北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの季節的移動

吾妻行雄, 川井唯史

(1996年8月8日受付)

Seasonal Migration of the Sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in
Oshoro Bay of Southwestern Hokkaido, JapanYukio Agatsuma^{*1,*2} and Tadashi Kawai^{*3}

Seasonal migration of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* between intertidal and subtidal zone were investigated from May 1994 through December 1995 in Oshoro Bay of southwestern Hokkaido, Japan. The over 1-year-old sea urchins over 20 mm in test diameter remarkably showed seasonal migration in compliance with the request of algal foods. The sea urchins with the growing stage of gonads inhabit in crustose corallines dominated subtidal zone from April to July, because drift algae for foods were abundantly provided from intertidal zone where *Laminaria religiosa* dominated. The sea urchins migrated to search for algal foods to intertidal zone from July to October when their gonads were growing, pre-mature and/or mature stage, and to subtidal zone from November to March when their gonads were recovering stage due to run out of algal foods and to be affected by high wave action in an intertidal zone. The yearling sea urchins inhabited in subtidal zone throughout the year.

キーワード: キタムラサキウニ, 移動, 索餌, 摂食, 生殖周期

キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* は、エゾパフンウニ *S. intermedius* とともに北海道と東北地方沿岸における重要な漁業対象種である。本種の北海道における漁場は、日本海、津軽海峡沿岸、えりも岬以西の噴火湾を含む太平洋沿岸である。¹⁾ しかし、積丹半島以南の日本海沿岸では、餌料となる大型海藻が極めて少なく、エゾイシゴロモ *Lithophyllum yessoense* などのサンゴモ科紅藻が優占する“磯焼け”と呼ばれるサンゴモ平原²⁾が長期間持続しているため、キタムラサキウニが7個体/m²以上と高密度に生息するにもかかわらず、³⁻⁵⁾成長の遅滞や生殖巣の発達が極めて悪いためにほとんど利用されていない。³⁾ この海域のサンゴモ平原はキタムラサキウニの過剰な摂食圧で持続し、しかも多数生息するウニは利用できないという悪循環が続いていた。最近、ウニを除去することによって、大型海藻群落の造成が可能となった。³⁾ このように、キタムラサキウニの成長や生殖巣の発達は餌料となる海藻⁶⁻⁸⁾の質と量に影響され、⁹⁻¹²⁾海藻群落の組成はキタムラサキウニの摂食圧

に影響される。

これまで、キタムラサキウニのコンブ類に対する摂食量¹³⁻¹⁵⁾や摂食量の海藻による差異、¹⁶⁾摂食活動に及ぼす水温や波浪の影響、¹⁵⁻¹⁸⁾ならびに海藻による摂食選択性¹⁶⁾など、キタムラサキウニ個体群と海藻群落の相互関係を解明する基礎となる知見が得られてきた。しかし、両者の相互関係を天然域において季節的に調べた報告はない。

サンゴモ平原が広範囲にみられる北海道南西部沿岸においても、潮間帯では海藻が生育する。^{4,5)}このため、潮間帯から漸深帯へ移行する水深帯においては、ウニの摂食圧と海藻の現存量とのバランスが最も変化すると考えられる。そこで、このような水深帯に実験区を設定し、ウニの分布と海藻の消長との季節的な相互関係を明らかにしたので報告する。

材料および方法

北海道小樽市忍路湾奥部の水深0 m付近の平磯上か

^{*1} 北海道原子力環境センター (Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Miyaoka, Kyowa, Hokkaido 045-01, Japan).

^{*2} 現住所: 東北大学農学部水圏植物学研究室 (Laboratory of Applied Aquatic Botany, Faculty of Agriculture, Tohoku University, Tsutsumidori-Amamiya, Aoba, Sendai, Miyagi 981, Japan).

^{*3} 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka, Yoichi, Hokkaido 046, Japan).

Fig. 1. Map showing the area surveyed and topography of the experimental station.

ら水深3mの沖出し15mまで1m間隔にビニール・テープで印をつけた鉄製チェーンを1994年4月20日にロック・ハーケンで海底に固定し、チェーンを中心とした幅2mの範囲を実験区とした (Fig. 1)。チェーン上1m間隔に水深と1m²の方形枠を用いて底質の状態を記録した。

キタムラサキウニの分布密度と殻径組成を把握するために、1994年5月から1995年12月にかけてはほぼ1回の割合で、実験区の1m間隔毎に生息するすべてのキタムラサキウニの個体数と殻径を海中で測定した。また、摂食活動と密接に関係する生殖巣の発達過程¹⁵⁾を知るために、実験区の4~6mの急斜面から緩斜面にいたる地点に相当する周辺の水深1.5m前後の海底から、性成熟に達した殻径45mm以上のキタムラサキウニ成体¹⁹⁾を毎月20個体ずつ採集して殻径、体重および生殖巣重量を測定し、生殖巣指数 (生殖巣重量×100/体重) を求めた。さらに、Fujiの区分²⁰⁾に従い、生殖巣の成熟段階を記録した。

一方、キタムラサキウニの餌料となる海藻の分布域と出現種ならびに流れ藻の出現状況と種組成を記録した。また、群落を周年形成するホソメコンブ *Laminaria religiosa* については、実験区の基点から2~4mの範囲に相当する近傍の2m²の範囲から採集し、葉長 (mm) と個体数を測定するとともに、ウニによる摂食痕を観察した。

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

Fig. 2. Distribution of bottom characters in the experimental station.

結 果

環境 実験区の水深を平均水位に換算すると、基点から3mは水深30cmの平磯上、3mを平磯突端部として5mの水深1.5mまでは急斜面、5mから15mの水深2.7mまでは緩傾斜面が続いていた (Fig. 1)。忍路湾の潮位差が約50cmであることが知られているので、平磯上は潮間帯、急斜面から緩斜面にかけては漸深帯に相当する。実験区の底質は、平磯は平坦な岩盤で占められ、5mより沖側は礫あるいは玉石が主体となり、7~8mに一部平坦な岩盤と10~11mに転石が分布した (Fig. 2)。

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

Fig. 3. Seasonal variations of sea surface water temperature and Beaufort wind scales in the winds of N, NW and W direction from May 1994 through December 1995 at the experimental station.

した。9月中旬以降急激に低下し、12月下旬には5°Cに達した (Fig. 3)。

忍路湾湾奥部は北、北西および西の3方向の風が強まると風浪が高くなることが経験的に知られているので、北、北西、西風の吹いた日とその Beaufort 風力階級を求めた (Fig. 3)。3 風向の風は11~6月に多く出現し、中でも風力階級4以上の日は特に11月から4月までに多かった。この期間には実験区において風浪が高かった。一方、5~10月に出現した風は風力階級3以下であり、特に1995年7月は1以下であり、この期間には風浪は低かった。

海藻の季節的消長 調査期間中に実験区に生育した海藻の分布域と流れ藻の出現場所の季節変化を Fig. 4 に示した。海藻の分布域は、10月から12月にかけては平磯に限定されていたが、2月には特異的に急斜面を越えて水深約2.7 mの緩斜面終端近くに達した後、3月から8月ないし9月にかけては急斜面の終端 (水深1.5 m) まで縮小した。

ホソメコンブは、平磯上に周年安定した群落を形成しており、2月から9月にかけては急斜面の終端まで分布を拡大した。ホソメコンブの分布下限付近に3月から9月にみられる海藻は、アナアオサ *Ulva pertusa* であり、3月にはこれに加えてケウルシグサ *Desmarestia viridis*、スシメ *Costaria costata*、カヤモノリ *Scytosiphon lomentaria*、モロイトグサ *Polysiphonia morrowii*

Fig. 4. Distributions of *Laminaria religiosa* (solid lines) and other marine algae (broken lines), and locations of drifting marine algae (+) in the experimental station from May 1994 through December 1995.

Fig. 5. Density (filled circles) and mean blade length (open circles) of *Laminaria religiosa* collected at 0.3 m depth near the experimental station from February 1995 through December 1995.

と多数生育した。また、2月に特異的に分布域を大きく拡大したのはエゾヒトエグサ *Monostroma angicava* の生育が寄与している。これら、直立する海藻の分布がみられない範囲には無節サンゴモのみが生育した。一方、流れ藻は急斜面終端付近に3月から10月に認められた。3月から4月にはエゾヒトエグサ、ケウルシグサ、ワカメ *Undaria pinnatifida* であったのに対し、5~10月にはアナアオサとホソメコンブであった。

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

キタムラサキウニの移動 キタムラサキウニの密度の季節変化を平磯(基点から3 m)、急斜面(3~5 m)、緩斜面(5~15 m)に分けてFig. 6に示した。キタムラサキウニは1994年5月と6月には緩斜面のみに生息していたが、7月以降徐々に岸側に移動し、9~12月には急斜面で著しく増加し、潮間帯の平磯へ侵入する個体も現れた。1995年2月以降になると、平磯上はもとより急斜面から徐々に減少するのに対して緩斜面で増加していき、4月と5月には急斜面より浅いには全く生息が認められなくなった。そして、6月以降になると前年と同様に再び急斜面で増加していき、9月には急斜面で最も多く生息するようになった。10月~12月には平磯でも増加した。また、急斜面と平磯で密度が増加した7月~12月には、緩斜面では10個体/m²前後の安定した密度で推移した。このように漸深帯に生息するキタムラサキウニの一部は、急斜面と緩斜面とを境にして、9~12月には岸側へ、4~6月には沖側へと主な分布域を移動させることが明らかとなった。

Fig. 6. Seasonal changes in density of *Strongylocentrotus nudus* by three subzones of 0-3, 3-5 and 5-15 m in the experimental station from May 1994 through December 1995.

次に、キタムラサキウニの季節的な移動と年齢との関係を把握するために、殻径組成を平磯、急斜面、緩斜面にわけてFig. 7に示した。1994年5月および6月には20~24 mm, 34~38 mmならびに44~48 mmの殻径を中心とする3群で構成されていた。7月には前年に発生したと考えられる殻径10 mm前後の群が加入したので、これら3群はそれぞれ満1, 2, 3歳群とみなされる。新規加入群は1995年においても7月から認められた。急斜面から岸側での個体数が多かった9~12月の岸側における殻径組成は、緩斜面の殻径組成を反映していた。しかし、岸側においてはいずれの月においても殻径20 mm以上の1歳群以上で大型の高齢な個体は多く、新規加入の当歳群は全く認められなかった。

キタムラサキウニの移動と生殖周期との関係を把握するため、実験区4~6 mの急斜面から緩斜面へ移行する範囲に相当する周辺で採集した個体の生殖巣指数と成熟段階の季節変化をFig. 8に示した。生殖巣指数は1994年5月の14.9から9月の20.2へとほぼ直線的に上昇した後、10月には5.0へと急激に下降した。指数は1995

Fig. 7. Seasonal changes in size frequency distributions of *Strongylocentrotus nudus* by three subzones of 0-3, 3-5 and 5-15 m in the experimental station from May 1994 through December 1995.

Fig. 8. Seasonal changes in gonad indices and gonad developmental stages of *Strongylocentrotus nudus* from May 1994 through December 1995 collected around the depth range of 1.0 to 1.6 m in the experimental station.

年2月まで5.1~6.6の低い値で経過した後、3月から上昇を始めて4月下旬には15.1に達し、その後7月下旬まで15.1~16.2の範囲内で変動した。8月以降10月下旬にかけて指数は13.1から5.7へと下降し、以後12月まで6.0~6.2で推移した。生殖巣の成熟段階は、指数が上昇期にある5月から7月には成長期の個体が70~100%を占めていたが、指数が最も高くなる9月には80%の個体が成熟前期へ移行し、一部成熟後期の個体も出現した。指数が急激に低下した10月には90%の個体が放出期となり、さらに12月には回復期へ移行した個体が45%を占めた。1995年2月には70~80%の個体が回復期にあり、指数が上昇し始める3月には80%の個体が成長期となった。さらに、指数が比較的高い水準で推移する4~8月には長期間にわたって40~85%の個体が成長期にあり、15~60%の個体が成熟前期にあった。9月には75%の個体が成熟後期へ、10月には85%が放出期へ移行し、さらに12月には回復期の個体が大部分を占めた。このように、キタムラサキウニが急斜面より岸側へ移動し、岸側の個体数が増加した7~12月には生殖巣が成長期から回復期へと移行する時期に相当した。

考 察

殻径20 mm以上のキタムラサキウニの一部は、4~6月には深所の無節サンゴモ群落へ、9~10月には浅所のホソメコンブ群落の周辺へと明瞭に季節的な深浅移動を行うことが明らかになった (Figs. 6, 7)。

深所の無節サンゴモ群落に主として生息する4~6月には、生殖巣が成長期にあり (Fig. 8)、水温の上昇にともなって摂食量を最も増加させる。¹³⁾ この時期には冬~春季に生育するエゾヒトエグサ、ケウルシグサ、ワカメ、アナアオサなどに加えて平磯からホソメコンブが流れ藻となって深所に供給されているため (Fig. 4)、キタムラサキウニの摂食量は充足していたとみなして良い。7~9月になると生殖巣が成長期から成熟前期へと推移し、水温との関係で行動が最も活発になる。¹⁵⁾ この時期には深所への流れ藻の供給が低下するため、一部のキタムラサキウニはホソメコンブ群落周辺へ移動し、7月から12月までに採集したホソメコンブにはすべて食害痕がみられたことで明らかに平磯から垂下するホソメコンブを直接摂食して生殖巣の発達に資している。また、年間で最も静穏な時期であるため、速い流速による行動と摂食に対する強い制約^{17,18)}がないことも浅所への移動と藻体への直接的な摂食を可能とする条件になっている。しかし、ホソメコンブ群落内部にはほとんど侵入しなかったのは高密度の群落による“掃き出し作用 (Sweeping action)”²¹⁾によると考えられる。カリフォルニア半島沿岸に生息するオオキタムラサキウニ *S. franciscanus* も流れ藻が供給されている時期には流れ藻を、それが減少すると生息しているオオウキモ *Macrocystis pyrifera* を直接摂食すると報告されている。²²⁻²⁵⁾

生殖巣が十分に成熟して9~10月の放出期を経た後、12~3月の回復期には徐々に深所へ移動し、深所で4~6月の成長期をむかえる。放出期には摂食量が年間で最も低下するが、回復期へ推移すると再び増加する。¹³⁾ この時期は、ホソメコンブ密度の著しい低下と末枯れ (Fig. 5) によって群落周辺での餌料は充足されず、また年間で最も波浪が高いため (Fig. 3)、キタムラサキウニは常に海水が動揺する浅所から深所へ移動する。

以上のように、キタムラサキウニの季節的な深浅移動は生殖巣の発達段階と関連した摂食量の変化¹⁵⁾ にもとづく索餌活動が最も主要な要因であると結論される。

殻径10 mm以下の当歳個体が周年深所の無節サンゴモ群落にとどまっていたのは (Fig. 7)、キタムラサキウニの発生の場が無節サンゴモ群落であること²⁶⁾に加えて、10 mm以下の当歳個体は付着珪藻や小型海藻を主として摂食する発育段階にあるため、²⁷⁾ 索餌移動を必要としないことによると考えられる。

謝 辞

本稿は、東北大学農学部教授谷口和也博士に御校閲いただいた。また、北海道大学理学部忍路臨海実験所信太郎氏には調査に際し終始ご協力いただいた。ここに記して深く謝意を表す。

文 献

- 1) 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，1991，pp. 330-333.
- 2) A. M. Ayling: The role of biological disturbance in temperate subtidal encrusting communities. *Ecology*, **62**, 830-847 (1981).
- 3) 吾妻行雄，松山恵二，中多章文，川井唯史，西川信良：北海道日本海沿岸のサンゴモ平原におけるウニ除去後の海藻群落の遷移。日水誌，印刷中。
- 4) 藤田大介：北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布。南紀生物，**31**, 109-114 (1989).
- 5) 名畑進一，阿部英治，垣内政宏：北海道大成町の磯焼け。北水試研報，**38**, 1-14 (1992).
- 6) 川村一広：浦河町東栄のキタムラサキウニについて，北水試月報，**21**, 510-524 (1964).
- 7) 秋元義正，天神 傑：永崎禁漁区内のキタムラサキウニの生態について。福島水試研報，**2**, 19-29 (1974).
- 8) 沢田 満，三木文興，足助光久：キタムラサキウニの生態に関する研究 II 移動と食性。青水増資料，S.52-No. 11, 1-9 (1978).
- 9) 吾妻行雄，元谷 怜，佐々木善則，加藤 剛：福島町浦和におけるキタムラサキウニの生態。北水試月報，**43**, 126-136 (1986).
- 10) 佐藤恭成，能登谷正浩：褐藻ツルアラメ *Ecklonia stolonifera* のサザエ，ウニおよびアワビに対する餌料価値。日水誌，**54**, 1451 (1988).
- 11) 吾妻行雄：北海道津軽海峡沿岸におけるキタムラサキウニ個体群の変動とその要因。水産増殖，**42**, 207-213 (1994).
- 12) 吾妻行雄，菅原義雄：キタムラサキウニの生殖周期と餌料摂取について 第2報消化管内容物量と殻重量の季節変化。北水試研報，**30**, 43-49 (1988).
- 13) 吾妻行雄，中多章文，松山恵二：キタムラサキウニのホソメコブに対する摂餌と同化。北水試研報，**40**, 21-29 (1993).
- 14) 町口祐二：キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* 天然種苗の成長と摂餌について。北水研報告，**57**, 81-86 (1993).
- 15) 吾妻行雄，松山恵二，中多章文：北海道忍路湾におけるキタムラサキウニ摂食活動の季節変化。日水誌，**62**, 592-597 (1996).
- 16) 町口祐二，水島純雄，三本菅善昭：キタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* の飼育下における摂餌選択性，北水研報告，**58**, 35-43 (1994).
- 17) 川俣 茂，足立久美子，山本正昭：キタムラサキウニに及ぼす波浪の影響。平成6年度日本水産工学会学術講演会講演論文集，1994，pp. 85-88.
- 18) 谷野賢二，明田定満，佐藤 仁，松山恵二，吾妻行雄，中多章文：ウニの摂餌活動に及ぼす物理環境要因について。テクノオーシャン94国際シンポジウム論文集，**1**, 195-198 (1994).
- 19) A. Fuji: Studies on the biology of the sea urchin II. Size at first maturity and sexuality of two sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* and *S. nudus*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **11**, 43-48 (1960).
- 20) A. Fuji: Studies on the biology of the sea urchin I. Superficial and histological changes in gametogenic process of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, **11**, 1-14 (1960).
- 21) B. Velimirov and C. L. Griffiths: Wave-induced kelp movement and its importance for community structure. *Botanica Marina*, **22**, 169-172 (1979).
- 22) J. E. Mattison, J. D. Trent, A. L. Shanks, T. B. Akin, and J. S. Pearse: Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. *Mar. Biol.*, **39**, 25-30 (1977).
- 23) M. J. Tegner and P. K. Dayton: Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *S. purpuratus*) in a kelp forest. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **5**, 255-268 (1981).
- 24) T. A. Dean, S. C. Schroeter, and J. D. Dixon: Effect of grazing by two species of sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus* and *Lytechinus anamesus*) on recruitment and survival of two species of kelp (*Macrocystis pyrifera* and *Pterygophora californica*). *Mar. Biol.*, **78**, 301-313 (1984).
- 25) C. Harrold and D. C. Reed: Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure. *Ecology*, **66**, 1160-1169 (1985).
- 26) K. Taniguchi, K. Kurata, T. Maruzoi, and M. Suzuki: Dibromomethane, a chemical inducer on settlement and metamorphosis of the sea urchin larvae. *Fisheries Sci.*, **60**, 795-796 (1994).
- 27) 増殖場造成指針作成委員会：増殖場造成指針，社団法人全国沿岸漁業振興開発協会，地球社，東京，1987，p. 180.