

宮城県志津川湾の岩礁域における底生動植物の出現動向と アワビ類, ウニ類の棲息状況について

白石一成*

Benthic animals, Algae, Abalones, and Sea urchins Dwelling
on Rocky Coasts in Shizugawa Bay, Miyagi Prefecture

Kazunari SHIRAISHI*

キーワード：アラメ, 植食動物, 肉食動物, アワビ類, ウニ類

浅海岩礁域に棲息するアワビ類とウニ類については、北海道南部沿岸¹⁾、秋田県象潟地先²⁾、千葉県房総半島沿岸³⁾、徳島湾海部地区沿岸⁴⁾で成長や食性、漁獲の状況等が調査研究されている。またアワビ類、ウニ類と餌料の競合関係にある底生植食動物⁵⁾では、北海道函館湾⁶⁾、房総半島沿岸⁷⁾、熊本県福岡湾⁸⁾において、アワビ類とウニ類の害敵である底生肉食動物^{9, 10)}では、北海道南部沿岸¹¹⁾、福岡県北九州市沿岸¹²⁾において、其々分布の状況が報告されている。一方、海藻類については、静岡県伊豆半島沿岸¹³⁾、高知県土佐湾¹⁴⁾、鹿児島県奄美大島沿岸¹⁵⁾における分布状況の調査研究事例がある。これらの研究事例に対し宮城県北部海域では、アワビ類、ウニ類の分布と周辺域動植物の状況について調査研究が行われ¹⁶⁾、底生植食動物のクボガイとバテイラ、底生肉食動物のヤドカリ類とヒトデ類が、其々餌料や棲息場所の競合または食害¹⁰⁾を通じて、アワビ類とウニ類の成長や生残に多大な影響を与え得ることが指摘されている。

ここでは、底生動植物の出現動向とアワビ類、ウニ類の棲息状況を考え合せ、更に水温の異なる状況下での比較を行うため、宮城県志津川湾岩礁域で底生動植物の現存量調査を時期別実施し、知見を得たので報告する。

報告に先立ち、取纏めに当り御高配をいただいた気仙沼水産試験場佐藤孝三前場長に深謝する。また、調査研究に御協力をいただいた志津川町漁業協同組合および気仙沼水産試験場の職員の方々に厚く御礼申し上げる。

材料および方法

宮城県志津川湾の岩礁域3箇所 [St.A, St.B, St.C] (図1)において、底生動植物の潜水採り調査を、2002年10月と2003年の2月に実施した。St.AとSt.Bの調査は10月と2月に、St.Cの調査は2月に実施し、岸側の水深

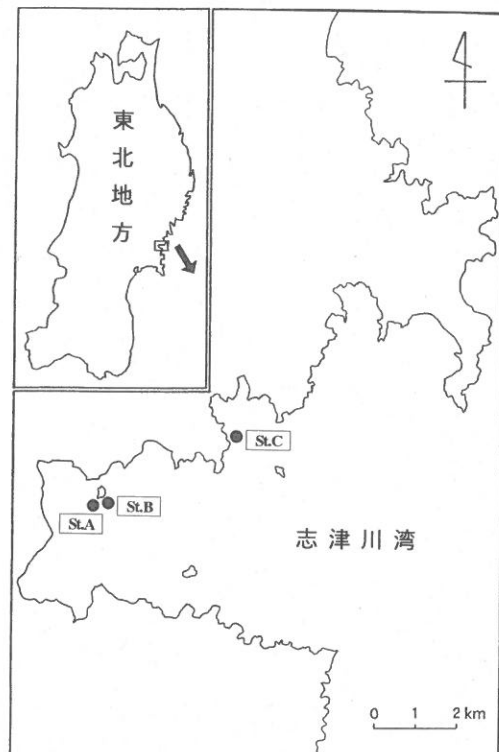


図1 調査実施地点 (宮城県志津川湾の岩礁域3箇所)

の浅い部分から沖側の水深のより深い方向に距離50mの調査ラインを設置したのち、50cm × 50cm 方形枠を用いて、50m²内 [調査ラインの両側を50cmずつ採捕] のアワビ類とウニ類を採捕した。さらに50m 調査ライン上の2点 (距離0 m点 = 調査開始点; 距離50m点 = 調査終了点) では、海底状況と水深を調査し、50cm × 50cm 方形枠内の底生動物を海藻類と共に採捕した。調査で採捕したアワビ類、ウニ類と底生動物は、個体数と湿重量に加えて殻長、殻径等を計測し、海藻類では湿重量のみを計測した。

この後、全動植物について計測した湿重量から1 m²あたりの現存量を算出した。また、エゾアワビ、バフンウニ、キタムラサキウニ、クボガイ、コシダカガンガラ、バテイラについて、海藻類の日間摂食量 F を、次式 (菊地・浮の方法)^{5,17)} によって算出した。

$$F = a (T - \theta) \times L^2$$

エゾアワビでは、 $a = 2.715 \times 10^{-3}$, $\theta = 4.869$,

L は殻長 (cm) の計測値

バフンウニとキタムラサキウニでは、

$a = 1.011 \times 10^{-2}$, $\theta = 0.050$, L は殻径 (cm)

の計測値

表1 各調査地点における水深および海底状況

各調査地点 [St.A と St.B の10月調査時 (Oct) と2月調査時 (Feb), St.C は2月調査時のみ] について、それぞれ調査開始点 (0 m点), 調査終了点 (50m点) における水深と海底の状況を示した。

調査点	St. A-Oct	St. A-Feb	St. B-Oct	St. B-Feb	St. C	
水深	0m点	3.0	3.5	3.0	3.5	2.0
	50m点	5.5	6.0	5.0	5.5	5.0
海底状況 (覆占海藻)	0m点	岩盤域 (アラメ)	岩盤域 (アラメ)	岩盤域 (アラメ)	岩盤域 (アラメ)	岩盤域
	50m点	転石域	転石域	転石域 (無節サンゴモ)	転石域 (無節サンゴモ)	岩盤域 (無節サンゴモ)

表2 各調査地点, 調査時期における海藻類の現存量 (g/m²)

出現海藻名	St. A-Oct	St. A-Feb	St. B-Oct	St. B-Feb	St. C
アナアオサ	—	—	47.6	7.8	—
アサドリシオグサ	—	1.6	—	—	—
ハイミルモドキ	17.8	—	750.0	580.8	—
フクリンアミジ	—	1.0	—	8.6	—
マツモ	—	—	—	—	8.6
アラメ	2850.2	2467.2	2715.8	1767.4	1306.6
アカモク	—	36.8	—	—	35.6
ヨレモク	25.4	—	12.1	—	—
トゲモク	—	—	—	—	35.0
ナラサモ	—	—	—	49.8	—
マクサ	6.4	—	7.2	—	—
ナミノハナ	—	—	1.7	—	—
イソキリ	—	—	—	1.4	—
ユカリ	5.6	64.6	0.4	16.0	—
オキツノリ	—	—	3.2	19.8	—
ハリガネ	—	—	—	0.6	—
ツノマタ	—	—	12.5	12.5	22.4
ダルス	—	—	—	—	9.8
フシツナギ	—	—	—	2.6	—
スジウスバノリ	6.8	—	—	17.8	—
シマダジア	—	—	13.0	—	—
ハネソ	—	—	—	1.4	—
イソムラサキ	0.6	2.2	4.1	3.4	6.0
スガモ	—	—	6.6	15.4	—
合計	2912.8	2573.4	3574.2	2505.3	1424.0

クボガイでは、

$$a = 1.413 \times 10^{-2}, \theta = 3.750, L = 1$$

コシダカガンガラとバテイラでは、

$$a = 1.455 \times 10^{-2}, \theta = 4.830, L = 1$$

水温 T (°C) については、宮城県気仙沼湾外海部の日観測値¹⁸⁾ から10月と2月の月平均値を用いた。なお、日間摂食量 F の値から、各動物種ごとに月間摂食量 (30日分) を求めた。

結果

各調査地点 [St.A, St.B, St.C] における水深と海底の状況を、表1に示した。調査開始点 (0 m点) については、St.A と St.B では水深3.0~3.5mのアラメが優占する岩盤域であり、St.C では水深2.0mでアラメ等の海藻類が認められる岩盤域であった。調査終了点 (50m点) については、St.A では水深5.5~6.0mの転石域、St.B では水深5.0~5.5mの無節サンゴモが優占する転石域であり、St.C では水深5.0mの無節サンゴモが優占する岩盤域であった。

表2には、採捕された海藻類 [無節サンゴモを除く] の出現状況を地点別、時期別に示した。更に図2には、各地点、各時期ごとの現存量を、海藻種別に合計した時の上位5種について示した。図表から、St.A では10月にアラメが特に多く、ハイミルモドキ、ヨレモクが出現した。St.A の2月には、アラメが特に多くアカモクとユカリが出現した。St.B では、10月にアラメが特に多く、ハイミルモドキも多く、アナアオサのほかヨレモク、ツノマタ、シマダジアが出現した。St.B の2月には、アラメが特に多く、ハイミルモドキも多く、ナラサモのほかユカリ、オキツノリ、ツノマタ、スジウスバノリ、スガモが出現した。St.C では、アラメが特に多く、アカモク、トゲモク、ツノマタが出現した。

表3には、採捕された底生植食動物 [アワビ類, ウニ

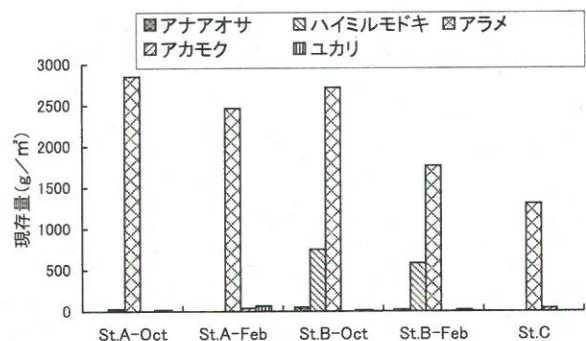


図2 各調査地点, 調査時期における海藻類の現存量 (上位5種)

類を除く]の個体数を地点別、時期別に示した。更に図3には、各地点、各時期ごとの現存量を、動物種別に合計した時の上位5種について示した。各地点でバテイラなどの植食動物が、大型海藻類のアラメと共に採捕された。なお、ベニバイ、コウダカチャイロタマキビガイ、チャイロタマキビガイなど小型の巻貝類では1個体当りの重量が小さいため、多数が採捕されても量的に多くならない場合があった。図表から、St.Aでは10月にバテイラが数量とも特に多く、クボガイとコシダカガンガラも多く、ユキノカサガイ、エゾチグサガイのほかベニバイ、コウダカチャイロタマキビガイ、チャイロタマキビガイが出現した。St.Aの2月には、バテイラが特に多く、コシダカガンガラも多く、ベニバイ、コウダカチャイロタマキビガイ、チャイロタマキビガイが出現した。St.Bでは、10月にバテイラが数量とも特に多く、ユキノカサガイ、クボガイ、コシダカガンガラも多く、エゾチグサガイのほかベニバイ、コウダカチャイロタマキビガイ、チャイロタマキビガイが出現した。St.Bの2月には、バテイラが特に多く、ユキノカサガイとコシダカガンガラも多く、エゾチグサガイとエゾサンショウガイが出現した。St.Cでは、バテイラが特に多く、クボガイも多く出現した。底生植食動物と海藻類の関係について、バテイラはアラメが多く出現した各地点で、特に多く出現する傾向

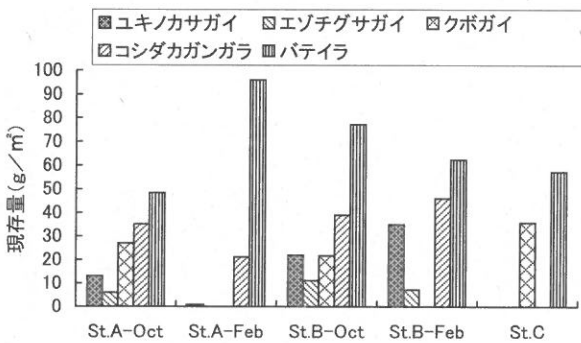


図3 各調査地点、調査時期における底生植食動物の現存量(上位5種)

表3 各調査地点、調査時期における底生植食動物の出現個体数(個体/m²)

出現動物名	St. A-Oct	St. A-Feb	St. B-Oct	St. B-Feb	St. C
ヒゲヒザラガイ	—	—	—	2.0	—
ユキノカサガイ	8.0	2.0	4.0	12.0	—
コガモガイ	2.0	2.0	6.0	—	—
エビスガイ	—	—	2.0	—	—
エゾチグサガイ	52.0	—	108.0	28.0	—
チグサガイ	2.0	—	8.0	2.0	—
クボガイ	10.0	—	16.0	—	10.0
コシダカガンガラ	20.0	6.0	24.0	8.0	—
バテイラ	42.0	18.0	62.0	20.0	22.0
エゾサンショウガイ	—	—	6.0	30.0	—
ベニバイ	268.0	40.0	422.0	—	—
コウダカチャイロ	—	—	—	—	—
タマキビガイ	104.0	14.0	188.0	4.0	—
チャイロタマキビガイ	92.0	12.0	140.0	—	—

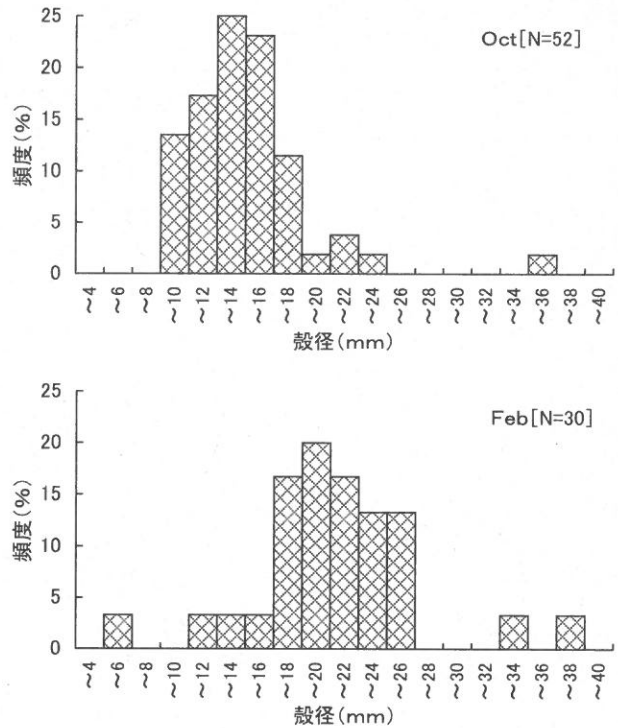


図4 バテイラの殻径組成の時期別推移

が認められた。

図4には、底生植食動物のうち量的に最も多く採捕されたバテイラの殻径組成を、時期別に各地点[St.A, St.B, St.C]の合計値として示した。10月には殻径8~18mmの個体が高い頻度で出現し、このうち殻径12~16mmの個体は特に高い頻度で出現した。2月には殻径16~26mmの個体が高い頻度で出現し、このうち殻径18~20mmの個体は特に高い頻度で出現した。バテイラでは、10月に小型個体がより高い頻度で出現した。

表4には、50m²の調査ラインで採捕されたアワビ類、ウニ類の個体数を、1m²あたりに換算して、地点別、時期別に示した。更に図5には、各地点、各時期ごとのアワビ類とウニ類の現存量を示した。図表から、エゾアワビはSt.AとSt.Bで、2月には10月より出現が少なく、低水温による活動性低下^{5,17)}による発見率低下の影響に加え、11月~12月の漁獲による棲息量減少の影響が伺われた。キタムラサキウニはSt.AとSt.Bで、10月と2月に同程度の出現が認められた。St.Cでは、St.Bの2月の調査時と同程度の出現が認められた。バファンウニは、各地点、各時期で出現が認められ、エゾバファンウニはSt.AとSt.Bの2月に、ツガルウニはSt.Bの2月に其々出現が認められた。

ここまでの結果から、エゾアワビとバファンウニでは、アラメ等餌料海藻類が多く分布する地点により多く出現

表4 各調査地点、調査時期におけるアワビ類とウニ類の出現個体数(個体/m²)

出現動物名	St. A-Oct	St. A-Feb	St. B-Oct	St. B-Feb	St. C
エゾアワビ	2.0	1.1	1.4	0.2	1.5
バフンウニ	0.4	0.5	0.5	0.7	0.4
エゾバフンウニ	—	0.1	—	0.1	—
キタムラサキウニ	0.7	0.5	1.0	1.0	1.6
ツガルウニ	—	—	—	0.1	—

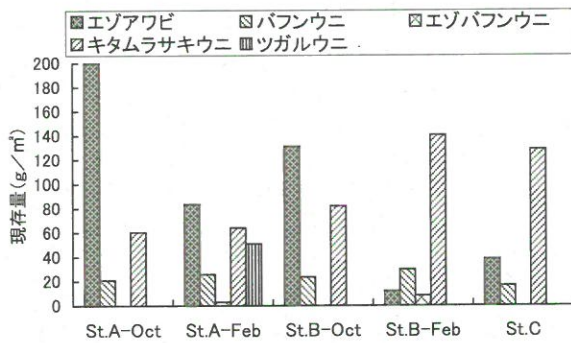


図5 各調査地点、調査時期におけるアワビ類とウニ類の現存量

する傾向にあること、キタムラサキウニでは、無節サンゴモが分布する海域(St.BとSt.Cの水深約5m地点)に特に多く出現するが、アラメ等海藻類が分布する地点にも出現する傾向にあることが認められた。

図6には、エゾアワビの殻長組成を時期別に、各地点[St.A, St.B, St.C]の合計値として示した。10月には殻長70~75mmと85~100mmの個体が高頻度で出現した。2月には殻長85~90mmの個体が多く出現した。なお殻長15~35mmの小型個体は、2月にのみ特にSt.Cで多

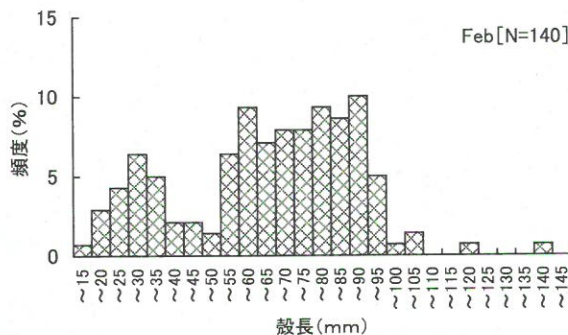
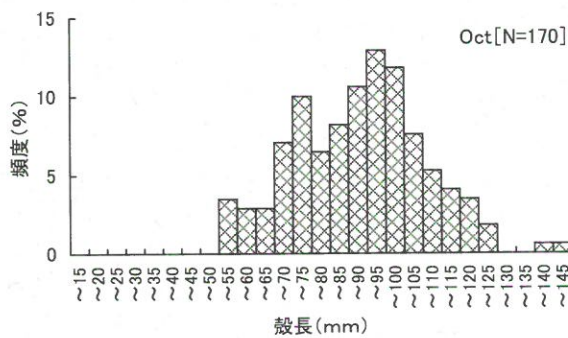


図6 エゾアワビの殻長組成の時期別推移

くの出現が認められた。

図7には、ウニ類のうち量的に最も多く採捕されたキタムラサキウニの殻径組成を時期別に、各地点の合計値として示した。10月には殻径45~65mmの個体が高い頻度で出現し、このうち殻径50~60mmの個体は特に高い頻度で出現した。2月には殻径50~80mmの個体が高い頻度で出現し、このうち殻径65~70mmの個体は特に高い頻度で出現した。キタムラサキウニは、10月に小型個体がより高い頻度で出現する傾向が認められた。

図8には各地点で、量的に多く採捕された海藻類食性の底生動物6種(エゾアワビ、バフンウニ、キタムラサキウニ、クボガイ、コシダカガンガラ、バテイラ)による月間摂食量について、調査点ごとに合計し1mあたりの換算値として示した。St.Aでは、10月にバテイラによる摂食量が特に多く、エゾアワビとキタムラサキウニも

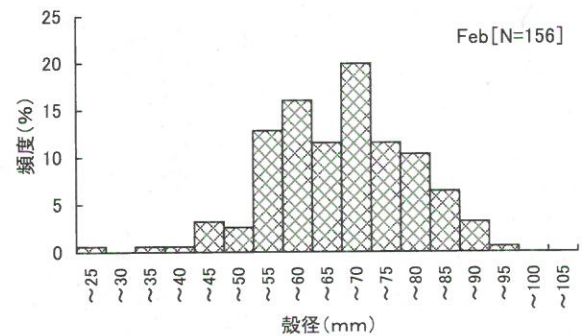
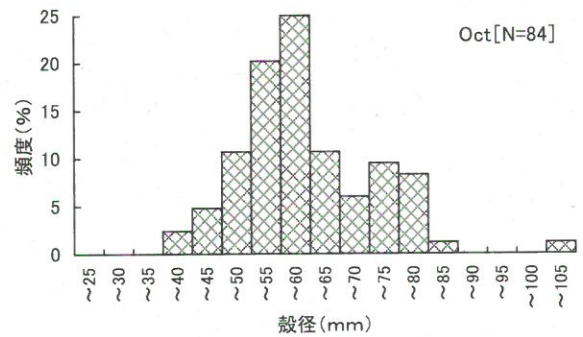


図7 キタムラサキウニの殻径組成の時期別推移

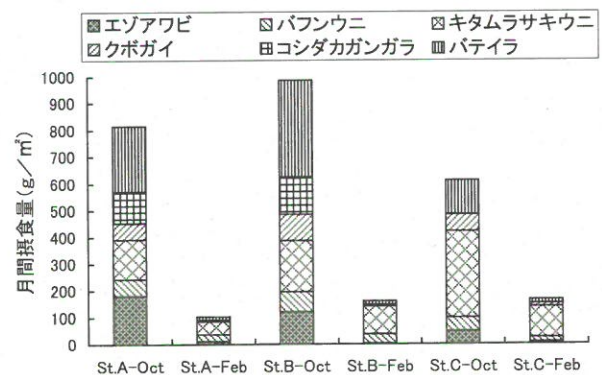


図8 各調査地点、調査時期における海藻類の月間摂食量 [St.C-Octは、St.C-Febによる推定値]

多く、次いでコシダカガンガラ、バフンウニ、クボガイの順であった。St.Aの2月には、キタムラサキウニによる摂食量が比較的多かったが、各動物とも水温の低下に従って活動性が低下する^{5,17)}ため合計摂食量は少なかった。St.Bでは、10月にバテイラによる摂食量が特に多く、キタムラサキウニも多く、次いでコシダカガンガラ、エゾアワビ、クボガイ、バフンウニの順であった。St.Bの2月には、キタムラサキウニによる摂食量は比較的多かったが、水温低下に伴う各動物の活動性低下のため合計摂食量は少なかった。St.Cの2月では、キタムラサキウニによる摂食量は比較的多かったが、水温低下に伴う各動物の活動性低下のため合計摂食量は少なかった。St.A、St.Bとの比較のため、St.Cで2月に採捕された動物の個体数と殻長・殻径によって、10月の摂食量を推定した結果では、キタムラサキウニによる摂食量が特に多く、次いでバテイラ、クボガイ、バフンウニ、エゾアワビの順に多かった。

以上の動物6種による各地点の合計摂食量と、アラメ等海藻類の現存量を比較した場合、St.AとSt.Bでは、摂食量に比べて海藻類現存量が明らかに多かった。St.Cでも摂食量に比べて海藻類現存量が多いものとみられた。

表5には、採捕された底生肉食動物の個体数を地点別、時期別に示した。更に図9には、各地点、各時期ごとの現存量を、動物種別に合計した時の上位5種について示した。図表から、St.Aでは10月にイトマキヒトデが多く、ヨツハモガニ、サメハダオウギガニ、コブカニダマシ、ヤドカリ類が出現した。St.Aの2月には、イトマキヒト

デが多く、ヨツハモガニが出現した。St.Bでは、10月にイトマキヒトデが多く、ヨツハモガニ、サメハダオウギガニ、コブカニダマシ、ヤドカリ類が出現した。St.Bの2月には、イトマキヒトデが多く、ヤドカリ類が出現した。St.Cでは、ヤドカリ類とイトマキヒトデのほかホソヘラムシ、ヨツハモガニ、アカヒトデが出現した。

St.AとSt.Bの調査月で比較した場合、カニ類とヤドカリ類は10月に2月より多く出現し、イトマキヒトデは2月により多く出現する傾向にあった。なお、海藻類の現存量が他より少なかったSt.Cでは、ヤドカリ類の出現が特に多く認められた。

考 察

宮城県志津川湾の浅海岩礁域における本研究結果から、バテイラなど多くの底生植食動物が大型海藻類のアラメと共に出現し、エゾアワビでも同様にアラメの現存量が多い場合により多くの出現がみられ、またキタムラサキウニでも、アラメの現存量が多い場合により多く出現する以外に、無節サンゴモとの関連で出現することが認められた。著者が以前行った研究ではアワビ類、ウニ類および底生植食動物は、餌料海藻類に制約される形で出現した¹⁶⁾が、今回は各調査地点で、これらの動物の摂食量に比べて海藻類現存量の方が多かった。しかしながら各地点でアワビ類、ウニ類は餌料海藻類のアラメの現存量に対応して出現が認められ、更にバテイラなど多くの底生植食動物がアラメと共に採捕されたことから、アワビ類、ウニ類および底生植食動物は、アラメ等の海藻類を餌料および隠れ場として活用し¹⁹⁾、これらに依存する形で出現していると考えられた。また、バテイラとキタムラサキウニについては、小型個体が10月により高い頻度で出現が認められており、これとほぼ同様の結果が函館湾のヘソアキクボガイ、コシダカガンガラとエゾバフンウニ⁶⁾でも確認されている。なお、本研究では殻径10mm未満のバテイラの採捕が少なかったが、バテイラ稚仔では10mm前後の時期(満1令期)にそれまでの転石側面又は下面から転石表面や岩礁露頭へ生活域を拡大する²⁰⁾ことから、そのサイズ以上に成長した個体が今回採捕されたと考えられる。このほか今回、多数の個体が出現したエゾチグサガイは、無節サンゴモ群落に高密度に分布する場合、アラメ等大型海藻類の幼体を摂食して磯焼けの持続要因となることが指摘されており^{21,22)}、海藻類群落の造成・維持管理を図る上で留意を要する底生植食動物である。

エゾアワビについては、アラメの現存量に対応して出

表5 各調査地点、調査時期における底生肉食動物の出現個体数(個体/m²)

出現動物名	St. A-Oct	St. A-Feb	St. B-Oct	St. B-Feb	St. C
エゾゴカイ	—	—	4.0	—	—
イソゴカイ	—	—	—	—	2.0
ホソヘラムシ	8.0	—	—	—	10.0
ヒラコブシ	2.0	—	2.0	—	—
ヨツハモガニ	6.0	2.0	2.0	—	2.0
サメハダオウギガニ	2.0	—	2.0	—	—
コブカニダマシ	4.0	—	2.0	—	—
ヤドカリ類	12.0	—	10.0	6.0	22.0
アカヒトデ	—	—	—	—	2.0
イトマキヒトデ	4.0	4.0	2.0	4.0	2.0

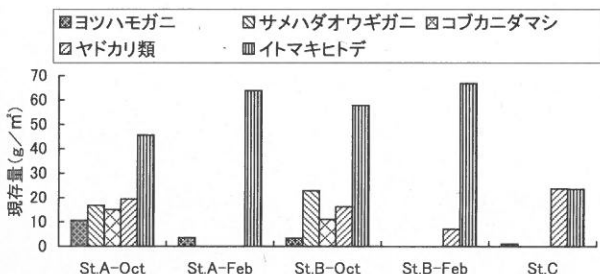


図9 各調査地点、調査時期における底生肉食動物の現存量(上位5種)

現したが、キタムラサキウニではアラメの現存量に対応して出現する場合以外に、無節サンゴモの分布に対応して出現する場合があることも認められた。このうち、アワビ類の出現が餌料であるアラメの分布に係る^{3,5,16)}こと、ウニ類が無節サンゴモ群落に高密度に分布する²³⁾ことは既に報告されており、更にキタムラサキニでは成長や餌料要求に伴って、無節サンゴモ群落からアラメ群落へと分布域を拡大する²³⁾ことも明らかとなっている。今回の研究では、無節サンゴモ群落に着底したキタムラサキウニ稚仔のうち、成長後も無節サンゴモ群落に留まった個体と、策餌のためアラメ群落へ移動した²³⁾個体の双方が認められたものと考えられる。一方、今回エゾアワビでは、2月に殻長20~30mm程度の小型個体の出現がみられたが、宮城県牡鹿半島沿岸の調査研究では12月に殻長20mm前後の前年発生群の出現が認められている²⁴⁾ことから、本研究でみられた2月調査時の小型個体は前々年発生群の一部とみられる。

肉食動物については、調査を実施した各地点で、ヤドカリ類・カニ類とヒトデ類の出現が認められている。St.AとSt.Bでは、ヤドカリ類とカニ類が低水温期の2月に10月より少なく、イトマキヒトデは2月に10月より多く出現していた。この結果は、ヤドカリ類とカニ類によるアワビ類の捕食が低水温期に少なく^{25,26)}、イトマキヒトデが低水温中で多くのエゾアワビを捕食し得る²⁵⁾というヤドカリ類・カニ類とヒトデ類との相反する捕食活動の特徴を、反映する形で出現し採捕されたことによるものとみられる。またSt.Cでは、海藻類の現存量が少なく隠れ場所も少ないとみられるが、ヤドカリ類は数多く出現していることから、アワビ類等の幼稚仔がより補食され易い状況にあると考えられる。

本研究で出現が認められた底生植食動物については、

エゾサンショウガイが殻長1mm程度のエゾアワビ稚貝と珪藻類等の初期餌料を競合し²⁷⁾、コシダカガンガラやバテイラでは海中造林礁にアワビ・ウニ類より先に蝸集したのち周年定着する^{3,5,23)}ことが報告されている。更にこれらの底生植食動物は、アラメ等の餌料海藻類を直接競合する^{5,17,19)}ことによってもアワビ類・ウニ類の生残及び成長に影響を与えるので、各種底生植食動物の分布状況や生態を明らかにすることは、アワビ類・ウニ類資源の増殖にとって有益な手段と考える。一方、カニ類、ヤドカリ類、ヒトデ類といった底生肉食動物については、成長途上で未だ小型のアワビ類とウニ類を食害することで、その生残に深刻な影響を及ぼす^{1,9,10)}ことから、今後とも生理・生態に関する研究を実施して、アワビ類とウニ類の増殖にも役立つ必要があると考える。

要 約

宮城県志津川湾の岩礁域において、底生動植物の出現動向とアワビ類、ウニ類の棲息状況調査を実施した結果、バテイラなど多くの底生植食動物が大型海藻類のアラメと共に出現することが認められ、更にエゾアワビではアラメの現存量に対応して出現すること、キタムラサキウニではアラメの現存量に対応して出現する以外に、無節サンゴモの分布に対応して出現することも認められた。エゾアワビについては2月に、前々年発生群の一部(殻長20mm前後の稚貝)が確認された。また各箇所、底生植食動物およびアワビ類、ウニ類は餌料海藻類に依存して出現すると考えられた。一方、底生肉食動物のヤドカリ類、カニ類、ヒトデ類は各箇所、出現が認められたが、ヤドカリ類とカニ類の出現は2月に少なく低水温による活動性の低下が影響したものとみられた。

文 献

- 1) 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.
- 2) 趙 柏賢・平山信夫・山田作太郎 (1991) 秋田県象潟地先におけるエゾアワビ漁業管理の一手法について. 日本水誌, 57 (9), 1661-1667.
- 3) 田中邦三・田中種雄・石田 修・坂本 仁・清水利厚・金子信一・目黒清美 (1980) 千葉県安房地区におけるクロアワビ (*Nordotis discus* (Reeve)) の資源生態的研究. 千葉水試研報, (38), 1-177.
- 4) 小島 博 (1975) 徳島県におけるクロアワビの生長に関する2, 3の知見. 水産増殖, 23 (2), 61-66.
- 5) 農林水産技術会議事務局 (1989) 海洋牧場-マリーナランディング計画, 初版, 617pp. 東京, 恒星社厚生閣.
- 6) M. Nagata (1983) Bioenergetics of the benthic herbivorous populations in a rocky intertidal habitat. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 49(1), 33-40.
- 7) A. Iijima (1998) Distribution of molluscs on bed-rock and boulder areas in an intertidal rocky shore on the Pacific

- coast of the Boso Peninsula. *Venus*, 57(2), 95-104.
- 8) Y. Takada and T. Kikuchi (1991) Seasonal and vertical variation of the boulder shore fauna in Amakusa. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, 11(1), 1-17.
 - 9) 白石一成 (1997) 肉食動物のキタムラサキウニ *Strongylocentrotus nudus* に対する捕食に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 45 (3), 321-325.
 - 10) 白石一成 (2002) 浅海岩礁域の底棲肉食動物によるエゾアワビに対する捕食実験. 栽培技研, 30 (1), 37-42.
 - 11) 千川 裕・田嶋健一郎・藤沢千秋 (1997) アワビ人工種苗放流におけるヒトデ類の駆除試験. 北水試研報, (50), 19-26.
 - 12) 二島賢二・伊藤輝昭・岸本源次 (1987) アワビの栽培漁業化に関する研究-I. 昭和60年度福岡県水産試験場研究業務報告, 239-257.
 - 13) T. Hirata, J. Tanaka, T. Iwami, T. Ohmi, A. Dazai, M. Aoki, H. Ueda, Y. Tsuchiya, T. Sato and Y. Yokohama (2001) Ecological studies on the community of drifting seaweeds in the south-eastern coastal waters of Izu Peninsula, central Japan. I: Seasonal changes of plants in species composition, appearance, number of species and size. *Phycological Research*, 49(3), 215-229.
 - 14) 芹澤如比古・大野正夫 (1995) 土佐湾の外海域に設置した人工礁上に着生する海藻類の遷移. 日水誌, 61 (6), 854-859.
 - 15) 野呂忠秀・椎原久幸 (1989) 奄美大島シラヒゲウニ漁場の海藻相. 水産増殖, 37 (2), 87-91.
 - 16) 白石一成 (2003) 宮城県北部の浅海岩礁域におけるアワビ類およびウニ類の分布と周辺域動植物の状況. 宮城水産研報, (3), 45-51.
 - 17) 菊地省吾・浮 永久 (1984) 植食動物密度の管理基準. 大型別枠研究有用海藻グループ58年度レポート, 南西海区水産研究所, 33-36.
 - 18) 宮城県気仙沼水産試験場 (2003) 調査観測資料. 平成14年度宮城県水産試験研究成果要旨集, 宮城県, 99-119.
 - 19) 徳田 廣・大野正夫・小河久朗 (1987) 海藻資源養殖学, 初版, 354pp. 東京, 緑書房.
 - 20) 堀川博史・山川 紘 (1982) バテイラ *Omphalius pfeifferi* (Philippi) の生態学的研究. 南西水研研報, (14), 71-81.
 - 21) 農林水産技術会議事務局 (1997) 磯焼けの発生機構の解明と予測技術の開発. 研究成果317, 105pp. 農林水産技術会議事務局.
 - 22) 浅野昌充・菊地省吾・河村知彦 (1990) コンブ類繁茂に対する小型植食巻貝の影響. 東北水研研報, (52), 65-71.
 - 23) 日本水産学会 (1999) 磯焼けの機構と藻場修復 (水産学シリーズ120), 谷口和也編, 初版, 120pp. 東京, 恒星社厚生閣.
 - 24) 佐々木 良 (2001) エゾアワビの加入機構に関する生態学的研究. 宮城水産研報, (1), 1-86.
 - 25) 神奈川県 (1987) 昭和61年度放流技術開発事業報告書 (放流漁場高度利用技術開発事業あわび類), 1-44.
 - 26) 白石一成 (1998) 肉食動物によるエゾアワビの捕食と水温の関係. 栽培技研, 26 (2), 99-102.
 - 27) 青森県水産増殖センター (2001) 磯根資源の初期生態の解明に関する研究 (総括報告書), 1-40.

