

北海道立水産試験場報告

第 12 号

SCIENTIFIC REPORTS

OF

HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 12

北海道立水産試験場

(昭和 45 年 3 月)

(March, 1970)

北海道立水産試験場報告

第 12 号

目 次

田 中 富 重

北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究

- 1 集団行動と構造についての一考察…………… 1

小林 喬・若生 允・内藤政治

サンマの生活に関する研究 (第Ⅲ報)

- 北海道日本海海域に來遊する春生まれ系統群の産卵期の集合特性……………13

川 村 一 広

- 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……………25

川村一広・林 忠彦・佐藤己之吉・高野睦男

- 小樽市沿岸の禁漁区のエゾアワビの生態に関する 2, 3 の知見……………33

佐 藤 照 彦

海藻の生体活性と品質との関係

- 第 3 報 コンプの生体活性指標としての TTC 環元反応の利用について (1) ……47

(昭和 45 年 3 月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No. 12

CONTENTS

TANAKA, Tomiju

Studies on the fishery biology of Alaska pollack (*Theragra chalcogramma* (PALLAS)) in the Northern Japan Sea.

1. A consideration with its mass-construction 1

KOBAYASHI, Takashi, WAKO, Makoto and NAITO, Masaji

Studies on the life of the pacific saury, *Cololabis saira* (Brevoort).

- III. Aggregative characteristics of the spring-spawning population in their spawning season in the Japan Sea 13

KAWAMURA, Kazuhiro

On the development of the planktonic larvae of Japanese Sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* and *S. nudus* 25

KAWAMURA, Kazuhiro, HAYASHI, Tadahiko, SATO, Minokichi and TAKANO, Mutsuo

Ecological observations on the abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, in the closed fishing grounds along the coast of Otaru, Hokkaido, Japan.....33

SATO, Teruhiko

On the relation between viability and quality in the marine algae.

3. On the use of TTC reaction as a viability indicator for *Laminaria japonica* ARESCH 47

(March, 1970)

北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究^{*}

1 集団行動と構造についての一考察

田 中 富 重

(北海道立中央水産試験場)

Studies on the Fishery Biology of Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma* (PALLAS)) in the Northern Japan Sea.

1. A consideration with its mass-construction.

Tomiju TANAKA

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

In the present paper, the author gave a consideration with mass-construction of Alaska pollack in the northern Japan Sea, especially concerning with problems whether schools come to many different spawning grounds are each divided independent one or not, and how is the relation between the northwestern (west coast of northern part of Hokkaido and southern part of Sakhalin) and the northeastern (east coast of northern part of Maritime Territory of USSR) populations in the northern Japan Sea region, by the general analysis based on the some results of tagging experiments for their pre-and post-spawning groups made in 1964 and 1968 respectively, as well as based on some knowledges obtained through the biological researches carried out from 1956 to 1968.

According to the results of tagging experiment and data on some biological aspects (range and mode of body length distribution, age composition, number of vertebrae, etc.), the greater number of each school come to different spawning grounds are not only occupied by the same year-class fishes but also shown the same construction in their age composition. And also, the mode of their body length distribution is similar each other throughout all spawning grounds. Above-more, results of the tagging experiment suggest that the spawners remove from one to other spawning grounds during one spawning season along the west coast of northern part of Hokkaido. From those facts, the author reaches to a conclusion that the Alaska pollacks distributed in the northern Japan Sea region may probable be constituted by a single population with the same mass-behavior and the same mass-construction. However, in the west coast of southern Sakhalin, an Okhotsk Sea's population which with greater body size than that of northern Japan Sea's occur by years, and they spawn together with the northern Japan Sea's population in the same spawning grounds.

^{*} 報文番号 A62

は じ め に

筆者は先に、北部日本海におけるスケトウダラの産卵群の生活にふれ、主として各海域の産卵場に来遊するスケトウダラの魚群行動について考察した。しかし、その後の調査の進展により、これら産卵場に来遊するスケトウダラがそれぞれ分化した独立群なのかどうか、またその後に開発された沿海州海域に生息するものとの関連はどうなのかという、集団行動とその構造についての問題が新たに生じた。

北海道周辺に分布するスケトウダラについては、これまで石田(1956)が形質的な面から系統群の識別を行なっている。このなかで、日本海ならびにオホーツク海のスケトウダラについては、漁獲物の体長組成、耳石の輪紋が不明になる時の体長、耳石の大きさと体長との相対成長などに相違がみられることから、両海域のスケトウダラはそれぞれ別個の系統群で構成されており、この両系統群は混じり合っていないと述べている。

一方、最近行なわれた標識放流試験の結果から、北部日本海海域におけるスケトウダラの移動回遊がかなり広範囲にわたることが明らかになった。また生物学的調査によれば、この海域の一部に通常の日本海群より大きな体長をもつオホーツク海群と思われるものが時に現われることがある。

この報告はこれらの新しい知見と従来の年齢組成、成熟、産卵、脊椎骨数、耳石、などの諸形質についての研究結果を総括的に分析して、北部日本海のスケトウダラの集団行動とその構造について考察したものである。

この研究は道内水試、北水研のスケトウダラグループのたび重なる論議と批判の上に進められ、いわばこのグループの共同研究の成果ともいえる。ここにグループの諸氏に深く謝意を表する。

また標本採集その他の調査にいろいろ便宜をはかっていただいた、岩内、増毛両漁協組、ならびに委託試験船第5石狩丸、増毛スケトウダラ部会の各位に対して厚くお礼申し上げる。

北部日本海スケトウダラ漁業の特徴について

北海道西岸のスケトウダラの調査が産卵期にのみ行なわれているのは、産卵期以外は全く漁業の対象にされていないのみならず、その数量変動を予測する上で産卵群を調査することが重要な意義をもつと考えられるからである。したがって本題にはいるまえに北部日本海のスケトウダラ漁業の特徴にふれてみたい。

一般に北部日本海のスケトウダラ漁業は、産卵のため

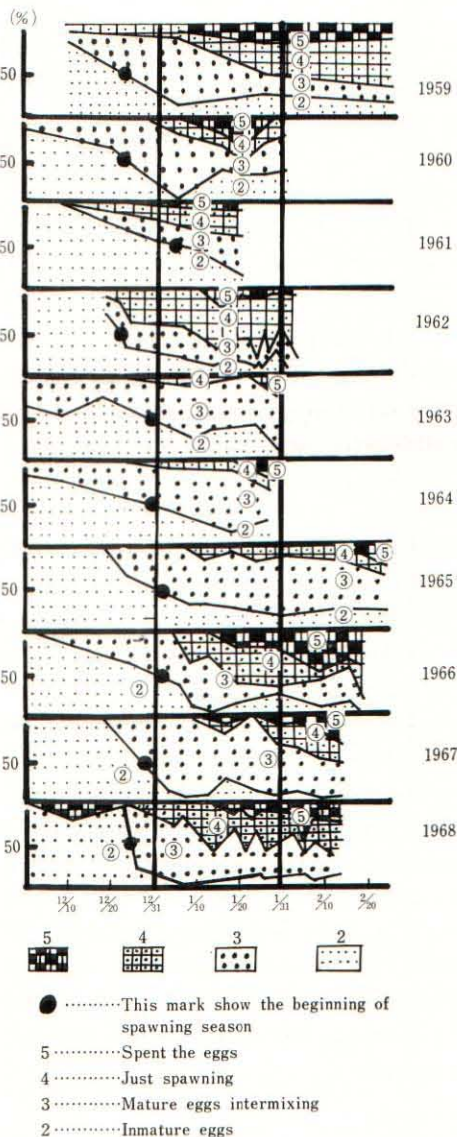


Fig. 1. Maturity composition of the spawning groups of Alaska pollack in Ofuyu fishing ground.

に沖合いより沿岸に來遊する産卵前期群の漁獲に始まり、産卵期を盛期として産卵終了と共に漁業も終る。北部日本海沿岸に來遊するスケトウダラの主要な産卵場は、南は岩内沖から、石狩湾、雄冬沖、天売・焼尻島周辺、利尻・礼文島周辺、稚内沖のノース場、カラフト西海岸沖合いや沿海州沖合いに認められている。これらの産卵場では、産卵開始時期、産卵終了時期にかなりの時期的ずれが見られ、同一産卵場にあっても年によってかなりの差がある。またこれら産卵場に來遊するスケトウダラ群の量も年によってかなりの変動がある。

現在、北部日本海でスケトウダラを対象として行なわれている漁業は、底びき網、刺し網、はえなわ漁業で、これらの漁業はいずれもスケトウダラが沿岸に來遊する産卵前期、産卵期、産卵後期の群を対象として行なわれている。この時期以外のスケトウダラはほとんど漁業の対象になっていない。

北部日本海のスケトウダラは、生殖巣の成熟が進むにつれて底生性になるという習性のため、刺し網漁業では、その漁獲深度を調節することによってかなりの漁獲効果を高めることができる。しかし底びき網漁業の場合には、魚群が底生生活を始めないと漁獲の対象にならないので漁獲の時期が制約される。

一方、はえなわ漁業においても生殖巣の成熟の進行にしたがって、エサをとらなくなるなどのために、その漁期中の産卵時期の到来の早いおそいによって漁獲量の増減がおこる。第1図と第2図を比較すると明らかに産卵時期のおそい時には、はえなわ漁業の漁獲量は増大し、反対の場合には漁獲量は低下する。すなわち、たとえスケトウダラの資源量が年々ほぼ一定であるとしても、それぞれの漁業がどの生活周期のスケトウダラを漁獲の対象にしているかによって、漁獲量の増減がおこるものと考えられる。

調査の経過と方法

この研究は1956年に行なわれた多来加湾調査ならびにダッタン海湾調査における生物学的調査の資料、さらにそれ以前に行なわれたオホーツク海、および北部日本海におけるスケトウダラの標識放流試験の再捕

Table 1. Catches of Alaska pollack in the northern Japan Sea region in 1968 by each life cycle, fishing ground and fishing gear. (Unit is a ton)

Life cycle	Fishing grounds Fishing gears	Iwa-nai	Ofuyu	Teuri Yagi-shiri	Musa-shi Bank	Rishi-ri-Rebun	West coast of sakhalin	Mritime Territory	North	Total
Pre-spawning period	Gill-net	270	50	-	12,954	2,985	-	-	-	16,259
	Long-line	3,313	5,864	63	-	291	-	-	-	9,531
	Trawl	-	2,497	5,766	2,519	1,226	32,531	1,875	5,455	52,686
	Total	3,583	9,228	5,829	15,473	4,502	32,531	1,875	5,455	78,476
Spawning period	Gill-net	-	-	-	3,630	552	-	3,496	-	7,678
	Long-line	1,962	2,030	-	-	-	-	-	-	3,992
	Trawl	-	16,929	353	-	195	7,505	1,685	1,538	28,205
	Total	1,962	18,959	353	3,630	747	7,505	5,181	1,538	39,875
Post-spawning period	Gill-net	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Long-line	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trawl	-	33	570	-	174	-	-	4,227	5,004
	Total	-	33	570	-	174	-	-	4,227	5,004
The sum total		5,505	28,220	6,752	19,103	5,423	40,036	7,056	11,220	123,355

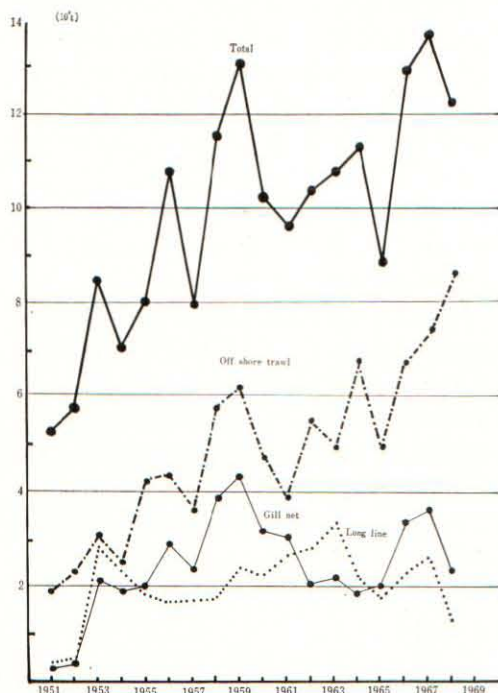


Fig. 2. Annual catches of Alaska pollack in the Northern Japan Sea fishing gears.

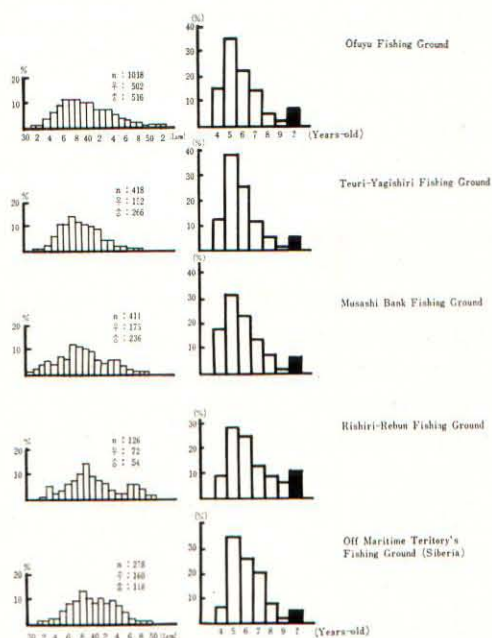


Fig. 3. Body length and age compositions of Alaska pollack in each fishing ground. (1967)

の結果、ならびに 1964 年以後実施された 北部日本海のスケトウダラの生物学的調査の資料に基づいて行なわれた。

脊椎骨数の計測にあたっては、尾部棒状骨 (urostyle) を含め、年輪計測にあたっては、石田 (1956) による方法を用いて透明帯を読み、満年齢として取り扱った。

北部日本海におけるスケトウダラの標識放流試験は、1964 年 2 月に岩内沖漁場で、また 1968 年 4 月に石狩湾において行なわれた。この標識放流試験に使用された放流魚は、いずれも産卵後沿岸に滞留していた産卵後期群である。また 1968 年に岩内沖漁場で行なわれた大量標識法による標試放流試験は、産卵前期に行なわれたもので、この試験からの再捕魚がどの生活周期のものであるかを知るために、あらかじめ各漁場の漁獲物の生物学的調査を実施して、生活周期の推定を行なった。

生物学的調査の結果

北部日本海海域のスケトウダラの集団構造がどのようなものであるかを分析するために、まず地理的にある程度隔離している北海道西海岸沖合いの幾つかの産卵場に来遊した魚群の体長、および年齢組成について考察すると、第 3 図に示したように、1967 年度の漁期にはどの海域においても 1962 年発生年級群が主群を占め、1961 年発生年級群がそれに次いでいる。またその体長範囲と体長モードについてもほぼ同じで、産卵場間の差はみられない。

さらに 1967 年度の漁期、1968 年度の漁期にそれぞれの産卵場に来遊したスケトウダラの主群および従続群の各年齢ごとの体長範囲、その体長モードを比較してみても、産卵場間に差は全くみられない (第 4、5 図)。

また最近になって開発されたカラフト西岸沖合い、北部沿海州沖合い (シベリヤ東岸) 産卵場に分布する

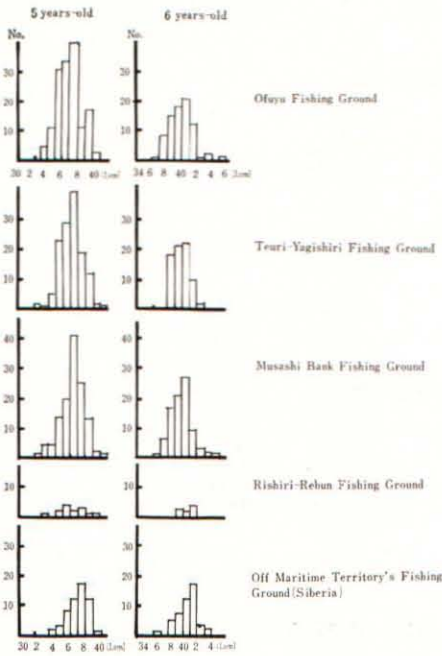


Fig. 4. Body length distribution of two major year-class' Alaska pollack in each fishing ground for the pre-spawning groups in 1967.

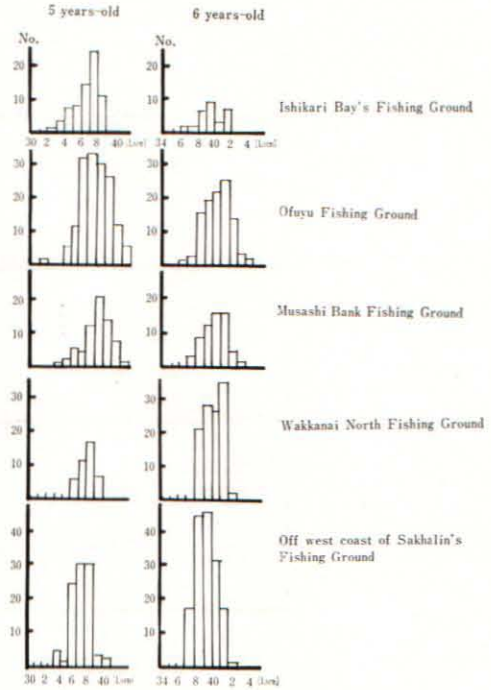


Fig. 5. Body length distribution of two major year-class' Alaska pollack in each fishing ground for the pre-spawning groups in 1968.

スケトウダラについても、北海道西岸沖合いの各産卵場に来遊するものと同じ発生年級群によって構成され、それらの群の体長範囲やモードも同じである。

したがってこれらのことから、北海道西岸海域からカラフト西岸、北部沿海州（シベリヤ東岸）にわたる北部日本海海域に分布するスケトウダラは同一の集団構造をもつものであると推定される。さらに、これら

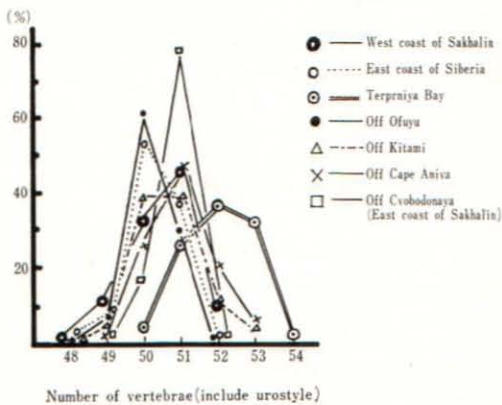


Fig. 6. Frequency distribution of vertebral number of Alaska pollack in each area.

各水域に分布するスケトウダラの脊椎骨数の出現状況も雄冬漁場のものと、北部沿海州沖合い漁場（シベリヤ東岸）のものとは一致する。しかしカラフト西岸沖合いのものは脊椎骨数の頻度分布の範囲は同じであるがモードに1個のずれが見られ、日本海とオホーツク海の群との中間的な様相を示している。このことは、この年のカラフト海岸沖合い漁場の漁獲物の体長組成と考え合わせて考察すれば、カラフト西岸沖合いのものがオホーツク海群と日本海群が複合した型を示しており、この年にはこの海域にオホーツク海群が侵入し、同一産卵場で産卵活動を行なったためであろうと推定される。

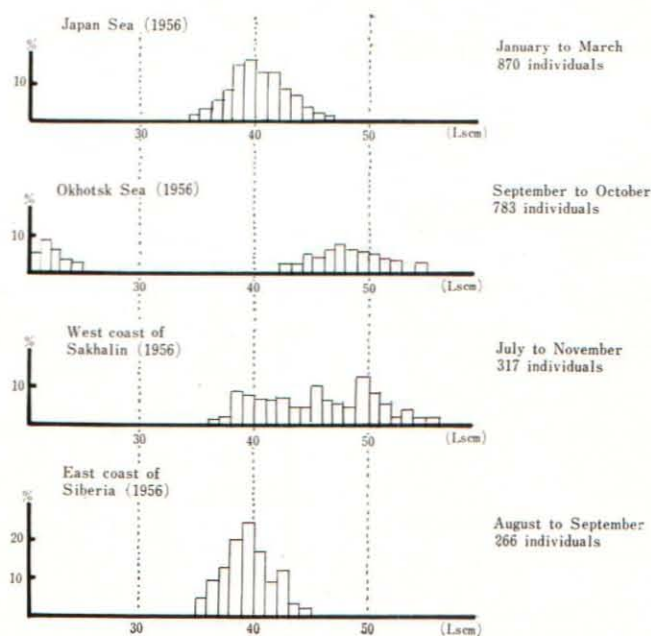


Fig. 7. Body length composition of Alaska pollack by each area.

標識放流の結果について

標識放流試験は、1964年2月27日に岩内沖の産卵場において、産卵後期のものについて行なわれたもので、その放流ならびに再捕の状況は、第2表、第2図に示した如くである。放流した魚は翌年から岩内沖産卵場と雄冬沖産卵場で再捕されているが、それより北方の産卵場での再捕は全くない。この両産卵場での再捕率は比較的高く、岩内沖産卵場に産卵のため来遊した群は産卵後沖合いに分散し、翌年の産卵期に再び岩内沖、あるいは雄冬沖産卵場に来遊したことがうかがわれる。

また、一産卵期間中に一産卵場でしか産卵しないのか、あるいは幾くつかの産卵場で産卵するために移動

Table 2. Data on the tagging experiment made in 1964 by means of a piercing method of vinyl tubes near the base of dorsal fin.

(Tagging)

Date	Life-cycle	Place	Number of tagged fishes	Number of re-captured fishes	Recapturing rate (%)
Feb. 27, 1964	Post-spawning period	Off Iwanai	172	11	6.39

(Recapturing)

Places of recaptured	1965's fishing season	1966's fishing season	1967's fishing season	Total
Iwanai fishing ground	5	1	2	8
Ofuyu fishing ground	2	1	—	3

回遊をするかどうかはこの結果からは推察し得ない。しかし 1967 年 11 月に岩内沖産卵場で行なった「くいちぎり法」による大量標識放流試験と、同漁期の後半に石狩湾産卵場で行なった通常の標識放流試験の結果は、産卵にはまだ間がある産卵前期に、雄冬ならびに武蔵堆産卵場で再捕があり、さらに産卵期には、雄冬沖をはじめ天売・焼尻島沖（通称、利・礼周辺漁場）の産卵場で大量の再捕がみられた。

これらのことから産卵前期に、岩内沿岸に来遊した産卵群の一部は、岩内沖の産卵場で産卵せずに、北海道西岸沿いに北上し、雄冬沖から武蔵堆ならびに利・礼周辺水域に達し、それらの産卵場で産卵することが明らかになった。さらにそれらの群の一部が産卵後さらに北上して、カラフト西岸沖に移動し、ここで沿海州沖合群と合流して、沖合水域で索餌活動を行なうものと考えられる。これらのことから、北部日本海のスケトウダラは同一の集団行動を行なうものであると考えてよいであろう。

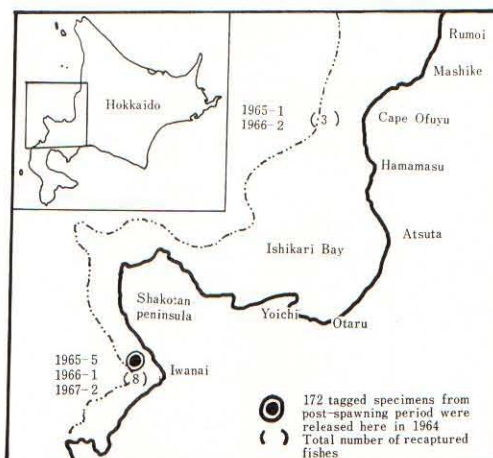


Fig. 8. A map of recapturing of tagged Alaska pollack along the west coast of Hokkaido.

論 議

北部日本海海域のスケトウダラの集団行動とその構造については、北海道西岸沿いに形成される産卵場毎の漁獲物の体長分布の範囲、そのモード、年齢組成、標識放流試験の結果などを分析した結果、どの産卵場のものも、その漁期間中の主群の発生年級群が同じであること、またその年級構成が互に全く類似しているのみならず、各産卵場に来遊する各年級群の体長分布もそのモードも同じである。したがって、岩内沖からカラフト西岸沖、ならびに北部沿海州（シベリヤ東岸）沿岸沖に分布するスケトウダラは同一の集団行動と構造をもつものによって構成されると考えられ、この海域のスケトウダラは同一の系統群であるという仮説はかなり信頼性が高い。しかし前に述べたように、カラフト西岸沖漁場については、年によってオホーツク海群が侵入し、同一産卵場で産卵している現象がみられている。

かつて北海道西岸の東部の海域（久遠・熊石水域）の群と交流のあった朝鮮東岸群との関連については現在では一応別の系統群であろうと推定されているが、これについての資料が乏しいので、ここでは触れることができない。

北海道西岸沿いに形成される各産卵場におけるスケトウダラの魚群行動については、従来スケトウダラは生殖巣の発達にともなって接岸し、産卵後もその水域にエサがあれば一時滞留するが、その後は分散すると考えられていた。特にこれまでの標識放流試験の結果からみると、一産卵期間中に幾くつかの産卵場にわたって移動したという事例が全くないために、スケトウダラは一産卵場でしか産卵しないと考えられていた。しかしすでに述べたように一産卵期間中にも幾くつかの産卵場にわたって移動することが明らかにされた。しかし、どのような要因に支配されて、各産卵場へのスケトウダラの量的な配分がなされるかについては全く不明である。そこで、これらのことを明らかにするためにはまず諸属性の年変化をとらえ、その知見を蓄積する必要がある。

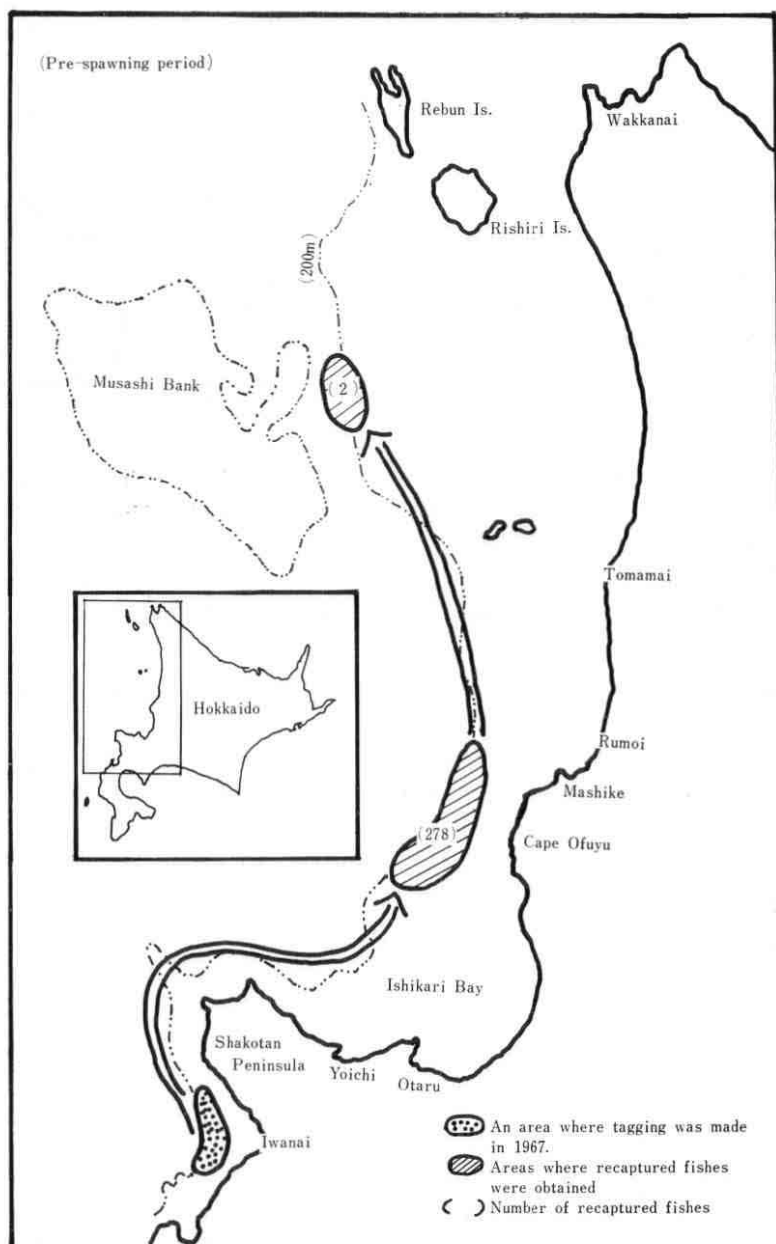


Fig. 9. Recapture of tagged fishes and a possible migrating route in pre-spawning period.

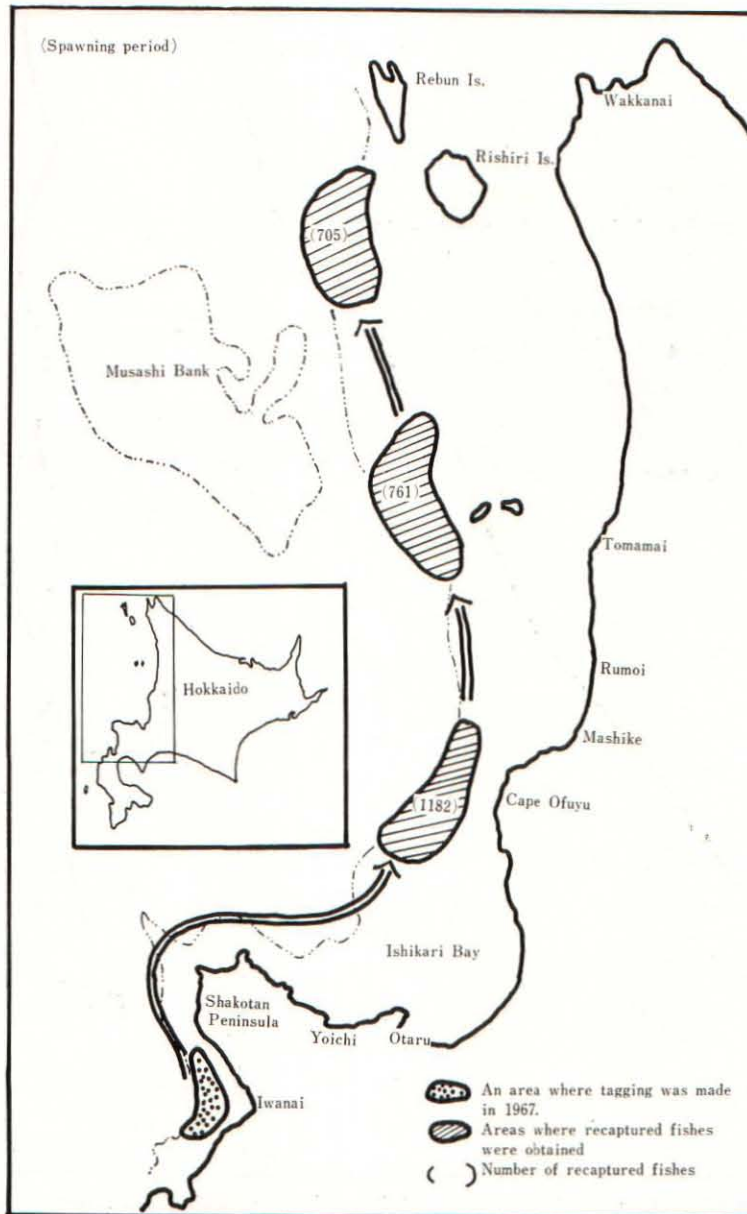


Fig. 10. Recapture of tagged fishes and a possible migrating route in spawning period.

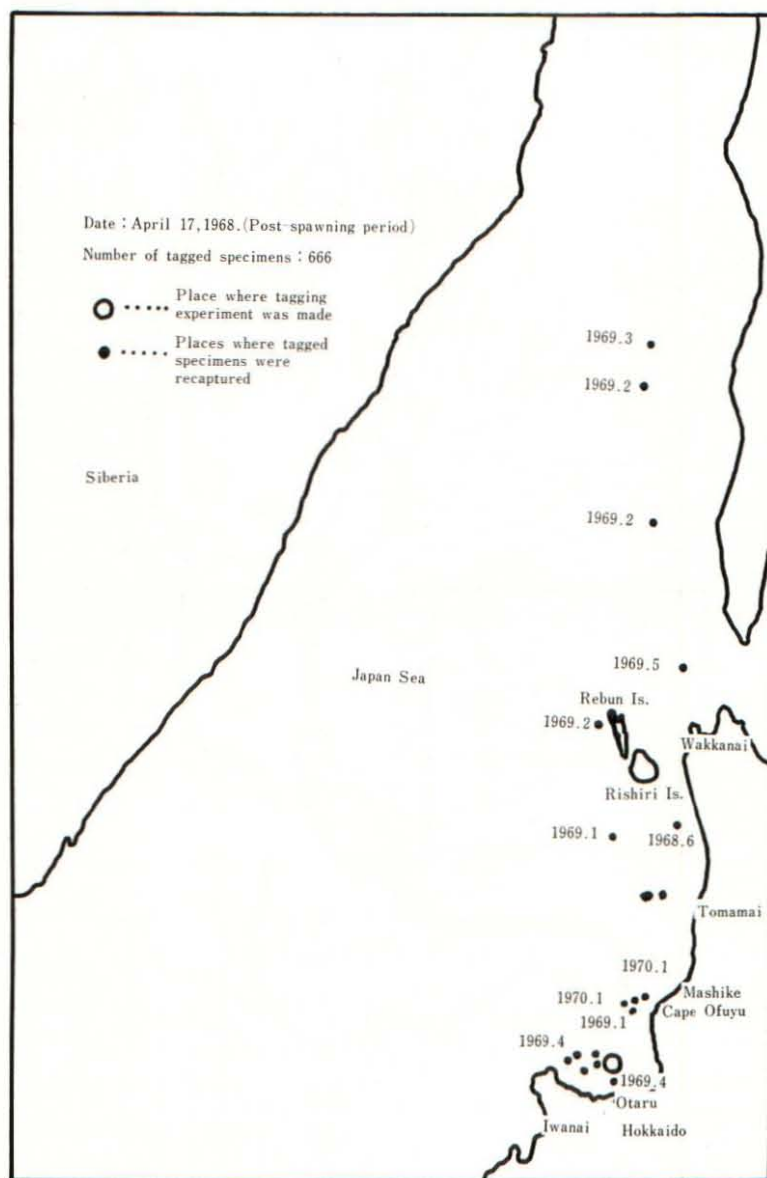


Fig. 11. Records of recaptured fishes from a tagging experiment made in April 17, 1968 at the Ishikari Bay.

文 献

- 石 田 昭 夫 (1954): 北海道周辺のスケトウダラの年齢査定と、耳石にあらわれた形質の海区による差異について 北水研報 (11)
- 尾 形 哲 男 (1956): 主要魚族の漁業生物学的研究 日水研報 (4)
- 北水研・北水試 (1956): 北海道の機船底びき網漁業とその資源
- 北水研・北水試 (1956): 沿海州 (ダッタン) 海湾漁場開発調査報告
- 田 中 富 重 (1968): 北部日本海におけるスケトウダラ産卵群の生活 (移動回遊について) 北水試月報 25 (6)

サンマの生活に関する研究 (第Ⅲ報)*

北海道日本海海域に來遊する春生まれ系統群の産卵期の集合特性

小林 喬・若生 允・内藤 政治

(北海道立中央水産試験場)

(北海道釧路水産試験場)

Studies on the Life of the Pacific Saury, *Cololabis saira* (Brevoort).

III. Aggregative characteristics of the spring-spawning population in their spawning season in the Japan Sea.

Takashi KOBAYASHI, Makoto WAKO, and Masaji NAITO**

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

** (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)

It has been regarded that two different populations of saury, a spring-spawning population and an autumn-spawning population are present in the Japan Sea. Of which, the spring-spawning population is much dominant, and occupied the most part of catches of saury in this region. The present study was directed toward revealing the life pattern of this spring-spawning population in the adult stage, particularly on their aggregative characteristics in the spawning season as a fundamental group of saury in the Japan Sea region.

In this paper, the following results on their individual as well as sexual relations were given based upon two years date from 1965 to 1966.

1. From analysis on both degree of maturity and weight of ovary, the life cycle of adult saury of the Japan sea differ from that of the Northwestern pacific population as shown in the following table.

Life cycle Populations	Feeding period	Pre-spawning period	Spawning period	Post-spawning period
Japan Sea's	GW less than 2.0 gr.	GW 2.0-6.0 gr.	GW more than 6.0 gr.	GW less than 6.0 gr.
Northwestern Pacific's	GW less than 0.5 gr.	GW 0.5-3.0 gr.	GW 3.0 gr.	

We recognized a post-spawning period in the Japan Sea's population here hypothetically.

2. The spawner consists of 1:2-3 in their sex ratio and dispersed as some small groups. On the other hand, the pre-spawning group consists of 1:1 as not alike as that of the Northwestern Pacific population (See, the first report of this series), and they form relatively large groups than in the spawning period (Fig. 7, 8, and 9).
3. The individual relations and sexual relations are closely related in each other, and it seems to be that one of the main factor caused changes between both may be "Maturity".

* 報文番号 A63

は し が き

北海道日本海の産卵サンマは、古くから相当来遊することが知られ、主として手づかみや流し網によって漁獲されてきた。このサンマは年によって、沿岸に多く来遊したり、来遊しなかったり、ということによって漁況は著しく変動してきたが、沿岸各地における小・中型漁船の夏枯れ時期の漁業としては、重要な位置を占めている。それに加えて、最近では太平洋サンマ漁業の不振から、この海区の資源状態が特に注目されてきた。

このサンマに関しては、1908年頃から当場を始め各県水試が地域のサンマ漁業を發展させるため、個別に漁具漁法、漁場開発、生態、企業性などについて調査が行なわれてきた。とくに集中的に行われた調査としては、1953年から5カ年計画で進められた対馬暖流開発調査と、1961年から4カ年計画で実施された日本海サンマ共同調査などがある。この結果については、水産庁から「対馬暖流開発調査報告書(1958)」、日水研から「日本海サンマ共同調査報告集(1962・'63・'66)」が出されている。

サンマ漁業の生産現場から、ことしのサンマ漁はどうなるのか、漁場はどこに形成されるのか、生きがよくて多獲できる漁具は何か、という課題が数多く寄せられてくる。この問題に答えるために、サンマの生活を具体的にとらえるという立場から、まず集合特性の研究を進めることにした。

ところで、日本海のサンマには、春季と秋季の2つの発生ラインが存在するという仮説が深滝(1963)によって得られている。この報告は、毎年漁獲の大部分を占める春季発生ラインの産卵群を対象とし、その内容を具体的にとらえる研究の1つとして、構造的な側面を考察したので、得られた結果を報告する。

なお、この研究について、いろいろとご討議いただいた北水研、北水試サンマ研究グループの諸氏に感謝する。

漁業の沿革について

北海道日本海のサンマ漁業は、明治末期頃から始められ、現在におよんでいるが、漁船や漁具漁法などの変化から、その歴史を手づかみ漁業時代と流し網漁業時代に大きく別けることができるので、その内容について若干述べる(Fig. 1.)。

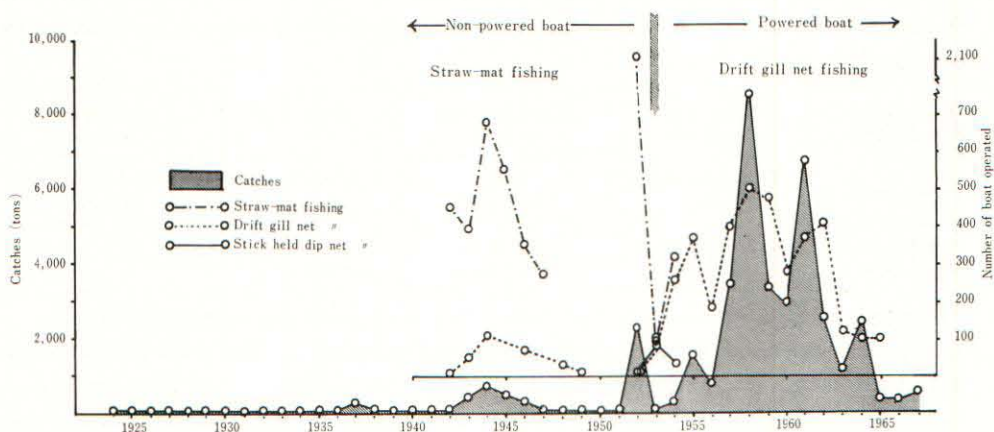


Fig. 1. Annual catches of the saury and number of fishing boat in the western region of Hokkaido from 1924 to 1967.

1 手づかみ漁業時代

サンマ漁業が始まってから1952年ごろまでは、主として、産卵サンマの性質を利用して、ムシロに穴をあけ

た蔭影利用の手づかみによる原始的な漁法が盛んに行なわれてきたと考えられる。この時代の生産手段は、無動力の磯舟が主体であったことから、生産性は低く、しかも魚群がごく沿岸に来遊したか、しないかによって着業隻数が異なり、それにともなって漁獲量も大きく変化した。すなわち、豊漁は1944年と1952年で、前者は手づかみ700隻と流し網100隻の着業で750t、後者は手づかみ2,100隻の着業で2,200tも漁獲した。しかし、他の年は、魚群の来遊に対して着業隻数も少なく、ともなって漁獲量もわずか10~30tであった。それでも、1937年ごろまでは、北海道太平洋海区やオホーツク海区の漁獲量がより以上に少ないことから、この海区の漁獲量は全道の50%以上を占めていた。

この漁業は漁具漁法の簡易から、魚群が接岸すると直ちに着業できるので現在でも使われている。すなわち、最近では1967年7月上・中旬、余市沖3~4湊付近に漁場が形成され、船外機付き磯舟10隻が出漁して1日1隻で30~50kgの漁があったし、また1969年7月上旬、道南の江良沖でも磯舟がよい日で1隻当たり20~30kgの漁獲があった。

一方、この時代は沖合海区に進出することがほとんど不可能なことから、沿岸に来遊したサンマをいかに多く漁獲するかということで、1915年抄網が考案され、1936年松山支庁管内で8隻着業したが、漁期中1隻平均150kgの低調な漁獲に終った。この漁具は、現在ほとんど使われていないが、近年この漁具の構造と漁法について再検討する傾向がうかがわれるようである。

2 流し網漁業時代

1942年ごろから、無動力船によって流し網漁業も行なわれていたが、漁船の大型化と動力化にともなって、本格的にサンマ漁業の形態が変り、流し網漁業時代に移行したのは1953年ごろである。この時代に入ってから、着業隻数が年ごとに増加し、しかも漁具を多く用いて早期から沖合海区へ進出したことなどによって、漁獲量は飛躍的に増加し、1958年は500隻の着業でこの海区最高の8,600tを漁獲した。しかし、1963年から着業隻数が大幅に減少し、それにともなって漁獲量も1965年から500tぐらいに低下してきた。だがそれでも、この海区において6~7月は重要漁業も少ないことから、この漁業に対する依存度は極めて大きい。

一方、この漁業に変る前後の1952年から'54年頃には、蔭影利用棒受網が考案され、この漁具を装備した10t未満の漁船約100隻が着業し、漁期中8tぐらい漁獲した船もあったが、その後、この漁具による操業はないようである。

サンマの生活をめぐる重要ないくつかの仮説

本題に入る前に、その前提となるいくつかの重要な仮説と問題点について述べておきたい。

1 系統群

日本海と本邦太平洋のサンマは、完全に分離した事実は認められないという笠原・大鶴(1952)の説もあるが、ここでは、著者らが第Ⅰ報(1968)で述べた通り、日本海のサンマがこの海区で、毎年、繁殖・発育・成長を繰り返していることから、一応、独立性を保っている群として考えたい。

菅間(1959)は、耳石の透明帯の形成から「冬期日本海の九州北西岸に現われる体長28・29cmのサンマは、初夏に北海道西岸で漁獲される体長30cmの大型魚に、これが翌年の冬になると32cmの大型魚につながると考え、その中に僅か、異なったタイプを持った大型魚も存在するが、比較的単純な群構成である」と述べた。

その後、深滝(1963)は、「春から初夏にかけて日本海を北上する29・30cmモードの大型魚と24・25cmモードの小型魚は春季発生ラインに属し、前者は満2年、後者は満1年とした。また同じ時期に北上する27・28cmモードの中型魚は秋季発生ラインに属し、これを満1.5年とした。そして秋季発生ラインに属する中型魚が春から初夏にかけて、また春季発生ラインに属する特大型魚が秋に産卵することから、代々、春に産卵するサンマとか、秋に産卵するサンマというほど分化が進んでいるのではなく、両グループは再生産の過程を通じて相互に混り合う可能性が大きいと考え、数量変動が独立に行なわれているという見解には、な

お再検討の必要が認められる」と述べている。

以上が系統群について、現在まで得られている知見のあらましである。ここでは2つの発生ラインを一応、春生まれと秋生まれ系統群と仮定し、その年齢と成長について、以上の仮説を支持するが、これら系統群をより具体的にうきぼりにしてゆくためには、移動・成長・成熟・産卵・鱗・脊椎骨・耳石等の諸研究を関連において統一的にとらえなければならない。そしてその窓口として、筆者らは発育段階と生活年周期の概念を用いることができる。

2 発育段階と生活年周期

著者ら(1968)は、北西太平洋のサンマについて、卵から親になり再び卵になるまでの過程において質的に異なると考えられる卵期・稚魚期・幼魚期・成魚期の4つの発育段階と、成魚期に達したサンマの生活年周期として、索餌期(秋生まれ群はこれをさらに北上と南下に分けた)、産卵準備期、産卵期を区別した。

日本海のサンマにおいても同じように区別されるものと考えられるが、しかし、日本海サンマの産卵期の規定を川口(1966)は卵巣重量5g以上としているので、北西太平洋系群の卵巣重量3g以上という規定をそのまま適用すると、大部分完熟に達していないのに産卵期の範ちゅうに入り、また産卵後と推定されるサンマも漁獲されることなどから、生活年周期の区別について、さらに検討する余地があると考えられた。

(1) 生活年周期の背景について

これを明らかにするため、1965年と'66年6~7月、北海道奥尻島周辺から石狩湾付近海区で、流し網によって漁獲した28~32cmのサンマから卵巣を採り出し、卵膜が収縮しないように3~5%のホルマリン液で固定した。標本数は、1965年17群238尾、1966年10群89尾で、その重量と卵径(長径)を計測し、次のような結果を得た。

サンマの卵巣をそのままの状態では肉眼観察すると、あるものは、卵巣膜を通して大部分小型透明卵が、また他のものでは、主として大型透明卵が見えることから、卵巣を小・中・大型透明卵を持ったものに区別することができる。このことは、卵巣熟度に違いがあるのでないか、ということからその内容を明らかにするため、まず型別透明卵ごとに卵群モードの出現回数を求めた(Fig. 2.)。

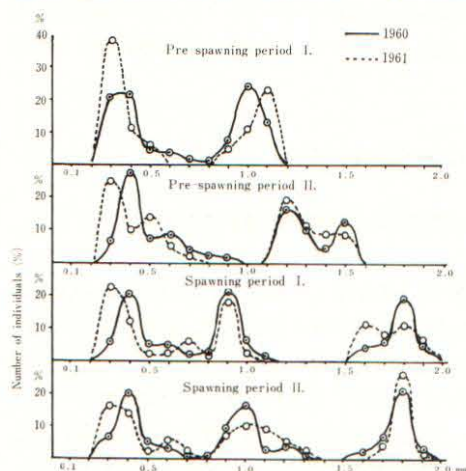


Fig. 2. Frequency distribution of egg diameter.

その結果、どの卵巣にも0.3~0.4 mmの不透明の微細な卵が存在している。

小型透明卵をもった卵巣には、この微細な卵と、卵径0.8~1.1 mm、モード1.0~1.1 mmの透明卵との2つの卵群が存在している。

中型透明卵をもった卵巣には、微細な卵と、1.2~1.5 mm、モード1.2 mmの透明卵との2つの卵群が存在している。そして、大型透明卵をもった卵巣には、微細な卵と、0.9 mmの小型透明卵と、1.6~1.9 mm、モード1.8 mmの透明卵の3つの卵群が形成されている、などのことが認められた。

Pre-spawning period I :

In this period, the eggs belonging the larger group are transparent and semi-matured.

Pre-spawning period II :

Modes of eggs diameter are more greater than period I.

Spawning period I :

There are tri-modes in the frequency curve in this period. and eggs of the greatest group are completely matured.

Spawning period II :

Eggs of the greatest group are under-spawning.

これらのことから、0.3~0.4 mm の微細な卵群は、熟度の進んだものから分離して卵径 1.0~1.1 mm の小型透明卵となり、さらに熟度の進んだ卵群は 1.2~1.5 mm の中型透明卵になる。中型透明卵が成熟して 1.6 mm の大型透明卵になると、この卵にテンラク糸が生じ、そして 1.8 mm になると、これは海藻付着卵と同じ大きさであることから、この卵径に達し放卵を開始する。このころ、別の微細な卵群も一緒に成熟して 0.9 mm ぐらいの小型透明卵になる、などのことが推定された。

次に、熟度の発達にともなう、いろいろの大きさの透明卵を内包している卵巣それぞれの重量がどのように変化しているかを検討した (Fig. 3.)。その結果、小型透明卵が主体である卵巣重量は 3~5 g、中型透

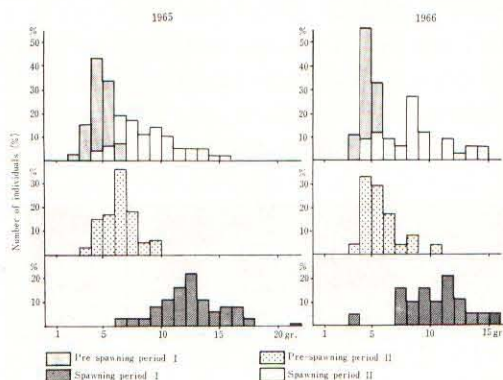


Fig. 3. Frequency distribution of the gonads weights in each mature grades.

である。

成熟期 I

卵巣を肉眼で見ると 0.8~1.1 mm の小型透明卵が全体の 3/5~4/5 認められ、他は不透明卵である。卵巣重量は前の段階の 2 倍ぐらいとなり 3~5 g である。

成熟期 II

卵巣を肉眼で見ると 1.2~1.5 mm の中型透明卵が全体の 3/5 以上認められ、卵巣重量は前の段階よりもやや大きく、主として 4~7 g である。

完熟期

卵巣を肉眼で見ると 1.6 mm 以上の大型透明卵が全体の 3/5 ぐらいで、他は小型透明卵や不透明卵である。この卵巣重量はほとんどが 6 g 以上である。

放卵期

卵巣には小型透明卵が 2/5~4/5 と大型透明卵が若干見られる。外観は成熟期 I と類似しているが、卵巣重量が主として 5~6 g 以上であるから容易に区別できる。

(2) 発育段階・生活年周期の区別

これまでの検討結果から、日本海サンマの生活年周期として、未熟期を索餌期、成熟期 I・II については、卵群モードや卵巣重量が似かよっていることから、これを産卵準備期、完熟・放卵期を産卵期、それに多回産卵から最後の産卵が終ったものを産卵後期とし、4つの段階を設定したい。また発育段階については、いまのところ問題はないと考えられるので、北西太平洋系群と同じように区別する。そして、いままでの研究から、各段階の生態的な知見を要約すると、次の通りである。

発育段階

卵期：卵はテンラク糸で互いに結合して長い房を作り、海藻、木片、漁網などに付着漂流し、水温 17°C 前後で 11 日から 16 日間で孵化する。

稚魚期：この段階の体長は 7~80 mm ぐらいまでであるが、遊泳力は全長 50 mm 以下が昼間活発、100 mm

明卵のそれが 4~7 g、大型透明卵が主体のものになると急激に増大して 6~17 g ぐらいまで、さらに放卵中のものは 4~15 g ぐらいである。

以上のことから、卵巣卵の熟度として、卵径 0.3~0.4 mm の単一な卵群を未熟卵、小型透明卵主体のものを成熟卵 I、中型透明卵主体のものを成熟卵 II、大型透明卵主体のものを完熟卵とし、これに対応するものを未熟期、成熟期 I・II、完熟期、そして放卵中のものを放卵期とし、全体として 5つの段階を設定することにする。これを整理すれば、次の通りである。

未熟期

卵巣重量は主として 2 g 以下、卵径は大部分 0.3~0.4 mm であり、卵巣の色彩はアメ色または淡紅色

以上になると夜間活発となり、盛んに稚魚網で採集される。

幼魚期：飛躍的な成長を行ない、満1年で24~25 cmの小型魚となった一部は熟卵を持ち、産卵するものもあるが、分布は同じ段階の北西太平洋系群と異なり沖合性である。

生活年周期

索餌期：10~11月ごろ、満1.5年で26~28 cmの中型魚になるが、この卵巣は2 g以下で未熟である。

産卵準備期：3~4月ごろ、卵巣重量は2~5 gぐらいで初回産卵の準備に入る。ただし、5~7月の漁期中において、1回目の産卵が終わったものと推定される卵巣重量（完熟残留卵が認められるものもある）

は3~5 gで、再び次の産卵準備に入る。この卵巣の色彩は赤または赤黒色である。

産卵期：漁期中、卵巣重量が最も高く6 g以上のものが、群れ全体として50%以上になってからである。

産卵後期：10~翌年2月、卵巣重量は減少して6 g以下となるが、大部分は2~4 gである。

次に、北海道日本海に初夏のころ来遊するサンマが実際にはどのような段階に入っているかをたしかめてみるために、1965年と'66年について、卵巣熟度の変化過程からこれを検討した（Fig. 4.）。その結果、両年とも部分的には成熟期Ⅰ・Ⅱのものも見られるが、6 g以上の完熟ないし放卵中のものが過半数以上占めていることから、このサンマは産卵期であると仮定することができる。

3 回 遊

日本海サンマの回遊について、深瀧（1966）は月別分布から考察し、シュントフ（1967）は北上期と南下期について述べているが、ここでは毎年漁獲の主体

を占める春生まれ系統群が卵から親になり再び卵になるまでに、どのような回遊を示すかについて、これまでの研究結果や諸情報を参考にして、素朴であるが回遊想定図（Fig. 5.）を描いてみた。

ここでは、沿海州寄りのものではなく、本邦側を北上・南下するものについて述べる。

産卵は主として5~7月ころ日本海全域で行なわれているのであろうが、本邦寄りでは、主として島根県から北海道北部沖合いまでである。卵は水温17°C前後で11日から16日間で孵化し、生まれた稚魚は7~8 mmぐらいで、北上の過程において徐々に大きくなり、10~11月ごろ南下するものと考えられる。そのご、明らかでないのが、翌年の5~7月ごろには満1年を経過し、体長モード23~25 cmの幼魚（小型魚）となって沖合海区を北上する。その際、一部のものは卵巣が発達して産卵を行ない、成魚と一諸に漁獲され、さらに北上して間宮海峡付近まで達する。

この群は、10~11月ごろ満1.5年となるが、その際、オホーツク海から一部宗谷海峡を抜けてきた太平洋系の中型群と一緒に沖合海区を南下し、その過程において沿岸各地でも見られる。すなわち、10月下旬26~28 cmの中型魚が積丹岬北30 渚水温11°C付近で端脚類や桃脚類を盛んに捕食していたし、また佐渡や富山湾では10~翌年3月、山口・島根県では11~翌年1月、九州北西岸では12~翌年1月ごろにそれぞれ定置網や流し網で漁獲されている。

その後この群は、対馬暖流の発達とともに再び北上し、3~4月ごろ産卵準備群となり、5~7月ごろ満2年で29~30 cmモードの大型魚となって産卵を開始する。この時期でも端脚類や桃脚類を盛んに捕食しそして流し網によって各地で漁獲されるが、ごく沿岸に漁場が形成されると手づかみ漁業も行なわれ、さらに北上して8月ごろには海馬島の北側まで達する。この群は、9月ごろになると大部分産卵も終って小・中型群より早く南下を始め、10~12月ごろ満2.5年で31~32 cmモードの特大型魚となって、九州北西岸で定置網や流し網で漁獲される。

以上は現在考えている仮説であるが、各段階の生活を具体的にとらえ、仮説を検証するため、ここでは産卵期について、その段階に対応するものを産卵群とし、その回遊群がどのような集合特性を示すかを考察した。

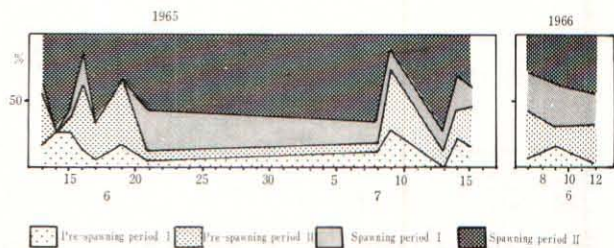


Fig. 4. Seasonal change of ovary weight in spring spawning saury.

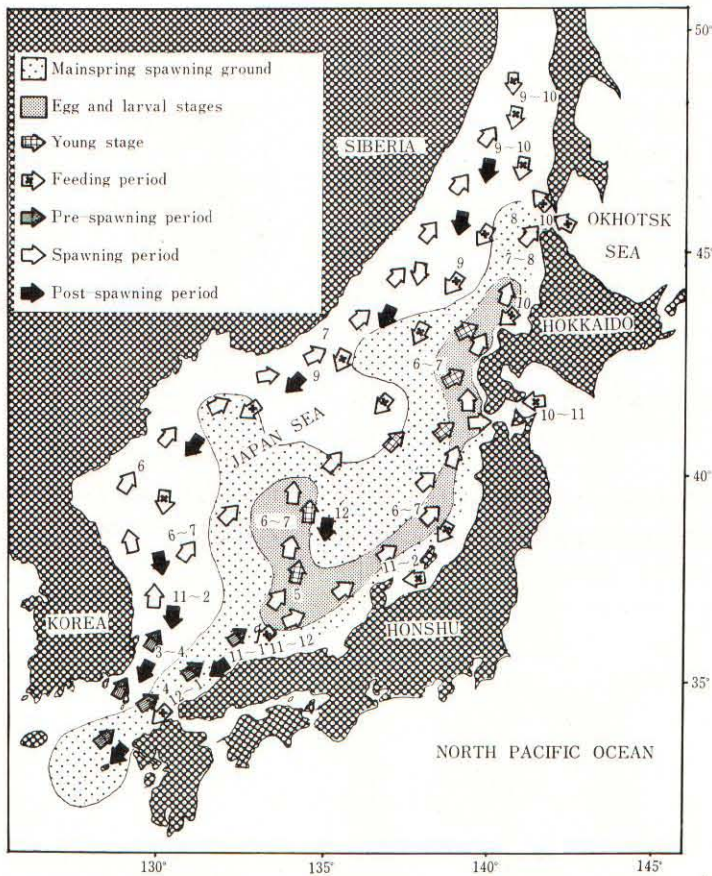


Fig. 5. Hypothetical migration routes of the spring spawning saury.

春生まれ系統群の産卵期の生活

1 材料と方法

この研究で用いた材料は、1965年と'66年6~7月、試験船によって奥尻島付近海区から石狩湾周辺海区の魚群の分布状態を調査したときのものと、1965年の漁期中、当業船から集めたのである。標本数は、1965年20群1,369尾、1966年10群442尾である。

ところで、5~7月の漁期中において、春生まれ系統群の大型魚と小型魚、秋生まれ系統群の中型魚とが一緒になって漁獲されるので対象を区別しなければならない。これについて、それぞれの発生集団は従来の研究から単一な組成を示すものと考えられているので、一応、資料は少ないが年年における体長モードの出現回数から検討した。その結果 (Fig. 6.), 大型魚のモードは大部分29・30 cmで、深滝 (1963) の研究と一致する。このことから、多少の重なり合いはあろうが、個々の標本群を検討しながら、主として28 cm以上のものについて取り扱った。

次に産卵群の集合特性をとらえる方法として、ここでは、個体間関係を現わす密度、雌雄間関係を現わす性比の2つの側面と、それが成熟とどのように関連しているのかとすることを確かめるために、それらの各漁業海図を作製し検討した。

2 結果と考察

(1) 分布密度

個体間関係を示すものとして、分布密度は各調査点の網待ち時間が2~3時間であることから、この平均1反当りの漁獲尾数をもって海図に現わした (Fig. 7.)。

すなわち、1965年の調査海区は奥尻島南沖合付近から石狩湾周辺海区であるが、この密度を相対的に見ると、積丹半島の北東と西沖、それに茂津多岬沖が高く、一方、10尾以下の薄いところは、積丹岬の北部と瀬棚から江差の沿岸部で、広い海域にわたっている。また1966年の調査海区は、奥尻島周辺海区から辨度岬沖であるが、この密度は、相対的に沖合海区と奥尻島西側が高く、一方、10尾以下の薄いところは、瀬棚沿岸から奥尻島南側である。

このように、産卵群の内部において量的変化が示されていることは、群の作り方が異なっているからと考えられ、その内容については、雌雄間関係や成熟の項で具体的にとらえたい。

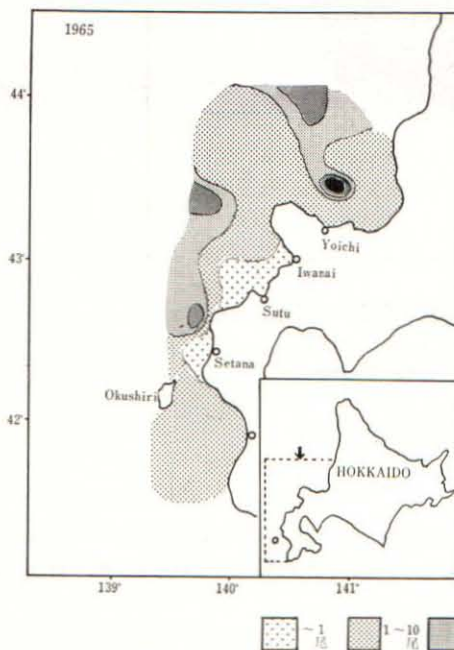


Fig. 7-1.

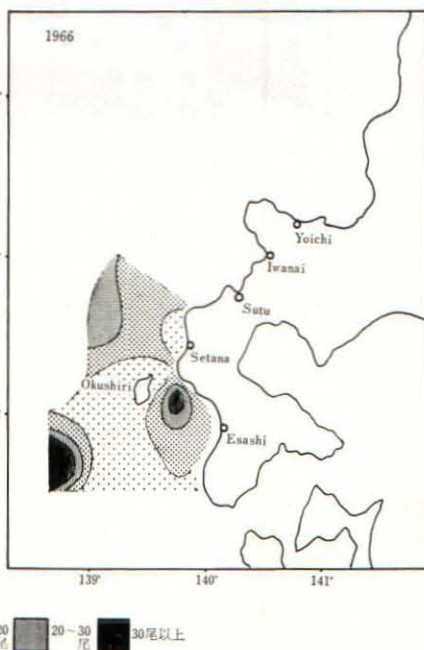


Fig. 7-2.

Average catch per drift gill net in fishing areas.

(2) 性 比

雌雄は魚の社会関係を知る上で重要な役割を占めている。ここでは、雌雄全体で雌を割った数を海図に現わした (Fig. 8.)。

この図によると、1965年はわずかに積丹岬北部沖合いで雌雄比が1:1となっているが、他の広い分布域では雌1に対して雄が2~3と大きな片寄りが見られる。また1966年も奥尻島西側海区のみ雌雄比が1:1で、他の広い分布域では雌雄比が1:2~3となっている。

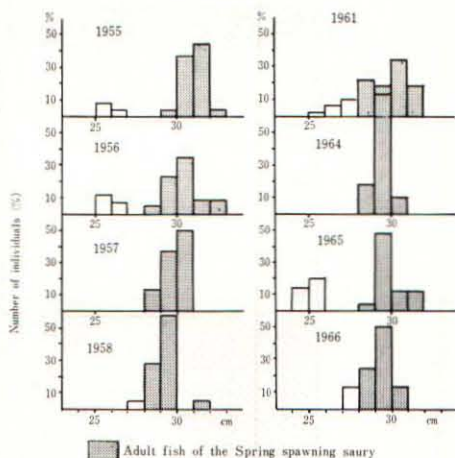


Fig. 6. Frequency distribution of modes of body length.

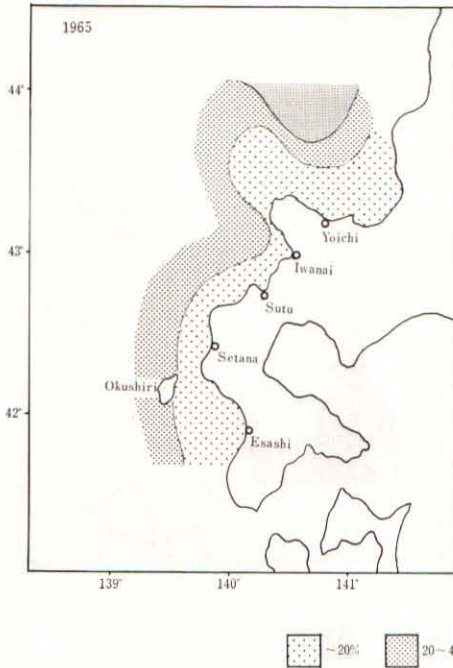


Fig. 8-1.

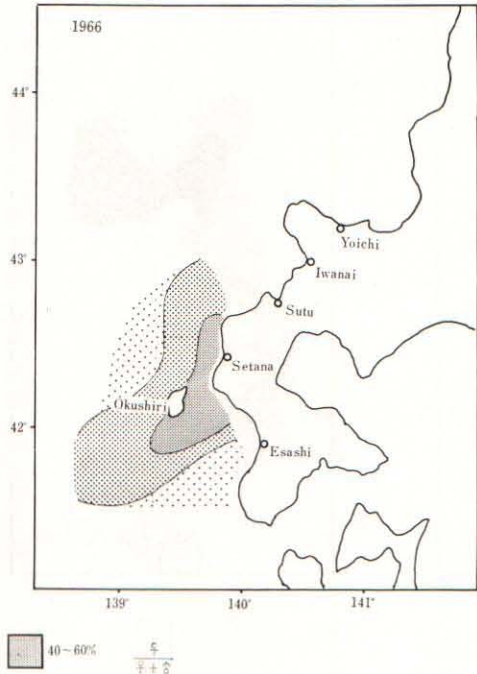


Fig. 8-2.

Sex ratios in different fishing areas during the spawning period.

このことは、個体間関係とどのように結びついているのかという観点から、分布密度と対応してみると、密度が相対的に高いところでは、雌雄比が1:1かそれに近い状態であるし、一方、密度の低いところでは、雌雄比が1:2~3となっている。このように、一応、産卵群と規定したものの中に、異なった諸関係から、別な群も存在していることを示している。

(3) 卵巣熟度

この図 (Fig. 9.) によると、1965年は沿岸海区、1966年は沖合海区が、それぞれ完全に達し直ちに放卵を開始するものや、すでに放卵中のものなどが主体になっていることから、これらの分布域を主産卵場と見なすことができる。一方、それ以外の分布域では、卵巣内にわずかに完熟卵が残り、しかも小型や中型透明卵をもった産卵準備中の群が主体であることから、これを産卵場と見なすことはできない。

以上のことが、個体間や雌雄間の関係とどのように結びついているかを検討してみると、「密度が低く、雌雄比が1:2~3の分布域のものは産卵群が主体であること、一方、密度が相対的に高く、雌雄比が1:1の分布域のものは産卵準備群が主体である」というように、それぞれにおいては一定の関係が示されている。このことは、成熟の遅速に応じて個体間と雌雄間の関係が変化すると思われ、産卵群が小さな群を作って分散したり、また産卵準備群が相対的に大きな群を作ること、は、種固有の特性と考えられる。

論 議

漁況は、魚の生活、海の運動、漁業生産といった3つの系の複合がもたらす現象形態であるから、漁況変動の内容を具体的に明らかにするには、それぞれの系の特性とその内容をとらえ、つぎに各系相互の関係を明らかにする必要がある。

そこで、漁況変動の主体は魚であるということから、従来の研究成果の上に立って、系統群、発育段階・生活年周期、回遊など生活をめぐるいくつかの仮説と問題点を浮きぼりにし、各段階ごとにつくりだされる

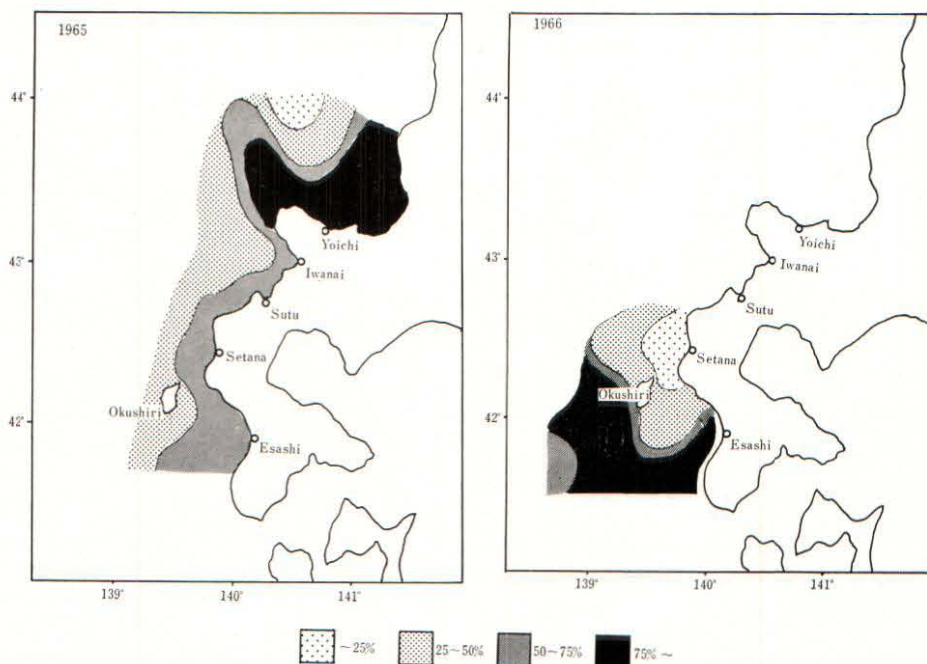


Fig. 9-1.

Fig. 9-2.

Percentage of females having mature and just spawning eggs.

集合の特性をつかむことを試みた。

その結果、生活年周期の規定が、日本海系群と北西太平洋系群によって著しく異なっている。これは今後それぞれの生活が具体的にとらえられることによって、明らかにされるものである。

次に、北海道日本海海域に來遊し分布の主体を占める産卵群は、雌雄比が1:2~3で小さな群を作ること、また産卵準備群は、雌雄比が1:1で相対的には産卵群よりも大きな群を作ること、そして、それぞれの変化を起こす主要な側面の1つは「成熟」であると考えられた。以上のように、産卵群と産卵準備群がそれぞれ異なった生活をしていることが明らかにされ、区別の妥当性も確められた。

このようにして得られた結果は、不十分ながら直接漁船の操業に用いることができる。すなわち、生産を高めるには、群として相対的に大きい産卵準備群が重視されるし、その群が、いつごろ、どこで、どのように集合するかということの予測も、産卵群の生活を具体的にとらえることによってできるものと考えられる。

ところで、性比の大きな片寄りについて、HATANAKA (1955) は、「産卵期の性比は1:1であるが、産卵を終った雌は直ちに産卵場を去り、雄はそれより若干長くどとまるのでないか」、またコトーヴァ (1958) も、「産卵初期に産卵場に來遊するのは雄が多く、つぎに雌が産卵に來遊するからであり、産卵を終ると雌が退去するため、雄の数が増加して性比が変わる」と同じような見解を述べている。しかし、集合特性の研究から、この考察に対してつぎのことが問題点として浮きぼりにされた。

- ① 産卵期の雌雄比を1:1としていること。
- ② 産卵を終った雌が産卵場から去ったならば、この雌が高い比率でどこかに存在しなければならないこと。

そこで、このようなことを証明する具体的な事実がどのようにになっているのか、ということから産卵期という範ちゅうの中で、まず第1の問題点を検討する。すでに密度・性比・成熟などの漁業海図によって得られたとおり、雌雄比が1:1のところは、産卵群でなくて産卵準備群が主体であるから、問題として取りあげた産卵期と雌雄比の関係が本質的に異なっていること。

次に、第2の問題点について検討する。本州日本海区では1961年の漁期中28群のうち、雌がやや多いのが5群、雄が多いのが22群、雌雄同数が1群であること、また1962年では78群のうち、雌がやや多いのが16群、雄の多いのが55群、雌雄同数が7群であり、さらに今回の調査においても、特に雌が多いというところは見られなかった。

以上のことから、産卵群の性比の実体は雌1に対して雄2~3と考えられ、産卵場から雌が退去したという内容を具体的にとらえることができなかった。

さて、産卵群の生活の内容をさらに具体的に明らかにするには、当面、次のことが問題点として考えられる。

第1に、今回具体的にとらえることはできなかったが、この回遊群は、より基本的な魚群の複合体と考えられるので、その段階でとらえる必要があること。すなわち、北海道沖に順次来遊する魚群をそれぞれ相互の関連によって検討すること。

第2に、産卵準備群の生活を具体的に明らかにすること。すなわち、この内容が明らかにされることによって、産卵群の雌と雄の関係もより一層具体的になる。

第3に、個体間と雌雄間の関係が変化するのは、成熟が主要な側面の1つであるということから、この遅速をうながす栄養も密接に結びついていると考えられる。したがって、食餌の研究を進め、これを諸側面との関連で検討することによって、その内容をさらに具体的にすることができるであろう。

このようにしてとらえることによって、系統群の内容もより一層明らかにされるし、そのことが、魚群行動や数量変動の法則性をとらえ、そしてより精度の高い漁況予測することに結びついているものである。

要 約

日本海に分布するサンマには、春生まれと秋生まれの2つの系統群が存在すると考えられる。そのうち、毎年漁獲の大部分を占める春生まれ系統群の成魚の生活を明らかにするため、著者らは、まず種の段階でとらえた従来の生活年周期について若干の検討を加えた。次に、研究対象をより基本的な回遊群としての産卵群の段階において集合特性をとらえることを試み、当面、個体間関係と雌雄間関係の2つの側面と、それが成熟とどのように結びついているかを1965年と'66年の資料によって検討したところ、次のような結果を得た。

1 卵巣熟度とその重量の分析から、日本海サンマの生活年周期の各規定が、北西太平洋系群と次のように異なっている。

生活年周期 系 統	索 餌 期	産 卵 準 備 期	産 卵 期	産 卵 後 期
日 本 海 系 群	G.W. ~2.0g	" 2.0~6.0g	" 6.0g以上	" 6.0g以下
北西太平洋系統	G.W. ~0.5g	" 0.5~3.0g	" 3.0g以上	-

さらに、従来の仮説に産卵後期をもうける。

2 産卵群は、雌雄比が1:2~3で小さな群をつくって分散すること、一方、産卵準備群は、北西太平洋系群と異なって(第Ⅰ報参照)、雌雄比が1:1であり、相対的には産卵群よりも大きな群をつくっている(Fig. 7.8.9.)。

3 個体間関係と雌雄間関係は密接に結びついており、その変化を起こす主要な側面の1つは「成熟」であると考えられた。

文 献

深滝 弘 (1963) : 日本海に出現するサンマの成長段階とその系統について, 日本海サンマ共同調査報告集 (昭和 37 年度)

——— (1966) : 日本海におけるサンマの分布と回遊およびその魚群密度, 日本海サンマ共同調査報告集 (昭和 38・39 年度)

HATANAKA M (1955) : Biological studies on the populataion of the saury. *Cololabis saira* (Brevoort) part I. *Tohoku Jour. Agr. Res* 6 (3)

笠原 昊・大鶴典正 (1952) : 綜説サンマの研究, 水産研究叢書 (4)

川口哲夫 (1966) : 1963~1964 年における日本海北上サンマの成熟について, 日本海サンマ共同調査報告集 (昭和 38・39 年度)

小林 喬・若生 允・内藤政治 (1968) : 秋生まれ系統群の成魚の集合特性について, サンマの生活に関する研究 (第 I 報), 本誌 (9)

L・I・コトーヴァ (1958) 大槻尚志訳 : 日本海におけるサンマの繁殖の生態, 北洋 昭和 34 年 3・4 月合併号

日水研 (1962) : 日本海サンマ共同調査報告書, 第 1 年度 (昭和 36 年度)

——— (1963) : 日本海サンマ共同調査報告集, 第 1 集 (昭和 37 年度)

——— (1966) : 日本海サンマ共同調査報告集, 第 2 集 (昭和 38・39 年度)

水産庁 (1958) : 漁場開発篇, 対馬暖流開発調査報告書, 第 3 輯

菅間慧一 (1959) : 耳石の性状からみたサンマのポピュレーション構造 II, 北水研報 (20)

ヴェ・ベ・シュントフ (1967) 温泉川洋彦訳 : 日本海のサンマ, 日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献 (9), 水産庁

エゾバフンウニとキタムラサキウニの浮遊幼生の
形態変化について^{*}

川 村 一 広

(北海道立中央水産試験場)

On the Development of the Planktonic Larvae of Japanese Sea Urchins,
Strongylocentrotus intermedius and *S. nudus*.

Kazuhiro KAWAMURA

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

The present author carried out some observations on the development of the planktonic larvae of *Strongylocentrotus intermedius* and *S. nudus* based on the samples collected from the sea and reared in the laboratory.

In the first stage (four armed) of pluteus, the body skeleton of *S. intermedius* has not basket-like structure, and the recurrent rod is also absent. The postoral rod is simple, and the body rod is straight. The ventral transverse rods are short and separate. The body is cone-like posteriorly. The body skeleton of *S. nudus* has not-basket-like structure, but has recurrent rod. The postoral rod is simple, but the body rod is curved. The ventral transverse rods are contact with each other at their distal ends.

In the second stage (six armed) of pluteus, the posterodorsal rod of *S. intermedius* is straight, but that of *S. nudus* forks into two branches posteriorly.

In the third stage (eight armed) of pluteus, the anterior epaulettes of *S. nudus* are larger than that of *S. intermedius*. The pluteus of *S. nudus* has three pedicellariae, but that of *S. intermedius* lacks them.

ま え が き

日本産ウニ類の浮遊幼生の形態変化については、Mortensen ('21, '31, '37, '38), 久米 ('29), Onoda ('31, '36, '38), Fukushi (60 a, b) などによって研究されてきたが、エゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius*, キタムラサキウニ *S. nudus* については全く研究されていない。Mortensen ('43) は *Strongylocentrotus* 属に10種を記載しているが、このうち後期幼生の形態まで研究されている種は *S. droebachiensis* (Mortensen 1898, Thorson '46, Turner '65) と *S. franciscanus* (Mortensen '21, Johnson '30) があるに過ぎない。

著者は北海道のウニ漁業の対象種であるエゾバフンウニとキタムラサキウニの生活と増殖に関する研究の一環として、過去数年にわたり忍路湾で両種の浮遊幼生の生活について研究をおこなってきた。両種が産卵しはじめる9月以後、忍路湾では4種のウニ類の幼生が出現するので、まずこの幼生の種を査定する必要があった。このうち2種は既存の文献と初期発生実験から、オカメブンブクとカンパン類の一種であると考え

* 報文番号 A64

られ、残りの2種がエゾバフンウニとキタムラサキウニである。この両種の浮遊幼生の形態変化について、天然では'64年に、飼育実験では'65年に観察し確認することができた。著者は天然に出現する浮遊幼生の種を区別することを目的に形態変化の特徴を観察したに過ぎないので、発生学的、形態学的な立場での詳しい観察、記録はおこなっていない。しかし、両種の浮遊期の形態に関する記録がないので、その概要をここに報告する。

本文に入るに先きだち、材料の採集に際しては、北大水産学部忍路実験所を使用させていただき、同所職員信太郎氏ならびに同所元職員山崎為蔵氏にご協力いただいたことを深く感謝する。

材 料 と 方 法

'64年9月24日から'65年1月28日までの4カ月間にはほぼ2~7日に1回の割合いで、忍路湾の水深6.0 m, 10.5 mの2地点で、プランクトンネット（口径30 cm, ミューラーガーゼ No. xx13）の垂直びきによる採集をおこなった。採集した材料は5%ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰り検鏡した。この期間の忍路湾の表面水温は9月下旬19~18°C, 10月18~13°C, 11月13~8°C, 12月8~6°C, 1月6~5°Cであった。

人工飼育はエゾバフンウニでは、'65年10月3日から翌年6月1日まで、キタムラサキウニでは10月3日から12月4日までおこなった。人工受精は切り出しによる常法でおこない、孵化後、容積600 ccの腰高シャーレに500 ccの海水を入れ、ほぼ1 cc当り1個体の割合いで幼生を収容した。シャーレは室内の流しに仕切りを作りその中に入れ、水道水を常時流した。飼育海水は3~5日に1回の割合いで取り換え、エアレーションはおこなわなかった。受精後3日目から培養しておいた浮遊珪藻 *Phaeodactylum tricornutum* を給餌した。飼育期間中の水温は10月16~12°C, 11月13~8°C, 12月11~9°C, 1月9.5~7.5°Cであった。

結 果

1 卵からプルチュースになるまで (Plate II-A.B.C, III-A.B.C)

エゾバフンウニの卵 (egg) の直径は90 μ 前後 (第1表) で橙色をしているが、キタムラサキウニの卵は106 μ 前後でやや大きく黄色であるので、両者の卵は容易に区別することができる。受精後、受精膜を含む

Table 1. Size of each stage of the larvae

Stage		<i>S. intermedius</i>	<i>S. nudus</i>
Egg		84~94 90 μ	94~108 106 μ
Fertilized egg		108~123 117	123~139 128
Blustula		115~123 120	128~139 136
Gastula		139~154 149	139~165 150
Pyramid		160~200	170~215
Pluteus	First (four armed)	200~600	200~620
	Second (six armed)	460~720	500~770
	Third (eight armed)	540~1020	620~950
	Imago after metamorphosis	*320~355	350~400

* Test diameter.

直径はエゾバフンウニで平均117 μ , キタムラサキウニで平均128 μ である。この大きさは孵化するまであまり変化しない。桑実期 morula を過ぎると、割腔 blastocoel が発達してくるが、エゾバフンウニの方がキタムラサキウニよりも広いようである。孵化後、胞胚期 blastula から囊胚期 gastula にかけては、エゾバフンウニでは細胞層が薄く、円形に近い形をしているが、キタムラサキウニでは細胞層が厚く、囊胚の原口側は平らになって栗に似た形になっている。両種共に囊胚に達するのは受精後20時間前後である。囊胚には対になった三叉の骨格が次第に発達

し、形が3角形に変形すると共に、消化器管が形成され、口から肛門まで完成してプルチュース期 pluteus に入る。この期間を通称ピラミッド期 pyramid ということがある。受精後48時間ぐらいでプルチュースに達する。

2 第1期(4腕)プルチュース (Plate I-A,D, II-D, III-D)

第1期プルチュースには後口腕 postoral arm と前側腕 anterolateral arm が各1対合計4本の腕ができる。後口腕は前側腕よりも早く形成される。

エゾバフンウニの骨格は体桿 body rod, 後口桿 postoral rod, 前側桿 anterolateral rod および腹横桿 ventral transverse rod の4つの部分からなり、左右相称で対をなしている。体桿はほとんど直線で、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ぐらいに近接しているので、プルチュースの後端部は円錐状になっていることが多い。後口桿には穴はあいていない。腹横桿は短かく、左右が接続することはない。

キタムラサキウニの体桿は後端部で内側に弯曲し、棘が出ており、プルチュースの後端部は角ばっている。後口桿には穴はなく、腹横桿は良く発達し中央部で接合している。キタムラサキウニにはエゾバフンウニにはない背走桿 recurrent rod がある。第1期プルチュースは200 μ 前後から発育して、最大600 μ 前後になるものもある。プルチュースの発育の速度は条件によって非常に変化しており、別の機会にあらためて報告する予定である。

3 第2期(6腕)プルチュース (Plate I-E, II-E, III-E)

第2期プルチュースは1対の後背腕 posterodorsal arm が新たに形成されて腕の数が6本になるのが特徴である。後背桿 posterodorsal rod には両種共に穴はない。エゾバフンウニの後背桿の後端は真直であるが、キタムラサキウニのそれは二又に分かれている。この時期の大きさは500~700 μ になる。

4 第3期(8腕)プルチュース (Plate I-B, II-F,G, III-F)

第3期プルチュースは新たに1対の前口腕 preoral arm ができるところから、変態開始までであり、後繊毛叢 posterior epaulette の完成を境に第3期を前期と後期に分けるのが適当であると思われる。前期では前口腕ができ、背弓 dorsal arch ができた後、前繊毛叢 anterior epaulette, 後繊毛叢の形成がはじまり、ウニ原基 echinus rudiment が胃の左外側にそって発育しだすようになる。この時期には体が比較的透明で、内部構造が良く見える。エゾバフンウニでは体桿の後端部が千切れてしまうのが良くわかる。後期に入ると繊毛叢がますます発達し、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共に、体内に殻の一部が発達して検鏡しても内部構造が見えにくくなってくる。

エゾバフンウニでは前繊毛叢はあまり発達せず、わずかに弓状になっているにすぎない。後口腕の左右の先端の間隔は体長の半分ぐらいであり、叉棘 pedicellaria は形成されない。一方、キタムラサキウニは前繊毛叢が良く発達し半円状になってくる。腕の先端の間隔は体長にほぼ等しいぐらいに開いてくる。3個の叉棘が体の外面に形成されてくる。良く発達したプルチュースは浮遊期を通じて最も大きくなり1mm前後の大きさに達する。

5 変態から底生移行まで (Plate I-C,F, II-H,I, III-G,H)

プルチュースの体内にできたウニ原基が体表を破って露出する過程を狭義の変態 metamorphosis といい数時間で終るといわれている。変態したウニの体軸はプルチュースの体軸に直角になっている。変態後もしばらくはプルチュースの体の部分がそのまま残って浮遊生活を続けているが、プルチュースの部分は次第に吸収されて繊毛叢もなくなり、管足で基物に付着して底生生活に移行する。ウニの口部や対になった管足、エゾバフンウニの叉棘などは底生移行後に形成されてくるので、完全にウニの形になって、エサを取るようになるのには底生移行後数日を要することが多い。変態後のウニの棘や管足はしばらくは兩種によってあまりはっきりした相違はみられないので、この時期の幼生は第3期プルチュースの特徴で区別するのが便利である。変態したウニの殻径はエゾバフンウニで320~355 μ 、キタムラサキウニで350~400 μ 位である。

エゾバフンウニの背走桿がないこと、腹横桿が接合していないなどの特徴は *S. droebachiensis* (Mortensen 1898, Thorson '46), バフンウニ *Hemicentrotus placherimus* (Mortensen '21, 久米 '29, Onoda '36)

と一致している。一方、キタムラサキウニにみられる背走桿や、腹横桿が接合している特徴は *S. franciscanus* (Mortensen 21, Johnson '30) と一致している。前者のタイプのウニ類の成体は棘が短くて、体色は緑色をしているのに対して、後者のタイプのウニ類の成体は棘が長く、体色が紫色がかっているのは興味ある事実である。なお、ムラサキウニ *Heliocidaris crassispina* (Onoda '31) のプルチュースの骨格は後口桿や後背桿に穴が明いていること、体桿部の構造が複雑であることなど、キタムラサキウニとは大きく異なっている。久米 ('29) は忍路湾で採集したプルチュースを同定して、おそらくムラサキウニであろうと述べているが、これはカシパン類のプルチュースを見誤ったのではないと思われる。

文 献

- Fukushi, T. (1960) a: The external features of the development of the sea urchin, *Glyptocidaris crenularis* A. Agassiz. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi, Tohoku Univ.*, X (1) 57-64
 ——— (1960) b: The formation of the echinus rudiment and the development of the larval form in the sea urchin, *Temnopleurus harewickii*. *ibid*, X (1) 65-72
 Johnson, M.W. (1930): Notes on the larval development of *Strongylocentrotus franciscanus*. *Publ. Puget Sound Station* 7 401-412
 久米又三 (1929): 三崎産海胆類の発生に就いて 動物学雑誌 41 100—105
 Mortensen, Th. (1898): Die Echinodermen larven der plankton-expedition. *Ergeb. plankton Exp. d. Humbolt-Stiftung* Bd. 2 J: 1-118
 ——— (1921): Studies of the development and larval forms of Echinoderms. Copenhagen
 ——— (1931): Contributions to the study of the development and larval forms of Echinoderms I-II. *Mem. Roy. Acad. Sci. Let. Denmark*, 4 (1) 1-39
 ——— (1937): ——— III, *ibid*, 7 (1) 1-65
 ——— (1938): ——— IV, *ibid*, 7 (3) 1-59
 ——— (1943): A monograph of the Echinoidea M III 2, Copenhagen
 Onoda, K. 1931: Notes on the development of *Heliocidaris crassispina* with special reference to the structure of the larval body. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B*, 7 103-134
 ——— (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
 ——— (1938): ——— Report III *ibid*, 8 1-13
 Thorson, G. (1946): Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. *Meddel. Komm. Danmarks Fiskerei- og Havundersogelser, ser. Plankton* 4 (1)
 Turner, V.G. (1965): Some aspects of development in two echinoids. *American Zoologist* 5 (2) 33

Plate I

- A-C. *Strongylocentrotus intermedius*
 D-F. *Strongylocentrotus nudus*
 A. Pluteus in the first stage, 246 μ .
 B. Pluteus in the third stage, 693 μ .
 C. Larva just after metamorphosis
 (dorsal view) 534 μ .
 D. Pluteus in the first stage, 230 μ .
 E. Pluteus in the second stage, 554 μ .
 F. Larva just after metamorphosis
 (dorsal view) 926 μ .

List of abbreviations

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

Plate II

Strongylocentrotus 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 .

Plate III

Strongylocentrotus nudus

- A. Eggs
 B. Blastulae
 C. Gastrulae
 D. Plutei in the first stage,
 E. Pluteus in the second stage, 620 μ .
 F. Pluteus in the third stage (senior), 870 μ .
 G. Larva after metamorphosis, 750 μ . (test diameter 370 μ .)
 H. Larva after settling, test diameter 370 μ .

Plate I

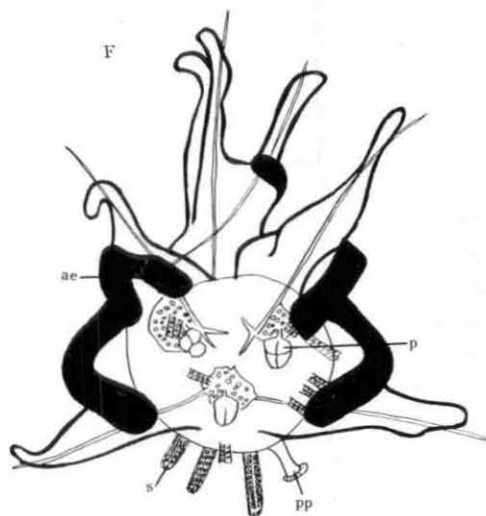
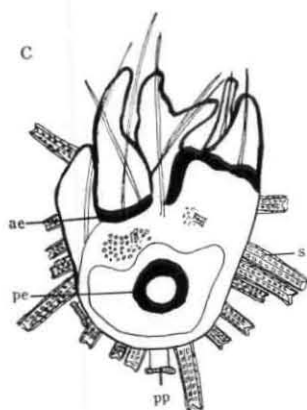
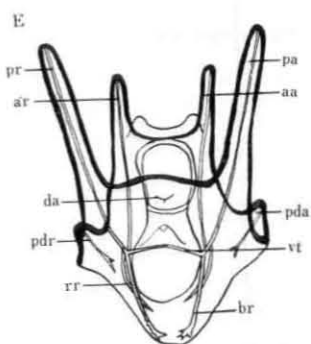
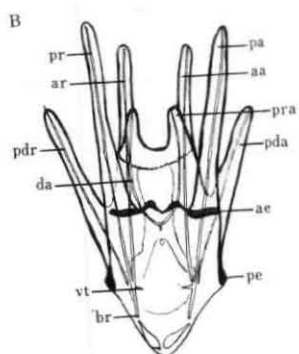
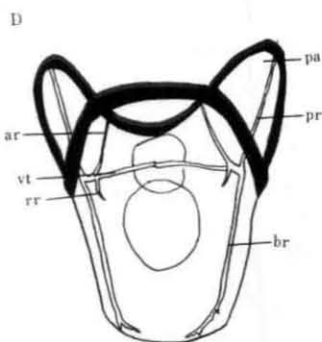
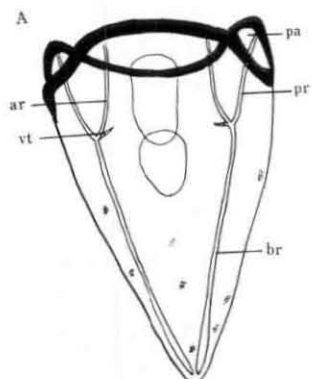


Plate II

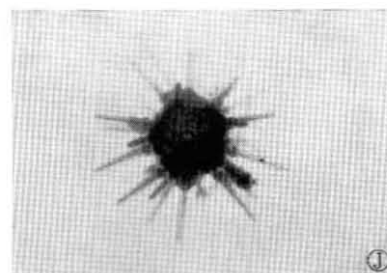
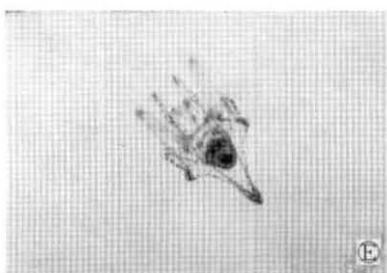
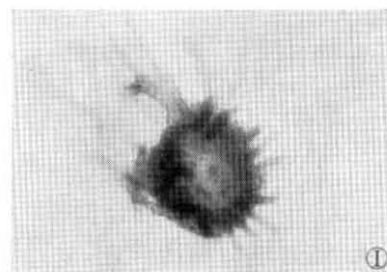
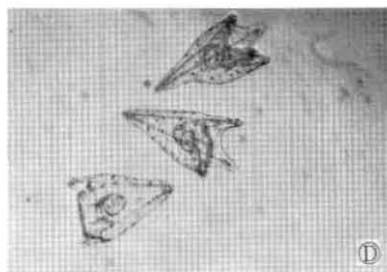
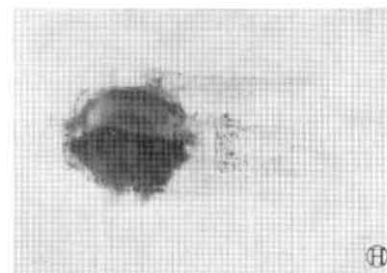
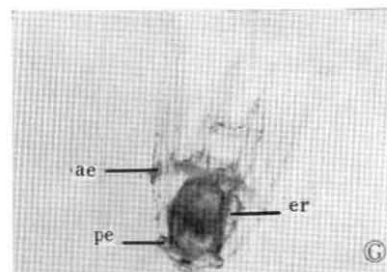
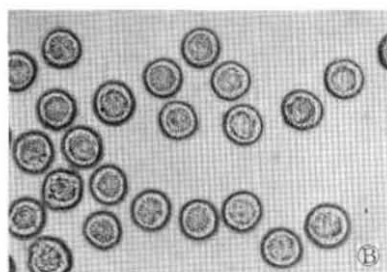
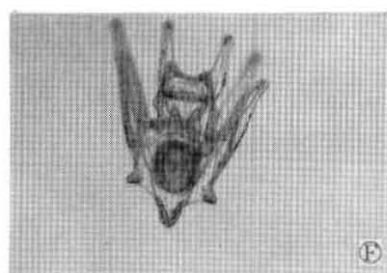
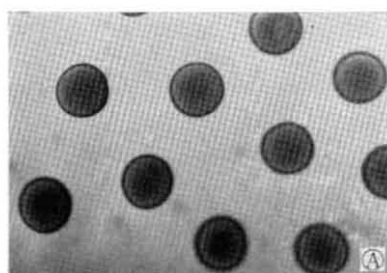
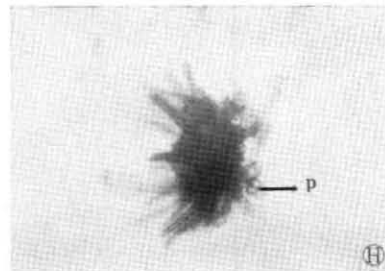
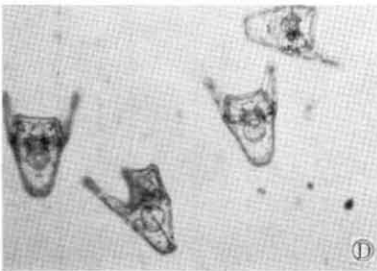
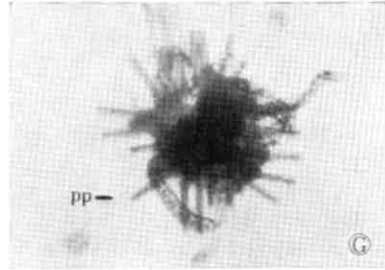
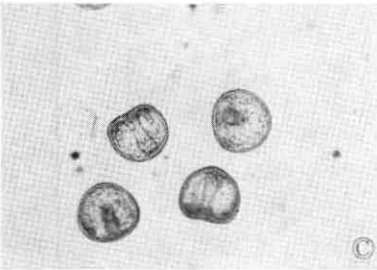
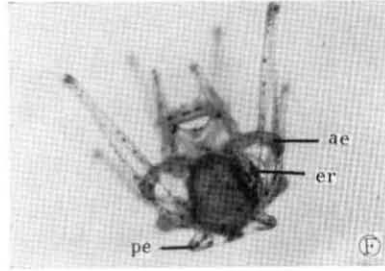
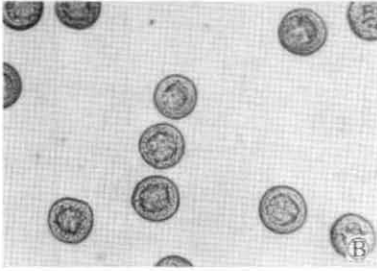
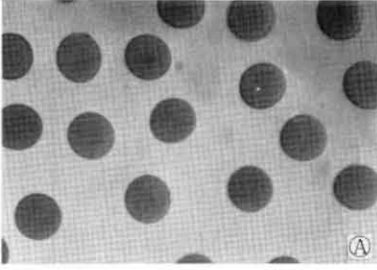


Plate III



小樽市沿岸の禁漁区のエゾアワビの生態に関する2, 3の知見^{*}

川 村 一 広 ・ 林 忠 彦 ・ 佐 藤 己之吉

(北海道立中央水産試験場)

高 野 睦 男

(小樽地区水産業改良普及所)

Ecological Observations on the Abalone, *Haliotis discus hannai* Ino, in the Closed Fishing Grounds along the Coast of Otaru, Hokkaido, Japan

Kazuhiro KAWAMURA, Tadahiko HAYASHI, Minokichi

SATO and Mutsuo TAKANO^{**}

(Hokkaido Central Fisheries Experimental Station)

^{**}(Otaru Fishery Extension Office)

We carried out some ecological observations on the abalone *Haliotis discus hannai*, in the closed fishing grounds along the coast of Otaru in where many abalones were transplanted from Okushiri Island or Utatsu every year.

The results obtained are as follows:

1. The closed fishing grounds can be divided into following three types by nature of the substratum as well as relation to the open fishing grounds:

Type A (Takashima) is isolated by sandy bottom and does not connect with the open fishing ground.

Type B (Shikuzu, Wakatake, Funahama, Asari and Hariusu) is not surrounded by sands, and completely connects with the open fishing ground.

Type C (Oshoro, Bungata and Hokkema) is an intermediate type between A and B, and partially connects with the fishing ground.

Generally, production of the seaweeds is good in each closed fishing ground.

2. The distributional densities of the abalones and seaweeds vary with distances from the coastal line. The bounds with high density of the abalones coincide with those of rich vegetation, or extend a little beyond the bounds of vegetation. The transplanted abalones are more abundant in type A and type C than in type B. The number of both transplanted and aboriginal abalones in every researched areas 1 to 37 and 13 to 256, respectively. The density of adult aboriginal abalones is proportional to the young ones.

3. In the closed fishing grounds of type A and type C, the abalones are usually larger and older than in type B. Those characters are similar in both transplanted and aboriginal ones.

4. The number of old abalones older than eight years-old are much less than youngers, and old ones older than twelveyears-old are very few.

5. The shell length of aboriginal abalones reaches to 7.5 cm at 5 years old. The growth

^{*} 報文番号 A65 佐藤己之吉氏は昭和43年12月22日死去

of transplanted abalones becomes faster, and come near to that of the aboriginal abalones. The relation between shell length (x) and body weight (y) of the aboriginal abalones in Hokkema can be shown as $y=0.1625 x^3$, and that of the transplanted one as $y=0.1680 x^3$ respectively.

木下、渋谷 (1949) は日本海沿岸の泊および増毛産のエゾアワビを噴火湾の有珠に移殖し、生息場所によって成長が異なり有珠では成長が極めて早いことを明らかにした。また、木下 (1950) は有珠に移殖したアワビの産卵による増殖もあることを確認しており、これらの試験結果が北海道におけるエゾアワビ移殖事業の科学的根拠とされてきた。

その後、昭和 29 年には成長の良くないアワビが大量に生息する奥尻島が保護水面に指定され、毎年北海道、本州各地に移殖用種苗として出荷されてきた。また、昭和 41 年以後には、松前町、寿都町歌棄沿岸からも種アワビが出荷されるようになった。しかし、北海道におけるエゾアワビの移殖効果については、その後、結城ら ('68) の噴火湾沿岸の豊浦に関する報告があるのみで、日本海沿岸に関しては全く明らかにされていない。

小樽市のアワビ漁獲高は第 1 表に示すとおり、近年増加の傾向を示し、昭和 43 年には約 20 トン、2,000 万円を越えており、アワビは浅海漁業の重要な魚種となっている。小樽市漁業協同組合では以前からアワビの増殖に力を入れており、昭和 24 年以後アワビの移殖放流を実施し、移殖量は昭和 43 年までに 115 万個体に達している。第 2 表に昭和 38 年以後の場所別移殖量を示した。小樽の場合、種アワビの放流場所は全て長期固定禁漁区となっているために、移殖効果に関する資料はほとんど集められていなかった。著者らは小樽市漁業協同組合の依頼により、移殖および禁漁によるアワビの増殖効果を明らかにすることを目的に、昭和 41 年より 43 年までの 3 年間に小樽市内の 9 か所の禁漁区の調査を実施した。この調査によって、禁漁区の特徴、地元および移殖アワビの分布状態、年齢組成、成長などについての知見が得られた。またこれらの知見に基づいて禁漁および移殖効果について若干の考察を試みたのでここに報告する。

本文に入るに先立ち、調査の機会を与えられた小樽市漁業協同組合および調査に協力していただいた同組合の職員、各地先の組合員の各位に感謝する。

調 査 の 方 法

小樽市の禁漁区は第 1 図に示すように、忍路、文庫歌、ホ

Table 1. Annual catches of the abalone in Otaru.

year	weight (kg)	price (yen)
1960	11,769	5,652,586
1961	16,190	7,396,366
1962	11,553	6,888,006
1963	16,651	11,521,709
1964	12,269	8,807,513
1965	15,544	13,906,370
1966	19,476	19,279,665
1967	18,177	18,639,414
1968	20,287	20,494,344

Table 2. Annual amounts of the transplanted abalones in each closed fishing ground. (number of individuals)

places years	Hari-usu	Asari	Funa-hama	Waka-take	Taka-shima	Shi-kuzu	Hok-kema	Bun-gata	Os-horo	total
1963	5,024	5,135	5,089	4,997	5,037	4,935	10,500	12,000	7,500	60,217
1964	7,568	7,671	7,700	7,750	7,548	7,400	22,500	15,000	7,500	90,637
1965	4,991	4,988	4,928	4,880	5,028	5,195	8,500	17,000	4,500	60,010
1966	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	3,750	6,340	6,340	2,320	37,500
1967	4,500	4,500	4,500	4,500	6,750	5,250	8,100	8,100	13,800	60,000
1968	4,500	4,500	4,500	4,500	6,750	6,750	4,500	4,500	4,500	45,000
total	30,333	30,544	30,467	30,377	34,863	33,280	60,440	62,940	40,120	353,364

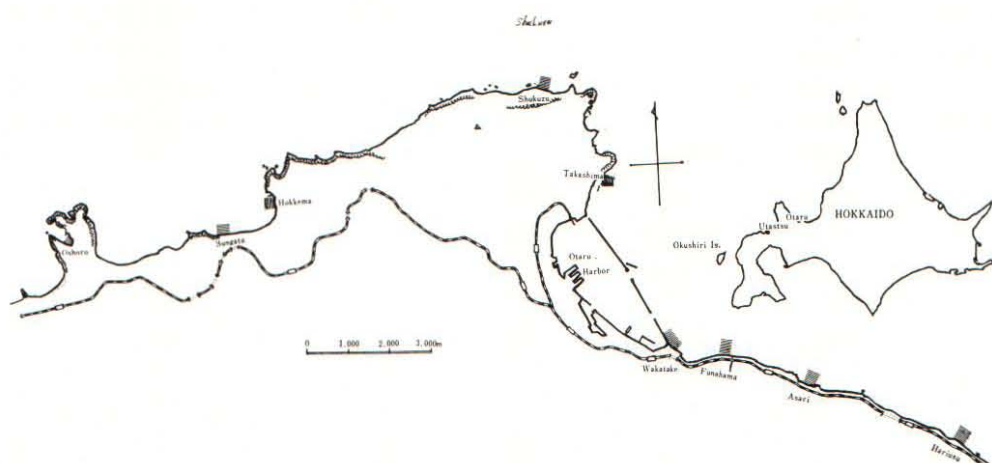


Fig. 1. Brief map, showing the location of each closed fishing ground.

ツケ洞、祝津、高島、若竹、船浜、朝里および張碓の9カ所である。各禁漁区の広さは第3表に示した。昭和41年8月に祝津、高島および若竹、昭和42年6～7月に船浜、朝里および張碓、昭和43年6月に忍路、文庫歌およびホッケ洞の各禁漁区を対象として調査を実施した。

各禁漁区内に沖出し100～200mのメートルなわを張った調査線を1～3線設け、10～50m間隔で1m幅内のアワビを全数スキューバ潜水によ

って採集した。また、ホッケ洞、祝津朝里では操業区にも各1線の調査線を設けた。採集したアワビは生きたまま殻長、体重を測定した後殻のみ研究室に持ち帰った。殻の附着物を除去したのち、殻の内外にみられる成長輪から年齢と大きさの関係を推定した。なお結城ら(68)の報告しているように、地元で発生したアワビと移殖アワビは成長度の差から生ずる殻の凹凸の変化の状態(地元アワビは成長が良いので殻の外表面が比較的なめらかであるが、移殖アワビは凹凸がはげしい。)から容易に区別することができた。また、潜水中に底質、海藻の生育状態について大まかな観察、記録をした。なお、昭和41、42年の調査時にはその年度の種アワビはすでに放流していたが、昭和43年にはまだ放流していなかった。

Table. 3. Dimention of each closed fishing ground.

closed fishing ground	length of coastal line (m)	boundary line from-shore (m)	square meter (m ²)
Oshoro	300	30	9,000
Bungata	200	230	46,000
Hokkema	150	90	13,500
Shikuzu	170	290	49,300
Takashima	275	290	—
Wakatake	500	200	100,000
Funahama	273	220	60,000
Asari	545	270	147,000
Hariusu	270	200	54,000

結 果

1 各禁漁区の環境の概要

ホッケ洞、祝津、高島の各調査線の距岸と水深、底質、海藻の生育状態について第4表、第2図に示した。これらの図表からも明らかなように各禁漁区は異なった環境条件を示している。

底質、操業区との関係からみると、高島では砂浜地帯に3列の暗礁があり、禁漁区は操業区から完全に孤立している。ホッケ洞の禁漁区は沖側、南側はほとんど砂浜でとり囲まれ、北側は港の防波堤によってさえ切られており、高島に次で閉鎖性が強い。忍路禁漁区はいずれの場所も距岸30m前後で砂浜になっている

Table 4. Environmental conditions of some researched areas.
(Hokkema, Shikuzu and Takashima)

[illegible]

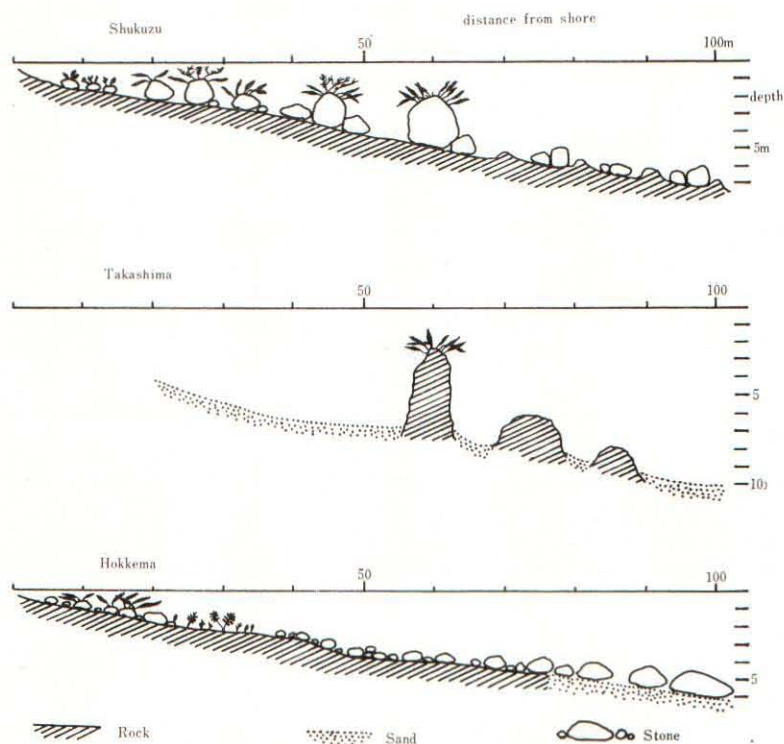


Fig. 2. Diagrammatic profile of some typified sea-bottoms.

区、祝津、朝里および張碓では距岸 100m で水深 6.0~8.0m 程度である。祝津禁漁区の距岸 200m では水深 14.3m に達している。船浜では距岸 100m で水深 4.1m, 200m で 8.5m と比較的遠浅である。忍路の砂浜との境の水深は 4m 以内であり、高島の暗礁の水深は上部で 3m 下部で 6.5~10.0m である。若竹のケーソンは水深 5m 前後にあり、ケーソンをはずれるとすぐに 10m に達する。

海藻(草)の生育状態からみると、忍路、ホッケ淵、祝津、朝里および張碓では距岸 80m 以内に生育しており、船浜では 120m まで、文庫歌では 200m まで生育していた。若竹ではケーソンの上にホソメコンブが生育していた。高島では一番高い暗礁の上部にのみコンブが生育していたが、暗礁と暗礁の間にはコンブその他の流れ藻が多量にたまっていた。全体を通じてアナアオサ、ホソメコンブ、ホンダワラ類が量的に多い種類であったが、文庫歌ではコンブが少なく、エゾヤハズ、スガモ、ホンダワラ類が多くみられた。祝津、朝里および張碓の禁漁区では他地区に比較して海藻が少ないようであった。

2 アワビの分布状態

第 5 表に距岸別、大きさ別のアワビ採集個数の例としてホッケ淵、祝津、高島の場合を示した。

アワビの分布の沖側の限界は文庫歌、祝津禁漁区およびホッケ淵対照区では距岸 200m 付近であるが、砂浜の近い忍路では距岸 30~40m しかなく、他はほぼ 100~150m である。また分布の陸側の限界は 0~20m 付近であり、一般に低潮線以浅にはアワビの分布は認められなかった。

分布密度の比較的高い範囲は祝津、朝里および張碓などでは距岸 40~100m (水深 2~8m) のところであり、文庫歌、船浜禁漁区 およびホッケ淵対照区では各々 100~200m (水深 1.8~4.3m), 80~140m (水深 3.5~7.0m), 40~160m (水深 1.5~3.2m) と岸から遠く、水深が浅くなっている。ホッケ淵禁漁区では距岸 5~40m (水深 1.0~3.5m), 忍路では距岸 10~40m (水深 1.0~4.0m) に集中的に分布している。高島では暗礁の下部で 30cm の幅のところに重なり合うようにアワビが集まっており、暗礁の上部には少なかった。海藻の分布場所とアワビの分布密度の高いところは比較的一致しているが、アワビが海藻より若干沖側まで

Table 5. Number of collected abalones in some researched areas.
(Hokkema, Shikuzu and Takashima)

Hokkema(closed area)

S.L.(cm) D.C.(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
0 ~ 20	1	-	3	5	4	25(4)	47 (9)	24(5)	9	1	119(18)
20 ~ 40	1	3	5	3	2	7(1)	9 (2)	10(4)	12(3)	1	53(10)
40 ~ 60	-	-	1	-	1	1	1	1	2	-	7
60 ~ 80	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	3
total	2	3	9	8	7	33(5)	58(11)	35(9)	25(3)	2	182(28)

Hokkema(open area)

S.L.(cm) D.C.(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
20 ~ 40	-	-	-	-	-	-	4	2	2	1	9
40 ~ 60	-	-	-	2	6	6	13(1)	12(1)	10(1)	4	53 (3)
60 ~ 80	-	-	1	8	22	22	20(1)	20	12	4	109 (1)
80 ~ 100	-	1	1	5	5	7(2)	13(2)	8(2)	3	2	45 (6)
100 ~ 120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120 ~ 140	-	-	2	2	-	1	7(2)	5(2)	3(1)	1	21 (5)
140 ~ 160	1	2	-	-	-	1	2	2	2	3	13
160 ~ 180	-	-	1	1	1	-	1(1)	2	1	1	8 (1)
180 ~ 200	-	1	2	1	-	1	2	2	1	-	10
total	1	4	7	19	34	36(2)	58(7)	51(5)	32(2)	14	268(16)

Shikuzu (closed area No. 1)

S.L.(cm) D.C.(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
0 ~ 20	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	4
20 ~ 40	-	-	-	3	3	8	6	1	-	-	21
40 ~ 60	-	-	2	3	6	8	1	1	-	-	21
60 ~ 80	-	-	1	4	6	7(1)	6	2(1)	1	-	27(2)
80 ~ 100	1	-	3	3	1	2(1)	6(2)	1	-	-	17(3)
100 ~ 200	-	-	1	-	-	3(1)	4	-	-	-	8(1)
total	1	-	7	14	17	30(3)	23(2)	5(1)	1	-	98(6)

Shikuzu(closed area No. 2)

S.L.(cm) D.C.(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
0 ~ 20	-	-	2	1	1	1	1	-	-	-	6
20 ~ 40	-	-	1	1	7	5	3	1(1)	-	-	17 (1)
40 ~ 60	-	-	2	2	7	14(2)	4	4(1)	1	-	34 (3)
60 ~ 80	-	2	2	-	1	10(1)	13(3)	1	1	-	30 (4)
80 ~ 100	-	-	2	-	2	6(1)	4(2)	2(1)	-	-	16 (4)
total	-	2	9	4	18	36(4)	25(5)	8(3)	2	-	104(12)

Shikuzu(open area)

S.L.(cm) D.C.(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
40 ~ 60	-	-	-	3	-	2	2	-	-	-	7
60 ~ 100	-	2	2	3	2	3	6	-	-	-	18
100 ~ 120	-	-	4	2	1	4	5	1	-	-	17
120 ~ 140	-	-	1	-	-	1	5	-	-	-	7
140 ~ 200	-	-	-	3	1	5	3	1	-	-	13
total	-	2	7	11	4	15	21	2	-	-	62

Takashima(closed area)

shell length (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	total
number	-	-	1	4	12(8)	36(13)	19(2)	23(2)	19(8)	26(4)	3	133(37)

S.L. shell length

D.C. distance from the coast

() transplanted abalone

Table 6. Number of collected abalone in each researched area.

researched area	aboriginal abalone		transplanted abalone	total	percentage of transplanted abalone (%)
	smaller than 5 cm in shell length	larger than 5 cm in shell length			
Oshoro (closed No.1)	8	18	17	43	39.5
" (No.2)	0	13	18	31	58.0
" (No.3)	8	20	12	40	30.0
Bungata (closed No.1)	3	29	22	54	40.8
" (No.2)	5	8	7	20	35.0
Hokkema (closed)	22	132	28	182	15.9
Hokkema (open)	31	221	16	268	6.0
Shikuzu (closed No.1)	22	70	6	98	6.1
" (No.2)	15	77	12	104	11.5
Shikuzu (open)	20	42	0	62	0
Takashima (closed)	5	91	37	133	27.8
Funahama (closed)	0	18	8	26	30.8
Asari (closed No.1)	3	17	12	32	37.5
" (No.2)	7	16	1	26	3.8
Asari (open)	11	7	2	20	10.0
Hariusu (closed No.1)	14	20	21	55	38.2
" (No.2)	2	25	8	35	22.8

分布していることが多いようである。地元アワビと移殖アワビの分布場所には大きな相違は認められない。

各調査線の 1 × 20m 当たりの密度は 高度禁漁区 133 個体, ホッケ淵禁漁区 119 (距岸 0~20m), ホッケ淵対照区 109 (距岸 60~80m) と高密度で 100 個体を越えており, 忍路, 祝津, 張碓禁漁区で 30~40 個体のところがみられるが, 他の禁漁区では 20 個体以下の水準である。一般的に閉鎖性の強い禁漁区ほど密度が高くなる傾向がみられる。一方調査線当たりの個体数 (第 6 表) からみるとホッケ淵対照区 268 個体を最高にホッケ淵禁漁区 182 個体, 高島禁漁区 133 個体, 祝津禁漁区 98~104 個体の順となっており, 他の禁漁

区は60個体以下であった。祝津、朝里の対照区の個体数は禁漁区の60~70%で少なくなっている。ホッケ澗対照区は準禁漁区として保護されているのでアワビが多くなっている。

移殖アワビの調査線ごとの採集個体数とその割合は第6表に示した。調査時にその年度の種アワビが放流されていた祝津以東では移殖アワビの数は高島禁漁区の37個体が最も多く、張碓禁漁区第1線21個体、祝津禁漁区第2線、朝里禁漁区12個体で他は10個体以下であり、移殖アワビの全数に対する割合は高島、船浜、朝里および張碓禁漁区ではほとんどの場合20~40%の範囲にあるが、祝津では10%前後である。調査時にその年度の種アワビの放流されていない忍路、文庫歌、ホッケ澗では、移殖アワビの数は文庫歌第2線の7個体を除き12~28個体であり、祝津以東と比較すると高島を除きかえって多くなっている。移殖アワビの割合は忍路30~58%、文庫歌35~40%で高く、ホッケ澗は16%と低い。調査線当たりの地元アワビの個体数の変化の範囲は13~252であり、移殖アワビのそれは1~37で少ない。

アワビの分布場所による大きさの変化は距岸からも水深からもはっきり認められず、大小のアワビが混在しているところが多いようである。しかし、禁漁区によって殻長の最大値は変化がみとめられる。高島禁漁区が最も大きく殻長11cm台であり、文庫歌、ホッケ澗、船浜では10cm台である。他の禁漁区では殻長10cm以上の個体はみられず、祝津、朝里、張碓などでは殻長7.5cm以上の個体は少ないところが多い。移殖貝の殻長の最大値は同一地域では地元アワビよりも若干小さい場合が多い。

各調査線の地元アワビの殻長5cm以下のアワビと5cm以上のアワビの個体数の関係(第6表)をみると、殻長5cm以下のアワビの多いところでは殻長5cm以上のアワビも多い傾向が認められ、ホッケ澗対照区では31:221、ホッケ澗禁漁区では22:132となっている。祝津では5cm以下が15~22で、5cm以上は44~77となっている。高島では5:91と他地域と異なっているが、アワビが最も大型であること、殻長5~6cm台が多い特徴がある。他の地域では殻長5cm以下は10以下で、5cm以上は30以下であるところが大部分である。祝津、朝里対照区で殻長5cm以上のアワビが禁漁区に比較して目立って少ないのは、漁獲の影響によるものであると考えられる。

3 年齢組成

各禁漁区の地元アワビの年齢組成を第3図に示した。各禁漁区の調査年度は異なるけれども、長年禁漁になっているにもかかわらず、年齢組成は地域によって非常に異なっている。

忍路では4年貝が36%で最も多く、6,7年貝は2%以下で8年以上の貝はみられない。

文庫歌では1年から8年まで各年10%前後で平均しており、9年貝は5%で10年以上はみられない。

ホッケ澗では4年貝が23%で最も多く、年と共に減少し9年貝までみられる。

祝津では3年貝が38%を占め5年貝以上は15%弱で9年以上の貝はみられない。

高島では4年貝が25%で最も多く、年齢と共に減少し11年貝までみられ最も高齢の貝がみられた。

若竹では2年貝が55%で多く、6年以上のアワビは採集できなかった。

船浜では6年貝が35%を占めて多く、2年以下および10年以上の貝はみられなかった。

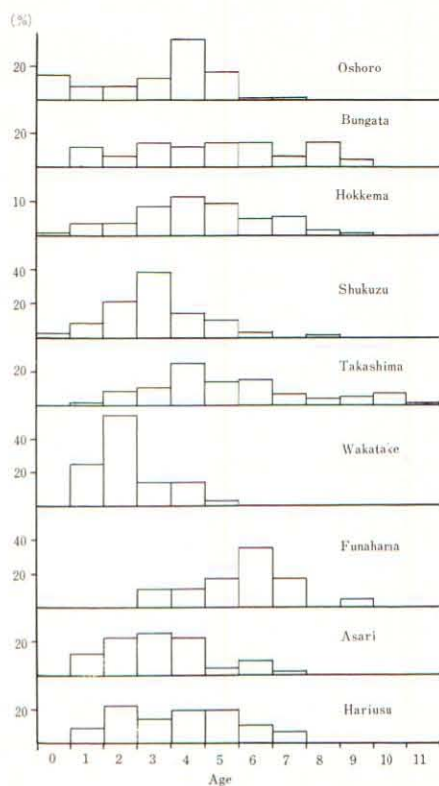


Fig. 3. Age composition of the aboriginal abalones in each closed fishing ground.

朝里、張碓では2年から7年までのアワビがみられ、2年から4～5年まで20%前後を占めているが、それ以上では減少している。

一般に閉鎖性の強い禁漁区で高齢のアワビが多い傾向が著しいが、これらのところでも7~8年頃から減少し10年以上の貝はまれになっている。

全調査地から採捕した移殖貝から移殖時および調査時の年齢を推定してその組成を示したのが第4図である。移殖時のアワビの年齢は3~9年の幅があるけれども、4~6年貝で90%近くを占めており、5年貝が最も多く44%で、平均値は5.5年である。一方、調査時における移殖貝の年齢は3~14年で6年貝が最も多く25%を占め、9年以上になると激減している。

次に各禁漁区の移植アワビの移植後の経過年数別の採集個体数を第7表に示した。調査直前に移植している祝津以東では、移植直後のアワビが各地共に多い。若竹、朝里、張碓などでは移植後2年以上のものはみられず、船浜では2年まで、祝津では3年までみられた。高島では移植後の経過年数が最も長く、8年までみられた。しかし、移植直後の貝の21個体に対して1~8年の貝は16個体にすぎない。忍路、文庫歌、ホッケ澗では移植後4~5年までの貝がみられるが、各地共に経過年数と共に個体数は減少している。各禁漁区を通じて、地元アワビの年齢の若い禁漁区では、移植後の経過年数の長いアワビがみられず、地元アワビの年齢組成の古いところでは移植後の経過年数の長い貝が多い傾向が顕著に認められる。

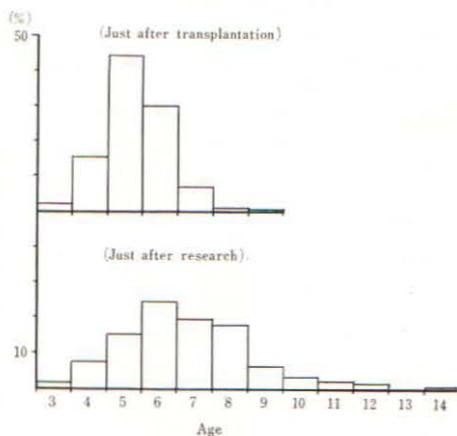


Fig. 4. Age composition of the transplanted abalones.

Table 7. Number of transplanted abalones in each researched area.

[illegible]

Table 8. Growth of shell length of the aboriginal abalone in each closed fishing ground. (in average)

age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
locality										
Oshoro	22.7 ^{mm}	38.4	54.4	67.5	77.2	—	—	—	—	—
Bungata	24.3	42.6	59.0	72.5	81.3	88.8	96.1	100.3	103.7	—
Hokkema	24.2	41.9	56.8	69.5	79.8	87.1	93.1	—	—	—
Shikuzu	22.2	40.1	54.4	66.5	75.1	84.1	90.5	93.5	—	—
Takashima	23.2	43.3	56.6	68.5	77.4	85.1	92.0	96.9	100.6	103.5
Wakatake	23.6	41.8	54.0	64.8	76.7	—	—	—	—	—
Funahama	23.2	41.1	55.4	67.2	77.1	84.4	91.8	—	—	—
Asari	24.3	40.9	54.8	66.5	75.5	83.3	90.1	95.0	—	—
Hariusu	22.8	40.9	55.2	67.0	76.6	84.4	91.5	—	—	—

4 成 長

各禁漁区の地元アワビの年齢と大きさを第8表に示した。成長度は地区によって大差はないが、文庫歌、ホッケ潤などでは若干成長が早い傾向がみられる。いずれの禁漁区でも殻長7.5cmに達するのに5年を要している。

移植貝の殻長は平均6.5cmであり、移植後1年では平均殻長7.30cm, 2年で8.08cm, 3年で8.73cm, 4年で9.28cmであり、場所によって大差はないが、文庫歌、ホッケ潤などで若干成長が早いようである。

次に移植時の年齢別の移植後の成長(小樽市全体の平均値)を第5図に示した。これによると、移植時の年齢が4~7年の範囲では移植後ほぼ同じ成長曲線を示すので、若いほど早く大きくなることになる。

第6図はホッケ潤の地元アワビの殻長と体重の関係を示したもので、 $y=0.1625x^3$ であり、移植アワビのそれは $y=0.1680x^3$ で示すことができる。

ホッケ潤の地元アワビと種アワビの歌棄での殻長、体重の成長を Bertalanffy('38'49)の成長式に当てはめると第7図のようになり、成長の差が極めて大きいことを示している。なお、小樽における移植後の成長は $L(t)=11.99(1-e^{-0.182(t+4.17)})$, $W(t)=289(1-e^{-0.182(t+4.17)})^3$ で示すことができ、移植によって成長が良くなることは明らかである。

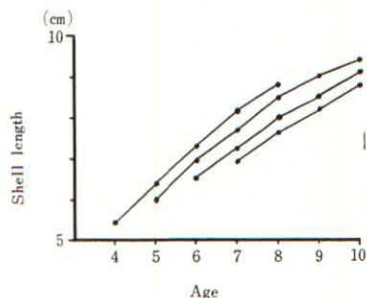


Fig. 5. Growth curve of the transplanted abalone in different ages.

考 察

小樽市のアワビ禁漁区は地形からみると、祝津、若竹、船浜、朝里および張碓など操業区と連続している開放性の強いところ、文庫歌のように遠浅で片側だけが連続しているところ、ホッケ潤や忍路のように周囲の大部分が砂に囲まれているところ、高島のように完全に砂浜に囲まれた暗礁になっている閉鎖的なところなど変化がみられ、これが各禁漁区のアワビの分布状態の変化とも関係が深いと考えられる。

1回限りの調査結果からアワビの分布の特性を明らかにすることは困難であるが、およそ次のように考えることができそうである。アワビは岩礁性の生物であるから周囲に砂泥地があれば(忍路、高島など)ここが当然分布の境界となる。また、沖合いまで岩礁・転石がある場合には、遠浅の地域(文庫歌、ホッケ潤対照区など)の方が海藻類の生育範囲が広く、アワビの分布範囲も広い傾向がある。調査した時期にはアワビ

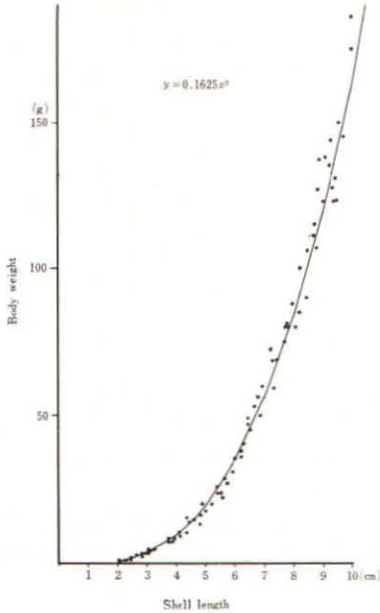


Fig. 6. Relation between shell length and body weight of the aboriginal abalones at Hokkema.

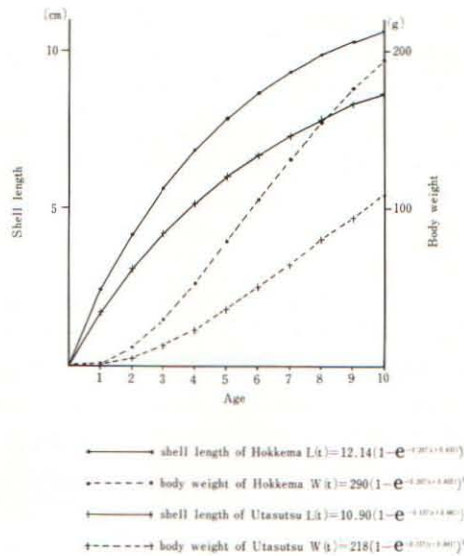


Fig. 7. Growth curve of the abalone at Hokkema and Utsutsu

の密度の高い部分は海藻の生育範囲よりそれほど沖まで広がらない。しかし、沿岸部でアワビの密度の高いときには（祝津禁漁区、ホッケ淵対照区など）海藻の生育範囲を越えてかなり沖側まで分布が広がるようである。祝津禁漁区では水深 14.3m でもアワビがみられたが、北海道でのエゾアワビの生息水深の記録で最も深いものは中島、林（'55）による奥尻島の青苗と津津島の中間の水深 20m であり、戸井村の 17m（斎藤ら '66）が次の記録である。川村、林（未発表）は '68 年古平町の水深 17m でアワビを採集しているが、ここは移殖放流地点に近く、自然の生息状態を示しているかどうか疑問である。

アワビの生息密度は一般に閉鎖性の強い禁漁区で高く、開放性の強い禁漁区で低い傾向を示す。しかし、閉鎖性の強い禁漁区では漁場が狭いこと（高島、忍路）も多いので、沿岸線当たりの生息数はかならずしも密度と一致しない。沿岸線当たりの生息個体数は移殖アワビでは閉鎖性の強い禁漁区で多い傾向がみられ、その変化の幅は小さい。地元アワビでは地域的な変化が大きく、また、殻長 5 cm 以下のアワビの量の多いところほど殻長 5 cm 以上のアワビも多い傾向が認められる。このことは禁漁区によって、稚仔、若齢群などの補充群の出現条件に差があり、それが禁漁区の地元アワビの密度に差を生じさせる一つの理由であると思われる。一方、アワビの大きさ、年齢からみると、閉鎖性の強い禁漁区ではアワビは大型で高齢のものまでみられるが、開放性の強い禁漁区では逆の現象がみられる。これは地元、移殖アワビに共通している。以上のような事象から、各禁漁区のアワビの生息量の大小は、現状では移殖アワビの量よりも地元アワビの量に関係がある場合が多いと考えられる。底生以後の稚仔、若齢群の生活場所、餌料その他の生活条件に関して、結城ら（'68, '69）によって松前町、奥尻島で、富田（'69）によって礼文島で研究が始められたばかりで十分には解明されていない。これらの地域では稚仔、若齢群は成体と異なる場所に高密度で生息しているようであるが、小樽では大小のアワビが一緒に分布している場合が多いのが注目される。しかし、開放性の強い禁漁区では移殖アワビを含めて、一定の大きさになるとアワビがみられず、禁漁区外に移動してしまうのか、あるいは自然死亡してしまうのか不明である。これまでに調査している船泊（斎藤ら '65）、歌楽（斎藤ら '66）、北松山町（斎藤ら '69）、奥尻島（斎藤 '65）、松前町（斎藤ら '69）、戸井村（斎藤ら '66）の各地

の年齢組成をみるといずれも10年以上のアワビはほとんどなく、7~8年から急激に減少しており、小樽の場合と同じ傾向であり、エゾアワビは10年前後の寿命である可能性がある。また、7~8年ごろから自然減耗が多くなるとも推定されるけれどもその実態についてはこれまで明らかにされていない。稚仔、若齢群の生活と補充の実態を明らかにすることは、アワビの発育段階、生活周期にともなう移動、減耗の究明と共に今後に残された重要な研究課題であろう。

小樽市の禁漁区のアワビの成長をこれまでの記録と比較すれば、女川、牡鹿(酒井'62)、戸井(斎藤ら'66)、豊浦(結城ら'68)、小島(斎藤'69)よりは遅く、奥尻島(斎藤'63)、船泊(斎藤ら'65)、歌乗(斎藤ら'66)、北松山(斎藤ら'69)、松前(斎藤ら'69)よりも早いようであり、日本海沿岸としては成長が良い地域であると考えられる。移植アワビは地元アワビにはほぼ近い成長度を示すので、移植によって成長が早くなることは確実である。

アワビの移植効果は移植したアワビを成長させて移植量(または移植経費)よりも多くの数量(または生産金額)を再捕することと、移植貝からの発生による補充群の増加の2つの面から考えることができる。第1の効果は移植アワビの成長速度と再捕率や移植経費と生産価格によって決定される。これらの要素の中で、再捕率に関する報告がほとんどなく、移植効果が判然としない理由の一つになっている。

小樽市での移植アワビの成長度からみた移植量に等しい量を漁獲する再捕率(単年度で)を移植年齢別に示したのが第8図である。漁獲する大きさ(殻長7.5cm以上)に達したときの重量の増加率は若いアワビほど大きいから、再捕率が低くても良いのは当然であろう。しかし、アワビが小さいほど移植時の重量は少ないので、経済的に移植効果を上げるためには当然より高い再捕率を必要とするであろう。現在の平均5.5年では移植後2年で50%以上の再捕率がなければ移植効果は上がらないことが計算によって推定される。

移植アワビの再捕率は主として移植貝の生存率、漁場からの逸散の状態、漁獲の難易(海の透明度、海底地形、海藻の繁茂状態その他)、漁獲努力などによって決まると考えられる。このうち、最も重要なのは生存率であるが、移植アワビの生存率に関する資料は全くないといっても良いほど少ない。小樽の場合には、移植後年数を経過すると共に閉鎖的な禁漁区でも個体数が減少すること、年齢組成からみて8年ごろから激減することなどから、移植後次第に生存率が下がることは明らかであるが、その実態は不明である。しかしながら、長期間禁漁してアワビを全く再捕しないと、多くの移植アワビが自然死亡してしまう場合もあると推定される。

禁漁区からの移植アワビの逸散については、アワビの移動に関する知識が不十分なので明かでないが、開放性の禁漁区と閉鎖性の禁漁区のアワビの分布状態の相違からみて、漁場の条件によって相当の変化があると思われる。また、禁漁区から操業区への移植アワビの移動が漁獲に及ぼす影響については全く不明である。

移植貝からの2次発生による増殖については木下('50)が有珠で確認して以後、結城ら('68)の豊浦での調査結果によれば、漁獲物の60%以上は2次発生によるものであるといわれており、移植によってアワビが新たに生息するようになった地域では2次発生による増殖が主要な役割りを果たしていると考えられる。小樽の場合には地元アワビも多いので、2次発生による効果は全く不明であるが、移植アワビを放流した場所にすぐに幼稚仔が多くなるとは限らないことは今回の調査結果からも明らかであろう。

結論的にいえば、小樽管内でアワビの移植効果を上げるためには、移植場所は海藻などの餌料が豊富でアワビの成長が良く、アワビの採捕が容易なところとし、種苗はあまり高齢(6年以上)なものをさけ、移植後殻長7.5cmに達したら順次採捕して再捕率をできる限り高くしてゆくのが良いと考えられる。今後、禁漁区や移植

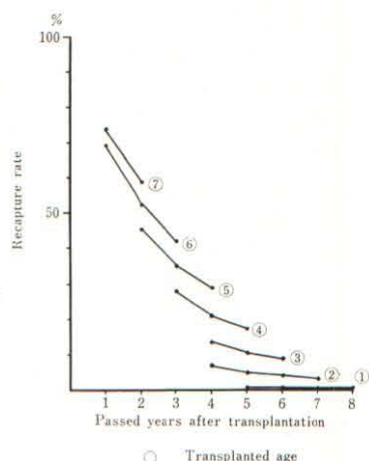


Fig. 8. A prospective recapture rate of the transplanted abalones. It must be equilibrate with total weight in both transplanted and recaptured abalone with transplant ages.

効果をより具体的に明らかにするためには、アワビの生活の実体、特に幼稚仔の生活と補充、発育段階、生活周期にともなう成長、移動、減耗などについて統一的に研究することが必要であると考えられる。

摘 要

1 小樽市管内のアワビの禁漁区は忍路、文庫歌、ホッケ潤、祝津、高島、若竹、船浜、朝里および張碓の9カ所あり、これらの禁漁区は長期固定禁漁区として毎年種アワビを移植してきた。この禁漁と移植効果を明らかにする目的で昭和41～43年の3年にわたり調査を実施した。

2 禁漁区は地形からみると祝津、若竹、船浜、朝里、張碓などの操業区と連続している開放性の強いところ、文庫歌のように片側だけ連続しているところ、忍路やホッケ潤のように周囲の大部分が砂浜に囲まれているところ、高島のように完全に砂浜にかこまれている閉鎖的なところがある。全般に海藻の生育状態は良好であるが、祝津、朝里、張碓では他地区に比較すると若干良くないようであった。

3 アワビの分布密度の比較的高いところは海藻の生育範囲内か、それよりも若干沖側までの場合が多いが、禁漁区によって差が著しい。移植アワビは一般に閉鎖性の強い禁漁区で多く、開放性の禁漁区で少ない傾向があるが、その差は地元アワビに比較すると少ない。地元アワビの分布量は若齢アワビの分布量にある程度比例するようである。

4 閉鎖性の強い禁漁区では高齢で大型のアワビまで生息するが、開放性の強い漁場では高齢のアワビは非常に少ない。これは地元・移植アワビに共通している。

5 地元アワビの年齢組成からみると、高齢群の多い閉鎖性の強い禁漁区でも8年以上の貝は少なくなり12年以上の貝はみられなかった。移植アワビの移植時の平均年齢は5.5年で、移植アワビも8年を過ぎると急激に減少する。

6 各禁漁区の地元アワビが殻長7.5cmに達するには5年を要する。移植アワビは移植場所のアワビに近い成長度を示し、また、移植年齢による成長曲線は同一であるようである。ホッケ潤の地元アワビの体重(y)と殻長(x)の関係は $y=0.1625x^3$ で示され、移植アワビのそれは $y=0.168x^3$ で示される。

7 小樽市管内でアワビの移植効果を上げるためには、移植場所は海藻などの餌料が豊富でアワビの成長が良く、アワビの採捕の容易なところとし、種苗は高齢(6年以上)のものをさけ、移植後殻長7.5cmに達したら順次採捕し、再捕率を高くする必要がある。

文 献

- Bertalanffy, L. von (1938): A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). *Human Biol.* 10 181—213
- (1949): Problem of organic growth. *Nature*, 163, 156—158.
- 木下 虎一郎(1950): 噴火湾内有珠に移植したエゾアワビの蕃殖について 北水試研報(6) 21—27
- 渋谷 三五郎(1949): 北海道産エゾアワビの生長に関する考察(品種?, 環境?) 北水試研報(1) 2—5
- 中島 将行・林 忠彦(1955): 昭和29年度 鮑保護水面管理調査報告, 浅海増殖事業及び同事業効果調査報告書 北海道 168—232
- 酒井 誠一(1962): エゾアワビの生態学的研究 IV 成長に関する研究 日水誌 28(9) 899—904
- 斎藤 勝男(1965): 奥尻島のアワビ移植種苗について 水産増殖 臨時号(5) 32—44
- (1969): 離島小島(松前町)のアワビ類について 北水試月報 26(4) 2—8
- 川村 一広(1966): 歌楽のエゾアワビについて 北水試月報 23(2) 22—29
- 元谷 怜(1969): 桧山管内のエゾアワビについて(北桧山町の場合) 北水試月報 26(8) 34—44
- ら(1966): 松前町(小島, 松前, 大沢各漁協組管内)のエゾアワビについて 北水試月報

26(2) 13—32

——富田 恭 司(1965): 礼文島船泊のエゾアワビについて 北水試月報 22(5) 9—25

——ら(1966): 戸井村のエゾアワビについて 釜谷地区(ガロ礁)の予備調査結果 北水試月報

23(6) 13—19

富田 恭 司(1969): 礼文島におけるエゾアワビ稚貝の出現状況 北水試月報 26(2) 6—12

結城 了 伍ら(1968): 昭和42年度 指定調査研究 総合助成事業 磯根資源調査研究報告書(エゾアワビ) 函館水試

——(1969): 昭和43年度 同上 函館水試

海藻の生体活性と品質との関係^{*}

第3報 コンブの生体活性指標としての TTC 還元反応の利用について (1)

佐 藤 照 彦

(北海道立函館水産試験場)

On the Relation Between Viability and Quality in Marine Algae.

3. On the use of TTC reaction as a viability indicator for

Laminaria japonica ARESCH.

Teruhiko SATO

(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

It was examined that the quantitative determination of the formazan produced from the thalli of *Laminaria japonica*, ARESCH. by an optical density measurement at 490 mμ after extracted it with toluene.

The results obtained are summarized as follow:

1. Thalli (cork borers with 15 mm in diameter were used as samples) were immersed in a sea-water wick including 0.2 % TTC (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride) solution at first, and then treated it under a condition of reduced pressure and illuminating by a 100 watt bulb in 30 °C's temperature for 2 hours. After the red pigmentous formazan produced by the reduction was extracted with toluene, an optical density was determined at 490 mμ.
2. Some discrepancies were found in TTC reduction by the different part of a thallus, by habitats of thalli, by ages, as well as by normal or abnormal forms.
3. The activity of formazan production declined when the grades of injury caused by artificially were increased. Consequently, it can be say that the decline of activity relates significantly with the degrees of injury.
4. The said quantitative relation, therefore, seems to be support the validity of TTC test for discrimination of injury in *Laminaria japonica* ARESCH.

緒 言

コンブ生体におよぼす自然、人工環境要因の影響およびコンブの利用加工上よりの鮮度と製品品質との関係、鮮度と保存方法との関係を研究するにあたり、海藻の生体活性を知るために、生化学的テクニックとして尾形¹⁾、駒木ら²⁾がアサクサノリ、ヒトエグサ⁴⁾およびアナアオサ組織の生死障害反応指標に TTC (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride) を使いその還元反応による方法で良結果を得ている。著者はさきにワカメに TTC を用い生死・障害反応指標としての可能性について検討した。ワカメの障害程度および生死の判別は、TTC 還元能力の強弱、有無とはほぼ平行にみられ、これらよりワカメの健全—障害—死滅の経過の変化を知ることができたので、同じ褐藻類であるコンブについて障害程度および生死の判別の可能性について

* 報文番号 A66

基礎的な資料を得るため、TTC 溶液による還元性物質生成条件の検討、マコンブ (*Laminaria japonica* ARESCH.) の葉体部位、葉体別、生育場所別、正常・奇形別および人工的に障害をあたえた場合などにおける TTC 還元能力の変化について検討を行なったので、これまでに得られた結果について報告する。

試 験 方 法

1 TTC 溶液による還元性物質生成条件の検討

使用する TTC 溶液の還元量は、生成した formazan の吸光度によって相対的に知ることができるので、ワカメについて行なった試験法に準じて検討した。

(1) TTC 濃度と反応時間

当水試常時汲上げ海水を用い、あらかじめ活性炭 (100g/l) で浄化した。純水で希釈して 50% 海水濃度とし、TTC 海水濃度は 0.2~0.4%，照明 (100wt 電球を用い、18cm の高所より照明) および排気 (硝子アスピレーター使用) を行ない、30°C で 1, 2, 3 時間デシケーター中で反応処理を行なった。反応処理後水酢酸を加えトルエンをもって還元生成物を抽出し、抽出溶液の吸光度曲線について 490m μ の吸光度をもって検討した。

(2) マコンブにおける還元生成物の吸光度曲線についての検討

同一条件で行なったワカメおよびコンブにおける還元生成物の 400~600m μ における吸光度曲線を比較検討した。

2 コンブの葉体部位・葉体別による TTC 還元能力の検討

1, 2 年生マコンブを用い葉体部位・葉体別による TTC 還元能力について検討を行なった。

材料：1 年生マコンブ (1968. 11. 5, 1969. 6. 16 および 9. 6 採集)

2 年生マコンブ (1968. 11. 13 子嚢斑形成, 1969. 7. 23 採集)

材料のうち、子嚢斑形成 2 年生マコンブの試料採取部位は第 1 図に示す。

3 生育場所別よりみた TTC 還元能力の検討

函館市入舟町、函館漁港内外において A. B. C. の各地点より 1 年生マコンブを採集 (1969. 7. 21) し供試材料とした。各地点の選定特徴としては (第 2 図参照)

A 地点：防波堤外側

B 地点：防波堤内側、陸岸より離れている

C 地点：防波堤内側、陸岸に最も近く、小下水道注入口付近

4 正常・奇形別における TTC 還元能力の検討

函館市志苔地区 (1969. 7. 23 採集) において、養殖マコンブに奇形が多くみられたので、同一物に着生し生育している 2 年生正常マコンブと奇形マコンブについて TTC 還元力を測定し検討を行なった。供試コンブの形態は図版 I 参照、葉長・葉幅および試料の採取部位は第 3 図に示す。

5 コンブに人工的に障害をあたえた場合の TTC 還元能力の変化の検討

(1) 1 年生マコンブ (1968. 11. 5 採集) をポリ袋に密封あるいは海水中に浸漬 (1969. 6. 16 採集) し室温に放置した場合また、

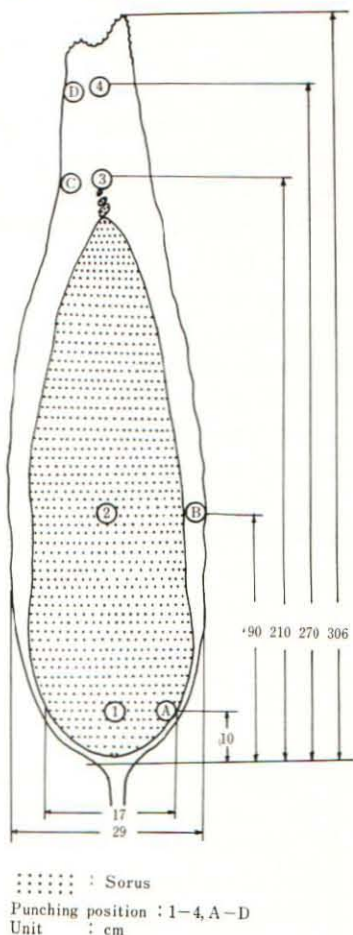


Fig. 1. The sample form and punching position (2-years-old *L. japonica* ARESCH.)

海水中に浸漬して5°Cのストッカー中に保蔵(1969.11.5採集)した場合および2年生マコンブ(1968.11.5採集, 試料採取部位は第1図参照)をポリ袋に密封してストッカー中に保蔵, 保蔵日数によるTTC還元能力の変化について検討を行なった。

(2) 1年生マコンブ(1969.6.12採集)採集後, 約2時間降雨にさらした場合のTTC還元能力の変化について検討を行なった。

(3) 海水濃度別に保蔵した場合, コンブの生体活性にあたる影響について1年生マコンブ(1969.9.10採集)を材料として検討した。すなわち, 純水を用いて海水濃度を100, 90, 80, 70, 60, 50%とし, 共栓広口硝子瓶を使用してコンブを浸漬, 割合温度の影響の少ないように2~5°Cのストッカー中に保蔵し, 海水濃度と保蔵日数によるコンブのTTC還元能力の変化について検討を行なった。

本研究にあたって材料より試料の採取は, 新鮮時あるいは障害をあたえた後, 一定の部位よりコルクボーラ(直径15mm)を用いて採取し, 50%稀釈海水で洗滌, 濾紙で表面の水分を除去してTTC還元反応処理を行なった。なお, 吸光度にコンブの含有色素の影響を除くために, TTC還元生成物抽出液の吸光度より, TTC還元反応を行わずに50%海水で同一条件(照明・温度・排気・時間)で処理した対照抽出液の同一波長(mμ)での吸光度を差し引いて, 還元生成物の正味の吸光度を測定した。すなわち, 490mμにおける正味の吸光度をもって還元能力を検討し, 新鮮時における吸光度を基準としてTTC還元能力の強弱, 変化の有無について検討を行なった。使用器材は, 日立101形分光光度計および124形分光光度計(QPD₃₄記録計付)10mmガラスセルを用いた。

結果および考察

1 TTC溶液による還元性物質生成条件の検討

(1) TTC濃度と反応時間の検討

コンブの還元反応に適切なTTC濃度と反応時間について検討するため, 50%稀釈海水に0.2%および

Table 1. Relation of formazan production (optical density) of thalli to varied TTC concentrations and times.

TTC concentration Time (hrs.)	0.2 %			0.4 %
	1	2	3	2
Optical density at 490 mμ	0.331	0.412	0.438	0.430

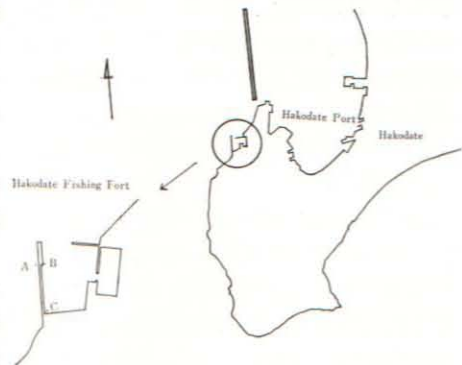


Fig. 2. A brief map of Hakodate Fishing port. Showing the places where the sampling were made.

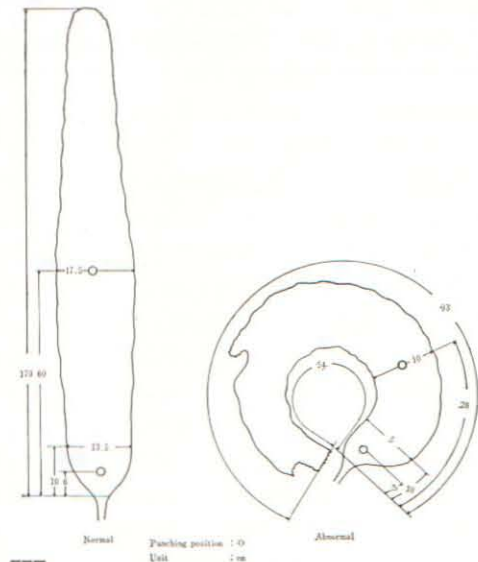


Fig. 3. The sample form and punching position (cultured 2-years-old *L. japonica* ARESCH.)

0.4% TTC を添加し、それぞれ溶液を作製し、供試コンブを用い、100wt 電球で照明、排気、30°C の条件下で 1, 2, 3 時間反応を行なった。反応後磨砕し氷酢酸を添加後トルエンにて抽出、遠沈上澄液の 490 m μ における吸光度を測定した。その結果は第 1 表のとおりである。

これらの結果よりみると、マコンブにおける TTC 反応条件は、ワカメの TTC 還元反応条件と同様に TTC 濃度 0.2%, 100wt 照明、排気、30°C、2 時間で十分と思われるので、本条件をもって TTC 還元能力の検討を行なった。

(2) マコンブにおける TTC 還元生成物の吸光度曲線の検討

400~600m μ において、コンブの TTC 還元反応物の吸光度曲線は TTC 反応を行なったものと、対照 (50% 海水を用い、TTC 反応せずに同条件で処理) とでは相似的曲線 (第 4 図) を示している。還元生成物 formazan の最大吸光度は 490m μ にあり、ワカメの場合 TTC 還元反応を行なった抽出液の吸光度曲線をみると、還元生成物によるピークが 490 m μ 付近にみられるが、マコンブにおいては同波長付近で明らかなピークはみられず平坦あるいはゆるやかな曲線部がみられるにすぎない。しかしながら TTC 還元反応を行なった。抽出液と、反応を行わずに同条件で処理した抽出液との同波長での吸光度を比較すると、その差は明らかにみられ 490m μ 付近での両者の差、すなわち正味の吸光度を測定することによって TTC 還元能力を検討することが可能と思われる。

2 コンブの葉体部位および葉体別による TTC 還元能力の検討

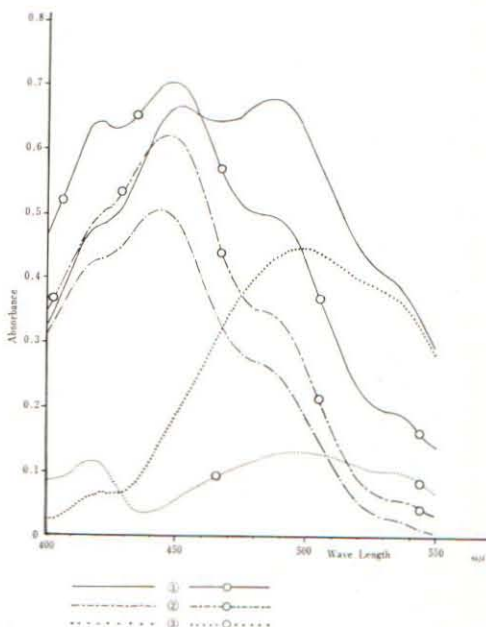
(1) 葉体部位による TTC 還元能力の検討

1, 2 年生マコンブについて葉体各部位による TTC 還元能力について、490m μ における吸光度を測定した結果は第 2 表 (1)~(5) のとおりである。

各部位の 490m μ における正味の吸光度をみると、第 2 表 (1) 2 年生マコンブにおいて子嚢斑部である①, ②, ④では 0.650, 0.595, 0.630 であり、その他の部位③, ⑤, ⑥では 0.145, 0.145, 0.203 また④, ⑦においては 0.195, 0.110 である。子嚢斑の部位とその他の部位においては吸光度に大きい差がみられる。子嚢斑がみられない 2 年生マコンブにおいて葉体の基部および中央中心部の、490m μ における正味の吸光度を測定した結果は、第 2 表 (2) に示すごとく基部では 0.240, 中央中心部では 0.540 であり中央中心部に比較して基部の吸光度は低く、したがって TTC 還元能力も弱い。1 年生マコンブにおける基部と中央中心部の TTC 還元能力について、490m μ での正味の吸光度を測定した結果は第 2 表 (3)~(5) にみられるごとく、試験した 1 年生マコンブではいずれも葉体の中央中心部に比較して、基部の TTC 還元能力は弱くみられる。

これより考察すると、マコンブにおいて 1 年生コンブおよび子嚢斑形成前の 2 年生コンブの葉体部位による TTC 還元能力は中央中心部に比較して基部が弱い。2 年生コンブの子嚢斑部は強い TTC 還元能力がみられ、他の部位と大きい差がみられ特異的である。

(2) 葉体別による還元能力の検討



U. pinnatifida SUR. L. japonica ARESCH

Fig. 4. Absorption curves of toluene-extracts from TTC-treated *L. japonica* ARESCH. and *U. pinnatifida* SUR.

- ① : Optical density of extracts from TTC reduced thallus, as blank toluene.
- ② : Optical density of extracts from thallus same with above a but without TTC, as blank toluene.
- ③ : Optical density deducted ② from ①.

Table 2. (1) Relation of formazan production (optical density) to different parts of thalli. (1)

Samples Optical density at 490 m μ	1	2	3	4	A	B	C	D
①	1.300	1.200	0.535	0.500	1.180	0.610	0.535	0.410
②	0.650	0.605	0.390	0.305	0.550	0.465	0.332	0.300
③=①-②	0.650	0.595	0.145	0.195	0.630	0.145	0.203	0.119

Notes 1. Optical density at 490 m μ :

- ① Optical density of extracts from TTC-reduced thallus, as blank toluene.
 ② Optical density of extracts from thallus same with, above but without TTC, as blank toluene.
 ③ Optical density deducted ② from ①.

2. Samples : see Fig. 1.

2-years-old *L. japonica* ARESCH (forming Sorus)
 collected in Nov. 13, 1968.

Table 2. (2)

Samples Optical density at 490 m μ	Thallus base	Thallus central-center
①	1.640	1.980
②	1.400	1.440
③=①-②	0.240	0.540

Notes 1. Optical density at 490 m μ : See Table 2.(1)-notes 1.2. The samples : 2-years-old *L. japonica* ARESCH collected in July 23, 1969.**Table 2.** (3)

Samples Optical density at 490 m μ	Thallus base	Center of 10 cm from thallus base	Thallus central center	Edge of thallus center
①	0.267	0.267	0.415	0.365
②	0.146	0.146	0.270	0.210
③=①-②	0.121	0.121	0.145	0.155

Notes 1. Optical density at 490 m μ : See Table 2.(1)-notes 1.2. The samples : 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in June 16, 1968.**Table 2.** (4)

Samples Optical density at 490 m μ	Thallus base	Thallus central-center
①	0.400	0.412
②	0.283	0.217
③=①-②	0.117	0.195

Notes 1. Optical density at 490 m μ : See Table 2.(1)-notes 1.2. 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in Nov. 5, 1968.

Table 2. (5)

Samples	Thallus base	Thallus central-center
Optical density at 490 m μ		
①	1.100	1.130
②	0.820	0.770
③=①-②	0.280	0.360

Notes 1. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

2. The samples: 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in Sep. 6, 1969.

Table 3. Relation of formazan production (optical density) to each different thallus.

Samples	1-year-old <i>L. japonica</i> ARESCH						2-years-old <i>L. japonica</i> ARESCH			
	No. 1		No. 2		No. 3		No. 1		No. 2	
	Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center
①	0.267	0.415	-	0.460	0.400	0.412	1.640	1.980	1.300	1.200
②	0.146	0.270	-	0.260	0.283	0.217	1.400	1.440	0.650	0.605
③=①-②	0.121	0.145	-	0.200	0.117	0.195	0.240	0.540	0.650	0.595
Remarks	collected in June 16, 1969.		collected in Sep. 10, 1969.		collected in Nov. 5, 1968.		collected in July 27, 1969.		collected in Nov. 13, 1968. Formative sorus	

Notes 1. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

同一海域に生育する1, 2年生マコブについて同一部位(中央中心部)を対象として TTC 還元能力について検討した結果は第3表に示した。1年生マコブの490m μ における正味の吸光度は0.145, 0.195および0.200であり, 6月中旬に採集したマコブは他の9, 11月に採集したマコブに比較して吸光度は低くみられた。これは時期的にもおのおの異なった葉体なので, 葉体別による差あるいは時期的による差か, この点さらに検討したい。2年生マコブにおいて子嚢斑の有無による490m μ における正味の吸光度は子嚢斑のみられないマコブでは0.540, 子嚢斑の見られるものは0.595と, 吸光度は前者に比較して高くみられた(基部においては前者0.240, 後者0.650, 両者の差が大きく, 子嚢斑部位は TTC 還元能力が強い) 1年, 2年生マコブについて比較すると1年生より2年生マコブの還元能力が強くみられた。

3 生育場所別にみた TTC 還元能力の検討

第2図に示した函館漁港内外のA, B, C.地点に生育しているマコブを採集して供試材料とし, 生育場所別にみた TTC 還元能力について, 490m μ における正味の吸光度を測定した結果は第5図および第4表のとおりである。葉体の中央中心部について比較するとA地点0.190, B地点0.210, C地点0.170である。基部について比較するとA地点0.140, B地点0.160, C地点0.065であり, 葉体の中央中心部, 基部いずれもB地点のマコブでは TTC 還元能力が強く, 次いでA, C地点の順位である。すなわち, 防波堤の内側で陸岸より離れている地点のマコブが強くみられ, 防波堤の外側, 防波堤の内側で小さな下水道注入口付近の順位に TTC 還元能力が低下している。しかしA地点およびB地点に生育しているマコブにおいてその差はわずかであり, 葉体の個体差による影響も考えられるので, この点さらにくわして検討したい。

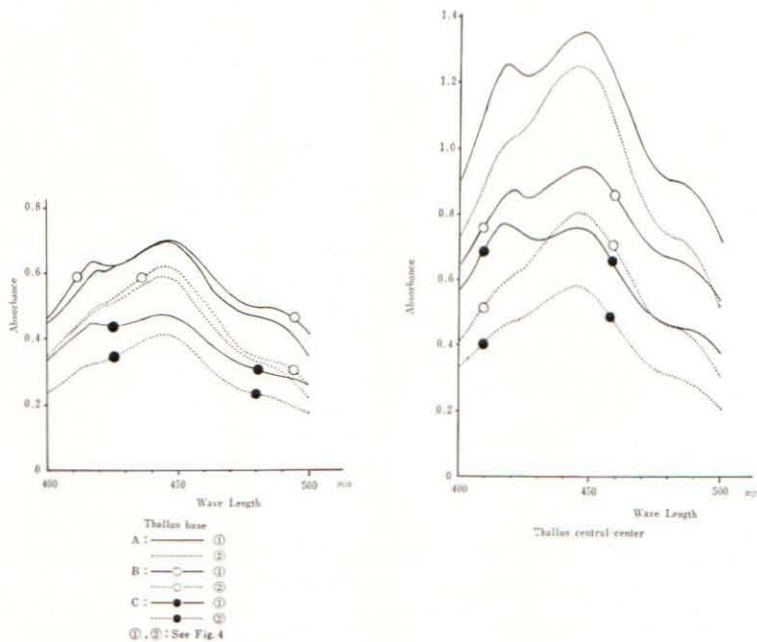
4 正常・奇形別における TTC 還元能力の検討

たまたま発育不全な奇形養殖2年生マコブを手に入れたので, 同一物に着生生育している正常マコブと奇形マコブを供試材料とし, TTC 還元能力に相違があるかについて検討を加えた。正常・奇形マコブにおける吸光度曲線は第6(1)~(2)図に, また490m μ における正味の吸光度は第5表に示した。正常・奇形マコブの中央中心部および基部における490m μ の正味の吸光度をみると, 中央中心部では正常マコブ0.540,

Table 4. Relation of formazan production (optical density) to thalli from each different habitat.

Sampling stations Samples Optical density at 490 m μ	A		B		C	
	Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center
①	0.450	0.880	0.490	0.630	0.280	0.450
②	0.310	0.700	0.330	0.420	0.215	0.280
③=①-②	0.140	0.190	0.160	0.210	0.065	0.170
Remarks	The outside of a breakwater		The inside of a breakwater (a distance from shore)		The inside of a breakwater (near drainage out)	

- Notes 1. Sampling station: See Fig. 2.
 2. The samples: Collected in July 21, 1969.
 3. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

**Fig. 5.** Absorption curves of toluene-extracts from TTC-treated thalli from different habitats.

Sampling station A: Outside of a breakwater

B: Inside of a breakwater (a distance from shore)

C: Inside of a breakwater (near drainage out)
(See Fig. 2)

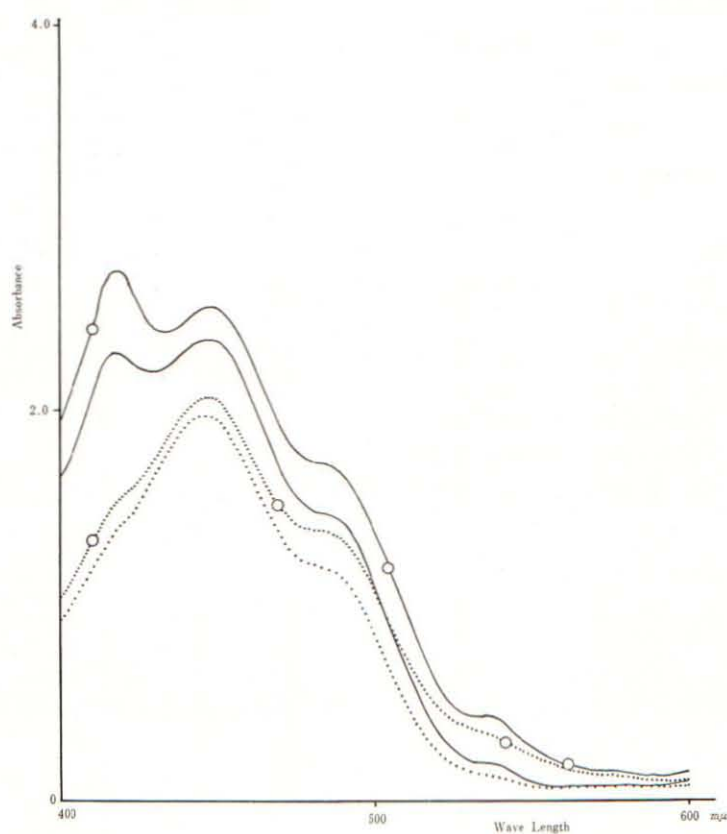


Fig. 6 (1) Absorption curves of toluene-extracts from TTC-treated normal and abnormal forms of cultured 2-years-old *L. japonica* ARESCH.

(1) Thallus base

Normal form : — 0 — ①

②

Abnormal form : 0 ①

②

①, ②: See Fig. 4

Table 5. Relation of formazan production (optical density) to both normal and abnormal forms of thalli.

Optical density at 490 mμ	Samples	Normal form		Abnormal form	
		Thallus base	Thallus central-center	Thallus base	Thallus central-center
①		1.640	1.980	1.320	1.160
②		1.400	1.440	1.120	0.800
③=①-②		0.240	0.540	0.200	0.360

Notes. 1. The samples: 2-years-old *L. japonica* ARESCH collected in July 23, 1969.
(shown in Plate 1 and Fig. 3)

2. Optical density at 490 mμ: Shown in Table 2. (1)-notes 1.

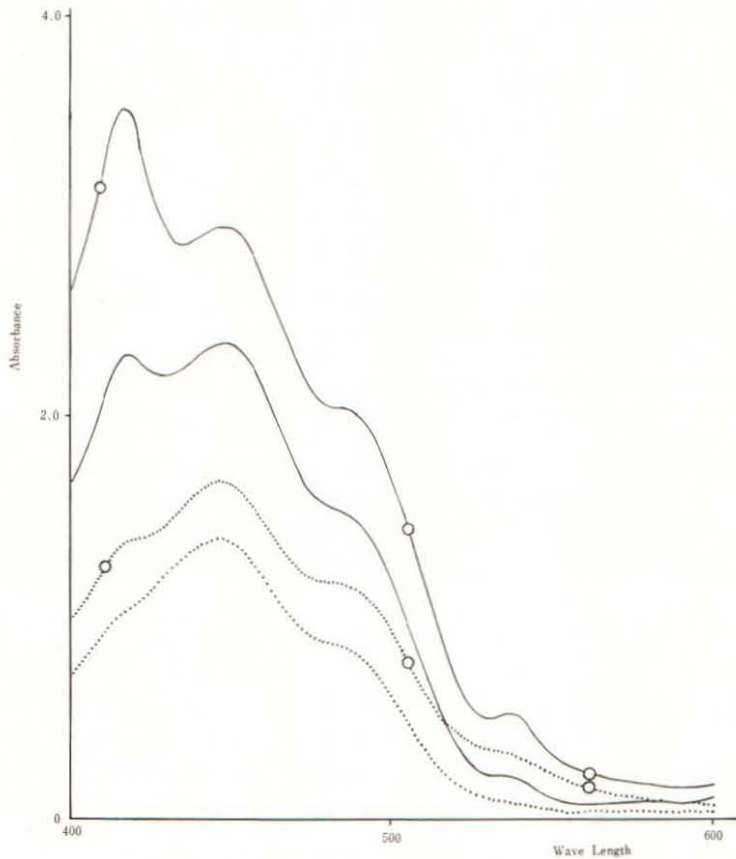


Fig. 6. (2) Thallus central-center

Normal form : —○— ①
 — ②
 Abnormal form :○..... ①
 ②

①, ②: See Fig. 4

奇形コンブ 0.360, 基部では正常コンブ 0.240, 奇形コンブ 0.200 で正常コンブに比較して奇形コンブの TTC 還元能力の弱いのがみられる。なお、養殖マコンブにおける奇形の原因についてはまだ知られていない。

5 コンブに人工的に障害をあたえた場合の TTC 還元能力の変化の検討

(1) 室温および 5°C のストッカー中に保蔵した場合の TTC 還元能力の変化

1) 1 年生マコンブをポリ袋に密封して、室温に保蔵した場合あるいは海水中に浸漬してストッカー中に保蔵し、保蔵日数による TTC 還元能力の変化について、490m μ における正味の吸光度を測定すると次の第6表のとおりである。保蔵後コンブの中央中心部より試料を採取し反応に供した結果、室温に置いた場合2日目の吸光度は0.012と当初に比較してTTC還元能力は著しく弱くなっている。コンブを海水中に浸漬し、ストッカー中に保蔵した場合、保蔵日数と共にTTC還元能力は弱くなり6日目において正味の吸光度は(-)となる。

2) 1 年生マコンブを海水中に浸漬して室温に3日間保蔵した場合、TTC還元能力の変化について490m μ における正味の吸光度を測定した結果は第7表に示す。結果によると保蔵3日目において基部以外の中央中心部および中央縁部の正味の吸光度は0.045および(-)となる。

Table 6. Relation of formazan production (optical density) to thalli stocked in room and in a stocker.

Optical density at 490 m μ	Duration (days)		Storage			
	0	Room 2	Stocker			
			2	3	4	6
①	0.412	0.192	0.570	0.505	0.452	0.230
②	0.217	0.180	0.410	0.365	0.330	0.260
③=①-②	0.195	0.012	0.160	0.140	0.122	(-)①<②

- Notes 1. The samples: 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in Nov. 5, 1968.
 2. Sample position: Thallus central-center.
 3. Storage in room: Samples were packed in Polyethylene.
 4. Storage in stocker: Samples were kept in 5°C's sea water.
 5. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

Table 7. Relation of formazan production (optical density) to different parts of thalli treated with in sea water during storage at room temperature.

Optical density at 490 m μ	Duration (days)		0			3		
	Samples		Thallus base	Thallus central-center	Edge of thallus center	Thallus base	Thallus central-center	Edge of thallus center
①			0.267	0.415	0.365	0.178	0.225	0.115
②			0.146	0.270	0.210	0.075	0.180	0.125
③=①-②			0.121	0.145	0.155	0.103	0.045	(-)①<②

- Notes 1. The samples: 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in June 16, 1968.
 2. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

Table 8. Relation of formazan production (optical density) to different parts of thalli treated with in sea water during storage at stocker.

Sample sections Duration (days) Optical density at 490 mμ	1					2						
	0	21	23	26	29	0	5	7	9	12	16	19
①	0.950	0.670	0.590	0.470	0.365	1.200	0.920	0.665	0.545	0.590	0.490	0.318
②	0.520	0.310	0.285	0.225	0.220	0.605	0.480	0.460	0.347	0.370	0.332	0.278
③=①-②	0.430	0.360	0.305	0.245	0.145	0.595	0.440	0.205	0.198	0.220	0.158	0.040

Sample sections Duration (days) Optical density at 490 mμ	3		4		A						B	
	0	5	0	5	0	12	21	23	26	29	0	7
①	0.535	0.470	0.500	0.447	1.180	0.690	0.640	0.550	0.515	0.385	0.610	0.415
②	0.390	0.390	0.305	0.375	0.550	0.347	0.312	0.302	0.335	0.165	0.415	0.340
③=①-②	0.145	0.080	0.195	0.072	0.630	0.343	0.328	0.248	0.180	0.220	0.145	0.075

- Notes 1. The Samples: 2-years-old *L. japonica* ARESCH (forming Sorus) collected in Nov. 11, 1968. (See Fig. 1)
 2. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

3) 子囊斑のみられる2年生マコンブをポリ袋に密封し5°Cのストッカー中に保蔵した場合、保蔵日数によるTTC還元能力の変化について、490m μ における正味の吸光度を測定した結果は第8表に示した。保蔵日数による葉体各部位(第1図参照)の490m μ における正味の吸光度は、基部①では29日目において0.145, 中央中心部②は16日目では0.158, 19日目では0.040である。葉体のやや先部③は5日目では0.080, 尖端部に近い④は5日目では0.072, また基縁部⑤は29日目において0.220, 中央縁部⑥は7日目では0.075となっており、保蔵日数による吸光度の低下は各部位によってことなるが、子囊斑のみられる部位においては他の部位に比較して、保蔵日数による吸光度の低下は漸次低下し、著しくはない。

(2) 降雨にさらした場合のTTC還元能力の変化

1年生マコンブを採集した際に、たまたま2時間余降雨にさらされたので、これらの影響によるTTC還元能力について490m μ における正味の吸光度を測定した結果は第9表のとおりである。降雨にさらしたことによって葉体の部位にかかわらず正味の吸光度は著しく低く、TTC還元能力に大きく影響したものと思われる。

(3) 海水濃度別に保蔵した場合のTTC還元能力の変化

1年生マコンブを用い、割合に温度の影響がないようにストッカー中に保蔵し、海水濃度別によるTTC還元能力の変化について検討を行なった。保蔵日数による吸光度の変化は第7(1)~(3)図および第10表に示す。

Table 9. Relation of formazan production (optical density) to thalli left in the slight rain for 2 hrs.

Samples	Thallus base	Thallus central-center	Edge of thallus center
Optical density at 490 m μ			
①	0.195	0.382	0.335
②	0.163	0.314	0.330
③=①-②	0.032	0.068	0.005

Notes 1. The samples: 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in June 12, 1969.

2. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

Table 10. Relation of formazan production (optical density) to thalli treated with different sea-water concentration during the storage.

Duration (days)	0	1						2	
		Sea concentrating (%)							
Optical density at 490 m μ		50	60	70	80	90	100	70	80
①	0.460	0.175	0.195	0.340	0.340	0.370	0.450	0.290	0.300
②	0.260	0.130	0.145	0.210	0.190	0.170	0.220	0.217	0.224
③=①-②	0.200	0.045	0.050	0.130	0.150	0.200	0.230	0.073	0.076

Duration (days)	2		3				6		
	Sea concentration (%)								
Optical density at 490 m μ	90	100	70	80	90	100	80	90	100
①	0.360	0.415	0.220	0.288	0.310	0.384	0.240	0.255	0.380
②	0.175	0.200	0.205	0.208	0.208	0.230	0.180	0.160	0.220
③=①-②	0.185	0.215	0.015	0.070	0.102	0.154	0.060	0.095	0.160

Notes 1. Samples: 1-year-old *L. japonica* ARESCH collected in Sep. 10, 1969.

2. Sample position: Thallus central-center.

3. Temperature stocker: 2~5°C.

4. Optical density at 490 m μ : See Table 2. (1)-notes 1.

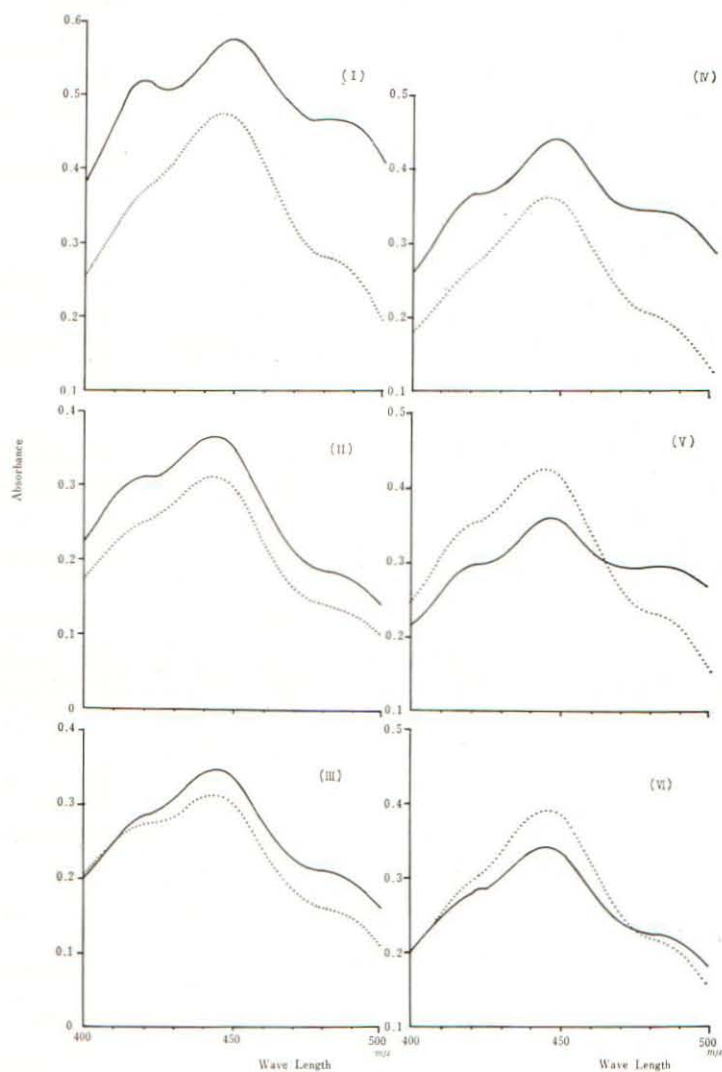


Fig. 7. (1)~(3)

Absorption curves of toluene-extracts from TTC-treated thalli which previously immersed for 6 day in 0 (I), 50%-1 day (II), 60%-1 day (III), 70%-1 day (IV), 2 days (V), 3 days (VI), 80%-1 day (VII), 2 days (VIII), 3 days (IX), 6 days (X), 90 %-1 day (XI), 2 days (XII), 3 days (XIII), 6 days (XIV), and 100%-1 day (XV), 2 days (XVI), 3 days (XVII), 6 days (XVIII) in sea water concentration. Sample: 1-year-old *L. japonica* ARESCH.

— ①

..... ②

①, ②: See Fig. 4

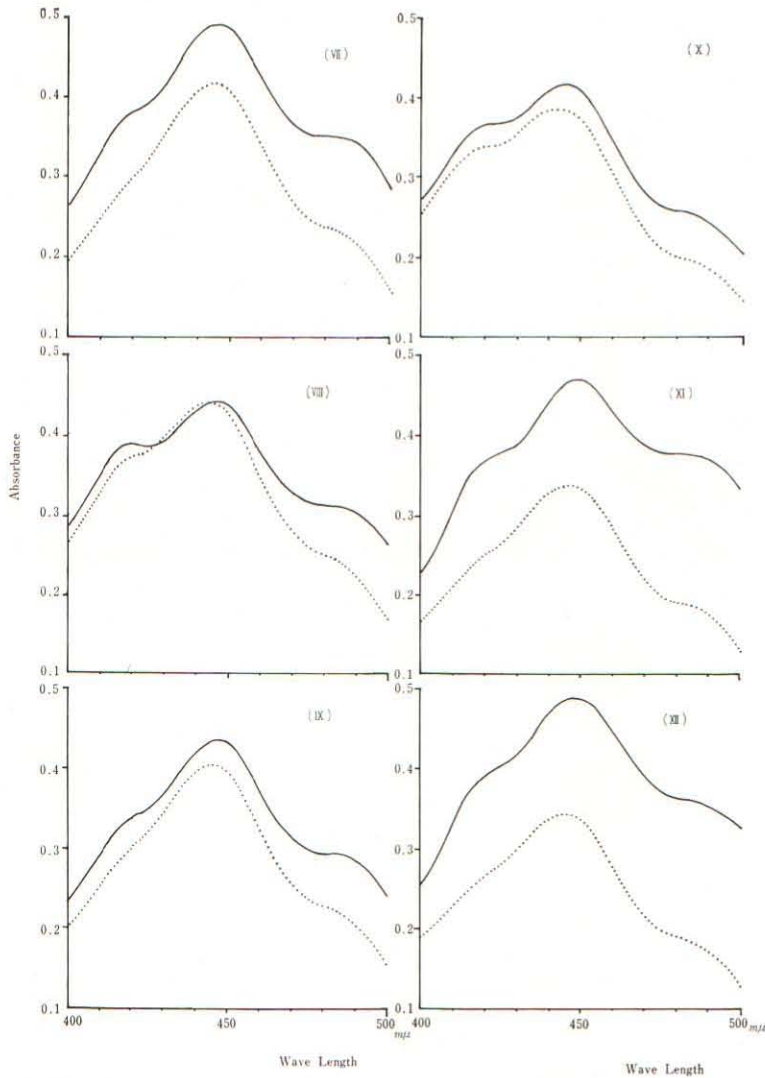


Fig. 7. (2)

これらの結果によれば保蔵期間6日間において、保蔵日数と各海水濃度浸漬コンブの490mμにおける正味の吸光度をみると、海水濃度50%および60%浸漬コンブでは、1日目で0.045および0.050であり、当初の正味の吸光度0.200に比べ著しく低下している。70%および80%濃度浸漬コンブは、2日目で0.073および0.076となり、当初にくらべ $\frac{1}{2}$ 以下に低下している。90%濃度の海水に浸漬したコンブにおいては6日目で0.095を示し、当初にくらべ約 $\frac{1}{2}$ に低下している。100%海水に浸漬したコンブについては6日目に0.160となり490mμにおける正味の吸光度はやや低下しているが、他の稀釈海水に浸漬した場合よりみて、低下は少なく、海水濃度の稀釈によるコンブ生体におよぼす影響は、TTC還元能力よりみて稀釈度の高いほど大きい傾向がみられる。

これらにみられるごとく、コンブ生体に人工的な障害をあたえた場合、その障害が大きいと思われるほど、当初の新鮮かつ健全な葉体のTTC還元能力に比較して、還元能力は変化し著しく弱くなる傾向がみとめられる。

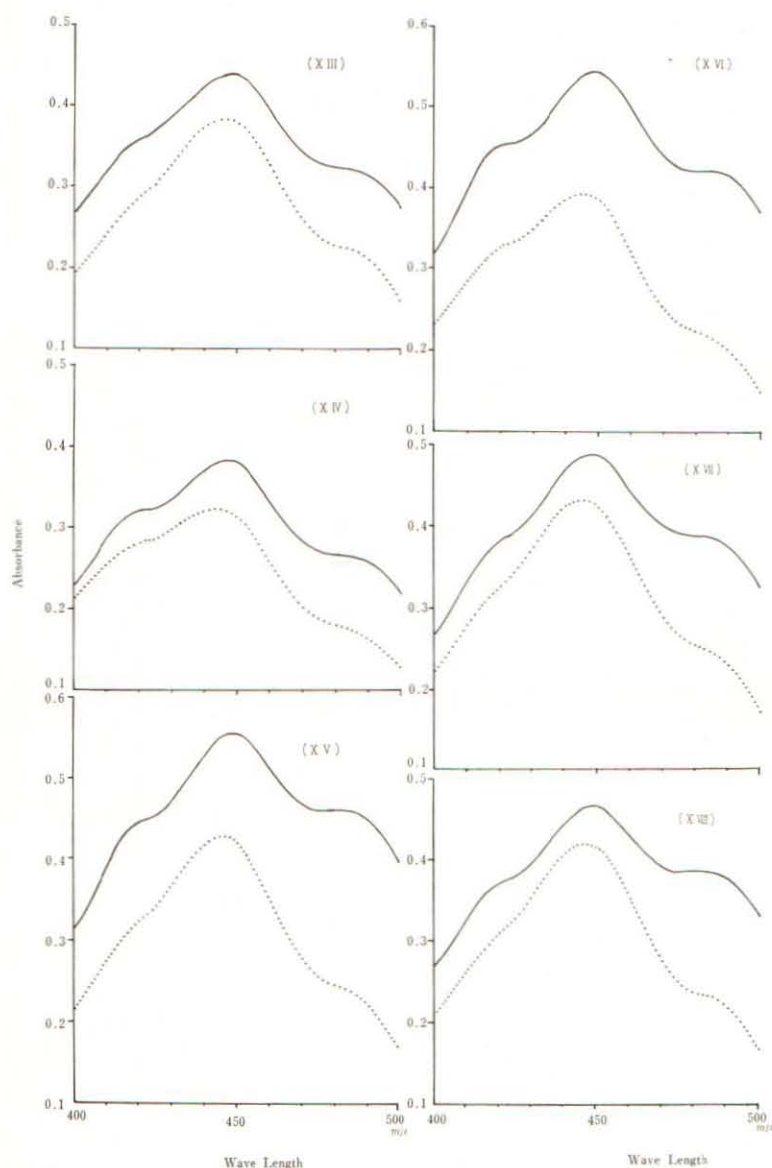


Fig. 7. (3)

結 言

コンブの生体活性指標として TTC 還元反応の利用を検討するにあたって、基礎資料をうる目的のためにまず、TTC 還元性物質生成条件を検討した結果、ワカメについて行なった方法に準ずることが可能と思われた。しかし抽出液の吸光度曲線において、490m μ 付近ではワカメの場合にみられた明らかなピークはみられず、平坦あるいはゆるやかな曲線部を示しているにすぎないが、TTC 反応処理した抽出液の吸光度と、反応を行わずに同条件で処理した対照抽出液の吸光度を比較すると、その差は明らかにみられ、490m μ における両者の差すなわち、正味の吸光度を測定することによって TTC 還元能力を検討することが可能と思われたので、葉体部位・葉体別、生育場所別、正常・奇形別および人工的に生体に障害をあたえた場合などにおける TTC 還元能力の変化について検討を行なった。

葉体部位・葉体部における TTC 還元能力については、マコンブにおいて1年生、子囊斑、形成前の2年生マコンブでは、中央中心部に比較して基部の還元能力は弱く、子囊斑形成後の子囊斑部は他の部位に比較して、特異的に強い TTC 還元能力がみられた。また、1年生マコンブに比較して2年生マコンブの還元能力は強くみられた。

生育場所別にみたコンブの還元能力は、防波堤の内側で陸岸より離れている地点に生育しているコンブに強くみられ、次いで防波堤の外側に生育しているコンブであり、防波堤の内側で小さな下水道注入口付近では TTC 還元が弱くみられた。

養殖2年マコンブの同一物に付着し生育している奇形および正常コンブについて TTC 還元能力を比較検討した結果、奇形コンブにおいては正常コンブに比較して TTC 還元能力は弱くみられた。

コンブの生体活性に人工的障害をあたえた場合、障害の大きいと思われるほど TTC 還元能力は弱くなる傾向が認められる。当初の新鮮かつ健全な葉体の還元能力と比較して、障害により変化し弱くなる傾向があるが、全く新鮮と思われるコンブにおいて部位により還元能力が異なり、なかでも子囊斑部においては特異的に強い能力がみられたことと、葉体が障害を受け一部軟化現象がみられる状態の中で、子囊斑部において還元能力は徐々に弱くなり、他の部位にみられる急激な弱さの低下はみられなかった。

ワカメにおいて TTC 還元生成物抽出液の $490\text{m}\mu$ における正味の吸光度が、0.100 以上の場合を一応健全な葉体とみなしたが、本試験に用いた試料の一つに例外的と思われるが、新鮮なコンブ葉体の基部において $490\text{m}\mu$ における正味の吸光度が0.100 以下を示した。しかしこれらの例外を除くと、大体 $490\text{m}\mu$ における正味の吸光度を測定することによって、葉体の生体活性度を推定でき、かつ葉体の健全・新鮮時の TTC 還元能力を基準とした場合に生体障害の程度および、生・死の判別を推定することが可能と思われるが、葉体部位別および葉体別による差もみられるので、さらにこれらを検討すると共に、今後は TTC 還元能力による新鮮度の判定および製品品質との関係などについて応用検討したい。

要 約

コンブの生体活性指標として TTC 還元反応を選択し、その可能性についてマコンブを用いて検討を加えた。得られた結果について要約すると次のとおりである。

(1) TTC 溶液による還元性物質生成条件の検討について、ワカメにおいて実験した方法に準じて行ない、 $490\text{m}\mu$ における抽出液の正味の吸光度（反応した抽出液の吸光度より反応しない同一条件で行なった対照の抽出液の吸光度をさし引く）を測定し、TTC 還元能力とした。

(2) 葉体の部位・葉体別による TTC 還元能力は、基部、中央中心部などで異なり、子囊斑部において特異的に強くみられる。また、1年生マコンブに比較して2年生マコンブにおいて強くみられた。

(3) 防波堤内外海の生育場所別にみた TTC 還元能力は、生育場所により多少異なるが、内海陸地に近い下水道注入口付近に生育しているコンブにおいて、他の場所に生育しているコンブに比較して還元能力が弱い。

(4) 養殖2年生マコンブにおいて、奇形・正常なものの還元能力は、奇形コンブにおいて弱くみられた。

(5) コンブの生体活性に人工的障害（温度・海水濃度別などによる保蔵）をあたえた場合、障害の大きいと思われるほど TTC 還元能力は弱くなる傾向があることから、TTC 還元能力を測定することによって、その障害程度を推定することが可能と思われる。しかし子囊斑部など特異的な部位もあるので、十分考慮する必要がある。

文 献

- 1) 尾 形 英 二 (1956) : 日水誌 22 (7) 400
- 2) " (") : " (") 404
- 3) " (") : " (8) 467

4) 駒木 成・飯田 優・松村和子(1958): 北水研報(18)

5) 佐 藤 照 彦 (1968): 北水試月報 25 (6) 19

6) " ("): " " (9) 8

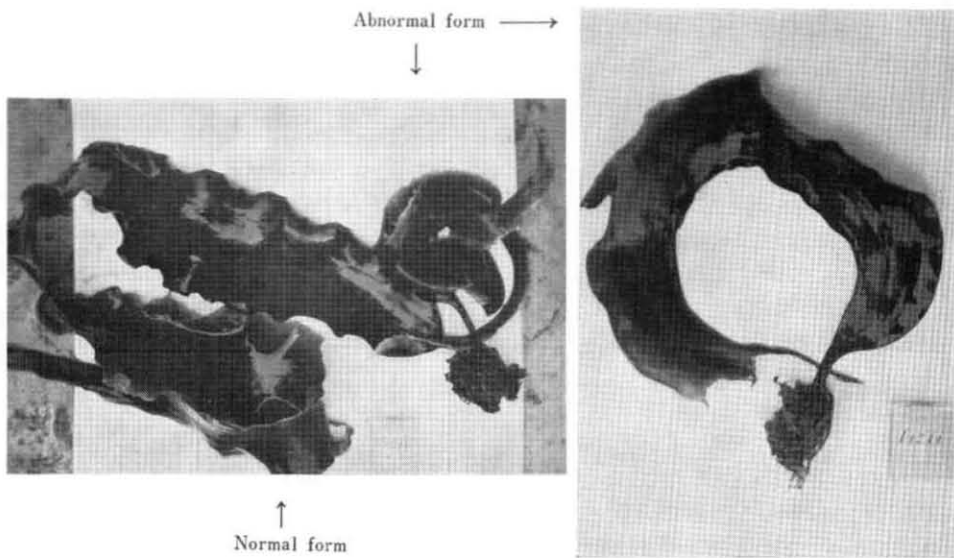


Plate I. Normal and abnormal forms of cultured 2-years-old *L. japonica* ARESCH.

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)

余市町
(Yoichi Hokkaido, Japan)

北海道立函館水産試験場
(Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station)

函館市湯川場1-2
(Yunokawa, Hakodate,
Hokkaido, Japan)

北海道立釧路水産試験場
(Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station)

釧路市浜町16
(Hamacho, Kushiro,
Hokkaido, Japan)

北海道立網走水産試験場
(Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station)

網走市字鱒浦31
(Masuura, Abashiri,
Hokkaido, Japan)

北海道立稚内水産試験場
(Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station)

稚内市宝来4-5-4
(Hōrai 4-5-4 Wakkanai,
Hokkaido, Japan)

昭和45年3月20日印刷

昭和45年3月30日発行

編集兼
発行者

北海道余市町

北海道立中央水産試験場

札幌市手稲東3北2丁目3番地

印刷者

石川正

札幌市手稲東3北2丁目3番地

印刷所

三陽印刷株式会社