

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

WATER QUALITY IN LAKE OGAWARA RELATED TO THE HABITATION OF *CORBICULA JAPONICA*

高杉 奨¹・藤原広和²・沼邊武志³・二木幸彦⁴・長崎勝康⁴
Sho TAKASUGI, Hirokazu FUJIWARA, Takeshi NUMABE, Yukihiro NIKI,
and Masayasu NAGASAKI

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) 八戸工業高専助教授 建設環境工学科 (同上)

³小川原湖漁業協同組合 (〒039-2406 青森県上北郡上北町旭北四丁目31-662)

⁴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)

In the regional development, a balance of development and preserving of natural resource should be considered. The precious natural environment has to be maintained. The Lake Ogawara in Aomori Prefecture is one of large brackish lake where the most dominant water organism for fishery is *Corbicula japonica*. And the water quality and the flow of the lake is very related to the habitation of the clams. The field observation of water quality was carried out for this lake in the period for three years from August 2002. From a viewpoint of water quality environment, egg-laying and hatching of them are performed on the north side of the lake, and they diffuse throughout the lake by the flow.

Key Words: *Corbicula japonica*, field measurement, brackish lake, water quality

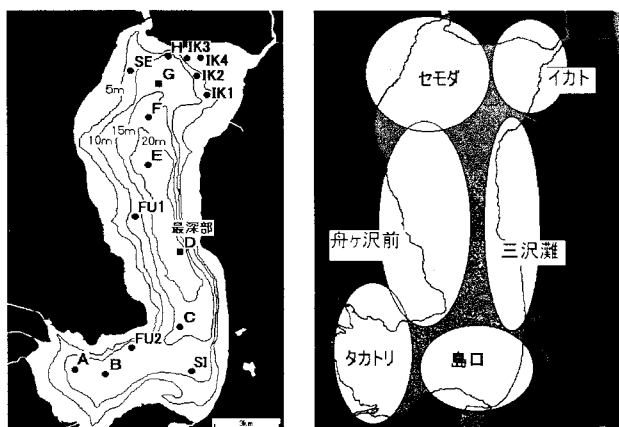
1. はじめに

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、ここ15年ほどは両湖合わせて年間漁獲量約5,000トンと安定した漁業が続いている。小川原湖では青森県におけるシジミ漁獲量の半分以上である年間約3,000トンを漁獲している。安定的にシジミ漁業を続けるためには、生息場所である汽水域の環境を守ることと資源に見合った漁獲管理を実施することが重要である。そのためには、シジミの現存量の推移、水質環境等について把握する必要がある。また、湖内の水質特性や湖内の流れはシジミの産卵・発生に大きく関連している^{1),2)}と考えられる。図-1に示す小川原湖のような汽水湖では近年、貴重な自然環境を保全しようとする動きが特に強まっており、環境と開発のバランスを考えた地域開発が望まれている。また、湖沼は、人間活動には欠くことのできない水資源の役割を果たしている。湖の水質状況を知ることは水資源の保全を考える上でも重要なことである。本研究は水質調査結果とシジミの調査結果をもと



図-1 小川原湖概要図

に、小川原湖における水質の分布特性を把握し、シジミの現存量とどのような関係があるか考察した。



(a) 水質・流速測定地点 (b) シジミ現存量調査地区
図-2 水質・流速の測定地点とシジミの現存量調査地区

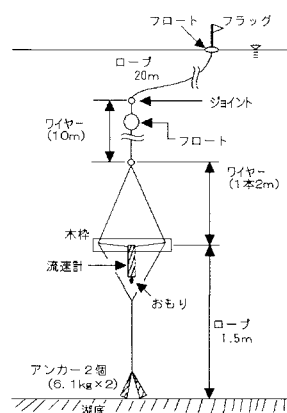


図-3 流速計設置概要図

2. 小川原湖およびヤマトシジミの概要

(1) 小川原湖の概要

図-1は小川原湖の概要図である。小川原湖は青森県陸奥湾南東の太平洋岸に面した湖面積63.2km²、湖容量714×10⁶m³、湖岸総延長67.4km、最大水深約25m、平均水深約11mの汽水湖である。小川原湖北東部からは太平洋へ高瀬川が流出している³⁾。高瀬川河口部は、汽水湖である小川原湖と太平洋を結ぶ感潮河川で、満潮時には太平洋より海水が遡上する。また、小川原湖は国内有数のヤマトシジミの漁場で、他にもウナギ、ワカサギ、シラウオなど汽水性、広塩性の魚種が生息している。2001年9月に行われた小川原湖内の水生植物の調査により、マリモの生存も確認されている。汽水湖での確認は非常に珍しく、これによって小川原湖の多様な生物の存在を裏付けることになった。

(2) ヤマトシジミについて

日本産シジミにはマシジミ、セタシジミ、ヤマトシジミの3種が知られている。マシジミ、セタシジミは淡水域に生息するという点では共通しているが、分布域はマ

シジミが本州以南であるのに対し、セタシジミは琵琶湖にのみ生息する。ヤマトシジミは前述の2種とは異なり汽水域に生息し、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をヤマトシジミが占めている⁴⁾。小川原湖に生息する種もヤマトシジミである。ヤマトシジミは雌雄異体だが、産卵受精活動以外では雌雄の行動様式に大きな違いはない。ヤマトシジミの活動は水温に大きく規定され、約10℃を下回ると底質にもぐって冬眠する。それ以上の水温の季節に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し、吸収する。また、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できる。ヤマトシジミの産卵と発生には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よんでいる。シジミの産卵は、水温19℃から始まり、20～25℃で最も盛んになる^{1),2)}。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月から9月である。受精卵は20時間程度で外皮を破り、水中に出る。その後、浮遊幼生として3日から10日生活した後、着底する^{1),2)}。

3. 現地観測方法

(1) 小川原湖の水質・流速測定

図-2 (a)に示す湖内全域に配置した測点において2002年8月～2004年10月に月1回程度、塩分、水温、クロロフィルa、濁度、溶存酸素、pHの測定を実施した。水質の測定には多項目水質計(ALEC社 AAQ1183-PT)を用い、鉛直方向に0.2m間隔で測定した。本研究では塩分、水温、溶存酸素について述べる。流速は2004年7月に図-2 (a)に示すD点において、2004年8月にG点において測定した。流速測定は、流速計(Nortek AS Aquadopp Profiler)を湖底部に図-3のように設置し、湖底より2.5m上方から1m間隔で測定した。

(2) ヤマトシジミの現存量および浮遊幼生調査

現存量調査は2002年、2003年の8月と2004年の7月に各1回、湖内全域で実施した。図-2 (b)のように6つの調査地区に分け、1地区あたり14～15の調査地点を設置し、各地点で採泥器(15cm×15cm)により2回サンプリングし、1mm目合いのふるいにかかけ、残ったヤマトシジミをサンプルとした。サンプルのヤマトシジミは殻長と重量を測定した。この調査結果より、湖内各調査地区における殻長18.5mm以上と18.4mm以下の単位面積あたりの重量を算出している。18.5mm以上が市場出荷の目安である。浮遊幼生の調査は、2004年6月28日から9月2日の間に週1～2回、不定期に実施した。観測地点の各水深で20リットル採水し、浮遊幼生の個体数をカウントした。

この調査結果より、各地区における単位体積あたりの個体数を算出している。

4. 結果および考察

(1) 水質の空間分布特性

a) 塩分

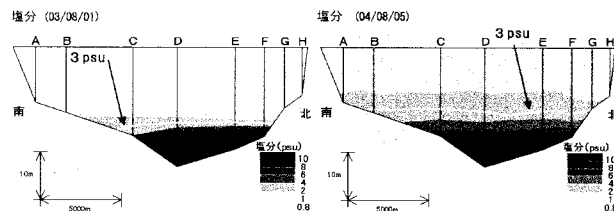
図-4は測点A～Hにおける塩分の測線方向等値線図で、図-4(a)は2003年8月1日の塩分分布、図-4(b)は2004年8月5日の塩分分布である。白いラインはシジミの発生条件の塩分3psuを表している。小川原湖では水深18m付近に塩分躍層が形成される。湖南部で低い値となるのは、流入河川からの淡水が流入し、その影響を受けているからである。湖北部は高瀬川からの塩水遡上の影響を受け、高い値となる場合がある。図-5は2002年8月～2004年10月における湖の総塩分量を表したものである。本研究では最深部における塩分を5m毎に平均し、5m毎の湖容量との積を合計し、総塩分量とした。図-4からわかるように、小川原湖における塩分は、水平方向に鉛直分布の変化がほとんどないため、この方法で総塩分量を算出することができると考えられる。総塩分量は夏季に比べ、冬季の方が大きくなっている。また、2004年は2002年、2003年と比較して全体的に塩分量が高いことがわかる。図-6は、河口水位が小川原湖水位を上回った頻度を表している。2004年は2003年に比べ、河口水位が小川原湖水位を上回ることが多く、多量の塩分が侵入したと考えられる。

b) 水温

図-7は測点A～Hにおける水温の測線方向等値線図で、図-7(a)は2003年8月1日の水温分布、図-7(b)は2004年8月5日の水温分布である。白いラインはシジミの産卵条件の水温19℃を表している。夏季は上層において水温躍層が形成される。2004年は2003年に比べ水温が高く、水深10m付近まで水温19℃を保っている。小川原湖における水温は塩分と同様、水平方向に鉛直分布の変化がほとんどない。

(2) 湖内の流速について

図-8は流速ベクトルの1分間隔の時系列である。図-8(a)は2004年7月3日から7月10日における水深2mの時系列である。図-8(b)は図-8(a)と同時期の水深18m付近の時系列である。図-8(c)は2004年8月28日から9月2日における水深2m付近の時系列である。図-8(a)の流速は全体的に南向きに卓越している。図-8(b)の流速は北向きと南向き、交互に流れが変化していることがわかる。図-8(c)の流速ベクトルは1.000m/s～1.000m/sの範囲で作図した。流速値が図-8(a)、(b)より大きいのは、31日の午前中に台風16号が青森県付近を通過しており、その影響を受けたためである。



(a) 2003年8月1日 (b) 2004年8月5日

図-4 塩分の測線方向等値線図

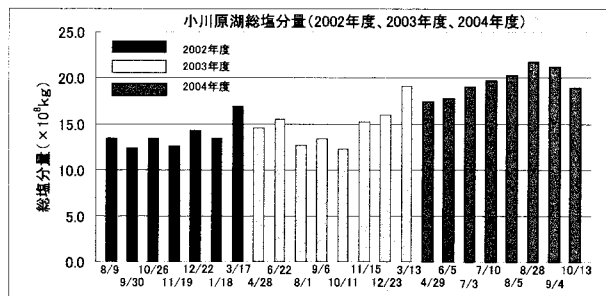


図-5 総塩分量図

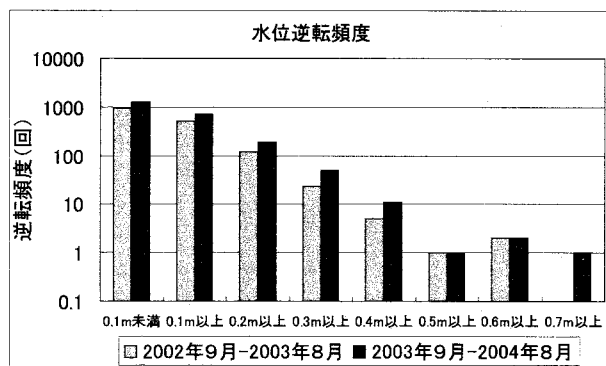
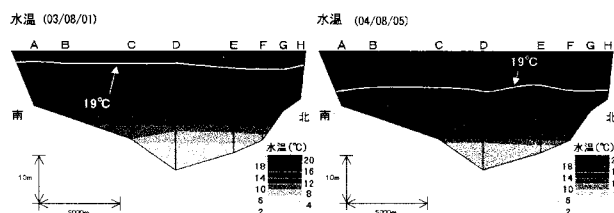


図-6 水位逆転頻度



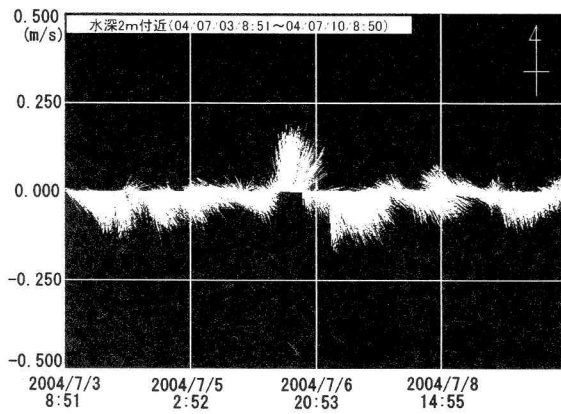
(a) 2003年8月1日 (b) 2004年8月5日

図-7 水温の測線方向等値線図

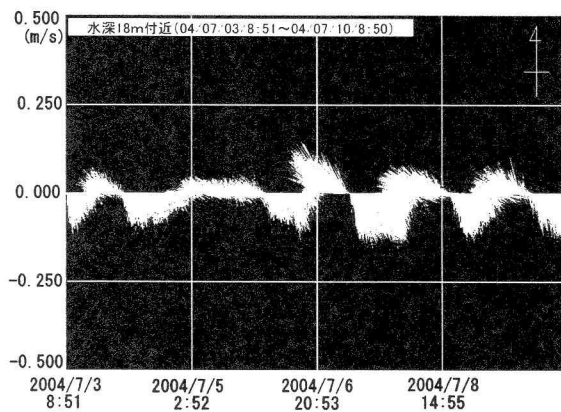
(3) ヤマトシジミの分布特性

a) 現存量調査結果

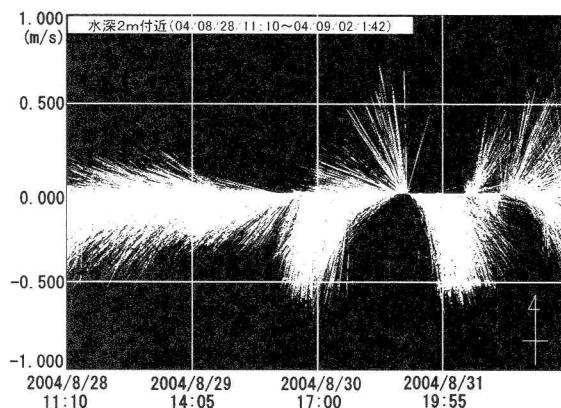
2002～2004年夏季における各地区別の単位面積あたりの重量比較を図-9に示す。シジミの単位面積あたりの重量は、各地点で2回サンプリングしたシジミを殻長18.5mm以上と18.4mm以下で分け、その重量を地区毎に平均し、サンプリング面積(0.15m×0.15m)で割っている。図-9より、2002年から2003年にかけてはほぼ全域でシジミの単位面積あたりの重量が小さくなっているこ



(a) 水深2m付近 (2004年7月3日～7月10日)



(b) 水深18m付近 (2004年7月3日～7月10日)



(c) 水深2m付近 (2004年8月28日～9月2日)

図-8 流速ベクトル図

とがわかる。また、湖北部と湖南部を比較してみると、湖南部のタカトリや島口に比べ湖北部のセモダやイカトの方が、単位面積あたりの重量が大きい。2003年から2004年にかけては、セモダや三沢灘の単位面積あたりの重量が小さくなっている。舟ヶ沢前と島口の単位体積あたりの重量は2003年と比較して若干大きくなっているが、全体では小さくなっている。水深10m以浅にシジミが生息しているとすると、シジミの現存量は、2002年は約30,000トン、2003年は約22,000トン、2004年は約18,000トンということになる。

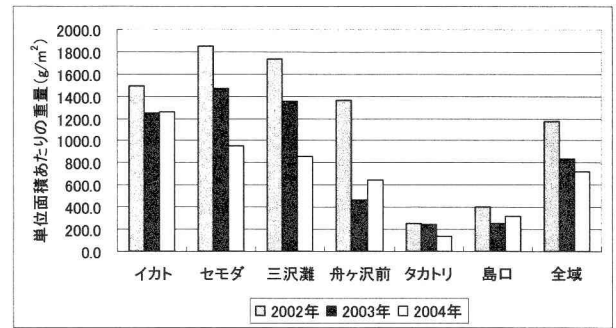


図-9 各地区における単位面積あたりの重量の比較

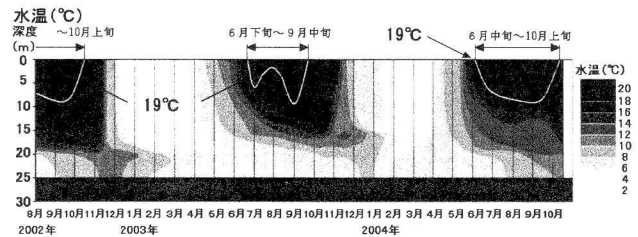


図-10 最深部における水温の季節変化図

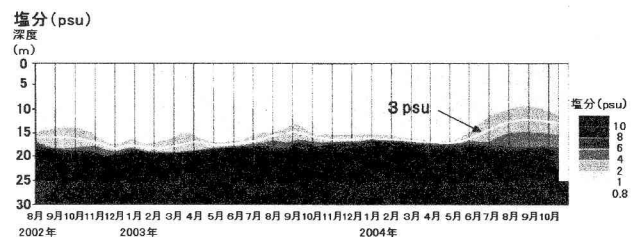


図-11 最深部における塩分の季節変化図

b) 現存量と水質の関係

各年の現存量調査と水質測定の結果からは、シジミが多く分布する地区の水質に関する共通点はみられなかった。そこでシジミの発生量に着目し、水質との関係を考察する。ヤマトシジミの発生には塩分が大きく影響する。しかし、図-4をみてもわかるように、常時の湖内浅瀬の塩分は発生に必要な塩分量を満たしていない。小川原湖において発生に必要な塩分は浅瀬に海水が遡上し、供給している⁵⁾。このことより、石川¹⁾が述べているように、小川原湖のシジミは限られた地区でのみ産卵・発生し、その他の地区には移流・拡散によって運ばれている可能性が高いことを示している。図-10は最深部における水温の季節変化図である。白いラインは水温19℃を表している。水温19℃が保たれる水深はそのほとんどが10m以浅である。ヤマトシジミの産卵は水温19℃から始まるため（以下、水温条件とする）、各年で若干の違いはあるものの、6月から9月が産卵に有利な環境といえる。また、図-7からわかるように水温の分布は水平方向ではあまり変化が見られない。これから、小川原湖におけるシジミの産卵は、全域において6月から9月にかけて水深10m以浅で行われると考えられる。図-11は最深部

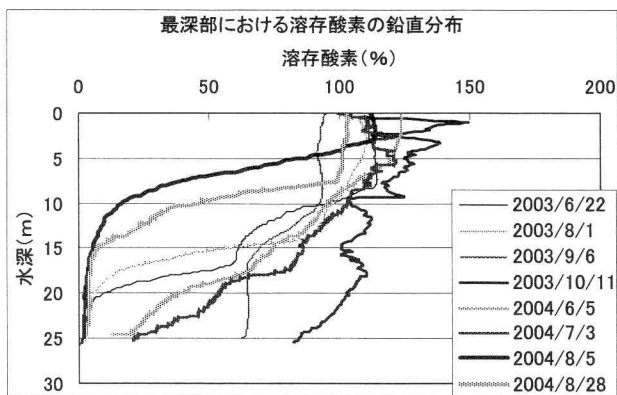


図-12 最深部における溶存酸素の鉛直分布図

における塩分の季節変化図である。シジミの発生に必要な塩分は3psuであるため（以下、塩分条件とする）、最深部ではおよそ水深15m以深が発生可能な環境にある。図-11における白いラインは塩分3psuを表している。水温と塩分がシジミの産卵・発生に与える影響を考えると、最深部上層では産卵は行われるものの、塩分条件を満たしていないため、発生しないといえる。さらに、図-12は最深部における溶存酸素の鉛直分布図である。シジミ

は長期的な貧酸素状態では生息できない（以下、D0条件とする）。小川原湖では、夏季は水深10～15mで溶存酸素が急激に減少する。2004年8月の場合は水深10m付近からほぼ無酸素状態となっていた。これより、シジミがこの時期に生息できる環境はほぼ水深10m以浅であると考えられる。成貝が生存できなければ、産卵・発生も行われない。これらより、シジミは6月から9月にかけて、水温、D0条件を満たす水深10m以浅で産卵し、塩水遡上時に塩分条件を満たす⁵⁾ 湖北部(図-2におけるイカト地区)で発生が可能である。富士⁶⁾は小川原湖におけるシジミの産卵時期を7月から8月としているが、後述するように今回の調査では9月でも発生している。また、図-5より2004年は全体的に塩分が高い。図-4(a)において2003年の塩分条件を満たす水深が平均して14.9m以深であるのに対し、図-4(b)の2004年は12.5m以深で2003年より2.4mほど浅い位置にある。さらに、図-7から、水温条件を満たす水深は、図-7(a)の2003年は平均して2.5m以浅であるが、図-7(b)の2004年は10m以浅の位置にみられる。2004年は2003年と比較して水温条件を満たす水深が深くなり、塩分条件を満たす水深が浅くなっているため、産卵・発生しやすい環境にあるといえる。

表-1 浮遊幼生調査結果

		(個/ｍ ³)															
	調査地点	実施水深	6月29日	7月2日	7月13日	7月16日	7月20日	7月23日	7月27日	7月30日	8月2日	8月5日	8月9日	8月12日	8月19日	8月27日	9月2日
①	倉内禁漁区 水深 1m	0m	50	0	100	200	50	100	100	0	0	0	200	950	650	2550	2400
②	アカナデ 水深 4m	0m	0	50	150	900	350	500	0	0	0	0	5850	600	1700	3250	2150
		2m	100	100	200	950	500	300	50	50	50	0	400	800	1900	8050	5200
③	中志前 水深 5m	0m	0	50	1250	4650	0	500	200	0	50	0	850	500	900	7600	28450
		2m	50	0	550	550	50	0	250	0	0	0	150	850	600	7050	16600
④	観測塔南 水深 15m	0m	0	0	200	250	450	0	100	0	0	0	850	100	2000	1850	6700
		5m	50	100	100	50	0	0	200	50	0	0	100	50	550	7750	7250
		10m	0	0	0	0	50	300	50	0	0	50	100	100	0	650	9750
⑤	岩の崎 水深 2m	0m	600	0	250	200	0	0	1600	0	0	0	1800	150	200	7150	650
⑥	大崎 水深 2.5m	0m	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	1500	50	250	1550	1750
⑦	三沢キャンプ場前 水深 5m	0m	250	150	0	0	0	0	500	0	0	0	2550	0	0	6150	6900
⑧	黒志多 水深 1.8m	0m	150	300	0	0	0	0	350	50	0	0	150	50	350	1350	3250
⑨	上北キャンプ場 水深 5m	0m	50	50	0	0	0	0	350	0	0	0	400	100	0	2600	1100
		2m	50	100	0	0	0	0	350	0	0	0	0	350	0	3850	2650
平均個体数(個/ｍ ³)			96.4	64.3	200.0	553.6	103.6	121.4	300.0	10.7	7.1	3.6	1064.3	332.1	650.0	4385.7	6771.4

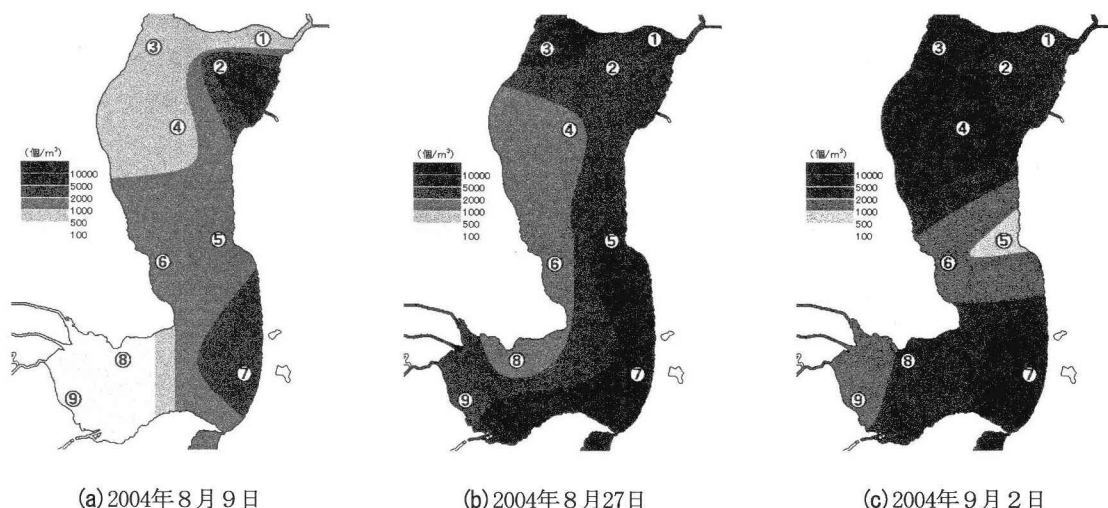


図-13 浮遊幼生分布図

c) ヤマトシジミの浮遊幼生について

表-1は2004年6月28日から9月2日までに行われた浮遊幼生の個体数調査の結果である。調査地点数で平均した値を平均個体数とした。また、表中の調査地点を表している番号は、図-13の番号に対応している。塩分、水温条件が整っている湖北部において浮遊幼生の単位体積あたりの個体数（以下、個体数とする）が多く、6月29日から8月5日までは、大半が湖北部で発見されている。7月27日の調査では湖内全域にわたって浮遊幼生が確認されている。7月30日以降は全体的に浮遊幼生の個体数は減少し、8月5日では平均個体数が3.6個/m³と非常に少ない。その4日後の8月9日に増加し、平均個体数は1064.3個/m³と多い。図-13(a)にその分布を示す。その後、8月中旬の調査では8月9日に比べ個体数は少なくなるものの、8月12日には332.1個/m³、8月19日には650.0個/m³と多量の浮遊幼生が確認されている。8月27日には平均個体数4385.7個/m³の浮遊幼生が確認された。図-13(b)にその分布を示す。さらに9月2日には③の地区で28450個/m³、⑦の地区で6900個/m³もの浮遊幼生が確認され、平均個体数は6771.4個/m³と非常に多い。その分布を図-13(c)に示す。8月9日から浮遊幼生が増加しているのは、水温が影響していると考えられる。2004年8月から9月にかけては例年と比較し、水温が高く、水深10m付近まで水温20℃を保っているため、産卵が盛んに行われたと考えられる。また、8月9日以降は湖南部において、特に⑦の地区でも多くの浮遊幼生が確認されている。

d) 現存量と流速の関係について

前述したように、シジミの発生にはある程度の塩分を必要とするため、塩分の低い湖南部には浮遊幼生は存在しないはずである。しかし、図-13では湖南部においても多くの浮遊幼生が分布している。これより、シジミは湖北部で発生した後、移流・拡散により湖南部に移動した可能性がある。図-8(a)における水深2m付近の流速で、特に南向きの流速が卓越した2004年7月7日0時から7時までの流速の平均をとると、南向きに0.042m/sであった。この時間帯、湖内全域の流れが同程度の流速で南に向いていたとすると、最深部で浮遊していた浮遊幼生は7時間で、およそ1km流されることになる。小川原湖の北端から南端まではおよそ14kmなので、4日程度で湖内を縦断することができる計算になる。また、図-8(c)の流速で、台風が通過したと思われる2004年8月31日の0時から10時30分までの平均流速をとると、南向きに0.207m/sであった。これも、湖内全域の流れが同程度の流速で南に向いていたとすると、7時間で浮遊幼生は5km以上流されることになる。実際は、各地区によって流速や流れの向きが異なると考えられるため、このとおりにはならないが、シジミは発生より3日から10日の間、浮遊幼生として水中で生活するため、移流・拡散により湖内全域を移動している可能性は十分にあるといえ

る。特に台風など、強風時は短時間でかなり広範囲に広がるといえる。

5. おわりに

2002年から2004年に実施した小川原湖の水理・水質調査の結果およびヤマトシジミの現存量調査から、以下のことがわかった。

- (1) 湖南部上層においては淡水流入河川の影響を受け低塩分になる場合がある。湖北部上層においては塩水流入の影響を受け湖南部より高塩分になる場合がある。
- (2) 湖内水深18m付近には塩分躍層が常時存在する。
- (3) 湖内の流動は台風などの特異な自然環境にある場合、上層はその影響を強く受ける。
- (4) シジミの現存量調査の結果、2002年、2003年にはセモダ地区で、2004年にはイカト地区で多くのシジミが確認された。全年を通して湖北部で比較的多くのシジミが確認されている。
- (5) 流速測定結果および浮遊幼生調査結果より、ヤマトシジミはその大半が湖北部で産卵・発生し、移流・拡散によって湖内全域に分布する可能性を得た。

謝辞：現地観測では、小川原湖漁業協同組合並びに青森県農林水産部八戸水産事務所の方々に御高配頂きました。また、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。ここにお礼申し上げます。最後に、本研究は科学研究費補助金（課題番号14550517）による研究の一部であることを付記する。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 鶴田泰士、石川忠晴、西田修三、成田 舞、藤原広和：小川原湖におけるヤマトシジミの繁殖環境について、土木学会論文、No. 705/II-59, pp. 175-187, 2002.
- 3) 藤原広和、梶沢正樹、石川忠晴、西田修三、沢本正樹、西塚淳一：小川原湖の塩分鉛直分布と河口水位変動に関する現地観測、海岸工学論文集、第46巻, pp. 416-420, 1999.
- 4) 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.
- 5) 鶴田泰士、石川忠晴、西田修三、成田 舞、藤原広和：小川原湖における塩水流入の現地観測、水工学論文集、第45巻, pp. 1165-1170, 2001.
- 6) 富士 昭：ヤマトシジミの生態と資源（総合報告）、小川原湖漁業調査報告書、1997.

(2004.9.30 受付)