

大規模降雨時の土砂流出に伴う森林流域からの¹³⁷Csの流出量推定

○小田智基（東京大学）・山部翔太郎（東京大学）・大手信人（京都大学）・遠藤いず貴（東京大学）・橋本長武（東京大学）・田野井慶太郎（東京大学）

1. はじめに

2011年3月11日に福島第一原子力発電所から放出された放射性セシウム(¹³⁷Cs)は、東日本の森林域に降下し、多くは依然として森林生態系に蓄積されている。蓄積された¹³⁷Csの大部分はSS(河川水中に浮遊する微細な土砂)に吸着して森林域から流出すると考えられているが、日本の急峻な地形を考慮すると、大規模な降雨の際には平水時に流出しない土砂やリター流出によっても¹³⁷Cs流出が生じると考えられる。こうした機会における森林域からの土砂・リター流出量を正確に把握することは一般に困難で、それに伴う¹³⁷Cs流出に関する知見は少ない。本研究では治山堰堤に捕捉された堆積物に着目して、大規模降雨時の源流域での土砂やリターの移動に伴う森林流域からの¹³⁷Cs流出量を推定することを目的として調査を実施した。

2. 調査地、研究方法

福島県伊達市霊山町に位置する上小国川流域(標高350-450m、流域面積18.9ha)で、森林流域末端部に設置された堰堤の堆砂地を調査地とした。この流域は福島第一原子力発電所の北西およそ50kmに位置する。年平均降水量は1327mmである(気象庁 飯館 2009-2015)。¹³⁷Cs現存量は300-600kBq m⁻²である(文部科学省, 2014)。対象の堰堤は、2004年に設置され、幅は約18mで、約2mの土砂が堆積しているが満砂状態には至っていない(図1)。

降雨時の森林流域からの土砂およびリターの流出量を測るため、2015年6月30日から2015年10月17日まで堰堤内堆砂地を覆うネット(ポリエチレン製、4mmメッシュ)を敷き、2015年8月22日と9月22日に堆砂地の地形を水準測量することにより土砂堆積量を計測し、同時にネット上のリター・土砂を採取した。また堰堤内において2015年8月22日と10月17日に採土器(Daiki DIK-110C)を用いて、堰堤端から1mおきに、堰堤面から0mと1mの地点で、地表面から最大で180cmの深さまでの土砂サンプルを採取した。採取した土砂は地表からの深度0-3cm、3-6cm、6-10cm、10-15cm、以降5cm刻みに分け、乾燥後にヨウ化ナトリウムシンチレーションカウンター(2480 WIZARD2 Gamma Counter, PerkinElmer)で¹³⁷Cs濃度を測定した。一部サンプルはその後強熱減量(600°C、4時間)と6段階の粒径分け(<0.106mm、0.106-0.25mm、0.25-0.5mm、0.5-1mm、1-2mm、>2mm)を行い、重量を測定した。

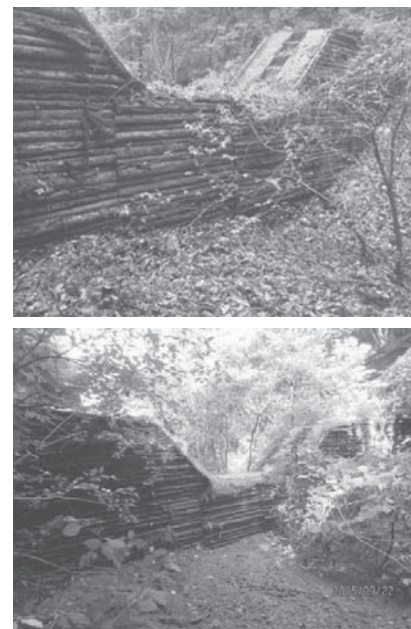


図1 大規模降雨(2015/9/6-11)前(上)後(下)の堰堤内の写真

3. 結果

3-1. 堰堤内への流入土砂・リター量および¹³⁷Cs量

2015年6月30日から8月22日の間(総雨量180mm、日最大雨量70mm)に堰堤内へ流入した土砂・リター量および¹³⁷Cs量は、土砂量3.3kg(0.8kBq/kg)、リター量1.2kg(2.8kBq/kg)であり、¹³⁷Cs流入量は6.0kBqであった。また、8月22日から9月22日の間に発生した大規模降雨(9月6日~11日、総雨量600mm、日最大雨

量 200mm) における堰堤への堆積量は、土砂とリター合わせて 15800kg(0.2kBq/kg)であった。この期間には最低でも 31.6MBq の ^{137}Cs が上流から堰堤内に流入した。

3-2. 堰堤内の ^{137}Cs と堆積物特性

図 2 に 2015 年 8 月時点の堰堤内の土砂サンプルから得られた ^{137}Cs 現存量を示す。堰堤内の堆積地を、主に流出物が蓄積する中央部と、端の斜面部に分けると、中央部は斜面部や森林土壌と比較して明らかに ^{137}Cs 現存量が多く、堰堤によって土砂とともに多くの ^{137}Cs が蓄積されていることが分かる。図 3 に、10 月に堰堤面から 1m、堰堤端から 7m の地点で採取した土砂の深度別 ^{137}Cs 濃度と有機物の割合、粒径 0.106mm 以下の堆積物の割合を示す。 ^{137}Cs 濃度は深度 40cm 付近と 65cm 付近にピークが見られ、有機物量・微細な土砂の割合のピークと対応していた。

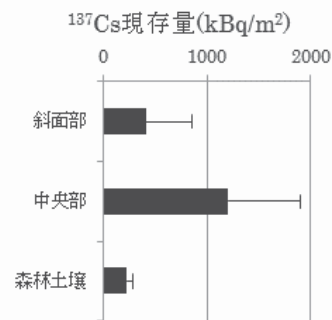


図 2 堰堤内の土壌と森林土壌の ^{137}Cs 現存量

4. 考察・結論

堰堤の堆砂地における ^{137}Cs 濃度・粒径・有機物量の深度分布及び 2015 年 9 月の大規模降雨における流入量の結果から、粒径の大きい土砂は大規模な降雨の際に大量に流出し、リターや微細粒径の土砂はこれに比べて比較的弱い降雨の際にも流出すると考えられる。図 3 に見られる 2 つの ^{137}Cs 濃度のピークとその上の低濃度層は、大規模降雨の開始時点で堆積していたリター層の上に、有機物を含む大量の土砂が堆積した結果形成されたと推定できる。原発事故以降では、2011 年 9 月と 2015 年 9 月の降雨イベントにおける日最大雨量が突出して大きく、深さ 65cm 付近のピークとその上の低濃度層は 2011 年 9 月の降雨に伴う土砂流出の履歴であると推定できる。

2015 年 9 月の大規模な降雨によって、堰堤内には新たに 31.6MBq の ^{137}Cs が堆積したことが計測されたが、この量は本流域からの SS による年間 ^{137}Cs 流出量:107~155MBq(2013 年の推定値(伊勢田, 2015))と比較すると 20~30%程度であるが、無視できない値であると言える。堰堤内堆積物の分布を測定することで、大規模な降雨が発生した場合は、大量の土砂移動に伴って大量の ^{137}Cs が流出することが分かった。 ^{137}Cs 流出の大部分は SS によって起こるが、より正確な ^{137}Cs 流出量の把握および予測のためには、大規模降雨時の土砂移動による ^{137}Cs 流出も考慮するべきであると考えられる。

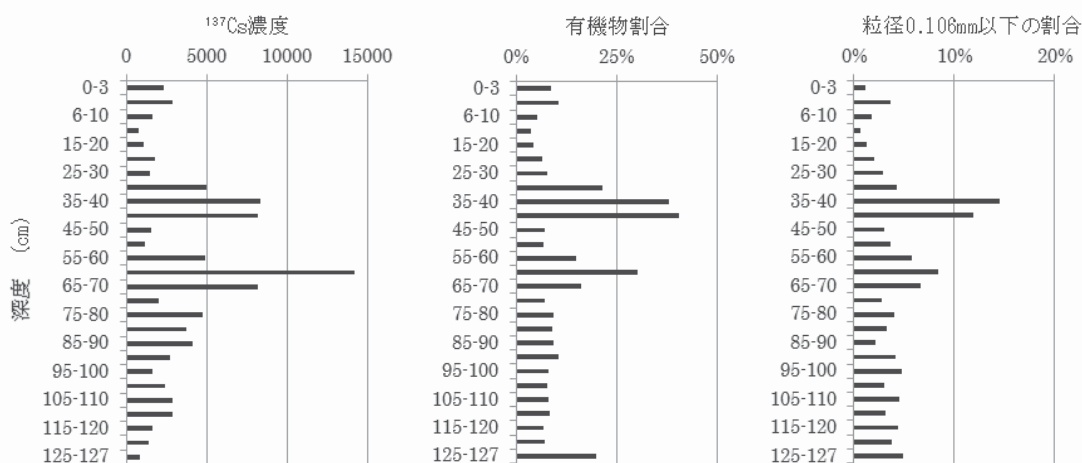


図 3 2015 年 10 月 17 日に採取された深度別の ^{137}Cs 濃度、有機物割合、粒径 0.106mm 以下の割合