

河川流域における放射性物質の流動・堆積特性に関するデータ分析

国土交通省 国土技術政策総合研究所 環境研究部 河川環境研究室 鶴田 舞

1. はじめに

2011年3月の東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故により、環境中に放射性物質が放出された。これまで文部科学省、環境省等の所管省庁・機関により、放射性物質の拡散・移流、地上への降下や環境中での移行等についての調査が実施されている。河川流域における放射性物質の挙動は限られたデータにより十分解明されていないが、現時点で把握できることを整理し河川管理者として知見を得ることは有用である。そこで国総研では、河川流域における放射性物質のモニタリング結果や研究結果を収集し、放射能濃度の時系列変化、水中の放射能濃度と水質との関係や、底質中の放射能濃度と底質性状の関係等について分析した。

対象データは、東北地方及び関東地方において、環境省、文部科学省及び各都県が2011年3月から2012年12月までに公表した河川・湖沼における放射性物質モニタリング結果とした。

2. 放射性セシウムの初期沈着状況

文部科学省による航空機モニタリング結果(2011年11月5日時点の換算値)に基づき、水系流域毎に放射性Csの沈着状況を集計した結果を図-1に示す。沈着量が突出して高かったのは福島県内から太平洋に注ぐ二級水系河川で、次いで阿武隈川水系、利根川水系の順であった。

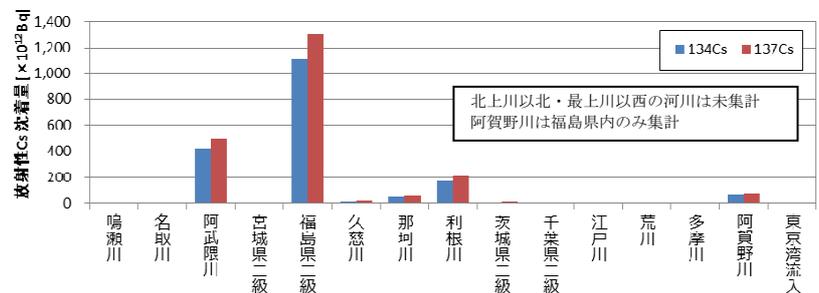


図-1：放射性セシウムの初期沈着状況（水系別）

3. 水質モニタリングデータの分析

水質の全測定数 3,684 例のうち、放射性 Cs の検出例は 123 例（検出割合 3.3%）と非常に少なかった（図-2 参照；調査主体により検出限界が異なるため、1 Bq/L 未満の値は不検出として取扱った）。Cs が検出された水系は、河川では阿武隈川水系、福島県二級水系等 4 水系、湖沼では阿武隈川水系、福島県二級水系のみであった。

水中の Cs 濃度と SS 及び濁度との関係を求めたところ、SS については河川・湖沼共に有意な相関は認められなかったが、河川水中の Cs 濃度（懸濁態を含む）と濁度は弱い正の相関が認められた（有意水準 5%）。

阿武隈川水系で 3Bq/L 以上の ¹³⁷Cs が検出された 4 地点を抽出し、水質・水位変動との関係を整理した。¹³⁷Cs の検出日と SS 及び濁度の関係を見ると、¹³⁷Cs の検出日に SS と濁度が高値を示しており、水中の濁り分と Cs 濃度に関連がある。ただし、¹³⁷Cs や SS 及び濁度の濃度と水位変動の間には顕著な関係が認められず、1 地点でこれらの検出日と高水位のピークが一致した以外は、大きな水位変動が見られなかった。この結果は Cs を含む濁り成分の発生が水位変動と完全に一致していないことを示している。

降雨時や洪水時を対象とした調査が行われていないため、出水時のデータが極めて少なく、Cs 濃度と出水の関係を考察するのは困難である。しかし、SS や濁度と Cs 濃度の間に一定の関連が認められたことから、降雨や出水などのハイドロイベントが放射性物質の移動に影響している可能性は高いと考えられる。

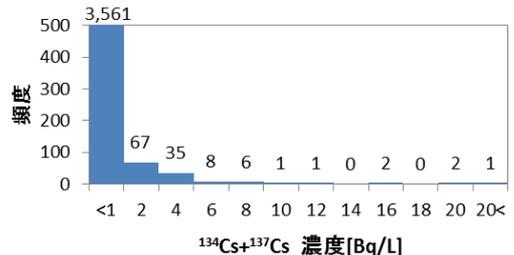


図-2：河川・湖沼水中（表層水）における放射性セシウム測定結果

4. 底質モニタリングデータの分析

底質の全測定数 2,855 例のうち、Cs の検出例は ¹³⁷ で 2,738 例（検出割合 96%）と多くの地点で検出された（調査主体により検出限界が異なるため、10Bq/kg 未満の値は不検出として取扱った）。8,000Bq/kg を超える濃度が継続的に検出された地点は、除染特別地域を含む流域（福島県内二級水系）で、その検出割合は全調査地点の 17%程度であった。文部科学省による航空機モニタリングの放射性セシウム沈着量の分布と比較すると、傾向が一致している。

阿武隈川水系について、ArcGIS の落水線解析を用いてモニタリング地点を下流端とする小集水域を設定し、小集水域毎の放射性セシウム沈着密度と 2012 年 7～9 月期における底質中の ^{137}Cs 濃度との相関を求めた (図-3)。河川では両者に有意な正の相関が認められ (有意水準 0.1%)、河川の底質が流域の汚染レベルを反映していることが示唆された。湖沼については有意な相関が認められなかった。湖沼では、河川と比較して小集水域へのセシウム沈着密度に対する底質中セシウム濃度が顕著に高い値を示している。湖沼が懸濁物を蓄積しやすい傾向を示すものと考えられる。

各河川最下流測定地点の底質 ^{137}Cs 濃度の経時的変化を図-4 に示す。流域への Cs 沈着量が多い阿武隈川の濃度が突出しているという結果ではな

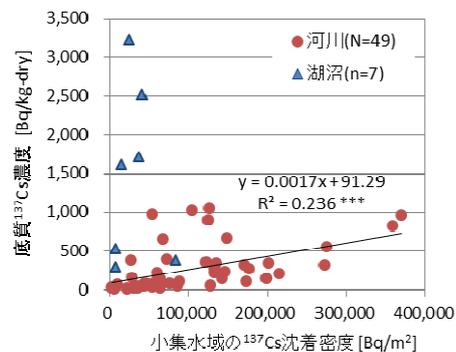


図-3：底質中の ^{137}Cs 濃度と流域沈着量の関係 (阿武隈川水系)

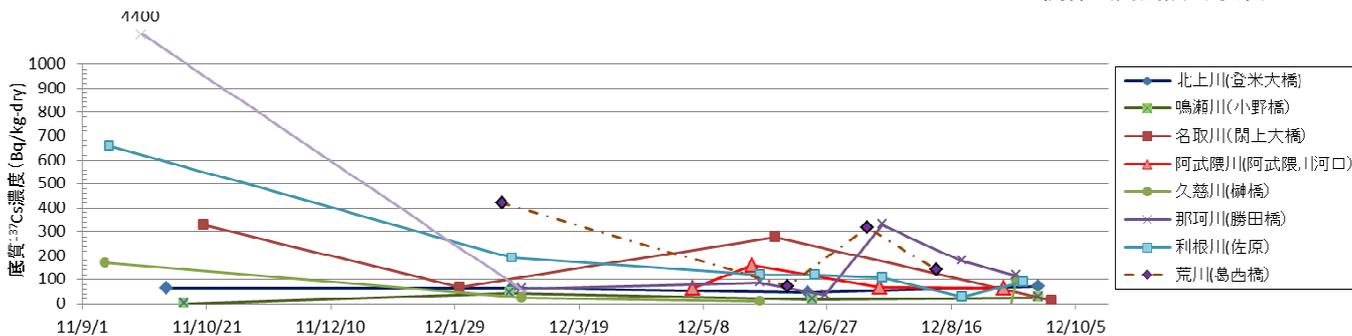


図-4：各河川最下流地点における底質 ^{137}Cs 濃度の時系列変化

かった。測定日による変動があり、経時的な傾向は捉えづらい。

阿武隈川水系から底質中の ^{137}Cs 濃度が大きく変動した地点を抽出し、Cs 濃度と水位変動との関係を整理した。2011 年 9 月と 2012 年 5 月に発生した大きな水位変動の後には、多くの地点で ^{137}Cs 濃度が低下している。この時の底質性状を見ると、性状区分がシルト・粘土主体から砂主体に変化している地点があり、大規模な出水による小粒径成分の流出が Cs 濃度を低下させた要因と推測される。

一方、水位変動が小さい時期には ^{137}Cs 濃度の変化が見られない地点が多く、水位変動が極めて小さかった 2011 年 10 月～2012 年 3 月の期間、底質性状と ^{137}Cs 濃度がほとんど変化していなかった。比較的小規模な水位変動が繰り返された 2012 年 2 月～5 月に、底質の性状が砂主体からシルト・粘土主体に変化し、 ^{137}Cs 濃度の増加が認められた。このような時期には、小規模の水位変動が断続的に発生しており、降水あるいは融雪出水に伴って周辺地域から流入した放射性物質を含む土粒子が河底に堆積し、底質の放射性セシウム濃度を上昇させた可能性が考えられる。

底質の粒度組成データから最頻粒径区分を抽出し、底質中の ^{137}Cs 濃度との関係を調べたところ、最頻粒径区分の粒径が小さいほど ^{137}Cs 濃度が高くなる傾向が見られた。放射性セシウムは比表面積の大きい細粒土粒子に吸着しやすいといわれており、一致する結果となった。

5. まとめ

水中の放射性 Cs は検出例が少なく分析が困難であったものの、SS や濁度と Cs 濃度の間に一定の関連が認められた。降雨時や洪水時を対象とした調査が今後必要と考えられる。

河川底質中の放射性 Cs は、平水時には変動が小さく、出水前後に濃度変化が見られた。また、流域への Cs 沈着密度、粒径が濃度に寄与していることが分かった。今後は降雨時前後の堆積状況・粒度組成の変化に着目したモニタリングが必要と考えられる。なお、底質の粒度組成が濃度変化に寄与することから、測定地点における採泥箇所を選定・採泥厚の均一化等が地点間・時点間の比較のために重要である。

謝辞

水系毎の Cs 沈着量、小集水域毎の Cs 沈着密度の算出にあたっては、文部科学省より第 4 次航空機モニタリング測定結果 (放射性セシウム沈着量) についてデータの提供を受けた。ここに記して謝意を表す。