

吉野川池田ダム上流域における森林の洪水低減機能評価

徳島大学大学院 学生員 ○穴水秀樹
 徳島大学大学院 フェロー 端野道夫
 徳島大学大学院 正員 田村隆雄
 徳島大学大学院 元学生員 荒木隆夫

1. はじめに 本報では分布型流出モデルを用いた洪水低減機能の評価指標 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ ¹⁾ についてその妥当性を検討し、落葉広葉樹と常緑針葉樹の流域の洪水低減機能の比較を行うとともに、巷でいわれているような「広葉樹のほうが針葉樹に比べ洪水低減機能が高い」といった命題が真実であるか検証を行う。

2. 解析対象流域 対象流域として、主要植生がスギ、ヒノキなどの常緑針葉樹である吉野川池田ダム上流(図-1)にあるダム群内の三縄、松尾川、穴内川、富郷、および早明浦の各ダム流域を対象とした。また、今回は植生の違いによる保水能の影響を比較するために、主要植生がブナなどの落葉広葉樹である青森県津軽地域西部にある目屋ダム(図-2)流域についても比較解析を行う。

3. 分布型流出モデル 昨年度までに構築された分布型流出モデル ²⁾ を用いる。このモデルは流域をいくつかの斜面部と河道部に分けて考え、斜面部(サブ流域)には地表面流分離タンクモデル(図-3)、河道部には Muskingum-Cunge 法を用いて追跡計算し、いくつかの支流を合流させて基準点での流出量を流域全体の流出量とする。

4. 流域地中最大貯留高と表面流貯留高 流域地中保水量は雨水が一時的に地中に貯留されている量であり、図-4のように定義する。洪水開始時の地中貯留高と洪水時の地中貯留高の最大値との差を流域地中最大貯留高と言い、これを流域地中最大保水量と定義する。地中最大貯留高 S_{max} は次式のようになる。

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

ここで、 $\gamma D/2$ は早い中間流出貯留高、 $(1 - C_f)h_1$ は遅い中間流出中流高、 $(S_{Gmax} - S_{INT})$ は地下水貯留高である。また、地表面流出の最大貯留高を S_{Omax} とすれば、表面流出高 $q_0 = \lambda_0 S_0^m$ (斜面粗度に関する係数 λ_0 、表面流貯留高 S_0 、層流則として $m=3$) の関係から次式が得られる。

$$S_{Omax} = \{(Q_p - Q_{Gmax}) / \lambda_0\}^{1/3} \quad (m=3) \quad (2)$$

ここで、 $(Q_p - Q_{Gmax})$ は表面流最大流出高である。 S_{Omax} は地表面上の貯留高であるため、流域地中保水量から除外する必要がある。そこで式(2)から森林の洪水低減機能は、流域地中保水量 S_{max} と地表面に対する地表面粗度に相当する $(1/\lambda_0^{1/3})$ の積で評価する。また、斜面粗度に関する係数 λ_0 は次式で与えられる。

$$\lambda_0 = 2.52 \times 10^{-3} \cdot I_s^{0.9} / q_{Omax}^{0.8} (N \cdot L_s)^{1.8} \quad (3)$$

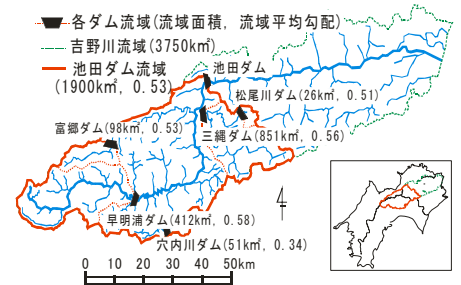


図-1 吉野川池田ダム上流域

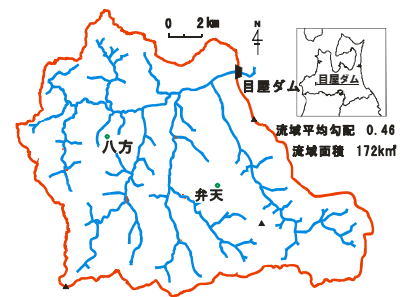


図-2 目屋ダム流域

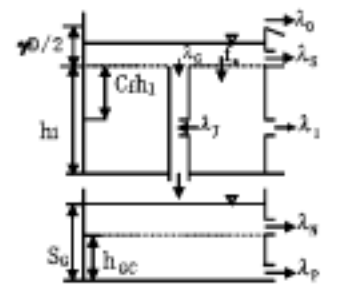


図-3 地表面流分離タンクモデル

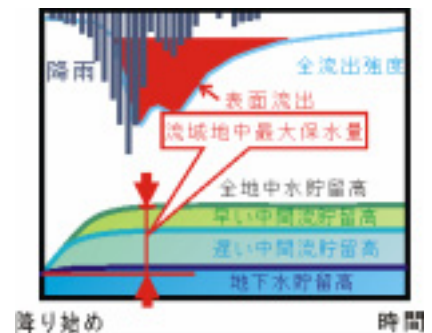


図-4 流域地中保水量の定義

キーワード 洪水低減機能, 洪水低減評価指標, 分布型流出モデル, 流域地中保水量, 地表面流抵抗
 連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町2丁目1番地 TEL/FAX 088-656-9407

ここに、 I_s は斜面勾配、 L_s は斜面長、 N は地表面粗度等価係数。

5. 同一降雨に対するピーク流出高の比較 森林の洪水低減機能を評価するために同一降雨を全てのサブ流域に用いる。また、各流域で遮断蒸発量は異なるため、遮断蒸発は発生しないと仮定した場合について考察を行う。森林の洪水低減機能の定量評価指標 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ と各流域のサブ流域ごとの Q_p/R_p の関係を、図-5 に示す。ここで Q_p/R_p は各流域のピーク雨量に対するピーク流出率である。図-5 をみると $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ の増加とともに、 Q_p/R_p が減少していることがわかる。このことから、洪水低減評価指標 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ は妥当であるといえる。

6. 洪水低減評価指標 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ に関する主要要素についての考察

洪水低減評価指標に関する S_{max} 及び $1/\lambda_0^{1/3}$ の要素について考察を行う。図-6 に S_{max} の各タンクの内訳を示す。これを見ると表層タンクの要素である早い中間流出貯留高 $\gamma D/2$ 、遅い中間流出貯留高 $(1-C_f)h_1$ が70%以上を占めており、表層タンクパラメータである有効表層厚 γD 及び、土壌水分飽和量 h_1 が S_{max} に大きな影響しているといえる。次に地表面抵抗 $1/\lambda_0^{1/3}$ については、洪水時には地表面流が発生しているような洪水規模では、地表面抵抗がピーク洪水流出率の低減に大きく寄与すると判断できる。そして式(3)から地表面粗度 N 、斜面長 L_s 、斜面勾配 I_s が洪水に対する抵抗として働くと解釈できる。そこで $1/\lambda_0^{1/3}$ と N 、 L_s 、 I_s の関係を図-7 に示す。 L_s 、 I_s では各流域にあまり大きな差は見られなかったが、 N の値が大きくなると $1/\lambda_0^{1/3}$ の値が大きくなっていることがわかる。目屋と三縄ダム流域では N の値が三縄ダム流域のほうが大きいため $1/\lambda_0^{1/3}$ の値も大きくなったと判断できる。ゆえに、 N が $1/\lambda_0^{1/3}$ に最も大きく寄与する。すなわち、 N が大きいほど地表面抵抗が大きく働くため、ピーク洪水流出率が小さくなると判断できる。以上のことから、 S_{max} と $1/\lambda_0^{1/3}$ の両方がピーク洪水流出率の低減に寄与していることは明らかであり、洪水低減機能の評価を行うには地表面粗度及び流域地中貯留高も考慮しなければならないといえる。よって、 S_{max} と $1/\lambda_0^{1/3}$ の積 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ が洪水低減機能の評価指標として最も適しているといえる。主要樹種が広葉樹である目屋ダム流域は主要樹種が針葉樹である他の流域に比べて $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ の値が小さい。これは土壌水分飽和量 h_1 、地表面粗度 N が、他の流域に比べて小さいため、表面流が発生しやすく、また表面流に対する抵抗も小さいため流出率が大きくなると考えられる。

7. 結論 洪水低減評価指標 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ の増加とともにピーク流出率 Q_p/R_p が減少する傾向が見られた。よって、分布型モデルのパラメータを適用した洪水低減評価指標 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ は妥当であると判断できる。流域地中保水量 S_{max} には特に有効表層厚 γD 及び、土壌水分飽和量 h_1 が影響しており、地表面抵抗 $1/\lambda_0^{1/3}$ には地表面粗度 N が影響していることがわかった。このことから、主要樹種が広葉樹である目屋ダム流域では、 h_1 、 N の値が針葉樹を主要とする流域に比べ小さいため $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ の値が小さくなり、ピーク流出率 Q_p/R_p は高くなったと判断できる。ゆえに「広葉樹のほうが針葉樹に比べ洪水低減機能が高い」という命題は否定されたと考える。

参考文献 : 1) 端野道夫：森林の洪水低減・湧水緩和機能とその評価法，水工学シリーズ，pp.A-411-A-4-19，2005。 2) 荒木・端野・田村，河道部を分布型流出解析法に関する研究，平成17年度土木学会四国支部第11回技術発表会，pp126-127，2006。

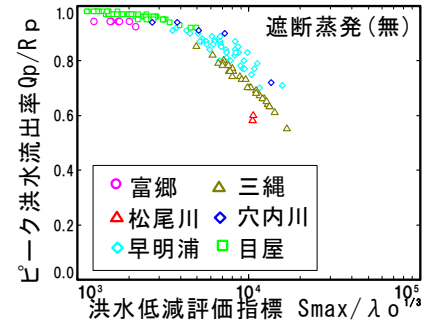


図5 $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ と Q_p/R_p の関係

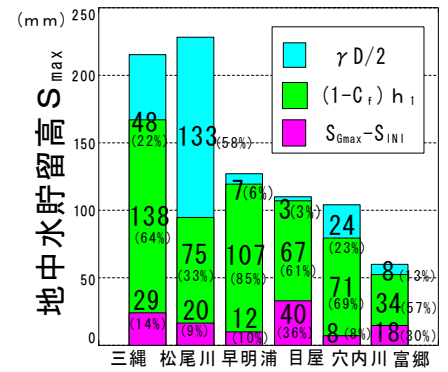


図-6 S_{max} の各タンクの内訳

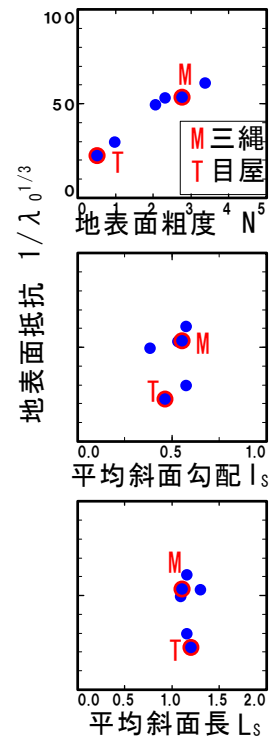


図-7 $1/\lambda_0^{1/3}$ と

N 、 L_s 、 I_s の関係

このことから、主要樹種が広葉樹である目屋ダム流域では、 h_1 、 N の値が針葉樹を主要とする流域に比べ小さいため $S_{max}/\lambda_0^{1/3}$ の値が小さくなり、ピーク流出率 Q_p/R_p は高くなったと判断できる。ゆえに「広葉樹のほうが針葉樹に比べ洪水低減機能が高い」という命題は否定されたと考える。