

福島原発事故によって飛散した放射性微粒子の溶解挙動を解明

福島原発事故により放射性セシウムが大気中に放出され、周辺環境が汚染された。最近の研究により、原子炉から放出された放射性セシウムの一部は、数マイクロン (μm) 以下の微粒子に封じこめられた状態で飛散したことがわかってきた。このような微粒子はセシウムボールとも呼ばれ、一粒子あたりの放射性セシウムの濃度は、汚染土壌粒子等に比べかなり高いため、粒子近傍への局所的な放射線影響が懸念される。

今回、東京大学、農業・食品産業技術総合研究機構（以下農研機構）、日本原子力研究開発機構の研究グループは、この放射性微粒子を構成する珪酸塩ガラスが緩やかではあるが液中で溶解しうる物質であることに着目し、環境中で採取された微粒子試料を用いて、その純水および海水中での溶解速度とその温度依存性を決定した。その結果、海水中での溶解速度は純水中に比べ一桁以上大きく、福島県沿岸域の海水温で半径 $1\ \mu\text{m}$ 程度の放射性微粒子は 10 年程度で完全に溶解する可能性が示された。

今回の実験では、この放射性微粒子の付着した不織布片を溶液（純水と人工海水）に浸漬し、ある温度で一定の時間経過した後、溶液中の ^{137}Cs 濃度をゲルマニウム半導体検出器で測定することで、溶液中に放出された ^{137}Cs の量を算出した。

測定によって算出された ^{137}Cs の溶出速度が放射性微粒子を構成する珪酸塩ガラスの溶解速度に等しいと仮定すると、溶解速度の活性化エネルギーは純水と海水でそれぞれ 65 と $88\ \text{kJ/mol}$ となり、溶液の温度が 13°C （福島市の年間平均気温）のときの微粒子の半径の減少速度は純水中と海水中でそれぞれ 0.014 と $0.140\ \mu\text{m}/\text{年}$ と見積もられた（図 1）。これまでに環境中から採取した放射性微粒子の一般的な大きさである半径 $1\ \mu\text{m}$ の場合、純水では 70 年、海水では 10 年程度で微粒子が完全に溶解する計算になる。

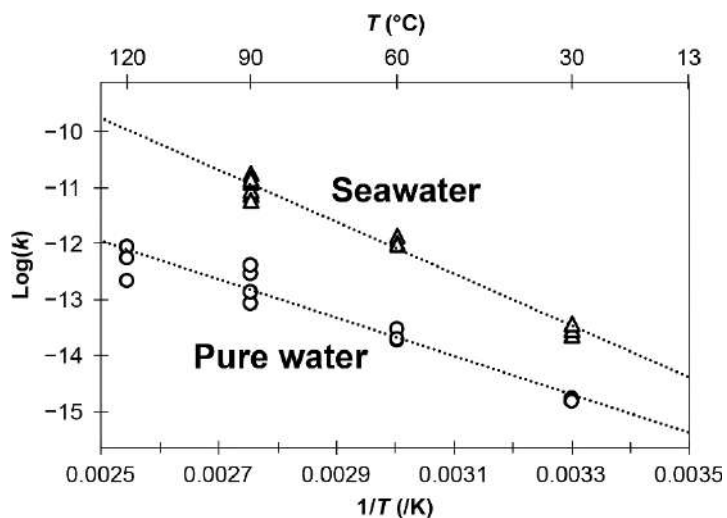


図 1. 放射性微粒子の溶解速度 (k) とその温度 (T) 依存性

また、溶解前後の微粒子を比較した結果、純水中では、溶解により微粒子の体積が明らかに減少するとともに、球形に近い形態から不規則に窪みが形成された形態に変化したことが明らかになった。この微粒子を薄膜化して電子顕微鏡で観察すると、その表面にはガラスに含まれてスズや鉄が酸化物として表面に形成されていた。一方海水中での溶解では、もとの微粒子の表面が殻のように残ってそこにスズや鉄の酸化物が形成され、その内部に微粒子の未溶解の部分が残っていた (図 2)。

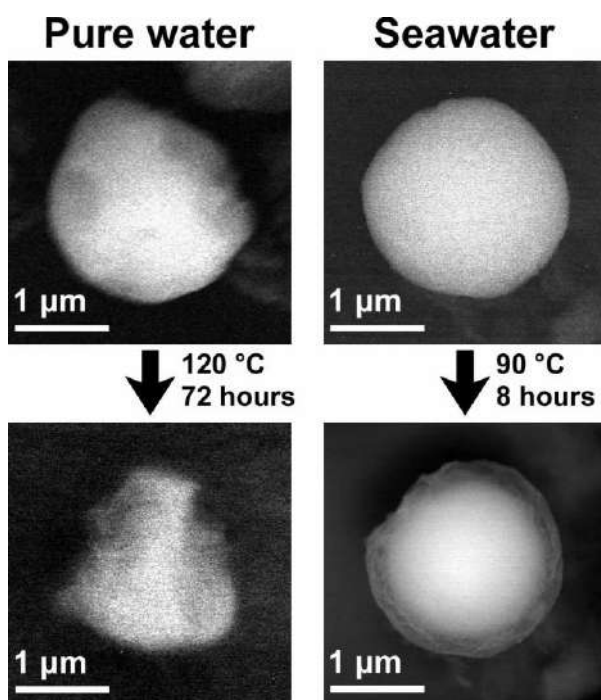


図 2. 溶解実験前後での放射性微粒子の形態変化を示す走査電子顕微鏡写真。

上記の結果から、河川、海洋、土壌などさまざまな環境中に残留している放射性微粒子が水と接触することで、そこでの温度や溶液の組成、水素イオン濃度等に依存した速さで溶解が進行し、液中に放射性セシウムを放出しながら微粒子自身は数年～数十年のうちに消滅する可能性が示された。本研究の成果は、福島原発事故により放出された放射性セシウムによる放射線影響や、環境汚染の今後の変遷を明らかにする上で重要な科学的知見となるものである。

文 JST 客观日本编辑部

日文发布全文 <https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2019/6288/>