

## 琵琶湖砂浜帯におけるセタシジミD型仔貝の放流効果

井戸本純一<sup>\*1,†</sup>・橋本佳樹<sup>\*1,‡</sup>

Stocking Effectiveness of "D-shaped juvenile" of the Fresh Water Clam  
*Corbicula sandai* on a Shallow Beach in Lake Biwa

Jun-ichi Idomoto<sup>\*1,†</sup> and Yoshiki Hashimoto<sup>\*1,‡</sup>

キーワード：琵琶湖、セタシジミ、D型仔貝、定量桁網、年級群、生残率、放流効果

セタシジミ *Corbicula sandai* は、琵琶湖とその唯一の流出河川である瀬田川に固有の純淡水産二枚貝である。本種は、琵琶湖内ではおもに水深10m以浅の小礫、砂礫、砂、砂泥底に広く生息し<sup>1)</sup>、かつては沿岸域の貝類中もっとも資源量の豊かな種類であった<sup>2,3)</sup>。また、その利用の歴史は古く、琵琶湖南端の湖底に水没した縄文時代の遺跡では、大規模な貝塚を形成する主体となっている<sup>4)</sup>。近代になってからも、本種は琵琶湖漁業のもっとも主要な産品の一つであり、1906年から1921年のあいだには、魚類の全漁獲量に匹敵する年間1300~4100トンの漁獲が記録された<sup>5)</sup>。

第二次世界大戦後、現在の農林水産統計がはじまった1949年には3348トンの漁獲が記録され、統計の精度が向上した1954年<sup>6)</sup>から1959年までは、総漁獲量の半分を占める年間5000トン以上の高い漁獲水準を維持した。しかし、本種の資源量については、その当時からすでに減少が指摘されており、水本<sup>7)</sup>は1949年に増殖のための基礎研究に着手している。また、1951年には水本・古川<sup>8)</sup>がその独特な発生様式を明らかにしている。1960年代に入って、除草剤PCPが原因と考えられる異常斃死<sup>9,10)</sup>が発生すると、数年後に漁獲量は急激に減少し、1968年には年間2000トンを下回った。その後も漁獲量は減少しつづき、近年では総漁獲量の数パーセントにすぎない年間100~200トン前後となっている<sup>11)</sup>。このような不可逆的な減少をもたらした要因としては、資源密度の低下を補うために漁獲強度が過剰になったことに加え、砂利採取による

生息適地の減少、親貝資源の極端な減少による自然繁殖率の低下、富栄養化にともなう底質の悪化などが指摘されている<sup>12)</sup>。この間、永松<sup>13)</sup>が流速および底質と成長の関係を明らかにするなど、増殖への取り組みはつづけられたが、それらはおもに漁場の造成に関するものであった。

水谷・西森<sup>14)</sup>は、1986年以降、湖水を流した砂床式飼育池にセタシジミを高密度に放養することによって毎年自然産卵させることに成功し、人為的な種苗生産の可能性を示した。その後、井戸本・橋本<sup>15)</sup>は、親貝を水槽内で集約的に産卵させることに成功した。また、本種が幼生期の変態を卵内ではほぼ終えること、その間摂餌しないことに着目して、浮遊性のないD型幼生(着底期に入っても遊泳性を保持する一般の二枚貝のものとは区別するため、ここではD型仔貝と称する)を簡易に生産する方法を考案した。さらに、井戸本<sup>16,17)</sup>は、セロトニン浸漬処理による産卵誘発と親貝飼育水の冷却による自然産卵の抑制手法を開発し、計画的で効率の高いD型仔貝量産技術の基礎を確立した。

一方、これらの技術開発の過程で生産されたD型仔貝を用いて、橋本・井戸本<sup>18,20)</sup>は、琵琶湖内の数か所に設置した試験漁場において放流試験を行い、放流後の生残や成長を潜水によって調査したが、風波による散逸が予想以上に激しく、放流効果を確認するのに十分な追跡はできなかった。

以上のような経緯のもと、本研究では、生産が可能となった1億個体を超える大量のD型仔貝を集中的に

\*1：滋賀県水産試験場 (Shiga Prefectural Fisheries Experimental Station, 2138-3 Hassaka, Hikone, Shiga 522-0057, Japan)

†：現所属、滋賀県立琵琶湖博物館 (Lake Biwa Museum, 1091 Oroshimo, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan)

‡：故人 (Deceased)

放流するとともに、広範囲にわたる採集調査を能率的に行う手法を開発することによって、放流個体群の動向を長期にわたって追跡することを試みた。その結果、風波の影響が大きいと考えられる琵琶湖北湖東岸の砂浜帯において、放流D型仔貝に由来する可能性が高い個体群の出現と、それらによる資源量の増加を確認することができたので報告する。なお、本研究は、水産庁による地域特産種増殖技術開発事業および地域特産種増産放流技術開発事業の補助を受けて実施された。

### 材料および方法

#### D型仔貝

彦根市松原町～磯の地先で毎年4月に漁獲された天然貝を親貝として、水産試験場内で人工的に産卵、孵化させたセタシジミD型仔貝を用いた。1992年には7月10日から30日にかけて合計1億1900万個体（以下、92放流群）を、1993年には6月12日から7月28日にかけて合計1億5800万個体（以下、93放流群）を、1994年には6月15日から7月4日にかけて合計1億5900万個体（以下、94放流群）を、それぞれ3～4回に分けて放流した。

#### 放流地点および放流方法

D型仔貝を放流した場所は、琵琶湖東部の彦根市三津屋町の湖岸から約250m離れた水深4.5m前後の砂泥底で、陸上の目標物と水深をめやすに毎年ほぼ同じ地

点で行った（図1）。D型仔貝は、数百万個体ごとに約10ℓの濾過湖水とともに袋詰めし、放流する際は長さ4mの塩ビパイプ（VU50）を使って底層まで誘導した。1992年および1993年の放流は調査船を停船させて行い、1994年の放流は調査船を湖岸線と平行に約200m移動させながら行った。

#### 調査期間

1993年から3年間にわたり、貝殻の伸長が停滞する秋から冬にかけて、後述する方法で放流地点周辺の貝類の生息状況を調査した。現地での採集は、1993年10月（以下、93調査）、1994年12月（以下、94調査）、1996年1月（以下、95調査）に、それぞれ2日間かけて実施した。

#### 定量桁網

潜水に変わる調査手法として、おもに稚貝を対象に定量的な採集が可能な小型の調査用桁網（以下、定量桁網）を製作した。桁網の構造は、両側にソリを備えた鉄製の桁枠の底面を塩ビ板で覆い、その中央部に幅5cmの開口部を設けてステンレス製の採取器を取り付け、その上部にロート状のフードを被せたものである（図2）。曳航時、底面から突出した採取器によって削り取られた底質は塩ビ板上面のフード内に押し出され、さらにフードによって集められた水の圧力によって後部に取り付けたオープニング約2mmのもじ網（以下、2mmもじ網）でできた袋に運ばれる。底面からの採取器の突出量は、93調査では高さ2cmであっ

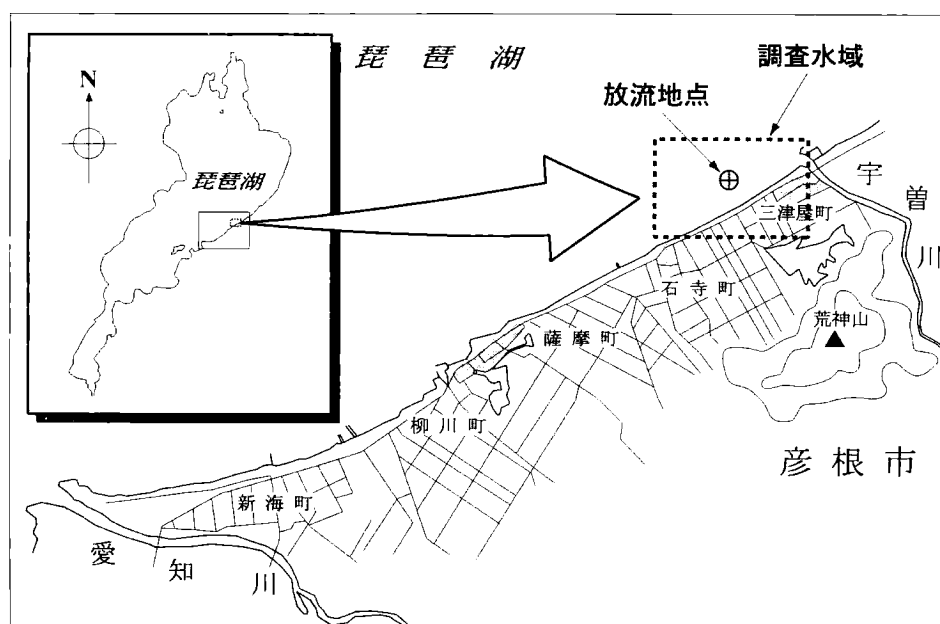


図1 D型仔貝放流地点および調査水域。

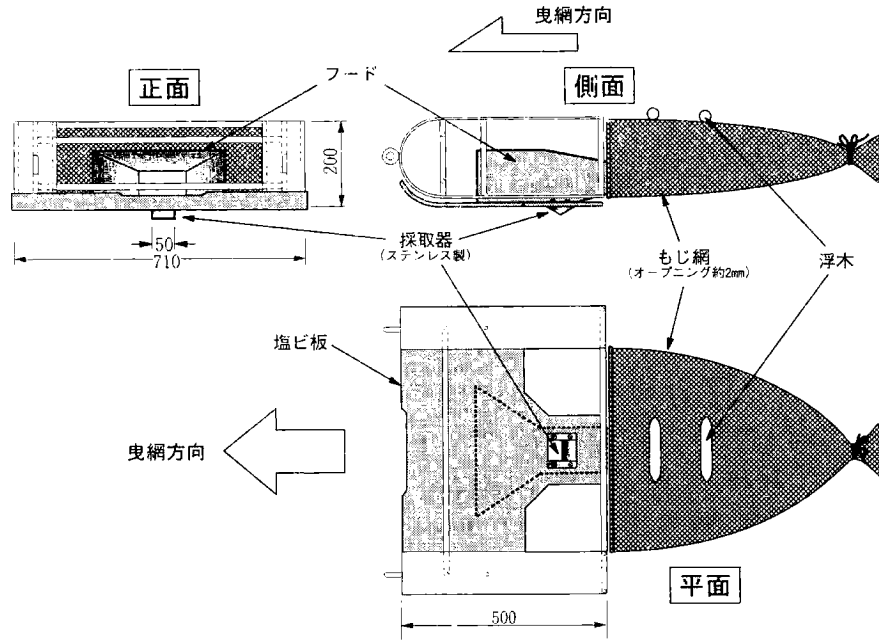


図2 調査に用いた定量桁網。

たが、94調査および95調査では高さ3cmとした。

#### 調査範囲

93調査では、放流地点をほぼ中心として、湖岸線上に100m間隔の基点を8カ所設け、それぞれ沖合方向の直線上に100m間隔の採集地点を5カ所設定した。また、放流地点付近には6カ所の補間地点を設け、合計46地点で調査を行った。94調査および95調査では、それぞれ前年度の調査範囲を参照しながら任意に採集地点を決定し、その位置をポータブルGPS受信機(SONY IPS-760)を使って測定した。採集地点数は、94調査では51地点、95調査では50地点であった。

#### 調査方法

各採集地点において、定量桁網を20m曳航することにより、1㎡の面積内の底質を採集した。曳航距離の測定は、あらかじめ適当な長さに固定した曳航用ロープが伸びきった瞬間に調査船から浮標を投下し、その浮標までの距離を測距儀で測定することによって行った。曳航後、直上まで引き返した調査船に桁網を引き上げ、水面で袋網をよくゆすって細かい粒子を除去したのち、残った採集物を採集地点ごとにコンテナに入れて持ち帰った。採集物から生きている貝類をすべて選り分け、セタシジミとマシジミについては、全個体の殻長と体重(貝殻付き重量)を測定した。その他の貝類については、採集地点ごとに個体数と合計重量を計測した。

#### 年齢の推定

各年度の調査ごとに、採集されたセタシジミ各個体の年齢を以下の方法によって推定した。まず、最尤法によって正規分布モデルを当てはめる田中<sup>21)</sup>の方法を用いて、全個体の殻長組成から各年級群の個体数を推定した。つぎに、全個体の殻長値を大きき順にならべた数列を、上記の年級群別個体数で区切ることによって、各個体が属する年級群を決定した。2つの年級群にまたがって同じ殻長値が連続した場合には、それらの殻長値を持つ個体をすべて推定個体数の多いほうの年級群に含めた。

#### 分布図の作成

採集地点の相対座標を40×50の整数座標上に近似的にプロットし、各地点の採集個体数または採集重量を用いてスプライン補間法による等高線を描いた。この等高線図と調査水域の地形図を合成し、1㎡あたりの個体数または重量の密度分布図を作成した。なお、95調査では、GPS座標上著しく接近していた複数の採集地点について、原則としてさきに調査した地点の値のみを採用したため、44地点の値による作図となった。

#### 生息量の推定

93調査におけるセタシジミの分布図に基づいて、湖岸線と平行に700m、湖岸線と直角に400mの長方形の範囲(以下、生息量算出範囲)を設定し、この範

圏内の等高線が示す密度と面積を乗じることによってセタシジミの生息量を算出した。計算に用いる等高線は、個体数については2個体/m<sup>2</sup>以上、重量については2g/m<sup>2</sup>以上とした。

#### 潜水調査①

定量桁網の性能を確認するため、1993年10月19日に、放流地点において潜水による放流貝の採集調査を実施した。50cm×50cmの方形枠を無作為の2か所に投下し、合計0.5m<sup>2</sup>の面積内の底質を約3cmの深さまで採集した。採集物はオープニング約1mmのもじ網（以下、1mmもじ網）の袋に入れて持ち帰ったのち、定量桁網に用いたのと同じ2mmもじ網と1mmもじ網とであらためてふるいにかけて、それぞれ網の上に残った採集物からセタシジミをすべて選り分けて個体数と殻長を測定した。

#### 潜水調査②

1993年には、本報の調査水域から約3km離れた彦根市薩摩町地先（図1）においても、6月から7月にかけて1億3000万個体のD型仔貝放流を実施した。そこで、当歳貝の殻長組成の確認を目的として、1993年11月4日に、その放流地点付近で潜水採集を行った。ここでは、25cm×25cmの方形枠を4か所に投下し、合計0.25m<sup>2</sup>の面積内の底質を約2cmの深さまで採集した。採集物は広口ポリビンに入れて持ち帰ったのち、オープニング0.5mmの標準ふるいにかけて、ふるい上の採集物からすべてのセタシジミを選り分けてその殻長を測定した。

## 結 果

#### 植物遺骸の分布

調査では、採集物に砂礫や貝類のほか、地点によって植物の遺骸（破片）が多く混入した。93調査における植物遺骸の分布概況を図3に示した。植物遺骸は、水深4m以浅の砂質底ではほとんどみられなかったが、

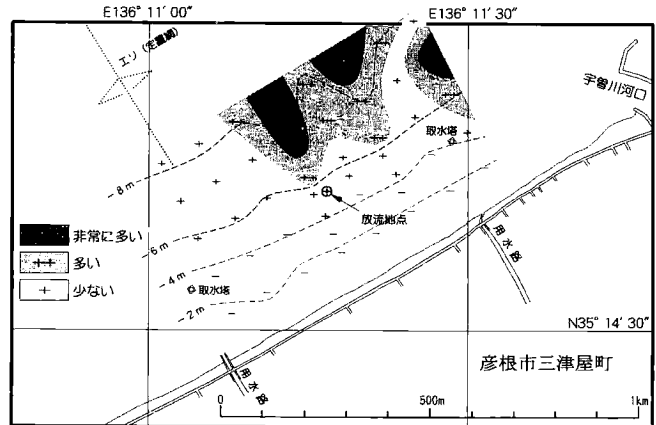


図3 調査水域における水深および植物遺骸の分布（1993年10月）。

放流地点から沖合にかけて水深が深くなるほど多くなり、宇曾川の河口に近い北東側でも多い傾向がみられた。採集時の状況から、これらの分布は泥の堆積の多いところと一致していた。また、植物遺骸の内容をみると、イネ科植物の茎部や籾殻など、陸地に由来すると思われるものが多かった。これらのことから、調査範囲内の水深約6m以深の沖合と北東寄りの水域は、宇曾川からの流入物の影響を強く受けていると考えられた。

表1 全地点で採集された貝類の種類別内訳

種 類	1993年10月		1994年11月		1996年1月	
	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)
セタシジミ <i>Corbicula sandai</i>	344	151.0	923	591.9	751	768.5
マシジミ <i>Corbicula leana</i>	143	34.5	119	19.7	57	40.5
タテボシガイ <i>Unio douglasiae biwae</i>	113	215.3	187	495.7	275	1089.1
ドブガイ属 <i>Anodonta</i> sp.	6	0.2	3	5.6	2	12.7
ササノハガイ <i>Lanceolaria oxyrhyncha</i>	3	2.3	8	15.7	10	16.8
メンカラスガイ <i>Cristaria plicata clessini</i>	1	3.2	0	0.0	0	0.0
カワムラマメシジミ <i>Pisidium kawamurai</i>	20	0.2	1	—	0	—
カワニナ属 <i>Semisulcospira</i> sp.	3040	660.0	4338	1051.9	3248	766.4
ヒメタニシ <i>Sinotaia quadrata histrica</i>	14	30.7	14	38.7	26	11.8
モノアラガイ <i>Radix auricularia japonica</i>	—	—	1	—	5	0.1
オウミガイ <i>Radix onychia</i>	—	—	15	—	0	—
ビワコミズシタダミ <i>Biwakovalvata biwaensis</i>	—	—	15	—	0	—

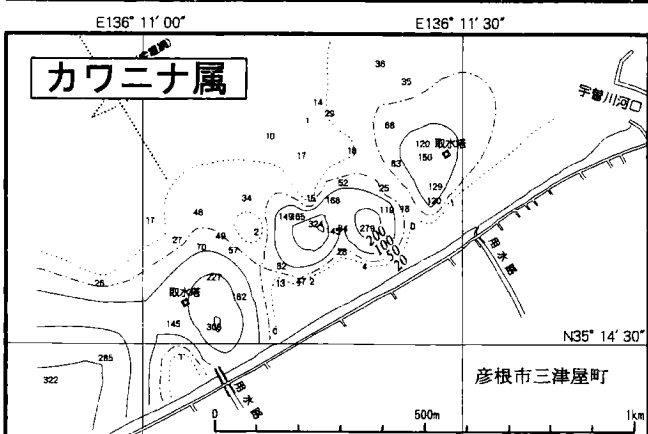
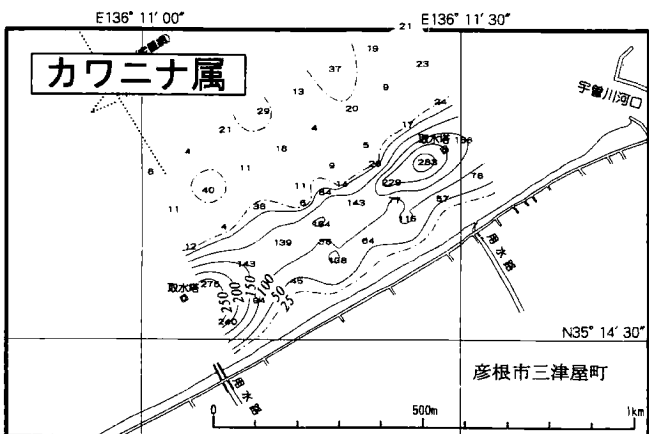
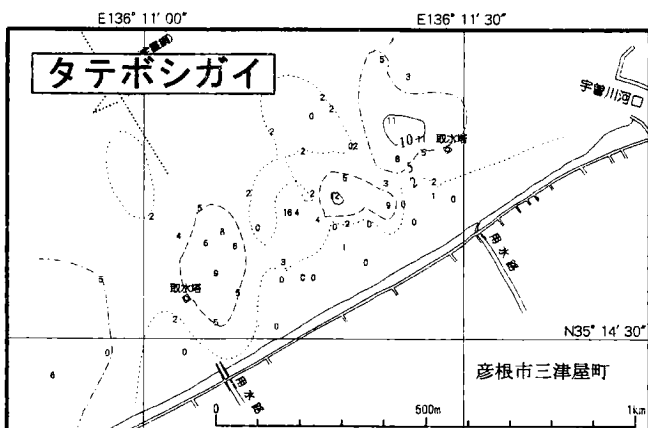
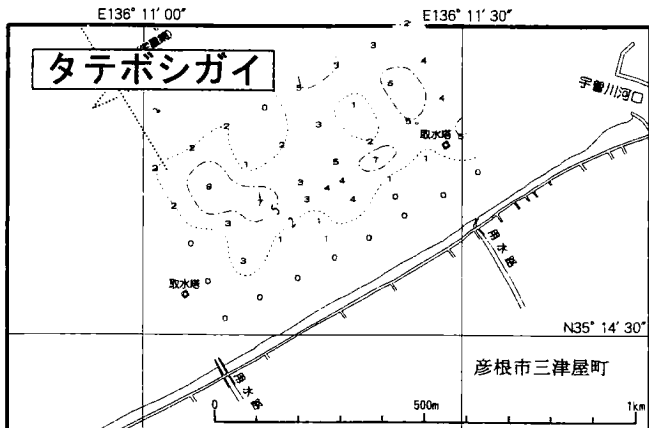
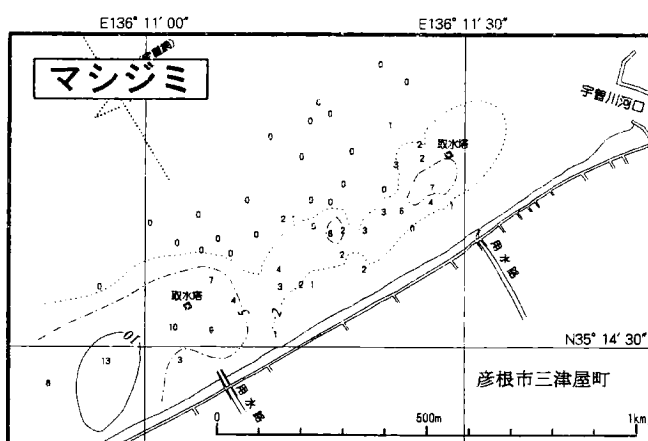
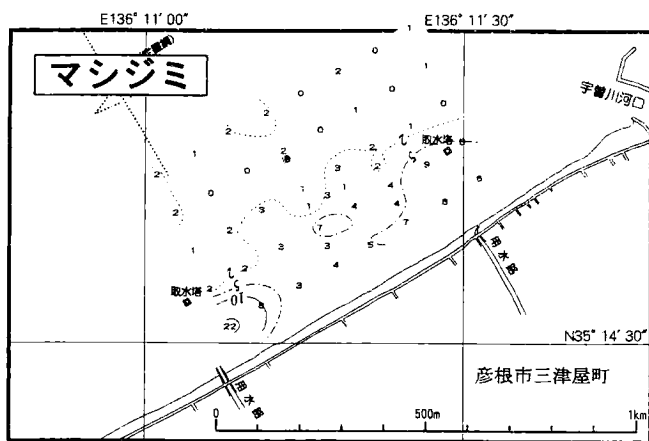


図4 調査水域におけるおもな混獲貝類の分布(1993年10月). 図中の小さな数字は採集地点の位置と採集個体数を示す.

図5 調査水域におけるおもな混獲貝類の分布(1994年11月). 図中の小さな数字は採集地点の位置と採集個体数を示す.

**混獲貝類の分布**

各年度の調査において採集された貝類の種類別内訳を表1に示した。調査水域で採集されたおもな貝類は、二枚貝ではセタジミ、マシジミ、タテボシガイであったが、その重量はセタジミとタテボシガイがほとんどを占めた。巻貝では、個体数、重量ともにカワナ属が圧倒的に多かった。種類ごとに採集量の推移をみると、セタジミ、タテボシガイおよびササノハガイについては、93調査に対して94調査以降に明らかな増加傾向がみられた。しかし、マシジミおよびカワナ

属については、そのような傾向は認められなかった。93調査および94調査におけるセタジミ以外のおもな貝類の個体数分布を図4および図5に示した。マシジミは、水深4mよりも浅い場所に1㎡あたり数個の密度で分布し、農業用水路の出口付近でやや多い傾向がみられたが、両年で特に変化は認められなかった。タテボシガイは、おもに水深4mよりも深い場所に分布し、93調査ではすべての地点で採集数が10個体以下であったが、94調査では数地点で11~16個体が採集された。カワナ類は、水深4m付近を中心に100

個体/㎡以上がほぼ帯状に分布する傾向がみられた。また、部分的に著しく密度の高い場所がみられたが、その位置は両年で必ずしも一定していなかった。

**年級群組成**

各年度の調査において採集されたセタシジミの殻長組成およびその正規分布モデルを図6に示した。93調査および94調査では、殻長10mm未満の個体が全体の86%および75%を占めており、殻長6mm付近を中心とした一つの明瞭な年級群が存在していると考えられた。95調査では、殻長11mm付近を中心に大きなピークがみられ、殻長4mm未満にもピークが存在していることが予想された。しかし、後述するように、定量桁網によって捕捉できない小さな個体の大部分は当歳貝と考えられることから、殻長4mm以上に現れた最初のピークを、それぞれ1歳群と考えた。

正規分布モデルに基づく各年級群の平均殻長および個体数を表2に示した。採集されたセタシジミのうち、1歳群が全体に占める割合は、93調査では88% (302個体)、94調査では75% (691個体)、95調査では73% (545個体)と推定された。また、その平均殻長は、それぞれ6.22mm、6.29mmおよび10.73mmと推定された。これらの年級群組成にしたがって1歳貝と判定された実際の採集個体は、93調査では殻長2.20~11.16mm (平均6.21mm) の302個体、94調査では殻長1.9~9.88mm (平均6.01mm) の691個体、95調査では5.63~15.25mm (平均10.77mm) の545個体であった。

**各年級群の分布**

93調査における1歳貝から3歳貝までの年級群ごとの個体数分布を図7に示した。1歳貝は、放流地点直近の地点で59個体/㎡が採集されたのを最高に、放流地点に近い水深4m前後の地点で生息密度が高い傾向がみられた。2歳貝および3歳貝は、それぞれ1~2個体/㎡が採集されただけで、分布に特徴的な傾向はみられなかった。

94調査における1歳貝から3歳貝までの年級群ご

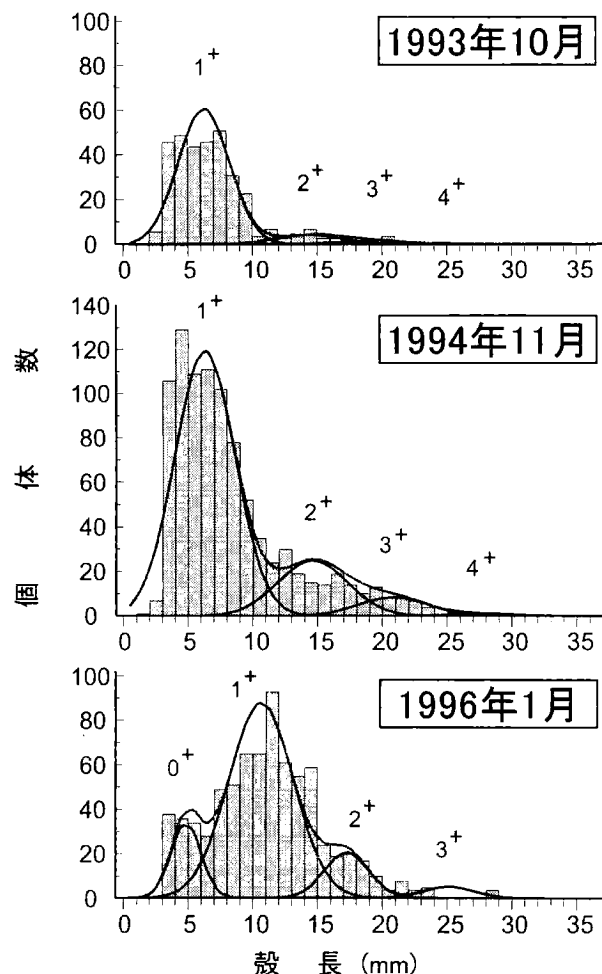


図6 定量桁網で採集されたセタシジミ全個体の殻長組成とその正規分布分解結果。

との個体数分布を図8に示した。1歳貝は、放流地点からやや南の地点で106個体/㎡が採集されたのを中心に、東側の岸よりに51~61個体/㎡と生息密度の高い分布域の存在が認められた。2歳貝も、放流地点のやや南東の地点で14個体/㎡が採集されたのを中心に、水深4m付近に沿って5個体/㎡以上の分布域が認められた。3歳貝もまた、水深4m付近で2~5個体/㎡とやや生息密度が高い傾向がみられたが、放流地点付近でとくに多い傾向はみられなかった。

95調査における当歳貝から2歳貝までの年級群ご

表2 殻長組成の正規分布分解によって推定されたセタシジミ各年級群の体型と採集個体数の内訳

	1993年10月		1994年11月		1996年1月	
	平均殻長(mm)	個体数	平均殻長(mm)	個体数	平均殻長(mm)	個体数
当 歳 群	—	—	—	—	4.94	96
1 歳 群	6.22	302	6.29	691	10.73	545
2 歳 群	14.36	28	14.60	168	17.34	86
3 歳 群	19.06	11	20.83	56	25.23	24
4 歳 群	25.20	3	27.92	8	—	—

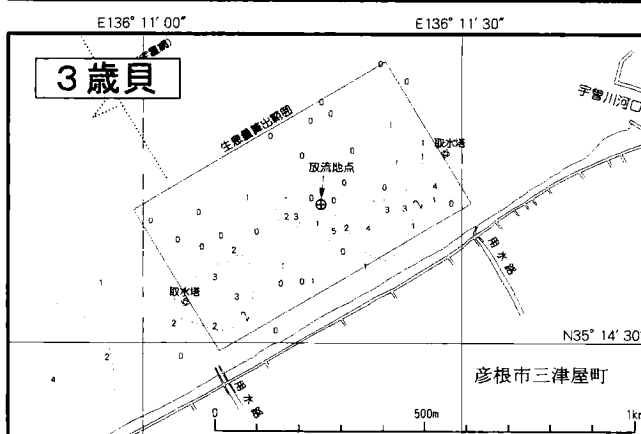
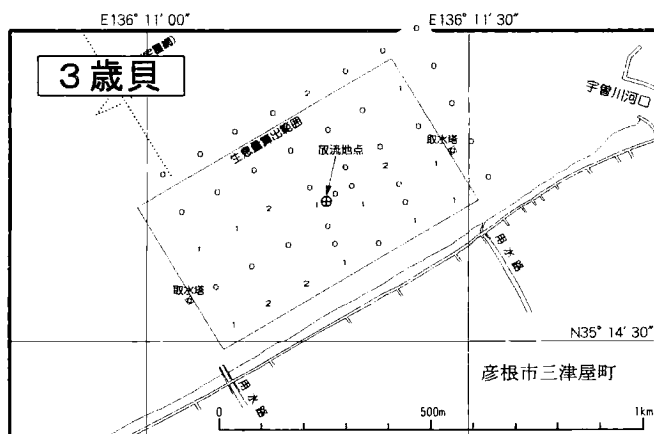
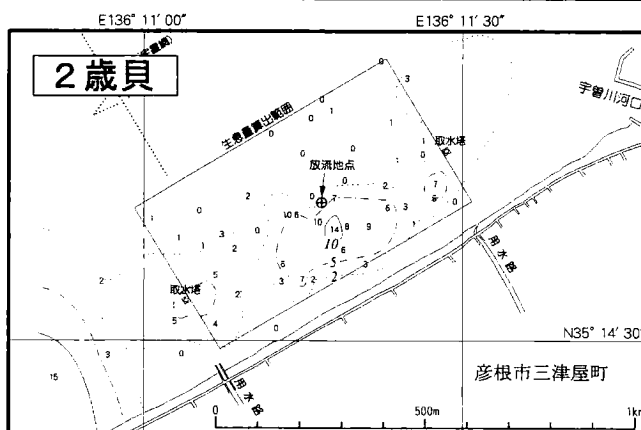
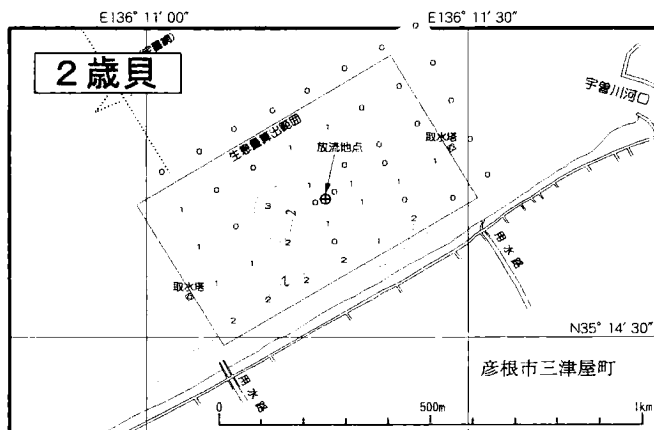
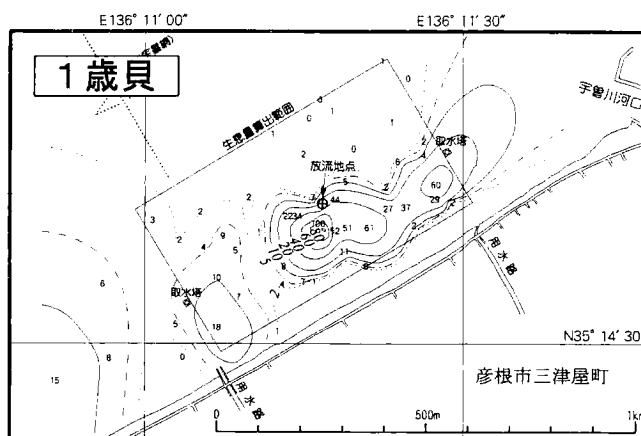
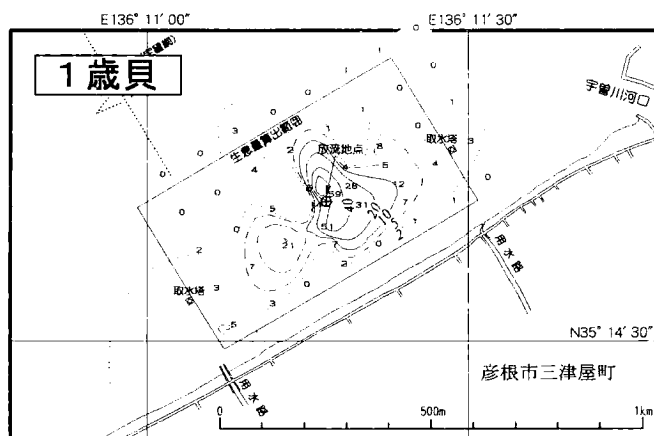


図7 93調査におけるセタジミ各年級群の個体数分布 (1993年10月). 図中の小さな数字は採集地点の位置と採集個体数を示す.

図8 94調査におけるセタジミ各年級群の個体数分布 (1994年11月). 図中の小さな数字は採集地点の位置と採集個体数を示す.

との個体数分布を図9に示した。当歳貝は、放流地点付近から南西の生息量算出範囲外にかけて、水深4m付近に沿って2~13個体/m<sup>2</sup>の分布がみられた。1歳貝は、放流地点のやや南東で水深4m付近に沿って48~58個体/m<sup>2</sup>と生息密度の高い分布域の存在が認められた。2歳貝は、放流地点の南東側で5個体/m<sup>2</sup>以上の分布域がみられたが、その範囲は94調査にくらべて小さかった。

#### 重量分布の変化

各年度の調査について、各地点で採集された個体の

合計重量に基づいて作成したセタジミ生息量の密度分布を図10に示した。93調査では、放流地点の西側の地点で13.6 g/m<sup>2</sup>が採集されたほかは、ほとんどの地点が10 g/m<sup>2</sup>以下で、分布に特徴的な傾向はみられなかった。94調査では、放流地点のやや南東の地点で45.8 g/m<sup>2</sup>が採集されたのを中心に、東西方向に20 g/m<sup>2</sup>以上の分布域の存在が認められた。95調査では、放流地点のやや南の地点で62.6 g/m<sup>2</sup>が採集されたのを中心に、水深4m付近に沿って40 g/m<sup>2</sup>以上と生息密度の高い分布域の存在が認められた。

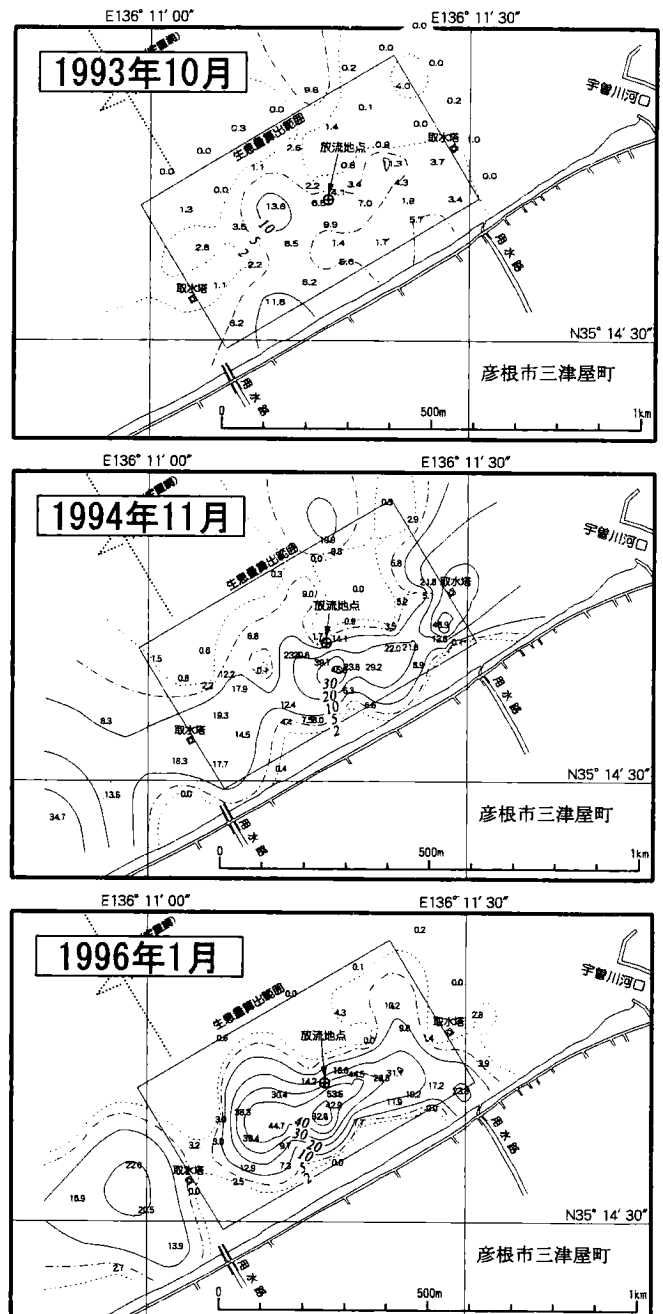
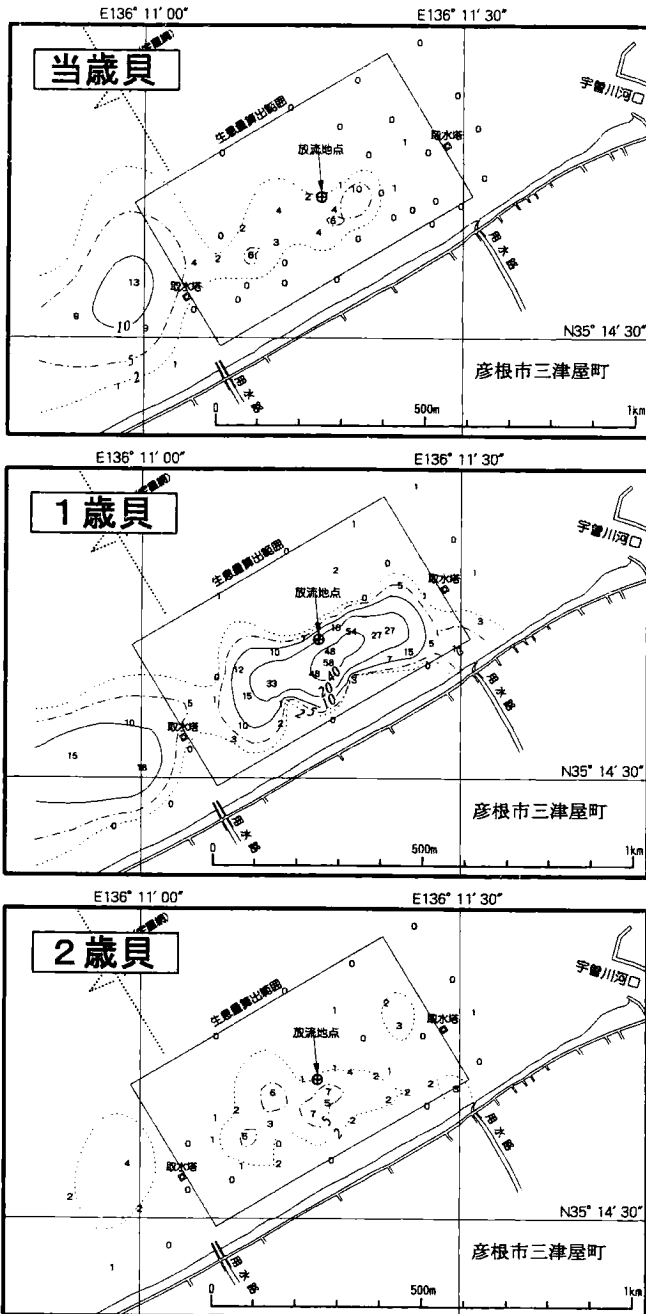


図9 95調査におけるセタジミ各年級群の個体数分布 (1996年1月)。図中の小さな数字は採集地点の位置と採集個体数を示す。

図10 各年度におけるセタジミの重量分布。図中の小さな数字は採集地点の位置と採集個体の合計重量(g)を示す。

生息量の変化

各年度の調査について、個体数分布図に基づいて算出した生息量算出範囲内のセタジミ各年級群の推定個体数を表3に示した。93調査では、1歳群は約119万個体であったのに対して、2歳群は5万個体たらずと少なく、3歳群は密度が低く対象外であった。94調査では、1歳群が約233万個体と倍増したのに対して、2歳群も約38万個体に激増し、3歳群も約11万個体と算出された。95調査では、1歳貝は約146万個体、2歳貝は約18万個体、3歳群は約2万個体とい

ずれも減少した。また、当歳群が約19万個体と算出された。

表3 個体数分布図から算出したセタジミ各年級群の生息数\*

	1993年10月	1994年11月	1996年1月
当歳群	—	—	192,179
1歳群	1,187,355	2,326,774	1,455,521
2歳群	48,488	379,188	176,689
3歳群	—	107,454	21,948

\* 生息量算出範囲 (2800m<sup>2</sup>) 内の推定個体数を示す。



重量分布図に基づいて算出した各年度の生息量算出範囲内のセタシジミ推定資源量を表4に示した。93調査の677kgに対して、94調査では1897kgと約3倍に急増した。さらに、95調査では、1歳群以上の個体数が減少しているにもかかわらず、2583kgと増加した。

表4 重量分布図から算出したセタシジミの資源量\*

	1993年10月	1994年11月	1996年1月
資源量(kg)	677	1897	2583

\* 生息量算出範囲 (2800m<sup>2</sup>) 内の推定重量を示す。

### 潜水調査①

93調査と同時に放流地点で行った潜水調査では、0.25m<sup>2</sup>ずつ2カ所から合計87個体のセタシジミが採集された。潜水によって採集されたセタシジミの殻長組成を図11に示した。また、98調査において放流地点に最も近い1地点で定量桁網によって採集されたセタシジミの殻長組成を図12に示した。

潜水で採集されたセタシジミのうち、最小のものは殻長1.51mmであったが、これは1mmもじ網の捕捉限界が殻長1.5mmよりも上にあることを示している。また、1mmもじ網上のセタシジミのうち、最大のものは殻長3.35mmであったが、これは2mmもじ網の捕捉限界が殻長3.4mm付近にあることを示している。

潜水で採集された87個体のうち、2mmもじ網上に残ったのは30個体(34%)であり、残りの57個体(66%)は1mmもじ網によって捕捉されたものであった。殻長組成をみると、殻長2mm未満の個体が最も多く、全体の32%を占めた。また、殻長3.5mm未満の個体が全体の75%を占めており、その大部分が2mmもじ網を抜けた個体であった。2mmもじ網上の30個体のうち、殻長3.5mm未満のものは8個体(27%)で、この中には確実に捕捉限界以下であると考えられる殻長3mm未満のものも2個体含まれた。一方、定量桁網で採集された59個体のうち、殻長3.5mm未満のものは12個体(20%)で、殻長3mm未満のものが5個体含まれた。

### 潜水調査②

1993年11月4日に実施した薩摩町地先の潜水調査では、0.063m<sup>2</sup>ずつ4カ所から合計47個体のセタシジミが採集された。それらの殻長組成を図13に示した。オープニング0.5mmの標準ふるいの捕捉限界は、セタ

シジミ稚貝の形態から殻長0.5mm以上、1mm未満にあると推測される。しかし、採集個体の殻長組成は、1.5mm以上、2mm未満にピークを持つ明瞭な単峰性の正規分布を示し、殻長1mm未満の個体がこの水域に多数生息している可能性は低い。したがって、採集個体のうち、殻長4mm以上の2個体を除いた平均殻長1.78mmの個体群は、当歳貝であると考えられた。

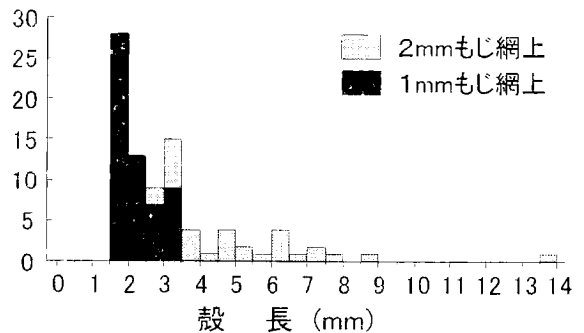


図11 D型仔貝放流地点で潜水によって採集されたセタシジミの殻長組成。オープニングが約2mmおよび約1mmのもじ網上に残った個体を示す。

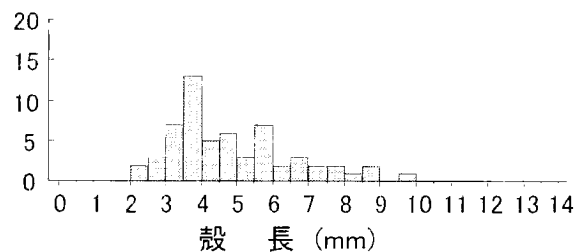


図12 D型仔貝放流地点付近で定量桁網によって採集されたセタシジミの殻長組成。

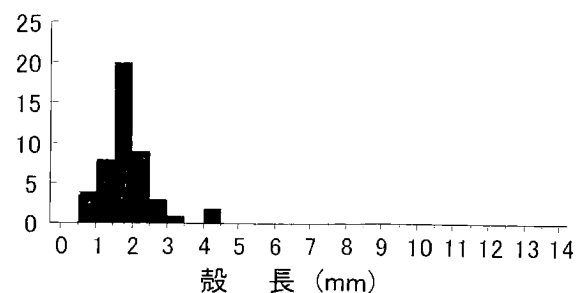


図13 薩摩町地先で潜水によって採集されたセタシジミの殻長組成。オープニングが0.5mmの標準ふるい上に残った個体を示す。

## 考 察

### 定量桁網の採集効率

放流貝の動向を長期にわたって追跡するには、広い範囲にわたって、可能な限り多くの地点で定量的な採集を行う必要がある。砂礫質を好むセタシジミの場合、採泥器などの既製の器具を使った採集が不可能な場合が多いことから、従来は潜水による杵取り調査が行われていた。しかし、潜水作業は人的、時間的な制約が多く、採集地点を増やすことが困難であった。また、杵取り調査の場合、局所的な分布の偏りの影響を受けやすいと考えられ、定量性にも疑問があった。本報で使用した定量桁網は、これらの問題を解決することを目的とした。

93調査と同時にD型仔貝放流地点で行った潜水調査①において、0.25㎡ずつ2カ所で採集された合計87個体のセタシジミのうち、定量桁網とおなじ2mmもじ網上に残ったものは30個体であった。これを1㎡に換算すると60個体/㎡となり、ほぼおなじ地点で行った定量桁網による1㎡での採集結果（59個体）に等しかった。このことから、定量桁網の採集効率は、基本的には潜水採集によるものと同等であったと考えられる。また、20mにおよぶ線状の浚渫によるサンプリングは、広い範囲を代表する平均値を得る方法として、より信憑性が高いものとする。

実際の定量桁網の曳航にあたっては、水深によって変化するロープの仰角と船の速度が問題となり、しばしば採集をやりなおすことがあった。このため、94調査以降は、採取器の突出量（高さ）を2cmから3cmに上げたり、桁に鉛のおもりを取り付けるなどの改良を加えた。94調査におけるタテボシガイとササノハガイの採集量が93調査にくらべて倍増しているのは、採集地点の配分が異なることから単純には比較できないものの、これらの改良によって大型二枚貝の採集効率が向上した影響が考えられる（表1）。しかし、湖底表層に生息するカワナ属については各年度で大きな変化がみられないこと、大きさと生息形態がセタシジミに似ていると考えられるマシジミについては94調査での増加がみられないことから、少なくとも比較的小型のセタシジミに対する採集効率は、桁網の改良によって大きくは変わらなかったと考える。

### 年級群組成の推定

セタシジミの成長に関しては、天然貝の年齢査定や

天然水域での畜養実験に基づくいくつかの報告<sup>22-25)</sup>があるが、当歳貝の成長に関する知見は少ない。このため、採集個体の殻長組成から年級群組成を推定するにあたって、もっとも若い集団を何歳とするかが問題となる。薩摩町地先で行った潜水調査②の結果、放流D型仔貝に由来する確証はないものの、明らかに当歳貝と思われる個体群を得ることができた（図13）。セタシジミの産卵盛期およびD型仔貝放流の時期が6～7月であることから、これらは生後3～4ヵ月の稚貝と考えられる。これらの平均殻長1.78mmは、水谷・西森<sup>14)</sup>が湖水注水循環濾過式水槽ではほぼおなじ期間D型仔貝から飼育した稚貝の平均殻長0.5mmや、井戸本<sup>27)</sup>が同様な装置で6ヵ月間飼育した稚貝の平均殻長1.39mmにくらべて大きい。年齢査定に際して4～8月の成長量を月間1mmとした林<sup>23)</sup>の仮定にくらべるとはるかに小さい。このことは、林<sup>23)</sup>の年齢査定と成長曲線の推定が約10ヵ月ずれていると指摘した水谷・西森<sup>14)</sup>の考えを支持している。

潜水調査①の結果から、定量桁網に用いた2mmもじ網は、殻長3.4mm付近に捕捉限界をもつことがわかった。このことは、潜水調査②で得られた当歳貝のほとんどがもじ網の目を抜けるために採集されないことを暗示し、実際に潜水調査①においても66%にのぼる小型の個体が2mmもじ網の目を抜けている（図11）。したがって、本報の調査において、定量桁網で採集されたセタシジミの殻長組成に現れるもっとも若い集団は、1歳群であると考えるのが妥当である。

今回、年級群組成の推定に用いた方法<sup>21)</sup>は、モデル化した正規曲線をヒストグラムと重ね合わせ、その整合性を視覚的に判定できるのが特長である。93調査および94調査では、1歳群と考えられる集団は容易に判定することができた。しかし、2歳群以上については、93調査では極端に採集数が少なく、判定することはできなかった。また、採集個体数がある程度多かった94調査においても、整合性の高いモデルは得られなかった（図6）。これは、調査水域が現在も漁場として用いられており、殻長15mm以上の個体は漁獲されている確率が高いことが影響していると考えられる。今回、1歳群に対する整合性を重視して、1歳群に約6.3mm、2歳群に約14.5mmを平均殻長とするモデル（表2）を採用したが、この値は水谷・西森<sup>14)</sup>が示した成長曲線とはほぼ一致している。

一方、95調査においては、殻長11mm付近を中心と

する大きな集団のほかに、定量桁網の捕捉限界付近を中心とする集団の存在が認められた(図6)。今回、前者を1歳群、後者を当歳群と判定したが(表2)、調査の時期が94調査よりも約2ヵ月遅かったことから、このモデルの値も水谷・西森<sup>24)</sup>の成長曲線からは大きくはずれていない。しかし、殻長12mm以上の個体を用いて実験を行った既報<sup>24,25,26)</sup>では、10月以降、翌年の4月頃まで成長が停滞したことが報告されており、当歳貝および1歳貝の天然水域での成長の実態や成熟と成長との関係などについては、さらに調査する必要がある。また、前出の井戸本<sup>27)</sup>は、6ヵ月間の飼育でD型仔貝から殻長9.37mmに到達した個体を確認しており、セタシジミの成長速度が個体差や環境の違いによって大きく異なることを示唆している。このため、とくに年齢の高い群については、殻長に基づく年齢の推定方法に問題があることは否定できない。

#### 放流貝の生残率

本来、種苗放流の効果を推定するには、天然個体と放流個体の判別が不可欠である。セタシジミのD型仔貝に対しては、橋本<sup>28,29)</sup>が、トロコフォラ～ヴェリジャー期にある卵をアリザリンコンプレクソンに曝露することによって、幼殻への蛍光標識が可能であることを示した。しかし、その後の天然水域における追跡調査では、約1ヵ月間しか標識を確認できなかった<sup>30)</sup>。したがって、D型仔貝放流に関しては、長期間有効な標識はいまのところ見つかっていない。このため、放流貝の生残率を推定するためには、天然貝の生息量を見積もる必要がある。

林<sup>29)</sup>は、砂質地で採集したセタシジミの重量階級別出現頻度を示し、双曲線に近い分布がみられたものの、1g以下(当歳貝と1歳貝の大部分が含まれると考えられる)の出現頻度が予想されるよりも低かったことを述べている。また、橋本・井戸本<sup>31)</sup>は、現在も比較的良好な漁場として機能している彦根市松原町地先において、仔稚貝や親貝の放流試験のまえに行った潜水

調査の結果、稚貝の生息密度が平均1.5個体/m<sup>2</sup>にすぎなかったことを報告している。これらのことから、天然水域で自然繁殖するセタシジミの資源構造については、個体数組成が若年貝に極端に偏ることはなく、少なくとも資源量が著しく減少している近年においては、生息密度はすべての年級群で極端に低くなっているものと思われる。

分布図が連続的に変化する密度の濃淡を正確に表していると仮定すると、等高線の面積から単純に生息量を算出する今回の方法は、実際の生息量よりもやや小さな値をあたえられ考えられる。そこで、この過小評価が天然貝の生息量を相殺すると仮定し、推定された生息量をすべて放流D型仔貝に由来するものとして、各放流群に対応する年級群の個体数からその生残率を計算した。その結果、1歳貝までの生残率は0.9~1.5%、2歳貝までの生残率は0.1~0.3%、3歳貝までの生残率は92放流群のみについて0.02%となった(表5)。

#### 放流貝の減耗要因

放流貝の減耗要因としては、一つには他の生物による食害が考えられる。セタシジミ仔稚貝の捕食者として、水谷・澤田<sup>32)</sup>はカワニナ類、ヒメタニシ、イトミズ類をあげている。また、井戸本・橋本<sup>33)</sup>は、スジエビの大型個体が殻長約1mmのセタシジミを捕食できること、カワニナ属が殻長0.9mm以下のセタシジミを捕食し、とくに殻長0.6mm以下のものを選択的に食べることを示した。本報の調査水域には、カワニナ属が高い密度で生息していたことから(図4,5)、放流D型仔貝がこれらによる食害を受けていた可能性は高い。しかし、放流貝と考えられるセタシジミの密度が高い部分は、カワニナ属の生息密度が高い部分と重なっており、これらによる食害が減耗のおもな原因とは考えにくい。

ほかに、92放流群および93放流群については、調査船を停船させた状態で放流したことから、初期減耗をもたらさうる要因の一つとして過密放流が疑われた。

表5 93調査~95調査における各年級群の推定生息数から算出した放流貝の生残\*

	D型仔貝放流	推定生息数(生残率%)		
		1歳貝	2歳貝	3歳貝
92放流群	119,000,000	1,187,355 (1.0%)	379,188 (0.3%)	21,948 (0.02%)
93放流群	158,000,000	2,326,774 (1.5%)	176,689 (0.1%)	—
94放流群	159,000,000	1,455,521 (0.9%)	—	—

\*生息量算出範囲(2800m<sup>2</sup>)内における歩留まりを示す。

そこで、94放流群では調査船をゆっくり移動させながら線状に放流し、初期密度の低減をはかった。しかし、1歳貝までの生残率をみると、92放流群の1.0%および93放流群の1.5%にくらべて、94放流群は0.9%と高くなく、放流密度は生残を左右する大きな要因ではなかったと考えられる。なお、94放流群の生残率がやや低くなった原因として、93調査および94調査においては、放流の影響で当歳貝の数が多く、その成長のよい一部が1歳群に含まれた可能性が高いのに対して、95調査では当年の放流がなかったことに加え、当歳貝を年級群として分離したことが影響している可能性も考えられる。

調査水域は、北西の季節風の影響を強く受け、とくに冬季は波浪の強い日が多い。このため、放流貝の減耗をもたらしたもっとも大きな要因は、波浪によって移動させられた個体が、泥の堆積した沖合で死滅したり、生息量算出範囲外に散逸したことではないかと推測される。また、2歳貝以上に関しては、すでに漁獲制限体型である殻長15mm以上に達しているため、漁獲による減耗の可能性が高い。

#### D型仔貝の放流効果

以上のように、大量のD型仔貝を3年連続して放流した水域において、放流貝に相当する若年貝の生息数が増加したことが確かめられた。また、同水域における資源量は、調査開始時の約3倍に増加したと推定され(表4)、それがおもに未漁獲サイズの個体の増加によってもたらされたことが殻長組成から明らかである(図6)。これらのことは、当該水域のセタジミ資源が、新規加入群の大幅な増加によって増えつつあることを示している。

井戸本<sup>34)</sup>は、親貝の体型と採卵量の関係を示し、再生産に実質的に参加できるセタジミの殻長がおおよそ15mm以上であることを明らかにした。産卵時期(6月)にこの殻長に達していたと考えられる3歳貝以上の生息密度がいずれの年度の調査においても極めて低いことから、この水域における新規加入群の増加が自然繁殖によってもたらされたとは考えにくい。したがって、これらの増加の大部分は、D型仔貝の放流に起因するものである可能性が極めて高いといえる。また、この研究で用いた一連の技術はすでに大規模な応用が試みられており、ほかのいくつかの漁場においても、D型仔貝の放流後に1~2歳貝の急激な増加が確認されている<sup>35-37)</sup>。

今回の調査から、D型仔貝という極めて微小な種苗であっても、大量に放流することによって、その漁場のセタジミ資源の増大に寄与しうることがほぼ明らかとなった。1歳貝までで1%前後という生残率は、放流種苗のサイズから考えると決して低くはないと思われる。また、セタジミの1個体あたりの市場価格を考慮すれば、海産の2枚貝で行われているような専用施設を用いた種苗育成は経済的に現実性が低いと思われる。しかし、D型仔貝の放流効果は、水域の環境、とくに底質によって大きく左右されると考えられることから、種苗放流による増殖をすすめるにあたっては、好適な水域を選定するとともに、悪化した漁場環境を改善する努力も必要である。また、増加した資源を単に回収するだけでなく、再生産力の回復につなげるために、適正な資源管理を行うことが極めて重要である。

#### 摘 要

1. 彦根市三津屋町地先の琵琶湖に、1992年に1億1900万個体、1993年に1億5800万個体、1994年に1億5900万個体のセタジミD型仔貝を放流した。
2. 放流貝の追跡調査用に小型の定量桁網を開発し、その採集効率を検討した結果、潜水調査の代替手段として有効であることがわかった。
3. 1993年10月、1994年11月および1996年1月に定量桁網を用いてセタジミの採集調査を行った結果、放流地点付近を中心として1歳貝および2歳貝が高い密度で生息することが確認された。
4. 年級群ごとに個体数の密度分布図を作成し、等高線の面積から生息数を算出し、それらをすべて放流貝と仮定してD型仔貝からの生残率を計算した結果、1歳貝までは0.9~1.5%、2歳貝までは0.1~0.3%、3歳貝は0.02%となった。
5. 重量の分布図を作成し、等高線の面積から資源量を算出した結果、1993年10月は677kg、1994年11月は1897kg、1996年1月は2583kgとなった。

#### 文 献

- 1) びわ湖生物資源調査団(1966): 貝類. びわ湖生物資源調査団中間報告(一般調査の部), 610-707.
- 2) 滋賀県水産試験場(1954): 貝類, 底棲生物. 昭和28年度総合開発調査-琵琶湖水位低下対策

- (水産生物) 調査報告書(1), 11-17.
- 3) 滋賀県水産試験場(1972): 貝類, 昭和44年度琵琶湖沿岸帯調査報告書, 17-32.
  - 4) 滋賀県教育委員会・財団法人滋賀県文化財保護協会(1997): 貝類, 動物遺体, 粟津湖底遺跡第3貝塚(粟津湖底遺跡I), 琵琶湖開発事業関連埋蔵文化財発掘調査報告書1, 305-325.
  - 5) 滋賀県水産試験場(1923): 漁業統計, 付録. 琵琶湖水産増殖事業成績報告(1), 187-210.
  - 6) 農林省滋賀統計調査事務所(1955): 水産業. 統計から見た湖国農林水産業1955年版, 130-144. 滋賀農林統計協会, 大津.
  - 7) 水本三郎(1950): 瀬田蜆の増殖に関する研究(第一報). 滋賀県水産試験場研究報告, **1**, 26-33.
  - 8) 水本三郎・古川優(1952): セタシジミ *Corbicula sandai* Reinhardt の増殖に関する研究(第3報) 発生に就いて, 滋賀県水産試験場研究報告, **3**, 33-36.
  - 9) 水本三郎・小林吉三・田沢茂・吉原利雄(1962): セタシジミの異常斃死に関する研究(I) 異常斃死の実態調査について, 滋賀県水産試験場研究報告, **15**, 1-15.
  - 10) 村長義雄・水沼栄三・箕田冠一・有馬武司(1962): セタシジミの異常斃死に関する研究(II) 異常斃死の原因について, 滋賀県水産試験場研究報告, **15**, 16-41.
  - 11) 滋賀県(2001): 琵琶湖漁業漁獲量・生産額, 水産統計. 滋賀の水産(平成13年度), 37-40. 滋賀県農政水産部水産課, 大津.
  - 12) 水谷英志(1996): 漁獲量の経年変化と資源量予測について, 昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 33-38.
  - 13) 永松正昭(1977): セタシジミの増殖に関する研究-I 流速および底質に関する成長試験について. 滋賀県水産試験場研究報告, **31**, 88-91.
  - 14) 水谷英志・西森克浩(1996): 種苗生産技術の確立, 昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 49-59.
  - 15) 井戸本純一・橋本佳樹(1996): 大量採卵技術の開発, 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 100-107.
  - 16) 井戸本純一(1996): 産卵誘発による採卵, 平成3年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 203-205.
  - 17) 井戸本純一(1996): 低温処理による産卵抑制, 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 250-254.
  - 18) 橋本佳樹・井戸本純一(1996): D型仔貝放流初期の減耗調査, 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 265-268.
  - 19) 橋本佳樹・井戸本純一(1996): 真野および奥島試験区放流貝追跡調査, 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 277-282.
  - 20) 橋本佳樹・井戸本純一(1996): 松原試験区放流貝追跡調査, 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 283-286.
  - 21) 田中栄次(1990): 体長組成分析. パソコンによる資源解析プログラム集II(中央水産研究所生物生態部数理生態研究室編), 69-82. 中央水産研究所, 東京.
  - 22) 水本三郎・古川優(1952): 瀬田蜆の増殖に関する研究(第二報). 滋賀県水産試験場研究報告, **1**, 18-24.
  - 23) 林一正(1972): 琵琶湖産有用貝類の生態について(前編). *V E N U S*, **31**(1), 9-34.
  - 24) 橋本佳樹・水谷英志(1996): 天然域におけるセタシジミの成長と歩留りについて, 昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 11-17.
  - 25) 橋本佳樹(1996): 天然域におけるセタシジミの成長と歩留りについて, 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 87-89.
  - 26) 橋本佳樹(1996): 天然域におけるセタシジミの成長と歩留りについて, 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 129-131.
  - 27) 井戸本純一(1996): 琵琶湖水を用いた稚貝育成

- 方法, 平成2年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 156-161.
- 28) 橋本佳樹(1996): 標識試験, 平成3年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 227-228.
- 29) 橋本佳樹(1996): 標識方法の検討, 平成4年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 271-272.
- 30) 滋賀県(1994): ALC標識D型仔貝の追跡調査, セタシジミ. 平成5年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書(二枚貝グループ), 滋賀-42-43.
- 31) 橋本佳樹・井戸本純一(1996): 放流貝追跡調査, 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 116-121.
- 32) 水谷英志・澤田宣雄(1996): 室内飼育試験における生理生態等調査, 昭和63年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 17-24.
- 33) 井戸本純一・橋本佳樹(1996): 食害の検討, 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(セタシジミ). 滋賀県水産試験場研究報告, **45**, 122-124.
- 34) 井戸本純一(1997): セタシジミの体型別産卵量の推定. 平成8年度滋賀県水産試験場事業報告, 25-27.
- 35) 西森克浩・上野世司(1999): セタシジミD型仔貝の放流効果調査. 平成10年度滋賀県水産試験場事業報告, 34-35.
- 36) 西森克浩・上野世司(2000): セタシジミD型仔貝の放流効果調査. 平成11年度滋賀県水産試験場事業報告, 36-37.
- 37) 西森克浩(2001): 米原町磯地先でのセタシジミD型仔貝の放流効果の推定. 平成12年度滋賀県水産試験場事業報告, 64-65.