

豪雪地帯におけるダムの環境影響評価と 保全措置検討の工夫点

Points to consider for environmental impact assessment and
conservation measures for dams in heavy snowfall areas

研究第三部 主任研究員 宮川 健
研究第三部 次長 大杉 奉功
研究第三部 次長 岩城 安英
研究第三部 長 金澤 裕勝

日本海側の豪雪地帯の特徴として、融雪時の流量が多く夏季水温が低いこと、また融雪時の地滑りによる斜面崩壊も多いという特徴が挙げられる。豪雪地帯に位置する庄川水系利賀川で建設が進められている利賀ダムにおける環境影響評価及び保全措置の検討において、このような特徴を考慮し、ダム建設後の水温及びダム下流河川の物理環境変化について予測検討を行った結果を報告する。水温予測の結果、夏季から秋季にかけて温水放流の影響が懸念されたが、環境保全措置として、より低い位置から取水することにより影響が軽減される結果となった。これにより、一般的なダムで設置される選択取水設備が必要ないことが明らかとなった。ダム下流河川の物理環境については、利賀ダム建設後は、ダム下流への砂礫の供給は、残流域のみからとなるが、既に既存のダム群により土砂の供給がかなり遮断されており、現況と比較するとダム建設後の砂礫の供給量は80%程度であるため、土砂供給条件の変化は小さいものと考えられた。さらに、利賀ダム川の河床状況を確認すると、昭和18年に竣工した既設のダムの直下は河床材料の粗粒化もみられなかった。これは、利賀川は豪雪地帯に位置するとともに急峻な地形であり、斜面崩壊も多く小規模な支川や支沢により河床へ多くの土砂が供給されていると考えられることから、利賀ダム建設後もこれらの土砂供給により下流河川の粗粒化は生じにくいと考えられた。

キーワード：ダム、環境影響評価、選択取水設備、土砂供給

The water quality after the construction of the dam and the physical environment of the river downstream of the dam will be reported among the results of the environmental impact assessment and conservation measures for the Toga Dam, which is under construction in the Shogawa River system.

As a result of the water quality forecast, there was concern about the impact of hot water discharge from summer to autumn, so it was predicted that the impact would be mitigated by taking water from a lower position as an environmental conservation measure. As a result, there is no need for selective water intake equipment installed in general dams.

On the other hand, regarding the physical environment of the river downstream of the dam, after the construction of the Toga dam, the supply of gravel from the upstream of the dam site will disappear and the supply will be from only the residual basin. Compared to the current situation, the amount of gravel supplied after the dam was constructed was about 80%, so it was considered that the change in sediment supply conditions was small. Furthermore, when the riverbed condition of the Toga Dam River was confirmed, no coarse graining of the riverbed material was observed directly under the existing dam completed in 1943. This is because the Toga River has a steep topography, and it is thought that a large amount of sediment is supplied to the riverbed by tributaries and small tributaries. Therefore, even after the construction of the Toga Dam, coarse grains are supplied by the sediment supply from these streams. It was thought that conversion was unlikely to occur.

Key words : Dam, Environmental impact assessment, Selective water intake equipment, Sediment supply

1. はじめに

利賀ダムは、庄川の右支川である利賀川において、

河口より約40km、庄川合流点より8kmの位置に建設が進められている多目的ダムである。ダムサイトの地形は谷幅が狭く、左右両岸ともに急傾斜のV字谷の様

相を呈しており、ダムに適した地形になっている（利賀ダム工事事務所,2020）。

庄川流域は、日本海側の豪雪地帯に位置し、梅雨・台風・冬期の降雪と、年間を通じて降水量が豊富であり、水源として流域で広く利用されている。利賀川においても既に3つのダムが建設されており、関西電力利賀ダム（通称「豆谷ダム」以降「豆谷ダム」と称す）と関西電力千束ダムは電力ダムであり、利賀川ダムは富山県が管理する洪水調節及び発電を目的としたダムである。

近年、環境に対する国民の関心の高まりにともない、環境影響評価法に基づく環境影響評価だけでなく、同法が適用されない事業においても環境影響に対する適切な対応が必要とされている。環境影響の検討及びその対策については、事業地域の環境の状況や事業内容等を踏まえ適切に実施するとともに、十分な説明責任を果たすことが求められている。利賀ダムにおいても、平成2年から「環境影響評価実施要綱」（昭和59年閣議決定）に基づく調査、平成12年から環境影響評価法に準じた調査が実施されている。その後、平成16年に「利賀ダム環境検討委員会」が設置され、指導、助言を受けつつ調査が継続されている。調査で得られた情報に基づき、事業実施区域周辺における環境要素が整理され、事業の特色を反映した影響要因を設定、令和2年度に環境影響評価及び環境保全措置の検討結果がとりまとめられた。

日本海側の豪雪地帯の特徴として、融雪時の流量が多く夏季水温が低いこと、また融雪時の地滑りによる斜面崩壊も多いという特徴が挙げられる。庄川水系利賀川で建設が進められている利賀ダムは、このような自然的特徴を持つ豪雪地帯に位置しており、環境影響評価及び保全措置の検討のうち、このような豪雪地帯の特徴を考慮して行ったダム建設後の水温及びダム下流河川の物理環境変化について予測検討結果を紹介する。

2. ダム建設後における水温水質への影響

ダムサイト地点の年平均流量(H5～H30)は3.96m³/sで4月から5月の融雪期に流量が増加する(図-1)。

また、ダムサイト付近の水温は、年平均11.6℃で夏季でも25℃を超えず、冬季は0℃近くになるように比較的低い水温である。平成2年から平成30年までの利賀川の水質調査結果によると、ダムサイト付近の水素イオン濃度(pH)は平均7.6(6.2～9.1)、溶存酸素量(DO)は平均10.6mg/L(6.7～13.8mg/L)、浮遊物質(SS)は13mg/L(0～639mg/L)、生物化学的酸素要求量(BOD)の75%値は0.5mg/L(0.1～1.6mg/L)、

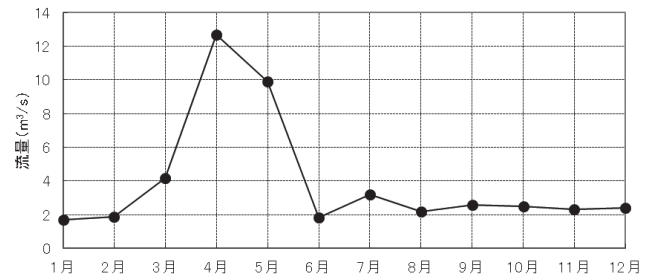


図-1 利賀川の月平均流量 (ダムサイト地点)

全窒素(T-N)は平均0.37mg/L(0.05～1.58mg/L)、全リン(T-P)は平均0.022mg/L(0.003～0.435mg/L)で、環境基準でみると河川AA類型をおおむね満たすように清らかな水質である。()内は観測値の範囲)

ダム建設後における水質への影響については、土砂による水の濁り(SS)、水温、富栄養化(クロロフィルa、COD、BOD、T-N、T-P)、溶存酸素量(DO)を予測項目に設定し、鉛直二次元モデルにより貯水池水質を予測した。水質予測モデルの適用範囲の模式図を図-2に示す。

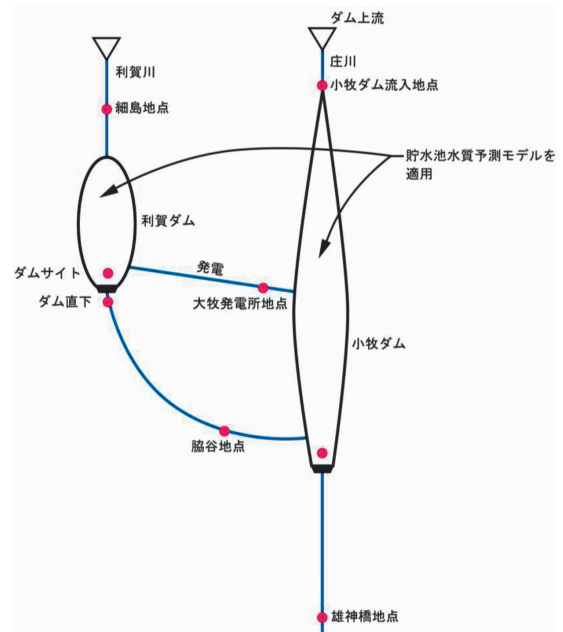


図-2 貯水池水質予測モデルの適用範囲の模式図

貯水池予測計算に係る諸条件を表-1に示す。予測期間は、規模の大きな出水や渇水年を含む、昭和49年から昭和58年の流況を想定した。この期間には、昭和36年から平成28年までの56ヶ年で最大規模の出水が発生した昭和51年、大規模出水が発生した昭和49年及び利賀ダムの貯水位が最低水位まで低下する昭和52、53年が含まれる。流入水温は、ダムサイト地点の水温定期観測データを用いて、ダムサイト地点の3日移動平均気温と流入水温の関係式を作成し、融雪期については3日移動平均気温と流量を説明変数とする重回帰分析により流入水温を設定した。流入水質

表-1 利賀ダム貯水池水質予測モデルの予測条件

項目	内容
予測期間	予測の対象期間は流況等を考慮して昭和49年～58年の10ヶ年とした。
貯水池運用 ・流入量、放流量、貯水位	流入量及び放流量は、利水計算結果を用いた。ただし、出水時については実績データをもとに時刻流量を与えた。
貯水池形状	H-V 曲線図、平面図をもとに、各コントロールポリューム(縦断方向200m、鉛直方向1mピッチ)を算定した。
流入水質 ・水温 ・SS ・水質(COD、N、P、DO)	下島地点における定期的水質調査、出水時の水質調査結果より、水質濃度とダム流入量との回帰式(C-Q式)を用いて与えた。流入水温は気温-3日移動平均気温の関係式を用いて与えた。
放流条件	発電放流設備(最大 9.7m ³ /s、取水口中心 E.L.392.0m、敷高 E.L.391.4m) 常用洪水吐(最大 340m ³ /s、敷高 E.L.411m)
気象データ ・気温 ・日射量 ・湿度 ・雲量 ・風速	気温は気象庁砺波地域気象観測所及びダムサイト地点の観測値をもとに設定した。湿度は気象庁富山地方気象台及び千束ダム地点の観測値を用いた。風速、日射量及び雲量は気象庁富山地方気象台の観測値を用いた。
モデル基礎式及びパラメータ	モデル基礎式は、検証時に用いたものと同様とした。(水温、SS、富栄養化、DOに関する事項) モデルパラメータは、検証時に用いたものとした。

は定期水質調査及び出水期調査のデータから、比流量と比負荷量の関係式(L-Q式)から比流量と水質の関係式(C-Q式)を作成し適用した。

水質予測ケースは、現在計画されている放流設備を考慮して、「表層取水」(ケース1)と「最低水位位置での取水」(ケース2)を設定した。また、環境保全措置の検討は、予測結果によって表-2のような方針で検討するものとした。

表-2 貯水池水質予測結果による環境保全措置の検討方針

		ケース1(表層取水)	
		影響あり	影響なし
ケース2(最低水位取水)	影響あり	【ケースA】 表層取水の影響を低減するためには、選択取水設備の設置が必要である。そのため、選択取水設備の運用を中心とした環境保全措置となる。	【ケースB】 表層取水では影響がないので、選択取水設備は、通常の表層取水設備に変更を行う。その上で、温水放流の低減、濁水の早期排出を中心とした環境保全措置となる。
	影響なし	【ケースC】 建設後は、最低水位の取水で影響なくダム運用が行えるので、選択取水設備を設置する必要がなくなる。そのため、通常は最低水位より取水し、温水放流の低減、濁水の早期排出を中心とした環境保全措置となる。	建設後は、表層取水、最低水位取水で影響なくダム運用が行えるので、選択取水設備を設置する必要がなくなり、対応の内容はケースBまたは、ケースCと同じである。

ケースAでは、利賀ダムの建設により冷水放流、温水放流が懸念されるので、選択取水設備により、放流水温を10ヶ年の水温変動幅におさめる運用を行った上で、濁水の早期排出にも留意した検討を行うものとした。ケースBでは、通常の取水は表層取水より行い、温水放流の低減や出水時の濁水の早期排出を想定した底部取水口の運用を行うものとした。ケースCでは通常の取水は最低水位より行い、ケースBと同様に、温水放流の低減や出水時の濁水の早期排出を想定した底部取水口の運用を行う。また、最低水位以下の放流位

置の可能性を検討するものとした。

予測の結果、ダム建設後の水温は、ケース1及びケース2ともダム建設前と比べ主に夏季から秋季にかけて放流水温が上昇し、年平均で64日の温水放流が発生(S52年は73日)すると予測されたため、環境への影響が懸念された。

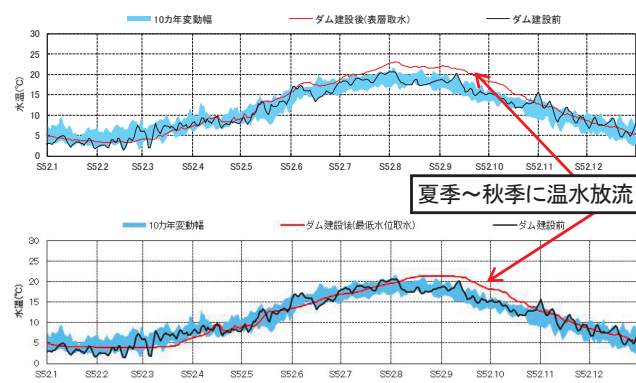


図-1 ダム直下地点における水温予測結果
(上：ケース1、下：ケース2)

土砂による水の濁りの予測の結果、ケース1及びケース2ともSSは、ほとんどの期間でダム建設前のSSを下回る予測結果となった。ただし、10年に1回程度の大規模な出水(S51)の後に、建設前を上回るSSが発生すると予測されたが、濁水長期化日数は、10日程度で、かつ環境基準25mg/L以下を満たす範囲であるため、環境への影響は小さいと考えられる。

富栄養化に関する項目の予測の結果、ケース1及びケース2ともダム表層のクロロフィルa及びT-P(全リン)は、OECDの富栄養化基準によると中栄養に相当し、富栄養化段階に該当しないと予測された。富栄養化関連項目の10ヶ年平均値はダム建設前の値と比較して変化は小さく、富栄養化にも該当しないので、環境への影響は小さいと予測された。

ダム貯水池の表層のDOは、ケース1及びケース2ともダム建設前の値と比較して変化は小さく、ほとんどの期間で環境基準値を上回っているため、環境への影響は小さいと予測された。

以上を整理すると、多くの項目で影響は小さいと判断したものの、水温については、夏季から秋季にかけて温水放流の影響が懸念された。

これらの結果を踏まえて、環境保全措置の検討に際し、ダム下流の生物への影響について検証した。検証にあたっては、水温による生息への影響に関する知見のある魚類を対象とした。ダムサイト付近より下流に生息する種としては、アブラハヤ、ウグイ、カマツカ、ニジマス、ニッコウイワナ、カワヨシノボリ、ヨシノボリ属が確認されており、このうち温水放流の影響が

想定されるのは、冷水魚であるニッコウイワナである。ニッコウイワナの産卵時期は9月から11月であり、温水放流がみられるが、ケース2（最低水位取水）では、その最高水温は年間を通じた現況の水温より大きく上回らないため、ニッコウイワナの生息には大きな影響がないと考えられた。また、現況より水温が高くなることにより、産卵時期や孵化期間への影響が懸念される。しかし、ダム下流の調査の結果、ダム放流水の影響を受ける利賀川ではニッコウイワナの産卵場所はなく、有識者の意見を踏まえると利賀川に流入する小さな支川や沢が産卵場所であると推測された。以上より、ダム建設後は現況より夏季から秋季にかけて温水放流が発生すると予測される。しかし影響評価においては、以下の点を考慮する必要があると考えられた。

- ・小牧ダムに流入した時点でその影響はほぼなくなるため、その影響は限定的である。
 - ・ダム下流河川に生息する魚類への影響は極めて小さいと予測される。
 - ・固定の取水設備とすることで、選択取水設備より、ダム運用面、コスト面で有利である。
 - ・水温影響の観点からは、最低水位取水の方が、表層取水よりも温水放流の期間が短く、やや低めの水温を放流することができる。
 - ・最低水位取水の場合においても冷水放流は春先の一時期に限定される。
 - ・出水時の濁水の早期排出の観点からは、最低水位取水は表層より下に流入した濁質を排出できるため、表層取水よりは、最低水位取水の方が有利である。
- 以上のことから、選択取水設備は必ずしも必要でなく、また表層取水と最低水位取水を比較した場合は、水温、濁りについて、最低水位取水の方が有利であると考えられた。

そこで、環境保全措置の検討は、通常の取水位置を発電取水位置まで下げ、底部取水口を活用することにより、夏季から秋季の水温上昇の影響を低減し、発電位置からの放流水温と底部取水口からの放流水温を混合することにより、放流水温の低下を図る方針とした。環境保全措置を実施した場合の予測の結果、ダム直下流地点では、環境保全措置を実施することで、秋季の温水放流は概ね10カ年の水温変動幅に抑えられると予測された（図-4）。また、温水放流の各年の平均発生日数は、保全措置を実施しない場合の64日/年に比べ、保全措置を実施する場合は20日/年に減少すると予測され、環境保全措置の効果が期待できた（表-3）。

以上のことより、豪雪地帯に位置する利賀ダムにおいては、底部取水による温水放流の対策が十分機能す

るため、一般的なダムで設置される選択取水設備が必要ないことが明らかとなった。

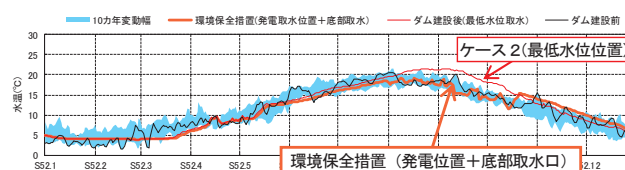


図-4 ダム直下地点における水温予測結果（発電位置+底部取水口）

表-3 水温予測結果総括（ダム直下）

	ダム建設前	ダム建設後		
		ケース1（表層取水）	ケース2（最低水位位置）	環境保全措置（発電位置+底部取水口）
平均水温	11.2℃	12.3℃	11.7℃	11.2℃
水温変動	1.4～21.6℃	3.0～23.2℃	3.0～22.1℃	3.0～21.6℃
温水放流日数	—	平均 95 日	平均 64 日	平均 20 日
最大水温差	—	2.4℃	2.9℃	1.7℃
冷水放流日数	—	平均 1 日	平均 14 日	平均 22 日
最大冷水差	—	1.9℃	1.6℃	2.0℃

※数値は予測期間の10カ年の値

3. ダム下流河川の物理環境への影響

下流物理環境変化の影響検討は、現況の河道の特性を分析し、ダム建設後の流況等を考慮し、将来の河道の特性を予測するものである。

下流物理環境に係る調査は、平成19年に実施し、年月が経っていることから平成30年に河床材料の分布状況の確認を行った。

利賀ダムの位置する河川や流域の特性としては、利賀ダムが計画されている利賀川は、庄川の小牧付近において合流する右支川であり、利賀ダムは、庄川合流点から上流約8kmに建設が予定されている。なお、庄川との合流点は小牧ダムの貯水池となっている。また、ダム建設地下流は急峻な谷地形で両岸からの崩壊が激しく、大きな支川の流入はみられない。一方、利賀ダム建設予定地上流には、関西電力の豆谷ダムと千束ダム、富山県所管の利賀川ダムが存在している。

利賀ダム下流の河床は、庄川合流点付近や河床勾配が緩やかなところに分布する2～20mmの粒径集団と、全川的に分布する20～100mmの粒径集団、河床勾配が急なところに分布する100～300mmの粒径集団の河床材料で主に構成されている。

図-5に平均年最大流量相当と既往最大流量相当で動く粒径を、ダム供用前・建設後で河川縦断方向に示す。利賀ダム建設予定地下流に分布する河床材料は、ダム建設前後とも平均年最大流量規模の出水で動く粒径で構成されており、ダム供用による影響は小さいと予測された。

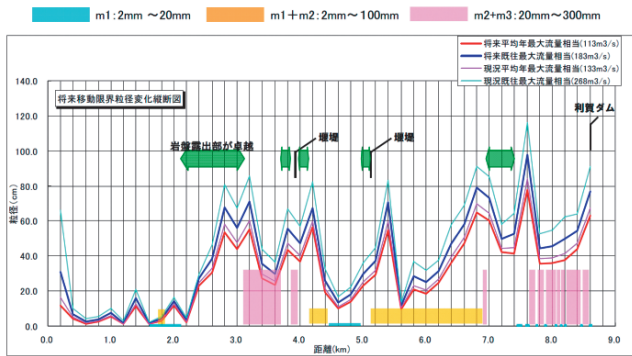


図-5 年最大流量規模等の流量で動く可能性のある粒径

図-6は、砂礫の供給量を流域面積比で示した図で、上流ダム群がない場合を左、現況を真ん中、利賀ダム建設後を右に示している。利賀川ダム建設後は、ダムサイト上流からの砂礫の供給が無くなり、残流域のみから供給となるが、既存のダムにより土砂の供給がかなり遮断されており、現況と比較するとダム建設後の砂礫の供給量は80%程度であるため、土砂供給条件の変化は小さいものと考えられる。

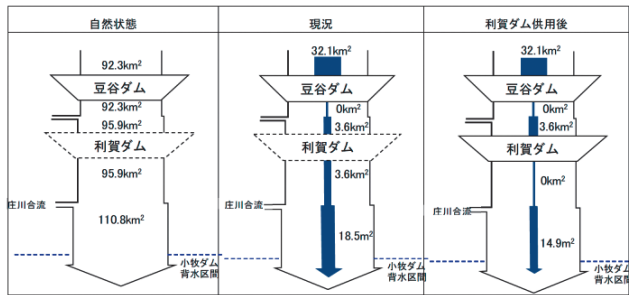


図-6 砂の動態変化図(流域面積比)

さらに、利賀ダム川の河床状況を確認すると、既設の豆谷ダムは昭和18年に竣工しているが、ダム直下であるにも関わらず、その直下では土砂が左右岸の沢筋より供給され、河床材料の粗粒化もみられない(写真-1)。また、利賀川の利賀ダム建設予定地より下流は特に急峻な地形であり、小規模な支川や支沢、また斜面崩壊により河床へ多くの土砂が供給されているこ



写真-1 豆谷ダム直下の河床の状況

とから、ダム建設後もこれら沢からの土砂供給により粗粒化は生じにくいと考えられる。

以上まとめると、利賀ダムは上流に3つのダムが存在し、既に土砂供給が減少していること、現況の河床の土砂は左右岸の沢等から供給されていると考えられることから、下流物理環境の変化は小さいと予測された。

これらのことより、利賀ダム建設後もダム下流河川の粗粒化は生じにくいと考えられた。

4. おわりに

多くのダムでは下流河川への水質の影響を軽減するために選択取水設備を設置し、冷温水放流や濁水長期化を防ぐ運用を環境保全措置で実施している。

しかし、利賀ダムでは水温以外の影響は軽微であったことから、取水位置を低くすることで、温水放流を緩和できると予測され、近年のダムで当たり前に設置される選択取水設備が必要ない結果となった。これは、気温が低く富栄養化が予測されないこと、上流の発電ダムにより水の濁りが緩和されていると考えられること、すなわち豪雪地帯ゆえの地理的・環境的条件により、ダム建設後の水質への影響に対する保全措置が特徴的な結果となったと考えられる。

また、下流河川はすでに存在する発電用ダムにより上流河川からの土砂供給が減少していることと、急峻な地形でおそらく融雪時に侵食された沢筋の土砂が現況河床に供給されていると考えられること、すなわち豪雪地帯という地理的・環境的な地域特性により、ダム建設後のダム下流河川の物理環境への影響が小さくなったと考えられる。

豪雪地帯に位置するダムの下流河川の影響評価や保全対策の検討にあたっては、本報告を踏まえた検討が進められることを期待したい。

謝辞

本報告をとりまとめるにあたり、とりまとめの機会をいただくとともに、指導・助言をいただいた国土交通省北陸地方整備局利賀ダム工事事務所の皆様、その他関係機関の皆様に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- ・利賀ダム工事事務所. 利賀ダム建設事業の概要. <https://www.hrr.mlit.go.jp/toga/gaiyou/index.html>. (参照2020-10-05)
- ・全国積雪寒冷地帯振興協議会. 豪雪地帯及び特別豪雪地帯指定図. <http://www.sekkankyo.org/zenkoku.htm> (参照2020-10-05)