

秋田県皆瀬貯水池における濁質堆積特性について

東京工業大学大学院 学生会員 ○上原英之
(財)ダム水源環境整備センター 正会員 梅田 信
東京工業大学大学院 フェロー会員 石川忠晴

1. はじめに

河川上流部において、洪水時に多量に発生する懸濁物質（濁質）は、ダム貯水池に流入し、堆積することで、貯水容量の減少や付着栄養塩による水質悪化などをもたらす。そこで、新規ダム建設に際し、濁質の挙動に関するアセスメントが要求されるが、濁質挙動は大きく地域性に左右されるため、近くの既存貯水池でのデータが必要となる。しかし、貯水池によっては十分なデータが残っていない場合があり、限られたデータから過去のプロセスを推測する必要がある。本研究で対象とする秋田県皆瀬貯水池も、このプロセス推測が必要とされており、現地調査による濁質堆積の現状把握、及び数値シミュレーションによる濁質の流入・放流・堆積分布のデータ復元を行った。

2. 現地観測

現地の概要

皆瀬貯水池は、秋田県南部の雄物川支川皆瀬川筋に、1963年に建設された多目的貯水池である。貯水池の平面図を図1に示す。

湖底地形調査

堆砂量の空間分布を把握するために、2000年5月に湖底地形調査を行った。調査方法は、まず貯水池の上流端付近（図1の地点F）からダムサイトまでの約7kmに対して、合計60本の横断測線を設定した。この各測線上で、精密音響測深機を積載した船で航行し、湖底形状を測定した。次に得られた湖底形状とダム建設前の地形図を比較することにより、現在の堆積厚分布を求めた。この結果を図2に示す。なお測線間の堆積厚は、空間内挿することにより推定している。図2より、貯水池の中流から下流にかけて比較的均一な堆積厚分布が見られる。また、総堆砂量を

求めたところ $3.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ （堆砂容量の6割）となった。

堆積物サンプリング調査

堆積物の基本的な性質を把握するために、コアサンプラーを用いて湖底に堆積している濁質を採取し、粒度分布、沈降速度分布、含水率及び強熱減量の分析を行った。

観測地点は、堆砂量の比較的大きかった貯水池の中流から下流にかけての4点（図1の地点A～D）とした。採取泥厚は、20cm前後であった。各地点で採取した底泥は、5cmずつに刻み、それぞれについて分析した。以下では、湖底表面から5cmまでを上層、5～10cmを中層、10～15cm

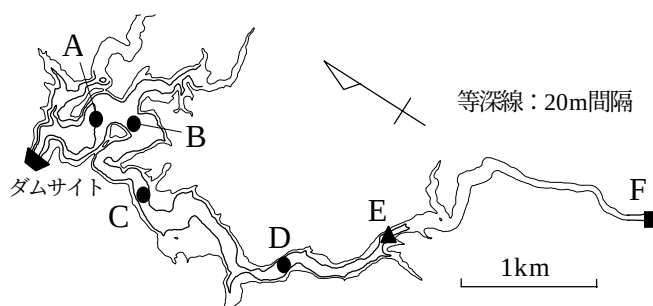


図1 貯水池平面図

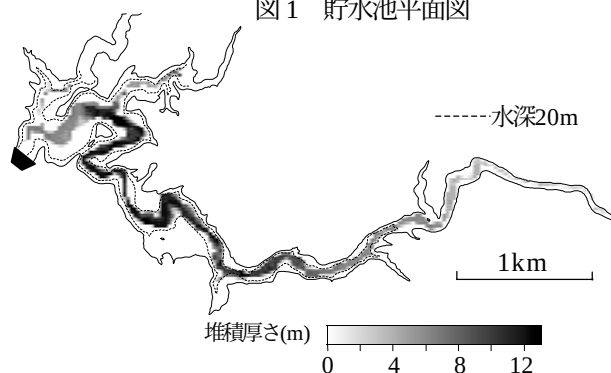


図2 濁質堆積厚分布

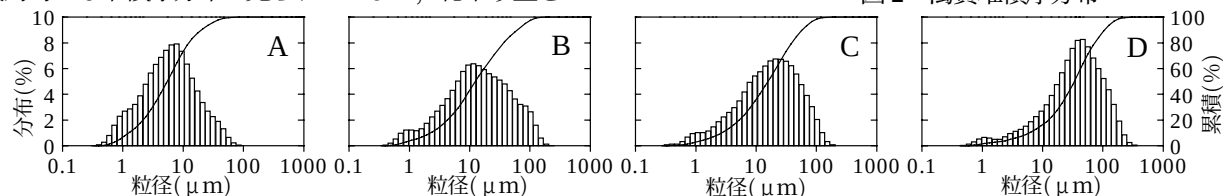


図3 地点別での堆積濁質粒度分布（上層：0～5cm）

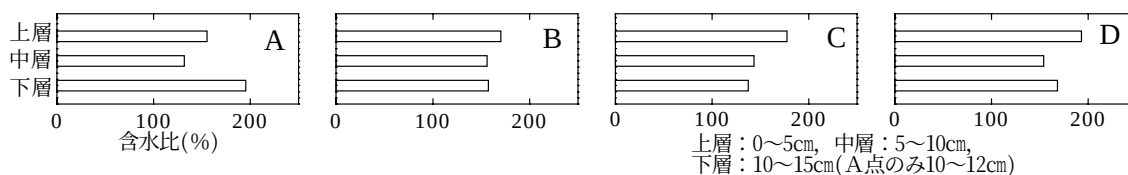


図4 含水比の採取地点別、深度別の分布

キーワード：貯水池 濁質 堆砂

連絡先：神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 G5 棟 2 階

東京工業大学大学院 環境理工学創造専攻 石川研究室

〈電話〉045-924-5515 〈FAX〉045-924-5549

を下層と名付けておく。ただし地点 A では採取泥厚が 12cm であった為、10～12cm を下層とする。

図 3 に各地点の上層の粒度分布を示す。貯水池中流部の地点 D では浮遊砂と見られる粒径成分も多少含まれるが、それより下流側では粒径 100 μm 以上の粒子がほとんど見られず、概ねウォッシュロード成分のみで構成されている。

図 4 は、含水比の深度分布を示したものである。含水比は地点毎の変動が小さく、平均で 161.6%であり、この値を次の数値シミュレーションの計算条件として使用する。

3. 数値シミュレーション

モデルの概要

貯水池完成以来に発生した洪水（計 112 洪水）について、貯水池内の流動シミュレーションを行い、濁質堆積分布の再現を試みた。皆瀬貯水池は、湛水延長に比較して、全体的に横断幅が小さいことから、洪水時には流況の三次元性は比較的小さいと考えられる。そこで、本研究では水温成層を考慮した鉛直二次元の流動モデルにより検討を行う。

基礎方程式は、三次元の連続式、ブシネスク近似した運動量輸送方程式、乱れエネルギー k とエネルギー散逸率 ϵ の輸送方程式、及び水温と濁質の輸送方程式から成る。これらの三次元方程式を河道横断方向に積分することで、河幅と測岸部におけるフラックス項を含む鉛直二次元の基礎方程式が導かれる。これらを有限体積法で離散化し、SIMPLE 法で解いた。なお、底面における濁質の巻き上げ・堆積フラックスは、梅田ら(2001)により提案された

$$\text{flux} = A\epsilon - Cw_s \quad (1)$$

により考慮した。ここに C は濁質濃度、 w_s は濁質の沈降速度である。 A は定数であり、梅田らと同様 15 とした。

計算条件

計算格子間隔は、水平方向には滞筋に沿って 100m、鉛直方向には 1m とした。また時間ステップは 60 秒とした。計算領域は、ウォッシュロードの堆積が大部分を占める貯水池の中流から下流部を考え、図 1 の地点 E より下流側を設定した。

濁質沈降速度は、図 1 の地点 A で採取した底泥の沈降速度組成から、表 1 に示した分布を与えた。

表 1 計算に用いた濁質沈降速度分布

沈降速度(m/s)	8.7×10^{-7}	1.0×10^{-5}	1.5×10^{-4}	2.3×10^{-3}
粒径(μm)	1.0	3.5	13.3	51.8
質量比(%)	11.0	43.9	33.8	11.4

各洪水計算の境界条件、初期条件とするための流入水の水温及び貯水池内水温鉛直分布については、ダム管理所の観測値がある程度得られたが、欠測も多く、特に後者は観測頻度がかなり低かった。そこで流入水温の欠測分については、気温との相関により得られた一次回帰式によって推定し、貯水池内水温は、鉛直一次元水温成層モデル (Huber et al.(1972)) により求めた。

流入濁質は、流量 Q_{in} に対して

$$SS = aQ_{in}^b \quad (2)$$

のようなべき乗の関係にあることが知られている。ここに a 、 b は定数である。本研究では、ダム管理所が調査した堆

砂量の経年変化を再現できるよう、以下のようにこれらの定数を決定した。図 5 の○印は、ダム管理所による堆砂測量の結果を示したものである。この結果では、1980 年代の後半から堆砂速度が上昇している様子が見られる。地震等により流域の状態が変化したことなどが理由として推測されるが、はっきりしたことは不明である。本研究では、式 (2) の係数 a の値を 1987 年の前後で変化させることで対応した。さらに、流動計算時に下流端境界条件として流出する濁質量も含めて流入量を考慮した結果、係数 a 、 b はそれぞれ、 $a=0.0244$ (～1986)、 0.0874 (1987～)、 $b=2.1$ と決定した。なお場合の、流入濁質量の累積値は図 5 の点線、貯水池内に堆積した濁質の累積値が実線のようになった。

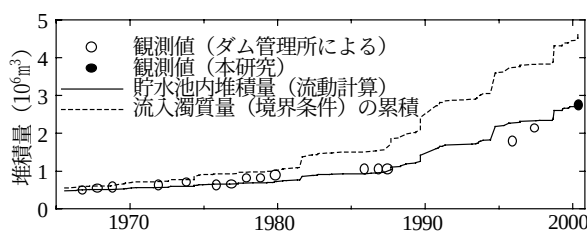


図 5 貯水池総堆積量の経年変化

計算結果

濁質堆積量の分布は、以下のようにして求めた。各洪水に対する流動計算が終了した時点で水中に浮遊している濁質は、その場で鉛直沈降すると仮定し、式(1)で考慮した堆積量に加えた。

図 6 に滞筋に沿った一次元的な堆積厚さの計算結果と観測値の比較を示す。なお計算結果は、上記のようにして求めた各地点での堆積量が、全て滞筋に溜まっていると仮定した堆積厚さであり、比較に用いた観測値は、水平方向の計算格子面内での最大堆積厚さである。

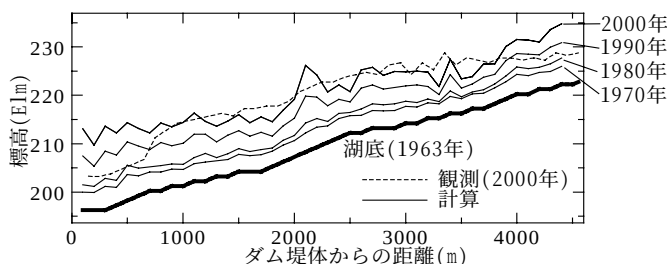


図 6 濁質堆積シミュレーション結果

4. おわりに

本研究で得られた結論は以下の通りである。

秋田県皆瀬貯水池において濁質堆積分布と粒度組成などの調査を行った。この結果、貯水池上流から下流まで比較的均一な濁質堆積がみられた。この結果をもとに、濁質流動・堆積シミュレーションを実施し、濁質堆積プロセスを推定したところ、1986 年以前と以後で濁質流入フラックスの特性が変化したと考えられた。

【参考文献】

- 梅田信, 長峯知徳, 長広遙, 石川忠晴(2001), 霞ヶ浦湖心部における底泥の巻き上げ過程に関する研究, 水工学論文集, 第 45 巻
Wayne C.Huber, Donald R. F. Harleman, and Patrick J. Ryan(1972), Temperature prediction in stratified reservoirs, Journal of the hydraulics division, ASCE.