

京都大学防災研究所 正員 角屋 睦
 京都大学防災研究所 正員 田中 丸治哉
 京都大学大学院 学生員 米田 達也

1. まえがき 奈良県吉野川上流部に位置する大迫ダム流域は、有数の多雨地域である大台ヶ原を含むこともあって、雨量分布が著しく、流域平均雨量の推定上、多くの問題を含んでいる。本研究では、長短期流出両用貯留型モデルをこの流域に適用する際の問題点を処理するとともに、モデルの実用性を吟味し、さらにダムの放流操作に役立てるための簡便な雨量・流量予測法を検討した結果について報告する。

2. 流出モデル 長短期流出両用モデルは、洪水時の有効降雨を自動的に推定でき、かつ洪水・低水流出を同時に連続して扱えるモデルである。ここでは、現在のところ最良と思われる図1のモデル¹⁾を適用する。このモデルは、Manning型表面流やHorton型浸透能機構を含んでおり、流出計算に際しては各タンクの微分方程式を数値的に解いて流出量を求める。単位時間は適宜変更でき、ここでは $S_i > 0$ のとき0.2～1時間、 $S_i = 0$ のとき1日としている。モデル同定には、SP法を χ^2 基準で適用している。

3. 解析資料 大迫ダム流域(115 km², 図2)の4地点での時間雨量、日平均ダム流入量、ピーク比流量1 m³/s以上の28出水時の毎時平均流量を用いる。解析対象期間は、昭和49～58年の10年間で、初めの2年間でモデル同定に、続く8年間で検証に利用した。

4. 流域平均雨量と蒸発散量の推定 (1)流域平均雨量: 流域内の雨量観測点は4点あるが、ダム、橋谷、筏場の3地点は標高400～430 mの河川沿いの低地部にあり、標高1520 mに位置する大台ヶ原に比して雨量が著しく少ない。また表1に示すように、たとえばダム地点の年間雨量は、年間ダム流入量よりも少なく、上流側でかなりの雨量を見込まなければ水収支のバランスがとれないと判断された。そこで菅原が積雪融雪解析に際して採用している便法に準拠した以下の方法で流域平均雨量を推定した。①流域を標高別に4地帯分割する。②第1地帯に下流3点の算術平均値を、第3, 4地帯に大台ヶ原の雨量を与える。③第2地帯の雨量は第1地帯の値に割増係数を乗じて推定する。④大台ヶ原が欠測となる冬期5ヶ月についても第1地帯の値に割増係数を乗じて推定する。⑤冬期は菅原の方法による積雪融雪解析を地帯別に行う。ただし③④で用いた割増係数は10年間の雨量を吟味してそれぞれ1.3、1.8とした。(2)蒸発散量: ダム地点での計器蒸発量に欠測が多いのでHamon式による推定値を全期間用いた。適用に際しては、流域平均標高(860 m)に対応する日平均気温を推定して採用している。

5. 適用結果 まず日流出高を対象としてモデルを同定し

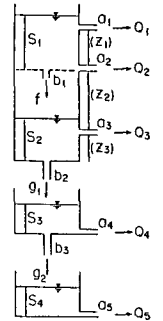


図1 モデル構成

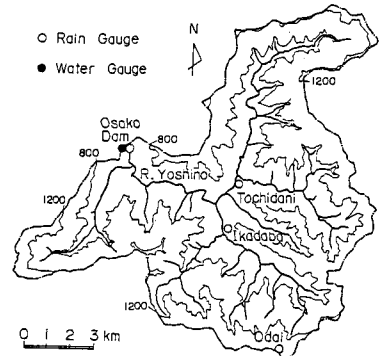


図2 大迫ダム流域

表1 年間雨量・流量および日流出高の再現性

年度	ダム地点 R(mm)	大台ヶ原* R(mm)	年流入量 Q(mm)	相対観差 Jr(%)
昭和49	2362.5	3896	2661.9	21.1
50	2448.5	4143	2950.9	16.6
51	1943.5	3200	2289.3	15.5
52	1261.5	2587	1872.4	14.2
53	1040.5	1620	1319.3	17.4
54	1553.5	3252	2203.8	15.7
55	2043.5	2882	2237.1	15.5
56	1610.5	2548	1795.8	14.8
57	2517.5	3864	3145.8	15.5
58	1892.5	2451	1928.7	15.9
平均	1867.4	3044	2240.5	16.2

* 冬期約5カ月の欠測期間を除く。

た後、洪水時の時間流量で第1段タンク上層部の4定数を再同定(微調整)した結果、図3に示すモデルを得た。日流出高の再現性(相対誤差)を表1に示す。また8年後の予測例を図4に示すが、再現性はかなり良好である。図5は、既往最大出水時の再現例で、ピーク流量がやや過少である。出水時の再現性をより向上させるためには、流域平均雨量をより正確に把握することが必要で、今後の課題と考えられる。

6. 洪水流出量の簡易予測法の検討 洪水時のダム放流操作を円滑に行うためには、ダムへの流入量を事前に予測する必要がある。ここでは、すでに流出モデルが構築されていることから、雨量系列を予測しそれに基づいて流量を予測する簡便な手法を検討する。短時間雨量予測には、ARモデルやカルマンフィルター等の適用も考えられるが、ここでは3時間移動平均雨量を用いる次の簡易法を検討した。すなわち現時点を t 、単位時間を1時間とすると(1)式で定義される3時間移動平均値を用いて、(2)式で求まる値を1, 2時間先予測雨量とする(図6参照)。

$$A_{t-1} = (R_{t-2} + R_{t-1} + R_t) / 3 \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \hat{R}_{t+1} &= A_{t-1} + 2(A_{t-1} - A_{t-2}) \\ \hat{R}_{t+2} &= A_{t-1} + 3(A_{t-1} - A_{t-2}) \end{aligned} \right\} (2)$$

上記の方法によって推定した予測雨量を用いて2時間先流量を求めた例を図7に示す。またピーク流量 $600 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の大出水について1時間先および2時間先の流量予測を行い、観測流量 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上について予測値との相対誤差を求めた結果を表2に示す。表には、1時間雨量系列にカルマンフィルターを適用して求めた予測雨量による計算結果を併記した。これによると流量の再現性が判断でき、簡易法を用いてもカルマンフィルターを適用した場合と同程度の結果が得られており、各出水の相対誤差も比較的小さいことから、ここで検討した簡易予測法は、当面の予測法としては実用上十分価値があるものと思われる。

(引用文献) 1) 角屋ら: 長短期流出両用貯留型モデルの基礎的検討, 第39回年講, 昭59年

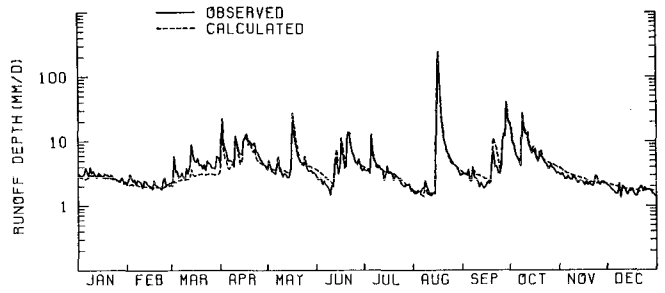


図4 8年後の予測結果(昭和58年)

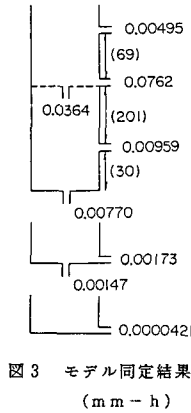


図3 モデル同定結果 (mm-h)

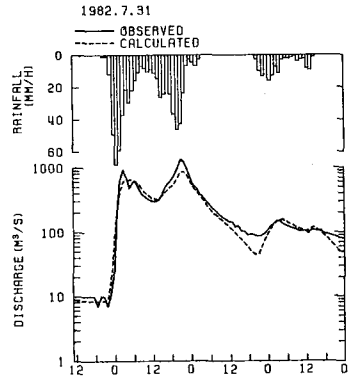


図5 洪水時の再現例

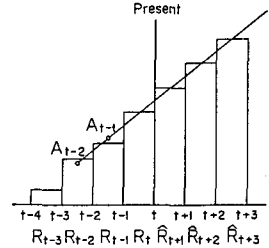


図6 雨量の定義

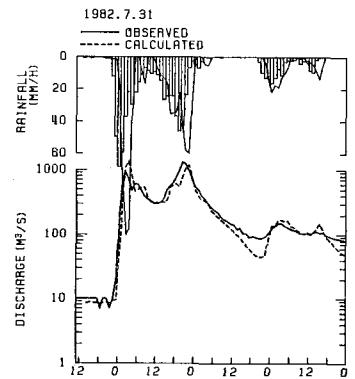


図7 2時間先流量の予測例

表2 予測流量の相対誤差(%)

lead time	簡易法		kalmanfilter	
	1h	2h	1h	2h
S50. 8.15	22.9	26.7	22.9	26.7
54.10.17	21.8	27.0	22.2	26.3
57. 7.31	13.3	19.5	13.7	18.5
57. 9.24	28.6	36.1	27.7	33.9
58. 8.15	32.3	34.9	31.7	33.4