

PIV 計測によるジェットポンプ式流動装置の混合・吐出過程の可視化

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○舛田 卓治

呉工業高等専門学校 正会員 黒川 岳司

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 本多 康平

1. 序論

湖沼などで水質汚濁の対策としてジェットポンプ式流動装置が用いられている。これまでの研究では混合されるには混合管の長さが5~6倍は最低でも必要とされている。また、混合管内で十分混合され、吐出されると仮定し、駆動水、吸引水、吐出される混合水、吐出水の流速比の理論式が導出されている¹⁾。しかし、管長とノズル径の違いが混合管内の流動性にどのような影響をもたらすということは明らかになっていない。

そこで本研究では、異なる管長やノズル径のモデル装置を用いて混合管内での混合や吐出特性を評価することを目的として、吐出部および吸引部の流速測定や混合管内の流れを解析する PIV 計測を行った。

2. 実験方法

開水路(幅 0.6cm×長さ 10m×高さ 0.6m)に水深 0.45m まで貯水し、管長が 40cm, 50cm, 60cm, 70cm, 80cm, 90cm, 100cm, 110cm, 120cm, 130cm の 10 種類、ノズル径が 1.3cm, 2.0cm, 3.0cm の 3 種類で計 30 種類の条件において、プロペラ流速計(ケネック VO1000, VOT2-200-2)を用いて流速分布を測定した。PIV による解析では管長 40cm, 60cm, 80cm, 100cm, 130cm について、それぞれ 3 種類のノズル径において吸引部、混合管内、吐出部で可視化を行った。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、側面からハイスピードカメラ(ディテクト HAS-D72)で撮影した動画を二次元流体解析ソフトウェア(Flownizer2D)で解析を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 吐出部の流速分布

図 2 に、管長 40cm, 80cm, 100cm, 120cm, 130cm について各ノズル径で得られた流速分布を示す。なお、図中には理論式¹⁾から得られた分布も示している。混合管内で十分に混合されていると、各測点間の流速差が小さく、分布が理論式から得られる分布形に近くなるはずであるが、管長が短いほど中心の流速が大きく、他の測点の流速との差が大きい。管長 40cm, 80cm ではすべてのノズル径で分布に偏りが見られるものの、管

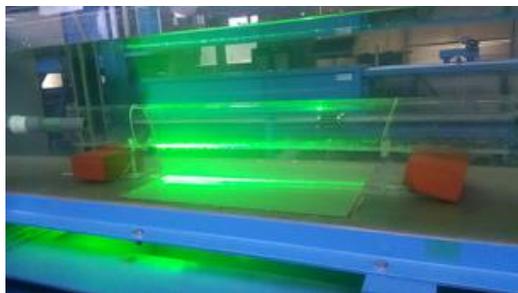


図 1 PIV 計測による実験風景

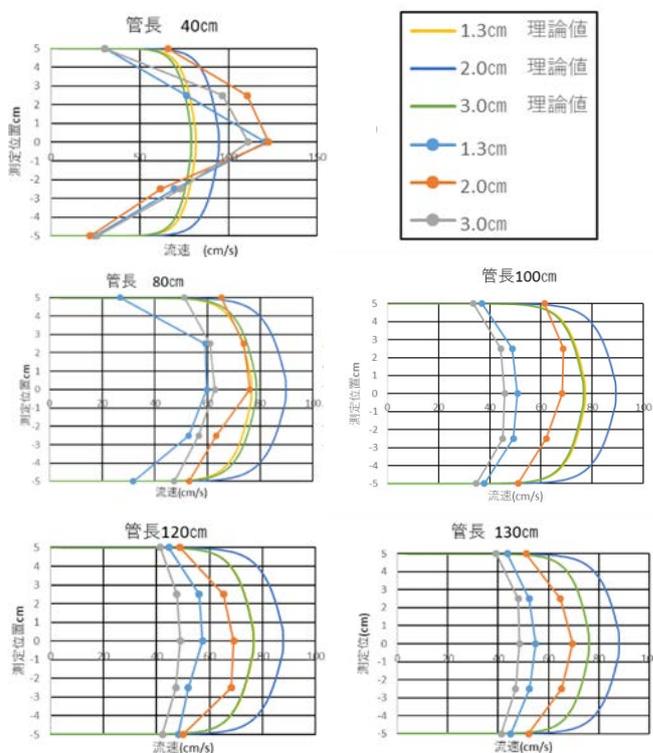


図 2 吐出部の流速分布(管長 40, 80, 100, 120, 130cm)

長 100cm ではノズル径が 2.0cm のみにおいて偏りが見られ、他のノズル径より一様になりにくいと考えられる。また、流速の理論値からわかるように、他のノズル径よりノズル径 2.0cm の吐出時の流速・流量が大きくなっている。

3.2 混合管内および吐出時の流況

PIV 計測で得られた管長 100cm でノズル径 1.3cm, 2.0cm, 3.0cm の結果をそれぞれ図 3, 図 4, 図 5 に示す。まず吐出部に着目すると、図 2 にも示されているよ

キーワード ジェットポンプ式流動装置, PIV 計測, 混合, 吸引

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

うに、ノズル径 1.3cm (図 3) と 3.0cm (図 5) では、混合管の出口端で流れが概ね一様になっているのに対し、ノズル径 2.0cm (図 4) では中央のやや上部の流速が大きく、分布が一様にならず偏りを持ったまま吐出している様子が分かる。これは、ノズル径が 1.3cm と小さい場合、駆動水の流速は大きい反面ノズル内で過大な損失が生じ駆動水流量が少なくなり、また吸引断面積が大きく駆動水に対する吸引水の割合が極めて大きいので吸引水が卓越的となり混合されやすく、逆にノズル径 3.0cm の場合では、駆動水の割合が大きく混合に要する距離は短くなったと考えられる。結局のところ、ノズル径 2.0cm の場合の駆動水量と吸引水量のバランスで最も混合水の流量が多くなり、混合に要する距離も最も大きくなると推察される。

このように、ノズル径 1.3cm と 3.0cm では、吐出水(混合水)の流量はほぼ同じでも、駆動水と吸引水のバランスが異なるため、混合管内での駆動水と吸引水の混合過程は異なると推測されるが、図 3 (1.3cm) と図 5 (3.0cm) および図 4 (2.0cm) の混合管内の流況を比較すると、蛇行の特徴などはそれぞれ異なるように見受けられるものの、明確な混合過程の違いを捉えることはできなかった。

そこで、ノズル径 2.0cm の場合で、管長 80cm, 100cm, 130cm での混合管内の流線を図 6 に示す。なお、管長 80cm と 100cm では吐出時に駆動水と吸引水の十分な混合に至っておらず、130cm では十分な混合が見られている。図 6 より、管長が長くなるにつれ蛇行の波長が長く、振幅が小さくなり、全体的に緩やかな蛇行に変化することが分かる。また、吐出地点で十分な混合に至る管長 130cm では、混合管の中間部(図 6 中で左端辺り)ですでに一様になっており、混合が完了するかどうかで管内の流況も異なることが明らかとなった。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 駆動水と吸引水の流量バランスやノズル部での損失の大きさから、駆動水と吸引水の混合水(吐出水)の流量が最も大きくなるノズル径(と混合管径の比)が存在し、その時が最も混合に要する距離が大きい。
- (2) ノズル径(と混合管径の比)の違いによって混合管内での混合過程は異なり、管長が長く混合管内での混合が進みやすいほど緩やかな蛇行となり、また、混合が完了する場合は管内の早い段階で一様になりやすい。

参考文献

- 1) 黒川岳司, 小谷拓弥: ジェットポンプ式流動装置の装置形状と流動特性の関係に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.71, No4, I_799-I_804, 2015.

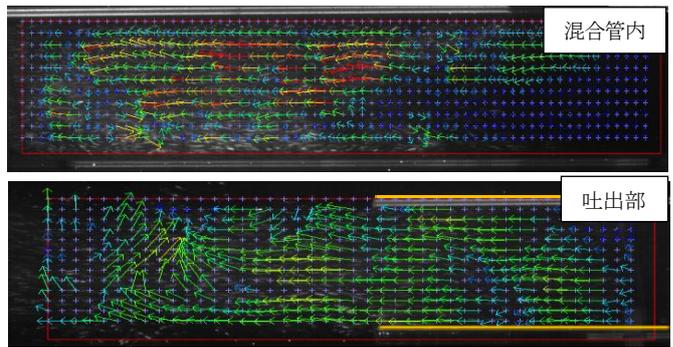


図 3 ノズル径 1.3cm (管長 100cm) の流速ベクトル

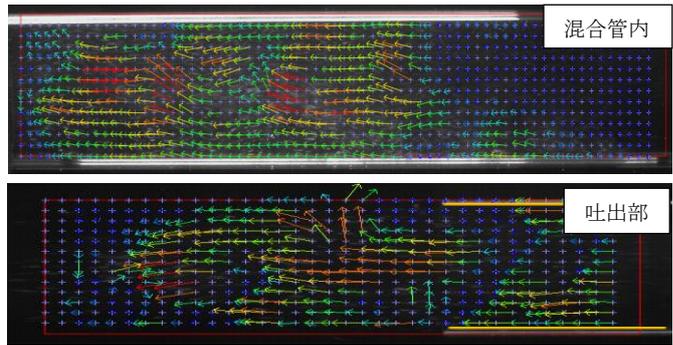


図 4 ノズル径 2.0cm (管長 100cm) の流速ベクトル

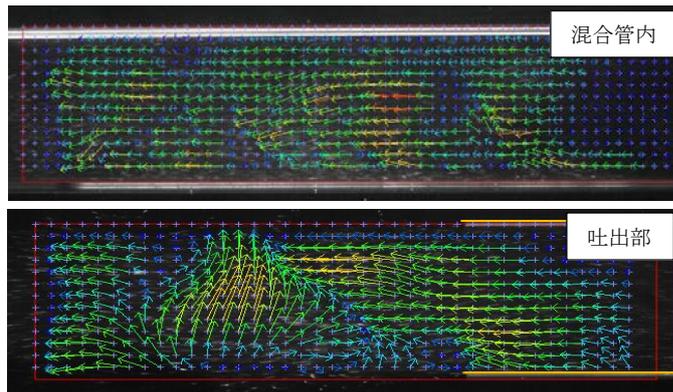


図 5 ノズル径 3.0cm (管長 100cm) の流速ベクトル

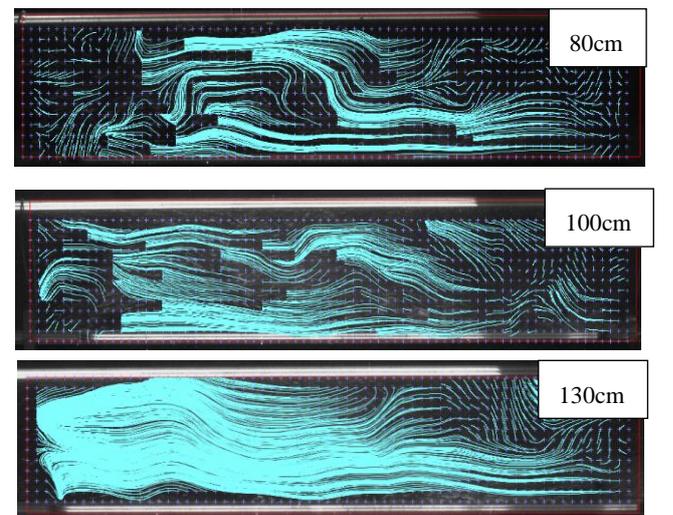


図 6 ノズル径 2.0cm の流線 (管長 80, 100, 130cm)