

山口調整池における連続式空気揚水筒の揚水性能と水循環効果に関する実地調査実験 (揚水流量と鉛直水温分布)

大阪電気通信大学 正会員 ○中田 亮生 水資源機構 中村 淳一
 水資源機構 下嶋 みか子 丸島アクアシステム 正会員 山岸 真孝
 大阪電気通信大学大学院 早藤 大輔 大阪電気通信大学大学院 松尾 千尋

1. はじめに

空気揚水筒は、貯水池の深層に鉛直に設置された揚水筒下端より圧縮空気を開放して筒内を上昇させ、深層水を引き込んで浅層へ運ぶ全層循環装置で、深層の貧酸素化と浅層の富栄養化を抑制する。本研究では、圧縮空気を気泡化して連続散気する新方式の連続(散気)式空気揚水筒について、装置の揚水性能と貯水池に対する水循環効果を評価することを目的とし、その実地調査実験を福岡県の山口調整池にて実施した。これによって第1に、揚水筒下端からの深層取水と揚水筒上方の浅層水連行の総流量(揚水流量)を定量的に明らかにし、浅枝らの流量計算式から得られた設計値との比較を行った。第2に、装置設置前後の貯水池の鉛直水温分布を比較し、装置の水循環の効果について確認した。本論文では以上の成果について報告する。

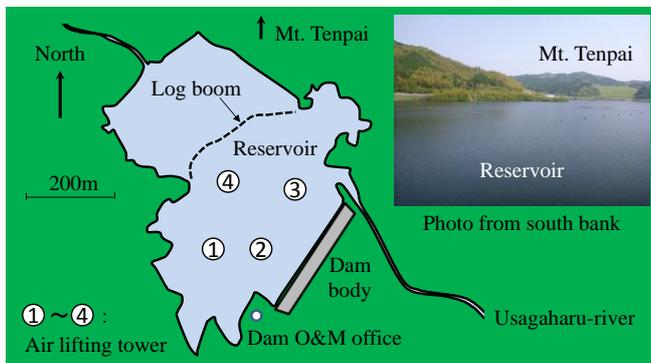


Fig. 1 山口調整池(天拝湖)の水域図と写真

2. 山口調整池と設置された連続式空気揚水筒の概要

実験の対象とする連続式空気揚水筒が導入されている山口調整池(天拝湖)の水域図と写真をFig. 1に示す。調整池の常時満水位はEL.118m(有効水深:28m)、湛水面積は0.26km²、有効貯水量は390万m³である。図中の①~④は連続式空気揚水筒の設置位置で、いずれも調整池内の水深の大きい堤体付近にある。導入された連続式空気揚水筒の概略図をFig. 2に示す。本体の揚水筒が自立用フロートと錘によって湖底に鉛直に設置されている。送気管を通じて地上から円すい形状の散気部へ供給された圧縮空気は、揚水筒下端より連続的に散気されて揚水筒内を上昇する。それに伴って取水口から深層水を吸込み、酸素を溶解させながら上昇する。上昇した深層水と空気は水面に至り、表層水と混合して水平に広がる。4基の空気揚水筒の主要寸法をTable. 1に示す。基本構造は同じであるが、その内径Dと長さLの組み合わせなどがそれぞれ異なる。標準サイズの1号機に対して、2号機は揚水筒の内径が1/2、3号機はその長さが1/2であり、4号機は内径と長さが1/2になっている。散気口はいずれも穴径が5mmで個数は24、円錐状の散気部表面に円形に配置されている。

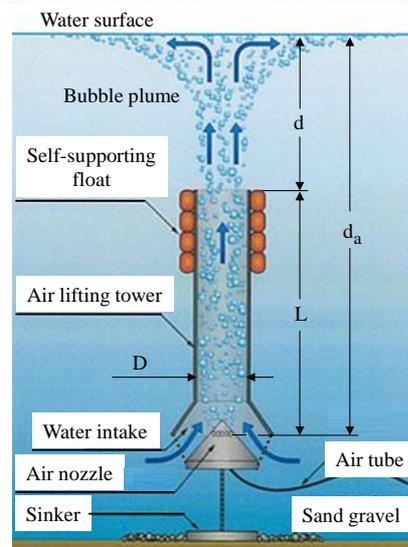


Fig. 2 連続式空気揚水筒

Table. 1 揚水筒の主要寸法

No.	1	2	3	4
Cylinder Diameter, D (m)	1	0.5	1	0.5
Cylinder Length, L (m)	8	8	4	4
Reservoir surface elevation (EL.m)	118			
Depth of top of tower, d (m)	15.5	15.5	22.4	20.5
Aeration depth, d _a (m)	23.5	23.5	26.4	24.5

3. 揚水流量の計測

それぞれの揚水筒の水面近傍で、気泡噴流に伴って表層で水平に広がる

キーワード：貯水池, 富栄養化, 嫌気化, 強制循環, 気泡噴流, 空気揚水筒

連絡先：〒572-8530 大阪府寝屋川市初町18-8 大阪電気通信大学 ☎072-824-1131(代)

水流を、電磁流速計 (JFE アドバンテック、AEM213D) を用いて計測した。流速計は、気泡噴流の中心から水平に 3.5m 離れた位置で、水深 0.2 から 5m まで段階的に移動し、アンカーとブイで固定した。実験期間中の貯水池水位などを Table. 1 に併せて示す。水位は平均 118EL.m と安定しており、このときの揚水筒の各部水深は同表の通りである。揚水筒への供給空気流量 Q_a は 0.5 と 1.8m³/min の 2 通りとした。実験日は 2012 年 5/15 ~17 で、夏季成層形成期の初めに相当するが、すでに装置の運転を開始していたこともあり、後に示すように水温は平均 16°C で鉛直勾配が比較的小さかった。計測された水流は、気泡噴流より同心円状に分布すると仮定し、得られた流速値を流動層厚 1.5m の範囲で積分して揚水流量を推定した。結果を Fig. 3 の縦軸に示す。同図の横軸には、浅枝らの流量評価式^{(1), (2)}を用いて得た計算値を示す。実測値と計算値は概ねよく合っていると云える。

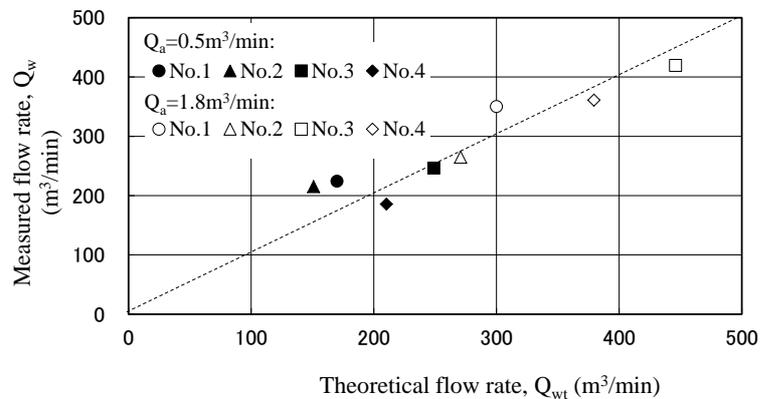


Fig. 3 揚水流量

4. 水循環効果

当該装置が稼働を始めた 2012 年以降で、調整池の注・取水が少ない 2013 年の水温鉛直分布を観測したものを Fig. 4 の上段に示す。いずれも各月の中旬 (15 日頃) の朝 6:00 の値を示し、黒印が装置を稼働、白抜き印が停止、灰色が一部装置または時間を限定した稼働を示す。稼働時間は原則 1 日 24 時間、曝気空気流量 Q_a は 1、3 号機が 0.6Nm³/min、2、4 号機が 0.3Nm³/min である。ただし、これら空気揚水筒の他、湖底設置型の散気装置 1 基 (Q_a : 1.8Nm³/min) も同時に稼働しており、総空気流量は 3.6 Nm³/min であった。参考までに、それ以前に間欠式の空気揚水筒 1 基 (Q_a : 3.7Nm³/min) が設置されていた際に、調整池の注・取水が無い 2009 年の水温鉛直分布を同図の下段に示す。稼働時間は原則 1 日 24 時間である。日射量と気温および装置数などが違うために単純比較するのは適切ではないが、2013 年の値は 2009 年より水温の鉛直変化が小さい。

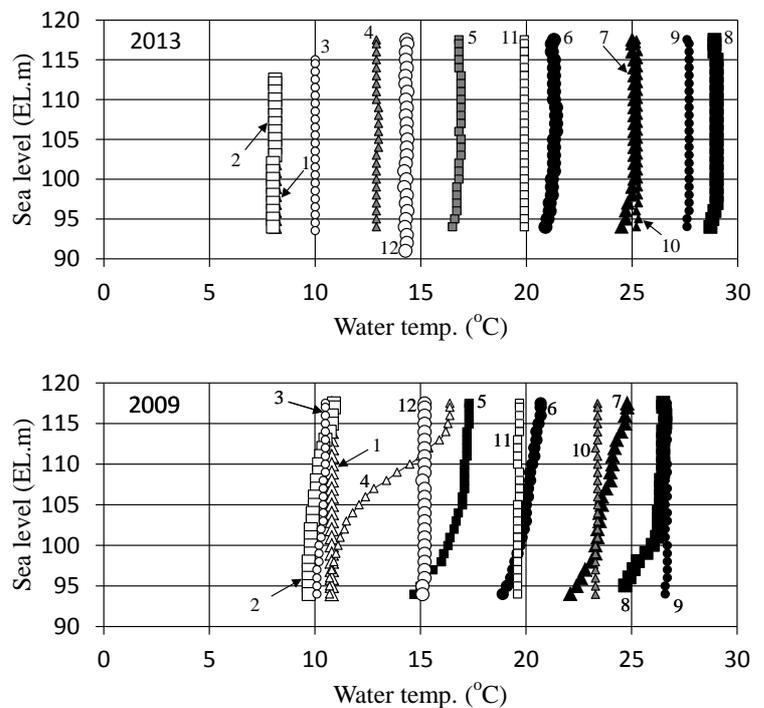


Fig. 4 鉛直水温分布 (上: 2013 年、下: 2009 年)

5. まとめ

新方式の連続式空気揚水筒の揚水性能と水循環効果に関する実地調査実験を山口調整池にて実施した。その結果、揚水流量を定量的に明らかにし、浅枝らの流量評価式から得られた計算値とよく合うこと、装置稼働後の水温の鉛直変化が従来よりも小さくなっていることを確認した。

参考文献

- (1) 池田裕一, 他 2 名: 連続曝気式深層水揚水施設による密度成層の混合効率, 水工学論文集, 第 38 巻, pp. 325-330, 1994.
- (2) 浅枝隆, 中井正則: 気泡を用いた高密度の深層水揚水施設の解析, 土木学会論文集, 第 411 号/II-12, pp. 91-98, 1989.