

# ジェットポンプ式流動装置の攪拌混合および吸引性能の効率化に関する研究

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○小谷 拓弥  
呉工業高等専門学校 正会員 黒川 岳司  
中国電力株式会社 非会員 小野 翔輝

## 1. 序論

貯水池における水温成層の形成に起因した水質問題の改善方法のひとつとして、ジェットポンプ式流動装置の導入が挙げられる。ジェットポンプ式流動装置は図1に示すように、ポンプにより表層水を駆動水として、底層に設置された装置の混合管内に送水すると混合管内に流れが起きて低圧となることで、周囲の底層水を吸引し、混合管内で混合された後、装置前方に吐出水として噴出される。既往の研究<sup>1)</sup>により、混合管内での十分な攪拌混合には、混合管の管長は管径との比で5~6倍以上必要であることが明らかになっている。しかし、この条件では、実スケールでは装置の長大化が懸念される。そのため、攪拌混合を促進する目的で混合管中央部への縮小管の挿入や、混合管内への障害物の設置について検討されたが、設定された形状では損失が大きくなりすぎるなど問題点が生じた。そこで、本研究では、ジェットポンプ式流動装置の流動性能、特に混合および吸引性能の向上を目的として、縮小管の長さや管径が流動性能に及ぼす影響を詳細に調べるとともに、損失を小さく抑えられることが期待される管を徐々に縮小させた漸縮管を用いた検討を加え、さらに、装置内への障害物の設置においてより損失の小さい形状や配置を検討することとした。

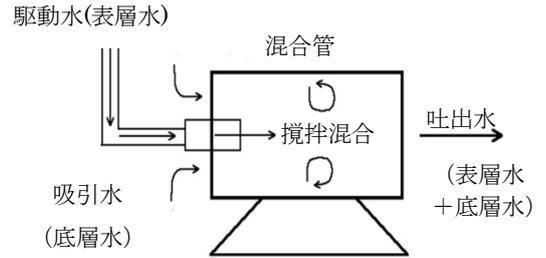


図1 ジェットポンプ式流動装置の構造

## 2. 実験の概要と装置形状

実験は、幅60cm×長さ16mの水路に水深43cmまで貯水して行った。駆動水の流量 $Q$ は、駆動水を系外から送水し、水路からの越流量を計測することで求めた。吐出流速 $v_1$ は混合管の前方10cmの位置、吸引流速 $v_2$ は後方2cmの位置でそれぞれプロペラ式流速計(KENEK VOT2-100-10)で計測した。また、流速分布は、吐出側は9か所、吸引側は7か所測定して調べた。なお、今回の実験で使用したノズルの管径は32mmである。

円筒型の混合管では、管長を0cmから100cmまでで、5cmまたは10cm間隔で設定した。

縮小管は、縮小管の区間長15cm, 20cm, 25cm, 30cm, 35cmと変化させ、縮小管の管径を5cm, 6.5cm, 7.5cmの3種類用意した。縮小管の絞り角・拡がり角は $45^\circ$ である。

漸縮管は全長が40cmで、漸縮部の絞り角が $10.5^\circ$ 、漸拡部の拡がり角が $5^\circ$ である。なお、漸縮管中央の最細部の管径は7cmである。

混合管内に設置する障害物は、管長40cmと50cmの円筒型の混合管中央部に設置した。障害物は、円錐S(底面 $\phi$ 3cm×高さ3cm)、円錐S'(底面 $\phi$ 3cm×高さ6cm)、円錐L(底面 $\phi$ 5cm×高さ5cm)、円錐L'(底面 $\phi$ 5cm×高さ10cm)、半球S(底面 $\phi$ 3cm×高さ3cm)、半球L(底面 $\phi$ 5cm×高さ5cm)を次のように組み合わせて作製した。

- ・円錐S+円錐S'
- ・円錐S+半球S
- ・円錐L+円錐L'
- ・円錐L+半球L

## 3. 実験結果および考察

管径10cmの混合管を使用した実験結果を図2に示す。図2より、管長450mm以降は吐出・吸引流速ともにあまり変化していない。これは、管長が短いと混合管内で駆動水と吸引水がうま

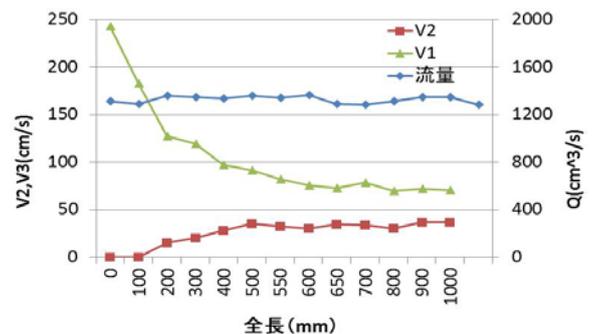


図2 吐出・吸引流速, 流量 (円筒管)

く混合しないためである。よって、管長 450mm 前後の混合管が最も流動性能が良いと考えられる。したがって、管長 450mm 前後の混合管を中心に検討を進めていくこととする。

なお、流量は全長に対する変化は小さいが、実験毎で多少ばらつきが見られる。そこで、ここからの検討では、実験毎の流量の違いによる影響を除くために、吐出流速  $v_1$  や吸引流速  $v_2$  を評価する際、流量とノズル径から求められる駆動水の流速  $v_0$  で除した流速比  $v_1/v_0$  および  $v_2/v_0$  で評価する。

図 3 に管長 500mm で縮小管を挿入した場合の管径ごとの吐出流速  $v_1$ 、吸引流速  $v_2$  を示す。なお、比較のために円筒管（縮小管の挿入なし；管径 10cm）についても示している。図 3 より管径 5cm では他と比べ極端に吐出流速が大きく、吸引流速が小さくなっている。これは、混合管内で十分に攪拌混合されていないことを示している。一方、管径 6.5cm と 7.5cm では、吸引流速が大きく、攪拌混合されていると推測される。したがって、混合性能から見れば装置の短縮化が可能となると言える。しかし、吐出流速  $v_1$  に対する吸引流速  $v_2$  の割合  $v_2/v_1$  で評価すると、円筒管（縮小なし；管径 10cm）に比べて縮小管を挿入した場合の吸引性能は高くない。つまり、縮小管の挿入は、あまり細すぎない管径であれば混合性能が高まるが、途中に縮小部を設けるという構造上の制約で吸引性能は小さくなることが明らかとなった。漸縮管を挿入した場合と管長 400mm の円筒管中に各種の障害物を設置した場合における、吐出流速  $v_1$  と吸引流速  $v_2$  を図 4 に、吐出側と吸引側の流速分布を図 5 に示す。なお、図 4 には最も確実に攪拌混合されていると考えられる管長 1000mm の円筒管についても記している。漸縮管については、絞り角と拡がり角を小さくしたものの、縮小管と違いが小さく、流動性能への効果が見られなかった。むしろ、管長 400mm だったため管の長さが不足して十分に攪拌混合がなされなかった可能性が高い。障害物を設置した場合については、円錐 L+円錐 L' の障害物を設置した装置が吐出・吸引流速ともに高くなっており、攪拌混合の促進には障害物の規模の影響が大きいことがわかる。また、流動性能の向上については、円筒管と  $v_2/v_1$  で評価すると、縮小管を挿入した場合と同様に、吐出流速は大きくできるものの、吸引性能の向上はあまり望めないと言える。

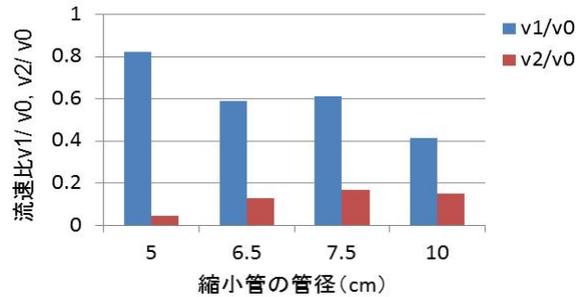


図 3 吐出・吸引流速（縮小管）

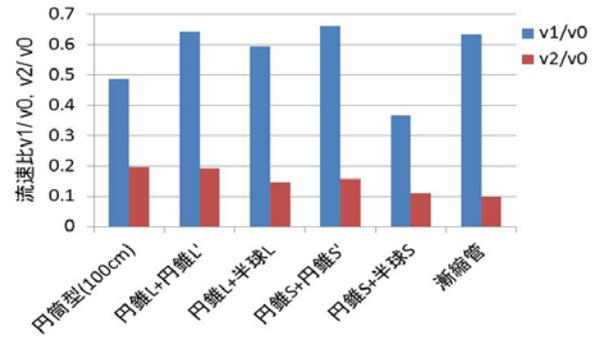


図 4 吐出・吸引流速（障害物，漸縮管）

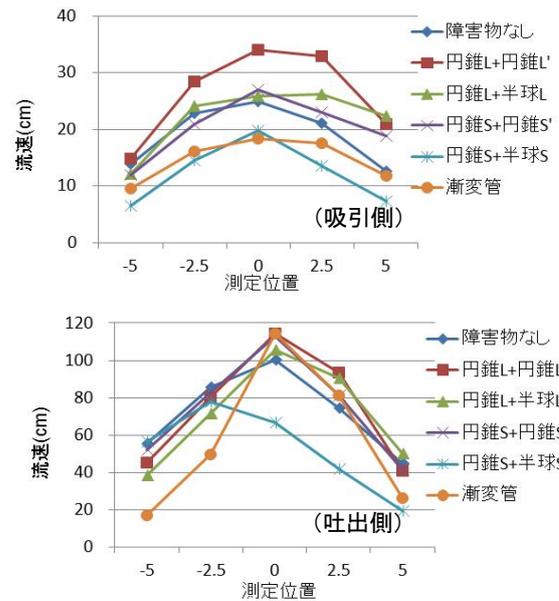


図 5 流速分布（障害物，漸縮管）

#### 4. 結論

本研究では、ジェットポンプ式流動装置の混合および吸引性能の向上を目的として、縮小管の挿入や障害物の設置の効果を実験的に検討した。その結果、これらの装置形状の工夫によって混合性能が高められ、10~20%の装置の短縮化が可能であると明らかにすることができた。しかし、吸引性能においては、構造上の原因から円筒型の混合管よりも低下することも明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) 小谷拓弥, 黒川岳司: ジェットポンプ式流動装置の吸引・攪拌混合性能の向上に関する実験的研究, 第65回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, II-33, 2012.5