

1. はじめに

発電所の取水路などに堆積した底泥が流量増加時にどのような領域で巻き上げられるかを事前に把握することは、周辺環境への影響などを評価する上で重要となっている。

本報では、まず取水路内に堆積した底泥の巻き上げ特性を明らかにするため、現地にて採取された底泥を用いた水理実験を行い、巻き上げ限界となる摩擦速度と底泥の含水比の関係性を明らかにした。次に、取水路内の3次元流況を領域分割・並列計算法¹⁾により予測し、底面に作用する摩擦速度を求めた。そして、数値解析により得られた摩擦速度分布を実験結果と比較することにより、底泥が巻き上げられる範囲を評価した。

2. 底泥の巻き上げ特性

内湾に面した発電所の取水路内において、底泥のサンプリングが行われた。その結果、対象となる取水路の底泥は、70%のシルト分と25%の粘土分が含まれ、その流動曲線は降伏点を有し、平均含水比は200%程度であることが把握された。発電所の取水流は低流速であるため、内湾に存在する微細な土砂成分が水路内に入り込み、そこで長期間にわたり堆積することは一般に観察される現象である。このため、本報で扱う底泥は、同様の立地条件にある取水路内の堆積物とある程度の共通性があると考えられる。

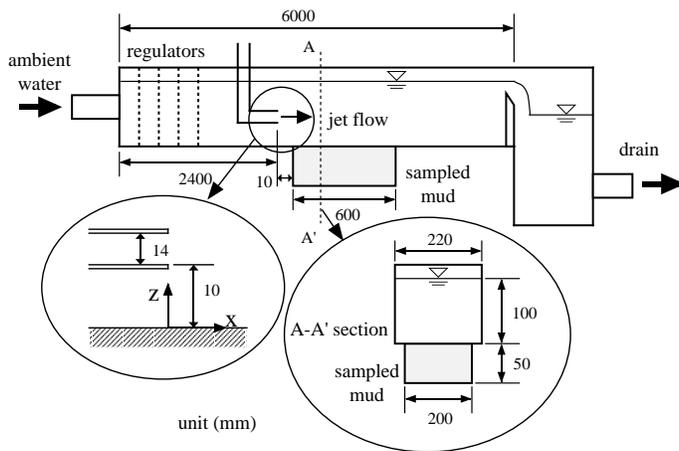


図1 実験水路

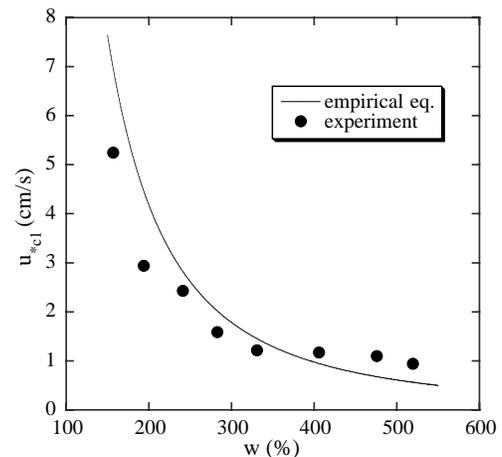


図2 u_{*c1} と含水比 w の関係

採取された底泥を図1に示される水路内に設置して、水平噴流の流速と底泥の含水比 w を変化させた場合の巻き上げ特性を調べた。実験では、含水比を所定の値に設定した底泥を水路底部に設置し、水平噴流の流速を徐々に増加させ、濁度が急激に増加するときの噴流流速を求めた。底泥の巻き上げ状況は、濁度計による測定と濁質成分の可視化により把握した。また、底泥を設置する領域を固定床としたときの流速分布を計測し、その結果から底面に作用する摩擦速度を算出した。これらの結果から、図2に示すような底泥が巻き上げられる限界となる摩擦速度 u_{*c1} と含水比の関係性が得られた。図2中の曲線は、大坪²⁾により提案された次式の流送限界 τ_{c1} に相当する。

$$\tau_{c1} = 0.35\eta_1^{0.6} \tag{1}$$

ここで、 η_1 は流動曲線から求められる底泥の粘性係数である。この結果から、本実験で求められた底泥の巻き上げ限界特性は、流送限界と良く一致することが確認された。

キーワード：底泥、流送限界、領域分割、並列計算

連絡先：¹ 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学部 環境地球工学専攻. Email: ushijima@nezu.gee.kyoto-u.ac.jp

² 〒 270-1194 我孫子市我孫子 1646 番地 (財) 電力中央研究所 水理部.

3. 数値解析による取水路内 3 次元流況と底泥巻き上げ範囲の評価

対象となる取水路は，断面形状が複雑に変化するため，計算領域を単純な形状に分割して各ブロック要素を境界適合座標系で表現する，領域分割・並列計算手法¹⁾が有効である．図 3 は，計算領域のブロック分割を示すものである．計算領域は，取水路部分 (block-1 から 3) と取水口前面の海域部分 (block-4) の 4 ブロックから構成される．各ブロック内の流体計算には，標準的な $k-\epsilon$ モデルを利用した．

計算結果から求められた底面に作用する摩擦速度の分布を図 4 に示す．流向や取水路断面形状が急変する領域において，比較的高い値が見られる．図 5 は，水理実験の結果を利用して底泥の巻き上げ範囲を示したものである．図中の A, B, C の各曲線は，それぞれ含水比が 350%, 300%, 250% の場合の巻き上げ発生領域を示す．底泥の平均含水比 (200%) に対しては，今回の評価では巻き上げは発生しないと推定された．

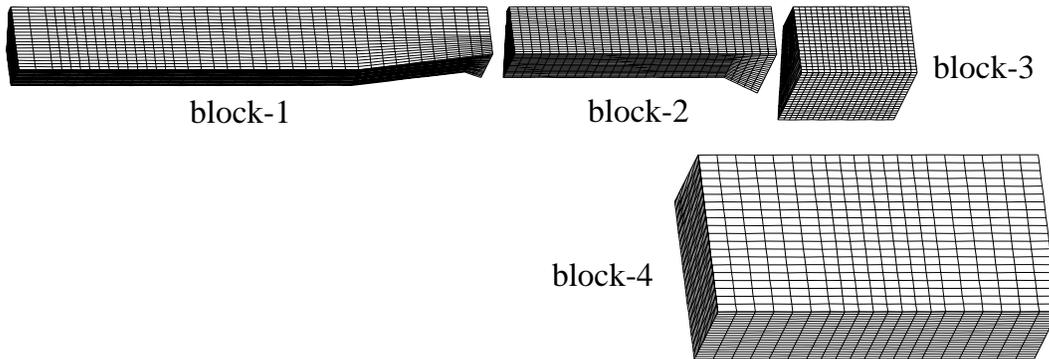


図 3 取水路と海域部に対するブロック分割 (4 ブロック分割)

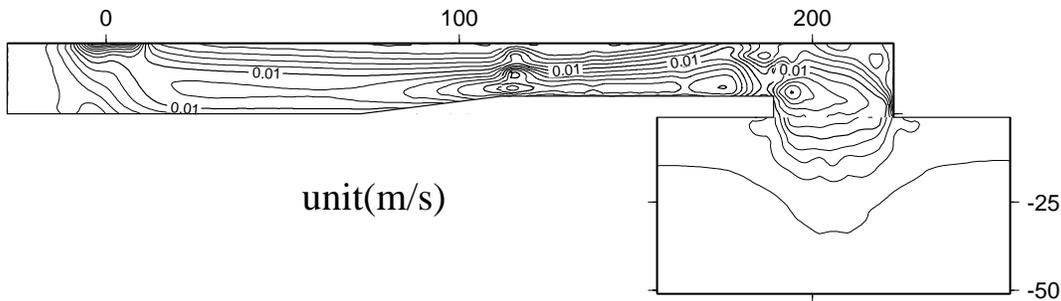


図 4 計算された取水路底部に作用する摩擦速度の分布 (周囲の数値はスケールを表す: 単位 m)

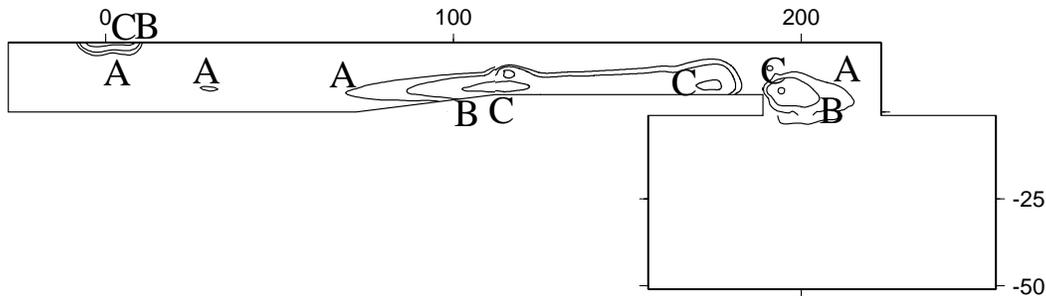


図 5 底泥が巻き上げられる範囲 (A, B, C の各曲線は，それぞれ $w = 350\%$, 300% , 250% の場合に相当)

4. おわりに

領域分割・並列流体計算手法を利用することにより，複雑な形状を有する水理構造物内の流況を予測することができ，取水路内の底泥の巻き上げ範囲の評価といった実際的な問題を扱うことが可能となることが示された．

参考文献

- 1) 牛島 省・田中 伸和・米山望. 一般座標系を用いた領域分割流体解析手法の提案とその基本特性に関する考察. 水工学論文集, 第 44 巻, 2000 年.
- 2) 大坪国順・村岡浩爾. 底泥の物性および限界掃流力に関する実験的研究. 土木学会論文集, 第 363 号/II-4, pp. 225-234, 1985.