

2年連続となる一庫ダム冬季渇水への対応

川上 貴宏¹・内藤 信二²

¹水資源機構 関西・吉野川支社 淀川本部 施設管理課 (〒540-0005 大阪府大阪市中央区上町A番12号)

²水資源機構 一庫ダム管理所 所長代理 (〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松4-1) .

一庫ダムがある猪名川流域では、令和2年度は12月21日から、令和3年度は2月17日より取水制限が開始され、2年連続の冬季渇水となった。2箇年とも段階的に取水制限が20%に強化され、特に令和2年度は取水制限期間が106日間に達し、管理開始以降3位の長さとなった。

渇水期間中、一庫ダムでは水道事業者等に貯水池情報を適宜提供したほか、きめ細やかな低水管理操作や年度途中での利水基準点のH-Q曲線の見直し等、関係者との連携により貯水量を温存させた。さらに、令和3年度は前年の経験を活かし、淀川水系渇水対応タイムラインに基づく自主節水を水道事業者と緊密に連携することで、早期に実現させ、取水制限開始時期を3ヶ月程度先延ばしすることができた。

本稿ではこれらの渇水対応について報告する。

キーワード 冬季渇水、取水制限、確保流量、自主節水、渇水対応タイムライン

1. 令和2年・令和3年冬季渇水の概況

令和2年・3年ともにダム流域の年間降水量は平年値1,505mmを上回ったものの、時期に偏りが見られ、各年とも夏季に集中的に降雨が観測された一方、8月又は9月以降少雨傾向となり、秋季～冬季の雨量が平年の約0.7倍と非常に少なく、これが2年連続の冬季渇水の原因となった。

ダム下流で必要量を安定して取水するためには、一定の河川水量を維持する必要があるため、少雨により河川流量が減少した場合、一庫ダムから不足分を補給するため、貯水量が減少していく。図-1に主な渇水年の一庫ダム貯水水位を示す。降雨による一時的な貯水量回復はあるものの、令和2年は8月以降、令和3年は10月以降、利水補給が続き、冬季に貯水率が30%（洪水期換算60%）を下回った。

令和2年度は12月21日10時から農業用水・水道用水ともに取水制限10%を開始、同日に一庫ダム渇水対策本部を設置した。取水制限は平成26年以来6年ぶり、冬季に取水制限が実施されたのは平成14～15年以来であり（写真-1）、翌年1月8日には取水制限20%に強化された。その後、1月23日に貯水率20.9%と底を打った後は、取水制限の効果と、その後の周期的な降雨によって貯水量が回復し、4月5日に取水制限は解除された。取水制限期間は、令和2年度は106日間、令和3年度は96日間に達し、それぞれ管理開始以降3番目、4番目の長さとなった。



写真-1 貯水率21.3%の一庫ダム（令和3年1月21日）

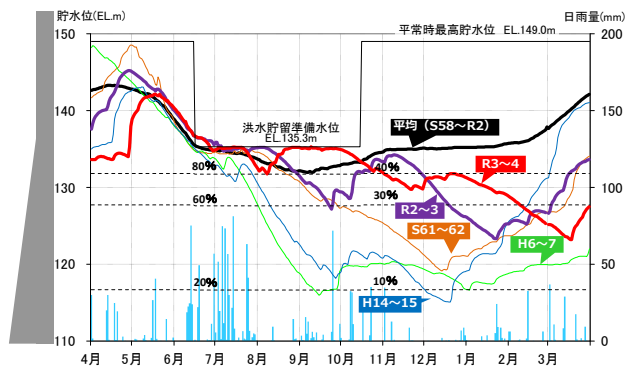


図-1 主な渇水年の一庫ダム貯水位曲線
（日雨量は令和2年度）

2. 一庫ダムの低水管理の特徴

(1) 一庫ダムの利水

一庫ダムは、阪神都市圏を抱える都市型ダムであり、兵庫県（尼崎市・西宮市・伊丹市・宝塚市・川西市・猪名川町の5市1町）、池田市、川西市、豊能町（大阪広域水道企業団）の水道用水として供給されている（図-2）。また、一庫ダムの不特定用水の補給は、既得農業用水に加えて、既得の水道用水（川西市、池田市、伊丹市、豊中市）の補給も行っており、水道用水は新規・既得含めおよそ45万人が一庫ダムの恩恵を受けている。特に、池田市・川西市・猪名川町は一庫ダムへの依存度が80%を超えており（図-3）、過去より渇水を少しでも軽減できるダム運用を行ってきたところである。

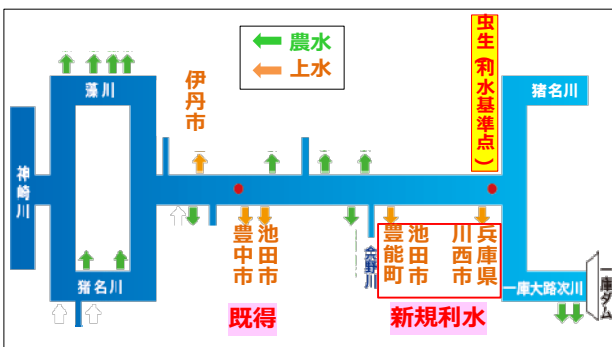


図-2 猪名川流域取水口位置図
(猪名川河川事務所HPより。一部加筆)

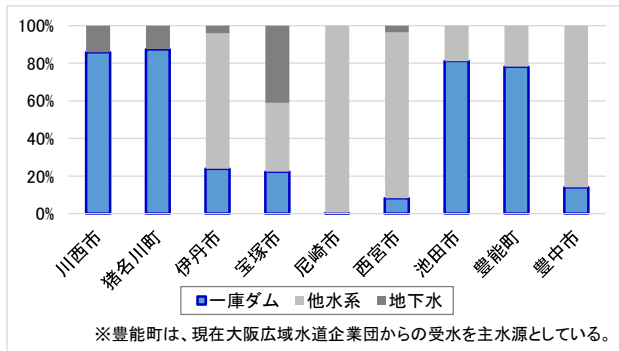


図-3 水道水源の一庫ダムの依存度 (平成28年)

		(m ³ /s)						
虫生地点確保流量 (直近下位水位流量)		2.795 (2.76)	3.125 (2.96)	4.419 (4.26)	3.972 (3.80)	3.244 (3.16)	2.795 (2.76)	
流水の正常な機能の維持		1.100	1.430	2.724	2.277	1.549	1.100	
新規利水	兵庫県	1.117						
	川西市	0.116						
	池田市	0.365						
	豊能町	0.097						
		4/1~ 6/1~ 6/21~ 7/16~ 8/16~ 10/1~						

図-4 利水基準点(虫生)取水計画量(令和2年度)

一庫ダムでは、上記の水利用に対し、下流の利水基準点(虫生地点)にて新規利水と機能維持を加えた水量(確保流量)を満足するよう補給を行う。なお、流水の正常な機能の維持のための確保量は、期別変化があり、新規利水の確保量は一定として合計した水量が確保量となる(図-4)。

虫生地点の確保流量のうち、新規利水の開発水量は最大2.5 m³/sである。令和2年度の新規利水分は1.695 m³/sであり、農業用水等を加えた2.795 m³/sが取水制限前(令和2年12月時点)の確保流量である。

(2) 利水基準点の確保量を満足させる操作

通常時の基本運用としては、ダム下流の利水基準点(虫生地点)の流量を24時間365日常時監視し、確保量を下回ったら補給量を増、上がったら補給量減という操作を行い、できるだけきめ細やかなダム操作を行っている。基準点の流量は、H-Qより決定されるため、1cm単位の水位変動により、操作を実施することとなる。

また、運用上の確保量は、H-Q式において、直近下位となる水位としている。これは、平成14年渇水を受けて、ダム貯水量を少しでも温存できるように、全利水者及び河川管理者の了解を得て、平成15年度より実施しているものである。

低水管理操作体制について、勤務時間内(平日)は主に低水管理当番職員が対応し、休日夜間はダム職員2名の当番制(管理職1, 一般職員1)にて対応している。

3. 一庫ダムの渇水対応と貯水量温存策

冬季渇水は、夏季のように前線や台風による大雨が望めず、長期にわたり継続することが懸念されたことから、関係機関や利水者と緊密な情報共有を図るとともに、少しでも貯水量を温存させる方策を検討し、実行した。

本章では令和2年度の事例を紹介する。

(1) 関係機関、利水者との渇水調整

貯水率が40%(洪水期換算80%)を下回った11月29日以降、ダム所長より利水者幹部(水道事業管理者、部長級)に適宜情報提供を行った。その時点で、取水制限前に少しでも貯水量の温存を図るべく、水道事業者が自主節水の調整に乗りだしたものの、日程的に困難であり実施できなかった。

並行して、河川管理者より猪名川渇水調整協議会開催に向けた調整がなされた。事務局である猪名川河川事務所による水道事業者への聞き取りで、一部団体から貯水量温存のために第1次取水制限を制限率20%で開始して欲しいとの意見があったが、調整の結果、貯水率の低下に応じて段階的に強化していくことで10%制限から開始

することとなった。

また、協議会にて20%制限の開始時期も明記されたが、その間に降雨があり貯水量の減少が緩やかになったため、事務局から取水制限20%の開始延期の意見聴取を行ったところ、今後の貯水位回復の見込みが立たないことから、貯水量の温存のために、当初予定通りに取水制限20%を開始すべきとの意見が多く寄せられ、延期の調整は実施しないこととなった。特に、一庫ダムの水道依存度が高い2市1町からは、少しでも長くダムの水量を確保して欲しいという切実な声が聞かれた。

(2) 取水制限の基礎となる水量の精査

取水制限を行うにあたり、水道用水（新規，既得）に関しては、各取水団体の11月1日～12月20日の最高取水実績（日）を採用し、2,484 m³/s（計分量との差△0.311 m³/s）を「基礎となる水量」と定め、その水量から10%及び20%の制限をかけている（図-5）。つまり、取水制限10%、20%時の取水制限前からの削減水量は、計分量に対しそれぞれ18.4%、28.9%に達し、貯水量温存効果が格段に高まることとなった。本方式と取水制限が計分量ベースで行われた場合の貯水量を比較した結果、取水制限が解除された4月5日時点で2,381千m³（利水容量の8.9%）の温存効果があったと試算された。

(3) きめ細かな低水管理操作

利水基準点の確保水量を満足させるため、令和2年8月から令和3年4月5日の取水制限解除までの間に計345回（前年の1.7倍）の補給操作を行うなど、きめ細やかなダム操作に努めた。この間のダムからの補給日数は159日に及び、総補給量（図-6の薄い色部分）は京セラドーム大阪12杯分に相当する14,356千m³に達した。

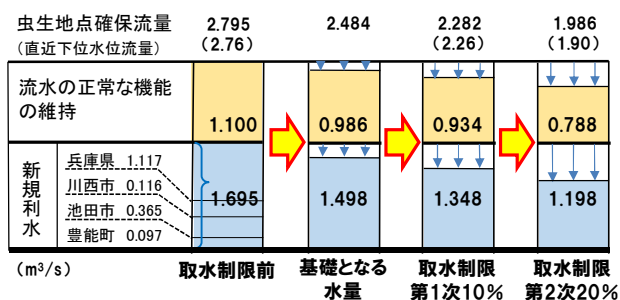


図-5 取水制限時の確保流量

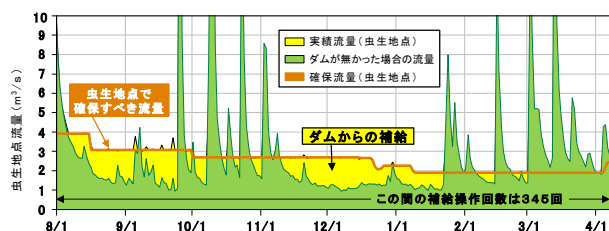


図-6 利水基準点の河川流量とダムからの補給状況

(4) 利水基準点（虫生地点）のH-Q式見直し

令和2年11月中旬以降、同様の流況であった前年よりも貯水位の下がり方が急であったため、流域流況データを整理分析したところ、ダム流入量は前年と同程度であることから、虫生地点のH-Qの誤差の可能性が考えられた。この状況を水位局を管理している河川管理者に速やかに伝えて協議を行い、年度途中ではあるが、12月15日にH-Q式の変更を行った。その結果、0.3 m³/s程度の補給量低減効果が認められ、その分ダム放流量が少なくなり、取水制限期間中の貯水量温存量は1,564千m³（利水容量の5.8%）と試算された。

4. 異常渇水への備え

(1) 補助取水ゲート

一庫ダムは、異常渇水時にも堆砂容量内に貯まった水の取水が可能となるよう最低水位（EL.108.0m）より低標高部のEL.92.0mに補助取水ゲートを設置している。渇水が長期化・深刻化する事態に備え、確実な開閉操作ができるよう、危機管理対応訓練の一環として毎年操作訓練を実施している。また、操作訓練前にはダム貯水池の堆砂測量時にマルチビーム測深機を用いて補助取水ゲート付近の状況調査を行い、沈木等の異物がないことを確認することとしている（図-7）。

(2) 補助取水ゲート試験放流時の水質監視

補助取水ゲートからの放流訓練は、循環期である冬季に実施しているが、ダムの底部に貯まった水であることから、貯留水の循環混合の程度によっては、貯水池底層の濁水等による下流河川の魚類等への影響が懸念される。令和2年度は、事前に補助取水ゲート付近で採水し、健康項目や鉄・マンガン等の水質項目、2-MIB、ジオスミンといったカビ臭物質濃度に問題ないことを確認し、放流試験を行った。



図-7 マルチビーム測深機による計測

5. 広報活動

取水制限の実施においては、市民生活に直ちに重大な影響が及ぶものではないことから、統一的な節水キャンペーンは実施せず、各取水者の判断により行うこととされた。一庫ダムでは、ダムの役割を理解していただく貴重な機会と捉え、積極的なツイッターへの投稿や、職員手作りのバーチャルダム見学のYouTube動画にダムの利水の役割と渇水情報を盛り込み、自治体やケーブルテレビ等に情報提供して拡散に努めた。また、今回の渇水の振り返り動画(図-8)は、情報の鮮度を重視し取水制限解除から2週間で作成し公開した。これらの動画は関係利水者や報道関係者からも「説明が分かりやすい」「メッセージ性のあるシナリオが良い」等大変好評であった。



図-8 渇水対応をとりまとめたYouTube動画 (QRコードは動画へのリンク)

6. 令和2年渇水の反省と改善点

令和2年の冬季渇水は、一庫ダムでの久しぶりの渇水だったこともあり、慣れない渇水対応の中、できる限り先手を打って貯水量の温存につながるような対応をしてきた。渇水期間中、関係利水者への迅速な情報提供やきめ細やかな放流操作を行うことで、大きな問題なく渇水を乗り切ることができた。これらの取り組みが評価され、ダムファンの投票で選定される2021年ダムアワードの低水管理賞を受賞した。

一方で、利水者間の自主節水が間に合わなかったことや、利水基準点のH-Q見直し調整に難航したこと等、事前準備が不足していた部分もあった。これらの反省を踏まえ、令和3年度に改善した事項を以下に示す。

(1) 渇水対応タイムラインに基づく対応

令和3年4月に試行運用を開始した「淀川水系渇水対応タイムライン」において、貯水率80%（非洪水期40%）を下回った段階で自主節水を行っている状況と明記された(図-9)。令和2年は貯水率40%（非洪水期）を下回ってから情報提供や水道事業者間調整が行われたが、タイムラインでは時機を逸していたことになる。この反省

非洪水期貯水率	洪水期貯水率	状況
▽40%	▽80%	渇水発生前
貯水率が低下傾向にあり、 水利用を自主的に制限している状況 ▽30%	▽60%	自主節水期
貯水率の低下が進行し、 段階的に水利用の制限を強化している状況 ▽10%	▽20%	渇水調整期

図-9 渇水対応タイムライン (一部抜粋)

を踏まえ、令和3年も8月上旬及び10月下旬に貯水率が低下傾向にあったことから、タイムラインに則り早くから関係利水者に働きかけたことで調整が進み、それぞれ貯水率80%（10月は40%）の段階で自主節水が実現した。

令和23年の渇水の経験を踏まえ、今後、渇水が懸念された場合には、速やかな自主節水を行うため、令和4年3月に、猪名川流域の水道事業管理者と一庫ダム間で自主節水期の手続き等を明確化した「渇水対応タイムラインに係る自主節水期対応に関する覚書」を締結した。

(2) 利水基準点のH-Qに関する協議ルール整備

虫生地点での1cm単位の水位から補給量を算出するため、低水部分、特に2~5 m³/sのH-Q精度が非常に重要となるが、自然河床であるため、出水等により断面形状が変化しやすく、式と実況に乖離が生じることがある。H-Q式に疑義を感じた場合は、河川管理者と一庫ダムとで速やかに流観データを共有し精査するルールを令和2年12月に整備した。令和3年は8月上旬及び10月下旬の2回、現況と比較し補給量が多いと感じたため河川管理者と調整を図った結果、それぞれ2日で暫定H-Q式に見直すことができ、早期の無効放流回避につながった。

今回の自主節水とH-Q精査により、貯水率30%に達する時期を3ヶ月弱延期する効果があったと試算された。

7. おわりに

近年、気候変動等の影響により、異常降雨や異常渇水といった極端現象の顕在化が懸念されている。相反する現象に対し、限りある洪水調節容量や利水容量を効率的に活用するために、関係者間の連携強化や地域が一体となった対応がますます重要となってくる。今回の2年連続の渇水対応においても、早め早めの情報共有が結果的に貯水量温存につながった。猪名川水系の取水制限を伴う渇水は5年に1回程度であるため、経験した職員の異動により対応に困らないよう今回の渇水で得た知見をとりまとめきちんと引き継いでいくとともに、関係機関と日頃から良好な関係を構築することで、渇水に限らず早期の問題共有、対応が可能になると考える。