

早明浦ダムにおける選択取水設備の運用

(独) 水資源機構池田総合管理所早明浦ダム・高知分水管理所 津田 守正
(独) 水資源機構池田総合管理所早明浦ダム・高知分水管理所 小谷口雅義
(独) 水資源機構池田総合管理所早明浦ダム・高知分水管理所 博井 涼太

早明浦ダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持、新規用水の供給、発電の目的をもつ多目的ダムである。昭和50年4月の管理開始以降、出水による貯水池内の濁水長期化現象や急激な貯水位低下に伴う冷水放流が課題となり、その対策の一つとして、平成11年3月に取水設備を表面取水設備から選択取水設備に改造するとともに、同設備の効果的な運用を行うために「早明浦ダム選択取水設備操作に関する検討会」を設立して、各種検討及び選択取水設備の運用を実施してきた。本稿では、平成28年、29年の夏渇水における対応、利水放流管による放流時の対応など、選択取水設備および貯水池運用状況について報告する。

キーワード 早明浦ダム、吉野川、貯水池運用、選択取水設備、温水温存放流操作

1. はじめに

早明浦ダムは、昭和50年4月に管理を開始した堤高106m、堤頂長400m、総貯水容量3億1600万 m^3 の重力式コンクリートダムである。洪水調節、流水の正常な機能維持、四国四県への新規用水供給を行うとともに発電を行う、吉野川総合開発の中核をなす多目的ダムである。

早明浦ダムの放流設備は、図-1に示すクレストゲート、利水放流管、選択取水設備から構成される。通常下流への利水補給は選択取水設備から取水した水を、発電施設を通してダム下流へ放流している。

早明浦ダムは、管理開始以降、洪水による貯水池の濁水長期化及び急激な貯水位の低下による冷水放流が問題となってきた。そのため、表層の清水を取水していた表面取水設備を、平成11年3月に選択取水設備として改造を行い運用している。選択取水設備は貯水位表層の4m下からEL.285mまでの範囲で取水することができる。

平成11年には、学識経験者及びダム下流関係機関から構成される「早明浦ダム選択取水設備操作に関する検討会（委員長：三井宏徳島大学名誉教授）」が設置され、運用方法についての議論がなされてきた。その中で主に洪水時の濁水の軽減を図るための操作（高濁度放流操作）や、貯水池中層から取水することで、極力貯水池の温水を温存する操作（温水温存放流操作）が議論された。温水温存放流操作は平成25年5月より本格運用が開始されている。

早明浦ダムの利水運用は、下流の池田ダム地点を基準とし、池田ダム地点の流量が不足する場合に早明浦ダム

から利水補給を行っている。かんがい期（5月21日～10月10日）には、池田ダム地点の確保水量が増加するため、降雨等の状況により自然河川流量が減少した場合、早明浦ダムからの補給量が増加し、これにより利水貯水量は減少し、貯水位が急激に低下する。

平成28年、平成29年にはダム下流地点の取水等に対し必要な河川流量を確保するために相応の水量をダムから補給を行ったことにより、ダム貯水位が低下し、取水制限が課された。この期間中にも、冷水放流や貯水位低下による濁水の発生を防止するよう選択取水設備の運用を行った。

また、平成28年11月から平成29年4月まで、発電設備及び選択取水設備の長期間の点検・整備に伴う利水放流管による放流時に、放流水から異臭が確認される事態が生じ、種々の対応を講じた。平成29年度の利水放流管放流時には、平成28年の状況を踏まえて事前の水質調査などの十分な対応を講じた。

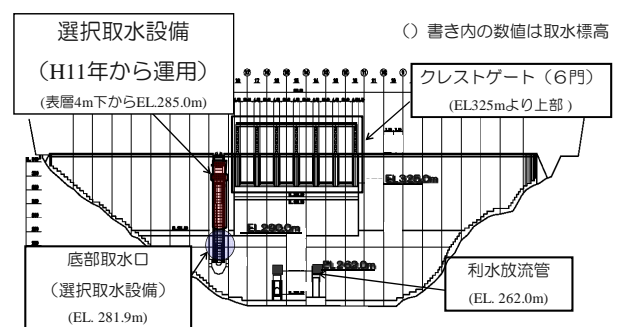


図-1 早明浦ダムの放流設備

2. 選択取水設備の運用方法

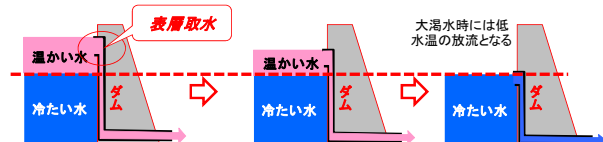
選択取水設備の基本的な運用は「温水温存放流操作」と呼ばれる操作であるが、出水があった場合には状況に応じ「高濁度放流操作」と呼ばれる操作を行う。なお、取水にかかる操作は共同事業者であり早明浦発電所を管理する電源開発株式会社が実施している。

温水温存放流操作の概念を図-2に示す。この操作は、表層取水により温水を常に放流するのではなく、下流河川環境等に影響を与えないよう、放流濁度5度以下、放流水温が旬ごとに定められた下流河川における目標放流水温以上となるよう取水深を調節し、表層付近の温水を温存し、水温躍層の位置を下げる操作である。この操作により、温水層が拡大されることから、少雨等により貯水位が低下した場合にも、冷水放流を行う時期を遅らせることができる。

温水温存放流により温水層を拡大させることは、出水後の放流濁度の軽減にも有効と考えられている。図-3に示すように、温水層が拡大された場合、濁水の流入標高が下がり貯水池内で濁質が分散し希釈される。また、目標放流水温の範囲内で取水可能な範囲が広くなり、濁度の高い層を避けるように取水位置を選択する操作が容易となる。

高濁度放流操作とは、一定規模の出水があった場合に貯水池内に流入する濁水を、下流河川の濁度が上昇しているタイミングで放流することで、貯水池内の濁度を低下させ、濁水放流長期化軽減を図る操作である。

＜常に表層取水をした場合＞



＜温水温存操作をした場合＞

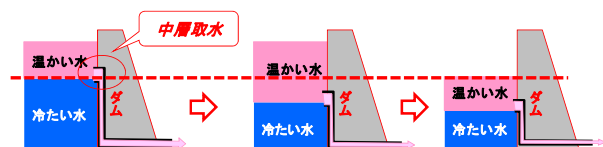


図-2 温水温存放流操作の概念

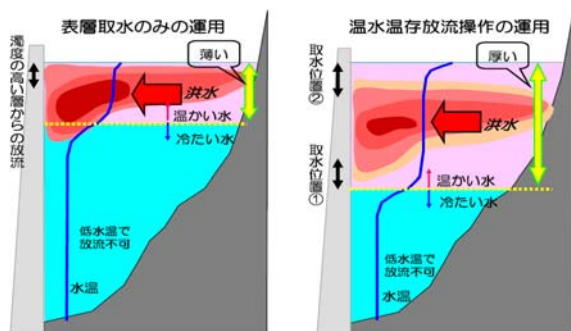


図-3 温水温存操作による放流濁度軽減効果概念図

3. 近年の選択取水設備等の運用

(1) 平成28年、平成29年の夏渇水

平成28年および平成29年の利水貯水率の推移を図-4で示す。平成28年は、7月及び8月の降水量が少なく、下流地点の必要量を確保するため、ダムから相応量の補給を行ったことにより、貯水率は9月4日には33.4%まで低下した。その後、9月上旬からの前線の活動による降雨と台風の影響により利水貯水率は上昇し、9月21日に取水制限は全面解除となった。平成29年は6月以降の降水量が少なく、相応量の補給を行った結果、利水貯水率は9月17日に35.5%まで低下した。

平成28年の貯水池内水温・濁度とダム上下流河川水温、濁度の推移を図-5から図-7に示し、平成29年について、図-8から図-10に示す。

平成28年は夏渇水に伴う著しい貯水位低下に伴い、図-5に示すように温水温存操作で拡大されていた温水層は徐々に減少した。このため、8月中旬には、目標放流水温を若干下回る水温の放流となった(図-7)。また、8月下旬から9月上旬にかけて、貯水位低下に伴い貯水池上流付近では、堆砂面が出現し、流水による底泥の浸食や温水層の縮小により、ダム地点での濁度が上昇した(図-6)。これより、通常よりも高濁度の放流となった(図-7)が、事前に貯水池状況を周辺関係機関と密に情報共有、運用ルールに従い水温優先操作を行う事の確認等により、大きな問題には至らなかった。

一方で、平成29年は図-8に見られるように、貯水位が低下した9月の段階においても、平成28年と比べて温水層が温存されていた。このため、下流目標放流水温を下回る放流は発生しなかった。また、台風18号による出水において、ダム直上流での濁度が上昇した(図-9)際にも、温水層の拡大による希釈効果により、一時的に通常よりも高い濁度の放流となったが、1週間を越えるような濁水長期化現象には至らなかった(図-10)。これは、選択取水設備による温水温存が、冷水放流の回避、下流放流濁度の低減に役立った例であると考えられる。

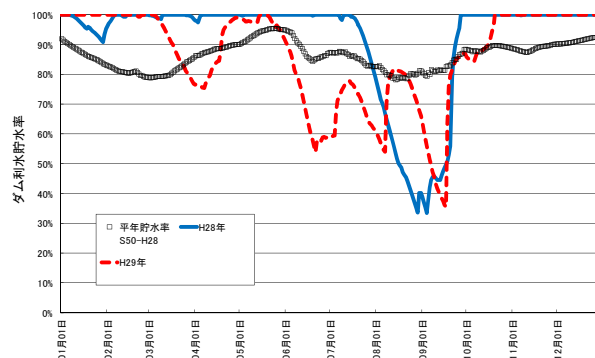


図-4 利水貯水率の推移（平成28、29年度）

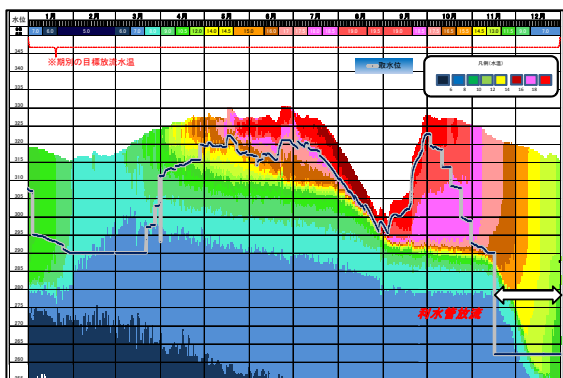


図-5 早明浦ダム貯水池水温変化 (H28)

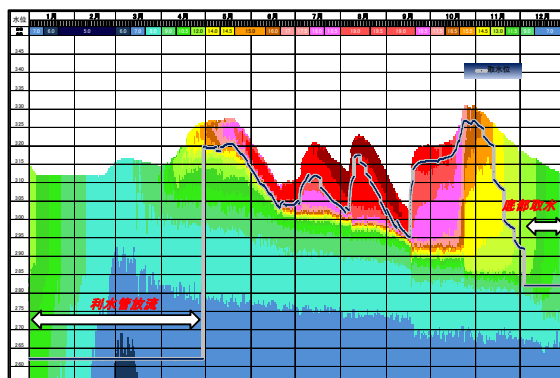


図-8 早明浦ダム貯水池水温変化 (H29)

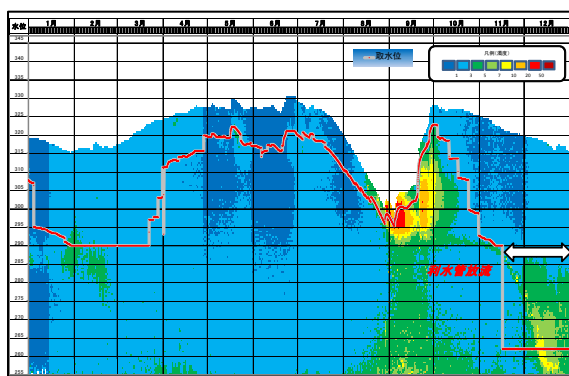


図-6 早明浦ダム貯水池濁度変化 (H28)

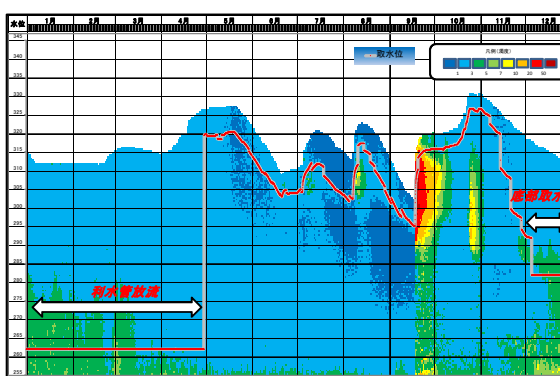


図-9 早明浦ダム貯水池濁度変化 (H29)

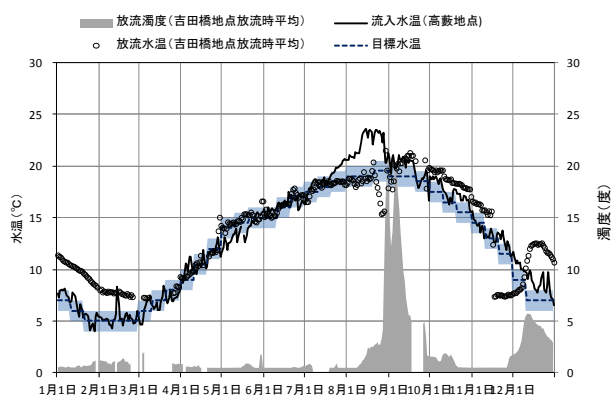


図-7 ダム上下流河川水温・濁度 (H28)

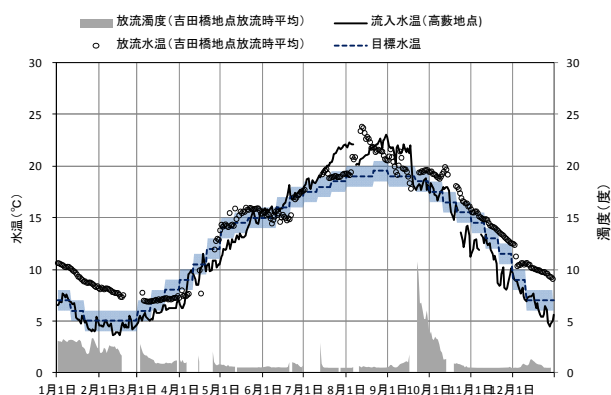


図-10 ダム下流地点濁度 (H29)

(2) 利水放流管放流時における事象

a) 平成28年度の対応状況

平成28年11月から平成29年4月にかけて、発電設備及び選択取水設備の長期間の点検・整備に伴ない選択取水設備が使用できず、利水放流管による放流を行った。利水放流管の取水位置はEL262mであり、選択取水設備による取水位置（表層4m下からEL285mまで）よりも20m以上低い。放流水温の低下が想定されたため、半年以上前より関係機関及び下流河川利用者に対して事前協議を行ったうえで実施した。

しかし、11月16日の利水管放流開始後に、ダム下流において放流水からの異臭が確認された。異臭確認後には、直ちに臨時調査として、異臭が確認された範囲の特定及び貯水池内・下流河川の水質調査を行うとともに、関係機関への情報提供を行った。また、異臭が確認されたダムサイトから下流約2kmの範囲を、職員が休日を問わず巡視するとともに、水質自動観測設備による貯水池水温鉛直分布データの監視、専門業者による臭気調査、硫化水素濃度調査、貯水池・下流河川の定期的な水質調査及びダム貯水池内の採水臭気調査を行った。

ダム貯水池内の採水臭気調査結果より利水放流管標高よりも低部の水で臭気が確認された。この事象の原因の

一つとして、平成28年度においては、貯水池内が循環していない時期に低層の水を放流した事があげられる。早明浦ダムにおける過去5年間の貯水池内の低層部溶存酸素（DO）濃度の推移を図-11に示す。例年は、気温及び流入水温の上昇する夏季から秋季頃にかけて水温躍層が形成されて、低層部DOの低下が見られるものの、その後、気温及び流入水温の低下する冬季にかけて貯水池内で循環が生じ、低層部DOの回復が見られる。

一方で平成28年は冬場の気温が高かったこともあり、9月頃から12月にかけて、低層部DO濃度が低い状態で、長期間継続していた。そのような状況下で冬場の循環が遅れ、貧酸素の低層部で底質中から硫化物の溶出が起これ、それらを含む低層の水を利水放流管から放流し、早明浦ダムの下流地域で異臭が発生したと考えられる。

b) 平成29年度の対応状況

平成29年度には、選択取水設備の整備および発電設備の点検に伴ない、11月から2月下旬にかけて選択取水設備の底部取水（El.281.9m）、2月下旬には利水管放流を実施した。

平成28年度の事象を踏まえて、事前の臭気調査を入念に行った。図-12にダム地点のDO濃度の鉛直分布を示す。平成28年と平成29年の11月を比べると、平成29年は利水放流管設置標高付近のDO濃度が高い。また、利水管放流の直前の平成30年2月においては、貯水池の循環により全層においてDO濃度が高くなっていた。

また、貯水池内から採水した水の臭気を確認した結果を図-13に示す。平成29年は12月の調査において、最深部でかすかな臭いが確認されたものの、それ以外の部分では臭気は確認されなかった。

このような事前調査の結果、利水管放流を実施しても臭気は発生しないと判断し、平成30年2月下旬から3月にかけて利水管放流を行った。放流開始後は下流河川の巡視を行い、臭気等の異常がないことを確認した。

4. さらなる適切な管理操作に向けて

早明浦ダム選択取水設備は、「早明浦ダム選択取水設備操作に関する検討会」の議論に基づき、平成25年より下流河川の冷水放流対策、放流濁度軽減策のための温水温存操作を運用してきている。この操作により平成28年度、平成29年度の夏渇水による貯水位低下時においても、冷水放流や貯水池濁度上昇時の濁水放流が軽減され、温水温存放流が効果を発揮したと推察される。

今後も温水温存放流操作を実施しつつデータ収集を継続し、運用効果の検証を行うとともに、さらなる適切な運用策を検討したいと考える。また、各種観測データ及び調査結果をもとに、必要な情報は関係機関と情報共有を行い、適切な運用を続けていく。

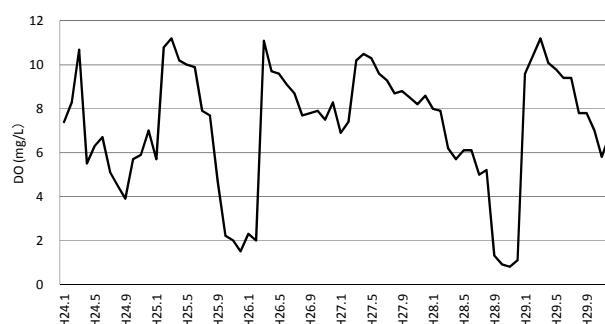


図-11 底層部溶存酸素濃度の推移

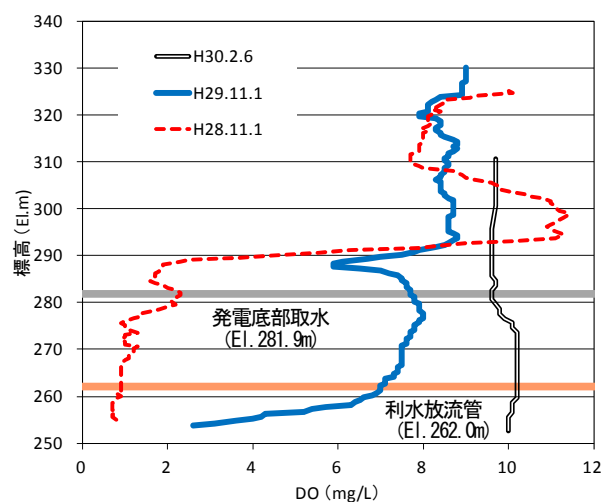


図-12 溶存酸素濃度の鉛直分布

| | H28.11.22 | H29.11.1 | H29.12.1 | H30.1.9 | H30.2.6 | H30.2.16 | H30.2.7 |
|----------|-----------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|
| El. 290m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 285m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 282m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 280m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 275m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 270m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 265m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 262m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 260m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 255m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 252m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |
| El. 250m | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし | 臭いなし |

図-13 貯水池内の臭気調査状況

利水放流管は発電設備及び選択取水設備の定期的な整備や突発的な故障時に使用する場合がある。定期水質調査においては、特に低層部のDO測定結果を注視するとともに、水温躍層形成後、貯水池の水が十分に循環する前には、臭気調査等の詳細な調査を実施し、利水管放流を実施する前に状況を把握したうえで運用を行う。

参考文献

- 1) 早明浦ダム選択取水設備操作に関する検討会：第12回早明浦ダム選択取水設備操作に関する検討会資料、2013年