

**調査編**  
**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

令和4年6月 版

## 適用上の位置付け

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

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

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

## 第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う考え方が出てくる。また、やはり測定が容易ではない洪水流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れ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含む多数の水位観測値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。逆算粗度を得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) 土木学会水工学委員会：水理公式集 [2018 年版]，第 2 編 河川・砂防，第 2 章 河道内洪水流の水理と解析 p. 224，丸善，2019.
- 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，渡辺明英，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時の河床変動, 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時の河床変動解析, 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ー水面形時系列観測値と洪水流ー土砂流の解析を組み合わ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 巻, pp.83-88, 2011.
- 13) 福岡捷二: 洪水流の水位と流量の今日的考え方ー多点で観測された洪水水位と水面形から河道の水理システムを見る化するー, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73 No.4, I\_355-360, 2017.