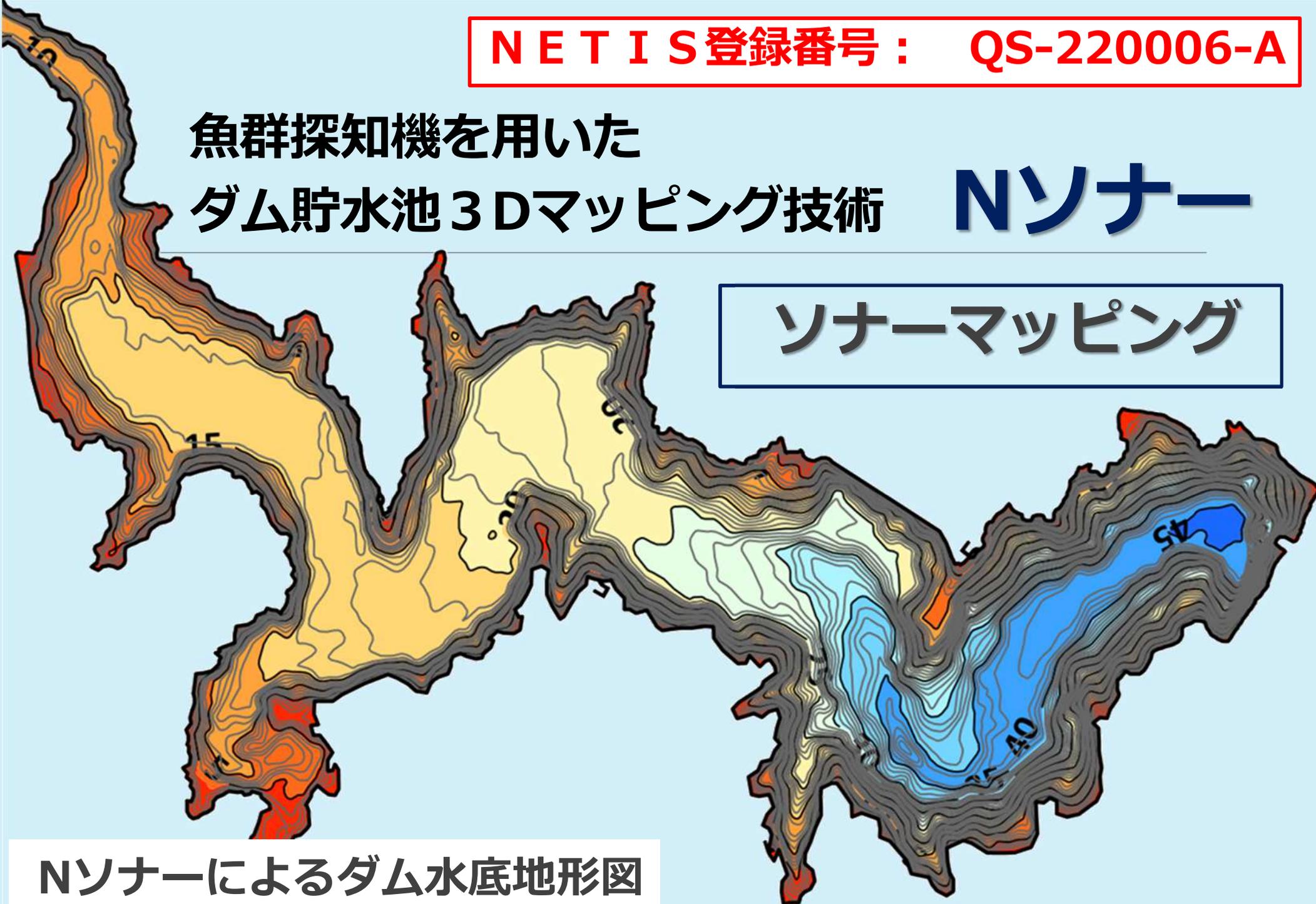


魚群探知機を用いた
ダム貯水池3Dマッピング技術

Nソナー

ソナーマッピング



Nソナーによるダム水底地形図

魚群探知機を用いた

ダム貯水池 3Dマッピング技術

Nソナー

資料の構成

1. 技術の概要 / 技術開発の背景 / 在来技術
2. 魚群探知機とは
3. Nソナー技術の現地適用・手順
4. Nソナーの測深精度
5. 画像で見る水底の地形・構造
6. まとめ

1. 技術の概要

- ダム湖・河川・港湾の深浅測量に関する技術
- 魚群探知機をダム堆砂状況調査に応用した技術
水中の点群データ取得による水底地形図作成

小型調査船に魚群探知機を搭載し、

- ・ダム湖上を航行して水深データを収集、
- ・湖底の数値地形モデルを作成。

→ 土砂堆積状況を3次元で把握

- ・超音波エコー映像による地形・構造の可視化

1. 技術の概要 開発の背景

既設ダムの機能保全・長寿命化・・・社会的課題
貯水池の堆砂状況の把握は管理上の最重要課題

堆砂状況調査は、

年一回の貯水池内の定期縦横断測量等が標準

1. シングルビーム音響測深機による深淺測量
・・・情報量不足，経年変化の追跡に難
2. マルチビーム音響測深機による深淺測量
・・・精密だがきわめて高価

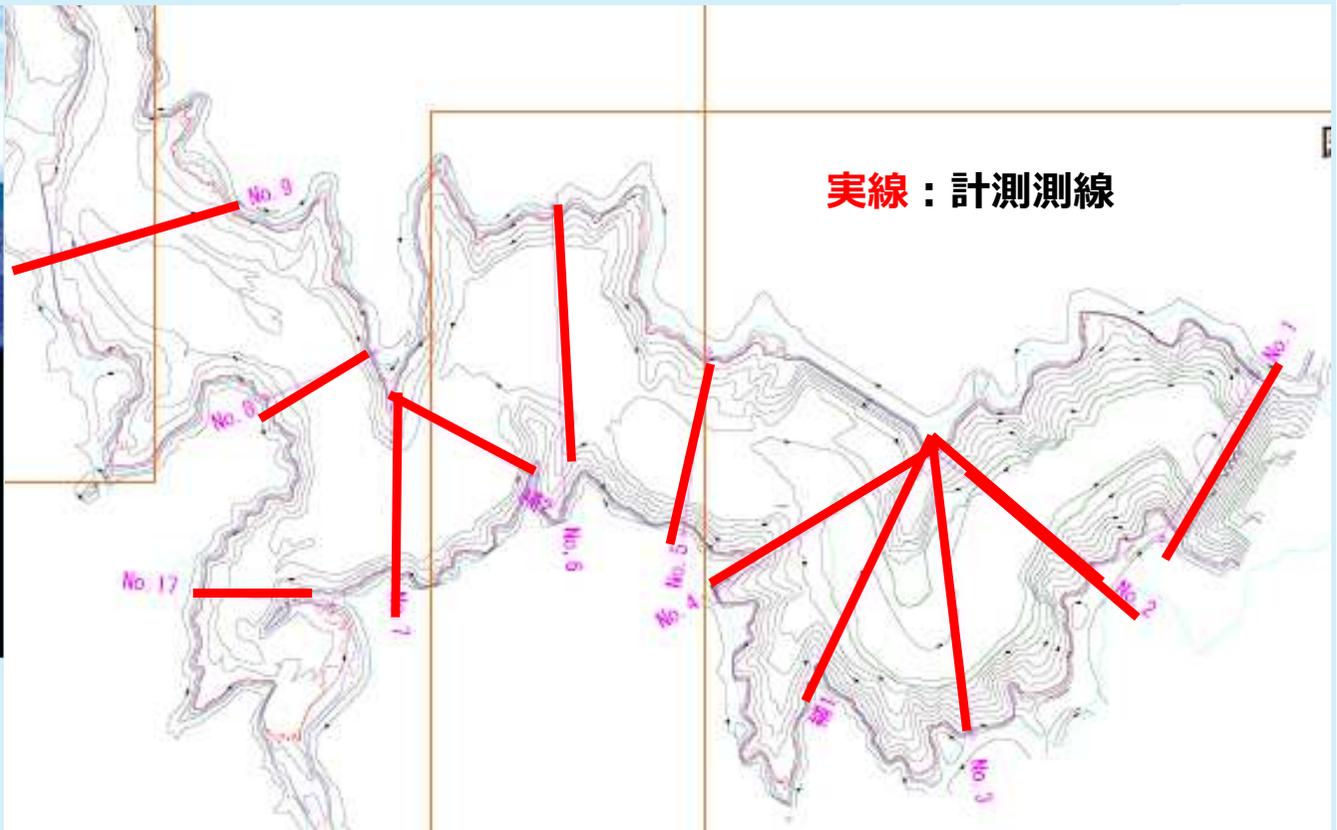
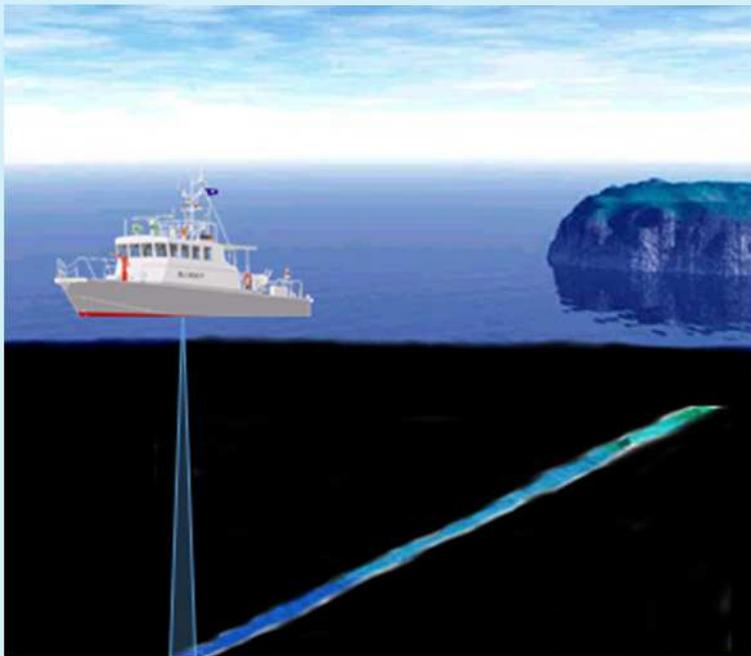
ダム貯水池土砂管理の手引き（案）平成30年3月 国土交通省

Nソナーは、これらの中間，より確からしく，
かつ，より**安価に面的な堆砂現況を把握**できる技術

1. 技術の概要 現行の堆砂測量手法 1

シングルビーム深淺測量

1本の音波を連続して送受信する「線的」な測量
計測測線上限定の情報：堆砂状況の把握が難しい

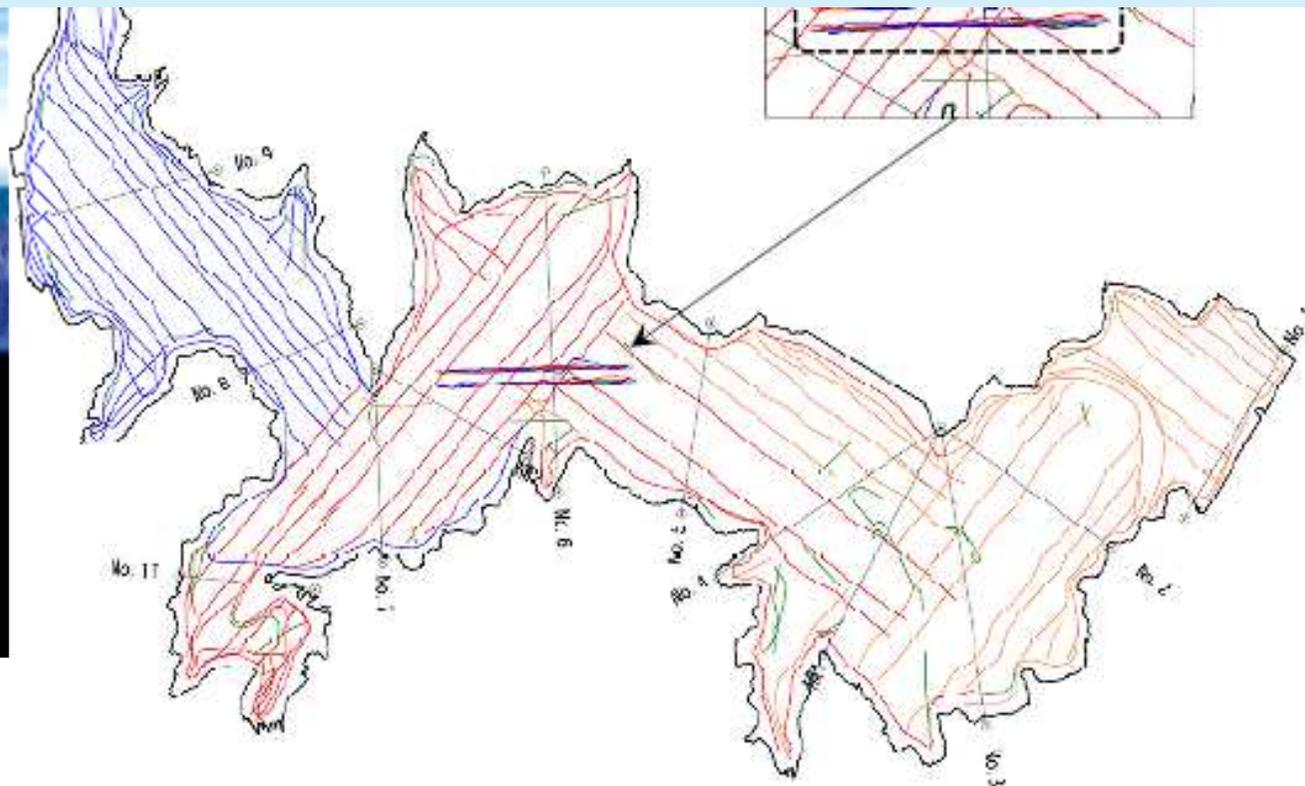
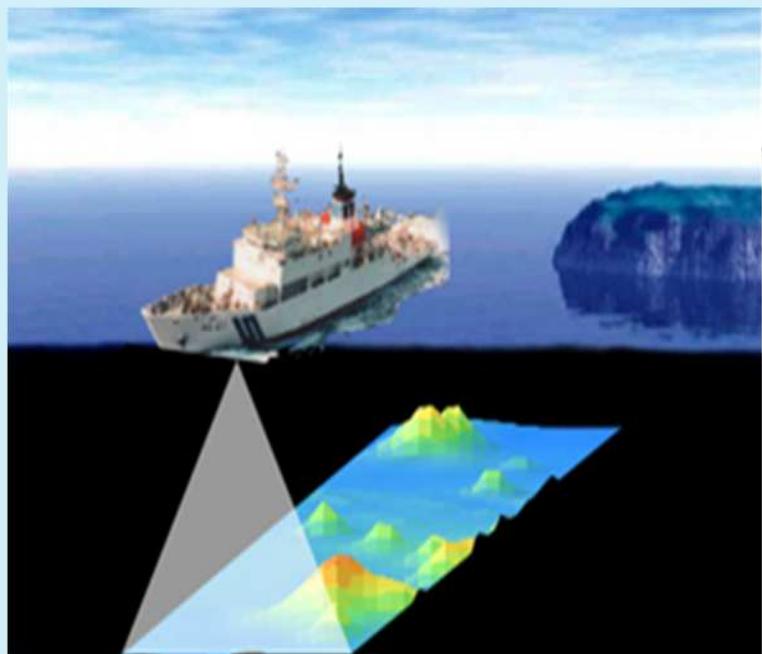


出典：海上保安庁・海上保安レポート

1. 技術の概要 現行の堆砂測量手法 2

マルチビーム深淺測量

扇状に音波を発信する「面的」な測量：
水底の全面計測 = 精密 しかし、高価



出典：海上保安庁・海上保安レポート

1. 技術の概要 魚群探知機の応用

安価に確からしい水底地形情報を取得

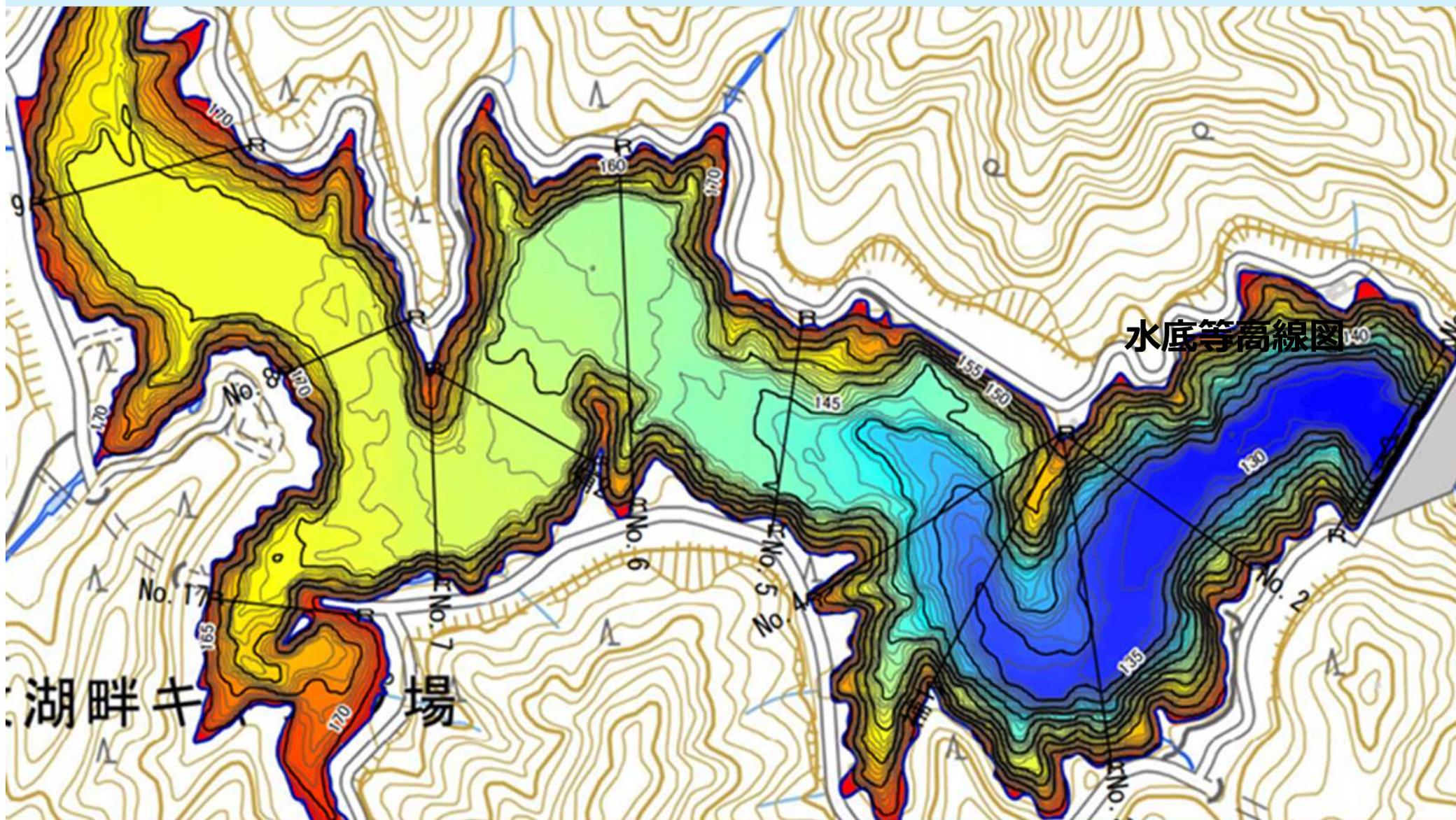
- ① GNSS・測位技術の革新と
 - ② 取得データをつなぐ処理ソフトの公開
- 全面計測でなくても面的な情報整備が可能に

航跡図

概査レベルから精査レベルまで、
目的に合わせ、航行密度で調整可

1. 技術の概要 魚群探知機の応用

- 市販ソフトで処理，1 m格子のDEM作成 水底地形図等の成果図出力



2. 魚群探知機とは



本体

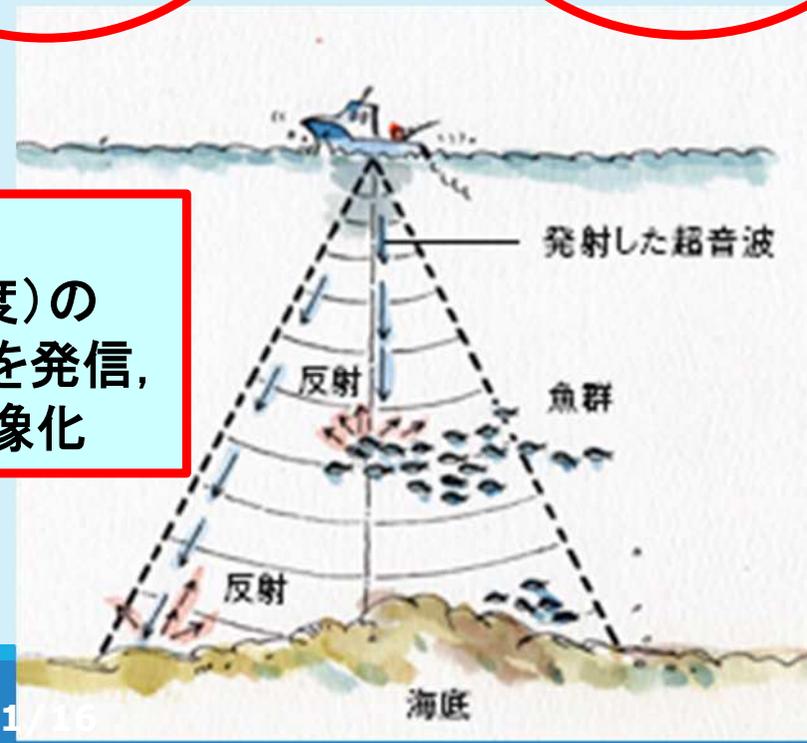


振動子
(音波送受信機)

振動子設置状況



船の直下に
広め(50°程度)の
円錐型ビームを発信,
その反射を画像化



2. 魚群探知機とは 何が見える？

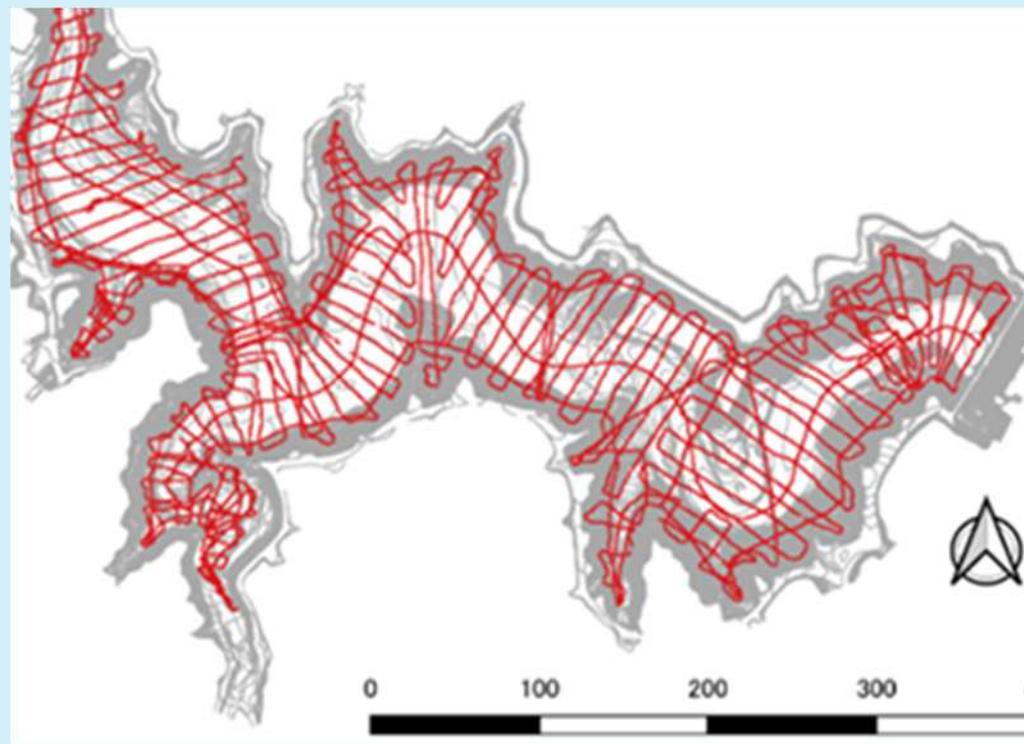


3. Nソナー技術の概要 <手順>

- 乗船定員 2～3 名の**小型調査船**に魚群探知機を搭載してダム湖上を航行、GNSSによる測位記録と同期して超音波測深記録を収集



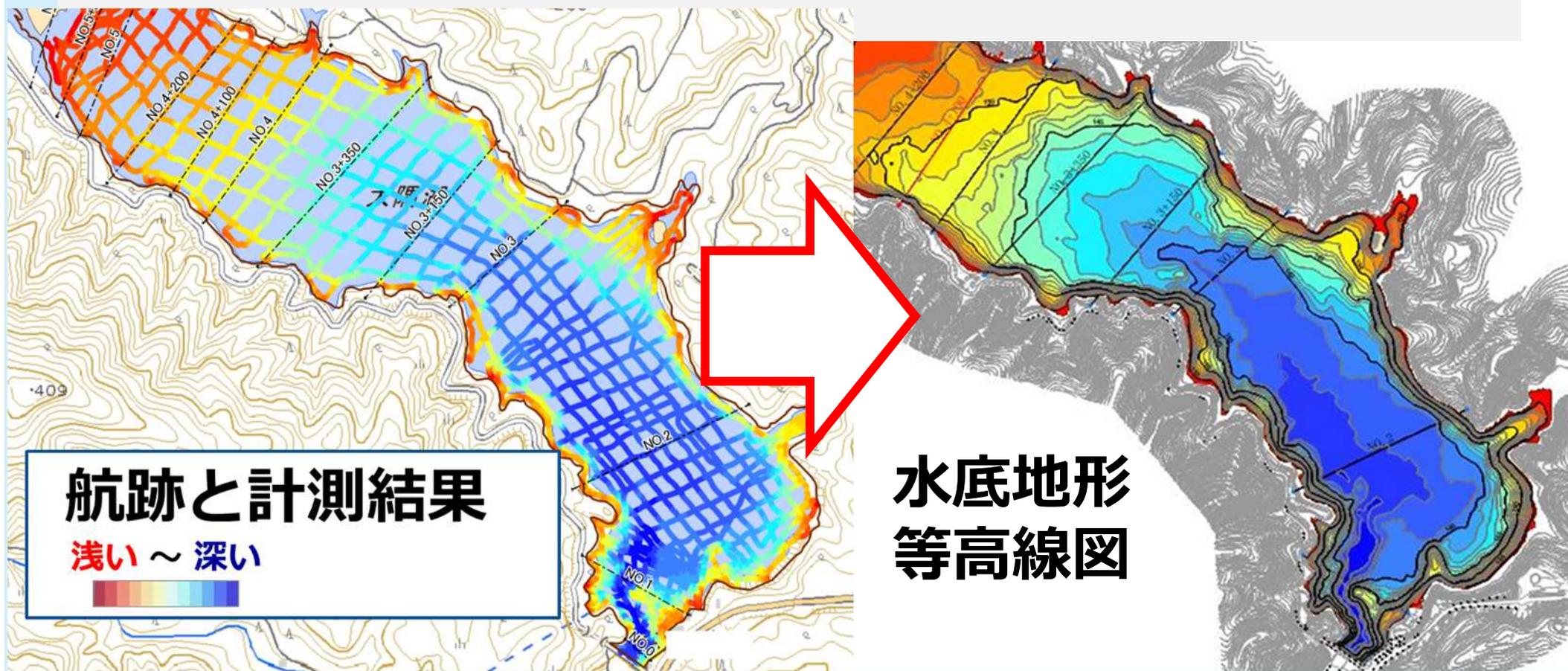
調査船



計測航跡図

3. Nソナー技術の概要 <手順> 成果図：水底地形図の出力

航路と航路の間の未計測エリアに、近傍の計測データから**内挿した水深**を与え、
水底全面 1mメッシュのグリッドデータを作成 ⇒ **水底地形等高線図**を作成



4. Nソナーの測深精度

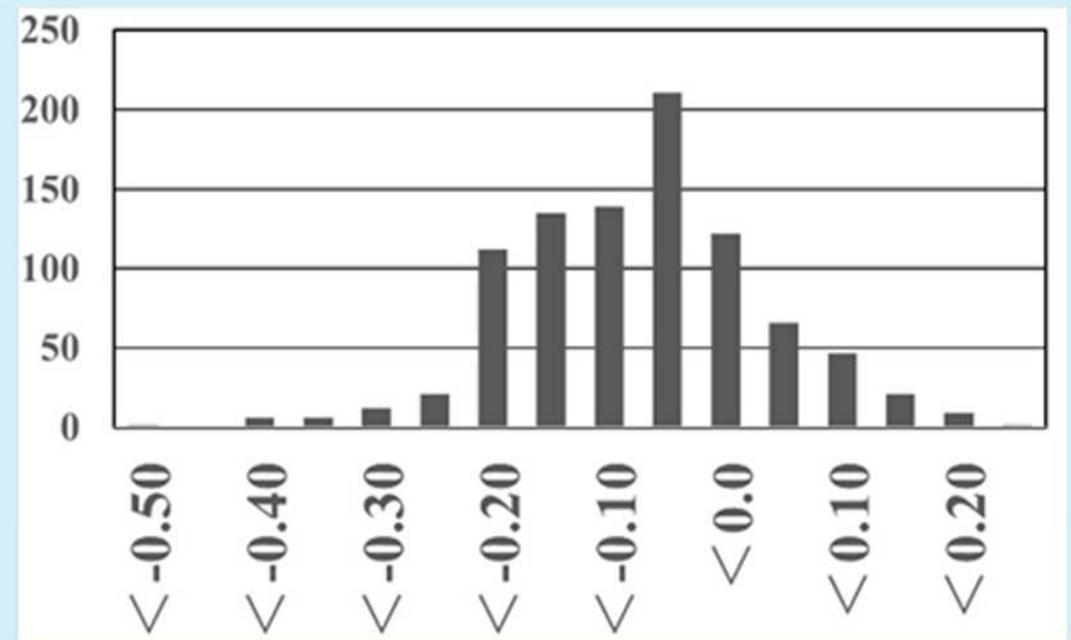
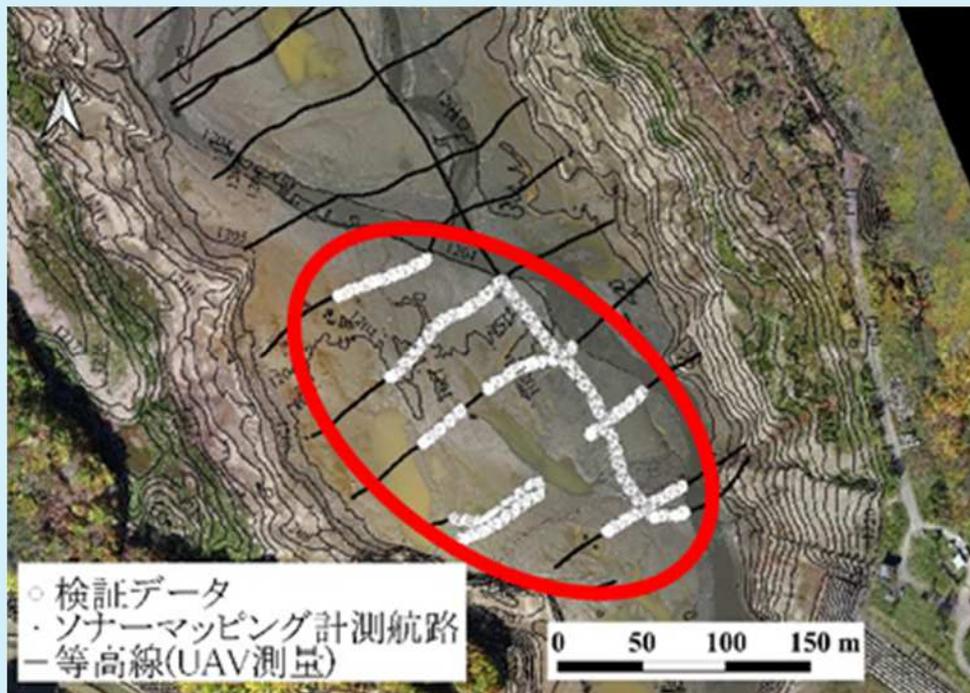
(1) UAV写真測量成果との比較

UAV測量標高 1203.49~1204.45m (0.96m)

SM-UAV計測標高差 -0.51~0.20m

平均 -0.10m 標準偏差 0.10

データ数 N=908 **貯水容量99.8%**



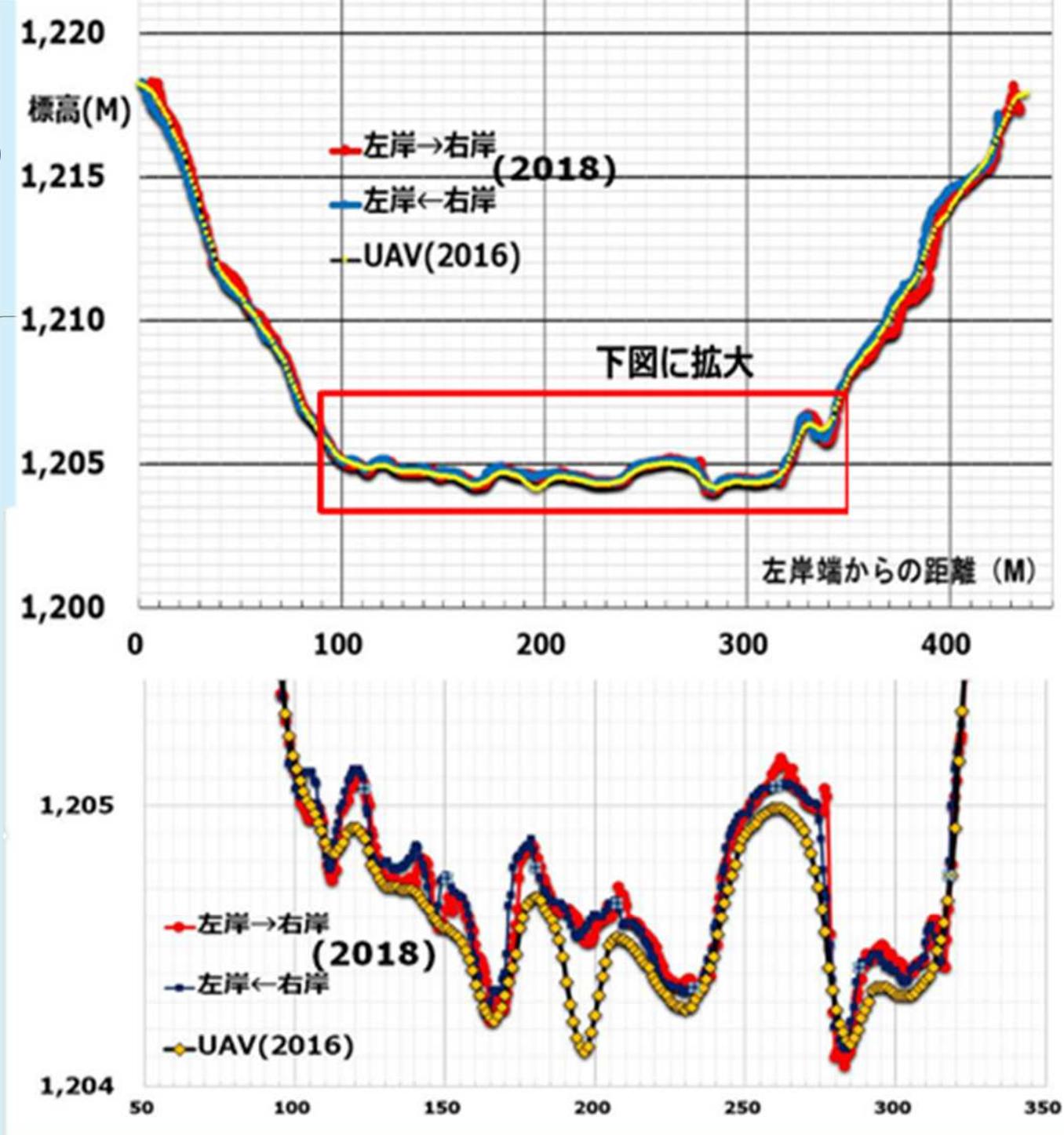
4. Nソナーの測深精度

ダム空虚時の写真測量と,
ソナーマッピング計測

計測差

測線全線 平均17cm,
標準偏差17cm,
拡大図エリア

平均10cm,
標準偏差11cm,
最大値53cm



4. Nソナーの測深精度

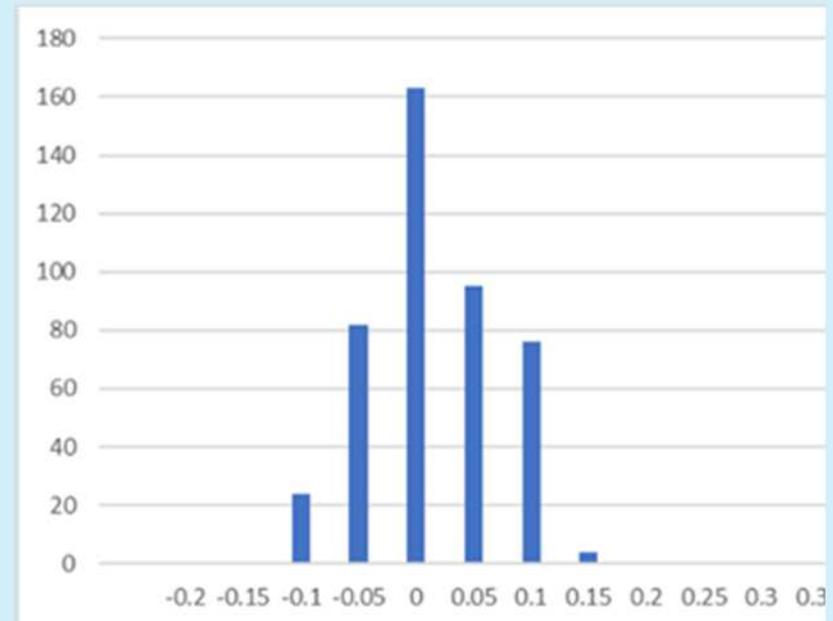
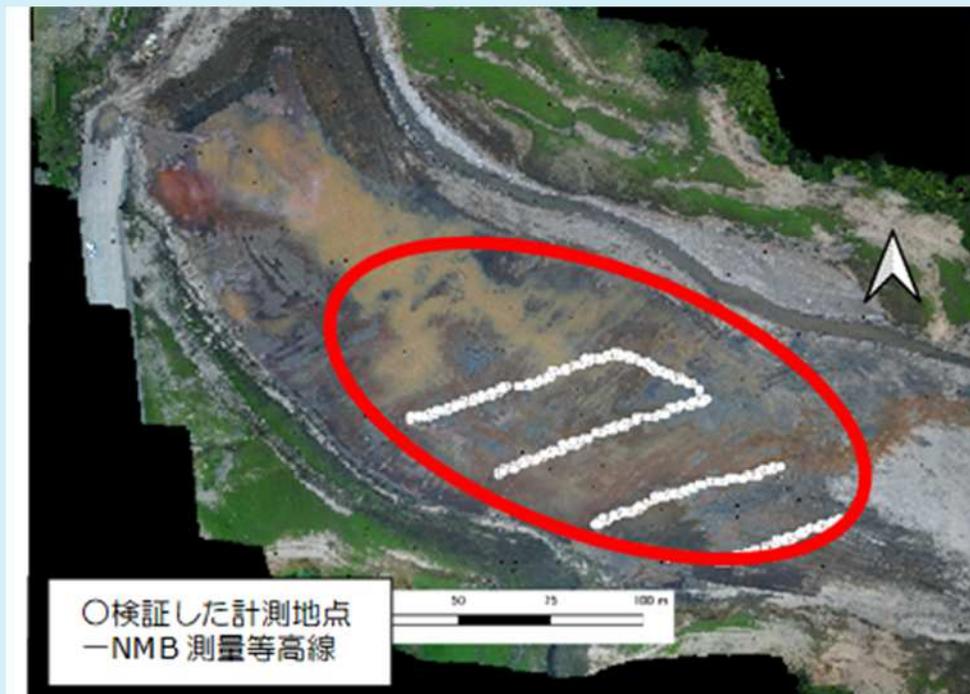
(2) ナローマルチビーム測量成果との比較

NMB測量標高 154.25~154.50m **(0.25m)**

SM-NMB計測差 -0.11~+0.15m (0.26m)

平均 0.01m 標準偏差 0.05

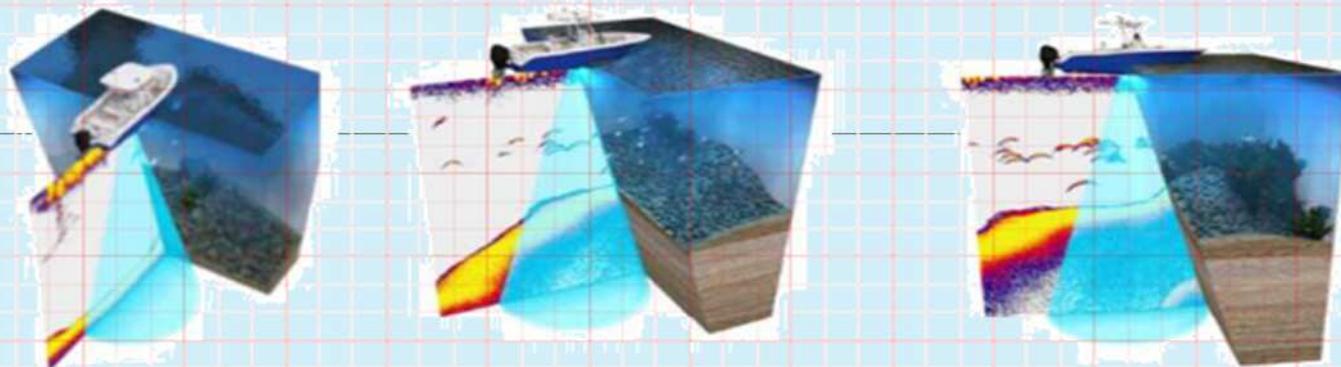
データ数 N=444 **貯水容量98.2%**



5. 魚群探知機の画像で見る水底の地形 振動子のいろいろ

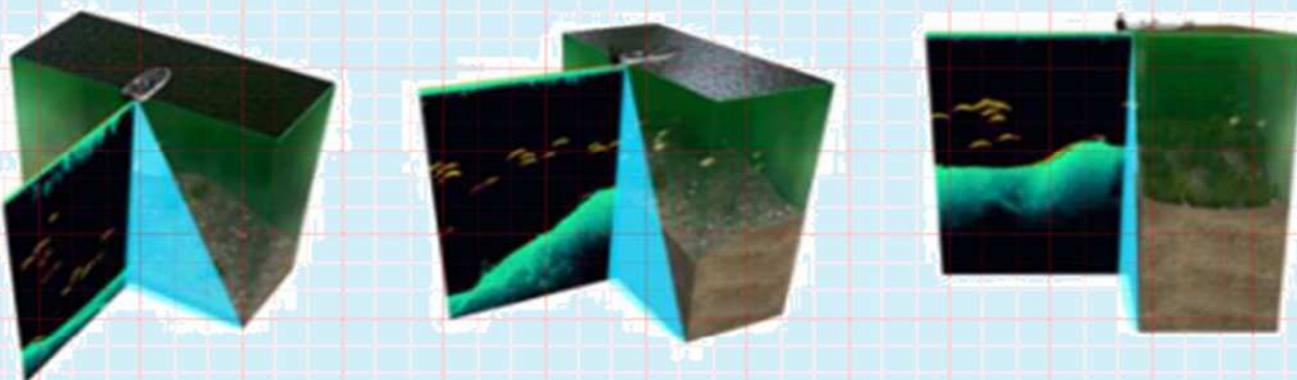
2Dソナー

船の直下にやや
広めの円錐型ビーム
を発信、その反射
を画像化



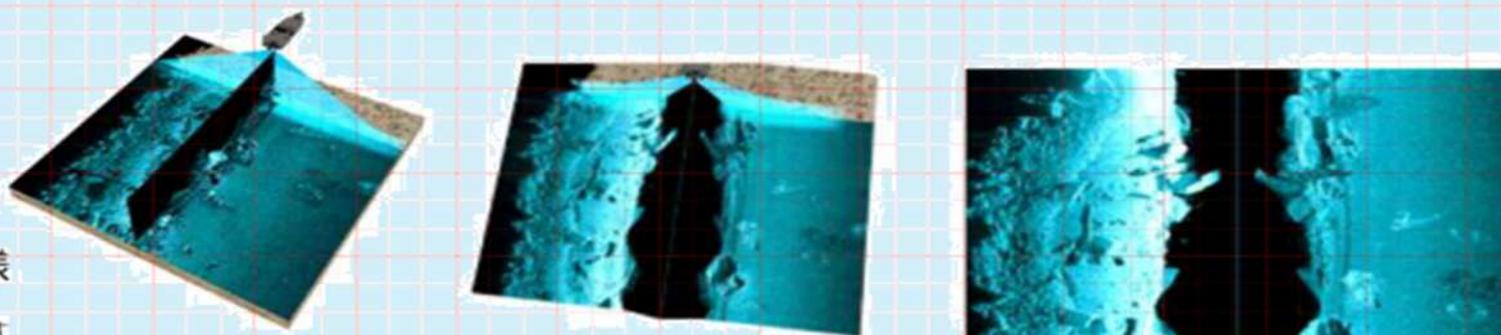
ダウンスキャン

船の直下に発信の
高周波数超音波
反射画像の映像化、
地形の断面図様



サイドスキャン

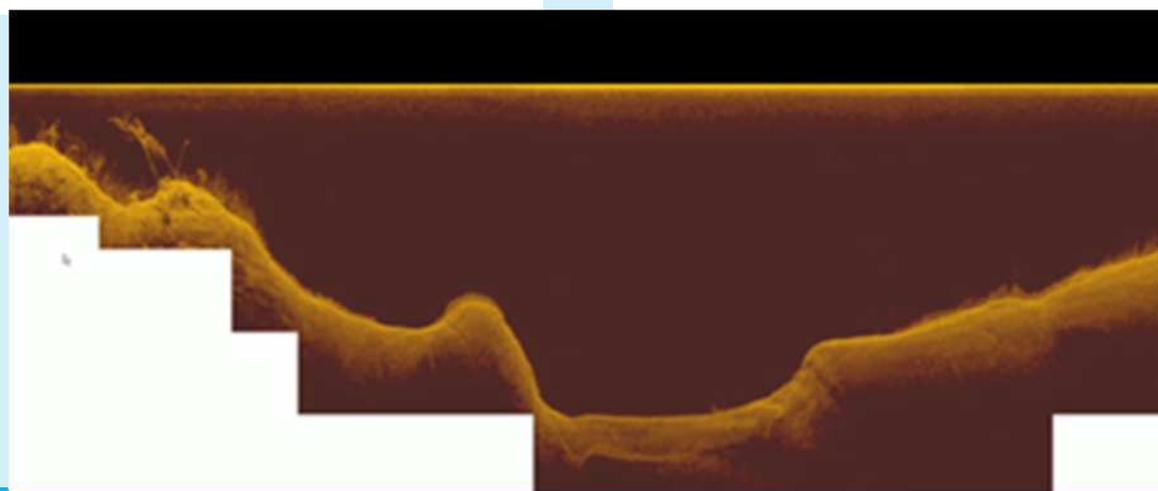
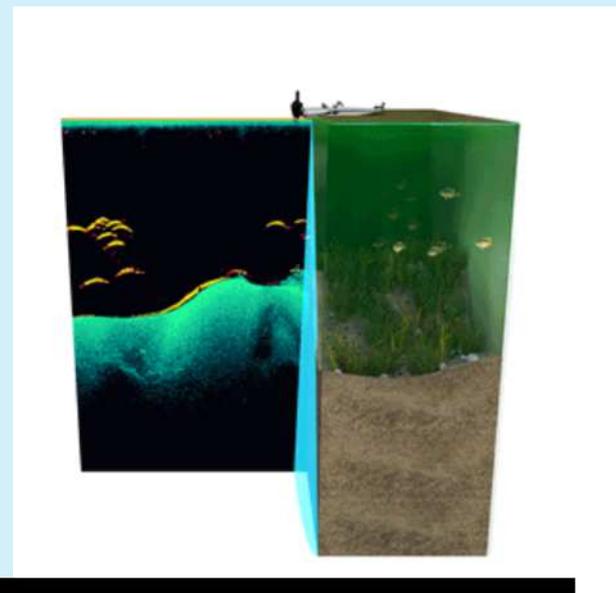
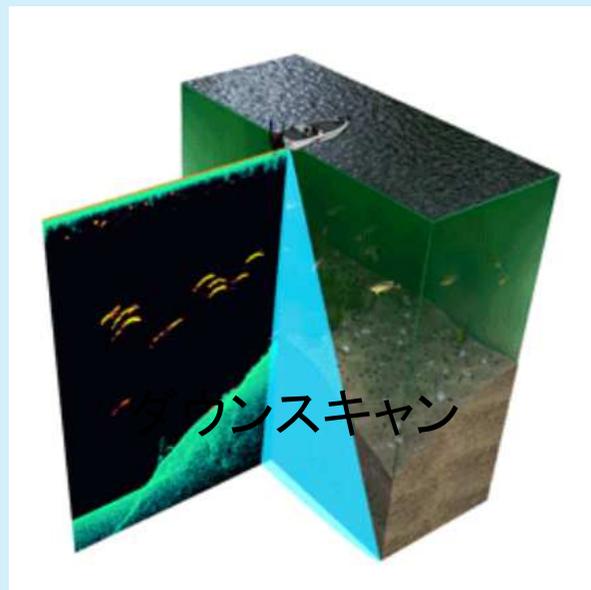
船の両舷方向に
発信する超音波の
反射画像を映像化、
真上から見た平面図様
中央部分は反射波が帰ってきて
いないので黒く写り、水深を現す

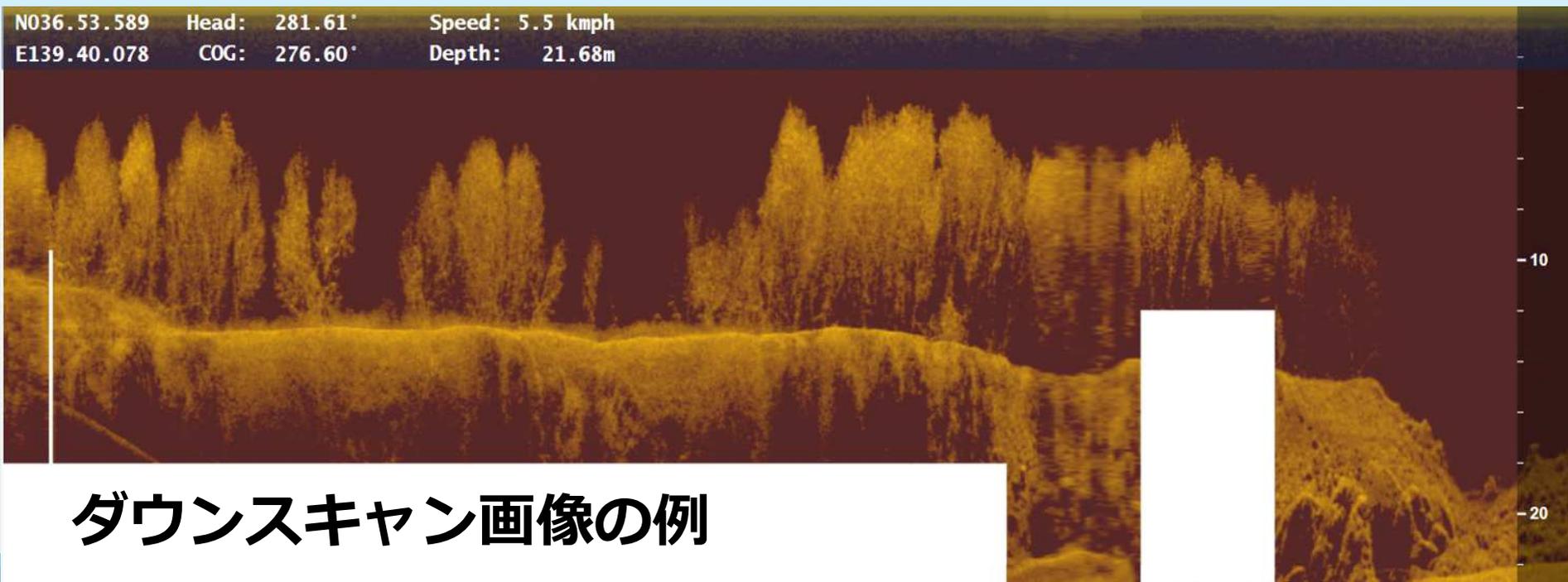


5. 魚群探知機の画像で見る水底の地形

振動子のいろいろ① ダウンスキャンソナー

船の直下に高周波の超音波を発信，その反射画像の映像化



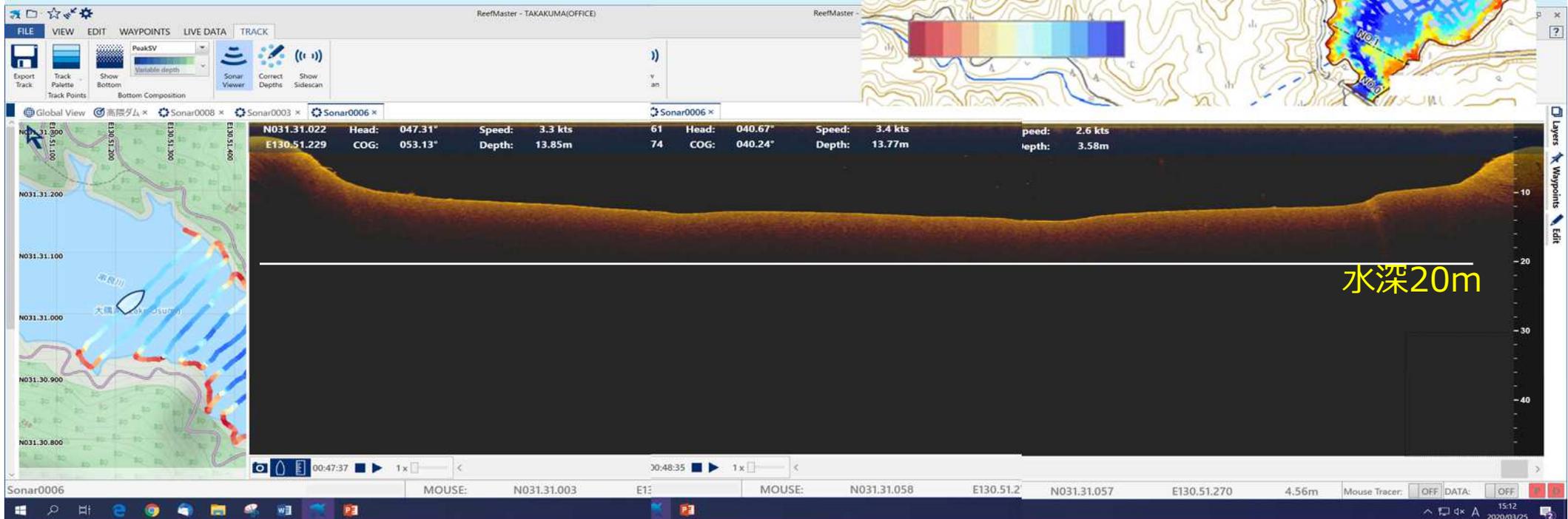
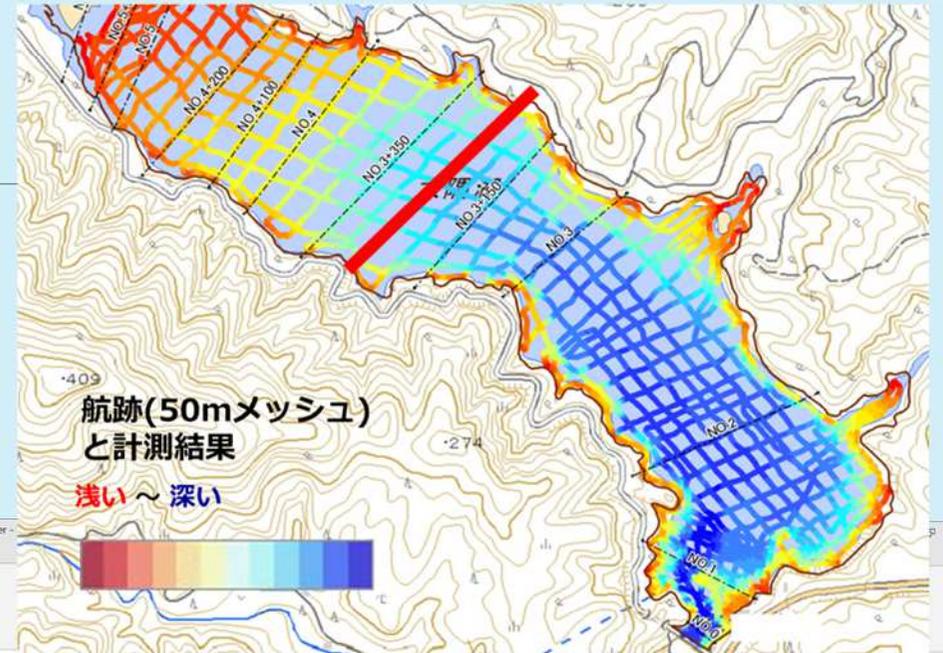


ダウンスキャン画像の例

5. 魚群探知機の画像で見る水底の地形

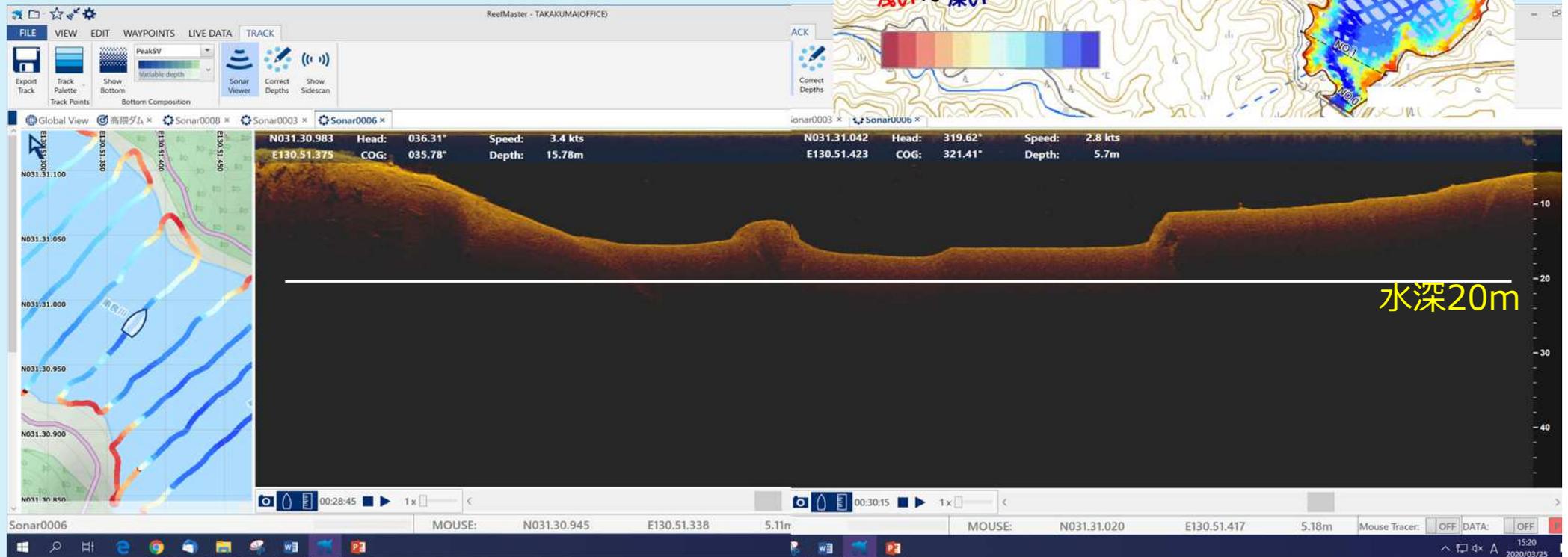
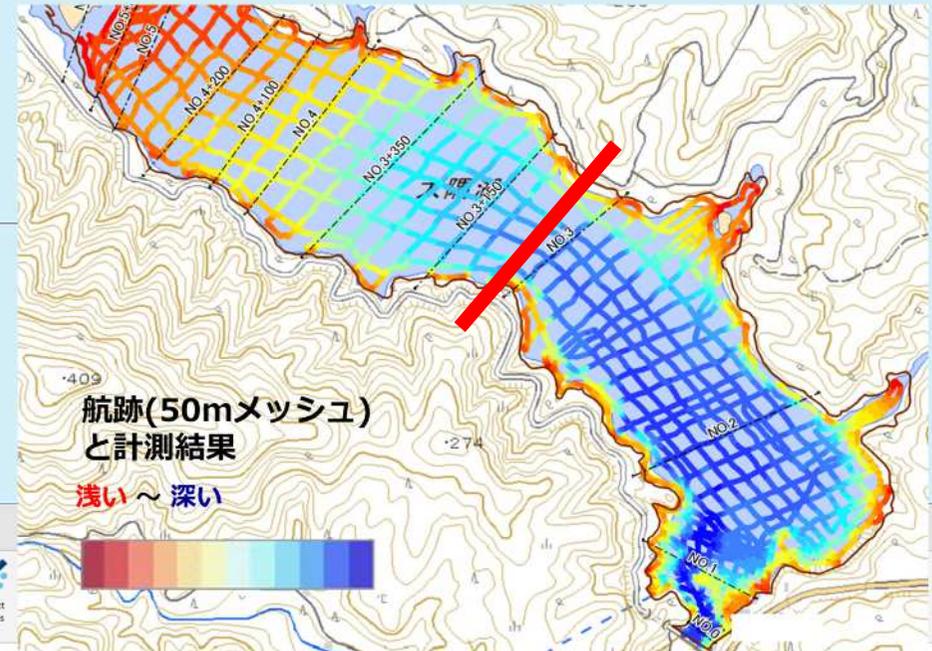
水底の横断面形状を画面上で連続して確認可能

下の図は、再生画像を2画面つないだもの
このあたりより上流側は旧地形が不明なほど、堆砂で
覆われています。
それでも、真っ平に堆積しているわけではなさそう



5. 魚群探知機の画像で見る水底の地形

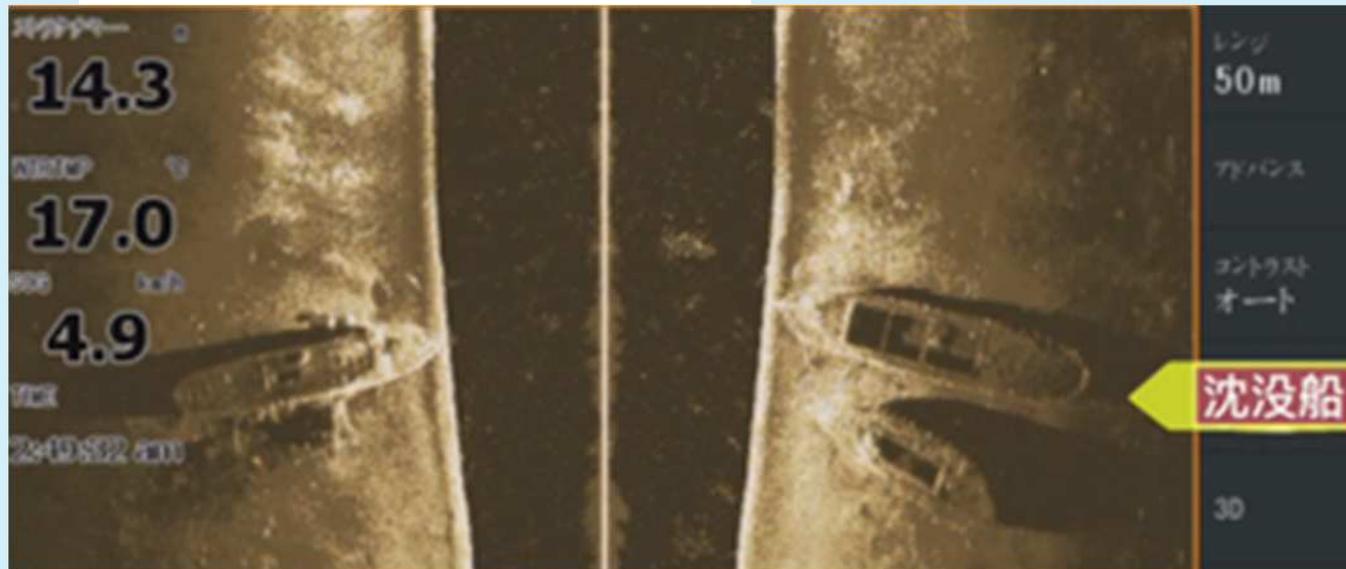
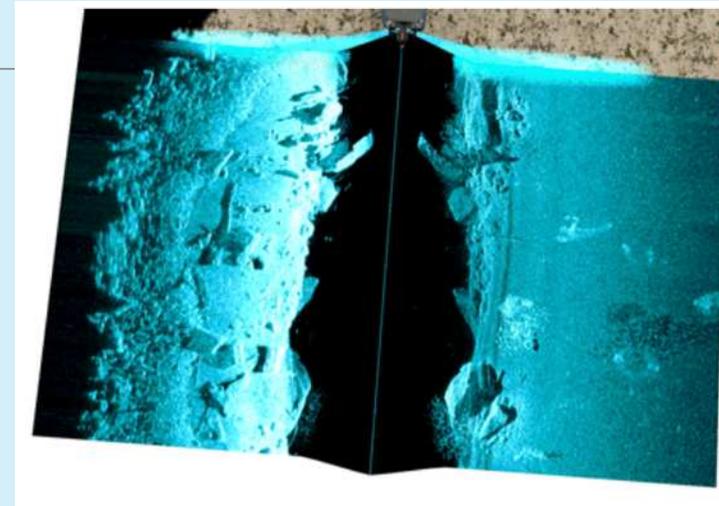
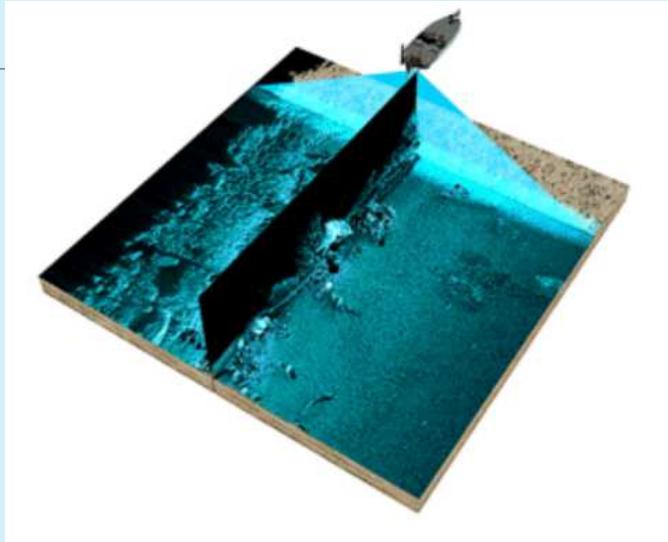
旧地形が残存しており，河岸段丘の段差も見えます。



5. 魚群探知機の画像で見る水底の地形

振動子のいろいろ② サイドスキャンソナー

船の両舷方向に高周波の超音波発信，その反射画像の映像化



真上から見た
平面図

5. 魚群探知機の画像で見る水底の地形

<サイドスキャンで見る洗掘状況>



水底の様子が見える！ <平面図>

洗掘の影

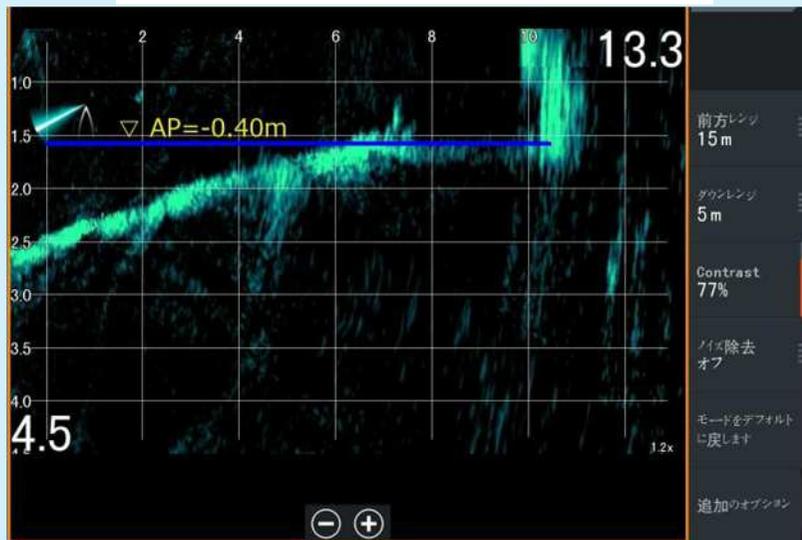
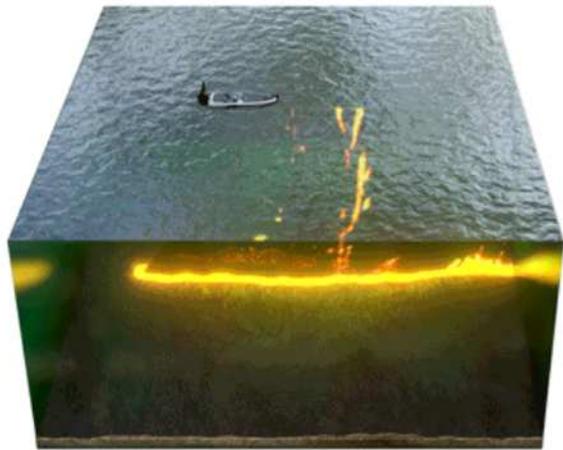
窪み 橋脚 窪み

サイドスキャン
船の両舷方向に
発信する超音波の
反射画像を映像化、
真上から見た平面図様

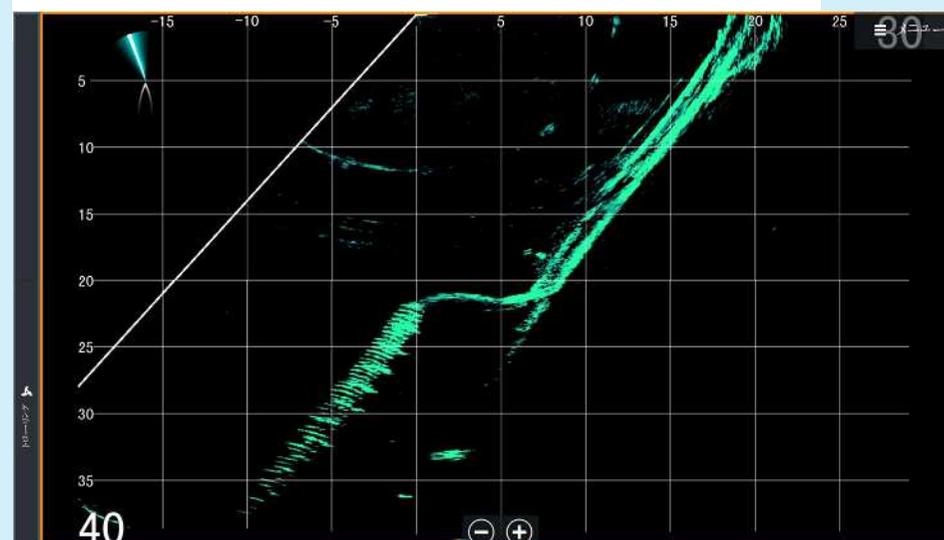
サイドスキャン画像
(平面図相当)

振動子のいろいろ③ ライブソナー

船の前方での今の映像の高感度リアルタイム動画で可視化

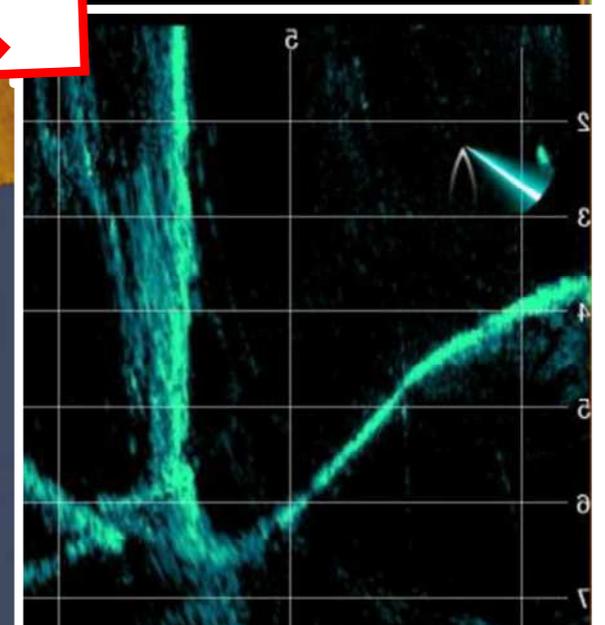
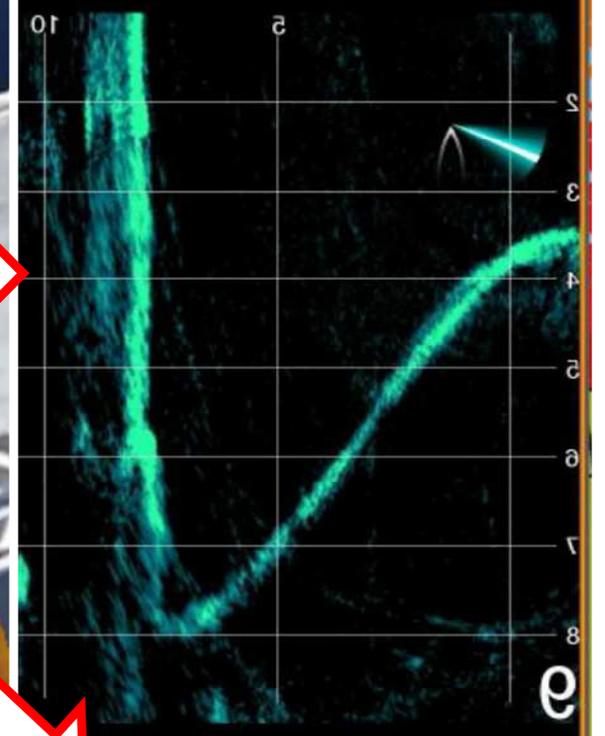
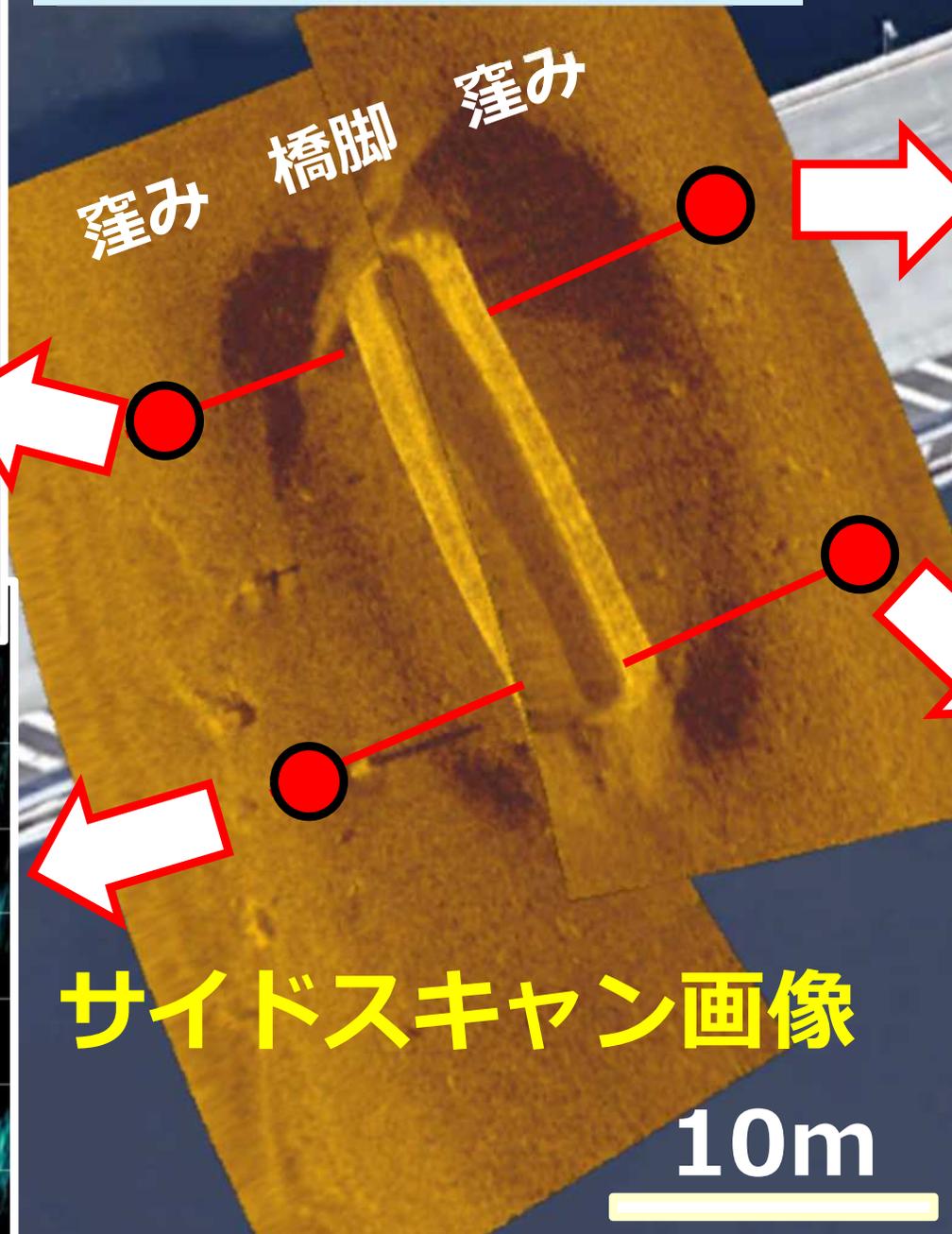
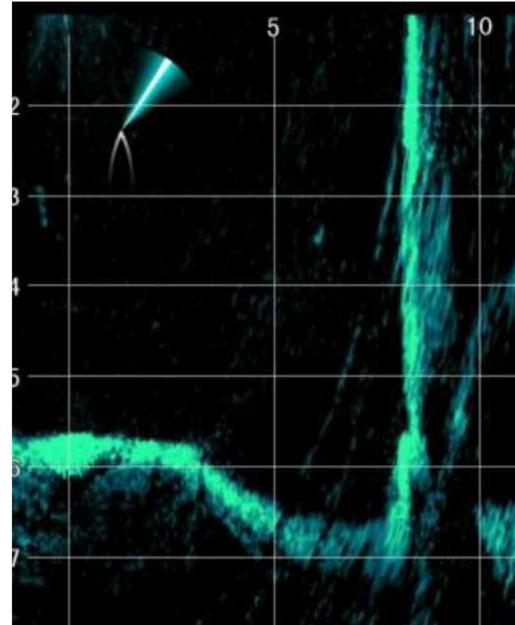
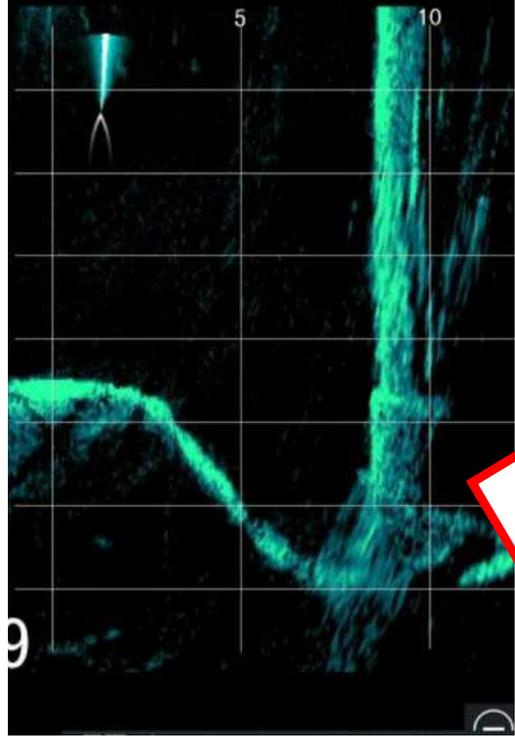


河川船着場の前の堆砂状況
水深4.5m



貯水池斜面に設置の取水施設現況
水深40m

<断面図>



サイドスキャン画像

10m

ライブソナー振動子による断面画像

2022/11/16

6. まとめ/在来測量手法との比較

項目	シングルビーム SB	ナローマルチビーム NMB	ソナーマッピング SM
測深場所	横断測線直下のみ	水底全面	横断航路
測線・航路	200～400m間隔	貯水池縦断方向	25～50m間隔
測深精度	$\pm(10+h/100)$ cm	5～10cm	hの1%程度以内
照射ビーム指向角	15～16°	0.5～1.5°	20(深い) ～50°(浅い)
3次元地形モデル作成	不能	可能(1m格子)	可能(1m格子)
成果図	断面図のみ	地形図・DEM	地形図・DEM 底質区分図、 超音波反射画像
貯水容量算定方法	平均断面法	メッシュ法	メッシュ法
100haあたり見積もり			
データ量(点)	500～700	1.5～3.0億	8万～10万
現地計測日数	4～5日	7～8日	2～3日
納期	1.5ヶ月	3ヶ月	1ヶ月
コスト	270万円<	510万円<	200万円>

6. まとめ/Nソナーの特徴

- 施工性** デジタル魚群探知機は、普及品ながら高機能な音響探査機。音響測深機に比べて安価で操作が容易。データの後処理は市販専用ソフト。特殊・熟練技能不要。
- 品質** シングルビーム音響測深機と同じ計測原理、同等の測深精度。
- 工程** 簡単・短期間に水底地形図、DEMが作成・出力可能。データはエクセルで追加・編集処理可能。解析技能不要。
- 経済性** 従来の深淺測量より安価に、水底全面の地形把握が可能

6. まとめ/Nソナーのスペック

○貯水池全域の水中地形を3Dで捉え、可視化する技術
民生品を使うことで安価・簡便な調査が実現
水深だけでなく、映像資料も取得し、現象の理解を支援
ダム堆砂状況調査、河川洗掘調査に有効

- 測深精度：ナローマルチビーム測量記録との差2%以内
(水深に関わらず、水深90mまで実績あり)
- 測位精度：40～50cm程度以内
- 現場条件：特に制限なし。
- 納期：1カ月以内。速報は計測当日。
- 業務費：深浅測量と同額以下

一回の計測で精度を追究した成果を得る必要性は高くない

概況をすばやく把握し、頻度を上げた監視の方が実践的対策につながる

6. まとめ/想定される現場ニーズ

・・・どこで使うか、使えるか

点群データ ◇堆砂量の把握、土砂堆積状況
◇貯水容量の確認

水中超音波反射画像・映像

- ◇構造物の機能障害の程度把握（施設機能点検）
 - ・取水施設の取水口/ゲートの土砂埋没状況
 - ・河床洗掘による、橋脚基礎等の現状把握
- ◇港湾施設構造物の現況把握（光学カメラの代替）
- ◇豪雨後の河川内の流入土砂堆積状況（災害査定）
- ◇その他 塩水遡上範囲/温度躍層・・・利水障害

6. まとめ/Nソナーの現場適用条件

適用範囲	測深： 0.5～150m 水中映像取得： 0.5～ 80m 水底全面 3 D点群取得： 1.5～ 40m
自然条件	水面が静穏な時が望ましい 水流速 0.8m/s (3km/h) 以下の水域 水面が流木、藻・草本類で覆われない水域
GNSS	衛星電波が安定して受信・測位できること
斜 路	調査船の水面への進水が容易なこと

6. まとめ/Nソナーのできることに

- **水中点群データ**の取得 → **地形図作成**
水深データ (Z) の取得・記録、
緯度経度情報(XY)と合わせて**点群データ整備**
市販ソフトで処理, 1m格子**DEM作成**
水底地形図等の成果図出力
- 水中 (水底地形・構造物) の映像取得
ダウンスキャン(深度90m>) : 地形断面様,
サイドスキャン(距離40m>) : 平面図様,
ライブソナーによる水中動画(距離20m>)

6. まとめ/Nソナーの将来

- 無人化加速するか：

水面に網場・施設・流木・立ち木等，障害物が多く，実現はかなり困難か。障害物回避機能の実装要。有視界航行なら，メリット小さいか。

- 有人ボートの優位性：

臨機の土砂管理情報収集の有効性が優越

- 将来の方向性（案）

現有監視艇の活用，日常管理ルーティンの中で管理者自らの情報収集を

情報の共有化，流域管理への展開