

II-78 貯水池による渇水時利水補給の合理化の研究

名古屋工業大学 学生員 鈴木正人 正員 長尾正志 新日本製鉄 橋本健二

1. 研究の概要

わが国の水需給の現状からみて、長期的な水資源対策や渇水時利水補給の面から、既存のダムを合理的に操作し、河川水を有効利用することが、最重要課題である。そこで、本研究は、冬期渇水期に着目し、牧尾ダムにおける16年間分のデータを用いて、既存の月単位でなく、時系列特性を考慮して渇水期を設定した。また、渇水時流入量時系列をモデル化するとともに、渇水順位による渇水予想時流入量時系列の設定を行っている。さらに、設定流入量時系列や、貯水池特性が渇水補給へ与える影響を調べることで、最適操作期間や、最適目標放流量の存在が示唆された。

表-1 渇水期設定の基礎資料

2. 渇水期の設定

牧尾ダムのデータを用い、通常のにこだわらずに渇水期を設定した。渇水期の特徴として、流入量の平均値が小さく、またその流況の変動が小さく、持続性が強いということがあげられる。そこで、設定の基礎資料として、平均流入量、変動係数、ひずみ度、自己相関係数を用いた。その結果を表-1に示す。この場合、平均流入量の小ささ、相関係数の大きさを基準として、12月1日から2月28日の90日間を渇水期と決定した。

要因	期間	11/16 ~2/13	11/21 ~2/18	11/26 ~2/23	12/1 ~2/28	12/6 ~3/5	12/11 ~3/10	12/16 ~3/15
平均流入量 (m ³ /sec)		4.870	4.453	4.444	4.300	4.567	4.759	4.572
標準偏差		6.676	5.709	6.100	7.826	7.094	7.583	8.093
変動係数		1.371	1.282	1.373	1.820	1.546	1.656	1.770
ひずみ度		4.800	4.474	4.286	4.062	4.259	3.932	4.524
自己相関係数	時間ずれ1	0.462	0.507	0.496	0.569	0.541	0.548	0.524
	時間ずれ3	0.278	0.285	0.233	0.300	0.272	0.279	0.195
	時間ずれ5	0.242	0.255	0.242	0.249	0.200	0.201	0.133

3. 渇水時流入量時系列のモデル化

モデル化にあたり、時間的、量的な離散化のために、単位期間、単位流量を導入した。ここでいう単位期間は、貯水池の操作期間を意味し、本研究では、1、3、5、10日の4種を、単位量として5m³/sを採用している。さらに、流入量時系列は、単純マルコフ連鎖をなし定常分布を持つと仮定し、渇水時流況の特性から、自己相関性を導入した正、負の二項分布のような相関離散分布を、モデル化の対象として採用した。具体的なモデル化の手順は、離散化した平均値、分散値を、各分布の母数で表された平均、分散から推定する方法をとった。

次に、渇水順位による渇水予想時流入量系列の設定であるが、ここでは、渇水の大きさを、その時期の貯水量と関連づけて渇水順位を決めた。つまり、12~3月の16年間の貯水量を平均して、それを下回る量(不足総貯水量)を各年について求め、それが最大のものを第一位の渇水とする。以下同様にして大きさの順に資料を並べる。こうして順位づけされた各々の流入量定資料に対する理論分布パラメータ

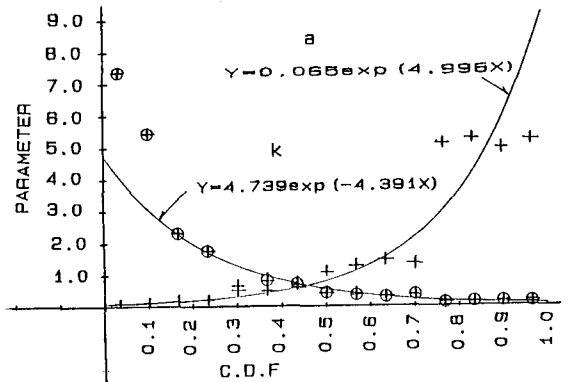


図-1 回帰曲線によるパラメータの推定

は先述した方法で推定することができる。つまり、i番目の渇水に対するパラメータを決めるのに使う平均と分散は、i番目までの流入量資料の平均と分散を用い、自己相関係数には、i番目までの各年の自己相関係数を平均したものをを用いる。こうして決定したパラメータと自己相関係数をヘイズン法でプロットして、渇水の非超過確率との回帰曲線を求める。単位期間5日、単位流量5m³/sの負の二項分布のパラメータの回帰曲線を図-1に示す。推定した回帰曲線を用い、逆に所与の非超過確率からパラメータ、自己相関係数を設定することができる。

4. 基礎理論

貯水量過程を両端に不可入壁をもつ酔歩粒子の運動へモデル化したのち、双対関係を用いて、計算の簡単な吸収壁をもつ酔歩粒子の運動へ変換し、貯水量定常分布を求めた。詳しい計算手順はここでは省くが、定常分布を求めることで、空水確率や溢水確率を得ることができる。

5. 貯水池操作の信頼性評価の指標

総合的な取水機能の信頼性を表す指標として、渇水確率、放流量期待値などがある。一般に取水上の安全性、危険性は目標放流量の充足、非充足の事象の確率で表現できる。したがって、目標放流量の非充足の事象の確率を渇水確率と呼ぶことにし、貯水量定常分布における貯水量が空になる確率（空水確率）で近似しておく。ここで近似といったのは、空水確率には、貯水池が空であるが流入量がちょうど目標放流量と合致し不足を起こさない場合も含むが、現実にはその可能性は、極めて小さく無視しても差支えないと考えられるからである。

効率の高い取水を考えた時に、平均的にどれだけ取水可能であるかということは、最重要要件である。そこで放流量期待値を信頼性評価の指標として用いる。これは、空水にならないということ表現している確率（1 - 渇水確率）に目標放流量を乗じたもので、この値をできるだけ大きくするような放流操作を意図することが合理的な操作法に連なるものと考えられる。

6. 適用計算

牧尾ダムの冬期渇水期のデータを用い、渇水の非超過確率(C.D.F.)を変化させた場合の、単位流量 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 、単位操作期間5日、目標放流 $M=1$ の貯水量定常分布の例を図-2に示す。

6.1 最適操作期間

冬期渇水期において、C.D.F.を0.01、0.02、0.05、0.10、0.20とした時の、目標放流量が1と2の条件における放流量期待値の計算結果を図-3に示す。冬期渇水期の場合、流況の持続性が大きく、安定しているので、単位操作期間の違いでは放流量期待値にほとんど差がない。また1日単位で操作したものが、放流量期待値が一番大きい。これは貯水池の容量が流入量に比較してそれほど大きくないため、こまめな操作の方が水の有効利用につながるからであろう。

6.2 最適目標放流量

今の場合、図-3に示されるように、目標放流量が1の場合の方が目標放流量2に比べて、放流量期待値が大きく、目標放流量を減ずることが貯水池の有効利用につながるようである。これは、あまり大きな目標放流量を設定すると、目標放流量の増加以上に充足確率（1 - 渇水確率）が下がり、結局、期待放流量が低下するためであろう。

7. まとめ

6の結果から最適操作期間、最適目標放流量の存在が示唆された。しかし、当然これらの値は、貯水池特性や流入量特性に相応して選定される諸量であり、今回の結果、つまり、こまめな操作と、小さい目標放流量が有効という結果が、他の貯水池、他の流入量時系列には、そのままあてはまるものではないが、こうした評価法によって従来不明確な基準の下に設定されていた計画諸量の妥当な設定が可能になるものと考えている。

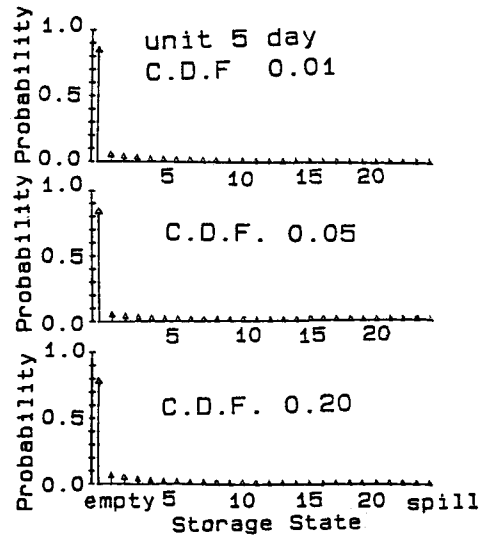


図-2 貯水量定常分布

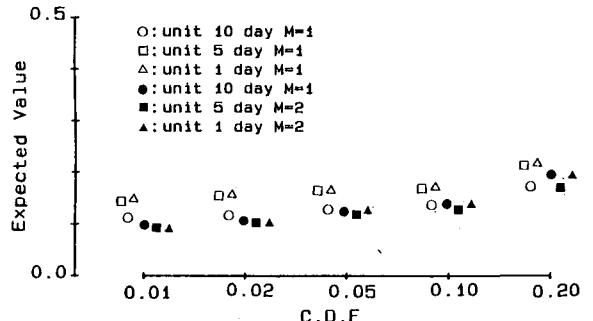


図-3 放流量期待値の比較