

令和 7 年 2 月 12 日

都市域ため池の除染後の長期的な ^{137}Cs の動きを解析 ～除染後、都市域ため池に蓄積した ^{137}Cs はわずか～

大学院共生システム理工学研究科・環境放射能学専攻・博士後期課程 3 年・黒澤萌香さんを代表とする研究グループが、福島県の都市域ため池における除染後の ^{137}Cs の動きに関する論文を公表しました。本研究では、2017 年度に底質除去^{注1}による除染が行われたため池において、除染後の 2019 年から 2022 年に底質、池水、流入水、流出水を採集し、除染後の長期的な ^{137}Cs 蓄積プロセスに関する解析を行いました。その結果、除染後、底質の ^{137}Cs インベントリ^{注2}の平均値は大きく変化しなかった一方で、2020 年にかけて地点間のばらつきが大きくなっていました。 ^{137}Cs の流入量、流出量を推定した結果、1 年間の懸濁態 ^{137}Cs の蓄積量は池底に蓄積していた ^{137}Cs 量の約 2.4—2.9%であり、除染後、ため池に蓄積した ^{137}Cs はわずかであることが明らかになりました。本研究により、除染後のため池の ^{137}Cs の動きを理解・予測するうえで重要な知見が得られました。

※本研究の成果は、2024 年 11 月 22 日付で国際学術誌「Journal of Environmental Radioactivity (ジャーナル・オブ・エンバイロメンタル・ラディオアクティビティ)」に掲載されました。

◎研究の背景

福島第一原子力発電所(以下 FDNPP)事故後、福島県の多くのため池が ^{137}Cs により汚染され、底質除去などにより放射性物質対策が進められました。Kurosawa et al. (2023)^{注3}によると、除染後、ため池の底質の ^{137}Cs インベントリ、池水の懸濁物質の平均 ^{137}Cs 濃度は大幅に低下したことが確認されています。一方で、ため池は ^{137}Cs が蓄積しやすい傾向があることが知られています。このため、都市域でもため池において、除染後も ^{137}Cs が流入・蓄積する可能性があります。しかし、都市域において長期的な ^{137}Cs の動きを調べた研究は少なく、除染後のため池でどれくらい ^{137}Cs が蓄積するかを予想するのが難しいという状況でした。本研究では、都市域ため池において、除染後の長期的な ^{137}Cs 蓄積プロセスを明らかにすることを目的としました。

◎研究の方法

2017 年度に底質除去による除染が行われた市街地にあるため池において、調査を行いました。除染後の 2019 年から 2022 年にかけて底質(7 地点、地点 A-G)、池水、2020 年からは流入水、流出水も含めて採集し、2022 年においては、流入口、流出口の流量観測を行いました(図 1)。採集した試料は、前処理をし、ゲルマニウム半導体

検出器による ^{137}Cs 分析などを行いました。得られたデータおよび Kurosawa et al. (2023)においてすでに公表されている 2018 年のデータをもとに、除染後の底質の ^{137}Cs インベントリおよび ^{137}Cs 深度分布の時間変化を記述し、 ^{137}Cs の流入量および流出量の推定を行いました。

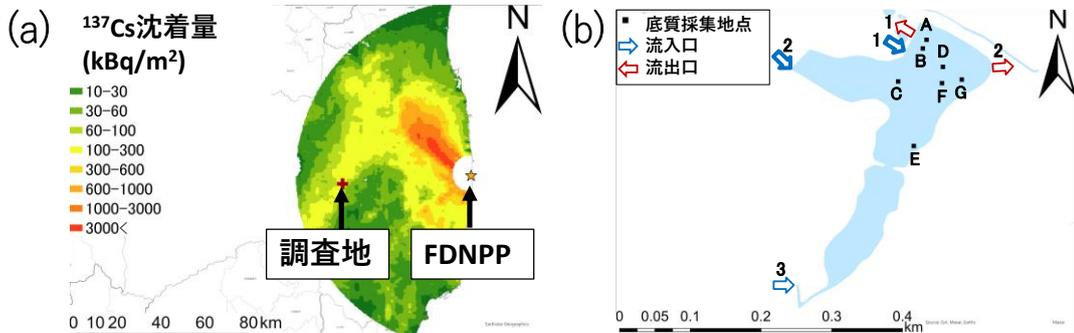


図 1. (a) 調査ため池および ^{137}Cs 沈着量分布, (b) 試料採取地点

◎研究の結果

除染後の底質の ^{137}Cs インベントリおよび ^{137}Cs 深度分布の時間変化

2018 年から 2022 年にかけて、底質の ^{137}Cs インベントリの平均値は 271–337 kBq/m^2 で有意な増減は見られず、2020 年にかけて地点間のばらつきが大きくなっていました(図 2)。底質の ^{137}Cs インベントリが上昇傾向を示した地点 G では、深度 0–10 cm の ^{137}Cs 濃度が上昇し、 ^{137}Cs 濃度が高い層が厚くなった一方で、低下傾向であった地点 B では、深度 0–10 cm の ^{137}Cs 濃度が年々低下していました(図 3)。なお、全地点の表層 10cm の底質の ^{137}Cs 濃度平均値は 4.8–5.9 kBq/kg でした。

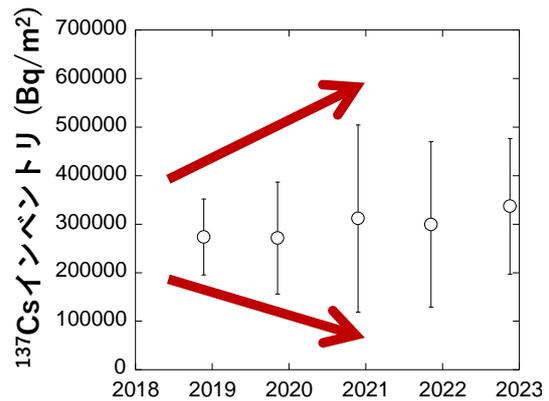


図 2. 2018年から2022年における底質の ^{137}Cs インベントリの時間変化
 白丸 (○) は平均値、エラーバーは標準偏差を示す。

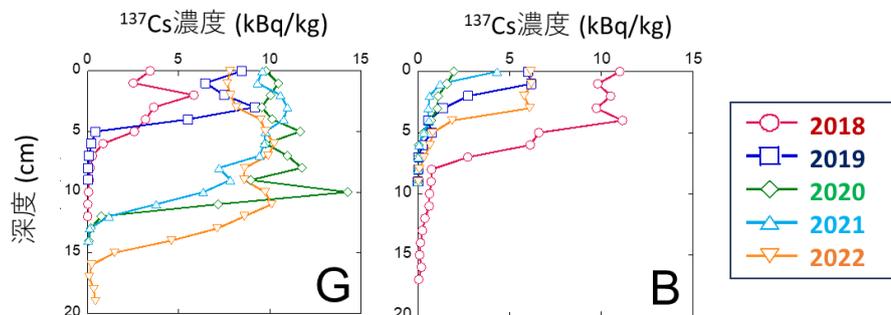


図 3. 底質の ^{137}Cs インベントリが上昇傾向を示した地点 G (左) と低下傾向を示した地点 B (右) における ^{137}Cs 深度分布変化

除染後、流入・流出・蓄積した¹³⁷Cs量の推定

流入水、池水、流出水の懸濁態¹³⁷Cs濃度の平均値は0.12-0.51 Bq/L、溶存態¹³⁷Cs濃度は0.03-0.04 Bq/Lの範囲でした。観測した流量、降水量、懸濁物質濃度、流入水および流出水の¹³⁷Cs濃度のデータをもとに、¹³⁷Csの流入量・流出量の大まかな推定を行いました。推定の結果、底質の¹³⁷Csインベントリに対する1年間の¹³⁷Cs蓄積量は2.4—2.9%となりました(図4)。¹³⁷Csの放射性崩壊による減少率が1年間に約2.3%であることから、1年間に蓄積した¹³⁷Cs量は小さい値であると考えられました。

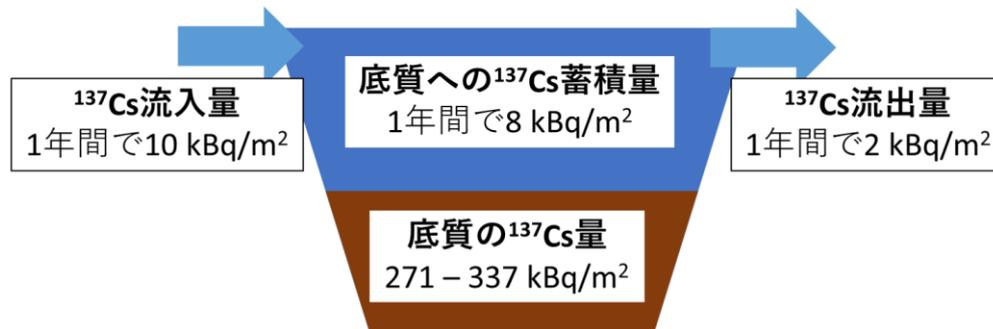


図4. 2018年から2022年のため池の懸濁態¹³⁷Csの動きを示した概略図

◎成果の意義

除染が行われたため池の長期的な¹³⁷Csの動きを調査した結果、除染後、ため池に蓄積した¹³⁷Csはわずかであったことがわかりました。本研究により、ため池における¹³⁷Csの動きを理解・予測し、適切に管理する上で重要な知見が得られました。

◎掲載論文情報

- ・掲載誌：Journal of Environmental Radioactivity
 - ・掲載日（オンライン）：2024年11月22日
 - ・DOI：https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2024.107573
 - ・タイトル：“Long-term ¹³⁷Cs dynamics after decontamination of an urban pond in Fukushima Prefecture, Japan”（福島県の都市域ため池における除染後の長期的な¹³⁷Cs動態）
 - ・著者：黒澤萌香¹，脇山義史²，和田敏裕²，難波謙二^{2,3}
- ¹ 福島大学大学院共生システム理工学研究科
² 福島大学環境放射能研究所
³ 福島大学共生システム理工学類

(お問い合わせ先)
 環境放射能研究所
 准教授 脇山 義史
 電話：024-503-2978
 メール：wakiyama@ipc.fukushima-u.ac.jp

注1「底質除去」

底質とは、池の底に堆積した土砂等を示す。ここでの底質除去とは、放射性物質の影響を低減させることを目的として、掘削などの方法で底質を除去することを示す。

注2「 ^{137}Cs インベントリ」

1 m^2 あたりの ^{137}Cs 放射能 (Bq) を示す。単位は Bq/m^2 。

注3「Kurosawa et al. (2023)」

Kurosawa, H., Wakiyama, Y., Wada, T., & Nanba, K. (2023). Impact of bottom-sediment removal on ^{137}Cs contamination in an urban pond. *Land*, 12(2), 519. <https://doi.org/10.3390/land12020519>

都市域ため池の除染後の 長期的な¹³⁷Csの動きを解析 ～除染後、都市域ため池に蓄積した ¹³⁷Csはわずか～

黒澤萌香¹・脇山義史²・和田敏裕²・難波謙二^{2,3}

¹共生システム理工学研究科, ²環境放射能研究所,

³共生システム理工学類



掲載誌：Journal of Environmental Radioactivity

掲載日（オンライン）：2024年11月22日

タイトル：“Long-term ¹³⁷Cs dynamics after decontamination of an urban pond in Fukushima Prefecture, Japan（福島県の都市域ため池における除染後の長期的な¹³⁷Cs動態）”

著者：黒澤萌香, 脇山義史, 和田敏裕, 難波謙二

Long-term ¹³⁷Cs dynamics after decontamination of an urban pond in Fukushima Prefecture, Japan

Hironaka Kuronawa¹, Yoshifumi Wakiyama², Toshihiro Wada², Kenji Namba^{2,3}

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords

Urban pond

Decontamination

Radioactivity

137Cs

¹³⁷Cs tends to accumulate in ponds and dam reservoirs because of inputs from their catchments. Trends observed by the Fukushima Institute of Environmental Radioactivity (IER) after decontamination, however, have attracted attention because of the high ¹³⁷Cs concentrations in the bottom sediments. This study examined long-term ¹³⁷Cs accumulation after decontamination to assess the influence of urban areas. Between 2010 and 2022, bottom sediments were collected together with surface, pond, and surface water at an urban pond located at Katsushika City, Fukushima Prefecture, Japan. The mean ¹³⁷Cs activity in the bottom sediment did not change significantly after decontamination, ranging from 271 to 207 Bq/kg, whereas the activity in the surface water decreased significantly from 10,481 to 212 Bq/L. An increase in the sediment-to-water partition coefficient was observed in the bottom sediment in 2018 but not after 2019. The correlation between the specific surface area and ¹³⁷Cs concentration in the bottom sediment was significantly positive after 2022. These results suggested higher ¹³⁷Cs concentrations at sites where particles from land leaching bottom sediments were deposited immediately after decontamination. Therefore, ¹³⁷Cs concentrations were higher at sites of this particular deposition. The annual mean ¹³⁷Cs concentration in pond water was stable from 2010 to 2022. The mean suspended ¹³⁷Cs concentration in the suspended solids and dissolved fraction in the surface water were 0.045 and 2.2 ± 30% TSS⁻¹, respectively. These values were higher than those reported for other aquatic environments with low sedimentation. Therefore, ¹³⁷Cs had been influenced not only by land leaching but also by the ¹³⁷Cs activity in the bottom sediment, despite the high ¹³⁷Cs concentrations in suspended solids. The inclusion of the previous ¹³⁷Cs concentration in urban areas merits further investigation.

1. Introduction

After the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) accident, many irrigation ponds in Fukushima Prefecture were contaminated with radionuclides (¹³⁷Cs and ¹³⁴Cs). Post-accident studies in Fukushima Prefecture Power Plant (FNPP) and FDNPP revealed the accumulation of ¹³⁷Cs in closed and semi-closed water bodies, such as ponds, lakes, and dam reservoirs, due to inputs from the catchment area (Yoshida et al., 2010; Ishikawa et al., 2012; Nakamura et al., 2017). The amount of ¹³⁷Cs deposited on the reservoir bottom contaminated by the CNPP accident was greater than the ¹³⁷Cs amount deposited directly onto the reservoir (Yoshida et al., 2011). More than 50% of the annual inflow of particulate

¹³⁷Cs in the dam reservoir in the Fukushima Prefecture was reported to have been deposited on the reservoir sediments (Ishikawa and Takai, 2012). Potential release of ¹³⁷Cs accumulated in bottom sediments into water bodies has been discussed previously in the context of lakes and dam reservoirs (Gonzalez et al., 1997; Smith et al., 2002). In March 2014, the Japanese Ministry of the Environment announced a decontamination policy that was followed by measures to decontaminate ponds contaminated with radioactive materials (Ishikawa et al., 2013). One of the indicators of the need for decontamination or radioactive material containment in a radioactive environment is bottom sediment ¹³⁷Cs activity, which is the designated standard under the Act on Special Measures concerning the Handling of

Corresponding author.

E-mail address: ier@ier.fukushima-u.ac.jp (K. Namba).

<https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2024.102703>

Available online 22 November 2024

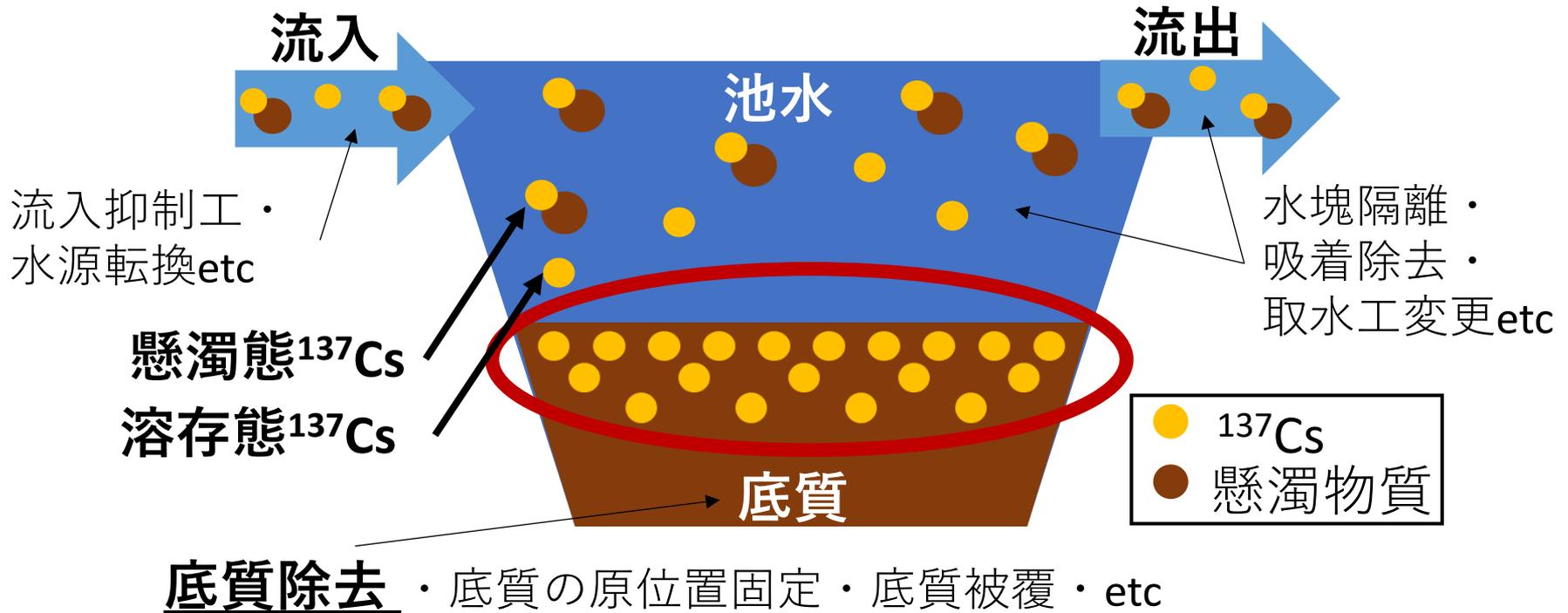
© 2024 Elsevier Ltd. All rights reserved. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 International license.

福島県のため池

2011 福島第一原子力発電所事故

→福島県の多くのため池が ^{137}Cs により汚染

ため池の放射性物質対策 (農林水産省, 2017)



底質除去による効果 (Kurosawa et al. 2023)

- ・底質の ^{137}Cs インベントリ(※)：46-89%低下
- ・池水の懸濁態 ^{137}Cs 濃度：52%低下

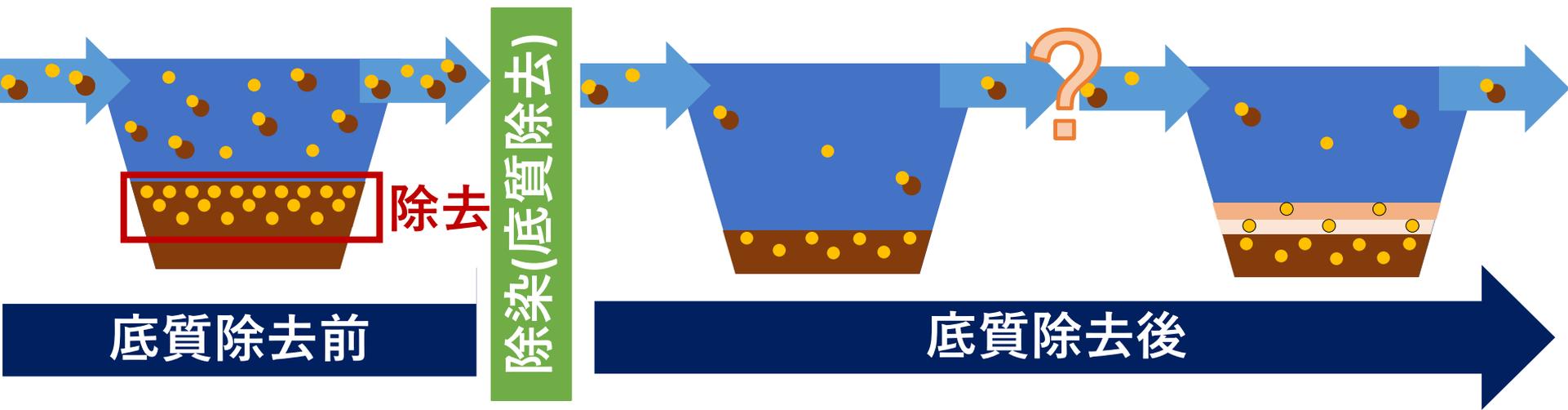
※1m²あたりの ^{137}Cs 放射能 (Bq/m²)

目的

- ため池は集水域から ^{137}Cs が流入し、蓄積しやすい (Wakiyama et al., 2017など)
- 都市河川の水は、 ^{137}Cs 濃度が比較的高い (Yamashita et al., 2014, Tsuji et al. 2019など)
- 都市域では、河川水の ^{137}Cs 濃度の低下が速い (Onda et al., 2020)

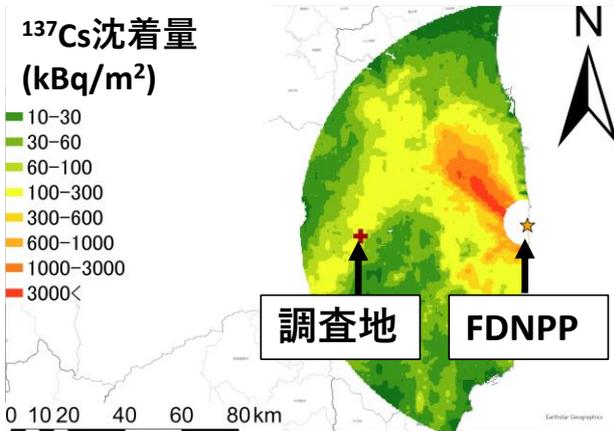
都市域のため池を対象とした研究事例が少ない

除染後、どのように、どれくらい ^{137}Cs が蓄積するのか？



方法

調査地：福島県内の市街地にあるため池



ため池の水面積：33,000 m²

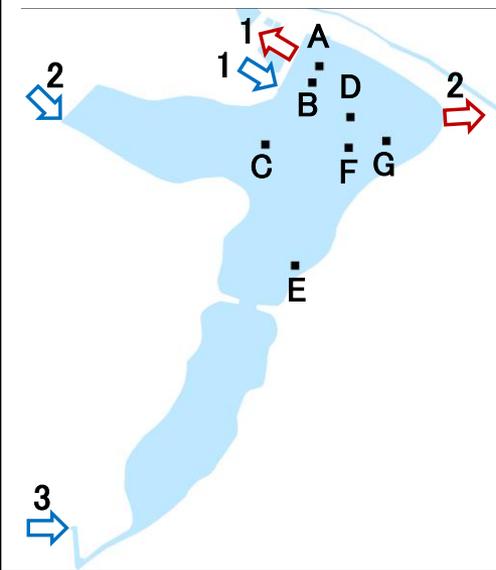
集水面積：692,000 m²

集水域平均 ^{137}Cs 沈着量：150 kBq/m²

2017年度に除染（底質除去）

除染後に ^{137}Cs インベントリ46-89%減少
(Kurosawa et al., 2023)

採取・分析



○底質（St. A — G, 7地点）

2019～2022年の期間，1年に1回採取分析
⇒底質の ^{137}Cs 濃度⇒ ^{137}Cs インベントリ

○池水（St. A付近）

2019～2022年の期間，1年に2～4回採取
⇒懸濁態 ^{137}Cs 濃度，溶存態 ^{137}Cs 濃度

○流入水(1,2,3)と流出水(1,2)

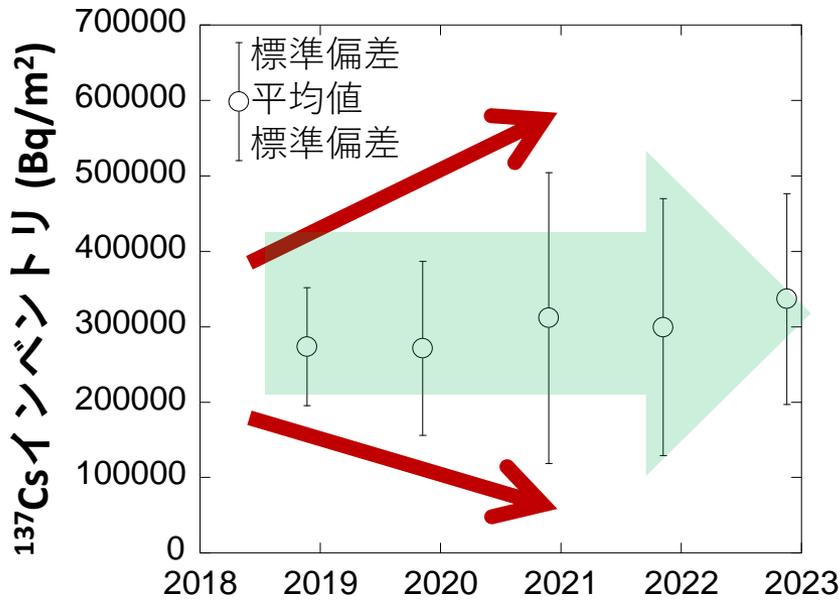
2020～2022年の期間，1年に2～4回採取
⇒懸濁態 ^{137}Cs 濃度，溶存態 ^{137}Cs 濃度，流量

Kurosawa et al. (2023)の
継続観測

^{137}Cs の流出
入量の推定

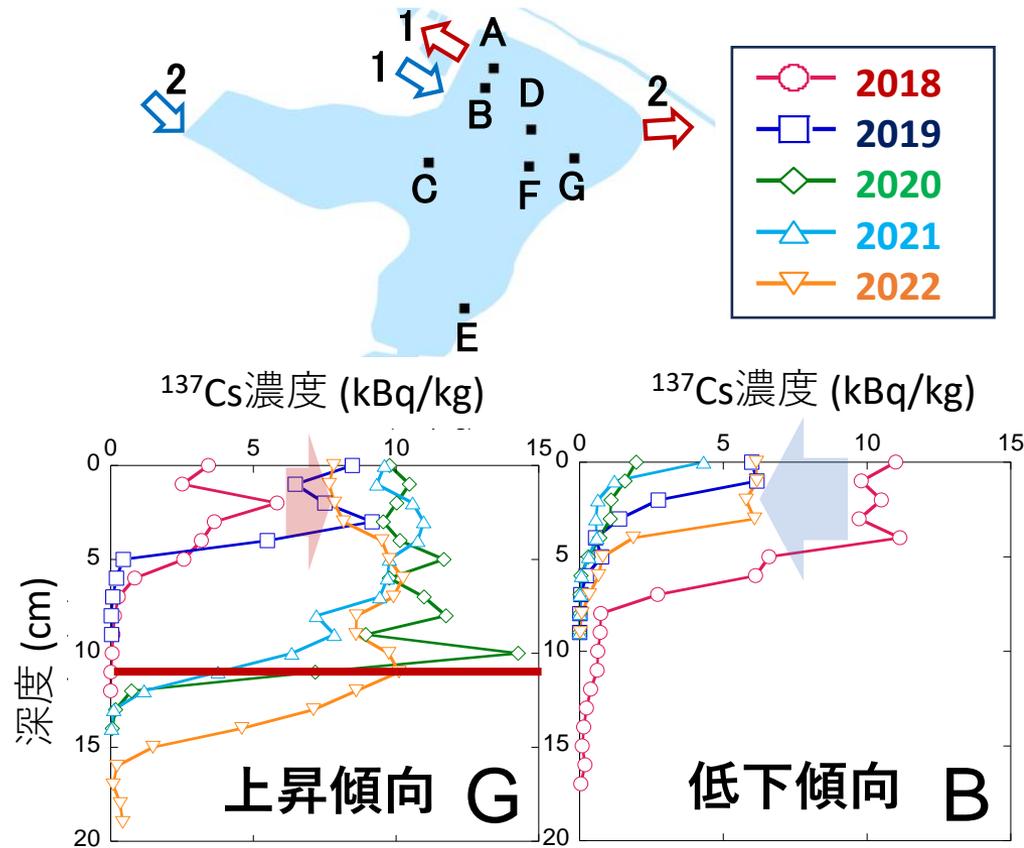
底質の結果

底質の¹³⁷Csインベントリの時間変化



- 平均¹³⁷Csインベントリは271-337 kBq/m²で有意な増減なし
- ばらつきが大きくなった (E・Gで上昇, A・Bでは低下)
- 全地点における表層10cmの底質の¹³⁷Cs濃度平均値は4.8-5.9 kBq/kg

底質の¹³⁷Cs深度分布



上昇傾向の地点

：¹³⁷Cs濃度が高い層が厚くなった



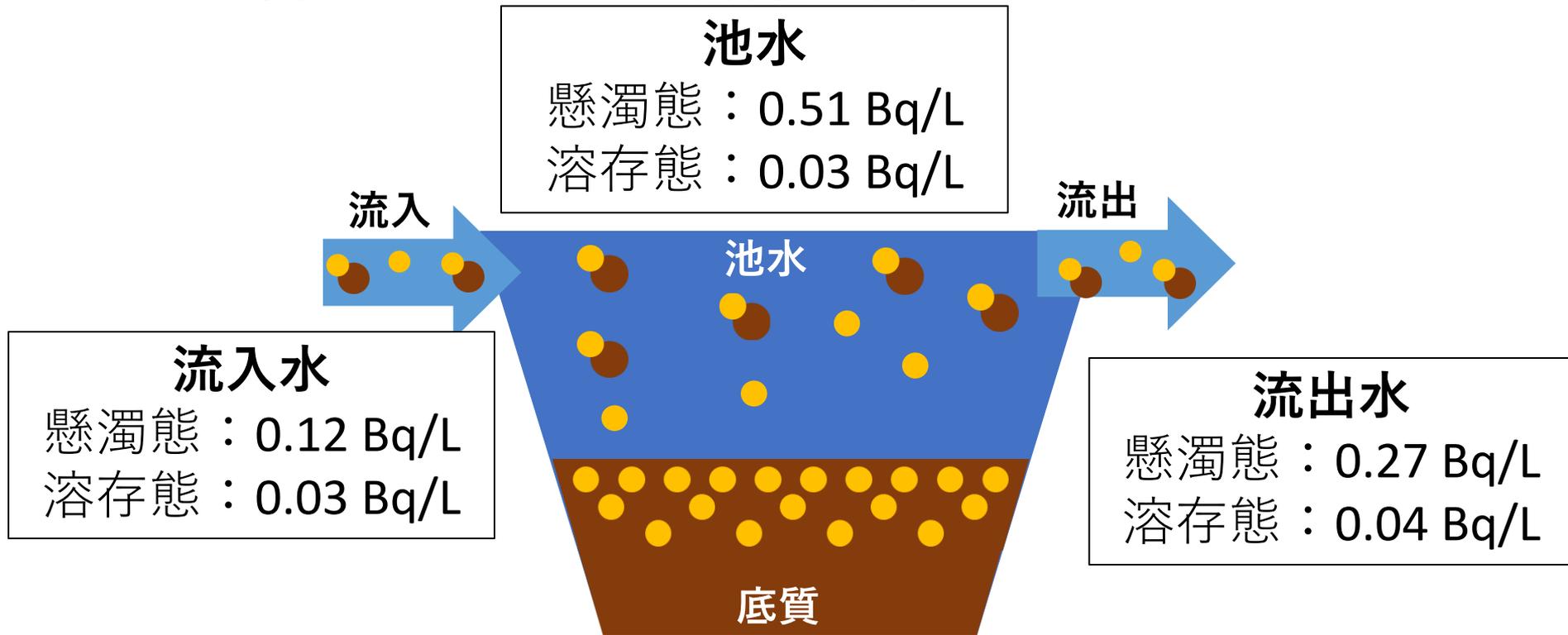
低下傾向の地点

：¹³⁷Cs濃度が低下

流入水, 池水, 流出水の結果

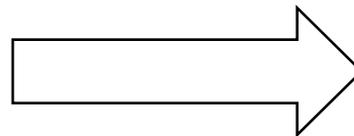
除染後, 流入・流出・蓄積した¹³⁷Cs量の推定

流入水・流出水・池水の¹³⁷Cs濃度平均値



¹³⁷Cs流入量・流出量の推定

- 観測された水の¹³⁷Cs濃度の情報
- 流入・流出する水の量の推定値

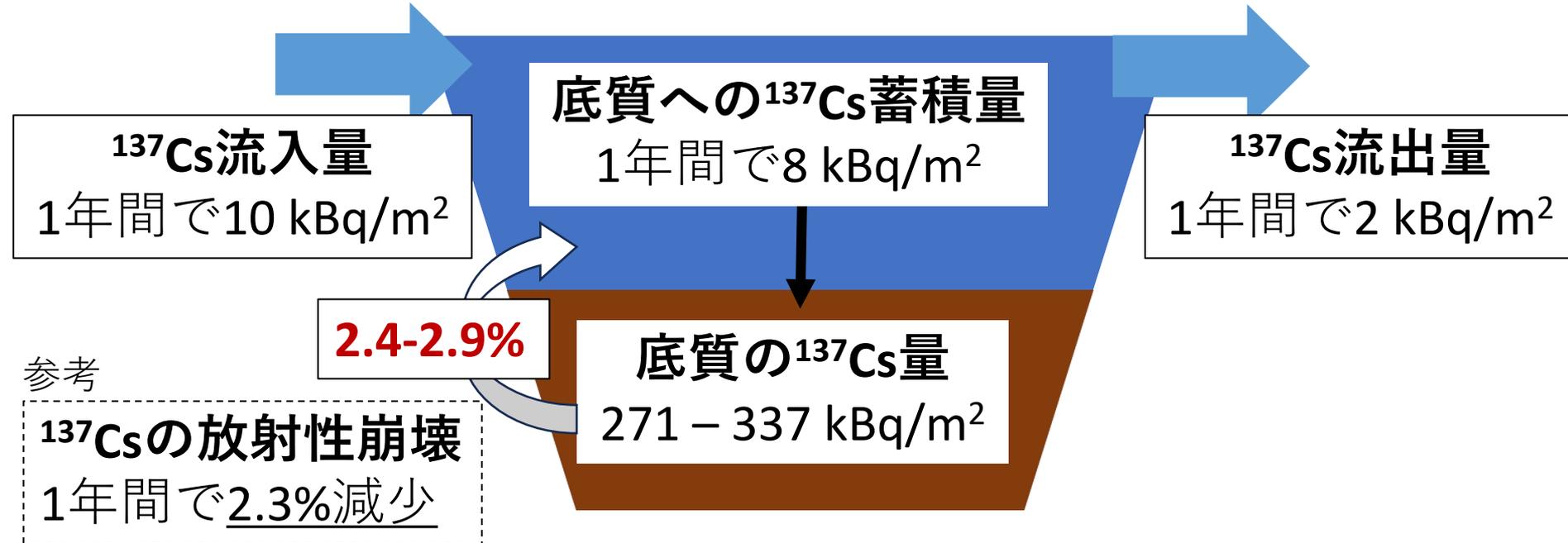


¹³⁷Cs流入量・流出量
(差分から¹³⁷Cs蓄積量)

降水量から推定・流入水量実測値で確認・流入量 = 流出量と仮定

^{137}Cs の流入量，流出量の推定結果・成果の意義

除染後，流入・流出・蓄積した ^{137}Cs 量の推定
流入水・流出水・蓄積量の推定結果



1年間あたりの ^{137}Cs 流入量は底質 ^{137}Cs 量の3.1-3.7%相当
⇒除染後，都市域ため池に蓄積した ^{137}Cs はわずか

【成果の意義】

- ため池における ^{137}Cs の動きを理解・予測し，適切に管理するための重要な知見