

PIV 計測を用いたジェットポンプ式流動装置混合管内の流動解析

山口大学工学部 学生会員 ○里 優作
 西日本高速道路エンジニアリング中国 正会員 小谷 拓弥
 呉工業高等専門学校 正会員 黒川 岳司

1. はじめに

貯水池等の水質汚濁の改善方法としてジェットポンプ式流動装置がある。この装置は水温が高い表層水を、底層へと供給し混合管内で底層水と混合した後に吐出することで、水温成層の破壊・緩和を図るものであるが、この混合管内における駆動水（表層水）と吸引水（底層水）の混合過程などの流動の様子は不明である。

そこで、本研究ではジェットポンプ式流動装置の混合管のモデルを作成し、PIV 計測によって、混合管内の流動機構を検討した。また、ここでの流動に与える混合管の形状の影響についても検討を加えた。

2. 実験方法

混合管のモデルには、長さ 100cm、直径 10cm の円筒管と、長さ 40cm、直径 10cm、縮小部の直径 7cm の縮小管の 2 種類を使用した。駆動水噴射口であるノズル径は 13mm、16mm、20mm、25mm、30mm の 5 種類とした。

写真 1 のように、混合管およびノズルを止水し水深 50cm に保った開水路（幅 60cm、水路長 10m）中に設置し、系外から水を圧送しノズルから混合管内に噴出させた。このとき、開水路の下から水路床に設けた窓を通じてレーザー光（カトウ光研 G450）を当てながら、混合管後方（吸引口付近）からトレーサー（三菱化学 ダイヤイオン HP20）を入れて、水路側面から高速カメラ（ディテクト HAS-D2）で混合管内の様子を撮影した。その後、二次元流体解析ソフト（ディテクト Flownizer2D）で流れ場の解析を行った。

3. PIV 測定結果

3.1 縮小管での測定結果

図 1 および図 2 は、 $\phi 13$ の縮小管内のベクトル図および流線である。ベクトルの色は速度を表しており、色が赤色に近づくほど流速は速くなっている。 $\phi 13$ ではノズルから排出された水は勢いを失うことなく管から排出されている。これでは混合はあまりされてないと考えられる。図 3、図 4 に示す $\phi 20$ に関しては、図 3 中の赤い丸の場所で流速が一樣になりつつあるように見える。また $\phi 13$ よりこの地点での流速は下がっており、流速の遅い吸引水と混合されていると考えられる。しかし漸拡部では一樣な流れにはなっておらず、蛇行した流れになっている。これらよりノズルか

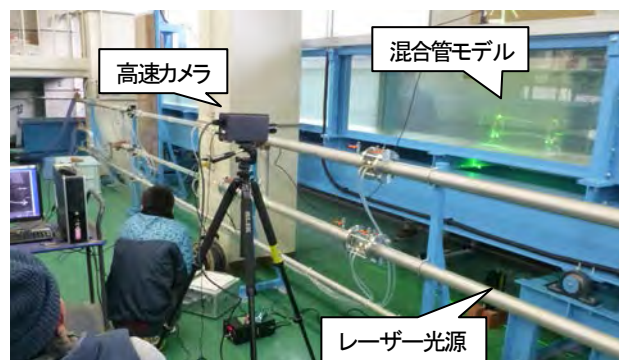
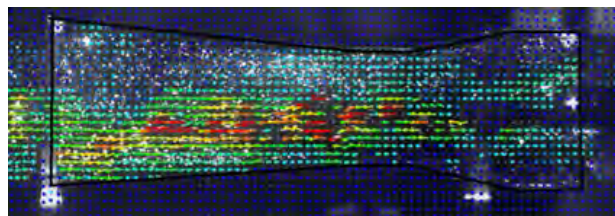
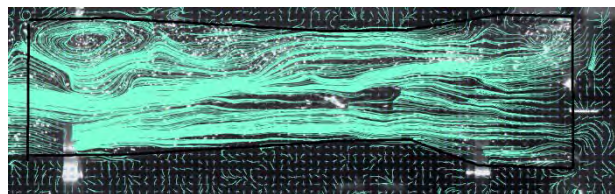
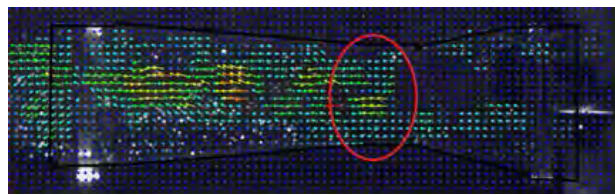
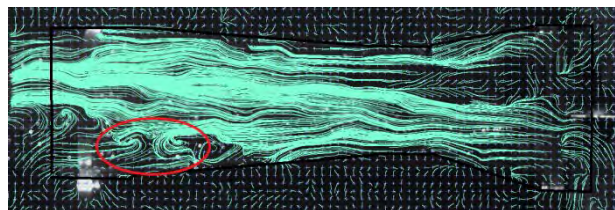


写真 1 実験風景

図 1 $\phi 13$ 縮小管 ベクトル図 2 $\phi 13$ 縮小管 流線図 3 $\phi 20$ 縮小管 ベクトル図 4 $\phi 20$ 縮小管 流線

キーワード PIV, ジェットポンプ式流動装置, 連行, 攪拌混合

連絡先 〒737-8506 呉市阿賀南 2 丁目 2 番 11 号 呉工業高等専門学校 環境都市工学科
 TEL 0823-73-8481



図5 φ30 縮小管 ベクトル

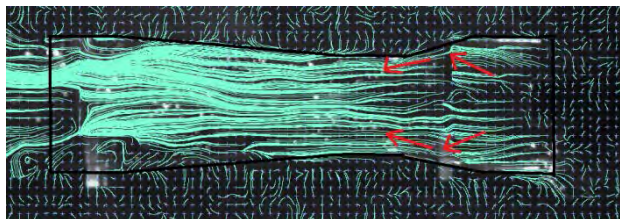


図6 φ30 縮小管 流線

ら放出された水が縮小部の管壁にぶつかり混合されているが、十分な混合とはいえない。

図5、図6に示すφ30では、一部流速が中心部と外側で差が少ない場所がある。流れが様になりつつあると考えられる。しかしその他のノズルより吸引性能が低い。ノズルの径が大きくなったことで駆動水が混合管の縮小部にあたり、流速が遅くなってしまい吸引の妨げになったことが予測される。

図7から図12まで円筒管について各管径でのベクトルおよび流線を示す。φ13の円筒管では、赤い線のように駆動水が蛇行しながら進んでいる。白い丸で囲んだ場所では左の囲まれた場所の方が流速は速くなっており、流下するほど混合されていることが確認できる。しかし管内では完全には混合されていない。

φ25になると、駆動水の広がりが大きくなっており、また蛇行の振れ幅が小さくなっている。吐出側の赤い丸の中を見ると中心部と管壁付近の流速の差がほとんどないことが分かる。これは吐出水と吸引水が混ざり、様な流れになったためと思われる。このことから十分に混合されていると考えられる。

φ30では、φ25と比べて流れが様になるまでの距離が少し短くなっている。管の赤い丸の所ではほぼ様になっており、そのまま吐出されている。しかし、吸引付近の流速がφ25より下がっていた。これはノズルが広がった影響で流速が遅くなり、かつ流れが様になって速度が落ちるのが早かったため圧力の低下量が小さくなり、吸引性能が落ちたと思われる。

4. おわりに

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 縮小管を使用した場合、混合しやすくなるものの完全に混合するには難しい。またノズルが大きすぎると吸引がうまく行われなくなり、ノズル径が小さすぎると混合せず、

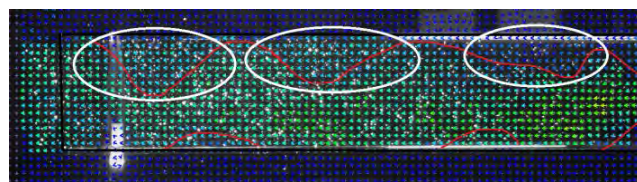


図7 φ13 円筒管 ベクトル

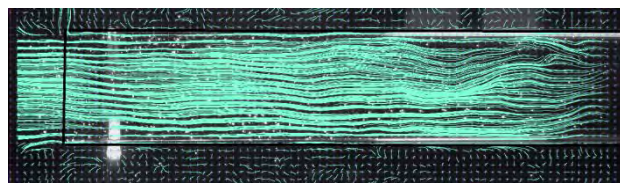


図8 φ13 円筒管 流線

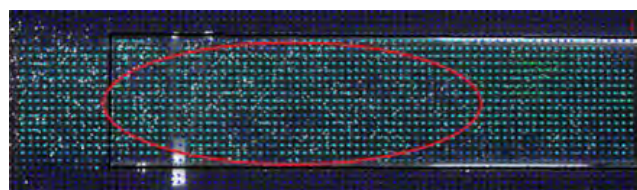


図9 φ25 円筒管 ベクトル

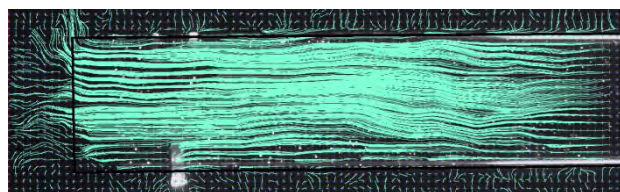


図10 φ25 円筒管 流線

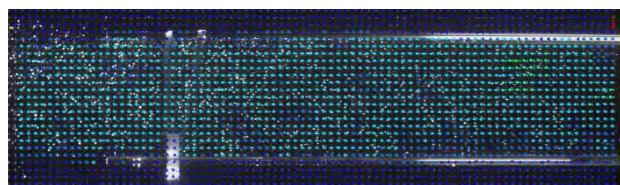


図11 φ30 円筒管 ベクトル

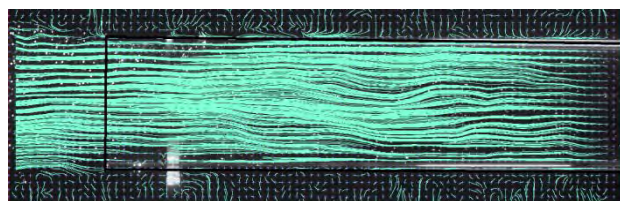


図12 φ30 円筒管 流線

そのまま管の外へ流れて行ってしまう。

(2) 円筒管ではノズルから出た駆動水は徐々に広がっていき、壁に当たった付近から大きく吸引水と混ざり流れが様となる。その時、流れが様となるための必要な長さはノズル径に反比例している。ただし、ノズル径が大きすぎると様となるのが早くなる反面、ノズルからの噴出流速が遅くかつ吸引面積が狭くなるため全体の流速が遅く、つまり圧力の低下量が小さくなり吸引性能が落ちてしまう。

(3) ノズルから出た駆動水は蛇行しながら進み、少しずつ吸引水と混合する。