

北 水 試 研 報  
Sci. Rep.  
Hokkaido Fish.Exp.Stn.

CODEN :HSSHEE  
ISSN : 0914 - 6830

# 北海道立水産試験場研究報告

第 51 号

**SCIENTIFIC REPORTS**  
OF  
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION  
No.51

北海道立中央水産試験場

北海道余市町

1997年9月

Hokkaido Central Fisheries  
Experimental Station

Yoichi, Hokkaido, Japan

September, 1997

北海道立水産試験場は、次の機関をもって構成されており、北海道立水産試験場研究報告は、これらの機関における研究業績を登載したものである。

## 北海道立水産試験場

北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	046 余市郡余市町浜中町238 (Yoichi,Hokkaido 046,Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯川町1-2-66 (Yunokawa,Hakodate, Hokkaido 042,Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch,Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町1-133-31 (Funami-cho,Muroran, Hokkaido 051,Japan)
北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)	085 釧路市浜町2-6 (Hama-cho,Kushiro, Hokkaido 085,Japan)
北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	099-31 網走市鱒浦31 (Masuura,Abashiri, Hokkaido 099-31,Japan)
北海道立網走水産試験場紋別支場 (Monbetsu Branch,Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町7 (Minato-machi,Monbetsu, Hokkaido 094,Japan)
北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)	097 稚内市宝来4-5-4 (Horai,Wakkanai, Hokkaido 097,Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture)	041-14 茅部郡鹿部町字本別539-112 (Shikabe,Hokkaido 041-14,Japan)

# 北海道立水産試験場研究報告

第51号

## 目 次

吾妻 行雄	
キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究 .....	1- 66
高木美枝子, モハマド・メディ・シャフィプール, 今野幸広, 中尾博己, 佐野満廣, 高橋豊美	
木古内湾とその周辺海域におけるマコガレイと他の底生魚類との食物関係 .....	67- 76
川井 唯史	
寿都町における大型海藻の分布 .....	77- 82
上田 吉幸	
ケガニ幼生放出数の日変化 .....	83- 87
試験研究業績	
外部刊行物への発表, 平成8年度 .....	89- 96
北海道立水産試験場研究報告 編集・発行方針 .....	97- 98
北海道立水産試験場研究報告 投稿規程 .....	99- 104

(1997年9月)

SCIENTIFIC REPORTS  
OF  
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No.51

CONTENTS

Yukio AGATSUMA

Ecological studies on the population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* ..... 1 - 66

Mieko TAKAGI, Mohamad M. SHAFIEIPOUR, Yukihiro KONNO, Hiromi NAKAO, Mitsuhiro SANO and  
Toyomi TAKAHASHI

Feeding interrelation between *Pleuronectes yokohamae* and the other demersal fishes in and  
near Kikonai Bay, Hokkaido ..... 67 - 76

Tadashi KAWAI

Distribution of large algae at Sutttsu Bay, western Hokkaido, Japan ..... 77 - 82

Yoshiyuki UEDA

Daily changes in the number of larvae released by the hair crab, *Erimacrus isenbekū* (Brandt) ..... 83 - 87

Contribution from the Hokkaido Fisheries Experimental Station:

Papers Presented in other journals or at scientific meetings in fiscal 1996 ..... 89 - 96

(September, 1997)

# キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究\*1

吾妻行雄\*2

Ecological Studies on the Population Dynamics of the Sea Urchin *Strongylocentrotus nudus*\*1

Yukio AGATSUMA \*2

Ecological studies on the population dynamics of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* have been carried out at 13 survey sites off the coast of southern Hokkaido from 1980 to 1995. The reproductive cycle, occurrence of echinopluteus larvae, recruitment of the 0 year-old juveniles, process of somatic and gonadal growth attributable to algal feeding, and the environmental factors leading to annual fluctuations in the number of juvenile recruits and the subsequent commercial catch have been detailed from data collected over this period. In order to form algae communities on coralline flats where only crustose coralline algae occur (termed "Isoyake" in Japanese), the succession of marine algal after the removal of sea urchins was studied. Furthermore, in order to establish the enhanced culture of *S. nudus* on coralline flats where previously there was no commercial catch, field experiments on gonadal increment have been carried out. Results are as follows:

1. The process of gametogenesis shows a clear defined annual pattern. The gonads change from the recovering to growing stage during January-May, and from the growing to pre-mature stage during June-August. Spawning occurs during September-October corresponding to a fall in water temperature from 20°C to 16°C. The gonad index increase during the growing stage and show a maximum at the pre-mature and mature stage before sharply decreasing at the spent stage. The index gradually increase during the recovering stage. The gonadal increment, which is affected by the kind and the abundance of algae, differs among locations in a fishing ground and also between geographically separated fishing grounds.

2. Larvae of *S. nudus* off the Sea of Japan coast and in Tsugaru Strait occur during September-October which corresponds to the spawning season. The number of larvae that occurred in the Tsugaru Strait was smaller than that off the Sea of Japan coast. Larvae, after metamorphosis, settle and inhabit stable boulders areas where crustose coralline algae dominate at depths of 3.0-9.0m. The vertical distribution and range of habitats of *S. nudus* gradually increases after reaching 1 year-old.

High recruitment levels (14.1 ind./m<sup>2</sup>) of juveniles in 1984 and a continuous recruitment after 1990 were observed off the coast of Okushiri Island and Shimamaki. The relationship between juvenile densities and average water temperature in September of the previous year was statistically significant. The author suggested that high water temperature in September contributes to an improvement in the juvenile survival rate by shortening the larval period. The dominant 1983 year-class population contributed to an increase in commercial catch.

3. The growth rate of small sized *S. nudus* is high, in particular, the 0-1 year-old juveniles, which have undeveloped gonads, is markedly high throughout the year. The growth rate decreases in winter and summer, while it increases

---

報文番号 A271 (1997年3月31日受理)

\*1 東北大学審査学位論文

\*2 北海道原子力環境センター(Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Miyaoka, Kyowa, Iwanai, Hokkaido 045-01, Japan)

現住所 (Present address): 東北大学農学部水圏植物学研究室 (Laboratory of Applied Aquatic Botany, Faculty of Agriculture, Tohoku University, 1-1 Tsutsumidori-Amamiya, Aoba, Sendai, Miyagi 981, Japan)

in spring and autumn. The growth rate is greatly affected by the kind and the abundance of algae. This difference being notable between the Sea of Japan and Pacific Ocean and also between fishing grounds along the same coast. The growth rate of *S. nudus*, which inhabit areas dominated by large perennial brown algae is high, while it is significant markedly lower on coralline flats. The sharp increase in commercial catch from 1985 to 1987 in Fukushima was due to the occurrence of the abundant year classes of 1982 and 1983, and the formation of *Laminaria japonica* kelp beds that promoted their growth.

4. Food intake, amount digested and feeding rate of *S. nudus* that were fed on *L. religiosa* in excess increased from April to June. During this period, the alga was digested and converted to test formation for 1 year-old juveniles and to gonadal increment for adults. The decrease in food intake during January-February and July-September, were caused by the low temperature and by maturation/spawning, respectively. The feeding rate of small sized *S. nudus* is higher than that of large ones throughout the year.

Undeveloped gonads of adult *S. nudus* sampled from trophically poor coralline flats, which were fed on *L. religiosa* in excess from April to August, grew rapidly during the first 20 days after the start of the experiment. The gonad index, which was 6.5 at the start of the experiment, increased to 18 (the minimum size for commercial landing) after 2 months.

The feeding activity of *S. nudus* in the field varies chiefly with their annual reproductive cycle. Feeding activity is high in May when their gonads are in the growing stage, while feeding activity is low in September when the gonads are in the pre-mature stage. *S. nudus* appears not to feed in winter due to low temperature (ca. 5°C) and high wave action.

*S. nudus* <20mm test diameter (1+ year-old) showed remarkable seasonal migrations to utilize available algal foods. *S. nudus* with growing stage gonads were found in the crustose coralline dominated sub-tidal zone from April to July, where detrital, drift algae as the principle food source abundantly occurred being derived from the intertidal zone where *L. religiosa* dominated. These sea urchins migrate in search of algal food to the intertidal zone from July to October when their gonads are in the growing, pre-mature or mature stages, and return to the sub-tidal zone from November to March when their gonads are in the recovering stage. This return migration appears due to the loss of algal food from this zone and by the high wave action. Yearling sea urchins inhabited in sub-tidal zone throughout the year.

5. After the removal of sea urchins from coralline flats at the Yaoi and Rokujo sites in Suttusu Bay, attaching diatoms, small annual algae such as *Ulva pertusa* and *Polysiphonia morrowii*, large annual algae such as *Desmarestia viridis* and *Undaria pinnatifida*, and small perennial algae such as *Dictyopteria divaricata* invaded the coralline flats in that order. They were followed by the large perennial alga *Sargassum confusum*, a species endemic to the Japan Sea, Yaoi site. The small annual alga *Ulva pertusa* dominated in the early phase of algal succession, and its dominance continued at the Rokujo site due to the influence of inflows of freshwater and sand from the Shubuto River. I suggest that the *S. confusum* community, which is in a climax phase of algal succession, persist over long periods due to the enhanced warm temperatures caused by the Tsushima Warm Current.

6. *S. nudus* sampled from coralline flats and fed on fishes flesh, Pacific saury *Cololabis saira* and arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* between October and January, showed markedly promoted gonadal growth. In the gonads, water content increased, although glycogen decreased. An increase in the degree of white color and the decrease in chroma of the gonads were observed. However, these components and colors were improved after changing the diet to the brown algae, *L. japonica* and *Undaria pinnatifida* during February-March. In this study, I found that feeding, gonadal development and somatic growth of *S. nudus* are attributed to both the kind and abundance of the algal community, these being related to the Tsushima Warm Current and its variability. Further studies on the establishment of a system of fisheries production of *S. nudus* on coralline flats are also discussed.

キーワード: キタムラサキウニ, 個体群動態, 生殖巣, 成熟, 産卵, 浮遊幼生, 稚仔, 成長, 摂食, 索餌, 移動, 海藻群落, 磯焼け, 遷移, 養殖, 海況変動

## 第1章 緒言

キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* は、棘皮動物門 (Echinodermata) ホンウニ目 (Echinoida) オオバフンウニ科 (Strongylocentrotidae) オオバフンウニ属 (*Strongylocentrotus*) に属し、朝鮮半島大連、沿海州ならびに日本では相模湾からエリモ岬にいたる太平洋沿岸と山口県青海島以北の日本海沿岸に分布する<sup>1)</sup>。北海道においては、ノナの俗称で知られ、ガゼと俗称されるエゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius* とともに、主要な漁獲対象種であり、日本海、津軽海峡、噴火湾および日高沿岸が漁場となっている<sup>2)</sup>。北海道以外では、富山県と茨城県以北の本州沿岸で漁獲されており、主要な漁場を形成する北海道と青森、岩手、秋田、宮城、山形および福島県の東北6県の1981年から1990年の年平均総漁獲量は殻付き重量で8.861tである。北海道はその内の44.8%を占め、東北6県の総漁獲量に匹敵する高い漁獲量をあげている<sup>3)</sup>。

北海道のウニ漁業は明治時代に始まり、1940年から1950年にかけての統制経済下では、ウニは統制品目外の水産物であったために需要が高まり、急激に漁獲量が増加した<sup>4)</sup>。ウニの漁獲量を種類別に区分けすることにな

った1985年以降におけるキタムラサキウニの生殖巣重量で示した漁獲量は、1985年の369tから1988年には531tへと増加したが、その後1991年の376tへと減少し、1993年には400tへと再び増加している (Fig. 1-A)<sup>5-10)</sup>。支庁別では、宗谷、後志、桧山および渡島では、ほぼ50t以上で、留萌、石狩、胆振ならびに日高では50t未満で推移している。石狩と胆振では10t未満と極めて低い漁獲量となっている (Fig. 1-B)。

本種の資源を維持するために、北海道漁業調整規則において5cm未満の漁獲制限殻径や、宗谷支庁管内では10月1日から31日まで、他の漁場では9月15日から10月31日までの禁漁期間を定めている。近年、各漁業協同組合が独自に、この操業期間、操業時間をさらに短縮し、漁獲制限殻径も6cm未満にするなど規制を強めている<sup>2)</sup>。一方、北海道におけるキタムラサキウニの増殖は、移殖<sup>11)</sup>と、石材やコンクリートブロックの投入による餌料海藻群落の造成<sup>2)</sup>が中心的に行われてきた。生殖巣の量的増大を促進するための移殖には、深所の個体を浅所に移す深浅移殖と、資源の豊富な奥尻島などから資源の少ない海域に移す管外移殖とがある<sup>2)</sup>。1994年の北海道におけるキタムラサキウニの移殖数は、4,071千個体であった<sup>15)</sup>。しかしながら、本種の十分な安定的生産を得るに至っておらず、安定生産あるいは漁獲量増大に向けた資源管理の方策が強く求められている。そのためには、キタムラサキウニの個体群維持機構を明らかにし、それにもとづく資源管理技術を確認することが必要である。

キタムラサキウニの個体群生態学に関する研究は、性成熟サイズ<sup>16)</sup>、生殖周期<sup>17-20)</sup>、浮遊幼生の出現動態<sup>21, 27)</sup>、漁場における大きさ別、あるいは発育段階別による分布様式<sup>21, 28-30)</sup>、すみ場<sup>22)</sup>、および分布<sup>28, 31-34)</sup>、年齢形質<sup>35, 36)</sup>、成長<sup>28, 30, 34-40)</sup>、ならびに減耗要因<sup>41-45)</sup>を中心に進められてきた。また、漁場における食性<sup>29, 30, 46, 47)</sup>や摂食量と消化吸収量<sup>48, 52)</sup>、餌料価値<sup>53-55)</sup>、摂餌選択性<sup>52)</sup>、索餌行動<sup>52, 56, 57)</sup>など海藻群落との相互関係を解明するための摂食生態に関する研究が室内、あるいは野外で個体レベルで行われてきた。

これらの研究の結果は以下のように整理できる。①北海道噴火湾沿岸の初成熟殻径は40~45mmである。②北海道、青森県、福島県ならびに京都府沿岸では、生殖巣は産卵期を9~10月として年周期的に変化する。③浮遊幼生は4腕期、6腕期、8腕前期、8腕後期、ならびに変態期の5つの発育段階に区分され、水温20~22℃の飼育条件下での浮遊期間は約15日間であり、水温と餌料条件により、成長と生残率、ならびに浮遊期間が左右され

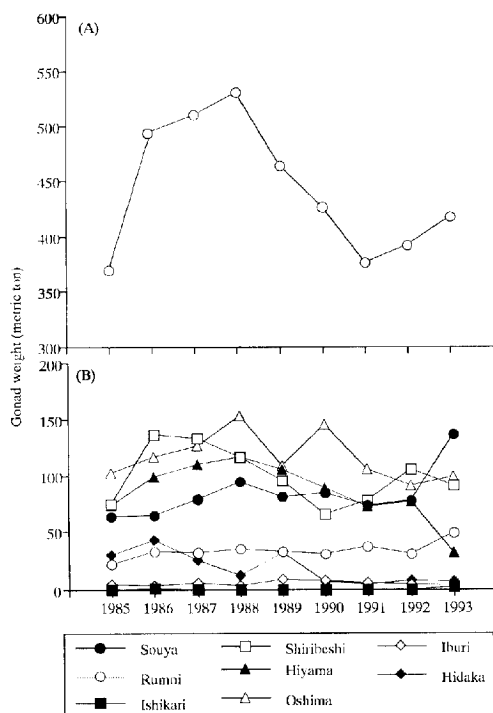


Fig. 1. Annual changes in catch of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in Hokkaido (A) and in each eight sub-prefecture (B) during the period from 1985 through 1993. (Hokkaido fishery annual statistics, 1987-1995)

る。北海道日本海沿岸では浮遊幼生は9~10月に出現し、浮遊期間は1~2カ月である。①底生生活移行後、1歳以下と2歳以上の群は分布様式が異なる。分布と移動は底質、波浪ならびに海藻の生育状態に対応して変化する。また、紅藻無節サンゴモとキタムラサキウニの分布の間には正の相関が認められる。⑤生殖板に形成される輪紋数により、年齢が査定できる。成長は海域間において著しく異なる。成長率は小型個体ほど大きく、大型個体ほど低下する。⑥水温26~28°Cの夏季の高水温や、ニチリンヒトデ *Solaster paxillatus*, イトマキヒトデ *Asterina pectinifera*, ヌルヒトデ *Lysastrosoma anthosticta*, ヨツハモガニ *Pugettia quadridens*, トゲクリガニ *Telmessus acutidens* の捕食、あるいはクリイロヤドリナ *Pelseneeria castanea* の寄生により減耗する。⑦殻径が10mm未満では小型海藻、無節サンゴモ、テトライタス、付着珪藻を多く摂食するが、10mm以上になると大型海藻を摂食する。また、雑食性が強い。⑧天然域においては食物の選択性が認められないが、室内実験の結果ではコンブ類に対する嗜好性がみられる。⑨摂食量は餌料海藻の種類によって異なり、消化吸収量とともに春季から夏季に増加し、冬季の低水温下と、成熟から産卵に

いたる時期に減少する。摂餌率は小型個体ほど高い。また、波浪により摂食活動が抑制される。⑩コンブ類やツルアラメ *Ecklonia stolonifera* は餌料価値が高い。

一方では、資源増大を図るための人工種苗生産<sup>58,61</sup>と種苗放流<sup>62</sup>, さらに成長と生殖巣の量的な発達を促進させるための移殖<sup>11, 46, 63-65</sup>, 給餌<sup>66, 67</sup>, 海藻群落の造成<sup>68-70</sup>に関する研究が進められてきた。これらの技術的研究は以下のように要約される。①人工種苗生産時の浮遊幼生の餌料として、*Chaetoceros gracilis*, *C. calcitrans*, *C. ceratosporum* が適している。②人工種苗は波浪の影響を強く受けたり、海底地形が単調な放流場所では移動、分散が大きい。③コンブの生育する場所へ夏季に深所の大型個体を移殖すると、生殖巣が短期間で著しく増大する。また、タンバノリ *Pachymeniopsis elliptica* などの小型多年生海藻が生育する場所への移殖でも、生殖巣の量的な発達が図られる。④魚肉給餌により、生殖巣の量的な発達を促進できる。⑤北海道日本海沿岸において、投石により造成したホソメコンブ *Laminaria religiosa* 群落はキタムラサキウニの摂食により消失する場合がある。⑥宮城県や青森県ではキタムラサキウニを駆除すると同時に、マコンブ *L. japonica* を養殖して本種の群落が形成されるこ

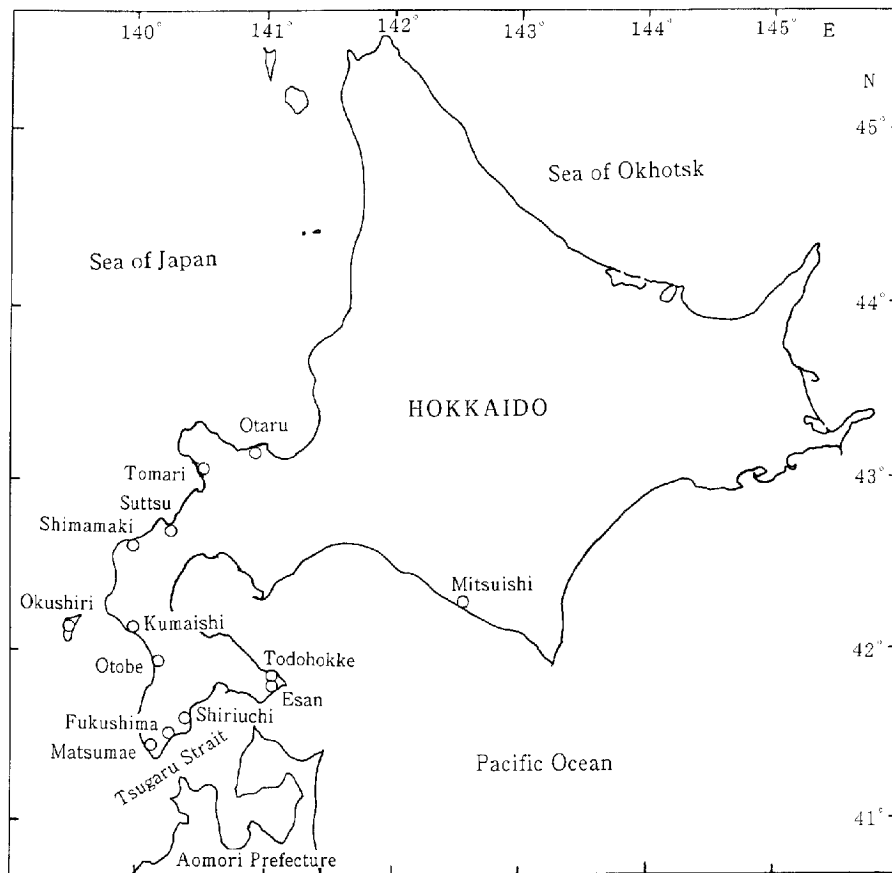


Fig. 2. Map showing the study sites in southern Hokkaido.



と、また、逆に移殖したキタムラサキウニの摂食によってタンパノリなど小型多年生海藻の駆除を行い、マコンブ群落の形成がみられること、などが明らかにされた。

以上の研究結果はいずれもキタムラサキウニ個体群の維持機構を明らかにするための重要な知見である。しかし、これらの知見は生活史の特定段階、あるいは限られた海域のものであり、本種の個体群維持機構を全生活史にわたって明らかにしているとはいえない。また、これまでキタムラサキウニ個体群の摂食活動によってもたらされる成長と生殖巣の量的な発達の機構についても明らかにされていない。さらに、稚仔の加入量の変動や成長の変動などを左右する要因についての研究は全く実施されてこなかったために、漁獲量の変動要因を明らかにするには至っていない。このため、本種の個体群維持機構に対応した資源の維持、管理技術や増殖技術が十分に開発されていないのが現状である。

本研究は、キタムラサキウニ個体群の維持機構を明らかにするために1980年から1995年にかけてFig. 2に示した北海道南部の13市町村沿岸におけるキタムラサキウニ個体群を対象に以下に示す内容で実施したものである。第II章から第V章では、まず、漁場内と漁場間の生殖巣の発達過程に影響する要因を明らかにする。つづいて浮遊幼生の出現、稚仔の生活場所および稚仔加入量の

年変動について、また、着底後に漁場内と漁場間でもたらされる成長差ならびに年変動の要因についてそれぞれ明らかにし、漁獲量の変動要因を論ずる。また、成長と生殖巣の量的発達をもたらす摂食活動を左右する要因について論ずる。

一方、北海道の積丹半島から渡島半島にかけての日本海沿岸漸深帯岩礁海底においては、直立する大型海藻群落を欠いて、サンゴモ科紅藻無節サンゴモが優占するサンゴモ平原<sup>71)</sup>が1960年代から顕著に持続している<sup>72)</sup>。この現象は、漁業生産の大きな損失をもたらすために“磯焼け”と呼ばれ<sup>73)</sup>、その持続の最も主要な要因がサンゴモ平原に過剰に生息するキタムラサキウニの高い摂食圧である<sup>31,33)</sup>と推定されている。第VI章と第VII章では、第II～V章で得られたキタムラサキウニの個体群生態学の基礎的な知見を応用して、キタムラサキウニ個体群の人為的な密度制御にもとづくサンゴモ平原における海藻群落の造成、および生殖巣の量的な発達が低下し、漁獲対象とされないサンゴモ平原に生息するキタムラサキウニを資源として利用するために、生殖巣の増大を促進させる養殖技術の確立に関する研究結果を述べる。最後に、キタムラサキウニ個体群の維持機構に対する人為管理の可能性と資源の維持と漁獲量増大のための具体的管理技術や増殖技術について考察を加えた。

## 第II章 生殖巣の発達

キタムラサキウニ個体群の更新は成体群の産卵にもとづく加入によってもたらされる。このため、成体群の生殖細胞の形成過程とその年周期をまず把握しなければならない。一方、キタムラサキウニは生殖巣が漁業生産の対象となるために、生殖巣の量的な発達が、漁場間あるいは同一漁場内の場所的な環境特性に対応してどのように異なっているかを明らかにする必要がある。これらの研究は個体群の維持と更新の機構を推定する上で重要であるとともに、キタムラサキウニの資源と漁場の管理ならびに増殖を図る上で基礎的な情報を提供する。

これまで各海域で、キタムラサキウニ成体群の生殖細胞の形成過程と年周期が調べられてきたが<sup>17,18,22-26)</sup>、多くは漁場内の極く限られた場所から得られた知見にとどまり、餌料となる海藻の組成や量と対応させて考察した例は少ない。生殖細胞の形成過程とその年周期ならびに量的な発達は、餌料の条件によって異なると考えられるので、個体群維持と更新の機構を推定するには、それらの条件を明確にした上で生殖周期や量的な発達を把握する必要がある。

本章では、キタムラサキウニの生殖細胞の形成過程を

漁場内の水深の異なる場所から得られた材料によって組織学的に明らかにする。また、生殖巣の量的な発達とその季節的な変化を漁場内と漁場間における餌料となる海藻の種類と量から検討した。

### 第1節 生殖細胞の形成過程と生殖巣指数の同一漁場内の場所による変異

#### 1) 材料と方法

津軽海峡西部の福島町浦和沿岸の水深2m(St. A)と沖合いの水深10m(St. B)とに調査点を定めた(Fig. 3)。両地点において1982年6月から1983年11月まで、ほぼ月1回の割合で、スキューバ潜水によってキタムラサキウニを各調査点から約30個体採集した。1983年6月にはSt. Bの位置が確認できなかったため、近くの水深12mのマコンブ養殖施設の直下で採集した。採集したキタムラサキウニは実験室に持ち帰った後、殻径、体重、生殖巣重量(g.湿重量)を測定した。1982年6月を除く各月においてJensenの方法<sup>74)</sup>によって採集個体の年齢を査定し、産卵期を9月として満年齢を求めた。これらの測定値から、生殖巣指数を下記の式により計算した。

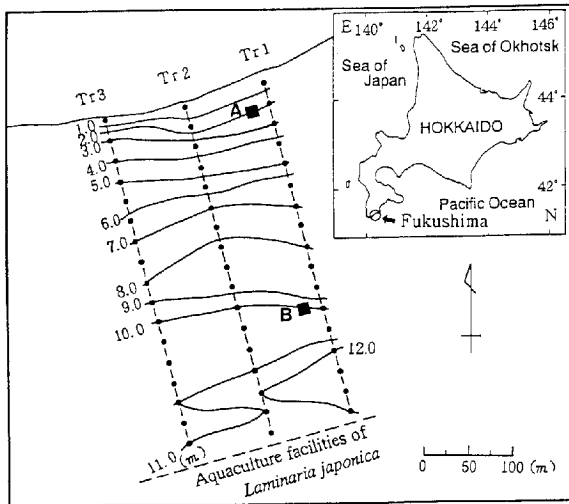


Fig. 3. Map showing the area surveyed off the coast of Fukushima faced on western Tsugaru Strait of Hokkaido. *Strongylocentrotus nudus* and marine algae were collected at each station (solid circles) along the three experimental lines by one square meter quadrat. Solid squares (A, B) represent the stations of monthly collection during the period from June 1982 through November 1983 for those gonad examination.

生殖巣指数 = 生殖巣重量 × 100 / 体重

これらのサンプルから毎月7~9個体を抽出し、生殖巣の小片を抽出し、ブアン氏液で固定したのち、通常のパラフィン法により6~7μm厚の切片を作成した。切片はマイヤーの酸性ヘマラウンとエオシンで二重染色し、Fujiの成熟過程の区分<sup>17)</sup>に従って組織学的に観察した。

キタムラサキウニの生殖巣指数の季節変化の漁場内での変異と海藻現存量の関係を明らかにする目的で、St. AとSt. Bを含む次の定点で調査を行った。すなわち、100m間隔に沖出し400m、水深12mまでの3本の調査線(Tr.1~Tr.3)を設け、調査線上に25m間隔に合計51の調査点を設けた(Fig. 3)。スキューバ潜水により、1983年6月20日、9月27日、1984年2月13日の3回、1×1mの方形枠によって、枠内のキタムラサキウニと着生している海藻を採集した。その際、水圧計で水深の測定も行った。水深3m以浅ではキタムラサキウニの個体数が少なかったため、調査点に隣接する場所からも無作為に24~30個体を採集した。採集したキタムラサキウニの殻径と体重ならびに生殖巣重量(g, 湿重量)を測定し、生殖巣指数を算出した。採集した海藻は種名を同定し、種別に湿重量(g)を測定した。

生殖細胞の形成に影響をおよぼすと考えられる調査期

間中の水温は、福島町吉岡沿岸における観測値<sup>75, 76)</sup>を引用した。

## 2) 結果

### (1) 採集したキタムラサキウニの大きさや年齢

調査期間中の水温は、調査を開始した6月以降上昇し、8月下旬に20.6℃の最高値を示した後、1983年2月中旬までに7.8℃まで低下した。その後、3月まで、水温は7℃前後で低く推移したが、4月以降急激に上昇し、8月中旬の22.7℃の最高値に達した後に再び著しい低下を示した(Fig. 4)。

St. AとSt. Bで採集したキタムラサキウニの殻径、体重および年齢をTable 1に示す。キタムラサキウニの

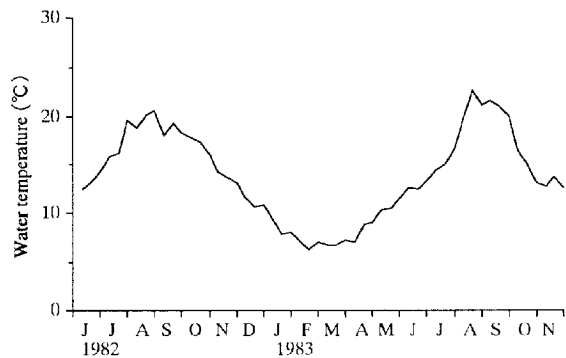


Fig. 4. Sea surface water temperature at Yoshioka near Urawa during the period from June 1982 through November 1983.

平均殻径と体重は、St. Aではそれぞれ50mm前後、40~76gで、満3歳から10歳を超えるものまでみられたが、特に満6歳を超える個体が多かった。St. Bでは殻径、体重それぞれ55mm以上、70g以上の大型個体が多く、満3歳から10歳を超える個体が出現したが、St. Aに比べて10歳を超える高齢個体の割合が高かった。また、1983年6月にマコンブ養殖施設の下で採集した個体は、平均殻径が85.7mmと著しく大きく、10歳を超える高齢な個体が全体の61%を占めた。

### (2) 生殖巣の成熟過程

St. AとSt. Bにおけるキタムラサキウニの生殖巣を組織学的に観察した結果(Fig. 5)、生殖巣の成熟過程は、回復期(Fig. 5, 1A, 1B)、成長期(2A, 2B)、成熟前期(3A, 3B)、成熟後期(4A, 4B)および放出期(5A, 5B)の5段階に分けることができた。雌雄をこみにした各成熟段階毎の出現個体数の季節変化を、St. AとSt. Bとに分けてFig. 6に示す。生殖巣は、両地点ともに1月から5月にかけては徐々に回復期から成長期へ、6月から8月にかけての短期間に急速に成長期から成熟後期へと移行した。成熟卵は6月から11月にいたる間に観察され、9月の卵巣小

Table 1. Average test diameter, body weight and age composition of *Strongylocentrotus nudus* collected at Sts. A and B off the coast of Urawa in Fukushima

Date	St.A (2 m depth)										St.B (10m depth)															
	Number of individuals	Test diameter (mm)	Body weight (g)	Number of individuals in each age										Number of individuals	Test diameter (mm)	Body weight (g)	Number of individuals in each age									
				III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X<					III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X<	
Jun.18.1982	49	47.2 ± 3.8	42.0 ± 11.5										23	53.3 ± 5.8	69.6 ± 26.0											
Jul.30	34	48.7 ± 5.4	53.1 ± 16.6					2	8	9	2	3	3	28	60.9 ± 2.8	79.8 ± 13.4					1	7	5	3	3	4
Aug.30	30	47.7 ± 5.0	46.8 ± 11.9					2	12	3	4	2	1	4	29	65.5 ± 4.6	108.2 ± 20.9	2	1	2	3	5	7	5	4	
Sep.30	30	50.1 ± 4.4	59.3 ± 13.8					2	7	10	3	2														
Nov.18	30	47.2 ± 3.3	46.8 ± 10.7					2	3	5	1	5	5	9	30	58.7 ± 3.5	79.7 ± 15.4			2	3	5	1	5	5	9
Dec.16	30	51.6 ± 5.1	60.3 ± 14.3					2	5	10	10	3	30	71.8 ± 4.5	148.8 ± 26.8					1	2	1	5	8	13	
Jan.26.1983	30	48.0 ± 4.5	50.7 ± 15.5					2	6	8	12	2	27	69.0 ± 7.1	139.0 ± 34.4	1						2	3	5	6	10
Feb.17	30	50.1 ± 3.9	58.5 ± 12.6	1	1	1	6	11	8	2	30	71.6 ± 5.8	152.2 ± 40.6					1	1	7	9	6	6			
Apr. 8	29	48.0 ± 4.4	50.9 ± 14.2					1	2	13	6	5	2	30	76.7 ± 7.6	176.2 ± 48.4			1	1	1	1	2	6	8	10
May.26	30	50.8 ± 3.7	58.9 ± 11.8					1	3	4	8	6	8	30	67.4 ± 5.6	129.7 ± 32.9					1	2	2	4	7	14
Jun.27	24	48.4 ± 3.8	54.2 ± 12.9					1	5	7	6	4	1	28*	85.7 ± 5.3	293.7 ± 49.0					1	7	2			17
Jul.26	30	53.4 ± 6.0	76.0 ± 25.4	1	1			2	1	10	6	7	2	30	69.5 ± 6.8	134.9 ± 39.1			1		2	3	4	3	2	15
Aug.31	30	54.4 ± 4.7	68.3 ± 16.1					3	5	9	10	3	29	78.7 ± 4.9	185.1 ± 34.3					1		1	6	4	16	
Nov.21	29	49.2 ± 3.2	56.5 ± 11.9					2	3	10	6	5	3	30	73.1 ± 7.0	153.1 ± 40.2					1	1	1	3	4	20

\*Sea urchins collected under the cultivation apparatus of *Laminaria japonica*.

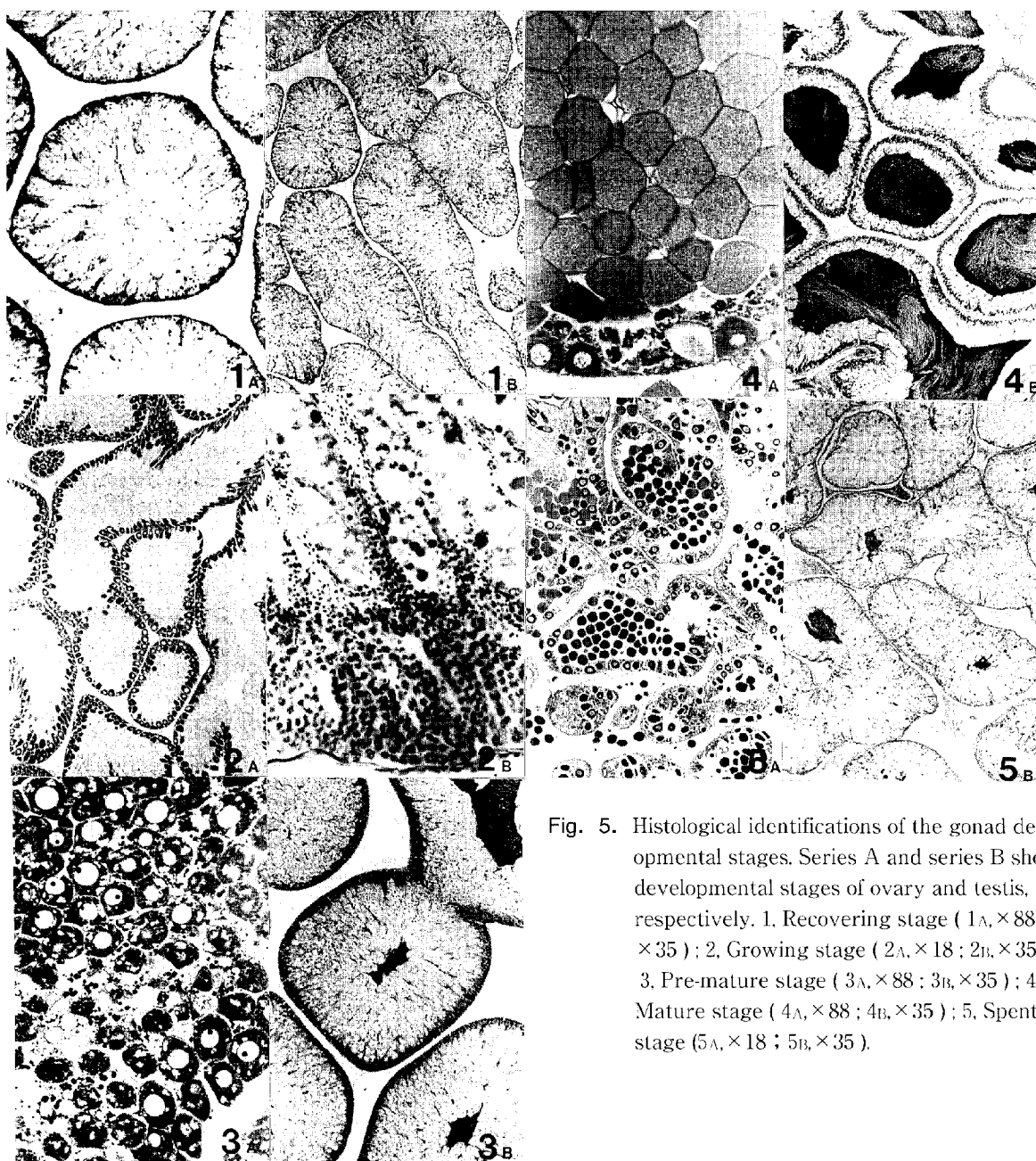


Fig. 5. Histological identifications of the gonad developmental stages. Series A and series B show developmental stages of ovary and testis, respectively. 1, Recovering stage (1A, × 88 ; 1B, × 35) ; 2, Growing stage (2A, × 18 ; 2B, × 352) ; 3, Pre-mature stage (3A, × 88 ; 3B, × 35) ; 4, Mature stage (4A, × 88 ; 4B, × 35) ; 5, Spent stage (5A, × 18 ; 5B, × 35).

囊内には顕著な空隙がみられ、また、栄養細胞の長径が極端に小さくなっている (Fig. 5-5A) ことから、9月以降に卵の放出が行われたとみなされた。このため、産卵期は9月から10月であると考えられた。放出期の精子

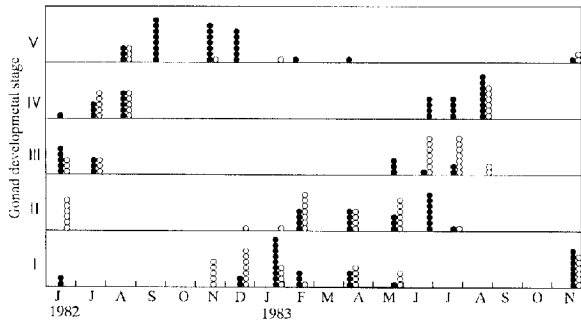


Fig. 6. Annual cycles in the gonad developmental stages at station A (solid circles) and station B (open circles).

I: Recovering stage, II: Growing stage, III: Pre-mature stage, IV: Mature stage, V: Spent stage.

(Fig. 5-5B) も大部分が9月にみられたことから、放卵と同時に放出されたと考えられる (Fig. 6)。その後、生殖巣は、St. Aでは1982年9月下旬以降12月まで放出期の状態が続いた。これに対して、St. Bでは11月中旬に一部放出期の個体がみられたが、大部分は回復期へ移行していた。5月にはSt. Bでは成長期の個体が最も多いが、St. Aでは成長期から成熟前期の個体が多かった。また、1983年7月にはSt. Bで成熟前期が主体となっているのに対して、St. Aは成熟後期が多く、St. Aの方がSt. Bよりも成熟過程が進行していたことを示している。しかし、1983年6月のSt. Bのサンプルは、マコンブ養殖施設の直下で採集したキタムラサキウニであり、St. Aより生殖巣の成熟が進んでおり、前年にSt. Bで採集した個体に比べて成熟がより進行し、成熟前期に達していた。

(3) 生殖巣指数の季節変化

St. AとSt. Bにおけるキタムラサキウニの生殖巣指数の季節的变化をFig. 7に示す。St. Aにおける生殖巣指

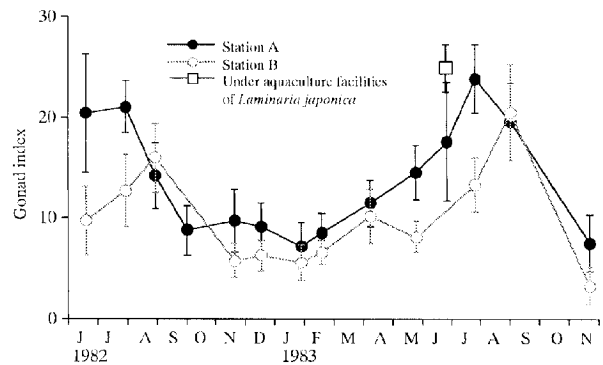


Fig. 7. Seasonal changes in mean gonad index with standard deviation at station A and B.

数は7月下旬に最高値に達し、8月から9月にかけて急激に低下した後、11月中旬~1月下旬にかけてほぼ横ばいの状態で推移した。その後、2月から徐々に上昇し、7月下旬には再び最高値に達した。一方、St. Bにおいては最高値に達する時期は8月下旬で、St. Aと比べて約1カ月おくれた。このことは、1983年8月には両地点とも成熟後期の個体が主体となるが (Fig. 5)、St. Bでは成熟前期の個体も出現することから考え、St. BではSt. Aに比べて産卵が遅かったことを示しているものと考えられる。その後、生殖巣指数は9月から11月にかけて急激に下降した。最低値を示した期間や上昇を開始した時期はSt. Aとほぼ等しかったが、再び最高値を記録した時期は8月下旬で前年同様St. Aと比べて1カ月遅れた。両調査点におけるキタムラサキウニの生殖巣指数は、St. Aの値が下降期に入った後にSt. Bが最高値を示す8月を除けば周年St. AがSt. Bに比べて高かった。また、1983年6月にマコンブ養殖施設の直下で採集した個体の生殖巣指数は25.1であり、この値はSt. Aでの最高値と比較しても高かった (Fig. 7)。

Table 2. List of marine algae in the area surveyed off the coast of Urawa in Fukushima

Phylum	Species	July 20, 1983	Sep. 27, 1983	Feb.13,1984
CHLOROPHYTA	<i>Ulva pertusa</i>	+		
PHAEOPHYTA	<i>Dictyopteris divaricata</i>	+		
	<i>Desmarestia viridis</i>	+		+
	<i>Colpomenia sinuosa</i>	+		+
	<i>Laminaria japonica</i>	+		+
	<i>Agarum cribrosum</i>	+	+	+
	<i>Undaria pinnatifida</i>	+		+
	<i>Sargassum confusum</i>	+		+
	<i>S. thunbergii</i>	+		
RHODOPHYTA	<i>Neodilsea yendoana</i>	+		+
	<i>Pachyarthon cretaceum</i>	+		+
	<i>Corallina pilulifera</i>	+		+
	<i>Delesseria violacea</i>		+	

(4) 漁場内における生殖巣指数と餌料環境

6月, 9月と2月に出現した海藻の種類をTable 2に示す。6月と2月には, ケウルシグサ *Desmarestia viridis*, フクロノリ *Colpomenia sinuosa*, ワカメ *Undaria pinnatifida*, スメハノリ *Delesseria violacea*などの春季に出現する1年生海藻に加えて, 2年生褐藻マコンブと多年生褐藻アナメ *Agarum cribrosum*など緑藻, 紅藻を含めて, それぞれ12種および10種が出現した。これに対して, 9月にはアナメ1種しか出現しなかった。

水深による海藻の現存量の変化をFig. 8に示す。海底は以下に述べる海藻の出現状況から0~3m, 3~6m, 6~9mならびに9~12mの4水深帯に区分けされた。水深0~3mは, 季節的にワカメとフシシジモク *Sargassum confusum*ならびにスメハノリが出現する水深帯である。水深3~6mでは, 周年無節サンゴモが優占し, 季節的にアナメ, フクロノリ, ケウルシグサが出現する。水深6~9mはアナメが周年出現し, 季節的にケ

ウルシグサ, マコンブ, フクロノリなども出現するが, 9月と2月にはアナメが減少して無節サンゴモが優占する。また, 水深9~12mは周年アナメが優占し, 季節的にマコンブ, ケウルシグサも出現する。

いずれの調査時期でも, 水深別の海藻現存量には調査線間での有意な差は認められなかった (Kruskal Wallisの検定法,  $p > 0.05$ ) ので, 3調査線をこみにして4水深帯毎の平均現存量を求めTable 3に示した。調査線全体の平均現存量は, 6月に214.1g/m<sup>2</sup>と最も高く, 9月と2月にはともに38.6g/m<sup>2</sup>と低い値を示し, 各月間で有意な差が認められた (Kruskal Wallisの検定法,  $p < 0.05$ )。4水深帯間では6月と9月に有意差が認められたが (Kruskal Wallisの検定法,  $p < 0.01$ )。2月には認められなかった (Kruskal Wallisの検定法,  $p > 0.05$ )。現存量の季節変化を各水深帯毎にみると次のようになる。潮間帯に続く水深0~3mでは, 6月には145.0g/m<sup>2</sup>であるが, 9月には出現せず, 2月は72.6g/m<sup>2</sup>となる。3~6mの

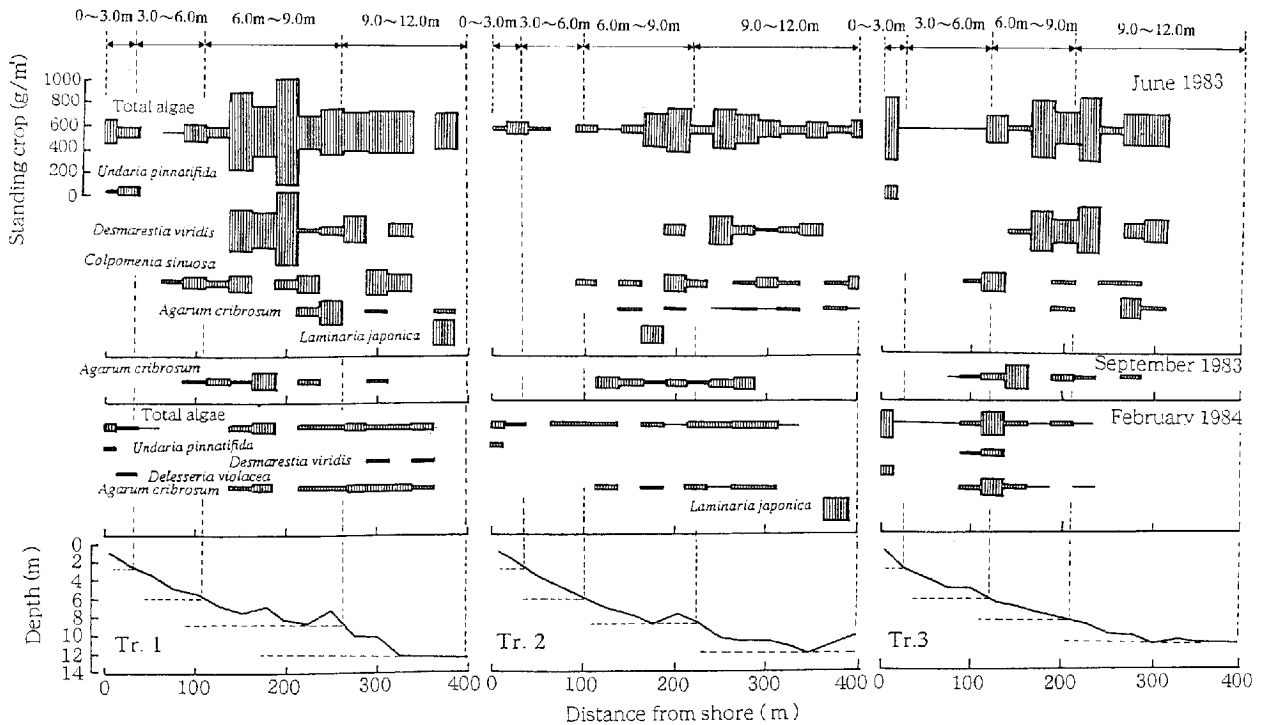


Fig. 8. Distributional pattern of marine algae standing crop with the bottom topography of three transects (Tr. 1 ~3) at the survey area of Fukushima in June, September 1983 and February 1984.

Table 3. Average standing crops (g/m<sup>2</sup>) of marine algae in four depth zones of the survey area

Depth	Jun. 20, 1983		Sep. 27, 1983		Feb. 13, 1984	
	mean	s.d.	mean	s.d.	mean	s.d.
0 ~ 3.0m	145.00	205.77	0.00	0.00	72.62	87.90
3.0 ~ 6.0m	24.80	51.10	1.30	3.29	8.64	12.80
6.0 ~ 9.0m	333.07	259.55	71.39	76.26	41.20	54.64
9.0 ~ 12.0m	233.19	47.87	46.15	55.04	46.31	63.52
Total	214.11	216.82	38.60	62.87	38.60	59.57

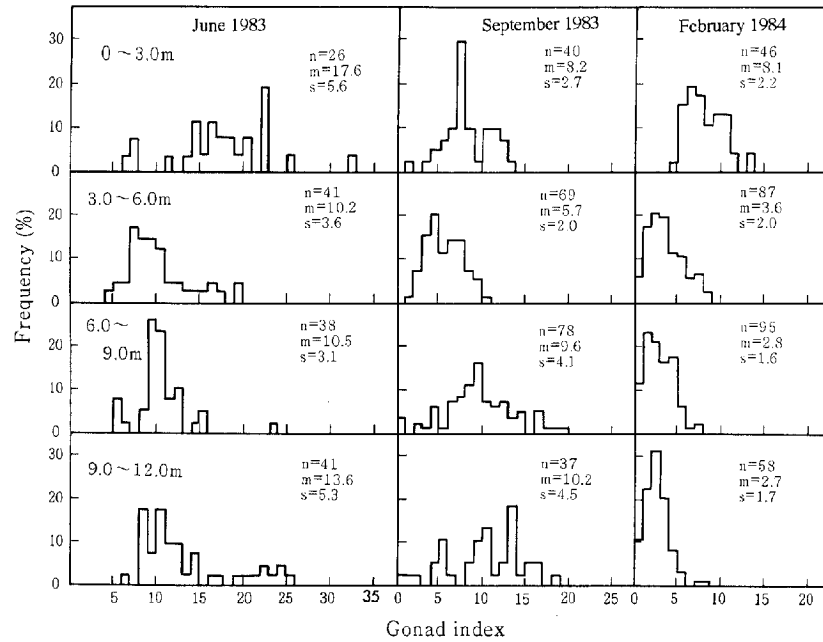


Fig. 9. Frequency distribution of gonad indices by four depth zones of 0-3.0, 3.0-6.0, 6.0-9.0 and 9.0-12.0m.

水深帯では、6月、9月、2月にそれぞれ24.8g/m<sup>2</sup>、1.3g/m<sup>2</sup>ならびに8.6g/m<sup>2</sup>と他の水深帯に比べて極めて小さかった。これに対して、水深6~9mでは、6月に333.1g/m<sup>2</sup>、9月に71.4g/m<sup>2</sup>、2月に41.2g/m<sup>2</sup>と比較的多かった。9~12mではそれぞれ233.2g/m<sup>2</sup>、46.2g/m<sup>2</sup>ならびに46.3g/m<sup>2</sup>と6月と9月の現存量は水深6~9mに次いで多かった。このように、生育する海藻の種類と現存量は水深帯によって時期的に明瞭に異なっていた。

3調査線で採集したキタムラサキウニの生殖巣指数は調査した3回とも各調査線間で有意な差が認められなかった (Kruskal Wallisの検定法,  $p > 0.05$ ) ので、3調査線をごみにして殻径50mm以上の個体の生殖巣指数の頻度分布を水深帯別に示した (Fig. 9)。生殖巣指数は、どの水深帯でも6月に最も高く、2月に最も低い傾向を示した。しかし、水深帯間では、各月とも有意な差が認められた (Kruskal Wallisの検定法,  $p < 0.01$ )。すなわち、6月には、ワカメやフシシジモクが生育した水深0~3mで17.6と最も高く、つづいてアナメ、マコブが多く出現した9~12mで13.6と高い傾向が認められた。しかし、水深6~9mでの生殖巣指数はアナメとケウルシグサの生育によって、他の水深帯と比べて海藻の現存量が最も高かったにも関わらず、10.5と低かった。また、海藻現存量が極めて少なかった3~6mの生殖巣指数は10.2と最も低かった。9月には、9~12mで最も高く、つづいて6~9mでの値が高く、アナメが優占した深所で比較的指数値が高くなる傾向が認められた。2月には、ワカメが優占し、海藻の現存量が最も高かった水

深0~3mでの生殖巣指数は8.1であり、4未満である他の水深帯よりも明らかに高かった。

## 第2節 生殖巣指数の漁場間の変異

### 1) 材料と方法

生殖巣指数の変化と餌料環境の関係を漁場間で比較するために、北海道日本海南部の乙部町元和沿岸の水深3~5m、津軽海峡西部の知内町小谷石沿岸と東部の恵山町日浦沿岸のそれぞれ水深3~5mと4~6m、さらに北海道日本海中部の寿都町六条沿岸の水深1~5mの4海域について調査を行った (Fig. 10)。調査期間は、乙部町では1983年6月から1984年5月まで、知内町では1986年4月から1987年3月まで、寿都町では1990年8月から1991年7月までの各1年間、また、恵山町では1983年9月から1984年5月の9カ月間である。各調査海域では、ほぼ月1回の割合で殻径50mm以上のキタムラサキウニを約30個体ずつ採集し、生殖巣重量 (g.湿重量) を測定し、生殖巣指数を求めた。また、乙部町で1983年6月、知内町で1985年7月、恵山町で1983年6月、また、寿都町で1990年7月の調査時には、キタムラサキウニの採集と同時にキタムラサキウニを採集した周辺において、1×1mの方形枠を用いて、それぞれ12、77、12ならびに48地点から、海藻を採集し、種別の湿重量を求めた。

### 2) 結果

#### (1) 生殖巣指数の季節変化

乙部町、知内町、恵山町ならびに寿都町の4海域における生殖巣指数の季節変化を Fig. 11 に示した。寿都町

を除くいずれの海域においても、生殖巣指数は7~8月に20以上と最も高くなり、10~11月には10以下へと急激に下降し、その後2月以降に上昇し、福島町における生殖巣指数の季節変化(Fig. 7)と同様の傾向を示した。しかし、福島町では生殖巣指数が11月~2月にかけて10以下で低く推移した(Fig. 7)のに対して、知内町では10以上に増加し、恵山町でも12月には12.4となり、いずれも産卵後の生殖巣の量的な発達及早かった。一方、寿都町におけるキタムラサキウニの生殖巣指数は、春季から夏季にかけて増加傾向を示しはするが、周年10未満と極めて低く推移した。

(2) 餌料環境

乙部町、知内町、恵山町ならびに寿都町沿岸のキタムラサキウニを採集した場所周辺の6~7月の海藻の種別の平均現存量をTable 4に示す。海藻現存量は、各海域間で有意な差が認められた(Kruskal Wallisの検定法,  $p < 0.01$ )。現存量は各海域でばらつきが大きい、その平均値でみると、恵山町沿岸でチガイソ *Alaria crassifolia* とガゴメ *Kjellmaniella crassifolia* ならびにマコンブの各1kg/m<sup>2</sup>前後の生育量を反映して3.4kg/m<sup>2</sup>と最も高かった。これに次いでマコンブが1.8kg/m<sup>2</sup>を記録した知内町沿岸での2.2kg/m<sup>2</sup>が高かった。ホソメコンブとエゾノネジモク *Sargassum yessoense* がそれぞれ

367g/m<sup>2</sup>および218g/m<sup>2</sup>を記録した乙部町沿岸では871g/m<sup>2</sup>と前2海域に比べて低かった。それらに対して、寿都町沿岸ではマギレソゾ *Laurencia saitoi* 1種のみが出現し、その現存量は1.4g/m<sup>2</sup>と極めて小さく、海底は無節サンゴモが優占していた。

第3節 考察

福島町の浅所と深所に生息するキタムラサキウニの生殖巣の組織学的観察、および乙部町、知内町、恵山町の各海域におけるキタムラサキウニの生殖巣指数の季節変化の比較から、いずれの海域においても産卵期は9月から10月の同一時期にあるとみなされる。また、北海道津軽海峡中部の石谷沿岸<sup>18)</sup>、噴火湾に面する志海岩沿岸<sup>19)</sup>、日本海中部の余市沿岸<sup>20)</sup>と同北部の礼文島、大売島ならびに稚内沿岸<sup>21)</sup>、青森県奥戸沖<sup>21)</sup>、京都府若狭湾沿岸<sup>26)</sup>でも9月から10月の期間が産卵期であり、キタムラサキウニの産卵期はこれら広域にわたる海域で9月から10月とほぼ同時期であることがわかる。この時期は京都府若狭湾沿岸では25℃から20℃へ、他の沿岸では本研究結果と同様に20℃から16℃へいずれも水温が下降する時期に相当していることで共通している(Fig. 4)。したがって、キタムラサキウニの産卵には9月から10月の水温の下降と関連したメカニズムが存在するものと考えられる。産卵期間中の4腕期幼生は、低気圧の接近によ

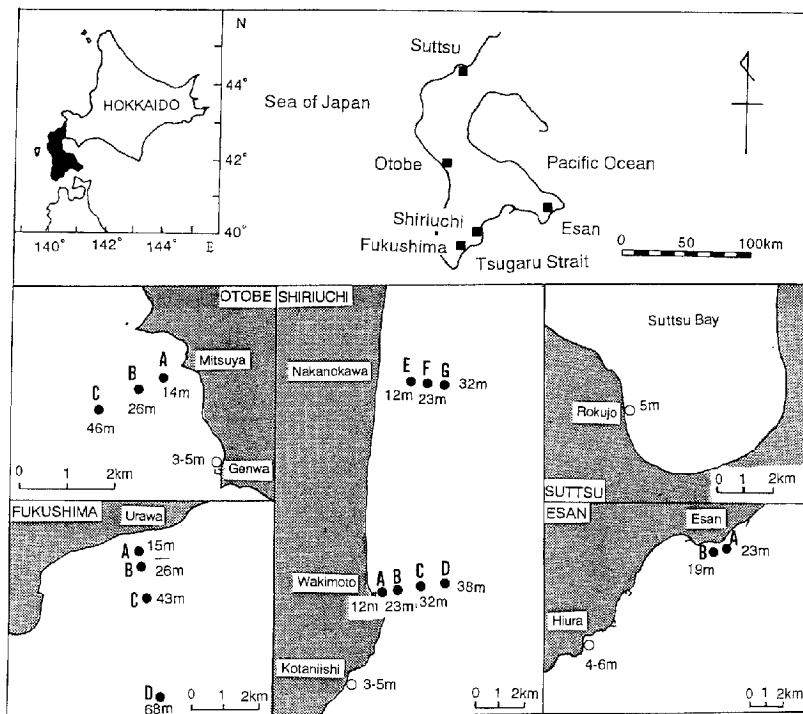


Fig. 10. Map showing areas surveyed. Open circles and solid circles represent sampling sites of adults and echinopluteus larvae.

Table 4. Average standing crops (g/m<sup>3</sup>) of marine algae in four areas where *Strongylocentrotus nudus* were collected for gonad indices examination off the coast of Sutttsu, Otobe, Shiriuchi and Esan

Phylum	Species	Sutttsu		Otobe		Shiriuchi		Esan				
		Rokujo		Genwa		Kotaniishi		Hiura				
		Jul. 3, 1990		Jun.6, 1983		Jul.4.5. 1985		Jul. 19, 1983				
		M	S	M	S	M	S	M	S			
SPERMATOPHYTA	<i>Phyllospadix iwatensis</i>			9.42	29.13					66.67	250.65	
CHLOROPHYTA	<i>Ulva pertusa</i>					45.09	70.80					
PHAEOPHYTA	<i>Dictyopteris divaricata</i>			1.25	2.80							
	<i>Desmarestia viridis</i>					163.17	151.32					
	<i>Punctaria latifolia</i>					0.03	1.09					
	<i>Colpomenia sinuosa</i>			5.33	14.16							
	<i>Laminaria japonica</i>					1835.82	2568.79	841.67	3007.96			
	<i>L. religiosa</i>			367.21	900.61							
	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>									1016.56	3334.78	
	<i>Agarum cribrosum</i>							1.74	3.58			
	<i>Costaria costata</i>							108.69	226.84	71.44	256.37	
	<i>Undaria pinnatifida</i>			105.00	188.34	5.97	11.46					
	<i>Alaria crassifolia</i>					4.18	9.68	1260.56	3430.21			
	<i>Cystophyllum hakodatense</i>			0.67	2.21	66.67	249.44					
	<i>Sargassum yessoense</i>			218.00	425.70							
	<i>S. confusum</i>			65.08	117.94							
	RHODOPHYTA	<i>Asparagopsis hamifera</i>			1.50	4.97						
		<i>A. taxiformis</i>			53.83	97.69						
<i>Neodilsea yendoana</i>				3.08	9.64	0.27	3.11	7.11	21.94			
<i>Corallina pilulifera</i>						5.16	13.49					
<i>Grateloupia filicina</i>						0.40	1.11					
<i>G. turuturu</i>				0.83	2.76							
<i>Rhodoglossum pulcherum</i>				0.83	2.76							
<i>Chondrus ocellatus</i>						3.58	11.42					
<i>C. yendoi</i>				0.33	1.11	5.45	20.11	7.44	27.85			
<i>C. armatus</i>								15.67	58.62			
<i>Rhodymenia palmata</i>						0.52	2.09					
<i>Lomentaria hakodatensis</i>										1.11	4.16	
<i>Campylaeophora crassa</i>						35.33	110.68					
<i>C. hypnaeoides</i>						0.67	2.21					
<i>Laingia pacifica</i>								0.22	1.26			
<i>Chondria crassicaulis</i>								0.03	0.14			
<i>Laurencia nipponica</i>						2.50	8.29	0.54	0.13	1.56	5.82	
<i>L. saitoi</i>			1.40	3.10								
<i>Symphocladia latiuscula</i>					0.08	0.28						
<i>Odonthalia corymbifera</i>										79.17	215.17	
Total		1.40	3.10	870.94	1213.28	2180.86	1326.77	3436.50	2682.28			
Number of 1m <sup>2</sup> quadrats		48		12		77		12				

M and S represent mean and standard deviation, respectively.



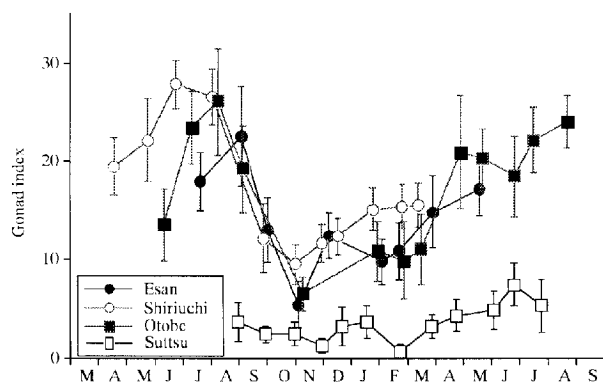


Fig. 11. Seasonal changes in gonad indices of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Esan, Shiriuchi, Otobe and Suttso in southern Hokkaido.

る波浪が強かった日の数日後に出現することが、北海道北部日本海の利尻島沿岸で明らかにされている<sup>77)</sup>。このことは、時化による水温の低下など物理環境要因の変化と産卵が関連していることを示すと考えられる。一方、浅所で生殖小嚢内に卵と精子を残存した状態である放出期が12月まで継続していたことは、浅所での産卵期間が深所よりも比較的長期間にわたっていることを示している。この浅所での産卵期間が比較的長期間にわたった原因については、水温低下の時間経過など環境条件との関係について今後明らかにする必要がある。

ウニ類の食物同化量に対する生殖巣の増重量については、エゾバフンウニで高齢になるほど増大すると報告されている<sup>78)</sup>。また、エゾバフンウニの生殖巣指数の場合は殻径7 cm以上になると、逆に減少することが指摘されている<sup>79)</sup>。このことは、生殖巣の増重がある年齢に達すると低下することを示唆している。本研究での福島町沿岸における観察結果では、1983年6月にマコンプ養殖施設の下で採集したキタムラサキウニは、10歳を超える高齢個体が多いのにもかかわらず、7~9歳個体を主とする浅所のSt. Aと比べて高い生殖巣指数を示した(Fig. 7)。養殖施設の下は春~夏にかけて施設から間引かれたり、流失したりするマコンプが餌料として供給されていると考えられること、およびキタムラサキウニの寿命は満14~15歳<sup>2)</sup>でエゾバフンウニの寿命の満6~10歳<sup>1)</sup>と比べて長命であることの2点から、キタムラサキウニは10歳を超える高齢の個体であっても、餌料条件が保障されれば生殖巣の増大を維持できるものと考えられる。したがって、福島町沿岸のキタムラサキウニの生殖巣指数が8月を除く各月で、深所より浅所の方で常に高く、また最高値に達する時期も1カ月ほど早かったことは、深所の水深10mには生殖巣の発達に必要な餌料量

が不足していたことを示すものであろう。

福島町浦和沿岸の漁場内では、生殖巣が量的に増大する時期に相当する6月の生殖巣指数が水深0~3.0mで最も高く、続いて9.0~12.0mで高かった(Fig. 9)。このことは水深9.0~12.0mでは2月と6月に餌料価値の高いマコンプ<sup>53,54)</sup>が、水深0~3.0mでは、生育量は少ないが、2月と6月に餌料価値の高いワカメ<sup>55)</sup>が生育する(Fig. 8)ことによるものと考えられる。一方、最も海藻現存量の多かった水深6.0~9.0mで、6月に生殖巣指数が低かったのは、摂食を阻害するポリフェノールを多量に含有するアナメ<sup>80)</sup>と、物理的な掃き出し作用(Sweeping action)を有するケウルシグサ<sup>81)</sup>が優占していたことによると考えられる。一方、水深3.0~6.0mで生殖巣指数が最も低いのは、餌料量が少ないことによる。このように生殖巣の増大は餌料海藻の種類と量に左右されると考えられる。また、成長期から成熟後期にいたる生殖巣の成熟過程が、深所より浅所の方が若干早く進行した(Fig. 6)ことは、餌料海藻の種類と量が生殖巣の増大に対するとともに、生殖細胞の形成の進行速度にも影響する可能性を示している。

9月に6.0~12.0mの水深帯で生殖巣指数が浅所に比べて高かったのは、St. AとSt. Bの生殖巣指数の季節変化に示されたように、浅所ではすでに産卵により指数が低下しているのに対して、深所では産卵前の状態であったものと考えられる。

漁場間の違いについて言えば、知内町と恵山町で産卵後の11~2月においても生殖巣指数が10以上と高く推移したのは、チガイソ、ガゴメ、マコンプなどの多年生大型褐藻の生育によって、産卵後に増加する摂食量が充足されるために、生殖巣の回復が早かったためと思われる。また、餌となる海藻が極めて少ないサンゴモ平原の寿都町では、生殖巣指数が他の地域に比べて周年低く推移した(Fig. 11)。このように、キタムラサキウニにおいても他のウニと同様に、生殖巣の量的な発達には食物となる海藻の量と種類が大きく関与し<sup>78,82,83)</sup>、産卵後から成熟に至る秋季から夏季の期間に摂食できる海藻の種類と量が生殖巣の量的な発達の違いをもたらすものと考えられる。

本研究の結果、キタムラサキウニの生殖細胞の形成過程は、1月~5月に回復期から成長期へ、6月~8月に成長期から成熟後期へ移行し、9~10月に放出期へと移行する。餌料となる海藻の種類と量によって、生殖巣の量的な発達の漁場内あるいは漁場間の差をもたらすことが明らかになった。

### 第三章 浮遊生活期と底生生活初期の生態

個体群の大きさは高齢群の死亡と加入群による更新によって決定されるので、加入量に関わる浮遊生活期から底生生活初期の生態を把握することは、キタムラサキウニ個体群の維持機構を解明する上で重要である。さらに、稚仔の加入量の変動機構を明らかにすることは、キタムラサキウニの資源管理や増殖技術の高度化を図るうえでも重要な知見を提供する。キタムラサキウニは、水温が下降する9月以降に産卵し、水温20~22℃の飼育条件下では約15日間の浮遊生活期<sup>60)</sup>を経た後、着底、変態し、底生生活に移行する。エゾバフンウニでは浮遊生活期における減耗率が極めて高く<sup>27,80)</sup>、これに続く稚仔期においても減耗率が高いことが飼育実験と野外観察で明らかにされている<sup>27)</sup>。キタムラサキウニにおいてもこの発育段階での減耗が大きいことが予測される。キタムラサキウニの加入を大きく左右する浮遊期<sup>61)</sup>の生活については、人工種苗生産技術を確立する過程でいくつかの研究が実施されてきたが<sup>39,40,61)</sup>、野外個体群の稚仔の加入機構を解明するには至っていない。

津軽海峡では高温、高塩分の対馬暖流から分かれた津軽暖流が、日本海から太平洋に向けて流れる。キタムラサキウニの産卵期である夏季から秋季にかけては津軽暖流の流量が増大し、冬季から春季にかけて減少する<sup>86)</sup>。したがって、この海域の沿岸で生活するキタムラサキウニ浮遊幼生の移動、分散および生残は、夏から秋季の対馬暖流の海水の流動に大きく影響を受けるものと考えられる。

本章では、浮遊幼生の出現時期を把握し、底生稚仔の出現場所の特徴を海藻群落との関係で考察する。さらに、稚仔加入量の年変動の実態と、加入量を左右する要因を検討し、漁獲量の年変動との関係について考察する。

#### 第1節 浮遊幼生の出現

##### 1) 材料と方法

キタムラサキウニ浮遊幼生の出現状況を調べるために、1982年から1985年にかけて、北海道日本海南部の乙部町と津軽海峡に面する福島町、知内町および恵山町の4海域沿岸に、各2~7調査点を設定した(Fig. 10)。乙部町では1983年9~11月に3調査点で5回、福島町では1982年7月~1983年3月にかけて4調査点で26回、恵山町では1982年7月~11月と1983年8月~1984年1月にかけて、2調査点でそれぞれ10回および5回調査した。知内町では7調査点でほぼ周年にわたり、特に6~7月と9~11月に調査回数を多くして、合計87回調査した。

各調査地点では、口径30cm、目合XX13のプランクト

ンネットを海底から海面まで鉛直に1回引いて浮遊幼生を採集した。それを5%中性ホルマリン海水で固定した後、実体顕微鏡を用いて浮遊幼生を4腕期、6腕期、8腕前期、8腕後期ならびに変態期の5つの発育段階<sup>72)</sup>に分けた個体数の計数を行い、プランクトンネットの濾水率を100%として、各採集地点での1mあたりの密度に換算した。

##### 2) 結果

1mあたりに換算したキタムラサキウニ浮遊幼生の発育段階別の密度を海域別にTable 5に示す。

日本海に面する乙部町沿岸におけるキタムラサキウニの4腕期幼生は9月30日をピークとして、9月の中~下旬に集中して出現し、特に沖側の調査点の密度が高かった。6腕期以後の発育段階の幼生もすべての調査日に出現したが、4腕期と比べて著しく密度が低かった。また、変態期幼生は9月30日以降に出現した。

津軽海峡に面する福島町、知内町、恵山町の各沿岸域においては、4腕期幼生は8月から10月にかけて出現し、9月ないし10月に出現のピークがみられた。これら3沿岸域では、沖側と岸側で密度に顕著な差は認められなかった。ピーク時の4腕期幼生の密度は、乙部町沿岸の204個体/m<sup>2</sup>に比べて最も多い知内でも59個体/m<sup>2</sup>と著しく低かった。また、6腕期から8腕前期にかけての幼生は、9月ないし10月の4腕期幼生の出現のピーク時以降に出現した。8腕期幼生は福島町沿岸で9月下旬~10月下旬にかけて若干出現したが、知内町と恵山町沿岸では出現しなかった。この海域においては、変態期幼生は出現しなかった。

#### 第2節 底生稚仔の生活場所

##### 1) 材料と方法

底生稚仔の生活場所と分布様式を把握するために、生殖巣指数の季節変化の調査で福島町浦和沿岸に設定した3調査線上の51調査点で(Fig. 3)、1983年6月、9月ならびに1984年2月にスキューバ潜水により、1×1mの方形枠を用いて枠内に生息するキタムラサキウニを採集した。採集したキタムラサキウニをJensenの方法<sup>44)</sup>によって年齢査定し、9月を産卵期とした満年齢で年齢組成を求めた。また、調査線に沿って底質の特徴を記録した。キタムラサキウニの分布集中度をMorisitaのI $\delta$ 指数<sup>88)</sup>で、0歳~1歳群と2歳以上の群の分布相関をMorisitaのR $\delta$ 指数<sup>89)</sup>で下記により求めた。

$$I\delta = n \sum nx_i(x_i - 1) / N(N - 1)$$

ただし、nは標本区数、Nは総個体数、xiはi番目の標本区の個体数を示す。

$$R\delta = q \sum_{i=1}^q nxiny_i / N_x N_y - 1$$

ただし、qは標本区数を示す。nxiとnyiはi番目の標本区におけるそれぞれ0歳～1歳および2歳以上の個体数、NxとNyはそれぞれ0歳～1歳および2歳以上の総個体数を示す。

2) 結果

(1) 底質環境

調査線上の底質を海底の地形を加味して次の4つに類型化した(Fig. 12)。

R-1型：平坦な岩盤底

R-2型：起伏のある岩盤底

B型：直径50cmから1mの不動の岩石が散在している岩盤底

S型：砂地

底質は水深が増すにつれてR-1型からR-2型へ、そしてS型へと変化した。すなわち、水深0～3m(距岸距離0～50m)ではR-1型が海底面の60%、次いでR-2型、B型がみられた。水深3～6m(距岸距離25～100m)ではR-1型とR-2型が各40%、B型が20%、6～9m(距岸距離125～250m)ではR-2型が67%で、R-1型とB型がそれに次いだ。水深9～12m(距岸距離200～400m)ではR-1型とR-2型が底質を構成しているものの、S型が季節的に23.8～52.4%となる場合も認められた。

沖合いから季節的に搬入される漂砂により、全体の調査地点に対するS型の調査地点の占有率は、6月に9.8%、9月に21.6%となり、2月には17.6%と変化した。

(2) 底生稚子の生活場所

キタムラサキウニの年齢組成を水深帯別に求めると(Fig. 13)、水深0～3mにおいて、6月は6～9歳群が、9月と2月にも同一の年齢群である7～10歳群が大部分を占め、5歳未満の個体はほとんどみられなかった。水深3～9mでは、4歳以下および8歳以上の高齢な個体も少数ながらみられたが5～7歳群が多かった。水深9～12mでは0歳と1歳の個体もみられたが、9歳以上の高齢個体が著しく多かった。0歳と1歳群は水深3～9mに主に9月以降出現した。このように、水深帯によって年齢組成の相違が顕著に認められた。

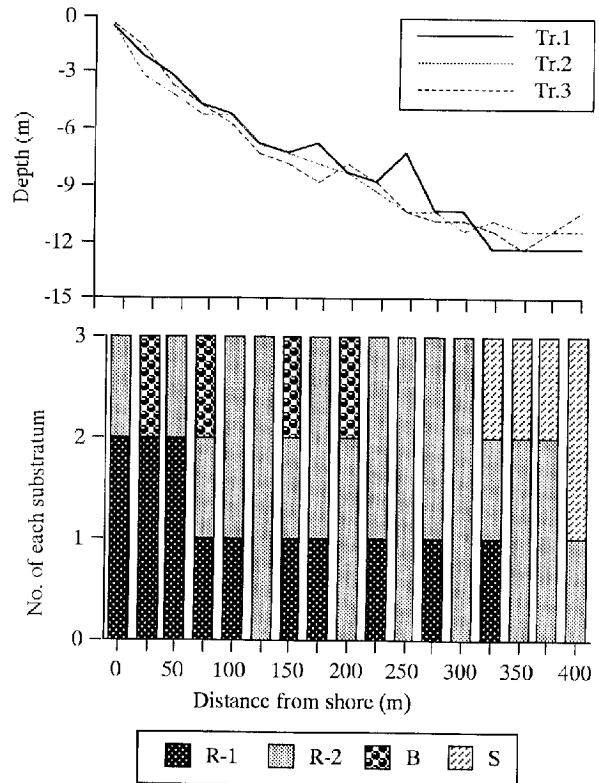


Fig. 12. Distributions of bottom characters along the three transect (Tr.1~3) in the area surveyed.

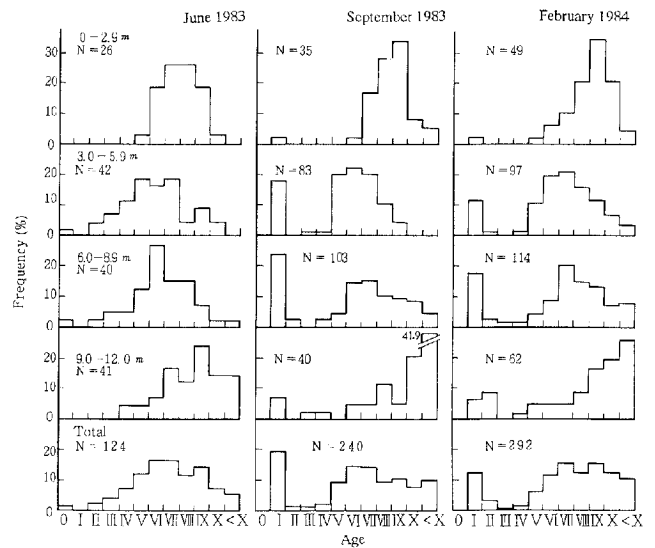


Fig. 13. Age compositions by four depth zones of 0-3.0, 3.0-6.0, 6.0-9.0 and 9.0-12.0m in the area surveyed in June 1983, September 1983 and February 1984.

Table 5. Density (no./m<sup>3</sup>) of echinopluteus larvae of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Otohe, Fukushima, Esan and Shiriuchi

Sites	Date	St.	Developmental stage					Sites	Date	St.	Developmental stage				
			I	II	III	IV	V				I	II	III	IV	V
Otohe	Sep.2,1983	A	27					Shiriuchi	May.29,1984	E					
		B	12	1.8	1.2					F					
		C	2.1	1.0	0.7					G					
	Sep.17	A	2.8						Jun.7	H					
		B	574							G					
		C	1706		0.2	0.2				E					
	Sep.30	A	404						Jun.22	G					
		B	1746			2.4				E					
		C	2044			1.6	0.7			F					
	Oct.21	A	11.7	1.1			1.1		Jul.1,2,4,5	G					
		B	4.4	1.3		0.6	0.6			A					
		C	4.7	0.3		0.3	0.3			A					
	Nov.2	A							Jul.6	B					
		B	0.6				1.2			C					
		C	0.3			0.3				D					
	Fukushima	Jul.23,1982	A							E					
		Jul.30, Aug.10	A							F					
			B							G					
C									A						
Aug.23		A							Jul.7,8 Jul.11	A					
		B	1.1							B					
		C								C					
Aug.30		A							Jul.7,8	D					
		B								E					
		C								A					
Sep.4		A							Jul.12,14, 22 24, 26	G					
		B	1.0							A					
		A	1.9							A					
Sep.9		B	10.9						Jul.27	A					
		C	4.6							B					
		A		0.9						C					
Sep.14		B							Jul.28,31 Aug.2	D					
		A								A					
		B								A					
Sep.19		A							Aug.2	E	3.1				
		B								F	2.6				
		C								G					
Sep.20		A	16.0						Aug.4-7,9	A					
		B	31.0		0.5		0.3			A					
		C	24.4	0.5						A					
Sep.25		A	1.9	1.9					Aug.29	E					
		B	2.7	2.7			0.5			F	3.9				
		A								G	0.6				
Oct.2		B	0.5						Sep.1,3,5 Sep.15 Sep.17	A					
		C	0.7							A	1.2				
		D		0.2		0.2				A					
Oct.6,15		A							Oct.1	B	0.6				
		B								C	2.7				
		A								D	3.4				
Oct.19		B	1.1	1.6					Oct.12	A	13.6				
		C	1.6	1.0		0.7				B	19.7				
		A	1.0							C	59.7				
Oct.23		B	6.0						Oct.12	D	15.3				
		C	3.3							A	7.1		2.4		
		A								A					
Oct.30		B	0.5						Oct.7	A					
		C	0.3							A	8.3	1.2	1.2		
	A							A		15.3					
Nov.7	B							Oct.24	A	1.2					
	A								A						
	B								A						
Nov.15, Dec.16	A							Oct.25	A						
	B								A						
	C								A						
Dec.28	A							Oct.26	A						
	B								A						
	C								A						
Jan.17,1983	A							Oct.27	A						
	B	0.5							A						
	C								A						
Feb.7	A							Oct.29,31 Nov.1,3,4,9,12	A						
	B								A						
	C								A						
Feb.23, Mar.4,23	A							Nov.1,3,4,9,12 17,18,22-24 26,28,30	A						
	B								A						
	C								A						
Esan	Jul.13, 20, 1982	A						Mar.2,1985 May.20,27	A						
		B							E						
		C							F						
	Aug.3, 10	A						Jun.3 Jun.28	G						
		B							B						
		C							E						
	Aug.25	A	1.2					Jul.3	F						
		B	0.7						E						
		C							F						
	Sep.1	A	2.5					Jul.8,10 Jul.12	A						
		B	10.4			1.5			A						
		A	11.4						A						
Sep.16	B	6.7					Jul.13,16-18,21 23-25	F	1.9						
	A	0.6													
	B	0.7													
Sep.24	A	0.6	3.0				Aug.29								
	B	0.7	0.7												
	A														
Oct.14, Nov.15	B														
	A														
	B														
Aug.10,1983	A	0.6													
	B														
	C														
Sep.28	A	18.2	2.9	1.0											
	B	8.9	0.8												
	A														
Oct.25, Dec. 9	B														
	A														
	B														
Jan.5,1984	A														
	B														
	C														

I : 4-armed stage, II : 6-armed stage, III : pre-8-armed stage, IV : post-8-armed stage and V : metamorphosis stage.

次に、キタムラサキウニの密度を0～1歳の幼体群と2歳以上の成体群に分け、水深帯と生息していた場所の底質に分けてFig. 14に示した。2歳以上の群は調査した3回とも水深3～6mで最も多く、次いで6～9m、9～12mと深所に向かうにつれて減少した。最浅所の0～3mでは最も少なかった。密度はどの水深帯においても9月に最も高かった。0～1歳群は、どの季節においても2歳以上の群と異なってやや深所の水深6～9mで最も密度が高く、次いで3～6m、9～12mの順に低くなり、明らかに6～9mが分布の中心域となっていることが分かる。第II章第1章で示したように、水深3～6m帯では周年にわたり、また6～9m帯では9月と2月に無節サンゴモが優占した水深帯である。最浅所の水深0～3mにおいては、0～1歳群は2歳以上の群と同様に最も密度が低く、9月に最も多かった。底質との関係を見

ると、2歳以上の群は、どの調査時においてもR-1、R-2、B型にはほぼ均等に分布しており、底質によって顕著な差が認められなかったが、0歳と1歳群は明らかにB型の底質での密度が高かった。

分布様式を表すMorisitaのI $\delta$ 値を0～1歳の出現の少ない6月を除き、9月と2月の資料で計算すると、2歳以上の群では1.52～1.87の範囲であり、1%の有意水準で弱い集中分布を示し、0歳と1歳群では9月で6.01、2月で2.38と2歳以上の群と比較していずれも強い集中分布を示しつつも、9月から2月にかけて分布の集中度は密度の低下とともに弱まった。0～1歳群と2歳以上の群との分布相関をMorisitaのR $\delta$ 値で求めると、9月は0.57、2月は0.43であり、両群が同じ標本区に出現する可能性が高いことが分かった。

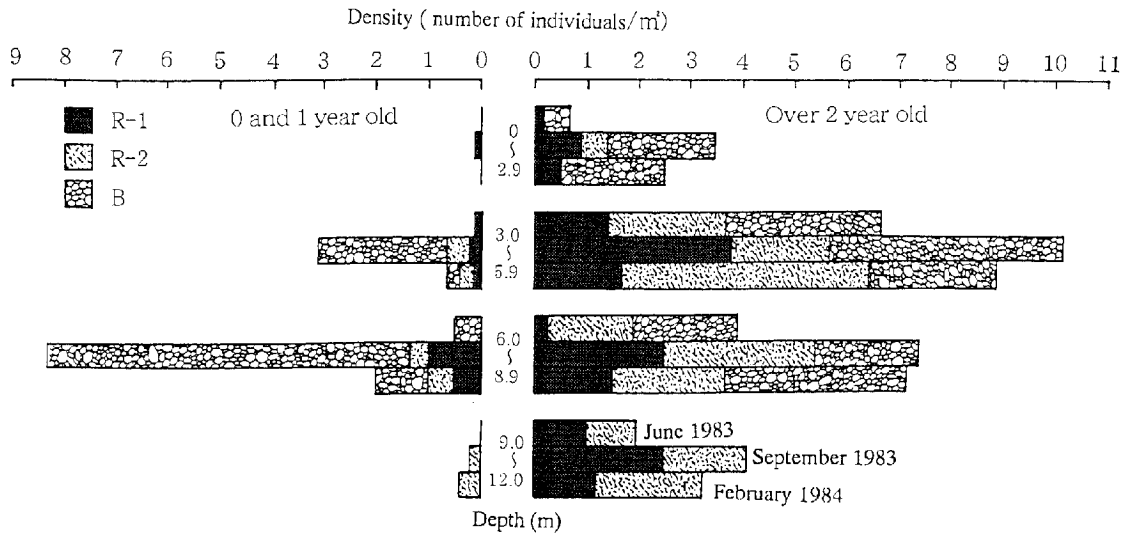


Fig. 14. Density of 0 and 1 year old, and over 2 year old *Strongylocentrotus nudus* by four depth zones of 0-3.0, 3.0-6.0, 6.0-9.0 and 9.0-12.0m. Top, middle and bottom bars of each depth zone represent densities in June 1983, in September 1983 and in February 1984, respectively.

### 第3節 底生稚仔の加入量の変動

#### 1) 材料と方法

キタムラサキウニ稚仔の加入量の年変動の実態と、その要因を明らかにするために、北海道日本海沿岸南西部に面した奥尻島と島牧村沿岸ならびに津軽海峡福島町沿岸で調査を行った。奥尻島では、1980年から1995年にかけて、1981年と1983年を除いて、毎年1回主に8月ないし9月にFig. 15に島西岸の水深1～3mの暗礁、岩盤および転石域からなる70定点で調査した(Table 6)。島

Table 6. Date and number of stations investigated off the coast of Okushiri Island from 1980 through 1995

Year	Date	No. of stations investigated
1980	July. 31, Aug.12, 22	70
1982	Apr. 13 ~ 16	70
1984	June. 2 ~ Aug. 25	70
1985	Aug. 21 ~ 23	70
1986	Aug. 26 ~ 28	70
1987	Aug. 25 ~ 27	70
1988	Aug. 23 ~ 25	70
1989	Aug. 25 ~ 31	70
1990	Aug. 25 ~ Sep.15	70
1991	Sep. 12 ~ Oct.9	70
1992	Aug. 29 ~ Sep.1	70
1993	Aug. 29 ~ Sep.1	70
1994	Aug. 31 ~ Sep.1	70
1995	Aug. 30 ~ 31	70

牧村では、1985年から1995年にかけて、1987年と1989年を除いて、年1回、主として9月に穴床前と瓦斯島沿岸のそれぞれ水深3mおよび1mから100mの調査線を各1本設定し、調査線上に10m間隔で両沿岸合計22調査点(Fig. 15)で調査した。両沿岸の各調査点で設置した1×1mの方形枠内に生息するキタムラサキウニを採集し、船上で殻径を測定した。ただし、島牧村沿岸では1993年と1994年においては、調査線上1m幅の帯状に10m間隔に採集し、同様に殻径を測定した。また、島牧村沿岸で1985年に採集したキタムラサキウニの年級群を明らかにするため、全個体についてJensenの方法<sup>74)</sup>を用いて年齢査定を行い、9月が産卵期とする満年齢を求めた。

福島町ではFig. 3に示す浦和沿岸において、汀線から沖出し400mの調査線を1本(Tr. 1)を海底に設定した。1983年9月27日と1986年9月11日および1988年8月9日に、調査線上で1m幅のベルトトランセクト内(400

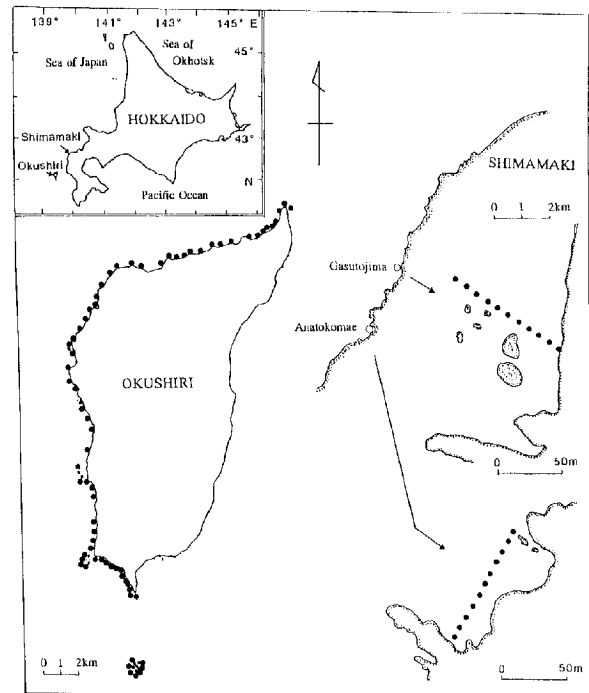


Fig. 15. Map showing the areas surveyed off the coast of Okushiri Island and Shimamaki. Solid circles represent the sites where *Strongylocentrotus nudus* were collected. Data of water temperature were observed by the Meteorological Station of the Meteorological Agency at Suttu

m)に生息するキタムラサキウニを採集した。稚仔の加入量の年変動を知るために、採集したキタムラサキウニをJensenの方法<sup>74)</sup>で年齢査定した。

調査期間中の漁獲量を奥尻漁業協同組合と西島牧漁業協同組合から聞き取り調査し、その経年変化と稚仔加入量との関係を調べた。また、福島町においては1984年から1989年の漁期における操業日毎の操業人数と漁獲量を福島漁業協同組合で聞き取り調査した。これから1操業者1日当りの漁獲量(CPUE)を求めた。また、同漁協においては漁期終了後の9月から10月に深所から漁場へ移殖を行っており、漁獲量と深浅移殖量との関係についても調べた。

稚仔加入量の年変動におよぼす環境要因を知るために、奥尻島と島牧村沿岸に近接した寿都町沿岸の水温を気象庁寿都測候所の観測値を用いて、稚仔の密度との関係を解析した。

#### 2) 結果

##### (1) 稚仔の密度

奥尻島沿岸の調査定点に出現したキタムラサキウニの殻径組成の経年変化をFig. 16に、また、殻径組成のモ

ードの解析結果にしたがって、殻径20mm未満を稚仔とみなし、その平均密度をTable 7に示す。Fig. 16から明らかなように、1984年に殻径10mm前後にモードのある稚仔が多量に出現した。その平均密度は14.14個体/m<sup>2</sup>と極めて高く、最大108個体/m<sup>2</sup>の地点もみられた。この卓

越した1983年級群は1985年には殻径20mm前後、1986年には30mm台へと経年的に、明瞭なモードを示す群として成長していく過程がわかる。一方、1980、1982、1986、1987、1988、1994年においては、稚仔の密度は0.5個体/m<sup>2</sup>未満と極めて低く、特に1987年には稚仔の出現は確認で

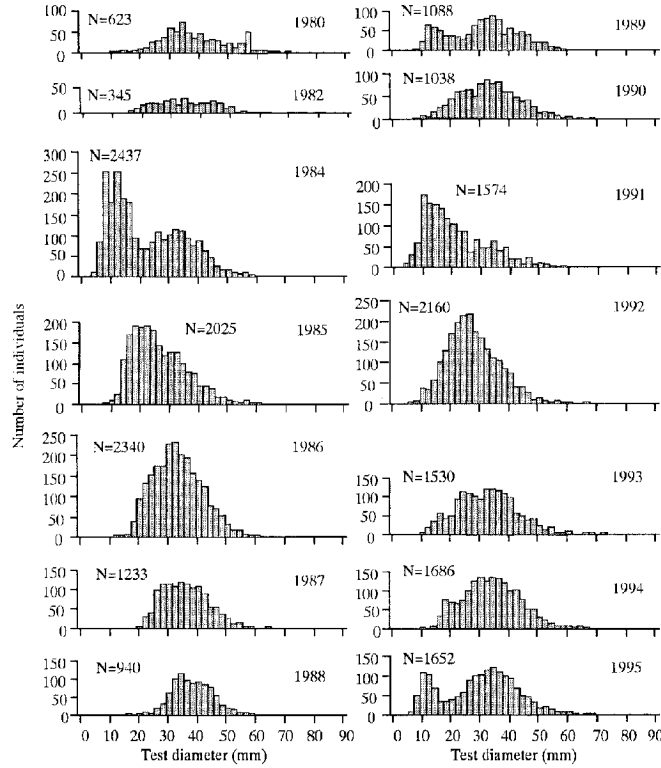


Fig. 16. Annual changes in size frequency distribution of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Okushiri Island during the period from 1980 through 1995. N indicates the number of individuals examined.

Table 7. Average density (number of individuals/m<sup>2</sup>) of 0 year class juvenile *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Okushiri Island and Shimamaki

Year	Okushiri				Shimamaki			
	Mean	S.D.	Max.	Min.	Mean	S.D.	Max.	Min.
1980	0.19	0.59	4	0				
1982	0.16	0.48	2	0				
1984	14.14	20.2	108	0				
1985	3.77	8.78	55	0	0.40	0.43	2	0
1986	0.43	1.73	11	0	0.15	0.18	3	0
1987	0	0	0	0				
1988	0.09	0.28	1	0	0	0	0	0
1989	1.56	3.40	21	0				
1990	0.96	3.36	25	0	1.59	2.87	12	0
1991	3.91	5.14	22	0	0.59	0.81	5	0
1992	2.11	3.92	18	0	2.05	2.65	10	0
1993	1.01	2.68	20	0	0.04	0.07	0.2	0
1994	0.16	0.55	3	0	0.30	0.32	1.0	0
1995	1.63	3.04	19	0	4.55	7.15	35	0

きなかった。これに対して、1989年以降は1994年を除くと、小規模ながらも毎年稚仔が出現し、中でも1991年、1992年および1995年にはそれぞれ3.91個体/m<sup>2</sup>、2.11個体/m<sup>2</sup>および1.63個体/m<sup>2</sup>と比較的多く出現した。

島牧村沿岸の1985年に採集したキタムラサキウニの年齢組成をFig. 17に、1985年から1995年にかけての殻径組成をFig. 18に示す。1985年の年齢組成をみると、満2歳である1983年級群が全体の72%を占め、奥尻島と同様に1983年に卓越して発生があったことを示している。Fig. 18に示した殻径組成によれば、卓越した1983年級群は1985年に殻径30mm前後にモードを持ち、1986年には32~38mm、1988年から1990年には40mm台から50mm台のモードの群として経年的に明瞭に移行していることがわかる。一方、1986年および1988年の稚仔の密度はそれぞれ0.15個体/m<sup>2</sup>および0個体/m<sup>2</sup>と奥尻島と同様に極めて少なかった。また、1990年以降奥尻島と同様に小規模ながらも毎年稚仔が出現し、中でも1990年、1992年および1995年の稚仔の密度はそれぞれ1.59個体/m<sup>2</sup>、2.05個体/m<sup>2</sup>および4.55個体/m<sup>2</sup>と比較的高かった (Table 7)。

福島町沿岸の1983年、1986年および1988年の年齢組成をFig. 19に示した。1983年には満1歳である1982年級群が、1986年には満3歳である1983年級群がそれぞれ卓越して出現した。また、1988年には満1歳である1986年級群が多く出現した。このように、福島町では調査期間中3つの加入量の多い年級群 (1982年、1983年、1986年) が出現した。

### (2) 稚仔の密度と水温との関係

奥尻島と島牧村沿岸のキタムラサキウニ稚仔の各年の平均密度と、両調査点近傍の寿都町沿岸における前年の各月の平均水温の関係をSpearmanの順位相関係数で検定した結果をTable 8に示す。順位相関係数は両地区とも共通して9月に最も高かった。稚仔の密度と前年9月の平均水温の関係をFig. 20に示すと、島牧村においては5%の有意水準で正の相関が認められ、9月の水温が20~23℃であると翌年の稚仔の出現数が多いことが示された。奥尻島では稚仔の密度と前年9月の水温間で5%の有意水準で正の相関はみられなかったが、順位相関係数は他の月に比べて最も高い値を示したことから、前年9月の水温が稚仔の密度に強く影響していると考えられる。

### (3) 稚仔の密度と漁獲量

奥尻島と島牧村の調査期間中の生殖巣重量で表わされる漁獲量の経年変化をFig. 21に示す。奥尻島における漁獲量は1986年から1989年にかけて急激に増加した。このことは、1984年に高い密度を示した1983年級群が漁獲制限殻径を越えて満3~6歳になって、1986~1989年にか

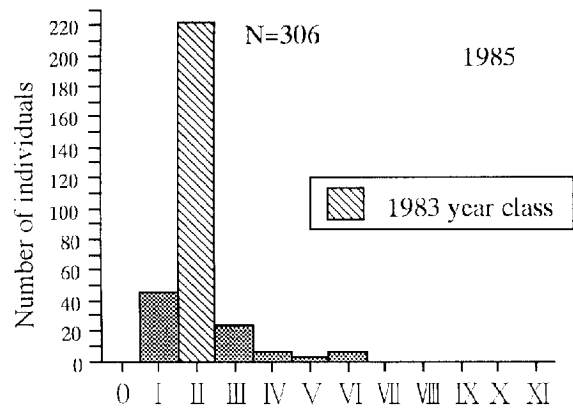


Fig. 17. Age compositions of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Shimamaki, September 1985. N indicates the number of individuals examined.

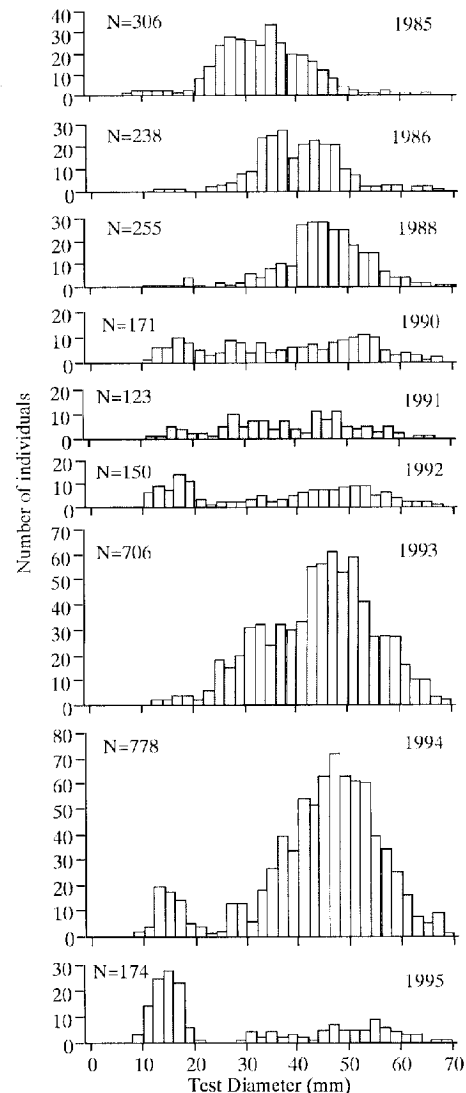


Fig. 18. Annual changes in size frequency distribution of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Shimamaki during the period from 1985 through 1995.



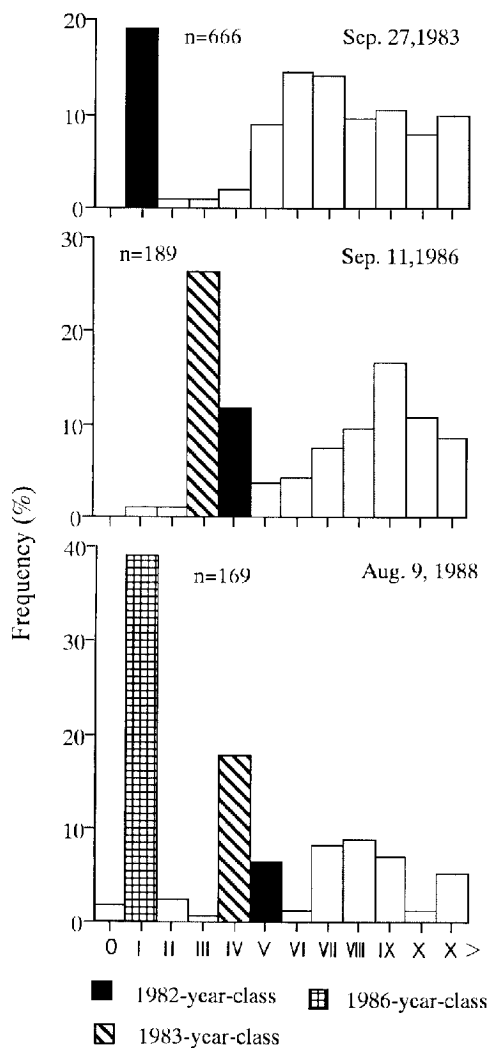


Fig. 19. Age compositions of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Fukushima, September 1983, September 1986 and August, 1988.

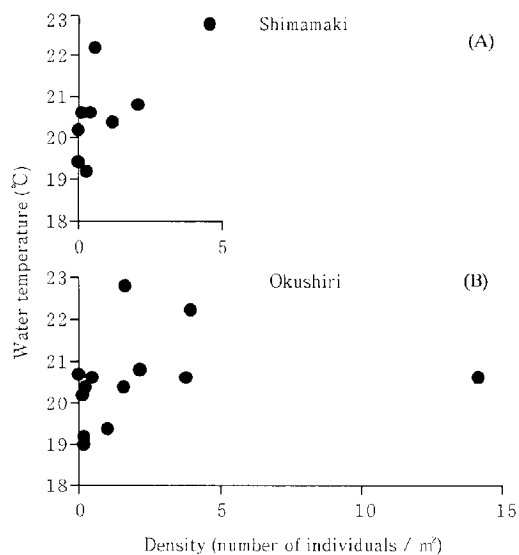


Fig. 20. Relationship between the density of juvenile (0 year class individuals) *Strongylocentrotus nudus* in Okushiri (A) and Shimamaki (B) and mean sea surface water temperature in September of the previous year off the coast of Suttu near the areas surveyed.

Table 8. Spearman rank correlation test between density of 0 year class juvenile of *Strongylocentrotus nudus* and average sea surface water temperature in each month of the previous year off the coast of Suttu

Month	Okushiri			Shimamaki		
	$\rho$	n	p	$\rho$	n	p
January	0.315	12	0.2958	0.252	8	0.5058
February	0.189	13	0.5133	0.283	9	0.4229
March	0.036	13	0.9013	0.067	10	0.8415
April	0.283	14	0.3075	0.128	10	0.7017
May	0.221	11	0.4852	0.036	7	0.9297
June	0.058	13	0.8407	0.351	9	0.3202
July	0.235	14	0.3971	0.140	10	0.6739
August	0.436	14	0.1158	0.517	10	0.1211
September	0.526	13	0.0683	0.720	9	0.0418
October	-0.265	11	0.4023	0.414	7	0.3100
November	0.044	13	0.8788	0.367	9	0.2997
December	0.223	13	0.4389	0.367	9	0.2997

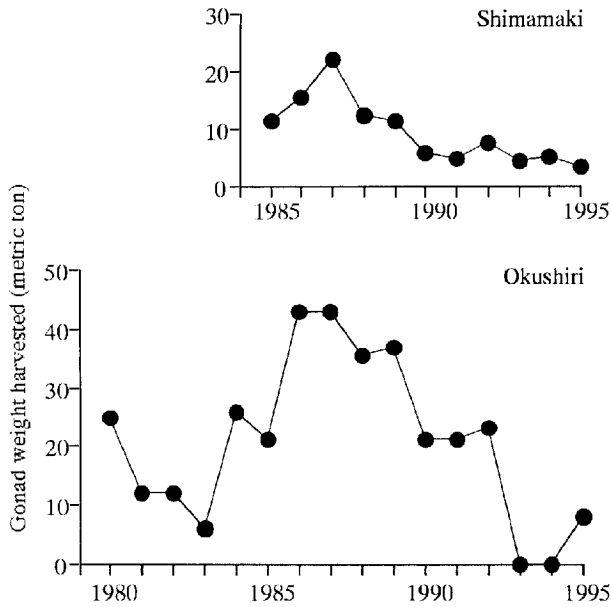


Fig. 21. Annual changes in commercial catch of *Strongylocentrotus nudus* in Okushiri Island and Shimamaki during the period from 1980 through 1995.

けての40トン台の高い漁獲量に反映されたものと考えられる。なお、1993年と1994年に漁獲が全くなかったのは、1993年7月の北海道南西沖地震によって発生した津波により漁船が被害を受け、操業が行われなかったためである。

鳥牧村沿岸における漁獲量は1985年の11トンから1986年と1987年にそれぞれ16トンおよび22トンへと増加した。この漁獲量の増加も卓越した1983年級群が3~4歳に達して漁獲対象群に加わったためである。その後、1988年と1989年は12トン前後に減少し、その後1995年までは10トン未満で推移した。このように、奥尻島と同様に卓越して加入した1983年級群と漁獲量の増加は明瞭な対応を示した。

1983~1989年における福島町漁業協同組合管轄域のキタムラサキウニの殻付き重量で現された漁獲量、深淺移殖量ならびに1操業者1日当りの漁獲量 (CPUE) をFig. 22に示す。漁獲量は加入量の多かった1982年と1983年級群が3歳以上になる1985年以降急激に増大し、1986年と1987年にはそれぞれ98.0tと103.8tを記録した。また、CPUEが漁獲量と同じ変化を示すことは、1986~1987年には漁獲対象資源の水準が高かったことを示している。一方、深淺移殖量は1983~1989年にかけて20~50tへほぼ直線的に増大しているが、漁獲量との間には有意な関係はみられなかった。

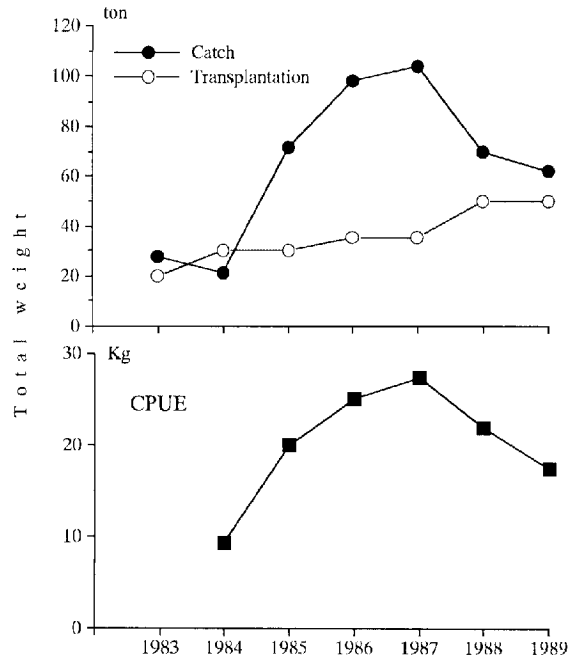


Fig. 22. Annual changes in commercial catch and total transplantation weight (top), and catch by one fisherman per day (CPUE) during fishing season (bottom) of *Strongylocentrotus nudus* in Fukushima during the period from 1983 through 1989.

#### 第4節 考察

##### (1) 浮遊生活期の生態

一般に海産無脊椎動物幼生の分散は、浮遊期間の長さや浮遊層の海水流動の強さと方向性によって左右されるといわれている<sup>30)</sup>。エゾバフンウニ浮遊幼生の分散については北海道積丹町沿岸の調査では、4腕期に海水の流れに従って沖合いへ分散移動し、そこで6~8腕期を經過し、変態期に入ると陸に向かう流れに乗って再び沿岸に集積して着底すると推定されている<sup>27)</sup>。

キタムラサキウニの浮遊幼生の主な出現時期は、乙部、福島、知内ならびに恵山各町沿岸で、産卵期に相当する9~10月であり (Table 5)、海域による相違はみられなかった。浮遊幼生の出現数は津軽海峡に面する福島、知内および恵山の各町沿岸域では、日本海南部の乙部町沿岸よりも極端に少なかった (Table 5)。北海道日本海沿岸のキタムラサキウニの4腕期幼生は、ピーク時には1 m<sup>2</sup>当たり数百から数千個体が出現すると報告されており<sup>27, 34)</sup> 乙部町沿岸の結果はこれと一致する。津軽海峡沿岸でキタムラサキウニの浮遊幼生の出現数が少なかったことは、浮遊幼生の分散速度が日本海沿岸よりも速いことによるのか、地形的な影響によって幼生の集積する場所が別の場所にあるのか、あるいは発生量自体が日本海沿岸よりも少ないことによるのかは、明らかでない。

キタムラサキウニ幼生の浮遊期間は、水温20~22°Cの飼育条件下では約15日であるが<sup>60)</sup>、日本海中部の積丹町沿岸では1~2ヶ月と推定されている<sup>27)</sup>。乙部町沿岸では調査開始の9月初旬から4腕期幼生が出現し、10月下旬から変態期幼生が出現した (Table 5)。幼生の発育速度は水温に依存し、乙部町近隣の熊石町沿岸の9月、10月、11月のそれぞれの平均水温 (21.3°C, 15.3°C, 12.6°C<sup>76)</sup>)から考え、浮遊期間は飼育条件下より長くなり、約1ヶ月を要するものと考えられる。

### (2) 底生稚仔の生活場所

キタムラサキウニの2歳以上の群では、どの年齢群でも第II章第1節で示したように、周年無節サンゴモが優占する水深3~6m帯で最も多く、つづいて秋季から冬季にサンゴモが優占する6~9m帯に多く生息する。また、0~1歳群は6~9m帯で最も多く、つづいて3~6m帯で多く生息する (Fig. 14)。分布相関を表すR $\delta$ からみても、1歳群と2歳以上の群とは同じ場所に生活する確率が高いので、水深3~9m帯がキタムラサキウニ稚仔の着底場所であるとともに主要な生活場所であると考えられる。キタムラサキウニの浮遊幼生は、無節サンゴモが生産する揮発物質ジプロモメタンによって、着底、変態が強く誘起されることが明らかにされており<sup>9)</sup>、無節サンゴモ優占群落が幼生の着底場所となると考えられる。また、0~1歳群の密度は安定した岩石の地帯で高いので、少なくとも1歳までの生活場所は起伏の激しい生活空間を有した無節サンゴモ群落であるとみなしてよい。各年齢群が多く生息した水深3~9mで、2歳以上の群が各底質型に平均的に生息するのに対して、1歳群は9月に他の底質に比べて直径50cmから1mの不動の岩石が散在している岩盤であるB型の底質で高い密度を示し (Fig. 14)、1歳群と2歳以上の群の生活場所には相違が認められた。1歳群は、2歳群以上と比べて周年強い集中分布を示すが、9月から2月にかけては集中度は弱まっている。これらの結果から、キタムラサキウニ稚仔が着底し、生活する場所は無節サンゴモが優占する安定した不動石地帯であり、満1歳以降になると徐々に生活場所を拡大していくと考えられる。

### (3) 底生稚仔の加入量の変動

ウニ類の稚仔の加入量変動は種や場所によって異なり、毎年規則的に加入する種もあれば、非常に不規則な加入を示す種も認められている<sup>85)</sup>。北海道小樽市忍路湾におけるエゾバフンウニ稚仔の加入量は約3年の周期性を保ちながら、近年急激に減少している<sup>32)</sup>。また、カリフォルニア沿岸のアメリカムラサキウニ *Strongylocentrotus purpuratus* は南部では毎年加入が認められるが、北部では不規則であると報告されている<sup>85)</sup>。今回調べたキタム

ラサキウニでは、奥尻島と島牧村沿岸では、いずれも1983年に発生した群の密度が著しく高いことと、1990年以降は稚仔が継続的に毎年加入しているという点で共通していた (Table 7) が、加入量の変動に周期性は認められない。奥尻島と島牧村沿岸では加入量の年変動パターンが一致しているが、津軽海峡西部福島町沿岸では1986年に発生した稚仔も多いことなど、日本海西南部沿岸とは若干異なっている。

稚仔の加入量の年変動と前年9月の水温との関係を解析した結果、水温が高いと翌年に出現する稚仔の密度も高いという相関が認められた (Table 8, Fig. 20)。すでに述べたように、9月は産卵期と浮遊幼生の出現時期である。浮遊期間は餌料となる珪藻の種類と量<sup>59, 61)</sup>に加えて、水温によっても左右され、平均水温20~22°Cで約15日、19.4°Cで18~25日であり、16°C以下では正常に発育しないことが室内飼育実験から明らかにされている<sup>60, 93)</sup>。これらのことは、発生が水温によって制御され、水温が高いほど成長が早く、浮遊期間は短くなって、早期に底生生活へ移行できることを示している。したがって、奥尻と島牧村沿岸において、9月の平均水温が20~23°Cと高いと翌年の稚仔の出現数が多いことは、浮遊期間が短かっただけ生残率が高かったことを意味しているのかもしれない。カナダ太平洋ノバスコシア沿岸におけるホクヨウオオバフンウニ *S. droebachiensis* の稚仔の加入量も、浮遊期に相当する春季に高水温である場合に多いと報告され、本研究結果と一致している<sup>94)</sup>。

北海道日本海沿岸の9月の水温は、この時期に流量が増大する対馬暖流<sup>86)</sup>の勢力に大きく影響されることから、稚仔の加入はこのような海況条件の年変動に大きく影響されるものと考えられる。

一方、奥尻島と島牧村沿岸の漁獲量が1986年以降に、また、福島町沿岸のキタムラサキウニの漁獲量が1985年以降急激に増加し、資源水準も高くなった (Figs. 21, 22) のは、いずれの地区にも出現した卓越年級群である1983年年級群の出現と対応し、福島町沿岸ではこれに1982年生まれの卓越年級群が加わっている。これらの漁獲量の変動は後志と桧山支庁の漁獲量の年変動にほぼ一致することから (Fig. 1)、卓越した1983年級群が北海道日本海西南部沿岸に広域に出現したことを示している。

以上のことから、キタムラサキウニの稚仔の加入量は前年の産卵期と浮遊期の高水温によりもたらされ、卓越した稚仔の加入は漁獲量の増大へとつながると結論される。

## 第IV章 成長

キタムラサキウニの成長は、生殖巣の発達とともに本種個体群の維持と更新の機構を明らかにする上で重要である。

キタムラサキウニの年齢は、生殖板中に形成される輪紋により査定が可能であり<sup>35)</sup>、北海道日本海の天売島と焼尻島<sup>40)</sup>、余市町<sup>35)</sup>、日高の浦河町<sup>36)</sup>ならびに青森県沿岸<sup>36)</sup>の漁場において、年齢別の成長が明らかにされてきた。しかし、地域間には成長に差異があり、それにおよぼす要因は明らかではない。また、季節的な成長過程についても飼育実験<sup>37)</sup>と北海道南西部日本海神恵内村沿岸<sup>38)</sup>で調べられ、成長の季節変化を左右する要因については水温による影響<sup>50)</sup>が報告されているのみで、他の要因については検討されていない。一方、加入した稚仔が成体群へ至るまでの成長の年変動機構を明らかにすることは、キタムラサキウニの資源管理や増殖技術の高度化を図るうえで極めて重要であると考えられるが、今まで明らかにされてこなかった。

第II章では、キタムラサキウニの生殖巣の発達が餌料海藻の種類と量によって左右されることを明らかにしてきた。本章では、餌料を飽食量与えた飼育実験により、キタムラサキウニの大きさ群毎の成長を調べ、その季節変化と生殖巣発達との関係を検討する。また、漁場内と漁場間での成長差と餌料海藻の種類と量との関係について検討する。さらに、加入した稚仔が成体群に至るまでの成長の年変動をもたらし要因について明らかにし、これらと漁獲量の年変動との関係について考察する。

### 第1節 季節的成長過程

#### 1) 材料と方法

1989年10月7日に、北海道日本海南西部泊村(Fig. 2) 壱沿岸の無節サンゴモが優占する水深3~4mから、キタムラサキウニを大きさ別に合計200個体採集した。採集はスキューバ潜水で行った。これらを北海道立中央水

産試験場に持ち帰り、60ℓ容角型水槽5基(A~E)に、満1, 2, 3, 4ならびに満5歳以上と思われる個体をそれぞれA, B, C, DおよびE群として20~30個体ずつ収容した。年齢は事前に調査した同所から採集した個体の年齢と殻径との関係から推定した。各水槽内のキタムラサキウニには、1989年10月13日から1990年11月1日にかけて、2~6日に1回の割合で天然ホソメコンブの葉体を飽食となるよう十分量給餌した。ただし、1990年1~3月にはホソメコンブが天然で採集できなかったために、乾燥ホソメコンブを充分海水に浸した後に給餌した。飼育は自然海水の掛け流しで、その換水率は1~1.5回転/時間であった。このようにして飼育した個体は、各飼育群毎にほぼ毎月1回、殻径と体重(湿重量)を測定し、殻径と体重の成長率を下記により求めた。

殻径の月間成長率 = (当月最終日の殻径 - 前月最終日の殻径) × 100 / 当月の平均殻径

体重の月間成長率 = (当月最終日の体重 - 前月最終日の体重) × 100 / 当月の平均体重

ただし、各飼育群の中でE群は1990年7月に全個体がへい死したために、実験期間を1990年6月29日までとした。

#### 2) 結果

各群の実験開始時と終了時の平均殻径と体重、ならびに成長量をTable 9に示す。実験開始時および終了時のA, B, CおよびD群の平均殻径は、それぞれ15.6mm-32.7mm, 25.1mm-38.3mm, 33.4mm-42.6mmおよび40.0mm-47.3mmであり、成長量は小型群ほど大きく、A群の17.1mmに対してD群では7.3mmであった。また、実験を6月で終了したE群の殻径は、開始時の54.2mmに対して終了時の57.3mmと、この間の成長は3.1mmと極めて小さかった。体重の成長量は殻径のそれとは異なり、A群の13.82gに対して、B群の16.76g,

Table 9. Growth of test diameter and body weight of five experimental groups of *Strongylocentrotus nudus* in aquaria

Group	No. examined	Test diameter (mm)					Growth	Body weight (g)				Growth
		Initial		Final		Initial		Final				
		M	S	M	S			M	S			
A	30	15.6	1.3	32.7	3.1	17.1	2.0	0.46	15.8	2.4	13.8	
B	30	25.1	1.4	38.3	3.9	13.2	8.6	1.36	25.4	3.2	16.8	
C	30	33.4	1.6	42.6	4.1	9.2	19.7	2.34	36.6	5.3	16.9	
D	20	40.0	1.7	47.3	4.8	7.3	32.8	3.79	48.7	7.6	15.9	
E	20	54.2	3.1	57.3	5.6	3.1	76.8	11.52	87.2	11.2	10.4	

M and S represent mean and standard deviation, respectively.

C群の16.91gと大型群ほど大きかったが、D群では15.87gとB群、C群に比べて小さかった。

飼育群毎の季節的な成長過程を把握するため、殻径と体重の成長率を月別にFig. 23に示す。各月とも成長率は小型群ほど高く、大型群ほど低かった。A群とB群の殻径と体重の成長率は8月に最も低下し、続いて2月に低く、10～1月と3～6月に顕著に高い傾向を示した。特にA群の10～1月における殻径と体重の成長率はそれぞれ4%以上と3%以上、3～6月ではいずれも3%以上

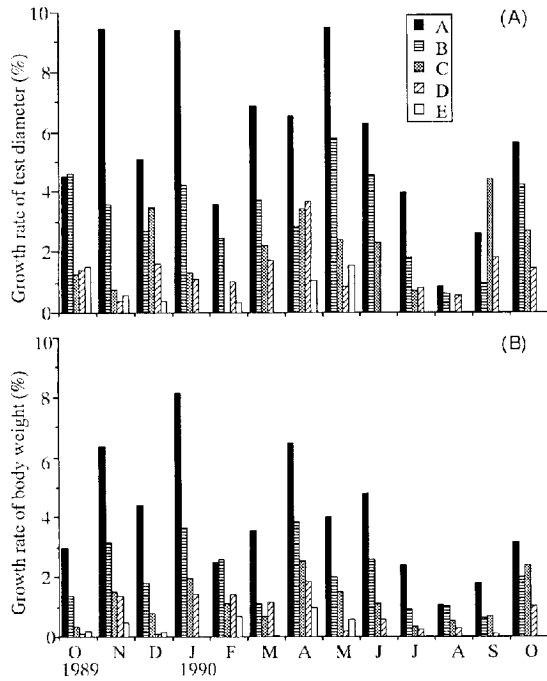


Fig. 23. Seasonal changes in growth rate of *Strongylocentrotus nudus* for five size groups (A~E) in aquaria from October 1989 through October 1990. Explanations of symbols (A~E) are shown in Table 9.

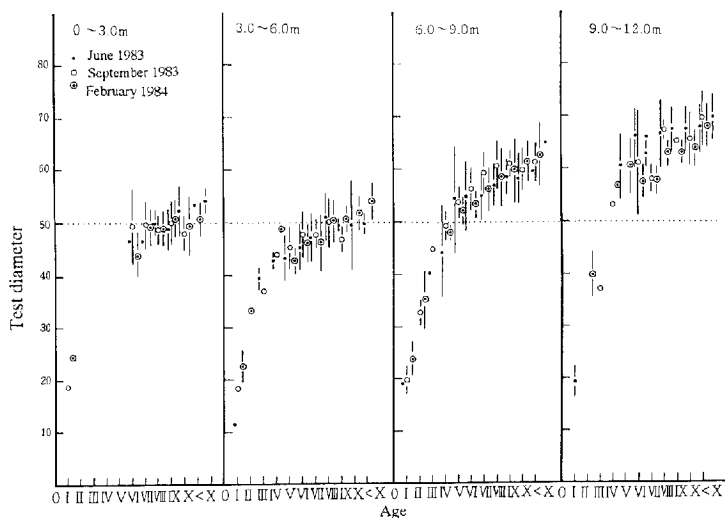


Fig. 25. Growth of *Strongylocentrotus nudus* by four depth zones of 0~3.0m, 3.0~6.0m, 6.0~9.0m and 9.0~12.0m in the area surveyed off the coast of Urawa.

に達した。C群の殻径と体重の成長率は周年にわたってそれぞれほぼ4%以下と3%以下、大型のD群およびE群の成長率は8月を除いてほぼ2%以下にとどまっており、特にE群の殻径の成長率は10月と4～5月を除いて1%にも達しなかった。

水温は、実験を開始した10月13日の17.9℃から1月下旬～2月中旬には6℃台まで低下し、3月下旬以降から上昇を始め、8月上旬～9月上旬にかけてほぼ24～26℃で高く推移した後低下した(Fig. 24)。

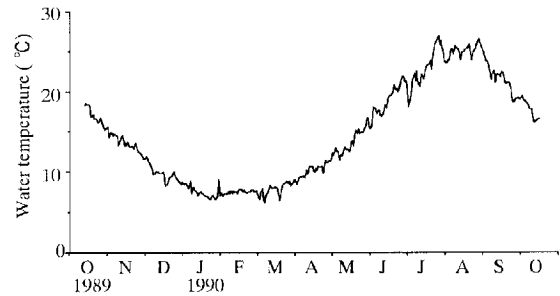


Fig. 24. Changes in water temperature in aquaria from October 1989 through October 1990.

## 第2節 漁場内における成長

### 1) 材料と方法

前項でホソメコンブを飽食量与えたキタムラサキウニの成長率は小型群ほど高く、季節的に明瞭に変化することが明らかになった。しかし、野外においては必ずしも餌料量が十分に満たされているとは限らない。野外におけるキタムラサキウニの成長様式と餌料量との関係を検討するために、本項では漁場内の海藻現存量とキタムラサキウニの成長との関係を調べた。第II章第1節に示した福島町浦和沿岸の調査海域において(Fig. 3), 1983年6月、9月ならびに1984年2月に、水深0~3, 3~6, 6~9, 9~12mの4水深帯に分けて採集したキタムラサキウ

この水深帯別の年齢を、Jensenの方法<sup>74)</sup>により査定し、年齢別の平均殻径を調べた。また、水深帯による成長様式と第II章第1節に示した水深帯別の海藻現存量とを比較検討した。

## 2) 結果

福島町浦和沿岸の調査海域に生息していたキタムラサキウニの年齢と平均殻径の関係を水深帯別にFig. 25に示した。これによれば漁獲対象となる殻径50mmに達する年齢は、水深0~3mと3~6mでは満9歳以上であった。これに対して、6~9mでは満5歳、9~12mでは満4歳であった。Table 3に示したように、水深0~3mの海藻の平均現存量は、6月の145.0g/m<sup>2</sup>に対して9月には0g/m<sup>2</sup>であったが、2月には72.6g/m<sup>2</sup>と他の水深に比べて最も多かった。水深3~6mでは各季節の現存量は1.3~24.8g/m<sup>2</sup>と極めて少なかった。水深6~9mでは、6月と9月の現存量はそれぞれ333.1g/m<sup>2</sup>および71.4g/m<sup>2</sup>と他の水深帯に比べて最も多く、2月にも54.6g/m<sup>2</sup>を示した。水深9~12mの現存量は、6月と9月には、水深6~9mに次いで、また2月には0~3mに次いで多かった。

## 第3節 漁場間における成長

### 1) 材料と方法

1982年から1990年の4月から8月にかけて、北海道南西部日本海寿都町矢追、熊石町鳴神、奥尻島神威脇ならびに松前町札前沿岸において、また、津軽海峡の福島町吉岡、南部太平洋沿岸般法華村銚子、ならびに日高地方三石町梟舞沿岸の7町村沿岸(Fig. 2)において、各沿岸50~300個体のキタムラサキウニを採集した。採集したキタムラサキウニの殻径を測定し、Jensenの方法<sup>74)</sup>で年齢を査定し、第5生殖板上に形成された各輪紋(黒色帯)の最大横幅から推定した各年齢毎の殻径<sup>80)</sup>から、von Bertalanffyの成長式を求めた。年齢は9月を産卵期とした満年齢で示した。

各海域で、キタムラサキウニを採集した場所の餌料環境を知るために、採取場所と同一地点、あるいはその周

辺において、1×1mの方形枠を用いて、各海域10~152地点において生育する海藻を採集し、種別の湿重量を測定した。ただし、海藻の採集は三石町以外の各海域では、キタムラサキウニの採集日と同日であるが、三石町ではその2カ月前の1982年6月である。

キタムラサキウニが生息した場所の、ある時期の海藻現存量が、本種の全成長過程を反映したという証拠はない。そこで、キタムラサキウニの漁場間における成長過程を、同一の年齢群を用いて詳細に調べるために、福島町岩部沿岸と奥尻島神威脇沿岸(Fig. 2)で調査を行った。

1984年7月11日に、福島町岩部沿岸の平磯上に存在する幅30~40cm、水深40cmの溝内において、同日から1985年3月にかけて5回にわたり、卓越した1983年級群の殻径と体重の成長過程を調べた。また、各調査時においてキタムラサキウニを採集した溝の周辺において1×1mの方形枠3~4枠を用いて、枠内に生育する海藻を採集し、種別に湿重量を測定した。

1984年6月~1986年8月にかけて8回にわたり、奥尻島神威脇沿岸の水深3~5mの岩礁、および直径50cm~1mの岩石が転在する場所において、キタムラサキウニの1983年級群の殻径と体重の成長過程を追跡調査した。また、各調査時期にキタムラサキウニを採集した場所周辺20地点において、生育した海藻を1×1mの方形枠を用いて採集した。1983年級群は、福島町岩部沿岸では採集した個体の殻径と体重の頻度分布から、また、奥尻島神威脇沿岸ではJensenの方法<sup>74)</sup>による年齢査定の結果から識別した。

## 2) 結果

### (1) 成長過程

北海道南部沿岸7海域から採集されたキタムラサキウニの von Bertalanffyの成長式と1歳から10歳までの計算殻径をTable 10に示す。寿都町、熊石町、奥尻島ならびに松前町沿岸のキタムラサキウニが、殻径50mmに達する年齢は満7歳~8歳であった。これに対して、般法華村と三石町沿岸では満3~4歳と早かった。また、福島町吉岡沿岸では満2歳で、すでに殻径50mmに達する。

Table 10. Growth formulas of *Strongylocentrotus nudus* in seven fishing grounds of southern Hokkaido

Survey area	Date	Depth examined	No.	Growth formula	Test diameter(mm)									
					Age									
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Sutttsu Yaoi	Jul.4.1990	1~6m	100	T.D.(t)=54.3(1-exp(-0.325(t+0.100)))	16.3	26.8	34.5	40.0	43.9	46.8	48.9	50.4	51.5	52.2
Kumaishi Narugami	Jun.4.1985	1~10m	150	T.D.(t)=59.6(1-exp(-0.232(t+0.095)))	13.3	22.9	30.5	36.5	41.3	45.0	48.0	50.4	52.3	53.8
Okushiri Kamuiwaki	Aug.26.1983	3~5m	300	T.D.(t)=62.0(1-exp(-0.221(t+0.056)))	12.9	22.6	30.4	36.7	41.7	45.7	49.0	51.6	53.6	55.3
Matsumae Satsumae	Apr.21.1987	11m	200	T.D.(t)=63.3(1-exp(-0.200(t-0.322)))	8.0	18.0	26.2	33.0	38.5	43.0	46.6	49.6	52.1	54.1
Fukushima Yoshioka	May.14.15.1985	2~10m	181	T.D.(t)=96.4(1-exp(-0.292(t-0.258)))	18.8	38.4	53.1	64.1	72.3	78.4	82.9	86.3	88.9	90.8
Todohokke Choushi	Jul.10.1985	2~10m	109	T.D.(t)=87.6(1-exp(-0.260(t-0.561)))	9.4	27.3	41.1	51.7	59.9	66.2	71.1	74.9	77.8	80.0
Mitsuishi Kerimai	Aug.17.1982	2~5m	50	T.D.(t)=79.2(1-exp(-0.220(t+0.166)))	17.9	30.0	39.7	47.5	53.7	58.8	62.8	66.0	68.6	70.7

福島町岩部と奥尻島神威脇沿岸におけるキタムラサキウニの1983年級群の殻径と体重の成長過程をFig. 26に示す。福島町岩部沿岸での殻径と体重の平均値は、1984年6月には、それぞれ15.9mmと1.7gであるが、9月～11月にかけて上昇し、11月にはそれぞれ27.1mmと9.0gに達した。その後冬季間に成長は停滞し、1985年3月にはそれぞれ31.1mmと13.6gとなった。

奥尻島神威脇沿岸の1983年級群の殻径と体重は、調査を開始した1984年6月のそれぞれ10.3mmと0.7gから、調査を終了した1986年8月の26.6mmと8.6gへと増大した。季節的な成長量は、0歳にあたる1984年6～8月には大きく、9月を過ぎて満1歳となった冬季間には減少し、4～6月の春季には再び増加し、つづく夏季には減少した。

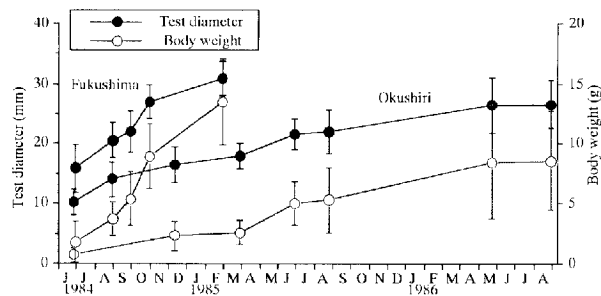


Fig. 26. Seasonal changes in growth of 1983-year class of *Strongylocentrotus nudus* off the coast of Fukushima and Okushiri Island.

福島町岩部沿岸の1984年7月から1985年3月までの殻径と体重の成長量が15.2mmおよび11.9gに対して、奥尻島神威脇沿岸における1983年級群の1984年6月から1985年3月の成長量はそれぞれ6.1mmおよび1.6gと極めて少なかった。

#### (2) 餌料環境

7海域で採集した海藻の平均現存量をTable 11に示す。海藻の現存量は各海域間で有意な差が認められた (Kruskal Wallisの検定法,  $p < 0.05$ )。般法華村沿岸では、マコンブが約  $3 \text{ kg/m}^2$ 、ガゴメ、チガイソ、フシジモクがそれぞれ  $500 \text{ g/m}^2$  前後、合計  $5.6 \text{ kg/m}^2$  と調査した海域の中では最も多かった。福島町沿岸では、マコンブが  $719 \text{ g/m}^2$  と最も多く、全体で  $1.5 \text{ kg/m}^2$  の現存量を示した。三石町沿岸では、 $200 \text{ g/m}^2$  のミツイシコンブ *Laminaria angustata* が最も多く、合計現存量は  $453 \text{ g/m}^2$  であった。熊石町沿岸では  $57 \text{ g/m}^2$  のホソメコンブが最も多く、合計現存量は  $112 \text{ g/m}^2$  と前3海域に比べて少なかった。また、寿都町と松前町沿岸での平均現存量は  $22 \text{ g/m}^2$  と  $24 \text{ g/m}^2$  と極めて少なく、奥尻島沿岸では採取可能な直立する海藻は出現しなかった。これら3調査海

域の海底は無節サンゴモが優占していた。

福島町岩部沿岸の定点周辺に出現した海藻組成とその平均現存量の季節変化をTable 12に示す。出現した海藻は緑藻1種、褐藻5種、紅藻13種、ならびに種子植物1種の合計20種であった。海藻と海草全体の現存量は各時期とも  $1 \text{ kg/m}^2$  以上を記録し、特に、1985年5月は  $2.7 \text{ kg/m}^2$  と高かった。スガモ *Phyllospadix iwatensis* は各時期に出現し、特に1985年5月の現存量は  $2 \text{ kg/m}^2$  と、海藻と海草の現存量の75.3%の高い比率を占めた。また、1984年9月にはユナ *Chondria crassicaulis* が  $0.9 \text{ kg/m}^2$ 、また、10月と11月にはソゾ属 *Laurencia* spp. の海藻がそれぞれ  $1.2 \text{ kg/m}^2$  および  $1.3 \text{ kg/m}^2$  と高い現存量で出現した。一方、1984年6月には、ケウルシグサとマコンブが出現し、両種の現存量で全体の56.5%を占めた。一方、奥尻島神威脇沿岸では周年無節サンゴモが優占し、直立する海藻は採集されなかった。

このように、キタムラサキウニの成長量はマコンブ、チガイソ、ミツイシコンブなどの大型多年生褐藻が春季から夏季にかけて優占して生育し、全現存量が約  $500 \text{ g/m}^2$  以上ある般法華村、福島町、三石町沿岸で大きかった。これに対して、大型褐藻の生育が少なく、現存量が  $100 \text{ g/m}^2$  未満の熊石町、寿都町、松前町、奥尻島各沿岸の成長量は極めて少なかった。また、季節を通じて海藻が  $1 \text{ kg/m}^2$  以上生育する福島町岩部沿岸が周年無節サンゴモが優占する奥尻島神威脇沿岸に比べて成長量が大いことが、同一年級群の成長過程から明らかになった。

## 第4節 成長の変動

### 1) 材料と方法

第Ⅲ章第3節で、キタムラサキウニの漁獲量の増加と卓越した稚仔の加入とが対応することが示唆された。キタムラサキウニの漁獲サイズに至るまでの成長が漁場内において、どのような年変動を示すかを明らかにするために、Fig. 3に示した福島町浦和沿岸の水深0.5～12.0mの浅海域で、汀線から沖出し400mの調査線を1本(Tr. 1)海底に設置した。第Ⅲ章第3節で示した稚仔の加入量の多かった1982年と1983年の年級群が漁獲サイズに至るまでの成長過程を知るために、1982年級群は1983年9月から1986年9月の満1歳から4歳に至るまで合計11回、1983年級群は1984年7月から1986年9月の0歳から3歳に至るまで合計9回にわたって調査した。0～3m, 3～6m, 6～9m, 9～12mの水深帯別に、調査線の周辺から無作為に採集した個体について殻径を測定した。1982年と1983年の年級群は満2歳時までは殻径組成のモードにより、また、満3～4歳時にはJensen<sup>20)</sup>の方法により年齢査定して判別し、各水深帯30個体ずつの平

Table 11. Average standing crops (g/m<sup>2</sup>) of marine algae in seven areas collected from the coast of Suttu, Kumaishi, Okushiri, Matsumae, Fukushima, Todohokke and Mitsuishi

Phylum	Species	Suttu		Kumaishi		Okushiri		Matsumae		Fukushima		Todohokke		Mitsuishi	
		Yaoi		Narugami		Kamuiwaki		Satsumae		yoshioka		Choushi		Kerimai	
		Jul.4.1990		Jun.4.1985		Aug.26.1983		Apr.21.1987		May.14.15.1985		Jul.10.1985		Jun.8.1982	
		M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S
SPERMATOPHYTA	<i>Phyllospadix iwataensis</i>			0.84	13.66					14.85	53.24			12.38	40.78
CHLOROPHYTA	<i>Ulva pertusa</i>			0.28	6.33					20.62	39.11	0.33	0.74		
	<i>Enteromorpha compressa</i>			1.56	31.38										
	<i>E. intestinalis</i>														
PHAEOPHYTA	<i>Dictyosphaera divaricata</i>	0.26	0.76							9.84	16.86				
	<i>Desmarestia viridis</i>			30.00	198.42			15.16	22.34	125.00	264.33			3.07	11.71
	<i>Punctaria latifolia</i>			0.12	2.85					0.01	0.07				
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>									0.45	1.09				
	<i>Colpomenia sinuosa</i>			0.88	14.77			0.06	1.01	2.63	6.54				
	<i>Coitodesme japonica</i>													1.62	8.72
	<i>Laminaria japonica</i>									718.53	1987.68	2967.5	4286.44		
	<i>L. religiosa</i>			57.15	703.79										
	<i>L. angustata</i>													200.19	351.38
	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>											465.00	658.8		
	<i>Agarum cribosum</i>									22.19	67.89			15.14	48.44
	<i>Costaria costata</i>			1.09	18.90					230.32	687.53	784.5	1075.96	8.93	31.02
	<i>Undaria pinnatifida</i>	4.09	9.12	14.76	137.89			8.94	45.10	241.94	598.72	228.33	510.57		
	<i>Alaria crassifolia</i>									2.19	7.89	544.17	851.78		
	<i>Cystophyllum hakodatense</i>									37.34	76.55			4.34	13.38
	<i>Sargassum yessoense</i>			0.01	0.21					3.65	7.11				
	<i>S. confusum</i>			0.82	18.59					0.61	3.15	457.00	528.99		
RHODOPHYTA	<i>Asparagopsis hamifera</i>											8.33	18.63		
	<i>Gelidium amansii</i>									4.46	8.64				
	<i>G. vagum</i>			0.01	0.23										
	<i>Pterocladia tenuis</i>									0.08	0.72				
	<i>Constantinea subulifera</i>													13.97	51.58
	<i>Neodilsea yendoana</i>									0.01	0.08	1.00	2.24	8.48	20.40
	<i>Corallina pilulifera</i>									0.23	0.94				
	<i>Grateloupia divaricata</i>													1.52	7.17
	<i>Tichocarpus crinitus</i>													42.14	104.20
	<i>Schizymenia dubyi</i>											0.33	0.75		
	<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>			0.01	0.11										
	<i>Rhodoglossum pulcherum</i>			0.04	1.01					30.52	89.52			0.02	0.09
	<i>Chondrus ocellatus</i>			0.08	1.81					23.61	79.64				
	<i>C. yendoi</i>									0.01	0.07				
	<i>C. armatus</i>			1.46	33.85										
	<i>Chondrus pinnulatus</i>											118.33	172.86		
	<i>Rhodomyenia pertusa</i>									0.97	3.58				
	<i>R. pulmata</i>									0.34	2.16	0.49	0.74		
	<i>Lomentaria catenata</i>									1.22	4.51				
	<i>Pilota pectinata</i>											0.67	1.19	141.10	275.20
	<i>Ceramium kondoi</i>			0.27	5.53							2.50	5.59		
	<i>C. japonicum</i>									0.004	0.01				
	<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>									0.01	0.06				
	<i>Laingia pacifica</i>													0.34	0.86
	<i>Delesseria violacea</i>			0.14	3.31										
	<i>Heterosiphonia japonica</i>									0.29	0.95				
	<i>Polysiphonia morrowii</i>	13.81	16.15	1.95	25.49										
	<i>Chondria crassicaulis</i>									0.003	0.01				
	<i>Laurencia intermedia</i>	3.80	5.11												
	<i>L. nipponica</i>			0.86	19.82					0.19	0.96				
	<i>Symphycarada latiuscula</i>	0.03	0.08												
	<i>Odonthalia corymbifera</i>													0.05	0.18
	Total	21.99	19.12	112.33	697.24	0		21.16	41.1	1492.12	2056.33	5578.48	3548.79	453.29	588.56
	Number of 1m <sup>2</sup> quadrats	16		152		10		18		83		10		29	

M and S represent mean standard deviation, respectively.



Table 12. Average standing crops (g/m<sup>2</sup>) of marine algae around the experimental site of Fukushima

Species		Jul.11, 1984	Sep.12	Oct.8	Nov.21	Mar.22, 1985
Chlorophyta	<i>Ulva pertusa</i>	30.6				
Spermatophyta	<i>Phyllospadix iwatensis</i>	250.5	47.1	543.1	473.6	2073.1
Phaeophyta	<i>Desmarestia viridis</i>	339.3				
	<i>Laminaria japonica</i>	327.6		52.3		
	<i>Hizikia fusiforme</i>	111.3	175.5	26.4	2.4	
	<i>Sargassum thunbergii</i>		45.5		3.2	
	<i>S. sagamianum</i>	67.8		30.6		
Rhodophyta	<i>Neodilsea yendoana</i>	32.1	24.3	55.1	23.8	
	<i>Grateloupia filicina</i>					2.7
	<i>G. livida</i>			8.8	14.6	
	<i>Chondrus yendoi</i>	12.2				
	<i>Carpopeltis affinis</i>		2.9			
	<i>Gracilaria textorii</i>				3.1	
	<i>Lomentaria catenata</i>				8.1	23.2
	<i>Ceramium tenerrimum</i>				9.1	
	<i>Laingia pacifica</i>	5.3				66.2
	<i>Polysiphonia japonica</i>				52.9	
	<i>Chondria crassicaulis</i>	3.4	892.8			589.6
	<i>Laurencia spp.</i>			1205.6	1272.2	
	<i>Symphocladia latiuscula</i>					
	Total	1180.1	1188.1	1921.9	1863.0	2754.8

均殻径を求めた。ただし、年齢は9月を産卵期とした満年齢を用いた。

一方、1983年から1988年にかけて、6月から11月にかけて1～3回、海藻現存量の年変化を知るために、調査線上に25m間隔に設定した17調査点に1×1mの方形枠を設置し、スキューバ潜水で枠内の生育海藻を採集し、種別の湿重量(g)を測定した。

調査期間中の水温は調査域近隣の福島町吉岡の観測値<sup>75, 76, 95-100)</sup>を引用した。

## 2) 結果

### (1) 成長

卓越年級群である1982、1983年級群の殻径の変化をFig. 27に示す。1982年級群の殻径は、一時的な成長停滞を認めたが、ほぼ直線的に成長し、産卵後約3年5カ月後の1986年2月には50mmに達した。1983年級群もほぼ直線的に成長し、約3年後に50mmに達し、1982年級群に比べて成長率は高かった。また、本章第2節で示したように、1983年6月、9月および1984年2月には水深によるキタムラサキウニの成長差が顕著にみられたのに対して (Fig. 25)、両年級群とも水深による顕著な成長差はみられなかった。

### (2) 海藻現存量の推移

1984年と1985年の福島町沿岸の各月における旬別水温

を1981年～1988年の平均水温と比較してFig. 28に示した。1984年2月下旬～5月上旬、1985年の1～4月下旬にかけての水温は平年に比べほぼ1～2.5℃低く、5℃以下で推移したのが特徴だった。

1983年6月から1988年8月に出現した海藻の種類別現存量を、3m毎の水深帯に区分してFig. 29に示した。海藻現存量は、1983年には各水深帯で500g/m<sup>2</sup>未満であり、水深0～6m帯で特に少なかった。水深3～9mの海底では無節サンゴモが優占していた。これに対して、1984年以降は、水深0～6mの現存量がマコンブを中心に急激に増大し、1988年まで継続して多かった。1986年9月には水深0～3m帯と3～6m帯でマコンブだけで、それぞれ16.08kg/m<sup>2</sup>、7.44kg/m<sup>2</sup>と極めて高い現存量を記録した。また、マコンブの生育帯は、1985年6月、9月および11月には水深6～9m帯へ、さらに1986年9月には水深9～12m帯へも拡大した。

## 第5節 考察

キタムラサキウニの性成熟を開始する殻径は、北海道噴火湾沿岸においては40～45mm<sup>18)</sup>とされている。その結果を用いると今回実験を行った飼育群の中で、実験終了時の殻径が30mm台にあるA群とB群は幼体群に、また、殻径40mm以上で実験を終了したC～E群は成体群

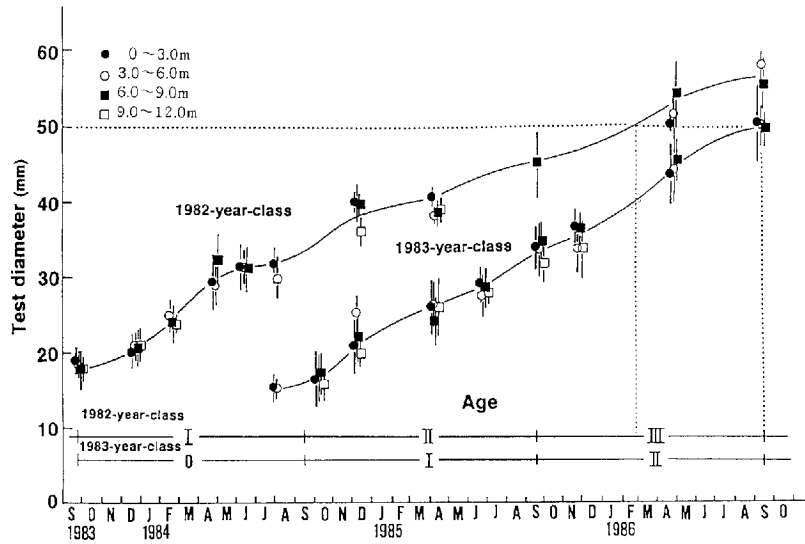


Fig. 27. Growth of 1982- and 1983-populations of *Strongylocentrotus nudus* by four depth zones of 0-3.0, 3.0-6.0, 6.0-9.0 and 9.0-12.0m. Vertical bars represent standard deviations.

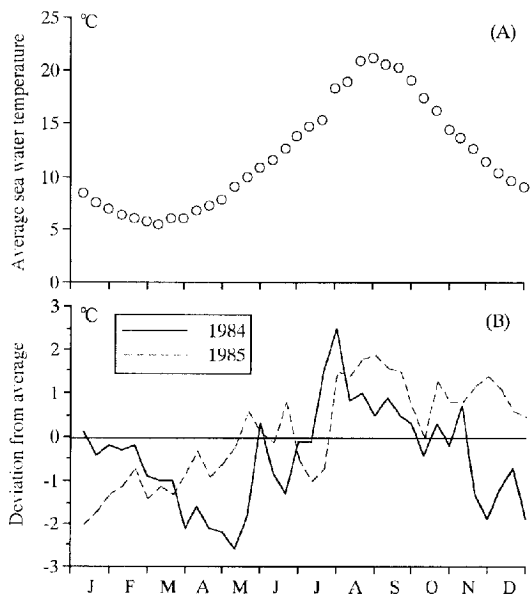


Fig. 28. Data of the sea surface water temperature at Yoshioka near the survey sites. The upper graph indicate the average temperature during the period from 1981 through 1988, and the bottom the deviations of the temperature from those averages to each survey year.

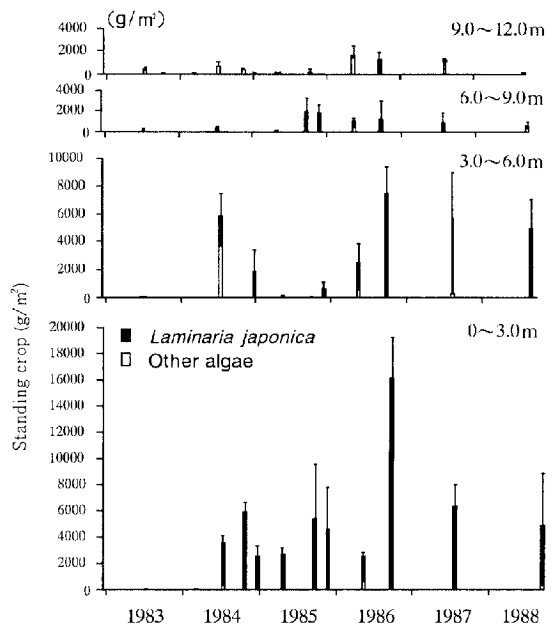


Fig. 29. Annual changes in standing crop of marine algae by four depth zones of 0-3.0, 3.0-6.0, 6.0-9.0 and 9.0-12.0m during the period from 1983 through 1988.

に属する。飼育実験の結果、4～6月の殻径はA群とB群が、C～E群に比べて顕著に成長した(Fig. 23)。この時期は成体群の生殖巣が成長期から成熟前期へと、年間で最も盛んに発達する期間であることから、成体群が摂食した餌料は主に生殖巣の発達に向けられるのに対して、生殖巣に向けることのない幼体群は、そのほとんどがこの期間においても殻の成長にむけられるものと考えられる。特に、A群の殻径の高い成長率は、エゾバフンウニと同様<sup>76)</sup>摂食した餌料が主に殻の成長に大きく向けられることを示している。飼育実験の結果は、幼体群における殻径と体重の成長は冬季と夏季に停滞し、春季と秋季に増大するというを示しているが、福島町および奥尻島沿岸の天然のキタムラサキウニ個体群においても、同様な季節変化が認められる(Fig. 26)。特に、冬季間の成長量の減少は低水温による摂食量の低下によりもたらされる<sup>76), 52)</sup>ものと考えられる。

福島町浦和沿岸のキタムラサキウニの成長量は、周年アナメが生育し、マコンブの生育もみられる水深9～12mで最も大きく、つづいて6～9mが大きかった。これに対して、無節サンゴモが周年優占する3～6mでの成長量は極めて小さかった(Fig. 25)。水深0～3mでは第Ⅱ章第1節で示したように、6月には他の水深帯に比べて成体群の生殖巣の量的な発達は大きい。春季に生育する海藻は主に生殖巣の量的な発達に向けられるが、秋季には海藻が消失するために、殻の成長量が水深3～6mの個体と同様に小さいものと考えられる。

コンブ類はキタムラサキウニの成長に対して高い餌料価値をもつことが飼育実験により明らかにされている<sup>33), 51)</sup>。キタムラサキウニの成長量は、無節サンゴモが優占する北海道南西部日本海の海域にくらべて、マコンブなど大型多年生褐藻が多量に生育する津軽海峡、南部太平洋ならびに日高沿岸の海域において著しく高く(Table 10)、天然においても餌料価値の高い海藻の量によって成長量が決定されていることが明らかになった。このことは、マコンブを含む多種類の海藻が生育し、年間を通して1kg/m<sup>2</sup>以上の現存量を示す福島町岩部沿岸では、無節サンゴモが優占する奥尻島沿岸よりも成長量が著し

く大きかったことからもうかがえる。

1984年の冬～春にかけて、津軽海峡の北海道西部沿岸域には沿岸親潮水が流入した<sup>101)</sup>。このため福島町沿岸の冬季間の水温は平年に比べて極めて低く推移し(Fig. 28)、マコンブが大量に繁茂した。東北地方三陸沿岸域においても、アラメやマコンブなどコンブ科褐藻は、親潮第1分枝が強勢で寒冷な年には大量に繁茂することが知られている<sup>73), 102), 103)</sup>。

1983年6月、9月と1984年2月において、福島町浦和沿岸のキタムラサキウニが殻径50mmに達する年齢は、水深0～6mでは満9歳以上、6～9mでは5歳、9～12mでは4歳であり、餌料となる海藻が豊富な深所に向かうほど成長が良かった(Fig. 25)。これに対して、1982年と1983年の年級群が満3歳で殻径50mmに達し、さらに水深帯により成長差がみられなくなったことは、1984年6月以降に水深12m以浅において大きなマコンブ群落が形成、維持され(Fig. 29)、餌料が豊富に供給されたためであると考えられる。

前章で福島町漁業協同組合管轄域のキタムラサキウニの漁獲量が1985～1987年にかけて増大し、資源水準も高くなったのは、1982年と1983年に卓越して発生した加入群に対応することを示した。本研究の結果から、これら卓越した年級群を3歳で殻径50mmに成長させた大きなマコンブ群落が、1984年以降形成されたことが漁獲量の増大につながったと結論される。1984年には北海道日本海沿岸においてもコンブが大量繁茂した<sup>104)</sup>。したがって、前章で示した奥尻島と島牧沿岸においても、1986年以降の漁獲量が急激に増加した原因は、1983年に発生した卓越加入群がコンブの大量繁茂によって、早い成長をしたことによるものと考えられる。

以上のように、本研究の結果からキタムラサキウニの成長は、他のオオバフンウニ属<sup>78), 105)-107)</sup>の場合と同様に、生息する場所に生育する餌料海藻の量によって、漁場内あるいは漁場間の差がもたられること、また、生育する海藻現存量の年変動により、漁場内の成長の年変動がもたらされ、稚仔加入量と相関して漁獲量の変動が左右されると結論される。

## 第Ⅴ章 摂食活動

第Ⅱ章と第Ⅳ章で示したように、キタムラサキウニの成長や生殖巣の量的な発達は、漁場内と漁場間における餌料となる海藻の種類と量の相違によって大きく影響される。餌料海藻の少ない北海道日本海南西部沿岸の無節サンゴモが優占する海域においては、成長量も生殖巣の量的な発達も著しく低かった。このように、海藻の現存

量は成長および生殖巣の量的な発達に大きな影響を与えるが、両者間に介在する摂食活動については十分な知見はない。これまで海藻種毎のキタムラサキウニの摂食量の差異<sup>32), 54)</sup>が短期間の飼育実験によって明らかにされた。また、摂餌選択<sup>52)</sup>および摂食活動に及ぼす水温<sup>51), 52)</sup>と波浪の影響<sup>108), 109)</sup>などの知見も主に飼育実験によって得

られきた。しかし、これらの知見にもとづいてキタムラサキウニ二個体群の維持と海藻群落との関係を明らかにする研究は実施されてこなかった。一方、春季から夏季は、生殖巣が量的に発達する時期に相当し、個体群の維持にとって重要な時期であると考えられる。しかし、この時期の摂食量と生殖巣の増大との関係については、詳細に調べられてこなかった。このため、キタムラサキウニを移植する場合、移植量と移植場所の海藻現存量の関係、移植から漁獲に至る期間、あるいは養殖においても給餌期間や給餌量の判定など、増養殖技術開発の基礎的な知見も得られていないのが現状である。

本章では、まず餌料を飽食量与えた飼育実験によって、キタムラサキウニの大きさ群毎の摂食量を調べ、その季節的变化を検討するとともに、春季から夏季にかけての摂食量と生殖巣の増大との関係を検討する。また、野外において人為的に与えた餌料の摂食活動の季節的变化を調べ、摂食活動におよぼす生殖巣の発達と環境要因の影響を検討した。さらに、野外においてキタムラサキウニの海藻群落への索餌活動の季節的变化を調べ、室内と野外実験から得られた知見をもとに季節的な移動要因について検討した。

## 第1節 飼育条件下での摂食活動

### 1) 材料と方法

キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂食量と消化吸収量を知るために、第IV章第1節で飼育した大きさ別のA, B, C, D, Eの5実験群毎に、2~6日に1回の割合で給餌したホソメコンブ葉体の湿重量(g)と残餌湿重量(g)をペーパータオルで十分に水分を除去して測定した。また、水槽の底に溜まった排泄物はホースで吸い上げ、ナイロン製のネット(目合200 $\mu$ m)にこしとり、濾紙上で水分を十分に除去して重量を測定した。このようにして飼育した1個体1日当たりの摂食量と摂餌率、および消化吸収量と消化吸収効率を群毎に下記により求めた。

日間摂食量 = (給餌量 - 残餌量) / 個体数 / 各月の飼育日数

日間摂餌率 = 1個体1日当たりの摂食量  $\times$  100 / 各月の平均体重

日間消化吸収 = 日間摂食量 - 1個体1日当たりの排泄物量

消化吸収効率 = 日間同化量  $\times$  100 / 日間摂食量

また、自動温度記録計により、ほぼ毎日午前10時の飼育水温を測定した。飼育は自然海水の掛け流しで、その

換水率は1~1.5回転/時間であった。

## 2) 結果

### (1) 日間摂食量と日間摂餌率

A, B, C, D, E各群の日間摂食量と日間摂餌率ならびに飼育水温の季節変化をFig. 30に示す。摂食量は個体の大きさに比例して周年、E群が最も多く、小型になるほど少なかった(Fig. 30(A))。生殖巣があまり発達しない幼体群のA群とB群においては、水温が6 $^{\circ}$ Cから上昇する(Fig. 30(C))2月から、6月の最大値に向かって摂食量が増加し、16~24 $^{\circ}$ Cに上昇する7月以降に低下して、9月に最低値を示した。これらに対して成体群のC, DならびにE群は、最大の摂食量は6月で、その低下は7月以降でAおよびB群と同様であった。また、B~E群の摂食量は11月から12月の間でもわずかに増加した(Fig. 30(A))。一方、A~D群では6 $^{\circ}$ Cの最低水温となる2月には摂食量がやや少ない傾向がみられた。一方、日間摂餌率は年間を通してほぼA群が最も高く、大型になるほど低くなった。A群の日間摂餌率は、11月にピークを示した後、2月にむけて低下し、3月以降再び上昇して6月にピークを示した後、7月から下降して9月に最

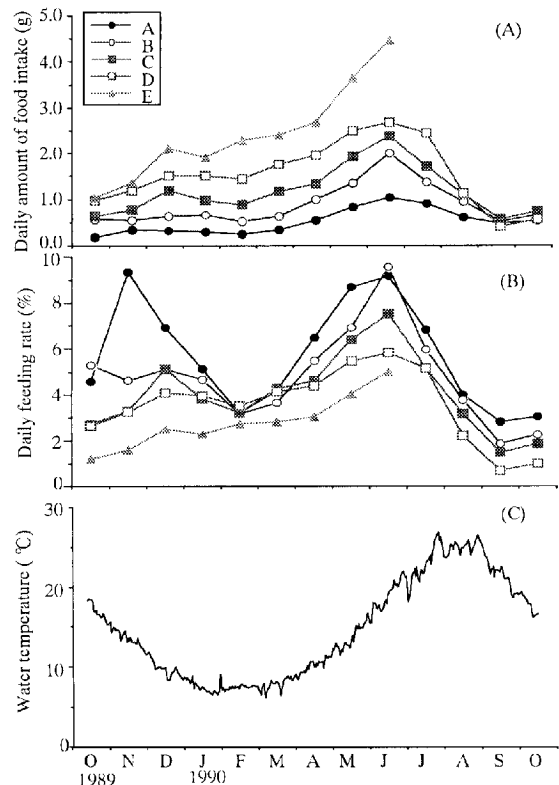


Fig. 30. Seasonal changes in daily amount of *Laminaria religiosa* (A) eaten by *Strongylocentrotus nudus* of five size groups (A~E), daily feeding rate (B), and water temperature (C) in aquaria. The symbols (A~E) are shown in Table 9.

低となった。これに対して、B, C, D, E群の日間摂餌率は11月のピークは認められず、6月に最高値、続く9月に最低値を示すことではA群と同様の傾向を示した(Fig. 30(B))。

(2) 日間消化吸収量と消化吸収効率

A, B, C, D, E群毎の日間消化吸収量と消化吸収効率をFig. 31に示す。日間消化吸収量は各群とも10月から11月にわずかに増加し、12月から2月の低水温時にかけてやや減少した。さらに3月から再び増加して6月に最高値を示した後、9月にむけて低下した。また、日間摂食量(Fig. 30(A))と対応して消化吸収量も大型群ほど大きい傾向を示した。

これに対して、消化吸収効率の周年変化は各群間で大きな差はなく、水温が約10~25℃へ上昇する4~8月には約50~60%であり、10~11月にかけて上昇した。その後12月以降の低水温時に著しく下降して、水温が6℃となる2月には10%前後となった。水温の上昇する3月から、6月ないし7月まで再び上昇し、8月にやや低下傾向をみせた後、10月に向かってほぼ同一水準で推移した(Fig. 31(B))。

第2節 摂食量と生殖巣の増大

1) 材料と方法

摂食量と生殖巣の増大との関係を知るために、1995年4月6日~8月4日にかけて、北海道立中央水産試験場で、ホソメコブを給餌して室内飼育実験を行った。実

験に用いたキタムラサキウニは同年3月27日に、小樽市忍路湾の直立する海藻を欠いて紅藻無節サンゴモが優占する水深5mから採集し、実験開始まで無給餌で飼育した。4月6日に、60ℓ容水槽6基にそれぞれ殻径50mm以上の個体を10個体ずつ収容し、実験群(A~F)とした。飼育は濾過海水を掛け流し、換水率1~1.5回転/時間に設定して行った。各群の実験期間はA群が20日、B群が40日、C群が60日、D群が81日、E群が102日、そしてF群が120日までに設定した。各実験群においては、3~6日に1回の割合で忍路湾産天然ホソメコブの葉体を、残餌が常に存在するように十分な量を給餌した。給餌量と残餌量はコブの表面の水分をペーパータオルで除去した湿重量として測定した。次いで、そのホソメコブを105℃、48時間乾燥した後で乾燥重量を測定し、その比率から給餌量と残餌量の湿重量を乾燥重量に換算した。水槽の底に溜まった排泄物はホースで吸い上げ、目合200μmのナイロン製のネットにこしとり、ペーパータオル上で水分を十分に除去した湿重量と乾燥重量を測定した。このように飼育した個体は、殻径と体重(湿重量)を測定して成長量を求めた。さらに得られた結果にもとづいて、実験期間毎の1個体1日当たりの摂食量と消化吸収量、ならびに消化吸収効率を前節と同様に求めた。

また、生殖巣の発達過程を知るために、実験開始時には同一の個体群の中から殻径50mm台の10個体について、また、各群の実験終了時には実験個体毎に生殖巣重量(湿、乾燥重量)を測定し、生殖巣指数を求めた。さらに、消化吸収したホソメコブ量(乾燥重量)に対する生殖巣の増重量(乾燥重量)を生殖巣成長効率として、実験期間毎に下記により求めた。

$$\text{生殖巣成長効率} = \frac{\text{1個体当たりの生殖巣増重量} \times 100}{\text{1個体当たりの消化吸収量}}$$

各群の実験期間中の生殖巣の増重量は、実験開始時あるいは他の群の実験終了時の殻径と生殖巣重量(乾燥重量)の関係式を算出して推定した。

実験期間中の飼育水温は水温センサー(東邦電子株式会社製)により、ほぼ毎日午前10時に測定した。

2) 結果

実験期間中の水温は4月中は10℃前後であり、5月中旬までに12℃台まで上昇した。5月中旬から下旬にかけては12℃台で推移し、6月には15℃台へ、さらに7月上旬~中旬にかけては20℃台まで急激に上昇した後、8月4日まで20~21℃台で推移した(Fig. 32)。

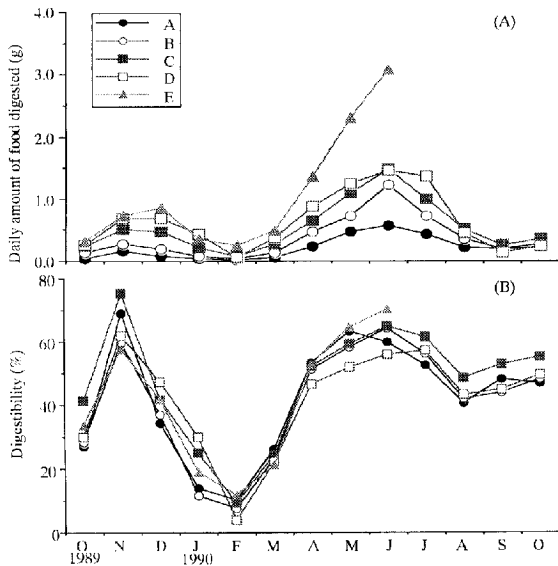


Fig. 31. Seasonal changes in daily amount of *Laminaria religiosa* digested (A) by *Strongylocentrotus nudus* of five size groups (A~E), and digestibility (B). The symbols (A~E) are shown in Table 9.

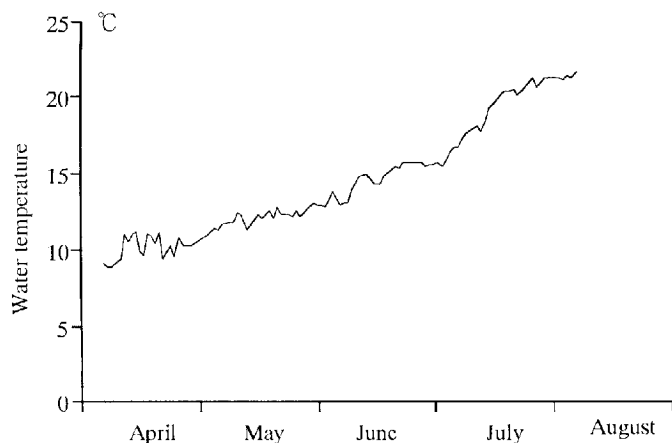


Fig. 32. Sea water temperature during the experiment from April through August 1995.

各群の実験開始時と終了時の平均殻径と体重をTable 13に示す。殻径と体重の日間成長量は20日ではそれぞれ0.02mm, 0.16g, 40日では0.02mm, 0.20g, 60日では0.05mm, 0.17g, 81日では0.03mm, 0.18g, 102日では0.04mm, 0.14gおよび120日では0.02mm, 0.11gであった。これらの結果、殻径の成長量は60日後が最も多く、続いて102日後と81日後が、体重の成長量は40日後に最も多く、続いて81日後と60日後が多かった。また、いずれの成長量も20日後と120日後には少なかった。

実験開始時および各群の実験終了時における生殖巣指数をFig. 33に示す。生殖巣指数は実験開始時の6.5に対して、20日では13.4と著しく増加した。40日では14.9, 60日の17.5を経て、81日では20.2, 102日には22.3へと増加した。120日に調べたF群の生殖巣指数は22.5と増加が停滞した。

実験開始時と20日, 40日, 60日, 81日, 102日ならびに120日の各群の殻径と生殖巣の乾燥重量は、Spearmanの順位相関係数によると5%の有意水準で正の関係が認められた(Table 14)。

各群の実験期間毎の1個体1日当たりの摂食量と消化吸収量の乾燥重量、および消化吸収効率の平均値とTable 14で示された関係式から、各群の実験期間中の

生殖巣の増重量を推定し、各群の生殖巣の日間成長量と生殖巣成長効率の平均値を求めTable 15に示す。1個体1日当たりの摂食量は実験開始初期の4月6日~26日の449.7mgに対して、つづく5月16日までの20日間には、684.9mgと急激に増加し、6月5日までは670.4mg, その後の6月26日までは、732.3mgと最高値を記録した。しかし、6月26日~7月17日では621.4mgへ、さらに8月4日までの18日間では394.9mgに急激に減少した。消化吸収量は摂食量を反映して、4月6日~26日の328.0mgから、つづく5月16日の480.8mgへと急激に増加したが、7月17日までは450mg台で推移し、それから8月4日までの期間には217.0mgへと、摂食量と同様に急激に減少した。消化吸収効率は実験開始から7月17日までの102日間で60~70%台で推移したが、つづく102日~120日後の7月18日から8月4日までの期間に54.96%へ低下した。1個体1日あたりの生殖巣の日間成長量は、実験開始20日後までの初期に81.0mgと最高値を示したのに対して、つづく5月16日の20日間は25.0mgへ著しく減少し、6月5日までの期間には32.1mgと若干増加した。その後、6月26日までの成長量は64.1mgに再び増加したが、8月4日までの2実験期間にそれぞれ23.4mgおよび11.8mgへと急激に減少した。

Table 13. Initial and final average test diameter and body weight of *Strongylocentrotus nudus* of six experimental groups (A-F) reared

Group	Duration	Rearing days	Test diameter (mm)		Daily growth (mm)	Body weight (g.wet)		Daily growth (g)
			Initial	Final		Initial	Final	
A	Apr. 6-Apr.26	20	51.3 ± 2.2	51.7 ± 1.2	0.02	67.0 ± 5.3	70.2 ± 5.4	0.16
B	Apr. 6-May.16	40	50.9 ± 1.7	51.8 ± 1.9	0.02	67.6 ± 6.3	75.5 ± 6.8	0.20
C	Apr. 6-Jun.5	60	55.3 ± 3.7	58.1 ± 3.1	0.05	81.9 ± 13.7	92.2 ± 14.2	0.17
D	Apr. 6-Jun.26	81	54.9 ± 2.4	57.2 ± 1.7	0.03	79.7 ± 6.6	94.5 ± 7.6	0.18
E	Apr. 6-Jul.17	102	51.8 ± 3.4	55.4 ± 3.1	0.04	67.9 ± 14.5	82.1 ± 13.6	0.14
F	Apr. 6-Aug.4	120	54.3 ± 3.7	56.8 ± 2.5	0.02	78.5 ± 12.9	91.5 ± 12.0	0.11

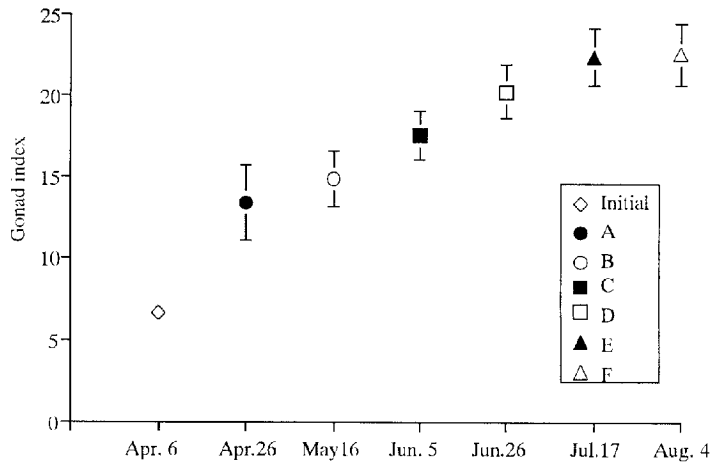


Fig. 33. Changes in gonad indices of six experimental groups of *Strongylocentrotus nudus*. Explanations of symbols (A~F) are given in Table 13.

Table 14. Regression formulas between test diameter (T.D.) and dry gonad weight (G.W.)

Group	Date	Formula	$\rho$	n	p
Initial	Apr. 6	LogG.W.=3.7058LogT.D.-6.3178	0.742	10	0.0261
A	Apr. 26	LogG.W.=3.0775LogT.D.-4.8940	0.675	10	0.0487
B	May. 16	LogG.W.=3.1242LogT.D.-4.9026	0.678	10	0.0491
C	Jun. 5	LogG.W.=1.8207LogT.D.-2.5772	0.839	10	0.0118
D	Jun. 26	LogG.W.=1.9346LogT.D.-2.6644	0.700	10	0.0423
E	Jul. 17	LogG.W.=2.0269LogT.D.-2.7928	0.848	10	0.0110
F	Aug. 4	LogG.W.=2.6159LogT.D.-3.8125	0.661	10	0.0475

Table 15. Average daily algal intake, amount digested, gonadal growth, the digestibility and gonadal growth efficiency for individual sea urchin *Strongylocentrotus nudus* of six experimental groups

Duration	Daily amount of food intake (mg, dry weight)	Daily amount of food digested (mg, dry weight)	Digestibility* <sup>1</sup> (%)	Daily gonadal growth (mg, dry weight)	Gonad growth efficiency* <sup>2</sup> (%)
Apr. 6-26	449.7	328.0	72.82	81.0	24.84
Apr. 26-May 16	684.9	480.8	70.16	25.0	5.24
May. 16-Jun. 5	670.4	454.3	67.85	32.1	7.13
Jun. 5-26	732.3	459.1	62.71	64.1	13.36
Jun. 26-Jul. 17	621.4	451.3	72.54	23.4	5.21
Jul. 17-Aug. 4	394.9	217.0	54.96	11.8	5.44

\*<sup>1</sup>: Dry weight of food digested × 100/Dry weight of food intake.

\*<sup>2</sup>: Dry weight of gonadal growth × 100/Dry weight of food digested.

生殖巣成長効率は同化量と生殖巣成長量を反映して、実験開始20日後までに24.84%と著しく高かった。これに対して、つづく40日までの20日間は5.24%と急激に低下した。その後81日までは7.13%および13.36%へ徐々に増加した。しかし、6月27日から8月4日までの2実験期間では、それぞれ5.21%および5.44%へと再び減少した。

本実験から、漁獲対象となるキタムラサキウニの生殖

巣指数を4月6日の6.54から収穫基準となる18以上に上昇させるには、C群でみられた(Fig. 33)最低60日間の給餌期間が必要であることが明らかになった。この間の1個体当たりの摂食量は36.28g(乾燥重量)であり、そのうち71.9%に相当する26.09gを消化吸収し、さらに消化吸収量の10.3%の2.68gが生殖巣の増重へと転換されたことになる。

第3節 野外での摂食活動

1) 材料と方法

野外における摂食活動が飼育条件下での摂食活動と同様な季節変化を示すか否かを、北海道小樽市忍路湾において調べた。キタムラサキウニが約5個体/m<sup>2</sup>と高密度に生息し、周年、無節サンゴモ以外の海藻がほとんど生育しない、水深1.2mの玉石からなる場所に、半径5mの円状の実験区を設定した(Fig. 34)。実験区において、1989年9月から1990年7月まで2カ月に1回、キタムラサキウニの摂食活動の季節変化を調べた。各月の実験開始前には実験区内に生息するウニをすべて除去し、実験当日に同湾で採集したホソメコンブ3~5kgを実験区中心部の海底に茎をロープで束ねて固定した。ホソメコンブの藻体が小さく必要量を採集できない1月と3月には、その乾燥品を十分海水に浸した後、同じ量を同様に固定した。設置したホソメコンブの上に、同湾沖合、水深4~5mのサンゴモ平原から採集した約100個体のキタムラサキウニを移植した。移植に際し、事前に別の10個体の消化管内容物を調べ、ホソメコンブを全く摂食していないことを確認した。また、移植個体については実験区周辺から侵入する個体と識別するために、放流前に棘に黄色の塗料(大日本塗料株式会社製)を塗布した。

移植個体は24時間後に移動距離を知るために、移植した中心部から同心円状に1m間隔に分けて全数を回収した。実験室に持ち帰った個体は、殻径と体重および生殖巣湿重量(g)を測定し、生殖巣指数を算出した。生殖巣の成熟段階はFujiの区分<sup>17)</sup>に従って求めた。また、Jensenの方法<sup>19)</sup>によって年齢を査定し、9月を産卵期とする満年齢を求めた。さらに、ホソメコンブの摂食量を明らかにするため、個体毎に消化管内容物を取り出し、水道水で洗いながらナイロン製ネット(目合200 $\mu$ m)に濾し取り、内容物中のホソメコンブ湿重量(g)を測定し、体重に対する比率を算出した。

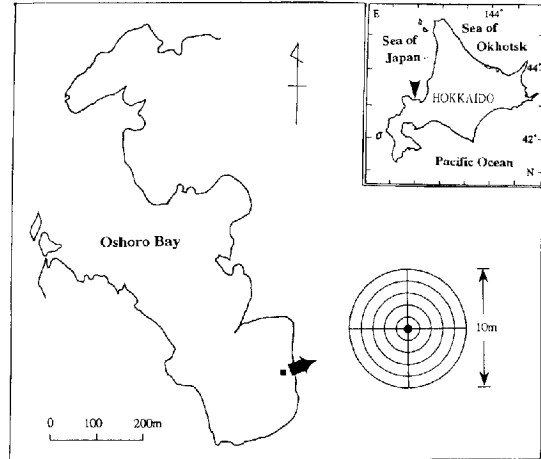


Fig. 34. Location of the study area.

Solid circle represents the transplantation site of the marked sea urchin *Strongylocentrotus nudus*.

実験期間におけるキタムラサキウニの摂食活動に影響すると考えられる環境要因として、実験開始日と終了日のほぼ午前10時に水温を水銀棒状温度計により測定するとともに、気象庁による風浪階級を観測した。

2) 結果

移植したキタムラサキウニの殻径は40mm台が最も多く、主に5~7歳の年齢群で構成されていた (Table 16)。

移植したキタムラサキウニの24時間後における分散距離、およびホソメコンブを摂食した個体数には明瞭な季節変化が認められた(Table 17)。すなわち、9月には、1m以内にとどまる個体が51.5%と最も少なく、1~2mの範囲には36.4%、さらに3~4mの範囲に達した個体が6.1%を占めており、年間を通して最も活発に移動、分散したことを示している。つづく11月には、なお3~4mに達する個体が認められたが、明らかに移動する個体は少なくなった。1月と3月には1m以上移動

Table 16. Test diameter (mm, average and standard deviation) and age compositions (%) of the marked-sea urchin *Strongylocentrotus nudus* used in the experiment

Date	No. marked	Test diameter (mm)	Age										
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	X <
Sep. 5 ~ 6, 1989	99	41.1 ± 6.7	0	0	0	7.1	17.2	40.4	16.2	7.1	7.1	1.0	4.0
Nov. 16 ~ 17	102	43.6 ± 7.5	0	1.0	1.0	5.9	22.5	28.4	15.7	7.8	7.8	4.9	4.9
Jan. 17 ~ 18, 1990	102	41.2 ± 5.8	0	1.0	2.0	3.9	21.6	40.2	15.7	7.8	7.8	3.9	1.0
Mar. 5 ~ 6	94	46.5 ± 5.2	0	0	0	5.3	26.6	29.8	18.1	8.5	8.5	3.2	1.1
May 14 ~ 15	96	42.0 ± 6.3	5.2	0	0	6.3	28.1	43.8	10.4	6.3	6.3	0	0
Jul. 3 ~ 4	100	44.9 ± 6.4	1.0	0	4.1	19.4	29.6	29.6	14.3	2.0	2.0	0	0



Table 17. Percent occurrence of the marked sea urchin *Strongylocentrotus nudus* and their position from transplanting site, feeding incidence (percentage of individuals having the food in their guts) on the kelp *Laminaria religiosa* 24 hrs. after transplantation

Date	Distance from transplanting site					Feeding incidence
	0 ~ 1m	1 ~ 2m	2 ~ 3m	3 ~ 4m	4 ~ 5m	
Sep. 6, 1989	51.5	36.4	6.1	6.1	0	86.9
Nov. 17	85.3	11.8	2.0	1.0	0	69.6
Jan. 18, 1990	100.0	0	0	0	0	0
Mar. 6	100.0	0	0	0	0	0
May 15	89.6	9.6	0	1.0	0	93.7
Jul. 4	84.0	11.0	5.0	0	0	79.0

する個体は認められなかった。5月および7月には1m以内にとどまる個体が、それぞれ89.6%および84.0%と高い比率を占めたが、移動する個体も多くなって、ほぼ11月と同様の結果を示した。移殖地点からほとんど分散しなかった1月と3月には、ホソメコンブを摂食した個体は全く認められなかったが、顕著な移動を示した他の月にはいずれも約70%以上の頻度で摂食個体が認められた。このうち、摂食個体の割合は5月の93.7%が最も高く、11月の69.6%が最も低かった。

ホソメコンブの摂食量に季節変化が認められるか否かを明らかにするため、摂食活動を示した9月、11月、5月および7月の各個体別の消化管内のホソメコンブ重量の体重比の頻度分布を求めてFig. 35に示した。摂食されたホソメコンブ重量の体重比には月毎に有意な差が認められ(Kruskal-Wallisの検定法,  $P < 0.01$ ), その平均値は5月、11月および7月に3%台であり、特に5月は3.51%と最も高かったのに対して、9月には1.54%と極めて低かった。また、11月の摂食量の体重比は個体間のばらつきが大きかった。

回収した個体の生殖巣指数と生殖巣の成熟段階の頻度分布をFig. 36に示した。摂食量が少なかった9月には成熟前期が85.9%を占めて、生殖巣指数は11.8と実験期間中で最も高い値を示した。11月になると85.3%の個体が放出期へと移行しており、指数は3.5と最も低い値となった。この時期には未だ成熟後期にある個体(4.9%)およびすでに回復期に入った個体(9.8%)も混在していた。1月には放出期の個体がなお44.1%を占めたものの、回復期、成長期の個体が増加して生殖巣指数は4.1となり、3月には84.0%が成長期の個体で、生殖巣指数は6.5となった。最も摂食活動が活発であった5月には全個体が成長期、そして7月には成熟前期へと移行する個体が著しく増加し、生殖巣指数はそれぞれ9.9と10.5となった。

実験日の水温と風浪階級をTable 18に示した。水温

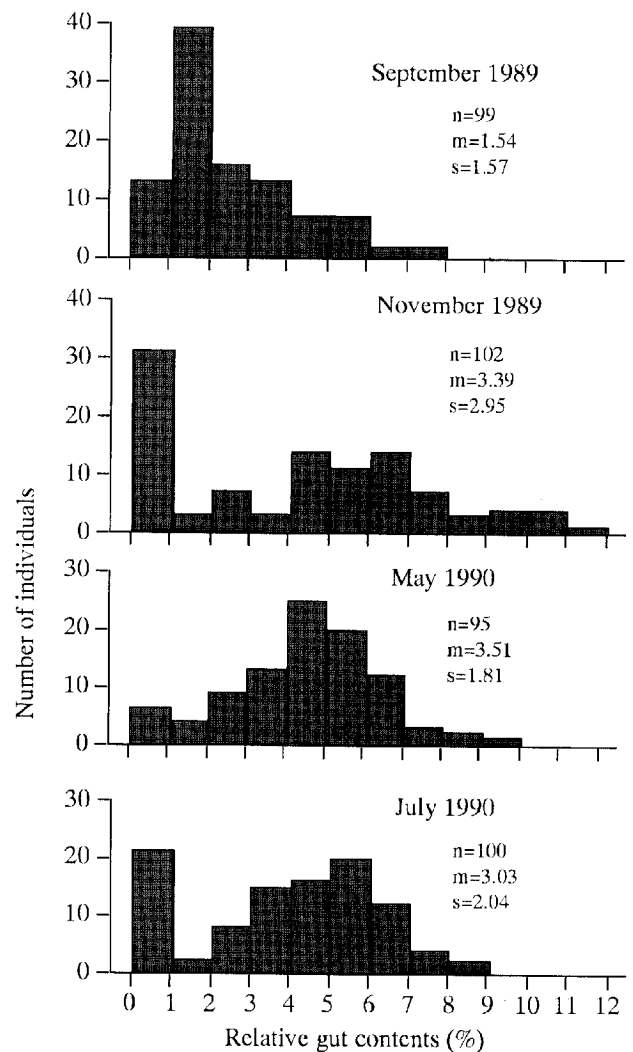


Fig. 35. Histogram of the amount of gut contents of the marked sea urchin *Strongylocentrotus nudus* 24 hrs. after transplantation. The gut contents are represented as the percentage of body weight. n, m and s indicate number of individuals, mean, and standard deviation, respectively.

は9月の20.8~21.6℃から11月の11.0℃を経て、1月には4.9~4.8℃へ下降した。3月には5.4℃と依然低く推移した後、5月の10.9~11.0℃を経て7月には19.9℃へと上昇した。風浪階級は、3月5日と5月15日に3と強

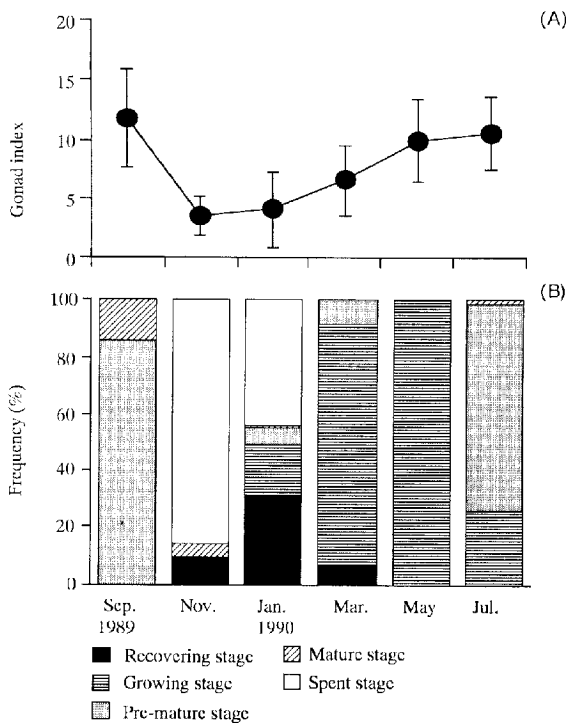


Fig. 36. Seasonal changes in gonad indices (A) and frequency distributions of gonad developmental stages (B) of the marked sea urchin *Strongylocentrotus nudus*.

Table 18. Sea surface water temperature and scale of wind waves at the area surveyed between-September 1989 through July 1990

Date	Temperature (°C)	Scale of Wind waves
Sep. 5, 1989	20.8	1
Sep. 6	21.6	1
Nov. 16	11.0	0~1
Nov. 17	11.0	0~1
Jan. 17, 1990	4.9	2
Jan. 18	4.8	0~1
Mar. 5	5.4	3
Mar. 6	5.4	0
May. 14	11.0	1
May. 15	10.9	3
Jul. 3	19.9	0
Jul. 4	19.9	0

く、また1月17日に2と比較的強かった以外は1以下で静穏であった。すなわち、移動と摂食活動が低下した1月と3月は低水温と波浪が高かった。摂食活動が最も活発であった5月は、波浪が高かったが、水温の上昇期に相当した。また、摂食活動が最も低下し、活発に移動、分散した9月は最も水温が高く、波も静穏であった。このように、野外におけるキタムラサキウニの摂食活動は生殖巣の発達段階に対応して、成長期に最も活発となり、冬季には低水温と波浪のために停止することが明らかになった。

第4節 海藻群落と索餌活動

1) 材料と方法

前項において、キタムラサキウニの摂食活動と生殖巣の発達および水温、波浪の物理条件が強い関係をもつことが明らかになった。天然域においては、常に直立する大型海藻群落内にキタムラサキウニが生息するとは考えられない。そこで、キタムラサキウニの海藻群落に対する索餌移動を把握するために、北海道小樽市忍路湾奥部で実験した。水深0m付近の平磯上から水深3mの沖出し15mまで、1m間隔にビニール・テープで印をつけた鉄製チェーンをロック・ハーケンで海底に固定し、チェー

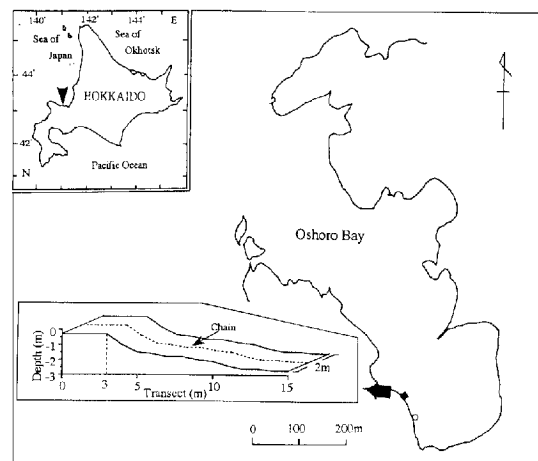


Fig. 37. Map showing the area surveyed and topography of the experimental station.

ンを中心とした幅2mの範囲を実験区とした(Fig. 37)。チェーン上1m間隔に、水深と1㎡の方形枠を用いて底質の状態を記録した。キタムラサキウニの分布密度と殻径組成を把握するために、1994年5月から1995年12月にかけてほぼ月1回の割合で、実験区の1m間隔毎に生息するすべてのキタムラサキウニの個体数を数え、それぞれの殻径を海中で測定した。また、摂食活動に影響する生殖巣の発達過程を知るために、実験区の4~6mに相当する周辺の海底から殻径45mm以上のキタムラサキウ

ニを毎月20個体ずつ採集して殻径、体重および生殖巣重量を測定し、生殖巣指数を求めた。さらに、Fujiの区分<sup>17)</sup>に従い、生殖巣の成熟段階を記録した。

一方、キタムラサキウニの餌料となる海藻の分布域と出現種、ならびに流れ藻の出現状況と種組成を記録した。また、周年群落を形成するホソメコンブについては、実験区周辺の実験区の基点から2~4mの範囲に相当する場所で、1×1mの方形枠を用いて2㎡を採集し、葉長(mm)と個体数を測定するとともに、ウニによる摂食痕を観察した。

ウニの索餌活動におよぼす水温と風浪の影響を知るために、実験区に近接する地点で北海道大学理学部忍路臨海実験所による棒状水銀温度計を用いた表面水温の測定値と、湾口部における風向とBeaufort風力階級の観測値を参照した。

## 2) 結果

### (1) 環境

実験区の水深を平均水位に換算すると、基点から3mは水深30cmの平磯上、3m地点を平磯突端部として5m地点の水深1.5mまでは急な傾斜面、5m地点から15m地点の水深2.7mまでは緩やかな傾斜面が続いていた(Fig. 37)。実験区の底質は、平磯は平坦な岩盤で占められ、5mより沖側は礫あるいは玉石が主体となり、7~8mに一部平坦な岩盤と10~11mに転石が分布した。

水温は1994年5月中旬に10℃前後から上昇し、8月~9月上旬にかけて23.2~25.2℃に達した後、急激に低下し、1995年1月上旬~3月上旬に5℃以下となった。以後再び上昇して7月下旬~9月上旬にかけては20.1~23.0℃となったが、前年に比べてやや低く経過した。9月中旬以降急激に低下し、12月下旬には5℃に達した(Fig. 38)。

忍路湾湾奥部は北、北西および西の3方向の風が強まると波浪が高くなることが経験的に知られているので、北、北西、西風の吹いた日とそのBeaufort風力階級を求めた(Fig. 38)。3風向の風は11月~6月に多く出現し、中でも風力階級4以上の日は特に11月から4月までに多かった。この期間には実験区において風浪が高かった。

一方、5月~10月に出現した風は風力階級3以下であり、特に1995年7月は1以下であり、この期間には風浪は低かった。

### (2) 海藻の季節的消長

調査期間中に実験区に生育した海藻の分布域と流れ藻の出現場所の季節変化をFig. 39に示した。海藻の分布域は、10月から12月にかけては平磯に限定されていたが、2月には急斜面を越えて水深約2.7mの緩斜面終端近くに達した後、3月から8月ないし9月にかけては急斜

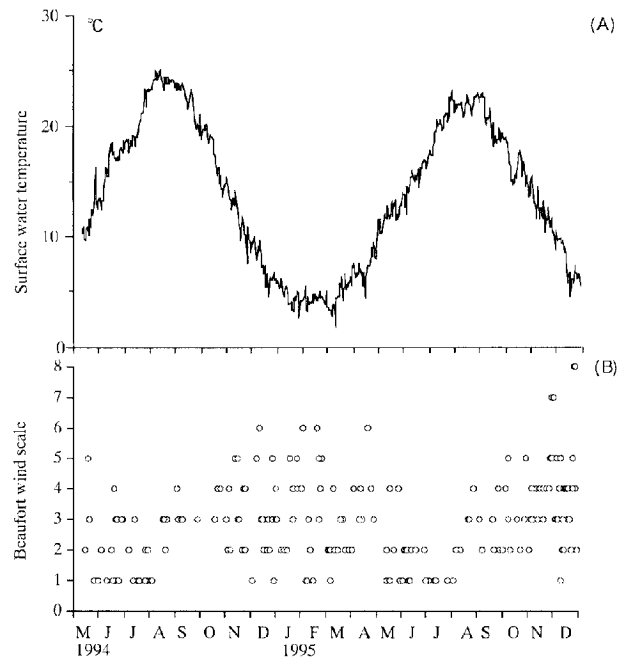


Fig. 38. Seasonal variations in sea surface water temperature (A) and beaufort wind scales in the winds of N, NW and W direction (B) from May 1994 through December 1995 at the experimental station.

面の終端(水深1.5m)まで縮小した。

ホソメコンブは、平磯上(0~3m)に周年安定した群落を形成しており、2月から9月にかけては急斜面の終端(15m)まで分布を拡大した。ホソメコンブの分布下限付近に3月から9月にみられる海藻は、アナアオサ *Ulva pertusa* であり、3月にはこれに加えてケウルシグサ、スジメ *Costaria costata*、カヤモノリ *Scytosiphon lomentaria*、モロイトグサ *Polysiphonia morrowii* と多数生育した。また、2月に分布域を大きく拡大したのはエゾヒトエグサ *Monostroma angicava* の生育が寄与している。これら、直立する海藻の分布がみられない範囲には無節サンゴモのみが生育した。一方、流れ藻は急斜面終端付近に3月から10月に認められた。3月から4月にはエゾヒトエグサ、ケウルシグサ、ワカメであったのに対し、5~10月にはアナアオサとホソメコンブであった。

ホソメコンブの密度は3月に352個体/㎡と最も高かった。その後、6月まで急激に低下し、12月には10個体前後となった(Fig. 40)。葉長は2月以降増大し、5月に126.4mmと最大となったが、6月以降は末枯れにより減少し、12月には茎と根のみが残った。7月から12月までに採集したホソメコンブにはすべてウニによる摂食痕がみられた。

### (3) キタムラサキウニの移動

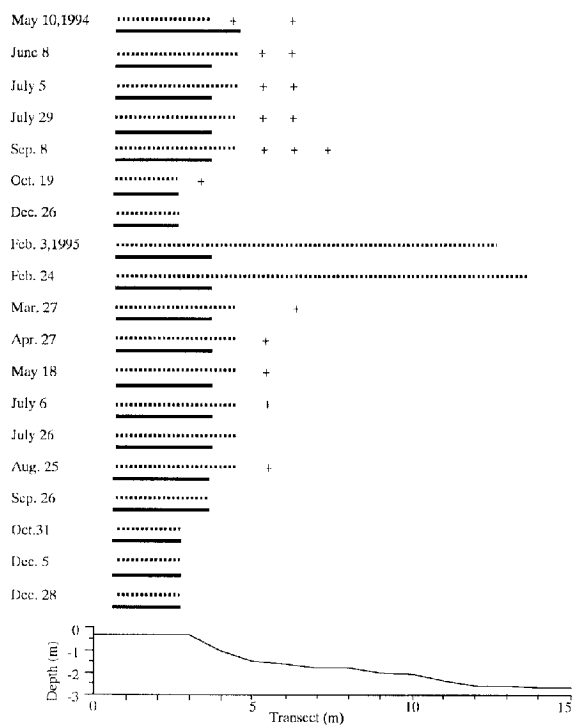


Fig. 39. Distributions of *Laminaria religiosa* (solid lines) and other marine algae (broken lines), and locations of drifting marine algae (+) in the experimental station from May 1994 through December 1995.

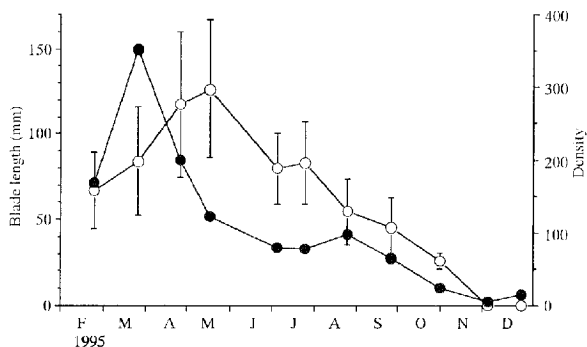


Fig. 40. Density (solid circles) and mean blade length (open circles) of *Laminaria religiosa* collected at 0.3m depth near the experimental station during the period from February 1995 through December 1995.

キタムラサキウニの密度の季節変化を平磯(基点から3m), 急斜面(3~5m), 緩斜面(5~15m)に分けてFig. 41に示した。キタムラサキウニは1994年5月と6月には緩斜面のみに生息していたが, 7月以降徐々に岸側に移動し, 9月~12月には急斜面で著しく増加し, 平磯へ侵入する個体も現れた。1995年2月以降になると, 平磯上はもとより急斜面から徐々に減少するのに対して

緩斜面で増加していき, 4月と5月には急斜面以浅には全く生息が認められなくなった。そして, 6月以降になると前年と同様に再び急斜面で増加していき, 9月には急斜面で最も多く生息するようになった。10月~12月には平磯でも増加した。しかし, 両年で8月以降に急斜面から平磯へとキタムラサキウニが移動したが, 生育したホソメコンブ群落の内部には侵入しなかった。このようにキタムラサキウニは, 急斜面と緩斜面とを境にして, 9月~12月には岸側へ, 4月~6月には沖側へと主な分布域を移動することが明らかとなった。

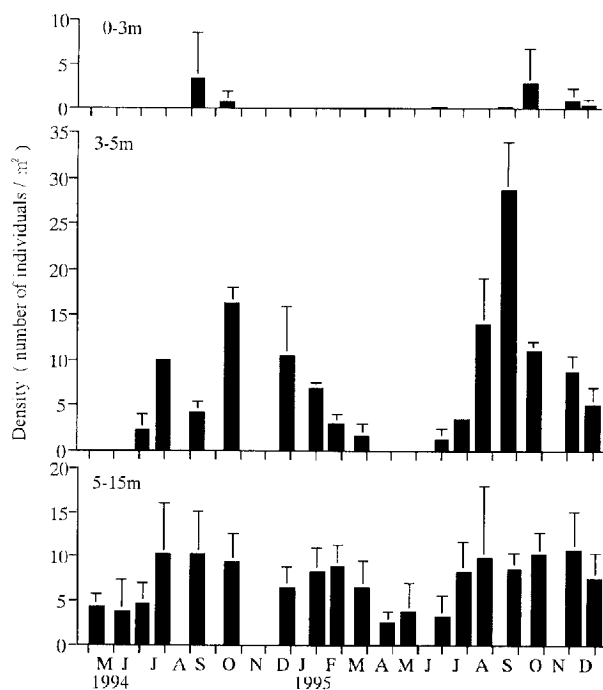


Fig. 41. Seasonal changes in density of *Strongylocentrotus nudus* by three subzones of 0-3, 3-5 and 5-15m in the experimental station during the period from May 1994 through December 1995.

次に, キタムラサキウニの季節的な移動と年齢との関係を把握するために, 殻径組成を平磯, 急斜面, 緩斜面にわけてFig. 42に示した。1994年5月および6月には20~24mm, 34~38mmならびに44~48mmの殻径を中心とする3群で構成されていた。7月には前年に発生したと考えられる殻径10mm前後の群が加入した。新規加入群は1995年においても7月から認められた。急斜面から岸側での個体数が多かった9~12月の岸側における殻径組成は, 緩斜面の殻径組成と類似していた。しかし, 岸側ではいずれの月においても殻径20mm以上の1歳以上で大型の高齢な個体が多く, 新規加入の0歳群は全く認められなかった。

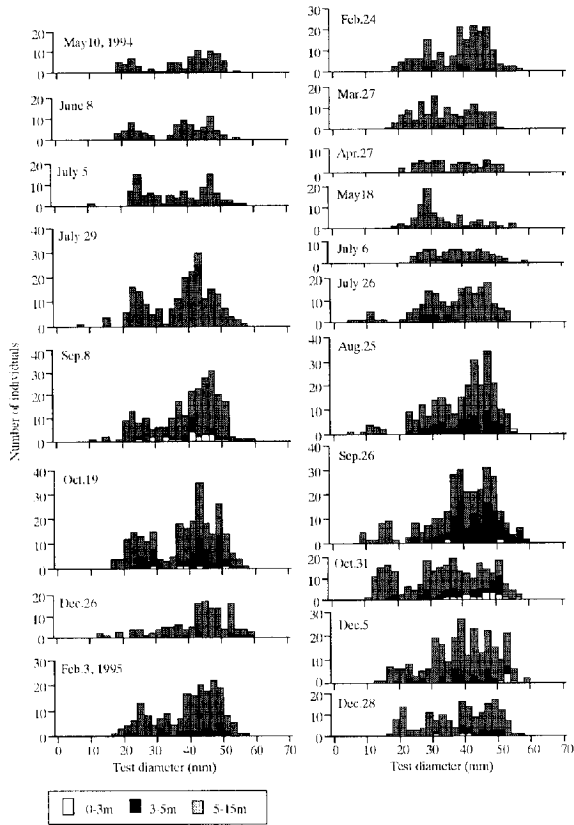


Fig. 42. Seasonal changes in size frequency distribution of *Strongylocentrotus nudus* by three subzones of 0-3, 3-5 and 5-15m in the experimental station during the period from May 1994 through December 1995.

キタムラサキウニの移動と生殖周期との関係を把握するため、実験区4～6mの急斜面から緩斜面へ移行する範囲に相当する実験区周辺で採集した個体の生殖巣指数と成熟段階の季節変化をFig. 43に示した。生殖巣指数は1994年5月の14.9から9月の20.2へとほぼ直線的に上昇した後、10月には5.0へと急激に下降した。指数は1995年2月まで5.1～6.6の低い値で経過した後、3月から上昇を始めて4月下旬には15.1に達し、その後7月下旬まで15.1～16.2の範囲内で変動した。8月以降10月下旬にかけて指数は13.1から5.7へと下降し、以後12月まで6.0～6.2で推移した。生殖巣の成熟段階は、指数が上昇期にある5月から7月には成長期の個体が70～100%を占めていたが、指数が最も高くなる9月には80%の個体が成熟前期へ移行し、一部成熟後期の個体も出現した。指数が急激に低下した10月には90%の個体が放出期となり、さらに12月には回復期へ移行した個体が45%を占めた。1995年2月には70～80%の個体が回復期にあり、指数が上昇し始める3月には80%の個体が成長期と

なった。さらに、指数が比較的高い水準で推移する4～8月には長期間にわたって40～85%の個体が成長期にあり、15～60%の個体が成熟前期にあった。9月には75%の個体が成熟後期へ、10月には85%が放出期へ移行し、さらに12月には回復期の個体が大部分を占めた。このように、キタムラサキウニが急斜面より岸側へ移動し、岸側の個体数が増加した7～12月には生殖巣が成長期から

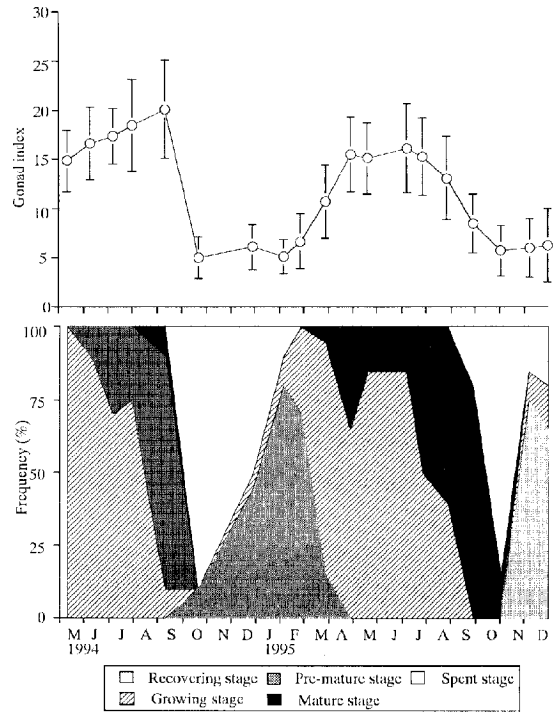


Fig. 43. Seasonal changes in gonad indices and gonad developmental stages of *Strongylocentrotus nudus* during the period from May 1994 through December 1995 collected from the depth range of 1.0 to 1.6m near the experimental station.

回復期へと移行する時期に相当した。

### 第5節 考察

#### (1) 飼育条件下での摂食活動

エゾバフンウニは冬季水温5℃前後でもマコンブに対する消化吸収効率が55%の水準を維持する<sup>78, 110)</sup>。また、ホクヨウオオバフンウニのコンブの1種 *Laminaria longicruris* に対する消化吸収効率、あるいはアメリカシロウニ *Lytechinus variegatus* とラッパウニ科の1種 *Tripneustes esculentus* のコンブ目の1種 *Thalassia testudinum* に対する消化吸収効率は、夏季も冬季もおおよそ50～60%台<sup>111-113)</sup>で、水温が異なってもあまり変化がない。これらに対して、本研究におけるキタムラサキウニの消化

吸収効率は、春季から夏季の水温約10~25℃の期間に50%前後であるが、冬季に水温が6℃前後に低下すると10%へと他のウニ類に比べて著しく低下した(Fig. 31)。

また、本研究で用いたキタムラサキウニのサイズ別の各飼育群が2月の水温6℃前後で摂食量が低下した(Fig. 30)。これに対して、エゾバフンウニの2歳個体がナガコンブに対して摂餌率が最低となるのは2月から3月の水温2~3℃であり<sup>114)</sup>、キタムラサキウニよりさらに低い。また、北アメリカ北部におけるホクヨウオオバフンウニの摂餌率が最低となる水温は1月から2月の4℃以下においてであり<sup>115)</sup>、フロリダ州からカロライナ州沿岸に生息する、より暖海性のアメリカシロウニと*Tripneustes esculentus*では14℃である<sup>116)</sup>。以上のように、冬季の消化吸収効率および摂食量の低下をもたらす最低水温の違いは、ウニの地理的分布を反映しているものと考えられる。なお、キタムラサキウニの摂食量が7月から9月の水温16~24℃の上昇期に顕著に低下したこと(Fig. 30)は、エゾバフンウニで観察されているように<sup>78), 110), 115)</sup>、この時期が第II章第1節で示したように生殖巣の成熟、放出期に相当し、生理的な要因に起因するものと考えられる。

すべてのサイズの飼育群において、摂食量と消化吸収量は4月~6月に最も増加し、消化吸収効率は50~60%で推移した(Figs. 30, 31)。この期間においては、第IV章第1節で示したように、A群とB群の殻径が顕著に成長しているのに対して、C~E群では殻径の成長傾向はみられない。このことは、成熟殻径に達しない小型群が同化したエネルギーを殻径の増大へ回すのに対し、ほぼ成熟殻径に達した大型群が生殖巣の成長期に相当することから、主に生殖巣の増大に回したことを示すものであろう。特に、高い摂餌率と高い成長率を示す最も小型のA群では(Fig. 23)、摂食した餌料が生殖巣の発達よりも、殻の成長に大きく寄与していることを示している。摂餌率が小型群ほど高いことは、エゾバフンウニ<sup>78), 110)</sup>、*Tripneustes esculentus*とアメリカシロウニ<sup>117)</sup>、ホクヨウオオバフンウニ<sup>118)</sup>においても共通している。

各飼育群とも小型個体ほど摂餌率が高いことから、同一現存量のキタムラサキウニが生息する場合、小型個体で構成されるほど海藻群落に対する摂食量が多くなるものと考えられる。

本研究の結果、キタムラサキウニの大きさ群別にホソメコンブを飽食量与えると、摂食量は大型個体ほど多く、摂餌率は小型個体ほど高い。また、摂食量は冬季と夏季に減少し、4月以降増加して6月に最大となり、その季節変化には水温と生殖巣の発達が関与していると考えられた。

## (2) 摂食活動と生殖巣の増大

本実験に用いたキタムラサキウニはサンゴモ平原に生息し、十分な餌料が保障されていなかったために、実験開始時の4月6日には生殖巣指数が6.5と、この時期の一般の漁場の値(Fig. 11)に比べて生殖巣指数が低かった。このような個体にホソメコンブを給餌した結果、初期の20日間で生殖巣が著しく増大した(Fig. 33, Table 15)。飢餓状態のアメリカシロウニに餌料を与えると、最初の8日間で胃と腸が増重し、それに続いて生殖巣の増大が起こる<sup>116), 117)</sup>。さらに、32日後までの生殖巣は、まず生殖細胞の発育と分化を完了した後に、配偶子形成を開始する2つの過程に分けられる<sup>117)</sup>。エゾバフンウニにマコンブを継続して飽食給餌すると、4月~6月および6月~8月には、それぞれ消化吸収量の15.4%および14.7%が生殖巣の増重に転換される<sup>78)</sup>。しかし、本実験の結果はそれと明らかに異なる。餌料となる海藻が極めて少ないサンゴモ平原に生息する生殖巣の未発達のキタムラサキウニにホソメコンブを給餌すると、初期には摂食した餌料からの生殖巣増大への配分が極めて高いことを示した(Table 15)。キタムラサキウニの生殖巣の発達を促進するために、深所の生殖巣の発達の悪い個体を浅所の海藻類の繁茂する地帯に移殖すると、生殖巣が短期間に急激に発達する<sup>61)</sup>ことはこのような現象を反映していると考えられる。

本実験の結果、4月にサンゴモ平原に生息する生殖巣指数が6.5のキタムラサキウニに、2カ月間以上ホソメコンブを飽食給餌することによって、生殖巣指数を収獲基準である18以上に増大させることができることが明らかとなった。

## (3) 野外での摂食活動

ウニの消化管内の食物通過時間は、摂食した食物の量や種類によって異なる<sup>78), 118), 119)</sup>。エゾバフンウニの場合、飢餓状態の個体にマコンブを給餌すると、排泄される糞の量の体重比は摂食1日以内では約0.1%であるのに対して、それ以後になると約3%と急激に増加することから、摂食から排泄までは約1日と見積もられている<sup>78)</sup>。また、餌料となる海藻が極端に少ないサンゴモ平原に生息するキタムラサキウニにホソメコンブを給餌すると、1日後に事前に消化管内に保有していた無節サンゴモが排泄されると報告されている<sup>67)</sup>。したがって、本研究で摂食されて消化管内から得られたホソメコンブの重量は、体外への排泄と消化、吸収により、実際の摂食量よりも多少少ない値であったものと考えられる。

移殖したキタムラサキウニは、水温が5℃前後に低下した1月と3月には摂食も移動、分散も全く認められなかったが、11~21℃を示した他の季節においては、明ら

かな摂食あるいは分散行動が認められた。飼育条件下においても冬季間の低水温で摂食量の低下が観察されているが、摂食できる最低水温は今回の野外実験の結果より低い2℃が報告されている<sup>10)</sup>。キタムラサキウニは、水温とともに流速によっても摂食活動が制限されることが知られている<sup>108, 109)</sup>。1月と3月には比較的強い風浪が観察されていることから(Table 18)、この期間のキタムラサキウニの摂食活動は低水温だけでなく波浪によっても制限されたものと考えられる。水温が10.9~11.0℃の上昇期にある5月にも強い風浪が実験開始日に観測された。その時キタムラサキウニが活発に摂食したことは、物理環境の中で水温が摂食活動を第一義的に左右する要因であるのかもしれない。

一定の条件下で飼育したキタムラサキウニを、水温2~30℃まで4℃間隔に上昇させ、各水温下でナガコンブに対する摂餌率を調べた結果によると、摂餌率は水温の上昇とともに増加し、22℃で最大に達するが、26℃では逆に低下し、30℃ではへい死したことが報告されている<sup>11)</sup>。本実験の結果では水温11℃であった5月には、ホソメコンブを摂食した個体が最も多く、摂食量も水温が20℃ないし21℃であった7月および9月と比べて多かった。実験に用いたキタムラサキウニは、餌料となる海藻がほとんどみられないサンゴモ平原に生息していたため、餌料海藻が豊富な一般漁場と比べて生殖巣指数は周年著しく低い。しかし、季節的な成熟段階をみると、第II章第1節に示した結果より約1カ月の遅れが認められるものの、生殖巣の発達段階は、一般漁場のそれとほぼ一致している。このため、前項で示した飼育実験で明らかにされた結果と同様に、摂食量は野外においても、水温が上昇期にある4月から9月のうち生殖巣が成長期にあたる4~6月の期間には増加し、成熟前期から放出期に至る7~9月には減少するという、生殖巣の成熟段階に依存する季節変化を明瞭に認めることができる。11月の摂食量は個体間のばらつきが大きく、摂食個体の割合は69.6%と低水温の冬季を除くと最も低い(Fig. 35, Table 17)。このことは11月には生殖巣が放出期に入った個体の割合が高かった(Fig. 36)ことによると考えられる。

このように、キタムラサキウニの野外における摂食量は、室内の実験結果と同様、冬季には低水温により低下し、また波浪の強さによっても左右されると推察された。また、水温10℃以上の春から秋季にかけては、温度依存的に決定されるのではなく、生殖巣の発達過程と密接に関連して、季節的に変動すると結論される。

#### (4) 海藻群落と索餌活動

満1歳以上と考えられる殻径20mm以上のキタムラサキウニは、2~5月には深所の無節サンゴモ群落へ、7~

12月には浅所のホソメコンブ群落の周辺へと明瞭に季節的な深淺移動を行うことが明らかになった(Figs. 41, 42)。

深所の無節サンゴモ群落に主として生息する4~6月には、生殖巣が成長期にあり(Fig. 43)、摂食量を最も増加させる(Fig. 30)。この時期には冬から春季に生育するエゾヒトエグサ、ケウルシグサ、ワカメ、アナアオサなどに加えて平磯からホソメコンブが流れ藻となって深所に供給されているため(Fig. 39)、キタムラサキウニの摂食量は充足していたと考えられる。7~9月になると生殖巣が成長期から成熟前期へと推移し、水温との関係で行動が最も活発になる(Table 17)。この時期には深所への流れ藻の供給が低下するため、キタムラサキウニはホソメコンブ群落周辺へ移動し、7月から12月までに採集したホソメコンブにはすべて食害痕がみられたことで明らかなように、平磯から垂下するホソメコンブを直接摂食して生殖巣の発達に資していると考えられる。また、年間で最も静穏な時期であるため、高い流速による行動と摂食に対する制約<sup>108, 109)</sup>がないことも浅所への移動と藻体への直接的な摂食を可能としている。しかし、急斜面から平磯に生育したホソメコンブ群落内部にほとんど侵入しなかったのはコンブの高密度の群落による“掃き出し作用(Sweeping action)”<sup>120)</sup>によるものと考えられる。カリフォルニア半島沿岸に生息するオオキタムラサキウニ *Strongylocentrotus franciscanus*も流れ藻が供給されている時期には流れ藻を、それが減少すると生育しているオオウキモ *Macrocystis pyrifera*を直接摂食すると報告されており<sup>121, 122)</sup>、本研究の結果と類似している。

9~10月の放出期を経て、12~3月の回復期になると徐々に深所に移動し、深所で4~6月の成長期をむかえる。摂食量は放出期には年間で最も低下するが、回復期へ推移すると再び増加する(Fig. 30)。この時期は、ホソメコンブ密度の著しい低下と末枯れ(Fig. 40)によって群落周辺での餌料は充足されず、また年間で最も波浪が高いため(Fig. 38)、キタムラサキウニは常に海水が動揺する浅所から深所へ移動するものと考えられる。一方、殻径10mm以下の当歳個体が周年深所の無節サンゴモ群落にとどまっていたのは(Fig. 42)、キタムラサキウニの着底の場が無節サンゴモ群落であることに加えて、10mm以下の当歳個体は付着珪藻や小型海藻を主として摂食する発育段階にあるため<sup>17)</sup>、索餌移動を必要としないことによるものと考えられる。

以上のように、キタムラサキウニの季節的な深淺移動は、生殖巣の発達と関連した摂食量の変化にもとづく索餌活動と冬季の波浪による物理的環境条件により左右されると結論される。

## 第VI章 個体群の人為的制御による海藻群落の造成

北海道南西部日本海沿岸漸深帯岩礁海底のサンゴモ平原では、底生動物群集の優占種で、平均8~30個体/m<sup>2</sup>以上と高密度に生息するキタムラサキウニの摂食圧によって、サンゴモ以外の海藻の生育が阻害されると考えられている<sup>31, 33</sup>。宮城県沿岸では、11月に金網で囲って周辺からの動物の侵入を防止した人工海底上に、殻径33~45mmのキタムラサキウニを密度別に収容し、翌年6月の海藻の生育量を調べた結果、少なくとも200g/m<sup>2</sup>のウニの現存量があれば海底の植生に大きな影響を与えることが指摘されている<sup>125</sup>。第V章第1節で示したように、同じ現存量であれば摂食率の高い小型の個体で構成されるほど摂食圧はさらに高くなるものと考えられる。ウニの過剰な摂食圧によってサンゴモ平原が持続する現象は世界各地で認められ<sup>126-128</sup>、漁業生産の低下をもたらすために、産業的に大きな問題となっていた<sup>73</sup>。

北海道日本海沿岸におけるサンゴモ平原の持続がキタムラサキウニの摂食圧によるならば、まずキタムラサキウニを除去することによって海藻群落の造成が図られると考えられる。事実、世界各地でサンゴモ平原からウニを除去して、大型海藻群落の造成が図られている<sup>69, 70, 126, 128, 129</sup>。しかし、ウニ除去によってサンゴモ平原から大型海藻群落へ遷移する過程、およびその機構は必ずしも明らかになっていないといえない。

本章では、過去40年間にわたってサンゴモ平原が持続していた北海道寿都湾内のサンゴモ平原2カ所を実験区として、ウニ除去によって最終的に大型多年生海藻であるフシスジモク優占の安定群落の造成について調べた。まず、底生動物群集の特徴を明らかにする。続いてキタムラサキウニとエゾバフンウニを除去し、その後入植した海藻の組成の変化を、藻体の大きさと寿命にもとづいて分類した4種の生活形群の交代過程として把握した。また、2カ所の実験区において異なった海藻群落組成となった要因を、これまで得られた裸地実験による海藻群落の遷移系列<sup>130-133</sup>と比較して考察した。

### 第1節 磯焼け域における底生動物群集

#### 1) 材料と方法

サンゴモ平原における底生動物の種組成および現存量を把握するために、寿都湾の湾口部に位置して、ほぼ外洋に面した矢追地区の湾口が70m、奥行きが80mの小湾と、寿都湾湾奥部の二級河川朱太川の河口域に近い六条地区の30×50mの区画を実験区とした(Fig. 44)。水深は、矢追実験区が1~6m、六条実験区が1.5~5mの範囲である。

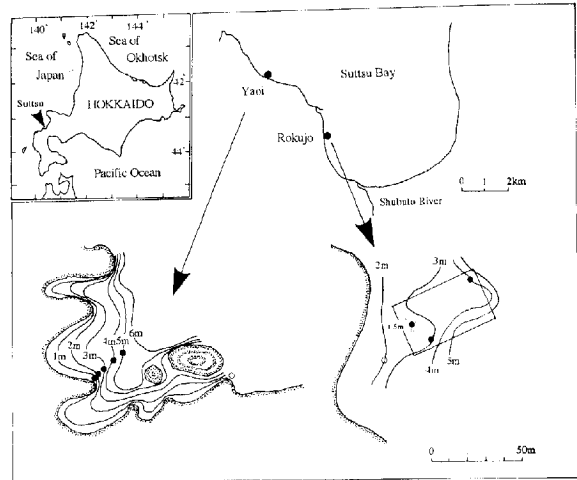


Fig. 44. The map showing the experimental sites of Yaei and Rokujo in Suttu Bay. Solid circles represent the survey stations which marine algae colonized after removal of sea urchins and open circles represent the control stations.

1990年7月に実験区の底生生物の組成の調査を行った。矢追実験区では水深1mの基点から、沖合いに向け70mのロープを30m間隔で2本海底に敷設し、10m間隔で各8調査点を定めた。六条実験区では水深1.5mの基点から50mのロープを10m間隔で4本敷設し、矢追地区と同様に基点から10m間隔に各6調査点を定めた。各調査点では1×1m方形枠によってキタムラサキウニとエゾバフンウニ以外の底生生物を採集するとともに、水深と底質の状態を記録した。両地区のキタムラサキウニとエゾバフンウニについては、海底に敷設したロープを中心に幅1mの帯状に採集した。

採集した底生動物と海藻は種類毎に湿重量を、またキタムラサキウニとエゾバフンウニは個体毎に、殻径と湿重量を測定した。両種の生殖巣の発達状態を知るために、キタムラサキウニは殻径50mm以上の個体を各実験区から50個体前後、エゾバフンウニは殻径40mm以上の個体を矢追実験区では50個体、六条実験区では15個体について体重と生殖巣湿重量を測定し、生殖巣指数を求めた。両実験区に最も多数生息するキタムラサキウニについては、実験区毎に100個体を抽出し、Jensenの方法<sup>71</sup>により年齢を査定した。

#### 2) 結果

両地区の実験区における海底の基質は、矢追で岩盤が87.5%、六条で54.2%であり、他は直径6~25cmの玉石と25~100cmの転石であった。六条においては水深2



～5mにおいて砂の堆積もみられた。

矢追では底生動物16種、海藻5種が、六条ではそれぞれ19種と1種が認められた(Table 19)。底生動物中、植食動物は矢追および六条でそれぞれ10種および12種と多数を占めた。海藻は、矢追で22.0g/m<sup>2</sup>、六条で1.4g/m<sup>2</sup>と極めて少なかった。

キタムラサキウニの密度と現存量は、1m<sup>2</sup>当たり矢追で7.6個体と272.0g、六条で7.4個体と193.2gであり、

底生動物中最も高かった(Fig. 45-A)。また、エゾバフンウニは矢追で1.9個体と71.9g、六条で1.5個体と32.2gで、キタムラサキウニに次いで現存量が多かった。これらウニ2種だけで、矢追、六条の全植食動物現存量のそれぞれ97.4%と82.0%を占めた。キタムラサキウニの殻径組成は、矢追で22～24mmと42～44mmに、六条で30mm前後と46～48mmにそれぞれモードが認められ、殻径50mm未満の小型個体が優占した(Fig. 46)。

Table 19. Standing crops (g/m<sup>2</sup>) of benthic animals and marine algae in the experimental sites of Yaoi and Rokujo surveyed in July 1990

Phylum	Species	Yaoi	Rokujo
Benthic animal			
MOLLUSCA	<i>Haliotis discus hannai</i> *	1.68	32.20
	<i>Cellana grata</i> *		0.04
	<i>Acmaea pallida</i> *	0.37	2.40
	<i>Cantharidus jessoensis</i> *	0.10	0.05
	<i>Tristichotrochus multiliratus</i> *	0.29	0.13
	<i>Omphalius rusticus</i> *	2.60	5.50
	<i>Homalopoma amussitatum</i> *	3.00	7.40
	<i>Temanella turrita</i> *		0.20
	<i>Searlesia modesta</i>		0.07
	<i>Ischnochiton hakodatensis</i> *	0.60	0.90
	<i>I. comptus</i> *	0.43	0.50
ARTHROPODA	<i>Pugurus middendorffii</i>	0.07	0.08
	<i>P. dubius</i>	0.10	0.06
	<i>Hapalogaster dentata</i>	0.24	
	<i>Pugettia quadridens</i>	1.04	
ECHINODERMATA	<i>Asterina pectinifera</i>	12.97	18.70
	<i>Aphelasterias japonica</i>	0.74	
	<i>Strongylocentrotus nudus</i> *	272.00	193.20
	<i>S. intermedius</i> *	71.90	32.20
	<i>Stichopus japonicus</i>		4.60
	<i>Cucumaria choronhjelmi</i>		2.60
PROTOCHORDATA	<i>Halocynthia roretzi</i>		31.10
Total		365.10	331.93
Algae			
PHAEOPHYTA	<i>Dictyopteria divaricata</i>	0.26	
	<i>Undaria pinnatifida</i>	4.09	
RHODOPHYTA	<i>Polysiphonia morrowii</i>	13.81	
	<i>Laurencia intermedia</i>	3.80	
	<i>L. saitoi</i>		1.40
	<i>Symphytocladia latiuscula</i>	0.03	
Total		21.99	1.40

\*herbivour.

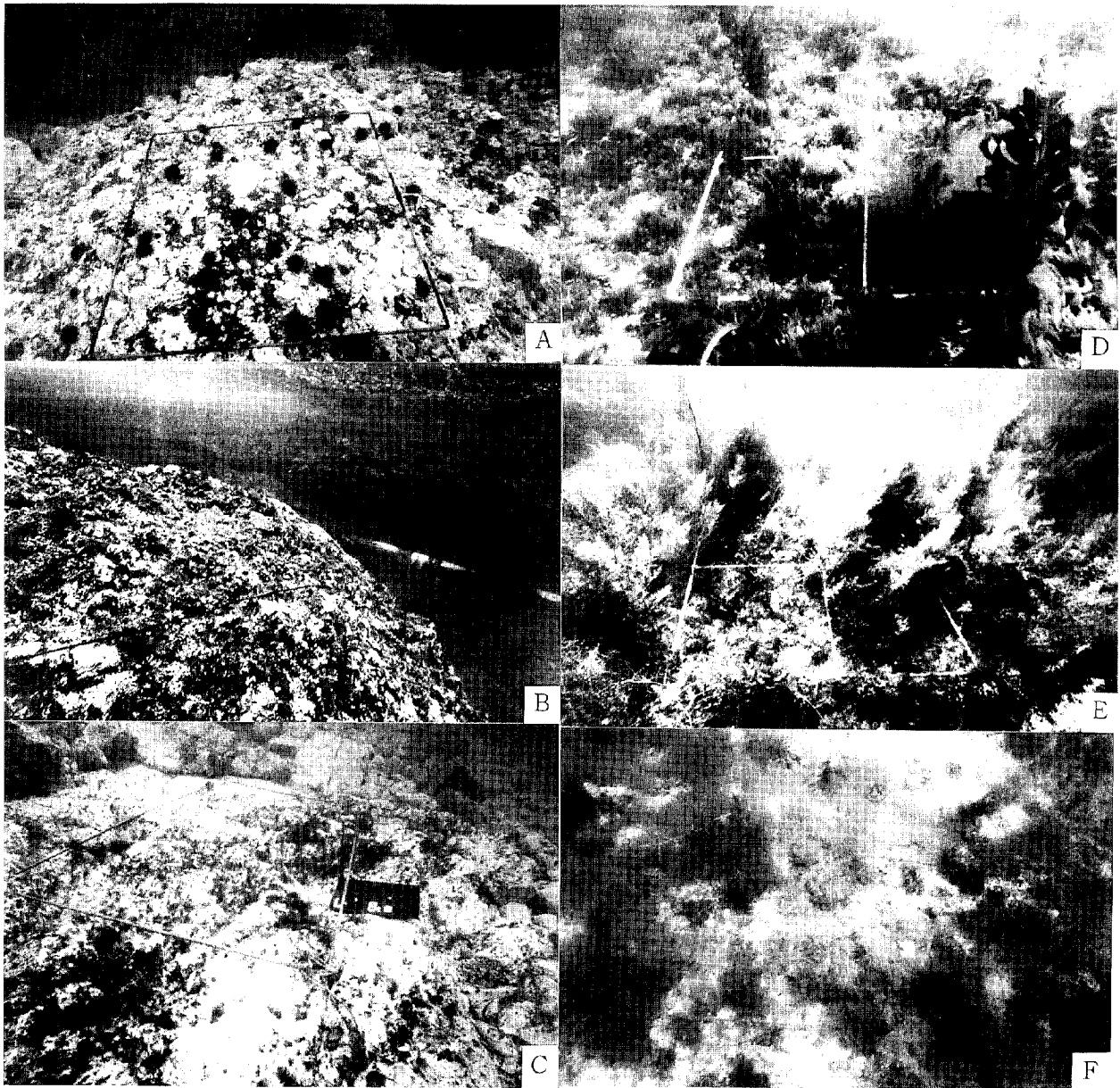


Fig. 45. Succession process of marine algal communities in the stations surveyed.

A, *Strongylocentrotus nudus* densely inhabited at coralline flats off the coast of Yaoi at July 1990; B, Attached diatoms densely covered on the surface of crustose coralline red algae at Yaoi in December 1990; C, The small annual green alga *Monostroma angicava* dominated community in Yaoi at February 1991; D, The large annual brown algae *Desmarestia viridis* and *Undaria pinnatifida* community in Yaoi at May 1991; E, The large perennial brown alga *Sargassum confusum* dominated community in Yaoi at August 1992; F, The small annual green alga *Ulva pertusa* dominated community in Rokujo at July 1992.

また、エゾバフンウニは矢追で38~50mm、六条で32~42mmの個体が多かった(Fig. 46)。キタムラサキウニの年齢組成は、矢追で満1歳から7歳までを含み、1歳および5、6歳が多く、一方六条では1歳から6歳までで、4歳の個体が多かった(Fig. 47)。キタムラサキウニの年齢と殻径の関係から漁獲制限殻径50mmに達する年

齢は、すでにTable 10に示したように、矢追で6歳であった。これに対して六条では8歳であった。キタムラサキウニの生殖巣指数は、矢追で $8.3 \pm 3.2$ 、六条で $5.5 \pm 2.0$ 、エゾバフンウニはそれぞれ $3.7 \pm 2.6$ 、 $11.2 \pm 3.9$ であった。

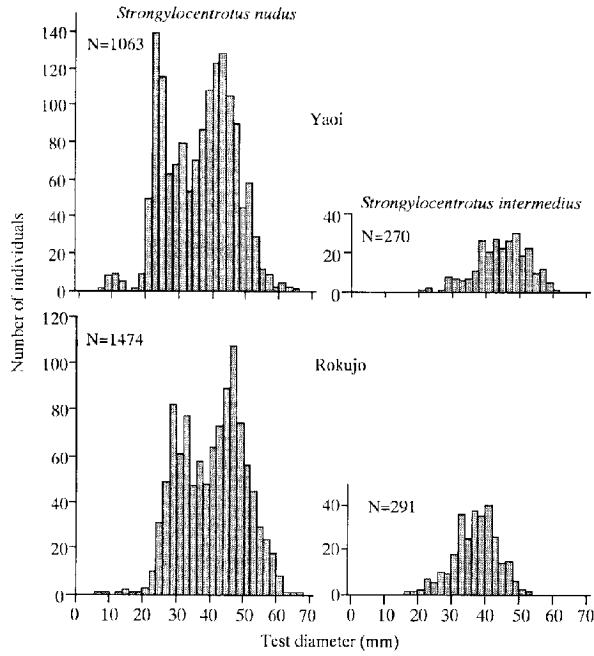


Fig. 46. Size frequency distributions of *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius* at the experimental sites in Yaoi and Rokujo.

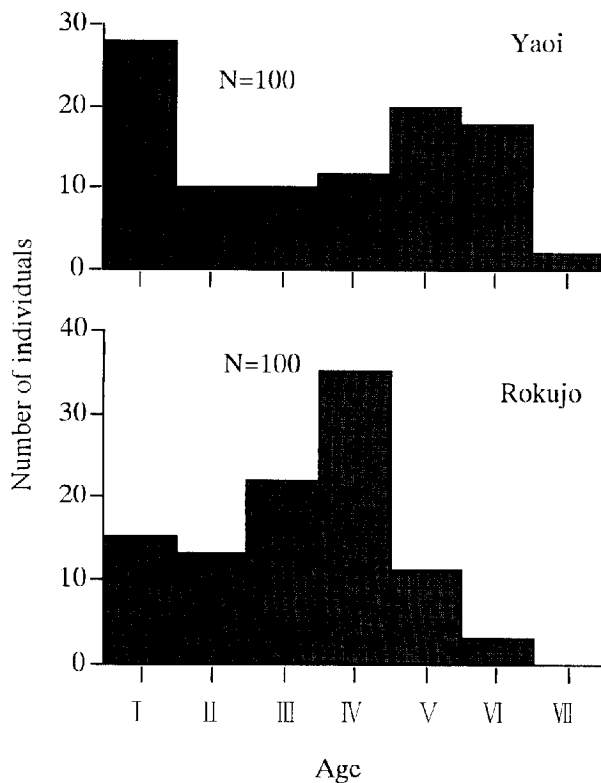


Fig. 47. Age compositions of *Strongylocentrotus nudus* in the experimental sites of Yaoi and Rokujo.

## 第2節 ウニ除去後の海藻群落の遷移

### 1) 調査方法

前項で示した寿都町矢追と六条の2実験区において (Fig. 44), 1990年10月に、スキューバ潜水により生息するウニ類を除去した。除去後、矢追実験区では岸から70mのロープを、六条実験区では実験区岸寄りから50mのロープを沖合いに向かって海底に敷設し、ロープを中心に1m幅内に生息するキタムラサキウニとエゾバフンウニの個体数を計数し、除去後に残った両種の密度を算出した。その後、1993年7月まで、低水温のためウニの移動が低下すると考えられる1~3月を除く各月に1回、周辺から実験区内に侵入するウニを継続して除去した。

ウニ除去後に実験区内に入植する海藻を調べるために、1990年10月のウニを除去した直後に矢追実験区では水深1mから5mまで、水深1m間隔で5調査点を、六条実験区では水深1.5, 3, 4mの3調査点を定め (Fig. 44 黒丸), それぞれの地点に1×2mの方形鉄筋枠をロックハーケンで固定した。また、サンゴモ平原が持続している実験区近傍で、ウニを除去していない水深2m地点にも同様な方形鉄筋枠を固定し、対照区とした (Fig. 44 白丸)。対照区を含めたこれら定点を1990年10月から1993年7月まで、ほぼ月1回の割合でスチール写真、あるいはビデオ撮影を行い、海藻の入植状況を把握した。

また、海藻の遷移過程を量的に把握するために、定点周辺に生育した海藻を1×1m方形枠で採集し、種類別に各地点の平均現存量 (湿重量) を求めた。ただし、ウニ除去直後の1990年11月から1991年2月までに生育した微小な海藻は定量採集が困難であったために、種名を記録するにとどめた。調査期間に出現した海藻は、既往の知見<sup>132-138)</sup>を参照して小型1年生、大型1年生、小型多年生、大型多年生の4生活形に分類した。

調査期間中の水温は寿都測候所における寿都町大磯沿岸の観測値を引用した。

### 2) 結果

1971年から1990年の旬別平年表面水温と1991年から1993年の平年値からの偏差をFig. 48に示した。調査期間中、11~5月の冬~春季においては平年値を上回る温暖な傾向が顕著にみられた。6~10月の夏~秋季においては1992年と1993年については平年値を下回る傾向が、1991年では上回る傾向が認められた。

1990年10月にウニを除去した結果、矢追ではキタムラサキウニの密度は1m<sup>2</sup>当たり7.6個体から0.03個体、エゾバフンウニは1.9個体から0個体へ、六条では7.4個体と1.5個体からともに0.01個体へ低下した。

前節で示したように、ウニ除去前の1990年7月には、

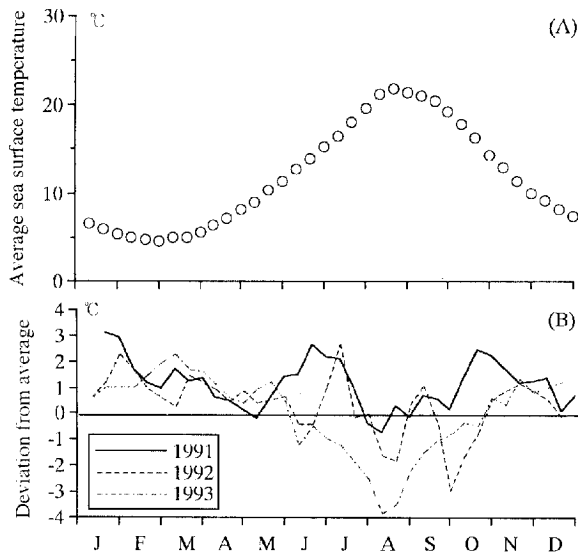


Fig. 48. Seasonal variations of average sea surface temperature (A) between 1971 through 1990 and deviations (B) from the average between 1991 through 1993.

海底面は大部分無節サンゴモに被覆され、キタムラサキウニが高密度に生息していた (Fig. 45-A)。

ウニ除去2ヶ月後の1990年12月には、矢追の海底は付着珪藻で覆われて暗褐色を呈しており (Fig. 45-B)、ところどころに小型1年生海藻のフクロノリ、セイヨウハバノリ *Petalonia fascia*, エゴノ *Campylaephora hypnaeoides*, ヌメハノリ, モロイトグサと、大型1年生海藻のワカメの発芽体が観察された。続く1991年1月と2月にはそれまで発芽が認められていた小型1年生海藻に加えて、エゾヒトエグサが入植し、景観的に最も優占した (Fig. 45-C)。さらに大型1年生海藻のケウルシグサおよび小型多年生海藻のフクリンアミジ *Dilophus okamurai*, エゾヤハズ *Dictyopteris divaricata* の入植も認められた。このように、ウニ除去3ヶ月後までに矢追の実験区において、付着珪藻、小型1年生海藻、大型1年生海藻、小型多年生海藻が順次侵入した。矢追においてウニ除去3ヶ月後までにみられた海藻群落の変化は六条でも共通して認められた。ウニ除去後2年9ヶ月間に実験区に生育した海藻を4生活形群に分類してTable 20に示した。矢追では大型1年生海藻5種、小型1年生海藻26種、大型多年生海藻5種、小型多年生海藻21種の合計57種、一方、六条では大型1年生海藻6種、小型1年生海藻30種、大型多年生海藻3種、小型多年生海藻22種の合計61種の生育を認めた。

徒手採集が可能となった1991年3月から調査終了時の1993年7月まで、矢追および六条の実験区と対照区の定点周辺から採集された海藻の平均現存量をTable 21に

示した。尚実験区ではウニ除去の効果が現れて、海藻の多量の生育が顕著に認められたのに対して、対照区ではほとんど認められなかった。

矢追実験区に生育した海藻の種類と生活形群別現存量の変化をFig. 49に示した。大型1年生海藻の大部分が1990年12月に入植したワカメと1991年1月に入植したケウルシグサである (Fig. 45-D)。冬季から夏季に生育が認められ、4~6月に現存量の年間極大値を示した (Fig. 49(A))。1992年の4~6月の現存量は1991および1993年の値を大きく上回った。1993年の現存量は3年間で最も低く、生育期間も短かった。付着珪藻とともに初期入植者となった小型1年生海藻は、3年間を通じてモロイトグサが現存量の過半を占め、大型1年生海藻と同様の季節に生育が認められた。しかし、大型1年生海藻とは逆に1992年の現存量が他の年よりも低めに経過する傾向がうかがわれた (Fig. 49(B))。他の生活形群と比べて最も遅く、1991年3月に初めて入植が確認された大型多年生海藻は、現存量の大部分がフシスジモクであった (Fig. 45-E)。入植後の1年間は現存量は徐々に上昇傾向を示し、入植1年後の1992年4月以後になって急速に上昇し8月には約2 kg/m<sup>2</sup>に達した。その後、冬季にむかって再び現存量が低下し、1993年2月には0.2 kgとなったが消失することなく、以後夏季にむかって再び上昇した (Fig. 49(C))。小型多年生海藻は1991年1月に生育が確認されたが、調査期間を通じて低い現存量で経過した (Fig. 49(D))。

六条実験区に生育した海藻の種類と生活形群別現存量の変化をFig. 50に示した。大型1年生海藻は、種組成も季節変化も矢追実験区とほぼ同様であった。また、1992年の現存量が他の年に比べて著しく高く、1993年の現存量が著しく低いことも共通した (Fig. 50(A))。一方、小型1年生海藻の種組成はアナアオサが最も多く生育する点で矢追実験区とは異なっていた。現存量の季節変化の傾向は矢追実験区とほぼ同様であったが、1992年6~8月には0.5 kg/m<sup>2</sup>前後と、他の年よりも高い点で異なっていた。また、同年9月以降もアナアオサが消失しなかったため、小型1年生海藻群落は継続的に出現した (Fig. 45-F)。1993年6月にはモロイトグサが出現して同年の最大値を記録した (Fig. 50(B))。大型多年生海藻は、フシスジモク1種のみが1991年4月に入植したが、その後矢追実験区とは異なって現存量の上昇をほとんどみせず、夏季の一時的な出現にとどまった (Fig. 50(C))。小型多年生海藻は、エゾヤハズを中心にして春~夏季に増加して秋~冬季に減少する明瞭な季節変化を示して経年的に恒常的な群落を形成する傾向を示した (Fig. 50(D))。

Table 20. Life forms of marine algae colonized in the experimental sites of Yaoi and Rokujo

I .Annuals	Yaoi	Rokujo	II .Perennials	Yaoi	Rokujo
1. Large			1Phyllosp. Large		
<i>Desmarestia ligulata</i>		+	<i>Agarum cribrosum</i>	+	
<i>Laminaria religiosa</i>	+	+	<i>adix iwatensis</i>	+	
<i>D. viridis</i>	+	+	<i>Sargassum confusum</i>	+	+
<i>Undaria pinnatifida</i>	+	+	<i>S. miyabei</i>	+	+
<i>Costaria costata</i>	+	+	<i>S. thunbergii</i>	+	+
<i>Sargassum horneri</i>	+	+	2. Small		
2. Small			<i>Dictyota dichotoma</i>	+	+
<i>Monostroma angicava</i>	+	+	<i>Dilophus okamurai</i>		+
<i>Ulva pertusa</i>	+	+	<i>Dictyopteris divaricata</i>	+	+
<i>Enteromorpha compressa</i>	+		<i>Gelidium pusillum</i>		+
<i>E.intestinalis</i>		+	<i>G. amansii</i>		+
<i>Cladophora stimpsonii</i>	+	+	<i>G. vagum</i>	+	+
<i>Codium fragile</i>		+	<i>Pterocladia capillacea</i>		+
<i>Punctaria latifolia</i>	+	+	<i>Neodilsea yendoana</i>		+
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	+	+	<i>Bossiella cretacea</i>	+	+
<i>Colpomenia sinuosa</i>	+	+	<i>Corallina pilulifera</i>	+	+
<i>C. bullosa</i>	+	+	<i>Grateloupia filicina</i>	+	+
<i>Petalonia fascia</i>	+	+	<i>G. okamurai</i>	+	
<i>Porphyra onoi</i>		+	<i>Gymnogongrus flabelliformis</i>	+	
<i>P. yezoensis</i>	+	+	<i>Gigartina tenella</i>	+	
<i>Nemalion vermiculare</i>	+		<i>Rhodoglossum pulcherum</i>	+	+
<i>Asparagopsis hamifera</i>	+	+	<i>Chondrus ocellatus</i>	+	+
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	+	+	<i>C. elatus</i>	+	+
<i>Grateloupia turuturu</i>		+	<i>Lomentaria polyneurum</i>	+	
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>		+	<i>L. catenata</i>		
<i>Chrysomenia wrightii</i>	+	+	<i>Champia parvula</i>	+	+
<i>Rhodymenia pertusa</i>	+	+	<i>Acrosorium yendoi</i>	+	+
<i>R. palmata</i>	+	+	<i>Phycodrys radicata</i>		+
<i>Callithamnion callophyllidicola</i>	+		<i>Laurencia intermedia</i>	+	
<i>Ceramium japonicum</i>	+	+	<i>L. nipponica</i>	+	+
<i>C. kondoii</i>	+	+	<i>L. saitoi</i>	+	+
<i>Campylaephora crassa</i>	+	+	<i>L. okamurae</i>	+	+
<i>C. hypnaeoides</i>		+	<i>Symphytcladia latiuscula</i>	+	+
<i>Delesseria violacea</i>	+	+	<i>Rhodomela larix</i>	+	+
<i>Heterosiphonia japonica</i>	+	+			
<i>H. pulchra</i>	+	+			
<i>Dasya sessilis</i>	+	+			
<i>Polysiphonia morrowii</i>	+	+			
<i>P. senticulosa</i>		+			
<i>P. japonica</i>	+	+			

Table 21. Standing crops (g in wet weight/m<sup>2</sup>) of marine algae in the experimental and control stations at Yaoi and Rokujo site during from March 1991 to July 1993

Date	Yaoi		Rokujo	
	Experimental site	Control site	Experimental site	Control site
March 25,1991	1405.2	0	291.2	19.5
April 24	1895.8	0	588.3	0
May 20	924.6	0	1270.0	0
June 11	1973.4	7.9	992.7	5.4
July 4	799.5	0	352.7	0
September 27	313.2	0	30.3	0
October 22	183.9	0	5.7	0
November 27	176.4	0		
January 8,1992	172.8	0		
February 12	397.1	0		
March 18	1493.9	13.4	2173.5	6.2
April 17	3383.0	0		
May 15	2562.9	0	4281.4	0
June 16	3311.9	0	2916.0	0
July 7	3070.0	0	2849.1	0
August 3	2075.0	10.0	1476.4	0
September 16	847.0	0	178.3	0
October 6	614.6	0	478.7	0
November 10	623.4	0	368.3	0
December 8	515.8	0	212.9	0
January 7,1993	361.6	0	97.3	0
February 3	224.1	0	93.7	0
March 1	474.2	0	219.2	0
April 13	1567.9	0	453.6	0
May 11	1512.2	0	558.2	0
June 15	1514.2	0	707.9	0
July 21	1006.0	0	462.8	0

### 第3節 考察

過去40年以上にわたってサンゴモ平原が持続していた寿都湾の外洋に面した矢追実験区において、高密度に生息していたキタムラサキウニを秋季に除去することによって、1年9カ月後に大型多年生海藻のフシスジモク優占群落造成された(Figs. 45-E, 49)。ウニを除去しない場所では海藻の入植がほとんど認められず、サンゴモ平原が持続していた(Table 21)。一方、サンゴモ平原における底生動物の中では、植食動物の密度と現存量の比率が高く、この中ではキタムラサキウニが現存量で高い比率を占め(Table 19)、摂餌率の高い小型の個体が大部分を占めた(Fig. 47)。以上の結果から、サンゴモ

平原はキタムラサキウニの高い摂食圧によって持続していたと結論できる。積丹半島以南の北海道日本海沿岸に広範囲に認められるサンゴモ平原においても、キタムラサキウニが高密度に生息しており<sup>31, 33)</sup>、ここでもウニの摂食圧が広範なサンゴモ平原持続の最も主要な要因と考えられる。

餌料条件の良い漁場に生息するキタムラサキウニは、通常満2～4歳で殻径50mmの漁獲サイズに達し、夏季の漁期には20以上の生殖果指数を示すが(第II章、第IV章)、餌料となる海藻が不足していた寿都湾のサンゴモ平原においては6歳ないし8歳で漁獲サイズに達し、5～8と極めて低い生殖果指数を示していた。ウニ除去に

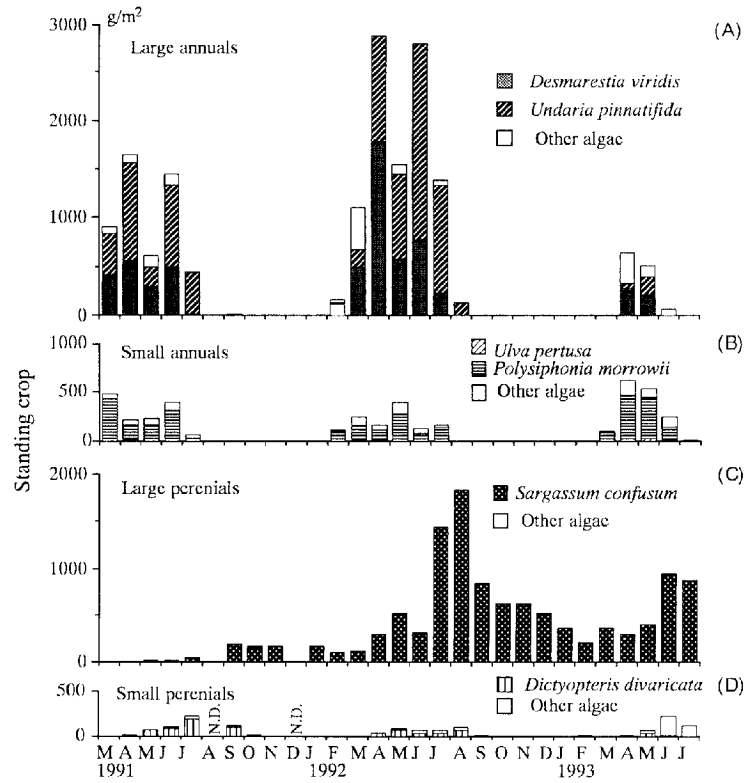


Fig. 49. Successive changes in standing crops of four life form groups of marine algae colonized in the Yaoi site.

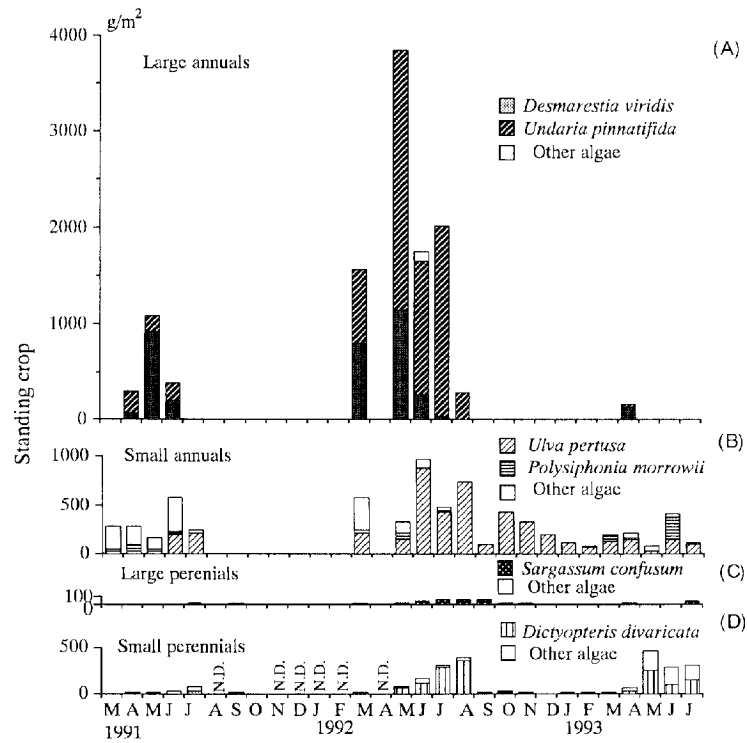


Fig. 50. Successive changes in standing crops of four life form groups of marine algae colonized in the Rokujo site.

より形成された大型多年生海藻群落に再びキタムラサキウニを適正量移植して活用することにより、本種の有効利用が可能となると考えられる。キタムラサキウニの適正放流量の算定にあたっては、海藻群落の年間純生産量に対するエゾバフンウニの純成長効率約10%<sup>139)</sup>が参考とされよう。

矢追実験区においては、ウニ除去後最初に付着珪藻、次いで小型1年生海藻、大型1年生海藻、小型多年生海藻が順次入植し、最終的には最も遅れて入植した大型多年生海藻フシスジモクの優占群落形成された(Figs. 45-E, 49)。このような小型から大型へ、短命から長命へという海藻の生活形群の交代による遷移系列は、他の海域におけるウニ除去実験<sup>140-143)</sup>、および海底面剥削実験<sup>142)</sup>による無節サンゴモから始まる優占種群の交代を記載した二次遷移と一致する。また、裸地実験における無節サンゴモ優占相以降の遷移<sup>143)</sup>とも一致する。裸地実験においては、秋、冬、夏季にそれぞれ造成したいずれの裸地でも生活形に分けた海藻の遷移系列は等しく、異なるのは進行速度であるとしている<sup>143)</sup>。したがって、本研究のウニ除去は秋季に行われたが、他の季節にウニ除去を行っても生活形に分けた遷移系列は等しいと考えられる。

六条実験区においては、フシスジモク優占群落形成

されず、遷移の初期に認められる小型1年生海藻<sup>139)</sup>の緑藻アナアオサが優占する群落となった(Fig. 50)。このことは、六条には二級河川の朱太川が流入しているために淡水や漂砂の影響を強く受けることによって、特に低塩分に対する耐性をもつアナアオサ<sup>137)</sup>を中心にした遷移の初期相にとどまったと理解される。

これまで、北海道日本海沿岸においては海底面を剥削したり、コンクリートブロックなどの着生基質を投入したりすると、ホソメコンブが生育する<sup>144-145)</sup>と考えられていた。しかし、本研究ではホソメコンブの成熟期である秋季にウニ除去を行ったが、ホソメコンブはほとんど生育しなかった(Figs. 49, 50)。一般にコンブ属褐藻は低水温に、ヒバマタ目褐藻は高水温に光合成-温度特性値をもっているため<sup>146)</sup>、低水温の海況条件ではコンブ類が、高水温ではホンダワラ類がそれぞれ繁茂する<sup>103)</sup>。寿都湾においてはホソメコンブが発芽する冬季から春季に高水温で経過したことから(Fig. 48)、ホンダワラ類の一種フシスジモクの優占群落形成された(Fig. 49)とみなされる。また、フシスジモクは生活形からみても遷移の極相をなすため<sup>133, 134, 147)</sup>、ウニの摂食圧が排除され、温暖な海況が持続すれば、安定した群落を長期に維持すると考えられる。

## 第七章 開放系養殖技術の開発

前章で述べたように、サンゴモ平原ではキタムラサキウニが7個体/m以上と高密度に生息するにもかかわらず、成長の遅滞や生殖巣の増大が極めて低いためにほとんど利用されていない。しかし、サンゴモ平原のウニも重要な漁業資源である。そこでこれらの生殖巣の増大を効率的に促進させるために、天然域の1カ所に集約化して給餌する養殖システムを構築することは、産業上極めて意義がある。

北海道南西部日本海沿岸で、養殖する餌料用マコンブの取量は春季から夏季にかけては、養成網1m当たり30kg台に達するが、冬季間には極めて少ない<sup>148)</sup>。餌料用コンブが確保される春季から夏季にかけてはキタムラサキウニの生殖巣が増大する時期に一致し、第V章第2節で示したように、室内で飽食量を与えると約2ヶ月で生殖巣指数が18に達する。一方、冬季から春季にかけては、一般漁場のキタムラサキウニの生殖巣指数は夏季の最高値に比べて1/2以下に低く推移する。この期間に集約化したキタムラサキウニの生殖巣を増大できれば、漁業生産の向上に寄与できるものと考えられる。

キタムラサキウニは天然域において、餌料となる海藻が少ないときには砂粒や貝殻片までを摂食し<sup>149)</sup>、また、

ムラサキイガイ *Mytilus edulis* やフジツボ類 *Balanus* spp. あるいはコケムシ類 *Celleporina* spp.などの動物をも摂食することが知られている<sup>149, 150)</sup>。さらに、魚肉はキタムラサキウニの生殖巣の量的な発達に有効な餌料であり<sup>151, 152)</sup>、青森県では冬季間に魚肉給餌による籠養殖試験を実施した。その結果、魚肉給餌によって生殖巣は増大するが、色、味など品質が低下するために、魚肉に加えて、海藻類の給餌が不可欠であることが明らかにされている<sup>153-155)</sup>。しかし、魚肉と海藻給餌によって生殖巣の成分がどのように変化するかは定量的に明らかにされていない。一方、籠養殖では養殖するキタムラサキウニの数が限られるために、冬季間に天然域の1カ所に集約化したキタムラサキウニの生殖巣の増大を促進する技術を開発する必要がある。

本章では、秋季から春季にかけて、天然域の岩礁掘削域において集約化したキタムラサキウニに魚肉を給餌した後に海藻を給餌して、生殖巣の増大過程と成分の変化を調べ、生殖巣の増大と品質改善について検討した。さらに、第V章で述べたキタムラサキウニの摂食活動におよぼす要因から、開放系養殖技術確立のための条件について考察した。



第1節 魚肉給餌による生殖巣の増大

1) 材料と方法

冬季から春季に天然域において、魚肉給餌により生殖巣の増大を促進するための実験を行った。1988年10月5日に、北海道日本海南部松前町札前地先沖、水深8～15mのサンゴモ平原に生息する、殻径約45mm以上のキタムラサキウニ1,000個体をスキューバ潜水により採集した。これらを、同地先の岩礁掘削域(水深2m)内に設置したタートルブロックを網囲いした2実験区(A,B)に500個体ずつ収容した(Fig. 51)。また、このうち事前に300個体の殻径を計測した。収容したキタムラサキウニ数個体の生殖巣を肉眼観察し、産卵が終了した1988年10月19日から1989年3月25日まで給餌した。

キタムラサキウニ生殖巣の発達過程を餌料魚種別に調べるために、1989年1月19日までは、A区でサンマ *Cololabis saira* を、B区でホッケ *Pleurogrammus azonus* を、7～12日間隔で各5～7kgを給餌した。その後、1月20日から3月25日まではマコンブとワカメを3～13日間隔で3～30kgを給餌した(Table 22)。

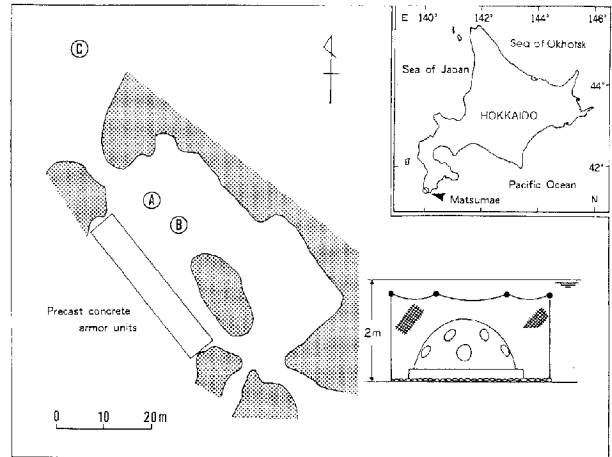


Fig. 51. Map showing the area studied. Two experimental compartments (A, B) of turtle blocks covered around fishing net in an excavated ground and controlled site in natural fishing ground (C).

Table 22. Amount (kg) of foods fed on two experimental groups (A,B) of *Strongylocentrotus nudus*

Date	A			B		
	C.s.*1	L.j.*2	U.p.*3	P.a.*4	L.j	U.p
Oct.19,1988	5			6		
Oct.31	7			7		
Nov. 8	6					
Nov.10				7		
Nov.16	5			5		
Nov.28	7			7		
Dec.19	7					
Dec.25				7		
Dec.31	7			7		
Jan.11,1989	7			7		
Jan.19	7			7		
Jan.26		5			5	
Feb.10		3			3	
Feb.19			4			
Feb.27		10			10	
Mar. 2		10			10	
Mar. 8			30			30
Mar.21		5			10	
Mar.25		5			10	
Total	58	38	34	60	48	30

\*1 *Cololabis saira*  
 \*2 *Laminaria japonica*  
 \*3 *Undaria pinnatifida*  
 \*4 *Pleurogrammus azonus*

Table 23. Test diameter and age composition of three experimental groups (A, B, C) of *Strongylocentrotus nudus*

Groups	Date	No. examined	Test diameter	Age composition					
				IV	V	VI	VII	VIII	IX
A	Oct. 19, 1988	20	55.9 ± 7.2	2	12	5	1		
	Nov. 16	20	58.7 ± 9.3		11	3	3	3	
	Dec. 19	20	53.4 ± 8.2		15	2	2		1
	Jan. 20, 1989	20	57.5 ± 5.4		7	8	1	2	2
	Feb. 27	19	52.6 ± 4.8		14	4	1		
	Mar. 27	20	56.8 ± 6.4	1	13	2	2	2	
B	Oct. 19, 1988	20	53.7 ± 4.6	1	10	8	1		
	Nov. 16	20	57.4 ± 7.1		10	5	3	2	
	Dec. 19	20	57.9 ± 5.7		9	4	3	3	1
	Jan. 20, 1989	19	55.3 ± 4.8		10	7		1	1
	Feb. 27	20	58.2 ± 6.5	1	6	6	5	2	
	Mar. 27	20	55.4 ± 4.4	1	9	7	2	1	
C	Oct. 19, 1988	20	53.7 ± 4.6	1	10	8	1		
	Nov. 16	20	56.8 ± 4.4	2	10	6	1	1	
	Dec. 19	13	58.9 ± 6.3		6		3	2	2
	Jan. 20, 1989	20	54.5 ± 4.2		15	4	1		
	Feb. 27	20	57.0 ± 4.5		13	6		1	
	Mar. 27	20	54.8 ± 5.4		16	4			

A, population was supplied the meat of pacific saury and the kelps *Laminaria japonica* and *Undaria pinnatifida*; B, population was supplied the meat arabesque greenling and kelps; C, native population.

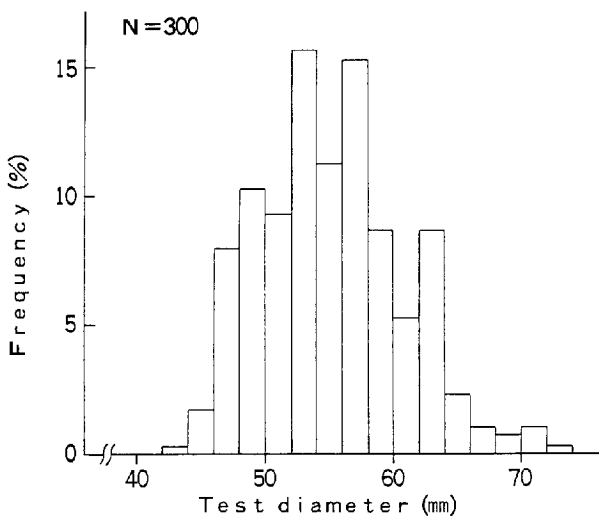


Fig. 52. Size frequency distribution of *Strongylocentrotus nudus* transplanted in two experimental turtle blocks (A, B) in October 5, 1988.

また、ホソメコンブを中心とした海藻の生育量が多い掘削域周辺の天然域(水深2~3m)を対照区(C)とした。10~3月にかけて月1回の割合で、実験区と対照区からそれぞれ約20個体のキタムラサキウニを採集し、殻径、体

重および生殖巣重量(g,湿重量)を測定し、生殖巣指数を求めた。また、Jensenの方法<sup>20)</sup>により年齢を査定し、9月を産卵期とした満年齢で示した。また、実験区ではほぼ10日に1回、対照区ではほぼ月1回(10月と12月を除く)の割合で棒状水銀温度計により表層の水温を観測した。

## 2) 結果

実験区内に収容したときのキタムラサキウニの殻径は42~74mmの範囲であり、特に殻径50~60mmの個体が多かった(Fig. 52)。これらは満5歳群が主で、次いで6歳群である。対照区におけるキタムラサキウニの殻径は50~60mmであり、5歳の群が卓越し、給餌区とほぼ同一の年齢群から構成されていた(Table 23)。

給餌を開始した10月19日のキタムラサキウニの生殖巣指数はA区が5.8に対して、B区とC区で5.7とほぼ等しかった。A区の生殖巣指数はサンマの魚肉給餌開始後から直線的に上昇し、1月からマコンブとワカメに餌料を切り換えた後も上昇して2月27日には23.1となった。その後、3月27日には21.7とやや低下した(Fig. 53(A))。B区においては、ホッケの魚肉給餌によって生殖巣指数は12月まで上昇した後、1月末までほとんど変化をみせず、マコンブとワカメに餌料を切り換えた2月以降再び

上昇して3月27日には21.8となり、実験終了時にはA区とはほぼ等しい値となった(Fig. 53(B))。C区では生殖巣指数が12月末まで上昇し、2月末まで停滞した。しかし、3月以降に指数は再び上昇し、3月27日には17.8となり、生殖巣の量的な発達は給餌区のキタムラサキウニと比較して小さかった(Fig. 53(C))。

掘削域における表層水温は10月19日の15.3℃ から1～

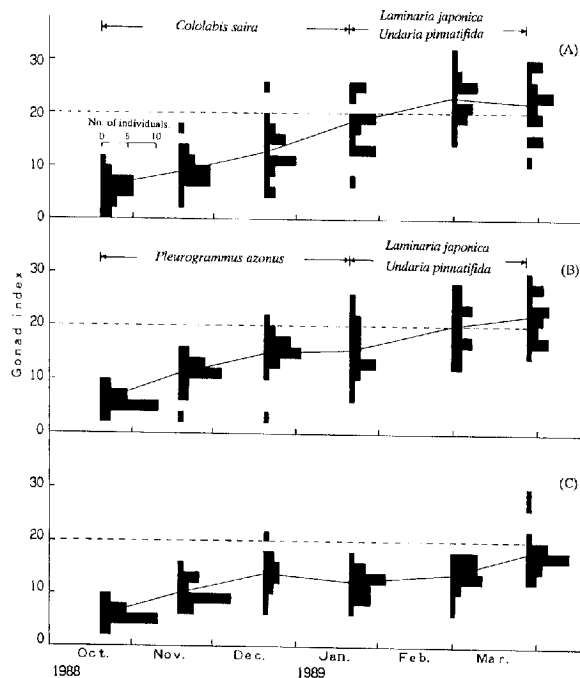


Fig. 53. Monthly changes in gonad indices of three experimental groups (A, B, C) of *Strongylocentrotus nudus* during the period from October 1988 through March 1989. C represent controlled site in natural fishing ground.

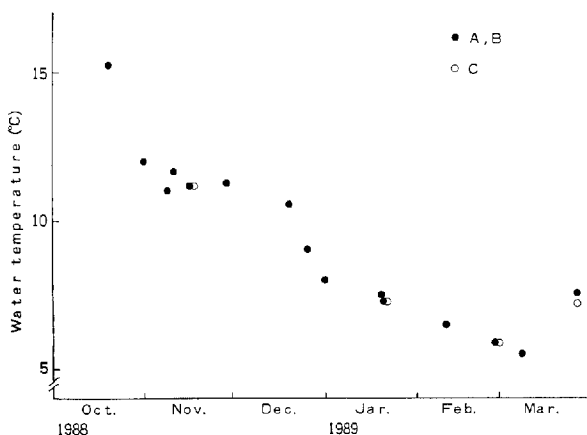


Fig. 54. Sea surface water temperatures between October 1988 through March 1989 at the experimental site (solid circles) and controlled site (Open circles).

2月の7℃以下に低下し、3月8日の5.5℃の最低値を経て、3月27日の7.6℃へと上昇した。また、対照区の表層水温も掘削域とはほぼ同様に推移した(Fig. 54)。

## 第2節 魚肉給餌による生殖巣成分の変化

### 1) 材料と方法

前項では、10月から3月まで、魚肉給餌とその後マコンブとワカメを与えてキタムラサキウニの生殖巣指数が魚肉給餌期間中に著しく増加することを示した。魚肉給餌とその後の海藻給餌で、生殖巣の成分がどのように変化するかを明らかにするために、前項で用いた各月のA区、B区およびC区のキタムラサキウニの生殖巣を材料として水分、グリコーゲン、粗タンパク質および粗脂肪を定量した。また、生殖巣表面の色調を日本電色株式会社製の測色色差計により、彩度と白度を求めた。水分は常温乾燥法により、110℃下で16時間後に測定した。グリコーゲンと粗タンパク質は、それぞれアンスロン-硫酸法ならびにマイクロ・ケルダール法により分析した。また粗脂肪はジエチルエーテルを用いたソックスレイ法により分析した。これら3成分は乾物換算値で示した。彩度と白度は、CIE表色計にもとづき、下記の式から求めた。

$$\text{彩度} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{白度} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

ただし、aは色相、bは彩度、Lは明度を示す。

### 2) 結果

生殖巣中の水分、グリコーゲン、粗脂肪、粗タンパク質の含量をFig. 55に、彩度と白度をFig. 56にそれぞれ示した。

実験を開始した10月の水分はA区、B区、ならびにC区で約66%に対して、魚肉給餌したA区とB区では、1ヶ月後には70%以上に増加し、魚肉給餌期間中高く推移した。しかし、コンブとワカメに餌料を切り換えた1月下旬以降に次第に低下した。これに対して対照としたC区では実験期間中65～69%の範囲内にあり、大きな変化はなかった(Fig. 55(A))。グリコーゲン含量は実験開始時には全区で35.7～39.9%に対して、魚肉給餌により1月までA区とB区でそれぞれ19.9%と24.8%へ著しく減少した。海藻給餌以降2月までグリコーゲンは減少したが、3月下旬にはA区では減少が止まり、B区では増加した。これに対してC区でのグリコーゲンは10～12月に漸増し、1月には55.7%と著しく増加した後2月に下降し、3月下旬に若干増加したが、いずれの月も32%以上で推移した(Fig. 55(B))。粗脂肪含量は全区で実験開始の22.7～22.9%から12月あるいは1月まで次第に減少

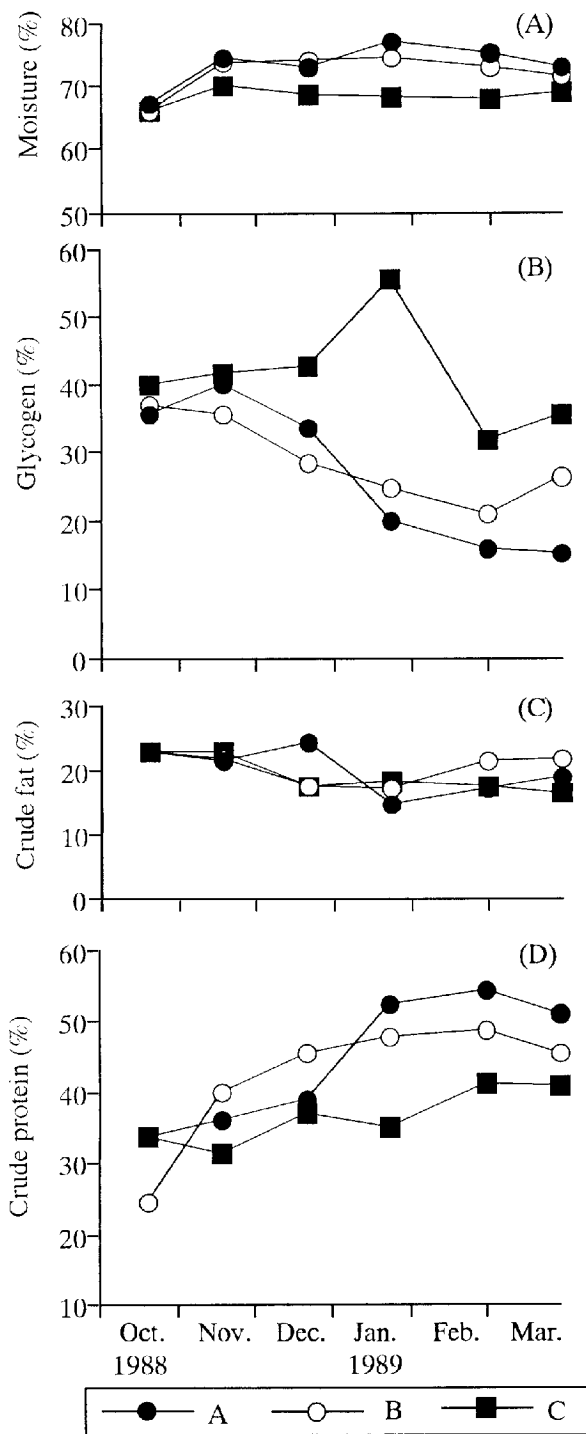


Fig. 55. Monthly changes in moisture, glycogen, crude fat and crude protein in the gonads of three experimental groups (A, B, C) of *Strongylocentrotus nudus* during the period from October 1988 through March 1989. Glycogen, crude fat and crude protein are indicated on dry basis. A, B and C are shown in Fig. 53.

し、B区とC区では2月から3月へ再び増加するが、その変化は極めて小さかった(Fig. 55(C))。粗タンパク質含量は全区で多少の変動はあるが実験開始時の24.5~33.6%から2月の41.4~54.3%へ増加し、3月に若干低下し、11~3月にかけてAとB区がC区よりも多く推移した(Fig. 55(D))。

生殖巣の彩度はA区とB区で魚肉給餌を開始してから、12月あるいは1月まで低下し、海藻給餌の2月以降に再び増加し、3月下旬にはC区の値に近似した。一方、C区の彩度は12月に一時低下するが、他の月では24

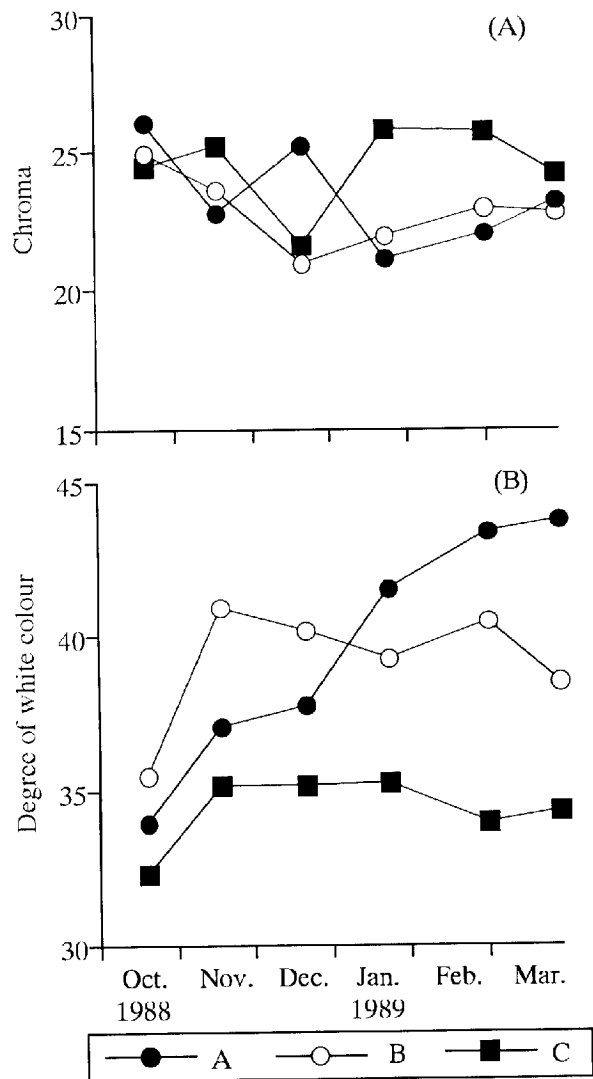


Fig. 56. Monthly changes in chroma and degree of white colour of the gonads of three experimental groups (A, B, C) of *Strongylocentrotus nudus* during the period from October 1988 through March 1989. A, B and C are shown in Fig. 53.

から25の値で変化し、実験期間中A区とB区よりも高い値で推移した(Fig. 56(A))。生殖巣の白度は魚肉給餌後に増加し、特にA区では実験開始時の34から2月の44までほぼ直線的に増加した。B区では開始時の36から11月の41へ増加するが、その後3月まで40前後で推移した。C区の白度は32~36の範囲内で顕著な変化はみられなかった(Fig. 56(B))。

このように、魚肉給餌により、生殖巣の水分の増加とグリコーゲンの減少ならびに彩度の減少と白度の増加が顕著にみられ、海藻給餌により、水分、グリコーゲンと彩度については改善される傾向がみられることが明らかになった。

### 第3節 考察

北海道津軽海峡から日本海南西部沿岸にいたるウニ漁場では、1~2月にはキタムラサキウニの生殖巣は回復期から成長期に相当し、生殖巣指数が10前後と低い(第II章)。これに対して、魚肉を給餌することによって生殖巣指数は2月末で20以上となり、生殖巣は短期間に著しい発達を示した(Fig. 53)。

キタムラサキウニのコンブに対する摂餌率は低水温下で減少し、水温3.0~3.5℃の条件下で、殻径48.3mmの個体のナガコンブに対する日間摂餌率は1.1%である<sup>52)</sup>のに対して、魚肉に対する摂餌率は水温5℃で0.5%前後であり、魚肉に対する摂餌率がナガコンブよりも低いにもかかわらず生殖巣が発達する<sup>150)</sup>。このことは、魚肉の栄養価および低水温下での消化、吸収率さらに生殖巣への転換効率が低いことを示している。

魚肉給餌した生殖巣では特有の臭味、苦味、色などを呈するために、魚肉給餌後、海藻を給餌することにより品質の改善を図る必要がある<sup>153,155)</sup>。コンブとワカメを継続して摂食しているキタムラサキウニの6月における生殖巣には多量の炭水化物が含まれ、その大半はグリコーゲンであることが明らかにされている<sup>156)</sup>。本研究の結果、魚肉給餌により、水分の増加とグリコーゲン含量が低下することが明らかとなった。秋季から春季にかけてマコンブを給餌すると、水分はほぼ70%以下で推移し、グリコーゲンは増加することが報告されている<sup>157)</sup>。このことは、高タンパク餌料の生殖巣への栄養成分の蓄積

は、海藻と明らかに異なっていることを示している。本実験でも魚肉給餌後にコンブとワカメを給餌することにより、水分の減少とグリコーゲンの増加、さらに彩度の増加が認められた(Figs. 55, 56)。海藻を十分に摂食させ、生殖巣の成分を海藻を常食したものに改善するには、魚肉給餌後にも海藻摂食量が多くなるように、魚肉給餌により生殖巣の発達段階を進行させないことと、摂食量が減少する水温5℃以下の時期を避けることが重要であると考えられる。一方、生殖巣の甘味はグリシン、アラニンなどのアミノ酸に左右され、コンブとワカメを摂食したキタムラサキウニにはこれらのアミノ酸が多量に含まれている<sup>156)</sup>。今後、魚肉給餌による生殖巣中のアミノ酸組成の変化など、栄養代謝経路を明確にしたうえで品質改善を解明する必要があると指摘される。

本研究の結果、秋季から春季に天然域に集約化したキタムラサキウニに魚肉を給餌することにより、生殖巣が著しく増大し、その後マコンブとワカメを給餌することによって、海藻給餌の生殖巣に含まれる成分に近づく可能性が示された。

本章の結果と第V章第2節で示したコンブの摂食量と生殖巣の増大との結果から、サンゴモ平原から移植したキタムラサキウニの養殖は、魚肉とコンブを中心とする海藻を餌料とした秋季から春季とコンブを餌料とした春季から夏季に可能であることが示唆される。北海道岩内町沿岸深所の殻径50mm以上のキタムラサキウニを、7月にホソメコンブが繁茂している浅所に移植し、9月に生殖巣を調べた結果によると、生殖巣指数は移植時の4.3から15.2へと飛躍的に増加して生殖巣が成熟し、それ以降の量的な発達は期待できないことが報告されている<sup>64)</sup>。したがって、春季から夏季にかけて養殖場へ移植して、漁業生産に結びつけるための移植時期は、摂食活動が活発になり、9月の生殖巣が成熟、産卵に至る以前に、生殖巣指数が収獲規準の18以上に達する十分な期間が保障される6月以前が適していると考えられる。

第V章第3節で示したキタムラサキウニの野外における摂食活動の実験結果から、養殖場の環境条件としては、摂食活動の低下を防ぐために、波浪の影響を直接受けず、冬季間については水温が外海より低下せず、適度な海水交流がある静穏域が適していると考えられる。

## 第八章 総合考察

これまで、キタムラサキウニの生殖巣の量的、質的な発達過程を経て、浮遊幼生と底生稚仔期の生活、成長、摂食活動、さらに稚仔の加入と成長の変動に関する研究結果を述べてきた。これらの研究で得られた知見のもと

づき、キタムラサキウニの個体数を人為的に制御することによって、北海道南西部沿岸のサンゴモ平原における海藻群落造成を可能とし、開放系の養殖技術を確立するための研究結果について述べた。本章では、これらの結

果にもとづいて、キタムラサキウニ個体群の維持機構について総合的に考察するとともに、北海道南西部沿岸における本種の増養殖技術の展開と今後の研究方向について述べる。

### 1. 個体群の維持機構

キタムラサキウニ成体群の生殖巣は、回復期、成長期、成熟前期、成熟後期および放出期の組織学的に異なる5発育段階が年周期的に変化する。生殖巣の量的発達指標となる生殖巣指数は春季から夏季に増加し、秋季には産卵により急激に低下し、発育段階の年周期に連動した季節変化を示す。しかし、冬季から夏季にかけての生殖巣の量的な発達は、年により、あるいは地域間と漁場内において相違がみられる。この原因は、餌料となる海藻の種類と量の年と場所による時空間的変動に左右されるためであることが明らかになった。

殻径の増大で示される成長と生殖巣の量的発達は、摂食活動の結果もたらされる。摂食活動は、冬季の低水温により低下するが、その後の水温上昇に伴い春季から増大し、成長と生殖巣の量的発達がこれに対応して変化する。すなわち、生殖巣が回復期から成長期に相当する生殖巣の量的な発達の低い時期には摂食活動は活発になるが、生殖巣が肥大する成熟前期から放出期にいたる間には高水温であっても摂食活動は著しく低下する。また、摂食活動は餌料となる海藻の年変化にも支配されるものと考えられる。すなわち、海藻が多量に繁茂する年においては、冬季間に低水温により摂食量は減少するが、春までに十分に供給される流れ藻によって摂食量が充足されると推察される。このため、早期に生殖巣の増大がもたらされる結果、常にホソメコンブを飽食量給餌した室内実験結果と同様に、産卵期以前の7月以降には摂食量は減少するであろう。逆に、海藻の生育量の少ない年においては、春季における生殖巣の増大が遅れて、水温の上昇に伴って摂食活動が活発となり、流れ藻あるいは浅所の海藻へと能動的に移動し、生殖巣の増大のための摂食量を充足させるものと考えられる。また、餌料となる海藻が極めて少ないサンゴモ平原が持続する場所においては、春季以降も餌料が不足し、生殖巣の増大が緩慢に推移し、産卵期直前まで活発な摂食活動を維持するものと考えられる。

成長率も基本的に摂食を通じてもたらされる海藻の種類と量により左右される。冬季から春季にかけて摂食された海藻は、成体群では生殖巣の量的発達に主に向けられるが、若齢群では殻の成長に向けられる。このため、春季の海藻の生育量は特に若齢群では成長量を、成体群では生殖巣の量的発達を大きく左右することが推察され

る。また、若齢群と成体群ともに、成長率が増加する秋季には、北海道南西部日本海沿岸においては主たる大型海藻であるホソメコンブが枯死、流出するのに対して、津軽海峡から南部太平洋沿岸においては、マコンブ、ガゴメ、チガイソ、ミツイシコンブなど大型多年生褐藻が通常春季から継続的に繁茂しているため餌料が充足されており、その結果両海域間でキタムラサキウニの成長率に大きな差が生ずる原因となっているものと考えられる。

以上のことから、摂食活動、生殖巣の発達、成長など個体群の大きさを決定する条件となる個体の生活年周期は、海藻群落の年変動に支配されていると理解される。後志支庁沿岸のホソメコンブの漁獲量増加率(対前年比)は、3~5月の沿岸水温に依存し、この時期の水温が低ければその年の生産量が高くなり、さらにこの時期の水温は前年秋季の対馬暖流の流量と当年の冬季季節風の強さにより推定できることが報告されている<sup>138)</sup>。したがって、北海道南西部日本海沿岸におけるキタムラサキウニの生活年周期は、基本的には海藻群落の年変動を左右する対馬暖流の流量に左右されると結論できる。ただし、対馬暖流の流量変化にもとづく海藻群落組成の変化については後述する。

第Ⅲ章第3節で述べたように、前年の対馬暖流の勢力の強い、すなわち流量の多い9月の平均水温が20~23℃と高い年には、浮遊幼生の成長が速く、生残率も高くなるため、着底に成功する確率が高くなって稚仔の加入量が多くなると考えられた。このことは、キタムラサキウニ個体群の補充も基本的には対馬暖流の流量の周年変化に左右されていることを示している。一方、補充群の成長に伴う年級群の更新過程は前述のように、冬季から春季の低水温による海藻の生育量の増大に依存するであろう。今後、ヒトデ類、カニ類など外敵動物による捕食<sup>11-12)</sup>、あるいは同じ食地位にある植食動物との関係、夏季高水温によるへい死<sup>15)</sup>など、野外において成体群に至るまでの減耗の実態を明らかにする必要がある。

本研究の結果から、北海道南西部日本海から津軽海峡沿岸におけるキタムラサキウニ個体群は、産卵期と幼生の浮遊、着底期にあたる秋季の対馬暖流流量の増加と、冬~春季の対馬暖流流量の減少によるコンブ類を中心とした海藻の大量繁茂をもたらす連続した海況条件によって、稚仔加入量の増加と、活発な摂食活動を通じて成長と生殖巣の増大が促進され、漁獲量の増大に結びつくものと理解される。したがって、今後キタムラサキウニ個体群を管理し、持続的に漁獲に結びつけていくためには、まず、海況予測を基盤とした資源の実態に対応した漁業管理技術を構築する必要がある。

## 2. 増養殖の展望

北海道日本海西部沿岸のサンゴモ平原は、キタムラサキウニを中心とするウニの摂食圧により持続していることが、ウニ除去実験から明らかにされた。また、形成された群落はより外洋に面した地帯では、現在の対馬暖流の流量増加に伴う温暖な海洋条件に適合したホンダワラ科褐藻フシスジモクへと遷移した。北海道南西部日本海沿岸における沿岸水温には、1947年以前と1948年以降に有意な差が認められ、1948年以降が高い<sup>150)</sup>。したがって、外洋に面したサンゴモ平原では、ウニの除去によってフシスジモクをはじめとした温暖性のホンダワラ科褐藻群落が増成される可能性が高いと考えられる。一方、河川水の影響のある場所のサンゴモ平原ではウニを除去しても、小型ないし大型1年生海藻が優占する遷移の初期相にとどまった。したがって、サンゴモ平原で大型海藻群落の増成を図るためには、無機環境条件を事前に把握することが重要である。増成した海藻群落へ、サンゴモ平原に生息する未利用なキタムラサキウニを移植し、生産の増大へと結びつけるためには、ホンダワラ科の生産量やウニの摂食量、生殖巣への転換効率を明らかにし、適正移植量を解明する必要がある。ホンダワラ科褐藻の生産量は極めて高く、1m<sup>2</sup>当たり5~8kg(乾燥重量/年)と地球上のどの植物種より高い値を記録している<sup>160)</sup>。うえ、ウニに対する餌料価値としてもコンブ科褐藻よりは劣るが、量的に充足されれば問題はないと考えられる<sup>55)</sup>。

一方、サンゴモ平原に高密度に生息するキタムラサキウニについては、秋季から春季と、春季から夏季にかけての2季節間の養殖が考えられる。秋季から冬季にかけては、波浪の影響が少なく、外海との海水交流が満たされる小湾や造成場へ集約化し、魚肉など高タンパク餌料を、それ以降春季に向けて養殖コンブなどを給餌して、効率的に生殖巣の増大と品質を改善させる養殖技術を開発する必要がある。本研究によって、冬季間に魚肉給餌

により生殖巣の発達を促進できることが証明された。また、魚肉給餌後、餌料を海藻に切り換えることによって品質の改善が図られる可能性が指摘された。今後、漁獲時に生殖巣の品質改善を図るためには、冬季間の摂食量におよぼす水温と生殖巣発達の関係や栄養要求に関する知見を集積し、魚肉による生殖巣発達と海藻による品質改善を有機的に連動させる技術を開発する必要がある。

春季から夏季にかけては、6月以前から約2カ月間、殻径55mmのキタムラサキウニ1個体が摂食する約330g以上のコンブを給餌することにより、収穫基準までの生殖巣の増大を促進できる可能性が指摘された。今後、生産性をより向上させるための養殖場における収容密度に関して、摂食に伴うウニ個体間や水質環境との関係について明らかにする必要がある。

サンゴモ平原は稚仔の変態、着底場所すなわち発生場である。しかし、ここでは餌料となる海藻が少ないため成長率が低下し、漁獲制限殻径以下の個体が多い。さらに、これら小型個体の摂餌率は大型個体に比べて高いために、サンゴモ平原を持続させるキタムラサキウニ摂食圧の主たる要因となっている。小型個体はコンブを給餌すると成長率が大型個体に比べて極めて高く、北海道津軽海峡沿岸でみられたように満2歳で漁獲制限殻径に達する場合もある。したがって、今後本研究で明らかにしたサンゴモ平原から除去したキタムラサキウニの、生殖巣の発達のみならず成長を促進させるための技術開発に関する研究が必要である。

以上述べてきたように、サンゴモ平原からウニを除去して、大型海藻群落を造成し、造成した群落にキタムラサキウニを移植して生産を向上させ、さらに、除去したウニについては、冬季から春季、および春季から夏季にかけて生殖巣の発達を促進させる一連の漁業生産システムを構築する必要がある。これら具体的施策の確立は今後の北海道日本海沿岸における漁業の一つの方向を示すものとなる。

## 第IX章 要約

キタムラサキウニ個体群の維持機構を明らかにするために、1980年から1995年にかけて北海道南部13市町村沿岸において、生殖細胞の形成過程を経て、浮遊幼生の出現、稚仔の加入へと続く補充機構と、餌料となる海藻の摂食によりもたらされる成長と生殖巣の発達過程ならびに補充群と成長の変動要因を調べ、漁獲量の変動を考察した。また、“磯焼け”と呼ばれるサンゴモ平原で海藻群落を造成するために、キタムラサキウニの除去実験を行った。また、生殖巣の量的な発達が低下し、漁獲対象と

されないサンゴモ平原に生息するキタムラサキウニの開放型養殖技術の確立を図るために、秋季から春季に生殖巣の増大を促進する実験を行い、下記の知見を得た。

1. 北海道南部日本海沿岸から津軽海峡沿岸のキタムラサキウニの生殖細胞の形成過程は、1月から5月に回復期から成長期へ、6月から8月に成長期から成熟前期へ移行し、9~10月に水温の20℃から16℃への下降が引き金となって放出期へと至る。これらの変化に対応して、生殖巣指数は成長期から上昇し、成熟前期から後期にピ

ークに達した後、放出期に著しく低下し、回復期には漸増する季節変化を示した。生殖巣の量的な発達には餌料となる海藻の種類と量によって漁場間および漁場内の相違をもたらした。

2. 北海道南部日本海沿岸から津軽海峡沿岸におけるキタムラサキウニ浮遊幼生の主たる出現時期は、産卵期に相当する9~10月であった。津軽海峡沿岸での出現数は、日本海南部沿岸に比べて極めて少なかった。底生稚仔が主に着底し、生活する場所は無節サンゴモが優占する水深3.0~8.9mの安定した岩石地帯であり、満1歳以降になると徐々に生活場所を拡大した。奥尻島と鳥牧村沿岸のキタムラサキウニ稚仔は、1983年の発生群が卓越し、1990年以降には小規模ながら毎年加入し、加入量の年変動パターンは両海域で一致した。9月の水温が20~23℃に高く推移すると、翌年に出現する稚仔の密度が高く両者の間に正の相関が認められ、その要因は高水温による浮遊幼生の生残率の向上によるものと考えられた。卓越した稚仔の加入量と漁獲量には対応が認められた。

3. キタムラサキウニの成長率は小型群ほど高く、特に生殖巣が発達しない1歳群の成長率は周年著しく高い。成長率は冬季と夏季に低下し、春季と秋季に増加した。日本海と太平洋沿岸の漁場間および漁場内における成長率は、餌料となる海藻の種類と量に左右され、無節サンゴモが優占する地帯での成長率は著しく低かった。福島町沿岸において、1982年と1983年に発生し、卓越して加入した稚仔と、これらの成長を促進した大きなマコンブ群落は1985~1987年にかけての漁獲量を飛躍的に増大させた。

4. ホソメコンブを飽食量与えた飼育実験の結果、摂食量と摂餌率ならびに消化吸収量は4月から6月にかけて増加し、幼体群は殻の形成へ、成体群は生殖巣の発達へ向けられる。摂食量は冬季は低水温により、また7月から9月には成熟と産卵の影響により低下した。また、摂餌率は小型群ほど周年高かった。生殖巣の量的な発達が低下したキタムラサキウニに、4月から8月までホソメコンブを給餌すると、初期の20日間で生殖巣が著しく増大し、2カ月間以上給餌することによって生殖巣指数は収穫基準である18以上に増加した。

野外におけるキタムラサキウニのホソメコンブに対する摂食活動は、生殖周期にも対応している。すなわち、生殖巣が成長期にある5月に最も活発となり、成熟前期

にある9月に停滞した。冬季には5℃前後の低水温と波浪の影響のために摂食活動を停止した。

天然域における1歳以上のキタムラサキウニは、生殖巣の発達段階と相関した索餌活動と波浪の影響により、4月から6月には流れ藻が供給される深所の無節サンゴモ群落へ、9~10月には流れ藻の供給の低下により浅所のホソメコンブ群落周辺へ、また12~3月には深所へと季節移動した。0歳群は付着珪藻や小型海藻を主として摂食する発育段階であるため、索餌による移動はなかった。

5. 寿都湾の外洋に面した矢追と、湾奥部の六条沿岸のサンゴモ平原に高密度に生息するキタムラサキウニを除去した結果、両実験区において、小型1年生海藻、大型1年生海藻、小型多年生海藻が順次人植した。矢追ではその後大型多年生海藻フシスジモクへと遷移した。六条では河川水の影響によって小型1年生海藻アシアオサが優占する遷移の初期相が持続した。ウニの摂食圧が排除され、対馬暖流の流量が多い温暖な海況が持続すれば、遷移の極相をなすフシスジモクの安定した群落が長期に持続するものと考えられた。

6. サンゴモ平原に生息したキタムラサキウニを1カ所に集約化し、魚肉を給餌することにより冬季間に生殖巣を著しく増大させた。魚肉給餌により、生殖巣中の水分が増加し、グリコーゲンが減少した。しかし、餌料を海藻に切り換えることによって、改善できる可能性が示唆された。サンゴモ平原からキタムラサキウニを移植し、給餌して育成する場所は摂食活動の低下を防ぐために、波浪の影響を直接受けず、冬季間の水温が外海より低下せず、適度な海水交流のある静穏域であること、また、移植時期は、摂食活動が活発になり、9月の生殖巣の成熟、産卵に至る以前に収穫基準以上に達する十分な期間が保障される6月以前が適していることが明らかになった。

これらの結果から、北海道南西部日本海から津軽海峡の沿岸におけるキタムラサキウニ個体群の摂食、生殖巣の発達、成長は対馬暖流の流量によって影響される海藻群落の年変動に支配され、底生稚仔の加入量も基本的に対馬暖流の流量の年変化に左右されると考察した。最後に、サンゴモ平原においてキタムラサキウニの漁業生産システムを構築するための、残された研究課題について考察した。

## 謝

本論文を作成するにあたり、御校閲と研究全般にわたり御指導を賜った東北大学農学部生物海洋学講座教授の

## 辞

谷口和也博士、御校閲と多くの御教示を賜った東北大学農学部水産化学講座教授の竹内昌昭博士、東北大学農学



部資源生態学講座の大森迪夫博士、ならびに北海道大学水産学部生産基礎生物学講座の中尾 繁博士に対して、著者の深甚なる謝意を表す。

また、ウニの生態全般にわたって御教示いただいた株式会社エコニクス常務理事の川村一廣博士（元北海道立中央水産試験場長）、組織学的観察について御指導いただいた石巻専修大学理工学部教授の菅原義雄博士、海洋環境について御教示いただいた北海道大学水産学部水産海洋学講座教授の大谷清隆博士、ならびにウニの摂食活動について御教示いただいた北海道大学名誉教授の富士

昭博士に深く感謝する。また、生殖巣の成分の分析をしていただいた北海道立釧路水産試験場利用科長の錦織孝史氏に謝意を表す。

本研究は、著者が北海道立函館水産試験場と北海道立中央水産試験場に在任した16年間にわたって行われたも

のである。元北海道立函館水産試験場増殖部長の寺井勝治氏および北海道立栽培漁業総合センターの西川信良場長には本研究を着手する機会を与えていただいた。また、北海道立函館水産試験場室蘭支場資源増殖科長の元谷 怜氏、北海道水産部漁政課主幹の松山恵二氏、北海道立中央水産試験場海洋部中多章文氏、同資源増殖部の川井唯史氏をはじめとした北海道立水産試験場および北海道立栽培漁業総合センターの関係各位には本研究の推進にあたり多大な協力を頂いた。さらに、北海道大学理学部忍路臨海実験所信太郎氏、ならびに北海道南部沿岸の各水産技術普及指導所、市町村ならびに漁業協同組合の関係各位には、キタムラサキウニの野外調査に際して多大の御支援を賜った。ここに記して著者の謝意を表す。

## 文 献

- 1) 川村一広：うに 増養殖と加工・流通。(株)北海水産新聞社、札幌、82p。(1993).
- 2) 吾妻行雄：キタムラサキウニ。漁業生物図鑑 北の魚たち、長澤和也・鳥澤 雅編、北日本海洋センター、札幌、pp. 330-333(1991).
- 3) 今井利為：本州中部におけるウニ類の増殖に関する研究。神奈川県水産試験場論文集、第6集、神奈川県水産試験場、90pp。(1994).
- 4) 吾妻行雄：エゾバフンウニ。漁業生物図鑑 北の魚たち、長澤和也・鳥澤 雅編、北日本海洋センター、札幌、pp. 324-329(1991).
- 5) 北海道水産部：昭和60年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1987).
- 6) 北海道水産部：昭和61年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1988).
- 7) 北海道水産部：昭和62年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1989).
- 8) 北海道水産部：昭和63年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1990).
- 9) 北海道水産部：平成元年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1991).
- 10) 北海道水産部：平成2年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1992).
- 11) 北海道水産部：平成3年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1993).
- 12) 北海道水産部：平成4年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1994).
- 13) 北海道水産部：平成5年北海道水産現勢、pp. 10-15。(1995).
- 14) 川村一広：北海道におけるウニ移殖の現状と問題点。水産増殖、臨時号5、10-22(1965).
- 15) 水産庁、日本栽培漁業協会：平成6年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)、p101。(1996).
- 16) A. Fuji: Studies on the biology of the sea urchin. II. Size at first maturity and sexuality of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 11, 43-48(1960).
- 17) A. Fuji: Studies on the biology of the sea urchin. I. Superficial and histological gonadal changes in gametogenic process of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 11, 1-14(1960).
- 18) A. Fuji: Studies on the biology of the sea urchin. III. Reproductive cycle of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*, in southern Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 11, 49-57(1960).
- 19) 吾妻行雄、元谷 怜、菅原義雄：キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について 第1報 生殖巣の季節的変化。北水試研報、30、33-41(1988).
- 20) 吾妻行雄、菅原義雄：キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について 第2報 消化管内容物量と殻重量の季節的変化。北水試研報、30、43-49(1988).
- 21) 吾妻行雄、林 忠彦、内田正文：北海道南部沿岸におけるエゾバフンウニとキタムラサキウニ浮遊幼生の出現と産卵期。北水試研報、33、9-20(1989).
- 22) 秋元義正・天神 僚：永崎禁漁区内のキタムラサ

- キウニの生態について. 福島水試研報, 2, 19-29 (1974).
- 23) 川村一広: 余市沿岸のエゾバフンウニとキタムラサキウニの生活に関する2, 3の知見. 北水試月報, 24, 36-45(1967).
- 24) 小田切明久, 足助光久, 佐藤恭成: 青森県奥戸沖深所に生息するキタムラサキウニの生殖巣成熟について. 青水増研報, 3, 1-7(1984).
- 25) 杉本 卓・田嶋健一郎・富田恭司: 北海道北部沿岸におけるキタムラサキウニの生殖周期. 北水試報, 24, 91-99(1982).
- 26) 辻 秀二, 葭矢 護, 田中雅幸, 桑原昭彦, 内野 憲: 若狭湾西部沿岸海域でのキタムラサキウニの分布と生殖巣の季節変化. 京都海洋センター研報, 12, 15-21(1989).
- 27) 北海道立中央水産試験場増殖部, 後志北部地区水産技術普及指導所, 北海道立栽培漁業総合センター: エゾバフンウニの天然採苗, 中間育成, 種苗放流について. 北水試月報, 41, 270-315(1984).
- 28) 吾妻行雄, 元谷 怜, 佐々木善則, 加藤 剛: 福島町浦和におけるキタムラサキウニの生態. 北水試月報, 43, 126-136(1986).
- 29) 川村一広: 浦河町東栄のキタムラサキウニについて. 北水試月報, 21, 510-524(1964).
- 30) 川村一広: 浦河町沿岸のキタムラサキウニの生態及び資源管理に関する二, 三の考察. 北水試報, 5, 7-30(1966).
- 31) 藤田大介: 北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布. 南紀生物, 31, 109-114(1989).
- 32) 川俣 茂: 三陸沿岸磯根漁場の底生生物群集の構造とその成因. 水工研研報, 15, 1-24(1994).
- 33) 名畑進一, 阿部英治, 垣内政宏: 北海道南西部大成町の磯焼け. 北水試研報, 38, 1-14(1992).
- 34) 沢田 満, 三木文興, 足助光久: 佐井村地先におけるキタムラサキウニの生態と資源について. 青水増資料, S. 54-(7), 1-11(1980).
- 35) 川村一広: キタムラサキウニの年齢形質と成長について. 北水試報, 6, 56-61(1966).
- 36) 沢田 満: キタムラサキウニの生態に関する研究(1)年齢と成長. 青水増資料, S.52-(7), 1-7(1977).
- 37) 秋元義正, 岡崎謙次: キタムラサキウニの飼育について. 福島水試研報, 4, 53-60(1976).
- 38) 斎藤勝男, 宮本建樹: 平磯掘削溝に出現したウニ類の生態. 北水試報, 25, 21-34(1983).
- 39) 吾妻行雄: 北海道津軽海峡沿岸におけるキタムラサキウニ個体群の変動とその要因. 水産増殖, 42, 207-213(1994).
- 40) 斎藤勝男, 元谷 怜, 富田恭司, 田嶋健一郎, 川村一広, 宮本建樹, 滝 襄, 西川信良, 門間春博, 磯貝辰彦, 高野修悦, 飯田 収: 天売・焼尻両島のアワビ・ウニ類の生態. 北水試月報, 31, 1-42(1974).
- 41) 天下谷昭文: ヒトデ類によるキタムラサキウニ捕食試験. 昭和61年度東北ブロック増養殖研究連絡会議報告書. 東北水研増殖部, pp. 37-41(1987).
- 42) 天下谷昭文, 阿部 聡, 佐々木精一, 高橋宏樹, 山口 仁: 放流漁場高度利用技術開発事業(ウニ類). 岩手県北部栽培漁業センター事業報告 昭和62~63年度. pp. 24-25. (1989).
- 43) 川井唯史, 吾妻行雄: 北海道後志沿岸における寄生貝クリイロヤドリニナの分布と出現状況. 栽培技研, 23, 7-9(1994).
- 44) 武蔵達也, 波部忠重: クリイロヤドリニナの新分布地と新宿主. ちりばたん, 22, 69-71(1991).
- 45) 辻 秀二, 宗清正廣, 井谷匡志, 道家章生: 若狭湾西部沿岸海域におけるキタムラサキウニの大量へい死現象. 京都府立海洋センター研報, 17, 51-54(1994).
- 46) 沢田 満, 三木文興, 足助光久: キタムラサキウニの生態に関する研究(II)移動と食性. 青水増資料, S. 52-No. 11, 9pp. (1978).
- 47) 増殖場造成指針作成委員会: 増殖場造成指針. 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会, 180p, 地球社, 東京(1982).
- 48) 吾妻行雄, 中多章文, 松山恵二: キタムラサキウニのホソメコンブに対する摂餌と同化. 北水試研報, 40, 21-29(1993).
- 49) 吾妻行雄, 松山恵二, 中多章文: 北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの摂食活動の季節変化. 日水誌, 62, 592-597(1996).
- 50) 町口裕二: キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* 天然種苗の成長と摂餌について. 北水研報告, 57, 81-86(1993).
- 51) 町口裕二: エゾバフンウニ並びにキタムラサキウニの摂餌に及ぼす水温の影響. 第8回日本ベントス学会大会要旨集, p.58. (1994).
- 52) 町口祐二, 水鳥純雄, 三本菅善昭: キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* の飼育下における摂餌選択性. 北水研報告, 58, 35-43(1994).
- 53) 町口祐二: 本邦産植食動物に対する *Macrocystis integrifolia* の餌料価値について. 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集, p.17. (1991).
- 54) 佐藤恭成・能登谷正浩: 褐藻ツルアラメ *Ecklonia stolonifera* のサザエ, ウニおよびアワビに対する餌料

- 価値. 日水誌, 54, 1451(1988).
- 55) 菊池省吾, 浮 永久: 植食動物密度の管理基準. 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究(マリーナランディング計画)昭和58年度研究成績報告書, pp. 33-36. (1984).
- 56) Y. Hayakawa and J. Kittaka: Simulation of feeding behavior of sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 50, 233-240(1984).
- 57) 橘高二郎, 西村和也, 山田和彦, 早川康博: ウニ摂餌行動の解析. 付着生物研究, 4, 5-9(1983).
- 58) 岡崎謙次, 天神 僚, 秋元義正: キタムラサキウニの種苗生産研究. 福島水試研報, 3, 51-55(1975).
- 59) 大滝勝久, 下園栄昭, 天神 僚: キタムラサキウニの人工種苗生産について I. 浮遊幼生の大量飼育方法と採苗手法. 福島種苗研報, 1, 1-18(1984).
- 60) 高橋宏樹, 山口 仁, 太田克彦: ウニ種苗生産. 岩手県北部栽培センター事業報告書 平成3年度, pp. 5-31. (1991).
- 61) 天神 僚, 石井孝幸: ウニ類と二枚貝の幼生飼育のための餌料生物. 福島種苗研報, 1, 29-34(1984).
- 62) 岡崎謙次, 秋元義正, 磯上孝太郎: 人工採苗キタムラサキウニの放流追跡調査について. 福島水試研報, 4, 61-68(1976).
- 63) 秋元義正: 福島県におけるキタムラサキウニの移殖について. 水産増殖, 23, 149-154(1976).
- 64) 川村一広: 岩内におけるキタムラサキウニの移殖試験. 北水試月報, 23, 20-27(1966).
- 65) 沢田 満, 三木文興: キタムラサキウニの移殖に関する試験(1). 青水増資料, S53-No.3, 8pp. (1978).
- 66) 吾妻行雄, 錦織孝史: 魚肉給餌によるキタムラサキウニ生殖巣の発達 第1報生殖巣の量的な発達. 北水試研報, 37, 59-66(1991).
- 67) 藤田大介: ウニのためのチェーン式コンブ投餌法(予報). 水産増殖, 35, 139-141(1987).
- 68) 川俣 茂: 磯根漁場造成における物理的攪乱の重要性. 水産工学, 31, 103-110(1994).
- 69) 菊池省吾: 宮城県江ノ島におけるアワビ, ウニの海中造林実験. 新版つくる漁業, 農林統計協会, 東京, pp.192-301(1976).
- 70) 沢田 満, 三木文興, 足助光久: コンブ藻場. 藻場・海中林, 日本水産学会編, 水産学シリーズ38, 恒星社 恒生閣, 東京, pp.130-141(1981).
- 71) A. M. Ayling: The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities. *Ecology*, 62, 830-847(1981).
- 72) 藤田大介: 北海道大成町の磯焼けに関する聞き取り調査. 水産増殖, 35, 135-138(1987).
- 73) 谷口和也, 関 哲夫, 蔵出一哉: 磯焼けの機構と克服技術としての海中造林. 野生生物保護, 1, 37-50(1995).
- 74) M. L. Jensen: Age determination of echinoids. *Sarsia*, 37, 41-44(1969).
- 75) 北海道栽培漁業振興公社: 養殖漁場海況観測取りまとめ 第12号 pp.48-49. (1983).
- 76) 北海道栽培漁業振興公社: 養殖漁場海況観測取りまとめ 第13号 pp.46-47. (1984).
- 77) 北海道: 昭和55年度大規模増殖場開発事業調査報告書(北利尻地区, エゾバフンウニ). 88pp.(1981).
- 78) A. Fuji: Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius*(A. Agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 15, 83-160(1967).
- 79) 北海道立中央水産試験場, 北海道立釧路水産試験場, 北海道立函館水産試験場, 羅臼地区水産業改良普及所, 羅臼漁業協同組合: 羅臼沿岸のウニ資源調査報告書, 27p. (1969).
- 80) P. D. Steinberg: Biogeographical variation in brown algal polyphenolics and other secondary metabolites: comparison between temperate Austraria and north America. *Oecologia*, 78, 373-382(1989).
- 81) J. H. Himmelman: The role of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in the rocky subtidal region of Newfoundland. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquatic. Sci.*, 954, 92-119(1980).
- 82) D. L. Leighton: Grazing activities of benthic invertebrates in southern California kelp beds. in The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California. *Nova Hedwigia*, (ed. by W. J. North) Vol.32, pp.421-453. (1971).
- 83) R. L. Vadas: Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecol. Monogr.*, 47, 337-371(1977).
- 84) 川村一広: エゾバフンウニの漁業生物学的研究. 北水試報, 16, 1-54(1973).
- 85) T. A. Ebert: Recruitment in echinoderms in Echinoderm Studies 1 (ed. by M. Jangoux and J. M. Lawrence), A. A. Balkema, Lotterdam, pp.169-203.(1983).
- 86) Y. Toba, Y. Kurasawa and K. Hanawa: Seasonal and year-to-year variability of the Tsushima-Tsugaru Warm Current system with its possible cause. *La mer*, 20, 41-51(1982).
- 87) 川村一広: エゾバフンウニとキタムラサキウニの

- 浮遊幼生の形態変化について. 北水試報, 12, 25-32 (1970).
- 88) M. Morisita : Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional pattern. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, 2, 215-235 (1959).
- 89) M. Morisita : Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.)*, 3, 65-80 (1959).
- 90) 菊池泰二 : 海産無脊椎動物の繁殖生態と生活史Ⅷ. 幼生の分散について(1). *海洋と生物*, 4, 444-449 (1982).
- 91) K. Taniguchi, K. Kurata, T. Maruzoi, and M. Suzuki : Dibromomethane, a chemical inducer on settlement and metamorphosis of the sea urchin larvae. *Fish. Sci.*, 60, 795-796 (1994).
- 92) 中多章文, 吾妻行雄 : 忍路湾におけるエゾバフンウニ稚仔の資源変動. 平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 78p. (1991).
- 93) 土田健治 : ウニ人工採苗試験. 岩手県水産試験場年報, pp.60-61. (1970).
- 94) M. W. Hart and R. E. Scheibling : Heat waves, baby booms, and the destruction of kelp beds by sea urchins. *Mar. Biol.*, 99, 167-176 (1988).
- 95) 北海道栽培漁業振興公社 : 養殖漁場海況観測取りまとめ 第11号. pp.48-49. (1982).
- 96) 北海道栽培漁業振興公社 : 養殖漁場海況観測取りまとめ 第14号. pp.52-53. (1985).
- 97) 北海道栽培漁業振興公社 : 養殖漁場海況観測取りまとめ 第15号. pp.50-51. (1986).
- 98) 北海道栽培漁業振興公社 : 養殖漁場海況観測取りまとめ 第16号. pp.50-51. (1987).
- 99) 北海道栽培漁業振興公社 : 養殖漁場海況観測取りまとめ 第17号. pp.52-53. (1988).
- 100) 北海道栽培漁業振興公社 : 養殖漁場海況観測取りまとめ 第18号. pp.52-53. (1989).
- 101) 大谷清隆 : 津軽海峡西部への沿岸親潮水の流入. *北大水産彙報*, 38, 209-220 (1987).
- 102) 酒井誠一 : 女川湾におけるワカメの豊凶と海況. *日本水産学会東北支部会報*, 10, 36-41 (1959).
- 103) K. Taniguchi : Marine afforestation of *Eisenia bicyclis* (Laminaria : Phaeophyta). *NOAA Tech. Rpt. NMFS*, 102, 47-57 (1991).
- 104) 北海道水産部 : 日本海南部資源培養技術開発事業推進調査報告書. 79pp. (1985).
- 105) T. A. Ebert : Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology*, 49, 1075-1091 (1968).
- 106) E. F. Swan : Some observations on the growth rate of sea urchins in the genus *Strongylocentrotus*. *Biol. Bull.*, 120, 420-427 (1961).
- 107) 瀧襄 : エゾバフンウニの殻板成長線の形成と餌料海藻. *日水誌*, 44, 955-960 (1978).
- 108) 川俣 茂, 足立久美子, 山本正昭 : キタムラサキウニに及ぼす波浪の影響. 平成6年度日本水産工学会学術講演会講演論文集, pp. 85-88 (1994).
- 109) 谷野賢二, 明田定満, 佐藤 仁, 松山恵二, 吾妻行雄, 中多章文 : ウニの摂餌活動におよぼす物理環境要因について. *TECHNO-OCEAN 94 International Symposium, Proceedings 1*, 195-198 (1994).
- 110) A. Fuji : Studies on the biology of the sea urchin. V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. *Jap. J. Ecol.*, 12, 181-186 (1962).
- 111) B. R. Larson, R. J. Vadas and M. Keser : Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Maine, USA. *Mar. Biol.*, 59, 49-62 (1980).
- 112) R. J. Miller and K. H. Mann : Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada III. Energy transformation by sea urchins. *Mar. Biol.*, 18, 99-114 (1973).
- 113) H. B. Moore and B. F. Mcpherson : A contribution to the study of productivity of the urchins *Tripneustes esculentus* and *Lytechinus variegatus*. *Bull. Mar. Sci.*, 15, 855-871 (1965).
- 114) 町口祐二 : エゾバフンウニに対するジャイアントケルプの餌料価値. *北水研報告*, 56, 61-70 (1992).
- 115) 川村一広, 林 忠彦 : エゾバフンウニの摂餌, 成長, 成熟におよぼす水温の影響について. *北水試月報*, 22, 128-145 (1965).
- 116) C. D. Bishop and S. A. Watts : Biochemical and morphometric study of growth in the stomach and intestine of the echinoids *Lytechinus variegatus* (Echinodermata). *Mar. Biol.*, 114, 459-467 (1992).
- 117) C. D. Bishop and S. A. Watts : Two-stage recovery of gametogenic activity following starvation in *Lytechinus variegatus* Lamarck (Echinodermata : Echinoidea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 177, 27-36 (1994).
- 118) J. J. Gonor : Reproductive cycles in Oregon populations of the echinoid, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). I. Annual gonad growth and ovarian gametogenic cycles. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 12, 45-64

- (1973).
- 119) R. Lasker and C. Giese : Nutrition of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.*, 106, 328-340(1954).
- 120) B. Velimirov and C. L. Griffiths : Wave-induced kelp movement and its importance for community structure. *Botanica Marina*, 22, 169-172(1979).
- 121) T. A. Dean, S. C. Schroeter and J. D. Dixon : Effects of grazing by two species of sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *Lytechinus anamesus*) on recruitment and survival of two species of kelp (*Macrocystis pyrifera* and *Pterygophora californica*). *Mar. Biol.*, 78, 301-313(1984).
- 122) C. Harrold and D. C. Reeed : Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure. *Ecology*, 66, 1160-1169(1985).
- 123) J. E. Mattison, J. D. Trent, A. L. Shanks, T. B. Akin and J. S. Pearse : Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. *Mar. Biol.*, 39, 25-30(1977).
- 124) M. J. Tegner and P. K. Dayton : Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in a kelp forest. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 5, 255-268(1981).
- 125) 菊池省吾, 浮 永久 : アワビ・ウニ類とコンブ類藻場との関係. 藻場・海中林, 日本水産学会編, 水産学シリーズ38, 恒星社厚生閣, 東京, pp.9-23. (1981).
- 126) C. Harrold and J. S. Pearse : The ecological role of echinoderms in kelp forests, in "Echinoderms Studies" (ed. by M. Jangoux and J. M. Lawrence), Vol.2, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, pp.137-233. (1987).
- 127) J. M. Lawrence and P. W. Sammarco : Effects of feeding on the environment : Echinoidea, in "Echinoderm Nutrition" (ed. by M. J. Jangoux and J. M. Lawrence), A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, pp.499-519(1982).
- 128) W. J. North : The biology of giant kelp (*Macrocystis*) in California. *Nova Hedwigia Beihefte*, 32, 1-600 (1971).
- 129) 四井敏雄, 前迫信彦 : 対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復実験. 水産増殖, 41, 67-70(1993).
- 130) 今野敏徳 : ガラモ場・カジメ群落の植生構造. 海洋科学, 17, 57-65(1985).
- 131) M. Ohno : Succession of seaweed communities on artificial reef in Ashizuri, Tosa Bay, Japan. *Korean J. Phycol.*, 8, 191-198(1993).
- 132) 谷口和也 : 牡鹿半島沿岸の漸深帯における海底面剥削後の海藻の再人植. 東北水研研報, 53, 1-5 (1991).
- 133) 谷口和也 : 牡鹿半島沿岸における漸深帯海藻群落の一次遷移. 日水誌, 62, 765-771(1996).
- 134) 片田 実 : 海藻の生活形と遷移(綜述). 日水誌, 29, 798-808(1963).
- 135) Y. Saito and S. Atobe : Phytosociological study of the intertidal marine algae. I. Usujiri Benten-Jima, Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 21, 37-69 (1970).
- 136) Y. Saito, H. Sasaki, and K. Watanabe : Succession of algal communities on the vertical substratum faces of breakwaters in Japan. *Phycologia*, 15, 93-100 (1976).
- 137) 斎藤 譲, 長縄三郎, 宮坂宏司 : 潮間帯の海藻植生における極相とその査定. 日生態会報, 27, 33-43 (1977).
- 138) 谷口和也 : 潮間帯に設置したコンクリートブロック面上の海藻群落. 東北水研研報, 44, 61-65(1982).
- 139) A. Fuji and K. Kawamura : Studies on the biology of the sea urchin. VII. Bio-economics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 36, 763-775(1970).
- 140) P. A. Breen and K. H. Mann : Destructive grazing of kelp by sea urchins in eastern Canada. *J. Fish. Res. Bd. Canada.*, 33, 1278-1283(1976).
- 141) D. O. Duggins : Kelp beds and sea otters : an experimental approach. *Ecology*, 61, 447-453(1980).
- 142) R. E. Foreman : Benthic community modification and recovery following intensive grazing by *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Helgolander wiss. Meeresunters.*, 30, 468-484(1977).
- 143) J. H. Himmelman, A. Cardinal and F. Bourget : Community development following removal of sea urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*, from the rocky subtidal zone of the St. Lawrence Estuary, eastern Canada. *Oecologia*, 59, 27-39(1983).
- 144) 阿部英治, 松山恵二, 辻 寧昭 : 忍路湾におけるホソメコンブの群落造成. 北水試報, 24, 41-50 (1982).
- 145) 阿部英治, 名畑進一, 垣内政宏 : ホソメコンブの群落形成が阻害される原因についての考察. 北水試報, 35, 37-60(1990).

- 146) 横浜康継：海の中の森の生態. ブルーバックス, 講談社, 東京, 247pp. (1985).
- 147) 名畑進一, 新原義昭, 松谷 実, 武井文雄：利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態. 北水試報, 23, 53-64(1981).
- 148) 北海道：海域特性総合利用技術開発調査報告書 (磯焼けグループ). 68pp. (1994).
- 149) 橋高二郎：天敵による養殖ホタテガイの付着生物の防除. 海洋科学, 9, 241-246(1977).
- 150) 橋高二郎, 今村賢太郎：ウニによる付着生物の防除に関する基礎的研究. 付着生物研究, 3, 53-59 (1981).
- 151) 渋井 正, 坂下利光, 金沢武志：キタムラサキウニの肥育試験. 昭和48年度岩手県水産試験場年報, pp.190-191. (1973).
- 152) 渋井 正, 坂下利光, 金沢武志：キタムラサキウニの肥育試験. 昭和49年度岩手県水産試験場年報, 94p.(1974).
- 153) 植村 康, 佐藤恭成, 川村修蔵：キタムラサキウニ給餌試験. 青森県水産増殖センター事業報告, 15, pp.273-275. (1986).
- 154) 植村 康, 佐藤恭成, 川村修蔵：キタムラサキウニ給餌試験. 青森県水産増殖センター事業報告, 16, pp.256-270. (1987).
- 155) 植村 康, 佐藤恭成, 川村修蔵：キタムラサキウニ給餌試験. 青森県水産増殖センター事業報告, 17, pp.223-235. (1988).
- 156) 平野敏行, 山沢 進, 須山三千三：キタムラサキウニ生殖腺のエキス成分に関する研究. 日水誌, 44, 1037-1040(1978).
- 157) 錦織孝史：キタムラサキウニの生殖巣増大と品質に関する試験. 平成元年度北海道立函館水産試験場事業報告書, pp. 362-369. (1989).
- 158) 河野時廣：北海道日本海沿岸における海洋環境と磯焼けの関係. 北水研ニュース, No. 50, 5-7(1995).
- 159) 大谷清隆, 大西光代：北海道南西沿岸のこんぶ生産量の春ニシン漁獲量と沿岸水温による重回帰分析. 海の研究, 4, 175-185(1995).
- 160) 谷口和也, 山田悦正：能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態. 日水研研報, 50, 59-65(1978).

# 木古内湾とその周辺海域におけるマコガレイと 他の底生魚類との食物関係

高木美枝子\*<sup>1</sup>, モハマド・メディ・シャフィプール\*<sup>1</sup>, 今野幸広\*<sup>2</sup>, 中尾博己\*<sup>3</sup>,  
佐野満廣\*<sup>4</sup>, 高橋豊美\*<sup>1</sup>

Feeding interrelation between *Pleuronectes yokohamae* and the other demersal fishes in and near Kikonai Bay, Hokkaido

Mieko TAKAGI\*<sup>1</sup>, Mohamad M. SHAFIEIPOUR\*<sup>1</sup>, Yukihiro KONNO\*<sup>2</sup>, Hiromi NAKAO\*<sup>3</sup>,  
Mitsuhiro SANO\*<sup>4</sup> and Toyomi TAKAHASHI\*<sup>1</sup>

The feeding in a demersal fish community was studied in and near Kikonai Bay, southwestern Hokkaido. Catches in experimental trawls conducted between May 1994 to March 1995 showed that *Pleuronectes yokohamae* had the greatest biomass, except in winter. In spring they were found chiefly in nearshore areas of the bay and in summer began to emigrate toward the offshore areas, where they concentrated until winter. The principal prey of *P. yokohamae* were gammarids in nearshore areas ( $\leq 25$  m depth), and sea-cucumbers (*Cucumaria* sp.), brittle-stars (chiefly *Amphiura pachyactra*), polychaetes and bivalves (chiefly *Limaria hakodatense*) in offshore areas ( $\geq 25$  m depth). There was a marked difference in stomach contents between *P. yokohamae* and the other main fishes throughout the year. This suggests that there is little likelihood of competition between *P. yokohamae* and other fishes for food. Such a feeding of *P. yokohamae* seems to be one of the main factors that enable them to sustain a large biomass in the demersal fish community.

キーワード：木古内湾，マコガレイ，底生魚類群集，食物関係，競合

まえがき

木古内湾は北海道南西部の津軽海峡に面した開放性の小湾である。当湾およびその周辺海域はマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* を漁業資源として利用している最北の海域であり，その年間漁獲量は1985～1995年では183～330トンと見積もられている<sup>1)</sup>。

しかし，当海域におけるマコガレイはこれまで調査研究の対象として取り上げられていないため生態的知見に乏しく，今後の持続的な資源有効利用のための管理指針の構築が困難な状況にある。そこで著者らは本集団の個体群維持機構を解明するための研究に取り組んでおり，今回は本種と他の底生魚類との食物関係を検討したので

報告する。

材料と方法

調査は1994年5月，8月，11月および1995年3月に，北海道大学水産学部研究調査船うしお丸（128トン）を使用し，木古内湾（狐越埼と更木岬を結ぶ線の内側）およびその沖合（Fig. 1）で行った。海洋観測点ではCTD（Sea-Bird Electronics Inc.）による表面から海底直上までの水温と塩分の測定を行った。ただし，CTDが使用できない場合にはDBTを用いて測温し，表面水およびニスキン採水器による海底直上水の採取を行い，PORTASAL 8410（Guildline Inst. Ltd.）を使用して塩分値を求めた。

報文番号 A272 (1997年6月27日受理)

\* 1 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hakodate 041, Japan)

\* 2 北海道立漁業研修所 (Hokkaido Fisherman Training Institute, Shikabe, Hokkaido 041-14, Japan)

\* 3 渡島西部地区水産技術普及指導所 (Oshima-Seibu Fisheries Extension Office, Matsumae, Hokkaido 049-15, Japan)

\* 4 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hama-cho, Kushiro 085, Japan)

底生魚類はオッター・トロール網(網口高さ2.0~2.5m, 網口幅3.6m, 胴尻内網目合12mm)を速力2.5~3.3ノットで原則として約30分間曳網して採集した。曳網距離はネットモニターおよび船体装備のドップラー・カラーグラフ(DCG-20B型)を用いて対地距離から計算した。採集された底生魚類は船上で種類別に個体数と重量を計測した。標本は各地点から魚種別に最大40個体まで(マコガレイはほぼ全数)を凍結して研究室に持ち帰り, 全長(以下, 体長という。1mm単位)と体重(0.1g単位)を測定した。胃は摘出後10%ホルマリン溶液で固定し, 胃内容物は可能な限り種の同定を行い, 種類別に個体数と湿重量(1mg単位)を計測した。

各地点間における底生魚類の種組成の類似度を知るため, 採集された各魚種の重量(kg)から採集地点間のマハラノビスの汎距離<sup>2)</sup>を求めた。

$$D^2 = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j) S^{jk} (x_{ik} - \bar{x}_k)$$

ここで,  $D$ はマハラノビスの汎距離,  $x_{ij}$ ,  $x_{ik}$ は任意のサンプル*i*からサンプル*j*, *k*までの距離,  $S^{jk}$ は分散・共分散行列の逆行列である。求めた距離の近い順に以下に示した群平均法(UPGMA)によって連結し, デンドログラムを作成した。

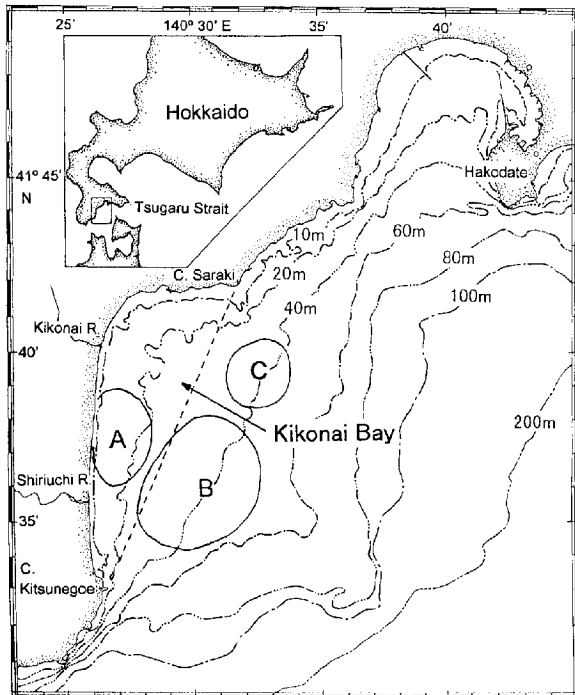


Fig.1. Map showing sampling area (A, B, C) and contours of depth in and near Kikonai Bay, Hokkaido.

$$S_{pq} = (n_p S_p + n_q S_q) / (n_p + n_q)$$

ここで,  $S_{pq}$ は更新後のクラスターの距離,  $S_p$ は更新前のクラスター*p*の距離,  $S_q$ は更新前のクラスター*q*の距離,  $n_p$ はクラスター*p*に含まれる地点の組み合わせ数,  $n_q$ はクラスター*q*に含まれる地点の組み合わせ数である。ただし, 5~11月にごく近接した地点で2~3回の曳網を行った場合があるが, 得られた漁獲資料は同一地点のものとして扱った。

1994年5月, 8月, 11月に採集されたマコガレイと他の魚類との間の胃内容物重量組成の重複度は, Bray-Curtis 指数<sup>3)</sup>で表した。

$$OI = 1 - 0.5 \sum_i \frac{w_{iA}}{W_A} - \frac{w_{iB}}{W_B}$$

ここで,  $OI$ は重複度指数,  $w_{iA}$ ,  $w_{iB}$ は魚種A, Bそれぞれが捕食していた餌*i*の湿重量,  $W_A$ ,  $W_B$ は魚種A, Bそれぞれの全胃内容物重量である。 $OI$ は0から1までの範囲の値をとり, 0のときは胃内容物に共通して出現する餌生物種が全くないことを, 1のときは胃内容物組成が完全に一致することを示す。このBray-Curtis 指数の特徴は計算が容易であり, 100倍にすれば食物組成の重複度を%を単位とした値で表現できるため, ニッチ重なり合い指数として直感的に分かりやすい長所がある<sup>2)</sup>。

## 結 果

### 1. 魚種組成

1994年5月から1995年3月までの期間, 計21回のトロールにより採集された魚種はイシダイ属2種 *Oplegnathus* spp. を含む23科34属38種であった(Table 1)。月別に重量比による魚種組成をみると, 5月, 8月, 11月ではマコガレイの割合が最も高く(37~60%), 3月はホッケ *Pleurogrammus azonus* が非常に高い割合(55%)で出現し, マコガレイは第2位(15%)を占めた。他の魚種ではウミタナゴ *Ditrema temmincki* が5月に, アイナメ *Hexagrammos otakii* が8月と11月に, ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus* が11月に, またトラザメ *Scyliorhinus torazame* が3月にそれぞれ10%台から20%台の高い割合を示した。

地点間における魚種組成(重量比)の類似関係をFig. 2に示す。ここで, マハラノビスの汎距離が0.75でまとめられるクラスターを1つのグループとし, 上位からの累積重量比が45%以上になる魚種をグループの代表種とした。マハラノビスの汎距離は8月と11月では比較的小さく, いずれの地点もマコガレイの生物量が卓越していた



Table 1. Species composition (% by weight) of demersal fish obtained by experimental otter trawls in and near Kikonai Bay from May 1994 to March 1995.

Species	May	August	November	March
<i>Scyliorhinus torazame</i>	2.1		5.2	14.2
<i>Mustelus manazo</i>	0.7	1.4	7.1	0.6
<i>Squalus acanthias</i>	1.4			
<i>Raja pulchra</i>	7.4			5.4
<i>Bathyraja bergi</i>	2.1			
<i>Ammodytes personatus</i>	0.4			
<i>Ditrema temmincki</i>	22.7	0.1		<0.1
<i>Ditrema viridis</i>			0.1	
<i>Thamnaconus modestus</i>	1.3	1.6	24.4	0.1
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>			0.1	
<i>Fugu vermicularis porphyreus</i>	0.1	4.6	2.3	
<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	<0.1	3.5		
<i>Pholis nebulosa</i>	0.5	0.2		
<i>Chirolophis japonicus</i>	2.0			
<i>Liparis tanakai</i>	<0.1			
<i>Halichoeres poecilopterus</i>		0.2		
<i>Liparis tessellatus</i>		0.3		
<i>Oplegnathus</i> spp.		0.1		
<i>Tribolodon hakonensis</i>	0.1			
<i>Sebastes thompsoni</i>	<0.1			
<i>Sebastes schlegeli</i>	0.1			
<i>Lepidotrigla microptera</i>		1.3	0.6	
<i>Gymnocanthus intermedius</i>	2.7			
<i>Hemitripterus villosus</i>	0.4			
<i>Alcichthys alcicornis</i>	0.1	0.1		0.5
<i>Hexagrammos otakii</i>	6.6	26.0	19.8	1.8
<i>Pleurogrammus azonus</i>	1.4		0.5	55.0
<i>Theragra chalcogramma</i>				0.3
<i>Lophius litulon</i>	1.4			
<i>Pleuronectes cornutus</i>		0.1		
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	37.0	59.4	38.5	14.5
<i>Microstomus achne</i>	4.1		1.3	7.1
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	0.2			
<i>Paralichthys olivaceus</i>	4.4	1.1		
<i>Verasper moseri</i>	0.8			
<i>Hippoglossoides pinetorm</i>				0.2
<i>Tarphops oligolepis</i>	<0.1			
Number of fishing	6	8	3	4

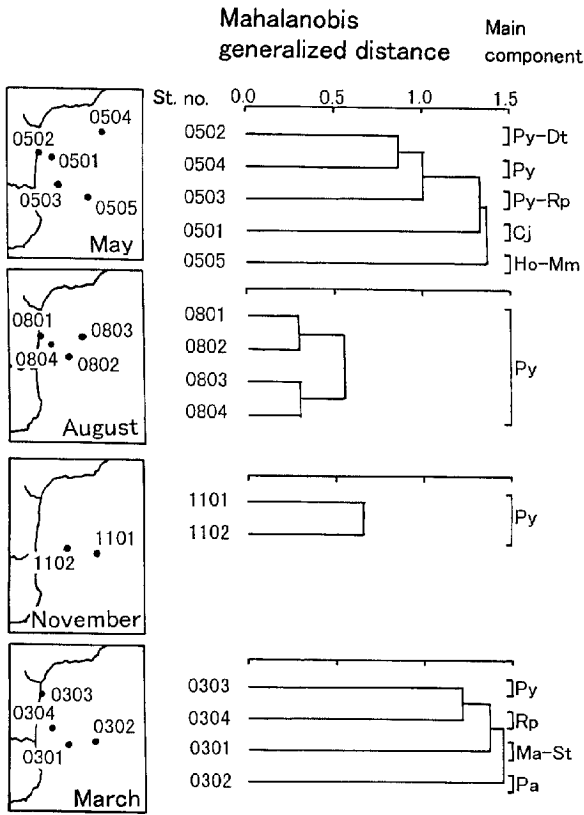


Fig.2. Dendrograms showing similarity of demersal fish composition (% by weight) in and near Kikonai Bay from May 1994 to March 1995. Py: *Pleuronectes yokohamae*, Dt: *Ditrema temmincki*, Rp: *Raja pulchra*, Cj: *Chirolophis japonicus*, Ho: *Hexagrammos otakii*, Mm: *Mustelus manazo*, Ma: *Microstomus achne*, St: *Scyliorhinus torazame*, Pa: *Pleurogrammus azonus*.

(32 ~ 91%)。しかし、5月と3月ではどの地点間も汎距離が大きく、生物量で優位を占める魚種の構成は地点間で異なっていた。

これをマコガレイの地理的分布 (Fig. 3) との関係で見ると、マコガレイの分布が沿岸から沖合まで広がっていた8月および11月では、どの地点もマコガレイの生物量が卓越し、地点間における魚種組成の類似性が高い結果となっている。これに対し、5月ではマコガレイの分布が岸寄りで、また3月では逆に沖合寄りでそれぞれ生物量が高かったが、それらの地点では他魚種の生物量がマコガレイのそれをはるかに超えるか、もしくは同程度となっていた。

## 2. マコガレイの胃内容物組成

マコガレイの体長階級別胃内容物組成 (重量比) を

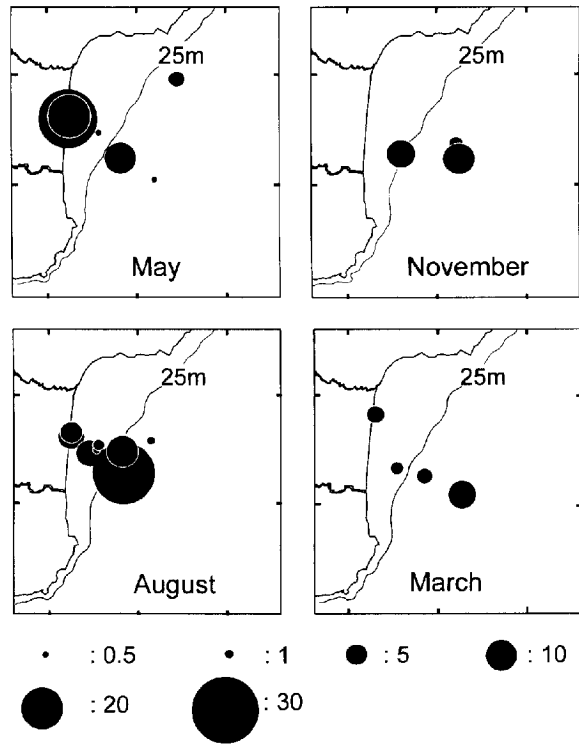


Fig.3. Distribution of CPUE of *Pleuronectes yokohamae* obtained by experimental otter trawls from May 1994 to March 1995. Data are catch per standardized tow (kg/20min at 3 kt).

Fig. 4に示す。3月は胃に消化物しか含まない個体がほとんどであった (空胃率83%) ので、ここでは1994年5月、8月、11月の標本のみを示した。調査水域は南部25m以浅 (Area A)、南部25m以深 (Area B)、北部25m以深 (Area C) に分けて扱った (Fig. 1)。ただし、北部25m以深の標本は5月にのみ採集し、11月は南部25m以深の標本に限られている。

5月の南部25m以浅 (Area A) についてみると、全長300mm以下のマコガレイはニッポンスガメ *Byblis japonicus* とウエノドロクダムシ *Corophium uenoi* を主体とするヨコエビ類を多く捕食していた (28~82%)。そのほか201~300mmの個体ではフジツボ類の割合も高かった (26~64%)。南部25m以深 (Area B) でもヨコエビ類が捕食されていたが、その割合は体長の増加に伴って減少し、251mm以上の個体では僅かしか捕食していなかった。捕食されていたヨコエビ類は南部25m以浅とは異なり、特定の種には集中していなかった。また、201mm以上の個体ではナマコ類の *Cucumaria* sp. (6~55%) やクモヒトデ類 (大多数がカクトゲクモヒトデ *Amphiura pachyactra*, 11~77%) の割合が高くなっていた。北部

25m 以深 (Area C) では小型魚であってもヨコエビ類をほとんど捕食しておらず, ケヤリ科やハボウキゴカイ科などの多毛類を多く捕食しており (39~100%), 151mm 以上の個体では体長の増加にともなってクモヒトデ類の割合が増加した (13~46%)。

8月の南部25m 以浅 (Area A) では体長101~250mm の個体でニッポンスガメを主体とするヨコエビ類の割合が高く (53~83%), 151~300mm の個体ではチロリ科, フサゴカイ科, ハボウキゴカイ科などの多毛類も多く捕食していた (29~61%)。南部25m 以深 (Area B) では201mm

以上の個体でクモヒトデ類の割合が非常に高かった (67~96%)。

11月の南部25m 以深 (Area B) では体長201~300mm の個体でノラリウロコムシ科の *Sigalion* sp. を主体とする多毛類の割合が非常に高かったが (70~78%), 301mm 以上では体長の増加とともにフクレユキミノガイ *Limaria hakodatense* を主体とする二枚貝類を多く捕食していた (38~94%)。そのほか251~400mm 以上では *Cucumaria* sp. の割合も比較的高かった (18~35%)。

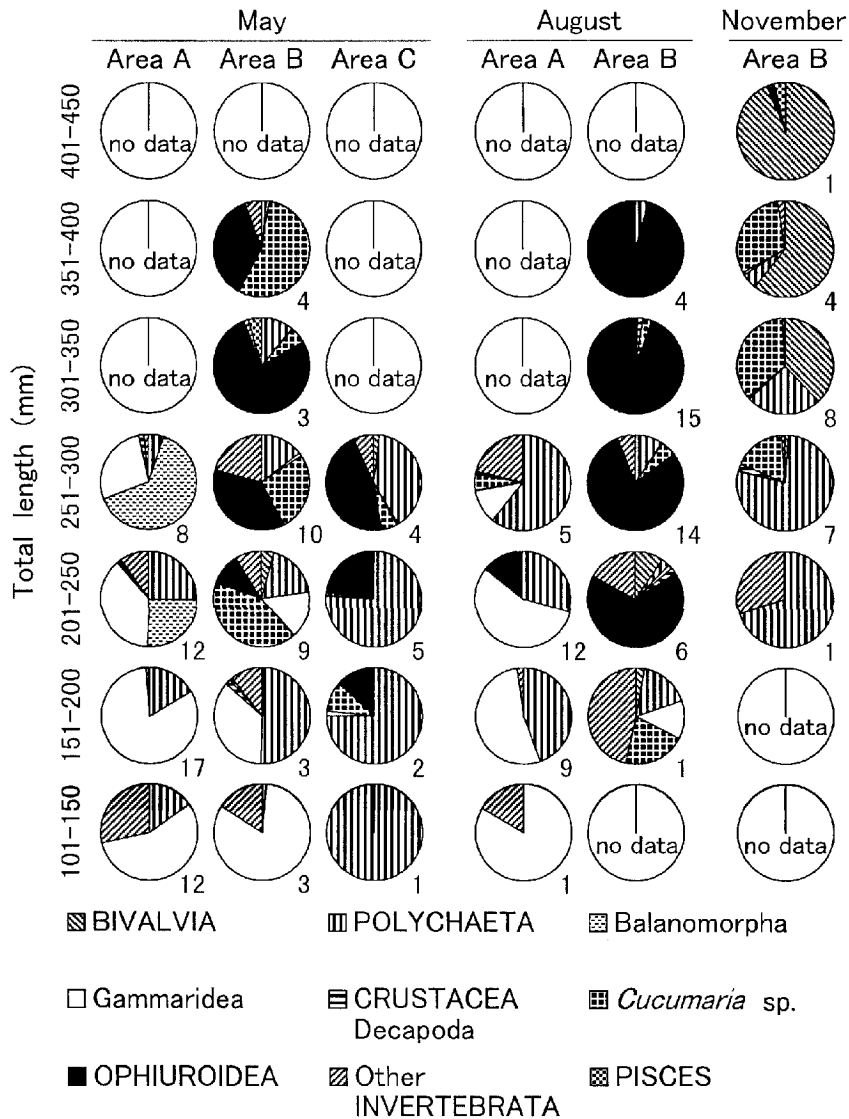


Fig.4. Food composition (% by wet weight) in stomachs of *Pleuronectes yokohamae*, by fish size, month, and area, in and near Kikonai Bay from May to November 1994. Area A: southern area of 25m depth and less, Area B: southern area over 25m depth, Area C: northern area over 25m depth. Numerals are number of stomachs examined.

### 3. 食物関係

5月, 8月および11月の南部水域 (25m 以浅, 25m 以深) における底生魚類群集内の主要な食物関係を Fig. 5~7 に示す。マコガレイの胃内容物組成は体長によって大きな相違がみられたので (前述), 標本を101~200mm, 201~300mm および301~400mm の3つの体長群に分けて扱った。また, 大型個体になるほど魚食性を強めていたアイナメについても体長250mm を基準に2群に分けた。ただし, 他の魚種では標本の体長範囲が狭く, 体長による胃内容物組成の変化は明瞭ではなかったので一括して扱った。図中において各魚種の枠の面積は CPUE (1マイル曳網当たりの漁獲量) の大きさを示しており, CPUE で上位7位までの捕食者の食物関係を検討した。捕食者と被食者を結ぶ線の太さは, 捕食者の胃内容物組成に占める重量比を表している。ただし, 重量比が5%に満たない餌種は図示していない。また, Table 2~4に各月におけるマコガレイと他の底生魚類との間の胃内容物組成 (重量比) の重複度指数 (OI) を示した。

5月 (Fig. 5) の25m 以浅 (Area A) ではマコガレイとウミタナゴの CPUE が高く (それぞれ17.7kg/n.m., 10.0 kg/n.m.), 他の魚種では1.1kg/n.m. 以下に過ぎなかった。このうちウミタナゴは専ら橈脚類を捕食しており, ヨコエビ類もしくはフジツボ類を主に摂餌していたマコガレイとの間に餌種のリダはみられなかった (OI = 0%)。

一方, 25m 以深 (Area B) で CPUE の最も高い魚種はマコガレイであったが (2.5kg/n.m.), 他の魚種の CPUE との差異は小さい。この水域にみられたマコガレイは201mm 以上の個体が多く, 主にクモヒトデ類と *Cucumaria* sp. を捕食しており, CPUE の上位種でこれらの餌生物を摂餌している魚種はほとんどみられなかった (OI ≤ 10.2%)。

8月 (Fig. 6) の25m 以浅 (Area A) で最も高い CPUE を示したのはマコガレイであったが (3.0kg/n.m.), アイナメ (1.2kg/n.m.) およびメゴチ *Suggrundus meerdervoorti* (0.7kg/n.m.) との差は比較的小さい。採集されたマコガレイの多くは5月の25m 以浅と同様に101~300mm の体長群で, 200mm 以下の個体はヨコエビ類を主食しており, メゴチとの間の重複度が高い (OI = 81.0%)。201~300mm のマコガレイはヨコエビ類, 多毛類遊在目, 多毛類定在目, 渦虫類, クモヒトデ類など多様な餌種を捕食しており, 他の主要魚種との間の重複度は低い (OI ≤ 33.1%)。一方, 25m 以深 (Area B) ではマコガレイの CPUE が高く (9.1kg/n.m.), 次いでアイナメ (5.2kg/n.m.), マフグ *Fugu vermicularis porphyreus* (0.8kg/n.m.) の順となっていた。マコガレイは201~400mm の体長群が主体となっていたが, 専らクモヒトデ類を捕食しており, 他の主要魚種との間の重複度は非常に低い (OI ≤ 7.2%)。

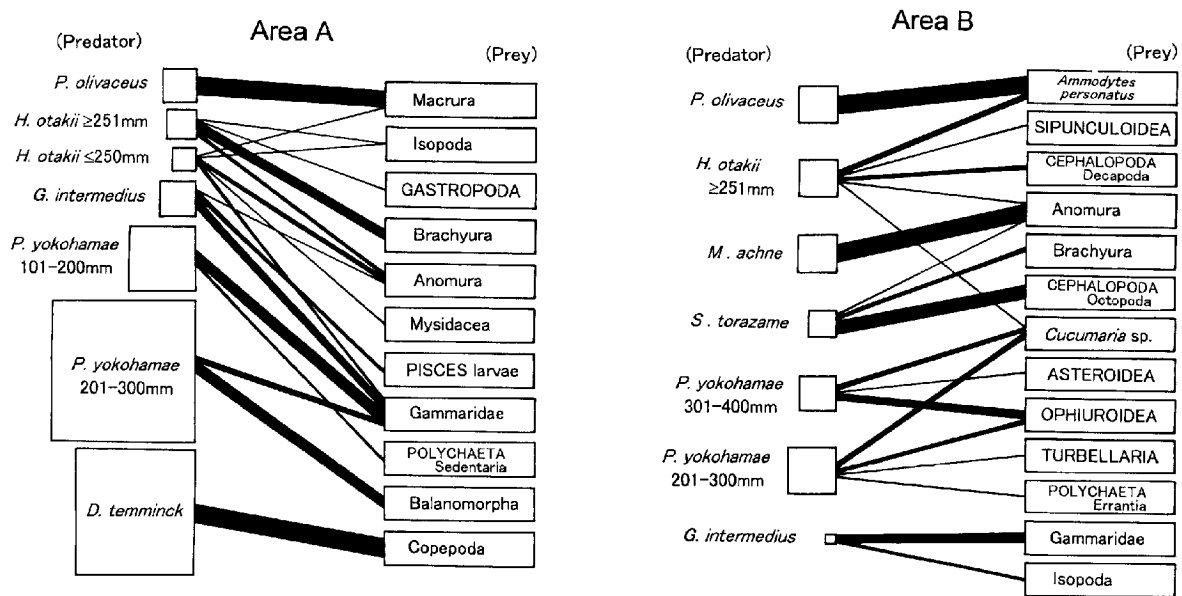


Fig. 5. Food relationship of the main demersal fishes in and near Kikonai Bay in May 1994. The "size square" for each of the fish species and the thickness of the lines connecting fishes with prey items show the relative amount of the biomass and the percentage (by wet weight) of each prey item in the stomach contents, respectively. Area A: southern area of 25m depth and less, Area B: southern area over 25m depth.

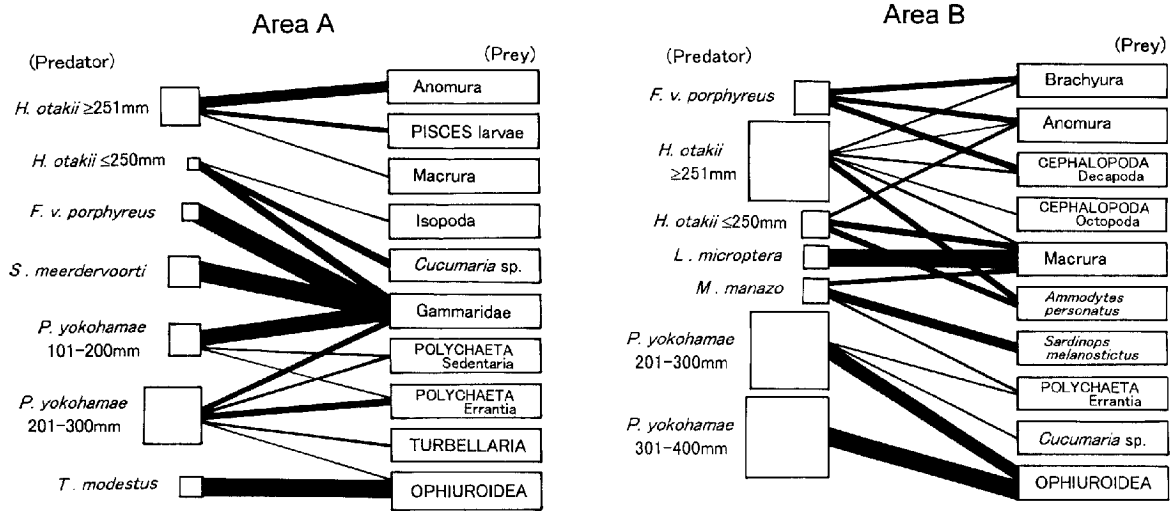


Fig.6. Food relationship of the main demersal fishes in and near Kikonai Bay in August 1994. The "size square" for each of the fish species and the thickness of the lines connecting fishes with prey items show the relative amount of the biomass and the percentage (by wet weight) of each prey item in the stomach contents, respectively. Area A: southern area of 25m depth and less, Area B: southern area over 25m depth.

11月 (Fig. 7) の25m 以深 (Area B) ではマコガレイの CPUE は4.4kg/n.m. で、ウマヅラハギ (3.6kg/n.m.), アイナメ (3.1kg/n.m.) とは近似していた。しかし、マコガレイの主要餌種は *Sigalion* sp. を主体とする多毛類

遊在目、フクレユキミノガイおよび *Cucumaria* sp. であり、他の主要魚種との間の重複度は低かった ( $OI \leq 24.1\%$ )。

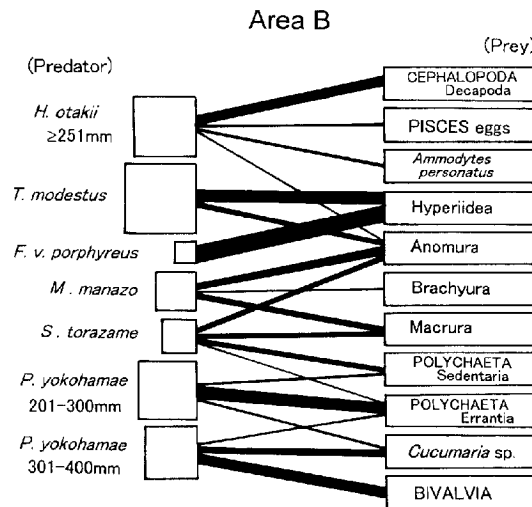


Fig.7. Food relationship of the main demersal fishes in and near Kikonai Bay in November 1994. The "size square" for each of the fish species and the thickness of the lines connecting fishes with prey items show the relative amount of the biomass and the percentage (by wet weight) of each prey item in the stomach contents, respectively. Area B: southern area over 25m depth.

## 考 察

木古内湾とその周辺海域の底生魚類群集において、マコガレイは一年の大半にわたって生物量の最も大きい魚種であることが示唆された。本種が当海域で高い生物量を維持している一因として、水温環境が好適であることがあげられる。マコガレイの天然海域における生息水温

は3~27℃であり<sup>4)</sup>、暖水種あるいは温帯性魚類として位置づけられているが<sup>5,6)</sup>、当海域は周年津軽暖流の影響下にあり<sup>7)</sup>、冬季間でも底層水の冷却はそれほど大きくない。1995年3月上旬の底層水温は56m以浅でおよそ6℃であり、この水温は高橋ら<sup>4)</sup>の飼育実験からみてマコガレイの適温範囲にあるとみなせる。

当海域においてマコガレイは多様な餌種を摂餌してい

Table 2. Overlap percentage of stomach contents weight between *P. yokohamae* and other fishes calculated by Bray-Curtis index in May 1994.

Species	<i>P. yokohamae</i>			
	Area A		Area B	
	101-200mm	201-300mm	201-300mm	301-400mm
<i>P. olivaceus</i>	0 %	0.1%	0 %	0 %
<i>H. otakii</i> ≥ 251mm	0.2%	1.3%	10.2%	10.0%
<i>H. otakii</i> ≤ 250mm	39.1%	33.8%		
<i>G. intermedius</i>	55.0%	34.1%	4.8%	0.3%
<i>P. yokohamae</i> 101-200mm	—	33.1%		
<i>P. yokohamae</i> 201-300mm	33.1%	—	—	71.1%
<i>P. yokohamae</i> 301-400mm			71.1%	—
<i>D. temmincki</i>	0 %	0 %		
<i>M. achne</i>			0.6%	0.5%
<i>S. torazame</i>			0.2%	0.1%

Table 3. Overlap percentage of stomach contents weight between *P. yokohamae* and other fishes calculated by Bray-Curtis index in August 1994.

Species	<i>P. yokohamae</i>			
	Area A		Area B	
	101-200mm	201-300mm	201-300mm	301-400mm
<i>H. otakii</i> ≥ 251mm	1.8%	2.7%	1.1%	2.2%
<i>H. otakii</i> ≤ 250mm	43.1%	33.1%	0.4%	1.5%
<i>F. v. porphyreus</i>	81.0%	28.7%	0.6%	1.5%
<i>S. meerdervoorti</i>	81.0%	28.7%		
<i>P. yokohamae</i> 101-200mm	—	47.7%		
<i>P. yokohamae</i> 201-300mm	47.7%	—	—	87.7%
<i>P. yokohamae</i> 301-400mm			87.7%	—
<i>T. modestus</i>	1.8%	6.8%		
<i>L. microptera</i>			<0.1%	<0.1%
<i>M. manazo</i>			7.2%	1.3%

Table 4. Overlap percentage of stomach contents weight between *P. yokohamae* and other fishes calculated by Bray-Curtis index in November 1994.

Species	<i>P. yokohamae</i>	
	Area B	
	201-300mm	301-400mm
<i>H. otakii</i> $\geq$ 251mm	5.5%	4.1%
<i>T. modestus</i>	1.9%	0.2%
<i>F. v. porphyreus</i>	0 %	0 %
<i>M. manazo</i>	4.3%	2.9%
<i>S. torazame</i>	24.1%	11.6%
<i>P. yokohamae</i> 201-300mm	-	31.7%
<i>P. yokohamae</i> 301-400mm	31.7%	-

た。高橋ら<sup>8)</sup>によると、陸奥湾に分布するマコガレイは一年を通じて多毛類を主食しており、Hatanaka *et al.*<sup>9)</sup>も仙台湾の集団についてほぼ同様の報告をしている。このような食物組成の地域差は底質分布に基づく餌生物環境の著しい違いを反映している。すなわち、地形的に閉鎖性の強い陸奥湾は含泥率が非常に高く、埋在性の多毛類が卓越している<sup>10)11)</sup>。また、仙台湾でもマコガレイの主要生息場は底質がシルトの湾北部沿岸域であり、ここでは埋在性ベントスの分布密度の高いことが指摘されている<sup>12)</sup>。一方、開放性の当海域の底質は激しい海潮流を反映して砂もしくはそれより粗い粒度を示し<sup>13)</sup>、多毛類はそれほど多くなく、沿岸はヨコエビ類、沖合はクモヒトデ類など表在性ベントスが主体となっている(Shafiepour and Takahashi, 未発表)。

マコガレイと他の底生魚類との食物関係で注目されるのは、餌種が重複する魚類の生物量が全体的に低い点である。前述のように、本種の分布は春季には沿岸域に多く、夏季から秋季にかけて次第に沖合方向に分布域を拡大し、冬季には沖合に集中する。沖合ではほぼ周年にわたり比較的大型の個体が分布し、春季から秋季までの期間、季節による餌種の変化がみられるものの、他の主要魚種があまり摂餌しない *Cucumaria* sp., カクトゲクモヒトデ, *Sigalion* sp., フクレユキミノガイなどを主食物としていた。また、冬季間におけるマコガレイの食物組成は明らかではないが、摂餌が不活発である上に、この時期生物量が非常に高くなるホッケが主食物としているオキアミ類は摂餌していない。

一方、沿岸では春季および夏季において比較的小型の

マコガレイが主体となっており、ヨコエビ類やフジツボ類を餌料基盤としていた。春季に高い生物量を示すウミタナゴとは餌種が異なり、ヨコエビ類を捕食するアイカジカ *Gymnocanthus intermedius* およびアイナメ小型魚の生物量はマコガレイに比べてはるかに低い。夏季はヨコエビ類を専食するメゴチやマフグの生物量が高くなるが、沿岸域におけるマコガレイの生物量には減少傾向がみられた。しかも、Shafiepour and Takahashi (未発表)によると、夏季にはヨコエビ類の数量が極めて多くなる(生物量と分布密度の最大値はそれぞれ 69.1g/m<sup>2</sup>, 36,397個体/m<sup>2</sup>)ことから、マコガレイと他のヨコエビ食の魚類との間に強い食物競合がおきる可能性は低いと思われる。

以上のように、当海域における資源加入後のマコガレイに対しては沿岸および沖合にあって強い食物競合関係をもつとみられる魚種はほとんどみあたらない。このような食物関係は、本集団が底生魚類群集内において最大の生物量を維持している主要な要因の1つであろう。

## 要 約

1994年5月～1995年3月に、北海道南部木古内湾を中心とする水域で着底トロールによる魚類採集を行い、マコガレイを中心とする底生魚類の食物関係を検討した。

1. 当海域の底生魚類群集において、マコガレイは一年の大半にわたって生物量の最も大きい魚種であることが示唆された。
2. マコガレイの分布は春季には沿岸に多く、夏季には

沖合に移動し始め,冬季には沖合に集中した。

3. マコガレイの主食物は沿岸ではヨコエビ類,沖合ではナマコ類,スナクモヒトデ類,ノラリウロコムシ類,フクレユキミノガイなどであり,強い食物競合関係をもつと考えられる魚種はほとんど認められなかった。

4. このような食物関係は,本集団が底生魚類群集内において最大の生物量を維持している主要な要因の1つであると推察された。

## 謝 辞

本報告を取りまとめるに当たり,貴重な御意見と御助言を賜った北海道大学水産学部鳥崎健二教授,同中谷敏邦助教授,同高津哲也教官に厚くお礼申し上げます。また,種々調査協力を頂いた北海道立函館水産試験場漁業資源部管理科長石野健吾博士,洋上での標本採集に当たり労を願った北海道大学水産学部研究調査船うしお丸大越金蔵船長はじめ乗組員各位,知内町ならびに木古内町両漁業協同組合はじめ木古内湾漁場利用協議会の各位に対し,感謝の意を表す。

なお,本研究の一部は北水協会補助事業試験研究として行われた。

## 文 献

- 1) 函館水産試験場:“平成7年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書(沿岸特定資源)”。札幌市,北海道,1996,13-14。
- 2) 小林四郎:生物群集の多変量解析。東京,蒼樹書房,1995,195p。
- 3) Whittaker, R. H.: A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains. *Ecol. Monogr.* 22, 1-44 (1952)
- 4) 高橋豊美,富永 修,前田辰昭:マガレイおよびマコガレイの摂餌と生存に及ぼす水温の影響。日本水誌. 53(11), 1905-1911 (1987a)
- 5) 川崎 健,佐々木浩一:仙台湾の魚類相と海洋環境。海洋科学. 12, 358-364 (1980)
- 6) 塩垣 優:陸奥湾. IV. 生物6. 魚類相。日本全国沿岸海洋誌(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編)。東京,東海大学出版会,1985,203-207。
- 7) 小田巻 実:津軽海峡. II. 物理1. 潮汐と潮流。日本全国沿岸海洋誌(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編)。東京,東海大学出版会,1985,145-149。
- 8) 高橋豊美,前田辰昭,土屋康弘,中谷敏邦:陸奥湾におけるマガレイおよびマコガレイの分布と食性。日本水誌. 53(2), 177-187 (1987b)
- 9) Hatanaka, M., Kosaka, M., Sato, M., Yamaki, Y. and Fukui, K.: Inter-specific relations concerning the predacious habits among the benthic fish. *Tohoku J. Agr. Res.* 5(3), 177-189 (1954)
- 10) 高橋豊美,前田辰昭,中谷敏邦,柳川延之:陸奥湾におけるマクロベントスの時空間分布。日本水誌. 52(8), 1339-1349 (1986)
- 11) 高橋豊美,河村 卓,藤岡 崇:陸奥湾における夏季のマクロベントスの分布密度と群集型の経年変動。日本ベントス学会誌. 41, 15-27 (1991)
- 12) 大森迪夫:仙台湾における底魚の生産構造に関する研究-II. 生息場および食物をめぐる魚種間の関係。日本水誌. 41(6), 615-629 (1975)
- 13) 加藤 茂:津軽海峡. I. 地質4. 底質分布。日本全国沿岸海洋誌(日本海洋学会沿岸海洋研究部会編)。東京,東海大学出版会,1985,141-142。



# 寿都湾における大型海藻の分布

川井唯史\*

Distribution of large algae at Suttsu Bay, western Hokkaido, Japan

Tadashi KAWAI\*

Distribution of large algae the main source of nutrition for sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. AGASSIZ) and *S. nudus* (A. AGASSIZ) at Suttsu Bay, western Hokkaido, Japan, was investigated on 19 August 1996. Community of the subtidal zone (0.4-7.3 m in depth) was examined at three sites. The sampling sites were chosen to represent all possible typical habitats in the shallow sublittoral of Suttsu Bay: the estuary of Shiribetsu River at Isoya, and head of Suttsu Bay at Utasutsu, and mouth of the bay at Yaoi. *Laminaria* spp. dominated in the estuary, and *Sargassum confusum* A. AGARDH was abundant at the other locations. The dominant species observed in the shallow subtidal zone at Suttsu Bay was *S. confusum*.

キーワード： 寿都湾, 大型海藻, 分布, コンブ類, *Laminaria* spp., フシスジモク, *Sargassum confusum*

## まえがき

北海道南西部沿岸では漁業者の多くは沿岸漁業を営んでいるが、特にアワビ、ウニ、コンブ等の磯根資源は漁家収入を支える重要な資源となっている。しかし近年この海域では磯焼けが発生し、沿岸漁業上の大きな問題となっている。磯焼け現象の様相は地域的に異なり、それぞれ特殊性を示すことが知られている。当地区における磯焼けとは、「河川水の影響のない外洋に面した岩礁域で、コンブ類、ホンダワラ類等の大型海藻類の生育が低潮線付近あるいは礁上の波浪の影響を受ける場所に限られ、漸深帯は無節サンゴモが長期間優占した状態が持続する。そこにはキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* (A. AGASSIZ, 1863) が底生動物群集の優占種として高密度に生息するが、これらの成長と生殖巣の発達は極端に低下する<sup>1)</sup>。」と定義されている。また、磯焼けの発生原因としては対馬暖流の勢力強化（水温上昇、流量増加）に伴う生物相互間の関係の経年的な変化と結論づけられている<sup>2)</sup>。このことから、現在の海藻類の植生を正確に把握することは、磯焼け研究の基礎資料を得ることにな

り重要である。岩礁域の植生は地形による影響が認められ<sup>3,4)</sup>、檜山地区大成町の磯焼けの見られる地帯では波当たりの強い場所や河口域に限りホソメコンブ *Laminaria religiosa* MIYABE が生育すると報告されている<sup>5)</sup>。しかし、後志地区の磯焼け発生地帯では潜水観察により広範囲に植生を調査した例がないため、コンブ類が密生する場所の環境に関する報告はみられない。また、ウニ類の人工種苗放流や身入り向上のための移植の場所として最も好ましいのはコンブ類であるが、これが優占する漸深帯が海岸線全体に占める割合や、コンブ類がみられない海岸線の浅所に優占する海藻の種類についても知見がない。

本研究では、後志南部の寿都町地先において海藻の分布を潜水調査し、コンブ類の優占する場所の特徴や分布の範囲を整理した。また、寿都町地先において現在の海況下において優占する海藻の種類を特定した。これにより、今後のウニ類栽培漁業を推進する際の参考になる知見を得たので報告する。

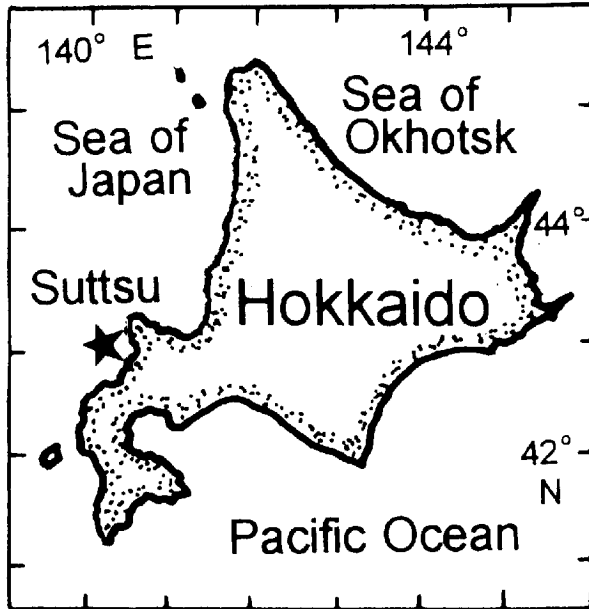


Fig. 1. Study site at Suttsu, western Hokkaido, Japan.

#### 材料及び方法

調査は1996年8月19日に行った。調査場所は、北海道南西部後志の寿都町とした (Fig. 1)。当地区は、磯焼けが著しく、地形的には開放的な湾を含んでいる。寿都町の海岸の地形は、河口部、湾奥部、湾口部に分けられ、調査地区は、尻別川 (1級河川) が影響すると見られる磯谷地区、湾奥部の歌棄、湾口の矢追の3地区とした (Fig. 2)。各地区では長さ100mの調査線を約1km間隔で3本設定した。調査線は、波打ち際から沖合に向かう漸深帯に設置した。各調査線では、10mおきに海藻の枠取り (1m<sup>2</sup>) と、水深・底質の記録を行った。得られた海藻類は、種別に湿重量を測定し、海藻類を生活型別に区分した<sup>67)</sup>。底質区分は、石の長径による今野の方法<sup>68)</sup>を採用し、径2mm以下を砂 (S)、径2cm以下を礫 (G)、径10cm以下を玉石 (RG)、径30cm以下を転石 (B)、径1m以下を大転石 (RB)、それ以上を岩盤 (BR) とした。海藻類の生育に大きな影響を及ぼす水温は、(社)北海道栽培漁業振興公社の養殖漁場海況速報から小樽市祝津 (小樽水族館公社が測定) の値を用いた。後志支庁管内で近郊に河川が見られず、開放的な海岸線に位置した定点で25年以上にわたり水温を測定しているのは祝津だけである。なお、後志に分布するコンブ類はホソメコンブが一般的であるが、寿都町磯谷地区に分布するコンブ類の種名は、形態観察により *Laminaria ochotensis* MIYABE とする考え<sup>9)</sup> と、交配と移殖の実験から *L. japonica* ARESHOUG とする<sup>10)</sup> 異なった見解があり分類が安定していない<sup>11)</sup>。本研究ではコンブ類を種のレベルで区別せず、寿都産のコンブ類はすべて *Laminaria* spp. とした。

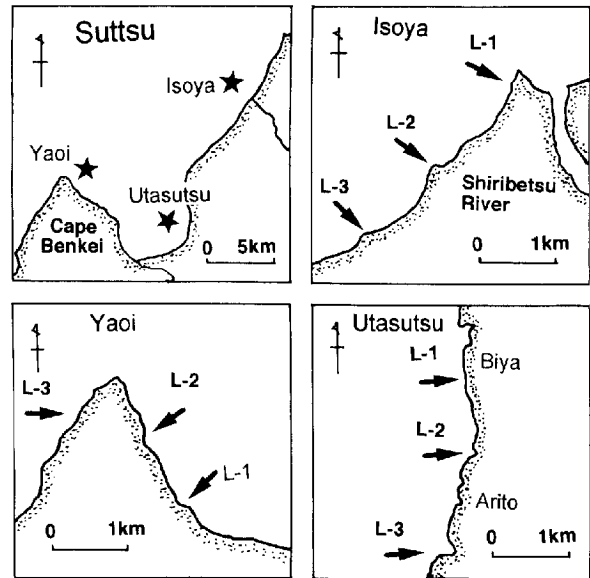


Fig. 2. Sampling sites were located adjacent to the estuary of Shiribetsu River at Isoya, the head of Suttsu Bay at Utasutsu and the mouth of the bay at Yaoi.

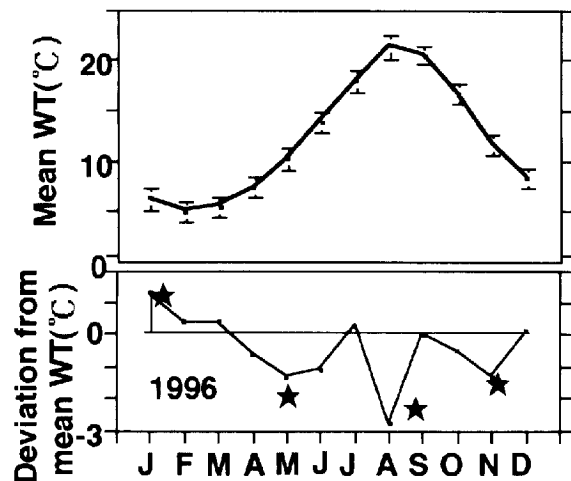


Fig. 3. The upper graph indicates the average temperature over 26 years (1971-1996), vertical bars show the standard deviations (S.D.). The lower is the deviation of the temperature from the average years during 1996. Star marks denote the months which exceed the S.D.

結果

1971年から1996年までの月別平均水温と、1996年の月別平均水温の平均水温との偏差を示した (Fig. 3)。1996年は各月平均水温が平均水温の標準偏差を超えたのは、1, 5, 8, 11月で、平均より低めに推移した。

海藻類全体の中で現存量が多く、ウニ類の餌料として好適なのは大型海藻類である。そこで、各調査線における大型海藻の種別現存量を示した (Table 1-3)。出現した種類は、ワカメ *Undaria pinnatifida* (HARVEY) SURINGAR, コンブ類, ウガノモク *Cystoseira hakodatensis* (YENDO) FENSHOLT, フシスジモク *Sargassum confusum* A.AGARDH であった。

植生をライン別に比較すると各地区のライン1-3は、それぞれ同様であった。また各調査地点のライン3は、砂が出現せず、地形は水深0-6mにかけてなだらかに傾斜していた (Fig. 4)。そこで、ライン3を各調査地区の代表とさせて海藻現存量を Fig. 5 に示した。なお、ライン3でワカメが出現したのは磯谷の距岸60mのみであり、現存量も45.2g/m<sup>2</sup>と少なかったため図示しなかった。

各調査地区の特徴を示し、地区間での植生や現存量の違いを以下に示した。磯谷地区では、全調査地点で大型海藻が出現し、この群落は深所でもみられた (Fig. 5 and Table 1)。距岸0-40m (水深0.6-2.5m) と、80-100m (水深3.5-4.6m) でコンブ類が優占し、最大現存量は距岸10m (水深1.1m) の8,856.0g/m<sup>2</sup>であった。フシスジモクは距岸50-70m (水深3.0-3.4m) のみで優占し、最大現存量は距岸100m の724.4g/m<sup>2</sup> にすぎずコンブ類を大きく下回った。歌棄地区はコンブ類の出現が距岸0m (水深0.6m, 1063.6g/m<sup>2</sup>)、フシスジモクの出現も距岸10m (水深1.6m, 825.6g/m<sup>2</sup>) だけであり、大型海藻類の出現は浅所に限られ (Table 2)、海藻の分布水深と現存量は磯谷地区を下回った。矢追地区では大型海藻が深所まで分布していたが、植生は磯谷と異なっていた (Table 3)。コンブ類の出現は距岸0m (水深0.5m) に限られていたが、これに対して、フシスジモクは距岸10-100m (水深0.7-4.9m) で採集された。また、コンブ類の現存量は距岸0m (水深0.5m) の699.2g/m<sup>2</sup> であったが、フシスジモクの最大現存量は距岸90m (水深4.3m) の1452.6g/m<sup>2</sup> と高かった。

3地区全体としてみると、コンブ類が支配的なのは河口域である磯谷地区の浅所に限られ、湾奥部である歌棄地区はコンブ類とフシスジモクがほぼ同様で、湾口部である矢追地区はフシスジモクが優占した。

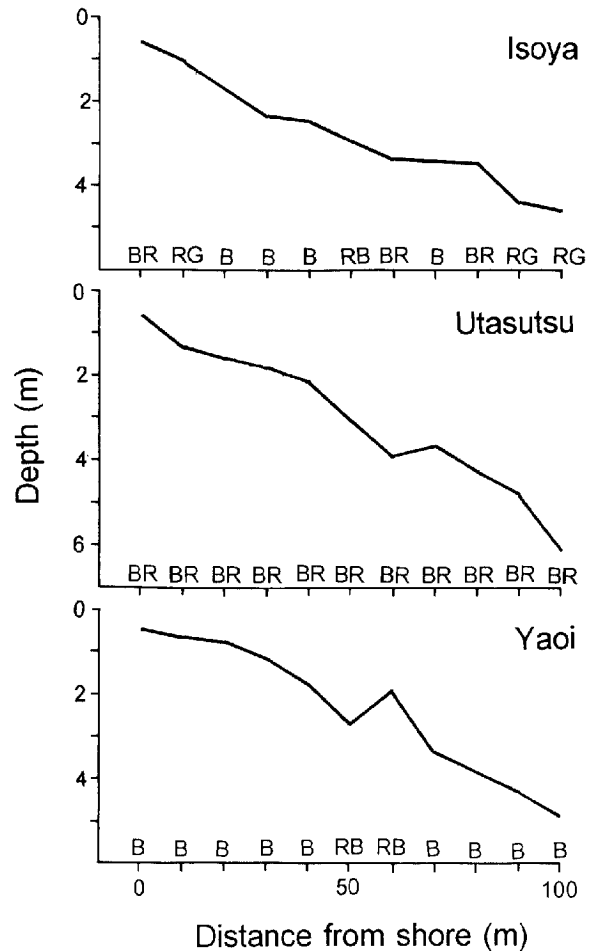


Fig. 4. Topography of the survey areas at line 3 of each sampling site (see Fig. 2). Roman letters on the X-axis indicate the sea bed quality at each sampling point. The sea bed quality was defined by the longest diameter of the sediment: 2-10 cm, rock gravel (RG); 10-30 cm, boulder (B); 30-100 cm, rock boulder (RB); > 100 cm, bed rock (BR).

考察

河口域ではコンブ類がフシスジモクの現存量を大きく上回っているが寿都湾全体では1級河川は1つだけで、他は2級河川や小規模な沢であるため河口域という地形や環境が寿都町全体の海岸線に占める割合は極一部である。また本研究の調査年はコンブ類が卓越して発生した年である。<sup>12)</sup>そのため本調査結果では湾奥部でコンブ類とフシスジモクの現存量は同様であったが、一般的な年ではコンブ類の現存量は本調査結果を大きく下回り、湾

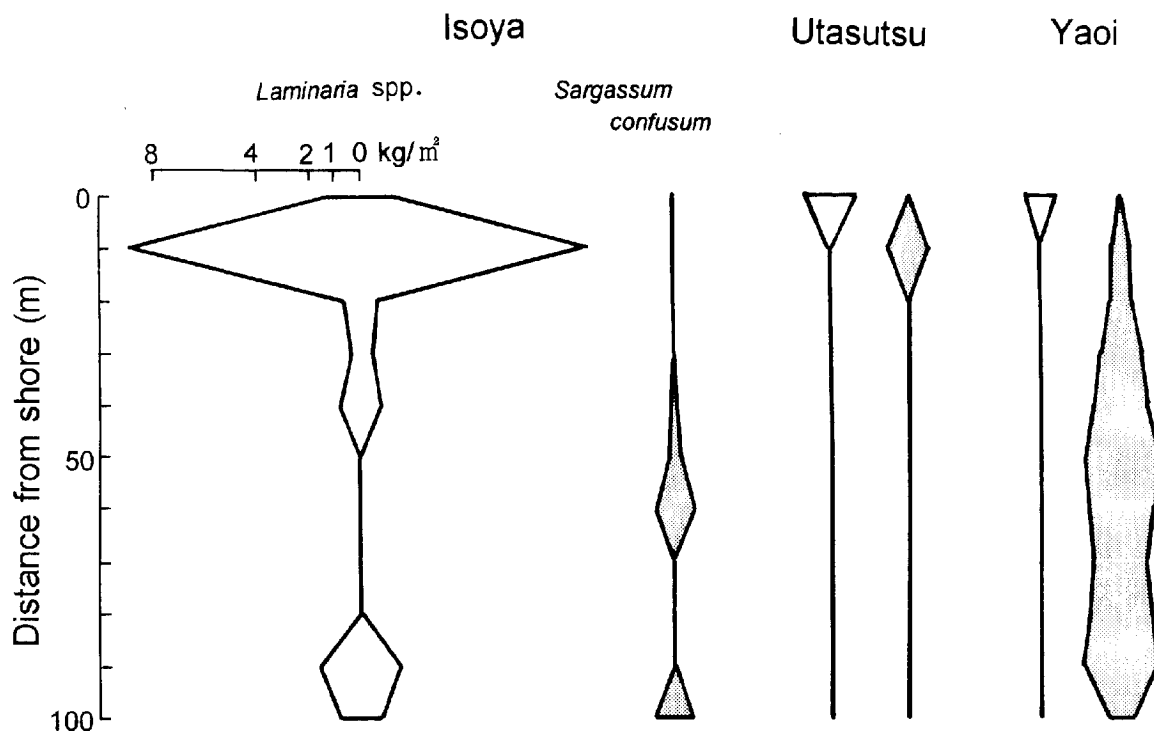


Fig. 5. Biomass of *Laminaria* spp. and *Sargassum confusum* at line 3 at each sampling site (see Fig. 2).

Table 1. Sea bed quality, depth (m), and algal biomass ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) at Isoya (see Fig. 2). The sea bed quality is defined by longest diameter of the sediment: < 2 mm, sand (S); 2-10 cm, rock gravel (RG); 10-30 cm, boulder (B); 30-100 cm, rock boulder (RB); > 100 cm, bed rock (BR).

	Distance (m)											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
L-1 Sea bed quality	B	BR	B	B	B	B	B	B	B	RB	BR	RB
Depth	2.1	2.7	3.6	4.3	4.1	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	6.0	
<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	538.8	0.0	0.0	0.0	223.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>Laminaria</i> spp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	800.0	1580.4	8.8	
<i>Sargassum confusum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	
L-2 Sea bed quality	B	B	B	BR	BR	S	S	B	BR	BR	BR	
Depth	0.4	1.0	1.3	1.0	2.0	2.6	2.7	1.7	3.6	3.4	3.9	
<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	0.0	276.1	79.6	0.0	101.6	105.2	0.0	257.2	0.0	
<i>Laminaria</i> spp.	2443.2	0.0	1620.0	911.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.4	
<i>Cystoseira hakodatensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.8	
<i>Sargassum confusum</i>	0.0	0.0	16.4	935.2	0.0	0.0	19.6	0.0	0.0	434.4	451.6	
L-3 Sea bed quality	BR	RG	B	B	B	RB	BR	B	BR	RG	RG	
Depth	0.6	1.1	1.8	2.4	2.5	3.0	3.4	3.1	3.5	4.4	4.6	
<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
<i>Laminaria</i> spp.	1317.6	8856.0	606.4	324.0	807.6	15.6	8.8	0.0	2.4	1590.4	740.8	
<i>Sargassum confusum</i>	0.0	0.0	18.4	5.6	138.0	109.6	706.8	34.8	0.0	27.6	724.4	

**Table 2.** Sea bed quality, depth (m), and algal biomass (g/m<sup>2</sup>) at Utasutsu (see Fig. 2). The sea bed quality is defined by longest diameter of the sediment: 2-10 cm, rock gravel (RG); 10-30 cm, boulder (B); 30-100 cm, rock boulder (RB); > 100 cm, bed rock (BR).

		Distance (m)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
L-1	Sea bed quality	B	BR	BR	B	RG	BR	BR	BR	BR	RG	BR
	Depth	1.3	1.3	2.1	2.1	2.3	2.1	2.7	2.7	3.1	3.6	3.5
	<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	162.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1344.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Laminaria</i> spp.	0.0	3047.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Sargassum confusum</i>	0.0	48.4	0.0	0.0	43.2	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0
L-2	Sea bed quality	BR	RG	RG	RG	RB	RB	RB	RB	RG	RG	RB
	Depth	0.6	1.5	1.8	1.5	1.6	0.9	2.1	1.6	3.1	3.2	3.2
	<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Laminaria</i> spp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Sargassum confusum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	804.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L-3	Sea bed quality	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR
	Depth	0.6	1.6	1.7	1.8	2.2	3.1	3.9	3.7	4.3	4.8	6.2
	<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Laminaria</i> spp.	1063.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Sargassum confusum</i>	0.0	825.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Table 3.** Sea bed quality, depth (m), and algal biomass (g/m<sup>2</sup>) at Yaoi (see Fig. 2). The sea bed quality is defined by longest diameter of the sediment: 2 mm-2 cm, gravel (G); 10-30 cm, boulder (B); 30-100 cm, rock boulder (RB); > 100 cm, bed rock (BR).

		Distance (m)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
L-1	Sea bed quality	BR	BR	BR	BR	BR	BR	G	G	RB	BR	BR
	Depth	1.6	1.1	0.8	0.8	2.0	3.3	6.1	6.7	5.7	7.0	7.3
	<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	130.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Laminaria</i> spp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Sargassum confusum</i>	367.2	781.2	2185.6	1522.8	462.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L-2	Sea bed quality	BR	BR	BR	BR	BR	B	G	B	B	BR	RB
	Depth	0.5	0.7	0.7	1.0	1.2	4.7	6.5	4.9	6.7	6.4	4.4
	<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	0.0	118.3	177.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Laminaria</i> spp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	274.8	0.0	0.0
	<i>Sargassum confusum</i>	1297.2	262.8	0.0	1402.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L-3	Sea bed quality	B	B	B	B	B	RB	RB	B	B	B	B
	Depth	0.5	0.7	0.8	1.2	1.8	2.7	1.9	3.4	3.9	4.3	4.9
	<i>Undaria pinnatifida</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Laminaria</i> spp.	699.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Sargassum confusum</i>	0.0	369.6	341.2	812.0	908.8	1437.2	1199.2	914.4	1259.6	1452.6	428.8

奥部でもフシスジモクが支配的になり、湾口では一層フシスジモクが優占すると考えられる。よって近年の海況条件下で通常の年では寿都町の漸深帯の優占種は、フシスジモクと推測される。

海藻群落形成を目的としてブロック等の基質を投入すると、当初はブロック上にコンブ類が優占するが、遷移の結果、数年後にはブロック上の植生も周囲の海底と同様な植生になることが普通である。前述の通り、寿都町の植生はフシスジモクが支配的であり、当地区の浅海域でブロック等を投入しても一般的にはフシスジモク主体の群落になるであろう。ただし寿都町でも河口域はコンブ類が優占するので、河口域に設置された基質は、投入後に年数を経てもコンブ類が優占し続けると予想される。コンブ類群落はフシスジモク群落と比較して生産性が高いので、造成の必要性が高い。よって今後の藻場造成は河口域の浅所等のコンブ類が優占している場所の周辺から先に進めるべきであろう。ただし寿都町で1級河川は尻別川のみで、他は2級河川や小規模な沢であり、基質の投入によりコンブ類が濃密に生育することが期待できる場所は極めて少ない。多くの漁場でコンブ類主体の藻場造成を図るのであれば、寿都町での優占種であるフシスジモク主体の藻場をコンブ群落に変える技術の開発が望まれよう。しかしホソメコンブの出現は水温依存性であるため比較的低温で推移する年にのみ出現する可能性があり<sup>14)</sup>、表層の水と比較して冷たい深層水を安価に汲み上げる技術等を開発しなければ、河口域以外の場所に毎年安定して、人為的にコンブ類の群落を形成することが難しいであろう。よって現在の海況下において多くの海岸線でコンブ類が優占しない寿都町では、一般種であるフシスジモクの群落を、ウニ類の放流場所として利用することも考える必要がある。

## 要約

1. 1996年8月19日に寿都湾で大型海藻の分布を調査した。
2. 調査地点は河口域(磯谷), 湾奥(歌棄), 湾口(矢追)に設け, 漸深帯(水深0.4-7.3m)で杵取り調査を行った。
3. 河口域ではコンブ類が多く見られたが, 寿都湾全体の状況をみると優占種はフシスジモクであった。

## 謝辞

海藻類の種の査定について御教示を頂いた北海道大学理学部の吉田忠生教授, 本研究に対して貴重な助言およ

び原稿を校閲頂いた水産庁南西海区水産研究所資源増殖部の寺脇利信室長, 英文を校閲していただいた千葉大学のC.P.Norman博士, 野外調査に協力していただいた寿都町漁業協同組合, 寿都町役場水産課, 後志南部地区水産技術普及指導所, 北海道原子力環境センター水産研究科, 北海道立中央水産試験場資源増殖部の皆様に深謝する。

## 文献

- 1) 吾妻行雄: 北海道南西部沿岸の磯焼け, 北水試だより, 31, 3-9 (1995)
- 2) 大谷清隆, 大西光代: 北海道南西部沿岸のこんぶ生産量の春ニシン漁獲量と沿岸水温による重回帰分析. 海の研究, 4(3), 175-185 (1995)
- 3) 新井章吾: 磯根生物の住み場環境の安定性. 海洋科学, 20(6), 355-362 (1984)
- 4) 新井章吾: アワビの餌料環境の諸問題. 水産土木, 26(2), 25-32 (1990)
- 5) 藤田大介: 北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布. 南紀生物, 31(2), 109-114 (1989)
- 6) 谷口和也: 牡鹿半島沿岸の漸深帯における海底面剥離後の海藻の再入植. 東北水研研報, 53, 1-5 (1991)
- 7) 谷口和也: 牡鹿半島沿岸における漸深帯海藻群落の一次遷移. 日水誌, 62(5), 765-771 (1996)
- 8) 今野敏徳: 海藻群落の構造と遷移. 水産土木, 15(1), 49-52 (1978)
- 9) 川嶋昭二: 日本産コンブ類図鑑, 第1版, 札幌, 北日本海洋センター, 1989, 226p.
- 10) 船野隆: ホソメコンブと残留マコンブ, 残留リシリコンブの種苗移植による比較. 水産増殖, 39(1), 91-95 (1991)
- 11) 名畑進一, 阿部英治, 垣内政宏: 寿都町磯谷の2年生コンブの生態と種苗移植実験, 北水試研報, 43, 25-35 (1993)
- 12) 川井唯史: 北海道日本海南西部後志沿岸における海藻類群落の経年変化の特性. 北水試研報, 50, 11-18 (1997).

# ケガニ幼生放出数の日変化\*<sup>1</sup>

上田吉幸\*<sup>2</sup>

Daily changes in the number of larvae released by the hair crab, *Erimacrus isenbeckii* (Brandt)\*<sup>1</sup>

Yoshiyuki UEDA \*<sup>2</sup>

Daily changes in the number of larvae released by hair crabs, *Erimacrus isenbeckii* (Brandt), were observed under laboratory conditions. Ovigerous females (N=5) released their larvae one time every 24 hours during the night period, and it took approx. 2 weeks for all the embryos to hatch. The daily changes in the number of larvae released closely approximated a normal distribution pattern. During larval release, ovigerous females performed the following four sequential behaviors: high-on-legs, extending the abdomen, pleopod waving and flexing, pleopod combing. The female crabs removed the ovigerous hairs with empty egg-shells on the last day of release. The ovigerous hairs were regenerated before the following moult.

キーワード：ケガニ，幼生放出，孵化数

甲殻類の胚発生には、親の腹部に特別な囊（保育囊）が生じ、その中に胚を入れてしばらくの期間保育する種類や、腹部に特別な毛（担卵毛）を持ち、それに卵を付着させて保育する種類がある<sup>1)</sup>。ケガニ (*Erimacrus isenbeckii*) は後者に属し、飼育実験では胚発生に13~16ヵ月の期間を要することが知られている<sup>2)</sup>。また、幼生の孵化過程や孵化後の形態の変化についても詳しい報告がある<sup>3,4)</sup>。しかし、ケガニの幼生放出時における幼生の孵化数については、これまで部分的な報告<sup>3,5)</sup>はあるが、詳細な観察は行われていない。

筆者は1991, 1992年に噴火湾から腹部に胚を保育中の雌ガニを採集し、飼育によって幼生放出時の孵化数を観察し、その日変化に関する知見を得たので報告する。

## 材料および方法

かにかごを用いて採集したケガニのうち、腹部に保持する胚が孵化直前あるいは一部孵化が進んでいる雌6個体を飼育観察に供した。1個体（A：甲長73mm）は1991

年3月4日に八雲町沖合の水深70m地点で採集した。5個体（B：甲長65mm, C：甲長70mm, D：甲長57mm, E：甲長63mm, F：甲長63mm）は1992年2月25日に森町および砂原町沖合の水深45~60m地点で採集した。雌ガニの額角2歯中央の切れ込みから頭胸後縁中央までを甲長とした。

採集した個体をただちに函館水産試験場に搬入し、以下の装置に収容した。1991年3月4~13日には、個体Aを未濾過の汲み上げ海水を満した白色のポリエチレン製の水槽（縦45cm, 横60cm, 高さ45cm）に収容し、この水槽をさらに円形水槽（1トン）に入れることによって水温を約3℃に保持した（ウォーターバス方式）。また、この水槽には海岸から採取した砂を厚さ約15cm入れ、通気するとともに、1日1回飼育水の約1/3を換水した。3月13日からは幼生放出を詳しく観察するために個体Aをガラス製の水槽（縦30cm, 横60cm, 高さ35cm）に移した。水槽は実験室の北側の窓側に置いた。水温は3月13日以降6~8℃台であった。

1992年には個体B~Eを汲み上げ海水を満したブラ

報文番号 A274 (1997年6月27日受理)

\*<sup>1</sup>本研究の一部は平成4年度日本水産学会春季大会で口頭発表した。

\*<sup>2</sup>北海道立函館水産試験場室蘭支場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Funami-cho, Muroran, Hokkaido 051, Japan)

スチック製の水槽（縦25cm, 横40cm, 高さ27cm）に別々に収容した。水温はウォーターバス方式によって5~6℃に保持した。1992年の観察では孵化した幼生の回収を容易にするため、水槽には砂を入れず、1日1回飼育水の全量を換水した。水槽は実験室の北側の窓側に置き、夜間は実験室内の蛍光灯を点灯した。また、両年とも幼生放出の最終日までは給餌をしなかった。

雌ガニの観察を両年とも、おもに9, 13, 17時に行った。さらに1991年には供試個体をガラス製の水槽に移した3月13日から、17時以降15分おきに観察した。幼生の放出が確認された場合は、その時点から放出行動終了時刻までの時間やその間の雌ガニの行動および放出された幼生の遊泳行動等を記録した。1992年には17時以降の観察を不定期に行った。行動の記載はDonaldson and Adams<sup>6)</sup>にしたがった。

幼生放出終了直後または翌朝の換水時に網またはピペットで回収した幼生をホルマリンで固定し、全数または1,000個体をこえそうな場合には体積比例抽出法によって計数した。1992年には幼生放出中に雌ガニの内肢から脱落した未孵化の胚も計数した。

## 結 果

### 1. 幼生放出時の雌ガニの行動

1991年の9, 13, 17時の観察時には、雌ガニは3月8日を除いて潜砂していた。幼生の放出は夜間にだけ行われ、幼生放出を終えてから次の幼生放出を開始するまで、雌ガニは同じ場所に潜砂したままであった。潜砂時の雌ガニは腹節を閉じるようにして胚を保護する姿勢をとり、ほぼ全身を砂の中に埋没させ、2本の第2触角と触角上の細毛を水管状にして砂上に出していた。1992年には水槽に砂を入れずに飼育したため、雌ガニは、9, 13, 17時の観察時には歩脚と腹節をたたんだ状態で水槽の底にじっとしていることが多かった。ただし、観察時から次の観察時の間に位置を移動している個体もみられた。

幼生放出時には以下の3つの行動<sup>6)</sup>が観察された。

①高脚立ち (High-on-legs; Fig. 1) : 潜砂中の雌ガニは砂上に表出し、また、水底にじっとしていた個体も同様に左右の歩脚を高く立てて伸び上がり、腹節を頭胸甲とほぼ一直線になるように後方へ開く姿勢をとった。

②腹肢の波打ち (Pleopod waving and flexing; Fig. 1) : 雌ガニは腹節を後方へ開いたまま、外肢を左右に開いた状態で、4対の内肢を2~3秒に1回の割合で左右に開閉し、内肢の担卵毛に付着している胚をあおるように動かした。

③歩脚による櫛削り (Pleopod combing; Fig. 2) : 雌

ガニは高脚立ちを保つために必要な3~5本の歩脚を除いた残りの歩脚を胚塊に挿入し、胚を櫛削るように動かした。ただし、歩脚は上方に構えたままであった。

腹肢の波打ちと歩脚による櫛削り行動の最中に幼生の孵化が観察された。しかし、Sasaki and Mihara<sup>3)</sup>が観

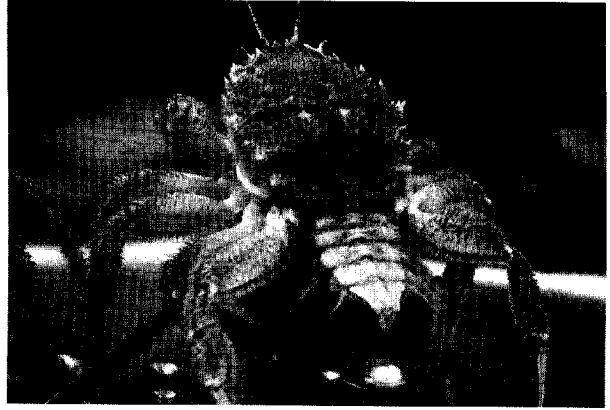


Fig. 1. Dorsal view of an ovigerous female hair crab releasing her larvae (Showing high-on-legs, peopod waving and flexing).

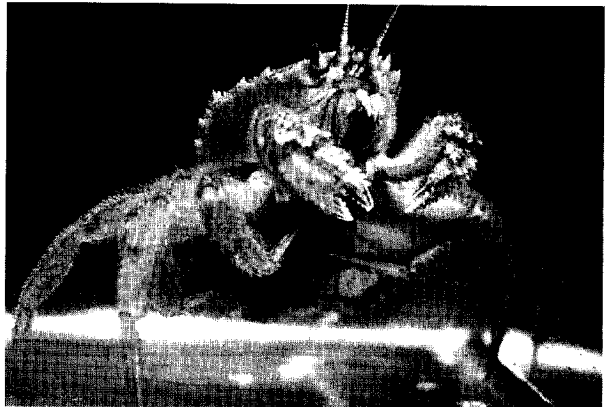


Fig. 2. Frontal view of an ovigerous female hair crab releasing her larvae (Showing pleopod combing).



Fig. 3. An ovigerous hair crab with empty egg-shells removed by the female (Scale bar is 3 mm).



察したのと同様に、腹節の開閉運動 (abdomen flapping behavior)<sup>6)</sup>は観察されなかった。幼生放出終了後、雌ガニ個体Aは再び潜砂した。各個体とも幼生の放出は1日1回だけであった。幼生が孵化する胚塊の部位は、幼生放出の回数にともない、雌ガニの第1内肢 (担卵肢) の基部から第4内肢の先端に向かって進んで行く傾向がみられた。孵化直後の幼生は、遊泳行動や頭胸甲の棘がクチクラ膜の中に隠れていることから、プリゾエア<sup>3)</sup>であることが確認された。また、この時のプリゾエアおよび第1期ゾエアには正の走光性が認められた。

幼生放出の最終日の雌ガニは、高脚立ちの姿勢で内肢の担卵毛に残っていた幼生孵化後の卵殻を左右の歩脚で櫛削る除去行動を示した。この時には鉋脚も使い、ときどき切り離した担卵毛を口器へ運んだ。また、内肢の波打ちは幼生放出時のような一定間隔では行われなかった。除去された担卵毛には多量の卵殻が房状に付着していた (Fig. 3)。さらに、水槽の底には未孵化の胚と孵化した幼生も混じって認められた。卵殻の除去行動を示した後の雌ガニは、同じ場所に潜砂したままの状態 (1991年飼育個体) であったり、水底にじっとしている (1992年飼育個体) ことが多く、その後は幼生の放出を行わなかった。幼生放出終了後、継続飼育していた雌ガニ個体Bは、7月27日に脱皮の途中で死亡した。この個体の内肢を顕微鏡下で観察した結果、内部には卵殻除去行動によって損耗した担卵毛が再生されていた。

## 2. 幼生放出数

Fig. 4に雌ガニ個体A~Eの日別の幼生放出数と脱落した胚の数を示した。

個体Aの幼生放出は3月8日から3月20日までの間に11回観察された。孵化した幼生は合計で約28,200個体であり、全体の約75%にあたる約21,400個体が3月8日に孵化した。その後の幼生放出1回当たり孵化数は1,000個体以下と少なかった。3月14,15日には幼生放出が観察されず、雌ガニは終日同じ場所に潜砂したままであった。3月16日の孵化数は1,502個体であり、3月9日以降では最も多かった。幼生放出の時刻を測定できたのは3月10日以降の5回である。幼生放出に要した時間は、3月10日には19時13分からの72分間、3月16日には18時30分からの106分間、3月17日には18時15分からの77分間、3月18日には19時45分からの83分間、3月19日には20時00分からの42分間であった。3月20日に観察された幼生孵化後の卵殻の除去には、それまでの幼生放出より長時間の182分を要した。

個体Bの飼育は2月25日から開始された。孵化した幼生数は2月25日に7個体、翌日の26日に2個体であった。

雌ガニの腹肢から脱落した胚の数は2月25日には42個であった。しかし、この間に雌ガニの幼生放出は観察されなかった。幼生の放出が観察されたのは3月2日から3月14日までの13日間であり、この間に合計約49,300個体の幼生が孵化した。3月2日の孵化数は183個体であり、その後幼生放出1回当たり孵化数は増加して、3月7日には最も多い約8,200個体となった。その後、孵化数は減少し、3月14日には262個体になった。一方、雌ガニから脱落した胚の数は3月2日に75個、翌日の3月3日には約2,300個であった。脱落した胚の数は孵化数の増加にともなって減少し、3月9,10日には見られなくなった。その後、孵化数が減少すると再び増加し、最後の幼生放出を示した日には229個となり、3月3日に次ぐ数となった。ただし、この日に脱落した胚の多くは、切り放された担卵毛に房状に付着したままの状態を観察された。3月6日と3月9日には幼生放出に要した時間を観測することができた。それぞれ18時40分から19時5分の25分間と19時4分から19時47分の43分間であった。

個体Cの幼生放出が観察されたのは3月5日から3月18日までの14日間であった。その間に孵化した幼生数は合計で約71,000個体、脱落した胚の数は1,700個体余りであった。幼生放出1回当たり孵化数は個体Bと同様に増加から減少に転じた。また、幼生放出1回当たりに脱落した胚の数は孵化数の増減とはほぼ逆に推移した。そして、幼生放出の最終日には卵殻の除去行動が観察され、脱落した胚の数は孵化した幼生数よりも多い1,422個であった。幼生放出の時間は3月7日と3月16日の2回観測することができ、それぞれ18時41分から19時15分の34分間と18時55分から19時35分の40分間であった。

個体Dは飼育を開始した2月25日に、観察した中では最も多い約4,800個体の幼生を放出した。その後、幼生放出1回当たり孵化数は減少し、2月28日までに4回の幼生放出が確認された。孵化数の合計は約11,100個体、脱落した胚の合計は753個であった。

個体Eの幼生放出は2月25日から3月4日までの間に合計9回観察された。幼生放出1回当たり孵化数は2月26日に最も多くなり、その後減少した。孵化した幼生数は合計約32,600個体、脱落した胚の数は合計320個であった。脱落した胚の多くは幼生放出の最終日に観察された。幼生放出に要した時間は2月27日には18時53分から19時40分までの47分間であった。

個体Fは飼育開始日に水槽に収容してから約40分後に、すべての胚を腹肢から担卵毛ごと除去した。この行動は約25分間続き、その数は約41,100個であった。その後、個体Fは幼生放出を行わなかった。

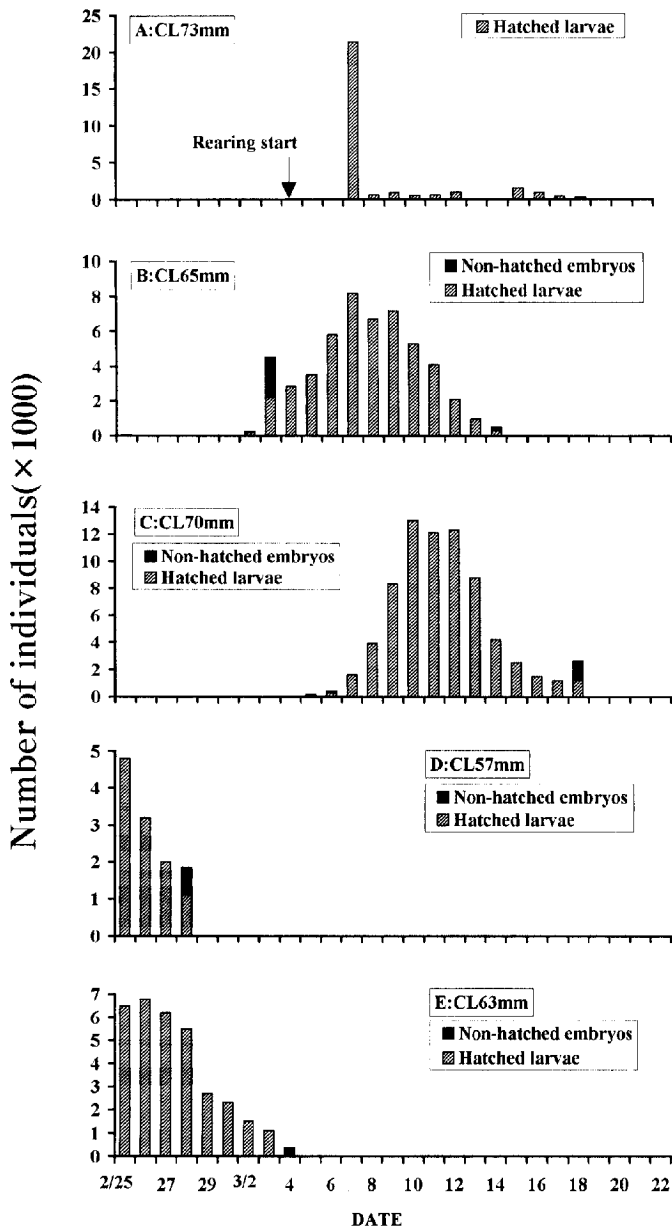


Fig. 4. Daily changes in the number of hatched larvae and non-hatched embryos released by the female hair crabs under laboratory conditions (A to E indicate individual females).

考 察

今回の観察では、各雌ガニ個体の幼生放出開始日、放出回数、および幼生放出1回当たり孵化数の増減傾向から、個体A、D、Eは幼生放出期間の後半部分を、個体B、Cについては全放出期間を通じて観察できたものと判断

した (Fig. 4)。

そこで個体B、Cの幼生放出数の日変化に正規分布曲線を当てはめ、最多幼生放出数を示す日と標準偏差を求めた。個体B (標準誤差; s.e. = 702) の最多幼生放出日は幼生放出開始から6.6日目にあり、標準偏差は2.3日であった。個体C (s.e. = 766) は7.1日後に最多幼生放出日を示し、標準偏差は2.1日であった。これらの結果を平均すると、ケガニの幼生放出数が最多となるのは6~7日後であり、その前後4~5日間に全放出数の約7割が放出され、ほぼすべての幼生を放出するのに要する日数は13~14日間となった。

日本栽培漁業協会宮古事業場では9個体の雌ガニを個別に飼育した結果、幼生の放出期間は8~18日間であり、平均13日間であったことを報告<sup>5)</sup>している。今回観察した個体B、Cの放出期間は、この結果とほぼ一致した。

このように1個体の雌ガニが数日間にわたり幼生の放出を行うカニ類には、ケガニのほかにトゲクリガニ (*Telmessus acutidens*)<sup>7)</sup>、ズワイガニ (*Chionoecetes opilio*)<sup>8)</sup>、タラバガニ (*Paralithodes camtschica*)<sup>9)</sup>、ハナサキガニ (*Pbrevipes*)<sup>10)</sup>などが知られている。これらのカニ類は比較的水深のある沖合に棲息している。一方、雌の腹部に付着した胚の全部を1度に放出するカニ類には、河口域に棲む *Rhithropanopeus harrisi*<sup>11)</sup>、アカテガニ (*Sesarma haematocheir*)<sup>12,13)</sup>、ベンケイガニ (*S.intermedium*)<sup>12)</sup>、クロベンケイガニ (*S.dehaani*)<sup>12)</sup>、また沿岸域に棲息するガザミ (*Portunus trituberculatus*)<sup>11)</sup> などがある。これらのカニ類は腹節の開閉運動を行って、数秒~数十分以内ですべての幼生を放出すること、またこれらのうち河口域に棲息する種類は、孵化が潮汐リズムを示すことが知られている<sup>12)</sup>。

今回の観察では、ケガニは幼生放出時に腹節の開閉運動を欠くこと、1回の幼生放出に約30分~2時間を要すること、腹部に保育中のすべての胚を放出するのに約2週間を要することがわかった。これらの特性は、ケガニが環境変化の緩やかな沖合の海底に棲息していることによるものと考えられる。

Sasaki and Mihara<sup>3)</sup>は雌ガニを天然から採集し、保持する胚の孵化状況が個体によって異なることを報告している。今回の観察でも、幼生の放出時期は雌個体によって異なり、個体D、Eがほぼ2月中に放出を終えていたのに対して、個体B、Cは3月になってから放出を開始した。これらのことから、天然におけるケガニの群としての幼生放出期間は2週間以上の長期にわたることが推測される。

## 要 約

1991年3月および1992年2月に噴火湾から腹部に胚を保育中のケガニを6個体採集し、飼育によって幼生放出数の日変化と幼生放出行動を観察した。

1. 幼生の放出は日没から夜間にかけて行われた。雌ガニは腹部に保育中のすべての胚を1日1回の放出で約2週間かけて放出した。また、1回の幼生放出に要した時間は約30分～2時間であった。
2. 幼生放出1回当たり孵化数は放出開始日から徐々に増加し、6～7日後に最多となり、その後減少するという正規分布を示した。放出期間の標準偏差は2.1～2.3日と推定された。
3. 雌ガニは幼生を放出する際、高脚立ち→腹節の伸張→腹肢の波打ちと歩脚による櫛削り、の行動を示した。
4. 幼生孵化後の卵殻は、幼生放出の最終日に担卵毛ごと内肢から除去された。除去された担卵毛は、次の脱皮の際に再生されることが確認された。

## 謝 辞

本報告を取りまとめるにあたり、有益な助言を多数いただいた北海道立網走水産試験場の佐々木潤氏に心から感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) 三枝誠行：甲殻類幼生の孵化リズム 孵化のタイミングは親と子(胚)のどちらによって決定されるか？. 海洋と生物. 15(3), 204-209(1993)
- 2) 尾身東美, 山下幸悦：Ⅲ甲殻類種苗培養技術開発試験ケガニ, 昭和55年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書. 27-36(1981)
- 3) Sasaki, J. and Y. Mihara : Early larval stages of the hair crab *Erimacrus isenbeckii*(Brandt)(Brahcyura: Atelecyclidac), with special reference to its hatching process. Journal of Crustacean Biology. 13(3), 511-522(1993)
- 4) 倉田 博：北海道産十脚甲殻類の幼生期 I クリガニ科3種. 北水研報告. 27, 13-24 (1963)
- 5) 日本栽培漁業協会：昭和56年度事業年報. 51-53 (1982)
- 6) Donaldson, W. E. and A. E. Adams : Ethogram of behavior with emphasis on mating for the tanner crab *Chionoecetes bairdi* Rathbun. Journal of Crustacean Biology. 9 (1), 37-53(1989)
- 7) Lee, Youn Ho, Y. G. Rho and M. W. Park : Larval rearing and growth of hair crabs, *Telmessus acutidens* (Stimpson). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, Korea. 47, 117-131(1993)
- 8) 伊藤勝千代：ズワイガニの孵化についての観察. 日本研報告. 20, 91-93(1968)
- 9) 長倉義智, 成生正彦, 岩本明雄：タラバガニの種苗生産. 栽培技研. 12(1), 47-54(1983)
- 10) 岩本明雄, 長倉義智, 村上直人：ハナサキガニの種苗生産. 栽培技研. 11(2), 21-27(1982)
- 11) Forward, R. B. Jr., K. Lohmann and T. W. Cronin : Rhythms in larval release by an estuarine crab (*Rhithropanopeus harrisi*). Biol. Bull. 163, 287-300 (1982)
- 12) 三枝誠行：動物 行動からみた海と陸の接点 幼生放出活動の月周期および潮汐周期への同調. 海洋と生物. 5 (3), 174-179(1983)
- 13) 武田正倫：カニ類の生態と観察. グリーンブックス 41. 東京, ニューサイエンス社, 1983, 94P
- 14) 中島輝彦：ガザミのふ化について 外仔卵ふ化時における親ガニの行動. 栽培技研. 13(2), 29-34(1984)

# 試験研究業績

<外部刊行物への発表 平成8年度分>

## 海 洋

宗谷海峡および周辺海域における冷水帯の季節変動とその化学的、生物的特性：八木宏樹（中央水試）PICES第5回年次総会研究発表要旨「海洋物理と気候部門」カナダ（ナナイモ市）1996. 10

1995～1996年に行った宗谷海峡における直接測流結果：田中伊織（中央水試）PICES第5回年次総会研究発表要旨「海洋物理と気候部門」カナダ（ナナイモ市）1996. 10

宗谷海峡に出現する冷水帯の起源：中多章文（中央水試）PICES第5回年次総会研究発表要旨「海洋物理と気候部門」カナダ（ナナイモ市）1996. 10

宗谷海峡とその周辺海域における海洋構造と流れについて：中多章文（中央水試）第12回国際シンポジウム「オホーツク海と流水」発表要旨 1997. 2. 4 紋別市

宗谷海峡とその周辺海域における冬季の海洋特性と生物生産について：八木宏樹（中央水試）第12回国際シンポジウム「オホーツク海と流水」発表要旨 1997. 2. 4 紋別市

日本海の海洋環境の変動と水産動物の影響について：八木宏樹，中多章文（中央水試）漁業セミナー開催事業（漁業の担い手育成確保事業）発表要旨 1997. 1. 23 岩内町

A D C Pにより実測した津軽暖流流量と水位差との相関：西田芳則，鹿又一良（函館水試），田中伊織（中央水試），松原 久（青森県水産増殖センター）1996年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 16-17 1996. 6

宗谷海峡とその周辺海域の流動に関する数値解析：桑原久実，田中伊織（中央水試）日本海洋学会秋季大会講演要旨集 12-13 1996

南東風による噴火湾の流動に関する数値解析：桑原久実（中央水試），西田芳則（函館水試）水産海洋学会講演要旨集 51-52 1996

噴火湾低層水の溶存酸素の周年変化：西田芳則（函館水試），堀井貴司，西浜雄二（函館水試室蘭）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 20 1996. 12. 6 恵庭市

北部日本海におけるクロロフィル a の季節変化：鹿又一良（函館水試）1996年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集 244 1996. 9. 29-10. 3 鳥根県産業交流会館（くにびきメッセ）松江市

北海道南西部噴火湾における *Alexandrium tamarense* の空間分布（英文）：嶋田 宏（函館水試），林 忠彦，水島敏博（網走水試）Harmful and Toxic Algal Blooms Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, 219-221 1996

## 資源管理

バカガイの資源量変動予測に関する研究：櫻井 泉（中央水試）、堀井貴司（函館水試室蘭支場）、村上 修（後志南部水産指導所）、中尾 繁（北大水）寒地技術論文集 12 (1) 129-134 1996

能取湖産ホッケイエビの資源動向と生残率：西浜雄二（函館水試室蘭）、川尻敏文（西網走漁協）、坂崎繁樹（網走水産科学センター）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 18 1996. 12. 6 恵庭市

ホッケイエビの親と幼生の分布と出現の年変動：水島敏博（網走水試）、高谷義幸（中央水試）平成8年度日本ベントス学会講演要旨集 99 1996. 10. 19 熊本市

ケガニ漁業（かご）における小型カニの規制と保護対策：佐藤 一（網走水試）、西内修一（中央水試）東京大学海洋研究所共同利用シンポジウム「再放流と投棄魚の科学－資源・漁業管理における諸問題－」講演要旨集 1996. 12. 12 東京大学海洋研究所 東京都

捕食者存在下におけるケガニ稚ガニの空間配置の解析：佐々木 潤（網走水試）1996年度日本甲殻類学会大会（第34回）講演要旨集 39 1996. 11. 9 東京水産大学 東京都

サンマ資源について（太平洋、オホーツク海）：本間隆之（釧路水試）第12回国際シンポジウム「オホーツク海と流水」発表要旨 1997. 2. 4 紋別市

光学顕微鏡を用いた耳石輪紋観察より推定したサンマの成長：根本 豊（北里大）、栗田 豊（東北水研）、大関芳冲（中央水研）、本間隆之（釧路水試）、林崎健一、井田 齊（北里大）、手島和之（東北水研）平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 27 1996. 10. 8～11 九大法文系キャンパス 福岡市

北海道周辺のニシン資源について：丸山秀佳（中央水試）平成8年度「育てる漁業研究会」講演要旨 17-23 札幌市 1997. 1. 16

水試の日本海ニシン資源増大プロジェクト研究について－サハリンのニシン産卵場を訪ねて－：草刈宗晴（稚内水試）「育てる漁業研究会」講演要旨 27-39 札幌市 1997. 1. 16

北海道（道東太平洋海域）におけるシシャモの資源管理について：森 泰雄（釧路水試）さいばい 81 34-44 1997

網走湖産ワカサギの湖中残留型・降海型の分岐機構と資源変動メカニズム：鳥澤 雅（網走水試）、川尻敏文（西網走漁協）第4回「網走のワカサギに学ぶ会」講演要旨 1997. 3. 4 網走市

網走湖産ワカサギの生活史、漁業、調査そして資源変動：鳥澤 雅（網走水試）育てる漁業 286 2-9 1997

網走湖産ワカサギにおける生活多型を考慮した漁況予測：鳥澤 雅（網走水試）、川尻敏文（西網走漁協）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 129 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

網走湖における朔河回遊型と湖中残留型ワカサギの形態比較：虎尾 充、桑原 連（東農大生物産業）、今田和史（道野化場）、鳥澤 雅（網走水試）、川尻敏文（西網走漁協）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 16 1996. 12. 6 恵庭市

石狩川水系におけるシラウオの本流と三日月湖間の移動について：山口幹人，藤岡 崇，渡辺安廣（中央水試）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 130 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

石狩川水系のシラウオについて<その1>：山口幹人（中央水試）育てる漁業 275 2-9 1996

石狩川水系のシラウオについて<その2>：山口幹人（中央水試）育てる漁業 276 2-8 1996

石狩川水系のシラウオについて：山口幹人（中央水試）平成8年度オホーツク・マリンフォーラム「内水面資源の開発と利用」発表要旨 網走市 1997. 3. 3

シラウオの産卵様式について～飼育実験から得られた示唆～：山口幹人，藤岡 崇（中央水試）第4回「網走のワカサギに学ぶ会」講演要旨 1997. 3. 4 網走市

北西太平洋及び中央太平洋海域におけるサンマ資源の変動：本間隆之（釧路水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 4 1996. 12. 6 恵庭市

漁獲物の体長測定にもとづく噴火湾のスケトウダラ資源量推定：松石 隆（北大水），三原行雄（函館水試室蘭），菅野泰次（北大水）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 133 1996. 4. 3 日大湘南校舎 藤沢市

計量魚群探知機を用いたスケトウダラ産卵群の来遊予測：三宅博哉（稚内水試）第12回「常磐・鹿島灘の漁業を考える」水産海洋地域研究集会 発表要旨 茨城県大洗町 1997. 3. 1

北海道・サハリン周辺のスケトウダラミトコンドリアDNAの制限酵素断片長多型：水野政巳（稚内水試），L. M. ズベリコワ（サフニコ），前田丰司（中央水試），小林敬典（養殖研）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 128 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

計量魚探で測定された道西日本海におけるスケトウダラおよび動物プランクトンの周波数特性について：森英樹，飯田浩二，向井徹（北大水），吉田英雄（中央水試），金田友紀（稚内水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 6 1996. 12. 6 恵庭市

武蔵堆周辺におけるスケトウダラのターゲットストレングスの昼夜変動について：安部幸樹，飯田浩二，向井徹（北大水），金田友紀，水野政巳，三宅博哉（稚内水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 8 1996. 12. 6 恵庭市

道東太平洋におけるスケトウダラ若年魚の分布：志田 修（釧路水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 9 1996. 12. 6 恵庭市

計量魚探による道南太平洋海域のスケトウダラの分布量の推定：三原行雄（函館水試室蘭）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 11 1996. 12. 6 恵庭市

計量魚探EK500、BI500システムでみた道西日本海のスケトウダラ分布：金田友紀（稚内水試），飯田浩二，向井徹（北大水），水野政巳（稚内水試），吉田英雄，石田良太郎（中央水試），安部幸樹（北大水），夏目雅史（函館水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 12 1996. 12. 6 恵庭市

ケージ法によるスケトウダラとマダラ稚魚のターゲットストレングスの測定：飯田浩二，向井徹（北大水），黄 斗

湊（水工研），夏日雅史（函館水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 13 1996. 12. 6 恵庭市

ホッケ（無鰓魚）およびスケトウダラ（有鰓魚）のターゲットストレンクスについて：向井徹，飯田浩二（北大水），金田友紀（稚内水試），三宅博哉，水野政巳（稚内水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 5 1996. 12. 6 恵庭市

Distribution and abundance of age-0 juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, along the Pacific coast of southeastern Hokkaido, Japan. : 三宅博哉（稚内水試），吉田英雄（中央水試），上田吉幸（函館水試室蘭支場）NOAA Technical Report NMFS 126, 3-10 1996

道西日本海におけるハタハタの資源管理について：渡辺安廣（中央水試）育てる漁業 282 2-9 1996

クロマグロの生態と資源Q&A：中田 淳（中央水試）育てる漁業 285 2-8 1997

噴火湾産アカガレイの年齢組成を推定するための最適サンプリング計画：石野健吾（函館水試）日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 3 1996. 12. 6 恵庭市

北海道石狩湾におけるソウハチの年齢と成長：富永 修（福井県立大），井口 謙（北大水），渡辺安廣，山口幹人（中央水試），中谷敏邦，高橋豊美（北大水）Fisheries Science 62 (2) 215-221 1996

北海道北部海域におけるマガレイのmtDNAのDループ領域の変異：前田圭司（中央水試），小林敬典（養殖研），水野政巳，渡野邊雅道（稚内水試），和田克彦（養殖研）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 82 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

マガレイ資源について（道北日本海、オホーツク海）：渡野邊雅道（稚内水試）第12回国際シンポジウム「オホーツク海と流水」発表要旨 1997. 2. 4 紋別市

クロガシラガレイ資源について：横山信一（網走水試）第12回国際シンポジウム「オホーツク海と流水」発表要旨 1997. 2. 4 紋別市

Morphometric analysis and tagging experiment for stock discrimination of crested flounder *Pleuronectes schrenki* around Hokkaido Japan : 横山信一（網走水試）Third international symposium on flatfish ecology 103 1996. 11. 2-8 Texel Netherlands

木古内産マコガレイの年齢組成を推定するための age-length key を用いた最適サンプリング：石野健吾（函館水試）平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 33 1996. 10. 8~11 九大法文系キャンパス 福岡市

ロシアの水産研究 73 オホーツク海の生物生産性—ソコダラ類—：高 昭宏 抄訳（釧路水試）水産の研究 VOL. 15 N0. 3 通刊82号 81-84 1996

ロシアの水産研究 74 太平洋北西部におけるネズミザメの季節的分布および生態の特徴：高 昭宏 抄訳（釧路水試）水産の研究 VOL. 15 N0. 4 通刊83号 71-73 1996

ロシアの水産研究 75 極東海域の表層遊泳生物群集の状況：高 昭宏 抄訳（釧路水試）水産の研究 VOL. 15 N0. 5 通刊84号 75-77 1996

ロシアの水産研究 76 オホーツク海のサハリン北東沿岸の原料資源:高 昭宏 抄訳(釧路水試)水産の研究 VOL. 15 NO. 6 通刊85号 80-82 1996

ロシアの水産研究 77 オホーツク海表海水層の魚類群集の中における中深層性魚類の役割:高 昭宏 抄訳(釧路水試)水産の研究 VOL. 16 NO. 1 通刊86号 85-88 1997

ロシアの水産研究 78 サハリン・千島海域の水産資源-頭足類および魚類各種-:高 昭宏 抄訳(釧路水試)水産の研究 VOL. 16 NO. 2 通刊87号 69-74 1997

### 資源増殖

北海道後志沿岸における海藻群落の経年変化の特性:川井唯史(中央水試)シンポジウム「海藻群落現存量の調査方法の現状と問題点」-海の草原や森林を見る-発表要旨 東大海洋研大槌臨海研究センター 1997. 2. 21

噴火湾におけるホタテガイの産卵と水温の関係:西田芳則(函館水試)1996年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集 49-50 1996. 9

北海道常呂・佐呂間海域でのホタテガイ種苗放流の成功事例:蔵田 護(網走水試)さいばい 80 17-23 1996

網走湖におけるヤマトシジミ漁場の環境特性と白化要因について:馬場勝寿(網走水試),川尻敏文(西網走漁協)平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 74 1996. 10. 8~11 九大法文系キャンパス 福岡市

北海道苫小牧沿岸におけるウバガイ浮遊幼生の分布特性:櫻井 泉(中央水試),中尾 繁(北大水)水産増殖 44 (1) 17-23 1996

Age structure and mortality of the sunray surf clam *Mactra chinensis* off Tomakomai, Southwest Hokkaido (北海道苫小牧におけるバカガイ漁獲対象群の年齢構造および減耗):櫻井 泉(中央水試),蔵田 護(網走水試),阿部英治(釧路水試) Fisheries Science 62 (2) 168-172 1996

野付湾アサリ増殖場の底質硬度の計測結果:伊藤 博(北水研),中川義彦,角田富男,阿部英治,吉田秀嗣(釧路水試)日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 21 恵庭市 1996. 12. 6

餌料海藻種別のエゾバフンウニ人工種苗の成長について:町口裕二(北水研),酒井勇一(釧路水試)日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 29 恵庭市 1996. 12. 6

北海道後志沿岸におけるエゾバフンウニ放流種苗の捕食者(短報):川井唯史,吾妻行雄(中央水試) Fisheries Science 62 (2) 317-318 1996

北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの摂餌活動の季節変化:吾妻行雄(中央水試),松山恵二(道水産部),中多章文(中央水試)日水誌 62 (4) 592-597 1996

ムラサキウニの生殖周期と産卵月齢周期性:堀井貴司(函館水試室蘭支場)日水誌 63 (1) 17-22 1997

根室支庁管内におけるマナマコの産卵期:丸 邦義(釧路水試),青柳 浩(根室地区水産指導所),福家誠一郎(根



室北部水産指導所) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 34 恵庭市 1996. 12. 6

留萌港内で採集されたニシン仔魚について: 吉村圭三 (稚内水試) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 33 恵庭市 1996. 12. 6

日本海北部海域の沿岸滞泳期サケ幼魚と他の魚種との関係について: 河村 博 (道孵化場), 平野和夫 (中央水試), 宮本真人, 永田光博 (道孵化場), 阿部勝郎, 小林雅之, 石崎裕之, 千葉祥代 (留萌南部水指) 平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 43 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

津軽海峡におけるクロソイ人工種苗標識放流再捕結果: 田嶋健一郎 (中央水試) 育てる漁業 278 2-9 1996

クロソイ人工種苗における涙骨下縁棘数の変異について: 田嶋健一郎 (中央水試), 村上 修 (後志南部水産指導所), 滝山修市 (寿都町) 日本水産学会北海道支部例会講演要旨集 32 1996 恵庭市 1996. 12. 6

ヒラメの人工種苗にみられた尿路結石の形成と性状: 酒井勇一 (釧路水試), 齊藤節雄 (中央水試), 清水幹博, 山田寿郎 (北大水), 湊 一郎 (日本電子) 日水誌 62 (5) 754-760 1996

ヒラメ中間育成種苗における体成分の変化: 高嶋孝寛, 高谷義幸 (中央水試) 平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 80 1996. 10. 8~11 九大法文系キャンパス 福岡市

海水のオゾン処理による飼育水の殺菌効果とヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) およびマツカワ (*Verasper moseri*) の生存率に及ぼす影響: 伊藤慎悟 (中央水試) ほか 水産増殖 44 (4) 457-463

マツカワの性分化に及ぼす雌性ホルモン投与ならびに飼育水温の影響: 後藤理恵 (北大水), 森 立成, 川真田憲治 (栽培センター), 松原孝博 (北水研), 水野伸也, 足立伸次, 山内皓平 (北大水) 平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 70 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

人工海水中における低濃度オキシダントの魚類病原微生物に対する殺菌・不活性効果: 伊藤慎悟 (中央水試), 吉水守, 絵面良男 (北大水) 日本水産学会誌 63 (1) 97-102 1997

NEWS 北東西南 北海道立中央水産試験場: 佐々木正義 (中央水試) さいばい 81 54 1997

#### 加工・利用

ホタテガイ貝柱製造における工場衛生の調査: 木村 稔, 成田正直 (網走水試紋別支場) 第9回食品加工関係試験研究合同成果発表会 要旨集 44-45 札幌市 1997. 2

ホタテガイ貝柱の硬化について: 木村 稔, 成田正直, 野俣 洋 (網走水試紋別支場), 金子博実 (中央水試), 山中英明 (東水大) 平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 177 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

エクストルージョン処理によるスルメイカ肉の組織化: 北川雅彦, 小玉裕幸 (釧路水試) 平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 160 1996. 10. 8~11 九大法文系キャンパス 福岡市

アメリカオオアカイカの利用加工について: 蛸谷幸司, 金子博実 (中央水試) 第9回食品加工関係試験研究合同成果

発表会 要旨集 18-21 札幌市 1997. 2

冷凍ニシンの新しい利用方法について：菅原 玲，佐々木政則（中央水試）第9回食品加工関係試験研究合同成果発表会 要旨集 38-39 札幌市 1997. 2

養殖サクラマスおよびドナルドソン系ニジマスの体成分について：麻生真悟，今村琢磨（中央水試）第9回食品加工関係試験研究合同成果発表会 要旨集 40-41 札幌市 1997. 2

ジュール加熱によるかまぼこの弾力改善：飯田訓之・錦織孝史（釧路水試），高橋玄夫（網走水試紋別支場）第9回食品加工関係試験研究合同成果発表会 要旨集 42-43 札幌市 1997. 2

魚介類腸内細菌による麻痺性貝毒の変換：菅原 玲，今村琢磨，麻生真悟，蛭谷幸司（中央水試）平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 113 1996. 10. 8～11 九大法文系キャンパス 福岡市

平成6年，噴火湾における下痢性貝毒によるホタテガイの毒化について：福士暁彦，野俣 洋（網走水試紋別支場）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 181 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

## 水産工学

日本海における内部波の挙動とその特性：大竹臣哉，中村 充，奥野充一（福井県立大学），糸淵長敬（東水大），瀬戸雅文（中央水試）平成8年度日本水産工学会学術講演論文集 第6巻 29-32 1996

波浪場における流れ藻の挙動と流体力特性について：瀬戸雅文（中央水試），山田俊郎（(株)西村組），櫻井 泉（中央水試）寒地技術論文集 12 (1) 145-148 1996

波浪場における流れ藻の挙動と流体特性について：瀬戸雅文（中央水試），山田俊郎（西村組），櫻井 泉（中央水試）平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 70 1996. 10. 8～11 九大法文系キャンパス 福岡市

アマモ場の波浪減衰に関する実験的研究：瀬戸雅文，櫻井 泉（中央水試），高橋和寛（網走水試），松岡 学，荒川武久，山下俊彦（北大工）平成8年度日本水産工学会学術講演論文集 第6巻 133-134 1996

ホタテガイ *Patinopecten yessoensis* (Jay) の流れに対する定位行動：櫻井 泉，瀬戸雅文（中央水試），和田 彰，山下俊彦（北大工）1996年度第10回日本ベントス学会大会講演要旨集 98 1996. 10. 18～20 熊本県立大学，熊本市

ホタテガイ漁場の流動条件に関する一考察：山下俊彦，和田 彰，木下大也，星 秀樹（北大工），櫻井 泉，瀬戸雅文（中央水試）寒地技術論文集 12 (1) 140-144 1996

波浪によるウバガイ稚貝の減耗に関する実験的検討：櫻井 泉，瀬戸雅文（中央水試），山下俊彦（北大工）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 15 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

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：櫻井 泉，瀬戸雅文（中央水試），中尾 繁（北大水）日水誌 62 (6) 878-885 1996

地盤変動に対するアサリの行動特性と減耗に関する実験的検討：櫻井 泉，瀬戸雅文（中央水試）平成8年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 44 1996. 10. 8～11 九大法文系キャンパス 福岡市

波浪によるアサリの減耗に関する実験的研究：櫻井 泉，瀬戸雅文（中央水試）寒地技術論文集 12 (1) 124-128 1996

流動場におけるホッケイエビの行動特性に関する研究：瀬戸雅文，櫻井 泉（中央水試），松岡 学，山下俊彦（北大工）平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集 47 1996. 3. 31 日大湘南校舎 藤沢市

ホッケイエビ増殖のためのアマモ場造成条件について：瀬戸雅文（中央水試），荒川武久，山下俊彦（北大工），櫻井 泉（中央水試）寒地技術論文集 12 (1) 149-152 1996

ホッケイエビの流動耐性に関する実験的研究：瀬戸雅文，櫻井 泉（中央水試），松岡 学，山下俊彦（北大工）平成8年度日本水産工学会学術講演論文集 第6巻 131-132 1996

藻場造成に伴うホッケイエビ生息条件の解明：瀬戸雅文，櫻井 泉（中央水試），松岡 学，山下俊彦（北大工）海洋開発論文集 第12巻 463-466 1996

# 北海道立水産試験場研究報告

## 編集・発行方針

1. 趣旨
 

水産技術、研究の向上を図り水産業の発展に資するため、北海道立水産試験場研究報告を発行する。
  2. 誌名
 

和名 北海道立水産試験場研究報告  
(略称「北水試研報」)

英名 Scientific Reports of Hokkaido Fisheries  
Experimental Station  
(略称,Sci.Rep.Hokkaido Fish.Exp.Stn.)
  3. 発行
    - (1) 発行は、北海道立中央水産試験場（以下、「中央水試」という）が行う。
    - (2) 発行回数は、原則として年2回以上とする。
    - (3) 北海道立水産試験場図書出版委員長会議（以下、「図書出版委員長会議」という）が、特定の時期に、特定の主題に即した論文等を集め、これを整理統合することが適当と認めた場合は、特別号を発行することができる。

特別号は、北水試研報の誌名の下に、特別号である旨を付記し、北水試研報と一連の号数を与える。
  4. 編集
    4. 1 報文の内容
 

北水試研報の報文の内容を次のように分類する。

      - ア 原著論文：水産業の発展に資する研究成果としての論文で未発表のもの。
      - イ 短報：論文としてまとめ得ないが、新しい事実や価値あるデータを含む研究速報。
      - ウ 総説：水産業の発展に資するため、特定の題目について最近までの研究情勢の紹介を記載したもの。ただし、中央水試図書出版委員会が寄稿を依頼したものとする。
    4. 2 報文の掲載順序
 

報文の掲載順序は、総説、原著論文、短報の順とし、同一分類の報文は、次の順序とする。

      - ア 海洋系統
      - イ 資源管理系統
      - ウ 資源増殖系統
      - エ 加工・利用系統
      - オ 水産工学系統
      - カ その他

掲載原稿が同一の系統の場合は日本十進分類法の順とする。
  4. 3 報文の審査及び編集
 

報文の審査及び編集は、中央水試図書出版委員会が行う。

なお、総説の審査、特別号の編集などに当たり、図書出版委員長会議が必要と認めた場合は、中央水試図書出版委員会の下に特別編集委員会をおくことができる。

特別編集委員会は、都度組織し、配付終了と同時に解散する。
  5. 体裁
 

別に定める「北海道立水産試験場研究報告の体裁」による。
  6. 投稿
 

別に定める投稿規程による。
  7. 配付先
    - (1) 国公立試験研究機関、大学、海外相当機関、行政機関及び水産関係団体などの配付先とし、交換を原則とする。
    - (2) 民間団体等の機関及び個人については、必要に応じて別刷りを執筆者が配布する。
  8. 事務局
 

編集・発行に係る事務局は、中央水試企画情報室におく。
- 付. この方針は、平成4年3月9日から実施する。北海道立水産試験場報告・北水試月報の編集・発行要領（昭和55年1月1日）は廃止する。
- 平成7年5月22日一部改訂

# 北海道立水産試験場研究報告の体裁

(編集・発行方針 5. 関係)

- |   |  |   |  |    |  |
|---|--|---|--|----|--|
| 1 | 版型   | A 4判 2段組み   | 10   | 奥付 | 者名, 和文要旨, 報文番号, 略誌名, 号, 掲載頁, 発行年<br>和文誌名, 号, 発行年月日, 編集兼発行者, 住所, 電話番号, ファクシミリ番号を記載する。 |
| 2 | 活字   | 本文9ポイント   |  |    |  |
| 3 | 用紙   | 写真入りページ: 光沢コート紙を基本とする。<br>文字, 図表ページ: つや消しアート紙を基本とする。  |  |    |  |
| 4 | 表紙   | 略称, 誌名, 号, 発行機関, 発行地, 発行年月 (各々和英併記) 及び識別記号を記載する。  | 11 その他   |    |  |
| 5 | 表紙 2   | 次のとおり記載すると共に, 各研究機関名及び住所を和文及び英文で記載する。<br>「北海道立水産試験場は, 次の機関をもって構成されており, 北海道立水産試験場研究報告は, これらの機関における研究業績を登載したものである。」 | 11.1 試験研究業績の掲載<br>前年度4月から当該年度3月までに, 外部刊行物(学術雑誌と見なされるものに限る)に発表された, 北水試職員の著作物に係る書誌事項を掲載する。 |    |  |
| 6 | 背表紙  | 誌名, 号及び発行年月を和文で, 略誌名, 号, 発行月及び発行年を英文で記載する。  | 11.2 総目次, 索引<br>総目次はおおむね10号ごとに, 索引はおおむね30号ごとに作成する。                                       |    |  |
| 7 | 目次   | 和文及び英文とする。それぞれの目次は1頁に納まる場合は改丁裏白とし, 誌名, 号, 目次(報文の標題, 著者名, 初頁-終頁)及び発行年月を記載する。                                       |  |    |  |
| 8 | 各報文  |   |  |    |  |
|   | 8.1 第1頁  |   |  |    |  |
|   | 第1頁は, 奇数頁から始まるよう改丁し, 標題, 著者名(和文の場合は各々和英併記)及び英文による抄録, キーワードを掲載した後, 本文を掲載する。<br>柱には, 略誌(和英併記), 号, 初頁-終頁及び発行年を記載する。<br>脚注には, 報文の受理年月日及び著者の所属機関等を記載する。 |   |  |    |  |
|   | 8.2 各報文の第2頁以降  |   |  |    |  |
|   | 偶数頁の柱には頁及び著者名を, 奇数頁の柱には頁及び標題を記載する。ただし, 著者名又は標題が30字を超える場合には, その簡略形を記載する。  |   |  |    |  |
| 9 | 和文要旨   |   |  |    |  |
|   | 号末に一括掲載する。<br>1頁を縦横各2分割(計4分割)し, 報文の掲載順に左上, 右上, 左下, 右下の順に登載する。<br>記載する書誌事項は次のとおり。<br>標題(英文の場合は, その旨を付記), 著  |   |  |    |  |

# 北海道立水産試験場研究報告 投稿規程

(北海道立水産試験場研究報告編集・発行方針 6. 関係)

## 1. 投稿者の資格

投稿者の資格は、次のとおりとする。

- (1) 北海道立水産試験場及び北海道立栽培漁業総合センター（以下「北水試」という）の職員、及び原子力環境センター（以下「原環センター」という）水産研究科の職員。  
共著の場合、他機関の者を含むことは差し支えないが、筆頭者は原則として北水試及び原環センター職員でなければならない。
- (2) 他機関の者が単独又は共著の筆頭者として投稿を希望する場合は、中央水産試験場（以下、「中央水試」という）図書出版委員会が認めた場合に限る。
- (3) 中央水試図書出版委員会が寄稿を依頼した者。

## 2. 報文の種類及び内容

### 2.1 報文の種類

- (1) 原著論文：水産業の発展に資する研究成果としての論文で未発表のもの。
- (2) 短報：論文としてまとめ得ないが、新しい事実や価値あるデータを含む研究速報。
- (3) 総説：水産業の発展に資するため、特定の題目についての最近までの研究情勢の紹介を記載したもの。ただし、中央水試図書出版委員会が寄稿を依頼したものとする。

### 2.2 使用言語

日本語又は英語とする。

英文について、中央水試図書出版委員会が必要と認めた場合は、英文校閲者に送付して校閲を受ける。修正の勧告を受けた場合は、原稿は一旦著者に返却するので著者は内容を検討し、修正した後、再提出する。

### 2.3 報文の長さ

短報は、原則として本文刷り上がり2ページ（図、表の占める面積も含め、4,000字）以内とする。

## 3. 原稿の提出方法及び提出物

### 3.1 北水試職員の場合

原稿は、所属部長を経て著者が所属する北水試の出版委員会に提出する。

提出された原稿は、出版委員会で協議をし、所属場長の承認を得て委員長名で中央水試図書出版委員長に提出する。

なお、中央水試職員の原稿については、所属部長を経て中央水試図書出版委員長に提出する。

### 3.2 北水試職員以外の者の場合

原稿は、中央水試図書出版委員長に提出する。

### 3.3 提出物

原稿提出の際には必要事項を記載した投稿票（別記第1号様式）を添付する。

ワープロ原稿で提出する場合は、印字出力原稿とともに、テキストファイル形式で保存したフロッピーディスクも提出する。

## 4. 登載の可否の決定方法

中央水試図書出版委員長に提出された原稿は、中央水試図書出版委員会による審査校閲を経て登載の可否を決定する。ただし、特別号への投稿論文、総説等については、あらかじめ特別編集委員会の審査・校閲を経ることがある。

## 5. 原稿の受理年月日及び報文番号

原稿の受理年月日は、登載決定年月日とする。登載が決定した報文には、報文番号を付す。

## 6. 原稿の書き方

### 6.1 原稿用紙又はタイプ用紙の指定

(1) 和文原稿は、A4判横書き 400字詰め原稿用紙を使用する。（鉛筆書きは不可。）

句読点は「,」「。」を使う（科学技術情報流通技術基準 SIST 08 6.4.2 区切り符号）。

「,」「。」などは1画をあたえ改行の場合は書き出しを1行あける。

ただし、ワードプロセッサの原稿はA4判の用紙に35字×20行（全角文字）を使用し、上下左右の余白を30mm程度とる。

(2) 英文原稿はA4判上質紙に12ピッチ2段送りでタイプし、上下左右の余白を30mm程度とる。

ただし、ワードプロセッサの原稿は、70字×20行（半角文字）となるようにする。

なお、行の終わりで語のつづりを切らない。

### 6.2 用字、用語及び表記の方法

(1) かなづかいは、内閣告示「現代かなづかい」、送り仮名は、内閣告示「送り仮名の付け方」に従

い、できるだけ常用漢字を用い、かい書で簡潔平易に記載すること。

- (2) 動植物学名は、イタリック (sub sp., var., form などの文字はイタリックにしない)、命名者名は首字をキャピタル、首字以外はスモールキャピタルとし、原語のまま書く。
- (3) 動植物名の和名はカタカナ、外国の地名、化学名、その他特殊な語は慣例に従って、漢字またはカタカナで書く。
- (4) 活字の指定は、次の記号を用いて原稿中の必要な箇所に朱書する。  
ただし、ワープロ原稿の場合、印字した原稿が指定のフォント(字体)で記載されている場合は、朱書を省略してもよい。

キャピタル             スモールキャピタル       

イタリック             ボールド(ゴシック) ~~~~~

### 6. 3 報文の第1ページ目の形式

- (1) 和文の報文の第1ページ目の形式は、別記第2号様式の1とする。
- (2) 英文の報文の第1ページ目の形式は、別記第2号様式の2とする。

### 6. 4 英語による抄録 (Abstract) の添付

原著論文及び総説には、英文で200語程度(A4判用紙に2段送りて1枚以内)にまとめた抄録を別に添付する。図表及び文献などの引用はしない。なお、英文は十分な添削を経ること。

### 6. 5 日本語による要旨等の添付

6. 5. 1 報文には、標題、著者名を含め300字以内にまとめた日本語による要旨(別記第3号様式)を別に添付する。
6. 5. 2 報文の内容に関連の深い用語(キーワード)3~8単語を和文要旨の下に1行あけて記載する。キーワードの1つには対象生物の種類(又は属、科)名を入れる(和名又は英名)。日本水産学会編集の「水産学文献検索資料」(1982)、「同増補版1」(1986)、「同増補版2」(1991)、及び総目次事項索引(1991より)を参考とし、文献検索に適した用語を選ぶよう配慮すること。

キーワードは基本的に、和文報文には日本語、英文報文には英語で記載する。なお、日・英併記してもよい。

## 6. 6 報文の構成要素に関する記載上の注意事項

### 6. 6. 1 標題

- (1) 標題は、簡潔に報文の内容を表すようにする。
- (2) 継続報文の場合は、標題の後にローマ数字でシリーズ番号を「- II」のように付し、別行に副題をつけるとともに、前報の所在を脚注に記載する。
- (3) 英語の標題は、最初の語は首字のみキャピタル、その他固有名詞以外はスモールとする。
- (4) 総説と短報については、標題の最後に(総説, Review)、(短報, Short Paper)と記載する。

### 6. 6. 2 著者名

- (1) 標題の下に記載する。
- (2) 英語及びローマ字書きの著者名は、姓の全てと名の首字をキャピタル、他はスモールとする。
- (3) 日本語、外国語を問わず、連名の時は「,」で区切り、最後の名前は「and」で連ねる。
- (4) 共著者の数は必要最小限にとどめ、研究の協力者は共著者とせず、謝辞に記載する。

#### 例：① 2名の場合

北 斗 一 郎, 大 空 二 郎  
Ichiro HOKUTO and Jiro OOZORA

#### ② 3名の場合

北 斗 一 郎, 大 空 二 郎,  
大 雪 三 郎  
Ichiro HOKUTO, Jiro OOZORA  
and Saburo DAISETU

### 6. 6. 3 所属機関名等

著者名の右肩にアスタリスクを付し、脚注に所属機関名等(所属機関名及び所在地の英語表記を付記)を名称を省略せず記載する。著者が2名以上の場合には、\*1\*2等のように適宜番号を付す。

### 6. 6. 4 本文の記載

- (1) 原著論文は原則として、まえがき、材料及び方法、結果、考察、要約、謝辞及び文献の順とする。
- (2) 見出しが必要な場合は、ポイントシステムを基本とし、次のように記載する。見出しの活字はボールド指定する。

例 第1章・・・・・・・・・・・・・・・・1. ○○○○  
第1章第2節・・・・・・・・・・・・・・・・1. 2 ○○○○  
第1章第2節第3項・・・・・・・・1. 2. 3 ○○○○

### 6. 7 図(写真を含む)・表

- (1) 図・表及びこれらの説明文は、本文原稿中に書き入れず、またこれらのための空白を本文中に残さな

いようにし、挿入位置を本文の欄外に明示する。

- (2) 図・表はできるだけA4判の用紙を用いて作成し、それぞれ番号と著者名を裏に朱書しておく。
- (3) 図・表の表題と説明文は英語又は日本語で記載する。番号はボールド指定で、「Table 1」、「表1」のように表の上に、また、「Fig.1」、「図1」のように図及び写真の下に記載する。
- (4) 図は印刷される大きさの1.5~2倍を目安とする。
- (5) 図は製図用黒インク等で明りように描き、トレーシングペーパーに描いた原図は厚紙に貼付する。
- (6) 文字の印刷が必要な場合は、原図に直接記入せず、透明な紙でおおった上に必要な文字を所定の位置に記入する。
- (7) 写真は、鮮明なものを選び、台紙に貼付すること。なお、印刷は原則としてモノクロームとする。  
なお、フルカラー印刷は中央水産試験場出版委員会の承認があれば印刷可能とする。また、単色カラー印刷は、著者の希望により可能とする。ただし、出版委員会で明らかに不要と判断された場合には、その指示に従う。
- (8) 必要に応じて、図(写真)、表の縮小率(刷り上がりの大きさ)も明示する。

#### 6. 8 文献の書き方

- (1) 文献は、一括して末尾の文献の項に集める。
- (2) 本文に引用するときは、関連箇所に引用の順に"うわつき"で「..佐野<sup>1,2)</sup>」,又は「..Clarke<sup>3-5)</sup>」,「・・・とされている<sup>6)</sup>」,「西川ら<sup>7,8)</sup>は、」のように一連の引用番号をつける。
- (3) 書誌要素の記述は、次の順序による。

- ① 逐次刊行物の場合(科学技術情報流通技術基準 SIST 02 5.1.1 参照)

引用番号) 著者名: 論文名. 誌名(略号を用いる。欧文はイタリック)。卷 (Vol. など付けず数字のみ、通号も同様とする。), 号数(数字のみ、括弧に入れる。), 初頁-終頁(pp. などの文字は書かない。) 発行年 (( ) 書き) の順に記載する。

#### ①例

- 1) 若生允, 小島伊織: オホーツク海南西域の海況について(2). 北水試報. 1.1 - 12(1963)
- 2) Lauren,D.J. and Mcdonald,D.G.: Acclimation to copper by rainbowtrout. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44(3),99 - 104(1987)

- ② 単行本1冊を引用する場合 (SIST 02 5.2.1)

引用番号) 著者名: 書名. 版表示 (第○版). 出版地, 出版者, 出版年, 総頁数の順に記載する。

#### ②例

- 3) 吉村信吉: 湖沼学. 増補版. 東京, 生産技術センター, 1976, 439p.
- 4) Clarke,G.L.: Elements of ecology. New York, John Wiley,1954, 533p.
- 5) Moore,W.J. (藤代亮一訳): 物理化学 (上). 第4版. 東京化学同人, 1972, 482p.

- ③ 単行本の中の1章又は一部を引用する場合 (SIST 02 5.2.2)

引用番号) 著者名: "論文名(章の見出し)". 書名. 版表示 (第○版). 出版地, 出版者, 出版年, 引用頁 (初頁-終頁)。

#### ③例

- 6) 酒井昭: "7. 凍結障害の機序". 植物の耐凍性と寒冷適応. 東京, 学会出版センター, 1982,155-184.
- 7) Round,F. E.: "7 Phytoplankton".The ecology of algae. Cambridge, Cambridge University Press, 1981, 246 - 259.

#### 7. 図・表などの他からの引用について

他の印刷物から図・表などを引用又は転載する場合、著作権に関する事項は著者が事前に解決しておかなければならない。なお、その出典を明記すること。

#### 8. 校正

- (1) 校正は日本工業規格で定められた記号を用いて行う。なお、校正は印刷のミス正すものであるから、文章や字句、字体、図表などを変更(差し替え)、加減すること等は、原則認めない。
- (2) 校正責任者  
初校は、著者が行う。

#### 9. 別刷り

別刷りは、各論文ごとに50部を作成し、著者に配布する。著者が50部以上の別刷りを希望する場合は、あらかじめ中央水産試験場企画情報室情報課に申し出る事。

付 この規程は、平成4年3月9日から実施する。

平成7年5月22日 一部改訂

平成9年7月29日 一部改訂



別記第1号様式 (投稿規程 3. 3 関係)

投 稿 票

A4判

投稿年月日

標 題

著 者 名

原稿枚数

- |               |             |
|---------------|-------------|
| 1 和文要旨        | 1枚 (概算字数 字) |
| 2 英文 Abstract | 1枚 (概算字数 字) |
| 3 本文          | 枚 (概算字数 字)  |
| 4 表           | 枚 (表1～表 )   |
| 5 図 (写真を含む)   | 枚 (図1～図 )   |

別刷り希望部数

基本部数	50部
著者 (所属場) 負担分	_____部
計	部

標題が30字以上になる場合の簡略形

別記第2号様式の1 (投稿規程 6.3(2) 関係)  
(報文の第1ページ目の形式)

和文報文の場合

題名、掲載日、発行年、 題名の英語表記	和 文 標 題
	著者名の日本語表記*
	英 文 標 題
	著者名のローマ字表記*
	抄録 (英文Abstract)
キーワード	
	本 文
報文番号 A (年 月 日受理) * 所属機関の日本語表記 (所属機関の英語表記, 所属機関の所在地の英語表記)	

注 所属機関は著者の現時点での所属機関となる。  
(点線で囲まれた部分は印刷時に記載される事項。)

別記第2号様式の2 (投稿規程 6.3(3) 関係)  
(報文の第1ページ目の形式)

英文報文の場合

題名、掲載日、発行年、 題名の英語表記	英 文 標 題
	著者名のローマ字表記*
	抄録 (英文Abstract)
Key words	
	本 文
Accepted: 月 日 英表記, 年, Contribution A from the Hokkaido Fisheries Experimental station. (報文番号 A (年 月 日受理)) * 1 標題の日本語表記 * 2 所属機関の英語表記, 所属機関の所在地の英語表記 (著者名の日本語表記, 所属機関の日本語表記)	

注 所属機関は著者の現時点での所属機関となる。  
(点線で囲まれた部分は印刷時に記載される事項。)

別記第3号様式 和文要旨の書式 (投稿規程 6.5関係)

A4判

注1 和文標題

注2 著者名

注3 和文要旨(300字程度)

注4 キーワード

- 注1 左詰めで記載する。  
副題は1字あけて続けて記載する。  
英文の報文の場合は、標題の後に(英文)と記載する。
- 注2 右端を1字あけて右詰めで記載する。
- 注3 書き出しを1字あける。
- 注4 下段に書誌情報を入れるので、すこしスペースを空けておく。

キタムラサキウニの個体群動態に関する  
生態学的研究

吾妻 行雄

キタムラサキウニは、北日本沿岸の重要な漁業資源であるが、その生産量は年変動が大きい上、漁場間格差も大きく、未だに不安定である。この原因は、キタムラサキウニ個体群の維持機構が十分明らかにされていないため、資源や漁場の適切な管理技術が確立していないことによると考えられる。本研究において、北海道南部沿岸の個体群を対象に、生殖巣の成熟と量的発達過程、再生産と加入過程、加入量と成長過程、それらの基本的条件である餌料海藻との摂食活動を介した関係などを明らかにして個体群維持機構を推定した。得られた結果にもとづき、磯焼け海域においてウニの密度制御によって海藻群落の造成を図り、その遷移過程を明らかにするとともに、磯焼け海域から除去したウニの利用を図るため、その開放系養殖技術の確立のための知見を得た。

A 271 北水試研報 51 1-66 1997

木古内湾とその周辺海域におけるマコガレイと他の底生  
魚類との食物関係

高木 美枝子, モハマド・メディ・シャフィプール,  
今野 幸広, 中尾 博己, 佐野 満廣,  
高橋 豊美

1994年5月~1995年3月に、北海道南部木古内湾を中心とする水域で着底トロールによる魚類採集を行い、マコガレイを中心とする底生魚類の食物関係を検討した。

冬季を除き生物量の最も大きなマコガレイの主食物は沿岸ではヨコエビ類、沖合ではナマコ類、スナクモヒトデ類、ノラリウロコムシ類、フクレユキミノガイなどで、強い食物競合関係をもつと考えられる魚種はほとんど認められなかった。

このような食物関係は、本集団が底生魚類群集内で最大の生物量を維持している主要な要因の1つであると推察された。

A 272 北水試研報 51 67-76 1997

寿都湾における大型海藻の分布

川井 唯史

寿都湾で大型海藻の分布を調査した。調査地点は河口域(磯谷)、湾奥(歌葉)、湾口(矢追)に設け、漸深帯(水深0.4-7.3m)で杵取り調査を行った。コンブ類が支配的なのは河口域だけで、寿都湾全体での優占種はフシスジモクと考えられる。

A 273 北水試研報 51 77-82 1997

ケガニ幼生放出数の日変化

上田 吉幸

飼育下においてケガニ(*Erimacrus isenbeckii*)の幼生放出数の日変化を観察した。幼生の放出は日没から夜間にかけて行われた。雌ガニは1日1回の放出で約2週間かけて腹部に保育中のすべての胚を放出した。幼生放出数の日変化は正規分布を示した。雌ガニは幼生を放出する際、高脚立ち→腹節の伸張→腹肢の波打ちと歩脚による櫛削り、の行動を示した。幼生放出の最終日に幼生孵化後の卵殻の除去行動が観察された。内肢から除去された担卵毛は、次の脱皮までに再生されていることが確認された。

A 274 北水試研報 51 83-87 1997

北海道立水産試験場研究報告 第51号

---

1997年9月30日 発行

編集兼  
発行者

北海道立中央水産試験場

〒046 北海道余市郡余市町浜中町238

電 話 総合案内 0135(23)7451(総務課)

図書案内 0135(23)8705(企画情報室)

F A X 0135(23)3141

Hamanaka-cho 238, Yoichi-cho, Hokkaido 046, Japan

印刷所

株式会社 須田製版

〒063 札幌市西区二十四軒2条6丁目1番8号

電話 (011)621-0275

---