

京都大学工学部 正員 小沢利治

京都大学工学部 正員 高柳琢馬

京都大学大学院 学生員 阿佐美一郎

1. まえがき 洪水防御,あるいは洪水対策として多数のダムが建設中,もしくは,建設を計画されている。ところが,現在のダム操作方式は極めて固定的なルールに従っており,対象とする計画ハイドログラフ以外の危険時にはあまり有効とはいえない。とくに,近年問題となってきた洪水と共に流出する濁質水に対しては,ほとんど制御効果を表わさない。これはダム取水口(以下ではゲートと呼ぶ)に対する操作時の問題だけでなく,設計時の位置・規模決定問題も含んでいる。そこで本研究では,従来より進めてきたダム群の量的制御に加えて,水質,とくに濁質水などの質的側面をも考慮した総合的なダム群最適操作方式を確立しようとするものである。

2. 制御目的と評価関数 水質として制御対象とするものには,①溶解性無機物質,②浮遊性無機物質,③有機物質,④水温などがあげられるが,各々制御時期が異なっており,ここでは洪水後の浮遊性無機物質(濁質)だけをとりあげよう。もちろん,以下の理論展開では,記号を変えるだけで全ての水質目的に対処できることはいうまでもない。

(1) 量的目的 流域内に設けられたいくつかの基準地点(評価地点)で,ある期間,常にある需要量を満足する流量が流れていて,それを下回らないことと定義すると数学的に次のように表現できる。

$$P \equiv \min \left\{ \frac{Q_{me}}{Q_{md}} \right\} \longrightarrow \max. \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{かつ, } P \geq 1 \quad (m=1, 2, \dots, M)$$

ここに, Q_{me} は制御後の評価地点 m を流下する流量の最低値, Q_{md} は評価地点 m での需要流量, M は評価地点の総数である。

(2) 質的目的 濁質水を対象とする場合,流域内の評価地点で,ある期間,評価地点に設定された濁質の基準値を上回らず,できる限り低下させることと定義すれば,

$$D \equiv \max \left\{ \frac{C_{m\max}}{C_{md}} \right\} \longrightarrow \min. \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{かつ, } D \leq 1$$

と表現できる。ここに, $C_{m\max}$ は制御後の評価地点 m を流下する濁度の最大値, C_{md} は濁度の上限値である。

(3) 評価関数 式(1),(2)の評価値 P, D は1を境にして相反した領域にあり,しかも,評価地点流量と濁度の間に従属関係が成立しないので,両者を単純に結合することは困難である。そこで著者らは, i)領域制約方式, ii)目的関数の近似方式と別付ける方法を提案し,評価関数の統一をはかった。すなわち,前者は,まず1つの目的の変動許容領域を定め,その範囲内では関数値を一一定とし,他の目的だけで最適化を行うのである。次に,その領域をせばめ再び最適化をはかるのであるが,目的値が悪化すれば制御終了とし,前回の政策を最適放流系列とする方法である。 $P \geq 1$ では洪水が発生しないこと,一方,濁度はなるべく小さい方が好ましいことを考えると,量的目的に許容領域を定めれば,より効果的であろう。これに対し後者は,目的の評価と他の関数で近似化する方法である。具体的には,濁質の制御領域を交換し評価関数として,

$$\min \left\{ \frac{C_{md} - C_{m\max}}{C_{m\max}}, \frac{Q_{me} - Q_{md}}{Q_{md}} \right\} \longrightarrow \max.$$

を用いるのである。

3. ダム操作の定式化

(1) 簡略的に Fig-1 のような単ダム・1 評価地点系を考えよう。まず、各制御期間内において、ダムに多数設けられたゲートのうち、1箇所しか作動しないとする。各期間毎のゲート位置は互いに独立であるから、ダムの貯留量とゲート位置を状態量に、ダムの放流量とゲート位置を決定量にすれば、DP による定式化が可能となる。すなわち、式 (3) の評価関数を用いると、関数新式は

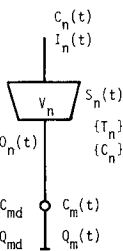


Fig-1

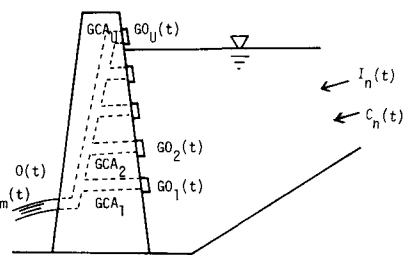


Fig-2

$$f_t(S(t), GP(t)) = \max_{\{GP(t-1), O(t)\}} \left[\min \left\{ \frac{C_{md} - C_m(t)}{C_m(t)}, \frac{Q_m(t) - Q_{md}}{Q_{md}}, f_{t-1}(S(t-1), GP(t-1)) \right\} \right] \quad (4)$$

となる。ここに、 $G_{Ou}(t)$ ($u=1, 2, \dots, U$) は時刻 t でのゲート u の放流量、 GCA_u はゲート u の最大放流可能量、 $GP(t)$ はゲート位置である (Fig-2 参照)。

(2) つぎに、複数のゲートが同時に作動する場合であるが、ゲートの組み合わせによって、水量、濁度が変化する。したがって、ゲートの組み合わせを状態量および決定量とし、貯留量、放流量は逆算して求めなければならない。結局、定式化は以下になる。

$$f_t(g_t(k)) = \max_{\{g_{t-1}(k)\}} \left[\min \left\{ \frac{C_{md} - C_m(t)}{C_m(t)}, \frac{Q_m(t) - Q_{md}}{Q_{md}}, f_{t-1}(g_{t-1}(k)) \right\} \right] \quad (5)$$

$$O(t) = G_{O1}(t) + G_{O2}(t) + \dots + G_{Ou}(t) \quad (6)$$

ここに、 $g_t(k)$ はゲートとその放流規模の組み合わせ順序を示している。

4. 適用と考察

Table-1, Fig-3 は式 (4) の定式化を用いた適用結果で、有効貯水容量 $60.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、ゲート数 5 である。貯水池内濁度変動解析は 1 次元モデルを用い、沈降速度は 0.5 m/day である。DP の適用にあたって、①濁度分布はダムの操作単位時間内では変化しない、②流入水の貯水池内における時間遅れは一定である、③河道内の貯留、拡散効果は無視する、④操作単位時間の末端において、対象とするゲートより上部の貯留量とそのゲートの放流可能量とするなどの仮定を設けている。また、単位の粗さや、解析精度の低さのために、制御末期の濁度分布は変動が激しくなるケースが多く生じており、今後、検討を加えなければならない。

5. あとがき

質的制御は明らかに多目的かつ長期間制御であり、各目的が重要視される時期に、その目的とくに対象とする操作体系が必要である。すなわち、ダム群の時間的・空間的分割およびその結合化である。今後、こうした決定論的展開とともに、実操作への指標となるような確率的な方法も考察していきたい。

TIME	INFLOW $\times 10^6 \text{ m}^3$	STOR $\times 10^6 \text{ m}^3$	OUTFLOW $\times 10^6 \text{ m}^3$	GATE NUMBER	OUTFLOW CONCENTRATION ppm	F_t^P	F_t^P
1	9.604	48.0	1.974	4	40.6	48.35	1.46
2	4.367	51.0	1.367	4	41.2	33.18	1.42
3	4.022	54.0	1.022	5	15.7	24.55	5.37
4	3.666	57.0	0.666	5	19.4	15.65	4.15
5	2.575	57.0	2.575	5	16.4	63.38	5.10
6	2.592	57.0	2.593	5	15.0	63.83	5.67
7	2.109	57.0	2.109	5	11.8	51.73	7.47
8	1.949	57.0	1.949	5	9.8	47.73	9.20
9	1.371	51.0	7.370	4	23.1	183.25	3.33
10	1.988	45.0	7.988	4	0.1	198.70	999.0

$$Q_d = 40000.0 \text{ m}^3$$

$$C_d = 100.0 \text{ ppm}$$

$$F = 1.42$$

Table-1

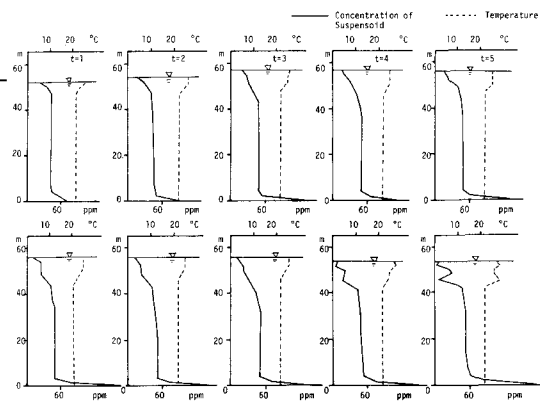


Fig-3

参考文献 1) 高橋 忠利, 小沢: 水量制御からみたダム群のシステム設計に関する DP 論的研究, 土木学会論文報集第 241 号, 1975.9.

2) 安井: 貯水池濁水現象

第 11 回水工学に関する夏季研究会講演集 A-1, 1975.8.