

# 気泡循環で生じる水面噴流形態のAUVによる現地観測

鹿児島大学 ○古里栄一, (株)エイト日本技術開発 大本茂之, 片尾紗凡,  
(一財)水源地環境センター 木村文宣, 東北大学 梅田信, 三春ダム管理所 白戸孝, 半谷和彦

## 1. はじめに

本発表は、気泡循環施設によって生じる気泡噴流のうち、水面の放射状水平流の周縁形状特性把握を目的とした AUV を用いた水面水温の平面分布詳細調査結果について速報として報告し若干の考察を行なうものである。なお、本研究の一部はプロペラ式湖水浄化装置応用技術研究会((一財)水源地環境センター)の活動の一部として実施されたものである。

## 2. 材料と方法

### 2.1. 指標

密度成層条件における気泡噴流の水面半径( $R$ )はオズミドフ長さ( $l_o$ )とほぼ等しいことが報告されている(Lemckert and Imberger 1993).

$$l_o = \left( \frac{Q_B g}{N^3} \right)^{\frac{1}{4}} = \frac{H}{P_N^{1/4}} \quad (1)$$

$$P_N = \frac{N^3 H^4}{Q_B g} = \left( \frac{H}{l_o} \right)^4 \quad (2)$$

ここで、 $Q_B$ : 吐出水深での空気量( $m^3 s^{-1}$ ),  $g$ : 重力加速度( $m/s^2$ ),  $N$ : 浮力周波数( $=g/\rho \cdot d\rho/dz$ ),  $\rho$ : 水の密度 ( $kg m^{-3}$ ),  $z$ : 水深 ( $m$ ),  $H$ : 気泡吐出水深 ( $m$ ) である。なお  $N$  の評価においては、水面(水深 0.1m)と水深16mの調査時刻における水温を用いた。

### 2.2. 気泡循環および現地調査

現地調査は福島県三春ダム貯水池において、2020年9月14日の13:06~13:54に実施した。AUVの測定条件は、航行間隔10m, 航行深度水面, 航行速度1m/s, 航行距離2,866mである。計画通り48分で測定を完了した。気泡循環施設は「入り江曝気装置」として流入河川の一つである蛇沢川水域の下流側に導入された装置を測定対象とした。2,400 NL/min. (15kwコンプレッサー)の圧縮空気が、EL. 309m, 314mから吐出可能な施設である。基本的には、EL. 309mからの吐出が実施されており、調査時もそうであった。9/14の水位はEL. 317.93m (13時)であったことから、吐出水深 $H$ は約8.9mであった。施設近傍(気泡噴流からは十部離れ、施設と同じくフェンスより下流)で計測された周囲水の成層状況は、水面付近に日射による躍層が形成されている以外は、ほぼ水深方向に均一な水温鉛直分布であった( $N^2 \sim 10^{-4} [s^{-2}]$ )。

## 3. 結果と考察

図1に、調査結果から水面水温の平面分布を示す。気泡コア付近に周囲水よりも低水温の同心円状の領域が形成されていること、当日は図において左方向からの微風が吹いていたことによると考えられる、気泡コア中心からのずれが認められる。また、各水温領域に

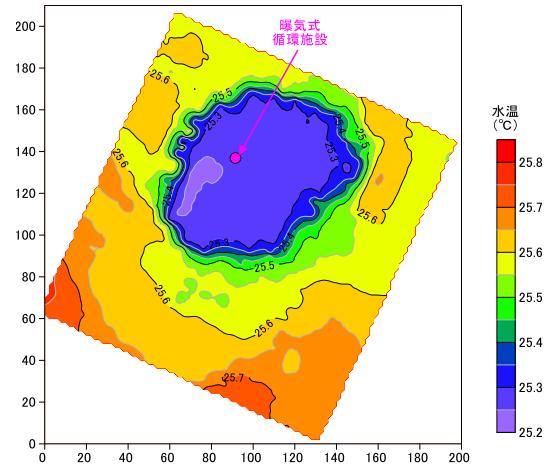


図-1 AUVによる水面水温観測結果(2020年9月14日)  
(縦・横軸数値の単位はm, 上方向が北である.)

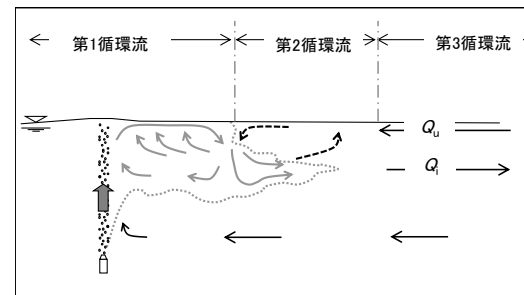


図-2 第3循環流の模式図

において正円ではなく、表層における水平放射状噴流の乱流に起因すると想定される正円形態からのずれが反映された水温平面分布が認められる。

実験時の $l_o$ は約25mであった。図-1の水面水温平面分布から、25.4°C以下の範囲を噴流とすれば $R$ は約30~40mと評価される。先行研究における $l_o$ と $R$ の関係は倍半分程度の幅があることから、ほぼ一致すると言ってよい。しかしながら、詳細に水面水温を見ると、この周囲にも更なる同心円状の水温分布が認められる。少なくとも25.7°C以下の円状の範囲は気泡噴流の何らかの影響下にある可能性がある。ただしその場合、 $R$ は100m以上となり、先行研究との乖離が大きい。可能性としては、「第3循環流(図-2)」の存在を仮定すれば説明できる。これは、古里ら(2015)により指摘された、低 $P_N$ 条件(成層強度の低下)において周囲表層水の水平収束流量が減少することの一つの要因の可能性もある。

### 【参考文献】

- 古里ら, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 71, No.7, III \_455-III\_466, 2015.
- Lemckert and Imberge, J. Hydraulic Eng., Vol. 119, No. 6, 680-703, 1993b