

II - 100

閉鎖性湾水の成層・対流のモデル化

東北大学工学部 学生会員 ○高橋研也

東北大学大学院 フェロー 沢本正樹

東北大学大学院 正会員 風間 聡

1. はじめに

内湾や湖沼等の閉鎖性水域では、外湾水との海水交換率が小さいため内湾水を停滞させる傾向にあり、夏期における底層水の貧酸素化や富栄養化等の問題が生ずる。これらは密度成層の形成と強く関連しているため、湾内密度構造から水質管理指標を確立することは非常に有効である。本研究では、閉鎖性水域における熱収支・水収支等の気象・海象特性を十分に反映させた鉛直一次元モデルを作成し、湾内水環境に生じる現象について考察した。

2. 対象領域

本研究では、三陸沿岸に位置する大船渡湾(北緯 $39^{\circ}02'$, 東経 $141^{\circ}44'$)を対象とした。図1に大船渡湾の形状と観測地点を示す。大船渡湾は典型的なリアス式海岸を形作っており、湾奥部には二級河川盛川が流れ込んでいる。湾水面積は 7.89 km^2 、全長は 6 km あり、規模に比して水深が大きい。また、湾口防波堤の存在により静穏な水域が確保され養殖が盛んに行われているが、開口部を狭いものとしているため、湾内の水質悪化が問題となっている。

大船渡湾では、1997年から1999年まで図1の各観測地点において長期連続観測¹⁾が行われた。本研究では湾内データとしてSt.A, 湾外データとしてSt.Cにおける水温、塩分の日平均値を、気象データとして大船渡候所にて観測された日平均値を用いた。

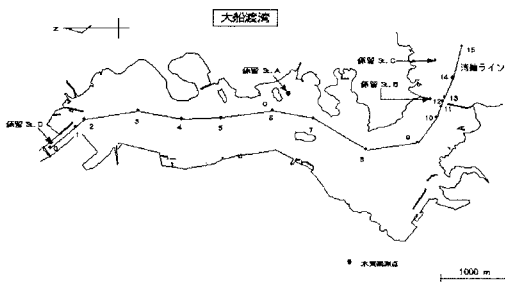


図1 対象領域の形状と観測地点

3. 湾内熱収支

対象領域における大気・海面間の熱フラックスを算定し、さらに移流による熱交換を考慮した1ボックスモデルを用いて湾内の熱移動を解析する。各海面熱フラックスの算定にはバルク法²⁾を用いた。図2に海面熱フラックスの時系列変化を示す。冬季は放熱期、夏季は受熱期となっており、また、総和で見ると年間で熱放出の方向にあることがわかる。

海面フラックスに加え、湾内を出入りする因子としては潮流と河川流が考えられる。図3に年間熱収支を示す。湾の規模が比較的小さいため、海面フラックスに比べて流入出熱が卓越しており、また潮流による熱損失が大きいことがわかる。

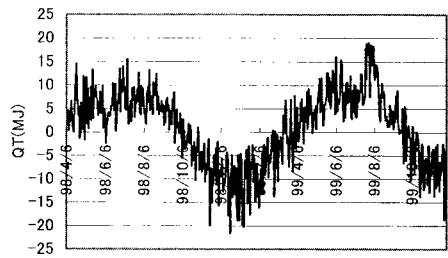


図2 海面熱フラックスの日積算値

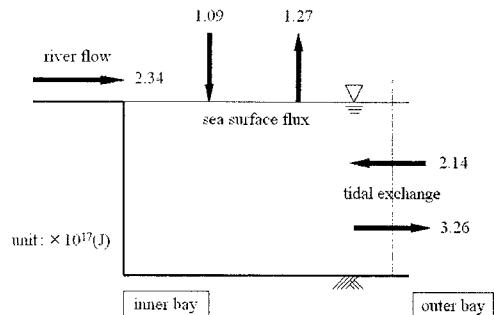


図3 年間熱収支(1998年4月6日～翌4月5日)

4. 鉛直一次元モデル

4-1 基礎方程式

大船渡湾では、湾内水質が湾軸方向に一樣であることが現地観測から解っているので、本研究では鉛直一次元モデルによる数値解析を行った。基礎方程式は次のように表される。

$$V \frac{\partial T}{\partial t} = - \frac{\partial A Q_z}{c_w \rho_w \frac{\partial z}{\partial z}} + \frac{\partial}{\partial z} \left(A K_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \alpha Q (T_o - T)$$

境界条件 (1)

$$K_z \frac{\partial T}{\partial z} = - \frac{Q_T}{c_w \rho_w H_w} \quad : \text{表層} \quad (2)$$

$$K_z \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \quad : \text{底層} \quad (3)$$

$$V \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(A K_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \alpha Q (S_o - S) \quad (4)$$

ここに、 z :鉛直座標(下向き正), t :時間, T :水温, S :塩分, Q_z :短波放射, Q_T :海面熱フラックス, A :水面積, c :比熱, ρ :密度, K_z :鉛直拡散係数, β :吸収率, κ :消散係数, α :海水交換率, Q :海水交換流量, h :水深である。また、風応力の影響により表層厚 H_w で一次躍層が形成されるとし、この層でのみ大気との熱の授受を考えた。

4-2 計算条件

水深 h は 30m, グリッド間隔 1m として日単位で計算した。水温の初期条件は、観測値より全層一で 7°C とした。鉛直拡散係数 K_z は循環期に上下等温となり算定できなくなるため、風応力より推定した Richardson 数 R_i によって Munk の関数³⁾から決定した。

$$K_z = K_{z0} (1 + \beta R_i)^{-n} \quad (5)$$

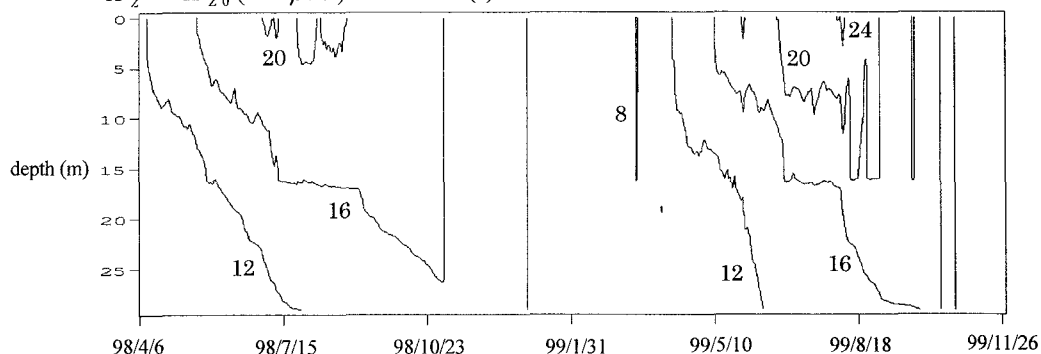


図4 水温分布の計算値($^\circ\text{C}$)

また、逆転成層が生じた場合、対流が発生し瞬時に等温混合層が形成されるとした。なお、外湾水または河川水流入時には同一密度層を選択して貫入するとし、出水時には湾内水が押し出されて淡水に置き換えられるとして計算した。以上の仮定から最終的な密度分布を求めた。図4に水温の計算結果を示す。

5. まとめ

- 1) 大船渡湾では熱を湾外へ排出する動きが見られた。
- 2) 湾内水は比較的高い水温を示し、湾外水の影響が大きいことが解った。
- 3) 湾口防波堤の影響を考慮し、外界の影響を鉛直一次元モデルに組み込むことができた。
- 4) 現実には潮流の他に残差流や密度流が卓越しており、特に底層部における誤差の原因となっている。

謝辞：本研究を進めるにあたり国土交通省仙台技術調査事務所の援助を得た。波浪データは釜石港湾工事事務所、流量データは大船渡地方振興局鷹生ダム建設事務所から提供を受けた。また、科研費 A(代表沢本正樹)の援助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献：

- 1) 国土技術政策総合研究所(2002)：港湾環境情報，WWW 公開データ，<http://www.ysk.nilim.go.jp/>
- 2) 福士大介(2000)：NOAA/AVHRR を用いた有明海周辺における湾内熱環境の解析，東北大学大学院工学研究科修士論文
- 3) 新井正・西沢利栄(1974)：水温論，水文学講座 10，共立出版