

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月16日現在

機関番号：82708

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570030

研究課題名（和文） 岩礁潮下帯での藻場形成における波浪による攪乱と微小藻類によるファシリテーション

研究課題名（英文） Facilitation of the maintenance of kelp beds in rocky subtidal areas due to wave disturbance and microalgae

研究代表者

川俣 茂（KAWAMATA SHIGERU）

独立行政法人水産総合研究センター・水産工学研究所・主幹研究員

研究者番号：50372066

研究成果の概要（和文）：ウニがはびこる磯焼け域では波動が強まる浅所でウニの摂餌活動が制限されて藻場が局所的に維持することがある。長期間の流速測定により、そのような藻場での「波動流速<ウニの摂餌限界」の確率がゼロではなく約 20%になることを明らかにした。また室内水槽実験と野外研究は、藻場周辺の微小藻類や殻状海藻の被覆がウニの付着力とさらにその侵入限界流速を低下させ、藻場の維持に寄与することを示した。

研究成果の概要（英文）：Kelp beds can be maintained locally in sea urchin-dominated barrens due to the restriction on urchin feeding by wave action which increases with decreasing depth. Long-term velocity determination revealed that the probability for the wave-induced orbital velocity near the lower edge of persistent kelp beds lower than the upper limit for urchin feeding was not zero but approximately 20%. A laboratory flow tank experiment and field study showed that the cover of microalgae or crustose algae in and around kelp beds reduced urchins' attachment strength and thus the upper velocity limit for their invasion, facilitating the maintenance of the beds.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 1,500,000 | 450,000 | 1,950,000 |
| 2010年度 | 1,500,000 | 450,000 | 1,950,000 |
| 2011年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,700,000 | 1,110,000 | 4,810,000 |

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学，生態・環境

キーワード：攪乱，生物多様性，ファシリテーション

1. 研究開始当初の背景

物理的攪乱は生物の多様性を維持する重要な要因である。岩礁潮下帯では、高い生産力と生物多様性を有する大型海藻の藻場がしばしばウニの過剰摂食によって生産力と生物多様性が低いウニの磯焼け場に置き換わる。しかしそのような場でも、波の影響が強い浅所では波動によってウニの摂餌活動

が制限され、藻場が維持される。ところが、実際の藻場での流動はしばしばウニの摂餌限界を連続的に下回り、流動がウニの摂餌活動を直接的に制限する効果だけでなく、他の生物の存在がファシリテーションとして機能し、間接的に藻場の維持に寄与している可能性が示唆されていた。

2. 研究の目的

(1) 微小藻類マットによるファシリテーションの実験的評価：ウニの移動は、管足による付着に依存し、その付着は毛状の藻類マットによって阻害され、ウニの摂餌可能な限界流速を低下させると予想される。このファシリテーションの重要性を、キタムラサキウニの磯焼け場—大型褐藻アラメ場の系を例として、実験により定量化する。

(2) 野外における藻類マットによるファシリテーションの検証：キタムラサキウニが優占する海域でアラメが生育する浅所と生育しない近傍の磯焼け場において微小・小型藻類の被度、キタムラサキウニと巻貝類の密度、アラメ幼体の生残率及び波動流速発生頻度分布を調べ、実験からの予測の妥当性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 微小藻類マットによるファシリテーションの実験的評価

振動流水槽を用いて中心にアラメ幼体を取り付けた、微小藻類の薄いマットが被覆した 30×30cm 塩ビ板(実験区)とマットなしの塩ビ板(対照区)を用いて、異なる強さの振動流下で 24 h でのアラメ摂食量、塩ビ板上でのキタムラサキウニの剥離回数と移動速度を測定した。

(2) 野外における藻類マットによるファシリテーションの検証

キタムラサキウニの磯焼け場になっている宮城県沿岸において、頂部にアラメ場が維持される暗礁(K1)と隣接するアラメの幼体のみが一時期出現する暗礁(K2)およびアラメが全くしない暗礁2箇所(B1, B2)を研究対象として、

仮説 1：ウニの摂餌が可能な流速条件（有義軌道流速 $U_s < 40 \text{ cm s}^{-1}$ ）の頻度はアラメ残存暗礁で低いが、ゼロにならない

仮説 2：アラメ残存暗礁に植食巻貝類が蟻集するが、ウニはほとんど侵入できない

仮説 3：アラメ残存暗礁にのみ藻類マットが維持される

仮説 4：藻類マットがウニの付着力を低下させる

仮説 5：微小藻類の増殖速度がアラメ残存暗礁で高い

を検証するため、以下の調査・実験を行った。

仮説 1 については、各暗礁頂部での長期間（1.5 年）の波動流速を、沖側深所参照点に設置した波高計と短期間（約 1 ヶ月）の超音波式流速計による直接測定から推定する経験式（図 1）を構築し、それに基づき推定した各暗礁頂部での有義軌道流速（ $U_s = \sqrt{2}U_{\text{rms}}$ で定義）の確率分布を求めた。

理論 $U_{\text{rms}} = (H_s/4)\sqrt{g/h}$ $H_s = r H_{s,R}$
 $r = a(H_{s,R}/L_0)^b (H_{s,R}/h_R)^c$
 本研究 $U_{\text{rms}} = \alpha H_s^\beta h^\gamma$ $L_0 = gT_c^2/(2\pi)$, T_c :ゼロクロス波周期
 $h = h_R - \Delta h$

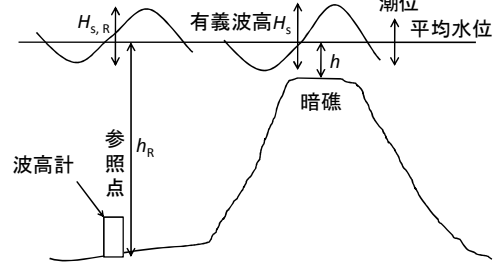


図 1 暗礁頂部での rms 流速の推定方法

仮説 2 と仮説 3 については、各暗礁頂部において、ウニ、巻貝類の密度、海藻の密度または被度、アラメの密度を 2 年間にわたり、海藻繁茂期(6-7 月)と衰退期(12 月)に調べた。

仮説 4 については、ウニを藻類マットと無節サンゴモに被われた基質に刺激を与えて固着させて、付着力をばね秤で測定した。

仮説 5 については、微小藻類の潜在的増殖速度を、植食動物の排除用籠付きと籠なしの試験基質を、約 1 ヶ月間、研究対象暗礁頂部に設置し、クロロフィル a 量を測定した。

4. 研究成果

(1) 微小藻類マットによるファシリテーションの実験的評価

微小藻類マットは極端に薄かったにもかかわらず、マットがある場合、ウニの剥離はマットの存在によって低い流速（ 20 cm s^{-1} ）で起こり始め、頻繁に起こった（図 2）。

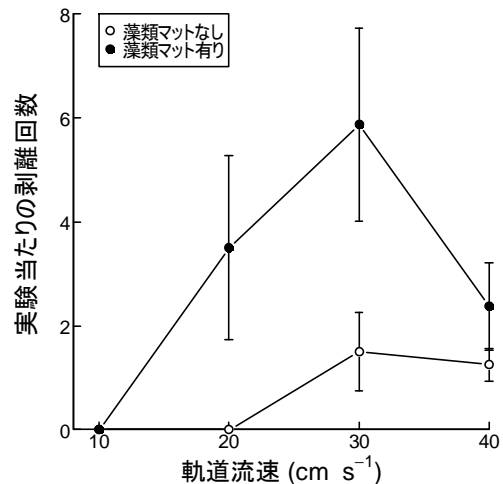


図 2 軌道流速と剥離回数との関係

特に、摂餌限界（ 40 cm s^{-1} ）以下の 30 cm s^{-1} ではウニの索餌が流れの刺激によって活発化したにもかかわらず、ウニのアラメ摂餌はマットの存在によって顕著に制限された。

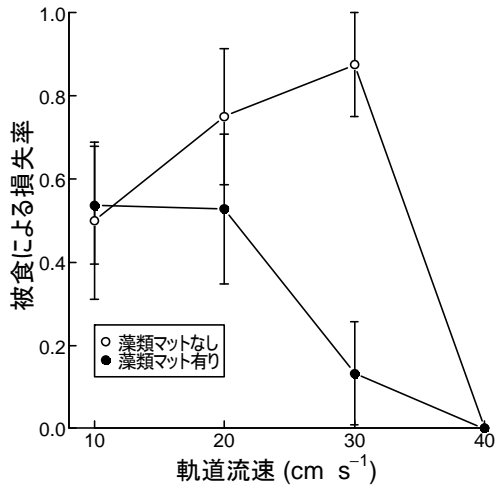


図3 軌道流速と被食によるアラメ幼体の損失率との関係

(2) 野外における藻類マットによるファシリテーションの検証

(仮説1の検証) 各暗礁頂部における軌道流速の予測式をかなり高い決定係数 ($r^2 > 0.91$) を持つ回帰式として決定した。それに基づき推定された、各暗礁での有義軌道流速 U_s の累積確率分布 (図4) は、アラメ残存暗礁 K1 でのウニ摂餌可能条件 ($U_s < 40 \text{ cm s}^{-1}$) の頻度が、アラメの生育しない暗礁 B1 と B2 に比べて低い、ゼロにならなかった。

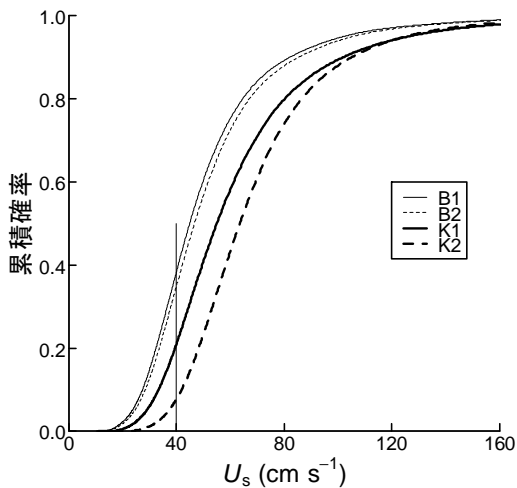


図4 各暗礁頂部での U_s の累積確率分布

(仮説2の検証) ウニは、流速の比較的弱い暗礁 B1 と B2 の頂部では海藻繁茂期にも出現したが、流速の大きかったアラメ残存暗礁 K1 とアラメ幼体のみが加入する暗礁 K2 では、海藻繁茂期には全く出現せず、衰退期(12月)に非常に低い密度で出現した。これに対して、アワビおよび中型植食巻貝類は、流速が比較的大きい、特にアラメが残存する K1 で多く出現した。

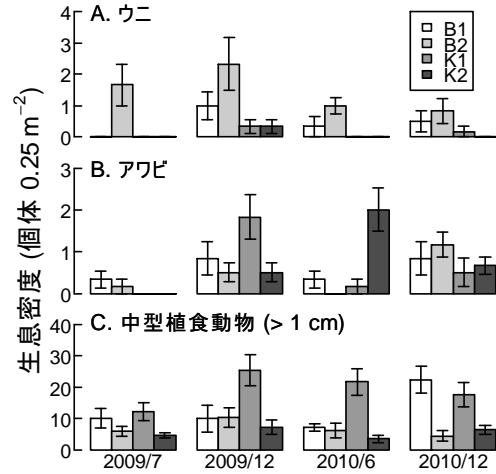


図5 各暗礁頂部での植食動物の密度

(仮説3の検証) 無節サンゴモを除く海藻の被度は、アラメ残存暗礁 K1 で高く、他の暗礁で低かった (図6)。K1 では特に、基質面を被うイソイワタケ *Ralfsia verrucosa* の被度が高く、アラメが生育しない暗礁 B2 では多年生のトゲモク *Sargassum micracanthum* が特異的に多かったが、ウニの付着を阻害するような基質面を被う海藻はほとんどなかった。

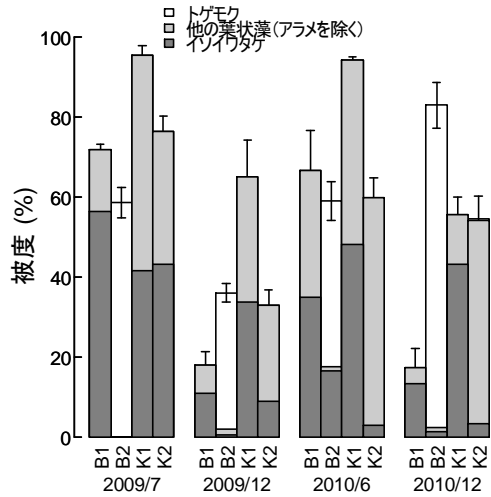


図6 各暗礁頂部での非サンゴモ海藻被度

(仮説4の検証) アラメ残存暗礁 K1 では一般に藻類マットに分類されるものではないが、殻状海藻のイソイワタケに被われた基質面が広く分布していた。イソイワタケ被覆面上でのウニの付着力は、無節サンゴモの被う不毛な基質面上での値に比べて有意に低く (図7)、粘性を帯びたイソイワタケ表面が付着力を低下させることが示された。

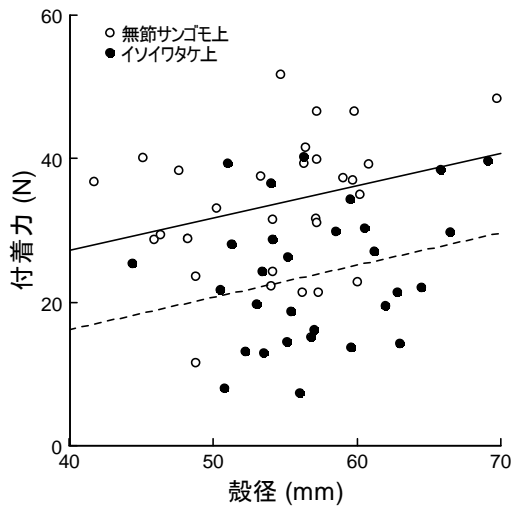


図7 ウニの殻径と付着力との関係

(仮説5の検証) 籠なし試験基質上では、すべての暗礁で微小藻類はほとんど増殖できなかったのに対して、籠で囲われた試験基質には微小藻類が繁茂し(図8)、植食巻貝類により微小藻類が摂食されていることが示唆された。また仮説に反して、藻類の増殖速度は、アラメ残存暗礁 K1 ではなく、むしろ無節サンゴモに被われていた暗礁 B2 で高く、仮説5は否定された。

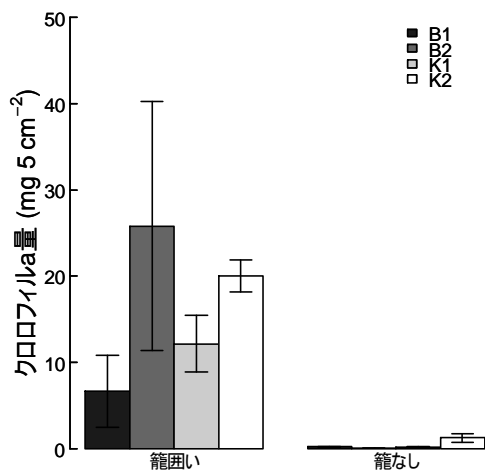


図8 試験基質上に着生した藻類のクロロフィル a 量

イソイワタケは、平坦な基質面によく繁茂し、平坦な基質面が多かった暗礁 B1 と K1 に比較的高い被度で出現したが、流速がウニの侵入を制限するのに十分大きくない B1 ではイソイワタケの被覆は衰退期に大幅に減少した。

以上のことから、アラメ残存暗礁では波動流によって頻繁にウニの索餌活動が制限さ

れるが、約 20%の確率で摂食が可能になる。しかし、イソイワタケの被覆により、ウニの侵入可能な流動条件の確率はゼロに近づき、アラメ場の維持に寄与することが予想された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① Kawamata S., Experimental evaluation of the anti-attachment effect of microalgal mats on grazing activity of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus* in oscillating flows. The Journal of Experimental Biology, 査読有り, Vol. 215, 2012, 1464-1471

DOI: 10.1242/jeb.068411

② 川俣 茂・村岡 大祐, 浅所における波動流速の長期測定手法の提案と暗礁への適用. 日本水産工学会学術講演会講演論文集, 査読無し, 23, 2011, 7-8

③ 川俣 茂, ウニの侵入防止バリアとしての藻類マットの付着阻害効果, 日本水産工学会学術講演会講演論文集, 査読無し, 22, 2010, 65-66

[学会発表] (計3件)

① 川俣 茂・村岡 大祐, 浅所における波動流速の長期測定手法の提案と暗礁への適用. 日本水産工学会学術講演会, 2011. 11. 3, 東京海洋大学.

② 川俣 茂・村岡 大祐, 宮城県沿岸の磯焼け地帯にアラメが残存する場の流動条件と底生生物相, 日本藻類学会, 2011. 3. 27, 富山大学

③ 川俣 茂, ウニの侵入防止バリアとしての藻類マットの付着阻害効果, 日本水産工学会学術講演会, 2010. 5. 23, 福井県立大学

[その他]

ホームページ等

<http://cse.fra.affrc.go.jp/matasan/reports/Kaken2011.pdf>

<http://jeb.biologists.org/content/215/9/i.2.full.pdf+html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川俣 茂 (KAWAMATA SHIGERU)

独立行政法人水産総合研究センター・水産工学研究所・主幹研究員

研究者番号: 50372066

(2) 研究分担者

村岡 大祐 (MURAOKA DAISUKE)
独立行政法人水産総合研究センター・東北
区水産研究所・主任研究員
研究者番号：30371800
足立 久美子 (ADACHI KUMIKO)
独立行政法人水産総合研究センター・経営
企画部・評価コーディネーター
研究者番号：60414158

(3)連携研究者
なし