

アンサンブル予測を活用した 木津川ダム群の貯水池管理

徳永 倫一¹・村田 裕²

¹ 独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 管理課 (〒518-0413三重県名張市下比奈知2811-2)

² 独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 管理課長 (〒518-0413三重県名張市下比奈知2811-2)

水資源機構木津川ダム総合管理所では、ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）のアンサンブル降雨予測（全球モデル）をベースに、AIによりダウンスケーリングされた初期値の異なる51本の定量的な降雨予測と予測された降雨予測すべてに対し流出予測を行うシステム（以下、「アンサンブル予測システム」という。）を開発し、2020年8月からより効率的な貯水池管理を目指して運用を行っている。

本稿は、アンサンブル予測システムの導入契機や貯水位の柔軟な運用（低水管理）、異常洪水時防災操作の可能性の早期把握や河川管理者等への情報提供（高水管理）など、現在の運用状況を報告するものである。

キーワード アンサンブル、事前放流、貯水池管理、高水管理、低水管理

1. はじめに

近年、前線や台風による想定を超える降雨が多数発生している。2018年7月には、国土交通省所管558ダムのうち213ダムで洪水調節が実施され、ダム下流河川の水位低減により被害の軽減・防止効果が発揮されている。一方で、計画以上の洪水となりダムの洪水調節容量を使い切り、ダムへの流入量と同程度の放流量とする異常洪水時防災操作（以下、「緊急放流」という。）が全国8ダムで実施されている。

これらを受けて、政府は2019年12月に「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」を策定し、これを基に2020年4月に国土交通省所管ダム等を対象とした「事前放流ガイドライン」が定められた。

こうした状況の中、木津川ダム総合管理所で管理している5ダム（以下、「木津川5ダム」という。）では、事前放流実施要領の策定と運用を行っているが、2020年8月からは事前放流の高度化（早期判断、放流量の合理的設定等）を目指し、アンサンブル予測システムの試行運用を開始した。

洪水となることや、一方で想定よりも小さい降雨ときはダム容量が回復しないなど、予測の不確実性の程度が分からずダム操作の判断に苦慮することがある。

(2) アンサンブル降雨予測

このような予測の不確実性の程度を把握する手法がアンサンブル（集団）降雨予測である。アンサンブル降雨予測は僅かに異なる初期値を複数用いて多数の予測を行い、平均やばらつきの程度といった統計的な情報を用いて不確実な現象を確率的に予測するものである。また、その予測期間も長時間先まで得ることが可能である（図-1）。

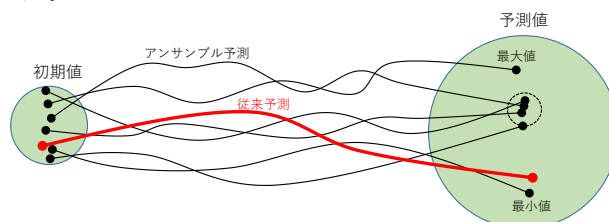


図-1 アンサンブル降雨予測イメージ

2. アンサンブル降雨予測とは

(1) 従来の降雨予測

従来の1本の降雨数値予報では、時間の経過とともに初期値に含まれる誤差が拡大し、想定した降雨とならない場合がある。想定よりも大きい降雨の場合は大規模な

3. アンサンブル予測システム導入の契機

(1) 事前放流

事前放流は、治水の計画規模や河川（河道）・ダム等の施設能力を上回る洪水の発生時に、ダム下流河川の沿川における洪水被害の防止・軽減を目的として、ダムの有効貯水容量を洪水調節に最大限活用できるように予め利

水容量を放流することにより、その容量を確保するものである。

(2) 懸念事項

事前放流は、事前放流ガイドラインに基づき、気象庁のGSMガイダンス及びMSMガイダンスによる予測降雨量が基準降雨量以上となった場合に実施することができる。また、その実施判断は3日前から行うことが基本とされている。

しかし、GSMガイダンスは84時間先(3.5日)まで、MSMガイダンスは39時間先(1.5日)までの予測であることから、実施基準に合致した場合は短期間のうちに事前放流を実施しなければならない。その場合、ダム貯留水の安全かつ有効な事前放流が実施できるかが懸念される。

具体的には、事前放流容量が放流設備能力あるいは放流時間等物理的には放流可能であっても、降雨前の短時間に大量に放流することによる下流河川利用者の安全やゲート等放流による貯留水の無効放流が懸念される。

以上より、アンサンブル予測システムの試行導入は、事前放流における懸念事項の解消と最適化を目指すものであり、そのためにも高度で長期的な降雨予測が求められることがその契機となっている。

4. 木津川5ダムのアンサンブル予測システム

木津川5ダムのアンサンブル予測システムは、ECMWF(ヨーロッパ中期予報センター)の降雨予測データを基に、ダム運用予測に適した高解像度降雨予測の

生成やバイアス補正、ダウンスケーリングといった一連の計算を行い、51本(メンバー)のアンサンブル降雨予測情報を得ている。また、51メンバーの降雨予測情報から上位予測、中位予測、下位予測の3つのシナリオの作成も行っている。

上位予測は、大雨のリスクを見逃さないための安全側の予測であり、予測総雨量が大きい3メンバーを平均して作成している。

中位予測は、最も精度が高いと考えられる予測であり、予測総雨量の中位10メンバーを平均して作成している。

下位予測は、最低でも見込まれる雨を把握するための予測であり、予測総雨量の下位5~10メンバーを平均して作成している。

また、これらの降雨予測情報(51メンバー、上位・中位・下位)すべてに対し木津川5ダムそれぞれの貯留関数モデルによる流出予測計算を行っている。

5. アンサンブル予測システムの活用

アンサンブル予測結果は、図-2のように51メンバーや3つのシナリオで示される。この画面では、15日先までの雨量やダム流入量などが、いつ・どのくらい予測されているかが定性的に把握することができる。

また、予測情報を定量的に把握するため、図-3のように概略表示画面も構築している。この画面では、事前放流の基準降雨量以上となる予測のほか、洪水調節や緊急放流となる予測が51メンバー中にどのくらいの割合で予測されているかが一目で分かるように整理しているものである。

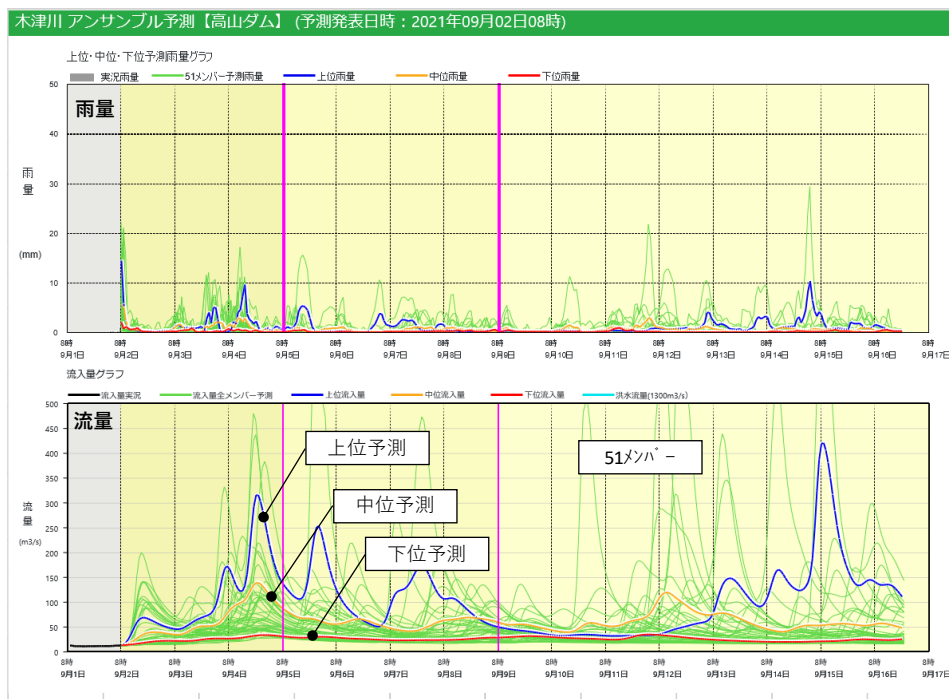


図-2 アンサンブル予測システムグラフ

木津川 概略【高山ダム】

高山ダム 降雨流出予測

高山ダム	~3日先									4日~7日先			8日先~		
	アンサンブル予測			ガイダンス予測	micos72h予測	アンサンブル予測			アンサンブル予測						
	上位	中位	下位			上位	中位	下位	上位	中位	下位				
予測発表時刻	09月02日08時			09月02日08時	09月02日08時	09月02日08時			09月02日08時						
雨量	最大48時間雨量	84.4mm	48.9mm	14.1mm	55.9mm	53.8mm	105.5mm	47.8mm	10.5mm	103.9mm	44.0mm	9.9mm			
	130mm/48h超過	0 (0%)			0	事前放流の基準降雨量以上の予測情報									
	300mm/48h超過	0 (0%)			0										
流入量	最大流入量	314.9m³/s	138.3m³/s	33.1m³/s	137.6m³/s	136.5m³/s	252.3m³/s	86.7m³/s	30.4m³/s	420.1m³/s	119.1m³/s	34.2m³/s			
	42m³/s超過	44 (86%)			1	ゲート放流、洪水調節、緊急放流の予測情報									
	1300m³/s超過	0 (0%)			0										
下流	有市 9.5m超過	0 (0%)			0	0	0 (0%)			0 (0%)					
	132.2m超過(ただし書き開始)	0 (0%)			0	0	0 (0%)			0 (0%)					
貯水位	回復量(制限水位-0.8m)	51 (100%)			1	1	51 (100%)			51 (100%)					
	回復量(制限水位-1.0m)	51 (100%)			1	1	51 (100%)			51 (100%)					
	回復量(制限水位-1.2m)	51 (100%)			1	1	51 (100%)			51 (100%)					
	回復量(洪水調節容量)	0 (0%)			0	0	0 (0%)			5 (10%)					

図3 アンサンブル予測システム概略画面

木津川ダム総合管理所では、毎朝、職員がこれらの予測情報を確認し洪水に備えている。アンサンブル予測結果によって、例えば、関係機関との情報共有や防災態勢確保・ダム放流設備点検が従来よりも“早め”に実施することが可能である。

(1) 事前放流への活用

現在の事前放流ガイドラインでは、事前放流の実施判断は3日前からが基本とされている。また、アンサンブル予測システムの試行導入以後、事前放流の基準降雨量以上となる予測を経験していない。そのため、このシステムを活用した事前放流の実施には現時点では至っていない。

しかし、先に述べた事前放流の懸念事項の解消に向けては、下記のダム操作が有効であると考えている。

a) ダム下流河川利用者の安全確保

木津川5ダムの下流には、アユ釣場やキャンプ場のほか、生活道路として利用される潜没橋などがある。事前放流を実施する場合もダムの施設管理規程や事前放流実施要領に基づき安全を確保したダム操作を実施することとなるが、降雨前の短時間に大量に放流することから、河川利用を終える協力を得たり、潜没橋の水没により生活道路の通行止めを措置することとなる。

これに対して、アンサンブル予測システムを活用して長時間かけて事前放流を実施した場合は、少量のダム放流を長時間かけて行うことで洪水調節に必要なダム容量が確保できるため、河川利用者の安全確保や負担軽減となる。また、キャンプ場ではテント1張ごとに待避をお願いする職員の労力も軽減できる。

b) 貯留水の有効活用

政府は2050年カーボンニュートラル（脱炭素社会の実現）を宣言するとともに、2030年度に温室効果ガスの排出量を2013年度比で46%削減する目標を掲げており、再生可能エネルギーの創出が重要となっている。

これについても、短時間にゲートや利水バルブから放流するのではなく、発電放流設備から長時間かけて実施することで、ダム貯留水の有効活用が図れることとなる。

(2) 低水管理への活用

先に述べたとおり、事前放流は利水容量の水を放流し洪水調節に利用可能な容量を確保するものであり、治水上の安全に配慮したものである。しかし、事前放流を実施したものの予測された降雨がなく低下させた水位が回復しないといった利水者への負担増となる一面も持ち合わせている。

アンサンブル予測システムは、事前放流の最適化を契機として試行導入したものであるが、“長期的に降雨が予測されない” “降雨があっても少量” であることも確認できる。そのため、副次的にダムの低水管理にも活用し、日々のダム管理水位の上げ下げ判断に用いている。

a) 従前の低水管理

木津川5ダムでは、突発的な降雨及び利水放流設備や洪水吐き設備の動作に要する時間の遅れ等により、洪水調節の実施前に洪水貯留準備水位を超過しないよう管理水位を設けている。洪水期の管理水位は、制限水位から50cm下がり（高山ダムは100cm下がり）とし、通常はこの水位でダム管理を行っている。（図4）

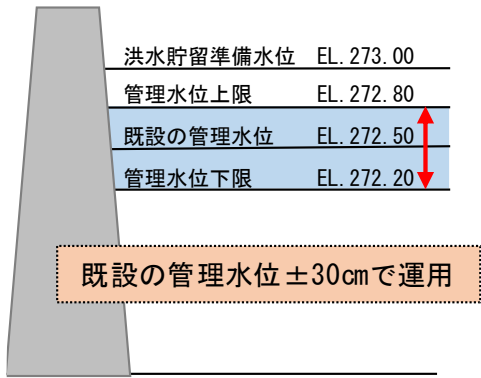


図4 管理水位 (青蓮寺ダムの例)

b) アンサンブル予測システムを活用した低水管理

2021年度洪水期からは、図-5に示すアンサンブル予測システムを活用した貯水位運用表を作成し、少しでも利水者への負担が軽減できるよう従来の管理水位よりも高めの水位でダム管理を行っている。また、管理水位を高くすることで、発電放流設備の有効落差も大きくなり発電効率の向上にも寄与している。

アンサンブル予測システムの活用方法は、下記のとおりである。

①アンサンブル予測結果の確認

職員は毎朝、「3日先まで」「4～8日先まで」の予測情報を確認する。

②3日先までの予測情報による判断 (STEP1)

3日先までに洪水吐きゲートからの放流となるような予測が確認されたら、既設の管理水位もしくは管理水位下限まで水位低下させる。予測がなかったら、STEP2へ進む。

③4～8日先までの予測情報による判断 (STEP2)

4～8日先までに洪水吐きゲートからの放流となる

ような予測が確認されたら、既設の管理水位まで水位低下させる。予測がなかったら、高めの水位を維持もしくは回復させる。

④水位低下方法

STEP1又はSTEP2で水位低下が判断された場合は、従前の管理水位まで水位低下させる。水位低下にあたっては、発電放流設備で実施することを優先する。

6. まとめ

木津川5ダムは、アンサンブル予測システムを試行導入し、2020年8月より効率的な貯水池管理を目指して運用を行っている。

しかし、アンサンブル予測システムの試行導入以後、事前放流の基準降雨量の超過や洪水調節に至る降雨を経験していない。そのため、現在の出水事例検証では、アンサンブル予測結果が流域や事例毎に傾向がばらつくなど、明確な有効性を打ち出すには至っておらず事前放流に関する詳細なルールまで確立できていない状況である。今後も引き続き、事例を収集しアンサンブル予測システムの有効性について検証を行っていききたい。

一方、アンサンブル予測システムを活用した貯水池管理は多くのメリットを考えている。事前放流については今後も出水事例収集やルール確立を行い、利水者や河川管理者と情報共有を行い理解を得た上で実施できるよう努めていきたい。また、低水管理では、現在の管理水位付近での水位管理に加え、さらには洪水貯留準備水位よりも高い水位帯で水位管理など、利水安全度の向上や発電効率の向上に繋がるよう既存インフラ効果がさらに強化できればと考えている。

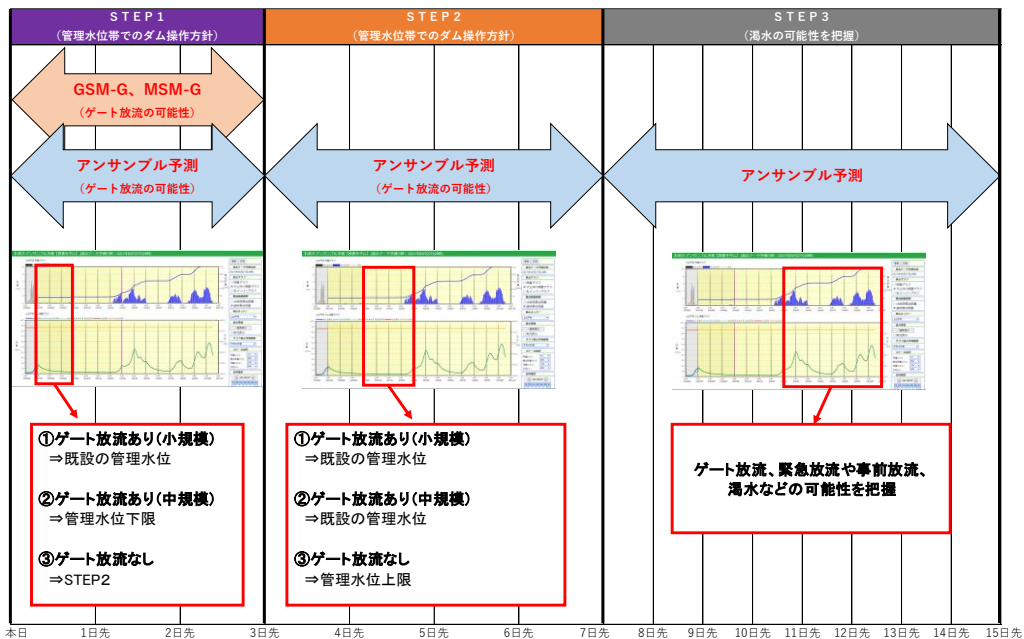


図-5 アンサンブル予測システムを活用した貯水位運用表