

鮫ノ浦湾のマボヤ天然採苗における親ホヤの重要性

田邊 徹^{*1}・坂本 啓^{*2}・杉本 晃一^{*3}・押野 明夫^{*1}・酒井 敬一^{*4}

The importance of brood stocks in natural spat collection for *Halocynthia roretzi*
at Samenoura Bay, Miyagi Prefecture

Toru TANABE^{*1}, Kei SAKAMOTO^{*2}, Koichi SUGIMOTO^{*3}, Akio OSHINO^{*1} and Kei-ichi SAKAI^{*4}

キーワード: マボヤ 養殖 天然採苗 採苗不良 年齢 孕卵数

宮城県のマボヤ, *Halocynthia roretzi*, の生産量は全国の8割近くを占め, 概ね6,000 tから10,000 t前後で推移している¹⁾。そのなかでも宮城県石巻市牡鹿の牡鹿半島に位置する鮫ノ浦湾は, 2004年時点で, 県内生産の44%の生産を占める最も大きい漁場となっている¹⁾。鮫ノ浦湾は, 湾口2 km, 湾口部水深45 mのリアス式海岸の湾であり, 寄磯, 前網, 鮫ノ浦, 谷川, 泊の各地先漁場からなる(図1)。また, 鮫ノ浦湾は出荷サイズのマボヤの生産だけでなく, 養殖用種苗の供給地となっている。

マボヤは雌雄同体で, 冬が産卵期である。また産卵された卵は体外受精によって発生が進行し, 尾芽胚, 孵化後のオタマジクシ型幼生を経て3~4日で付着変態したのち, 付着生活へと移行する。天然漁場では浮遊幼生出現時に, カキ殻やパームロープなどの適当な付着器を海中に投入し採苗が行われる²⁾。佐々木はマボヤの浮遊幼生の動態や鮫ノ浦湾の海水流動に関して検討し, そのなかで, 湾口部に位置する寄磯, 前網の各漁場に垂下されたマボヤに由来する幼生が, 主な採苗地であり湾奥に位置する鮫ノ浦, 谷川に供給されていることを指摘している^{3,4,5)}。採苗された原盤はその年の夏から秋にかけて垂下ロープへの挟み込みなどによる漁場への分散がなされ, 従来, 一部3歳個体が剥き身で, 大部分の4歳個体が殻付きで出荷されていた²⁾。県内では一般的にホヤを含む垂下養殖品目は満年齢ではなく数え年によって示されていることから, この

報告もそれに準じた。

近年, 大韓民国(韓国)において, マボヤの需要増と生産不良が継続しており, 日本からの輸出が劇的に増加している。しかも, この需要増を背景に, 鮫ノ浦湾では, 3歳個体の出荷が増加し, 一部2歳個体の出荷まで始まっている。2・3歳過剰な出荷は次世代の産卵親集団の減少を引き起こすと考えられ, それに伴う採苗不良が問題視されている。マボヤは成熟までに2年を要することが知られているが⁶⁾, 2歳個体がどの程度再生産に寄与しているのかは定かではない。

そこで, 本研究は持続的な養殖生産を可能にするため, 若齢個体の過剰な出荷が採苗不良原因となることを明らかにすることを目的とする。

材料と方法

実験材料には鮫ノ浦湾に生息している天然マボヤ, 及び養殖マボヤを使用した。また漁場に垂下されているマボヤの数量を石巻地方振興事務所水産漁港部が各関連漁業協同組合へ聞き取りを行った結果から推定した。

1) 鮫ノ浦湾のマボヤ卵・幼生出現調査と養殖用種苗付着数調査

鮫ノ浦湾において, 2004年から2006年にかけて, マボヤ産卵期である12月から2月に, ほぼ毎週1回の頻

^{*1}水産研究開発センター ^{*2}内水面水産試験場 ^{*3}栽培漁業センター ^{*4}産業経済部漁業振興課

度で、目合い 90 μ m のプランクトンネットを用いて卵・幼生採取を行った。なお、2004 年度シーズンは 3 地点で、2005 年度シーズンは 4 地点で、水深 7m と 10m からの鉛直曳きによる採集を行い、両水深帯のサンプルの海水 1 m³ 当たりのマボヤ卵・幼生数の平均を幼生出現数とした。調査点は佐々木の報告から、卵・幼生の供給地として指摘されている^{3,4,5}、前網の漁場周辺とした(図 1)。比較対象として佐々木の報告を引用し、採苗が安定していた 1997~2000 年の卵・幼生出現調査による密度を採集時期ごとに平均し比較とした^{4,5}。

稚ホヤ付着状況調査を 2006 年 2 月 7 日と 3 月 8 日に、鮫ノ浦湾の、寄磯、前網、鮫ノ浦、谷川、泊の各地先の漁場で行った(図 1)。各漁場で垂下されているマボヤ採苗用カキ殻原盤を実体顕微鏡下で観察し、各漁場それぞれ 5~22 枚について付着稚ホヤ数を計数した。

2) マボヤ孕卵数の計数と、漁場におけるマボヤ孕卵数の推定

産卵期直近の 2006 年 12 月中旬に鮫ノ浦湾で養殖されている 2 歳および 3 歳のマボヤそれぞれ 5 個体の卵巣を適量摘出し、湿重量を計測、細切を行い、海水 100ml で懸濁した。この卵巣懸濁液中の卵数を計数することにより摘出卵巣中に保持されている卵数を計算した。この計算値を基準に卵巣単位湿重量当たりの卵数を算出した。

2005 年 12 月中旬に養殖マボヤ 2 歳 13 個体と 3 歳 15 個体の個体重量と卵巣重量を計測したデータから、先ほどの単位卵巣重量あたりの孕卵数を基に、個体の孕卵数を算出した。さらに、2 歳個体と 3 歳個体の卵巣指数(卵巣重量/全重量 \times 100)を比較した。この養殖ホヤ 28 個体を用い、個体重量と卵巣重量の関係を求め、前述の鮫ノ浦湾の推定マボヤ垂下量と、年齢ごとの単位湿重量当たりの孕卵数から、この海域における養殖マボヤの孕卵数を年齢ごと、年ごとに推定し、比較を行った。また、2005 年 12 月中旬に鮫ノ浦湾で採取した天然ホヤ 54 個体についても個体重量と卵巣重量の関係を求めた。

3) マボヤ産卵誘発

マボヤの産卵期直近である 2006 年 12 月 18 日に、2 歳および 3 歳個体をそれぞれ 10 個体用い、温度刺激により産卵誘発を行った。誘発には、30 l パンライト水槽にそれぞれ 10 個体ずつマボヤを収容し、1t 角形水

槽を用いたウォーターバス方式により、11 $^{\circ}$ C から 15 $^{\circ}$ C の反復温度刺激を行った。この方式では 11 $^{\circ}$ C から 15 $^{\circ}$ C まで水温が上昇するまでに約 1 時間を要し、30 l パンライト水槽内の水温が 15 $^{\circ}$ C に達した時点で、換水により 11 $^{\circ}$ C まで下降させた。この反復刺激を 3 回行い、その後 11 $^{\circ}$ C、6 時間、止水で産卵の有無を観察し、その個体数を計数した。産卵の有無に関係なく、温度刺激を行った個体を、その後 1 週間自然光条件、水温 10~11 $^{\circ}$ C の流海水下で維持し産卵の有無を確認した。

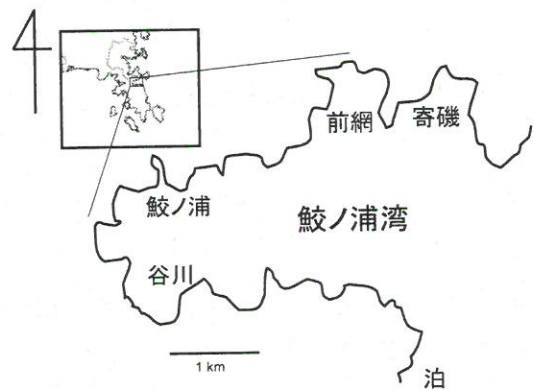


図 1 鮫ノ浦湾における漁場配置

結果

1) 鮫ノ浦湾のマボヤ卵・幼生出現調査と養殖用種苗付着数調査

2004-2005 年シーズンにおいて、浮遊幼生出現のピークは 12 月中旬となり、その密度が約 50 個/m³であった(図 2 中)。一方、2005-2006 年シーズンでは調査期間を通してほとんど幼生の出現が確認できず、0~4 個/m³で推移した(図 2 下)。なお、佐々木の報告では採苗の安定していた 1997~2000 年にかけて、浮遊幼生出現のピークの密度は約 600 個/m³であった(図 2 上)。

2006 年 2 月 7 日の付着数調査では、寄磯のサンプルではほとんど稚ホヤの付着が確認できず、その他の浜では最大でも前網の 35 個/原盤 1 枚であった(図 3 上)。翌月の 3 月 8 日の付着数調査では、前回の調査と同様に、寄磯ではほとんど確認できなかつた。一方、谷川では 50 個/原盤 1 枚を超えるものも確認できたが、全体的には 40 個/原盤 1 枚を下回った(図 3 下)。また観察した中には付着稚ホヤが全く確認できない原盤も多く確認された(図 3)。

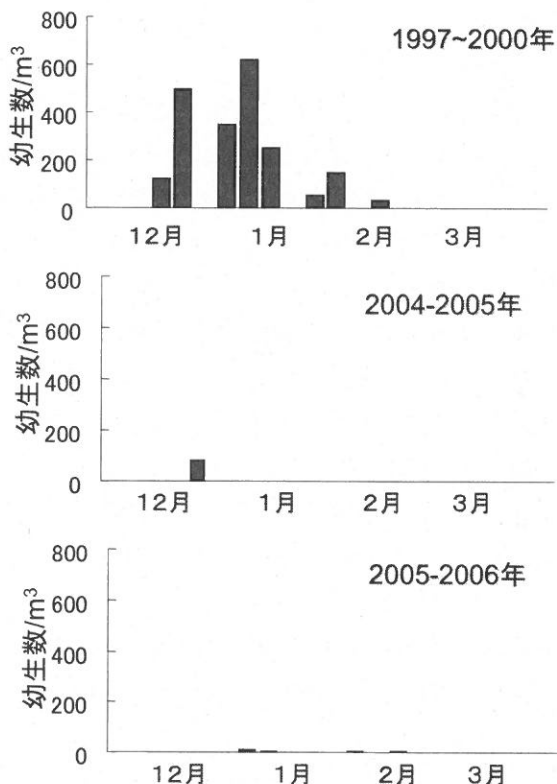


図2 鯨ノ浦湾におけるマボヤ卵・浮遊幼生出現数/m³
1997~2000年は佐々木の報告(2003)による。

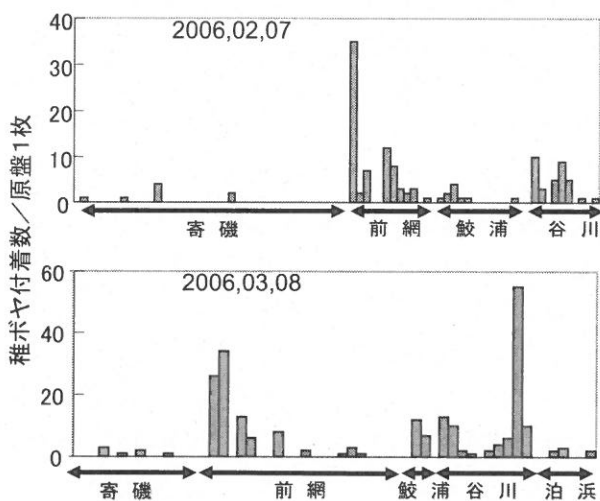


図3 カキ殻原盤一枚当たりの付着稚ボヤ数
日付は観察日, 地名は垂下漁場を示す。

2) マボヤ孕卵数の計数と、漁場におけるマボヤ孕卵数の推定

マボヤ卵巣組織 1g 中に含まれる卵数は、2 歳個体で約 30,000 粒、3 歳個体で約 40,000 粒であったが、有意差は認められなかった(表 1)。ただ、単位卵巣重量あたりの孕卵数は、3 歳個体の方が 2 歳個体と比較して多い傾向があり、2 歳個体では 10,000 粒/g と 3 歳個体の平均値の 1/4 にすぎない個体も観察された(表 1)。

また、2 歳個体の卵巣指数は 3 歳個体より有意に低かった(表 2)。さらに、2 歳個体の卵巣では、生殖巣がほとんど確認できない個体も認められた。先ほどの卵巣単位湿重量当たりの卵数をもとに養殖マボヤの卵巣重量からそれぞれの孕卵数を推定した結果、2 歳個体の孕卵数は 3,000 粒から 90,000 粒で平均値が 40,000 粒となった。一方、3 歳個体では 150,000 粒から 680,000 粒で平均値が 390,000 粒であった(表 2)。養殖群の個体重量と卵巣重量の相関は $R^2=0.95$ であり、 $y=0.0763x-3.5949$ の直線回帰式で表され(図 4 下)、また同様に天然マボヤでは $R^2=0.69$ であり、 $y=0.104x-4.9949$ の直線回帰式で示された(図 4 上)。産卵期である 12 月に寄磯、前網の漁場で垂下されている

表 1 異なる年齢における卵巣単位湿重量あたりの孕卵数 (万粒/卵巣単位重量(g))

年齢	個体数	万粒/単位卵巣重量(g)*
2年	5	3.0±1.2(1.0~4.0)
3年	5	4.0±0.58(3.5~5.0)

*平均±SD (最小~最大)

表 2 卵巣指数(卵巣重量/全重量)及び、個体別孕卵数(万粒)の比較

年齢	個体数	卵巣指数*	孕卵数*
2年	15	2.09±0.99 (0.25~3.53)	4.0±2.7 (0.3~9.0)
3年	13	**6.67±1.33 (3.56~7.54)**	**39±19.1 (14.7~68.1)

*平均±SD (最小~最大), **2年の数値と有意差あり(P < 0.05)

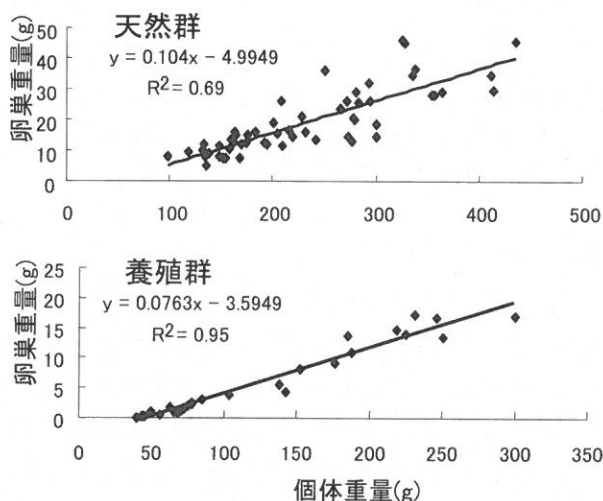


図4 天然マボヤ(上)と養殖マボヤにおける、個体重量と、卵巣重量の関係

マボヤ量の総計は、2002 年、2003 年ではおよそ 13,000t 前後であったものの、2004 年、2005 年と減少し、2005 年では 2,106t と試算された。また、4 歳個体

は2002年に寄磯で若干量確認されたが、以後、確認できなかった(表3)。これに伴い、各漁場におけるマボヤ孕卵数も減少し、漁場全体で2002年では約33兆粒であったのに対し2004年では約21兆粒、2005年では約4.5兆粒と試算された。各年齢別に見ると、2002年と比較し、2歳個体が2004年では約90%、2005年では約20%、3歳個体が2004年では約27%、2005年では約2%まで減少したと推定された(表4)。

表3 12月のマボヤ漁場垂下量(t)

	年齢	2002	2003	2004	2005
寄磯	2年	2,880	2,880	2,880	720
	3年	1,800	2,520	720	100
	4年	若干	—	—	—
前網	2年	5,880	5,320	5,040	1,206
	3年	2,500	2,000	500	80
	4年	—	—	—	—
合計	2年	8,760	8,200	7,920	1,926
	3年	4,300	4,520	1,220	180
	4年	若干	—	—	—
総合計		13,060	12,720	9,140	2,106

表4 12月のマボヤ漁場垂下量を基に算出した漁場での孕卵数(兆粒)

	年齢	2002	2003	2004	2005
寄磯	2年	6.5	6.5	6.5	1.5
	3年	5.4	7.6	2.1	0.16
	4年	若干	—	—	—
前網	2年	13.4	12.1	11.4	2.7
	3年	7.5	6.0	1.4	0.10
	4年	—	—	—	—
合計	2年	19.9	18.6	17.9	4.2
	3年	12.9	13.6	3.5	0.26
	4年	若干	—	—	—
総合計		32.8	32.2	21.4	4.46

3) マボヤ産卵誘発

産卵の誘発を行った結果、3歳個体では10個体中7個体で産卵が確認できたものの、2歳個体では産卵が確認されなかった(表5)。それらを1週間後まで水槽内で観察したところ、3歳個体では断続的に産卵が観察されたが、2歳個体では産卵は確認できなかった(data not shown)。

表5 産卵誘発結果

年齢	個体重量(g)*	産卵個体数	未産卵個体数
2年	76.4±25.2(35.2~105.2)	0	10
3年	182.8±42.2(135.0~261.6)	7	3

*平均±SD(最小~最大)

考察

マガキやホタテガイなどの幼生保育を行わない二枚貝類は2週間から2ヶ月の間浮遊期間を持つことが知られている^{7,8)}。一方、マボヤは受精から着底まで3~7日で完了することから²⁾、他の長い浮遊期を持つ生物と比較して、海流による拡散が少ない生物であると考えられる。佐々木は、鯨ノ浦湾においてマボヤ幼生の供給地が湾口部に位置する寄磯、前網であり、この漁場で産卵された卵が発生し、湾内で採苗されていることを指摘した^{3,4,5)}。このため、湾内の天然採苗の良否を左右する主要因は、寄磯、前網の漁場に垂下されているマボヤの量であると考えられる。寄磯、前網の両漁場に産卵期である12月に垂下されていたマボヤの量は2002年と比較して2004年、2005年と激減した。その内訳のうち最も顕著に減少したのは3歳個体であった。

一方、卵・浮遊幼生調査において、シーズン中の最大値と比較すると、過去に安定した採苗が可能であったときの幼生出現数に対して、2004・2005年シーズンが13%、2005・2006年シーズンが0.6%と、明らかに減少していた。一般的に、マボヤ養殖において稚ホヤ付着数は原盤一枚当たり50~100個体程度が最適とされている。しかし、2006年春期の付着数調査では、付着数の分散が大きく、谷川の一部種苗で50個/原盤1枚以上のものも観察されたが、全般的に付着数が50個/原盤1枚以下と付着数は少なかった。浮遊幼生数調査ではほとんど卵・幼生が確認できなかったことと、付着数調査では付着が確認できたこととは繋がりが認められないかもしれないが、これは、幼生が受精3日程度で付着期に至ることから、浮遊幼生調査を1週間間隔で行っていたため、その動向が追跡できなかったことが一つの要因として推察された。また、佐々木の報告では、鯨ノ浦湾におけるマボヤ幼体の付着は水深に関わらず中層付近が極大となる正規分布を示す^{4,5)}。従って、この調査での水深に関わらず水深7mと10mからの鉛直曳きという調査方法は、水深が20mを超える調査点において極大値を示す中層まで届いておらず、2003年の佐々木の報告による結果とは直接比較できないかもしれない。しかし、実際に漁業者からの聞き取り調査では、2004・2005年シーズンの天然採苗は例年と比較してやや不良ながら予定採苗数は確保できたとのことであったが、2005・2006年シーズンは極めて

不良との回答を得おり、それぞれの年の卵・幼生出現数の減少を反映したものであった。

年齢別の孕卵数は、3歳個体の平均値が2歳個体の平均値に比べ約10倍、さらに、2歳個体の最大値の5.5倍も多いことが明らかになった。また卵巣単位重量あたりの孕卵数も、3歳個体が多い傾向が認められた。個体重量と、卵巣重量とは、非常に高い正の相関を示し、卵巣重量すなわち孕卵数は、個体の大きさに依存しているといえる。一方、観察した全ての個体で、個体重量が50gに満たない個体は、卵巣だけでなく精巣もほとんど発達が認められなかった。このことから、個体重量50g前後がマボヤにとっての最小成熟サイズである可能性がある。マボヤは成熟までに2年を要するといわれているが⁶⁾、成熟年齢は成長によって変化する可能性も考えられる。マボヤは産卵期中に数回産卵することが知られているが、鮫ノ浦湾では、初回は例年冬至の時期である⁵⁾。このことから、今回計測した卵は、初回の産卵で生み出される卵であると思われる。また産卵の誘発実験において、3歳個体は温度刺激に対して反応を示した。しかし、2歳個体の平均重量は76.4gと前述の50gを超えていたにも関わらず、全ての個体が産卵誘発に反応しなかったことは興味深い。一方、3歳個体から産卵された卵は100%近い受精率を示し、72時間後には孵化し、98時間後には付着変態が観察された(data not shown)。したがって、今回産卵誘発に反応しなかった2歳個体は、冬至周辺に迎えるシーズン最初の産卵には参加しない可能性が高い。言い換えると、3歳個体に対して2歳個体はシーズン中の産卵回数が少なくとも1回は少なく、成熟時期が3歳個体に比べて遅れる傾向があると考えられる。あわせて、孕卵数が少ないことを考慮しても、再生産に寄与する率が低いことが考えられる。二枚貝や魚類などの種苗生産現場では一般的に、若齢個体由来の卵は発生率が低いことが知られており、マボヤにおいても若齢個体由来の卵は発生率が低い可能性が考えられる。2歳個体の産卵期を通した産卵の有無や回数、2歳個体由来の卵による発生状況についても、今後検討が必要だろう。

卵巣重量と漁場の垂下マボヤ重量から推定した養殖マボヤの孕卵数もまた、垂下重量を反映し減少した。2005年の2歳個体の孕卵数は、2002年の20%に減少したのに対し、3歳個体では2002年の2%と著しく減少した。漁場の孕卵数における3歳個体の割合は、約

40%から約0.6%まで落ち込んだ。1997~2000年の採苗安定期では、マボヤの出荷が主に4歳個体だけでなく、5歳個体を出荷する業者もおり、12月の産卵期時点では3歳個体だけではなく、4歳個体も垂下されていた。しかし、2002年を最後に12月時点で漁場に垂下されている4歳個体は確認できなかった。また採苗不良が問題となった2004年以降に、漁場の顕著な3歳個体の垂下量の減少が認められた。このことから、漁場に垂下されている3歳以上の個体の減少により、採苗不良が顕在化したと考えられる。

一方、天然マボヤの卵巣重量と個体重量の相関は養殖マボヤと比較して R^2 値が低かった。これはおそらく、天然群では年級群が多岐にわたっていることが原因かもしれない。しかし、2005-2006年シーズンに、親ボヤとして考えられる養殖群の著しい減少の中で、少ないながら付着稚ホヤが確認できたことから、天然マボヤ由来の幼生も少なからず考えられる。しかし、この海域では天然マボヤ漁が行われておらず、資源量が激減したとは考えにくい。よって、前述の2歳個体が再生産への寄与率が低い可能性も考慮に入れると、2005-2006年シーズンの採苗不良の主因は、産卵期に漁場に保持されていたマボヤ量の不足であり、その中でも孕卵数が多く、外部刺激に対して産卵が誘発されやすい、3歳個体の著しい減少であったと考えられる。

今後、安定した天然採苗を可能にするにあたり、産卵期に漁場に確保すべき3歳以上の個体の量などを決定するためには、湾鮫ノ浦湾のマボヤ天然採苗機構について今後も調査結果を蓄積し、解析を継続する必要がある。また天然マボヤの再生産への寄与率に関しても、分布や現存量をふまえた検討を行っていく必要があるだろう。

要約

- 1) マボヤの孕卵数は、2歳個体と3歳個体で数十倍に及ぶことが推計された。また2歳個体は産卵誘発による効果が確認されず、12月中旬から下旬に起こるシーズン最初の産卵には貢献しない可能性が考えられた。
- 2) 12月の時点での鮫ノ浦湾口部の寄磯、前網周辺の漁場に垂下されたマボヤの量はここ数年減少傾向にあり、3歳個体の垂下量の減少が著しかった。
- 3) 近年の鮫ノ浦湾の天然採苗不良は、漁場に垂下され

ている3歳以上のマボヤの減少に大きく起因していると考えられた。

謝辞

この報告書をまとめるにあたり、調査やデータ整理にご協力いただきました鮫ノ浦湾ホヤ養殖連絡協議会、

寄磯、前網、鮫ノ浦、谷川、泊の各漁業協同組合、石巻地方振興事務所水産漁港部漁業振興班員の方々、水産研究開発センター環境養殖部増養殖班員の方々に御礼申し上げます。また、ご指導ご鞭撻賜りました内水面水産試験場の佐々木良場長にも厚く御礼申し上げます。さらに本稿をご校閲下さいました水産研究開発センターの西堀修一所長にも重ねて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東北農政局 (1996-2006) 宮城県漁業の動き
- 2) 宮城県 (1996) IX 養殖編 (ほや・ほたてがい). 宮城県の伝統的漁具漁法
- 3) 佐々木良 (1997) 鮫ノ浦湾におけるマボヤ天然採苗機構に関する基礎的検討. 宮城水産研報, (15), 51-59.
- 4) 佐々木良 (2000) 鮫ノ浦湾におけるマボヤ浮遊幼生の分布動態. 宮城水産研報, (16), 71-83.
- 5) 佐々木良 (2003) 鮫ノ浦湾におけるマボヤ天然採苗の成立機構. 宮城水産研報, (3), 1-17.
- 6) 佐藤矩行・西田宏記 (1998) 第四章初期発生と形態形成. ホヤの生物学, 東京大学出版, 52-55
- 7) 菅原義雄・小金沢昭光 (1994) 1-1 マガキ. カキ・ホタテガイ・アワビ生産技術と関連研究領域一, 恒星社厚生閣, 1-17
- 8) 森勝義 (1994) 1-2 ホタテガイ. カキ・ホタテガイ・アワビ生産技術と関連研究領域一, 恒星社厚生閣, 18-27