

北海道立水産試験場報告

第 16 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 16

北海道立水産試験場

(昭和 48 年 11 月)

(November, 1973)

正 誤 表

北海道立水産試験場報告 第16号

ページ	行	誤	正
5	Fig. 1 B	<u>Horodomari</u>	<u>Horomoi</u>
7	Fig. 3 B	右側上段の <u>pda</u>	<u>poa</u>
7	Fig. 3 List	<u>p. pedicellaria</u>	削 除
13	Fig. 11 表題	<u>in 1964</u>	削 除
20	上から13行目	<u>Jensen 1966</u>	<u>Jensen 1969 b</u>
20	上から22行目	ルド, ヘマトキシリン	ルド・ヘマトキシリン
30	Table 14	各下段の χ_0^2	χ^2
32	Table 16	<u>Phodophyceae</u>	<u>Rhodophyceae</u>
33	Table 17表題	Number <u>or</u>	Number <u>of</u>
33	Table 17 上から6種目	<u>Sphacelariale</u>	<u>Sphacelaria</u>
33	Table 17 上から13種目	<u>Phaeophyceae</u>	<u>Other Phaeophyceae</u>
33	Table 17 上から16種目	<u>Corallinaceae</u>	<u>Corallinaceae</u>
33	Table 17 上から21種目	<u>Rhodoglossum pulcherum</u>	<u>Rhodoglossum japonicum</u>
33	Table 17 下から12種目	<u>Rhodophyceae</u>	<u>Other Rhodophyceae</u>
33	Table 17 下から11種目	<u>Phyllospadim</u>	<u>Phyllospadix</u>
39	上から8行目	$\sum_{t=0}^n S(n)_t$	$\sum_{t=0}^n S(n)_t$
43	Table 35	各式の <u>log WG</u>	<u>log GW</u>
43	Table 37	n/m^2	$n/4m^2$
47	上から16行目	0.1	0.1
53	上から8行目	(1963 <u>d</u>)	(1963 <u>b</u>)

北海道立水産試験場報告

第 16 号

目 次

川 村 一 広

エゾバフソウニの漁業生物学的研究..... 1

垣 内 政 宏 ・ 辻 寧 昭

ホタテガイ貝がら中におけるスサビノリ糸状体の殻胞子放出と
生長の経年変化について.....55

(昭和 48 年 11 月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 16

CONTENTS

KAWAMURA, Kazuhiro

Fishery biological studies on a sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. AGASSIZ) 1

KAKIUCHI, Masahiro and TSUJI, Yasuaki

An annual change of the liberation number of the conchospores and growth of the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA in the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY) 55

(November, 1973)

エゾバフンウニの漁業生物学的研究*

川 村 一 広

(北海道立中央水産試験場)

Fishery Biological Studies on a Sea Urchin,
Strongylocentrotus intermedius (A. AGASSIZ)

Kazuhiro KAWAMURA

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

In recent years, the annual yield of sea urchin has amounted to as much as about 25,000 tons, and sea urchin has become economically important animal resource in Japan. The necessity of conservation and propagation of the resources made the present author to carry out biological studies on *Strongylocentrotus intermedius*, commercially the most important sea urchin of Japan. Particular attention is paid to life cycle, distribution and fluctuations in abundance. The sampling localities are divided into three regions according to geographical position: (1), The coast of Japan Sea (Funadomari in Rebun Island and Oshoro Bay). (2), The coast of Pacific Ocean (Ikantai). (3), The coast of Okhotsk Sea (Rausu). The author also carried out an experimental study on their planktonic larvae. The results obtained from the present studies are summarized as follows;

1. The planktonic larvae of *S. intermedius* metamorphose through the usual developmental process of echinoid. There are no recurrent rod and pedicellaria in the pluteus.

2. The plutei never develop after the six-armed stage without normal feeding conditions. The plutei derived from the females having well developed gonads, grow rapidly through the four armed stage, and the period of other stages is short. But, development of the plutei derived from the females belonging to the youngest spawning population, or having small gonads, is not good.

3. The planktonic larvae occur from the end of September to the end of October, and the period of this stage may be as long as a month and half to three months in Oshoro Bay. Occurrence of the larvae is three to four times during one spawning season, but it seems to be that the larvae developing after the six-armed stage are only from the second or the third groups.

4. If the genital plate becomes transparent by use of xylol after the removal of its outer surface by means of rubbing down on a rubstone and heating by spirit lamp, both white and black rings are apparent by visible. The white one is formed from November to June, but the black one from June to October respectively. These rings are useful for the age determination. Test growth of the sea urchin varies with the different habitats. The Rausu population grows most rapidly in comparison to those of Japan Sea.

5. The age of first spawning group is different depending mainly on the depth of habitats. The group living in shallower habitats attains maturity while two years old, but that living in deeper habitats takes three years. Spawning season is from the end of September to the end of October in Oshoro Bay. In this period, the range of sea temperature is 20-15°C. Spawning time successively delays from the shallower populations to the deeper one.

* 報文番号 A 82

6. The habitat of the sea urchin is classified into five major types according to the nature of bottom. These types are described as follow :

Type A₁ : Bottom consists of flat rock.

Type A₂ : Bottom resembles type A₁, but has many crevices with some pebbles therein.

Type B : Bottom is covered with numerous small boulders (smaller than 30 cm in diameter).

Type C : Bottom is dotted with large boulders (larger than 50 cm in diameter).

Type D : Bottom consists of sandy plain.

Type A₁ can also be divided into five subtypes according to the deposition of detritus and growing seaweeds. Distribution of these types varies with the localities.

7. Zero-age group of sea urchins are densely populated in type B or Type A₁ area with the community of small algae throughout the year. Young sea urchins expand their distribution in the areas of type B or type A₂, neighboring type A₁, but their distributional range remained in the same area during a year. Two age group of sea urchins remove mainly toward deeper area of type C during maturing period, but a small number of them comes back again to the former habitats after the spawning season. The adult sea urchins older than three years old inhabit mainly in the areas of type C throughout the year. Although they migrate toward shallower area during growing period, they again return to the deeper area at the time of maturity.

8. Detritus are predominantly found in the gut contents zero-age group having test diameter smaller than 5 mm. Detritus and algal pellets are found in the gut contents of zero-age group with the test diameter of 5—10 mm. However after attaining 10 mm in the test diameter their main food becomes algae. The gut contents coincide with algal fauna.

9. The natural population of sea urchin in Ikantai feeds mainly *Laminaria angustata* through the entire year, and the annual food consumption of the echinoid population corresponds to about half of the annual growth of the algae.

10. The first catch includes two to four years urchins in accordance with differences of localities or fishing methods. The catch per unit of fishing effort is rapidly down in the beginning of fishing season, and continues parallelly low level through the later season in Funadomari. But, it fluctuates at constant rate in Ikantai, and it decreases quite regularly in Rausu.

11. The catchable stock is estimated by the density of each age group as well as the area of the bottom-types in Ikantai, by De Lury's method in Rausu, and by the catches and the fishing rate in Funadomari. It is the highest in Funadomari and the lowest in Ikantai.

12. Although the natural mortality of zero-age group is higher than 50% in summer, it is very low in one to five age groups. The mortality of the older age group than five becomes rapidly high. The fishing operations which catching mainly three to five age groups seem responsible for adult mortality.

13. In the case of the fishing ground being smaller than the habitat of sea urchin the catchable stock shows seasonal fluctuation by immigration or emigration, and the emigrating population size is larger than the immigrating one in the fishing ground of Ikantai.

14. The size of recruitment is an important factor to determine the size of stock. The rate of recruitment to the stock varies with different fishing grounds. This rate is the highest in Funadomari, and less than half of it in Ikantai and Rausu.

15. Judging from the relation between the condition of stock and the equilibrium catch, the fishing of sea urchin is just in Rausu, but overfishing is practised in Funadomari and Ikantai.

16. The basic courses for propagation of stock of *S. intermedius* can be divided into following three : (1), Increase of recruitment. (2), Increase of biological production. (3), Fisheries management. The author, here discussed concretely the propagation of each local stock and suggested a course for future remaining problems in this subject.

目	次
I 緒 言..... 3	3 分 布.....24
II 研究対象漁場..... 4	(1) 年齢群の生活領域.....24
III 浮遊幼生群の生活過程..... 6	(2) 場 所 分 布.....29
1 浮遊幼生の発育..... 6	4 摂 餌.....31
(1) 浮遊幼生の発育過程..... 6	(1) 食 性.....31
(2) 餌料および母体の条件による浮 遊幼生の発育の変化..... 9	(2) 個体群の摂食.....32
2 浮遊幼生の出現時期.....13	5 考 察.....36
3 考 察.....14	V エゾバフンウニ資源の変動.....37
IV 底生群の生活過程.....15	1 漁獲物の質・量変化.....37
1 年齢と成長.....15	2 資源量の変動.....38
(1) 年 齢 査 定.....16	3 資源変動の解析.....41
(2) 成長の地域的变化.....17	VI 総 合 考 察.....46
2 生殖巣の質・量変化.....20	VII 摘 要.....48
	文 献.....49

I 緒 言

農林省漁業養殖業生産統計年報によれば、わが国のウニ年間漁獲量は1968年には27,000トンに達し、1959年の14,000トンに比し、この10年間にはほぼ2倍に増加していることがわかる。このようなウニ漁業の急激な発展は需要増大にともなう価格の急上昇に加えて、ウニ類が浅海の岩礁地帯を主な生息場としているために採捕が極めて容易であるという漁業条件に支えられ、主として漁獲努力の増大と、新漁場の開発とによってもたらされたものであろう。しかし、一方では、漁獲のこのような急激な発展にともなうウニ資源の減少が懸念され、増殖に関する試験研究の必要性が強調されるようになった(木下1958, 中村・芳永1962)。ウニ類の増殖に関連する試験研究はすでに1930年代に着手されており、バフンウニの生態、投石や移殖効果などを研究した川名(1938)の報告がその最初である。その後、バフンウニについては中村・芳永(1962)、滝・東田(1964)、中村・井上(1965)、松井(1966)、平野(1968)、中村ほか(1968)、角田ら(1970)が、投石、移殖効果、人工種苗生産などの増殖技術を中心とした研究を継続してきた。エゾバフンウニについて、FUJI(1960 a, b, c, 1961, 1962, 1963, 1967, 1969)は北海道南部の自然個体群を対象として、消化管の構造と機能、生殖巣の質・量変化、食物の摂取と消化吸収などの研究を行ない、さらに、主として、実験個体群によって、栄養代謝と体成長や、生殖巣の発育ととの間の内的関連性とその変化から発育段階や成体の生活年周期を検討している。また、アカウニ(中村・芳永1962, 山辺1962)、ムラサキウニ(大島ほか1957, 山口ほか1959, 中村・芳永1962)、キタムラサキウニ(FUJI 1960 a, b, c, 川村1964 b, 1966 a, b, c, 1967, 1970, 秋元1969)などの有用種についても、生殖巣の発育、殻の成長、摂餌、分布や移殖効果など断片的な知見が得られている。

以上のように、これまで積み重ねられてきた業績は、ウニ類の個生態や増殖技術の開発の面について多くの効果をもたらしてきた。そして、この中から摂餌、成長、成熟などのウニの生活の諸側面は発育にともない段階的に変化するものであり、しかも相互に関連し合っている現象であることが具体的に明らかな知見として把握されるまでになってきた。しかし、漁獲や増殖に深いかかわりをもち、その基礎となるべき自然個体群の数量変動については、ほとんどふれられておらず、未知の分野として残されたままである。

種個体群の摂餌、成長、成熟は移動、減耗、添加などの生態的な側面と生活場所の環境との関連のうえに成立しているもので、しかも、それらの相互関係は種個有の生活様式のあらわれでもある。種個体群の示す数量変動は、このような種の生活様式に基づく生物的生産という正の側と、これから漁獲という形で差し引かれる負の側との総和として実現していると考えられる。このうち、漁獲は個体群の数量変動に加えられる

1つの外的条件であるから、数量変動の基本的な要因は、種個体群の生物的生産とその変化であろう。したがって、これまでに明らかにされた個生態の段階における摂餌、成長、成熟の相互関係に関する諸知見は、種の生活様式を基礎づける生物学的事項として極めて重要な意義をもってはいるが、そのみでは種個体群の数量変動の機構を説明することはできない。自然個体群が生活領域の中で営む生活の諸様式を具体的に、しかも統一的に把握して、個体群の发育過程の流れにともなう生物的生産過程を解明することが、その解決のための方向であると考えられる。したがって、以上の基礎にもとづきウニの生活の実態に適した資源管理、増殖技術を開発することがウニ類の増殖への筋道ではなかろうか。

さて、わが国のウニ漁獲高を地域的にみると70%以上が北海道、青森県、岩手県、宮城県で生産され、その主要な漁業対象種はエゾバフンウニとキタムラサキウニで占められている。また、全国生産の約50%を占める北海道では、エゾバフンウニが漁獲量の80%を占めている(川村1969)。これらの事実はエゾバフンウニが、わが国ウニ漁業のなかで最も漁獲量の多い重要な産業種であることを示すものであろう。

著者は上述のような観点から、1959年以来エゾバフンウニを研究対象として、主に漁場における自然個体群の生活と資源の動態および資源管理、増殖技術について調査研究をすすめてきた。研究の結果は、エゾバフンウニ資源の増殖という目標を達成するためには、必ずしも十分であるとは言い難いが、漁場において資源の動向を診断し、それに対応した資源管理、増殖技術を指摘しうる段階に達したので、ここに得られた知見を総括してみた。

この報告では、まず、エゾバフンウニ自然個体群の生活過程を、1). 個体維持の重要な側面である发育と成長、2). 種族維持の一側面である生殖巣の質・量変化および、3). これらを保証し発展させるための食物摂取という3つの面から追求し、发育過程の進展にともなう個体群の機能面を明らかにした。ついで、ウニ個体群が生活している生活領域の特性と密度分布から、发育が進行するなかでウニ個体群が作り出す分布様式の変遷について究明した。最後に、以上2つの側面から明らかにしたエゾバフンウニ個体群の生活に関する知見を基にして、北海道の代表的ウニ漁場における資源の変動を説明し、資源の診断ならびに増殖について検討を加えた。

本論に入るに先立ち、本稿校閲の労をとられ、有益な助言を与えられた北海道大学水産学部教授山本喜一郎博士に心から感謝の意を表し、また、取まとめに際しご教示をいただいた北大水産学部教授浜井生三博士、同学部教授山田寿郎博士に厚くお礼申し上げる。また、特に本研究の一部をなす井寒台における調査研究について、終始ご指導をいただいた同学部助教授富士昭博士に心から感謝する。また、研究に多大の協力をいただいた北海道立中央水産試験場増殖部、同函館水産試験場増殖部、同釧路水産試験場増殖部、同稚内水産試験場増殖部の職員各位、ならびに小樽市漁業協同組合、浦河漁業協同組合、羅臼漁業協同組合、船泊漁業協同組合の組合員、職員各位に厚くお礼申し上げる。

Ⅱ 研究対象漁場

北海道のエゾバフンウニ漁場は全道沿岸に広く分布しており、漁場環境や漁業の実態、資源の動態などいづれも地域的な特性を備えている(川村1969)。それゆえ、複数の漁場を研究対象として結果を比較することにより、ウニの生活と資源の動態をより正しく把握しようという心掛けた。そのため、この研究では特に、日本海沿岸に礼文島船泊と忍路湾を、太平洋沿岸に井寒台を、また、オホーツク海沿岸に羅臼を選定し研究対象漁場とした(Fig. 1)。このうち船泊、井寒台および羅臼では主として漁場の海底地形、ウニ個体群の年齢組成、生殖巣の发育状態、分布、現存量の推定、漁業の実態などを調べた。浮遊稚仔の生態や底生群の移動に関する事項など、長期にわたる連続的な観察を必要とする項目については、忍路湾の個体群を研究の対象とした。以下に各対象漁場の概要を示す。

船泊：礼文島の北半分を占め、約50kmの海岸線は東西両岸および北側に面した船泊湾に分けられる。(Fig. 1 A)。湾奥部に約4kmにわたる砂浜地帯があるほかは岩盤と転石地帯よりなり、良好なウニ漁場として利用されている。東海岸は比較的ゆるやかな勾配をもち、距岸70ないし80mで水深1.5m、距岸100

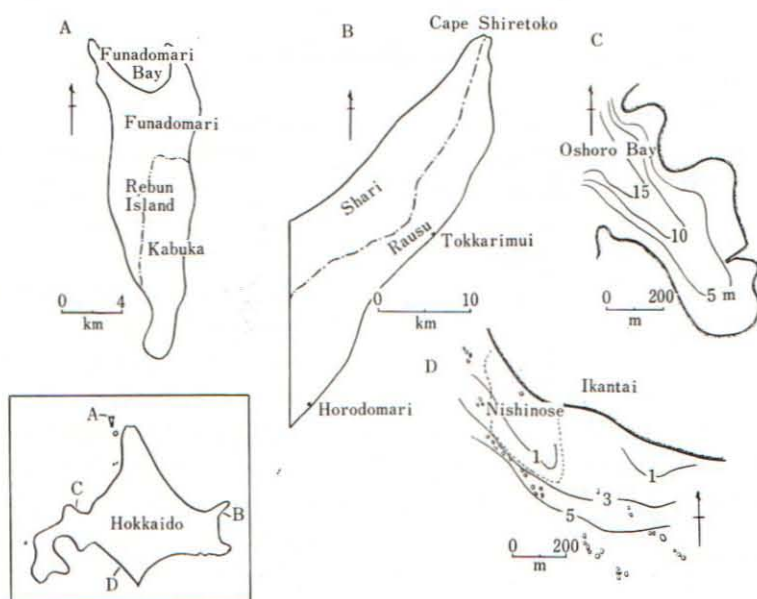


Fig. 1. Sketch-map of the localities in where the sampling were performed.

ないし 200 m で水深 4.5 m ほどに達する。一方、西海岸では距岸 30 ないし 40 m で水深 1.5 m, 距岸 50 ないし 70 m で 4.5 m の水深を示す。海産植物の着生は極めて不均等で、一般に水深 3 m 以深では着生量が少ない。6, 7 月には石灰藻のほか、アナアオサ、リンリコンブ、ケウリングサ、スジメ、フジマツモ、スガモなどが着生量の多い種類である。

忍路湾：石狩湾の西部に位置し、湾長約 800 m, 湾幅 300 m, 面積約 0.2 km² の小湾である (Fig. 1 C)。湾内の両岸にそって、幅 10~20 m, 水深 1.0 m 以浅の平磯が発達しており、平磯の縁からは急激に深度を増し、湾内の最深部では 18 m に達している。一般に平磯上には海産植物が良く生育しているが、水深 2 m 以深ではほとんど着生をみない。海藻類の着生は全底面積の約 10% にすぎず、夏期に着生している主な種類はアナアオサ、ホソメコンブ、エゾヤハズ、ホンダワラ類、アカバ、オキツノリ、ソゾ類、イソムラサキなどである。ホソメコンブは水深 0.3 m から 2.0 m の範囲に多く着生している。

井寒台：太平洋に面した日高沿岸にあり、東西を砂浜地帯でさえぎられた沿岸約 2 km の比較的狭い独立した岩礁地帯が漁場として利用されている (Fig. 1 D)。沿岸中央部には 1.5 m 以深の深みが陸岸まで入り込んでおり、水深 1 m 以浅の浅瀬を東西に分けている。東の瀬は狭小で沖出し約 100 m, 陸岸に沿って約 200 m の範囲をおおっているが、西の瀬は沖出し約 250 m, 沿岸約 500 m に及ぶやや広い範囲の浅瀬を形成し、この瀬の先端は岩礁近くまで張り出している。岩礁列の外測は急傾斜で深くなる。井寒台で量的に多く、分布範囲の広い海産植物はアナアオサ、ミツイシコンブ、スガモである。アナアオサは東西両瀬および中央部の三地域に分布し、ミツイシコンブは東西両瀬の低潮線以深および岩礁列にそって分布している。一方、スガモは陸岸にそって水深 1 m 以浅に広く生育帯を形成している。

羅臼：ウニ漁場は知床岬から幌萌に至る知床半島南側沿岸約 60 km に及ぶ広大な海域を占めている (Fig. 1 B)。この海岸は知床岬先端部を除いて一般に岸深かで、距岸 50 m で水深 2 ないし 4 m, 100 m で 5 ないし 8 m の水深に達する。また、トッカリムイ以西では砂質底が岸近くまでせまっている。このため漁場面積は狭少な地域が多い。夏期における海産植物の繁茂は他の漁場に比較して非常に良く、知床岬の一部を除いて水深 10 m 以浅の全域に海藻類の着生がみられる。主な種類はオニコンブ、アツバミスジコンブ、アナメ、スジメ、ホンダワラ類、フジマツモ、ハケサキノコギリヒバ、スガモであり、コンブ類は水深 0.5 m から 10 m 以深までも着生している。

Ⅲ 浮遊幼生群の生活過程

資源の動態を診断するためには、種個体群の質・量構造の変動様式が明らかにされていることが必要である。種個体群は質的に異なるさまざまな発育段階にある個体によって構成されており、種個体群の質・量構造はこれらの構成員の絶え間ない更新によって変動している。そこでまず解明すべき問題は、種個体群を構成する個体の生活過程の実態であろう。エゾバフンウニの全生活過程は浮遊生活と底生生活に大きく2分される。ここではまず、浮遊幼生群の生活過程を取り上げてみた。

浮遊幼生の生態を明らかにすることは、ウニ資源の添加群の実態を明らかにする意味で重要な知見を提供してくれるものと考えられる。しかしながら、日本産ウニ類の浮遊幼生については、いくつかの種の形態変化が飼育実験によって明らかにされている (MORTENSEN 1921, 1931, 1937, 1938, 久米 1929, ONODA 1931, 1936, 1938, FUKUSHI 1960 a, b, 山辺 1962) にとどまり、自然における浮遊幼生群の生態については全く明らかにされていないのが現状である。この章では、忍路湾における自然集団と人工授精で得られた幼生群について、形態変化や自然条件下における幼生出現の時期、およびこれに関連する要因などについて観察し、考察した結果について述べる。

1. 浮遊幼生の発育

人工受精による幼生飼育は次の問題を明らかにする目的で行なった。1つは受精卵から底生移行までの発育にともなう幼生の形態変化についてであり、他は生殖巣の発達異なる母体由来する幼生の発育過程や飼料条件による発育の差異についてである。人工受精に用いた成熟卵は Table 1 に示すような母体から供給された。人工受精はすべて切り出し法による常法で行ない、この際数回海水で洗滌して沈降の早い卵を、また、最も生殖巣の発育の良い雄個体からの精子を使用した。人工受精による受精率は、いずれの群でもほとんど100%で差は認められなかった。孵化後、幼生は500 ml のろ過海水に1 ml 当り約1個体の割合で収容し、飼育容器の外側に水道水を流すことにより、飼育水の水温調整を行なった。飼育期間中の水温の変化は Fig. 2 のようである。飼育海水は3ないし5日ごとに取り替え、その際50個体について発育期別の個体数および大きさを測定した。なお、ブルテウスでは体の後端から後口腕の先端までの長さを、変態後の稚仔では棘を除く殻径を測定した。飼育期間中には *Phaeodactylum tricornutum* を飼育水1 ml 当り2~5万細胞の割合で給餌した。

(1) 浮遊幼生の発育過程

エゾバフンウニの卵から変態までの発育過程を Fig. 3 および Fig. 4 に示した。未受精卵は直径90 μ (受精膜を含む直径は平均117 μ) で、孵化するまでこの大きさはほとんど変化しない (Table 2)。受精後約20時間で囊胚に達し、消化器管が完成してブルテウスになるのは受精後50時間前後である。ブルテウスの発育過程は ONODA (1931) に準じて、腕の数により以下のように区分した。

4腕期ブルテウス：後口腕 (postoral arm) と前側腕 (anterolateral arm) が各1対あるが、後口腕は前

Table 1. Status of the female specimens of the sea urchins for rearing experiments.

Number	Date	Depth of habitat (m)	Test diameter (mm)	Gonad index	Diameter of egg (μ)
1	Sept. 14	0.5	27.1	2.16	89.4
2	Sept. 27	1.5	48.0	2.96	91.9
3	Sept. 27	5.0	49.8	1.76	91.2
4	Sept. 27	5.0	37.0	0.76	89.8
5	Sept. 27	0.5	36.3	1.50	92.1
6	Oct. 6	11.0	47.5	1.70	90.2

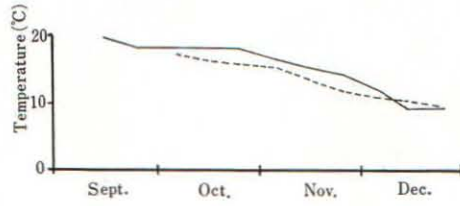


Fig. 2. Variation of the water temperature during the rearing experiments.

--- 1965 — 1966

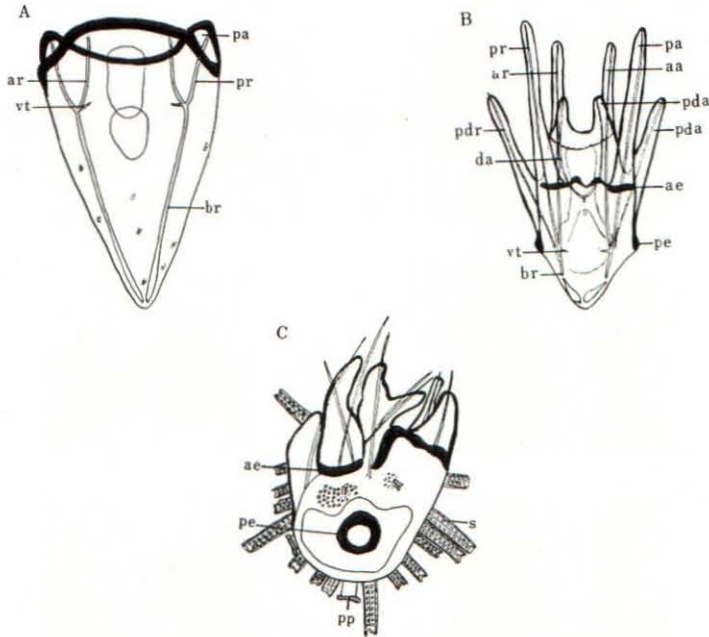


Fig. 3. Development of pluteus of *S. intermedius*.

A. Pluteus in the first stage, 246 μ .

B. Pluteus in the third stage, 693 μ .

C. Larva just after metamorphosis (dorsal view), 926 μ .

List of abbreviations

aa.	anterolateral arm	pda.	posterodorsal arm
ae.	anterior epaulette	pdr.	posterodorsal rod
ar.	anterolateral rod	pe.	posterior epaulette
br.	body rod	pp.	primary podium
da.	dorsal arch	pr.	postoral rod
er.	echinus rudiment	poa.	preoral arm
p.	pedicellaria	s.	spine
pa.	postoral arm	vt.	ventral transverse rod

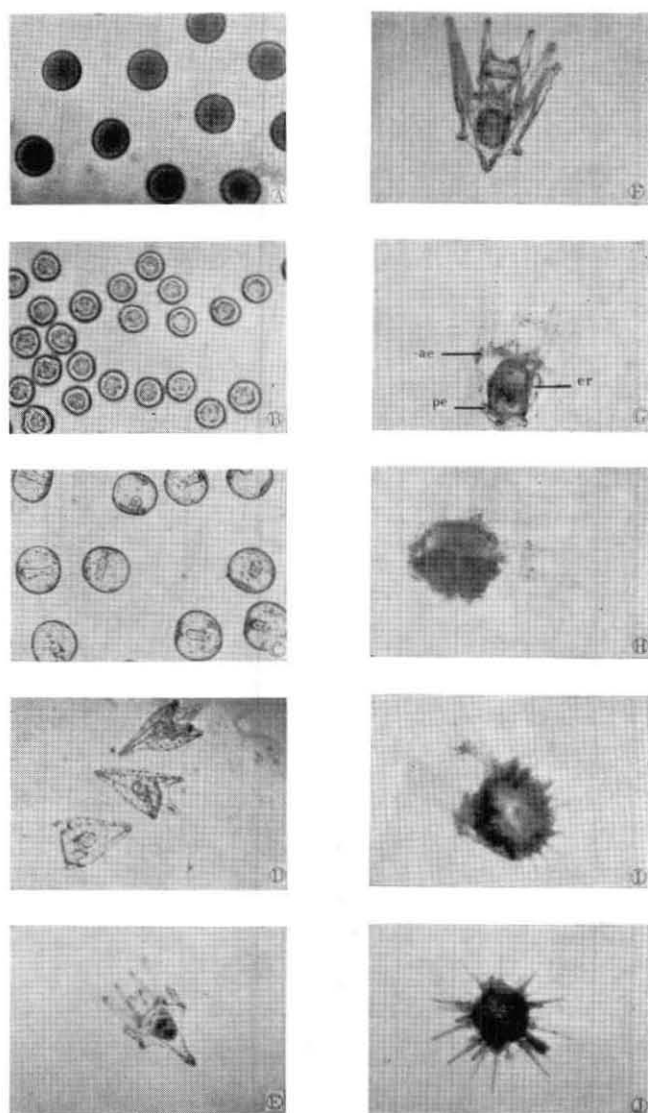


Fig. 4. Development of *S. intermedius*.

- A. Eggs. B. Blastulae. C. Gastrulae.
- D. Plutei in the first stage.
- E. Pluteus in the second stage, 550 μ .
- F. Pluteus in the third stage (junior), 650 μ .
- G. Pluteus in the third stage (senior), 880 μ .
- H. Larva in the beginning of metamorphosis, 770 μ .
- I. Larva after metamorphosis, test diameter 350 μ .
- J. Young sea urchin, test diameter, 350 μ .

Table 2. Size of each stage of the larvae.

Stage		Size (μ)
Egg		84—94
Fertilized egg		108—123
Blustula		115—123
Gastula		139—154
Pyramid		160—200
Pluteus	First (four armed)	200—600
	Second (six armed)	460—720
	Third (eight armed)	540—1020
Imago after metamorphosis		*320—355

* Test diameter

側腕よりも早く形成される。プルテウスの骨格は体桿 (body rod), 後口桿 (Postoral rod), 前側桿 (anterolateral rod), および腹横桿 (ventral transverse rod) からなり, 左右相称で対をなしている。体桿はほぼ真直で, 後端部は棍棒状にふくらみ棘はない。2本の体桿の先端部は接触する位に近接しているの、プルテウスの後端部は円錐状になっていることが多い。後口桿には穴はなく, 腹横桿は短く左右が接続することはない。4腕期プルテウスは200 μ 前後から発育して, 最大600 μ に達する個体もある。

6腕期プルテウス: 受精後約7日で早い個体はこの期に入る。新たに1対の後背腕 (posterodorsal arm) が形成されて, 腕の数が6本になる。後背桿 (posterodorsal rod) は穴はなく, 後部は真直である。

8腕期プルテウス: 新たに1対の前口腕 (preoral arm) の形成から変態開始までの過程であるが, この期は後纖毛叢 (posterior epaulette) の完成を境に前期と後期に分けることができる。前期に達するには最短で11日, 後期には13日を要した。前期では前口腕, 背弓 (dorsal arch) が形成された後, 前纖毛叢 (anterior epaulette), 後纖毛叢の形成が始まり, ウニ原基 (echinus rudiment) が胃の外側にそって発育し始める。体桿の後端のふくらみは吸収されはじめる。後期に入ると纖毛叢およびウニ原基の発育が盛んになり, 棘 (spine) や5個の管足 (primary podium) が次第に形成されてくるとともに, 体内にウニの殻の一部が発達してくる。前纖毛叢は短小となり, わずかに弓状を呈するにすぎない。左右の後口腕の先端間隔は体長の約1/2であり, 浮遊期間中に叉棘は形成されない。プルテウスの大きさは浮遊期間を通じて最大となり, 体長1mmに達する個体もある。プルテウスの体内にできたウニ原基がプルテウスの体長を破って露出する過程を狭義の変態といい, 数時間で終るといわれている (久米・団1957)。変態に達するのは受精後ほぼ30日ぐらいである。変態後もしばらくはプルテウスの纖毛叢が残存しており, 浮遊生活を続けるが, プルテウスの部分は次第に吸収されて, 管足で基物に付着し, 底生生活に移行する。なおウニの口部や対になった管足, 叉棘などは底生移行後に形成されるので, 成体と同じ外部形態になるには底生移行後数日を要する。

(2) 餌料および母体の条件による浮遊幼生の発育の変化

餌料条件によるプルテウスの成長の変化を知るために Table 1 の No. 6 の雌の卵から発生した プルテウスを材料として, 受精後48時間目および72時間目から給餌した場合と無給餌の場合の発育状態を比較した。

プルテウスの発育は給餌条件により大きく支配されており, 体形の増大 (Fig. 5) のみならず, 体形の質的变化で示される発育の速さにも極めて大きな差異がみられる。すなわち, 受精後48時間後より給餌した群は4腕期プルテウスの成長も早く, 14日目に6腕期に移行し, 40日後には変態した個体も出現した (Fig. 6)。72時間後より給餌した場合には6日目に体長420 μ に達して以後変化せず, 6腕期に移行する個体はなかった。一方, 無給餌の場合には4腕期プルテウスは6日目に体長400 μ に達するが, 以後次第に縮小し, 6腕期に至らず, 22日目までに全個体が斃死した。

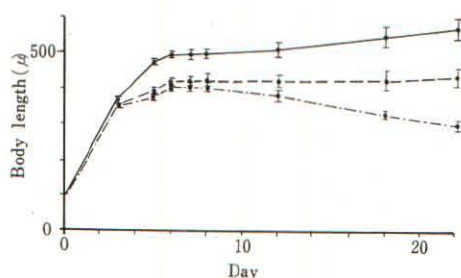


Fig. 5. Growth of the four-armed plutei under the different feeding conditions.
 — Served food from 48 hours after fertilization.
 --- Served food from 72 hours after fertilization.
 ... Served no food.

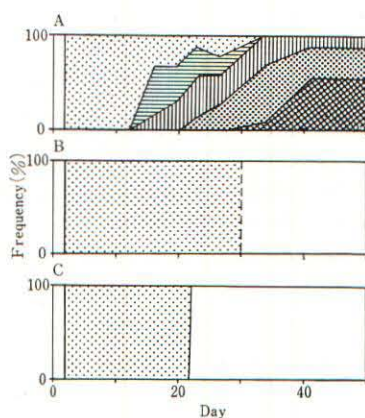


Fig. 6. Occurrence of each stage of the plutei under the different feeding conditions.
 A. Served food from 48 hours after fertilization.
 B. Served food from 72 hours after fertilization.
 C. Served no food.

□: 4 armed ▨: 6 armed ▩: 8 armed (Junior) ▪: 8 armed (Senior) ▫: Imago

次に、生殖巣の発達の異なる母体の卵から発育したブルテウスに、摂餌活動が始まる時点から十分に餌を与えた場合、これらブルテウスの成長、発育の速度をみた。

生殖巣の発達の良い母体（生殖巣指数 1.5 以上、殻径 36 mm 以上）の卵から発生した幼生群は受精後 48 時間後の約 300 μ から 1 週間後の 500 μ まで、ほぼ直線的に成長している (Fig. 7)。各期の移行時期をみると (Fig. 8)、いずれも受精後 7 ないし 8 日で 6 腕期、11 ないし 12 日で 8 腕前期、13 ないし 16 日で 8 腕後期に移行する個体がみられ、30 ないし 40 日で変態しはじめる。この間の生存率 (Fig. 9) はいずれも受精後 8 ないし 20 日の間に急激に低下し、その後は変化が少なくなる。このことは幼生発育の段階では、4 腕期の減耗が著しいことを示すものであろう。一方、生殖巣発達の不良個体 (No. 4. 生殖巣指数 0.76) の卵から発生した 4 腕期ブルテウスの成長は上述の群に比べて劣っており (Fig. 7)、奇形個体の出現率は極めて高く (約 63%) 大部分の奇形個体は 6 腕期へ移行することはない。しかし、残余のブルテウスはその後正常に発育し、変態する個体もみられた。

生殖巣の発達良好であるが（生殖巣指数 2.16）、初産卵群に属する殻径 27.1mm の小型個体（No.1）からえた卵の発育はあまり良好でなく、ブルテウスの各発育期への移行日数も長時間を要し、しかも変態した稚仔は全く認められない（Fig. 8）。

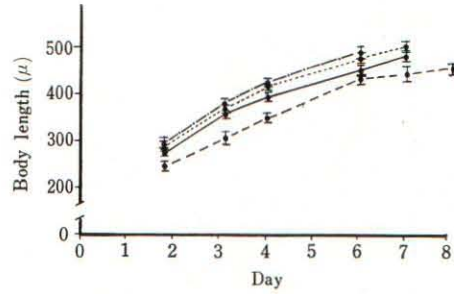


Fig. 7. Growth of the four-armed plutei developed from the eggs of different females.

— : No. 2 : No. 3 --- : No. 4 - · - : No. 5

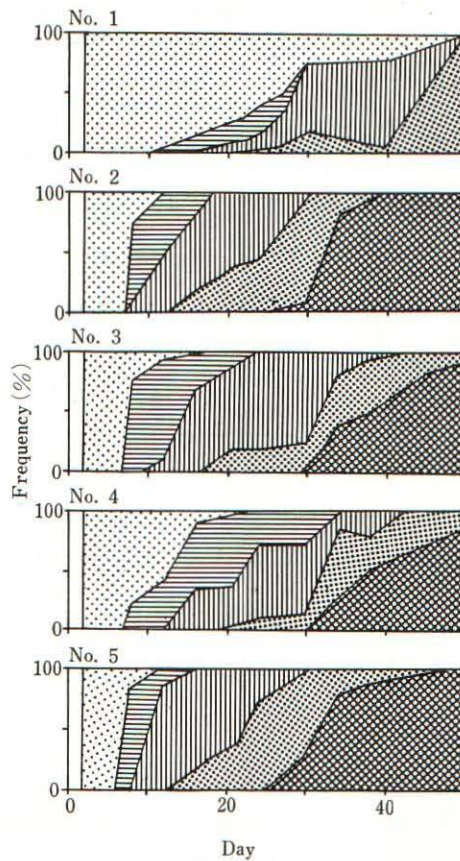


Fig. 8. Occurrence of each stage of plutei developed from the eggs of different females. Patterns in this figure are the same with those of Fig. 6.

以上の諸結果は、プルテウスの発育が母体の生殖巣発達の状態に大きく影響され、生殖巣の発育の良くない個体からの卵や、小型個体（初回産卵）群からえた卵は正常な発育を迎えることが少ないこと、また、生殖巣発達の良い個体から発生し、正常に発育する幼生でも、4腕期プルテウスに達した時期以降の餌料条件が、その後の発育を大きく支配していることを示している。

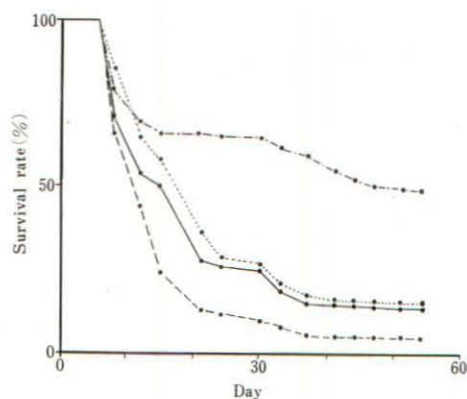


Fig. 9. Variation of the survival rates of plutei developed from the eggs of different females.

— : No. 2 : No. 3 ---- : No. 4 - · - : No. 5

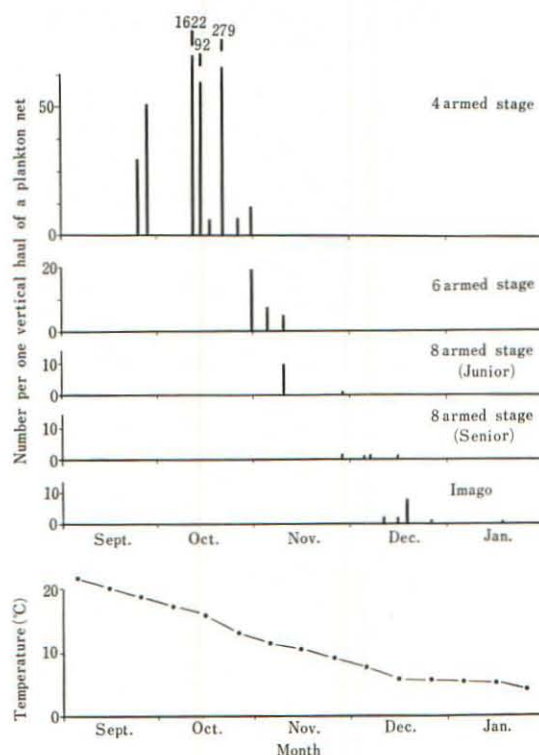


Fig. 10. Occurrence and number of each stage of plutei, and change of water temperature in Oshoro Bay in 1964.

2 浮遊幼生の出現時期

浮遊幼生の自然個体群の採集は1964年から1967年にわたり、毎年9月中旬から12月または1月下旬まで、1ないし7日間隔で忍路湾の中央部の水深6mの地点において、口径30cm、網目XX, 13のプランクトンネットで海底からの垂直びきによった。

同一時期に出現するウニ類の4腕期ブルテウスを比較すると、カンペン類、オカメブンブクでは後口桿に穴が存在し、オカメブンブクにのみ後中桿がある。また、キタムラサキウニにはエゾバフンウニにはない背走桿がある。このような形態的特長からエゾバフンウニのブルテウス幼生は他種の幼生から容易に区別することができる。忍路湾におけるエゾバフンウニのブルテウス出現時期を水温条件とともにFig. 10に示した。4腕期ブルテウスは9月下旬から11月上旬まで1か月以上にわたり出現をみ、6腕期ブルテウスは10月下旬から11月上旬にわたり、また、8腕期ブルテウスは11月中旬から12月上旬まで出現をみる。これに引きつづき変態後浮遊中の稚子が12月中旬から1月中旬にかけて出現する。浮遊期間中の水温は19°Cから5°Cまで下降しているのを、忍路湾の浮遊幼生は約15°Cほどの温度較差をもつ水域の中で生活していることになる。

4腕期ブルテウスは毎年9月下旬から10月下旬までの1か月以上の長期間にわたって出現しているが、体長200 μ 前後の個体群がこの期間中に数回みられ、しかも、それぞれの群は異なる成長の経過を辿っているようである(Fig. 11)。このことは、忍路湾では9月下旬から10月下旬までの間に、発生時期を異にする3ないし4の稚仔群が出現していることを推定させる。

なお、忍路湾で採集した標本には骨格の一部が欠除したり、腕の変形している奇形(Fig. 12)が多数出現することがあり、その出現率は遅く発生した群で高い傾向がある(Table 3)。

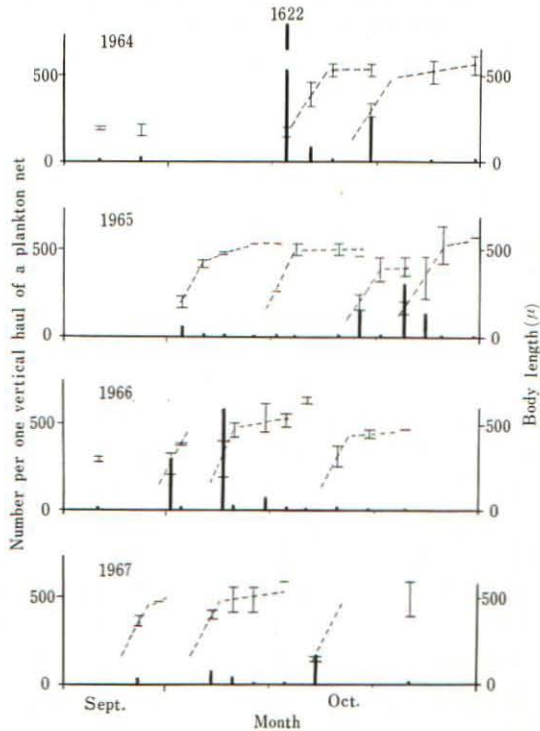


Fig. 11. Number of individuals and body length of the four-armed plutei in Oshoro Bay in 1964.

┃ : Number --- : Body length ┃ : Range of body length



Fig. 12. Abnormal pluteus collected from Oshoro Bay.

Table 3. Frequency of the abnormal pluteus in the four-armed pluteus in Oshoro Bay.

Year	Date	Number of pluteus	Number of abnormal pluteus	Rate of abnormal pluteus (%)
1964	Sept. 24	25	0	0
	Sept. 28	42	0	0
	Oct. 12	1,622	0	0
	Oct. 20	276	126	45.7
1965	Oct. 2	55	0	0
	Oct. 19	148	0	0
	Oct. 23	318	31	9.7
1966	Sept. 24	14	0	0
	Oct. 1	284	0	0
	Oct. 6	63	12	19.0

以上、忍路湾における浮遊稚仔群の出現について検討したが、その結果は次のように要約することができる。4腕期プルテウスは9月下旬から10月下旬までに3ないし4群に分かれて出現し、4腕期プルテウスが6腕期に移行するに要する日数は早くとも1週間と推定される。しかし、遅い時期に発生した群では高い奇形率を示し、それらは大体4腕期で発生が停止するので、6腕期を形成するのは10月上、中旬に産卵された群から发育した個体が主構成員であると推定される。

3 考 察

エゾバフンウニ幼生の发育過程はいくつかの段階に分けられる。受精から4腕期までの幼生は餌をとらずに发育し、浮遊生活に適応する時期であるが、4腕期からは摂餌を始め、8腕期までは体構成部位の発達が著しく進む。この期から変態期までに幼生の体内でウニ原基が发育するが、4腕期後は摂餌が正常に行なわれない限り、6腕期以後へ发育することはできない。したがって、浮遊生活期は4腕期を境にして、前期と後期に二分して考えることができる。

ウニ類の幼生の浮遊期間の長さについては、THEEL (1892), MORTENSEN (1898, 1921, 1931, 1937, 1938), MACBRIDE (1903, 1914 a, b), JOHNSON (1930), ONODA (1931, 1936), FUKUSHI (1960 a, b), 山辺 (1962), 中村ら (1965), TURNER (1965), DIX (1969), HINEGERDNER (1969), 角田ら (1970) などの報告があり、正形目では *Lytechinus variegatus* の16日が最も短く、*Strongylocentrotus droebachiensis* の9週間が最も長い記録で1ないし2か月間浮遊生活を続ける種が多い。しかし、これらの結果は *Triploneustes esculentus* (LEWIS 1958) を除いては全て飼育によっており、天然での浮遊期間の長さに関する報告は見当たらない。エゾバフンウニの場合には、飼育条件下では最も短い日数で30日、天然では1か月半以上の浮遊期間と推定されるので、正形目では一般的な長さであろう。

エゾバフンウニにみられるような長期間にわたる浮遊生活を経る種では、その間に浮遊幼生の大量の減耗をとまなうことは、本飼育実験で明らかにされた。忍路湾における4腕期プルテウス以後の出現量が極端に少ないのはこのためであろう。THORSON (1946, 1950) は海産無脊椎動物の浮遊期間中の減耗の原因として、水温、餌料条件、海流による流失、変態時の食性の変化、不適な底質への沈着、害敵などを挙げ、このうち最も重要な条件は餌料であると述べている。すでに述べたように、エゾバフンウニのプルテウスは後期浮遊期における摂餌条件が不適当であれば成長は停止し、6腕期以降への発育はない。したがって、エゾバフンウニにおいても後期浮遊期における餌料条件が幼生発育の重要な要因であることは間違いないであろう。しかし、同一餌料条件下でも母体の成熟条件によって、プルテウスの発育や減耗に相違がみられるから、浮遊稚仔の減耗は浮遊期間中における餌料条件とともに、卵形質によっても、本質的に支配されることを十分留意する必要があるであろう。

以上、浮遊幼生の減耗の要因として、出生群の質と餌料条件の2つの要因の重要性を指摘したが、この2つのうち、いずれが底生生活に移行するまでの幼生の減耗に大きく影響しているのか、また、卵形質の何が正常な発育を阻害しているのか、さらに6腕期以後底生移行に至るまでに、他のどのような減耗要因が働いているのかについては、本研究では明らかにしえなかった。

変態後のウニ類の幼生は、適当な底質がなければ浮遊期間を延長して沈着しないことが、MORTENSEN (1921, 1938) によって報告されている。エゾバフンウニでは、人工飼育条件下では変態後まだプルテウスの腕が残っている場合でも沈着するが、自然個体群では腕が全部吸収されてもお浮遊している個体が多くみられ、変態後直ちに底生に移行するとは限らないことを示している。しかし、これがいわゆる researching period であるかどうか、また、底生移行がどのような機構のもとでなされるかという問題は今のところ全く不明である。海産無脊椎動物の浮遊稚仔群の分布様式について林ら (1967) は、潮流などにつくられる渦流により集積されるというような単純な機構でなく、潮汐流がつくりだす水塊構造の中で、幼生群が独自の領域を占める結果であろうと推論している。浮遊稚仔群の減耗要因とともに、分布様式や底生移行の機構を明らかにすることは、ウニ類の生態にとっても、また、資源の動態を予察する上にも今後に残された大きな課題となるであろう。

IV 底生群の生活過程

種個体群の生物物質の生産は、成長、添加、移入、死亡、移出という構造的な側面と、これを支える種独自のエネルギー転換様式という機能的な側面が統一的に実現された結果であり、その過程が種個体群の生活過程でもある。個体群は、高齢群の死亡と添加群としての稚仔群の加入という構成員の更新により、その大きさが支えられ生物物質の生産が維持されている。したがって、個体群の年齢や成長現象を明らかにしておくことは、個体群の生活過程を知るうえで必要不可欠な項目であり、また、これらの現象は個体群が生活場所をどのように利用し、どのような摂餌を行ない、どのような生物的生産を行なっているかという、生活に関する具体的な問題と深い関連をもつものである。このような観点から、自然海域に生息する個体群の示す生活現象を正しく把握することは、資源の動態を予測する上に、大きな手掛りを与えてくれるとともに、資源管理や増殖技術に関する基礎的な知見を提供してくれるであろう。エゾバフンウニの生活過程の前半である浮遊期の生態的側面のうち、特に数量変動に関連する諸問題については、すでに前章において述べてきた。この章では底生生活に移行した個体群のたどる生活過程について、得られた研究結果を述べることにする。

1 年齢と成長

従来ウニ類の年齢は、殻板上の色素帯 (MOORE 1935, 川村 1966 c), 飼育 (BULL 1938, SWAN 1961, LEWIS 1966, FUJI 1967, 平野 1968, HINEGARDNER 1969, JENSEN 1969b, 角田ほか 1970), 標識放流 (FUJI, R. A. 1963, EBERT 1968), 自然個体群の殻径組成 (ELMHIRST 1922, AIYAR 1935, MOORE 1936, NATAF 1954, LEWIS 1958, 1966, SWAN 1958, URSIN 1960, 富士 1963, FUJI 1967, HINES and KENNY 1967,

井上ほか 1969) のいずれかの方法で査定している。エゾバフンウニの殻板には年齢形質として使用できる色素帯の沈着はなく、また、Tagging (富士 1962, EBERT 1965) による方法では成長障害や死亡率が高く (川村・林 1964), 良好な結果は得られない。また、殻径組成の分析による方法は各個体の年齢を確実に査定することができないので、採集した標本に異なる成長度を示す個体が混在している場合にも、それらを分離することはできない。したがって、これらのいずれの方法によっても、生息場所を細分化し、それぞれの生息場所のもつ環境特性がウニの成長にどのように影響するか解析することはできない。個体の年齢や成長の履歴を確実に査定できる新たな方法の確立が望まれるところである。

(1) 年 齢 査 定

JENSEN (1969 a) はウニの間歩帯板の内面を焼き、表面に現われる輪紋を年輪として認めている。殻板の厚いエゾバフンウニのような種類では、この方法では明瞭な輪紋の出現が認め難いので、ここでは生殖板、眼板の外面にあるイボがなくなるまで砥石で研磨した後、アルコールランプで加熱し、キシロールで透化する方法をとった。

生殖板または眼板にみられる輪紋を Fig. 13 に示した。各板の中央部には白色不透明部があり、これに続

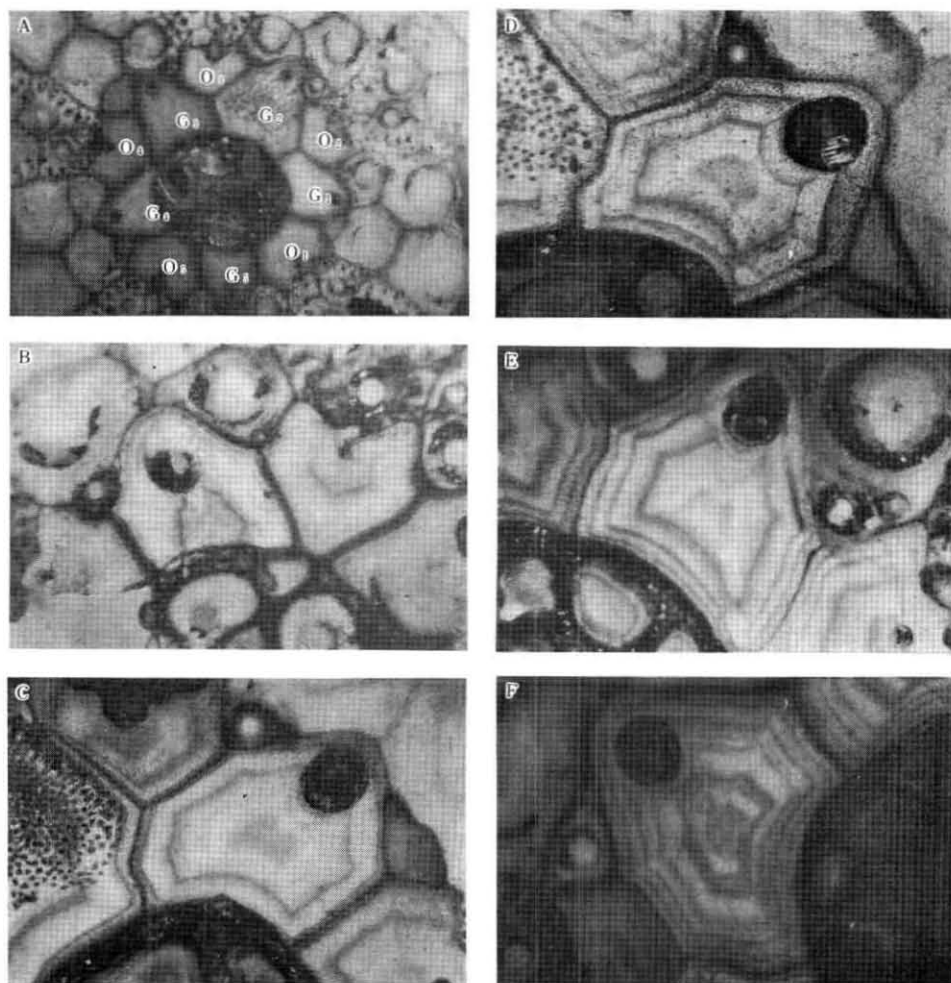


Fig. 13. Horizontal section of the genital plates.
Number of black ring, A-1, B-2, C-3, D-4, E-5, F-6,
G. Genital plate, O, Ocular plate.

き外側に向って黒色帯、白色不透明部が交互に現われている。毎月一回周年にわたり採集した標本の生殖板外縁部の色彩の変化を Fig. 14 に示した。黒色帯から白色帯への変化は 11 月から 12 月に、白色帯から黒色帯への変化は 5 月から 6 月の短期間に起こり、この交代は全個体にみられた。いま、忍路湾の水深 2m 以浅の水域から、1970 年 9 月に採集した自然集団の殻径組成を Harding の確率紙法により分離した殻径群と輪紋の輪数からえた殻径群を比較してみると Table 4, Fig. 15 の結果が得られる。両者の結果は極めて類似した値をとることは明らかであろう。また、第 5 生殖板の横幅 (Fig. 16) と殻径との関係は殻径を D 、生殖板の幅を r とすれば、 $r = (0.045 \pm 0.0039) D + 0.094$ という一次式が成立する (Fig. 17)。この関係式に基づいて、各輪紋幅の大きさから推定した殻径は、輪紋の輪数による殻径群の示す平均殻径と近似した値をとることが Table 4 と Table 5 の比較から容易に知りうる。

以上 3 つの事実は、エゾバフンウニの生殖板にみられる輪紋を年齢形質として認めることが、極めて高い妥当性を有することを物語っている。

(2) 成長の地域的变化

エゾバフンウニの成長曲線が Bertalanffy の成長式に当てはまることは、すでに FUJII (1967) によって明

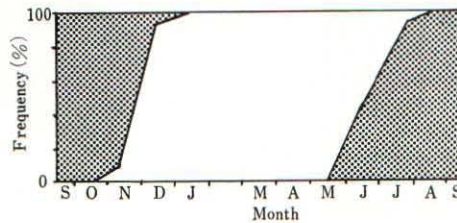


Fig. 14. Seasonal variation of colour in the outmost zone of genital plate.

□:White ▨:Black

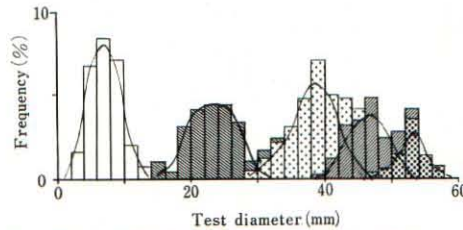


Fig. 15. Test diameter distribution of each age group of the sea urchin in Oshoro Bay.

□:1 year ▨:2 years ▨:3 years ▨:4 years ▨:5 years

Table 4. Average test diameter (mm) estimated from annual rings on the genital plates and fitted normal curves.

Age	Number of individuals	Diameter of annual ring (mm)	Diameter computed from fitted normal curves (mm)
1	81	6.9 ± 2.3	7.0 ± 2.3
2	56	23.7 ± 2.6	23.3 ± 3.0
3	79	38.4 ± 2.8	38.5 ± 2.8
4	74	46.3 ± 3.6	46.2 ± 2.7
5	24	53.1 ± 3.6	52.8 ± 1.9

らかにされている。そこで忍路湾では年齢形質による測定値を、また、他の地域では Harding の方法によって分離した殻径群の値 (Table 6) から Bertalanffy の成長式 (Table 7) を求めた。エゾバフンウニの殻径と体重との間には $W=a D^n$ という関係が成立し、しかも係数 a , n は周年有意差を示さないことが知られている (FUJI 1967) ので、先に示した成長式と殻径に対する体重との関係式 (Table 8) から、年齢による体重が知りうる。Table 7 の下段がその結果である。Table 8 の関係式により求めた体重と Bertalanffy の 3 乗式により求めた体重の間には、5% の危険率 (a , $t_0=0.2687$, $t=2.447$), (n , $t_0=0.4872$, $t=2.447$) で有意差は認められなかった。なお、ここでいう年齢群は、満年齢を用いているので、産卵後 12 か月未満は 0 齢群、12 か月より 24 か月までを 1 齢群というようにあらわしてある。

日本海沿岸の忍路湾と船泊はほぼ同じ成長度を示し、成長は極めてにぶい。これに対して羅臼では良好な成長を示しており、羅臼の 4 齢群に属する個体の殻径は忍路湾の 5 齢群の個体の示す殻径とほぼ等しい。井

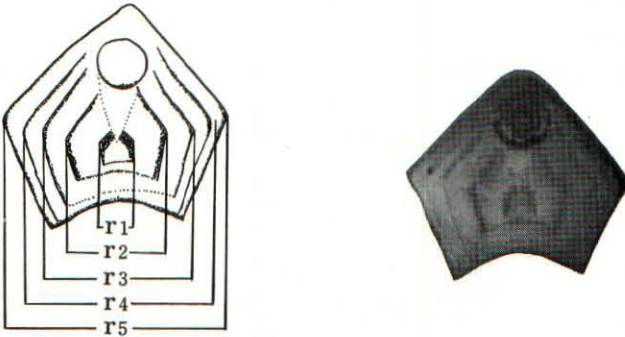


Fig. 16. Fifth genital plate of five years-old sea urchin. The ring numbers indicate ages.

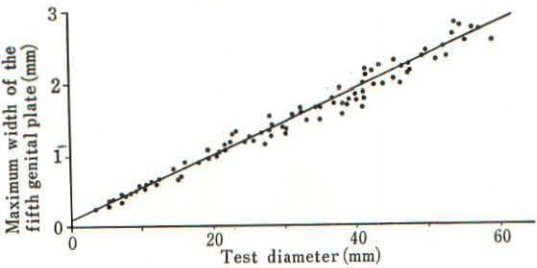


Fig. 17. Relation between the test diameter and the maximum width of the fifth genital plate.

Table 5. Test diameter (mm) of the different size groups estimated from intervals of the annual rings appeared in the fifth genital plates.

Number of ring	Size group				
	1	2	3	4	5
1	6.9				
2	7.2	23.7			
3	8.1	23.5	38.4		
4	7.8	24.1	36.5	46.3	
5	7.6	23.7	36.5	45.7	53.1
Mean	7.5	23.7	37.5	46.0	53.1

Table 6. Average test diameter (mm) of each age group in different localities.

Locality	Date	Age or order of mode						
		0	1	2	3	4	5	6
Funadomari	1962 June	5.8	24.3	35.6	45.1	51.6		
	1963 June		23.0	35.4	45.2	52.8		
	1964 July	4.7	22.8	34.5	43.9	52.0		
Oshoro (Depth < 2m) (Depth, 5-7m)	1970 Sept.		6.9	23.7	38.4	46.3	53.1	
	1970 Sept.			25.6	37.4	42.8	46.4	51.3
Ikantai								
Full area	1966 Aug.	12.5	25.0	38.1	47.8	57.0	65.1	
Nishise	1966 Aug.	12.4	26.0	39.2	53.0			
Nishise	1967 Mar.		18.0	32.4	43.0			
Nishise	1967 May	5.2	23.2	36.0	43.8			
Full area	1967 July	9.1	23.8	35.7	44.5	51.9	62.9	
Nishise	1967 July	6.6	26.0	39.0	47.4	56.4	63.2	
Nishise	1967 Nov.		9.4	25.3	34.0	41.0	50.7	
Rausu	1967 Aug.		19.2	34.2	44.4	54.0	62.3	
	1968 July		18.0	33.4	43.0	52.0	60.8	
	1969 July		18.4	34.7	43.5	51.7	59.8	

Table 7. Growth formulas of *S. intermedius* in the different localities.

Locality	Growth formula	Age					Fit test of χ^2
		1	2	3	4	5	
Funadomari	$Dt=70.9(1-e^{-0.312(t-0.595)})$	8.4	25.2	37.4	46.4	53.0	$\chi^2_0=5.80, (n=12)$
	$Wt=127(1-e^{-0.312(t-0.595)})^3$	0.3	5.7	18.7	35.5	52.9	$0.95>Pr>0.90$
Oshoro (Depth, 0-2m)	$Dt=70.3(1-e^{-0.324(t-0.640)})$	7.7	25.1	37.6	46.4	53.0	$\chi^2_0=0.40, (n=3)$
	$Wt=128(1-e^{-0.324(t-0.640)})^3$	0.2	5.8	19.6	37.5	55.5	$0.95>Pr>0.90$
Oshoro (Depth, 5-7m)	$Dt=55.3(1-e^{-0.467(t-0.707)})$	7.1	25.1	36.3	43.4	47.8	$\chi^2_0=1.81, (n=3)$
	$Wt=63.4(1-e^{-0.467(t-0.707)})^3$	0.2	5.9	18.0	31.0	41.0	$0.70>Pr>0.50$
Ikantai	$Dt=74.15(1-e^{-0.281(t-0.340)})$	12.5	27.5	39.0	47.5	54.0	$\chi^2_0=21.6, (n=32)$
	$Wt=146.9(1-e^{-0.281(t-0.340)})^3$	0.8	8.1	22.6	40.3	58.8	$0.90>Pr>0.80$
Rausu	$Dt=87.6(1-e^{-0.238(t-0.017)})$	18.1	33.5	44.3	53.2	60.6	$\chi^2_0=6.70, (n=13)$
	$Wt=257(1-e^{-0.238(t-0.017)})^3$	2.3	14.3	33.3	58.3	85.2	$0.95>Pr>0.90$

Table 8. Regression formulas showing the relationship between test diameter (mm) and total weight (gr) of the sea urchins collected from different localities.

Locality	Regression formula
Funadomari	$W=0.000494D^{2.932}$
Oshoro	$W=0.000481D^{2.937}$
Ikantai	$W=0.000474D^{2.940}$
Rausu	$W=0.000498D^{2.941}$

寒台では日本海沿岸よりわずかに成長度は良いようである。

同一地域内における成長の場所的変化をみるために、忍路湾の水深 2m 以浅と水深 5～7m に生息している個体の成長を Table 7 に示した。両者の成長には高齡群で差が認められ、水深 2m 以浅の個体群の方が成長が早い。水深 2m 以浅には亀裂のある岩礁が多く、ホソメコブを主体とする海藻群落が存在するのに対して、水深 5～7m では直径 50cm 未満の転石帯で、石灰藻以外には海藻類の着生がみられない。このような事実はエゾバフンウニの殻の成長は同一地域であっても、生活場所の異質性に対応して、差異のあることを物語るものである。

2 生殖巣の質・量変化

ウニ類の生殖巣発達に関しては、生殖巣内における生殖細胞の發育過程 (TENNET & ITO, 1946, YOSHIDA, 1952, FUJI, 1960 a, CHATLYNNE, 1969), 生殖巣の季節変化 (MOORE, 1934, 1937, LASKER & GIESE, 1954, BENNETT & GIESE 1955, LEWIS 1958, BOOLOOTIAN & GIESE 1959, FUJI 1960 a, b, c, 1967, 川村 1960, 1964 a, 1965 a, 1967, 1968, MOORE et al 1963 a, 小原ほか 1964, PEARSE & PHILLIPS 1968, PEARSE 1969 a, b, JENSEN 1966), 生殖巣の有機物組成の変化 (STOTT 1931, TENNET et al 1931, 三輪 1966) などから多数の報告がある。エゾバフンウニについては FUJI (1960 a, b, c, 1967), 川村 (1960, 1963, 1965 a, b, 1967, 1968), 川村・林 (1965 b), 川村・滝 (1965), 小原ほか (1964), ウニ研究グループ (1962) などによって、生殖巣細胞の形成過程、生殖巣の質・量の季節変化について多くの知見が得られている。すでに前章で明らかにしたように、浮遊稚仔群の出現状態から生殖物質の放出が個体群には数回あることを推定させるが、生活場所の違いによる生殖巣發育過程の差異など、個体群内部にみられる生殖生態の多様性を検討した例はほとんどない。ここでは個体群への添加を保証するための生殖機構が個体群内部でどのような仕組みになっているかを明らかにすることに焦点をおいた。

生殖巣の質的变化の観察には、生殖巣の一部をブアン液で固定し、10 μ m のパラフィン切片を作り、デラフィールド、ヘマトキシリンとエオシンの二重染色によるプレパラートを作製した。生殖巣の質的区分は組織像を FUJI (1960 a) に従い、未発達期、発達期または回復期、成長期、成熟前期、成熟後期、放出期の各期に分けた。

産卵期直前における生殖巣成熟の状態を殻径の増加に伴う変化として、組織像の結果からまとめてみたのが Fig. 18 である。忍路湾の水深 1m 以浅から採集した個体群は、雌雄ともに殻径 15～20mm の個体のうちの 50% 以上が成熟に達している。しかし、水深 1.5m 以深に生息する個体では、殻径 30mm 以上の個体のみが成熟している。このような水深による群成熟度の差異は船泊、羅臼でも同一傾向として認められる。各地域における年齢と殻径 (Table 7) から、忍路、船泊では殻径 15 ないし 20mm 台の個体は満 2 年に、また、殻径 30mm 台の個体は満 3 年に相当する個体であり、一方、羅臼における殻径 30mm 台の個体は満 2 年に、40mm 台の個体は満 3 年に対応している。したがって、いずれの地域でも、水深の浅い個所に生息する個体は 1 齡群から生殖巣は発達しはじめ、満 2 年で成熟に達するが、水深の深い個所に生息する個体では、満 3 年でなければ成熟に達することはないというのが共通の現象である。

ところで水深 2m 以浅に生息する 1, 2, 3 齡群と水深 4 ないし 5m に生息する 3 齡以上の個体群の生殖細胞の發育過程を季節的に辿ってみると (Fig. 19), 1 齡群の生殖細胞の發育過程は發育の初期 (発達期, 成熟前期) には明らかに 2 齡以上の群と異なっている。成熟後期や放出期は年齢群や生息水深にかかわらず、ほぼ、9 月上旬から 10 月下旬の期間に対応していることがわかる。このことから産卵群に加入した個体の生殖細胞放出は、初成熟群でも経産卵群でも大きな時期的な差異はなく、ある期間内に行なわれるといえる。しかし、このことは同一時期に同時に生殖細胞の放出が行なわれることを意味するわけではない。成熟期から放出期にわたる時期である 9 月下旬から 10 月下旬にかけて、異なる水深に生息する個体群について生殖細胞の發育過程を比較してみると、Fig. 20 のような結果が得られる。忍路湾の個体群については、1966 年 9 月 21 日には、どの水深でも生殖細胞を放出した個体はみられない。9 月 27 日には、水深 1m 以浅でのみ一部放出した個体がみられ、この状態は 10 月 3 日まで続いている。10 月 6 日には、水深 1m 以浅に生息する全

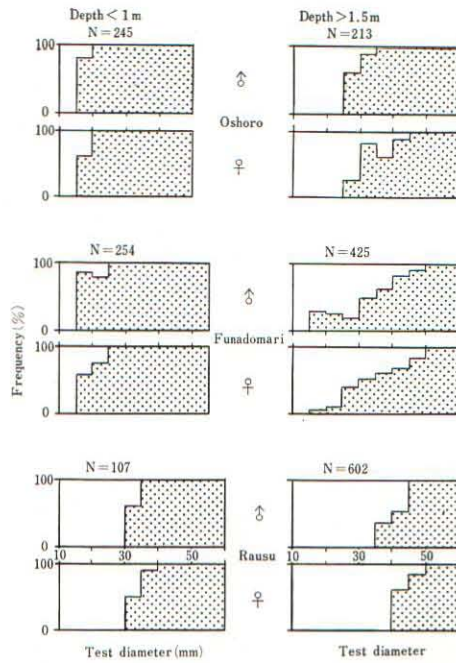


Fig. 18. Histogram showing the relation between the test diameter and the gonad maturity of the sea urchin inhabiting in the different depths.

□ : Immature ■ : Mature

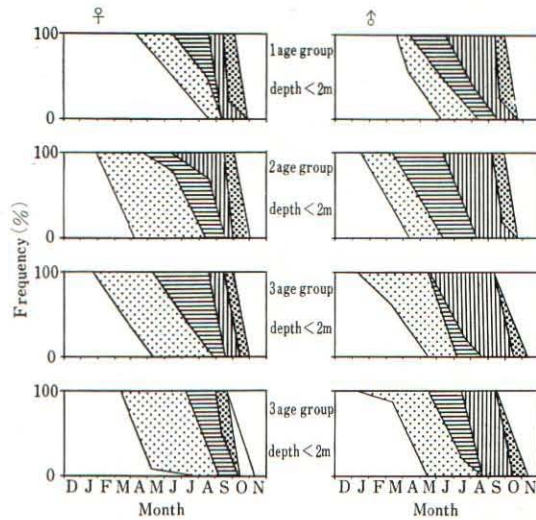


Fig. 19. Seasonal variation of the gonad stage of the different age groups and of the third age group from deeper places in Oshoro Bay.

□ : Developing or Recovering ■ : Growing ▨ : Pre-mature ▩ : Mature ▩ : Spent

個体はすでに放出しているが、3m以深に生息する個体のうち、生殖細胞を放出している個体は全くみられず、10月17日以降に放出している。また、1967年の10月3日には水深1m以浅では全個体が放出している。これに対して、水深5m以深に生息する全個体は、この時期に生殖細胞を放出していない。10月12日は10月3日と同様であり、3m以深の個体が生殖細胞を放出するのは10月26日であった。この現象は、エゾバフンウニの生殖細胞放出は、生殖期間のうちでごく短期日のうちに行なわれ、しかもこの放出期は、浅い処に生息する個体群から深い処に生息する個体群へと、順次に移行していくものと推定される。この推定は前章ですでに述べた浮遊幼生群が、この期間中に時期の異なる3ないし4群として出現している現象を裏付けている。忍路湾の生殖期における個体群の年齢組成は水深により異なっており (Table 9), 水深1m以浅には2齢群を主体とした若齢群のみがみられる。この産卵群はすでに述べたように、大部分の個体が初回産卵群に属している。したがって忍路湾では初成熟群が生殖期のはじめの時期に産卵し、高齢群がこれについて放出するものと考えられる。

次に、生殖巣の成熟過程を生殖巣の量的変化の面から検討してみる。生殖巣の量的な発達状態は生殖巣指



Fig. 20. Variation of the gonad stages of the sea urchins inhabiting in the different depths in Oshoro Bay.

Table 9. Age composition (%) of the sea urchins collected from the different depths in Oshoro Bay.

Depth (m)	Number of individuals	Age			
		2	3	4	5
0.3—0.5	245	75.7	21.6	3.7	
2	213	8.9	27.0	44.9	19.2
5	65		9.1	36.3	54.6

数として、 $\frac{\text{生殖巣重量}}{\text{全重量}} \times 10$ で示される相対重量を用い、年齢群別の生殖巣指数の季節変化として Fig. 21 に示した。生殖巣指数はどの年齢群でも、春から夏に発達し、9月に最大値をとり以後急激に減少する。この減少時期は組織像から区分した生殖物質の放出期に一致している。また、成熟期における各漁場での生殖巣指数の分布 (Fig. 22) をみると、羅臼ではほぼ全域にわたり良く発達しているのに対して、船泊、井寒台で

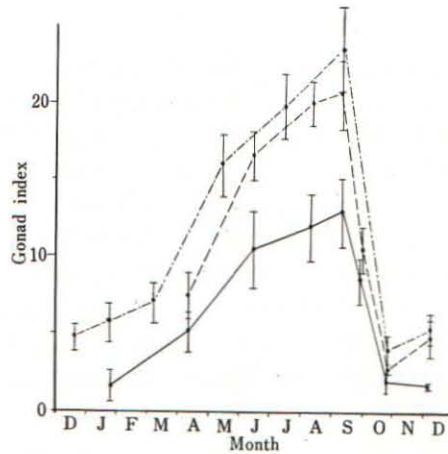


Fig. 21. Seasonal variation of the gonad index in the different age groups in Oshoro Bay.

—: 1 year ---: 2 years: 3 years

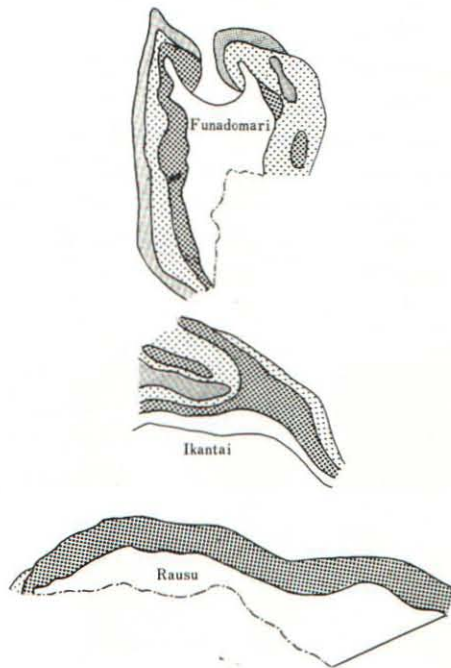


Fig. 22. Distribution of gonad index in three different localities.

■: <1.0 ▨: 1.0-1.5 ▩: >1.5

は、生殖巣指数の小さい発達の劣った個体の生息している地域も広くみられ、場所による生殖巣発達の変化が著しい。これらの結果は、エゾバフンウニの成熟過程が生殖巣の質的变化と対応して、量的な面でも、個体群内部で多様性を持っており、それが浮遊幼生群の出現の質・量変化にも関連のあることを示すものである。

3 分 布

北海道におけるエゾバフンウニ漁場は、岩礁、玉石、砂礫、転石地帯に形成されている（川村 1960）。海底地形とウニの分布（LINDAHL & RUNNSTRÖM 1929, MOORE 1934, 川名 1938, 山口ほか 1959, MOORE et al 1963 a, b, 川村 1964 b, 1969, BUCHANAN 1967, 井上ら 1969）、移動（ORTON 1929, STOTT 1931, MOORE 1934, LEWIS 1958, MOORE et al 1963 a, BUCHANAN 1967）、昼夜による活動領域の変化（川名 1938, SINCLAIR 1959, THORNTON 1956, SHARP & GRAY 1962, YOSHIDA 1966）などに関するこれまでの知見では、ウニの生活過程にともなう底質条件との対応関係は断片的に明らかにされているのみで、体系的な認識は得られていない。分布は種個体群の時空間的な存在形式である。種個体群が占める生活領域は異質性をもつのが自然においては一般的であり、この異質性に対応して、種個体群がどのように住み場所を有利に利用しているかを、明らかにしておくことは、エゾバフンウニ個体群の生活過程を正しく認識する上に必要な事項であり、また、ウニ漁場における資源の増殖にも必要な知見を提供するものであると考えられる。

(1) 年齢群の生活領域

井寒台に 70 の調査地点を設けて、底質とウニの分布状態を SCUBA 潜水により観察記録した結果では、この調査区は礫底から岩盤底まで、多様な底質からなっている。しかし、全点を整理してみると、この調査区の底質は、次の 5 つの基本的な型のいずれかに属する（FUJI & KAWAMURA 1970 a, Fig. 23）。

A₁ 型：平坦な岩盤であるが、若干の浅い溝のあることもある。

A₂ 型：平坦な岩盤であるが、ここに深い狭い溝が走っており、溝の中には玉石が散在していることもある。

B 型：岩盤または礫底上に直径 30cm 以下の玉石が多数散在している。

C 型：岩底または礫底で直径 50cm 以上の転石が散在し、玉石は少ない。

D 型：砂礫底で玉石が点在することもあるが、その数はごく少ない。

各型の代表的な様相を示したのが Fig. 24 である。この型を基準にして、研究対象とした 4 漁場における底質区の面積、相対比を Table 10 に示した。各地域ともに A₁ 型区は 10 ないし 20%、A₂ 型区 5% 以下で変化が少ないが、B、C、D 型区は地域による変化が著しい。C 型区は忍路以外の地域では最も広い面積を占め、井寒台、羅臼では 50% を越えている。D 型区は忍路湾で最も広く、この湾の半分以上を占めているが、他の漁場では 10 ないし 20% にとどまっている。

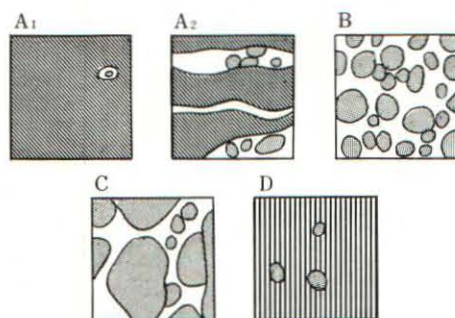


Fig. 23. Classification of the bottom types in where the sea urchins are inhabiting.

■ : Rock ■ : Stone ▨ : Sand

底質条件とウニの年齢群による分布との関係が、各漁場によってどのように変化しているかを知るため、夏期における底質区ごとの年齢群の 1m^2 当り平均密度を Table 11 に一括して示した。0, 1 齢群または 2 齢群の密度は、いずれの地域においても、B 型区で高く、高齢群の密度は低い。これに対して、C 型区では高齢群が卓越している。このように若齢群は B 型区に高齢群は C 型区に多い傾向は、各漁場に共通する現象である。D 型区ではいずれの地域でもウニの密度は極めて低い。ただ、ここで注意することは、 A_1 型区には船泊と忍路湾で 0 齢群が高密度であるのに対して、井寒台および羅臼では極めて低いということである。

A_1 型底質区は各漁場における海藻類の着生基質の主要部分である。海藻類の着生状態とデトライタス、砂泥の沈積状態から、 A_1 型区は次の 5 つの型に細分される (Fig. 25)。

A_{1-a} 型：岩礁上には、海藻類の着生はほとんどなくデトライタスの沈積もみられない。 A_1 型の原型に

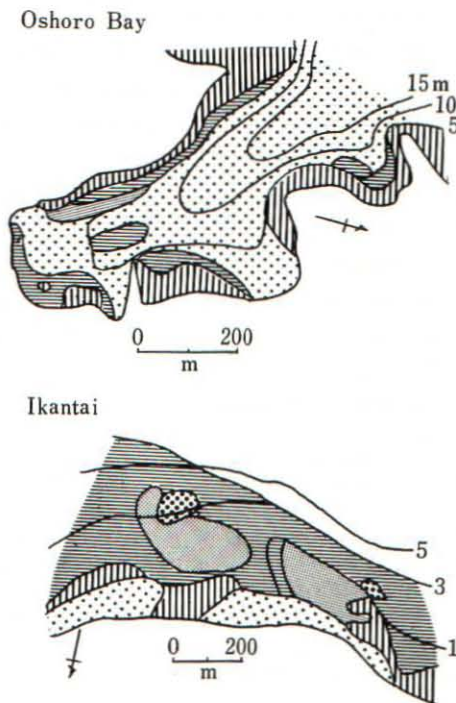


Fig. 24 Diagrammatic representation of habitats classified by the bottom types in Oshoro Bay and Ikantai.

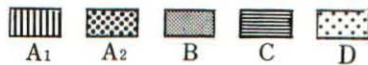


Table 10. Area of each bottom type in the different localities.

Locality	Bottom type									
	A_1		A_2		B		C		D	
	$\times 10^4\text{m}^2$	%	$\times 10^4\text{m}^2$	%	$\times 10^4\text{m}^2$	%	$\times 10^4\text{m}^2$	%	$\times 10^4\text{m}^2$	%
Funadomari	147	21	35	5	217	31	245	35	56	8
Oshoro	3.2	16	0.4	2	0.6	3	3	15	12.8	64
Ikantai	4.4	15	0.3	1	5.3	18	14.5	50	4.6	16
Rausu	45	9	15	3	45	9	350	61	30	18

当る。

A₁-b 型：コンブ、ホンダワラ類その他の大型海藻類が着生しているが、繁茂の程度は疎で、デトライタスの沈積はわずかである。

A₁-c 型：エゾヤハズ、オキツノリ、ソゾ類その他の小型の海藻の群落が形成され、デトライタスの沈積も若干認められる。

A₁-d 型：A₁-c 型に類似しているが、デトライタス、砂泥の沈積が多い。砂泥の沈積が多量となり、スガモが優占すると D 型に移行する。

A₁-e 型：岩盤に浅い凹凸があり、凸部には海藻の群落が認められる。岩盤の凹凸が深く、長くなれば A₂ 型であるが、両者の境界は判然としない。

この細分された底質型に基づいて 忍路湾の 0 齢群の平均密度の変化をみると (Table 12), 6 月には A₁-c 型区で最も高い密度 (95/m²) を示し、次いで A₁-d, A₁-e, A₁-b の順となり, A₁-a, D 型区には全く分布せず, C 型区では A₁-c 型区の 1/10 以下にすぎない。9 月では 6 月に比較して変化が少ないが, A₁-d 型区での密度減少が著しい。忍路湾や船泊の西岸には A₁-c, A₁-e 型の平磯が広範囲にみられるのに対して, 井寒台, 羅臼では A₁-c, A₁-e 型は少なく, A₁-a または A₁-b 型区が多いことが, A₁ 型区における 0 齢群の密度の地域的な差異をもたらしめているものと解釈される。

以上の事実から, 0 齢群は B 型にはいずれの地域でも分布するが, A₁ 型区では海藻および沈積物の状態によって, 分布密度が変化するといえよう。0 齢群の生活場所の条件として, 1) 餌料としてのデトライタスが存在すること, 2) 波浪から体を保護することができること, 3) 光から体をかくすことができることなどが挙げられようが, B 型区および A₁-c 型区はこれらの条件を満足させると考えられる。

さて, エゾバフソウニの生活過程をみると, 3 月は殻の成長期, 5 月は生殖巣の成長期, 7 月は成熟期,

Table 11. Density (n/m²) of each age group in each bottom type in the different localities.

Locality	Bottom type	Examined area (m ²)	Age			
			0	1	2	3
Funadomari	A ₁	9×4	39.5	0	0	0
	A ₂	8×4	1.0	39.2	22.1	5.1
	B	15×4	2.8	46.0	24.6	5.6
	C	20×4	0	0.8	1.9	10.0
	D	0	-	-	-	-
Oshoro	A ₁	12×1	55.3	0.7	0.4	0
	A ₂	11×1	4.2	5.2	2.1	0.4
	B	6×1	18.8	4.6	0.6	2.2
	C	12×1	0.8	1.1	1.5	3.3
	D	3×1	0	0	0	0
Ikantai	A ₁	6×1	0.1	0.5	0.5	1.1
	A ₂	4×1	2.4	14.0	12.6	18.2
	B	13×1	21.5	17.8	5.1	0.8
	C	38×1	0.3	3.1	3.7	11.6
	D	10×1	0.1	0.3	0.2	0.2
Rausu	A ₁	4×4	0.5	0.6	0.4	2.2
	A ₂	5×4	4.5	3.8	9.4	7.4
	B	8×4	7.6	11.5	16.6	7.4
	C	54×4	0.4	0.3	0.6	6.7
	D	5×4	0	0	0	0

11月は生殖期の終期にそれぞれ該当している (FUJI 1963, 1967)。そこで、これらの各時期における生活領域の拡がり、井寒台西の瀬漁場を対象として、年齢群の分布から検討したのが Fig. 26 であり、年齢群ごとに各底質区における密度の変動としてとらえたのが Fig. 27 である。

0 年齢群の分布は周年西の瀬の中央部の B 型区に集中的にみられる。1 年齢群になった 3 月には B 型区を中心として、それ以外の底質区を含む広い範囲に分布域を拡げるようになるが、高密度区は依然として B 型

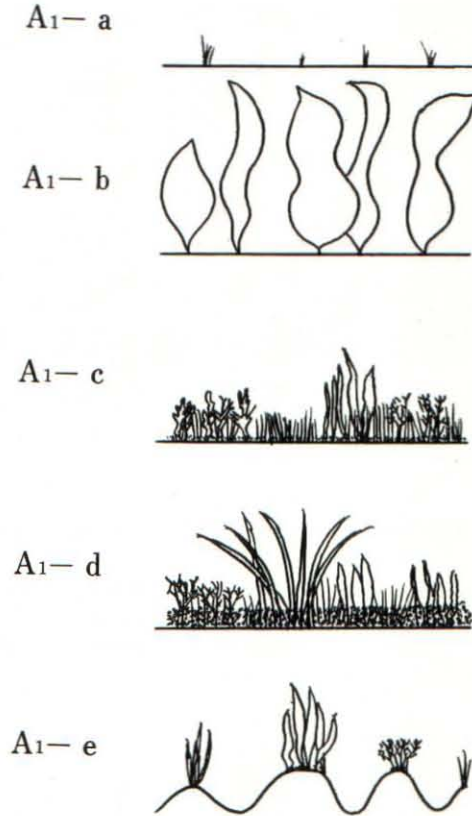


Fig. 25. Variety of the bottom type A₁ by vegetation and deposited detritus.

Table 12. Density (n/m²) of zero age group of sea urchins in each bottom type in Oshoro Bay.

Bottom type	June		September	
	Examined area (0.04m ²)	n/m ²	Examined area (1 m ²)	n/m ²
A ₁ -a	8	0	8	0
A ₁ -b	8	12.5	8	1.6
A ₁ -c	11	95.0	11	33.2
A ₁ -d	12	25.0	12	3.0
A ₁ -e	11	17.8	11	10.0
C	3	8.2	3	1.5
D	2	0	2	0

底質区に存在している。1 齢群も周年生活領域に大きな変化はないようである。

2 齢群は5月には西の瀬のB型底質区に高密度で分布しているが、7月には西の瀬東部のC型底質区で高密度を示し、しかも、西の瀬B型区の中央部は低密度に変わっている。後述するように、2 齢群は磯採漁業の対象となるので、この低密度は漁獲による影響も大きいと思われるが、しかし、漁期後の11月には再び西の瀬中央部に高密度区がみられる点を考慮するならば、7月の中央部の低密度化はウニがB型区からC型区へと移動したことが、その要因であるという可能性が強い。

3 齢以上の個体群は冬期から春期にかけて、西の瀬B型区にも分布を拡げる。しかし、岩礁列内側の深み

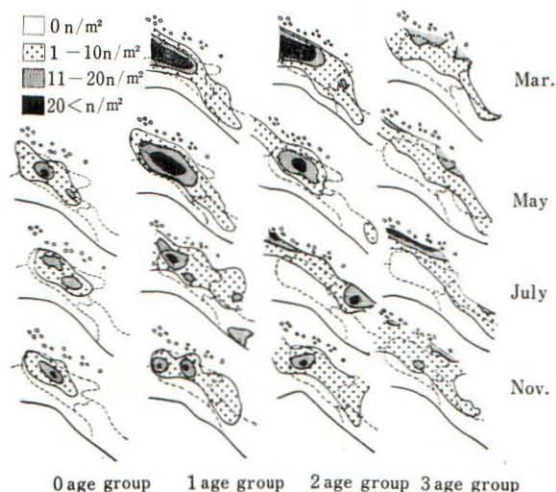


Fig. 26. Seasonal distribution of each age-group of the sea urchins in Nishise of Ikantai. Dotted line shows a boundary of the bottom zonation.

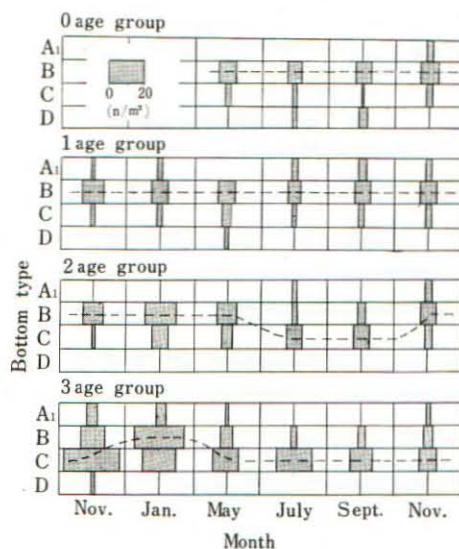


Fig. 27. Seasonal fluctuation of the average density at the different habitats in Nishise of Ikantai.

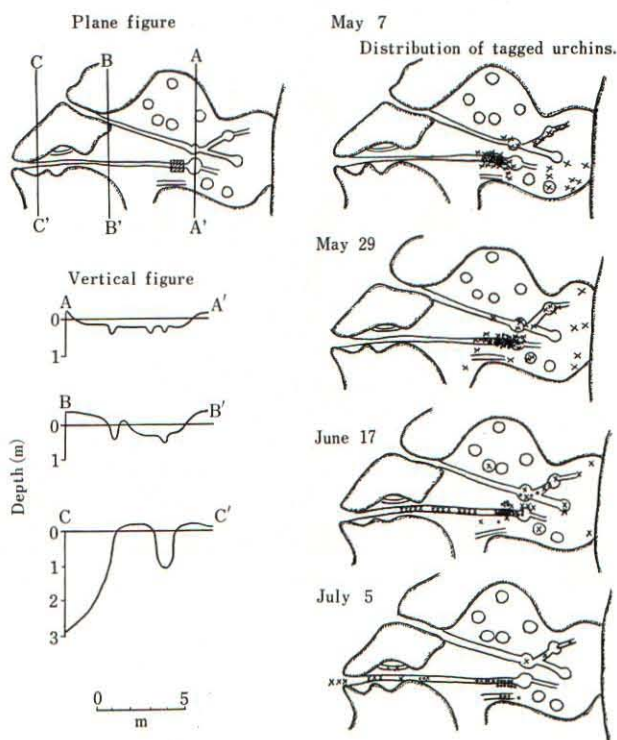


Fig. 28. Tagging experiments for both one and two age groups of *S. intermedius* made at 27 th April, 1967.

■ Discharged point •: 1 year x: 2 years

のC型区では、周年高密度分布を保っており、7月にはB型区にはほとんど分布をみないので、若干の移動があっても、C型区を主な生活領域としていと考えられる。

年齢群別の生活領域の範囲についての以上の検討から、2齢群は生活の年周期にともない、生活の場を変遷している可能性が強いことが指摘された。この点をさらに検討するため、1970年4月27日、忍路湾のA₂型の溝（水深20~30cm）に、1, 2齢群に属するおのおの70個体をナイルブルー生体染色法（川村・林1964）により標識放流し、移動の実態を調べた。Fig. 28に示すように、5月には1, 2齢群ともに、放流地点から、深みへの移動はほとんど認められない。しかし、6月以後には2齢群の深みへの移動が顕著に認められ、7月には水深2mまでの範囲に移動した個体がほぼ60%を占めるに至った。これに対して1齢群の移動は11%にとどまっているにすぎない。この結果は2齢群に属する個体が6月から7月にかけてC型底質区へ移動することを裏付けていると思われる。

(2) 場所分布

底質型はエゾバフンウニの生活領域形成の規制的役割りを果たしていることがわかったが、それではそれぞれの生活領域のなかで、個体相互間がどのような位置関係を保って生活しているであろうか。B, Cの各底質型に属する地点から若干の例をとり、ここに生活するウニの場所分布を検討した。とりあげた地点の1×1m方形枠内での底質とウニ個体の配列関係はFig. 29のようであり、殻径に基づく個体の大きさはFig. 29の下に示してある。1×1mを1/64m²を1区画とするように細分し、Poisson型の離隔係数（鳥居1952）を算出したところ、いずれの底質型でも $v/\bar{x} > 1$ が有意的である（Table 13）ので、エゾバフンウニは集中型非

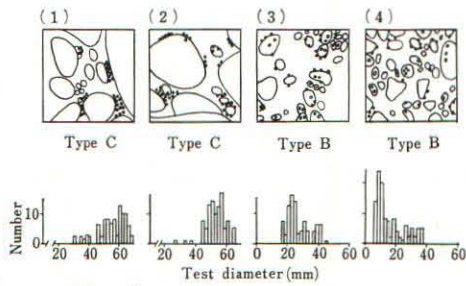


Fig. 29. Distributional pattern of *S. intermedius* according to bottom types.

Table 13. Divergence coefficient (F_0) of the sea urchins in Fig. 29.

	Station			
	(1)	(2)	(3)	(4)
$V/x=F_0$	4.94	5.10	1.79	1.82
$F(0.01)$	1.47	1.47	1.47	1.47

Table 14. Actual and theoretical frequency distribution of *S. intermedius* per unit area.

(1)			
Number per unit area	Frequency	Cole	Neman-A
0	54	54.7	47.7
1	3	2.5	0.5
2	3	2.6	15.8
3	1	1.0	
4	0	3.2	
5	1		
6	0		
7	1		
8	0		
9	1		
χ^2_0		0.18	
χ^2_0		9.21	

(2)			
Number per unit area	Frequency	Cole	Neman-A
0	48	49.8	51.8
1	5	3.9	0.1
2	2	3.4	12.1
3	3	2.5	
4	2	1.7	
5	0	0.2	
6	0	0.2	
7	2	2.3	
8	2		
9	0		
χ^2_0		2.05	240.47
χ^2_0		15.09	

(3)			
0	33	37.7	32.5
1	13	7.5	14.3
2	11	7.1	8.8
3	2	2.4	4.4
4	4	3.0	2.0
5	0	6.3	2.0
6	1		
7	0		
χ^2_0		11.6	4.55
χ^2_0		11.34	11.34

(4)			
0	37	42.0	36.4
1	11	7.1	14.9
2	11	7.8	8.8
3	2	2.5	3.9
4	1	1.5	
5	2	3.1	
6	0		
χ^2_0		4.90	
χ^2_0		11.34	11.34

Table 15. Structural correlation coefficient of the sea urchins in Fig. 29.

	Station			
	(1)	(2)	(3)	(4)
γ	0.177	-0.018	0.300	0.117
$ t_0 $	0.456	0.265	4.70	1.73
$t(n=222)$	0.674 ($\alpha=0.5$)	0.674 ($\alpha=0.5$)	3.29 ($\alpha=0.001$)	1.96 ($\alpha=0.05$) 1.64 ($\alpha=0.10$)

Poisson 分布に該当する度数分布を示すと考えられる。観測度数の分布を Cole の理論度数および Neyman A 型の函数型に当てはめて、その適合度を検定してみたところ (Table 14), B 型区では Neyman A 型, C 型では Cole の理論度数にしたがう。こうした確率分布は、各観測区内での観測値の現われる順序には無関係であるから、この型だけから地点的な場所構造を明らかにすることはできない。そこで鳥居 (1952) の標本構造相関係数 (γ) を求め構造判定に資した。各底質型にある地点の γ を一括したのが Table 15 である。この表から B 型では $\gamma > 0$ が成立し、C 型では $\gamma \geq 0$ が非有意であることがわかる。このことから、C 型底質区のウニの分布は強い斑状構造であり、B 型区では傾斜構造または集中群が偏在するようなウニの分布が示されていると推定される。

さらに、ウニの大きさや底質による分布をみれば、C 型では殻径 50mm 以上の大型群であり、B 型は小型群である。大型群ではウニは相互に接するように小群をつくっているが、小型群は主として石の下にもぐってお互に間隔をおいて分布しており、その存在様式に差がみられる。このように生活領域内でのウニの存在様式が发育の過程で変化することは、ウニ個体群が生活領域のもつ環境条件に対応した生活を営んでいることを示す 1 つのあらわれであろう。

4 摂 餌

ウニ類の摂餌に関連した研究は、消化管の構造と機能 (LASKER & GIESE 1954, STOTT 1955, FUJI 1961, ANDERSON 1966, BUCHANAN 1969), 食性 (DAWSON 1868, PARKER 1932, 木下 1933, MOORE 1934, 川名 1938, HANCOCK 1957, LEWIS 1963, 1964, 川村 1964 a, LEIGHTON et al 1966, 中村・井上 1965, PEARSE & GIESE 1966), 摂餌条件と摂餌量 (川名 1938, 大島ほか 1957, 中村・芳永 1962, FUJI 1962, 1967, MOORE et al 1963 a, BOOLOOTIAN & LASKER 1964, BUCHANAN 1966, 角田ほか 1970), 食物の消化吸收, 体増成への転換 (FUJI 1962, 1967, 川村・林 1965 a, b, JENSEN 1969 b, 角田ほか 1970) など多方面にわたってなされてきた。エゾバフンウニについては FUJI (1962, 1967) によって、消化管の構造と機能, ウニの年齢や季節による摂餌率, 同化率の変異, 水温, 光と摂餌との関係について、また、川村・林 (1965 a, b) により、摂餌率と成長率の季節変化, 水温による摂餌, 成長, 生殖巣の季節変化などが報告されている。しかし、以上の業績はいずれも飼育実験を主体とした結果であり、自然個体群の摂餌に関する知見は断片的にしか得られていない。食物供給が資源を支え、その数量変動に大きく関与していることは当然であろう。したがって、漁場におけるウニ個体群がどのような条件下で、どのような食物を、どれほど摂餌しているのか、そして、その結果として、ウニ個体群の生物的生产がどのようにになっているのかという、餌生物とウニの自然個体群とのつながりを明らかにしておくことが必要であろう。

(1) 食 性

各地域のウニの消化管内容物の種類をみると、いずれも緑藻、褐藻、紅藻類の外、小形の動物も出現している (Table 16)。

ウニの大きさにしたがって、主要な食物の変化を消化管内容物からみると (Fig. 30), 殻径 5mm までの個体は石灰藻、硅藻類を含むデトライタスが消化管内容物を構成している。殻径 5 ないし 10mm の大きさの個体では、デトライタスにさらに、小形の海藻が混在していることが多い。海藻の占める割合は殻径 10mm を越える個体では極めて高くなる。このことから、殻径 10mm ほどを境として、デトライタス性の食性から海藻性の食性への転換があるといえよう。井寒台におけるエゾバフンウニの消化管内容物を出現回数により

Table 16. Number of species found in the gut content of the sea urchins.

Locality	Chlorophyceae	Phaeophyceae	Phodophyceae	Animals	Others
Funadomari	4	14	20	7	4
Oshoro	4	11	19	6	5
Ikantai	5	7	14	6	6

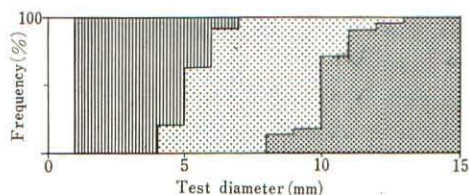


Fig. 30. Variation of gut contents of sea urchins by size.

: Detritus
 : Detritus + Algae
 : Algae

Table 18. Gut contents of the sea urchin. The figures show the percentage occupancy by dry weight.

Seaweeds	Age-group	Nov.	Jan.	May	July	Sept.
<i>Ulva pertusa</i>	I	19.6	13.6	2.9	4.8	13.1
	II	21.9	10.2	4.9	3.1	0.9
	III	14.7	6.3	1.2	0.8	0.7
<i>Laminaria angustata</i>	I	40.7	52.2	33.6	71.4	68.8
	II	49.8	67.5	61.2	78.2	80.2
	III	63.6	80.6	71.1	83.3	83.9
<i>Phyllospadix iwatensis</i>	I	20.1	8.8	17.9	5.2	6.6
	II	10.2	5.3	11.1	7.4	7.8
	III	6.8	6.8	9.8	3.6	6.1
Other	I	19.6	25.4	45.6	18.6	11.5
	II	18.1	17.0	22.8	11.3	11.1
	III	14.9	6.3	17.9	12.3	9.3

調べた結果は、アナアオサ、ミツイシコンブ、石灰藻類、スガモなどが卓越していることを示している (Table 17)。このうち、アナアオサ、スガモ、ミツイシコンブおよびその他の海藻類の被食割合を各年齢群ごとに、その年齢群に属する全個体の消化管内容物との乾燥重量比として求めてみると、Table 18 のように要約され、井寒台漁場での主要な餌料はミツイシコンブであることがわかる。

(2) 個体群の摂食

井寒台西瀬に生息するエゾパフンウニ個体群の変動を生息密度として求めた結果が Table 19 である。各調査期間に存在していた年齢群の大きさを、この期間の前後の調査時期における年齢群の大きさの平均値とし、かつ、その期間中の摂餌割合を先きに求めた消化管内容物の占有割合 (Table 18) の両時期の平均とするならば、各調査期間中の生息密度とこの摂餌割合の積は、各調査期間中に各々の海藻を摂食した年齢群の大きさを表わすことになる。このようにしてミツイシコンブを摂食する年齢群の大きさを求めた結果が Table 20 に示した個体数である。各年齢群の平均殻径を有するエゾパフンウニ 1 個体の摂食量を FUJI

Table 17. Frequency of growing seaweeds and the number of times of their appearance in the gut content of the sea urchins in Ikantai.
(Number of examined specimens : 214, Date : Aug. 1966)

Species of seaweeds	Frequency (%)	Rate (%) of volume in gut		
		10	10-50	50
<i>Cladophora opaca</i>	2.9	9	-	-
<i>Chaetomorpha monirigera</i>	1.0	1	-	-
<i>Ulva pertusa</i>	49.0	21	50	55
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	5.3	3	-	-
<i>Ectocarpus siliculosus</i>	-	3	-	-
<i>Sphacelaria</i> sp.	-	5	-	-
<i>Heterochordaria abietina</i>	1.0	-	-	-
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	2.9	8	-	-
<i>Laminaria angustata</i>	63.2	6	10	58
<i>Costaria costata</i>	1.0	-	-	-
<i>Agarum cribrosum</i>	4.9	1	1	1
<i>Sargassum</i> sp.	10.7	14	7	6
Phaeophyceae	-	3	-	-
<i>Porphyra</i> sp.	1.0	-	-	-
<i>Neodilsea yendoana</i>	4.8	2	-	-
Corallinaceae	-	38	51	58
<i>Grateloupia filicina</i>	-	1	-	-
<i>Tichocarpus crinitus</i>	7.8	-	-	-
<i>Caulacanthus okamurai</i> ?	-	13	-	-
<i>Chondrus</i> sp.	7.8	3	2	1
<i>Rhodoglossum pulchrum</i>	4.9	-	-	-
<i>Rhodymenia palmata</i>	5.8	-	1	-
<i>Lomentaria hakodatensis</i>	1.9	-	1	-
<i>Ptilota pectinata</i>	7.8	25	5	1
<i>Polysiphonia</i> sp.	6.8	-	13	-
<i>Laurencia</i> sp.	3.8	14	1	-
<i>Symphyccladia latiuscula</i>	1.0	-	2	2
<i>Rhodomela larix</i>	4.8	1	-	-
Rhodophyceae	-	14	2	-
<i>Phyllospadim iwatensis</i>	26.0	38	42	11
Diatom	-	2	-	-
Blue-green algae	-	2	-	-
Leaves of land plant	-	2	-	-
Fibers	-	2	-	-
Thecata	-	33	1	-
Bryozoa	-	3	-	-
Crustacean	-	56	-	-
Acorn barnacle	-	2	-	-
Shell	2	2	-	-
Scales of fish	-	1	-	-

(1962) が室内実験により求めた値にしたがうとするならば、この両者の積から各調査期間中に摂食された海藻量が推定しうる。これらの結果をまとめると、Table 20 に示すように年間 412.4 g/m^2 のミツイシコンブが西の瀬に生息するエゾバフンウニ個体群に摂食されたと推定される。餌料生物としてミツイシコンブに次ぐアナアオサの年間摂食量は、同様の方法で 12.17 g/m^2 と計算される (FUJI & KAWAMURA 1970 b)。スガモは餌料効果が乏しい (FUJI 1967) こと、また、その他の海藻類の摂餌量は消化管内容物量からみて少量であることから、エゾバフンウニ個体群が摂餌した海藻の総量はミツイシコンブを摂取した量を上回るけれども、それほど多くはないと思われる。

海藻類の葉体の一部が切断流失したり、全体が基質から離れて漂流している海藻体を「流れ藻」とよんでいるが、エゾバフンウニはこのような流れ藻をも摂食の対象としていいると考えられる。したがって、Table 20 で求めた摂食量は着生個体より摂食した量と流れ藻から摂食した量の両者からなりたっているはずである。正常な摂食過程ではマコンブは約 24 時間で消化管を通過して排泄されるから (FUJI 1967)、ミツイシコンブの着生していない海底に存在し、消化管内にミツイシコンブを保有している個体は流れ藻を摂食した個体であると仮定することは、さほど実際とかけはなれたことではないと考えられる。流れ藻を摂食する場合も、摂食量は着生個体を摂食する場合と等しいとすると、ミツイシコンブの年間 20.6 g/m^2 が流れ藻からの摂食量となる (Table 21)。したがって、1967 年 11 月から 1968 年 11 月の 1 年間に Table 20 に示したような大きなウニ個体群は、ミツイシコンブの着生個体群から 391.8 g/m^2 を、また、流れ藻から 20.6 g/m^2 を摂取するものと推定される。

井寒台西の瀬に着生しているミツイシコンブの現存量は方形枠採集法により、Table 22 のように推定さ

Table 19. Population sizes (individuals/m²) of *S. intermedius* inhabiting in the whole area of Nishinose

Month	Age-group				
	0	I	II	III	IV
Nov.	—	1.99	2.13	3.55	2.13
Jan.	—	1.85	3.84	5.54	1.70
May	2.41	2.27	1.99	2.27	0.43
July	1.56	1.70	1.42	0.99	0.85
Sept.	1.70	1.85	1.14	0.57	0.57
Nov.	2.13	2.56	1.85	1.42	0.43

Table 20. Estimated amount of *Laminaria angustata* grazed by the sea urchin population.

Duration	1-year age group			2-year age group			3-year age group		
	Number of Grazer (per m ²)	Grazing rate (gr./individual)	Grazing amount (gr/m ²)	Number of Grazer (per m ²)	Grazing rate (gr./individual)	Grazing amount (gr/m ²)	Number of Grazer (per m ²)	Grazing rate (gr./individual)	Grazing amount (gr/m ²)
Nov.—Jan.	0.89	6.271	5.581	1.75	11.189	19.581	6.04	14.862	89.768
Jan.—May	0.88	12.377	10.875	1.88	24.156	45.414	3.77	38.799	146.273
May—July	1.04	6.870	7.145	1.19	10.992	13.081	1.75	17.672	30.926
July—Sept.	1.25	5.816	7.270	1.01	8.576	8.662	1.25	7.163	8.954
Sept.—Nov.	1.21	6.311	7.637	0.98	6.552	6.421	1.11	4.348	4.826
Total			38.488			93.159			280.747

れている (FUJI & KAWAMURA 1970 b)。各調査期間の着生量の差とその期間中の1個体の平均重量との積は、その期間における新たな着生量または流失による流れ藻の値を示す。また、各調査期間の海藻1個体の平均重量の差とその期間の平均着生量との積は、その期間中での海藻の成長量または流失による減量を示すことになる。このように算出したミツイシコンブの生産構造の推定値が Table 23 の結果である。ミツイ

Table 21. Predation loss of the frond of *L. angustata* drifting in the beach. (Dry weight(gr)/m²)

Duration	Number of grazer (per m ²)	Grazing rate (gr/individual)	Grazing amount (gr/m ²)
Nov.—Jan.	0.64	10.774	6.863
Jan.—May	0.51	25.104	12.853
May—July	0	11.845	0
July—Sept.	0.02	7.185	0.115
Sept.—Nov.	0.13	5.737	0.740
Total			20.571

Table 22. Variation of the biomass of the Laminaria populations during one year cycle.

Month	Established in 1965			Established in 1966			Established in 1967		
	Number of plant (per m ²)	Average dry weight per plant (gr)	Biomass (gr/m ²)	Number of plant (per m ²)	Average dry weight per plant (gr)	Biomass (gr/m ²)	Number of plant (per m ²)	Average dry weight per plant (gr)	Biomass (gr/m ²)
1967, Nov.	0.69	3.85	2.65	14.52	2.04	29.62			
1968, Jan.	0.11	4.83	0.53	9.08	5.48	49.76			
May				7.88	29.47	232.22	101.71	0.07	7.12
July				5.35	47.40	253.59	85.39	0.55	46.96
Sept.				1.47	11.64	17.11	14.14	1.04	14.70
Nov.				0.40	7.76	3.10	12.73	5.91	75.23

Table 23. Production structure for the Laminaria population. All data were indicated by dry matter (gr/m²).

Duration	Growth	Shedding	Depopulation	Recruit
Nov.—Jan.	40.699		— 22.972	
Jan.—May	203.435		— 20.970	7.120
May—July	163.511		— 101.990	
July—Sept.	24.385	— 121.942	— 171.181	
Sept.—Nov.	65.428	— 3.628	— 15.279	
Total	497.458	— 125.570	— 332.392	7.120

シコンブの年間成長量は 497.5 g/m^2 であるが、 $391.8 \text{ g/m}^2/\text{年}$ が着生量から摂食されているので、真の成長量はこの両者の和となる。すなわち、 889.3 g/m^2 が年間の成長量と推定しうる。したがってエゾパフンウニ個体群は1か年間に、ミツイシコンブの成長量の約1/2を食餌として摂取していることになる。

5 考 察

正形目ウニ類の成長が生息場所によって異なることは、*Echinus esculentus* (MOORE 1935, 1937), *Strongylocentrotus droebachiensis* (SWAN 1958, 1961), *S. purpuratus* (EBERT 1967, 1968) などで知られている。SWAN(1961)は成長の相違は摂食した海藻の種類やその他の環境条件の差およびその総合した差異によるとしている。成長の差異は単に異なる地域間だけでなく、同一地域内でも生息場所によって明らかに認められる (Table 7)。FUJI (1967)は食物の質量がエゾパフンウニにみられる成長現象の差異を左右する本質的な要因であり、他の要因は食物の消化吸收および基礎代謝の過程に影響を及ぼす間接的なものであるという見方をしている。このような点から、成長現象は食物条件とそれをもたらす生息場所のもつ条件に強く規制されるとみるべきであろうから、成長現象の検討に当っては、個体群段階としてとらえたとともに、その構成員である個体の段階でも生息場所ごとに解明しておくことが必要であろう。個体の成長現象の解析には、厓肛部にみられる輪紋の年齢形質としての有効性が明らかにされたので、有力な手段となると考えられる。FUJI (1960 b, 1963, 1967)は北海道南部に生息するエゾパフンウニについて、初成熟は満2年であるとしている。船泊、忍路、羅臼の各地域の水深1m以浅というような比較的浅いところに生息する個体群では、これとほぼ等しい結果を得ているが、水深1m以深の深みに生息する個体については、満3年が初成熟年齢であることは Fig. 18 の示すところである。エゾパフンウニの産卵期は FUJI (1960 c, 1963, 1967)、川村 (1967) が指摘するように、秋期を中心に2ないし3か月にわたっているが、生息水深が異なるにしたがって、産卵期が異なること (Fig. 19)、浮遊幼生の出現が3ないし4回異なる時期にみられることなどから、浅い水深に生息する個体は生殖期間の初期に、また、深い水深に生息する個体はおそい時期に放卵、放精するものと考えられる。このような生殖生態はエゾパフンウニの種としての生活の多様性を示す一面であり、ウニ個体群の再生産様式としても重視すべき点であろう。

ウニ類が成長や季節により移動することについては、*Echinus esculentus* (ELMHIRST 1922, STOTT 1931)、パフンウニ (川名 1938)、*Tripneustes esculentus* (MOORE et al 1963 b) などで知られており、ウニ類が生活場所を変えるのは一般的な現象であろう。しかし、これらの報告では生活場所のもつ条件を整理することがなされていないので、生活場所の変遷とウニの生活との結び付きを明らかにする方向では、まとめられていない。エゾパフンウニの生活領域の変遷を FUJI (1967) の発育段階、生活周期の区分にしたがって整理してみると、Fig. 31 のように模式的に示しうる。稚仔期に当る0齢群は周年B型底質区または A_1 -c 型区を生活の場としている。 A_1 -c 型区は海藻が着生することが、ウニの隠れ場所の形式や餌であるデトリティタスの沈積につながり、B型区と同じ生活条件をつくりだしていると思われるので、季節や年による変化のはげしい海藻の生育状態のもとでは、B型区の方が0齢群の生活場所としては安定していると考えられる。幼体期の1齢群はB型底質区全域に生活領域を拡げている。成体期に入った個体のうちで若齢の2齢群は成熟期

Age group	0	I	II				III <			
Month	Nov. May		Sept. Nov.	Mar.	May Sept.	Nov.	Mar.	May Sept.		
Life cycle	Larval period	Young period	Adult period							
			GS-t	GS-g	MS	SS	GS-t	GS-g	MS	SS
State of distribution	Gathering	Scattering	Migrating				Migrating		Migrating	
Habitat	A ₁ -C	A ₁ -C→A ₂	(A ₂)	(A ₂)	C	C	C	C	C	C
	B	B → B	B	B	C	C	(B)	(B)	C	C

Fig. 31. The life cycle of *S. intermedius*, showing the successive developmental stages.

にB型区からC型区へ移行し、殻成長期に一部は再びB型区に出現する。一方、3年以上の成体は周年C型区を主な生活の場としている。成体群では、生殖巣が発達するにつれて環境の変化に対する抵抗性が弱くなると考えられている(川村・林 1965 b) ので、成熟期における深所への移動はより安定した環境への移行に関連しているものと思われる。以上のように、エゾバフンウニの生活領域は、ウニの発育過程にともなう成長、生殖巣の発達、摂餌などの生活の諸現象の変化に対応して変遷しているようである。しかし、このような生活領域の差異や、その変遷が何によって支配されているのか、今のところ明らかにしない。ウニ個体群の生活を理解するうえで、今後積極的に究明すべき課題であろう。

バフンウニでは変態後5ないし8mm くらいまでは付着硅藻やデトライタスを主として摂食するが、それ以上の大きさの個体では、海藻類を摂食するようになる(中村・井上 1965) ことが知られている。発育過程で海藻食に変化することは、エゾバフンウニについても同様であり、岩礁地帯に生息するウニ類に共通した食性の型であろう。また、海藻食に移行した場合、ウニの消化管内容物を構成する餌生物の種類が生活場所の海藻着生状態によって変化することは、キタムラサキウニ(川村 1964 b, 1967)、ムラサキウニ、バフンウニ(中村・井上 1965, 井上ほか 1969)、*Strongylocentrotus purpuratus* (EBERT 1968) でもよく知られている。しかし、ウニの摂餌と餌料との関連を分析する上で、次の2つの大きな問題点が残されているように考えられる。一つは、自然環境下で付着硅藻やデトライタスがどのような量的分布をしているのか、そして底生移行稚仔がこれらを餌料として、どのくらい摂食しているのかという点である。稚仔群の数量変動は、補充群の添加、ひいては資源量の変動にもつらなるだけに、稚仔群の摂餌の実態を究明することは将来に残された重要課題であろう。いま一つの問題点は、ウニ個体群の摂食と餌料生物としての海藻の生物生産量との関係である。MOORE et al (1963 a) は *Lytechinus variagatus* の大型個体群と小型個体群の最大密度での年間摂食量は、餌料である *Thalassia testudinum* の年間生産量とほぼつり合っているとしている。一方、LEIGHTON et al (1966)、JONES & KAIN (1967) は着生海藻のウニ類による食害を取り扱い、藻類の着生量の減少はウニ類によるとしている。井寒台で得た結果は、ミツイシコンブの年間生産量(純生産量)の1/2がエゾバフンウニに摂食されることを推定させた。しかし、この値は1967年から1968年にわたる1か年間の結果にすぎない。海藻類の生物生産量は年々変動しており、また、これを摂食するウニ個体群もその質・量において年変動する。食物関係で結ばれる海藻類とウニ個体群のつながりかたをより明確にするには、長年月にわたる海藻量とウニ個体群の生物生産量の変動を把握しうだけの資料の積み重ねが必要であろうし、海藻着生量や種組成の異なる地域間の比較もまた必要となろう。

V エゾバフンウニ資源の変動

資源の変動は種個体群の質・量構造の変化の様相であり、これは種個体群の生物的生産の構造と機能の変化とこれに加えられる漁獲という要素の組合わせとして理解される。種個体群の生物的生産は、発育段階の異なる構成員がそれぞれの占めている生活領域で行なわれている生物的生産の総和であるから、漁場における種個体群の現存量と減耗や添加の様相を把握することにより、資源変動の実態を推測することができるであろう。本章では、各漁場における資源量の変動を明らかにすると共に、この資源変動を解析して変動要因を検討した。

1 漁獲物の質・量変化

船泊、井寒台、羅臼の各漁場における漁業の実態をTable 24に要約して示した。漁業期間は各漁場で異なっており、漁法もまた差異がある。

漁獲物の年齢組成を示したTable 25から、はじめて漁獲される年齢群は、船泊、井寒台では2齢群であるが、羅臼では3齢群である。また、漁獲主群は船泊と井寒台の磯舟採りでは3, 4齢群であるが、井寒台の磯採りでは2~4齢、羅臼では4, 5齢群であることが注目される。

単位漁獲努力当りの漁獲量の変化は、漁獲と資源との関係を知る有力な手掛りの一つである(相川 1949,

Table 24. Fishing activity of the sea urchin in Funadomari, Ikantai and Rausu.

Locality	Permitted fishing season	Permitted fishing time	Fishing method	Permitted minimum size	Limited maximum catch	Area of closed fishing ground
Funadomari	July 1-Aug. 20	a.m. 6—10	boat	40 mm	free	89,000m ²
Ikantai	Nov.1-Aug. 31	free	boat or hand	40 mm	free	—
Rausu	Mar.1-June 30	a.m. 6—p.m.5	boat	55 mm	190 ton	169,000m ²

Table 25. Age composition (%) of landed sea urchins in the different localities.

Locality	Number	Age				
		2	3	4	5	6
Funadomari (1962)	243	4.2	42.8	44.5	8.0	
Ikantai (1967)	500	25.9	41.4	26.2	6.5	
Rausu (1967)	384	0	9.7	50.0	26.5	13.8

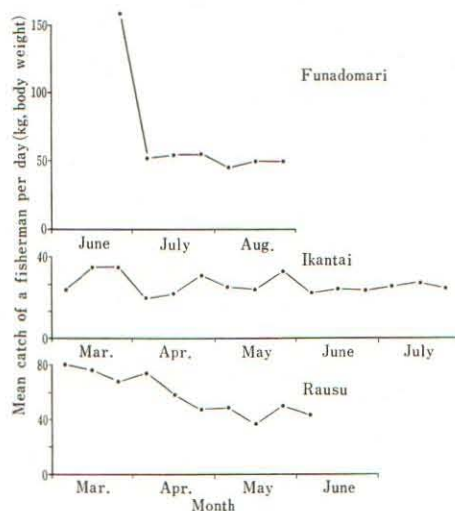


Fig. 32. Variation of the catches per unit effort during the fishing season.

久保・吉原 1957)。船泊、井寒台および羅臼の各漁場における漁獲期間中の単位漁獲量を旬平均の1日1人当り漁獲量（殻付き重量）としてあらわしたのが Fig. 32 である。船泊では、漁期の初期には高い単位漁獲量を示しているが、以後急激に減少する。井寒台では漁期間を通じて 20 kg 前後を維持しているが、羅臼では漁期始めから、漁期終了まで、ほぼ直線的に暫減している。

2 資源量の変動

資源量の変動を知るためには、まず年々の資源量を明らかにする必要がある。

定着性の生物資源量の推定には現在までいくつかの方法があげられている（久保・吉原 1957）。よく用いられる De Lury の回帰式は、単位漁獲努力当りの漁獲量 $C(t)$ と累積漁獲量 $K(t)$ の間には、はじめの資

源量を $N(o)$, K を定数とすれば, 次のような一次式が成立することを利用している。

$$C(t) = K \{N(o) - K(t)\}$$

この際, 資源量が著しく大きく, 漁獲による影響がほとんど無視される場合や, 漁獲努力が小さい場合には, 回帰直線は負の勾配をとらないので, この式は適用できない。また, 対象とする生物が漁場内外へ移動しないこと, 漁獲が資源全体にわたっていること, 期間中での自然死亡や添加量は無視することが適用のための必要条件となる。移動力に乏しく, しかも生息範囲や年齢区分が明らかにしうる対象生物に対しては, 生息密度とその占める面積を基準として現存量を算出することができる。この strip-fishing 法も資源量推定には有効な手段であり, いま, n 年齢群の密度を $S(n)$ とし, その面積を $M(n)$ とすれば, 資源量は, $\sum_{n=0}^n S(n) \cdot M(n)$ で示される。また, 漁期前後の漁獲対象群の平均密度減少率を r , この期間中の総漁獲量を C とし, 密度の減少が漁獲によってのみ起こったとすれば, 資源量は $\frac{C}{r}$ として求める。

以上に示した諸方法のいずれを適用するかは, パラメーター諸量の推定が各漁場においてどの程度可能であり, より適切であるかにかかっている。羅臼漁場では先に示したように, 資源量の変化が漁獲量の変化に対応していると考えられるので, De Lury 法 (Fig. 33), 井寒台漁場では漁場面積が比較的狭く, 密度分布が高い精度で把握しうるという利点があるため strip-fishing 法を適用した (Table 26, 27, および Table 28)。一方, 船泊漁場については広大な漁場をもち, 単位漁獲努力当りの漁獲量の変化は資源量の変化と明確に対応しているとはいえないので De Lury 法を適用することは不適當であり, また, strip-fishing 法の

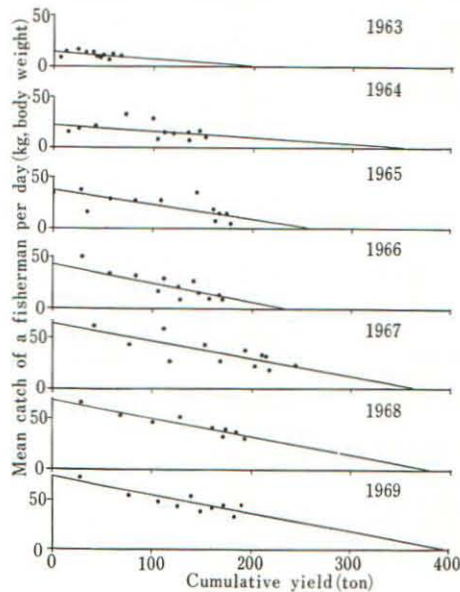


Fig. 33. Relation between the catches per unit effort and the cumulative yields in Rausu.

Table 26. Age composition (%) of the sea urchins in Nishise of Ikantai.

Age groups	1967				1968		
	Mar.	May	July	Nov.	Jan.	May	July
0		12.2	18.1			25.8	23.9
I	47.2	55.7	29.2	20.3	14.3	24.3	26.1
II	45.2	25.2	27.8	21.7	29.6	21.2	21.8
III	7.6	6.9	24.9	58.0	56.1	28.7	28.2

適用には採集地点をかなり多数設定しない限り、精度が著しく低くなることはまぬがれない。そこで、この漁場では、毎年の漁獲努力量と漁獲量の変動が少ないので、各年の密度減少率に1964年に得た値を適用して、密度減少率と漁獲量から資源量を推定する方法を適用した (Table 29)。推定資源量を一括して Table 30 に示した。

船泊における資源量は1963年の1,040トンから、1964年には1,150トンになり約100トン増えているのに対して、井寒台西の瀬漁場では1968年の17.2トンから1969年の15トンへと減少している。羅臼漁場の

Table 27. Density (n/m^2) of the sea urchins each bottom type in Nishise of Ikantai.

Year	Month	Type of bottom and area			
		A 10,500m ²	B 25,900m ²	C 11,100m ²	D 22,900m ²
1967	Mar.	10.40	36.90	30.33	2.85
	May	10.33	39.52	14.40	1.00
	July	7.33	15.84	24.70	0.00
	Nov.	3.33	16.90	19.33	0.10
1968	Jan.	3.75	27.14	14.60	0.09
	May	1.20	14.50	14.60	0.50
	July	4.43	9.33	14.40	0.69

Table 28. Variation of population size of the sea urchin in Ikantai. ($\times 10^4$ individuals)

Age groups	1967				1968		
	Mar.	May	July	Nov.	Jan.	May	July
0		16	13			17	11
I	69	73	21	14	13	16	12
II	66	33	20	15	27	14	10
III	11	9	18	40	51	9	13
Total	146	131	72	69	91	56	46

Table 29. Estimated stock size of the sea urchins in Funadomari in 1964.

Individuals or weight	Density (n/m^2) of catchable stock before fishing	Density (n/m^2) of catchable stock after fishing	Decreased rate (%)	Catch	Stock size
Individuals	8.0	2.9	64	1840×10^4	2870×10^4
Weight	372g	89g	76	864 ton	1155 ton

Table 30. Estimated stock sizes of the sea urchins in different localities.

Locality	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Funadomari	1,043	1,155	-	-	-	-	-
Ikantai	-	-	-	-	18.6	17.2	15.0
Rausu	170	310	230	220	365	375	395

資源量は1963年から1969年に至る6年間に、170トンから400トンにわたる変動を示しているが、資源量は増加の傾向を示している。

3 資源変動の解析

自然減耗の様相を禁漁区における各年齢群の個体数平均密度の変化から検討した結果がTable 31である。ただし、0年齢群については、底生移行初期の個体は殻径1mm以下であるため、その定量採集の精度は現在のところ、極めて不安定な点が多いので、採集が容易に行ないうる6月から9月までの調査結果にとどめた。

0年齢群の自然減耗は6月から9月までの期間ではほぼ53%と見積られる。これに対して、1齢以上4齢までの年齢群の減耗は少なく、無視しうる程度にすぎない。しかし、6齢以上の年齢群では再び自然減耗は高くなる。以上の結果から、次のことが結論としていえる。底生移行後の0年齢群の生活過程には高い減耗率をとるが、1年齢群から5年齢群までは、自然死亡による個体数の減少はほとんどない。しかし、それ以上の年齢群の自然死亡は急速に多くなる。すでに示したように、各漁場における主要漁獲対象群は2ないし5年齢群である。したがって、エゾバフンウニ資源に加えられる減耗のうち、少なくとも自然死亡が大きな比重を占めているとは考えなくともよいであろう。

資源量の変動要因としての添加は添加群と漁場への移出入群によってなされる。1年齢群と漁獲対象群の自然減耗はほとんど無視しうるので、次年度に漁獲対象群へ加入する添加群は、その年の最小漁獲対象年齢群より1齢前の年齢群の示す個体群量と考えるとよいだろう。各漁場における年齢組成を示したTable 32から、船泊の1および2年齢群、また、井寒台の1年齢群はそれぞれ全個体数の30%以上を占めているのに対して、羅臼の1ないし3年齢群は20%以下の水準にとどまっている。漁期後漁獲対象群と次年度に漁獲対象群として加入する添加群の比から、漁獲対象群に対する添加群の割合をTable 32から計算するとTable 33となる。船泊では85%、井寒台では35%、羅臼では30ないし40%ほどである。船泊では添加群が極めて大きいことが注目される。

Table 31. Variation of the density (n/m^2) in each age group of the sea urchins in the closed fishing ground in Oshoro Bay and Rausu during a year.

Locality	Date	Examined area ($\times 1m^2$)	Age							
			0	1	2	3	4	5	6	7
Oshoro	1967, Sept.	25	3.50	1.78	1.27	1.26	0.45	0.31	0.07	
	1968, Sept.	25		1.66	1.76	1.31	1.18	0.41	0.22	
Rausu	1968, July	29		22.6	16.5	7.3	3.4	2.4	3.0	0.9
	1969, July	29		17.3	21.5	15.1	6.9	4.1	2.4	1.6

Table 32. Age composition (%) of the sea urchin in the different localities.

Locality	Date	Examined specimens	Age				
			0	1	2	3	4
Funadomari	1963, June	5106	9.5	36.7	25.2	28.6	
	1964, June	6336	3.2	34.2	38.0	24.6	
	1964, Aug.	3937	4.5	45.4	42.1	8.0	
Ikantai	1967, July	1829	18.1	29.2	27.8	24.4	
	1968, Aug.	2209	23.0	26.1	21.7	28.3	
Rausu	1967, Aug.	1989		15.7	10.0	32.7	41.6
	1968, July	2252		18.9	19.3	16.0	45.8
	1969, July	4229		10.3	18.6	24.4	46.7

移動による漁場からの逸散や漁場への加入は、船舶や羅臼のように漁期間が短い場合には、問題として取り上げる必要はないが、井寒台の西の瀬漁場は水深1m以浅の地域に限定されており、しかも、漁期が長いのでその実態を検討する必要がある。

井寒台西の瀬漁場は磯採りにより、漁獲をあげており、その漁獲量は生殖巣重量(湿重量)として Table 34 のように記録されている。このような漁獲物の殻径組成 (Fig. 34) は2齢以上の年齢群を漁獲していることを示している。この漁獲物の殻径組成が漁期間中維持されているとするならば、ウニの殻径と生殖巣重量の関係式 (Table 35) から、漁獲物1個体当りの生殖巣重量を求め、漁獲量を個体数であらわすことが可能である。strip-fishing 法から推定した漁獲対象群量 (Table 28) と漁獲量の差は、西の瀬漁場からの移動量を示すことになる。その結果を要約したのが Table 36 であり、秋期から冬期には西の瀬に移入し、春期には西の瀬から移出逸散しており、移出量は移入量よりも多くなっている。このことは明らかに、前章で述べた2齢群以上の成体群の生活周期にともなう生活領域の変遷に対応していると考えられる。

次に漁獲による減耗を検討した。船舶の1964年の漁期間の前後における漁獲対象群の年齢群別の密度変化から、漁期間中の資源の減少率を推定すると、Table 37 のような結果が得られ、減少率は50%以上に達し、特に5齢群以上では94%と計算される。この漁場における漁期は2か月たらずであるから、移出入量は考慮する必要はないであろう。したがって、この減少率は漁獲に起因するといえる。

Table 33. Rate (%) of natural recruitments to a catchable stock of the sea urchins in the different localities.

Locality	Year	Individual	Weight
Funadomari	1964	85	66.5
Ikantai	1967	36	16.5
	1968	34	11.6
Rausu	1967	45	36.3
	1968	26	13.5
	1969	34	18.3

Table 34. Variation of catch (gonad weight) in Ikantai at each half of month.

Duration	Catch (kg)	
	1967	1968
The first half of Feb.	9.6	7.2
The second half of Feb.	20.7	11.2
The first half of Mar.	61.3	9.6
The second half of Mar.	56.7	72.8
The first half of Apr.	126.3	89.6
The second half of Apr.	184.2	125.4
The first half of May	122.2	81.9
The second half of May	116.1	51.2
The first half of June	61.8	98.0
The second half of June	92.7	108.3
The first half of July	40.3	140.7
The second half of July	44.7	28.0
The first half of Aug.	14.4	31.5
The second half of Aug.	19.8	16.5
Total	971.8	871.9

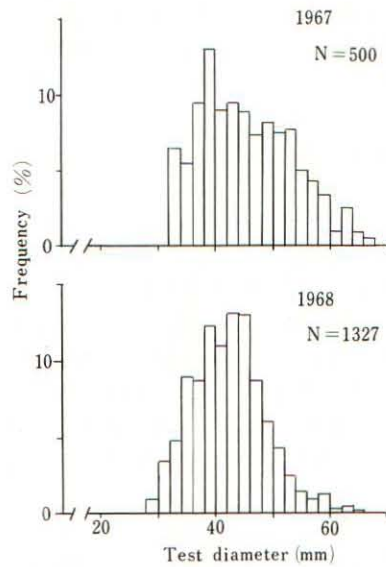


Fig. 34. Test diameter distribution of landed sea urchin in Ikantai.

Table 35. Regression formula showing relationship between the test diameter (mm) and the gonad weight (gr) of the sea urchins collected from Ikantai.

Month	Regression formula between TD (mm) and GW (gr)
Jan.	$\log WG = 5.311 \log D - 8.079$
Mar.	$\log WG = 4.595 \log D - 6.762$
May	$\log WG = 3.690 \log D - 5.269$
July	$\log WG = 3.653 \log D - 5.302$
Sept.	$\log WG = 4.566 \log D - 7.899$
Nov.	$\log WG = 4.275 \log D - 6.314$

Table 36. Estimated total catches and removed population of the sea urchins in Ikantai.

Duration	Variation of population ($\times 10^4$ individuals)	Estimated total catches ($\times 10^4$ individuals)	Removed population ($\times 10^4$ individuals)
May—July	- 4	4.5	0.5
July—Nov.	- 4	0.8	- 3.2
Nov.—Jan.	+ 23	0.1	+ 23.1
Jan.—May	- 55	16.3	- 38.7

Table 37. Variation of density (n/m^2) of catchable stock in Funadomari before and after fishing season.

Age	Density before fishing	Density after fishing	Decreased rate (%)
III	20.2	10.1	50
IV	5.4	0.9	83
V	6.2	0.4	94

井寒台西の瀬漁場の漁獲物の2齢群と3齢群以上の個体数を前述の Fig. 34, Table 34, 35 から算出し、漁期前の資源量との比から漁獲率を計算すると、Table 38 の結果が得られる。1967 年と1968 年の間では、漁獲率にさほどの大きな差異はなく、45% 前後であるが、1968 年には2齢群の漁獲率が高くなっているのが注目される。

羅臼の漁期前の資源量と漁獲量から漁獲率を計算した結果が Table 39 である。1964 年までは、この漁場の漁獲率は50% 以下である。1965 年から1966 年にかけて約70% に上昇したが、1967 年以降には60% 以下に低下している。漁獲物の年齢組成 (Table 25), 漁獲率 (Table 39) および漁期後の漁獲対象群の年齢組成から、1967 年における年齢群ごとの漁獲率を算出すると、3 齢群は13%, 4 齢群55%, 5 齢群72%, 6 齢以上の群は50% となり、高年齢群ほど高い割合で漁獲されていることがわかる (Table 40)。

さて、変動要因に関する以上の結果を考慮に入れ、資源の成り立ちをみると、

$$P(n+1) = [P(n) - F(n)] \times (1 + G(n)) + M(n) + R(n) \times W$$

という形であらわしうる。ここで $P(n+1)$ は $n+1$ 年の漁期前の資源量 (重量), $P(n)$ は n 年の漁期前の資源量 (重量), $F(n)$ は n 年の漁獲量 (重量), $M(n)$ は n 年の移動量 (移入は+, 移出は-とする) (重量), $G(n)$ は n 年の残存漁獲対象群の $n+1$ 年の漁期までの増重率, $R(n)$ は n 年の添加群量 (個体数) であり, W は最小漁獲対象年齢群の平均個体重量をあらわすものとする。

各漁場での年間の諸量を算出したのが Table 41 である。推定した次年度の漁獲前資源量は、次年度の当初資源量とほぼ一致した値をとっていることは、変動要因としての漁獲量, 移出入量, 添加量の推定が妥当

Table 38. Fishing rate (%) of the sea urchins in Nishise of Ikantai.

Age groups	1967			1968		
	Stock before fishing ($\times 10^4$ individuals)	Catch ($\times 10^4$ individuals)	Fishing rate	Stock before fishing ($\times 10^4$ individuals)	Catch ($\times 10^4$ individuals)	Fishing rate
II	27	6.9	25.7	17.5	7.5	42.2
III	37	19.6	52.8	37.5	17.7	48.2

Table 39. Annual variation of fishing rate (%) of the sea urchins in Rausu.

Year	Stock before fishing (ton)	Catch (ton)	Fishing rate
1963	170	70	41
1964	310	150	48
1965	230	180	78
1966	220	170	77
1967	365	220	60
1968	375	195	52
1969	395	190	48

Table 40. Fishing rate (%) of the different age groups of the sea urchins in Rausu in 1967.

Age groups	Stock before fishing ($\times 10^4$ individuals)	Catch ($\times 10^4$ individuals)	Fishing rate
III	147.3	19.3	13.1
IV	224.3	124.0	55.2
V	94.4	68.2	72.3
VI	70.3	35.5	50.6

であることを示していると思われる。また羅臼ではウニの移殖による人為添加が資源の増殖に役立っていることが、Table 41 からうかがわれる。

Table 41. Variation of stock sizes of *S. intermedius* in the different localities.

Locality	Year	Estimated stock size (ton)	Catch (ton)	Fishing rate (%)	Recruitment (ton)	Rate of recruitment (%)	Removed stock (ton)	Removed rate (%)	Estimated stock size of next year (ton)
Funadomari	1963	1,043	793	76	740	68.3	0	0	1,083
	1964	1,155	864	76	787	66.4	0	0	1,186
Ikantai	1967	18.6	8.5	45.6	3.8	22.6	- 1.3	- 7.2	16.8
	1968	17.2	7.9	45.9	2.1	18.9	- 4.0	-26.3	11.1
Rausu	1967	365	220	60	101	28.9	* 70	38.7	349
	1968	375	195	52	46	13.5	* 74	21.7	341
	1969	395	190	48	79	18.3	* 101	23.4	432

* Transplant

Table 42. Parameters used for calculating of the equilibrium catches per recruitment of the population of *S. intermedius* in different localities.

Locality	$W(\infty)$	M	$t\lambda$	tp	k	t_0
Funadomari	127	0.1	7	2	0.312	0.595
Ikantai	147	0.1	7	2	0.281	0.340
Rausu	257	0.1	7	2	0.236	0.017

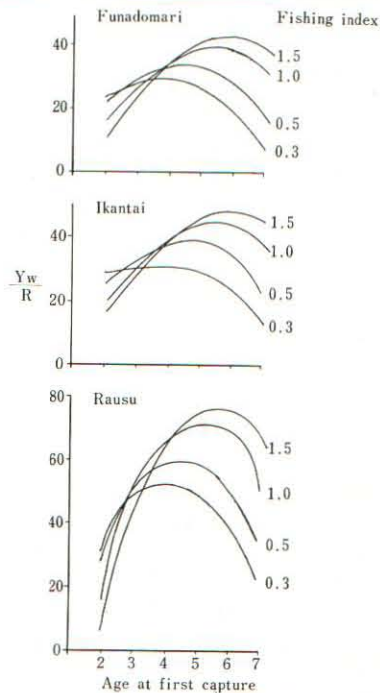


Fig. 35. Relation between the age at first capture and yield per recruitment under different fishing indices.

各漁場におけるエゾバフンウニ資源の動態は、Table 41 に示されるように 漁獲が継続されている中で、ある水準の資源量が維持されており、年々の資源量の大きさは添加量、成長量、漁獲量のかね合いの中で決められていることがうかがわれる。したがって、添加量の大きさが漁獲量の大きさを一義的に左右する傾向があると思われる。そこで漁獲が、それぞれの漁場のもつ資源に対して、適正であるかどうかという判断は、今後のウニ漁業における漁業管理の一つの目安になるであろうし、添加量の増大を含む積極的な増殖対策をたてる際の基礎ともなるだろう。ここでは一応 BEVERTON and HOLT (1957) の理論式、

$$\frac{Y_w}{R} = F \cdot W(\infty) e^{-M(t'p - tp)} \sum_{n=0}^3 \Omega_n e^{-nk(t'p - tp)} \cdot \frac{1 - e^{-(Z+nk)\lambda}}{Z+nk}$$

の通り、平衡生産を維持するための漁獲指数 (F) と漁獲開始年齢 ($t'p$) との関係性を、これまでに明らかにしてきた極限体重 ($W(\infty)$)、自然死亡係数 (M)、漁獲対象最高年齢 ($t\lambda$)、添加年齢 (tp)、成長係数 (k) などの諸量 (Table 42) に基づいて算出した結果は Fig. 35 のようである。船舶の漁獲開始年齢は 3 年とみられるが、平衡漁獲量は漁獲指数 0.3 ないし 1.0 の間でほぼ同じであるが、1.0 を越えると急速に減少する。年間漁獲率は $\frac{F}{F+M}(1 - e^{-(F+M)})$ であるから、船舶における推定漁獲率 76% は漁獲指数 1.55 に該当し、現状では採り過ぎであろう。井寒台の漁獲開始年齢は 2 年であるから、漁獲指数は低いほどよいことになり、現状の 0.5 はやや取り過ぎであろうと判断される。羅臼では漁獲開始年齢は 4 年であり、漁獲指数 1.0 から 1.5 の間が適正ということになる。漁獲指数 1.0 および 1.5 は漁獲率では 61 および 75% に該当するので、現在の漁獲量はほぼ資源量に見合っているといえよう。

Ⅶ 総 合 考 察

これまでに各章にわたり明らかにして来たように、エゾバフンウニの生活過程は生活領域、摂餌、成長、成熟などの生活内容が質的に異なる浮遊生活期、底生生活期 (稚仔期、幼体期、成体期) という发育段階に区分することができ、ウニ個体群はこのような異なる发育段階に属する集団から構成されている。したがって、ウニ個体群の数量変動は、各发育段階の生物的生産にかかわる生活内容の総合した結果として示されるわけであるが、この生活内容で特に重要な点として指摘されるのは、次の事項である。

浮遊幼生は生殖期間中に数群出現するが、このうち 6 腕期以後まで发育するのは、そのなかの一群にすぎない。この現象は産卵親集団の生殖巣发育の状態と深い関連性をもっており、さらに、幼生の发育には、餌料条件が重要な影響を及ぼしていることの 2 点が浮遊幼生群の数量を支配し、ひいては一次添加群の数量変動に影響を与えているものと思われる。底生生活における重要な点は、稚仔期や幼体期個体群の生活領域が B 型または A_1-c 型底質区に限定されているということであろう。これらの底質区の面積は漁場によって異なっており、幼体群や成体若齢群の大きさは、これらの面積の広さに比例する傾向が著しいからである。稚仔、幼体の成長は漁場によって異なるが、ほぼ周年にわたって継続しており (FUJI 1967)、生活領域を変換しない。したがって、幼、稚仔個体の成長は主としてその生活領域のそなえる餌料条件によって左右されると考えられる。また、成体群の摂餌活動は殻成長期や生殖巣成長期に極めて活発であるが、成熟期や生殖期には低下する (FUJI 1967) から、殻の成長や生殖巣の量的発達的地域の変動は、それぞれの地域における餌料条件に支配されていることは明らかである。さらに 1 ないし 5 齢群までの自然死亡は一般に極めて少なく、漁獲が成体群の減耗に働く主要な要因となっている。

このようなエゾバフンウニ個体群の質・量構造の変動様式を考慮するならば、エゾバフンウニの資源管理や増殖の基本的な技術対策として、次の 3 つの方向があげられる。1) 添加量の増大、2) 個体の生物生産促進、3) 資源を最も合理的に生産に結びつけるための漁業管理。それぞれについて、以下のように問題点を整理することができる。

1 添加量の増大

- (1) 生殖巣発達の良い産卵親集団を確保すること。
- (2) 稚仔期、幼体期の生活領域である B 型または、 A_1-c 型底質区の拡大を図ること。
- (3) 浮遊期から稚仔期までを人為管理下におき、人為的な添加を行なうこと。

2 生物生産の促進

- (1) 生活領域の餌料条件を改善するため、海藻類着生量の増大を図ること。
 (2) 餌料条件の劣悪な場所に生息する個体を良好な条件をもつ場所に移殖すること。

3 漁業管理

- (1) 対称資源から最大生産量が維持されるよう漁獲を調整すること。
 (2) 生殖巣の発達状態に合わせて漁期、操業区域を調整すること。

このような観点から、この研究でとり上げた船泊、井寒台および羅臼の各漁場におけるエゾバフンウニ資源と漁業の現状およびそれに対応した増殖対策を一括して別表に示した。

以上述べたように、漁場におけるエゾバフンウニ個体群の生物的生産の実態を、生活過程に従って統一的、具体的に分析することや、漁業生産との関連性を検討することは、ウニ資源の評価とそれに基づく具体的な増殖対策を確立するための有力な手段を提供するものと思われる。今後さらに、エゾバフンウニ資源の変動を高い精度で予測することにより、効果的な増殖技術を確立するためには、次の諸問題を究明することが当面必要であろう。

1) 後浮遊期から稚仔期の生活

自然個体群の浮遊期6腕期から前稚仔期の6月ごろまでの生活内容についての知見は、極めて少ない。この期間には、浮遊生活から底生生活への転換を含んでいる。浮遊幼生の出現量および0.1 齢群の密度は、大きい年変動が認められるが、自然死亡量は1 齢群以上では小さいゆえに、添加群の個体数は0 齢群までに決定されることとなる。この期間の生活の解明は、個体数変動の機構を明らかにすることにつながっており、

別表 船泊、井寒台、羅臼における資源の現況と増殖対策の方向

基本的増殖対策		資源の現況			具体的増殖対策		
		船泊	井寒台	羅臼	船泊	井寒台	羅臼
添加群の増加	産卵群の確保	漁獲対象の大型群の漁獲率が高く産卵期に量的に少ない	大型群の中で生殖巣の発達のよい個体は漁獲されて少ない	大型群は相対的に多いが密度は低い B型底質区は53万㎡と船泊の4にすぎず幼稚仔の分布量は少ない	大型成体群の一部を産卵群として保護すること	生殖巣の発育のよい成体群を保護すること	成体群の密度の高い地域を確保すること
	稚幼体群の生活場所の拡大	B型底質区が220万㎡と広く幼稚仔の分布量も多い	B型底質区は漁場が狭い割りに広く幼稚仔の分布量も多い		必要なし	D型底質区をB型底質区に改造すること	一部A型区をB型区に改造することは可能である
	人工種苗生産				必要なし	必要なし	将来何んらかの対策を講ずる必要がある
生物生産の増大	餌料海藻の増殖	成長ははぶくり生殖巣の発育は不均等である	成長は船泊より若干良い程度であり漁場の中央部に生殖巣の発育の悪いウニが大量に分布している	成長は良く生殖巣も知床岬の一部を除き極めて良い	必要である	干潮時に露出する岩盤を切り下げてコンブの増殖可能	必要なし
	移殖				生殖巣の発育の悪いウニの移植	漁場中央部のウニを移植すること	知床岬潮切のウニを一般漁場に移植
漁業管理	漁獲物の漁獲・量管理	漁獲開始年齢3年 推定漁獲率76%	漁獲開始年齢2年 推定漁獲率45, 50%	漁獲開始年齢4年 推定漁獲率50%	漁獲開始年齢4年	漁獲開始年齢4年 漁獲率70~80%まで引き上げ	高齢群の漁獲率を70%以上とする
	漁期漁場の管理	漁期7月1日~8月20日 16か所の禁漁区	漁期11月1日~8月31日 禁漁区なし	漁期3月1日~6月30日 知床岬潮切禁漁区	生殖巣の発育の悪い場所は操業しないこと	漁期は3~6月頃に限定すること	現状で良い

より効果的な増殖技術を開発することの基盤ともなるであろう。

2) 底生群の移動

ウニ個体群の発育段階、生活周期に対応した生活領域の変換については、すでに明らかにしてきたが、その原因、移動の経路、移動したウニの質、量などについて、さらに詳しい研究が必要となるであろう。この問題は漁場の形成機能と漁場造成という増殖技術の面に直接関連するからである。

3) ウニの生物生産と海藻類の生産との相互関係

海藻類は幼体期以後のウニの主要な餌料であり、その質、量はウニ個体群の成長や生殖巣の発達に直接関与していると同時に、 A_1 型底質区では、稚仔期の生活場所の形成という役割りも果たしている。一方、海藻群落の中で通常最も漁業生産の高いコンブ類については、ウニによる食害が問題にされている。

井寒台西の瀬漁場のエゾバフンウニ個体群の生物生産とミツイシコンブの生物生産の相互関係を分析した結果では、コンブの年間生産量のほぼ1/2がエゾバフンウニ個体群により摂食されていることが明らかになった。しかし、このような相互関係の変動を予測するまでには至っていない。したがって、両者の相互関係の法則性を究明するためには、ウニとともに海藻類の生物生産機構を把握することもぜひ必要な事項である。

エゾバフンウニ漁場にはエゾアワビ、キタムラサキウニなどの植食動物が分布することも多く(川村1969)、これらの種の間には食物や生活場所をめぐる相互関係がつくられている。このような種間関係は、生物群集の中における種個体群の生態的位置付けを明らかにすることにより、はじめて認識しうるものである。この際、種個体群の生物生産過程が種間で、どのような相互関係をもっているかという点に焦点をあわせる必要がある。このような観点から、ここに報告した成果がエゾバフンウニ資源の増殖やウニ漁業管理に一つの論拠を提供するとともに、沿岸岩礁性の植食生物群集の形成機構を明らかにする緒をひらくことになれば幸である。

Ⅶ 摘 要

エゾバフンウニ資源の増殖対策の基礎資料をうることを目的として、1959年から1970年にかけて、北海道日本海側の礼文島船泊、忍路湾、太平洋側の井寒台およびオホーツク海沿岸の羅臼で漁場におけるエゾバフンウニ個体群の生活と資源の動態について調査研究した。得られた結果の概要は次の通りである。

1. エゾバフンウニの浮遊幼生はブルテウスになると、4腕期、6腕期、8腕期の過程を経て変態する。ブルテウスの骨格は背走棒がなく、又棘は変態後でなければ出現しない。
2. 4腕期以後のブルテウスの発育は摂餌条件に大きく影響され、摂餌が正常に行なわれぬ限り、6腕期以後に発育することはできない。生殖巣の発育の良い親からえた卵からの発生群は、4腕期の成長も早く、各期への移行日数も短い。初回産卵個体や、生殖巣の量的発育が悪い個体の卵から発生したブルテウスの発育は劣る傾向がある。
3. 浮遊幼生は9月下旬から10月下旬にかけて出現し、その浮遊期間は1.5ないし3か月に及んでいると推定される。4腕期ブルテウスの出現は、この間に3、4回認められるが、6腕期以後まで発育するのは、この期間の中間に出現する1群のみのである。
4. 四肛部の生殖板、眼板にみられる輪紋のうち、白色部は11月から6月の期間、黒色部は6月から10月の期間に形成され、年齢形質として高い確率で利用しうる。各地域における殻径および体重の成長式から、羅臼における個体群の成長は速く、日本海沿岸では遅い。また、同一地域内でも、生活場所によって、成長の相違が認められることがある。
5. エゾバフンウニの初成熟は生息水深によって異なっており、浅い場所では満2年であるが、深い場所では3年を要する。生殖巣の成熟過程はウニの年齢や生活場所によって相違が認められる。生殖期は忍路湾では9月下旬から10月下旬であり、水温20~15°Cの範囲で放精、放卵される。卵および精子の放出は浅所の個体群から、深所のそれへと順次遅れる傾向がある。

6. エゾバフンウニの生活領域の底質は次の5つの基本型に分けられる。

A₁型：平坦な岩盤

A₂型：平坦な岩盤に狭長な溝がある。

B型：直径30 cm以下の玉石が多数散在。

C型：直径50 cm以上の転石が散在。

D型：砂礫。

A₁型区では、砂泥の沈積および海藻の着生状態から5変形に細分できる。漁場によって底質区の分布状態は著しい変化を示す。

7. 0齢群はB型区またはA₁型区の花藻の密生した群落の中に集中的に分布する。1齢群になるとB型区全体や、A₁型区に隣接するA₂型区に分布域を拡げるが、年間を通じて生活領域の変化は少ない。2齢群は成熟するころに浅瀬のA₂、B型区から、C型区へ急速に移動するが、放出後B型区に再び出現する傾向がある。3齢群以上では成熟期には深みへ、殻成長期には浅みに移動する傾向はうかがわれるが、主な生活領域はC型区である。

8. 0齢群は殻径5 mmくらいまではデトリタスを、5ないし10 mmの個体ではデトリタスと海藻を摂食する。しかし、1齢群以上の個体では海藻を主食とする。

9. 井寒台のウニ個体群は周年ミツイシコンブを主餌料として摂食している。ミツイシコンブの年間純生産量は889.3 g/m²であるのに対し、ウニ個体群はミツイシコンブの着生個体群から391.8 g/m²を、また流れ藻から20.6 g/m²を摂取すると推定される。

10. 漁獲対象群の資源量は船泊で最も多く、井寒台で最も少ない。資源量には年変動があり、羅臼では増加の、井寒台では減少の傾向が認められる。

11. 底生群では0齢群の自然死亡率は高く、6月から9月までの間に50%以上減耗する場合もある。1齢群から5齢群まではほとんど自然死亡はないが、6齢群から急に自然死亡率が高くなる。3ないし5齢群を主対象とする漁獲は、成体群の主要な減耗要因である。

12. ウニ漁場がウニの分布域より狭く、漁期が長い場合には、ウニ個体群の発育段階、生活周期にともなう移動により、資源量は季節変動を示す。

13. 添加群の量はウニの資源量の水準を決める上で、主要な役割をはたしている。添加群の資源量に占める割合は漁場によって異なり、船泊で最も高く、井寒台、羅臼では船泊の半分以下である。

14. エゾバフンウニ資源の増殖のための基本方向は、添加群の増加、生物生産量の増大、漁業管理が考えられ、各漁場の資源評価に基づく具体的な増殖対策を示し、最後に残された問題点を検討した。

文 献

1. AIYAR, R. G. (1935) : Early development and metamorphosis of the tropical echinoid *Salmacis bicolor*, Agassiz. *Indian Zool. Mem.* 6, 714-728.
2. 秋元 義正 (1969) : 福島県におけるキタムラサキウニの移殖について 第一報 福島水試調査研究資料 (81) 1-9
3. 相川 広秋 (1949) : 水産資源学総論 1-545 産業図書 東京
4. ANDERSON, T. M. (1966) : Aspects of nutritional physiology. In *Physiology of Echinodermata* (Ed. by BOOLOOTIAN), 329-357. Interscience publishers, New York, London, Sydney.
5. BENNETT, J. & GIESE, A. C. (1955) : The annual reproductive and nutritional cycles in two western sea urchins. *Biol. Bull.* 109, 226-237.
6. BEVERTON, R. J. T. & HOLT, S. J. (1957) : On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Ser. II*, 19, 1-533.
7. BOOLOOTIAN, R. A. & GIESE, A. C. (1959) : The effect of latitude on the reproductive activity

- of *Strongylocentrotus purpuratus*. International Oceanographic Congress. Am. Ass. Afr. Sci. 216-217.
8. BOOLOOTIAN, R. A. & LASKER, R. (1964) : Digestion of brown algae and the distribution of nutrients in the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*. *Comp. Biol. and Phys.* 11, 273-289.
 9. BUCHANAN, J. B. (1966) : The biology of *Echinocardium cordatum* (Echinodermata Spatang-oidea) from different habitat. *J. Mar. Biol. Assoc.* 46, 97-114.
 10. ——— (1967) : Dispersion and demography of some infaunal Echinoderm populations. In *Echinoderm Biology* (Ed. by MILLOTT), 1-11. Academic Press. London and New York.
 11. ——— (1969) : Feeding and the control of volume with in the tests of regular sea urchins. *J. Zool.* 159, 51-64.
 12. BULL, H. O. (1938) : The growth of *Psammechinus miliaris* (GMELIN) under aquarium condi-tions. *Rep. Dove Mar. Lab. Ser.* 3, 39-42.
 13. CHATLYNNE, L. G. (1969) : A histochemical study of oogeneses in the sea urchin, *Strongy-locentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.* 136, 167-184.
 14. DAWSON, J. W. (1868) : The food of the common sea urchin. *Am. Nat.* 1, 124-125.
 15. De LURY, D. B. (1947) : On the estimation of biological populations. *Biometrics* 3, 145-167.
 16. DIX T. G. (1969) : Larval life span of the echinoid *Evechinus chloroticus*. *N. Z. J. Mar. Fresh. Res.* 3, 13-16.
 17. EBERT, T. A. (1965) : A technique for the individual marking of sea urchins. *Ecology* 46, 193-194.
 18. ——— (1967) : Negative growth and longevity in the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (STIMPSON). *Science* 157, 557-558.
 19. ——— (1968) : Growth rates of the sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion. *Ecology* 49, 1075-1091.
 20. ELMHIRST, R. (1922) : Habits of *Echinus eschlintus*. *Nature* 110, 67.
 21. FUJII, A. (1960 a) : 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.
 22. ——— (1960 b) : Ditto, II. Size at first maturity and sexuality of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Ibid.* 11, 43-48.
 23. ——— (1960 c) : Ditto, III. Reproductive cycle of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. in Southern Hokkaido. *Ibid.* 11, 49-57.
 24. ——— (1961) : Ditto, IV. Histological observation of the food canal of *Strongylocentrotus intermedius*. *Ibid.* 11, 195-202.
 25. ——— (1962) : Ditto, V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. *Jap. J. Ecol.* 12, 181-186.
 26. ——— (1963) : ウニ増殖に関する研究 昭和38年度日本水産学会秋季大会シンポジウム議事録 127-136
 27. ——— (1967) : 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.
 28. ——— (1969) : 北海道のウニとその増殖 1-79 水産増養殖叢書 21 日本水産資源保護協会 東京
 29. ——— & KAWAMURA, K. (1970 a) : Studies on the biology of the sea urchin. VI. Habitat

- structure and regional distribution of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 36, 755-762.
30. ——— & ——— (1970 b) : Ditto, VII. Bio-economics of the population of *Strongylocentrotus intermedius* on a rocky shore of southern Hokkaido. *Ibid.* 36, 763-775.
 31. 富士 亮 (1962) : パフンウニの標識法 水産増殖 10 11-14
 32. FUJI, R. A. (1963) : on the growth of the sea urchin *Hemicentrotus pulcherrimus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 29, 118-126.
 33. FUKUSHI, T. (1960 a) : The external features of the development of the sea urchin, *Glyptocidaris crenularis* A. Agassiz. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi* 10, 57-64.
 34. ——— (1960 b) : The formation of the echinus rudiment and the development of the larval form in the sea urchin, *Temnopleurus hardwickii*. *Ibid.* 10, 65-72.
 35. HANCOCK, D. A. (1957) : The feeding behaviour of the sea urchin, *Psammechinus miliaris* (GMELIN) in the laboratory. *Proc. Zool. Soc. London.* 129, 255-261.
 36. 林 忠彦・寺井 勝治・有馬 健二 (1967) : 八雲沿岸におけるウバガイ *Spisula sachalinensis* (SCHRENCK) の浮遊稚仔ならびに底棲稚貝についての研究 本誌 (7) 8-71
 37. HINEGARDNER, R. T. (1969) : Growth and development of the laboratory cultured sea urchin. *Biol. Bull.* 137, 465-475.
 38. HINES, J. & R. KENNY (1967) : The growth of *Arachnoides placenta* (L.). *Pacific Sci.* 21, 230-235.
 39. 平野 修 (1968) : ウニの増殖に関する研究 1. パフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus* の外部形態の地理的および成長に伴う変異について 水大校研報 16 59-66
 40. 井上 泰・中村 達夫・角田 信孝・寺尾百合正・重宗 新治・西村 忠恭 (1969) : 天然漁場におけるウニ類の生態と漁場環境に関する調査研究 山口外海水試研報 (10) 1-46
 41. JENSEN, M. (1969 a) : Age determination of echinoids. *Sarcia* 37 41-44
 42. ——— (1969 b) : Breeding and growth of *Psammechinus miliaris* (GMELIN). *Ophelia* 7, 65-78.
 43. JONES, N. S. & KAIN, J. M. (1967) : Subtidal algal colonization following the removal of Echinus. *Helv. Wiss. Meer.* 15, 460-466.
 44. JOHNSON, M. W. (1930) : Notes on the larval development of *Strongylocentrotus franciscanus*. *Publ. Puget Sound Station* 7, 401-412.
 45. 角田 信孝・寺尾百合正・中村 達夫・井上 泰 (1970) : 人工採苗 パフンウニの成長と摂餌について 水産増殖 17 155-165
 46. 川村 一広 (1960) : サロマ湖と網走のウニについて 北水試月報 17 308-318
 47. ——— (1963) : 小樽市祝津におけるエゾパフンウニの移殖について 同上 20 312-319
 48. ——— (1964 a) : 礼文島船泊のエゾパフンウニの生態について 本誌 (2) 39-59
 49. ——— (1964 b) : 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
 50. ——— (1965 a) : 礼文島船泊のエゾパフンウニの生態について 第2報 本誌 (3) 19-38
 51. ——— (1965 b) : 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
 52. ——— (1966 a) : 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
 53. ——— (1966 b) : 浦河町沿岸のキタムラサキウニの生態および資源管理に関する2.3の考察 本誌 (5) 7-30
 54. ——— (1966 c) : キタムラサキウニの年齢形質と成長について 同上 (6) 56-61
 55. ——— (1967) : 余市沿岸のエゾパ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 24 126-135

56. ——— (1968) : 浦河町東栄の大型エゾパフンウニについて 同上 25 147-152
57. ——— (1969) : 北海道におけるウニ漁業と資源管理, 増殖対策の実態について 同上 26 608-637
58. ——— (1970) : エゾパ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 本誌 (12) 141-153
59. ———・林 忠彦 (1964) : エゾパフンウニの標識法について 北水試月報 21 330-336
60. ———・——— (1965 a) : エゾパフンウニの摂餌と成長について 同上 22 117-127
61. ———・——— (1965 b) : エゾパフンウニの摂餌, 成長, 成熟におよぼす水温の影響について 同上 22 128-145
62. ———・滝 襄 (1965) : 礼文島船泊のエゾパフンウニの生態について 第3報 本誌 (4) 22-40.
63. 川名 武 (1938) : パフンウニの増殖について 水産研究誌 33 104-117
64. 木下虎一郎 (1933) : リシリコンブに認められた特異の被害現象 養殖会誌 3 193-202
65. ——— (1958) : 北海道における最近のウニ漁業 北水試月報 15 505-507
66. 久保伊津男・吉原 友吉 (1957) : 水産資源学 1-345 共立出版 東京
67. 久米 又三 (1929) : 三崎産海胆類の発生について 動雑 41 100-105
68. ———・団 勝磨 (1957) : 無脊椎動物発生学 1-436 培風館 東京
69. LASKER, R. & GIESE, A. C. (1954) : Nutrition of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *Biol. Bull.* 106, 328-340.
70. LEIGHTON, D. L., JONES, L. G. & NORTH, W. J. (1966) : Ecological relationships between giant kelp and sea urchins in southern California. *Rep. Process.* 5th. Intern. Seaweed Symposium, 141-153
71. LEWIS, J. B. (1958) : The biology of the tropical sea urchin *Tripneustes esculentus* Leske in Barbados, British West Indies. *Can. J. Zool.* 36, 607-621.
72. ——— (1963) : The food of some deep water echinoids from Barbados. *Bull. Mar. Sci. Gulf and Car.* 13, 360-363.
73. ——— (1964) : Feeding and digestion in the tropical sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. *Can. J. Zool.* 42, 549-557.
74. ——— (1966) : Growth and breeding in the tropical echinoid *Diadema antillarum*, Philippi. *Bull. Mar. Sci.* 16, 151-158.
75. LINDAHL, P. & RUNNSTRÖM, J. (1929) : Variation und Ökologie von *Psammechinus*. *Acta. Zool.* 10, 401-484.
76. MACBRIDE E. W. (1903) : The development of *Echinus eschlinus*, together with some points in the development of *Echinus miliaris* and *Echinus actus*. *Trans. Roy. Soc. London*, B, 195, 285-327.
77. ——— (1914 a) : Text-book of Embryology. I. Echinodermata. 456-567. Macmillan Co., London.
78. ——— (1914 b) : The development of *Echinocardium cordatum*. *Q. J. M. S.* 59, 471-486.
79. 松井 魁 (1966) : ウニの増殖 1-104 水産増養殖叢書 12 日本水産資源保護協会 東京
80. MCPHERSON, B. F. (1965) : Contributions to the biology of the sea urchin *Tripneustes ventricosus*. *Bull. Mar. Sci.* 15, 228-244.
81. 三輪 勝利 (1966) : ウニの生化学的研究 I. ウニ生殖素の成熟と栄養源の消長 北水研報 (31) 73-88
82. MOORE, H. B. (1934) : A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats.

- part I. *J. Mar. Biol. Assoc.* 19, 869-885.
83. ————— (1935) : Ditto. II. *Ibid*, 20, 109-128.
84. ————— (1936) : The biology of *Echinocardium cordatum*. *Ibid*, 20, 655-672.
85. ————— (1937) : A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. Part III. *Ibid*, 21, 711-719.
86. —————, JUTARE, T., BAURE, T. C. & JONES, J. A. (1963 a) : The biology of *Lytechinus esculentus*, *Bull. Mar. Sci. Gulf and Carib.* 13, 23-53.
87. —————, JONES, J. B. MC PHERSON, B. F. & ROPER, C. F. E. (1963 d) : A contribution to the biology of *Tripneustes esculentus*. *Ibid*, 13, 267-281.
88. MORTENSEN, T. (1898) : Die Echinodermen Larven der Plankton Expedition. *Ergeb. Plankton Exp. d. Humb. Stiftung.* Bd. 2, J, 1-118.
89. ————— (1921) : Studies of the development and larval forms of Echinoderms. 1-261, G, E, C. Copenhagen.
90. ————— (1931) : Contributions to the study of the development and larval forms of Echinoderms I-II. *Mem. Roy. Acad. Sci. Let. Demmark*, 4, 1-39.
91. ————— (1937) : Ditto, III, *Ibid*, 7, 1-65.
92. ————— (1938) : Ditto, IV, *Ibid*, 7, 1-59.
93. 中村 達夫・井上 泰 (1965) : 山口県のウニと築磯事業効果について 山口外海水試研報 (6), 1-70
94. 中村 達夫・芳永 春男 (1962) : 山口県外海産ウニについて 水産増殖 9 189-200
95. 中村 達夫・井上 泰・寺尾百合正・重宗 新治・佐竹 武元 (1968) : ウニ類を対象とした投石事業の効果 山口外海水試 1-27
96. NATAF, P. G. (1954) : Sur la croissance de *Paracentotus libidus* Lmk. et de *Psammechinus miliaris* Gmelin. *Bull. Mus.* 2 Ser, 26, 244-251.
97. 小原 昭雄・田中 正午・黒田久仁男・丸 邦義・川村 一広 (1964) : サロマ湖における生物並びに環境要因の現況について 網走水試 サロマ湖養殖漁協 1-69
98. ONODA, K. (1931) : Notes on the development of *Helicoidaris crassispina* with special reference to the structure of the larval body. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser.* 7, 103-134.
99. ————— (1936) : Notes on the development of some Japanese echinoids with special reference to the structure of the larval body. *Jap. J. Zool.* 6, 637-654.
100. ————— (1938) : Ditto, III, *Ibid*, 8, 1-13.
101. 大島 泰雄・石渡 直典・田中 二良 (1957) : ムラサキウニとバフンウニの食性 水産増殖 5 26-30
102. ORTON, J. H. (1929) : On the occurrence of *Echinus esculentus* on the foreshore in the British Isles. *J. Mar. Biol. Assoc.* 16, 289-296.
103. PARKER, G. H. (1932) : On ceartian feeding habits of the sea urchin *Arbacia*. *Am. Nat.* 66, 95-96.
104. PEARSE, J. S. (1969 a) : Reproductive periodicities of Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of Suez. I. The echinoids *Prionocidaris baculosa* (LAMARCK) and *Lovenia elongata* (GRAY). *Bull. Mar. Sci.* 19, 323-350.
105. ————— (1969 b) : Ditto, II. The echinoid *Echinometra mathaei* (de BLAINVILLE). *Ibid*, 19, 580-613.
106. ————— & GIESE, A. C. (1966) : Food reproduction and organic constitution of the common antarctic echinoid *Stereochinus neumayeri* (MEISSNER). *Biol. Bull.* 130, 387-401.
107. ————— & PHILLIPS, B. F. (1968) : Continuous reproduction in the Indo-Pacific sea urchin

- Echinometra mathaei* at Rottnest Island, Western Australia. *Aust. J. Mar. Fresh. Res.* 19, 161-172.
108. SHARP, D. T. & GRAY, I. E. (1962) : Studies on factors affecting the local distribution of two sea urchins, *Arbacia punctulata* and *Lytechinus varegatus*. *Ecology* 43, 307-313.
109. SINCLAIR, A. N. (1959) : Observations of the behavior of sea urchins. *Aust. Mus. Mag.* 13, 3-8.
110. STOTT, F. C. (1931) : The spawning of *Echinus esculentus* and some changes in gonad composition. *J. Exp. Biol.* 8, 133-150.
111. ——— (1955) : The food canal of the sea urchin, *Echinus esculentus* L and its functions. *Proc. Zool. Soc. London.* 125, 63-86.
112. SWAN, E. F. (1958) : Growth and variation in sea urchins of York Maine. *J. Mar. Res.* 17, 505-522.
113. ——— (1961) : Some observations on the growth rate of sea urchins in the genus *Strongylocentrotus*. *Biol. Bull.* 120, 420-427.
114. 滝 襄・東田 勇 (1964) : 福井県におけるパフンウニの増殖を目的とした既往の投石効果調査と問題点の 1. 2. 水産増殖 12 37-47
115. TENNENT, D. H., GARDINER, M. S., and SMITH, D. E. (1931) : A cytological and biochemical study of the ovaries of the sea urchin *Echinometra lucuter*. *Car. Knst. Washington. Pub.* 413, 1-46.
116. TENNET, D. H. & ITO, T. (1946) : A study of the oögenesis of *Mespilia globules*. *J. Morph.* 69, 347-404.
117. THEEL, H. (1892) : On the development of *Echinocyamus pusillus*. *Nov. Acta R. Soc. Sci. Upsala Ser. III.* 15, 1-57.
118. THORNTON, I. W. B. (1956) : Diurnal migrations of the echinoid *Diadema setosum* (LESKE). *Br. J. Anim. Behav.* 4, 143-146.
119. THORSON, G. (1946) : Reproduction and larval development of Darnish marine bottom invertebrates, with special reference to planktonic larvae in the Sound (Resund). *Medd. Komm. Dan. Fish. Hav. Plankton* 4, 1-523.
120. ——— (1950) : Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrate. *Biol. Rev.* 25, 1-40.
121. TURNER, V. G. (1965) : Some aspects of development in two echinoids. *Am. Zool.* 5, 33.
122. 鳥居 西蔵 (1952) : 昆虫集団の Pattern とその見わけ方 生態学概説 (養賢堂) 202-286
123. ウニ研究グループ (1962) : エゾパフンウニについて 北水試月報 19 314-322
124. ÜRSIN, E. (1960) : A quantitative investigation of the echinoderm fauna of the central North Sea. *Medd. Kommn. Hav. N. S.* 2, 1-204.
125. 山辺 晃 (1962) : アカウニ幼生の飼育について 水産増殖 10 213-219
126. 山口 正男・柿田 研造・与賀田稔久・三浦雄一郎・三浦 勇 (1959) : 沿岸漁業集約経営調査 (B). 漁場総合利用調査 1. 増養殖調査 6. ウニ類の増殖管理調査 1-25 野母崎町役場 長崎水試
127. YOSHIDA, M. (1952) : Some observations on the maturation of the sea urchin, *Diadema setosum*. *Anno. Zool. Japon.* 25, 265-271.
128. ——— (1966) : Photosensitivity. In *Physiology of Echinodermata* (Ed. by BOOLOOTIAN), 435-464, Interscience Publishers, New York, London, Sydney.

ホタテガイ貝から中におけるスサビノリ糸状体の
殻孢子放出と生長の経年変化について*

垣内 政 宏・辻 寧 昭

(北海道立網走) (北海道立中央)
(水産試験場) (水産試験場)

An Annual Change of the Liberation Number of the Conchospores
and Growth of the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA
in the Shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY)

Masahiro KAKIUCHI and Yasuaki TSUJI**

(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

** (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

The authors carried out investigations on the liberation of conchospores from the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA in the same season for five years and observed on the vertical growth of the *Conchocelis* of the same species in the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY).

The results obtained are summarized as follows :

1. The liberation of conchospores continued every season for five years. After four years, however, the liberation number decreased gradually and its periodicity became irregular.
2. Under suitable cultural conditions, the liberation number was abundant every season for the first three years. And this *Conchocelis* in the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY) can be used to artificial seeding for laver cultivation.
3. Unusual change of environmental factors, water temperature and light intensity, in the culture period of *Conchocelis* causes bad influence to the liberation of conchospores from rather the old *Conchocelis* than the young one.
4. *Conchocelis* in the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY) grow vertically through the shell matrix, reaching the reverse side of the shell for about one year. After that, it grow densely in the both sides of the shell gradually.
5. *Conchocelis* cultured from carpospore on the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY) grew densely annually. Ten carpospores per 1 cm² on the shell seemed to reach upper limit of practical uses in the fourth year.

は じ め に

Porphyra umbilicalis (L.) KÜTZ. の生活史の中に糸状体期 *Conchocelis*-phase のあることが DREW (1949) によって発見されて以来、アマノリ属の糸状体について多くの研究がなされるようになった。わが国においても黒木 (1953a) によってアサクサノリ *Porphyra tenera* KJELLM. その他数種でその存在が確認され、山崎 (1954) が糸状体の生態について、須藤・丸山・梅林 (1954) が孢子の放出について報告している。その後、黒木・平野 (1956 a, 1956 b) は、海において 孢子放出の実験を行ない、さらに、糸状

体の生長と水温および光条件との関係について報告している。尾形 (1961) はアコヤガイを用いて、貝がらの断面における糸状体の生長を報告している。しかし、これら糸状体の観察は、果胞子付けを行なった後、約1年間のものであり、果胞子付け後、数年にわたる報告はあまり見られず、著者ら (1970, 1971, 1972) が、チシマクロノリ、スサビノリ *Porphyra yezoensis* UEDA で、数年にわたる殻胞子の放出を報告したものがただである。今回、これらの実験を継続し、ホタテガイ貝がらを基質としたスサビノリの果胞子付け1年後から6年後までの貝がら中における糸状体の生長と殻胞子の放出についての経年変化を研究し、二、三の知見を得たのでここに報告する。

本文に入るに先だち、ホタテガイ貝がらの切片作成にあたり種々お世話いただいた、北海道区水産研究所増殖部魚介類研究室長 和久井卓哉技官、ならびに同資源部主任研究官 北野裕技官に感謝の意を表する。

材 料

本実験に用いた母藻は、サロマ湖で養殖を行なったもので、これを採集し、糸状体の密度が1 cm²当り約10個体になるよう果胞子付けを行ない、糸状体を培養した。また、一部の糸状体は、糸状体の入っている貝がらを砕き、これを他の貝がらにまきつけて再生させた。ホタテガイ貝がらの左殻を基質として用いたが、その大きさは、殻長14.2~9.1 cmである。各実験材料の経歴は次の通りである。すなわち、No. 1の糸状体は、1966年春、母藻を室蘭市から運び、糸状体を作成、同年秋これより採苗し、サロマ湖で養殖を行なった葉体から果胞子を得た。No. 2の糸状体は、No. 1の糸状体から1967年に採苗し、サロマ湖で養殖したものを母藻とした。No. 3の糸状体は、No. 2の糸状体から1968年に採苗したものを母藻とした。No. 4の糸状体は、1969年にNo. 1の糸状体を砕き、貝がら上にまきつけて再生させた。No. 5の糸状体は、No. 3の糸状体から1970年に採苗し、サロマ湖で養殖したものを母藻とした。No. 6の糸状体は、No. 5の糸状体から1971年に採苗し、サロマ湖で養殖したものを母藻とした。

方 法

1. 糸状体の培養

糸状体は、サロマ分場の縦180 cm×横180 cm×深さ120 cmのコンクリート製水槽で垂下培養し、約50日ごとに、洗滌、換水、上下交換、施肥（尿素33 g+リン酸2ナトリウム・12水塩7 g）を行なった。短日処理は7月1日より、採苗を終了する9月上旬まで明期10時間にして行なった。

Table 1. Period of the observation

Material	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
Beginning of the culture	Dec. 13, 1966	Dec. 4, 1967	Dec. 23, 1968	June 7, 1969	Dec. 12, 1970	Dec. 18, 1971
Density of <i>Conchocelis</i> per cm ²	18	10	10		10	6
Period of the observation of conchospore liberation	1967	Aug. 1~Nov. 1				
	1968	Aug. 1~Oct. 4	Aug. 1~Oct. 4			
	1969	Aug. 1~Oct. 31	Aug. 1~Oct. 31	Aug. 1~Oct. 31		
	1970	Aug. 2~Oct. 6	Aug. 2~Oct. 6	Aug. 2~Oct. 6		
	1971	Aug. 19~Sept. 21	Aug. 19~Sept. 21	Aug. 19~Sept. 21	Aug. 19~Sept. 21	

2. 殻胞子放出の観察

本実験の期間は Table 1 に示したように、毎年8月より殻胞子の放出期間と思われる約3か月間であったが、1971年は9月21日で中止した。殻胞子放出の観察は、糸状体のついたホタテガイ貝がらを直径3 cmの円盤状に切り、1個ずつガラス円筒（高さ10 cm、直径3.1 cm）の中につるし、底はゴム栓をして、その上に胞子受けのガラス円板（直径3 cm、表面に1 mm ごとに溝を切ったもの）を置き、海水を満たして培養水槽に垂下して行なった。このガラス円板を毎日16時にとり出し、ガラス円板上に沈下した殻胞子を顕微鏡で倍率10×15にして、10視野を計数し、1 cm²あたりの殻胞子数に換算した。

3. 糸状体の観察

ホタテガイ貝がらに果胞子付けを行なった糸状体 No. 1～6を1973年まで培養を続け、この貝がらの断面観察のため1973年2月1日にアルコールで固定し、これを高速精密切断機（平和工業製ファインカット100型）で厚さ220～450 μ 、平均330 μ に切断、切断面を砥石で研磨し、糸状体を顕微鏡で観察した。

結 果

1. 培養期間中の環境

培養期間中の水温と照度は、12時に観測したものを旬平均で Fig. 1 に示した。短期間であるが、照度で一部高い値が示されているのは、春期にはチシマクロノリの採苗時、秋期にはスサビノリの採苗時に、室内のカーテンを全開したためである。1971年の5月、6月にはカーテン故障の為、照度が高い値となった。また、培養期間中の標準比重は、1.01900～1.02652、通常は1.02400前後であり、pHは7.8～9.1の範囲で通常は8.2前後であった。

2. 殻胞子の放出

殻胞子放出の観察を毎年同時期に行ない、果胞子付けを行なった年度の試料別に、殻胞子放出の年別変化を Fig. 2～6 に示した。

No. 1（1966年果胞子付け）の果胞子付け後1年目から5年目までの毎年同期間における殻胞子の放出状況をみると、1年目から3年目まで放出の盛期が数回観察され量も多い。特に3年目（1969年）は9月下旬から10月にかけて多くの放出があった。この後、4年目、5年目になると放出の量が極端に減少した（Fig. 2）。しかし、3年目まではノリの採苗に使用できた。

No. 2（1967年果胞子付け）は1年目、2年目まで放出の盛期が数回観察され、量も多い。2年目（1969年）は No. 1 の試料でも見られたように、9月下旬から10月にかけて放出の量が多かった。3年目以降になると量も少なく、No. 1 における4年目以降の放出状況と同じ状態であった（Fig. 3）。

No. 3（1968年果胞子付け）は1年目に多量の胞子放出が見られ、特に9月下旬より10月に多かったが、2年目以降少なく、3年目には数回の放出が見られただけであった（Fig. 4）。

No. 4 は1969年6月に1966年果胞子付けの貝がらより再生させたもので、同年8月から殻胞子の放出状況を調査したが再生後わずか2カ月で放出が観察された。放出の盛期も数回観察され、No. 1～3のように果胞子付けを行なったものと、その殻胞子の放出状況には大きな差はなかった。その後、1年目（1970年）では、数回放出の盛期も見られるが、量的には少ない。また、2年目（1971年）では、量的にはさらに少なかった（Fig. 5）。

No. 5（1970年果胞子付け）は1年目のみの観察であるが、一度大きな放出盛期があり（1,000個以上/cm²）調査の期間は短かったが、No. 1, No. 2, No. 3における果胞子付け後1年目にみられる殻胞子放出と同様の傾向を示している。果胞子付け後の毎年の殻胞子放出量の変化をみると、No. 1のものは5年間の

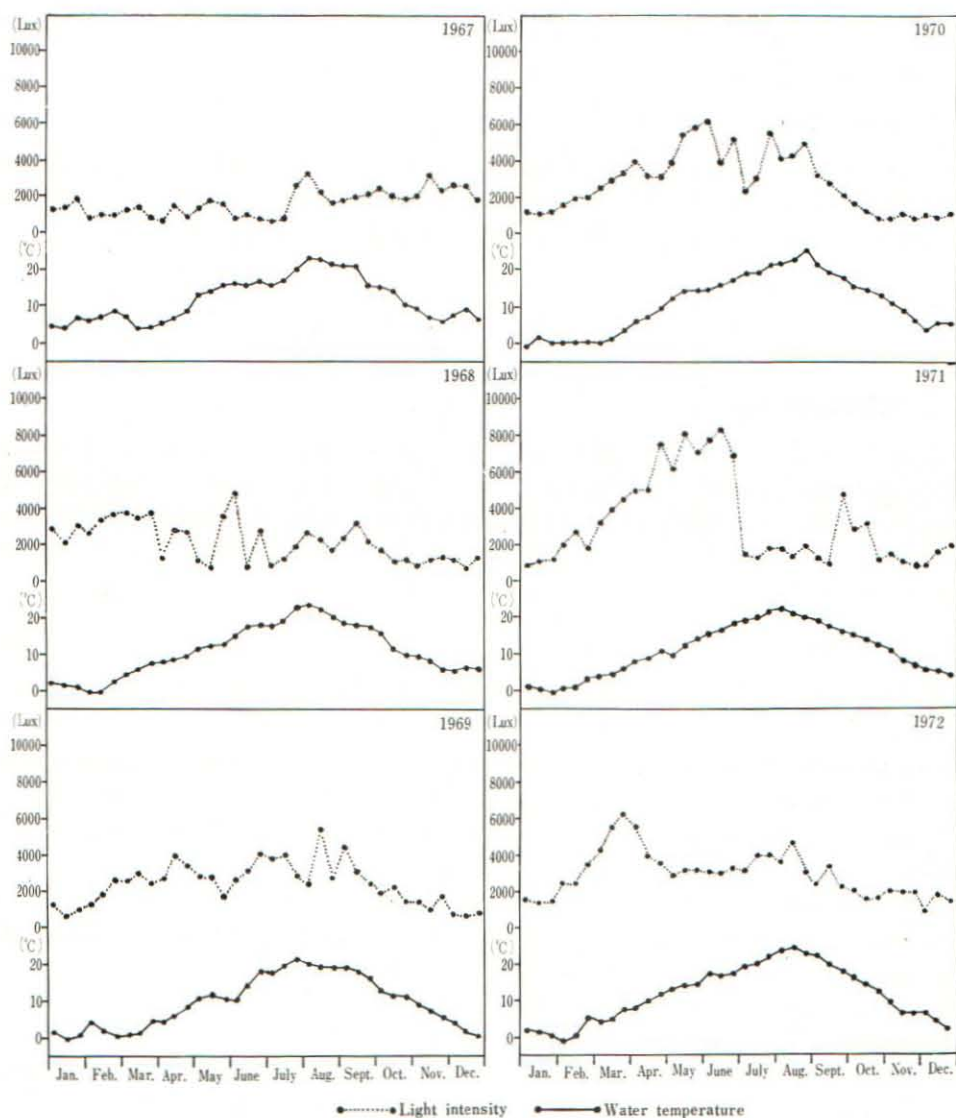


Fig. 1. Water temperature and light intensity.

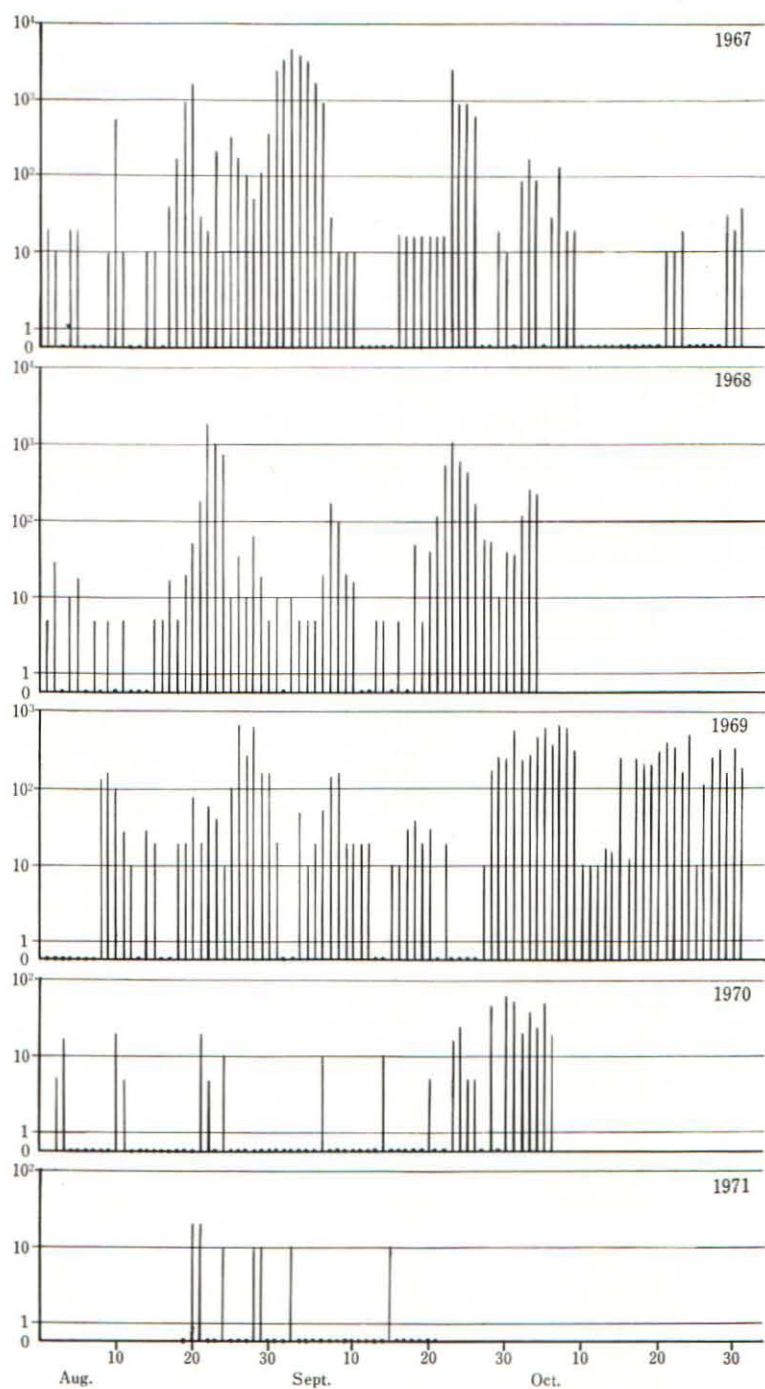


Fig. 2. Number of conchospores liberated from the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA which had been cultured from Dec. 13, 1966 (Material No. 1).

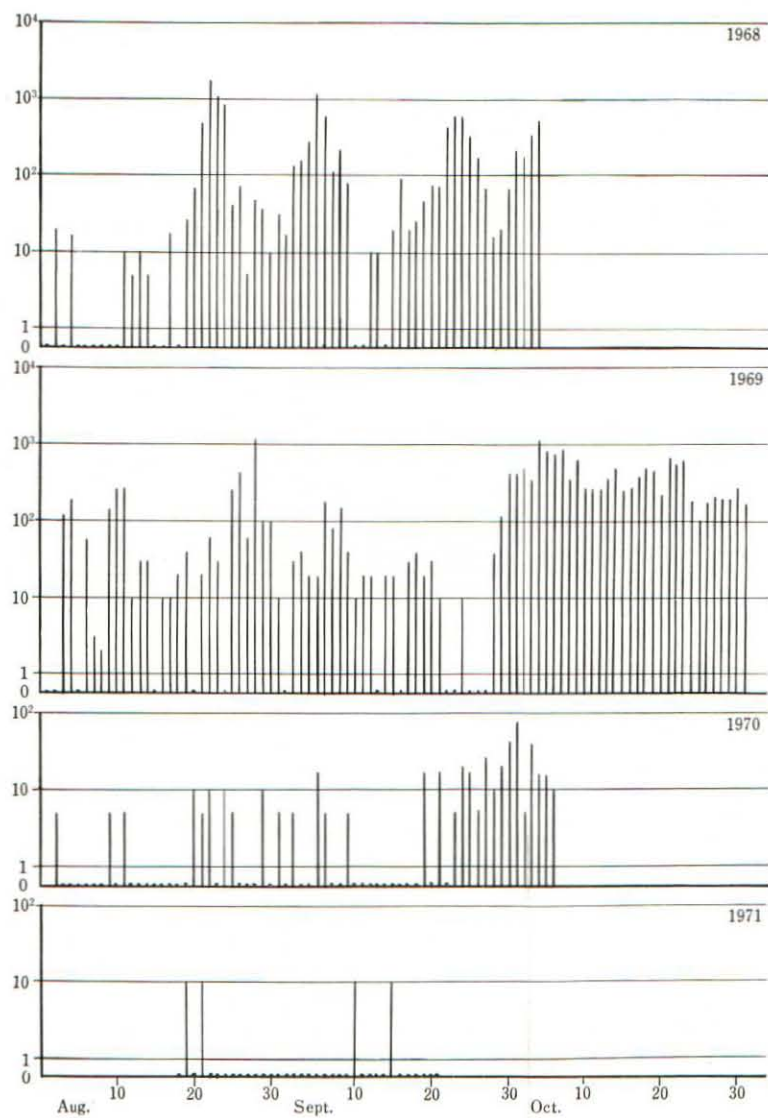


Fig. 3. Number of conchospores liberated from the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA which had been cultured from Dec. 4, 1967 (Material No. 2).

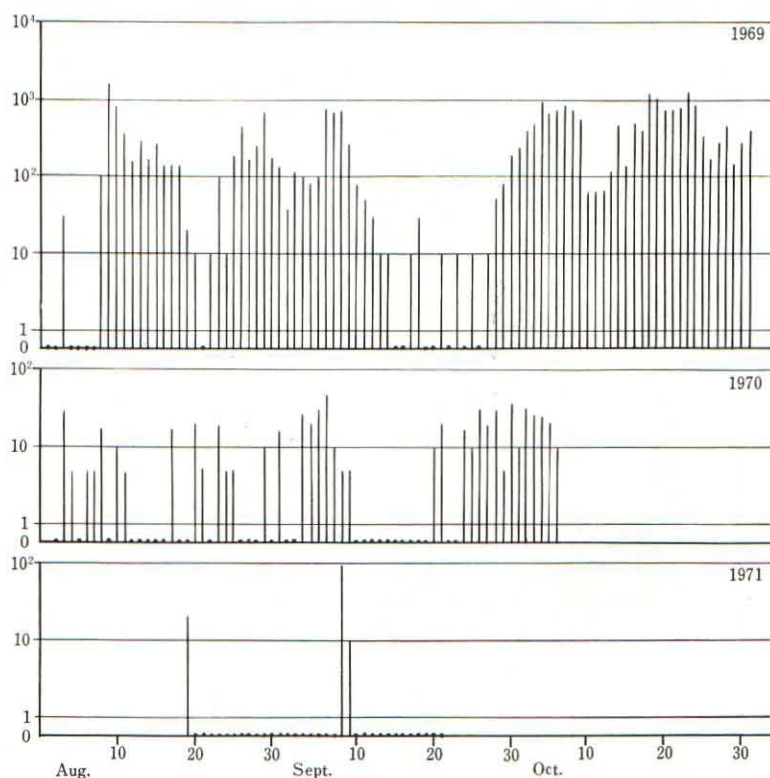


Fig. 4. Number of conchospores liberated from the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA which had been cultured from Dec. 23, 1968 (Material No. 3).

調査中、3年目まで多くの放出が観察されている。しかし、他の No. 2 以下では、1年ずつ観察年数が短くなっていくが、2年目から殻孢子放出が1年目と比べて少なくなっており、特に3年目に入ると極端に減少する傾向が観察された。殻孢子放出の周期は、おおよそ10日から15日間隔ぐらいで放出の盛期が観察されたが、この周期は一定していない。特に果孢子付け後の年数を経るにしたがって、量も少なくなるが、その放出の周期もはっきりしなくなる。また、同じ観察年における試料別の殻孢子放出の状態は、1968年の観察時における No. 1 と No. 2、1969年における No. 1、No. 2、No. 3 など (Fig. 2, 3, 4) とやや似た傾向を示している。これら No. 1、No. 2、No. 3 の糸状体はそれぞれ果孢子付けを行なった年が異なるので、殻孢子の放出量には差があるが、放出の盛期が現われる周期などは、ほぼ同じであった。

3. 糸状体の観察

ホタテガイ貝から中の糸状体の状態を Plate I および II に示した。

イ) 糸状体の生長

ホタテガイ貝からの真珠層面に果孢子付けを行なった場合、糸状体の生長がすすみ、約1年で裏側の皮層部分にまで達する (Plate II. 11, 12)。この時の糸状体の太さは、真珠層側および皮層側において枝分れを行なっている部分で 2.4μ 、貝がらを通過している中間の部分 (稜柱層) では 2.0μ であり、全体的に糸状体の太さには著しい差異は認められなかった。その後、年を経るにしたがって、皮層部分に向って伸長する糸状体が多くなり、中間の部分 (稜柱層) ではこれが密になっているのが観察された。この糸状体の生長にもなって、真珠層側および皮層側は糸状体が枝分れを行ない密になっていた。この枝分れが観察された範囲

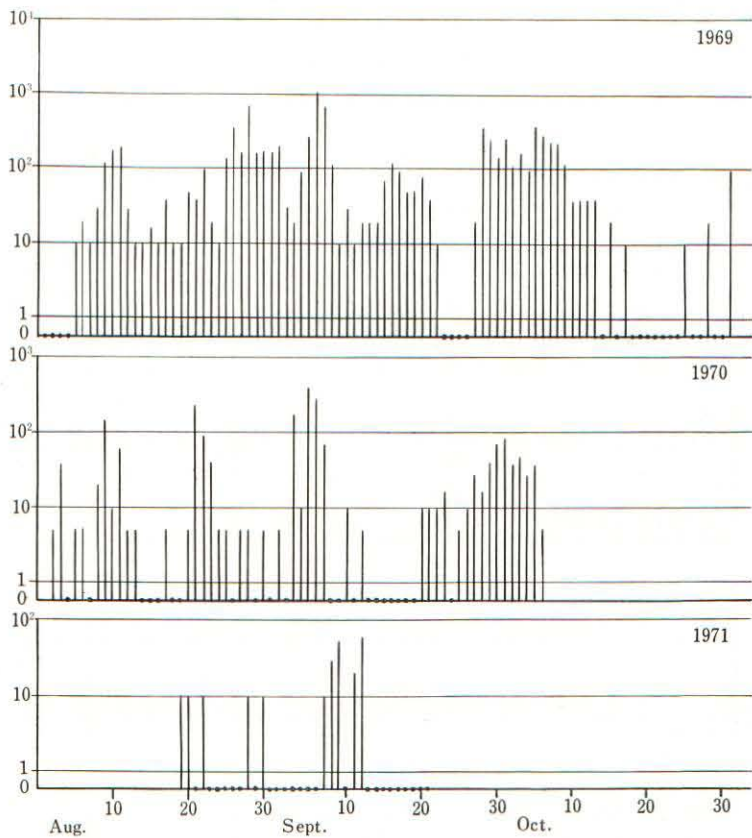


Fig. 5. Number of conchospores liberated from the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA which had been cultured from June 7, 1969 (Material No. 4). These *Conchocelis* had been transplanted from the Material No. 1 shell, which crushed and scattered on new shell surface.

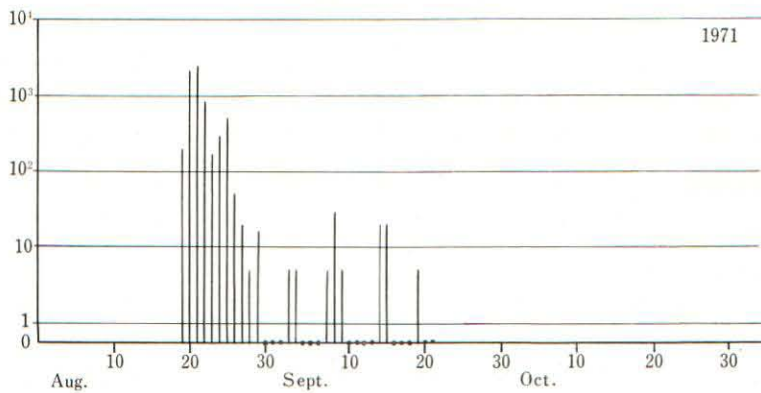


Fig. 6. Number of conchospores liberated from the *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA which had been cultured from Dec. 12, 1970 (Material No. 5).

は真珠層側で、No. 1, No. 2 の果胞子付け後 5~6 年を経たものでは、真珠層面下約 400 μ ぐらいまで見られ、これより新しい No. 3~6 の果胞子付け後 1~4 年のものでは約 300 μ ぐらいまでであった。一方、皮層側においては、No. 1~4 の果胞子付け後 3~6 年を経たもので、皮層面下 300 μ ぐらいまで枝分れが見られ、これより新しい No. 5 (果胞子付け後 2 年) で約 250 μ ぐらいまで、No. 6 (果胞子付け後 1 年) で約 100 μ ぐらいまで枝分れをしているのが観察された。また、中間の部分(稜柱層)においては、ほとんど枝分れが見られない。しかし、果胞子付け後 5~6 年を経たものの一部に観察されたが、枝分れの頻度は少なかった。

このように、No. 1, No. 2 の果胞子付け後 5~6 年目になると、真珠層側も皮層側も同じように生長繁茂し、表面観察においても明らかに両面が色づき、糸状体の密度だけからは最初に果胞子付けを行なった面を識別できないほどになった (Plate I. 1~4)。

ロ) 糸状体の生長方向

果胞子付けを行なったホタテガイ貝がらの真珠層面においては、表面直下で枝分れを行なっているが、その後果胞子付けをした面に直角に進入している。No. 1, No. 2 のように果胞子付けを行なった後、年数を経ているものは中間の部分(稜柱層)にて一部枝分れをしているものが観察されたが、他のものはほぼ直線的に伸長している。中間の部分(稜柱層)から皮層にかけては大部分のものが直線的に進み、皮層に達する。貝がら皮層部の放射肋を有する部分では直線的に伸びてきた糸状体が放射肋の隆起した部分を避けて、貝がらの薄い方の面に向かって進み、皮層に達している。このように放射肋のような隆起した部分を避ける糸状体もあるが、一部はそのまま直線的にこの放射肋の隆起した部分を通過するものが観察された (Plate II. 13, 14)。果胞子付けを行なった真珠層面直下および貝がらを貫通して皮層面まで達し、糸状体が枝分れし、密になった部分では生長の方向が一定でない。糸状体が裏面皮層側に達した後、真珠層側へ向っての糸状体の逆の伸長が観察され、年を経るにしたがって長くなり、果胞子付け後 1 年目のもので皮層表面より約 150 μ まで伸長しており、さらに 4 年目では約 1,300 μ の深さまで達していた。貝がらは厚さ約 2 mm であったので、果胞子付け後 4 年目になると、貝がらの厚さの半分以上逆の伸長をしているのが観察された。

ハ) 殻胞子嚢

貝がらの切片を作成した時期が 2 月であったので、殻胞子嚢は完全には形成されていなかったが、糸状体の枝の部分に数は少ないがふくらみが観察された。このふくらみは未熟な殻胞子嚢であり、これの形成される範囲を観察した。この糸状体に観察された枝のふくらみは、長径 20 μ 、短径 10 μ ぐらいまでのものであったが、平均 17 $\mu \times 5 \mu$ ぐらいのものが多かった。これらは果胞子付け後 1 年目のものにも、5 年目のものにも観察され、その大きさには差はなかった。糸状体にふくらみが観察された位置は、果胞子付けを行なった真珠層側では、果胞子付け後 1 年目から 3 年目までのもので表面より約 200 μ の深さのところであり、4 年目以降年を経るにしたがって約 300 μ まで観察された。また、皮層側においてもふくらみが観察された。果胞子付け後 1 年目のものでは皮層から 70 μ の深さに見られ、その後、2 年目、3 年目と年を経るにしたがって、皮層側における生長が盛んになり、6 年目になると皮層側から約 300 μ の深さにまで枝のふくらみが観察され、年数を経るにしたがって殻胞子嚢のできる位置が深部へ移行する傾向が見られた。

考 察

殻胞子の放出について、黒木 (1953 b) はアサクサノリでは、秋に大量の胞子放出後、色をなくし、枯死したと報告している。その後、山崎 (1954) の観察では、糸状体は胞子の放出が行なわれた後でも枯死する事なく、翌年の春、再び胞子嚢が形成され胞子の放出が見られたと報告しているが、著者らがスサビノリで観察を行なった結果も、果胞子付け後、5 年経過したものでも、殻胞子の放出がみられ、特に 3 年目までは量も多く、ノリの採苗にも使用できた。

本実験において、殻胞子の放出は、1967 年、1968 年、1969 年と各々試料が異なっても、多くの放出が観察されているが、1970 年には No. 1~3 において放出量が少ない。特に No. 3 は果胞子付け後 2 年目であるの

に少なかった。1970年の培養条件を水温と照度について見ると、この年における殻孢子放出調査期間の8月には例年よりも高水温を記録している。

黒木・平野(1956b)はアサクサノリで、孢子の放出は一定温度で培養を続けた時、放出量は18~21℃で最も多く、27℃では孢子嚢は形成されたにもかかわらず放出されなかった。と報告しているが、本実験に用いたスサビノリの場合もこれと似た状態であったと思われる。その後、9月下旬から水温が降下し始めた時期に少ないながら放出されたことから、高水温によって、殻孢子の放出がある程度抑制されたのではないと思われる。

また、培養期間中の照度についてみると、1970年の5月、6月に6,000ルクスの高照度が記録されている。黒木・秋山(1965)は培養中の明るさは、種類によって孢子放出に影響があるように思われ、マルバアサクサノリ *Porphyra kuniedai* KUROGI, ウツブリノリ *Porphyra pseudolinearis* UEDA では、高照度、特に4,000ルクスでは孢子嚢は他に劣らず形成されても放出は少なく、低照度でよく放出されるようである。と報告しているが、本実験のスサビノリもこのような影響があったものと思われる。

このことは、1971年の5月、6月にカーテンの故障による高照度が記録された年に殻孢子放出が少なかったことも、同様と考えられる。

これら水温および照度による影響が大きく現われたのは、1971年における各試料の殻孢子放出状況にみられたように、果孢子付け後1年目のものより、年数をより経たものに観察されたことから、糸状体が古くなるほど殻孢子の放出は、水温、照度に影響されやすいようである。

これらのことから、No.1(1966年果孢子付け)のように、培養期間中、その環境条件に著しい変化がない場合は、果孢子付け後少なくとも3年目までは多くの殻孢子放出が観察された。つまり、よく管理された糸状体は、3年目までノリの採苗に使用することができることを示している。

また、No.4の糸状体は、1969年に再生させたものであるが、再生後わずか2カ月の培養で殻孢子の放出が観察されたことは、適当な母藻が得られない場合や、長期にわたる多量の糸状体培養が困難な場合など、糸状体確保に有力な方法であることを示している。

貝がら中で生長する糸状体については、尾形(1961)がアサクサノリでアコヤガイを用いて観察を行ない、果孢子付け後130日目では1,000μの厚さをもつ貝がらを貫通し、カキ貝がらで約1年培養したものでも、内外面に貫通する垂直な糸状体の密な存在を報告している。著者らの観察においても、約1年でホタテガイ貝がら(厚さ約2,000μ)を貫通しており、その後、年数を経るにしたがって密になっていた。貝がらを貫通した糸状体の、果孢子付けを行なった面とその裏面における生長は、尾形(1961)が播種面を下にした実験で、糸状体が下面(播種面)から上面(殻皮側)に達し、ふたたび上面の直下で密に繁茂することを観察しているが、本実験においても、貝がらは垂直に培養したものであるが、同様のことが観察された。さらに最初に果孢子付けを行なった面に向かって、逆の伸長が見られたが、この場合、真珠層側から皮層側に達する速度より、折り返して皮層側から真珠層側に生長してくる速度は非常に遅いようである。

糸状体の貝がら中における生長の方向については、表面直下50μぐらいいでは盛んに各方面に枝分れを行なうが、その後は、枝分れも少なくなり、果孢子付けを行なった面に直角な方向に生長し、尾形(1961)の報告による、垂直方向の生長が観察された。しかし、ホタテガイ貝がらの放射肋部分の断面における糸状体を観察すると、直線的に生長を続けるものもあるが、より薄い面に向かって方向が変っているものがあり、このように、ゆるやかなカーブをしたものは、光の影響によるものか、ホタテガイ貝がら自体によるものかは明らかではない。

殻孢子嚢については、尾形(1961)がマルバアマノリ *Porphyra suborbiculata* KJELLM.などで播種した側の面にも、反対側の面にも単孢子嚢枝ができていることを観察しているが、本実験に用いたスサビノリにおいても、未熟な殻孢子嚢と考えられるふくらみが両側に観察された。

本実験に用いた糸状体は、ホタテガイ貝がら表面1cm²当り6~18個体の密度であった。この糸状体の培養を継続した時、殻孢子の放出については、糸状体の培養期間中の水温、照度によって大きく影響を受け、特に年数を経た糸状体では、その影響をより受けやすくなった。さらに、貝がら中における糸状体も、

年数を経るにしたがって、3年目ぐらいから非常に密になった。尾形(1961)が単胞子囊枝の少なくとも一端は外界に接していると思われると報告していることから、果胞子付け後4年目ぐらいになると、糸状体の繁茂ともなうて、貝がら表面近くにおける殻胞子囊枝の発達する余地が少なくなり、多量の殻胞子の放出は期待できなくなることが予想される。

これらのことから、ホタテガイ貝がらに1cm² 当り10個前後の密度で果胞子付けを行ない、この糸状体をノリの採苗に用いる場合には、果胞子付け後約4年目ぐらいまでが、使用の限界であろうと思われる。

要 約

ホタテガイ貝がらを基質としたスサビノリの糸状体を用いて、5年間、同時期に殻胞子の放出を観察し、また、果胞子付け後1年から6年目までの貝がら中における生長を観察し、次のような結果を得た。

1. 糸状体の殻胞子放出は、果胞子付け後5年目までその放出が観察されたが、4年目、5年目と年数を経るにしたがって、その量も減少し、さらに放出の周期も不規則となった。
2. 殻胞子の放出は、培養期間中、その環境条件に著しい変化がない場合、果胞子付け後3年目まで多くの殻胞子を放出し採苗にも使用できる。
3. 糸状体の培養期間中における水温、照度などその環境条件の変化は、殻胞子の放出に影響を与え、果胞子付け後、年数を経たものほどその影響を受けやすい。
4. ホタテガイ貝がら中における糸状体の生長は、約1年で貝がらを貫通し、その後、果胞子付けを行なった面、および、その裏面の両側において生長し繁茂する。
5. ホタテガイ貝がらに1cm² 当り10個前後の果胞子付けを行ない、その糸状体をノリの採苗に用いる場合、果胞子付け後4年目ぐらいまでが使用の限界であろうと思われる。

文 献

- DREW, K. M. (1949) : *Conchocelis*-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kütz. Nature 164
- 黒木宗尚 (1953 a) : アマノリ類の生活史の研究 第1報 果胞子の発芽と生長 東北水研報告 (2)
- (1953 b) : アサクサノリの糸状体の単胞子放出について 同上 (2)
- 黒木宗尚・平野和夫 (1956 a) : アマノリ類の糸状体の単胞子放出について (海での実験) 同上 (8)
- (1956 b) : アサクサノリの糸状体の生長、単胞子囊形成、単胞子放出と水温の関係 同上 (8)
- 黒木宗尚・秋山和夫 (1965) : アマノリ類の糸状体の生長、成熟と光条件 IV 単胞子放出と明るさ 同上 (25)
- 尾形英二 (1961) : ノリ糸状体の生長に関する研究 水講研究報告 10(3)
- 須藤俊造・丸山武男・梅林 修 (1954) : アサクサノリの *Conchocelis*-phase からの胞子放出について 日水誌 20(6)
- 辻 寧昭・垣内政宏・柳田克彦・菊地和夫 (1970) : 海藻類採苗養殖試験 昭和44年度北海道立網走水産試験場事業報告書
- 辻 寧昭・垣内政宏・柳田克彦 (1971) : 海藻類採苗養殖試験 昭和45年度北海道立網走水産試験場事業報告書
- 辻 寧昭・垣内政宏 (1972) : 海藻類採苗養殖試験 昭和46年度北海道立網走水産試験場事業報告書
- 山崎 浩 (1954) : アサクサノリ (*Porphyra tenera* KJELLM.) 糸状体の生態 I 日水誌 20(6)

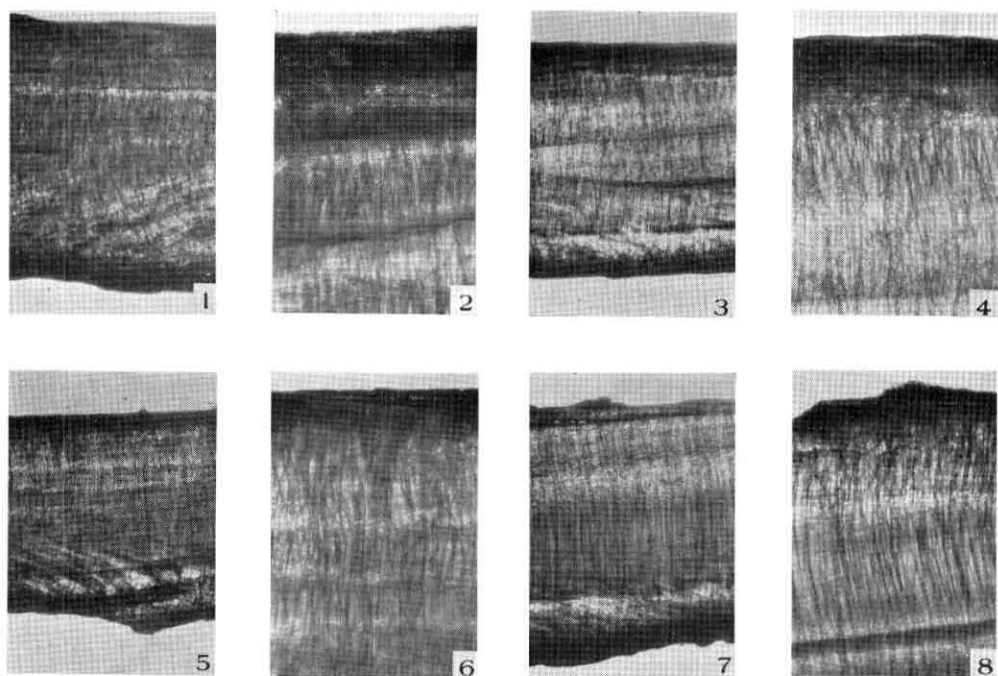


PLATE I

Profile of vertical growth of *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA growing in the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY).

- 1, 2 : Cultured for about six years (Material No. 1). (1 : $\times 20$) (2 : $\times 48$)
 3, 4 : Cultured for about five years (Material No. 2). (3 : $\times 20$) (4 : $\times 48$)
 5, 6 : Cultured for about four years (Material No. 3). (5 : $\times 20$) (6 : $\times 48$)
 7, 8 : Cultured for three years and a half (Material No. 4). These *Conchocelis* had been transplanted from the Material No. 1 shell, which crushed and scattered on new shell surface. (7 : $\times 20$) (8 : $\times 48$)

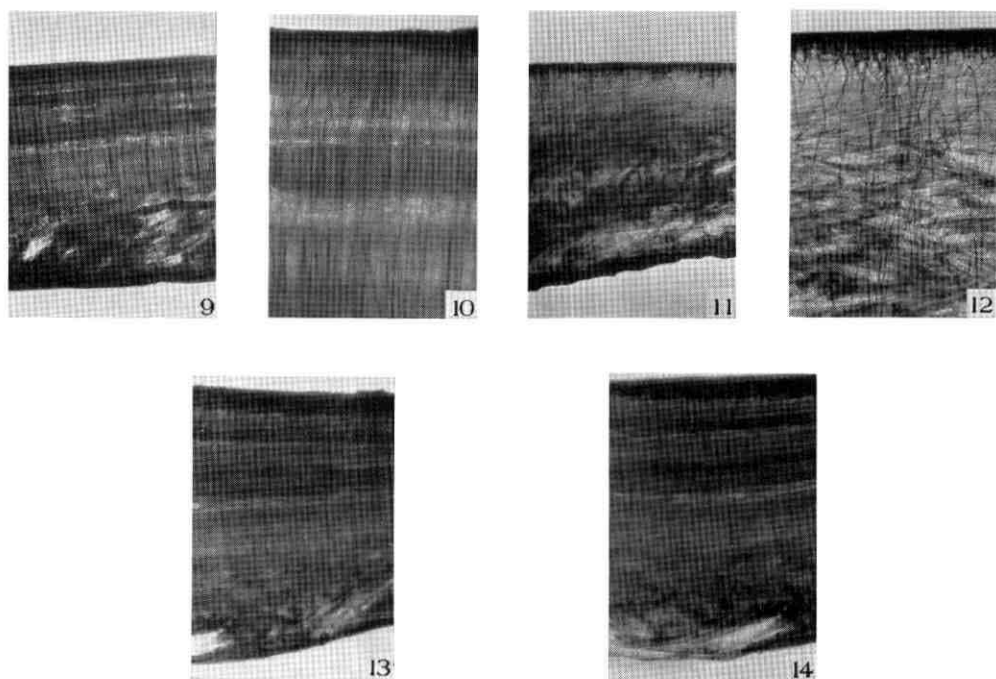


PLATE II

Profile of vertical growth of *Conchocelis* of *Porphyra yezoensis* UEDA growing in the shell of *Patinopecten yessoensis* (JAY).

- 9, 10 : Cultured for about two years (Material No. 5). (9 : $\times 20$) (10 : $\times 48$)
- 11, 12 : Cultured for about one year (Material No. 6). (11 : $\times 20$) (12 : $\times 48$)
- 13 : *Conchocelis* which somewhat curved in the part of badial rib, cultured for about two years (Material No. 5). $\times 20$
- 14 : Vertical growth in the part of badial rib, cultured for about two years (Material No. 5). $\times 20$

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 (Yoichi, Hokkaido, Japan)
北海道立中央水産試験場有珠分場 (Usu Branch, Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)	059-01 伊達市有珠町 (Usu, Date, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	042 函館市湯ノ川 1-2 (Yunokawa, Hakodate, Hokkaido, Japan)
北海道立函館水産試験場室蘭分場 (Muroran Branch, Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)	051 室蘭市舟見町 1-10 (Funamicho, Muroran, Hokkaido, 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 (Hamacho, Kushiro, Hokkaido, 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, Japan)
北海道立網走水産試験場紋別分場 (Monbetsu Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	094 紋別市港町 5 (Minatomachi, Monbetsu, Hokkaido, Japan)
北海道立網走水産試験場サロマ分場 (Saroma Branch, Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)	093-02 常呂郡常呂町栄浦 (Sakaeura, Tokoro, Hokkaido, 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, Japan)
北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Marine Cultivation Center)	041-14 茅部郡鹿部村 (Shikabe, Hokkaido, Japan)

昭和48年11月26日印刷

昭和48年11月30日発行

編集兼
発行者 北海道立中央水産試験場
北海道余市郡余市町

印刷者 石 川 正

印刷所 三陽印刷株式会社
札幌市西区手稲東3北2丁目