

## 農業土木分野におけるフィールド計測技術（その1）

水文計測技術；河川流動編

*Field Measurement Technique in Agricultural Engineering(1)*  
- Hydrologic Measurement (Surface Flow) -

松田 周<sup>†</sup>  
(MATSUDA Shuh)

### 講座の趣旨

#### 農業土木学会誌編集委員講座小委員会

農業農村整備事業における重要構造物の建設や、農業土木分野の研究においては、とくに野外（フィールド）において、種々の項目を計測する機会が多く、またその必要性も極めて高いものです。重要構造物の建設時には、フィールドにおいてトラブルなどが発生した場合に備え、さまざまな計測器を設置し、これらから得られる情報をもとに、現状を監視することがよく行われます。また、研究の分野においては、考案したモデルの妥当性を検証したり、理論を確認したりするために、野外での観測データが不可欠であり、また、その精度も重要となります。シミュレーションにより、フィールドの現象をコンピュータ上で再現する場合にも、いわゆる「よいデータ」が必要となります。ご好評をいただいた前回の講座「農業土木技術者のための生き物調査」も、いわば「生態系などの環境情報」を計測する、といえるのかもしれない。

一方、さまざまな項目のデータを高精度にかつ詳細に取得することだけがよい、というわけでもありません。「必要とする観測データを必要な精度で計測する」ことが、経済的かつ短時間に観測できる重要なポイントです。

しかし、フィールドでいざ観測しようとするとき、どのような計器を使用すればよいか、どの程度の時間間隔で測定すればよいか、観測の頻度はどの程度に設定すれば妥当かなどということについては、測定器のメーカーに問い合わせたり、何度か試行錯誤的に実施し、大まかな傾向をつかんだ後、連続計測したりするのが現状ではないでしょうか。

近年のエレクトロニクス技術の進展は目覚ましく、さまざまな測定器の自動化、小型化、高精度化が進められています。また、従来は計測が難しかった事項について

も、簡易的に計測できる手法が開発されたり、まったく新たな方式が基準化されたりするなどの動きも出てきています。

そこで、農業土木学会誌編集委員会では、これら野外での計測技術について、幅広い視点で紹介する講座「農業土木分野におけるフィールド計測技術」を企画しました。対象とする分野を、「水文」「気象」「水質」「地質構造」「土壌」「土」「コンクリート」「環境濃度」に大別し、それぞれの分野で野外計測の基本項目、観測時に必要な機材、計測の原理と方法、得られた結果の解釈における留意点などを取上げることにいたしました。

とくに、これから農業土木分野のフィールドを対象として研究を行う学生や、種々の現象を実際計測する機会の多い現場技術者を対象とした分かりやすい内容の講座にする予定です。さらに、今回は、大学関係者、計器メーカー、計測を専門に実施しているコンサルタント等、さまざまな関係者の方々にご執筆いただけることとなりました。

この場をお借りして、執筆をご承諾いただきました皆様にお礼申し上げますとともに、この講座を通じ、フィールドの計測に興味を持ち、フィールドから得られる情報を的確に評価できる技術者が増えることを期待しています。

#### 構成

1. 水文計測技術(1) ～河川流動編～  
(独)農業工学研究所 松田 周
2. 水文計測技術(2) ～地下水流動編～  
(独)農業工学研究所 土原健雄
3. 水文計測技術(3) ～気象編～  
(独)農業工学研究所 松田 周
4. 水質計測技術 ～現地調査編～  
茨城大学 黒田久雄
5. 水質計測技術 ～室内計測編～

<sup>†</sup>(独)農業工学研究所



- 神戸大 多田明夫
6. 地質構造調査技術 応用地質(株) 櫻井 健
7. 土壌の物理特性計測技術 鳥取大学 井上光弘
8. 土の挙動観測技術 共和電業(株) 坂田光児
9. コンクリート構造物の劣化計測技術  
日本工営(株) 藤原鉄朗
10. 巨大構造物の非接触変形計測技術  
コマツエンジニアリング(株) 金光保雄
11. 大気中の環境濃度計測技術  
(独)国立環境研究所 井上 元  
(変更することもあります。ご承知おきください。)

## 1. はじめに

農業に関連するもっとも重要な要素の一つに水循環がある。ここでは、降水量やその中から流出する量、そして、その間に農作物が関わる水の吸収量および蒸散量を算定する必要がある。このような水循環の過程を解明するためには、各水文要素を観測により明らかにすることが基本となる。また、水文観測は地域資源(水、土地、エネルギー等)調査あるいは気象調査の一部として農業農村整備の総合計画に関わるため、農村地域の計画・整備に従事する技術者が必要とする基礎の一つともいえる。

水文観測には、人間が直接計測する直接測定と自記水位計などの器械を用いて計測する間接測定がある<sup>1)</sup>。直接測定は測定者の錯誤がなければ正しい値が得られ、間接測定は連続した測定値を得ることができる。今日では技術革新が進み、観測器械の信頼度もかなり向上しているが、それでも故障や不具合が発生する可能性はあるため、両者が相補い合う観測計画を立てなければならない。また、観測内容が計測器械の選定に大きく関わるので、計測器械の特性を考慮した観測計画を組む必要がある。

水文観測の中の計測分野は多岐にわたっているため、ここでは、河川流動(水位・流量)に関わる項目に絞って紹介し、とくに農地流域を流れる小河川あるいは用排水路に重点を置いた観測法について述べる。

## II. 観測計画の立案

### 1. 観測地の地図と現地情報

観測地点の一次的な選定は地図上で行い、河川、用水路、水田、排水路など、その水系としてのつながりを把握する。河川の直線性や堰の有無、堆砂・植生状況などは現地に行って確認する。その際、灌漑期・非灌漑期の水位・流量変化や農事暦など、調査時期以外の情報を聞

取り調査により入手する。さらに、後述の水位・流量観測地点の選定法も考慮する。

### 2. 観測場所・方法の決定

現地調査の結果から観測場所および方法を決定する。また、水文観測は、真夏の炎天下や洪水時にも実施されるので、安全性を十分考慮した選点を行う。

## III. 水位観測

観測で得られた値を用いて水文解析等を行う際に、必要な情報は河川水位よりも流量である。しかし、後述する流速・断面積計測法等による流量の直接的な連続観測はいまだ容易でないため、通常は水位を連続観測した後に、水位・流量曲線を用いて変換された連続流量の値を得る。水位・流量曲線は、流量が異なるいくつかの時点で測定した流量と水位から両者の関係を表した曲線である。また、堰計測法においても水位観測値を流量に変換するため、精度のよい水位観測を行うことが重要である。

### 1. 水位観測地点の選定

水位計等の施設は、流水を阻害しないように設置する必要があり、次のような場所を選ぶ<sup>2)</sup>。

ほぼ直線区間で水流が整正な場所、河床変動が少なく、土砂の流入の少ない場所、勾配のある区間で背水の影響のない場所、上下流に落差工のある場合には、その影響のない場所、観測に便利で、危険の少ない場所等である。

### 2. 水位観測装置

水位を観測するにあたり、水面の高さを水位標により直接読取る目視観測と、機械的・電気的操作によって記録する間接的な観測である自記観測がある。ただし、自記観測においても、観測値の定期的なチェックや自記水位計欠測時の水位確認のために水位標は不可欠である。

(1) 目視観測 1 cm 単位の量水標(写真1)を支柱に取付けた水位標により、水位を直接目視で読取る。水面が変動している時は、短時間の水位の最大値と最小値を読取り、平均してその時点の水位とする。水位標には、一定の勾配を考慮して水路堤防の側面に設置される傾斜型水位標もある。

(2) 自記観測 自記観測のための水位計には、観測井を設置するフロート式や、海外でよく利用されている気泡式などさまざまな形式があるが、ここでは観測井や大がかりな装置を必要とせず、設置が比較的容易で今後主流になると考えられる磁歪式<sup>じわい</sup>、水圧式、超音波式を紹介する。

磁歪式(写真2)はフロート式水位計の一種であり、



写真1 各種量水標の例<sup>1)</sup>

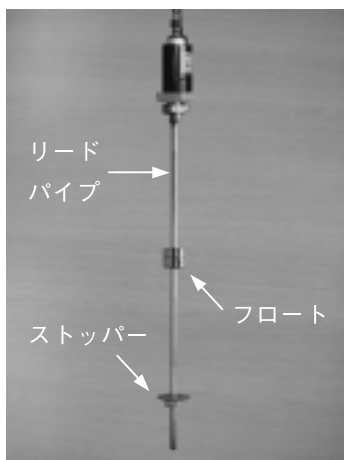


写真2 磁歪式水位計のプロープ部

フロートの中にあるフロートマグネットが磁歪式線上を上下することにより水位を測定する装置である。精度が高く、温度による影響をほとんど受けないために、温度変化の大きい地点でも計測が可能である。水圧式は、圧力センサーを用いて河床における水圧を測定する方法で、受圧部には半導体式あるいは水晶式を用いているのが主流である。センサー単体としての精度は、一般に水晶式が半導体式よりも優れている<sup>3)</sup>。なお、水温が変化すると水の密度が変化するため、水圧を計測する水圧式では誤差の原因となる。したがって、水深により大きく水温が変化する地点では水温補正が必要となる。超音波式は、非接触で水位を測るため、土砂・流木等が流下する地点において有効である。また、農業用水路のように、非灌漑期の水深がほとんど零になる地点でも計測可能である。ただし、超音波は温度の影響を受けるので、気温補正が必要となる。

記録方式はロール記録紙を用い、連続値が得られるアナログ方式と記録間隔を設定して計測するデジタル方式

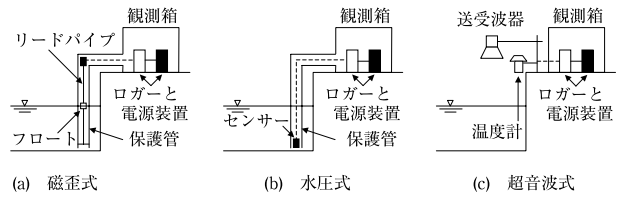


図1 自記水位計の設置例

がある。デジタル方式では電流や電圧を記録する小型ロガーが比較的安価に入手できるため、多地点で計測・解析する場合に有効である。計測間隔は計測地点の水文状況や解析対象の水文要素によって決定する。小流域や時間帯により揚水の影響を受ける地点では、計測間隔を短くする。また、デジタル方式により記録されたデータは、メモリーカードや赤外線等を用いてパソコンに回収することができる。固定電話や携帯電話を用いて遠隔操作によりデータを回収する方法もあるが、その場合でも定期的に観測点の点検を行うことは不可欠である。

水位計用の電源装置には、車用のバッテリーや9Vの乾電池を用いれば、交流電源を引かなくても計測可能である。

設置方法は、図1に示すように、磁歪式と水圧式は穴をあけた塩ビ管などの保護管に通し、岸壁に固定する。設置後は、水位とロガーの読みが合っているかの確認を行う。

#### IV. 流量観測

河川流量は水文解析を行う際に利用されるだけでなく、ダム容量の計画や灌漑用水量の取水計画など、事業に密接に関わっている基本情報である。流量観測の目的は、前述の水位を流量に変換する際に必要な水位流量曲線を作成するための情報を得ることである。

##### 1. 流量観測地点の選定

流量観測は水位観測点の近くで行う必要があり、水位観測点の選定条件に加えて、次のような場所を選ぶ。

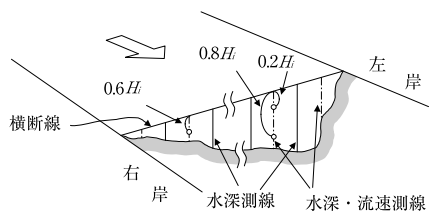
対岸および観測区間の見通しがよいところ、直上・下流に急激な湾曲がないところ、横断方向に流量が極端に集中しないところであるが、計測が簡単なことから、既設の橋などを利用することも多い。

浮子を用いる観測では、さらに以下のような場所を選ぶ。

流れの直線区間が必要な距離以上確保できるところ、観測区間の直上流部に橋があるところ。

##### 2. 流量観測方法

ここでは、一般的な流量観測として、流速・断面積計測法と堰による計測法を紹介する。流速・断面積計測法



$H$ : 各測線箇所の水深

図2 流速・断面積計測法における水深測線および流速測線の配置



写真3 流量観測風景

には可搬型流速計を用いる方法と、浮子による方法などがあるが、いずれも河川断面の測量と流速観測の二つの作業からなる。これは、区分断面ごとに平均流速・流量を算出して河川全断面での流量を求める方法である。

(1) 可搬型流速計による方法 低水流量観測のもっとも一般的な方法で、可搬型流速計を用いて、流水断面中の流速分布を実測し、水深測定結果と併せて流量を算出する方法である。

観測時に必要な道具として、可搬型流速計一式、巻尺、コンベックス、竹尺、測量用スタッフ、時計、長靴、胴長、合羽、携帯電話などがある。

観測手順として、まず第一の作業である河川の断面測量を行う。作業としては、流れが整い(水深が比較的一定で逆流や渦がないこと)、岩などの邪魔物がない場所を選び、流れに直角に巻尺を張り横断線とし、都合の悪い石や木の枝、ゴミは取除く、両岸の巻尺の目盛りを読み、水面幅を記録する、水深測線位置を決め、観測者は横断線の下流に立ち、上流を向いて水深観測を行うことになる。なお、水深測線間隔は水面幅の10%程度以下の等間隔が望ましいが<sup>4)</sup>、幅が1~2m程度の小河川では、4~5点以下でもやむを得ない<sup>5)</sup>。水深計測はm単位で記録すると、後で流量( $m^3/s$ )を算出するのに便利である。

次に、第二の作業である流速の測定を行う。1測線に

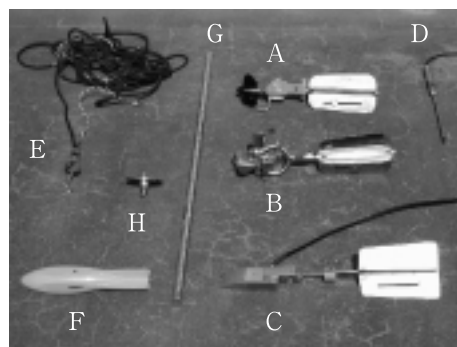


写真4 各種流速計

おける鉛直方向の流速分布については、水深の2割と8割の位置で流速を計測し、両値の平均をその測線における平均流速とする2点法を原則としている。また、水深が浅く、流速計による流れの攪乱が流速に影響する場合には水深の6割の位置で計測し、これをその測線における平均流速とする1点法を用いる(図2)。観測方法は、断面測量と同様に、観測者は横断線の下流に立ち、上流を向いて流速観測を行う(写真3)。

用いる可搬型流速計は、回転式流速計や電磁流速計などがある。前者は、流速と回転部の回転速度とが比例関係にあることを利用した計測器で、回転軸が流れに平行なタイプ(写真4中Aの三映式流速計など)と、垂直なタイプ(写真4中Bのプライス流速計)がある。

観測するにあたっては、以下の点に注意が必要である。

河道を流れてくる草や根等が回転部に巻き付いていないかを測定するたびにチェックする。また、水面上に回転部が出ると、検定式が使えなくなるため、流速計はその機種に応じた適用水深で測定する。

後者の電磁流速計は、ファラデーの電磁誘導の法則を利用したものであり、可動部分がないことから、河道を流れてくる草や根等が巻き付く心配がない(写真4中C, Dが電磁流速計, Dはハンディタイプ)。観測するにあたっては、以下の点に注意が必要である。

第一に変換器等の機材は温度変化の影響を受けるので、直射日光を避けた方がよい。第二に検出器の電極に油膜が付着すると入力電圧が大きく変化するため、電極は観測中清浄に保つ必要がある。第三にエンジンノイズ、高電圧(15万V)による電磁界等の影響は見られないが、トランシーバー27MHz(0.5W)からは検出器ケーブルを20cm以上、車載無線機(150MHz 10W)からは検出器ケーブルを5m以上、変換器を2m以上離す必要がある<sup>1)</sup>。

流速計の支持方法は、ワイヤーでつり下げる方法と、

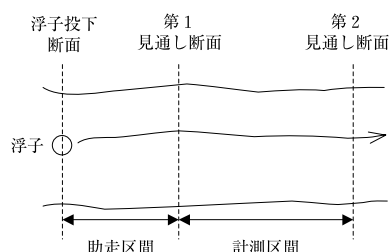


図3 浮子測定法の概念図

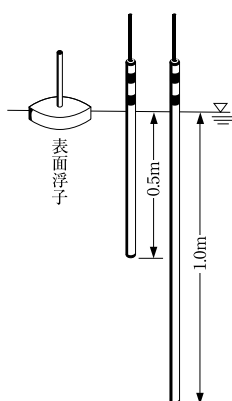


図4 浮子の種類<sup>1)</sup>

(この他に2.0m浮子および4.0m浮子がある)

ロッドで固定する方法（それぞれ写真4中のE、G）がある<sup>6)</sup>。ロッドは水深が大きくなれば固定が困難になるので、水深の浅い場合にのみ使用する。ワイヤーでつり下げる方法は、流速計が流されないようにおもりを付けて使用する。（写真4中のFはワイヤー使用時のおもり、Hはロッド使用時の沓（シュー））。また、尾翼がない流速計は、流向方向に正しく流速計を向けないと正確な流速が測れないことに注意する。

**(2) 浮子による方法** 浮子を用いる方法は高水流量観測のもっとも一般的なもので、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式である。

観測時に必要な道具として、浮子一式、巻尺、トランシーバー、ストップウォッチ、時計、長靴、合羽、ラジオ、携帯電話などがある。

浮子による流速観測には、浮子が流れになじんで適切に流下するための直線区間が必要であり、助走区間と計測区間に分けられる（図3）。助走区間は、浮子投下位置から第1見通し断面までの区間であり、この区間内で浮子と流水をなじませ、浮子が吃水を保持できるようにする。計測区間は、第1見通し断面から第2見通し断面までの区間で、流下時間を計測するために必要な区間である。計測区間の長さは、幅の狭い小さな水路では2～

表1 浮子の種類と修正係数<sup>4)</sup>

種類	表面浮子		竿浮子		
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
竿浮子の吃水(m)		0.5	1.0	2.0	4.0
修正係数	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

5m位でよいが、少し広い川では、10～20m、やや広い川では50m以上は必要である<sup>5)</sup>。

浮子は図4に示すように、表面浮子と棒浮子がある。表面浮子は板状で水面に浮かせて流す浮子である。棒浮子は、吃水部分の長さで0.5、1.0、2.0、4.0mの4種類あり、紙製のものが多く市販されている。紙製の浮子は雨水等に濡れると弱くなるので観測前の管理に注意する。表1に示すように、浮子は水深に応じて選択する<sup>7)</sup>。また、浮子の準備がなく、緊急の観測が必要な場合には、代用品（木の枝等）による簡易法もとられる。

水面幅の狭い河川では中心1点で測定を行うが、河川横断面を部分に区切る場合には、それぞれの部分断面の中心で測定を行う。測定ならびに換算法<sup>8)</sup>は、上流と下流に観測者を配置する、浮子を流し、第1見通し断面に入った合図でストップウォッチを動かし、第2見通し断面を通過する合図で止める、流した距離をこの時間で割って、浮子の流下速度を求める、この値に修正係数(表1)をかけて、その測線の平均流速を決定する。

一般に、河川の流速は表面の少し下でもっとも早く、水底では遅くなるため、表面あるいは表面近くを流れる浮子は平均流速よりも早くなる<sup>9)</sup>。したがって、この方法では修正係数をかけることで平均流速の算定を行う。1測線の観測が終われば、次の測線で観測を行う。通常、水面幅が20m未満の河川では5測線とするが、洪水時は水位および流量の変動が激しいので3測線でもやむを得ない<sup>4)</sup>。また、出水時に横断測量を行うのは困難なので、出水後に行い、断面積を求める。この値と出水



写真5 堰による流量観測施設

表 2 刃型堰の公式一覧<sup>1)</sup>

種別	公式	適用範囲
直角三角堰	沼知・黒川・淵沢の式	$B = 0.5 \sim 1.2 \text{ (m)}$ , $D = 0.1 \sim 0.75 \text{ (m)}$ , $h = 0.07 \sim 0.26 \text{ (m)} < B/3$
四角堰	板谷・手島の式	$B = 0.5 \sim 6.3 \text{ (m)}$ , $b = 0.15 \sim 5 \text{ (m)}$ , $D = 0.15 \sim 3.5 \text{ (m)}$ , $bD/B^2 = 0.06$ , $h = 0.03 \sim 0.45 b^{1/2} \text{ (m)}$
全幅堰	石原・井田の式	$B = 0.5 \text{ (m)}$ , $D = 0.3 \sim 2.5 \text{ (m)}$ , $h = 0.03 \sim 0.8 \text{ (m)}$ (ただし, $h < D$ で, かつ $h < B/4$ )

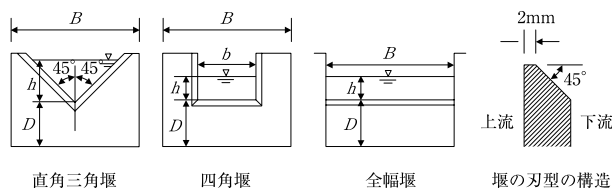


図 5 刃型堰の形状

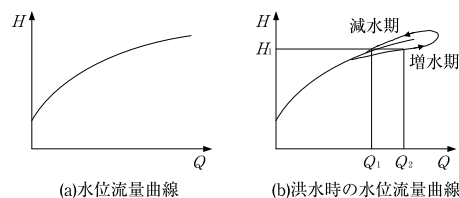


図 6 水位流量曲線の概念図

時の流速から流量を算出する。河川断面の測量方法は、可搬型流速計の項と同様である。

(3) 堰による計測方法 堰を河川断面に設置し、常流から射流に遷移する支配断面等をつくることによって、一意的な水位流量関係を得る方法である(写真 5)。この方法は、観測点の支配面積が小さく流出量が比較的少ない地点や、正確な流量測定が必要な場合に利用される。堰はその形状から、刃型堰、広頂堰、越流堰に分類されるが、ここでは刃型堰のみ記述する。

刃型堰は堰の断面が刃型である堰で、刃型堰からのナップ(堰から越流する水脈)は堰板に接しない。図 5 に示すように、刃型堰はさらに越流部の断面形状によって全幅堰、三角堰、四角堰、合成堰に分類される。刃型堰はアクリル板や塩ビ板から自ら作成することも可能であるが、JIS B 8302(ポンプ吐出量測定方法)、JIS K 0094(工業用水・工業排水の資料採取方法)により作成する<sup>10)</sup>。

堰の設置位置には、下流の水位の上昇によって堰が潜り状態になる可能性がなく、完全越流となる適当な落差を確保でき、勾配が小さな場所を選定する。また、堰上流には整流板を設け、水面の波をなくすとともに、堰に落ち葉や流木が掛からないようにする工夫も大切である。整流板は直径 20 mm の穴を中心間隔 30 mm の千鳥にあげたものが効果的との報告がある<sup>11)</sup>。

流量は堰の越流水深から計算するが、堰の上流には水位標や水位計を設置しておく。越流水深から流量への変換式の例を、表 2 に示す。

(4) その他の流量観測法 堰計測法と同様に、人工的に支配断面を作って流量を求めるパーシャルフリューム等を用いた計測法は、流量が少なく落差のないところ

でも適用可能である。

超音波を用いた流量観測として、超音波の送受器一対を河川斜断面の水中に設置し、伝播時間の差から平均流速を求める方法や、超音波発信・受信装置を用いて(たとえば、ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler, ADP: Acoustic Doppler Profiler)、断面流速分布を直接計測する方法がある<sup>1)</sup>。後者は超音波のドップラー効果を利用して河道断面内の 3 次元の流速分布を測定する装置であり、計測ソフト内の処理により流量が直接の出力となる。船に携行すれば、大河川でも短時間の流量測定が可能となるが、いまだ高価なのが難点である。さらに、橋梁等に超音波流速計を設置し、ドップラー効果により表面流速を測定する方法もある。

同じく表面流速観測法として、ドップラー効果を利用した電波流速計による方法や、橋梁等に設置したカメラの映像を画像解析して算出する方法(PIV: Particle Image Velocimetry 方式、オプティカルフロー方式)などがある。

洪水時の流速の鉛直分布を直接測定できる流速計として、水圧式水深流速計も開発されており、今後の洪水流特性解明につながる<sup>1)</sup>。

## V. 観測結果の整理

### 1. 観測記録の整理

水位の継続測定に加えて流量観測を行った後は、直ちに観測記録のチェックおよび整理を行う。水位観測に関しては、データの欠測の有無や観測値に不自然な部分がないかを確認する。問題が見つかれば、すぐに原因の究明を行う。器械等に原因がある場合は点検・整備を行うとともに、他の器械による測定を行う。流量観測に関し

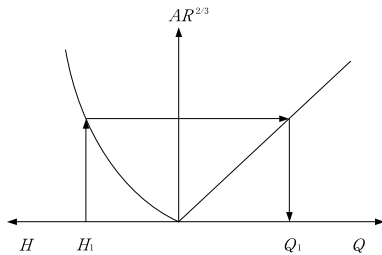


図7 マニング則を利用した水位流量曲線の概念図

ては、断面測量および流速観測結果（堰計測法では水位観測結果）のチェックを行い、流量に変換する。得られた流量値を既存の水位-流量曲線図にプロットし、曲線からかけ離れた値でないか等について照査する。

## 2. 水位-流量曲線図の作成

前述したように、流速・断面積計測法では流量観測により水位-流量曲線図を作成し、水位観測値を流量に変換する作業が必要である。必要とされる曲線は、図6(a)のように、横軸に流量、縦軸に水位をとり、流量観測で得られた値をプロットしてそれらに曲線をあてはめて得られる。このとき、一般に低水時では、水位と流量はほぼ一対一に対応しているが、洪水時では、同じ水位でも増水期の水面勾配は減水期のそれより大きいので、水位-流量曲線はループ曲線を描くことになる（図6(b)）。ただし、ループの幅が狭い場合は、その中間の曲線を洪水時の水位-流量曲線としても問題ない<sup>9)</sup>。また、明確なループが描かれない場合は、1本の曲線で表すのが一般的である<sup>1)</sup>。水位-流量関係は洪水時の河床変動を生じた時期を境として変化する。そのため、いくつかの期間に分けて、それぞれの期間ごとに水位-流量曲線を作成する必要もある。

曲線式の算定には、2次曲線式、 $m$ 次曲線式、マニング則を用いた水位-流量曲線などがある。2次曲線式および $m$ 次曲線式は、それぞれ以下の式で示される。

$$Q = aH^2 + bH + c \quad (1)$$

$$Q = a(H + b)^m \quad (2)$$

ただし、 $a, b, c$ ：定数、 $m$ ：指数(1.5~2.5の値をとるのが通例)、 $a, b, c, m$ は観測による実測資料から最小自乗法で求める。

さらに、マニング則を用いた水位-流量曲線は、次式のように示される。

$$Q = (I^{1/2}/n)AR^{2/3} \quad (3)$$

ただし、 $I$ ：水面勾配、 $n$ ：粗度係数、 $A$ ：断面積、 $R$ ：径深、である。断面積と径深は水位の関数であることから、 $AR^{2/3}$ は水位の関数であり、粗度係数、水面勾配が

一定ならば、流量は $AR^{2/3}$ を介して一価関数で表される（図7）。水位 $H$ と $AR^{2/3}$ 、 $AR^{2/3}$ と流量 $Q$ の関係を最小自乗法等で求めた場合、水理学的条件が同じであれば、(3)式が成り立ち、水位-流量曲線をその適用範囲を超えて外挿することができる<sup>1)</sup>。

## VI. おわりに

河川流動に関連する水文計測技術について述べた。本講ではとくに、水位観測地点の選定法ならびに水位観測装置の説明、流量の観測方法や観測上の注意事項および観測結果の整理の仕方について解説した。また、上記の計測技術の教科書的な説明に加えて、新しい観測器械の紹介も行った。最近では計測技術の進歩とともに、長期間の自動計測も可能となってきたが、あくまで観測データは継続性が重要であり、データの欠測を極力減らすように工夫しなければならない。そのためには、欠測やエラーを早期発見し、早急に対応できる準備を常にしておくことが肝要である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省河川局監修：平成14年度版水文観測、(社)全日本建設技術協会、pp.56~246(2002)
- 2) 角屋 睦：流出解析手法(その1) 1. 雨水流出現象とその計測・解析、農土誌47(10)、pp.63~73(1979)
- 3) 竹内 均監修：地球環境調査計測事典第2巻陸域編、フジ・テクノシステム、pp.67~70(2003)
- 4) 建設省河川局監修：二訂建設省河川砂防技術基準(案)・調査編、(社)日本河川協会(1986)
- 5) 新井 正：水環境調査の基礎、古今書院、pp.42~68(1998)
- 6) 大西亮一：農業土木技術者のための流量の測定と解析(その3) 基礎知識・流速と断面積を別々に測定して流量を求める方法(1)、農土誌43、pp.52~58(1975)
- 7) 建設省河川局監修：多目的ダム建設調査編、(財)全国建設研修センター、pp.77~84(1987)
- 8) 川合 亨：農業土木技術者のための流量の測定と解析(その5) 一般河川の流量観測、農土誌43、pp.171~177(1975)
- 9) 高瀬信忠：河川水文学、森北出版、pp.53~66(1997)
- 10) 松山 裕：実用流量測定、省エネルギーセンター、pp.187~191(1995)
- 11) 石野捷治：農業土木技術者のための流量の測定と解析(その2) 基礎知識・開水路において流量を直接測定する方法、農土誌42、pp.755~761(1974) [2003.6.11.受稿]