

## 河口堰直上流における流速の連続観測

|               |            |     |        |
|---------------|------------|-----|--------|
| 独立行政法人水資源機構   | 霞ヶ浦開発総合管理所 | 正会員 | 横田 雅良  |
| 独立行政法人水資源機構   | 利根川河口堰管理所  | 非会員 | 解良 一夫  |
| 独立行政法人水資源機構   | 利根川河口堰管理所  | 正会員 | 〇八丈 裕己 |
| 川鉄アドバンテック株式会社 |            | 非会員 | 西島 真也  |

### 1. 概要

低周波・大出力超音波センサーを採用した伝播時間差方式の新型超音波流速計を、汽水域である川幅約 500mの利根川河口堰直上流に試験的に設置し、感潮河川での流速の連続観測を試みた。その測定値はADCP曳航測定結果とよく一致することが確認された。



図1 利根川河口堰と超音波測線

### 2. 利根川河口堰の管理上の課題

利根川河口堰の管理は、堰流入量に応じて、9門のゲートから潜流または越流させ、水位を一定に保つ操作と、ゲートを全開する操作を使い分けている。しかしながら、堰流入量は、河口堰より約 60km上流の布川流量観測所の流量と、布川から河口堰間の水収支をもとに算定されており、精度とリアルタイムの両面で課題がある。また、過度な塩水遡上により、水道取水等への支障が出ないように努める一方で、水産資源の確保のため汽水域の環境保全にも努めなければならないため、堰操作タイミングの判断精度向上は、大きな課題となっている。

### 3. 超音波流速計の選定と流速観測実験計画

#### 3.1 超音波流速計の測定原理と特長

音速が流速により変化する現象を利用した「伝播時間差法」とは、兩岸に1対の超音波センサを流れに斜交させて対向配置し、超音波を送受信させ、往路と復路の伝播時間差から、超音波経路上の平均流速を求める方法で、平均流速を直接得ることができる。また「ドップラー法」と異なり、音場不均一性の影響が往路と復路で相殺されるので、温度や塩分分布の存在する環境下での測定にも適用できる。

#### 3.2 低周波を利用した超音波流速計の適用

超音波式流速計は、1976 年頃から一部の河川に適用されてきたが、使用する周波数が 100kHz～200kHz と高かったことから、濁度に対する減衰量が大きく、遠方でのエネルギーが不足すること、指向角が狭く超音波の屈折時に欠測しやすいこと等の欠点があり、洪水時や低流速時に欠測や異常値の発生するケースも多かった。ところが近年になって 28kHz という低周波で大出力のセンサーが開発され、従来の欠点を解消した超音波流速計が誕生した。この新型流速計は 1995 年頃から欧州で広く採用され始めたが、国内導入は遅れ、2002 年に 1 号機が、瀬田川洗堰直上流部に設置された。

#### 3.3 流速観測実験計画

利根川河口堰周辺は、川幅が約 500mと広いだけでなく、感潮域に位置し、さらに堰の操作状態

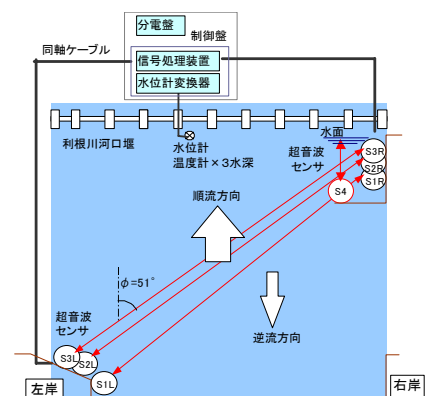


図2 超音波流速計の配置

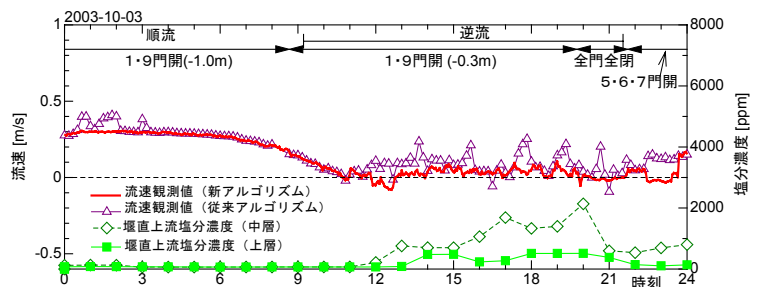


図3 流速連続観測例(1・9門放流時)

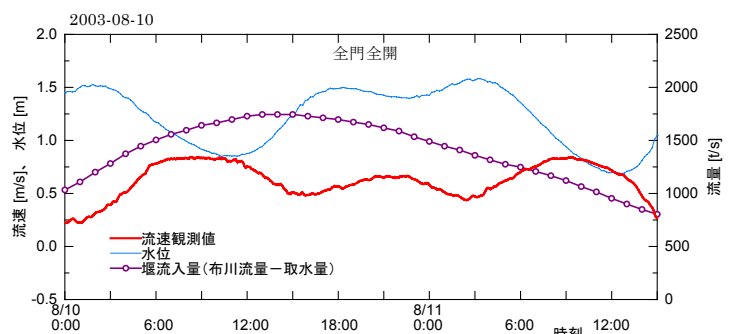


図4 流速連続観測例(全門全開時)

キーワード 超音波流速計、ADCP、流量観測、河口堰、感潮河川

連絡先 〒289-0611 香取郡東庄町新宿 2276 利根川河口堰管理所 TEL:0478-86-0477 E-mail:yuuki\_hachijo@water.go.jp

により流速分布が大きく変化し、偏流や逆流、塩水楔の浸入を含めた 2 層流が発生し、通常の流量観測手法の適用は難しい場所である。上記新型流速計は、欧州では河口部感潮域への適用事例はあったが、堰による流れの攪乱という悪条件を考慮し、実験装置設置による流速観測実験を計画した。実験装置は、河口堰制御への利用を想定し、河口堰直上流部の左右岸に、3 水深に 3 組のセンサーを設置し、水深方向の流速分布を測定できるようにした。図1、図2に河口堰と実験装置の位置関係を示す。

#### 4. 超音波流速計の設置場所での測定環境把握

2003 年 5 月から観測を開始したが、異常値が発生したり、データが欠測するなどの異常現象が発生し、これらの異常発生時には超音波の受信波形に乱れが観測されたため、測定環境の非定常性が疑われた。そこで、精度評価のための ADCP 観測を実施する際に、水温と塩分濃度の空間分布と時間変化の測定を実施した。その結果、河口堰上流部では、堰による水流の攪乱が発生し、超音波伝播特性の非定常な水域が発生することが確認され（図7、8）、既存の超音波到達判定アルゴリズムが、速い音場の変化に対応しきれていないことが判明した。そこで、到達判定処理に「相互相関処理」を加えた新アルゴリズムを開発、適用し、安定して測定できることを確認した。

新アルゴリズムでの連続観測例を図3及び図4に示す。

#### 5. ADCPを用いた流速分布測定

ADCPは、浮遊する懸濁物質からの反射音のドップラー効果を利用した流速分布測定装置で、超音波到達範囲内での流速分布を得ることが出来る。しかし、使用周波数が高く（1200kHz）、10m程度までしか測定できないため、作業船に取り付けて曳航することにより、川幅横断流速分布を得た。また、水温計と塩分濃度センサーも同時に曳航し、音場の空間変化を評価するとともに、一定場所での経時変化についても観測を行った。

図5には、ADCP 曳航測定で得られた超音波流速計の測線上での断面流速分布の一例を、図6には横断平均流速の水深方向分布の経時変化を示す。図6には定点での水温と塩分の経時変化観測例を、図7には水深方向分布の観測例を示す。

#### 6. 超音波流速計の測定精度評価

超音波流速計による平均流速測定値とADCP観測結果との比較を図9に示す。ADCP観測は超音波測線の約 89%をカバーしており、同図には補正するための直線を追記してある。本比較例から、超音波流速計とADCP観測データの相関性は高いことが判る。

#### 7. まとめ

- ① ADCP との比較により、超音波流速計による連続観測の有効性を確認できた。
- ② 信号処理方法の改良により、汽水域での塩水攪乱発生時にも、安定して流速を連続観測することができた。

現在、洪水時における高濁度条件下での適用性の評価、超音波流速計の塩分測定機能評価、実機化計画策定等の課題に取り組んでいる。

#### 参考文献

- ・蜂屋、木下他：「河川の音波伝搬特性の長期連続観測」、海洋音響学会誌 Vol.28 No.1(2001)
- ・ISO6416: “Measurement of liquid flow in open channels—Measurement of discharge by the ultrasonic method” (1992)

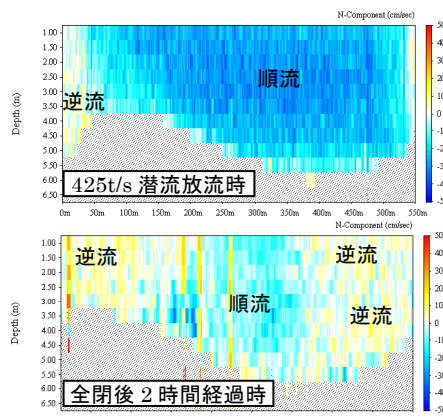


図5 ADCPによる横断流速分布観測例

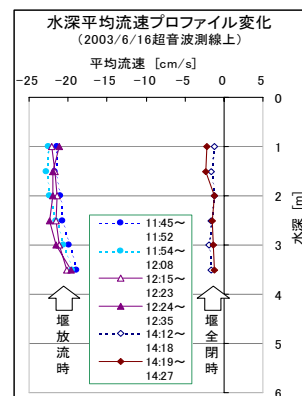


図6 ADCPによる水深方向平均流速分布の経時変化（観測例）

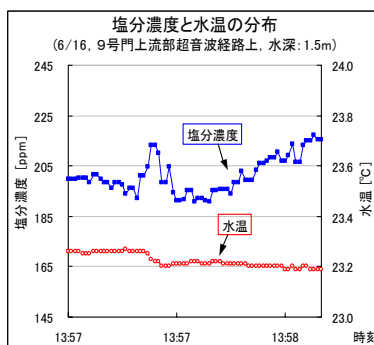


図7 塩分と水温の時間変化（経時変化観測例）

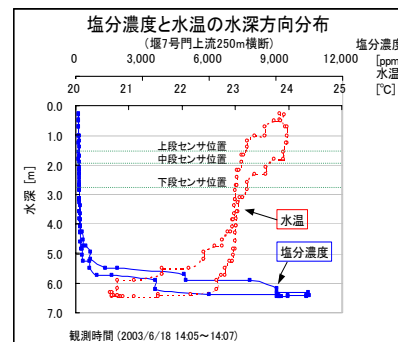


図8 塩分と水温の不均一性（水深方向分布観測例）

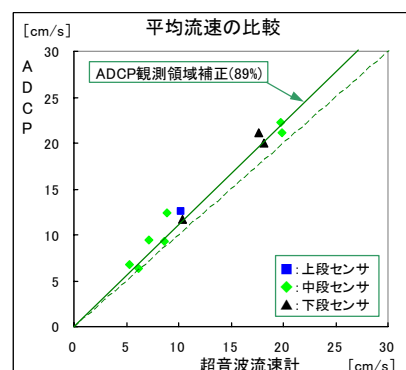


図9 超音波流速計とADCPの比較