

令和 3 年 2 月 3 日

## 帰還困難区域内のため池における長期観測で見えてきたもの - 水に溶けた放射性セシウムは緩やかに減少 -

本学環境放射能研究所 アレクセイ・コノプリョフ特任教授を代表とする研究グループは、長期間の観測結果に基づいて、帰還困難区域内のため池の水中で放射性セシウムがどのように変化してきたかを明らかにしました。

同特任教授らは 2015 年から、ため池の水の濁り成分に含まれる放射性セシウムと水に溶けた状態の放射性セシウムの濃度を継続的に測定し、水に溶けた状態の放射性セシウムの減少が相対的に緩やかであることを示しました。その要因として、底泥や高濃度放射性セシウム含有微粒子から放射性セシウムが溶出している可能性が示唆されました。このほか、水に溶けた放射性セシウムの濃度の季節変化とその要因の検証、濁り成分が放射性セシウムを吸着できる量など、生物への移行や将来的なため池の管理を考える上で有益な知見が示されています。これらの成果はエルゼビア社が発行する学術誌「Chemosphere」にオープンアクセスとして掲載されています。

### 濁り成分の放射性セシウムと、水に溶けた放射性セシウムはともに減少

本研究では、福島第一原子力発電所から 4 km 以内にある 3 つのため池において、2015 年から 1~3 か月の間隔で採水し、ろ過によって濁り成分と水に分けて、それぞれに含まれているセシウム 137 の濃度を測定しました(図 1)。その結果、濁り成分のセシウム 137 の濃度は 1 年間に 25~33%、水に溶けたセシウム 137 の濃度は 1 年間に 9~29% ずつ低下していました(図 2)。

### 水に溶けた放射性セシウムは夏から秋にかけて高くなる

水に溶けたセシウム 137 の濃度は、2016 年、2017 年ともに夏から秋にかけて高い傾向がみられました(図 3)。このような傾向の原因として、水温の上昇によって濁り成分がセシウム 137 を吸着する力が弱くなることや、有機物(落ち葉など)に含まれているセシウム 137 が溶け出しやすくなることが考えられました( )。さらに、チェルノブイリの貯水池などで報告されているように、ため池の底で発生するアンモニウムイオンのはたらきによって、底の泥が吸着しているセシウム 137 が水の中に溶け出しやすくなったことも一因として考えられます。

水中の濁り成分に取り込まれているセシウム 137 は、一般的に他のイオンと交換可能な形で濁り成分に吸着されているもの(交換態)、濁り成分の中の有機物の中に含まれているもの(有機物結合態)、濁り成分の中の鉱物粒子に強く固定されているもの(粒子結合態)に分けられると考えられています(例えば、Tsukada and Ohse, 2016: Integrated Environmental Assessment and Management, 12, 659-661)。

## 福島ではチェルノブイリに比べて放射性セシウムが濁り成分に取り込まれやすい

濁り成分のセシウム 137 濃度を水に溶けたセシウム 137 濃度で割ることによって、どれくらい濁り成分にセシウム 137 が捕捉されているか、逆に言えば、水中にどれだけセシウム 137 が溶け出しているかを数値にすることができます。この数値は、見かけの分配係数(以下、単に分配係数)と呼ばれており、値が高いほど相対的に濁り成分がセシウム 137 を多く捕捉していることを示しています。本研究で得られた分配係数の値は、チェルノブイリの貯水池で得られた値よりも高いものでした。分配係数がチェルノブイリに比べて高いことは、すでに河川やダムの研究によって報告されており( )、その理由として濁り成分の中に細かい土の粒子が多いことやセシウム 137 を強く固定する鉱物が含まれていることが考えられています。本研究で対象としたため池でも細かい粒子が多く、セシウム 137 を強く固定する鉱物が含まれていることを確認しました。さらに、ため池の底の泥の化学形態を調べ、濁り成分がセシウム 137 を交換態として吸着している量を推定しました。

見かけの分配係数の幾何平均値は、チェルノブイリの水域で  $2.9 \times 10^4 \text{ L kg}^{-1}$  であり(IAEA 2010, Technical Reports Series No 472)、福島河川で  $3.0 \times 10^5 \text{ L kg}^{-1}$  (IAEA, 2020; IAEA-TECDOC-1927)です。本研究のため池における算術平均値は  $1.2 \sim 1.6 \times 10^5 \text{ L kg}^{-1}$  でした。

## 水に溶けた放射性セシウムの割合が大きくなっている

濁り成分のセシウム 137 濃度と水に溶けたセシウム 137 濃度のデータから 3 つのため池における分配係数を計算すると、1 年間に 12~18%の割合で低下することがわかりました(図 4)。これは濁り成分のセシウム 137 の濃度が低下する割合が、水に溶けたセシウム 137 の濃度が低下する割合に比べて、大きいことを反映しています。将来的にこの傾向が続くと、水に溶けたセシウム 137 の濃度の割合が相対的に高くなっていくと考えられます。

## 継続的な観測が放射性セシウムの動きの新たな側面を映し出す

チェルノブイリと比べて、細かい粒子やセシウム 137 を強く固定する鉱物が多いだけでは、分配係数が時間とともに低下する理由を説明することができません。そこで考えられたのが、高濃度放射性セシウム含有微粒子からのセシウム 137 の溶出です。この粒子は、事故時に原子炉内などで起こった反応でできた粒子で、水に溶けにくいことが知られています。これまでに行われた室内実験で、これらの粒子からもごくわずかながらセシウム 137 が水中に溶け出ることが示されています。室内実験で得られている粒子から溶け出るセシウム 137 の量をもとに検証すると、本研究における水に溶けたセシウム 137 濃度の低下の割合を決める要因の一つであると考えられました。今後の継続的な観測や室内実験による検証が必要ですが、このような仮説を提示し、検証を重ねることによって放射性セシウムの動きがより明らかになっていきます。

### 【掲載誌・論文】

- ・掲載誌: *Chemosphere* (<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129058>)
  - ・公開日: 2020年11月23日付(オープンアクセス)
  - ・タイトル: “Radiocesium distribution and mid-term dynamics in the ponds of the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant exclusion zone in 2015-2019”
  - ・著者: Alexei Konoplev<sup>a\*</sup>, Yoshifumi Wakiyama<sup>a</sup>, Toshihiro Wada<sup>a</sup>, Cameron Udy<sup>b</sup>, Volodymyr Kanivets<sup>c</sup>, Maxim Ivanov<sup>d</sup>, Mikhail Komissarov<sup>e</sup>, Tsugiko Takase<sup>a</sup>, Azusa Goto<sup>a</sup>, Kenji Nanba<sup>a</sup>
- <sup>a</sup> Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Kanayagawa 1, Fukushima, 960-1296 Japan
- <sup>b</sup> Department of Environmental and Radiological Health Sciences, Colorado State University, Fort Collins, CO 80521, USA
- <sup>c</sup> Ukrainian Hydrometeorological Institute, Nauki av., 37, Kiev, 03028 Ukraine
- <sup>d</sup> Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, 119991 Russia
- <sup>e</sup> Ufa Institute of Biology UFRS RAS, Ufa, 450054 Russia

(お問い合わせ先)

環境放射能研究所

特任教授(副所長)アレクセイ・コノプリョフ

電話: 024-503-2933

メール: r701@ipc.fukushima-u.ac.jp

講師 脇山 義史

電話: 024-503-2978

メール: wakiyama@ipc.fukushima-u.ac.jp

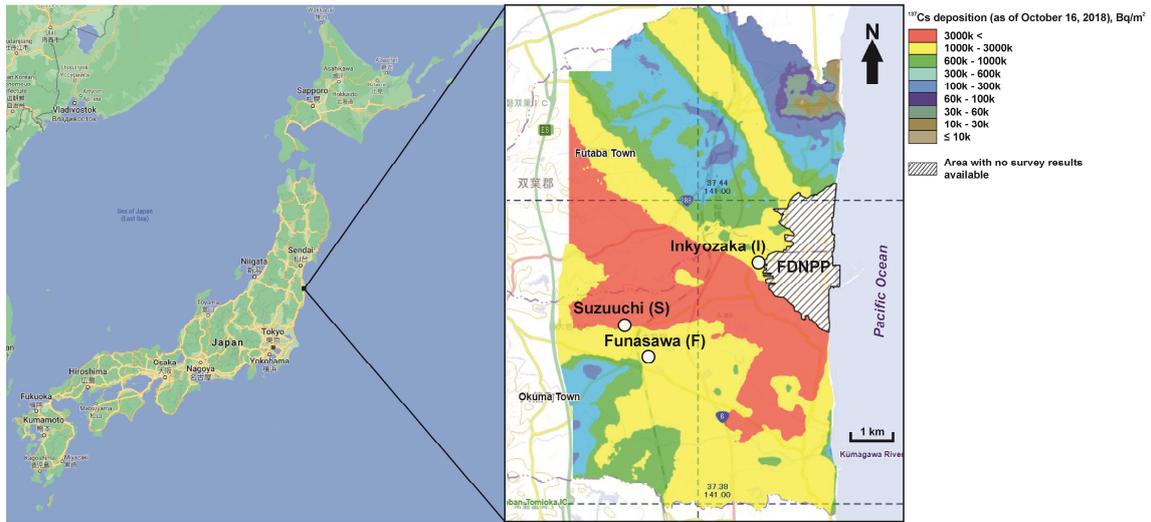


図1. 研究対象としたため池の位置図とセシウム 137 沈着量の分布図。セシウム 137 の分布図は 放射線量等分布マップ拡大サイト ( 英語版 : <https://ramap.jmc.or.jp/map/eng/>) に基づいて作成した。

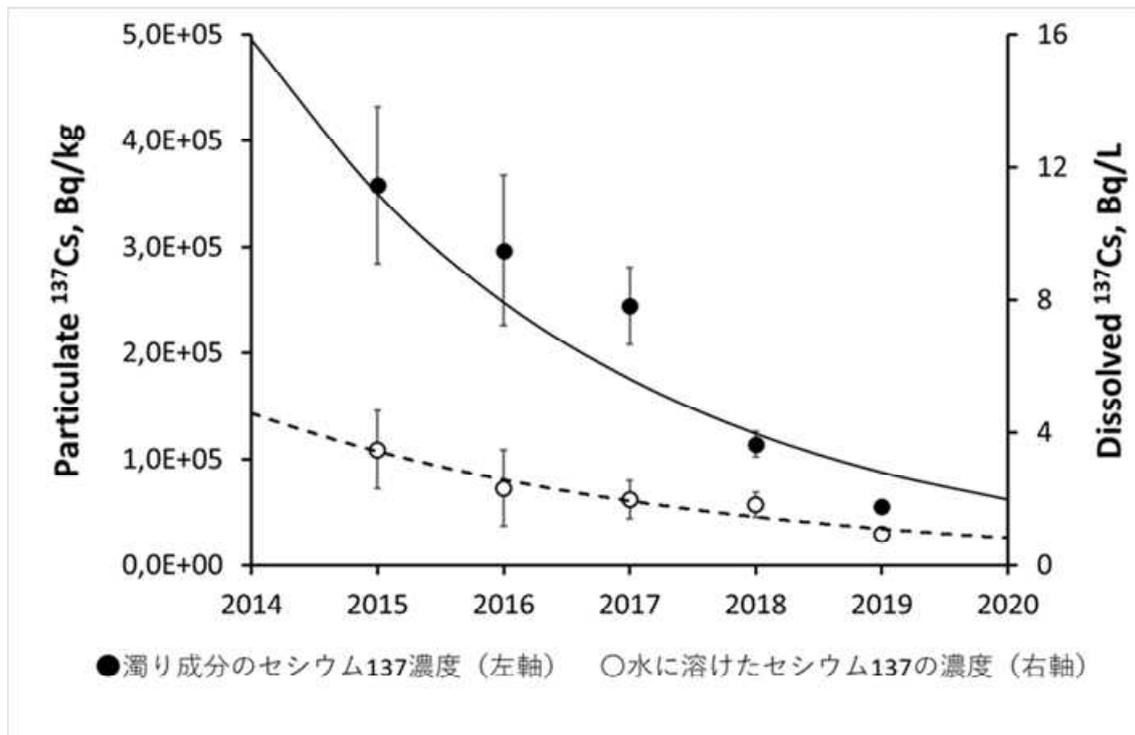


図2. 鈴内ため池における2015年から2019年間の濁り成分のセシウム 137 ( 黒丸、左軸 ) と水に溶けたセシウム 137 ( 白丸、右軸 ) の濃度の時間変化。濃度の低下速度は、水に溶けたセシウム 137 の方が、濁り成分のセシウム 137 よりも遅いことが明らかとなった。

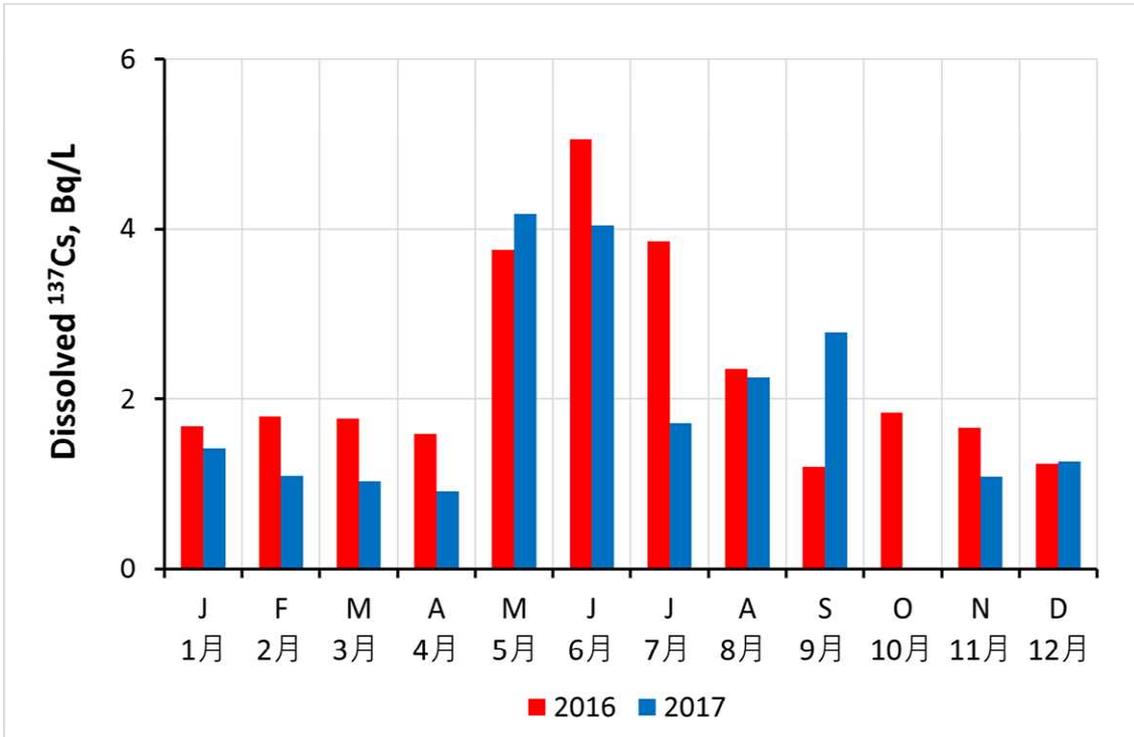


図3. 鈴内ため池における2016年と2017年の水に溶けたセシウム137の濃度の月別値。両年ともに水温が上昇する夏から秋にかけて濃度が高くなっている。

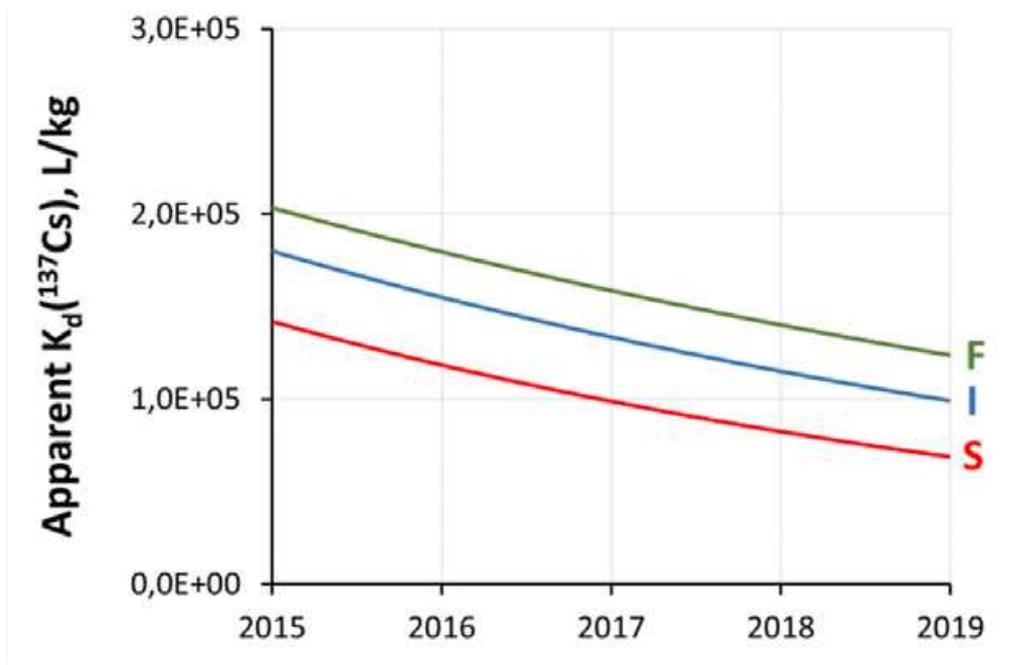


図4. 3つのため池(F, I, Sの地点は図1参照)における2015年から2019年間の分配係数の時間変化の模式図。1年間に12~18%ずつ低下すると推定された(Graphical abstractから抜粋)。