

森林小流域からのセシウムボール流出

Discharged Cs-bearing micro particles from a small forested catchment

○羽田野聡 濱本昌一郎 二瓶直登 西村拓

○Satoshi Hadano, Shoichiro Hamamoto, Naoto Nihei, and Taku Nishimura

1. 背景・目的

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災時に発生した福島第一原子力発電所事故により、多くの放射性核種が大気中に放出された。それらの中で、 ^{137}Cs の半減期は長く、事故後 8 年が経過した現在では、環境中における ^{137}Cs の動態を把握することが重要である。特に、森林に沈着した ^{137}Cs は、降雨時の地表面流出水に伴い、粘土等固体粒子に付着した懸濁態として河川に流入すると考えられている。一年間に森林から河川へ流入する ^{137}Cs は、事故後に森林に沈着した ^{137}Cs の 0.2% 程度であり、未だ多くの ^{137}Cs が森林に残留していると考えられる (Osawa et al., 2018)。また、事故時に放出された ^{137}Cs の形態のひとつにセシウムボール (Cs-bearing micro particle; CsMP) がある。CsMP は電子顕微鏡や放射光分析等で物理化学特性が測定されてきており、 SiO_2 を主成分としたガラス構造で、Zn, Fe 等を構成元素として含み、単位重量たりの放射能は土壌等に比べ大きいことが知られている (Kogure et al., 2016)。このような CsMP は、事故後に福島県内で得られた土壌の試料等から発見されている (Satou et al., 2016)。しかし、CsMP の森林から河川への流入を確認したという報告はない。そこで、本研究では、森林から河川への CsMP 流入の有無を検証することを目的とした。

2. 調査流域・採水試料

(1) 調査流域

福島第一原子力発電所から約 30 km に位置する福島県、相馬郡飯館村東部の森林小流域に調査流域を設定した。

(2) 採水試料

調査流域末端に自動採水器、濁度計、水位計を設置した。降雨時等に河川の水位が一定値を超えた際に河川水の採水を行うシステムを導入した。河川水の採水は降雨イベント毎に行い、一回の降雨イベントで 0.5~2 L を採水した。

3. 実験方法

(1) 採水試料の分画・懸濁態 ^{137}Cs 放射能の測定

前節で述べた採水試料から懸濁物質を分画するために、採水試料の濾過を行った。採水試料を目開き 6 μm の定性濾紙に通水した。その後、濾液を目開き 0.45 μm のメンブレンフィルターに通水した。濾過後の定性濾紙、メンブレンフィルターを乾燥炉を用いて 105 $^{\circ}\text{C}$ で 24 時間程度乾燥させた後、濾紙およびフィルター上の懸濁物質の乾燥重量を測定し、ゲルマニウム半導体検出器を用いてそれぞれの懸濁態 ^{137}Cs 放射能を測定した。

東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

キーワード：セシウムボール 河川水モニタリング 放射性セシウム

(2) 懸濁物質の放射能分布の測定・オートラジオグラフィデータ解析

(1) の濾過後の懸濁物質中での CsMP の有無を検証するために、懸濁物質を台紙上に広げ、イメージングプレート (IP) にかけた。画像処理ソフト (Fiji, ImageJ) を用いて、IP 画像の各部位のシグナル強度から放射能の推定値を算出した。IP への露光時間は3日間とした。

(3) CsMP の単離

(2) のオートラジオグラフィデータ解析の結果、放射能の推定値が高くなった部位を台紙から切り取り、切り取った台紙部位上の懸濁物質を試験管に移して懸濁液を作成した。懸濁液の分割およびγカウンターを用いた放射能の測定を繰り返し、CsMPが入った試験管を特定した。

(4) CsMP の物理化学特性の測定

(3) で単離した CsMP を、エネルギー分散型 X 線検装置 (EDS) を備えた走査型電子顕微鏡 (SEM, Hitachi S-4500) で形態観察および構成元素の分析を行った。その後、集束イオンビーム (FIB, Hitachi FB-2100) を用いて CsMP の断面を作成し、透過型電子顕微鏡 (TEM, JOEL, JEM-2010) での観察、EDS を用いて断面内部の組成分布の解析を行った。

4. 結果・考察

本研究では、同一の採水試料 (試料 a) 中から 2 個の CsMP を単離した (図 1)。試料 a の懸濁物質濃度は 800 mg L^{-1} 、懸濁物質の単位重量あたりの放射能は 40 Bq g^{-1} であった。調査流域においては 2016 年から 2018 年にわたり採水が行われており、これまでの採水試料の懸濁物質濃度は概ね 3000 g L^{-1} 未満であった (図 2)。このことから、採水試料の懸濁物質濃度という観点では、試料 a は特異的な降雨条件によるものではなく、今後も CsMP の流出が起こると考える。

試料 a の全懸濁態 ^{137}Cs 放射能の約 12% が CsMP の放射能であり、また、CsMP の密度を既往の研究から質量を仮定したところ、試料 a 中の全懸濁物質重量の約 $5.7 \times 10^{-9}\%$ が CsMP の質量であった。以上から、CsMP が採水試料中に存在することによる、採水試料の懸濁態 ^{137}Cs 放射能への寄与は大きいと考えられる。

参考文献 Osawa et al., 2018, *Anthropocene* 22: 40-50; Kogure et al., 2016, *Microscopy* 65: 451-459; Satou et al., 2016, *Anthropocene* 14: 71-76

謝辞 この研究は科研費 (15H02467) ならびに平成 30 年度地域復興実用化開発等促進事業費補助金の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

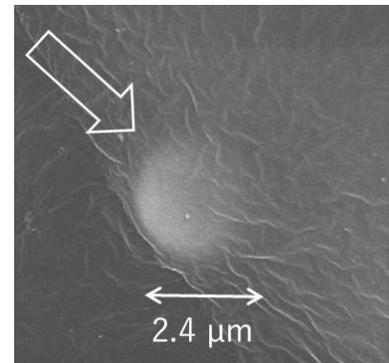


図 1 SEM image of CsMP discovered in the present study

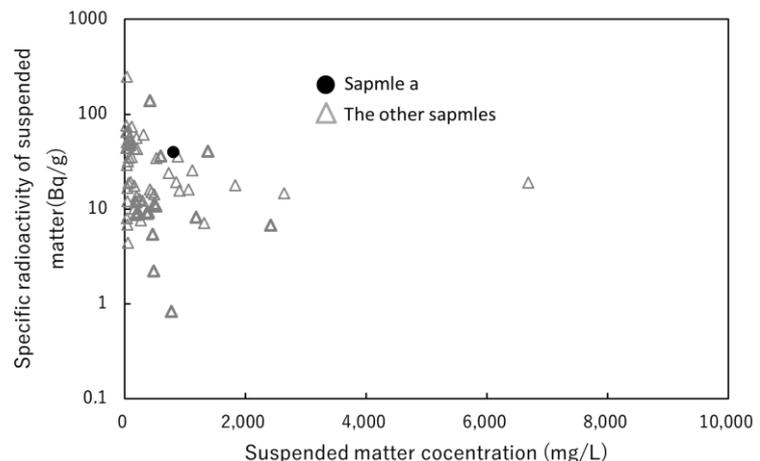


図 2 Suspended matter concentration and specific radioactivity of suspended matter