

## 十三湖における塩水の遡上特性\*

八戸工業大学工学部土木建築工学科 赤坂 光・佐々木 幹夫  
鉄建建設(株) 功刀 智

### 1.はじめに

本研究は、青森県にある十三湖を調査対象としている(図1)。十三湖は一級水系岩木川の河口に位置している汽水湖である。岩木川は津軽平野を北流した後、十三湖へ流れ込み湖口から日本海へ流れでている。日本海と十三湖を結ぶ湖口河道を現地では水戸口と呼んでいる(図2)。十三湖はヤマトシジミの日本での一大生産地の一つである。2011年にはシジミ漁獲量が日本で一位となっている。十三湖でも同様にシジミは何らかの影響を受けて年漁獲量が安定していない。その原因はまだ特定できていないが、水温上昇や塩分環境の変化も一因ではないかと考えられている。塩水はシジミの成長に大きく関わっている。十三湖には岩木川といくつかの小河川が流入しており、流入河川水の影響で塩分濃度が変化している。そのため、塩水と淡水の進入によって塩分環境がどのように変化するかを調査することは重要となっている。

本研究では佐々木・田中・梅田(2013)<sup>(1)</sup>の調査結果をアップロードし、2013年から2017年までの5年間の塩水遡上量を調べることにする。また、Sasaki, Tanaka and Umeda (2017)<sup>(2)</sup>の理論を用いて、湖口における遡上塩水塊の鉛直分布を明らかにしてみる。

十三湖に進入する淡水量と海から湖に進入する海水の量を連続の式を用いて計算する。淡水流入量について岩木川の他に十三湖と繋がるいくつかの河川があるが、それらの十三湖に流入する河川水量は極めて少量となっている。そのため湖への流入河川水量として岩木川からの流量だけを使用することとする。計算により求めた海水量と淡水量より、2013年～2017年の各月の十三湖に流入する塩分を調べる。さらに湖における連続の式より水戸口河道の流速を求め、算出した流速より塩分の鉛直分布を求め、湖における塩水塊の鉛直構造を検討する。

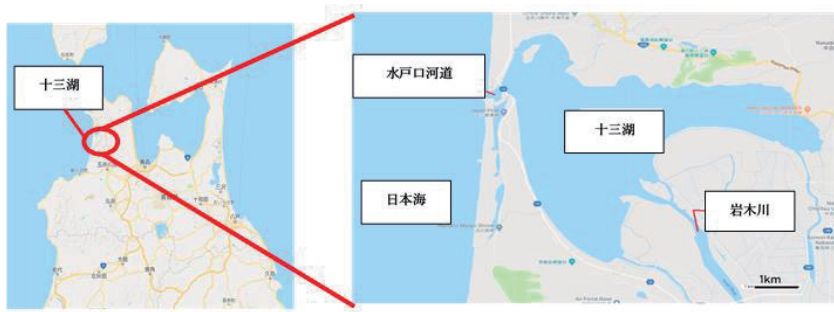


図1 十三湖位置図

図2 十三湖概要

\*Characteristics of salt water intrusion in Lake Jusan by Hikaru Akasaka, Mikio Sasaki and Satoru Kunugi

## 2.海水遡上量の算定方法

十三湖には岩木川からの淡水が流れ、水戸口からは海水が流れ込んでいる。この二箇所の湖口及び河口の水路が湖の水位に大きく関係している。国土交通省青森河川国道事務所より取り寄せた岩木川流量、十三湖水位のデータを整理し、2013年～2017年の各月ごとの海水の進入量を計算する。式(1)は十三湖における質量保存方程式を示したもので、湖汐水位  $\eta_t$  は岩木川流量  $Q_1$ (流入量)と三戸口は流量  $Q_2$ (流出量)により上昇する。十三湖へ流入する岩木川流量  $Q_1$ を基に十三湖水位より水戸口河道内流量  $Q_2$ を算出する。水戸口河道内流量  $Q_2$ は式(1)により表され、式(2)により求めることができる。流量  $Q_2$ は式(2)により算出する。 $\Delta t$ の時間は3600秒として計算し、 $\eta$ を若宮水位観測所・十三観測所の実測値平均を使用した。流量  $Q_2$ が正の値ならば順流、負の値ならば逆流の塩水遡上となる。式(1)の右辺二項の中央差分を取ると式(2)のようになる。各正時の観測値を用いれば式(2)より水戸口流量  $Q_2$ が算出できる。

$$Q_2 = Q_1 - A_s \frac{\partial \eta_t}{\partial t} \dots \dots \dots (1)$$

ここに

$Q_1$  : 岩木川流量 (  $m^3/s$  )                       $Q_2$  : 水戸口河道内流量(  $m^3/s$  )  
 $A_s$  : 十三湖面積 (  $km^2$  )                       $\eta_t$  : 十三湖水位 (  $m$  )  
 $t$  : 時間

$$Q_2 = Q_1 - A_s \frac{\eta_t^{(t+1)} - \eta_t^{(t-1)}}{2\Delta t} \dots \dots \dots (2)$$

## 3.各月ごとの海水遡上量

### (1)2015年の海水遡上量

図3(1)~(12)は2015年の月ごとの塩水流入量と淡水流入量の割合を示している。1月から2月までに海水流入量は増加していき、1月は20%、2月は32%となっている(図3(1)~(2))。3月と4月に侵入する海水は極わずかで3月は2%、4月は0%となった(図3(3)~(4))。そして塩水進入は5月には20%まで増加した(図3(5))。6月から8月の塩水進入量は6月は60%、7月は58%、8月は56%となっている(図3(6)~(8))。9月と10月の塩水流入量は殆ど同じで42%となっている(図3(9)~(10))。11月には11%減少して3%となった(図3(11))。海水侵入量は12月には3%まで減少した(図3(12))。

### (4)2016年の海水遡上量

紙面の都合上、図示は省略するが、以下の特徴がみられる。

2016年の月ごとの塩水流入量と淡水流入量の割合を示している。1月から2月にかけて海水流入量は減少していき1月は38%、2月は27%となった。3月と4月は極端に減少し3月は10%、4月は9%となった。塩水進入量は5月には14%増え23%となっている。6月には29%増え、52%となった。7月には59%まで増加した。8月になると31%まで減少した。8月から11月の塩水侵入量は30%台で8月は31%、9月は29%、10月は29%、11月は29%となっている。12月は11月から16%減少して13%海水が進入した。

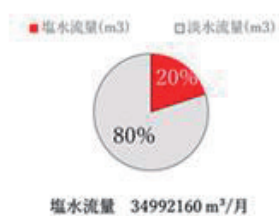


図3(1) 2015年1月の塩水と淡水



図3(2) 2015年2月の塩水と淡水



図3(3) 2015年3月の塩水と淡水

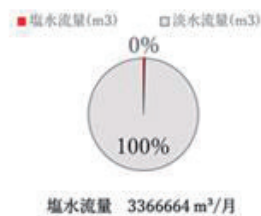


図3(4) 2015年4月の塩水と淡水

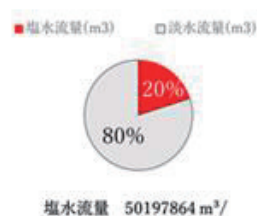


図3(5) 2015年5月の塩水と淡水

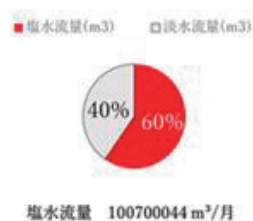


図3(6) 2015年6月の塩水と淡水

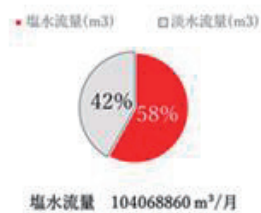


図3(7) 2015年7月の塩水と淡水

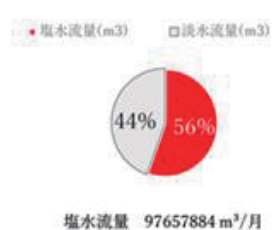


図3(8) 2015年8月の塩水と淡水

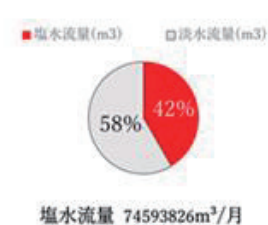


図3(9) 2015年9月の塩水と淡水

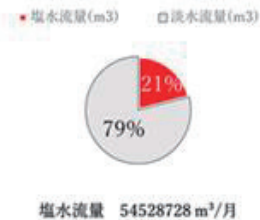
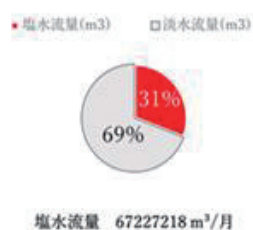
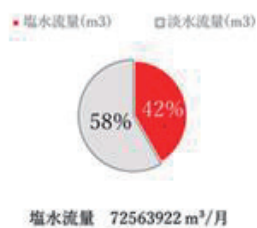


図3 十三湖に流入する塩水と淡水の割合

## (2) 海水遡上特性

図4(1)は2013年～2017年の月別海水流入量を絶対値で表している。2月を見ると2014年の海水流入量が平均値よりも極端に下回っていることがわかる。2015年7月は平均値よりも多く海水が流入していることがわかる。2014年8月と2013年9月は平均値よりも極端に海水流入量が少ないことが分かった。これらのことから平均値よりも少ない値の月は例年になく多量の積雪や降雨があったと考えられる。また、平均値よりも大きい値の月は例年の月よりも降水量が少ないと考えられる。

図4(2)は2013年～2017年の月別淡水流入量を絶対値で表している。4月を見ると2016年の淡水流入量が平均値よりも極端に少ないことがわかる。そして2014年8月と2013年9月は平均値よりも極端に淡水流入量が多いことがわかる。この図から2016年4月は例年よりも降水量が少なかったと考えられる。また、2014年8月と2013年9月は例年よりも降水量が多かったと考えられる。

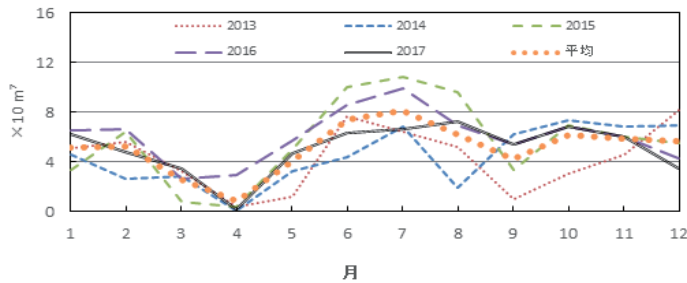


図4(1) 2013年～2017年の月別海水流入量( $\times 10^7$  m<sup>3</sup>/月)

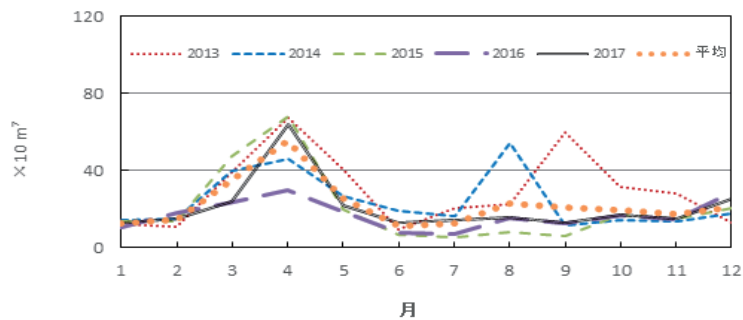


図4(2) 2013年～2017年の月別淡水流入量( $\times 10^7$  m<sup>3</sup>/月)

## 4. 塩水塊の鉛直塩分分布

### (1) 2015年の塩分分布

図5(1)と5(2)は2015年1月と6月における塩分の鉛直分布を示している。縦軸は十三湖の深さを表しており、横軸は日を表している。シジミの生育環境に適しているのは、1.4~12psu, 6~12psu, 1.4~6psu でシジミが呼吸できる。シジミは10日以上呼吸できなければ死ん

でしまう。1月は淡水と海水が10日以内に交互に入れ替わりシジミが呼吸でき、シジミの生育環境に適していることがわかる(図5(1))。6月は1月に比べると高濃度の海水がほぼ毎日進入しており、淡水と入れ替わり呼吸の頻度が多いことがわかった(図5(2))。このことから、1月、6月ともにシジミが生きていくのに適している環境であることがわかった。図示は省略したが3月と4月は海水が極わずかしか遡上しておらずシジミが生きていくには困難な環境であった。6月から8月は海水が毎日遡上しているのに対し、9月から12月は2日~3日間隔で海水が遡上していることがわかった。

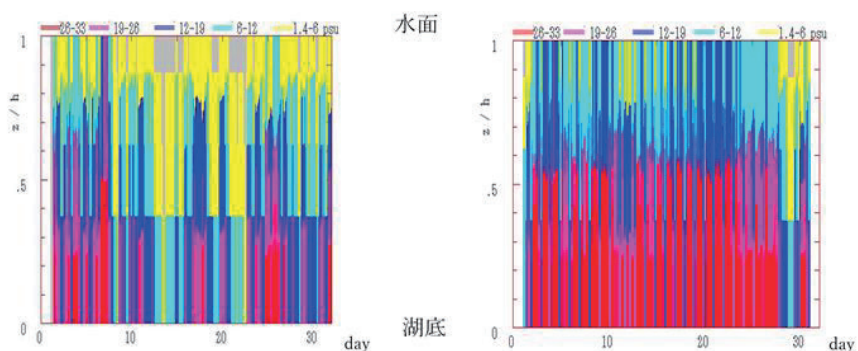


図5(1)2015年1月における塩分の鉛直分布 図5(2)2015年6月における塩分の鉛直分布

## (2)2016年の塩分分布

図6(1)と図6(2)は2016年1月と6月における塩分の鉛直分布を示している。1月は海水がほぼ毎日進入し、1日~2日間隔で淡水と入れ替わりシジミの生育環境に適していることがわかる(図6(1))。6月は1月に比べると海水の濃度が低く、淡水の量が多いことがわかった(図6(2))。6月は20日以降、海水が進入していないためシジミの生育環境に適していないことがわかる。図示は省略したが2015年同様、3月と4月は海水が極わずかしか遡上していなかった。12月は5日以上遡上していない期間もあった。

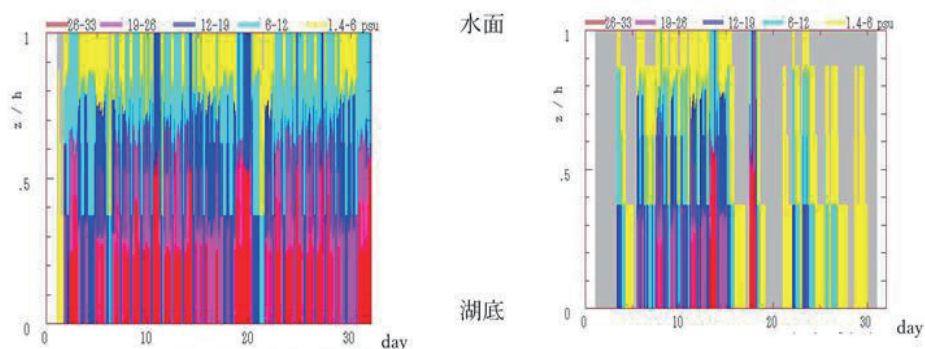


図6(1)2016年1月における塩分の鉛直分布 図6(2)2016年6月における塩分の鉛直分布

### (3)塩分鉛直分布の特徴

2015年と2016年の1月~4月は融雪の関係で海水の進入量はわずかである。5月は1日~2日間隔で淡水と入れ替わっていることがわかった(図5(1),図6(1))。2015年と2016年の6月を比べると2015年は高濃度塩分が毎日進入しているのに対して2016年は進入する塩水の量が少なく淡水の量が多いことがわかった(図5(2),図6(2))。7月から9月は高濃度の海水がほとんど毎日遡上していることがわかった。10月から12月は2日~3日の間隔で海水が遡上していることがわかった。

## 5.本研究で得られた結論

- (1)2015年における十三湖に流入する塩水の比率は3月と4月を除くと20%以上に達することがわかった。
- (2)2015年の3月と4月に流入する塩水が極わずかである理由として十三湖に雪解け水が流れ込み十三湖の水位が上がったために海水が流れ込まないためである。そして春から夏にかけて塩水の進入量は増大し5月から8月まで増大することがわかった。
- (3)2015年の塩水の侵入量は6月が60%の割合で最大であった。
- (4)9月になると台風の影響により降水量が多くなり十三湖の水位が上がった。このことから海水が進入できず、9月は塩水の進入量が減少することがわかった。
- (5)2015年における塩分分布の1月と6月はほぼ毎日海水が進入し、淡水と湖底付近の高濃度塩水が10日以内に入れ替わり、シジミが呼吸できていることがわかった。
- (6)2016年における塩分分布の1月は湖底付近の海水が毎日入れ替わりシジミが呼吸できていることがわかった。6月は20日以降、高濃度塩分が進入していないことがわかった。しかし、20日以降もシジミが呼吸できているためシジミの生育環境には適していることがわかった。
- (7)2015年と2016年の塩分鉛直分布に共通する点は、1月~4月は融雪の関係で遡上する海水はわずかであり、特に3月と4月は極わずかであった。7月~9月は高濃度塩分が遡上することがわかった。10月~12月は2日以上の間隔で海水が遡上している期間が多くみられた。

## 参考文献

- (1) 佐々木幹夫・田中仁・梅田信：岩木川河口における塩淡水交換特性、東北地域災害科学研究、第49巻、pp.139-144,2013.
- (2) Mikio Sasaki, Tanaka H. and Umeda M. “Characteristics of Salt Water Movement in Iwaki River Estuary, Japan” Journal of Earth Science and Engineering, Vol. 7, No.1, pp10-19,2017.