

## 諏訪湖におけるシジミの移植効果について

薄井孝彦 ・ 山本 長

### Studies on Efficiency of Transplantation of Corbiculidae to Lake Suwa

Takahiko USUI and Nagashi YAMAMOTO

諏訪湖におけるシジミの漁獲高は1910年代にはマシジミで約300トンあり、当時の全魚貝類の全漁獲高の40%前後をしめていた。1943年頃までは放流量の数倍の漁獲高があり、湖産での再生産も活発におこなわれていた(名東、1978)。しかし、夏季にMicrocystisの大発生が始った1945年(山岸ほか、1974)頃を境にして、シジミの漁獲高は減少の一途をたどり、近年では諏訪湖在来のマシジミは上川沖、豊田沖などの砂地にわずかに生息しているにすぎない。

諏訪湖漁業協同組合では1916年から1966年まではセタシジミを毎年40トン前後移植放流して資源の維持に努めてきた。しかし、シジミの回収率は約40%に低下してきたので、1967年以降は汽水産のヤマトシジミを毎年10トン前後移植するようになり、回収率は40~95%となった。

諏訪湖へ移植されたシジミは味覚が向上すると言われており、市場価値も高まる効果があるほかシジミ漁業は5月から7月までのワカサギ漁業の端境期において漁業者の収入源として重要な役割も果しており、諏訪湖のシジミ漁業は依然として重要な要素をしめている。

シジミ資源の減少した原因としては、湖の富栄養化にともなう生息環境の悪化および1945年当時の食糧難の時期における「乱獲」があげられる。本報では、現況の諏訪湖におけるシジミの移植効果を向上させるための施策、特にシジミの放流適種、適正環境を明かにするための調査、実験を行ったので報告する。

#### 1. 諏訪湖に生息する貝類の酸素消費量について

夏季の諏訪湖の水深2.5m以深では、溶存酸素が5ppm以下の低酸素水塊がよく発生する(山岸ほか、1974)。シジミの放流適種を検討する場合、低酸素環境には酸素消費量の小さい種類が斃死率が少なく、放流適種の1条件になるものと考えられる。このような観点から4種のシジミおよび諏訪湖に生息している貝類の酸素消費量を測定した。

#### 材料および方法

供試貝類は次の7種を用いその産地と大きさは下記のとおりである。

ヤマトシジミ	<i>Corbicula leana</i>	: 三重県長良川産, 個体重 1.75~2.44g (平均1.97g)
セタシジミ	<i>Corbicula sandi</i>	: 琵琶湖産, 個体重 3.49~3.85g (平均1.58g)
マシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	: 宮崎県小林市産, 個体重 1.31~1.59g (平均1.41g)
在来マシジミ	<i>Corbicula japonica</i>	: 諏訪湖産, 個体重 1.95~2.56g (平均2.17g)
ドブガイ	<i>Anodonta woliana</i>	: 諏訪湖産, 個体重 85.6~151.37g (平均125.83g)

\* 回収率= 諏訪湖漁業協同組合への出荷重量 × 100 / 移植重量

カラスガイ *Cristaria plicata spatiosa* : 諏訪湖産, 個体重 85.16~151.37g (平均 125.83 g)  
 イシガイ *Glmiodouglasiae nipponesis* : 諏訪湖産, 個体重 5.17~8.48g (平均 6.01 g)

県外産のシジミは諏訪湖へ移殖後 2 ヶ月経過したもので、各貝類とも 2 日間水温馴致したのち実験に供した。

貝類の酸素消費量の測定方法は次のとおりである。ヤマトシジミ、マシジミについては約 100ml の酸素ビンに、セタシジミ、イシガイについては約 300ml の酸素ビンに、ドブガイ、カラスガイについては約 6300ml の密閉ビンにそれぞれ 2~3 個の貝類を収溶したのち密栓した。実験水温は  $19.0 \pm 1^\circ\text{C}$  及び  $27.0 \pm 1^\circ\text{C}$  であり、酸素消費量は開始時と 2 時間後の溶解酸素量の差からもとめた。なお、供試貝類の容積はあらかじめ測定しておき、DO 計算のさい補正した。

### 結果および考察

7 種の貝類の酸素消費量の結果を表 1 に示した。

表 1 貝類の酸素消費量 (O<sub>2</sub> mg/g/h)

貝 類 種 類	水 温 (°C)	
	19.0 ± 1	27.0 ± 1
ヤマトシジミ	0.031 ± 0.01 (12)	0.064 ± 0.01 (2)
セタシジミ	0.032 ± 0.001 (2)	0.049 (1)
マシジミ	0.029 ± 0.005 (6)	0.047 ± 0.004 (2)
諏訪湖在来マシジミ	—	0.048 (1)
カラスガイ	0.013 (1)	0.048 (1)
ドブガイ	0.008 (1)	0.023 (1)
イシガイ	—	0.041 (1)

(注) (n) : 実験回数

水温 19°C および 27°C のシジミの酸素消費量は 3 種とも 0.03~0.06 O<sub>2</sub> mg/g/h の範囲にあつて差はなく低酸素環境に対する耐性にも差がないと考えられる。ヤマトシジミの酸素消費量は水温 18.0°C で 0.031 O<sub>2</sub> mg/g/h、28°C で 0.071 O<sub>2</sub> mg/g/h との報告 (位田ら, 1975) があり、今回の結果もほぼこの値に近いものであつた。

水温 19°C および 27°C のドブガイ、カラスガイ、イシガイの酸素消費量はドブガイで 0.01~0.02 O<sub>2</sub> mg/g/h とすくなかつたが、他の貝類はシジミ同様 0.03~0.06 O<sub>2</sub> mg/g/h であつた。

#### 2. ヤマトシジミを汽水域から淡水域へ移したときの影響について

ヤマトシジミは本来汽水域に生息し繁殖しており (朝比奈, 1941)、このようなヤマトシジミが淡水域へ移殖された場合、高い斃死率となる報告 (高橋ら, 1973) がある。

諏訪湖漁業協同組合では長良川の河口から上流 7 km 付近 (塩分濃度 0.6~17.0 ‰) で採取したヤマトシジミを 1967 年以降諏訪湖へ移殖・放流している。その回収率は 40~95% であるが、回収率低下の原因として本来汽水性のヤマトシジミを淡水へ移殖した影響も考えられるので本実験を行った。

## 材料および方法

供試シジミは三重県桑名市の長良川産のヤマトシジミで、平均殻長19.1mm、平均個体重2.50gの大きさであり、採取後、直ちに「保冷車」にて輸送されたものであった。このシジミは諏訪湖漁業協同組合が移殖用に導入したものの一部を用いた。

シジミは43cm×28cm×23.5cmのガラス水槽に収容し、塩分濃度の異った20ℓの飼育水で32日間無給餌で飼育して、斃死率を調査した。飼育水の塩素量は表2で示すように0.0%から18%まで変動させた6段階の試験濃度を設定し、アレン氏人工海水\*と淡水(水道水)との混合割合を変えることにより作成した。

表2 飼育水の塩素量

人工海水と淡水の混合比		計算上の 塩素量 (%)
人工海水 (%)	淡水 (%)	
100	0	18.0
80	20	14.4
60	40	10.8
40	60	7.2
20	80	3.6
0	100	0.0

供試貝は1試験区あたり重量で500g、197~238個体を用い、斃死率は斃死個体数を供試個体数で除してもとめた。斃死個体はその都度摘出し、水質悪化によるシジミの斃死を防ぐため3日に1回換水した。飼育水の水質は換水直前に調査した。分析方法は次のとおりである。

pH: TOYO PH比色器による。

DO: JIS K0101-1972 2.4.2 (ウインクラーアジ化ナトリウム変法)による。

NH<sub>4</sub>-N: ニコルスファーイスト社製、DREL型水質分析器(ネスラー法)による。

## 結果および考察

32日間のシジミの累積斃死率を図1に示した。

試験期間中の水質は各区とも水温10.5~18.0℃、pH7.2~7.9 DO8.3~9.8ppm NH<sub>4</sub>-N 0.05~2.25ppmであった。NH<sub>4</sub>-Nが高い値を示した区もあったが、3日毎に換水したので、水質がシジミの斃死に直接的影響を及ぼさなかったものと考えられる。

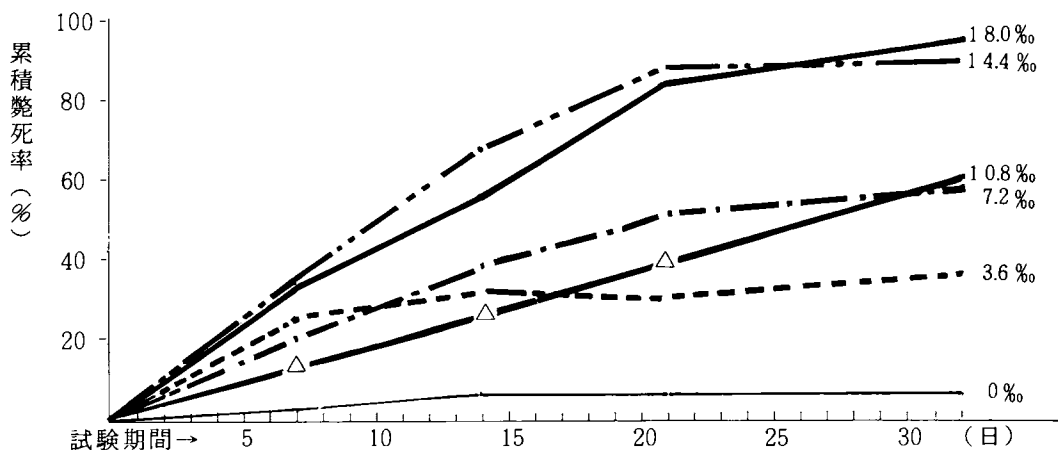


図1 ヤマトシジミを塩素量の異なる水に移殖した時の累積斃死率

\* アレン氏人工海水18%の組成は1.000ℓの水にNaCl 1522.8g、MgCl<sub>2</sub> 137.7g、KCl 41.6g、CaCl<sub>2</sub> 64.8g Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 189.0g、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 11.9gを溶解させたものである。

高塩素量区になるほど斃死率が高まり、淡水区での累積斃死率は6.4%と低かった。このことから供試したヤマトシジミの淡水順応性はかなり大きいと判断される。従って、諏訪湖へ移植したヤマトシジミの回収率低下の主因は淡水移殖の影響によるとは考えられない。但し、ヤマトシジミは淡水中での卵発生はできないとされており（朝比奈、1941）諏訪湖での再生産は期待できないと言える。

### 3. シジミに対する低酸素および高アンモニアの影響について

諏訪湖の夏季の底層水はしばしば低酸素、高アンモニアの水質となる（長野水試諏訪、1980）。これらの水質がシジミの斃死にどの程度の影響を及ぼしているかをみるため本実験を行った。

#### 材料および方法

供試シジミは3種のシジミを用い、その産地は1.と同様であり、諏訪湖へ移植してから6ヶ月経過したものを用いた。供試シジミの平均個体重はヤマトシジミ1.86g、セタシジミ8.00g、マシジミ1.53gであった。

試験区は表3に示すように高酸素区と低酸素区を設け、これにそれぞれアンモニア濃度4段階を加えた総計8区とした。高酸素区は20lのガラス水槽に水道水をいれ、十分に曝気したものをあて、低酸素区は十分に沸騰させた水道水を6.3lのガラスビンに注入し冷却したものをあてた。

アンモニアの濃度は28%アンモニア水で $\text{NH}_4\text{-N}$ で1ppm、10ppm、30ppmとなるようにした。また、試水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の低下を防ぐため2日に1回換水した。高酸素区のシジミの供試数は3種のシジミとも10個体ずつ計40個体を用い、低酸素区は各5個体ずつ計20個体を用いた。試験期間は低酸素区で8日間、高酸素区で14日間とした。

両区とも無給餌で経過時間ともなう3種のシジミの斃死率を調査した。水温は図2に示した実験装置のサーモスタットで $20 \pm 2^\circ\text{C}$ を保った。また、換水前に各区の水質を調査した。分析方法は2.と同様である。

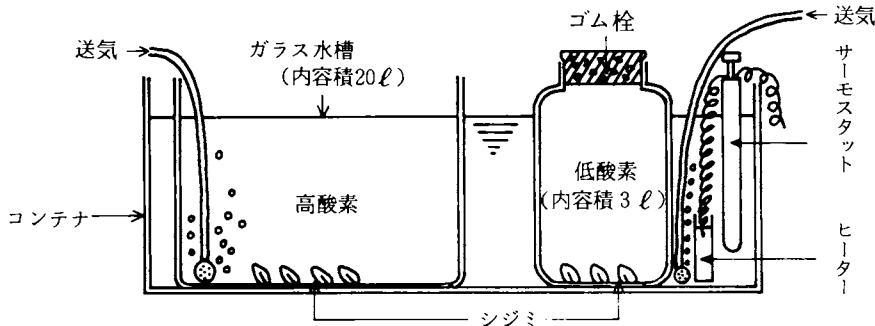


図2 シジミに対する低酸素、高アンモニアに対する影響試験実施装置（断面）

#### 結果および考察

シジミの種類ごとの斃死率の推移を表3に示し、また、換水前の各区の水質を表4に示した。アンモニア無添加の低酸素状態では3種の供試シジミとも斃死が認められなかったことから、シジミの種類による低酸素状態に対する耐性は差がないと考えられる。

アンモニアは1ppmよりシジミに致命的な影響をあらわし、アンモニア濃度が高くなるほど斃死率も高まった。これに低酸素状態が加わると、致命的な影響は更に強くあらわれた。シジミの種類ではセタシジミの斃死率が低い傾向がみられ、他のシジミよりもアンモニアの影響を受けにくいと思われる。

表3 3種のシジミに対する溶存酸素、アンモニアの影響

試験 期間 (日)	シジミ の 種類	高 酸 素 区				低 酸 素 区			
		NH <sub>4</sub> -N (ppm)				NH <sub>4</sub> -N (ppm)			
		0	1	10	30	0	1	10	30
2	Y	0	0	0	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0
	M	0	0	0	30	0	0	0	0
4	Y	0	10	0	10	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0
	M	0	30	0	30	0	0	0	10
6	Y	0	50	10	40	0	0	0	60
	S	0	0	10	0	0	0	20	20
	M	10	50	20	50	0	20	10	100
8	Y	0	50	20	80	0	0	100	100
	S	0	0	20	90	0	0	100	100
	M	10	50	40	80	0	20	80	100
10	Y	0	60	30	100				
	S	10	0	20	90				
	M	10	50	50	90				
12	Y	0	60	50	100				
	S	10	0	20	100				
	M	20	50	50	100				
14	Y	0	60	60	100				
	S	10	10	30	100				
	M	20	50	60	100				

上表の値は累積数死亡率(%)を示す。 Y: ヤマトシジミ S: セタシジミ M: マシジミ

表4 シジミに対する溶存酸素、アンモニアの影響試験の換水前の水質

水質 項目	経過 日数	高 酸 素 区				低 酸 素 区			
		NH <sub>4</sub> -N (ppm)				NH <sub>4</sub> -N (ppm)			
		0	1	10	30	0	1	10	30
pH	2日	7.3	7.2	7.3	7.5	7.2	7.4	8.3	9.1
	4日	7.3	7.3	7.3	7.9	7.1	7.1	7.3	7.3
	7日	7.3	7.3	7.3	7.7	6.8	6.9	7.1	8.1
	9日	7.2	7.3	7.4	8.1				
	11日	7.2	7.3	7.3	8.1				
	14日	7.3	7.3	7.1	8.1				
DO (ppm)	2日	8.5	8.9	8.4	8.7	1.3	1.6	1.9	3.6
	4日	8.1	7.5	7.4	7.8	0.5	0.7	0.8	0.6
	7日	8.7	6.5	5.5	7.2	1.0	1.2	0.1	0.3
	9日	7.5	7.4	7.3	8.3				
	11日	9.0	5.4	6.8	8.1				
	14日	7.6	7.1	5.5	7.0				
NH <sub>4</sub> -N (ppm)	2日	0.51	1.15	4.25	105.0	0.11	0.75	4.00	6.50
	4日	0.51	1.52	5.15	15.00	0.10	0.43	4.75	13.25
	7日	0.20	1.35	5.50	15.00	0.12	0.75	7.90	26.10
	9日	0.55	1.16	4.35	13.75				
	11日	0.35	0.55	4.00	10.00				
	14日	0.05	0.50	3.30	5.00				

#### 4. シジミに対する *Microcystis* の影響について

*Microcystis* は1945年以降、夏季の諏訪湖で大発生しているが、この頃からシジミの漁獲高が減少した。現況の諏訪湖では夏季の風下の底層水の *Microcystis* の濃度は著しく高まり、SS換算で1680ppmに達することもある（長野水指諏訪、1980）。更に、*Microcystis aeruginosa* は毒性を有している（橋本、1978）との報告もある。以上のことを勘案すると、*Microcystis* がシジミに対して致命的な影響を及ぼしていることも考えられる。これらのことを明かにするため本実験を行った。

#### 材料および方法

供試シジミは3種のシジミを用い、その産地と大きさは3つの試験と同様であり、諏訪湖へ移殖してから4ヶ月経過したものをを用いた。試験区分は *Microcystis* の濃度、瀑気の有無により6区分とし、1区あたり各シジミ5個体の計15個体を用い、14日間、無給餌状態におき経過時間にとまなう斃死率をみた。*Microcystis* は夏季の諏訪湖で採取し、10lの試水にSS換算で50ppm、2000ppmとなるように加え、供試シジミを収容した。シジミに対する *Microcystis* の影響は底層水の動きの状態によって変わってくるものと考えられる。この点を考慮して、水の動きのある「瀑気区」と水の動きのない「無瀑気区」を設定した。試験期間中、供試水の交換は実施せず、3日おきに水質調査を実施した。

#### 結果および考察

各区のシジミの斃死率の推移を表5に示し、また、水質の推移を表6に示した。

表5 シジミに対する *Microcystis* の影響

区分	瀑気の有無	シジミの種類	経過日数 (日)											
			1~4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
対照	あり	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	なし	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
M		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Microcystis</i> 50ppm	あり	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
		S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	なし	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	40
S		0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	40	40	
M		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Microcystis</i> 2000ppm	あり	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		S	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20
	なし	Y	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	100	100
S		0	0	0	0	0	0	0	0	40	80	100	100	
M		0	0	0	0	0	0	0	0	20	60	100	100	

(注) 上表の数値は累積斃死率(%)を示す。 Y: ヤマトシジミ S: セタシジミ M: マシジミ

表6 シジミに対する *Microcystis* の影響試験の水質

区分	瀑気の有無	経過日数(日)	水質			
			水温(°C)	PH	DO(ppm)	NH <sub>4</sub> -N(ppm)
対照	あり	1	22.1	7.3	8.1	0.35
		3~4	22.0	7.5	8.1	1.35
		6~7	23.0	7.5	7.4	0.58
		11~12	19.0	7.4	8.5	1.46
		14	22.0	7.3	8.0	0.23
	なし	1	22.1	7.1	6.5	0.46
		3~4	22.0	7.4	3.7	0.30
		6~7	23.0	7.3	3.4	1.30
		11~12	19.0	7.4	5.3	2.45
		14	22.0	7.3	2.3	0.56
<i>Microcystis</i> 50 ppm	あり	1	22.1	7.3	7.3	1.15
		3~4	22.0	7.4	7.5	4.83
		6~7	23.0	7.4	7.3	2.80
		11~12	19.0	7.4	4.4	0.75
		14	22.0	7.5	9.3	0.42
	なし	1	22.1	7.2	2.7	1.98
		3~4	22.0	7.3	1.2	2.70
		6~7	23.0	7.4	1.4	2.40
		11~12	19.0	7.7	1.1	0.75
		14	22.0	7.7	0.8	5.85
<i>Microcystis</i> 2000 ppm	あり	1	22.1	7.1	5.2	1.48
		3~4	22.0	7.3	5.2	2.75
		6~7	23.0	7.9	10.3	6.25
		11~12	19.0	7.5	9.4	3.75
		14	22.0	7.5	4.5	0.75
	なし	1	22.1	7.1	0.0	1.47
		3~4	22.0	7.1	0.0	0.78
		6~7	23.0	7.3	0.0	0.50
		11~12	19.0	7.5	0.0	1.50
		14	22.0	7.7	0.0	5.75

瀑気があれば *Microcystis* の濃度が2000ppm という高濃度でもシジミの斃死率は20%と低かった。しかし、無瀑気であると同じ濃度でも100%の斃死率となった。無瀑気区では *Microcystis* の枯死がみられ、この際、表6で示すように供試水の酸素はほとんどなくなり、高アンモニアの水質となった。このことがシジミの斃死原因となったものと思われる。従って、シジミに対する *Microcystis* そのものの毒性は強くなく、二次的な水質悪化の影響の方が大きいと言える。また、シジミの種類による *Microcystis* の影響の差はみられなかった。

#### 5. 諏訪湖のシジミの腸管内にみられるプランクトンについて

ヤマトシジミはデトリタスや珪藻などのプランクトンを主に摂餌しているとの報告(朝比奈、1941)がある。諏訪湖へ移殖されたシジミの腸管内にみられるプランクトンについて、湖水に発生するプランクトンとの関係で調査し、シジミの生息に適するプランクトン相について検討した。

#### 材料および方法

供試シジミは次の2種を用い、その産地は1.の試験と同様であり、シジミの大きさは次のとおりである。

ヤマトシジミ：平均個体重2.38g、平均殻長19.4mm

セタンジミ：平均個体重6.05g、平均殻長22.2mm

これらのシジミは図3に示した st. 2 の上川沖水深 2.2 m の泥質地に1981年4月中旬に移殖放流した。

シジミは5月から12月までの間、月1回、結腸部の内容物を検鏡調査した。また、シジミ採取に先だって放流地点の底層水中のプランクトン相を検鏡し、両者の関連をみた。

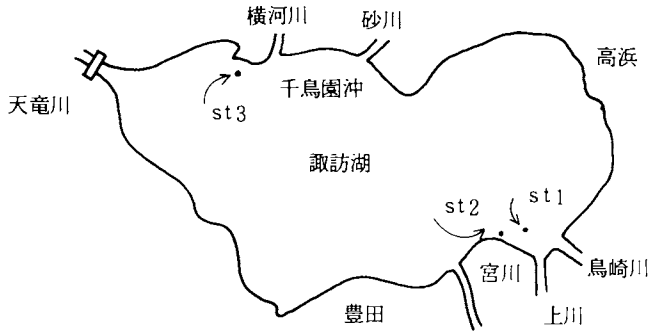


図3 シジミの腸管内プランクトン相調査(st2) シジミ成長状況調査(st1,st2) およびカラスガイ、ドブガイ成長状況調査(st3)調査地点図

(注) st.1: 上川沖砂地、st2: 上川沖泥地、st3: 千鳥園沖砂地

### 結果および考察

底層水のプランクトン相の推移を表7に示し、また、シジミの腸管内容物の時期的な推移を表8に示した。

表7 上川沖(泥地)の底層水の主要プランクトン数の月別推移(0.1 ml 当りの細胞数) (1981年5月~12月)

調査月/日		5/25	6/11	6/19	7/6	7/20	8/6	8/19	9/9	9/23	10/8	10/19	11/9	12/9	
植 物 プ ラ ン ク ト ン	<i>Microcystis</i>					467	13,143	8800	313		204			480	
	<i>Aphanocapsa</i>					134		18,370	875						
	<i>Oscillatoria</i>						767	50	113	13	50	860	280		
	<i>Anabaena</i>				56	100									
	<i>Melosira</i>	26	24	158	860	153	598	67	63	253	138	920	520	720	
	<i>Cyclotella</i>	13	16	47	70	41	312	33	63	23	38	40	40	420	
	<i>Fragilaria</i>	5			20	10	26	84			46				
	<i>Asteionella</i>	191	82	10	280			33			12			624	
	<i>Synedra</i>	10	13	27	30	113	234		38	127	63	180	20	12	
	<i>Frustulia</i>	3	2		70	27		200	25	69	38			111	
	<i>Amphora</i>				2	20	7	26						20	12
	<i>Scenedesmus</i>				4		3								
	<i>Closterium</i>									100	69	50	100		
	<i>Staurastrum</i>						3	39							
	<i>Crucigenia</i>						15								
	<i>Paramecium</i>			1											
	<i>Vorticella</i>				1										
	<i>Filinia</i>	6	1	3	1										
<i>Moina</i>						1									



表8 シジミの腸管内容物中のプランクトン相 (1981年5月~12月)

調 査 月/日	セ タ シ ジ ミ		ヤ マ ト シ ジ ミ	
	植 物 プ ラ ン ク ト ン	動 物 プ ラ ン ク ト ン	植 物 プ ラ ン ク ト ン	動 物 プ ラ ン ク ト ン
5/25	<i>Melosira</i> 、 <i>Asterionella</i> <i>Navicula</i>	<i>Polythra</i> <i>Filinia</i>	(-)	<i>Filinia</i>
6/11	<i>Melosira</i> 、 <i>Neidium</i> <i>Stauroneis</i>	(-)	<i>Melosira</i> 、 <i>Asterionella</i> <i>Neidium</i>	<i>Polythra</i>
7/6	<i>Microcystis</i> <i>Melosira</i> 、 <i>Asterionella</i> <i>Synedra</i> 、 <i>Cocconeis</i> <i>Frustulia</i> 、 <i>Pinnularia</i>	(-)	<i>Melosira</i> 、 <i>Cyclotella</i> <i>Fragilaria</i> 、 <i>Synedra</i> <i>Cocconeis</i>	(-)
8/7	<i>Microcystis</i> 、 <i>Aphanocapsa</i> <i>Melosira</i> 、 <i>Cyclotella</i> <i>Stauroneis</i> 、 <i>Cymbella</i>	(-)	<i>Microcystis</i> <i>Melosira</i> 、 <i>Cyclotella</i> <i>Stauroneis</i> 、 <i>Nvicula</i>	(-)
9/9	<i>Microcystis</i> <i>Fragilaria</i> 、 <i>Asterionella</i>	(-)	(-)	(-)
10/8	<i>Microcystis</i> 、 <i>Aphanocapsa</i> <i>Melosira</i> 、 <i>Cyclotella</i> <i>Navicula</i>	(-)	<i>Melosira</i> 、 <i>Cyclotella</i> <i>Frustalia</i> <i>Pediastrum</i>	(-)
11/9	<i>Melosira</i> 、 <i>Cyclotella</i> <i>Asterionella</i> <i>Scenedesmus</i> 、 <i>Closterium</i>	(-)	<i>Melosira</i> <i>Cyclotella</i> <i>Navicula</i>	(-)
12/9	(-)	(-)	(-)	(-)

(-) : プランクトン認められず。

底層水のプランクトン相は5月、6月は珪藻類、*Melosira*、*Asterionella*が多く、動物プランクトンでは*Filinia*類もみられた。7月、8月では藍藻類、*Microcystis*、*Aphanocapsa*が優占種となり9月以降は再び珪藻類が増加した。

ヤマトシジミ、セタシジミの腸管内のプランクトン組成は、底層水のプランクトン相とはほぼ同様であった。5月、6月は珪藻類、*Melosira*、*Neidium*、*Asterionella*が多く、動物性プランクトン*Filinia*もみられた。7月、8月は*Microcystis*、*Aphanocapsa*もみられたが、*Melosira*、*Cyclotella*、*Cocconeis*などの珪藻類の方が多くみられた。9月、10月、11月では*Melosira*、*Cyclotella*、*Asterionella*などの珪藻類が多くみられた。しかし、12月はプランクトンはみられなかった。これらの状況は琵琶湖のセタシジミの腸管で、珪藻類が季節を問わずみられたとの報告(林ほか、1956)と同様な傾向であった。

1910年代の諏訪湖ではシジミの再生産が活発に行われており、この当時のプランクトン相は夏季でも珪藻類、*Melosira*、*Asterionella* が優占種であったこと（山岸ほか、1974）を考えると、シジミにとって適性なプランクトン相は珪藻類が優占種となっている湖水であろうと思われる。

## 6. 諏訪湖におけるシジミの成長について

諏訪湖におけるシジミの成長状況を放流環境に差を設けて調査し、また参考として諏訪湖に生息しているカラスガイ、ドブガイの成長状況をみた。

### 材料および方法

供試貝は次の3種のシジミと諏訪湖に生息しているドブガイ、カラスガイを用いた。シジミの産地は1.の試験と同様であり、移殖直後のものを用いた。供試貝の大きさは次のとおりである。

- ヤマトシジミ：平均個体重 2.22 g，平均殻長 19.1 mm
- セタシジミ：平均個体重 3.32 g，平均殻長 18.0 mm
- マシジミ：平均個体重 0.74 g，平均殻長 12.7 mm
- カラスガイ：個体重 1.3～110.5 g，殻長 2.48～90.0 mm
- ドブガイ：個体重 0.5～112.3 g，殻長 2.06～110.1 mm

(1)シジミについて：調査期間は1981年の4月下旬から12月上旬までの220日間であり、試験実施地点は図3で示したst. 1の上川沖砂地（水深1.2 m）およびst. 2の上川沖泥地（水深2.2 m）の両地点である。st. 1は諏訪湖への最大の流入河川である上川の河口にあり、遠浅の砂地となっており、シジミにとっての好環境地という想定で設定し、st. 2は泥地であり、悪環境地という想定で設定した。

図4で示した1.0 m × 0.5 m × 0.15 mの鉄製試験カゴの中に、試験地点の湖泥を収容した0.5 m × 0.25 m × 0.05 mの成長量調査枠を3基設置し、その各々に3種のシジミ40個体ずつ放養し、シジミの逃亡を防ぐため5 mmのネット地で被い、それぞれの地点の湖底へ沈下した。シジミは月1回とりあげて、生残率と成長量を調査した。

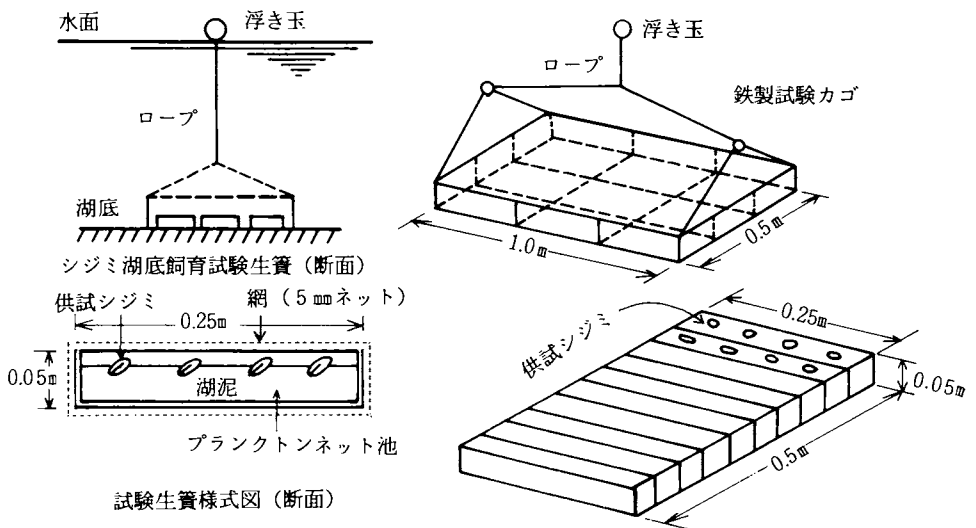


図4 シジミの成長状況調査の試験カゴおよび試験生簀

(2) カラスガイ、ドブガイについて：調査期間は1980年6月4日から12月8日までの184日間であり、試験地点はst.3の千鳥園沖の砂地(水深1.3 m)で行った。同地点の湖泥を図5で示した1.0 m×0.5 m×0.5 mの鉄製生簀の中に30 cmの厚さとなるようにいれ、供試目を各々10個体収容したのち湖底へ沈下させ、試験期間中3回とりあげて生残率と成長量とを調査した。

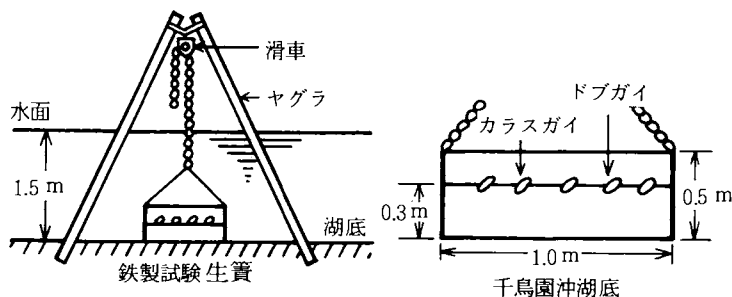


図5 カラスガイ、ドブガイ成長状況調査実施装置模式図(断面)

供試目は油性マジックにより標識し、斃死目は調査の都度摘出し、新しい個体を補充した。試験地点の水質、底質状況についても随時調査した。底質の分析方法は松江吉行編「水質汚濁調査指針」によった。

## 結果および考察

### (1) シジミの成長について

砂地(st.1)および泥地(st.2)のシジミの月別成長量および生残率を表9、図6に示した。また両地点の水質、底質を表10に示した。

生残率は各シジミとも砂地の方が泥地よりも1.8～6.6倍高かった。また、全期間通算の生残率ではヤマトシジミが砂地で96.5%、泥地で50.1%と最も高く、セタシジミは砂地で19.8%、泥地で3.0%と最も低かった。セタシジミは移殖直後の斃死率が77.5～90.0%と著しく高く、この時期を除けば通算生残率は砂地で88.1%、泥地で30.3%となり、ヤマトシジミにつぐ生残率であった。また、泥地の8月、9月中のシジミの斃死率は他の時期に比べ高まる傾向がみられた。

シジミの成長状況では各シジミとも砂地の方が泥地よりも増殻成長で1.6～3.8倍、個体増重量で2.1～2.9倍多かった。また、時期的にみると砂地、泥地とも、5月から7月までの成長量が最も大きく、全成長量の50～70%を占めていたが、8月中の成長量は7月の約10～25%までに減少した。9月に入ると成長量は再び増加したが、11月に入るとセタシジミを除いては成長はみられなかった。

8月以降の成長状況ではセタシジミの成長量が最も大きく、泥地の個体増重量でもセタシジミが最も大きかった。また、砂地ではヤマトシジミの個体増重量が最も大きかった。

5の調査結果からもわかるように、5月から7月までの湖水は珪藻が優占している時期であり、8月は *Microcystis* が優占している時期であることから、成長、生残率の点からも珪藻が優占している湖水の状態がシジミにとって好適であり、*Microcystis* の優占している状態は不適であることが推察された。8月の成長低下の原因としては表10から8月の水質、底質が他の時期に比べ著しく悪化していることがあげられる。また、泥地の方が砂地よりもシジミの成長量が著しく低下した原因も表10から泥地の水質、底質が砂地よりも悪化していたことがあげられる。このようにシジミの成長、生残は移殖地の水質、底質によって大きく影響を受けるものと言える。また、以上の結果から、シジミの成長、生残率を勘案すると、シジミの漁獲時期は8月以降にするのが効率的と言える。

表9 諏訪湖の砂地、泥地におけるシジミの生残率、成長量

(1981年5月～11月)

	時 期 (月)	5～6	6～7	7～8	8～9	9～10	10～11	11～12	全 期	
		(5月中)	(6月中)	(7月中)	(8月中)	(9月中)	(10月中)	(11月中)		
生 残 率 (%)	砂 地	Y	100.0	100.0	100.0	97.5	100.0	95.0	100.0	96.5
		S	22.5	97.5	97.5	97.5	95.0	100.0	100.0	19.8(88.1)
		M	94.4	92.5	98.0	97.2	97.4	70.3	90.0	51.3
	泥 地	Y	87.5	100.0	95.0	85.0	90.0	90.0	87.5	50.1
		S	10.0	85.0	95.0	67.5	82.1	82.5	82.1	3.0(30.3)
		M	87.5	86.8	86.8	71.8	45.9	60.0	85.0	11.1
平均 増 殻 長 量 (mm)	砂 地	Y	0.283	0.818	1.050	0.230	0.551	0.142	0.032	3.106
		S	0.080	0.300	0.720	0.456	0.370	0.327	0.092	2.345
		M	0.553	0.860	0.700	0.476	0.440	0.158	-0.027	0.829
	泥 地	Y	-0.014	0.215	0.500	0.020	0.200	0.169	0.003	1.053
		S	-0.050	0.330	0.545	0.089	0.261	0.285	0.028	1.488
		M	0.254	0.140	0.370	0.080	0.030	0.017	-0.062	0.829
平均 増 重 量 (g)	砂 地	Y	0.214	0.379	0.411	0.120	0.221	0.100	-0.001	1.444
		S	0.101	0.220	0.405	0.153	0.250	0.196	0.027	1.352
		M	0.065	0.110	0.140	0.094	0.071	0.026	-0.018	0.478
	泥 地	Y	0.104	0.125	0.140	0.036	0.018	0.049	0.013	0.485
		S	0.083	0.090	0.229	0.060	0.068	0.084	0.024	0.638
		M	0.049	0.030	0.098	0.020	0.010	0.005	-0.006	0.206
日 間 平 均 増 重 量 (mg)	砂 地	Y	6.7	15.8	13.7	3.9	7.1	3.1	0.0	6.7
		S	3.2	8.5	13.5	4.9	8.4	6.1	0.9	6.3
		M	1.9	3.9	5.0	3.0	2.3	0.8	-0.6	2.2
	泥 地	Y	3.2	4.8	4.7	1.1	0.6	1.5	0.4	2.3
		S	2.5	3.3	7.6	1.9	2.3	2.6	0.8	3.0
		M	1.5	1.0	3.4	0.6	0.4	0.2	-0.2	1.0
平均 増 重 率 (%)	砂 地	Y	10.6	17.1	15.8	4.0	7.1	3.0	0.0	64.8
		S	2.5	4.8	8.5	3.0	4.8	3.7	0.5	29.4
		M	13.7	18.2	22.4	116.	8.0	2.3	-1.6	82.4
	泥 地	Y	4.5	5.0	5.3	1.3	0.6	1.8	0.5	19.3
		S	2.2	1.8	4.1	1.1	1.4	1.7	0.5	12.2
		M	7.3	4.1	13.4	2.3	1.1	0.6	-0.7	24.5

全期の欄の( )内の数値は移殖直後の斃死を除いた6月から12月までの生残率を示す。

Y: ヤマトシジミ S: セタシジミ M: マシジミ

環境条件がよい砂地 (st. 1) におけるシジミの成長状況を移植時の個体重と試験終了時の増重量 ( =  $\frac{\text{増重量} \times 100}{\text{移植時個体重}}$  ) との指数回帰をみることによりもとめた。各シジミとも1%の危険率で有意性が認められ、その回帰式は次のとおりであり、図7に示した。

ヤマトシジミ  $y = 202.0 \times (6.0/100)^x$ -----① 但し x : 移植時個体重 (g)  
 セタシジミ  $y = 133.7 \times (7.7/100)^x$ -----② y : 5月から11月までの増重量  
 マシジミ  $y = 238.1 \times (1.9/100)^x$ -----③ (%)

表10 諏訪湖の砂地、泥地におけるシジミの成長状況調査地点の底層水の水質および底質

(1981年)

調査 月/日	上川沖砂地 (st 1) の底層水質							上川沖泥地 (st 2) の底層水質						
	時刻 (時:分)	水温 (°C)	pH	DO (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	時刻 (時:分)	水温 (°C)	pH	DO (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)
6/18	10:40	21.0	7.5	10.7	38	7.5	-	10:55	20.7	7.5	9.4	73	2.0	-
7/17	11:30	28.0	9.1	12.1	4.2	11.5	0.56	11:05	21.0	7.3	7.7	80	-	0.96
8/19	11:10	23.0	9.1	10.0	13.6	29.5	0.50	12:50	23.5	9.2	10.4	153	-	0.50
9/25	12:05	21.5	9.0	11.9	4.8	26.0	0.50	11:55	21.0	7.0	4.3	52	9.0	1.10
10/20	10:25	13.7	7.4	12.0	3.8	14.5	0.55	10:33	13.7	7.5	10.6	44	-	0.70
調査 月/日	上川沖砂地 (st 1) の底質			上川沖泥地 (st 2) の底質										
	強熱減量 (%)	硫化物 (S mg/g 乾泥)	COD (O <sub>2</sub> mg/g 乾泥)	強熱減量 (%)	硫化物 (S mg/g 乾泥)	COD (O <sub>2</sub> mg/g 乾泥)								
4/30	5.6	0.253	21.8											
5/9				14.0	0.247	150.4								
8/9	0.8	0.036	41.2	15.9	0.336	113.7								
9/8	3.3	0.194	21.5	16.3	0.165	85.4								

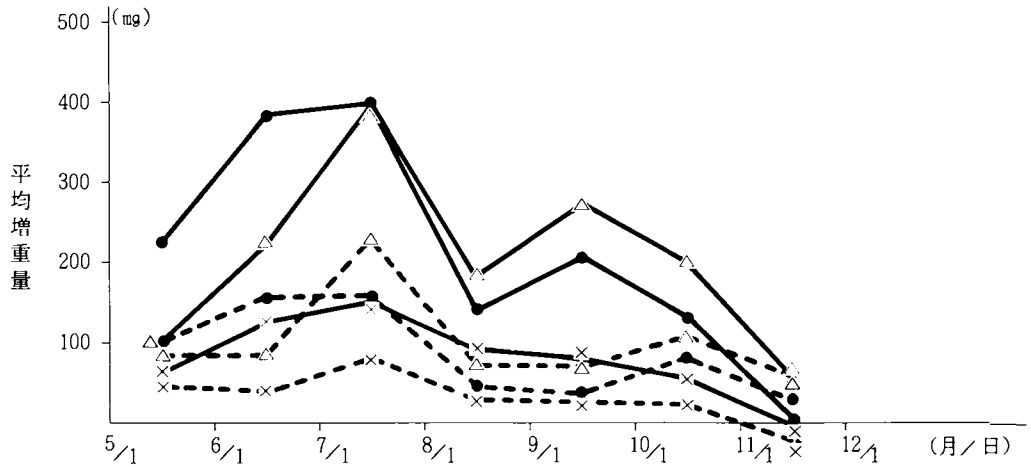
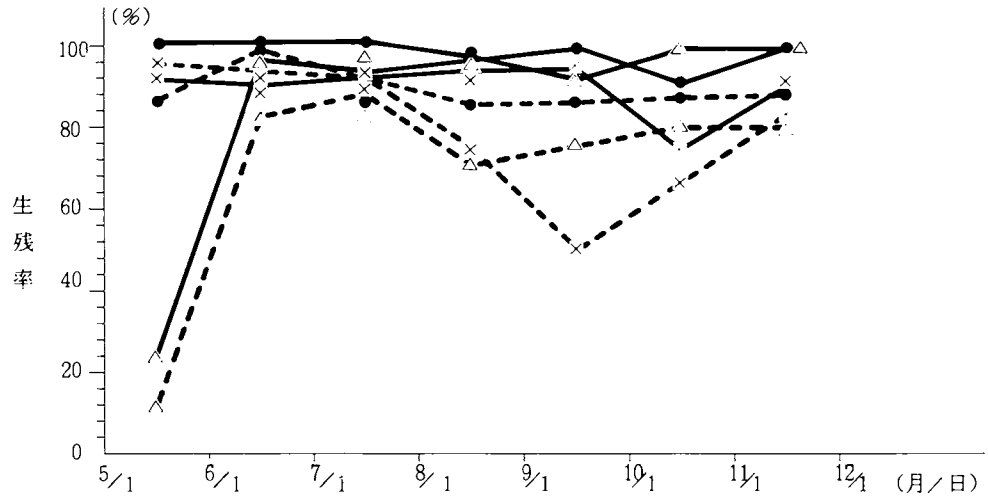


図6 諏訪湖の砂地・泥地におけるシジミの生残率、平均増重量の月別推移

- 砂地ヤマトシジミ
- - ● 泥地ヤマトシジミ
- △—△ 砂地セタシジミ
- △- - △ 泥地セタシジミ
- ×—× 砂地マシジミ
- ×- - × 泥地マシジミ

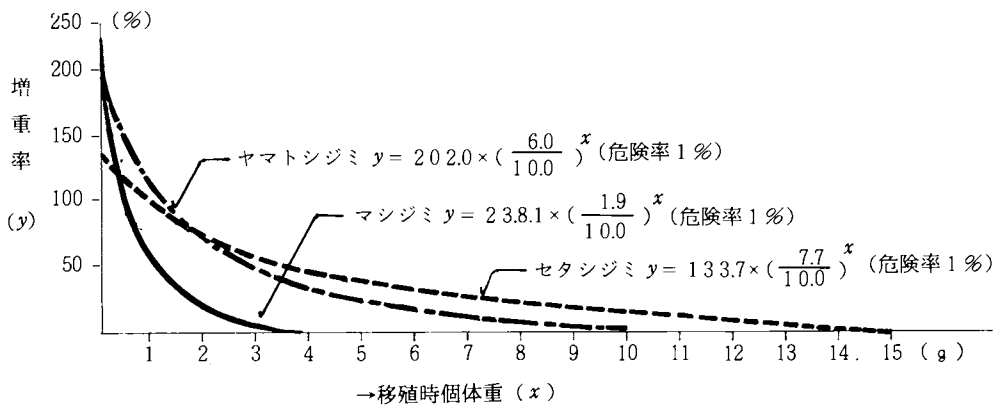


図7 諏訪湖におけるシジミの移植時個体重と増重率との関係  
(シジミの移植期間 1981年5月～11月)

(2) カラスガイ、ドブガイの成長について

カラスガイ、ドブガイの生残率および成長量の推移を表11に示し、また、試験地点の水質、底質を表12に示した。

表12から試験地点である千鳥園沖は上川沖砂地とほぼ同等の環境条件であったと考えられる。(1)と同様に、移殖時の個体重と6月から11月までの増重倍率との相関関係をみたところ、④⑤に示す様な指数回帰が認められ、図8に示した。

カラスガイ  $y = 122.2 \times (9.8 / 10.0)^x$  -----④ 危険率2.5%

ドブガイ  $y = 530.5 \times (9.6 / 10.0)^x$  -----⑤ 危険率0.5%

但し、 $x$ ：放流時個体重(g)  $y$ ：6月から11月までの増重率(%)

諏訪湖に移殖しているシジミの平均個体重は約20gであるので、この値を上述の①～⑤式に代入して、各貝類の増重率( $y$ )をもとめると、ドブガイ488.9%、カラスガイ117.3%、セタシジミ79.3%、ヤマトシジミ72.7%、マシジミ8.6%となる。この結果からドブガイ、カラスガイはシジミよりも成長がよいことが判明した。しかし、ドブガイ、カラスガイはシジミより低価格であるので漁獲対象にはなりにくいのが現況である。

表11 諏訪湖におけるカラスガイ、ドブガイの生残率、成長量

(千鳥園沖 1980年6月～11月)

貝の種類		生残率(%)						全期生残率(%)	
		6月/4日～7/24		7/25～10/16		10/17～12/8			
カラスガイ		85.6		85.7		100.0		73.4	
ドブガイ		40.0		87.5		100.0		35.0	

貝の種類	個体No	成長状況								全期増重量 増重率	
		6/4		7/24		10/17		12/18			
		体重(g)	殻長(mm)	体重(g)	殻長(mm)	体重(g)	殻長(mm)	体重(g)	殻長(mm)	(g)	(%)
カラスガイ	1	1.31	248	2.60	29.0	4.40	34.0	3.20	32.8	1.89	144.3
	2	26.71	59.0	32.05	65.8	34.77	68.6	41.26	72.4	14.55	54.5
	3	110.47	90.0	120.20	96.2	119.63	97.0	125.78	98.0	15.31	13.9
	4			165.33	115.1	166.30	115.4	176.20	118.2	10.87	6.6
ドブガイ	1	0.50	20.6	1.31	25.2	2.58	31.5	3.49	33.4	2.99	598.0
	2	1.99	34.8	5.12	42.2	7.54	49.0	9.80	51.2	7.81	392.5
	3	67.77	98.0	81.58	106.6	84.12	108.9	92.80	109.5	25.03	36.9
	4	75.82	106.1	114.61	121.3	112.92	121.0	120.17	121.0	44.35	58.5
	5	112.31	119.4	110.08	121.2	110.97	121.3	120.46	121.8	8.15	7.3

表12 諏訪湖におけるカラスガイ、ドブガイの成長状況試験

試験地点の底層水の水質および底質

(千鳥園沖 1980年6月~11月)

調 査 月/日	底 層 水 の 水 質 (水深 1.5 m)						
	調査 時間 (時:分)	水温 (°C)	PH	DO (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)
6 / 3	11:20	19.5	7.5	10.2	4.8	14.5	0.15
7 / 4	12:05	21.1	7.1	8.0	3.0	8.5	0.20
8 / 11	13:30	24.1	9.1	18.6	27.5	117.5	3.05
9 / 3	14:25	21.8	8.6	9.2		36.0	0.30
10 / 3	10:25	15.5	8.4	11.1	7.6	13.5	0.60
11 / 12	13:20	10.4	8.7	14.7	4.3	9.5	0.20

調 査 月/日	試 験 生 簀 の 底 質		
	強熱減量 (%)	硫化物 (Smg/g 乾泥)	COD (O <sub>2</sub> mg/g 乾泥)
5 / 20	1.63	0.645	7.51
10 / 14	1.70	0.689	28.58
12 / 15	1.70	0.689	36.01

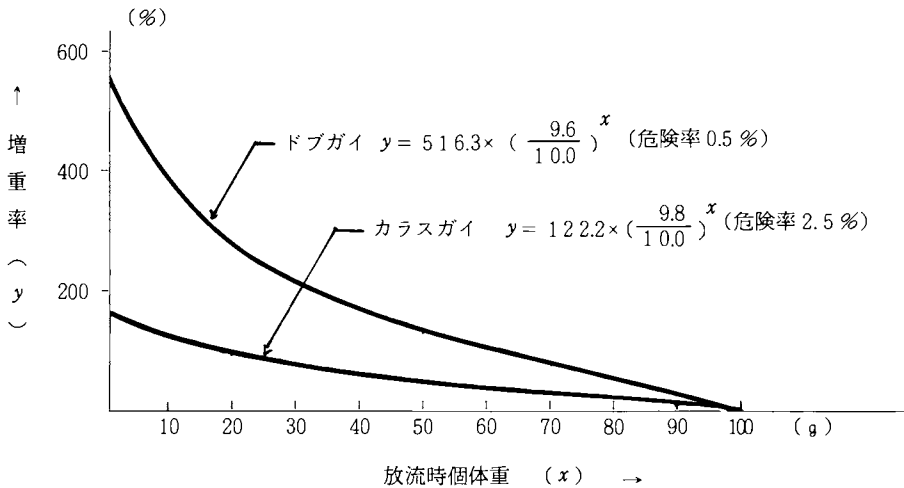


図8 諏訪湖におけるカラスガイおよびドブガイの  
放流時個体重と増重率との関係  
(放流期間は6月~11月)



## 総 合 考 察

以上一連の試験結果に基づき、諏訪湖におけるシジミの放流適種、適環境について検討し、今後の課題を次にあげた。

### (1) 放流適種について

放流適種としては諏訪湖の環境への順応性が大きく、生残率、増重率が高いことが必要である。これらを数量的にあらわすため放流効果率C\*を各シジミについて算出し検討した。

$$C = x(1 + y) - 1 \quad \dots\dots\textcircled{1} \quad \text{但し、} \quad C: \text{放流効果率} \quad y: \text{増重率}(\%) \\ x: \text{シジミの生残率}(\%)$$

式に代入する生残率(x)は表9で示した6の試験の砂地(st1)の全期生残率を用い、増重率(y)は6の試験でもとめた移殖時2.0gの個体重の各シジミの増重率を用いた。各シジミのC値は、ヤマトシジミが0.667、セタシジミが-0.433、マシジミが-0.433となった。このことからヤマトシジミが諏訪湖の放流適種と考えられた。但し、ヤマトシジミは種苗の産地により淡水順応性が著しく異なることがあるので、順応性に注意して導入することが必要である。

セタシジミは本試験では生残率が著しく低かったため放流効果が認められなかった。マシジミは増重倍率、生残率とも低かったため放流効果があがらず、放流適種とはいえない。

### (2) シジミの放流適正環境について

DO、NH<sub>4</sub>-Nなどの水質とシジミの生残率との関係を見るため3.4の試験期間中の各区の水質の平均値と試験終了時のヤマトシジミの生残率を表13に示した。

高酸素(DO 6.6 ppm以上)条件と低酸素(DO 4.2 ppm以下)条件の2つについて、NH<sub>4</sub>-N濃度とシジミの生残率との相関を図9に示した。

表13、図9から低酸素で高アンモニアの水質ではシジミの生残率は著しく低下することがわかる。

また、6の試験の上川沖の砂地と泥地におけるシジミの放流成績においても同様のことがいえ、シジミの放流に適した環境として、高酸素でNH<sub>4</sub>-Nが1.0 ppm以下の底層水であることが必要と考えられる。シジミの酸素消費量はコイの10分の1程度で少ないことが判明したが、シジミが酸素を利用できる水塊は移動性の大きいコイに比べて湖底から数cmのごく限られたものと考えられる。従って、シジミは酸素消費量が小さくても常に酸素が補給されていないと生残率は低下するものと考えられる。

---

\* 放流効果率Cは次の考え方により設定した。シジミの放流効果量(P)は、取揚重量(W<sub>1</sub>)と放流重量(W<sub>0</sub>)との差である。また、取揚重量は生残シジミの重量(W<sub>0</sub> × x)とその増重量(W<sub>0</sub> × x × y)との和である。従って、放流効果量(P)は次式となる。

$$P = W_1 - W_0 = (W_0 \cdot x + W_0 \cdot x \cdot y) - W_0 = W_0 \{ x(1 + y) - 1 \} = W_0 \cdot C$$

W<sub>0</sub>は放流前の定数であるので、放流効果量はC値によって変動し、Cの値が正で大きくなるほど放流効果は大きいことになり、Cの値が負であると放流効果はないことになる。従って、C値をもとめることにより、放流効果が数量的に表現されることになるので、C値を放流効果率と名づけた。

表13 3.4.の試験の試験期間中の各区の平均水質 (DO, NH<sub>4</sub>-N) と各区の試験終了時のヤマトシジミの生残率

試験 No.	試験区分	平均 DO (ppm)	平均 NH <sub>4</sub> -N (ppm)	生残率 (%)	
3. 酸素・アンモニアの影響	高酸素				
	NH <sub>4</sub> -N 0.0 ppm区	8.3	0.18	100.0	
	1.0	7.3	1.02	40.0	
	10.0	7.1	7.27	40.0	
	30.0	8.0	21.36	0.0	
	低酸素				
	NH <sub>4</sub> -N 0.0 ppm区	0.9	0.02	100.0	
	1.0	1.2	0.82	100.0	
	10.0	0.9	7.78	0.0	
	30.0	1.5	22.64	0.0	
4. <i>Microcystis</i> の影響	対照 { 送気あり	8.0	0.79	100.0	
	送気なし	4.2	1.01	100.0	
	<i>Microcystis</i> 50 ppm {	送気あり	7.5	2.09	80.0
		送気なし	1.3	3.23	60.0
	<i>Microcystis</i> 2000 ppm {	送気あり	6.6	2.78	100.0
		送気なし	0.0	1.92	0.0

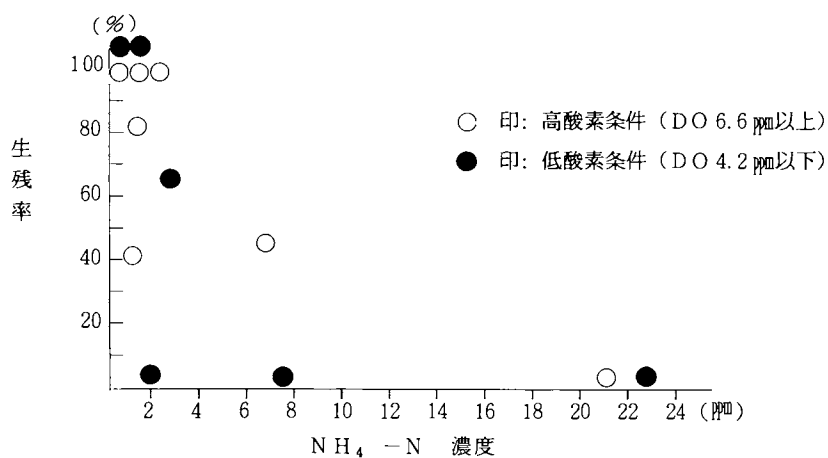


図9 高酸素条件と低酸素条件におけるNH<sub>4</sub>-N濃度とシジミの生残率の関係

北海道におけるヤマトシジミの生息域は常に飽和状態の酸素があるところにみられること（朝比奈、1941）また諏訪湖の泥地の夏季の底層水はDOの低下が著しいが、この時期は成長、生残率の低下が著しいことなども、このことを裏づけているように思われる。

諏訪湖には定まった湖流は極めて弱いとされており（楠本ほか、1968）夏季の水深2.5 m以深で急激にDOの低下がみられ、泥質地では嫌気状態となり、湖泥から $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出が活発におこなわれているとの報告（福原、1981）がある。これらの状況を考え併せると諏訪湖におけるシジミの放流通地は、底層水の流れのある大きな流入河川の河口部で水深2.0 mまでの砂地であろう。現在、諏訪湖漁業協同組合では上川沖、豊田沖、千鳥園沖などの砂地と水深1.0～1.5 m前後の所にヤマトシジミを放流しているが、これらの個所は以上の調査結果から考えても合理的な放流通地と考えられる。また、水の流れがすくなく風向によって夏季底層水の*Microcystis*の濃度が高まる下諏訪町から諏訪市にかけての湾口部はシジミの放流通地とは考え難い。

### (3) 今後の課題について

今回の試験により諏訪湖のシジミの移殖適種、適環境などについて一定の方向性を得た。また、シジミの放流効果はシジミの種類、水深、水質、底層水の動き、底質などによって影響を受けることも判明した。今後はこれらの要因がどのようにシジミの放流効果にかかわっているかを湖内実験により確認していくことが必要と思われる。

## 要 約

諏訪湖における、シジミの移殖効果を向上させる方策を検討することを目的にシジミの生理、生態的な諸性状を調査した。

- 1) ヤマトシジミ、セタシジミ、マシジミの酸素消費量は水温18～28℃で、大旨、0.03～0.06  $\text{O}_2\text{mg/g/h}$ であった。
- 2) 今回試験に用いた長良川産のヤマトシジミ（生息域の塩分濃度0.6～16.7‰）の淡水順応力は大きかった。
- 3)  $\text{NH}_4\text{-N}$ のシジミへの致死的な影響は1 ppmよりあらわれ、高濃度になるにつれて大きくなり、これに低酸素状態が加わると致死作用が強まった。
- 4) *Microcystis* は水の動きがない場合は枯死しやすく、その際、溶存酸素を消費し $\text{NH}_4\text{-N}$ を発生しシジミに致死的な影響を与えた。
- 5) 諏訪湖のシジミの腸管には季節を問わず珪藻類が多くみられ、*Microcystis* は少なかった。また、シジミの成長の最も大きい時期は5月から7月までの珪藻の優占している時期であった。
- 6) 諏訪湖の砂地と泥地でのシジミの成長状況を調査したところ、砂地の方が生残率、成長量とも著しく大きく、環境条件がシジミの成長に大きな影響があることが判明した。また、シジミの種類ではヤマトシジミの移殖効果が最も大きく、セタシジミ、マシジミでは効果が認められなかった。
- 7) 今回の調査によりシジミの放流通地は底層水の流れがある砂質地で水深1.5 m～2.0 mまでと考えられる。

## 文 献

- 朝比奈英三（1941）：北海道におけるシジミの生態学的研究．日水誌 10(3), 144—152.
- 福原晴夫・田中哲次郎・中島光敏（1931）：底泥からの栄養塩の溶出Ⅱ．諏訪湖水域生態系研究報告第7号, 5—19.
- 林 一正・遠藤光治郎（1956）：セタシジミの食性．滋賀大紀要第5号, 33—35.
- 林 芳郎（1981）：魚貝類の毒．東京学会出版センター, 220—222.
- 石田 修・今関修典・石井重之（1972）：印旛沼におけるヤマトシジミ放流調査．千葉県内湾水産試験場内水面分場調査研究報告No 5, 98—104.
- 位田俊臣・浜田篤信（1975）：酸素欠乏にともなうヤマトシジミの変動について．水産増殖 23(3), 111—114.
- 楠本正康・石橋多聞・伊藤利一・小泉清明・中島文夫・南部洋一・左合正雄・矢木博（1968）：諏訪湖浄化に関する研究．東京, 清美印刷, 137.
- 長野県水産試験場諏訪支場（1981）：水産庁委託「昭和56年度赤潮予察調査報告書」
- 長野県水産指導所諏訪支所（1980）：水産庁委託「昭和55年度赤潮対策技術開発試験報告書」
- 名東 実（1975）：諏訪湖の水産資源とその変遷「環境科学」研究報告．B10—R10—1, 14—16.
- 山岸 宏・沖野外輝夫（1974）：諏訪湖の汚染．東京, 築地書館, 20—99.
- 高橋哲夫・川崎悟郎（1973）：ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性—I、II．千葉県内湾水産試験場内水面分場調査研究報告No 6, 50—56.