

ジェットポンプ式流動装置における装置形状と吸引・混合特性の関係

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

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 舩田 卓治

1. 序論

湖沼などの水質汚濁対策の一つとしてジェットポンプ式流動装置がある。この装置に関して、黒川ら¹⁾は混合管内の混合が十分に行われたという仮定の下で理論式を確立し、駆動水と吸引水の流量比で代表される流動特性と装置形状との関係性を評価している。なお、混合管内で駆動水と吸引水が十分に混合するには、混合管長 l と管径 d の比 l/d が5~6倍必要であることがモデル実験から推定されている。ただし、これは駆動水の噴射口であるノズルの口径 ϕ が同一の条件での実験結果であり、 d と ϕ の比が変化すれば混合管内での流況が変わり、十分な混合に必要な l/d も変化するはずである。

そこで本研究では、ノズル口径 ϕ の違いも含めた装置形状と吸引・混合特性の関係を明らかにすることを目的として、流動特性を流速分布の測定を中心に実験的に把握し、理論値との比較から検討した。

2. 実験方法

実験は、開水路(0.6m×0.6m×12m)に水深約0.45mまで貯水し行った。その水中に混合管を設置し、ポンプによって駆動水を送水し、電磁流量計によって駆動水流量 Q_1 を測定した。この駆動水をノズルから混合管内へ噴出させて、吸引部と吐出部においてプロペラ流速計を用いて図2に示す位置で流速を測定した。

混合管はすべて管径 $d=10\text{cm}$ の亚克力円筒管を用いた。混合管長 $l=40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130\text{cm}$ の10種類とした。ノズルは挿入量(ノズル先端の混合管後端からの距離)を2cmで同一とし、ノズル口径 $\phi=1.3, 2.0, 3.0\text{cm}$ の3種類とした。 l が10種類、 ϕ が3種類との組み合わせで計30通りの装置条件において実験を行った。

3. 実験結果および考察

図3に管長 $l=50, 80, 100, 130\text{cm}$ の吐出部鉛直方向(測点1, 2, 3, 4, 5)の流速の実測値と、理論式²⁾より算出される平均流速を用いて、対数則から算定した流速分布を示す。

はじめに、ノズル口径 ϕ の違いが吐出水流量 Q_3 に及ぼす影響について検討する。 $\phi=2.0\text{cm}$ で Q_3 が最も小さくなっている。これは $\phi=1.3\text{cm}$ ($\phi/d=0.13$)のように ϕ が

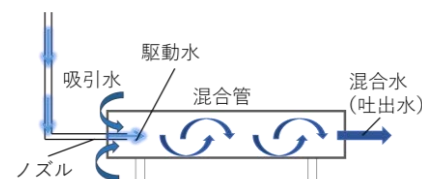


図1 ジェットポンプ式流動装置の概略

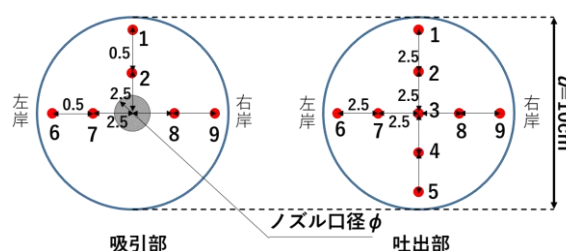


図2 流速測定位置 (cm)

小さいほど駆動水流量 Q_1 に対する吸引水流量 Q_2 の比が大きくなるものの、ノズル部での損失が増すため Q_1 が小さくなり、結果的に混合水(吐出水)の流量 Q_3 ($=Q_1+Q_2$)は大きくならないためである。逆に ϕ が大きいと Q_1 が大きくなるが、管内に吸引される Q_2 は小さくなるため、やはり Q_3 は大きくならない。つまり、本実験条件の中では $\phi=2.0\text{cm}$ ($\phi/d=0.2$)が両者のバランスが最もとれて Q_3 が大きくなったものと推測される。

次に、混合管長 l による流速分布の違いから管内での混合についてみると、どのノズル口径 ϕ においても、管長 l が大きいものほど分布が様になっていることが分かる。ただし、いずれの ϕ でも $l=50\text{cm}$ ($l/d=5$)では管中央部の駆動水の影響が残り様になっておらず、 $l=80\text{cm}$ ($l/d=8$)において $\phi=3.0\text{cm}$ で初めて様になっている。一方、 $\phi=2.0\text{cm}$ のとき最も様になりにくくなっており、駆動水と吸引水が管内で混合しにくいことが分かる。これは前述と同様の理由が考えられ、 ϕ/d が大きいと Q_2 が少なく駆動水が拡がりやすく、 ϕ/d が小さいと逆に吸引水が支配的となり混合しやすい。この結果、 $\phi=2.0\text{cm}$ ($\phi/d=0.2$)で混合するのに最も長い l を要したと考えられる。

管内の混合が吐出部では完了していると考えられる $l=100\text{cm}$ や $l=130\text{cm}$ では、理論値より実測値が小さくなっている。図4に本研究で行った実験すべてでの吐出

キーワード ジェットポンプ式流動装置, 蛇行, 混合性能, 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

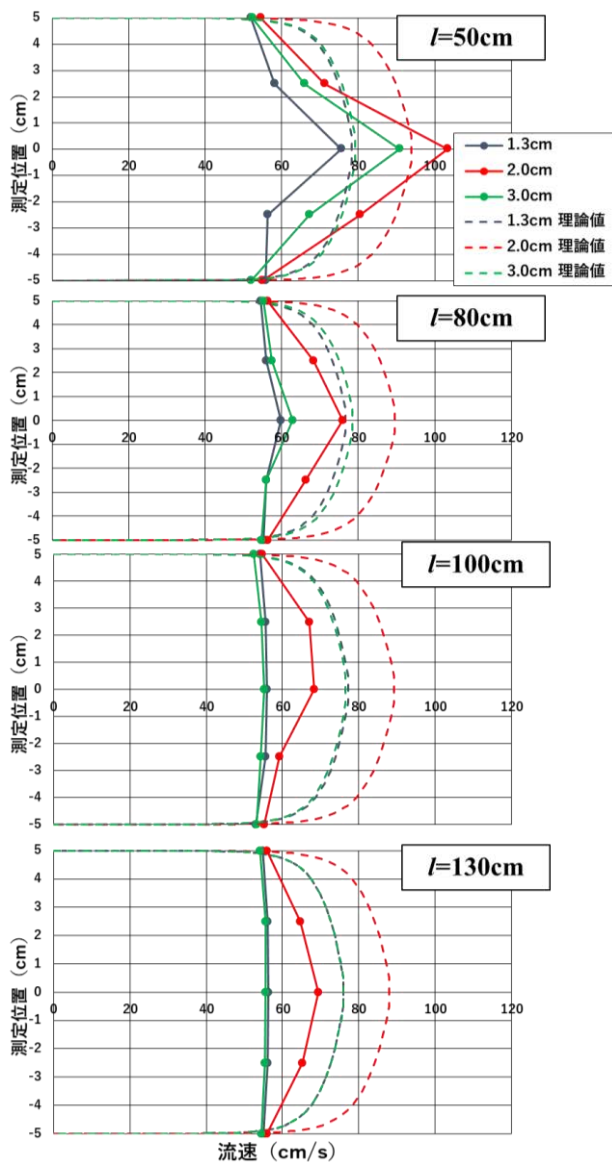


図3 吐出部流速分布($l=50, 80, 100, 130\text{cm}$)

流量比 Q_3/Q_1 と管長管径比 l/d の関係を示す。混合が完了していない l/d が5 ないし 6 以下のものを除き、 Q_3/Q_1 は全体的に実験値が理論値より下回っている。これは理論式中で考慮している摩擦損失など以外の何らかの損失によるものと考えられ、その一つとして管内で蛇行が生じ、これに伴う損失があると推測される。

そこで、ノズル口径 ϕ の違いによる蛇行の評価を行う。流速分布 (図3) から分かるように、同じ条件である測点 2, 4, 7, 8 で流速差が見られた。図5 に測点 2 と 4, 測点 7 と 8 の流速差を示す。どのノズル口径 ϕ でも混合管長 l が小さいとき吐出部で流れに偏り (流速差) が見られ、 l が大きくなるほど偏りが小さくなっている。特に $\phi=3.0\text{cm}$ ($\phi/d=0.3$) で最も偏りが小さい。これは、 ϕ は駆動水の直径を意味することから、 ϕ が大きいほど駆動水が管内を蛇行する余地が狭くなるためと考えられる。逆に、 $\phi=1.3\text{cm}$ ($\phi/d=0.13$) では、 ϕ が小さいため、駆動水の流速が大きくなる上、空間的な自由度も

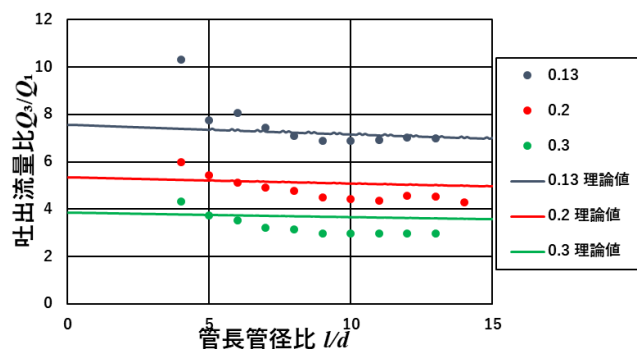


図4 吐出流量比と管長管径比の関係

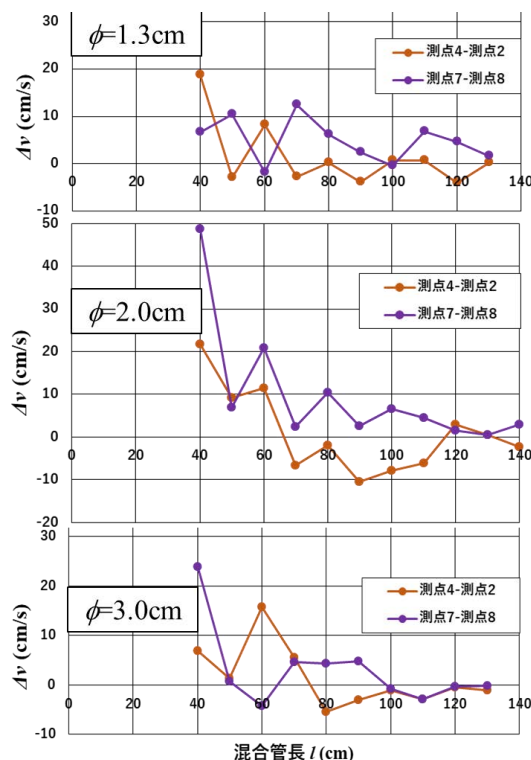


図5 吐出部流速差 Δv ($\phi=1.3, 2.0, 3.0\text{cm}$)

高くなるためと考えられる。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) ノズル口径の変化に伴う駆動水流量に対する吸引水流量の割合の変化と、駆動水流量そのものの増減という二つの因子から、最大の吐出水流量が得られる ϕ/d の条件が存在する。ただし、この最適な ϕ/d の下ではより長い混合管長を要することになる。
- (2) 混合管内では駆動水と吸引水が混合する過程で蛇行が生じ、混合が完了しないほどの混合管長では吐出時に流速分布に偏りが生じやすい。この蛇行や偏りなどはノズル口径が小さいほど顕著となる。

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装置形状と流動特性の関係に関する研究, 土木学会論文 B1 (水工学) Vol.71, No4, I_799-I_804, 2015