

# 流出モデルを用いた四万十川流域における 森林の洪水低減機能の経年変化に関する考察

徳島大学大学院 学生員 福田 亮太  
徳島大学大学院 正 員 田村 隆雄

徳島大学大学院 学生員 ○山下 瑛人  
徳島大学大学院 正 員 武藤 裕則

**1. はじめに：**四万十川は流域の約 83%が森林であることから洪水低減機能は高いように思われる。しかし下流域では度々洪水氾濫被害に見舞われている。この原因として過去の焼畑や荒廃人工林による表層土壌の流出が考えられる。そこで本研究では、四万十川の中流部にある大正流量観測所上流域を対象にして、1960年代、1980年代、2000年代の洪水イベントに分布型流出モデルを適用して、各年代の流出特性を表現するモデルパラメータを求めた。そして各種の統計資料とモデルパラメータ、及びモデルから推定される流域地中水貯留高とを比較して、流域の森林斜面が持つ洪水低減機能とその経年変化について考察する。

**2. 四万十川大正流域：**対象流域は、図 1 に示す四万十川上流の大正流量観測所流域（流路延長 84.8km，流域面積 907.8km<sup>2</sup>）である。流域は図 2 に示すように、1950 年頃は、天然林で覆われた山だった。しかし 1950 年代末から始まる拡大造林によって 1965 年を境に人工林と天然林の比が逆転し、1985 年以降、人工林面積は横ばい状態になり、2000 年時点では人工林率は 73%となった。また流域の森林面積率も拡大造林とともに増加し、1950 年頃に 73%であった森林面積率は 2000 年に 88%にまで上昇した。

高岡郡檮原町は、日本最大の焼畑村で、「世界農業センサス 1950」によると焼畑面積は 438.36ha である。次に大きいのは東津野村で 33.61ha である。1950 年頃の両村は原野の占める率が大きく、森林面積率はそれぞれ 62%と 61%と大正流域全体（73%）と比べて極めて低い。

**3. 使用モデル：**本研究では、地表面到達雨量の算出に遮断蒸発モデル、および斜面の雨水流出過程を表現する地表面流分離直列 2 段タンクモデルと河道の流下・合流過程を河道側面からの横流入を考慮した修正 Muskingum-Cunge 法を組み合わせた分布型流出モデルを使用する<sup>1)</sup>。流域斜面を 85，河道を 35 に分割した上で、市町村界や地質、地形を考慮した 7 つの流域グループに分けて計算を行った。流域グループを図 3 に示す。

**4. 大正流域の地中水貯留高と土壌厚：**使用したタンクモデルで、計算開始時点の貯留高を基準にしたときの最大貯留水深を流域最大貯留高  $S_{max}$  と定義した。タンクモデルおよびパラメータの詳細は参考文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

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



図 1 大正流域と檮原町

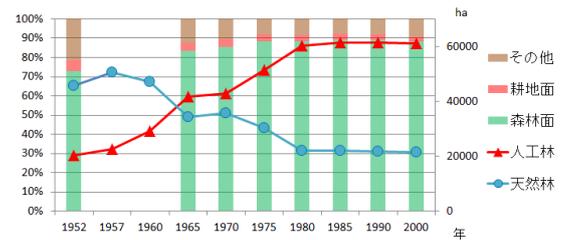


図 2 大正流域の森林の推移



図 3 流域グループ

ここで、 $\gamma D/2$ : 表層タンク (上部) の貯留高(mm),  $(1-C_f)h_1$ : 表層タンク (下部) の貯留高(mm),  $(S_{Gmax} - S_{Gini})$ : 地下水タンクの貯留高増加分(mm)とする。

図 4 に流域平均の地中水貯留高 $S_{max}$ の経年変化を示す。大正流域では 1980 年代が最も高く、次に 2000 年代、最も低いのが 1960 年代と推定された。表層タンクの貯留高である  $\gamma D/2$ と $(1-C_f)h_1$ が大きいことから 1960 年頃から行われた拡大造林によって流域の森林面積が増加し、有機物の供給量が増えたためと思われる。1980 年代から 2000 年代にかけて貯留高が減少した原因としては間伐適齢期である 5 齢級以上のスギ・ヒノキ人工林が約 85%と多いことから、荒廃人工林域が拡大し、表層の保水能が低下したためと推察した。グループ別では 2000 年代の貯留高が大きかったのは檜原 A グループ、檜原 B グループであった。檜原町では独自の森林管理により人工林管理がよくされており、繁茂した下層植生により土壌が守られているため貯留高が大きくなったと思われる。

**5. 焼畑の影響:** 1960 年代の解析結果から、焼畑の影響が大きいと思われる檜原町と東津野村に対応するグループの貯留高 $S_{max}$ が、檜原 A グループを除いて低いことが推測された (図 6)。しかし 1957 年時に焼畑が最も行われていたと思われる斜面の貯留高は流域平均値とほとんど同じことから、焼畑よりも当時の森林面積の低さが影響していると考えられる。

**6. 過去のシミュレーション:** 1988 年の洪水に各年代の流出パラメータを適用した結果を図 7 に示す。2000 年代の流出パラメータがピーク流量を最も小さくし、ピーク時刻も遅らせた。逆にピーク流量を最も大きく、ピーク時刻も早くしたのは 1980 年代流出パラメータであった。1980 年代は図 4 のように貯留高 $S_{max}$ が最も高く推定された年代であり意外な結果となった。この理由としては、(1)図 4 から地下水貯留高が低いこと、(2)図 2 から人工林への転換が進んだことから、例えば 1980 年代に増えた若い樹木のために、それまでに形成された土壌中の空隙量が減少し、地下水層への浸透量が低下した (地下水貯留高の減少) というシナリオが考えられる。

**7. まとめ:** 1960 年代、1980 年代、2000 年代の流出シミュレーションから 2000 年代のピーク流量が最も小さくピーク時刻も遅かったことから、大正流域の洪水低減機能は高くなってきていると推測された。しかし、表層土壌の保水能は低下している可能性があり、人工林荒廃の影響が懸念された。

**8. 参考文献:** 1) 森林流域における遮断蒸発・蒸散量と流域地中水保水量の分離・評価法, 端野・田村・田淵・富士川, 土木学会水工学論文集, 48(1), pp.31-36, 2004.

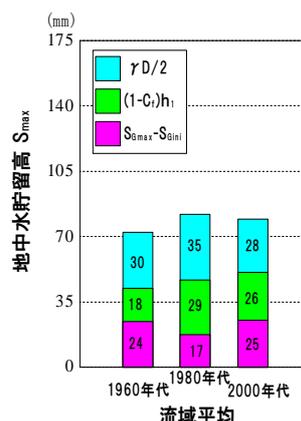


図 4 流域平均の貯留高の推移

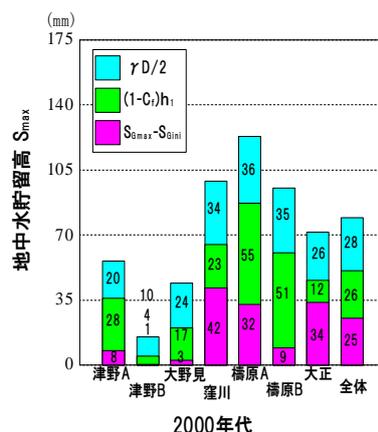


図 5 流域グループの貯留高

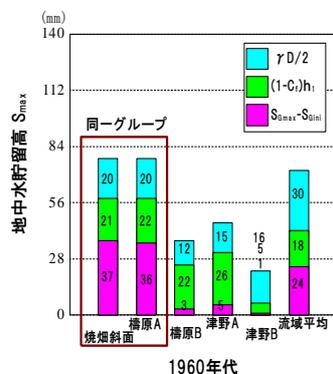


図 6 焼畑の影響

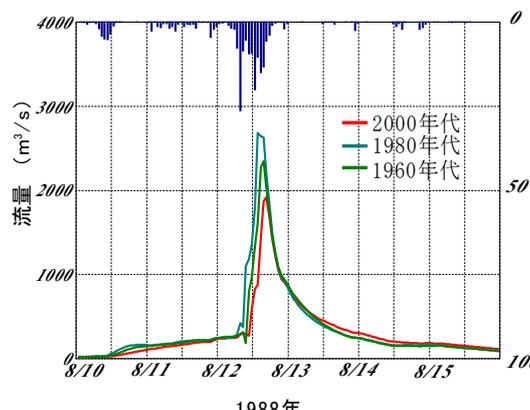


図 7 年代別流出特性