

気候変動の貯水池堆砂への影響に関わる一考察

(株)開発設計コンサルタント ○河田 暢亮、鹿野 久米豊、吉野 秀樹
 電源開発(株) 山元 未来
 京都大学防災研究所 竹林 洋史、藤田 正治

1. はじめに

1950 年に施行された国土総合開発法の下、全国各地で河川総合開発事業が推し進められ、大規模多目的ダムが続々と建設された。さらに、戦後の慢性的な電力不足を解消するため、黒部ダムや佐久間ダムをはじめとする大型の発電専用ダムの建設も相次いだ。現在、これらダムの多くは、運用開始から数十年が経過しており、複数のダムにおいて、堆砂問題が顕在化し始めている。そして、近年、世界的に注目されている地球温暖化の影響により、堆砂の進み方が今まで以上に加速する可能性のあることが、2007 年度末、温暖化影響総合予測プロジェクト前期報告書の中で示された¹⁾。

地球温暖化の進行により激しい降雨の日数が増加すると、ダム流域で斜面崩壊が活発化し、堆砂の原因となる土砂の生産量が増えることが懸念される。しかし、その一方、温暖化による気温の上昇で、地盤の凍結融解現象が和らぎ、風化による土砂の生成量が抑えられることも期待できる。本研究では、電源開発(株)の M ダム地点を事例に取り上げ、地球温暖化に伴う降雨の変化に着目し、同地点における将来の堆砂進行がどのような影響を受けるかについて考察したものである。

2. 堆砂進行予測の手順

次のような手順で M ダム地点の堆砂進行予測を行なった。すなわち、全体の作業を 3 段階に分け、最初に、現地調査で M ダム流域の特徴を整理・分析しながら、後の数値解析の入力値を得るための試験を実施した。次に、雨量と堆砂量の実測結果を用いながら、数値解析によって、過去の堆砂量経年変化の再現を試みた。そして最後に、気象庁の降雨予測結果を解析モデルに入力し、将来の堆砂進行予測の計算を行った。

3. M ダム地点の特徴

総貯水容量約 3,000 万 m^3 の貯水池を形成する M ダムは、2010 年で供用開始から約 40 年が経過する。ダム流域の近傍を中央構造線から分岐した断層が横切っており、流域内には崩壊した斜面が散見され、40 年間で計約 900 万 m^3 の土砂が M ダム貯水池内に堆積している。

M ダムの流域を図-2 に示す。流域面積（ただし、直接流域）は約 60 km^2 であり、標高 1,600~2,000m の峰々が流域の周囲を囲んでいる。流域内東側を東俣沢と西俣沢が流れ、これらは M ダムの約 10km 上流で合流し、戸中川となって M ダム貯水池に注ぎ込む。これらの河

床と周囲の峰々との標高差、すなわち起伏量は 1,000m 以上に達し、河川兩岸の斜面は総じて 30°以上の急勾配を呈している。流域を地質的に見ると、中央構造線から分岐した赤石構造線と光明断層が近傍を走る荒れた地域であり、中生代白亜紀の四万十帯に属する砂岩・頁岩互層が同流域の大部分を占めている。地層は 45°以上に傾斜しているところが多く、流域は地層の上下逆転現象が見られるほどに、激しい褶曲作用を受けているのが特徴である。

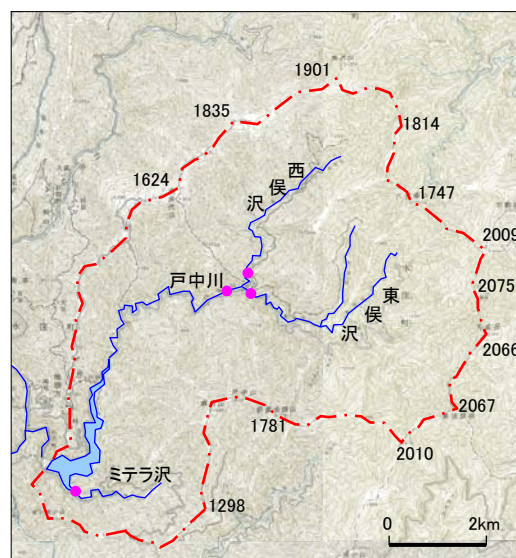


図-1 M ダム流域
 - - - 流域界
 河川、沢、溪流
 ● 粒度・密度試験位置

M ダム流域内に分布する砂岩・頁岩の多くは、頁岩内部や、頁岩と砂岩の境界部に、褶曲運動に伴う多数のすべり面を持っており、これらに沿って割れ目が形成されている。それらは非常に剥がれやすく、45°以上に傾斜していることとあいまって、崩壊した斜面が流域内のあちこちに見られる。頁岩は、粘土・シルトを起源とする堆積岩であり、崩壊したその岩塊は mm オーダーに細粒化しやすいため、流れに乗って容易に河道を流下する特徴を有する。

4. 堆砂量経年変化の再現

再現計算では、江頭 (Egashira 1998)²⁾³⁾、及び江頭・松木 (2000)⁴⁾の方法にならい、河床勾配が 10°程度よりも下流側を単位河道に分割し、単位斜面と組合せて計算を行なった。

今回の計算モデルは河道内に貯留した土砂の流送を

考えており、河床を移動床として流砂量を評価していることから、河道に土砂が堆積していると考えられる河床勾配 10°以下の区間を検討対象とした。なお、本地点は土砂生産が活発な流域であるため、計算区間の上流端には斜面崩壊や土石流による土砂が常に十分存在しているとする境界条件を与えている。

再現計算では流砂形態として、掃流砂、浮遊砂、ウォッシュロードを考慮した。流砂を 15 の粒径階に分割して粒径別に計算を行っており、掃流砂については芦田・道上の式で⁵⁾、浮遊砂については基準面濃度式に芦田・道上の式を用いた平衡浮遊砂量式で⁶⁾、ウォッシュロードについては 0.1mm 以下の粒径をそれとみなし、河床が低下した場合に河床から流出すること、一度流出すると沈降しないことを仮定して江頭らの式で算出した⁴⁾。

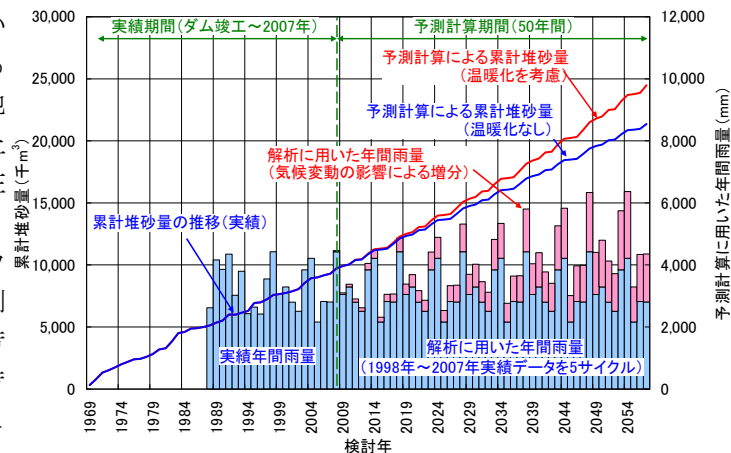


図-3 将来の堆砂進行予測

6. おわりに

電源開発(株)のMダム地点を事例とし、流域の地形や地質、河床に堆積している不安定土砂の粒度や密度、堆積量などを調査・分析しながら、降雨の点から地球温暖化が将来の堆砂進行にどのような影響を及ぼすのか明らかにすることを試みた。

その結果、気象庁の 50 年後の降雨予測結果を用いた場合、Mダム地点については、15%程度、堆砂の進行が加速するとの結果を得た。今回は降雨だけに着目したが、温暖化による気温の上昇が、凍結融解作用による土砂の生成活動を鈍らせ、堆砂の進行を抑える可能性があるなど、今後は降雨以外の温暖化の影響を考えていかねばならないと考えている。また、既に述べたとおり、河道外で土砂が生成され、それが河道に入るまでのプロセスが今回のモデルに反映されていないことも課題と認識しており、これらの改善を今後の研究課題と致したい。

参考文献

- 1) 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム：地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－，2008
- 2) Egashira, S.: Research Related to Prediction of Sediment Yield and Runoff, Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project pp.373-384, 1988
- 3) 芦田和男，江頭進治，中川 一：21世紀の河川学 安全で自然豊かな河川を目指して，京都大学学術出版会，2008
- 4) 江頭進治，松木 敬：河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法，水工学論文集，第44巻，pp.735-740, 2000
- 5) 芦田和男，道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，No.206，pp.59-69, 1972
- 6) 芦田和男，道上正規：浮遊砂に関する研究（1）－河床付近の濃度，京都大学防災研究所年報第13号B，昭和45年3月
- 7) 江崎一博：貯水池の堆砂に関する研究，土木研究所報告，第129号，pp.55-83, 196

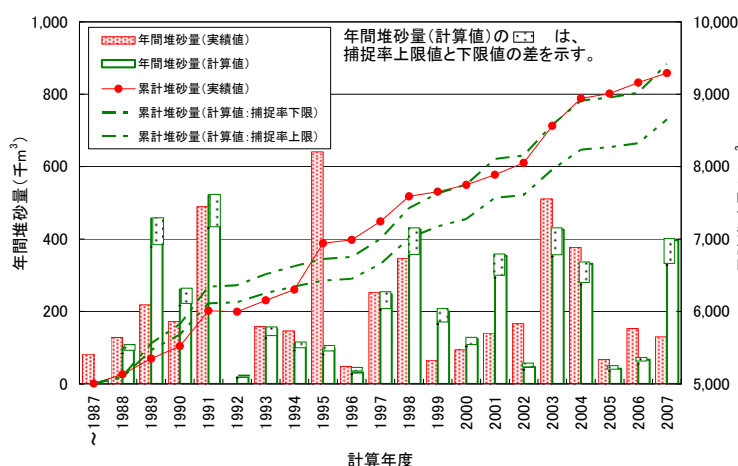


図-2 堆砂量経年変化の実測値と計算値

流域の上流から下流に向かって流砂量を計算し、Mダム貯水池へ流入する土砂量を求め、それに Brune の曲線⁷⁾と貯水池回転率から得られる捕捉率を乗じて堆砂量を算出した。結果は図-2 のとおりである。図-2 では、堆砂量の各年の値と累計値について、計算結果と実測結果を比較して示しており、各年値の方は計算結果と実測結果の間で乖離が見られる年もあるが、累計値については良い一致が見られた。

5. 将来の堆砂進行予測

図-3が現在から 50 年後までのMダム地点の堆砂進行を予測してみたものである。図-1 の結果を用い、毎年一定の割合で増加しながら、50 年後に年降水量が現在の 1.55 倍に達するものと仮定して、各年の降水量の値を求め、それを入力値として将来の堆砂量を計算した。

降水量に合わせて流量も増加し、その結果、折れ線で示された累計堆砂量は、現時点までの増加割合から、将来、加速していく傾向が図-3 から見てとれる。そして、50 年後には、累計堆砂量で、従来の増加割合から読み取れる値よりも約 15%増える結果となった。