

浅い汽水湖である青森県十三湖の塩分変動解析

東北大学大学院 学 生 員 ○小西 絵里子
東北大学大学院 正 会 員 梅 田 信
東北大学大学院 フェロー 田 中 仁
八戸工業大学 正 会 員 佐々木 幹夫

1. はじめに

青森県西部に位置する十三湖は浅い汽水湖であり、ヤマトシジミの主要な生産地である。しかし、近年は環境の変化により、ヤマトシジミの生息域が狭まり、その漁獲量は減少してきている¹⁾。十三湖においても他の汽水湖と同様に、ヤマトシジミの生息領域の減少が見られる。これまで、汽水湖におけるヤマトシジミの生息領域・生息密度変化に関する研究は穴道湖、小川原湖などで多く行われてきた。しかし、十三湖において水質とヤマトシジミの関連性を明らかにした研究はほとんどない。十三湖は穴道湖、小川原湖と比較し、湖内の塩分変動が大きい。十三湖のヤマトシジミの生態を把握するためには、十三湖の塩分変動を明らかにすることが必要である。そこで、本研究では準3次元モデルを用いた十三湖の流動解析を行うことにより、十三湖の塩分環境を明らかにする。

なお本研究は、岩木川における河川生態学研究会の総合的な調査研究の一環として実施された。

2. 調査対象

本研究の対象領域である十三湖は青森県西部、津軽半島内に位置し、日本有数のヤマトシジミの産地である。十三湖の湖沼面積は20.6km²、最大水深は約2mの浅い汽水湖であり、平均滞留時間は3日である。十三湖への流入河川は岩木川、山田川、鳥谷川などであるが、主な流入河川は一級河川である岩木川であり、全集水面積の約78%をしめる。また、十三湖内を通過した後はただ一つの流出口である水戸口を通過して日本海へと流出する。

3. 現地調査

十三湖における水理環境の把握のため、長期の連続観測を実施した。調査時期は2008年6月から10月までの夏期に行った。測定地点は、湖の水深および河川流入、流出の位置を考慮し、図-1に示したA~Eの湖内5地点とした。この全地点において、水温と塩分、地点Aにおいて流速を観測した。測定機器はメモリー式水温・塩分計(アレック電子株式会社製)、小型メモリー流速計(アレック電子株式会社製)を使用した。測定結果は、次章で解析結果と合わせて示す。

4. 静水圧準3次元モデルを用いた塩分変動予測

4.1. 計算手法

数値流動解析により、湖内の塩分変動を解析した。解析には水域を鉛直方向にK層に分割して計算を行う準3次元モデル(静水圧近似)を使用した。

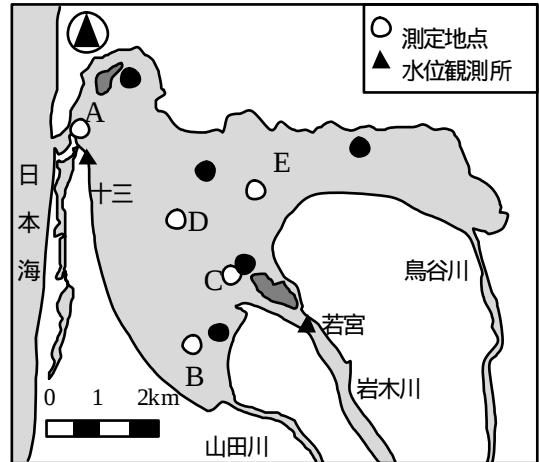


図-1 十三湖地図

時間を t とし、水平2方向の座標を x, y 、上向き正の鉛直座標 z を用いた連続方程式、運動方程式は以下のようになる。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = & -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \\ & + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\tau_{wx} - \tau_{bx}}{\rho_0} + \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial x} \int_z^\eta \rho dz + fv \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = & -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \\ & + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \frac{\tau_{wy} - \tau_{by}}{\rho_0} + \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial}{\partial y} \int_z^\eta \rho dz - fu \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $\{u, v, w\}$: $\{x, y, z\}$ 方向の流速、 η : 自由水表面の静水面からの高さ、 g : 重力加速度、 ρ : 水の密度、 ρ_0 : 水の平均密度、 A_x, A_y, A_z : x, y, z 方向の渦動粘性係数、 τ_{wx}, τ_{wy} : x, y 方向の風による水面せん断応力、 τ_{bx}, τ_{by} : x, y 方向の底面せん断応力、 f : コリオリ力である。

水温、塩分の移流拡散は以下に示す式を用いて決定する。

$$\begin{aligned} \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} + w \frac{\partial \phi}{\partial z} = & K_x \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} + S_\phi \end{aligned} \quad (4)$$

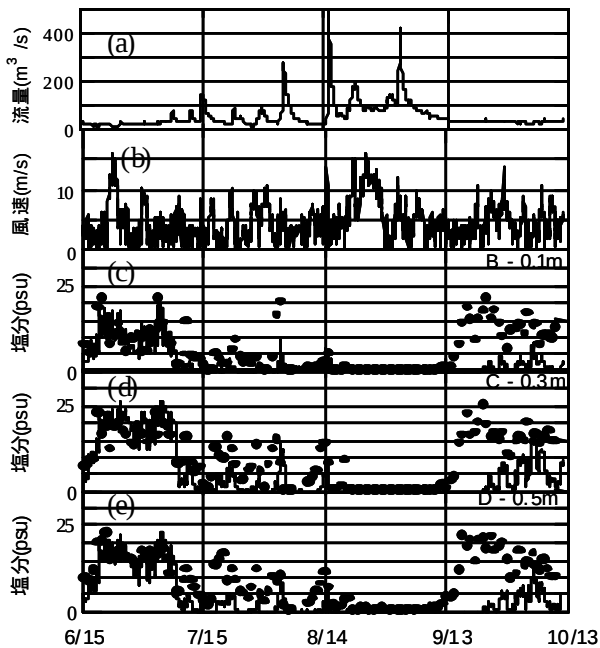


図-2 2008/6/15～10/11 の(a)流量(五所川原地点), (b)風速(十三地点), (c)地点 B 標高-0.1m における塩分実測値(黒丸)と計算値(黒線), (d) 地点 C 標高-0.3m における塩分実測値(黒丸)と計算値(黒線), (e) 地点 D 標高-0.5m における塩分実測値(黒丸)と計算値(黒線)

ここで, ϕ : 塩分・水温, K_x, K_y, K_z : x, y, z 方向の渦動拡散係数である. S は生成項であり, 水温については, 気象条件による水面を通じた熱収支を考慮している. 流入水の密度は, UNESCO(1981)の状態方程式を用いて決定した. 河川流入量は, 主な流入河川である岩木川の十三湖から約 30km 上流側に位置する五所川原地点流量より推定し, 河川水温は津軽大橋地点(十三湖から約 3km 上流)で測定された水温と気温の相関関係から求めた.

また, 水戸口の通過流量は十三地点における水位変動と湖面積および河川流量の関係から推定した. 海水温は水戸口の近傍である地点 A の実測値から与え, 海水塩分は 33psu とした. 水戸口の流入境界における流速分布を仮定する. 地点 A 標高-1.7m において測定された流速をもとに, 流入境界に水戸口流量を満たすような 1 次関数の流速分布を与える.

4.2. データセット

計算対象領域は 7.2km × 6km であり, メッシュは水平格子間隔 200m, 鉛直格子間隔 0.1m とする. 計算期間は十三湖水質調査の実施期間内である, 2008 年 6 月 15 日～10 月 11 日とした. 計算時間ステップは 10 秒とする. 初期条件は 2008 年 6 月 15 日の実測値を参考と与えている. 日射量, 気温は十三湖丘傍の気象庁による測定値(日射量は青森地点, 気温は市浦地点)を用いた. また, 風速は十三地点の測定結果を使用した. 河川流量, 風速, 十三湖測量データは国土交通省より提供されたものである.

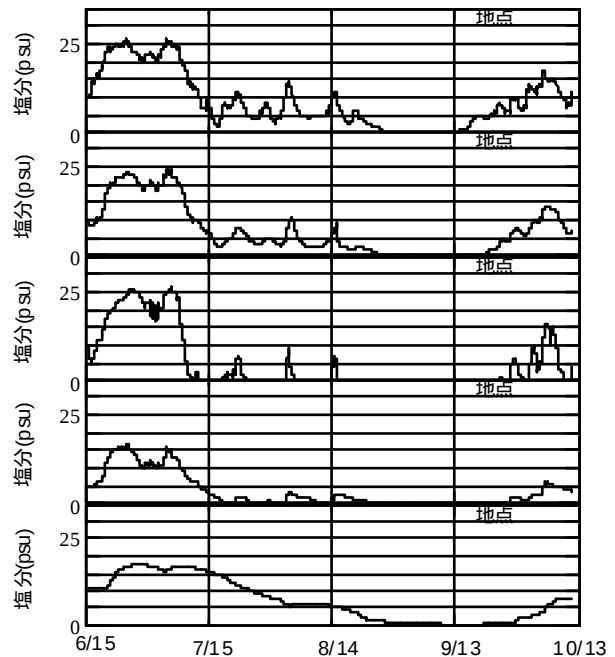


図-3 2008/6/15～10/11 の地点 ～ , 湖底における塩分変動

5. 計算結果・考察

図-2 に 2008 年 6 月 15 日～10 月 11 日の期間における流量, 風速と塩分変動の計算結果と実測値を示す. また, 実測値は 1 日の平均値を示している. 図-2 は, (a)流量, (b)風速を示している. また, (c)～(e)は塩分変動であり, それぞれ(c)地点 B 標高-0.1m, (d) 地点 C 標高-0.3m, (e)地点 D 標高-0.5m における値を示している. また, 現地観測による測定地点の高さの算定には誤差があると考えられるため, 計算結果との比較は概ね対応する高さに対して行った.

塩分変動の計算値と実測値を比較すると, 各地点とも 6 月中旬から 9 月中旬までは計算値が実測値の変動傾向をよく表現できていると考えられる. しかし, 9 月の中旬から塩分の実測値が上昇するのに対し, 計算値ではさほど上昇が見られなかった.

図-3 に地点 ～ の湖底近くにおける塩分変動の計算結果を示す. 地点 ～ は, 青森県の調査によりヤマトシジミの生息密度が高かった地点である. 中村¹⁾により, ヤマトシジミは塩分 1.5～22psu では長期間生存可能であり, 24psu 以上では 14 日以上での長期の生存は不可能であるということが示されている. 期間内に塩分が 22psu 以上となった日数は, 地点 では 14 日, 地点 では 6 日, 地点 では 10 日, 地点 , では 0 日となった. これは, ヤマトシジミの塩分耐性範囲内であり, この期間においてはヤマトシジミの生息に影響を及ぼすような高塩分の持続がなかったといえる.

参考文献

- 1) 中村幹雄: 宍道湖におけるヤマトシジミと環境の相互関係に関する生理生態学的研究, 北海道大学博士論文, 1997.