

暖流域における人工礁の藻場消失とムラサキウニの動態からの密度管理指標の検討

西海区水産研究所 海区水産業研究部 資源培養研究室
清本節夫、輿石裕一、鈴木健吾
調査実施年度：平成 13～15 年度

緒言

ムラサキウニは、暖海の浅海岩礁域における優占種であり、漁獲対象となっているが、密度が高い場合には磯焼けの持続要因となることが知られている¹⁾。ムラサキウニの成熟・産卵^{2)、3)}、成長^{3)、5)、6)}、食性^{3)、7)}などについては知られているが、なぜ磯焼けを持続するほど高密度になるのかについては、個体群動態の知見、特に長期間の変動に関する知見がほとんどないため不明である。造成増殖礁を含めた漁場の管理のためには、ムラサキウニの個体群動態を調査し、アワビ類・サザエ・ウニ類などの植食動物の餌となる海藻を維持するための適正な密度を知るとともに、どのような要因がムラサキウニの密度に影響を与えているのか明らかにする必要がある。

本調査は、ムラサキウニの密度管理基準算定に必要な、ムラサキウニの長期的な変動と密度に影響を与えている要因について推定し、その結果から密度管理指標を検討することを目的として行った。

調査方法

密度管理指標の検討のために、ムラサキウニ個体数の変動、殻径組成、除去・添加後の密度変化、成熟度を現地調査と過去のデータの整理から明らかにし、移動範囲、個体数の変動におよぼす加入量の影響、加入量に対する現存量・成熟度の影響、海藻に対するムラサキウニの影響の推定を行い、藻場を維持するために適正なムラサキウニの密度範囲について検討した。

主な調査地は橘湾奥の転石域であり(図 1,A)、ここの投石礁で密度調節実験を行うとともに、長期的なムラサキウニの個体群動態について調査した。また、壱岐市郷ノ浦町(図 1,B)、平戸市度島(図 1,C)でもムラサキウニの加入状況について調査を行った。

密度調節実験

ムラサキウニの密度管理を行う前提として、駆除・添加した効果がどの程度継続するのかを確認する必要がある。このため、橘湾奥の投石礁に 25m×25m の 5 区画を沈子コードによって設定し、2 区画でムラサキウニの除去を、2 区画でムラサキウニの添加をおこない、その後の密度変化を調査した。

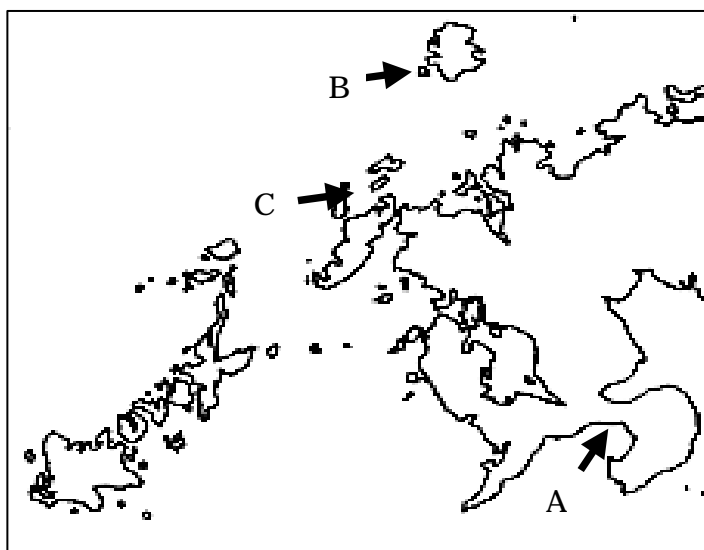


図 1 調査地点。A:橘湾奥、B:壱岐市郷ノ浦町、C:平戸市度島

除去および添加は1区画につき潜水士1~2名が1日かけて可能な限りムラサキウニを取り上げ、殻径を測定した後、測定分を除いて別の区画に添加した。除去・添加後の密度変化を潜水しての目視計数により調査した。また、密度調査の際に、適宜殻径の測定を行い、殻径組成から新規加入個体数を推定した。

成熟度

成熟度を調査するために、投石礁付近でムラサキウニを採取し、殻径、殻高、湿重量、生殖腺重量を測定した。生殖腺指数は殻径による違いを考慮し、次の式で求めた。

$$\text{生殖腺指数} = 100 \times \text{生殖腺重量 (g)} / (\text{殻径 (mm)}^2 \times \text{殻高 (mm)})$$

成長

ムラサキウニの成長を殻長組成から追跡する方法と生殖板に見られる輪紋を年齢指標とする2つの方法により推定した。

殻長組成の追跡による推定は、いずれも大型個体がほとんど見られなくなった後に加入した1991年発生群と1995年発生群について、その後の殻径組成の変化から推定した。1995年発生群については、1996年発生群との区別が1999年以降困難となったため両者をまとめて1995年級群として扱った。このため、過小推定の可能性がある。

生殖板に見られる輪紋数が年輪であることを利用して^{6)、8)}、輪紋数と殻径より成長を推定した。ただし、着底日、輪紋の形成時期が明確でないため、仮定として、9月1日に着底し、輪紋は3月1日に新たに形成されるものとした。

長期間の密度変化

1991年7月より2004年1月にかけて行った磯根資源モニタリング調査のうち、3本の測線(100m)に沿って片側1m以内に分布したムラサキウニの殻径を測定した結果を用いて、長期的なムラサキウニの密度変動について検討した。一部のデータは個体数のみを計数し殻径を測定していないものがあるため、加入量の検討からは除いた。各測線の個体数、殻径組成から、個体数、加入量の変動を推定した。

これまでの調査で得られた殻径と湿重量の関係は次の式で表された。

$$\text{湿重量 (g)} = 0.0005 \times \text{殻径 (mm)}^{2.9986}$$

測定した殻径から、この関係式により湿重量を求め、各測定時の湿重量分布を求めた。

1996年以降は測線に沿って大型褐藻の株数も計数しており、この結果とムラサキウニの現存量との関係を検討した。また、1991年から1993年については、海藻の状況についての定性的な観察結果から検討を行った。

他の海域における調査

ガンガゼが優占し海藻のほとんど見られない平戸市度島と、アラメが繁茂している壱岐市郷ノ浦町において、植生の異なる地点でムラサキウニの密度と殻径を測定した。この結果から、加入状況について推定した。

シミュレーション

以下の仮定において単純なシミュレーションを行った。

成長は、各年齢での殻径、湿重量を1歳:30mm、13.4g、2歳:35mm、21.3g、3歳:40mm、31.8g、4歳:45mm、45.3g、5歳:50mm、62.2g、6歳:52.5mm、72.0g、7歳:55mm、82.7g、8歳:57.5mm、94.5g、9歳:60mm、107.4gとし、加入個体数は次の2つの場合を仮定し

た。

加入個体数/m² = -0.04 × 現存量(g/m²) + 6 個 (大規模な加入を想定)

加入個体数/m² = -0.03 × 現存量(g/m²) + 2 個 (小規模な加入を想定)

この条件で各年齢間での死亡率を、0-1 歳 : 0、1~5 歳 : 0.2、5~9 歳 : 0.5 とし、寿命を 9 歳⁵⁾として、個体数の変動に与える影響を見るとき、1~4 年目でそれぞれ駆除を行った場合に、どの程度の効果があるのかを試算した。

調査結果

密度調節の効果

除去および添加は 2001 年 9 月 26 日に 1 区画で 757 個体 (約 30kg) の除去を行い (除去区 1)、このうち 704 個体 (28kg) を他の 1 区画に移した (添加区 1)。11 月 7 日に 9 月と同じ区画 (除去区 1、添加区 1) で 192 個体 (6.9kg) を取り上げ、129 個 (4.9kg) を移した。12 月 25 日に他の 1 区画 (除去区 2) で 788 個体 (約 30kg) を取り上げ、737 個体 (28kg) を他の 1 区画 (添加区 2) に移した。2001 年の密度調節前には 1.6 個体/m²であった密度が、密度調整後は除去区で 1 個体/m²以下、添加区は 3 個体/m²以上となり、その後も除去区では 0.3~1.3 個体/m²、添加区では 1.3~4.0 個体/m²となり、添加・除去の効果は 2002 年 11 月まで 1 年以上にわたって維持された (図 2)。

成長

殻長組成から同一年級群を追跡する推定法では (図 3) 平均殻径で、1991 年発生群では 1 年後に殻径約 30mm、2 年後に 37mm、3 年後には 40mm を越えると推定された。1995 年級群では 1 年後

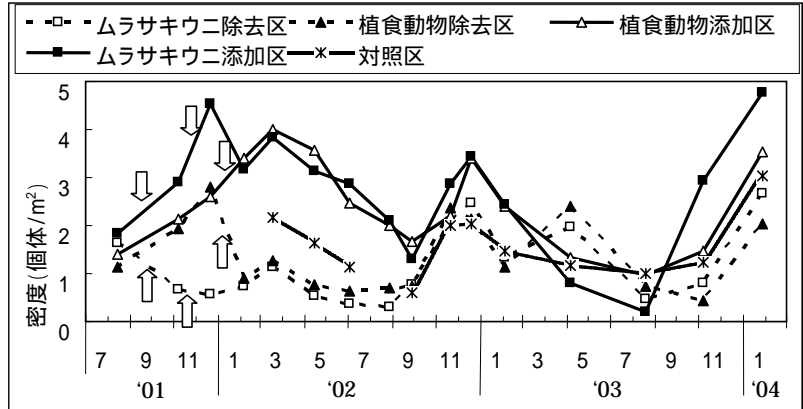


図 2 投石礁におけるムラサキウニの密度変化。矢印は密度調節を行った時点を表す。

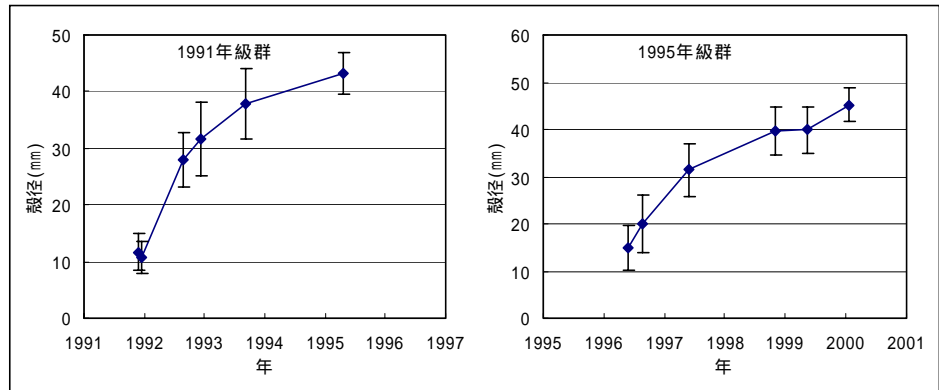


図 3 同一年級群の追跡によるムラサキウニの成長の推定。上下の線は標準偏差を表す。

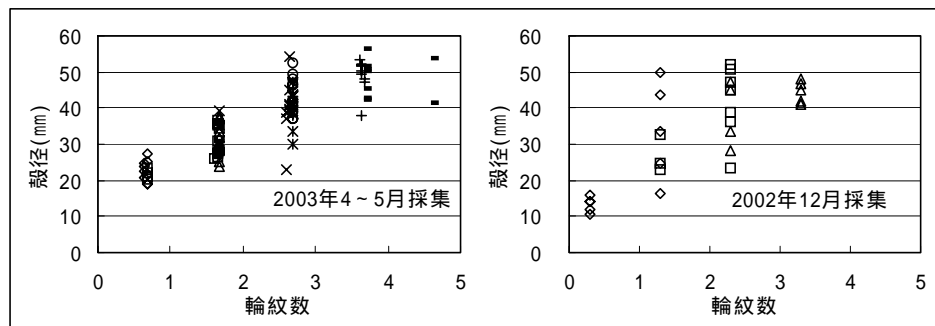


図 4 生殖板に見られる輪紋数と殻径の関係。

に殻径 20mm、2 年後に 33mm、3 年後に 38mm、4 年後に 43mm に成長した。

生殖板に見られる輪紋による推定では（図 4）2002 年 12 月に採集したサンプルでは、9 ヶ月で 22mm、1 年 9 ヶ月で 32mm、2 年 9 ヶ月で 42mm、3 年 9 ヶ月で 49mm、4 年 9 ヶ月で 48mm、2003 年 4～5 月に採集したサンプルでは 4 ヶ月で 13mm、1 年 4 月で 31mm、2 年 4 月で 41mm、3 年 4 月で 45mm と推定された。ただし、2 回のサンプルのいずれでも、1～2 歳でばらつきが大きく、最初の輪紋が形成される時期が不明であるため、両方の年齢の個体が混在している可能性が考えられた。

長期間の密度変動

投石礁の周辺海域で、100m の測線に沿って片側 1m で見られるムラサキウニの個体数を調査した結果から（図 5）調査を開始した 1991 年以降、この海域では 1991 年、1995 年、2003 年の 3 回の顕著な密度の減少とその後の新規加入による急激な密度の増加が見られた。図 6 に測線 1、2 における 2003 年のサイズ別の分布状況を示した。2003 年 5 月にはいずれの測線でも殻径 30～55mm の個体を中心にほぼ全域に生息していた。11 月には殻径 20mm 以下の新規加入個体が、いずれの測線でも 0～50m を中心に 60～70 個体見られた。殻径 20mm 以上の大型

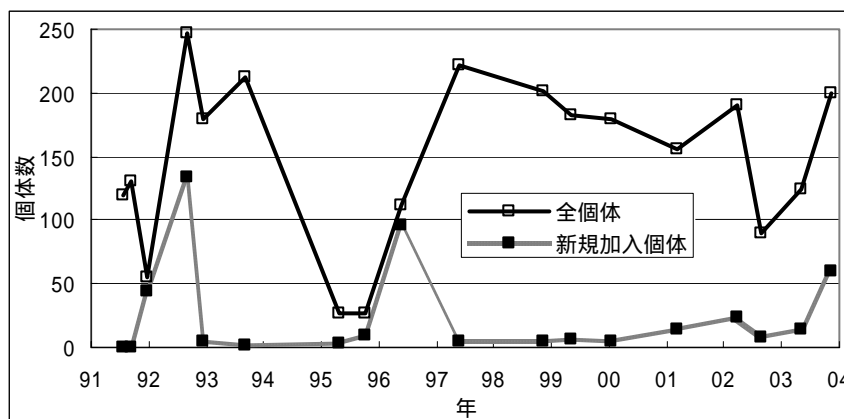


図 5 投石礁の周辺海域（測線 2）におけるムラサキウニ個体数の長期変動。100m × 1m で見られた全個体数と殻径 20mm 未満の新規加入個体数を示した。

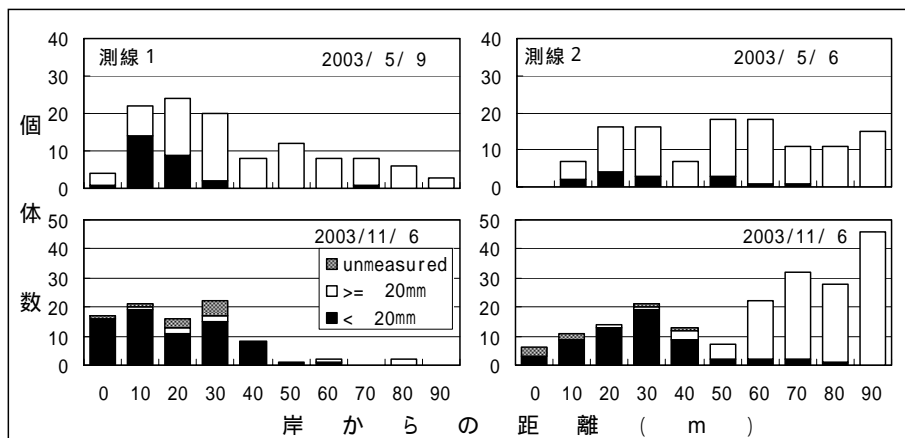


図 6 測線 1 と 2 におけるサイズ別の分布。水深は、0m で+0.5m、100m で -5m である。

の個体は、測線 1 では見られなくなり、測線 2 では小型の個体は浅い方に、大型の個体は深い方に多く、両者の分布域は異なっていた。

ムラサキウニの現存量と加入量の関係

投石礁でムラサキウニの除去を行った 2 区画と添加した 2 区画、および、隣接する 1 区画での新規加入個体の密度をみると、2001 年には加入個体は見られなかった。2002 年 11 月には除去区で 1.0、1.1 個体/m²であったのに対し、添加区で 0.2、0.6 個体/m²、対照区

で 0.3 個体/m²と除去区で多い結果となった。この時のムラサキウニ現存量は 1m²あたり、添加区で 115.5、77.78 g、除去区で 49.7、34.2 g、対照区で 58.3 g と推定された。2003 年には 9 月の台風でいずれの区画も密度が大幅に低下し、沈子コードによる区画分けも不明になったため、大型の岩により地点がはっきりわかる除去区 2 に近接海域から 214 個体を 10 月に移植した。11 月 7 日には移植した区画では 2.28 個体/m² (69.5g/m²) あったが、それ以外は 0.08~0.28 個体/m² (2.3~26.1g/m²) と少なかった。2004 年 1 月に調査した結果では、殻径 20mm 以下の個体が 1.24~2.36 個体/m² 見られ、全ての区画で 2002 年以上に加入個体の密度が高かった。

3 本の測線での長期データから、1m²あたりのムラサキウニ現存量と 0 歳の推定個体密度の関係を示したのが図 7 である。1 点の例外を除き、1m²の現存量が 50g 以下では 0 歳個体の密度は 1 個体/m² を越えることは少なかった。また、例外の 1 点も 0 歳個体のみで 50g を越えていることから、現存量で 50g/m² を超えると大規模な加入は起こらないと推定された。

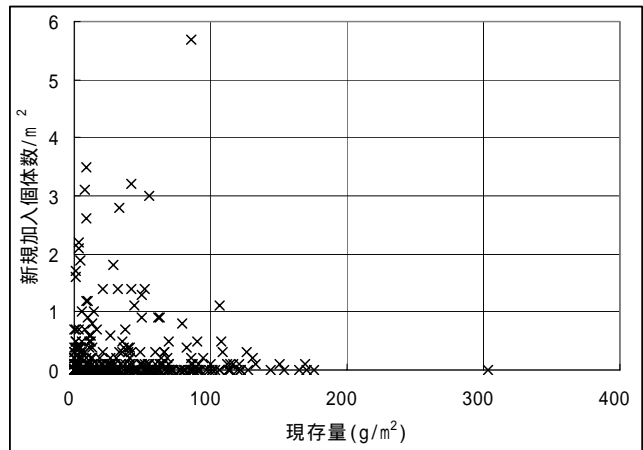


図 7 3 本の測線における 1m あたりの現存量と新規加入個体と推定される個体数の関係。

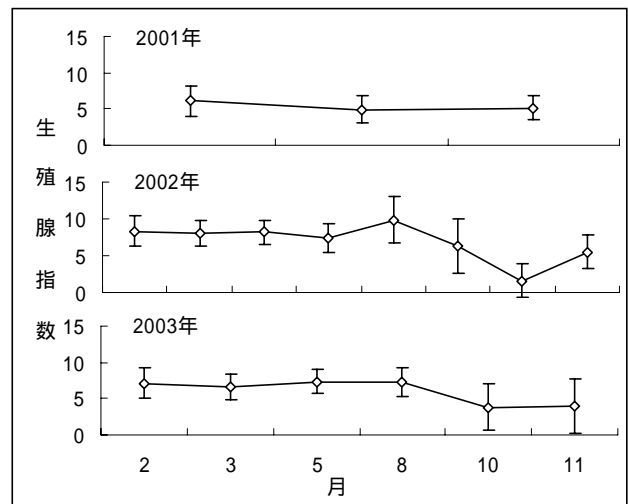


図 8 投石礁周辺における生殖腺指数の変動

成熟度の変化

生殖腺指数の変動を見ると 2001 年には 8 月に 6.1、11 月に 4.9、12 月で 5.1 と変化が少なかったのに対し、2002 年は 8 月に 9.8、9 月に 6.2、11 月に 1.6 と顕著な減少を示し、2003 年は 8 月に 7.3、10 月に 3.9、11 月に 4.0 と 2002 年より早い時期に減少を示した。

大型褐藻の株数とムラサキウニ現存量の関係
100m × 1m に生息するムラサキウニの現存量は各側線ではほぼ同じ傾向を示し、最低で 66g、最高で

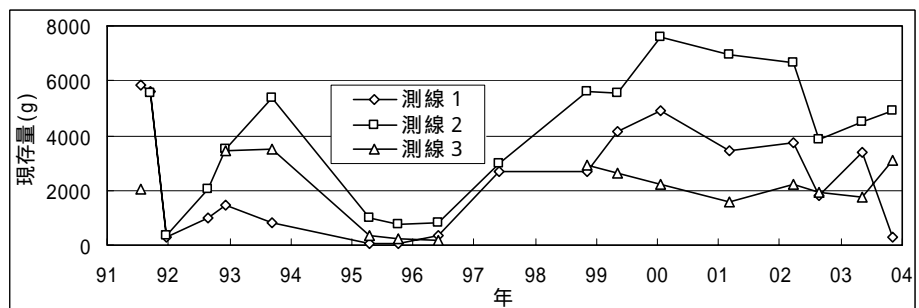


図 9 投石礁周辺の 3 本の測線における現存量の変動。各側線とも 100m × 1m の範囲に生息する個体の合計を示した。

7.6kg と大きく変動した。個体数と同様に 1991 年、1995 年に減少し、1993 年、2000 年にピークに達した（図 9）。

1996 年から 2003 年にかけての、大型褐藻の株数とムラサキウニの現存量の関係を見ると、測線、水深により異なるが、ムラサキウニ現存量が概ね 1m²あたり 100～150gを越えると海藻が少なくなる傾向が認められ（図 10）水深が深いほど少ない密度で海藻が少なくなる傾向が伺えた。

定性的な観察に留まるが、1991 年から 1993 年にかけての結果では、1991 年冬から 1992 年春にかけては大型褐藻（1 年生のワカメ、アカモクが中心）が繁茂したが、1992 年夏以降海藻がほとんど見られなくなり、1993 年もその状態が継続した。この結果からもムラサキウニの現存量が 1m²あたり 100～150g を越えると大型褐藻が消失すると考えられる。

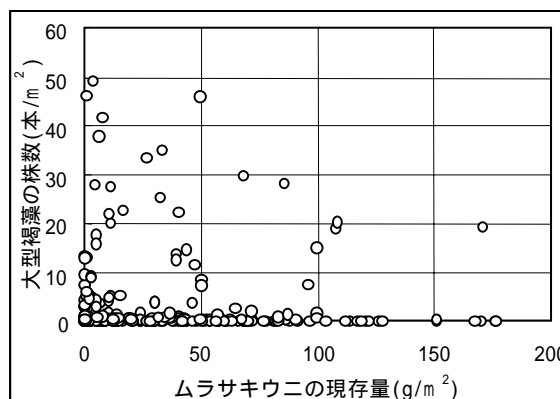


図 10 3 本の測線における 10m²あたりのムラサキウニの現存量と大型褐藻の本数の関係。

他の海域での加入状況

吉岐郷ノ浦町で、アラメの繁茂域、貧海藻域で 10m×2m の範囲でムラサキウニの密度と殻径組成を調査した（表 1）。アラメ区、貧海藻区ともに水深の浅いところでムラサキウニが多く見られ、水深の深いところでは少なかった。また、アラメ区の 4m では殻径の大きい個体が中心であったのに対し、貧海藻区の 2m では殻径の小さい、加入後約 1 年と考えられる個体がほとんどであった。

平戸市度島地先で 10m×1m の範囲で見られたウニ類の種類別密度を調べた（表 2）。調査した 2 地点はいずれも海藻がほとんど見られず、地点 1 は投石が行われたところ、地点 2 は天然の転石域である。地点 1 ではアオスジガンガゼが優占しており、ムラサキウニは 9 個体が見られたのみであった。一方、地点 2 ではガンガゼが少なく、ムラサキウニが 22 個体見られ、その多くは 1 歳と考えられる殻径 18～35mm の個体であった。

表 1 吉岐におけるアラメの繁茂域、貧海藻域での海藻の密度と、ムラサキウニの密度・平均殻径

	アラメ区		貧海藻区	
	4 m	7 m	2 m	5 m
水深				
アラメ	6.5	1.9	0.0	0.0
アラメ幼体	0.6	2.3	0.0	0.0
モク類	6.9	15.8	0.0	>25
ムラサキウニ				
個体数/m ²	5.7	2.0	5.9	0.4
平均殻径(mm)	40.2	33.5	26.0	56.0

表 2 平戸市における築磯と転石域でのウニ類の密度とムラサキウニの平均殻径

	地点 1 (築磯)	地点 2 (転石域)
アオスジガンガゼ	6.6	1.2
ガンガゼ	0.8	0
アカウニ	1.4	3.3
ラップウニ		0.3
コシダカウニ		0.1
ムラサキウニ		
個体数/m ²	0.9	2.2
平均殻径	51.8	29.3

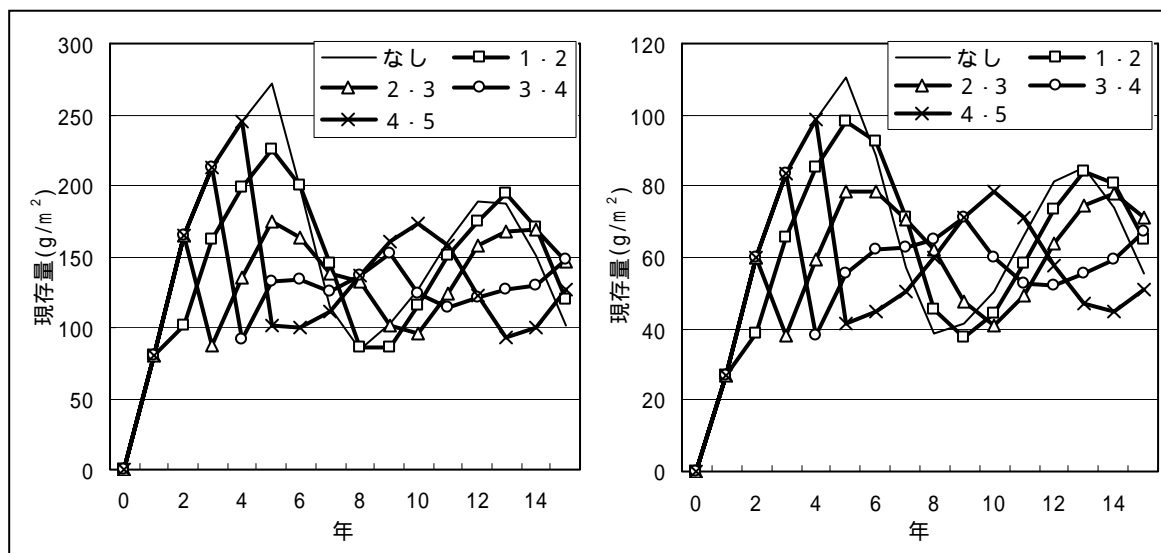


図 11 シミュレーションの結果。左：大規模な加入、右：小規模な加入。駆除は1年目、2年目、3年目、4年目の各1年に生息するムラサキウニの半数を除去するものと仮定した。

シミュレーション

ムラサキウニ現存量の初期値を0とし、現存量に応じて、方法に示した2つの式に従って加入するものと仮定してシミュレーションを行った。各年齢間の死亡率は、いずれの場合も、0歳から1歳までは0、1歳から5歳までは0.2、5歳から9歳までは0.5とし、9歳ですべてが死亡するものとした。この条件では湿重量は収束せず、大規模な加入の場合1m²あたり90~180gの間で、小規模な加入では1m²あたり40~80gの間で振動した。この条件で、1年目、2年目、3年目、4年目にそれぞれ生息する個体の半数を駆除したと仮定すると、いずれの場合でも3~5年後に見られるピークが駆除しない場合に比べて小さくなり、特に、2年目に駆除を行った場合に最も低くなった。(図11)。

考察

ムラサキウニの長期的な変動とその要因

長期的な調査結果からこの海域では、1991年以降の13年間に1992、1995、2003年の3回ムラサキウニ密度の大規模な減少とその直後の加入がみられた。大規模な減少が起こった1991年、1995年、2003年について見ると、調査が行われなかった1995年については不明であるが、1991年、2003年については台風の通過後に減少が認められていることから、台風に伴う波浪による物理的な擾乱により減少がおきたと考えられる。いずれの場合も、密度が減少した後に大規模な加入が見られ、その後の3~5年間はほとんど加入が見られず、密度も安定して推移した。このことから、この海域でのムラサキウニの密度は加入量の多寡で決まっているといえる。

大規模な加入が見られたのは調査海域のムラサキウニ密度が減少した後であるので、同種個体の生息が加入に対して抑制的に働いていると考えられる。このことは投石礁で除去区において新規加入個体数が多かったことから裏付けられた。一方、壱岐、度島の結果から、ムラサキウニ以外の植食動物(ガンガゼ)が優占する磯焼け域やアラメ、ノコギリモクなどの大型褐藻が繁茂する地域では加入量は少ない結果が得られた。これらのことが

ら、ムラサキウニの大規模な加入は、ムラサキウニを初めとする植食動物の摂食圧が、個体数の減少に伴って減少し、海藻が回復し始めた初期に見られると考えられる。壱岐の貧海藻区の水深 2m では 1 年前に大規模な加入があったものと推定されたが、ここでは 2001 年冬にワカメが見られたという情報があり、それ以前の磯焼け状態から回復に向かっていたと考えられる。京都府でもキタムラサキウニにより磯焼け状態になっていた磯で高水温が原因と考えられる大量斃死の後に、ムラサキウニが多数加入した例が報告されている(辻ら、1989)。この現象について、著者らはキタムラサキウニによるムラサキウニの排除を推定しており、他のウニ類が優占している状態では加入がなく、密度が低下した後に加入が見られたことは今回の結果と一致しており、磯焼けからの回復途上にムラサキウニが大規模に加入した結果と考えられる。

一方、投石礁での生殖腺指数の変動から、年により産卵数や産卵期が異なる可能性が示された。2001 年にはほとんど産卵されず、2002 年には 10~11 月に産卵期があり、2003 年は 9 月に産卵期があったものと推定された。これに対応するように 2001 年には除去区、添加区ともに加入がほとんど見られなかったが、2002、2003 年には加入個体が多く見られた。従って、加入量を左右する要因として、産卵量と加入初期での生き残りという 2 つの要因が絡んでいるとも考えられる。

香港で輪紋数を調べた結果から、ムラサキウニの寿命は最長で 9 年程度とされている⁵⁾。1995 年から 2003 年の推移を見ると、小規模な加入が 2001 年から 2003 年にかけて水深の浅いところで見られており、1995 年級群が徐々に減少し、それに伴って新規加入が小規模に起こっていたと考えられる。台風による擾乱がなかった場合、小規模な加入が継続し、シミュレーションの結果から藻場の消失を引き起こす現存量に達することなく、安定した状態になるものと予測される。

適切な密度範囲の算定根拠

今回の調査海域において、海藻の維持のためには、ムラサキウニの現存量で 100~150g/m² 以下、殻径 50mm の個体では 2 個/m² 以下と推定された。四井・前迫(1993)は長崎県対馬で磯やけ域から植食動物を駆除することによりアラメ藻場を回復させた事例で、駆除前のウニ類(主にムラサキウニ)の現存量を 140~240g/m²、駆除後の現存量を 26 g/m² と報告している。従って、藻場の維持のために適切な密度はこの両者の間に存在すると考えられ、今回得られた 100~150g/m² 以下という数字とほぼ符合する。

一方、大規模な加入を引き起こさないためには、今回の調査結果から 50g/m² 以上、殻径 50mm の個体で 1 個以上と考えられた。このことから、今回の調査海域における適正な密度範囲としては現存量で 50~100 g/m²、殻径 50mm の個体で 1~2 個体/m² と考えられる。

管理方法

以上の結果から、管理方法について考えてみる。まず、投石礁での密度調節後の密度変化からムラサキウニの能動的な移動は 25m×25m の区画に比較して非常に小さいと考えられる。Yatsuya & Nakamura(2004)は京都府沿岸で 1m×1m の範囲での除去や生息位置の比較を行い、ムラサキウニはほとんど移動しない結果を得ている⁵⁾。従って、この程度の範囲以上でムラサキウニの駆除を行えば、ウニよけネット等の特別な手段を講じなくても、駆除の効果が現れると考えられる。

磯焼け状態を維持するような高密度になるのは大規模な加入が起こった場合であり、大規模な加入は物理的な擾乱により同種を含む植食動物が大きく減少した場合に起こった。

このような場合に該当する事例としては、調査海域のような台風などによる時化、磯焼け域で植食動物を強度に駆除した場合、また、増殖礁を造成した場合が考えられる。

磯焼け対策で植食動物の除去を行うのは海藻に対する摂食圧を下げる点から重要である。しかし、本調査の結果から考えると、駆除によりムラサキウニ密度が一定の値を下回った場合、駆除の後に、大規模な加入が引き起こされる可能性がある。また、造成漁場の造成直後は当然ムラサキウニを初めとする植食動物の現存量は0に近い。従って、産卵量が多い年には、1～2年で多数のムラサキウニが加入し、密度が上昇する可能性が高い。

シミュレーションの結果から、大規模な加入があっても着底後3年以内に半数を駆除することにより、現存量の急激な増加を抑えることができ、速やかに安定に向かうことが期待された。従って、台風などによる時化、磯焼け域での大規模な駆除、増殖礁の造成などの後、2年以内に調査を行い、小型のムラサキウニが多数見られた場合には、3年以内に速やかな駆除を行い、適正な密度に管理することが望ましい。

残された問題点（より汎用性の高い管理手法の確立に向けて）

ムラサキウニの加入量を決める要因について

今回の調査から、ムラサキウニの密度は加入量で決まっており、大規模な加入が密度の増大を招くものと推定された。加入量に影響する要因として、同種を含めた植食動物の存在、植生、産卵量などが考えられる。すなわち、産卵量が年により異なり、これが幼生の供給量を決め着底量を左右する、海洋環境により幼生の輸送量が異なる、植生により幼生の着底量もしくは着底直後の生き残りが異なる、同種を含めた植食動物による摂食活動が着底直後のムラサキウニの生残を引き下げ、という4つの仮説が考えられる。これらを明らかにするためには、コレクターによる幼生供給量と殻径10mm以上の個体数の対応を調査するとともに、植生の異なる地点での調査結果を比較する必要がある。

海藻に対する他の植食動物の影響

調査海域では、ムラサキウニ以外にも、バフンウニ、ガンガゼなどのウニ類、オオコシダカガンガラ、ウラズガイなどの植食性巻貝が多く見られた。これらの植食動物が海藻に対してどの程度の影響を与えているのかは不明であるが、今回調査対象としたムラサキウニの影響に上乗せする形で摂餌圧が効いていると考えられる。ムラサキウニとバフンウニの摂餌量を水温別に調べた結果（清本 未発表データ）では、ムラサキウニは水温20度以下では水温の低下とともに摂餌量が減少した（図12）。このことから、冬季の水温低下はムラサキウニの摂餌量を減少させ、海藻の成長に寄与すると考えられ、近年問題視されている温暖化に伴う水温の上昇はムラサキウニの摂餌圧を高めることとなり、藻場の消失につながると考えられる。一方、バフンウニの現存量あたりの摂餌量はムラサキウニに比べて多いことが報告されている⁹⁾が、水温20以上でムラサキウニの4～6倍であり、水温の低下に伴う摂餌量の減少もムラサキウニほど顕著ではなかった（図12）。調査対象

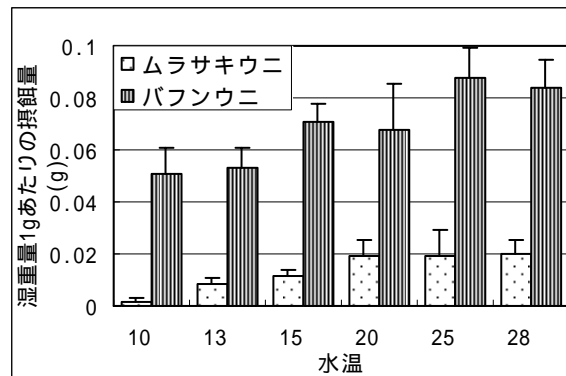


図12 ムラサキウニとバフンウニの水温別の摂餌量。ムラサキウニは殻径31～47mmの個体を、バフンウニは殻径22から33mmの個体を用いた。

とした投石礁ではバフンウニの個体数はムラサキウニの2倍、現存量で20%であり、湿重量あたりの摂餌量の大きさからその影響は無視できないと考えられる。今後、バフンウニやガンガゼなどのウニ類やオオコシダカガンガラ、ウラウズガイなどの植食性巻貝についても詳細な調査が必要である。

摘要

ムラサキウニの密度管理指標を検討することを目的として、密度管理基準算定に必要な、長期的な個体群密度の変動と密度変動要因について推定し、調査および密度調節実験を行った。

1. 密度調節実験の結果から、ムラサキウニの移動範囲は小さくなく、駆除の効果は持続されると判断された。
2. 長期的な個体数の変動から、ムラサキウニの密度は主に加入量により決まっていると推察され、ムラサキウニの現存量が50g/m²を越えると大規模な(2個体/m²以上)加入は起こらないと推定された。
3. ムラサキウニの現存量と大型褐藻の株数の関係から、ムラサキウニの現存量が100~150g/m²を越えると大型褐藻が見られなくなる傾向が示された。
4. 以上の結果から調査海域におけるムラサキウニの適正密度として、1m²あたり殻径50mmの個体で1~2個体が算定された。
5. 調査海域で見られたムラサキウニの個体数変動機構の普遍性や、藻場に対するムラサキウニ以外の植食動物の影響について、引き続き調査をする必要がある。

引用文献

- 1) 四井敏雄・前迫信彦、1993：対馬東岸の磯焼け帯における藻場回復実験、水産増殖、41(1)、67-70
- 2) 山崎誠・清本節夫、1993：長崎県平戸島産ムラサキウニの生殖周期、西水研報、(71)、33-40
- 3) 今井利為、1995：本州中部におけるウニ類の増殖に関する研究、神水試論文集、6、1-90
- 4) 堀井貴司、1997：ムラサキウニの生殖年周期と産卵月齢周期性、日水誌、63(1)、17-22
- 5) Yatsuya, K., Nakamura, H., 2004: Density, growth and reproduction of the sea urchin *Anthocidaris crassispina* (A. Agassiz) in two different adjacent habitats, the *Sargassum* area and *Corallina* area, Fish. Sci., 70, 233-240
- 6) Chiu, S.T., 1990: Age and growth of *Anthocidaris crassispina* (Echinodermata: Echinoidea) in Hong Kong, Bull. Mar. Sci., 47(1), 94-103
- 7) Yatsuya, K., Nakamura, H., 2004: Diet and stable isotope ratios of gut contents and gonad of the sea urchin *Anthocidaris crassispina* (A. Agassiz) in two different adjacent habitats, the *Sargassum* area and *Corallina* area, Fish. Sci., 70, 285-292
- 8) 角田信孝、1989：アカウニの年齢形質と成長、日水誌、55(11)、1899-1905
- 9) 大島泰雄・石渡直典・田中二良、1957：ムラサキウニとバフンウニの食性、水産増殖、V(1)、26-30