

十三湖における地形改変に伴う汽水環境変化に関する研究

東北大学工学部 学生員 ○松根 駿太郎
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

青森県津軽半島北西部に位置する十三湖は浅い汽水湖であり、国内有数のヤマトシジミの産地である。しかし近年ではシジミの漁獲量の減少が懸念されており、その原因として、塩分や溶存酸素といった湖内の水環境条件の変動が関連していると考えられる。

また、十三湖は水戸口における導流堤の建設、南側の一部における干拓、岩木川の改修と、常に人の手が加えられてきた湖でもある。このため、これらの事業が十三湖の水循環に与えた影響を理解する必要がある。

本研究では、これらの事業が行われる前の測量地図である、明治 44, 45 年測量の岩木川平面図から明治時代の十三湖の地形を再現し、現在の地形と比較検討を行った。さらにその結果を用いて準 3 次元モデルにより十三湖の流動解析を行い、当時の汽水環境の考察および十三湖において行われた事業の評価を行った。

2. 研究対象地域

十三湖は、青森県津軽半島北西部に位置し、日本海に面している汽水湖である。図-1 に十三湖の平面図を示す。湖の北西部において十三湖と日本海が接続されており、この地点を水戸口という。十三湖の中心部の最大水深は約 2m と浅く、湖の容積に対して集水面積が大きい。そのため、湖水の平均滞留期間が 3 日程度と非常に短いのが特徴である。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% を占める。

十三湖干拓建設事業は、昭和 23 年に仙台農地事務局十三湖干拓建設事務所の発足とともに着手された。圍繞堤と呼ばれる、河口の汀線を大きく囲むような堤防が建設され、昭和 44 年に干拓が完了した。

3. 岩木川平面図のデジタル化

明治時代の測量地図である岩木川平面図は、明治 44, 45 年に内務省により測量されたものである。デジタル化ソフトウェアを用いて、等深線情報のデジタル化を行った。デジタル化の方法は、電子化された岩木川平面図の画像の等深線をトレースし、標高の情報を与えるというものである。

次に、そのデータから、格子状に区切ったデータであるグリッドデータを作成した。グリッド作成アルゴリズムは最近傍法を採用した。最近傍法にはノイズが発生しないという利点があるが、等深線が疎らな場所では誤差が大きくなるという欠点がある。このため、等深線が疎らな場所には誤差が小さくなるようにデジタル化の際に標高点を設置し、データを補っている。作成したグリッドデータを用いて、準 3 次元モデルに用いる地形データを作成した。

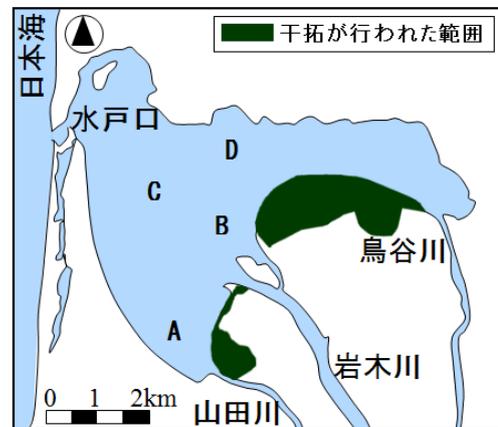


図-1 十三湖平面図

4. 準 3 次元流動計算モデルによる塩分変動解析

4.1. 計算手法

数値シミュレーションにより、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。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。

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

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

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

keywords : 汽水湖, 岩木川平面図, 導流堤, 準 3 次元モデル

連絡先 : 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06, 環境水理学研究室, tel 022-795-7453, fax 022-795-7453

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。

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

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。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より推定し¹⁾、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は、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仮定する。

なお、このモデルは梅田らによって 2008 年の実測データを用いた塩分変動計算の再現性が実証されている²⁾。

4.2. 計算期間とデータセット

計算対象領域は 7.4km×5.8km 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、梅田らによる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 日とする。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の流量より、流域面積を考慮して推定した。河川水温は津軽大橋地点(十三湖から約 3km)で測定された水温と気温の相関関係から求めた。また、河川流量、風速は国土交通省より提供されたものである。

地形データのみを岩木川平面図より再現された明治時代の地形とし、地形変化による湖内流動の変化を検証する。

4.3. 結果と考察

図-2 に、(a)五所川原地点の流量より推定された 2008 年 6 月 15 日~10 月 11 日の岩木川流入量、(b)~(e) (b)地点 A 標高-0.1m, (c)地点 B 標高-0.3m, (d)地点 C 標高-0.4m, (e)地点 D 標高-0.6m における明治時代の地形を適用した計算値と現在の地形を適用した計算値を示す。全ての地点において、

全期間を通して明治時代の地形を適用した計算値が、現在の地形を適用した計算値よりも大きく評価されている。これは、明治時代の湖底部の最大水深が現在よりも大きいことから、湖水の滞留期間がより長いことが原因と考えられる。

明治時代の計算値と現在の計算値では、塩分の増減の傾向は類似している。このことから、地形変化自体による水循環の変化への影響は小さく、岩木川の改修と干拓による河川からの流入条件の変化や導流堤建設による水戸口の形状の変化が、水循環の変化へより大きな影響をもたらすものと考えられる。

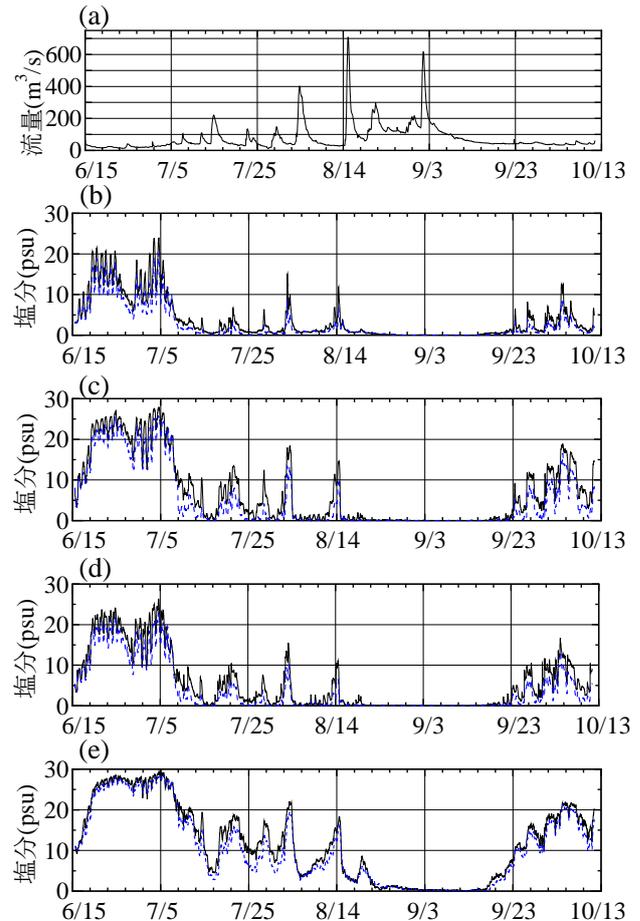


図-2 (a)2008 年 6 月 15 日~10 月 11 日の岩木川流入量、(b)~(e) (b)地点 A 標高-0.1m, (c)地点 B 標高-0.3m, (d)地点 C 標高-0.4m, (e)地点 D 標高-0.6m における明治時代の地形を適用した塩分の計算値(実線)と現在の地形を適用した塩分の計算値(破線)

参考文献

- 1) Atas Pracoyo, 梅田信, 田中仁, 佐々木幹夫 : 汽水環境解析のための十三湖水戸口流量の推定方法に関する検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 66, No.1, pp.981-985, 2010
- 2) 梅田信, 小西絵里子, 田中仁, 佐々木幹夫 : 浅い汽水湖における塩分変動解析, 水工学論文集, 第 54 巻, pp.1423-1428, 2010