

# 水質および底質が音響計測器に与える影響について

(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  
 (株)シーテック 正会員 ○佐藤 大介

## 1. はじめに

ダム式、ダム水路式および揚水式発電に見られる大規模なダムでは、取水口構造物、排砂管および放水管などの構造物は、通常は水中にあり、その状態を把握することは難しい。通常の点検では、水中ロボットを活用し、ダム貯水池を空にしなくても目視点検や調査等が可能となるような工夫をしている<sup>1</sup>。

しかし、水中ロボットによる目視点検では、比較的構造物に近接しての撮影となることから、構造物の一部を拡大した画像となり、構造物全体の状態を一度に見ることが難しく、堆砂の進行に伴うダム底面における堆積状態等を撮影するには、水の濁り、光量の不足や水中ロボット自身の位置がわかりにくい等の問題が発生する。

水中構造物全体の状況やダム底面の堆積状況を把握する手段として、従来から使用されているサイドスキャンソナー、マルチビーム等の音響機器が挙げられる。通常、これらの音響機器は、高額な測器であるが、近年、開発されている遊魚用の安価で使い勝手の良い使いサイドスキャンソナー(以降、遊魚用ソナーとする)が各地で利用されるようになってきた<sup>23</sup>。

遊魚用ソナーは、軽量かつコンパクト、音響観測の専門家でなくても取り扱い可能な機器であり、さらに各ダムに常設している作業船(船外機付きの和船 約7.0m×2.0m)に搭載可能で作業員が3名以上乗船できる特徴がある。

本稿では、遊魚用ソナーのスキャン性能および水質や底質が同機器の性能に与える影響について検討を行った。

## 2. 市販のソナーとアプリケーション

今回使用した遊魚用ソナーは、ロランス社製のHDS-12Gen3Touch(本体)に、ストラクチャースキャン3D(トランスデューサー)およびHDI振動子を組み合わせた機器構成となっている(図1および表1参照)。なお、トランスデューサーおよび振動子は、作業船に艀装できるよう専用の取り付け金具を製作した。

現地作業には、操船者用に別途GPSレシーバー、傾斜センサーおよびPCを追加し、GPS測位等の確認と測定中の船の動揺を併せて計測できるようにした。

計測結果の整理には、水中図形作成ソフト(ReefMaster)を使用した。



図1 音響測器の機器構成

表1 ソナー本体の仕様

本体サイズ	: 224×328×95mm (高さ×幅×奥行)
本体重量	: 2,440g
画面サイズ	: 対角307mm
画素数	: 800×1280ドット
電源	: 10.8~17.0V 2.0A
送波方式	: チャープ/ブロードバンド方式
周波数	: 50/83/200Khz (魚探) L/Hチャープ 455/800Khz (サイドスキャン)
最大出力	: 500W (RMS)
GPS機能	: WAAS対応16CHレシーバー内蔵
側方探知機能	: サイドスキャン、ダウンスキャン、スポットライトスキャン内蔵
通信ポート	: イーサ×2、NMEA2000×1、RS-422×1 ビデオ入力
Wifi機能	: スマートフォンへ画像送信、タブレットによるリモート操作、インターネットへの接続



写真1 画像比較 (左:水位低下時 右ソナー画像)

キーワード: 水中構造物、点検、音響測器、濁度と音波の反射強度、底質と音波の反射強度

〒455-0054 名古屋市港区遠若町3-7-1 Tel. 052-651-4074 E-mail: [h.maeda@ctechcorp.co.jp](mailto:h.maeda@ctechcorp.co.jp) [ma.itou@ctechcorp.co.jp](mailto:ma.itou@ctechcorp.co.jp) [d.satou@ctechcorp.co.jp](mailto:d.satou@ctechcorp.co.jp)

### 3. ストラクチャスキャンの性能

ストラクチャスキャンを実際にダム湖で試した画像を写真1に示す。比較として、ダム湖の水位を低下させた時の写真も併せて示す。同写真より、遊魚用ソナーによるストラクチャスキャンにより、水中部構造物の形状が確認できることが判った。これより、水中ロボットでは見ることが難しい水中構造物の全体像が把握できるものと期待できる。

### 4. 水質（濁度）の影響

ダム貯水池の問題として、貯水池内での水の濁りが挙げられる。濁度の音波への影響については、浮泥中の超音波理論<sup>4</sup>等で理論的な解明をされている。また、懸濁物質濃度と音波との関係は、ADV等の超音波を用いた研究事例が多く見られる<sup>5</sup>。

ここでは、ADVよりやや波長の長い音波（200kHz）を用いた場合の濁度と反射強度との関係を調べるため、ダム貯水池底部から採取した泥（平均粒径8 $\mu$ m）と水槽を用いて簡易な実験を試みる。使用する水槽の寸法は $\phi 39-46\text{cm} \times 55\text{cm}$ である。表2に実験ケースおよび実験内容を、図2に実験結果を示す。

表2 実験ケースおよび実験内容

	水槽濁度	実験内容
ケース1	100 p p m	水槽内の濁度を変化させた場合、水槽底部までの反射波の強度(E1と表記)を調べる。
ケース2	120 p p m	
ケース3	140 p p m	
ケース4	160 p p m	
ケース5	180 p p m	
ケース6	200 p p m	

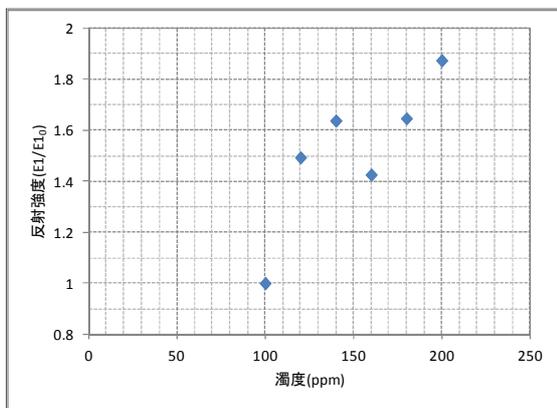


図2 水槽濁度と反射波強度との関係

縦軸には各ケースの反射強度を濁度100ppm時の反射強度E1<sub>0</sub>で無次元化したものを示す。上図より、水槽濁度の上昇に応じて反射強度も上昇することを確認した。

これは、超音波を用いた既存の検討例と同様に濁度と超音波の反射強度は正の関係にあることを再確認した。

### 5. 底質の違い

音波の反射強度の違い（特に第2波の反射）を調べることにより、底質の違いは、相対的に判別することができる<sup>6</sup>とされている。ここでは、上記の水槽を用いて、水槽底部に置いた泥の含水比を変化させることにより、

反射強度の違いが見られるかを調べた。表3に実験ケースおよび実験内容を示し、図3に実験結果を示す。

表3 実験ケースおよび実験内容

	含水比	実験内容
ケース1	100%	水槽底部に泥を敷き、その含水比を変化させた場合、第2波の反射強度(E2と表記)を調べる。
ケース2	150%	
ケース3	200%	

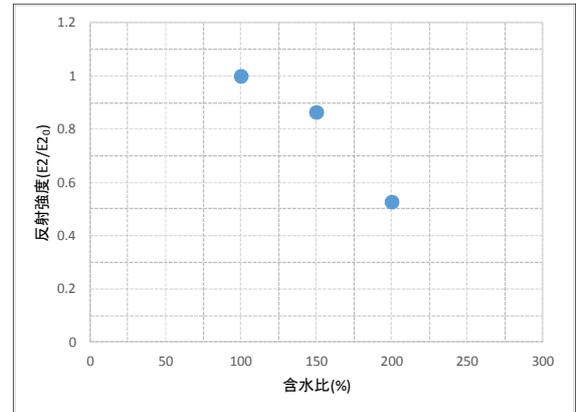


図3 底質と反射強度との関係

上図より、底質の含水比の増加に伴い反射強度は相対的に弱くなる傾向となり、底質の含水比と音波の反射強度は負の関係にあることがわかった。これは、底質の軟化が、音波の吸収に関係するためと考えられる。

### 6. まとめ

遊魚用ソナーを用いることで手軽に水中構造物やダム底面の形状を知ることができる。さらに同機器から得られる音波の反射強度は、水質および底質の指標と成り得る可能性があることを確認した。

### 7. 今後の課題

今回得られた実験結果に加え、現地計測によりデータの蓄積を行い、ダム貯水池内構造物の維持管理およびダム底面の堆積状態を数値化にすることで将来的にダムの効率的な運用に役立てていきたい。

### 参考文献

- 1 勝又、小川：電力設備の点検で活躍する水中ロボット、電気現場技術、2011年4月号
- 2 (独)水産総合研究センター・水産工学研究所：簡単に行える音響測器を用いた魚場調査に関する手引き、2011.9.1
- 3 畑中ら：魚群探知機情報を活用した低コスト海底地形測深システムの開発、土木学会第60回年次講演会
- 4 第14回港湾機械技術研究会資料 浮泥探査に関する実験 昭和42年
- 5 例えば、川西ら：超音波ドップラー流速計を用いた感潮河川の流動と懸濁物質の現地観測、海岸工学論文集、第43巻、1996
- 6 ReefMaster Manual v1.8