

ジェットポンプ式流動装置のノズル口径の違いが流動特性に与える影響

呉工業高等専門学校 正会員 ○黒川 岳司
 水 i n g 株式会社 非会員 大塚 龍
 中国電力株式会社 非会員 竹山 哲哉

1. はじめに

湖沼等の水質改善手法としてジェットポンプ式流動装置がある。この装置の混合管の管長は管径の5倍程度必要とされている¹⁾が、これはノズルの口径が混合管の管径の1/3程度の場合であり、ノズル口径を小さくすると必要な管長は長くなると推測される。さらに、ノズル口径が小さいほど抵抗が増して駆動水量が低下するはずである。他方、ノズル口径が小さいほど駆動水量に対する吸引水量の割合が増加する利点もあり¹⁾、それぞれの影響の度合いは不明確である。そこで、本研究では、既往の理論式^{1), 2)}を用いてノズル口径と管長との関係を調べるとともに、PIVを用いた計測結果からノズル口径の違いが混合管内の流動に与える影響を検討した。

2. 実験方法

管径10cm、管長100cmの円筒管と、図1の様な管径10cm、漸縮部分管径7cm、管長40cmの漸変管を用い、管を水中に設置し、駆動水を噴出するノズルはモデル後端から2cmの位置とした。その状態で駆動水を流し、前方と後方の流速分布を測定し、吸引水流量 Q_2 と混合水流量 Q_3 を算定した。駆動水の流量 Q_1 はホースに取り付けた流量メーターで直接計測した。また、各条件において高速カメラ(ディテクト HAS-D2)で混合管内の様子を撮影し、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. ノズル口径の考察

理論式から得られた理論値と、実験から得られた実験値から、ノズル口径の違いが駆動水の流量 Q_1 、吸引水の流量 Q_2 に与える影響を検討する。

図2、図4は、円筒管と漸変管それぞれにおける Q_1 に対する Q_2 の比を表したものである。どちらも理論値はノズル口径が大きくなると Q_2/Q_1 が小さくなり、実験値も口径が大きくなると Q_2/Q_1 が小さくなっておりグラフ形状は概ね同じであるが、値をみると円筒管の Q_2/Q_1 の方が大きくなっている。これは円筒管の方が混合しやすいことを表している。

口径が1.3cmのとき理論値 Q_2/Q_1 と実験値 Q_2/Q_1 に大きい差がある。これは駆動水と吸引水とが混合していないからであると考えられる。口径が小さいと流速が大きくなるため噴出後拡がりにくく、混合管の壁との距離も長くなるため、吸引水と混合しにくい。理論式が駆動水と吸引水とが

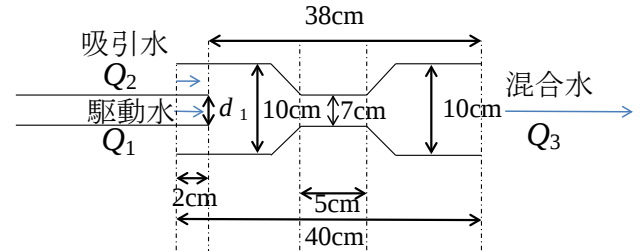


図1 漸変管（混合管）の概要

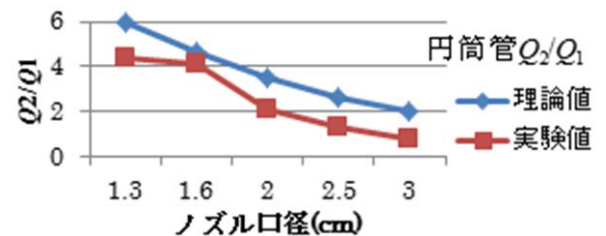


図2 円筒管の理論値 Q_2/Q_1 と実験値 Q_2/Q_1 の比較

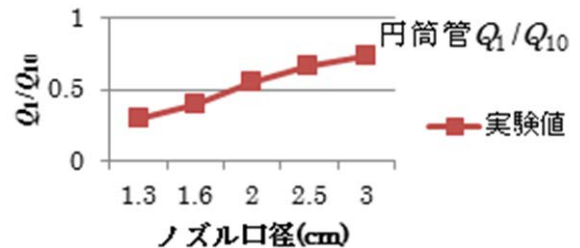


図3 円筒管の実験値 Q_1/Q_{10}

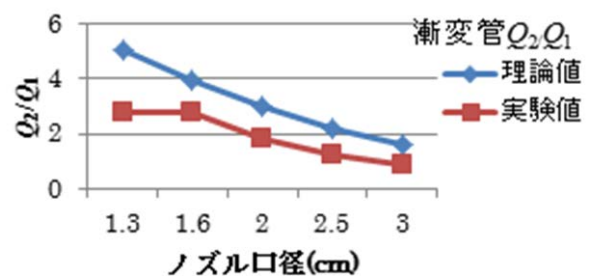


図4 漸変管の理論値 Q_2/Q_1 と実験値 Q_2/Q_1 の比較

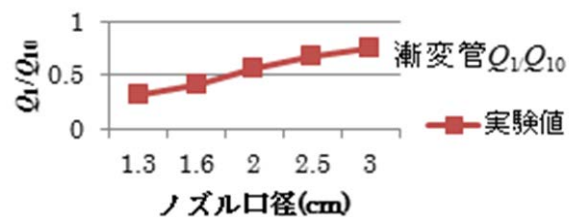


図5 漸変管の実験値 Q_1/Q_{10}

キーワード ジェットポンプ式流動装置, ノズル口径, PIV, 理論式

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

即座に混合すると仮定して立てられたことが原因と考えるのが妥当である。

図3、図5は円筒管と漸変管の実際の駆動水流量 Q_1 と、ノズルを付けたことによる損失を考慮して本来流れるはずだった駆動水流量 Q_{10} を表している。ノズル口径が小さくなると Q_1/Q_{10} が小さくなっている。これは口径が小さくなると摩擦損失が増えるためであると考えられる。

4. PIVの解析結果

PIVの解析結果を以下に示す。

図6、図7、図8は、円筒管で1.3cm、2cm、3cmのノズル口径のときの流速分布を表している。ただし、図は混合管の前方半分を示しており、流速は赤いほど大きく青いほど小さいことを示している。流速分布より断面内の流速が一樣となった場所を混合が完了した位置とすると、口径が小さいほど混合完了位置が前方に伸び、1.3cmのものは混合管内では混合しなかった。これは口径が小さいほど駆動水の流速が大きいためノズルから噴出後も広がらず、また、ノズルと壁との間隔が離れるため、駆動水が壁に当たりにくくなるためであると考えられる。図9は円筒管でそれぞれのノズル口径と混合完了位置の関係を表している。

図10、図11、図12は、漸変管で1.3cm、2cm、3cmのノズル口径のときの流速分布を表している。口径が1.3cmでは円筒管の場合と同様に混合管内では混合しなかった。一方、口径が2cmと3cmでは漸変管の漸縮部分で一旦、流速がほぼ一樣になっており、漸縮させることにより駆動水が壁に衝突しやすくなることが確認できた。ただし、漸縮部分が終わると流速にばらつきが出ており、これは漸縮部分で混合しているが十分ではないことを表している。

5. おわりに

本研究では、ノズル口径の違いが混合管内の流動に与える影響について検討した。以下に得られた知見を示す。

- 1) 混合管の管径に対してノズル口径が小さいほど、吸引水量 Q_2 の駆動水量 Q_1 に対する割合 Q_2/Q_1 が大きく、希釈効果が高まる。ただし、混合管に漸縮部分を設けると損失が増すため Q_2/Q_1 は小さくなる。
- 2) ノズル口径が小さいほど駆動水と吸引水の混合位置（駆動水が混合管壁面に衝突する位置）は前方に伸びる。このとき、混合管に漸縮部分を設けるとここで衝突・混合させやすくなる。

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流動特性の評価と流動性能の効率化に関する研究，土木学会論文集 B1 (水工学) Vol.71, 2015.2
- 2) 松井和也，黒川岳司，小谷拓弥：ジェットポンプ式流動装置における流動性能に及ぼす装置形状の影響，第63回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，II-35, 2013.5

混合が完了しない

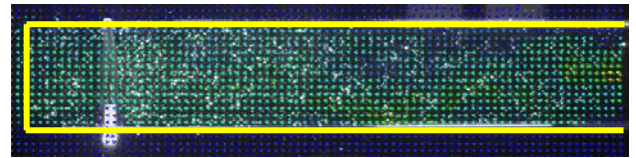


図6 円筒管の口径1.3cmでの解析結果

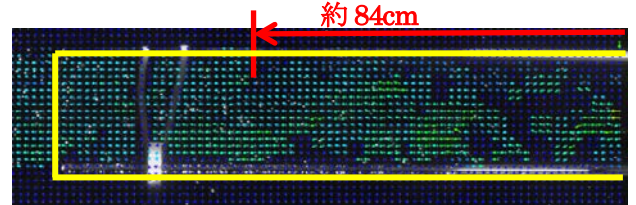


図7 円筒管の口径2cmでの解析結果

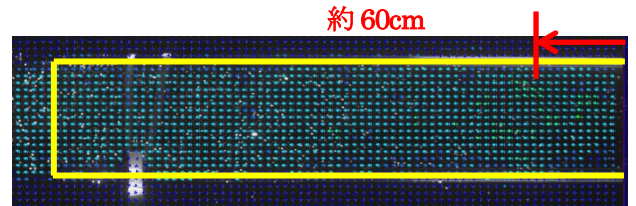


図8 円筒管の口径3cmでの解析結果

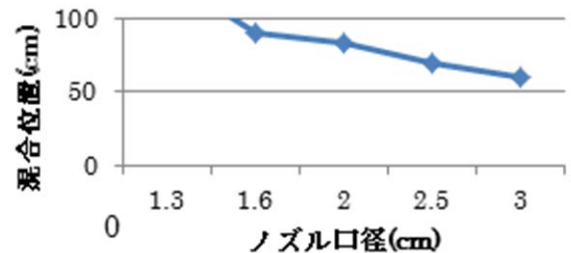


図9 ノズル口径と混合完了位置の関係

混合が完了しない

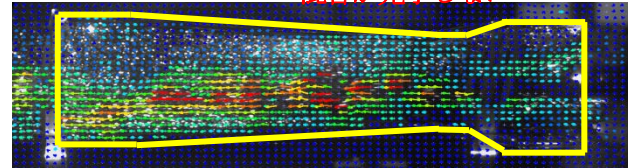


図10 漸変管の口径1.3cmでの解析結果

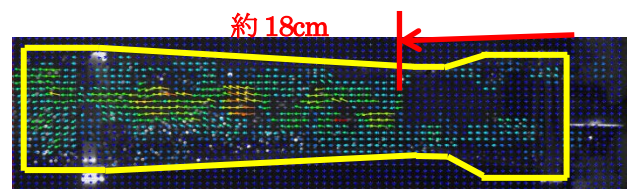


図11 漸変管の口径2cmでの解析結果

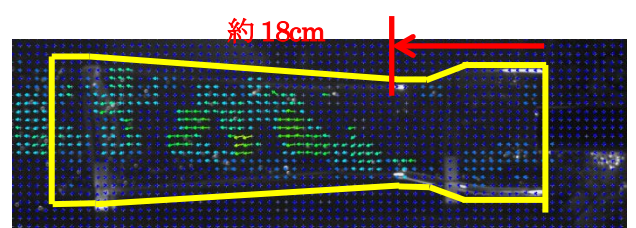


図12 漸変管の口径3cmでの解析結果