

# 森林源流部での渓流水を通じた出水時の懸濁物質および放射性セシウムの流出 The discharge of radioactive Cs and suspended materials through stream water during flood flow in forested headwaters

篠宮佳樹<sup>1</sup>・小林政広<sup>2</sup>・小野賢二<sup>1</sup>・志知幸治<sup>2</sup>・玉井幸治<sup>2</sup>・大貫靖浩<sup>2</sup>  
・清水貴範<sup>2</sup>・飯田真一<sup>2</sup>・延廣竜彦<sup>3</sup>・澤野真治<sup>2</sup>・坪山良夫<sup>2</sup>・蛭田利秀<sup>4</sup>

1独立行政法人森林総合研究所東北支所

2独立行政法人森林総合研究所

3独立行政法人森林総合研究所北海道支所

4福島県林業研究センター

## 要旨(Abstract)

福島県郡山市の多田野試験林において出水時に渓流水を通じて流出する懸濁物質(SS)や放射性セシウム(Cs)の動態について調査し、以下の結果を得た。1)放射性Csは大きな出水でより多く流出する、2)単位面積あたりの森林の放射性Cs流出率は小さい、3)出水時の渓流水のSSは有機態成分より無機態成分のほうが多くなる、4)出水時のSSに含まれる放射性Csは水や酸に溶けにくい形態のものが多い。

キーワード: 森林源流部、放射性セシウム、渓流水、懸濁物質、流出

**Keywords: forested headwaters, radioactive cesium, stream water, suspended solid, discharge**

## 1. はじめに

福島第一原発事故により、放射性セシウム(Cs)が福島県の面積の約7割を占める森林にも沈着した。樹冠に沈着した放射性Csは林内雨や落葉により地表に移動し、一部は樹木に吸収される。粘土鉱物と結合すると強く固定され、不動性となるため放射性Csは次第に土壌表層に蓄積される。そのため、森林は放射性Csを系内に保持する傾向が強い。しかし、地形が急峻で雨量の多い日本の場合、放射性Csは出水時に懸濁物質(SS)として流出する懸念がある。有機物と結合したCsは有機物分解に伴い、溶出する可能性があるため、SSに含まれる放射性Csの動態を成分別に把握する必要がある。そこで、福島県の森林流域で渓流水を通じて出水時に流出する放射性Csの動態を調査するとともに、SS濃度、SS中の成分割合(有機態・無機態)、SSに含まれる放射性Csの酸への溶出率について調査・分析したので報告する。

## 2. 調査及び実験方法

調査は、福島県郡山市(年雨量 1163 mm、平均

気温 12.1 °C)の福島県林業研究センター多田野試験林(北緯 37° 23'、東経 140° 14')の小流域(流域面積 1.2ha、標高 358~409m、起伏比 0.42)で行った。地質は堆積岩(砂岩・凝灰岩)である。植生はスギ・ヒノキ人工林(約48年生)にコナラ等落葉広葉樹林とアカマツ林が混在する。試験流域から約 50m 離れた、開けた地点で雨量を測定した。三角堰(60° V ノッチ)と水位計(光進電気工業製 STS DL/N70 型)を流域末端に設置して流量を観測した。流量堰の直上に自動採水装置(ISCO 製 model6712)を設置し、渓流水を主に1時間間隔で約 2L ずつ採集した。放射性Cs濃度は渓流水を無処理のままマリネリ容器(容積 2L)に入れ、ガンマスペクトロメトリ法(ORTEC 製 GEM40)で測定した。その後、ガラス繊維ろ紙(0.7 μm)を通過させ、再測定し、検出された放射性Csを溶存態とした。濁度(FTS 製 DTS-12)を 10 分間隔で自動記録した。観測は 2012 年1月より開始した。現地の <sup>134</sup>Cs・<sup>137</sup>Cs 合計沈着量は約 149 kBq m<sup>-2</sup>と報告されている(文部科学省 2012)。放射性Cs濃度は採水日に換算して表記した。検出限界は <sup>134</sup>Cs、

$^{137}\text{Cs}$  ともに  $0.03 \text{ Bq L}^{-1}$  である。

ガラス繊維ろ紙は  $105^\circ\text{C}$ 、2 時間加熱して SS 濃度を測定後、強熱減量 ( $550^\circ\text{C}$ 、1 時間加熱) を測定した。一部のろ紙 ( $n=5$ ) について 2N 硫酸 (1L) と接触させ、かつ前後で放射性 Cs 濃度を測定することで、SS に含まれる放射性 Cs の酸に対する溶出率を測定した。

### 3. 結果及び考察

2012 年で最大の降雨イベント (6 月 19~20 日、台風 4 号に伴う総雨量 168 mm、最大降雨強度  $34 \text{ mm h}^{-1}$  の大雨) で、最大降雨強度及び流量ピーク発生時に、放射性 Cs、SS 濃度 ( $135.6 \text{ mg L}^{-1}$ ) は最大となり、降雨終了後、急激に濃度低下した。ろ紙通過水の放射性 Cs 濃度は大幅に低下した。この出水に伴う  $^{134}\text{Cs}$ ・ $^{137}\text{Cs}$  の合計流出量は約  $114 \text{ Bq m}^{-2}$  で、現地の  $^{134}\text{Cs}$ ・ $^{137}\text{Cs}$  合計沈着量約  $134 \text{ kBq m}^{-2}$  (文科省航空機モニタリング 2011/10/13 の結果を 2012/6/19 に換算) の 0.09% であった。

2012 年に得られた 9 出水 (3 月 23 日、3 月 31 日、5 月 3 日、5 月 28 日、6 月 19 日、7 月 30 日、9 月 2 日、9 月 30 日、12 月 4 日) の 51 データを基に濁度と  $^{137}\text{Cs}$  濃度の関係を解析した結果、相関が高かった ( $r=0.93$ 、 $p<0.001$ )。この関係を基に 2012 年 3 月 20 日~2013 年 3 月 14 日 (360 日間) の  $^{137}\text{Cs}$  流出量を求めたところ、 $199 \text{ Bq m}^{-2}$  であった。日雨量 5mm 以上の日を出水時、それ未満の日を平水時とすると、 $^{137}\text{Cs}$  は出水時に 90% が流出し、総雨量で上位 2 つの降雨 (5 月 3 日総雨量 158mm 及び 6 月 19-20 日) で 72% を占めた (図-1)。2012

年の  $^{137}\text{Cs}$  流出量は現地の  $^{137}\text{Cs}$  沈着量約  $79 \text{ kBq m}^{-2}$  (文科省航空機モニタリング 2011/10/13 の結果を 2012/3/20 に換算) の 0.25% であった。

出水中の SS に含まれる有機態成分の割合は一定の流量を超えるとその後はあまり変化がなく、概ね 30~40% の範囲にあった。流量が十分に低下すると、SS に含まれる有機態成分の割合は、ばらつきは大きい (30~70%) もの、概ね 50% に上昇した。硫酸処理により SS 中の放射性 Cs 濃度はやや低下 (12~24%、平均 16%) し、SS に含まれる放射性 Cs の 8~9 割は残留していた。硫酸処理した試料の SS の無機態成分割合はいずれも約 70% であった。SS に含まれる放射性 Cs の多くは水や酸には溶出せず比較的強い結合状態にある可能性が示唆された。

### 4. まとめ

出水時における渓流水中の懸濁物質や放射性 Cs の流出に関して以下の特徴が明らかになった。1) 放射性 Cs は大きな出水でより多く流出する、2) 単位面積あたりの森林の放射性 Cs 流出率は非常に小さい、3) 出水時の渓流水の SS は無機態成分が多い、4) 出水時の SS に含まれる放射性 Cs は水や酸に溶出しにくい形態のものが多い。

引用文献

文部科学省 (2012) 文部科学省 (米国エネルギー省との共同を含む) による航空機モニタリング結果

<http://radioactivity.mext.go.jp/ja/list/258/list-1.html>

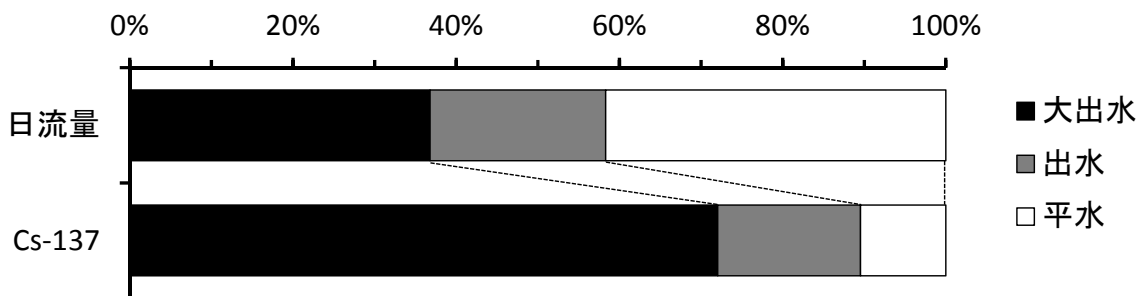


図-1 流量及び  $^{137}\text{Cs}$  の年間 (2012 年) の総流出量に占める流出成分別割合  
平水; 日雨量 5mm 未満、出水; 日雨量 5mm 以上 (ただし総雨量上位 2 つを除く)、  
大出水; 2012 年の総雨量上位 2 つの降雨 (5/3、6/19-20)