

# 透明波板放流器を用いたクロアワビ種苗の放流技術

白藤徳夫, 西垣友和, 八谷光介, 和田洋藏, 竹野功璽

Release method of abalone *Haliotis discus discus* seeds using transparent corrugated sheets

Norio Shirafuji\*<sup>1</sup>, Tomokazu Nishigaki, Kousuke Yatsuya\*<sup>2</sup>, Yozo Wada\*<sup>3</sup> and  
Koji Takeno

Release modules made of opaque material have been used for the release of abalone *Haliotis discus discus* seeds into hiding places on the sea bed. However, some seeds which remain in the shade of the tool due to negative phototaxis even after their release have been considered to show a higher probability of predation compared to seeds immediately moving to the shade of rocks. We developed a new method to release seeds using transparent corrugated sheets. The new method was successful to increase the mean rate of seeds that left the transparent sheets just after release. Transport methods also have been considered to affect the behavior of released seeds. We compared the existing methods of seeds on corrugated sheets bathed in sea water in a tank or wrapped with a wet sponge. When the transport time was more than an hour, seeds bathed in sea water were more viable than those wrapped in a wet sponge.

キーワード: クロアワビ, 種苗放流方法, 透明波板放流器, 輸送方法

アワビ類種苗の放流後の死亡率は、放流直後から数日の間が最も高く、その最大の死亡要因は被食とされる(青森県ら, 1990; 日本栽培漁業協会, 1992)。その死亡率は、放流時の種苗の大きさや捕食者の分布密度等によって変化するが、放流方法によっても異なる(青森県ら, 1990)ため、放流直後の被食減耗を低減する種苗放流技術が検討されている。

アワビ類種苗の放流方法については、人の手から直接放流する方法と放流器に付着させて放流する方法に大別される。人の手から直接放流する方法には、船上から直播きする方法と潜水者によって海底に直接放流する方法がある。前者は多くの種苗が殻を下にした状態で海底に達するため、反転して海底基質に付着する前に害敵生物に捕食される機会が増え、その結果、放流方法の中で最も死亡率が高くなる(門間, 1972; 二島ら, 1989; 田中, 坂本, 2001)。また、後者については、人の手で種苗を扱う機会が多くなるため、ストレスなどによって種苗の活力が低下し、害敵生物の食害を受けやすくなる(二島ら, 1989)。そこで、人手に触れる機会を減らし、種苗の活力を保って放流するために、近年は放流器を用いた放流方法が主流となっている。放流器としては、アワビやカキの殻、中間育成時に用いる遮蔽板、放流用に開発された付着基盤等が用いられている。しかし、これらの放流器では、放流器の裏側や陰に隠れて1週間から1カ月間付着したまま離れない種苗が確認されている(内野ら, 2005)。また、京都府沿岸でも、竹を半分に

割って作られた放流器(以下、竹製放流器とする)から移動しない種苗が捕食者に襲われている様子が潜水観察により度々確認されている。これらのことから、放流器から離れずにいる種苗は、転石の裏側や岩の間隙などに移動したものよりも、被食の確率が高くなると考えられる。したがって、放流器放流では、できるだけ速やかに種苗を放流器から海底へ移動させることが重要であり、そのための放流技術の改善が不可欠である。

京都府では、毎年、15万個前後のクロアワビ *Haliotis discus discus* 種苗の放流を行っている。その放流方法は、近年までは、竹製放流器や種苗育成時に使用する遮蔽板などに種苗を付着させたものを、海水に浸した状態で輸送する浸漬輸送か、あるいは海水で湿らせたスポンジ等で種苗を包み、発泡スチロールなどの容器に入れて輸送する干出輸送のいずれかで種苗を輸送して放流する放流器放流であった。しかし、2003年以降は、従来の方法よりも速やかに種苗を放流器から移動させるために、透明な波板に種苗を付着させて放流する方法を採用している。この方法は、夜間に活動するアワビ類(宇野, 1976; 林, 1988)が強い光を忌避する性質を利用したものであり、実際に放流後、種苗が短時間に放流器を離れ、岩陰等に移動する様子が観察されている。しかし、これまで本放流器による種苗の移動促進効果について定量的に評価されていない。また、従来の種苗輸送方法である浸漬輸送と干出輸送が放流直後の種苗の移動に与える影響についても検討されていなかった。

\*<sup>1</sup> (独)水産総合研究センター北海道区水産研究所 (Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Hokkaido 088-1128, Japan)

\*<sup>2</sup> (独)水産総合研究センター西海区水産研究所 (Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Nagasaki 851-2213, Japan)

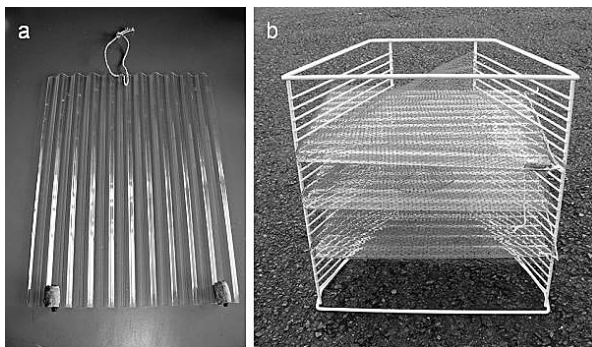
\*<sup>3</sup> 京都府農林水産部 (Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kyoto Prefectural Government, Kyoto 620-8570, Japan)

そこで、本研究では、放流直後のクロアワビ種苗の放流器から海底への移動に関して、放流器の光透過性の有無と輸送方法の違いが与える影響について試験し、京都府におけるクロアワビ種苗放流技術について検討した。

### 材料および方法

**放流器の比較試験** 透明なアワビ放流器と不透明なものを用いて、短時間に放流器から離れるクロアワビ種苗の割合を比較する試験を行った。透明な放流器には、市販されているポリカーボネート製の透明波板（1山のピッチ 32 mm，谷の深さ 9 mm：縦 41 cm，横 32 cm）を加工したもの（以下、透明波板放流器とする，Fig. 1a）を用いた。不透明放流器には、竹製放流器（縦 26～28 cm，幅 9～14 cm：海底に沈下するために錘をつけた）と京都府栽培漁業センターが中間育成時に使用している塩化ビニル製の黒色波形遮蔽板（以下、不透明波板放流器とする）を用いた。不透明波板放流器については、透明波板放流器と同じ大きさに加工した。

試験に用いたクロアワビ種苗は、京都府栽培漁業センターで育成されたもので、平均殻長（±標準偏差）

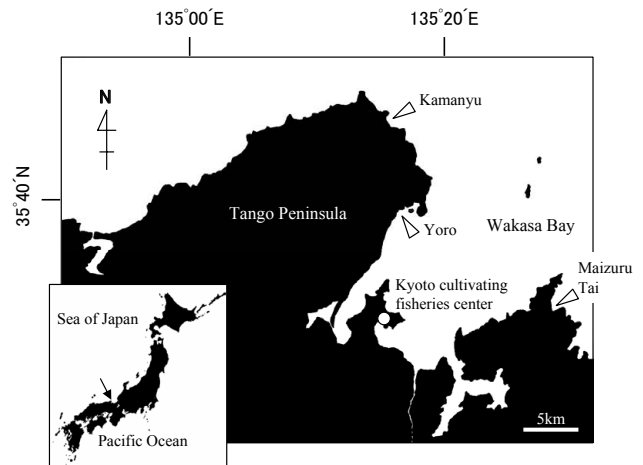


**Fig. 1** (a) A transparent corrugated sheet used for the release of abalone *Haliotis discus discus* seeds. To set the sheet upright in the water column, two weights are attached to the bottom and the sheet is hung from a small buoy. (b) A device for holding the transparent corrugated sheets on which abalone seeds are attached.

30.5 ± 2.3 mmであった。放流日前日に、種苗を放流器に付着させた。このとき、不透明な放流器には全ての種苗が光の当たらない裏面に付着していたが、透明波板放流器では付着する種苗が少なかった。そこで、透明波板放流器と種苗を網袋（目合い 7.3 mm の無結節ネット）に 1 昼夜入れることにより種苗を付着させた。透明波板放流器と不透明波板放流器は各 5 枚、竹製放流器は 10 個準備し、波板放流器には 1 枚につき種苗 100 個体を両面に、竹製放流器には 50 個体を竹の内面側に付着させた。

2008 年 3 月 4 日に舞鶴市田井地先において試験を行った (Fig. 2)。輸送時に放流器から種苗が脱落しないように、種苗の付いた各放流器を一つずつ網袋に入れた。

また、透明波板放流器については、輸送の際の効率を上げるために改良された市販のコレクターホルダー (Fig. 1b) に複数枚ずつ収容した。輸送には、京都府立海洋センターの栽培漁業指導船「みさき」(17 トン) を使用し、海水をかけ流しにした 300 ℓ の水槽に放流器を入れた。輸送時に種苗に直接光が当たると、放流器上で種苗同士が折り重なって塊になることがあり、網袋



**Fig. 2** Map showing the location of the release modules and transportation experiments for abalone *Haliotis discus discus* seeds.

から放流器を取り出す際や放流器を海底に設置する際に支障をきたす場合があるため、水槽に蓋を被せて遮光した。

種苗生産施設から放流地点までの輸送に要した時間は約 90 分であった。輸送時の水槽内の水温は 10.5 °C，放流地点の水温は 9.9 °C であった。放流場所に到着後、潜水者が放流器を網袋から取り出して水深 1～2 m の海底に設置した。その際に数個体の種苗が脱落したため、これらを除いた個体数を放流開始時の個体数とした。透明波板放流器と不透明波板放流器を 1 枚ずつと竹製放流器 2 個を 1 セットとし、合計 5 セットの試験を行った。これまで透明波板放流器を用いた放流では、放流器を横倒しの状態で海底に設置すると、海底と放流器の間に挟まれた種苗が放流器から移動しないことがあった。そこで、放流器を海底に直立した状態で設置しやすいように、放流器の下端部に錘を取り付けた (Fig. 1a)。また、放流器を海藻の上に設置すると、放流器の底辺（錘が付いている側）が海底に接しない、もしくは接する部分が少ないため、種苗が放流器から移動できないこともあった。そこで本試験では、透明、不透明波板放流器ともに、放流器が直立し、底辺の全てが海底に接するように、転石の間や岩盤の割れ目等に挟むようにして設置した。なお、竹製放流器については、種苗を付着させた竹の内面側が上を向き、底辺が海底に

接するように設置した。

放流器設置後、種苗の移動状況を潜水により観察した。放流開始から30分後に放流器を回収し、船上で放流器に付着している種苗を計数し、放流器から離れた種苗の割合を求めた。

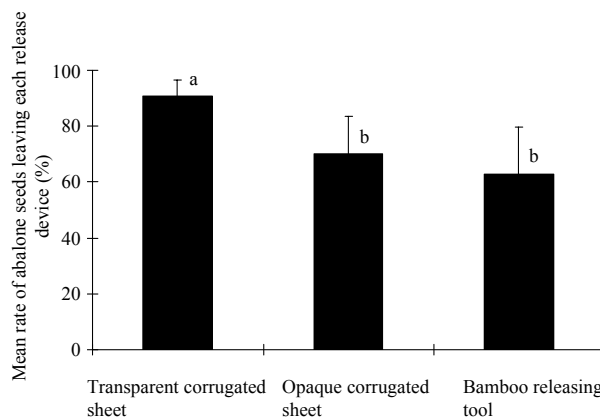
**輸送方法の比較試験** 浸漬輸送と干出輸送したクロアワビ種苗を、輸送時間の異なる2地点で放流し、放流器から離れる種苗の割合を比較する試験を行った。2006年5月30日に伊根町蒲入の久僧浜地先、同年6月5日に宮津市養老の大島藻場造成区において放流試験を行った (Fig. 2)。試験に用いたクロアワビ種苗は、京都府栽培漁業センターで育成されたもので、平均殻長はそれぞれ  $29.6 \pm 2.2$  mm (蒲入)、 $30.5 \pm 2.0$  mm (養老) であった。各輸送方法に対し、網袋に入れて種苗100個体を付着させた透明波板放流器を蒲入では5枚、養老では4枚用意した。浸漬輸送は、放流器の比較試験で用いたものと同様であるが、今回は放流器を入れた水槽にエアレーションも行った。干出輸送では、種苗の付いた放流器を海水で湿らせたスポンジで包み、蓋付きの発泡スチロール製容器に收容して輸送した。輸送時間は蒲入では2時間45分、養老では1時間15分であった。干出輸送の容器内の温度は、外部の気温とほぼ等しく、放流時の気温は、蒲入では  $20.5^{\circ}\text{C}$ 、養老では  $24.6^{\circ}\text{C}$  であった。浸漬輸送の水槽内の水温は海水温とほぼ等しく、放流地点の水温は蒲入では  $17.5^{\circ}\text{C}$ 、養老では  $21.1^{\circ}\text{C}$  であった。放流方法や試験開始時に放流器から脱落した個体数の扱いは、放流器の比較試験と同様であるが、放流器に付着している種苗の計数は、潜水観察により設置10分後と30分後に行った。

## 結果

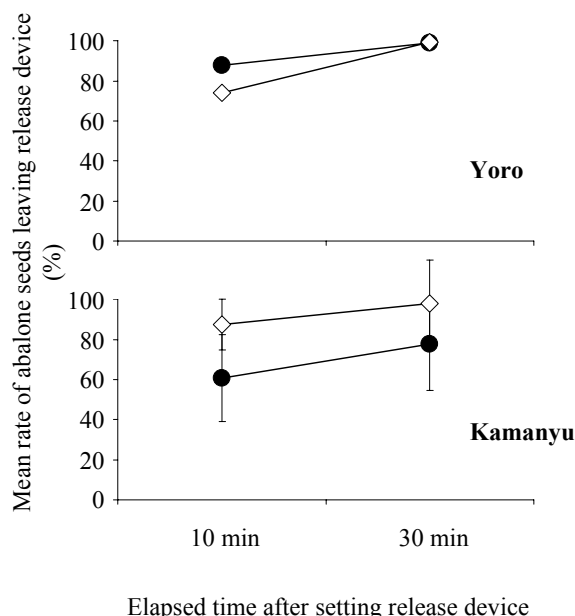
**放流器の比較試験** 透明波板に付着していたクロアワビ種苗は、放流器を海底に設置して間もなく海底へ移動しはじめた。一方、不透明波板放流器や竹製放流器では、光が当たる部分に付着していた種苗は移動を開始するものの、光の当たらない部分に付着していた種苗には移動しない個体も見られた。また、移動を開始した種苗でも、海底へ移動せずに、光の当たらない部分に移動するだけで、放流器から離れない個体も認められた。放流器設置30分後に透明波板、不透明波板、竹製の各放流器から海底に移動した種苗の割合 (平均±標準偏差) は、それぞれ  $90.8 \pm 5.8\%$ 、 $70.3 \pm 13.2\%$ 、 $63.0 \pm 16.8\%$  であった (Fig. 3)。その割合は、不透明波板と竹製放流器との間では有意な差は見られなかったが、透明波板放流器では、他の放流器に比べ有意に高かった (Fisher's PLSD,  $P < 0.05$ )。

**輸送試験** 輸送時間の短かった養老では、放流器から離れた種苗数の割合は、設置10分後で干出輸送が  $87.5\%$ 、浸漬輸送が  $74.3\%$  となり、干出輸送の方が浸漬輸送よりも有意に高かった (Mann-Whitney  $U$  検定,  $P <$

$0.05$ , Fig. 4)。しかし、設置30分後には、どちらの輸送方法でもほぼ全ての個体が放流器から離れた。一方、輸送時間の長かった蒲入では、10分後、30分後ともに浸漬輸送の方が干出輸送よりも多くの種苗が海底へ移動していた。放流器から離れた種苗数の割合は、設置10分後では干出輸送と浸漬輸送がそれぞれ  $60.6\%$ 、 $87.4\%$ 、設置30分後では  $77.6\%$ 、 $97.8\%$  となり、両時間帯とも有意な差が見られた (Mann-Whitney  $U$  検定,  $P <$



**Fig. 3** Mean rate of abalone *Haliotis discus discus* seeds leaving each kind of release modules within 30 minutes from settlement on the sea bed ( $n = 5$ ). Error bars indicate standard deviations of the mean. Same letters on the bar indicate no significant difference of the mean (Fisher's PLSD  $P < 0.05$ ).



**Fig. 4** Mean rate of abalone *Haliotis discus discus* seeds leaving a release module made of a transparent corrugated sheet within 10 or 30 minutes from settlement on the sea bed ( $n = 5$  for Kamanyu,  $n = 4$  for Yoro). Open and closed symbols indicate the mean for seeds transported in seawater and wetted sponge, respectively. Error bars indicate standard deviations.

0.05)。

## 考 察

**放流器の透明性** 従来の光透過性のない放流器では、放流器を海底に設置した後でも、アワビ種苗が放流器の裏側や陰に隠れてしまい、1週間から1カ月間付着したまま離れないものも観察されていた(内野ら, 2005)。そこで、アワビ類が光を避けて物陰に隠れる特性を利用して、放流器の素材を従来の光透過性のないものから、透明なものに改良することにより、種苗が放流後30分以内に放流器から海底へ移動する割合を増加させることができた。内野ら(2005)もまた、透明な素材で作製した放流器では、放流翌日にはいずれの放流器でもほぼ全ての種苗が海底へ移動していたことを確認しており、放流器の透明性の効果を報告している。

アワビ類の種苗放流では、一時的にせよ狭い場所に高密度に稚貝が分布するため、捕食者が蝸集しやすい環境になる。そのため、種苗が放流器に付着したままか、そこから速やかに離れて岩陰や転石の裏等に隠れるかという違いは、捕食者に襲われる確率を大きく左右すると考えられる。実際に漁業者の行うクロアワビ種苗の放流時でも、放流器に付着したままの種苗がヤツデヒトデ *Coscinasterias actispina* 等に襲われていることが、度々確認されてきた(白藤, 未発表)。透明波板放流器を用いた放流方法は、種苗を放流器から素早く海底へ移動させるため、捕食による放流直後のクロアワビの減耗を抑える効果があると考えられた。

放流器放流を行う場合、海洋汚染を防ぐために放流後の放流器の回収が必要である。従来の放流器では、種苗が放流器から移動する日数を考慮して、放流から数日後に回収しなければならないため、種苗の出荷から放流器回収までに要する時間が長く、かつ放流器の逸失も多かった。しかし、透明波板放流器を用いた場合には、今回の結果から明らかなように種苗が放流器から素早く移動するため、種苗の出荷から放流器回収までに要する時間は半日程度と短く、放流器の逸失も大幅に減少した。透明波板放流器を用いたクロアワビ種苗の放流方法は、従来の放流器放流方法よりも効率性、作業性の面でも優れているといえる。

**輸送方法** 輸送時間が1時間程度(養老)であれば、種苗が放流器から離れる割合は輸送方法によってはほとんど変わらず、30分でほぼ全数が海底へ移動した。一方、輸送時間が約3時間(蒲入)と長くなると、干出輸送では種苗が放流器から離れにくくなることがわかった。両試験では、放流地点の海水温が異なっており、このことがクロアワビ種苗の活性に影響を与えた可能性がある。しかし、これらの試験が行われた水温帯では、水温が低いほどクロアワビ種苗の活性は高く(二島ら, 1989)、また、水温は輸送時間の長い蒲入の方が養老よりも低かった。これらのことから、放流器から種苗が離れにくく

った原因としては、水温条件の違いではなく、干出輸送された種苗の方が浸漬輸送されたものより、輸送時間が長くなるほど活力が低下したことによるものと考えられた。

干出輸送は浸漬輸送に比べ、水槽等の大型の輸送機材が不要のため、輸送が簡便であり、輸送経費も抑えることができる。しかし、京都府内の多くの放流場所では、種苗生産施設からの輸送に1時間以上かかることから、種苗を放流器から海底へ速やかに移動させるという点から見れば浸漬輸送は有効な方法であるといえる。さらに山川(1990)は、干出刺激を受けたクロアワビ種苗は刺激を受けなかったものに比べ、放流直後に物陰に隠れずにその場に留まっている個体や、夜間に索餌行動を示さない個体が多いことを報告している。放流前の干出刺激が、放流直後だけでなくそれ以降の行動に影響を与える可能性があることから、浸漬輸送の方がクロアワビの輸送方法として適していると考えられた。

本研究では、従来の光透過性のない放流器と比較し、透明の放流器を用いることによって、放流直後のクロアワビ種苗の移動促進効果を明らかにした。今後は、本放流方法で放流された種苗の生残率からも、透明波板放流器の効果を明らかにする必要がある。さらに、アワビ類の放流効果を高めるために、その生態的知見に基づいた放流場所や放流時期について再度検討する必要がある。しかし、アワビ類では、種苗生産技術や放流技術に関する研究に比べ、天然群の生態に関する研究は非常に遅れている(河村, 2007)。今後は、京都府沿岸に生息する天然アワビ類の生態調査も行うことが望まれる。

## 謝 辞

京都府栽培漁業センターの小倉正規科長には、本試験に用いた竹製放流器と不透明波板を提供して頂いた。本論文のとりまとめにあたり、東京大学海洋研究所の河村知彦准教授にはご校閲と有益なご助言を頂いた。ここに記して厚く御礼を申し上げる。

## 文 献

- 青森県, 岩手県, 秋田県, 神奈川県, 福岡県. 1990. アワビ種苗放流マニュアル. 放流漁場高度利用技術開発事業. 青森県・岩手県・秋田県・神奈川県・福岡県, 秋田.
- 二島賢二, 伊藤輝昭, 恵崎 撰. 1989. 有用磯動物の栽培漁業化に関する研究—II—クロアワビ種苗の放流方法について—. 福岡水試研報, **15**: 33-45.
- 林 育夫. 1988. 種苗クロアワビ (*Haliotis discus discus*) 稚貝の住み場要求, 日周期活動および捕食動物. 貝雑, **47**: 104-120.
- 河村知彦. 2007. 生態学的知見に基づいたアワビ類資源の管理と増殖. 月刊海洋, **39**: 240-247.

- 門間春博. 1972. エゾアワビ種苗放流に関する研究－  
I. 放流後の行動. 日水誌, **38**: 671-676.
- 日本栽培漁業協会. 1992. アワビ類放流種苗の初期  
減耗原因解明調査報告書－沿岸漁場整備開発  
事業調査報告－. 協会研究資料 No 48. 日本  
栽培漁業協会, 東京.
- 田中種雄, 坂本 仁. 2001. 放流試験によるアワビ種  
苗の放流サイズと放流手法による回収率の比  
較. 千葉水試研報, **57**: 237-239.
- 内野加奈子, 田中種雄, 柴田輝和, 清水利厚. 2005.  
放流器システムの開発－透明付着板を用い  
た放流籠によるアワビ種苗放流方法の効率化  
－. 千葉水研研報, **4**: 55-64.
- 宇野 寛. 1976. アワビ類の生態と放流の問題点. 水  
産学シリーズ 12 (日本水産学会編). 39-57.  
恒星社厚生閣, 東京.
- 山川 紘. 1990. アワビ種苗の放流初期における減耗  
要因. 水産土木, **26**: 33-39.

