

水資源管理に関する2, 3の考察

——残存貯水量と節水行為との関連——

児 玉 文 雄

1. はじめに

近年土地利用の高度化に伴ない水害は多発する傾向にあり、その被害額も莫大なものとなりつつある。また人口産業の都市集中により都市用水の需要はますます増加している。一方洪水防禦のための施設や水資源開発施設の建設は、環境の保全や住民の反対などで一段とむずかしくなっており、既設ダム等の施設の適切な管理による水資源の効率的利用が強く望まれている。

一般に施設の運営は目的が明確化していれば計画に定められたルールにそって行なわれるかぎり期待しただけの効果を生み出すはずである。しかしながら多目的ダムにより洪水調節なり、渇水補給を行なう場合には結末の状況については不可知の状態に運営していかなければならない点がきわめて特徴的である。すなわち計画で定められた洪水調節の基準ハイドログラフなり渇水補給のパターンの再現はありえない自然現象であり、現在進行している現象が計画で想定したものを大きくはずれる可能性もあり、この場合最後にはその効果をまったく期待しえない状況に追いこまれることになる。このため貯水池の運用は常に最適と思われる方法で行なわれなければならないが実際には最悪の事態の発生を恐れるあまり常に安全側に行なわれる傾向が強く、結果からみて最適管理といえない場合が多い。

建設省利根川ダム統合管理事務所では利根川上流ダム群の管理の調整をする立場から、最適管理のための種々の検討を行なっているが、この小文は7～8月における残存貯水量と節水行為の関連についてのべたものである。

2. 利根川における水利用の現況

利根川における既得水利は農業用水が大部分で慣行のものが多くその実態は明らかでないが、利水の基準地点栗橋において、かんがい期におおむね $140\text{m}^3/\text{sec}$ を確保すればほぼ既得水利は充足するものと考えられる。一方利根川上流域には5つの多目的ダム（藤原、相模、菌原、矢木沢、下久保、総貯水量3億 m^3 、夏期約2.3億 m^3 ）があり、不特定用水補給のほかに、矢木沢ダムでは群馬用水 $13.6\text{m}^3/\text{sec}$ と東京都の都市用水 $4.0\text{m}^3/\text{sec}$ 、下久保ダムでは東京、埼玉の都市用水 $16.0\text{m}^3/\text{sec}$ と神流川沿岸の不特定用水 $10.0\text{m}^3/\text{sec}$ を補給している。

また利根川河口堰の完成により $20.0\text{m}^3/\text{sec}$ を東京、千葉、埼玉の都市用水として、 $2.5\text{m}^3/\text{sec}$ を千葉の農業用水として利用している。このため河川維持用水として海に放流される水量は約 $30\text{m}^3/\text{sec}$ となり、かんがい期に栗橋地点で確保される不特定用水 $140\text{m}^3/\text{sec}$ 、特定用水 $20\text{m}^3/\text{sec}$ 、合わせて $160\text{m}^3/\text{sec}$ のうち約 $130\text{m}^3/\text{sec}$ が利水に供されていると考えられる。

一方栗橋上流部においても、反復利用はあるものの $120 \sim 130 \text{ m}^3/\text{sec}$ の水が利用されており、利根川全体では1日約2,000万 m^3 の水が利用されていることとなり、かんがい期間を150日とすれば合計約30億 m^3 となる。

3. 栗橋補給必要量の確率分布

昭和30年から昭和48年までの19年間の実際の流況を使って、7月任意日から8月末日まで栗橋確保量 $160 \text{ m}^3/\text{sec}$ を確保するに必要なダム補給量を計算し、正規確率紙にプロットしてみると各旬ともおおむね正規分布しているとみなせるようであ

る。これからある超過確率に対する補給必要量を求めると表1のとおりである。

表 1 各安全度に対する補給必要量
(単位：百万 m^3)

時点 安全度	6/30	7/10	7/20	7/31	8/10	8/20
1/10	240	240	225	195	130	70
1/5	200	200	185	160	110	50
1/3	165	165	150	125	80	30
1/2	125	125	105	90	55	10
0.7	80	80	60	50	25	
0.8	50	50	30	25	5	

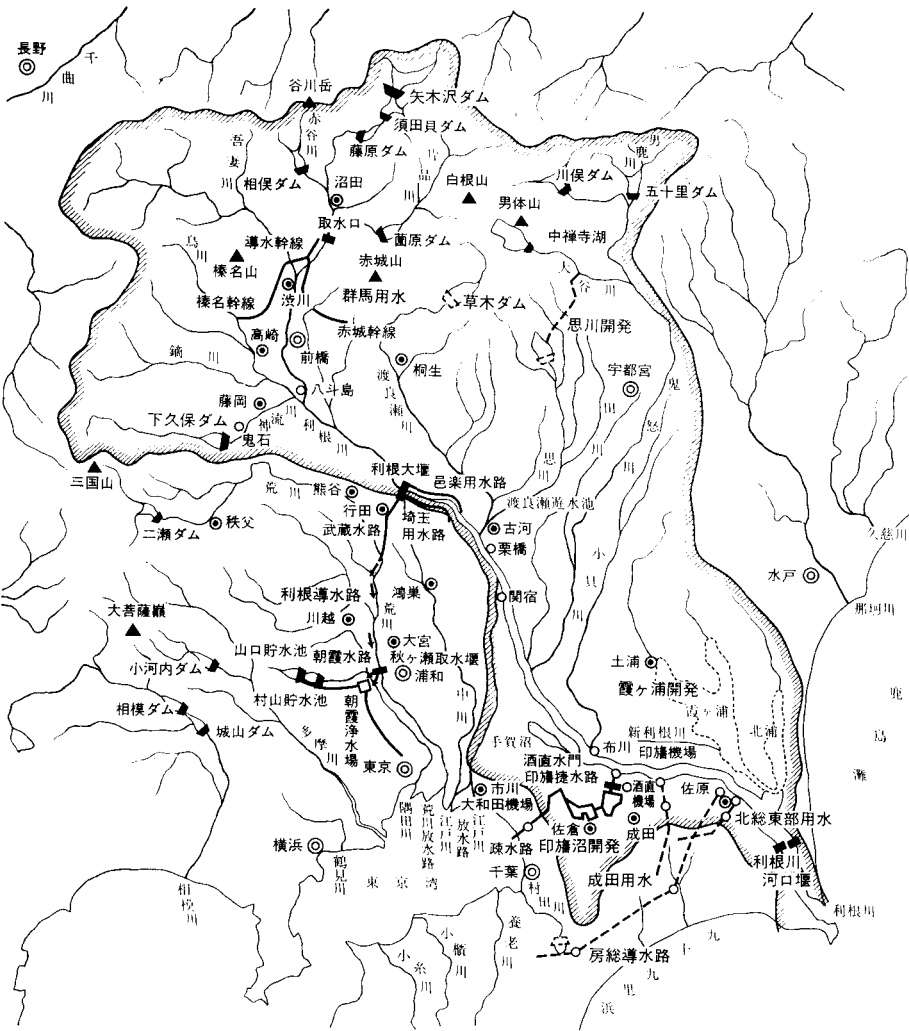


図 1 利根川流域図

これを図示すると、図2となる。この図はある安全度を設定した場合に、残存貯水量がその安全度に相当する線の上側にあれば節水せずに補給することが期待され、一方下側にあれば節水する事態となることが期待されることを示している。

4. 確率データにもとづくアプローチ

7～8月の任意日(旬ごと)において、利根川上流ダム群の残存貯水容量を数ケース設定し、これら各ケースに対してとるべき最適の行動(どの程度節水すべきか)について気象予報などの情報がない状態で検討する。手順はつぎのとおりである。

- (1) 8月末日において、9月以降の補給も考慮して有効貯水容量の約10%3,000万 m^3 を残す。
- (2) 残存貯水量は5ケースほどセットする。
- (3) 各残存貯水量のケースに対して、栗橋に対する補給必要量で表現される流況の程度(節水必要度の程度)を4ケースセットする。(表2)
- (4) $C_1' \sim C_4'$ の生起確率(出現率)を算出する。
- (5) 行動を数ケース(ここでは4ケース)セット

表 2

ケース	節水の程度	栗橋補給必要量
C_1'	20%以上の節水を要する	(残存貯水量+8月末までの利水量の20%=①)以上の補給を要する
C_2'	10～20%の節水を要する	①より少ないが(残存貯水量+8月末までの利水量の10%=②)以上の補給を要する
C_3'	0～10%の節水を要する	②より少ないが(残存貯水量=③)以上の補給を要する
C_4'	節水しなくてよい	残存貯水量の範囲で補給できる

表 3

行動	A_1	A_2	A_3	A_4
	20%以上節水する	10～20%の節水をする	0～10%の節水をする	節水しない
C_1'	0	1	2	3
C_2'	1	0	1	2
C_3'	2	1	0	1
C_4'	3	2	1	0

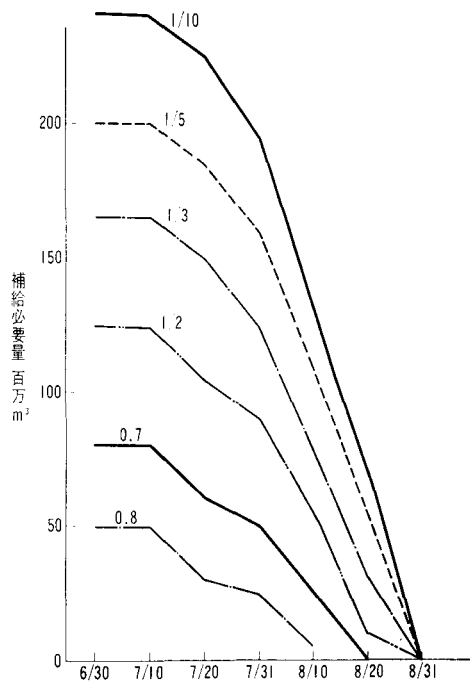


図 2 栗橋への補給必要量の超過確率
(7月任意日～8月末日)

し、流況の程度 C' と行動 A との対応関係を損失関数の形であらわす。ここでは便宜的に、相対的関数の一例としてつぎの表3を用いる。

(6) C' の出現率と損失関数とから各行動 A に対する期待損失を計算する。

(7) 期待損失の最小の行動が最適行動となる。

(8) 残存貯水量と行動との関係をさらに明確にするため、各行動について隣り合わせの行動との境界となるべき残存貯水量を内挿によって求める。

計算結果を図3に示す。この図から節水するかしないかの境界は、栗橋補給必要量の超過確率50%の線にきわめて類似していることがわかる。また10%内の節水か、それ以上かの境界は同じく超過確率70%程度のところにあることがわかる。

いまこれらの結果を昭和47年、昭和48年の渇水時にあてはめて、実際の行動との対応をみると、表4のとおりである。ただし実際例にはここで想定したもののほか、種々の条件があり、十分な対

表 4 渇 水 時 の 実 例

実 例	年 度	47年		48年			摘 要
	時 点	6/24	7/5	8/2	8/16	8/25	
	残存貯水量 百万 m^3	125	90	125	80	45	
	実 際 の 行 動	第一次給水制限 10%	第二次給水制限 15%	河口堰分停止	第一次給水制限 10%	第二次給水制限 20%	
計 算	8月末目標残存量=30	(0~10%)	10~20%	節水なしと0~ 10%節水の境界	節水なし	節水なし	

応関係となっていない。しかし計算上、節水の必要なしとなっている昭和48年についても、8月末の目標残存量を5,000万 m^3 とすれば、10~20%の節水の必要があり、実際の行動とも一致する。

5. 長期予報を利用したアプローチ

気象庁から発表される長期予報は、数少ない予測データの1つとして、水管理者が大いに利用しているものであるが、この長期予報と節水行為とを関連づける検討も行なってみた。

5.1 長期予報について

長期予報は、暖(寒)候期予報、3カ月予報、1カ月予報があり、降水量については、つぎのような階級区分にわけられる。

表 5 雨量(平年比%)の階級区分

階級	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
項目					
降水量	少ない	やや少ない	並	やや多い	多い
月雨量 %	0~39	40~69	70~119	120~169	170以上
標準出 現率%	10	20	40	20	10

また自然の状態を降水量に限定し、つぎの3ケース(表6)に大別し、現実の C_1 、 C_2 、 C_3 に対して、 $P_1 \sim P_5$ がどのようにだされたかを昭和38年から47年までの10年間の実績からみると表7のとおりである。

5.2 Bayes 手法による最適戦略の選択

流況～行動の損失関数を、雨～行動の損失関数に変換したものと、雨～予報の合致率を用いて、Bayes 手法により最適戦略を求めた。表8は計算

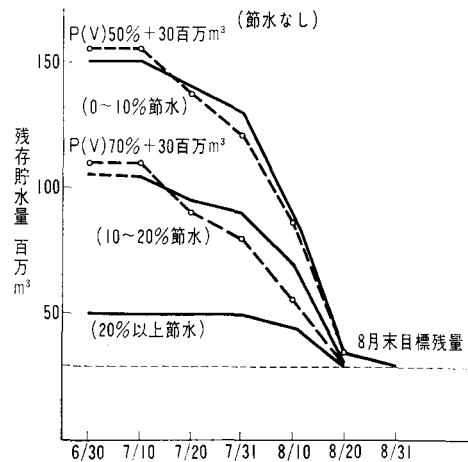


図 3 残存貯水量と節水行動の関係
(8月末残存量=30)

表 6

自然の状態	内 容	利根川上流域の出現率
C_1 少ない	月雨量が平年値の80%を下回る	$\frac{3}{10}$
C_2 並	月雨量が平年値の80~120%の間にある	$\frac{4}{10}$
C_3 多い	月雨量が平年値の120%を上回る	$\frac{3}{10}$

表 7 自然と予報との対応(夏期)

予防	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	計
自然						
C_1	24	21	43	12	0	100
C_2	18	18	40	21	3	100
C_3	20	22	51	7	0	100

結果の一部であり、たとえば「6/30、その3～残存貯水量120百万 m^3 」のとき最適戦略は、($P_1 P_2 P_3 P_4 P_5$)に対して($A_3 A_3 A_3 A_3 A_3$)、すなわち予報

表 8 比較的損失の少ない戦略

6月30日現在

(行動の1~4数字は $A_1 \sim A_4$ の略である)

ケース 戦略	その1~残存貯水量 230 百万 m^3						その3~残存貯水量 120 百万 m^3						その5~残存貯水量 50 百万 m^3					
	予報 P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	期待損失	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	期待損失	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	期待損失
最適戦略	4	4	4	4	4	0.340	3	3	3	3	3	0.629	2	2	2	2	2	0.668
S2	3	4	4	4	4	0.462	3	3	3	3	4	0.635	2	2	2	2	3	0.674
S3	3	3	4	4	4	0.514	3	3	3	4	4	0.666	2	2	2	2	4	0.686
S4	2	4	4	4	4	0.632	2	3	3	3	3	0.701	2	2	2	3	3	0.705
S5	2	3	4	4	4	0.693	2	3	3	3	4	0.707	2	2	2	3	4	0.717
S6	2	2	4	4	4	0.803	2	3	3	4	4	0.738	1	2	2	2	2	0.740
S7	1	4	4	4	4	0.811	2	2	3	3	3	0.745	1	2	2	2	3	0.746
S8	3	3	3	4	4	0.844	2	2	3	3	4	0.751	1	2	2	2	4	0.758
S9	3	3	3	3	4	0.894	2	2	3	4	4	0.782	2	2	2	4	4	0.775
最大損失	1	1	1	1	1	2.660	1	1	1	1	1	1.863	4	4	4	4	4	1.987

にかぎらず0~10%の節水をするのがよいことになるが、次善の策でも期待損失は大差なく($P_1P_2P_3P_4P_5$)に対し($A_3A_3A_3A_3A_4$)で、 P_5 (多い)という予報がでたときにかぎり、節水しないという戦略をとることが可能であることを示している。

む す び

以上簡単な決定理論を実際の水管理に応用した一例についてのべたが、これらはいくまで意思決定のための一資料であり、まだまだ勘と経験に頼ることが多いのが現状である。しかし、貴重な水

資源をさらに科学的に管理するため、現在、レーダー雨量計の実用化のための研究、長期流況予測システム、広域水管理システム等について鋭意検討を進めているところである。

こだま・ふみお 建設省利根川ダム統合管理事務所長

昭和10年 広島県生まれ

昭和35年 建設省へ入省、川治ダム副所長、

関東地建技術管理課長を経て昭和48年現職。

●学会会合記録 (4月)

支部長会議 4月1日(10)
表彰委員会 4月1日(4)
編集委員会 4月2日(9)
広告委員会 4月8日(5)
庶務幹事会 4月6日(3) 4月12日(4)
研究普及委員会 4月13日(6)
IAOR委員会 4月26日(2)
評議員会 4月6日(12)
理事会 4月6日(9)
議 題

1. 第6回理事会議事録の承認

- 入退会ならびに除名者について
- 表彰について
- 役員、評議員投票結果報告
- 昭和51年度総会議案の件
- 雑誌論文誌の販売担当について
- 秋季研究発表会の予定について
- シンポジウムの開催日変更について
- 組織強化委員会報告
- 名誉会員推薦の件
- 経済科学研究連絡委員会付置国際会議整備小委員会委員の依頼について
- その他

総 会 4月27日