

アカウニ *Pseudocentrotus depressus*(A. AGASSIZ)の日周行動について

今井利為・三富龍一・小川数也

On the diurnal behaviour of the red sea urchin *Pseudocentrotus depressus*(A. AGASSIZ)

Toshitame IMAI*, Ryuichi MITOMI**, Kazunari OGAWA***

ABSTRACT

The daily behaviour of red sea urchin, *Pseudocentrotus depressus* (A. AGASSIZ) was observed in field and rearing tanks at Misaki, Kanagawa Prefecture.

The yearling red sea urchin, hidden under artificial shelter during the day, moved out for search and feed algae at night. Also, adults red sea urchin moved out at night in the sea, act together ebb tide movements, but its distances were very limited. This adults behaviour suggested that they inhabited already in good conditions to obtain drifting algae as food easily. These basal data will be suggestive for selection of the actual methods for the seedling release.

はじめに

アカウニ *Pseudocentrotus depressus* は、日本沿岸の暖海域に生息し、磯根漁業の対象種の一つであり、近年、人工種苗放流が試みられるようになってきた。しかし、その増殖に関する生態学的観察は極めて乏しく、特に日周行動に関する研究は見られない。

ウニの行動は、摂餌活動との関連でコンブ科海藻の破片が十分あるときには静的であり、流れ藻が得られないと動的になり、餌料の多寡による行動の変化があるとされている(Mattison et al. 1977)¹⁾。また、ウニによる海藻の摂餌は密度依存的な種間関係に基づくことをシミュレーションによって説明した研究もある(Hayakawa & Kittaka 1984)²⁾。特に、アカウニの行動範囲、行動時間、餌料海藻の摂取範囲および食害動物との関係が放流技術を解明する上で重要と考えられる。

本報告では、アカウニの行動を天然ならびに飼育池での長時間観察を行い、アカウニの日周行動の特徴が明らかになったので報告する。

材料および方法

天然成体ウニの観察 調査は、1987年2, 5, 8, 11月に一回ずつ、Fig. 1に示す神奈川県三浦市南下浦町昆町昆沙門の昆沙門漁業協同組合地先にある禁漁区で行われた。水深7~8mの所の岩礁の棚場に生息する殻径7~8cmのアカウニを選定し、行動を観察した。観察ウニは、体の一部が岩陰から見える個体を対象

とし、ウニのすみ場から50cm離れた場所にスキューバで水中自動カメラを設置して行った。水中自動カメラは、キャノンA-1(レンズ15mm)、距離0.5m、シャッタースピード1/60、絞り

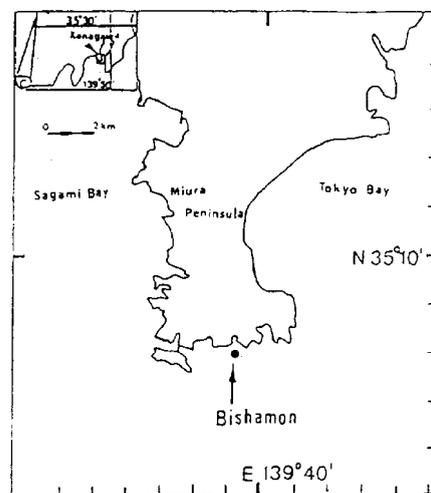


Fig. 1 Location of study area at Sagami Bay

8.0のストロボ条件を設定し、42分間隔で20時間の連続撮影を行った。移動距離の計測は現像・焼付けした写真で算出した。撮影開始時におけるウニの位置にX軸、Y軸を設け、その軸からの距離を物差しで計り、ウニ近傍に設置した基準長から、移動距離を算出した。

天然海域での放流種苗の観察 1987年9月28日から29日にかけて、神奈川県三浦市三崎町城ヶ島にある水産試験場北側に隣接する水深1mの禁漁区において、殻径20mmの種苗生産したアカウニを長さ30cmの塩ビ製雨樋に100個体付着させ放流した。放流後の観察は超高感度水中テレビカメラを放流地点に設置して、カメラからケーブルを50m引き、陸上でビデオテープに収録しながら、放流直後から25時間モニターディスプレイで観察した。

飼育池での観察 観察に用いたアカウニは、1987年2月に採卵し、飼育していたものである。飼育池の形状は、縦2.5m、横2.5m、深さ0.5mのコンクリート池に鉄アングルとネットロネットで二重底を敷き、ネットロネット上に200径のモジ網を張り、その上に直径5~7cmの礁を一層に置いたものである。そこに殻径18mmに成長した稚ウニを約4,000個体収容し、アラメ葉片を一週間に一度、礁の上に均等になるように投餌した。

観察にあたって、池の一角に50×50cmの方形枠を設け、その中をさらに25cm平方2枠に仕切り、さらに、12.5cm平方4枠、8cm平方9枠に仕切った。観察は、1987年6月30日から7月1日にかけて実施し、1時間間隔で、水面から観察された方形枠内のウニの位置と個体数を計数するとともに水面の照度を測定した。また、11月26日から27日にかけて、ウニの日周活動を確認するため、飼育池を遮光して、昼間も暗くしたうえで、1時間間隔で水中自動カメラにより撮影し、基質である礁の裏側から表側へ出現する状況を観察した。

ウニ分布状況の計算 飼育池で観察した各方形枠内の個体数を基に、ウニの分布型を判断する方法として、平均値とパリアンスの比(集中度)と森下の示数(伊藤ら1980)³⁾を用いた。その計算方法を次に示す。

$$\begin{aligned} \text{集中度} & ; s^2 / \bar{x} \\ \text{各方形枠内のウニ個体数平均値} & ; \bar{x} \\ \text{各方形枠内のウニ個体数のパリアンス} & ; s^2 \end{aligned}$$

森下のI 示数

$$I = n \frac{\sum_{i=0}^n x_i (x_i - 1)}{N(N-1)}$$

n=方形枠数, N=ウニ総個体数 (x_i)

x_i =i番目の方形枠のウニ個体数

結果

天然成体ウニの行動観察 観察した毘沙門海域のアカウニは85%の個体が長径20~60cmの礁が重なった狭い空間に、残りの15%の個体が岩場の棚に生息していた(今井1986)⁴⁾。前者の個体は礁を転地しないと観察できないので、天然成体ウニの行動観察は後者の個体を対象とした。

1987年2月16日から17日にかけて殻径7cm級の2個体を選定した。Fig. 2-aに示すとおり、2個体

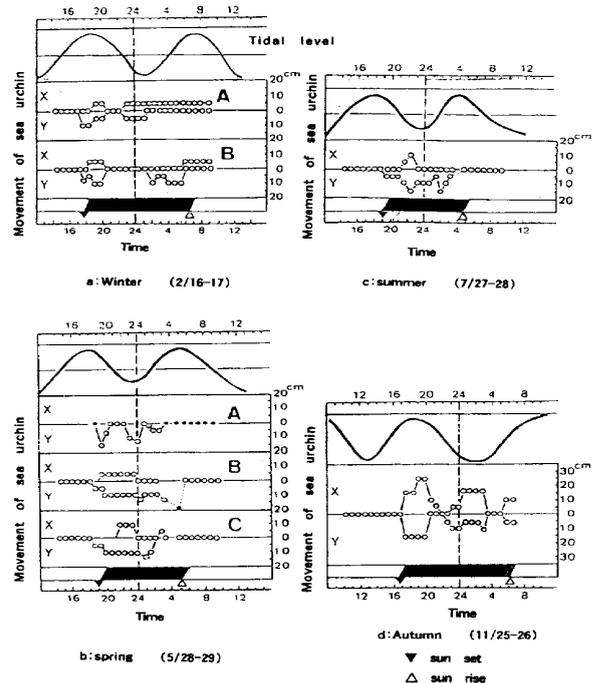


Fig. 2 Rhythmic activity pattern of adult *Pseudocentrotus depressus* responsible to tidal level

(A, B)は、いずれも日没(17:23)と同時に動きはじめた。潮位が満潮(18:14)と月の出(19:42)となった時に、これらの個体は、元の位置に戻った。23:00近くにA個体が再び動きだし、干潮時(0:51)から月の南中時(1:59)の間に元の位置へ戻った。一方、B個体は、個体Aが元の位置に戻る間に動き出し、日の出(6:27)直前に元の位置へ戻った。最大移動距離は換算距離10cmであった。

1987年5月28日から29日には殻径7cm級1個体を観察した。この回は新月の闇夜で、日没(18:48)とほぼ同時に動きはじめ、日の出(4:28)頃元の位置に戻り、動きを止めた。ウニが動き始めた潮位は、満潮時(17:54)から2時間後、動き終わりは満潮前1時間であり、ウニの動きの最大は干潮時前1時間頃であった。最大移動距離は換算距離15.7cmであった(Fig. 2-b)。

1987年7月27日から28日に観察した殻径8cm級3個体は、日没時(18:50)に動きはじめ、日の出(4:45)には元の位置へ戻り、動きを止めた。ウニが動きはじめた時の潮位は、ほぼ満潮時(18:22)であり、動き終わりも、次の満潮時であった。動きの最大は、満潮から干潮に至る18:00から24:00の時間帯であり、最大移動距離は換算距離15.7cmであった(Fig. 2-c)。さらに、岩陰に入り移動距離の確認ができない個体も見られた。

1987年11月25日から26日に観察した1個体は、日没時(16:30)に動きはじめ、日の出(6:27)には元の位置へ戻り、その後も若干動いた。最大移動距離は換算距離約10cmであった(Fig. 2-d)。

以上のことから、天然成体の移動範囲は10~15.7cmで、その範囲はアカウニの殻径の1.5から2倍であり、四季を通じてすみ場から大きく離れることはなく、すみ場周辺の活動に限定されていたと言える。通常、成体アカウニは、昼間、管足を伸ばし動かしているか、元の位置を確保し、移動を見せなかった。また夜間も、常時、活動せず、1~2時間の休止期をはさむ二つの活動期に分かれた。第一活動期は、日没後の共通した3~5時間であった。第二活動期は第一活動期の後の1~2時間の休止期をはさんだ後から日の出までで、四季の観察毎に、活動時間が1から5時間と大きな差が見られた。潮汐との関係を見ると、四回の観察では、下げ潮時から底潮にかけて、活動することが多かった。動く距離は、7月に観察した殻径の2倍程度の15.7cmに過ぎなかった。

天然海域での放流種苗の行動 Fig. 3に放流直後から25時間のアカウニ行動とモニターディスプレイに出現した動物の出現時間と個体数および太陽、月、潮汐の対応を示した。

放流したアカウニの大部分はシェルターである雨樋の内側から外に出なかった。しかし、放流100個体中、5から7個体の動きが、放流直後の10時、0時から2時までおよび4時から5時までの3回活発化した。移動距離は、1時の22.5cmが最大であり、その他の動きは10cm以内であった。また、移動速度を推定すると、1.6cm/分~17.0cm/分の間にあり、平均4.9cm/分であった。

観察中に確認できた動物は、カワハギ、Stephanolepis cirrhifer、ウミタナゴ、Ditrema temmincki、ペラ類、Labridae spp.、ゴンズイ、Plotosus detipes、ハオコゼ、Hypodytes rubripinnis、ギンボ、Blennidae spp.の魚類6種類、ショウジンガニ、Plagusia detipesの甲殻類1種類の計7種類である。この内、ゴンズイは夜間を通して出現したが、しかし、アカウニの棘を数回つつく程度であり、捕食には至らなかった。

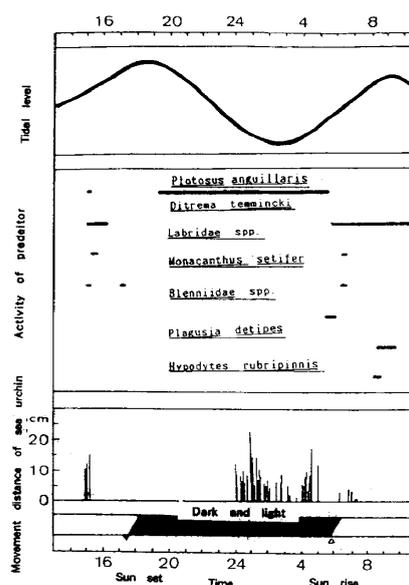


Fig. 3 Comparison of the yearling *P. depressus* activity to the sun, moon tidal level and other organisms in the sea.

飼育池での稚ウニの行動 殻径18mm稚ウニの行動を観察し、水面から見て、ウニの体の見える割合の程度と照度を対応させたものが、Fig. 4である。

昼間はウニの棘の一部を観察できる個体が15~20であり、全体を露出させている個体はほとんど見られなかった。19:01の日没とともに動き始め、池の照度が5Luxを割った20:00に体を全部露出させているウニは62個体と急増し、21:00から22:00まで40個体に減少したが、23:00、24:00に54個体と再び増加した。1:00から2:00に39~40個体、3:00から4:00にかけて36~42個体と階段状に減少し、夜明けとともに礫の下へ隠れた。照度は4:00まで0~5Luxであった。なお、飼育池には、平均1m²当り640個体が、分布していたことになる。しかし、Fig. 4に示した20:00には、0.25m²当り60個体を記録したものの、62.5%の個体はシェルターの下から表面に出てこない個体があった。

分布型をI指数と集中度 S^2/X で現すとFig. 5に示すようになる。17:00~21:00にかけて、分散している餌のアラメには稚ウニが集まることによって集中度が高まり、1:00まで少しの変動は見られたものの高い集中度を維持した。2:00からは分散が始まり、6:00まで集中度が下がって7:00に一旦上昇し、8:00に落ち着いた。

遮光した池でのウニの行動を、Fig. 6に示した。6月30日の遮光しなかった行動と比較すると、ほぼ、同じ傾向であった。

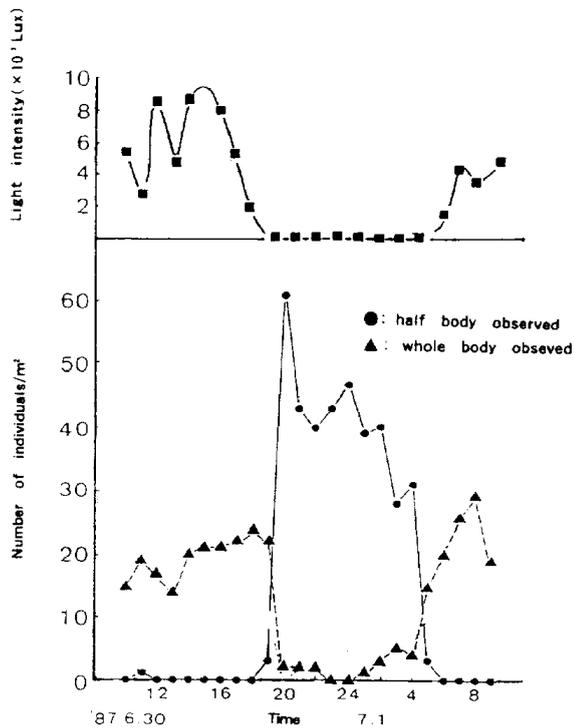


Fig. 4 Activity responses of the yearling *P. depressus* to natural L-D condition in the rearing pond.

この結果は、稚ウニの日周行動が、光とは別に体内時計に左右されていることを示唆している。

考 察

アカウニの稚ウニは、漁場近辺の砂地に点在する礫に生息していることから、1歳以上の時点において移動し、成体の生息場に定着していくとみられる(今井, 新井 1986)⁵⁾。今回、4回観察した天然成体アカウニは、移動距離は10~15.7 cmであり、その移動範囲は、アカウニの殻径の1.5から2倍で、四季を通じてすみ場から大きく離れることはなく、安定したすみ場を確保していた。定着後の個体は、すみ場から出て行動することが少ないことが観察されたが、このことは常に漂着する海藻類を捕食していることを示しているためと考えられ、消化管内容物と餌料海藻の分布からウニの摂餌選択性を見た結果(Fuji 1967)⁶⁾からも、移動範囲が限定されていると考えられる。摂餌リズムに関してエゾバフンウニ, *Strongylocentrotus intermedius* は、夜間に摂餌行動があり(Lawrence & Hughes-Games 1972)⁷⁾、ガンガゼ一種である *Diadema setosus* では夜間と昼間採集した消化管内容物比からも夜間に摂餌している(Nelson & Vance 1979)⁸⁾ことがうかがえる。アカウニにおいても行動が日没後3~5時間と日の出前に活発化することから、摂餌活動との

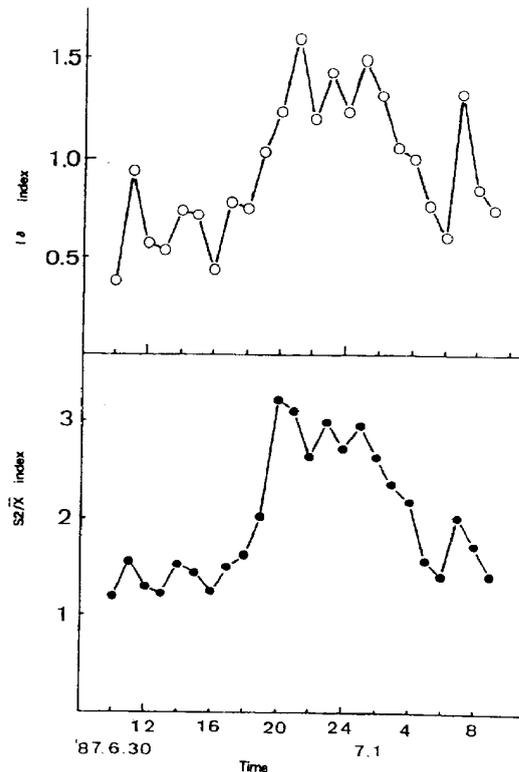


Fig. 5 Analyzed data of conversion and dispersion of red sea urchin *P. depressus* to ascertain diel periodicity.

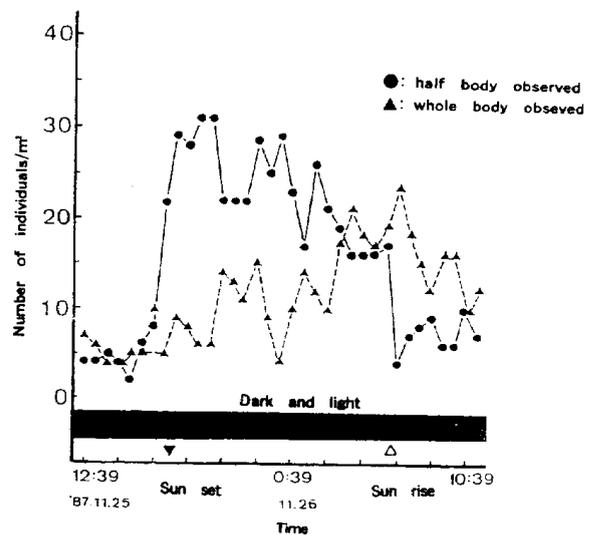


Fig. 6 Activity pattern of yearling *P. deoressus* under the shading light condition in the rearing pond.

関連がうかがえる。また、夜間の活動は、(Nelson & Vance 1979)⁸⁾が指摘した摂餌者との遭遇確率を下げることとも見られる。アカウニを捕食する動物は、室内実験によってイセエビ, *Panulirus japonica*, イシガニ, *Charybdis japonica*, ベニツケガニ, *Thalamita*

prymna, ショウジンガニ, *Plagusia dentipes*, ヤツデヒトデ, *Coscinasterias acutispina* が確認されており(角田ら, 1981)⁹⁾, アカウニの活動時間帯は, これらの動物との遭遇が考えられることから, すみ場から離れる行動がきわめて危険性を持っていて, 行動範囲をすみ場近傍に限定しているとみられる。ウニの種類の中でも *Centrostephanus coronatus* は日没後にすみ場の穴から最高 90 cm 離れて摂餌し, 元のすみ場へ戻る行動があり(Nelson & Vance 1979)⁸⁾, キタムラサキウニ, *Strongylocentrotus nudas* では, 室内実験で平均 7.1m / 日 ~ 13.4m / 日の動きが観察されている(Hayakawa & Kittaka 1984)²⁾。この3種の移動距離の差は, 周辺の海藻の分布と漂着海藻類の摂取確率の違いにあるとも考えられるが, 種固有の習性に基づくものか否かは今後の検討課題である。

飼育池では, 自然光区と遮光区のいずれの観察でも, 日没直後が1日の内で最も活発な行動をみせている。この行動は, Fig. 3 に示したとおり, 17:00 から 21:00 にかけて分散している餌のアラメに集中し, 1:00 まで少しの変動が見られたものの, 高い集中度を維持している。これは索餌行動と考えられる。2:00 から, 確認個体数の減少があり, 集中度が下がっている現象は, 日の出までに摂餌を終了し, 飽食するにつれて, 再びシェルターである礫の下へ入って行き, 定着するものと考えられる。

摂餌のために出ていったシェルターと未明に入るシェルターは異なり, 動き回って, 飽食ししだい, 近くの空いたシェルターへ順次, 収まる。これは, *Strongylocentrotus dreobachiensis* の行動が動的に変化している時に, 蟻集状態のウニの構成員が毎日入れ替わる状態(Garnick 1978)¹⁰⁾と近似している。

これらの現象は天然海域では再び入るシェルターが近くにない個体にとっては, 外敵からの攻撃に晒される時間が長くなると見られる。

このように, 当歳ウニは, 光を基本とした索餌行動の周期を示している。しかし, Fig. 4 に示したように, 全暗状態に置かれても, 日周リズムが継続することから, 体内時計の可能性が残されており, 今後の検討課題である。

種苗放流後のウニは, 放流直後の不安定な時期が30分程ある。飼育池で見られた日没直後の活動がなく, 最干潮前の2時間と後の1時間に活発な動きがあったことから, 成体ウニと同様に潮汐との関係が示唆される。移動距離は, 殻径の約9倍で最大 22.5 cm であり, 成体ウニより遠くまで動き, 必ずしも元の位置に戻らない。これは, 放流稚ウニの密度が高く, 密度依存的な分散行動が起こるためと解釈される。また, より安定したすみ場を確保し, 餌を摂取する確率を高めるために, 積極的にすみ場を離れて, 行動すると考えられ

る。これらのことから, 食害生物との遭遇確率を低くするため, 放流にあたっては, できるだけ低密度放流によって密度依存による分散行動がおこることを最小限にすることと, すみ場近くで餌の確保ができる場所の選定が重要となろう。

要 約

1. アカウニの摂餌範囲, 活動時間を知り, 種苗放流の参考とするため, 天然成体ウニおよび当歳ウニの日周行動を観察した。
2. 天然成体ウニの移動距離は 10 ~ 15.7 cm であり, アカウニの殻径の 1.5 から 2 倍の範囲内であり, 四季を通じてすみ場から大きく離れることはなく, 安定したすみ場を確保している。
3. アカウニの活動期は, 第一活動期が日没後 3 ~ 5 時間で, 1 ~ 2 時間の休止期をはさみ日の出までの第二活動期がある。四季の観察毎に, 活動時間が 1 から 5 時間と大きな差が見られた。
4. 本調査海域の毘沙門では, 餌としての寄り藻に依存する割合が高いために, ウニのすみ場への定着性が強いものと考えられた。
5. 稚ウニの行動は殻径の約 9 倍で最大 22.5 cm であり, 成体ウニより遠くまで動き, 必ずしも元の位置に戻らない。これは, 放流稚ウニの密度が高く, 密度依存的な分散行動が起こるためと解釈される。
6. 種苗放流は, 分散を最小限にするため低密度にすることと, 放流後の餌料が確保できるすみ場を選定する必要がある。

文 献

- 1) MATTISON J.E., J.D. TRENT, A.L. SHANKES, T.B. ATKIN., J.S. PEARSE, (1977): Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus dreobachiensis*) adjacent to a kelp forest. Mar. Biol. 39: 25-30.
- 2) HAYAKAWA Y. and J. KITAKA (1984): Simulation of Feeding of Sea Urchin *Stolyglocentrotus nudas*, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 50 (2), 233-240.
- 3) 伊藤嘉昭・法橋信彦・藤崎憲治(1980): 動物の個大群と群集, 東海大学出版会, 273p.
- 4) 今井利為(1986): ウニ資源の造成に関する研究. 昭和60年度指定調査研究総合助成事業報告書, 神水試資料, No. 322, 1-27.
- 5) 今井利為, 新井章吾(1986): アカウニの食性と摂餌量について. 水産増殖 34, 157-166.

- 6) FUJI A. (1967) : Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Stolylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). Mem. Fac. Fis. Hokkaido Univ. 15, 21-60.
- 7) LAWRENCE and HUGHES-GAMES (1972) : The diurnal of rhythm and feeding and passage of food through the gut of *Diadema setosus*. Israel Journal of Zoology. 21, 13-16.
- 8) NELSON B.V. and R.R.VANCE (1979) : Diel foraging patterns of the sea urchin, *Centrostephanus coronatus*, as a predator avoidance strategy. Mar. Bio. 51, 251-258.
- 9) 角田信孝, 由良野範義, 大内俊彦, 河村 工, 五嶋 繁 (1981) : ウニ類の種苗放流調査, 山口県外海水産試験場事業報告, 59, 58-63.
- 10) GARNICK E. (1978) : Behavioral ecology of *Storonylocentrotus droebachiensis* (Muller) (Echinodermata : Echinoidea) Aggregating behavior chemotaxis, *Oecologia* (Berl.) 37:77-84.