

土佐湾の環境変動に対応した藻場の維持回復に関する研究

漁場環境科 田井野清也・林芳弘・浦吉徳

I 概要

1 目的

近年の沿岸域における著しい藻場の衰退は、漁業や海域環境に多大な影響を与えている。本県でも藻場の回復方法等について従来から取り組みがなされてきたが未だ確実な手法は確立されていない。

また、港湾等海岸構造物の施設整備では環境に調和した工事手法が求められており、構造物の海藻や水産動物の着生基盤としての有効性の確認が課題となっている。

このため、藻場と食害生物の関係、人工リーフ等海岸の構築物への藻類の入植機構などを解明し、持続的な藻場回復手法の開発を図り、漁業生産力の向上、海洋環境の保全を目指す。

2 実施期間

平成 15 年 4 月から平成 18 年 3 月まで

3 対象域

平成 16 年度は図 1 に示した 3 カ所で実施した。

4 研究項目

平成 16 年度実施項目は以下の通り。

- 4-1 ウニ類と藻類の相互関係に関する研究
 - (1) ウニ類の除去による藻場の拡大
- 4-2 ウニ類を利用した藻場の有効利用
- 4-3 ガラモ場造成手法の研究
 - (1) 人工構造物を用いたガラモ場造成試験

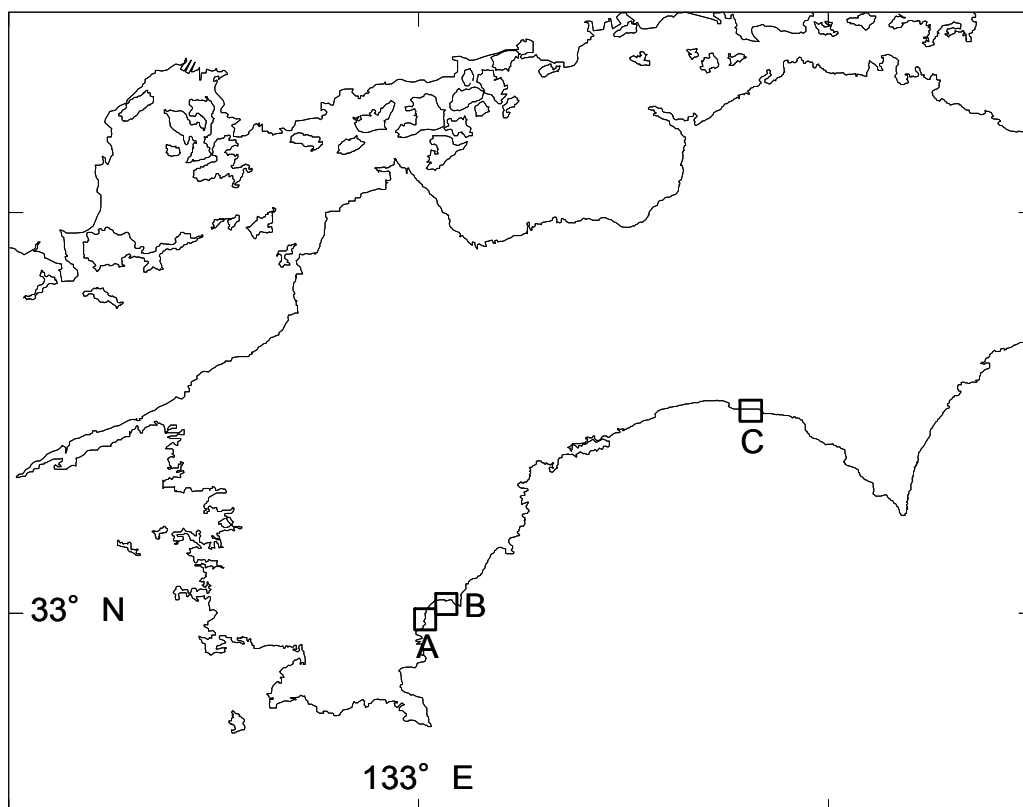


図 1 研究対象域

A: 大方町田野浦地先, B: 大方町上川口地先, C: 芸西村西分地先

II 調査内容

1 ウニ類と藻類の相互関係に関する研究

(1) ウニ類の除去による藻場の拡大

①目的

ウニ類除去後の海藻群落の遷移を明らかにし、食害生物の密度と海藻の入植状況の関係を把握する。

②調査日

平成16年度の調査は平成16年6月16日、12月2日、平成17年1月19日、3月7日に行った。

③調査地点

図2に示した大方町上川口地先において行った。

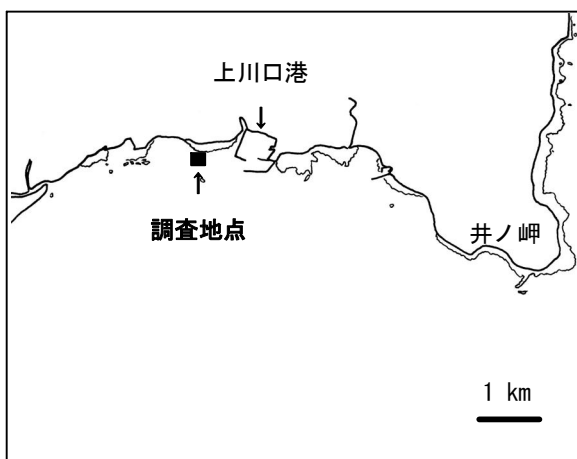


図2 調査地点

④調査方法

本報告では平成14年12月にウニ類除去を実施した試験区を「14年度区」、平成15年8月に実施した試験区を「15年度区」とする。

a. 水温、塩分

水温の測定はオンセット社製データロガー（ホボウォーターテンププロ）を用いて行った。データロガーの設置位置は14年度区と15年度区が接するライン上の岸側端（-0.1m D.L.）と沖側端（-4.3m D.L.）とした。

塩分の測定は各調査時に両区の中心付近において、ハンディーマーターModel85（YSI/Nanotech社製）を用いて行った。

b. 14年度区

図3に示したSt.1~4及びSt.4'で坪刈りと潜水観察を、黒丸で示した地点で潜水観察を行った。なお、St.4'は15年度区が設置された平成15年8月まで調査を実施した。

c. 15年度区

事前調査 平成15年7月31日にSt.5~8と黒丸で示した地点で潜水観察を行った。坪刈り調査(St.5~8)は平成15年8月4日に大方町が行った¹⁾。

ウニ類の除去 平成15年8月4~16日にかけて大方町が行った。ウニ除去に要した日数は9日であり、取り除いたウニ類の数は約181千個体(3,470kg)となった¹⁾。

ウニ類除去後の追跡調査 平成16年度は図3に示したSt.5~8で坪刈りと潜水観察を、黒丸で示した地点で潜水観察を行った。なお、15年度区では平成15年10月17日、12月17日、平成16年3月5日にSt.5~8と黒丸で示した地点で潜水観察を行った。

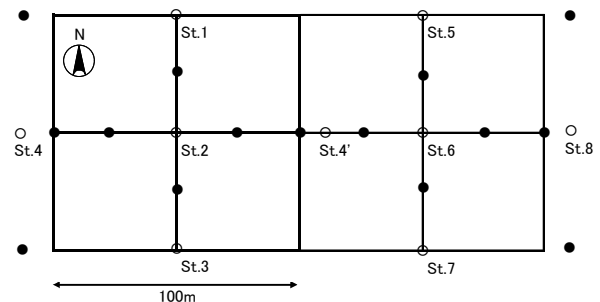


図3 坪刈りおよび潜水観察箇所

太線は14年度区、細線は15年度区を示し、○は坪刈りと潜水観察箇所、●は潜水観察箇所を示す

⑤結果と考察

ウニ類除去後の追跡調査は平成14年度から継続的に実施しているため、それら結果を含めて取りまとめた。

a. 水温、塩分

データロガーにより計測した水温は岸側と沖側でそれぞれ13.5~30.0℃、13.8~29.3℃の間を推移した。各調査時の塩分は、30.1~33.3の間であった。

b. 14 年度区

試験区の海底は多くを岩盤と転石が占め、一部玉石が認められた²⁾。その中では南西部の一部に砂が堆積していた。また、南東部の一部にはトコブシ礁が含まれていた。

ホンダワラ類（トゲモクおよびホンダワラ類の一種）の被度の変化を図4に示した。

事前調査では、海藻類は岸寄りの浅所で種類数、現存量ともに大きい傾向にあり、大型褐藻類ではトゲモク、ヒラネジモク、ホンダワラ類の一種、カジメの生育が観察された¹⁾。平成15年度の調査結果²⁾によると、平成15(2003)年7月には40-70%の被度でトゲモクとホンダワラ類の一種が繁茂し始め、同

年12月にはホンダワラ類の生育範囲はさらに拡大し、被度が80%に達した箇所も見られた。この時期にはトゲモクとホンダワラ類の一種のほとんどの個体が成熟し、平成16年3月には試験区のほぼ全域でホンダワラ類の幼芽(1cm)やカジメの幼芽(3cm)が確認された。平成15(2003)年7月に観察されたカジメの幼体も順調に成長し、16年3月には藻長50cm程度まで伸長した個体も観察された。

平成16(2004)年6月には、除去区内ではトゲモクとホンダワラ類の一種が被度5~50%で生育していた。3月に見られたカジメの幼体は10cm程度まで伸長し、被度の高いところは30%に達していた。平成16(2004)年12月には被度が60%となった箇所も見

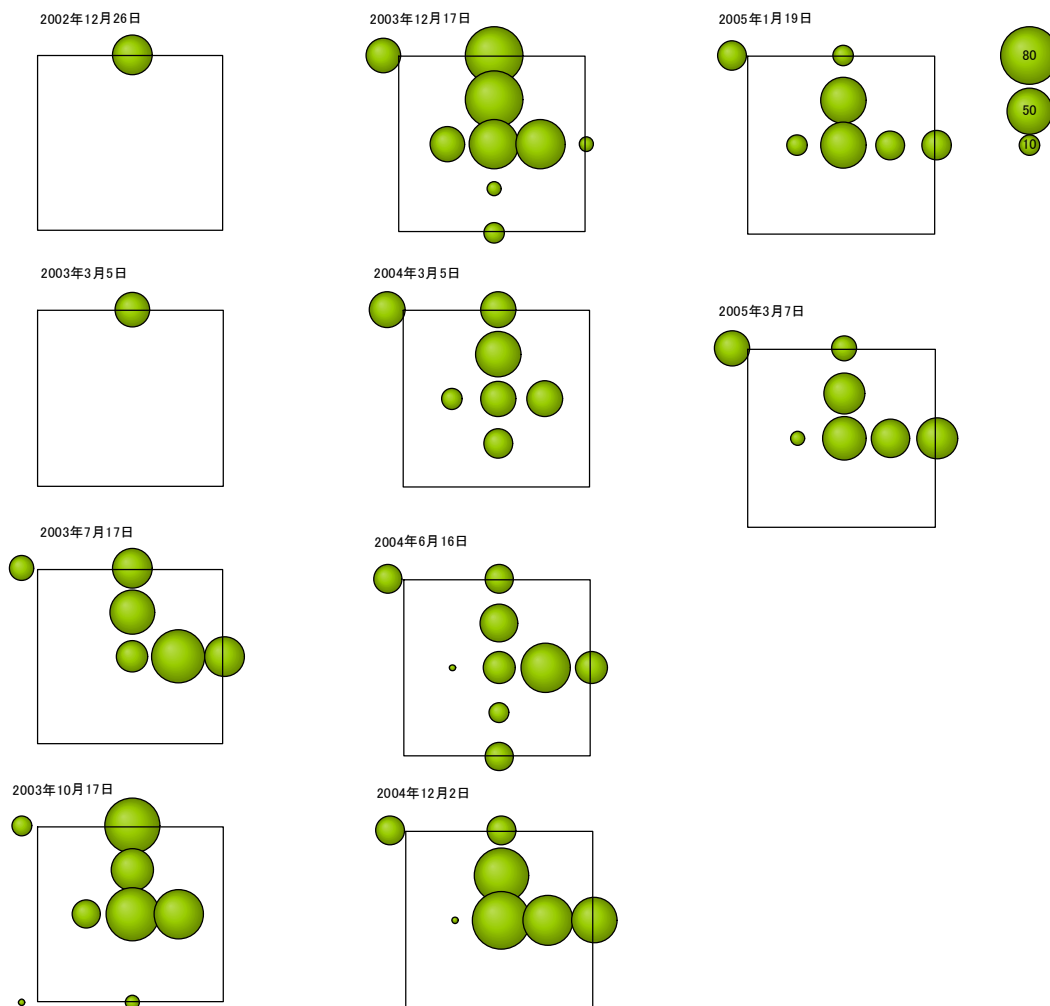


図4 ホンダワラ類の被度の変化

□はウニ除去区(100m×100m)を示す

土佐湾の環境変動に対応した藻場の維持回復に関する研究

られた。平成 16(2004)年は相次ぐ台風の接近による波浪の影響でトゲモクやホンダワラ類が流失し、被度が低下（生育量が減少）した可能性がある。平成 17(2005)年 3 月には衰退期に入ったが、昨年と同様に試験区全体でホンダワラ類の幼体が見られた。

坪刈り調査によるナガウニ属の生息密度の推移を図 5 に示した。

事前調査ではナガウニ属は 2.0-10.8 個体/m² 観察された³⁾。試験区の中心部に位置する St.2 では、ナガウニ属の生息密度は 0.3-3.0 個体/m² の間を推移した。一方、対照地点 (St.4, 4') では 7.8-26.5 個体/m² の間にあった。試験区の境界付近にあたる St.1, 2 ではウニ類の侵入が認められ、平成 16(2004)年 6 月には St.3 で 10.3 個体/m² のナガウニ属が観察された。

このように、試験区の中心部ではウニ類の除去から 2 年 3 ヶ月経過しても低密度状態が維持されていた。また、試験区外の St.4, 4' および試験区境界部付近では除去後にウニ類の生息密度が高くなる傾向が認められた。高密度に海藻群落が形成されるとウニ類の侵入が妨げられることが知られており（掃き出し作用⁴⁾、本調査地点においても同様の作用が見られている可能性がある。

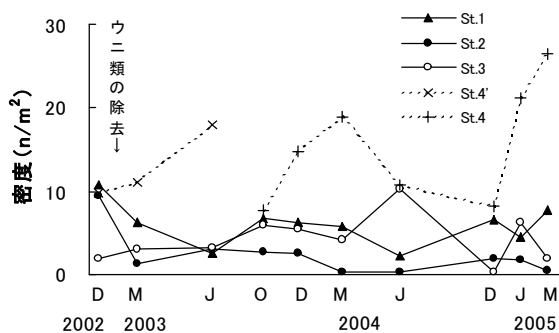


図 5 14 年度区におけるナガウニ属の生息密度

c. 15 年度区

試験区の海底は岩盤、転石および玉石がそのほとんどを占めていた¹⁾。また、南西部の一部にはトコブシ礁が含まれていた。

ホンダワラ類（トゲモクおよびホンダワラ類の一種）の被度の潜水観察結果を図 6 に示した。

事前調査では試験区内のほとんどが無節サンゴモ類に覆われていた（図 7）。平成 15(2003)年 10 月、

12 月の調査においても、優占種は無節サンゴモ類であったが、一部でトゲモクの生育（被度 10%以下）が見られた。この時期には試験区全体で小型藻類の生育が見られるようになり、出現種数が増加したことが特徴的であった。



図 7 ウニ類除去前の海底

平成 16(2004)年 3 月には、試験区全体がフクロノリに覆われた。カジメやホンダワラ類の幼芽が認められたが、被度は 5%以下であった。平成 16(2004)年 6 月には、除去区内ではトゲモク、ホンダワラ類の一種、カジメが 5-25%の被度で生育した。平成 16(2004)年 12 月にはホンダワラ類の被度が 5-75% となり（図 8）、多くの個体が成熟していた。平成 17(2005)年 1 月にはホンダワラ類の被度は 5%以下から 40%まで低下した。平成 17(2005)年 3 月には、試験区内の広範囲でホンダワラ類の幼体が確認され、被度が 40%となった場所も見られた。

15 年度区においても試験前まで大量に生息していた海藻類を食べるウニ類が取り除かれたことで、生育する海藻の種類が無節サンゴモ類からカジメやホンダワラ類へ遷移し始めていると考えられる。



図 8 ホンダワラ類の生育状況（平成 16 年 12 月）

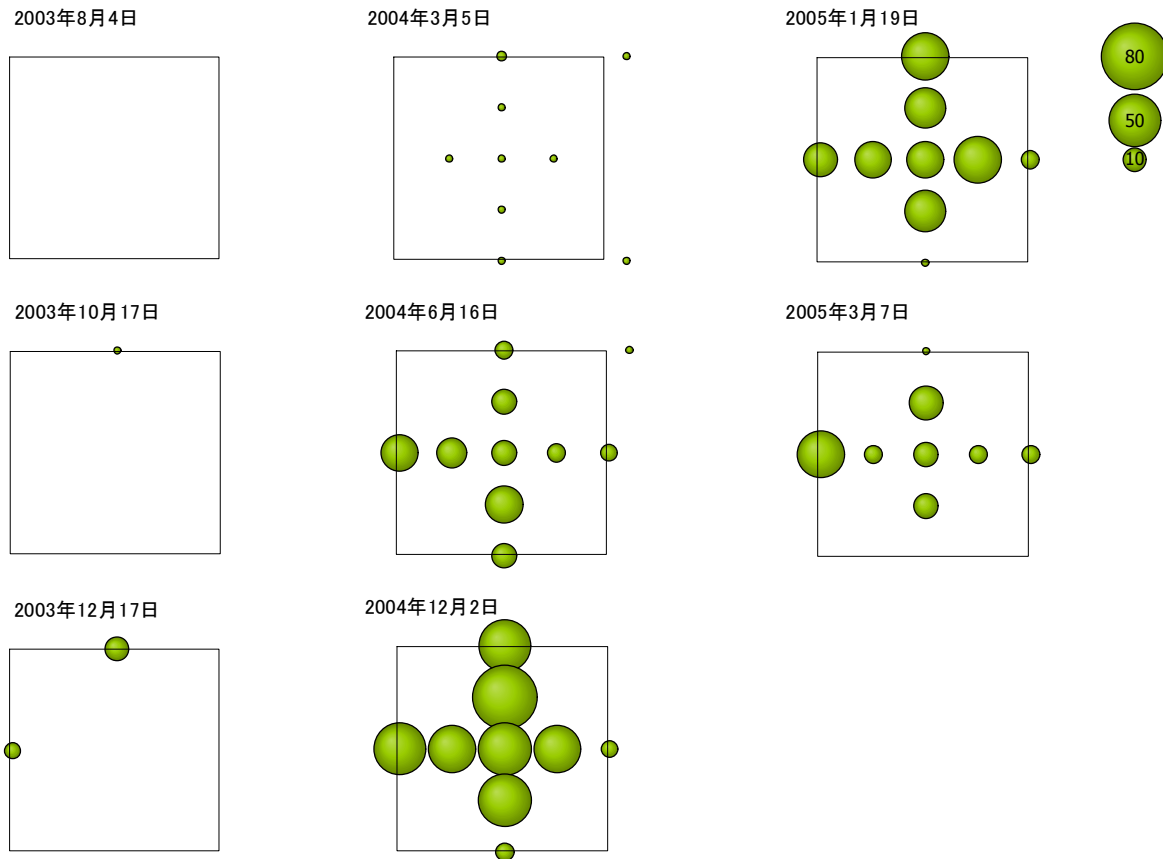


図6 ホンダワラ類の被度の変化

□はウニ除去区 (100m×100m) を示す

坪刈り調査によるナガウニ属の生息密度を図9に示した。なお、平成15(2003)年10月、12月および平成16(2004)年3月の値は潜水観察による。

事前調査ではナガウニ属は13.0-21.8個体/m²観察された¹⁾。ウニ類除去後の平成15(2003)年10月には試験区内では0-5個体/m²の間にあった。一方、対照地点のSt.8では19個体/m²のナガウニ属が見られた。

試験区の中心部に位置するSt.6では、ナガウニ属の生息密度は0.8-2.0個体/m²の間を推移した。一方、対照地点(St.8)では6.0-19.0個体/m²の間にあった。試験区の境界付近にあたるSt.5,7ではウニ類の侵入が認められ、5.0-13.0個体/m²の間を推移した。

このように試験開始前まで大量に生息していた海藻類を食べるウニ類が取り除かれたことで、生育する海藻の種類が無節サンゴモ類からカジメやホンダワラ類へ遷移したと判断される。

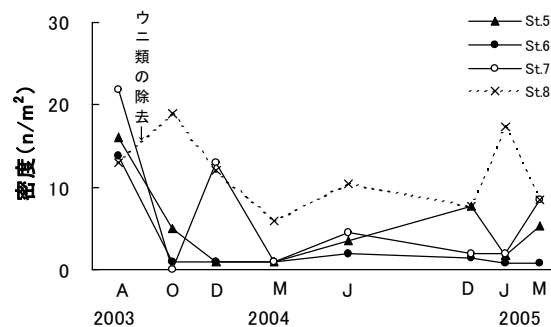


図9 15年度区におけるナガウニ属の生息密度

上川口地先では、磯焼けの持続要因がウニ類による強い食圧であると考えられ、この持続要因を取り除くことは当該海域における藻場の拡大に有効であると考えられた。さらに、ウニ類除去の効果の持続期間は本海域では2年以上続くことが明らかとなった。

今後は他地域でのウニ類除去による藻場再生の有効性を確認するとともに、漁業者(地域住民)による藻場再生手法の確立を目指す必要がある。

2. ウニ類を利用した藻場の有効利用

(1) 藻場の維持を許容するウニ類生息密度の予測

①目的

ウニ類の密度と藻類の関係を数式化し、今後の藻場の維持管理を目指す。本年度は数式化のための現地観測データを取得した。本研究は財団法人電力中央研究所との共同研究として行われた。

②調査時期

平成 16 年 5 月 25 日、7 月 13 日、10 月 7 日、11 月 9 日、17 年 1 月 20 日、3 月 1 日に行った。

③調査地点

図 1, 10 に示した大方町田野浦地先で行った。

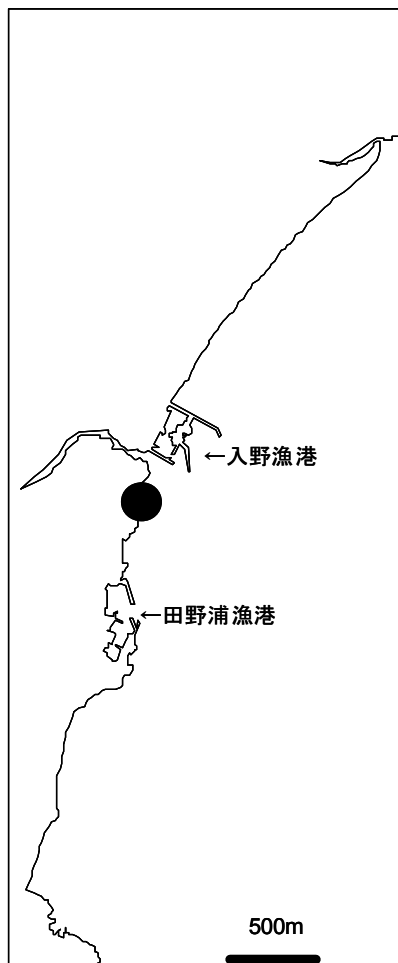


図 10 調査地点

黒丸は観察箇所を示す

④調査方法

a. 物理環境

水温・塩分 調査時にハンディーターModel185 (YSI/Nanotech 社製) を用いて表層～底層まで 1m 間隔で測定した。水深 5m の岩盤に水温データロガー (ホボウォーターテンププロ: オンセット社製) を設置し、30 分間隔で測定した。

SS 110℃で乾燥、秤量した濾紙 (GF/C, 径 47mm:Whatmann) を用いて表層で採取した試水 1000～1500ml を濾過し、110℃で乾燥後の重量差から求めた。

透明度 セッキ板を用いて観測した。

海水の消散係数 調査時に超小型メモリー照度計 (MDS-MkV/L:アレック社製) を用いて、空中、水深 1m、底層から 2 または 3m、底層から 1m で測定した。

栄養塩 調査時に表層で採水し、持ち帰った試水のアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、リン酸態リン、珪酸態珪素濃度をトラックス 800™ (ブランルーベ社製) を用いて分析した。分析方法は海洋観測指針に従った。

b. カジメ生産力・現存量

水深 2m、4m、6m にそれぞれ 1m 四方の固定枠を設け、枠内に生育する全てのカジメ成体に個体識別を行った。なお、水深 2m と 6m の固定枠は平成 16 年 5 月 25 日に、水深 4m は 10 月 7 日に設置した。

観測方法は本多⁵⁾に従って、調査時毎に茎長、最大側葉長、最大側葉の二次側葉長、最大側葉以下の 10cm 以上の葉数、幼体の個体数および藻長を計測した。毎回最下段の葉 (10cm 以上) ヘリーフマーキングを行うことで次の調査時までの葉の形成数を確認した。中央葉に口径 5mm のコルクボーラーを用いてリーフマーキングを行いマークの移動距離を測定した。コルクボーラーでくり抜いた葉片は実験室に持ち帰り湿重量を計測した後、温風乾燥機 (60℃) で乾燥後計量した。さらに、枠内とその周辺に生息するウニ類を除去した。

⑤結果と考察

a. 物理環境

水温 調査時の水温は表層では 15.4~27.4℃、水深 5m での水温データロガーによる測定結果（平成 16 年 5 月 26 日から平成 17 年 3 月 31 日まで）によると、水温は 14.2~29.0℃の間を推移した。

塩分 調査時の塩分は表層では 29.0~33.0、底層では 30.1~33.1 の間にあった。

SS 調査期間中 10.7~21.8mg/l の間にあった。

透明度 調査時の透明度は 2.5~5.4m の間にあった。なお、調査は潜水作業を伴うために濁りの強い日を避けて行っている。

海水の消散係数 各調査時における光量子量の鉛直分布を図 11 に示した。調査時の光量子量の平均値は空中では 2100~5400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の間にあった。同じく底層-1m(水深 6.0~7.4m)では 180~930 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ まで減少した。

香美郡夜須町手結地先から採集したカジメで実施した光合成実験では、光補償点は $5.7 \pm 1.1 \sim 7.9 \pm 0.8 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ にあり、約 200~400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で光飽和に達することが知られている⁶⁾。このことから本調査海域である田野浦地先における調査時の光量子量は水深 6m まで十分な量が到達していたと考えられる。

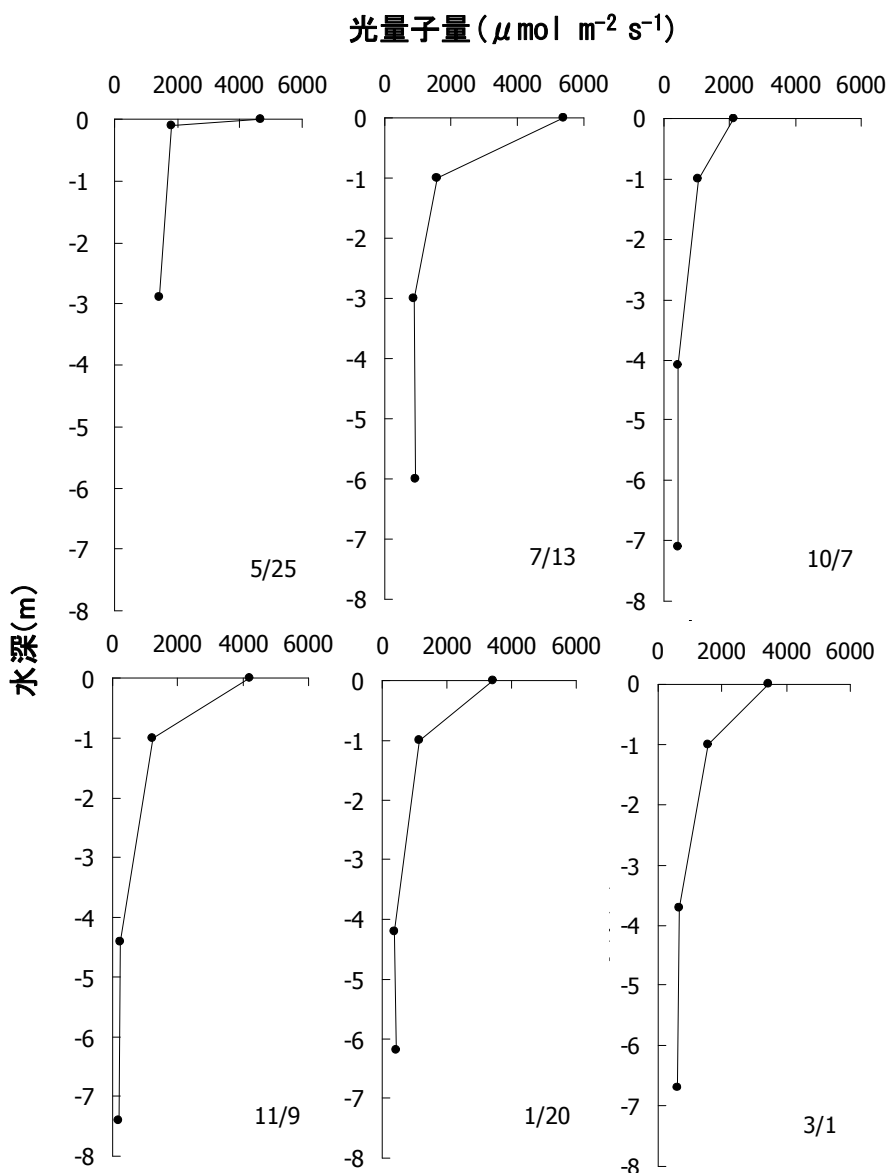


図 11 水深別の光量子量

土佐湾の環境変動に対応した藻場の維持回復に関する研究

栄養塩 調査時の表層におけるアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、溶存態無機窒素濃度(DIN)、リン酸態リン、珪酸態珪素濃度を図 12 に示した。

アンモニア態窒素は 1.37-2.65 $\mu\text{mol/L}$ 、亜硝酸態窒素は 0.10-0.34 $\mu\text{mol/L}$ 、硝酸態窒素は 0.38-2.79 $\mu\text{mol/L}$ 、リン酸態リンは 0.05-0.24 $\mu\text{mol/L}$ 、珪酸態珪素濃度は 1.76-8.52 $\mu\text{mol/L}$ 、溶存態無機窒素濃度(DIN)は 2.12-4.70 $\mu\text{mol/L}$ の間にあった。

本研究で作成する「カジメ藻場生産力モデル」においては、溶存態無機窒素濃度が 1.7 $\mu\text{mol/L}$ 以下になる海域では窒素濃度を考慮した計算を行う必要がある⁷⁾。本調査海域における溶存態無機窒素濃度は先の下限値を常に上回っていることから、窒素濃度を考慮した計算を行う必要はないと判断された。

b. カジメ生産力・現存量

本報告ではカジメの季節的消長を示す最大側葉長の季節変化、新生側葉枚数と日形成枚数について述べる。なお、他の項目についてはモデル式の作成の

項(平成 17 年度報告)で述べる。

図 13 に測定水深別の最大側葉長の季節変化を示した。

水深 2m における最大側葉長の平均値は 17.5-43.3cm の間にあり、平成 17 年 1 月に最低となった。水深 4m では 38.4-55.2cm の間、水深 6m では 39.5-59.5cm の間を推移した。いずれの水深においても成熟期に入る 11 月から 1 月に最低値が得られた。最も浅所にあたる水深 2m では側葉長が短いことが特徴的であった。

手結産カジメの最大側葉長は 2 齢個体で 32.5-40.3cm の間を推移したことが知られている⁸⁾。手結産と比べると田野浦産のカジメは側葉が長い傾向にあるが、形態的な違いを解析するにはさらに調査を継続する必要があると考えられる。

表 1 に調査期間中の新生側葉枚数と日形成枚数を示した。調査時に計数した側葉枚数と調査間隔から求めた側葉の日形成枚数は、5 月から 7 月にかけては、水深 2m では 0.07 枚/日、6m では 0.06 枚/日となった。

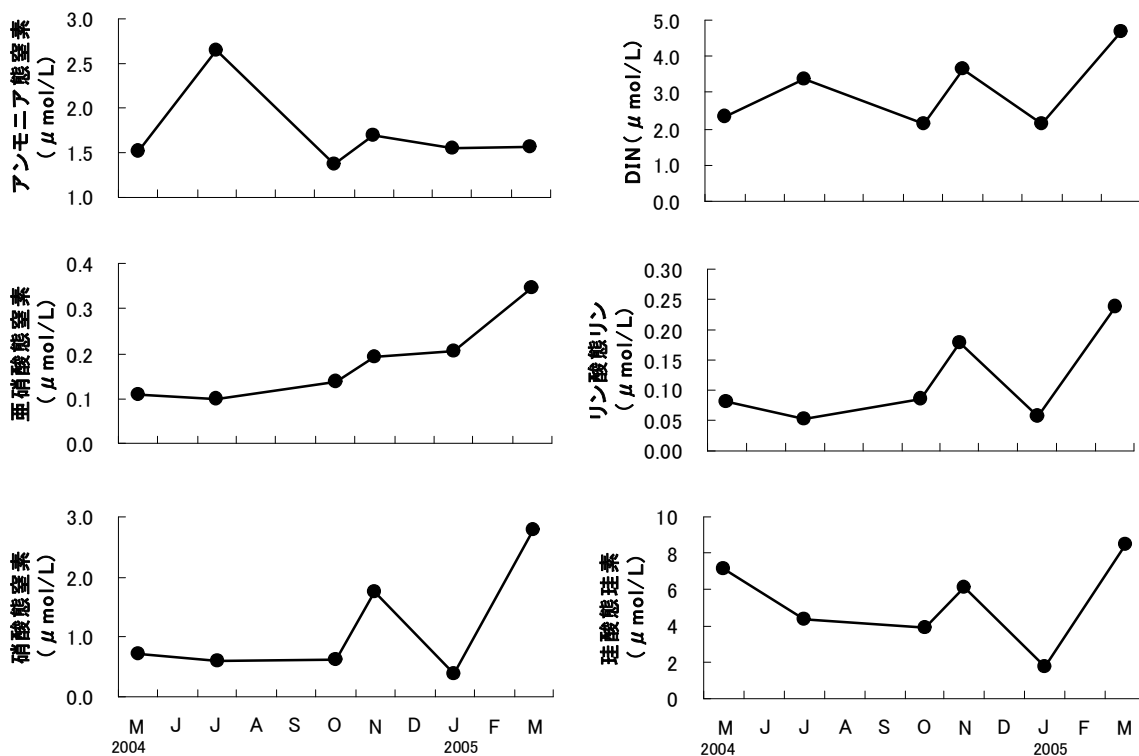


図 12 栄養塩濃度の推移

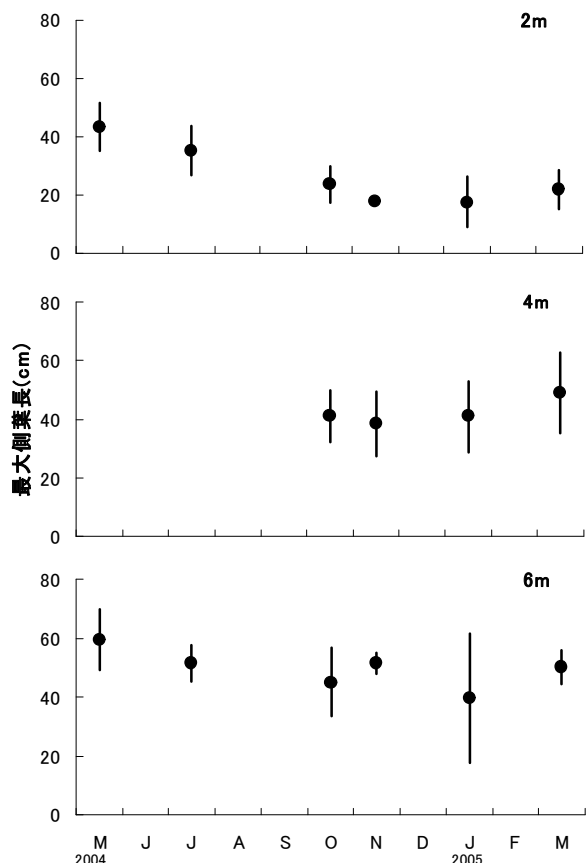


図 13 最大側葉長の季節変化
●は平均値、棒は平均値±標準偏差の範囲を示す

7月から10月にかけては、水深2mでは0.02枚/日、6mでは0.01枚/日となり、形成枚数が減少した。10月から11月にかけては、水深2mと6mでは側葉は形成されなかった。水深4mでは0.004枚/日とわずかに形成が見られた。これはカジメの成熟期にあたるために生長が停滞したためと考えられた。11月

から翌年1月にかけては、水深4mでは0.09枚/日、6mでは0.07枚/日となり、再び生長が見られた。1月から3月にかけては、水深2mでは0.10枚/日、水深4mでは0.14枚/日、6mでは0.18枚/日となり、伸長期に入ったと考えられた。

手結産カジメの新生側葉枚数は冬季から春季に高く、夏季から秋季に低いことが知られており⁹⁾、本調査地点においても同様の季節的変化を示した。形成枚数を比較すると、手結産カジメ(0-4枚/月)⁸⁾と比べて田野浦産カジメ(0-5.4枚/月)はやや多い傾向にあった。

これまで述べてきたように田野浦産カジメの生長は冬季から春季に活発になり、夏季から秋季に停滞することが明らかとなった。また、これら生長の季節的な変動傾向は手結産カジメ^{8,9)}、静岡県下田産カジメ¹⁰⁾と概ね一致した。

手結に生育していたカジメは平成10年に消滅し^{11,12)}、現在は田野浦を含めた土佐湾西部海域に136haが現存すると推定されている¹³⁾。これら残されたカジメの生理生態的特徴を明らかにすることは磯焼けの原因や藻場の維持機構を明らかにする上で重要と考えられる。本調査結果から手結産と田野浦産は形態的には大きな差はないと考えられるが、生産量を含めた生理的な特徴も比較する必要がある。

今後はこれらデータを基に藻場生産力モデルに必要な関係式(茎長と茎重量、最大側葉長と最大側葉重量、茎長、側葉長、葉数と個体重量、幼体長と幼体重量)を作成する。それらから生産力モデルを作成し、カジメ藻場の維持を許容するウニ生息密度の算出を行う。

表 1 調査期間中の新生側葉枚数
(表中の()内は側葉の日形成枚数、-は計数できなかったことを示す)

	2004/5/25~ 7/13	2004/7/13~ 10/7	2004/10/7 ~11/9	2004/11/9~ 2005/1/20	2005/1/20~ 3/1
-2m	3.3 (0.07)	2.0 (0.02)	0	-	4.0 (0.10)
-4m			0.1 (0.004)	6.4 (0.09)	5.5 (0.14)
-6m	2.8 (0.06)	1.0 (0.01)	0	5.0 (0.07)	7.5 (0.18)

3 ガラモ場造成手法の研究

(1) 人工構造物を用いたガラモ場造成試験

①目的

ホンダワラ類の侵入していない海域において、間伐材藻礁を利用したホンダワラ類の木材打ち込み法による藻場造成を行うことで、今後のガラモ場造成へ向けた基礎的知見を得る。さらに、ホンダワラ類とカジメを混植し、魚類による食害の防御効果を検証する。なお、本試験は高知大学海洋生物教育研究センターおよび大旺建設株式会社との共同研究によるものである。

②調査時期

魚類の食圧が高まると言われている以下の時期^{2, 14-17)}に実施した。

- 平成 16 年 12 月 8 日 (カジメ、トゲモク移植)
- 平成 16 年 12 月 9 日 (追跡調査)
- 平成 16 年 12 月 10 日 (追跡調査)
- 平成 16 年 12 月 13 日 (追跡調査)
- 平成 16 年 12 月 15 日 (追跡調査)

③調査地点

図 1 に示した安芸郡芸西村西分漁港内で行った。

④調査方法

平成 16 年 12 月に西分漁港内に設置した間伐材藻場造成礁上にカジメとトゲモクを異なる移植間隔で取り付けた。各試験区の移植間隔は次の通りである(図 14)。試験区 1: カジメのみを移植 (トゲモクなし)、試験区 2: 移植間隔 30cm、試験区 3: 20cm、試験区 4: 10cm。試験前に、移植するカジメの茎長、中央葉長、最大側葉長 (両側の葉長を計測し、その平均値を各個体の側葉長とした。以下同じ)、10cm 以上の側葉数 (両側の枚数を計数し、その平均値を各個体の側葉数とした。以下同じ)、湿重量を測定し、それぞれ番号札により個体識別した。追跡調査は移植後 1, 2, 3, 5, 7 日後に行い、潜水によりカジメの中央葉長、最大側葉長、10cm 以上の側葉数、被食指数¹⁸⁾を観察した。試験終了時には全てのカジメを回収し、湿重量を測定した。ただし、本報告では最大側葉長、側葉数、湿重量について述べる。

統計解析は、「統計 JSTAT9.3 for Windows」を用いて、二元配置の分散分析、Bonferroni の方法で行

った。

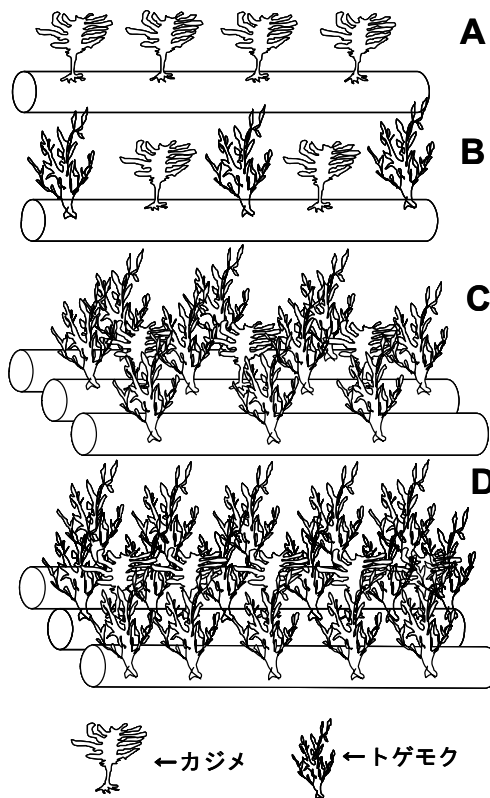


図 14 試験区の概要

A: 試験区 1, B: 試験区 2, C: 試験区 3, D: 試験区 4

⑤結果と考察

図 15 に藻礁に取り付けた水温データロガー (ホボウォーターテンププロ: オンセット社製) での測定結果 (毎日 15:00 時の観測値) を示した。

水温は 13.2~29.4°C の間を推移した。



図 15 調査地点の水温

(平成 16 年 4 月 1 日~17 年 3 月 31 日)

図 16 に最大側葉長の平均値の推移を示した。

実験結果を概観すると、移植後 1 日目から多くの摂食痕が観察され、2 日目からは茎部のみとなった

個体が見られ始めた。摂食痕から判断して¹⁹⁾、本試験海域における食害種はイスズミまたはブダイの可能性が高いと考えられた。なお、トゲモクには摂食痕は認められなかった。

最大側葉長はトゲモクなし区では試験開始前の37.6cmから終了時の5.3cmまで大きく減少した。30cm区でも同様に29.1cmから2.7cmまで短くなった。一方、20cm区と10cm区では、試験開始から2日後まではほとんど変化が見られず、終了時においてもそれぞれ17.6、16.8cmの側葉が残っていた。

試験開始前の最大側葉長には有意な差は認められなかったが、試験開始から5日目には、トゲモクなし区と10cm区 ($p < 0.01$)、トゲモクなし区と20cm区 ($p < 0.05$)、30cm区と20cm区 ($p < 0.01$) においてそれぞれ有意な差が認められた。

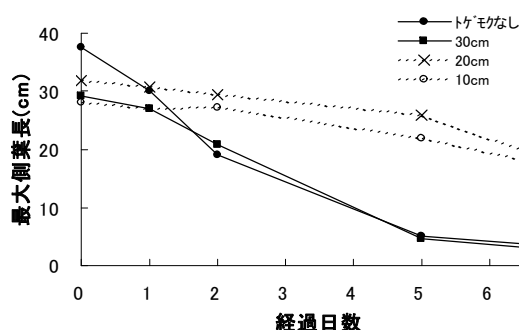


図 16 最大側葉長の推移

図 17 に 10cm 以上の側葉数の平均値の推移を示した。

試験開始前の各試験区の平均側葉数は 5.3~6.4 枚の間にあり、有意な差は認められなかった。

試験開始から 5 日後にはトゲモクなし区と 10cm 区 ($p < 0.01$)、トゲモクなし区と 20cm 区 ($p < 0.05$)、30cm 区と 20cm 区 ($p < 0.05$) においてそれぞれ有意な差が認められた。

図 18 に湿重量の平均値の推移を示した。

試験開始前の各試験区のカジメの平均湿重量は 78.3~161.8g の間にあった。試験終了時 (7 日後) には 30.7~83.1g まで減少した。30cm とトゲモクなしの試験区では、試験前後の減少率がそれぞれ 60.9、68.2% と藻体の半分以上が失われた。一方、移植間隔が 10cm と 20cm の試験区では減少率がそれぞれ 32.2、46.9% にとどまった。

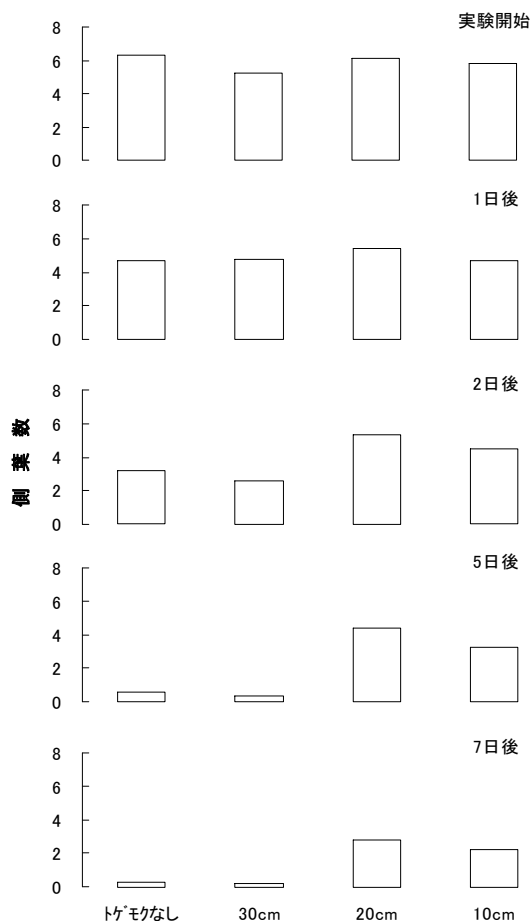


図 17 側葉数の推移

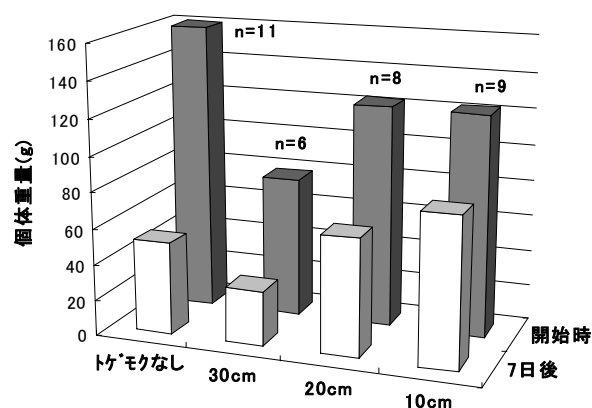


図 18 試験開始前後のカジメ湿重量

これまでに混植による魚類からの食害防御例は少ないが、静岡県においてはノコギリモクが繁茂した藻礁上でノコギリモクによるカジメの保護効果が見られている²⁰⁾。これらから、10~20cmの間隔でカジメとトゲモクが混在すれば魚類からの食害をある程度は防ぐことができると考えられた。

土佐湾の環境変動に対応した藻場の維持回復に関する研究

引用文献

- 1) 大方町・(有) エコシステム. 2004. 平成 15 年度 大方町藻場造成事前調査委託業務報告書, 9pp.
- 2) 田井野清也・石川徹. 2005. 土佐湾の環境変動に対応した藻場の維持回復に関する研究. 平成 15 年度 高知県水産試験場事業報告書, 96-107.
- 3) 大方町・(有) エコシステム. 2004. 平成 14 年度 大方町藻場造成事前調査委託業務報告書, 17pp.
- 4) 吾妻行雄・川井唯史. 1997. 北海道忍路湾におけるキタムラサキウニの季節的移動. 日水誌, 63, 557-562.
- 5) 本多正樹. 1993. 海中砂漠緑化技術の開発-第 6 報 刈り取りを必要としない海中林の生産量測定方法の開発-. 電力中央研究所報告, U92040, 18pp.
- 6) Serisawa Y., Y. Yokohama, Y. Aruga and J. Tanaka. 2001. Photosynthesis and respiration in bladelets of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta) in two localities with different temperature conditions. Phycological Research 49:1-11.
- 7) 本多正樹. 2000. カジメ生産力に及ぼす窒素栄養塩濃度影響のモデル化. 電力中央研究所報告, U99069, 15pp.
- 8) 芹澤如比古・上島寿之・松山和世・田井野清也・井本善次・大野正夫. 2002. 高知県手結地先に生育するカジメ(褐藻、コンブ目)の年齢と形態の関係. 水産増殖 50(2):163-169.
- 9) 富永春江・芹澤如比古・大野正夫. 2004. 高知県土佐湾産カジメにおける葉状部の生産量と葉状部基部の大きさの季節変化. 藻類 52:13-19.
- 10) Yokohama Y., J. Tanaka and M. Chihara. 1987. Productivity of the *Ecklonia cava* community in a bay of Izu Peninsula on the Pacific coast of Japan. Bot. Mag., Tokyo 100:129-141.
- 11) 芹澤如比古・井本善次・大野正夫. 2000. 土佐湾, 手結地先における大規模な磯焼けの発生. Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ. 20:29-33.
- 12) Serisawa Y., Z. Imoto, T. Ishikawa and M. Ohno. 2004. Decline of the *Ecklonia cava* population associated with increased seawater temperatures in Tosa Bay, southern Japan. Fish. Sci. 70:189-191.
- 13) 石川徹・田井野清也・荻田淑彦. 2004. 藻場管理手法開発事業. 平成 14 年度高知県水産試験場事業報告書, 90-116.
- 14) 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場. 2000. 第IV章 太平洋中部域のカジメ藻場(和歌山県). (in 水産業関係特定研究開発促進事業 藻場の変動要因の解明に関する研究 総括報告書 平成 7~11 年度, 北海道・青森県・京都府・和歌山県・水産庁北海道区水産研究所). 27pp.
- 15) 中山恭彦・新井章吾. 1999. 南伊豆・中木における藻植性魚類 3 種によるカジメの採食. 藻類, 47, 2-8.
- 16) 坂本龍一. 1996. 餌料藻場回復試験-門川地先でみられたカジメ群落の衰退現象について-. 平成 6 年度宮崎県水産試験場事業報告書, 108-112.
- 17) 清水博・関屋朝裕. 2000. 大型海藻藻場の保護・造成技術開発試験. 平成 10 年度宮崎県水産試験場事業報告書, 73-87.
- 18) 荒武久道. 2004. 餌料海藻群落形成技術開発試験. 平成 13 年度宮崎県水産試験場事業報告書, 67-79.
- 19) 桐山隆哉・野田幹雄・藤井明彦・松田正彦・森洋治. 2000. 食植性魚類 7 種のクロメに対する摂食について. 平成 11 年度長崎県総合水産試験場事業報告, 52-59.
- 20) 長谷川雅俊. 2004. 現在進行形-静岡県における磯焼け対策-. 豊かな海, 3, 26-30.

