

常願寺川における流量観測高度化に向けた 取組みについて

濱浦 千歩¹・山田 秀夫²・山辺 晃生¹・熊谷 文也¹

¹富山河川国道事務所 流域治水課 (〒930-8537 富山県富山市奥田新町2-1)

²富山河川国道事務所 地域防災調整官 (〒930-8537 富山県富山市奥田新町2-1)

流量観測により取得される流量データは河川の治水計画のための重要な基礎データであり、より精度の高いデータを取得することが求められる。本稿では富山河川国道事務所が管理する常願寺川をフィールドとして、急流河川特有の急激な水位上昇や急峻地形を有する厳しい条件下において、流量観測の高度化実現に向けて、観測精度の向上および現地作業の省力化を図るべく現地検証を行った概要について報告する。

キーワード 高度化, DX, 流量観測, 電波式流速計

1. はじめに

常願寺川は、富山県南東部に位置し、その源を富山県富山市北ノ岳岳（標高2,661m）に発し、立山連峰の山間部にて称名川、和田川等の支川を合わせながら流下し、富山平野を形成する扇状地に出て北流し富山市東部を経て日本海に注ぐ、幹川流路延長56km、流域面積368km²の一級河川である。河床勾配は山地部で約1/30、扇状地部で約1/100と我が国屈指の急流河川である。急流河川特有の洪水流のエネルギーが非常に大きく、中小洪水でも堤防が侵食され決壊する危険があることに加え、氾濫区域には県都富山市を抱えており、氾濫した場合の被害が甚大となることが想定される。

そのため、急流河川対策等の治水対策を確実に進めていく必要があり、対策工法検討の基礎となる水文データの観測精度を向上することは極めて重要である。本稿では流量観測業務において、精度の向上と現地作業の省力化から高度化実現を図るべく、常願寺川で現地検証を行った概要について報告する。

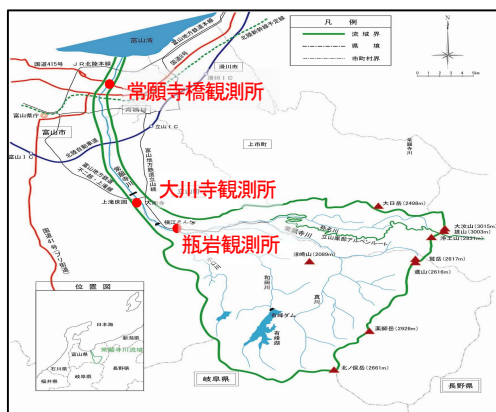


図1 常願寺川流域図

2. 常願寺川（瓶岩観測所）の概要

富山河川国道事務所では、上流から「瓶岩観測所」「大川寺観測所」「常願寺橋観測所」の3地点で流量観測を実施している。（図-1）このうち、「瓶岩観測所」は河口より22.6km地点に位置しており、治水計画上の基準点であり重要な観測所となっている。

当観測所の高水観測（浮子観測）における観測体制は図-2に示すとおりであり、基準測線の上流に第1測線、第2測線を設定している。また、第1測線上流の「瓶岩橋」より浮子を投下することで観測を実施している。（図-3）



図2 瓶岩観測所の上空写真



図3 浮子の投下状況

当観測所では、周辺の地形および河道状況等の現場条件から、洪水時の高水流量観測にあたっては、次に述べる(1)～(3)が課題となっている。

(1)急激な水位上昇

図-4は令和5年7月13日出水時の瓶岩地点におけるハイドログラフである。常願寺川は我が国屈指の急流河川であり、当該地点での河床勾配は1/30程度と急流なため、水位変動が激しく、洪水が生起してからピーク水位到達までの予測が難しい。そのため、観測体制構築に遅れが生ずる可能性もあり、ピーク水位付近での流量データが取得できないリスクを有している。

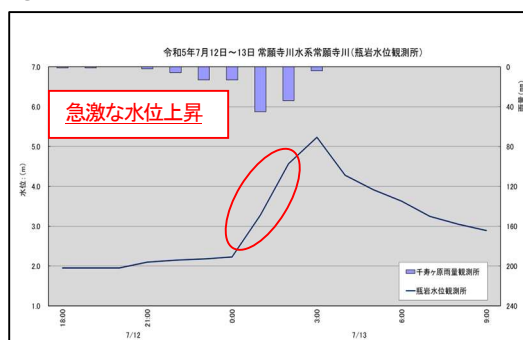


図4 瓶岩観測所におけるハイドログラフ(R5.7.13)

(2)湾曲区間

浮子投下地点の瓶岩橋から基準測線までは約170mの距離がある。この区間においては河道の断面形状から、滞筋が右岸に集中しており、洪水時には偏流が発生し、投下した浮子は右岸側に流れてしまう傾向にある。(図-5、6) このため測線断面における平均流速を正確に計測できず、観測精度に影響を及ぼす可能性がある。



図-5 投下した浮子の軌跡

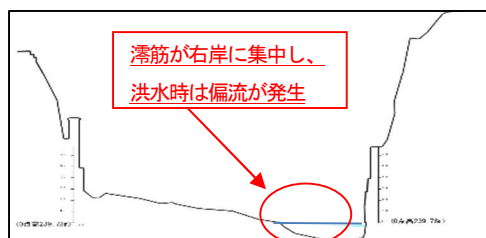


図-6 第2測線横断面図

(3)急峻・峡谷地形における作業

当観測所が位置する場所は兩岸が急峻な谷地形であることから、現地作業にあたっては転落等による事故を防止するため、安全確保に細心の注意を払う必要がある。

また、令和5年7月出水では観測所に通じる県道で土砂災害が発生していることから、出水時に現地まで辿り着けずに観測が実施できない場合も想定される。(図-7)



図-7 県道での土砂災害発生状況

これらの課題に対応するため、瓶岩観測所で実施した流量観測高度化の取組について報告する。

3. 非接触型電波式水位流速計を活用した流量観測について

先述した洪水時の高水流量観測時における課題を踏まえて、瓶岩観測所では「非接触型電波式水位流速計」を活用した観測を試みた。

(1)非接触型電波式水位流速計について

非接触型電波式水位流速計(以降、「電波式流速計」とする)は水面に電波(マイクロ波)を照射することで水位と表面流速の計測が可能な機器である。表面流速については水面上から受ける反射波の周波数から計測が可能であり、ドップラー効果の原理を利用している。(図-8)

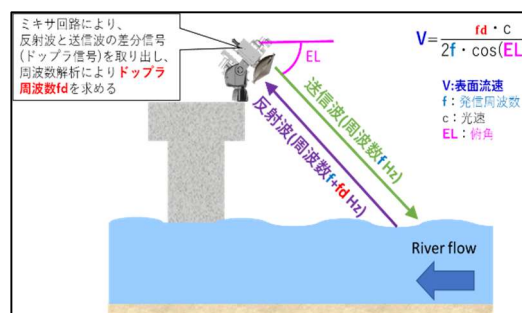


図-8 非接触型電波式水位流速計による計測原理(流速)

また、水位については周波数の異なる電波を水面に照射し、その位相差を検知することで計測することが可能である。(図-9)

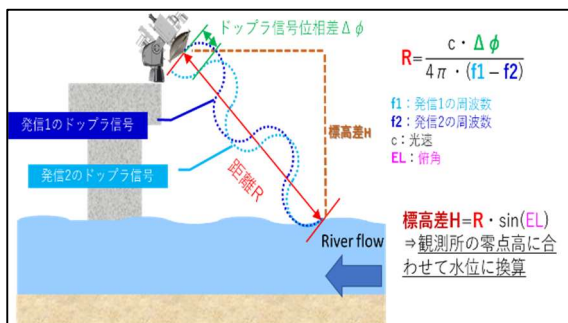


図-9 非接触型電波式水位流速計による計測原理（水位）

瓶岩観測所では令和4年度に右岸側の局舎付近に機器を設置し、令和5年度出水期より運用を開始している。（図-10）設置した機器は首振り機能を有しており、一台の機器で複数の点にマイクロ波を照射することが可能である。これにより測線断面における平均流速が計測可能となる。また、観測した水位・流速はリアルタイムで確認することが可能である。（図-11）



図-10 電波式流速計設置状況



図-11 水位・流速のリアルタイム表示

観測にあたっては、水位2.5mまでは常時(低水)観測モードとして1点のみ照射し観測を実施、水位2.5mに達すると高水観測モードに切り替わり首振り機能を活用することで複数個所に電波を照射する設定とした。このとき、既往洪水における最高水位をもとに、水位6.0mにおける水面幅から断面を分割し、各照射ポイントを設定し、各照射点における水位および流速から、測線における流量データを取得する体制を構築した。（図-12）

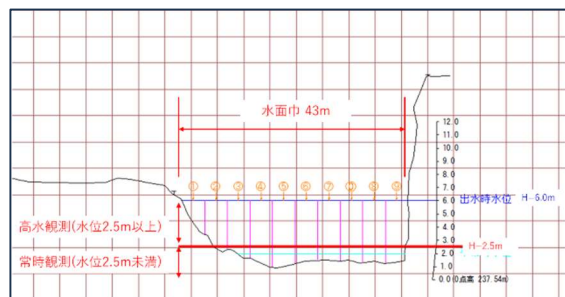


図-12 瓶岩観測所の観測体制

(2)令和5年度出水での検証

令和5年度には電波式流速計を用いた高水観測を計13回実施している。本稿では7月と9月にそれぞれ観測を行った結果について報告する。

①令和5年7月出水での検証

富山県内において線状降水帯が発生し、記録的な豪雨を記録した令和5年7月12日から13日にかけての出水時に観測を実施した。なお、本出水において瓶岩観測所では7月13日2:50時点で最高水位5.32mを観測している。観測にあたっては図-13に示すとおり、基準測線から15m下流に観測測線を設定した。測線は、10断面に分割し、1観測あたり10分で計測する設定とした。

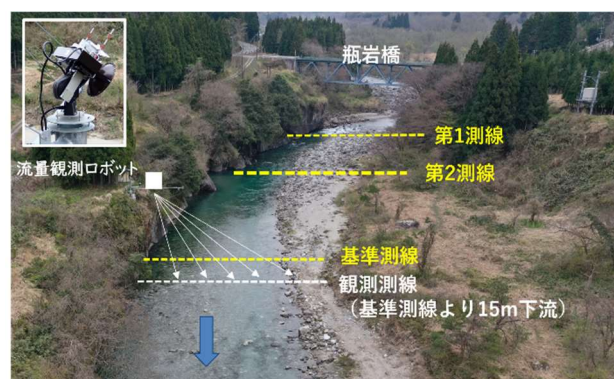


図-13 電波式流速計の観測体制（R5.7.13出水）

また、浮子観測との比較を行うため同じ測線上で浮子による同時観測も実施した。両手法における観測結果（断面流速及び流量）は図-14に示すとおりであり、流速で13.4%（0.66m/s）、流量で12.3%（85.9m³/s）の差が生じている。また、図-15は10分毎の流速データのプロット図である。本出水では欠測、異常値といったノイズが連続的に確認される時間帯があった。この現象について検証を行った結果、電波照射点までの角度（偏角）が急であることが原因と推定した。

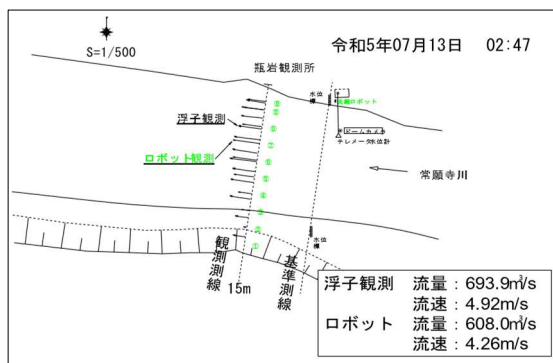


図-14 観測結果の比較 (R5.7.13出水)

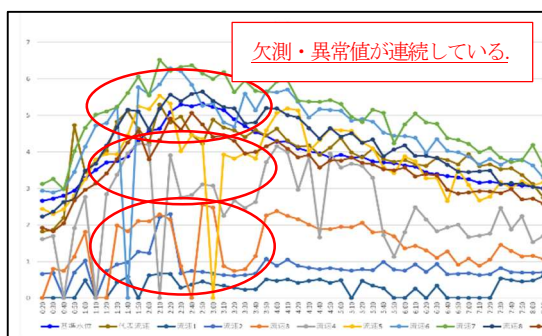


図-15 流速データプロット図 (R5.7.13出水)

②令和5年9月出水における検証

富山県内で短時間大雨を記録した令和5年9月6日の出水においては、先述の7月出水で明らかとなった欠測および異常値の観測を解消するため、図-16に示すとおり観測測線を下流に15m移行して観測を行った。これにより、先述した照射角（俯角）に対する課題への対応を試みた。

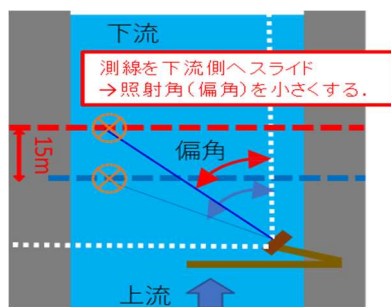


図-16 観測体制の変更イメージ

図-17に観測結果を示す。7月出水時の観測と比較して、浮子観測との相対差は流速で8.5% (0.12m/s)、流量で7.2% (5.8m³/s)と減少した。欠測・異常値については全てを解消することはできないが、全体的には減っており、それらが連続して発生する時間帯も見られない結果となった。(図-18) 7月の出水時と流量規模が異なるため一概に比較することはできないが、欠測や異常値の課題に対しては、電波の照射角（俯角）や測

線位置の見直しを行うことで解消できる可能性があることを確認できた。

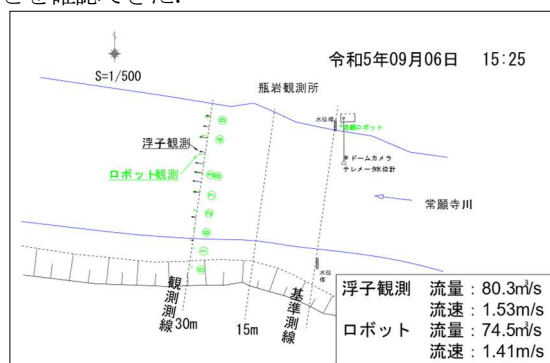


図-17 観測結果の比較 (R5.9.6出水)

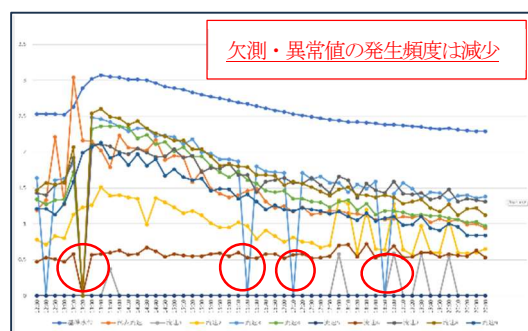


図-18 流速データプロット図 (R5.9.6出水)

また、電波式流速計の開発メーカーも欠測・異常値を減少させる改良を継続的に行っているところであるが、これらのノイズが発生した場合に自動で除去できる方法が確立できない為、これらの除去作業は現状、データのプロットを確認して手作業で実施している。この点については作業の省力化、また個人の主観による誤ったデータ処理を防ぐという観点からも、今後改善を図る必要があると考える。

(3)浮子観測による流量データとの整合性

先述の7月および9月出水を含めて、令和5年度に実施した15出水のうち7出水の観測結果について、「浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）」（水管理・国土保全局河川計画課）に基づき浮子観測との整合性を確認した。なお、観測データを次年度以降の水位流量曲線作成に使用するためには同実施方針（案）に基づき、以下について実施する必要がある。

- ① 浮子観測データとの相対差 (100× (非接触型流速計測法観測流量－浮子観測流量) / 浮子観測流量 (%)) が概ね－20%～0%に収まっていることを確認する。
- ② ①の方法で整合性が確認できない場合は、同

観測所における過去の流量観測データから
95%予測区間を求めて同様の確認を行う。

瓶岩観測所における15出水の観測結果のうち、7出水を抽出し上記①②の手順で、浮子観測データとの整合性を確認した。(図-19) 6出水については、乖離やバラつきが見られやすいと言われる低い水位での出水であったものの、観測値相対差が-20%~0%内に収まっていることが確認できた。また、相対差が許容範囲外にあった1出水についても、95%予測区間に収まっていることを確認した。この結果から浮子観測データとの整合性が確認できたことから、「令和5年度次世代流量観測検討会(令和6年2月27日)」において、次年度以降に非接触型流速計への移行が可能との審議を頂いた。

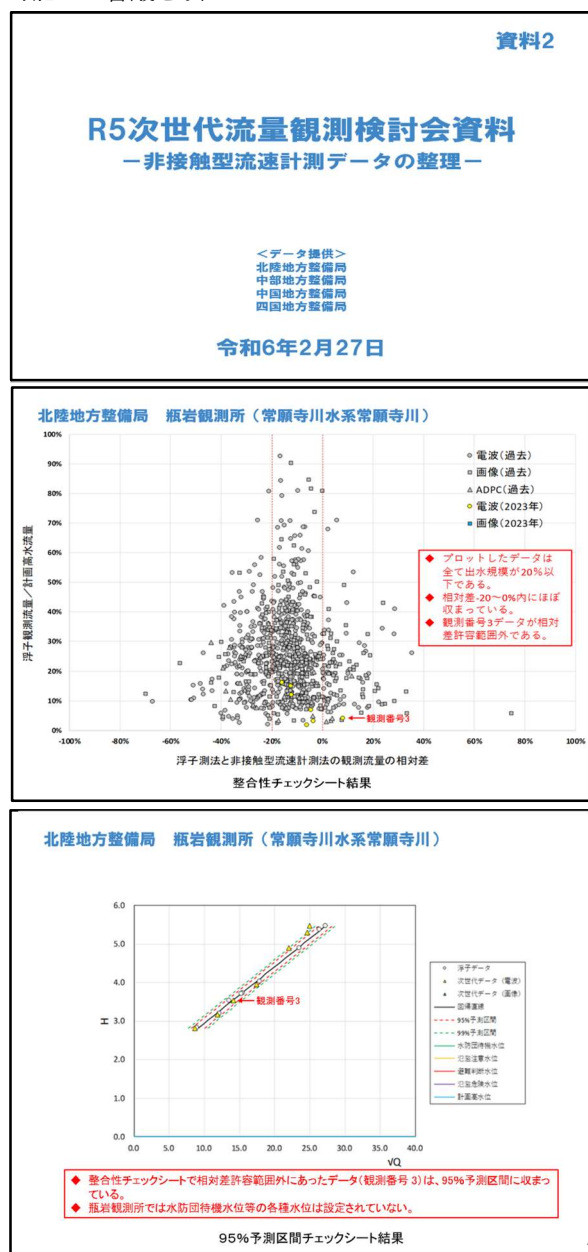


図-19 次世代型流量観測検討会資料

ただし、これまでに観測データを取得している水位 5m 程度(水防団待機水位相当)までの出水に適用するものとし、当該水位より高い水位の出水においては、浮子での同時観測を実施し、引き続き整合性の検証を実施することとなった。

(4)観測作業の省力化について

電波式流速計の使用による観測作業の省力化について、令和5年7月13日出水時に実施した観測1回あたりに要した作業人員の比較を行った。(図-20)

	浮子(標準歩掛)	電波式流速計(実績)
外業	3.3人	0人
内業(※)	3.5人	8.5人

※ 浮子 : 観測野帳整理、断面計算、流量計算、浮子表作成 等
電波式 : データ取捨・整理、エラー除去、整合性確認、断面計算、流量計算 等

図-20 R5.7.13出水(1回観測あたり)における比較

電波式流速計は現地での観測は機器が自動で行うことから外業に要する人員が不要である。その一方で、観測した水位・流速を用いた流量計算、HQ曲線作成等の内業に関して、電波式流速計は10分毎で計測するため、ピーク付近でデータを取り逃がすことは無くなるが、数多くのデータを取得・整理するため、浮子観測に比較して内業にかかる人員を要する結果となった。この点については、作業の習熟度や先述した欠測値の除去を手動で実施している点も要因であると想定され、作業の効率化等により改善を図ることは可能であると考える。

なお、電波式流速計の場合は1出水あたり観測回数によって、内業に要する人員が変動しないことが今回の検証より確認できた。出水時の浮子観測は、水位上昇時からピーク水位時、水位下降時と複数回観測を行うことが望ましい。したがって、観測回数に応じて外業・内業に必要な作業人員が増加する浮子観測に対して、電波式流速計による観測では大幅な省力化が期待できる。

4. 今後の取り組みと課題について

本稿では常願寺川をフィールドとして、急流河川特有の厳しい条件下における、流量観測の高度化について検証した結果について報告した。

今回検証を行った瓶岩観測所では、比較的小規模な出水における電波式流速計の適用性および観測作業の省力化の可能性を確認することができた。また、観測時の欠測や異常値の発生については、測線位置等の設定変更により対応できるケースがあることを確認した。今後は、より発生頻度の少ない、規模の大きい出水に対する適用性の検証、観測された流速データについて、

欠測や異常値を自動で除去できるシステムの構築による個人の主観を伴わないデータ処理作業により精度の確保・省力化を行うことで、急流河川をはじめとするあらゆる河道条件において適用拡大を図ることができると考えられる。

5. まとめ

富山河川国道事務所管内では、流量観測におけるDXの取組として、非接触型電波式水位流速計による観測を令和5年度より常願寺川で試行的に実施している。その背景として富山県内には急流河川が多いことから、出水時に急激な水位変動や複雑な流れ場が形成され、安定した精度で流量データを取得することが困難である。また、観測業務における作業員の安全確保も重要な課題であること挙げられる。

本稿で報告した瓶岩観測所での現地検証により、非接触型電波式水位流速計は流量データの精度向上、作

業の省力化や安全確保という観点において、その一助となり得ることが確認できた。

富山河川国道事務所では、今後も管内の河川において新技術の導入、試行を引き続き実施することで多様な現場条件における高度化実現の可能性について、検証をすすめることとしている。

謝辞: 本稿の執筆にあたり、ご協力をいただいた関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 縮下コンサルタンツ(株)：令和5年度常願寺川流量観測業務
- 2) 国土交通省北陸地方整備局：常願寺川水系河川整備計画〔大臣管理区間〕平成21年11月
- 3) 国立研究開発法人土木研究所水工研究グループ水文チーム：流量観測の高度化マニュアル(高水流量観測編)Ver1.2
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課：事務連絡 浮子観測データとの整合性の確認の実施方針（案）について 令和5年3月29日