

# 福島県阿武隈川，新田川，太田川流域における 河川水中の放射性セシウム濃度と土地利用の関係 Relationship between radiocesium concentration of river water and land uses in the Abukuma, Niida and Ota River Basins in Fukushima

○竹口 輝\* 中村公人\*\* 保高徹生\*\*\* 宮津 進\*\*\*

Akira Takeguchi, Kimihito Nakamura, Tetsuo Yasutaka, Susumu Miyazu

**1. はじめに** 2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震に伴って福島第一原子力発電所が被災し，多量の放射性物質が大気中に放出された．放射性セシウム（以下，Cs）は放出された主要な放射性物質の一つであり，陸域に沈着したCsの大部分が地表面に残存し，降水によって溪流や河川を通じて徐々に流出している．福島県は地形の変化に富み，多様な土地利用が展開されていることから，土地利用毎の流出特性の違いの影響が河川水の水質特性に現れるのではないかと考え，本研究ではCsの流出特性と土地利用との関連性を広域的に考察することを目的とした．具体的には，福島県東部を流れる阿武隈川，新田川，太田川水系の河川水中のCs濃度を形態別に測定し，Cs沈着量等の影響を考慮して，流域の土地利用面積割合がCsの流出特性に及ぼす影響を考察した．

## 2. 調査方法

**2.1 調査地点とその流域** 福島県内の12地点の河川水を採取した（図1）．全ての調査地点は福島第一原子力発電所から半径80km圏内に位置している．各調査地点について，調査地点の集水域の土地利用面積割合とCs平均沈着量をそれぞれ国土交通省が公開しているGISデータおよび原子力規制庁が報告している第7次航空機モニタリング調査の結果を用いて算出した（表1）．

**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濃度を測定するに当たり，サンプル水中のCsを，孔径1 $\mu$ mのSS物質回収カートリッジ<sup>1)</sup>（日本バイリーン社製）にサンプル水を通し，SS成分を分離した．このSSに吸着しているCsを懸濁態Csとした．続けて，サンプル水を亜鉛置換体プルシアンブルー担持不織布カートリッジ<sup>2)</sup>（日本バイリーン社製）に通し，これに吸着したCsを溶存態Csとした．これらの過程で得た2種類のカートリッジを所定容器に入れ，ゲルマニウム半導体検出器によりCs濃度を測定した．SS物質回収カートリッジの乾燥重量測定からSS濃度が求められる．懸濁態Cs濃度をSS濃度で除して単位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. 結果と考察

**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（懸濁態+溶存態），SSあたりのCs濃度は集水域の各土地利用面積割合（農用地，森林，市街地）と明確な相関を示さなかった．Cs平均沈着量が対象集水域で最大3オーダーも異なっ



図1 調査地点  
Observation points

表1 各調査地点の流域データ

Catchment characteristics of each observation point

地点 No.	地点名	土地利用面積割合(%)				Cs平均沈着量 (Bq/m <sup>2</sup> )
		農用地	森林	市街地	その他	
1	須賀川	34.33	54.25	8.04	3.39	26,693
2	二本松	32.39	54.70	10.21	2.70	60,222
3	小金石	29.12	62.69	5.58	2.61	25,421
4	西川	28.54	63.53	5.97	1.97	95,718
5	清水	6.82	84.41	5.08	3.68	49,626
6	移川	43.49	42.53	11.24	2.74	117,002
7	大関	21.24	73.36	4.21	1.19	165,681
8	光大寺	29.46	62.41	6.82	1.32	42,335
9	富田	32.09	41.19	26.01	0.71	75,102
10	八木田	16.77	68.46	9.28	5.49	41,438
11	原町	20.31	75.29	2.22	2.18	640,372
12	太田	4.63	92.54	0.42	2.42	1,227,913

\*京都大学農学部 Faculty of Agriculture, Kyoto University \*\*京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University \*\*\*(独)産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

キーワード: 放射性セシウム, 河川水, 流出特性

いることが主要因と考えられる。

**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 (決定係数 0.88~0.94)。そこで、溶存態 Cs 濃度から地点ごとの Cs 平均沈着量の違いによる影響を排除するために、溶存態流出率を以下の式で定義した。

溶存態流出率 (m<sup>2</sup>/kL) =

溶存態 Cs 濃度 (Bq/L) / Cs 平均沈着量 (Bq/m<sup>2</sup>) × 1,000

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が、図 2 に示すように市街地割合と正の相関がみられた (決定係数 0.10~0.41) 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 は溶存態として河川に流出する傾向を反映していると考えられる。

**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 (決定係数 0.60~0.71)。そこで、SS あたりの Cs 濃度から地点ごとの Cs 平均沈着量の違いによる影響を排除するために、連行係数を以下の式で定義した。

連行係数 (m<sup>2</sup>/kg) =

SS あたりの Cs 濃度 (Bq/kg) / Cs 平均沈着量 (Bq/m<sup>2</sup>)

連行係数は土地利用に依存すると報告されている<sup>3)</sup>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、SS の Cs 吸着特性に依存する。吸着特性を決定する土性や粘土鉱物、有機物含量が単純に土地利用によって決まるものではないことがわかる。

**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 0.16~0.62)。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)。SS 濃度の増加は降雨に起因するため、SS が流出しやすい農用地割合が大きい地域では、降雨時に懸濁態 Cs が流出しやすくなる。

**4. おわりに** Cs 濃度の特性が他地点の傾向に合致しない地点も散見でき、その要因については未解明な部分が多い。これらの地点については、地域特有の要因を想定した調査が必要である。

**謝辞:** 本研究は、科研費基盤研究 A (26241023)

の助成を受けて実施した。日本地下水開発 (株)、東京パワーテクノロジー (株)、(株) 環境科学コーポレーションの調査、分析に対して感謝申し上げます。

**参考文献:** 1) Tsuji et al. (2015) J Radioanal Nucl Chem, 303(3), 1803-1810. 2) Yasutaka et al. (2015) J Nucl Sci Technol, DOI:10.1080/00223131.2015.1013071 3) Yoshimura et al. (2014) J Environ Radioactivity, 139, 370-378.

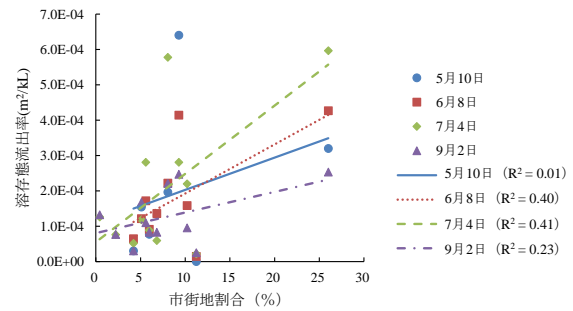


図 2 溶存態流出率と市街地割合の関係  
Relationship between runoff ratio of dissolved Cs and ratio of urban area

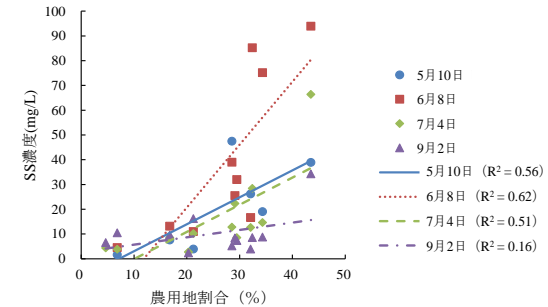


図 3 SS 濃度と農用地割合の関係  
Relationship between concentration of suspended solids and ratio of farmland

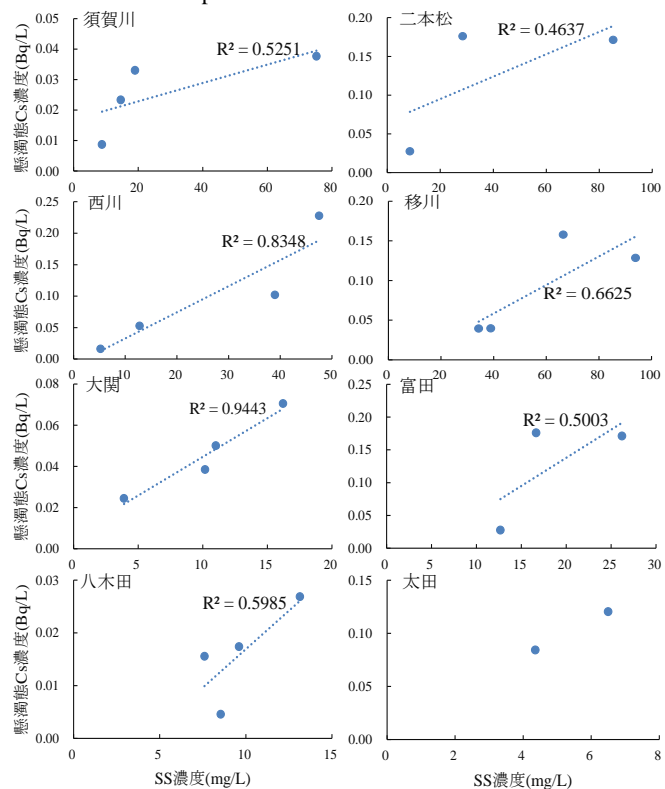


図 4 懸濁態 Cs 濃度と SS 濃度の関係  
Relationship between concentration of particulate Cs and concentration of suspended solids