

森林流域における洪水到達時間と流出係数の検討
 -宮川ダム流域を事例として-

三重大学大学院生物資源学研究科 ○岡山司, 近藤観慈, 林 拙郎

1. はじめに

森林には洪水を時間的に遅らせ、河川への流出量を減少させる洪水抑制機能がある。これらの評価が可能な因子として前者には洪水到達時間、後者には流出係数が挙げられる。そこで本研究では、森林流域における洪水到達時間と流出係数について検討し、それらに影響を及ぼす降雨要因について考察する。

2. 対象流域概要と解析に用いたデータ

対象流域は、三重県多気郡大台町(旧宮川村)の宮川ダム森林流域である(図-1)。この流域は、流域面積が125.6km²で、森林が流域の98%を占める。全森林面積に対してスギ、ヒノキの人工林が約33%、天然林が約67%を占める。流域平均年降水量は約3,483mmで、流域平均雨量は4ヶ所の雨量観測点の降雨量に基づくティーンセン法により求めた。流域の地質は、大部分が秩父帯に属し、砂岩、チャート、緑色岩などが分布する。流域南部の一部は四万十帯に属する。地形は全般に急峻で、流域下端部のダム地点と流域最高点との標高差は約1,400mある。

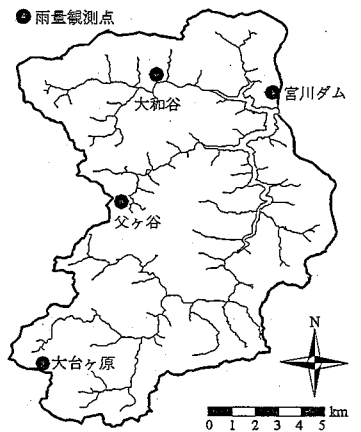


図-1 対象流域図

解析に用いたデータは、2000年~2006年の流域平均10分間雨量と10分間毎のダム流入量である。これらのうち連続雨量100mm以上の降雨によって生じた洪水を対象とした。降雨量とダム流入量から求めた年間水収支に不合理な面が見られたため、隣接する蓮ダム森林流域(流域面積80.9km², 流域平均年降水量約2,666mm)のデータから求めた年蒸発量量が宮川ダム森林流域のそれと等しいと仮定して、宮川ダムデータのゲート放流量、バルブ放流量等を補正した。

本研究では洪水到達時間 t_p は、降雨ピークと流入ピークの時間差の2倍とする方法(土木学会, 1999)を用いた。流出係数 f は、各洪水ごとのハイドログラフで直接流出と基底流出を分離し、直接流出量を各洪水の総降雨量で除し求めた。

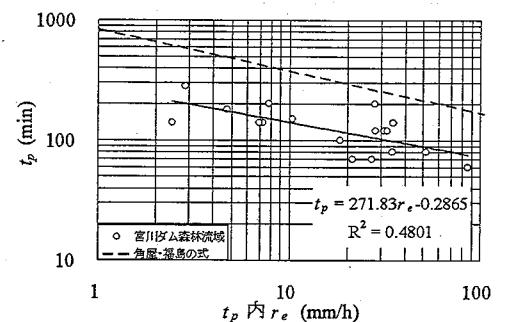


図-2 t_p 内 r_e と t_p の関係

3. 洪水到達時間 t_p と流出係数 f に影響を与える因子

本研究では洪水到達時間 t_p と流出係数 f に影響を与える因子として、洪水到達時間 t_p に関しては角屋・福島の式 $t_p = C \times A^{0.22} \times r_e^{-0.35}$ に基づき洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e を用いる。ここに A : 流域面積, C : 流域特性を表す係数である。流出係数 f に関しては日野ら(1983)が導いた式 $f = 1 - A/r_p \times e^{-Bqa}$ に基づき平均有効降雨強度 r_p を用いる。ここに A, B は係数である。

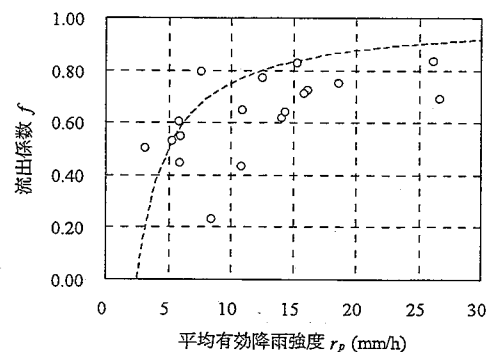


図-3 r_p と f の関係

図-2に t_p 内 r_e と t_p の関係を示す。図上の破線は、角屋・福島の式で $C=290$ を用いて宮川ダム森林流域の流域面積から算出したものである。

図より、宮川ダム森林流域の洪水到達時間は、角屋・福島の式で求めた洪水到達時間より短い、有効降雨強度が強くなれば短くなる傾向にある。

図-3に平均有効降雨強度 r_p と流出係数 f の関係を示す。 r_p は各洪水の総降雨量 R を有効降雨時間 T_e で除したも

のである。図上の破線は、日野らが導いた式に今回検討した各洪水の q_A の平均値と、係数 A 、 B として日野らが神流川から求めた 4.24、0.045 を代入して求めたものである。図より、 r_p が大きくなれば、つまり洪水全体の降雨強度が強くなれば、流出係数 f の値が増加する傾向がある。これらの図から t_p と f は降雨要因の関連が強いことがわかる。

4. 森林流域の洪水抑制機能変化の試算

ピーク流量算出のための合理式は以下の式

$$Q_p = f_p \times r \times A \quad r_e = f_p \times r$$

で表される。ここに、 Q_p ：ピーク流量、 f_p ：ピーク流出係数、 r ：洪水到達時間内平均降雨強度、 A ：流域面積、 r_e ：洪水到達時間内平均有効降雨強度である。図-4に宮川ダムの実測のピーク流量と前章の流出係数 f と実測降雨から合理式を用いて求めたピーク流量との関係を示す。同図より、 f_p と f の値は若干異なると考えられるため完全には再現されていないが、おおよそピーク流量が合理式によって再現できることがわかる。そこで次に合理式を用いて、森林流域の洪水抑制機能の変化を考える。

合理式を水高に変形すると、 $q = (1/k) \times R_t$ の関係を得る。ここに、 $k = t_p / f_p$ 、 R_t ：洪水到達時間内降雨量である。このように表すと k はピーク流量を支配する森林流域の状態を示すことになり、その状態のもとで R_t によってピーク流量が決まる。すなわち降雨要因から k の変化が求められればピーク流量に与える森林流域の状態の変化を知ることができる。ところが、 t_p と f に関係の深い降雨要因は前章で示したように前者が r_e 、後者が r_p であるため、一つの要因で k の変化を求めることができない。そこで、試算として、両者の要因が含まれたピーク時累加雨量を用いて整理する。ピーク時累加雨量とは、各洪水の流入ピーク時における累加雨量である。また、同時に宮川ダム森林流域の過去50年間のデータから岩井法を用いてピーク時累加雨量の超過確率雨量を算定した。図-5にピーク時累加雨量に対すると k/k_1 の変化を示す。ここに、 k_1 は各洪水における k とピーク時累加雨量との関係を回帰し求めた岩井法による1年確率のピーク時累加雨量における k の値 (k_1) である。すなわち、縦軸の k/k_1 は1年確率のピーク時累加雨量時に示す t_p/f に対する各洪水のピーク時累加雨量時の t_p/f の比を示し、この値が小さいとピーク流量が大きくなることを示す。図-5には1~4年確率のピーク時累加雨量を縦線で示している。この図は、森林流域の洪水抑制機能が1年に一度発揮される程度と比べて、3年に一度は半減することを示している。

5. まとめ

本研究では、宮川ダム森林流域を研究対象地として、洪水到達時間と流出係数についての検討を行った。その結果、宮川ダム森林流域も一般的な他の流域と同様、洪水到達時間と流出係数は降雨要因の影響を受けていることがわかった。また洪水到達時間と流出係数を評価する共通の要因にピーク時累加雨量を用いて試算したところ、宮川ダム森林流域では1年に一度発揮する森林流域の洪水抑制機能は3年に一度は半減すると考えられた。

今後は、 t_p と f を評価する共通の降雨要因としてピーク時累加雨量以外のより適切な要因を検討するとともに、宮川ダム水文データのより精度の高い補正方法について検討する必要がある。

宮川ダムデータは三重県松阪建設事務所宮川ダム管理室から、蓮ダムデータは国土交通省中部地方整備局蓮ダム管理所から提供して頂いた。研究を進めるにあたり多大なるご協力をしてくださった宮川ダム職員、蓮ダム職員の皆様に感謝の意を表します。

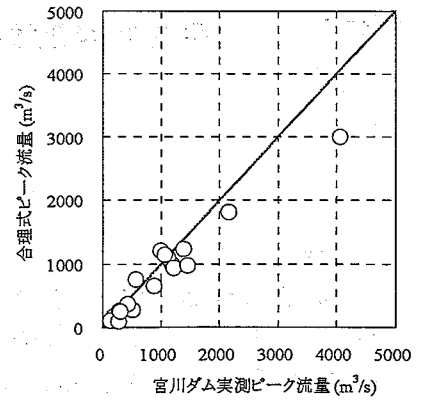


図-4 実測と計算のピーク流量比較

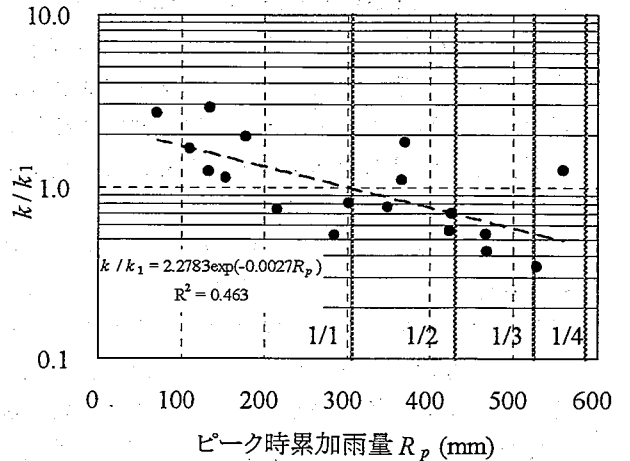


図-5 ピーク時累加雨量 R_p に対する k の変化