

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

中山恭彦¹・新井章吾²¹三洋テクノマリン株式会社 環境調査部 (〒103-0012 東京都中央区日本橋掘留町 1-3-17)²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)

Grazing of the brown alga *Ecklonia cava* by three herbivorous fishes on the coast of Nakagi, South Izu, central Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 47:105-112.

Grazing by herbivorous fishes, i.e. *Calotomus japonicus*, *Prionurus scalprum* and *Siganus fuscescens* was studied from August to December, 1997 in a *Ecklonia cava* community on the coast of Nakagi, South Izu, Japan. Each fish made distinct bite marks on the thalli of *E. cava*. The typical crescent-shaped bites of 2.5-5.0 cm in diameter were made by *C. japonicus*, while those of 0.3-2.2 cm in diameter were made by *S. fuscescens*. On the other hand, the typical saw-toothed bites of 0.2-0.5 cm in diameter were made by *P. scalprum*. In order to access the effects of fish bites on *E. cava* population, we have tagged four *E. cava* individuals from three different sites, i.e. at the depths of 3 m and 5 m on the offshore slope and at the depth of 5 m on the inshore slope on a shoal in Nakagi. The bite marks made by *C. japonicus* and *S. fuscescens* were observed on all (12) individuals, while bite marks made by *P. scalprum* were not observed. The bite marks were found to be concentrated on the upper portion of the central lamina and on the central portion and tip of the pinna in case of *C. japonicus*, while in case of *S. fuscescens*, the bite marks were found on the upper portion and side of the central lamina and upper portion of the pinna. In general, the tagged individuals were severely damaged and two of 12 individuals were found to be grazed up to the growth point, although only on one side of the thallus was damaged. Bite marks by *C. japonicus* were rarely observed in months of September and October, while these were frequently observed in November and December. In contrast, bite marks by *S. fuscescens* were frequently observed in September and October and less frequently in November and December. It seems that grazing activity of these two fishes were affected by water temperature. The more grazing activities were observed on the offshore side of the shoal where substantial water exchange occurs than on the inshore slope. Our observations have demonstrated that the grazing pressure by the herbivorous fish affects on population growth of *E. cava* either directly or indirectly.

Key index words: *Calotomus japonicus*-*Ecklonia cava*-grazing-herbivorous fish-*Prionurus scalprum*-*Siganus fuscescens*

¹ Sanyo Techno Marine, Inc., 3-17 Nihonbashi Horidome-cho 1, Chuoh-ku, Tokyo 103-0012 Japan

² Marine Algae Research Co. Ltd., 3-9-4 Minatozaka, Shingu, Kasuya, Fukuoka 811-0114 Japan

緒言

藻食性魚類による海藻の採食は、熱帯から温帯にかけての海域で広く認められており (Horn 1989), 日本でも、磯魚の摂餌生態に関する研究 (具島 1981) の一環として取り上げられたり、歯と消化管の機能形態に関する研究 (Kanda and Yamaoka 1995) が行われている。藻食性魚類の採食活動は、天然藻場の衰退 (坂本 1994, 新井 1996) をはじめ、藻場造成の制限要因 (当真ら 1977, 瀬戸口 1978, 新村・寺脇 1982) や養殖海藻の消失 (木村 1994) にも大きく関与している可能性が指摘されている。日本沿岸の重要な海中林構成要素であるカジメ属海藻についても、藻食性魚類によって採食されていることが知られており (金杉ら 1984, 新井 1996), 新井 (1996) は宮崎県から千葉県までの黒潮影響下の海域における観察例を紹介している。著者

らは、藻食性魚類がカジメ属海藻に及ぼす影響を詳しく調べるために各地で潜水観察を行ってきたが、静岡県伊豆半島先端付近で、ブダイ *Calotomus japonicus*, ニザダイ *Prionurus scalprum* およびアイゴ *Siganus fuscescens* がカジメ *Ecklonia cava* を採食することを確認し、各魚種が葉状部に残す採食痕の形状を明らかにしたほか、標識したカジメ個体の葉状部が被食し消失する過程を観察することができたので報告する。

方法

調査は、1997年8月から12月に、静岡県の伊豆半島先端 (賀茂郡南伊豆町中木) にある1つの瀬 (Fig.1) と、その周辺岩礁に発達するカジメ群落で SCUBA 潜水によって実施し、瀬でカジメ標識個体の追跡、周辺岩礁で被食したカジメの採集を行った。瀬の頂上部は、

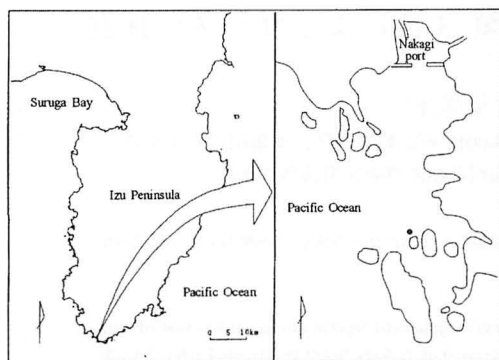


Fig.1. Study site of Nakagi, on the west coast of southern part of Izu Peninsula. Solid circle indicates the observation area.

長径が約15m, 短径が約7mであり, 水深は約2mであった。

調査時の水温は, 瀬の頂上部で棒状温度計を用いて測定した (Fig. 2)。8月下旬には27℃台と高く, 9月下旬にかけて22℃, 10月中旬には18℃まで低下したが, 10月末には再び22℃まで上昇した。以降, 再び低下し, 11月には18℃, 12月には17℃となった。

藻食性魚類の採食は, スチールカメラ (NikonF4S, AQUA VISION SYSTEMS社製水中ハウジング, レンズは60mmマクロ, 35mm, 28mmを適宜使用) およびデジタルビデオカメラ (SONY VX1000, AMPHIBICO社製水中ハウジング) を用いて撮影 (撮影距離は1~4m) した。また, 採食痕の形状は, カジメの被食部 (各魚種による採食を水中で確認した部分) をスチールカメラを用いて撮影 (撮影距離は0.5m以内) 後, 魚種ごとにまとめて研究室に持ち帰り, 写真撮影するとともに, 詳しく調べた。

カジメ標識個体の追跡は, 瀬の沖側斜面の水深3m (St. 1) と5m (St. 2) および岸側斜面の水深5m (St.

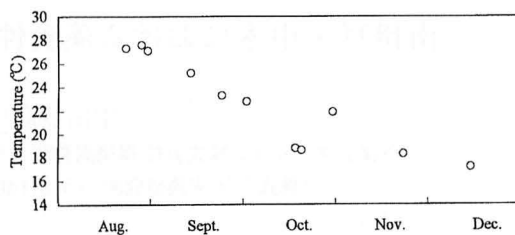


Fig.2. Changes in the water temperature at the study site.

3) の3カ所において行った。沖側斜面は, 潮流が速く, 波浪の影響を受けやすかったが, 岸側斜面は, 潮流が遅く, 波浪の影響を受けにくく穏やかであった。また, 沖側斜面の水深3m (St. 1) に比べて, 5m (St. 2) の波浪影響は小さかった。8月に, 各地点において, 葉状部に損傷のないカジメ4個体の付着器にインシュロックを取り付け, 標識した。標識個体は, 毎月外観をスケッチし, 中央葉と側葉に認められた採食痕の位置と中央葉長を記録した。各個体とも側葉は多数あるので, 水中で識別しやすくするために, 5cmに成長した新生側葉に直径2mmの穴を毎月開けて目印とした。葉状部に末枯れが認められる場合は, これも記録した。

結果

各潜水調査時にカジメを採食していた藻食性魚類は, ブダイ, ニザダイ, アイゴの3種 (Fig. 3) で, 体長は20cm~40cmであった。採食の方法は魚種により異なり, ここで簡単にその特徴を示すこととする。ブダイは採食しようとするカジメを周回し, 葉状部を銜えて頭部を振り噛みちぎった (Fig. 4-1)。ニザダイは数尾~数十尾の群れを形成し, 海底を舐めるように啄みながら主にマクサ等の小型海藻をむしり取って採食しており, 希にカジメの葉状部を採食する時は吻の



Fig.3. Three herbivorous fishes grazing on *Ecklonia cava* on the coast of Nakagi, South Izu. 1. *Caltomus japonicus*. 2. *Prionurus scalprum*. 3. *Siganus fuscescens*.

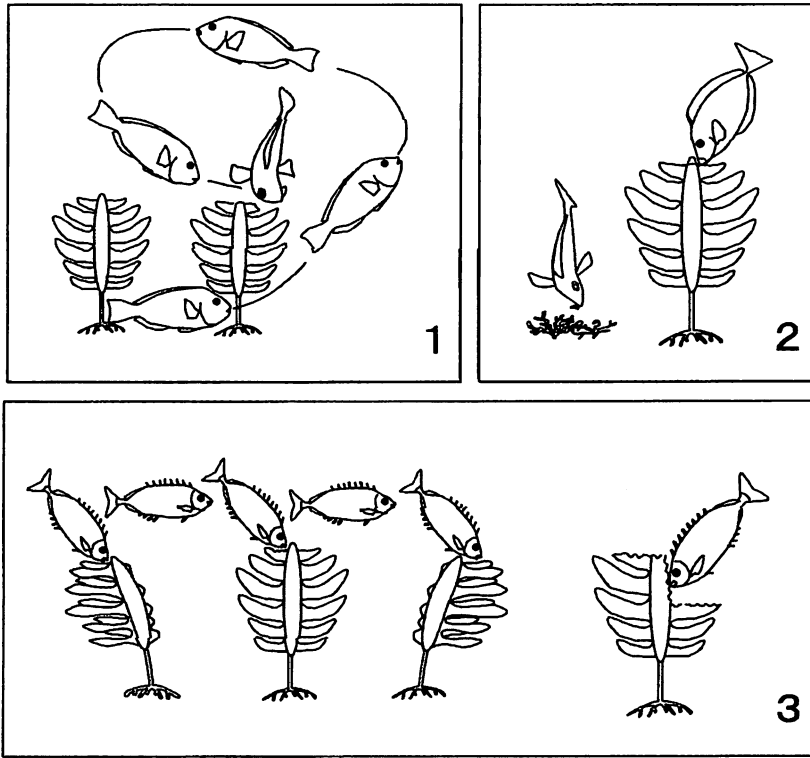


Fig.4. Grazing behavior of three herbivorous fishes. 1. *Caltomus japonicus*, 2. *Prionurus scalprum*, 3. *Siganus fuscescens*.

先端で小刻みに咀嚼した (Fig.4-2)。アイゴは、揺動の小さい中央葉や、遊泳中に採食しやすい上部側葉を連続的に咀嚼した。アイゴは、海水流動の穏やかな条件下では、特定のカジメ個体を集中的に採食することが多く、回遊中や海水流動により葉状部が揺動している場合は、採食姿勢を保持しながら遊泳し、複数のカジメ個体を少しずつ採食することが多かった (Fig.4-3)。各魚種の歯の形態は、岸本 (1984a, b, c) が述べているのでここでは省略した。また、海底付近でクボガイ類がカジメの葉状部に登り採食していた。調査海域にウニは極めて少なく、藻体を直接採食している様子が観察されることはなかった。

採食痕の形状と大きさ

各魚種がカジメ藻体に残した採食痕を Fig.5～7 に示した。

ブダイの採食痕は径 2.5～5.0cm の三日月形で (Fig.5-1)、採食に失敗した場合、癒合が不完全な両側歯の痕跡が認められることがあった (Fig.5-2)。ブダイは葉状部を噛み切らずに引きちぎることがあり、側葉

(Fig.5-3)、中央葉 (Fig.5-4)、いずれの場合にも、採食痕が残らずに不規則な形となって切断された。

ニザダイの食痕は径 0.2～0.5 cm で 3 種の採食痕の中では最も小型で、肉眼で個々の形状を判定することは困難であったが、連続して鋸歯状となった (Fig.6)。

アイゴの採食痕は径 0.3～2.2 cm の三日月形または楕円弧形で、往々にして連続していた (Figs 7-1,7-2)。中央葉では側葉の場合よりも採食痕が不明瞭となることがあった。採食痕の切断面には極めて微細な凹凸が認められたり、平行に連続した筋が採食痕の周辺に認められることがあった (Fig.7-3) が、これらはアイゴの門歯状歯の跡である。Fig.7-4 はやはり中央葉で認められた採食痕で、当初この部分に左右 2 枚ずつの側葉が存在していたが、採食開始 30 秒後に基部から分断されて流失するのを確認した。

カジメ標識個体の経時変化

St.1～3 におけるカジメ標識個体の外形の変化と藻食性魚類の採食痕が認められた部位を Fig. 8 に示した。9 月～12 月までの調査期間中、藻食性魚類による採食

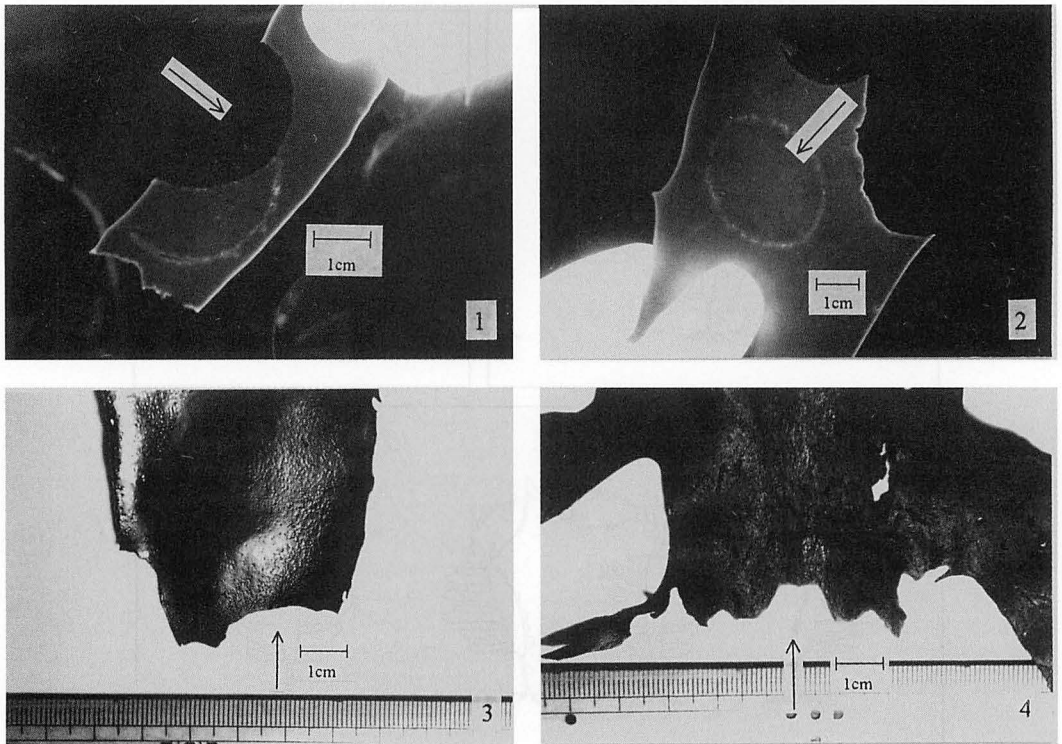


Fig.5. Bite marks by *Caltomus japonicus* on *Ecklonia cava* on the coast of Nakagi, South Izu. 1,2. Pinna (photo taken *in situ*). 3. Pinna (photo taken in laboratory). 4. Central lamina (photo taken in laboratory). Arrows indicate bite marks.

痕は全ての標識個体の中央葉と側葉で認められた。上述した採食痕の形状と大きさから、これはブダイとアイゴによるもので、ニザダイのものと思われる採食痕は認められなかった。なお、カジメの葉状部の末枯れは、9月に、St. 2のNo. 2とNo. 4, St. 3のNo. 2で観察されただけで、10月以降はいずれの個体においても観察されなかった。標識個体は葉状部が著しく損傷し、12個体中2個体 (St. 2のNo. 1とNo. 3) では、片側だけではあるが、中央葉原基まで採食されていた。採食痕の位置および特徴は、ブダイの場合には中央葉の上部、側葉の中央部および先端部に1~数個の採食痕が認められること、アイゴの場合には中央葉の上部および側面、側葉の上部に複数の採食痕が連続して認められることであった。

標識個体の中央葉長は、多くの個体で当初の2~3割となっており、地点間では余り差が認められなかった。末枯れは上記の3例であることから、採食痕が認められた部位については、藻食性魚類の採食による消失かこれに起因する流失と判断した。

標識個体の中央葉の総数と採食痕が認められた中央

葉の数を魚種別、地点別に集計し、Table 1に示した。また、標識個体の側葉の総数と採食痕が認められた側葉の数を魚種別、地点別に集計し、Table 2に示した。魚種別で見ると、中央葉、側葉、いずれの場合も、ブダイの採食痕は、9月と10月に少なく、11月と12月に多いのに対して、アイゴの採食痕は9月と10月に多く、11月と12月に少なかった。地点別にみると、ブダイの採食痕はSt. 1とSt. 2がSt. 3よりも多く、アイゴ

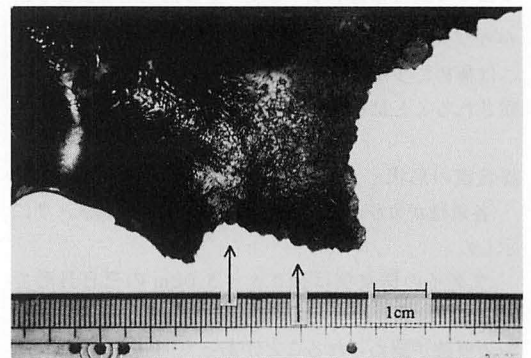


Fig.6. Bite marks by *Prionurus scalprum* on *Ecklonia cava* on the coast of Nakagi, South Izu. Arrows indicate bite marks.

Table 1. Changes in the number of central lamina bitten by fish.
Upper: number of lamina bitten by fish,
Lower: total number of lamina

Species	St.No	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Caltomus japonicus</i>	St.1	0/4	2/4	4/4	3/4
	St.2	0/4	2/4	4/4	4/4
	St.3	0/4	2/4	4/4	4/4
<i>Siganus fuscescens</i>	St.1	4/4	2/4	1/4	1/4
	St.2	1/4	2/4	0/4	0/4
	St.3	3/4	1/4	0/4	0/4

の採食痕は St. 1 が St. 2 や St. 3 よりも多い傾向にあった。

考察

ブダイ、ニザダイおよびアイゴは、いずれも藻食性魚類であることが知られており（奥野 1971, 岸本 1997, 山下 1997a, b), このうち、アイゴについては、神奈川県城ヶ島（金杉ら 1984), 大分県佐賀関、静岡県御前崎・下田、千葉県白浜（新井 1996）ではカジメ属海藻に対する採食が知られていたが、城ヶ島の場合は特に重要な食害種とは考えられておらず、その他の海域においても詳しい観察は行われていなかった。今回の調査では、ブダイやニザダイも含めた3種の藻食

Table 2. Changes in the number of pinna bitten by fish.
Upper: number of pinna bitten by fish,
Lower: total number of pinna.

Species	St.No	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Caltomus japonicus</i>	St.1	0/24	2/25	16/23	18/26
	St.2	0/59	7/37	7/29	22/23
	St.3	0/60	0/59	9/29	7/29
<i>Siganus fuscescens</i>	St.1	5/24	17/25	1/23	2/26
	St.2	4/59	3/37	3/29	0/23
	St.3	4/60	2/59	0/29	0/29

性魚類のうち、特にブダイとアイゴがカジメの葉状部を積極的に採食することを直接確認することができた。McClanahan *et al.*(1994)は、海藻とホンダワラ属 *Sargassum* の採食痕の形から藻食性魚類とウニによる採食圧を評価しているが、今回、少なくとも伊豆半島先端付近では、採食痕の形状や大きさに基づいて魚種を推定できることを示した。但し、採食痕の大きさについては、各魚種とも成長段階によって変化し得るので、今後、藻食性魚類の体長毎に採食試験を行う必要がある。

ブダイは、複数のカジメ個体の側葉および中央葉の先端部を1~数回ずつ採食しており、特定のカジメ個体を集中して採食することは希であった。一方、アイ

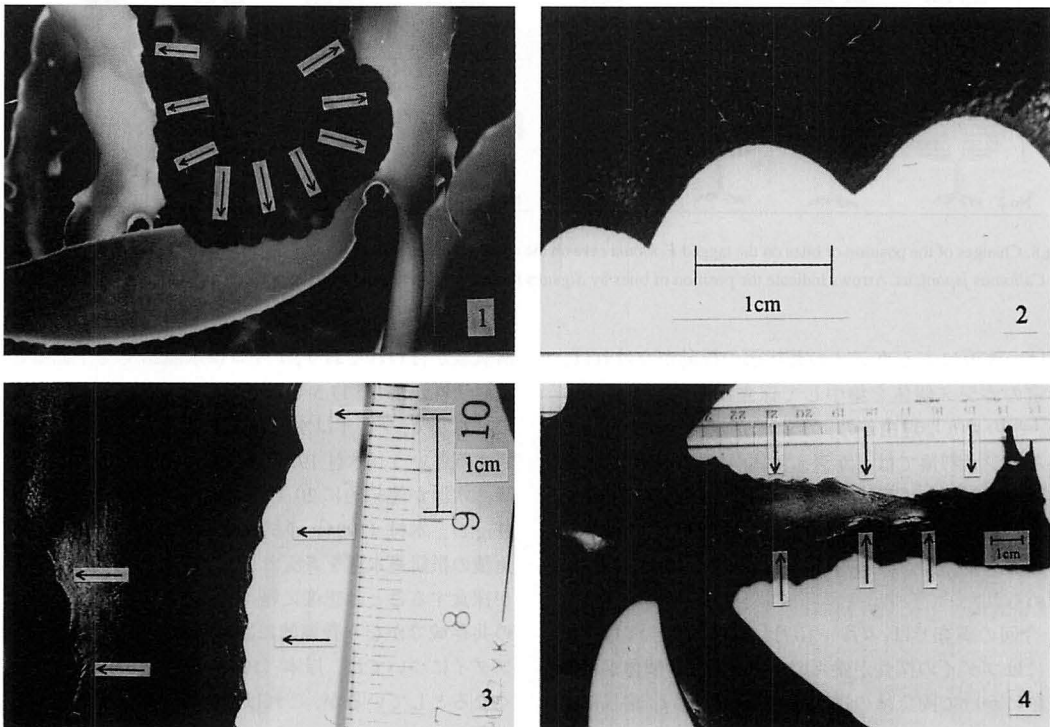


Fig.7. Bite marks by *Siganus fuscescens* on *Ecklonia cava* on the coast of Nakagi, South Izu. 1. Thalli (photo taken in situ). 2. Pinna (photo taken in laboratory). 3, 4. Central lamina (photo taken in laboratory). Arrows indicate bite marks.

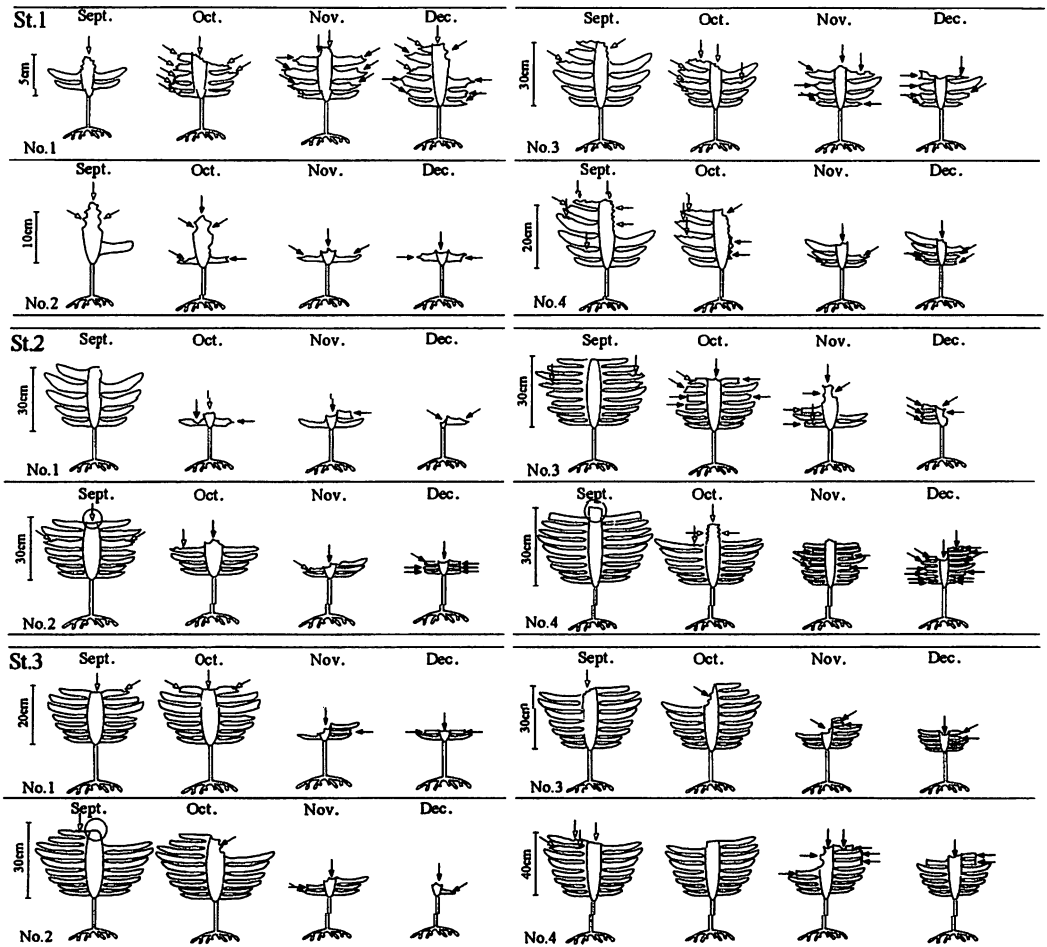


Fig.8. Changes of the position of bites on the tagged *Ecklonia cava* on the coast of Nakagi, South Izu. Solid arrows indicate the position of bites by *Caltomus japonicus*. Arrows indicate the position of bites by *Siganus fuscescens*. Circles indicate the position of withering.

ゴは、波浪によるカジメの葉状部の揺動がなければ、特定のカジメ個体を集中して採食するが多かった。このような理由から、ブダイが採食活動を行っているカジメ群落では、カジメ個体が均一に損傷し、食害の進行とともに葉状部が経時的に小さくなってゆくのに対し、アイゴのそれでは、葉状部が大きく消失したカジメ個体群が群落内にパッチ状に分布する傾向が認められた。

今回の調査では、9月～10月にはアイゴ、11月～12月にはブダイの採食が盛んで、同一カジメ個体が秋から冬にかけて両魚種の採食を相次いで受け、葉状部が消失することが判明した。ブダイとアイゴについては、ヒロメ *Undaria undarioides* の養殖個体を用いた摂

餌試験が行われており、アイゴは水温20℃を下回ると摂餌活性が落ち、17.5℃以下では全く摂餌なくなるのに対して、ブダイは水温18℃付近でもっともよく摂餌するという(木村1994)。今回の調査では、10月以降、水温が連続的に20℃を下回るようになっており(Fig.2)、木村(1994)の試験結果とよく一致する。両魚種の摂餌適水温を考えれば、アイゴ、ついでブダイが採食することは想像に難くなく、この構図は両魚種の共存域でかなり普遍的に認められる可能性がある。ブダイについては、岸本(1997)が冬季に藻食性が強くなるとしているが、これは今後の参考となる指摘と考えられる。

地点別の観察結果では、瀬の沖側(St.1, 2)が岸側

(St. 3) よりもブダイとアイゴの採食痕が多い傾向にあった。水温も微地形も異なることが想定されるので、一概には言えないが、これらの藻食性魚類の場合には、ある程度海水が流動する場所を好むと思われる。一般に沿岸域の水温の鉛直分布は、夏季に成層を示し、気温の低下とともに海面の冷却が始まり、10月には上下の温度はほぼ一樣になる (宇野木 1993)。アイゴの採食痕は、3 地点中最も水深の浅い St. 1 に多かったが、アイゴの摂餌適水温を考えると、成層が形成される時期には、より水温の高い浅所で採食を行っている可能性が示唆された。これらの点については、さらに観察事例を増やして確認する必要がある。

カジメの上部側葉は、成長に伴い常に自然脱落しており、1 カ月毎の調査頻度では、その部分の観察がなされない。したがって、上部側葉の消失が、採食によるものか自然脱落によるものか、断定することはできなかった。今回の調査では、葉状部全体が大きく損傷していること、中央葉の上部に多数の採食痕が認められることから、標識カジメ個体の上部側葉の消失が、採食による消失かこれに起因する流失である可能性が極めて高いと考えられた。調査期間中、2週間に1度、カジメ標識個体の生残を確認したが、その都度、葉状部の外観が変化しているのが観察された。採食圧を厳密に評価するためには、調査頻度を高めるなどの検討が必要である。

カジメの場合、夏から秋に成熟し、葉状部に子嚢斑を形成する (Aruga *et al.* 1997) ことが知られているが、この時期に藻食性魚類の採食による葉部の消失が多発すれば、カジメ群落の維持・更新を制限する要因になり得る。また、秋には成長に伴う葉の自然脱落量が新生葉量を上回り (本多 1993)、葉状部の現存量が最小になること (Yokohama *et al.* 1987) から、この時期の藻食性魚類の採食が、カジメ個体の生残に大きな影響を及ぼしている可能性が示唆された。伊豆半島における磯焼けの原因として、黒潮の接岸との関係が指摘されており (河尻ら 1981)、とりわけカジメ群落の場合には、光量の低下や水温の上昇が衰退の要因になり得るとされている (Kurashima *et al.* 1996) が、今回の観察でも示されたように、藻食性魚類による採食も、直接的、あるいは間接的にカジメの生残に影響を及ぼしている可能性が極めて高い。今後、藻食性魚類による採食がどのくらいの面積の群落に影響を及ぼし得るのか、冬から春にかけての未調査期間も含め、明らかにする必要がある。

謝辞

潜水調査を行うにあたりご協力いただいた、中木観光協会の鶴田勇氏および中木マリセンターの永井亨氏と鶴田秋夫氏に厚くお礼申し上げます。また、本稿をまとめるにあたり、有益なご助言を戴いた横濱康継教授に感謝の意を表します。

引用文献

- 新井章吾 1996. 流れ藻と寄り藻. p.33-49. 大野正夫(編) 21世紀の海藻資源, 緑書房, 東京.
- Aruga, Y., Kurashima, A and Yokohama, Y. 1997. Formation of zoosporangial sori and photosynthetic activity *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). *Journal of Tokyo University of Fisheries*. 83 (1-2):103-128.
- 具島健二 1981. 永良部島における磯魚の摂餌生態に関する研究. 広島大学生物生産学 部紀要 20, 35-63.
- 本多正樹 1993. 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. 電中研研報告:U92040.
- Horn, M. H. 1989. Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 27: 167-272.
- Kanda, M. and Yamaoka, K. 1995. Tooth and gut morphology in relation to feeding in three girellid species (Perciformes, girellidae) from southern japan. *Netherlands Journal of Zoology*. 45:495-512.
- 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. 昭和56~58年度指定調査研究総合助成事業報告書.
- 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.
- 木村創 1994. 養殖ヒロメにおける魚類の捕食. 和歌山水試研報 26:12-16.
- 岸本浩和 1984a. ブダイ科. p.206. 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野照彌・吉野哲夫(編)日本産魚類大図鑑, 東海大学出版会, 東京.
- 岸本浩和 1984b. ニザダイ科. p.220. 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野照彌・吉野哲夫(編)日本産魚類大図鑑, 東海大学出版会, 東京.
- 岸本浩和 1984c. アイゴ科. p.224. 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野照彌・吉野哲夫(編)日本産魚類大図鑑, 東海大学出版会, 東京.
- 岸本浩和 1997. ブダイ. p.533. 岡村収・尼岡邦夫(編)日本の海水魚, 山と溪谷社, 東京.

- Kurashima, A., Yokohama, M and Aruga, M. 1996. Physiological characteristics of *Eisenia bicyclis* Setchell and *Ecklonia cava* Kjellman (Phaeophyta). *Jpn. J. Phycol.* 44:87-94.
- McClanahan, T. R., M. Nugues and Mwachireya. S. 1994. Fish and seaurchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 184:237-254.
- 新村巖・寺脇利信 1982. ホンダワラ類の増殖に関する研究Ⅳ. 養殖によるマメタワラの生長. 鹿児島水試事報, 生物部編, 昭和55年度: 16-20.
- 奥野良之助 1971. 磯魚の生態学. 創元社, 大阪.
- 坂本龍一 1994. クロメ藻場衰退原因調査結果. 南西海区ブロック藻類研究会誌 14:62-77.
- 瀬戸口勇 1978. 磯焼け漁場におけるガラモ場の造成について. 水産土木 15:59-61.
- 当真武・上原孝喜・伊野波盛仁 1977. 珊瑚礁内海域における藻場造成研究報告書 (ホンダワラ類). p.15. 沖縄県水産試験場.
- 宇野木早苗 1993. 沿岸の海洋物理学. 東海大学出版会, 東京.
- 山下慎吾 1997a. ニザダイ. p.647. 岡村収・尼岡邦夫(編)日本の海水魚, 山と溪谷社, 東京.
- 山下慎吾 1997b. アイゴ. p.632-633. 岡村収・尼岡邦夫(編)日本の海水魚, 山と溪谷社, 東京.
- 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 Jun. 28 1998, Accepted May 20 1999)