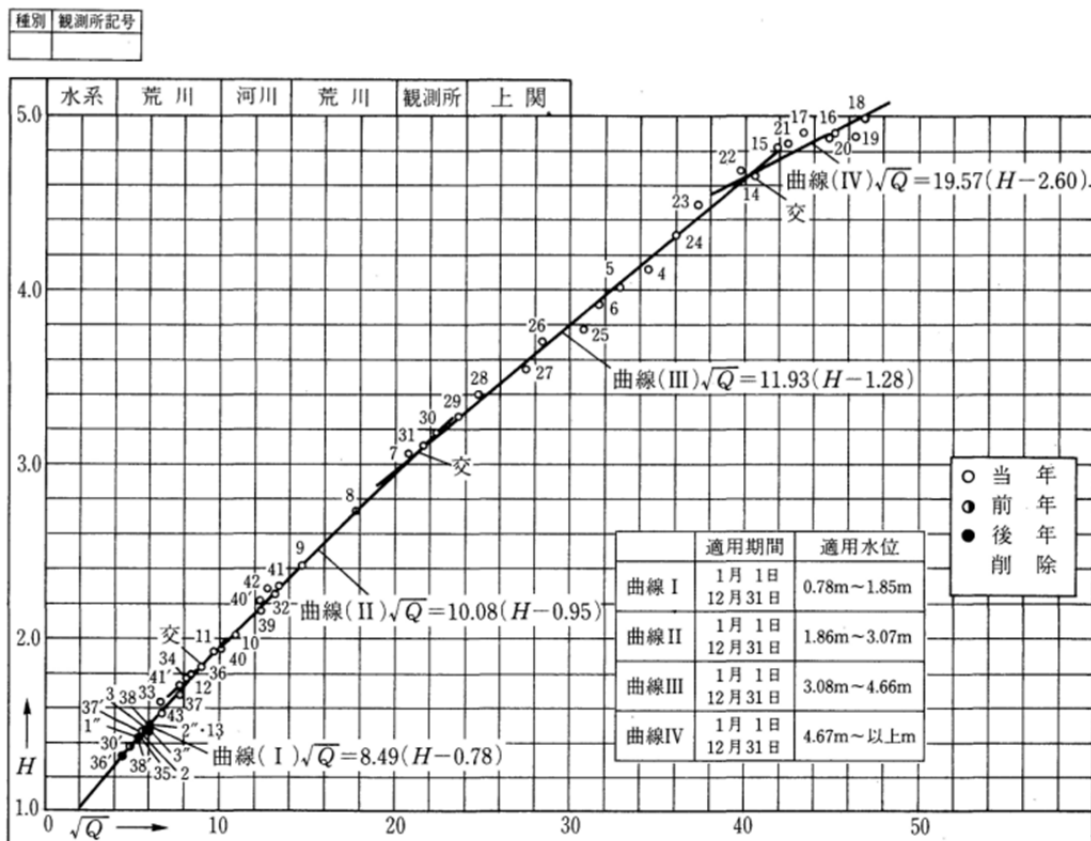


図2-5-4 観測水位流量図 (H- $\sqrt{Q}$  図)

### ⑤ H-A図、H-V図による照査図の作成

#### <必須>

流量観測や流量算出過程における誤りや異常の有無を確認するため、直近の横断測量結果に基づくH-A図（水位断面積関係図）、及び、直近の流量観測におけるH-V図（水位流速関係図）に対して、現地での水位や水深観測結果に基づく断面積算出結果や、現地での流速観測結果をプロットする。

これらの図上にプロットされた新しい流量観測値が、既往の関係から大きく外れる場合は、河床変動や下流水位条件等の水理条件の変化の可能性とともに、観測又は流速・断面積算出過程の異常によるものである可能性がある。

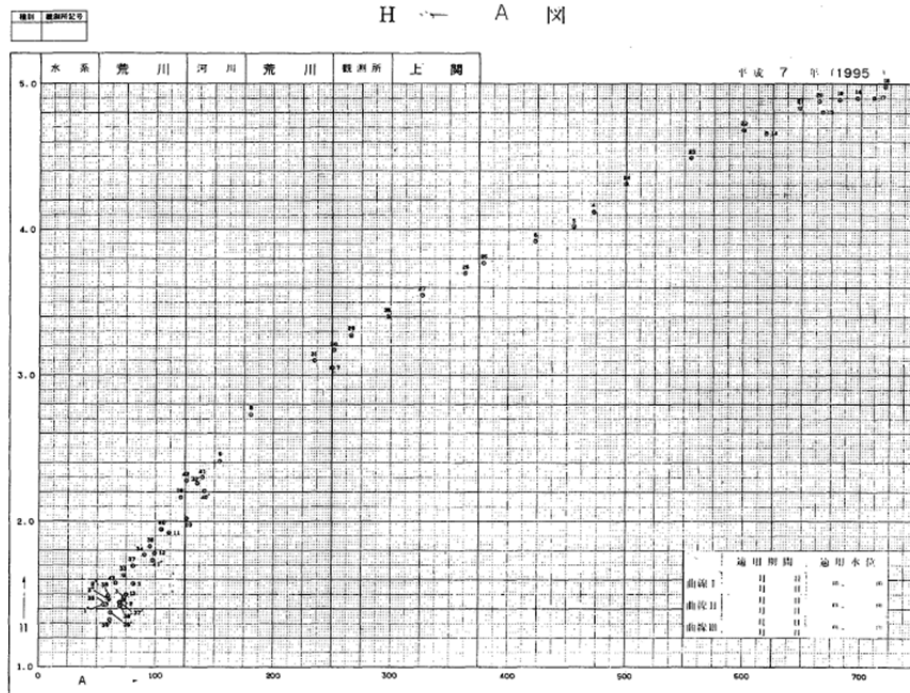


図2-5-5 水位断面積関係図（H-A図）の例

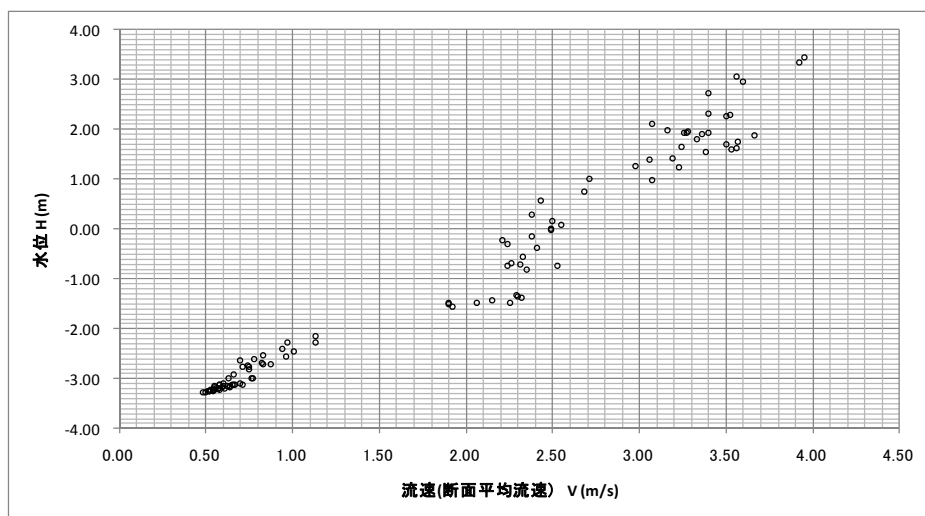


図2-5-6 水位流速関係図（H-V図）の例

#### <推奨>

なお、H-V図において、Vとしては全断面での平均流速について作成するだけでなく、測線ごと（区分断面ごと）の平均流速についても作成することが望ましい。この図を活用することで、具体的にどの測線（区分断面）の水理条件の変化又は観測・算出の異常によるものであるかを特定することができる。

#### <参考となる資料>

その他、水位流量曲線の精度に影響を与える要素の確認手法については、下記の資料が参考となる。

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

### 5.3.3 標準照査

#### <標準>

標準照査は、観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、照査の対象とする当該水文観測所ごとの水文観測データを用いて行う照査であり、「水文観測データ品質照査要領」に基づき、異常値補正では検知できない異常値を検出し、修正することを標準とする。

標準照査によって正常値と判断された観測値及び修正を実施した観測値については、「水文観測業務規程」第14条の各事務所長が地方整備局長に報告する水文観測データとなる。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知.

#### (1) 雨量の標準照査

#### <必須>

雨量について、以下のような極端な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

- 1) 雨量観測所ごとに時間雨量上限値を定め、それを超過する時間雨量記録を検出する。
- 2) 雨量観測所ごとに月ごとの最大時間雨量の平均と標準偏差を求め、統計的に極端に大きい時間雨量記録を検出する。
- 3) 雨量観測所ごとに日雨量上限値を定め、それを超過する日雨量記録を検出する。
- 4) 雨量観測所ごとに月ごとの最大日雨量の平均と標準偏差を求め、統計的に極端に大きい日雨量記録を検出する。

上記により抽出された極端に大きい観測値について、正常値か異常値かを判断する。異常値の場合は、欠測とするか仮値で補填するかを判断する。これらの判断基準・方法については、下記関連通知によるものとする。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知.
- 2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成16年9月17日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡.

## (2) 水位の標準照査

### < 必 須 >

水位について、以下のような極端な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

- 1) 水位観測設備ごとにその観測所でとり得る値の上・下限値を設定しておき、それらを超過する水位記録を検出する。
- 2) 水位観測設備ごとに1時間当たりの水位変動量の上・下限値を定めておき、それらを超過する水位変動記録を検出する。
- 3) 水位観測設備ごとに同じ水位が継続する時間の上限値を定めておき、それを超過する同一水位継続時間記録を検出する。

上記により抽出された極端な観測値について、正常値か異常値かを判断する。異常値の場合は、欠測とするか仮値で補填するかを判断する。これらの判断基準・方法については、下記関連通知によるものとする。

### < 関連通知等 >

- 1) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知。
- 2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成16年9月17日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡。

## (3) その他

### < 推 奨 >

流量観測データについても、観測機器を設置・計測値の回収等を行う事務所等が、当該流量観測所ごとの水文観測データを用いて、水位流量曲線式の水理水文学的な妥当性について照査を行い、その品質の確保・向上に万全を期すことが望ましい。

具体的には、水位流量曲線の基となった水文観測データや流量算出過程等の妥当性（現地照査で異常可能性を指摘されたデータの扱いの最終判定を含む）、水位流量曲線式の更新・分離・選定・作成過程の妥当性について再確認を行う。その際、5.3.2(3)に紹介した図群に加えて、年間横断面図や水位流量曲線～横断面図を活用する。これにより水位流量曲線の作成過程全般を照査し、不適切な計測値や算定値の採用、不適切な作成過程がある場合には、それらを除き適切に作成し直すことで、水位流量曲線の補正を図り、流量算出値の精度確保を図ることが望ましい。

### < 参考となる資料 >

水位流量曲線の精度改善方策の詳細については、下記の資料が参考となる。

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

## 5.3.4 高度照査

### < 標 準 >

高度照査は、原則として、地方整備局等、広域の水文観測資料を取りまとめる立場の組織が、当該水文観測所の観測データを対象に、周辺近傍の複数の水文観測所の観測データを用いて行

う照査である。

高度照査は、水文観測データ品質照査要領に基づき、標準照査を経ても検知できない異常値を検出し、修正することを標準とする。

### (1) 雨量の高度照査

#### <必須>

雨量について、以下の観点から異常な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

- 1) 近隣雨量の相関（日雨量）
- 2) 近隣雨量の相関（総雨量）  
総雨量をとる期間は、1か月とする。

詳細は下記関連通知によるものとする。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知。
- 2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)について，平成16年9月17日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡。

### (2) 水位の高度照査

#### <必須>

水位について、以下の観点から異常な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。

- 1) 水位の上下流相関  
上下流2地点の水位観測設備について、時差を考慮した相関を確認する。
- 2) 水位の急激な増減  
上流域の雨量との関係で、水位の増減が異常でないかを確認する。
- 3) ピーク水位の発生順序  
上下流の水位を比較して、ピークが妥当な順序で生起しているかを確認する。

詳細は下記関連通知によるものとする。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知。
- 2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)について，平成16年9月17日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡。

### (3) 流量の高度照査

#### <標準>

流量について、以下の観点から異常な値が観測されていないか、照査を行わなければならない。



い。

- 1) ピーク流量の発生順序  
上下流の流量を比較して、ピークが妥当な順序で生起しているかを確認する。
- 2) 水位流量曲線の妥当性  
水位流量曲線の水理水文学的な妥当性を判定する。

詳細は下記関連通知によるものとする。

#### <関連通知等>

- 1) 水文観測データ品質照査要領，平成14年4月22日，国河環第10号，国土交通省河川局河川環境課長通知。
- 2) 水文観測データ品質照査の手引き(案)，平成16年9月17日，国土交通省河川局河川環境課課長補佐事務連絡。

#### <推奨>

高度照査は、得られた水文資料を河川の計画・管理に幅広く活用する観点から、水文資料（雨量・水位・流量）が相互に大きな矛盾がなく、河川流域全体の降雨～流出現象を精度良く把握し、信頼性の高い資料となっていることを確認する水文資料の相互比較照査も含めて実施しておくことが望ましい。

#### <例示>

水文資料の相互比較による照査は、以下に示す照査項目を参考に実施する。

- 1) 降雨・流出ハイドログラフの時系列の関係
- 2) 短時間降雨強度と流出ピーク流量の関係
- 3) 降雨（流域平均累加雨量）と流出高（累加流出高）の関係
- 4) 同一河川の上下流にある複数の流量観測所の年間総流量・比流量の比較
- 5) 水収支解析や流出解析による照査

#### <例示>

下記に示す水系時間流量図（図2-5-7）は、流量における高度照査の一つの例である。

同一グラフ上に水系の上流～中流～下流に存する複数の流量観測所の洪水流量ハイドログラフを描いて、各流量観測所の流量ハイドログラフを相互に比較対照する。これにより、ピーク流量の発生順序だけでなく、その形状・変化や総流量等が水収支を含めた総合的な観点から不合理でないかを概観し、各流量観測所の流量を算出したそれぞれの水位流量曲線の良否、その不具合いな部分を点検する。

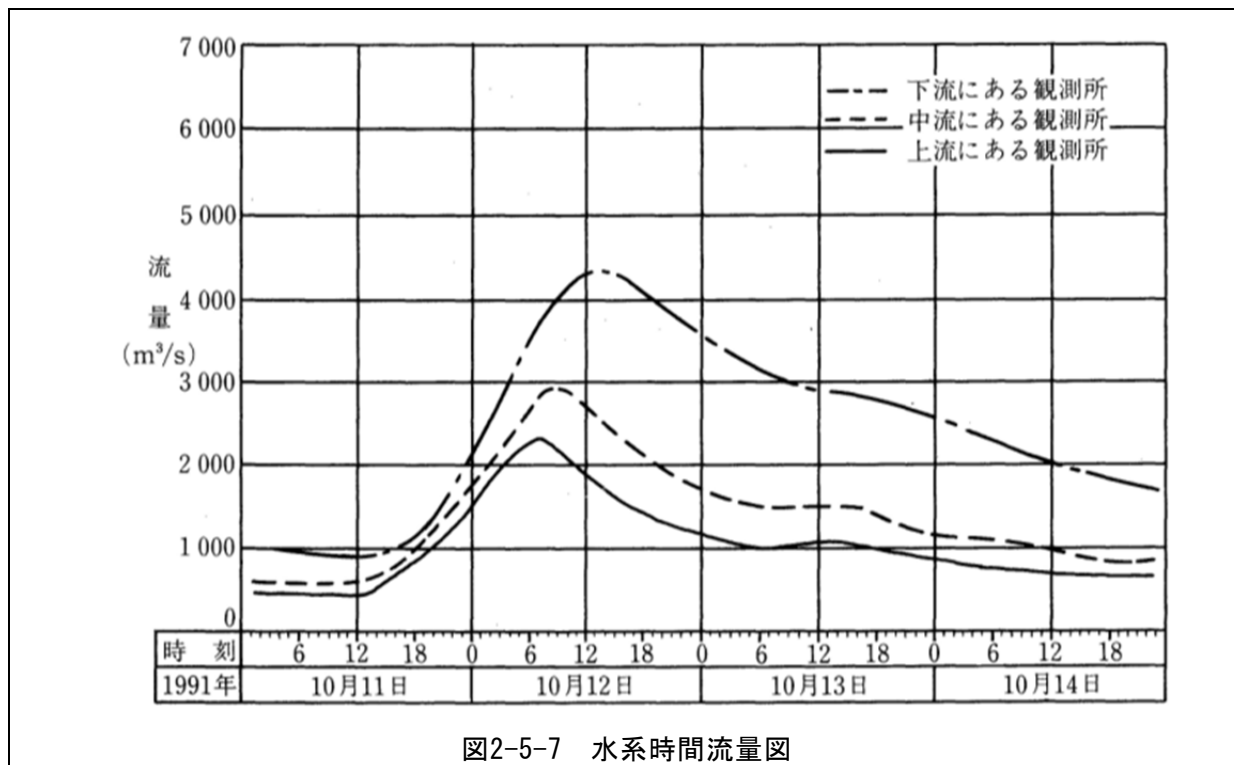


図2-5-7 水系時間流量図

#### 5. 4 保存

##### <必須>

観測され、照査を経た水文資料は、水文観測業務規程及び同細則に定められた様式に基づき整理し、保存しなければならない。

##### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程（第4章 観測成果の整理，報告，保存及び公表），平成14年4月22日付，国河環第6号，国土交通事務次官通達。
- 2) 水文観測業務規程細則（第4章 観測成果），平成14年4月22日付，国河環第7号，河川局長通達。

## 第2章 水文・水理観測 第6節 地下水観測

### 目次

第6節	地下水観測	1
6.1	総説	1
6.2	地下水調査の目的	2
6.3	予備調査項目	3
6.3.1	予備調査項目	3
6.3.2	地形・土地利用調査	4
6.3.3	地下水利用実態調査	4
6.3.4	水文調査	4
6.4	本調査項目	5
6.4.1	地下水位調査	5
6.4.2	地質調査	6
6.4.3	地下水水質調査	6
6.4.4	地下水流動調査	7
6.4.5	地下水涵養量調査	7
6.4.6	地盤沈下量調査	8

平成24年6月 版

## 第2章 水文・水理観測

### 第6節 地下水観測

#### 6.1 総説

##### <考え方>

本節では、地下水に関連した調査に必要な基礎的事項と現地調査の標準的な手法を定めるものである。

##### <必須>

地下水調査は、対象地域の特性を十分把握した上で、所期の目的が達成できるよう、系統的かつ効率的に実施しなければならない。

##### <関連通知等>

- 1) 水文観測業務規程，平成 14 年 4 月 22 日付，国河環第 6 号，国土交通事務次官通達。
- 2) 水文観測業務規程細則，平成 14 年 4 月 22 日付，国河環第 7 号，河川局長通達。

##### <参考となる資料>

地下水調査を実施する際には、下記の法規・図書類がある。地盤沈下対策としての地下水揚水規制については、以下の法律に規定されている。

- 1) 工業用水法，昭和 31 年 6 月 11 日法律第 146 号，最終改正：平成 12 年 5 月 31 日法律第 91 号。
- 2) 建築物用地下水の採取の規制に関する法律（ビル用水法），昭和 37 年 5 月 1 日法律第 100 号，最終改正：平成 12 年 5 月 31 日法律第 91 号。

地下水汚染、土壌汚染に関する有害物質の基準値については、以下の法律に規定されている。

- 3) 環境基本法，平成 5 年 11 月 19 日法律第 91 号，最終改正：平成 23 年 8 月 30 日法律第 105 号。
- 4) 土壌汚染対策法，平成 14 年 5 月 29 日法律第 53 号，最終改正：平成 23 年 6 月 24 日法律第 74 号。

上記のほか、わが国における地下水に関する規制としては、以下のものがある。

- 5) 地盤沈下防止等対策要綱。  
濃尾平野，昭和 60 年 4 月 26 日，最終改正：平成 7 年 9 月 5 日。  
筑後・佐賀平野，昭和 60 年 4 月 26 日，最終改正：平成 7 年 9 月 5 日。  
関東平野北部，平成 3 年 11 月 29 日。
- 6) 調査対象地域の地方自治体が定める条例・要綱等（地下水の採取の適正化に関する条例，地下水保全条例等）。

詳細な調査方法については、下記の資料が参考となる。

- 7) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，1993。

<例 示>

地下水調査を行うに当たっての一般的な手順を以下に示す。

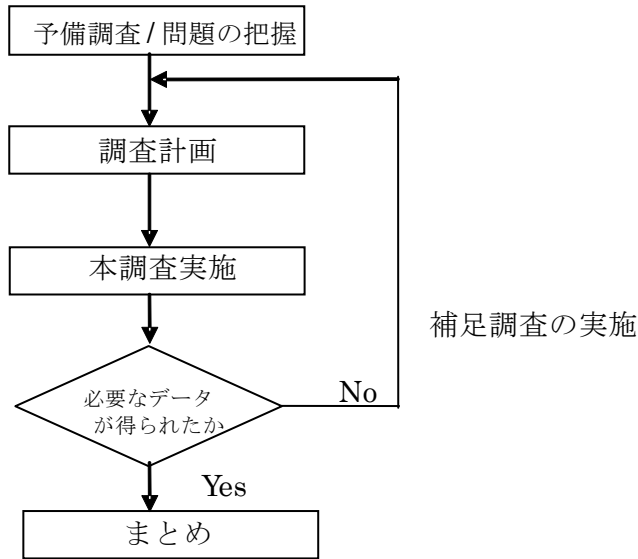


図2-6-1 地下水調査の一般的な手順  
（「地下水調査及び観測指針（案）」に加筆）

## 6. 2 地下水調査の目的

<考え方>

過去多く実施されてきた地下水調査は、以下のとおりである。

### 1) 地下水賦存量の把握

地下水賦存量の把握は、地下水の資源としての量と質を評価し、開発可能性を把握するために実施する。特に、地下水枯渇といった障害を発生させずに持続的に地下水を利用するために、地下水の適正採取量を把握し、地下水の保全・利用に関する計画を策定・運用することが重要である。

### 2) 河川水と地下水の関係把握

河川水と地下水の関係把握は、両者の定量的な相互関係を把握し、河川のある区間、地下空間又は河川流域での水収支を検討することを主な目的として実施する。なお、正常流量の設定においても、地下水への影響を考慮して検討を行うことが必要である。

### 3) 地盤沈下の実態把握

地盤沈下の実態の把握、原因の追求、沈下量の予測及び地盤沈下による障害の防止対策の検討を目的として実施する。

### 4) 地下水汚染状況の把握

地下水汚染の実態の把握、汚染原因の特定、汚染防止対策・汚染地下水の浄化方法の検討等を目的として実施する。

### 5) 地下掘削工事に関わる影響評価

遮水構造物の設置など、その規模が長大で地下水流動の大半を遮断するおそれがある場合、

上流側で地下水位の上昇、下流側で地下水位の低下が生じるおそれがある場合などに構造物による地下水障害の防止を目的として実施する。

#### 6) 河川堤防及び周辺基礎地盤の地下水状況の把握

堤防の安全性評価、被災原因等の解明とその対策工の検討を目的として実施する。

#### 7) 斜面の地下水状況の把握

地すべりあるいは斜面崩壊の原因を特定し、対策工法並びに予測方法の検討を目的として実施する。

#### 8) ダム周辺の地下水調査

ダム基礎地盤及び貯水池周辺地山の遮水性や浸透破壊抵抗性等の水理地質構造の把握を目的として実施する。

各種地下水調査の目的に応じて、予備調査項目(6.3)、本調査項目(6.4)の中から必要な項目を選定し、実施する。事業の環境影響評価においても、必要に応じて地下水調査を行う必要がある。

なお、「6)河川堤防及び周辺基礎地盤の地下水状況の把握」及び「8)ダム周辺の地下水調査」については、第15章 土質地質調査、「7)斜面の地下水状況の把握」については、第18章 地すべり調査 及び 第19章 急傾斜地調査 によるものとする。

### 6.3 予備調査項目

#### 6.3.1 予備調査項目

##### <考え方>

予備調査は、本調査を効率的に遂行するために実施するものであり、調査地域周辺の地形地質、土地利用・植生、気象・水文、地下水利用実態等の情報を収集・整理し、本調査の効率的遂行に資することを目的とする。

##### <標準>

本調査に先立ち、予備調査を実施することを標準とする。予備調査は大きく資料調査と現地予察調査に分類される。資料調査で収集・整理する資料は、①地形図・地形分類図、②地質図・表層地質図・水文地質図、③周辺地盤情報（ボーリングデータなど）、④土壌図、⑤空中写真、⑥衛星画像、⑦土地利用、⑧気象・水文、⑨地下水とその利用状況、⑩地下水障害、⑪地下水質などが挙げられる。また、現地予察調査は、資料調査の成果を確認・吟味・補完することを目的として実施する。

##### <参考となる資料>

予備調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，pp.59-72,1993.
- 2) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック，建設産業調査会，pp.223-387,1998.

### 6. 3. 2 地形・土地利用調査

#### <考え方>

地形・土地利用調査は、地形から地下水流動系あるいは地下水の湧出の状況を推定するとともに、土地利用の実態から水の利用、表流水の浸透・涵養を把握し、地下水と表流水との関係を検討するために実施する。

#### <標準>

地下水は、地形と密接な関係を持つため、既存資料の利用、空中写真、現地調査等を通じて実施することを標準とする。

#### <参考となる資料>

地形・土地利用調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，pp.73-84，1993.
- 2) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック，建設産業調査会，pp.223-387，1998.

### 6. 3. 3 地下水利用実態調査

#### <考え方>

地下水利用実態調査は、地下水利用施設の分布、規模、取水量実績を把握することにより、地下水賦存量や流動、水収支、地下水の開発・保全策等の検討に利用することを目的として実施する。

#### <標準>

地下水は、井戸をはじめとした揚水施設により利用され、また、自然的に流出し形成されている湧水池等においても利用される。対象地域の地下水賦存・流動状況は、これらの地下水利用の影響を受けるため、地下水の適切な管理を実施するためにはその対象地域の取水位置分布や地下水取水量の把握が重要である。地下水利用実態調査は、既存資料調査、アンケート調査・訪問調査などを通じて行うことを標準とする。

資料調査では、条例によって地下水利用の届出義務が制定されている自治体では地下水利用の実態に関する報告書が作成されており、これにより地下水利用の現状が把握できる。

#### <参考となる資料>

- 1) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，pp.85-93，1993.

### 6. 3. 4 水文調査

#### <考え方>

水文調査は、水循環の量的把握に必要な資料を得ることを目的とし、必要に応じて、水文気象、表流水・伏流水流量、蒸発散量、土壌水分量、浸透量等の項目について実施する。

#### <標準>

地下水は河川水、湖沼等の表流水及び不飽和帯に存在する水としての土壌水とは相互依存関係にあるため、水循環を量的に把握するためには地下水そのものを把握するだけでなく、降水量、蒸発散量、表流水流量、土壌水分等の水文要素を把握することも重要である。水文調査

は、水文気象調査、表流水流量調査、蒸発散量調査、土壌水分調査等の実施を標準とする。

#### <参考となる資料>

調査方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，pp.95-119, 1993.

## 6. 4 本調査項目

### 6. 4. 1 地下水位調査

#### <考え方>

地下水位調査は、地下水調査の基礎として、地下水位の空間的分布及び経時変化を把握し、地下水の賦存量や流動系を明らかにするために実施する。

#### (1) 観測所と観測井

##### <必須>

地下水位観測所は、観測対象地下水域の特性を考慮し、所期の目的が達成できるように適切に配置しなければならない。

##### <考え方>

地下水流動系の範囲や地質条件は、調査対象地域によって異なり、また、調査の目的によって明らかにすべき地下水現象の内容や精度も大きく異なってくる。よって、地下水位調査における観測所の配置計画に当たっては、このような条件の違いを考慮して適切な数や配置を決定することを標準とする。

#### (2) 一斉観測と長期観測

##### <考え方>

地下水位調査には、大きく分けて一斉観測と長期観測の二つの種類があり、この違いにより調査の方法が異なる。

一斉観測は一般に、地下水流動系の動水勾配を求めるために、観測所をできるだけ密な間隔で配置し、主に可搬式の水位測定器を用いて短期間に一斉に水位観測を行うことにより、その地域の地下水体の賦存状況や地下水流動を知ろうとするものである。特定の地域の地下水収支の把握、建設工事の地下水への影響の予測、地下水汚染の経路の追跡等、種々の目的のために実施される。

長期観測では、原則的に1年以上の観測を専用の観測井で自記水位計により行うのが一般的である。この結果は、地下水位変動曲線等の形式で整理され、建設工事の影響調査、地盤沈下調査をはじめとした地下水変動要因の解析等に役立てられる。

#### (3) 地下水位等高線図、地下水位変動図等の作成

##### <標準>

観測データは、地下水解析の用に供されるほか、必要に応じて予備調査項目(6.3)で述べた地形・土地利用あるいは水文調査等のデータを加えて、地下水位等高線図、地下水位変動図等を作成し、変動原因の分析等に利用することを標準とする。

#### <参考となる資料>

地下水位調査に関する詳細については、下記の資料が参考となる。



- 1) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，pp. 121-138, 1993.
- 2) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック，建設産業調査会，pp. 223-387, 1998.

#### 6. 4. 2 地質調査

##### <考え方>

地質調査は、地層の空間的分布とその水理特性を把握し、地下水の賦存状況、流動状況等を明らかにすることを目的とするものである。

リモートセンシングは、広域の水文地質構造調査や水資源調査及び、土地利用状況などの変化を把握するものである。

物理探査は、地盤の物理特性を利用して地質状況を把握するものである。

ボーリングは、水理地質構造や地質を直接的に確認するものである。

現場透水試験は、地層の透水係数を原位置で把握するものである。

揚水試験（帯水層試験）は地下水調査において帯水層の水理定数（透水係数、貯留係数）あるいは揚水井の性能（適正揚水量）を求めるものである。

土質試験は帯水層の物性値（透水性等）を把握するものである。

地質調査については、第 15 章 土質地質調査 によるものとする。

##### <必須>

現地踏査、リモートセンシング、物理探査、ボーリング、現場透水試験、揚水試験（帯水層試験）及び土質試験等から、現場の状況に応じて適切な調査項目を選択して実施しなければならない。

#### 6. 4. 3 地下水水質調査

##### <考え方>

地下水水質調査は、特定の汚染源による地下水汚染状況調査、長期的な水質変化を調べるための調査、地下水流動調査に伴う水質調査などに分けられる。

地下水水質調査については、第 12 章 水質・底質調査 によるものとする。

##### <標準>

水質型の分類、基準との照合、その他調査目的の達成に必要な項目を選び、試験目的に応じてそれぞれ定められた基準等に準拠して実施することを標準とする。

地下水水質調査のうち地下水汚染状況調査については、予備調査・現地踏査により、地形・土地利用及び地下水利用実態を把握する。地下水汚染源になり得る土地利用及び活用可能な既設井戸の位置等の情報を基に、詳細な地下水汚染状況の調査計画を立案、実施することを標準とする。

帯水層別に調査を実施する必要がある場合は、既存資料や必要に応じて実施する地質調査の結果を利用し、水理地質構造を十分把握する。なお、水質調査のための井戸を新たに掘削する場合には、掘削によって未汚染の帯水層を汚染することがないように、十分留意することを標準とする。

##### <参考となる資料>

地下水汚染は土壤汚染と密接な関係があるので、地下水汚染調査を実施する場合は、下記の資料が参考となる。

- 1) (独) 土木研究所: 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル(暫定版), 鹿島出版会, 2004.
- 2) 建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会: 建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土砂への対応マニュアル(暫定版), 国土交通省, 2010.

#### 6. 4. 4 地下水流動調査

##### <考え方>

地下水流動調査は、地下水の流れを水循環の一環として捉え、空間的な広がりを持つ連続した系として認識し、地下水流動の実態を解明することを目的として実施する。地下水流動系調査においては、直接計測だけで流動系を推定することは困難であるため、直接計測と併せて地下水流動方程式に基づく解析的な手法が適用される。

##### <必須>

地下水の流動は、涵養－流動－流出が一つの流動系として三次元的な広がりを持って生じるものである。よって調査はこの一つの流動系の規模を勘案し、その他の現地の条件等も考慮しながら所期の目的が達成できるように適切な方法で実施しなければならない。

##### <標準>

対象地域の三次元的な地下水流動系の実態を明らかにする方法としては、(1)私有の井戸を含めた既存の井戸やピエゾメータ群によって地下水のポテンシャル分布を直接測定する方法、(2)数値シミュレーションによって地下水の流動方程式を境界値問題として解き、地下水のポテンシャル分布を得る方法、(3)同位体や水温・水質をトレーサとして地下水の流れを推定する方法などが挙げられる。しかし、広域にわたる解析においては、解析に必要な十分な基礎的データを得ることが困難である場合が多いので、どれか一つの方法だけで広域地下水流動の実態を明らかにすることは難しい。したがって、(1)と(2)による調査を基本とし、場合によって(3)を実施するなど、複数の方法を併用し、結果を相互にクロスチェックすることによってより正確な地下水流動系の実態を把握することを標準とする。

##### <参考となる資料>

地下水ポテンシャルの概念、ダルシーの法則、地下水流動系の概念及び地下水流動の調査方法の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 地下水調査及び観測指針(案), (財)国土開発技術研究センター編, pp. 215-238, 1993.

#### 6. 4. 5 地下水涵養量調査

##### <考え方>

地下水涵養量調査は、気象条件、地盤条件等から、地下水涵養の機構と涵養量を把握するために実施する。

##### <標準>

地下水の涵養量調査は、水収支による方法を標準とし、調査対象地域の規模、目的、現場条件等に応じて、土壌水分フラックスを測定する方法、ライシメータによる方法、土壌水をトレーサで追跡する方法などを必要に応じて実施することを標準とする。これらの調査は、比較的時間を費やすため、事前に調査対象地域の既存の調査結果や研究例を十分に調べる必要がある。

#### <参考となる資料>

参考となる資料には、下記の資料が参考となる。

- 1) 地下水調査及び観測指針（案），（財）国土開発技術研究センター編，pp. 239-245, 1993.

### 6. 4. 6 地盤沈下量調査

#### <考え方>

地盤沈下量調査は、地盤沈下地域及び地盤沈下が予想される地域における沈下動向を把握することを目的に実施する。地盤沈下量調査には、地下水揚水等を主因とする広域な地盤沈下と堤防新設や拡築などに伴う地盤沈下を対象としたものに分けられる。ここでの地盤沈下とは、地下水揚水等を主因とする広域な地盤沈下を指す。

なお堤防新設や拡築などに伴う地盤沈下については、第 15 章 土質地質調査 による。

#### <標準>

原則として、地下水揚水等を主因とする広域な地盤沈下の状況については、資料調査を行い把握する。また、現地における調査が必要な場合は、沈下観測井あるいは一級水準測量による観測を標準とする。

#### (1) 沈下観測井による観測

#### <標準>

地盤沈下観測井は、原則として一等水準測線の近くに配置し、地域を代表する地点を選定することを標準とする。観測は、効果的かつ経済的な配置計画の下で、所期の目的が達成できる構造と性能を有することを標準とする。

観測は原則として自記記録計により連続的に行い、観測値は必要な補正を行い累加沈下量として整理することを標準とする。

#### (2) 測量による観測

#### <標準>

水準点は、沈下区域又は、沈下が予想される区域の周辺部を含む調査地域に、原則として 1km メッシュの密度で設けるものとし、沈下の状況や土質・地質、土地利用状況等の地域特性等に配慮して配置の増減を図ることを標準とする。観測は、効果的かつ経済的な観測計画の下で、所定の精度を期待できる機器と方法とすることを標準とする。

測量結果は、必要な補正・計算を施し、標高として整理することを標準とする。

#### <参考となる資料>

地盤沈下量調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 環境省水・大気環境局：全国の地盤沈下地域の概況。
- 2) 地盤沈下監視ガイドライン，平成 17 年 6 月 29 日，環水土発第 050629007 号，環境省環境管理局水環境部長通知。
- 3) 2)に基づく各自治体のガイドライン。
- 4) 環境省水・大気環境局：全国地盤環境情報ディレクトリ。
- 5) 建設省土木研究所：道路環境影響評価の技術手法（その 3），土木研究所資料，10. 地盤，2000。

## 第2章 水文・水理観測 第7節 河川の流れの総合的把握

### 目次

第7節	河川の流れの総合的把握 .....	1
7.1	総説 .....	1
7.2	流れの総合的把握の実施例 .....	2

平成24年6月 版

## 第2章 水文・水理観測

### 第7節 河川の流れの総合的把握

#### 7.1 総説

##### <考え方>

本節では、本章 第1節で述べたカテゴリ-3.1の観測について概説する。

流れの総合的把握とは、水位、流量など個別単独での観測ではその一部しか捉えられない洪水流の挙動を、それらを連携させた観測と解析により全体像を捉え、そこから必要な情報や知見を得ることを目的として実施するものである。

以下、その要諦を段階を追って説明する。

#### 1) 水理システムへの力学的な理解に基づく柔軟な未知数設定

次に示す最も単純な流れの抵抗則を用いて、このことを説明する。なお実際は、必要なレベルの（状況によってはより高度の）流れの基礎方程式が用いられる。

$$q = \frac{1}{n}(H-z)^{\frac{5}{3}} \cdot \sqrt{\frac{H_1-H_2}{\Delta x}} \quad (2-7-1)$$

ここで、 $q$ ：単位幅当たりの流量、 $H$ ：水位、 $z$ ：河床高、 $n$ ：マンニングの粗度係数、 $H_1$ ：地点1（上流側）の水位、 $H_2$ ：地点2（下流側）の水位、 $\Delta x$ ：地点1、2間の縦断距離、である。

- a) 上式で、河床高  $z$ 、粗度係数  $n$  が既知で、ある時刻の水位 ( $H, H_1, H_2$ ) が観測されれば、流量  $q$  を得ることができる。これは、本章 第4節 流量観測 の表 2-4-1 に示した水面勾配断面積法の原理である。
- b) 河床高  $z$  が既知で、ある時刻の水位 ( $H, H_1, H_2$ ) と流量  $q$  が観測されれば、粗度係数  $n$  を得ることができる。これが、第5章 河川における洪水流の水理解析 第5節 パラメータの設定 5.2 に示されている粗度係数の逆算（同定）法の原理である。
- c) 粗度係数  $n$  が既知で、ある時刻の水位 ( $H, H_1, H_2$ ) と流量  $q$  が観測されれば、河床高  $z$  に関する情報を得ることができる。
- d) このようにして、水理システムの解析と観測項目との組合せの中で、目的や状況に応じ、得たい水理量を柔軟に設定する。

#### 2) 水理量による観測精度の違いを踏まえた戦略

観測精度は水理量によって異なり、一般に、水位（水深）の測定精度は流量観測精度に比べて高い。このことから、 $z$  と  $n$  が既知とできる条件では、流量の直接観測の精度向上を目指すことは別に、相対的に精度の高い水位測定結果を用いて、上記 1) a) のアプローチで流量を求めるといった考え方が出てくる。また、やはり測定が容易ではない洪水中の河床高について、それを直接測定する努力とは別に、 $q$  と  $n$  を既知とできる条件で、水位測定結果から上記 1) c) のアプローチで河床高の情報を得ようとする考え方が出てくる。このように、得たい水理量の直接観測だけにこだわらず、水理システムと関連付けられ、相対的に高い精度での測定が可能な水理量及び設定しやすい水理量を経由して、最終的に求めたい水理量を得るという方法を、必要に応じ積極的に採用する。

#### 3) 水位の縦断方向多点観測及びその繰り返し実施

縦断方向に細かいピッチで水位の同時観測を行えば、式(2-7-1)を河川縦断方向についての流れの運動方程式などに置き換えることで、未知とおいた水理量の縦断分布に関する情報を得ることができる。たとえば、粗度係数（より一般的には抵抗特性）の縦断的な変化が明らかになれば、その原因を河道状況（河道形状や樹木群など）から特定することで、河道状況の管理に

資する個別具体の情報を得ることができる。また、非定常流れに対して、こうした観測を繰り返し連続的に行い、非定常流れの基礎方程式を導入することで、流量の縦断分布とその時間変化が、粗度係数あるいは河床高の時空間変化に関する一定の情報とともに得られると期待できる。こうして得られる情報は、河道内の洪水流量の下流への伝播特性などについて、直接流量観測だけによるよりも多くの情報を相対的に高い精度で示すものと期待できる。さらに、こうした観測を、(自然) 分流地点や遊水地等を含む河川区間などに適用することで、分流特性や洪水流量の縦断方向変化などについて詳細かつ精度の高い情報が得られると期待される。こうした手法は、一種の同化手法の適用と位置付けられ、河川の流れの総合的把握においては、水位測定データを充実させることで、得られる情報量が大幅に増えるという以上の特性を、必要に応じ積極的に活かす。

#### 4) 河床変動や流砂量に関する情報把握への展開

上記3)までの積み上げを前提に、流れの計算に加えて河床変動計算(第6章 河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析に記述)を組み合わせて実施するなどして、実測値を説明できるための水理量算出というアプローチを流砂量にまで展開して、洪水中の流砂量に関する情報を得ようとする方法があり、第16章 総合的な土砂管理のための調査 第2節 調査の基本的組立て方 2.3.6(1)④で紹介し、またこの方法の土砂流送特性把握における位置付けを第4章 河道特性調査 第6節 土砂流送特性 6.5で説明している。こうした観測と解析の組合せは、洪水中に有意な河床変動が起こると考えられる河川区間(たとえば砂床の河口付近、分合流地点など)において、特にその意義が大きくなると期待される。このように、必要に応じて、「水理システム」に流砂と河床変動に関するシステムも取り込み、獲得する情報、知見の範囲を広げていく。

「河川の流れの総合的把握」においては、水理システムを具体的に表現する流れに関するモデル(場合によっては流砂と河床変動も合わせて)のレベルと実測対象となる水理量の種類・量・質とのバランス及び適合性が重要となる。モデルのレベルには幅があるので、このバランスと適合性が取れている限り、目的や状況に応じた柔軟な実施法が選択できるとも言える。

以上に説明した「河川の流れの総合的把握」は、河川の流れ(必要に応じて流砂と河床変動を含む)のシステムに関する理解や技術の進展の成果を円滑に実務に反映させる上での、また多くの扱うべき水理量がある中で総合的・戦略的視点からより合理的な観測を実施する手法を見いだす上での基本フレームとなるものであり、カテゴリ1、2の観測との相互補完性(図2-1-1参照)も意識しつつ、必要な局面での積極的な実施を図っていくことが大事である。

## 7.2 流れの総合的把握の実施例

### <例 示>

#### 1) 水位多点連続観測と非定常流解析による洪水伝播特性の把握

簡易自記式水位計を用いて水位縦断分布の時間変化を観測し、水位観測結果を境界条件として与えた非定常準二次元流解析又は非定常平面流解析を実施する。相対的に観測精度の高い水位縦断分布と一致させることを優先しつつ、かつ基準点における流量観測結果と大きく乖離することなくかつその変化特性を再現できるように粗度係数を設定する。以上の結果から、最大流量の流れ方向の変化や基準点における洪水流量の時間変化(ハイドログラフ)等の洪水伝播特性を把握する。

#### 2) 流速観測と抵抗則式による粗度係数の時空間的变化特性の把握

航空写真やビデオなどの画像解析により洪水流の平面流速分布を測定し、流速と水位の観測

結果を抵抗則式（求められる精度に応じて、一次元又は平面流解析を使用してもよい）に与えて粗度係数を逆算する。逆算粗度をえた地点における地被（植生など）の抵抗特性を把握する。

### 3) 山地河川における支川合流を取り込んだ洪水伝播特性の把握

本川に設置された複数の水位観測所データを用いて支川合流点や本川上下流端において近接する水位観測所の水位との関係式として流量を与える境界条件式を設定し、本節 7.1 1) a) と同様に一次元非定常流解析を実施する。以上の結果から、基準点における洪水流量の時間変化（ハイドログラフ）等の洪水伝播特性を把握する。なお、この手法は河川の横流入出量の境界条件として応用でき、支川からの合流量、派川への分派量、遊水地への流入量、破堤点における氾濫流量を把握する上でも活用できる。

### 4) 洪水流と河床変動の一体解析による洪水中の河床変動の把握

多点に設置された水位計を用いて洪水中の水面縦断形の時間変化を記録するとともに、流量ハイドログラフ、洪水前後の河床高を測定し、洪水中はほぼ一定の粗度係数及び樹木群透過係数を用いて、洪水流と河床変動を支配する二つの基礎方程式を同時に解いて、流量、水面縦断形及び洪水後の河床高が一致するように洪水中の河床高を算定する。以上の結果から、流量ピーク時の河床高、洪水中の最大洗掘深等の洪水中の河床変動を把握する。

## <参考となる資料>

下記の資料が参考となる。

- 1) 水理公式集[平成 11 年版]，(社)土木学会，第 2 編 河川，第 2 章 洪水流の解析，p. 117，2000.
- 2) 福岡捷二，渡辺明英，原俊彦，秋山正人，水面形の時間変化と非定常二次元解析を用いた洪水流量ハイドログラフと貯留量の高精度推算，土木学会論文集，No. 761，II-67，pp. 45-56，2004.
- 3) 福岡捷二，佐藤宏明，出口桂輔，洪水流の非定常準二次元解析法の研究，土木学会論文集 B，Vol. 65，No. 2，pp. 95-105，2009.
- 4) 内田龍彦，福岡捷二，工藤美紀男：河川上流域における本川・支川流量ハイドログラフの合理的推定法，河川技術論文集，第 15 巻，pp. 309-314，2009.
- 5) 福岡捷二，永井慎也，佐藤宏明：河川合流部を含む本・支川の流量ハイドログラフ貯留量の評価—利根川・渡良瀬川の平成 13 年 9 月洪水を例として—，水工学論文集，第 49 巻，pp. 625-630，2005.
- 6) 福岡捷二，渡邊昭英，田端幸輔，風間聡，牛腸宏：利根川・江戸川分派点を含む区間における流量ハイドログラフと粗度係数・樹木群透過係数の評価，水工学論文集，第 50 巻，pp. 1165-1170，2006.
- 7) 福岡捷二，昆敏之，岡村誠司：鶴見川多目的遊水地の洪水調節効果の評価—河道の水面形の時間変化を考慮した非定常二次元解析法の適用—，土木学会論文集，pp. 238-248，2007.
- 8) 安倍友則，福岡捷二，塚本洋祐，破堤による氾濫流量ハイドログラフ計算法の構築と河川への適用方法の研究，土木学会論文集 B，第 65 巻，No. 3，pp. 166-178，2009.
- 9) 岡村誠司，岡部和憲，福岡捷二：洪水流の縦断水面形変化と準三次流解析法を用いた石狩川河口部の洪水中の河床変動解析，河川技術論文集，第 16 巻，pp. 125-130，2010.
- 10) 岡村誠司，福岡捷二，竹本隆之：利根川河口部の河床形状と洪水中の河床変動，水工学論文集，第 54 巻，pp. 751-756，2010.
- 11) 鈴木健太，島元尚徳，久保世紀，福岡捷二：筑後川感潮域の洪水中の河床変動解析，水工学論文集，第 55 巻，pp. 877-882，2011.

- 12) 福岡捷二：河道設計のための基本は何か—水面形時系列観測値と洪水流—土砂流の解析を組合せた河道水理システムとその見える化, 河川技術論文集, 第 17 卷, pp. 83-88, 2011.



## 第2章 水文・水理観測 第8節 河川・流域の水循環の観測

### 目次

第8節	河川・流域の水循環の観測 .....	1
8.1	総説 .....	1
8.2	健全な水循環系の確保の観点からみた流域水循環の観測 .....	1
8.3	気候変化による水理・水文条件の変化の検知・把握のための観測 .....	3
8.4	気候変化による水理・水文条件の変化の検知・把握のための分析 .....	4

平成24年6月 版

## 第2章 水文・水理観測

### 第8節 河川・流域の水循環の観測

#### 8.1 総説

##### <考え方>

水は、地球上の限りある資源であり、生物の命を育み、私たちの生活や産業に不可欠な基本要素である。水は、海や河川等の水面や植物・湿った地面から大気へ蒸発し、雲から降水が形成され、地表面に水が供給される。一部は雪氷や土壌水として保持されるものの、その他は河川水や地下水となって河川流域を流下し、再び海そして大気へと戻る、いわゆる一連の「水循環系」を構成している。このような水循環系には、地球・大陸規模の大循環も含まれるが、河川管理者にとっては、河川流域内における水循環系（流域水循環）が特に重要である。河川水や地下水はこの水循環の一部であり、我々はこれを継続的に利用することができる。河川・水資源の計画・管理にとって、水のストックの把握だけでは不十分であり、水循環のフローを把握しなければならない。また、現代においては、農業用水・都市用水・発電用水等の取水や下水、農業排水等の排水による人工的な水循環システムも、河川流域における水循環系において大きな役割を果たしており、それらの把握も重要となる。また、流域内の個々の水循環プロセスは、上流域からのゆっくりとした地下水流出が間欠的な降雨を貯留して水資源の重要な要素を構成する一方で、地下水の過剰な汲み上げが地盤沈下や治水・利水・環境面での様々な弊害をもたらすなど、自然的側面のみならず社会的側面も含めて深く互いに密接に関連しあっていることを理解することが重要である。

水循環系の把握は、カテゴリ1・2の既存の観測網のみから行うのは事実上不可能であるため、必要に応じてカテゴリ3・2の追加的な観測を行い、最終的にはこれら全ての観測値を用いた解析（水循環モデル解析や統計解析等）により推定するのが一般的手法である。したがって、追加観測の対象（浸透能、地下水位等）や観測場所、観測時期等は、既存の観測網と用いる解析手法を考慮して決められる。

本節は、河川・流域での水循環を総合的に把握する典型的な事例として、健全な水循環系確保のための調査及び気候変動の影響調査で必要となる観測を取り上げて、その目的に応じた留意事項を記述する。

#### 8.2 健全な水循環系の確保の観点からみた流域水循環の観測

##### <考え方>

1960年代後半以降急速に進んだ都市への人口や産業の集中、都市域の拡大、産業構造の変化、その一方で中山間地や農村での過疎化、高齢化等の進行、更に近年の気候変化等を背景に、平常時の河川流量の減少、湧水の枯渇、各種排水による水質汚濁、不浸透面積の拡大による都市型水害等の問題が顕著となってきている。

これらの問題は、浸透機能の低下、地表水と地下水の連続性の阻害等に起因しており、流域全体を視野に入れた水循環系の健全化への早急な対応が求められる事例が増えてきている。

上記の背景の下で、健全な水循環系、すなわち、「流域を中心とした一連の水の流れの過程において、人間社会の営みと環境の保全に果たす水の機能が、適切なバランスの下に、ともに確保されている状態」を保全・構築するための計画策定と実行が、都市河川流域を中心として必要となる場合がある。その計画策定には、水循環系に関係する多くの主体（住民、NPO、事業者や国や地方自治体の関係行政機関等）が参画することが望まれ、流域水循環の把握はここでの共通認識・目標を醸成し共有するための基礎的情報として必要とされる。

流域の水循環系は、降水、蒸発散、浸透、地下水流動、河川流出といった素過程から成る自然系の水文循環と、上水道、工業用水道、下水道、農業用排水路等を経由して流れる人工系の水循環に大きく分けることができる。対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程や

それら相互の関連性について、過去から現在に至る変化の実態や経緯及び将来動向の把握が求められることが多い(図 2-8-1)。たとえば、自然系の水循環に着目した場合、都市化等の流域の改変以前に流域に備わっていた保水・遊水・浸透機能の把握は計画策定において重要な基礎情報となる。

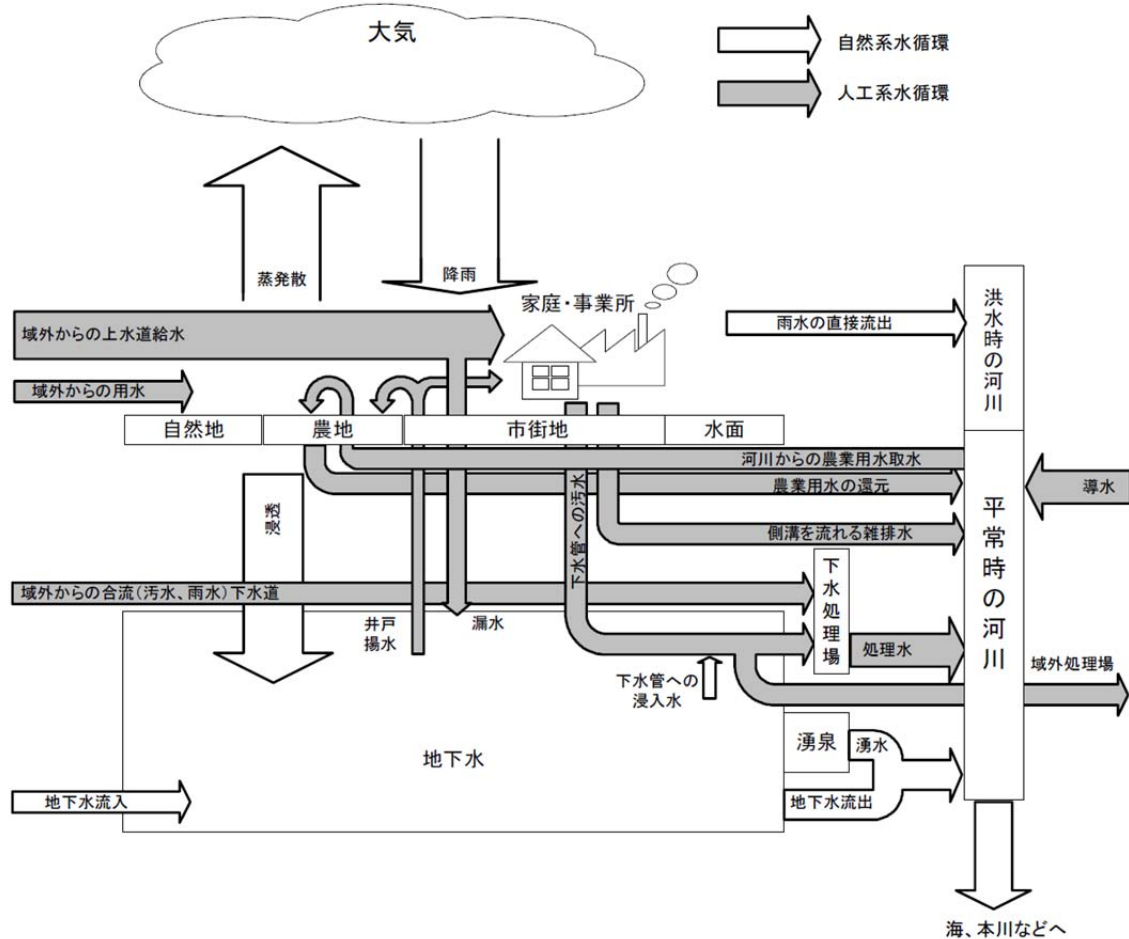


図 2-8-1 流域水循環系を構成する水循環要素の分類例

出典：健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議：  
健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて、2003。

<標準>

浸透機能等の流域規模での直接的な観測が困難な機能の把握や、それらを含む様々な自然・人工系の水循環系を総合的かつ客観的に把握するための手段としては、既存の気象水文観測、地形・地質、土壌等の資料を用いた年間水収支法、若しくは、水循環シミュレーション（第 3 章 第 2 節 流出解析 参照）により総合的に把握し分析することを標準とする。

<推奨>

雨水浸透施設の浸透強度を精度よく設定する必要があるときは、現地浸透試験(カテゴリ 2：特定目的観測)を実施し、得られた結果から平均浸透強度を設定することが望ましい。

<例示>

対象とする河川流域内に存在するこれらの水循環過程やそれら相互の関連性を示すことを目的として、年間水収支法若しくは水循環シミュレーションによる解析結果について、図 2-8-2

に示すように、各構成要素の定量的な年間水収支関係を図示する方法がある。この水収支の関係図について、過去から現在、将来にわたって変化する状況を示すことで、健全な水循環系の確保における課題を把握する手段とすることができる。

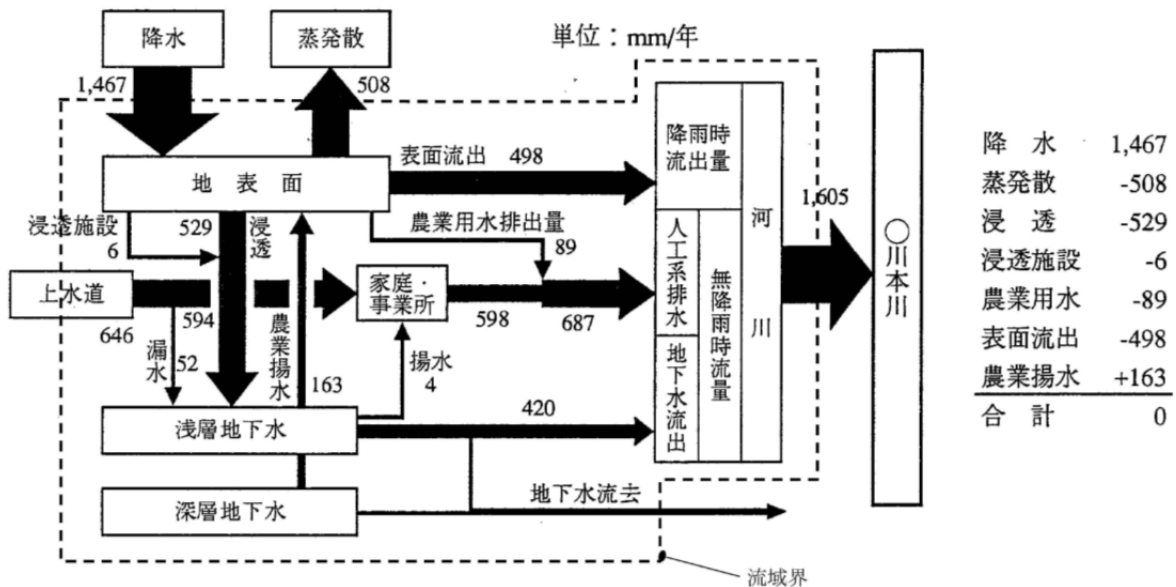


図 2-8-2 流域水循環系の構成要素間の相互関係を示す年間水収支図の例

出典：健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議：  
健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて、2003.

#### <関連通知等>

- 1) 特定都市河川浸水被害対策法，平成 15 年 6 月 11 日法律第 77 号，最終改正：平成 23 年 8 月 30 日法律第 105 号。
- 2) 健全な水循環系構築に関する関係省庁連絡会議：健全な水循環系構築のための計画づくりに向けて，2003.

#### <参考となる資料>

特に都市域における健全な水循環系の確保に資する具体的な技術の詳細、たとえば、雨水貯留浸透施設の設計のための詳細な調査手法、浸透能力やその効果を概算する簡便法、並びに、都市域における流域水循環系の定量的なモデリング（解析）手法については、下記の資料が参考となる。

- 1) (社)雨水貯留浸透技術協会：増補改訂雨水浸透施設技術指針（案）調査・計画編，2006.
- 2) 国土交通省都市・地域整備局下水道部，同河川局治水課：雨水浸透施設の整備促進に関する手引き（案）～浸透能力の低減を見込んだ効果把握及び維持管理の考え方について～，2010.
- 3) 「都市小流域における雨水浸透，流出機構の定量的解明」研究会：都市域における水循環系の定量化手法－水循環系の再生に向けて－，(社)雨水貯留浸透技術協会，2000.

### 8.3 気候変化による水理・水文条件の変化の検知・把握のための観測

#### <考え方>

気候変化には、数年スケールで発生を繰り返しているエルニーニョ・ラニーニャ現象や北極振動等、様々な自然的要因によるものが含まれる一方、人為的要因も加わることで不可逆的な気候変化をもたらす地球温暖化やヒートアイランド等も存在する。特に、地球温暖化は不可逆

性と予想される影響の大きさ・深刻さから、人類の生存基盤そのものに影響を与える重要な課題である。沿岸域や洪水氾濫原、急傾斜地は、海面水位の上昇、大雨の頻度増加、台風の激化等により、水害、土砂災害、高潮災害等が頻発・激甚化するとともに、降雨の変動幅が拡大することに伴う渇水の頻発や深刻化が懸念されている。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次評価報告書では、温暖化の緩和策には限界があり、緩和策を行ったとしても気温の上昇は数世紀続くことから、温暖化に伴う様々な影響への適応策を講じていくことが緩和策と同様に重要であるということが指摘されている。一方、緩和策への取組や社会条件の変化等不確実性がある中で、外力変化の予測値にも大きな幅が存在する。このように、気候変化の予測等に不確実性がある中で適応策を検討するためには、今後の観測データや知見の蓄積に応じて適応策の内容や組合せを手戻りのないよう見直していく順応的な対応が必要不可欠である。

#### <標準>

モニタリングすべき気象・水文要素としては、気温、降水量、降雪量・積雪量、河川流量、潮位、蒸発散量等が考えられる。これらの項目を主にモニタリングするに当たっては、最低限、カテゴリー1に求められる観測データの長期にわたる一定レベル以上の品質の確保が必要である。これらの項目の観測手法や最低限確保すべき品質とそのためデータの照査の手法については、本章第2節～第5節に詳述されているので、その基準に従って観測・照査を行うことを標準とする。

モニタリングにおいて、カテゴリー1の観測にはない付加的な留意点は以下のとおりである。

- ・ 継続性・連続性の確保：解析による変化の有無の検知のため、極力、長期間の観測資料がある観測所を主にモニタリング目的の観測所とする。また、変化検知のために、観測位置の移動、周辺環境や観測手法（センサ等）の変化に伴い発生する系統誤差については、詳細に検討しておくこと。
- ・ 人為的影響のない場所での観測所を主にモニタリング対象に含めること。：気温等の気象要素については、ヒートアイランド効果等の人為的影響のない地点を選定する必要がある。また、河川流量は、上流域での取排水、調節、土地利用・植被変化等の人為的影響がない場所を含めて選定しておくことで、気候変化の影響を検知しやすくすることができる。

#### <例示>

積雪・融雪変化のモニタリングは、ダム管理用観測等、カテゴリー2特定目的観測に分類される積雪深・密度観測や衛星リモートセンシングによる積雪域変化図等を用いることができる。精度の高い観測値が得られない場合は、地上気温の観測値と現在気候条件下での大気大循環モデル（以下、GCMという。）出力値から第3章 水文解析 第2節 2.3.4 積雪・融雪量の推定に記載した手法で計算することで仮想的な観測値を得た上で、将来気候条件下での計算結果と比較することにより、積雪・融雪変化を評価したり、長期流出への影響を予測する手法が用いられることがある。

### 8.4 気候変化による水理・水文条件の変化の検知・把握のための分析

#### <標準>

モニタリング項目の分析に当たっては、一般に次の項目を分析することを標準とする。

- 1) 時系列の傾向（経年変化）

- 2) ある閾値以上の生起回数
- 3) 極値分析（確率推定値の比較）

1)、2)の検討を行う際には、統計的な有意性を検定することを標準とする。これらの統計学的な分析を行うに当たっては、第3章 水文解析 第1節 水文統計解析 の基準に従うものとする。

一方、気候変化の予測は、GCMによる数値気候・気象シミュレーションによって試みられてきている。しかし、気候変化予測情報については、現段階では以下に挙げるような不確実な要因が含まれる。

- ・ 地球温暖化の主要な原因とみなされている二酸化炭素等の温暖化ガスの今後の動向については、今後の社会的条件の変化に依存するところが大きいため、その仮定の違いによって複数の温暖化予測のシナリオが存在する。
- ・ 国内外の多くの GCM が存在するが、モデルの違いに起因して、モデルの計算結果が互いに異なっている。

また、これらの予測計算結果を河川流域スケールにおける影響評価予測に用いる観点からは、国内外に存在する多くの GCM の空間解像度が一般に 100km 程度以上と粗いため、そのまますぐに用いることが難しい。

これらのことから、気候変化予測情報を活用するに当たっては、上記の点に起因した不確実性を十分理解した上で実施することが重要である。具体的には、以下の点に配慮することが必要である。

- ・ 温暖化予測のシナリオについてどれを用いるべきかについて、影響評価予測の目的を考慮した上で、事前に検討し、方針を定めておく。
- ・ 複数の GCM による予測結果を参照した上で、不確実性の幅をあらかじめ把握した上で、総合的に当該対象流域における影響評価予測を行う。総合的に予測を行う手法としては、事前に個々の GCM による計算の妥当性を現在気候の再現計算結果等から評価しながら、何らかの重み付けや採否の判断を行うこと等が考えられる。
- ・ 利用する GCM の予測計算の空間解像度が目的とする検討には粗すぎると判断される場合は、統計的手法や力学的手法を用いることにより、ダウンスケールを行うことが考えられる。ただし、ダウンスケール計算にも不確実性が含まれることに注意が必要である。

#### <例 示>

GCMによる数値気候・気象シミュレーション結果における不確実性の代表例として、現在気候（地球温暖化の影響なしの気候）を再現したときに見られる系統誤差（バイアス）の存在がある。このため、現在気候の再現結果と観測値との相違から系統誤差を分析し、その結果をもって将来気候の予測値の補正（バイアス補正）に用いることが多い。

特に、河川流域での大雨を対象とした将来気候の予測では、GCM 予測と過去水文資料から求めた現在気候の流域平均降雨発生頻度から系統誤差を求める場合がある。このとき用いる観測資料は、一般にカテゴリ1の観測資料を用いればよい。ただし、系統誤差の地域特性を調査するなどの目的がある場合を除く。

#### <関連通知等>

- 1) 国土交通省河川局：洪水に関する気候変化の適応策検討ガイドライン【日本語版】，2010。
- 2) 国土交通省関東地方整備局，気象庁東京管区气象台：地球温暖化に伴う気候変化の影響モニタリング データ整理等に係る要綱（案），2010。

#### <参考となる資料>

具体的な河川流域における温暖化影響の検知・把握の検討事例として、下記の資料が参考となる。

- 1) 利根川上流域温暖化モニタリング検討会:利根川上流域の気候・水文変動レポート, p. 188, 2010.