

助成番号 0119

## 磯焼けの診断指針の開発に関する生態学的研究

助成研究者 吾妻 行雄(東北大学大学院農学研究科)

共同研究者 谷口 和也(東北大学大学院農学研究科)

磯焼けを克服するには、まず漁場を生態学的な根拠にもとずいて正確に診断する必要がある。沿岸岩礁域は、海中林とサンゴモ平原が縮小と拡大を繰り返すサイクリックな遷移の一過程を反映する(谷口・長谷川 1999)。したがって、現在の漁場の海藻遷移の進行系列を藻体の大きさと寿命にもとづく5生活形群の交代過程(谷口 1996)として把握することにより、現在の漁場を診断することが可能である。一方、海藻を主要な食物とするウニの成長と生殖巣の発達に漁場の海藻遷移の進行系列あるいは各進行系列の海藻構成種によって左右されるのであれば、漁場をより簡便に診断できる指標になると考えられる。そこで、秋田県男鹿市と八森町のそれぞれ3地先で、バフンウニとキタムラサキウニの成長および生殖巣の発達と漁場の海藻遷移の進行系列と構成する海藻の種類との対応関係を調べた。また、宮城県のアラメ海中林の形成される塩釜市と歌津町においても同様に調べた。生育した海藻の生活形分類により、男鹿ではヒバマタ目海中林が優占する極相に、八森では小型多年生海藻が優占する途中相にあると判断された。バフンウニの成長と生殖巣の発達は、極相に達しているヒバマタ目海中林で最も良く、途中相の中でもツノマタ優占群落にそれに次ぎ、植食動物の摂食を阻害する化学的防御物質を生産するアミジグサ科とソゾ属の優占群落ではもっとも低下した。キタムラサキウニの成長と生殖巣の発達も極相に達している漁場で最も良かった。しかし、ヒバマタ目海中林に比べて、アラメ海中林での成長がコンブ属褐藻と同様に極めて速く、生殖巣も著しく発達した。途中相では、バフンウニと同様に、構成海藻が化学的防御物質を生産するか否かによって成長と生殖巣の発達の相違が認められた。また、始相をなす無節サンゴモ群落での成長と生殖巣の発達は、途中相に比較してさらに低下する(吾妻 1997)ことから、本種の成長と生殖巣の発達は漁場の遷移の進行系列を明瞭に反映すると結論された。



## 磯焼けの診断指針の開発に関する生態学的研究

助成研究者 吾妻 行雄(東北大学大学院農学研究科)

共同研究者 谷口 和也(東北大学大学院農学研究科)

## 1. 研究目的

近年、日本や韓国沿岸では黒潮および対馬暖流の強勢な高水温・低栄養な海況条件が持続しているために、海中林が浅所へ著しく縮小する磯焼け現象が広範に認められている。特に、黒潮の海況下にある伊豆半島や紀伊半島などの西日本太平洋沿岸では、海中林の消失による漁業生産の著しい低下がもたらされ、極めて深刻な問題となっている。

磯焼けを克服するには、まず漁場を生態学的な根拠にもとづいて正確に診断する必要がある。沿岸岩礁域は、海中林とサンゴモ平原が縮小と拡大を繰り返すサイクリックな遷移の一過程を反映している(谷口・長谷川 1999)。したがって、現在の漁場の海藻遷移の進行系列を藻体の大きさと寿命にもとづく5生活形群の交代過程(谷口 1996)として把握することにより、現在の漁場を診断することが可能である。いままで、アラメ海中林およびヒバマタ目海中林の極相群落へは、いずれも小型1年生海藻と殻状海藻の入植による始相、続いて殻状海藻および小型多年生海藻が優占する、それぞれ途中相初期および後期の進行系列を経て到達することが明らかにされている(谷口 1996, 中林ら 1999)。一方、沿岸岩礁域において、海藻を主要な食物とするウニの成長と生殖巣の発達、海藻の種類や現存量によって大きく左右されることが、北海道南部沿岸の漁場で明らかにされてきた(吾妻 1997)。そこで、ウニの成長と生殖巣の発達が漁場の海藻遷移の進行系列あるいは各進行系列の海藻構成種によって左右されるのであれば、漁場をより簡便に診断できる指標になると考えられる。

本研究では主に東北以北に分布するキタムラサキウニと北海道太平洋、オホーツク沿岸ならびに沖縄県を除く日本の全沿岸に分布するバフンウニの成長と生殖巣の発達が、漁場の海藻遷移の進行系列と構成する海藻の種類をどのように反映するのかを明らかにすることを目的とする。

## 2. 研究方法

バフンウニとキタムラサキウニの成長および生殖巣の発達と漁場の海藻遷移の進行系列との対応関係を明らかにするために、秋田県男鹿市北浦、湯の尻、西黒沢と八森町チゴキ

崎, 岩館, 滝の間で調査した。また, アラメ海中林の極相域におけるキタムラサキウニの成長と生殖巣の発達を明らかにするために, 宮城県塩釜市寒沢島および歌津町石浜と唐島沿岸で調査を行った。調査は海藻の現存量が年間極大期に相当する6月から7月に実施した。秋田県男鹿市と八森町では, それぞれ水深10mおよび6mまで, 水深1m毎に50cm×50cmの方形枠を4枠置き, 枠内に生育する採集の困難な無節サンゴモを除いた海藻を採集した。また, 各地点で1m×1mの方形枠を4枠置いて, 枠内に生息するバフンウニとキタムラサキウニを計数するとともに, 任意に30個体ずつ採集した。採集した海藻は種別の湿重量を測定し, 谷口(1996)にしたがって, 殻状海藻, 小型1年生海藻, 小型多年生海藻, 大型1年生海藻, ならびに大型多年生海藻の5生活形群に区分した。宮城県の3地先では, 水深8m以浅のアラメ海中林内で, それぞれ殻径4-5cm以上の漁獲サイズに達したキタムラサキウニを50-73個体採集した。両地区で採集したウニは殻径と体重を測定し, 生殖板に形成される輪紋数により年齢を査定した(Jensen 1969, 川村 1973)。個体数の多かった秋田では, 年級群毎に接眼マイクロメータにより計測した第5生殖板の最大横幅と殻径との一次回帰式を求めて, 同時に測定した各輪紋の最大横幅より年齢と殻径との関係を求めた。また, 生殖巣の発達を調べるために, キタムラサキウニは男鹿市西黒沢および八森町滝の間とチゴキ崎の3地先で採集した個体を, また, バフンウニは生殖巣が発達し始める9月に, 岩館を除く5地先で, 分布が認められる水深5m以浅で水深別に採集した個体を用いて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。ただし, キタムラサキウニとバフンウニはすでに性成熟サイズに達している, それぞれ殻径45mm以上(Fuji 1960)および殻径30mm以上(川名 1938)の個体を用いた。

### 3. 研究結果と考察

#### 1) 生活形群別海藻現存量

秋田県男鹿市と八森町沿岸の生活型別の海藻現存量の垂直分布をキタムラサキウニとバフンウニの密度とともにFig.1と2に示した。男鹿では, いずれの地先で水深5~7m以浅でスギモク, ヤツマタモク, マメタワラ, ならびにノコギリモクを中心とした大型多年生のヒバマタ目褐藻が1kg/m<sup>2</sup>以上の現存量で生育した。他の生活形群は300g/m<sup>2</sup>未満と極めて少なかった。バフンウニは湯の尻を除いて, 水深2m以浅の浅所で密度が高く, キタムラサキウニの密度は直立する海藻が生育せず, 無節サンゴモが優占する水深7mあるいは9m以深で高かった。八森では, 大型多年生海藻の現存量は極めて少なく, 小型多年生海藻の現存量が多かった。特に, 滝の間では紅藻ツノマタが優占し, 水深1mでは2kg/m<sup>2</sup>以上の現存量を示した。バフンウニは男鹿と同様に浅所で密度が高く, キタムラサキウニは水深4m以深で高かった。両地区沿岸では未同定の4種を含む合計38種の小型多年生海藻が出現した。特に, 八森では男鹿に比べてその種数が多く, この中でテルペンを生産するアミジグサ科とゾソ属紅藻の出現種数が多い傾向が認められた(Table 1)。

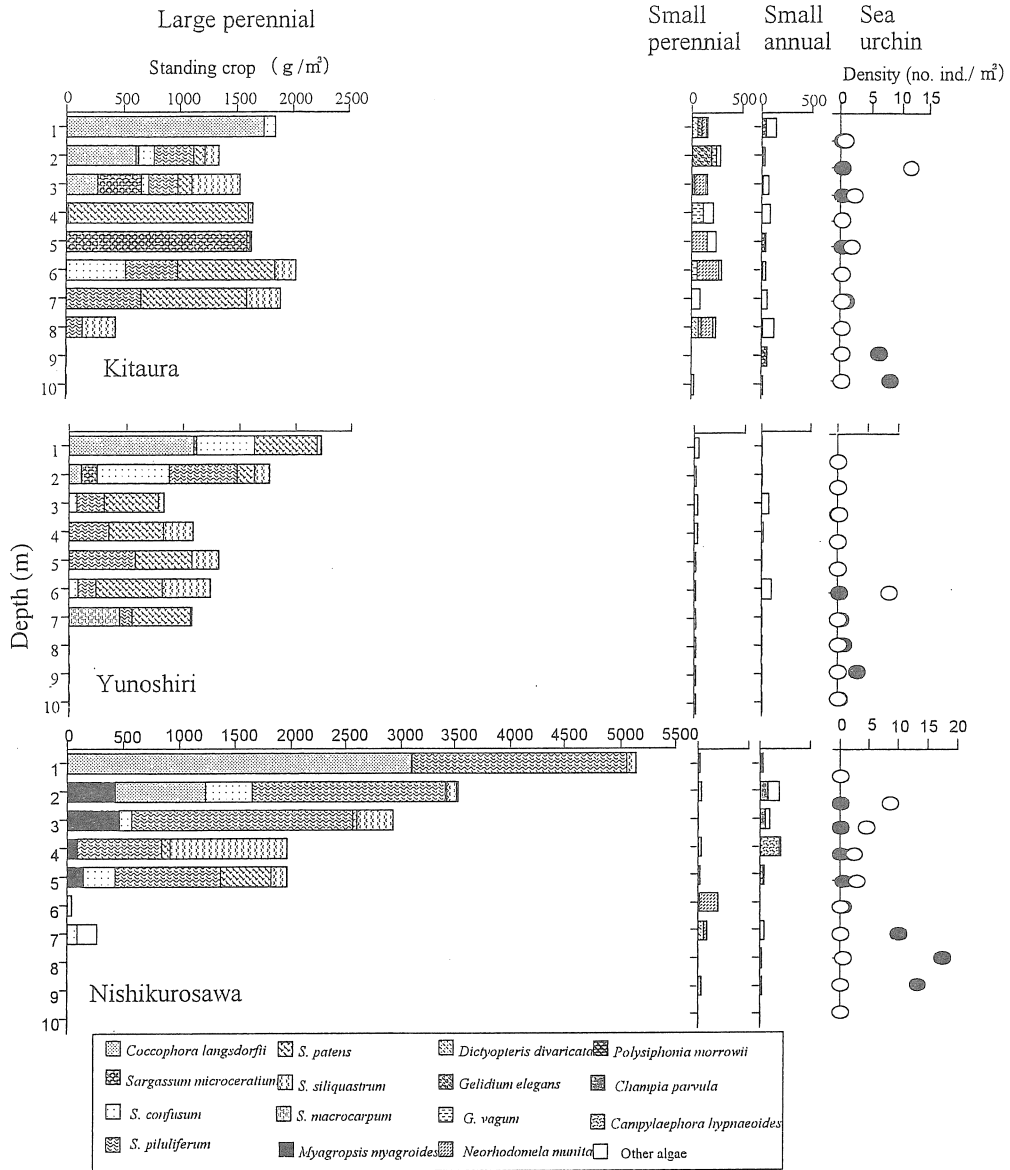


Fig. 1. Vertical standing crop of algae by each life form and density of *Hemicentrotus pulcherrimus* and *Strongylocentrotus nudus* in Oga. Empty and solid circles represent *H. pulcherrimus* and *S. nudus*, respectively.

## 2) 成長

男鹿と八森いずれにおいても卓越して出現したバフンウニの1995年級群と1996年級群の年齢と殻径との関係をFig. 3に示す。ヒバマタ目海中林が優占群落を形成する男鹿では、満1歳で殻径5-8mm, 2歳で20mm前後, そして3歳で約30mmに成長した。これに対して小型多年生海藻が優占する八森沿岸において、ツノマタが優占する滝の間での

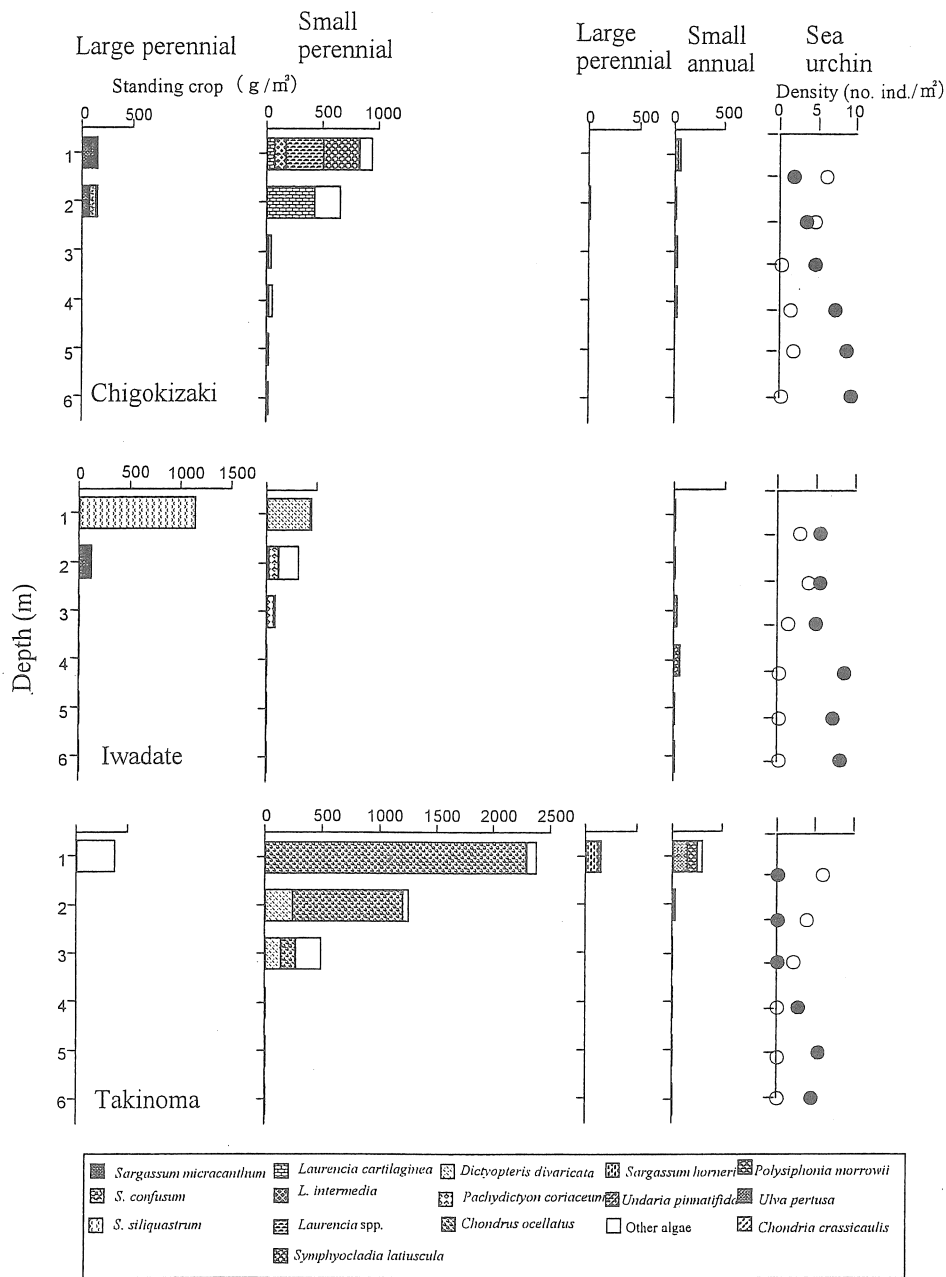


Fig. 2. Vertical standing crop of algae by each life form and density of *Hemicentrotus pulcherrimus* and *Strongylocentrotus nudus* in Hachimori. Empty and solid circles represent *H. pulcherrimus* and *S. nudus*, respectively.

成長は男鹿とほぼ同等であった。しかし、化学的防御物質を生産する海藻が優占するチゴキ崎と岩館では、1歳で5 mm 前後、2歳で15 mm 前後、そして3歳で約20 mm と成長は極めて遅かった。キタムラサキウニの年級群別の成長を同様に Fig. 4 に示す。男鹿の3地先3地先沿岸では、漁獲制限殻径の50 mm に達する年齢は満4-5歳であり、八森

Table 1. List of small perennial algae collected at Oga and Hachimori.

Asterisks show the chemical defensive algae.

Species	Oga			Hachimori			Chemical defense
	Kitaura	Yunoshiri	Nishikurosawa	Chigokisaki	Iwadata	Takinoma	
<i>Dictyota dichotoma</i>	+	+	+	+	+	+	*
<i>D. linearis</i>	+	+	+	+		+	*
<i>Dictyota</i> sp.				+	+	+	*
<i>Dilophus okamurae</i>	+	+		+		+	*
<i>Pachydictyon coriaceum</i>				+	+	+	*
<i>Dictyopteris divaricata</i>	+	+	+	+	+	+	*
<i>D. undulata</i>	+	+			+	+	*
<i>D. prolifera</i>		+		+	+	+	*
<i>Pandina crassa</i>				+	+		*
<i>Portieria hornemannii</i>				+	+		
Articulated corallines	+	+	+	+	+	+	
<i>Lomentaria catenata</i>				+		+	
<i>Gelidium elegans</i>	+					+	
<i>G. vagum</i>	+	+	+				
<i>Pterocladia capillacea</i>	+						
<i>Gelidium</i> sp.	+					+	
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>				+		+	
<i>Chondracanthus intermedius</i>				+	+	+	
<i>C. tenellus</i>						+	
<i>Chondrus ocellatus</i>						+	
<i>Acrosorium yendoi</i>	+	+	+	+	+	+	*
<i>A. polyneurum</i>	+	+		+	+	+	*
<i>A. flabellatum</i>	+	+	+		+		*
<i>Acrosorium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	*
<i>Laurencia cartilaginea</i>	+			+	+	+	*
<i>L. intermedia</i>				+		+	*
<i>L. undulata</i>	+	+		+			*
<i>L. pinnata</i>				+		+	*
<i>L. venusta</i>				+	+	+	*
<i>L. capituliformis</i>				+		+	*
<i>L. saitoi</i>	+						*
<i>L. okamurae</i>	+			+	+		*
<i>Laurencia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	*
<i>Symphyocladia latiuscula</i>	+	+		+	+	+	*
<i>S. marchantioides</i>	+	+	+	+	+	+	*
<i>S. pennata</i>	+	+	+	+	+	+	*
<i>Neorhodomela aculeata</i>	+						*
<i>N. munita</i>	+		+				*
Total	24	17	12	27	21	28	
No. of chemical defensive algae	19	15	10	22	18	20	

の滝の間では満6歳であった。これに対して、チゴキ崎と岩館では満7歳以上とバフンウニと同様に成長は遅かった。宮城県のアラメ海中林におけるキタムラサキウニは、満2歳ですでに殻径50mmを越えた。特に、寒沢島と唐島のアラメ海中林では、満3歳で殻径60mm台に達し、男鹿のヒバマタ目海中林に比較しても成長は極めて速かった (Fig. 5)。

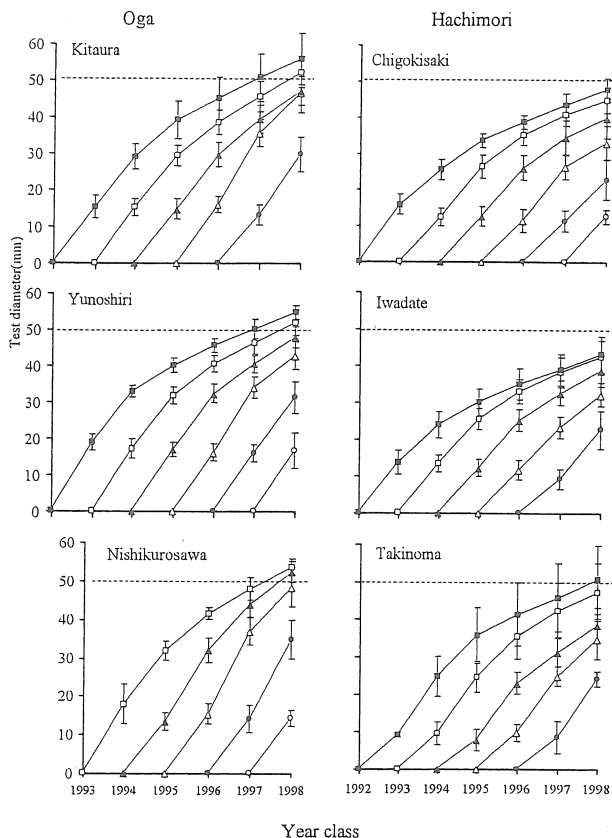


Fig. 4 Growth of *Strongylocentrotus nudus* by each year class in Oga and Hachimori

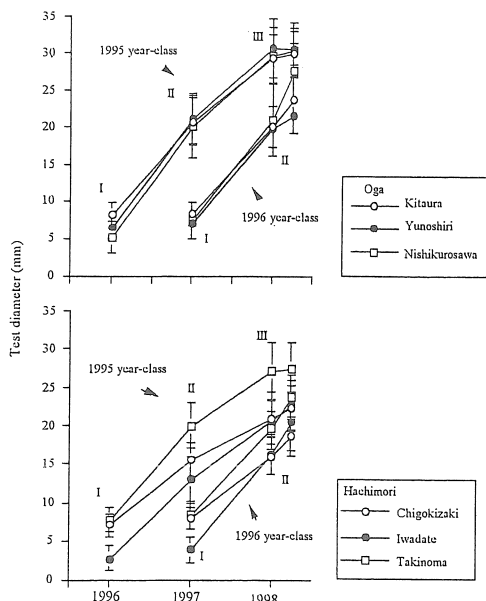


Fig. 3. Growth of 1995 and 1996 year-classes of *Hemicentrotus pulcherrimus* in Oga and Hachimori. Roman numerals indicate age.

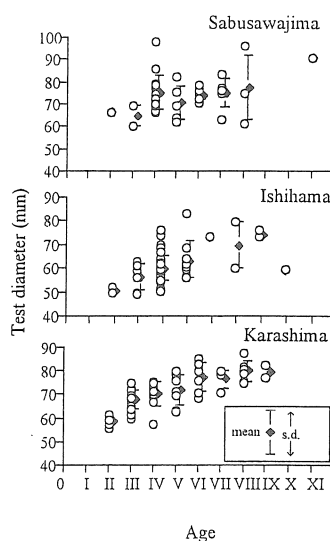


Fig. 5. Relationship between age and test diameter of *Strongylocentrotus nudus* in Miyagi Prefecture. *Eisenia bicyclis* in Miyagi Prefecture.



### 3) 生殖巣の発達

男鹿と八森沿岸におけるバフンウニの生殖巣指数の組成を Fig.6 と 7 に示す。男鹿ではいずれの地先でも指数は 12

20 の範囲内にモードが認められた。八森の中で、滝の間では指数が 10 14 と若干低かった。これに対して、チゴキ崎では 10 以下の個体が多く、生殖巣の発達の低下が明瞭に認められた。一方、キタムラサキウニの生殖巣指数の組成を浅所のヒバマタ目海中林および小型多年生海藻群落と深所の無節サンゴモ群落の生育する水深帯を区別して Fig.8 に示す。西黒沢の浅所のヒバマタ目海中林におけるキタムラサキウニの生殖巣指数は 15.4 と最も高かった。これに対して、滝の間とチゴキ崎の浅所の小型多年生群落ではそれぞれ 14.0 および 13.7 と若干低かった。また、いずれの地先でも深所の無節サンゴモ群落では生殖巣指数が浅所より低かったが、西黒沢では 13.1 と浅所の海中林における値と大きな差は認められな

かった。これに対して、宮城県のアラメ海中林におけるキタムラサキウニの生殖巣指数は、塩釜市寒沢島と歌津町石浜および唐島で、それぞれ 30.7, 24.1 ならびに 23.2 と同時期の男鹿のヒバマタ目海中林における値と比べても極めて高かった (Fig.9)。

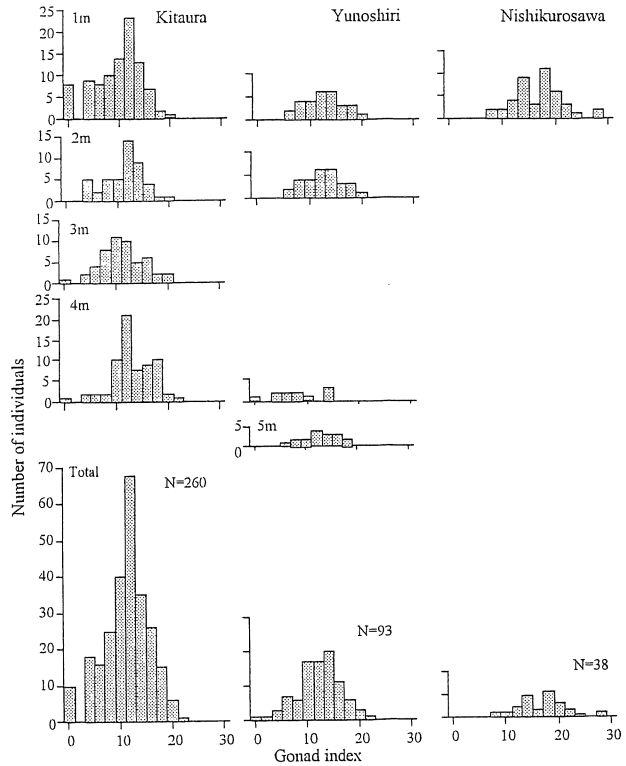


Fig. 6. Frequency distributions of gonad index of *Hemicentrotus pulcherrimus* in Oga.

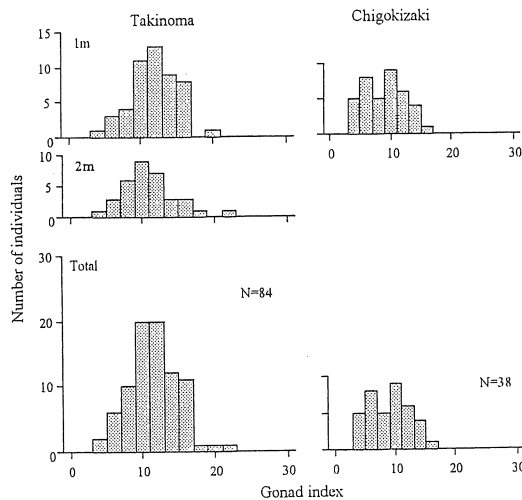


Fig. 7. Frequency distributions of gonad index of *Hemicentrotus pulcherrimus* in Hachimori

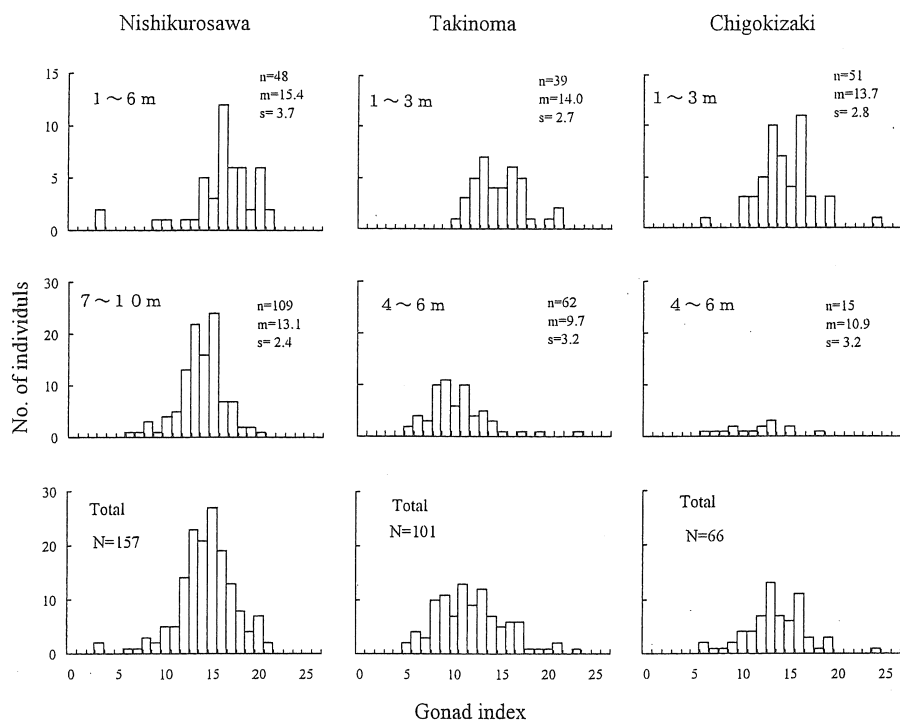


Fig. 8. Frequency distribution of gonada index of *Srtongylocentrotus nudus* in Nishikurosawa, Takinoma and Chigokizaki

#### 4) 生殖巣の発達

男鹿と八森沿岸におけるバフウニの生殖巣指数の組成を Fig.6 と 7 に示す。男鹿ではいずれの地先でも指数は 12 ~ 20 の範囲内にモードが認められた。八森の中で、滝の間では指数が 10 ~ 14 と若干低かった。これに対して、チゴキ崎では 10 以下の個体が多く、生殖巣の発達の低下が明瞭に認められた。一方、キタムラサキウニの生殖巣指数の組成を浅所のヒバマタ目海中林および小型多年生海藻群落と深所の無節サンゴモ群落の生育する水深帯を区別して Fig.8 に示す。西黒沢の浅所のヒバマタ目海中林におけるキタムラサキウニの生殖巣指数は 15.4 と最も高かった。これに対して、滝の間とチゴキ崎の浅所の小型多年生群落ではそれぞれ 14.0 および 13.7 と若干低かった。また、いずれの地先でも深所の無節サンゴモ群落では生殖巣指数が浅所より低かったが、西黒沢では 13.1 と浅所の海中林における値と大きな差は認められなかった。これに対して、宮城県のアラメ海中林におけるキタムラサキウニの生殖巣指数は、塩釜市寒沢島と歌津町石浜および唐島で、それぞれ 30.7、24.1 ならびに 23.2 と同時期の男鹿のヒ

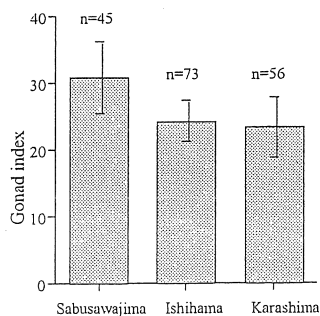


Fig. 9. Gonad index of *Strongylocentrotus nudus* *Eisenia bicyclis* population at three sites in Miyagi Prefecture

バマタ目海中林における値と比べても極めて高かった (Fig.9)。

#### 4. 考察

生育した海藻の生活形分類により、男鹿の北浦、湯の尻、西黒沢の漁場の遷移の進行過程はヒバマタ目海中林が優占する極相に、八森のチゴキ崎、岩館、滝の間は、小型多年生海藻が優占する途中相にあると判断された。バフンウニとキタムラサキウニの成長と生殖巣の発達は遷移相の相違によって、また、途中相でも構成する海藻種の相違によって漁場間で異なることが明らかになった。すなわち、バフンウニの成長と生殖巣の発達は、極相に達しているヒバマタ目海中林で最も良く、途中相の中でもツノマタ優占群落がそれに次ぎ、化学的防御物質を生産するアミジグサ科とソゾ属の優占群落ではもっとも低下した (Table 2)。キタムラサキウニの成長と生殖巣の発達も遷移の進行系列の相違と構成する海藻種によって漁場間で大きく異なった。極相に達している漁場における成長と生殖巣の発達は最も良い。しかし、ヒバマタ目海中林に比べて、すでに明らかにされているコンブ属 (吾妻 1997) と同様にアラメ海中林で成長は極めて速く、生殖巣も著しく発達した。途中相では、バフンウニと同様に、構成海藻が化学的防御物質を生産するか否かによって成長と生殖巣の発達の相違が認められた。また、始相をなす無節サンゴモ群落でのキタムラサキウニの成長と生殖巣の発達は、途中相に比較してさらに低下する (吾妻 1997) ことから、本種の成長と生殖巣の発達は漁場の遷移の進行系列を明瞭に反映すると結論される (Table 3)。

Table 2. Evaluation of growth and gonad development of *Hemicentrotus pulcherrimus* corresponding to each algal sere

Sere	Dominant algae	Growth	Gonad development
Late sere	Dyctyotaceae, <i>Laurencia</i>	×	×
	<i>Chondrus ocellatus</i>	○	○
Climax	Fucales	◎	◎

Table 3. Evaluation of growth and gonad development of *Strongylocentrotus nudus* corresponding to each algal sere

Sere	Dominant algae	Growth	Gonad development	Reference
Early sere	Crustose corallines	×	×	Agatsuma (1997)
Late sere	Dyctyotaceae, <i>Laurencia</i>	×	△	This study
	<i>Chondrus ocellatus</i>	△	△	This study
Climax	Fucales	○	○	This study
	<i>Laminaria</i>	◎	◎	Agatsuma (1997)
	<i>Eisenia bicyclis</i>	◎	◎	This study

## 5. 今後の課題

バフンウニは、日本の産業対象とするウニの中で、北海道日本海沿岸から九州南端まで最も広域に分布する種である。本種が浅海岩礁域の漁場診断の指標として汎用性があるか否かについて、コンブ目海中林の極相域と途中相域との成長と生殖巣の発達についても明らかにし、その妥当性を明らかにする必要がある。また、今後南日本沿岸に多く分布するムラサキウニの成長と生殖巣の発達と漁場の遷移の進行系列との関係についても研究する必要がある。

## 引用文献

- 吾妻行雄(1997)キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究. 北水試研報, 51, 1-66.
- A. Fuji (1960) Studies on the biology of the sea urchin. II. Size at first maturity and sexuality of two sea urchins, *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 11, 43-48.
- M.L. Jensen (1969) Age determination of echinoids. *Sarcia*, 37, 41-44.
- 川名 武 (1938) バフンウニの増殖について. 水産研究誌, 33, 104-116.
- 川村一広 (1973) エゾバフンウニの漁業生物学的研究. 北水試報, 16, 1-54.
- 中林信康, 工藤康夫, 谷口和也 (1999) 秋田県八森町沿岸における海藻群落の形成と砂の移動. 平成 11 年度日本水産学会秋季大会 講演要旨集. p24
- 谷口和也 (1996) 牡鹿半島沿岸における漸深帯海藻群落の一次遷移. 日水誌, 62, 765-771.
- 谷口和也 (1998) 磯焼けを海中林へ 岩礁生態系の世界. 197pp. 裳華房, 東京.
- 谷口和也, 長谷川雅俊 (1999) 磯焼け対策の課題, 磯焼けの機構と藻場修復(谷口和也編), pp. 25-37, 恒星社厚生閣, 東京.

## Ecological studies on development of diagnostic guideline of “*Isoyake*”

Yukio Agatsuma and Kazuya Taniguchi

Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University

The vegetation in subtidal rocky bottom reflect a seral phase in algal succession, which alternate reduction and expansion of marine forest or coralline flats cyclically (Taniguchi and Hasegawa 1999). The five life form classification by thallus size and longevity allow the seral phase of the present fisheries ground to evaluate (Taniguchi 1996). Growth and gonad development of sea urchins as primary consumer is greatly affected by the kind and the abundance of marine algae.

In the present study we ascertained growth and gonad development of the two sea urchins *Hemicentrotus pulcherrimus* and *Strongylocentrotus nudus* in relation to each sere and the algal species at Oga and Hachimori in Akita. And we also studied in *Eisenia bicyclis* bed at Shiogama and Utatsu in Miyagi. The algal succession was in the climax and in late sere dominated by Fucales in Oga and small perennial algae in Hachimori, respectively. Growth and gonad development of *H. pulcherrimus* was most greatly promoted at Fucales bed, followed at small perennial red alga *Chondrus ocellatus* communities. Whereas it was lowest at the small perennial brown algae Dyctyotaceae and the red algae *Laurencia* communities, which produce feeding deterrent chemicals against sea urchins and abalones. The highest growth and gonad development of *S. nudus* was found in the climax *Eisenia bicyclis* bed. At late sere, the clear difference was also found in between *C. ocellatus* and the chemical defensive algae. The growth and gonad development at crustose coralline corresponding to early sere are lower than that at late sere (Agatsuma 1997). Therefore, it is concluded that the growth and gonad development of *S. nudus* closely relate to each sere and the algal species.