

初めて流量観測を行うにあたっての注意点 ～私的経験の備忘録～

ATTENTION POINTS FOR CARRYING OUT DISCHARGE OBSERVATION
FOR THE FIRST TIME
-MEMORANDUM OF PERSONAL EXPERIENCE-

加藤拓磨¹

Takuma KATO

¹正会員 博(工) 中央大学理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

The present paper was written for the person who carry out discharge observation for the first time have many distresses for thinking over observation methods and from lack of experience. I describe the problems that have been encountered in trying to design observation, carry out it, purchase observation equipments, and take safety measures from beginner's viewpoint.

Key Words : *Discharge Observation Method, Observation Equipment, Safety Measure*

1. はじめに

新たな流量観測技術が多く開発され、例えばブライズ式流速計では計測ポイントが一点だったのに対し、ADCPでは一瞬にして河川流速断面データの計測が可能となり、時空間的に詳細なデータの取得が可能となった。しかし断面データが計測可能な高精度の機器は費用が高く、大型であるため、設置許可や多くの人員が必要であるなど条件によっては使用ができず、決して万能ではない。観測計画を立案するとき当初は観測地点を多くし空間的に広域、短時間観測インターバルとしたデータの取得を目標にし、欲張りになるが、観測機材の値段・精度・観測インターバル・電源の確保等様々なスペック、観測手法、観測地点の環境など様々な制約条件をしっかりと見定めた上で観測計画を立てる必要がある。観測目標と実現可能な観測体制を照らし合わせ、熟慮することが研究のオリジナリティーであり、研究の醍醐味の一つである。本稿では様々な観測方法を大別し、観測目的・手法の考え方、流量観測準備とそれらに伴う問題点、留意すべき点を通常、論文などには記載されることのない筆者が経験・拝聴した失敗談を含め、観測をこれから行う初心者の観点からとりまとめた。

2. 観測手法の特徴

水位・流量観測機器はその水の挙動を計測する困難さを表すように数多く存在し、またそのスペックに応じた研究・観測アイデアが無数生まれる。そこで、ここではそれら観測手法を大きく、(1)定点観測、(2)集中観測、(3)移動観測の3つに定義し、考え方をシンプルにまとめる(図-1はイメージ図)。各種観測機器の使用方法は他書^{1) 2)}を参照されたい。

(1) 定点観測

ここで水位観測所と同様に河道内に観測機材を固定し、テレメータもしくは適時のデータ回収による自動観測方法を定点観測と定義する。

[利点] 定点観測は長期観測に適しており、長いスパンの観測データは定量的な評価をするのに最も一般的で確実な観測方法である。観測には設置・撤収・適時点検作業のみの観測作業員がいればよい。

[欠点] 定点観測は観測機材を河道内に固定するための設置許可が必要となる。流量・流速の計測においては水位が時々刻々変化し、ある高度1点に固定した流速計では対応できないため、高価である電波流速計³⁾、超音波式流速計⁴⁾、H-ADCP⁵⁾が必要となる。

[観測機器] フロート式水位計, 気泡式水位計, リードスイッチ式水位計, 水圧式水位計, 水晶式水位計, 超音波式水位計, 電波流速計, 超音波流速計, H-ADCP, 各種水質計など

(2) 集中観測

ここで河川事務所等が行う高水流量観測¹⁾のように洪水時に観測期間を絞り, 観測作業員が同じ場所で計測し続ける観測を集中観測と定義する. 一般的に水位は定点観測でデータ取得できるが, 流量・流速観測は流況により大きく変動するため, 表面流速を測る浮子, 鉛直流速を測るプライス式流速計等を用いる観測作業員が必要な観測を行う. ADCPを曳航させる観測もこれに含める⁶⁾.

[利点] 観測機材を固定設置しないため定点観測よりは容易に許可が得られ, 事前に申請さえすれば, 突如の降雨などによる緊急的な観測が必要なときに, この方法が有効である.

[欠点] 観測作業員が現場に張り付く必要があり, 洪水時をターゲットにすると常に観測が実施できる準備体制を取る必要がある.

[観測機器] 量水標, 量水板, 浮子, 光波測距儀による流量観測, ADCP, 超音波流速計, 水圧式水深流速計, ピトー管, プライス式流速計, 三映式流速計, 可搬型電磁流速計, ロープ式水位計, 各種水質計, 水質検査サンプル採取など

(3) 移動観測

ここで集中観測では観測作業員がひとつの現場に張り付くのに対して, 観測作業員が複数ある現場に観測機器を運搬・観測し続ける方法を移動観測と定義する⁷⁾.

[利点] 観測機器の個数, 人員が少ないが観測地点を多くしたい場合には観測機器を複数箇所へ運搬することで空間分解能を詳細にすることができる. 機器が高価で1台しか所有できない場合などに有効である. 集中観測と許可を取る難易度は同様で, 緊急的な観測に有

効である.

[欠点] 移動・運搬にかかる体力の消耗, 移動費用を考慮すると長時間の観測には向かない. 全地点で同時刻のデータを取得することは不可能である.

[観測機器] 量水標, 量水板, 浮子, 光波測距儀による流量観測, ADCP, 水圧式水深流速計, ピトー管, プライス式流速計, 三映式流速計, 可搬型電磁流速計, ロープ式水位計, 各種水質計, 水質検査サンプル採取など

(4) 観測手法の比較

観測目的の観測方法を思案する際, 重要であるのは(i)観測地点数(空間分解能), (ii)観測インターバル(時間分解能), (iii)観測期間(定量的評価)の3点である. しかし限られた物的・人的資源では(i)と(ii)は相反するもので, (iii)に関しては人的資源もしくは観測機材の設置許可による. 研究目的に向かって総合的に判断し, 現実的に実行可能なレベルに落とし込む作業が必要である. 筆者の経験から総合的にそれぞれの観測手法について鑑み, まとめたのが表-1である. 必ずしもすべてに当てはまるわけではないが得たい観測データ, 観測に伴う準備, 観測が可能な期間を照らし合わせて観

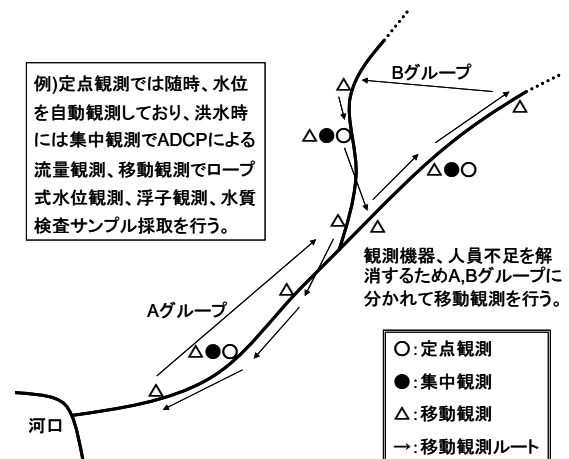


図-1 定点・集中・移動観測のイメージ

表-1 各観測手法の取得データ・準備のしやすさ・観測期間の比較

観測手法	取得観測データ		観測準備		観測期間		
	時間分解能 (定量観測への適応)	空間分解能 (広域観測への適応)	観測人員数 (管理上、少数がよい)	実施許可 (書面作成など)	長期 (7日間以上)	中期 (3~7日間)	短期 (2日間以内)
定点観測 (常時、機材を固定し、人員不要)	◎ (高い)	△ (疎)	◎ (設置状況により現場に いる必要はない)	△ (観測設置の許可書が 必要、不承諾あり)	◎ (データ回収・点検の み)	△ (設置可能なならば長期 の観測が望ましい。)	△ (許可・設置時間 に対して不効率)
集中観測 (常時、人員が必要)	◎ (消耗品の数による)	△ (疎)	○ (多人数必要だが 体力温存できる)	◎ (定点観測よりも許可 が容易)	× (人員不足)	○ (固定観測不可の時、 マンパワーで解消)	◎ (観測意図そのもの)
移動観測 (常時、移動する 人員が必要)	△ (低い)	◎ (密)	△ (時間分解能を維持 するために多数必要)	◎ (定点観測よりも許可 が容易)	× (人員不足)	△ (体力的に人員不足の ため現実的に厳しい)	◎ (機材不足解消)

※様々な観測手法を大きく三つの手法に分類し、比較した。現場、機材、人員により評価は変わる。

測方法を決定する。

3. 観測目的・地点の設定

(1) 観測目的の設定

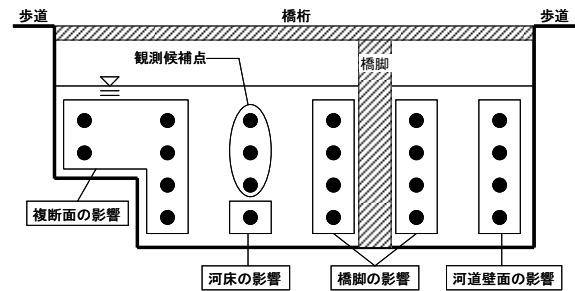
水文分野において、河川流量の定量的な把握は水資源管理上、最重要項目のひとつであり、それを目的とした研究の達成のために行う研究手法を大分類すると観測、実験、数値計算の3つとなる。河川流況は複雑なメカニズムの解析、実験・数値計算に反映のため観測による取得データは研究に欠かすことのできない根幹で唯一無二のものである。研究全体の目的をしっかりと見据えた上で観測対象河川を選定する。

(2) 観測地点の設定

流量観測対象河川が定まるとまず確認するのは国土交通省・自治体等が所有するテレメトリシステムの配置とその計測データであろう。ホームページ(例えば、川の防災情報⁸⁾)からリアルタイムに得られるデータは10分間隔の水位データであり、流速・流量データの算出には多くの作業を伴うためにリアルタイムのものはない^{1) 2)}。大学、研究機関等が流量観測を行う根本の理由は、研究目的に対して防災を目的とした国土交通省、各自治体等が所有するテレメトリシステムでは時空間的にデータが不足していることが挙げられ、対象河川流況を定量・定性的に分析するにあたり、その不足分を流量観測で補う観測計画を立てることになる。

観測計画が決定したのであれば観測対象河川内で観測地点を選定する。観測対象河川を踏査し、観測目的にあった場所を選定する際には観測機材設置・作業可能なスペースがあるか、観測用の電源が確保できるか(もちろん、なくともよい)、許可が必要であるのかを見定めなければならない。

また研究目的・計測対象によってはそこで得られるデータがその観測対象河川・観測地点の特性を踏まえた代表性を有しているかを精査する必要がある。状況により代表性を担保しているかを確証する観測が必要にもなる。河川流況は非正常現象であるが研究方針によっては計測している瞬間のデータは定常状態であると仮定する。このことを踏まえ、例として都市河川断面内で流速の計測ポイントの選定を考えると図-2に示すように様々な障害より河川流況は乱流構造を持つために、渦、逆流、剥離、死水などにより定常状態とみなせない観測ポイントを多数含むことになる。大河川を例にすれば、大規模水平渦の振動・周期を踏まえた計測になっているのかを検討する。河川断面の中でどのポイントが妥当か、もしくはその河川断面が観測するには不適格であるかを少なくとも目視や簡易な観測で確認しなければならない。初期の観測では濡筋で計



※観測候補断面付近に取水、排水施設、急拡・急縮部があるなど。
※観測方法によっては橋梁、歩道があると観測がしやすい。

図-2 観測をする際に考慮すべき点

測するのが基本となるだろう。観測を実施するもそれが濡筋を見つけるための事前調査レベルで終わり、再観測が必要になることもある。もちろん、このような水理現象の解明を観測目的している場合は敢えてこのような地点を選ぶこともありうる。河道外で観測地点として重視するのは河川を縦断・横断するのに適した歩道・橋梁があるか、観測地点付近に道具の不備があったときのためのホームセンターがあるかを調べるとよい。

(3) 観測計画書の作成

上記を鑑みて、観測目的、観測地点(地図含む)とその妥当性、観測期間とそのための全体スケジュール、流量観測手法、観測機器設置・撤去工程とそれに必要な環境調査、使用機器・道具のリスト、安全管理などの情報を記載する。特に安全面に関しては熟慮する。観測計画書の作成は観測の基本であり、ここの段階で怠ると経験上必ずといっていいほど観測とその準備でミスが生じる。工程が進むにつれて状況が変化するため常に更新していく必要がある。

4. 観測機器の購入

大学機関では学生の教育のために機材の購入担当者(責任者でなく)を学生にすることがある。学生が自身のPC、家電などの購入にかかる情報収集能力は高いものであるが、こと研究費で購入となるとその能力は著しく低下する。流量観測をするにあたり必要な情報を理解し切れていない点も否めないが、自身の買い物をするように厳密な情報を収集するように要求する。いずれにせよ誰が購入担当者になろうか情報が以下の観測機器とそれに付随する内容を調べる必要がある。

(1) 観測原理・精度

原理と精度を確認し、対象観測地点に適合したものを選ぶ。データ分解能と時定数(センサーのタイムログ)

がわからなければ使用方法を誤る可能性さえあり、深い理解が求められる。単純な原理の機器であれば、現場で修理することも可能なこともある。精度の保障のために検定済みの機器が望ましいが費用が高騰することを検討する。

(2) 観測機器の構造

観測センサー、ロガー、モニターが一体型・分離型のどちらであるか。また分離型で有線の場合、ケーブルの長さ・延長が可能であるか、無線の場合、その通信距離がどのくらいであるか、PCをモニターとして使用する機器もある。観測手法に合わせて、これらの構造から選択する。例えば20mのケーブルであれば観測できたところ10mしかないために計測できない事例があった。

(3) 観測機器のサイズ

集中・移動観測では持ち運びやすさが重要視されるためコンパクトで軽量がよい。観測機器の構造も考慮し、観測手法に最適なサイズのものを選択する。

(4) 設置しやすさ

定点観測ならばボルトや針金などで固定可能か、集中・移動観測ならばロープなどに吊るすことが可能か、その観測手法に応じ、安全かつ効率的に使用できる形状を選ぶ。

(5) 電源の種類

観測機器に電源が必要な場合、それが電池、バッテリー、AC100Vいずれであるのか。バッテリーであった場合、それが製品の付属オプションであるのか。また新品電池・フル充電された状態から最長の計測時間がいくらかを知る必要がある。場合によってはロガーの最大データ記録に満ちる前に電源が落ちる可能性がある。

(6) データの記録方法

自動記録であれば、最小観測インターバルタイムと最多記録数を知る必要がある。モニター画面上で最小インターバルに設定するもののメモリへの書き込み速度が足りずに予定通りのデータが記録されないこともある。集中・移動観測に使用するのであれば、観測データは自動記録である必要はなく、目視でモニターの値を記録することで十分にその機能を補える。

(7) 防水加工

センサーはもちろん耐水性が高いが、ロガー、モニターは防水加工が施されていないことがほとんどである。どの現場においても水に触れるためにできれば欲しい機能である。特に長期定点観測を行うのであれば、

必要不可欠である。

(8) 観測機器の試用

販売店から機器を試用させてもらえるのであればプレ観測を行った方がよい。費用と観測に必要なスペックの比較検討、使用方法の確認をする必要がある。無駄な購入、本番での失敗を避けるためにできるだけ行いたいものである。

(9) 納品までの時間

観測実施予定日が直近で急ぎの準備である場合に想定しなければならない。ある商品を取り扱っている販売店は多々存在するがそれらは販売代理店のみとしての役割で、メーカーは1社である。メーカーが直接販売、代理店経由販売の両方がある。在庫確認をしようもその販売店に必ずあるわけではなく、メーカーの在庫量に依存するため、その確認だけで時間がかかることがある。またその商品が外国製のもので在庫がないとなれば輸送する時間も考慮しなければならない。海外メーカーは時間にルーズであることが多く、そのときは今後の全くスケジュールの見通しが難しくなる。ほかに研究機関の会計担当、業者間の手続きの流れとすべてを踏まえた合計時間を鑑みて、観測開始日を決定することとなる。

(10) 観測機器販売店

前述のように販売店によっては販売代理業務のみしかできない業者もあり、同じ商品でも販売店によって値段からサービスまで異なる。販売店が観測機器について理解していない場合があり、機材が届くも観測に必要なパーツが足りない場合がある。よくあるケースとしてはケーブルが足りない。それは発注ミスであるがケーブルがないと使用できないということ事実を業者が理解していないために起こる事故である。ウェブ・メール発注のみではなく電話や直の交渉で相手側の機器に対する理解を確認する。

(11) 販売店のアフターサービス

販売店によっては購入後であっても観測に付き添い、機器の使用法の詳細な説明、観測環境に応じた技術提案などをしてくれるところもあり、きめ細かいサービスをしてくれる販売店を見つけることを勧める。

(12) 購入費用

研究目的、観測対象河川・地点の環境、メーカーの対応を総合的に踏まえて妥当な購入費用であるかを検討する。

5. 観測直前準備

観測するにあたり観測実施計画書の作成、観測対象河川の管轄部署への許可、観測機器・道具の準備、観測知識・健康を備えた人員の参集などが必要となってくる。観測に到るまでの最低限必要な準備概要を以下に示す。集中・移動観測に重きを置いた記述をしている。

(1) 観測の許可

定点観測で河道内に機器を設置する際には河川占有許可書等を河川事務所・自治体所管部署に提出する必要がある。集中・移動観測はもの珍しい光景であるために通行者に話しかけられることがよくある。事前に近隣の警察署・交番、場合によっては住民の代表者に説明しに行くことで観測作業中、通行者に話しかけられること、作業内容が怪しいと疑われることも減り、作業効率を落とすこともなくなる。

(2) 観測実施計画書の作成

3. (3)で作成した観測計画書にスケジュール、作業工程、機器・道具のリストと使用方法、緊急連絡先(警察署・消防署・病院)などを追記する。それを見るだけで観測人員が行動できるよう詳細に記載する必要がある。観測実施計画書は随時更新するものであるためにその作業と連動させる。

(3) 観測人員の研修

初めて観測を担当するものには安全面を重点的に観測計画書の内容を詳細まで理解してもらう。例えば、観測機器の使用方法がわからないと機器の蓋を開けるべきところを開けずに観測し続け、欠測をした失敗例がある。逆に観測目標から全体までの理解があれば、水位計が使用不可能になる非常事態になったとき、水位計の代わりにデジカメで水位変化を捉えることでリカバリーした事例もある。ロープワーク(もやい結び)や針金を使った固定方法を習得することが好ましい。

(4) 観測機器の点検

観測機器・道具を事前にテストランし、使用が問題なくできるかを確認する。その段階で破損がないか、オプションパーツがすべて揃っているのを見る。初心者がよくするミスとしてバッテリーの未充電、時刻調整していないことが挙げられる。時刻調整に関しては観測機器だけではなく、観測関係者全員の時計を時報・電波時計・インターネット時計に合わせる。機器の詳細な設定を観測現場で行おうとすると、現場では雨風に晒されるために作業効率は著しく低下し観測スタートが遅れる。また PC に観測機器のアプリケーションをインストールしていない、RS-232C ケーブルと RGB ケーブルを勘違いするなど重大なミスが起こる

のを防ぐ。

(5) 観測道具の準備

主に観測方法により不要のものもあるが使用することが多いものを以下に列挙する。現場に行くに相応しい格好が必要である。胴長(ゴム製のオーバーオールと長靴が一体化したものを)を着て河川に飲み込まれた際に長靴部分にだけ空気が残り、逆さまの状態になり、亡くなられた事例があるために使用すべきではない。安全と効率を兼ね備えた観測道具を準備する。

[個人装備品] ヘルメット、ライフジャケット、レインコート、長靴、タオル、時計、軍手(ゴム手袋)、所属機関がわかるもの(腕章・ベスト・ビブス)、防水の貴重品袋(ジップロックがお勧め)、着替え、観測概要を示したビラ

[全体] 観測機器(観測内容による)、工具箱(ドライバー、カッター、ハサミ、ビニールテープ、針金、予備の電池)、メジャー、複数の長さのロープ、カルピナ、錘(ロープを張らせるため)、野帳、各種チェックリスト、デジカメ、ノート PC、無線機、車用 AC コンバータ(非常時の充電用)、発電機、バッテリー簡易テント、椅子

6. 観測現場

現場で観測以外に行わなければならないこと、起こるリスクがあるものを箇条書きする。

- ・ 現場に到着し、観測計画通りに体制を整える最中、論文・発表を意識し、その観測風景を写真に収める。
- ・ ライフジャケット、ヘルメットは観測中必ず装備しなければならず、その様子も写真に収める。
- ・ 一番多い怪我はロープを使う観測で、手袋をしなれば指を落としかねない大事故を引き起こす可能性がある。
- ・ 観測初心者であると緊張感と羞恥心で最初、動きがぎこちなく、集中力に欠けるため、現場責任者は注意を払う。
- ・ 通行者が話しかけてくることは多々あるので人当たりよく、中学生でも理解できるわかりやすい説明が求められる。説明する暇がない観測方法であればビラを用意するのもよい。
- ・ 橋梁の歩道が狭い場合、通行人にとって邪魔にならないように荷物をコンパクトにまとめるとともに、現場での整理整頓に努める。
- ・ 安全を特に最優先し、リスクが伴うような状況下においては観測を即中止にする決断力も必要となる。

7. まとめ

流量観測のみではなく観測全般に言えることであるが観測は諸自然現象解明のための根幹となるデータを収集するものであり、各分野の発展のために必要不可欠な技術である。研究目的達成のためには安全性、手法論、費用、関係者への配慮など様々な問題、懸案事項が生じる。未知な現象に飛び込むために未知のトラブルが付き物である。現場では安全に最大限配慮し、情熱を持って有益なデータを収集する。本稿が流量観測策定の一助になり、観測が成功することを願う。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所, 水文観測(第4回改訂版), 平成14年9月.
- 2) 四国地方整備局河川部 四国水文観測検討会: 第1版水文観測の用語集, 平成15年3月.

- 3) 山口高志, 新里邦生他: 電波流速計による洪水流量観測, 土木学会論文集, No. 497, II-28, 1994.
- 4) 中川一, 小野正人, 小田将広, 西島真也: 横断平均流速の測定と流速分布の数値シミュレーションを組み合わせた流量測定技術の開発と大河川での実地検証, 水工学論文集, Vol. 50, pp. 709-714, 2006.
- 5) 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.
- 6) 岡田将治, 橘田隆史, 森本精朗, 増田稔: ADCP搭載無人ボートを用いた四万十川具同地点における洪水観測, 水工学論文集, Vol. 52, pp. 919-924, 2008.
- 7) 川村理史, 呉修一, 加藤拓磨, 山田正: 都市河川感潮域における水質の空間分布特性および出水時の溶存酸素濃度変化に関する現地観測, 平成20年度土木学会全国大会第63回年次学術講演会, II-095, 2008.
- 8) 川の防災情報: <http://www.river.go.jp/>

(2010. 7. 20 受付)