

クロダイ成魚による養殖ワカメの食痕の特徴と採餌行動

誌名	水産大学校研究報告 = The journal of the Shimonoseki University of Fisheries
ISSN	03709361
著者名	野田, 幹雄 村瀬, 昇
発行元	水産大学校
巻/号	69巻4号
掲載ページ	p. 93-101
発行年月	2021年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



クロダイ成魚による養殖ワカメの食痕の特徴と採餌行動

野田幹雄^{1†}, 村瀬 昇²

Characteristics of Bite Scars Observed in the Cultured Wakame *Undaria pinnatifida* by the Japanese Black Seabream *Acanthopagrus schlegelii* and Feeding Behavior

Mikio Noda^{1†} and Noboru Murase²

Abstract : Recently overbrowsing by fish in cultivation of the wakame *Undaria pinnatifida* has become problematic and in particular the Japanese black seabream *Acanthopagrus schlegelii*. We examined characteristics of bite scars left on thalli of the cultured *U. pinnatifida* by feeding of the Japanese black seabream *A. schlegelii* in a tank experiment. The species showed active feeding behavior of the cultured *U. pinnatifida* and fed on stems as well as blades. Blades and stems were sharply torn by biting and shaking its head and thus most of bite marks left on blades were straight cut surfaces. However, cross sections in consumed stems were not only straight but also split in a number of strands. The shape of bite marks on the thalli was thought to be useful for identifying the fish species that caused feeding damage of the cultured *U. pinnatifida*.

Key words : bite scars, wakame, *Acanthopagrus schlegelii*, cultivation, overbrowsing, feeding behavior

緒言

天然藻場や造成藻場の衰退や消失には様々な要因が関与するが、植食性魚類の過剰な採餌の影響は、近年ますます藻場保全の大きな問題として取り上げられることが多くなっている。特にアイゴ *Siganus fuscescens* の採餌は、天然・造成藻場の衰退消失を引き起こす原因の一つとして広く認識されている¹⁻¹³⁾。

天然・造成藻場ではなく、養殖海藻が植食性魚類の食害による被害を受けることも報告されてきた¹⁴⁻¹⁶⁾。例えば、和歌山県のヒロメ養殖におけるアイゴやブダイの食害は、比較的よく知られている^{14,16)}。また、「鳴門わかめ」のブランドで有名な徳島県鳴門市のワカメ養殖においても、魚類の食害事例が近年頻発している¹⁷⁻¹⁹⁾。沖出した育苗中のワカメ幼体や本養殖中のワカメ成体が魚類によると考えられる食害で、生産量の減少や品質の低下などの影響を受けている¹⁷⁻¹⁹⁾。食害の原因種としてアイゴのような植食性魚類

だけでなく、主に底生動物食と見なされていた魚類も養殖中のワカメを食害する可能性が示されており、特にクロダイ *Acanthopagrus schlegelii* は注目されている¹⁹⁾。アイゴなどの植食性魚類では、カジメ類やホンダワラ類に残る食痕の特徴が明らかにされている^{13,20,21)}。一方、クロダイによるワカメの食痕の知見は、唯一、桐山ら²²⁾の報告がある。しかし、その報告では食痕の顕微鏡的な微視的特徴やクロダイの採餌行動の解析までは行われていない。

本研究は、育苗時と本養殖時に養殖ワカメに残されるクロダイ成魚の食痕の特徴について、顕微鏡的な微視的特徴を含めて明らかにするとともに、ワカメの採餌行動の観察と口部形態の特徴の解析からその食痕の形成過程を推定することを目的として行った。

1 水産大学校水産学研究科 (Graduate School of Fisheries Science, National Fisheries University)

2 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

† 別刷り請求先 (corresponding author) : nodam@fish-u.ac.jp

材料と方法

供試海藻と供試魚及び実験水槽

供試海藻は、徳島県農林水産総合技術支援センターを通じて鳴門市でワカメ養殖に使う育苗中のワカメ幼体(種苗)を2019年12月17日に、本養殖中の中肋と茎の発達したワカメ成体を2020年1月30日に入手して実験を行った。ワカメ種苗は、種付けされてワカメ幼体が多数発芽伸長しているタコ糸(「種糸」と呼ばれる)が多数巻き付けられた縦350×横510 mmの金枠(「種枠」と呼ばれる)のまま海中に垂下されて育苗される。本養殖の段階では、種糸の幼体の付いた部分を切って種糸ごと太いロープに挟んで養成する。入手したワカメ幼体と成体は、屋外にある自然光が差し込む海藻飼育用水槽(容量2000 Lで、ワカメの生育を保つために、水槽内に大型のエアーストーン数個を配置して水槽内全体を曝気した状態にした)で養成した。ワカメ幼体は種枠ごと飼育水槽内に垂下し、ワカメ成体は飼育水槽を横断するように張ったロープの撚りを一部戻し、その間にワカメの茎を差し込んで固定した。

供試魚であるクロダイ成魚はいずれも天然のクロダイで、尾道市向島で蓄養されていた4個体(2019年12月3日に本校に搬入)と山陰沿岸で釣りにより採集された1個体(数年前から屋外水槽で飼育)を用いた。これら5個体のクロダイ成魚をFRP製方形水槽(満水量1700 L, 内寸の幅1200×長さ2000×高さ750 mm)に収容し、自然海水の掛け流しの状態でクロダイを飼育するとともに実験を行った。クロダイの大きさは、全長で385~450 mmであった。12月中旬から上述したワカメ藻体を与えて実験水槽環境と餌への馴致を行った。飼育中のクロダイの成魚は、2020年1月になって与えたワカメを採餌するようになり、2020年1月から採餌行動の観察や食痕を調べる実験に着手した。実験期間中の実験水槽内の水温は14.0~15.5℃であった。

クロダイによるワカメの採餌行動の観察

クロダイがどのようにワカメを採餌するかを観察記録するために、先述した飼育兼実験水槽内にワカメ藻体を設置して、クロダイがワカメを採餌する様子を家庭用ビデオカメラ(パナソニック HC-V700M)にワイドエンドコンバージョンレンズ(VW-WE08H)を装着して撮影した。ワカメは次のようにして水槽内に設置した。ワカメ幼体の場合には、種糸の付いていない種枠に幼体の付いた種糸を1~2本取付けて種枠ごと水槽内に吊して与えた。ワカメ成体の

場合には、ダイビング用の鉛おもりを使って水中に張った状態でロープを固定し、それに成体の茎の部分固定して1~3株を与えた。家庭用ビデオカメラは、水槽外の直近にカメラ用の三脚を置いて、これに取付け、水面の上から水中内を撮影した。クロダイはワカメを与えてもすぐには採餌しなかったため、垂下したワカメとその周辺をおよそ10:00~16:00までの約6時間にわたりビデオカメラで撮影した。撮影したビデオ映像からクロダイによるワカメの採餌状況を把握し、その行動を解析した。

クロダイによるワカメの食痕

先述したように、ワカメ幼体の場合は種枠ごと、成体の場合はロープに装着して、藻体をクロダイに与え、ワカメ幼体と成体に残るクロダイの食痕をそれぞれ収集した。10:00に水槽内に藻体を投与し、16:00に投与した藻体を回収するという手順で食痕を収集した。食痕の実験に使用した藻体は、実験前に魚類も含めた動物の食痕あるいは藻体の腐食等が認められた部分はハサミで前もって切り取り、混同がないようにした。また、クロダイはワカメの中肋や茎も採餌することが分かったため、ワカメの葉状部を取り除き、中肋と茎だけにして投与してその食痕を調べることも行った。

欠損した藻体の全体写真と、クロダイの食痕と考えられる欠損部の拡大写真を撮影するとともに、肉眼でも詳細に観察した。ワカメ幼体については、比較的葉状部の短い種苗段階と、比較的葉状部が発達した段階とに分けて、欠損状況を調べた。ワカメ成体については、葉状部と茎の欠損状況に分けてそれぞれの特徴を把握した。幼体と成体ともに、切断部の様子を実体顕微鏡で検鏡し、切断面に特徴的な模様や顎歯の跡の有無を詳細に観察した。

クロダイの口部形態の観察と頭部を使った藻体噛み取りの模擬実験

クロダイ成魚(全長470 mm, 体長395 mm, 体重1880 g)の頭部を使って、手で口を開き、口部内の顎歯の種類・配置・密度及び口唇の厚さ・発達具合などを詳細に観察し、その状況を写真撮影した。

次に、上述したクロダイ頭部の口内にワカメ藻体を挿入し、人の手の操作で顎骨を閉じて口部を押さえ、藻体の切断を試みた。藻体の切断に当たっては、クロダイの口を押さえてそのまま後ろへ引く方法と、頭部を横に振る方法とで、藻体の切断状況を比較した。また、藻体を口にくわえ

させたときに、上下顎の歯で藻体を押さえることができるかどうか、歯と藻体の間に隙間ができないかどうかを観察した。人の手の操作で切断した藻体の切断痕を観察し、実際のクロダイの採餌行動や食痕と比較した。

結 果

クロダイ成魚によるワカメの採餌行動

録画したビデオ映像からクロダイ成魚によるワカメの採餌行動を、ワカメ幼体と成体の場合に分けて解析した。ワカメ幼体の場合、クロダイは最初に葉状部をくわえ、頭部を後方へ少し引くことで種糸を引っ張る (Fig. 1の①・②)。次に頭部を素早く横に振り、葉状部を引きちぎる (Fig. 1の③)。引きちぎられた葉状部を呑み込み、幼体を摂取した (Fig. 1の④)。投与した藻体のうち、比較的葉状部の短

い幼体は、ほぼ茎の部分しか残っていなかった。比較的葉状部の長い幼体は、葉状部の欠損が激しく、葉状部が短くなった。

ワカメ成体の場合、クロダイは葉状部をくわえた後、頭部を素早く横に振って藻体を引きちぎり、引きちぎった藻体を呑み込んだ (Fig. 2)。このとき、顎を数回咀嚼して引きちぎった葉状部を口の方へたぐり寄せるような動作も観察された。投与した藻体は、葉状部が大きく欠損して中肋にも食痕が付いていた。葉状部の付け根の生長点周辺も採餌され、茎が切断されていた。

このように、クロダイ成魚は、ワカメ葉状部に食いつくと、ワカメ幼体・成体に関わりなく、最後に必ず頭部を振って藻体を引きちぎるような動作でワカメを採餌した (Fig. 1, 2)。この動作は、ワカメ成体の葉状部だけでなく、硬い茎や藻体が薄く小さいワカメ幼体でも同様であった。

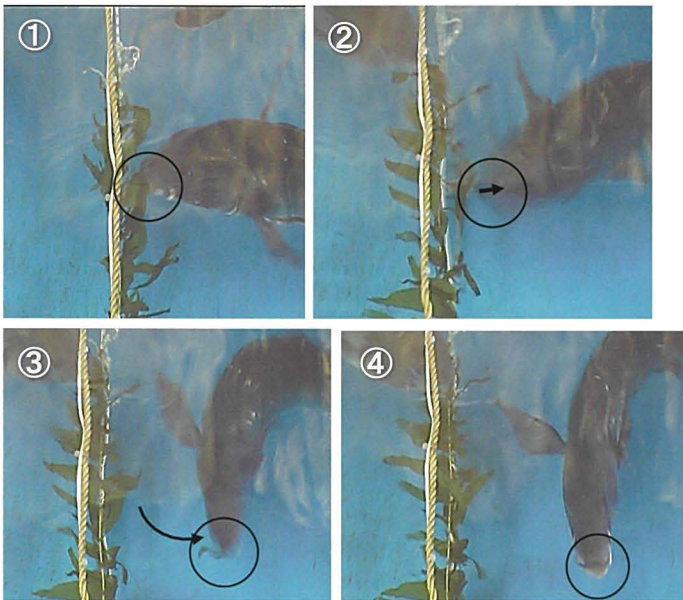


Fig. 1. Feeding of juveniles of the cultured wakame *Undaria pinnatifida* by the Japanese black seabream *Acanthopagrus schlegelii* in an experimental tank. Photograph 1 to 4 indicates the sequence of holding the thallus in its mouse to tearing off it.

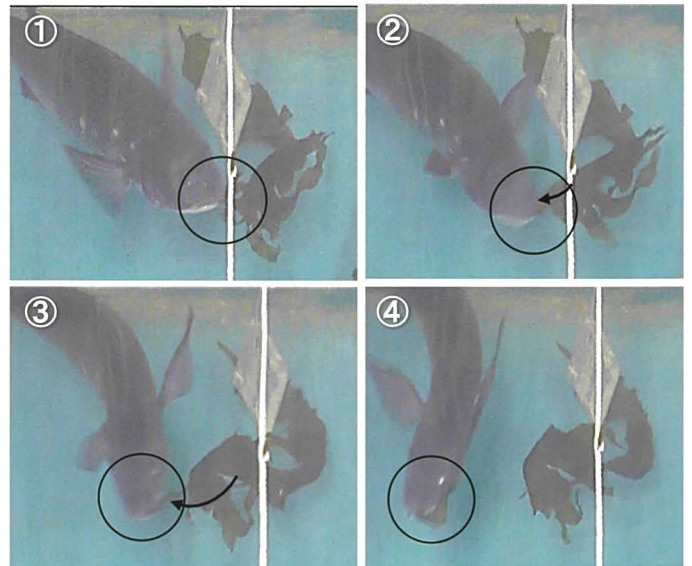


Fig. 2. Feeding of adults of the cultured wakame *U. pinnatifida* by the Japanese black seabream *A. schlegelii* in an experimental tank. Photograph 1 to 4 indicates the sequence of holding the thallus in its mouse to tearing off it.

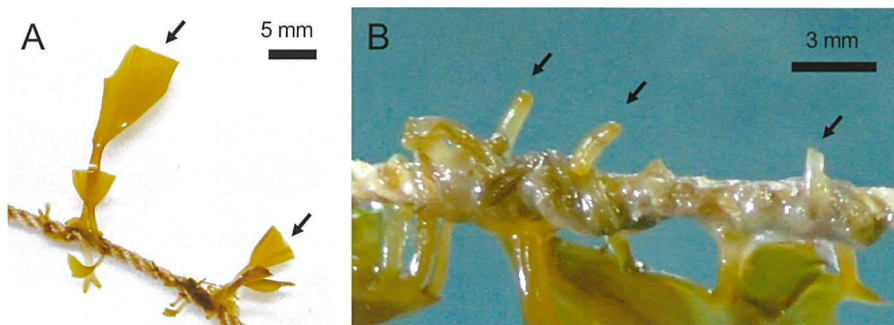


Fig. 3. Bite marks left on the relatively short thalli of juveniles of the cultured wakame *U. pinnatifida*. A, Thalli with blades of straight cut surface; B, Ones without blades and with only stems. Arrows indicate bite marks.

ワカメ幼体の食痕

葉状部が比較的短いワカメ幼体に残る食痕の肉眼的な外観をFig. 3に示した。クロダイ成魚は、比較的葉状部の短いワカメ幼体であっても、種糸から幼体だけを採餌することができ、欠損部の形状は直線的であった (Fig. 3A)。葉状部が消失し、茎のみが残る幼体も観察された (Fig. 3B)。

次に葉状部が比較的長いワカメ幼体に残る食痕の肉眼的な外観をFig. 4に示した。伸長し発達した葉状部をもつ幼体では、引き裂いたような切断痕が多数観察された (Fig. 4A)。中には切れ込みだけが入った藻体も観察された (Fig. 4B)。また、葉状部の欠損部が不規則な凹凸状の食痕も観察された (Fig. 4C)。

幼体の藻体上に残された欠損部の切断された断面を実体顕微鏡で詳細に観察した (Fig. 5, 6)。直線的な形状をし

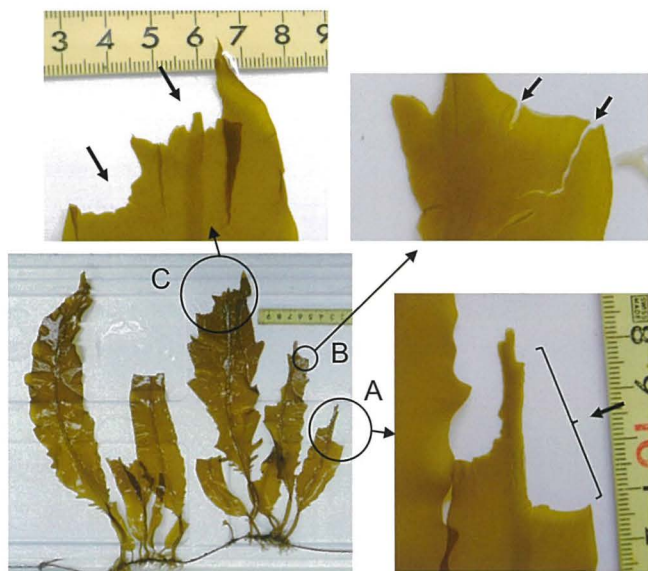


Fig. 4. Bite marks left on the relatively long thalli of juveniles of the cultured wakame *U. pinnatifida*. Arrows indicate bite marks.

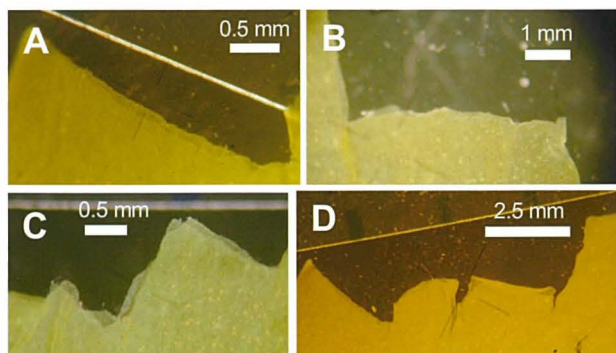


Fig. 5. Magnified cut surfaces of bite marks left on the blades of juveniles of the cultured wakame *U. pinnatifida*.

た欠損部をもつ葉状部の切断面を実体顕微鏡で観察すると、切断面は滑らかな平面であり、顎歯の跡などは見当たらなかった (Fig. 5A)。葉状部の欠損部が引き裂いたような切断痕をもつ藻体の切断面は、実体顕微鏡で拡大して観察しても、引き裂いたような切断面で、不規則で緩やかな凹凸であった (Fig. 5B・C)。葉状部には、凹凸ではなく、切れ込みが観察されることもあった (Fig. 5D)。また、茎だけが残った幼体で、その茎の切断面には、模様や微細構造等は認められなかった (Fig. 6)。

ワカメ成体の食痕

クロダイ成魚は、ワカメ成体の葉状部だけでなく、発達した中肋と茎も採餌した。ワカメ成体に残るクロダイ成魚の食痕を葉状部と茎とに分けて記述する。

まず葉状部の食痕の肉眼的な外観をFig. 7に示した。ワカメの成体においても、引き裂いたような切断痕が多数観察された (Fig. 7A)。幼体で見られた不規則な凹凸と切れ

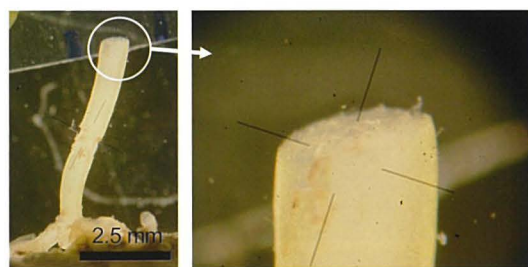


Fig. 6. Magnified cut surfaces of bite marks left on the stem of a juvenile of the cultured wakame *U. pinnatifida*.



Fig. 7. Bite marks left on the blades of adults of the cultured wakame *U. pinnatifida*. Arrows indicate bite marks.

込みは、成体では一段とよく観察された (Fig. 7B・C)。切れ込みについては、欠損部はなく単に直線的な切れ込みが入る場合と (Fig. 7C)、欠損箇所は鋭利な尖頭状に切れ込む場合とが認められた。また、幼体では観察されなかった大きな浅い弧状の欠損部が連続するような食痕も成体では認められた (Fig. 8)。

成体の葉状部に残された欠損部の切断面を実体顕微鏡で詳細に観察した。引き裂かれたような食痕の切断面は、滑らかな平面状であった (Fig. 9A・B)。不規則な凹凸状の欠損部の切断面では、食痕の外形の凹凸は顕著であるが、切断面には規則的かつ特徴的な形状は認められなかった (Fig. 9C・D)。

茎の欠損部の形状は細かく観察すると様々であったが、欠損部に切れ込みがないかもしくは少なくて切断面が比較的明瞭な場合 (Fig. 10, タイプ1と呼ぶ) と、欠損部に多数の切れ込みが残り切断面が不明瞭な場合 (Fig. 11, タイプ2と呼ぶ) とに大別できた。タイプ1の場合の切断面の形状は、不規則ないびつな凹凸か、直線的な平面状を呈する 경우가多く、明らかに顎歯の跡とみなされる切断痕が観察される場合もあった。タイプ2の場合の切断面の形状は、多数の切れ込みが入っているために、毛羽立ったような様相を呈していた。また、タイプ1・2に関わりなく、欠損部の周辺に点状の傷痕と切れ込みを伴うこともあり、いずれも茎に噛みついた顎歯の跡と考えられた。

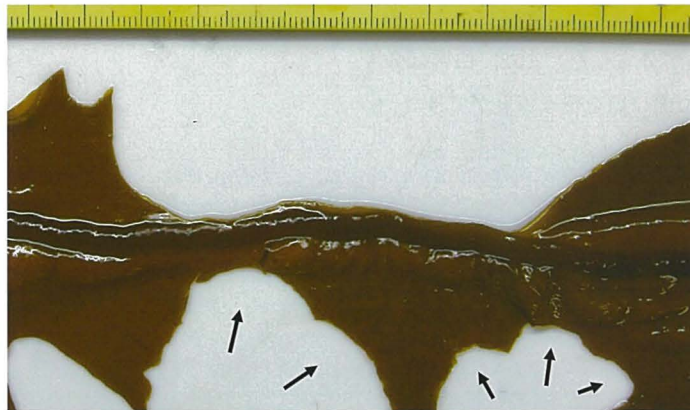


Fig. 8. Arc-shaped bite marks left on blades of adults of the cultured wakame *U. pinnatifida*. Arrows indicate bite marks.

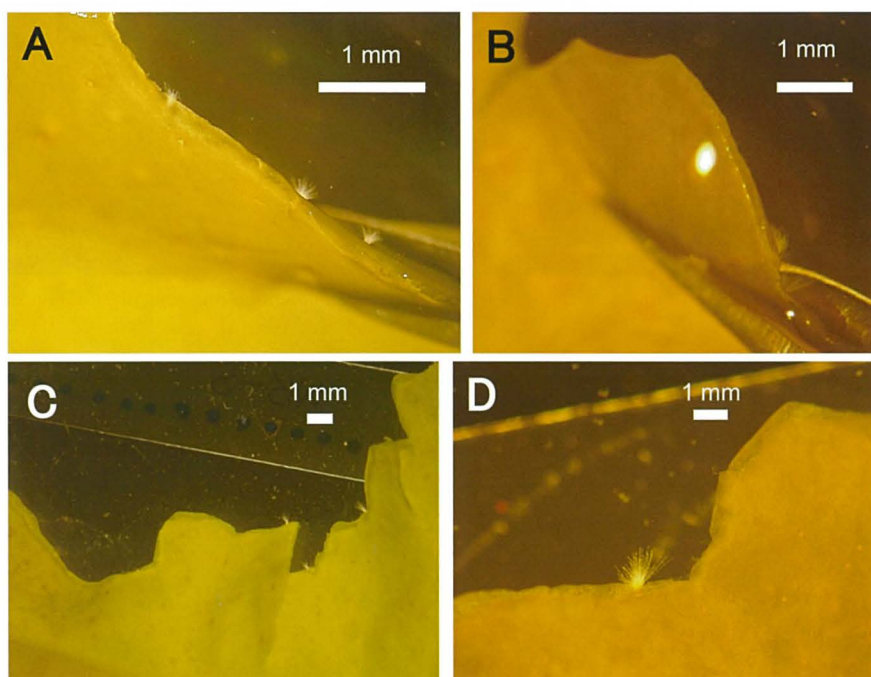


Fig. 9. Magnified cut surfaces of bite marks left on blades of adults of the cultured wakame *U. pinnatifida*.

クロダイ成魚の口部形態の観察と頭部を使った藻体噛み取りの模擬実験

クロダイ成魚の上下顎の顎歯の種類と配列を観察した。顎歯の種類は、先端の尖った円錐状歯と上面が丸みを帯びた臼歯状歯で構成された (Fig. 12)。上下顎の前端部の歯は、比較的長く太い円錐状歯であり、これらの歯が顎の前端の外周に沿って上顎下顎に各5・6本配置されていた。さらに上顎では、上述した大型の円錐状歯の後方に、上顎の左右の外周に沿って小型の円錐状歯がそれぞれ約8本1列に配置されていた。下顎では、上述した大型の円錐状歯の後方には、小型の円錐状歯はなく、黒い色素が沈着した皮膚からなる平面があるのみであった。この下顎の領域は、上顎の1列の円錐状歯の噛み合わせの部分に相当した。上顎下顎の円錐状歯の内側には、臼歯状歯が広範囲に分布し、上顎下顎に各約3列顎に沿って分布した。また、口唇は分厚く発達しており、口を閉じた際に口を覆うことができた。

実験者の一人がワカメの葉状部を持ち、もう一人がクロダイの頭部を持って、上顎下顎を手で押さえ、そのまま頭部を素早く後方へ引いたところ (Fig. 13)、ワカメの葉状部はクロダイの口からすると抜け、結果的に切れ込みは入ったが、葉状部を十分に噛み取ることはできなかった (Fig. 13)。また、口を閉じさせても顎の両側面上顎と下顎の間に隙間ができ、顎の咀嚼で葉状部を噛み切ることは困難であった。次に、クロダイの口を閉じさせた後、頭部を素早く横に振るようになると、ワカメ葉状部を引きちぎることができ (Fig. 13)、その切断痕は水槽実験で得た食痕と酷似していた (Fig. 14)。茎についても同様な実験を試み、実際の食痕に似た切断痕を得ることができた。

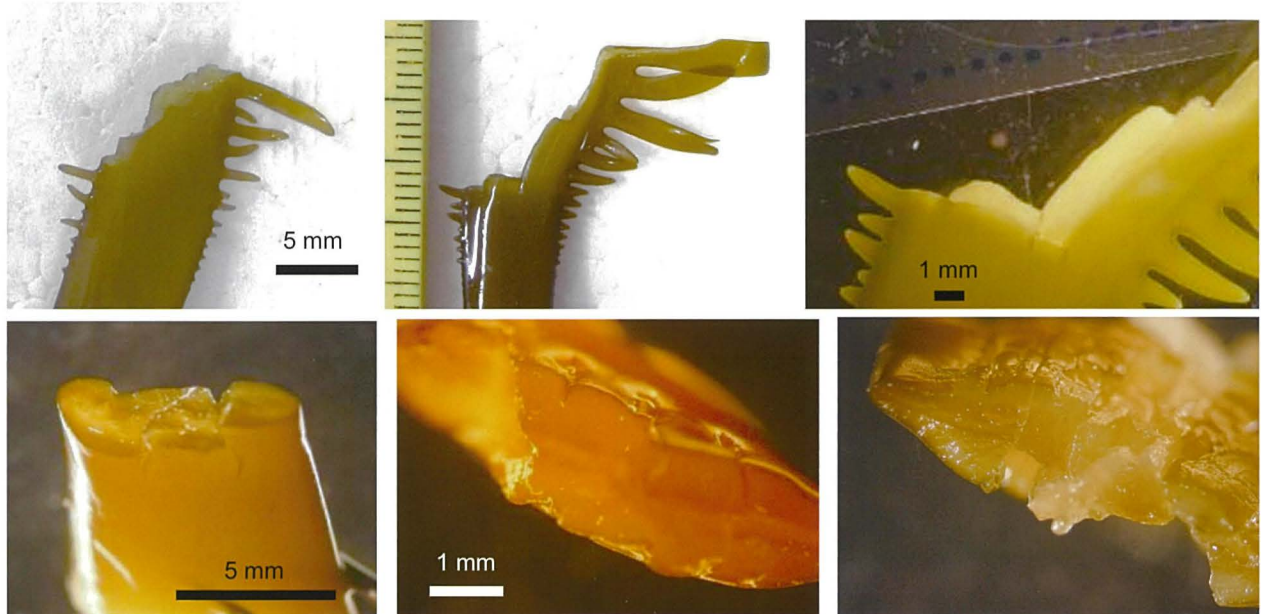


Fig. 10. Bite marks left on the stems of adults of the cultured wakame *U. pinnatifida* and sharply defined cut surfaces (Type 1).

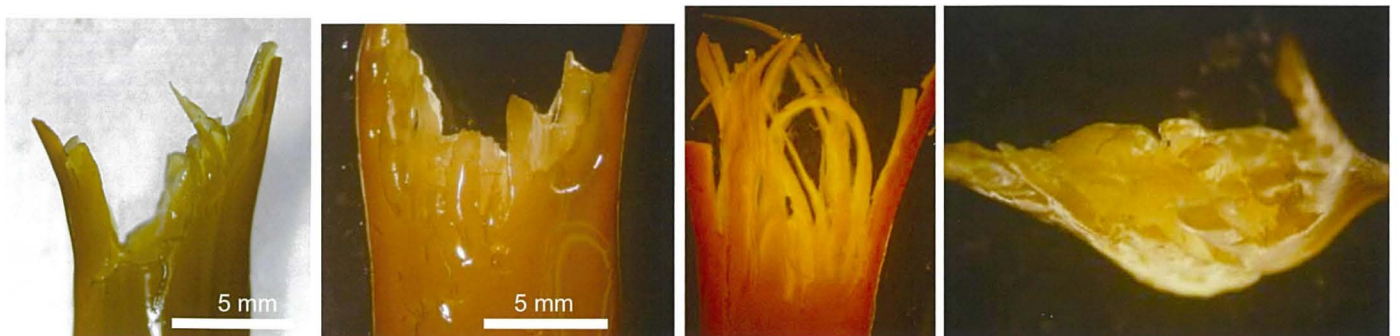


Fig. 11. Bite marks left on the stems of adults of the cultured wakame *U. pinnatifida* and indistinct cross sections split in a number of strands (Type 2).

考 察

養殖ワカメの葉状部に残されたクロダイ成魚の食痕には、ワカメ幼体・成体ともに、規則的な幾何学的模様は認められなかった。その大部分の食痕は引き裂いたような形状であり、歯で噛み切るにより生じた欠損とは考えにくい。切断された藻体断面の顕微鏡的な観察でも、歯の痕跡を示すような定型的な形状や模様は認められなかった。したがって、海藻の葉状部を引き裂いたときに生じるような不定形の形状がクロダイの食痕の大きな特徴の一つであ

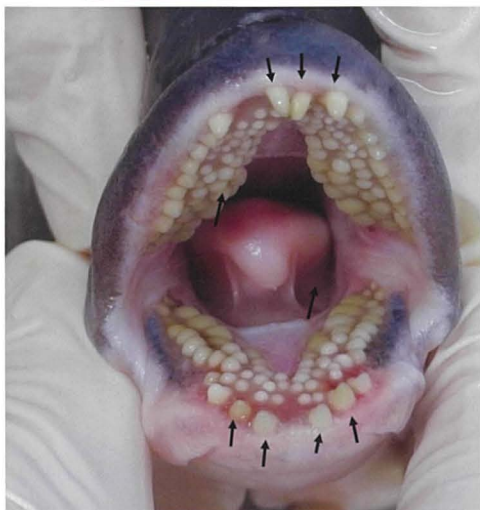


Fig. 12. Shape and array of upper and lower jaw teeth of the Japanese black seabream *A. schlegelii* when viewed from the front. Arrows indicate large tough conical teeth placed in front of the jaws.

り、パターン化された幾何学的模様が残されるアイゴやノトイスズミの食痕^{13,20)}の場合とは質的に異なっていると考えられた。桐山ら²²⁾は、クロダイに採餌させた養殖ワカメは、葉先や茎が欠損し、欠損部は引きちぎられたような鋭い切り口や裂け目のようになったと述べている。本研究は、桐山ら²²⁾とほぼ同様の結果が得られただけでなく、欠損部の切断面や特徴をより詳細に明らかにすることができた。

不定形の形状がクロダイの食痕の大きな特徴の一つであることは、ワカメ藻体の採餌行動を録画したビデオ映像の解析からも裏づけられる。クロダイ成魚は藻体に食いつくと頭部を横に振る動作を必ず行うのが特徴で、藻体を噛み切るのではなく、引きちぎるための動作と考えられる。クロダイによる海藻の採餌行動は、比較的ブダイ²³⁾に近いと考えられる。



Fig. 14. Artificial bite marks of the cultured wakame *U. pinnatifida* obtained by the feeding mechanics experiment of Fig.13. Arrows indicate bite marks.



Fig. 13. Experimental analysis of feeding mechanics of the cultured wakame *U. pinnatifida* by the Japanese black seabream *A. schlegelii*.

クロダイ口部の歯の形状や配列を調べた結果では、上下顎の前端部に長く太い円錐状歯があり、上顎の外周沿いのみ小型の円錐状歯の歯列がある歯の配列であった。すなわち、クロダイはアイゴやノトイズミのように口の外周沿いに隙間なく並んだ歯列によって藻体を円弧状に切り取ることができるような口部形態ではない。したがって、引きちぎるという方法でしか藻体を摂取することができないと考えられる。その際に、上下顎の前端部の長く太い円錐状歯は、口先で海藻を引っかけるのに適している。顎の前端部の円錐状歯で藻体をくわえ、そこを起点にして引きちぎっていると推察される。そのため、葉状部には、引きちぎったような跡だけでなく、顎の前端部の長く太い円錐状歯の跡と考えられる不規則な凹凸からなる欠損部と、直線的及び小尖頭状の切れ込みも観察されたと考えられる。

また、クロダイの発達した口唇は、おそらく葉状部を口で押さえることも可能であると推測される。頭部を使った藻体噛み取りの模擬実験では、口の奥にある臼歯状歯の歯帯や上顎側面の小型の円錐状歯で葉状部を押さえ、口内に止めることはできなかった。このため、歯ではなく、口唇を使って葉状部を押さえている可能性がある。さらに、ワカメのような薄い藻体では、口唇で押さえて藻体を引きちぎることもできるのかもしれない。葉状部で観察された大きな弧状の食痕は、顎の形状を残していると推察される。葉状部の短いワカメ幼体で欠損部が直線的な形状であることが多かったのは、口唇で押さえて引きちぎったために直線状になった可能性がある。

ワカメの茎の食痕は、①タイプ1で切断面の形状が不規則ないびつな凹凸を呈しているもの、②タイプ1で切断面が引き裂かれたような直線状のもの、③タイプ2（つまり、多数の切れ込みが入る）で切断面の形状が毛羽立つものの3パターンに分けることができる。また、①～③のいずれのパターンにおいても、欠損部の周囲に点状の傷痕や直線的な切れ込みを伴う場合が観察された。パターンに違いはあるものの、いずれも顎の前端の長く太い円錐状歯による切断の跡と考えられる。①のパターンは、顎の前端の歯でうまく噛み切ることができた場合である。②のパターンは、顎の前端の歯を茎に突き刺しそのまま歯で切り裂いて茎を切断した状況と考えられる。③のパターンは、顎の前端の歯による茎の切断がうまくいかず、繰り返し歯で切断しようとして多数の切れ込みが入った状況と考えられる。また、欠損部の周囲の点状の傷痕や直線的な切れ込みは、顎の前端の歯を茎に突き刺した跡あるいは突き刺した歯を引き

ずった状況と考えられた。

このように養殖ワカメに残されるクロダイ成魚の食痕は特徴的であり、クロダイによる食害確定の手がかりになることが明らかになった。また、クロダイによるワカメ藻体の採餌においては、顎の前端部の長く太い円錐状歯が藻体の噛み取りの要になっているとともに、分厚い口唇も葉状部の噛み取りに何らかの係わりをもつと推測された。今後は、ワカメのような海藻の採餌における前端部の円錐状歯や顎の使い方について実験的に検証する必要があるだろう。

謝 辞

水産大学校生物生産学科令和2年3月卒業の増殖生態・行動学研究室の学生諸氏、とりわけ市丸哲平氏には心から感謝申し上げる。養殖ワカメの入手に御協力頂いた徳島県農林水産総合技術支援センター多田篤司氏と同県農林水産部漁業調整課の棚田教生氏及びクロダイの入手に御協力頂いた尾道市の吉和漁業協同組合の山本秀徳氏に心から感謝申し上げます。本研究は農研機構生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて行った。関係者各位に謝意を表する。

文 献

- 1) 坂本龍一: 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 (1996)
- 2) 清水 博, 渡辺耕平, 新井章吾, 寺脇利信. 日向灘沿岸におけるクロメ場の立地環境条件について. 宮崎水試研報, 7, 29-41 (1999)
- 3) 桐山隆哉, 藤井明彦, 吉村 拓, 清本節夫, 四井敏雄. 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, 319-323 (1999)
- 4) 増田博幸, 角田利晴, 林 義次, 西尾四良, 水井 悠, 堀内俊助, 中山恭彦: 藻食性魚類アイゴの食害による造成藻場の衰退. 水産工学, 37, 135-142 (2000)
- 5) 長谷川雅俊, 小泉康二, 小長谷輝夫, 野田幹雄: 静岡県榛南海域における磯焼けの持続要因としての魚類の食害. 静岡水試研報, 38, 19-25 (2003)
- 6) 長谷川雅俊: 3.4日本最大の磯焼けは魚の影響? 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久実(編), 海藻を食べる魚たち－

- 生態から利用まで－. 成山堂書店, 東京, 76-89 (2006)
- 7) 荒武久道, 清水 博, 渡辺耕平: 門川町地先クロメ藻場のアイゴによる過剰採食からの回復機構. 宮崎水試研報, **10**, 8-13 (2006)
- 8) 荒武久道: 3.2食われても平気な藻場. 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久実 (編), 海藻を食べる魚たち－生態から利用まで－. 成山堂書店, 東京, 52-62 (2006)
- 9) 増田博幸, 鈴木敬道, 水井 悠, 西尾四良, 堀内俊助, 中山恭彦: 静岡県榛南磯焼け海域におけるカジメ生育への食害防除網の効果. 水産工学, **44**, 119-125 (2007)
- 10) 二村和祝, 高辻裕史, 増田 傑, 瀧本淳司: 静岡県榛南海域へ移植したカジメ・サガラメ種苗の生長・成熟とアイゴによる食害. 水産増殖, **55**, 541-546 (2007)
- 11) 木下淳司: 人工リーフへのカジメ藻場移植と群落の拡大に関する研究. 水産工学, **45**, 169-178 (2009)
- 12) 木下淳司: 6.3西湘海岸大規模人工リーフの20年間. 藤田大介, 村瀬 昇, 桑原久実 (編), 藻場を見守り育てる知恵と技術. 成山堂書店, 東京, 148-152 (2010)
- 13) 野田幹雄, 木下淳司, 棚田教生, 村瀬 昇: 短期間で発生したカジメ科海藻の磯焼けにおけるアイゴの食痕の特徴. 水大校研報, **66**, 111-122 (2018)
- 14) 木村 創: 3.3造成藻場も養殖海藻も食われる. 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久実 (編), 海藻を食べる魚たち－生態から利用まで－. 成山堂書店, 東京, 62-76 (2006)
- 15) 桐山 隆哉, 永谷 浩, 藤井 明彦: 島原半島沿岸の養殖ワカメに発生した魚類の食害が疑われる葉状部欠損現象. 長崎水試研報, **26**, 17-22 (2000)
- 16) 木村 創, 山内 信, 能登谷正浩: 魚類の捕食回避に網生簀を利用したヒロメ早期収穫技術の開発. 水産増殖, **55**, 467-473 (2007)
- 17) 和田隆史, 棚田教生: アイゴ当歳魚の大量出現とその有効利用. 徳島水研だより, **81**, 9-17 (2012)
- 18) 和田隆史, 棚田教生: 徳島県沿岸におけるアイゴの大量出現とその利用. 黒潮の資源海洋研究, **14**, 109-114 (2013)
- 19) 棚田教生, 多田篤司, 手塚尚明, 清本節夫: 養殖漁場でワカメ種苗の食害魚撮影に初めて成功. 徳島水研だより, **109**, 5-7 (2019)
- 20) 桐山隆哉, 野田幹雄, 藤田明彦: 藻食性魚類数種によるクロメの摂食と摂食痕. 水産増殖, **49**, 431-438 (2001)
- 21) 桐山隆哉, 藤井明彦, 藤田雄二: 藻食性魚類によるヒジキ摂食と摂食痕の特徴. 水産増殖, **53**, 355-365 (2005)
- 22) 桐山隆哉, 中田 久, 藤井明彦, 秋永高志: 高水温対応型海藻増養殖技術開発研究事業. 平成15年度長崎水試事報, 80-87 (2004)
- 23) 中山恭彦, 新井章吾: 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 (1999)