

ダム放流による結氷河川の河道閉塞防止のための 河川管理技法の開発 —結氷時と非結氷時の二つのH-Q式を用いた ダム放流量管理—

札幌開発建設部 岩見沢河川事務所

○長尾 真穂
本郷 将輝
田中 康泰

昨冬、幾春別川において多量の利水放流が必要となったが、放流に伴って河道内の氷晶が流下し河道が閉塞する恐れがあった。そのため、既往の流量観測で得ていた夏期の非結氷時・冬期の結氷時の二つのH-Q曲線を基に放流時の河道内の結氷状況の変化を推測し、段階的に流量を増やしながら安全な水みちを確保することができた。本論では、二つのH-Q曲線を基にした冬期間におけるダム放流の管理技法について報告を行う。

キーワード：アイスジャム、河川結氷、ダム放流

1. はじめに

令和4年12月～令和5年1月にかけての大雪対策として、岩見沢市街地において消流雪用水による排雪を実施した。

この排雪は、消流雪用水導入事業により整備された導水施設により水量の豊富な幾春別川から岩見沢市街地を流れる利根別川に消流雪用水を供給するものである。

冬期は、河道内が雪や氷板で覆われ、仮に河水の上を放流水が流れれば河積を小さくしてしまうことから全域で水位上昇が懸念される。また、河水やアイスジャムが放流水によって割れながら流下し、湾曲部や狭窄部、橋脚などで閉塞すると、上流側の水位が一気に上昇することが考えられる。

毎冬、幾春別川の下流区間は桂沢ダムの発電放流により全面結氷に至らず、消流雪用水の取水地点において安定した取水が可能な状況であったが、今冬は発電放流が停止していたことから下流区間が全面的に結氷していた

ため、消流雪用水の供用開始までにダム利水放流管から放流を行って河水を取り除くことが必要となった。河水を下流で閉塞することなく安全に流下させる必要があるが、そのようなダム放流量の調節に関する河川管理技法は見当たらず、既存の知見を組合せながら放流計画の立案が必要となった。

本論は、近年、寒冷地河川において知見が蓄積されつつある結氷時のH-Q式と従来の非結氷時のH-Q式を用い、ダム放流量時の河川水位から河川の結氷状況を監視し放流量をコントロールする手法を開発したため、その概要について報告を行うものである。

2. ダム放流の基準検討

(1) 対象区域の監視施設

幾春別川の既存監視施設を図-1に示す。幾春別川では上流の藤松と下流の西川向が水位流量観測所となってお

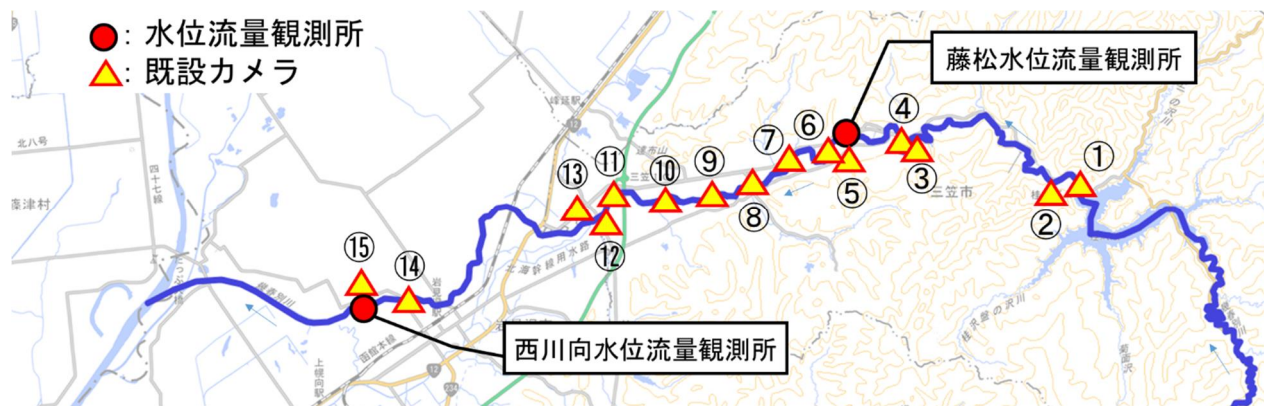


図-1 対象区間の既存施設

り、リアルタイムの水位と流量の観測を実施している。
また、幾春別川には複数台のCCTVカメラが配置され、
その内、画角が川を写し監視用として使用できるのは15
箇所であった。ダム放流のモニタリングとしてこれら既
存施設を活用した。

(2) 危険予測の基準検討

ダム放流によるアイスジャム発生を検討するには、ま
ず、結氷時の流下能力を把握する必要がある。図-2に示
すように、結氷河川では雪や氷板、やわらかい晶氷（も
ろみ）があり、その下に流水層がある。流水層が少ない
ほど、河積が小さく、アイスジャムが発生するリスクは
大きくなる。

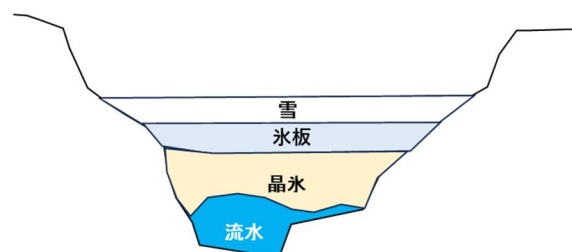


図-2 結氷時の河川横断形状

そこで、結氷時の河積による水位上昇量を把握するた
め、等流計算によりダム放流量による等流水深を算出し
た。なお、計算には流量観測で河水と流水層の横断デー
タを取得している藤松の流量観測計算書を用いることと
し、図-3に示すように、河水が発達し水位が現状と同程
度の令和3年1月14日のデータを使用した。

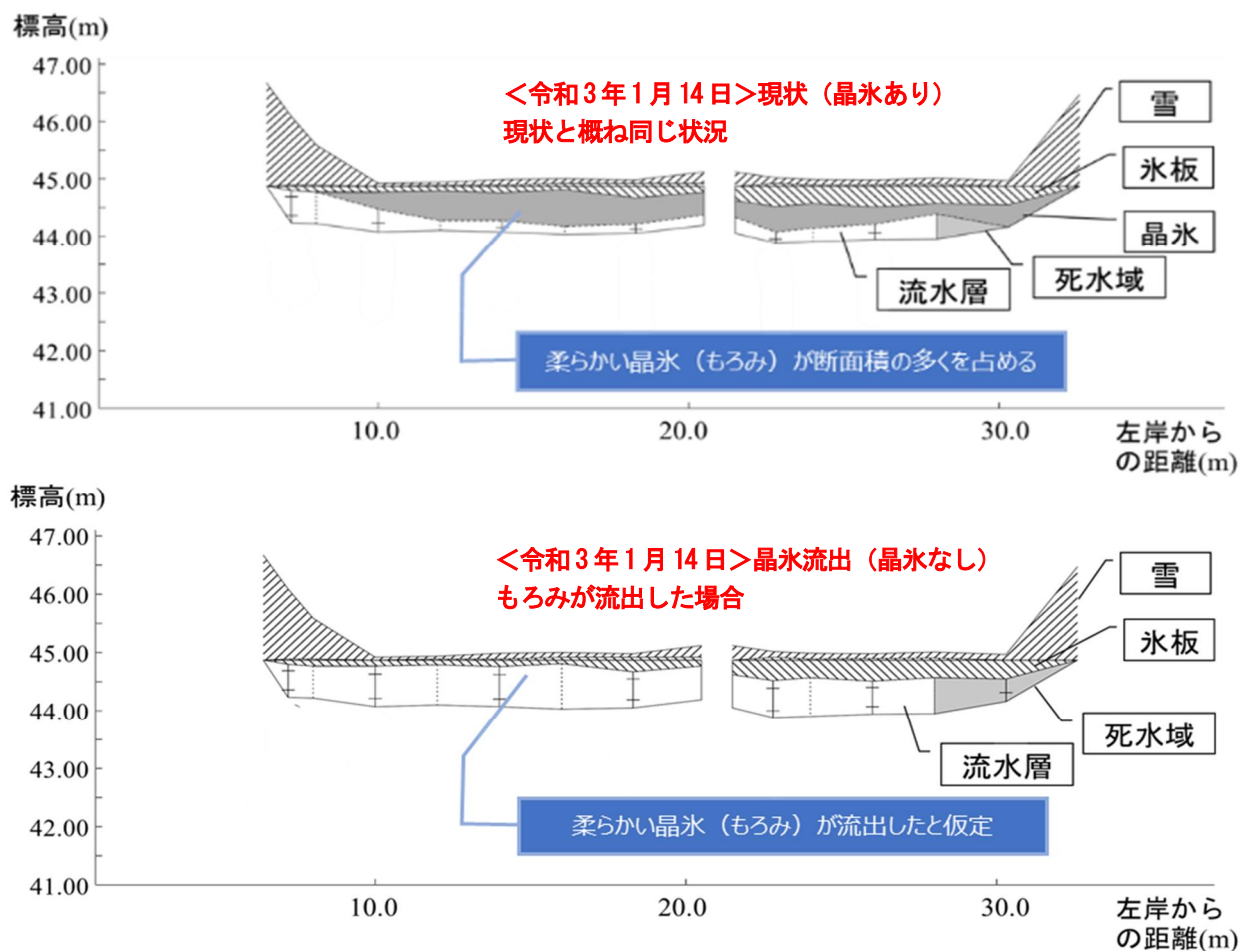


図-3 藤松水位流量観測所の結氷時横断面と等流計算結果

藤松は水防団待機水位が $H=45.40\text{m}$ で、現状の水位からの余裕高が 1m 以下と、アイスジャムによる水害リスクが大きい。現状は、図-3のように氷板下の晶氷が河積のほとんどを覆っている。まず、晶氷が存在する現状断面の等流水深を放流量に応じて算出した。次に、晶氷はシャーベット状で柔らかいため氷板に比較して流出しやすいことから、放流によって晶氷を除去することを前提に晶氷流下後の等流水深を算出した。

(3) 水位流量曲線を用いた水位予測

図-3で得られた予測水位（ H ）とダム放流量（ Q ）の水位流量曲線（ H - Q 曲線）を図-4に示す。ダム放流量はバルブの調整能力を考慮し、2、4、8、12、 $15\text{m}^3/\text{sec}$ の5段階と設定した。

晶氷ありでは、ダム放流が $10\text{m}^3/\text{sec}$ 以上で水防団待機水位を超過する予測となった。一方で、晶氷なしでは放流量 $15\text{m}^3/\text{sec}$ でも水防団待機水位に到達しないという予測が得られた。よって、放流量 $10\text{m}^3/\text{sec}$ 以下で晶氷を安全に流下させる必要があり、段階的な放流計画を実施す

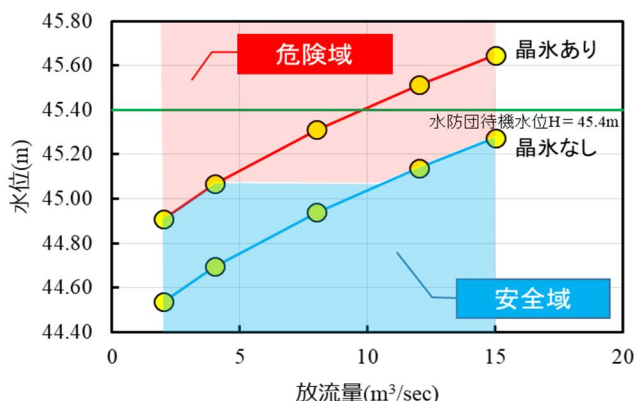


図-4 放流量と予測水位の H - Q 式
(藤松水位流量観測所地点)

ることとした。

ここで、 H - Q 曲線より下の水位帯は安全域とし、上の水位帯は危険域と設定した。晶氷ありの H - Q 曲線では、第3段階の $8\text{m}^3/\text{sec}$ 放流で水防団待機水位に近づく水位が予想されており危険度が高くなるため、 $4\text{m}^3/\text{sec}$ で晶氷を流下させることを目標とし、 $4\text{m}^3/\text{sec}$ 放流後は晶氷なしの H - Q 曲線に移り変わるラインを設定した。

(4) ダム放流計画

水位流量曲線から消流雪での目標 $15\text{m}^3/\text{sec}$ を放流すると藤松では水防団待機水位を超過するため、放流によって晶氷の流下までをスムーズに実施する必要があった。よって、ダム放流計画の目標として、図-5の5段階を設定した。

＜第1段階＞： $2\text{m}^3/\text{sec}$ 放流

- ・ 全面結氷しているため、一番リスクが高い状況である。この段階は $2\text{m}^3/\text{sec}$ 放流を行い、放流水が下流まで到達することによって、“水みち”を作ることを目標とする。

＜第2段階＞： $4\text{m}^3/\text{sec}$ 放流

- ・ 氷板下の晶氷を安全に流下させることを目標とする。

＜第3段階＞： $8\text{m}^3/\text{sec}$ 放流

- ・ 氷板の解氷、流下を促し、部分解氷させることを目標とする。

＜第4段階＞： $12\text{m}^3/\text{sec}$ 放流

- ・ 全面解氷を目指す。

＜第5段階＞： $15\text{m}^3/\text{sec}$ 放流

- ・ 消流雪を実施（解氷状態を維持）する。

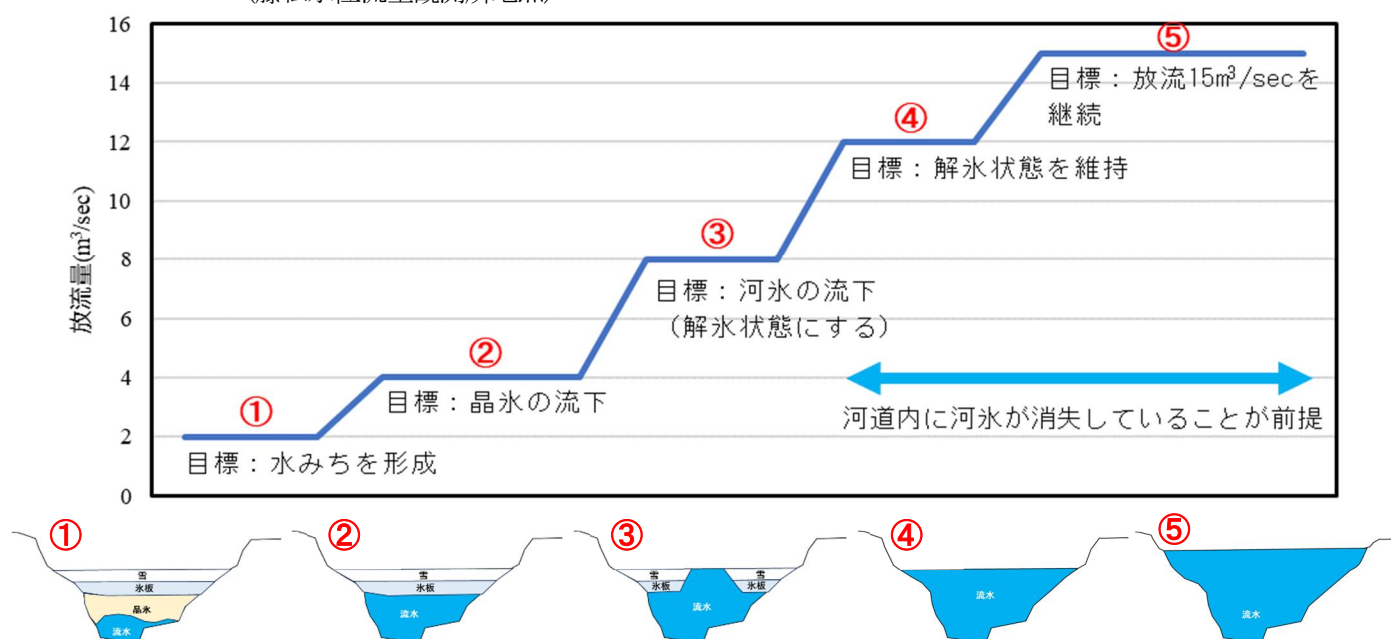


図-5 ダム放流計画

3. ダム放流結果

ダム放流による、ダム放流量と水位観測所の時系列変化を図-6に示す。藤松については、2～4m³/sec放流時に最も水位が上昇するが、4m³/sec放流時の途中から大きく水位が低下した。これは全面解氷したためである。これ以降は放流量の増加に合わせて上昇するがリスクは小さい範囲での変動であった。

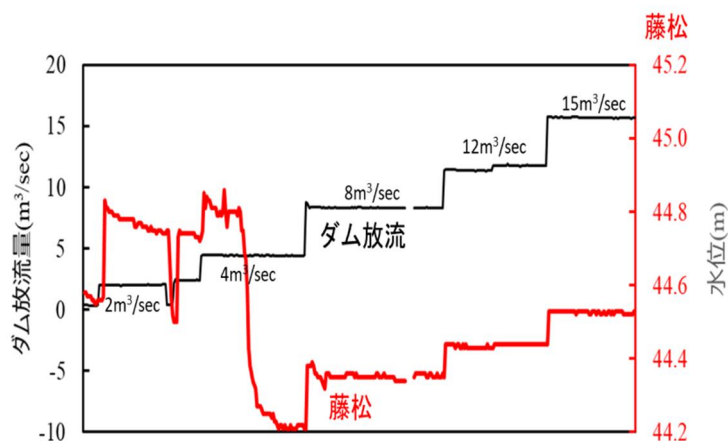


図-6 ダム放流量と水位

図-7は、河川結氷状況の管理図である。実測値は、すべて安全域であったが放流量初期の2～4m³/secのリスクが最も高かった。4m³/sec放流で解氷したため、8m³/sec以降はリスクが低いまま推移した。

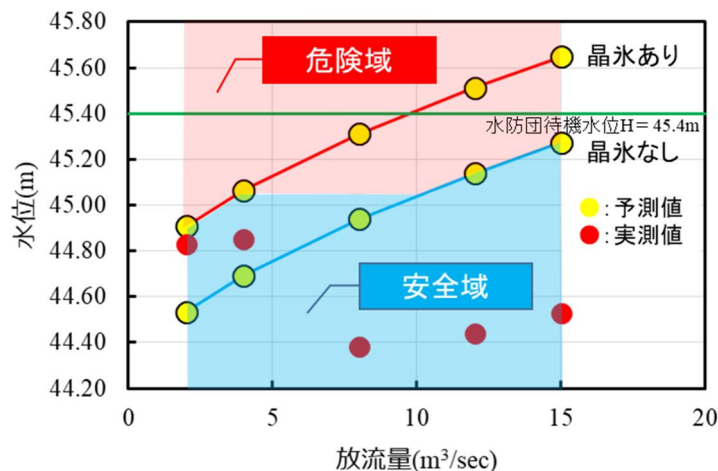


図-7 河川結氷状況管理図

河道のCCTV映像を図-8に示す。藤松では、2m³/sec放流時は雪氷で覆われた状態であった。4m³/sec放流後は、左右岸に氷の薄い箇所が現れだしている。8m³/sec放流後は全面解氷となり、12m³/sec放流では映像は8m³/secと大きな変化はなかった。

①2m³/sec放流



②4m³/sec放流



③8m³/sec放流



④12m³/sec放流

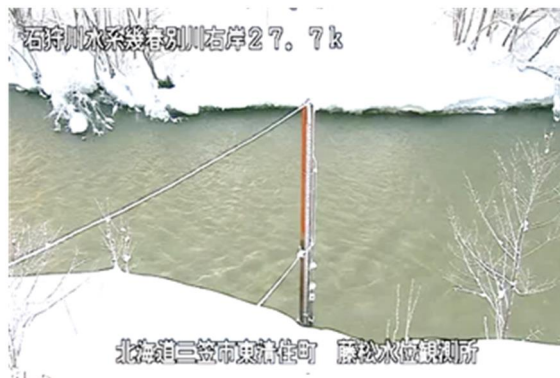


図-8 ダム放流量と河川の状況
(藤松水位流量観測所CCTV)

4. 考察 ～効果的な運用に向けて～

(1) 簡易的な予測手法

2箇所 の水位観測所で、実測の河水断面から有効水深（流水層）を出し、等流計算によって放流量と予測水位のH-Q曲線を算出した。また、ダム放流の目的に応じて、晶氷流下前後のH-Q曲線を作成し、実践的なリスク管理を行うことができた。本手法は単断面での予測であり、必要なパラメータは対象観測所の河水横断データと水位データのみで極めて簡易的な手法といえる。しかしながら、ダム等の人為的な放流による水位予測は妥当性があり、緊急的なリスク管理には有効と考えられる。なお、発生したアイスジャムの再現計算などは吉川ら¹⁾の一次元河水変動計算での検証が望ましい。

(2) モニタリング方法

アイスジャムのモニタリングには、リアルタイムの水位情報が最も重要である。幾春別川には上流の藤松、下流の西川向と、その中間にダム水位観測所である市来知があり、配置バランスがよく、既往観測所を有効に使うことができた。

結氷河川でのダム放流では、河水の状況をリアルタイムで把握することが重要である。幾春別川では、プリセットで川を写しているCCTVがダム直下から西川向までで15台あり、リアルタイムの静止画を河川情報Webで閲覧できる。夜間でも高感度で閲覧可能なところが多いため今後もモニタリングとして活用可能である。ただし、必ずしもアイスジャムリスクのある地点に配備されているとは限らないため、今回は、寒地土木研究所の指導を受けて、清橋橋上流の砂州・湾曲部に通信式トレイルカメラを設置した。

(3) アイスジャムリスクの判断基準

最もリスクが高かったのは、結氷後初めの $2\text{m}^3/\text{sec}$ 放流であった。ここは、ほとんど水が流れていないところに“水みち”を作るのが目的で放流するため、河水で断面が閉塞しているとアイスジャムが発生しやすい。藤松、西川向では水位が 0.2m 以上一気に上昇したが、その後、水位の上がり方が止まったため、“水みち”形成ができたと判断した。

$4\text{m}^3/\text{sec}$ 放流時も、放流直後は急な水位上昇がみられたが、その後止まり、藤松では河道の解氷が進んだことで水位が一気に低下した。西川向でも、水位上昇が止まり、

低下傾向になったことで、晶氷流下の目的は達成できたと判断した。

$8\text{m}^3/\text{sec}$ 以降は藤松では、CCTVで確認できる通り、河水全体が解氷しており、リスクは完全に消失した状態になった。

結氷時のダム放流を段階的に行う手法としては、前川ら²⁾が、平成26年3月に桂沢ダムで、5、10、15、 $23.5\text{m}^3/\text{sec}$ の段階的ダム放流を実施しており、その際は $15\text{m}^3/\text{sec}$ 放流で全面解氷し、今回と同じ結果を示している。

5. まとめ

既往の研究及び調査の成果である結氷時及び非結氷時の二つのH-Q式を用いて河川結氷状況管理図を作成することで、実際の河川流量と河川水位から河川の結氷状況を予測しながら放流量を調節する手法の開発を行った。そのことで、ダムからの放流による水位上昇により解氷させた河水を下流で閉塞させることなく安全に流下させ、無事に消流雪用水導水施設による排雪を可能とすることができた。本手法は、他河川においても結氷時及び非結氷時の二つのH-Q式を構築することで適応が可能であることから、冬期におけるダム放流の一助となれば幸いである。

6. 謝辞

本対応にあたって、技術的助言を頂いた国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地水圏研究グループ寒地河川チーム、ならびに観測・監視にご助力いただいた株式会社福田水文センターには感謝の意を表します。

今回得られた知見は、令和6年度中に本運用予定である新桂沢ダムの放流管理に資する目的で、ダム管理支所、および電源開発株式会社と認識を共有しております。

参考文献

- 1) 吉川泰弘・阿部孝章・渡邊康玄・伊藤丹：1次元混合氷径河水変動計算モデルの開発とアイスジャムの再現計算、土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70，No.4，pp.I_679-I_684，2014.
- 2) 前川信也・長田仁・村瀬竜也：ダム放流による結氷河川の解氷事例について-新桂沢ダム新取水放流設備の事前放流，第58回北海道開発技術研究発表会論文，2014.