

# 貯水池における水質改善装置の種類による成層の破壊・緩和効果の違い

五洋建設株式会社 正会員 塩谷 嘉健 中国電力株式会社 正会員 竹山 哲哉  
呉工業高等専門学校 正会員 ○黒川 岳司

## 1. はじめに

貯水池等の閉鎖性水域では、底層の貧酸素化など水温成層に起因した水質悪化が生じやすい。水温成層を破壊・緩和する方策として、広く用いられている曝気循環装置の他に、噴流型の流動促進装置の導入がある。このとき、噴流の発生機構をジェットポンプ式(混合管有り)にすると、底層に送り込んだ表層水が周囲の底層水と混合した後に吐出されることで、密度差が小さくなり遠方まで成層破壊をもたらすと期待される。しかし、ジェットポンプ式流動装置導入時の成層破壊過程は不明な点が多い。そこで、本研究では、流動装置の違いによって、循環流の形成や成層の破壊・緩和効果にどのような違いがもたらされるのか、実験的に比較・検討することとした。

## 2. 実験方法

実験には幅 30cm×長さ 440cm×高さ 90cm の水槽を用い、底層 40cm に着色した塩水(塩分濃度 1%)を、表層 40cm に淡水を静かに入れ成層を形成して実験に供した。

流動装置(混合管有り;ジェットポンプ式)、流動装置(混合管無し)および曝気装置について、流動の様子をビデオカメラで撮影しながら、底層・中間層・表層の塩分濃度と底層・表層の流速の経時変化をそれぞれ塩分濃度計と電磁流速計で追跡した。また、成層が破壊され全体が混合した後に、流速分布(ベクトル)を水槽全体について L 型の電磁流速計を用いて測定した。

なお、混合管有りおよび無しの流動装置のノズル口径 2.6cm で、吐出流量は 1.21l/s、0.490l/s および 0.369l/s で行った。混合管有りの場合の混合管は内径 10.7cm、管長 100cm を使用した。また、曝気装置では、エアポンプを用いて吐出空気量 0.5l/s で実験を行った。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 循環流の違いについて

混合管有り・無しの比較の実験は 3 種類の吐出流量で行ったが、ここでは、違いが表れやすかった吐出流量 0.369l/s の場合を中心に検討を行う。

図 2、図 3 は、それぞれ混合管無しの場合と有りの場合の成層が破壊され全体が混合した後の流速ベクトル分布を示す。混合管無し(図 2)では、水槽の長さ 190cm~320cm 間のベクトルが上向きに向いているのが分かる。それに対し、混合管有り(図 3)では、混合管無しの場合よりも上昇が緩やかとなっている。ただし、混合管有り・無しいずれも循環流を形成しており、これには表層に設置さ

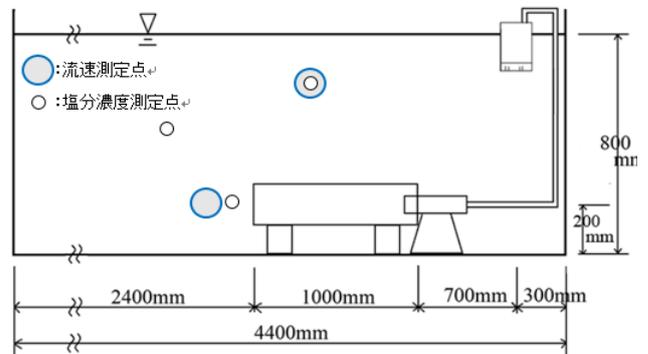


図 1 ジェットポンプ式流動装置の概略および測点

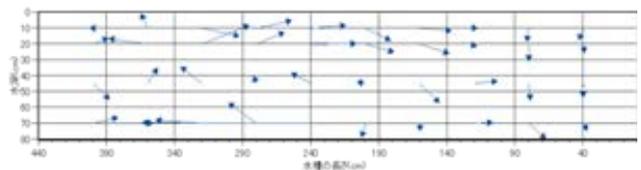


図 2 流速ベクトル分布(混合管無し)

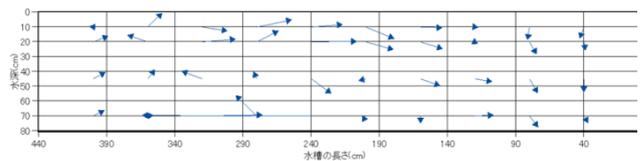


図 3 流速ベクトル分布(混合管有り)



写真 1 成層破壊・緩和の様子(混合管無し)

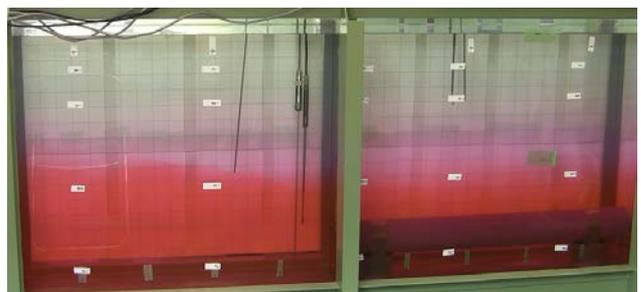


写真 2 成層破壊・緩和の様子(混合管有り)

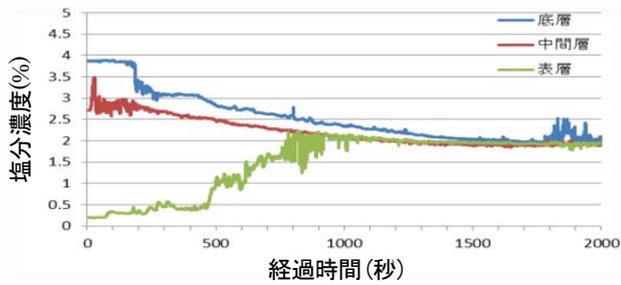


図4 塩分濃度の経時変化（混合管無し）

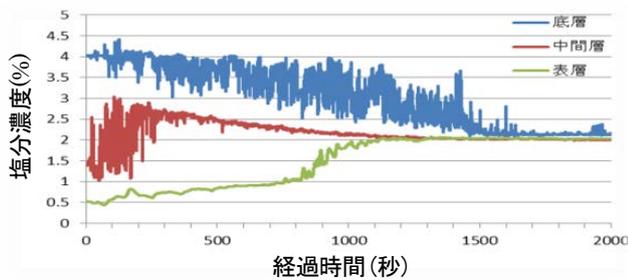


図5 塩分濃度の経時変化（混合管有り）

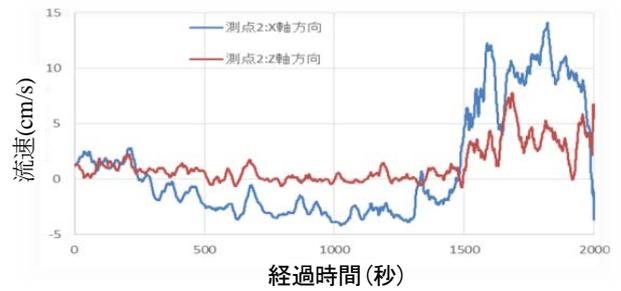


図6 表層流速の経時変化（混合管無し）

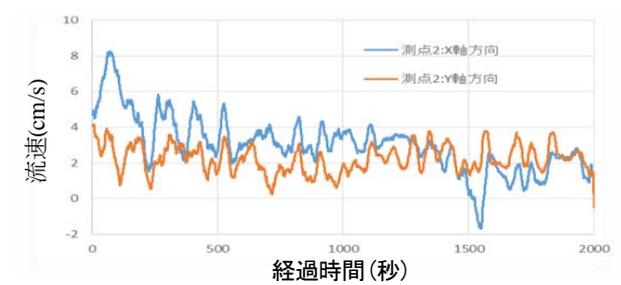


図7 表層流速の経時変化（混合管有り）

れたポンプへの吸入が大きく影響を与えていることが明確となった。

### 3.2 成層の破壊過程の違いについて

写真1, 写真2は、それぞれ混合管無しと有りでの成層破壊過程の様子である。混合管無しの場合（写真1）は、噴流吐出口の近くで上昇流が生じやすく、底層水と表層水が強混合的に混合し、その混合領域が縦断方向に広がっていく傾向を示すのに対し、混合管有り（写真2）では弱混合・緩混合的な混合で、水平方向に形成された混合領域が鉛直方向に上がっていく傾向を示した。

これらの成層破壊過程における混合管無し、有りそれぞれの塩分濃度の経時変化を図4, 図5に、表層の流速（縦断方向；流下+, 鉛直方向；上向き+）の経時変化を図6, 図7に示す。図4, 図5より、混合管無しの場合の表層の濃度が700秒頃に中間層の濃度に収束しているのに対し、混合管有りの場合は1100秒頃に収束している。これは、混合管有りの方がより弱混合・緩混合的に混合するため混合域が表層の測点まで達するのに時間を要したためと考えられる。この裏付けとして、図6, 図7の表層流速の変化を見てみると、強混合的な挙動をとり混合領域が縦断方向に広がっていく混合管無し（図6）では、1500秒頃に流速・流向が切替わっているのに対して、混合管有り（図7）では、流向に明確な変換点がなく、X軸（縦断方向）の流速はその大きさが周期的に増減しながら徐々に小さくなっており、水平方向に形成された混合領域が1500秒頃に測点に達している。

ただし、図4と図5で全体的な塩分濃度変化を比較すると、全域の混合に要する時間は混合管有りと無しの場合のどちらもほとんど同じであることが分かる。

### 3.3 曝気装置との比較

写真3は、曝気装置による成層破壊過程の様子である。流動装置での様子（写真1, 写真2）とは明らかに異なり、



写真3 成層破壊・緩和の様子（曝気装置）

放出された気泡が底層水の一部を連行・混合しながら成層を突き抜けて水面に向かって一気に上昇し、水面に到達した水は水平方向に伸びて鉛直循環流を形成して、混合領域は水平方向に広がっていった。

## 4. おわりに

流動装置の種類による成層の破壊・緩和効果の違いを実験的に検討した。その結果、曝気装置では空気放出口から強い上昇流が生じ、そこを中心として水平方向に混合領域が形成されていくのに対して、流動装置では、混合管無し（通常の噴流装置）の場合、強混合的な混合となり縦断方向に混合領域が広がっていき、混合管有り（ジェットポンプ式の噴流装置）の場合、上昇流が弱く弱混合・緩混合的な混合となって水平方向に拡がりながら鉛直方向に混合領域が拡大していくことを明らかにすることができた。この違いから、実際の貯水池などでの適用を考えると、ジェットポンプ式の流動装置が最もエネルギーロスが小さく、効率良く広域的に水温成層を破壊・緩和させることが可能と結論付けられる。

### 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, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 71, No4, I\_799-I\_804, 2015.