

北海道立水産試験場研究報告

第52号

目 次

名畑 進一，酒井 勇一 北海道東部におけるウガノモクの初期形態形成と成長	1 - 8
今井 義弘，高谷 義幸 回流水槽による北海道南西沿岸の魚類の行動観察	9 - 16
干川 裕，高橋 和寛，杉本 卓，辻 浩二，信太 茂春 キタムラサキウニ養殖における生殖巣の質に及ぼす魚肉給餌の影響.....	17 - 24

(1998年3月)

SCIENTIFIC REPORTS
OF
HOKKAIDO FISHERIES EXPERIMENTAL STATION

No.52

CONTENTS

Shin-ichi NABATA and Yuichi SAKAI

- Morphogenesis and growth in the early stages of *Cystoseira*
hakodatensis (Phaeophyceae, Fucales) in eastern Hokkaido, Japan. 1 - 8

Yoshihiro IMAI and Yoshiyuki TAKAYA

- Aspect of rheotaxitic behaviour of fishes in a circulation tank,
caught in the coastal waters of south-western Hokkaido..... 9 - 15

Hiroshi HOSHIKAWA, Kazuhiro TAKAHASHI, Takashi SUGIMOTO, Kouji TUJI and
Shigeharu NOBUTA

- The effects of fish meal feeding on the gonad quality of cultivated
sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* (A. GASSIZ) 16 - 23

(March, 1998)

北海道東部におけるウガノモクの初期形態形成と成長

名畑進一^{*1}・酒井勇一^{*2}

Morphogenesis and growth in the early stages of *Cystoseira hakodatensis* (Phaeophyceae, Fucales) in eastern Hokkaido, Japan.

Shin-ichi NABATA and Yuichi SAKAI

The early stages of morphogenesis and growth of *Cystoseira hakodatensis* were investigated through culture of embryos on rope set in the sea at Nemuro, eastern Hokkaido during Aug. 1992 and Jun. 1993. Growth of this species was followed after one and two years on individuals attached to the surface of concrete blocks. Cauline leaves up to 3 cm long were lanceolate to spatulate in shape with round and emarginate apex. Cauline leaves rarely forked. Main branches developed when the young plants became 3 cm high. Growth was slow in the first year, reaching 4.3-10.9 cm high in a year. Individuals on the concrete blocks did not produce receptacles in the first year, and about 20 % of individuals became mature after 2 years of growth.

キーワード：ウガノモク，形態形成，成長，成熟，ホンダワラ類，

まえがき

ウガノモク *Cystoseira hakodatensis* はヒバマタ目ウガノモク科に属するが，近縁のホンダワラ科植物と一緒に "ホンダワラ類" と総称される。これらはガラモ場と呼ばれる優占群落を形成し，流失後も気胞によって海面を漂う流れ藻となり，魚類の産卵場や稚仔魚の保育場として水産上の重要性が数多く指摘されている¹⁾。ウガノモクは，北海道ではハタハタ *Arctoscopus japonicus* の産卵基質となるが²⁾，道東においては初夏に3~5mに成長して水面に天蓋を形成するなど，フシスジモク³⁾ の場合と同様に有用コンブ類と競争関係にある害藻と考えられている⁴⁾。

ホンダワラ類の分類や生態に関しては多くの研究報告があり¹⁾，卵発生では猪野⁵⁾が22種について報告している。しかし，発芽体の初期形態形成についての報告は，断片的なものを除くと，寺脇ほか⁶⁻¹¹⁾ のマメタワラ *Sargassum piluliferum*，ヤツマタモク *S. patens*，アカモク *S. horneri*，フタエモク *S. duplicatum*，コブクロモク *S. crispifolium*，キレバモク *S. alternato-pinnatum* (カタワモク *S. asymmetri cum*) に関する6種のみで，多くの種では詳細が不明であ

る。

筆者らはコンブ漁場の害藻駆除に関する研究の一環として，ウガノモクの卵をロープに着生させて養殖するとともに，天然群落で基質面の海藻剥離を行った後に着生した幼体の形態と成長を調べたので報告する。

材料及び方法

1. 養殖

1992年7月14日に釧路市桂恋で採集した放卵中のウガノモクを 20ℓのスチロール水槽に収容し，翌日母藻から自然落下した幼胚を集めて濾過海水で洗浄した。幼胚の着生基質としてクレモナ糸を塩化ビニールパイプ製の枠に巻き付け，水槽の底に設置してから，ピペットを用いてこの上に幼胚を散布した。その後は弱いエアレーションを行いながら育成した。

クレモナ糸は7月20日に根室市温根元の根室市ウニ種苗生産センターの60ℓ水槽に移し，毎分約6ℓの濾過海水をかけ流した。育成中は珪藻類の繁殖を防ぐために遮光

報文番号 A275 (1998年1月21日受理)

*1 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Horai, Wakkanai, Hokkaido, 097-0024, Japan)

*2 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido, 041-1404, Japan)

幕を用い、最大照度を約3,000luxにおさえた。8月18日にこのクレモナ糸を温根元漁港内に設置した延縄式養殖施設のロープに巻き付け、水深約1mに垂下して、1993年6月17日まで育成した。この間の水温は隣接する同センターの観測値を用いた。なお、クレモナ糸の一部はそのまま11月まで同センターで育成した。

2. 天然

釧路市西港防波堤のウガノモクの優占群落で調査を行った。この群落はなだらかな傾斜で敷設された4脚コンクリートブロック上に形成されていた。1994年6月9日に、コンクリートブロックの脚の上面(25cm×25cm)に着生していた海藻を、金属製のへらとワイヤーブラシを用いて剥離した。調査地点の水深は最干潮時で約30cm、最満潮時で約170cmであった。1年後の1995年6月14日と2年後の1996年6月17日に、この剥離面に着生したウガノモクを採集した。また、1995年6月14日にも剥離を行い、1年後の1996年6月17日に採集を行った。

結 果

1. 養 殖

母藻の生殖器官に付着していた卵はすでに分割が進んでいた。翌日、生殖器官から自然に落下した幼胚の長径は、 $151.5 \pm 10.3 \mu\text{m}$ 、短径は $88.7 \pm 7.2 \mu\text{m}$ (30個体の平均値と標準偏差)であった。約27%の個体に仮根の原基がみられ(Fig. 1)、やや仮根が伸長し始めている個体もみられた。5日目にはほとんどの個体が4本の第1次仮

根を伸長していた(Fig. 2, 10)。

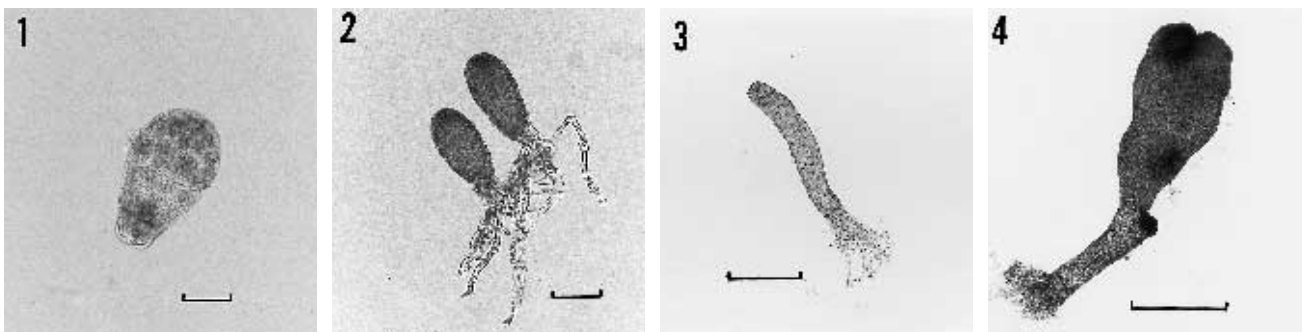
クレモナ糸に着生した幼胚は、1カ月後の8月18日には長さが $0.94 \pm 0.20\text{mm}$ (10個体の平均全長と標準偏差)、幅が約0.3mmの偏平なへら状または棍棒状の第1茎葉(cauline leaf)²⁾となった。頂端には成長点¹³⁾を有するとされるくぼみが認められた(Fig. 3, 11)。この頃の水温は17~18であったが、9月以降は低下した(Fig. 5)。

11月25日には、引き続きセンターの水槽で育成していたクレモナ糸上に全長で約3mmの幼体が見られた。これらは片側にやや偏った成長を示し、その屈曲部から反対側に第2茎葉となる突起が生じていた(Fig. 4, 12)。しかし同日、養殖施設には $7.7 \pm 1.5\text{mm}$ (大型上位10個体の平均全長と標準偏差、以下同)に成長した幼体に着生していた。これらの全長は2mmから10mmまでばらつきがみられたが、大型のものでは第4茎葉が形成されていた(Fig. 6, 13)。茎葉は丸みのある倒卵型またはへら型で、中肋はなく全縁であった。その葉長は8~9mm、葉幅は2~5mmで、形成初期の茎葉の頂端には成長点があるくぼみが認められた。この頃の水温は約6°Cまで低下していた。

水温は1月から3月にかけてしばしば0°C以下になり、ウガノモクの養殖施設は結氷下にあった。4月以降水温は上昇し、採苗から11ヶ月後の6月17日に大型個体の全長は $42.6 \pm 7.3\text{mm}$ となったが、成長にはばらつきがみられ、10~30mmの個体が多かった。施設が破損したため、同日で養殖を中止した。

2. 天然

釧路市西港の剥離面に着生したウガノモク(以下、天



Figs.1-4 Morphogenesis of *Cystoseira hakodatensis*.

1. Embryo detached from receptacle, Scale bar 100 μm ;
2. After 5 days, plant with 4 rhizoids, Scale bar 100 μm ;
3. After 34 days, development of first cauline leaf, Scale bar 0.5mm;
4. After 65 days, development of first cauline leaf and bud of second one, Scale bar 1mm.

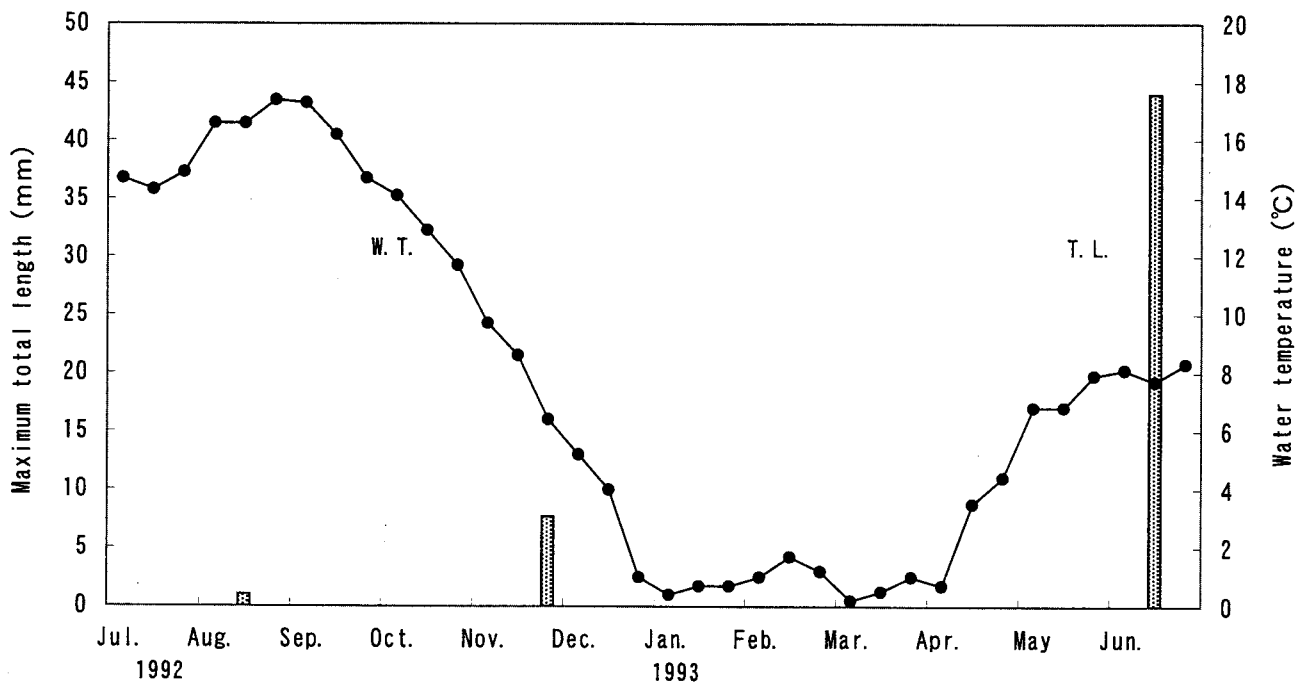
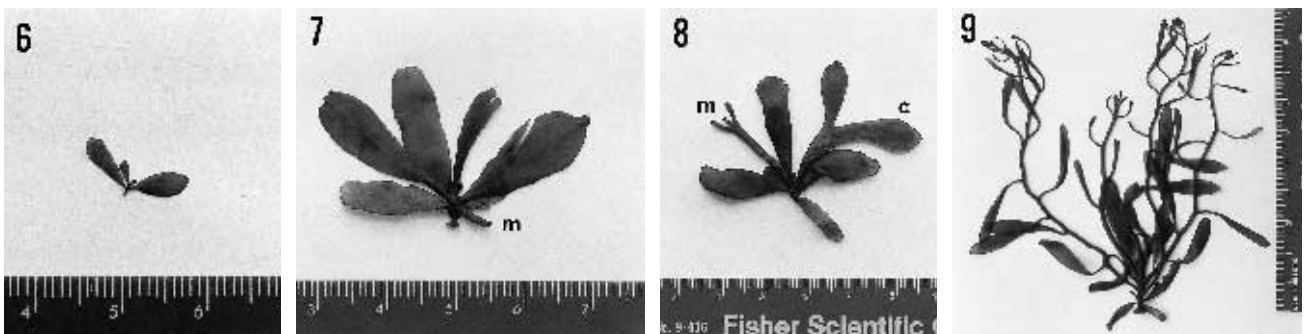


Fig.5 Growth in maximum total length of *Cystoseira hakodatensis* and seasonal changes of surface water temperature at Nemuro, from July 1992 to July 1993.

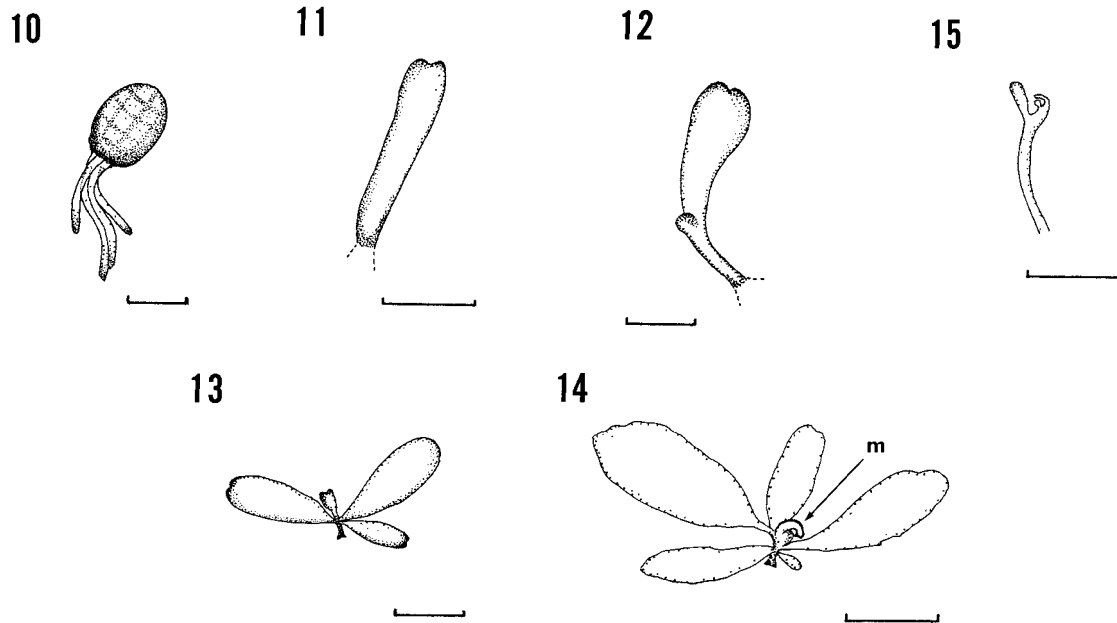
然個体と称する)は、1年後の1995年6月14日に大型個体の全長で 6.3 ± 3.4 cm(着生密度は7.1個体/100 cm^2)であった。また、1996年6月17日に採集した1年後の個体は 10.9 ± 3.5 cm(21.9個体/100 cm^2)であった。しかし、兩年とも成長にばらつきがみられ、全長1~3cmの小型個体が多かった。なお、最も大型の個体(18cm)でも生殖器床の形成はみられなかった。1996年6月17日に採集した剥離から2年後のウガノモクは、 109.8 ± 24.7 個(6.6個

体/100 cm^2)に成長していて、約20%の個体に生殖器床の形成が認められた。なお、剥離面に着生していた海藻はほとんどがウガノモクで、その他にナガコンブ *Laminaria longissima*、ガツカラコンブ *Laminaria coriacea*、マツモ *Anelopus japonicus*、オキツバラ *Constantinea rosamarina*、アナアオサ *Ulva perutusa* がみられた。調査区付近ではウガノモク以外のホンダワラ類の生育は観察されなかった。



Figs.6-9 Morphogenesis of *Cystoseira hakodatensis*.

6. Plant with fourth cauline leaves; 7. Plant with main branch(m); 8. Plant with divided main branch(m) and divided cauline leaves(c); 9. Plant with four main branches and cauline leaves.



Figs.10-15 Morphogenesis of *Cystoseira hakodatensis*.

10. After 5 days, plant with 4 rhizoids, Scale bar 100 μ m; 11. After 34 days, development of first cauline leaf, Scale bar 0.5mm; 12. After 65 days, development of first cauline leaf and bud of second one, Scale bar 1mm; 13. Plant with fourth cauline leaves, Scale bar 5mm; 14. Plant with main branch(m), Scale bar 1cm; 15. Divided main branch, Scale bar 1cm.

天然個体における形態的特徴は以下の通りであった。全長3～5cmの個体では、4～9枚の長楕円型から笹葉型の茎葉が、付着器側からみて右まわりにらせん状に形成されていた。また、茎（主軸）が明瞭となり、先に形成された茎葉が欠落した葉痕が認められた。大型の個体では茎の直上に主枝が形成され始めた（Fig. 7, 14）。主枝は直径1～1.5mmの平滑なやや扁圧した円柱状で、茎葉と同様に頂端に成長点のあるくぼみが認められ、約1.5cm以上に伸長すると分岐がみられた。形成初期の主枝は茎葉とやや区別がしにくかった（Fig. 8, 15）。全長約3cmまでの個体には分岐した茎葉はみられなかったが、主枝が形成される頃には数回2又または3又に分岐した茎葉を持つものが約30%の個体にみられた。これら分岐した茎葉は、葉長が25～35mm、葉幅が2～7mmであった（Fig. 8）。

全長約5cm以下の個体では、藻体の全長は最も長い茎葉の長さにはほぼ等しかった。しかし、全長約7cmほどになると、主枝の長さが藻体の全長にほぼ等しくなった。茎葉を持つ個体が少なくなり、複数の主枝が茎の直上にらせん状に形成された。

全長約10cmの個体では、7～9cmに伸長した主枝が2～4本みられ、茎の直上には1～3cmの短い主枝が数本

みられた。主枝下部の葉は長楕円型あるいは笹葉型で、葉長は2～5cm、葉幅は2～6mmであった。また、主枝下部には数回叉状に分裂する葉もみられ、葉柄の反曲が認められた。主枝上部の葉は中肋や毛巣を持たない全縁の細長いへら型あるいは笹葉型であった。主枝上部にみられた形成初期の葉と側枝の区別は明瞭でなく、両者とも円柱状で平滑で紐状であった。付着器は直径約5mmの明瞭な円錐形の盤状根となり、茎の直径は約2mm、長さは約5mmであった（Fig. 9）。

全長約25cmの個体になると、茎葉はほとんどみられなくなった。3～5本の主枝には最長で5cmの側枝がみられた。枝分かれが葉の腋に限られて生じるものはホンダワラ科、そのような分化がみられないものはウガノモク科と区別されているが¹²⁾、本種では前者のような枝分かれはみられなかった。側枝には2個の連結した気胞が形成されていたが、気胞間のくびれは浅かった。

全長約35cmの個体では、3～6本の主枝を有し、側枝の先端に生殖器床が形成されていた。しかし、気胞の先端には生殖器床の形成がみられなかった。

全長約100cmの個体では、主枝は3～7本となり、側枝は5～15cmの長さになった。4個の連結した気胞がみられ、その先端に生殖器床が形成されていた。付着器の

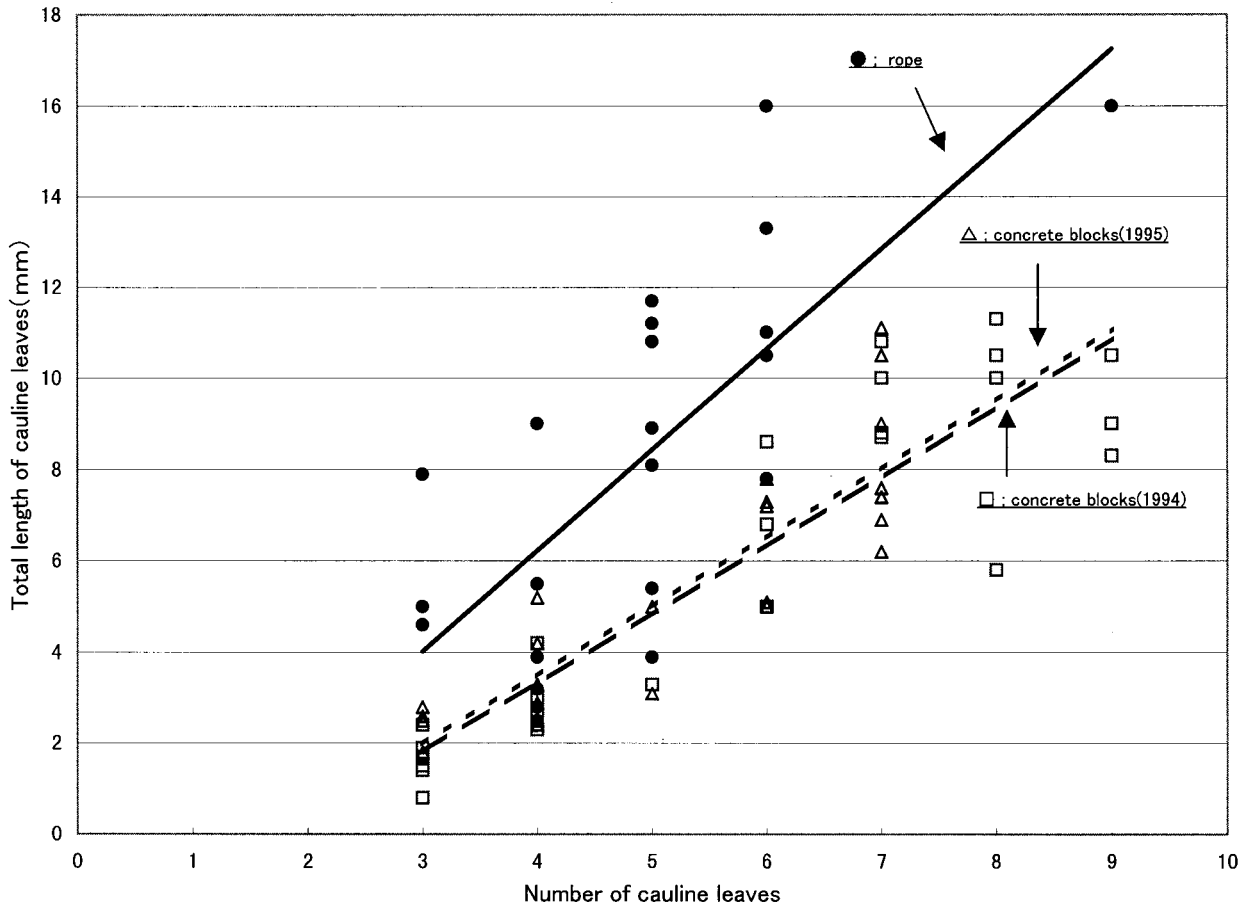


Fig.16 The relationships between number and total length of cauline leaves of *Cystoseira hakodatensis* on rope and concrete blocks.

直径は10～20mm，茎の直径は5～8mm，茎の長さは30～45mmに達していた。また，茎の直上の主枝は基部が紡錘状に膨大し，ほぼウガノモクの成体の形態的特徴が示されていた。

全長約5cmまでの養殖個体と天然個体を比較した場合，各成長段階に対応した形態には大きな差がみられなかった。しかし，養殖個体は笹葉状の茎葉を持つものが多く，分岐した茎葉は約10%の個体にみられた。天然個体はへら型の茎葉が多く，分岐した茎葉は約30%の個体にみられた。そこで，ほぼ同じ成長段階の個体（全長1～4cmで主枝が伸張していないもの各22～25個体）について，茎葉の数と葉長の総合計値との関係を求めてみた（Fig.16）。茎葉は両者とも最大で9葉が観察され，養殖個体の方が天然個体より大型で，一枚の葉の長さが長い傾向が認められた。なお，剥離面における着生密度は，1995年が7.1個体/100cm²，1996年が21.9個体/100cm²と3倍の違いがあったにもかかわらず，この段階では藻体の大きさに差が認められなかった。

考 察

吉田¹⁴⁾によってウガノモクの生活史の概要が示されている。本種は単相世代を持たず，藻体は雌雄異株の複相の配偶体で，生卵器は生殖器床につくられる。放出卵の大きさは猪野⁵⁾によると小樽市忍路産で長径120μm，短径80μmであるが，本研究で材料としたウガノモクの放出卵は発生が進んでいたためこれよりやや大きかった。なお，根室市歯舞で1993年7月7日に採取した放出直後の未分割の卵でも長径が144.0±15.0μm，短径が95.5±7.5μmで，同報告よりやや大きかった。第1次仮根の数は4本で，同報告と一致した。

寺脇ほか⁶⁻¹¹⁾は調査したホンダワラ科6種の初期葉（本文では吉田¹²⁾に従い茎葉とした）は，全長2～3cmに達するまでにすべて叉状または羽状に分裂すると報告している。しかし，ウガノモクの場合は全長約3cmまでは全て単条で，分裂はみられなかった。また，3cm以上の個体では主枝の形成がみられるとともに，分岐した茎葉が生じたが，分岐していない個体の方が多かった。なお，

形成初期の茎葉や主枝の頂端には、成長点があるとされるくぼみ¹³⁾が明瞭に認められた。

ウガノモクの発芽体を養殖施設で育成した場合の全長は、約4ヶ月後の11月で0.8cm、約11ヶ月後の1993年6月で4.3cmであった。また、剥離面に着生した1年後の個体でも6.3~10.9cmであった。筆者らは1992年7月に、根室市歯舞地先のウガノモク群落にコンクリートブロックを投入して、翌年9月に5.8±2.3cmのウガノモクの着生を確認している¹⁵⁾。本研究での養殖環境や剥離地点の生育環境は、ウガノモクの成長にとって必ずしも最適条件が確保されていたとはいえないが、道東における本種の1年目藻体の成長は、コンブ類に比較すると非常に緩慢であるといえる。なお、丸伊ほか¹⁶⁾の報告によると、小樽市忍路のウガノモクは10月で2cm、翌年2月で10~15cmまで成長する。道東太平洋沿岸の水温は日本海に比較すると周年を通して5℃ほど低く、冬季には0℃以下になるので、両地における水温差が伸長成長の差を生じる大きな一因と考える。

1年藻のアカモク¹⁷⁻¹⁸⁾、タマハハキモク *S. muticum*¹⁸⁻¹⁹⁾ や、多年藻のマメタウラ⁶⁾、ヤツマタモク^{7,17)}、フタエモク⁹⁾、ホンダウラ *S. fulvellum*¹⁷⁾、ウミトラノオ *S. thunbergii*²⁰⁾、ヒジキ *Hizikia fusiformis*²¹⁾などは、卵から育成した場合でも1年目以内に成熟する。しかし、道東におけるウガノモクは成長が緩慢なため1年後の藻体では成熟が認められなかった。なお、道東よりも成長の良い忍路では1年後に成熟する可能性があるため、北海道日本海における本種の成長と成熟を調べておく必要がある。

タマハハキモクは約3ヶ月の室内静置培養によって5.6cmの大きさで成熟させることができる¹⁹⁾。この場合、成熟にとって個体の大きさは必ずしも必要な条件ではなく、長日などの条件が大きく影響すると考えられている²²⁾。剥離面にみられたウガノモクの最小成熟個体は全長約30cmであり、天然での成熟条件を成長段階と対応させて明らかにする必要がある。

小樽市忍路ではウガノモクの卵放出期は6月上旬から7月下旬である¹⁶⁾。根室でのウガノモクの卵放出期は忍路より約1ヶ月遅れるが、卵放出が始まる頃の水温は13~15℃で、両地ともほぼ同じであった。ホンダウラ類の卵放出と水温とは密接な関係にあることが報告されている²³⁾。したがって、ウガノモクの卵放出期も、伸長成長の場合と同様に水温と密接な関係があると考えられる。

全長約5cmまでのウガノモクでは、養殖と天然個体の場合で藻体の大きさや形態がやや異なっていたが、各成長段階に対応した形態の特徴に大きな相違はみられなかった。しかし、アカモクの初期成長は日長・照度・水温²⁴⁾や、光質・光量²⁵⁾などの影響を強く受けることが報告さ

れている。したがって、ウガノモクの場合にも生育条件の違いによっては、各成長段階に対応した形態の特徴の違いが生じる場合もあることを考慮しておく必要がある。

要 約

ウガノモクの卵をクレモナ系に着生させ、1992年8月から1993年6月まで根室市温根元の養殖施設で育成した。また、釧路市のウガノモクの天然群落において、1994年と1995年に基質面の海藻剥離を行い、着生した個体を1・2年後に採集した。これらの調査によって、ウガノモクの初期形態と成長を調べた。結果は次の通りである。

1. 茎葉は藻体の全長が約3cmに達するまで分岐せず、単条の倒卵型またはへら型で、形成初期には頂端に成長点のあるくぼみが明瞭に認められた。
2. 主枝は藻体の全長が約3cm以上に達した個体に形成され、この頃には分岐する茎葉もみられたが、その割合は低かった。
3. 発芽後の初期成長は緩慢で、1年後に大型個体で全長4.3~10.9cmであった。
4. 卵から発芽したウガノモクは、1年後では成熟しなかったが、2年後には約20%の個体が成熟した。

謝 辞

本論文の御校閲と御指導を賜った北海道大学名誉教授吉田忠生博士、南西海区水産研究所の寺脇利信博士に深くお礼申し上げます。また、調査に際して便宜とご協力を頂いた根室市ウニ種苗生産センター、歯舞・根室・落石の各漁業協同組合、根室地区水産技術普及指導所の関係各位に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 大野正夫：概論：ガラモ場 - その環境と水産資源的効用．月刊海洋科学．17(1)，4-10 (1985)
- 2) 長澤和也，鳥澤 雅：北のさかなたち．札幌，北日本海洋センター，1991 415p．
- 3) 名畑進一，新原義昭，松谷 実，武井文雄：利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態．北水試報．23，53-64 (1981)
- 4) 名畑進一：ナガコンブ漁場での雑海藻駆除の重要性．北水試だより．13 6-12 (1991)
- 5) 猪野俊平：海藻の発生．東京，北隆館，1947 256p
- 6) 寺脇利信，野沢治，新村 巖：ホンダウラ類の初

- 期形態形成に関する研究 - ・マメタワラ・藻類 30 305-310 (1982)
- 7) 寺脇利信, 野沢治治, 新村 巖: ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究 - ・ヤツマタモク・藻類 31, 38-43 (1983)
- 8) 寺脇利信, 野沢治治, 新村 巖: ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究 - ・アカモク・藻類 31 97-101 (1983)
- 9) 寺脇利信, 野沢治治, 新村 巖: ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究 - ・フタエモク・藻類 31, 190-195 (1983)
- 10) 寺脇利信, 野沢治治, 新村 巖: ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究 - ・コブクロモク・藻類 31, 196-201 (1983)
- 11) 寺脇利信, 野沢治治, 新村 巖: ホンダワラ類の初期形態形成に関する研究 - ・カタワモク・藻類 32, 37-42 (1984)
- 12) 吉田忠生: ホンダワラ類の分類と分布 概説・海洋と生物 34, 336-340 (1984)
- 13) Yoshida, T., Majima, T. and Marui, M.: Apical organization of some genera of Fucales (Phaeophyta) from Japan. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. ser.* . 13. 49-56 (1983)
- 14) 吉田忠生: “ウガノモク”. 藻類の生活史集成第2巻 褐藻・紅藻. 東京, 内田老鶴園, 1993, 152-153.
- 15) 名畑進一, 酒井勇一: 雑海藻駆除によるコンブ漁場の活性化試験. 平成5年度 釧路水産試験場事業報告書 .171 - 176 (1994)
- 16) 丸伊 満, 稲井宏臣, 吉田忠生: 北海道忍路湾におけるホンダワラ類の生長と成熟について. 藻類 29 277-281 (1981)
- 17) 吉田範秋, 西川 博: ホンダワラ類の生長. 長崎水試研報 .1, 13-18 (1975)
- 18) Yamauchi, K.: The formation of *Sargassum* beds on artificial substrata by transplanting of *S. horneri* (Turner) C. Agardh and *S. muticum* (Yendo) Fensholt. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 50, 1115-1123 (1984)
- 19) Uchida, T., Yoshikawa, K., Arai, A. and Arai, S.: Life-cycle and its control of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) in batch cultures. *Nippon Suisan Gakkaishi* . 57(12), 2249-2253 (1991)
- 20) 新井章吾: “ウミトラノオ”. 藻類の生活史集成第2巻 褐藻・紅藻. 東京, 内田老鶴園, 1993, 164-165.
- 21) 新井章吾: “ヒジキ”. 藻類の生活史集成第2巻 褐藻・紅藻. 東京, 内田老鶴園, 1993, 166-167.
- 22) 内田卓志: ホンダワラ類の室内培養とその応用. 月刊海洋 27(1), 53-55 (1995)
- 23) 小河久朗: ホンダワラ類の成熟・発生と環境. 月刊海洋 .17(1), 26-31 (1985)
- 24) 吉田吾郎, 有馬郷司, 内田卓志: 褐藻アカモクの初期成長に及ぼす日長, 照度, 水温の影響. 南西水研報 28 21-32 (1995)
- 25) 松井敏夫, 大貝政治, 村瀬 昇: 褐藻類アカモク・ヤツマタモクの幼胚および葉状部の成長に及ぼす光質・光量の影響. 日水誌 60(6), 727-733 (1994)

回流水槽による北海道南西沿岸の魚類の行動観察

今井義弘^{*1}, 高谷義幸^{*2}

Aspect of rheotaxitic behaviour of fishes in a circulation tank,
caught in the coastal waters of south-western Hokkaido

Yoshihiro IMAI^{*1} and Yoshiyuki TAKAYA^{*2}

In the coastal waters of south-western Hokkaido, the major species of caught fish are arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* Jordan et Metz, fox jacopever *Sebastes vulpes* Doderlein and fat greenling *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks. Behaviour of these fishes at various current velocities in a circulation tank were observed with VTR system to evaluate their rheotaxis and swimming ability.

As the current velocity increased from 0.0cm/s to 77.8cm/s in steps, arabesque greenling and fox jacopever displayed successive movements to the front and the back of the channel, respectively, whereas fat greenling showed a weak movement in the channel. Comparing both the direction of head to current and the tail beat frequency among three species, arabesque greenling seemed to be stronger than fox jacopever in the intensity of rheotaxitic behaviour, though fat greenling a poorest swimmer. Furthermore the swimming performance indicated that arabesque greenling exceeded fox jacopever in the swimming ability.

キーワード：北海道南西沿岸，ホッケ，キツネメバル，アイナメ，走流性，遊泳能力，回流水槽

はじめに

北海道沿岸では人工魚礁の投入により魚礁漁場の造成が進められているが、魚群の魚礁への蜻集、滞泳を促して効率的な漁場造成を図るためには、魚礁周辺の環境と魚類の行動生態との関係を明らかにし、行動性状に適した環境条件を作り出す効果的な施設の設計、配置の必要がある。魚礁漁場における魚群の蜻集行動に影響を及ぼす要因として、流れ、光、音、水温、底質、塩分などの物理化学的環境および餌料、競合、捕食などの生物学的環境があげられる（柿元¹⁾、井上²⁾、安永・日向野³⁾）。その中で、人工魚礁の設置により大きく変化する可能性のある流れを対象とし、マダイ、マアジ、イシダイなど海産魚類の走流行動に関する研究が水槽実験により進められてきた（安永^{4,5)}、安永・日向野⁶⁾、中村ら⁷⁾）。しかしながら、北海道沿岸に分布する魚類に関するこの種の知

見は極めて少ないのが現状である。

本報では、北海道南西沿岸で漁獲される主要な3魚種について、回流水槽内の魚群の行動形態により走流性および耐流性における魚種間の差異を検討し、知見を得たので報告する。

実験方法

1. 実験材料

材料は1995年5月12～31日に岩内郡岩内町沿岸の定置網で漁獲した各20～30尾のホッケ *Pleurogrammus azonus* Jordan et Metz、キツネメバル *Sebastes vulpes* Doderlein およびアイナメ *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks で、実験開始日までの約4ヵ月間、水温12～16℃に調整した一次濾過海水による流水式水槽内で飼育した。この中か

報文番号 A276 (1998年1月21日受理)

^{*1} 北海道立網走水産試験場 (Hokkaido Abashiri Fisheries Experimental Station, Masuura, Abashiri, Hokkaido 099-3119, Japan)

^{*2} 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

ら魚種ごとに5尾ずつ抽出して実験に供した。供試魚の背部にはあらかじめ長さ8mm, 直径2mmのプラスチック製の標識票を装着し, 個体の識別ができるようにした。供試魚の全長はTable 1に示すようにホッケが28.9~32.8cm(平均31.0cm), キツネメバルが24.2~27.2cm(25.4cm), アイナメが28.2~34.2cm(31.7cm)であった。また, 飼育時の餌料として冷凍イカナゴまたは配合飼料を用い, 実験前日より無給餌とした。

Table 1. Total length of fishes used for the experiments

No.	Species of fish		
	<i>Pleurogrammus azonus</i>	<i>Sebastes vulpes</i>	<i>Hexagrammos otakii</i>
1	28.9 cm	24.2 cm	34.2 cm
2	31.6	24.7	33.3
3	31.4	25.4	30.0
4	30.2	27.2	28.2
5	32.8	25.5	33.0
Mean	31.0	25.4	31.7

2. 実験装置

実験にはFig. 1に示す中央水産試験場水産工学実験施設の長さ15.0m, 幅2.0m, 高さ4.5mの垂直循環型回流水槽を使用した。観測部は幅1.5m, 水深1.0mで長さを3.1mとし, 前後に供試魚の移出防止用の目合15mmのステンレス製網を付設した。底面には20×20cmの区画線を描いた合板製の格子板を敷設した。照明として水槽上部に光量可変調整器付きの白色蛍光灯3器を設置し, さらに観測部への外部からの光の入射を防ぐため, 水槽側面に暗幕を取り付けた。観測部底面付近の水中照度は40~80lxであった。

供試魚の行動は水面から0.7mの高さに固定したCCD白黒カメラ(ELMO SE363)により撮影し, その映像をモニターに映し出すとともにタイムラプスビデオレコーダ(松下電器 AG-6760)を用いて1/60秒の間隔で録画した。カメラは背後からの入射光を防ぐため遮光シートで覆った檣状の架台内部に取り付け, 観測部を前半部と後半部に分割して観察できるよう2台配置した。

実験水槽には一次濾過海水を満たし, 水質水温調整装

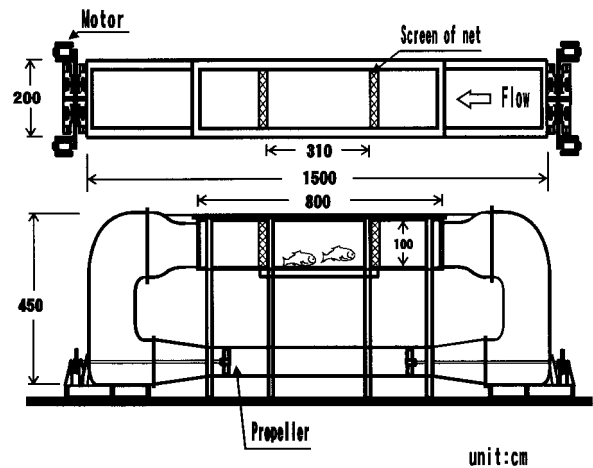


Fig.1 Schematic diagram of a circulation tank.

置により水温13.6~14.6℃, 塩分33.3~33.5‰, pH7.8~7.9に保った。

流速の計測は電磁式流速計(KENEK VM-201H)を用いて観測部の前半中央部の底面から10cm上方で行った。

3. 測定方法

実験は魚種別に行い, 流速を段階的に上げて魚群の行動を解析した。まず, 飼育水槽から実験水槽に供試魚5尾を移し約30分間馴致させた。次いで流速を0.08, 0.17, 0.29, 0.42, 0.59, 0.77, 0.8cm/sの7段階に順次設定し, 各設定流速における60分間の供試魚の行動を連続して観察, 録画した。流速を次の段階に上げる際には流速値に応じて20~30分間の休息時間を設けた。流速が増加するにしたがって運動を停止する個体が見られるが, その判定は魚体の一部が観測部の後部仕切り網に触れて運動を止めた状態を基準とし, 5尾の供試魚が全て停止状態と判定された時点で実験を終了した。

計測は撮影時間とともに録画した映像を再生してモニター画面上で供試魚の各個体別に行った。供試魚の出現位置は吻端の座標位置より10秒間隔で読み取り, 頭部方向は吻端から両眼中間の点を通る軸と流軸とがなす角度を流軸を起点として左右180度方向に10度単位で計測し求めた。また, 尾部振動数は梨本^{8,9)}, 徐¹⁰⁾に準じて尾鰭の往復振動回数とし, 実験開始後5分間の往復振動を計数することによった。なお, 出現位置および頭部方向の計測は水槽底面に設置した格子板上の区画線を基準としたが, 供試魚が底面から離れて行動するなど計測する映像に歪みが生じる可能性のある場合には, 前後の画像をもとに推定した。

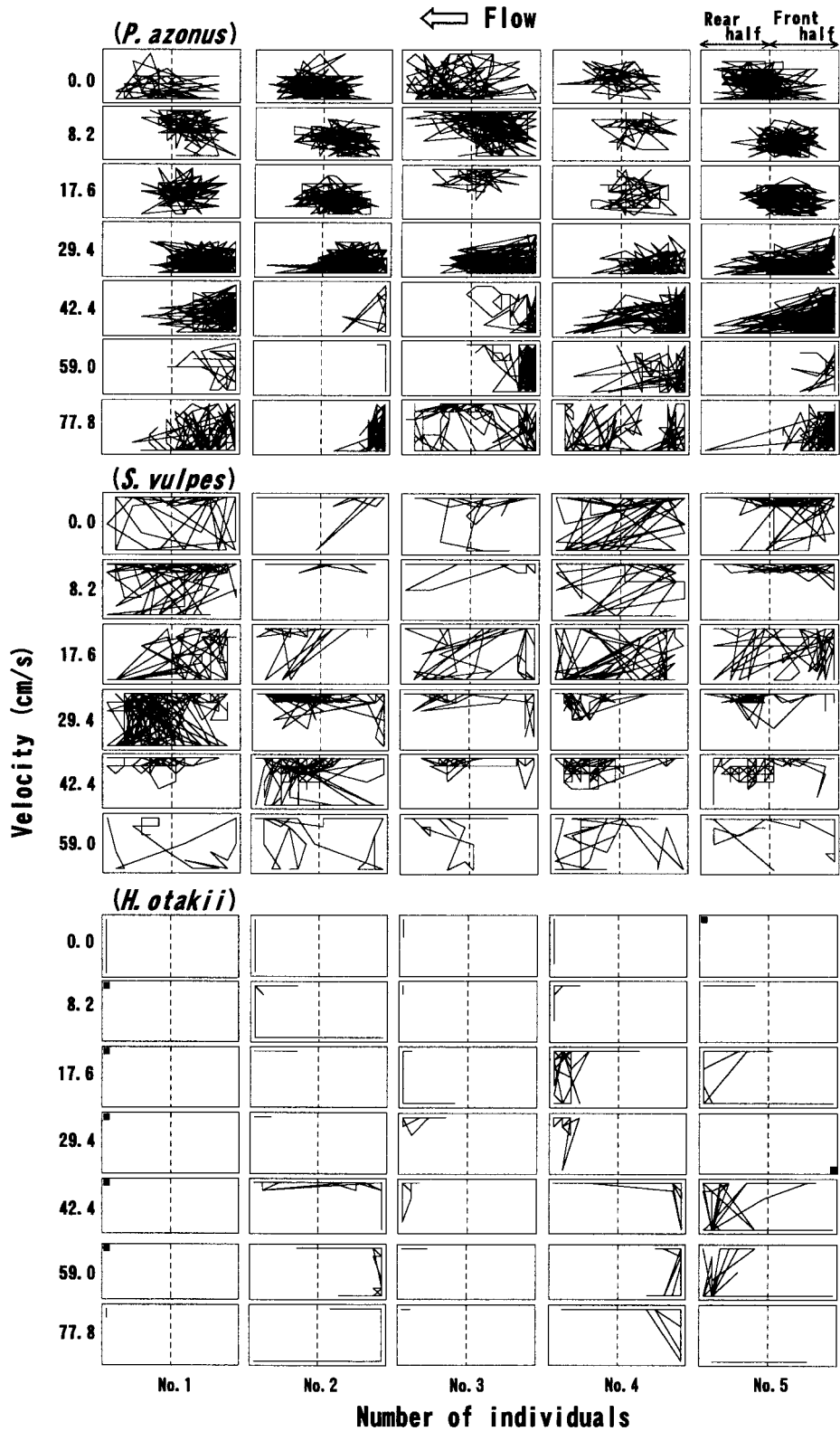


Fig.2 Horizontal moving loci of three species of fish at each current velocity in the channel. Solid line shows the moving loci of individuals, and black square mark the staying position of them. Right hand at every chart gives the side upstream.

結 果

1. 移動軌跡

流速0.0~77.8cm/sの各設定値において,供試魚の出現位置をそれぞれ直線で結ぶことにより求めた近似的な水平移動軌跡を Fig 2に示す。ここで,各魚種に対して付与した中の最大流速下では,移出防止用に付設した網の直前で動きを停止した個体があり,それについては停止するまでの軌跡を描いている。これによると,ホッケは非流動時に観測部の上流部(前半部)から下流部(後半部)にかけて移動を行い,流動時には流速の増加とともにその中心を上流寄りに移して上流部での移動が多くなる傾向にあった。キツネメバルも非流動時には上流部から下流部にかけて広い範囲を移動した。しかし,流動時には流速の増加とともに下流部を中心に移動する傾向を示した。アイナメは流動時に上流部から下流部への往復移動も一時的にみられたが,これら2魚種に比較して移動が少なく滞留していることが多かった。最大流速における各魚種の供試魚の停止時間と尾数は,ホッケが77.8cm/sの流速で実験開始から39分までに5尾のうち2個体(No.3,4)が停止した。キツネメバルは59.0cm/sで7分までに,またアイナメは77.8cm/sで10分までに5尾全てが停止した。

2. 走流性

(1) 頭部方向

供試魚の頭部方向が流れに対して左右90度未満にある場合を正,90~180度の範囲にある場合を負としてその頻度を求めた。流速と頭部方向正負の頻度との関係を供試魚別に Fig 3に示す。ホッケは非流動時には正の頻度が48~72%にあって頭部の方向を頻繁に変えていた。流動時には8.2cm/sで79~97%,42.4cm/sでは94%以上を示すようになり,遅い流速でも流れに反応し,流速の増加とともに流れの来る方向に向く頻度が高くなった。キツネメバルは非流動時に43~51%と頭部方向が正負ほぼ半々の頻度であった。しかし,流動時には流速の増加とともにしだいに正の頻度が高くなり,42.4cm/s以上では全ての個体が100%を示して終始,流れに向いていた。アイナメは流速の増加とともに頭部方向の変化に明瞭な傾向がみられなかった。ただし,42.4cm/s以上では4個体で正の頻度が95%以上を示し流れに向く個体の頻度が高くなっていた。

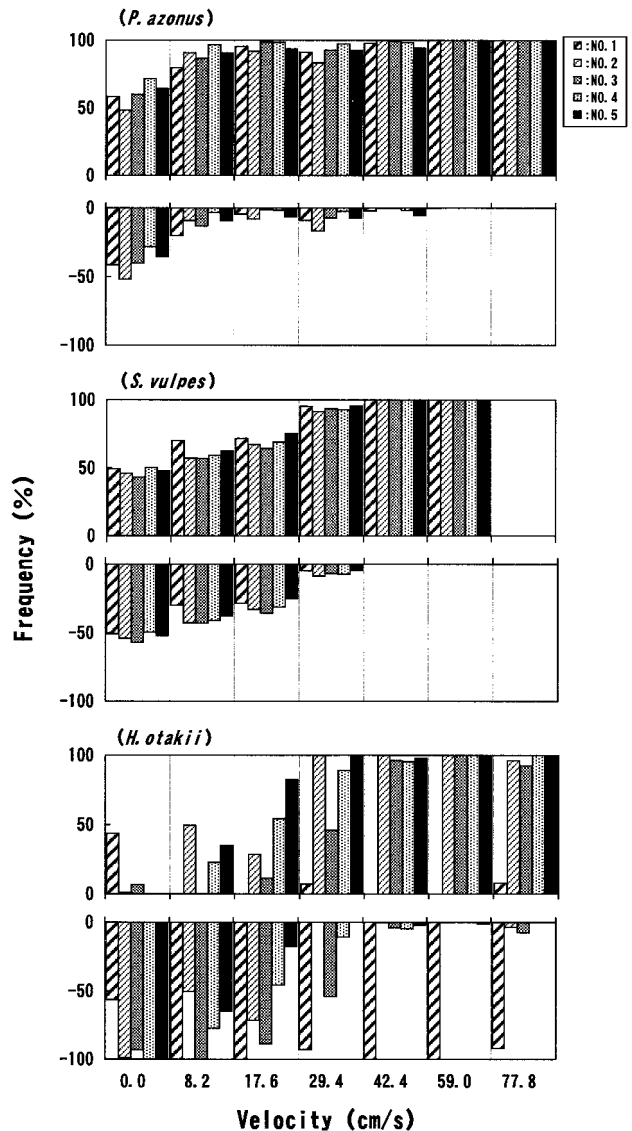


Fig. 3 Frequency histograms of individual direction of the head against (plus) and for (minus) the current. Legend indicates the individuals of three species of fish, respectively.

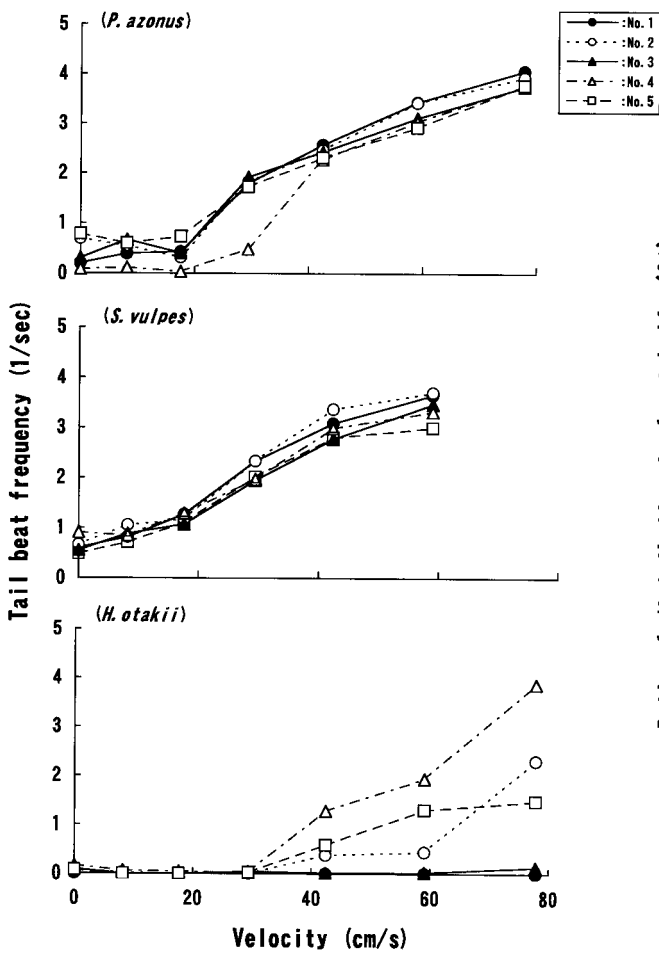


Fig. 4 Relationship between current velocity and individual tail beat frequency per second. Legend indicates the individuals of the three species of fish, respectively.

(2) 尾鰭振動数

Fig 4に、流速と各供試魚の1秒当たりの平均尾鰭振動数との関係を示す。ホッケとキツネメバルは17.6cm/s以下ではそれぞれ非流動時とほぼ同じ振動数で、1秒当たり0.0~0.8回、0.5~1.3回であった。それ以上では流速の増加とともに振動数も増加し、ホッケは59.0cm/sで2.9~3.4回、77.8cm/sで3.7~4.0回であった。キツネメバルもホッケと同様に増加し、59.0cm/sで3.0~3.7回を示した。一方、アイナメは29.4cm/s以下では非流動時からほとんど変化がなく、0.2回以下と少なかった。その後、流速の増加とともに振動数が増加し、なかには77.8cm/sで3.8回の振動数を示す個体もあったが、他の個体は2.3回以下と前2魚種に比べて少なかった。

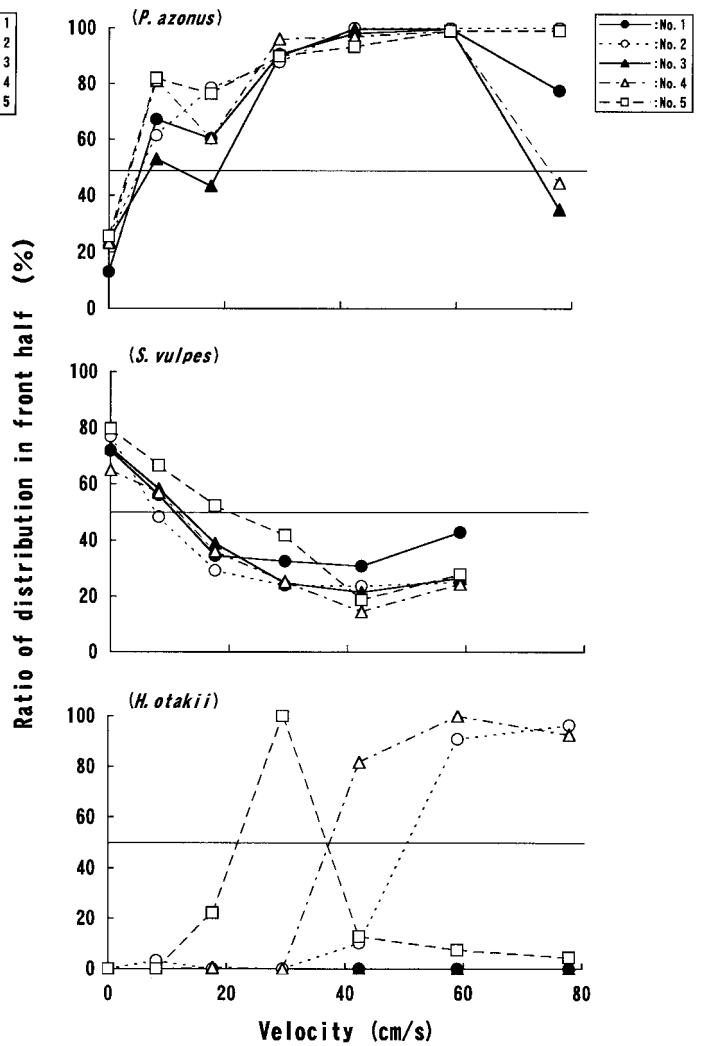


Fig. 5 Relationship between current velocity and individual ratio of distribution in the front half (see Fig.2) of channel. Legend is the same as in Fig. 4.

3. 耐流性

流速と各供試魚の水槽前半部への出現頻度との関係を示す Fig 5によると、ホッケは流速0.0cm/sでは出現頻度が13.1~25.6%であったが、8.2cm/sから増加して42.4cm/sで93%以上の高い値になった。59.0cm/sを超えると頻度は減少し、77.8cm/sでは50%を下回る個体がみられた。キツネメバルは0.0cm/sで65.0~79.7%とホッケよりも頻度が高かったが、流速の増加とともに漸減傾向を示し、42.4cm/sでは31%以下の低い値になった。アイナメは8.2cm/s以下で0.0~3.3%と低い頻度であった。17.6cm/s以上では100%を示す個体が現れる一方で、0.0%を維持している個体もあり、流速と出現頻度との間に明瞭な関係は認められなかった。

考 察

3魚種の移動軌跡において流速が段階的に増加するにしたいが、ホッケが水槽の上流部、キツネメバルが下流部を中心に移動した結果から、これらの魚種は走流性が強く、耐流性に違いのあることが考えられた。また、アイナメはほとんど移動しなかったことから、走流性が弱い魚種であることも考えられた。そこで、行動形態に基づいて3魚種の走流性と耐流性について検討した。

魚礁漁場で漁獲される魚類の走流性について、水路内で強制的に遊泳させることにより魚種間で比較、検討がされてきた。安永・日向野⁶⁾は、流れに反応し上流部へ頭部を向けて遊泳する頻度を検討し、マダイ、イシダイおよびマアジの成魚はいずれも走流性が強く、魚種間の比較からイシダイがやや弱いと報告している。また、中村ら⁷⁾は、ブリ、マアジ、イシダイの幼魚、成魚について遊泳行動を観察し、3種の走流性はブリが最も強く、イシダイが弱く、マアジが中間型であると指摘している。

本研究では流れに対する魚の頭部方向に加えて遊泳運動を行っていることの指標として考えた尾鰭振動数も併せて解析し、北海道沿岸の魚類成魚3種の走流性を検討した。流速0.0~77.8cm/sにおいて供試魚が流れに頭部を向ける頻度はホッケが8.2cm/sで79%を越え、42.4cm/s以上ではキツネメバルとともに94~100%の高頻度を示した。アイナメも42.4cm/s以上では1例を除き95%を越える結果を得た。また、尾鰭振動数はホッケとキツネメバルが流速の増加にともない漸増して59.0cm/s以上で1秒当たりそれぞれ2.9~4.0回、3.0~3.7回と多く、アイナメが2.3回以下で他の2魚種に比べて少ないことが示された。

このことから、ホッケとキツネメバルはともに流れの来る方向に頭部を向けて定位して様に遊泳運動を行っていることが明らかであり、ともに走流性が強い魚種であること、さらに低流速でも流れに向く頻度が高い点でホッケの走流性がより強いことが推定された。なお、ホッケがキツネメバルよりも走流性が強いことは、流速の増加にともないホッケが水槽の上流部を中心に移動していた結果からも伺える。一方、アイナメは流れに対して定位するものの遊泳運動が極めて少なく、前2魚種に比べて走流性が弱いことが推定された。アイナメが遊泳運動の少ない魚種であるとするこの考えは、水槽内の行動観察からも明らかである。アイナメは流速が遅い間は投入された位置からほとんど移動することがなかった。流速が増加すると上流側に頭部を向け、背鰭を垂直に立てて胸鰭を左右前方に開き、同時に腹部と尾鰭を水槽底面に密着させ、流れに逆らってその場に留まった。それで

も流速が大きくなると後方に押し流されることがあり、その場合、尾鰭を素早く動かして元の位置へ戻る行動を示した。Fig. 4にはその尾鰭振動数も含まれている。

魚の耐流性において遊泳能力を評価する際に用いられる遊泳速度の一つに巡航速度(耐久速度)がある。塚本・梶原¹¹⁾、塚本¹²⁾によると、それはかなり長時間の遊泳を維持できる速度の中の最大速度とされている。安永・日向野⁶⁾は、流速と魚の水槽前半部への出現頻度との関係において流速の増加にともない出現頻度が増加から減少の傾向に転じて50%を切る流速として巡航速度を求め、マアジで42.9cm/s、イシダイで45.7cm/s、マダイで77.6cm/sを得ている。

Fig. 5において供試魚の水槽前半部への出現頻度の変化をみると、ホッケでは77.8cm/sで50%を下回る例がある一方で、50%以上にある例も認められており、本研究ではホッケの巡航速度は明らかにできなかった。また、キツネメバルでは流速の増加とともに水槽前半部への出現頻度が増加から減少傾向へ転じることなく、非流動時の最高頻度から漸次減少しており、この種の巡航速度についても不明であった。しかしながら、59.0cm/sでホッケが遊泳を続けたのに対してキツネメバルでは全個体が停止した結果から、ホッケの巡航速度はキツネメバルよりも大きく、遊泳能力が優れていることは推察できた。

遊泳能力の評価について、水路内に投入した魚に対して一定時間間隔で段階的に流速を付与し、遊泳できなくなるまでの設定流速と遊泳時間より遊泳速度を推定する方法が報告されている(塚本・梶原¹¹⁾、Tukamoto et al.¹³⁾、中村ら⁷⁾)。ホッケとキツネメバルについては、このような計測方法を用いて別途、検討する必要がある。

小川¹⁴⁾、柿元・大久保¹⁵⁾は野外調査の結果から、魚礁周辺の魚類の蟻集形態を類型化し、ホッケとキツネメバルが魚礁の上部や近傍に分布し、アイナメが魚礁の内部や上面に体の一部を接触させて滞泳すると報告している。回流水槽内の行動形態の観察により明らかになった行動性状における魚種間の差異は、この結果を傍証すると考える。今後、魚礁周辺の環境と魚類の行動生態との関係を解明するためには、魚礁周辺の流況と魚類の行動との関係について直接的に解析する必要がある。

要 約

北海道南西の沿岸漁場で漁獲されるホッケ、キツネメバルおよびアイナメについて、回流水槽内の行動形態から走流性および耐流性を比較、検討した。

1. 流速0.0~77.8cm/sでの各魚種の移動軌跡において、

流速の増加にともないホッケが水槽の上流部，キツネメバルが下流部を中心にそれぞれ移動する傾向があった。アイナメはいずれの流速でもほとんど移動せずに停滞する傾向を示した。

2 流速と流れに対する頭部方向および尾鰭振動数との関係から，ホッケとキツネメバルは走流性が強く，ホッケがより強い魚種であることが推定された。また，アイナメは走流性が弱い種であることも推定された。

3 流速の増加にともなう魚の水槽前半部への出現頻度の変化により巡航速度を推定する方法では耐流性について直接的な検討はできなかった。しかし，遊泳行動から，ホッケはキツネメバルより遊泳能力が優れていると推察された。

謝 辞

本研究を進めるにあたり，実験材料の提供に協力いただいた岩内郡漁業協同組合および飼育餌料を確保していただいた余市郡漁業協同組合の皆様へ感謝の意を表す。実験器具類の製作に際しては元中央水試臨時職員の加賀茂司氏に尽力いただいた。ここに記して深謝する。

文 献

- 1) 柿元 皓：“魚礁と生物環境”。人工魚礁（佐藤 修編）。東京，恒星社厚生閣 21 - 31(1984)
- 2) 井上 実：魚の行動と漁法。東京，恒星社厚生閣，1990 211p
- 3) 安永義暢・日向野純也：魚礁への魚類の蜻集と物理・化学環境との関係に関する行動実験。水工研技報。(13),1 - 13(1991)
- 4) 安永義暢：小型環流水槽によるマダイ幼魚の走流行動の観察。水工研報告。(5),1 - 23(1984)
- 5) 安永義暢：魚礁に対する魚の反応。海洋科学。19(3),147 - 151(1987)
- 6) 安永義暢・日向野純也：2,3の海産魚の走流性状に関する基礎的考察。水工研報告。(6),17 - 26(1985)
- 7) 中村幸雄・渡辺幸彦・土田修二：新しい遊泳能力測定装置による海産魚類の遊泳能力の評価。海生研報告。(91203),1 - 33(1991)
- 8) 梨本勝昭：魚の動きと遊泳速度との関係。日水誌 46(3),307 - 312(1980)
- 9) 梨本勝昭：魚の遊泳速度と尾部の振動数。海洋科学。15(4),184 - 188(1983)
- 10) 徐 剛・有元貴文・井上 実：マアジ *Trachurus japonicus* の遊泳速度の測定。日水誌 54(9),1493 - 1497(1988)
- 11) 塚本勝巳・梶原 武：魚類の遊泳速度と遊泳能力。水産土木。10(1),31 - 36(1973)
- 12) 塚本勝巳(1991)：遊泳生理。魚類生理学(板沢靖男・羽生 功編)。東京，恒星社厚生閣 539 - 584
- 13) Tsukamoto, K., T. Kajihara and M. Nishiwaki: Swimming ability of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* 41(2),167 - 174(1975)
- 14) 小川良徳：魚礁と蜻集魚。人工魚礁(佐藤 修編)。東京，恒星社厚生閣 32 - 45(1984)
- 15) 柿元 皓・大久保久直：新潟県沿岸域における人工魚礁の総合的研究と事業。新潟水試。1985 224p

キタムラサキウニ養殖における生殖巣の質に及ぼす 魚肉給餌の影響

干川 裕^{*1}, 高橋和寛^{*2}, 杉本 卓^{*3}, 辻 浩二^{*4}, 信太茂春^{*4}

The effects of fish meal feeding on the gonad quality of cultivated sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* (A. AGASSIZ).

Hiroshi HOSHIKAWA^{*1}, Kazuhiro TAKAHASHI^{*2}, Takashi SUGIMOTO^{*3},
Koji TUJI^{*4} and Shigeharu NOBUTA^{*4}

Sea urchins *Strongylocentrotus nudus* (A. AGASSIZ), cultivated in hanging cages at Setana, southwestern Hokkaido, were fed with kelp, *Laminaria japonica* A. RESCHOU, and fish meal of sand lance, *Ammodytes personatus* GIRARD. Sea urchins fed fish meal had large gonads, almost 20% gonad index, with a high moisture content, 76.4%, and high amounts of free amino acids, 46mg/g wet weight, including valine, 4.8mg/g wet weight, which produces a bitter taste. The flavour of these gonads was also adversely affected by low contents of glutamic acid, 0.65mg/g wet weight, glycine, 5.3mg/g wet weight, alanine, 93mg/g wet weight, and glycogen, 3.7% wet weight. Gonad colour was also adversely affected by fish meal feeding. The adverse effects of fish meal on gonad quality gradually declined with feeding period when the urchins were fed kelp prior to harvesting, and adverse effects were difficult to detect in urchins fed fish meal for 46 days followed by kelp for 52 days.

キーワード：キタムラサキウニ，養殖，魚肉給餌，生殖巣

はじめに

北海道の積丹半島から渡島半島にかけての日本海沿岸では、コンブをはじめとする大型直立海藻群落が少ない、代わりにサンゴモ平原が広がる磯焼けと呼ばれる現象が見られる^{1,2)}。この現象の持続要因はキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* (A. AGASSIZ) の高い摂餌圧であると考えられており³⁾、本種を除去することによって海藻群落が形成されることが野外試験により明らかにされている⁴⁾。しかし、磯焼け漁場に生息するキタムラサキウニの身入りが悪い⁴⁾ ため、除去したウニは商品とはなりにくい。本種は天然漁場においても動物質の餌を摂ることが知られている⁵⁾ ので、魚肉給餌により生殖巣の増重を図って、市場で商品の少ない冬から春にかけて出荷す

ることが試みられている^{6,7)}。

本種に魚肉や大豆蛋白等の蛋白質を餌として用いた場合に、本来の成熟時期以外の季節でも身入りが促進されることが試験的にも知られている⁸⁻¹⁵⁾。しかし、高蛋白餌料を与えた場合には生殖巣の苦味が強くなるので、短期間で身入りを図るとともに、味を改善することが求められている^{8-10, 15)}。

本試験では、魚肉（イカナゴ）給餌期間とその後の海藻（マコンブ）給餌期間を変えた場合の生殖巣の増重と成分（グリコーゲン含量、遊離アミノ酸組成）、及び漁業者等をパネルとした食味試験の結果を比較し、魚肉給餌において味を改善する可能性についていくつかの知見を得たので報告する。

報文番号 A 276 (1998年1月21日受理)

^{*1} 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

^{*2} 北海道立函館水産試験場 (Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station, Yunokawa, Hakodate, Hokkaido 042-0932, Japan)

^{*3} 北海道立栽培漁業総合センター (Hokkaido Institute of Mariculture, Shikabe, Hokkaido 041-1404, Japan)

^{*4} 北海道立釧路水産試験場 (Hokkaido Kushiro Fisheries Experimental Station, Hama-cho, Kushiro, Hokkaido 085-0024, Japan)

材料及び方法

飼育試験は,1991年11月21日から1992年2月27日までの98日間,瀬棚町漁港の港口海域に設置した浮き生け簀(7.7×6.9m)で行った(Fig.1)。この生け簀に垂下した9個の飼育かご(1.5×1.5×高さ1m)のうち6かごを使用し(Fig.2),各かごにキタムラサキウニを200個体収容した。用いた餌料は,冷凍イカナゴ *Ammodytes personatus* GIRARD(体長約20cm),生のマコンブ *Laminaria japonica* ARESCHOUG 及び塩蔵のマコンブであり,それぞれ一度に5~15kgを,飽食になるように給餌した。給餌間隔は,1週間を基本としたが,時化により変更した場合もあった。飼育期間中の水温をかご内に設置した記憶式水温計で記録した。

試験区は,対照として試験期間を通してマコンブのみを与えた試験区1,同じく塩蔵マコンブのみを与えた試験区2,魚肉給餌区として30日後までイカナゴを与え,その後マコンブにかえた試験区3,同じく46日後までイカナゴを与え,その後マコンブにかえた試験区4,61日後までイカナゴを与え,その後マコンブにかえた試験区5,及び98日間イカナゴのみを与えた試験区6の計6区であった(Table1)。

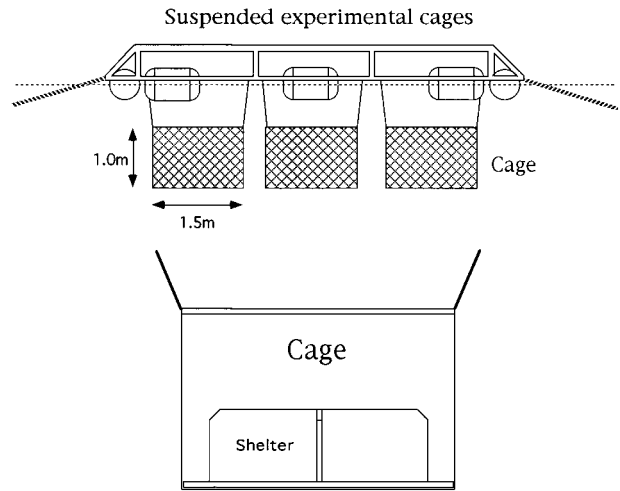


Fig 2. Cage for the experiment

供試したキタムラサキウニは1991年11月21日に瀬棚町美谷漁港でSCUBA潜水により採集したもので,その中から50個体を抽出し,殻径をノギスで,重量と生殖巣重量を電子天秤でそれぞれ測定した。その標本を使って,Jensenの方法¹⁶⁾で推定したウニの年齢は3~8歳であった。これらのウニのうち殻径45mm以上の個体について生殖巣指数を次の式で求めた。

$$\text{生殖巣指数} = \frac{\text{生殖巣重量}}{\text{全重量}} \times 100$$

1991年12月21日(30日後)と1992年1月21日(61日後)には各かごから抽出した10個体を,終了時の2月27日(98日後)には残っていた個体を対象に,同様な方法で生殖巣指数を算出した。開始時と終了時に測定した生殖巣の一部を成分分析用に-30℃で保管した。

瀬棚町漁業協同組合の漁業者や同町商工会の方をパネルとして,生殖巣の食味試験を行った。評価を5段階とし,色と味については「非常に良い」、「良い」、「普通」、「悪い」、「非常に悪い」を,甘味と苦味については「非常にある」、「ある」、「普通」、「ない」、「全くない」を選択項目とした。パネルの年齢は30~60歳代であり,人数は女性3名を含む10名であった。各評価項目について,順番に1から5までの点数を割り振りし,各試験区の生殖巣の位置を変えて5回繰り返した。評価点を合計し,点数の少ない順に1,2,3...と順位をつけ,さらに全パネルの順位合計を基に総合順位を付けた。

生殖巣の水分は常圧加熱乾燥法により,グリコーゲンはアンスロン-硫酸法によって定量した。遊離アミノ酸

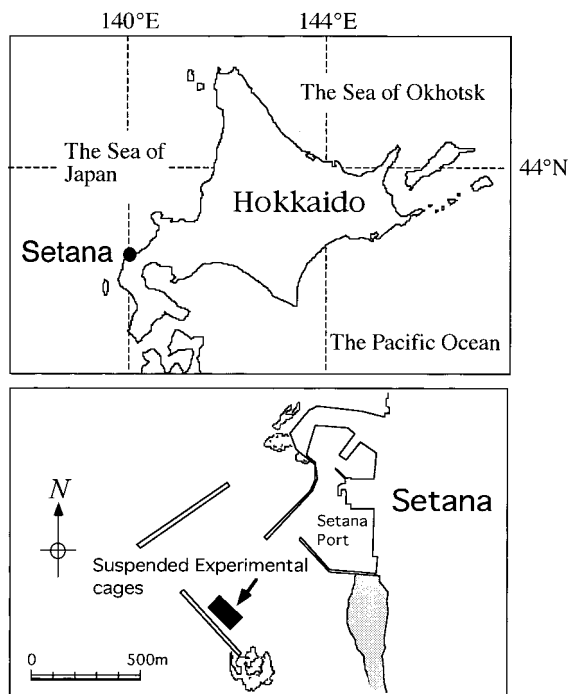


Fig 1. The location of the suspended experimental cages.

Table 1. Number of sea urchin and feed contents of each cage

Cage No.	Number of sea urchin	Feed contents
1	200	Kelp (<i>Laminaria japonica</i> ARESCHOUX)
2	200	Salted Kelp (<i>Laminaria japonica</i> ARESCHOUX)
3	200	Frozen sand lance, <i>Ammodytes personatus</i> GIRARD during first 30days, kelp during last 68days
4	200	Sand lance during first 46days, Kelp during last 52days
5	200	Sand lance during first 61days, Kelp during last 37days
6	200	Sand lance during experiment period

組成は80%エタノールで抽出後，日立L-8500アミノ酸分析計によって求めた。

結 果

1. 生殖巣指数の変化

飼育かごの底（深度2m）に設置した自動記憶式水温計で測温した水温を Fig. 3 に示した。開始時は10 だったが，12月中旬から6～8 で推移し，2月には6 まで下がった。

開始時の生殖巣指数は平均で8.9であったが，30日後にはマコンブ区で9.0，塩蔵マコンブ区で9.1，試験区3で11.2，試験区4で14.6，試験区5で15.8，試験区6で12.5

であった（Table 2）。試験区5の値はマコンブ区や塩蔵マコンブ区よりも有意に高かった（ $P < 0.01$ 及び 0.05 ，Dunn's Multiple Comparison Test）。また，開始時の値に比べ，試験区4と5は有意に高かった（ $P < 0.001$ 及び 0.05 ）。61日後の1992年1月6日にはマコンブ区で10.8，塩蔵マコンブ区で14.4，試験区3で14.9，試験区4で15.2，試験区5で21.4，試験区6で19.2であり，試験区5と6はマコンブ区の値よりも有意に高く（ $P < 0.01$ 及び 0.001 ），マコンブ区を除いたすべての試験区で開始時の値よりも有意に高かった（ $P < 0.05 \sim 0.001$ ）。

終了時の1週間前に時化でマコンブ区と試験区3のかごが崩壊し，中に入っていたウニが海底に落下したので，残りの区について比較した。塩蔵マコンブ区では生殖巣指数は15.5であり，試験区4で16.6，試験区5で19.9，

Table 2. Change of gonad index during the experiment

Date		Start	Cage No.					
			1	2	3	4	5	6
Nov.21.1991	Average	8.9						
	S.D.	2.9						
	Start Number	45						
Dec.21.1991	Average		9	9.1	11.2	14.6	15.6	12.5
	S.D.		2.8	2.9	5.2	3.9	2.7	3.3
	Number		10	8	7	8	9	8
Jan.21.1992	Average		10.8	14.5	14.9	15.2	21.4	19.2
	S.D.		2.2	2.7	4.9	5.9	5.3	2.4
	Number		9	10	9	9	9	8
Feb.27.1992	Average			15.5		16.6	19.9	18.8
	S.D.		Lost	3.0	Lost	5.1	3.6	5.0
	Completion Number			15		32	33	33

S.D.: Standard deviation, Number: Number of samples

Lost: Cages were broken with a storm

試験区 6 で 18.8 であり, 試験区 5 は塩蔵マコブ区並びに試験区 4 と有意の差があった ($P < 0.01$ 及び 0.05)。また, 開始時の値に対して, 残っていたすべての試験区の値は有意に高かった ($P < 0.01 \sim 0.001$)。

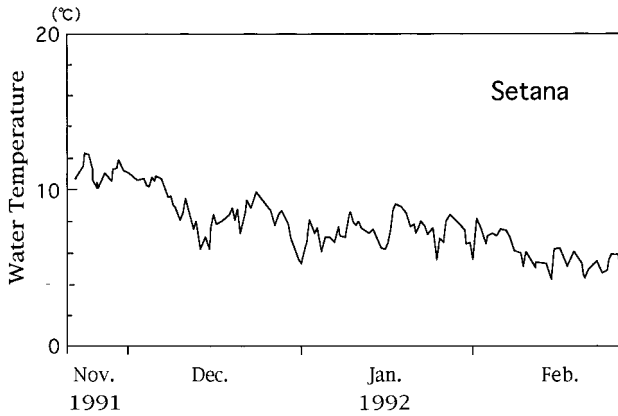


Fig. 3 Water temperature during experimental period at Setana, southwest part of Hokkaido.

2. 遊離アミノ酸組成

イカナゴを 3 カ月間給餌した試験区 6 で, 水分含量は最も高かったが, グリコーゲンはこの区で最も少なかった。イカナゴを与える期間が増加するにつれて水分含量が増加し, グリコーゲンは低下するという顕著な傾向が見られた (Table 3)。

給餌前に比較して, すべての試験区で遊離アミノ酸総量が増加し, 特にイカナゴを 3 か月間給餌した試験区 6 で顕著であった。25 種類の遊離アミノ酸のうち, グルタミン酸, グルタミン, グリシン, β -アラニンが減少し, バリン, メチオニン, イソロイシン, ロイシン, アルギニン, スレオニン, セリン, アスパラギン, チロシン, フェニルアラニン, トリプトファン, オルニチン, リジン, ヒスチジンが増加した。フォスホセリン, タウリン, アスパラギン酸, プロリンは大きくは変わらなかった

Table 3 Moisture and glycogen contents in the gonad

	Start	No.2	No.4	No.5	No.6
Moisture content(%)	72.5	70.3	72.6	74.2	76.4
Glycogen content per wet weight of gonad(%)	10.8	6.9	5.7	5.0	3.7
Gonad index	8.9	15.5	16.6	19.9	18.8

Table 4 Free amino acids content in the gonad of sea urchin

Amino acid name	(mg/g.w.w.)				
	Start	No.2	No.4	No.5	No.6
Glutamic acid	1.22	0.87	0.82	0.87	0.65
Glycine	6.93	6.70	6.32	5.83	5.32
Alanine	2.86	1.35	1.28	1.21	0.93
Valine	0.28	2.37	3.72	4.68	4.80
Methionine	0.09	0.57	1.33	1.88	2.05
Isoleucine	0.18	1.62	2.54	3.53	3.69
Leucine	0.26	2.53	3.68	5.06	5.42
Arginine	1.39	3.63	3.78	3.89	4.16
Phosphoserine	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Taurine	0.90	1.11	0.77	0.91	0.65
Aspartic acid	0.05	0.03	0.02	0.02	0.05
Threonine	0.18	1.72	2.73	3.41	3.54
Serine	0.57	1.57	1.22	1.51	1.62
Asparagine	0.25	0.79	0.58	0.70	0.78
Glutamine	1.85	3.28	1.83	1.38	1.39
α -aminobutyric acid	-	0.05	0.13	0.14	0.14
Cystine	0.01	0.02	-	-	-
Tyrosin	0.27	0.84	0.88	0.97	1.00
Phenylalanine	0.10	0.73	0.84	1.12	1.25
β -Alanine	0.01	0.01	0.01	0.01	-
Tryptophan	0.02	0.21	0.27	0.35	0.36
Ornithine	0.05	0.13	0.22	0.29	0.25
Lysine	0.60	1.91	4.18	5.33	5.67
Histidine	0.07	0.42	1.68	2.20	2.22
Proline	0.17	0.17	0.17	0.14	0.28
Total amount	18.33	32.65	39.01	45.42	46.22

(Table 4)。

各遊離アミノ酸の全量に対する割合を比較すると, 開始時ではグリシンが著しく高く, 次いでアラニン, グルタミン, グルタミン酸, アルギニンが高かった (Fig. 4) 塩蔵マコブを給餌した試験区 2 では魚肉給餌区と比較してグリシンの割合が高かったが, その値は開始時よりも低いものであった。また, グルタミン酸, アラニンとタウリンは減り, バリン, ロイシン, イソロイシン, スレオニン, リジンは高くなり, アルギニンとグルタミンはほとんど変わらなかった。

イカナゴ給餌区 (試験区 4 ~ 6) では, グリシン, グルタミン酸, アラニン, タウリン, 及びグルタミンが減少し, バリン, メチオニン, イソロイシン, ロイシン, スレオニン, リジン, ヒスチジンが高くなる傾向が見られた。特に, 開始時と塩蔵マコブ区で高かったグリシンの割合は, 魚肉給餌期間の長期化に対応して, 少なくなる傾向が見られた。また, 同様の傾向はわずかであるがグルタミン酸にも見られ, 一方, バリンとリジンは増加する傾向を示した。

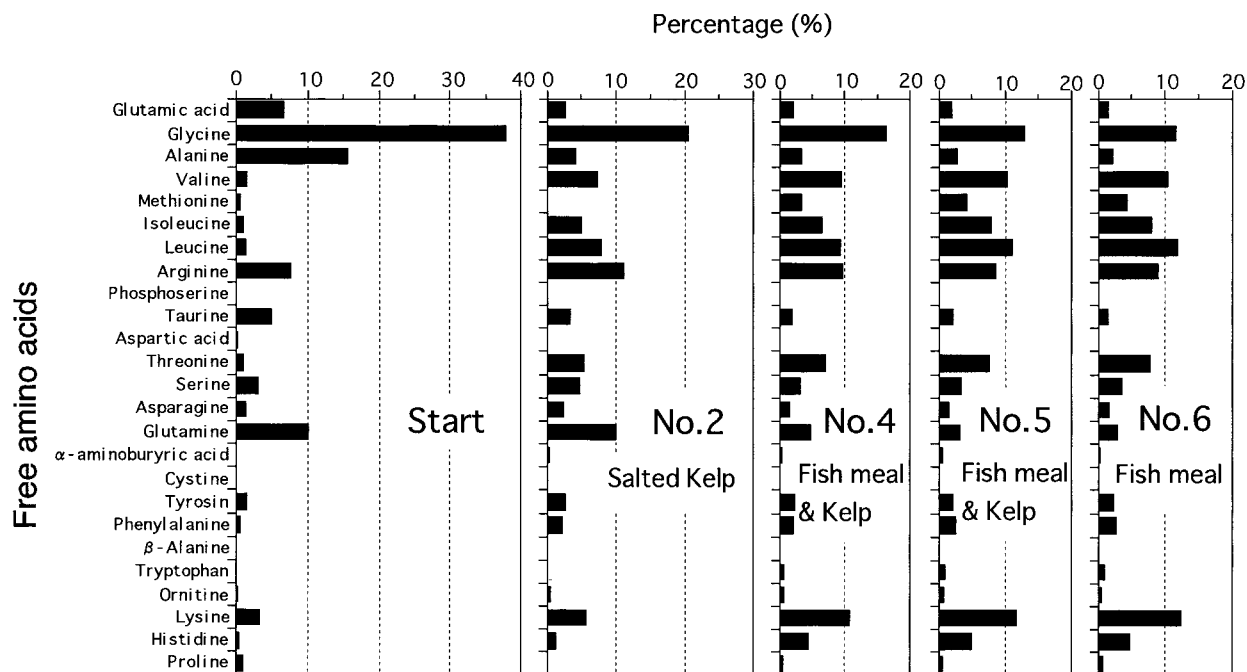
3. 食味試験

10名のパネルにより 4 試験区のウニの生殖巣を比較し

た結果、色調の良さについては、試験区4（イカナゴ46日マコンブ52日）>試験区2（塩蔵マコンブ）>試験区5（イカナゴ61日マコンブ37日）>試験区6（イカナゴ）の順であった。味の良さと甘味の強さについては、試験区2>試験区4>試験区5>試験区6、苦味の強さについては試験区6>試験区5>試験区2>試験区4の順であった（Table 5）。

色調では各パネルで順位付けにばらつきが見られたが、味と甘味については塩蔵マコンブを給餌した試験区2が上位に入る傾向が強かった。また、苦味の強いものとして、最後までイカナゴを給餌した試験区6を選択するパネルが多かった。

イカナゴを給餌した期間が長引くにつれて色調、味、甘味の評価が低下し、逆に苦味を指摘する傾向があった。



Figs 4 Percentage of the each free amino acid in the gonad of sea urchin

Table 5 Result of sensory test in the color, taste, flavor and bitterness of gonad of sea urchin, *Storngylocentrotus nudus*

Panel Number	age	sex	Color of gonad				Taste				Flavor				Bitter taste			
			No.2	No.4	No.5	No.6*	No.2	No.4	No.5	No.6	No.2	No.4	No.5	No.6	No.2	No.4	No.5	No.6
1	30's	M	2	1	3	4	1	2	3	3	1	2	4	2	3	4	1	2
2	40's	M	1	3	1	3	1	1	4	3	1	2	4	3	4	2	1	2
3	30's	M	2	1	4	3	1	2	4	3	1	2	3	3	2	4	3	1
4	20's	M	3	1	3	1	2	2	1	4	3	2	1	4	1	4	3	1
5	30's	M	2	1	3	4	1	2	3	4	1	1	3	4	4	3	2	1
6	40's	M	1	2	2	4	1	3	2	4	1	2	2	4	1	2	3	4
7	60's	F	1	3	2	4	1	3	2	4	1	2	4	3	4	3	2	1
8	30's	M	1	3	1	4	1	3	2	4	1	3	2	4	4	2	3	1
9	50's	F	4	1	3	2	2	1	4	3	2	1	3	4	3	4	1	2
10	60's	F	2	1	2	2	1	2	4	3	1	2	4	3	4	3	2	1
Total point			19	17	24	31	12	21	29	35	13	19	30	34	30	31	21	16
Order			2	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	3	4	2	1

*:No. means the cage number.

考 察

1. 魚肉給餌期間と身入り・味の関係

今回の試験ではイカナゴ給餌区の生殖巣指数はマコンブ給餌区に比べて高くなった。魚肉などの高蛋白質の餌料を与えた場合には、正常の繁殖時期とは関係なく、短時間で生殖巣が増重することが知られており^{6-12,15)}、今回の結果も同様の傾向を示した。

ウニ類の生殖巣の量的増大は成熟ではなく、栄養物質の貯蔵により栄養細胞が肥大することで起こることが知られている^{17,18)}。キタムラサキウニの生殖周期はその組織学的特徴から大きく5つの段階（回復期、成長期、成熟前期、成熟後期、放出期）に分けられている^{4,19)}。産卵後の11月から2月にかけては回復期にあたり、一般に生殖巣の増重はない⁴⁾。成長期には餌から得られた栄養分を栄養細胞に蓄積して生殖巣重量を増加させ、6月から8月の短期間に蓄積した養分を生殖細胞の増加や発達に向け、急速に成熟後期に移行すること⁴⁾は、エゾパフンウニ¹⁷⁾やアカウニ¹⁸⁾で報告されていることと同様である。ウニ類では産卵期の生殖巣は溶解に加えて独特の苦味を持つため商品価値は失われる¹⁸⁾。したがって、商品となるのは生殖巣が栄養細胞で満たされている時期であり、味に関与するのは生殖細胞ではなく、生殖巣内の栄養細胞であると考えられている¹⁸⁾。

魚肉などの高蛋白質餌料で身入りを図った場合には、生殖巣の味に苦味が強かったり、魚臭かったという報告がある^{6,7,9,10,15)}。本試験でも遊離アミノ酸組成の分析やパネルによる食味試験結果から同様な結果が示された。イカナゴ給餌期間が長くなるにつれて、生殖巣の含水率が高くなり、グリコーゲン含量は逆に低くなった。この傾向は室内でイカナゴを給餌した試験¹²⁾や、野外でサンマやホッケを与えた報告⁴⁾でも同様であった。

遊離アミノ酸はウニ生殖巣の呈味に深く関与し、中でもグリシンとアラニンは甘味、バリンは苦味、グルタミン酸は旨味の発現に深く関係する²⁰⁾。遊離アミノ酸総量とバリンは魚肉給餌期間が長くなるほど増加し、逆にグリシンとアラニンは量的に減少した。また、グルタミン酸はイカナゴのみを与えた試験区6で最も低かった。パネルによる食味試験の結果は、魚肉給餌期間が長くなるにつれて色、旨味、甘味の評価が下がり、苦味の増大を指摘する傾向があり、味と関連する遊離アミノ酸の増減傾向とよく対応していた。

また、湯通ししてから塩蔵したマコンブを給餌した試験区2では、生のマコンブ給餌区に比べて生殖巣指数が高かった。このことは、塩蔵マコンブ自体が柔らかいた

めに摂餌されやすかったことによると考えられる。塩蔵マコンブを与えた場合の遊離アミノ酸組成はバリン、イソロイシン、ロイシン、スレオニンが増加しており、魚肉給餌区と同様な傾向を示した。しかし、食味試験における本試験区への評価は魚肉給餌区よりも高かった。

岩手県でワカメを給餌して養殖したキタムラサキウニを6月に漁獲して生殖巣の遊離アミノ酸分析を行った報告²¹⁾では、グリシンの値が25%以上あったが、バリン、イソロイシン、ロイシンの比率も本試験の開始時に比べると高く、塩蔵マコンブ区の組成に類似していた。この報告でもパネルによる食味試験を行っており、美味であると述べられている。これらのことから、塩蔵マコンブ区で味の評価が良かった理由として、苦味に関与するバリン等に対して旨味や甘味に関係するグリシンやグルタミンなどの相対値が魚肉給餌区と比べて高かったことが考えられる。

2. 海藻給餌による生殖巣の味の改善

北海道南部に位置する松前町で、キタムラサキウニに10月19日から1月26日まで魚肉（サンマとホッケ）を与え、その後コンブとワカメに切りかえ、3月27日まで飼育した試験では、魚肉を給餌すると直ぐに魚特有の臭みが生じ、甘味がほとんどなく、苦味が残っていたが、海藻給餌にかえると次第に臭みは解消し、3月には普通のウニの味とまじい味の個体が半々の状態まで回復したと報告されている⁶⁾。

上ノ国町のキタムラサキウニ養殖試験では、魚肉から海藻に餌をかえる目安を生殖巣指数の値が10になった時としており、実際に13.4でホッケからコンブに餌をかえ、約40日後に14.5に、約70日後に16.8まで値があがったが、味は改善されていた⁷⁾。

本試験では、魚肉給餌から海藻給餌への切りかえは生殖巣指数が11から21であり、魚肉給餌期間が長いほど生殖巣指数が上がるが、味は悪化していた。試験を行った11月から2月はキタムラサキウニの生殖周期では主に回復期から成長期への移行時期にあたり、生殖巣は栄養細胞の肥大により量的な発達をするものの成熟等の組織的な変化は少なく、蓄積された物質と新たに加わった物質の置換は起こりにくいと思われる。

試験期間を通じてイカナゴのみを給餌した試験区6の生殖巣指数は61日後の1月21日には19.2に達し、その後の1カ月間には有意な増加は起きていない。同様の傾向は、イカナゴを61日後まで給餌した後、マコンブを給餌した試験区5でも見られた。一方、30日後と46日後にイカナゴからマコンブに餌をかえた試験区3と4では、前述

した上ノ国の事例と同様に海藻給餌にかえた後も生殖巣指数は増加した。特に、水温が6 前後のために消化吸収効率が10%と低下した⁴⁾と思われる1月21日から2月27日の間でも、時化を免れた試験区4や塩蔵マコンプを与えた試験区2では生殖巣指数の増加は続いた。このことは、生殖巣指数が19ないし20と高くなった試験区5と6で、給餌を続けても生殖巣指数が増加しなかった理由として、低水温による摂餌率や消化吸収効率の低下が主な原因とは考えにくいことを示している。

キタムラサキウニの収穫基準となる生殖巣指数は18以上であり、漁獲時期には20以上になる個体もある⁴⁾。エゾバフンウニの成体では生殖巣指数が高い時期に日間摂餌量が低下することが知られており、この現象は生殖巣の発達と関連していると解釈されている²²⁾。本試験の実施時期は成熟・産卵時期にあたらないが、生殖巣が殻の内部の大部分を占めている状況は、ウニの摂餌量が低下する成熟期から放定期と同じ状況である。したがって、魚肉給餌によって生殖巣指数がすでに高くなってしまった後に海藻を給餌しても、海藻に由来する成分が生殖巣に蓄積することは難しいと思われる。

海藻給餌後に生殖巣指数にほとんど変化がなかった試験区5の成分は、イカナゴのみを給餌し続けた試験区6と比べると、グリコーゲン含量やアラニン、アルギニンの量は異なっていたが、遊離アミノ酸総量やバリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、スレオニン、セリン、グルタミン、チロシン、フェニルアラニン、トリプトファン、リジン、ヒスチジンでは大きな差はなく、増加量は少ないと考えられる。このことは、生殖巣指数が20前後と高くなってから海藻給餌にかえても、新たな物質が追加されにくいことを示唆している。

今回の試験では、魚肉のみを期間を変えて給餌した場合の生殖巣の成分分析や、魚肉給餌で同じ生殖巣指数になってから海藻給餌期間を変えた場合の効果試験を行っていないので、給餌された海藻の成分が生殖巣の成分に置換するのかわかりにすることはできなかった。しかし、試験区3や4のように魚肉給餌から海藻給餌にかえた後に生殖巣指数が増加している場合には、マコンプ由来の物質が新たに生殖巣内に蓄積されていることが考えられる。経験的に魚肉給餌後の海藻給餌により味が改善されたという報告^{6,7,9)}があるが、海藻と魚肉を同時に給餌して生殖巣の増重と味の改善を図ることも考えられる。このような異なる給餌方法での味や成分の比較も今後必要であろう。

魚肉を給餌した場合の遊離アミノ酸組成は、いずれの試験区(No.4~6)でも同様な組成を示したが、魚肉給餌期間を短くする(その後の海藻給餌期間を長くする)

のに伴って、バリンに対するグリシンの相対値(グリシン/バリン)は1.1,1.2,1.7と増加していた。前述した岩手県のキタムラサキウニの資料²²⁾から算出すると、グリシン/バリンの値は精巣で3.9、卵巣で3.8となり、これを海藻だけを給餌した場合の値とみなすことができる。これらの比較から、魚肉給餌後に海藻を与えることによって、本来の組成には戻らないものの、味に関連するアミノ酸の相対的な関係が改善されることがうかがえる。

以上のことから、魚肉給餌後の海藻給餌による味の変化は、魚肉由来の物質と新たに加わった海藻由来の物質との相対的な関係によって起こると推察される。

要 約

1. 瀬棚港沖に設置した浮き生け簀でキタムラサキウニの養殖を行い、魚肉(イカナゴ)給餌期間とそれに続くマコンプ給餌期間が生殖巣指数の増加や、遊離アミノ酸組成、味に及ぼす影響を調べた。
2. 魚肉給餌期間が長くなり、マコンプの給餌期間が短くなるほど、生殖巣指数、含水率、遊離アミノ酸総量、苦味に関係するバリン、食味試験における苦味の程度が増加し、逆にグリコーゲン含有量、旨味に関係するグルタミン酸、甘味に関係するグリシンとアラニンが減少するとともに、食味試験における総合的な味と甘味の評価が低下する傾向が見られた。
3. 魚肉を46日間与えて、その後海藻を52日間与えた場合には、魚肉給餌による生殖巣の品質低下を軽減できた。

謝 辞

本試験を実施するに当たり、施設の設置、保守管理、厳冬期の給餌作業においてお世話になった瀬棚町水産商工課の工藤秀磨氏、池田裕之氏、阿部 崇氏、瀬棚町漁業協同組合の職員の方々、桧山北部地区水産技術普及指導所の職員の皆さんに心から感謝を申し上げます。また、英文の校正をして頂いた Bodo college の Nils T. Hagen 博士と、原稿の作成に際して助言を頂いた函館水産試験場室蘭支場の西浜雄二博士に深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) Ayling, A. M. : The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities . Ecology , 62 , 830 - 847 (1981)
- 2) 谷口和也, 関 哲夫, 蔵田一哉: 磯焼けの機構と克服技術としての海中造林 . 野生生物保護 .1 ,37 - 50 (1995)
- 3) 名畑進一, 阿部英治, 垣内政宏: 北海道南西部大成町の磯焼け . 北水試研報 ,38 ,1 - 14(1992)
- 4) 吾妻行雄: キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究 . 北水試研報 51 ,1 - 66(1997)
- 5) 吾妻行雄: キタムラサキウニ . 漁業生物図鑑 北の魚たち, 長澤和也・鳥澤 雅編, 北日本海洋センター, 札幌 ,330 - 333(1991)
- 6) 渡島支庁渡島西部地区水産技術普及指導所: キタムラサキウニ給餌試験及び折詰め加工指導 . 水産業改良普及事業普及活動事例集 55 - 63(1990)
- 7) 松山支庁松山南部地区水産技術普及指導所: 未利用キタムラサキウニの身入り試験指導 . 水産業改良事業普及活動事例集 ,38 - 44(1991)
- 8) 植村 康, 佐藤恭成, 川村修蔵: キタムラサキウニ給餌飼育試験 . 青森県水産増殖センター事業報告 15 273 - 275(1986)
- 9) 植村 康: キタムラサキウニ給餌飼育試験 . 青森県水産増殖センター事業報告 16 256 - 270(1987)
- 10) 植村 康: キタムラサキウニ給餌飼育試験 . 青森県水産増殖センター事業報告 17 223 - 235(1988)
- 11) 吾妻行雄, 錦織孝史: 魚肉給餌によるキタムラサキウニ生殖巣の発達 第一報 生殖巣の量的な発達 . 北水試研報 37 ,59 - 66(1991)
- 12) 錦織孝史: キタムラサキウニの生殖巣増大と品質に関する試験 . 平成元年度北海道立函館水産試験場事業報告書 ,362 - 369(1989)
- 13) 渋井 正, 坂下利光, 金沢武志: キタムラサキウニの肥育試験 . 昭和48年度岩手県水産試験場年報 ,190 - 191(1973)
- 14) 渋井 正, 坂下利光, 金沢武志: キタムラサキウニの肥育試験 . 昭和49年度岩手県水産試験場年報 ,94 (1974)
- 15) 干川 裕, 高橋和寛, 田嶋健一郎, 杉本 卓: 磯焼漁場有効利用技術開発, 高蛋白餌料の開発 . 平成3年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告書 ,107 - 125(1992)
- 16) Jensen, M. L. : Age determination of echinoids . Sarsia 37 ,41 - 44 (1969)
- 17) 三輪勝利: 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 . 北水研報告 31 ,73 - 88(1966)
- 18) Unuma T. , Konishi K. , Furuita H. , Yamamoto T. and Akiyama T. : Seasonal changes in gonads of cultured and wild red sea urchin , *Pseudocentrotus depressus* . SUISANZOSHOKU 44(2) ,169 - 175 (1996)
- 19) Fuji, A. : Studies on biology of sea urchin . III Reproductive cycle of two sea urchins *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius* , in southern Hokkaido . Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. , 11 , 49 - 57 (1960)
- 20) 小俣 靖: ウニのエキス成分に関する研究 - エキス構成々分の呈味性, 日水誌 ,30 ,749 - 756(1964)
- 21) 平野敏行, 山沢 進, 須山三千三: キタムラサキウニ生殖腺のエキス成分に関する研究 . 日水誌 ,44 ,1037 - 1040(1978)
- 22) Fuji, A. : Studies on the biology of the sea urchin V. Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius* . Jap. J. Ecol. , 12 , 181 - 186 (1962)

北海道東部におけるウガノモクの
初期形態形成と成長

名 畑 進 一・酒 井 勇 一

ウガノモクの卵をクレモナ糸に着生させて養殖し、天然群落で基質面の剥離を行った。ウガノモクの茎葉は全長が3 cmに達する頃まで分岐しなかった。主枝は全長が約3 cm以上で形成され、この頃には分岐する茎葉もみられたが、その割合は低かった。形成初期の茎葉と主枝には頂端に成長点のあるくぼみが明瞭に認められた。発芽後の初期成長は緩慢で、1年後に大型個体で4.3~10.9 cmであった。1年後には成熟しなかったが、2年後には約20%の個体が成熟した。

A 275 北水試研報 51 1 - 8 1998

回流水槽による北海道南西沿岸の
魚類の行動観察

今 井 義 弘, 高 谷 義 幸

北海道南西沿岸で漁獲される主要な魚類であるホッケ、キツネメバルおよびアイナメの3種について、回流水槽内での行動形態から、走流性と耐流性を検討し魚類間で比較した。流速が0.0 cm/sから77.8 cm/sまで増加するにしたがい、ホッケは水槽の上流部、キツネメバルは下流部を中心に移動した。アイナメは流速にかかわらず、移動範囲が狭く停滞することが多かった。流れに対する頭部方向と尾鰭振動数により推定した走流性は、ホッケが最も強く、キツネメバルが次いでおり、アイナメは弱いと考えられた。また、遊泳位置や遊泳不能になった流速から考えると、ホッケはキツネメバルよりも遊泳能力が優れていると推察された。

A 276 北水試研報 51 9 - 16 1998

キタムラサキウニ養殖における生殖巣の
質に及ぼす魚肉給餌の影響

干 川 裕, 高 橋 和 寛, 杉 本 卓,
辻 浩 二, 信 太 茂 春

北海道南西部の瀬棚町沖で、1991年11月から1992年2月の間、魚肉（イカナゴ）給餌とその後の海藻（マコンブ）給餌の期間を変えて、キタムラサキウニのかごによる垂下養殖試験を実施した。魚肉のみを給餌した区のウニの生殖巣は、生殖巣指数が20前後と高く、含水率は76.4%、遊離アミノ酸総量は46 mg/g 湿重であり、生殖巣の味は、苦味に関連するバリニン（4.8 mg/g）の増加と、旨味や甘味等に関係するグルタミン酸（0.65 mg/g）、グリシン（5.3 mg/g）、アラニン（93 mg/g）、グリコーゲン（3.7%）の低下により評価が悪かった。魚肉を46日間与えて、その後海藻を52日間与えた場合には、魚肉給餌による生殖巣の味の悪化を軽減できた。

A 277 北水試研報 51 17 - 24 1998