

宮城県北部海域におけるホタテガイ天然採苗の年変動

押野明夫*・日下啓作*・伊藤博*・佐々木良*・伊藤貴**

Fluctuations in Natural Seedling of Scallop, *Patinopecten yessoensis*
along the Northern Coast of Miyagi Prefecture

Akio OSHINO*, Keisaku KUSAKA*, Hiroshi ITOH*, Ryo SASAKI* and Takashi ITOH**

キーワード：ホタテガイ，産卵，幼生，稚貝，天然採苗

ホタテガイの生産量は天然ホタテガイの漁獲と養殖ホタテガイを合わせると全国で約50万トンもの生産があり，単品目では日本で最も生産量が多い¹⁾。宮城県の場合，ホタテガイ生産の殆んどすべてが養殖生産であり，2001年には生産数量15,340トン，生産金額約43億円となり（図1），ノリ，マガキに次ぐ主要な養殖産業に発展している¹⁾。

この発展過程で1960年代は当初県外種苗に依存した養殖が行われていたが，搬入種苗の健苗性に起因するとされた大量斃死²⁾によって1970年代後半に生産量が急減し，地種養殖の育成強化が指摘された³⁾。その後1980年代後半から地種採苗が可能となり，その種苗と良質の県外種苗を用いた県北中部海域での養殖によって生産量が

漸増し，現在に至っている（図2）。

地種の生産は，ホタテガイの産卵から幼生の付着までの初期生活史の知見に基づいた天然採苗技術と採苗漁場における調査データに基づいた情報に支えられている。宮城県の場合，ホタテガイの採苗は外洋に面した養殖漁場で行われているが，幼生の最多時期に採苗袋を投入しても年によって採苗袋当りの付着稚貝数に大きなばらつきがあることから，漁業者はかなり多めの採苗袋を採苗適期より早めに投入しているのが現状である。これは，経済的に非効率だけでなく，採苗袋の汚損による稚貝付着効率の悪化を招いている。また，現在も県外から小型種苗（殻長1～2cm）や半成貝（殻長7～9cm）を移入し養殖されているが，これによって貝毒等の伝播だけ

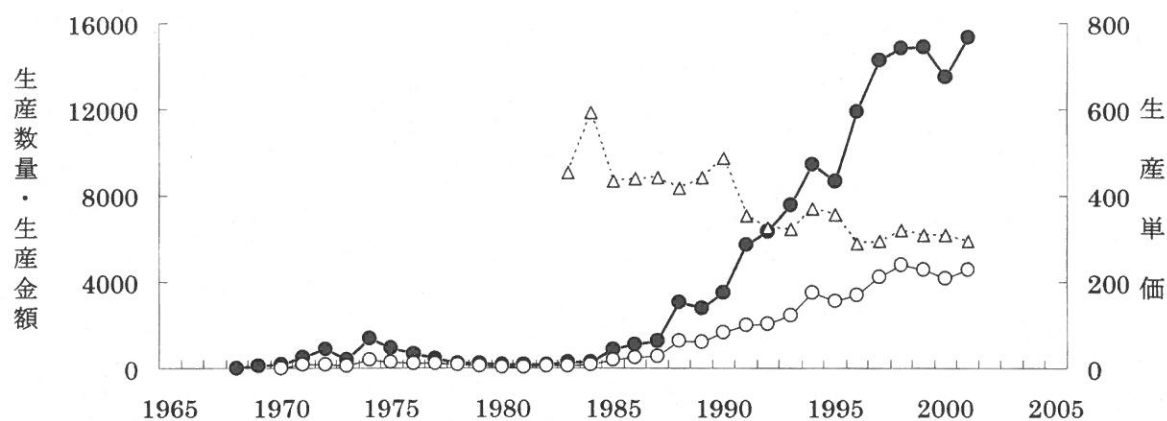


図1 宮城県におけるホタテガイ養殖生産数量，生産金額および生産単価

—●— 生産数量 (t) —○— 生産金額 (百万円) …△… 単価 (円/kg) = 生産金額 (円) ÷ 生産量 (kg)

でなく、寄生生物や病原性生物の侵入が危惧されていることから、カキ養殖と同様に県内で生産された優良種苗を用いる完全養殖型の形態を積極的に推進し、生産の安定と高品質のホタテガイ生産を目指す必要性が高まってきた。

これまで採苗袋の投入時期については、主に離岸1～2海里程度の各地養殖漁場内定点での生殖巣指数の変化、幼生密度・殻長組成の推移、稚貝の付着状況を調査した結果を基に予測してきた(図3)。本報告は、前報⁴⁾に引き続き過去10ヶ年の宮城県ホタテガイ採苗結果をレビューすると共に、採苗適期の予測精度をさらに向上させるために必要な諸課題について考察したものである。

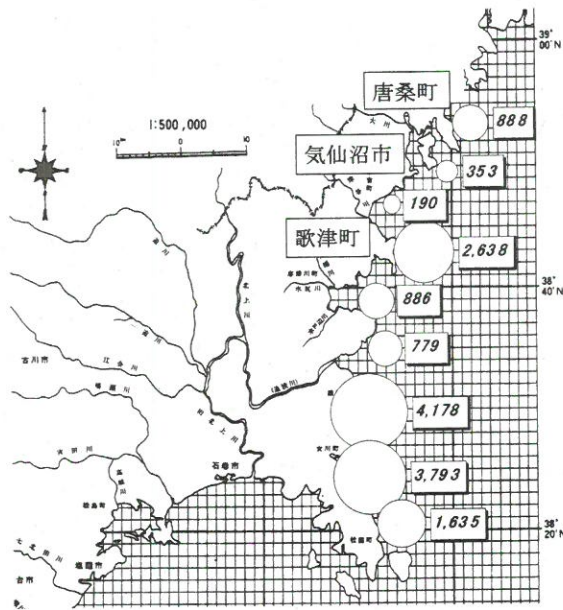


図2 宮城県各地のホタテガイ生産量
2001年；県計15,340トン
(漁業・養殖業生産統計年報)

材料および方法

1) 生殖巣の観察

調査に用いたホタテガイは、歌津町田の浦地先で水深5～10mで養殖された殻長11～14cmの2年貝である。これを1994年から2003年の毎年ほぼ1月から6月までの間、原則として10日に1回、毎回20個体ずつ採集した。これらのホタテガイは測定時まで海水に浸けずに冷暗所(5～15℃)で保管し、水揚げ後の放卵受精抑制に配慮した。ホタテガイから軟体部を剥がした後生殖巣を分離し、生殖巣指数(生殖巣湿重量/軟体部湿重量,%)を測定した。このうち、3月から5月までの生殖巣指数平均値の変化から各年の推定産卵時期を求めた。

なお、雌雄間で生殖巣指数が最高値に達する時期や指数の減少時期に僅かながら差が見られたが、幼生の出現との関係等を見るのに特に支障がないので、雌雄まとめでの指数として表示した。

2) 幼生の採取

幼生採取は1994年から2003年の間、宮城県北部の唐桑町只越地先、気仙沼湾岩井崎地先(=気仙沼水産試験場調査定点)および歌津町田の浦地先の離岸1～2海里に位置する養殖漁場内3定点で、4月から6月の間毎週月曜日に行った。ただし、唐桑町での定期的な幼生調査は1999年から実施した。試料は、北原式定量プランクトンネット(目合い95μm)を用い水深約10mから垂直曳き2回により採集した。試料は海水約200～300mlと共に500ml容プラスチック棒瓶に採取し、2～3mlのホルマリンを注入して(約1%ホルマリン海水)固定した。

3) 幼生の種類判定および計数

試料の観察は採取後12時間以内に行った。固定試料の夾雑物を0.5mm目合いのフルイを通して除去した後、水道水(淡水)中で攪拌し約1分間静置後の沈降物を採取し、観察用試料とした。

それぞれの試料に含まれる貝類幼生の分類について、ホタテガイとムラサキガイとの外部形態の違い^{5),6)}・色調・透明度等の違いから種判定した(表1)。その他の二枚貝および巻貝は類型分けにとどめた。ホタテガイ幼生は殻長を250μm未満(小型・中型)、250μm以上(大型)の2つに区分し、その他の貝類については個体数のみ記録した。

4) ホタテガイ付着稚貝調査

付着稚貝は、幼生調査と同定点の水深10m層に試験採苗袋(目合7mm, 0.4m×1.5m×2枚のタキロンネットを入れたタマネギ袋)を垂下し、4月から6月の間概ね1

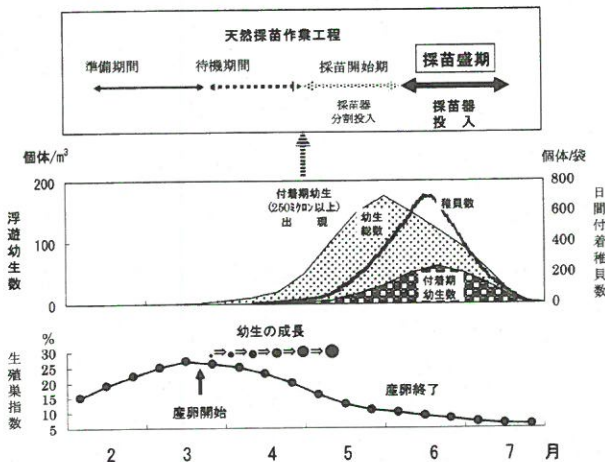


図3 ホタテガイ天然採苗工程模式図

表1 ホタテガイ・ムラサキガイ幼生の種判定基準

種 類 区 分	殻 長 μm	殻頂(アンボ) の膨らみ		殻の形状	輪 郭	色彩など (光学顕微鏡)	眼 点
ホタテガイ	小型・中型	250未満	わずか	卵型 左右不相称	前部が後部より尖る	淡黄色・透明	なし
	大 型	250以上	少 し	卵型 左右不相称	同上	淡褐色・透明	円形(10~20 μm) 単一
ムラサキガイ	小型・中型	250未満	少 し	ホタテガイとほぼ同じ		褐色・透明	なし
	大 型	250以上	比較的大きい				

週間毎に回収して測定した。採苗袋から剥離した付着稚貝は検鏡により種判別・殻長計測を行った。

5) 環境調査

ホタテガイの成熟・産卵および幼生の成長との関連を検討するための水温は、岩井崎定点で毎年実施している貝毒調査の10m層水温データを使用した。

結 果

1) 生殖巣指数の変化と産卵期間

過去10年間(1994年~2003年)の3月~5月期10m層平均水温(以下、水温)と生殖巣指数平均値(以下、指数)の推移並びに過去1年間の生殖巣指数の減少から推定した産卵時期の遅速によって早期産卵年、標準産卵年、産卵遅滞年の3類型に分けて各年の産卵状況を以下に示した(図4)。

早期産卵年(1996年, 1997年, 1998年): 1996年の場合、生殖巣観察を始めた3月上旬の時点で指数が既に19.8%となり、観察した20個体のうち数個体に産卵後の様子が伺われ、4月中旬には11.7%まで減少した。この間

の水温は7.6~8.9°Cであった。この年の産卵開始時期については、2月下旬から3月上旬(水温が7.2°Cから7.6°Cに上昇)に出荷準備中のホタテガイが陸上水槽中で放卵放精したとの漁業者からの聞き取り結果からも、例年よりかなり早期の2月中旬~下旬に産卵が始まったと推定された。1997年では、3月中旬に指数が最高値21.8%となり、4月上旬では19.7%と殆ど変化しなかったが、4月下旬には13.9%、5月上旬に10%とやや急速に減少して産卵はほぼ終了した。推定産卵開始時期の水温は7.7°Cから8.0°Cへ、5月上旬には8.8°Cへ上昇した。1998年の場合、3月中旬に指数が最高値の24.5%となり、4月下旬の18.5%まで徐々に減少した。推定産卵開始時期の水温は5.9°Cから6.8°Cへ上昇した。

標準産卵年(1994年, 1999年, 2000年, 2002年): 1994年の場合、指数は4月下旬の最高値25.4%から5月上旬の15.4%へと急激に減少したが、それ以降は5月下旬の14.5%と指数の減少は緩慢であった。推定産卵開始時期の水温は8.2°Cから9.0°Cへ上昇した。1999年は、3月下旬に指数が最高値27.4%となり、4月上旬の21.7%、4

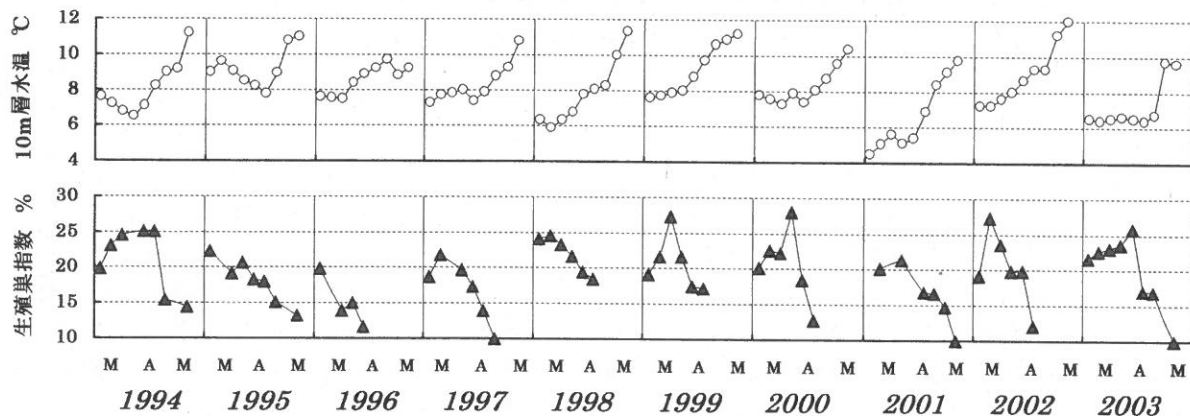


図4 宮城県北部海域における養殖ホタテガイ生殖巣指数の変化と岩井崎地先10m層水温
1994年~2003年、各年3月~5月

月中旬の17.5%へとやや急速に減少した。推定産卵開始時期の水温は7.8℃から8.0℃へ上昇した。2000年は、4月中旬に指数が最高値28.0%となり、4月下旬の間に18.4%から12.7%へと急激に減少し産卵がほぼ終了した。推定産卵開始時期の水温は7.4℃から8.2℃へ上昇した。2002年は3月中旬に指数が最高値27.4%となり、4月上旬の19.8%までやや急速に減少した。推定産卵開始時期の水温は7.2~8.0℃へ上昇した。その後の指数は4月中旬にかけてほとんど減少しなかったが、水温が9.3℃に上昇した4月30日には12.1%まで急減した。

遅滞産卵年（1995年、2001年、2003年）：1995年の場合、3月上旬に指数が最高値22.3%となったが、約1ヶ月後の4月上旬になっても20.7%とわずかな減少であった。推定産卵開始時期の水温は9.0℃から8.5℃へ下降した。その後4月下旬までは指数が18%前後で推移し、水温が9.0~11.0℃へと上昇するのに伴い5月下旬の13.2%まで緩やかに減少した。2001年は4月中旬に指数が最高値21.4%となり、5月中旬の14.7%までほぼ例年

並に減少した。推定産卵開始時期の水温は5.4℃から9.1℃へ比較的急速に上昇した。その後、水温が9.8℃となった5月下旬に約10%まで指数が減少し産卵は終了した。2003年は4月中旬に指数が最高値25.9%となり、4月下旬に17.1%まで急減した。推定産卵開始時期の水温は6.4~6.5℃であった。その後、水温が9.6℃に上昇した5月下旬には約10%まで指数が減少し産卵は終了した。

2) 幼生の出現状況

3地点における過去10年間のホタテガイ幼生出現状況を図5に示した。幼生出現数と幼生最頻出時期に各定点間に多少の差はあるが、出現傾向としては類似しているため、ここでは主として岩井崎定点での幼生出現開始時期と出現最盛期を中心に説明する。なお、適宜1984年から1993年まで10年間の10m層旬平均水温和の水温偏差（以下、偏差）を示した。

1994年：水温は、4月上旬の6.5℃から6月下旬の14.9℃で推移し、4月は平年並み、5月以降は5月中

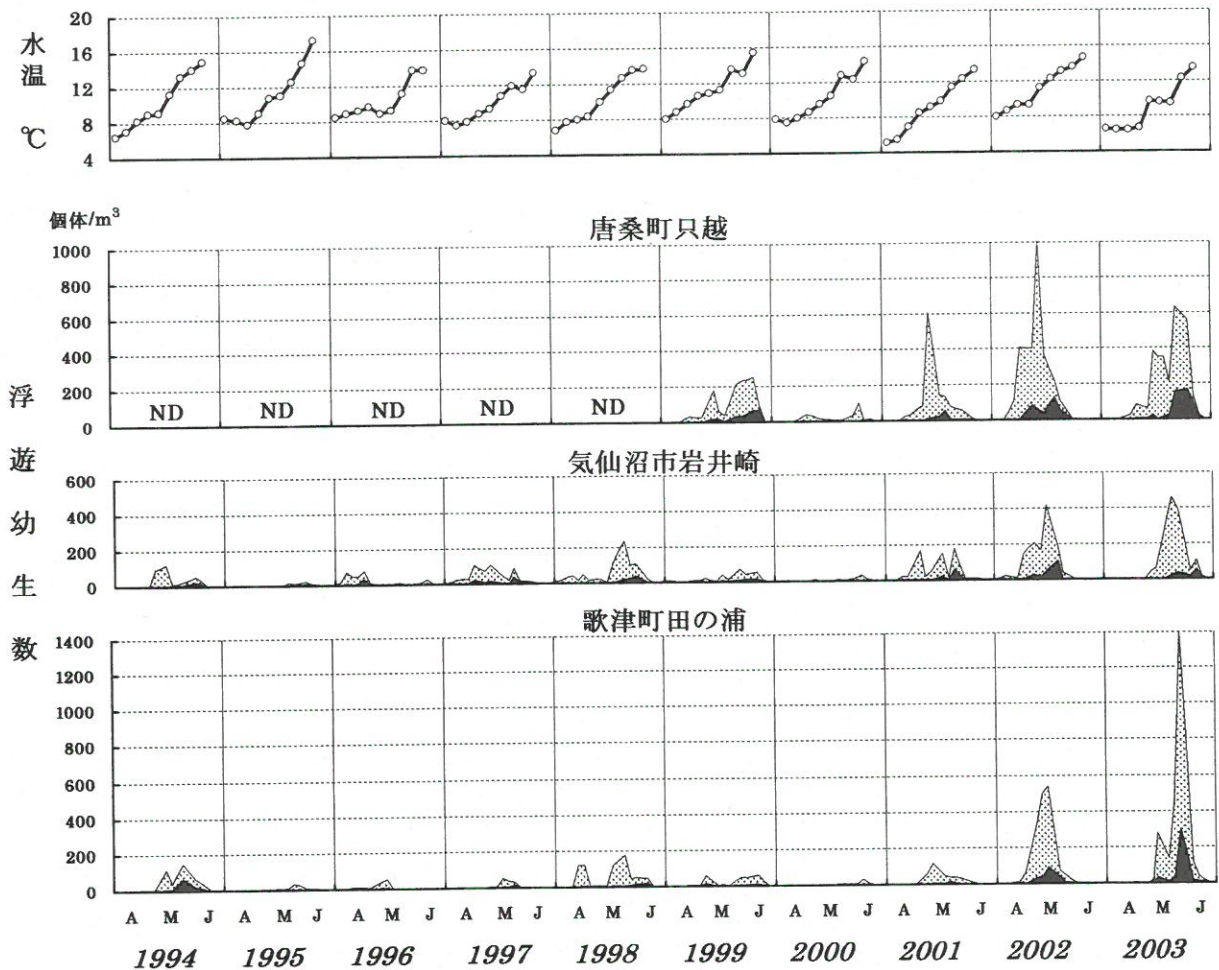


図5 宮城県北部海域3地点におけるホタテガイ幼生の出現状況（1994年～2003年、各年4月～6月）

▨ ; 幼生総数, ■ ; 大型幼生(殻長 250 μ m 以上)数

旬を除き平年より高かった(偏差+0.6~+2.1℃)。4月下旬から小型幼生が1~4個体/m³程度出現し、5月上旬には94個体/m³、5月中旬に121個体/m³と比較的急激に幼生数が増加し、5月中の大型幼生の割合はそれぞれ6%および4%と小さかった。その後、幼生は5月下旬に12個体/m³と急減した。6月上旬に26個体/m³、6月中旬には57個体/m³と再び幼生が増加し、大型幼生の割合も35%から42%へ高まった。

1995年:水温は、4月下旬に一時的に例年並に戻ったほかは高めで推移し、4月上旬の8.5℃から6月下旬の17.2℃まで徐々に上昇した。幼生は5月上旬に出現し始めたが、5月中旬までは1~2個体/m³と極めて少なく、その後も6月中旬にかけて6~23個体/m³と低水準で、6月下旬には4個体/m³と終息に向かった。大型幼生は6月中旬に2回観察されたが、それぞれ9個体/m³と3個体/m³に止まり、田の浦定点でも6月上旬と6月中旬の2回それぞれ2個体/m³と4個体/m³が観察されただけであった。

1996年:水温は、4月上旬の8.4℃から6月下旬の13.8℃まで例年並に上昇した。幼生は4月上旬から出現し、その後、4月中旬・下旬に51~80個体/m³とやや多めに幼生が観察され、大型幼生の割合は15~45%の範囲で徐々に増加した。また、5月下旬と6月下旬にも11個体/m³および30個体/m³の幼生がみられ、それぞれ大型幼生の割合は64%と40%であった。

1997年:4月上旬の8.0℃から6月下旬の13.3℃まで例年並に水温が上昇した。幼生は4月上旬から出現し、4月下旬から5月中旬にかけては29~105個体/m³と比較的多くの幼生が観察され、大型幼生の割合は17~19%であった。6月上旬にも2回目の出現ピーク(87個体/m³)がみられ、大型幼生の割合は45%であった。

1998年:水温は、4月上旬から5月上旬まではほぼ例年並、6月中旬まではやや高め、6月下旬はやや低めで推移し、4月上旬の6.8℃から6月下旬の13.7℃まで徐々に上昇した。幼生は4月上旬から出現し、4月中旬から5月上旬にかけて16~50個体/m³とやや多めであったが、大型幼生はほとんど観察されなかった。5月中旬から6月下旬までの比較的長期間にわたって25~235個体/m³と多めの幼生が観察され、大型幼生の割合は2~36%(平均18%)の範囲で調査毎に増加した。

1999年:4月から6月まで例年よりかなり高めの水温(偏差+0.7~+2.8℃)で推移し、4月上旬の8.0℃から6月下旬の15.5℃まで徐々に上昇した。幼生は4月上旬から出現し、4月中旬から5月中旬にかけて3~23個

体/m³みられたが、大型幼生は5月上旬に3個体/m³観察されただけであった。その後、5月下旬から6月下旬までの比較的長期にわたって17~75個体/m³の幼生が観察され、大型幼生の割合は17~41%(平均30%)の範囲で調査毎に増加する傾向がみられた。

2000年:4月上旬、5月上旬および6月上旬の水温は例年より高めで推移し、4月上旬の7.9℃から6月下旬の14.3℃まで徐々に上昇した。幼生は例年よりかなり遅い4月下旬に小型幼生が3個体/m³出現したが、それ以降の出現数も6月上旬まで2~10個体/m³と低水準で、大型幼生は1個体/m³程度観察されただけであった。その後の幼生数も6月下旬にかけて6~18個体/m³と低水準で、大型幼生は4~5個体観察されるに止まった。只越と田の浦両定点でも、大型幼生の出現数は5月上旬から6月下旬の間に1~8個体/m³ときわめて低水準であった。

2001年:5月上旬・中旬と6月上旬に例年並みの水温であったが、他の時期は例年よりかなり低め(偏差-0.4~-1.8℃)で推移した。幼生は4月中旬から出現し、5月上旬から同中旬にかけては24~164個体/m³みられたが、大型幼生は5月中旬に2個体/m³観察されただけであった。幼生数は5月下旬から6月上旬にかけて15~177個体/m³と次第に増加し、大型幼生の割合は15~40%(平均30%)の範囲で調査毎に増加する傾向がみられた。

2002年:水温は、6月下旬に例年並みになったが、4月上旬から6月中旬までの長期にわたって例年より高め(偏差+1.2~+2.1℃)で推移し、4月上旬の8.0℃から6月下旬の14.7℃まで上昇した。幼生は4月中旬から出現し、4月下旬には144個体/m³と急増したが、大型幼生は観察されなかった。5月上旬から下旬に164~426個体/m³ときわめて多くの幼生が観察され、このうち大型幼生の割合は9~57%(平均23%)の範囲で調査毎に増加する傾向がみられた。

2003年:4月上旬と5月中旬は例年並みの水温であったが、その他の期間は例年よりやや低めで推移し、4月上旬の6.6℃から6月下旬の13.5℃まで上昇した。幼生は4月上旬に小型幼生が1個体/m³出現して以降、5月上旬までは僅か1~6個体/m³の小型・中型幼生がみられただけであった。5月中旬から下旬にかけて幼生が38個体/m³から321個体/m³へと次第に増加したが、大型幼生は2~4個体/m³と僅かであった。6月上旬に入ると396~456個体/m³ときわめて多くの幼生が観察され、大型幼生も24~36個体/m³(5~9%)とやや増加した。6月中旬・下旬には幼生が48~108個体/m³とやや減少し

たが、大型幼生は横這いでその割合は38~50% (平均44%) であった。

3) 稚子の付着状況

採苗袋への付着数の多寡によって、過去10年間を付着不良年、付着標準年および付着多量年の3類型に分けて各年の付着状況を以下に示した(図6)。各定点における各年の幼生の付着状況について、付着数と付着数最多時期に多少の差はあるが、出現傾向としては類似しているもので、ここでは主に岩井崎定点について説明し、適宜他の定点の付着状況を挿入した。なお、付着稚貝数については、採苗袋の垂下期間が多少異なるので、1日当りの付着数に換算して表示した。

付着不良年(1995年, 2000年): 1995年は6月上旬まで付着稚貝は全く観察されなかった。6月中旬になって14個体/袋・日となったが、その後6月下旬までは9~13個体/袋・日と極めて少ないままに付着は終息した。付着期間の水温は14.2~17.2℃であった。この年は只越定点でも6月中旬から下旬に29~108個体/袋・日の稚貝がみられたものの、この前後の期間に稚貝の付着は殆ど観察されなかった。田の浦定点でもほぼ同時期に13~19個体/袋・日とごくわずかみられるに止まり、県北部のほぼ全域で稚貝付着は著しく不良であった。2000年も例

年より遅い5月下旬に初めて12個体/袋・日の稚貝がみられ、その後も6月下旬にかけて2~21個体/袋・日とかなり低水準の付着状況であった。付着期間中の水温は10.4~14.3℃であった。この年は只越定点でも5月下旬に6~67個体/袋・日、田の浦定点では同時期に1~29個体/袋・日の付着に止まり、県北部全域で稚貝付着は著しく不良であった。

付着標準年(1996年, 1997年, 1998年, 2001年): 1996年; 付着稚貝は、4月15日から観察され、5月上旬の504個体/袋・日まで調査回毎に増加した。その後、5月中旬から6月下旬にかけて14~42個体/袋・日で少なめながら付着が継続し、7月上旬には終息した。付着最盛期の水温は8.9~9.7℃であった。1997年; 付着稚貝は、4月28日から観察され、5月上旬から6月下旬までは11~94個体/袋・日と低水準ながら継続して観察された。付着最盛期の水温は10.8~13.3℃であった。1998年; 4月中旬から付着稚貝がみられたものの、その後5月上旬までは稚貝はほとんど観察されなかった。5月中旬に入ってから6月下旬にかけて10~49個体/袋・日と少なめながら付着稚貝が継続的に観察され、田の浦定点でも同様の傾向を示した。付着期間中の水温は11.4~13.7℃であった。一方、只越定点では、4月下旬から5月下旬までは1~

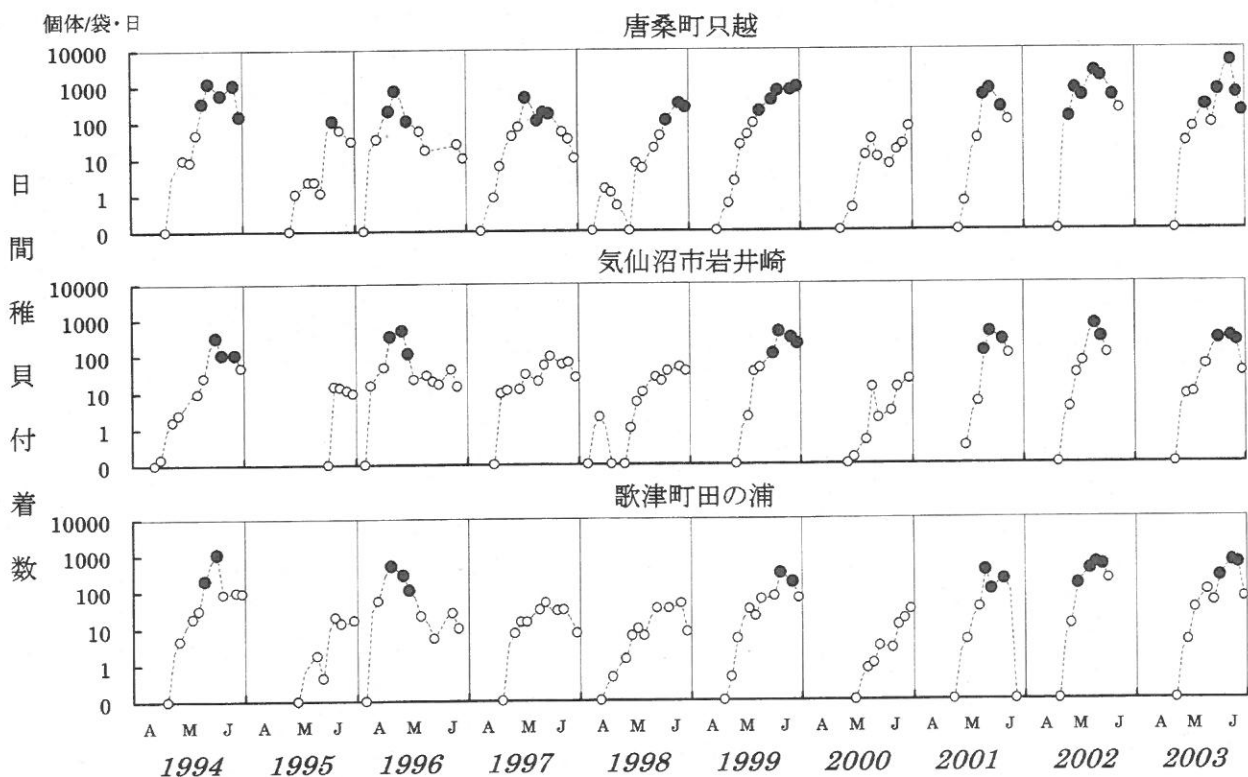


図6 宮城県北部海域3定点におけるホタテガイ稚貝の付着状況(1994年~2003年, 各年4月~6月)
日間付着数 ○: 100個体/袋・日未満, ●: 100個体/袋・日以上

7個体/袋・日と少なかったが、6月上旬に19~40個体/袋・日、同中旬には105~312個体/袋・日と比較的多くの稚貝がみられた。2001年；例年よりかなり遅い5月下旬に初めて5個体/袋・日の付着稚貝がみられ、その後6月中旬までは127~429個体/袋・日に急増した。付着最盛期の水温は9.8~12.3℃であった。

付着多量年(1994年, 1999年, 2002年, 2003年):1994年；付着稚貝は、4月下旬から観察され、その後5月下旬までは2~26個体/袋・日と少なかったが、6月上旬から下旬にかけて107~327個体/袋・日に増加した。付着最盛期の水温は13.2~14.9℃であった。1999年；この年は、例年よりかなり遅い5月中旬に初めて2個体/袋・日が観察され、その後5月下旬には34~44個体/袋・日と少なめであったが、6月上旬・下旬に108~445個体/袋・日に増加した。付着最盛期の水温は13.1~15.5℃であった。2002年；付着稚貝は5月上旬から観察され、その後5月中旬は29~61個体/袋・日と少なめであったが、5月下旬と6月上旬には649個体/袋・日および289個体/袋・日に急増した。付着最盛期の水温は12.2~13.2℃であった。2003年；例年よりやや遅い5月中旬に初めて7~8個体/袋・日の稚貝がみられた後、6月上旬から同月下旬までは225~291個体/袋・日と比較的長期にわたって多めの付着が続いた。付着最盛期の水温は9.5~13.5℃であった。

考 察

生殖巣指数の減少と水温変化との関係

過去10年間の調査では、ホタテガイの生殖巣指数は概ね3月中旬から4月中旬に最高値を示した後、その後の水温上昇と共に低下し始める傾向が見られ、4月下旬から5月中旬にかけて10%前後まで低下している。この生殖巣指数の減少時期や産卵が成熟後の母貝に水温上昇の刺激によって促されることは、1984年から1993年までの状況をまとめた前報⁵⁾の場合とほぼ同様である。

ホタテガイの成熟の進行と産卵時までの算定について、丸(1985)は、表面水温を用いて2.2℃を基準とした積算水温とこの臨界値に達するまでの水温上昇の遅速に起因するとしている⁷⁾。しかしながら、最近20年間の気仙沼市岩井崎地先での10m層水温の最低値は1984年(昭和59年)4月5日と4月9日に観測された4.2℃である。本報告では、天然採苗適期を予想する上で養殖ホタテガイの産卵開始時期だけでなく、生殖巣指数の減少傾向をつかむことが重要であるという観点から、過去10ヶ年間のデータを用いて各年の生殖巣指数(以下、指

数)が最高値に達した後24日~32日後に10~15%程度になるまでの減少率(日間減少率に換算)と同期間の水温変化率(月間変化率に換算)にどの程度の関係があるかを検討した(図7)。指数値が最高となる時期の10m層旬平均水温が5.9℃であった1998年と5.4℃の2001年では(△印)、水温変化率が高いほど指数減少率が高い傾向が見られるが他の年に比べると指数減少率が3分の2程度と低水準であった。指数最高値時期の水温が6.5℃以上(ただし2000年を除く)の各年(●印)では、水温変化率と指数減少率の間に直線的な関係がみられ、成熟後1ヶ月の間に1℃以下の水温変化しかない場合には、産卵が非常に起こりにくいことが示唆された。また、2000年の場合だけは4月に14日間の比較的短期間に指数が15.3%も急減したが、これには急激な水温変化などが関与していると考えられるが明確ではない。今後は、従来通り指数の増加傾向を少なくとも2月から把握し、成熟する頃からその後の水温変化傾向について海洋観測各機関の短期・長期予報を充分に利用すれば、これまで以上の精度で産卵時期や産卵の緩急などを予測することができると考える。

産卵時期と幼生の出現時期との関係

宮城県北部海域においてホタテガイの幼生は概ね4月上旬・中旬に出現し始めるが、その後の幼生数の増加・減少傾向が年によって大きなバラツキが生じる現象は過

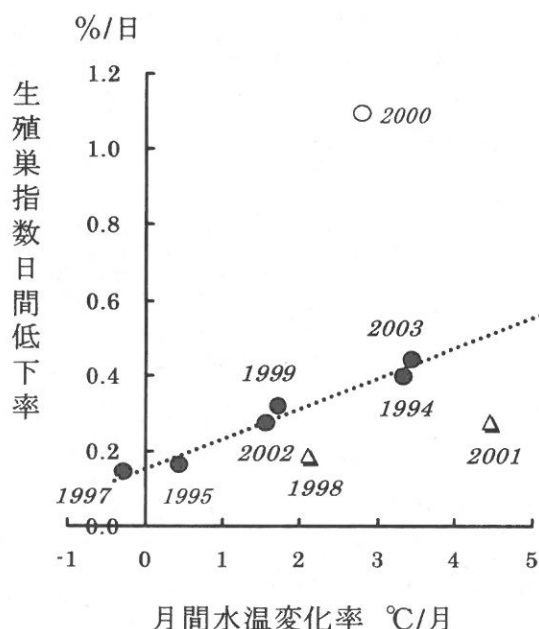


図7 ホタテガイの産卵開始後の水温変化率と生殖巣指数の減少率(図中数字は調査年)
●；産卵開始時水温6.5℃以上
○；同上、ただし急激に産卵(2000年)
△；産卵開始時水温6.0℃未満

去10年間の調査結果だけでなく前報⁵⁾でも同様に報告されており、天然採苗を成功裏に実施する上での大きな障害となっている。そこで幼生の来遊の端緒は親貝の産卵・受精から始まるという観点に基づき、前述の推定産卵日を起点とし、ホタテガイ幼生が95 μm 目合いのプランクトンネットに捕捉される殻長135 μm 以上に成長するまでの日数と経過水温との間にどのような関係があるかを検討した。

既に山本(1964)は室内でホタテガイの胚発生を水温条件7.0~9.2 $^{\circ}\text{C}$ で、また、D型幼生(被面子幼生)から成熟幼生までを水温条件7.3~14.2 $^{\circ}\text{C}$ で観察し、発生に要する日数を明示している⁸⁾ので、これをもとに産卵(この直後に受精したものと仮定)した後、幼生が殻長135 μm に達するまでの積算水温 $\Sigma(t-2.2)$ を計算すると118 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ となる。過去10年間の産卵開始日(生殖巣指数の減少時期から推定)から殻長135 μm の幼生が移動平均で5個体/ m^2 以上出現するまでの日数とそれまでの経過水温の平均値との関係をプロットした(図8)。1995年と2000年を除けば、積算水温118 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ に照らした標準曲線(図8, 破線)のごく近くに沿っており、天然の海中においても胚の発生速度・幼生の成長速度は主に水温によって影響されていることが伺われる。一方、前に述べたとおり1995年の場合は産卵時期に水温下降したために産卵時期の遅滞、産卵も少量を多回にわたって行われたことによって幼生が大海に拡散・移送されてまとまった幼生の出現に至らなかったと推察される。しかし、2000年には、4月上旬から産卵が始まりその後生殖巣指数の急激な減少に

よって同月末には産卵が終了し、幼生が大量出現するとの当初の期待に反して幼生の出現量が極めて少ない特異な年となった。この原因は明確ではないが、可能性としては強い海流により移送されたこと、D型幼生になった後の餌料条件が充分ではないために成長が停滞したこと、ホタテガイを含む浮遊幼生を貪食する動物プランクトンが大量出現したこと、卵質に起因する胚・幼生の活力など発生上の要因が考えられ、今後の課題である。1995年と2000年は幼生の出現時期が標準的な時期と比べ極端な遅滞が見られただけでなく、両年とも過去10年間では付着数が調査期間を通して極めて少ないので、この2ケースをノイズと見なして除外し、推定産卵時期から殻長135 μm の幼生が採取されるまでの日数の逆数と当該期間の平均水温との関係をプロットした(図9)。日数の逆数と平均水温の間には高い相関($R^2=0.8921$)がみられた。また、回帰直線が横軸の2.6 $^{\circ}\text{C}$ 付近で交差しているが、この数値はホタテガイの発生・成長の基準水温の2.2 $^{\circ}\text{C}$ ⁷⁾とほぼ一致し、冬季の環境水温が北海道や陸奥湾の様には低くはならない宮城県沿岸でもこの水温を基準に幼生の成長をある程度予想できると考えられる。

付着稚貝数と大型幼生出現数との関係

過去5年間(1999年から2003年)に、唐桑町只越、気仙沼市岩井崎、歌津町田の浦の3定点での調査データから大型幼生数(個体/ m^2)と1日当りの付着数(個体/袋・日)との関係をみると(図10)、大型幼生が多くなるほど付着数が多くなる傾向は見られるが、必ずしも直線の関係とはなっていない。その理由の一つは、観察された大

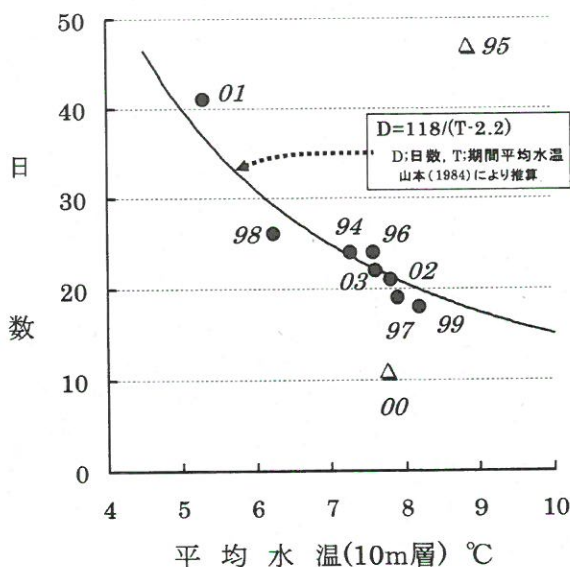


図8 推定産卵日から幼生が殻長135 μm になるまでの日数と地先水温(10m層)との関係
図中数字は、調査年

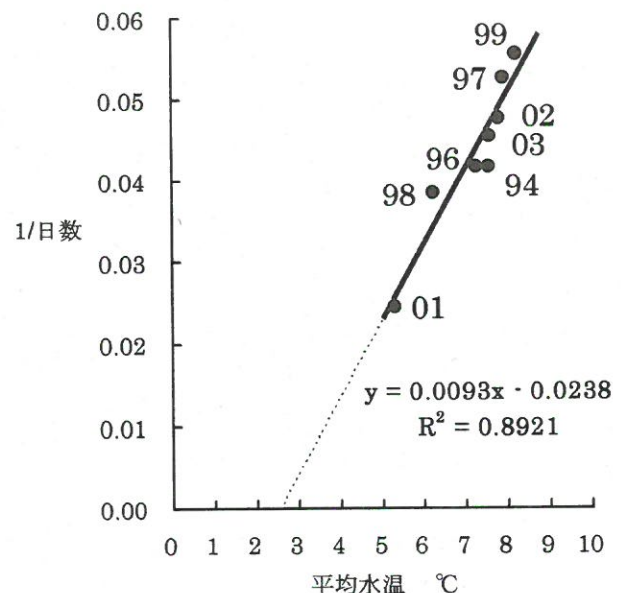


図9 推定産卵日から幼生が殻長135 μm になるまでの日数の逆数と水温(10m層)との関係
図中数字は、調査年

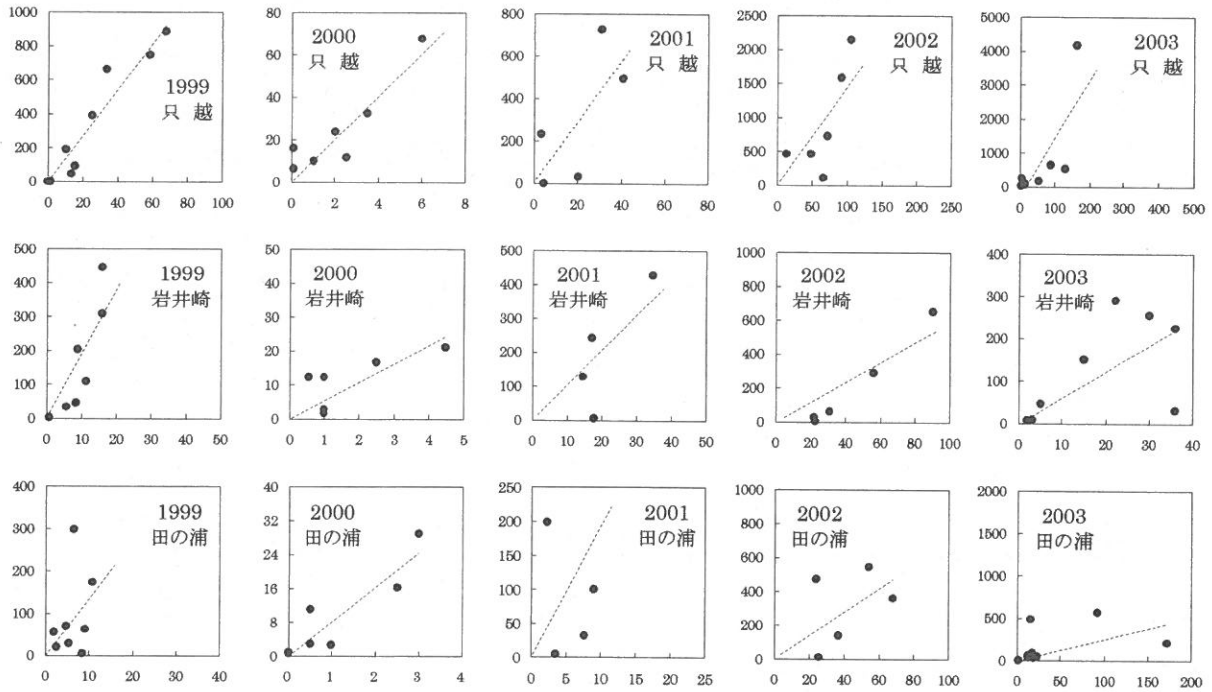


図10 宮城県北部海域3定点におけるホタテガイ大型幼生数と付着稚貝数との関係 (1999年～2003年)
 横軸；大型幼生数 (個体/m²)，縦軸；1日当り付着稚貝数 (個体/袋・日)

型幼生のなかには殻長250 μ mに達したばかりで付着まで数日以上を要するものから、眼点が発現したばかりのもの、さらに成長して殻外に足を活発に出して付着器質を探索中のもの及びそれぞれの中間的な発育段階のものまで含まれていることに加え、それぞれの発育段階にある幼生の組成が各年の採苗時期当初から終盤の間でも異なっているためである。二つ目の理由として、幼生採取はほぼ一週間間隔で行っており、しかも瞬時的 (1週間=168時間のうち数分) な作業なので調査前後の大型幼生数の連続的な変化を把握しきれていないためである。このことは、採苗試験での稚貝の殻長組成がその前後の大型幼生数を反映していない場合がある (気水試、未発表) ことから明らかである。ここで、各年の約2ヶ月間に10回程度実施した幼生調査と稚貝調査のそれぞれの結果を累積値としての関係を見ると (図11)、調査年によって、各定点間で幼生出現時期や出現規模が多少異なっているにもかかわらず、トータルとしては大型幼生数累積値と付着稚貝数累積値の間には高い相関 ($R^2=0.8821$) が見られ、グラフからは大型幼生数のほぼ10倍量が日間付着稚貝数と読み取ることが出来る。

産卵開始時期から付着時期までの期間と水温との関係

山本 (1964) が行った室内でのホタテガイの胚発生および成熟幼生までの飼育実験⁸⁾により、産卵後から幼生が付着期に達するまでの積算水温 $\Sigma (t-2.2)$ を計算す

ると338 $^{\circ}$ C \cdot 日となる。これは丸 (1985) が行ったホタテガイの生態に関する研究⁷⁾に基づいて算出された産卵から付着初期までの積算水温321 $^{\circ}$ C \cdot 日⁵⁾と2日以内の誤差で一致する。これと産卵から付着ピーク時までの積算水温397 $^{\circ}$ C \cdot 日⁵⁾を標準値として、過去10年間における岩井崎定点での幼生の付着開始時および付着ピーク時まで

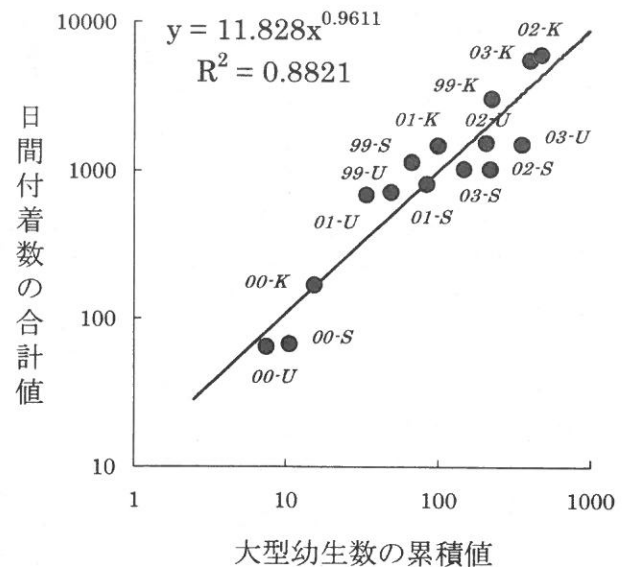


図11 ホタテガイ大型幼生数の累積値 (個体/m²) と日間付着数 (個体/袋) の合計値との関係

図中数字：調査年

記号：K；唐桑町只越
 S；気仙沼市岩井崎
 U；歌津町田の浦

表2 ホタテガイの産卵から付着開始時期および付着最頻時期までの積算水温

年	産卵開始			付着開始時					付着最盛期						
	時期	水温 ℃	緩急	時期	水温℃		積算水温 ℃・日	標準値との偏差		時期	水温℃		積算水温 ℃・日	計算値との偏差	
					付着時	期間平均		$\Sigma t-321$	日数換算		最頻時	期間平均		$\Sigma t-397$	日数換算
1994	4月下旬	8.2	急	5月上旬	11.2	9.4	173.5	-147.5	-20.5	6月上旬	13.2	10.2	300.5	-96.5	-12.1
1995	4月上旬	8.5	緩	6月中旬	14.7	10.3	441.4	120.4	14.8	なし	-	-	-	-	-
1996	不明	-	-	4月中旬	8.9	-	-	-	-	5月上旬	9.7	-	-	-	-
1997	3月中旬	7.7	並	4月下旬	7.9	7.8	216.9	-104.1	-18.7	5月中旬	9.3	8.1	358.2	-38.8	-6.5
1998	3月中旬	5.9	並	5月中旬	10.0	7.6	333.8	12.8	2.4	6月上旬	12.7	8.1	440.9	43.9	7.5
1999	3月下旬	7.8	急	5月中旬	10.9	9.3	363.2	42.2	5.9	6月中旬	13.1	10.4	645.9	248.9	30.3
2000	4月中旬	7.4	急	5月下旬	10.4	8.8	299.5	-21.5	-3.2	なし	-	-	-	-	-
2001	4月中旬	5.4	並	5月下旬	9.8	8.6	178.0	-143.0	-22.5	6月上旬	11.3	9.1	288.9	-108.1	-15.7
2002	3月中旬	7.2	急	5月上旬	9.3	8.6	300.0	-21.0	-3.3	5月下旬	12.2	9.5	408.2	11.2	1.5
2003	4月中旬	6.5	急	5月中旬	9.7	7.6	98.8	-222.2	-41.1	6月中旬	12.2	9.0	363.2	-33.8	-5.0
平均	4月上旬	7.2		5月中旬	10.3	8.7	267.2	-53.8	-9.6	6月上旬	11.7	9.2	400.8	3.8	0.0

の積算水温値について考察した。ここで、積算水温は各年の推定産卵開始時期を起点とし、その時点からの10m層平均水温と該当する日数を乗じて計算し、その数値を産卵状況・付着状況と共に表2に示した。ただし、1996年については産卵時期が不明であるため積算水温は計算できなかった。

付着開始時期までの積算水温は、1998年から2000年と2002年の4ヶ年は偏差 $-3.3\sim 5.9^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ の範囲ではほぼ標準値通りで、当県地先で産卵されたもの、または、多海域で同時期に産卵され環境水温も同程度の条件下で成長した幼生が採苗袋に付着したものと考えられる。残りの5ヶ年分については、標準値との偏差が $-222\sim +120^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ と幅があり、期間平均水温を用いて日数に換算すると偏差は -41 日から $+15$ 日である。偏差が負数で絶対値が比較的大きい1994年(偏差 -21 日)、2001年(偏差 -23 日)および2003年(偏差 -41 日)の場合、推定産卵時期がそれぞれ4月下旬(4月28日以降)、4月下旬(4月21日以降)、4月中旬から下旬(4月19日以降)で、過去10年間の平均的な産卵時期の4月上旬(4月6日前後)より2週間から3週間も遅いことが原因の一つと考える。水温が胚の発生速度だけでなく、ある程度の餌料が存在した条件下では幼生の成長速度も左右するとすれば、おそらく別の海域で当地先よりも早期に産卵されたものが海流に移送されて採苗袋に付着したものと考えられる。また、1997年(偏差 -19 日)については、推定産卵時期が3月中旬(3月19日以降)と比較的早期であったにも関わらず予定よりもかなり早く付着稚貝が観察されたことは、当地先よりもさらに早期に産卵されたものが移送されてきた可能性が考えられる。1995年(偏差 $+15$ 日)の場合に付着が遅れたのは、生殖巣指数の減少はきわめ

て緩慢であったため当初から幼生が希薄であったことと、他海域からの幼生の補給量も少なかったこと等の悪条件が重なったためであると推察される。この年は付着の遅れだけでなく、既に述べた様に、大型幼生数も調査期間中に $3\sim 9$ 個体/ m^2 の範囲で3回観察されただけで、稚貝の付着も14個体/袋・日以上にはならず、著しい採苗不良となった。

付着のピーク時期については、1997年、1998年、2002年、2003年の4ヶ年はそれぞれの偏差が -7 日から $+2$ 日の範囲で標準値と大差無く、1998年と2002年は付着開始時期も標準的であった。1994年、1999年、2001年はそれぞれ -12 日、 $+30$ 日、 -16 日の偏差であった。1994年と2001年はいずれも付着開始時期が21日 \sim 23日、付着ピーク時期が12日 \sim 16日分標準よりも早かった。残りの年は付着開始時期がかなり早くても、付着ピーク時期が標準的となるケースや、付着時期が標準でも付着ピークの訪れが標準より著しく遅れるケースが見られた。この様に、付着開始時期を産卵開始時期と水温経過だけで予想するのは難しく、付着ピークの到来も当初の予測から外れることが多く、場合によっては予想された付着規模までも大きく外れることがある。以上のことから、外洋に面した養殖漁場でホタテガイを採苗せざるを得ない宮城県では、母貝の生殖巣指数の増減の状況の把握によって長期的に採苗時期を予測し、採苗袋に稚貝が必要数付着するまでは、定期的な大型幼生分布状況と幼生の付着状況のモニタリングを行うことが必要である。

沖合域のホタテガイ幼生分布調査の必要性

ホタテガイの天然採苗適期の予測精度を上げるには、これまで述べてきた幼生の移送に関わる状況把握と共に海況情報収集を可能な限り迅速に行うことが必要となっ

てきた。このため気仙沼水産試験場では、従来の定期的な幼生・稚貝調査に加え、1999年から気仙沼沖合から志津川湾沖合まで離岸12海里（約20km）までの10～20点で北原式定量プランクトンネット20m, 2回曳きにより幼生分布調査を実施している。このうち、定点調査で幼生が極めて希薄で付着数も著しく少なかった2000年と、採苗が非常に良好であった2002年を例にとって沖合域におけるホタテガイ幼生分布状況を示した（図12）。

2000年の産卵状況は先に述べたとおり、4月中旬に産卵が始まり、急激な生殖巣指数の低下を伴って4月末にはほぼ産卵が終了した。当初の予想では5月上旬・中旬には濃密な幼生の出現が期待されたが、5月中旬から6月上旬にかけて岸よりの志津川湾口部で5月上旬に小型・中型幼生が100個体/m³の密度で観察された以外はいずれ

の調査点でもまとまった幼生は確認されないまま、採苗シーズンは終了した。一方、2002年の場合は、5月中旬から下旬にかけて県北部の養殖漁場から離岸2～3海里の調査点で数百個体/m³単位でホタテガイの小型・中型幼生が大量に観察され、地先漁場からの幼生供給が伺われた。また、5月中旬から下旬にかけて、殻長250μm以上の幼生が数十個体/m³単位で離岸6～7海里まで分布した。5月末には養殖漁場内だけでなく気仙沼市大島沖合8～10海里の調査点で数十～百個体/m³単位、志津川湾沖合6～11海里の調査点では10～30個体/m³の濃密な大型幼生が観察され、これらの水塊が接岸することになれば、1週間後に1万個体/袋の規模で大量に採苗可能となる。ここでは幼生数が極端に異なる2例を示したが、他の年の調査ではこれらの中間的な分布状況も観察され

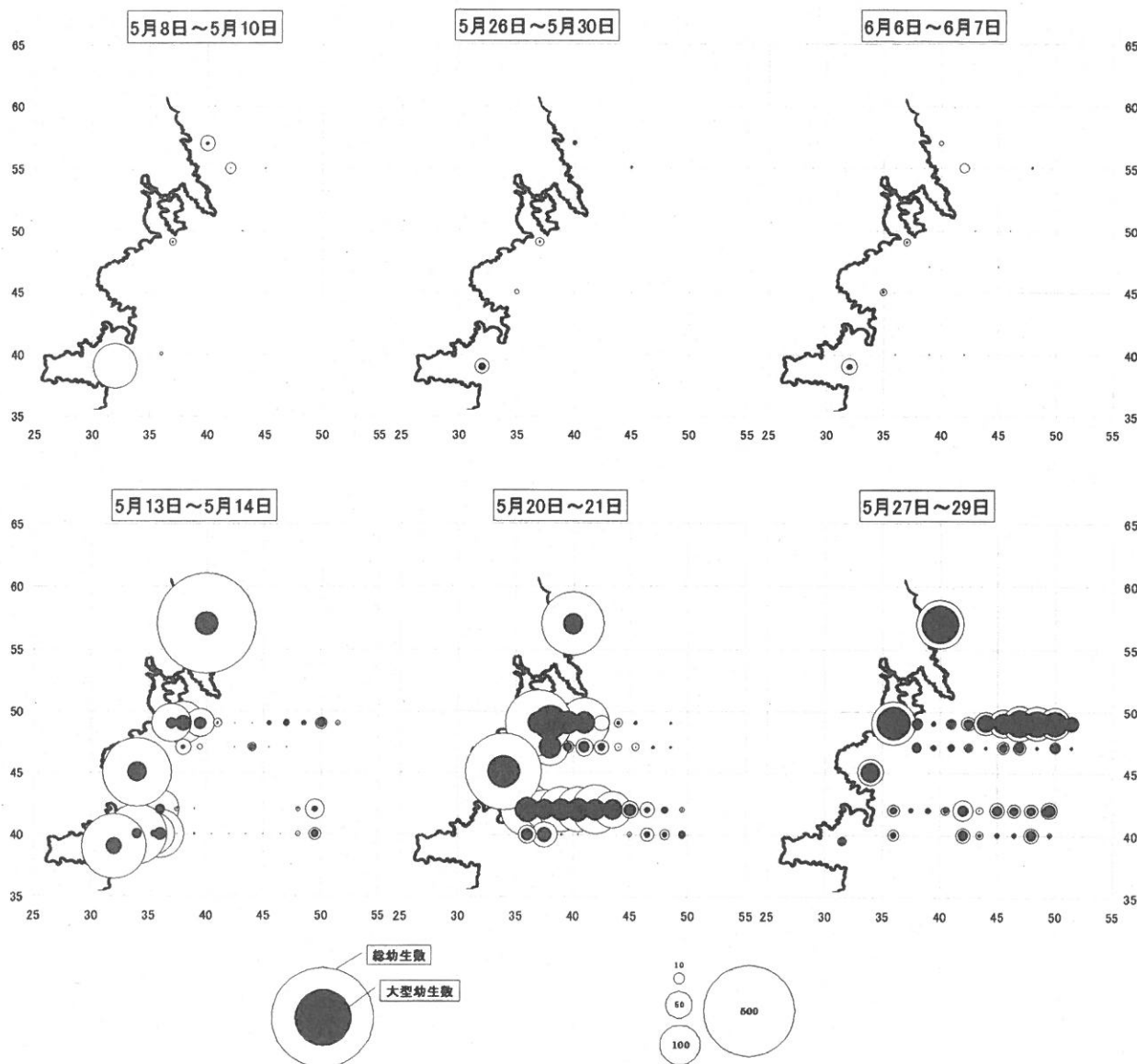


図12 宮城県北部沖合海域におけるホタテガイ幼生の分布
 上図：2000年（採苗不良年）
 下図：2002年（採苗良好年）

ており、ホタテガイの分布形成と沿岸海況との関係については、今後とも各県の海洋観測データ、第二管区海上保安本部や気象庁の調査データなどと付き合わせて解析する必要があると考える。

要 約

- 1 過去10年間（1994年～2003年）の調査データから、ホタテガイの産卵は水温の上昇に伴って概ね4月上旬（10m層水温7～8℃）に始まる傾向が見られた。
- 2 浮遊幼生は例年4月中旬・下旬から出現するが、推定された産卵時期から求めた95 μ m目合のプランクトンネットで捕捉された幼生（殻長135 μ m程度）の推定日令の逆数と期間平均水温（10m層）との間には、1995年と2000年を除けば、直線的な関係（ $R^2=0.8921$ ）がみられた。
- 3 調査回毎の大型幼生数と付着稚貝数の間には明確な関係は見出せなかったが、各年の累積大型幼生数と日間付着数の合計値との間には高い相関（ $R^2=0.8821$ ）が見られ、採苗期間中の付着稚貝数は大型幼生数の約

10倍値に相当することを明らかにした。

- 4 稚貝の付着開始時期と付着ピーク時期は、産卵後の水温から累積した積算水温 $\sum (T-2.2)$ が標準値と一致しないことが多く、幼生の拡散や移送や、他海域からの幼生補給の影響が示唆された。
- 5 気仙沼湾沖から志津川湾沖の離岸12海里までの海域でのホタテガイ幼生の分布状況の調査事例では、離岸10海里前後の調査点で大型幼生が数十～百個体/ m^2 で観察され、これが採苗漁場まで移送されれば1週間後に1万個体/袋前後の規模で採苗できる可能性が伺われた。

謝 辞

ホタテガイの天然採苗に関する定期的な調査の遂行に当って長年にわたり多大な協力を頂いた唐桑町漁業協同組合所属 吉田真一氏、歌津町漁業協同組合所属 三浦富一氏に謝意を表します。また、本報をまとめるに当り、気仙沼水産試験場在勤中に本調査に関わってこられた歴代職員の方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 平成13年漁業・養殖業生産統計年報，農林水産省統計情報部，平成15年4月
- 2) 菅野 尚・佐藤重勝（1980）ホタテガイ増養殖の実態，水産学シリーズ，31，（日本水産学会編），11-25，恒星社厚生閣，東京
- 3) 小野田新一郎（1982）ホタテガイ養殖の種苗性に関する研究問題，日本水産学会東北支部会報，32，13-15
- 4) 佐々木 良（1984）邦欧産ホタテガイ類の幼生観察．宮城県気仙沼水産試験場研究報告，7，22-36
- 5) 佐々木 良・藤田則孝・石田幸司・伊藤 貴・水間敏朗・湯澤麻美（1994）宮城県北部海域に出現するホタテガイ幼生・付着稚仔の年変動．宮城県気仙沼水産試験場研究報告，9，55-63
- 6) 佐々木良・門馬善彦・田代義和（1985）気仙沼湾におけるイガイ類幼生の査定と出現．昭和59年度東北ブロック増養殖研究連絡会議報告書，75-83．水産庁東北区水産研究所
- 7) 丸 邦義（1985）ホタテガイの種苗生産に関する生態学的研究．北海道立水産試験場報告，27，1-53
- 8) 山本護太郎（1964）陸奥湾におけるホタテガイ増殖．水産増養殖叢書6，80pp，日本水産資源保護協会，東京