

第II部門

熱塩二重拡散を考慮した貯水池深水層の有機汚濁解析

神戸大学工学部 フェロー会員 〇道奥 康治
 (株)大林組 正会員 酒谷 祐輔
 神戸大学大学院 学生員 小林 秀樹

1. はじめに

貯水池の深水層が貧酸素化し底泥からの嫌氣的溶出が熱塩傾斜ブルームを駆動すること、ならびにそれによって形成された熱塩二重成層が特徴的な水質構成—「逆転水温成層の形成」、「高塩分水塊の発生による部分循環状態の維持」—をもたらすことを現地観測によって明らかにしてきた¹⁾。深水層の熱塩構造は、上層から下層に至るほど高温で高塩分の熱塩成層であり、観測された水質構造から過剰安定型の熱塩対流が発生していることが推定される。この種類の熱塩対流では、熱と塩分の分子拡散性の違いによって明瞭な熱塩界面をともなう階段状の密度構造が形成される。本研究では、熱塩対流を考慮した水質解析モデルを構築し、熱塩対流と深水層の有機汚濁現象との関連性を解析的に検証する。

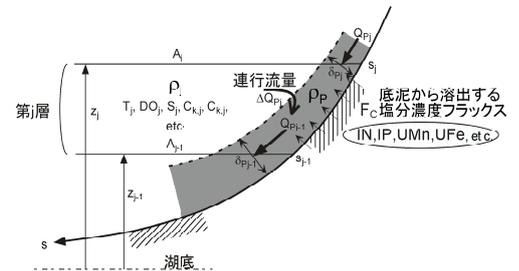


図-1 熱塩ブルームモデル

2. 熱塩ブルームのモデル化

貯水池水の貧酸素化によって底泥から嫌氣的に塩分が溶出し、その浮力効果にともなう傾斜密度流（「熱塩ブルーム」と記す）の発生を図-1のようにモデル化する。溶存酸素濃度 DO が 2.0mg/L 以下になると底泥が還元されて塩分が嫌氣的に溶出し熱塩ブルームが発生すると考える。

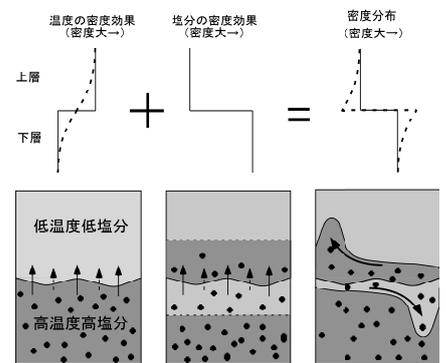


図-2 過剰安定型熱塩対流の発生原理²⁾

底泥からの塩分溶出、熱塩ブルームによる周囲水からの連行と流下を考慮した水温・塩分・水質諸量の収支によって、熱塩ブルームにともなう水質変化を記述する。

3. 熱塩対流のモデル化

二重拡散は「熱-塩」のように密度成層が複数成分から構成されている場合に、一方の密度成分の分子拡散が、他方の密度成分のポテンシャルエネルギーを運動エネルギーへ変換させる対流現象である。図-2 のように上層の下部が下層から伝熱によって軽くなり、上層内部に重力不安定を引き起こし、明瞭な密度界面をともなう階段状の密度構造が発達する。図-3 の左側のように隣接する二層の水温 T と塩分 S から、次式のように有効 Rayleigh 数 R_{ac} を定義し、 R_{ac} が限界値を超えた場合に熱塩対流が発生し、図-3 の右側のように一つの層に合体すると考える。この場合、拡散能の高い物質（熱）が起動力となり、拡散能の低い物質（塩分）が抑制力となっている。

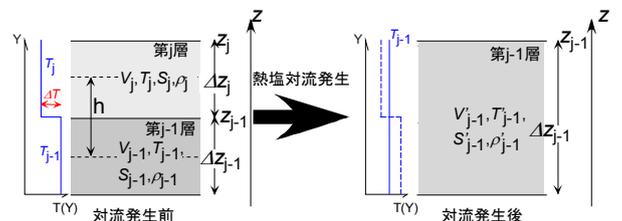


図-3 熱塩対流発生前後の諸量の定義

$$R_{ac} = \frac{g\alpha\Delta Th^3}{\kappa_T\nu} + \frac{g\beta\Delta Sh^3}{\kappa_S\nu} \quad (1)$$

ここで、 g は重力加速度、 h は対流層厚さ、 ν は動粘性係数、 κ_T は熱の拡散係数、 α は熱膨張率、 κ_S は塩分の分子拡散係数、 β は塩分の密度換算係数である。

4. 水質モデルによる熱塩対流の解析

図-4 に水質解析で得られた R_{ac} の季節変化を示す。 R_{ac} が大きくなっている高さと時期に熱塩対流が発生す

る。図-5には熱塩対流の発生前後における熱塩分布の変化を示す。熱塩対流が発生する直前に大きな逆転水温勾配が形成されていることがわかる。図-6, 7に水質解析より得られた水温・塩分の鉛直分布の季節変化を示す。熱塩プルームを考慮することによって貯水池深水層への汚濁物質や熱の集積機構を再現することができた。また、熱塩対流をモデル化し、深水層における熱塩成層の再現性が向上した。

参考文献

- 1) 道奥・神田・石川：土木学会論文集, No.740/II-64, 2003年
- 2) 寺本俊彦編：海洋物理学II, 海洋学講座2, 東京大学出版会, 251P., 1976年

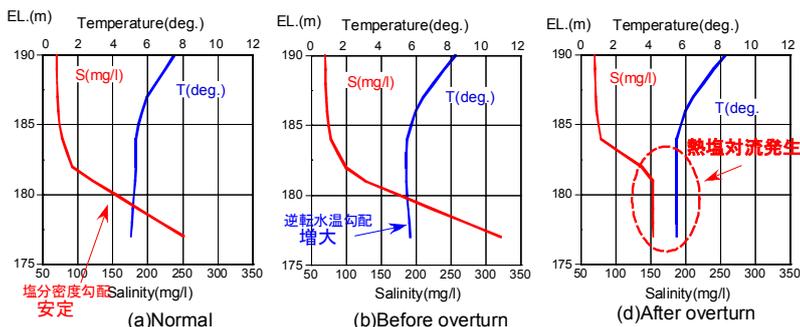


図-5 熱塩対流発生前後の水温・塩分の挙動 (Sダム1995年)

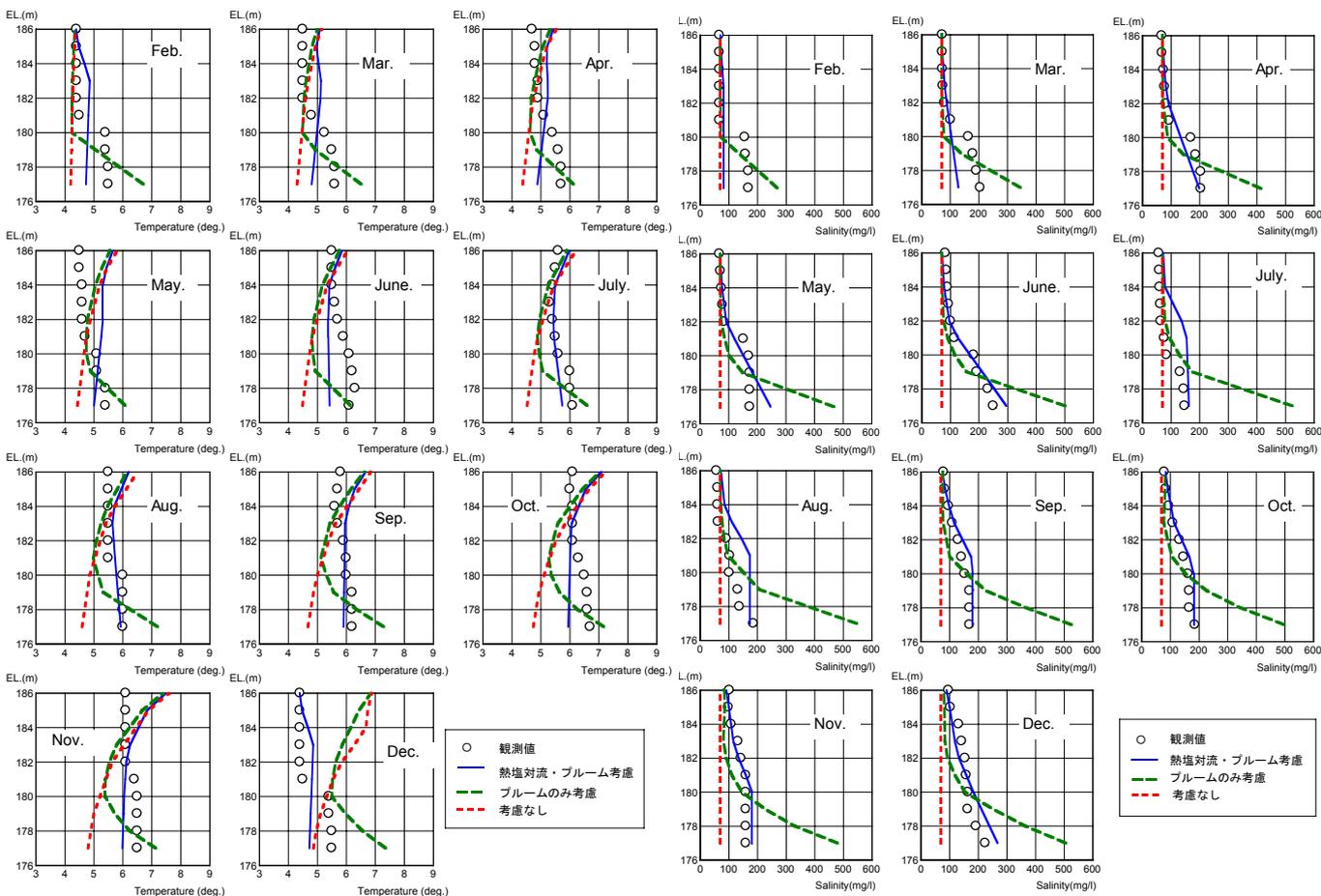
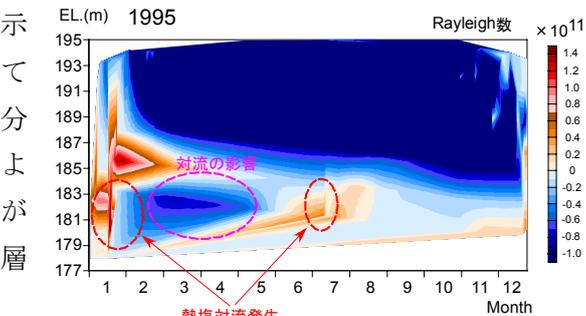
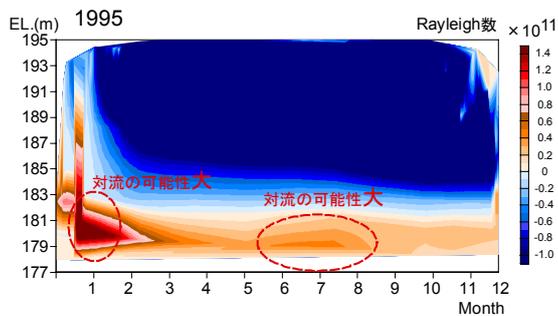


図-6 深水層における水温の季節変化 (Sダム1995年)



(a) 熱塩対流を考慮した場合



(b) 熱塩対流を考慮しない場合

図-4 Rayleigh数の季節変化 (Sダム1995年)