

北大工学部 正員 大谷 守正
 “ 学生 石岡 涼子
 “ 正員 八鉄 功

1. はじめに

貯水池や湖沼の放熱期における水温鉛直分布を調べると、水温躍層の上にはほぼ一定の水温を示す、いわゆる表層混合層が形成されている。このような温度成層の場に風などの外力や、放熱による熱対流が生ずると、成層間に混合が促進し、界面降下により表層混合層の厚さが増加する。

本報告は、俱多楽湖における観測資料をもとに放熱期において風による外力と放熱による熱対流が表層混合層を増加させて下層水へ波及する程度を見積り、両者を比較検討したものである。

図1は、現地観測した俱多楽湖の位置及び形状である。俱多楽湖は、湖面標高260.0m、最大深度147.5m、面積4.3km²、流域面積3.48km²の流入・流出河川を持たない内形のカルデラ湖である。

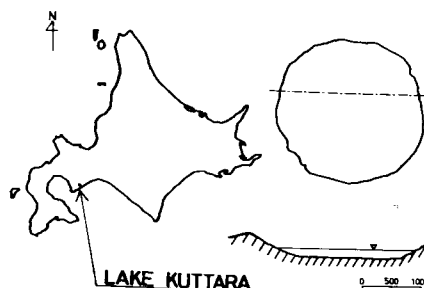


図 1

2. 乱れ速度スケールと連行速度

風による乱れ速度スケールは摩擦速度 u_* を用い、 $U_* = (\tau/\rho)^{1/2}$ とする。

熱対流による乱れ速度スケールは、次の乱流エネルギー収支式より得られる。

$$\frac{\partial}{\partial t} \bar{q}^2 + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \bar{w} \left(\frac{P}{\rho_0} + \bar{q}^2 \right) \right\} = -\bar{u}\bar{w} \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\bar{q}}{\rho_0} \bar{w} \bar{\rho} - \varepsilon \quad (1)$$

Zeman & Tennekes¹⁾, Deardorff²⁾等により、強い成層が、作られているときは、(1)式の項は次の様に表わすことができる。

$$\frac{\bar{q}}{\rho_0} \bar{w} \bar{\rho} = -\alpha g (\bar{w} \bar{\theta})_i \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left\{ \bar{w} \left(\frac{P}{\rho_0} + \bar{q}^2 \right) \right\}_i = -C_F \frac{\alpha^3}{h} \quad (3) \quad -C_F \frac{\alpha^3}{h} = \alpha g (\bar{w} \bar{\theta})_i = \alpha g \frac{Q_w}{C_p \rho_0} \quad (4)$$

(1)式の左辺第2項と右辺第2項を等しいとおき、(4)式を用いて整理して、乱れ速度 α をあらためて U_f として置きなおすと、

$$U_f = \left(-\frac{\alpha g D Q_w}{C_p \rho_0} \right)^{1/3} \quad (5)$$

と、なる。

以上のとおり、リチャードソン数は

$$R_i = \frac{g \Delta \rho D}{\rho_0 U_f^2} \quad (6)$$

と、なる。

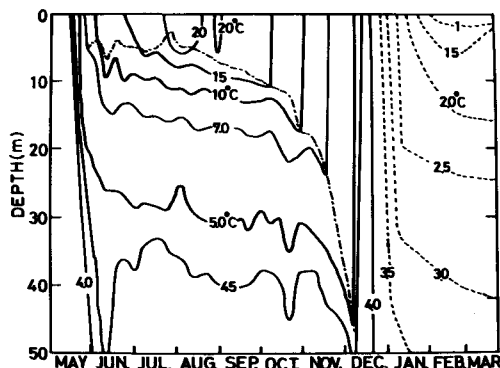


図 2

風による場合には、(6)式において U_f の代わりに U^* を用いて同様に表わされる。

3. 熱収支量 Q_N の算定

熱収支量 Q_N は次式で表わされ、数値として下記のものを用いた。

$$Q_N = S - (E + C + R) \quad (7)$$

$$S = 4.166 \times A_1 \times SI \times 10^{-2}$$

$$R = 4.879 \times (E + 273)^4 \times (0.49 - 0.076 E_1) \times (1 - C_1 d_1)$$

$$C = (3.453 + 2.074 W) \times \rho \times (T_2 - T_1)$$

$$E = 2 \times (3.453 + 2.074 W) \times \rho \times (E_2 - E_1)$$

R : Brunt & Ångström の式

C : Rower の式

E : 蒸発熱 R : 有効放射 SI : 日射量

S : 日射による放射熱 C : 水面を通しての交換熱量

A_1 : 反射率 E_1 : 水蒸気圧 E_2 : 飽和蒸気圧 (水温)

T_1 : 気温 T_2 : 水温 d_1 : 雲の高さによる定数

C_1 : 雲量 ($\times 1/10$) ρ : 水の密度

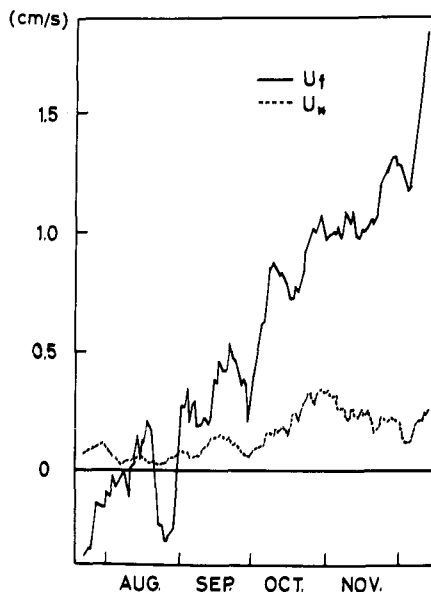


図 3

4. まとめ

前述の各式より、 U_f , U_w , R を求め、さらに連行速度として $U_e = dD/dt$ を求め、これに現地観測のデータを代入しグラフ化したのが、図 2, 3, 4 である。

図 2 は等温線の年変化を示したものであり、一点鎖線は計算した混合層の厚さを表わしており、放熱が進むにつれて、表層混合層の厚さが増している。図 3 は放熱期における、風による乱れ速度 U_w と熱対流による乱れ速度 U_f の変化を示したものであり、冬期に向うほど熱対流による表層混合層の増加の割合が、風による効果よりもしだいに大きくなり、ていることがわかる。図 4 は縦軸に連行速度、横軸にリチャードソン数を目盛、たものである。図によると、風による連行速度とリチャードソン数は、Zeman & Tennekes の半理論曲線上に位置するが、熱対流による連行係数は、リチャードソン数の増加と共に減少する傾向が見られた。

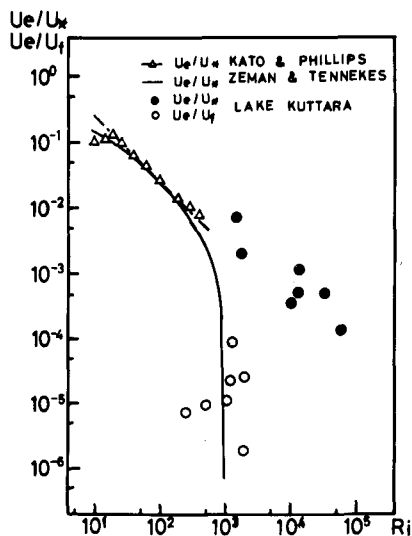


図 4

参考文献

- 1) Zeman & Tennekes; Parameterization of the turbulent Energy Budget at the Top of the Daytime Atmospheric Boundary Layer, J. Atmos. Sci. Vol. 34, 1977
- 2) Willis & Deardorff; A Laboratory Model of the Unstable Planetary Boundary Layer, J. Atmos. Sci. Vol. 31, 1974