

長崎県野母崎において1998年秋に発生した クロメ葉状部欠損現象の経過観察

清本 節夫*・吉村 拓*・新井 章吾**
桐山 隆哉***・藤井 明彦***・四井 敏雄***

Recovery of *Ecklonia kurome* after the Occurrence of Blade
Disappearing Phenomenon at Nomozaki, Nagasaki Prefecture

Setuo Kiyomoto, Taku Yoshimura, Shogo Arai,
Takaya Kiriyama, Akihiko Fujii and Toshio Yotsui

ABSTRACT

In autumn of 1998, the blade disappearing phenomenon assumed to be results of grazing by herbivorous fishes was observed on *Ecklonia kurome* along the shallow coastal waters at Nomozaki. We investigated the recovery of *E. kurome* after the autumn event at Ôtategami-iwa and Kotategami-iwa in Nomozaki area until the following spring. At Ôtategami-iwa, the thalli having regenerated blades were observed in shallower than 2 m depth, but did not in deeper than 3 m depth. At Kotategami-iwa, 2 km distant from the Ôtategami-iwa, the thalli having regenerated blades were recognized in all the depth from 0 to 13 m, and dense *E. kurome* beds as well. From the existence of arc-shape scars on the newly growing blades collected at the two sites on March 1999, the grazing by herbivorous fishes was thought to have continued during the following winter. The differences in degree of recovery between the two sites and among different water depths may be resulted from the continuity and intensity of the grazing by fishes. During these investigations, we also found remarkable undergrowth of *Sargassum hemiphyllum* and *Hizikia fusiformis* having no apical growth point in the shallow waters. These

平成12年3月9日 受理 (Received March 9, 2000)

西海区水産研究所業績第604号 (Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 604)

*西海区水産研究所 〒850-0951 長崎市国分町3-30 (Seikai Natl. Fish. Res. Inst., 3-30 Kokubu, Nagasaki, 850-0951)

**株式会社 海藻研究所 〒811-0114 福岡県粕屋郡新宮町湊坂3-9-4 (Marine Algae Research Co. Ltd., 3-9-4 Minatozaka, Shingu, Kasuya, Fukuoka, 811-0114)

***長崎県総合水産試験場 〒851-2213 長崎市多良町1551-4 (Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, 1551-4 Taira, Nagasaki, 851-2213)

phenomena were presumed to be caused by the grazing of herbivorous fishes, different from those consumed *E. kurome*.

は じ め に

長崎県野母崎において、1998年9月に葉状部が著しく欠損したクロメ *Ecklonia kurome* が観察された(吉村・清本, 1998). 同年11月から翌年1月にかけて長崎県下で行われた調査の結果、葉状部欠損の程度は水深や場所によって異なること、また、アラメ *Eisenia bicyclis*・カジメ *Ecklonia cava* を含めたコンブ科3種で同様の現象が県下で広く発生していることが確認された(桐山ら, 1999). 残された葉状部の縁辺には弧状の痕跡が見られること、これらの一部が飼育下のブダイ *Calotomus japonica* によりつけられた採食痕に酷似することから、藻食性魚類の採食が原因である可能性が推測されている(桐山ら, 1999). 本現象は1994年10月に近隣の三和町地先にて小規模な発生を見たことがある(吉村, 未発表)が、このように広範囲

に発生したのは初めてであり、今後の推移が懸念される。

そこで、筆者らは野母崎の当該水域において、本現象発生後の経過とクロメ葉状部の再生状況を潜水により調査した。この結果、本現象の発生が少なくとも1999年3月まで継続したこと、冬季の葉状部の再生状況が水深・調査地点によって大きく異なっていたこと等が明らかとなるとともに、イソモク *Sargassum hemiphyllum* やヒジキ *Hizikia fusiformis* でも主枝が著しく短くなっている個体が観察され、クロメ同様に藻食性魚類の採食によるものと推察されたのでこれらの概要を報告する。本文にはいるに先立ち、調査にご協力いただいた野母崎三和漁業協同組合に謝意を表す。

方 法

2種類の調査を長崎県野母崎(Fig. 1)において、1回目1998年10月22日、2回目12月7日、3回目翌年3月25日の計3回、SCUBA潜水によって実施した。第一の調査では大立神岩周辺(以下、大立)の同一転石上、第二の調査では地先一帯におけるクロメ葉状部の状態の推移を観察した。

第一の調査は大立の水深5.2mにおいて、クロメが優占する長径およそ1mの転石3個を選び、それらの上に生育する全てのクロメを対象に、茎長・中央葉長・最大側葉長を計測した。また、葉状部の状態を、側葉が3枚以上残る、側葉が3枚未満、側葉が無く中央葉の一部が残る、中央葉もなく茎と付着器のみ、の4段階で評価した。

第二の調査は、1回目は大立を、2回目は大立から小立神岩(以下、小立)に至る水域を、3回目は大立と小立の両水域を対象とした。1回目と2回目の調査では、全体的なクロメの生育状況を記録した。3回目は場所や水深による葉状部の再生状態の違いを明らかにするため、標本採取も行った。標本は、大立の水深

1~2m、3~4m、4~5mのそれぞれで成体11~14個体の合計39個体、小立の水深8mで幼体32個体、成体25個体を採取した。また、最初の調査から藻食性魚類の関与が考えられたため、潜水調査中に観察された藻食性魚類を種毎に計数した。大立では、顕著に全長の短いイソモクとヒジキが観察されたため、これらも約40個体ずつ採取した。

採取したクロメについては、石田・由木(1996)に基づく年齢査定と全長・中央葉長・最大側葉長の測定を行った。また、同一年齢の健全な個体との比較によって、側葉の面積が1/2以上か以下かを判定した。また、葉状部が欠損したクロメでは葉縁に弧状の痕跡が見られた(Plate 1a)。これらは、藻食性魚類の採食痕と考えられること(桐山ら, 1999)から、以下では弧状の採食痕とする。弧状の採食痕は、側葉部でははっきりしなかったが、中央葉では明確であったので、中央葉において採食痕の有無を調べ、特に茎と中央葉の移行部から短い側葉の基部までが損傷すると側葉の新生と伸長に重大な影響があるため、移行部から

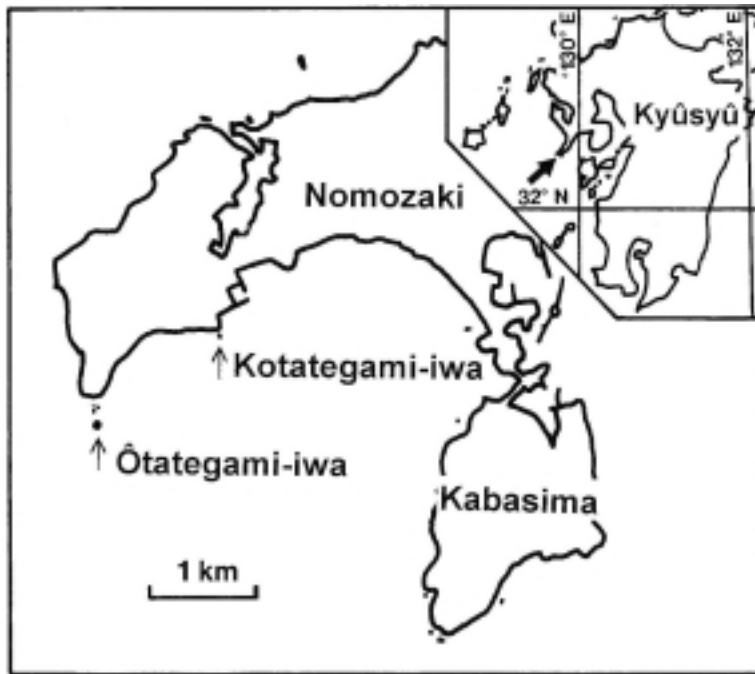


Fig. 1. Map of study sites.

5枚以内の新生葉（ここでは側葉長5 cm以下とする）までの範囲を「生長点付近」として中央葉の他の部分と区別した。この採食痕が見られたクロメの割合を、小立と大立とで比較するために、今回の測定結果に清本ら（2000）の小立における水深7 mのクロメ2歳の結果も加えて、採集地・年齢間の多重比較を Steel-Dwass の方法（永田・吉田，1997）により行った。

ヒジキとイソモクについては、全長を測定し、葉における弧状の採食痕の有無を観察した。また、各株で長い方から3本までの主枝について、頂端部の生長点の有無を調べた。クロメ同様に、健全な個体との比較によって葉状部欠損状態の定量化を試みたが、健全な個体が調査海域に見られなかったため評価できなかった。

結 果

調査地の概況：大立は水深2 mまでは急勾配で立ち上がる岩盤が多く存在しているが、2 m以深は比較的起伏の少ない岩盤・転石地帯が水深およそ15 mまで続く。ウスバノコギリモク *S. serratifolium*、トゲモク *S. micracanthum* などのホンダワラ属が優占し、これらにクロメが混生する。

小立は水深12 mまでは起伏の大きな岩盤が続き、12 m以深は平坦な砂地となる。クロメが優占し、ノコギリモク *S. macrocarpum*、ウスバノコギリモク、及び、エンドウモク *S. yendoi* が混生している。

転石上のクロメの推移：大立の3つの転石上では、10月22日には29個体のクロメ成体が存在した。葉状部の状態別に見ると、側葉を全く持たないものが12個体（41%）、少なくとも1枚の側葉を有するものが17個体（59%）で、後者の中央葉長は平均14.9 cm、最大側葉長は平均24.9 cmであった（Table 1）。同年12月7日には側葉を有する個体は全く見られず、茎と付着器だけになったものが19個体（86%）と大半を占め、いずれも残された茎の先端部は腐敗していた。翌年3月25日には、すべての成体は茎が流失しほぼ付着器のみとなっ

ていたが、新たに計207個体の幼体（全長20～215mm）が高密度に入植していた。これらの幼体には弧状の採食痕は見られなかった。

地先一帯の推移：1回目の大立における調査では、クロメ成体は水深6m以浅に見られたが、5m以深では全てが葉状部のほとんどを失い茎と付着器のみで、水深が浅くなるにつれて中央葉や側葉のあるものが見られるようになり、2m以浅ではほぼ正常な個体の割合が高くなった。一方、幼体は水深7m以浅で見られたが、葉状部に欠損は見られなかった。これに対して、2回目の小立における調査では、クロメの成体・幼体ともに12m以浅で見られ、葉状部の欠損は2m以深の成体で多かった。

3回目の調査では、小立では全域で葉状部の再生が観察されたが、大立では再生が観察されたのは4m以浅で、3m以深では再生は不良であった。ただ、幼体は水深10m以浅の全ての水深において高密度に認めら

れた（Plate 1h）。この時採集したクロメのうち、再生が良好なもの、再生しているものの異常なもの、再生しなかった個体の写真を Plate 1b～e に示す。この日の観察中に大立でアイゴ31個体（目視によるおおよその体長は15～30cm）が観察されたが、それ以外の藻食性魚類は観察されなかった。

採集個体の測定結果：大立では、水深1～2mで採集したクロメ14個体（2歳、平均全長43.9cm）の最大側葉長は平均25.9cm、中央葉長は平均26.0cmであり、側葉面積が健全な個体の1/2以下のものはなかった（Table 2）。弧状の採食痕は7割の10個体で中央葉に見られ、そのうち、5個体では生長点付近にも見られた（Table 3）。水深3～4mで採集したクロメ14個体（3歳、平均全長32.9cm）の最大側葉長は平均8.7cm、中央葉長は平均18.2cmであり、側葉面積はすべて健全個体の1/2以下であった（Table 2）。弧状の採食痕は全ての個体で中央葉に認められ、8割をこえる12本で

Table 1. The change in state of *E. kurome* on three boulders in 5.2 m depth at Ôategami-iwa

Age	State*	1998/10/22			Length (mean±SD cm)			1998/12/7		1999/3/25	
		No.	%	Stipe	Primary blade	Longest lateral blade	No.	%	No.	%	
> 1	—	4	14	10.8±6.3	0 ± 0	0 ± 0	19	86	0	0	
	+	8	28	13.6±8.3	12.1±5.9	0 ± 0	3	14	0	0	
	+	10	34	15.5±5.5	14.6±3.2	25.3±9.6	0	0	0	0	
	+	7	24	15.7±4.9	15.4±4.8	24.4±5.2	0	0	0	0	
0		0	0				0	0	207	100	

*—: Stipe and holdfast without blades, +: no lateral blades remained, #: less than 3 lateral blades remained, #: more than 2 lateral blades remained.

Table 2. The size and the state of lateral blade of *E. kurome* sampled on March 25, 1999

Sample site	Depth (m)	Age	No.	Length (mean±SD cm)			State of lateral blade (%)**		
				Total	Primary blade	Longest lateral blade	>1/2	<1/2	No blade
Ôategami-iwa	1-2	2	14	43.9±5.4	26.0±6.7	25.9±6.6	100	0	0
	3-4	3	14	32.9±8.1	18.2±6.5	8.7±4.7	0	100	0
	4-5	3	11	9.5±2.2	0.2±0.6	0.1±0.3	0	18	82
Kotategami-iwa	8	3	25	52.2±8.6	12.2±6.4	27.2±5.7	88	12	0
	7*	2	31	41.0±5.6	34.7±6.0	19.5±4.7	97	3	0

*Cited from Kiyomoto et al. (2000).

**The state of lateral blades were classified into three categories; >1/2: more than half of normal blade, <1/2: less than half of normal blade, no blade: no lateral blade remained.

生長点付近にも見られた。水深4～5 mで採集したクロメ11個体(3歳, 平均全長9.5cm)では, 葉状部が欠損したものが多く, 8割の9個体は茎と付着器のみ, 他の2個体でも側葉長は1 cm以下, 中央葉長も2 cm以下にすぎなかった(Table 2)。

一方, 小立では, 水深8 mで採集したクロメ幼体32個体(平均全長12.1cm)には側葉はまだ形成されておらず, 葉長は平均11.5cmで, 葉面積が健全な個体の1/2以下であったのは3個体であった(Table 4)。弧状の採食痕が認められたのは2個体に過ぎず, うち1個体は葉面積が1/2以下であった。同所で採集した3歳のクロメ25個体(平均全長52.2cm)の最大側葉長は平均27.2cm, 中央葉長は平均12.2cmであり, 側葉面積が1/2以下のものは3個体であった(Table 2)。弧状の採食痕が9割をこえる23個体で中央葉に見られ, うち1個体では生長点付近にも見られた(Table 3)。採食痕が生長点付近にも見られた1個体と中央葉に見られた1個体では側葉面積が1/2以下であった。

水深・採集地間の比較:クロメの中央葉・生長点付近に採食痕が認められた割合を, 大立の水深1～2 mの

2歳(以下, 大立2歳), 3～4 mと4～5 mの3歳を一緒にしたもの(大立3歳), 小立8 mの3歳(小立3歳), および小立7 mの2歳(小立2歳)の4者間で比較した(Table 3)。生長点付近に関しては小立2歳と3歳の値は極めて低く, 両者の間には有意差はなかった。この両者と比較すると大立2歳の値($p < 0.01$)と大立3歳の値($p < 0.001$)はともに有意に高く, また, 大立2歳の値は大立3歳の値よりも有意($p < 0.05$)に低かった。中央葉に関しては大立3歳と小立3歳の間には有意差はなく, この両者と比較すると大立2歳の値は有意に低く($p < 0.05$), 小立2歳は他の3者よりもさらに低い値であった($p < 0.001$)。

ホンダワラ類の観察結果:大立で見られたホンダワラ類のうち, イソモク(Plate 1f)とヒジキは, 全ての株で全長が極端に短く, 刈り揃えられたような状態であった。主枝の先端が物理的に切断され生長点の無いものが多かった。この切断面周辺に退色や腐敗は見られず, 治癒したと思われる主枝も見られた(Plate 1g)。採集したヒジキ41株の平均全長は11.7cmであり, 22株の葉に採食痕が見られ, 観察対象とした主枝102

Table 3. The proportions of *E. kurome* having arc-shape scars on their primary blades

Sample Site	Age	Depth (m)	No.	% of individuals with scars	
				Near growth point**†	Primary blade†
Ôategami -iwa	2	1-2	14	36 ^b	71 ^b
	3	3-4/4-5	16	87 ^a	100 ^a
Kotategami -iwa	3	8	25	4 ^c	92 ^a
	2	7	31	0 ^c	23 ^c

*Five lateral blades from the transit part between stipe and blade.

†Values in column with different superscripts differ significantly ($p < 0.05$) by Steel-Dwass method.

Table 4. The size of young *E. kurome* sampled from 8 m depth at Kotategami-iwa on March 25, 1999, and the proportions of having blade less than half of normal one and having arc-shape scars on their blades

No.	Total length (mean ± SD cm) (Min.-Max.)	Blade length (mean ± SD cm) (Min.-Max.)	Blade area*		Exist of arc-shape scar	
			No.	%	No.	%
32	12.1 ± 6.6 (2-26)	11.5 ± 6.3 (2-24)	3	9	2	6

*Blade area less than half of normal shape.

Table 5. The size of two Sargassaceous species sampled at Ôategami-iwa, on March 25, 1999, and the proportions of individuals having arc-shape scars on their thalli and having main stems without apical growth point

Species	Individual No.	Total length (mean±SD cm) (Min.-Max.)	Arc-shape scars		Main stem No.	Growth point lost	
			No.	%		No.	%
<i>H. fusiformis</i> (ヒジキ)	41	11.7±4.0 (4-21)	22	54	102	47	46
<i>S. hemiphyllum</i> (イソモク)	45	11.1±2.8 (5-16)	38	84	nd	nd	

本のうち先端に生長点のないものが47本あった (Table 5)。採集したイソモク45株の平均全長は11.1 cmであり、38株の葉に採食痕が認められた (Table

5)。しかし、優占種であるトゲモクとウスバノコギリモク、さらにはノコギリモクにはこのような極端に主枝の短いものは認められなかった。

考 察

大立における追跡調査では、水深5.2mの特定した転石上に生育するクロメは3月にはすべて付着器のみとなり、この水域全体でも水深4~5mでは再生が認められなかった。一方、水深3~4mでは側葉が短いものが残る程度であったが、1~2mでは採食痕はあるものの葉状部は健全に生長していた。大立からわずか2kmしか離れていない小立においては、水深1~12mに生育するクロメの葉状部は再生し、ほぼ通常の状態に回復していた。大立のクロメは水深が浅いほど葉状部が回復したのに対し、小立のクロメは生育範囲の全ての水深で葉状部が再生しており、両地点間で葉状部の回復状況が異なっていた。

野母崎における葉状部欠損現象の原因として、葉状部に残された弧状の痕跡から藻食性魚類による採食が考えられている (桐山ら, 1999)。今回の調査で採集したクロメに見られた弧状の採食痕も、いわゆる「末枯れ」時に見られる葉状部先端の変色や腐敗が見られないこと、波浪による物理的な切断としては弧状の形が整っていること等から、魚種の特定はできないものの、藻食性魚類の採食によるものと判断された。葉状部の採食痕は、大立と小立の両方で認められたが、採食痕の見られる個体数の割合は両地点で異なっていた。特に、生長点付近の欠損率は2年目・3年目の個体とも、大立で高く、小立で低い値であった。小島・谷口 (1994) による徳島県のクロメにおける側葉新生

状況の調査結果から判断して、本報告で生長点付近とした部位における短い側葉は、冬季に新生したものと考えられる。従って、生長点付近に見られた採食痕は冬季以降に新生した側葉を藻食性魚類が採食した結果であり、1998年秋の葉状部欠損現象の確認以降も藻食性魚類による採食は継続していたと考えられる。1999年3月に大立と小立でのクロメ葉状部の回復状況に大きな差が見られたのは、両域でのクロメ生長点付近の欠損率が異なっていたことから、藻食性魚類のクロメに対する冬季の採食圧が両域で異なった結果であると推測された。

大立ではヒジキ・イソモクの主枝が10cm位の長さに刈り揃えられたようになっていたが、ウスバノコギリモク・トゲモク・ノコギリモクではこのような現象は見られなかった。これらのヒジキ・イソモクでは、主枝の先端に生長点が見られないこと、退色や末端の腐敗が見られないことから生理的な原因とは考え難い。さらに、詳細に観察すると葉や小枝の部分に採食痕らしいものが認められたが、葉や小枝が細いため、クロメに見られたような弧状の特徴は見出せなかった。さらに、ヒジキ、イソモク両者は潮間帯下部から漸深帯の最上部と、クロメでは異常が見られなかった場所に生育する種であり、この原因が仮に魚類の採食であるとしてもクロメを採食したのとは種を異にする可能性が高いと考えられた。

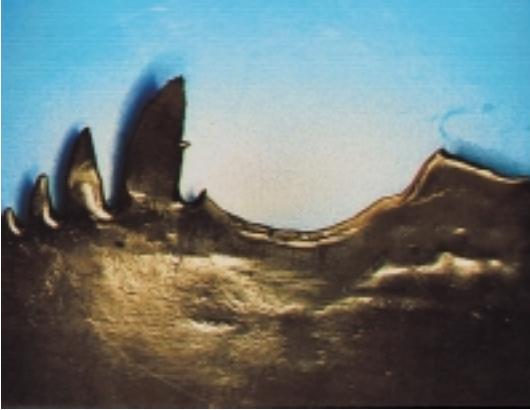
このように、葉状部欠損現象は複数種の魚類によって引き起こされている可能性がある。本現象の機構を解明するためには、実験的研究を含めて原因種の特定を行うとともに、それらの行動や資源量を明らかにすることが必要であり、この分野の研究の進展が望まれる。また、調査海域からわずか3 km東の樺島では1998

年秋にもクロメ葉状部が健全であり（桐山ら，1999）、水塊や波浪などの違い（新井，1988；中山・新井，1999）によって現象の発生が大きく左右される可能性もあり、これらの海洋環境との関係においても検討する必要がある。

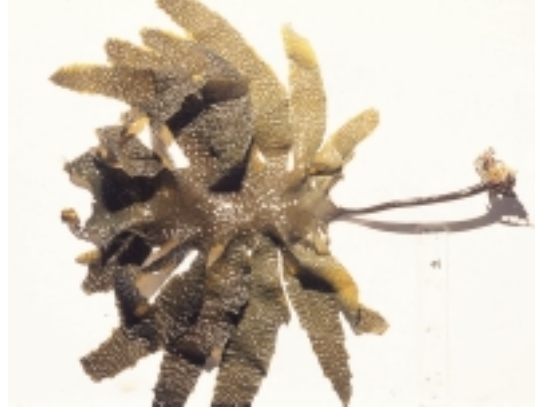
引用文献

- 新井章吾 1988：磯根生物と住み場環境の安定性. 海洋科学, 20, 355-362.
- 石田健次・由木雄一 1996：島根県鹿島沿岸におけるクロメの季節変化, 水産増殖, 44(3), 241-247.
- 河尻正博・佐々木正・影山佳之 1981：下田市田牛地先における磯焼け現象とアワビ資源の変動, 静岡水試研報, (15), 19-30.
- 桐山隆哉・藤井明彦・吉村 拓・清本節夫・四井敏雄 1999：長崎県下で1998年秋に発生したアラメ類の葉状部欠損現象, 水産増殖, 47(3), 52-56.
- 清本節夫・吉村 拓・新井章吾 2000：長崎県野母崎の潮下帯に生育する大型褐藻5種に対する藻食性魚類の採食選択性, 西水研研報, (78), 67-75.
- 小島 博・谷口和也 1994：徳島県牟岐町沿岸における褐藻クロメの成長周期. 日水誌, 60(3), 365-369.
- 永田 靖・吉田道弘 1997：統計的多重比較法の基礎, pp. 187, サイエンティスト社.
- 中山恭彦・新井章吾 1999：南伊豆・中木における藻食性魚類3種によるカジメの採食. 藻類, 47, 105-112.
- 田中邦三・石田 修・田中種雄 1986：房総半島南部布良瀬周辺の痩セアワビ特に生息状況について, 日水研報, (36), 49-57.
- 吉村 拓・清本節夫 1998：コンブ目海藻の葉状部消失現象, 各地で発生の様相, 西海水研ニュース, 96, 6.

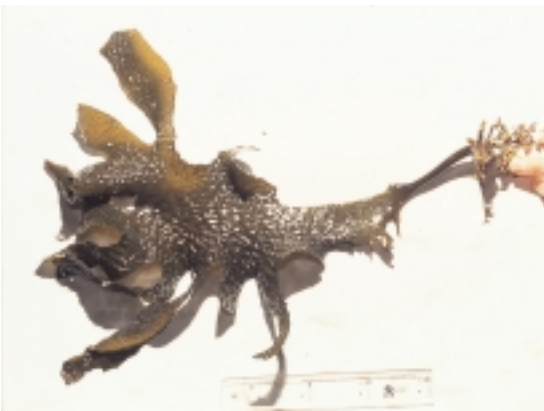
Plate 1. Photographs of algae observed at Nomozaki.



(a) Arc-shape scars on *E. kurome*.



(b) Well recovered *E. kurome*.



(c) Poorly recovered *E. kurome*.



(d) Abnormally recovered *E. kurome*.

Plate 1. (cont.)



(e) Not recovered *E. kurome*.



(f) Undergrown *S. hemiphyllum* at sampled site.



(g) Tips of undergrown *H. fusiformis* with the section as if they are cut. New germination by vegetative reproduction occurred at the section (left).



(h) Dense patch of young *E. kurome*