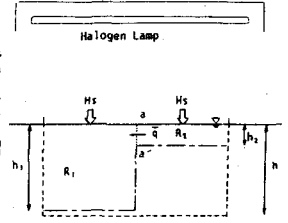


成層形成と破壊におよぼす地形の影響について

大阪大学工学部 正員 室田 明
大阪大学工学部 正員 道輿 康吉
電業開発(株) 正員 石村 豊

1. 序説；水表面熱収支に伴う水温成層の形成と破壊をモデル化した水理実験を行ない、冷却期の対流混合過程の評価法について検討した。また鉛直一次元水槽と地形的二次元性を有する水槽での実験結果を比較し、水槽形状が水温成層に与える影響について考察を加えた。

2. 実験方法・条件；図-1に示すような水槽（鉛直一次元；破線，二次元；一点鎖線）にアニリンブラックで着色された水を満たし、水表面より50cm直上に設置されたハロゲンランプによって一定時間加熱し、その後数時間放置して自然冷却を行なった。側壁・底面には断熱材を施し、湿度はサーミスタ温度計・データロガーを用いて多点同時計測した。実験条件を表-1に示す。ここで H_m は、加熱期の時間平均水表面熱フラックス、 T_h は加熱時間である。



Hs: 水表面熱フラックス
q: 断熱平均水表面熱フラックス
R₁, R₂: 深さ平均熱収支の断熱
h₁, h₂: 深さ平均水深
h = 15.0 [cm] L = 15.0 [cm]

図-1 実験装置と諸量

3. 鉛直一次元対流混合過程；鉛直一次元水槽での実験における水温分布の時間変化を図-2に示す。加熱期(a)は鉛直下方に単調減少する分布形を呈し、冷却期(b)は一様水温の対流混合層が発達する。冷却開始直後は、水表面冷却によって失われた熱量を補償するように混合層が発達し、成層部の水温は、ほとんど変化しない(non-penetrative convection)が、混合層厚の増大とともに成層部の分布形がふくらみ、混合層が下方にくだるよう

鉛直一次元

CASE	H_m [cm ² /sec]	T_h [min]	h_1 [cm]	h_2 [cm]
V-1	8.424×10^{-3}	60.0	15.0	15.0
V-2	6.417			
V-3	5.000			
V-4	2.472			

断熱状態を有する

CASE	H_m [cm ² /sec]	T_h [min]	h_1 [cm]	h_2 [cm]
A-1	9.357×10^{-3}	60.0	15.0	2.5
A-2	4.869			
A-3	3.231			
BD-1	7.948	60.0	14.0	3.5
BD-2	4.746			
B-1	9.942	60.0	13.0	4.5
B-2	5.519			
C-1	9.511	60.0	11.0	6.5
C-2	4.614			

表-1 実験条件

ように発達する。これは一般に penetrative convection と呼ばれ、対流乱れによる混合層フロントでの下層水の連行と拡散によって生じる現象である。図-2中の実線は、Dake & Harleman¹⁾ の解析モデルと Denton & Wood²⁾ の penetrative convection のモデルを組み合わせた理論値を示す。加熱期・冷却期ともに実験値と良く一致している。

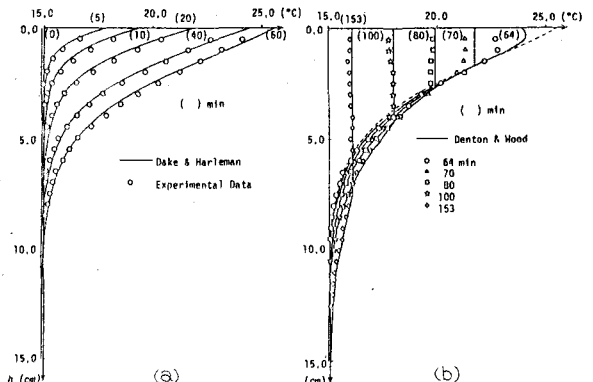


図-2 水温分布の時間変化(鉛直一次元)

non-penetrative convection と penetrative convection を比較するため、図-3に混合層厚と混合層水温の時間変化を理論値とともに示す。実線が理論値、各シンボルは実験値を

示し、破線が non-penetrative convection のみによる変化を表わしている。両者が良く一致しているともに対流時に penetrative convection の効果を考慮する必要性が認識される。

4. 地形的二次元性の水温成層への影響; 階段状底面を有する水槽における実験では、各水深比いずれの場合も水温分布は水平方向にほぼ一様となり、いわゆる地形性貯熱は見られなかった。図-4は深水部水温分布

(図中シンボル)と鉛直一次元を仮定した計算値(実線)とを比較したものである。実験値が計算値より高温であり、これらの差は浅水部からの熱移流にもとづくと考えられる。そこで、これを評価するため、図-1のaa'断面における断面平均水平方向熱フラックス $\bar{q}$ (浅水部から深水部側へ向う時を正とする。)を次式から求め、

$$\bar{q} = (dR_1/dt - l \cdot H_s) / h_2 = (l \cdot H_s - dR_2/dt) / h_2 \quad (1)$$

その時間変化を各水深比ごとに示したものが図-5である。縦軸・横軸は、それぞれ平均加熱フラックス H_m と加熱時間 t_h で無次元化している。同図から無次元化された水平方向熱フラックス $\bar{q}/H_m$ は各水深比に対しほぼ同一の時間変化過程をたどり、また加熱期には浅水部から深水部へ、冷却期後半には逆に深水部から浅水部への水平方向熱フラックスが生じていることがわかる。図-6に加熱期の時間平均水平方向熱フラックス $\bar{q}_m$ を H_m で無次元化したものと、浅水部・深水部の水深比 h_2/h_1 との関係を示す。同図から両者の間に明確な相関が認められ、水平方向熱フラックスは、ほぼ水深比のみによって規定されることがわかる。以上のように本実験の範囲内では地形的二次元性が水温成層に与える影響は水平方向温度勾配としては現れず、それを解消する水平方向熱フラックスとして評価される。

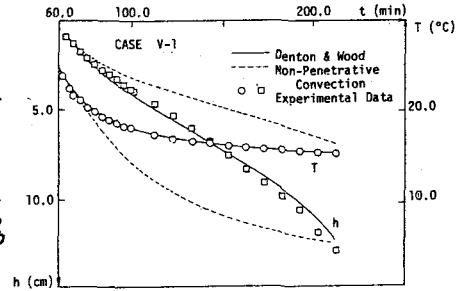


図-3 混合層厚と混合層水温の時間変化

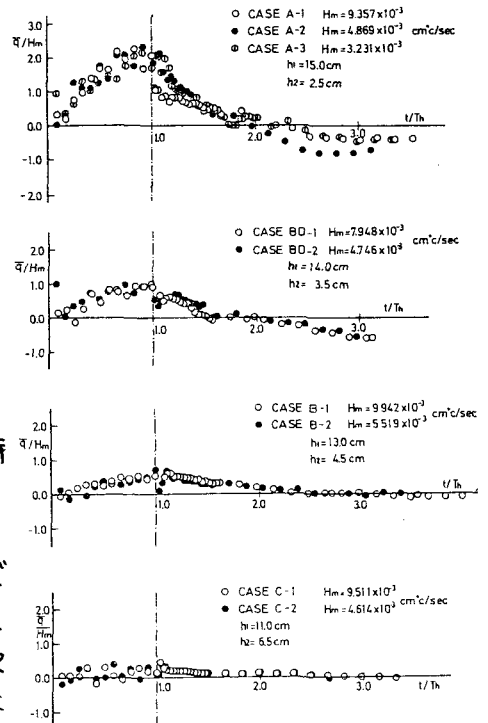


図-4 水温分布の時間変化 (三次元)

図-5 水平方向熱フラックスの時間変化

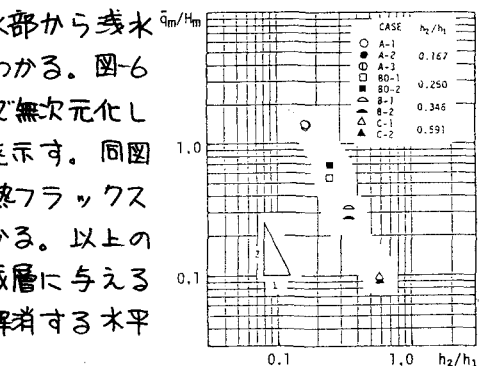


図-6 水平面熱フラックスと水深比の関係

- <参考文献> 1) Dake & Horleman; J. Water Resource Res., 1969.
2) Denton & Wood; J. Fluid Mech., 1981, 3) Oonishi; J. Oceanogr. Soc. Japan, 1975