

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月10日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580169

研究課題名（和文） 豪雨・台風に伴う森林域の栄養塩動態に関する実証的研究

研究課題名（英文） Empirical research for nutrients runoff from a forested catchment during heavy rain or typhoon

研究代表者

篠宮 佳樹 (SHINOMIYA YOSHIKI)

独立行政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：20353716

研究成果の概要（和文）：高知県西部の四万十川源流の森林流域において、2011年7月18～19日における総雨量742mmの“特大出水”の栄養塩（SS、TN、NO₃⁻）の流出特性について、総雨量200～300mmの“大出水”，総雨量200mm未満の“出水”と比較しながら考察した。試験流域で、自動採水器を用いて6回（総雨量53～742mm）の出水時調査（2時間間隔）と月1回程度の定期調査を行った。“特大出水”のTNの累加比負荷量は既往の報告における我が国のTNの年間負荷量に匹敵した。NO₃⁻-NのTNに占める割合は“出水”，“大出水”の28～76%から“特大出水”の2%へと急減した。”特大出水”時の栄養塩流出は懸濁態物質の流出が顕著なることを明確に示した。

研究成果の概要（英文）：We investigated nutrients runoff (Suspended solid material, SS; Total nitrogen, TN; Nitrate, NO₃⁻) from a forested, mountainous catchment in the Shimanto River headwaters, comparing among “event” (total rainfall below 200 mm), “storm event” (total rainfall 200 ~ 300 mm) and “extreme storm event” (total rainfall 742 mm in 18-19 July, 2011). The vegetation of the experimental catchment (73ha), underlying sedimentary rock, is a secondary forest of predominantly evergreen trees. Stream water was collected every two hours using an automatic water sampler for 6 flood events (total rainfall 53 ~ 742 mm). TN runoff during “extreme storm event” (about 5 kg ha⁻¹ yr⁻¹) is equaled to the averaged value of annual TN runoff (4.9 kg ha⁻¹ yr⁻¹) reported by previous studies. The proportion of NO₃⁻-N to TN for specific cumulative output drastically decreased from 28 ~ 76 % in “event” and “storm event” to 2 % in “extreme storm event”. It revealed definitely that particulate matter runoff overwhelmingly more than dissolved matter for nitrogen during “extreme storm event”.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：森林、気候変動、豪雨、台風、栄養塩、窒素、微細土砂

1. 研究開始当初の背景

国内外の各地で、地球温暖化に伴う気温の上昇や豪雨の発生といった気候変動が指摘されている。我が国の降雨量に関しては、降雨に関する極端な現象(日雨量 100mm 以上や 200mm 以上の日数)の発生頻度の増加、予想を超える台風(スーパー台風)が襲来との予測が示されている。豪雨の発生頻度の増加は大気循環モデルからも、長期気象観測データを用いた解析からも裏付けされており、我が国の気候変動の1つの傾向として豪雨発生頻度が増加する、スーパー台風が襲来する可能性が非常に高く、現実味を帯びてきた。

2. 研究の目的

豪雨の頻度増加やスーパー台風の襲来により雨量が多くなると、森林から窒素などの養分や微細土砂の流出が増大し、河川水質の悪化や河川生態系への悪影響が危惧される。一方で豪雨時の窒素・微細土砂の流出は流量に同調しない傾向が明らかにされつつある。窒素・微細土砂流出に関する将来予測をより正確に行うため、実際の豪雨時の観測結果から類推する方法が考えられる。本研究では、豪雨の頻度の高い地域の森林流域で、1 降雨の雨量あるいは年雨量の増加に対して森林からの窒素・微細土砂の流出量がどのような応答を示すかを明らかにし、それを基に将来予測される豪雨で森林からの窒素等養分・微細土砂の流出について考察することが目的である。

3. 研究の方法

(1) 試験地

調査は高知県高岡郡津野町の森林流域(N33° 20', E132° 58')で実施した。流域面積は 73ha、標高は 470~830mの範囲にあり、地質は四万十北帯の堆積岩である。流域の植生は一部がスギ・ヒノキ人工林であるが、大半はシイ・カシの常緑二次林である。下層植生はヤブニッケイ、サカキなどが見られた。アメダス観測点「梶原」(試験流域より西へ約 11km)の年平均気温は 13.3°C、年雨量は 2550mm である。

(2) 流量、雨量の測定

流量の観測のため、林道の橋下に流量堰を設け、自記水位計(コーナーシステム製、KADEC-MIZU)で水位を計測した。実測水位より水位-流量曲線により流量を算定した。流量堰は複合断面になっており、水位 25cm まではパーシャルフリューム(9 インチ型)として、それ以上は矩形断面として流量換算した。直接流出量の算定にあたり、流出水量増加開始時から基底流出の上昇率(0.55 L s⁻¹ km² h⁻¹)を加算した流量と実測流量が一致するまでの期間を直接流出発生期間とし、期間

内の積算流量を一降雨の流量とした。流量堰付近で転倒柵式自記雨量計を設置し、林外雨量を測定した。調査は 2010 年 8 月~2012 年 12 月まで行った。

(3) 採水方法及び分析方法

調査期間中、定期的(毎月 1 回)に渓流水を採水した。定期採水は原則として出水時を避けた。自動採水装置(ISCO 製、model6700)により出水時に 2 時間間隔(流量減時は適宜変更)で出水時の渓流水を連続採水した。出水観測にあたり、降雨イベント開始前から当該降雨イベントの直接流出が消滅するまで連続して採水するように努めた。渓流水を研究室に冷蔵状態で送付した後、TN 濃度は紫外吸光光度法(SHIMAZU 製 UV1240)で測定した。メンブランフィルター(0.45 μm)でろ過後、DTN 濃度は紫外吸光光度法(ダイアインストルメンツ製 FI-N50)、NO₃⁻、NH₄⁺濃度はイオンクロマトグラフ法(DIONEX 製 DX320)で測定した。残りの試料水(0.7~1.0L)により SS 濃度(桐山製作所、ガラス繊維フィルター SS47、0.5 μm)を測定した。

4. 研究成果

(1)

出水の観測を総雨量 53~742mm の 6 降雨イベントで行った。アメダス観測点「船戸」(試験流域より北東へ約 5km)の記録によると、2011 年 7 月 19 日の日雨量は 543.5mm で、同観測所の第二位の記録(観測値は気象庁 <http://www.data.kishou.go.jp/>より引用、参照日 2013/3/2)となっており、2011 年 7 月 18~19 日の総雨量 742mm の降雨イベントは、記録的な大雨であったと理解できる。考察にあたり、総雨量 200mm 未満(2010 年 10 月総雨量 53mm、2011 年 5 月総雨量 86mm、2011 年 9 月総雨量 133mm)の出水を“出水”、総雨量 200~300mm(2011 年 5 月総雨量 212mm、2012 年 8 月総雨量 226 mm)の出水を“大出水”、総雨量 700mm 超の非常に大規模な降雨イベントの出水を“特大出水”と定義する。

(2)

“特大出水”時の SS、TN、NO₃⁻-N の流出量はそれぞれ 3105 kg ha⁻¹、5.2 kg ha⁻¹、0.1 kg ha⁻¹流出した。茨城県の森林(295ha)で、年間の SS 流出量は 295kg ha⁻¹ yr⁻¹、TN 流出量は 6.8kg ha⁻¹ yr⁻¹、NO₃⁻-N は 3.7kg ha⁻¹ yr⁻¹と報告されている。TN に関して原単位のレビューでは 4.9kg ha⁻¹ yr⁻¹と報告されている。SS の年流出量のレビューでは、数 10~1000kg ha⁻¹ yr⁻¹の範囲にあった。以上の先行研究と比較すると、“特大出水”では、1 回の出水で通常の森林 1 年分に匹敵する TN が流出したことがわかった。想定を超えるような大雨が発生すれば、斜面崩壊などが多発し、多量の土砂流出の点源となり、長期に影響が残った

りする場合がある。衛星画像で確認した範囲では、今回の“特大出水”では斜面崩壊の形跡は観察されなかった。また、台風通過後の数年間の NO_3^- 濃度の上昇といった現象が報告されているが、“特大出水”後の SS、TN、 NO_3^- 濃度がそれ以前より高い状態が続くといったことも認められなかった。2011年7月19日の日雨量(543.5mm)は「船戸」観測所の第二位の記録だが、日雨量の上位5位までの記録のうち3つは2005年、2003年、2007年に観察された。つまり、比較的最近も極めて大きな降雨に見舞われていることから、河道内に不安定土砂が多量に溜まっていたとは考えにくい。このようなことから、今回の“特大出水”での栄養塩流出量は斜面崩壊などの点源に基づいたものではないと考えられる。

TN 累加比負荷量に占める NO_3^- -N 累加比負荷量の割合は、“出水”では 62~76%で、流出する窒素の主要形態は溶存態であった。降雨規模が大きくなると、TN 累加比負荷量に占める NO_3^- -N 累加比負荷量の割合は、“大出水”での平均約 30%へ低下し、さらに“特大出水”では 2%と極端に低くなった(図1)。本流域では、“大出水”、“特大出水”時の中盤から後半にかけて NO_3^- 濃度が顕著に低下し、その状態が継続することが観察されている。一方で、“大出水”、“特大出水”の SS 濃度、TN 濃度は途中から低下することはなく流量ピーク付近で最大濃度になる(図2、3)。“特大出水”時の窒素に関して、溶存態の流出割合が極端に低下したのは、溶存態と懸濁態で流量に対する変動特性が大きく異なるためである。以上より、“特大出水”時の栄養塩流出は、懸濁態としての流出が圧倒的になることを明確に示した。

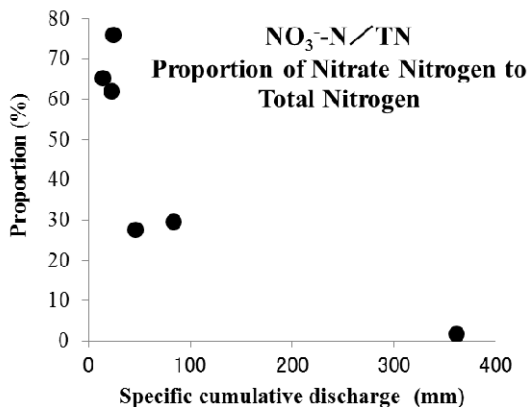


図1 出水時における累加比流量と NO_3^- -N 累加比負荷量の TN に占める割合との関係

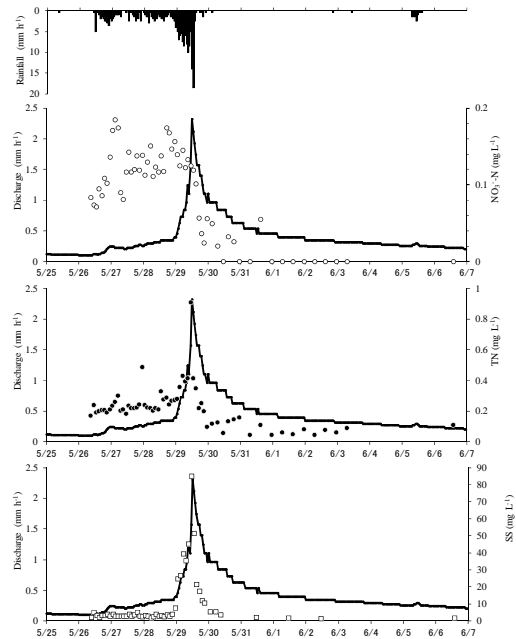


図2 “大出水”(2011年5月総雨量212mm)における雨量、流量及び栄養塩濃度の経時変化

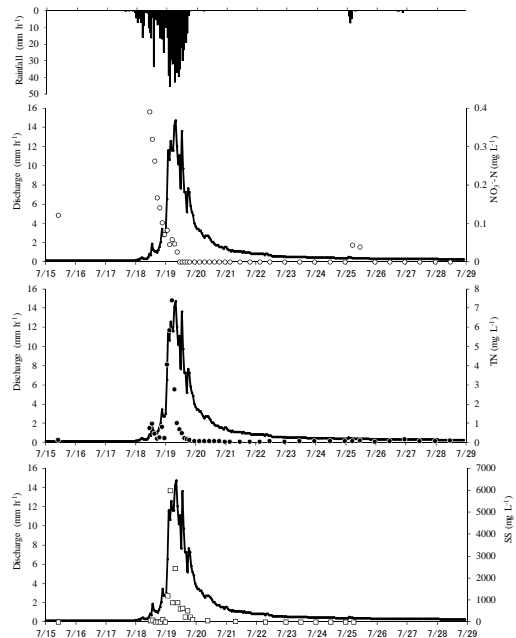


図3 “特大出水”(2011年7月18~19日の総雨量742mm)における雨量、流量及び栄養塩濃度の経時変化

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3件)

- ① 篠宮佳樹、小林政広、坪山良夫、森林流域における硝酸の年間流出量に及ぼす出水時の影響—茨城県城里町のスギ人工林流域における2010年の解析結果—、関東森林研究、査読有、2012、Vol. 63、No. 2、175—176
- ② 篠宮佳樹、稲垣善之、深田英久、豊田信行、四国地方のヒノキ人工林における間伐が表層土壌の物理性に及ぼす影響、森林応用研究、査読有、2011、Vol. 20、19—25
- ③ 篠宮佳樹、土壌講座2:保水性と通気性、樹木医学研究、査読無、2011、15巻、2号、64—67

[学会発表] (計7件)

- ① Yoshiaki SHINOMIYA、Tsuyoshi YAMADA、Yoshiyuki INAGAKI、Shuichiro YOSHINAGA、and Atsushi TORII、Influence of rainfall increase according to heavy rain and typhoon on nitrogen exports from a forested catchment: A case study in the Shimanto River headwaters、ASLO Aquatic Sciences Meeting、2012、AbstractID=7342
- ② 篠宮佳樹、小林政広、坪山良夫、玉井幸治、澤野真治、大年邦雄、横山雄一、中山健二、台風が降雨中および降雨後の溪流水の硝酸濃度に及ぼす影響、JPGU、2012、AHW30-P05
- ③ 篠宮佳樹、大年邦雄、横山雄一、中山健二、豪雨・台風に伴う雨量増加が森林集水域の窒素動態に及ぼす影響、JPGU、2012、U05-09
- ④ 篠宮佳樹、小林政広、吉永秀一郎、坪山良夫、森林流域における窒素流出量に及ぼす出水時の影響程度、日本森林学会講演集、2012、123、Pa28
- ⑤ 篠宮佳樹、山田毅、稲垣善之、吉永秀一郎、鳥居厚志、四万十川源流部の天然林流域における年間のDIN流出量と大雨時における硝酸流出機構、日本水環境学会年会講演集、2012、64、pp. 515
- ⑥ 篠宮佳樹、小林政広、坪山良夫、森林流域における硝酸の年間流出量に及ぼす出水時の影響—茨城県城里町のスギ人工林流域における2010年の解析結果—、関東森林学会大会講演要旨集、2011、1、pp. 22
- ⑦ 篠宮佳樹、山田毅、稲垣善之、吉永秀一郎、鳥居厚志、四万十川源流部森林流域からの大雨時における硝酸態窒素の流出メカニズム、日本森林学会講演集、2011、

122、pp. 745

6. 研究組織

(1) 研究代表者

篠宮 佳樹 (SHINOMIYA YOSHIKI)
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：20353716

(2) 研究分担者

大年 邦雄 (OHDOSHI KUNIO)
高知大学・農学部・教授
研究者番号：00127060