

天ヶ瀬ダムゲート付近の堆砂に関する 調査検討について

川上 貴宏¹・加藤 貴久¹

¹近畿地方整備局 淀川ダム統合管理事務所 管理課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町10番1号)

天ヶ瀬ダムは、管理開始から54年が経過し、貯水池内の堆砂量が堆砂容量の80%以上に達している。近年、ダム直上流の堆砂も顕著になってきており、遠くない将来には常用洪水吐きゲートであるコンジットゲートの流入口の高さまで達することが想定される。以上のことから、天ヶ瀬ダムゲート付近の湖底状況を把握するために、スキヤニングソナーやROV（水中ドローン）での湖底状況測定、河床材料採取の調査等を実施した。これらの調査結果を踏まえ、湖底周辺の異物の有無、堆砂の形状、土質等の観点からゲート流入口付近の安全性、ゲート操作への影響を評価した。

キーワード 堆砂，コンジットゲート，スキヤニングソナー，水中3次元計測

1. はじめに

天ヶ瀬ダムは、淀川水系宇治川、京都府宇治市に位置し、1964年に完成したアーチ式の多目的ダムであり、管理開始から54年が経過した。その間、堆砂量は増加を続け、現在では堆砂率が83%に達し、計画堆砂量に対して1.5倍の速さで堆砂が進行している。

また、近年、堆砂が進行した他ダムにおいてコンジットゲートが沈木等で閉塞し、ゲートが開閉できない事例が発生している。天ヶ瀬ダムにおいても、堆砂がさらに進行した場合、ゲート設備に何らかの影響を及ぼすおそれがある。

しかし、沈木等の支障物は音響測深機を用いた深浅測量では把握が困難であるため、スキヤニングソナーやROV等を用いてゲート付近の湖底状況をより詳細に調査した。本論文では、天ヶ瀬ダムゲート付近の堆砂状況及び沈木等支障物の調査結果を報告するとともに、ゲート付近への堆砂の影響を評価するものである。

2. 天ヶ瀬ダムの特徴

天ヶ瀬ダムの直接流域は352 km²であるが、琵琶湖を含めた総流域面積は4,200 km²である。琵琶湖からの流出は瀬田川洗堰により調節されている。直接流域である大戸川や信楽川の流域では、木材切り出し等により江戸時代からはげ山化していたため、河川氾濫及び土石流の被害軽減を目的に、山腹工や砂防堰堤等の整備を行う瀬田川水系直轄砂防事業が2013年度まで実施された。

ダム堤体より上流3.2 km地点には、大正時代に建設された発電専用の大峰ダム（以後「旧大峰堰堤」という。）があったが、天ヶ瀬ダム建設に伴いゲート等の構造物は撤去され、堤体部分のみが存置されている。

天ヶ瀬ダムからの放流は天ヶ瀬発電所を介して行われるが、発電所取水量（最大186 m³/s）を超えて放流する場合は、コンジットゲート（図-1）からの放流となる。ゲート放流頻度は年間100日以上あり、特に出水後の琵琶湖水位低下に伴う操作ではゲート放流が長期間に及ぶ。

天ヶ瀬ダムのコンジットゲートは、高圧ローラーゲート3門からなり、ゲート呑口敷高はOP.45.1 m、最低水位（OP.58.0 m）より12.9 m低い位置にある（図-2）。また、上流側呑口部にある予備ゲートは高圧キャタピラゲートであり、主にコンジットゲートの点検時に用いられる。

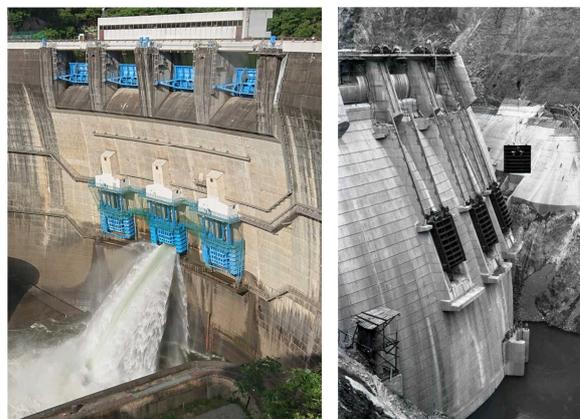


図-1 天ヶ瀬ダムゲート設備（左：下流側 右：上流側）

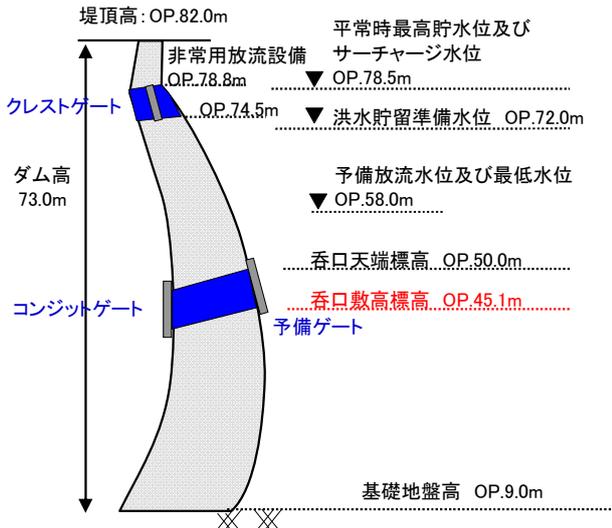


図-2 天ヶ瀬ダム縦断面図

3. 天ヶ瀬ダムの堆砂状況

(1) 堆砂量の経年変化

天ヶ瀬ダム貯水池の堆砂量の推移を図-3に示す。2019年1月時点の全堆砂量は4,956千m³、計画堆砂量(6,000千m³)に対する堆砂率は82.6%となっている。堆砂容量は100年間で堆積すると見込まれる容量であることから、計画の1.5倍の速さで堆砂が進行していることになる。また、有効貯水容量内の堆砂量は1,020千m³であり、これは有効貯水容量の5.1%に相当する。有効貯水容量内に堆積した堆砂は洪水調節機能の低下に直結するため、近年ではその対策として土砂除去等を行っている。

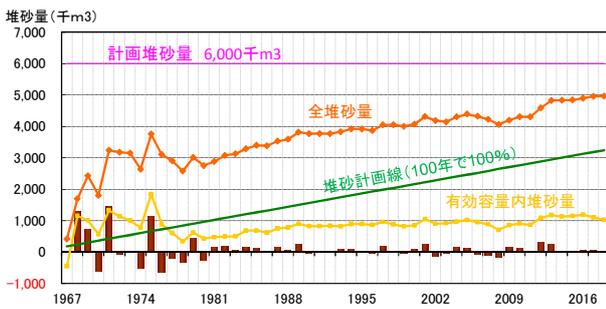


図-3 天ヶ瀬ダム貯水池の堆砂量の経年変化

(2) 貯水池内の堆砂形状の経年変化

既往の堆砂測量結果に基づき、最深河床高を経年的に比較した図を図-4に示す。旧大峰堰堤上流部の河床高は、元河床高と比較すると上昇しているものの、変動幅は平均2~3m程度である。一方、旧大峰堰堤下流部では、元河床高よりも顕著に河床が上昇しており、変動幅は20m程度に達する。ダムの管理開始後20年程度までの変化が大きいものの、近年においても、ダム直上流では8年で3m程度堆積している。

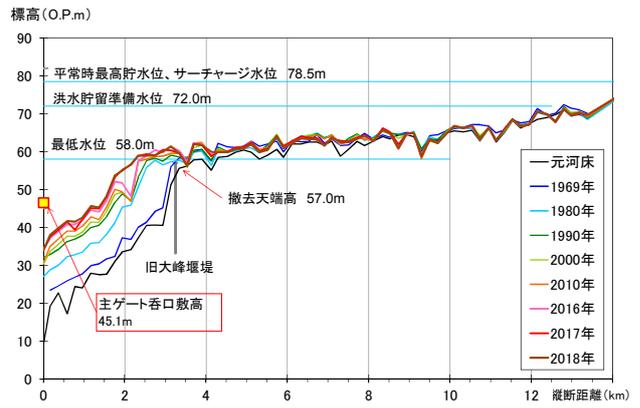


図-4 貯水池縦断方向における最深河床高の経年変化

堆砂肩(堆砂の勾配変化点)付近の堆砂形状に着目すると、管理開始当初は旧大峰堰堤付近に堆砂肩が存在したが、1970年代に一気に下流に進行し、その後30年程度は形状がほぼ一定を保っていた。しかし、2017年に大きく形状が変化するとともに、さらに下流へと進行した。

水中3次元計測を実施した2015年度と2018年度の堆砂状況比較図を図-5に示す。3年間で測線No.12より上流では横ばいもしくは堆砂面が低下したところが多いが、No.12より下流側は概ね上昇しており、特にNo.9からNo.12の範囲では3m以上上昇した箇所が認められた。これは、2017年10月の台風21号出水の際、予備放流で貯水位を最低水位付近のOP.58.72mまで低下させ、貯水池に急激な動水勾配を生じさせたところに500~800m³/sの流量を流下させたことで、掃流力の増大により堆砂肩が大きく下流側に移動した影響と考えられる。

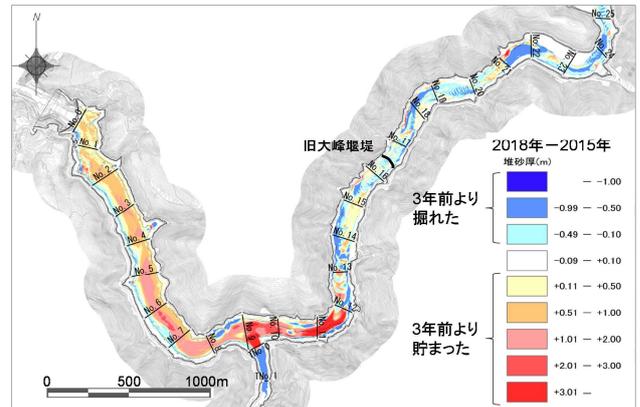


図-5 2015年度と2018年度の堆砂状況の比較図

(3) 堤体ゲート付近の堆砂状況

2019年1月に計測した堤体付近の堆砂面標高図を図-6に示す。右岸側の3号ゲート付近の標高が最も低いが、1号・2号ゲート付近においてもおよそOP.37mであり、ゲート敷高まで8m程度の余裕がある。

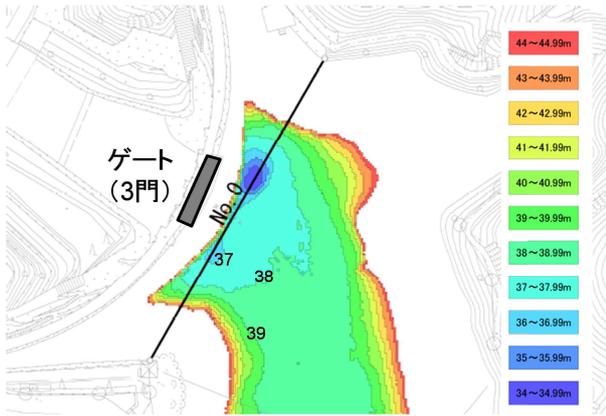


図-6 堤体付近の堆砂面標高図



図-8 サイドスキャンソナー合成モザイク図

4. 天ヶ瀬ダムゲート付近の堆砂状況調査

天ヶ瀬ダムの堤体付近の堆砂高上昇に伴うゲート設備への影響を確認するため、貯水池内の堆積物の把握を主な目的として、以下の4項目の現地調査を行った。

(1) サイドスキャンソナー調査

天ヶ瀬ダム堤体上流から旧大峰堰堤上流までの範囲において湖底にゲートに悪影響を及ぼす可能性のある支障物（例えば沈木など）の有無を確認した。調査船にEdgetech社製サイドスキャンソナー4200MP（図-7）を機装し、計画測線上の湖底面状況を連続的にデジタル観測し、船上にてデータの収録を行った。曳航中は湖底に曳航体が衝突しないように、曳航用ロープを利用して曳航体の高度を調節し、高度の目安は湖底から5～10 m程度とした。



図-7 4200MP ソナー曳航体

サイドスキャンソナー記録の情報を統合し、調査範囲全体をモザイク図としたものを図-8に示す。上流側の網場より上流の川底は比較的砂質で、河床波の形成が多くみられた。一方、網場よりダム側は岩が多くみられた。また、土砂以外の堆積物は図中の7箇所で見木らしき影が確認されたが、全体としては著しく悪影響を及ぼすであろう物は認められなかった。

一方、ダム堤体付近はデータ取得が困難な範囲があった。これは、地形が入り組んでいること、ダム堤体や岸壁等の硬い物質が近くにある場合には、それらの物質に当たった音波の反射が強く、底面の情報を含む比較的弱い音波の情報を消してしまうことが原因と考えられる。

(2) スキャンソナー調査

より堤体付近の情報取得に特化して堆砂面の状況を把握するため、スキャンソナー調査を実施した。調査船から三脚に取り付けたスキャンソナー（Kongsberg Mesotech社製 MS1000）を湖底に投下し、着底後に360°のスキャンを行った（図-9）。調査地点は天ヶ瀬ダム堤体上流域をカバーできるように、100 mレンジでの調査を1地点と、30 mレンジでの調査10地点とした。調査地点への移動はGNSSにより行った。

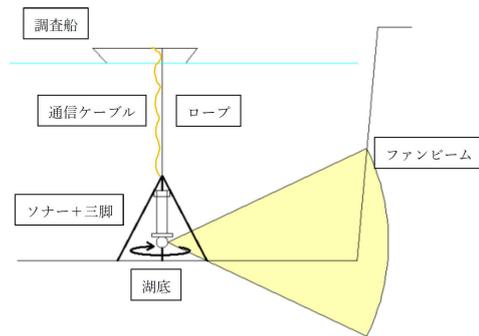


図-9 スキャンソナー計測イメージ図

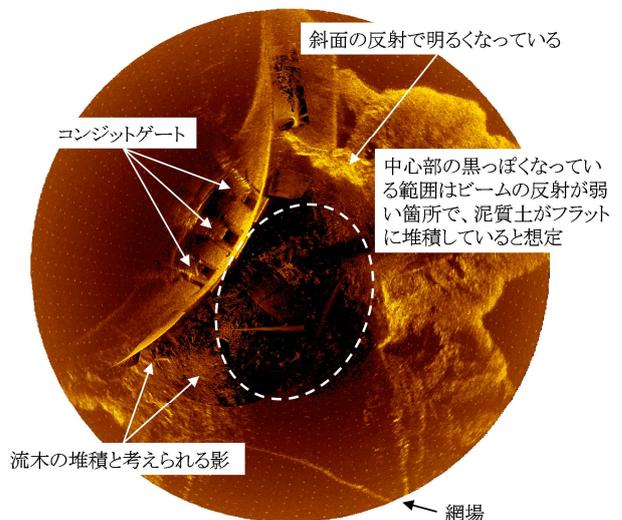


図-10 スキャンソナー合成図

調査で得られた全体の重ね合わせ図を図-10に示す。画像が黄色になっているのはビームの反射が強い箇所、斜面や材質が岩の範囲である。中心部の黒っぽくなっている範囲はビームの反射が弱い箇所、泥質土がフラットに堆積しているものと考えられる。また、堤体中心よりやや左岸側に流木と考えられる堆積物が見られたものの、全体的には支障物は発見されず土砂が一様に堆積しているものと考えられる。

(3) ROV (水中ドローン) 調査

サイドスキャンソナーによる調査を踏まえ、支障物のある可能性が高い計12地点にてROV (Blue Robotics社製BlueROV2) による撮影を行った (図-11)。そのうち4地点の結果を図-12に示す。全12地点中3地点で流木 (沈木) らしきものを確認した。上流部は流れがあり、底質も砂質であるため撮影が比較的容易であるが、ダムサイトに近づくにつれて細粒分の土砂の堆積が多くなり、ROVを移動するとプロペラにより堆積土砂が舞い上がってしまうため撮影が困難であった。

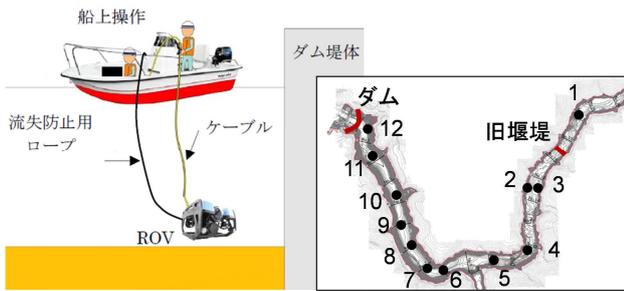


図-11 ROV調査 (左:イメージ図 右:調査地点)

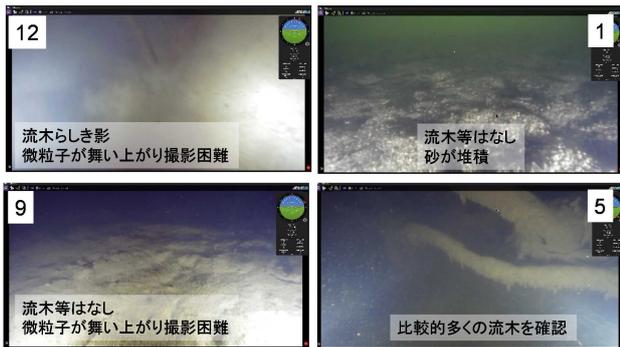


図-12 ドローン撮影画像

(4) 採泥調査

ダムに堆積した土砂を、船上からエクマンバージを用いて採取し、粒度試験 (JIS A 1204) を行った。採泥調査はROV調査と同一の12地点とした。代表地点の粒度分析結果を図-13に示す。併せて、地点4の2006年調査結果 (図中の破線) も示した。

旧大峰堰堤上流の地点1及び旧堰堤下流の地点4では礫

成分の堆積がみられたことから、礫成分の土砂も旧大峰堰堤より下流へ流下していることがわかる。なお、地点4は現在の堆砂肩付近の粒度分布である。地点8では粘土・シルト成分の土砂の割合が多くなり、ダム堤体付近の地点12ではその割合が約8割程度であった。これは、全体的には下流へ行くほど粒径が細くなるという一般的な傾向と合致する。また、過年度の調査結果と比較すると、地点4において粗粒化の傾向が認められたことから、これまでは旧堰堤が貯砂ダムとしての役割も果たしていたと考えられるが、その効果が薄くなってきたことが示唆された。

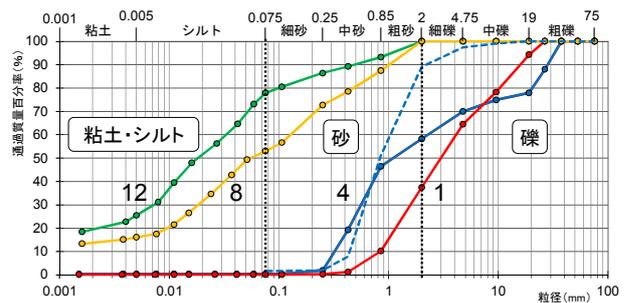


図-13 粒度分布図 (地点番号は図-11の地点と同じ)

5. 堆積物がゲート等を与える影響に関する考察

貯水池の堆砂状況及び堤体ゲート付近の各種調査から、ゲート操作に支障を及ぼすような物体が堤体付近及び旧大峰堰堤近くまでの範囲でも認められず、また堤体付近の現在の河床高からコンジットゲート呑口敷高までは8m程度の余裕があることから、現時点あるいは近い将来において、コンジットゲートに堆砂の進行や湖底堆積物によって支障が出る可能性は少ないと判断される。

しかし、一時期ほとんど変化が無かった堆砂肩付近の形状が一度の出水で大きく変化したことから、今後の出水においても堆砂肩の進行が想定されるため、余裕のあるうちに堆砂対策を行っていくことが重要である。

6. おわりに

現在、対策可能な当面の堆砂対策として陸上掘削にて有効貯水容量内の土砂撤去を実施しているところであるが、陸上掘削可能な場所が限られており、継続実施するためには浚渫に移行する必要がある。堆砂シミュレーションモデルを用いた予測計算では、旧大峰堰堤上流部を継続的に浚渫することで、無対策時と比較して100年後のゲート付近の河床高を64cm低下させ、旧大峰堰堤下流部の総堆砂量を572千m³減少できると予測された。この予測結果を踏まえ、今後は費用を抑えつつ効率的に堆砂除去できる工法等を検討し、治水・利水機能を維持できるように堆砂対策を進めていく予定である。