

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：32644

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18341

研究課題名（和文）河川における放射性セシウムの時空間変動とその動態を規定する要因の解明

研究課題名（英文）Evaluation of spatiotemporal variation of radiocesium and the factors that determine their dynamics, in rivers

研究代表者

倉元 隆之（KURAMOTO, Takayuki）

東海大学・教養学部・講師

研究者番号：30511513

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：福島県内の河川において、原発事故発生時の放射性物質の沈着量の違いや流域の面積や傾斜、植生、土地利用、土壌型などの流域の特徴が異なる地点で河川観測を実施した。研究期間中に福島県内の帰還困難区域内で発生した林野火災の跡地およびその周辺の河川流域においては集中的に調査を行った。その結果、林野火災の発生地およびその周辺では平水時には延焼地と非延焼地流域で顕著な濃度差がみられないため、放射性セシウムの水圏への流出量の変化は小さいこと、一方で、降水などの出水時には溶存態および懸濁態の濃度に変化がみられることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原発事故により放射性物質の汚染を受けた地域は、除染作業が進み住民の帰還が徐々に進んでいる。しかし、除染の対象地域は住宅の周辺や農地などに限られており、住民が利用する水の水源地などは除染の対象となっていない。河川水は飲用水だけでなく、農業などにも利用されることから、流域の特性を把握しておくことは重要である。そのような中で発生した林野火災にともなう放射性セシウムの水圏への流出量への影響を調査したことは、流域における放射性セシウムの流出特性の理解するために必要な知見の一つになると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The river water sampling was conducted in Fukushima, Japan. The sampling points selected where the characteristics of the basin such as the difference in the amount of radioactive cesium initial deposition, the area and slope of the basin, vegetation, land use and soil type were different. The intensive surveys were conducted on the site of a forest fire that occurred at the difficult-to-return zone in Fukushima Prefecture, in 2017 and the surrounding river basin. There was no difference in the ¹³⁷Cs concentration between the burned watersheds and not burning watersheds in normal water level. On the other hands, in the sample collected when water level was rising due to rainfall, the concentration of dissolved state and suspended state were changed.

研究分野：環境動態解析

キーワード：環境放射線（能） 水文学 物質循環

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東京電力福島第一原子力発電所の事故により、福島県は広範囲にわたって放射性物質による汚染を受けた。特に放射性セシウムの沈着による人間活動への影響は大きく、放射性セシウムのうち ^{137}Cs は半減期が約 30 年と長いことから、放射性セシウムの長期的な対策を考えるためには、その動態を把握することが求められている。

沈着した放射性セシウムは、主に河川を通じて溶存態または懸濁態(懸濁物質に付着する形態)で再移動しており、河川での移動形態の違いにより生物への移行などが異なると考えられる。福島では多くの研究グループによって河川を介した放射性セシウムの動態に関する研究が行われており、河川水中の放射性セシウムの濃度は、時間の経過とともに多くの地点で低下傾向を示しているが、事故から 5 年以上が経過し、濃度低下の速度は鈍化していることが報告されている。しかし、河川における放射性セシウムの動態のうち、溶存態または懸濁態といった移動形態ごとの動態把握は進んでいない。その理由として、公定法に基づく水道水等の放射性セシウム濃度の測定では、溶存態と懸濁態の区別がなされていないこと、あるいは溶存態の放射性セシウムは流域によっては濃度が低いため、迅速性を求めた研究における測定では、不検出となることが多いことがあげられる。

放射性セシウムの懸濁粒子への吸着能は、河川水中の K^+ 、 NH_4^+ 等のイオン濃度や流域の土性などの影響を大きく受けることが知られている。しかし、流域により放射性セシウムの沈着量や除染活動の有無といった放射性セシウムの量の変化だけでなく、流域の面積や傾斜、植生、土地利用、土壌型などの特徴が異なる。そのため流域によって放射性セシウムの動態を決める要因が異なると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、東京電力福島第一原子力発電所の事故により被害を受けた福島県内を中心に放射性セシウムの沈着量や流域の面積、傾斜、植生、土地利用、土壌型、除染の実施範囲など流域の特徴が異なる地点に河川観測点を設け、定期的に河川水試料の採取を実施し、以下の研究を進めることを目的とした。

- 河川を流下する溶存態と懸濁態の放射性セシウム濃度及び Kd 値の時空間変動の解析
- 放射性セシウム濃度及び Kd 値の時空間変動を規定する要因の解明

3. 研究の方法

福島県内および近隣県に河川の観測地点を設け、定期的に 10~100L の採水を行い、河川水中の溶存態と懸濁態の放射性セシウム濃度や各水質要素の測定を行った。各観測地点で採取した水は、現場または実験室において処理を行い、放射性セシウムを溶存態と懸濁態に分けて取得することで、それぞれの放射性セシウム (^{137}Cs) 濃度を測定した。溶存態と懸濁態の放射性セシウム濃度及びその濃度比である Kd 値の算出を行った。溶存態と懸濁態の放射性セシウム濃度及び Kd 値の時空間変動を規定する要因を解明するために、流域の面積や傾斜、植生、土地利用、土壌型、除染の実施範囲などの地理情報を用いて解析を行った。

4. 研究成果

福島県内および近隣県において、河川水の採取を行った。河川水中の溶存態の放射性セシウム濃度は、原発に近い観測点では濃度が高い傾向が見られ、初期沈着の影響が大きいことが示唆された。研究代表者も参加して 2017 年の 8~9 月に東日本の 66 地点において行った河川水試料を採取した調査では、採取した河川水中の溶存態放射性セシウム濃度と各水質要素の測定を行った。これらの水質要素と流域の土地利用などとの関係を解析した結果、流域内で建物用地が占めている割合が最も影響していることが分かった。換言すると、都市を流れる河川は森林・農地を流れる河川に比べて溶存態放射性セシウム濃度が高い傾向にあるということが分かった (Tsuji et al., 2019)。

研究期間中の 2017 年 4 月に東京電力福島第一原子力発電所から北西方向に約 10km に位置する帰還困難区域内の十万山で約 0.75km² の林野が延焼する火災が発生した。研究計画の段階では想定していなかった事象であるが、森林域は除染の対象とされていないことから、火災により生じた灰や土壌が露出することで放射性セシウムの動態に変化が生じる可能性があり、水圏への放射性セシウムの流出量に変化する可能性、あるいは河川における放射性セシウムの動態を規定する要因が林野火災により変化している可能性があると考え、林野火災の跡地およびその周辺の河川流域において集中して調査を行った。

表 1 は、林野火災の跡地およびその周辺地で観測を行った 7 地点の観測地点ごとの流域面積と流域内の延焼面積、流域に占める延焼地の割合を示している。延焼地流域における林野火災によって延焼した面積が流域に占める割合は、14~84%となっている。また、延焼地流域と非延焼地流域での観測結果を比較するために、延焼地に隣接する非延焼の流域(観測地点 A と D)でも調査を行った。

表1 観測地点ごとの流域面積と流域内の延焼面積、流域に占める延焼地の割合

観測地点	流域面積	流域内の延焼面積	延焼地の割合
	km ²	km ²	%
A	0.63	0	0
B	0.20	0.07	35
C	0.25	0.21	84
D	1.29	0	0
E	0.16	0.12	76
F	0.16	0.09	58
G	4.00	0.58	14

図1には、2017年林野火災発生直後から2018年夏までの浪江町津島における日降水量（AMeDAS）河川水中のSS濃度、溶存態および懸濁態セシウム濃度と固液分配係数(Kd)の変化を示している。河川水中のSS濃度は延焼地の方が、非延焼地よりも高い値で推移しており、林野火災により河川水へSSが流出しやすくなっていることが示唆された。

延焼地周辺では、林野火災後にまとまった降水が観測されている。降雨時に採取した試料では、溶存態、懸濁態ともに放射性セシウム濃度の増加が観測された。前日にまとまった降水が観測されたときに採取した試料でも、溶存態の放射性セシウム濃度が高くなる物があった。しかし、表1に示した流域内での延焼面積や延焼地の割合による放射性セシウム濃度の顕著な差は見られなかった。また、固液分配係数(Kd)は、延焼地、非延焼地とも同じオーダーで推移していたが、出水時には少し高くなる傾向が見られた。加えて、表1の流域面積に占める延焼地の割合もSS濃度や放射性セシウム濃度と明瞭な関係は得られなかった。これらのことから、林野火災により延焼地から河川に流れ込むSSは増えていることが分かったが、平水時には延焼地と非延焼地流域で顕著な濃度差がみられず、今回の林野火災による放射性セシウムの水圏への流出量の変化は小さいことが推察された。一方で、降雨の影響で溶存態および懸濁態の濃度に変化が見られた。このことから、このような帰還困難区域内での特異な事象が発生した流域においては、継続的かつ出水時に着目した調査を続ける必要があると考えられる。

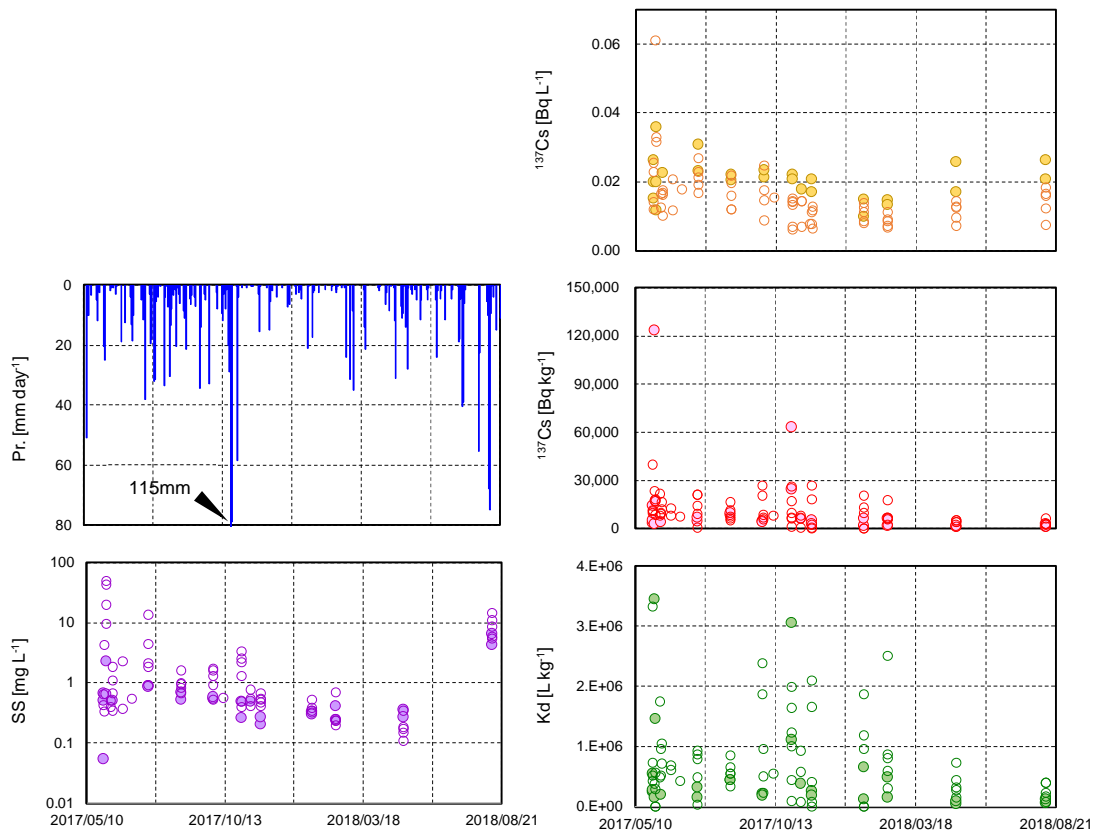


図1 浪江町津島における日降水量（AMeDAS）、河川水中のSS濃度、溶存態および懸濁態セシウム濃度と固液分配係数(Kd)の変化 図中の○は延焼地、○は非延焼地流域を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tsuji Hideki, Ishii Yumiko, Shin Moono, Taniguchi Keisuke, Arai Hirotsugu, Kurihara Momo, Yasutaka Tetsuo, Kuramoto Takayuki, Nakanishi Takahiro, Lee Sangyoon, Shinano Takuro, Onda Yuichi, Hayashi Seiji	4. 巻 697
2. 論文標題 Factors controlling dissolved 137Cs concentrations in east Japanese Rivers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 134093 ~ 134093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2019.134093	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taniguchi Keisuke, Onda Yuichi, Smith Hugh G., Blake William, Yoshimura Kazuya, Yamashiki Yosuke, Kuramoto Takayuki, Saito Kimiaki	4. 巻 53
2. 論文標題 Transport and Redistribution of Radiocesium in Fukushima Fallout through Rivers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 12339 ~ 12347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.9b02890	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Tsuji, H., Shin, M., Taniguchi, K., Arai, H., Kurihara, M., Yasutaka, T., Kuramoto, T., Nakanishi, T., Lee, S., Shinano, T., Onda, Y., Hayashi, S.
2. 発表標題 Investigation of Factors Controlling Dissolved 137Cs Concentrations in Japanese Rivers
3. 学会等名 EGU General Assembly 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田博文、新井宏受、谷口圭輔、倉元隆之、藤田一輝、竹内幸生
2. 発表標題 福島県の河川を流れる放射性Csの観測結果について
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹内幸生、谷口圭輔、新井宏受、吉田博文、藤田一輝、高橋勇介、倉元隆之、野村直希、萩原大樹、土肥輝美、林誠二、青野辰雄
2. 発表標題 河川水中の懸濁物質における放射性セシウム粒子の存在割合の推計
3. 学会等名 第21回「環境放射能」研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takayuki Kuramoto, Naoki Nomura, Seiji Hayashi, Hideki Tsuji, Hirotsugu Arai and Keisuke Taniguchi
2. 発表標題 Impact on river water quality by the wildfire in non-decontamination forest in Fukushima, Japan
3. 学会等名 AGU 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Study on Carbonized Temperature Estimation of Charcoal Remained in Burnt Area in Namie Town, Fukushima, Japan
2. 発表標題 Naoki, Nomura, Hirotsugu Arai, Takayuki Kuramoto, Tadafumi Niizato, Seiji Hayashi
3. 学会等名 AGU 2018 Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福島県内で発生した未除染林野での火災による河川水質への影響
2. 発表標題 倉元隆之、野村直希、林誠二、辻英樹、新井宏受
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takayuki Kuramoto, Keisuke Taniguchi, Hirotsugu Arai, Saori Onuma and Yasuo Onishi
2. 発表標題 Radiocesium dynamics in the Hirose River basin
3. 学会等名 AGU Fall meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keisuke Taniguchi, Yuichi Onda, Takayuki Kuramoto, Hugh Smith, Willium Blake, Saori Onuma, Takayuki Sato and Hirotsugu Arai
2. 発表標題 Trapping Efficiency of Fine Sediments in Reservoir Lake in Fukushima Rivers as Revealed by Radiocaesium attached in Suspended Sediment
3. 学会等名 AGU Fall meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 倉元 隆之, 野村 直希, 林 誠二, 辻 英樹, 新井 宏受
2. 発表標題 福島県内の未除染林野で発生した火災による河川水質への影響
3. 学会等名 第52回日本水環境学会年会 (2017年度)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考