

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450214

研究課題名(和文) 間伐が森林からの懸濁物質及び放射性物質の流出に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Discharge of suspended solids and radiocesium from a forested watershed before and after line thinning

研究代表者

篠宮 佳樹 (Shinomiya, Yoshiki)

国立研究開発法人森林総合研究所・東北支所・グループ長

研究者番号：20353716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：スギ人工林流域で、間伐に伴う懸濁物質(SS)およびSSに含まれるセシウム¹³⁷(Cs-137)の流出実態を明らかにした。間伐直後、出水時のSS濃度は間伐前より高い値が観察されたが、間伐前より高いSS濃度の出現頻度は、間伐翌年から低下した。SSのCs-137濃度は概ね時間とともに低下し、明確な上昇はみられなかった。間伐直後、出水時のSS流出が増える為、Cs-137の流出増加が懸念されるが、大雨出水時のSSに含まれるCs-137濃度の低下、流域内部の裸地の減少によりCs-137流出を抑制する現象も起きていた。以上より、間伐中や間伐後にCs-137の下流域への流出増大の明確な兆候は認められなかった。

研究成果の概要(英文)：We investigated discharge of suspended solids (SS) and radiocesium (Cs-137) from a planted forest watershed before and after line thinning. Some of SS concentrations were higher after thinning than before thinning. We found that thinning had an influence on the SS discharge. We investigated the Cs-137 concentrations of SS from February 2012 to June 2016. Cs-137 concentrations in SS were not related to thinning and dropped during large storms. With the exception of large storms, Cs-137 concentrations in SS did not increase during or after thinning but decreased gradually. Immediately after thinning, SS discharges increased but Cs-137 concentrations in SS decreased in flood events. Therefore, Cs-137 export from the forested watershed did not increase sharply according to thinning. Also, for smaller areas of bare land, SS discharges and Cs-137 exports would decrease.

研究分野：森林水文学

キーワード：森林 放射性セシウム 懸濁物質 間伐

1. 研究開始当初の背景

福島第一原子力発電所事故により森林に放射性セシウム (Cs) が沈着した。森林からの放射性 Cs の流出を明らかにすることは放射性 Cs が下流域の農作物への影響や河川・海洋の生態系に及ぼす影響を明らかにするためにも重要である。放射性 Cs は針葉樹では樹冠における存在割合が高く、広葉樹においては堆積有機物、表層土に高濃度で存在し、時間経過とともに表層土壌に集中していくと予想されている (森林総研 2011)。チェルノブイリ原発事故に関連する調査 (IAEA2006) によって前述の知見は示唆されていたが、森林施業に伴う放射性物質の動態について報告はない。間伐後の森林斜面で土砂等の移動が放射性 Cs 動態に及ぼす影響は軽微であることが示されたが (林野庁 2013) 間伐に伴う渓流水を通じた放射性 Cs の動態は未解明であり、森林施業に伴う放射性 Cs の流出に関する基礎的知見は十分ではない。

成熟期に達した国内の森林蓄積を有効に活用する為、間伐を促進する必要がある。間伐施業の実施と多面的機能の発揮との両立を図る為には間伐が SS 流出に及ぼす影響の解明も必要である。国内では、SS 流出に及ぼす森林施業の影響の研究は皆伐や択伐では実施されたが、間伐での報告は皆無に等しい。

2. 研究の目的

本課題では、間伐前後の SS 及び SS に含まれる Cs-137 の流出実態について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

調査は茨城県城里町の森林流域 (流域面積; 60 ha, 標高; 130 ~ 300 m, 地質; 堆積岩, 植生; 斜面中下部はスギ人工林, 上部は落葉樹林) で行った。スギの林齢は 2014 年の時点で 50 年生であった。流量の観測のため、林道の橋下に流量堰を設け、水位を自動計測し、水位 - 流量曲線により流量を算定した。1 出水の累加比流量について、流量増加開始時からの基底流出の上昇率 ($0.55 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2} \text{ h}^{-1}$) を加算した流量と実測流量が一致するまでの期間の積算流量とした。流域内の 2 か所で転倒柵式自記雨量計を設置し、林外雨量を測定した。

毎月 1 ~ 2 回渓流水 1 L を定期的に採集した。自動採水装置 (ISCO 製, model6700) により出水時に 1 時間間隔 (流量逡減時は適宜変更) で出水時の渓流水 (1 ~ 2 L) を連続採水した。これらの試料水を用いて SS 濃度 (ろ紙は桐山製作所製のガラス繊維フィルター, 孔径 0.5 μm) を測定した。

浮遊土砂サンプラー (古賀ら 2004) を渓流水中に設置して 2 ~ 3 か月間隔で、SS を採集した。森林総合研究所に設置されたゲルマニウム検出器 (SEIKO EG and G ORTEC 製 GEM40) を用いてガンマスペクトロメトリ法にて SS の Cs-137 濃度を測定した。Cs-137

濃度は採取日に換算して表示した。

間伐前の試験流域は、常時水流のある主谷沿いに林道 (未舗装、恒常的に使用可) が約 1500 m 敷設されていた。2012 年秋 (試験流域の北東部分のスギ林を対象、間伐対象は流域面積の 17%) と 2013 年夏 (残りの部分のスギ林を対象) に、本数で 35% の間伐率で列状間伐が実施された。2 回の間伐により総延長で約 5000 m の作業道 (幅員 3 m) が谷筋に沿って作設された。今回の間伐によって、流域内の路網密度は 27 m ha^{-1} から 108 m ha^{-1} へ変化した。伐採木はグラップルによる掴みどり、またはウインチによる曳き出し後、林内作業車 (フォワード型) にて搬出された。当該施業で発生した枝条は施業中、谷筋に一時的に置かれ、施業終了時に作業道路面に高さ 1 m 程度まで積みあげられた。なお、間伐中、作業道からの著しい土砂流出や溪岸の崩壊など、特定の流出源はみられなかった。また、林内で表層土壌が攪乱されたとみられる場所は特に認められなかった。林業機械は作業道上を移動していたと推察された。

作業道の被覆度の経時変化を明らかにするため、新規に開設された作業道の路面 6 力所に $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ の方形区を設け、三浦 (2000) の方法により夏、冬の年 2 回の頻度で定期的に林床被覆率を算出した。また、作業道を中央に見通せる地点で間伐後の林相の定点撮影を夏、冬の年 2 回の頻度で行った。

4. 研究成果

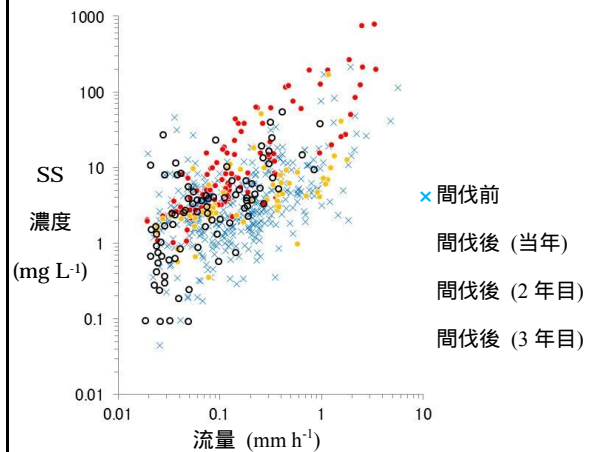


図 1 間伐前後の流量と SS 濃度の関係

間伐前は 2010 年 6 月 ~ 2012 年 8 月の 21 出水 (総雨量 15 ~ 130 mm, 最大時間雨量 3 ~ 39 mm h^{-1}), 間伐後は 2013 年 10 月 ~ 2015 年 12 月の 12 出水 (総雨量 19 ~ 127 mm, 最大時間雨量 5 ~ 39 mm h^{-1}) の合計 33 出水と平水時のデータを用いた。流量と SS 濃度との関係を間伐前後で比較すると (図 1), 同じ流量において間伐前の SS 濃度より大きい間伐後のデータが多数出現した。間伐前の最大 SS 濃度は 2010 年 7 月降雨 (総雨量 74 mm, 最大時間雨量 39 mm h^{-1}) の 211 mg L^{-1} であったが、間伐終了直後の 2013 年 10 月 (総雨量 127 mm,

最大時間雨量 19 mm h^{-1}) に 790 mg L^{-1} , 間伐終了から約 4 か月後の 2014 年 2 月 (総雨量 123 mm , 最大時間雨量 22 mm h^{-1}) にも 751 mg L^{-1} の SS 濃度が観察された。また, 1 出水の累加比流量 (ΣQ) と 1 出水の累加 SS 流出量 (ΣL_{ss}) の関係でも, 同じ程度の ΣQ に対して間伐前より間伐後のほうが高い ΣL_{ss} がいくつか観察された。これらより, 間伐後の出水時の SS 濃度は上昇し, SS 流出量は増加したと考えられる。この理由は, 伐採により作業道路面や溪流近傍などに裸地が生じたためと考えられる。

間伐翌年以降になると, 間伐前より高い SS 濃度の出現回数は減少し, 流量 - SS 濃度の関係は概ね間伐前と同程度の状態になった (図 1)。作業道路面の林床被覆率について, 間伐直後 (2013 年 10 月 9 日) は平均 26%であったが, 約 2 年後 (2015 年 7 月 22 日) に 81%, 約 3 年後 (2016 年 7 月 20 日) に 89%と, 間伐直後より大きく上昇した (図 2)。定点観察によれば, 間伐直後 (2013 年 10 月 9 日) の作業道 (枝条が置かれていない部分) や谷沿いは裸地化していた。約 1 年後 (2014 年 9 月 30 日), 作業道や谷沿いに部分的に植生がみられた。間伐から約 2 年 (2015 年 7 月 22 日), 約 3 年 (2016 年 7 月 20 日) となるにつれて, 作業道や谷沿いに植生が回復し, 裸地はほとんど見られなくなった (図 3)。これらより, 作業道等の裸地は間伐後減少し, それに伴い SS 流出が抑制されることが示唆された。

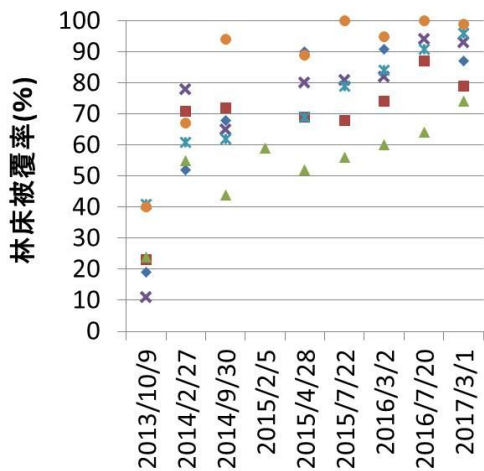


図 2 作業道路面の林床被覆率の変化

間伐前後 (2012 年 2 月 ~ 2016 年 8 月) の SS の Cs-137 濃度は, 間伐前後に関わらず大雨 (ここでは, 総雨量 100 mm 以上の降雨イベントを示す) があると低くなった。大雨が含まれる期間を除外すると, Cs-137 濃度は時間経過とともに低下する傾向が観察された。Cs-137 濃度の低下は物理減衰よりも早かった。間伐中, 間伐後において間伐前を超える高い Cs-137 濃度は観測されなかった (図 4)。SS に含まれる 1 日当たりの試験流域からの

a) 2013 年 10 月 9 日



b) 2014 年 9 月 30 日



c) 2015 年 7 月 22 日



d) 2016 年 7 月 20 日



図 3 新規開設作業道を含む林相の経時変化

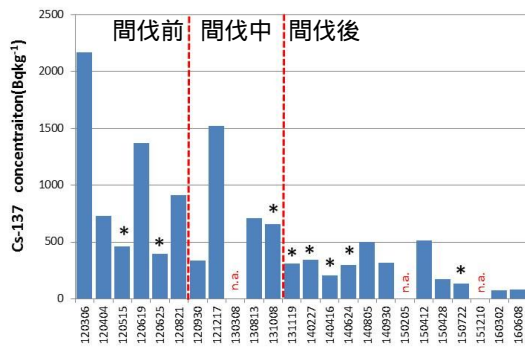


図4 SSに含まれるCs-137濃度の変化

* 総雨量100mm以上の降雨イベントが含まれる

n.a.: 欠測

Cs-137流出量は、間伐前後に関わらず大雨があった期間に著しく多くなり、かつ間伐中、間伐後において間伐前より多いことはなかった。

以上より、間伐中、間伐後において明確なCs-137の濃度や流出量の増加といった、Cs-137の下流域への流出増大の兆候は認められなかった。また、間伐直後、出水時のSS流出は増えたが、Cs-137流出に顕著な増加はみられなかった。この要因の一つは出水時のSSに含まれるCs-137濃度の低下によるものである。さらに、間伐翌年になると下草繁茂に伴いSS流出が減少して、Cs-137流出は低下した。このように間伐に伴うSS流出の増加によりCs-137の流出増大が懸念されたが、本研究によって間伐しても顕著なCs-137流出は起きないことが明らかとなった。

《引用文献》

- IAEA (2006) Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience. Reports of the Chernobyl Forum Experts Group 'Environment', Radiological Assessment Reports Series (2006).
- 古賀ら (2004) 長期浮遊砂サンプリングのための簡易サンプラーの実験的検証、筑波大学陸域環境研究センター報告 5:105-114.
- Leeks and Marks (1997) Dynamics of river sediments in forested headwater stream: Plynlimon. Hydrol. Earth Sys.Sci.1:483-497.
- 三浦 (2000) 表層土壌における雨滴侵食保護の視点からみた林床被覆の定義とこれに基づく林床被覆率の実態評価、日林誌 82:132-140.
- 林野庁 (2013) 森林における放射性物質の拡散防止技術検証・開発事業の結果について、http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kaihatu/pdf/130827_1-01.pdf.
- 佐藤 (2006) 浮遊土砂の流出抑制に配慮

した森林管理方法、日林誌 88:50-59.

- 7) 森林総研 (2011) 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について (第二報)、<http://www.ffpri.affrc.go.jp/press/2011/20111227/index-1.html>.
- 8) 柳井・寺澤 (1995) 北海道南部沿岸山地流域における森林が河川および海域に及ぼす影響 (I) 山地流域から津軽海峡に流出する浮遊土砂と有機物、日林誌 77:408-415.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

SHINOMIYA Yoshiaki、TAMAI Koji、KOBAYASHI Masahiro、OHNUKI Yasuhiro、SHIMIZU Takanori、IIDA Shin'ichi、NOBUHIRO Tatsuhiko、SAWANO Shinji、TSUBOYAMA Yoshio、HIRUTA Toshihide、Radioactive cesium discharge in stream water from a small watershed in forested headwaters during a typhoon flood event、Soil Science and Plant Nutrition、査読有、Vol.60、2014、pp.765-771.

〔学会発表〕(計 5 件)

Yoshiaki SHINOMIYA、Masahiro KOBAYASHI、Yoshio TSUBOYAMA、Shinji SAWANO、Koji SHICHI、Tatsuya TSURITA、Yasuhiro OHNUKI and Yuko ITOH、Discharge of suspended solids and radiocesium from a forested watershed before and after line thinning、JpGU-AGU joint meeting 2017、2017年5月20日～5月25日、幕張メッセ(千葉県千葉市)

篠宮佳樹、小林政広、坪山良夫、澤野真治、志知幸治、釣田竜也、大貫靖浩、伊藤優子、列状間伐前後の森林流域における懸濁態物質および放射性セシウムの流出実態、第51回日本水環境学会年会、2017年3月15日～3月17日、熊本大学(熊本県熊本市)

篠宮佳樹、小林政広、澤野真治、坪山良夫、志知幸治、列状間伐前後の森林流域における懸濁態物質の流出実態、東北森林科学会第21回大会、2016年8月25日～8月26日、岩手大学(岩手県盛岡市)

篠宮佳樹、小林政広、澤野真治、坪山良夫、志知幸治、伊藤優子、列状間伐実施中の森林流域における懸濁態物質の動態と起源、第126回日本森林学会、2015年3月26日～3月29日、北海道大学(北海道札幌市)

篠宮佳樹、小林政広、玉井幸治、大貫靖浩、伊藤優子、清水貴範、飯田真一、延藤寛彦、澤野真治、坪山良夫、蛭田利秀、渓流水に含まれる放射性セシウム、東北森林科学会第19

回大会、2014年9月1日～9月2日、コラッセ福島（福島県福島市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

篠宮 佳樹（SHINOMIYA, Yoshiki）
国立研究開発法人森林総合研究所・
東北支所・グループ長
研究者番号：20353716

(2)研究分担者

小林 政広（KOBAYASHI, Masahiro）
国立研究開発法人森林総合研究所・
震災復興・放射性物質研究拠点・チーム長
研究者番号：50353686

(3)連携研究者

釣田 竜也（TSURITA, Tatsuya）
国立研究開発法人森林総合研究所・
立地環境研究領域・主任研究員
研究者番号：30353775

志知 幸治（SHICHI, Koji）

国立研究開発法人森林総合研究所・
立地環境研究領域・主任研究員
研究者番号：10353715

(4)研究協力者

大貫 靖浩（OHNUKI, Yasuhiro）

坪山 良夫（TSUBOYAMA, Yoshio）

澤野 真治（SAWANO, Shinji）

伊藤 優子（ITOH, Yuko）