

異なる立地環境下におけるエゾアワビの産卵と浮遊幼生の着底

中家 浩^{*1}・高見秀輝^{*2}・小畑千賀志^{*3}・押野明夫^{*1}・芳賀圭悟^{*1}・千葉充子^{*1}

Spawning and larval settlement of Ezo-abalone *Haliotis discus hannai* in different locations

Hiroshi NAKAIE^{*1}, Hideki TAKAMI^{*2}, Chikashi OBATA^{*3},
Akio OSHINO^{*1}, Keigo HAGA^{*1}, and Atsuko CHIBA^{*1}

キーワード：エゾアワビ，少量多回産卵・地先滞留型，浮遊幼生，着底稚貝

アワビ類の全国総漁獲量は1970年代の6,000トン台から現在では2,000トン前後と大幅に減少し，1970年代後半には人工種苗生産技術が開発され，全国各地で人工種苗の放流事業が行われているが，漁獲量の回復までには至っていない。回復しない原因として，様々な要因が考えられているが，天然発生量の低迷によることが指摘されている。

アワビ類では，親貝がある程度高い密度で分布しなければ，再生産力を効果的に発揮できないものと考えられている。親貝密度が低くなった場合，産卵量が減少することに加え，親貝個体間距離の拡大により受精率が低下することが指摘されている¹⁾。従って，漁獲量を回復させるためには，親貝が高密度で生息する集団の造成が有効であり，親集団を造成する場合には集団管理の簡便性，発生集団の地先回帰性などから，少量多回産卵・地先滞留型を有する繁殖集団の増強が有効であると考えられる。効果的な親集団造成のためには，このような繁殖集団が形成される漁場環境条件を明らかにする必要がある。

著者らは，宮城県気仙沼市地先に位置し，異なる立地環境下の2漁場を調査海域に設定し，両海域に生息するエゾアワビの成熟過程，浮遊幼生出現動態，初期稚貝の着底密度及びその後の生残について比較を行い，親貝集団造成の効果が発揮される漁場環境の検討を行った。

材料と方法

1 母貝調査

宮城県気仙沼市気仙沼湾湾口岩井崎地先の遠浅で，流動環境が穏やかな場所（漁場A：水深5m，禁漁区）および急深で流動環境が激しい場所（漁場B：水深7～8m，一般漁場）で，2008年から2010年の7月～10月にかけて各漁場から潜水で雌の親貝を199，187，227個体ずつ採集し，殻長，湿重量，中腸腺内径・外径などを計測し，中腸腺断面積に占める生殖巣の割合から求めた生殖巣指数（GI）の変化を比較するとともに，放流・天然の識別を行った（図1）。なお，両漁場には地元漁協が継続的に人工種苗を放流している。

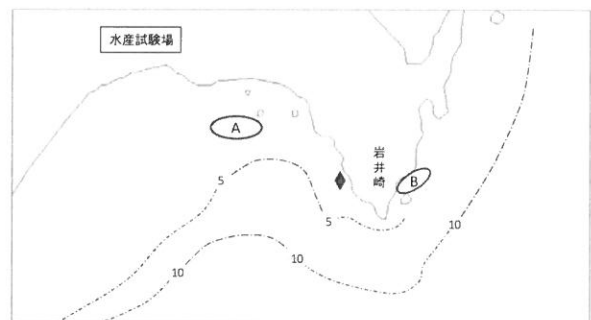


図1 調査漁場位置図（漁場A，B），◆気仙沼水産試験場水温（表面）観測地点

^{*1}水産技術総合センター気仙沼水産試験場，^{*2}独立行政法人水産総合研究センター東北水産研究所

^{*3}水産技術総合センター企画情報部

2 浮遊幼生出現調査

1) 定期調査

2008年から2010年の7月中旬から10月下旬にかけて週2回、漁場Aおよび漁場Bで北原式定量プランクトンネット（NXX13-メッシュ100 μ m）による海底からの鉛直曳き連続3回により浮遊幼生を採集した。採集した幼生は10%エタノールで固定し、検鏡およびソーティングに供した。

2) 水平分布調査

2009年と2010年の台風等大型低気圧が接近通過した後の調査可能な海況の日に、調査海域周辺の15点で水平分布密度調査を行った。また、2010年には定期調査において定点漁場A、Bの一方で幼生の出現密度が2個体/ m^3 以上確認された場合に、確認された日の翌日から3日間連続で調査を行った。幼生の採集方法は鉛直10m2回曳きとし、水深が10m未満の場所では海底からの鉛直2回曳きとした。

3) 環境計測

2010年には静穏な海況下での産卵要因を調査するため、漁場A、Bに7月上旬から11月下旬まで、両漁場海底に自記式水温計を設置し、1時間ごとの海底水温を計測した。また、2010年8月上旬から10月上旬まで、漁場Bの水深6.5mに流速計（Wave Hunter アイオーテック製、旧型）を設置して、2時間ごとの有義波高および絶対流速を計測した。波浪については、気象庁が公開している宮城県江島の沿岸波浪観測値を使用した。

3 着底稚貝調査

漁場Aについて岸から沖にかけて水深別に4点、漁場Bについて岸と沖の2点を設け大規模な産卵が確認された直後から、定期的に5~8個の無節サンゴモ玉石を潜水採集した（図2）。玉石は船上において10%エタノールで固定後、表面付着物を洗浄剥離し、ナイロンメッシュで分別回収し検鏡に供した。玉石の付着物中から、生物顕微鏡下でエゾアワビ初期稚貝をソーティングし、殻長および付着数を計測した。玉石の長径と短径から投影面積を計算し、初期稚貝の着底密度を算出した。

4 当歳貝目視調査

玉石調査と同じ調査点で、2009年に発生した稚貝（2009年級群）を2009年12月から2010年12月の間に定期的に潜

水により目視観察し、その分布密度（CPUE 発見個体数/人/時間）から各漁場における生残および成長を追跡した。発見した稚貝はすべて採集し、殻長を測定した。

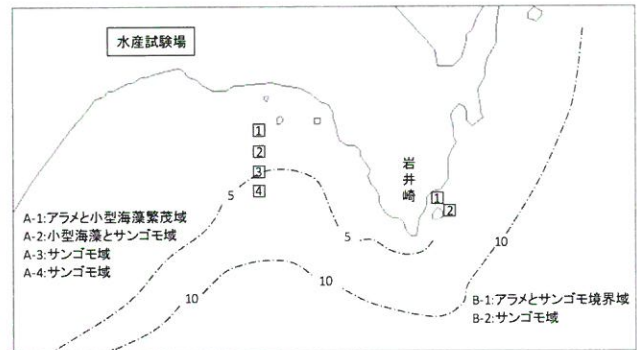


図2 玉石着底稚貝調査点

5 統計検定

各調査点において、玉石に付着していた初期稚貝の着底密度および当歳貝目視調査における分布密度の経時変化を片対数変換して線形回帰し、共分散分析によって調査点ごとの減耗過程を比較した。また、当歳貝分布密度における平均殻長の経時変化についても指数関数で近似できたため、同様に共分散分析によって漁場A、Bでの成長過程を比較した。

結果および考察

1 母貝調査

2008年から2010年の成熟有効積算水温および産卵期間中の生殖腺指数の推移を図3および図4に示した。気仙沼湾湾口の水温観測記録から、産卵の目安となる成熟有効積算水温1,000度²⁾に達した日を求めた結果、2008年は8月30日、2009年は8月22日、2010年は8月19日となり、8月中旬から下旬にかけて大規模な産卵が可能な状態に達するものと考えられた（図3）。

2008年、漁場Aでは母貝GIが9月下旬から10月上旬にかけて増加し、その後著しく減少した。漁場Bでは9月下旬から減少した。また、調査期間中台風等の大きな低気圧の接近通過はなかった（図4上段）。

2009年、漁場Aでは8月下旬から、漁場Bでは9月上旬から減少しその後両漁場で増加、9月17日以降再び減少する傾向が見られた。調査期間中、8月25日、8月31日、9月20

異なる立地環境下におけるエゾアワビの産卵と浮遊幼生の着底

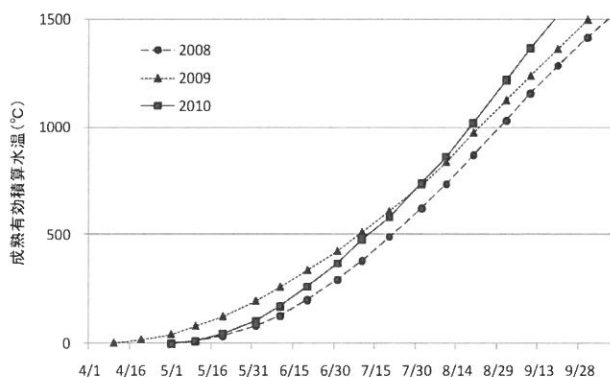


図3 成熟有効積算水温の推移

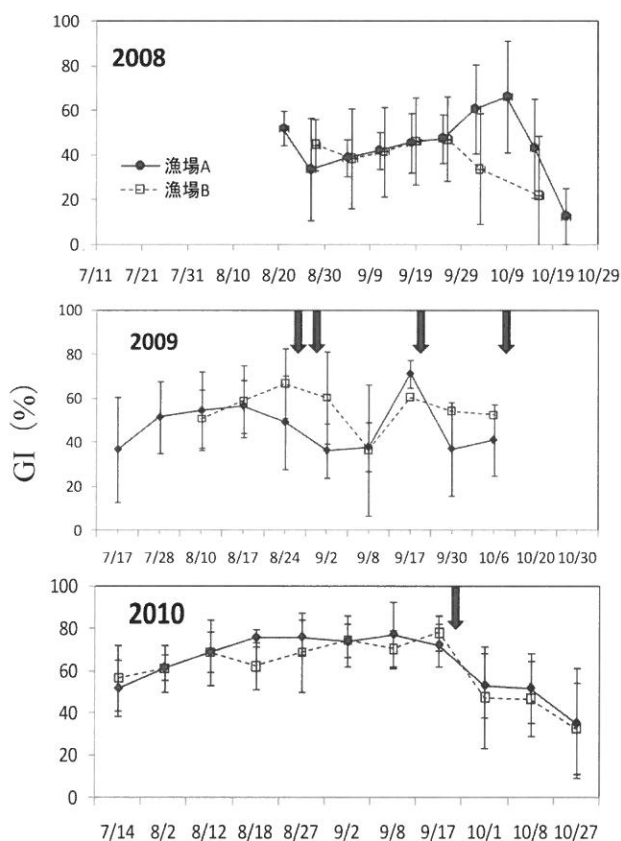


図4 調査期間中(上段:H2008, 中段:H2009, 下段:H2010)のエゾアワビ母貝 GI±SD の変化 (漁場 A (◆), 漁場 B (□), ↓は台風の通過時期)

日、10月8日に台風が接近通過し、台風接近通過後にGIの大きな減少が見られた(図4中段)。

2010年、漁場Aでは7月中旬から徐々に上昇し、その後8月18日から9月8日まで高いGIを維持し、その後9月17日から10月下旬まで減少を続けた。一方漁場Bでは漁場Aと同様に7月中旬から徐々に上昇し8月20日から減少、その

後増加、10月1日から再び減少する傾向が見られた。両漁場で、9月25日から26日にかけての台風通過後に大きな減少が見られた(図4下段)。

採集した母貝の漁場ごとの放流貝の割合は漁場Aで48～59% (平均53%)、漁場Bで3～20% (平均14%)であった。

2 浮遊幼生出現調査

1) 定期調査

2008年、2009年および2010年に実施した定期調査の結果を図5に示した。2008年、8月上旬から10月中旬にかけて、両漁場で小規模な浮遊幼生の発生が散発的に観察された。10月20日には、調査期間中最大の有義波高(江島・気象庁観測値)を記録し、10月22日には漁場Bにおいて高い密度(110個体/m³)で浮遊幼生が出現した。

2009年、8月上旬から中旬にかけて両漁場で浮遊幼生の小規模な発生が見られ、その頻度は漁場Bで高かった。その後調査期間中、宮城県近傍を3回台風の通過があり、台風の通過と同期して両漁場で比較的規模の大きな発生が見られた。

2010年、8月2日に漁場Bで最初に確認された後、8月下旬にかけて、両漁場で散発的に小規模な出現が確認された。その後、9月17日から9月19日にかけて漁場Aで高密度(103～271個体/m³)の発生が確認された。その後9月25日から9月26日にかけての台風通過と同期して、9月27日から10月1日にかけて漁場Bで高密度(46～136個体/m³)の発生が確認された。

2) 水平分布調査

2009年8月31日、9月20日、10月8日の台風通過後に漁場A、B周辺の15点で浮遊幼生の水平分布調査を実施した結果、8月31日に通過した3日後の調査では5地点で1～4個体/m³、9月20日に通過した4日後の調査では11地点で1～13個体/m³、10月8日に通過した4日後の調査では13地点で1～11個体/m³の浮遊幼生が確認された。(図6)。

2010年、漁場Aで浮遊幼生の発生が高密度で確認された9月17日の翌日から3日間連続で、および9月25日から9月26日にかけて三陸沿岸沖合を台風が通過した後に、漁場Bで浮遊幼生の発生が高密度で確認された9月27日の翌々日から3日間連続で、両漁場周辺15点の水平分布調査を実施した。その結果、9月18日からの調査では岸側寄りに分布し、

高密度発生が確認されてから3日後の9月20日には浮遊幼生の出現は収束した(図7上段)。一方、9月29日からの調

査では高密度発生が確認されてから4日後の10月1日まで広範囲で高密度の浮遊幼生の出現が確認された(図7下段)。

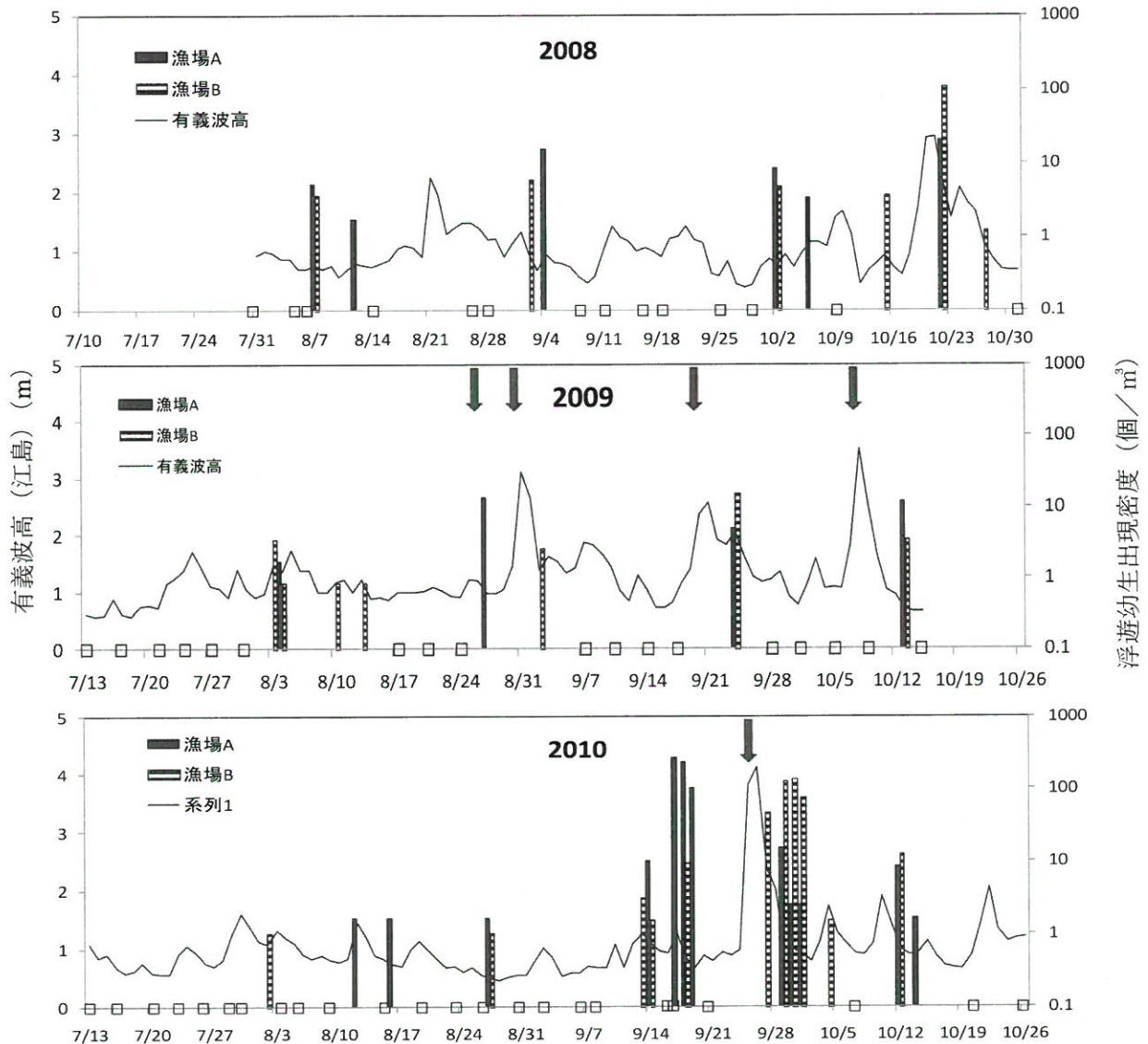


図5 有義波高(江島)と浮遊幼生出現密度の関係(漁場A(■), 漁場B(▨), ↓は台風の通過時期)

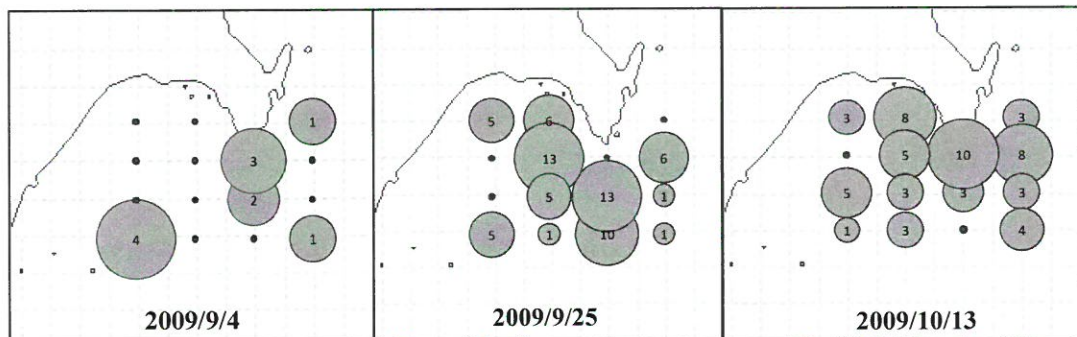


図6 2009年台風通過後の浮遊幼生水平分布

異なる立地環境下におけるエゾアワビの産卵と浮遊幼生の着底

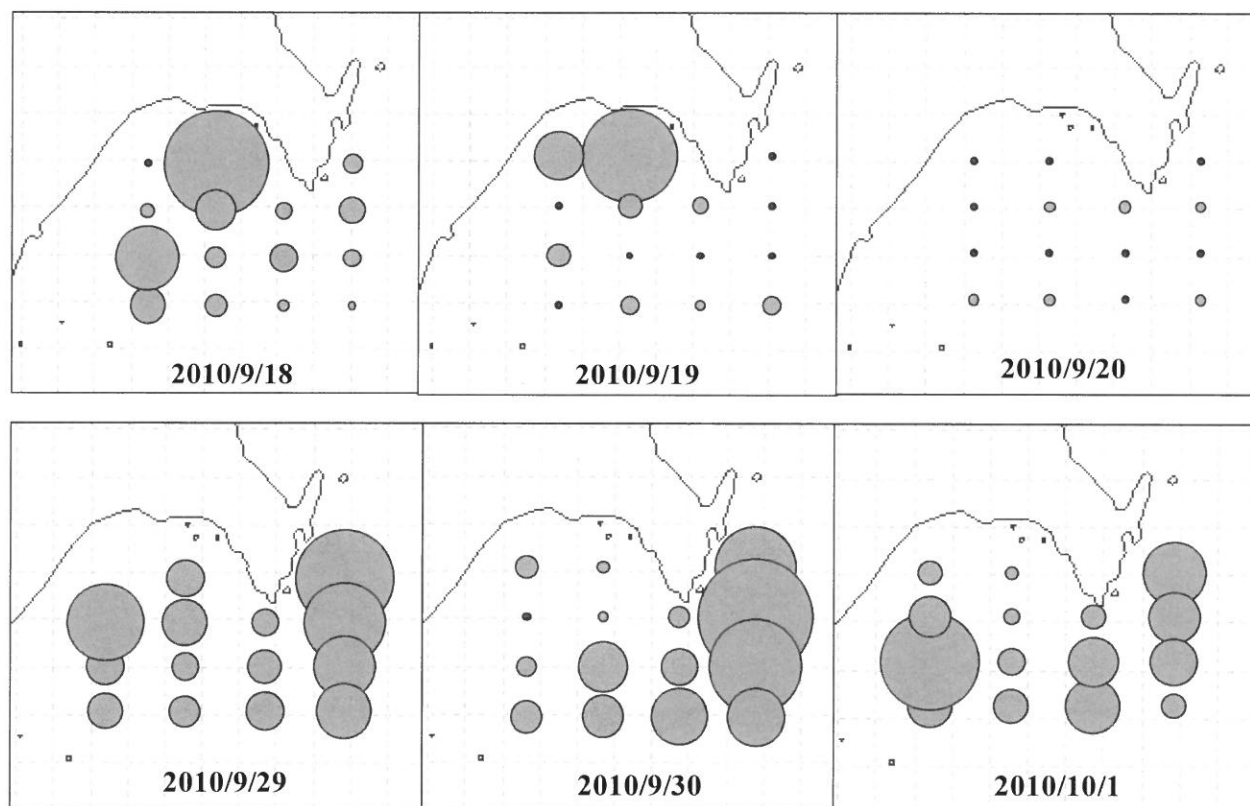
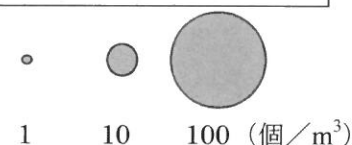


図7 漁場Aで浮遊幼生の発生が高密度で確認された翌日からの浮遊幼生水平分布(上段)および台風通過後漁場Bで浮遊幼生の発生が高密度で確認された翌々日からの浮遊幼生水平分布(下段)



三陸沿岸エゾアワビの再生産過程においては、繁殖期間中に台風等大型低気圧の接近通過で引き起こされる長時間の大波浪により、沿岸一帯で広範囲一斉の大量産卵を一回行い、広範囲に分散し新たな着底繁殖域へと拡散して遺伝子交流を図る場合(大量一回産卵・広域分散型)と、小型低気圧等の前線通過によって引き起こされる短時間の中波浪により、各地先単位での小範囲の少量産卵を数回行い、従来の繁殖分布域を確保し、再生産関係を維持する場合(少量多回産卵・地先滞留型)の繁殖戦略を両立していることが推察されている³⁾。

今回得られた結果は、三陸沿岸エゾアワビの繁殖戦略の両立を裏付ける結果となった。また、今回の台風通過直後は調査可能な程穏やかな海況であったことから、広範囲には拡散されなかったものと推察された。

3 静穏な海況下における産卵要因の検討

2010年の9月17日から9月19日にかけて、静穏な海況に

もかかわらず漁場Aで高密度の浮遊幼生の出現が確認された(図5)。このような現象は1993年、1998年の8月下旬にも確認されている^{3)・4)}。両年の産卵時期は大潮で共通しており、1998年の高密度の出現は産卵時前後で急激な潮流変化のあったことが聞き取り調査から推測されている。

2010年の有義波高は8月22日から9月9日まで0.5m以下の静穏な海況が続き、その後9月10日から17日にかけて0.6~0.9mに上昇、9月14日には静穏な海況が続いた8月22日から9月24日までの期間中最大値を記録した(図8-1)。絶対流速についても有義波高と同じ推移となった(図8-2)。海底水温は8月20日から8月26日にかけておよび9月2日から9月5日にかけて1°Cから2°Cの急激な変化が見られた。その後9月11日から9月15日にかけて1度の減少、9月23日から9月27日にかけて約1.5°Cの減少が見られ、その後緩やかに減少した。産卵時期と考えられる9月15日前後は小潮となっており、1993年と1998年の産卵時期と大潮との関係とは一致しなかった。潮汐の変化と産卵の関係については今回

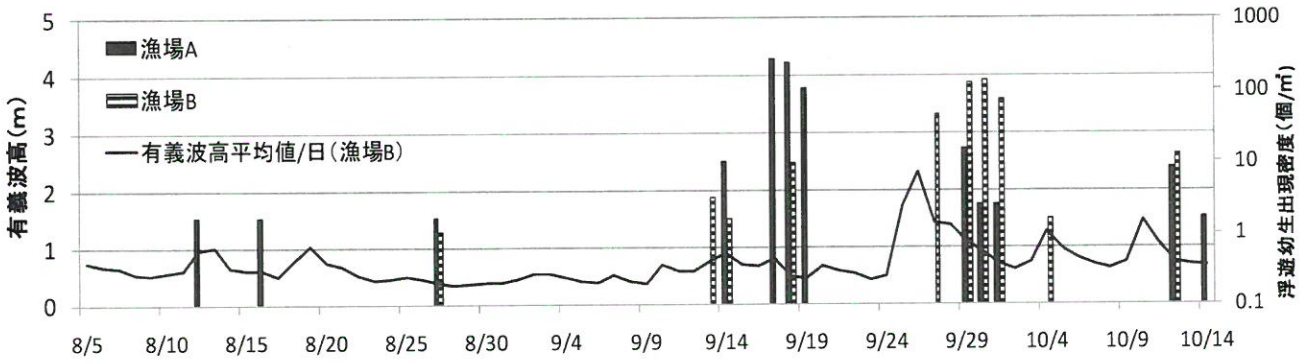


図 8-1 流速計で観測された漁場 B (水深 6.5m) の有義波高と浮遊幼生出現密度の関係

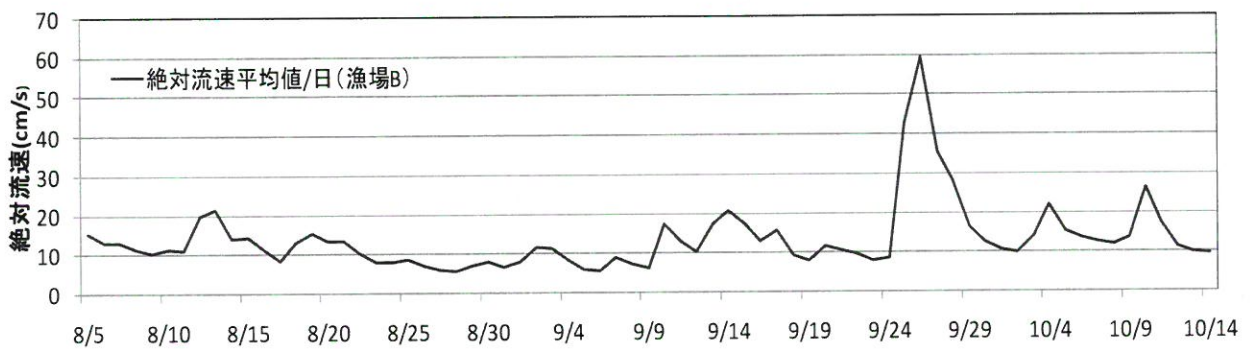


図 8-2 流速計で観測された漁場 B (水深 6.5m) の絶対流速平均値

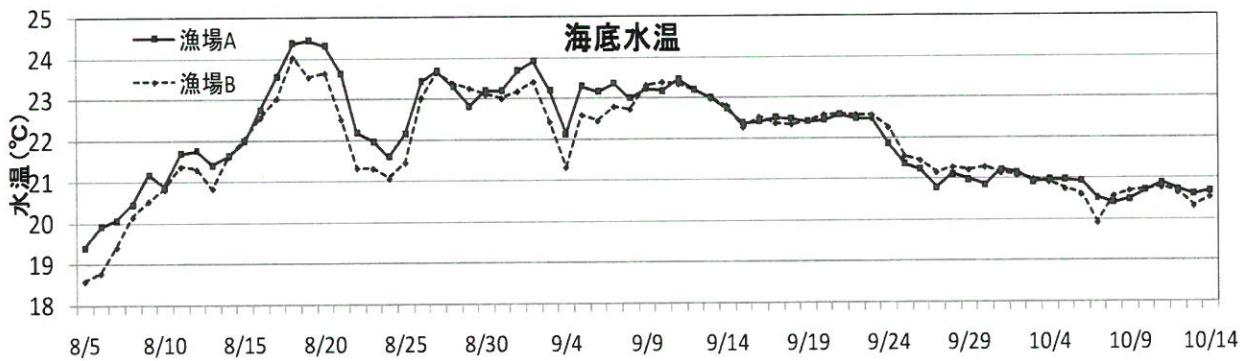


図 8-3 両漁場における海底水温の推移

解明できなかったが、8月20日から9月24日までの静穏期の中で、9月10日から9月17日までの期間の有義波高、絶対流速、水温変化が他の期間に比べて大きいことが産卵要因と考えられた。

また、8月27日に両漁場で浮遊幼生の出現が確認されたが、この要因は8月20日から8月26日にかけての急激な温度変化によるものと考えられる。8月産卵は早期着底群として加入に重要と考えられており³⁾、比較的静穏な海況と思われる期間(特に8月)の現場海底の水温変化と産卵の

関係の解明についても今後の課題である。

4 着底直後の減耗過程

2009年の大規模な産卵が見られた直後の9月30日から、両漁場で定期的に玉石に付着した着底個体を収集し着底密度を調べた。その結果、漁場Aで着底直後の115個/m²から6日後には59個/m²、14日後には15個/m²に減少、漁場Bで着底直後の162個/m²から6日後には54個/m²に減少した(図9)。

異なる立地環境下におけるエゾアワビの産卵と浮遊幼生の着底

翌年の12月から1月にかけて各調査点で潜水による稚貝（殻長10mm前後）の目視観察を行い当歳貝分布密度を調べた結果、着底直後の分布密度とそれから約3ヵ月後の当歳貝分布密度には有意な正の相関が認められた（図10）。

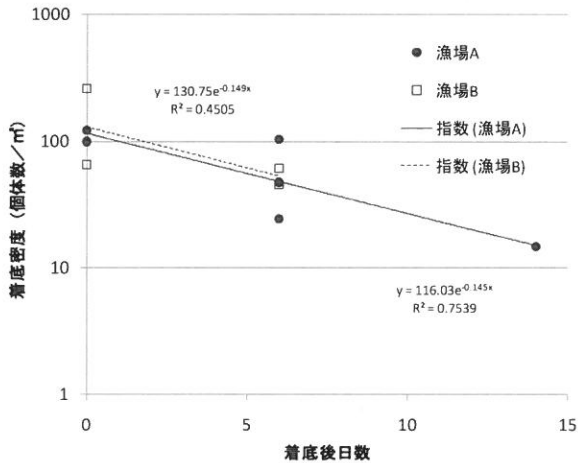


図9 2009年着底後日数と着底密度の変化

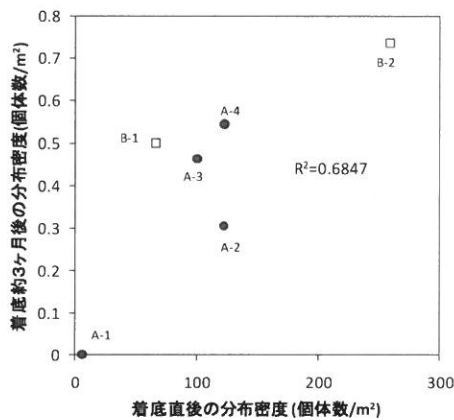


図10 着底直後と着底から約3ヵ月後の分布密度

2010年の大規模な産卵が見られた直後の10月1日から11月10日まで、両漁場で定期的に玉石に付着した着底個体を収集し着底密度を調べ、減耗過程を比較した結果、漁場Aでは着底密度1,062~3,821個体/m²が40日後には5~27個体/m²、漁場Bでは着底密度2,986~5,503個体/m²が40日後には0~8個体/m²となり、漁場A,Bでは着底後40日の密度がほぼ同じであった（図11）。また、着底密度が高い場所ほど瞬間死亡率が高くなる傾向が認められた（図12）。

2010年は、前年と比較して非常に高い着底密度が観察（2010年級群：1,000~5,000個体/m²、2009年級群：70~260個体/m²）されたことから、着底密度が高い場合は

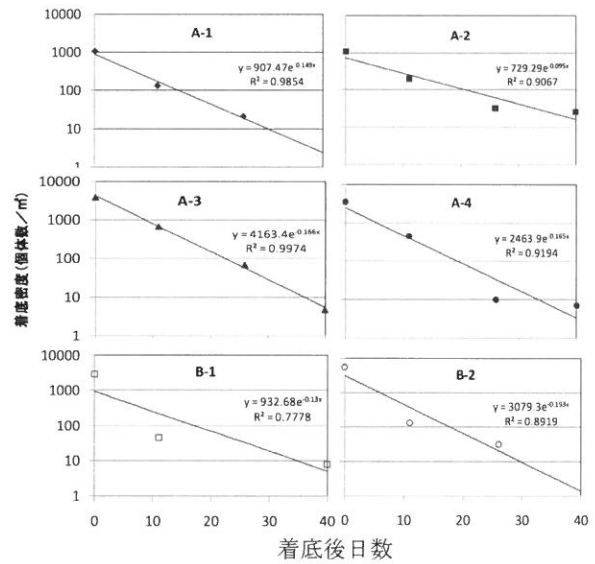


図11 2010年着底後日数と着底密度（玉石）の変化

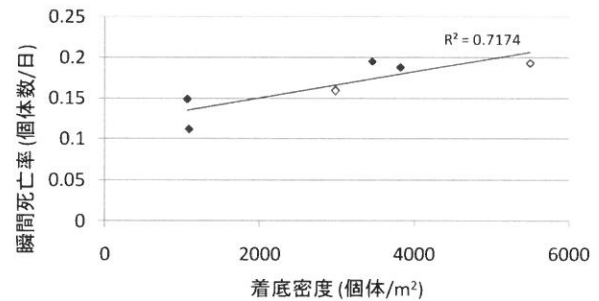


図12 着底密度と瞬間死亡率の関係
（◆：漁場A，◇：漁場B）

密度効果が生じるものと推察された。

5 2009年級群の生残と成長

2009年に発生した年級群について、約1年にわたり目視観察によって分布密度（一人一時間当たりの発見個体数）の変化から減耗過程、コホートの平均殻長の変化から成長過程を漁場A, B間で比較した（図13）。分布密度の経時変化を指数回帰し、瞬間死亡率を推定した結果、漁場Aでは0.003、漁場Bでは0.004となり、上述した2009年級群の着底から14日間（漁場A）および6日間（漁場B）の死亡率（漁場A:0.145、漁場B:0.149）と比較して低い値を示した。また、漁場A, B間で分布密度の経時変化を示す指数回帰曲線には有意な差がなかった。

2009年級群の初回目視調査で採集された稚貝の平均殻長は漁場Aでは8.1±1.8mm（平均±SD, n=33）、漁場Bで

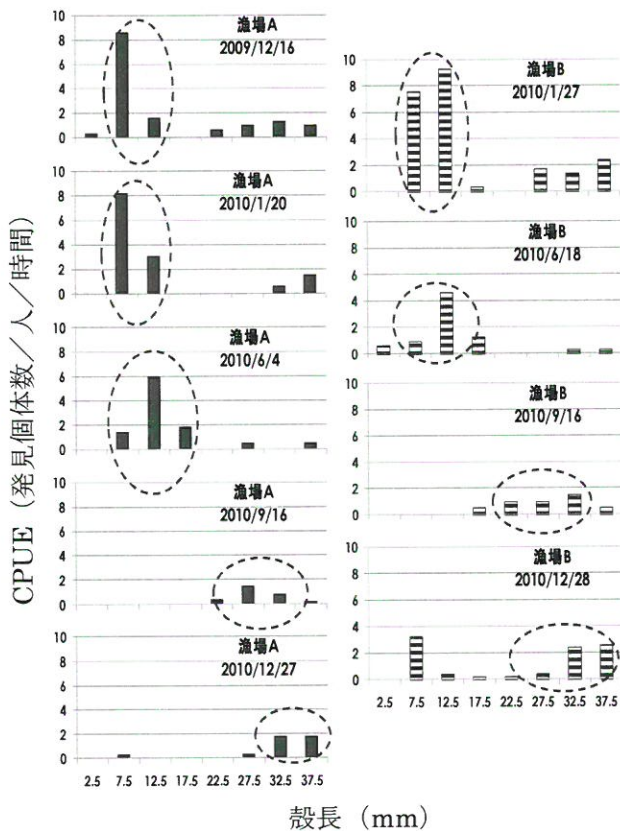


図 13 2009 年級群の分布密度と殻長の経時変化

は $10.5 \pm 2.0\text{mm}$ ($n=50$)であったが、約一年後の調査での平均殻長は漁場Aで $33.9 \pm 2.7\text{mm}$ ($n=11$), 漁場Bで $33.2 \pm 3.7\text{mm}$ ($n=21$)であった。平均殻長と日数の指数回帰曲線には漁場A, B間で有意差がなかった。

以上から、殻長8mm以上に成長した稚貝では、着底直後の初期稚貝と比較して生残が安定し、漁場A, B間では同等に生残・成長することが考えられた。

本研究では異なる立地環境下における漁場環境条件を明らかにするため、気仙沼市地先に位置するA型域とB型域に生息するエゾアワビの成熟過程、浮遊幼生出現動態及び着底直後から約1年間の稚貝の生残・成長について比較してきた。その結果、漁場Bでは台風同期等により大量に発生した浮遊幼生は広範囲に分布するものの、着底直後からの稚貝の生残・成長については漁場Aと有意な差はなかった。このようなことから、親貝が高密度で生息する集団を造成するためには、集団造成管理の簡便性、発生集団の地域回帰性を考えると、漁場Aでは人口種苗放流による親貝集団の造成が効果的であり、また、漁場

Bでは天然での再生産力向上を図るための資源管理（例えば漁獲量制限や殻長制限のアップなど）が重要であると考えられる。

今後の課題

年ごとの海況の違いによる浮遊幼生の出現動態と、初期稚貝の着底密度からその後の生残を追跡すること、各漁場における放流貝・天然貝の分布状況と放流効果を把握することにより、各漁場における再生産機構の特性を明らかにして、効果的な親貝集団の造成場所を検討する必要がある。

要 約

宮城県気仙沼市地先に位置する2漁場（海底勾配が小さく弓状に湾入した場所：漁場A、海底勾配が大きく岬状に突出した場所：漁場B）を調査海域に設定し、両海域に生息するエゾアワビの成熟過程、浮遊幼生出現動態、初期稚貝の着底密度およびその後の生残について比較を行い、親貝集団造成の効果が発揮される漁場環境の検討を行った。

- 1) エゾアワビの生殖腺指数は台風の接近通過後に大きく減少した。台風の接近のない年は、水温変化、小さな波浪による波高、流速が産卵の引き金になることが推定された。
- 2) 浮遊幼生の高密度出現後の3日連続水平分布調査から、漁場Aでは少量多回産卵・地先滞留型、漁場Bでは大量一回産卵・広域分散型である可能性が得られた。
- 3) 着底直後の着底密度と、それから約3カ月後の分布密度には有意な正の相関関係が見られたが、着底直後の着底密度が $1,000$ 個体/ m^2 以上など非常に高い場合には密度効果が生じることが考えられた。
- 4) 殻長が8mm以上に成長した稚貝では、着底直後の初期稚貝と比較して生残が安定し、漁場A, B間では同等に生残・成長することがと考えられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり多大なご協力をいただいた宮城県漁業協同組合気仙沼地区支所に厚く御礼申し上げます。

異なる立地環境下におけるエゾアワビの産卵と浮遊幼生の着底

本研究遂行にあたり波向・流速計の提供およびご指導いただきました独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所水産土木工学部生物環境グループ生息環境研究チームの川俣茂博士，野外調査でご協力いただいた菊田守氏，調査研究にご協力いただいた気仙沼水産試験場の職員の皆様に感謝申し上げます。

調査遂行にあたり，ご指導いただいた宮城県漁業協同

組合顧問佐々木良博士に厚く御礼申し上げます。

本研究は，新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「再生産力の向上を目的としたアワビ類の資源管理・増殖技術の開発」（平成20年度～平成23年度）により実施した。

参考文献

- 1) Babcock, R. and J. Keesing (1999) Fertilization biology of the abalone *Haliotis laevigata*: laboratory and field studies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **56**, 1668-1678.
- 2) 菊地省吾・浮 永久 (1974) アワビ属の採卵技術に関する研究 第1報 エゾアワビ *Haliotis discus hannai* INOの性成熟と温度との関係. *東北水研研報*, **33**, 69-78.
- 3) 佐々木 良 (2001) エゾアワビの加入機構に関する生態学的研究. *宮城県水産研報*, **1**, 1-86.
- 4) 佐々木 良 (2004) 鮫の浦湾周辺におけるエゾアワビ浮遊幼生・着底稚仔の出現特性と分布動態. *宮城県水産研報*, **4**, 23-37.
- 5) 押野明夫・日下啓作・小野寺淳一 (2002) エゾアワビ浮遊幼生の出現規模と着底稚貝の量的関係. *宮城県水産研報*, **2**, 7-15.

