人工アワビ礁の立体構造とアワビの空間分布***

今井利為¹⁾・近山通正²⁾・金杉佐一¹⁾
小川数也³⁾・三富龍一³⁾・牧明彦³⁾

1) 神奈川県水産試験場, 2) 神奈川県水産課, 3) 千代田D&M株式会社

The structure of rock components of artificial reef and the spatial distribution of abalones

TOSHITAME IMAI, MICHIMASA CHIKAYAMA, SAICHI KANASUGI
KAZUNARI OGAWA, RYUICHI MITOMI and AKIHIKO MAKI

Abstract

IMAI, TOSHITAME (Kanagawa Pref. Fish. Exp. Stn.), MICHIMASA CHIKAYAMA (Dept. Fish. Kanagawa Pref.), SAICHI KANASUGI (Kanagawa Pref. Fish. Exp. Stn.), KAZUNARI OGAWA, RYUICHI MITOMI and AKIHIKO MAKI (Chiyoda Dames & Moore Co. Ltd.). 1988. The structure of rock components of artificial reef and the spatial distribution of abalones. Benthos Research (Bull. Jap. Assoc. Benthology), 33/34; 43-51.

An underwater investigation was made by SCUBA diving at Matsuwa, Miura Peninsula, Kanagawa Prefecture, in order to clarify the favorable habitat structure for abalones on the artificial reef. The reef was constructed by a pile of rocks encircled by a concrete frame, considerable number of three abalone species, *Haliotis sieboldii*, *H. gigantea* and *H. discus* had been introduced previously. Firstly, all abalones attached on rocks of the reef were fished, and topographic features of the whole reef were surveyed. Then, all rocks were heaved up on board the boat for measuring their shape and size. All abalones caught with the location data, and identified to the species. The data were analyzed using computer graphics, on the relationships between the structure of rock components and the spatial distribution of each abalone species.

The results were summarized as follows: (1) most of abalones were found close to the bottom less than 25cm in height, (2) most of abalones attached on shaded faces of piled rocks, (3) concerning the habitat preference by species, *Haliotis discus* outnumbered on the effectively sheltered faces of rocks not accessible by divers. This habit makes the species most difficult to retrieve in fishing among three abalone species. (4) Light condition was very important for abalone distribution. As for favorable condition of resting site, effectively sheltered and appropriately shaded condition seems to be more important than the shape and capacity of the room created by rock components.

* 神水試業績88-130

** 本稿は1987年11月14～15日に東京大学海洋研究所で開催された日本ベントス研究会第1回大会で発表した。

はじめに

投石によるアワビ、ウニなど磯根資源のすみ場を拡大する事業が日本沿岸各地で進められているが、造成した礁を増殖対象資源のすみ場として評価する際、従来は生物分布の状態を平面的に表現し、漁獲した場所への資源回復率(井上, 1972)、造礁体積あたりの漁獲量(増殖場造成指針作成委員会, 1982)などによってすみ場の価値を評価していた。しかし、これらの手法

ではアワビ、ウニの分布実態を表現するには不十分な点が多く、基盤の岩石とこれらの生物の分布を、平面的表現よりいっそう実態に即した立体的表現法をとることによって、それら資源生物が要求する適環境を見出し、収容力が大きく、効率的な礁の構造を検討する必要がでてきた。

今回、アワビ礁の岩石分布を水中で測量し、岩石の表面に分布していたアワビの位置を確認した後、岩石をクレーン船によって船上に引き上げて、岩石の裏面に付着していたアワビの位置、大きさ、種類を記録し

Fig. 1 Location of study station at Matsuwa, Miura Peninsula, Kanagawa Prefecture.

た。

この記録に基づき、コンピューターグラフィック処理をして岩石の配置とアワビの空間分布との関係を明らかにするとともに、アワビの種の生息特性について検討したので報告する。

調査並びに解析

観察は神奈川県三浦市松輪の水深8~12mにあるアワビ礁で行った(Fig. 1)。アワビ礁は15×15×180cmのコンクリート柱を8角形に組み合わせ、1基の面積は11m²あり、その中に1個あたり200~500kgの安山岩を投入したものが、砂地に225基設置されている。そのうちの1基を選び、アワビの生息数と漁獲可能数の関係及び岩石の組み合わせ構造とアワビの生息状況を知るため調査を実施した。

この礁全体には1984年3月から1986年4月まで7回にわたって総計クロアワビ10,600個体、メガイアワビ101,600個体、マダカアワビ2,100個体が放流されている。しかし、各礁ごとの放流数は把握されていない。

調査の手順は下記のように行った。

- (1) 1986年9月24日、9月30日、10月6日の3回にわたってスキューバ潜水者一人が60分間、岩石表面に分布する漁業調整規則の制限殻長11cm以上のアワビを漁獲して、位置と種類および殻長を記録した。
- (2) スキューバ潜水によってアワビ礁を構成する岩石の表面を清掃したのち番号を付けた。
- (3) 一つ一つの岩石の位置と海底からの高さを知るため礁の南側1mの海底にポールを立て、その上部に付けたコンパスから岩石までロープを張り、ロープの長さ、傾角、方位角を測定した。
- (4) 岩石自体の傾きと向きを知るため、傾斜計で岩石の傾斜を、コンパスで方位角を測定した(Fig. 2)
- (5) 測定値を水中ノートに記録した後、水中写真及びビデオで礁全体を撮影した。
- (6) 1986年10月27日にヘルメット潜水者によって岩石1つごとクレーン船で台船上に引き上げ、その都度、海底でのアワビの付着位置を水中ノートと水中写真に記録した。
- (7) クレーン船により台船上に引き上げた岩石のアワビの付着位置を記録し、岩石の形状を計測するとともに、写真撮影した。
- (8) 岩石からアワビを剥がし、種類の確認と殻長お

Fig. 2 Diagram for underwater measurement of the topographic features of artificial abalone reef.

よび体重の測定をした。

- (9) 得られたデータによって、Fig. 3に示すフローにしたがって解析した。
- (10) 岩石の位置測定データをコンピューターに入力して礁の立体配置を描き、写真とビデオを参考にして縮尺1/20の復元模型を作成した。また、この復元模型とビデオを繰り返して観察し、プロット結果を修正した。

結 果

(1) アワビ礁の構造

コンピューターグラフィックによるアワビ礁の復元図(Fig. 4)を作製したが、実際の岩石は不定形であり、これを完全に復元することは不可能なので、各岩石を裁頭四角錐として、各辺の長さ、傾きは計測値および写真にもとづいて表現した。

調査したアワビ礁は31個の岩石で構成され、1m²あたり石3個が分布し、投影面積は1個あたり、0.3m²であった。

岩石の積重なりで最も高い所は、海底面上約1mであり、3段積みであった。

(2) アワビの分布

礁を解体する前3回の採集で得た殻長11cm以上のアワビは、クロアワビ7個体、メガイアワビ7個体であ

Fig. 3 Flow chart of data analyses.

Fig. 4 A rough sketch of artificial abalone reef with the computer-graphics.

り、この個体数が岩石表面に分布していたアワビで漁獲可能個体数に相当する。

次に、礁を解体した結果、採捕されたアワビは、78個体であった (Table 1)。種の組成はクロアワビ56個体、マダカアワビ3個体、メガイアワビ19個体であり、殻長11cm以上の個体はクロアワビが18個体で、他の種類は11cm以下であった。付着位置は岩石の上面に18個体、下面に30個体、上斜面に29個体、下斜面に1個体であり、平面で示すと集中分布をしていたことが判る (Fig. 5)。この Fig. 5 の A～E 線それぞれの鉛直切断面をとると Fig. 6 のようになり、それらの図から、ほとんどのアワビが海底から25cm以内の高さに生息していたことが判る。また、岩石の組み合わせた陰影の度合いが強い場所に多くのクロアワビと一部のメガイアワビが分布していた。

岩石の体積とアワビの付着個体数の関係を見ると (Fig. 7)、投影面積が2,000～2,500cm²に付着個体数が多いことから、このことは比較的小さな岩石にアワビが分布していることを示唆している。

考 察

(1) 調査手法について

海底の転石および岩礁域の底生生物分布を表現するには、従来、海底地形のスケッチを描き、一方でライントランセクト法、コードラート法などによって生物の位置ならびに密度を記入し、環境と生物を対応させ、分布構造を現してきた (例えば時岡ら, 1972)。この場合、岩礁域に生息する底生生物は、岩の割目、棚場、斜面、くぼち、転石の下面、転石が形成する間隙など、それぞれの生物の生活様式に応じたすみ場をもっていることから、三次元空間的な分布は平面と鉛直断面に分けて描く必要があった。一方、三次元分布を把握するためには、水中における微細地形と底生生物が付着している位置の三次元測量が不可欠であり、測量法の開発が必要であった。

今回の観察では、独立した11m²の人工アワビ礁を対象として、岩石の立体構造とアワビの空間分布を現した。しかし、この手法は計測値の情報を大量に必要とし、このため潜水作業が延べ3人×15時間を要した。これは先に述べたように、測量対象物の横にポールを立て、その場所からの距離、方位角、傾斜角の測定および記録する作業で、膨大な労力がかかり、一般化するには問題が多い。また、岩石の下面に分布するアワビの位置情報収集にはクレーン船を使って、岩石を台船に引き上げる作業を行ったが、これも費用が掛かり過ぎる点において日常の観察には使えない。

しかし、将来、水中における測量を機械的に行い、計測値を記録していく作業あるいは水中ビデオ映像を処理する技術が開発されれば、底生生物の微細な分布と対応した海底地形が比較的容易に表現することが可能となるであろう。さらに、陰影部に分布する動物の

Table 1. The number of fished abalones with SCUBA-diving and the rock heaved up on board.

species/date	SCUBA			HEAVED	total
	'87, 9/24	9/30	10/6	10/27	
<i>Haliotis sieboldii</i> メガイアワビ	2	0	5	(19)	7 (19)
<i>H. gigantea</i> マダカアワビ	0	0	0	(3)	(3)
<i>H. discus</i> クロアワビ	3	0	4	12 (44)	19 (44)
Total	5	0	9	12(66)	26(66)

() = Smaller than 10cm in shell length.

Fig. 5 Horizontal distribution of abalones on the reef with section axis A to E and Z.

位置を知るには、例えば水中で使えるファイバースコープなどで狭い間隙に入り柔軟性のある丈夫な機材が開発できれば、飛躍的な進歩が望める。

現在ではコンピュータグラフィックに入力できる情報量に限りがあり、岩石を裁頭四角錐と簡略化した、情報量が増せば実態に近い立体画像が得られるはずである。紙面では三次元の表現は難しいがグラフィックスであれば可能となり、あらゆる角度からの透視ができることになる。そして、底生生物が実際にすむ適切な空間の数量化に道を開くものと考えられる。また、従来、使用してきた模式的な表現法から、より客観的で数量的な表現をすることによって、天然域における底生生物の分布構造を明らかにし、シミュレートすることが効率的でかつ収容力の大きな人工礁を作り出す基礎になると考えられる。

(2) アワビの分布について

現在、暖海系アワビを種苗生産する県ではクロアワビが主要生産種となっていて(水産庁, 1986)、放流数が飛躍的に増大したにもかかわらず、漁獲数が今一つ明確になっていない(神奈川県水産試験場, 1986)。

アワビは負の二項型の集中分布をしていて(井上, 1972a), 種類によってあるいは発育段階によって主生

息水深および海底形状に対するすみ場の違いがある(井上, 1972b)。標識放流実験ではクロアワビは大型貝ほど再捕率が低く、逆にマダカアワビ、メガイアワビは大型貝ほど再捕率が高くなること(井上, 1972c)が知られている。クロアワビでは大型、マダカアワビ、メガイアワビでは小型の個体が漁獲されにくいような場所にすみつく比率が高いとされ(井上, 1972d)、種の特性和見なされている(井上ら, 1986)。しかし、この原因が放流した貝の減耗によるものか、漁獲率によるものなのかがアワビの放流型栽培漁業を進めるにあたって重要な問題になっていて、数量把握が不十分であった。

今回、アワビ礁の表面に分布し、漁獲が可能なアワビの数は前述したとおり、クロアワビが7個体、メガイアワビが7個体であり、礁を解体して得た殻長11cm以上のアワビは、クロアワビが12個体、殻長10cm以下の個体は、クロアワビが44個体、マダカアワビ3個体、メガイアワビ37個体であった。このことから、漁獲率はクロアワビで28%、メガイアワビで100%となった。同様なアワビ礁の解体によってそれぞれのアワビの漁獲率が求められていて(神奈川県水産試験場, 1986~1988, 田内, 1981)、クロアワビが4.6~5.6%、メガイアワビが22.6~23.6%、マダカアワビが50~60

Fig. 6 Vertical distribution of abalone (▲) along the section axis A to E and Z.

%の値が得られている。この値は、漁獲できない場所から漁獲した場所へ添加する速度によっても変わることがあることから、漁期の長さ、あるいは漁獲開始から終了までの年数によって累積漁獲率が変化することが考えられているが、いずれにしても、漁獲できる大きさのクロアワビの漁獲率が低いことが判る。

今回の観察によるとクロアワビの付着していた場所は岩石の間隙で陰影が強い奥まった所であり、成長するにつれてその割合が強くなっていくことを示唆して

いる。このことは、コンクリートでできた礁のすみ場を観察した結果、傾角 30° 以下の狭い所にいる個体が多いこと（伏見ら、1974、1978）と一致している。しかし、海底形状の複雑な所は漁獲が多く、良い漁場とされていて（井上、1972）、このような場所が今まで述べてきたクロアワビの漁獲率が低い場所と共通していることから、漁獲率のみからでは漁場の評価はできない。

以上のことから、放流する場所の海底地形が複雑で、アワビのすみ場に漁獲圧力が及ばないような大きい岩

Fig. 7 Relationship between the volume of rocks and the number of abalone.

石が多い場所での放流種は、クロアワビよりもメガイアワビ、マダカアワビを選択の方が回収率を上げられる可能性が高いと考えられる。また、クロアワビは主生息水深が5 m以浅の比較的浅い場所を選び、陰影部が多く、アワビの発育段階に応じた間隙を持つ人力で転移できる構造物を設置するのが良いものと考えられる。

岩石の体積とアワビの付着個体数との関係では、2,000~3,000cm³の比較的小さな石に単位付着個体数が多かった。このことは、岩石の表面積と岩石間が構成する間隙が重要な要因と考えられることから、今回のコンピューターグラフィックで表現した空間分布の情報の中に間隙の形状と大ききの定量的な値を入れることができれば、環境収容力についての評価が可能となるであろう。

また、アワビの付着位置が海底から25cm以内に多かったことは、海底付近を漂流しているアラメ、カジメの寄り藻を捕捉するために都合の良い場所（神奈川県水産試験場、1988）と考えられることから、人工アワ

ビ礁の高さは、海底から数10cmがあれば良く、石積では1~2段が適切であると考えられる。

文 献

- 神奈川県水産試験場、1986。昭和60年度放流漁場高度利用技術開発事業（あわび類）報告書。神水試資料No.324
- 神奈川県水産試験場、1987。昭和61年度放流漁場高度利用技術開発事業（あわび類）報告書。神水試資料No.335
- 神奈川県水産試験場、1988。昭和62年度放流漁場高度利用技術開発事業（あわび類）報告書。神水試資料No.346
- 水産庁振興部開発課、1986。昭和61年度栽培漁業関係事業業務参考資料、都道府県における栽培漁業の現状と今後の展望。
- 増殖場造成指針作成委員会、1982。増殖場造成指針、昭和58年度版、地球社。

伏見 浩・野中 忠・佐々木正・岩橋義人, 1974. 静岡県沿岸の磯根資源に関する研究－Ⅱ N型コンクリート・ブロック礁へのアワビの付着と付着位置. 静岡県水産試験場研究報告, (7), 15-23.

伏見 浩・佐々木正, 1977. 静岡県沿岸の磯根資源に関する研究－Ⅲ アワビの空間分布に見られる集中性とその成因について. 静岡県水産試験場研究報告, (11), 1-13.

井上正昭, 1967. 海底地形別に見たアワビの漁獲量. 水産増殖, 15(1), 47-55.

井上正昭, 1972 a. アワビのすみつきと海底地形. 水産増殖, 20(39), 147-160.

井上正昭, 1972 b. 漁獲によって減少したアワビ資源の回復について. 水産増殖, 20(3), 161-171.

井上正昭, 1972 c. アワビのすみつきと場の選択について. 水産増殖, 20(3), 173-180.

井上正昭, 1972 d. アワビの大きさによるすみ場の差異. 水産増殖, 20(3), 181-189.

井上正昭・田内 大・近山通正, 1985. アワビ属種苗の放流効果に及ぼす種の特性. 水産増殖, 32(4), 193-198.

田内 大, 1981. 城ヶ島赤羽根地先アワビ礁群におけるクロアワビの成長, 年齢組成, 礁内生残率と漁獲率について. 神奈川県水産試験場研究報告, 3, 51-55.

時岡 隆・原田英司・西村三郎, 1972. 海の生態学, 生態学研究シリーズ 3, 築地書館, 1-317.

1988年5月29日受理

238-02 神奈川県三浦市三崎町城ヶ島
神奈川県水産試験場
今井利為