

5.1 長時間アンサンブル降雨予測活用のためのダム操作に関する研究

研究年度：令和4年度

研究分野：ダム操作に関する研究

調査研究名：ダム操作に関する検討

研究者名：梅園拓磨*、箱石憲昭、杉澤亘

【要約】

近年、豪雨災害が頻発化し、治水を目的とするダムでは洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行する事例が増えている。このため、国土交通省はその対策の一環として事前放流ガイドラインを令和2年4月に策定した。これは、治水目的のダムのみならず利水ダムも含めて既存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したものである。しかしながら、事前放流の実施判断の基礎となる降雨予測には不確実性が含まれているため、実施判断が3日前までに限られており、豪雨が襲来するまでに必要な調節容量を確保できない可能性がある。また、利水面では降雨予測の不確実性による空振りのために利水容量の回復が困難になる可能性がある。

そこで本研究では、これらの課題に対応するために、近年の気象予測技術の進展により現業の気象予報に導入されている長時間アンサンブル降雨予測をダム操作に活用することを目標に、社会実装にあたって必要となる現行操作ルール等における課題を整理するとともに、操作ルール等への反映方法について検討を行った。本報文は、その成果について報告するものである。

【キーワード】

長時間アンサンブル降雨予測、ダム操作、不確実性、空振り、見逃し

【背景・目的】

近年、毎年のように日本各地で豪雨災害が発生しており、治水目的を有するダムにおいては洪水調節容量を使い切り異常洪水時防災操作に移行するダムもあるなど、大規模な洪水の頻発に備える必要性に迫られている。

国土交通省はその対策の一環として、既存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するため、国土交通省所管ダム及び河川法第26条の許可を受けて設置された利水ダムを対象に、事前放流を実施するにあたっての基本的事項を定めた事前放流ガイドラインを令和2年4月に策定した。

しかしながら、この事前放流ガイドラインでは、事前放流の実施判断の基礎となる降雨予測に不確実性が含まれるため、事前放流の実施判断は3日前から行うことを基本としており、有効貯水容量の洪水調節への活用が限定的になり目標とする事前放流水

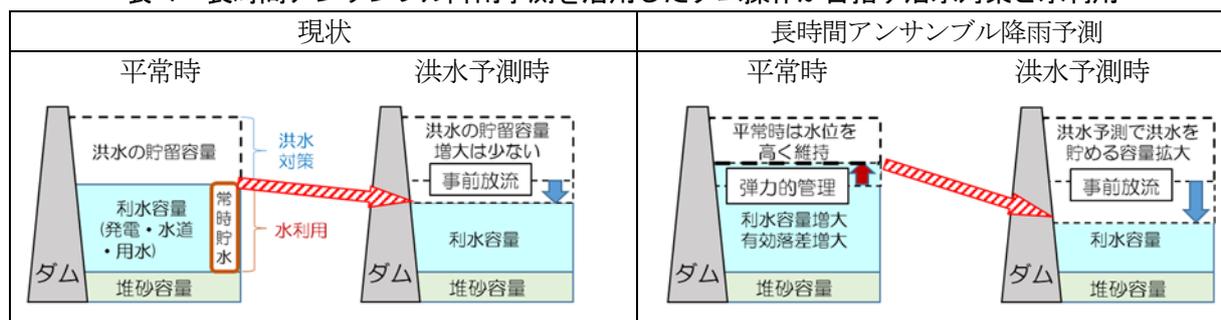
位に到達できなかつたり、発電使用水量を超える無効放流を発生させる懸念がある。

また、ガイドラインに基づいて事前放流を行った後に低下させた貯水位が回復せず、ダムからの補給による水利用が困難となり、利水者に特別な負担が生じた場合には損失補填制度により補填することとしており、事前放流の空振りによる利水面への影響に懸念が残されている。

近年、気象予測技術の進展により従前よりも降雨予測精度が向上し、ダム操作への活用に期待が持てるようになってきた。

そこで本研究では、従来の短時間の予測情報を用いたダム運用に対して、長時間アンサンブル降雨予測を活用¹⁾したより確実なダム事前放流操作とあわせて利水（発電）の増大を図るダムの高度化運用²⁾について検討を行った(表-1 参照)。

表-1 長時間アンサンブル降雨予測を活用したダム操作が目指す治水対策と水利用



【研究内容】

(1) 長時間アンサンブル降雨予測

降雨予測には不確実性（誤差）があることから、ダム管理者が降雨予測の不確実性の程度を踏まえてダム操作に活用するには不確実性の定量化が必要であり、ダム流入量の予測のためには更なる降雨予測精度の向上が不可欠である。

長時間アンサンブル降雨予測は、「不確実性の定量化」を図ることができる特徴を有しており、従来技術との比較は図-1、表-2 のとおりである。

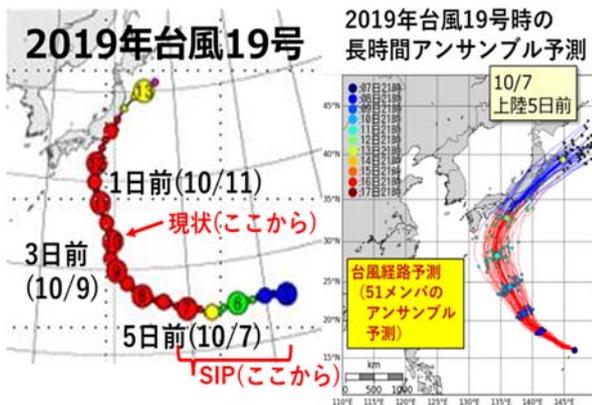


図-1 2019年台風19号時の台風経路予測²⁾

表-2 従来技術と長時間アンサンブル降雨予測技術との比較表

	従来技術 (GSM, MSM)	長時間アンサンブル降雨 予測 ^{※1} 技術
事前放流 開始計画	1-3 日前	最大 15 日前
予測量の 解像度	20km メッシュ の降雨分布 3時間の雨量の 時間解像度	1km メッシュの降雨分布 1時間の雨量の時間解像度 AI を用いた時空間ダウン スケージング ^{※2}
予測量の幅	1本の予測	51本の予測(アンサンブル平均、 上位/中位/下位予測)等

※1 アンサンブル予測：わずかなばらつきのある複数の初期値を用いて多数の予測を行い、実際の現象がその予測の幅の中で納まるシナリオを表示する手法。

※2 ダウンスケージング：予測データを、時間的・空間的により細かく表現する手法。

(2) ダム操作への活用検証

長時間アンサンブル降雨予測を活用したダム操作については、表-3 と図-2、-3 に示すように、降雨前の平常時から、事前放流開始後貯水位が回復するまでの間を5つの段階に整理している。従来の洪水処理操作は第4段階、現在の事前放流ガイドラインによる事前放流は第3段階であり、これらに加えて、今回の研究では、長時間アンサンブル降雨予

測を活用したダム運用操作による早期の事前放流を行う「アンサンブル事前放流」の第2段階、さらにはそれより以前の平常時に貯水位を高く維持して「弾力的管理」を行う第1段階、さらに洪水調節後に緩やかに貯水位を低下させる「後期放流」の第5段階を設定している。これらの各段階の操作ルールについて、各種の放流シミュレーション事例の分析を行った（表-3、図-2、3 参照）。

なお、事例分析では長時間アンサンブル降雨予測を活用したダム操作を導入した際に想定されるメリットについて仮説を立て、シミュレーション事例により検証を行った（表-4 参照）。

(3) 活用対象ダムの選定方法

洪水時における異常洪水時防災操作の実態や事前放流点検結果（治水ポテンシャルに対する貯水位低下や下流河川への効果）³⁾を踏まえ、①相当雨量、②流域面積支配率、③放流能力等の観点から、長時間アンサンブル降雨予測を活用するダム選定の考え方の整理を行った。

以下に示すダム選定の目安値は、事前放流を改善可能なダムとして、確実な貯水位低下と治水効果を確保できるダム、発電効果（増電）が得られるダムを対象としている。

① 多目的ダム（制限水位方式）

評価指標	目安値
相当雨量	現行治水容量+事前放流による確保容量：100mm 以上
流域面積支配率 (下流基準点)	支配率 25~40%以上
放流能力	目標水位時の放流能力>洪水量

以上の評価指標のうちいずれかが該当する場合を対象ダムの目安とする。

②利水ダム（主としてI類ダムとするが、今後放流管増設や嵩上げ等を行うダムは、I類ダムに限定しないものとする） ※揚水発電ダムは要検討

評価指標	目安値
相当雨量	事前放流による確保容量：50~100mm 以上
流域面積支配率 (下流基準点)	支配率 25~40%以上
放流能力	目標水位時の放流能力>洪水量
確保容量	数百万 m ³ 以上 相当雨量が小さくても確保容量が大きく、利水メリットと合わせて評価

以上の評価指標のうちいずれかが該当する場合を対象ダムの目安とする。

表-3 ダム操作の各段階と長時間アンサンブル降雨予測の活用イメージ

第1段階	平常時は、長時間アンサンブル降雨予測の活用により弾力的運用を行い、貯水水位を高く維持して発電量を増大と確実な水位低下を行う
第2段階	降雨の1週間程度前から、長時間アンサンブル降雨予測の活用により、事前放流を可能とし、治水機能の強化と無効放流の低減(緩やかな水位低下)により発電量を増大させて、確実な貯水位低下と予測空振りの影響を低減する
第3段階	事前放流ガイドラインに基づく水位低下を行う
第4段階	洪水時の操作規則(操作規程)に基づく洪水処理操作(異常洪水時防災操作、特別防災操作を含む)を行う
第5段階	後期放流時に、長時間アンサンブル降雨予測の活用により、緩やかに貯水位を低下させて無効放流を低減させることによる発電量増大を行う

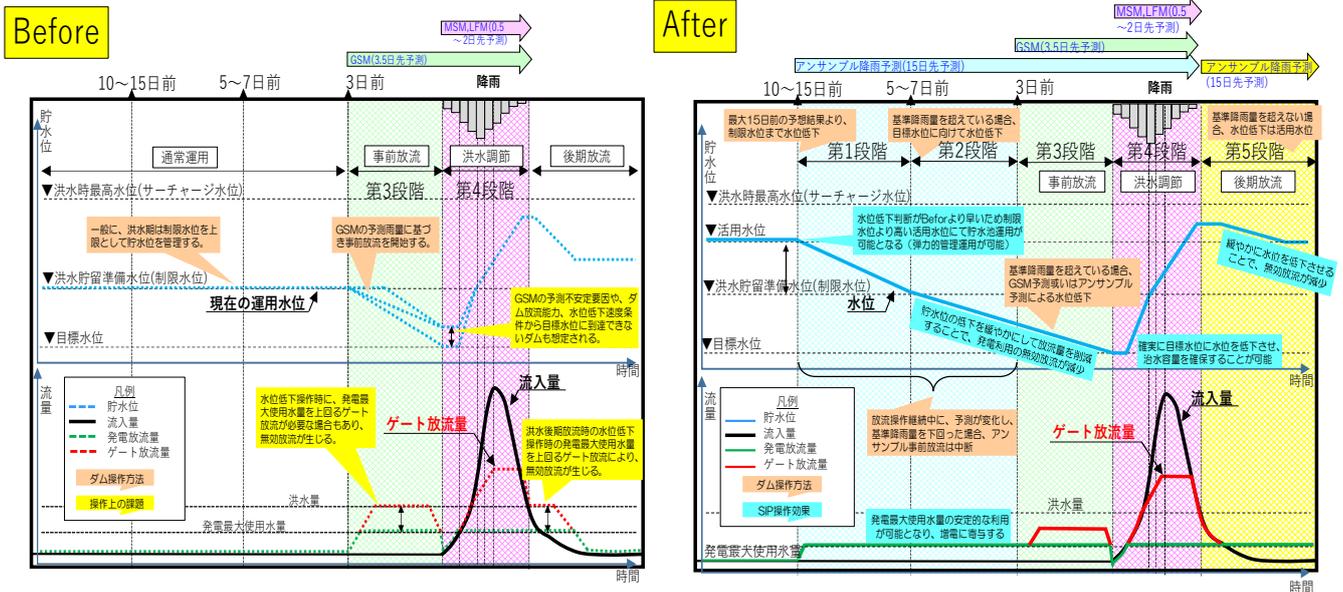


図-2 多目的ダム(制限水位方式)のダム操作概要

(Before: ガイドライン予測を用いた事前放流 After: 長時間アンサンブル降雨予測を活用した事前放流)

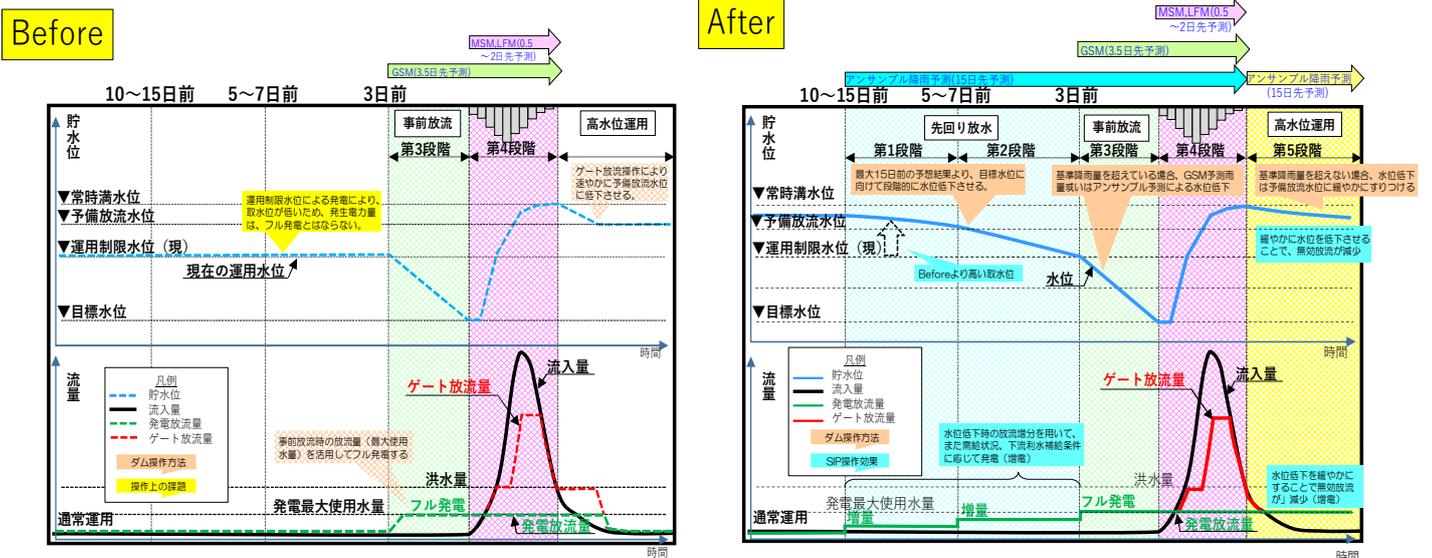


図-3 利水ダム(電力)のダム操作概要

(Before: ガイドライン予測を用いた事前放流 After: 長時間アンサンブル降雨予測を活用した事前放流)

表-4 想定されるメリットと事例・検証結果

想定される仮説		事例・検証結果
事前放流の空振り (単独ダム)	Before	予測精度により事前放流の空振りが発生
	After	下位予測を事前放流開始判断基準にすることで、空振りが軽減
シリーズダムへの影響 (水系一貫)	Before	急激な事前放流により無効放流が発生
	After	早い段階から事前放流をするため、利水放流による水位低下が可能となり、下流発電所が増電
	Before	ガイドライン予測による事前放流時間が短い。
	After	長時間アンサンブル降雨予測による事前放流時間が長くなることから、水位低下量が増加
連続(二山)洪水 水位低下速度制限 (単独ダム)	Before	二山洪水では事前放流が不連続になり、水位低下速度に制限がある場合に水位低下量が抑制され治水効果が減少
	After	事前放流がシームレスに継続されることで水位低下量が増加し、治水効果が増大
アンサンブル予測による一連のダム操作 (単独ダム) (水系一貫)	Before	時間を空けた連続した出水に対し、従前のガイドライン予測では次の出水を予測するタイミングが遅れ急激な事前放流となる
	After	長時間アンサンブル降雨予測による事前放流では次の出水をシームレスに予測し、急激な事前放流を解消

Before：ガイドライン予測を用いた事前放流

After：長時間アンサンブル降雨予測を活用した事前放流

(4) 社会実装に向けての課題

ダムの洪水調節方法を変更する場合は、ダムからの放流による河川管理上の責任を明確にすることが特に重要であり、そのためには、操作規則・細則、操作規程等への反映が必須である。既存の操作規則・細則、操作規程等は、長時間アンサンブル降雨予測を活用したものとなっていないため、社会実装にあたってはこれらを改正する必要がある。

長時間アンサンブル降雨予測の試行ダムにおいて、長時間アンサンブル降雨予測を活用したダム操作の効果検証等を実施する必要がある。また、対象ダムの目安値についても、今後の継続的な検証結果により見直し修正が必要である。

実装ダムでの効果検証、フォローアップ、他ダムへの水平展開を今後検討していく必要がある。

【参考文献】

- 1) 角哲也、加納茂紀、道広有理：長時間アンサンブル降雨予測を用いたダム操作のパラダイムシフト、河川 January 2021 No. 894
- 2) 内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 国家レジリエンス(防災・減災)の強化テーマVI スーパー台風被害予測システムの開発 令和5年3月1日
- 3) JAPIC 水循環委員会シンポジウム(激化する気候変動に備える治水対策と水力発電の強化) 「長時間アンサンブル降雨予測で見える世界一ダム操作をどう変えるか？」(発表者：京都大学防災研究所 角教授) 2022. 4. 11