

涸沼におけるヤマトシジミの研究－Ⅲ

天然採苗試験と発生に及ぼす環境条件

根本隆夫・中村 誠・杉浦仁治

1. はじめに

涸沼及び涸沼川においてヤマトシジミは多く分布し、重要な水産資源となっている。1997年の農林統計におけるシジミ漁獲量は涸沼が1,068トン、涸沼川が2,102トン(農林統計では涸沼川は那珂川の漁獲量に含まれている。)で、合計漁獲量3,170トンは全国湖沼河川中第2位である(農林水産省, 1999)。しかし、近年漁獲量が減少傾向にあることから、筆者らはヤマトシジミの増殖技術開発のため鳥根県の方法(川島ら, 1990)に習い、1993年から天然採苗試験を行ってきた。これまでに採苗場所の検討や採苗器の検討のための試験を行い、二三の知見が得られた(根本ら, 1994,

1995)。本研究では1995年から1997年の3年間、涸沼においてヤマトシジミ採苗技術の確立を図り、実用的な採苗施設の試験を行うとともに、ヤマトシジミの発生に及ぼす環境条件を把握することを目的に調査を行ったので報告する。

2. 方 法

(1) 小型施設による採苗試験

主に涸沼におけるヤマトシジミ水域別採苗数の季節変化及び年変化を調査し、稚貝の発生と環境条件との関係を明らかにするために、1995年から1997年の3年間、夏から秋にかけて図1に示した涸沼から

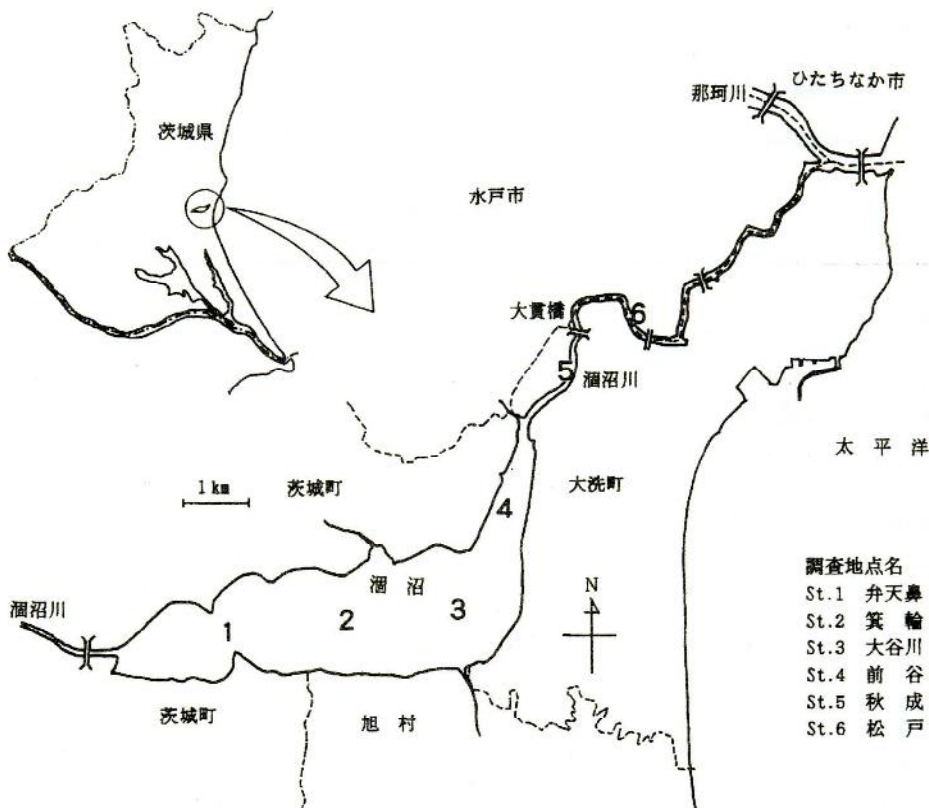


図1 涸沼及び涸沼川における調査地点

下流の涸沼川の6点に小型採苗施設を設置し、採苗試験を行った。施設の形状は浮玉とブロックの間にロープを張り、採苗器を一定の水深に結びつけたものとした(図2)。各年の調査期間、調査項目、施設の形状は若干異なるので、表1にまとめた。

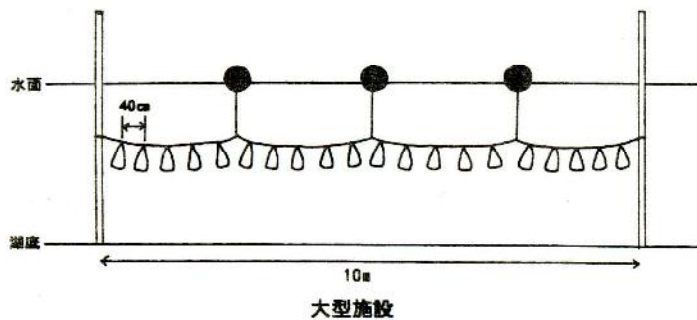
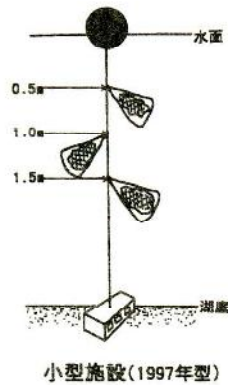


図2 採苗施設の形状

採苗器は種もみ袋(縦60cm, 横40cm, 網目2mm)の中に付着基質として袋状のネトロンネットを1.5m入れたものを標準型とし、涸沼のSt.1~St.4で使用したが、根本ら(1995)の結果を踏まえ、流れが速い涸沼川のSt.5~St.6では付着基質の目合いを小さいものにし、ネトロンネットの密度を倍にした。

(2) 大型施設による採苗試験

規模の大きい実用的な採苗施設の効果と強度の試験を行うために、涸沼から涸沼川に大型の施設を設置した。施設の形状は2本の竹棒の間に10mのロープ(横ロープ)を張り、そのロープに40cm間隔で合計20個の採苗器を結びつけたものとした(図2)。ただし、涸沼川の最下流点St.6では川底が堅い砂地で竹棒が刺さらないので、両端の竹の代わりに川底にブロックとアンカーで固定した。また、採苗器の設置水深を一定に保ち底層の貧酸素層にかかるのを防ぐため、横ロープの3カ所に浮玉を縦ロープで結びつけた。縦ロープの長さは1mと2mのもので試験をした。採苗器は小型施設と同様に涸沼と涸沼川で変え、設置期間は夏から秋にかけての3~4ヶ月間とした。

表1 年別採苗試験の方法

調査年	1995年	1996年	1997年
調査期間	6月~11月	6月~10月	6月~10月
採苗器中の付着基質	St.1~4:ネトロンネット1.5m St.5~6:種もみ袋×3	St.1~4:ネトロンネット1.5m St.5~6:上の採苗器×2	St.1~4:ネトロンネット1.5m St.5~6:ネトロンネット1.5m×2
小型施設	調査項目	①旬別採苗数 ②月別採苗数 ③設置時期別採苗数	月別採苗数
	設置期間	①1ヶ月 ②7/10~11/14(4ヶ月)	①1ヶ月(旬毎に回収) ②1ヶ月 ③4ヶ月, 3ヶ月, 2ヶ月
	設置場所	St.1~6	St.2~6
	採苗器の取付水深	①0.5m, 1.0m, 2.0m ②水面~底まで0.5m毎	1.0m, 2.5m
大型施設	設置期間	7/10~11/14(4ヶ月)	7/16~10/15(3ヶ月)
	設置場所	St.1~6	St.2~4
	施設数	1点で1~3基, 計12基	各点3基, 計9基
	採苗器の取付水深	1.0m	1.0m, 2.0m

(3) 採集物の処理

回収した採苗器は、中身を取り出し水道水で洗浄し、237 μ mのネットを通して残ったものを10%中性ホルマリン溶液で固定した。サンプルは後日実体顕微鏡下でヤマトシジミ稚貝を選別し計数するとともに、20倍の万能投影機及びノギスを用いて殻長を測定した。

(4) D型幼生分布調査

採苗稚貝より前の段階のヤマトシジミの発生状況を調査し水質環境との関係を把握するとともに、天然採苗と幼生の分布状況との関係を見るため、ヤマトシジミD型幼生分布の季節変化及び年変動を調査した。根本ら(1996)の方法と同様に口径50cm、目合75 μ m、側長150cmのプランクトンネットを用い、水深1m層を低速で30秒間水平曳きし、採集物中のヤマトシジミD型幼生の数を計数した。ネットにはろ水計を付け、採集物をろ水量1 m^3 当たりの数で比較した。調査期間は5~10月で、調査頻度は月1~3回程度、調査地点は採苗試験と同様に涸沼から涸沼川にかけての6定点とした。

(5) 水質環境調査

D型幼生分布調査と同時に涸沼から涸沼川の6定点で水温、溶存酸素、塩素イオン(Cl^-)等の水質環境調査を行った。水温と溶存酸素量はYSI社製のDOメーター(モデル54A)を使用し水深1m毎に測定した。塩素イオン量(以下塩素量と略す)は表層と底層の水を採取し、実験室で硝酸銀滴定法で測定した。

3. 結 果

(1) 月別採苗数

小型施設の採苗器を1ヶ月毎に交換し、月別の採苗数の変化を見た結果を表2-1~3に示した。なお、採苗器の回収と交換は毎月上旬に行い、回収した採苗器中の稚貝数を前月分の採苗数として表記した。表の数字は合計値以外は1採苗器当たりの採苗

数で示した。1995年は6月~10月分までの調査であったが、他2年は6月~9月分までの調査であった。また、1996年はSt.1では調査しなかった。

表2-1 1995年の月別採苗数

単位: 個/1採苗器

月	取付水深\地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	計	平均
6	0.5m	0	0	0	2	10	0	12	2
	1.0m	0	2	0	1	18	14	35	6
	2.0m	6	0	0	7	30	8	41	7
7	0.5m	0	0	0	0	4	0	4	1
	1.0m	0	0	0	3	14	0	17	3
	2.0m	0	0	0	6	13	1	20	3
8	0.5m	0	2	0	584	124	16	726	121
	1.0m	1	0	1	4	60	56	122	20
	2.0m	0	0	0	2	94	128	224	37
9	0.5m	0	0	0	5	45	14	64	11
	1.0m	0	0	0	10	85	40	135	23
	2.0m	4	0	5	6	285	10	310	52
10	0.5m	0	0	0	0	22	1	23	4
	1.0m	0	0	0	0	20	3	23	4
	2.0m	0	0	0	10	104	11	125	21

表2-2 1996年の月別採苗数

単位: 個/1採苗器

月	取付水深\地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	計	平均
6	1.0m	-	35	0	0	5	5	45	9
	2.5m	-	0	2	0	0	0	2	0
7	1.0m	-	11,910	4,895	1,920	90	5	18,820	3,764
	2.5m	-	16	5	15	70	0	106	21
8	1.0m	-	9,810	3,910	0	550	0	14,270	2,854
	2.5m	-	160	35	0	230	5	430	86
9	1.0m	-	48	2	0	14	0	64	13
	2.5m	-	24	10	0	10	0	44	9

注) -は調査を実施せず

表2-3 1997年の月別採苗数

単位: 個/1採苗器

月	取付水深\地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	計	平均
6	0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0m	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.5m	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.5m	35	1,940	20,010	45	255	320	22,605	3,768
	1.0m	35	1,070	5,195	1	0	10	6,311	1,052
	1.5m	130	515	950	1	20	0	1,616	269
8	0.5m	940	4,470	240	540	2	4	6,196	1,033
	1.0m	410	1,310	625	1,152	4	23	3,524	587
	1.5m	280	190	105	312	9	5	901	150
9	0.5m	0	10	2	6	5	0	23	4
	1.0m	4	6	0	9	4	3	26	4
	1.5m	2	8	0	2	1	1	14	2

1995年(表2-1)は期間を通して低調に推移したが、特に上流側のSt.1~3は極く少なく、下流側のSt.4~6で比較的多く採苗された。6、7月は皆無ではないものの、最高で30個と極く少なかった。8月は最高でSt.4の584個をはじめやや多く採苗されたが、9月、10月も再び少なくなった。

1996年(表2-2)は前年とは逆に、期間を通して上流側ほど多い採苗結果となった。特にこの年の調査最上流点であるSt.2の水深1m層で7月、8月に約1万個採苗された。時期的に採苗数が多かったのは7月、8月で、この2ヶ月に集中して採苗され、前後の6月、9月は極く少なかった。

1997年(表2-3)も1996年同様上流側で多く、特にSt.2、3でまとまって採苗され、7月のSt.3の0.5m層は約2万個と3年間で最高数であった。時期的には6月の採苗数は皆無で7月、8月に多く、9月が再び少なくなり、前年同様の傾向を示した。

採苗器の取り付け水深は各年で若干異なるが、水深2m以下の低層では多く採苗されることはなかった。上層の水深0.5m、1.0m層の月別平均採苗数の推移を図3に示し、3年間の結果を端的に見た。採苗数が多かったのは、7月、8月で、平均的には1996年が最も多く採苗された。

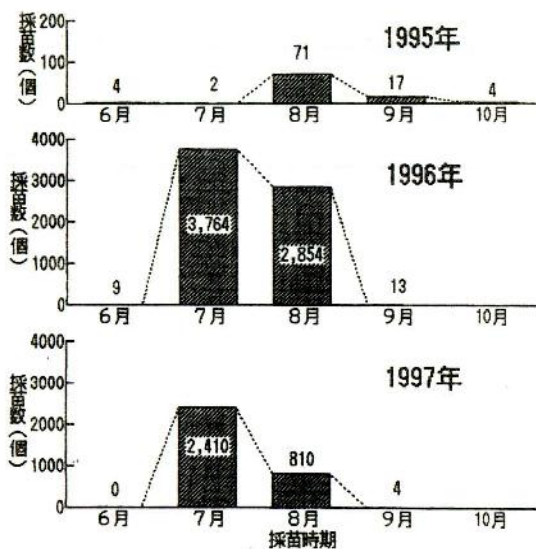


図3 シジミ月別平均採苗数の推移(1採苗器当たりの数 0.5m、1.0m平均)

(2) 旬別採苗数

調査は1996年に行い、小型施設を用いて濁沼のSt.3と濁沼川のSt.5でそれぞれ1mと2.5m層に採苗器を取り付けて実施した。ヤマトシジミ発生のピークをより細かく見るため、約1旬(約10日間)毎の採苗数を調査した。しかし、幼生は10日程ではあまり大きく成長せず、採集物の計数が困難であると予想されたことから、採苗期間を約1ヶ月として約10日間ずつ設置期間をずらし、前後の採苗数から旬毎の採苗数を推定する方法をとった。表3に採苗数の生データを示し、これから推定した旬別採苗数を表4に示した。計算上負の数となる場合は誤差と見なし0と示した。

表3の採苗数生データにおいては、St.3では1m

表3 旬別採苗調査結果生データ(1996年)

単位: 個/1採苗器

設置期間	地点 取付水深	St.3		St.5	
		1.0m	2.5m	1.0m	2.5m
6.10~7.12		0	2	5	0
6.17~7.19		365	0	50	30
6.26~7.29		370	1	15	65
7.12~8.8		4,895	5	90	70
7.19~8.16		6,130	0	380	880
7.29~8.26		2,230	0	180	270
8.8~9.5		3,910	35	550	230
8.16~9.17		80	30	50	0
8.26~9.26		0	2	70	25
9.5~10.4		2	10	14	10
9.17~10.15		0	2	10	18

表4 旬別採苗数推計値(1996年)

単位: 個/1採苗器

設置期間	地点 取付水深	St.3		St.5	
		1.0m	2.5m	1.0m	2.5m
6.10~6.17		0	2	0	0
6.17~6.26		0	0	0	0
6.26~7.12		0	0	5	0
7.12~7.19		365	0	45	30
7.19~7.29		5	1	0	35
7.29~8.8		4,525	4	45	5
8.8~8.16		1,600	0	335	840
8.16~8.26		0	0	0	0
8.26~9.5		2,310	35	215	0
9.5~9.17		0	0	0	0
9.17~9.26		0	0	0	25
9.26~10.4		2	10	14	0
10.4~10.15		0	0	0	0

層のみまとまって採苗されたが、St. 5は1mと2.5m層で大きな差は見られなかった。表4の旬別採苗数推計値を見ると、7月は中旬頃少し採苗されるが少なく、7月末から8月半ばにかけて最も多く採苗されピークとなり、8月下旬から9月上旬にかけて再び多くなり、その後は極く少なかった。

月別採苗数の結果と比較すると、7月、8月に多いのは一致したが、旬別では8月の方が7月より多い傾向が見られた。しかし、月別採苗では7月の取り上げは8月上旬であることから、ほぼ一致した結果であり、旬別採苗がより細かく発生期間を捉えていると見られた。

(3) 設置時期別複数月採苗数

調査は1996年に小型施設を用いてSt. 2～St. 6の5点で行った。採苗器取付水深は1.0mと2.5mとし、設置時期を6月、7月、8月の3タイプとし、取り上げ時期を10月とした。よって、設置期間は4ヶ月、3ヶ月、2ヶ月の3タイプとなった。結果を表5に示した。1996年は9月22日に茨城県地方に「大型で強い」台風17号が接近し、水戸の22日の降雨量は202mmの豪雨、最大瞬間風速は36.3m/sの強風で、何れも9月としては气象台観測開始以来1位と2位の記録的なものであった（水戸地方气象台、1996）。このため、涸沼でも風雨が強く増水するなどの影響が出て、複数月採苗施設のうち合計2施設5採苗器が流失した。

結果はあくまでも残った施設のものであるが、月別採苗と同様に水深別では3タイプとも1m層で多く2.5m層で少ない傾向が見られ、場所別ではSt. 2

が特に多かった。設置期間別では、平均値で4ヶ月（137個）＜3ヶ月（245個）＜2ヶ月（417個）の順で多く、設置期間の長さで採苗数の多さは反比例した。同年の月別採苗で7月に水深1m層で平均3,764個、8月に2,854個採苗されたことと併せて見ても、1996年は採苗期間が長いほど採苗数が少ない結果となった。

(4) 水深別採苗数

調査は1995年に涸沼から涸沼川のSt. 1～St. 6で行った。このうちSt. 2とSt. 4は自然地形ではそれぞれ水深約3mと2mであるが、水深約4mの浚渫場所、作濤箇所があるので、2カ所ずつ設置した。各施設は、小型施設に水面から底層の水深まで0.5m毎に採苗器を結び付けたものとした。調査期間は7月から11月の約4ヶ月間であった。

結果を表6に示したが、多く採苗されたのは涸沼のSt. 2と涸沼川のSt. 5であった。涸沼のSt. 1～3においては設置場所の深度の差に関わらず、水深2.0mと2.5mに取り付けたもので多く採苗された。特にSt. 2では自然地形の水深3mの場所の2m層で1,260個と多く採苗された。St. 4においても自然地形の水深2mの場所に設置した施設では、2m（底層）で127個とやや多かったが、作濤地点の水深4mの場所では、0.5～1.0m層が多めの結果であった。

涸沼川のSt. 5においては上層は少なく下層の水深1.5mから3.0mにかけて多く採苗され、特に2.5m層で3,500個と最多であった。St. 6でも底層が多く、3.0m層が最多であった。

表5 設置時期別採苗数（1996年）

単位：個／1採苗器

設置期間	取付水深\地点	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	計	平均
4ヶ月 (6. 10～10. 15)	1.0m	×	205	275	×	7	548	137
	2.5m	20	50	10	×	1	85	21
3ヶ月 (7. 16～10. 15)	1.0m	670	×	48	262	0	980	245
	2.5m	35	5	0	117	5	162	32
2ヶ月 (8. 8～10. 15)	1.0m	1,595	×	8	61	3	1,667	417
	2.5m	40	×	5	87	2	134	34

注) ×は採苗器が流失したもの

表6 水深別採苗数 (1995. 7. 10~11. 14)

単位：個/1採苗器

地点 取付水深\水深	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		St. 6	
	2.5m	3.0m	4.0m	2.6m	2.0m	4.0m	3.0m	2.6m	3.0m	2.6m	3.0m	2.6m
0.0m	0	0	6	4	0	0	3	16				
0.5m	0	6	6	8	2	24	406	10				
1.0m	0	2	0	0	24	31	212	34				
1.5m	0	2	0	2	29	3	1,597	22				
2.0m	20	1,260	650	12	127	1	1,844	48				
2.5m	30	770	642	60	-	8	3,500	254				
3.0m	-	35	12	-	-	6	824	340				
3.5m	-	-	2	-	-	9	-	-				

注) -は調査を実施せず

(5) 大型施設による採苗数

大型施設には1基で20個の採苗器を取り付けたが、各施設無作為に数個の採苗器を回収して採苗数を計測し、それらの平均値を各施設の平均採苗数とみなし、総採苗数を算出した。

表7に大型施設による採苗結果を示した。1995年は3年間で唯一涸沼から涸沼川にかけての全定点で試験を行った。設置期間は4ヶ月で、後の2年より1ヶ月遅くまで設置していたが、平均採苗数は81個と3年間で最も少なかった。特に涸沼のSt. 1~3では平均2~3個と極く少なかった。最も多かったのはSt. 5の396個で、月別採苗での傾向と近似した。

1996年はSt. 2~4での試験であったが、前年より多く採苗され、総平均は1,374個であった。特に多かったのはSt. 2の3,202個で、上流側ほど多い結果であり、この年も月別採苗と同じ傾向が見られた。

1996年は大型施設の採苗器取付水深(横ロープ(幹縄)を張った水深)を1mタイプと2mタイプの2種類設定したが、やはり月別採苗と同様に1mの方が採苗数が多い結果であった。

1997年はSt. 2~3のみの試験であったが、最高がSt. 2の13,098個、総平均でも10,688個と3年間で最も多く採苗された。その結果、大型施設合計6基(採苗器120個)の総採苗数は1,282,560個と算出され、竹を使った簡易な施設で放流に用いるまとまった数の稚貝の採苗が可能であることが確かめられた。

調査した3年間とも9月に台風が接近し、風雨が強まることがあったが、施設が壊れる事はなかった。特に1996年9月の台風は前記のように「大型で強い」台風であり、涸沼も記録的な風雨に見舞われ増水したが、大型施設は無事であった。一方、1995年に流れの速い涸沼川のSt. 6に設置した大型施設は、底質が堅い砂地なため両端の竹の代わりにブロックとアンカーで川底に固定したが、横ロープ(幹縄)に採苗器が巻き付いているものが多く見られた。

(6) 採苗稚貝の大きさ

まとまった採苗数が得られ、しかも設置期間を変えた複数月採苗試験を行った1996年の採苗稚貝の殻長サイズを図4, 5に示した。何れも同じ試験区に該当する複数の採苗器で採苗された稚貝の測定データを集計し、各階級毎の組成を%で示したものであ

表7 大型施設による地点毎の採苗数(採苗期間 1995年：4ヶ月間, 1996年・1997年：3ヶ月間)

平均採苗数

単位：個/1採苗器

年	取付水深\地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	総平均
1995	1.0m	2	2	3	45	396	37	81
1996	1.0m	-	3,202	898	21	-	-	1,374
	2.0m	-	704	104	40	-	-	283
1997	1.0m	-	13,098	8,278	-	-	-	10,688

総採苗数

単位：個/全採苗器

年	取付水深\地点	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	総数
1995	1.0m	80	120	180	1,800	7,920	740	10,840
1996	1.0m	-	128,080	35,920	840	-	-	164,840
	2.0m	-	14,080	2,080	800	-	-	16,960
1997	1.0m	-	785,880	496,680	-	-	-	1,282,560

注) -は調査を実施せず

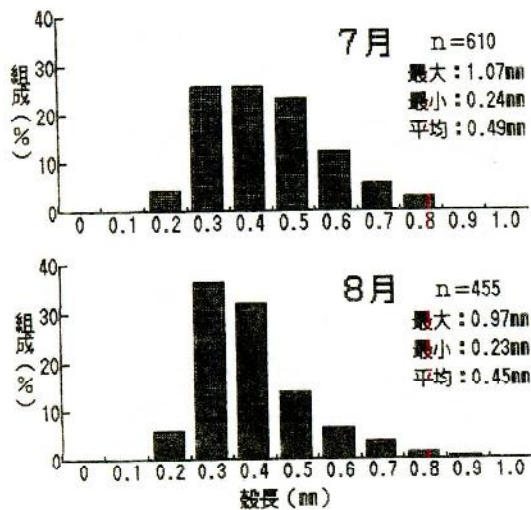


図4 月別採苗によるヤマトシジミ稚貝の殻長組成 (1996年)

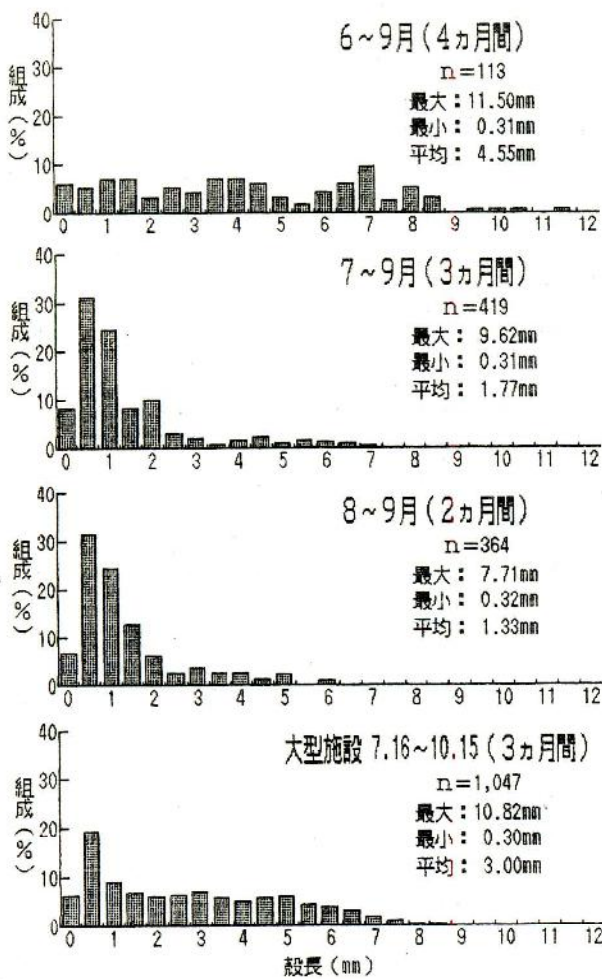


図5 複数月採苗によるヤマトシジミ稚貝の殻長組成 (1996年)

る。図4は月別採苗のうち多く採苗された7月と8月の稚貝の殻長組成を0.1mm毎の階級で示した。両月の採苗稚貝の大きさに大差はなく、1ヶ月の採苗で最大約1mm、最小約0.2mm、平均0.5mm弱の稚貝が採苗され、モードは0.3~0.4mm台に見られた。

図5は複数月採苗で得られた稚貝の殻長組成を0.5mm毎の階級で示した。このうち上段3つは小型施設で設置時期別複数月採苗試験により得られた稚貝の測定データである。どの試験区とも殻長の最小値は約0.3mmでほぼ同じであったが、最大値、平均値、分布のばらつきは大きく異なった。6月から4ヶ月間設置した採苗器では最大11.5mm、平均4.55mmで、0から8mm台までばらつきが大きく明確なモードは見られなかった。7月から3ヶ月間設置した採苗器では平均1.77mmで4ヶ月に比べかなり小さく、0.5~1.0mm台にモードが見られた。8月から9月の2ヶ月間設置した採苗器では平均値が1.33mmと更に小さくなったが、モードは3ヶ月間設置分同様0.5~1.0mm台にあった。

一方、実用的な大型施設は7月半ばから10月半ばにかけての3ヶ月間の設置であったが、平均が3.0mmで小型施設の3ヶ月間設置より大きく、0.5~1.0mm台のモードも小さく、0から7mm台までのばらつきが大きかった。

(7) D型幼生の分布

酒沼では潮汐にともなって淡水起源、海水起源の水塊が移動しており、動物プランクトンもそれとともに移動している(岩崎ら, 1987)。ヤマトシジミD型幼生も産卵時期に酒沼から酒沼川にかけて広範囲に分布するが、潮汐の変化にともない高密度水塊が水平移動する(根本ら, 1996)。このため、D型幼生分布量の季節変化及び年変動の傾向を簡易に見るために、図6に3年間のヤマトシジミD型幼生平均採集数の推移を示した。示した数値は調査回毎の全調査地点(6点)の平均採集数で、ろ水量1m³あたりに換算した値である。1995年は5月下旬から7

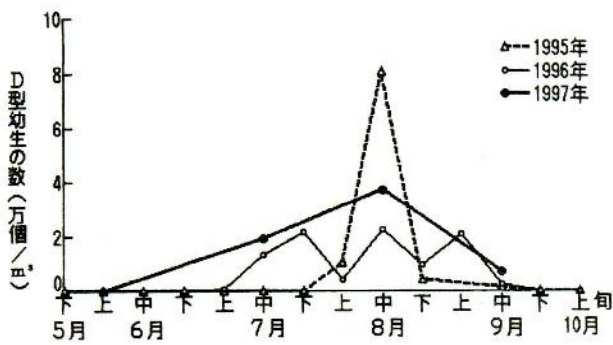


図6 D型幼生平均採集数の推移（ろ水量1m³当たり）

月下旬までD型幼生は確認されず、8月上旬に初めて採集された。その後8月中旬に平均8.1万個/m³と多く出現したが、8月下旬以降激減し、多く確認された期間は短かった。1996年は前年より1ヶ月以上早く6月下旬に初採集され、その後徐々に多くなり7月下旬には平均2.2万個/m³採集された。その後増減はあったものの9月にも平均2.1万個/m³採集され10月には0となったが、D型幼生が確認された期間が長い年であった。1997年は調査回数が少なかったが7月中旬に平均1.9万個/m³、8月中旬には3.7万個/m³と高いレベルで採集され、9月中旬にも0.7万個/m³採集され、6月以外は幼生が確認された。

(8) 水質環境の年変動

水質環境についてもD型幼生と同様の理由から3年間の水質環境の傾向を簡易に見るために、各年の水温、塩素量、溶存酸素量の平均値の季節変化を図7～9に示した。示した値は調査日毎に6点の観測データの平均値を表層と底層に分けて算出し、その推移を見たものである。

水温（図7）は、ほぼ毎年梅雨明けの7月中下旬から9月中旬頃にかけてが表層、底層とも25℃を超え、高温期であった。特に1995年は7月中旬まで24℃以下と低かったが、梅雨明けした下旬以降急激に上昇し、8月中は30℃前後で推移した。1996年は7月下旬に表層が30℃まで上昇したが、8月下旬に25℃に低下し、1995年より低めに推移した。1997年

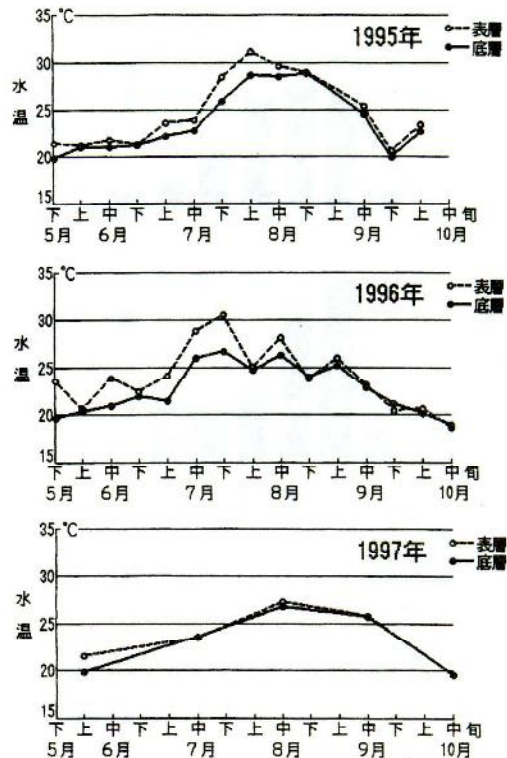


図7 潤沼・潤沼川における平均水温の推移（6定点平均値）

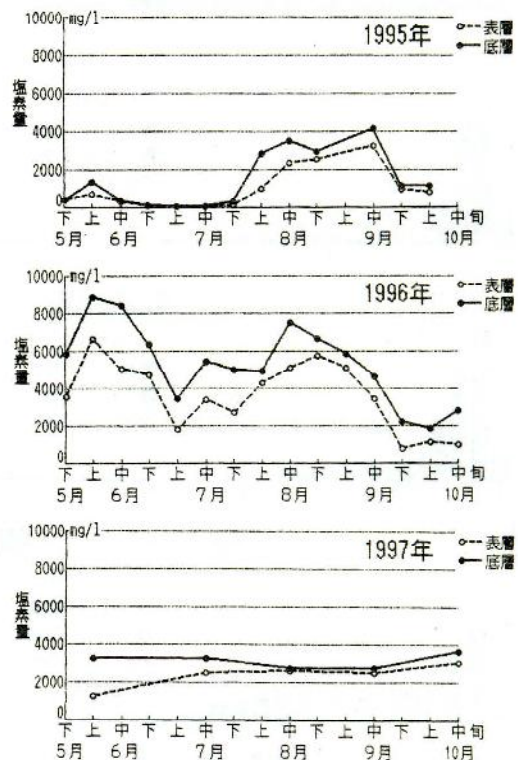


図8 潤沼・潤沼川における平均塩素量の推移（6定点平均値）

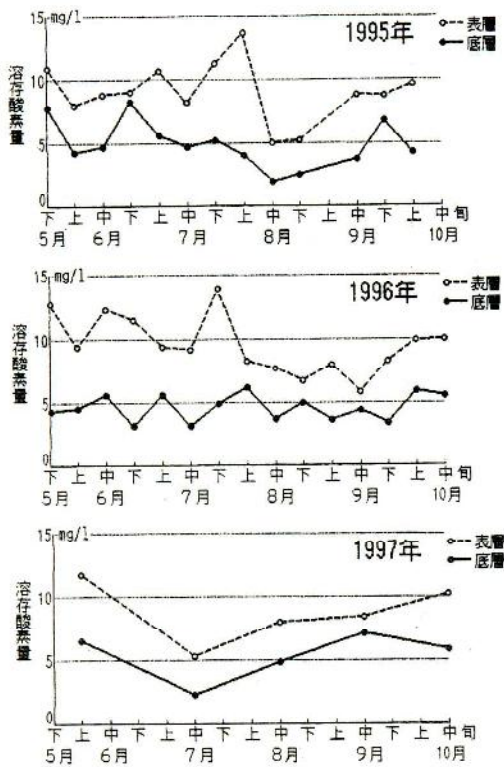


図9 涸沼・涸沼川における平均溶存酸素量の推移（6定点平均値）

は調査回数が少なかったが、前年同様低めであった。

塩素量の推移（図8）は、毎年大きく異なった。1995年は7月下旬までは低く推移し、特に6月下旬から7月下旬までは表層も底層も平均400mg/l以下と極く少なかった。その後8月に増加し2,000～4,000mg/lのレベルで推移した。1996年は梅雨の時期にまとまった雨がなかったことから、塩素量が高いレベルで推移した。5月下旬から9月中旬までの期間は7月上旬にやや低下したが、底層ではほぼ4,000mg/l以上、表層で2,000mg/lの値で推移した。1997年は調査期間中、ほぼ2,000mg/lから4,000mg/lの間で推移し、安定していた。

溶存酸素量（図9）は、水温、塩素量に比べ表層と底層の差が大きかった。ベントスであるヤマトシジミに影響する底層の値について見ると、1995年は8月上旬から9月上旬にかけて平均4.0～1.9mg/lと低く推移した。この期間中涸沼中心部のSt.2（水深約3.0m）の底層では、0.1～1.0mg/lの貧酸素状態が

連続して観測された。1996年は7月中下旬にSt.2の底層で0.3mg/lと貧酸素状態が観測されたが、平均値は底層においても調査期間中6.2～3.2mg/lで、前年より高めに推移した。1997年は7月中旬に底層の平均値が2.3mg/lと低めであったが、全調査地点において1mg/l以下の極端な貧酸素状態は観測されなかった。

4. 考 察

(1) 3年間の採苗結果について

ヤマトシジミの天然採苗法は北海道や青森などで行われているホタテの採苗法に習い、1989年に島根県水産試験場三刀屋内水面分場が初めて試験した方法である（川島ら、1990）。涸沼においては、宍道湖でのヤマトシジミ分布状況（島根水試、1984）と同様に湖周辺の浅場（湖棚部）にはヤマトシジミが生息するが、中央部水深2m以深の深場（湖盆部）にはほとんど生息しない事が分かっている（小林、1986）。しかし、産卵期には涸沼中央部にもヤマトシジミ浮遊幼生が分布している（根本ら、1996）ことから、ヤマトシジミは中央部では着底後環境が悪いためにへい死してしまうことが考えられる。この幼生を着底前に上層で採集し放流サイズまで育成し、適地に放流し増殖する事を目的に採苗試験を行ってきた。

試験の結果は、1995年が少なく1996年、1997年が多かった。小型施設の採苗器取付水深に若干の年変化はあったものの、施設設置水域や採苗器などの条件は基本的には同じであったので、採苗数の年変化はヤマトシジミ発生量の年変動を反映していると見られる。よって、1996年、1997年の発生量は、1995年より高水準であったと考えられる。

1996年と1997年を比較してみると、月別採苗では1996年の方が1997年に比べて多く採苗されているのに大型施設を使った複数月採苗では、逆に1997年の方が10倍近く多かった。この原因として1996年9月の台風による影響が考えられる。この台風により小

型施設において2施設6採苗器が流失したが、大型施設が壊れることはなかった。しかし、増水や波浪の影響で大型施設の採苗器中の稚貝が流失し、回収時の採苗数が減少したことが推察される。

採苗器を長く設置していると、ヤマトシジミの産卵に遭遇する機会が多くなることや採苗サイズが平均的に大きくなる利点がある。しかし、採苗器の外袋が付着物によって目詰まりを起こし水通しが悪くなることや台風など一時的な環境異変の影響で一度入った稚貝がへい死または流失する欠点が考えられる。前回1994年の試験では、適切な採苗器設置期間を推定するため設置時期を同じにし、回収時期を変えた採苗試験をしたが（根本ら，1995），今回は逆に設置時期をずらして回収時期を同じにした試験を1996年に行った。結果は前回の試験と同様に設置期間が長いほど採苗数が少なく、1ヶ月採苗よりも複数月採苗の方が数が少ない結果であった。よって、採苗数に関しては産卵時期をカバーしていれば設置期間が短い方が多く得られることが確かめられた。

採苗稚貝の大きさを考慮に入れば、今回も小型施設において4ヶ月採苗で平均殻長4.55mm、3ヶ月で1.77mm、大型施設において3ヶ月で平均3.00mmの稚貝が得られたので稚貝の大きさを求めるならばある程度長期間設置していた方が良いという結果が得られた。

1996年に行った旬別採苗試験では、D型幼生までの浮遊期間が6日であり（田中，1984），その後採苗器に入り込むと考えると、この年の主産卵期が7月中旬から9月上旬と長く、その間数回の増減があり、特に7月下旬から8月半ばと8月下旬から9月上旬頃の産卵量が多かったものと推定される。よって、月別採苗より細かく発生期間を捉えるのに有効な方法と判断される。この結果は同年のD型幼生の分布調査とほぼ同じ結果であり、ヤマトシジミが産卵してD型幼生まで正常に至れば、その時の量を反映して採苗器に入り、稚貝まで育てて採苗できることが分かった。

逆に、ヤマトシジミの産卵期（発生期）を捉える方法として見るならば、旬別採苗試験とD型幼生分布調査を精度と労力の面で比較する必要がある。精度の面を考えると、より大きいサイズで判断した方が採集物中のヤマトシジミの数を正確に捉える事ができる。しかし、異物がたくさん入った採苗器の採集物からヤマトシジミ稚貝を分離計測するのは、D型幼生が入ったプランクトンネット採集物を分析するより時間がかかる。D型幼生については、根本ら（1996）が報告したように、これまでの調査結果から涸沼ではヤマトシジミ以外のタイプのD型幼生はあまり採集されていない。また、D型幼生採集結果がヤマトシジミの旬別採苗結果と一致することからも、涸沼においてはD型幼生調査の精度は高いと考えられる。これらの理由からD型幼生分布調査の方が産卵期を細かく捉える方法として良いと判断されるが、D型幼生の分布調査はあくまでも瞬間を捉える方法であり、ある程度高頻度の調査が必要である。逆に、採苗は長い期間を捉える方法なので、D型幼生分布調査と月別採苗の両方を併用することが望ましいと考えられる。

適正な採苗器設置水深を見るための水深別採苗は、前回1994年の試験でも行い今回も1995年に行ったが、涸沼湖内では施設設置場所の水深に関わらず、水深2m以深で多い結果であった。しかし、1995年は3年間で最も採苗数が少なかった年であり、低いレベルでの上下比較である。採苗数が多かった1996年、1997年は取付水深が2～3タイプのみの試験であるが、いずれの年も水深0.5～1.0mの上層で多かった。全体的に採苗数が少なかったのは調査初年度の1993年も同じであるが、この年も下層ほど採苗数が多い傾向であった（根本ら，1994）。1993年、1995年に共通するのは梅雨の時期に雨が多く、涸沼の夏季塩分が低く推移したことである。このような年はヤマトシジミの発生数が少なく、特に上層は塩分が薄すぎるため、下層で比較的多く採苗されるが決して高い水準ではないと見られる。

今回、竹を使った大型施設での試験を3年間行ったが、全体的に採苗数が少なかった1995年を除けば、後の2年間はまとまった数が採苗できた。また、施設の強度も「大型で強い」台風をしのいだことから、竹を使った簡易な施設でも瀬沼内では十分であると見られた。一方、瀬沼川ではSt. 6に設置した施設においては、横ロープに多くの採苗器が巻き付いて、流れが強い場所では大型施設の設置は困難であることが分かった。また、瀬沼川では極く下流部までシジミが全面的に分布していることから、このような場所で採苗することは瀬沼湖内中央部に比べ意味が小さいと考えられる。

竹を使った大型施設による天然採苗法の利点は、施設が簡単で安くできることである。これまでの結果から、着底後へい死してしまう幼生を上層でまとまった数量採集し、放流サイズまで育成して適地へ放流することが可能であることが分かった。瀬沼湖内ではその増殖効果が期待できることから、地先資源を有効利用する方法としての意味が大きいと考えられる。今後は、すでに事業化されている宍道湖のように漁業者レベルでの取り組みが望まれる。

(2) 瀬沼に適したヤマトシジミ天然採苗法について

今回の報告も含め、1993年から1997年までの5年間で取り組んできた瀬沼における天然採苗試験の結果から考えられる、瀬沼に適した実用的な天然採苗法について以下にまとめた。

① 採苗時期

ア 設置開始時期

6月から7月にかけての梅雨の時期は親貝の成熟が急激に進むが、まとまった雨が降り続いて湖内の塩素量が低下している時期なのでD型幼生の分布は極く少ない。7月の梅雨明けを見計らって設置するのが良いと考えられる。親貝の成熟状況とD型幼生の発生状況をチェックできるとなお良い。

イ 設置期間

主産卵期の7月から9月にかけて設置しておくのが良いと思われるが、種苗サイズが小さくて良いなら、1~2ヶ月の短期間で採苗を確認して回収した方が多くの種苗を得られる。

② 採苗場所

ア 瀬沼

1996年、1997年の試験で瀬沼湖内中央部沖合においてまとまった数の種苗が得られた。瀬沼中央部のヤマトシジミがいない場所で設置水深や施設の形状を考慮することにより、着底後に死滅してしまう幼生を採苗し、放流適サイズまで育てて適地に移殖放流する事が可能である。

イ 瀬沼川

シジミ漁の主漁場である下流の瀬沼川大貫橋付近では年によっては大量の種苗を確保できることがある。しかし、川幅が狭く設置場所が少ない上に、本来生息に好適な場所であるため採苗による増殖の効果が小さいと考えられる。

③ 採苗施設

ア 施設の形状

両側に竹を使った大型施設が実用的であり強度も十分である。竹とロープで簡単に作製でき、材料費も安い。竹と竹の間のロープがたるんで採苗器の位置が下がり底層の貧酸素層にかかるのを避けるため、間に浮き玉を付ける必要がある。

イ 採苗器

1994年の試験結果から、瀬沼湖内においては目の荒い堅い網（シジミ袋に使うネトロンネットのようなもの）を目合い2mmのタマネギ袋または種もみ袋に入れたものが良く、瀬沼川においては目の細かい網をタマネギ袋等に入れたものが良いと考えられる。

ウ 採苗器取付け水深

水深約3mの瀬沼中央部では、底層の貧酸素層にかかるのを避け、上層に取り付けるのが良い。ただし、極く表層だと波浪の影響を受ける

ので、水深0.5mから水深1.5mまでが良いと考えられる。

④ 種苗の大きさと放流

採苗稚貝の大きさにはばらつきが大きいですが、1ヶ月間の設置により、平均殻長0.5mm程度の稚貝が得られ、3ヶ月では平均殻長2～3mm程度の稚貝が得られる。放流サイズ別の放流後の生残率は明らかではないが、適地に放流するならば小さいサイズでも良いと考えられる。ヤマトシジミは着底後ならば低塩分状態でも耐えられるので(田中, 1984)、潟沼奥部でも底質の良い場所であれば適していると考えられる。

(3) 潟沼におけるヤマトシジミ発生と水質環境

今回1995年は採苗数が少なく、1996年、1997年は多かった。実際、毎年産卵期終了後の秋季に行っている採泥によるヤマトシジミの分布調査でも、1996年、1997年は稚貝の分布量が多く、特に1996年は潟沼の上流部まで広範囲に分布しているのが確認された(根本ら、未発表)。また、その後の漁業者によるシジミ掻き操業でも、近年に例のないほど潟沼中上流部で多く漁獲されたことから、この2年間の発生量の水準は高く、特に1996年は潟沼の中上流部で多く発生したのが特徴だと見られる。この2年間の採苗以外の調査結果を見ると、D型幼生の分布が長く確認されたため、産卵期が長かったことが推察される。逆に1995年は8月中旬にD型幼生が非常に多く採集されたが、確認期間が短く産卵期は短かったと見られる。このことから、一時的な大産卵で終わる年よりは、夏季に産卵期が長く続く年の方がヤマトシジミ稚貝発生量水準が高くなると考えられる。

また、3年間の水質環境を見ると、年によって特に違いが大きかったのは塩分(塩素量)であった。ヤマトシジミ発生量が低水準であったと見られる1995年は7月下旬まで塩素量が低く推移したが、8月になってやや高くなり、D型幼生もこの時に非常に多く採集された。逆に1996年は高塩分状態で推移

し、D型幼生の分布が長く確認された。1997年は塩素量2,000～4,000mg/lで推移し、D型幼生の分布が長く確認された。佐々木(1981)は塩素量300～3,500mg/lの範囲にないとヤマトシジミの卵発生が全く進行しないと報告している。このことから判断してもヤマトシジミの発生にとって1995年の塩分は低く推移し、塩分が上昇した8月上旬に一斉に産卵したためその後産卵が続かなかったと見られる。逆に1996年の塩分は高く、1997年はちょうど良く推移したと考えられる。この結果、1995年は面積の狭い下流の潟沼川を中心に発生して総量的には少なく、1996年は面積の広い潟沼中上流部を中心に発生し総量的に多く、1997年は全体的に多く発生したものと推察される。

1996年は、塩素量平均値が高めに推移したものの、7月中旬から9月上旬にかけてD型幼生がまとまって確認されていたことから、少なくとも塩素量が比較的lowに推移した潟沼中上流域では常に産卵条件の良い塩分であったことが推察される。逆に考えると、1996年は潟沼中上流域の塩素量が調査期間中十分であったのに、D型幼生の発生がほぼ7月中旬から9月上旬の間に限られることから、もう一つ発生の制限要因として水温条件が考えられる。1996年のこの期間の水温は表層、底層とも平均23.8℃以上であり、同様に1997年のD型幼生が確認された7月中旬から9月中旬は平均23.5℃以上であった。Baba *et al.* (1999)は、北海道網走湖のヤマトシジミの研究結果から、夏季に水温22℃以上で産卵が始まり、23℃以上では塩分条件が整っていればさらに高い確率で産卵が行われることを明らかにした。今回の潟沼での調査結果はこれと同様の傾向を示したものと考えられる。潟沼の場合、夏季水温が23℃以下に留まることはまずないことから、ヤマトシジミの産卵には主に塩分が制限要因になり、夏季の塩分量がその年の発生量を決める可能性が高いものと考えられる。

表8に水戸地方気象台観測による3年間の6月から9月の水戸の降水状況を示した。1995年はこの期

表8 ヤマトシジミ産卵期における水戸の降水状況（水戸地方気象台観測）

① 月別降水量						単位：mm
年	6月	7月	8月	9月	計	
1995	190	169	67	196	622	
1996	51	177	22	318	568	
1997	144	67	56	133	400	

② 降水量1mm以上の日数						単位：日
年	6月	7月	8月	9月	計	
1995	18	16	8	7	49	
1996	8	11	4	11	34	
1997	9	11	9	13	42	

間中の合計降水量が622mmで後の年より多かった。特に6、7月の2ヶ月の合計値は1995年が359mm、1996年が228mm、1997年が211mmで、1995年が後の2年の約1.6倍で多かった。この傾向は6、7月の降水量1mm以上の日数でより明確に現れ、1995年が34日、1996年が19日、1997年が20日であり、1995年が同様に1.7倍以上あった。この結果1995年の涸沼の塩分は6、7月が極く低く推移し、雨量の少なくなった8月に回復したものと見られる。逆に、1996年、1997年は6、7月に雨量が少なく高塩分で推移したと見られる。このように涸沼の夏季塩分は、特に6、7月の梅雨時の降水量によって左右され、ヤマトシジミの発生量を左右することにつながると考えられる。

5. 要 約

- (1) 1995年から1997年の3年間、涸沼から涸沼川にかけてヤマトシジミの天然採苗試験を行いヤマトシジミ採苗技術の確立を図るとともに、発生に及ぼす環境条件を調査した。
- (2) 1995年の採苗数は少なかったが、1996年、1997年は涸沼中上流部沖合の親貝がいない場所で多く採苗され、涸沼において天然採苗がヤマトシジミの増殖に有効であると考えられた。
- (3) 月別採苗では7、8月が多く、設置期間別では1ヶ月採苗が最も多く、2～4ヶ月と期間が長くなるにしたがって採苗数が少なくなった。
- (4) 水深別採苗では発生量が低水準な1995年は採苗数が下層で多めであったが、高水準な年は上層で多か

った。

- (5) 実用的な大型施設では、親貝のいない涸沼中央部沖合の水深1m層で1996年に1採苗器当たり平均1,374個、1997年に10,688個採苗された。
- (6) 竹を使った大型採苗施設は形状が簡単であるが、台風などの気象災害にも耐え、涸沼湖内では強度的に十分であると判断された。
- (7) 採苗稚貝の大きさはばらつきが大きいですが、設置期間1ヶ月では平均約0.5mmで期間が長くなると徐々に大きくなり、4ヶ月では平均約4.5mmであった。
- (8) D型幼生の分布時期は1995年が短期間であったが、1996、1997年は長期間確認され、産卵期を現しているものと見られた。
- (9) 水質環境では塩素量の年変動が大きく、1995年は低く推移し、1996年、1997年は高く推移し、産卵期間と稚貝発生量に影響したものと考えられる。
- (10) 涸沼では水温が約23℃以上に上昇した夏季に、塩分条件を整えばヤマトシジミの産卵が起こるものと推察された。

謝 辞

本研究を行うにあたり、鳥根県内水面水産試験場場長の中村幹雄氏、北海道立函館水産試験場室蘭支場の堀井貴司氏（現釧路水試）、には天然採苗法についてご助言を頂いた。また、大涸沼漁業協同組合理事の長洲高夫氏をはじめ同漁協の方々には調査時にご協力いただいた。以上の方々に深く感謝の意を表します。

引用文献

- Baba K, Tada M, Kawajiri T, Kuwahara Y (1999) : Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan, Mar Ecol Prog Ser 180, 213-221
- 岩崎順・石川弘毅 (1987) : スズキ幼稚仔生育場としての涸沼の環境について - II, 昭和60年度茨城水試事業報告, 131-141
- 川島隆寿・山根恭道・鈴木博也 (1990) : 中海・宍道湖

- 水域特産資源管理対策事業，ヤマトシジミ天然採苗試験，平成元年度島根水試験事業報告，154-159
- 小林稔（1986）：酒沼におけるヤマトシジミとその生息環境，茨城内水試研報，23，27-37
- 水戸地方气象台（1995-1997）：茨城県気象月報，平成7年～平成9年，各年6月～9月号
- 根本隆夫・位田俊臣・河崎正・根本孝（1994）：酒沼産ヤマトシジミ天然採苗予備調査，茨城内水試研報，30，24-35
- 根本隆夫・位田俊臣・河崎正・根本孝（1995）：酒沼におけるヤマトシジミの研究-I，水域別稚貝発生数の変化と採苗器の検討，茨城内水試研報，31，66-82
- 根本隆夫・河崎正・根本孝（1996）：酒沼におけるヤマトシジミの研究-II，D型幼生分布の季節変化，茨城内水試研報，32，8-20
- 農林水産省統計情報部（1999）：平成9年漁業・養殖業生産統計年報，208-227
- 佐々木道也（1981）：ヤマトシジミの産卵誘発について，茨城内水試研報，18，65-70
- 島根水試三刀屋内水面分場（1984）：汽水域における赤潮対策技術開発試験，シジミに関する調査，昭和58年度赤潮対策技術開発試験報告書，49-87
- 田中彌太郎（1984）：ヤマトシジミ稚仔期の形態及び生理的特性について，養殖研報，6，23-27