

ジェットポンプ式流動装置の混合管内における混合過程

九州大学工学部 学生会員○上瀧 大樹

呉工業高等専門学校専攻科

学生会員

森 飛鳥

呉工業高等専門学校

正会員

黒川 岳司

1. 序論

ジェットポンプ式流動装置(図1)は、成層化した水域において、底層に混合管を設置し、表層の水を駆動水として混合管内に送水・噴出させることで、周りの底層水が混合管内に吸引され(吸引水)、表層水と底層水を混合させる仕組みになっており、その混合した吐出水の緩やかな上昇流による成層の破壊・緩和効果で水質改善につなげる装置である。これまでの研究¹⁾で、駆動水と吸引水を十分に混合させるには、混合管の管長が管径の10倍以上必要ということが明らかにされているが、混合管内での混合の過程はまだ不明瞭な点が多い。そこで本研究では、管長が管径の10倍以上の混合管2種類でPIV測定を行い、混合管内の混合の様子を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

開水路(幅0.6m×長さ10m×高さ0.6m)に水深0.45mまで貯水し、駆動水を噴出するノズル(ノズル管径 $\phi=3.0\text{cm}$)と混合管を図1のように設置する。なお、混合管は管径の異なる2種類($d=7.5\text{cm}$, 10cm)を用いた。混合管内のPIV測定は、水路床からレーザー(カトウ光研G2000-Y)を照射し、混合管の吸引部付近からトレーサー(ダイヤイオンHP20)を流し、水路側面から高速カメラ(ディテクトHAS-D72)で撮影したデータを二次元流体解析ソフトウェア(Flownizer2D)で解析した。

また、PIV測定が正しく行われていることを根拠づけるため、混合管の吐出部の流速を図2の測定位置で、プロペラ式流速計(ケネックVOT2-100-10-B)を用いて測定した。

なお、混合管内の流動のPIV計測はこれまでも実施されているが、混合管内では極めて流速が大きい上3次元的な挙動を示すため、PIVの条件設定が難しく、流線の特徴など定性的な評価にとどまっていた¹⁾。そこで、本研究では定量的な評価ができるように、1秒間あたりの撮影枚数を100FPSから500FPSに増やし、また、ソフトウェアで解析する際のキャリブレーションの実行方法を変えるなど、計測条件の再設定を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 プロペラ式流速計とPIV測定の流速比較

図3に吐出部鉛直方向(図2)におけるプロペラ式流速計とPIV測定、理論値の流速分布を示す。

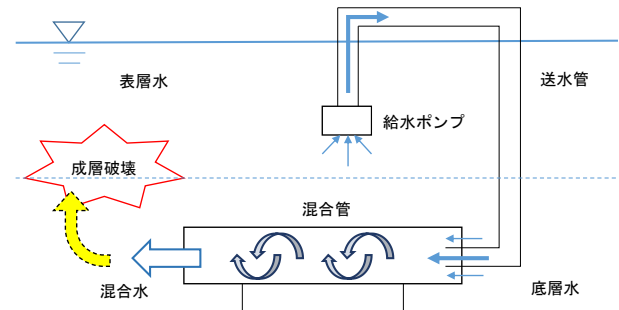


図1 ジェットポンプ式流動装置

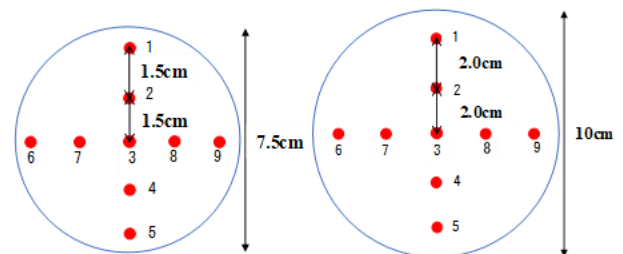


図2 流速の測定位置

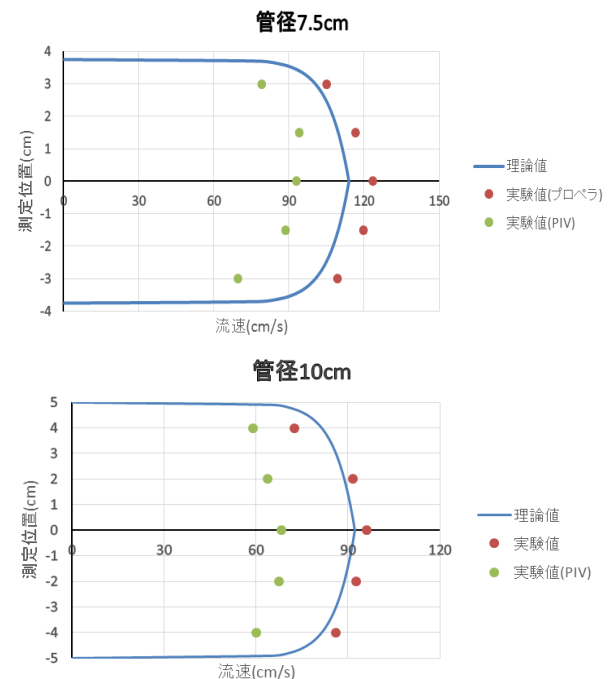


図3 吐出部鉛直方向での流速分布比較

プロペラ式流速計による測定値とPIVによる測定値は位置ごとの流速の変化の仕方も似ているため、PIV測定は正しく行われているといえる。PIVの測定値が低くな

キーワード ジェットポンプ式流動装置, 混合管, PIV, 水質改善

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校 Tel.0823-73-8481

っているが、これはレーザーは平面的に照射されるためや手前にベクトルが向ってレーザー照射面から外れる場合があるためと考えられ、PIV 測定では実際よりも低く測られる傾向がある。

3.2 PIV による混合管内の流動解析

それぞれの管の吸引部から中間部にかけての時間ごとの流動の様子を図4、図5に示す。どちらの管でも乱れが見られ、蛇行するような形で流れていることが分かる。また、時間によって流動の様子が異なることから、流動の仕方に規則性はないといえる。管径 10cm では流線の振れ幅が小さくなっているが、これは、管径が大きくなったことで、流速の差が小さくなり、乱れが少なくなったためと考えられる。

3.3 地点ごとにおけるベクトルの流動の変化

図6に示す位置における流速ベクトルの変化の様子を図7に示す。なお、図の赤線は近似線を表している。測点5のように2段目の点では、広範囲に点が広がっており、時間によって様々な向き、様々な速さで水の流動が起きていることが分かる。一方、測点12では点のばらつきが少なく、吐出部に近づくほど混合が落ち着いてくると考えられる。そのため他の点よりも流速が速くなっているといえる。また、測点1でもばらつきが少ないが、これはトレーサーをノズルの上から放流したため、上部でまとまって流れたことによるものと考えられる。全体的にみると、どれも上下に点はあるが、上部や下部への偏りはみられず、中央に点が集まっていることが分かる。また、どの近似線もほとんど水平になっている。このことから、混合管内では基本的には流下方向と水平な流れが起きているといえる。そのため、図4や図5は管内に定常的な大きな蛇行の流れが起きているわけではなく、様々な流動をする中での瞬間的な蛇行であると考えられる。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) PIV 測定で得られた流速分布とプロペラ式流速計で得られた流速分布はほとんど同じになっており、PIV 測定は正しく行われていることが確認された。
- (2) 混合管内はベクトルが様々な方向を向くが、全体としては流下方向と水平な流れで進みながら、その中で時間によって瞬間的に蛇行したり、それとはまた違う流れが起きたりしている。したがって規則的な流動、また定常的な流動ではなく、不規則な流れをしながら混合されているといえる。

参考文献

- 1) 本多康平：ジェットポンプ式流動装置の装置形状と吸引・混合特性の関係；第74回年次学術講演会，II-27，2019. .

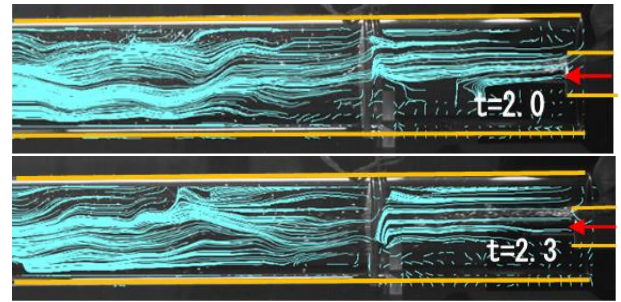


図4 管径 7.5cm での吸引部～中間部の流動の様子

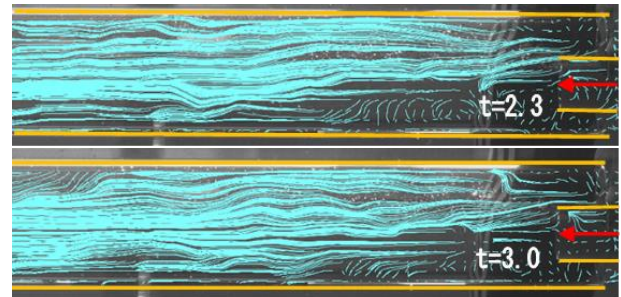


図5 管径 10cm での吸引部～中間部の流動の様子

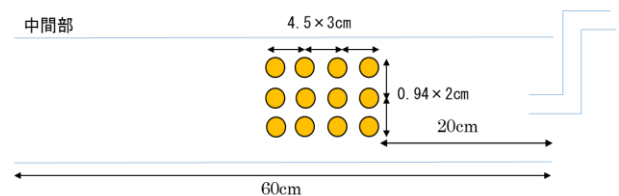


図6 ベクトル測定箇所

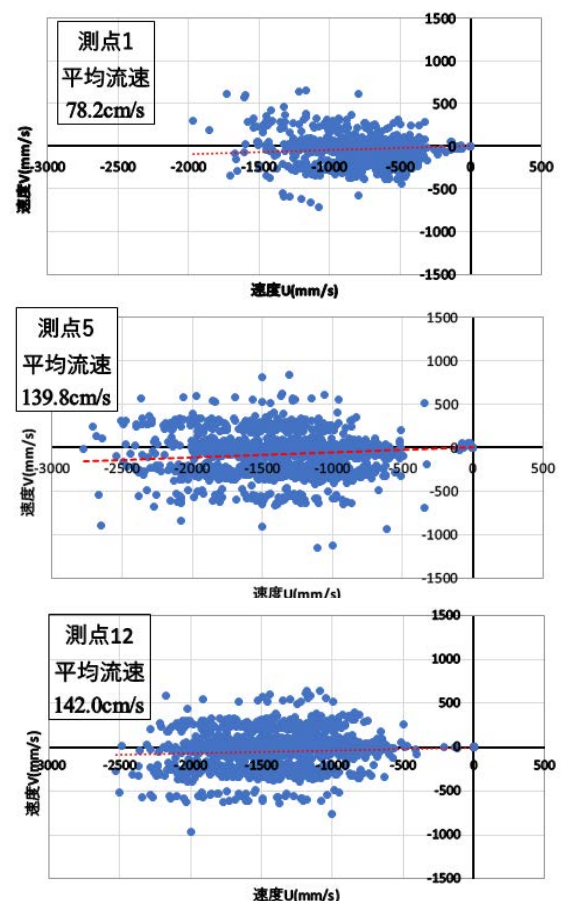


図7 地点ごとの流速ベクトルの変化の様子