

(Ⅱ - 2)

PTV法による深層水揚水システムの可視化解析

千葉工業大学工学部 学生員 清水 明彦

千葉工業大学工学部 学生員 菅原 裕一

千葉工業大学工学部 正会員 篠田 裕

千葉工業大学工学部 正会員 高橋 彌

1. はじめに

現在、貯水池や湖沼などの閉鎖性水域において、窒素やリンなどの栄養塩が流入し、生息する藻類が増殖する富栄養化現象が起きている。

富栄養化が進行すると、表層での藻類の異常増殖・深層水の酸欠化などが起こり、水質が悪化する。そこで、この富栄養化対策の一つとして、気泡噴流による混合方法が考えられている。これは、貯水池や湖沼の底層に空気を注入し、浮上する気泡弾によって、底層水を水面に押し上げ、表面水を底層に引き込むような循環流を発生させるものである。しかし、このシステムの仕様および効果的運用方法などは、未だ現地での試行錯誤に頼る部分が多い。

本研究では、深層水揚水システム（レイクリフター：図-1）の揚水筒内の流れをPTV法（Particle-Tracking-Velocimetry）で可視化することで、水理学的解析を試みた。

2. 実験概要

(1) 実験装置

実験水槽は、幅80cm・奥行き50cm・高さ200cmの鋼製（前面のみ透明アクリル樹脂製）水槽を使用した。

レイクリフターの模型は、アクリル樹脂製で、揚水筒1本（内径74mm）の単筒型と、揚水筒（内筒）の外側をさらに筒で囲む複筒型を用いた。外筒は、内径94～144mmまで可変設定が可能である。

(2) 実験方法

水槽にトレーサー粒子（イオン交換樹脂）を10ℓに1gの割合で混入する。

トレーサー粒子の輝度を高めるため、最大出力6Wのアルゴンイオンレーザーを水中用レーザースリットハウジング内からシート状に揚水筒上部・内部に鉛直に照射する。これを水槽前面にセットしたCCDカメラで撮影しVTRに録画する。揚水筒中心からレーザースリットまでの距離は、20cmとした。

次に、この録画画像を可視化画像解析システム（Current PTV Ver.2.74）を用いて、単筒型・複筒型それぞれについて画像計測処理を行い、流況を検討した。表-1に可視化のための実験条件を示す。

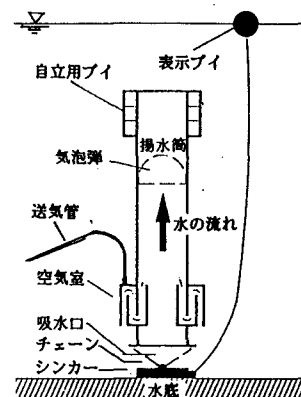


図-1 レイクリフターの構造

表-1 可視化実験の条件

		単筒型	複筒型
水 温	[℃]	10.5	10.5
気泡弾射出間隔時間	[sec]	30	33
トレーサー量	[g]	53.6	53.6
L L S 厚さ	[mm]	10	10
シャッタースピード	[sec]	4 / 15	4 / 15
水 深	[mm]	1340	1340
水面から筒上部までの水深	[mm]	400	280
内筒の長さ	[mm]	400	400
内筒の径	[mm]	74	74
外筒の長さ	[mm]		500
外筒の径	[mm]		94
内外筒比			1.27

3. 実験結果および考察

今回の実験から得られた結果と今後の課題は、以下の通りである。

- 1) 単筒型・複筒型それぞれの筒最上端の流速を比較すると、単筒型の方が複筒型よりも流速が速くなっていることが、確認できた。(図-2, 図-3)
- 2) 気泡弾射出後揚水筒内部の流れは、揚水筒最上端に近づくにつれて流れの乱れが大きくなり、流速が増加することが確認できた。(図-4)
- 3) 複筒型は、揚水が内筒から外筒へ流出する前後の断面(中央部分)において、流速が15.16 cm/sから17.00 cm/sに増加し約1.12倍になっている。この現象は、複筒型が単筒型に比べ、揚水量が大きくなる原因の一つであるものと考えられる。(図-5)
- 4) 複筒型の内筒と外筒間の流れは、目視で確認できたが、レーザー光の乱反射によってトレーサー粒子の挙動をとらえることができなかった。複筒型のメカニズムを正確に把握するためにも、今後、内筒・外筒間の流況解析が必要である。
- 5) 気泡弾の可視化は、レーザー光の乱反射によって撮影領域内の輝度を高めてしまう。したがって、気泡弾の挙動を明確に把握できる可視化手法を検討することが、今後の課題である。

参考文献

田鍋敬浩・篠田 裕・高橋 彌(1995): 気泡弾を用いた深層水揚水システム模型の流量測定, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, pp.1060~1061

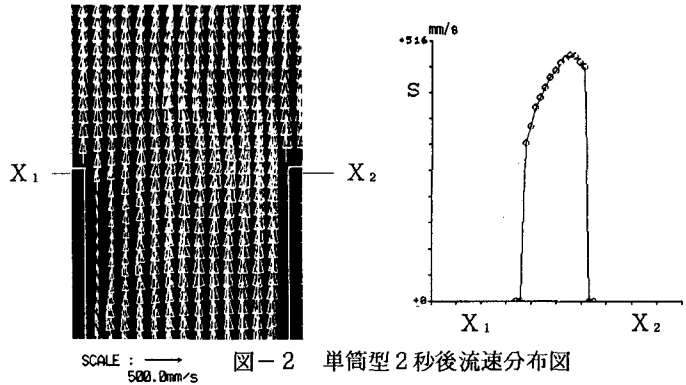


図-2 単筒型2秒後流速分布図

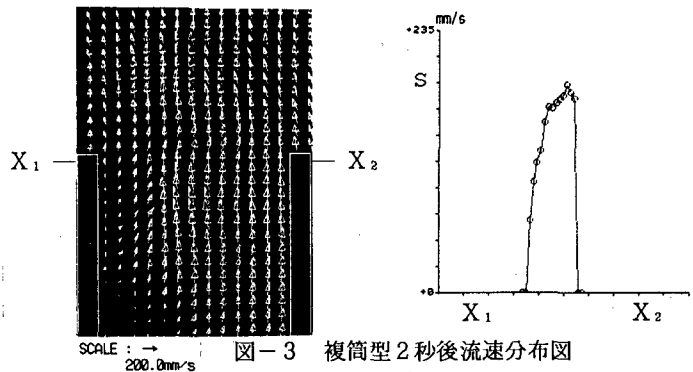


図-3 複筒型2秒後流速分布図

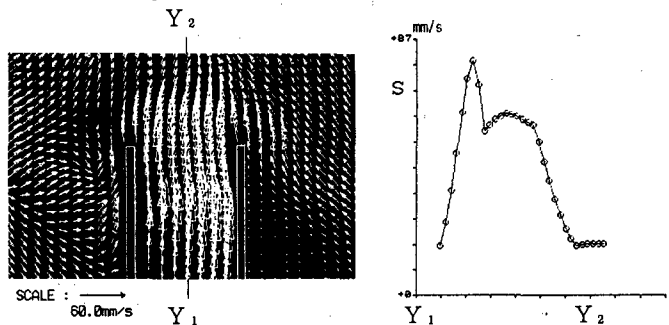


図-4 単筒型1.5秒後流速分布図

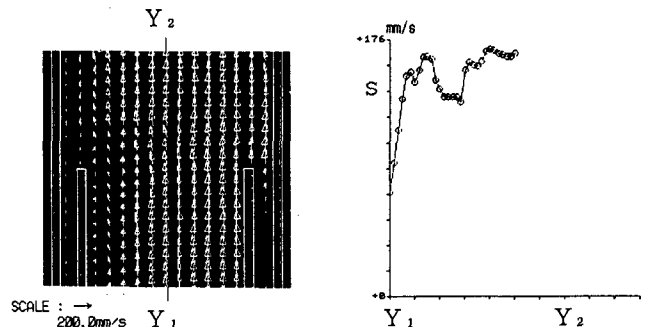


図-5 複筒型内部4秒後流速分布図