

森林回復が洪水流出特性に与える影響 —飽和・不飽和浸透計算による解析—

京都大学大学院農学研究科

筑波大学大学院生命環境科学研究科

名古屋大学大学院生命農学研究科

東京大学大学院農学生命科学研究科

○糸数 哲, 小杉賢一朗 (兼 JST), 水山高久

恩田裕一 (兼 JST)

太田岳史

蔵治光一郎, 田中延亮, 後藤大成

1. はじめに

森林の存在が降雨流出特性に与える影響は大きく、森林流域が洪水緩和機能を有していることは知られている。気候変動による降雨パターンの変化が予想されていることから (IPCC, 2012; 気象庁, 2013), 降雨特性の変化に対応した治水対策を考えるために森林の洪水緩和機能を定量的に評価していく必要がある。森林の洪水緩和機能には複数の因子が関与しており、森林の機能を定量的に評価するためには洪水緩和機能に寄与する因子の影響を個別に検討する必要がある。本研究では、裸地化後の植生回復段階の異なる花崗岩山地小流域を対象に、三次元飽和・不飽和浸透モデルを用いて、遮断損失、平均土層厚および土壌の保水性・透水性パラメータの違いが豪雨時の洪水流出特性に与える影響の評価を行った。

2. 方法

2. 1 解析対象地

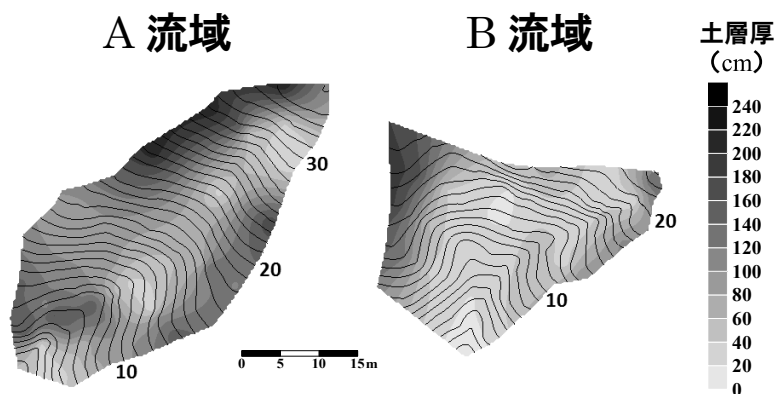
東京大学演習林生態水文学研究所 (愛知県瀬戸市) 内に設定した 2 流域を対象にモデル解析を行った (図・1)。2 流域とも過去に人為的な影響によって裸地化したが、現在では裸地が解消され、植生が回復している。A 流域 (0.08 ha) および B 流域 (0.06 ha) の平均傾斜はそれぞれ 31.9 および 31.4° となっている。A 流域および B 流域の葉面積指数はそれぞれ 5.6 および 5.1 m^2/m^2 , 上流部のアカマツ平均樹高がそれぞれ 12.8 および 2.0 m となっており、A 流域は植生の回復段階が進んでいる。また、流域平均土層厚はそれぞれ 103.9 および 63.0 cm となっており、A 流域は土層の発達も進んでいる。(糸数ら, 2013)。

2. 2. 解析方法

本研究で使用した流出モデルは、有限要素法に基づき三次元のリチャーズ式を陰解法で解くモデルである。解析対象の降雨イベントとして、東海豪雨時に観測された雨量データを用いた。解析対象地で観測された林外雨量は、最大時間雨量が 80.1 mm/hr, 総雨量が 457.0 mm であった。遮断損失の影響を評価するため、各流域の林内雨量は遮断量推定モデル (鈴木ら, 1979) を用いて推定した。A 流域の樹冠通過雨量の観測結果を基に各流域の遮断パラメータを求めた。モデル計算に必要な土層厚は貫入試験結果から、土壌の保水性・透水性パラメータは複数深度から採取した土壌の pF 試験および飽和透水試験結果から求めた。東海豪雨時の A 流域の計算ハイドログラフと、遮断パラメータ、平均土層厚および土壌の保水性・透水性パラメータの各因子を B 流域に変えた場合の計算ハイドログラフを比較し、洪水緩和機能に与える各因子の影響を調べた。

3. 結果と考察

異なる遮断パラメータの計算ハイドログラフを図・2 に示す。遮断パラメータの違いによる流出波形の変化はほとんどなく、遮断損失の違いが豪雨時の流出特性に与える影響は小さいことが分かった。異なる遮断パラメータで類似した流出波形となるのは、樹冠貯留量が約 1 mm であるため、降雨初期に樹冠遮断量が飽和に達し、降雨



図・1 調査流域の地形および土層厚分布

の初期段階で林内雨量が同等になるためと考えられる。

次に、異なる平均土層厚の計算ハイドログラフを図-3に示す。A流域の平均土層厚をB流域の平均土層厚に変えた場合、ピーク流量が増加し、流量変動が大きくなる結果となった。土層厚が小さい場合、地下水位が地表面に達しやすくなり、降雨に対する流出応答がより敏感になることが考えられる。土層厚はピーク流量の大きさに影響を与えることから、豪雨時の洪水流出特性に影響を与える因子であることが伺える。

図-4に、異なる土壤保水性・透水性パラメータの計算ハイドログラフを示す。A流域の土壤をB流域の土壤に変えた場合、ピーク流量が低下し、流量変動が小さくなる結果となった。B流域の土壤はA流域の土壤に比べ飽和透水係数が小さいため、土層内の水移動速度が小さい。そのため、降雨強度に対する流量応答が緩慢になると考えられる。

しかしながら、平均土層厚と土壤の両因子を変えた場合はピーク流量が増加し、流量変動が大きくなる結果となった(図-5)。この場合、平均土層厚のみを変えた場合よりもピーク流量が大きく、流量増減も大きくなった。土層が薄い場合には、飽和透水係数が小さく土層内の水移動速度が小さいと、より多くの表面流が発生するためと考えられる。

本解析によって、樹冠遮断は豪雨時の流出波形にほとんど影響を与えない因子であることが分かった。また、土層厚は洪水緩和機能に影響を与える重要な因子であり、土壤の保水性・透水性は土層の厚さによって洪水緩和機能に与える影響が異なる因子であることが確認された。

参考文献

- IPCC (2012) : Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups of I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, p.141-178.
- 糸数ら (2013) : 通常降雨イベントにより同定されたタンクモデルを用いた豪雨イベントの再現精度, 水文・水資源学会誌, Vol.26, No.2, p.85-98.
- 気象庁 (2013) : 地球温暖化予測情報 第8巻, 気象庁, p.44-54.
- 鈴木ら (1979) : 桐生試験地における樹冠通過雨量, 樹幹流量, 遮断量の研究 (I) 樹冠通過雨量と樹幹流量について, 日本林学会誌, Vol.61, No.6, p.202-210.

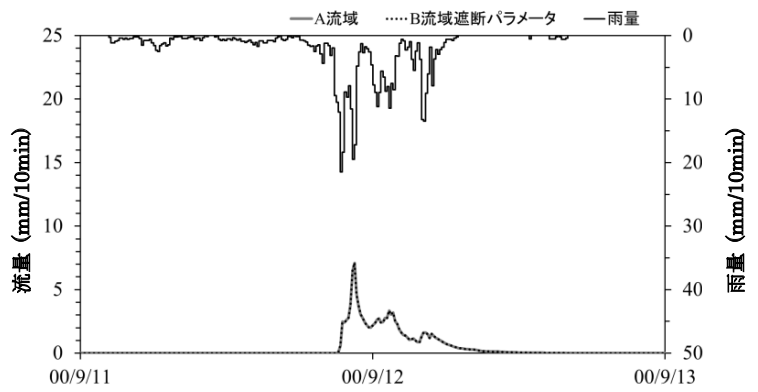


図-2 遮断パラメータ比較

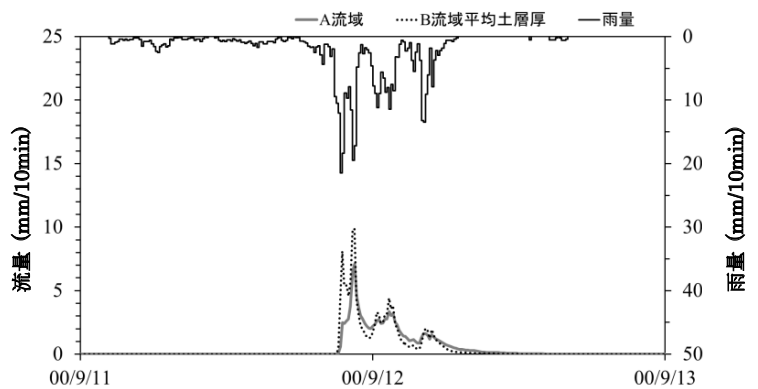


図-3 平均土層厚比較

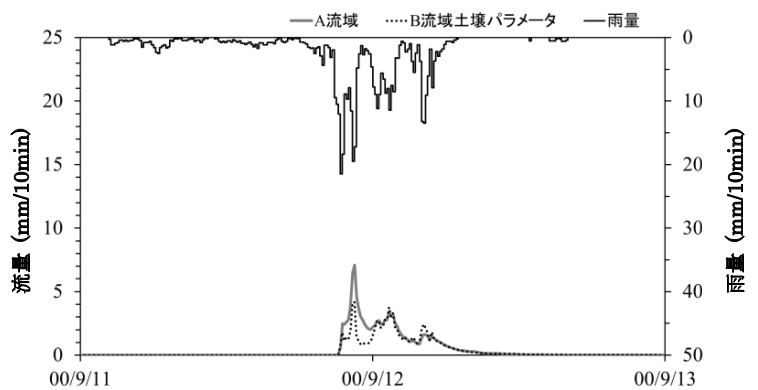


図-4 土壤の保水性・透水性パラメータ比較

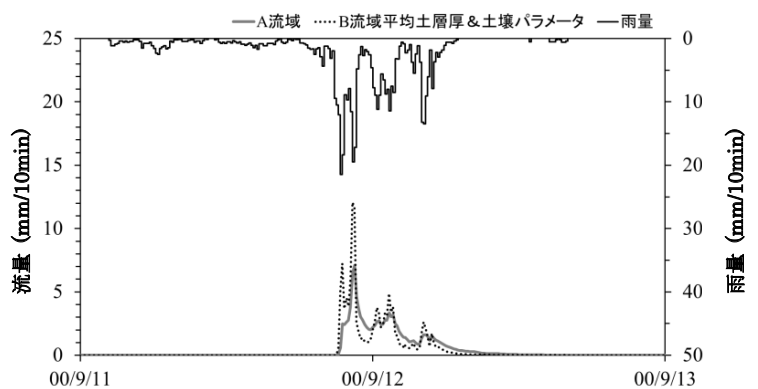


図-5 平均土層厚および土壤の保水性・透水性パラメータ比較