

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書【概要版】

- (1) 課 題 名：寒冷地河川におけるリアルタイム流量自動観測システムの開発
- (2) 研 究 期 間：平成 27～29 年度
- (3) 交 付 申 請 者 名：福田 浩一（株式会社福田水文センター・代表取締役）
- (4) 研 究 代 表 者 名：澤田 浩一（株式会社福田水文センター・環境水工部 次長）
- (5) 共 同 研 究 者 名：橋場 雅弘（株式会社福田水文センター・総合企画部 次長）
北野 和之（株式会社福田水文センター・調査部 技師長）
土田 宏一（株式会社福田水文センター・調査部 福技師長）
芳賀 聖一（株式会社福田水文センター・調査部 主任技師）
甲斐 達也（株式会社福田水文センター・旭川支店 副技師長）
二瓶 泰雄（東京理科大学工学部土木工学科・教授）
吉川 泰弘（北見工業大学工学部地域未来デザイン工学科・
助教）
- (6) 補助金交付総額：29,313,000 円
- (7) 技術研究開発の目的
 - ・ 河川流量は治水、利水、環境を維持するうえで重要な要素であるが、北海道の寒冷地河川は勾配が緩く下流では塩水が遡上しやすい。さらに冬期間は水表面が結氷するといった複雑な水理条件が発生する。
 - ・ このため、現行の手法では流量精度の向上が難しいことや、出水ピーク時の確実な取得や観測員不足、河川結氷時の観測の危険性などが課題である。
 - ・ そこで、人力観測なしでも、機器観測と数値計算を組み合わせることで感潮域・結氷時・出水時を含めたリアルタイム流量の算出を可能とする完全自動化システムの構築を目的とする。
- (8) 技術研究開発の内容と成果
＜研究開発の背景＞
 - ・ 流量とは川を流れる水の量を示すが、河川計画や防災計画の基本となる重要な基礎値である。一方で、河川水は農業や工業用水、水道用水としても使われるため、河川管理者は流量をリアルタイムで監視する必要がある。しかし、現在のところリアルタイムで河川情報配信されているのは水位だけで、流量は無い。よってリアルタイム流量は、水位（H）と人力による観測流量（Q）の関係式（H-Q 式）で管理されている。しかし、感潮域や結氷する河川では、水位（H）と流量（Q）の関係が一義的にならず、精度が悪くほとんど機能しない。
 - ・ 積雪寒冷地である北海道の河川は、地形が大陸的で扁平なことから、河口から数 10 km まで塩水が侵入しやすい。また、冬期間には水面全面が凍結する結氷現象が発生するという特徴がある。
 - ・ 一方で、人力による流量観測には不確実性と危険性が伴う。結氷時の流量観測は、河氷上での作業となり、氷が割れて流されると死亡事故につながる。また、H-Q 式で流量を管理するためには出水ピーク時の観測を行う必要があるが、観測が間に合わない

い場合や夜間になる場合があり、人力では限界がある。

- よって、低水から高水まで網羅できる精度の高いリアルタイム流量の自動観測システムが求められている。

1) 平成 27 年度 F/S

- F/S では現地に H-ADCP、V-ADCP を仮設置し、天塩川天塩大橋地点で発生する水理現象を把握した。
- F/S での成果として、①平常時（出水時）、②塩水遡上時、③河川結氷時、④塩水遡上+河川結氷という 4 つの水理現象が発生することがわかった。特に、②塩水遡上については、緩混合で上層に淡水、下層に塩水と明瞭に二層に分かれ、③河川結氷については、横断方向に概ねフラットに全面結氷することがわかった。これより、境界条件を塩水遡上時の「塩淡境界面高」と、河川結氷時の「河氷底面高」として、有効断面の取得を行った。
- 塩淡境界面高確認として、V-ADCP の鉛直流速分布と塩水鉛直分布調査結果を観測流量と比較した。この結果、流速ゼロ地点を塩淡境界面としても流量誤差が最大で 6.2%、平均で 1.5%であったことから、V-ADCP の流速ゼロを塩淡境界面高の条件として採用した。
- 結氷時の河氷厚については、河氷上から河氷断面を計測した実測値（河氷厚）と比較すると、V-ADCP のボトムトラッキング（河床から表面へのビーム）が明瞭に河氷底面高を示していることがわかったため、ボトムトラッキングの水深値を河氷底面高の境界条件と採用した。
- 塩水遡上時に、塩水が水深 2m 程度まで上昇するため H-ADCP のビームが塩水層に接触することが流速値の不良の原因になっていることが分かった。塩水遡上時の流量算出に対策が必要となった。
- 河川結氷時に、河氷の発達により H-ADCP のビームが河氷底面に接触するため流速値が使用できないことが分かった。河川結氷時の流量算出に対策が必要となった。
- 現地モニタリング開始が 10 月以降であったため、出水時の適用性については検証できなかった。次年度調査にその課題を引き継ぐこととした。

2) 平成 28 年度 R&D1 年目

- 平成 28 年度の R&D1 年目では、F/S での課題を解決するために、平成 28 年 7 月～平成 29 年 2 月まで、H-ADCP と V-ADCP を仮設置したモニタリング調査を実施し、多くの検証データを取得した。
- 平常時（出水時）については、モニタリングデータと河道横断形状等に基づいて H-ADCP の有効範囲を絞り込んだ。
- 塩水遡上時と河川結氷時の H-ADCP 流速値の不安定要素についての解決方法として、V-ADCP の活用を検討した。
- ここで課題となったのは、DIEX 法によって面的に内外挿する場合、V-ADCP の鉛直方向の代表点は 1 点のみになるため、この点の測定精度が重要であるということであった。
- 実際の V-ADCP 流速データは音速による瞬間値であるため、流速鉛直分布に乱れが発生する。よって、単純に一定水深の流速値を抽出すると誤差が大きいため、流速鉛直分布を代表する点に置き換える必要があった。
- そこで、V-ADCP 観測値の単位幅流量と同じ開水路プロファイルを作成する V-Profile 法（仮）を開発し、DIEX 法に適用した。
- この時、結氷時は表面（河氷）と底面（河床）による抵抗を考慮した。これら R&D1 年目の検討結果より、①～④すべての水理現象発生時の流量算出精度は、ほとんどが ±10%以内と向上した。また、平成 28 年 8 月に 2,000m³/sec の出水が発生したが、

すべて±10%以内の流量精度が確保されており、当初目標を達成することが可能な見通しが立った。

3) 平成 29 年度 R&D2 年目

- ・平成 29 年度 R&D2 年目では、平成 27 年度 F/S で明らかになった水理現象に対して、平成 28 年度 R&D1 年目で構築した観測手法及び流量算出手法をもとに、トータルシステムを完成させることを目標とした。
- ・完成したシステムは、気象条件の最も厳しい厳冬期（平成 30 年 1～2 月）に現地実装し、実用化に向けた最終的な課題を抽出し、その対応策を検討した。
- ・事業化後を想定した維持管理計画を策定し、ランニングコストの把握と観測環境を考慮した効果的な維持管理方法および維持管理工程などを立案した。

【産学官テーマ推進委員会による協議】

- ・平成 27 年度 F/S から平成 29 年度 R&D 2 年目まで、学識経験者、河川管理者、民間技術者から構成される産学官テーマ推進委員会を立ち上げ、3 カ年にわたって活発な議論が行われた。
- ・学識経験者からは開発計画に対する具体的な専門技術的な知見をいただき、河川管理者（行政）からは実務的なアドバイスを、民間技術者からは別視点からの当技術の適用性などについて有益な意見をいただいた。

(9) 論文発表等に関する件数

| 原著論文 (査読あり) | 原著論文 (査読なし) | 原著論文以外 (新聞・雑誌等) | その他 (パネル・ポスター等) | 合計 |
|----------------|----------------|--------------------|--------------------|-----|
| 1 件 | 0 件 | 0 件 | 0 件 | 1 件 |

(10) 知的財産権に関する件数

| 特許権 (取得) | 特許権 (出願) | その他 (実用新案・商標等) | 合計 |
|-------------|-------------|-------------------|-----|
| 0 件 | 0 件 | 0 件 | 0 件 |

(11) 成果の実用化の見通し

- ・R&D1 年目では、現地での機器配置と数値計算（DIEX 法及び V-Profile 法）のアルゴリズムにより高精度に流量算出が可能という成果を得た。
- ・さらに、R&D2 年目も引き続き現地データの蓄積による精度向上を図るとともに、取得データをテレメトリーシステムにより web 上へ配信可能であることを検証しており、河川管理者にリアルタイム流量を配信することが可能となった。
- ・この構築したシステムは、当観測サイトを管理する河川管理者の利用を前提としているが、F/S 段階から河川管理者が産学官検討委員会の委員として参加しており、事業目的を共有して協議を行っているため、成果の事業化の可能性が高いと評価できる。
- ・本研究開発を事業化することによって、河川管理者に有用なリアルタイム流量情報を提供することができ、河川管理者にとって治水・利水・環境に配慮した効果的な河川管理が可能になると期待できる。

(12) その他

なし