

令和元年6月10日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H04564

研究課題名(和文) フクシマにおける放射性セシウムの土中の挙動・水系流出・農作物移行の総括と長期予測

研究課題名(英文) Results and future prediction of radio cesium on its migration in soil, flow out to water system, and transfer to agricultural products

研究代表者

塩澤 昌 (Shiozawa, Sho)

東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・特任研究員

研究者番号：80134154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,700,000円

研究成果の概要(和文)：フクシマの森林流域の河川から流出している放射性セシウムの流出源が、流域の大半を占める森林ではなく、豪雨時に河道となる河川敷に2011年3月に沈着して土砂に固定された放射性セシウムが豪雨時に移動しつつ下流のダムやため池に流出していることを河川敷に存在するセシウム濃度分布調査と解析によって明らかにした。したがって、流出源の河川敷は流域全体のごく一部にすぎず、すでに河川敷からの流出が相当に進んでいるので、沈着から数年～10年で流出は明確に減衰すると予想できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

フクシマの森林には2011年3月の第一原発事故でばらまかれた放射性セシウムが多量に存在しているため、森林流域の河川から流出してダムやため池に蓄積したと考えられており、今後の流出も心配されてきた。しかし、この河川流出が森林内部からではなく河川敷からの流出にすぎないことを明らかにしたことは、河川水を農業用水や飲料水に使っている下流の住民に安心を与えると同時に、森林流域からのセシウム流出はこれまでも今後も事実上、ゼロであることが明確になり、この学術的・社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The source of radio cesium (Ce) that flow out through river system in Fukushima is not the forest but the river bed where there is water flow only when flood event but there is no water normally. Radio cesium deposited on the river bed and fixed on sediment on March 2011. Then the particles of sediment is moving and flow out to reservoirs. Therefore, since the area of the river bed is a small part of the river basin and considerable part of the radio cesium there has been flowed out, the discharge of Ce would attenuate clearly within several or ten years.

研究分野：農地環境工学

キーワード：放射セシウム 河川流出 降雨浸透 放射能

1. 研究開始当初の背景

福島県の河川の流域面積の大半、とくに上流域はほとんどが山間地の森林であり、この山間地に大量の沈着した放射性セシウム (Cs) の河川への流出とため池、ダム湖、水田への流入が懸念されてきた。福島県における河や川で年間に流出している Cs は、流域に沈着した量の数百分の一で、常時の流出はわずかで、量的には少ないが、この河川流出している Cs は、どこから来たのだろうか。流域の大半を占める森林であるから流出していると考えるのが普通であり、住民も関係者も多くの研究者もそのように考えてきた。しかし、Cs が土壌表層 5cm 程度の限られた層に固定されてほとんど移動せず、林地内での土壌侵食は稀であることを考えれば、森林内部からの流出は少なく、主要な流出源は、通常は水の流れがなく豪雨時にのみ水流に没する河川敷や森林内の流路で、**2011 年 3 月**に河川敷や流路内に沈着して土砂に固定された Cs が豪雨時に河道内を移動しているのではないかと筆者は考えてきた。

2. 研究の目的

高濃度 Cs 汚染地域である浪江町の大柿ダム上流域において、河川敷・豪雨時河道から流出した放射性セシウムの流域全体の総量を、河川敷調査と GIS 解析で算出する。この量と農水省が経年測定している大柿ダムに流入した (上流域から河川流出する) Cs の総量を比較し、福島県の森林流域から流出する放射性セシウムの流出源が、一般に考えられているように森林からの流出なのか、筆者が考えるように流域全体から見ればごく一部の河川敷からの流出なのかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 調査地: 大柿ダムに流入する (上流域から河川流出する) Cs 量が農水省によって **2012 年** から連続測定されており、年間に流域沈着量の **1/300 ~ 1/700** である。ほとんどは豪雨時の河川流量が多い時に懸濁態として流出している。とくに **2015 年** の豪雨では過去 **2 年分** を越える流出があった。

(2) 河川敷調査: **2017 年 11 月**に、高濃度汚染が問題の大柿ダムの上流域の河川敷内で横断方向の Cs 濃度分布と地盤高、河川敷幅、水面幅を測定した。**2015 年**にも調査をしているが、今回は平時には水のない小河道を含め流域内の大小様々な河川敷・河道の **13 カ所**で測定を行った。地表の Cs 濃度 (Bq/m^2) の測定は、著者が開発した下窓からのみガンマ線が入射するように鉛コリメータを装着した NaI シンチレーションサーベーターによる。この調査結果から、水際近くでは Cs 濃度が沈着濃度 (河川敷外の濃度) より低くこの部分が豪雨時の河道であること、その幅とそこでの Cs 流出率 (r) がわかる (Fig.3)

(3) 河川敷流出 Cs 総量の算定方法: 国土地理院の標高データ ($10 \times 10m$ メッシュ) を ArcGIS で解析して河道を求め、流域内の全河道 (総河道長 **201km**) を **434** の小区間に分割し、次式によって流域全体の豪雨時河道 (河川敷) からの Cs 流出総量を算出した。

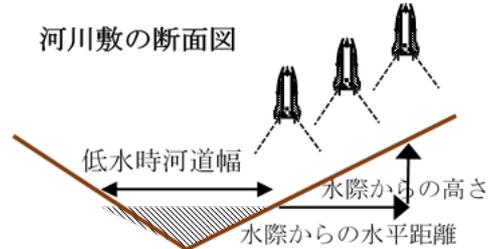


Fig.1 地上リモートセンシングによる河川敷内の Cs 表面密度分布の測定

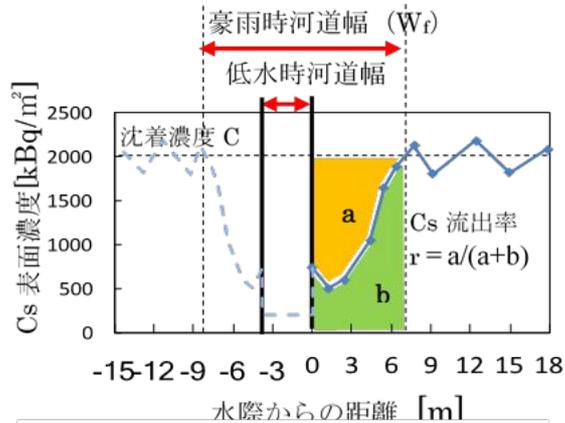


Fig.2 河川敷内の Cs 表面濃度分布の測定例と Cs 流出特性量の定義

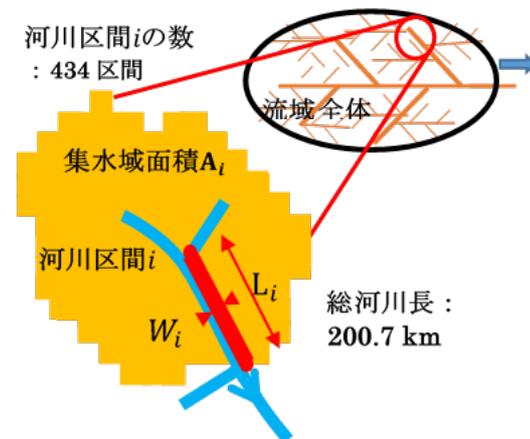


Fig.3 GIS による、任意河川区間 i の集水域面積 (A_i)、区間長 (L_i) の算定

$$\sum_{\text{流域全体}} \sum_{\text{区間}} \left\{ \left[\text{豪雨時河道幅 } W_f(A_i) \right] \times \left[\text{河道区間長 } L_i \right] \times \left[\text{沈着濃度 } C_i \right] \times \left[\text{Cs 流出率 } r(A_i) \right] \right\} \quad [1]$$

地点 i の沈着（フォールアウト）濃度 C_i は航空機モニタリングデータから決めた。問題は各区間の豪雨時河道幅と C_s 流出率 r であるが、何れも豪雨時流量で決まると考え、流量は i 地点の集水域面積 A_i に比例するので、何れも A_i の関数と仮定して、関数形 $W_f(A_i)$ と $r(A_i)$ を河川敷内の C_s 濃度分布調査を行った 13 地点の測定結果から決めた。

4. 研究成果

Fig.3 のような河川敷 C_s 濃度分布の結果から各地点の豪雨時河道幅 W_f と C_s 流出率 r を求め、GIS で求めた各地点の集水域面積 A_i との関係性を求めた結果が Fig.4 である。関数形 $W_f(A_i)$ と $r(A_i)$ を Fig.4 の式のように決めた。豪雨時水面幅 W_f は集水域面積の 1/2 乗に比例し、 C_s 流出率 r は、 A がある値を超えると一定値（0.55）になる。この河川特性を使って、地形データの GIS 解析（河川地点の集水域面積の算出）によって、流域全体の河川区間ごとの C_s 流出量を [1] 式から求め、集水面積ランクごとにまとめたのが Fig.5 である。河川敷からの C_s 流出が生じている豪雨時河道面積は、流域面積の約 2% で、集水面積が小さい小河道が長さや面積は大きいものの流出率 r が小さいために C_s 流出の寄与は少なく、集水面積が大きい（流量が多い）河道からの C_s 流出の寄与が大きい（Fig.5）。豪雨時河道の総面積は流域の約 2% となった（Table 1）。Table 2 で豪雨時河道敷からの流出総量を農水省が測定した 2012～2015 年の大柿ダムへの C_s 流入総量を比較した。低水時河道からの流出はほとんどが 2011 年の沈着直後に生じ、2012 年以降のダム湖への流入にあまり含まれないと考え、これを除いた河川敷のみからの流出総量も示した。本研究で算定した河川敷からの総流出量は農水省測定の大柿ダム流入量に近い値であり、懸濁態の河川流出が主に河川敷に沈着した C_s の豪雨時の移動・流出によるものであり、森林内部からの流出ではないことが示された。また、河川敷に沈着した C_s の 46% が既に流出しており、2015 年豪雨以前と比べれば懸濁態 C_s 流出はほぼ半減していると思われる。実際、懸濁物質中の C_s 濃度が明確に減少していることが報告されている。河川流出している C_s の流出源が流域面積の大半を占める森林の内部ではなく、ごく一部（2%程度）の河川敷にすぎないため、すでに（2017 年）河川敷に存在する C_s の 1/2 程度が流出しており、今後の流出量は明確に減衰すると予想される。

引用文献

塩沢 昌（2016）放射性セシウムの土壌中の挙動と水系への流出， 水土の知 86-6,p.31-35

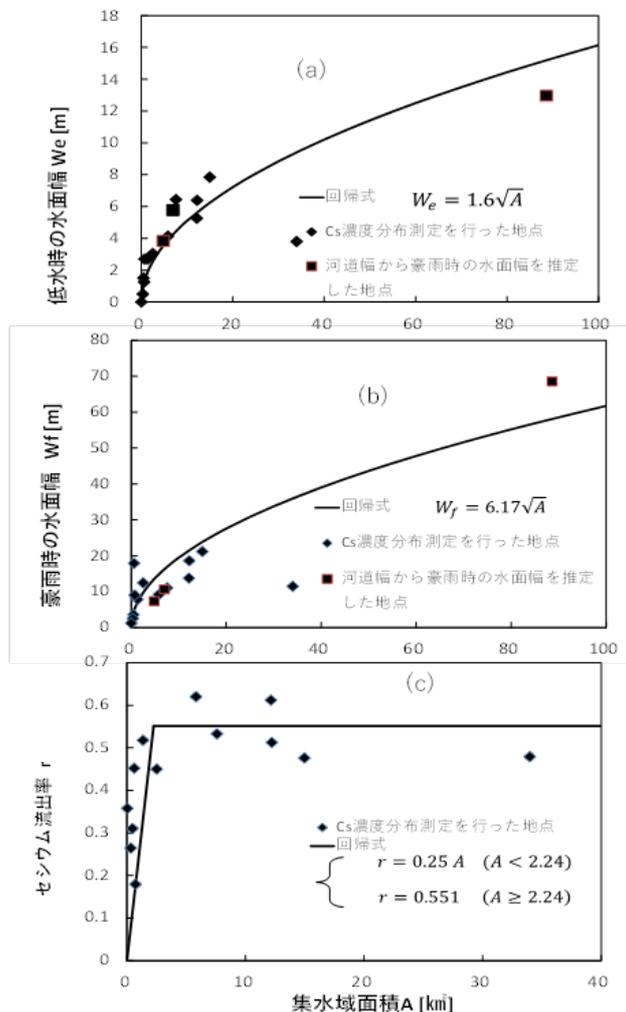


Fig.4 河川敷調査地点の、(a) 低水時水面幅 W_e 、(b) 豪雨時水面幅 W_f 、(c) C_s 流出率 r 、の集水域面積 A との関係

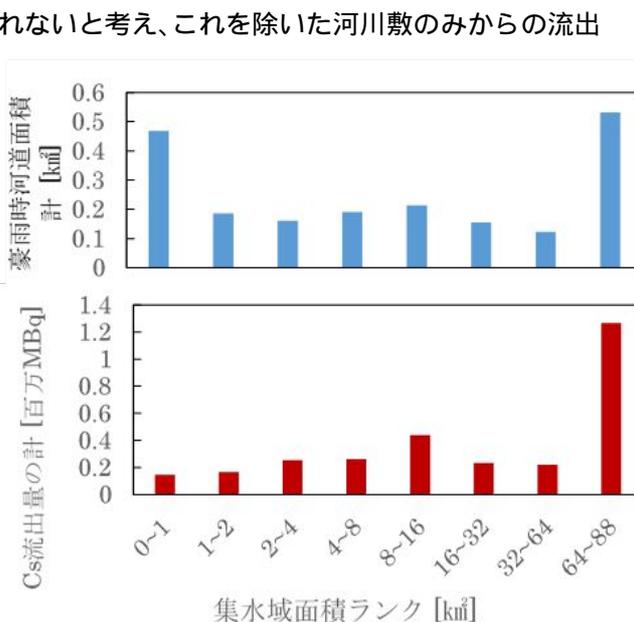


Fig.5 集水面積ランク別の、豪雨時河道面積の合計(上図)とそこからCs流出量の合計(下図)

塩沢 昌、西田和弘、吉田修一郎、藤原光汰(2018)フクシマの森林流域から流出する放射性セシウムはどこからきたのか 大柿ダム上流域の河川敷から流出

した Cs 総量の算定 農業農村工学会大会講演会

Table 1. 算定した流域全体の豪雨時河道面積および平水時河道面積とそこからの Cs 流出率(r) の全流域平均値

	面積 km ²	流域面積(103.8 km ²) に対する割合(%)	Cs 流出率 の平均(%)
豪雨時河道	2.03	1.96	45.8
低水時河道	0.53	0.51	(90)

Table 2. 流域全体の河川敷から流出した Cs 総量の結果

本研究で算定した豪雨時河道からのCs総流出量 [MBq]	5,140,000
本研究で算定した河川敷のみからのCs流出量 (低水時河道からの流出を除く) [MBq]	3,070,000
農林水産省が測定した大柿ダムへのCs流入量 (2013~2015年) [MBq]	3,150,000

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

1. 塩沢 昌 (2016) 放射性セシウムの土壌中の挙動と水系への流出, 水土の知 86-6, p.31-35
2. Yoshida S, Shiozawa S, Zaitzu, T., Yamano, H., and Nishida, K. (2018): Handmade Becquerel meter using commercial scintillation survey meter, 土壌の物理性, 139, 15-20.

〔学会発表〕(計2件)

1. 塩沢 昌、西田和弘、吉田修一郎、藤原光汰 (2018) フクシマの森林流域から流出する放射性セシウムはどこからきたのか 大柿ダム上流域の河川敷から流出した Cs 総量の算定 農業農村工学会大会講演会
2. 塩沢 昌、西田和弘、吉田修一郎、木村匡臣、飯田俊彰 (2016) 高濃度汚染流域における河川敷内の放射性セシウム表面濃度分布, 農業農村工学会大会講演会

〔図書〕(計0件)

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：吉田修一郎

ローマ字氏名：**Yoshida Shuichiro**

所属研究機関名：東京大学

部局名：農学生命科学研究科

職名：准教授

研究者番号 (8桁)：**90355595**

研究分担者氏名：西田和弘

ローマ字氏名：**Nishida Kazuhiro**

所属研究機関名：東京大学

部局名：農学生命科学研究科

職名：助教

研究者番号（8桁）：**90554494**

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。