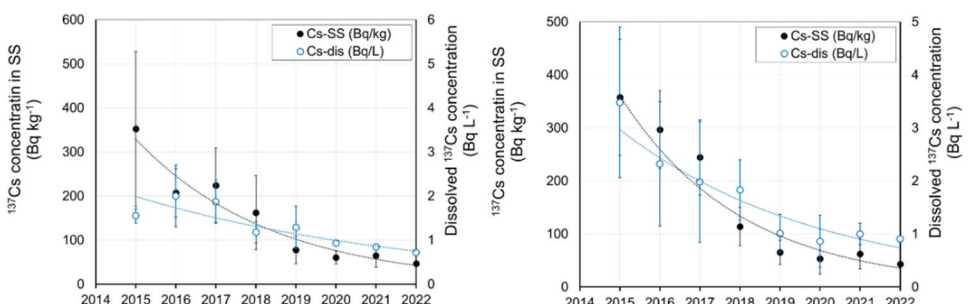


<p>研究代表者</p>	<p>所属学系・職名 自然科学・情報学系・准教授 氏 名 脇山 義史</p>
<p>研究課題</p>	<p>人為的影響を受ける「ため池の放射性セシウム観測」から見る福島の再生と課題 Revitalization and future issues in Fukushima, discovered through radiocesium observation on ponds affected by human activity</p>
<p>成果の概要</p>	<p>【背景と目的・概要】 福島県には約3800個のため池があり、水資源として重要な位置を占めている。福島第一原子力発電所の事故によりため池の多くに放射性セシウムが沈着・流入した。放射線によるリスクを抑え、営農や内水面漁業に活用するためには放射性セシウム濃度の現状把握とそれに基づく将来予測が必要である。また、高度に汚染されたため池では除染が実施されてきた。除染の一環として行われる底質除去は効率的に放射性セシウムを取り除く方法であるが、貯留水も含めた底質除去の効果や事後の放射性セシウム蓄積量の変化を追跡した研究は少ない。</p> <p>本研究では、都市域にある除染済ため池1か所、帰還困難区域内のため池3か所（隠居坂、鈴内、下深沢）、復興再生拠点内にあるため池2か所（鮎沢新ため、鮎沢第二）を対象として貯留水および底質の¹³⁷Cs濃度の測定を行い、①ため池貯留水¹³⁷Cs濃度の長期的変化の観測、②底質の¹³⁷Cs深度分布に基づく原発事故直後の貯留水¹³⁷Cs濃度推定、③都市ため池における底質除去の効果および除去後の¹³⁷Cs蓄積量の評価を行った。</p> <p>【方法と結果・成果】 ① ため池貯留水¹³⁷Cs濃度の長期的変化の観測 大熊町内の4か所のため池（隠居坂、鮎沢新ため、鮎沢第二、鈴内）において6月まで2か月間隔、除染が行われた鮎沢新ためを除く3か所では9月以降1か月間隔で採水を行った。2022年度の懸濁態¹³⁷Cs濃度平均値は隠居坂で47 kBq kg⁻¹、鮎沢新ためで36 kBq kg⁻¹、鮎沢第二で36 kBq kg⁻¹、鈴内で43 kBq kg⁻¹であった。溶存態¹³⁷Cs濃度平均値は隠居坂で0.72 Bq L⁻¹、鮎沢第二で0.41 Bq L⁻¹、鈴内で0.91 Bq L⁻¹であった。2022年度に得られたデータを含めて、2015年から観測を継続している隠居坂ため池と鈴内ため池について年平均値の長期変化を図1に示した。2015年から堅調に低下しており、2015年/2022年比で、懸濁物質の¹³⁷Cs濃度は隠居坂と鈴内ため池でそれぞれ83%と87%、溶存態¹³⁷Cs濃度は同じく55%と70%低下していた。</p>  <p>図1. 帰還困難区域内のため池2ヶ所における懸濁物質（SS）の¹³⁷Cs濃度および溶存態¹³⁷Cs濃度の年平均値の長期変化。左図が隠居坂ため池、右図が鈴内ため池における結果を示す。</p> <p>② 底質の¹³⁷Cs深度分布に基づく原発事故直後の貯留水¹³⁷Cs濃度推定 隠居坂、鮎沢第二、下深沢において2019年11月に採取した底質コアの分析結果から、底質の¹³⁷Cs深度分布のデータを取得し、Konoplev et al. (2021: Environmental Research, 206, 112307)に記載された計算方法を用いて事故後初期における貯留水</p>

の ^{137}Cs 濃度の推定を行った。推定によって得られた原発事故初期の ^{137}Cs 濃度は、懸濁物質の ^{137}Cs 濃度で $116\text{--}429\text{ kBq kg}^{-1}$ 、溶存態 ^{137}Cs 濃度は $0.906\text{--}8.19\text{ Bq L}^{-1}$ であった。しかし、これらの推定値は過小評価されている可能性がある。図2に示した鮎沢第二ため池の例では、懸濁物質の ^{137}Cs 濃度・溶存態 ^{137}Cs 濃度の実測値と推定値の濃度レベルは概ね一致していたが、図1に示したような原発事故以降の明瞭な濃度低下傾向が再現できていなかった。このような過小評価の原因としては、貯留水中の懸濁物質と底質の粒径の違いや、降水量の年変動に起因する推定値と実測値の時間分割の不一致が考えられた。これらの可能性を検証し、今後より精度の

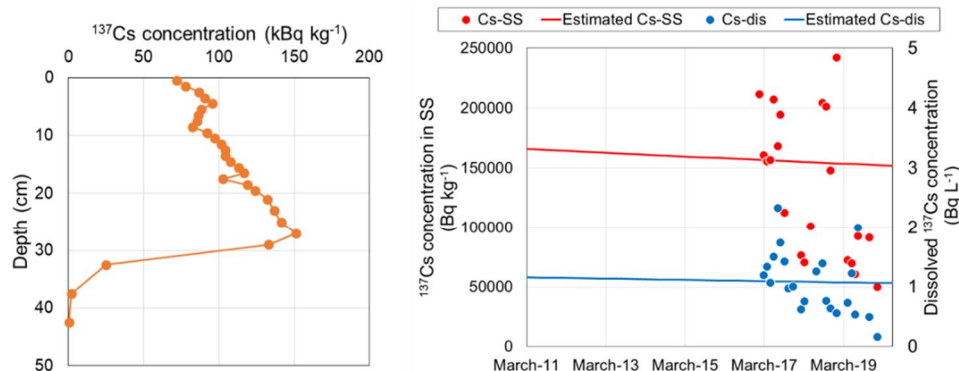


図2. 鮎沢ため池の底質における ^{137}Cs 深度分布（左）と貯留水の懸濁物質の ^{137}Cs 濃度（Cs-SS）・溶存態 ^{137}Cs 濃度（Cs-dis）の時間変化（右）。右図の実線は深度分布に基づく推定値を示す。

高い推定につなげる予定である。

③ 都市域ため池における底質除去の効果および除去後の ^{137}Cs 蓄積量の評価

調査対象地は郡山市の市街地に位置するため池であり、2015年から観測を開始し、2017年に除染の一環として底質除去が行われ、その後2018年に観測を再開した。過去に取得したデータを解析し、底質除去による貯留水・底質の ^{137}Cs 除去効果についての評価を行った。2017年に行われた除染（底質除去）により、底質における ^{137}Cs インベントリーは対2015年比で78%減少し、同じく貯留水の懸濁態 ^{137}Cs 濃度が52%、溶存態 ^{137}Cs 濃度が5%低下した。貯留水の ^{137}Cs 濃度を集水域の平均 ^{137}Cs 沈着量で除して正規化 ^{137}Cs 濃度を算出したところ、阿武隈川などの河川水と比べて、底質除去後も3.8倍高い値となった。これらの結果から、都市域から高濃度の放射性セシウムをもつ懸濁物質が流入していることが示唆された。以上の結果をまとめ、国内学会での1件の発表を行い（黒澤ほか, 2022, 2022年日本地球惑星連合大会@千葉）、国際論文1報を公表した（Kurosawa et al., 2023, Land, 12, 519）。

2022年度は、6月、7月、9月、11月に貯留水・流出水・流入水の採取・分析を行い、11月にはため池内7か所で底質の柱状コアを採取・測定した。貯留水における懸濁態・溶存態 ^{137}Cs 濃度の平均値は、それぞれ 0.37 Bq L^{-1} 、 0.029 Bq L^{-1} であった。同じく底質の ^{137}Cs インベントリー平均値は 0.32 MBq m^{-2} であった。2022年度に得られた値を含めて、対象としたため池における底質 ^{137}Cs インベントリーと貯留水の ^{137}Cs 濃度の長期的変化を図3に示した。前述のように2017年の底質除去により ^{137}Cs が相当量除去されており、除去後は概ね 0.3 MBq m^{-2} でほぼ一定しており、明瞭な蓄積量の増加は見られなかった。貯留水の ^{137}Cs 濃度は底質除去後の2018年に一時的な上昇が見られたが、2019年以降は変動を伴いながらも除去前に比べて低い値で推移している。ただし、依然として阿武隈川などの主要河川と比べて貯留水の ^{137}Cs 濃度が高い値を示しており、 ^{137}Cs の流入・流出量の観測や高濃度の ^{137}Cs の起源推定が今後の課題として挙げられる。以上の結果を取りまとめ、国際学会での発表1件（Kurosawa et al., 2023, European Geoscience Union General Assembly 2023@Vienna）、国内学会での発表1件（黒澤ほか, 2023, 2023年日本地球惑星連合大会@千葉）を予定しており、並行して投稿論文の作成を進めている。

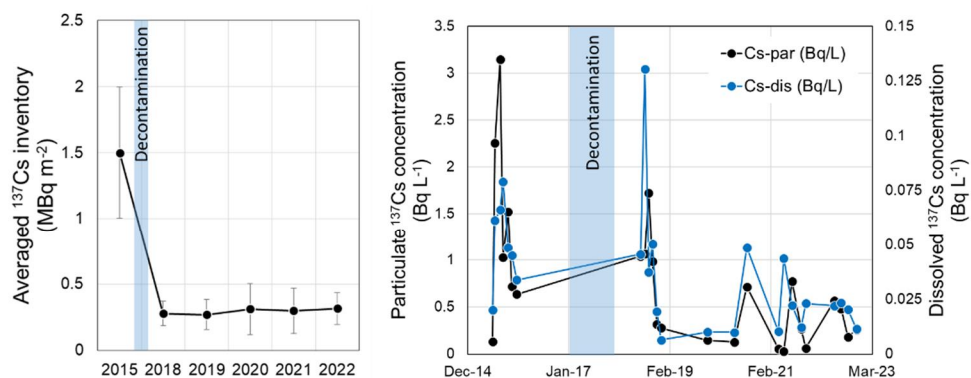


図3. 都市域ため池における底質の¹³⁷Csインベントリ一年平均値の変化（左）と懸濁態・溶存態¹³⁷Cs濃度の変化（右）。2017年に除染（底質除去）が実施された。

【まとめ】

ため池貯留水に¹³⁷Cs濃度の長期的な変化を定量的に評価することができた。帰還困難区域内のため池では原発事故初期に比べて¹³⁷Cs濃度は着実に低下していることが確認された。その低下の割合は、溶存態よりも懸濁態で大きいことがわかった。また、底質除去により相当量の¹³⁷Csが除去されること、貯留水の¹³⁷Cs濃度が低下することが確認された。一方で、都市域のため池では底質・貯留水とともに¹³⁷Cs濃度が主要河川に比べて高いという結果が得られており、集水域からの流入や底質に残存した¹³⁷Csの溶脱や巻き上がりが原因になっている可能性がある。今後、¹³⁷Csの供給源や輸送プロセスに着目した研究を展開することにより、¹³⁷Csの動態の理解深化や放射性物質汚染対策の効率化に資する知見の提示が期待される。