

床置き式超音波ドップラー流速計の反射強度を用いた濁度計測

(株)シーテック 正会員 ○山本 将也

(株)シーテック 正会員 前田 浩伸

(株)シーテック 正会員 伊藤 真行

1. はじめに

流れ込み式水力発電所における出水時の運用は、濁質の流入による土木設備および水車等への摩耗等を考慮し長年の実績を基に取水限界流量が設定されている。しかし、河川における土砂濃度と河川流量との相関曲線 (sediment rating curve) には正の相関があるが、相関係数はあまり高くない¹⁾ことが指摘されている。このため、浮遊土砂の混入量を表す濁度そのものを計測し、新たな運用基準を設定することにより、より合理的に水力発電所を運用することが考えられている²⁾。

河川の土砂 (懸濁物質含む) の計測方法において、従来では採水を行って濾過懸濁粒子の重量を計測する方法や光学式濁度計による方法が行われてきた。近年では、超音波の散乱を利用して懸濁粒子濃度の分布を連続計測できる超音波後方散乱分布計の開発されている³⁾。

本稿では、導水路床中央に設置し取水量把握⁴⁾に用いている床置き式超音波ドップラー流速計 (Sontek 社 Argonaut-SW) の反射強度 (以降、超音波反射強度とする) を用いた濁度計測の試みについて得られた知見を述べる。

2. 試験水槽を用いた濁度計測の検討

(1) 水槽および実験概要

試験水槽 (内寸: 幅=445mm 高さ=450mm 長さ=1215mm) を用意し、実験水槽の内部壁面は、光学式の濁度計を用いるため、濁度計の照射光の反射を防ぐ目的で艶消しの黒で塗装した。また、室内実験水槽は、濁質を入れた際に超音波ドップラー流速計と 90 度散乱光測定方式濁度計 (東亜 DKK WQC-24) と同時計測が可能となるように、濁度計固定用ステーを設置した。さらに試験水槽内部の濁質濃度を均一にするよう、攪拌装置を設置した (写真1参照)。



写真1 実験水槽および攪拌実験装置

(2) 攪拌実験方法および結果

実験水槽にカオリン濃度を 500ppm、800ppm (濁度計計測最大値) および 2000ppm とした場合の超音波反射強度と濁度計の値との関係を調べた。実験方法は、500ppm のカオリン粉を水槽に入れて十分に攪拌した状態で超音波反射強度およびカオリン濃度は段階的に投入量を増加させ目標濃度とした。実験結果は、左縦軸に超音波反射強度、右縦軸に濁度とし、横軸を時間として超音波反射強度と濁度の時系列を整理した (図1 カオリン実験結果)。

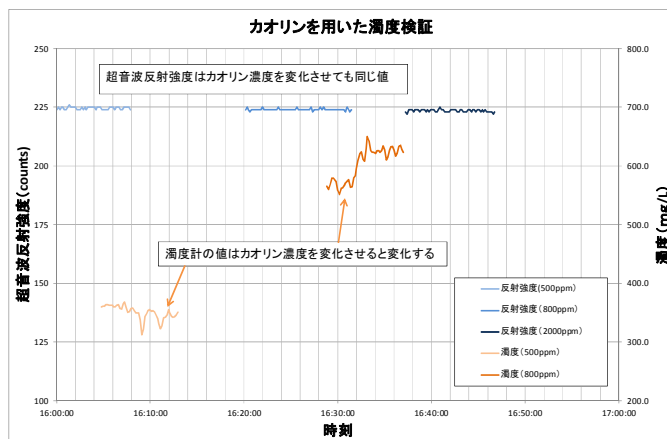


図1 カオリン実験結果

図1より、濁度計の値は時間変化が見られるが、超音波反射強度はほぼ一定値 (上限値) となる結果が得られた。超音波反射強度が一定になる原因は、攪拌に伴う微細気泡の発生や水中浮遊物の巻き上げと考え、水道水を充水した試験水槽の攪拌有無による超音波反射強度の変化を調べた (図2 攪拌有無による超音波反射強度変化)。

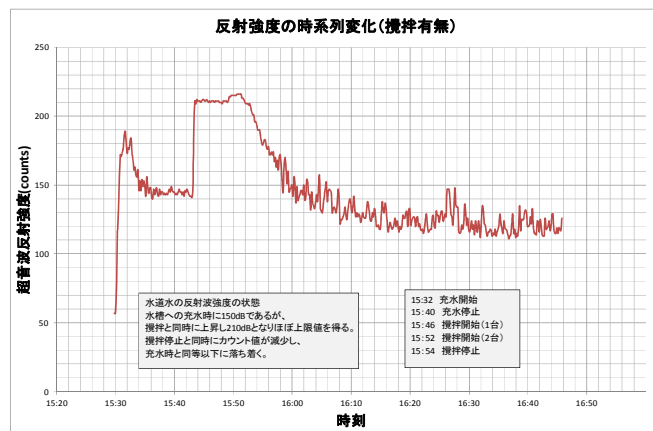


図2 攪拌有無による超音波反射強度変化

図2より、超音波反射強度が一定値 (150counts) とな

キーワード: 超音波ドップラー流速計, 超音波反射強度, 濁度, 試験

〒455-0054 名古屋市港区遠若町 3-7-1 Tel. 052-651-4074 E-mail m.yamamoto@ctechcorp.co.jp, h.maeda@ctechcorp.co.jp, ma.itou@ctechcorp.co.jp

ったところで、水槽内に設置してある攪拌機を回転させると、超音波反射強度が急激に上昇し、210~215(counts)付近で頭打ちのような値となり、後に攪拌機を停止すると、超音波反射強度は徐々に下降する結果が得られた。

これより、攪拌に状態で超音波の反射強度の測定は不可であることが確認できた。

(3) 清水状態での実験装置

図2の結果を受けて、既存の研究事例から静水状態で超音波の伝搬経路に濁質を投入し、超音波の反射強度と濁度との相関を求めた事例⁵⁾を参考に実験装置を再度作成した(水槽のサイズは同じ。写真2参照)。また、同実験設備で投入濁質濃度を推定する式⁵⁾を利用して投入濁質の濃度を計測することとした。



写真2 実験水槽（再度作成）

(4) ガラスビーズを用いた実験

清水状態の実験水槽で、超音波反射強度と粒径との関係を調べるため、市販の粉体材料で材料を調べた結果、ガラスビーズが最良と判断し採用することにした。粒径は単粒径と混合粒径の2種類用い、以下に示すケース表に従い実験を実施した。

表1 実験ケース(単粒径および混合粒径)

単粒径		投入量(g)					
種類	ガラスビーズ粒径範囲	0.5	1.0	3.0	5.0	10.0	80.0
#0.40	φ0.350~φ0.500						
#0.60	φ0.500~φ0.710	3.0	10.0	20.0	40.0	80.0	
#0.80	φ0.710~φ0.990	3.0	10.0	20.0	40.0	80.0	
#1.00	φ0.990~φ1.397	3.0	10.0	20.0	40.0	80.0	
混合粒径		投入量(g)					
種類	混合比	3.0	10.0	20.0	40.0	80.0	
#0.40, #0.60, #0.80	1:1:1						
#0.60, #0.80, #1.00	1:1:1	3.0	10.0	20.0	40.0	80.0	

(5) ガラスビーズ実験結果

縦軸に投入量から得られる計算濃度とし、縦軸に超音波の反射強度(投入継続時間内の平均値)とした場合の関係をプロットした結果を以下に示す。

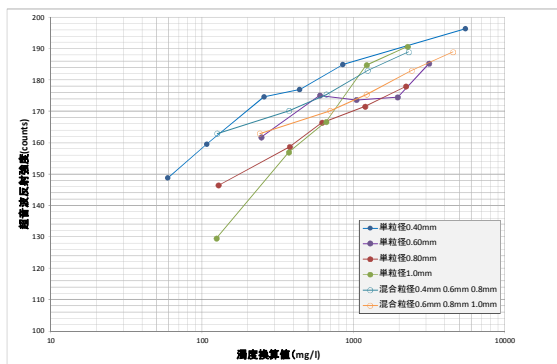


図3 ガラスビーズによる超音波反射強度比較

上図から得られた知見を以下に示す。

- ①各粒径で濃度の上昇と反射強度の上昇を確認した。
- ②投下量と同じでも濃度換算に違いが生じる結果となった(ベルトコンベアーで落下しない量も関係している)。
- ③粒径が小さいほど反射強度が大きくなる傾向にある。
- ④反射強度は濃度換算で6000ppm程度まで対応できる。
- ⑤平均粒径で比較すると、反射強度は単粒径<混合粒径となる(細粒分が含まれているためと考えられる)。

3. 現地観測例からの分析

現在までに超音波ドップラー流速計で流量観測をした現地観測事例から超音波反射強度について調べた。

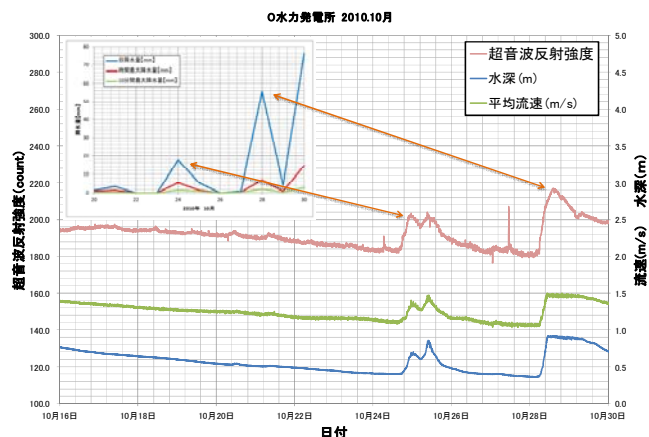


図4 現地観測事例

降雨データとの関連から、降雨後に水位および流速の上昇と合わせて超音波反射強度の上昇が確認できた。

4. 今後の課題

床置き式超音波ドップラー流速計の反射強度を利用して濁水計測の可能性について実験水槽の結果および現地計測結果から試みた。多くの研究者結果と同様に超音波の反射強度は濁水の指標となることが確認できた。この結果を基に、現地での計測を中心に多くのデータを蓄積し分析を行っていきたい。

参考文献

- 1) 倉茂：河川の浮遊土砂研究における最近の動向、北海道大学地球物理学研究報告、No. 59、March1996、P1-13
- 2) 馬淵：土砂検出器を用いた取水口自動制御方式の開発、中部電力技術開発ニュース、No. 104、2003-9
- 3) 川西、山本、余越：超音波流速計と散乱光式濁度計を用いた懸濁粒子の濃度、粒径、フラックスの測定、水工学論文集、第42巻、1998.2
- 4) 伊藤、前田、土山：鉛直流速分布から算定した平均流速値の対比(実測値による検証)、土木学会中部支部研究発表会、2013.3
- 5) 加藤、Syamsidik、岡部、青木：超音波を用いた浮遊砂計測法の開発に関する研究、土木学会論文集 B2(海岸工学) Vol.B2-65、No.1、2009、1436-1440