

## 遠州灘沿岸におけるカジメ群落磯焼けの生態学的研究 —カジメ個体密度の推移—

関山繁信<sup>1</sup>・松本正喜<sup>2</sup>・川嶋之雄<sup>2</sup>・澤田貴義<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中部電力(株)電気利用技術研究所(〒459-8522 名古屋市緑区大高町字北関山 20-1)

<sup>2</sup>日本エヌ・ユー・エス(株)環境デザイングループ(〒108-0022 東京都港区海岸 3-9-15)

<sup>3</sup>テクノ中部(株)環境部(〒455-8512 名古屋市港区大江町 3-2)

Shigenobu Sekiyama<sup>1</sup>, Masaki Matumoto<sup>2</sup>, Yukio Kawashima<sup>2</sup>, Takayoshi Sawada<sup>3</sup>: Ecological studies on *Ecklonia cava* communities related to "Isoyake" in the coastal areas of Ensyu-nada -The changes in the population density of *Ecklonia cava* beds- Jpn. J. Phycol. (Sôrui) 47:1-10.

Long term ecological observations of *Ecklonia cava* beds in the coastal areas of Ensyu-nada were carried out from Feb. 1974 to Dec. 1994. The number of adult and young plants, total wet weight, thallus height, stipe length and longest blade length were monitored every summer and winter for twenty one years. In Feb. 1974, the average numbers of adult and young plants at Asane station were 23.1 individuals m<sup>-2</sup> and 14.5 individuals m<sup>-2</sup>, respectively. On the other hand, at Gozeniwa station, the numbers were 24.0 individuals m<sup>-2</sup> and 3.3 individuals m<sup>-2</sup>, respectively. The average total wet weight of plants at Asane and Gozeniwa stations were 6.0kg m<sup>-2</sup> and 6.3kg m<sup>-2</sup>, respectively. On base of a kinetic model(exponential function of time) for number of plants, the velocity constants of adult plants during the decreasing period were estimated to be from -0.13 to -1.52. The velocity constants of young plants during the decreasing period were estimated to be from -0.61 to -2.09. *Ecklonia cava* beds at Asane and Gozeniwa area in Ensyu-nada had disappeared in 1991 and 1994, respectively.

*Key Index Words* : annual and seasonal change-brown algae-Ecklonia cava- isoyake-kinetic model-mean life expectancy-velocity constant

<sup>1</sup>Electrotechnology Applications R&D Center, Chubu Electric Power Co., Inc., 20-1 Kitasekiyama, Odaka, Midori-ku, Nagoya 459-8522, Japan.

<sup>2</sup>Environmental Design Group, Japan NUS Co., Ltd., 3-9-15 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 108-0022, Japan

<sup>3</sup>Environmental Division, Techno Chubu Co., Ltd., 3-2, Minatoku, Nagoya 455-8512, Japan

### 緒言

カジメ (*Ecklonia cava* Kjellman) は多年性の大型褐藻で、主として日本列島太平洋岸の中部沿岸に広く分布しているコンブ科の植物である。カジメは魚介類の産卵場の形成、幼稚子の生育場の形成、アワビ・サザエ等の餌料としての観点から経済的にも、また、生態学的にも重要な海藻である。

近年、国内外において、“磯焼け”と呼ばれる藻場の消失についての報道が盛んに行われるようになり、社会的関心事となっている。磯焼け現象は古くから知られており、明治期において既に大規模な藻場の消失が静岡県伊豆、三重県志摩、徳島県海部郡に発生していたことが報告されている(三本菅 1994)。このことから、磯焼けは最近の人為的環境変化からだけでは説明しきれない複雑な要因によって生じるものと考えられている。磯焼けは沿岸漁業を衰退させ多大な経済的

損失を与えることから、磯焼けの予測と防止技術の開発、磯焼けの回復技術の開発は重要な課題となっている。

さて、静岡県の浜岡町地先から御前崎町地先にかけての遠州灘沿岸並びに相良町地先から御前崎町地先にかけての駿河湾沿岸は、かつては、アラメ(サガラメ)・カジメ藻場であったが、現在は御前崎町地先の一部のアラメ藻場を除き、そのほとんどが消失し、磯焼けになっている(浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1995)。一般的に磯焼けが発生している海域内でも潮間帯直下の浅所や岬の先端部などの波浪の荒い一部の場所では藻場が消失しないで小群落が形成されると言われている(三本菅 1994)。御前崎町地先に小群落のアラメ藻場が残っているのは、この場所が岬の先端部で波浪の荒い潮間帯直下の浅所であることから、従来から言われてきた説と一致する状況となっている。こ

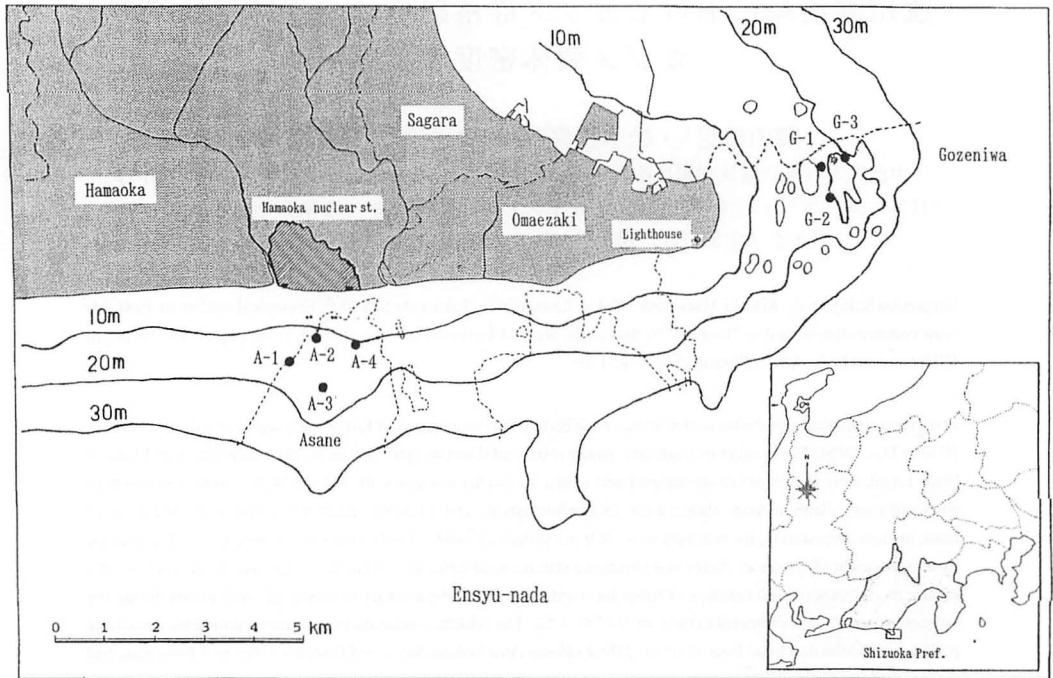


Fig.1. Location of observation areas and stations in the coast of Ensunada.

のような状況の中で、浜岡町地先から御前崎町地先にかけての遠州灘沿岸におけるカジメ藻場の生態に関する研究報告は、過去においてほとんど見られない。

ここでは、浜岡町地先の浅根岩礁（以下、「浅根」という。）及び御前崎町地先の御前岩岩礁（以下、「御前岩」という。）において、1974年（昭和49年）2月からカジメ藻場が完全に消失した1994年（平成6年）までの間、周年に亘り実施されてきた単位面積当たりのカジメの個体数・重量及び形態についてのモニタリング結果並びにこれらのモニタリング結果を藻場における個体密度の動態方程式（動力学モデル式）から解析して得られた結果について報告する。

#### 材料と方法

本調査は1974年2月以来、浜岡原子力発電所前面海域調査委員会によって行われてきた（浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1974～1995）。

以下に同調査委員会における調査方法を示した。調査は、年2回、夏季（7,8月）と冬季（12,1,2月）に浅根のひらやま(A-1)、とがりのないだ(A-2)、とがりのおき(A-3)及びうらば(A-4)の4か所の測点と御前岩のどいね(G-1)、ごぜんめだし(G-2)及びかわらばえ(G-3)の3か所の測点で行った（Fig.1）。浅根ではA-1及びA-3

の水深が15～20m、A-2及びA-4の水深が10～15mであった。御前岩ではG-1、G-2及びG-3の水深が10～20mであった。

それぞれの測点において、カジメの繁茂状況が平均的であると判断されたところに1m×1mのコードラートを2回おき、カジメを根元から刈り取る方法により

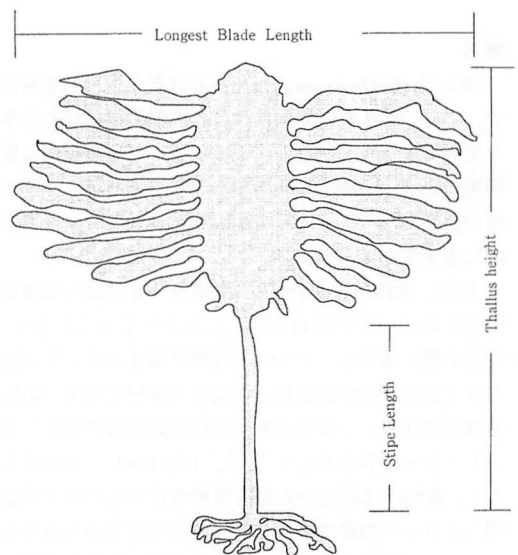


Fig.2. Definition of *Ecklonia cava* showing measuring parts.

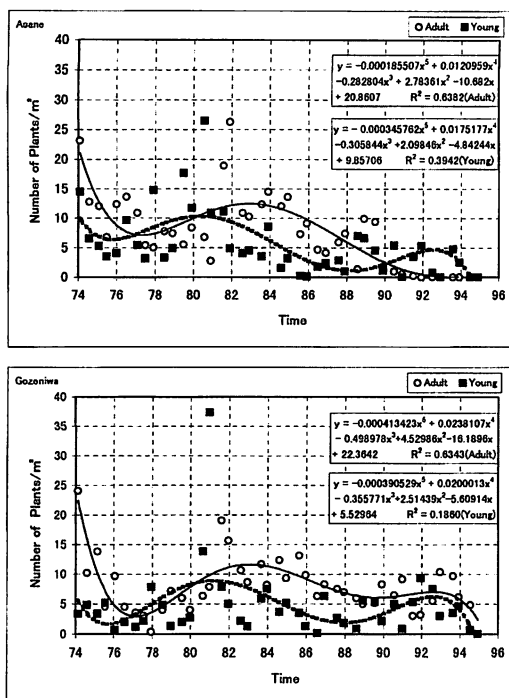


Fig.3. Comparison of experimental long term distribution of the average number of adult and young plants in the Asane and Gozeniwa stations. Data points are results of averaged 4 sampling points values at Asane, and are results of averaged 3 sampling points values at Gozeniwa(cf., Fig.1). The trend lines for adult(—) and young(---) data set are obtained using a best fit method of least square.

坪刈りを行った。刈り取り試料から単位面積当たりの成体と幼体のそれぞれの個体数、総湿重量 (total wet weight)、藻体長(thallus height)、茎長(stipe length) 及び最大葉幅 (longest blade length) を測定した (Fig.2)。原則として茎長が20 cm 以上の藻体を成体と見なし、茎長が20 cm 未満の藻体を幼体と見なしたが、茎長が20 cm 以上であっても茎色がアメ色の場合は幼体と見なした。

## 結果

### 1. 個体密度の変化

浅根における第1回(2/74)の測定値は成体で23.1個体 $m^{-2}$ 、幼体で14.5個体 $m^{-2}$ であった。また、御前岩における測定値は成体で24.0個体 $m^{-2}$ 、幼体で3.3個体 $m^{-2}$ であった(Fig.3)。これらの冬季における数値は大野・石川 (1982)による土佐湾における冬季観察結果(成体:平均24.3個体 $m^{-2}$ 、幼体:平均9.0個体 $m^{-2}$ )、柳瀬ら (1983)による伊豆の田牛における冬季観察結

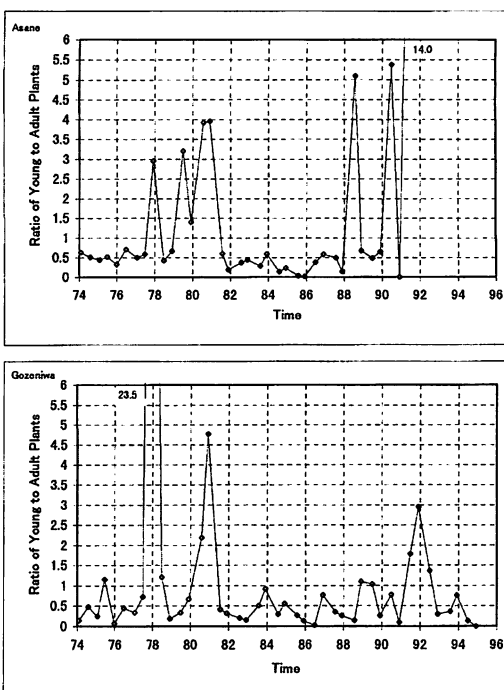


Fig.4. Annual changes in the ratio of young to adult plants in the Asane and Gozeniwa stations.

果 (0 齡:1~63 個体 $m^{-2}$ , 1 齡以上:6~25 個体 $m^{-2}$ )、金杉ら(1984)による小田原沿岸における冬季観察結果(成体:4~11.5 個体 $m^{-2}$ , 幼体:8~33.8 個体 $m^{-2}$ )と比較して、大きな違いは見られなかった。高次多項式からは、浅根及び御前岩のいずれも、成体の個体密度と幼体の個体密度の位相がずれてほぼ規則的に振動し、経年的に個体密度の減少が見られた。成体は浅根において1988年12月以降に急激に減少し、1991年12月に完全に消失した。また、御前岩においては1994年7月まで観察されたが、1994年12月に完全に消失した。幼体は浅根において1990年12月と1992年12月に一時的に消失し、1993年に再び観察されたが、1994年7月に完全に消失した。また、御前岩においては、1994年12月に完全に消失した。成体の個体密度に対する幼体の個体密度の割合は幼体が急激に増加した一時期を除き、浅根、御前岩のいずれにおいても、ほとんどが成体の半分以下であった(Fig.4)。

Fig.3 に示した浅根及び御前岩における成体の個体密度の経年変化を示す数値 $n$ を最初に測定した数値 $n_0$ で標準化した数値( $n/n_0$ )が全観察期間中に連続的に減少する事象は浅根において3本の直線で、御前岩において4本の直線で示され、いずれも $n/n_0$ の対数値が時

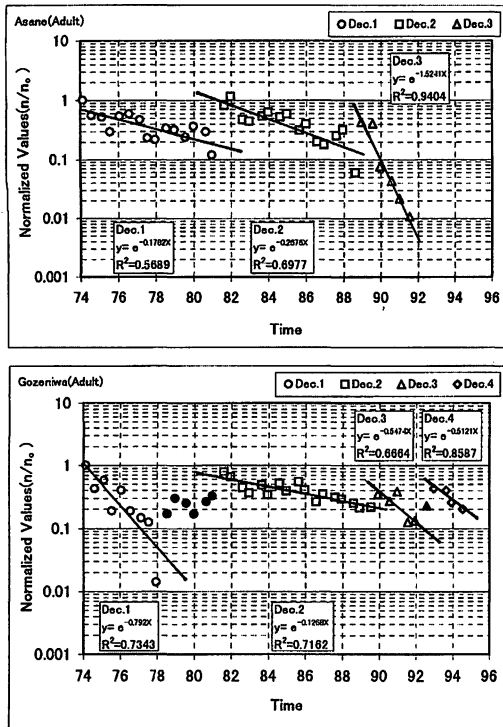


Fig.5. Relationships between the normalized values of adult plants and time of years in the Asane and gozeniwa stations.

間に対して直線的に低下する結果が得られた(Fig.5)。

Fig.5において、成体の減少が直線で示される期間を減少期、成体が増加する期間を増加期、成体が消滅する期間を消失期と定義すると、浅根における成体の減少期、増加期及び消失期は観察した年の古い順から減少期Ⅰ(2/74～12/80)、増加期Ⅰ(12/80～8/81)、減少期Ⅱ(8/81～8/88)、増加期Ⅱ(8/88～12/88)、減少期Ⅲ(12/88～7/91)、消失期(7/91～12/91)となった。最初に観察を始めた時から成体が完全に消失したことを確認した時点までの観察期間(2/74～12/91)において、それぞれの期が占める期間は減少期が16年5ヵ月、増加期が1年、消失期が5ヵ月であった。従って、浅根における成体の全観察期間(17年10ヵ月)のうち減少期が占める期間の割合は92.1%、増加期が占める期間の割合は5.6%となり、ほとんどの期間が減少期であった。一方、御前岩における成体の減少期、増加期及び消失期は観察した年の古い順から減少期Ⅰ(2/74～12/77)、増加期Ⅰ(12/77～8/81)、減少期Ⅱ(8/81～7/89)、増加期Ⅱ(7/89～12/89)、減少期Ⅲ(12/89～12/91)、増加期Ⅲ(12/91～12/92)、減少期Ⅳ(12/92～7/94)及び消失期(7/94～12/94)となり、最初に観察を始めた時から成体が完全に消失し

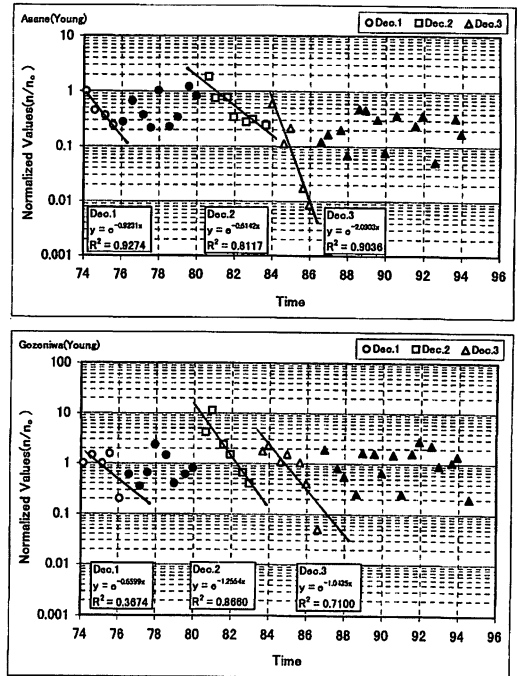


Fig.6. Relationships between the normalized values of young plants and time of years in the Asane and gozeniwa stations.

たことを確認した時点までの観察期間(2/74～12/94)において、それぞれの期が占める期間は減少期が15年4ヵ月、増加期が5年1ヵ月、消失期が5ヵ月であった。従って、御前岩における成体の全観察期間(20年10ヵ月)のうち減少期が占める期間の割合は73.6%、増加期が占める期間の割合は24.4%となり、減少期の割合は浅根ほどではないが、ほとんどの期間が減少期であった。

Fig.3に示した浅根及び御前岩における幼体の個体密度の経年変化を示す数値 $n$ を最初に測定した数値 $n_0$ で標準化した数値( $n/n_0$ )は全観察期間中に幼体が連続的に減少する事象は浅根において3本の直線で、御前岩において4本の直線で示され、いずれも対数値が時間に対して直線的に低下する結果が得られた(Fig.6)。

Fig.6において、幼体の連続的な減少が直線で示される期間を減少期、幼体が増加する期間を増加期、幼体が平衡状態になっている期間を平衡期、幼体が消滅する期間を消失期と定義すると、浅根における幼体の減少期、増加期、平衡期及び消失期は観察した年の古い順から減少期Ⅰ(2/74～7/75)、増加期Ⅰ(7/75～8/80)、減少期Ⅱ(8/80～8/83)、増加期Ⅱ(8/83～12/83)、減少期Ⅲ(12/83～12/85)、増加期Ⅲ(12/85～7/86)、平衡期(7/86～12/93)、消失期(12/93～7/94)となり、観察を始め

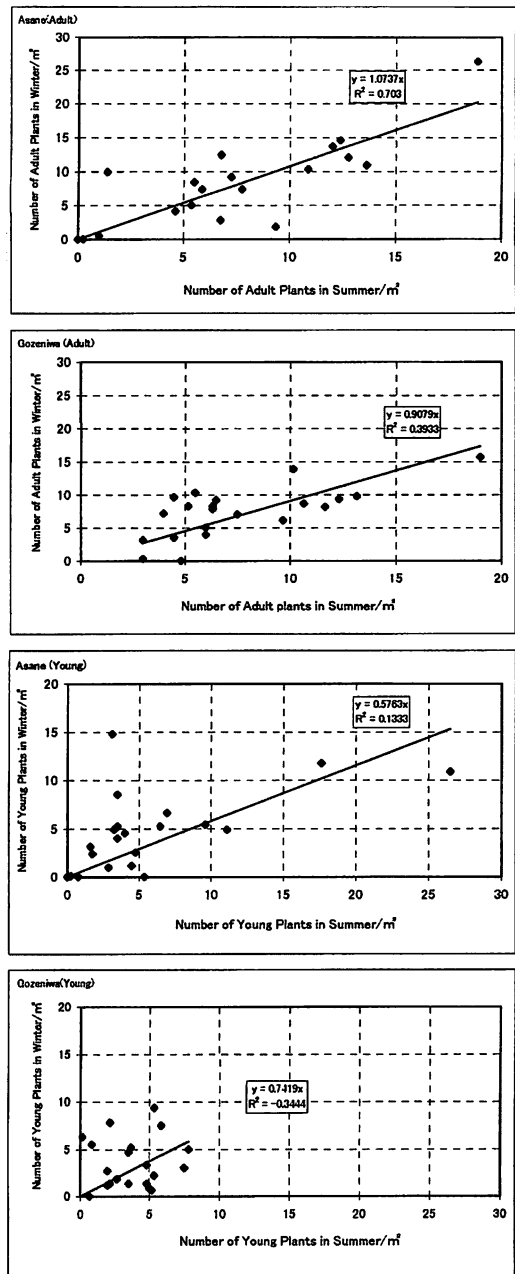
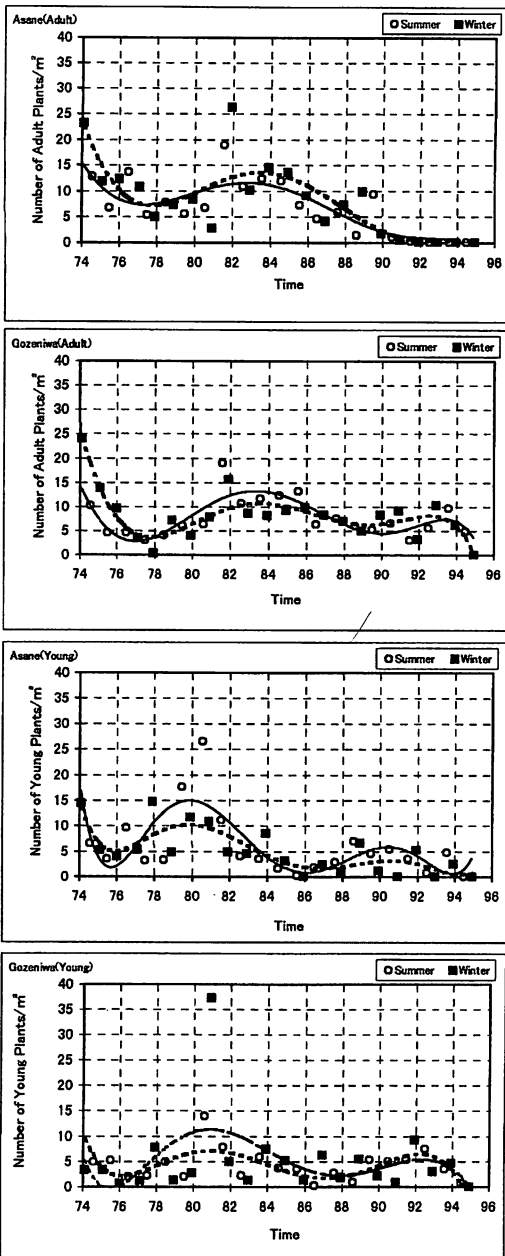


Fig.7. Annual and seasonal changes in average number of adult and young plants in the Asane and Gozeniya stations. The trend lines for summer(○) and winter(●) data set are obtained using a best fit method of least square.

Fig.8. Relationships between the average number of adult and young plants in winter and summer in the Asane and Gozeniya stations. Data point (summer:13.8, winter:37.3) in the figure of young plant at Gozeniya is omitted(observation date:8/80,12/80).

た時(2/74)から幼体が完全に消失した時(7/94)までの間にそれぞれの期が占める期間は減少期が6年5カ月,増加期が6年,平衡期が7年5カ月,消失期が7カ月で,全観察期間(20年5カ月)のうち減少期が占める

割合は31.4%,増加期が占める割合は29.4%であった。また,御前岩における幼体の減少期,増加期,平衡期及び消失期は観察した年の古い順からそれぞれ減少期I

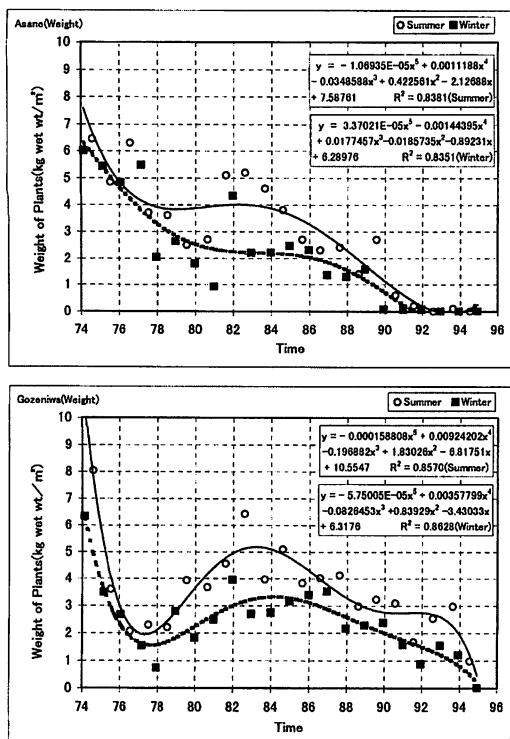


Fig.9. Annual and seasonal changes in average weight of plants in the Asano and Gozenjiwa stations. Data points are results of averaged values of adult and young plants. The trend lines for summer(—) and winter(···) data set are obtained using a best fit method of least square.

(2/74 ~ 1/76), 増加期 I(1/76 ~ 8/80), 減少期 II(8/80 ~ 12/82), 増加期 II(12/82 ~ 8/83), 減少期 III(8/83 ~ 7/86), 増加期 III(7/86 ~ 12/86), 平衡期(12/86 ~ 7/94)及び消失期(7/94 ~ 12/94)となり, 観察を始めた時(2/74)から幼体が完全に消失した時(12/94)までの間にそれぞれの期が占める期間は減少期が7年2カ月, 増加期が5年8カ月, 平衡期が7年7カ月, 消失期が5カ月で, 全観察期間(20年10カ月)のうち減少期が占める割合は34.4%, 増加期が占める割合は27.2%であった。

## 2. 個体密度の季節変化

浅根及び御前岩における夏季と冬季における成体と幼体の個体密度の経年変化のパターンは, それぞれ異なり, 夏季の個体密度が冬季の個体密度に比べ高いと言ったような共通した形とはならなかった(Fig.7)。成体の夏季の個体密度に対する半年後の冬季の個体密度の割合は浅根で107%, 御前岩で91%であり, 幼体の夏季の個体密度に対する半年後の冬季の個体密度の

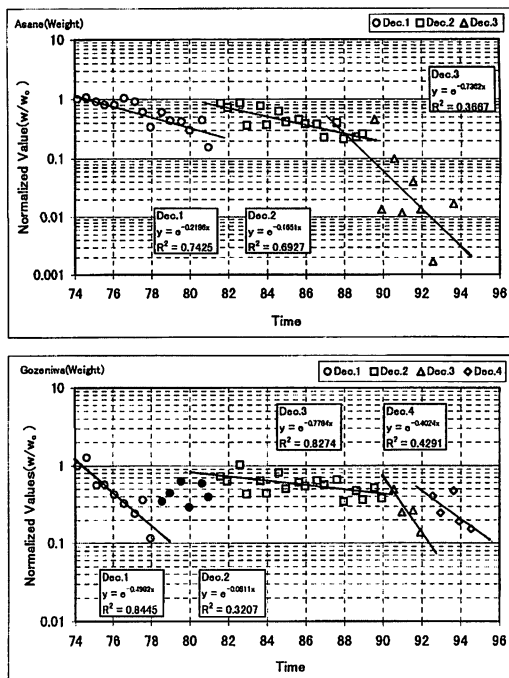


Fig.10. Relationships between the normalized values of average weight of plants and time of years in the Asano and Gozenjiwa stations. Data Points are results of averaged values of adult and young plants.

割合は浅根で58%, 御前岩で74%であった(Fig.8)。

## 3. 総湿重量の季節変化

浅根及び御前岩における単位面積当たりの総湿重量(成体と幼体の合計)の季節別経年変化は, いずれにおいても経年的に夏季の総湿重量が冬季を上回り, そのパターンは, ほぼ同じであった(Fig.9)。

Fig.9に示した浅根及び御前岩における単位面積当たりの総湿重量の経年変化を示す数値 $w$ を最初に測定した数値 $w_0$ で除して標準化した数値( $w/w_0$ )が連続的に減少する事象は浅根において3本の直線で, 御前岩において4本の直線で示され, いずれも対数値が時間に対して直線的に低下する結果が得られた(Fig.10)。

Fig.10は浅根及び御前岩における成体の個体密度の減少を標準化した数値( $n/n_0$ )で示したFig.5とほぼ同じ傾向を示す結果となった。ここでは単位面積当たりの総湿重量を成体と幼体の合計で評価したことからFig.5とFig.10の比較は厳密さに欠けるが, 両図はほぼ同じ傾向を示した。

浅根及び御前岩における夏季と冬季における単位面積当たりの総湿重量の関係から, 夏季の現存量(standing crop)に対する冬季の現存量の割合は浅根にお

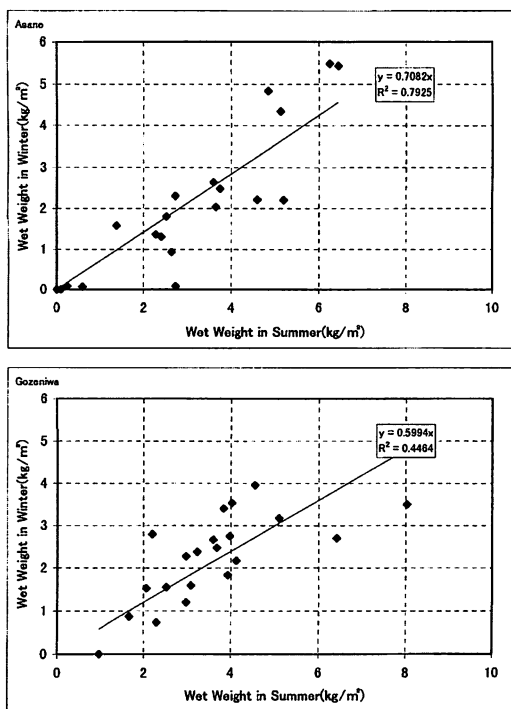


Fig.11. Relationships between the wet mass in winter and summer in the Asano and Gozeniwa stations. Data Points are results of averaged values of adult and young plants.

いて71%, 御前岩においては60%であった(Fig.11)。  
 成体と幼体を含めた藻体の平均藻体長, 平均莖長及び最大葉幅の経年変化は浅根と御前岩において相違が見られ, 御前岩では1985年12月前後まで平均藻体長, 平均莖長及び最大葉幅のいずれもが増加傾向にあったが, 浅根ではやや増加傾向が見られた程度であった(Fig.12)。1985年12月以降, 浅根では平均藻体長, 平均莖長及び最大葉幅のいずれもが減少したが, 御前岩では減少傾向が緩やかであった(Fig.12)。御前岩において藻体長などの増加が著しかった1977年12月から1981年8月までの期間は成体の個体密度の増加期と重なり, 単位面積当たりの総湿重量が増大した一方, 浅根ではこの期間, 藻体長などの増加と個体密度の減少により, 総湿重量に大きな変動は見られなかった(Fig.9)。

考察

1. 藻場個体密度の動力学モデル

カジメ藻場における個体の加入を次のように考えた。

- ①藻場における成体の個体密度を  $n_a$  個体  $m^{-2}$  とする。
- ②成体から放出された遊走子が着生し, 配偶体を経

て  $\eta_a n_a$  個体  $m^{-2}$  の幼孢子体となる。  
 ③幼孢子体が  $\eta_a \epsilon_a n_a$  個体  $m^{-2}$  の成体となる。

いま, カジメ藻場の成体の個体密度の挙動を考慮するため, 個体密度が時刻に対して連続して指数関数的に変化すると単純化した場合, カジメ成体の増殖係数  $k_a$  は次のように書くことができる。

$$k_a = \eta_a \epsilon_a n_a / n_a = \eta_a \epsilon_a \quad (1)$$

ここで,  $\eta_a$ : 成体から遊走子が放出され, 配偶体を経て幼孢子体となる割合

$\epsilon_a$ : 幼孢子体が成体となる割合

ただし, (1)式で示した  $k_a$  は波浪等による流失及び食害による消失等の割合を考慮しないものとする。次に, これらの影響を受けながら成体まで生き残る割合を  $P_{g,a}$  とした場合の新たな増殖係数  $k_{eff,a}$  は次のように書くことができる。

$$k_{eff,a} = \eta_a \epsilon_a P_{g,a} n_a / n_a = \eta_a \epsilon_a P_{g,a} \quad (2)$$

(2)式は1個体当たりのカジメ成体から次世代の成体がどれだけ増えるかを表している。

次に, 成体が1年当りに死亡する割合から年当たりの瞬間死亡係数  $\lambda_a$  を次式で表すことができる。

$$\lambda_a = -\ln(1 - n_{a,d} / n_a) \quad (3)$$

ここで,  $n_{a,d}$ : 1年当りに死亡する個体数 (個体  $m^{-2} y^{-1}$ )

従って, カジメ成体の個体密度変化速度は次式で表すことができる。

$$dn_a / dt = (k_{eff,a} - \lambda_a) n_a \quad (4)$$

成体の個体密度の初期値を  $n_{0,a}$ , 時刻  $t$  における個体密度を  $n_{t,a}$  とすると, その比率は次式のとおり指数関数で表される。

$$n_{t,a} / n_{0,a} = \exp \{ (k_{eff,a} - \lambda_a) t \} \quad (5)$$

2. 個体密度変化の動力学解析

浅根及び御前岩における成体の減少期の個体密度変化率は Fig.5に示した直線の傾きから求めることができる。1974年2月から1994年12月に至る全観察期間中に成体が連続的に減少する事象は浅根において3本の直線で, 御前岩において4本の直線で示され, それぞれを直線回帰して得られた個体密度変化係数  $K_a = k_{eff,a} - \lambda_a$  を Table1に示した。

浅根において,  $K_a$  は減少期I(2/74~12/80)で-0.18, 減少期II(8/81~8/88)で-0.27, 減少期III(12/88~7/91)で-1.52と経年的に小さくなり, 減少期Iにおいては1980年12月に初期値(2/74,  $n_0=23.1$  個体  $m^{-2}$ )の12%まで減少し, その後の半年で急激に初期値まで回復した。

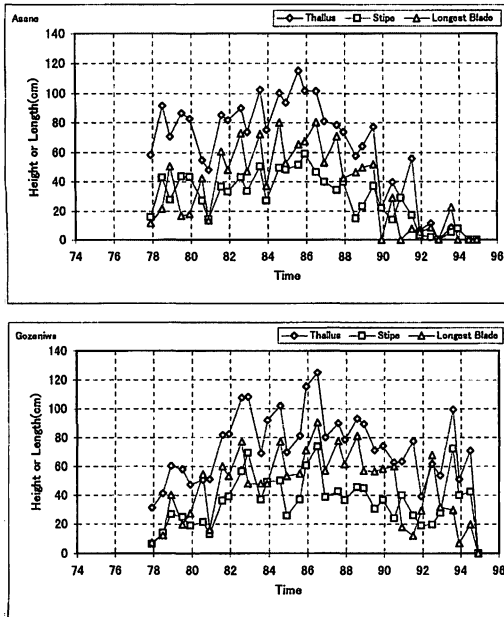


Fig.12. Annual changes in average thallus height, stipe length and longest blade length of plants in the Asane and Gozeniwa stations. Data points are results of averaged values of adult and young plants.

減少期IIにおいては1988年8月に初期値の約6%まで減少し、その半年後には初期値の43%までしか回復しなかった。減少期IIIにおいては1991年7月に初期値の11%まで減少し、その半年後に消失した。減少期IIIにおいて $K_y$ が他の期に比べて著しく小さくなっており、減少期IIIにおける $K_y$ の低下が決定的な要因となって成体が消失したと考えられた。

御前岩において、 $K_a$ は減少期I(2/74~12/77)で-0.79, 減少期II(8/81~7/89)で-0.13, 減少期III(12/89~12/91)で-0.55, 減少期IV(12/92~7/94)で-0.51となり、浅根とは異なる動態が見られた。減少期Iにおいては1977年12月に初期値(2/74,  $n_0=24$ 個体 $m^{-2}$ )の14%まで減少し、その後は1981年8月までに初期値の79%まで回復した。減少期IIにおいては1989年7月に初期値の22%まで減少し、その半年後に初期値の35%までしか回復しなかった。減少期IIIにおいては1991年12月に初期値の13%まで減少し、その後の1年間では初期値の43%までしか回復しなかった。減少期IVにおいては1994年7月に初期値の20%まで減少し、その半年後に消失した。

幼孢子体のうちで巨視的な大きさに達した幼体の個体密度変化についても、減少期には成体と同様、指数関数的な変化が認められ、Fig.6に示した直線の傾きを解

析した結果を幼体の個体密度変化係数 $K_y$ としてTable1に示した。

浅根において、 $K_y$ は減少期I(2/74~7/75)で-0.92, 減少期II(8/80~8/83)で-0.61, 減少期III(12/83~12/85)で-2.09となり、減少期IIIでの $K_y$ が他の減少期の値に比べ小さかった。減少期Iにおいて、幼体は1975年7月に初期値(2/74,  $n_0=14.5$ 個体 $m^{-2}$ )の24%まで減少し、その後1980年8月までに初期値の183%まで回復した。減少期IIにおいては1983年8月に初期値の24%まで減少し、その後の半年間で初期値の59%しか回復しなかった。減少期IIIにおいては1985年12月に初期値の0.9%まで減少し、その後半年間で初期値の12%しか回復しなかった。1986年7月から1993年12月までは(1990年12月と1992年12月に幼体が一時的に消失したデータを除く)平衡期となり、この期間に幼体は初期値の5%から48%の範囲で増加と減少を繰り返した。平衡期最後の1993年12月に幼体は初期値の17%であったが、半年後の1994年7月に消失した。

御前岩において、 $K_y$ は減少期I(2/74~1/76)で-0.66, 減少期II(8/80~12/82)で-1.26, 減少期III(8/83~7/86)で-1.04となり、減少期IIと減少期IIIでの $K_y$ が減少期Iの $K_y$ に比べて小さかった。幼体は1976年1月に初期値(2/74,  $n_0=3.3$ 個体 $m^{-2}$ )の20%まで減少し、その後は1980年8月までに初期値の415%まで回復した。減少期IIにおいては1982年12月に初期値の40%まで減少したが、その後の半年間で初期値の175%まで回復した。減少期IIIにおいては1986年7月に初期値の5%まで減少し、その後の半年間で初期値の190%まで回復した。1986年12月から1994年7月までは平衡期となり、この期間に幼体は初期値の20%から280%の範囲で増加と減少を繰り返した。最後に幼体が確認できた1994年7月においては初期値の20%となり、その半年後には消失した。

$K_a$ が小さくなる原因としては、1) $\eta_a$ の低下、2) $\epsilon_a$ の低下、3) $P_{g,a}$ の低下、4) $\lambda_a$ の増大が考えられる。 $\eta_a$ に影響を与える因子として、成熟藻体形成に係る光合成等に影響する因子(光・温度・栄養塩等)、遊走子の放出と着生に係る因子(流速・懸濁物質等)、遊走子から配偶体を経て幼体に至るまでの光合成等に影響する因子が考えられる。 $\epsilon_a$ に影響を与える因子として、幼体が成体になるまでの光合成等に影響する因子が考えられる。 $P_{g,a}$ に影響する因子として、遊走子が放出され、着生、配偶体、幼体を経て成体になるまでの期間の食害や波浪といった死亡に影響する因子が考えられる。 $\lambda_a$ に影響する因子として、成体になってからの食害や波浪といっ



Table 1. Results of observed velocity constants and calculated mean life expectancy of adult and young plants in the Asane and Gozeniwa stations.

Plant	Station	Period	Disappeared	Velocity constant		Mean life expectancy (y)	
				$K_a$ = $k_{off,a} - \lambda_a$	$K_y$ = $k_{off,y} - \lambda_y$	$t_{1/2,a}$ as $K_{off,a}=0$	$t_{1/2,y}$ as $K_{off,y}=0$
Adult	Asane	2/ 74~12/ 80		-0.18	—	3.85	—
		8/ 81~ 8/ 88	12/ 91	-0.27	—	2.57	—
		12/ 88~ 7/ 91		-1.52	—	0.46	—
	Gozeniwa	2/ 74~12/ 77		-0.78	—	0.88	—
		8/ 81~ 7/ 89	12/ 94	-0.13	—	5.33	—
		12/ 89~12/ 91		-0.55	—	1.26	—
		12/ 92~ 7/ 94		-0.51	—	1.36	—
Young	Asane	2/ 74~ 7/ 75		—	-0.92	—	0.75
		8/ 80~ 8/ 83	7/ 94	—	-0.61	—	1.14
		12/ 83~12/ 85		—	-2.09	—	0.33
	Gozeniwa	2/ 74~ 1/ 76		—	-0.66	—	1.05
		8/ 80~12/ 82	12/ 94	—	-1.26	—	0.55
		8/ 83~ 7/ 86		—	-1.04	—	0.67

た死亡に影響する因子が考えられる。いずれのパラメータに影響を与える因子も海域では変動しうるのであり、 $K_a$ の低下が、いずれの因子に影響を受けた結果もたらされたかについては今後の研究に待たなければならない。

Maegawa *et al.*(1988)は生命解析表により、三重県志摩半島浜島沖のカジメについて、平均寿命が16.5カ月、最大の平均余命が発芽6カ月後の21.1カ月、発芽54カ月後の平均余命が5.7カ月であったと報じている。本調査で得られた  $K_a$  から減少期についての  $\lambda_a$  の最小値を求めることができる。カジメ成体の減少期の  $\lambda_a$  の最小値は0.13から1.52であった。 $\lambda_a = 0.13$ は成体の半数が死亡するまでに5.33年(64カ月)かかることを表し、 $\lambda_a = 1.52$ は0.46年(5.5カ月)で半数が死亡することを表す(Table1)。浅根における減少期Ⅲの成体の大きな死亡係数が約2.5年に亘り継続しており、この期間には成体の加入があったと考えられ、死亡係数は更に大きなものであったと考えられる。また、幼体の減少期における  $K_y$  は-0.61~-2.09であり、減少の全てが死亡による個体数の指数関数的減少であると仮定した場合、幼体の半数が死亡するまでの期間は1.14年(13.7カ月)から0.33年(4カ月)と計算された(Table1)。Maegawa *et al.*(1988)は発芽後0から24カ月後までの胞子体の平均余命が12.7カ月から21.1カ月の範囲であったと解析している。幼体の個体密度減少の原因として、死亡だけでなく、成体への移行が一因と考えられ、Maegawa *et*

*al.*(1988)の解析と直接比較することは困難であるが、当海域において幼体の死亡率も三重県志摩半島浜島沖に比べ高かった可能性があると思われた。

### 3. 総湿重量の季節変化

Fig.10はFig.5とほぼ同じ傾向を示す結果となった。この結果は総湿重量のほとんどが成体によるものであって幼体の総湿重量への寄与が小さいために生じたものと考えられる。

Fig.11から、夏季の現存量(standing crop)に対する冬季の現存量の割合は浅根において71%、御前岩において60%であった。伊豆の鍋田湾におけるカジメ藻場の季節的な消長は、夏の現存量が最大値(8月:平均2.7kg·dry·wt·m<sup>-2</sup>)を示し、冬の現存量が最小値(1月:平均0.98kg·dry·wt·m<sup>-2</sup>)を示す結果が得られており(Yokohama *et al.* 1987)、この時の夏季の最大値に対する冬季の最小値の割合は約35%であった。従って、浅根及び御前岩においては伊豆の鍋田湾における冬季における単位面積当たりの総湿重量の減少と比較して、その約半分であったと言える。

一般的に、冬から初夏にかけては光合成速度の上昇に伴い藻体重量は著しく増加し、夏から初秋にかけては、光合成量の低下と子嚢斑形成葉部の脱落に伴い藻体重量は著しく減少するものの安定して消長し、藻場の平衡が保たれていると考えられることから、夏季に対する冬季の藻体重量の割合を子嚢斑形成葉部の脱落

の観点から見てみると、この割合がある程度まで小さくならないと安定した再生産がなされないとされる。こうした観点から Fig.9 を見てみると、御前岩においては明確ではないが、浅根においては夏季と冬季の高次多項式が近接する期間では非平衡状態となり藻体の総湿重量が著しく減少し、夏季と冬季の高次多項式に約2倍の差がある期間では平衡状態となり、藻体の総湿重量が変化しなくなっている。これは夏季に対する冬季の藻体重量の割合が約50%以下にならないと藻場の平衡状態が保たれないことを示唆していると思われる。

なお、前項において、成体の個体密度は夏季と冬季で、ほとんど変わらなかったことから、夏季の総湿重量から冬季の総湿重量を差し引いた値が孢子を形成した成熟葉部の脱落量と何等かの関係があると見なして脱落量と翌年の夏季における幼体の個体密度との関係を求めたが浅根と御前岩の両岩礁に共通した相関関係は得られなかった。

#### 謝辞

本稿へのご助言を戴いた愛国学園短期大学教授徳田拓士博士に厚く御礼申し上げます。また、研究にあたりご助言とご協力を戴いた静岡県農林水産部水産資源室長河尻正博博士に厚く御礼申し上げます。

#### 引用文献

- 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1974. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和48年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1975. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和49年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1976. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和50年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1977. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和51年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1978. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和52年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1979. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和53年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1980. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和54年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1981. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和55年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1982. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和56年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1983. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和57年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1984. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和58年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1985. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和59年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1986. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和60年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1987. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和61年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1988. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和62年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1989. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (昭和63年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1990. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (平成元年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1991. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (平成2年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1992. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (平成3年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1993. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (平成4年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1994. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (平成5年度分).  
 浜岡原子力発電所前面海域調査委員会 1995. 浜岡原子力発電所前面海域調査報告書 (平成6年度分).  
 金杉佐一・今井利為・高間 浩・中村幸雄 1984. 磯焼け地域におけるアラメ・カジメの天然群落の拡大に関する研究. 神奈川県水産試験場資料 303:1-20.  
 Maegawa, M., Kida, W. and Aruga, Y. 1988. A demographic study of the sublittoral brown alga *Ecklonia cava* KJELLMAN in coastal water of Shima Peninsula, Japan. *Jpn. J. Phycol.* 36:321-327.  
 大野正夫・石川美樹 1982. 土佐湾産カジメ類の生理生態学的研究 -I. 群落の経年変化. 高知大海洋生物研報 4:59-73.  
 三本菅善昭 1994. 磯焼けの生態. 水産業関係試験研究推進会議 資源増殖部会テーマ 別研究のレビュー Ser. 3:1-164. 水産庁中央水産研究所.  
 柳瀬良介・佐々木 正・青山雅俊 1983. カジメ群落域拡大に関する研究. 静岡県水産試験場伊豆分場資料 143:1-14.  
 Yokohama, Y., Tanaka, J. and Chihara, M. 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.

(Received Apr. 27 1998, Accepted Dec. 16 1998)