

## 平成30年度福島研究開発部門 成果報告会

# 湖沼等の底質中の放射性セシウムの 深さ分布の可視化

平成31年2月20日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
福島研究開発部門 福島研究開発拠点  
福島環境安全センター  
越智 康太郎

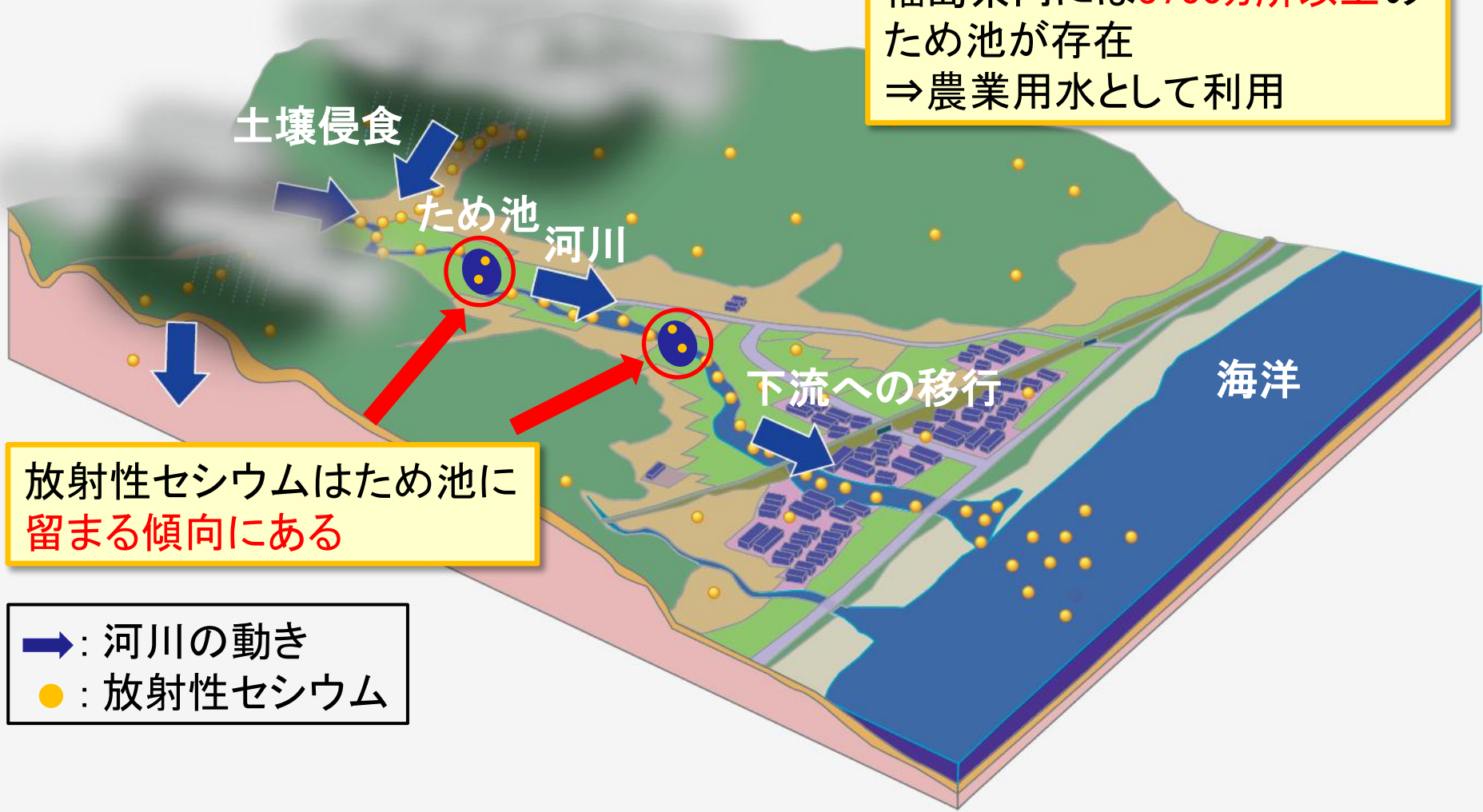
湖沼等の底質中の放射性セシウムの深さ分布の可視化  
—試料を採取しなくても汚染実態解明へ—



国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

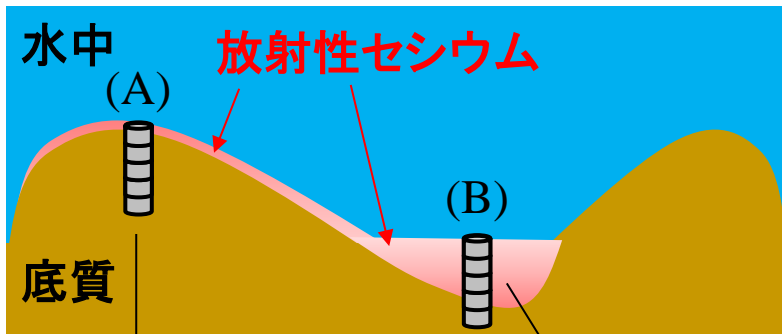
1. ため池をモニタリングする背景
2. 底質中放射性セシウム分布の測定手法
  - 2-1. 底質表層の放射性セシウム濃度の推定
  - 2-2. 底質中放射性セシウムの深さ分布の推定
3. まとめ

福島県内には**3700カ所以上**の  
ため池が存在  
⇒農業用水として利用



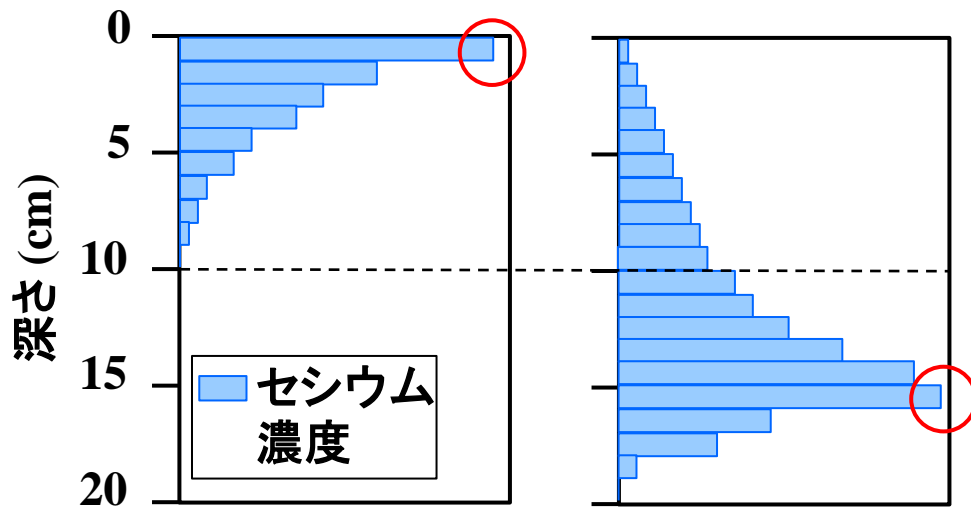
営農再開に向けてため池底に蓄積した放射性セシウムの濃度把握は喫緊の課題

事故から8年経過しようとする現在、池底の底質中放射性セシウムは、場所によって分布が異なることが様々な調査から分かっている。



- [セシウムの深さ分布が変化する要因]
- ①ため池内の上流から下流の土砂の移行、堆積
  - ②水の流れ
  - ③除染(浚渫)
  - ④生物濃縮

(A) 表層に濃度ピーク (B) 深層に濃度ピーク



放射能濃度 (Bq kg<sup>-1</sup>)

★場所によって深さ分布が異なる  
 ⇒たくさんの場所の情報を簡便に取得  
 ⇒表層だけでなく深層の情報も取得  
 することができるモニタリング手法が必要

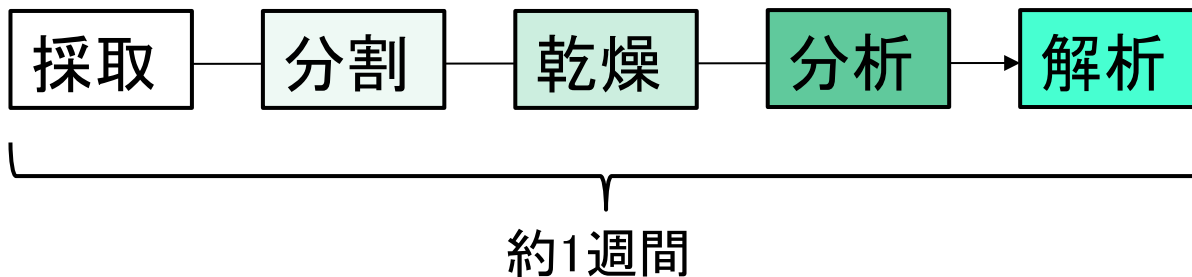
現状のサンプリングによる評価手法は  
 時間と手間がかかる

★直接池底の底質を測定する方法の開発

## [従来法]

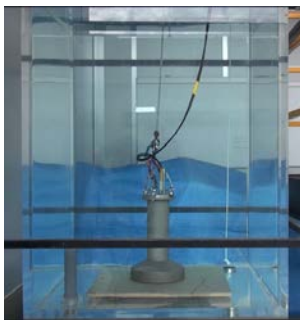


・モニタリング工程（20地点）

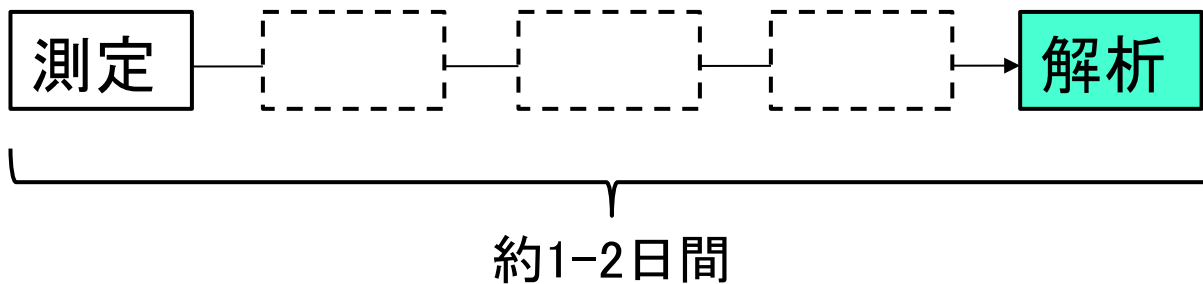


ため池の中の代表点で柱状試料を採取

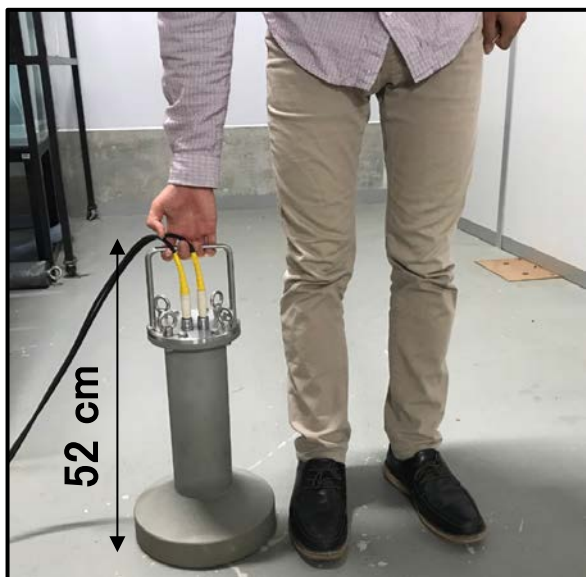
## [本手法]



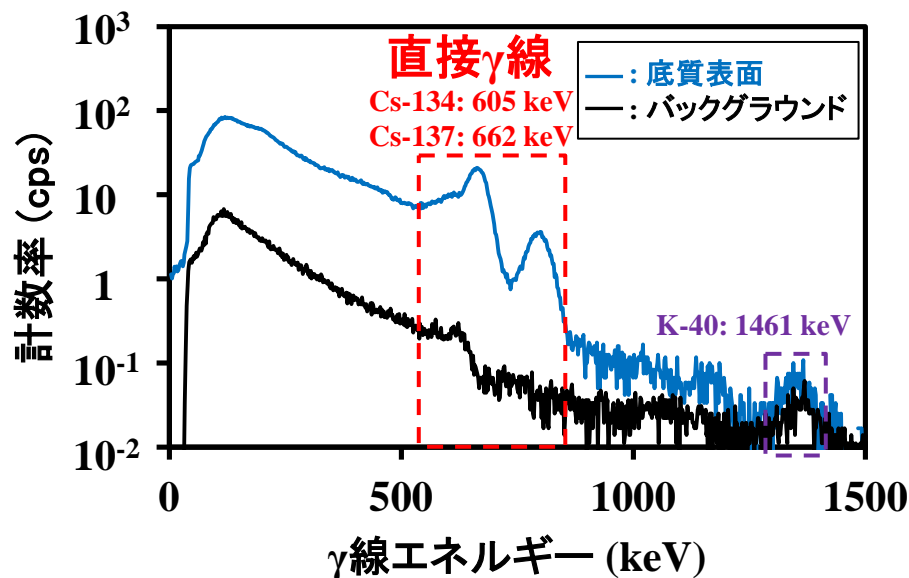
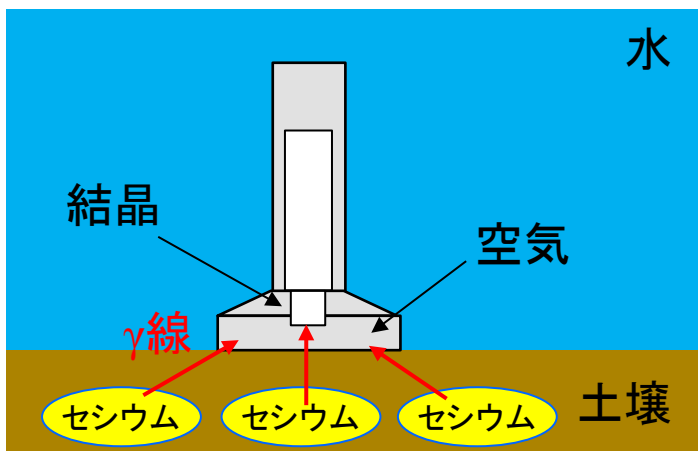
・モニタリング工程（20地点）



⇒ため池全体を面的に迅速なモニタリング可能  
 (ダイレクトな測定で表層のセシウム濃度と深さ分布の両方を知ることができるか検討)



結晶: NaI(Tl)シンチレーション検出器  
 製作会社: 株式会社日立製作所  
 重量: 11kg  
 電源: 12Vバッテリー  
 測定:  $\gamma$ 線スペクトルを2分間測定  
 (着底してから)



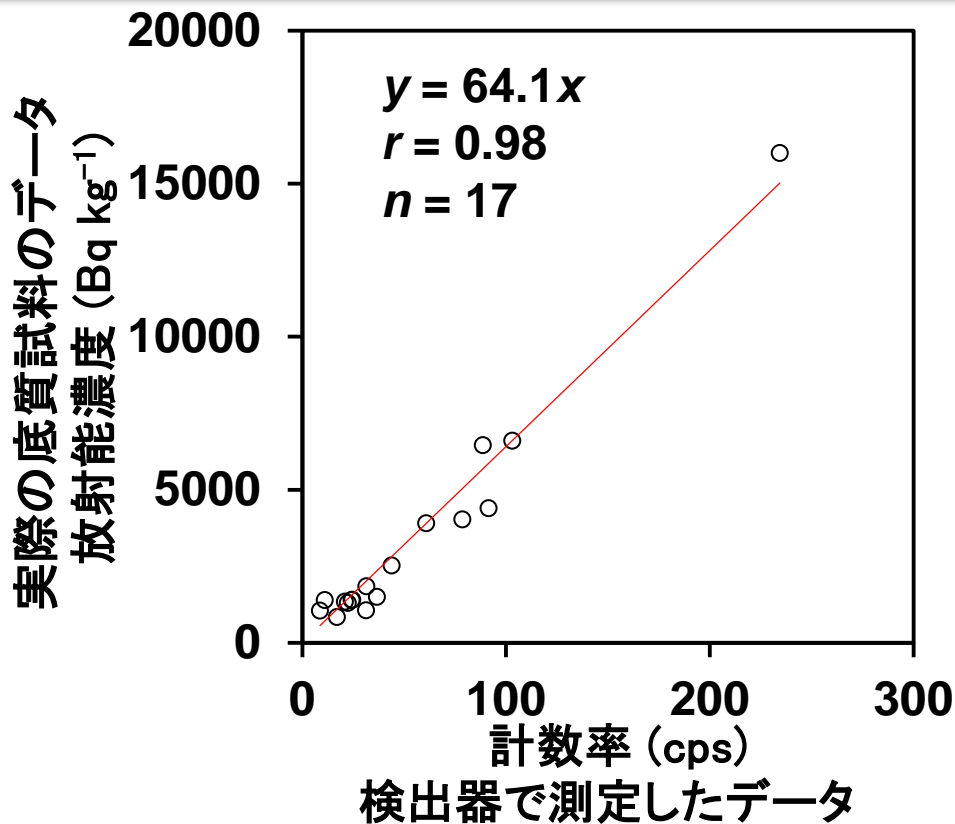
★スカート状の空洞が測定の範囲を広げる役目、土壌との距離を均一化

GPSを基に同地点で取得した直接測定結果と土壌サンプルとを比較

- ・検出器で測定した $\gamma$ 線スペクトル上の放射性セシウムの計数率
- ・底質コアサンプルの**表層セシウム濃度 (0-10 cm)**



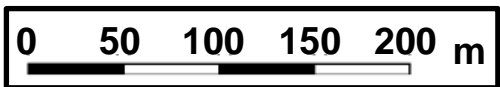
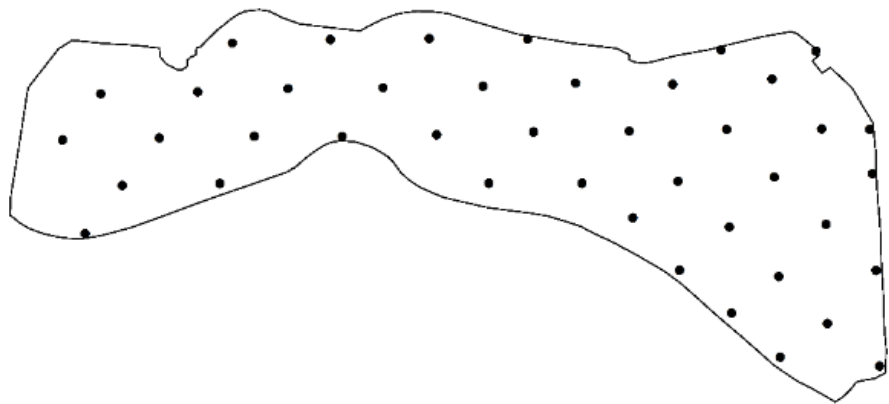
**良好な相関関係 = 直接測定したA-subDの計数率情報から  
表層の放射性セシウム濃度の換算が可能**





ため池全体の表層放射性セシウム濃度分布を可視化

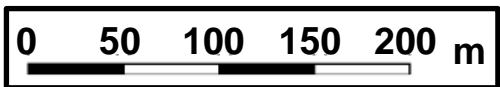
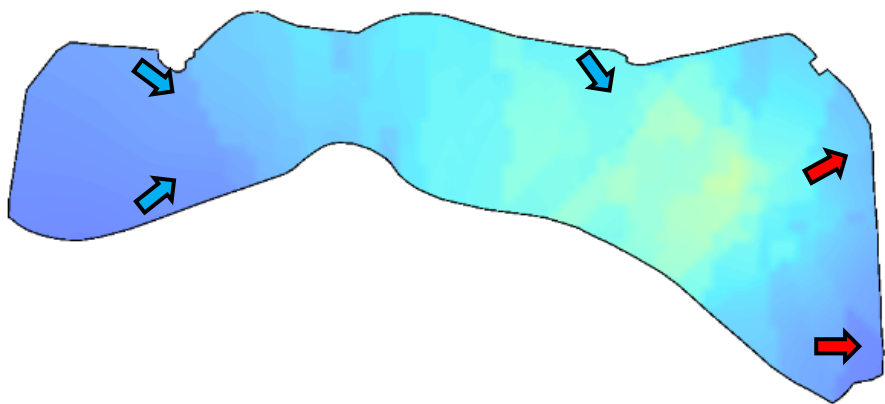
**[ため池の特徴および情報]**  
 ● : 測定地点 (42地点)  
 → (青) : 流入口    → (赤) : 流出口  
 池の表面積:  $4.7 \times 10^4 \text{ m}^2$   
 水深: 0.2-1.8 m  
 体積:  $4.1 \times 10^4 \text{ m}^3$   
 集水域の表面積:  $1.2 \times 10^6 \text{ m}^2$



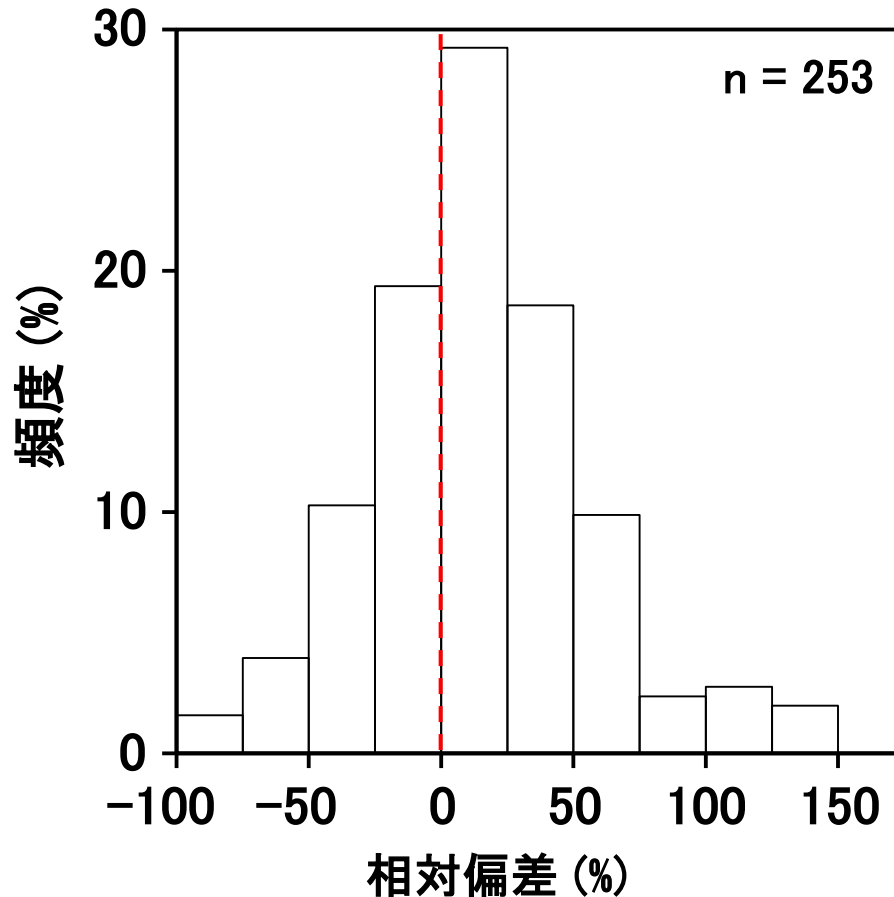
**[表層の放射性セシウム濃度マップ]**  
 放射性セシウム濃度 ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )

3000                      6000                      9000

測定結果を内挿した



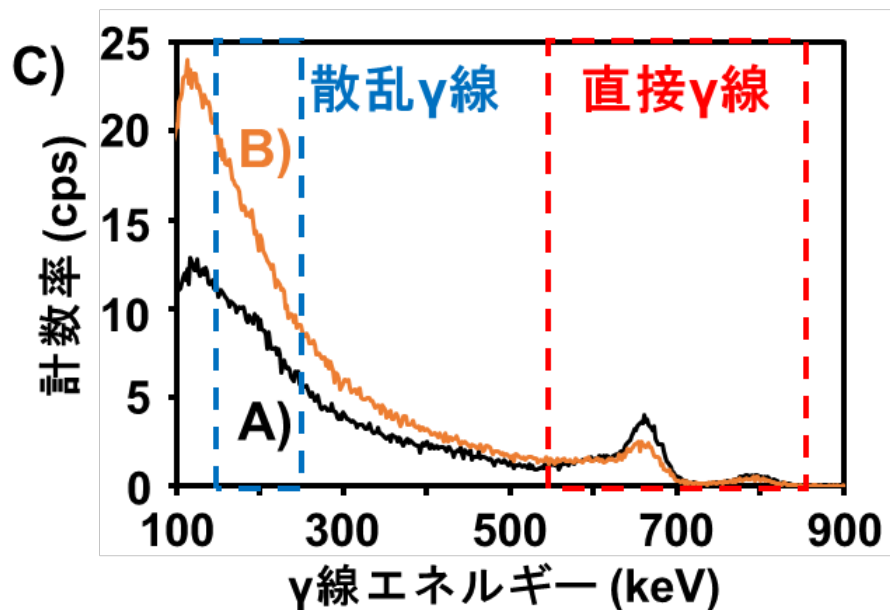
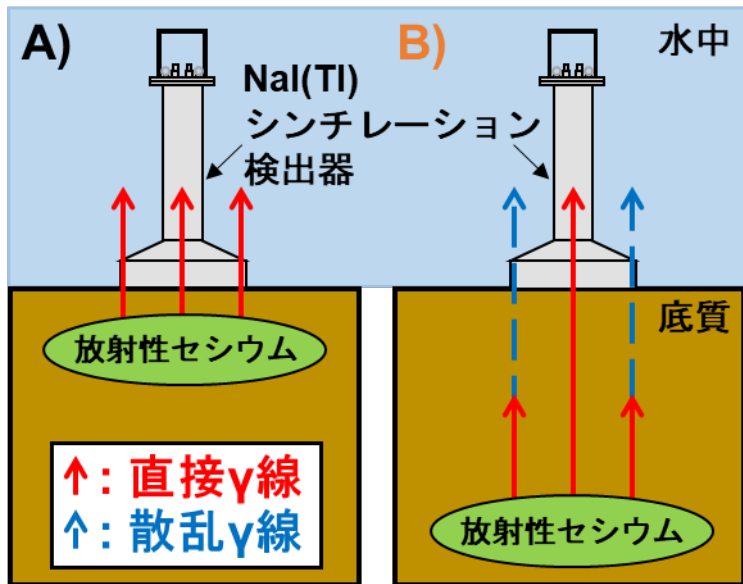
γ線スペクトルを基に算出した推定表層セシウム濃度は、サンプルを実測した表層セシウム濃度とよく一致した。全体のうち**77%**の測定結果は濃度が**±50%以内**



(推定表層セシウム濃度-実測表層セシウム濃度)/(実測表層セシウム濃度)

[底質表面での  $\gamma$  線スペクトル測定]

[異なる底質中放射性セシウムの深さ分布における  $\gamma$  線スペクトルの変化]



放射性セシウムの深さ分布が A): 浅い場合、B): 深い場合

RPC (Ratio of Peak and Compton) = 
$$\frac{\text{散乱 } \gamma \text{ 線領域の計数率 (150–250 keV)}}{\text{直接 } \gamma \text{ 線領域の計数率 (550–850 keV)}}$$

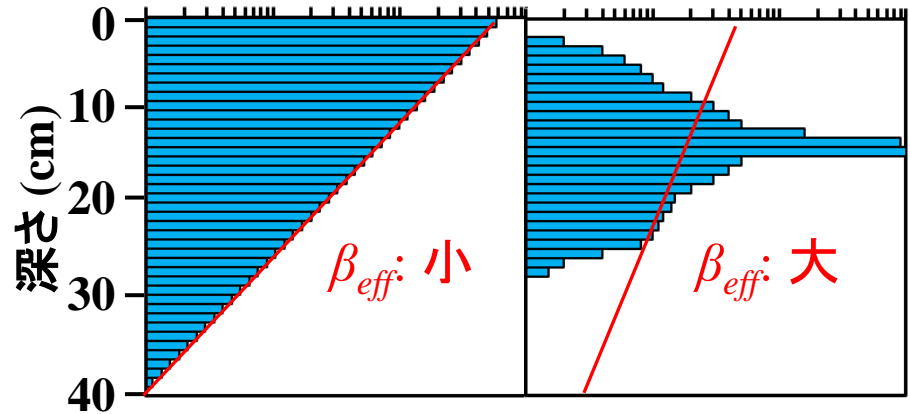
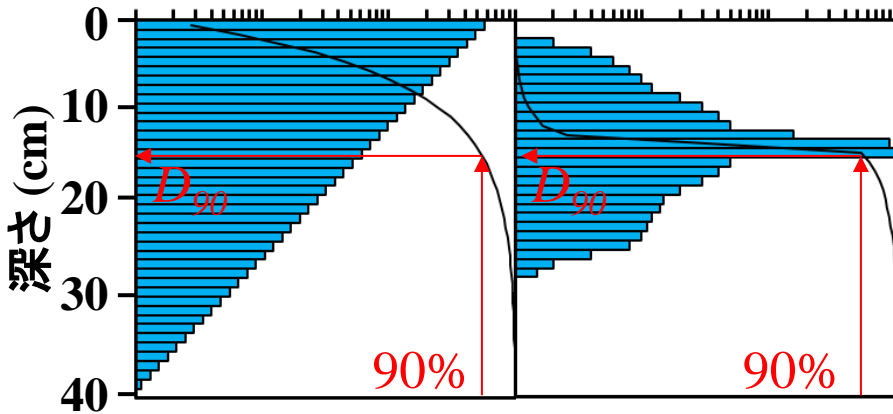
図Cの枠で囲った各エリアの計数率の合計値をそれぞれ計算  
 $\Rightarrow$  RPCの値が大きいほど底質中で放射性セシウムは深くに分布

## 分布の異なる深度分布を一律に評価するため、深さを表すパラメータを設定

[沈着量が90%になる深さ  $D_{90}$ ]  $\longleftrightarrow$  [実効的重量緩衝深度  $\beta_{eff}$ ]

セシウム量 ( $Bq m^{-2}$ ): 対数表示

セシウム量 ( $Bq m^{-2}$ ): 対数表示



■: セシウム量  
—: 積算沈着量比率

■: セシウム量  
—: 指数近似 (傾き= $\beta_{eff}$ )

セシウムの深さを直接的に表現  
★下層にピークを持つデータの評価が難しい  
⇒上のケースは $D_{90}$ の値が同じ

濃度の減少を表す傾きを表現  
( $\beta_{eff}$ の値が大きいと放射性セシウムは深い所に分布)  
★下層にピークを持つデータも評価可能  
⇒上のケースは $\beta_{eff}$ の値が異なる

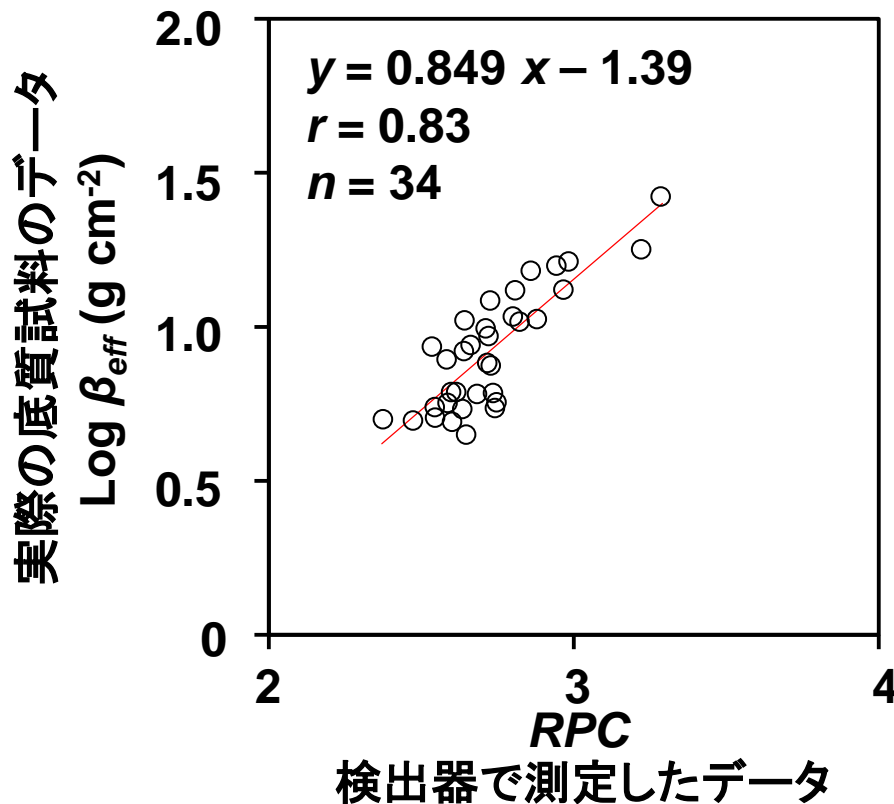
1) 松田ら, 平成27年度東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約事業成果報告書, (2015)

GPSを基に同地点で取得した土壌サンプルと直接測定結果を比較

- ・検出器で測定した $\gamma$ 線スペクトル上のRPC
- ・底質コアサンプルの $\beta_{eff}$



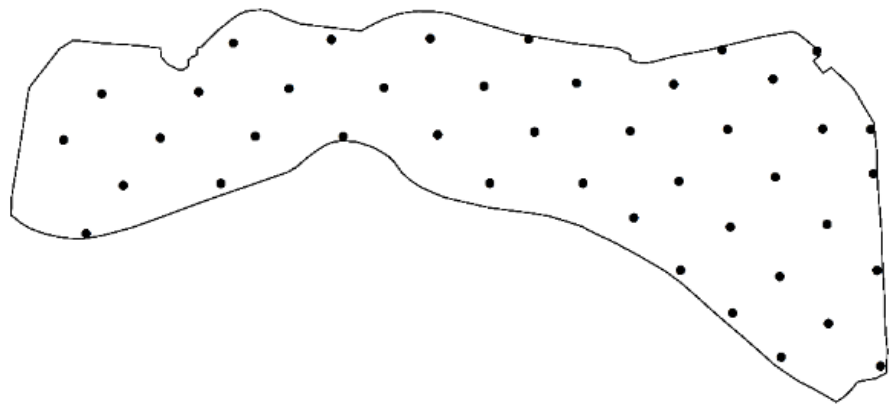
良好な相関関係＝直接測定したA-subDのスペクトル情報から  
放射性セシウムの深さ分布の換算が可能



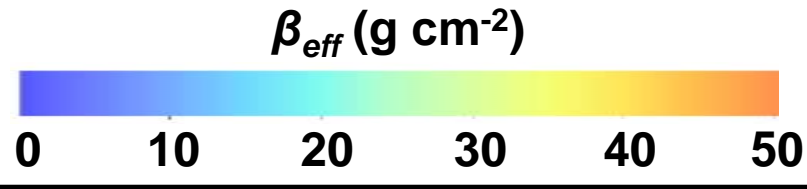
ため池全体の放射性セシウムの深さ分布を簡便に確認可能

## [ため池の特徴および情報]

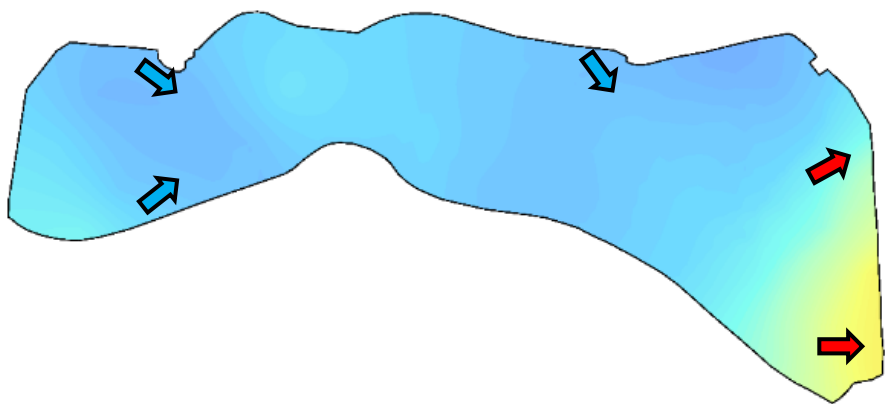
- : 測定地点 (42地点)
- ➡ (青) : 流入口 ➡ (赤) : 流出口
- 池の表面積:  $4.7 \times 10^4 \text{ m}^2$
- 水深: 0.2-1.8 m
- 体積:  $4.1 \times 10^4 \text{ m}^3$
- 集水域の表面積:  $1.2 \times 10^6 \text{ m}^2$



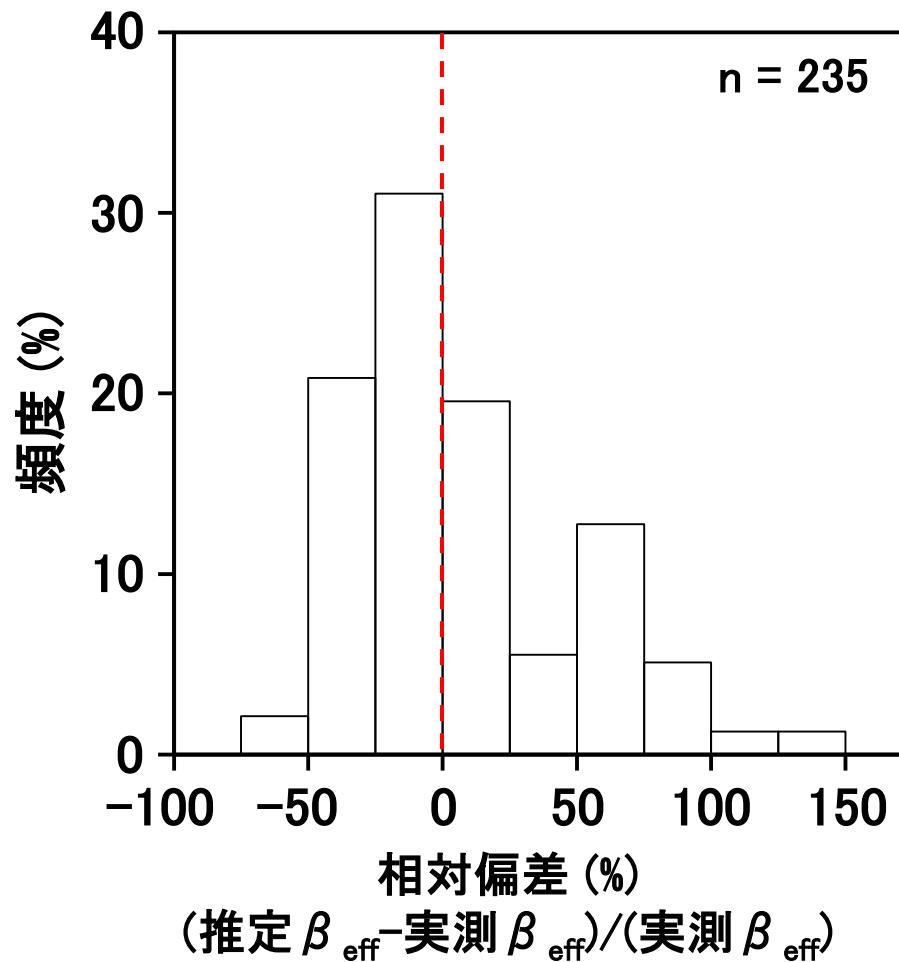
## [放射性セシウムの $\beta_{eff}$ 分布マップ] (赤いほど深い所に分布)



測定結果を内挿した



$\gamma$ 線スペクトルを基に算出した推定  $\beta_{\text{eff}}$  は、サンプルを実測した  $\beta_{\text{eff}}$  とよく一致した。  
 全体のうち**77%**の測定結果は  $\beta_{\text{eff}}$  が  **$\pm 50\%$ 以内**



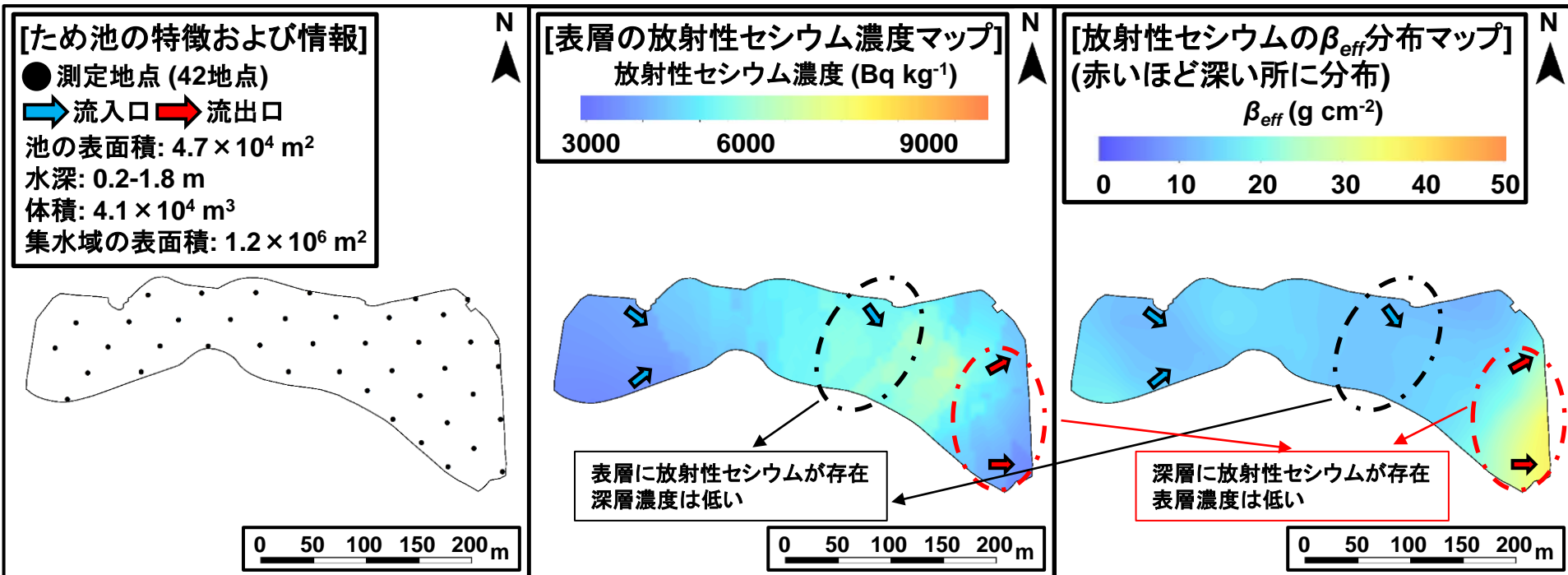
底質表面で $\gamma$ 線スペクトル測定をすることで、広範囲のため池における

- ・底質表層 (0-10cm) の平均放射性セシウム濃度
- ・底質中放射性セシウムの深さ分布

を知ることができた



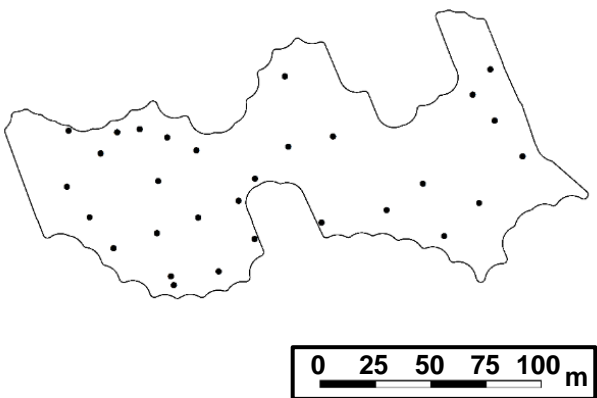
二つの結果からため池内の**放射性セシウムの3次元的な分布**を可視化



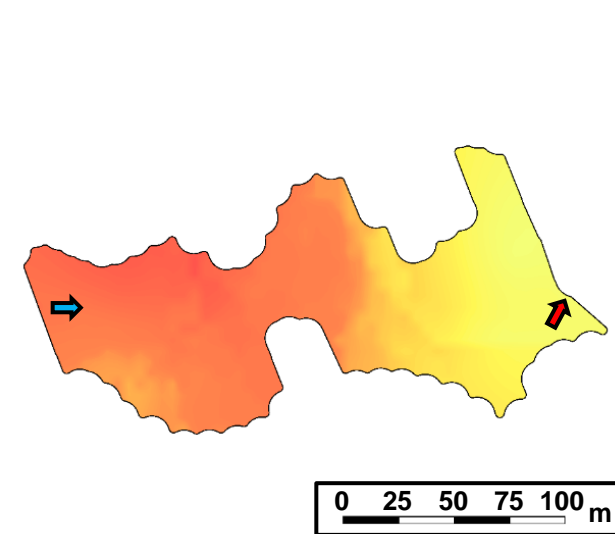


ため池の  
 ・流入口、流出口の数 ・表面積 ・水深 ・体積 ・集水域の面積 ・土地利用  
 といった条件により、**セシウムの分布は大きく異なる**

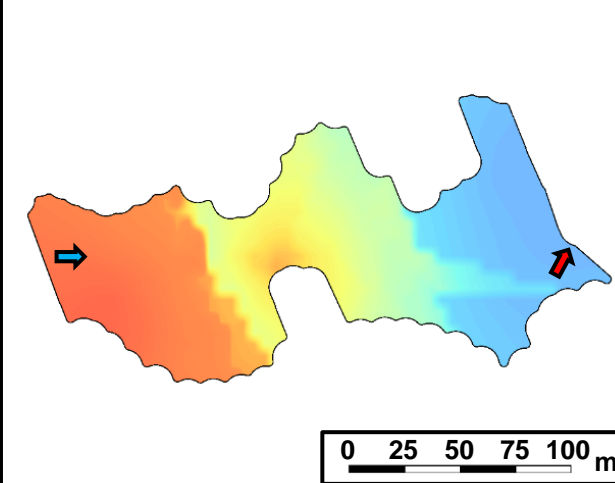
**[ため池の特徴および情報]**  
 ● 測定地点 (30地点)  
 → 流入口 → 流出口  
 池の表面積:  $1.7 \times 10^4 \text{ m}^2$   
 水深: 1.2-3.0 m  
 体積:  $3.4 \times 10^4 \text{ m}^3$   
 集水域の表面積:  $9.5 \times 10^5 \text{ m}^2$



**[表層の放射性セシウム濃度マップ]**  
 放射性セシウム濃度 ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )  
 3000 6000 9000



**[放射性セシウムの $\beta_{eff}$ 分布マップ]**  
 (赤いほど深い所に分布)  
 $\beta_{eff} (\text{g cm}^{-2})$   
 0 10 20 30 40 50



## [結果および考察]

「**広範囲**のため池の放射性セシウムの**分布状況**を知る」というニーズに対し、底質表面で $\gamma$ 線スペクトル測定をすることで、広範囲のため池における

- 〔・底質表層 (0-10cm) の平均放射性セシウム濃度
- 〔・底質中放射性セシウムの深さ分布

を「迅速」かつ「簡便に」知ることができた



二つの結果からため池内の**放射性セシウムの3次元的な分布**を把握した

## [今後]

本手法によりため池のセシウムの分布状況を評価することで

- 〔・湖沼におけるセシウム分布の中長期的な評価
- 〔・湖沼からのセシウムの土砂流出量、堆積速度の解析

に役立つことが期待されます

# ご清聴ありがとうございました

本発表およびプレスリリースした論文の作成にあたり

- ・調査に協力頂いた水土里ネット福島※の皆様
- ・解析業務を補助頂いた株式会社NESIの皆様
- ・放射線検出器の保守、校正に従事頂いた  
日本放射線エンジニアリング株式会社の皆様  
に深く御礼申し上げます。

※水土里ネット福島: 福島県土地改良事業団体連合会