

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2020

課題番号：16K07799

研究課題名（和文）熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明と土砂流出予測

研究課題名（英文）Research on water and sediment discharge mechanism in tropical monsoon evergreen forest catchments

研究代表者

壁谷 直記（KABEYA, Naoki）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員

研究者番号：40353651

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）：カンボジア国コンポントム州の常緑林流域試験地内で水・土砂流出特性と土地利用変化の関係解明に関する研究を行った。現地観測およびモデル解析の結果から、土壌侵食を防ぐためには、林床面被覆の保護と伐採後の植生回復が重要であることがわかった。開発が進んだオーテクロー流域での観測結果をもとに、年間流域流出土砂量を推定したところ、 1.98×0.001 mm/year と日本の森林と同じくらい非常に小さい値であった。これは、カンボジアのような平坦な地形では、森林伐採などにより土壌侵食が発生したとしても、侵食土砂が流路に到達しないため、直ちに流域からの流出土砂量の増加へ結びつかない可能性を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまで土壌侵食に関する実態がまったく分かっていなかったカンボジアの常緑林において、現地観測とモデル解析を実施し、森林が土砂流出を防ぐ機能を明らかにした。このことは、今後のこの地域の水土保持に関する基礎的な知見を与えるものである。

研究成果の概要（英文）：We have investigated water and sediment discharge owing to land use change in the evergreen forest experimental catchment in Kampong Thom Province, Cambodia. As the result of this study, it is important to conserve vegetation on the forest floor and to recover vegetation after cutting for preventing soil erosion. The amount of annual sediment yield in the O Teak Lookk catchment where forest has been mostly developed was estimated to be very small values as 1.98×0.001 mm/year as that value at Japanese forest sites. Since topography of the study site is very flat, it is suggested that sediment produced by soil erosion is hard to be transported to a channel.

研究分野：森林水文学

キーワード：熱帯モンスーン 常緑林 森林斜面 森林流域 雨滴浸食 土砂流出 USLEモデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界では年間 5.2 万 km² の森林が消失しており、東南アジア諸国においても森林減少は深刻な問題である。森林伐採による土壌侵食量の増加は、河川下流の河床上昇を引き起こし、洪水氾濫のリスクを増大させる可能性がある。世界では年間 5.2 万 km² の森林が消失しており、東南アジア諸国においても森林減少は深刻な問題である。カンボジアの森林率は 2000 年時点で、57 %と、周辺のタイ、マレーシア、ベトナムなどに比べて高い値を維持していた (FAO、2010)。しかし、貴重な熱帯モンスーン常緑林が多く分布するカンボジアの中央部においても、近年は人口増加に伴う開発により森林が急激に減少していることが明らかになっている (Kurashima et al., 2015)。一方で、東南アジア地域では気候変動に由来する豪雨が頻発しており、タイでは 2011 年の洪水が大きな問題となった。森林伐採による土砂流出量の増加は、豪雨の際に下流の河川の河床上昇や洪水氾濫のリスク増加を引き起こす可能性が非常に高い。斜面での土砂生産は、降雨強度などの気象条件と土壌、土地利用、地形改変などの立地環境条件により規定される。また、流域スケールでの土砂の移動プロセスを理解するためには、土砂の生産および輸送に深く関係する洪水流出の発生プロセスを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、東南アジア諸国の中で比較的豊かに森林が残っているカンボジアの熱帯モンスーン常緑林流域を対象に、土地利用の違いが水と土砂の移動特性に及ぼす影響を解明することである。

3. 研究の方法

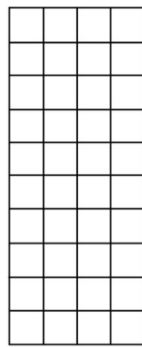
当研究グループではカンボジア国内の常緑林流域試験地(コンポントム州)において継続的に水文観測を実施している(壁谷ほか、2014)。本研究では、土砂移動を把握するために侵食ピンプロットおよび堆積土砂測定用簡易堰を設置した(図1)。侵食ピンプロットは森林斜面からの土砂移動の実態を把握するために、斜面傾斜の異なる2つの地点(プロット No1 と No2)に侵食ピンプロットを設置した。また、流域スケールの土砂移動流出量を把握するために、森林開発の程度の異なる2つの森林流域に堆積土砂測定用簡易堰を設置した(図2)。さらに、プノンペンにあるカンボジア森林局森林野生生物研究所敷地内に人工の実験斜面を設計し、侵食斜面プロット試験を実施した(図3)。



侵食ピンプロット N01 (斜面傾斜 = 10 度)
林内にプロットを設定



侵食ピンプロット N02 (斜面傾斜=30 度)
斜面中腹の内にプロットを設定



2 m

グリッド数
水平方向 5 本
斜面方向 11 本
計 55 点
ピン数 = 55 本

5 m

0.5 m メッシュ



侵食ピン (全長 = 30 cm)

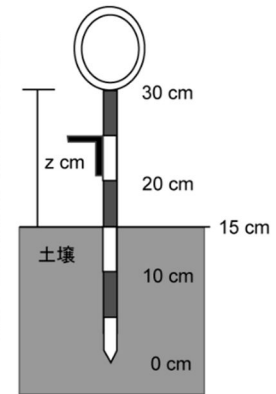


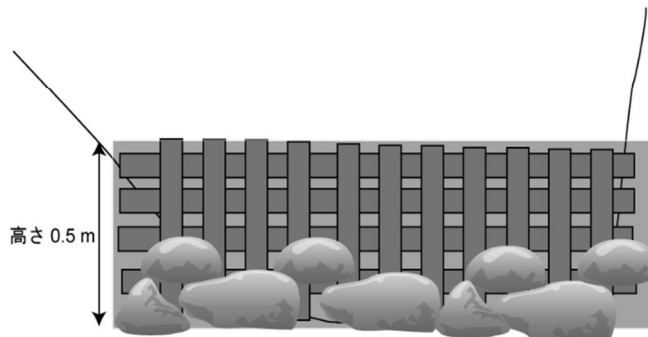
図 1 侵食ピンプロットの概要



オーテックロー流域 (400ha)



オートム I 号源頭部流域 (4ha)



高さ 0.5 m

1) 高さ 50 cm の木製枠組みを河道の測定断面に設置。

2) 土砂をのみ捕捉し、水は流下させるために透水性シートで被覆。

3) 毎年の乾季 (4 月) に地形測量を行い、土砂の堆積量を記録する。

図 2 堆積土砂量観測簡易堰の概要

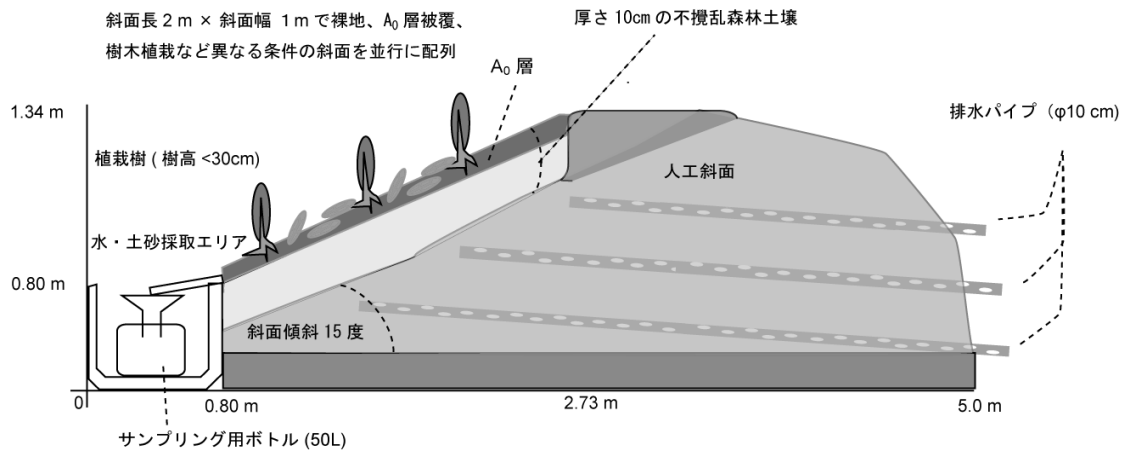


図3 侵食斜面プロットの設置計画（断面図）

4. 研究成果

(1) 本研究では斜面傾斜が異なるカンボジアの森林内での侵食ピンプロット試験を実施した（図1）。その結果、10 mm以上の侵食もしくは堆積が発生した箇所は斜面傾斜が10度の森林内では、18～20%に限られることがわかった。斜面傾斜が10度の森林内では、3回計測した侵食ピンの平均値は、±1 mm以内であった。これは、林内で降雨による土砂移動がほとんど生じていないということを示している。塚本（1998）は温帯湿潤地域の森林内では、林内被覆がある場合、裸地でみられるようなリル・ガリーなどの形態による表面侵食は防止され、雨滴衝撃による土粒子の結合破壊が主な侵食営力となることが述べられている。本研究により、熱帯モンスーン地域の常緑林においても、斜面傾斜10度の森林内においては、林内被覆があれば侵食はほとんど起きないことがわかった。

(2) 森林開発が進み、かつて森林だったが現在は、畑地が大半を占めるオーテックロー流域において1年間の土砂観測結果が得られた。洪水時には、水流および堆積土砂による圧力が增大して簡易土砂測定用簡易堰（図2）が破壊されたため、直接最大時土砂堆積量の測定はできなかったが、毎日定期観測する委託者の記録により、最大土砂量の高さは確認できた。これによって、2017年5月から1年間の堆積最大土砂量の推定は可能となった。計算の結果、1年間の堆積土砂量は約8 m³と推定された。これを流域面積で除算すると1.98 × 10⁻³ mmとなった。これは非常に小さい値であり、侵食量が小さいとされる日本の森林地なみの値（塚本1998）であった。しかしながら、現地踏査や流域DEM（Digital Elevation Map）データにより、対象流域は非常に平坦な地形であり、土地利用変化が生じて直ちに侵食した土砂が河道まで流れ込むとは考えにくい地域であることが分かっている。このことから、侵食した土砂が河道まで到達するエリアは、対象流域内では、河道近傍の限られたエリアに限定されるものと推測された。

(3) プノンペンの森林野生生物研究所構内に設置した侵食斜面プロット（斜面傾斜10度、斜面幅1 m、斜面長2 m（図3））での観測結果を取りまとめた。観測は、2018年9月～11月（期間A）と2019年5月～9月（期間B）に行った。総雨量は、期間Aで529.4 mm、期間Bの

528.2 mm とほぼ同等であったが、裸地斜面からの流出土砂量は期間 A の方が 13947.5 g で期間 B の 8852.9 g よりも多かった。裸地斜面の植生状態は、期間 A では裸地状態を保っていたが、期間 B では、草本が生育した。そこで、2 つの期間における流出土砂量の違いに草本の生育がどの程度寄与したのか、USLE (Universal Soil-Loss Equation) モデルを用いて検討した。モデルパラメータのうち、降雨係数 R 、土壌係数 K 、および傾斜斜面長係数 LS は、現地の観測結果やプロット設置条件に基づき決定した。これらの結果から、裸地状態であった期間 A の作物管理係数 C を 1 とした場合、草本が侵入した期間 B は 0.89 であった。このことから、カンボジアの常緑林森林においても草本の侵入により土壌侵食が抑えられることがわかった。

(4) 以上のことから、土砂流出を防ぐためには、林床面被覆の保護と伐採後の植生回復が重要であることがわかった。さらに、森林開発流域における流出土砂量を観測した。その結果、森林開発流域は、単位流域面積あたりの流出土砂量に換算すると、年間 1.98×10^{-3} mm で日本の森林と同等の小さな値であった。これらのことは、カンボジアのような平坦な地形では、森林伐採などにより土壌侵食が発生したとしても、侵食土砂が流路に到達しないため、直ちに流域からの流出土砂量の増加へ結びつかない可能性を示唆している。

<引用文献>

FAO、FAO Forestry paper、FAO、Rome、163 巻、2010、378pp

Kurashima T *et al.*、Forest、6 巻、2015、3087-3108

壁谷直記ほか、水利科学、338 巻、2014、1-16

塚本良則、森林・水・土の保全 - 湿潤変動帯の水文地形学 -、朝倉出版、1998、138pp

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 KABEYA Naoki, SHIMIZU Akira, SHIMIZU Takanori, IIDA Shin'ichi, TAMAI Koji, MIYAMOTO Asako, CHANN SophaI, ARAKI Makoto, OHNUKI Yasuhiro	4. 巻 55
2. 論文標題 Long-term Hydrological Observations in a Lowland Dry Evergreen Forest Catchment Area of the Lower Mekong River, Cambodia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ	6. 最初と最後の頁 177 ~ 190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6090/jarq.55.177	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 壁谷直記、清水晃、清水貴範、飯田真一、玉井幸治、宮本麻子	4. 巻 73
2. 論文標題 熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明(III) - 傾斜10度の森林斜面における3年間の侵食ピンプロット試験の結果 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 九州森林研究	6. 最初と最後の頁 75-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 壁谷直記、清水晃、清水貴範、飯田真一、玉井幸治、宮本麻子	4. 巻 72
2. 論文標題 熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明(II) 開発の進んだ流域における流出土砂量の推定事例	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 九州森林研究	6. 最初と最後の頁 51-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 壁谷直記、清水晃、清水貴範、飯田真一、玉井幸治、宮本麻子	4. 巻 71
2. 論文標題 熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明() 試験地の設置状況	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 九州森林研究	6. 最初と最後の頁 79-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 壁谷直記、清水晃、清水貴範、飯田真一、玉井幸治、宮本麻子
2. 発表標題 熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明 - その3 -
3. 学会等名 第75回九州森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 壁谷直記、清水晃、清水貴範、飯田真一、玉井幸治
2. 発表標題 熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明 - その2 -
3. 学会等名 第74回九州森林学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 壁谷直記、清水晃、清水貴範、飯田真一、玉井幸治
2. 発表標題 熱帯モンスーン常緑林流域における水・土砂流出機構の解明 試験地の設置状況について
3. 学会等名 第73回九州森林学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------