津軽ダムにおける水環境保全措置について

Measures for Preservation of Water Environment in Tsugaru-Dam Reservoir

阿部 幸雄*　花篭 利行**　○樋川 満***

1．はじめに

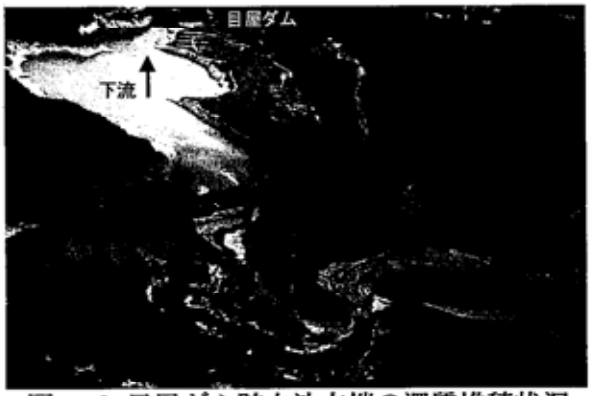
昭和 35 年に完成した目屋ダムは、洪水調節、農業用水補給、発電と地域に恩恵をもたらしてきた。一方、ダム建設直後から濁水長期化が指摘されており、その改善が求められてきた。津軽ダムは、平成 28 年度完成予定の多目的ダムであるとともに目屋ダムの再開発事業であり、目屋ダムが下流河川に与えてきた影響を多少なりとも解消する役割も担っている。さらに津軽ダムは、世界自然遺産“白神山地”の玄関口に位置するダムであるため、ふさわしい景観や良好な河川環境を創出する社会的な責務がある。本論文では、こうした背景を踏まえて検討した津軽ダム水環境保全措置の計画を報告する。

2．津軽ダム貯水池の特徴

岩木川は世界自然遺産である白神山地を源流とし、十三湖より日本海に注ぐ、総延長 101.6km の一級河川である(図－ 1)。津軽ダムは、目屋ダムの約 60m下流に建設され、その総貯水容量 14,090 万 m^3 は目屋ダムの 3.6 倍となる。また、目屋ダム制限容量の年回転率は 30 回程度であるのに対して、津軽ダムは 5 回程度となる。目屋ダムのように貯留水の入れ替わりが比較的早い貯水池では、一般に濁水化現象が深刻化するケースは少ないが、流入濁質の



図－ 1 流域概要



図－ 2 目屋ダム貯水池末端の濁質堆積状況

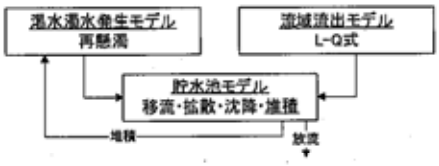
50%粒径が約 10μm、90%粒径が約 30μm と細粒分が多いため、濁質粒子が沈降しにくく濁水が長期化しやすい条件にあると考えられる。さらに貯水位低下に伴い露出する貯水池末端部は河床勾配が比較的緩いため、貯水位低下時に露出する面積が大きくなる。その微細堆積濁質（図－ 2）が、水流による浸食、巻き上げ等により再懸濁する現象(以下、濁水濁水という)が濁水化の主要因の１つと考えられ、津軽ダムにおいても濁水長期化が懸念されている。

*　津軽ダム工事事務所 所長
**　同 調査設計課長　　***　同 調査設計課　専門職

3．貯水池濁水モデル

(1)　モデルの概要

水質保全措置の効果を検討する前段階として、当該流域で生じている現象を再現できるシミュレーションモデルを構築した。貯水池内の濁水挙動については、国内の多くのダムの環境影響評価で用いられている水平 1 次元多層モデルを用いて計算した。なお、当該流域では、渇水濁水現象も濁水化の主要因であることから、貯水池への濁質負荷は、“流域からの流出”と、“堆積濁質の再懸濁”に分けてモデル化した(図－ 3)。



図－ 3　モデルの相互関係

堆積濁質の再懸濁の要因としては以下に示す 2 つの機構が考えられており、水位低下期間には継続的に濁水化し、降雨による出水が生起した場合には大規模に濁水化することとなる。

① 流入水による浸食・崩壊・巻き上げ

貯水位低下により露出した段丘側岸の流水による浸食・崩壊、および河岸堆積濁質の巻き上げにより濁水化が生じる。

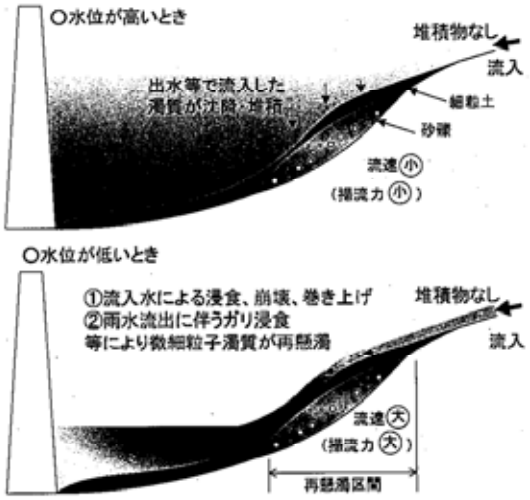
② 段丘部堆積物からの濁質流出

雨水流出に伴う段丘部堆積物のガリ浸食等が加わり濁水化する。

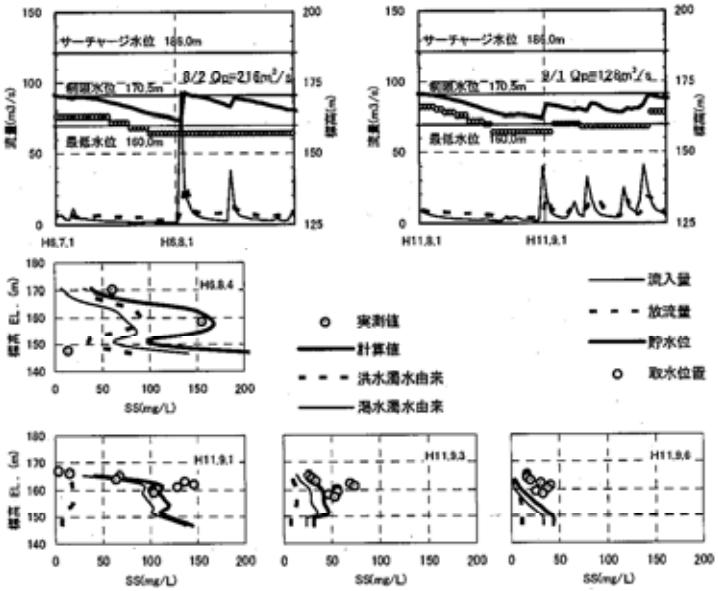
本検討では、これらの現象を対象とした堀田ら [1]のモデルにより、現象の再現を試みた。すなわち、側岸浸食や巻き上げの原動力となる掃流力を代表的な外力として捉え、微細堆積土砂の再懸濁量を次式 [2) 3) 4)]を用いて表現した。

$$q_s = q_c\left(\tau/\tau_y - 1\right)^m \qquad (1)$$

ここに、q_s は単位面積・時間あたりの巻き上がり量(kg/m²/s)、q_c は q_s と同じ次元をもつ定数(=7.0×10⁻⁵kg/m²/s)、m は無次元定数 [5)](=2)、τ_y は限界掃流力(=8.0N/m²)であり、以降に述べる再現計算内で試行して求めた。



図－ 4　渇水濁水の発生機構



図－ 5　出水時 SS 鉛直分布再現計算結果

(上段：貯水池運用、中段：平成 6 年、下段：平成 11 年)

(2)　再現計算結果

目屋ダム貯水池の実測値を用いて、前述のモデルの濁質挙動再現性を確認した。洪水・渇水濁水両方の影響を受けている平成 6 年 8 月および渇水濁水が支配的であった平成 11 年 9 月におけるダムサイト SS 鉛直分布の再現計算結果を図－ 5 に示す。図に示すように、様々な貯水池の状態や流況に応じて変化する濁水化の状況を概ね再現できていることが伺える。

4．津軽ダムにおける水環境保全措置

構築したモデルを用いて津軽ダム建設後の水質予測計算を行った。ここでの運用は通年表層取水とした。その結果、主に以下の 3 点について課題があると予測された。

・放流水の温水化

・濁水濁水

・大規模出水時の濁水化

以下に、これらの水質問題に対する保全措置検討を課題ごとに述べる。

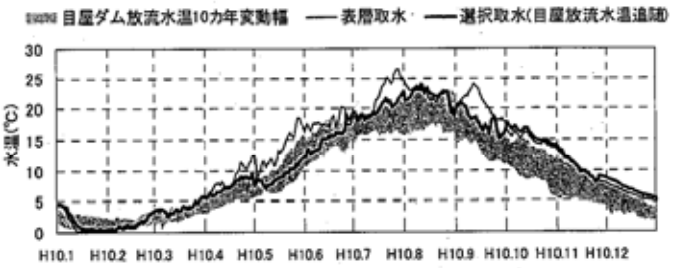
(1)　放流水の温水化

図－ 6 はダム放流水温の予測結果の一例である。目屋ダムに比べ津軽ダム建設後には貯水池容量の増大に伴う滞留時間の長期化による貯水池表層水の温水化が予測された（図中── ）。この課題に対しては、選択取水設備により温水放流の軽減を図ることとした。

津軽ダム選択取水設備の運用のあり方としては、将来的には川本来の水温環境を目指すものの、目屋ダム建設後から約 50 年が経過しており、下流河川の生息生物の水温環境の急変を回避するため、現況（目屋ダム放流水温）の変動範囲で取水することとした。図－ 6 には、選択取水設備の運用によるダム放流水温も併せて示しており（図中── ）、夏季のピーク温水放流を軽減することができている。

(2)　濁水濁水

図－ 9 は貯水池運用及び放流 SS 予測結果（昭和 63 年流況）の変化を示したものである。図によれば、貯水位低下期間における出水発生時に顕著な濁水化が生じている。このように、津軽ダム建設後においても、目屋ダムと同様に貯水位低下時には濁水長期化が予測される。濁水濁水の問題点は、大きな出水が無くても濁り



図－ 6　放流水温予測結果(平成 10 年流況)



図－ 7　水質保全ダムのイメージ



図－ 8　清水バイパスのイメージ

が継続するため河川景観の違和感が強いこと、また、主な発生時期は水位が低下する夏から秋にかけて発生する現象であるため、岩木川の水産重要魚種であるアユ、ヤマメ、サケ、イワナ等の産卵期と重なることである。津軽ダム建設後の水位が大きく低下する昭和 63 年の流況で予測した場合には、現況より増して濁水化が数ヶ月間継続し、魚類の忌避行動や産卵に支障が生ずることが懸念された。この課題に対しては、選択取水設備による対策では不十分であったことから、水質保全ダムと清水バイパスにより濁水濁水の軽減を図ることとした。

水質保全ダムは、図－ 7 に示すように貯水池上流にダムを設置し、貯水位低下時にも“水面”により流入端の微細堆積濁質の露出を防ぐものである。これにより、濁水濁水の発生そのものを抑制することができるため、放流 SS の

低減のみならず貯水池内の SS も低減する。

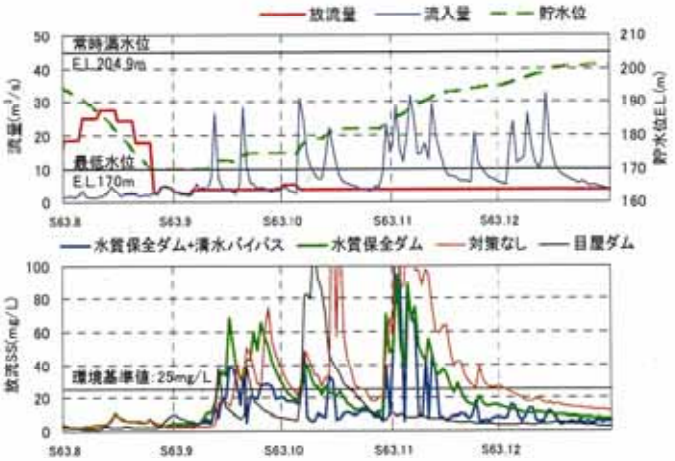
清水バイパスは図－ 8 に示すように、貯水池が濁水化した場合に清澄な流入水を下流にバイパスするものである。検討では、水質保全ダムと清水バイパスを組み合わせた濁水長期化低減効果を、施設の設置河川を変えて複数ケース検討し、概算事業費に対する低減効果が最も高いケースを採用した。これにより、図－ 9 に示すように濁水長期化の低減効果が期待できる。

(3) 大規模出水時の濁水化

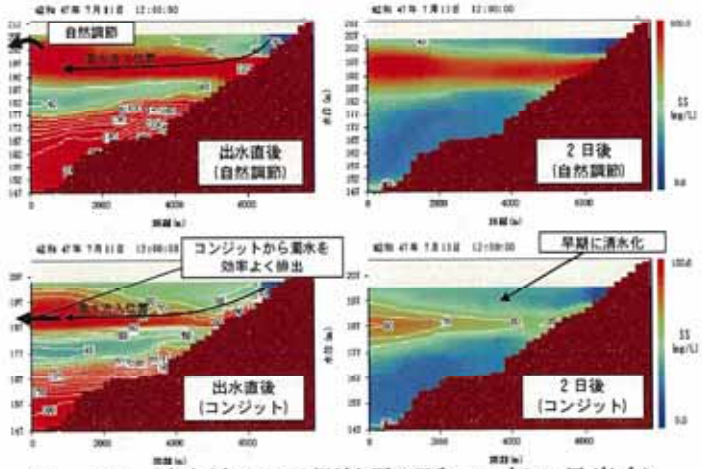
津軽ダムの総貯水容量は目屋ダムの 3.6 倍と大きくなるため、希釈効果により中小出水時の貯水池の濁りは目屋ダムよりも小さいと予測されるが、回転率が小さくなるために大規模出水により一旦貯水池が濁水化した場合には、濁水が長期化すると予測される。津軽ダムの洪水調節は自然調節方式であるため、洪水時の濁水を効率的に排除する環境放流設備(コンジットゲート)の検討を行った。

ゲート敷高については、濁水長期化の低減効果の試算を行い、洪水濁水が流入する水温躍層付近である E.L.190m とした。出水時の運用については、洪水調節に支障のない範囲で可能な限り早急に濁水を排除することとしている。図－ 10 は、環境放流設備による大規模出水時の濁水長期化の低減効果の試算結果である。洪水濁水の流入位置に設置した環境放流設備から効率よく濁水を排除したことで、出水後の貯水池内の濁りが全体的に低下している。

さらに、環境放流設備の活用としては、①水質保全ダムに堆積した土砂をダム下流に還元（土砂還元）するための放流や、②洪水調節によりダム下流河川の流況が平準化し、河床の攪乱頻度が低下するため、それらの課題を緩和するための放流が可能であると考えている。



図－ 9 放流 SS 予測結果（昭和 63 年）



図－ 10 貯水池 SS 予測結果(昭和 47 年 7 月出水)

5．おわりに

津軽ダムの選択取水設備、水質保全ダム、清水バイパスおよび環境放流設備（コンジットゲート）による対策は、ダム建設による影響を極力低減、回避するだけではなく、目屋ダムが与えてきた影響の解消も目指すものであり、再開発事業としての重要な役割と考えている。施設計画を現在進めており、施設の組み合せによる運用方法を具体化することが今後の課題である。

【参考文献】

1) 堀田哲夫,金内剛,山下芳浩,東海林光：ダム貯水池での濁水濁水現象と貯砂ダムによる対策効果について,河川技術論文集,第7巻,pp.209-214,2001.
2) 小暮和史,首藤伸夫：貯水池における濁度物質の堆積と洗掘,第24回水理講演会論文集,pp.265-270,1980.
3) 海田輝之,楠田哲也,二渡了,栗谷陽一：柔らかい底泥の巻き上げ過程に関する研究,土木学会論文集,第393号/Ⅱ-9,pp.33-42,1988.
4) 楠田哲也,山西博幸,吉見博之,二渡了：攪乱・不攪乱底泥の巻き上げ特性に関する実験的研究,海岸工学論文集,第36巻,pp.314-323,1989.
5) 佐藤敦久：水環境工学,技報堂出版,1987.