

熱塩対流過程における拡散性の影響

神戸大学工学部 正員 ○ 道 奥 康 治
Univ. Karlsruhe Erich PLATE

1. はじめに：著者らは乱流モデルによって"diffusive"型熱塩対流を再現し、乱流構造を明らかにしてきた¹⁾。本研究では、熱塩を含む二重拡散現象におよぼす流体拡散性の影響を明らかにする。

2. 対象とする二重拡散場と解析方法：図-1に示すように、拡散性の低い「S-物質」濃度による安定な密度成層の底面から「T-物質」の不安定浮力フラックス H_s （一定）が供給される

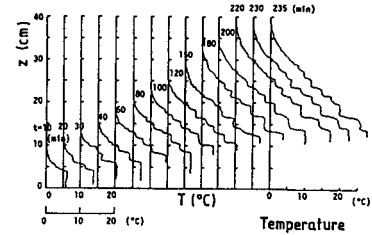
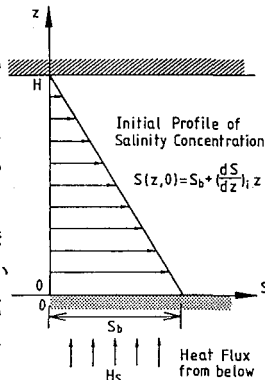


図-2 実験で観測されたステップ状の水温構造

図-1 対象とする二重成層場

鉛直一次元二重成層場を対象とする。Tを温度、Sを塩分濃度とした場合、安定な塩分濃度成層の底面が加熱されて発生する熱塩対流現象に対応する。この場合、温度-濃度間の物質拡散性の差異によって二重拡散

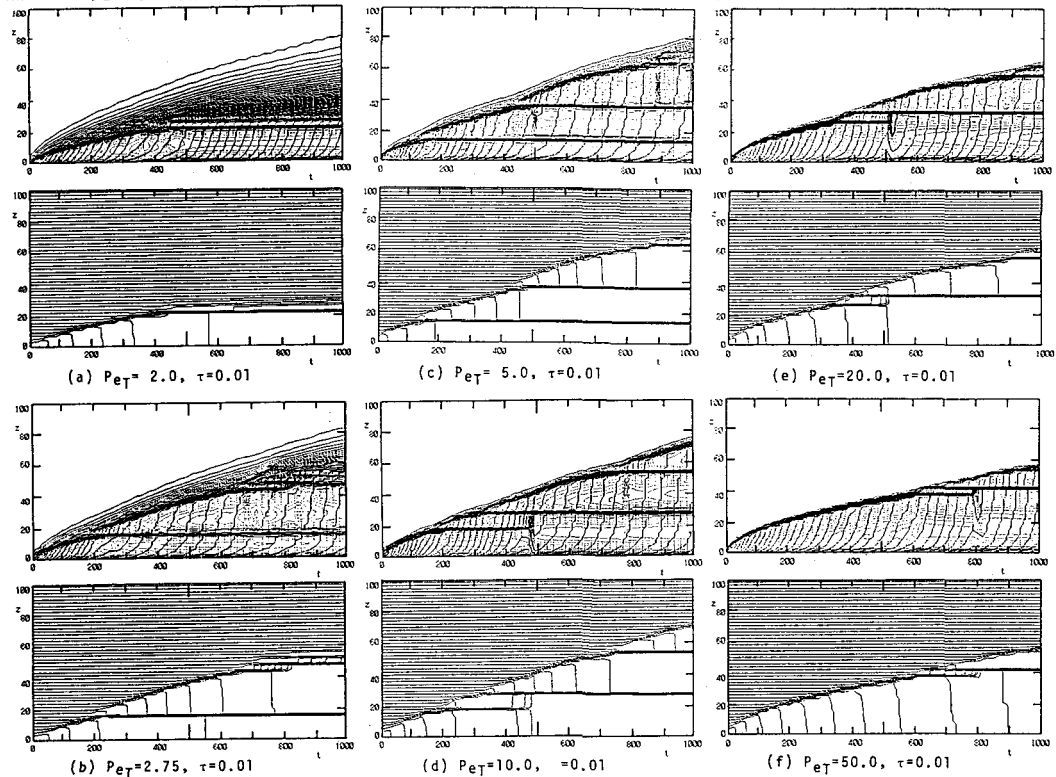


図-3 Pe_T にともなう二重拡散対流の変化

現象が発生し、図-2に示されるように特徴的な多段階密度成層が形成される。

3. 乱流完結モデルと支配パラメーター：乱流完結モデルを支配物理量で規準化し、次の2つのパラメーターが見いだされた¹⁾。

a) ペクレ数 $\cdots P_{eT} = (\alpha g H_s) / [\kappa_T (-\beta g (dS/dz)_i)]$: [対流による鉛直混合起動力 $\alpha g H_s$] と [「T-物質」拡散性 κ_T] + [「S-物質」の浮力安定効果 $[-\beta g (dS/dz)_i]$] の比をあらわす。

b) ルイス数 $\cdots \tau = \kappa_S / \kappa_T$: 「T-物質」と「S-物質」の拡散係数 (κ_T, κ_S) の比。なお、 αg と βg は各々「T-物質」濃度、「S-物質」濃度の浮力への換算係数である。 P_{eT} が大きいほど拡散性の影響に比べて熱対流の乱流効果が相対的に大きくなる。

一方、 τ が1に近いほど2物質間の分子拡散性の差異が小さく、二

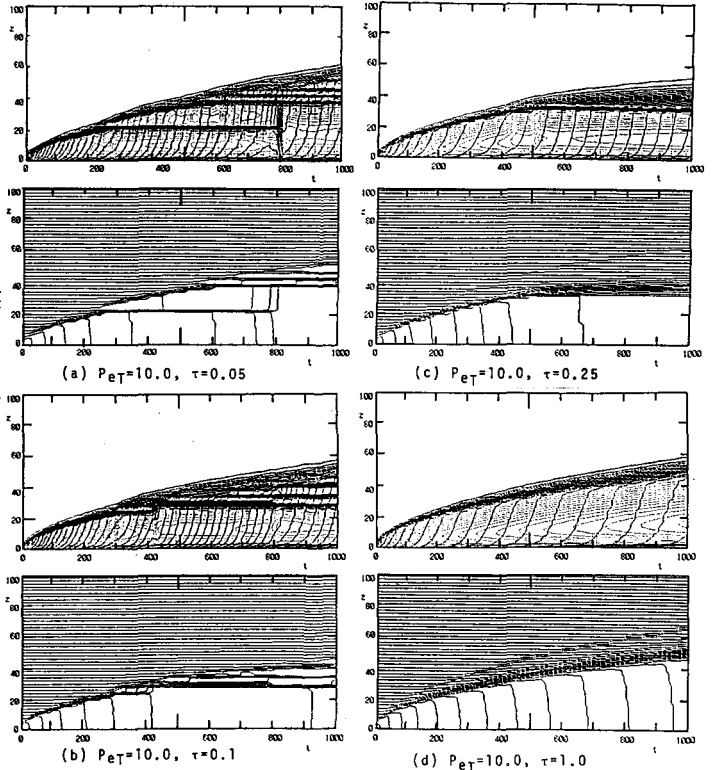


図-4 τ にもなう二重拡散対流の変化

重拡散効果が減少する。 $\tau \leq 1$ の場合、ここで対象とする“diffusive”型の二重拡散場に対応し(例： $\tau=0.01$ の時「熱-塩」、 $\tau=0.14$ の時「砂糖-塩」)、 $\tau \geq 1$ の場合には“salt-finger”型の二重成層に対応する。

4. 数値解析結果

(a) ペクレ数 P_{eT} の影響： $\tau=0.01$ の熱塩成層の場合について、 P_{eT} が密度構造の時間発展におよぼす影響を図-3に示す。縦軸と横軸は各々鉛直座標 z と時間 t の無次元量である。各図の上段はT-濃度(実線)と乱流強度(点線)の等値線を、下段はS-濃度の等値線をあらわす。 P_{eT} が小さい場合には、対流層上方の非乱流領域でT-濃度が広く拡散している。この場合、対流強度は小さく、拡散による不安定密度勾配の緩和効果が大きいため、対流層の発生が抑制され対流層数も少ない。 P_{eT} の増加にともなって拡散領域は狭まり対流層の数と厚さが増加する。図-3の場合、(c) ないし(d) の P_{eT} において対流層が最も多くなる。 P_{eT} がさらに増加すると、乱流強度が大きくなり対流層内での鉛直混合が促進される。よって、隣接する対流層間での混合によって密度境界面での有効密度差が減少し、対流層どおしが融合しやすくなる。結果的に P_{eT} の増加にともなって対流層数は再び減少する。

(b) ルイス数 τ の影響： $\tau=0.01$ 以外の時、すなわち「熱-塩」以外の二重拡散現象は様々な科学分野に見い出され、工学的に重要な問題である。今、 $P_{eT}=10.0$ の場合を例にして、 τ にもなう熱塩発達特性の変化を図-4に例示する。 τ が増加して1に近づくにしたがい、拡散性の差に起因する2物質間の相互干渉は減少する。その結果、ステップ状の密度構造が形成されにくくなり、 $\tau=1$ では、ただ1つの対流層の連行・発達過程が観察される。この場合、温度成層場での“Penetrative Convection”と全く等価な現象である。

参考文献 : 1) 道典・Plate : 土木学会論文集, 第443号/II-18, pp.42-51, 1992.