

II-110 気泡噴流による貯水池の鉛直混合に関する検討

財団法人 電力中央研究所 正会員 宮永 洋一
 財団法人 電力中央研究所 正会員 松梨 史郎

1. まえがき

前報¹⁾において、貯水池・湖沼富栄養化対策の一つである曝気法の基礎となる気泡噴流と流氷の関係につき、運動量方程式を用いて考察した。本報告では、室内実験、現地観測による検討結果について述べる。

2. 室内実験

実験には、図-1に示す水槽を用い、水槽内に二層的な水温成層を作成し、底部から多孔性フィルターによって気泡群(平均径約2mm, 平均上昇速度約30cm/s)を連続的に注入する成層破壊実験を行った。実験条件の概要は、空気注入量0.01~1 l/min(1気圧時)、水深60~80cm, 上・下層温度差8~15℃である。

図-2の水温鉛直分布測定例に示すように、空気注入によって上層から下層へ熱量が輸送され、熱量の保存式より鉛直混合量が求まる。この量を下層において気泡噴流が進行し、上層へ押し上げた流量 Q_w と考え、空気注入量 Q_a^{atm} (1気圧時)との比(運行効率)を求め、運動量方程式の解:

$$Q_w / Q_a^{atm} = \sqrt{f / F}$$

$$\frac{1}{F} \equiv \sqrt{\frac{gA}{Q_a^{atm}} \int_0^z \frac{P_{atm} / W_a}{P_{atm} - \rho_w g(H-z)} dz}$$

と比較した結果を図-3に示す。ここに、 f : 補正係数, g : 重力加速度, $A(z)$: 気泡噴流断面積, z : 鉛直方向座標(空気注入位置を原点とする), P_{atm} : 大気圧, W_a : 気泡上昇速度, ρ_w : 水の密度, H : 全水深, である。

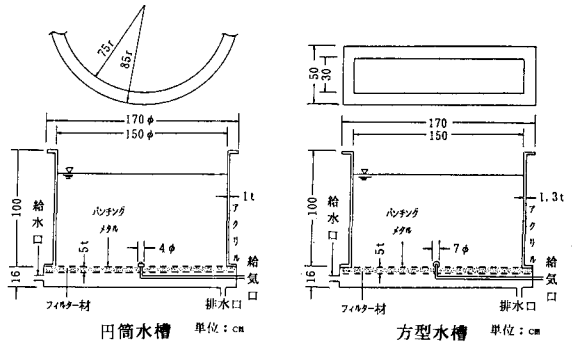
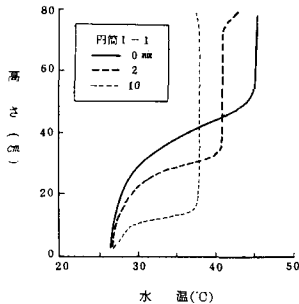


図-1 実験水槽



円筒水槽, $Q_a^{atm} = 1.03 \text{ l/min}$, 時間は空気注入開始後経過時間

図-2 水温鉛直分布測定結果

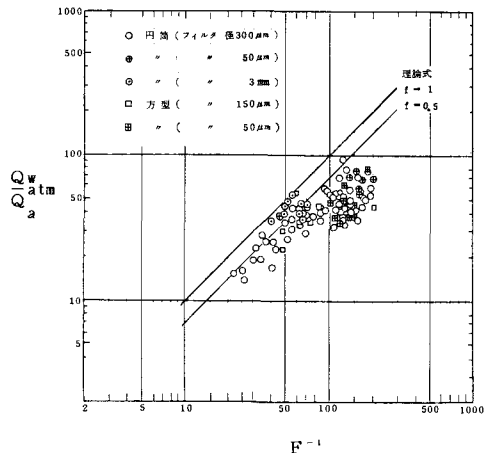


図-3 運行効率とパラメーターFの関係

3. 現地観測

実際に空気注入を行っている工業用水貯水池（ダム高さ32m，総容量 $4.5 \times 10^6 m^3$ ，湛水面積 $0.45 km^2$ ）において，流動の現地観測を行った。観測時期は昭和60年9月2〜3日，観測地点は図-4に示すとおりである。

この貯水池の空気注入装置は，図-5に示すように，間欠的な気泡の放出によって底層水を上層に揚水している。電磁流速計による注入装置周辺の流速分布測定結果の一部を図-6，7に示す。揚水された底層水は，水面で放射状に広がり，表層の0.4m程度の範囲を水平に流動している状況が観測された。

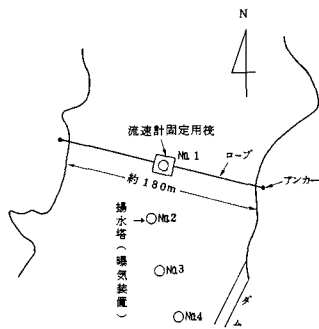


図-4 観測地点平面図

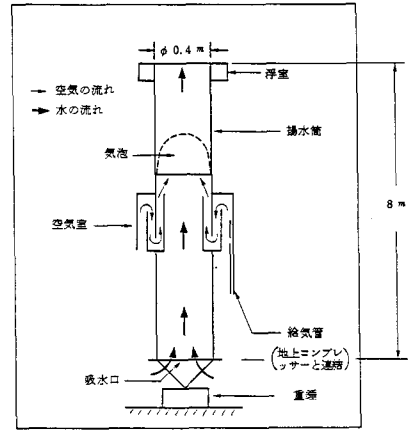


図-5 空気注入装置の構造（概念図）

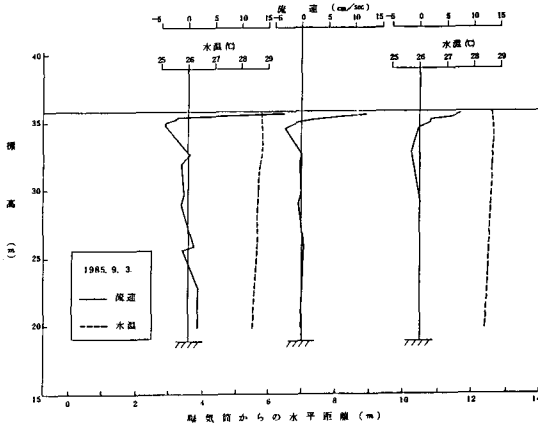


図-6 平均流速，水温鉛直分布測定結果（注入装置周辺）

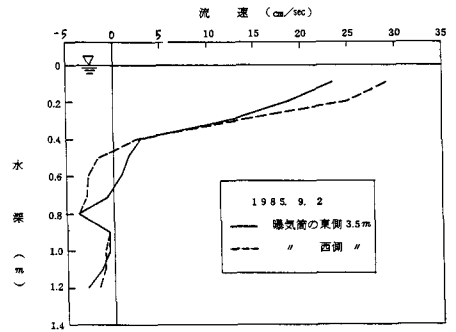


図-7 平均流速鉛直分布測定結果（表層付近）

4. 考察

室内実験結果（図-3）では，運行効率の実験値は， F の大きい領域（水深，噴流断面積に対し，相対的に空気注入量，気泡上昇速度が大きい）では理論式とほぼ一致するが， F が小さくなると理論式より小さくなり，理論式の仮定が成立しなくなる。これより運行効率には上限値が存在するものと考えられ，実験条件の範囲では，その値は100程度である。種々の実験例を検討したIsmail (1976)³⁾によれば，最大で130程度の報告がある。現地観測結果（図-7）では，注入装置上端から水面までの運行効率は約180となる。運行効率の上限値の特性の把握は，空気注入装置の設計上きわめて重要であり，この点について今後検討を行う予定である。

参考文献

- 1)宮永：第39回年講，1984. 2)小島：水質汚濁研究，5(5)，1982. 3)Ismail：15th Coastal Eng. Conf.，4，1976.