

小川原湖の水域環境および ヤマトシジミの発生について

CORRELATION BETWEEN WATER QUALITY IN THE LAKE OGAWARA AND HATCHING OF *CORBICULA JAPONICA*

玉井翠¹・藤原広和²・久保田光彦¹・長崎勝康³・濱田正隆⁴・榊昌文³
Akira TAMAI, Hirokazu FUJIWARA, Mitsuhiro KUBOTA, Masayasu NAGASAKI,
Masataka HAMADA and Masafumi SAKAKI

¹学生会員 八戸工業高専専攻科 建設環境工学専攻 (〒039-1192 青森県八戸市田面木上野平 16-1)

²正会員 博(工) 八戸工業高専准教授 建設環境工学科 (〒039-1192 青森県八戸市田面木上野平 16-1)

³青森県水産総合研究センター内水面研究所 (〒034-0041 青森県十和田市大字相坂字白上 344-10)

⁴小川原湖漁業協同組合長 (〒039-2406 青森県上北郡東北町旭北四丁目 31-662)

The natural environment in a brackish lake largely depends on the balance between the seawater intrusion and the salinity circulation. The latter has a great influence on the ecosystem there. Recently, *Corbicula japonica* has been decreasing in Lake Ogawara, which is, having been one of the most abundant lakes in *Corbicula japonica* in Japan, a brackish lake located in the southeast of Aomori Prefecture. So it is necessary to clarify the causes and to proliferate the ways for solution.

In this research, our aim is to examine the water quality in Lake Ogawara for explicating the reasons for the decrease. The data of the field works are used to consider the relationship between the water quality and the egg-laying and hatching of the *Corbicula japonica*. The results of the examination show that the egg-laying took place only in the north area of the lake, where the salinity flux is comparative more frequent than other areas. The larvae were diffused over the whole area through waves caused by winds in various conditions.

Key Words: *Corbicula japonica*, blackish lake, water quality, seawater intrusion, larva

1. はじめに

汽水湖の自然環境は、海水侵入とそれに伴う塩分循環の微妙なバランスの上に成り立っており、塩分循環は、河川流入や河口潮位などの外的影響を受けている。このような汽水湖は、海水性・淡水性の生物が入り混じった豊かな生態系を有している。

本研究の対象である小川原湖は、高瀬川水系の河口に位置する汽水湖で、国内有数のヤマトシジミの産地である。青森県のヤマトシジミ漁業は、小川原湖と十三湖で行われており、かつては、年間漁獲量は両湖合わせて約 5,000 トンであった。図-1 に本調査結果による小川原湖におけるヤマトシジミ推定資源量と漁獲量の推移を示す。小川原湖では、従来、約 3,000 トンを漁獲していたが、近年、資源量減少に伴う漁獲制限により、漁獲量は減少傾向にある。また、漁獲制限による漁家収入の減少は深刻で、安定した漁獲量を維持するためにも、小川原湖の

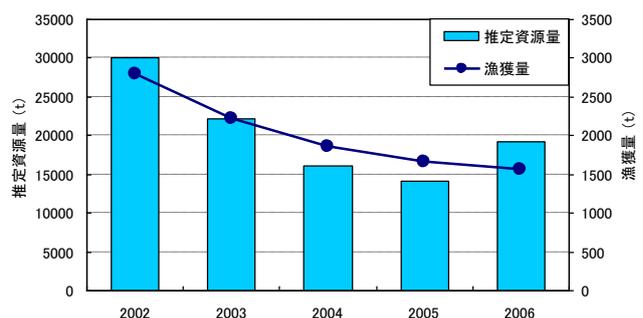


図-1 小川原湖のシジミ推定資源量と漁獲量の推移

水質・底質環境やヤマトシジミの産卵・発生条件を把握する必要がある。

既往の研究^{1),2),3),4)}によって、湖内の水質・底質特性はヤマトシジミの資源量に、高瀬川からの塩水遡上や流動特性は産卵・発生に密接に関連していると考えられている。小川原湖は上流河川より栄養塩が供給されるとともに、下流からは塩水遡上によって塩分が供給される。ま

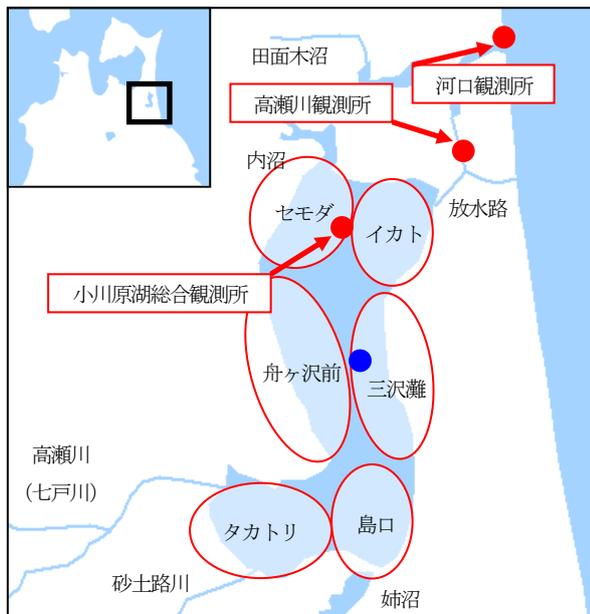


図-2 高瀬川・小川原湖の概略図



図-3 浮遊幼生調査地点

た、停滞性が強いいため、一次生産が活発に行われ、多様な動植物が生息する貴重な自然環境となっている。本研究では、現地観測結果をもとに、小川原湖における水質特性を把握し、ヤマトシジミの産卵・発生とどのような関係があるのか考察した。

2. 小川原湖およびヤマトシジミの概要

(1) 高瀬川・小川原湖の概要

図-2 は高瀬川・小川原湖の概略図である。高瀬川は青森県の東南部に位置し、流域面積 866.9km²、流路延長 63.7km の上北・三沢地方における重要河川である。河口から 6.6km 上流には、小川原湖（湖面積 63.2km²、湖容積 714×10⁶m³、湖岸総延長 67.4km、最大水深約 25m、平均水深約 11m）を擁し、河口から小川原湖の区間は顕著な感潮河川の様相を呈している。また、現地観測^{3),5),6)}により、河口部では複断面河道に起因する複雑な流動混合が生じているため、小川原湖の塩分量は、海水の遡上

により時間的・季節的に変化していることが分かっている。なお、河口より約 5.7km 上流に放水路があるが、洪水時以外はゲートが閉められているため、海水は通常高瀬川を經由して侵入する。

小川原湖は国内有数のヤマトシジミの漁場で、汽水性、広塩性の魚種が生息しており、内水面漁業の漁獲高は宍道湖（島根県）に次いで全国第 2 位である⁷⁾。2001 年に行われた湖内の水生植物調査では、日本の汽水湖では唯一のマリモも確認されており、小川原湖の多様な生物の存在を裏付けている。

(2) ヤマトシジミの概要

ヤマトシジミは汽水域に生息し、雌雄異体で浮遊幼生期をもつ。国内におけるシジミの漁獲量のほとんどはヤマトシジミが占めており⁸⁾、小川原湖に生息する種もヤマトシジミである。ヤマトシジミの活動は水温に大きく規定され、約 10℃を下回ると底質に潜って冬眠する。それ以上の水温では底質上に水管を出し、水とともに植物プランクトンを主とする有機懸濁物を吸い込んで濾過、吸収する。また、DO が長期間不足すると死亡するが、短期的な酸素不足にはかなり耐えられる。成貝は広い塩分範囲で適応し、淡水に近い状態で生息可能である。ヤマトシジミの産卵・発生には生息域の水質が大きく影響する。一般に卵からシジミの幼生が孵化することを発生と呼んでいる。産卵は水温 19℃から始まり、20~25℃で最も盛んになる。また、発生には 3~28psu の塩分が必要である。産卵期は生息地ごとに多少異なるが、5 月~9 月である。受精卵は 20 時間程度で外皮を破り、浮遊幼生として 3 日~10 日生活した後、着床する⁸⁾。幼生は着床までに貝殻を形成し、稚貝となる。着床後は塩分を必要としないが、餌となる植物プランクトンがその成長に関わると考えられる。

小川原湖のヤマトシジミは季節水温躍層が 7~10m に形成されるため、水深 10m 以浅に生息している。産卵は湖内全域で行われるが、発生は 3psu 以上を 20 時間以上満たす場所が皆無であると考えられるため、イカト地区に限られている。したがってイカト地区で発生し、多地区に移流・拡散し移動していると考えられている^{2),8)}。

3. 現地観測

(1) 各観測所の現地データ

図-2 に高瀬川・小川原湖に設置されている観測所を示す。本研究では、河口観測所の水位、高瀬川観測所の流速、水位、上層・下層の塩分・水温、小川原湖総合観測所の水温、風向・風速データを用いた。高瀬川観測所に設置されている超音波ドップラー流速計（ADP）は、河床部（センサー面位置：約 T.P.-2.9m）に設置され、水面まで 0.25m 間隔で流速が測定され、10 分毎に平均化処理

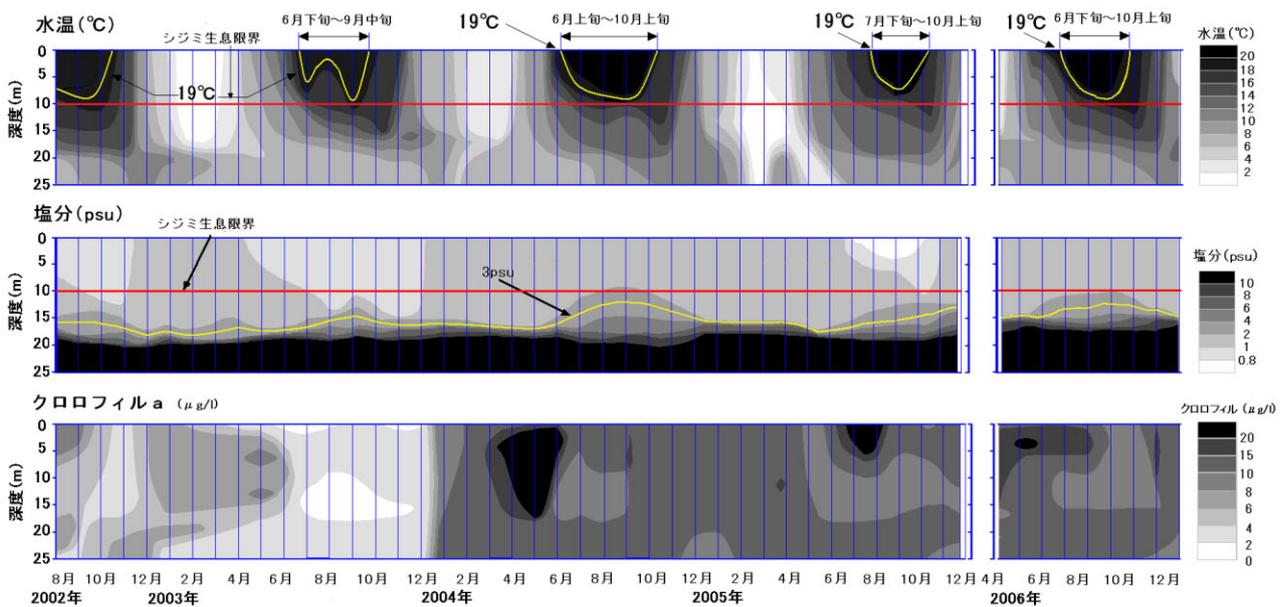


図-4 小川原湖最深部における水温・塩分・クロロフィルaの鉛直分布の季節変化

されている。塩分・水温計は流速計とほぼ同様の水平位置にあり、上層はT.P.-0.517m、下層はT.P.-2.317mの位置で測定している。

(2) 小川原湖の水質調査

水質調査は、図-2 に示す小川原湖最深部において、2002年8月~2006年12月に月1回程度、多項目水質計(ALEC AAQ1183-PT)によりCOD、水温、塩分、クロロフィルa、濁度、DO、pH等の測定を実施した。測定は鉛直方向に0.1m間隔で実施した。ここでは、COD、水温、塩分、クロロフィルaについて述べる。

(3) 資源量および浮遊幼生調査

資源量調査は2002~2006年の8月に各1回、図-2 に示す湖内6つの地区において各地区14~15の調査地点を設置し、エクマンバージ採泥器(15×15cm)によりサンプリングを行った。各調査地点で2回の採泥後、1mm目合いのふるいに掛かったものを試料とし、その殻長と重量を測定した。この調査より、湖内各調査地区における殻長18.5mm以上と18.4mm以下の単位面積当たり個体数と単位面積当たり重量を算定した。18.5mmは小川原湖での市場出荷の目安である。また、小川原湖の各地区における水深10m以浅の面積に単位容積当たりの平均重量を乗じたものを推定資源量とした。

浮遊幼生調査は、2004年は図-3左に示す9観測地点で6月28日~9月2日、2005年は図-3右に示す11観測地点で8月4日~9月2日、2006年は図-3右に示す11観測地点で7月18日~9月29日の期間に、週1~2回不定期に実施した。調査は各地点の表層において20リットルずつ採水し、64µmプランクトンネットで濾過し、シャー

レに移して顕微鏡により個体数をカウントした。この調査結果より、単位面積当たりの個体数を算定した。

4. 結果および考察

(1) 水質の経年変化

図-4は2002年8月~2006年12月の小川原湖最深部における水温、塩分、クロロフィルaの鉛直分布の季節変化を示している。

a) 水温

図-4上段は、水温の鉛直分布の季節変化を示している。水温の鉛直分布は、夏季は季節水温躍層が形成され、日射等の影響により上層と下層の水温差が明確である。図中の黄線は水温19°Cのラインを示しているが、これより、水温19°Cが保たれるのは、水深10m以浅であることが確認できる。ヤマトシジミの産卵は19°Cから始まるため、概ね7月上旬から9月中旬が産卵に有利な水温であるといえる。

b) 塩分

図-4中段は、塩分の鉛直分布の季節変化を示している。図中の黄線はヤマトシジミの発生条件である3psuを示している。シジミの生息限界は水深約10mであるが、10m以浅で3psu以上となっている期間は無く、シジミの発生条件を満たしていないことがわかる。湖北部は、太平洋の海水が高瀬川を遡上して比較的高い塩分となることが多いが、湖南部は河川の淡水流入が集中するため低塩分となる。したがって、浮遊幼生が発生可能な地区は限られており、湖北部への塩水遡上時に発生していると考えられる。また、2004年および2006年の夏季は、3psuの

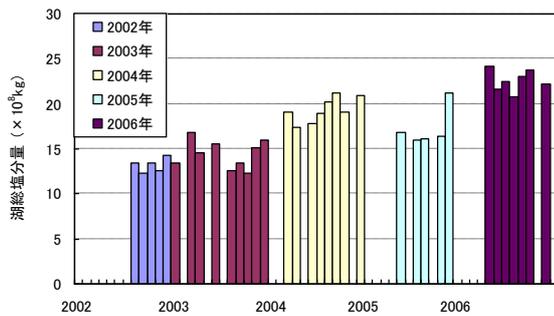


図-5 小川原湖の総塩分量の推移

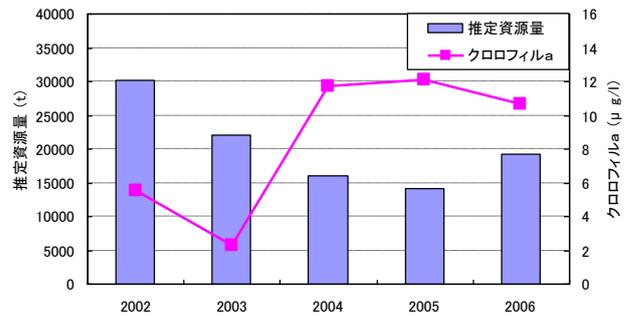


図-7 推定資源量とクロロフィルaの関係

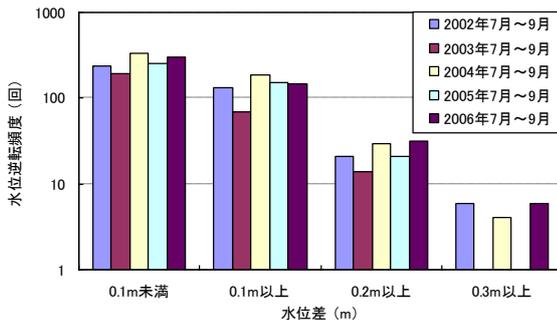


図-6 水位逆転頻度

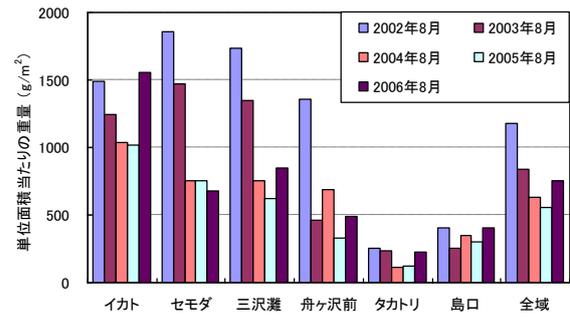


図-8 各地区の単位面積あたりのジジミ重量

ラインが水深 12~13m 付近まで上昇しており、高瀬川からの塩分流入量が比較的多かったのではないかと推測される。図-5 は 2002 年 8 月~2006 年 12 月における湖内の総塩分量の時系列を示したものである。本研究では最深部における塩分を 5m 毎に平均し、5m 毎の湖容積との積を総塩分量とした。総塩分量は冬季に増加する傾向があり、年別では 2004 年および 2006 年の値が他の年に比べ高くなっている。図-6 は、2002~2006 年の 7~9 月における水位逆転頻度を示している。ここで、水位逆転頻度とは、高瀬川河口観測所の水位が小川原湖観測所水位を上回った回数であり、逆転頻度が多いほど、高瀬川を遡上して小川原湖に流入してくる塩分量が増加する。逆転頻度は、2004 年および 2006 年が他の年に比べて多く、より多くの塩分が湖内に流入したと考えられる。

c) クロロフィル a

図-4 下段は、最深部におけるクロロフィル a の鉛直分布の季節変化を示している。クロロフィル a は 2004 年の冬季から春季にかけて急激に高くなっている。これは湖内の鉛直混合が強まり、下層からの栄養塩の供給が増え、植物プランクトンのブルームが活発になったためと考えられる⁹⁾。また、2004 年冬季以降、クロロフィル a は高い傾向にあるが、同時期に総塩分量も高いことから、小川原湖の湖水が停滞し、富栄養化が進行しているのではないかと考えられる。図-7 は、2002~2006 年のクロロフィル a と湖内の推定資源量の関係を示したものである。図に示すクロロフィル a は、2002~2006 年の 6~9 月の水深 0~10m の平均値である。図より、ジジミ資源量が減少するとクロロフィル a が増加するという傾向が見られる。

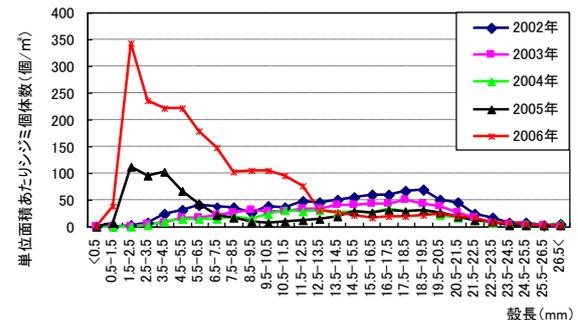


図-9 小川原湖全域のジジミ殻長別個体数の推移

これは、ジジミの減少によってクロロフィル a が消費されず、湖内に蓄積したためと考えられる。

(2) ヤマトジジミの分布特性

a) 資源量調査結果

図-8 は、2002~2006 年の 8 月における各地区のジジミの単位面積当たりの重量を示している。湖内全域では、2002 年から年々減少傾向にあった資源量は、2006 年には増加に転じ、2005 年の 1.4 倍となっている。また、地区別にみても、セモダ地区を除く全地区で、2006 年は前年より増加しており、イカト、島口地区においては 2002 年の調査開始以来、最大の資源量が確認されている。図-9 は、2002~2006 年の小川原湖全域でのヤマトジジミの殻長別個体数の推移を示している。商品サイズである殻長 18.5mm 以上の大きさの個体数は 2002 年から年々減少傾向にある。18.5mm 未満の個体数は、2005 年に 5.5mm 以下の個体数が前年より最大で約 100 倍程度の増加を示し、2002 年の調査開始以来 3 年ぶりに増加に転じた。ま

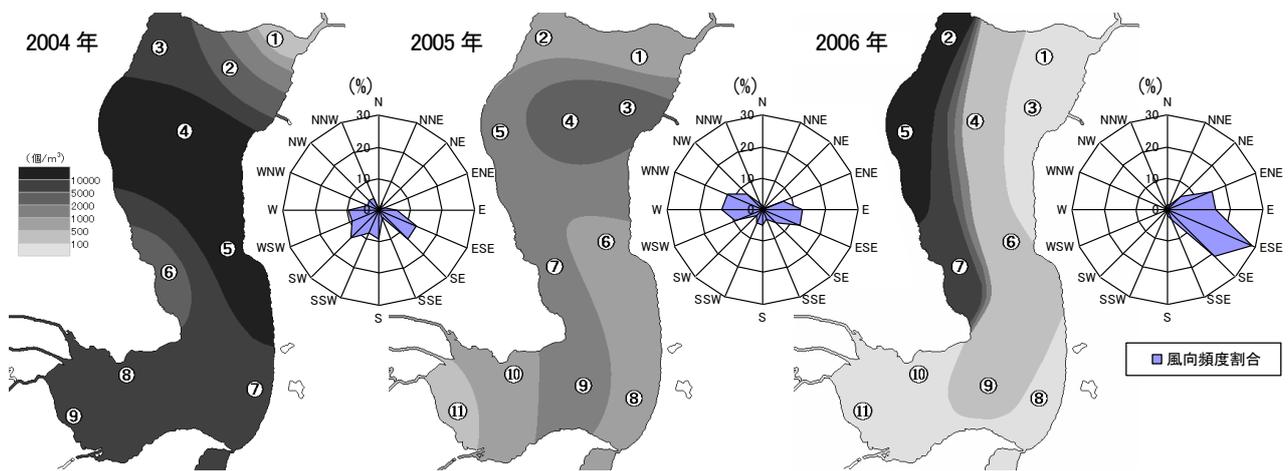


図-10 浮遊幼生分布図と最多観測日の小川原湖観測所での風向頻度割合

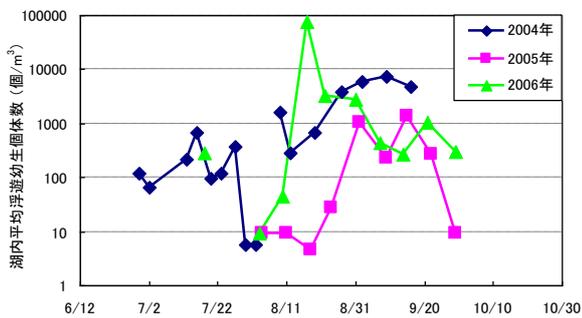


図-11 各年の湖内平均浮遊幼生個体数の推移

た、2006年は2005年の5.5mm以下のシジミが7.5~13.5mm程度まで成長し、さらに7.5mm以下のシジミが前年比で最大約3.5倍に増加していることが確認された。後に浮遊幼生の項で述べるが、浮遊幼生の調査結果より2005年の幼生発生数は例年に比べ少ないことから、2006年の殻長7.5mm以下の増加は、2004年に発生したものが2005年の調査では1mm目合いのふるいに掛からず、2006年の調査時に現れたものと考えられる。

b) 浮遊幼生調査結果

図-10は2004~2006年の浮遊幼生調査結果のうち、各年で観測個体数が最多であった日（以下、最多観測日とする）の浮遊幼生分布および最多観測日の前10日間の風向頻度割合を示している。各年の最多観測日および湖内平均個体数（単位容積当たりの個体数）は、2004年は9月9日で7,372個/m³、2005年は9月15日で1,377個/m³、2006年は8月17日で75,841個/m³であった。これより、2006年は2004年比で約10倍、前年比で約55倍もの浮遊幼生が観測されたことが分かる。観測個体数の分布状況は、2004年および2005年は湖内全域にわたって浮遊幼生が確認されているが、2006年は湖内西部のセモダや浜台地区に分布が偏っている。最多観測日前10日間の風向頻度割合は、2006年は、ESEからの風が卓越している。2006年は、浮遊幼生が湖内西部に偏って分布していることから、風向が浮遊幼生の移動に関係していると考えられる。図-11は2004~2006年の湖内平均浮遊幼生個体数

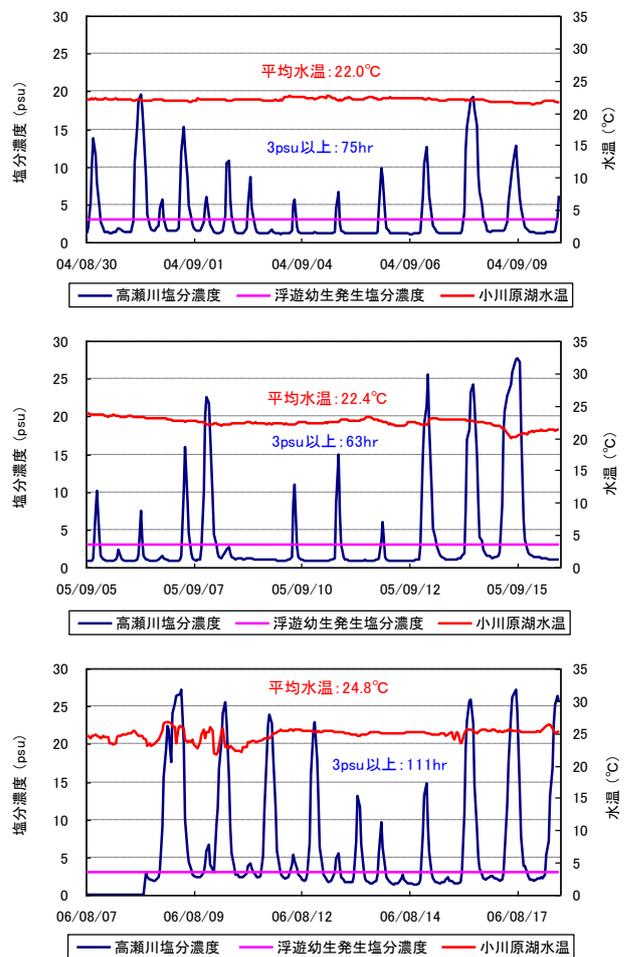


図-12 浮遊幼生発生と水温・塩分条件

の推移である。2004年および2005年は8月下旬から9月中旬が発生量のピークであるのに対し、2006年は8月中旬に特異的に発生量が多い日があり、その後は2005年と同様の推移を示している。

c) ヤマトシジミの産卵・発生と水温・塩分濃度の関係

図-12は2004~2006年の浮遊幼生調査において、最多観測日の前10日間の高瀬川観測所の塩分濃度および小川原湖総合観測所における水温の時系列である。図中の

浮遊幼生発生塩分濃度は、シジミが発生可能となる 3psu を示している。最多観測日の前 10 日間の平均水温は、2004 年が 22.0℃、2005 年が 22.4℃、2006 年が 24.8℃で、2006 年は他の年に比べ平均水温が 2℃以上高い。また、前 10 日間で塩分濃度が 3psu 以上を満たした総時間数は、2004 年が 75 時間、2005 年が 63 時間、2006 年が 111 時間で、浮遊幼生が大量に確認された 2006 年は 3psu 以上となっていた時間が最も長いことが分かる。これにより、2006 年の大量発生は、小川原湖の水温が例年に比べて高く、長時間海水が湖内イカト地区に停滞したため、ヤマトシジミの産卵・発生に有利な環境であったと考えられる。

5. おわりに

本研究により得られた主な知見は以下の通りである。

- (1) 2004 年および 2006 年は夏季にヤマトシジミの産卵条件である水温 19℃以上が長時間続き、小川原湖の総塩分量も多かったことから、ヤマトシジミの産卵・発生に有利な条件が整っていたと考えられる。
- (2) 小川原湖のクロロフィル a は、2004 年以降高い値を示しており、湖水が停滞しているものと考えられる。
- (3) 浮遊幼生調査結果より、2004 年および 2006 年は、大量の浮遊幼生が発生していたことが分かった。2004 年は湖内全域でほぼ一様に浮遊幼生が確認されたが、2006 年は浜台地区周辺に分布が偏っていた。風向が、浮遊幼生の移動に関係していると考えられる。
- (4) 小川原湖で産卵・発生が活発に行われるには、水温 25℃程度で、高瀬川を通じて長時間海水が遡上していることが必要と考えられる。

謝辞：国土交通省東北地方整備局高瀬川河川事務所からは貴重なデータを御提供いただきました。ここに記してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 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 巻, pp.1091-1095, 2006.
- 2) 高杉奨, 藤原広和, 沼邊武志, 二木幸彦, 長崎勝康: 小川原湖における水質環境およびヤマトシジミの生息状況について, 水工学論文集, 第 49 巻, pp.1561-1566, 2005.
- 3) 藤原広和, 田中博通: 高瀬川感潮域の現地観測による水理特性について, 水工学論文集, 第 37 巻, pp.171-176, 1993.
- 4) 水野俊博, 藤原広和, 杉田尚男, 沢本正樹: 高瀬川感潮部の混合特性について, 水工学論文集, 第 49 巻, pp.1387-1392, 2005.
- 5) 藤原広和・石川忠晴・西田修三・鶴田泰士・沢本正樹: 高瀬川の複断面河道部における塩水遡上特性, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.1005-1010, 2000.
- 6) 古丸 明: 日本産シジミと外国産シジミの特性について, 第 4 回全国シジミシンポジウム in 小川原湖, pp.53-57, 2003.
- 7) 国土交通省東北地方整備局: 高瀬川水系河川整備計画, 61p., 2006.
- 8) 石川忠晴: 小川原湖の水理環境とヤマトシジミの繁殖について, ながれ 20, pp.346-353, 2001.
- 9) 鈴木誠二, 西田修三, 金城周平, 小野雅史, 中辻啓二: 小川原湖におけるヤマトシジミの資源量変動と物質循環, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.1041-1045, 2005.

(2007. 9. 30 受付)