

水資源計画に関する基礎的研究

北海道開発局 〇正 夏 小森 得教
近藤 幸雄

は し き

近年、水資源に対する需要は、年々増加する傾向にあり、その確保計画の策定が急がれている。水資源確保計画のモデルや、解析手法は最近さかんに研究されてきている。しかし、現実的にどの程度の確保の可能性を見出すか、おくことは重要である。

本報は、北海道における流量資料を用いて、ダムおよび導水路を用いた流量調整について計算し、北海道における水資源確保の可能性について、2・3の検討を加えたものである。

1. 概 説

陸水を効率的に利用するためには、流量の空間的・時間的変動を適切に制御し、安定した流量を作り出し、需要に応じなければならぬ。その制御方式としては、つぎの二つの基本要素が考えられる。

- a) 時間的な流量調整 ダム
- b) 空間的な流量調整 導水路、流域変更など

一般にはこの2つの要素を組合せることによって、効率的な流量調整が可能になる。このシステム・モデルを図-1のようによ、システムの規模を決定する問題を考える。

ダムへの流入量を I 、各ダム下流での需要を D 、ダム制御後の流量を O 、導水路を流す流量を P （左向きを正）とする。この時、このシステムの制約条件は各ダムにおいて

$$S_1 = S_{10} + \int_0^t (I_1 + P - O_1) dt \quad (1)$$

$$S_2 = S_{20} + \int_0^t (I_2 - P - O_2) dt \quad (2)$$

また、導水路を流す流量 P には上・下限があり

$$P_{min} \leq P \leq P_{max} \quad (3)$$

さらに、ダムサイトには、建設しようとするダムの大きさに制限があり、

$$0 \leq S_i \leq S_{i,max} \quad , \quad 0 \leq S_j \leq S_{j,max} \quad (4)$$

これらの物理的制約条件の外に、社会的な制約条件、常時必要量を取水しようこと、すなわち、

$$O_1 \geq D_1 \quad , \quad O_2 \geq D_2 \quad (5)$$

である。

(1)～(5)の制約条件の下に、ダム規模、導水路規模あるいは両者の建設コストを最適化（最小化）することが問題となる。これが目的関数形成する。

このようなモデルを用いて、北海道の水文データから水資源計画における現実的な可能性を計算してみる。

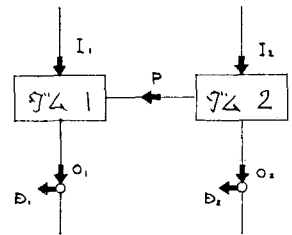


図-1 模式図

2. 水資源計画における基準流況の考え方

水資源開発計画において、どのような基準流況（計画流況）を考慮すべきであるかということは、計画洪水流量に対する計画降雨と同じ問題であって、基本的に難しい問題を含んでいる。

これは、流況は時間の関数であり、この関数より決まる1つの値、すなわち、貯水容量であるか導水路規模とかは、この関数の関数、すなわち、汎関数として与えられるからである。この汎関数に相関性のよい、より簡単な指標がみつければよいが、これは了・アリスリには出ない問題である。逆にいえば、相関性のよい、指標がみつければ、その指標は1つの法則を与えてくれることになるのである。つまりは、その指標をさがして、厂的に多くないで済むことが分る。

今、図-1において、 $P=0$ と L 、 $\gamma=1$ についてのみ考える。 $\gamma=1$ 以下の需要量は平均流量 Q_m とし、年間通じて Q_m を取水しようために必要十分な $\gamma=1$ 貯水容量（最小貯水容量という）を C とす。

北海道における流況は、おもに融雪出水に支配された同様のパターンをもち、パターンの類別はかなり容易であるかとおもわれる。しかし、図-2、3に示すように、この流況を代表するかにみえる諸量、流況係数（ Q_{max}/Q_{min} ）、最大流量比（ Q_{max}/Q_m ）などの指標と C との間には決してよい相関は見当らない。湯水流量比（ Q_{min}/Q_m ）、総流出量との関係も同様である。

しかし、図-4のようにある年における空間的な C の変化は、平均流量とかなりよい相関があり、流況の変化は小さいといえる。これはデータ範囲に限ったものである、気象的条件がマクロ的に全道的に似てよってこのことから期待する結果である。しかし、流況調整を考慮の上では予断を含めながらである。すなわち、氷の多い時期にはどこにも多く、また需要の傾向（季節的な）も地域的にあまり変化しないうもなからである。

一方、同一地点での長期的な流況の効果を見つめるに、各河川上流・中受別地点における過去20年間の日流量資料を用いて、1水理年（融雪初期から次期融雪開始まで）毎の最小貯水容量 C と各年の平均流量と対比したものが図-5である。

C は年総流出量の0.006～0.235倍の値がりをもつ2分佈している。

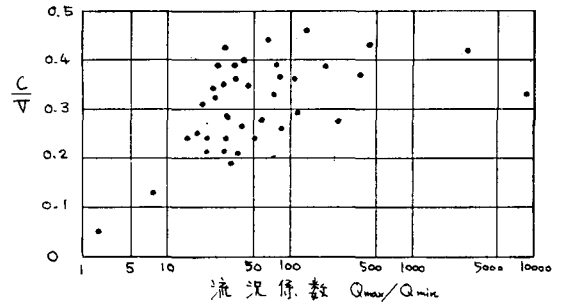


図-2 最小貯水容量/総流出量～流況係数
昭和45年、北海道

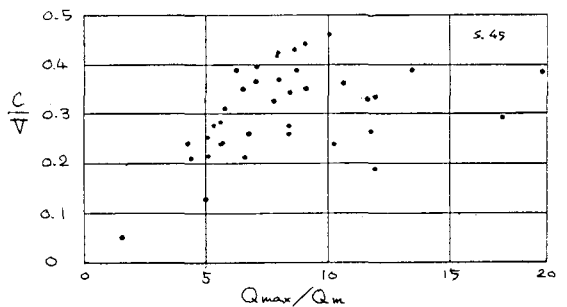


図-3 最小貯水容量/総流出量～最大流量比
昭和45年、北海道

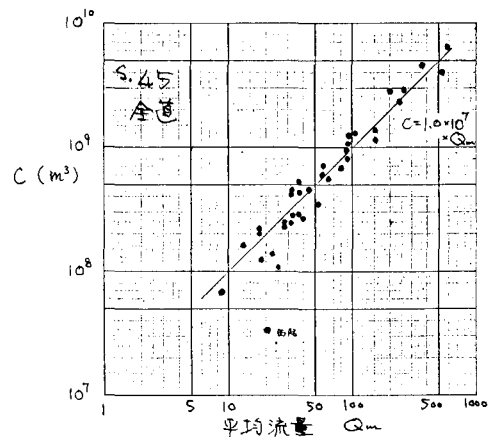
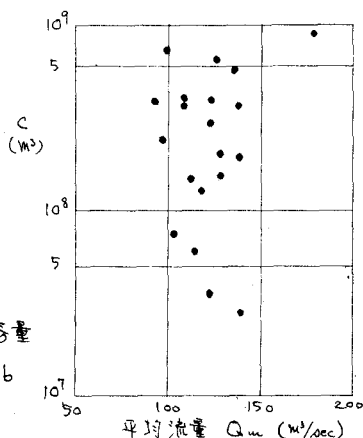


図-4 最小貯水容量～平均流量

図-5 平均流量
～ 最小貯水容量
中変別 27～46



通年した流況調整の効果をみるために、中変別にはけは20年間(昭和27～46年)の年平均流量を用いて計算したものを図-6に示す。横軸は年数 N であり、 N 年間通年で計算したことを示し、たて軸は N 年間通年の最小貯水容量と年平均の総流出量(N 年間の) C と C_1 である。年毎度毎に考えれば最小貯水容量のバラツキは大きく最大と最小 C は数十倍である。しかし、たて軸の上限はほぼ一定であり、これは通年した流況調整を考えた場合、最も不利な流況年による最小貯水容量が決定されていることを示している。いいうちには、北海道の流況は融雪洪水に支配された同様のパターンを示しているため、通年した流況調整を考えた効果は小さいといえよう。

3. 導水路を用いた流況調整

2つのダム間を跨ぶ導水路を考える。(図-1) さらに、需要 $D_1 + D_2$ を両流入量の α 期間平均と考える。この時、 $O_1 + O_2 = D_1 + D_2 \frac{(1-\alpha)(C_1+C_2)}{C_1}$ となる。いま P の制限を外れ考えると(1)+(2)より

$$S_1 + S_2 = S_{10} + S_{20} + \int_0^t (I_1 + I_2 - O_1 - O_2) dt \quad (6)$$

となり、 $S = S_1 + S_2$, $S_0 = S_{10} + S_{20}$, $I = I_1 + I_2$, $O = O_1 + O_2$ とし、1つのダムにおける最小貯水容量を考えた場合はよい。この時の最小貯水容量 C を基準値に対して示し

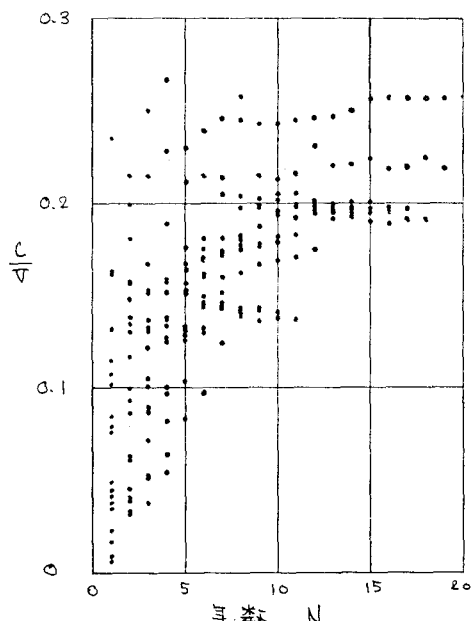


図-6 通年流況調整の効果
中変別 27～46

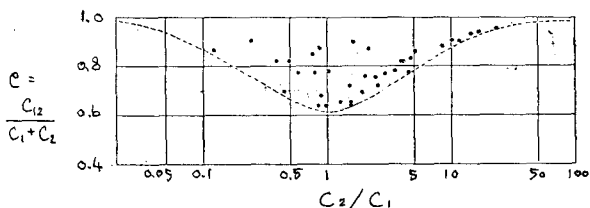


図-7 導水路による流況調整効果
 C_1 : 南帯橋

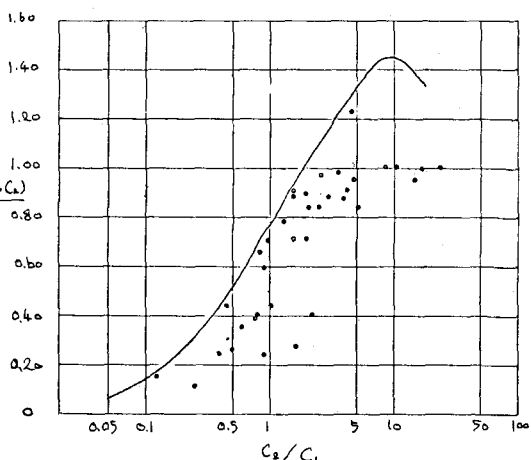


図-8 導水路による貯水容量軽減量
 C_1 : 南帯橋

たもαが図-7, 8である。

図-7は十勝川水系南帯橋を基準点として、道内の他の地点と導水路で結んだ場合の最貯水容量 C_{12} と単独に2地点で考えた C_1, C_2 との関係である。この2つの場合において取水量は同じであるから導水路を用いた効果が分る。たゞ軸は導水路を設けた場合のダム最貯水容量を、単純に2つのダムを併せた場合を除したものである。横軸は導水路は相手側の貯水容量を示している。

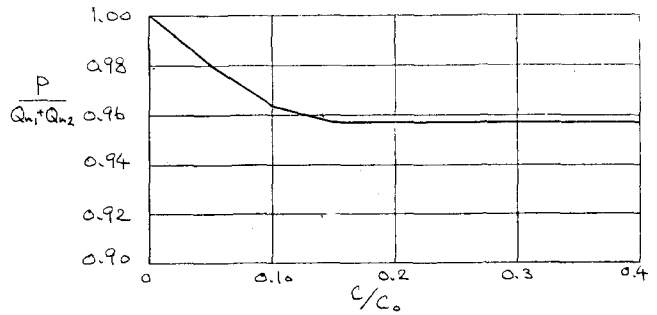


図-9 導水路規模とダム容量軽減率
中受別 ~ 土別 345

これによれば効果は同等の大きさの

ダム間には最大になり、導水路のダム間の大きさがちがえば小くなる。

- 軽減された総量は図-8 のようである。たゞ軸の上限は導水路を併ければ、ほぼ1であり、小さい方のダムとほぼ同等分だけ、最大軽減されることになる。したがって、導水路を考える場合には

$$(\text{小さい方のダムの建設コスト}) - (\text{導水路建設コスト}) \geq 0 \quad (7)$$

の範囲で導水路を考えるべきではないことになる、導水路を考える2地点間の距離的な差違を与える。

導水路の規模に上限をつけた場合には (1), (2) 式および (3) 式の利益条件

$$S_1 = S_{10} + \int_0^t (I_1 + P - O_1) dt \geq 0 \quad (1)$$

$$S_2 = S_{20} + \int_0^t (I_2 + P - O_2) dt \geq 0 \quad (2)$$

$$P_{\min} \leq P \leq P_{\max} \quad (3)$$

$$\alpha F: G = \text{Max}(S_1) + \text{Max}(S_2)$$

を求めよう。

この例として、中受別と土別α昭和45年度の施設を用いて試算したものが図-9 である。ここでは導水路内の水はどちらの方向にも自由に流れるものと考えている。この例では、ごく小さな導水路規模で、導水路を用いた場合の効果の上限に達しており、流況のメーコンがよく似ていることを示している。

まとめ

今回行った検討はすべて平均流量を平均的に取水するものと考えており、需要量がこれと異なれば必ず別の傾向は生ずる。しかし、ここで得られた傾向は、水源補給計画の可能性を考える上での一つの指標を与えるものと考えよう。

得られた結果をまとめると次のようになる。

(1) 最貯水容量 C の年平均変化は最大と最小の比はおよそ2.5倍の差がある。

(2) 通常して流況調整効果は最も不利な流況年に支配される。

(3) 2地点を結ぶ導水路を用いた流況調整により、軽減されるダム規模は最大、単純に流況調整する時の小さい方のダム規模程度である。

(4) 実例、河川における導水路による流況調整は、比較的小さい規模の導水路によってその効果の上限に達する。