

# ジェットポンプ式流動装置の吸引と混合管内流動に及ぼす設置高さの影響

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 正会員 黒川 岳司

## 1. 序論

湖沼などの閉鎖性水域で生じる水質汚濁の対策として挙げられるジェットポンプ式流動装置(図1)は、装置形状や設置位置によって性能の違いが生じると考えられる。これまでの研究で、混合管内で駆動水と吸引水を十分に混合させるには、混合管の長さが管径の5～6倍必要ということが明らかにされており、混合管内で十分に混合された後に吐出されるという仮定のもと、駆動水、吸引水、吐出水の各流速比の理論式が導出されている。この理論式では、設置状況については特に考慮に入れておらず、装置を水底付近に設置した場合、吸引される領域の減少や水底の摩擦抵抗により吸引性能が変化し、混合管内の流動に影響を及ぼすことが容易に想像され、ひいては装置全体の流動に影響している可能性が考えられる。

そこで、本研究では、装置の設置高さの違いが流動性能に及ぼす影響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PIV計測を行った。

## 2. 実験内容

開水路(幅0.6m×長さ10m×高さ0.6m)に水深0.45mまで貯水し、混合管の下端が水路床から7.75cmの位置を基準に6cmずつ高くしていき、設置高さを $h=7.75$ , 13.75, 19.75cmの3段階で行い(図1)、各設置高さでノズル口径を $\phi=1.3$ , 2.0, 3.0cmの3種類で変化させて実験を行った。なお、混合管は管長100cm、管径7.5cmの円筒管を使用した。混合管の吐出部と吸引部の流速は図1の測点においてプロペラ流速計(ケネックVO1000, VOT2-200-2)を用いて測定した。混合管内流動の観察はPIV計測で行った。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(ダイヤイオンHP20)を流し、水路側面からハイスピードカメラ(ディテクトHAS-D72)で撮影したデータを二次元流体解析ソフトウェア(Flownizer2D)で解析した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 吐出部および吸引部の流速分布

図2の吐出部(測点1,2,3,4,5)と吸引部(測点1,2)の流速の測定値を示す。図中には、各駆動水流速の実測値と混合管径、ノズル口径から理論式により算出した平均流速を示している。なお、吐出部においては、対数則から算定した流速分布で示している。設置高さ

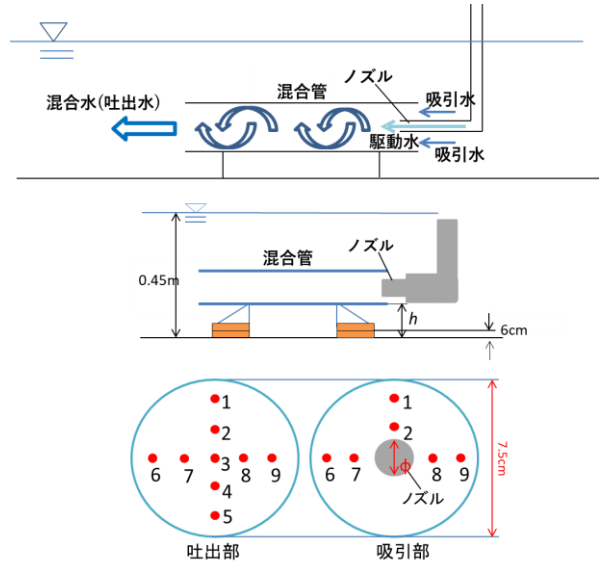


図1 装置の概略、装置設置高さ、流速測点

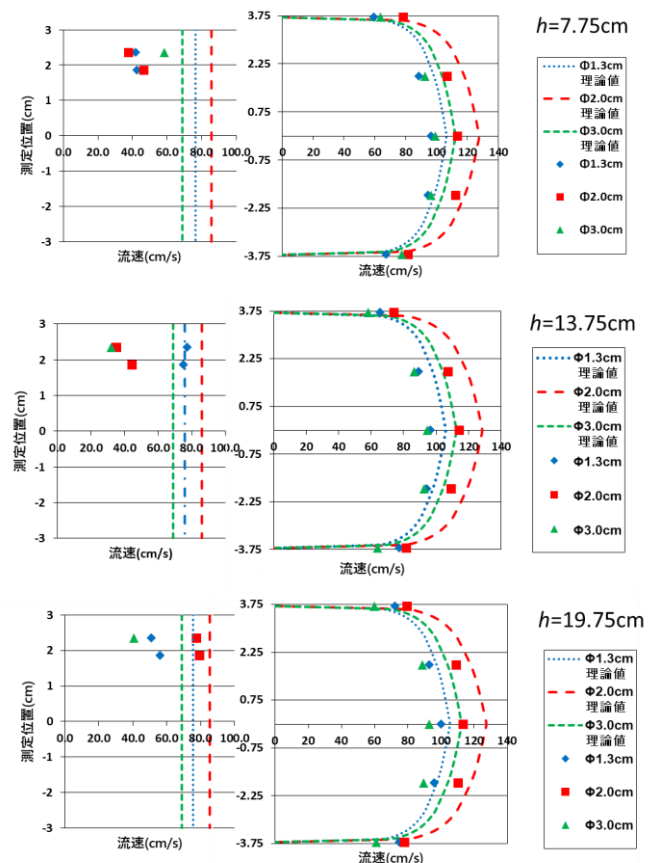


図2 吸引(左)、吐出(右)の流速  
( $h=7.75$ , 13.75, 19.75cm)

$h=7.75, 13.75, 19.75\text{cm}$  の吐出部の実験値を見ると、 $\phi=2.0, 3.0\text{cm}$  については理論値より小さい。これは、次節で示す混合管内での蛇行により仮定（一様流）よりも抵抗が増しているためと推測される。吸引部の実験値を見ると全体的にばらついており、傾向がみられない。これは、吸引部の測定は難しいため、測定誤差であると考えられる。

また、設置高さごとに流速分布（図 3）を比較してみると、どれもほとんど差が見られなかった。よって、流動性は設置高さに依存しないと考えられる。

### 3.2 混合管内流動への影響

PIV 計測で、ノズル口径 $\phi=2.0\text{cm}$ での混合管内流動を比較したものを図 4、図 5、図 6 に示す。図 4 を見ると、一様の状態ではあるが、蛇行が所々で見られる。図 5 に関しても、所々で蛇行していることが分かる。図 6 を見ると、管内上部で蛇行が見られる。この 3 つは蛇行の仕方が違うが、最終的にはどれも混合されていると考えられる。その理由として、混合管は管径  $7.5\text{cm}$  で管長  $100\text{cm}$  であり、管長が管径の 10 倍以上あるためである<sup>1)</sup>。これは図 3 の吐出部の流速分布が高さによって変わらないことからいえる。つまり、最終的には十分に混合されて管外に吐出されるということである。

### 3.3 吸引部周辺の流れへの影響

PIV 計測で、ノズル口径 $\phi=2.0\text{cm}$ において、 $h=7.75, 19.75\text{cm}$ の吸引部と吐出部の様子を図 7、図 8、図 9、図 10 に示す。赤枠については、着目すべき所を強調している。 $7.75\text{cm}$ の吐出部では、管外に放出後、上昇しているため、循環流が発生していることが考えられる。一方、 $19.75\text{cm}$ の吐出部では、上下に分散している。これは高さによって、循環流になるはずの流れが下に余裕があるために流れ込んだと考えられる。吸引に関しては、 $7.75\text{cm}$ の場合、広範囲で吸引ができており、 $19.75\text{cm}$ の場合も若干偏りはあるが、十分に吸引できている。よって、循環流によって吸引性能が低下したとはいえない。そして、 $7.75\text{cm}$ でも十分に吸引できていることが分かった。

## 4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) どの設置高さにおいても混合管内で蛇行が生じるが、流速分布の変化がほとんど見られないこと、管径に対して管長が十分に大きいこと<sup>1)</sup>から、最終的には混合された後に吐出されるため、流動性は設置高さに依存しない。
- (2) 混合管から吐出した水が上昇し、吸引部に戻る緩やかな循環流は、設置高さを大きくした場合、吐出水が上下に分散する傾向が強まる。ただし、その傾向は吸引性能などに影響を与えるほどではなく、設置高さが低くても、十分に吸引性能は期待できる。

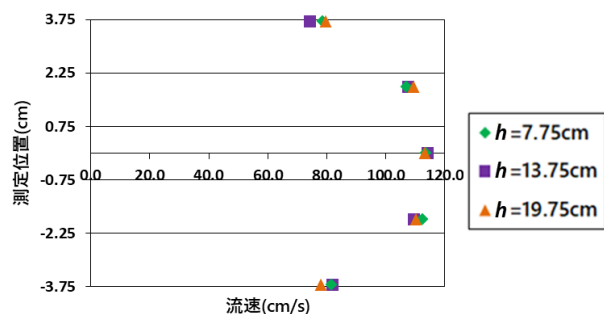


図 3 各設置高さでの吐出部流速（ $\phi=2.0\text{cm}$ ）

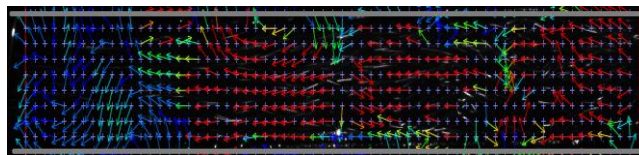


図 4  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=7.75\text{cm}$ , 混合管内の流速ベクトル

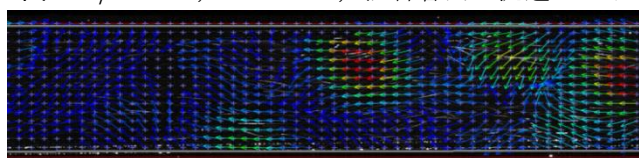


図 5  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=13.75\text{cm}$ , 混合管内の流速ベクトル

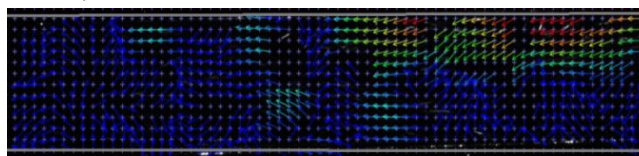


図 6  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=19.75\text{cm}$ , 混合管内の流速ベクトル

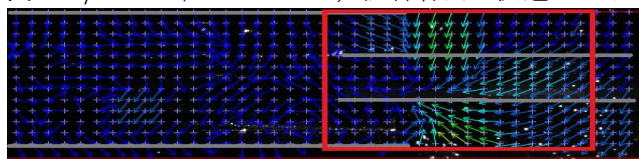


図 7  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=7.75\text{cm}$ , 吸引部の流速ベクトル

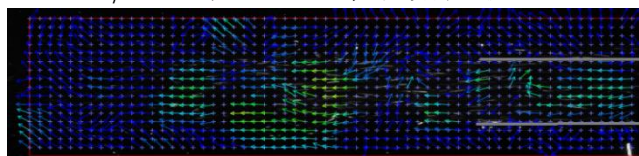


図 8  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=7.75\text{cm}$ , 吐出部の流速ベクトル

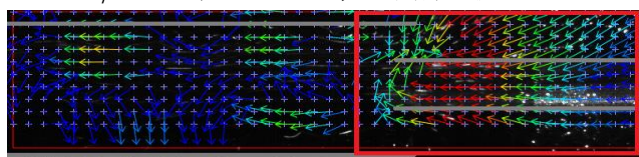


図 9  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=19.75\text{cm}$ , 吸引部の流速ベクトル

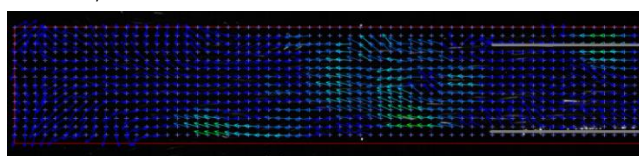


図 10  $\phi=2.0\text{cm}$ ,  $h=19.75\text{cm}$ , 吐出部の流速ベクトル

## 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, No.4, I\_799-I\_804, 2015.