

移殖によるバカガイ母貝集団造成試験

櫻井 泉^{*1}, 金田友紀^{*1}, 藤澤千秋^{*2}, 佐々木義英^{*3}, 平井茂夫^{*4}, 鈴木芳房^{*5}

Field experimental transplantation to restore depleted stock of the surf clam *Macra chinensis*

Izumi SAKURAI^{*1}, Tomonori KANETA^{*1}, Chiaki FUJISAWA^{*2},
Yoshihide SASAKI^{*3}, Shigeo HIRAI^{*4} and Yoshifusa SUZUKI^{*5}

Field experimental transplantation was conducted to examine the efficient method for restoring depleted stock of the surf clam *Macra chinensis* off the coast of Shimamaki west Hokkaido, Japan. In August 2000 and October 2001, the clam (total weight=460 and 323kg, mean shell length=75.6 and 75.4mm), which were collected from neighboring coast (Yoichi west Hokkaido), were transplanted to two experimental sites with each area of 100m² (depth=10m), respectively. Survival of the clam after transplanting was examined by counting the remained clam at each site by SCUBA diving, and annual recruitment was estimated by counting newly settled juveniles collected using a Smith-McIntyre grab sampler in the clam bed including both experimental sites. The clam density in both sites decreased markedly for 17 or 18 months after transplanting by bottom disturbance due to wave action, but then remained approximately steady (mean density=27-29 ind./m²) to the end of the experiment (the 29th or 39th month after transplanting). It was suggested that a maximum density of the clam should be adjusted to be 27-29 ind./m² to practice the clam transplantation efficiently when the clam about 75mm in shell length would be used. The newly settled juveniles were absent in the clam bed in 2000, in which spawning of the transplanted clam was not expected, although they occurred in the clam bed entirely with density of 2.2-2.9 ind./0.1m² in 2001-2003, in which the transplanted clam could spawned. However, an evidence to show that such juvenile recruitment would be due to the clam transplantation was not obtained.

キーワード：バカガイ, 移殖, 生残, 稚貝発生

はじめに

北海道の砂浜海岸には、ホッキガイ *Pseudocardium sachalinense*, バカガイ *Macra chinensis* およびサラガイ *Megangulus venulosus* などの潜砂性二枚貝が生息しており、これらは地域の漁業を支える水産資源として重要視されている。とりわけ、バカガイは、北海道日本海南西部沿岸では重要な漁獲対象種であり、そのむき身は「あおやぎ」と称して刺身や寿司に利用されているが、近年これらの地域では本種の資源量が著しく低下している。例えば、後志支庁管内の島牧村沿岸におけるバカガイ漁

場では、1993年に約28トンあった本種資源量¹⁾が1996年には約14トンにまで半減した²⁾。このため、島牧漁業協同組合では1996年より現在に至るまでバカガイの操業を見合わせているが、資源は一向に回復する兆しを見せず、1999年には約2トンにまで落ち込んだ³⁾。このようなバカガイ資源の低下要因としては、産卵母貝の不足による稚貝発生量の減少が推察される。

一方、北海道において資源低下したバカガイ漁場では、資源量の底上げや母貝集団の再形成を目的とした移殖事業がしばしば漁業協同組合主体で行われている。移殖用種苗には他の海域で採捕された漁獲加入前の個体を

報文番号A378 (2004年7月9日受理)

*1 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

*2 後志南部地区水産技術普及指導所 (Shiribeshi-Nanbu Fisheries Extension Office, Iwanai, Hokkaido 045-0023, Japan)

*3 島牧漁業協同組合 (Shimamaki Fisheries Cooperative Association, Shimamaki, Hokkaido 048-0604, Japan)

*4 島牧村役場 (Shimamaki Village Office, Shimamaki, Hokkaido 048-0621, Japan)

*5 株式会社 海洋探査 (Ocean Research and Systems Co., Ltd., Otaru, Hokkaido 047-0036, Japan)

含む成員が用いられているが、これまでに移殖後の貝の生残状況や稚貝の発生効果などを追跡調査した事例はほとんどなく、効率的な事業実施に向けた移殖基準の策定（例えば、移殖場所の選定方法や移殖密度の設定など）が早急に望まれている。

このような背景の中で、著者等は先述の島牧村沿岸のバカガイ漁場において底質の理化学的性状、波浪による底質攪乱の程度および底生動物の群集構造を調査するとともに⁴⁾、底質攪乱に対する貝の耐性を実験的に検討することによって⁵⁾、本種の生息に最も適した水深帯を明らかにした。本研究では、母貝集団を造成することによってバカガイ資源の回復を図ることを目的として、上記水深帯に本種成員を移殖し、その後の貝の減耗および稚貝の発生状況を調査したので、その結果を報告する。

調査海域と調査方法

試験対象とした島牧村美川地区は、南北を岩礁に挟まれた沿岸約2kmの砂浜海岸であり、水深15m以浅がバカガイ漁場として利用されている (Fig. 1)。本試験に先立って当該地先の漁場環境をバカガイの潜砂行動に対する適否、砂中における貝の安定性および他種との相互関係の側面から評価した結果、本種が潜砂しやすくヒトデ類やタマガイ類による食害およびカシパン類との空間競合に曝されにくいのは水深10m以浅であるのに対して、波浪による底質攪乱によって貝が砂中から流出する危険性が低いのは水深10m以深であることが判明した⁴⁾。そこで、本試験では水深10m域を移殖場所に選定し、Fig. 1に示す2か所にそれぞれ面積100m²の試験区 (10m×10m) を設けた (以下、試験区Aおよび試験区Bと表記)。なお、試験区の四隅には重量約60kgの土俵を設置し、それぞれをロープで結ぶことによって区画を識別した。

試験区Aには2000年7月～8月に北海道余市町沖で漁獲された後、北海道立中央水産試験場の室内水槽において最大1か月間無給餌で飼育されたバカガイ460kg (平均殻長±標準偏差; 75.6±5.2mm, 推定6,125個体) を移殖した。また、試験区Bには2001年8月～9月に余市町沖で漁獲された後、前年と同様に飼育されたバカガイ323kg (平均殻長±標準偏差; 75.4±5.0mm, 推定4,300個体) を移殖した。なお、バカガイの潜砂に対する応答や潜砂速度は水温15～25℃で活発化するので⁶⁾、本試験では沿岸水温がこの範囲内にある2000年8月25日 (試験区A, 表層水温20.8℃) と2001年10月1日 (試験区B, 同17.5℃) に移殖を実施した。また、バカガイの再生産に適した母貝の分布密度については不明であるため、本試験では入手できるバカガイ全量を移殖した。

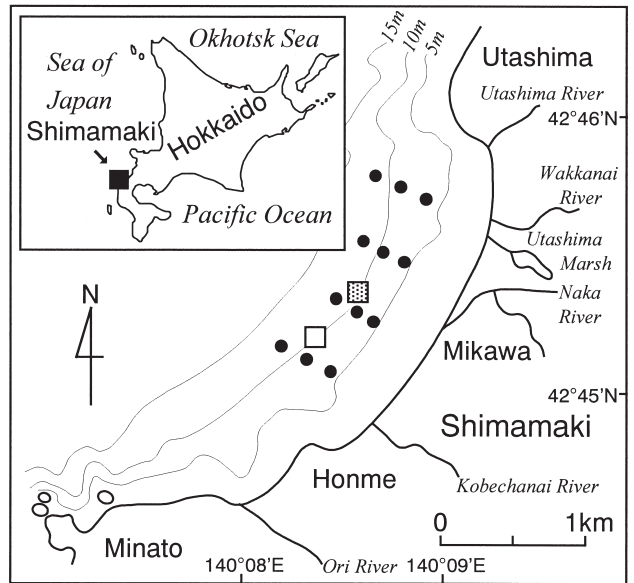


Fig. 1 Location of the experimental area off the coast of Shimamaki west Hokkaido, Japan. Open and dotted squares indicate site A and B in which the surf clam was transplanted, respectively. Solid circles represent the sampling stations for the newly settled surf clam.

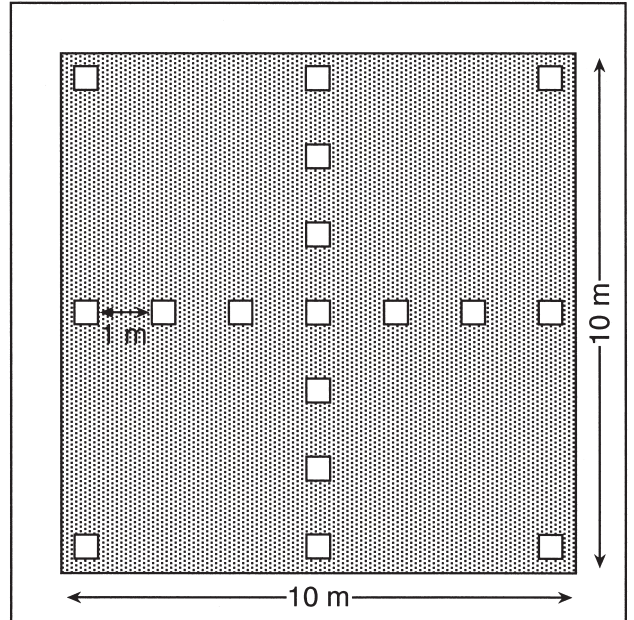


Fig. 2 Quadrat position for survey of the transplanted surf clam density. Seventeen quadrats (each 0.25m² in area) were positioned crosswise at 1m intervals and four corners on the experimental site.

移植には殻、外套膜、水管および足部に損傷がないバカガイを使用し、これらを容積62Lの網カゴに50kgずつ収容した後、その上面に海水を湿らせたウレタン製マットを被せ、貨物用自動車で運搬した（所要時間：2時間30分、車中温度：25℃）。

移植作業はSCUBA潜水により実施し、バカガイを上記の網カゴに収容したまま船上からロープで海底に垂下した後、試験区内の貝の密度がほぼ均一になるように配置した。その後、移植時におけるバカガイの密度を把握するため、移植貝の95%以上が潜砂したのを確認後（両試験区とも移植作業終了から2時間後）、試験区内に0.25 m²の方形枠をFig. 2に示すように17点配置し、SCUBA潜水により枠内の底質を少しずつ掘り起こしながら潜砂しているバカガイの個体数を計数した。なお、計数に際しては潜砂中の貝を完全には掘り出さず、計数後は掘り出した部分の砂を元の状態に戻した。また、両試験区を含む水深10mにおけるバカガイの生息密度は移植前には0.02個体/m²であったことから³⁾、本試験では移植貝に標識をせず、調査時に計数されたすべての個体を移植貝として扱った。

その後、移植貝の生残状況を把握するため、試験区Aでは2000年10月～2003年11月の間に計14回、試験区Bでは2001年12月～2004年3月の間に計7回、試験区内に生息するバカガイの個体数を移植時と同様に計数した。そして、試験区内における移植貝の分布様式を判定するため、MorisitaのI_δ指数を次式により計算した。

$$I_{\delta} = n \sum_{i=1}^n \frac{x_i (x_i - 1)}{N (N - 1)}$$

ここに、nは調査点数（=17点）、Nは総個体数、x_iはi番目の調査点の個体数である。なお、I_δ指数は、ランダム分布では1となり、集中分布では1より大きく、一様分布では1より小さくなる⁷⁾。また、各調査期間におけるバカガイの減耗率を把握するため、瞬間減耗率Zを次式により求めた。

$$\ln N_b = \ln N_a - Z (b - a)$$

ここに、N_aおよびN_bはそれぞれ移植後aおよびb日目の貝の密度であり、b>aとする。

一方、移植効果を評価するための指標の一つとして稚貝の発生状況を把握するため、1999～2003年の10～12月に両試験区を含む水深6～12mに12調査点を設け（Fig. 1）、バカガイ当年発生個体の採集を行った。採集にはスミス・マッキンタイヤー型採泥器（採集面積0.05 m²）を使用し、1地点当たり1～2回の採泥を行った。採集した底泥については1mm目合の篩を用いて海水中でふるい、篩上の残留物を5%ホルマリン海水で固定した後、実体顕微鏡下で当年発生個体を選定・計数した。

結 果

1. 移植貝の減耗状況

移植貝の計数結果から算出したI_δ指数は、両試験区とも調査期間を通して1以下を示した（Table 1）。このことから、移植貝の分布様式はすべて一様分布と判定され、本試験では貝をほぼ均一に放流することができたと考えられた。また、移植後も貝はほぼ均一な分布を維持していたことから、本試験では移植貝の生残状況を平均密度に基づいて検討できるものと判断された。

そこで、各試験区における移植貝の平均密度を算出し、その推移をFig. 3に示した。試験区Aでは、移植直後の貝の平均密度は61.9個体/m²であり、移植後5か月目には約2/3の40.4個体/m²、18か月目には約半分の28.7個体/m²に低下した。しかし、その後の密度には顕著な低下が認められず、試験終了時（移植後39か月目）まで26.8～28.7個体/m²の範囲内を推移した。試験区Bでは、移植直後に平均56.2個体/m²を示した貝の密度が移植後17か月目には27.5個体/m²に半減したが、その後は試験区Aと同様の値（27.1～28.0個体/m²）で試験終了時（移植後29か月目）まで推移した。

各試験区における移植貝の瞬間減耗率をFig. 4に示した。試験区Aの瞬間減耗率は移植後1年目および2年目の秋～冬季（それぞれ2000年10月～2001年1月および2001年10月～12月）に上昇したが、その他の期間に顕著な変化は認められなかった。また、試験区Bの瞬間減耗率についても、試験区Aと同様、移植1年目および2年目の秋～冬季（それぞれ2001年10月～2002年2月および2002年10月～2003年3月）に上昇傾向を示した。

Table 1 Morisita's index (I_δ) of the transplanted surf clam in the experimental sites.

	2000		2001			2002			2003		2004					
	Aug.	Oct.	Dec.	Jan.	Mar.	Jun.	Aug.	Oct.	Dec.	Feb.	Jul.	Oct.	Mar.	Jul.	Nov.	Mar.
Site A	0.96	0.96	0.99	0.96	0.95	0.93	0.93	0.93	0.99	0.99	0.89	0.93	0.97	0.91	0.90	-
Site B	-	-	-	-	-	-	-	0.97	0.97	0.99	0.94	0.93	0.99	0.94	-	0.94

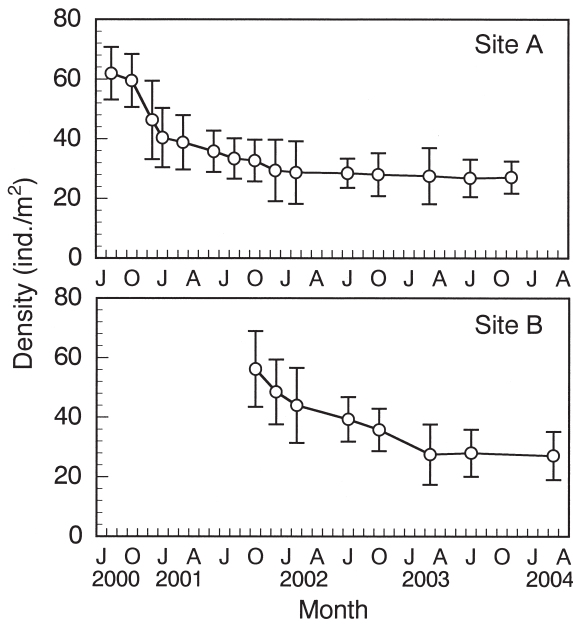


Fig. 3 Changes in mean density of the transplanted surf clam in the experimental sites. Vertical lines indicate standard deviation.

2. 当年貝の発生状況

当年発生貝の空間分布をFig. 5に示した。当年発生貝は、1999年には0.1m²当たり0～3個体(平均0.9個体)の密度で漁場内に部分的にみられたが、2000年には全く採集されなかった。一方、2001～2003年は当年発生貝が漁場全体に0.1m²当たり1～5個体(平均2.2～2.9個体)の密度で出現した。また、2001年および2002年における当年発生貝の分布は、両試験区を含む漁場の南西側で密度が高くなる傾向を示した。

考 察

1. 移植貝の減耗過程

移植貝の密度は、両試験区とも移植後17～18か月目までは顕著な低下が認められたが、その後はほぼ一定の値(平均27～29個体/m²)で推移した。また、移植貝の瞬間減耗率は、両試験区とも移植1年目と2年目の秋～冬季に上昇した。

バカガイの主な減耗要因としては、波浪に起因した底質攪乱による砂中からの流出とその後の分散が指摘されている^{5,8)}。本試験では波浪観測を行わなかったが、鳥牧村に隣接する瀬棚町沖で観測された1/3有義波高の月別平均値⁹⁾をみると(Table 2)、11月～2月が年間を通して最も波高が高くなっており、移植貝の瞬間減耗率が上昇した時期と一致しているのが分かる。

ただし、両試験区とも移植3年目の秋～冬季には、瞬間減耗率の顕著な上昇が認められなかった。試験区Aと

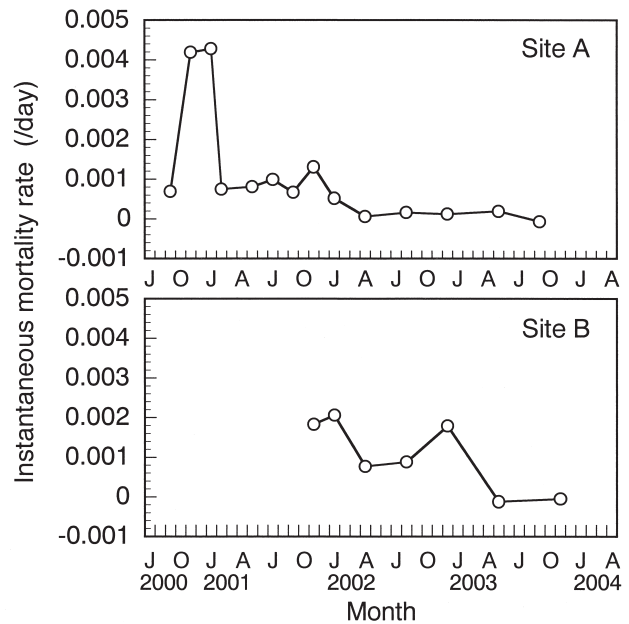


Fig. 4 Changes in instantaneous mortality rate of the transplanted surf clam in the experimental sites.

Bでは移植日に約1年の開きがあるので、もし波浪による底質攪乱が移植貝の生息状態に関係なく減耗要因として作用するのであれば、試験区Aにおいても移植3年目の秋～冬季(2002年10月～2003年3月)に試験区Bの移植2年目と同様の瞬間減耗率の上昇がみられたはずである。また、両試験区とも底質の理化学的性状や底生動物の群集構造は同じであると判断されたので⁴⁾、波浪以外の減耗要因(例えば有機物の負荷や食害など)が上記の差を引き起こしたとも考えにくい。このことは、秋～冬季以外の時期の瞬間減耗率が両試験区でほぼ同じであることから理解できる。にもかかわらず、試験区Aにおいて移植3年目の秋～冬季に瞬間減耗率の上昇がみられなかったのは、移植貝の生息状態によっては波浪による減耗の程度に差が生ずるためであると考えるのが妥当であろう。このことは、試験区Bの移植3年目において瞬間減耗率の上昇が認められなかった理由を考える上でも矛盾しない。

そこで、移植貝の生息状態について検討すると、両試験区とも移植直後の密度は異なっていたが、移植後18か月目(試験区A)ないしは17か月目(試験区B)以降はほとんど密度が低下することなく、同様の値(平均27～29個体/m²)を示した。また、ホッキガイやアサリ *Ruditapes philippinarum*などの潜砂性二枚貝は、砂中において一定の潜砂深度を維持するため波浪や潮汐に伴う砂面の上下動に追随した潜砂行動をとることが明らかにされている^{10,11)}。これらのことから、今回の移植貝は、事前に波浪による減耗の危険性が低い場所に放流された

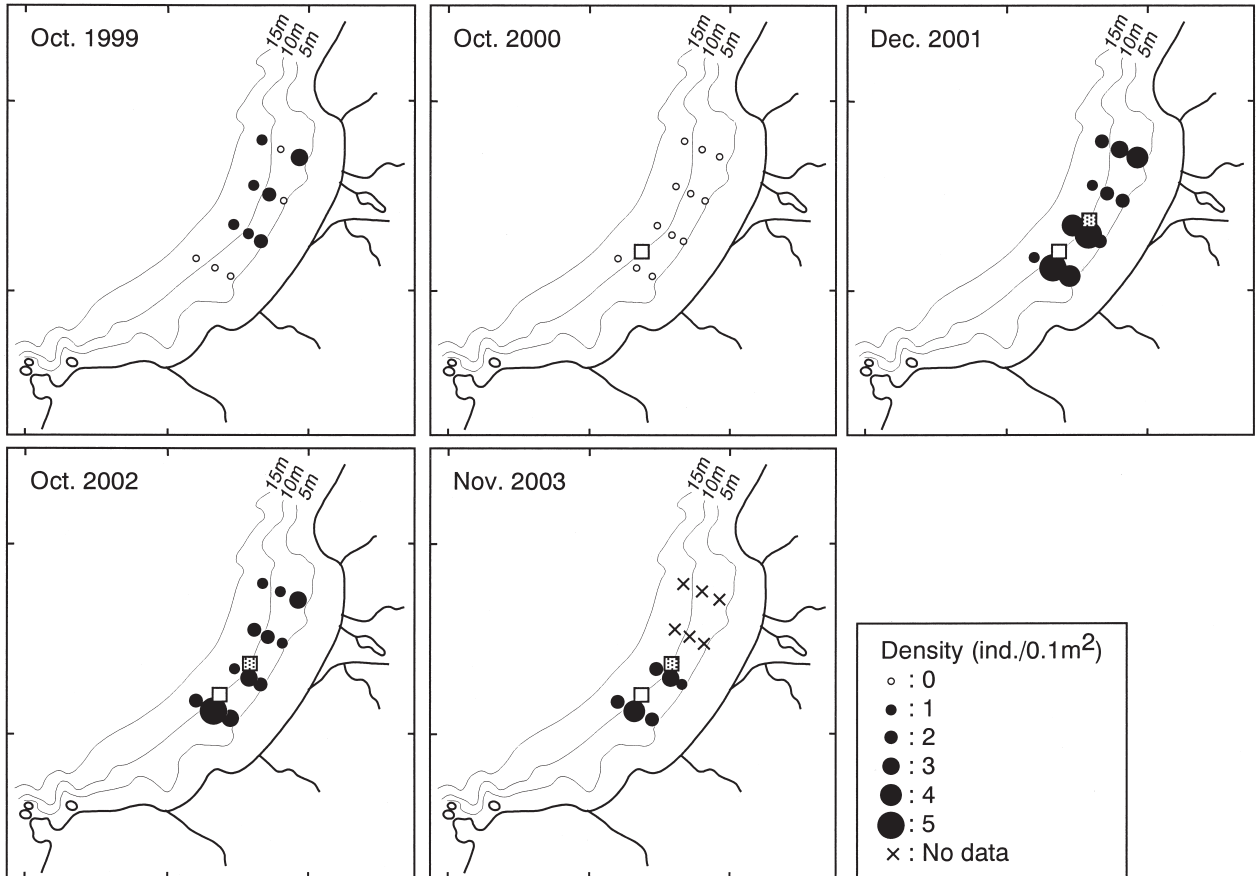


Fig. 5 Spatial distribution of the newly settled surf clam. Open and dotted squares indicate site A and B, respectively.

Table 2 Mean of monthly 1/3 significant wave during 1983–1994 off the coast of Setana west Hokkaido, Japan⁹⁾.

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Wave height (m)	1.89	1.70	1.34	0.96	0.70	0.45	0.43	0.51	0.74	1.36	1.72	1.94
Periods (sec)	6.4	6.3	5.8	5.2	5.0	4.5	4.7	4.9	5.2	5.9	6.3	6.5

ものの、生息密度が27~29個体/m²以上の条件下では砂中で十分な個体間距離を確保することができず、秋~冬季の高波浪に起因した砂面変動に対応した潜砂行動をとれないまま、その一部が試験区から流出したものと推察される。換言すれば、移殖に用いた殻長75mm前後のバカガイは、生息密度が27~29個体/m²以下の条件下では秋~冬季の高波浪による減耗に耐えることが十分可能であり、この条件下における貝の生残状況だけをみれば、事前に行った移殖場所の選定は妥当であったと判断される。

なお、本試験ではバカガイの生息量と餌料供給量との関係が不明なため、試験区における餌料（植物プランクトンやデトリタス）の分布量から移殖密度を決めることができなかった。また、本試験では造成した母貝集団の受精率を向上させるため、一般的な漁場におけるバカガイの生息密度^{12,13)}よりも高い密度になるように貝の移殖を行った。しかしながら、このような高密度条件では移

殖貝が餌料を十分に摂取できなかったことも推察される。実際、大量発生したホッキガイが過密による餌料不足のため成長停滞を引き起こした事例¹⁴⁾も報告されている。本試験では移殖貝の栄養状態を把握しなかったが、餌料不足による活力低下も高波浪による瞬間減耗率の上昇に影響を与えていたのかもしれない。

ところで、バカガイの移殖に関しては既往知見がほとんどなく、1995年に北海道江差町沖において平均殻長27.9mmの貝を対象とした移殖試験の結果¹⁵⁾が報告されているにすぎない。その結果によると、水深5mに設けた試験区における移殖後7か月目および11か月目の生残率は、それぞれ6.3%および1.4%と推定されている。これに対して、本試験で得られたバカガイの生残率は移殖後7か月目で62.7%（試験区A）、12か月目で54.0%（試験区A）ないしは63.6%（試験区B）であり、江差町沖の結果に比較して非常に高い値となった。ただし、これ

らの試験は移殖貝の殻長と移殖場所の水深が異なるので、一概に生残成績を比較することはできないであろう。しかし、江差町沖の試験では移殖場所に水深5mを選定した根拠がさほどないのに対して、今回の移殖試験では事前に波浪による底質攪乱によってバカガイが砂中から流出する限界水深を、漁場の平面波浪場解析⁴⁾と底質攪乱に対する貝の耐性試験⁵⁾から検討することによって移殖場所を選定した。このことから、バカガイの移殖を実施する際には、少なくとも貝の波浪耐性を考慮した移殖場所の選定を行う必要のあることが窺われる。

今後、北海道日本海南西部沿岸においてバカガイの移殖を実施するに当たっては、事前に対象海域の環境特性（底質の理化学的性状、波浪による底質攪乱の程度および底生動物の群集構造など）を評価して本種の生息に最も適した場所を選定するとともに、殻長75mm前後の貝を対象とするのであれば、移殖密度の最大値を27~29個体/m²に設定すべきであると考えられる。

2. 当年貝の発生状況からみた移殖効果

北海道苫小牧市沖においてバカガイの再生産関係を検討した結果によると、母貝の密度が0.6個体/m²以下では当年貝の発生はほとんど見込めないことが示唆されている¹⁶⁾。ただし、バカガイは受精後2~3週間の浮遊幼生期を経て底生稚貝となるが¹⁷⁾、この間に流況の影響を強く受けるため、上述の量的関係は海域によって異なることを念頭に置かなければならない。しかしながら、鳥牧村沖のバカガイ漁場における母貝密度は1999年6月には0.06個体/m²、2000年6月には0.16個体/m²および2001年6月には0.28個体/m²と推定されており^{3,18,19)}、年々増加してはいるものの、上述した当年貝の発生を期待できる母貝密度の半分にも到達していない。

そこで本試験では、漁場の一部ではあるが、母貝が高密度に生息する場所を造成し、受精の機会を高めることによって当年発生貝の増大を試みた。その結果、バカガイ当年発生貝は移殖前の1999年には0.1m²当たり0~3個体(平均0.9個体)の密度で漁場内に点在し、産卵期の後に移殖を行ったため移殖貝の産卵が期待できない2000年には全く採集されなかったが、試験区Aの移殖貝が産卵に加わった2001年および両試験区の移殖貝が産卵に加わった2002~2003年には漁場全体に0.1m²当たり1~5個体(平均2.2~2.9個体)の密度で出現した。また、2001~2002年における当年発生貝の密度は試験区周辺において高くなる傾向がみられたが、本試験ではこのような当年発生貝の増加が母貝移殖の効果によるものなのか、あるいは漁場内の母貝密度が年々増加していることによるものなのかを判別することはできなかった。

今後は、母貝密度や当年貝の発生量のデータを蓄積するとともに、浮遊幼生の発生状況や動態などを検討することによって移殖効果の検証を進めていく必要があると考える。

要 約

北海道鳥牧村沿岸の水深10mに設定した二つの試験区に殻長75mm前後のバカガイを62個体/m²および56個体/m²の密度でそれぞれ460kgおよび323kg移殖し、その後の移殖貝の生残状況と当年貝の発生状況を調査した。得られた結果は、以下の通りである。

1. 移殖貝の密度は、両試験区とも移殖後17~18か月目までは顕著な低下が認められたが、その後は試験終了(移殖後29~39か月目)まで一定の値(27~29個体/m²)を示したことから、本種の移殖を効率的に行うには密度の最大値を27~29個体/m²に設定する必要があると考えられた。
2. 当年発生貝は、移殖前の年には平均0.9個体/0.1m²の密度で漁場内に点在し、移殖貝の産卵が期待できない年には全く採集されなかったのに対して、移殖貝が産卵に加わった3か年は平均2.2~2.9個体/0.1m²の密度で漁場全体に出現したが、これらが移殖の効果である証拠を得ることはできなかった。

謝 辞

本報告にあたり、試験にご協力いただいた鳥牧漁業協同組合の池田一寿氏、鳥牧村役場の及川光輝技師、余市郡漁業協同組合の原田容稔課長、後志南部地区水産技術普及指導所の松田洋専門指導員ならびに奈良専門普及員、株式会社西村組の山田俊郎研究員に深謝いたします。

文 献

- 1) 後志南部地区水産技術普及指導所：平成5年度鳥牧漁業協同組合バカガイ資源量調査報告書，2-7 (1993)
- 2) 後志南部地区水産技術普及指導所：平成8年度鳥牧漁業協同組合バカガイ資源量調査報告書，2-5 (1996)
- 3) 後志南部地区水産技術普及指導所：平成11年度鳥牧漁協バカガイ資源量調査結果，5-6 (1999)
- 4) 櫻井 泉, 林 浩之, 桑原久実：北海道鳥牧村沿岸のバカガイ漁場における底質環境とマクロベントス群集. 日水誌. 67, 687-695 (2001)

- 5) 櫻井 泉：底質の物理的攪乱によるバカガイの生息限界. 水産工学. 39, 155-160 (2002)
- 6) 櫻井 泉, 瀬戸雅文, 中尾 繁：ウバガイ, バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温, 塩分および底質粒径の影響. 日水誌. 62, 878-885 (1996)
- 7) Morisita, M.: Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*. 2, 215-235 (1959)
- 8) Sakurai, I., Kurata, M. and Abe E.: Age structure and mortality of the sunray surf clam *Macra chinensis* off Tomakomai, southwest Hokkaido. *Fisheries Science*. 62, 168-172 (1996)
- 9) 沿岸開発技術研究センター：全国港湾海洋波浪観測25か年統計資料 NOWPHAS1970~1994 (運輸省港湾局監修). 東京, 沿岸開発技術研究センター, 1996, 159-164.
- 10) Sakurai, I. and Seto, M.: Behavioral characteristics of the juvenile Japanese surf clam *Pseudocardium sachalinensis* in response to sand erosion and deposition associated with oscillatory water flow. *Fisheries Science*. 64, 367-372 (1998)
- 11) 櫻井 泉, 瀬戸雅文：海底地形の変動に対するアサリ稚貝の行動特性. 北水試研報. 54, 41-46 (1999)
- 12) 林 忠彦, 川村一廣, 横山善勝, 花田 正：石狩町エゾバカガイ漁場調査. 北水試月報. 22, 447-469 (1965)
- 13) Sakurai, I., Horii, T., Murakami, O., and Nakao, S.: Population dynamics and stock size prediction for the sunray surf clam, *Macra chinensis*, at Tomakomai, southwest Hokkaido, Japan. *Fishery Bulletin*. 96, 344-351 (1998)
- 14) 堀井貴司, 村上 修, 櫻井 泉：ウバガイ*Pseudocardium sachalinense*の成長に及ぼす生息密度の影響. 日水誌. 68, 666-673 (2002)
- 15) 北海道檜山支庁：バカガイ人工種苗中間育成及び放流追跡調査報告, 30-41 (1996)
- 16) 櫻井 泉：バカガイ*Macra chinensis*の資源管理に関する個体群生態学的研究. 北海道大学博士学位論文, 1996, 102-138.
- 17) 小林 信, 鶴島治市：昭和56年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告書, 87-91 (1983)
- 18) 後志南部地区水産技術普及指導所：平成12年度島牧漁協バカガイ資源量調査結果, 5-6 (2000)
- 19) 後志南部地区水産技術普及指導所：平成13年度島牧漁協バカガイ資源量調査結果, 5-6 (2001)