

管路流内微細土砂濃度分布特性

(株)ニュー・エック 正会員 大本雄二\*  
 関西電力(株) 正会員 小久保鉄也\*\*  
 関西電力(株) 正会員 高道孝幸\*\*

1.はじめに：数多くのダム貯水池において今後堆砂が深刻な問題になる状況の下，筆者らは，既設の（発電用）導水路を一部改造してダム排砂を実施するシステムを提案している．そして，そのシステムの機能の一つに，（発電）取水に伴い混入する土砂を効率よく分離・排出する機能がある．以下では，これらの検討を行っていく上での基本的なステップとなる，管路内の土砂濃度分布を知るために行った水理模型実験結果において，若干の知見が得られたので報告するものである．

2.実験装置：実験装置を図-1に示す．実験装置は，濃度分布の計測等を行う直径195mm，長さ10mの水平管（アクリル製），水平管に土砂と水がスムーズに流れ込むように，かつ上流端水位が安定するようにするためのヘッドタンク，流水を循環使用するために給排水設備から成り，下流端にはバルブを設けた．

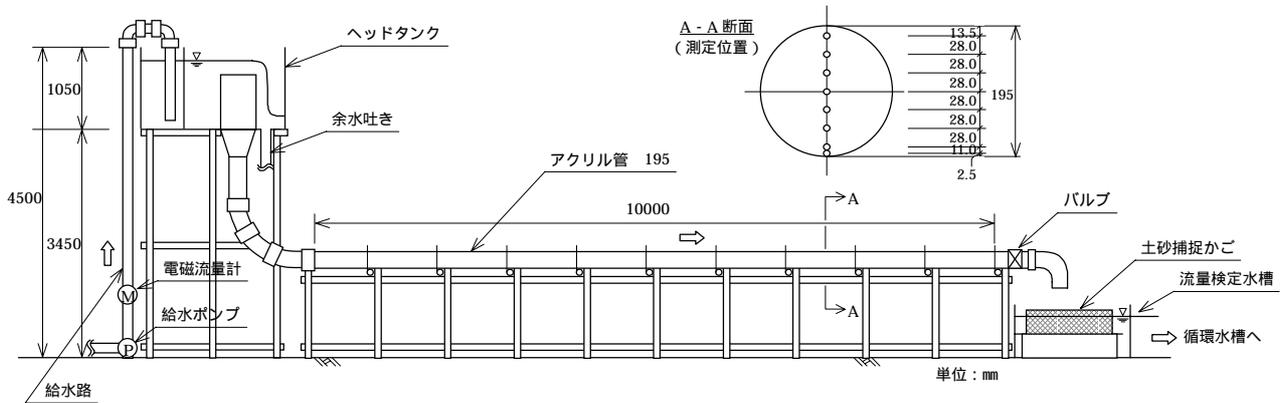


図-1 実験装置及び測定位置

3.実験方法：図-1の実験装置に，上流端から電磁流量計で計量した所定の流量を流入させ，上流水位が安定した状態で，所定の土砂量をヘッドタンクから給砂した．下流端からの単位時間あたりの排出土砂量が，給砂量とほぼ同じであることを確認した後，図-1のA断面，位置で流速，土砂濃度を計測した．流速は二次元電磁流速計を用いて，20Hz，30秒間の計測の時間平均値を求めた．その際流速計センサーの流積障害の影響がみてとれたので，計測値に対し補正を行った．なお，水だけを通水する予備的な実験で，A断面での流れが上流端の影響がほぼ消失していることを確認している．土砂濃度は図-2に示すように，土砂を直接採捕し，濃度を算定した．

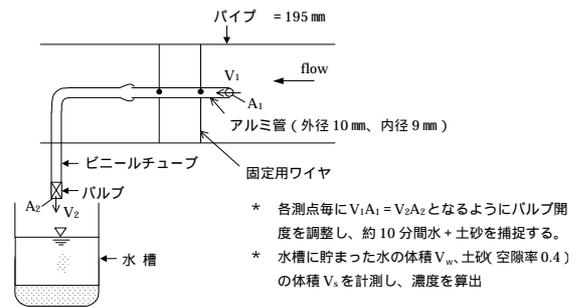


図-2 土砂濃度の計測方法

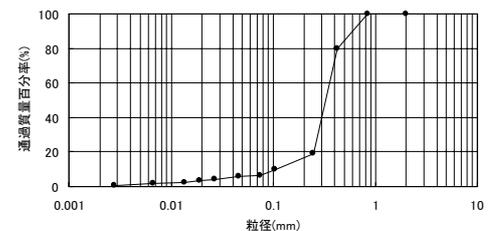


図-3 実験に用いた石炭分の粒度分布

4.実験条件，実験ケース：実験に用いた土砂の粒度分布を図-3に示す．便宜上土砂という表現を用いているが，実験

キーワード：土砂濃度分布，流速分布，貯水池排砂

連絡先：\* 〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19 TEL.06-6245-4901 FAX.06-6245-7410

\*\* 〒530-8270 大阪市北区中之島 3-3-22 TEL.06-6441-8821 FAX.06-6446-6464

には、相似則の関係から比重 1.46 の石炭粉を用いた。表 - 1 には実験ケースを示すが、これらのうち 15l/s では管底に石炭粉が堆積するので計測を行わなかった。

5. 実験結果：図 - 4 に鉛直土砂濃度分布，図 - 5 に鉛直流速分布，図 - 6 に単位時間に管を通過した土砂量の実験結果の一例を示す。鉛直濃度分布は，横軸に断面平均濃度（ $C$ ）に対する各測点の濃度（ $q$ ）の比（ $q/C$ ）を，縦軸に管径  $D$  で無次元化した管底からの距離  $z$  を用いて整理した。鉛直流速分布は，横軸に断面平均流速（ $V$ ）に対する各測点の流速の比（ $v/V$ ）を用いて整理した。流速分布からは，土砂の混入による流速分布の変化はほとんどなく，Durand による擬均質流<sup>1)</sup>に分類される。濃度分布形状は断面平均濃度によらずほぼ一様となっていることがわかる。

6. 土砂濃度分布に関する考察：管内の土砂濃度分布を推定する式として是石<sup>2)</sup>らは次式を提案している。

$$q/C = \left(1 + 54.7 \frac{z}{D}\right)^{-1.38} e^{-\frac{26.5}{w} (z/D)} \quad (1)$$

$$v/v_w = 1 + \left(\frac{z}{D}\right)^{-1.25} C \quad (2)$$

$$w = \frac{\bar{v}_w^2}{gD(s-1)} \sqrt{C_d} \quad (3)$$

$$= 30 + 87 \log(z/D) \quad 0 < z/D < 0.5 \quad (4)$$

$$= 15 + 36.6 \log(z/D) \quad 0.5 < z/D < 1 \quad (5)$$

ここに  $q$ ：濃度， $C$ ：吐出平均濃度， $z$ ：管底から鉛直方向の任意の点までの距離， $D$ ：管径， $v$ ：流速， $v_w$ ：流体のみの流速， $\bar{v}_w$ ：流体のみの断面平均流速， $s$ ：粒子の比重， $C_d$ ：抗力係数

今回の実験条件で濃度分布等を計算した結果を図 - 4，5，6 に実験結果とともに示す。既往提案式から， $z/D$  が 0.2 より小さい領域で極端に濃度が大きくなり，管の上半分にはほとんど土砂が含まれていないという結果が得られ，実験とずれがみられた。この原因について式を導く際に行われた実験の条件が，今回のものとは大きく異なる（例えば，供試材料の比重は 2.66，土砂濃度は 1～10% 程度，管内流速は 2～3m/s 程度）ことが主因と考えられる。

7. おわりに：今後，実験データを蓄積し，成果の汎用化を図るとともに，土砂を効率よく分離・排出する分岐形状を見出し，既設発電導水路を利用した貯水池土砂の排出システムの運用法についてさらに検討を進めていきたい。

参考文献：1)野田佳六；土砂の管路輸送，第 22 回 水工学に関する夏期研修会講義集，1986。

2)是石昭夫，八木得次，奥出律；細砂送流時における濃度分布及び流速分布について，港湾技術研究所報告，第 12 巻 第 3 号，1973。

表 - 1 実験ケース一覧

土砂濃度 流量(流速)	0.10%	0.05%	0.01%
15 l/s (0.5m/s)	* 1	* 1	* 1
22 l/s (0.7m/s)	×		×
30 l/s (1.0m/s)			
33 l/s (1.1m/s)	×		×
45 l/s (1.5m/s)			

\* 1 管底に土砂が堆積するので計測は実施せず

○：実施 ×：実施せず

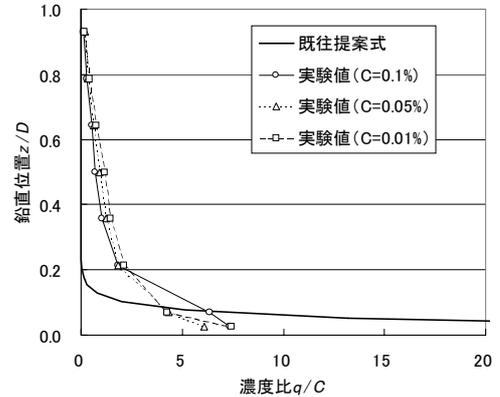


図 - 4 濃度分布の既往提案式と実験値の比較(30l/s)

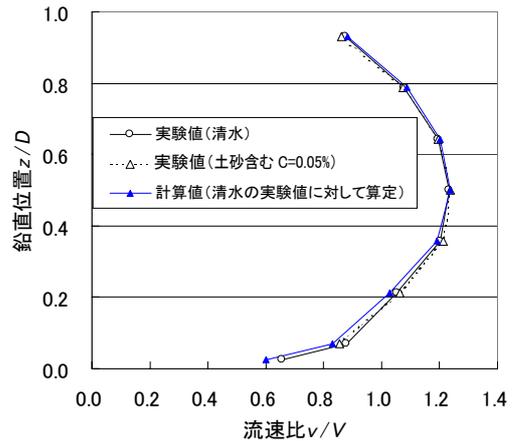


図 - 5 流速分布の既往提案式と実験値の比較(30l/s)

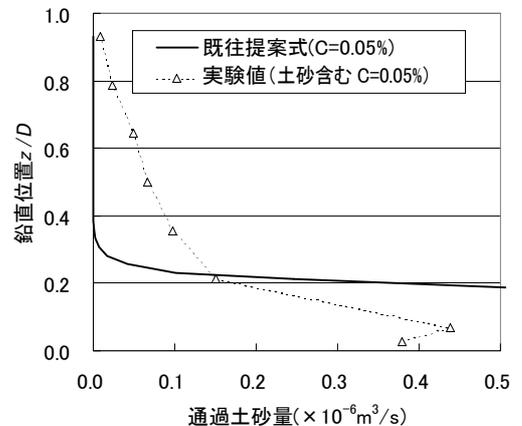


図 - 6 通過土砂量の既往提案式と実験値の比較(30l/s)