

## 十三湖の湖内環境とヤマトシジミの成長に関する研究\*

東北大學 工学部建築・社会環境工学科 西村 亜紀  
 東北大學 大学院工学研究科 梅田 信  
 東北大學 大学院工学研究科 田中 仁  
 八戸工業大学 工学部環境建設工学科 佐々木 幹夫

### 1. はじめに

青森県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(*Corbicula japonica*)の名産地である。十三湖では、漁獲される90%以上がヤマトシジミであり、青森県の漁業の一角を担っている。そのため、十三湖におけるヤマトシジミの漁獲量は地域の漁業に大きな影響を与える。しかし、漁獲量は経年に大きく変動し、ヤマトシジミの漁獲量の減少も懸念されている(図-1)。その原因の一つとして、塩分や水温、クロロフィル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。ヤマトシジミの生息は、汽水条件や水質条件、さらには底質の条件を大きく受ける。安定した漁業資源を獲得するためには、十三湖内の塩分、水温、水質などの環境条件と、ヤマトシジミの成長とにどのような関係があるのかを把握することが必要である。本研究では、十三湖内の水質シミュレーションを行い、既往研究により求められたヤマトシジミの幼生数との関連性について議論した。

### 2. 研究対象地域の概要

本研究の研究対象である十三湖は、青森県北部、津軽半島内に位置し、岩木川の最下流部にある面積18.6km<sup>2</sup>、集水面積2,544km<sup>2</sup>、湖央部の最大水深が約2mの浅い汽水湖である。十三湖の平面形状を図2に示す。一級河川である岩木川からの淡水流入と、十三湖と日本海を繋ぐ水戸口から流入する海水が、十三湖の汽水環境を左右する。十三湖への流入河川は、岩木川、山田川、鳥谷川などがあるが、岩木川が全集水面積の78%を占める。湖の容積に対して、十三湖の集水面積が大きいため、湖水の平均滞留時間が1日程度と非常に短く、水質悪化の懸念が少ないので特徴である。汽水湖におけるヤマトシジミに関連した研究は、十三湖と同じ青森県に位置する小川原湖や(久保田ら, 2006)、島根県の宍道湖(高田ら, 2001)において多くなされているが、十三湖においては、環境水理学的な観点からなされた研究は未だあまり多くない。

### 3. 研究の方法

十三湖内の解析には、鉛直1次元の数値シミュレーションを行い、十三湖の水理環境の考察を行った。基礎式は(1)で表される通りである。

$$\frac{\partial c(t,z)}{\partial t} = K \frac{\delta^2 c(t,z)}{\delta z^2} + S_c(t,z) \quad (1)$$

---

\* Influence of water environment on growth of *Corbicula japonica* in Lake Jusan , by Aki Nishimura, Makoto Umeda, Hitoshi Tanaka, and Mikio Sasaki.

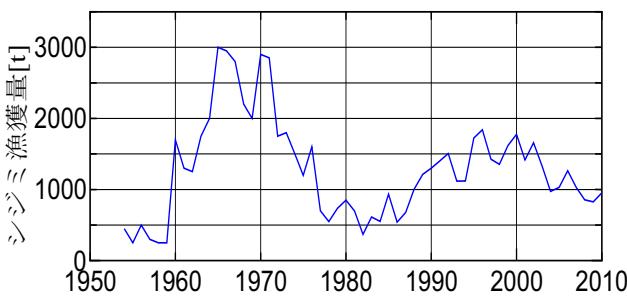
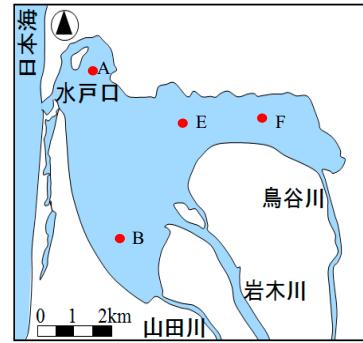


図-1 十三湖におけるヤマトシジミの漁獲量の変化 図-2 十三湖の平面図と観測地点  
(中村ら, 2000)



ここに  $c$  は、低次生態系モデルにおける水質などの各要素(クロロフィル a, 無機態窒素, 無機態リン, 有機態窒素, 有機態リン)を示し,  $K$  は鉛直拡散係数である。また,  $S_c$  は、それぞれの要素に対応した生成項である。

まずクロロフィル a(Chl-a)についての生成項  $S_{chl a}$  は、つぎのようである。

$$S_{chl a} = (G_p - D_p)C_{chl a} \quad (2)$$

ここで,  $G_p$  は植物プランクトンの増殖率,  $D_p$  は減少率を示し, 下記のように表される。まず  $G_p$  は,

$$G_p = F_l F_s F_{IP} F_t$$

であり, ここに  $F_l$  は日照による影響補正係数,  $F_s$  はスペース効果係数,  $F_N$  は栄養塩濃度による影響補正係数,  $F_t$  は水温による影響補正係数である。それぞれ以下の通りで表現される。

$$F_l = \frac{I_y}{I_s} \exp\left(1 - \frac{I_y}{I_s}\right) \quad (3)$$

$$F_s = \exp(-\mu_s C_{chl a}) \quad (4)$$

$$F_N = \frac{C_{IN}}{K_{IN} + C_{IN}} \frac{C_{IP}}{K_{IP} + C_{IP}} \quad (5)$$

$$F_t = \left[ \frac{T}{T_s} \exp\left(1 - \frac{T}{T_s}\right) \right]^n \quad (6)$$

ここに,  $I_y$  は照度,  $I_s$  は最大比増殖率を与える最適照度,  $\mu_s$  はスペース効果係数,  $K_{IN}$ ,  $K_{IP}$  はそれぞれ無機態窒素, 無機態リンの半飽和係数,  $T_s$  は最適水温である。

また,

$$D_p = R_{chl a} \theta_{chl a}^{T-20} + \frac{w_{chl a}}{\Delta z} \quad (7)$$

である。ここに,  $R_{chl a}$  は 20°C における植物プランクトン死滅率,  $\theta_{chl a}$  は死滅率の温度補正係数,  $w_{chl a}$  は植物プランクトンの沈降速度である。

計算期間は、2012年1月1日から2012年12月31日までの1年間とした。この時期を選択した理由としては、既往研究により、実測データが豊富にあるためである。計算条件は、鉛直格子間隔 0.05m とし、初期条件は2001年1月1日のものを用いたが、今回のシミュレーション

ンにおいては計算期間が長いこと、さらには、十三湖は滞留時間が1日と短いことから、初期条件の影響はそれほど大きくないと考えた。河川から十三湖への流入流量は、主な流入河川である岩木川の上流に位置する五所川原地点の流量に、十三湖と五所川原地点それぞれの流域面積の比を乗じることにより求めた。

$$Q_R = Q_G \frac{A_a}{A_G} \quad (8)$$

ここで、 $Q_R$ :十三湖への河川流入量[m<sup>3</sup>/s],  $Q_G$ :五所川原地点における岩木川流量[m<sup>3</sup>/s],  $A_a$ :流入河川の流域面積[m<sup>2</sup>],  $A_g$ :五所川原地点の流域面積[m<sup>2</sup>]である。また、水戸口の通過流量は、河川からの流入流量と、水戸口を通過する流量との差は、十三湖の湖水位の変動に等しいという連続条件から推定した。

$$Q_M = Q_R - A_L \frac{dh}{dt} \quad (9)$$

ここで、 $Q_M$ :水戸口通過流量[m<sup>3</sup>/s],  $A_L$ :十三湖面積[m<sup>2</sup>],  $h$ :十三湖水位[m]である。さらに、河川流入水温は、市浦地点での気温と河川流入水温との関係性(Atasら, 2012)から求めた。

$$T_R = 0.8231T_A + 3.0384 \quad (10)$$

ここで、 $T_R$ :流入水温[℃],  $T_A$ :市浦地点気温[℃]である。気象条件は十三湖近傍の気象庁による測定値を用いた。気温、風向風速は市浦地点、湿度および日射量は青森地点の値を用いた。河川流量および湖水位は国土交通省により提供されたものである。海水の流入水質条件に関しては、栄養塩および植物プランクトンは0.0[mg/L]とし、塩分は33[psu]で一定とした。

#### 4. 研究の結果

2012年7月8日から2012年9月16日において、A地点(標高0.0m), B地点(標高-0.23m), E地点(標高-0.4m), F地点(標高0.16m)における水温と塩分の計算結果と、既往研究において求められた実測結果を図-3, 図-4に示す。水温については、A地点, B地点, E地点, F地点とすべての地点において、良好に再現されている。塩分についても、どの点も良好に再現されている。標高が一番低いE地点(標高-0.4m)では、塩分は大きな値をとっており、海水と同レベルである33psuとなる期間が多く見られる。B地点(標高-0.23m), A地点(標高0.0m)と、標高が高くなるにつれて、塩分が減少しており、標高が一番高いF地点(標高0.16m)においては、塩分が20psuを上回る期間がほとんど見られないという結果となり、十三湖の汽水状況は、標高が低い部分では塩分が高く、標高が低い部分では塩分が浅いという層的な状態が見て取れる。

また、これらの計算で得られた水温とクロロフィルの、標高-1.45m地点における計算結果と、既往研究により求められた幼生数の関係性をそれぞれ図-5, 図-6に示した。水温と幼生数の関係については、計算期間中、水温が最も高い8月中旬において幼生数の観測値が最大となり、水温が比較的低い値をとっている6月, 7月においては、幼生数がほとんどみられないという結果となった。8月中旬を過ぎると、再び水温が低下するために8月25日に観測された幼生数は8月11日に観測された幼生数の約半数となったと考えられる。9月中旬には、水温が急激に落ち込み、9月15日には幼生数がほとんど見られないという結果となった。クロロフィルと幼生数に関しては、7月7日, 7月21日に幼生数が観測された時には、クロロフィルは低い値を

示していた。8月に入り、クロロフィルの量が上昇し、幼生数も増加した。観測された8月11日を過ぎるとクロロフィルの値は最大値をとるが、8月25日の観測の直前にはクロロフィルは再び低い値をとったため、幼生数も減少したのではないかと考えられる。その後クロロフィルの量は大幅に増加することなく低い値を取り続け、幼生数もほぼみられなくなった。

## 5. おわりに

2012年における十三湖の湖内状況のシミュレーションを行った。水温、塩分ともに良好な結果が得られた。水温において、標高の違いによる水温の大きな違いは見られなかった。塩分においては、標高が最も低いE地点（標高-0.4m）では、塩分が高くほぼ海水状態となる期間も見られた。標高が高くなるにつれて塩分が減少し、4地点の中で最も標高が高いF地点（標高0.16m）においては、平均塩分が10[psu]を下回るまでに減少した。

十三湖の湖水状況とヤマトシジミの幼生数の関連性について議論したが、幼生数が多く見られたときには水温は高い値を示しており、水温が大きく減少した際には、幼生数もほぼ見られなかった。幼生数とクロロフィルの関係においては、幼生数が多くみられた時には、ある程度のクロロフィルが存在しており、幼生数があまり見られなかった時にはクロロフィルの量も少なかった。今後は、十三湖の湖水状況と、ヤマトシジミの成長過程との関連性について議論していく。

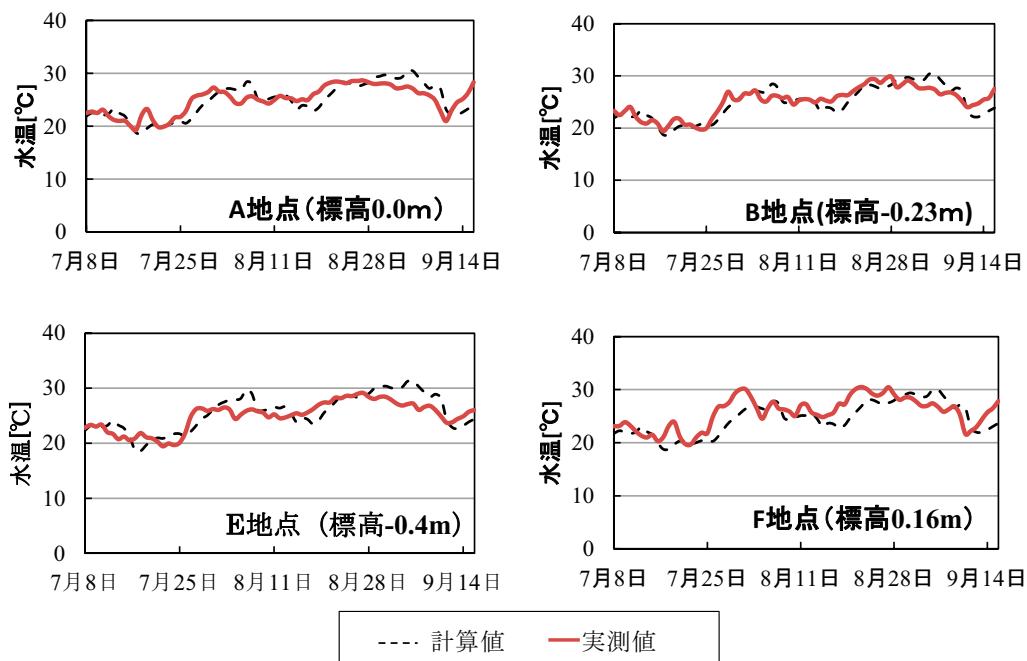


図-3 2012年夏季の湖内水温の計算値と実測値の比較

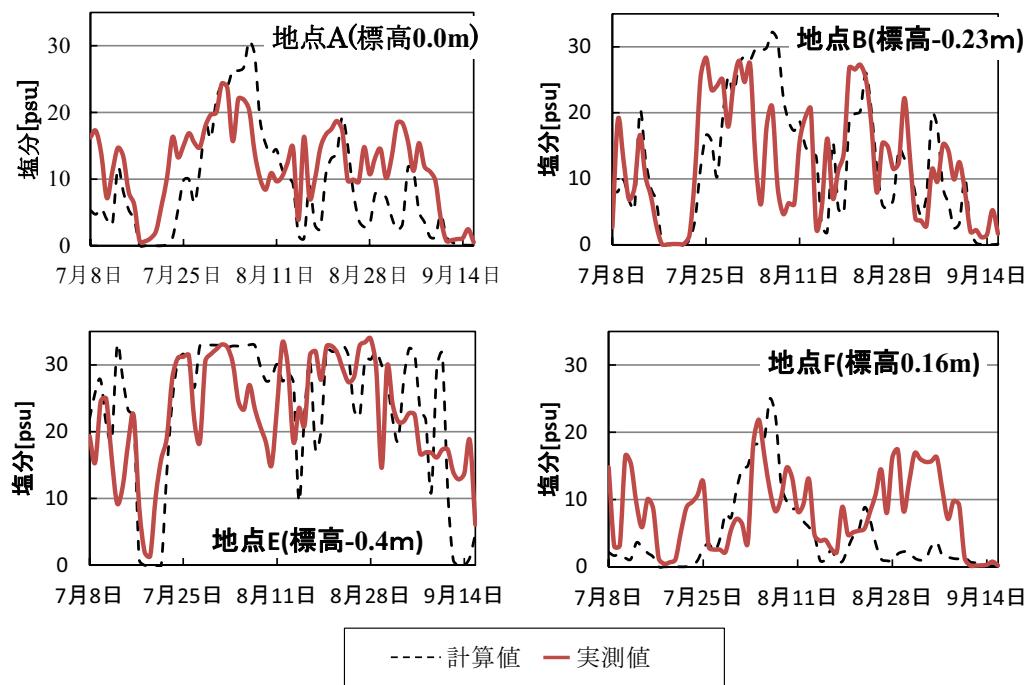


図-4 2012年夏季の湖内塩分の計算値と実測値の比較

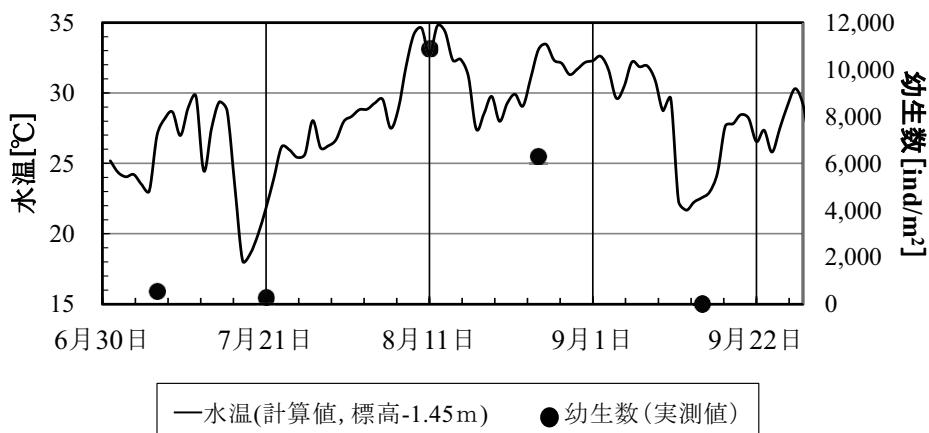


図-5 2012年夏季の水温の計算値と幼生数の実測値

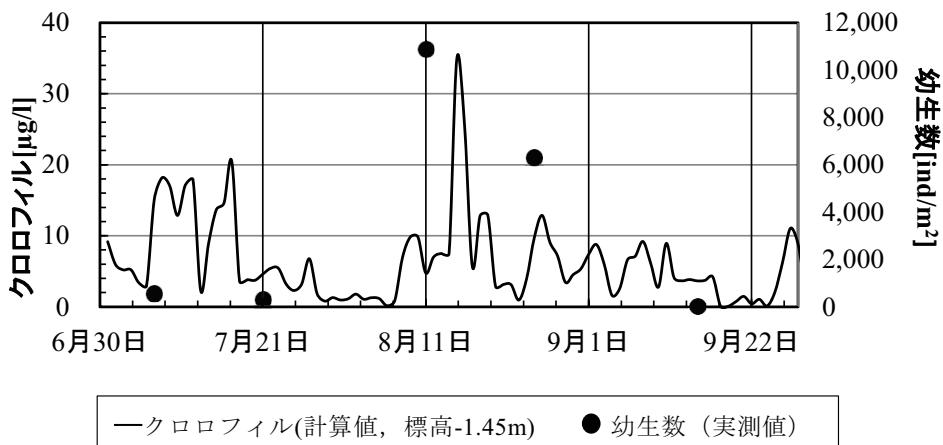


図-6 2012年夏季のクロロフィルの計算値と幼生数の実測値

### 参考文献

- 1) 松根駿太郎, 梅田信, 田中仁: 十三湖における汽水環境の変動要因とヤマトシジミ個体数動態に関する研究.
- 2) 久保田光彦, 藤原広和, 長崎勝康, 吉田由孝, 細井崇: 小川原湖における水質・底質環境およびヤマトシジミの生息状況について, 海岸工学論文集, 第 53 卷, pp.1091-1095, 2006
- 3) 社団法人 日本水産資源保護協会: わが国の水産業やまとしじみ.
- 4) 久保田光彦, 藤原広和, 長崎勝康, 吉田由孝, 細井崇: 小川原湖における水質・底質環境およびヤマトシジミの生息環境について, 海岸工学論文集, Vol53, pp1091-1095, 2006.
- 5) 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 卷, pp.1423-1428, 2010
- 6) 高田芳博, 園田武, 中村幹雄, 中尾繫: 宍道湖のヤマトシジミ個体数の成長および着底稚貝, Nippon Suisan Gakkaishi, Vol67, pp678-686, 2001.