

森林小流域からの放射性 Cs 流出のモデル化 A trial to simulate discharge of radioactive Cs from small forested watershed

○山崎 琢平*, 濱本昌一郎**, Chris Renschler***, 西村 拓**

Takuhei YAMASAKI*, Shoichiro HAMAMOTO**, Chris RENSCHLER***, and Taku NISHIMURA**

1. はじめに

2011 年の東日本大震災時の福島第一原子力発電所の事故によって大気中に放出された放射性物質についてのモニタリングが継続して行われている。森林地域に沈着した放射性 Cs の森林外への流出は少なく、その多くは森林内で循環・停滞していると考えられている。しかし、わずかながら流出してくる放射性 Cs が、森林のどこから来るのかということについては、よくわかっていない。広い森林域を実踏してこれを明らかにするのは困難と考えられるため、放射性 Cs の移動は土粒子に吸着したものと仮定し、土砂の移動を ArcGIS とプロセス型侵食モデル WEPP を結合した GeoWEPP を用いて推定し、森林からの放射性 Cs 流出特性の検討を試みた。

2. 調査地と方法

2.1 調査地とモニタリング

福島第一原子力発電所から北西に約 30km はなれた、福島県相馬郡の森林小流域を対象とした。流域面積は 55.7ha、事故時の放射性 Cs 沈着量は、 1.0 MBq m^{-2} とされている。森林から流出する小河川の出口に位置する農地の地権者の方の許可を得て、自動採水器、水位、濁度センサー等を設置した。また、敷地内に降雨、気温、湿度、日射等を測定する気象測器を設置し、小河川モニタリングデータ、気象データを毎日定時にインターネット上のサーバーに転送した。

2.2 降雨流出ならびに土砂流出の予測

降雨流出ならびに土砂流出のシミュレーションは、GeoWEPP (Renschler, 2003)を用いた。GeoWEPP は、ArcGIS に地形、被覆や土地利用条件を設定し、これと連動した WEPP (Mearing et al., 1989)で、日単位の水収支式に基づいて表面流出を算出する。さらに、地表面流出に対して、地表面をリル (溝部分) とインターリル (溝間の平面) に分け、インターリルからリルへの土砂流入と、リル内における土砂の運搬、堆積を推定する。

GeoWEPP を用いたシミュレーションに必要なデータとして、大きく分けて気象、地形、土地利用、土壌の 4 種類のデータがある。気象については、時間降水量と日最高最低気温は観測地でモニタリングしたデータを、日平均露点温度(湿度と可換)、平均風速、全天日射量は、AMeDAS 飯舘と AMeDAS 福島のデータで補完した。地形は、国土地理院から、0.4 秒メッシュの数値標高データを入手し、13m 四方の格子データに加工した。土地利用については、WEPP 内の Forest のパラメータを用いた。土壌に関するパラメータについて、透水性は調査地の流況を再現するように決定した。侵食性に関わるパラメータは、調査地と同様に花崗岩風化土の上に森林が発達していて、降雨流出ならびに土砂流出のデータが入手可能な東京大学愛知演習林白坂流域の土砂流出データから推定した。

3. 結果と考察

図 1 に、愛知演習林白坂流域における降雨流出と土砂流出の測定値と計算値を示した。2001 年から

*福島県環境創造センター Center for Environmental Creation, Fukushima Prefecture.

**東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

***ニューヨーク州立大バッファロー校 University at Buffalo, The State University of New York

キーワード: ^{137}Cs , 降雨流出, 水食, WEPP

2004 年にかけての降水流出, 積算侵食量の計算値と観測値が大よそ適合した. この時, 侵食は, 主として河道近傍で生じた (データ不掲載). この河道の受食性を調査地の小河川に適用した.

図 2 は, 2016 年の調査地における降水流出である. 台風時 (8 月下旬の 2 大降雨) に流出を過大評価したが, 夏季の降雨流出の観測値(121 mm)と計算値 (127 mm)は, ほぼ一致した.

図 3 に 2016 年-2017 年に調査地の流域で生じた侵食量の面的分布である. 図は, T 値分布であるが, 図中の T 値は, 流亡土量 $\text{t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ と等しい. 流域表土の ^{137}Cs 濃度と河道堆積物の ^{137}Cs 濃度の比が 10:1 程度であったことから, 斜面の侵食量が河道の侵食量の 1/10 になるように斜面の受食性を決めた. 計算結果を見ると, 上述した愛知演習林白坂流域の事例と同様に, 河道近傍で大きな土壌流亡が生じ (薄ピンクから赤), 大半の流域は, 侵食がほぼゼロ (深緑) である. 実際に流域を踏査すると, 河道近傍に下層土と同じ風化花崗岩 (マサ土) がむき出しになると共に, 河道下流部では, 集水域の表面を覆う有機物を多く含んだ黒色の土壌ではなく, 有機物の少ないマサ土が堆積しており, 計算結果と踏査時の観察が整合すると考えられた.

森林集水域からの侵食量の計算値は, $0.13 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ であり, ^{137}Cs 流出率に換算すると, 2011 年時の沈着量の 0.19%程度であった. この値は, 筆者らが 2015 年に推定した ^{137}Cs 流出量 (1 年あたり沈着量の 0.3%程度)と大きな隔たりは無い.

4. 結論

降雨流出を再現できるように流域の土壌の透水性を推定し, 類似した土壌の愛知県の森林で得た河道受食性を元に侵食量と侵食箇所を推定した. 推定した侵食量 (^{137}Cs 流出率) は, 過去に測定値と比較的よく適合した. また, 非常に限定した地点から土砂が流亡していることが示唆され, そのために, 森林内に沈着した ^{137}Cs の流出率が小さいと考えられた. この計算値を参考に, 現地調査計画を立てることでさらに多くの情報が得られると考えられる.

謝辞: 本研究は, 科研費 (15H02467,19H00958) の補助と認定 NPO ふくしま再生の会, ならびに東京大学生態水文学研究所から協力を得た. ここに記して感謝する.

文献: Nearing et al.(1989) Trans. ASAE, 32(5):1587-1593, Renschler (2003) Hydrol. Process.17, 1005 – 1017

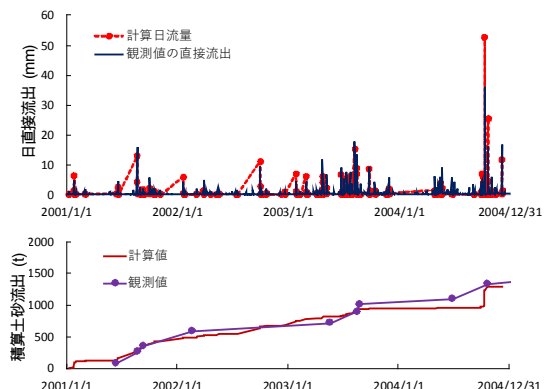


図 1 白坂流域の降雨流出と積算土砂流出 (2001-2004)

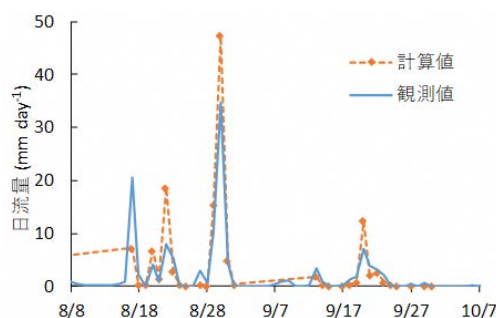


図 2 調査地の降雨流出量 (2016)

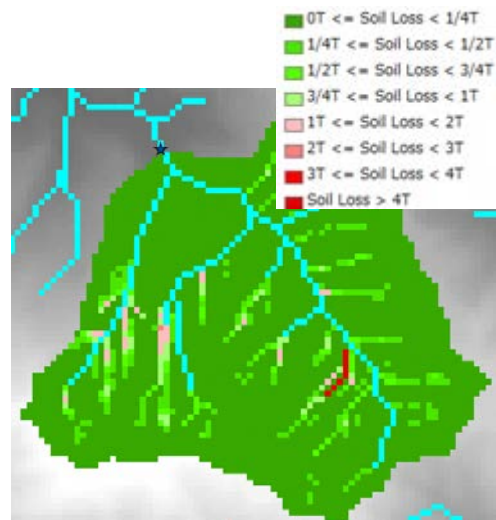


図 3 調査地における流亡土砂発生分布