

## 放射性セシウムの土壌中の挙動、水系への流出

東京大学大学院農学生命科学研究科 生物・環境工学専攻 塩沢 昌

放射性セシウムの環境中の挙動として重要なのは、他の陽イオン（たとえばカドミウム）と違って、土壌に強く固定されて水とともに移動しにくく、土壌被覆の土地で地下水や河川流出することがほとんどなく、土壌に高濃度で存在するのにもかかわらず植物にほとんど吸収されないことである。しかし、2011年の原発事故後の発表者らの土中のセシウム移動量調査や農作物モニタリングが示す重要な点は、セシウムが土壌表面にフォールアウトした直後には予想外に移動しやすく植物にも吸収されやすかったが、2～3ヶ月の時間を経て、当初の土壌への弱い固定から強い固定が進んだことである。

### 1. 放射性セシウムの土中の挙動

2011年5月に郡山の不耕起水田ではじめて測定した土壌中の放射性セシウムの鉛直分布は、表層に高濃度で止まっていた（0～3cmに90%）とはいえ（一般にはこの点が注目されるが）、降雨浸透による水分子の移流降下速度と比べて1/10～1/20の速い速度で移動していたのである。しかしその後は、発表者が開発した土壌中の放射セシウム移動速度のモニタリング手法（鉛コリメータを付けたシンチレーションプローブで測定した鉛直濃度分布の重心深さの2時点の差を平均移動速度とみなす）での現場測定によれば、水分子の移流降下速度（約1000mm/y）の1/200～1/500に低下している（第1回報告会）。また、これも発表者が開発した地表面放射能（Bq/m<sup>2</sup>）の現場測定法（鉛コリメータ付きシンチレーションプローブで、不十分な遮蔽を補正して感度を高めている）で、2012年に郡山の花木園の畝に直交する水平方向の表面濃度分布を10cmごとに測定して地盤標高分布と比較したところ、畝の谷が山に比べて2～3倍もセシウム濃度が高く、地盤標高分布とよく対応しており、2013年の水平濃度分布は2012年とは変わっていない。フォールアウト時の降雨は弱い雨で水平流が生じるものではなく、2011年4～5月に比較的強い降雨があり、水平移動は、この降雨時の水の流れで生じたと思われる。すなわち、フォールアウトから2-3ヶ月は水溶性セシウムがかなり存在していたことを示すものと思われる。そして、2011年の福島産野菜のモニタリングによれば（葉への直接付着を除く）土壌からの吸収によるセシウム濃度が、2011年が6月までは測定にかかるサンプルがあったが、6月以降はほとんどNDとなっており、セシウムの土壌への強い固定が進行した結果、根から吸収されなくなったと考えられる。このように様々な観測事実が、2-3ヶ月の時間経過で、フォールアウトした放射性セシウムの土壌への弱い固定から強い固定への移行が進んだことを示している。

### 2. 放射性セシウム水系への流出

福島県の一部のため池や市街地河川、阿武隈川や阿賀野川に放射性セシウム濃度の高い底泥が堆積している地点がみられ、ホットスポットとなっており、河川流域の大半は山の森林であるから、山からのCsの流出が心配されてきた。しかし、Csが土壌と地表の有機物

(草木) に著しく固定されやすい特性からすれば、放射性 Cs の流出源は土壤被覆のある山や農地とはかんがえられず、土壤被覆のない市街地（アスファルトや建物屋根）からの流出であると申請者は考えた。この仮説を検証するために、ため池の底泥が 2011 年 3 月以降に上流から流入した Cs を、池に直接降下した Cs とともに蓄積していることに着目し、上流域が森林であるため池と上流域の土地被覆の大半がアスファルトと建物であるため池において、底泥に堆積している放射性 Cs の総量を測定して池に放射性セシウムとの比を求め、ため池への Cs の流入量（上流域からの流出量）を比較した。また、この調査を可能にするために、シンチレーションサベーターで池の底泥表面の Cs 濃度を現場の水中で測定しスキュンする方法を新たに開発した。この結果、上流が森林である 2 つのため池の底泥に蓄積している池の単位面積当たりセシウムはフォールアウトした量より少なく（85%）、一方、のにと上流域の大半が建物やアスファルトである一つのため池においては、底泥の蓄積濃度がフォールアウト濃度の 5 倍で、上流（アスファルト）からの大きな流出がため池に溜まっていることを示した。水系への大きなセシウム流出が林地や農地からではなく、フォールアウト直後に市街地から生じたことを示す証拠である（第 7 回報告会）。

農水省の調査でも、高濃度にセシウムが蓄積したため池は市街地のため池である。また、大柿ダムへの流入セシウム調査（農水省）の結果を分析すると、流域からの流出量（ダムへの流入）が上流域にフォールアウトしたセシウムの 1/1000 程度であることを示している（流出半減期は 600 年程度で、Cs-137 の自然崩壊の半減期 30 年に比べて無視できるレベルである）。

### 3. 放射性セシウムの農作物移行

福島産の米や野菜など農作物の放射性セシウム濃度は 2011 年秋以降、十分に低く、問題がない。2011 年産米に例外的に高濃度汚染米が生じたが、カリウム不足とともに水田表面を覆っていた有機物（雑草や腐食）に付着して土壤への強い固定が遅れて吸収されたと発表者は推定し（第 2 回報告会）、翌年産から米への移行は大幅に低下すると予想したが、そのとおりになった。米への移行は既に十分に低いレベルになったが、今後の長期変化については、大気圏核実験由来の放射性セシウムの吸収を調査した過去の研究により、平均的には 20 年間で 1/10 になる程度の割合でゆっくりと減少すると予想される。

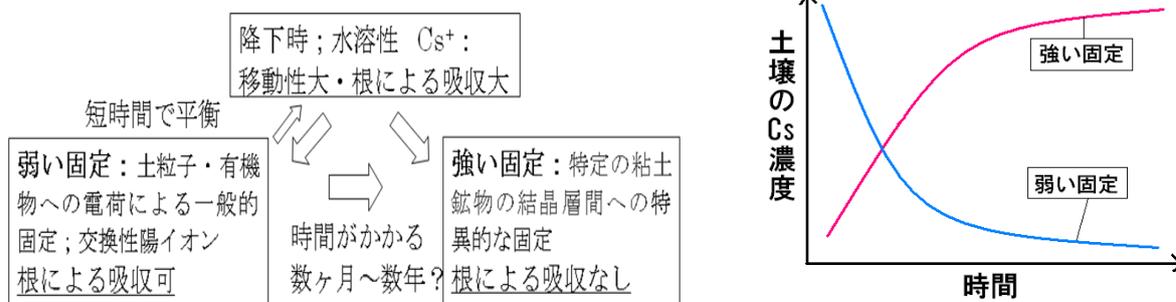


図 土壤・有機物による放射性セシウムの固定。