

渇水被害調査結果を用いたダムの最適利水運用について

Optimum Water Supply Control Using Data of Draught Damage Research

北海学園大学工学部 ○学生員 田中圭一(Keiichi Tanaka)
 北海学園大学工学部 正 員 許士達広(Tathuhiro Kyoshi)

1. まえがき

近年の新規の水資源開発がなかなか進まない状況においては、すでに開発されたダムを有効活用して、利水運用の効率化を図ることが重要である。ダムの利水運用は日常管理と渇水管理に分けられ、渇水管理は水系ごとに開催する「渇水対策協議会」においてダム管理者と各利水者との基本調整を行い、経験的に運用されている。

比較的簡易で視覚上分かりやすい利水最適運用方法として、後述する確率確保容量を用いる方法がある。この手法に限らず利水運用の最適化のためには節水率等の渇水の量と渇水被害額との関係が不可欠であるが、渇水時にそれに対応する実用的な調査は行われておらず、最適運用の実現を困難にしている。

本研究では近年の最大の渇水である平成6年5月から8月にかけて発生した渇水時に行われた利水経済調査の結果から、データとしては不十分であるが、節水率と被害額との関係を推定して、渇水被害の推定とダムの利水最適運用の算定方法を示すものである。

2. 確率マスカープによる最適利水運用方法

利水運用を決定する確率確保容量については、参考文献に詳述されているがここで概説する。確保容量は一般にダム計画に使われているもので、ダム地点の必要放流量に対し流入量の不足分を、時点を遡って累加するものである。確保容量は横軸が時間軸で、当該時期に曲線で示される容量を確保することにより、所定の利水安全度を確保できる。

流量データの年数だけ曲線が描けるが、この曲線群について大きい順に並び替えを行い、各半月において上から等しい順位の曲線の値をつないだものを作成する。これは各時点で等しい確率規模を持つ順序統計確率値の曲線である。これを確率確保容量曲線といい、式-1で表され、例えば10年で3位の曲線は図-1のようになる。横軸は1年間の時間、縦軸はダムの容量である。

$$V_t^j = V_{t+1}^j + (1 - \alpha) O_t^j - I_t^j \quad \dots (1)$$

$$V_t^k = k - \text{th largest } V_t^j \quad j=1, 2, \dots, N \quad \dots (2)$$

ただし(1)式の計算は各時点において

$V_t < 0$ のとき $V_t = 0$ とおきかえて、未来から現在の方向へ時点を遡って累加するものであり $V_t > 0$ となる時点が確保容量の立ち上がりとなる。

V_t^j ; j 年目の流況に対する時点 t における確保容量

V_{t+1}^j ; j 年目の流況に対する時点 t+1 における確保容量

I_t ; 時点 t ~ t+1 における流入量

O_t ; 時点 t ~ t+1 における必要放流量

j ; 既往流況 j 年目 N ; 既往資料年数
 k ; 確率順位 α ; 節水率 (一定)
 V_t^k ; N 年中 k 位の渇水確率に対する時点 t の確保容量

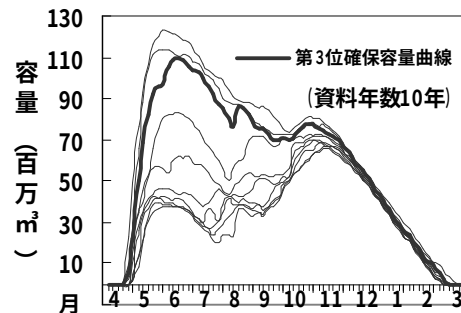


図-1 確率確保容量曲線

式(1)に示す節水率αを0%, 5%, 10%と変化させていくと、確率規模毎にそれに対応した節水曲線群を描くことが出来る。例えば54年間のデータであれば54通りの節水曲線群が描かれる。図-2, 3, 4は54年中1位, 5位, 25位の曲線群を示したものである。

節水曲線の特性は水位低下に応じて節水率を自動的に定めて運用を誘導することである。この理由については参考文献に示されている。図-5は丸印がこの運用による各時点の貯水容量変化であり、例えばA点で10%, B点で20%の節水が最適であることが示され、各時点での最適節水運用が図られる。

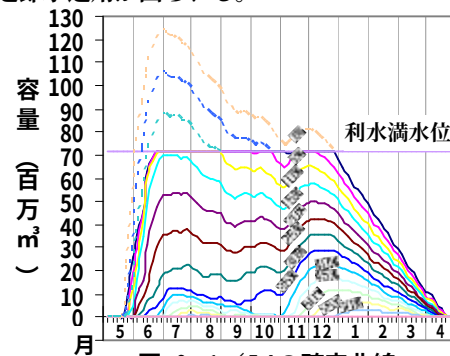


図-2 1/54の確率曲線

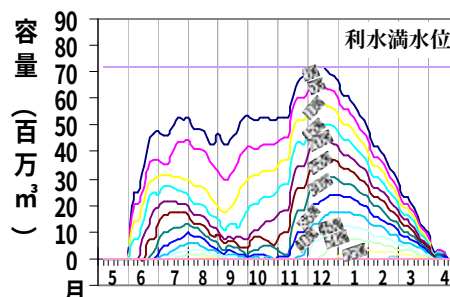


図-3 5/54の確率曲線

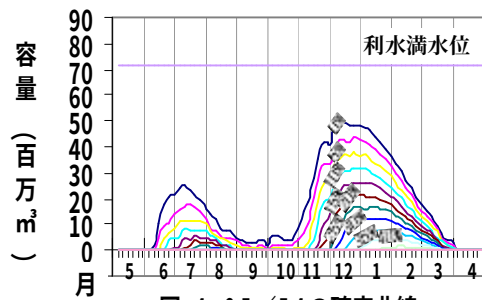


図-4 25/54の確率曲線

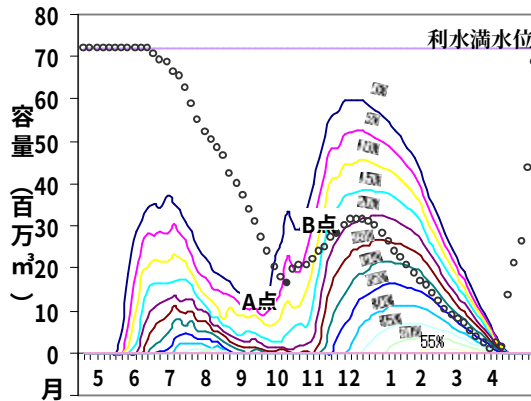


図-5 確保容量による利水運用図 (13/54)

前述した 54 通りの節水曲線群のうち、どれが最適であるかについては、過去 54 年間の流量データに対し、それぞれ 54 通りの節水曲線群を用いて運用した時の 54 年間の被害額の合計をそれぞれ算出し、一番被害が小さくなる節水曲線群を選択すればよい。

3. 節水率と被害額の関係

被害額の算出のためには、節水率と被害額の間係を示す式が必要となる。このための資料は乏しいが、本研究では平成 6 年度の渇水における渇水被害実態調査の結果を用いた。渇水被害は一般家庭用水、都市用水、工業用水、農業用水に分けて考えられ、さらにそれぞれが日常的支出による被害額と一時的支出による被害額に分類される。一般家庭用水の日常的支出は渇水が最も厳しかった時の一日あたりの渇水による支出額（ミネラルウォーター等の飲料水の購入や、銭湯、外食の利用等）および一日あたりの労働時間増を金額に換算したものの合計を用いている。また一時的支出は、一回限りの特別な支出増（ポリ容器や浄水器の購入など）である。

平成 6 年度の渇水被害調査において被害の構成比率の高い家庭生活、都市活動、および工場について節水率と被害額が算定できるデータがあるのは、広島県広島市、福山市、尾道市、福岡県福岡市、大野城市、長崎県佐世保市である。

渇水被害調査のアンケートでは、例えば家庭用水では各都市において給水制限期間中で最も制限が厳しかった 1 ヶ月における家庭の日常的な支出増の額を聞いている。そのデータをもとに 6 都市における最も制限が厳しかった月の節水率とその時の日平均被害額の間係を求める。

渇水被害は従来節水率×日数（%・day）や節水率の 2 乗×日数（%²・day）といった指標が知られているので、ここでは $D=a(\%)^n$ であらわすことにすると家庭用水については図-6 の関

係が得られる。また、家庭用水の一時的支出については図-7に示すように、その渇水の最大節水率とその期間の特別な支出増との間に関係式が求められる。同様に、平成 6 年度の渇水被害調査から都市用水、工業用水の日常的被害、および一時的被害の式を下記のように求めることができる。

都市用水：日常 $y = 11.392x^{1.2217}$ 一時 $y = 403.97x^{1.5211}$
工業用水：日常 $y = 56.473x^{1.3683}$ 一時 $y = 994.54x^{1.6051}$

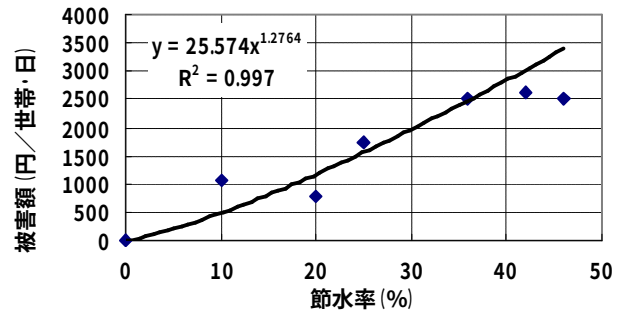


図-6 渇水被害曲線 (家庭：日常的被害)

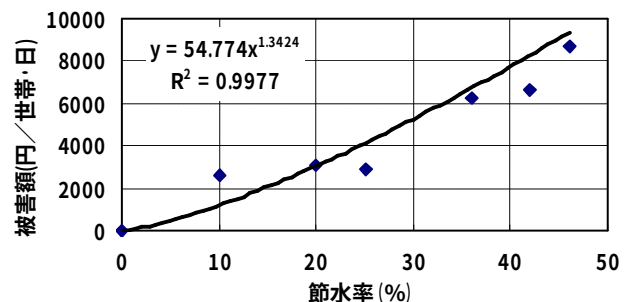


図-7 渇水被害曲線 (家庭：一時的被害)

4. 最適節水曲線の算定

このようにして求めた 6 種類の渇水被害曲線を用いて、54 年間の流量データから 6 通りの合計被害額が求まる。この被害額は家庭用水では 1 世帯、都市用水は 1 事業所、工業用水は 1 工場あたりの値であるから、そのダムの給水対象となる都市の世帯、事業所、工場数を調べ、対象となる渇水被害曲線による被害額に乗じて、6 つの被害の合計を求める。この合計が最小になる節水曲線がこのダムの最適利水運用を誘導することになる。

例えば、S 市の場合に給水世帯数 724,000、事業所数 74,204、工場数 1,709 であり、被害額を比較した結果図-5に示す 13/54 の確率曲線が最適となった。

5. おわりに

節水曲線を用いた最適利水運用の具体的方法を示した。最適運用のためには実際の節水率と被害額の間係が不可欠である。今回平成 6 年度の利水経済調査の結果を用いたが、僅かな数の別々の地点でのデータである。それ以前の調査結果は現在見つかっておらず、新たな渇水時の調査が求められる。

参考文献

- 1) 許士達広、下田明(1996)：確率曲線を用いたダムの利水運用および計画の最適化(II)、水文・水資源学会誌第 9 巻 3 号、pp.265～266。
- 2) ダム管理技術検討報告書：北海道開発局 2002。