

選択取水施設を擁する大津呂ダム（福井県おおい町）における 貯水管理の妥当性検証

松 井 明
辻 川 茂 明

目 次

- I. はじめに
- II. 調査方法
 - 1. 調査地
 - 2. 調査方法
- III. 調査結果
 - 1. 貯水位および降水量
 - 2. ダム湖回転率
 - 3. 水温および濁質濃度
 - 4. 大津呂川の魚類相
- IV. 考察
 - 1. 現在の運用ルールの妥当性検証
 - 2. 今後の課題
- V. おわりに

要旨

選択取水施設を擁する大津呂ダム（福井県おおい町）において、2016～2017年度の上流河川および下流河川の水温、2014～2017年度の貯水池内の層別水温・濁質濃度を測定・比較した。その結果、貯水池内の水温は10～3月は全層がほぼ同一になった。貯水池内の濁質濃度は一年中各層ともほぼ同一の変化を示した。ダムの影響を受けない10～3月の上・下流河川の水温差の最大値は3.0℃、ダムの影響を受ける4～9月のそれは3.3℃であり大差がないことから、現在の運用ルール（取水深3.0m）は妥当なものと考えられる。今後の課

（松井：京福コンサルタント株式会社 主幹
辻川：福井県嶺南振興局小浜土木事務所 大津呂ダム管理事務所 主任）

題として、ダム管理者は毎日の流入水温を考慮して取水深を選定することが望まれる。

キーワード：選択取水施設，水温，濁質濃度，上流河川，下流河川，貯水池

I. はじめに

ダムは治水・利水施設として社会にとって重要なインフラである。その一方で、河川環境を破壊するという問題が指摘されている。ダム建設が盛んに行われた当初（1970年代）は、ダムから排水される冷水が問題となった。その対策として、低部取水から表層取水に変更された。次に温水が問題となり、現在の主流は選択取水である。選択取水の最大の特長は、取水深を変えることによって望ましい水温を選択し下流に放水することができる点である。

選択取水施設を擁するダムは、供用前に運用ルール（取水深計画）が策定される。運用ルールとは、時期（季節）に応じて取水深を変えることである。なお、運用ルールの作成はダム建設前であることから、シミュレーションにより行われる。

一方、曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル（案）（国土交通省2005）によると、供用後は設定された運用ルールの見直しを行うためにモニタリングすることになっている。具体的には、上流河川、貯水池内および下流河川において水温・濁質濃度を1日1回以上観測する。しかし、供用後に水温・濁質濃度を検証した報告はほとんどない。

大津呂ダム（福井県おおい町）は選択取水施設を擁し、シミュレーションにより運用ルールを策定した。その運用ルールは、5～6月が取水深2.0m、7～8月が取水深4.0m、9～10月が取水深2.0m、11～4月が取水深0.5mである（福井県2012）。大津呂ダムは2012年に供用され6年が経過する。その間、富栄養化が問題となり、表層（水深0.5m）からの取水はできなくなった。それに伴い上述の運用ルールは採用されなくなり、現在は常時水深3.0mから取水されている。

国内で同様に取水の変更を行った例を見ると、奥多摩湖は国内では珍しく、ダム完成後に取水口の位置を切り替えたダム貯水池（選択取水方式）である。ダム下流における冷水対策として中層から放流していたのをやめて表層水の放

流が行われるようになった。そのことにより、主要な富栄養化現象であるクロロフィル a 量が増加した（牧野ほか 2006）。

選択取水設備の運用は、選択取水設備の方式、ダムの規模や形式、流域の水文特性などダムサイトごとに異なる固有の複雑な条件に支配される。その結果、現状では冷水や濁水の放流を避けやすい常時表層取水を行う選択取水設備の運用事例が多くなっている。近年では、濁水、冷水放流問題に加えて、下流河川の生態環境保全の観点から、受熱期以降に表層の温水を放流することによる温水放流問題も認識されるようになっており、今後さらに選択取水設備運用の高度な検討が必要になってくる（矢島ほか 2006）。

本研究では、大津呂ダムにおいて、2016～2017年度の上流河川および下流河川の水温、2014～2017年度の貯水池内の層別水溫・濁質濃度を測定し、3地点の水溫と取水深の関係を考察する。また、大津呂ダム下流河川（大津呂川）の魚類相を把握し、現在の運用ルールが大津呂川の河川生態系に影響を及ぼしていないかどうかを検証する。

II. 調査方法

1. 調査地

大津呂ダム（北緯 $35^{\circ}27'15''$ ，東経 $135^{\circ}37'51''$ ）は2級河川佐分利川水系大津呂川に2012年に竣工された。大津呂川はその源を飯盛山に発し、おおい町本郷で佐分利川に合流する流域面積 4.75km^2 ，流路延長 3.4km の河川である（図1）。

大津呂ダムは堤高が 40.6m ，堤頂高が標高 102.6m ，サーチャージ水位が標高 99.6m ，常時満水位が標高 93.5m ，最低水位が標高 72.6m ，総貯水容量 $485,000\text{m}^3$ ，流域面積 1.58km^2 であり，洪水調節，用水（上水道・農業）の確保および河川環境の保全を兼ねた多目的ダムとして建設された。なお，本ダムはシンダーゲート式を選択取水施設を擁する（表1）。

2. 調査方法

2016年4月から2018年3月までの2年間，上流河川および下流河川のそれぞれ1地点において1時間間隔で水溫を計測した（図1）。水溫の測定は，応用

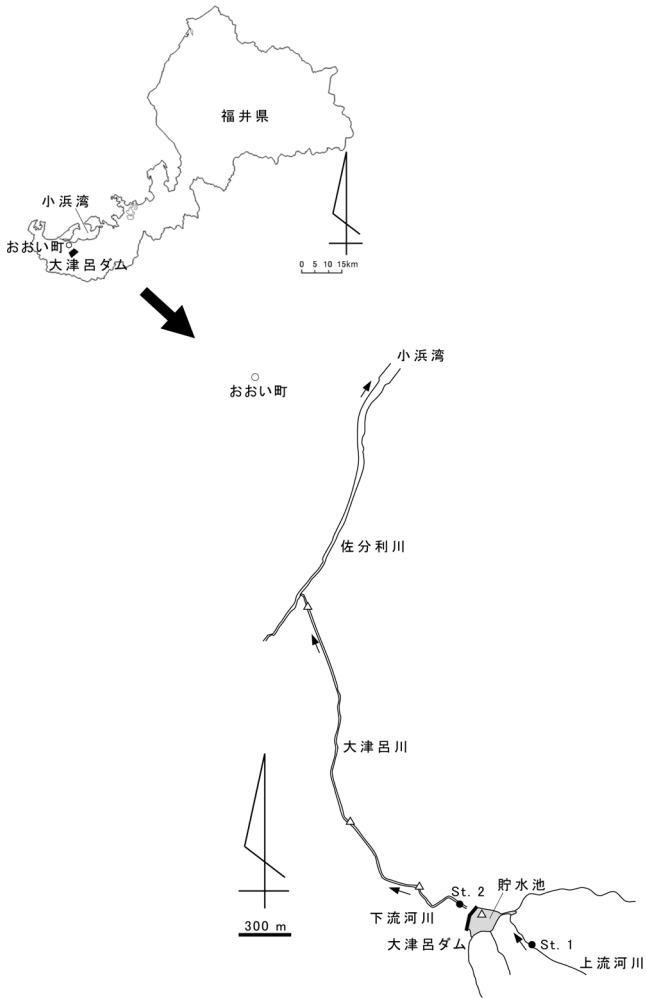


図1 調査地点の位置
St. 1：上流河川の調査地点
St. 2：下流河川の調査地点
△：魚類調査地点

表1 大津呂ダムの諸元

総貯水容量 (m^3)	流域面積 (km^2)	目的	堤高 (m)	湛水面積 (km^2)	竣工 (年)	施設
485,000	1.58	洪水調節 上水道用水 農業用水 河川環境の保全	40.6	0.033	2012	選択取水

地質株式会社製 S&DL mini を用いた。

2014年4月から2018年3月までの4年間、貯水池内では毎日1回（9時）、全層（深度1m間隔）で水温・濁質濃度を計測した（大津呂ダム管理事務所から提供を受けた）。大津呂ダム管理日報から毎日1時間間隔の貯水位（標高, m）、全流入量（ m^3/s ）、全放流量（ m^3/s ）および取水ゲート取水深（m）を収集した。全流入量を総貯水容量で除することによってダム湖回転率を求めた。また、福井県河川・砂防総合情報 HP から大津呂ダムの時間降水量を取得した。

大津呂ダム建設前には大津呂ダム基本設計会議（環境部会）が開催され、ダムが流域の自然環境などに与える影響を勘案するために魚類調査を行った。調査地点は4地点（図1の△）、調査時期は2005年5月16日および8月9～10日である。タモ網、サデ網およびカゴ罟などにより魚類を採捕し、確認魚類を記録した。なお、本調査結果は福井県（2006）によるものである。

Ⅲ. 調査結果

1. 貯水位および降水量

大津呂ダムにおける貯水位および降水量の季節変化（2014～2017年度）を図2に示す。全般に貯水位は春季から夏季に下降し、降水量の増加に伴って上昇した。春季から夏季に貯水位が下降した原因は農業用水として使用されたことによる。なお、2015年度と2016年度は7月に大きな出水が生じ貯水位が上昇したのに対し、2017年度は7月の水位上昇はわずかにとどまり、2014年度は下降する一方であった。

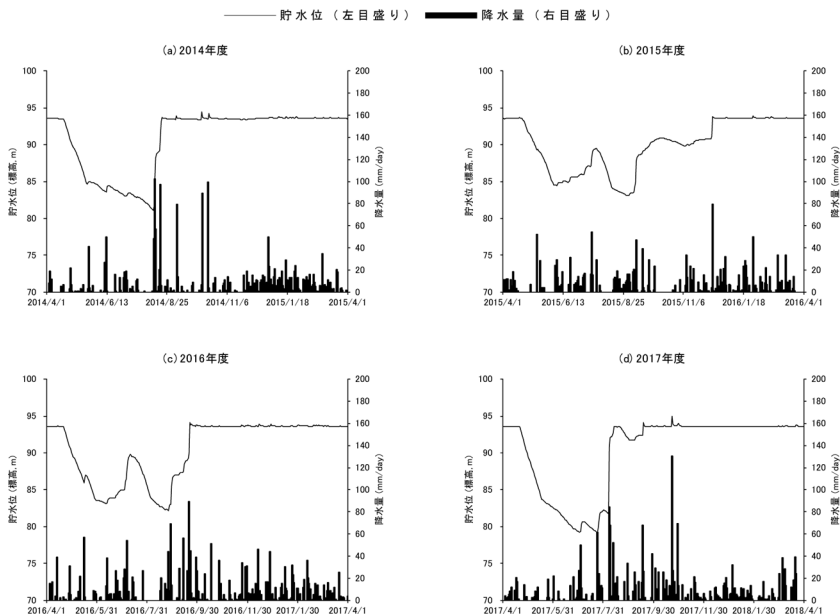


図2 大津呂ダムにおける貯水位および降水量の季節変化 (2014~2017年度)

2. ダム湖回転率

大津呂ダムにおける月平均回転率の季節変化 (2014~2017年度) を図3に示す。全般に4~6月は比較的小さいが、洪水期の8~10月および降雪期の12~3月は比較的大きかった。年回転率は2014年度が4.7回, 2015年度が3.8回, 2016年度が5.6回, 2017年度が5.6回であった。

3. 水温および濁質濃度

上流河川および下流河川における水温の季節変化 (2016~2017年度) を図4に示す。全般に水温は下流河川が上流河川より高かったが、その水温差は夏季に大きくなった。2016年度は1年間取水深が約3.0mであったのに対し, 2017年度は5~6月に約2.0m, それ以外は約3.0mであった。特に下流河川における2017年5月18日の水温上昇, 2017年6月30日の水温低下は上述の水位操作によるものと考えられる。つまり, 取水深の変更に伴って下流河川の水温が変

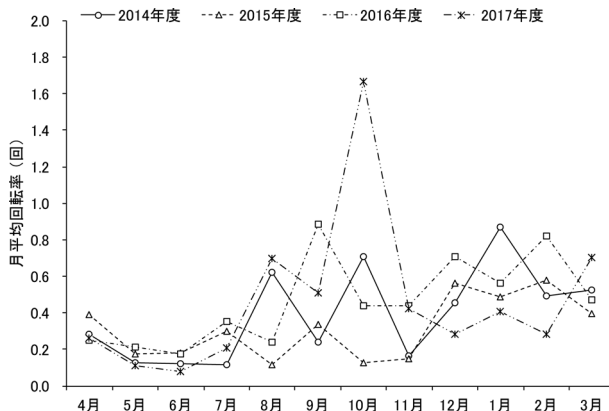


図3 大津呂ダムにおける月平均回転率の季節変化（2014～2017年度）

化した。

大津呂ダムにおける各水深の水温の季節変化（2014～2017年度）を図5および表2に示す。水深は水面から0.5m, 1.0m, 2.0m, 3.0m, 4.0m および5.0mを対象とし, 6.0m以深は水温が著しく低下するため検討対象外とした。全般に4～9月は水深ごとに水温が変化したのに対し, 10～3月は全層がほぼ同一の水温を示した。つまり, 10～3月はどの層から取水しても下流河川の水温に影響を及ぼさない。

大津呂ダムにおける水深0.5m および水深5.0mの水温差の季節変化を図6に示す。各年度とも4～6月の間は水温差が増加した。7月は2014年度および2017年度は引き続き増加したのに対し, 2015年度および2016年度は減少した。一方, 8月は2014年度および2017年度は減少したのに対し, 2015年度および2016年度は増加した。

大津呂ダムにおける各水深の濁質濃度の季節変化（2014～2017年度）を図7に示す。水深は水面から0.5m, 1.0m, 2.0m, 3.0m, 4.0m および5.0mを対象とした。全般に水深による濁質濃度の変化は小さかった。つまり, 一年中どの層から取水しても下流河川の濁質濃度に影響を及ぼさない。

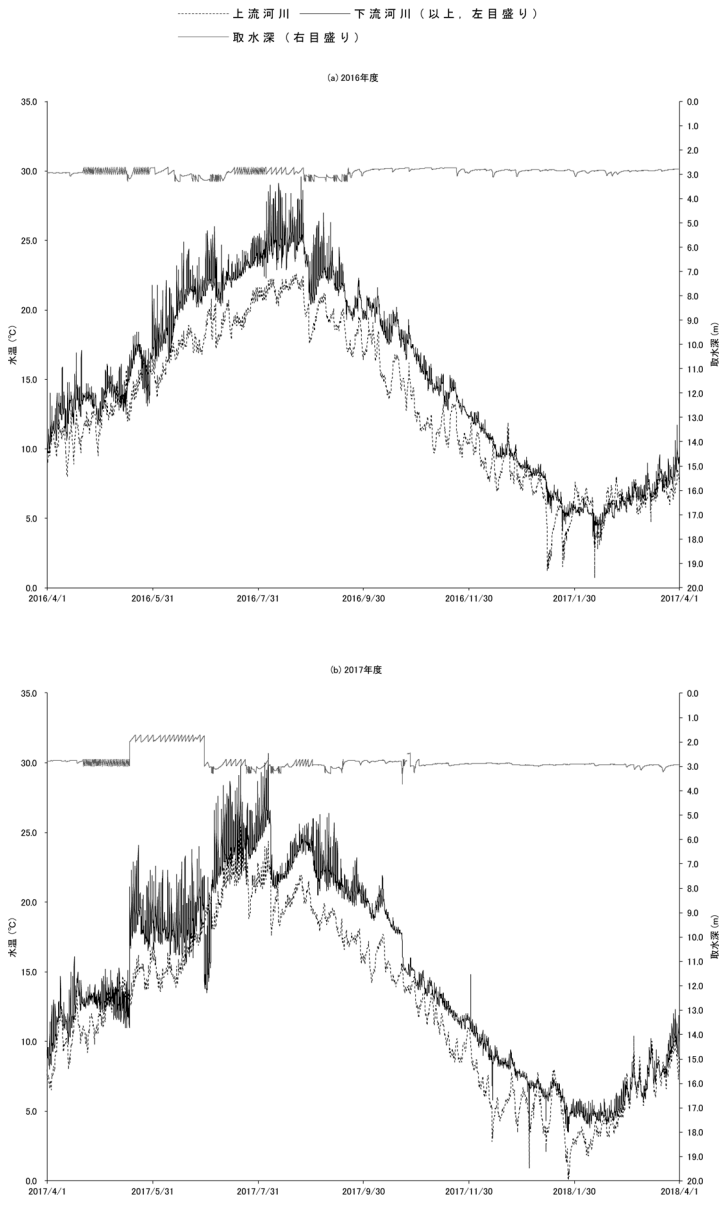


図4 上流河川および下流河川における水温の季節変化 (2016~2017年度)

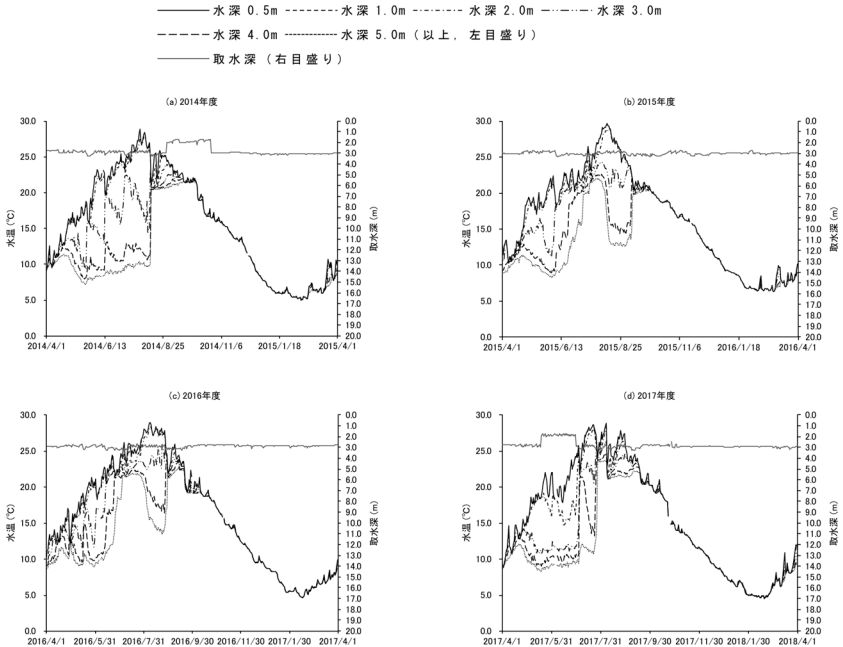


図5 大津呂ダムにおける各水深の水温の季節変化（2014～2017年度）

表2 大津呂ダムにおける各水深の水温の季節変化（2014～2017年度の平均値）
水温差は水深0.5m から水深5.0m を差し引いた。

水深	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
0.5m	12.9℃	18.4℃	21.5℃	25.4℃	26.5℃	22.4℃	18.6℃	14.6℃	10.5℃	7.1℃	5.7℃	7.9℃
1.0m	12.9℃	18.3℃	21.5℃	25.1℃	26.1℃	22.4℃	18.6℃	14.6℃	10.5℃	7.1℃	5.7℃	7.9℃
2.0m	12.7℃	17.5℃	20.0℃	24.2℃	25.5℃	22.2℃	18.6℃	14.6℃	10.5℃	7.1℃	5.7℃	7.8℃
3.0m	12.1℃	13.3℃	16.6℃	21.5℃	22.4℃	21.8℃	18.5℃	14.6℃	10.5℃	7.1℃	5.7℃	7.7℃
4.0m	11.3℃	10.4℃	12.6℃	18.2℃	19.1℃	21.0℃	18.5℃	14.6℃	10.5℃	7.1℃	5.7℃	7.4℃
5.0m	10.4℃	9.1℃	10.1℃	15.9℃	17.5℃	20.5℃	18.4℃	14.6℃	10.5℃	7.1℃	5.6℃	7.3℃
水温差	2.5℃	9.2℃	11.4℃	9.4℃	8.9℃	1.9℃	0.2℃	0.0℃	0.0℃	0.0℃	0.1℃	0.6℃

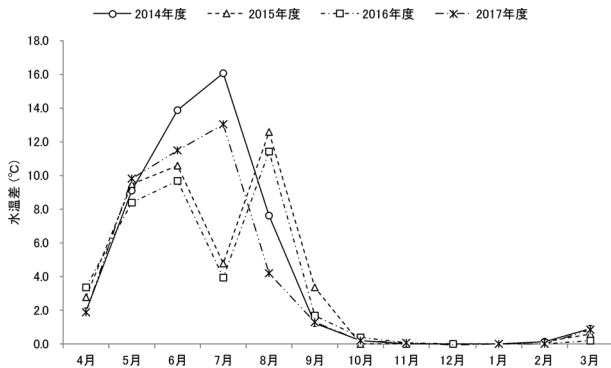


図6 大津呂ダムにおける水深0.5m および水深5.0m の水温差の季節変化 (2014~2017年度)

— 水深 0.5m - - - 水深 1.0m ····· 水深 2.0m - ····· 水深 3.0m
 - - - 水深 4.0m ····· 水深 5.0m (以上, 左目盛り)
 — 取水深 (右目盛り)

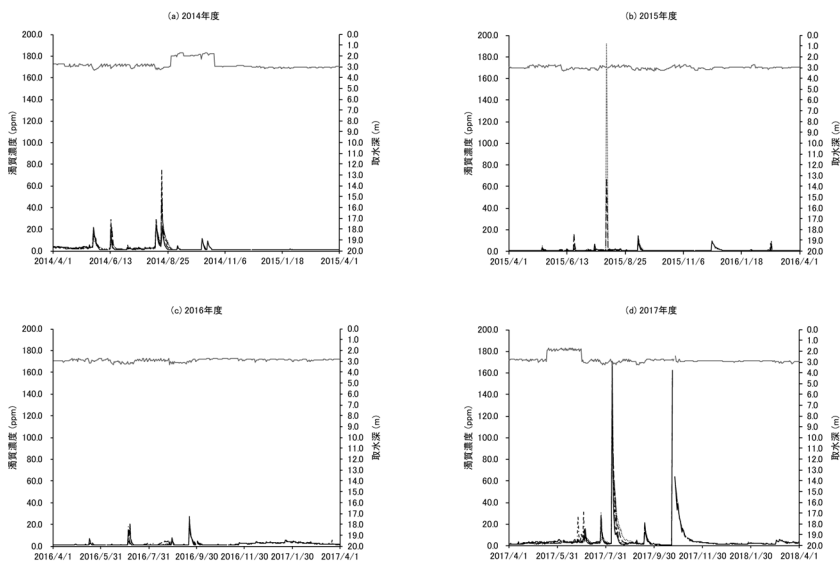


図7 大津呂ダムにおける各水深の濁質濃度の季節変化 (2014~2017年度)

表3 大津呂ダム建設前に大津呂川で採捕された魚類相およびレッドリスト
学名は中坊（2013）による。

種名 和名	学名	レッドリスト	
		環境省	福井県
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>		
カワムツ	<i>Candidia temminckii</i>		
タカハヤ	<i>Phoxinus oxycephalus jouyi</i>		
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>		
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	準絶滅危惧	要注目
シマドジョウ	<i>Cobitis biwae</i>		
ナガレホトケドジョウ	<i>Lefua sp. 1</i>	絶滅危惧 I B 類	県域絶滅危惧 I 類
カジカ大卵型	<i>Cottus pollux</i>	準絶滅危惧	県域準絶滅危惧
シマヨシノボリ	<i>Rhinogobius nagoyae</i>		
トウヨシノボリ	<i>Rhinogobius sp. OR</i>		
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>		
ドンコ	<i>Odontobutis obscura</i>		
スミウキゴリ	<i>Gymnogobius petschiliensis</i>		
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>		

4. 大津呂川の魚類相

大津呂ダム建設前の大津呂川に生息する魚類相を表3に示す。オイカワ、カワムツ、タカハヤ、ウグイ、ドジョウ、シマドジョウ、ナガレホトケドジョウ、カジカ大卵型、シマヨシノボリ、トウヨシノボリ、ヌマチチブ、ドンコ、スミウキゴリ、ウキゴリの14種が採捕された。このなかで、ドジョウ、ナガレホトケドジョウおよびカジカ大卵型が環境省レッドリスト（環境省 2018）および福井県レッドデータブック（福井県 2016）に指定されている希少魚類に該当する。特にダム建設に伴って改変される区域に生息するナガレホトケドジョウおよびカジカ大卵型に関しては、建設前に採捕し、ダム上流に移植した。

IV. 考察

1. 現在の運用ルールの妥当性検証

大津呂ダムの運用ルールの見直しを検討する場合、ダム湖内の濁質濃度に関しては一年中各層ともほぼ同一の変化を示すことから取水深は問題にならな

表4 上流および下流河川における10～3月の水温差（2016～2017年度）

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2016年度	+3.2℃	+2.9℃	+1.4℃	+1.2℃	-0.4℃	+0.7℃
2017年度	+2.9℃	+1.9℃	+2.9℃	+1.6℃	+1.2℃	+0.3℃
平均	+3.0℃	+2.4℃	+2.2℃	+1.4℃	+0.4℃	+0.5℃

表5 上流および下流河川における4～9月の水温差（2016～2017年度）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
2016年度	+1.9℃	+1.1℃	+3.1℃	+3.2℃	-3.5℃	+2.8℃
2017年度	+1.9℃	+1.8℃	+2.7℃	+2.0℃	+3.1℃	+3.6℃
平均	+1.9℃	+1.4℃	+2.9℃	+2.6℃	+3.3℃	+3.2℃

い。ダム湖内の水温に関しては10～3月は全層がほぼ同一になることから、取水深が問題になるのは4～9月である。この間の貯水管理をどのように行うかによって下流河川の水温が決まる。

ダムの影響を受けない10～3月の上流および下流河川における水温差（2016～2017年度）を表4に示す。下流河川の水温から上流河川の水温を引いた差の平均は、10月が3.0℃、11月が2.4℃、12月が2.2℃、1月が1.4℃、2月が0.4℃、3月が0.5℃を示した。

一方、ダムの影響を受ける4～9月の上流および下流河川における水温差（2016～2017年度）を表5に示す。下流河川の水温から上流河川の水温を引いた差の平均は、4月が1.9℃、5月が1.4℃、6月が2.9℃、7月が2.6℃、8月が3.3℃、9月が3.2℃を示した。

以上のように、ダムの影響を受けない10～3月の水温差の最大値は3.0℃、ダムの影響を受ける4～9月のそれは3.3℃であり大差がないことから、現在の運用ルール（取水深3.0m）は妥当なものと考えられる。上・下流の水温差の閾値として、3.0℃を判断基準にすることを提案する。

当初の運用ルールを実施した場合、7～8月の取水深が4.0mであることから、現在（取水深3.0m）と比較して3.3℃冷たい水が放流される可能性がある（表2）。大津呂川に生息する魚類は春季から夏季にかけて産卵する種が多いことから（表3）、7～8月に冷水が放流される影響は大きい。よって、現在の運用ルールは当初のそれより河川生態系に及ぼす影響は小さいと推定される。

水位操作する際に留意しなければならないことは、雨量とダム湖の関係である。特に夏季に雨量が少ない場合、成層が進行し、表層と中層の水温差が大き

くなることから（図6）、取水深に気を付けなければならない。取水深を下層へ変更する場合、湖水が攪乱され冷水が生じるので特に注意を要する。

2. 今後の課題

大津呂ダムでは建設前に上流河川および下流河川で水温を連続観測しなかったことから、ダムの影響を受けない上流河川の水温変化に合わせるという貯水管理を適用できなかった。故に、ダム建設前には上流河川および下流河川で水温を連続観測するのが望まれる。なお、ダム供用後も上流河川および下流河川の水温をモニタリングすることによって運用ルールを見直し、改善することが求められることから、建設前に設置した水温計はそのままにしておくのがよい。

ダム供用後は、貯水池内の水温を毎日一定時間に、水深ごとに測定し（大津呂ダムの場合は9時）、データを蓄積することによって、層別・期別水温表を作成し、貯水池内の水温と流入水温のそれを比較して、水温差が最も小さくなる水深から取水することになる。

大津呂ダムの場合、建設前にシミュレートして作成した運用ルールは必ずしも最善のものではなかった。他のダムでも同様のことが言えると思われる。貴重な選択取水施設を擁しているので、ダム管理者は毎日の流入水温を考慮して取水深を選定することが望まれる。

V. おわりに

現在わが国にある選択取水施設を擁するダムは少ないが、今後建設されるダムは選択取水施設を擁する場合が多くなると推定される。また、既設ダムについても、老朽化に伴いダム施設を補強する際、下流河川生態系を考慮して新たに選択取水施設を採用する場合も考えられる。その際に本報で示した大津呂ダムの水温および濁質濃度の季節変化が活かされることが期待される。

わが国のダムが持続的に管理され、かつ社会的資産として国民に受け入れられるか否かは、治水、利水機能だけでなく、ダム上・下流の河川環境保全機能を有することができるか否かにかかっている。河川生態系の自然な水温変化に近づけるための貯水管理を検討した本報告が、今後の議論を一步進めることを望む。

引用文献

- 福井県（2006）大津呂ダム基本設計会議資料（環境部会）。福井県，福井。
- 福井県嶺南振興局小浜土木事務所（2012）大津呂ダム建設工事（社会特会）環境影響調査業務委託本郷その2報告書。福井県，福井。
- 福井県（2016）改訂版福井県の絶滅のおそれのある野生動植物。福井県，福井。
- 福井県河川・砂防総合情報
HP <http://ame.pref.fukui.jp/index.html>（参照2017/ 12/ 26）
- 環境省（2018）環境省レッドリスト2018の公表について。環境省，東京。
<https://www.env.go.jp/press/105504.html>（参照2018/ 5/ 31）
- 国土交通省河川局河川環境課（2005）曝気循環施設及び選択取水設備の運用マニュアル（案）。国土交通省，東京。
- 牧野育代・寶馨・立川康人（2006）流入河川の水質特性と冷水対策が貯水池水質に及ぼす影響。水工学論文集50: pp. 1369-1374.
- 中坊徹次（2013）日本産魚類検索 全種の同定 第三版。東海大学出版会，神奈川。
- 矢島啓・吉川栄・石黒潤（2006）選択取水方式がダム貯水池の長期・短期の水質保全に与える影響に関する研究。水工学論文集50: pp. 1375-1380.

（原稿受付2018年6月25日，原稿受理2018年9月7日）