

ADCP を用いた流速・濁度分布の同時計測の試み

高知高専建設システム工学科 正会員 ○岡田将治
(株)ハイドロシステム開発 正会員 橋田隆史

1. 序論

近年、物部川では過去数年間に襲来した台風による降雨や集中豪雨に伴う物部川上流域の土砂崩れによって発生した土砂が永瀬ダムや物部川に流出し、濁水の長期化が問題となっている。これによってアユの小型化等、生態系への影響も生じていることが報告されており、出水時の永瀬ダムおよび下流河道における土砂動態を把握することが重要である。そこで、本研究では、その基礎的研究として、ADCP(Acoustic Doppler Current Profilers:超音波ドップラー多層流向流速計)を用いた流速分布と濁度分布の同時計測を可能とする高精度濁度推定法を提案し、鶴見川の観測データを用いて、その有効性を検証した。

2. ADCP を用いた流速分布計測技術

ある断面の土砂通過量を計測するためには、その断面の濁度及び流速を分布的に把握する必要がある。これまでの測定法では図-1 に示すように濁度計やプロペラ流速計などのシングルポイント測定器を用いるため、ある断面の濁度分布の観測を行う場合、場所や水深ごとの測定が必要であり、大量の時間と労力を有し、非常に困難な作業であった。一方、ADCP は鉛直方向の流速分布を数秒で測定することができ、ボート等による移動観測を行えば、比較的容易にその断面の流速分布と断面形状から流量を求めることが可能である。仮に ADCP を用いた濁度測定が可能であれば、断面内の流速と濁度の分布計測を同時に行い、断面の土砂通過量を瞬時に算出することができる。これにより、鉛直濁度分布のモニタリング観測が可能となり、設置型の観測では洪水時でも安全に行えるという利点がある。

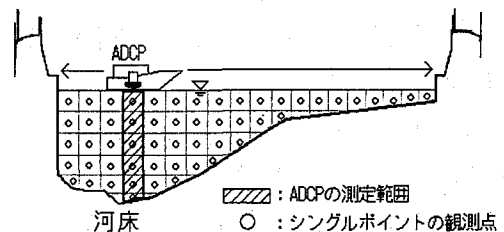


図-1 既往の流速・濁度観測方法と ADCP を用いた新しい観測法の比較

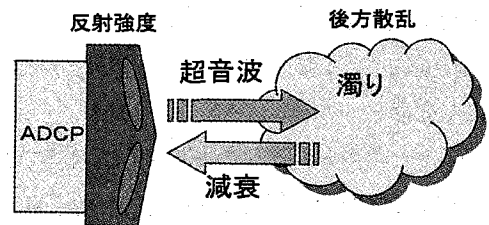


図-2 ADCP による反射強度の測定原理

3. ADCP による濁度推定原理

既往の研究^{1), 2)}において、ADCP の受信音波(反射強度)を利用した測定範囲における濁度分布推定の可能性が検討されている。反射強度とは図-2 に示すように水中に発した超音波が散乱態(懸濁物等)の量に応じて超音波が後方散乱を生じ、これをセンサーで受信したものである。反射強度から距離減衰を補正することにより後方散乱強度が求められることができる。さらに、後方散乱強度と濁度の高い相関性を利用し、後方散乱強度から超音波が水中を伝播する際に受ける様々な影響を補正することで濁度を精度よく推定することができる。

4. ADCP による濁度推定式の検討

従来の方法では米国の RD 社から推奨されている(1)式より後方散乱強度を求め、最小二乗法で実測濁度との回帰式を求め濁度に変換している³⁾。しかし、散乱強度から濁度への定量変換に関しては課題が多く、まだ実用段階まで至っていない。これはトランスデューサー個々の特性、ビーム拡散、水塊による吸収、粒子による吸収、粒径分布などから複合的な影響を受けることが原因とされている。

後方散乱強度算出式(RD 社推奨式³⁾) $dB = EI - SL - Const + 20 \log(r) + 2\alpha_w r \dots\dots\dots (1)$

dB:後方散乱強度(Back Scatter) EI:反射強度(dB) SL:発射強度(dB) α_w :水の吸収係数(dB/m) r:トランスデューサーからの距離(m)

橋田ら²⁾は①水温、塩分および超音波の周波数をもとに水塊による吸収量を算出、②浮遊物質濃度、粒径、粒子密度等をもとに浮遊物質による吸収と散乱を算出、③機器内温度から受信感度を算出、以上 3 つの補正項目の導入し、英国 DRL ソフト社 SediViews のキャリブレーション機能を用いて散乱強度への依存が大きいとされる粒子径の補正を行っている。この方法を用いて実測濁度との比較を行った結果、図-3 に示すように従来の濁度推定式より高精度で

濁度推定が可能であることを示した。

新しく提案する濁度推定式: $\log M(r) = S\{dB' + 2r(\alpha_w + \alpha_s) + 20\log \psi r\} + K_s \dots \dots \dots (2)$

$20\log \psi r$: 近距離音場補正 $M(r)$: トランスデューサーから r の距離の濁度 α_s : 粒子の吸収係数 S : 後方散乱係数

K_s : トランスデューサー定数 r : トランスデューサーからの距離

5. 新しい濁度推定式の鶴見川観測データへの適用

新しく提案する濁度推定式(2)式を用いて、鶴見川において ADCP を用いて計測したデータから濁度の算出を行った。鶴見川では 2004 年 9 月 27 日より 10 月 11 日の期間中に河口より上流に 4km 地点の最も深い河床に ADCP を固定設置し、鉛直方向の連続モニタリング観測を行っている。水温・塩分・濁度計の設置水深は 3 層とし、左岸に設置したが、濁度計は下層にのみ設置している。濁度分布の算出方法は① ADCP のバイナリーデータを SediView Ver.3.2 により観測された水温、塩分を用いて反射強度と実測濁度とのキャリブレーションを行い、各種パラメータを決定することで反射強度を ABT に変換し、観測時間と水深別メッシュデータ(CSV ファイル)へ変換する。② 水位データを基に①より出力された CSV データの水面修正を行う。③ ビジュアルコンターを用いて水面修正後の CSV データの鉛直濁度分布のコンター図の作成する。図-4a)に鶴見川河口より上流 4km 地点における流速分布の時系列、図-4b)に新しい濁度推定式を用いて求めた鉛直濁度分布の時系列、図-4c)に a)と b)の積によって求められる鉛直 SS フラックス分布の時系列を示す。どの図からも感潮域に見られる水位の上昇と下降が計測され、a)からはそれに伴った流向の時間変化が見られており、底層に比べ表層の流速が大きいという流速分布特性も計測されている。10 月 9～10 日は出水時であり、その期間は流速が最も大きく、底層において高濃度濁水(200～500mg/l)が発生している。c)では計測地点上を通過する SS フラックスが表され、出水時にのみ河川内の土砂が移動していることが確認できた。

6. 結論

土砂通過量の算出及び算出結果の精度の検証については課題が残るものの、ADCP を用いた新しい濁度推定式による流速・濁度分布計測が可能となった。今後は、本手法を用いて物部川において ADCP を用いた流速、濁度、土砂量通過量の観測を行う予定である。

参考文献

- 1) 横山勝英, 藤田光一: 多摩川感潮域の土砂動態に関する研究, 水工学論文集, 第 45 巻, pp937-942, 2001
- 2) 橋田隆史, 岡田将治, 新井励, 下田力, 熊田康邦: ADCP を用いた河川流況計測法における課題と国内外における応用観測事例, 河川技術論文集, 第 12 巻, pp133-138, 2006
- 3) RD instruments: Calculating Absolute Backscatter, Technical Bulletin ADCP-90-04. RD instruments, sun Diego, Ca, USA

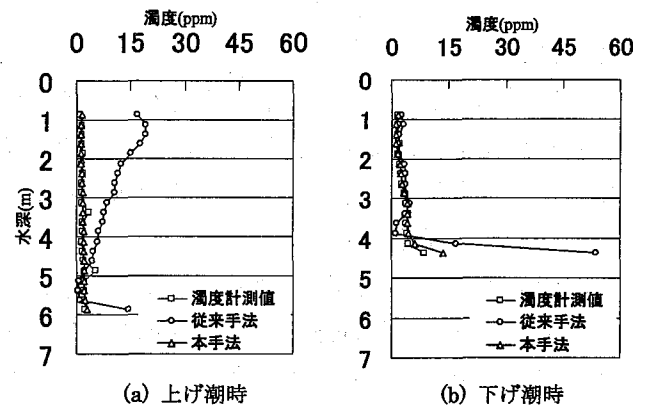


図-3 本手法と従来手法の比較²⁾

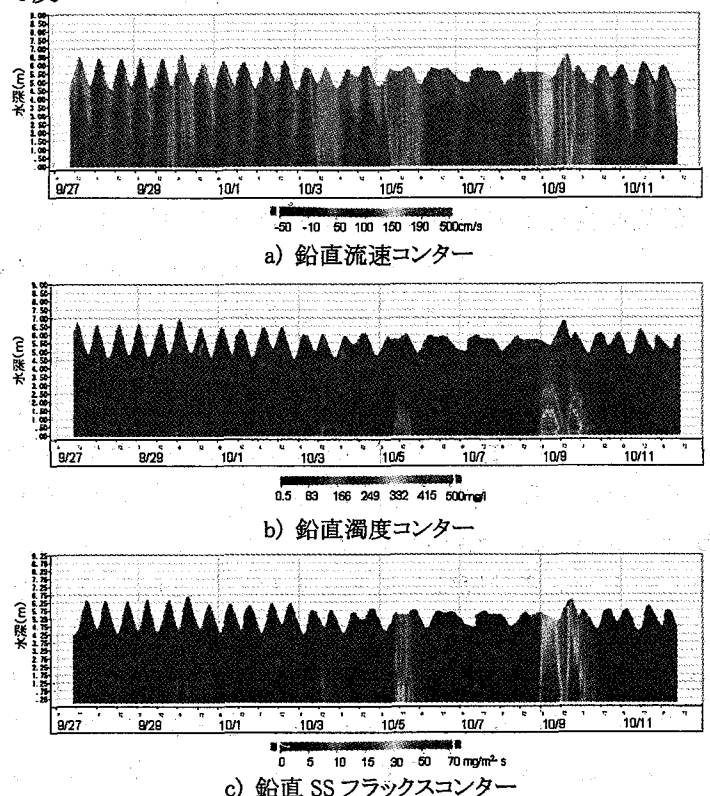


図-4 鶴見川河口より上流 4km 地点における濁度・流速・SS フラックスのコンター