

ダム事前放流の効果的実施に関する提言

令和4年6月

一般社団法人ダム工学会

ダム貯水池課題研究部会 ダム大規模洪水対応 WG

ダム工学会ダム貯水池課題研究部会 ダム大規模洪水対応ワーキンググループ 名簿

座長	角 哲也	京都大学防災研究所 教授 (ダム工学会理事)	
座長補佐	石井 秀紀	株式会社ニュージェック (ダム貯水池課題研究部会長)	
WGリーダー	岡 明夫	株式会社ニュージェック	
WGメンバー	小林 健一郎	神戸大学 准教授	
	野原 大督	鹿島建設株式会社	
	猪股 広典	独立行政法人土木研究所	
	高田 翔也	独立行政法人土木研究所	
	和泉 征良	一般財団法人ダム技術センター	
	末永 遼	株式会社ニュージェック	
	鈴木 伴征	八千代エンジニアリング株式会社	
	友田 隆啓	株式会社ドーコン	
	原田 洋平	株式会社建設技術研究所	
	藤塚 佳晃	株式会社建設技術研究所	
	松ヶ平 賢一	日本工営株式会社 (提言とりまとめ担当)	
	山本 勉	株式会社エイト日本技術開発	
	オブザーバー	中久木 晴人	国土交通省水管理・国土保全局
		山腰 司	国土交通省水管理・国土保全局 (前任 諸橋 拓実)
諸岡 良優		国土交通省国土技術政策総合研究所 (前任 工藤 俊)	
事務局	池田 茂	一般財団法人ダム技術センター (ダム工学会事務局)	
	片岡 満紀	一般財団法人ダム技術センター (ダム工学会事務局)	
	高野 裕太	一般財団法人ダム技術センター (ダム工学会事務局)	

敬称略

1. はじめに

近年、平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）、令和元年東日本台風（台風第 19 号）、また、令和 2 年 7 月豪雨など、毎年のように大規模水害が発生している。

政府の既存ダム洪水調節機能強化に向けた検討会議において、令和 2 年 4 月に事前放流ガイドラインが策定され、同ガイドラインに基づき事前放流の取り組みが推進されている。

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おけるダム下流河川の沿川における洪水被害の防止・軽減を目的とするものである。

近年の豪雨で事前放流が行われた事例として、令和 3 年 8 月の大雨において木曾川水系の上流 13 ダムで事前放流が実施され、牧尾ダムなど 5 つの利水ダムで約 5,350 万 m³ の容量を一時的に確保して洪水が貯留されている。この結果、下流の桃山地点でピーク流量を約 2 割低減し、沿川の浸水被害を軽減する効果を発揮したと推定されている。

ダム工学会調査研究委員会では、ダム再生を主題としているダム貯水池課題研究部会において、ダム大規模洪水対応ワーキンググループを組織し、大規模洪水発生後のダム効果を即時かつ効果的に情報発信する方策、事前放流の効果をさらに高めるための方策に関する研究を実施している。

本提言は同ワーキンググループにおいて検討されたダム事前放流をより効果的に実施するための課題と対応方策について、とりまとめたものである。

2. 課題認識と今後の方策についての提言

2-1. 事前放流による治水効果の評価

(1) 施設特性に応じた事前放流方法の検討

ダムの目的、貯水池及び放流設備の特性により、事前放流の効果が得られる洪水規模と効果の現れ方には大きな違いがあると想定される。全ての既存ダムで容量を洪水貯留に最大限活用することが理想的であるが、社会的便益を最大化する観点から管理負担の増加と得られる効果を比較衡量し、効率的な運用とすることが必要である。

このため、ダム地点の洪水規模と貯水池規模の関係、洪水貯留可能な容量と放流設備の特性等からダム施設を類型化して、施設特性に応じた事前放流方法を例示する手引きの作成が必要である。

(2) 気象予測を用いたダム操作に関する例規集の整備

事前放流や特別防災操作をはじめとした予測雨量を利用した操作では、気象予測の不確実性を踏まえた操作判断が必要となる。気象予測をダム操作に利用することで、豪雨に伴う洪水被害を軽減する効果を期待できるが、気象予測の不確実性に起因した損害が発生した場合、施設管理者が責任を問われる可能性がある。このため、気象予測を用いたダム操作について、操作規則・操作規定・実施要領等の事例を検討し、例規集を整備することが必要である。

(3) 事前放流の効果に関する評価

事前放流では既存ダムにおいて一時的に洪水を調節するための容量を利水容量に確保することで、有効貯水容量を洪水調節に最大限活用することとしている。この容量確保により水害の発生を完全に防ぐものではないが、洪水の発生時に洪水を貯留することで下流河川水位を低減する効果、河川水位のピーク生起時刻を遅らせる効果を得ることができる。

洪水後にダムの洪水調節効果を評価する際、事前放流によって得られた効果及び課題を検討することで、防災対策に有益な情報が得られると考えられる。このため、河川管理者において毎年の事前放流の対応状況を取りまとめるとともに、事前放流の効果を評価することが必要である。

(4) 水系のダム管理情報を集約する機関の充実

事前放流は気象予測に基づく実施判断が必要となる。ダム施設は多様な目的、管理者から構成され、全ての施設が単独で高度な技術的判断を担うことは現実的でない。さらに、水害発生時の情報集約、渇水発生時の施設連携による対応を踏まえ、水系のダム管理情報を集約する機関の充実が必要である。

(5) 河川整備が進んだ水系における課題

河川整備基本方針に近い水準で施設整備が進んだ水系では、事前放流は超過洪水対策として意義が大きい。

当該水系における事前放流は、計画規模を超える洪水に対してダム下流河川の沿川における洪水被害防止・軽減を目的として実施されるものである。ここには、治水協力に基づく利水ダムの事前放流も含まれる。

このような水系では、事前放流の効果を高めることを目的としたダム再生事業などの施策の推進、利水ダムとの情報連絡体制の整備が必要である。

(6) 河川整備が実施途中の水系における課題

河川整備計画で位置づけられた施設整備が実施途中の水系では、事前放流は下流河道の治水安全度が低いことを補うため、洪水時の河川流量を低減させる意義が大きい。

下流河道の治水安全度が低いことからダムの洪水調節方法を暫定的な操作としている場合は、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、事前放流により不足する洪水調節容量を補うこと、また、気象予測を活用した特別防災操作による貯留を可能とする役割が期待される。

このような水系では、事前放流などダムによる対応だけでなく、河川整備計画で位置づけられた河道改修を推進して、流下能力のネック箇所を解消することが求められる。また、ネック箇所の解消後にはダムの洪水調節方法を適時見直す必要がある。

さらに、比較的高い頻度で発生する洪水において事前放流を実施することから、貯水水位を低下した後で洪水のピーク流入の前に確保した容量が消費されないよう、低標高か

らの放流を行える放流設備を増設するなど、事前放流の効果を高めることを目的としたダム再生事業などの施策を推進することが望ましい。

下流河道の治水安全度が低い水系では、被害発生が想定される降雨規模を踏まえ、基準降雨量が小さく設定されるため、予測雨量が基準降雨量を超過する頻度が多く、事前放流に伴う施設管理者の負担が大きくなることが想定される。このため、水系の河川改修状況を踏まえ、適切な降雨継続時間、基準降雨量を設定し、事前放流が空振りとなる頻度の減少を図るとともに、河道改修の促進により、ダム管理の本来の姿に早期に戻すことが必要である。

2-2. 事前放流を効果的に実施するための技術開発の必要性

事前放流を効果的に実施するためには、降雨予測精度の向上、降雨予測を活用した洪水調節方法の検討など、技術開発を推進する必要がある。

(1) 施設管理者における降雨予測の入手

ダム施設管理者が事前放流を判断するには、事前放流に利用可能な予測先行時間（リードタイム）と精度を有する降雨予測について、降雨状況の変化に応じて更新された情報をリアルタイムで入手可能であることが必要である。

国土交通省では、全国の1級水系、2級水系に位置するダムを対象として、ダム流域のGSMガイダンス予測雨量、MSMガイダンス予測雨量について、最新の予測を更新し、過去の予測を含めて閲覧可能とするシステムを運用している。

このシステムを引き続き運用するとともに、予測先行時間の延長など、気象庁の数値予報モデルの改良を踏まえて更新してゆくことが必要である。

(2) 約5日先までの降雨予測の必要性

現在入手可能な降雨予測において、予備放流・事前放流の実施判断に利用可能な精度を有する最も長時間のプロダクトはGSMガイダンスであり、予測初期時刻から3.5日先までの定量的な降水量予測を得ることができる。

一方、大規模な豪雨では降雨が2日程度継続することが多い。GSMガイダンスで大規模な豪雨を予測した場合、予測期間の3.5日のうち2日程度は豪雨が発生している時間帯に該当していることが想定される。このため、大規模な豪雨を予測したとき、降雨の降り始めまでに対応可能な時間は予測期間の3.5日から豪雨が発生している2日を控除した約1.5日程度になる場合があると考えられる。

予備放流・事前放流を安全かつ効果的に実施するため、2日程度継続する豪雨の降り始めまでに対応可能な時間を3日程度確保することを目的として、5日先までの定量的な降雨予測を入手できることが望ましい。

また、今後入手可能となる降雨予測プロダクトについて、予測特性の評価、効果的な利用方法の検討など、フォローアップを行うことが必要である。

(3) 長時間降雨予測技術の活用

事前放流の対象となる時間を長時間とすることで、水位低下時の放流水により発電量を増大させるとともに、前期降雨や縦列ダムの事前放流の影響などを踏まえて、より効果的な事前放流を実施できる可能性がある。

一方で、数日から一週間先までを対象とした長時間の降雨予測は、大型の台風など大規模な気象現象であっても気象予測の不確実性の影響が大きく、数値予測モデルの出力が一つだけである決定論的な予測では十分な予測精度が得られない。

これに対し、不確実性を考慮するため数十種類の予測計算を同時に行うアンサンブル予報を用い、予測結果を確率的な情報として扱うことで、事前放流をより効果的に実施できる可能性がある。

内閣府第2期SIPの国家レジリエンス(防災・減災)の強化では欧州中期予報センターECMWFの全球アンサンブル予報を活用して、数日から一週間程度前に事前放流開始を可能とし、洪水貯留機能の拡大と水力発電の増大を実現できるシステムの実用化に取り組んでいる。

有効貯水容量が大きな水力発電ダムでは、長時間の降雨予測情報を利用した事前放流を利用することで、洪水貯留機能の拡大と水力発電の増大を両立できる可能性があることから、適用可能性を検討することが必要である。

(4) 事前放流等に使用する降雨予測情報の特性評価

降雨予測を利用して予備放流や事前放流を行うにあたり、事前放流ガイドラインに示されるGSMガイダンス、MSMガイダンスのほか、気象予測の不確実性を考慮するため数十種類の予測計算を同時に行うメソアンサンブル予報や全球アンサンブル予報等を用いることで、予測結果を確率的な情報として扱い、より適切に操作できる可能性がある。

このような各種の降雨予測情報を事前放流等の操作に用いるにあたっては、降雨予測の実績雨量に対する精度など降雨予測情報の特性が評価され、わかりやすく解説された技術情報として事前放流に携わる施設管理者、河川管理者に提供されることが必要である。

また、将来的に気象庁から提供される新しい降雨予測プロダクトについて、予測特性の評価、ダム管理及び河川管理への利用方法が検討されることが望ましい。

(5) 事前放流の効果を高める洪水調節操作の検討

複数のピークを持つ洪水に対して効果的に洪水調節を行うため、次期洪水が予測された場合に後期放流を増加する操作と事前放流を組み合わせるなど、洪水を貯留する容量を下流河道の安全性を確保しながら速やかに確保する方法について検討する必要がある。

また、水系内で複数のダムがある場合に、ダムの目的及び放流特性、ダムの位置関係、ダム下流河道の流下能力を踏まえ、過去の複数の出水パターンを対象として、効果的な洪水の貯留を行うための、連携運用を前提とした事前放流方法について検討する必要がある。

2-3. 弾力的管理による利水機能の増進・環境保全への寄与

(1) 活用水位で貯留可能な容量の拡大可能性

弾力的管理による活用水位への貯留により、発電など利水機能の増進、河川環境の保全を図ることができる。

弾力的管理の事前放流開始基準は、従来、予備放流開始基準に準じて、台風位置、予報・警報情報等に基づき設定されてきた。また、これらの基準はリードタイムが短時間であることに起因して、貯留可能な容量が小規模である事例が多い。

これに対し、アンサンブル予報等の長期の降雨予測技術を用いることで、洪水が想定される際の活用水位からの貯水位低下を洪水貯留のための事前放流に先立ってより早期に実施できる可能性がある。さらに、リードタイムが長時間となることで、活用水位に貯留可能な容量を拡大できる可能性がある。

このように、長期の降雨予測技術が利用可能となった場合、治水のための事前放流をより効果的に実施することに加え、利水機能増進・環境保全の効果を増大できる可能性がある。

(2) 弾力的管理の対象ダムおよび対象目的の拡大

アンサンブル予報等の長期の降雨予測技術を用いることで、既に弾力的管理に取り組んでいるダムはもとより、これまで実施していなかったダムでも弾力的管理の実施が可能となる可能性があり、活用水位からの事前放流と、それに続く治水機能確保のための事前放流を連続的かつ効果的に接続することが期待される。

このため、より多くのダムで弾力的管理を実施できるようにするため事例検討を行い、事例検討で得られた知見を必要に応じてダムの弾力的管理試験の手引き（案）にも反映していくことが必要である。

2-4. 事前放流時の環境影響等の評価

(1) 貯水池内の土砂移動に関するモニタリング

事前放流時に従来の貯水池運用よりも貯水位を低下した場合、デルタを形成する土砂が低標高部へ移動することで支障が顕在化する可能性がある。従って、現在の堆砂形状、特にデルタ肩の位置・標高に対する事前放流による水位低下の標高の關係に留意する必要がある。

事前放流による貯水位の低下に伴い、取水設備・放流設備等の近傍で土砂移動が想定される場合には、貯水池内の土砂移動状況を把握し、貯水池管理上の支障がないことを確認する必要がある。

また、大きな土砂移動が発生しない場合においても、貯水位低下時に堆砂表層の移動や河岸侵食に伴う濁水が発生する場合があります。貯水池内水質、下流河道水質に支障が生じないことのモニタリングを行うことが必要である。

(2) 貯水池斜面の安全性の確認方法

対象ダムによっては、事前放流に伴う貯水位低下に伴い、貯水池斜面の安全性に関する課題が顕在化する可能性がある。

このため、予備放流・事前放流に伴う貯水位低下に対して貯水池斜面の安全性を確認する方法の提案が必要である。

2-5. ダム機能を向上・回復するダム再生の推進

(1) 事前放流を充実させるための放流設備の改良

完成年代が古いダムや、利水専用ダムでは大容量の放流設備がクレストゲートなど、高標高部のみに設置されている場合が多い。これらの場合には、水位低下に長時間を要する、あるいは、水位低下そのものが実施できない、また、確保した貯水容量を長時間の降雨に対し保持することが難しい、などの課題がある。

このようなダムでは、低標高部への大容量の放流設備を新設・増設、また、既存の放流設備を改良することで、事前放流による貯水位の低下およびこれを活かしたダム操作を可能とすることが望ましい。

(2) 洪水調節容量の不足に対応する貯水容量の増大

事前放流により確保される容量は、降雨毎（洪水毎）に変化し、気象予測の精度及び放流設備の能力により制約され、洪水流入前に確保可能な量には限度もあることから、事前放流の実績をもとに個々に検証し確認していく必要がある。

計画上必要な洪水調節能力が不足する場合、抜本的対応には本則操作において利用できるダムの洪水調節能力を増加させる必要がある。

このため、事前放流とともに、ダムの嵩上げによる洪水調節容量の確保、水系内の貯水池容量の再編成などのダム再生を推進し、治水安全度の不足を補う措置として位置付ける必要がある。

(3) 堆砂対策の推進

貯水池の堆砂が進行すると有効貯水容量の減少、取水口の埋没など、既存ダムの機能が低下する恐れがある。通砂・排砂等の対策を実施しているダム、ならびに、事前放流に伴い通常より貯水位を大きく低下するため貯水池内で顕著な土砂移動が想定され、取水口の埋没など機能低下が懸念されるダムでは、事前放流計画において貯水池土砂管理との関係を予め十分に検討・整理しておくとともに、これを機に本格的な堆砂対策の検討・実施を進めることが必要である。

3. おわりに

令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨をはじめとして、記録的な豪雨に伴う大きな洪水被害が毎年のように発生している。気候変動による外力の増大や豪雨の頻度の増加が進行し、既にその影響が顕在化していると考えられる。

ダムを含む水系の治水対策の役割は、今後さらに大きくなることが想定される。その際に既存ダムの洪水貯留能力を高めるため、降雨予測を活用した事前放流は有効な手段であり、その効果を十分に発揮するために、ダム再生などの施設整備、降雨予測精度の向上に係る技術開発などが必要であると考えられる。

また、事前放流を行う多目的ダム、利水ダムは限られた職員数でダムの管理を担っていることから、ダム管理の負担を増大させないように取り組んでいくことも必要である。

今後、気候変動による異常豪雨の頻発化が懸念されるなか、この提言における方策が実施されることで、より効果的なダム事前放流が可能となることを期待するものである。