

藻場管理手法開発事業

漁場環境科 石川徹 山中弘雄 石井功 萩田淑彦

1. 目的

高知県でも他県と同じように藻場が大きな周期で変動を繰り返す現象が見られている。最近の当県における藻場の状況は減少傾向にあり、これを回復させることが求められている。このため、藻場の変動要因を明らかにし、藻場を回復させることにより沿岸域の生産性を向上させる。

2. 方法

(1) 藻場の変動要因の特定

変動の大きい藻場(手結)と変動の小さい藻場(田野浦)における四季の環境条件および海藻群落特性の比較を行う(位置図参照)。

1) 環境条件

- ①水温:EIL MC-5型サリノメーター、データーロガー
- ②塩分:EIL MC-5型サリノメーター

③溶存酸素量:YSI-51型DOメーター

④SS:グラスフィルターで濾過後秤量

⑤COD:アルカリ性過マンガン酸カリウム分解法

⑥クロロフィル量:10-AU Fluorometer

⑦栄養塩:TRACCS A-800

2) 海藻群落特性

①ライン潜水:調査区域に50mのラインを引き10mピッチで海藻、底生動物の観察を行う。

②定点観察調査:上下2点の観察区を設置し

(1m×1m)大型海藻、小型海藻、底生動物等の観察を行う。

③裸地面調査:裸地面(1m×1m)の形成を行いその遷移を見る。

④魚類調査:調査中に見られた魚類の数をカウントする。

⑤坪刈り調査:方形枠(50cm×50cm)内の海藻をカウントした後、湿重量を測定する。



位 置 図

(2) 藻場の造成手法の検討

Ecklonia 属の着生に適した基質の検討

- ・ α -(1,3)(1,6)グルカンを含む F 社の製品
- ・EDTA、フルボ酸鉄を含む M 社の製品
- ・多孔質のスラッジ
- ・ゼオライト鉱石

上記 4 種で E 属の着生試験を行い、2 月後にその被度を見た。

(3) 藻場の維持管理手法の検討

魚類による食害状況等を観察する。

3. 結 果

(1) 藻場変動要因の特定

1) 環境条件

①水温

環境調査時に行った水温は、手結で 16.0 ~ 27.6 °C、田野浦で 17.0 ~ 27.2 °C の範囲で推移した。6 月に田野浦が 1.4 °C 低く 2 月に手結が 1.0 °C 低いが、その他では大きな差は認められなかった（図-1）。データロガで行った連続水温調査では月平均で比較すると 6 月～8 月にかけて田野浦の方が 0.1 ~ 0.3 °C 高いが 9 月以降は手結の方が 0.2 ~ 0.4 °C 高かった（図-2）。

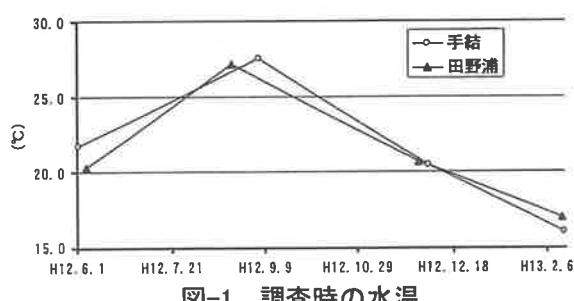


図-1 調査時の水温

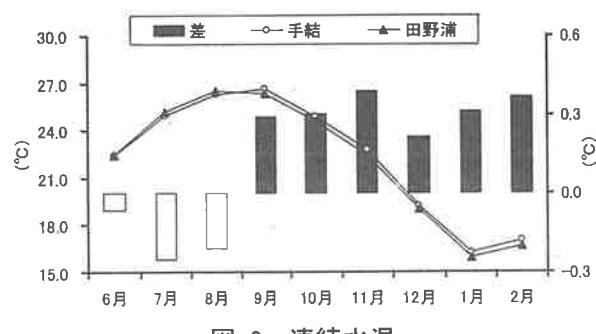


図-2 連続水温

②塩分

塩分量は手結で 33.6 ~ 34.2、田野浦で 33.5 ~ 34.2 の範囲で推移した。6 月と 9 月で田野浦の方が若干低い傾向であった（図-3）。

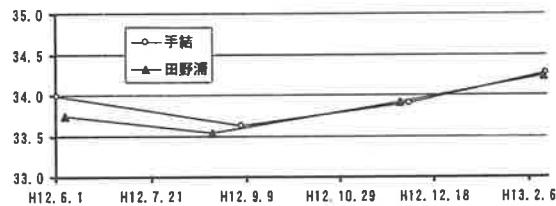


図-3 調査時の塩分

③溶存酸素量

溶存酸素量は手結で 6.5 ~ 8.9ppm、田野浦で 5.8 ~ 8.2ppm の範囲で推移し、総じて手結の方が 0.1 ~ 0.7ppm 高かった（図-4）。

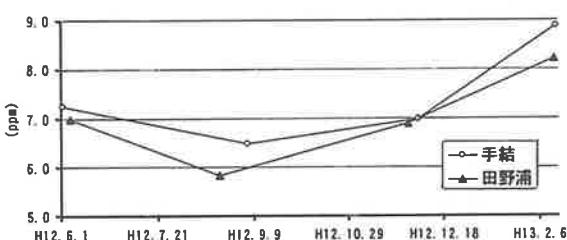


図-4 調査時の溶存酸素量

④SS

SS は手結で 17.3 ~ 18.8ppm、田野浦で 13.7 ~ 20.7ppm の範囲で推移し、11 月を除き手結の方が 0.7 ~ 5.0ppm 高かった（図-5）。

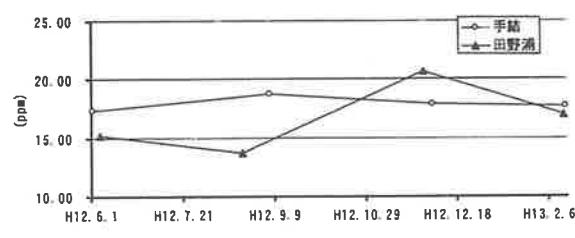


図-5 SSの推移

⑤ COD

COD は手結で 0.21 ~ 0.79mgO₂/l、田野浦で 0.08 ~ 0.64mgO₂/l の範囲で推移した。SS と同様の傾向を示し、11 月を除き手結の方が 0.2 ~ 0.5mgO₂/l 高かった（図-6）。

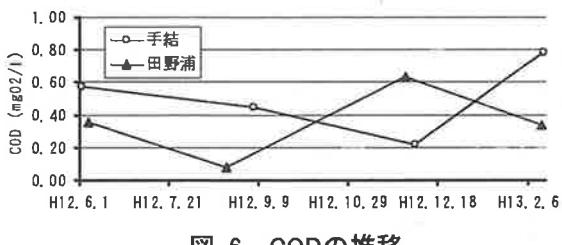


図-6 CODの推移

⑥クロロフィル量

クロロフィル-a 量は手結の 2 月が $3.0 \mu\text{g/l}$ といぐぶん高い数値を示しているがこれ以外はほとんど差がなかった（図-7）。

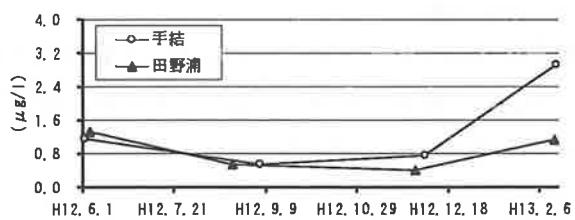


図-7 クロロフィル量の推移

⑦栄養塩

無機 3 態窒素 (DIN) については田野浦の 2 月が若干高い程度で、これ以外はあまり差がなかった。有機態窒素 (DON) はいずれも $7 \mu\text{g-at/l}$ 以下で殆ど差はなく、T-N についても、 $7 \sim 9 \mu\text{g-at/l}$ の範囲で、DON 同様殆ど差がなかった。無機態リン (DIP) については田野浦の方が若干高い傾向が認められるが、有機態リン (DOP) は反対に手結が高い傾向であり、T-P については殆ど差はなかった。SiO₂-Si については田野浦の 6 月と 2 月が手結より若干高い数値であるが、9 月と 12 月では差が認められなかった（図-8）。

2) 海藻群落特性

①ライン潜水

ライン潜水調査結果を表-1 に示す。

手結では海藻類が 23 種（緑藻 4 種、褐藻 8 種、紅藻 11 種）観察され、優先 3 種はイワノカワ科、ヘリトリカニノテ、無節サンゴモであった。大型褐藻は 6 月の段階でカジメとホンダワラ科の幼芽が観察され、カジメの幼芽は 6 月に ($1\text{m} \times 1\text{m}$) 12 ~ 52 個体が観察されたが 9 月に 1 個体が観察された後は、全く見られなくなった。底生動物は 29 種（海

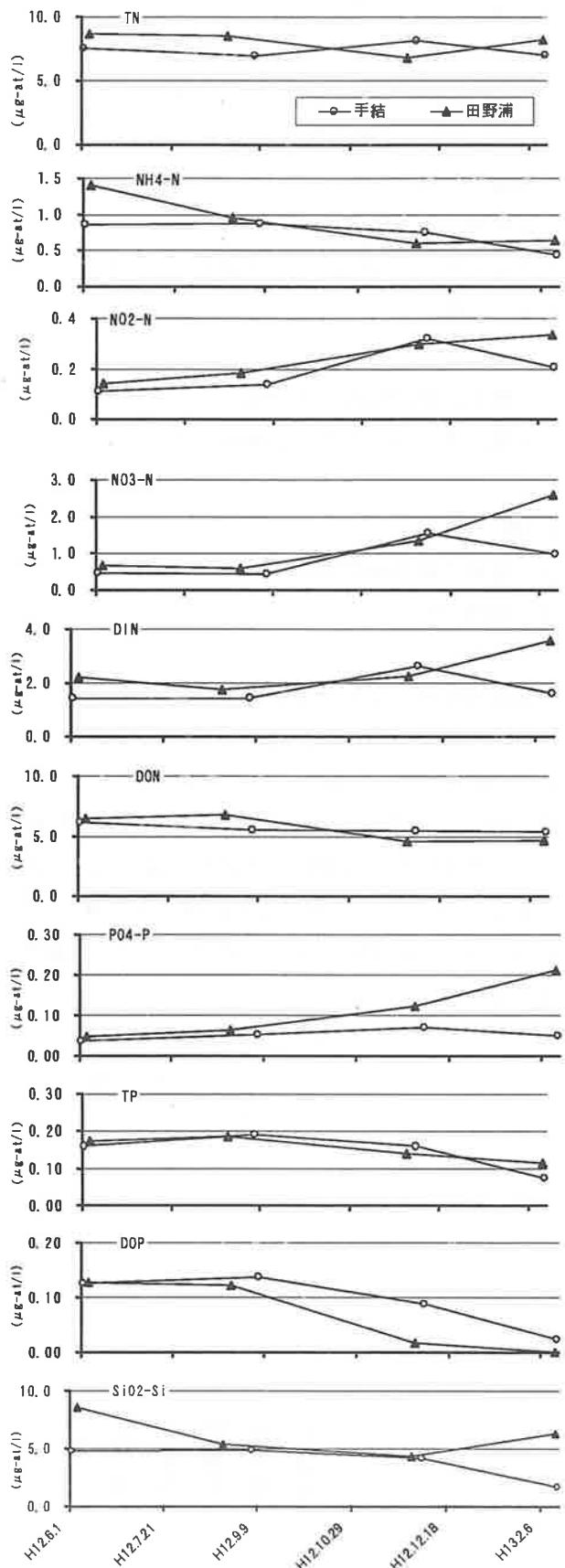


図-8 栄養塩量の推移

綿 2 種、脊索 2 種、腔腸 6 種、棘皮 5 種、軟体 14 種) 観察され、うち藻食性が考えられるものは 11 種であり 27 個体が観察された。

田野浦では、海藻類が 23 種（緑藻 1 種、褐藻 8 種、紅藻 14 種）観察され、優先 3 種は *Ecklonia* 属、無節サンゴモ、イワノカワ科であった。大型褐藻は *Ecklonia* 属、トゲモク、ヨレモクモドキ、ノコギリモクが観察された。底生動物は、3 種（棘皮 1 種、軟体 2 種）観察され、うち藻食性が考えられるものは 3 種、3 個体であった。

②定点観察調査

定点観察調査及び裸地面形成調査により観察されたもののうち、海藻の被度については（表-2）に、底生動物の個体数及び被度については（表-3）に、魚類の個体数については（表-4）にそれぞれ示す。

表-1 ライン潜水調査結果

		手結	田野浦
海藻	緑藻	4	1
	褐藻	8	8
	紅藻	11	14
	大型褐藻 4(幼芽のみ)	4	
優占種	1 イワノカワ科	Ecklonia属	
	2 ヘリトリカニノテ	無節サンゴモ	
	3 無節サンゴモ	イワノカワ科	
底生動物	海綿	2	0
	脊索	2	0
	腔腸	6	0
	棘皮	5	1
	軟体	14	2
藻食性種	種数	11	3
	個体数	27	3

手結上部観察区（3.5m）における海藻の被度の推移を見ると有節石灰藻のヒメモサヅキが一年を通して 80% 前後と高く、12 月以降に無節石灰藻が 10%、フクロノリ、アミジグサ等が数% 見られるようになった。下部観察区（6.3m）における海藻の被度の推移を見ると一年を通して無節石灰藻の無節サンゴモが 25 ~ 40% と一番高く、有節石灰藻のヘリトリカニノテが 10 ~ 30%、小型褐藻のアミジグサ科が 7 ~ 16% であった。2 月にはケイ藻と考えられる種も 15% 観察された。

動物は整理の都合上着生面を競合すると考えられる種は被覆型動物、能動的に移動できるものを移動

型動物として扱った。被覆型動物の被度は上部でミドリイシが 5% と一番高く、下部ではクロガヤ、イソカイメン科が 5% 前後観察された。移動型動物については上部で一年を通して軟体動物のフトコロガイが最も多く棘皮動物ではタワシウニ、ムラサキウニが多かった。下部では軟体動物でフトコロガイ、ウラウズガイが多く棘皮動物ではタワシウニ、ナガウニが多かった。藻食性と考えられる動物の個数は上部で 177 個/m²、下部で 98 個/m² であった。

田野浦の上部観察区（1.0m）では一年を通して大型褐藻 *Ecklonia* 属の被度が 20 ~ 30%、小型紅藻オニクサの被度が 15 ~ 30% であった。下部観察区（3.7m）では一年を通して大型褐藻の *Ecklonia* 属が 35 ~ 40% と一番高く、小型紅藻のオバクサ、ホソバノトサカモドキ 2 種で 20% 前後、無節石灰藻のイワノカワ科、無節サンゴ藻 2 種で 20% 前後であった。

被覆型の動物は全く見られず、移動型の動物は上部で軟体動物のフトコロガイと棘皮動物のムラサキウニが、下部で棘皮動物のムラサキウニが観察された。藻食性と考えられる動物の個体数は上部で 11 個体/m²、下部で 16 個体/m² が観察された。

③裸地面調査

手結では H12.9.6 と H12.12.5 に水深 5.2m の箇所に裸地面形成を行い、H12.12.5 と H13.2.15 にそれぞれの観察を行った。H12.9.6 に裸地面形成を行った箇所では、H12.12.5 の観察時にイワノカワ科と無節サンゴモが卓越し、ヒメモサヅキやアミジグサ科も若干観察されたが、H13.2.15 の観察では無節サンゴモ、イワノカワ科が減少しアミジグサ科とフクロノリが卓越し、ケイ藻も加入した。H12.12.5 に形成した裸地面は H13.2.15 の時点でフクロノリが卓越しており、それにケイ藻が続いた。

田野浦では H12.6.5 と H12.11.30 に水深 2.7m の箇所に裸地面形成を行い、H12.11.30 と H13.2.14 に観察を行った。H12.6.5 に形成した裸地面は H12.11.30 の観察では、イワノカワ科と無節サンゴモが卓越し、ヨレモクモドキ、ウミウチワがそれに続いていたが、H13.2.14 の観察では最も多いのはイワノカワ科であるが若干減少し、ノコギリモク、アミジグサ科、フ

クロノリがそれに続いた。H12.11.30 に形成した裸地面は、H13.2.14 の観察時にフクロノリが卓越しそれにイワノカワ科が続いた。6月、11月に形成した裸地面はともに 2 月の観察時には *Ecklonia* 属の幼芽の加入が認められたがその量は 11 月に裸地面形成を行ったものの方が 3 倍程度多く加入した。また、全体的に加入した藻類の種類数は田野浦が多かった。

次に、動物についてみると手結では H12.9.6 に形成した裸地面では、H12.12.5 の観察時にタワシウニとフトコロガイが多く観察されたが、H13.2.15 の観察ではフトコロガイは減少し、タワシウニがさらに増加した。H12.12.5 に形成した裸地面は H13.2.15 の時点でタワシウニが最も多く個数は H12.9.6 に形成した裸地面のものよりも多かったが、他に加入了した種は少なかった。

田野浦では H12.6.5 に形成した裸地面では、H12.11.30 の観察で、フトコロガイが多く他にはザエ工のみであったが、H13.2.14 の観察ではフトコロガイの個数は減少したものウズイチモンジガイが加入した。H12.11.30 に形成した裸地面では H13.2.14 の観察時にフトコロガイが最も多く他にウズイチモンジガイとムラサキウニが見られた。また、全体に入れた動物の種類数は海藻の時と異なり手結が多かった。

④魚類調査

手結で観察された魚類は 33 種でソラスズメダイが最も多く、2 月には回遊性と考えられるニシン目やボラが多く見られた。このうち藻食性と考えられる種類は 5 種で、タカノハダイが一年を通して 20 尾前後見られ、H12.9.6 の調査時にはニザダイが 30 尾前後見られた。

田野浦で観察された魚類は 16 種で H12.6.5 の調査時にはネンブツダイ、ボラ、マアジが多く、H12.11.30 の調査時にはタカノハダイ、ニザダイが多く観察された。H13.2.14 の調査では観察された魚類は大きく減り、タカノハダイを含む 3 種のみとなつた。このうち藻食性と考えられる種類は 3 種で H12.11.30 の調査時にはニザダイが 40 尾前後観察された。

⑤坪刈り調査

手結での坪刈り調査結果は無節石灰藻の無節サンゴモ、有節石灰藻のヘリトリカニノテが占める割合が高く、それに小型褐藻のシマオオギが続いている。藻体の全湿重量は 255 ~ 408g (0.25m²あたり) で推移し、6 月に最も少なく 9 月、2 月に多かった。

田野浦での坪刈り調査結果は大型褐藻の *Ecklonia* 属と、無節石灰藻の無節サンゴモ、小型紅藻のオバクサやホソバノトサカモドキが多かった。藻体の全湿重量は 1,790 ~ 2,380g (0.25m²あたり) で 6 月の調査以降減少している (図-9)。

また、*Ecklonia* 属の総重量、平均重量、藻長とともに調査を重ねるたびに小さくなる傾向が見られたが、最大側葉長については 2 月にかけて若干回復している。個体数はこれに反し増加しており、幼芽の個体数は 2 月に 28 個体/m² と最大で、6 月には 4 個体/m²、11 月には観察されなかった (図-10)。

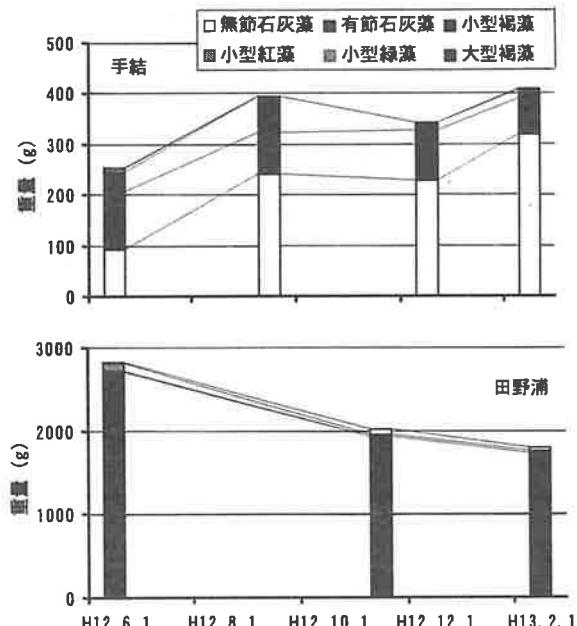


図-9 坪刈り調査結果

採取された *Ecklonia* 属の年輪数は 6 月には 0,1,2,3 本の順に (5,15,70,10%) 観察され、11 月には 1,2 本のみ (各 50%)、2 月には 0,1,2,3 本の順に (20,0,62,18%) 観察された (図-11)。

(2) 藻場の造成手法開発の検討

Ecklonia 属の着生に適した基質の検討結果を表-5 に示す。

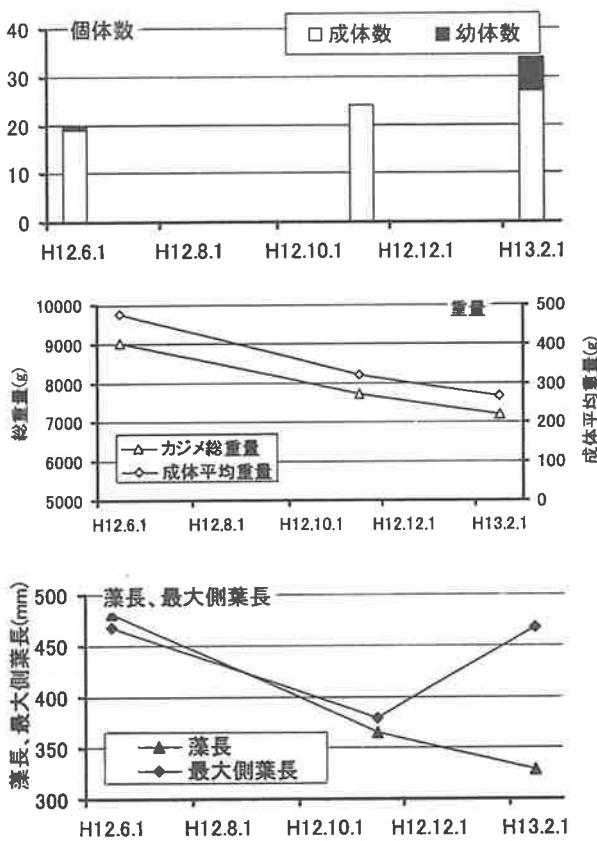


図-10 田野浦のEcklonia属

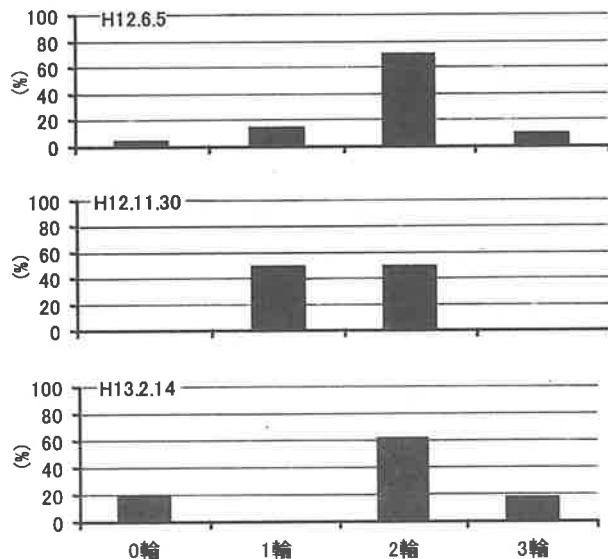


図-11 Ecklonia属の年輪数

種付けをした後2ヶ月後の被度を比較すると、素焼き・フルボ酸鉄添加区が最も高く、平均被度38%、素焼き・EDTA添加区が35%、ゼオライト区が32.5%、素焼き対象区が26.3%、コンクリート対象区が24%、スラッジ区が9%、コンクリート・ β -(1,3)(1,6)グルカン添加区が6.4%の順となった。

表-5 Ecklonia属の着生試験

基本素材	添加剤	平均被度(%)
F社 コンクリート	β -(1,3)(1,6)グルカン	6.4
	コンクリート	24.0
M社 素焼き	フルボ酸鉄	38.0
	EDTA	35.0
	素焼き	26.3
スラッジ		9.0
ゼオライト		32.5

(3) 藻場の維持管理手法の検討

数値データとしての結果は得てないが、田野浦の11月および2月調査分のEcklonia属の成体の縁辺には小型の連続した摂食痕が多数見られた。

4. 考察

(1) 藻場変動要因の特定

1) 環境条件

①水温

連続水温の結果を見ると藻場の変動の多い手結は9月～2月の水温が田野浦よりいくぶん高い傾向にあった。手結で藻場が減少したことを考えると、夏期の高温期の水温が上昇することよりも冬期の低温期の水温の上昇の方が藻場にとって不利に働くと考えられる。これは低水温期に低下すると考えられる藻食動物の活性が、水温が上昇することにより高まることなどが考えられる。

②塩分

6月～9月にかけては田野浦の方が若干低い数値となっているが、これが蛎瀬川の影響かどうかは、なお検討しなければならない。

③溶存酸素量

2月の観測では手結の方が若干高くなる傾向が見られているが、プランクトン量の指標となるクロロフィル量は手結の方が高いこと等から、これによる影響も考えられる。

④SS

手結のSS量は18ppm前後で安定していたが、田

野浦の方は時期による変動が大きかった。数値的には田野浦が低く、このことが光量の増加など藻類の生長に好影響を及ぼすことも考えられる。

⑤ COD

11月以外は田野浦より手結の方が高い数値を示した。SS ほど値は一様でないが、その示す傾向は類似している。COD 値の上昇の要因の一つに有機物の供給と水塊の滞留によると考えられ、この傾向は外洋種の *Ecklonia* 属の生長には負の因子になるとと考えられる。

⑥ クロロフィル量

手結の 2 月が $3\mu\text{g/L}$ と高い数値も認められているが、内湾域の数値 ($3 \sim 20\mu\text{g/L}$) と比べると、なお低い数値といえる。

⑦ 栄養塩量

2 月の $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 DIN 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ については田野浦の方が手結の 2 倍以上の数値を示しているが、これ以外はあまり差がないといってよかろう。カジメ等の藻類にとっては冬季が生长期に当たるが、この程度の濃度差が生長に影響を与えるとも思われない。

2) 海藻群落特性

① 海藻

手結、田野浦両海域とも観察された海藻の種類数はともに同程度であり多様性といった面ではあまり大きな差異は認められない。共通して無節石灰藻の量が多いが、一般的に基盤の直上にはほぼ常に無節石灰藻が存在し他の海藻はその上に着生していることが多かった。従って、被度の中にしめる無節石灰藻の意味は裸地のそれに等しいと考えられる。

手結の海藻群落に見られる特徴は石灰藻や、アミジグサ科の海藻など比較的食害に強い種類が多い。後述の魚類や底生動物等も手結の方が多いことから、これらの食圧に耐えられるものが残っていると考えられる。

田野浦の海藻群落に見る特徴は、*Ecklonia* 属が多いことの他に、無節石灰藻が多く、樹冠である

Ecklonia 属の下はほとんどなにもないことである。*Ecklonia* 属を除いた藻体の重量の比較を行っても手結のそれの数分の一程度の量しか認められなかつた。従って、樹冠の下での競争はあまり起こらずに *Ecklonia* 属に有利に働くものと考えられる。

田野浦の *Ecklonia* 属の一般的な年齢構成は、得られたデータの中では、最長 4 年でそれ以上の個体はみられず伊豆などのものに比べて小型で短命であることがわかる。年輪の形成は 12 月～翌年 2 月の間に行われると考えられ、この時期の茎部の成長が著しいものであることがわかる。*Ecklonia* 属の脱落は 6 ～ 11 月の間に起こっており、最も多かった 3 年目の個体が 11 月の調査では全くくなっている。そして 11 月に均等に分かれていた 1 年目と 2 年目の個体が、翌年 2 月の調査では同じ率で次の年齢にシフトしておらず、3 年目の個体は若い個体に比較して、冬季でも脱落の可能性が高いことがうかがえる。また、6 月の調査時に見られた前年の 3 年目個体の高い生存率から考えると、今年は老齢の個体には生存しにくい負荷がかかっている可能性も考えられる。

また、着生している *Ecklonia* 属の成体にはかなりの摂食痕が見られたことから、食害もかなりの量があると考えられる。藻体 1 個体の重量や、単位面積あたりの重量も減り、個体数のみが増加していることから *Ecklonia* 属の個体が小型化しているかのような印象を受ける。この要因として先の食害が大きく影響を与えていると考えられ、この現象が続ければ数年内に田野浦の *Ecklonia* 属の藻場は消失してしまう可能性がある。

② 遷移

手結では無節、有節石灰藻やアミジグサ科の小型褐藻などが優先するため、耐食害性の強いものが選択的に残っていると考えられる。また周囲にも同じような種しか生育しておらず、遊走子の供給にも偏りがあることが推測できる。田野浦での *Ecklonia* 属の入植は 11 月に裸地面形成したものが 6 月のものよりはるかに多く入植しているため裸地面形成の時期で入植する藻類の種類を選択できると考えられた。

手結、田野浦両海域とも春期の裸地面にはフクロノリが卓越しており、そのほかの種はあまり見られないことから生长期には食圧に負けない成長速度を有すると考えられる。

③底生動物

底生動物については手結の方が種類・個体数ともに多く、このことが手結の磯焼け状態が続く一つの要因と考えられる。また、サンゴ等の海藻と着生面を競合する種類も田野浦では全く見られないのに対し、手結で疎らではあるが観察された。手結では今まで上層部を覆っていたカジメがなくなり、照度が上がったことで比較的透明度の高いところに生育するサンゴが生育できるようになったと考えられる。

④魚類

観察された魚類は底生動物と同じく手結の方が種類・個体数とも多く、藻食性と考えられる種類も冬期を除き多かったが、魚類には群で行動するものも多くこの観察データのみで魚類の量の比較に用いることは難しい。現に 11 月以降の藻体の縁辺には多くの摂食痕がみられ、多くの藻食性の魚類が存在するものと考えられる。また、手結ではサンゴ類が増

えたせいか、ソラスズメダイ等の珊瑚礁に多くみられる種が見られた。

また、底生動物についてもいえるが海藻が生えている中で観察するものと海藻のないところで観察するものではその結果に誤差が大きく生じると考えられ、今後動物に関する調査ではその方法に検討が必要である。

(2) 藻場造成手法の検討

基質としては素焼き及びゼオライトが、添加剤としてはフルボ酸鉄及び EDTA がコンクリートのみの対照区に比べ着生率が高くなっているが、この結果については 500l 水槽内での水流や照度の影響もあるのではないかと思われた。基質等の違いのみでなく、形状によるによる差異もあるのではないかと考えられた。

(3) 藻場の維持管理手法の検討

秋期以降の成体のいくつかに小型の摂食痕が広範囲に見られた。前述のようにカジメ個体の小型化も見られることから、この摂食量の数値的な把握は急務である。しかし、まだ実用性のある手法が確立されておらず検討を要する。