

貯水池管理における気象情報を用いた取水制限率決定 Decision Making of Reservoir Management Using Weather Forecast

○竹内 潤一郎 ・ 河地 利彦

○TAKEUCHI Junichiro and KAWACHI Toshihiko

1 はじめに 渇水時に1日でも早く取水制限を解除することは、経済面や生活面での負担だけでなく農作物への影響も軽減することができる。しかし、実際のダムでの運用では、近い将来まとまった降雨が予測される場合でも、貯水量があらかじめ決められているあるレベルに回復するまで取水制限は解除されない。

ここでは、意思決定論を用いて、気象情報を考慮に入れた単一貯水池における取水制限率の決定手法を提案する。

2 意思決定論を用いた取水制限率の決定 千賀の提案した渇水要貯水量曲線法 (RSDC 法) を基に、貯水量が近い将来回復することが予測される時、意思決定論を用いて取水制限率を軽減できるかどうか判定する。

2-1 RSDC 法 RSDC 法は、貯水が空になるといった危機的な事態を回避するために、放流制限ラインによる放流制限を段階的に行いながら利水上安全な貯水管理を達成しようとする手法である。貯水運用ルールは Fig.1 に示されるような、基準貯水ラインと複数の取水制限ラインによって構成される。

ここで、貯水運用ルールにおいて貯水量が属する位置によって、以下のように渇水対策レベル (DL) を定義する。

- 通常放流段階：
 $DL \geq 0$
- 取水量第1次 (10%) 制限段階：
 $-1 \leq DL < 0$
- 取水量第2次 (20%) 制限段階：
 $-2 \leq DL < -1$
- 取水量第3次 (30%) 制限段階：
 $-3 \leq DL < -2$
- 取水量第4次 (40%) 制限段階：
 $-4 \leq DL < -3$
- 渇水非常事態：
 $DL < -4$

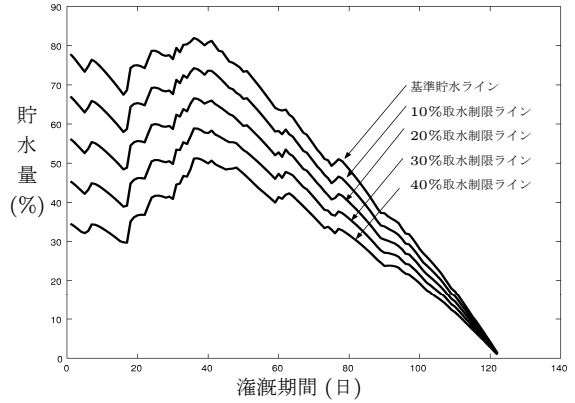


Fig.1 : Rule Curves

2-2 意志決定基準 意志決定論において、意志決定者は複数の選択可能な案を持ち、その中のある案を選択したときの満足度は Table 1 のように表される。

Table 1: Satisfaction Matrix

	β_1	\cdots	β_j	\cdots	β_n
	p_1	\cdots	p_j	\cdots	p_n
α_1	a_{11}	\cdots	a_{1j}	\cdots	a_{1n}
\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\cdots	\vdots
α_i	a_{i1}	\cdots	a_{ij}	\cdots	a_{in}
\vdots	\vdots	\cdots	\vdots	\ddots	\vdots
α_m	a_{m1}	\cdots	a_{mj}	\cdots	a_{mn}

ここで、 α_i は意志決定者の選択できる案、 β_j は環境などの意志決定者がコントロールできないことの状態、 a_{ij} は意志決定者が案 α_i を選択し、状態が β_j である時の意志決定者の満足度を示す。 p_j は状態 β_j の生起確率である。

本研究において、意思決定者は貯水池の管理者、状態とは考慮に入れる期間内の降水量である。意思決定者は渇水対策レベルと予測される将来の降水量に応じて、取水制限率 0%, 10%, 20%, 30%, 40% のいずれかを選択するものとする。意思決定を行う際の基準として、期待損失最小化戦略を採用する。すなわち、下式のように満足度の期待損失 v_{ij} を最小化する案が選択される。

$$W_S(\alpha_i) = \min_i \sum_{j=1}^n v_{ij} p_j \quad (1)$$

$$v_{ij} = \max_k a_{kj} - a_{ij} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$k = 1, 2, \dots, m$$

2-3 取水制限率決定 まとまった降水が期待される場合、取水制限率を軽減するにあたって、「N 日後の貯水量が、その時点の貯水量が属する渇水対策レベルよりも上のレベルにまで回復する見込みが大きいならば、取水制限率をその渇水対策レベルと同じ制限率にしてもよい」という基準を設定する。この基準を満たすような満足度をファジィ推論を用いて決定する。満足度は Fig.2 に示すように、N 日後の DL が 0 以上の時は、取水制限率 0% の利得が最も高く、 $-1 \leq DL < 0$ の時は取水制限率 10% の利得がもっとも大きくなる。なお、この満足度の値はファジィルールを変更したり追加することによって、意思決定者の判断や適用される貯水池に適したものに変更可能である。

3 シミュレーション 上述の基準を採用して取水制限率を決定した場合のリスクと貯水池のパフォーマンスを検証する。一般にリスクとは、望まない結果が発生する確率とされる。ここでは、取水制限率を緩和してもよいと判断したのに、貯水量が十分回復しなかった場合をリスクとする。

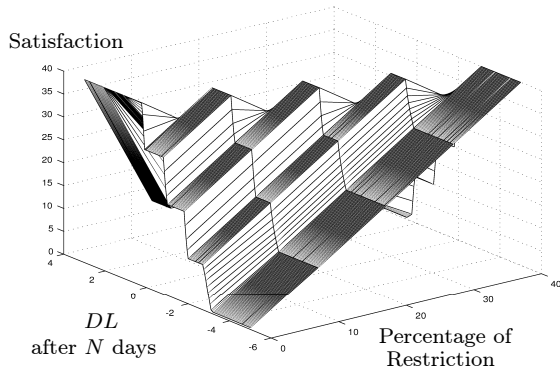


Fig.2 : Satisfaction

また、貯水池運用のパフォーマンスを示す指標として、信頼度 (Reliability), 回復度 (Resiliency), 深刻度 (Vulnerability) ならびに年間の総取水制限量について検証する。

シミュレーションには過去の降水量データを基に、モンテカルロ法によって擬似発生させた降水量を入力に用いる。また、気象情報に関しては、将来の降水量を正規確率で予測できるものと仮定する。考慮に入れる期間は 1, 3, 7 日、降雨量の予測精度は 60, 80% の場合のシミュレーションを行う。

Table 2 にシミュレーションの結果得られたリスクと本研究の手法を用いて貯水池を運用した場合と RSDC 法を用いた場合のそれぞれの指標の差の平均を示す。表中の P は、降水量予測の精度である。この結果から降雨量予測の精度が高いほどリスクは小さくなり、予測期間が長いほどおおむねリスクは大きくなるのがわかる。また、本手法のほうがおおむね各指標が向上しているのが分かる。回復度は考慮に入れる期間が長いほど向上している。これは、年間総取水制限量の差が大きくなっていることから分かるように、早期に取水制限率を緩和しているからである。しかし、早期の取水制限率緩和により、リスクも大きくなることに注意する必要がある。

4 まとめ 降雨量予測に基づき、取水制限率を決定する手法を提案し、降雨量予測の精度と考慮に入れる期間によるリスクを示した。降雨量予測の精度が与えられた時、意志決定者は考慮する期間の長さを変更することによって、どれだけのリスクを許容するか選択することができる。また、降雨量予測の精度がよければ、比較的风险も小さく、長期的には貯水池システムのパフォーマンスが改善されることがわかった。しかし、個々の灌漑期間において、早期の取水制限率緩和により利水安全度が低下し、貯水がゼロになるというリスクも生じている。

参考文献 千賀祐太郎 (1984), 農土論集, 110, pp.39-49. 角道弘文ら (1998), 農土論集, 193, pp.1-8. Tsuyoshi Hashimoto *et al.*(1982), Water Resour. Res.,18(1), pp.14-20. Wai-See Moy *et al.*(1986), Water Resour. Res., 22(4), pp.489-498. 喜多威知郎ら (1994), 農土論集, 174, pp.33-39.

Table 2 : Risk and average differences of reservoir performance indices

N(day)	P(%)	Risk	Reliability	Resiliency	Vulnerability	Total Restriction
1	60	12.53	0.0050	0.1532	-0.3519	-9.48
	80	5.06	0.0050	0.0965	-0.4452	-12.33
3	60	25.09	0.0304	-5.1210	-1.1025	-52.14
	80	9.41	0.0176	-2.3789	-0.9045	-41.42
7	60	35.76	0.1109	-11.0240	-3.1155	-177.51
	80	17.83	0.0476	-5.7906	-1.7617	-100.58