

ムラサキウニによるクロアワビ稚貝の保護効果の検証

篠原義昭

Shielding effect of sea urchin *Heliocidaris crassispina* for the survival of juvenile disk abalone *Haliotis (Nordotis) discus discus*

Shinohara Yoshiaki

To inspect whether the juvenile disk abalones *Haliotis (Nordotis) discus discus*, found gathered under sea urchins, *Heliocidaris crassispina*, were protected from predators, predator release experiments were conducted in a water tank. Four species (*Octopus sinensis*, *Charybdis japonica*, *Halichoeres poecilopterus*, and *Coscinasterias acutispina*) were used as the predators of juvenile abalones. Predatory behavior on juvenile abalones, occurring with and without a sea urchin, was observed for each predator. As a result, juvenile abalones with a sea urchin were clearly protected from *Octopus sinensis* and *Halichoeres poecilopterus*. However, the shielding effect of sea urchin was weaker against *Charybdis japonica* than against the former two species. The shielding effect against *Coscinasterias acutispina* was difficult to evaluate in this experimental system.

キーワード：ムラサキウニ、アワビ類稚貝、害敵種

日本沿岸の天然環境下において、アワビ類稚貝がムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* の棘の下に分布し (小島, 1974; 小島, 1981; 小島, 2005; 田中, 1982; 勢村ら, 1984), 害敵種から捕食されにくくなる可能性が指摘されている (小島, 1981; 小島, 2005)。南アフリカでもウニの一種 *Parechinus angulosus* の棘の下にミダノアワビ *Haliotis midae* の稚貝がよく分布することが報告されている (E. Day and G. M. Branch, 2002a; Elizabeth G. Day and George M. Branch, 2002b; S. Mayfield, 2001; E. Day and G. M. Branch, 2000a; E. Day and G. M. Branch, 2000b; R. J. Q. Tarr *et al.*, 1996)。本府沿岸海域においても、巨岩と巨岩の接点に形成されるスリット内に生息するムラサキウニの棘の下にはクロアワビ *Haliotis (Nordotis) discus discus*, メガイアワビ *Haliotis (Nordotis) gigantea*, マダカアワビ *Haliotis (Nordotis) madaka* およびトコブシ *Sulculus diversicolor supertexta* の4種類が分布する (高見ら, 2018)。また本府沿岸海域におけるこれらのアワビ類稚貝の捕食者には、マダコ *Octopus sinensis* などのタコの仲間、イシガニ *Charybdis japonica* やフタバベニツケガニ *Thalamita sima*, ヤドカリの仲間などの甲殻類、ベラの仲間やウミタナゴ *Ditrema temmincki temmincki* などの魚類、ヤツデヒトデ *Coscinasterias acutispina* やイトマキヒトデ *Patiria pectinifera* などのヒトデの仲間などと考えられる (小島, 2005; 西村・辻, 1979; 林, 1988; 木下, 1934)。

マダコを害敵種としてアカウニ *Pseudocentrotus depressus* とクロアワビ稚貝を同じ水槽内に収容した

飼育実験では、マダコはアカウニを捕食せず、生残したクロアワビはアカウニの棘の下に分布していた。このことから、アカウニにクロアワビ稚貝の保護効果があることが示されている (山口県, 1989)。一方、田中 (2001) は、ヤツデヒトデを害敵種としてムラサキウニとクロアワビ稚貝を収容した水槽実験により、稚貝はムラサキウニの棘の下に隠れるものの、ヤツデヒトデの攻撃を受けるとムラサキウニの棘の下から這いだしてしまうため、ムラサキウニにアワビ類稚貝の保護効果はないと結論づけている。そこで本研究では、本府沿岸域海域に生息するアワビ類およびウニ類の代表種であるクロアワビ稚貝およびムラサキウニを供試し、クロアワビ稚貝のムラサキウニに対する行動を水槽内で観察した。さらに、同海域でクロアワビ稚貝を良く捕食していると考えられるマダコ、イシガニ、キュウセン *Halichoeres poecilopterus* およびヤツデヒトデの4種の害敵種を先述した水槽に添加した被食実験を行うことで、ムラサキウニにこれら害敵種からクロアワビ稚貝を保護する効果があるのかを検証した。

材料と方法

幅 600 mm × 奥行 300 mm × 高さ 400 mm のガラス水槽に、砂濾過海水を入れて、外部フィルター (MEGA POWER 6090, ジェックス株式会社製) にて循環させた。また、フィルターには水槽用クーラー (ZR-250, ゼンスイ株式会社製) を連結して、アワビ類の害敵種が活発に活動する夏期の海水温を想定した 25 ~ 26°C に保った (清水, 2008)。実験期間中は、蛍

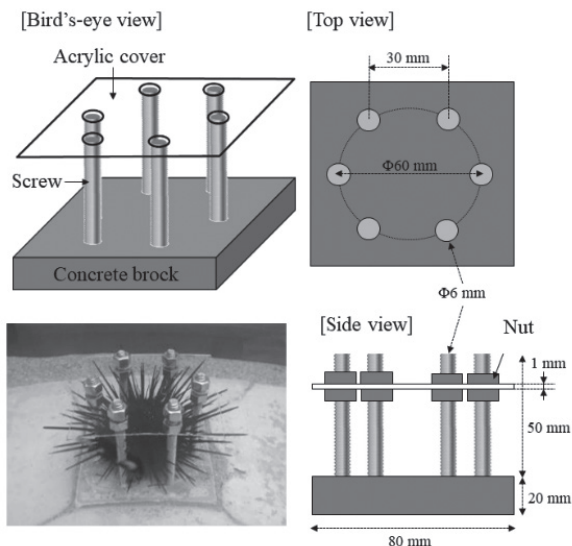


Fig.1 Structural drawing and photograph of sea urchin fixture. Sea urchin was fixed on the center point of concrete block enclosed by six screws. Upper part could be closed by acrylic cover and nuts.

光灯によって明環境を維持した。

実験中に水槽内でムラサキウニ（以下、ウニとする）が移動すると、ウニの棘の下に分布する実験に供試したクロアワビ稚貝（以下、供試貝とする）が露出してしまい、害敵種によるウニの有無による供試貝の捕食行動の変化を観察することが困難になると予想された。そこで、ウニの移動を制限するため、80 mm × 80 mm × 20 mm のコンクリート板に6本のステンレス製のネジ（φ6 mm、長さ70 mm）を1辺30 mmの正六角形の各頂点に起立させ、このネジの間にウニ

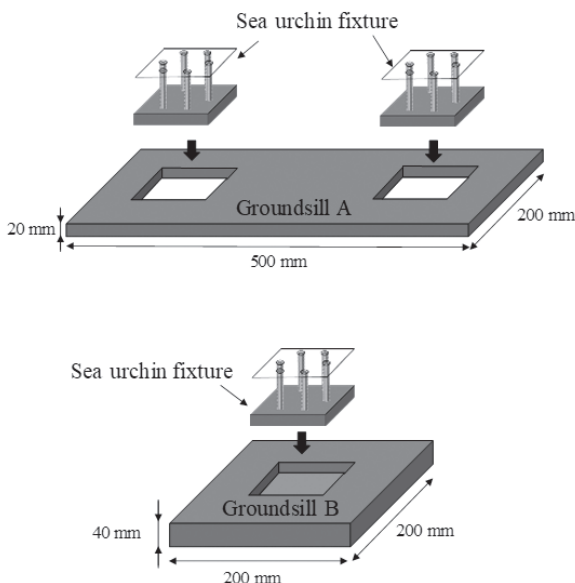


Fig.2 Structural drawing of groundsills A (upper) and B (lower) for sea urchin fixture. Groundsill A could hold two sea urchin fixtures and B could hold one sea urchin fixture.

を格納できるウニ固定具（以下、固定具とする）を作成した（Fig.1）。さらに、ウニが上部から脱出できないように、80 mm × 80 mm のアクリル板（厚さ1 mm）に同様の六角形の穴（φ8 mm）をあけ、各穴に6本のねじが通るようにし、格納したウニをアクリル板上から軽く押さえつけて、ナットで固定した（Fig.1）。固定具は空中重で350 g程度であり、イシガニやマダコに動かされることが事前に確認された。そこで、固定具の移動を防ぐための土台AおよびBを作成した（Fig.2）。土台Aでは幅500 mm × 奥行き200 mm × 高さ20 mmのコンクリート板の左右に1つずつ、土台Bでは、幅200 mm × 奥行き200 mm × 高さ40 mmのコンクリート板の中心に1つの固定具がそれぞれはめこめる構造となっている。

供試貝や害敵種の行動を観察するために、タイムラプスカメラ（TLC200 Pro, brinno 製）を用いた。撮影間隔は、実験によって10秒モード（10秒間に1回の撮影）とASAPモード（1秒間に2回の撮影）を選択して撮影した。

ウニは、実験に供試する1ヶ月以上前に京都府宮津市養老地先で水視漁法（磯見漁法）により漁業者が網で捕獲し、京都府農林水産技術センター海洋センターの掛け流し水槽で飼育していたもののうち、固定具からすり抜けることのない殻径44.6 ~ 47.0 mmのものを選別して供試した。飼育期間中給餌はしなかったが、水槽内に自然に繁茂した小型藻類を捕食していた。また、供試貝は京都府栽培漁業センターで生産されたクロアワビ当歳貝より、殻長8 ~ 20 mmの範囲の稚貝を選別して供試した。

供試貝のウニに対する行動観察 水槽底面の中心に土台Aを設置し、土台側面と水槽の間隙には砂を充填した。土台Aには、2つの固定具を設置し、片方の固定具にはウニを格納（以下、ウニ有固定具とする。）し、もう一方にはウニは格納せずアクリルの蓋のみを取り付けた（以下、ウニ無固定具とする）。

2つの固定具の中間地点付近に20個体の供試貝を放流し、その時点から72時間後までタイムラプスカメラによる10秒モードの撮影を行った。タイムラプスカメラはウニ有固定具に対して表裏から2台、ウニ無固定具に対して1台を設置した（Fig.3）。撮影を行った72時間を1セットとした実験を、2つの固定具の左右を入れ替えながら3回実施した。ウニは3回とも同じ個体を、供試貝は異なる20個体を用いた。実験日については、1回目が2019年の7月18日 ~ 21日、2回目が7月25日 ~ 28日、3回目が8月1日 ~ 8月4日である。

供試貝の被食実験 I（マダコ） 実験に供試したマダコは京都府農林水産技術センター海洋センターが所有する実験用筏に吊っていたイワガキ *Crossostrea nippona* を入れたカゴ内で採捕した1個体で、体重

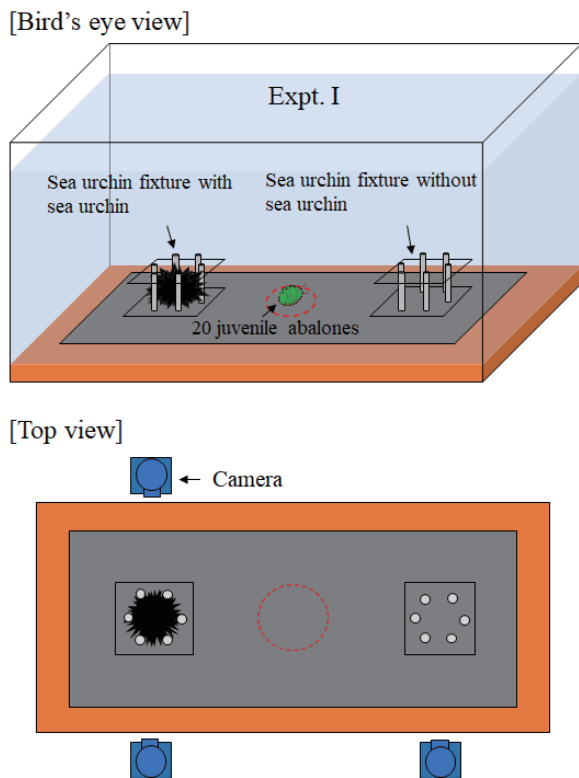


Fig.3 Experimental system of experiment I. Two sea urchin fixtures with urchin on one side and without on the other side were put on the groundsill A. Twenty juvenile abalones were put on the center point of two fixtures, and the behavior of abalones were continuously photographed (one time per 10 second) by three cameras during 72 hours.

60.7 g の未成体であった。採捕後は掛け流し水槽で殻を割ったムラサキガイ *Mytilus galloprovincialis* を与え、1 週間以上飼育した。水槽底面の中心に土台 B を設置し、土台側面と水槽側面の間の隙間には砂を充填した。水槽内には実験に供試するマダコが落ち着けるように塩ビ管 (φ 40 mm, チーズ) を設置した (Fig.4)。マダコを入れて、2 日間餌料として供試貝を投入し、水槽内環境に馴致させた。マダコは水槽に入れた初日から供試貝を捕食し、塩ビ管内に棲み着いた。

20 個体以上の供試貝を飼育する別の水槽に、ウニ有固定具を入れて、数時間後に固定具を取り出し、ウニの棘の下に分布する供試貝が 7 個体になるように一部の供試貝を取り除いた。また、ウニの棘の下に分布した供試貝が 7 個体に満たないときには、人為的に供試貝を棘の下に挿入して、必ずウニの棘の下に供試貝が 7 個体分布するように調整してから、実験水槽内の土台 B に固定具を設置し、タイムラプスカメラによる撮影を開始した。なお、タイムラプスカメラは 2 台を用いて、マダコが供試貝を捕食する様子を水槽の表裏から撮影した。撮影間隔は ASAP モードに設定した。

すべての供試貝が捕食された翌日以降に、今度はウニ無固定具の 6 本のネジの中心付近に 7 個体の供試貝

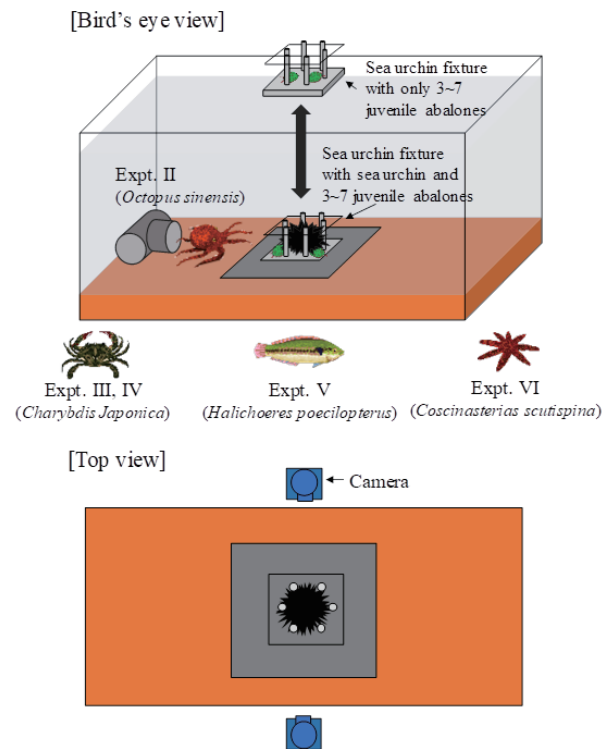


Fig.4 Experimental system of experiment II~VI. One sea urchin fixture either with or without sea urchin was put on the groundsill B. Three to seven juvenile abalones were put on the fixture, and four kinds of predators of juvenile abalones were provided for each experiment. The predatorial behaviors were continuously photographed (two times per second) by three cameras until all abalones were preyed on.

を置き、十分に供試貝が固定具に付着したことを確認してから、土台 B に設置し、ウニが居ない場合のマダコの捕食行動を同様に撮影した。ウニが居る場合 (以下、ウニ有とする) と、居ない場合 (以下、ウニ無とする) における実験を交互にそれぞれ 3 回行った。ウニ有の実験では、3 回とも同じウニを用いた。実験日については、ウニ有が 2019 年の 8 月 9 日、19 日、22 日、ウニ無が 2019 年の 8 月 16 日、21 日、23 日である。

供試貝の被食実験 II (イシガニ大) 実験に供試したイシガニは宮津湾内で徒手により採捕した甲幅 72.8 mm の個体 (以下、イシガニ大とする) で、採捕後は掛け流し水槽で 1 週間程度飼育した。飼育期間中はムラサキガイを与えた。実験方法は概ね実験 I に準ずるが、マダコの実験に使用した塩ビ管は取り除いた (Fig.4)。イシガニ大は実験を開始する 3 日前に実験水槽に放し、餌に供試貝を与えて捕食することを確認した。1 回の実験に供試する供試貝は 5 個体とし、ウニ有とウニ無を交互にそれぞれ 4 回実施した。ウニ有の実験では、実験のたびに異なるウニを用いた。タイムラプスカメラは、ASAP モードに設定した。実験日については、ウニ有が 2019 年の 8 月 26 日、28 日、30 日、9 月 3 日、ウニ無が 2019 年の 8 月 27 日、29 日、

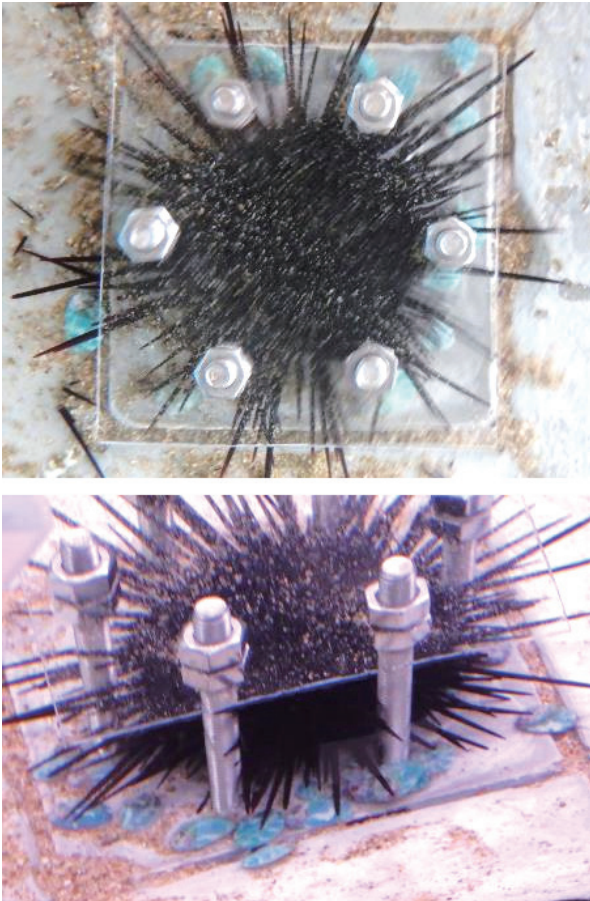


Fig.5 The photographs of sea urchin fixture with sea urchin in experiment I. The majority of provided juvenile abalones gathered around the sea urchin.

9月2日, 4日である。

供試貝の被食実験Ⅲ (イシガニ小) 実験に供試したイシガニは, 宮津湾内で徒手により採捕した甲幅 43.4 mm の個体 (以下, イシガニ小とする) で, 採捕後は掛け流し水槽で1週間程度飼育した。飼育期間中はムラサキガイを与えた。実験方法は概ね実験Ⅱに準ずる (Fig.4)。イシガニ小を, 実験を開始する前日に水槽に放し, 供試貝を与えて捕食することを確認した。1回の実験に供試する供試貝は5個体とし, ウニ有とウニ無における実験を交互に3回ずつ実施した。また, ウニ有では, 3回とも同じウニを用いた。タイムラプスカメラは, ASAPモードに設定した。実験を行った日付は以下のとおり。実験日については, ウニ有が2019年の10月7日, 9日, 15日, ウニ無が2019年の10月8日, 10日, 17日である。

供試貝の被食実験Ⅳ (キュウセン) 実験に供試したキュウセンは栗田湾内にて釣獲した全長 152.0 mm の個体で, 採捕後は掛け流し水槽で殻を割ったムラサキガイや巻貝を与え, 1ヶ月以上飼育した。実験方法は概ね実験Ⅱに準ずる (Fig.4)。キュウセンは実験を開始する2日前に水槽に入れ, 餌に供試貝を与え捕食することを確認した。1回の実験に供する供試貝は3

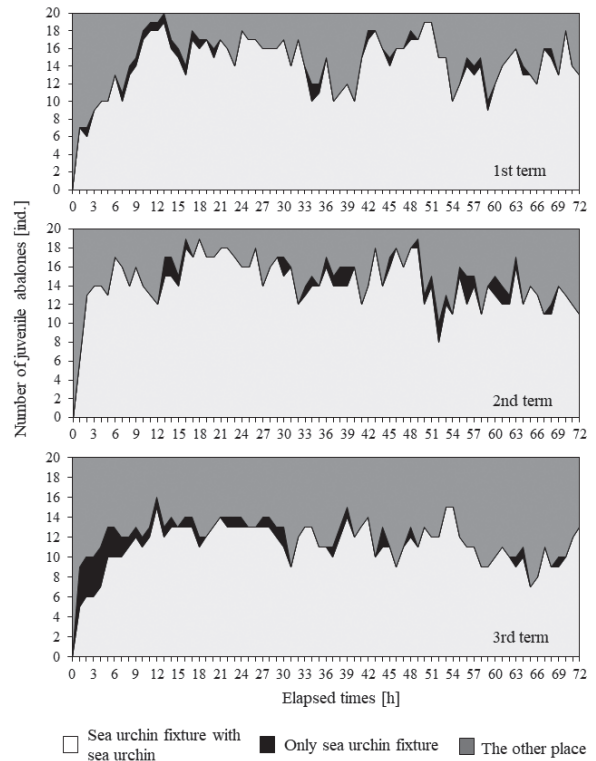


Fig.6 Change in number of juvenile abalones of each distribution point, on the sea urchin fixture with sea urchin, on the sea urchin fixture without sea urchin and on the other place in the water tank over time (count once per hour).

個体とし, ウニ有とウニ無における実験を交互に3回ずつ実施した。また, ウニ有の実験では, 3回とも同じウニを用いた。タイムラプスカメラは, ASAPモードに設定した。実験を行った日付は以下の通り。実験日については, ウニ有は2019年の12月3日, 11日, 20日, ウニ無は2019年の12月5日, 16日, 23日である。

供試貝の被食実験Ⅴ (ヤツデヒトデ) 実験に供試したヤツデヒトデは京都府伊根町地先より潜水徒手で採捕した腕長 38 mm と 46 mm の2個体で, 1ヶ月ほど掛け流し水槽で殻を割ったムラサキガイを与えて飼育した。後者は腕が3本欠損した個体であり, 飼育期間中に腕が生えてくることはなかった。本実験では, 5個体の供試貝を取り付けた状態のウニ有の固定具を土台Bに設置したのち, ヤツデヒトデ2個体を水槽に放し, 目視および撮影によるヤツデヒトデの行動観察を1回行った (Fig.4)。観察期間は2020年8月12日から17日までの6日間で, 撮影方法は実験Ⅱに準ずる。

結 果

供試貝のウニに対する行動観察 撮影した連続画像から, 供試貝はよくウニ有固定具の上やその周辺に分布する様子が観察された (Fig.5)。一方で, ウニ無固定

具の上を通り過ぎる個体は観察されたものの、長時間とどまる様子は観察されなかった。このことから固定具に供試貝を蝸集させる効果は無く、ウニ有固定具周辺に分布した供試貝はウニに蝸集していることが示された。ウニに蝸集した供試貝は、ウニの棘の下や棘が供試貝に触れる距離の範囲内に留まる様子が観察された。ウニの傍に蝸集した供試貝の中には、長時間ウニの傍から離れない個体や、時折ウニから離れて活発に動き回った後に、再度ウニの傍に戻るなどの行動を示す個体が観察された。実験期間中の目視による観察では、カメラで撮影されない固定部以外の場所に長時間留まることはなく、土台 A や砂を越えて水槽の壁面を活発に動き回る個体も見られた。72 時間の撮影中、毎正時に撮影された 72 枚の画像を選択し、ウニ有固定具上、およびウニ無固定具上に分布した供試貝数を計数した。また、残りの個体はそれ以外の場所に分布したと見なした。各場所別の分布個体数の経時変化を Fig.6 に示した。72 回の計数における各場所に分布した個体数の平均値は、1 回目では、ウニ有固定具上：13.9 個体、ウニ無固定具上：0.4 個体、固定具以外の場所：5.7 個体であった。2 回目では、ウニ有固定具上：14.2 個体、ウニ無固定具上：0.5 個体、固定具以外の場所：5.3 個体であった。3 回目では、ウニ有固定具上：11.1 個体、ウニ無固定具上：0.7 個体、固定具以外の場所：8.2 個体であった。3 回とも平均して過半数の供試貝がウニ有固定具上に分布した。

供試貝の被食実験 I (マダコ) 供試貝は、ウニ有では観察中に固定具から離れず、ウニ無では固定具または土台 B 上に留まった。連続撮影した画像から、マ

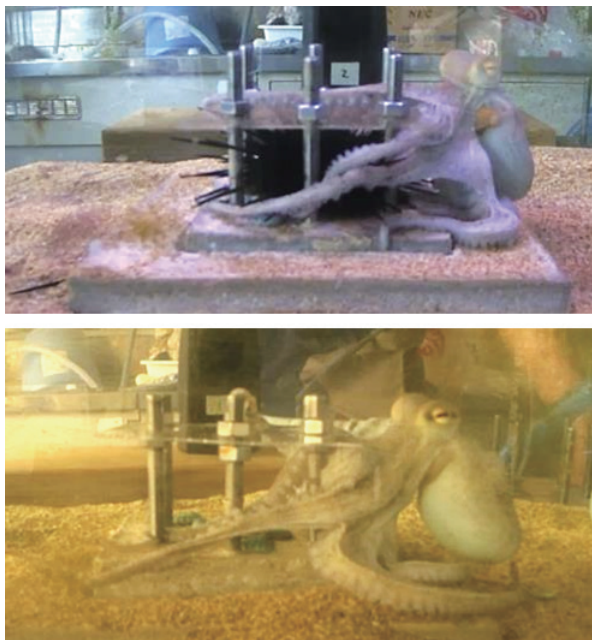


Fig.7 The photographs of sea urchin fixture with and without sea urchin and predation behavior of octopus on juvenile abalones in experiment II.

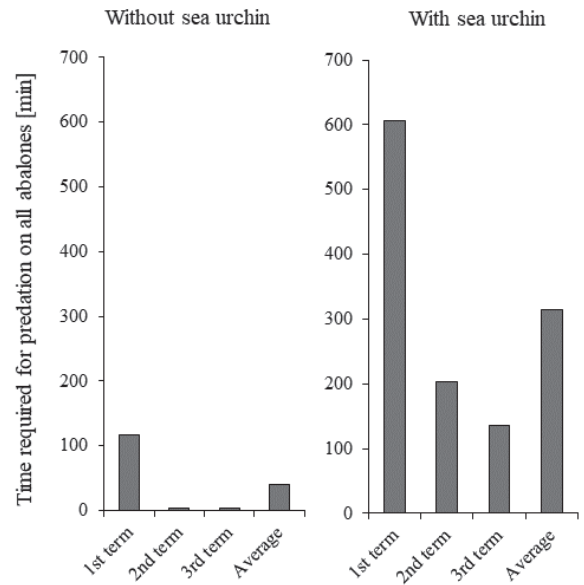


Fig.8 The comparison of time required for predation of all abalones by octopus with using sea urchin fixture with and without sea urchin.

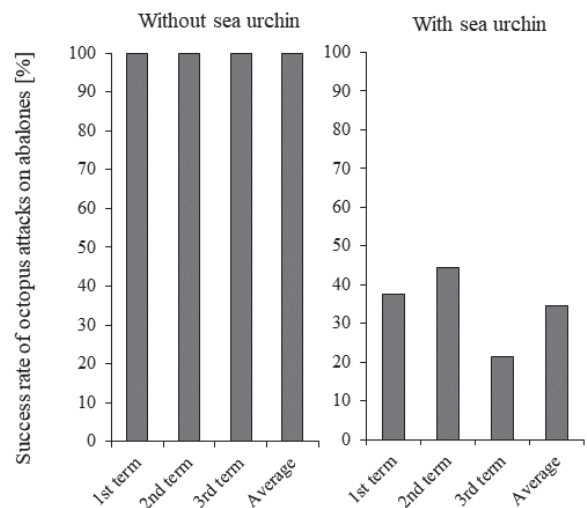


Fig.9 The comparison of success rates of predation on more than one abalone per predation behavior by octopus with using sea urchin fixture with and without sea urchin.

ダコはウニ有の場合にはウニおよび固定具を触腕で覆い、ウニの棘の隙間に触腕を挿入し供試貝を探索・捕食した (Fig.7 上)。ウニ無の場合にも、マダコは触腕で固定具を覆い、触腕を固定具内部に挿入して供試貝を捕食した (Fig.7 下)。また、固定具から離れて土台 B 上に分布した供試貝も同様に触腕で覆い捕食した。固定具を設置した時点から 7 個体の供試貝をすべて捕食するのに要した時間は、ウニ無では 3 ~ 116 分 (平均 41 分) であったのに対して、ウニ有では 135 ~ 606 分 (平均 315 分) であった (Fig.8)。次にマダコが固定具を触腕で覆う行動、ウニの棘の間に触腕を挿入する行動および土台 B 上に分布する供試貝を触腕



Fig.10 The photographs of sea urchin fixture with and without sea urchin and predation behavior of *Charybdis japonicus* on juvenile abalones in experiment III. The upper photograph showed that *Charybdis japonicus* break the shell of sea urchin and eat the inner edible portion.

で覆う行動を捕食行動と定義して、7個体の供試貝を捕食するまでの捕食行動の回数を計数した。ウニ無では、1~2回ですべての供試貝が捕食されたのに対して(1回目:2回, 2回目:2回, 3回目:1回), ウニ有の場合には9~17回の捕食行動ですべての供試貝が捕食された(1回目:17回, 2回目:9回, 3回目:14回)。マダコが1回の捕食行動で1個体以上の供試貝を捕食した割合(捕食成功率)は、ウニ無ではすべて100%であったのに対して、ウニ有では平均34.4%(1回目:37.5%, 2回目:44.4%, 3回目:21.4%)となった(Fig.9)。

供試貝の被食実験Ⅱ(イシガニ大) 1回目のウニ有の実験では、イシガニ大はウニの棘を鉗脚で折り始め、鉗脚や第1・2歩脚に供試貝が触れると、鉗脚や歩脚で4個体の供試貝を搔きだし捕食した。次いで、1個体の稚貝が残っている状態で、ウニの殻を鉗脚で割り、固定具からウニを取り出して捕食したのち(Fig.10上)、残り1個体の供試貝を捕食した。一方で、2回目および4回目のウニ有の実験では、イシガニ大は第1・2歩脚をウニの棘の下に挿入、またはウニの棘を折って稚貝を搔きだし、先にすべての供試貝を捕食したのち、ウニの殻を割って捕食した。また3回目のウニ有の実験では、イシガニ大が別の供試貝を捕食しようとしているうちに、1個体の供試貝がウニの棘の下



Fig.13 The photographs of sea urchin fixture with sea urchin and predation behavior of *Halichoeres poecilopterus* on juvenile abalones in experiment V.

から離れて水槽の壁面に逃避した。イシガニ大は水槽壁面に逃避した1個体の供試貝を登って捕食することはできないと判断し、ウニの棘の下に分布した4個体の供試貝を捕食した時点で実験を終了した。1回目の実験ではイシガニ大は終始ウニに対する捕食行動を優先したのに対して、2~4回目の実験では供試貝への捕食行動を示したと考えられ、1回目の実験は除外することとした。ウニ無の実験では、イシガニ大は4回とも第1・2歩脚および鉗脚で供試貝を剥がし捕食した(Fig.10下)。

イシガニ大は、実験中に砂に潜り動かなくなったり、水槽内を動き回ったりすることがあり、5個体(ウニ有3回目は4個体)の捕食に要した時間には実験回ごとにばらつきがあった。そこで、イシガニ大がウニまたは固定具に接触し、かつ供試貝を捕食していない時間を供試貝を捕食するための探索行動時間とみなした。単位探索行動時間あたりの捕食個体数を求めたところ、ウニ無の場合には、1回目から4回目の実験の平均値は0.91個体/分(1回目:0.74個体/分, 2回目:1.09個体/分, 3回目:1.72個体/分, 4回目:0.67個体/分)であったのに対して、ウニ有の場合には2



Fig.15 The photographs of sea urchin fixture with sea urchin and predation behavior of *Coscinasterias acutispina* on juvenile abalones in experiment VI.

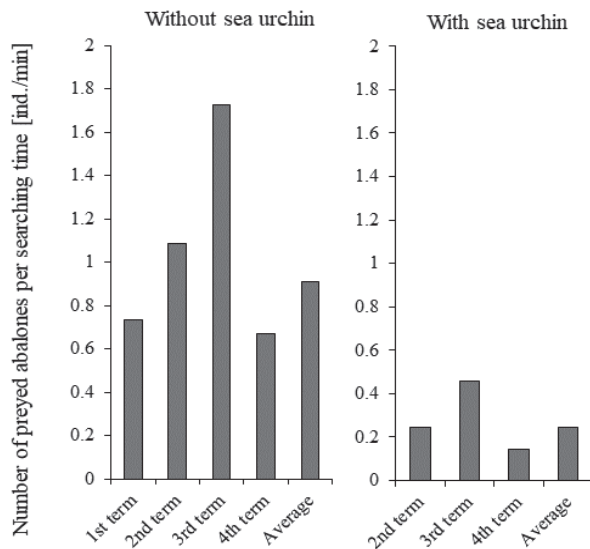


Fig.11 The comparison of number of preyed abalones per searching time by big *Charybdis japonicus* with sea urchin fixture with and without sea urchin. The data of first term of experiment with sea urchin was excluded because *Charybdis japonicus* broke and removed sea urchin from sea urchin fixture before preyed all juvenile abalones.

回目から4回目の実験の平均値は0.25個体/分(2回目:0.24個体/分, 3回目:0.46個体/分, 4回目:0.15個体/分)となった。ウニが居ることで、1個体を捕獲するのに要した時間が有意($P<0.05$)に増加した(Fig.11)。

供試員の被食実験Ⅲ(イシガニ小) イシガニ小は、ウニの殻を割って捕食することはなかった。また棘を折る行動もほとんど見られず、供試員のみを鉗脚や第1・2歩脚で掻きだして捕食した。イシガニ大と同様に、

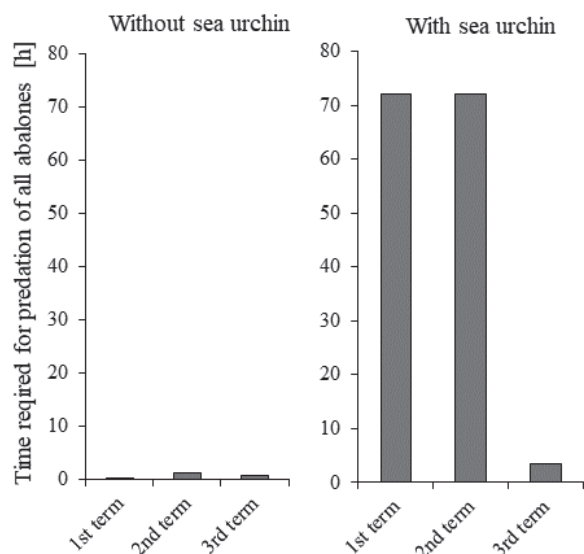


Fig.14 The comparison of time required for predation of all abalones by *Halichoeres poecilopterus* with sea urchin fixture with and without sea urchin.

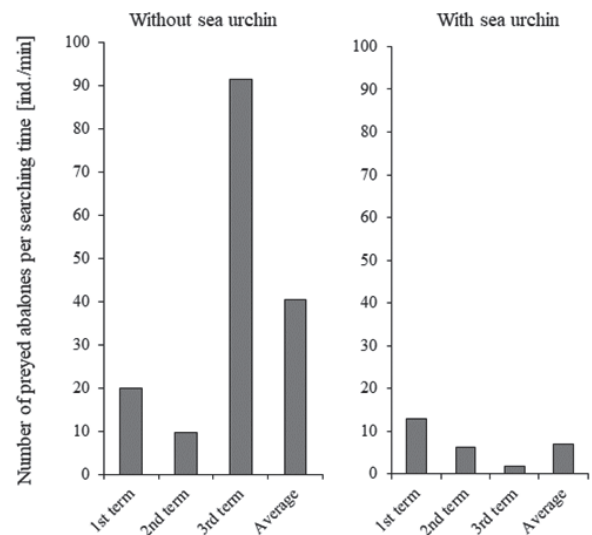


Fig.12 The comparison of number of preyed abalones per searching time of small *Charybdis japonicus* with sea urchin fixture with and without sea urchin.

単位探索行動時間あたりの捕食個体数を求めたところ、ウニ無では、1~3回目の実験の平均値は1.15個体/分(1回目0.39個体/分, 2回目0.79個体/分, 3回目2.26個体/分)であったのに対して、ウニ有では1~3回目の実験の平均値は0.27個体/分(1回目0.25個体/分, 2回目0.51個体/分, 3回目0.05個体/分)となった(有意差なし)。ウニが居ることで、供試員1個体の捕獲に時間を要する傾向が見られた(Fig.12)。

供試員の被食実験Ⅳ(キュウセン) キュウセンは、固定具に付着した供試員を口で剥がして捕食した(Fig.13)。ウニ無の実験では、3回ともキュウセンは3個体の供試員を捕食した。一方でウニ有の実験では、ウニの棘の下からはみ出た供試員を捕食したが、ウニの棘の下に深く隠れた供試員を捕食することができなかった。ウニ無の実験では、3個体の供試員を捕食するのに6~70分(平均40.4分)の時間を要したのに対して、ウニ有の場合には、3回の実験のうち2回はそれぞれ1個体ずつ3日間捕食されることなくウニの棘の下に隠れ続け、残り1回の実験においても3個体を捕食するのに206分を要した(Fig.14)。

供試員の被食実験Ⅴ(ヤツデヒトデ) 田中(2001)の報告と同様に、ヤツデヒトデはウニを腕で覆うようにして供試員を探索した。一方で、供試員はヤツデヒトデの腕に触れると、ウニの棘の下から這い出してウニの周囲や水槽内を逃げ回った(Fig.15)。大抵の場合、供試員の逃走速度がヤツデヒトデ追跡速度を上回った。この観察ではヤツデヒトデ2個体に対して5個体の供試員を供試したが、6日間の観察期間中に捕食された供試員は3個体であった。また、その3個体はウニの棘の下から離れたところで捕食された。

考 察

供試員のウニに対する行動観察実験の結果から、ウニの棘の下以外に隠れる場所がない場合、供試員は積極的にウニの棘の下に分布することが示された。また、ウニが固定されて動かない、または害敵種により動かすことができない状態において、供試員がウニの棘の下に分布することで、マダコの捕食成功率が1/3程度に減少した。ウニの棘の下に隠れた供試員の中には3日間の観察期間中キュウセンに捕食されなかった個体も観察された。これらの結果からマダコおよびキュウセンに対して、供試員がウニの棘の下に隠れることで捕食されにくくなったと判断された。また今回の実験ではキュウセンを供試したが、口を使ってクロアワビ稚貝を剥がして捕食するその他の魚類に対してもウニの保護効果は有効であると推察される。一方、イシガニ大小ともに単位探索時間あたりの供試員捕食個体数はウニ有で減少したものの、前述の2種ほどの明確な保護効果を示すことはできなかった。特にイシガニ大はウニの殻を割り捕食できたことから、ウニによるクロアワビ稚貝の保護効果は期待できないと考えられた。ヤツデヒトデの攻撃に対しては、田中(2001)の実験と同様に供試員はウニの棘の下から離れたところで捕食されたため、ウニによるクロアワビ稚貝の保護効果を示すことは困難と判断した。田中(2001)の実験では、供試員10~20個体に対して、ヤツデヒトデ(腕長34~70mm)を1~8個体供試しており、ヤツデヒトデは供試員を追いかけるものの、1週間から1ヶ月以上の観察中に捕食された供試員はわずか1~10個体であった。このことから、ヤツデヒトデは実験に供試した他の害敵種に比べてクロアワビ稚貝の捕獲に時間を要し、捕食能力が極めて低いものと考えられた。しかし、天然環境下において、クロアワビ稚貝がヤツデヒトデの攻撃を受けるとウニの棘の下から這いだして岩礁の表面に分布しやすくなり、他の害敵種も含めた被食を助長する可能性は高い。

本研究では、害敵種がウニの棘の下に隠れる供試員を捕食する際に関わる要素をできるだけ簡略化するため、平面上にウニを定位させるための固定具を設置して実験を行ったが、本府沿岸の天然環境下においてアワビ類稚貝は、背面が岩に閉ざされ、入り口をウニに塞がれた岩礁のスリット内に分布することが多い。よって、本実験で設定した環境は天然におけるアワビ類稚貝の生息環境に比べて害敵種から捕食されやすかったと考えられる。また、供試員や害敵種の行動を鮮明に撮影するために明条件下で実験したが、ウニ類の多くの種は夜間に岩礁のスリットから離れて摂餌することが報告されている(B. V. Nelson and R. R. Vance, 1979; Carpenter, 1984; N. L. Andrew, 1993など)。アワビ類稚貝も夜間に隠れ場を離れて岩礁の表面に分

布しやすくなることが報告されている(Theodore C. Tutschulte and Joseph H. Connell, 1988; Elizabeth G. Day and George M. Branch, 2002b)。また、ベラ科魚類は一般に昼行性とされ、夜間に砂中に潜入あるいは岩陰に体を横たえて休息することが知られており(寺尾, 1916; 西, 1989など)、実験に供試したキュウセン以外の害敵種も日周で摂餌行動が変化する可能性がある。したがって、今後は光条件を日周変動させたアワビ類稚貝の被食実験もおこなうことが望ましい。また、実験には殻長8~20mmの範囲のクロアワビ稚貝を供試したが、ウニ類の摂餌活動が数mm以下の着底して間もない初期稚貝の生残に悪影響を及ぼすことも報告されている(McShane PE, 1991)。初期稚貝がウニ類の棘の下に隠れることはむしろ危険と考えられ、アワビ類稚貝のサイズとウニの利用の関係についてより詳細に調べる必要があるだろう。

本試研の実施にあたり、京都府栽培漁業センターにはクロアワビ稚貝を提供して頂いた。また、本論文のとりまとめにあたり、国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所高見グループ長、白藤主任研究員および松本研究員にはご校閲と有益なご助言を頂いた。ここに記して心から厚く御礼申し上げる。

文 献

- B. V. Nelson, R. R. Vance. 1979. Diel foraging patterns of the sea urchin *Centrostephanus coronatus* as a predator avoidance strategy. *Marine Biology*, 51 : 251-258
- E. Day, G. M. Branch. 2000a. Evidence for a positive relationship between juvenile abalone *Haliotis Midiae* and sea urchin *Parechinus angulosus* in the south-western cape, South Africa. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 22 : 145-156
- E. Day, G. M. Branch. 2000b. Relationships between recruits of abalone *Haliotis medae*, encrusting corallines and the sea urchin *Parechinus angulosus*. *S. Afr. J. mar. Sci.*, 22(1) : 137-144
- E. Day, G. M. Branch. 2002a. Effects of sea urchins (*Parechinus angulosus*) on recruits and juveniles of abalone (*Haliotis Midiae*). *Ecological Monographs*, 72(1) : 133-149
- Elizabeth. G. Day, George. M. Branch. 2002b. Influences of the sea urchin *Parechinus angulosus* (*Leske*) on the feeding behavior and activity rhythms of juveniles of the South African abalone *Haliotis midiae* Linn. *JEMBE*, 276 : 1-17
- 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. *VENUS*, 47(2) : 104-120
- 小島 博. 1974. 徳島県海部郡におけるクロアワビ稚

- 貝の“すみ場”について. ミチューリング生物学研究, 10(6) : 155-160
- 小島 博. 1981. クロアワビ放流稚貝の死亡について. 日水誌, 47(2) : 151-159
- 小島 博. 2005. クロアワビの資源管理に関する生態学的研究. 徳島水研報, 3, 1-119
- McShane PE. 1991. Density-dependent mortality of recruits of the abalone *Haliotis rubra* (Mollusca: Gastropoda). *Mar Biol*, 110 : 385-389
- N. L. Andrew. 1993. Spatial Heterogeneity, Sea Urchin Grazing, and Habitat Structure on Reefs in Temperate Australia. *Ecology*, 74(2) : 292-302
- 西 源二郎. 1989. ホンベラとオハグロベラの運動活動リズム. 魚類学雑誌, 36(3) : 350-356
- 西村元延, 辻 秀二. 1979. 蒲入地先アワビ礁へのアワビ種苗放流実験. 京都府海洋セ研報, 3 : 1-17
- R. C. Carpenter. 1984. Predator and population density control of homing behavior in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*. *Marine Biology*, 82 : 101-108
- R. J. Q. Tarr, P. V. G. Williams, A. J. Mackenzie. 1996. Abalone, sea urchins and rock lobster: a possible ecological shift that may affect traditional fisheries, *S. Afr. J. mar. Sci*, 17(1) : 319-323
- 勢村 均, 由木雄一, 石田健次. 1984. 種苗放流効果調査 (アワビ) (要旨), 昭和 59 年度島根県水産試験場事業報告, 131
- 清水利厚. 2008. 千葉県におけるアワビ放流技術 (総説), 千葉水総研報, 3 : 45-52
- S. Mayfield, E. de Beer, G. M. Branch. 2001. Prey preference and the consumption of sea urchins and juvenile abalone by captive rock lobsters (*Jasus lalandii*). *Marine and Freshwater Research*, 52(5) : 773-780
- 高見秀樹, 篠原義昭, 瀬田智文, 西垣友和, 道家章生, 白藤徳夫, 松本有記雄,
- 奥村 裕, 早川 淳, 大土直哉, 澤山周平, 黒木洋明, 浜口昌巳. 2018. 丹後海博突岬における暖流系アワビ類稚貝の分布の特徴と生息密度の動態. 平成 31 年度日本水産学会春季大会, p121
- 田中種雄, 田中邦三, 石田 修, 清水利厚, 坂本 仁, 目黒清美. 1982. 浜行川地先のアワビ稚貝場について. 千葉水試研報, 40 : 83-98
- 田中種雄, 清水利厚, 三田久徳. 2000. 千葉県外房沿岸岩礁域の生物相の変化について. 千葉水試研報, 56 : 35-45
- 田中種雄. 2001. ムラサキウニの有無によるアワビ種苗の食害試験. 千葉水試研報, 57 : 221-227
- 寺尾 新. 1916. アヲベラの砂潜り. 動物学雑誌, 28(336) : 415
- Theodore C. Tutschulte, Joseph H. Connell. 1988. Feeding behavior and algal food of three species of abalones (*Haliotis*) in southern California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 49 : 57-64
- 山口県. 1989. 昭和 63 年度放流技術開発事業報告書, 41 pp

