

福島県阿武隈川，新田川，太田川水系における
放射性セシウムの土地利用別流出特性評価
Assessment of radiocesium discharge characteristics related to land uses
in the Abukuma, Niida and Ota River systems in Fukushima

Key words: Radiocesium, Discharge, Land use

水環境工学分野 竹口 輝

1. 緒言

福島第一原子力発電所の事故によって放出され、陸域に沈着した放射性セシウム（以下，Cs）は、溪流や河川などの水系を通じて徐々に流出している。こうした現状をふまえ，Csの汚染対策を構築する上で河川水中のCsの長期的なモニタリングや流出特性の解明は重要である。本研究では，福島県東部を流れる阿武隈川水系，新田川水系，太田川水系において流域の土地利用面積割合がCsの流出に及ぼす影響を考察した。

2. 材料・方法

2.1 調査地点とその流域

調査地点は福島県内の12地点の河川である(図1)。また，各調査地点について，調査地点より上流に位置する河川の流域における土地利用面積割合とCs平均沈着量を，GISデータを用いて算出した(表1)。

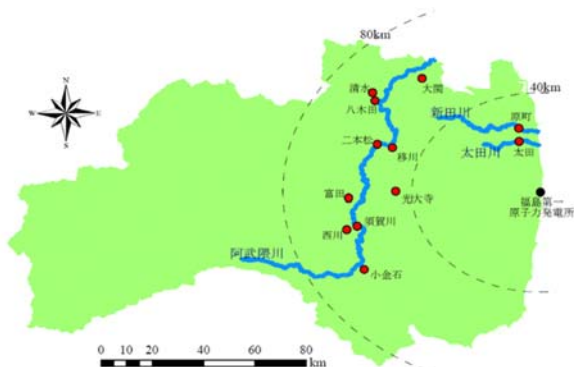


図1 調査地点

表1 各調査地点の流域データ

地点No.	地点名	流域土地利用面積割合(%)				Cs平均沈着量(Bq/m ²)
		農用地	森林	市街地	その他	
1	須賀川	34.33	54.25	8.04	3.39	26693
2	二本松	32.39	54.70	10.21	2.70	60222
3	小金石	29.12	62.69	5.58	2.61	25421
4	西川	28.54	63.53	5.97	1.97	95718
5	清水	6.82	84.41	5.08	3.68	49626
6	移川	43.49	42.53	11.24	2.74	117002
7	大関	21.24	73.36	4.21	1.19	165681
8	光大寺	29.46	62.41	6.82	1.32	42335
9	富田	32.09	41.19	26.01	0.71	75102
10	八木田	16.77	68.46	9.28	5.49	41438
11	原町	20.31	75.29	2.22	2.18	640372
12	太田	4.63	92.54	0.42	2.42	1227913

2.2 河川水の採取と分析方法

2014年5月10日，6月8日，7月4日，9月2日に各調査地点で河川水を採取し，Cs濃度を測定した。Cs濃度を測定するにあたり，サンプル水中のCsを溶存態Cs濃縮装置（藤原製作所製）^{1,2)}を用いて分離・濃縮した。まず，孔径1μmのSS物質回収カートリッジ（日本バイリーン社製，RP13-011）¹⁾にサンプル水を通しSSに吸着しているCs（懸濁態Cs）と水に溶けているCs（溶存態Cs）を分離した。続けて，サンプル水に含まれる溶存態Csを亜鉛置換体ブルシアンブルー担持不織布カートリッジ（日本バイリーン社製，RP13-011）³⁾を用いて濃縮した。これらの過程で得られた2種類のカートリッジを所定容器に入れてゲルマニウム半導体検出器で分析してCs濃度を測定した。同時に，SS濃度を測定し，懸濁態Cs濃度をSS濃度で除すことで単位SS質量あたりのCs濃度（以下，SSあたりのCs濃度）を算出した。

3. 結果・考察

3.1 Cs濃度と土地利用の関係

懸濁態Cs濃度，溶存態Cs濃度，全濃度，SSあたりのCs濃度は各流域土地利用面積割合（農用地，森林，市街地）と明確な相関を示さなかった。土地利用よりもCs濃度を決定する要因が他にあり，それにより土地利用によるCs濃度への影響が直接反映されなかったと考えられる。

3.2 溶存態流出率

溶存態Cs濃度はCs平均沈着量と相関があった。そこで，地点ごとのCs平均沈着量の違いによる影響を排除した溶存態Cs濃度と土地利用の関係を評価するために，溶存態流出率を式(1)で定義する。

溶存態流出率(m²/kL)=

$$1,000 \times \text{溶存態Cs濃度(Bq/L)} / \text{Cs平均沈着量(Bq/m}^2\text{)} \quad (1)$$

溶存態流出率は農用地割合，森林割合と相関を示さなかった。一方，図2に示すように市街地割合が増加すると溶存態流出率が増加する傾向が見られた（決定係数 0.0950~0.4085）ことから，都市域に沈着したCsは溶存態として流出しやすいといえる。

これは粘土粒子や有機物，腐植土に対して高い吸着

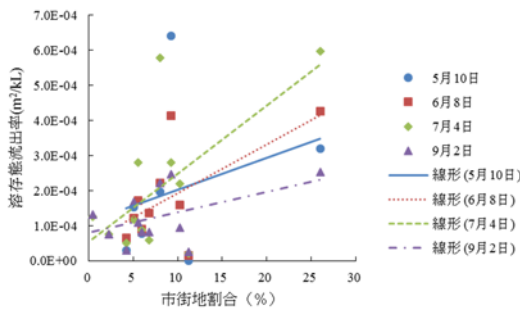


図2 溶存態流出率と市街地割合の関係

性を有する Cs がこれらに乏しい都市域に沈着した場合、Cs は吸着することなく Cs イオン（溶存態）のまま河川に流出しているためと考えられる。

3.3 連行係数

溶存態 Cs 濃度だけでなく、SS あたりの Cs 濃度も Cs 平均沈着量と相関が確認された。そこで、地点ごとの Cs 平均沈着量の違いによる影響を排除した SS あたりの Cs 濃度と土地利用の関係を評価するために、連行係数を式(2)で定義する。

連行係数(m²/kg)=

SS あたりの Cs 濃度(Bq/kg)/Cs 平均沈着量(Bq/m²) (2)

連行係数は土地利用に依存する⁴⁾と報告されているが、連行係数と各土地利用面積割合（農用地、森林、市街地）は明確な相関を示さなかった。SS あたりの Cs 濃度は表土の有機物量や粒径等の表土状態に強く影響を受けるため、土地利用面積割合ではなく、地質、森林の樹種、農用地における耕作の有無、農用地で栽培されている作物の種類等の土地利用状況が連行係数に影響を与えたと考えられる。

3.4 懸濁態 Cs の流出特性

図3に示すように SS 濃度は農用地割合が大きい地点で高い傾向にある（決定係数 0.1645~0.6150）。また、多くの地点において懸濁態 Cs 濃度と SS 濃度の相関が強い（図4）ことから、懸濁態 Cs 濃度は SS 濃度に依存する。SS 濃度の増加は降水に起因するので、SS が流出しやすい農用地割合が大きい地域では、降水時に懸濁態 Cs が流出しやすい条件になるといえる。

4. 結言

本研究では、陸域に沈着した Cs の河川系への流出特性を、流域土地利用面積割合が及ぼす影響に主眼を置いて考察した。その結果、懸濁態 Cs 濃度、溶存態 Cs 濃度、全濃度、SS あたりの Cs 濃度と流域

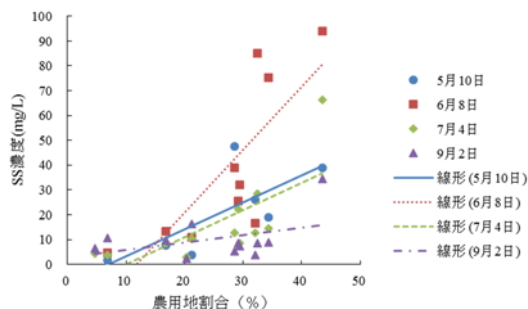


図3 SS 濃度と農用地割合の関係

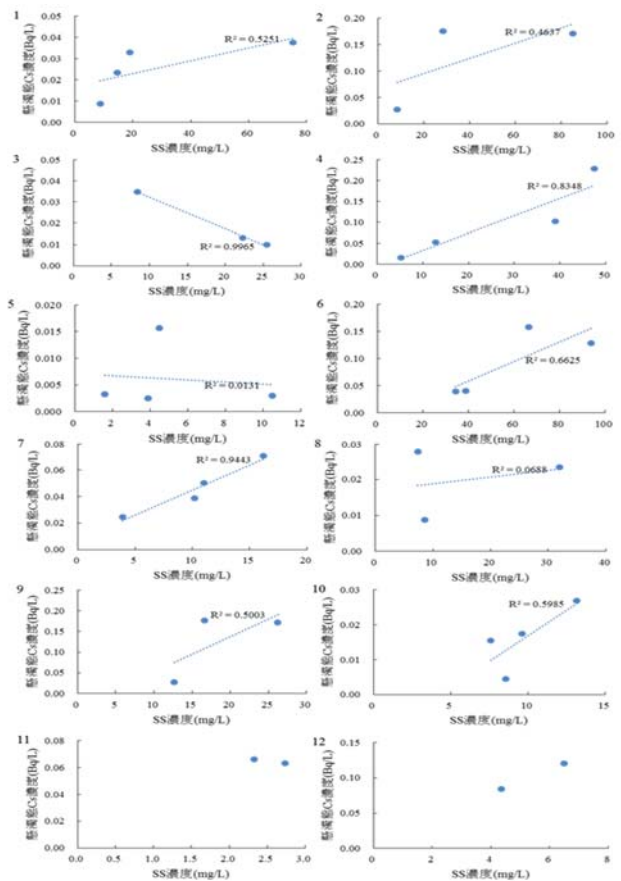


図4 懸濁態 Cs 濃度と SS 濃度の関係（数字は地点 No.）

土地利用面積割合には明確な相関がないことが示された。市街地割合が大きい流域では溶存態流出率が高くなる傾向が見られ、都市域からは、Cs は溶存態として流出しやすいことが示された。また、連行係数は流域土地利用面積割合とは明確な相関を示さなかった。懸濁態 Cs 濃度と SS 濃度は相関が強いことから、SS が流出しやすい農用地割合が大きい地域では、SS 濃度が増加する降水時に懸濁態 Cs が流出しやすい条件になるといえる。

参考文献

- 1) Tsuji, H., Kondo, Y., Suzuki, Y., Yasutaka, T., 2014. Development of a method for rapid and simultaneous monitoring of particulate and dissolved radiocesium in water with nonwoven fabric cartridge filters. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 299(1), 139-147.
- 2) 保高徹夫, 辻英樹, 今藤好彦, 鈴木安和, 2013, プルシアンブルー不織布カートリッジを用いた水中の溶存態放射性セシウムの迅速モニタリング技術の開発, 分析化学, 62(6), 499-506.
- 3) Yasutaka, T., Tsuji, H., Kondo Y., Suzuki, Y., Takahashi, A., Kawamoto, T., 2015. Rapid quantification of radiocesium dissolved in water by using nonwoven fabric cartridge filters impregnated with potassium zinc ferrocyanide. Journal of Nuclear Science and Technology, in press.
- 4) Yoshimura, K., Onda, Y., Kato, H., 2014a. Evaluation of radiocesium wash-off by soil erosion from various land uses using USLE plots. J. Environ. Radioact. xxx (2014), 1-8.