

土砂粒径が分岐管路流の土砂分派特性に及ぼす影響

関西電力(株) 正会員 小久保鉄也
 関西電力(株) 上坂薫
 (株)ニュージック 正会員 大本雄二

1. はじめに：ダム貯水池の堆砂をどのようにして貯水池外に搬出するかについて、本格的なフラッシングシステム（出し平ダム）やバイパス排砂システム（旭ダム）の実用化に続き、筆者らは、既設（発電用）の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。これは導水路に混入した土砂を、発電用水車に混入する前に、土砂濃度が大きい層から分離・排出することを意図したもので、筆者らはその合理的設計とシステムの実現に向けて研究を進めている。以下では、システムを構築する際に必要となる分岐部を有する管路流を対象とした土砂分派特性について対象粒径を変化させた実験結果について報告する。

2. 実験装置：図-1に実験装置を示す。実験装置は上流水槽の乱れの影響に対する整流区間 9.5m（管径 200 mm，塩ビ製）の下流に，管径 195 mm，長さ 5m の水平管と分岐管を含んだ 2m 区間，さらにその下流 2m の水平管を接続した。上流端では水平管に土砂と水がスムーズに流れこむように，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を設置し，流水の循環使用が可能な給排水設備を設けた。本管の下流端と分岐管の下流端はバルブを設置して流量をコントロールするとともに本管と分岐管の流量，土砂量が別々に計測できるように，沈砂池を兼ねた流量検定水槽をそれぞれの下流端に設置した。

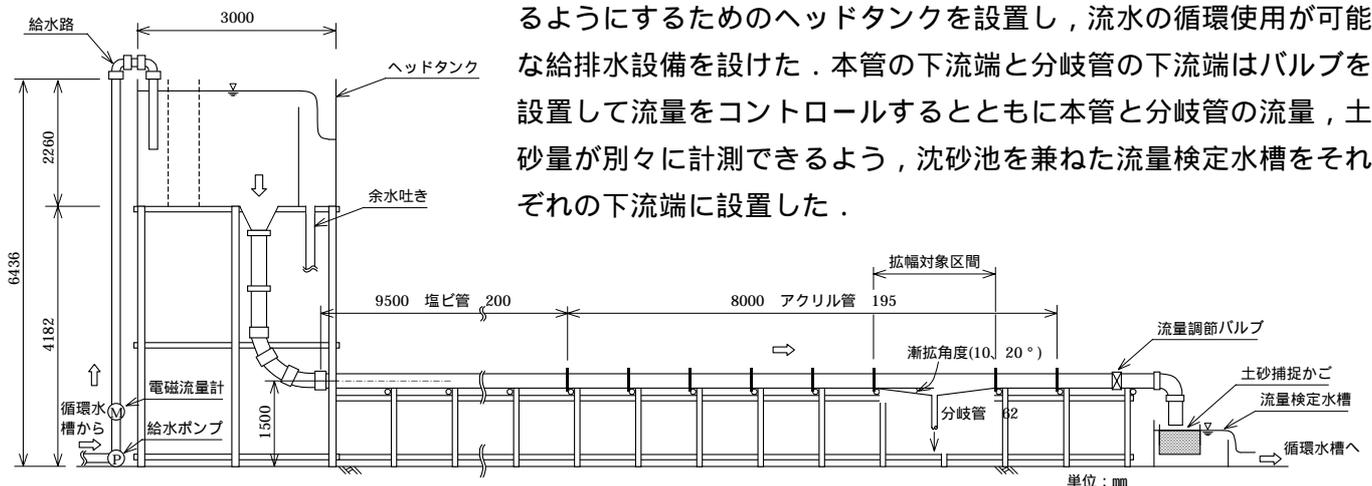


図-1 実験装置概略図

3. 実験方法：ヘッドタンクに水を流入させ，本管，分岐管で所定の流量になるようにバルブ開度を調整し，ヘッドタンク水位が安定した状態で，所定の土砂量をヘッドタンクに給砂した。本管，分岐管から排出される土砂量が給砂量と同程度になったのを確認した後，約 30 分間通水し続け，通水後に沈砂池の土砂捕捉かごで捉えた土砂量を計量して土砂分派量を算定した。

4. 実験条件，実験ケース：実験では，実際の水力発電所の設計の際に沈砂池で捕捉する最小粒径 0.5 mm～1 mm程度の土砂を対象にし，断面平均流速と粒子の沈降速度の比をモデル地点と実験とで合わせるため，比重 1.46 の石炭粉を用いた。

実験に用いた石炭粉の粒度分布を図-2に示す。分派特性に与える粒径（沈降速度）の影響を検討するため， d_{60} で 0.4 mm（沈降速度 21.6 mm/s）程度と 0.6 mm（沈降速度 32.4 mm/s）程度の2種類を対象とした。図-3は，分派特性を調べた分岐部の形状で2ケースの実験を行った。表-1は流量等の実験条件をまとめた。

キーワード：ダム堆砂，土砂排出，既設導水路，流砂量比，土砂粒径

連絡先：〒542-0082 (株)ニュージック 大阪市中央区島之内 1-20-19 TEL.06-6245-4901 FAX.06-6245-4710

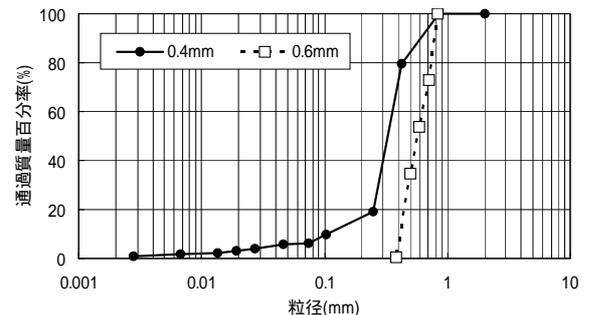


図-2 本実験に用いた石炭粉の粒度分布

5. 実験結果：既に筆者らは、粒径 0.4 mmを対象とした実験で図 - 3 の 10° 漸拡分岐が、土砂効率的の分離に対して有利であるとの知見を得ている¹⁾。これに対し、0.6 mmのデータを追加し、分岐形状別に整理したのが図 - 4（漸拡 10°）、図 - 5（漸拡 20°）である。ここで、 g の定義は以下のものである。

$$\text{流量比} = \text{分岐流量} / \text{分岐前流量} \quad (1)$$

$$\text{流砂量比 } g = \text{分岐土砂量} / \text{給砂量} \quad (2)$$

これらより条件によって粒径（沈降速度）が分派特性に与える影響に差異があるのが見てとれる。すなわち、粒径が 0.4 mmから 0.6 mmに変化することで、平均的に 2 割程度 g の値が増加している。ここで、土砂の分派特性に大きな影響を与える沈降速度、管内流速、流量比、乱れの程度を組み合わせたパラメータとして以下の値を考える。

$$= (w_f / V) \times (/ f) \quad (3)$$

ここに、 w_f ：石炭粉の沈降速度、 V ：分岐部上流の断面平均流速、 f ：漸拡の損失係数 [$f = 0.16$ (10°), $f = 0.40$ (20°)] である（ただし円管の軸対象の漸拡の損失係数で代用）²⁾。

g と の関係を図 - 6 に示す。値のもつ数値の意味合いは明確ではないが、概ね の増加とともに g が増加する傾向にあり、沈降速度の増大が、 g 増加に寄与し、逆に f の増加により g の値が減少する傾向にあることがわかる。このような数値を用いて g を整理することにより、 g の推定も可能になってくるものと考えられる。

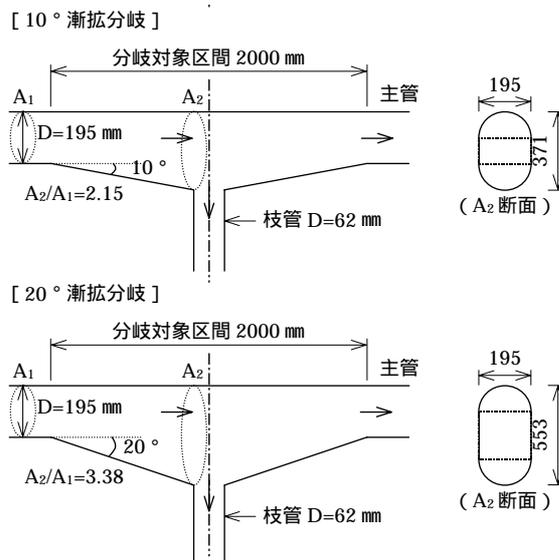


図 - 3 実験ケース（分派特性実験）

表 - 1 実験条件

土砂濃度 C (%)	流量			
	分岐前 (ℓ/s)	分岐後		分流量比
		本管 (ℓ/s)	分岐管 (ℓ/s)	
0.05	33.0	31.4	1.6	20 : 1
0.05	33.0	30.0	3.0	10 : 1
0.05	33.0	28.9	4.1	7 : 1
0.05	33.0	26.4	6.6	4 : 1
0.05	33.0	22.0	11.0	2 : 1
0.05	49.5	47.1	2.4	20 : 1
0.05	49.5	45.0	4.5	10 : 1
0.05	49.5	39.6	9.9	4 : 1
0.05	22.0	20.0	2.0	10 : 1

0.6 mmは網掛けのみ実施

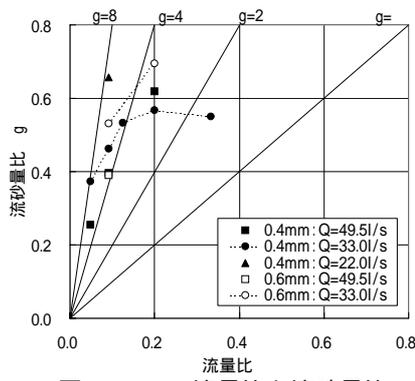


図 - 4 流量比と流砂量比の関係(漸拡 10°)

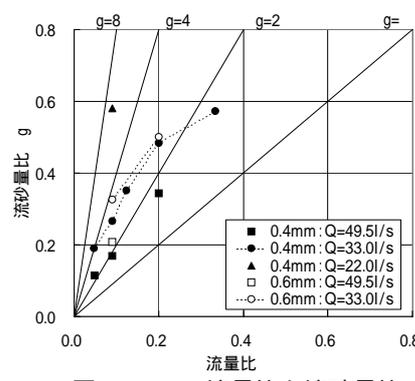


図 - 5 流量比と流砂量比の関係(漸拡 20°)

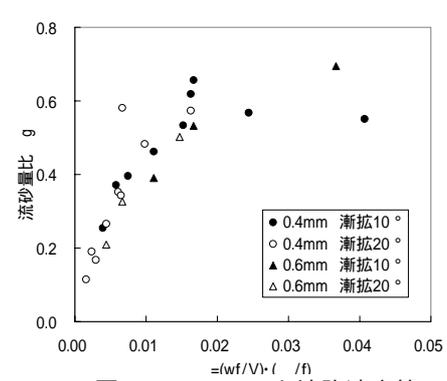


図 - 6 g と沈降速度等との関係

6. おわりに：今後、実験データを蓄積するとともに、数値解析の手法等も用いて、土砂を効率よく分離・排出する分岐形状を見出すとともに、既設発電所導水路を利用した貯水池土砂の排出システムの運用についてさらに検討を進めていきたい。

参考文献：1)小久保鉄也，上坂薫，大本雄二；発電用導水路に混入した土砂の効率的分離・排出方法に関する実験的研究，水工学論文集，第 48 巻，2004. 2)水理公式集 平成 11 年版，(社)土木学会，P.376