

GeoWEPP を用いた森林小流域からの放射性セシウム流出予測に関する研究 Prediction of radiocesium discharge from a forested catchment using GeoWEPP

山崎琢平, 濱本昌一郎, 西村拓

Takuhei Yamasaki, Shoichiro Hamamoto, and Taku Nishimura

1. はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故に伴い、福島県を中心に放射性物質が飛散した。この中でセシウム 137(RCs)は飛散量が多く、かつ半減期が 30.2 年と長いこと環境中に長く影響を及ぼす。汚染地域のうち、森林は周縁を除いて大半が未除染であり、今後除染される計画もない。そのため、森林地域に沈着した RCs は河川を通じて下流域に流出する可能性があり、その動態の把握が重要である。

森林に降下した RCs は大半が表層のリター及び土壌に吸着され、移動性が低下している。しかしながら、RCs を吸着させた粒子が降雨時に土壌侵食によって移動すると、RCs が河川へ流出する。実際、河川水中の RCs は、平水時には溶存態が、降水時には懸濁態 RCs の占める割合が高く(Ueda, 2013; 長尾, 2015)、年間の積算では懸濁態 RCs の方が多く流出している(Yamashiki et al., 2014; Tsuji et al., 2017)。ここで、懸濁態 RCs の移動は RCs そのものの移動性ではなく、吸着した土壌の移動性によって規定されるため、既往の土壌侵食に関する知見を利用できると考えられる。そこで、本研究は RCs を流出させるメカニズムである土壌侵食に着目し、森林小流域の土壌侵食量予測を通じて流域から河川に流出する RCs 量を予測することを目標とし、その端緒として森林小流域からの水土砂流出量の予測可能性を検討した。

2. 研究方法

研究対象地は福島県相馬郡飯舘村の南東に位置する小流域である。流域面積は約 56 ha で、セシウム 137 の平均沈着量は 2012 年 12 月 28 日換算で 0.6-1 MBq m⁻² である(JAEA ホームページ)。流域末端において河川水温、水位、濁

度を観測するとともに、降水時に自動採水器を用いた河川水サンプリングを行った。また気象台を設置し、気温と降水量を観測した。観測とサンプリングは 2016 年 6 月から行っている。

土壌侵食の計算は GeoWEPP (Renschler, 2003)を用いて行った。GeoWEPP は USDA が開発した侵食計算プログラム Water Erosion Prediction Project を ArcGIS と結合したもので、流域末端における土砂流出量だけでなく、流域内における侵食、堆積箇所の分布等を把握できる。

GeoWEPP への入力データは地形、土地利用、土壌、および気象の 4 種である。地形データは国土地理院発行の 10 m 間隔の DEM を元に作成した。土地利用は流域全体が森林であるため、GeoWEPP の森林データを用いた。土壌のパラメータは、森林土壌の特徴である高い浸透能を考慮しつつ、日流量の観測値と計算値が近くなるよう手動で与えた。気象データは、日最高最低気温と降水量は気象台の観測値を、その他必要な月気象統計値は流域に最も近い AMeDAS 飯舘のデータを用いて作成した。計算期間は 2016 年と 2017 年の 2 年間とした。

3. 結果と考察

図 1 に 2017 年後半の日流量の観測値と計算値を示す。観測流量は観測水位を、別途求めた H-Q 曲線によって変換して得た。GeoWEPP は両年とも夏以降の大きな降雨イベントについては降雨流出を出力した。一方で、夏場の無降雨期間には計算流量がほぼ 0 となり、再現性が低かった。これは、GeoWEPP では深部浸透した水が損失として扱われることが原因と考えられる。流出モデルの評価に良く用いられる Nash-Sutcliffe(NS)係数は、2016 年は観測を

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
キーワード：放射性セシウム、懸濁態、土壌侵食、GeoWEPP

開始した6月からで0.45, 2017年は全体では0.06であった. NS係数は1で完全に観測値を再現したモデルであることを示し, 一般には0.7以上でモデルの適合度が高いとされる. 2017年全体のNS係数は特に低いが, 冬季の融雪流出の影響を除いた6月以降に限定して評価すると2017年も0.66まで上昇した. 降雨イベント時の流出は比較的再現性が高いといえる.

図2に2017年後半の日土砂流出量の観測値と計算値を示す. ここで, 観測値は観測濁度を元にSSに変換しており, ウォッシュロードを評価している. 一方, 計算値は全ての流出土砂を対象としているため, ここではそれぞれ年間の全流出量を1とした相対値で示している. 計算値は両年ともに大きな降雨イベントのみ土砂を流出させた. 一方, 観測値は年毎に流出傾向が異なり, 2016年は夏場の低水時にもSSを流出させたが, 2017年は降雨イベント時にSS流出が集中した. GeoWEPPが精度よく土砂流出を出力する気象・地形条件等について今後も検討する必要がある.

図3に2017年の土砂流出マップを示す. 流出は河道近くの谷筋に集中しており, 懸濁態RCsのソースが局所的であることを示唆している. これは2016年も同様の傾向を示した. 今後, 現地調査を行って実際に侵食が生じている場所と計算から得られた侵食箇所を比較することで, GeoWEPPの森林における適用可能性, 及びRCsの流出予測可能性が明らかになっていくものと考えられる.

Reference

- Ueda et al. 2013. *J. of Environmental Radioactivity* **118**: 96-104
 長尾誠也. 2015. 地球化学 **49**: 217-226
 Yamashiki et al. 2014. *Sci. Rep.* **4** 3714
 Tsuji et al. 2016. *J. of Geophys. Res. BioSci.* **121**: 2588-2599
 JAEA ホームページ
<http://emdb.jaea.go.jp/emdb/portals/b1020201/>
 Renschler. 2003. *Hydrol. Process.* **17**: 1005-1017

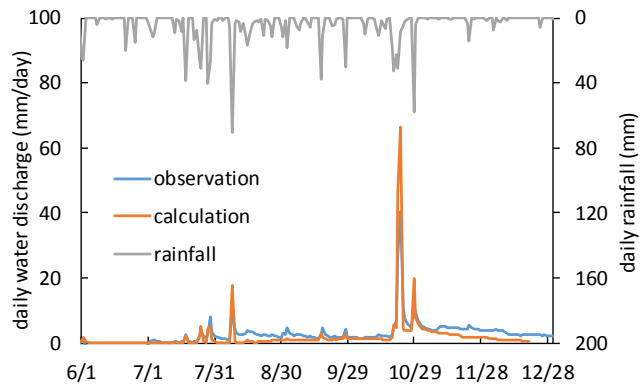


図1 2017年の観測・計算日流量

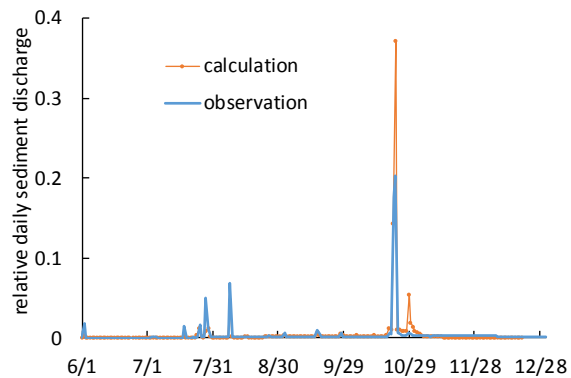


図2 2017年の観測・計算日相対土砂流出量

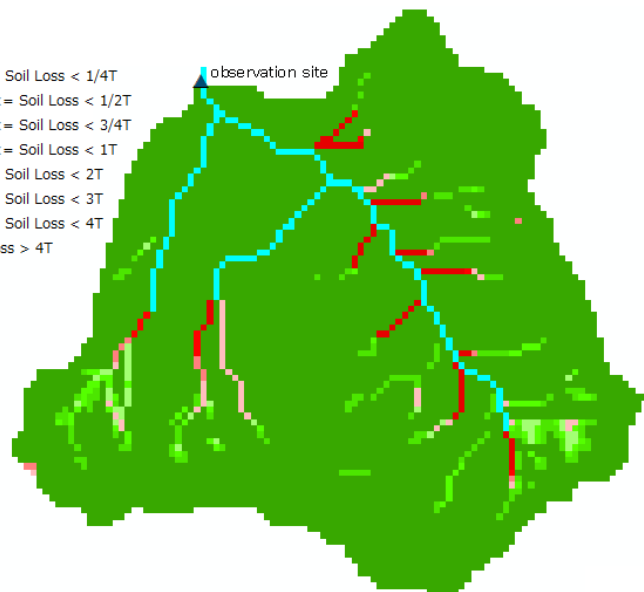


図3 2017年のグリッド毎の土壌損失量マップ

図中の Soil Loss の単位は $1 T = 1 t ha^{-1} y^{-1}$