

### 貯水池堆砂の間隙率

独立行政法人土木研究所 正会員 ○櫻井 寿之  
 独立行政法人土木研究所 正会員 柏井 条介

**1. はじめに：**ダム貯水池の堆砂の質と量を把握することはダムの計画，設計および管理運用において，また，水系一貫の土砂管理の観点からも重要である．貯水池地点における土砂輸送量の検討，または堆砂対策の検討においては，堆砂の実質量を把握する必要がある，そのためには堆砂の間隙率を知らなければならない．そこで，本報告では全国の30程度の貯水池において実施された現地調査結果を用いて間隙率の情報を整理・解析し，既往の河川，湖沼，海岸等の知見との比較も行い，貯水池堆砂の特性を検討した．

**2. 調査概要：**大規模多目的ダムにおける堆砂状況を調査するために，旧建設省<sup>1)</sup>により堆砂の現地調査が行われた．調査対象ダムは，総貯水容量が1千万m<sup>3</sup>以上，竣工後10年以上経過等の条件より選定されており，平均で4地点程度のボーリング調査が行われている．ボーリングによって得られたコアから，堆砂の試料が採取され，土質試験による分析が行われた．調査の詳細については参考文献<sup>1),2)</sup>を参照のこと．

**3. 調査結果：**間隙率に関係する要因としては，(1)貯水池の水位の状態，(2)土砂の粒径，(3)土砂の性質，(4)圧密の程度，(5)密度流の作用<sup>3)</sup>等が挙げられる．そこで，調査結果の間隙率について，a)各種代表粒径，b)均等係数，c)埋没深さ，d)試料採取地点の水面からの標高差，e)細粒分含有率との相関を調べた．d)については，貯水池水位との関係を表す指標であり，標高差の基準として制限水位を用いた（ただし，制限水位のない貯水池については，常時満水位またはサーチャージ水位とした）．この値が小さいほど貯水池の水位変動により，堆砂が水面上に現れる可能性が高いと考えられる．検討した結果，最も間隙率と相関が高かったのは，代表粒径であり，中でも相関係数が大きかったのは中央粒径であった．次に相関が高かったのは細粒分含有率であり，その他の指標についての相関は低かった．埋没深さについては，粒径を区分してみると間隙率との関係が認められた．以下に，中央粒径と埋没深さについて詳細を示す．

1) **中央粒径と間隙率：**図-1に今回調査した試料の中央粒径と間隙率の関係を示す．この図は31ダムで採取された合計613個の試料より作成している．間隙率は，試料が飽和しているものとして土粒子密度と含水比の試験結果から求めており，土粒子密度が測定されていない場合は，2.65g/cm<sup>3</sup>と仮定した．この図より，貯水池堆砂の間隙率と中央粒径には相関があり，おおよその値は(1)式で近似できる．相関係数は0.79であり，近似式の誤差は±20%程度である．

$$\lambda = -7.244 \ln(d_{50}) + 35.03 \quad (1)$$

ここで，λ：間隙率(%)，d<sub>50</sub>：中央粒径(mm)，近似式作成に用いたd<sub>50</sub>の範囲は0.001mm～20mmである．

キーワード 貯水池，堆砂，間隙率，粒径

連絡先： 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所水工研究グループダム水理チーム TEL 029-879-6783

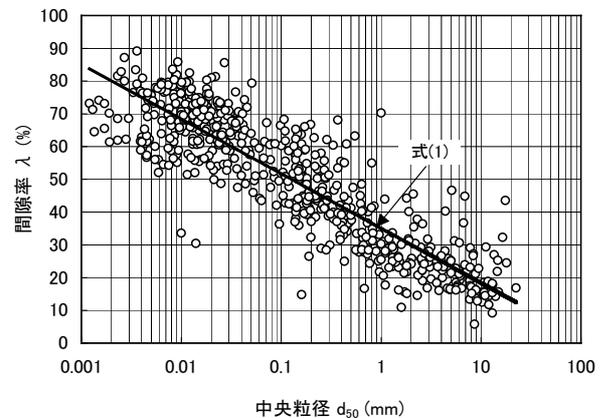
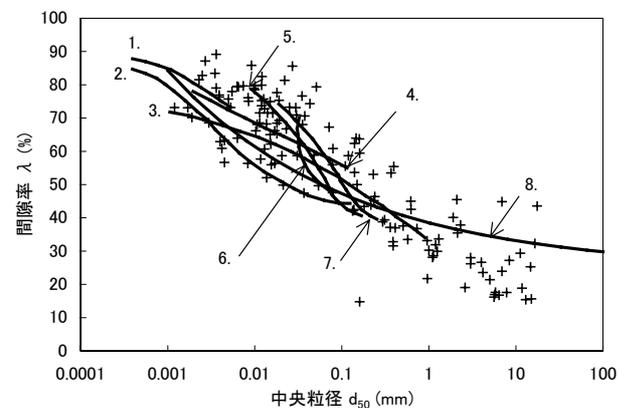


図-1 中央粒径と間隙率の関係



- 1. Lake Mead on Colorado River (Sherman, 1953).
- 2. Lake Maracaibo, Venezuela (Sarmiento and Kirby, 1962).
- 3. Reservoirs in western United States (Henbree, Colby, Swenson, and Davis, 1952).
- 4. Gulf of Paria (van Andel and Psotma, 1954).
- 5. North Sea (Fuchtbauer and Reineck, 1960).
- 6. Continental shelf of southern California (Hamilton and Menard, 1956).
- 7. San Diego Bay and adjacent continental shelf (Shumway, 1960)
- 8. 河村の式, 1963(式(2))
- + 今回の調査結果(埋没深さ2m未満)

図-2 中央粒径と間隙率の関係（既往研究との比較）

図-2に既往の研究<sup>3)</sup>と今回の調査の結果を合わせて示す。既往の研究資料は圧密を受けていない条件であるため、今回の調査結果のうち埋没深さが2m未満のデータのみ(141個)を用いた。図中の8.の実線は圧密を受けずに飽和状態にあった河床土砂礫の中央粒径と間隙率の関係式であり、河村<sup>3)</sup>によって河川、湖などの実測資料から求められた。関係式は原著の式を%-mm単位に変換すると(2)式で表される。

$$\lambda = 24.5 + 14.0d_{50}^{-0.21} \quad (2)$$

図-2より、今回の調査結果は概ね既存の研究の値と近い範囲に分布しているが、河村の式と比較すると、中央粒径が0.1mmより小さい領域では、間隙率が大きく、

0.1mmより大きい領域では小さい傾向が見られる。粒径が大きい領域については、貯水池内において比較的上流部に位置する試料が多いと考えられ、これらは水位の変動により堆砂が水面上に露出する場合があります、土砂の締め固まりなどが生じることが考えられる。前述の試料採取地点の水面からの標高差との関係を調べてみると、この値が小さいものが、粒径が大きく間隙率が小さい領域に多めに分布している傾向が認められた。

2) 埋没深さと間隙率：図-3に埋没深さと間隙率の関係を粒径区分毎に示す。圧密の作用は上部の加重が大きいほど、また粒径が小さいほど大きいですが、図-3についても、そのような傾向が見られる。粒径の小さい範囲では埋没深さが大きいほど間隙率が小さくなる傾向が認められるが、深さが5~10m程度以上になるとその傾向は弱くなる。粒径が大きな範囲では、データのばらつきは大きいですが、埋没深さと関係は認められない。今回の調査結果においては、埋没深さと関係が小さくなる中央粒径の範囲は0.03~0.05mm以上と考えられる。図-4に既往の粘土についての研究結果<sup>3)</sup>と今回の調査結果を示す。図中の今回の調査結果については中央粒径が0.005mm以下(粘土に相当)と0.005~0.075mmの試料(シルトに相当)を用いた。これより今回の調査結果の分布範囲は既往の研究結果と同程度であると考えられるが、シルトの一部については、かなり小さい間隙率を示しているデータも存在する。

**4. おわりに：**貯水池堆砂の間隙率について現地調査結果をもとに考察を行った。今後、これらの知見が堆砂予測、堆砂対策、土砂管理のための基礎情報として活用されることが期待される。最後に各種のデータをご提供いただいた国土交通省の各ダム管理事務所の皆様に謝意を表します。

**参考文献**

- 1) 建設省河川局開発課, ダム貯水池の土砂管理に関する研究, H11年度建設省技術研究会, p.13-1~23, 1999
- 2) 櫻井寿之, 柏井条介, 大黒真希, ダム貯水池の堆砂形態, 土木技術資料, 45-3, 2003, pp.56-61
- 3) 河村三郎, 土砂水理学1, 森北出版, 1982.12, pp.12-17

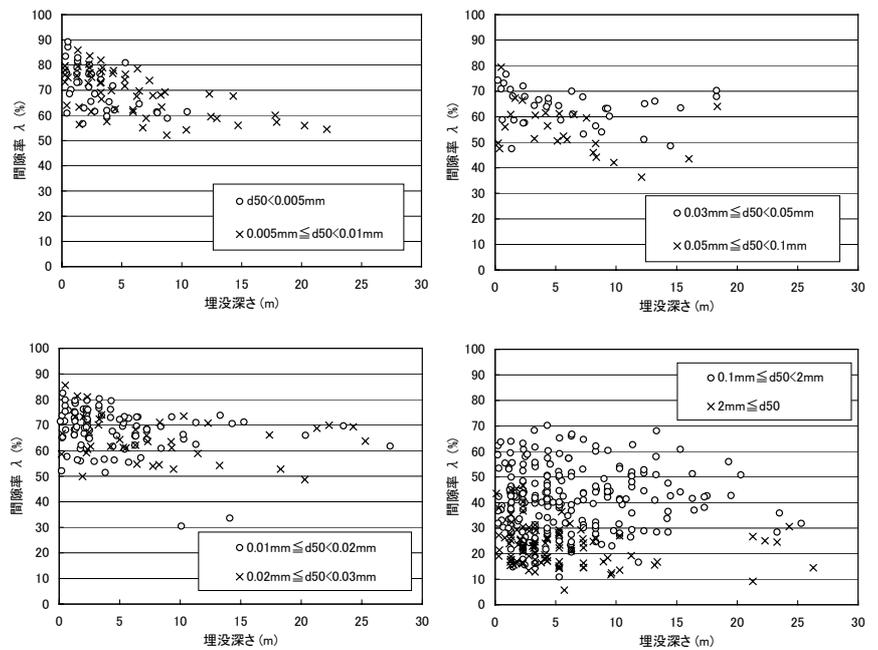


図-3 埋没深さと間隙率の関係

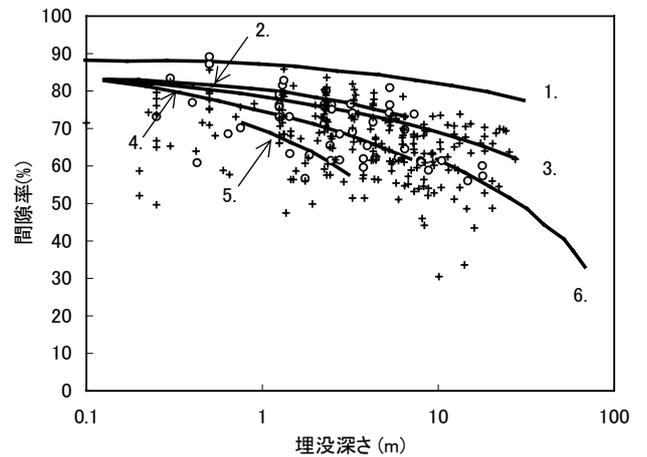


図-4 埋没深さと間隙率の関係(既往研究との比較)  
 1. Lake Mead on Colorad River (Gould, 1960).  
 2. Santa Barbara Basin off southern California (Emery and Rittenberg, 1952).  
 3. Western Bering Sea (Lisitsyn, 1956).  
 4. Eastern Black Sea (Ostroumov and Volkov, 1964).  
 5. Continental Slope off Nova Scotia (Richards and Keller, 1962).  
 6. Orinoco River Delta (Kidwell and Hunt, 1958).  
 ○ 今回の調査結果(粘土, d50 ≤ 0.005mm)  
 + 今回の調査結果(シルト, 0.005mm < d50 < 0.075mm)