

# 河川流量観測の高度化に対する 観測実務者からの視点

## A VIEW POINT OF FIELD OBSERVER ON THE UPGRADING OF RIVER DISCHARGE OBSERVATION

橋場 雅弘<sup>1</sup>・甲斐 達也<sup>1</sup>・津田 哲也<sup>1</sup>・土田 宏一<sup>1</sup>  
Masahiro HASHIBA, Tatsuya KAI, Tetsuya TSUDA and Koichi TSUCHIDA

<sup>1</sup>非会員 株式会社福田水文センター（〒001-0024北海道札幌市北区北24条西15丁目）

Safe and secure observation has been obviously needed in large scale flood. It has been clear that large scale flood discharge using float has some problem. Float is not necessarily a safe and reliable observation method. We tried to evaluate the advantages and disadvantages of the upgrading of river discharge observation. The upgrading discharge observation methods have each special feature. The typical method is Acoustic Doppler Current Profiler(ADCP), Non-contact Current Meter, Space-Time Image Velocimetry(STIV). We tried to take a questionnaire to field observers what method if they want to use in large scale flood. Field observer wants to observe in a small group with a small amount of luggage because of flood observation is needed a short period of time.

**Key Words** :large scale flood, upgrading, ADCP, Non-contact Current meter, STIV, Questionnaire

### 1. はじめに

河川における流量観測は、昭和29年の国土調査法水位及び流量調査作業規定準則（総理府令第75号）で高水流量観測が定義され、これ以降の現在に至る約60年にわたって高水流量観測には浮子を用いた観測が行われてきた<sup>1)</sup>。

浮子法は、想定される水深において、適正な長さの浮子を橋などから投下し、その流下距離と流下時間を測定するというシンプルな手法である。

その精度については更正係数の課題も含めて多くの論文で取り上げられたにも関わらず、現在も全国の高水流量観測の中心的な手法として適用されている。

この理由として、浮子観測は、他の観測手法に比べて、安全かつ簡易的で、一定の精度を保って観測が可能と評価されてきたからである<sup>2)</sup>。その根拠は、洪水時の河川に大量の流下物がある状態であっても、安全性、確実性が高く、流下状況をとらえていると考えられてきたからである。

一方、河川流量観測は近年の観測機器の発展により、さまざまな観測手法が提案されてきた。これにより、全く新しい視点から精度の高い効率的な観測が可能になってきている。

河川流量観測の現在と未来について、図-1に二瓶<sup>3)</sup>が描いた流量観測のチャートを元に加筆した図を示す。現行法は、低水では可搬式（プライスなど）、高水では浮子を用いた単発観測結果から、水位流量曲線図によりH-Q式を作成し、水位観測所で連続測定している水位を代入して、連続流量を算出している。また高度化した観測手法として、実践レベルまで到達していると考えられる代表的なものとして、Acoustic Doppler Current Profiler：ADCP（超音波）、電波式（マイクロ波）、画像解析（Space-Time Image Velocimetry：STIV）があげられる。

本論文では、単発観測の現行法と高度化法に対象を絞り、筆者らの実河川での流量観測を実際に行っている経験をもとに、現行の観測の課題と高度化観測として提案されている様々な観測方法への現場的適応性において評価した結果を示すものである。

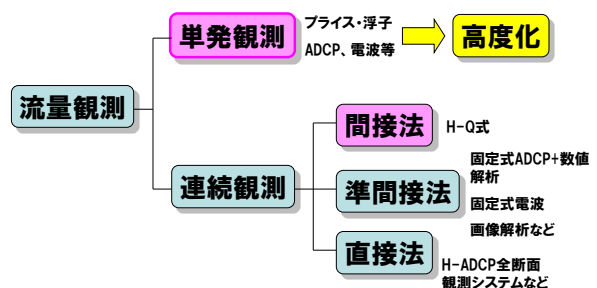


図-1 河川流量観測の現在と未来

## 2. 現場実務者から見た河川流量観測の必須事項

筆者らのような現場実務者にとって、必須の3本柱を図-2に示す。最も重要な項目は、「安全性」、「迅速性」、「確実性」である。

「安全性」については、いかなる現場でも筆頭に掲げられる項目であるが、高水流量観測を実施する場面では、大雨や暴風雨の状況下が多く、現場である河川は洪水中で、ニュースなどでは「河川には絶対に近づかないください」とアナウンスされる場面である。しかし、現場実務者はこうした状況の中、河川での観測を求められることから、安全に対する細心の注意が求められる。

「迅速性」については、高水流量観測時は、時々刻々と水位が変化していくため、1観測に時間が費やすと、観測中の水位変動が数メートルに達する場合もある。もし観測機器がどんなに性能がよくても、観測に時間がかかることで、水位変化が大きければ観測精度があるとは言えない。

「確実性」については、洪水という非日常の状況では、平常時では考えられないような現象が発生しやすい。流木やゴミが流下してきたり、大きな波のうねりが生じたり、そのような中でも、確実に観測ができ、データが得られることが必須条件である。一般的に、既往研究では観測精度が議論の中心になりやすいが、現場では、洪水の状況下でも、確実にデータを得られることが第一条件であり、精度の議論よりも上位と考えられる。

観測として重要な項目では、「精度」、「安定性」、「観測コスト」があげられる。

ここでは、前述の3本柱よりも下位に設定されるが、「精度」はデータの信頼性という面で重要であり、「安定性」は、前出の「確実性」と観測値の安定した「精度」を確保できることを表す。「観測コスト」は、観測にかかる人件費や材料費などの総額を、できるだけ抑制することが望まれる。

## 3. 高水流量観測における現行法の脆弱性

現行の高水流量観測（浮子法）の人員配置と概要を図-3に示す。橋上に班長、浮子投下員を配置し、場合によっては交通誘導員を付ける必要がある。橋から下流側に第1断面の見通員が浮子の通過を合図し、第2断面の見通員が通過時間を測定する。第2断面には流下速度を精査する副班長が配置され、観測には、最低でも5名が必要となる。

### (1) 確実性への脆弱性

観測所には第1断面、第2断面の視準ポールが立てられており、水位上昇時にも対応できるように、高水敷から

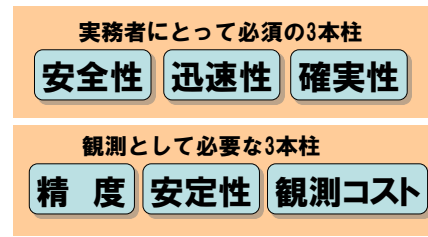


図-2 実務者からみた河川流量観測の必須事項

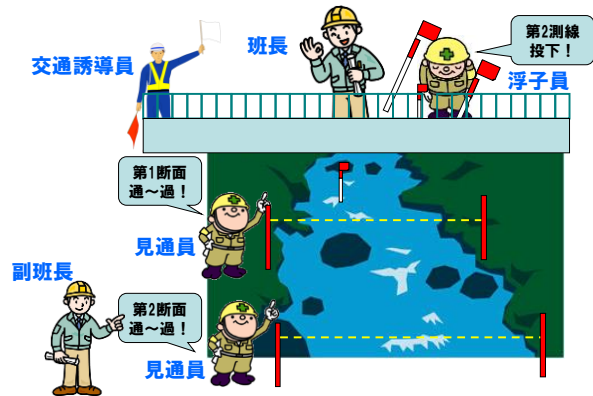


図-3 現行の高水流量観測



図-4 見通し障害への課題

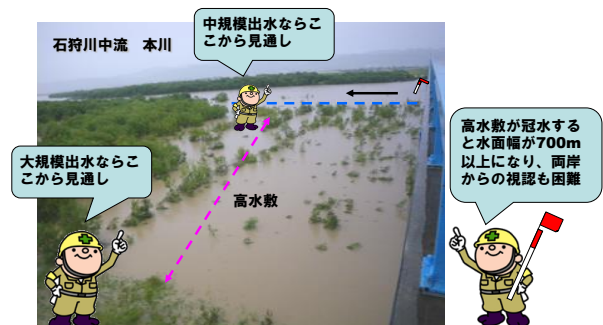


図-5 水面幅の増大による見通し障害

堤防にまで数本配置されている。しかし、図-4のように、周辺の樹木が伐採されず、堤防上からは全く河川が視認できない場合が、少なからず見られている。現場実務者にとって一番頭がいたいのは、浮子の視認性である。

大規模洪水になると高水敷に水が付き、通常よりも川幅が広がる。図-5のように700m以上の川幅になると、両岸からの視認も難しくなる。また、やっかいなのは、流木などが混在して流れてくるため、これらを分離して視

認する必要があることである。

ここで見通員にとって必要なのは、橋から浮子を投下した地点を視通できることである。

助走区間の見通しが良ければ、流下物が混在した状況や、浮子の揺動によって見えにくい場合でも、現地実務者であれば、どの程度の流速で流れてくれば、どのくらいの位置にいるであろうことは予測しながら見通しを行うことができる。

しかし、そうすると、助走区間から第1、第2断面の河岸部の樹木などを皆伐する必要がある。

河畔林の伐採は生物環境の保全には大きな影響となる。草索性猛禽類や、魚類の生息環境に河畔林が及ぼす影響は大きい。

こうした環境への配慮は近年重要視され、河川整備事業と環境保全という、トレードオフの関係を両立する方向性を見出すため、地域住民とのワークショップなどが河川管理上、河川計画上で避けられないものになっている。そのため、河川管理者としては、観測という一時的なものであれば、何とか環境負荷を抑えてできないだろうかと考えるのも無理はなく、負荷を抑えた観測方法が望まれる。

もう一つは、図-6に示すように、橋上から投下した浮子が既定測線に入らないことが多いことである。概ね高水流量観測が想定される観測所の橋上には、浮子投下箇所を設定しておくのだが、出水規模によって、流れ分布が変わることや、橋脚がある場合は橋脚後流の大きさが出水規模によって異なるため、浮子が流心に寄りに流下することや、死水域にはまり流下しないことなど、安定しないことがある。

このため、現場実務者は、現場毎の特性を熟知していないと、狙った測線に浮子を投下できないという問題が生じる。現場実務者の熟練度によっては、妥当な流下測線に入るまで、何度も浮子を投下しなくてはならず、余計な観測時間がかかる。

よって、観測実務者の熟練度で観測精度に違いが生じるという課題がある。

もう一つ、気象条件や日照条件によって見通しが利かなくなる場合である。ひとつは早朝と夕刻の日照が斜めになる場合、水面の照り返しで遠方が全く見えなくなる。この場合、両岸にて視認しなくてはならないが、見通員を両岸に付ける人員が確保できない場合は、観測時間が必要以上にかかってしまうという問題が生じる。

もう一つは、夜間に川霧が発生する場合である。この場合は、全く視認する手段がないため、霧が止まるのを待つしか方法はない。

これより、浮子観測が常に安定した確実な観測方法であるとはいえず、現場によっては脆弱な側面を含有することを認知する必要がある。

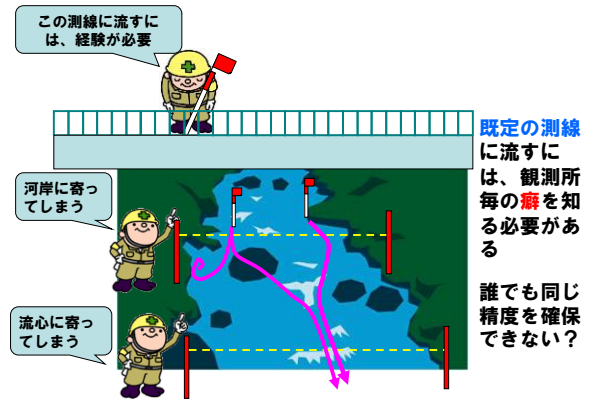


図-6 確実性への課題（浮子の流下）



図-7 見通し場の冠水による危険性



図-8 橋上の浮子投下作業の危険性

## (2) 安全性への脆弱性

浮子観測は橋上からの浮子の投下、河岸からの見通しで成り立っており、直接洪水の流れに観測機器を置くことはない。これより、安全性は担保されているように思われる。しかし、浮子観測は思われているほど安全な観測ではないことを筆者らの観測経験から述べていこうと思う。

図-7に示す見通員の危険性について述べる。前項で述べたが、川幅の増大によって、図-4、図-5のように、浮子の視認ができない場合は、第1、第2断面の見通員はできるだけ河道内に入らなければならない。橋上からは、見通しができないため、観測するためにはこれ以外手段がない。この場合、見通し箇所の水位上昇や、流れへの危険性はもちろんあるが、むしろ観測が終わった後、帰路につけない危険性がある。現地実務者は、視認方向である河道側に対する注意は十分にしているのだが、帰路の危険性に、あまり気を使わない傾向がある。実は、大規模



出水になった場合は、第1、第2断面上の移動経路の地形を把握しておく必要がある。これは筆者らの経験でもある。

図-8は橋上の浮子投下員への危険性について示す。浮子投下については、すべての橋が下流側に歩道が確保されているわけではないため、車道での作業になる場合がある。高水流量観測時は、雨天が多く気象条件が悪いため、車両からは視認しづらい。そのため、橋上での事故回避に相当の神経を使わなければならない。特に、気温差によって川霧が発生した場合は、視認条件が悪くなるため、十分な注意が必要である。

図-9は地域特性であるが、夜間の観測、動物の出没が観測に支障をきたす場合である。北海道ではヒグマが生息しているため、河川上流部では相当の注意が必要である。彼らは夜間に行動が活発になるため、夜間観測の場合、第1、第2断面の見通員との遭遇確率が高くなる。通常であれば、ハンター同行となるが、洪水時の不定期な出動に対応できない場合があるため、クマ出没中の場合は観測を断念せざるを得ない。

以上より、浮子観測の安全性には、大きな脆弱性があることを認識する必要がある。

### (3) 迅速性への脆弱性

浮子観測は、橋上から浮子を投下して、第1、第2断面の通過時間を測定するだけなので、短時間で終わると考えがちであるが、実際はそうではない。水面幅400m程度の河川では、緊急法でも1時間程度はかかってしまう。その原因は、浮子の投下から助走区間～第1断面～第2断面を通過する時間がかかることと、同時に複数測線を観測できないので、浮子1本ずつの測定になるためである。特に、大規模出水で高水敷などを流下させる場合や、死水域がある場合は、相当の時間がかかることを覚悟しなくてはならない。よって、標準法での浮子観測は、水位変動時の観測精度には相当のリスクがあると言わざるを得ない。いわば、空間的な精度を取るか、時間的な精度を取るかというトレードオフの関係が発生する。

### (4) 観測コストへの課題

浮子観測は図-6に示したとおり、5名の人員が必要で、橋上の浮子投下場所によっては、交通誘導員を付ける必要がある。さらに、川幅によっては左右岸に見通員を配置する必要がある。このように人的なコストが増大する。

浮子の材料費は最も長い4m浮子で3000円程度であるが、出水の規模や測線数によって、また見通し障害や、浮子の流下不良によるロスを含めると、決して安価な観測手法とはいえない。

### (5) 高度化観測に望むこと

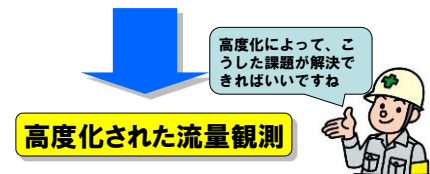
浮子法は、観測所の整備状況や、浮子の見通しについて、大規模出水には対応できていない部分が多い。また、

### 地域特性：ヒグマ出没地帯のため、夜間は見通しに行くのが危険



図-9 動物出没による見通し場の危険性

- ・既存の流量観測所が大規模出水に対応できていない
- ・精度が標準化していない→観測者の技量（経験）
- ・人員が必要→班体制確保・観測コストに課題



- ・安全性確保・迅速化・省力化・高精度化

図-10 高水流量観測高度化への期待

現場実務者の技量や経験によって、浮子の流下精度が異なり、安定した観測が難しいと言える。また、1測線の浮子通過に時間がかかるため、迅速な観測ができないこと、1観測にかかる人員が最低5名以上必要なため、観測コストが圧縮できないことなど、多くの課題がある。

そこで、高度化観測には、図-10に示すように、安全で、迅速、人員が少なくても可能でコストが削減できる手法の確立を望むところである。

## 4. 流量観測手法の特性と課題

高度化手法の特性を簡単にまとめ、現行法とともに、その長所と短所を抽出した。（図-11～図-14）

### (1) 浮子法

#### 【長所】

- ・トラブルが少ない（手法がシンプル）（確実性）

#### 【短所】

- ・観測箇所によっては、緊急法でも水位変化に追いつかない場合がある（迅速性）
- ・見通しなど大規模出水に脆弱性あり（確実性）
- ・観測に人員がかかる（コスト）
- ・荷物が多い（浮子）
- ・断面変化はわからない（精度）
- ・観測員の熟練度による誤差が生じる（精度）

- ・ 最近のエコフロート浮子は、時間の経過で劣化するため買い置きができない（コスト）

## (2) プライス法

### 【長所】

- ・ 一定の観測時間で流れの揺動を踏まえた平均的な流速を取得できる（精度）

### 【短所】

- ・ 流速が速いと既定水深に入らない（確実性）
- ・ 橋上では速い流れに引っ張られる（精度）
- ・ 観測に時間がかかる（迅速性）
- ・ 流木などに引っかかる可能性あり（危険性）

## (3) ADCP（ボート搭載型 図-12参照）

### 【長所】

- ・ データ解像度が高く、メッシュ・リアルタイム河床高が取得できる（精度）
- ・ 工夫次第でいろいろなことがわかる可能性を秘めた機器→かなりのポテンシャルを秘めた機器

### 【短所】

- ・ 船の橋上操作に熟練が必要→特に河岸から流心への移動時の船の挙動に注意する必要がある（危険性）
- ・ 準備に時間がかかるが、設定後の観測は速い（迅速性）→観測員の技量が要求される
- ・ 荷物が多い→運搬車1台はボートで埋まる（コスト）

## (4) 電波式

### 【長所】

- ・ 操作がシンプルで誰でも操作できる（確実性）
- ・ 観測時間が速い（迅速性）
- ・ 観測者による差がない（精度）
- ・ 荷物が少ない（迅速性）

### 【短所】

- ・ 水面が波立っていないと観測できない（確実性）
- ・ 橋が高いと許容範囲を超えて観測できない（確実性）
- ・ 断面変化はわからない（精度）

## (5) 画像解析

### 【長所】

- ・ 場所を選ばずどこでも観測可能（確実性）
- ・ 平面流速分布が一度に取得できる（迅速性）

### 【短所】

- ・ 撮影には俯角が必要→平らに撮ると解像度が悪い→川幅の広い大河川では難しい（確実性）
- ・ 赤外線カメラのコントラストが難しい→昼なら通常のカメラ映像も取得しておく必要有り（確実性）
- ・ 断面変化はわからない（精度）



図-11 従来法の観測方法

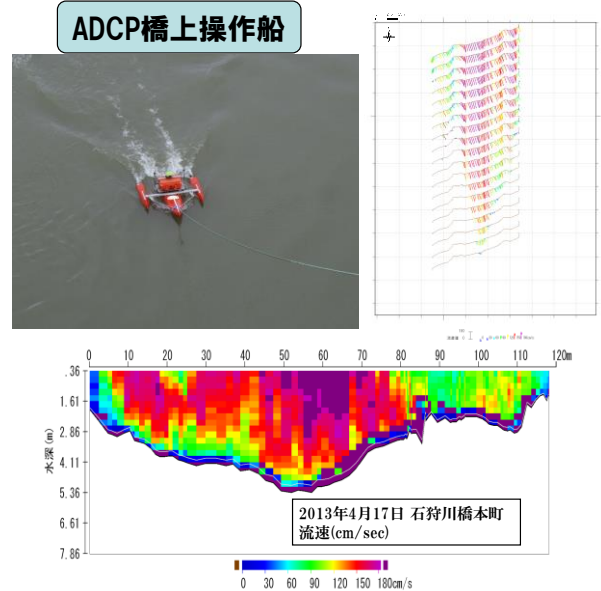


図-12 高度化した観測方法（ADCP）



図-13 高度化した観測方法（電波式）

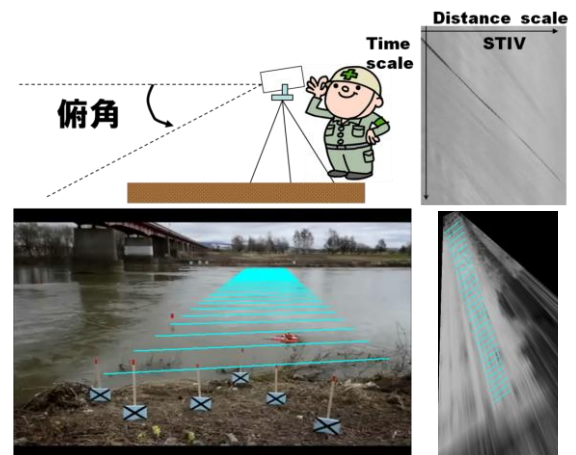


図-14 高度化した観測方法（画像解析）

## 5. 流量観測手法の観測精度

2013年5月2日～3日に、ICHARMとの合同観測で得られた、石狩川橋本町観測所の融雪流量観測結果を図-15に示す。ここで、表面流速のみを測定した電波、STIV、プライスの更正係数は0.85として流量を算出している。

ここでは、ADCP、プライス、STIVが合致した変動をしており、浮子が多めに、電波が少なめにしている。

この原因として、浮子は流心に寄って流れる傾向がみられたことと、電波は、河川表面の波が小さい鏡面状況であったため、表面波から反射波をとらえることができなかったためと考えられる。

図-16には、ADCPを真値とした場合の各手法の流量精度を示した。プライス4%、STIV 6%、浮子23%、電波式34%の誤差となった。ここでは、ADCPの精度とSTIVの分析解像度の高さは評価できる結果となった。プライスは、1点の計測時間がかかるが、表面流速の精度は高いことが示された。

ADCPはロープで橋上操作によって横断したが、図-12に示す高速流対応ボートを使用したため、抵抗がほとんどなく、流速2m/sec以上の流心部でも、操作に対する不安は全く感じられなかった。また、高速流下で生じる左右の揺れも小さく、観測精度や観測の容易性にこのボートが関与している部分大きいと評価できる。

画像解析STIVは、持ち運び自由なポータブルのPIVであり、三脚とカメラがあれば、どこでも設置可能で、自由度が高く現場への適用性に優れている。座標を持つ評定点を6箇所設置する必要があるが、あらかじめ河川構造物などに設定しておけば、大規模出水時にも容易に適應できる可能性がある。

また、この技術は現在観測所に設置しているCCTVなどの固定カメラからも流速を算出することが可能となる。

STIVが現場に適用すると考えた最も大きい要因は、解析方法である。STIVは、主流方向に設定した検査線上の輝度の時間変化を時空間でプロットし、そこに現れた縞パターンの勾配から検査線上の平均流速を求めるという手法である<sup>45)</sup>。これは、かなり表面波が乱れた洪水流であっても、手動で縞パターンを見極めることが可能である。筆者ら現場実務者にとって、実はこのアナログな部分が、現場で感じた状況とすり合わせができ、実際の流れをトレースしているという安心感につながる。

次に、前出では精度が悪かった電波式について、別の事例を紹介する。2011年4月に石狩川石狩大橋で試験的に行った浮子と電波式の同時観測結果を図-17に示す。人員は浮子では橋上2名+見通し3名の計5名、電波式は橋上2名の配置とした。浮子は緊急法（7測線）、電波式は通常法（16測線）で実施したにもかかわらず、電波式は浮子の1/2以下の時間で観測を終了することができた。

観測に使用した浮子は1～4mで既定の更正係数から流

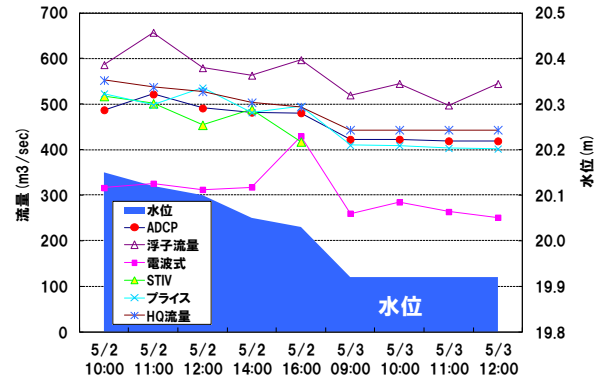


図-15 現行法と高度化手法の検証

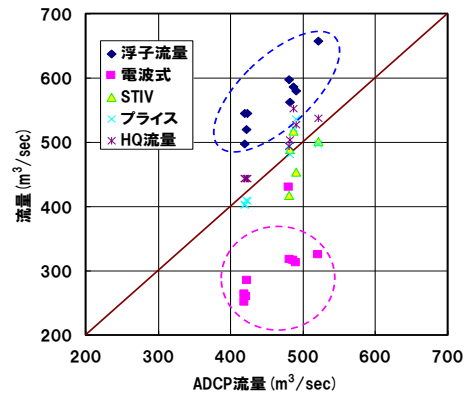


図-16 測定精度散布図

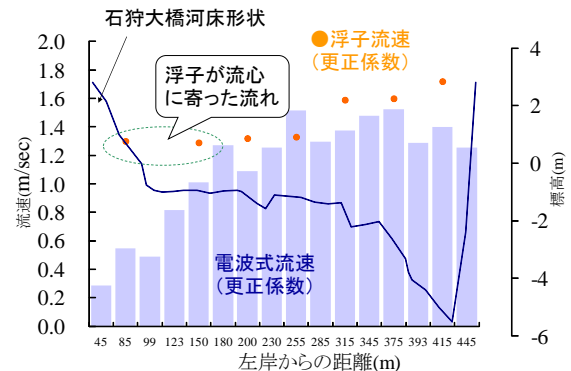


図-17 浮子と電波式の精度検証

速を算出し、電波式は表面浮子と同じ0.85の更正係数を使用した。図-17をみると、水深の浅い左岸側では、浮子が流心に寄って流下したため誤差が大きくなったが、右岸でも浮子の流速が大きくなる傾向がみられた。流量にすると誤差は17%程度浮子が多いという結果になった。電波式については、表面波が立ちにくい条件下を不得意とすることが示されたが、整合性については今後、さまざまな現場でのデータを蓄積していきながら、どの程度までの誤差を許容できるかを含めて検討する必要がある。しかし、迅速性と省人力については、今後の高水流量観測のフットワークとコスト削減に、相当寄与するものとして注目できる。



## 6. 現場実務者へのアンケート結果

実際に現場で流量観測に携わり、これら高度化観測の経験を持つ現場実務者への流量観測手法についての無記名アンケートを行った。実際には、これらすべての観測に携わったことのある観測員がほとんどいないことや、アンケートの時間上の都合から、弊社と関連会社での結果で示すことをご了承いただきたい。

「安全性」、「迅速性」、「確実性」、「精度」、「コスト」の5つを対象として、電波式、画像解析、浮子、ADCP、ブライスのどれが最も適するかを調査した。それぞれの図-18～22には答えた人数が示しており、アンケートにはそれを選んだ理由についても意見を書き込める様式とした。

### (1) 安全性

安全性では、図-18に示す電波と画像解析が最も多かった。理由としては、どちらも非接触で安全な場所で作業が可能であるとのことであった。逆に水面、水中に接触するADCPとブライスは低い結果になった。ここで興味深いのは、浮子が安全だと思っている観測員が少なかったことである。逆に危険と答えた人数の方が多かった。これは、観測員が前章で述べた危険性を経験していることが要因と考えられる。

### (2) 迅速性

迅速性では、図-19に示す電波と浮子が高いという評価が多かった。やはり操作性がシンプルなものほど、迅速に作業が可能であるという意見である。逆にADCPは迅速性が低いとなっているが、これは、観測前の設定にかかる時間やトラブル発生時を憂慮する意見が多かった。現在のボート観測システムになってからは、格段と準備時間は縮減されているのだが、他の手法に比べて複雑な機器設定が必要だということで、このような評価になったものと推察できる。ここは、ある程度の訓練によって、観測員の技量を上げて解決できるものと考えられる。

### (3) 確実性

確実性では、図-20に示す浮子が高い評価を示した。これは、観測員が最も実施した回数が多いことが確実性や安心感につながっている。逆に確実性が低いのは画像解析であった。この理由として、実際にカメラで映像を撮っても、この映像の良否がすぐにわからないことが不安感を高めると回答している。その他の観測では結果がすぐに出るのでやり直しができるが、画像解析ではここが弱点になっている。しかし、STIV開発者である神戸大学藤田一郎教授は、解析結果のリアルタイム表示を開

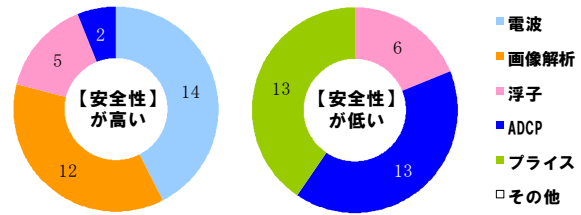


図-18 アンケート結果（安全性の評価）

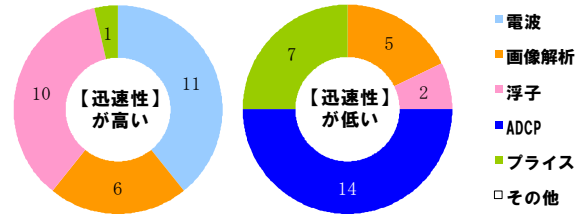


図-19 アンケート結果（迅速性の評価）

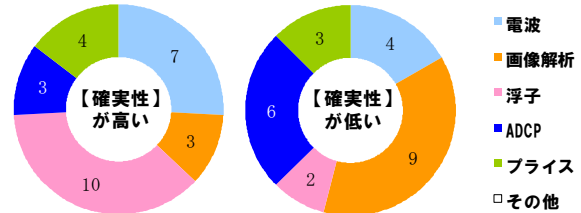


図-20 アンケート結果（確実性の評価）

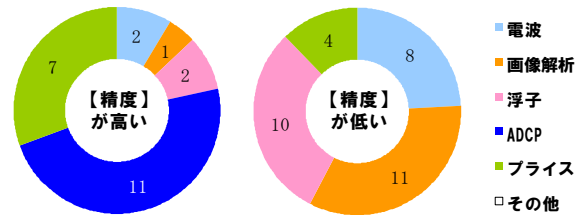


図-21 アンケート結果（精度の評価）

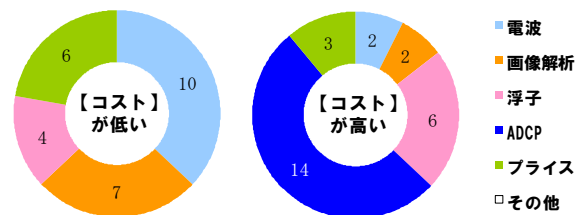


図-22 アンケート結果（コストの評価）

発中とのことで、この問題が解決される日が近いものと期待している。

### (4) 精度

精度では、図-21に示すADCPが最も高い評価で、ついでブライスであった。ADCPは操作は難しいが、精度は認めるという意見が多く、他の手法に比べて時空間的にとれるデータの解像度の高さが認められている。これに対して、精度が低いのは、画像解析、浮子、電波で

あった。これらに共通するのは、計測できるのは表面流速のみという点である。これらは、更正係数の研究が進み、表面流速で鉛直プロファイルを代表できるようになると変化するものと推察される。

### (5) コスト

コストでは、図-22 に示す電波が最も高い評価で、最も低いのが ADCP であった。ADCP はイニシャルコストが、他の手法よりも高いためコスト評価が低くなったが、電波に関しては高評価になっている。機器の価格的な妥当性もあると思われるが、観測人工が最大2名でよいことが最も大きいと推察される。また、ここでも浮子のコスト評価が良くない。やはり現場で人工がかかる観測ということが、現場実務者の認知しているところであると考えられる。

### (6) 総合評価

アンケート結果をまとめると、図-23 のようになり、安全性、迅速性、観測コストでは電波が、迅速性・確実性では浮子が、精度では ADCP と、それぞれの特色が分かれた結果となった。図-24 では、観測員が高水流量観測で選びたい手法について集計したが、電波が最も多く、ついで浮子と画像解析となった。ここでも、安全で操作性がよい軽快な手法が好まれる傾向がみられた。現場実務者としては、出水は時間との勝負なので、少人数 + 少量の荷物で勝負したいというニーズが高く、これに答えられる手法が好まれたものと考えられる。

図-25 に各手法の長所と短所をまとめたが、それぞれに長短が明確である。浮子は既往資料との繋ぎとして必要であり、電波については抜群の操作性と軽快性を持つが、データ取得の確実性が課題である。画像解析は、現場実務者が現場に行けない状況でも、監視カメラ等の分析で、大規模出水に対応できるポテンシャルを持つ。短所については対応中となっている。ADCP も軽快性が課題であるが、搭載機器のスリム化が進んでおり、今後、より軽快に発展するものと期待できる。

## 7. まとめと課題

### (1) まとめ

大規模出水では安全に安定した観測ができる手法が求められる。

現行の浮子による高水流量観測は、観測所の整備状況や観測精度への諸問題、安全性、迅速性やコストなどの課題がある。

高度化された観測は、安全性・迅速性・確実性の面で、従来の浮子観測の課題を補う有効な手法と考えられる。

今回対象となった、ADCP、電波式、画像解析 (STIV) については、それぞれに特性があり、長短を抽出したが、



図-23 アンケート結果 (総合評価)

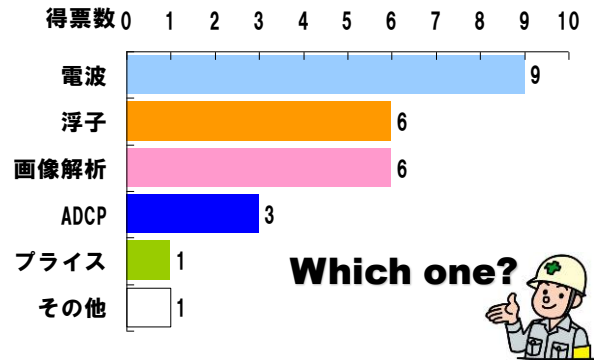


図-24 高水流量観測で選びたい手法

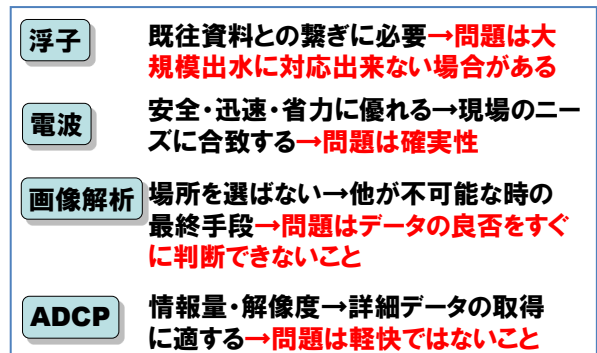


図-25 観測手法の長所と短所

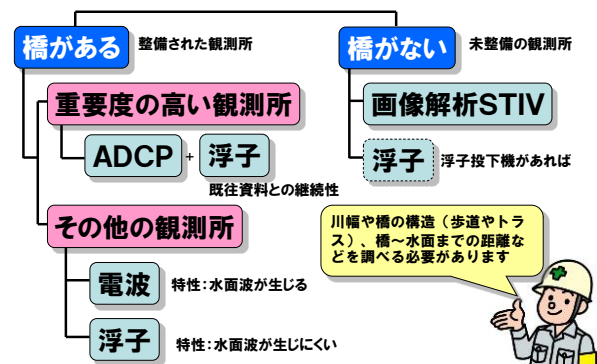


図-26 観測所に合わせた観測手法の提案

いずれも今後の発展が期待できる観測手法であり、現場実務者を含めて、さらなる技術研鑽を重ねて、現場で求められるニーズを踏まえた手法に研ぎ澄まされていくことを願う。



## (2) 課題

ここで、観測所に合わせた観測手法を図-26に提案する。流量観測所で橋のある箇所において、重要度の高い基準点やI種観測所では、精度が高いADCPを適用する。橋のある観測所で、重要度が低い観測所については電波式を提案する。

次に、橋のない観測所では、浮子投下機が用意されているか、ない場合は、通常岸から手投げで浮子を投下していることが多いと考えられるが、ここでは、STIVによる画像解析を適用させる。浮子観測については、いずれも過去資料との連携のため、併用することを原則とする。

また、今回は現場での観測データを取得することに焦点を当てたが、データから流量を算出するに当たって、空間統一された空間補正方法が必要だと考えられる。これには二瓶<sup>6)</sup>、柏田ら<sup>7)</sup>が推奨する力学的内外挿法(Dynamic Interpolation and Extrapolation method : DIEX法)の有効性が論じられており、今後、現地データとの組み合わせを行って、より精度の高い現地観測を目指していくことが望まれている。

## 7. 参考文献

- 1) 木下武雄：流量観測の過去と未来，河川流量観測の新時代第1巻，2010.
- 2) 江藏拓・笹川幸寛・手計太一：各種河川流速観測手法に関する基礎的検討，河川流量観測の新時代第3巻，2012.
- 3) 二瓶泰雄：【特集】防災の水工学 河川流量のモニタリング，日本流体力学会，ながれ29，187-192，2010.  
中尾忠彦：水文観測の現況と展望，河川流量観測の新時代第1巻，2010.
- 4) 藤田一郎・安藤敬済・堤志帆・岡部健士：STIVによる劣悪な撮影条件での河川洪水計測，水工学論文集，第53巻，2009.
- 5) 藤田一郎・小阪純史・萬矢敦啓・本永良樹：遠赤外線カメラを用いた融雪洪水の昼夜間表面流画像計測，土木学会論文集B1（水工学），Vol.69，No.4，L703-I\_708，2013.
- 6) 二瓶泰雄：ADCPやH-ADCPによる河川流量観測，河川流量観測の新時代第1巻，2010.
- 7) 柏田仁・二瓶泰雄・高島栄二郎・山崎裕介・市山誠：力学的内外挿法(DIEX法)に基づく「点」から「面」流速データ推定法の構築，河川技術論文集，第17巻，2011.

(2014. 2. 10受付)