

北海道南西部沿岸における潮下帯海藻および底生動物群集の季節的変遷

野村浩貴・道津光生・太田雅隆・上田重貴・岩倉祐二

Seasonal Changes of the Subtidal Algal and Zoobenthic Communities in the Southwest Coast of Hokkaido

Hiroataka Nomura^{*1}, Kosei Dotsu^{*2}, Masataka Ohta^{*1}, Noritaka Ueda^{*3} and Yuji Iwakura^{*3}

要約: 北海道南西沿岸域の盃地先のホソメコンブ群落内と、近接する泊地先の磯焼け域の定点にそれぞれ固定枠を設定し、枠内に出現した海藻と底生動物群集の季節的変遷を比較した。1994年6月から1996年12月までの調査期間中に盃定点では海藻類50種、底生動物41種が出現し、海藻類では無節サンゴモ類、イソガワラ属の一種、ホソメコンブおよびエゾヒトエグサの4種が、底生動物ではエゾサンショウガイ、イトマキヒトデ、コシダカガンガラ、キタムラサキウニ、エゾアワビ、ヒザラガイ、エゾバフンウニ、ヨメガカサガイ、ニシキエビスガイ、イソギンチャク目の一種、エゾヒトデの11種が主要構成種であった。泊定点では海藻類42種、底生動物42種が出現し、海藻類では、無節サンゴモ類およびイソガワラ属の一種が、底生動物ではエゾサンショウガイ、キタムラサキウニ、イトマキヒトデおよびヒザラガイの4種が主要構成種であった。出現した種の被度または個体数を基に両固定枠の各月ごとの類似性を求め、クラスター分析を用いて海藻と底生動物の各々について群集型の区分(類型化)を行った結果、前者では4つ、後者では3つの群集型が認められた。盃定点での海藻群集の変遷はホソメコンブの季節的変遷と対応し、底生動物群集は主として主要構成種11種の経年的変遷と対応していた。一方、泊定点では主要構成種である無節サンゴモ類、エゾサンショウガイおよびキタムラサキウニのわずかな出現頻度の差による多少の群集の変動がみられたのみであった。
キーワード: 群集構造, 無節サンゴモ類, ホソメコンブ, エゾサンショウガイ, キタムラサキウニ

Abstract: Seasonal changes of the subtidal rocky shore algal and zoobenthic communities at Sakazuki and Tomari experimental points in southwestern Hokkaido, Japan, were investigated quantitatively. A number of algal species (50 at Sakazuki and 42 at Tomari) and benthos species (41 at Sakazuki and 42 at Tomari) appeared during the survey period (June 1994 - December 1996). Four dominant algal species at Sakazuki (crustose corallines, *Ralfsia* sp., *Laminaria religiosa* and *Monostroma angicava*) and two dominant species at Tomari (crustose corallines and *Ralfsia* sp.) accounted for an average of 95% of the total coverage. Eleven dominant benthic species at Sakazuki (*Homalopoma amussitatum*, *Asterina pectinifera*, *Omphalius rusticus*, *Strongylocentrotus nudus*, *Nordotis discus hannai*, *Liolophura japonica*, *Strongylocentrotus intermedius*, *Cellana toreuma*, *Tristichotrochus multiliratus*, Order Actiniaria, *Aphelasterias japonica*) and four dominant species at Tomari (*Homalopoma amussitatum*, *Strongylocentrotus nudus*, *Asterina pectinifera* and *Liolophura japonica*) accounted for an average of 95% of the total abundance. Four algal types and three animal types were categorized based on the frequency of the dominant species compositions. At Sakazuki, the animal and algal community types changed seasonally. At Tomari, the algal community types changed over a few months with small differences in the composition of the crustose corallines and *Ralfsia* sp., while a single animal community type (*Homalopoma amussitatum*-*Strongylocentrotus nudus* community type) was maintained over the survey period.

Keywords: Community structure, Crustose corallines, *Laminaria religiosa*, *Homalopoma amussitatum*, *Strongylocentrotus nudus*

(2000年11月13日受付, 2001年2月26日受理)

*1 財団法人 海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300)

E-mail: hnomu@beige.ocn.ne.jp

*2 財団法人 海洋生物環境研究所 実証試験場 新潟県柏崎市荒浜4-7-17

*3 株式会社エコニクス 北海道札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14

はじめに

北海道南西沿岸は磯焼け海域として知られているが、この海域にも部分的にコンブ類などの大型海藻が生育する場所がみられる。道津ら (1998) は、積丹半島西岸の盃海域に成立するホソメコンブ群落の概要を把握し、長期間モニタリングを実施するための調査地点の選定を行った。本調査では、この結果をもとに、盃海域のコンブ群落と、近接する泊海域の磯焼け場において、各月ごとの海藻および底生動物の種組成、出現頻度を検討し、両者における生物群集型の季節的変遷を明らかにした。本調査は通商産業省資源エネルギー庁委託“大規模発電所取放水影響調査－海域環境調和発電所実証調査”の一環として実施したものである。

方 法

調査方法 前報 (道津ら, 1998) で調査した地点のうち、Fig. 1に示した盃海域のホソメコンブ群落内と泊海域の磯焼け場内に選んだ定点に、5×5 mの固定枠を設置し、1994年6月から1996年12月まで、各月1回SCUBA潜水によって目視観察を行

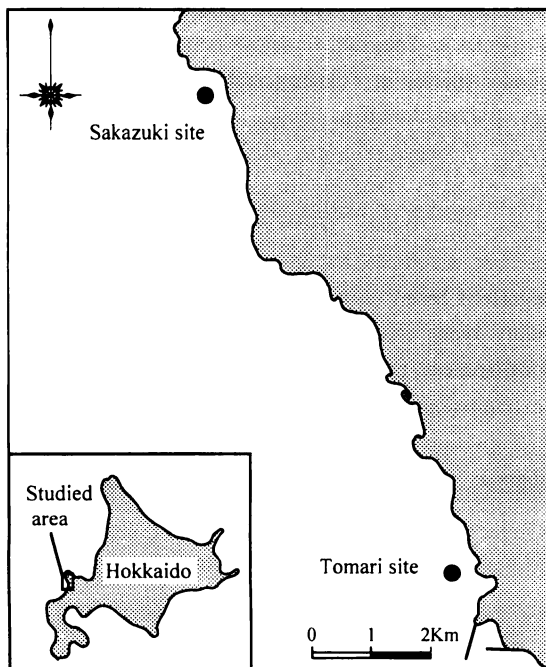


Fig.1 Map showing the two survey sites near Sakazuki and Tomari in southwestern Hokkaido.

い、固定枠内に出現した海藻類と底生動物の被度または個体数を種ごとに計数した。

データ解析 これらの2定点において、各月ごとの生物出現状況の類似性を検討するため、海藻類では被度にもとづきユークリッド距離を、底生動物では個体数にもとづきKimoto (1961) の類似度指数 (C π) をそれぞれ算出し、Mountford (1962) の平均連結法によりデンドログラムを作成した。なお、海藻の被度が5%以下の値については1として扱い、また、ユークリッド距離の算出に用いた計算値 (A) は、被度をSnedecor and Cochran (1967) に従い、以下の式により変換した。

$$A = \arctan \sqrt{\text{被度} / (100 - \text{被度})}$$

結 果

種組成 調査期間を通して出現した海藻は、盃定点では50種 (緑藻類8種、褐藻類13種、紅藻類29種)、泊定点では42種 (緑藻類4種、褐藻類11種、紅藻類27種) であった。底生動物は盃定点では41種 (海綿動物1種、紐形動物1種、腔腸動物1種、環形動物3種、触手動物1種、軟体動物19種、節足動物7種、棘皮動物5種、原索動物3種)、泊定点では42種 (海綿動物1種、紐形動物1種、腔腸動物1種、環形動物2種、触手動物1種、軟体動物19種、節足動物7種、棘皮動物7種、原索動物3種) であった。盃および泊定点に出現した海藻の各月ごとの平均被度と組成比率をAppendixes 1,2に、底生動物の平均個体数と組成比率をAppendixes 3,4に示した。なお、底生動物のうち被度で表された石灰海綿動物綱の一種 *Calcarea*、ウズマキゴカイ *Dexiospira foraminosus*、チゴケムシ *Dakaria subovoidea* についてはここでは除いた。

盃定点の海藻類では、紅藻類の無節サンゴモ類の被度が最も高く (平均被度67.5%)、ついで褐藻類のイソガラ属の一種 *Ralfsia* sp. (22.4%)、褐藻類のホソメコンブ *Laminaria religiosa* (3.9%)、緑藻類のエソヒトエグサ *Monostroma angicava* (1.8%) であり、これら4種で総被度の95%以上を占めた (Appendix 1)。泊定点でも無節サンゴモ類の被度が最も高く (94.4%)、ついでイソガラ属の一種 (2.5%) であり、この2種で総被度の95%以上を占めた (Appendix 2)。無節サンゴモ類の種組成については、北海道の磯焼け海域

において数種類の記載があるが(阿部ら, 1990), 通常の潜水目視観察のみではこれらの種を判別して記載することが困難であったため, ここでは無節サンゴモ類として一括した。なお, 1995年9月に無節サンゴモの種組成を観察した結果, 盃定点ではエゾイシゴロモ *Lithophyllum yessoense* の割合が約50%, サモアイシゴロモ *Hydrolithon samoense* の割合が約50%, 泊定点ではエゾイシゴロモ約90%, サモアイシゴロモ約10%であった。

盃定点での底生動物で最も多く出現したのは軟体動物のエゾサンショウガイ *Homalopoma amussitatum* (組成比率26.4%) であり, 以下棘皮動物のイトマキヒトデ *Asterina pectinifera* (20.7%), 軟体動物のコシダカガンガラ *Omphalius rusticus* (14.2%), 棘皮動物のキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* (12.4%), 軟体動物のエゾアワビ *Nordotis discus hannai* (6.8%), 軟体動物のヒザラガイ *Liolophura japonica* (6.1%), 棘

皮動物のエゾバフンウニ *Strongylocentrotus intermedius* (2.5%), 軟体動物のヨメガカサガイ *Cellana toreuma* (1.9%) とニシキエビスガイ *Tristichotrochus multiliratus* (1.9%), 腔腸動物のイソギンチャク目の一種 Order Actinaria (1.8%), 棘皮動物のエゾヒトデ *Aphelasterias japonica* (1.2%) の順であり, これら11種で総個体数の95%以上を占めた (Appendix 3)。泊定点ではエゾサンショウガイ (68.8%) が最も多く出現し, 以下キタムラサキウニ (19.3%), イトマキヒトデ (6.8%), ヒザラガイ (1.2%) であり, これら4種で総個体数の95%以上を占めた (Appendix 4)。

これらの動植物のうち, いずれかの定点で被度または個体数の合計が95%以上となった海藻4種と底生動物11種の季節的変遷を Fig. 2 に示した。盃定点で調査期間を通じて出現する種は無節サンゴモ類, イソガワラ属の一種, イトマキヒトデ, コシダカガンガラの4種類であった。海藻類では,

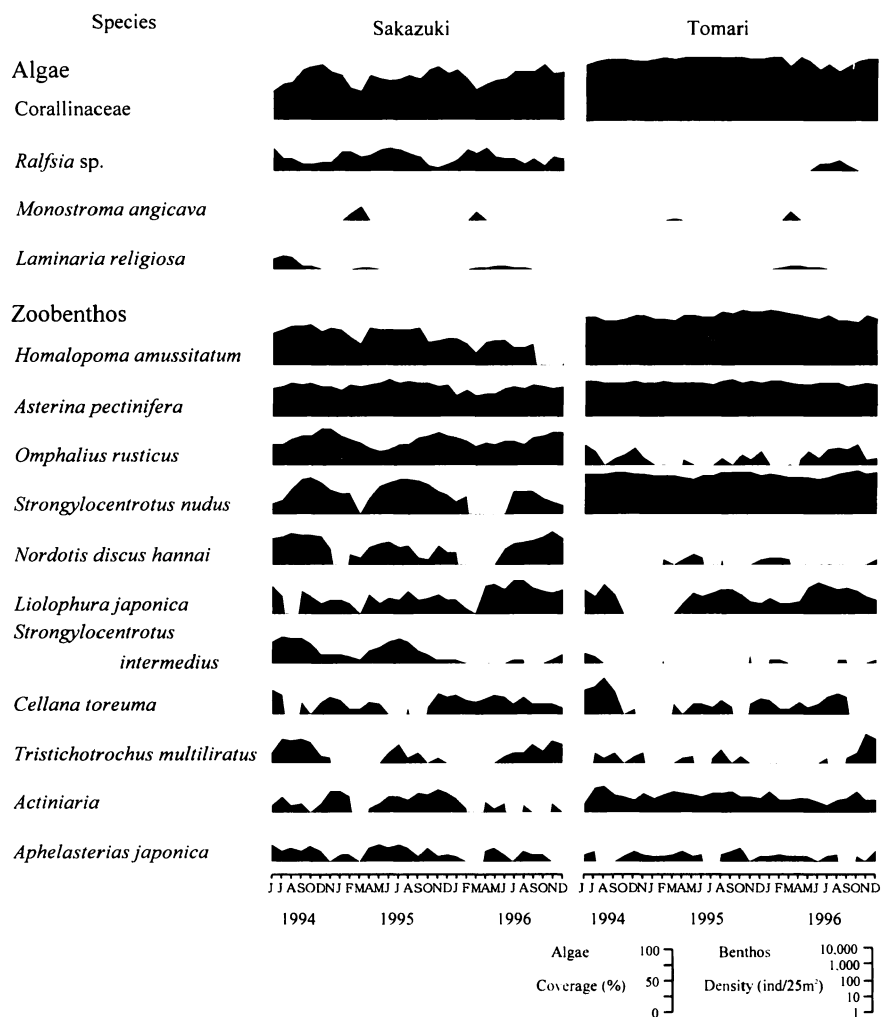


Fig.2 Seasonal changes in coverage and density of the 15 dominant species at Sakazuki and Tomari sites.

1年性で大型のホソメコンブが出現する時期にはイソガラ属の一種やエゾヒトエグサの被度が高くなっており、この時期には無節サンゴモ類の被度は低くなっていた。その後、ホソメコンブの被度の減少とともに無節サンゴモの被度は増加した。底生動物では移動性のある種類が多く、コシダカガンガラの密度が春先にやや減少する傾向やキタムラサキウニが主として冬季に減少する傾向がみられた。泊定点では無節サンゴモ類、エゾサンショウガイ、イトマキヒトデ、キタムラサキウニおよびイソギンチャク目の5種類が調査期間を通じて出現した。海藻類では無節サンゴモ類の被度がかなり高い値で推移し、1996年にわずかながらイソ

ガラ属の一種、エゾヒトエグサおよびホソメコンブの出現をみた。底生動物ではエゾサンショウガイ、イトマキヒトデおよびキタムラサキウニの個体数が通年高い値で推移した。

群集型 盃および泊兩定点の各月ごとの海藻の被度と底生動物の個体数をもとに、各月間の類似性をデンドログラムとしてFigs. 3,4に示した。海藻類では、それぞれ類似する月を海藻A群集型から海藻D群集型としてまとめ (Fig. 3), また、各群集を構成する海藻類の被度を高い順に合計して、その合計が90%を超える種をTable 1に示した。海藻A群集型では無節サンゴモ類・イソガラ属の一種・ホソメコンブ、海藻B群集型では無節サ

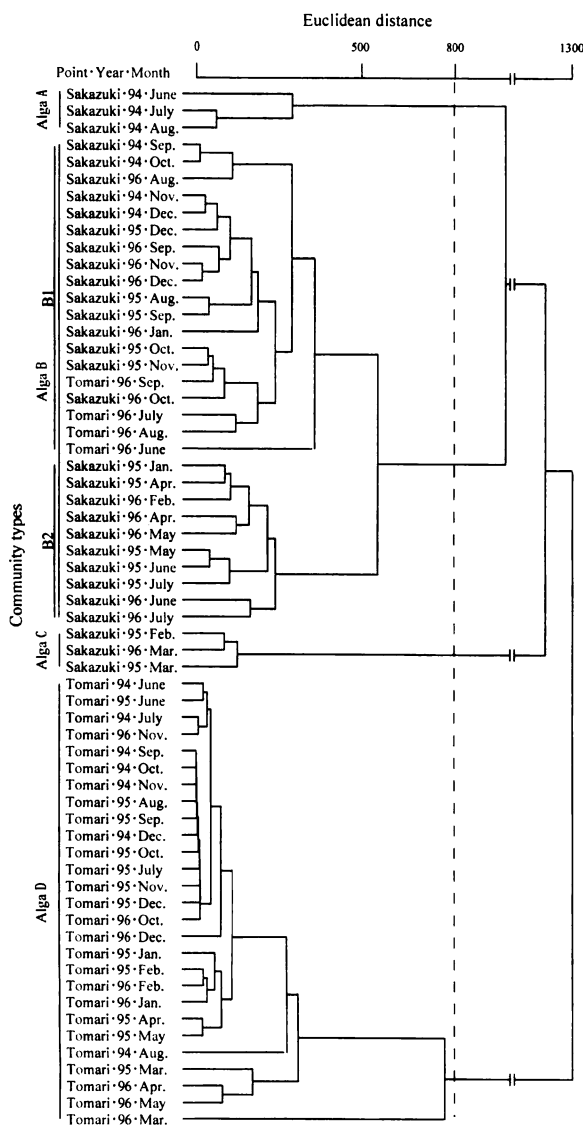


Fig.3 Dendrogram of the Euclidean distance obtained by the group average method for algal community at Sakazuki and Tomari sites.

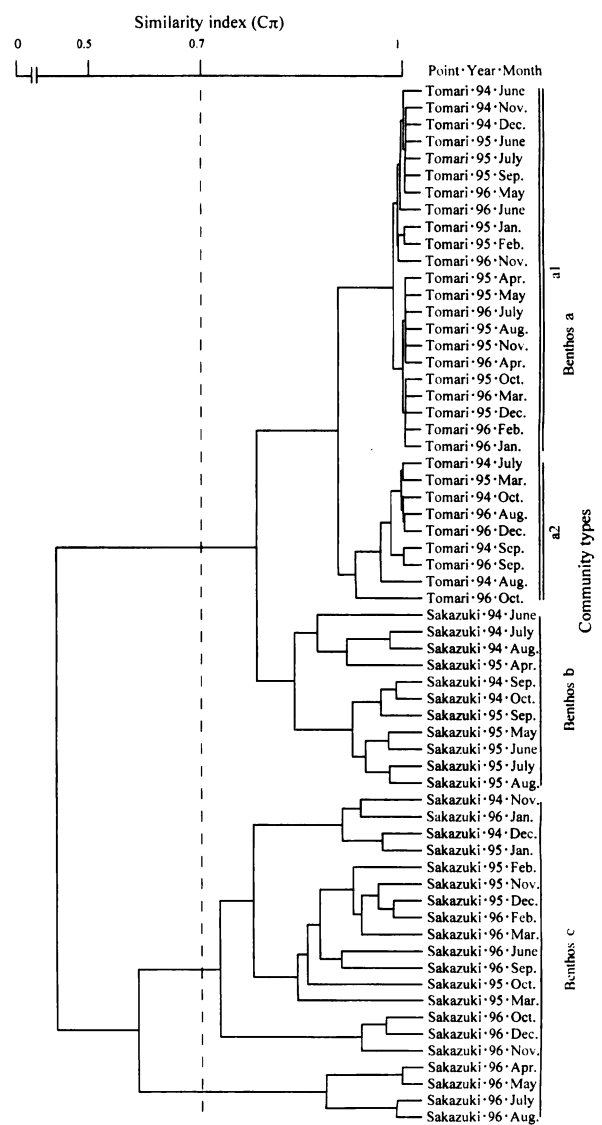


Fig.4 Dendrogram of the Kimoto's similarity index ($C\pi$) obtained by the group average method for zoobenthic community at Sakazuki and Tomari sites.

Table 1 Dominant algal species and their coverage compositions (%) in the four community types.

Community types	Species	Composition (%)	
Algae A	Corallinaceae	51.6	
	<i>Ralfsia</i> sp.	25.5	
	<i>Laminaria religiosa</i>	19.0	
Algae B	Corallinaceae	73.0	
	<i>Ralfsia</i> sp.	20.1	
	B1	Corallinaceae	79.7
		<i>Ralfsia</i> sp.	15.3
	B2	Corallinaceae	61.4
		<i>Ralfsia</i> sp.	28.4
Algae C	Corallinaceae	46.3	
	<i>Ralfsia</i> sp.	26.5	
	<i>Monostroma angicava</i>	16.7	
	<i>Laminaria religiosa</i>	3.3	
Algae D	Corallinaceae	94.8	

ンゴモ類・イソガワラ属の一種、海藻C群集型では無節サンゴモ類・イソガワラ属の一種・エゾヒトエグサ・ホソメコンブ、および海藻D群集型では無節サンゴモ類がそれぞれ主要構成種となった。なお、海藻B群集型は無節サンゴモ類とイソガワラ属の一種の被度の違いにより、B1（無節サンゴモ類79.7%、イソガワラ属の一種15.3%）とB2（無節サンゴモ類61.4%、イソガワラ属の一種28.4%）のサブグループに区分できた。

底生動物では、それぞれ種組成が類似する月を底生動物 a 群集型から底生動物 c 群集型にまとめ (Fig. 4), また、各群集を構成する底生動物中での平均個体数が10%以上占める種を主要構成種としてTable 2に示した。底生動物 a 群集型はエゾサンショウガイ・キタムラサキウニ、底生動物 b 群集型はコシダカガンガラ・イトマキヒトデ・エゾサンショウガイ、底生動物 c 群集型はヒザラガイ・イトマキヒトデ・エゾサンショウガイがそれぞれ主要構成種となった。なお、底生動物 a 群集型はエゾサンショウガイとキタムラサキウニの編組比率の違いによってa1（エゾサンショウガイ66.8%、キタムラサキウニ19.7%）とa2（エゾサンショウガイ35.0%、キタムラサキウニ16.8%）のサブグループに区分できた。

群集の季節的変遷 盃および泊定点の海藻群集型の変遷をFig. 5に示した。盃定点では、1994年6～8月には海藻A群集型であったが、9月から藻B群集型となり（9～12月：B1, 1995年1月：B2）、1995年2, 3月には海藻C群集型となった。その後、4月より海藻B群集型となり（1995年4～7月・

Table 2 Dominant zoobenthic species and their individual compositions (%) in the three community types.

Community types	Species	Composition (%)	
Benthos a	<i>Homalopoma amussitatum</i>	65.3	
	<i>Strongylocentrotus nudus</i>	19.0	
	a1	<i>Homalopoma amussitatum</i>	66.8
		<i>Strongylocentrotus nudus</i>	19.7
a2	<i>Homalopoma amussitatum</i>	35.0	
	<i>Strongylocentrotus nudus</i>	16.8	
Benthos b	<i>Omphalius rusticus</i>	26.8	
	<i>Asterina pectinifera</i>	21.8	
	<i>Homalopoma amussitatum</i>	18.3	
Benthos c	<i>Liolophura japonica</i>	35.5	
	<i>Asterina pectinifera</i>	19.0	
	<i>Homalopoma amussitatum</i>	10.2	

1996年2月：B2, 1995年8月～1996年1月：B1）、1996年3月には海藻C群集型、4月から再び海藻B群集型となった。他方、泊定点ではほとんどの月が海藻D群集型であり、1996年6～9月のみに海藻B群集（B1）がみられた。このように、盃定点では群集型の明瞭な季節的変遷を示したのに対し、泊定点では季節的変遷はほとんどみられず、イソガワラ属の一種が出現することによって群集型がわずかに変化するのみであった。各定点における群集の構成種から盃定点では無節サンゴモ類・イソガワラ属の一種が優占するB型群集、泊定点では無節サンゴモ類が優占するD型群集を基本として、これらに他の海藻類が加わることにより海藻群集型が変化すると考えられる。

盃および泊定点の底生動物群集型の変遷をFig. 6に示した。盃定点では1994年6～10月は底生動物 a 群集型（a2）であったが、11月から1995年3月には底生動物 b 群集型に変わり、4月から9月まで再び底生動物 a 群集型（a2）に戻った。10月には再び底生動物 b 群集型となり、1996年4, 5および7, 8月には底生動物 c 群集型に移行したが、9月以降は底生動物 b 群集型を示した。このように、盃定点では、いずれの年も秋から春先にかけて底生動物 b 群集型が出現する季節変化と、1994, 1995年の春から秋にかけては底生動物 a 群集型（a2）、1996年の春から秋では底生動物 c 群集型となる年変化がみられた。泊定点では季節的および経年的な変化は見られず、底生動物 a 群集型（a1）のみであった。

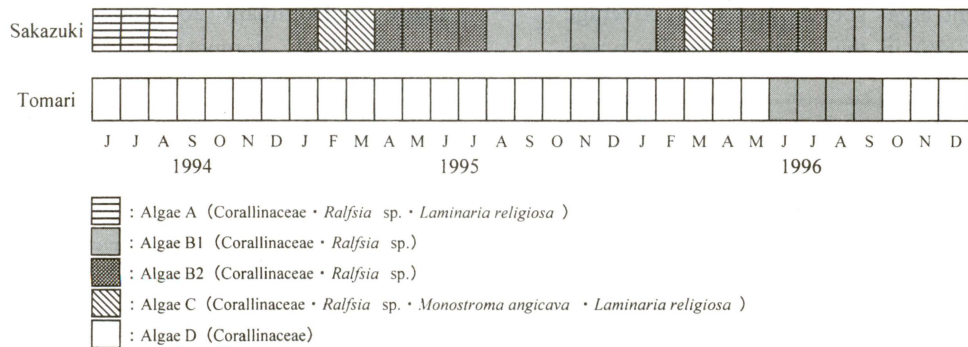


Fig.5 Seasonal changes in the algal community types at Sakazuki and Tomari sites.

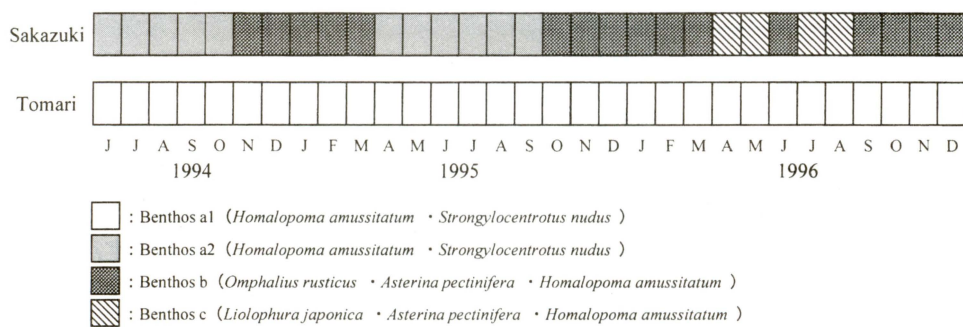


Fig.6 Seasonal changes in the zoobenthic community types at Sakazuki and Tomari sites.

考 察

生物群集型の変遷は、それを構成する各生物種群の環境への対応によって決まるとされている。McQuaid and Branch (1984) は南アフリカ希望峰における広範囲な潮間帯生物群集構造が主として波の作用と水温により決まり、Fuji and Nomura (1990) は同一潮間帯内での底生動物群集構造が波の作用、基質および基底面からの高さの組み合わせにより決まるとしている。

一般的に水温、塩分、栄養塩類、光等の無機的环境要因が海藻群落の主な形成要因として知られている。ここで、盃および泊定点における水温、塩分、栄養塩類の経年変化を追うと、両定点におけるこれらの主要環境要因はほぼ同様の季節的変化を示すことが確かめられた(道津ら, 1999)。両定点における海藻群集構造を比較すると、盃定点では、1994年6~8月を除いて、無節サンゴモ類・イソガワラ属の一種で構成される群集型(海藻B群集型)が春先に無節サンゴモ類・イソガワラ属の一種・エゾヒトエグサ・ホソメコンブ群集型(海藻C群集型)となり、その後、再び海藻B群集型

へと移行する季節変化を示した。一方、泊定点では、1996年6~9月を除いて、海藻群集型は無節サンゴモ類群集型(海藻D群集型)であり、主要な環境要素が両定点ともほぼ同様であるにもかかわらず、盃定点とは異なった群集型の季節変化を示した(Fig.5)。

次いで、動物群集構造をみると、盃定点での群集型は、1994年6月~1996年3月の範囲で、春~夏季にキタムラサキウニ・エゾサンショウガイ群集型(底生動物a2群集型)であったものが、秋季にはコシダカガンガラ・イトマキヒトデ・エゾサンショウガイ群集型(底生動物b群集型)に変化し、春にはまた底生動物a2群集型への回帰がみられた。一方、泊定点では調査期間を通じて、エゾサンショウガイ・キタムラサキウニ群集型(底生動物a1群集型)であり、海藻群集型の変化と同様、両海域で異なる群集型の季節変化を示した(Fig.6)。道津ら(1999)は、盃定点では群集の主要構成種であるキタムラサキウニが、秋季から春先にかけて波浪の強い固定枠内から比高のより低い周辺の場所へ移動するが、泊定点では波浪が若干弱く、このような現象はみられないと報告している。このこ

とは、両定点における動物群集型はキタムラサキウニの生息の有無に大きな影響を与え、そのことが両定点の動物群集型の季節変化の差になって現れていると考えられる。

水温等の無機的な環境要因に加えて生物群集を決定する要因として、生物間の空間をめぐる争い (Connell, 1961) や捕食・被食関係 (Dayton, 1975) も重要な要素とされている。捕食と被食の関係としてみると、捕食者としての動物が海藻群集型を規定することも考えられる。盃定点で出現した動物の多くは海藻類を餌として利用しており、動物群集型の大きな変化に対応して海藻群集型が季節的に変化するとみることでもできる (Figs.5, 6)。一方、泊海域のように大型の底生動物であるキタムラサキウニが常時多数生息する海域では、ウニの海藻に対する摂餌圧が高いことが報告されており (吾妻, 1997)、動物群集型の変化も単調であり、水温、栄養塩等の無機的な環境要因よりも、ウニの摂餌圧の方が強く海藻群集を規定し、海藻群集型の変化も単調になったものと考えられる (Fig.5)。

また、底生動物が海藻類を餌としてだけでなく、新たな生息場として利用する場合も考えられる。これら底生動物の生活の場として海藻群集型をみると、ホソメコンブやエゾヒトエグサのような立体的に生育する種からなる群集型と、無節サンゴモ類やイソガラ属の一種のように平面的に生育する群集型に区分することができる。前者は立体的な微細地形の形成により、新たな底生動物種が利用する場を提供する。その結果、後者に比べて動物群集型へおよぼす影響はより強くなることが考えられる。盃定点では、海藻群集型の季節的変遷が作り出す様々な微細地形により、動物群集型の季節的変遷が起こるとも考えられる。

なお、Hickey and Bosman (1986) は無機的環境の異なる定点でも、漁獲などの人為的な攪乱により、生物群集型が同じ群集型に収束するとしている。本調査の対象海域ではキタムラサキウニ、エゾバフンウニ、およびエゾアワビが漁獲対象種となっている。特に、ウニ類は6月中旬から8月下旬まで漁獲されており、このような人為的の行為も群集型の変遷に影響を与えるとも考えられる。

従って、生物群集の変遷に影響を及ぼす要因としては、様々な無機的環境要因とともに、海藻類および底生動物の相互作用や構成種群の消長および人為的な行為も重要であると考えられる。今後、

さらにこれら海藻群集と底生動物群集の構成種の生活様式、各底生動物の摂餌様式、漁獲等を把握し、海藻と底生動物群集型の変遷機構を検討する予定である。

謝 辞

報告に当たり、本稿に対して有益なご批判とご助言をいただいた北海道大学水産学部教授中尾繁博士、査読をいただいた当所顧問東京大学名誉教授羽生 功博士、平野禮次郎博士、清水 誠博士、当所待鳥精治常務理事にお礼申し上げます。また、現地調査で無節サンゴモ類の観察に協力していただいた当研究所主任研究員馬場将輔博士に感謝する。さらに、現地調査でご協力いただいた北海道電力株式会社、泊漁業協同組合、盃漁業協同組合の各位、ならびに図表作成にご協力いただいた金子美代子氏に深謝する。

引用文献

- 阿部英治・名畑進一・垣内政宏 (1990). ホソメコンブの群落形成が阻害される原因についての一考察. 北水試研報, No.35, 37-60.
- 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, No. 51, 1-66.
- Connell, J.H. (1961). Effects of competition, predation by *Thais lapillus*, and other factors on natural populations of the barnacle *Balanus balanoides*. *Ecol. Monogr.*, 31, 61-104.
- Dayton, P.K. (1975). Competition, disturbance, and community organization: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.*, 41, 351-389.
- 道津光生・野村浩貴・太田雅隆・斎藤二郎 (1998). 北海道南西部沿岸の磯焼け海域に形成されるホソメコンブ群落 (予報). 海生研報, No.98101, 1-16.
- 道津光生・野村浩貴・太田雅隆・岩倉祐二 (1999). 北海道南西部沿岸の磯焼け海域におけるホソメコンブ群落の形成要因について. 日水誌, 65, 216-222.
- Fuji, A. and Nomura, H. (1990). Community structure of the rocky shore macrobenthos in

- southern Hokkaido, Japan. *Mar. Biol.*, **107**, 471-477.
- Hickey, P.A.R. and Bosman, A.L. (1986). Man as an intertidal predator in Transkei: disturbance, community convergence and management of a natural food resource. *Oikos*, **46**, 3-14.
- Kimoto, S. (1961). Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, **6**, 27-54.
- McQuaid, C.D. and Branch, G.M. (1984). Trophic structure of rocky intertidal communities: response to wave action and implications for energy flow. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **22**, 153-161.
- Mountford, M.D. (1962). An index of similarity and its application to classificatory problems. pp.43-50. In Murphy, Z.W. (ed.), *Progress in Soil Zoology*, Butterworth, London.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1967). *Statistical methods*. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 593pp.

Appendix 2 Coverage of subsratum (%) by each algal species at monthly observations at Tomari site and values averaged for three years.

Year	1994							1995												1996							Average for 3 years						
	Species\ Month	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June		July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Monostromaangicava</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.96	4.20	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.80	0.92	13.68	0.60	0.84	0.76	-	-	-	-	-	-	0.77
<i>Enteromorphaintestinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.12	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Enteromorpha linza</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.04	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Ulvapertusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.32	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.92	0.04	0.16	0.28	-	-	-	-	-	0.06
<i>Codiumfragile</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-	0.00	
<i>Ralfsia sp.</i>	0.84	0.84	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.16	0.92	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.64	11.60	11.88	17.32	9.44	1.60	0.76	0.40	2.46
<i>Sphaerotrichiadicaricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Colpomeniasinuosa</i>	0.60	0.08	-	-	-	-	0.04	0.24	0.72	0.80	0.96	1.00	0.84	0.12	-	-	-	-	-	-	0.08	0.32	0.72	1.00	1.00	0.88	0.96	0.28	-	-	-	0.34	
<i>Petaloniafascia</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	0.12	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02
<i>Scytosiphonlomentaria</i>	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.80	0.64	0.56	-	-	-	-	-	-	0.09	
<i>Desmarestialgulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.20	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Desmarestiaviridis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.52	0.48	0.40	0.32	0.20	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.36	0.72	0.84	0.96	0.88	0.68	-	-	-	-	0.22	
<i>Undariapinnatifida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.44	0.40	0.40	0.24	0.12	-	-	-	-	0.06
<i>Laminariareligiosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.36	0.60	0.56	0.32	0.28	0.20	-	-	-	0.04	0.08	
<i>Dictyopterisdivaricata</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.24	0.24	0.20	0.08	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.12	0.08	0.36	0.40	0.48	0.36	0.12	-	-	-	0.09	
<i>Dictyotadichotoma</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Porphyrazeensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.36	0.72	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.52	0.76	0.48	0.28	0.20	-	-	-	-	-	0.13	
<i>Gelidiumvagum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	0.68	0.80	0.36	-	-	-	-	-	-	0.08	
<i>Bossiellacetacea</i>	0.88	0.84	-	0.96	0.96	0.92	0.92	0.92	0.76	0.80	0.80	0.84	0.84	0.80	0.96	0.92	0.96	0.92	0.92	0.96	0.92	0.68	0.88	0.96	0.88	0.92	0.88	0.92	0.96	0.88	0.84	0.86	
<i>Lithophyllumokamurae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Corallinaceae</i>	87.00	94.40	96.60	95.80	96.40	94.20	94.40	94.80	97.80	96.00	99.40	97.40	98.60	98.00	99.60	99.80	99.40	96.80	96.80	98.40	99.40	85.80	98.60	94.20	78.80	87.20	78.00	86.00	94.20	96.60	96.60	94.42	
<i>Lithothamnionjaponicum</i>	0.96	0.96	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.92	1.00	0.76	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.95	
<i>Hyalosiphonia caespitosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Grateloupiafilicina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Rhodoglossumjaponicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-	0.04	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Palmariapalmata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Champiaparvula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.24	0.52	0.12	-	-	-	-	0.05
<i>Lomentariahakodatensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Chrysmeniawrightii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	-	0.12	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.04	0.04	0.36	0.24	0.28	-	-	-	-	-	-	0.04
<i>Antithamionipponicum</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Ceramiumkondoii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	0.00
<i>Herpochondriaelegans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	0.08	0.04	0.20	0.04	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.02
<i>Wrangeliatayloriana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Dasyasessilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.28	0.04	-	-	-	-	-	0.02
<i>Heterosiphoniajaponica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.24	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Acrosoriumyendoii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-	-	-	0.04	0.08	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Delesseria serrulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.16	0.08	0.08	0.48	0.32	0.40	-	-	-	-	-	0.07
<i>Laurenciaobtusa</i>	0.80	0.96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	0.08	-	-	-	-	0.12	0.08	0.16	0.08	0.08	0.48	0.32	0.40	0.24	0.08	-	0.16	0.88	1.00	0.15
<i>Laurenciapinnata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
<i>Polysiphoniajaponica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
<i>Polysiphonia morrowii</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.04	0.88	0.40	0.24	0.08	-	-	-	-	-	-	-	0.44	0.44	0.28	0.64	0.28	0.56	0.28	-	-	-	-	-	0.68	0.17
<i>Symphocladialatiuscula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	0.20	0.12	-	-	-	-	-	0.02

野村ら：海藻および底生動物群集の季節的変遷

Appendix 3 Number of individuals of each zoobenthic species at monthly observations at Sakazuki site, with total numbers and frequencies (%) for the three yares. (+) indicates <0.01% in occupancy.

Year	1994							1995												1996												Total			
	Species\ Month	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	ind.	Freq.(%)	
<i>Anopla sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	+
<i>Actiniaria</i>	3	11	3	4	1	4	22	20	10	-	2	4	10	10	7	17	14	28	16	9	2	-	5	2	4	-	3	1	-	4	1	217	1.84		
<i>Pseudopotamilla ocellata</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0.03	
<i>Serpulidae</i>	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	3	-	3	1	1	-	-	-	-	-	3	1	4	3	4	8	39	0.33	
<i>Ischnochiton hakodadensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+		
<i>Lepidopleurus arbrechti</i>	-	1	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	32	0.27	
<i>Liolophura japonica</i>	48	11	-	27	13	5	7	7	5	1	16	4	9	8	24	7	10	16	8	7	2	1	53	65	29	112	102	47	25	19	29	717	6.09		
<i>Acanthochiton rubrolineatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+		
<i>Nordotis discus hamai</i>	39	54	98	68	68	59	10	-	4	3	12	21	24	11	15	3	2	15	6	6	-	-	1	1	9	19	28	35	49	101	38	799	6.78		
<i>Tugalina gigas</i>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	6	0.05	
<i>Cellana toreuma</i>	29	15	-	6	1	6	12	8	2	2	6	4	1	-	3	-	3	20	13	16	7	6	9	14	13	5	12	4	4	5	3	229	1.94		
<i>Acmaea pallida</i>	4	2	1	2	2	4	-	1	-	-	4	2	2	-	4	1	1	1	3	-	-	-	-	1	-	3	2	1	2	1	3	47	0.40		
<i>Lottia kogamogai</i>	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5	0.04		
<i>Tristichotrochus multiliratus</i>	4	32	26	30	21	3	2	-	-	-	1	1	5	16	2	5	1	2	1	-	1	-	-	1	3	5	4	15	6	25	15	227	1.93		
<i>Omphalium rusticus</i>	19	21	46	61	61	187	193	69	47	25	11	7	9	19	19	48	74	101	75	49	30	16	23	22	36	30	18	54	74	117	108	1669	14.17		
<i>Omphalium rusticus colliculus</i>	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	4	6	1	2	2	1	-	-	2	1	-	3	-	-	-	-	26	0.22		
<i>Homalopoma amussitatum</i>	93	159	250	251	330	142	223	150	69	21	200	151	154	185	160	226	28	40	53	43	20	7	30	39	36	13	13	22	-	2	3110	26.41			
<i>Nucella heyseana</i>	12	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	0.20		
<i>Mitrella tenuis</i>	-	1	1	4	5	4	3	3	1	-	1	4	3	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	2	4	1	-	1	-	3	-	44	0.37		
<i>Searlesia modesta</i>	4	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0.05		
<i>Mytilus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+		
<i>Mytilus coruscus</i>	1	1	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	23	0.20			
<i>Mercenaria stimpsoni</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+		
<i>Semibalanus cariosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	0.03		
<i>Balanus crenatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	+		
<i>Pagurus samuelis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	0.14			
<i>Pagurus lanuginosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	0.02		
<i>Pagurus dubius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	+		
<i>Pugettia quadridens quadridens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	2	5	1	18	0.15		
<i>Cancer amphioetus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	11	0.09		
<i>Asterina pectinifera</i>	60	77	109	89	104	78	72	42	80	69	91	127	192	116	164	116	107	76	80	21	39	18	24	24	51	74	55	90	63	57	78	2443	20.74		
<i>Aphelasterias japonica</i>	12	4	7	5	10	5	1	3	3	1	8	13	7	13	7	2	8	2	3	2	1	-	5	7	3	1	4	3	3	1	-	144	1.22		
<i>Asterias amurensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	+		
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>	20	42	40	34	17	4	4	4	3	2	6	10	25	33	22	6	4	2	2	2	1	-	-	1	1	2	2	-	1	2	4	296	2.51		
<i>Strongylocentrotus nudus</i>	5	8	41	153	199	91	37	20	20	1	11	55	107	160	171	124	87	27	17	7	13	-	-	-	1	28	26	28	12	7	4	1460	12.40		
<i>Styela clava</i>	-	-	8	8	-	-	-	-	-	-	1	4	4	5	3	2	3	2	3	1	3	1	1	3	2	8	16	21	18	8	13	138	1.17		
<i>Pyuridae sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.02		
<i>Halocynthia roretzi</i>	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	0.10		

Appendix 4 Number of individuals of each zoobenthic species at monthly observations at Tomari site, with total numbers and frequencies (%) for the three years.
 (+) indicates <0.01% in occupancy.

Year	1994												1995												1996												Total	
	Species	Month	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	ind.	Freq.(%)			
<i>Anopla sp.</i>																																			3	+		
<i>Actinaria</i>			4	38	45	15	11	6	18	8	13	22	16	15	11	19	19	21	10	10	9	22	6	7	9	8	5	3	7	9	20	7	6	419	0.79			
<i>Serpulidae</i>																	8					2	1	2		1		1	3	3	3	36	9	69	0.13			
<i>Liolophura japonica</i>			31	11	70	17	1	1	1			1	4	22	11	22	34	36	15	6	5	10	4	5	6	37	93	54	35	46	24	12	7	621	1.17			
<i>Nordotis discus hannai</i>				1				1	1		2	1	2	4	3		2		1	1	2	3	3	2		1	1				1	2	35	0.07				
<i>Tugalina gigas</i>																															1			1	+			
<i>Cellana toreuma</i>			34	53	168	25	1	2				5	1	4	4	3	7	3		5	10	8	2	2	6	3	5	11	20	11		1		394	0.74			
<i>Acmaea pallida</i>			16	28	28	19	11	4	1			2		5	8	18	28	12	17	5	6	2	2	1	1	2	6	11	19	27	33	64	11	387	0.73			
<i>Lottia kogamogai</i>																	30	6	8						1						32	31	11	11	130	0.24		
<i>Tristichotrochus multiliratus</i>				4	2	5	1	3	4			1	2	3		2	8	1	3	1						1	1	2		2	5	72	33	156	0.29			
<i>Cantharidus jessoensis</i>																	7																		7	0.01		
<i>Omphalius rusticus</i>			18	7	1	3	4	13	3	1			2	1		1	3	1	5	2	8	1	1		2	7	3	10	12	9	22	2	3	145	0.27			
<i>Omphalius rusticus colliculus</i>					1	1	4	3	1			1		2		4	1	12	3	1					1		3		1	1					40	0.08		
<i>Homalopoma amussitatum</i>			1041	861	631	590	738	1182	1227	725	741	533	1123	1181	937	1009	2054	1533	2738	2118	2178	2478	2066	1388	1084	912	783	1331	633	568	398	1115	723	36619	68.85			
<i>Nucella heyseana</i>			1	1																															2	+		
<i>Mitrella tenuis</i>				1		1								2	2	1			2	2	1	2		1		1	4		2			1	3	26	0.05			
<i>Nassarius sp.</i>																																27	11		38	0.07		
<i>Searlesia modesta</i>			1		1																					1									3	+		
<i>Reticunassa beata</i>																	5																		5	+		
<i>Aplysia kurodai</i>																	1																2		3	+		
<i>Mytilus coruscus</i>																																	1		1	+		
<i>Hiatella flaccida</i>																																		1		1	+	
<i>Pagurus brachiomastus</i>																																	5		5	+		
<i>Pagurus samuelis</i>											1			5				2	5		1	1				3	1					4	4	1	28	0.05		
<i>Pagurus lanuginosus</i>																																	4		4	+		
<i>Pagurus middendorffii</i>																																	1		1	+		
<i>Pagurus dubius</i>																																		1		1	+	
<i>Pugettia quadridens quadridens</i>														1			1	1									1								4	+		
<i>Cancer amphioetus</i>					1												7	3	2																	13	0.02	
<i>Asterina pectinifera</i>			146	137	109	113	104	130	114	127	163	113	122	124	107	99	139	168	124	144	126	135	136	109	90	100	104	102	102	66	79	106	99	3637	6.84			
<i>Aphelasterias japonica</i>			3	4		1	2	5	3	2	2	3	5	2	3		3	4	7	1	2	2	3	2	2	2	1	2	3		2	1	4	76	0.14			
<i>Asterias amurensis</i>						1								1		1		1		1	1				1	1									8	0.02		
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>			5	3	1	1						2		1	1		1			4		2	2	1		1			2	2		1	2	32	0.06			
<i>Strongylocentrotus nudus</i>			327	381	381	498	487	321	363	300	259	272	198	179	269	284	428	449	428	421	261	342	242	212	208	215	159	196	343	479	533	393	414	10242	19.26			
<i>Stichopus japonicus</i>																												2								3	+	
<i>Pentacta australis</i>							1						1	2																			1		5	+		
<i>Styela clava</i>														3	4	2	1									2	3	4	1						20	0.04		
<i>Pyuridae sp.</i>																	5																		5	+		
<i>Halocynthia roretzi</i>			1																																1	+		

野村ら：海藻および底生動物群集の季節的変遷