

過去に乱伐された森林流域における洪水低減機能の定量的評価に関する研究

徳島大学 学生会員 ○葉名鼓太郎 徳島大学大学院 正会員 田村隆雄
徳島大学大学院 正会員 武藤裕則

1.はじめに: 森林の洪水低減機能に関して、治水計画の対象となる降雨に対して、河川の基準点における流量に森林の質的な変化が及ぼす影響は無視できるのか、できないのかという議論がなされてきている。降雨が河道に流出する過程では、植生による遮断蒸発、土壌の貯留、地表面抵抗による流出の遅れといった森林が有する三つの洪水低減機能が働く。約 100 年前に乱伐が行われた森林流域は洪水低減機能を失う¹⁾とされているが、乱伐されてからどれほどの時間を費やせば洪水低減機能が回復するか明らかになっていない。そこで、過去に乱伐されてから約 30 年、約 100 年、約 300 年経過した森林流域を選定した。よって、本研究では過去に乱伐された森林流域の経過年数が洪水低減機能に及ぼす影響を評価することを目的とする。

2.解析対象流域の概要: 解析対象流域は島根県の斐伊川の上流域、木次流域（流域面積 458km²、流路延長 45km）と、愛媛県の銅山川の上流域、富郷ダム流域（流域面積 98km²、流路延長 18km）と、群馬県の渡良瀬川の上流域、草木ダム流域（流域面積 256km²、流路延長 26km）である。これらの流域は、乱伐されてから約 300 年、植林開始から約 100 年、約 30 年経過している。

3.流出解析手法: 本研究では、対象流域を複数の斜面（小流域）と河道区間に分割した分布型流出モデルを用いる。遮断蒸発の計算には、元山らの研究²⁾で提案された遮断蒸発モデル、斜面の流出計算には、地表面流分離直列 2 段タンクモデル³⁾、河道部の流下・合流計算には、修正 Muskingum-Cunge 法を用いる。木次流域の流出解析を行うために斜面 29、河道区間 13 に分割した。そして、モデルパラメータの同定を行った。

4.解析結果と考察

4.1 遮断蒸発が洪水低減機能に与える影響: 木次流域、富郷ダム流域、草木ダム流域で、遮断蒸発有りの場合と無しの場合のピーク流出高を比較し、乱伐後の経過年数の違いによってどの程度洪水低減機能に遮断蒸発が影響を与えているのか考察する。遮断蒸発モデルのパラメータを無くすことにより遮断蒸発の有無を再現する。降雨データは早明浦観測所で観測された 2004 年 10 月 19 日～21 日の総雨量 486mm、ピーク降雨強度 65mm を使用する。図 1 に木次流域、図 2、図 3、富郷ダム流域と草木ダム流域のシミュレーション結果を示す。本シミュレーション結果として、表 1 に遮断蒸発有り、無しのピーク流出高を示す。ピーク流出高の低減量に占める遮断蒸発量の割合は木次流域で約 17%、富郷ダム流域で約 18%、草木ダム流域で約 25%の割合と推定された。3 流域の中で森林の洪水低減機能に対する遮断蒸発の影響が大きかった流域は草木ダム流域と推察された。

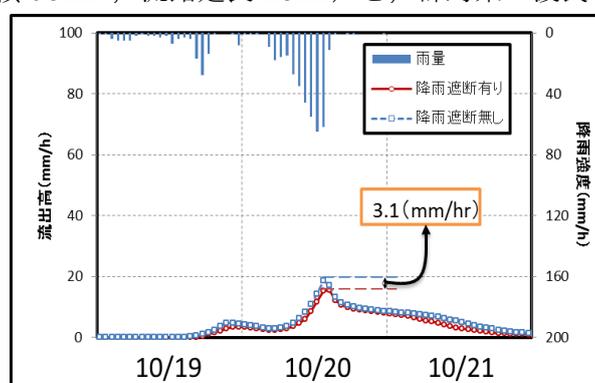


図 1 降雨遮断の有無と流出高(木次流域)

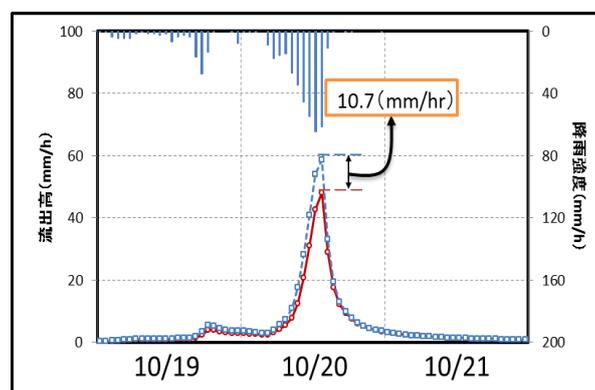


図 2 降雨遮断の有無と流出高(富郷ダム流域)

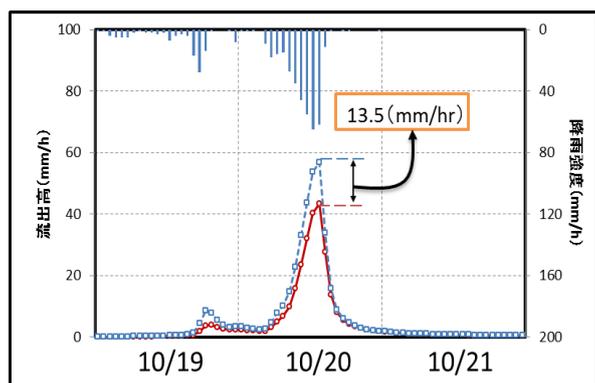


図 3 降雨遮断の有無と流出高(草木ダム流域)

4.2 流域最大貯留高の比較：地表面流分離直列 2 段タンクモデルを使用し流域最大貯留高を考察する。洪水時の地中水貯留高の最大値と洪水開始時の地中水貯留高との差を流域最大貯留高 S_{max} とし、次のように定義される。

$$S_{max} = \gamma D/2 + (1 - C_f)h_1 + (S_{Gmax} - S_{Gini})$$

ここに、 $\gamma D/2$ ：早い中間貯留高、 $(1 - C_f)h_1$ ：遅い中間貯留高、 $(S_{Gmax} - S_{Gini})$ ：地下水貯留高である。図 4 に木次流域、富郷ダム流域、草木ダム流域（荒廃後植林）、草木ダム流域（天然林）を示す。木次流域の流域最大貯留高は草木ダム流域（天然林）の 91%の値と推定されると共に、乱伐後の富郷ダム流域、草木ダム流域（荒廃後植林）の約 4 倍と推定された。これから、木次流域では富郷ダム流域、草木ダム流域（荒廃後植林）よりも土壌の貯留効果は大きく、ほぼ天然林並みに回復したのではないかと推察できる。

4.3 乱伐後の経過年数と洪水低減評価指標：田村らの研究⁴⁾で提案された洪水低減評価指標を用いる。これは、 $1/\lambda_0^{1/3}$ が地表面上に溢れた水の流れにくさを表現していると考えられることにより、洪水低減評価指標は流域最大貯留高 S_{max} と $(1/\lambda_0^{1/3})$ の積で表したものである。図 5 に遮断蒸発無しの場合の木次流域、富郷ダム流域、草木ダム流域のサブ流域を色で分類したものを示す。木次流域、富郷ダム流域、草木ダム流域の順に洪水低減機能が大きい。図 6 に各流域における経過年数と地表面粗度について示す。地表面流分離直列 2 段タンクモデルで用いられる地表面粗度より木次流域では 20.3 ($m^{-1/3} \cdot s$)、富郷ダム流域では 1.7 ($m^{-1/3} \cdot s$)、草木ダム流域では 0.5 ($m^{-1/3} \cdot s$) という算出結果となった。富郷ダム流域は草木ダム流域の約 2.4 倍、木次流域は富郷ダム流域の約 15 倍となり、乱伐後 100 年経過した後の 200 年で地表面粗度は大幅に増加していると推察できる。

5.まとめ：以下に得られた結果についてまとめる。

①草木ダム流域の森林の洪水低減機能に対する遮断蒸発の割合は大きく推定された。②木次流域の流域最大貯留高は富郷ダム流域、草木ダム流域と比較すると約 4 倍と推定され、貯留の洪水低減機能としては乱伐後 300 年程度経つと天然林に近いと推察された。③木次流域、富郷ダム流域、草木ダム流域の順に洪水低減評価指標が大きく、地表面粗度 N については、乱伐後 300 年程度で大幅に増加していると推測できた。

6.参考文献：1) 塚本良則：森林・水・土の保全，朝倉書店，P25，1998。2) 元山知範，端野道夫，梅岡秀博：樹冠遮断現象に関する気象要素について，土木学会論文集第 58 回年次学術講演会講演概要集，Disk1，2003。3) 端野道夫，田村隆雄，田淵昌之，富士川洋一：森林流域における遮断蒸発・蒸散量と流域中水保水量の分離・評価法，水工学論文集，第 48 卷 (1)，pp.31～36，2004.2。4) 田村隆雄，端野道夫，穴水秀樹，荒木隆夫：吉野川ダム上流の森林流域の洪水低減機能に関する定量的評価，水工学論文集，2008.2。

表 1 遮断蒸発の有無とピーク流出

	遮断蒸発有り	遮断蒸発無し
木次流域	15.5 (mm/hr)	18.6 (mm/hr)
富郷ダム流域	48.1 (mm/hr)	58.7 (mm/hr)
草木ダム流域	43.5 (mm/hr)	56.9 (mm/hr)

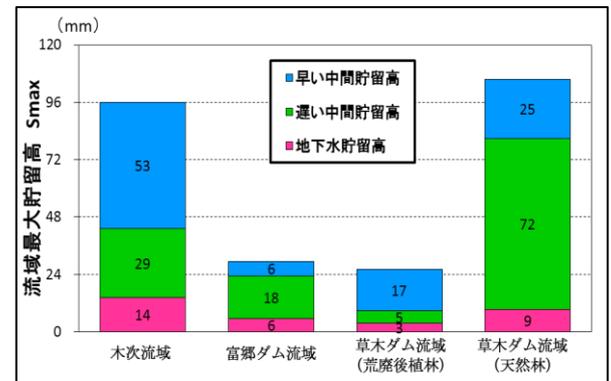


図 4 各流域の流域最大貯留高

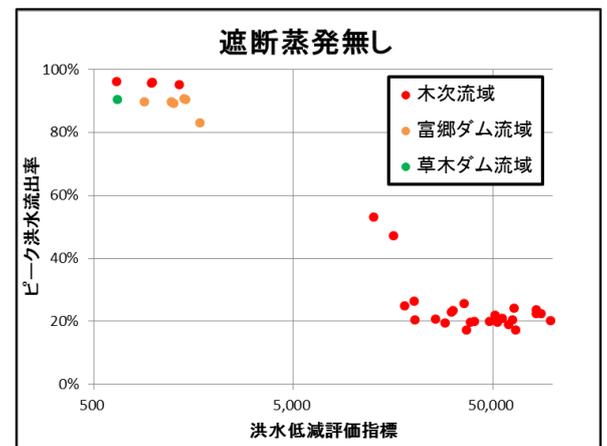


図 5 遮断蒸発無しの全サブ流域における洪水低減評価指標とピーク洪水流出率

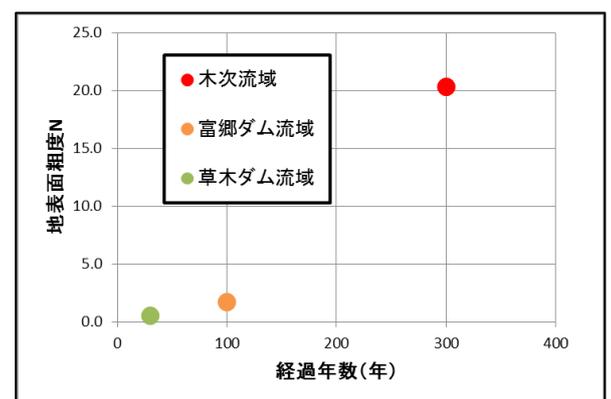


図 6 各流域における経過年数と地表面粗度