

II - 16 貯水池の混合特性に関する研究

東北大学工学部 学生員 ○植村 慎次
東北大学工学部 正 員 後藤 光亀
東北大学工学部 正 員 真野 明

1. はじめに

湖沼の水温予測モデルの研究に関しては、長期的なものはあるが、短期間の予測や風による影響の考慮はあまりなされていない。しかし、一般に湖沼などの内部の混合は日中の日射による短波放射、風の剪断力、あるいは、夜間の長波放射による冷却、等に支配されている。このような短期間の水温度予測は、生物の活動や DO などの水質項目の動向を予測する上で重要である。そこで本研究では、これまでの実測によって得られたデータをもとに、Richardson 数と拡散係数の関係を調べることににより短期的な水温度予測を目的としている。

2. 貯水池の連続観測

対象とする貯水池は、仙台市近郊の中原貯水池で、長さ約 460m、幅 100～150m、満水位で水深 7.12m、貯水量 33 万 m³、湛水面積 54,000m²であり、底面は平に整地した人工貯水池である。池内には、池底からの高さ 12m の観測塔を 3 方向からワイヤーで固定して設置した。測定は、栈橋に設置したパソコンにより制御された観測塔の昇降トロリーで流速及び水温を、栈橋では日射量、風向、風速、気温等の気象観測を 40 分毎に行った。

3. 拡散係数及び Richardson 数の算出

貯水池の断面形状等の影響の無いように湖心付近の単位面積の水柱について考える（図 1）。水平方向の熱の移動は無視し、湖底の熱の出入りは無いと仮定する。算出には実測データを用いるが、観測システム及び内部波の影響から、水温データの誤差は±0.1℃ある。時間的に有効なデータを得るために、実測値にスムージングを施し、深さ毎に期間を決めて算出した。期間は、1990 年 7 月の受熱期のデータを用いて算出した。また、純粋に水温分布の支配する混合を捉えるために、短波放射による加熱の影響は除いてある。算定式は以下に示す。

$$\Delta Q_{i,j} = Q_{i+1,j} - Q_{i,j} = c(t_{i+1} - t_i) k_{i,j} \frac{T_{w,i,j+1} - T_{w,i,j}}{z_{j+1} - z_j} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、i: 時間方向の番号、j: 湖底より上向きの番号、 ΔQ : 熱フラックス、 T_w : 水温、c: 比熱、k: 拡散係数である。また、Richardson 数は以下のように算定される。

$$Ri_j = -g\left(\frac{d\rho}{dz}\right)/\rho_w\left(\frac{du}{dz}\right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\tau_w = -\rho_w \overline{u'v'} = \rho_w \epsilon \frac{du}{dz}$$

$$\epsilon = u_w^* H$$

$$\frac{du}{dz} = \frac{u_w^{*2}}{\epsilon} = \frac{u_w^*}{H}$$

$$u_w^{*2} = u_a^{*2} \frac{\rho_a}{\rho_w} \frac{z}{H}$$

$$u_a^{*2} = C_D u_{10}^2$$

$$\tau_s = \rho_a C_D u_{10}^2$$

$$Ri = -g \frac{d\rho_w}{dz} / \rho_w \left(\frac{u_w^*}{H}\right)^2 = -g \frac{d\rho_w}{dz} / \rho_a C_D u_{10}^2 \frac{z}{H} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、H: 全水深、 ρ_w, ρ_a : 水、空気の密度、 ϵ : 渦動粘性係数、 u_w^* : 水の摩擦速度、 u_{10} : 高さ 10m での風速、 C_D : 抗力係数、 τ_s : 水面の剪断力である。

4. 解析結果

図2、図3は観測期間中の風速、日射量、気温貯水池の水温の経時変化を示す。拡散係数とRichardson数との関係は図4の両対数グラフで直線的な関係にあることが分かり、回帰式は以下ようになる。

$$k_{i,j} = 0.92 Ri_{i,j}^{-1.04} \dots\dots\dots (4)$$

宮永ら¹⁾は拡散係数を一定として扱い、Wuest²⁾は拡散係数を浮力振動数 N と Wedderburn 数の関数であるとしている。Weinstock²⁾は浮力振動数、乱れエネルギーに依存する関係式を提案している。これらの研究で浮力振動数への依存性は、 $N^{-2} \sim N^{-1}$ となっているが式(4)では N^{-2} に比例している。

参考文献 1) 宮永洋一他(1979): 貯水池の流動形態のシミュレーション解析手法, 電力中央研究所報告 No.378022. 2) Imberger, J. etc.(1990): Physical limnology, adv. apply. mech., pp.303-475.

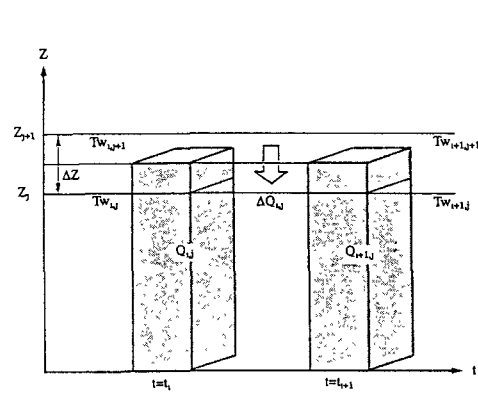


図1 熱移動のモデル

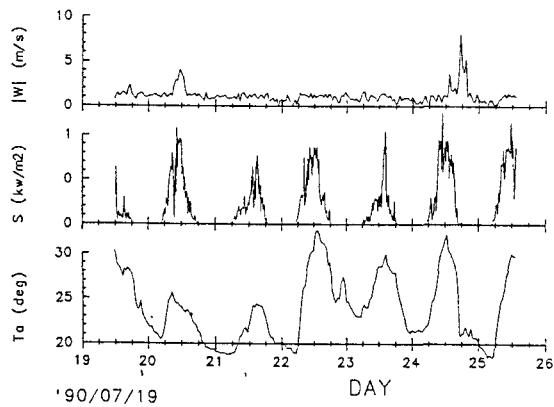


図2 風速、日射量、気温の経時変化

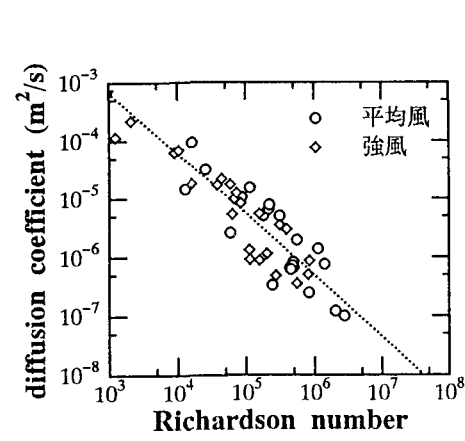


図4 拡散係数

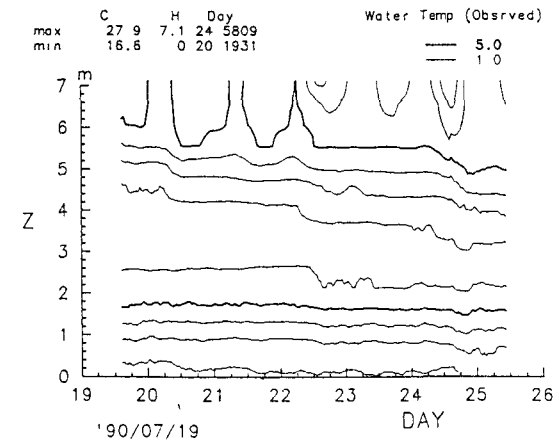


図3 水温の経時変化