事業の動き

利根調・保全技術センター通信（第 14 回）

前　関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所　技術調整課長
現　農村振興局整備部水資源課　課長補佐
安武　秀一

1．はじめに

保全技術センターは，平成 16 年 4 月，関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所に「保全対策センター」として設置されて以来，農業水利施設のストックマネジメント技術の確立に向けた業務を行っています。保全技術センター通信では，農業水利施設のストックマネジメントに関する動向や保全技術センターでの取組みなどを紹介しています。

第 14 回目の今回はダムやため池等の貯水施設で行う堆砂（貯水容）量調査について，新しい技術を活用した容易で経済的な測定の検証を行いましたので紹介します。

図－1　ダム堆砂測定の測線計画（UAV オルソ画像）

2．新しい堆砂（貯水容）量調査技術を求める背景

農業水利施設であるダムやため池は，農業用水を確保し安定的に供給するため，流水を貯留，調節，取水することを目的として築造された重要な貯水施設です。この貯水施設の管理において，近年の異常気象による豪雨等によって施設への土砂流入が増加し堆砂が著しく進み，有効貯水量の一部が失われることで施設機能が低下するなど，リスクが高まっています。

このことから，施設管理者は定期的に堆砂量の把握を行うことが重要であり，ダムでは毎年堆砂量の状況報告を河川管理者へ行っています。このため，従来から行われている測定方法の他に，経済的な観点から容易で安価に堆砂（貯水）量が測定できる技術が必要であり，また求められています。

3．堆砂（貯水容）量測定技術の検証

現在，堆砂量を測定する調査では音響測深機を使用した調査が一般的ですが，今回，新たな測定手法として，レジャーフィッシングに使用される魚群探知機を用いて堆砂量測定に活用できるかの検証を行い，その適用性や経済性の評価を行いました。

魚群探知機は近年の技術進歩によって湖底や

水草などを鮮明に映し出すことができ，操作性が容易で経済的に水中の情報を取得することが可能です。魚群探知機の位置精度，測量精度がどの程度のものなのか，実際に計測を行い，音響測深機（シングルビーム，マルチビーム）との比較を行い検証することにしました。

（1）魚群探知機の仕組み

魚群探知機は，本体に超音波を受発信させられる振動子を接続することで，水中へ超音波を発射し，その反射波を捉えることで魚群の存在や水深，分布状況，海底の様子などを知ることができる漁労用電子機器になります。しかし，魚群探知機の位置情報は一般に計測誤差が大きく，おおよそ数メートルの誤差を持っているため，別途詳細かつ精度の高い位置測定を行い補正する必要があります。今回は準天頂衛星システムから位置情報を取得できる外部アンテナを接続し補正を行っています。

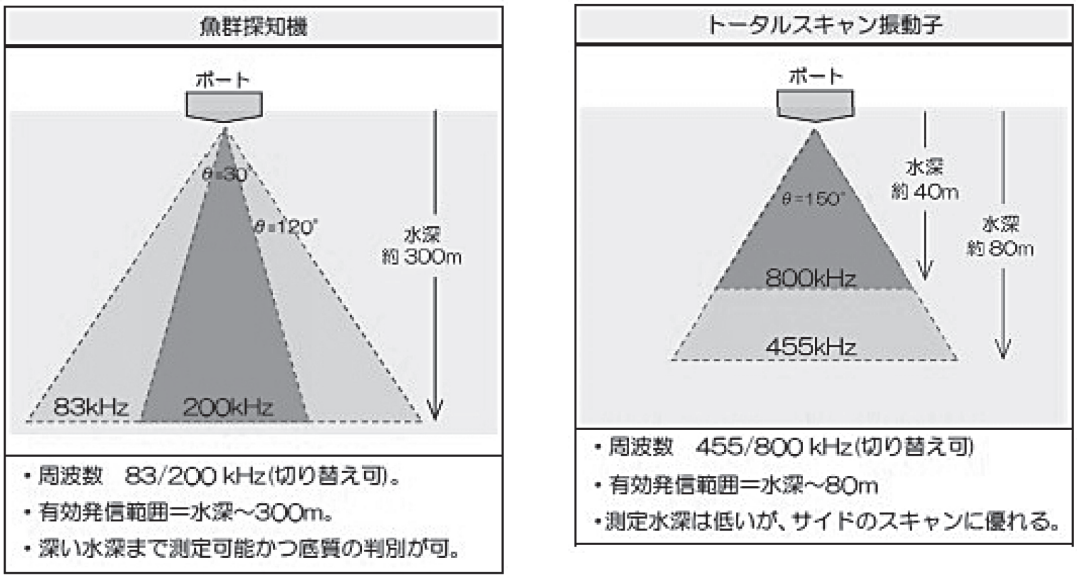
（2）魚群探知機の測深機能について

一般的な魚群探知機には前述の（1）で記載したとおり，振動子より超音波を発生させる機能があり，過去の測量データなどを参考に水深や湖底状況に合わせて周波数を切り替え，測線計画に基づいて測定を行います。

魚群探知機に使用される周波数は製造メーカーによって異なりますが，主に低周波（83kHz）～高周波（200kHz）の切り替えが可能です。

写真－1　魚群探知機を用いた測量船

写真－2　魚群探知機の測的機器セット



図－2　魚群探知機の測深の仕組みと周波数

周波数の切り替えを要する場面として，①湖底を詳細に捉えることはできないが一度に測深できる範囲が広く，測線間隔を減らしたい場合に適している低周波（83kHz），②超音波の照射角が狭く，測深できる範囲が狭まるが湖底状況を詳細に捉えるのに適している高周波（200kHz），などが挙げられます。なお，低周波は高周波よりも深く測深することが可能ですが，ダムやため池などの数十メートルの水深では計測できる深さに影響はないと考えられます。

また，超音波を真下に向けて放つダウンスキャン機能を有する振動子に加えて両サイド方向のスキャンも可能とするトータルスキャン振動子を用いることで，対象施設に合わせて現地で周波数が選択でき，状況に合わせた測定が可能となります。（写真－２，図－２）

なお，測定データは魚群探知機に記録され，解析ソフトを使用して等深線図が作成されます。（図－３）

（３）測定手法の比較

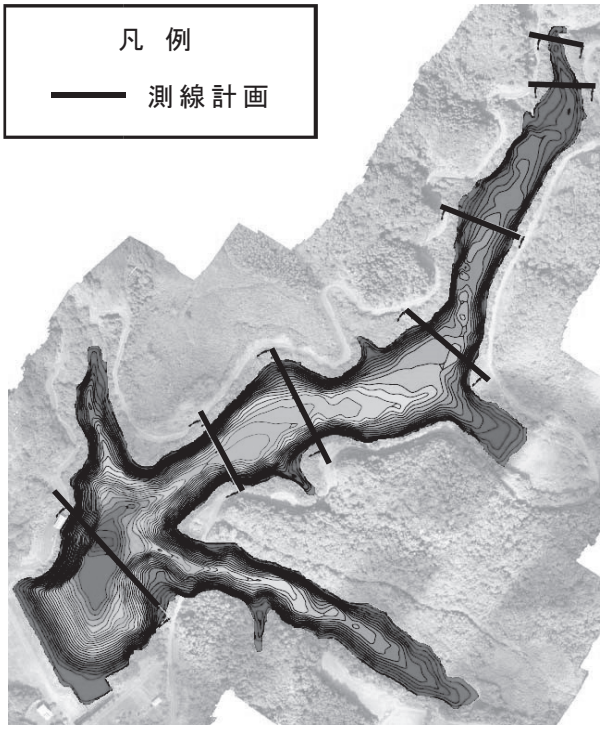
音響測深機による深浅測量（シングルビーム測深，マルチビーム測深）および魚群探知機による測深の結果より，各手法の誤差や特徴などをまとめ，以下の項目について比較・要因の考察をまとめました。

１）測定結果の比較（貯水容量で比較）

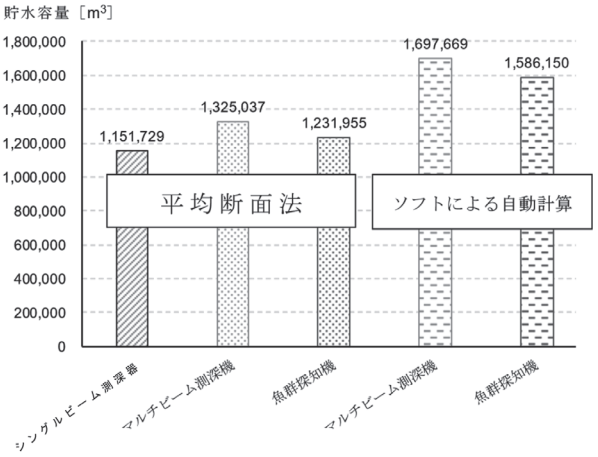
貯水容量の検証は各計測機器の特性（シングルビーム測深機は送受波器直下の水深情報を「線」で測深しているのに対し，マルチビーム測深・魚群探知機では「面的」に詳細な地形の測深が可能）を考慮し算出することとし，貯水容量として検証を実施しました。

グラフ－１は平均断面法（マルチビーム測深，魚群探知機は等深線図から測線断面図を作成）により計算した結果を左側に，また，マルチビーム測深と魚群探知機の場合の等深線データより自動計算ソフトで算定した結果を右側に示しています。

比較の結果は，シングルビームの計測結果より，マルチビーム測深・魚群探知機の方がともに貯水容量が大きくなる傾向となりました。



図－３　ダムの等深線図（魚群探知機の結果）

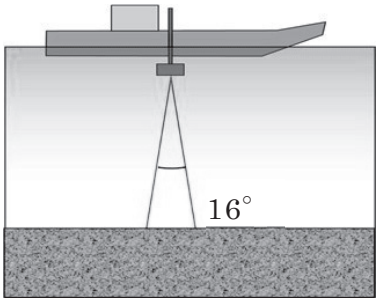


グラフ－１　各計測による貯水容量

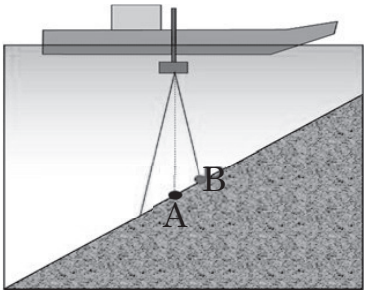
２）平均断面法における測深方法による測定値の差の考察

図－４に示すように，シングルビーム，マルチビームの測深値の違いは，主に音波特性（ビーム角）による測定位置誤差による影響が大きいと考えられます。

シングルビーム測深機



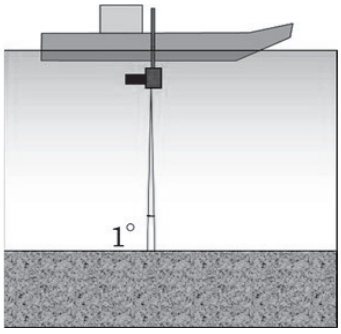
16°で発振した音波のうち
最も反射の早い値(最浅値)が測定値となる。



傾斜のある地形では
ソナー直下の正しい水深 A ではなく、反射の早い水深 B を水深値として測定。

測深値に A－B の測深誤差が発生実際よりも浅く測深される。

マルチビーム測深機



1°で発振した音波のうち
最も反射の早い値(最浅値)が測定値となる。

図－４　ビーム角による測深誤差の概念
※魚群探知機のスワス角は図－２を参照

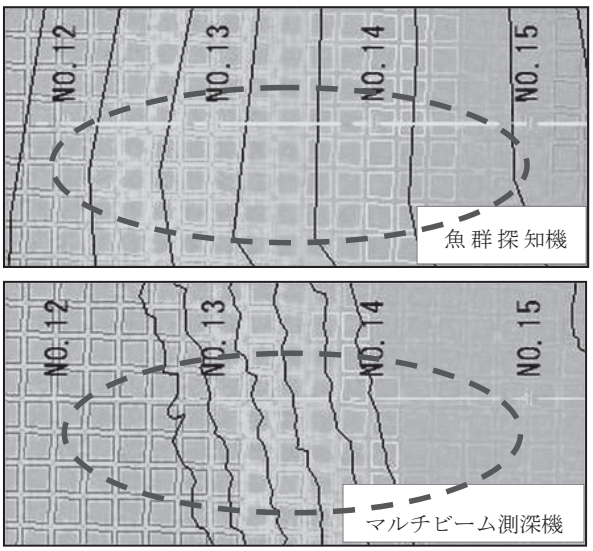
3）平均断面法と等深線データを用いた貯水容量の差の考察

平均断面法では設定する測線計画の測線位置により算出される貯水容量は大きく異なります。ダム湖は山間を貯水池として利用していますので形状は一律ではなく測線間の断面形状は大きく変化することが通常であり，平均断面法では正確に算出することは困難です。今回測定したダムでも測線間に谷部があり貯水容量の計上ができていません。一方，等深線データを用いた手法はダム湖を面的に捉えるため，実態に近い貯水容量が把握できることになります。

4）マルチビーム測深と魚群探知機測深の考察

マルチビーム測深による容量算出は詳細な点群データを使用した計算結果が得られます。一方，魚群探知機の測深データは特殊なファイル形式となっているため，専用ソフト（リーフマスタープロ）を介して処理することで等深線データが作成でき，出力することで汎用性のあるファイル形式に変換可能となるので，専用ソフトの性能に大きく依存します。なお，専用ソフトは別途購入が必要となります。

現状では，粗い点群を用いた等深線データ（図－５上）より貯水容量を算出しますので，精度はマルチビーム測深結果（図－５下）より劣ることになります。



図－５　等深線データの誤差の発生例

魚群探知機の専用ソフトが使用している点群が粗いことで，等高線間隔にばらつきがあります。これに対してマルチビームは地形モデルを正確に再現しています。よってこれらの点群の使用密度によって誤差が発生しています。

（4）有効性の考察

1）計測及びデータ処理コストの比較

各測定手法に掛かる現地作業（深浅測量）及びデータ処理に要した費用について，日数，作業人工を比較した結果は表－1のとおりとなりました。ただし，シングルビームは測線上のみの計測，マルチビーム及び魚群探知機は測深可能なダム湖全域を計測範囲としたため，単純比較とはならないことに留意が必要です。

2）魚群探知機の導入経費

今回調査に使用した魚群探知機，周辺機器(外部アンテナ，バッテリー等）を合わせた導入概算金額は約 60 万円になります。

・測量船関連（ゴムボート等）約 35 万円
・魚群探知機関連　　約 20 万円
・解析ソフト関連　　約 4 万円

3）コストからみた有効性

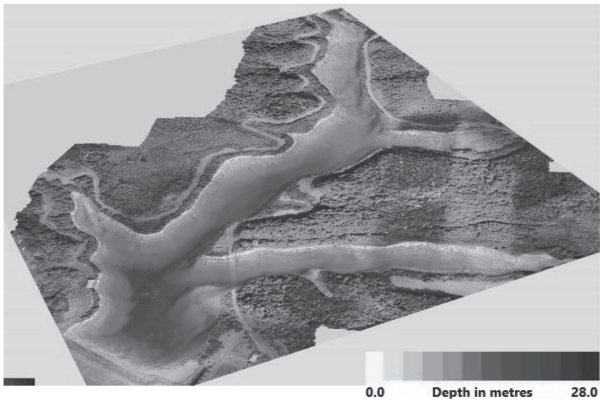
グラフ－1より，シングルビームの計測測線が増えると，利便性の良い魚群探知機を活用した計測のコストが一番低くなり，面的なデータが取得できます。また，面的にデータ取得可能なマルチビーム測深と比較すると魚群探知機のコストははるかに低くなります。

4）計測精度の有効性

シングルビーム測深機では，線的なデータ取得となるため，貯水容量が平均断面法による算出となるので，貯水池の地形によっては大きな誤差を生じることになります。また，誤差を小さくするために計測線数を細かく配置するとコストが増大します。

マルチビーム測深機は，面的なデータ取得が可能であり，詳細な地形形状を再現できるため，測量精度が高く，その結果，正確な貯水容量の算出と経年監視が実施できます。

魚群探知機については，マルチビーム測深機と同様に面的なデータの取得が可能ですが，データ解析ソフトの性能により，詳細なデータ



図－6　等深線図を加工し3D 表示

表－1　計測手法別コストの比較

○○ダム				
計測手法	作業規模	測量業務 日数，人工	設計業務 日数，人工	合計費用 日数，人工
シングルビーム 測深機	6 測線	11.4 万円 1.5 日間 3.0 人工	14.2 万円 4.0 日間 4.2 人工	25.6 万円 5.5 日間 7.2 人工
マルチビーム 測深機	144,882m^2	30.1 万円 1.5 日間 3.7 人工	32.8 万円 4.0 日間 4.2 人工	63.0 万円 5.5 日間 7.9 人工
魚群探知機	144,882m^2	11.5 万円 1.5 日間 3.0 人工	13.9 万円 4.0 日間 4.2 人工	25.4 万円 5.5 日間 7.2 人工

※費用には直接人件費，機械経費，資材費含む

の取り出しができません。その結果，貯水容量の算出精度がマルチビームと比較すると低下します。ただし，今後の調査，解析技術の進捗により，マルチビーム測深機と同等の精度の結果が得られる可能性があります。

４．まとめ

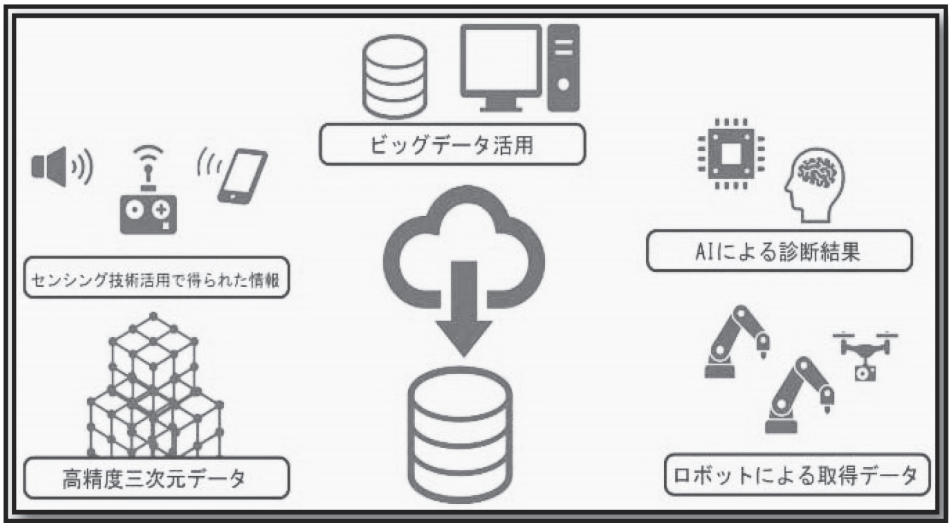
従来の手法である音響測深機（シングルビーム測深機）と魚群探知機を活用した堆砂（貯水）量の把握については，コスト的には同等でありますが，魚群探知機で計測する手法により精度は著しく向上します。このことにより貯水容量を正確に把握することが可能となり，付加価値として，ダムの洪水調節機能等の検討精度が向上することにつながると考えられます。

魚群探知機は専門知識がなくとも容易に３次元データが取得可能な機器です。将来の貯水容量監視方法として，施設管理者が定期的に ３次元データを取得し，IoT 技術を用いたセンサーから降雨データや河川の流入量データなどを収集し，これにより得られるデータを基に AI 技術を活用して解析・学習させることで，流域における降雨規模によって変化する流入量や堆砂量の予測ができ，より正確な貯水容量の算出が可能となり，貯水機能の維持向上になると考えられます。

５．おわりに

老朽化が進行する農業水利施設の機能を将来にわたって安定的に発揮させるには，施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る，新たな技術も取り入れた戦略的な保全管理を進めていくことが重要です。

本事務所では今後もストックマネジメント技術に係る課題についてスピード感をもって検証等進め，その中で生じるコスト削減，品質の確保，安全性についてもクリアにしていきたいと考えています。



図－７　先進技術を活用する未来予想図