水文・水資源学会誌
J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour.
Vol. 11, No. 3 (1998) pp. 229-239

確率曲線を用いたダム利水運用および計画の最適化 (Ⅳ)

—確率確保容量のダム計画への適用—

Optimum Water Supply Control and Planning Method of Dam Reservoir Using Statistical Rule Curve
—Adaption of Statistical Reverse Residual Mass-Curve to Dam Planning—

許士達広* (北海道開発局)

Tatsuhiko KYOSHI Hokkaido Development Bureau

下田 明** (㈱建設技術研究所)

Akira SHIMODA CTI Engineering Co., Ltd.

Validity of the statistical reverse residual mass curve for optimum dam water supply control was confirmed by the past papers I~III in this reserch. Based on these results, determination of the optimum dam scale is studied corresponding with optimum dam water supply control introducing the theory of capitalized benefit. The statistical residual mass-curve is also proved to be available for dam planning.

In addition, this paper explains the optimum control and planning method of extraordinary drought countermeasure dam which is important policy for drought damage mitigation.

Key words: Optimum dam water supply control, Statistical reverse residual mass-curve, Dam planning, Extraordinary drought countermeasure dam

本研究における第Ⅰ～Ⅲ編において、ダム最適利水運用における確率確保容量の妥当性を示した。本論文ではそれらをもとに、最適利水運用と整合のとれたダム規模の決定への適用を妥当投資の考え方を導入して検討し、その結果確率確保容量の計画論での有用性が確認された。さらに本論文は重要な渇水被害軽減策である渇水対策ダムの最適運用と計画について解説を加えている。

キーワード: ダム最適利水運用, 確率確保容量, ダム計画, 渇水対策ダム

Ⅰ. はじめに

1994年の渇水は過去最大規模のものであり、その被害は記憶に新しいが、それ以降も再び各地で渇水が生じており、節水が行われている。安心で安全な水資源の確保がさらに強く求められるが、その中心となるダムによる水資源開発は環境問題等により、かつてない厳しい状況に直面している。建設省においてもダム事業審議委員会を全国11カ所の直轄ダムで試行し、今後の新規事業にも適用されることになっており、さらに財政問題と相まって中止ダムお

よび休止ダム18カ所が決定されている。ダムによる水資源開発のメリット、デメリットが今後、より高密度に論じられることになるが、現在のダム利水計画では最適運用および最適施設規模の決定のための手法には決定的なものが無く、単に必要開発水量を1/10確率で確保するという一般的ルールがあるに過ぎない状況である。

一方、頻発する異常渇水の対策の主要なものに渇水対策ダムの建設があり、その概念は10年以上前から出されているが、その最適規模の決定や運用法についても現在研究段階にあり、実用的な手法の開発

*北海道開発局 石狩川開発建設部 〒060-0002 札幌市中央区北2条西19丁目
Hokkaido Development Bureau Ishikari River Local Head Office, West19, North 2 Chuo-Ku, Sapporo 060, Japan
**㈱建設技術研究所 東京支社 札幌事務所 〒060-0042 札幌市中央区大通西9丁目3 協栄生命ビル
CTI Engineering Co., Ltd., Kyoei Seimei Building, West9-3, Odori Chuo-Ku, Sapporo 060, Japan

が求められる。またダムの利水運用と計画は従来各々別の次元で論じられてきた傾向があるが、元来両者は不可分なものであり、両者の整合をとった形での最適化が求められる。

以上の状況の中で最適利水運用と整合のとれたダムによる水資源開発の評価法、費用対効果を考えた最適計画の決定法の必要性が増大しており、本論文はこれらの問題の解決のために、本研究の既往論文(Ⅰ)²⁾、(Ⅱ)³⁾、(Ⅲ)⁴⁾で解説した確率確保容量を用いた手法を適用し、解説するものである。

Ⅱ. 渇水被害の評価関数

1. 評価関数の必要性

本研究の既往論文(Ⅰ)、(Ⅱ)、(Ⅲ)の中で、将来流量が与えられる時には最適利水運用はマスカーブや確保容量により理論的に定まり、将来流量が与えられないときには確率マスカーブや確率確保容量に対し、評価関数により最適確率を選定して最適運用が定まることを示した。また被害関数を

$$P = (\text{不足}\%) \cdot \text{day} \quad (1)$$

のように表した時、 $1 < m \leq 3$ の間でトライアルすれば一定の精度が期待できる運用モデルが求められることが分かった。

これに既往の渇水被害調査の結果を用いれば、評価関数の精度向上が図られ、さらにこの被害関数を用いてダム計画の最適化を図ることができる。計画に必要なダムの効果を表すためには、節水率との関係をもとに被害の絶対値を求める必要があるため、被害関数は式(1)の形ではなく

$$P = \beta (\text{不足}\%)^m \cdot \text{day} \quad (2)$$

のような形や、こういった曲線の組合せ(節水率により m や β が変化するもの)で示される。図-1は渇水被害の調査結果のまとめ方の例であり、横軸に節水率、縦軸に単位取水量当たりや人口当たりの被害額をとって実績をプロットし、それに曲線形をあてはめれば被害関数形が得られる。

なお、災害の経済評価は相当に不確実性を伴う。その分野の研究が盛んであるが、ここでは実際に生じた渇水被害の調査項目に、間接被害を的確にとりこむことにより不確実性の解消を図るという考え方をとる。

本研究の第Ⅲ報に示したとおり確率確保容量の曲線群は最適運用を誘導する性質を持つ。上記のように被害関数を定めることにより最適運用を行った場合の被害額の算定が可能となり、ダムがない時との

図-1 渇水被害調査による被害関数形

被害額の差がダムの利水効果として算定される。

2. 既往渇水被害調査結果の評価関数への応用

これは渇水時の被害調査や節水実験により、家庭用水であれば節水による余分な出費や家事労働の増加、都市活動用水であればサービス業等による売上の減少、工業用水や農業用水であれば生産削減率と対策に伴う出費等を推定するもので、節水率との関係で整理される。図-2は山内による研究⁵⁾の中で示されている例で、節水率に応じた $1 \text{ m}^3/\text{s}$ の必要取水量当たりの被害曲線である。

山内の研究では被害はこの取水量に比例する部分のほかに最大節水率で決まる部分があり、後者は図-2とは別のグラフから求められるが、前者による被害が後者よりもはるかに大きいため、ここでは被害は取水量に比例するものとして求める。

被害額は一般的に以下の式で表される。

$$D = \sum_{i=1}^n Q_0 \cdot \beta \cdot \left(\frac{Q_0 - Q_i}{Q_0} \right)^m \quad (3)$$

D ; 期間 $1 \sim n$ の被害額の合計(評価関数)

Q_0 ; 必要取水量(m^3/s)

Q_i ; 実際の取水量(m^3/s)

n ; 対象期間(日数)

$\beta \cdot \left(\frac{Q_0 - Q_i}{Q_0} \right)^m$; 被害関数

β, m ; 被害関数の定数

図-2のグラフは折れ線となっているが、一般的に被害関数は指数関数 $\beta (\text{不足}\%)^m \cdot \text{day}$ の形をとることが多いため、評価関数には折れ線ではなく曲線をあてはめるのが好ましい。ここではデータ数は不十分ではあるが、例えば家庭用水について図-2に用いられた原データから図-3のような曲線をあてはめてみる。

図一 山内による洪水被害研究⁹⁾例

図一 3 節水率別日数に比例する 1 日当たりの被害額(家庭用水のみ対象)

III. 利水経済効果の算定法

1. ダム計画と運用の整合

ダムの計画と運用の整合をとるためには、その効用を表す指標の統一が必要である。現在一般のダム計画では 1/10 洪水を基準とした開発水量といったものが目やすとなるが、運用には利用できず、運用と確率(目標と安全度)の関係をより明確に表現することが求められる。評価の指標は非常に多くのものが考えられているが、実際の費用便益分析に基づいた妥当性の評価という側面から、図一 2、図一 3 のような関係を用いて洪水被害額を算出し、妥当投資額を算定することが考えられる。

妥当投資の考え方でダム計画を比較する場合、運

用法が異なれば同じ施設でも効果が異なるため、比較可能なように運用法を統一する必要がある。しかし同じ運用法であっても、例えばある施設の規模ではその施設の持つ 100% の能力が発揮できても、別の規模では能力の 80% しか発揮されないということが生じ、やはり比較できない。最も確実なのはそれぞれの施設の最適運用をとることであり、それぞれの最適運用が定まれば、運用を合わせた最適計画という形で比較が可能となる。従前にはその方法が不明確であったが、確率確保管容量を用いれば各貯留施設の最適節水運用を容易に定めることができ、既往流況データで運用した時の被害により、妥当投資を定めることができる。

2. 利水経済効果の算定の考え方

利水計画の場合、都市用水については従来より経済効果そのものを算定することは行われていない。これは水価が建設費により定まり、水供給効果を資本還元すると建設費になるという考え方をとっていることによる⁶⁾。しかしこの考え方であれば利水施設にいくらコストがかかっても水価に反映させればよいことになり、施設規模の最適化はできない。利水施設の最適化のためには経済効果を直接算出する必要があり、建設費やランニングコストとの費用対効果を比較できるようにすることが求められる。

1) 経済効果の要素

高木は「防災投資の便益評価手法の研究」⁷⁾において不確実性の表現と、保全効果・高度化効果の考慮を便益評価の課題としてあげている。

ここでの不確実性とは便益評価の対象となる状態がいろいろとあり、どのように発生するかが不確実であることをいう。例えば道路は確実性下の投資の例であり、従前より交通量等をもとに、ある特定した混雑状況を確定的にとらえて評価を行っている。一方、治水投資は不確実性下の評価例で、各確率降雨におけるいくつかの状態を想定し、その被害軽減額の期待値を算定している。今回対象となる利水投資も治水と同様の不確実性を持つ。

また保全効果は直接被害、間接被害を含む現況の資産や社会活動に対する被害を防ぐ効果であり、現在の治水経済調査⁵⁾はこれのみを算出している。しかし防災事業には整備水準の向上に伴い土地利用が高度化し社会活動が活発化するという効果もあり、保全効果とは別に高度化効果と呼ばれている。米国の治水経済調査ではこの効果が含まれており、本研

究の利水経済評価モデルにおいても、これらの効果をどう位置づけて表現していくかが問題となる。

2) 利水計画における経済効果要素の考慮

利水計画は一般に流況の発生確率と将来の需要量により定められ、例えば20年後の計画需要に対する必要水量を1/10確率(10年に1回おこる確率の渇水流量)に対して確保するといった設定をとっている。

治水経済調査同様に既往の流況における被害値を算出し、1年間の被害合計の期待値から資本還元して妥当投資を計算すれば、流況の確率に対する不確実性要素が表現される。一方、需要については人口や産業の伸びを想定して別途与えられるので、通常は確実性下の設定を行っていることになる。しかし、将来需要も不確実なものとしてその設定を変えて比較することも可能である。

高度化効果については、将来水需要自体が社会経済の現況からの高度化を想定し、人口や世帯、事業所当たりの原単位を設定している。人口や社会経済の伸びが水需要を決定するので、高度化効果は利水計画の水需要の中に含めて考えることができる。

このように利水計画の経済評価においては不確実性および高度化効果を含めて表現することが可能となる。

3) 利水量の増と利水安全度の増の関係

例えば図-4において、ある地域の現況の需要に基づく必要取水量が $7 \text{ m}^3/\text{s}$ で、取水する河川の流況では $1/5$ の確率安全度しかないとする。将来計画年次(例えば20年後)では人口、社会経済の伸びから $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 増の $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 必要であり、一般的な計画安全度である $1/10$ 確率を確保する場合を考える。この時現況取水量 $7 \text{ m}^3/\text{s}$ に対し確率流況を $1/5$ から $1/10$ に上げるのに必要な流況の差、すなわちダムから直接取水する時の必要ダム貯留量は図上の $\square$ である。また現況流況 $1/5$ 確率に対し取水量を $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 上げる時に必要な貯留量は $\blacksquare$ である。さらに計画取水量 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ に固定し、対象流況を $1/5$ 確率から $1/10$ 確率に上げた時の必要貯留量増は $\blacksquare + \square$ であり、計画流況(利水安全度)を $1/10$ として取水量を $7 \text{ m}^3/\text{s}$ から $10 \text{ m}^3/\text{s}$ に増加した時の必要貯留量増は $\blacksquare + \square$ 、そして現況の確率流況、取水量から計画の確率流況、取水量に上げるのに必要なダム貯留量全体は $\blacksquare + \square + \square$ である。

このように流況という状態の発生確率と、取水量という流域の社会経済環境に伴う量の片方あるいは両方を変化させて、それぞれの経済効果を分離して

図-4

算出することが可能である。また経済効果の要素の観点からは $\square$ の部分が利水安全度の向上にかかる保全効果、 $\blacksquare$ が流域の発展に伴う水需要増にかかる高度化効果、 $\square$ は両方の効果に関係しているといえる。

3. ダムと専用施設の効果の分離

1) 分離の必要性

利水の経済効果は受益者のところで生ずるのであり、その経済効果は①ダム等の水資源施設、②浄配水等の専用施設、③ダムや専用施設の管理・浄水等のランニングコストの三者の効果が合わさって発生する。したがってダムの経済効果を求めるためには、全体の経済効果からダムの効果を分離する必要があるが、三者が一体化して初めて効果が生ずるものであり、ここでは便宜的手法として例示する。

ダムと専用施設の効果はその水供給機能によって分離できる。すなわちダムは流況を平準化して取水可能量を増加させ、一方専用施設は最大取水量の増加を可能にするので、それぞれによる水量の変化が算出できる。

分離の要素として両施設の建設コストは関係しない。なぜならば仮に効果を建設コスト比で考慮しようとする、同じ取水量の専用施設でも導水距離等が異なると、建設コストが大きければ専用施設の効果が増加し、同じ規模や機能のダムの効果が減少することになり、ダム固有の効果が特定できないからである。

ランニングコストについてはダムの管理や、取水および送配水施設の管理、浄水費用等がある。ここではダムの管理費はダムのランニングコスト、取送配水施設の管理費は専用施設のランニングコストとして、それぞれの効果から年経費として差し引く。また浄水費は水質の改善にかかることであり、全体

の効果から増加する水量に比例して差し引くものとする。

2) ダムと専用施設の効果の分離方法

図-5 は分離の考え方を示すものであり本質は図-4 と同じものである。case 1 ~ 4 がダムおよび新規専用施設(取水可能量の増)の有無による渇水年および平水年の流況の変化である。 t がダムおよび新規専用施設建設前の旧専用施設に対する計画最大取水量、 q がダムおよび新規専用施設完成後による増量、 $t+q$ が完成後の計画最大取水量で、斜線部分がそれぞれの流況による $t+q$ に対する不足部分となる。ダムおよび専用施設があることによる全体の効果は case 4 と case 1 の差であり、これには保全効果と高度化効果の両方が含まれる。

ダムを大きくしても取水施設の能力が増大しなければ最大取水量の増加は不可能であり、新規専用施設があることにより最大取水量の増加が可能となるので、新規専用施設による効果は最大取水量で q 、量的には case 4 と case 2 の差である。一方、ダムによる効果は計画の最大取水量に対する流況改善であるから、新規専用施設がある場合には case 4 と case 3 の差で表される。ここではこのように片方の施設があることを前提としてもう 1 つの施設の効用を出したものを「分離効用」と呼ぶことにすると、ダムおよび専用施設のそれぞれの経済効果は、全体の効果 case 4 と case 1 の差を、ダムおよび新規専用施設そのものの分離効用、すなわち case 4 と case 3 の差および case 4 と case 2 の差の比で分配することにより得ることができる。

図-5 ダムおよび新規専用施設による流況変化

3) ダムの利水妥当投資

ダムと専用施設による全体の年効用は以下のように定められる。

全体の年効用TE

=計画取水量に対し当該ダムおよび新規専用施設がない場合の年平均渇水被害額-計画取水量に対しダムおよび新規専用施設がある場合の年平均渇水被害額-全体の取水量増にかかる浄水コスト (4)

単位水量増に対する浄水コストは70円/m³とする。

ダムの分離年効用DP

=計画取水量に対し専用施設はあるが当該ダムがない場合の年平均渇水被害額-計画取水量に対し専用施設および当該ダムがある時の年平均渇水被害額-ダムによる取水量増にかかる浄水コスト (5)

専用施設の分離年効用SP

=計画取水量に対しダムはあるが新規専用施設がない場合の年平均渇水被害額-計画取水量に対しダムおよび新規専用施設がある場合の年平均渇水被害額-新規専用施設による取水量増にかかる浄水コスト (6)

$$\text{ダムの年効用} DE = TE \times \frac{DP}{DP + SP} \quad (7)$$

この年効用を用いてダムの利水妥当投資は、現行の多目的ダムのコストアロケーション方法⁹⁾になら以下のように表される。

$$CB = \frac{DE - MC}{r(1 + T)} \quad (8)$$

CB: ダムの利水妥当投資額

DE: ダムの年効用

MC: ダムの年間維持管理費(2億円/年とする)

T: 建設利息率(ここではゼロとする)

r: 資本還元率

$$= i(1+i)^n / \{(1+i)^n - 1\} = 0.0464$$

(9)

i: 利子率4.5%

n: 耐用年数80年

式(4)~(6)の年平均渇水被害額は、それぞれのダム規模に対する最適節水曲線を実績資料に基づく運用により求め、それに対する資料年数分の渇水被害合計を資料年数で割って求める。ダムがない場合は自然流況に対する被害となる。

IV. 確率確保容量を用いたダム規模の最適化

1. 妥当投資計算

前節までの結果を用いて具体的な計算を行ってみる。例として図-6のように既設のTダムがあり、別の支川にQダムを新設して、下流の利水者の水需要の増大に対応する場合を考える。こういった例を考えるのは流域で最初のダムの場合、地下水の表流水への転換や、小規模水利施設の廃止等があり、これらがダムにのって来るので、見かけ上の効果が非常に大きくなることがあるためである。ここでは取水地点が合流点下流であり、合流点上流の各川の取水がなく、また各支川の維持流量が相対的に小さいため、2つのダムを一体のダム(T+Qダム)として差し支えない場合を考える(なお複数ダムの運用については別の機会に述べる)。被害関数として図-2(折れ線法)および図-3(曲線法)の曲線を用い、確率確保容量を用いて新設のQダムの妥当投資額を求めてみる。

1) ダムの分離年効用

新規専用施設があると仮定した時のダムによる取水量増による効用がダムの分離効用である。さらにQダムの分離年効用はT+Qダムの効用からTダムのみの効用を差し引いて求められる。TダムおよびT+Qダムの年平均被害額は、各々のダム規模で42年の実績流量による被害額合計が最小となる確率の節水曲線による運用、すなわち最適運用を行って求めたものであり、42年の被害合計を年数で除している。

なお取水量が増となることにより浄水費も増となるため、浄水コストをダムと専用施設のそれぞれの効果から、水量に応じて差し引いている。

現在の大都市圏では1/2~1/3確率程度の利水安全度しかもたないところが多く、一般的な計画安全度である1/10まで引き上げる必要がある。した

図-6 ダム位置図

がって、ここではT+Qダム合わせた計画取水量14.9m³/sで一定とし、またTダムの安全度が1/2、TダムとQダムを合わせた利水安全度が1/10になるように各ダムの規模を設定する。ダムの利水目的は上水道とし、被害関数は以下の3ケースとする。

- ① 使用割合を家庭用水70%、都市活動用水30%とし、図-2のグラフ(折れ線法)を用いる。
- ② 家庭用水100%の使用とし、図-2のグラフを用いる。
- ③ 家庭用水100%の使用とし、図-3のグラフ(曲線法)を用いる。

結果は表-1に示したとおりであり、またこの時の最適節水曲線決定の例を図-7に示す。

なおダム規模の確率3.5/42は4/42と3/42の平均の規模である。また節水曲線の最適確率は、確率確保容量による節水曲線の確率を変化させて既往データの流況に対して運用し、被害額を比較することにより得られる。

表-1 Qダム分離年効用

	ダム規模	T/Q FL		T/Q FL		年平均被害額 (億円)	浄水費増分 (億円)	Q FL 分離年効用 (億円)
		利水率 (百万m³)	利水率 (百万m³)	確率	確率			
家庭用水 70%	無	0.0	0.0			9490.5	21.3	
	T	54.6	54.6	21/42	22/42	916.0	72.5	
	折れ線法	Q	42.1	96.7	3.5/42	20/42	123.0	77.9
家庭用水 100%	無	0.0	0.0			5721.4	21.3	
	T	54.6	54.6	21/42	14/42	417.6	71.8	
	折れ線法	Q	42.1	96.7	3.5/42	15/42	46.8	77.9
家庭用水 100%	無	0.0	0.0			4850.0	21.3	
	T	54.6	54.6	21/42	11/42	320.7	71.1	
	曲線法	Q	42.1	96.7	3.5/42	5/42	27.4	234.9

図-7 T,T+Qダムの最適節水確率(ダム規模3.5/42, 家庭用水100%, 曲線法)

2) ダムの年効用と妥当投資計算

前節のダムの分離年効用の計算例のうち③の家庭用水100%の曲線法を用いてダムの年効用と妥当投資額を求めてみる。評価は前節同様、現況のダムTがあり、新規のダムQとが一体となって機能するとして新規ダムQの効用を求める。Tダムのみがある時の取水量が現況取水量 r 、Qダムが加わったT+Qダムの時の取水量が計画取水量 $r+q$ である。ここで重要なことはQダムの効果であるので、被害額の評価はあくまでもQダムがある時の計画取水量に対してのものであり、現況Tダムの年平均渇水被害はTダム計画時点の取水量(現況取水量 r)に対してではなく、Qダムが加わった新規計画の取水量 $r+q$ をTダムのみで確保しようとした場合の被害である。またTダムの確率利水安全度 $21/42$ はQダムを含む新規計画取水量に対する現在のTダム容量の安全度を示している。

専用施設の取水能力はダム計画上の取水量と同じく設定される。新規専用施設がある場合の取水能力 $r+q$ は新規のQダムがある時のT+Qダムの計画の取水量(現況+新規)であり、現況の専用施設の取水能力 r は現況のTダムの計画における取水量である。新規ダムがあっても現況専用施設のみ場合の渇水被害は新規計画による取水量増 q が常に取水できないことにより、新規専用施設がある場合に比して大幅に増加する。

計算は後述の表-2に示す形で行う。①~⑥の欄の計算内容は以下の通り。

① Tダム, Qダム, 専用施設無し

ダムがないため、取水は自然流況でかつ最大取水量は現況専用取水施設の能力 r となる。被害はT+Qダムの計画取水量 $r+q$ と実際の取水量の差で節水率に換算して求める。

② Tダム有, Qダム, 専用施設無し

現況Tダムに対し現況必要量 r で確率確保容量を描いて、運用を試算し最適節水による取水を決定する。最適節水曲線決定のための評価はT+Qダムの計画取水量 $r+q$ と節水曲線による運用の取水量との差であり、節水量は現況必要量 r に節水曲線による節水率をかけた量と、専用施設能力の不足量 q を合わせた量となる。それを節水率に直して被害が最小となるように既往流量データから最適節水曲線を定め、被害額を算定する。

③ Tダム, Qダム有, 専用施設無し

取水量は、現況必要量 r に対しT+Qダムで確率確保容量を描いて運用し最適節水曲線を定めて求める。最適節水曲線決定のための評価はT+Qダムの計画取水量 $r+q$ と、節水曲線による取水量との差であり、それを節水率に直して被害が最小となるように既往流量データから最適節水曲線を定め被害を算定する。なお現況取水量 r の確率確保容量は資料年数中第1位でもT+Qダム規模を相当下回り、最適節水曲線が求まらないことが生じ得る。このため節水曲線の外挿を行い、例えば42年間の流量データでも1/50確率、1/100確率等の節水曲線を描いて比較算定すべきであるが、ここでは簡単のため1/42以下の確率の曲線は1/42を代用している。なお確率確保容量の外挿法については別の機会に述べる。

④ Tダム, Qダム無し, 専用施設有

取水量は自然流況でかつ最大取水量は新規専用取水施設有の能力 $r+q$ となる。被害はT+Qダムの計画取水量 $r+q$ と実際の取水量との差を節水率に換算して求める。

⑤ Tダム有, Qダム無し, 専用施設有

T+Qダムの計画取水量 $r+q$ で現況Tダムに対する確率確保容量を描き、運用を試算し被害を算定する。最適節水曲線決定の評価はT+Qダムの計画取水量 $r+q$ と節水曲線による取水量との差であり、節水曲線の被害率から算定される被害が最小となるように既往流量データから最適節水曲線を定め、被害を算定する。

⑥ Tダム, Qダム, 専用施設有

T+Qダムの計画取水量 $r+q$ で、T+Qダムに対する確率確保容量を描き運用を試算する。最適節水曲線の評価はT+Qダムの計画取水量の節水曲線に対してのものであり、渇水被害が最小になるように既往流量データから最適節水曲線を定め、被害を算定する。

これらにより新規ダムおよび新規専用施設による全体の年効用は、

$$TE = ② - ⑥ = 994.2 - 105.2 = 889.0 \quad (10)$$

新規ダムQの分離年効用

$$DSE = ⑤ - ⑥ = 391.8 - 105.2 = 286.6 \quad (11)$$

新規専用施設の分離年効用

$$WSE = ③ - ⑥ = 903.3 - 105.2 = 798.1 \quad (12)$$

よって、Qダムの年効用は分離年効用の比により

$$DSE = TE \times \frac{DSE}{DSE + WSE}$$

$$= 889.0 \times 0.264 = 234.9 \quad (13)$$

新規Qダムの妥当投資は、

$$CB = \frac{234.9 - 2 \text{ 億円}}{0.0464} = 5019 \text{ 億円} \quad (14)$$

2. ダム規模および計画取水量の最適化

前述したようにダムの利水容量は、計画の取水量と計画の利水安全度(確率)の2つの要素で定まる。従ってダム建設の最適化は計画取水量を一定として利水安全度を変化させて効果を比較し、何ヵ年確率の規模が最適かを決定するという面と、計画確率を一定として計画取水量を変化させて比較し、最適計画取水量規模を求めるという2つの面がある。

表-2の計算を計画取水量と計画確率の一方を固定し、もう一方を変化させて最適計画を検討したのが表-3、表-4である。現況+新規の計画取水量は表-2のT+Qダムの計画取水量⑦であり、これを一定として表-2の利水安全度⑧を変化させると表-2および式(10)~(14)により表-3に示すように利水の確率とそれに伴うダム規模⑨の最適化が図られる。一方、利水安全度⑧を一定として計画取水量⑦を変化させると表-4のように計画取水量およびそれに伴うダム規模⑨の最適化を求めることができる。ダムの利水安全度の確率の比較ではB/Cは9/42~10/42の確率のダム規模が最適となるが、これは洪水規模が大きい状態ほど単位補給量当たりの回復効果が大きいためである。最適化の指標としては事業効果最大の見地からB-Cをとるのが適当であり、ここでは2/42確率のダムが最適となる。

また表-4に示すように取水量が大きい方がB/C、B-Cともに大きく、需要が明らかであればそれに対応した規模で建設されることが望まれる。

ところでこの結果において第2節の山内論文のデータを用いると、ダムの利水の経済効果は非常に大きいものとなる。洪水被害の定量化はこの節水率と被害の曲線の精度次第によるものであり、ここでは経済効果の絶対値自体を問題にするものではない。重要なことは確率確保容量を応用して、あるダムの規模における最適運用が比較的容易に求まり、その利水妥当投資から対費用効果で比較することにより、ダム最適規模の決定が可能となることである。

なお、Qダム建設費Cに一定のダム周辺環境整備費や水没地域の生活再建に対する調査費は含まれるが、その他の環境や水源地域に対するコスト、メ

リット、デメリットは含まれていない。実際の評価はそれらを含めて総合的に行われる必要がある。

V. 洪水対策ダムの規模と運用

洪水対策ダムは計画規模以上の異常洪水に用水を補給するための容量を持つもので、図-8に示すような概念である。これは現在異常洪水対策のハードの中心をなすものであるが、どういう洪水状況の時にどの程度補給するかという運用法は明確になっていない。しかし今回示した確率確保容量による方法はこれに理論的かつ実用的な解を与える。方法は簡単に通常の容量と洪水対策容量を合わせた規模のダムに対する最適確率確保容量の曲線群を描き、通常の容量内も洪水対策容量内も、それによって運用すればよい。また洪水対策ダムの最適規模も確率確保容量を用いた妥当投資が適用され、現在一般的に用いられている1/10確率の計画規模と、洪水対策容量を含むダムの最適規模との貯水量の差が洪水対策容量となる。

ここでは確率紙上で検討した結果、42ヵ年中3位と4位の中間の値3.5/42確率を1/10確率とする。例えば、図-6のように流域に既設Tダムがあり、洪水対策容量を含むQダムを新設し、両ダムを一体として運用する時を考えてみる。前節の表-3に示す結果において、T+Qダムの最適確率規模の利水容量が2/42確率で113.9百万 m^3 、通常の計画に用いられるT+Qダムの1/10確率の通常容量は96.7百万 m^3 であるから、その差17.2百万 m^3 は計画規模以上の異常洪水時に対する洪水対策容量と位置づけられる。また、新設のQダムはT+Qダムから既設のTダムを除き、利水容量59.3百万 m^3 、そのうち洪水対策容量17.2百万 m^3 で計画されるのが最適であり、洪水対策容量の通常利水容量との比はQダムでは29%、T+Qダムとしては15%である。さらにTダム、Qダムを一体とみなした流域全体の節水運用は図-9に示す最適節水曲線(10/42確率)によればよいことになる。この理論解は図-8に示す洪水対策ダムの概念とは異なり、計画容量内でも節水を行うことが最適運用のために必要であることを示しているが、図-10の洪水対策容量を持たない場合(利水容量96.7百万 m^3)の最適運用に比して通常容量内の節水はかなり減少する。なお洪水対策容量がQダム内に含まれる場合の洪水対策部分のB/Cは表-3のケースでは

表一 2 利水ダムの妥当投資計算

新設専用施設なし、取水能力t											新設専用施設あり、取水能力t											全体の 年効用 TE	新設Q/A の分攤 年効用 DS	新設専用 施設の 分攤 年効用 DS	新設Q/A 年効用 DE	新設Q/A 妥当投資額 CB	Q/A 施設費 C (億円)	Q/A B/C	Q/A B-C	取水量 t (m.s.d.)	取水量 t/q (m.s.d.)
ダ △	計 画 取水量	評 価 取水量	Q/A 利 益 水量	T/Q/A 規 模 損 失	T/Q/A 利 益 水量	Tに対する 最速節水 効率	年平均 被害額 (億円)	ダムなし 取水能力t に対する 浄水費増分 (億円)	年平均 被害額 + 浄水費増分 (億円)	T/qに 対する 最速節水 効率	年平均 被害額 (億円)	ダムなし 取水能力t に対する 浄水費増分 (億円)	年平均 被害額 + 浄水費増分 (億円)	Q/A B/C	Q/A B-C																
なし	13.1	14.9	0.0		0.0		5310.2	0.0	5310.2		4850.0	21.3	4871.3								4131.67	4484.64									
T	13.1	14.9	0.0	21/42	54.6	10/42	956.3	37.9	994.2	11/42	320.7	71.1	391.8								4758.57	5306.46									
T/q	14.9	14.9	42.1	3.5/42	96.7	1/42	864.1	39.2	903.3	5/42	27.4	77.8	105.2	889.0	286.6	798.1	234.9	5018.9	413.1	12.1	4605.7	4779.61	5417.88								

表一 3 利水安全度に対する規模最適化(計画取水量14.9m³/sとして一定)

新設専用施設なし、取水能力t											新設専用施設あり、取水能力1t											全体の 年効用 TE	新設Q/A の分攤 年効用 DSE	新設専用 施設の 分攤 年効用 DSE	新設Q/A の妥当投資額 CB	Q/A の施設費 C (億円)	Q/A B/C	Q/A B-C	取水量 t (m.s.d.)	取水量 t/q (m.s.d.)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
ダ	計画 取水量	評価 取水量	Q/A の 利益	T/Q/A の 規模	T/Q/A の 利益	1tに対する 最速節水 率	年対する 被害額 (億円)	ダムなし 取水能力t に対する 浄水費増分 (億円)	年平均 被害額 + 浄水費増分 (億円)	t/qに 対する 最速節水 率	年対する 被害額 (億円)	ダムなし 取水能力t に対する 浄水費増分 (億円)	年平均 被害額 + 浄水費増分 (億円)	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益										Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益	Q/A の 利益

表一 4 計画取水量に対するダム規模最適化(計画確率4/42で一定)

新設専用施設なし、取水能力t													新設専用施設あり、取水能力t													全体の 年効用 TE	新設Q/A の分攤 年効用 DSE	新設専用 施設の 分攤 年効用 ESE	新設Q/A 年効用 DE	新設Q/A 妥当投資額 CB	Q/A 施設費 C (億円)	Q/A B/C	Q/A B-C	取水量 t (m.s.d.)	取水量 t/q (m.s.d.)
ダ	計 画 取水量	評 価 取水量	Q/A 利 益	T/Q/A 規 模	T/Q/A 利 益	Tに対する 最速節水 率	年平均 被害額 (億円)	T/Qに 対する 取水能力t に対する 浄水費増分 (億円)	年平均 被害額 + 浄水費増分 (億円)	T/qに 対する 最速節水 率	年平均 被害額 (億円)	T/qに 対する 取水能力t に対する 浄水費増分 (億円)	年平均 被害額 + 浄水費増分 (億円)	Q/A 施設費 C (億円)	Q/A B/C	Q/A B-C																			
△	13.1	13.7	0.0		0.0		3709.7	0.0	3709.7		3643.1	8.1	3651.2								4131.67	4265.40													
△	13.1	13.7	0.0	4/42	54.6	6/42	181.7	37.8	219.5	5/42	94.9	50.3	145.2								4756.94	4962.86													
T/q	13.7	13.7	6.2	4/42	60.8	8/42	156.8	38.4	195.2	6/42	58.1	51.8	109.9	109.7	35.3	85.3	32.1	648.8	131.7	4.9	517.1	4766.09	4987.37												
△	13.1	14.4	0.0		0.0		4566.3	0.0	4566.3		4312.7	15.8	4328.5								4131.67	4392.81													
△	13.1	14.4	0.0	4/42	54.6	9/42	550.9	37.9	588.8	11/42	205.7	63.1	268.8								4758.31	5174.20													
T/q	14.4	14.4	17.9	4/42	72.5	19/42	480.9	39.0	519.9	7/42	63.6	66.3	129.9	458.9	138.9	390.1	120.5	2553.8	248.0	10.3	2305.8	4777.20	5227.38												
△	13.1	15.0	0.0		0.0		5578.7	0.0	5578.7		5036.6	23.2	5059.8								4131.67	4514.92													
△	13.1	15.0	0.0	4/42	54.6	10/42	1115.6	37.9	1153.5	14/42	366.6	74.4	441.0								4758.57	5361.79													
T/q	15.0	15.0	32.8	4/42	87.4	3/42	1019.2	39.2	1058.4	7/42	61.0	80.8	141.8	1011.7	299.2	916.6	249.0	5323.2	356.0	15.0	4967.2	4779.61	5467.22												
△	13.1	15.7	0.0		0.0		6726.2	0.0	6726.2		5810.8	30.3	5841.1								4131.67	4632.90													
△	13.1	15.7	0.0	4/42	54.6	10/42	1854.2	37.9	1892.1	14/42	566.1	84.3	650.4								4758.57	5525.65													
T/q	15.7	15.7	47.7	4/42	102.3	1/42	1742.3	39.2	1781.5	5/42	60.7	94.9	155.6	1736.5	494.8	1625.9	405.1	8688.5	445.1	19.5	8243.4	4779.61	5701.30												
△	13.1	16.4	0.0		0.0		7994.5	0.0	7994.5		6633.6	37.2	6670.8								4131.67	4747.23													
△	13.1	16.4	0.0	4/42	54.6	11/42	2744.7	37.9	2782.6	16/42	830.4	93.7	924.1								4758.76	5681.38													
T/q	16.4	16.4	62.6	4/42	117.2	1/42	2618.4	39.2	2657.6	9/42	59.5	109.7	169.2	2613.4	754.9	2488.4	608.3	13067.3	523.5	25.0	12543.8	4779.61	5845.19												
△	13.1	17.0	0.0		0.0		9368.8	0.0	9368.8		7501.9	43.9	7545.8								4131.67	4857.50													
△	13.1	17.0	0.0	4/42	54.6	11/42	3767.4	37.9	3805.3	15/42	1153.4	101.1	1254.5								4758.76	5803.94													
T/q	17.0	17.0	77.9	4/42	132.5	1/42	3627.3	39.2	3666.5	9/42	58.0	124.1	182.1	3623.2	1072.4	3484.4	852.7	18334.2	596.4	30.7	17737.8	4779.61	6183.82												
△	13.1	17.7	0.0		0.0		10839.7	0.0	10839.7		8415.4	50.3	8465.7								4131.67	4963.82													
△	13.1	17.7	0.0	4/42	54.6	11/42	4814.0	37.9	4851.9	16/42	1550.1	108.6	1658.7								4758.76	5927.29													
T/q	17.7	17.7	93.4	4/42	148.0	1/42	4761.7	39.2	4800.9	9/42	56.3	138.6	194.9	4757.1	1463.8	4606.0	1147.2	24681.6	664.7	37.1	24017.0	4779.61	6422.93

図-8 渇水対策ダム概念図

図-9 渇水対策容量を含むダム群の最適節水曲線 (Tダム、Qダムを合わせた容量に対する運用)

図-10 渇水対策容量を含まない場合のダム群の節水曲線(96.7百万m³に対する最適節水5/42確率曲線)

$$B/C = \frac{\text{渇水対策容量による妥当投資額の増}}{\text{渇水対策容量による建設費増}} = \frac{5339.6 - 5018.9}{506.8 - 413.1} = 3.42$$

である。一方、渇水対策容量のみのダムをQダムから切り離して別サイトに作る場合、仮に別サイトの

容量-建設費の関係がQダムサイトと同様の場合は利水容量17.2百万m³のとき建設費242.1億円であるため、

$$B/C = \frac{\text{渇水対策容量による妥当投資額の増}}{\text{別サイト渇水対策ダム建設費}} = \frac{5339.6 - 5018.9}{242.1} = 1.32$$

となる。

VI. おわりに

本編では確率確保容量を用いた具体的なダムの最適利水運用、ダム規模の決定、渇水対策ダムの計画等の手法を例示した。この方法によれば、従前には実用的に困難であった利水計画上の問題が、現在行われているダム計画と整合のとれた形で容易に決定される。

現在日本ではダムの利水開発において妥当投資の考え方はとられていない。利水は全国一律に1/10確率の安全度をとることになっており、必要コストは水価格に反映されている。しかし近年渇水が頻発し、異常渇水対策をどういう規模で行うべきかが課題となる一方、ダム建設が環境問題や地域住民問題によりその妥当性を議論されており、水資源確保の効用を客観的基準で知ることが政策決定や関係者の相互理解のうえで重要になっている。今回示した確率確保容量による方法は、これらのために有効な手段となり得る。

本編で評価関数として用いた既往研究⁹⁾は1978年の福岡渇水や、1984年渇水の4都市のデータをもとにしている。妥当投資の精度は評価関数で決まるものであり、その後の渇水被害の調査結果をもとに評価関数の一層の充実が必要であるとともに、評価関数自体が受益者や反対者に対しても、コンセンサスのとれるようにしていくことが望まれる。

なお次の機会には、貯水池涸渇と無効放流の減少を考えた実際の運用や、多目的ダムの運用等にふれことにする。

参考文献

- 1) 許士達広・下田 明(1993): 渇水持続曲線を用いたダムの利水運用について, 水工学論文集, 37, pp. 87-92
- 2) 許士達広, 下田 明(1995): 確率曲線を用いたダムの利水運用および計画の最適化(I), 水文・水資源学会誌第8巻3号, pp. 285-296.

- 3) 許士達広(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. 259-270.
- 4) 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(Ⅲ), 水文・水資源学会誌第 9 巻 6 号, pp. 559-569.
- 5) 建設省河川局(1970): 治水経済調査要綱
- 6) 建設省河川局(1987): 多目的ダムの建設, 第 1 巻, pp. 105-112.
- 7) 高木朗義(1996): 防災投資の便益評価手法に関する研究, 岐阜大学学位論文, pp. 26-30.
- 8) 山内彪(1991): 渇水対策に係わる施設の評価手法に関する研究, 東京大学学位論文, pp. 87-190.
(受付: 1997年 1 月 28 日, 受理: 1998年 2 月 25 日)