

＜コラム 4-1＞ 長崎県沿岸における温暖化の影響による藻場の変化

4-1-3 2013 年夏の高温によるアラメ・カジメ類への影響

本現象は、2013 年 9 月上旬の台風通過後に対馬と壱岐沿岸で大量のアラメ・カジメ類が打ち上げられ（図 1A）、問題となりました。同様の現象は福岡県や山口県でも確認され、¹⁾ これまでにない広域に及ぶ現象でした。そこで、国立研究開発法人水産研究・教育機構



図 1 打ち上げられた大量のアラメ・カジメ類（2013 年 9 月 6 日、A：壱岐市勝本町地先、B：同市芦辺町地先）

西海区水産研究所と共同で壱岐市郷ノ浦町地先における本現象の実態調査を行いました。²⁾ 海岸に打ち上げられた海藻は、アラメ・カジメ類で占められ、ほとんどの藻体には長い茎が付いており、葉状部には目立った欠損や異常は観察されませんでした（図 1B）。潜水調査では、アラメ・カジメ類では茎の根元付近から上部にかけて退色し白色化しているものや根元付近から折れているもの、付着器のみが残ったものが観察されました（図 2）。また、葉状部の色が白っぽく退色したものや葉が両側から中央部に向かって巻き込む症状もみられました。このため、アラメ・カ

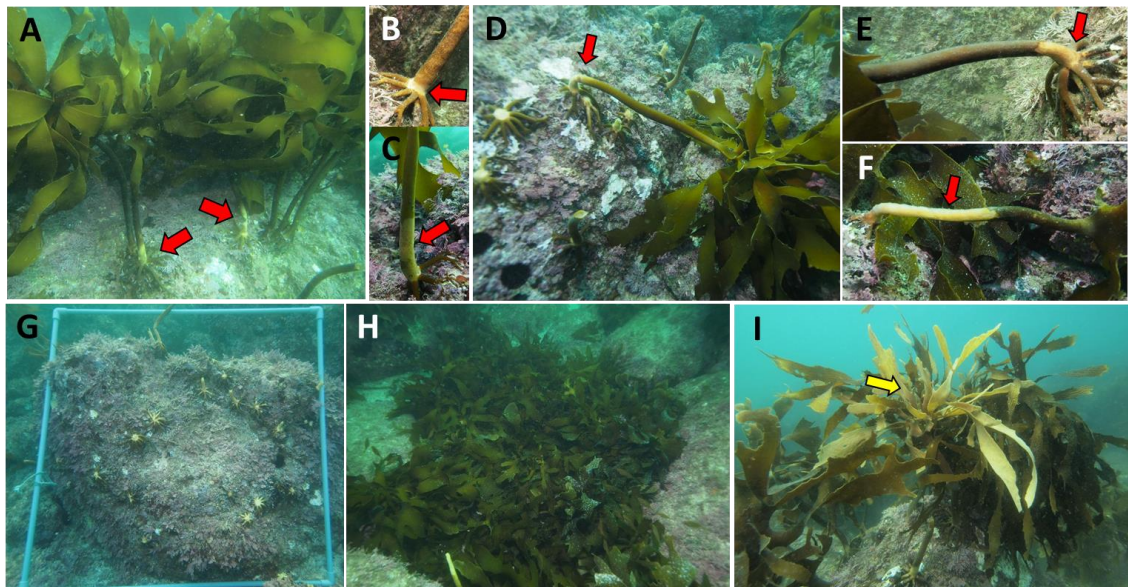


図 2 2013 年夏に発生したアラメ・カジメ類の異常現象（2013 年 9 月 24 日、壱岐市郷ノ浦町地先）

A～C：茎の根元付近の退色個体（退色部；赤色矢印）、D～F：根元から折れて倒れた個体、G：付着器のみとなった個体、H：海底に堆積したアラメ・カジメ類の寄り藻、I：葉状部が白っぽく退色した個体（退色部；黄色矢印）

ジメ類は、根元付近の傷んだ所から切れて流出し、時化等で流出が顕著となり、沿岸域に大量に打ち上げられたと思われまます。

原因については、広域に渡る現象で、藻体には退色や茎の末端部以外に異常はみられなかったため、生理的なものと推測されました。2013年8月中旬～下旬の日本海西部の水温は30℃を越える高水温が継続したことから、本現象が引き起こされたのではないかと考えられました。加えて、秋～初冬の魚類の食害により被害がさらに拡大し、被害は西岸が最も大きく、次いで南西岸、南～東岸の順でした。

本現象は、対馬の北西岸～北東岸に至る広域でもみられ、壱岐と同様に大量のアラメ・カジメ類の打ち上げが確認されています。この他、被害は軽微でしたが北松海域の鷹島地先でも同様の現象が確認されました。

このように、2013年夏に発生した高水温によりアラメ・カジメ類が大量に流出する現象（“流出現象”）は、これまで経験のない現象であり、アラメ、カジメ、クロメの藻場が広域かつ大規模に衰退・消失する危機的な状況となりました。本現象の発生後、新たな幼体の加入や場所によっては成体が残存し、回復傾向を示す場所がみられましたが、2016年夏に再び30℃を越える高水温が発生し、壱岐や対馬ではさらに被害が拡大しています。現在、壱岐では西岸一帯、対馬では北西～北岸にかけてアラメ・カジメ類が消失して磯焼けが拡大しています。^{3~6)} 今後の藻場の回復が懸念されるため、引き続きモニタリングを継続しています。

参考文献

- 1) 村瀬 (2004) : 藻場が消えた?! ~2013年, 夏から秋にかけての山口県日本海沿岸の藻場の異変~, 豊かな海, **32**, 67-70.
- 2) 八谷ら (2014) : 2013年に発生した長崎県壱岐市郷ノ浦地先におけるアラメ・カジメ場の衰退過程について—夏季の高水温による発生と秋季の食害による拡大—, *Algal Resources*, **7**, 79-94.
- 3) 桐山ら (2014) : V. アラメ・カジメ類の流出現象調査 (環境変化に対応した藻類増養殖技術開発), 長崎県総合水産試験場事業報告, 72.
- 4) 高田ら (2015) : IV. アラメ・カジメ類の流出現象調査 (環境変化に対応した藻類増養殖技術開発), 長崎県総合水産試験場事業報告, 67.
- 5) 高田ら (2016) : V. アラメ・カジメ類の流出現象調査 (環境変化に対応した藻類増養殖技術開発), 長崎県総合水産試験場事業報告, 60.
- 6) 高田ら (2017) : IV. アラメ・カジメ類の流出現象調査 (環境変化に対応した藻類増養殖技術開発), 長崎県総合水産試験場事業報告, 58-59.

＜コラム 4-2＞ 魚類の食害による大型褐藻類の衰退現象

4-2-1 アラメ・カジメ類の葉状部欠損現象

本現象は、アラメ・カジメ類の葉状部が欠損し、ひどい場合には茎のみとなり、広範囲に林立した景観から“立ち枯れ現象”とも呼ばれています（図 1）。

長崎県では、1998 年秋～初冬に県内各地での広範囲に及ぶ発生が初めて観察されました。¹⁾ 葉状部の欠損した藻体には弧状の欠損など特徴的な痕跡が多数観察され（図 2）、魚の食害が原因ではないかと疑われました。

そこで、植食性魚類数種のクロメに対する摂食試験を行ったところ、ブダイ、アイゴ、ノトイスズミ（図 3）がクロメを良く摂食し、魚種毎に特徴的な異なる歯形（摂食痕）を残すことがわかりました（コラム 4-4-1、p. 101）。²⁾

また、これら 3 魚種は与えたクロメの葉状部を食べ散らかし、その量はアイゴでは摂食量の 2 倍以上に達するなど、摂食量以上に藻体に大きな被害を与えました（図 4）。これら 3 種は水温の低下とともに摂食活動が低下することが知られており、アイゴ

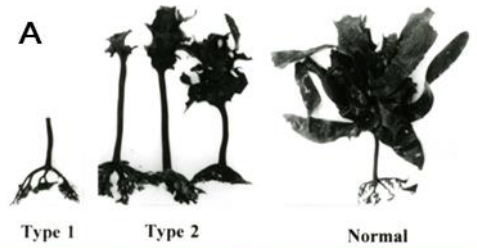


図 1 アラメ、カジメ類の葉状部欠損現象(立ち枯れ現象)

A : 葉状部が欠損した様々なクロメ (Type1 : 茎のみ、Type2 : 中央葉主体、Normal : 正常なもの)、B: 吉崎市郷ノ浦町大島地先での発生状況 (1999 年 1 月)

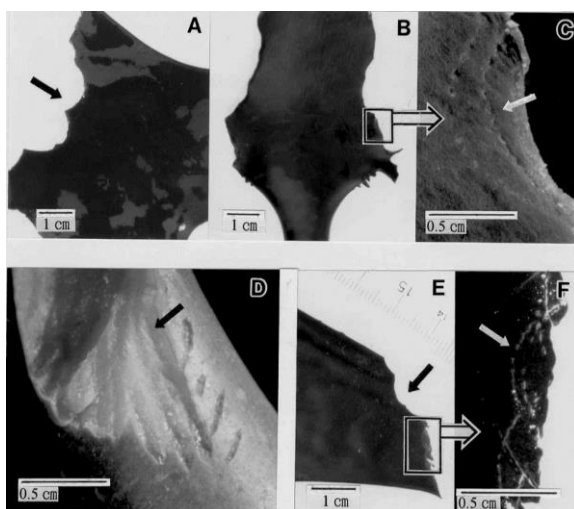


図 2 葉状部が欠損したクロメにみられた痕跡
A: 弧状の欠損、B、C: 弧状の点線、D: 筋状の欠損、E、F: 弧状の欠損と弧状の点線

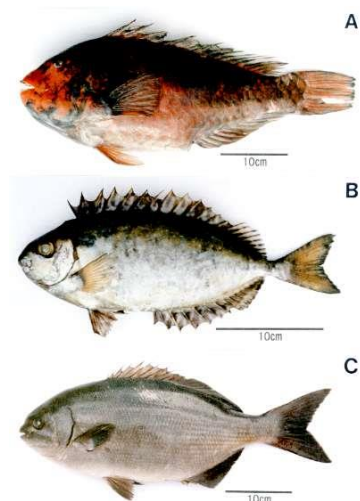


図 3 アラメ、カジメ類の食害魚 3 種
A: ブダイ、B: アイゴ、C: ノトイスズミ

では 18℃以下、³⁾ ブダイとノトイズミでは 16℃前後ですが、⁴⁾ 近年の温暖化により秋～冬の水温は以前に比べて高くなり、魚の摂食活動の活発化や長期化をもたらしていると考えられ、海藻の生産量と魚の摂食量のバランスが崩れたことが、本現象の発生した主な原因であると考えられます。

本現象は 1998 年の発生以後、毎年秋～初冬にみられるようになり、発生後 4～5 年の間に一部の地域を除き平戸以南の県内各地からアラメ・カジメ場が消失して磯焼けへと変化しています。

さらに 2013 年と 2016 年夏には 30℃を越す高水温が発生し、アラメ・カジメ類が大量に流出する現象が発生しました (コラム 4-1-3、p. 95)。⁵⁾ この時、流出を免れた個体も、秋～初冬の本現象の発生により、アラメ・カジメ類の衰退がさらに進行しました。そのため、対馬と壱岐の西岸では、現在、アラメ・カジメ場が消失して磯焼けが拡大しており、アラメ・カジメ場の回復が危惧されています。

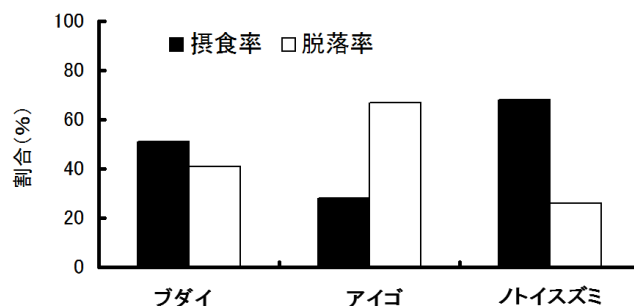


図4 ブダイ、アイゴ、ノトイズミのクロメに対する1日あたりの摂食状況

摂食率：食べた割合、脱落率：食い散らかされたクロメの割合

参考資料

- 1) 桐山ら (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**, 319-323.
- 2) 桐山ら (2001) : 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.
- 3) 木村 創 (1994) : 養殖ヒロメにおける魚類の捕食, 平成 6 年度南西ブロック藻類研究会会誌, 43-47.
- 4) Yamaguchi (2010) : Biological aspects of herbivorous fishes in the coastal areas of western Japan, Bull Fish Res Agen, **32**, 89-94.
- 5) 八谷ら (2014) : 2013 年に発生した長崎県壱岐市郷ノ浦地先におけるアラメ・カジメ場の衰退過程について—夏季の高水温による発生と秋季の食害による拡大—, Algal Resources, **7**, 79-94.

<コラム 4-2> 魚類の食害による大型海藻類の衰退現象

4-2-2 ヒジキの生育不良現象

本現象は、1998年に県内全域で漁期になってもヒジキが伸びておらず、ひどい場合には収穫できない等の生育不良が発生しました（図1）。特に被害の大きかった対馬市厳原町南西岸の豆酛浦で原因究明の調査を行い、ヒジキに籠を被せることで成長の改善が図られたことから、魚の食害が本現象の発生原因と考えられました。¹⁾

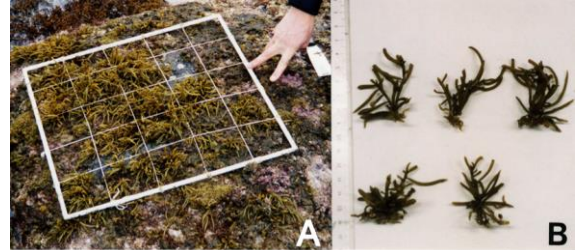


図1 対馬市厳原町沿岸でみられた生育不良のヒジキ（1998年5月）

そこで、県内各地の生育不良についても同様の方法で、2000年に対馬5地区、上五島2地区、西彼杵半島13地区で図2に示す魚の食害防護用の籠をヒジキに被せ、その後の生育状況を調べました。²⁾ 結果は図3に示すように、全調査地区で籠の内外で明らかな成長差がみられ、籠の外側のヒジキは内部のものに比べ短く、葉先や藻体の先端部の欠損がみられました。これらのことから、県内各地でみられたヒジキの生育不良現象の原因は、魚の食害によって引き起こされたものと考えられました。



図2 魚の食害防護籠の設置状況

引続き西彼杵半島の4地区で、12月に食害防護籠を取り外し、籠の内外にあったヒジキの成長を4月まで調べました。²⁾ 結果は図4に示すとおりで、1地区で成長差がみられ、内側のヒジキは藻長88cmに、外側では28cmに成長しました。他の3地区では内外のヒジキの成長差はなくなり、それぞれ、藻長6cm、9cm、22cmでした。このことは籠を取り外した後に、発生した魚の食害の継続期間の違いにより春先のヒジキの成長差として現れたものと推測されます。すなわち、成長差がみられた1地区では、12月の籠の取り外し後には魚の食害の影響はみられず、内外のヒジキは籠を取りはずす前の成長差があったまま、それぞれが成長した結果と考えられます。一方、成長差がなかった3地区では、2地区で3月のヒジキの藻長は12月より



図3 魚の食害防護籠の内部（A）と外部（B）のヒジキ（2000年10月、西海市大島）

長くなり、12月～翌年2月の間に食害が発生したと推定されます。1地区については、3月でも12月と変わらない藻長で、4月になってようやく12月より長くなり、食害の発生は12月～翌年3月の間に発生したと推定されます。このようにヒジキの収穫時期にみられる生育不良は、前年の秋から発生する魚の食害の影響を受け、食害の継続期間の長短の違いによって、春になって様々な藻長のヒジキになることが推定されます。

ヒジキの食害の原因種は、アラメ、カジメ類と同様に藻体に残された摂食痕の特徴と水槽内でのヒジキに対する摂食試験から、^{3,4)} ブダイ、アイゴ、ノトイヌズミがヒジキを良く摂食し、本現象の原因種と考えられます。特にノトイヌズミによる被害は、天然ヒジキだけでなく対馬では養殖ヒジキの食害種として問題化しています。

本現象は1998年に県内各地で発生した後も継続してみられ、ヒジキ群落の衰退・消失が深刻化しています。下対馬西岸一帯や宇久、小値賀、長崎半島西岸等、ヒジキの分布がみられなくなった場所が多く、そのような漁場では、ヒジキだけではなく藻場の衰退・消失がみられる場所でもあります。ヒジキが生育する潮間帯はアラメ、カジメ類や多くのホンダワラ類が分布する漸深帯と繋がっており、ヒジキおよび潮間帯の海藻種の衰退・消失は、磯焼けの発生を判断できる1つの“指標(種)”になります。

参考資料

- 1) 桐山ら (1999) : 対馬豆酩浦でみられた食害が疑われるヒジキの生育不良現象, 長崎県総合水産試験場研究報告, **25**, 27-30.
- 2) 桐山ら (2002) : 長崎県下で広く認められたヒジキの生育阻害の原因, 水産増殖, **50**, 295-300.
- 3) 桐山ら (2005) : 藻食性魚類によるヒジキの摂食と摂食痕の特徴, 水産増殖, **53**, 355-365.
- 4) 桐山ら (2005) : 長崎県沿岸におけるヒジキ生育不良現象を摂食によって誘発している原因魚種, 水産増殖, **53**, 419-423.

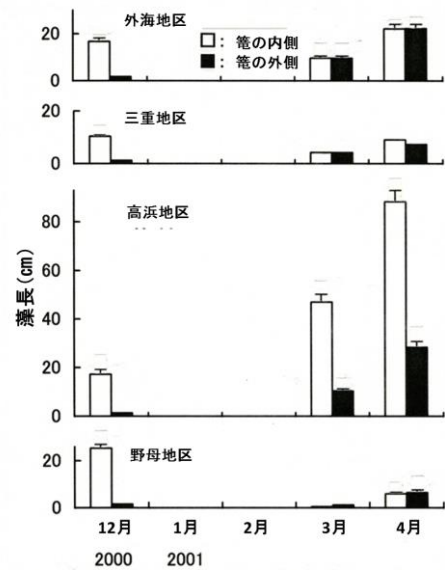


図4 西彼杵半島における魚の食害防護籠の取り外し後の籠の内外のヒジキ藻長

＜コラム 4-4＞ 長崎県でみられる植食性動物

4-4-1 植食性魚類の摂食痕の特徴

ブダイ、アイゴ、ノトイスズミは、口器の形状や歯の並びが異なるので、海藻にはそれぞれ特徴的な摂食痕が残ります。摂食痕が新しく明瞭であれば、魚種の特定は可能です（図 1）。口器の形状は、ブダイではやや縦長の弧状、アイゴでは尖塔の弧状、ノトイスズミでは半円形です。また、口器の形状を示す弧状の欠損部の大き

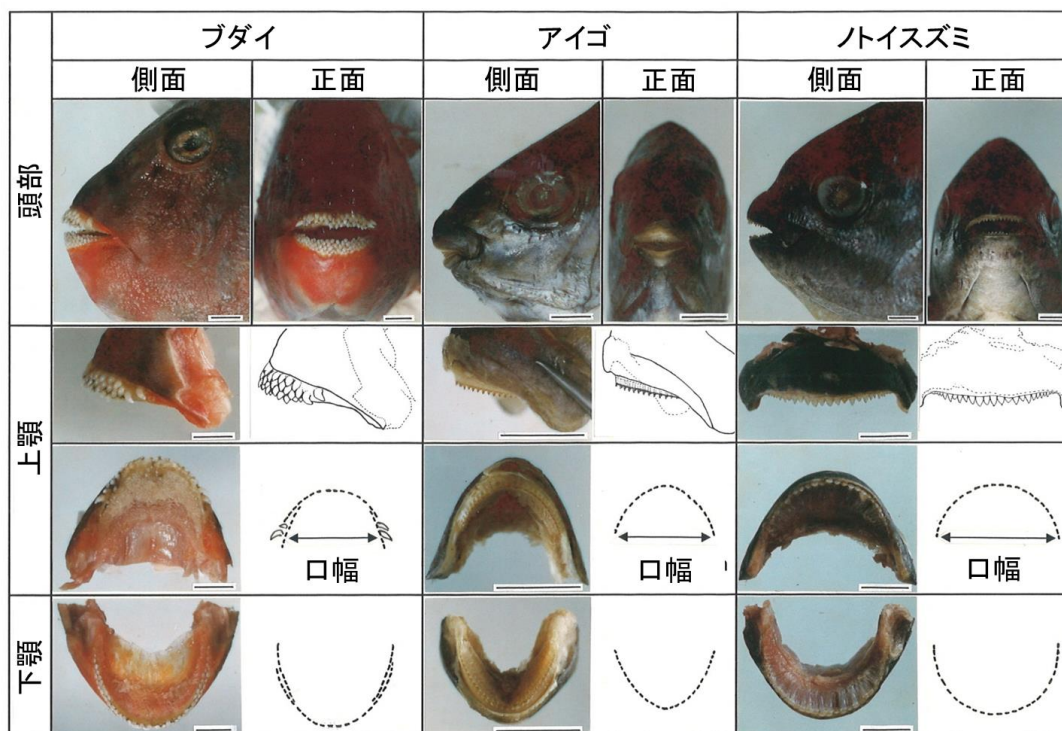


図 1 魚種別の頭部、上顎、および下顎の形状（桐山ら 2001 改変、スケール：1 cm）

さ（幅）から、魚の大きさを推定することができます（図 2）。

例えば摂食痕からアイゴが特定でき、全長と口幅の関係から幅 1 cm 前後の明瞭な弧状の欠損が海藻に観察されれば、アイゴの全長は約 30 cm となります。

水槽内実験で得られたこれら 3 種のクロメにみられた摂食痕の特徴を図 3～5 に示します。

ブダイの摂食痕は、口器の形状を示すやや縦長の楕円形となります（図 3A,B）。

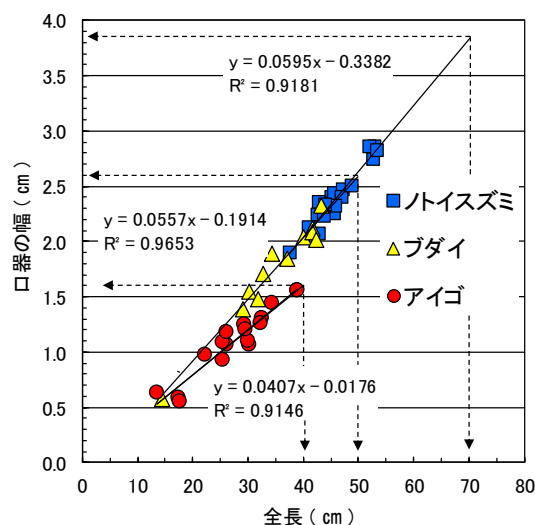


図 2 魚種別の全長と口器の幅との関係（桐山ら 2001 改変、矢印：種毎の最大サイズ）

クロメの中央葉や茎には筋状や深みのある溝状の不規則な傷がみられました (図 3C,D)。これは、ブダイの歯並びが不規則で、歯が複数列並んでいることを反映しています (図 1)。まれに、口器の形状を示す点線および線状の歯型も観察されました (図 3E)。ブダイは噛み付いて引き千切って食べるので、時に側葉が付いた葉状部ごと引き千切られることがありました。そのため、クロメの切断面は切り裂かれたようになり (図 3C,F)、ひどい場合には茎のみとなりました (図 3G)。このため、水槽内にはほとんど無傷の側葉や中央葉が付いたものなど多数の葉状部が散乱しました。

アイゴの摂食痕は、口器の形状を示す尖塔の楕円形になります (図 4B)。アイゴは、パクパクと素早い咀嚼を繰り返して食べるため、通常は側葉縁辺などの比較的葉の薄い部位には連続した規則性のあるギザギザの弧状の欠損がみられました (図 4A)。中央葉縁辺や茎の厚みのある部位では細かい平行な筋状の傷がみられました (図 4C,D)。アイゴの歯は小さく、規則正しく

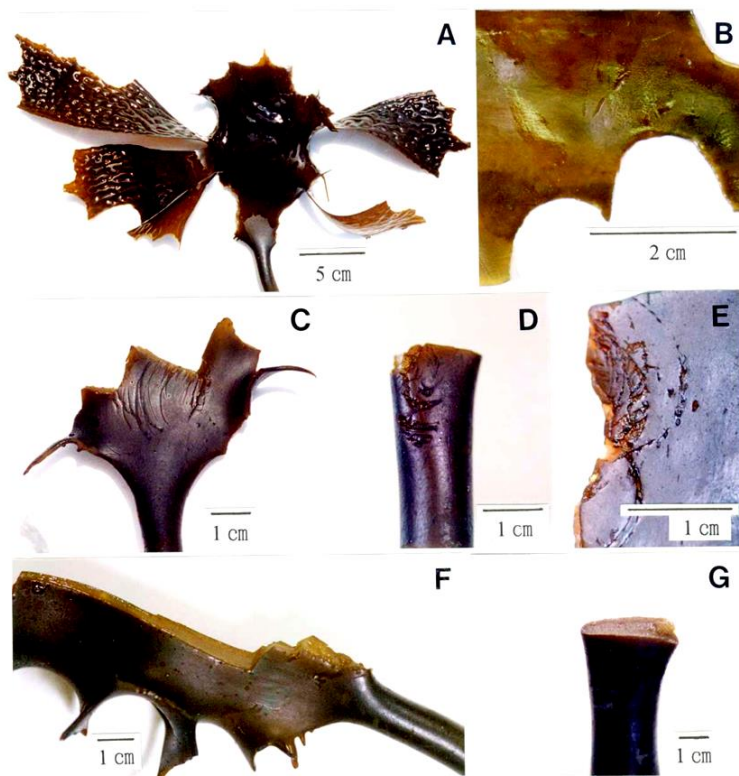


図 3 水槽内実験でクロメにみられたブダイの摂食痕 (桐山ら 2001)

A, B : 口器の形状を示すやや縦長楕円形の欠損、C~E : 噛み千切りによる筋状の傷や歯型、F, G : 引きちぎられた痕跡

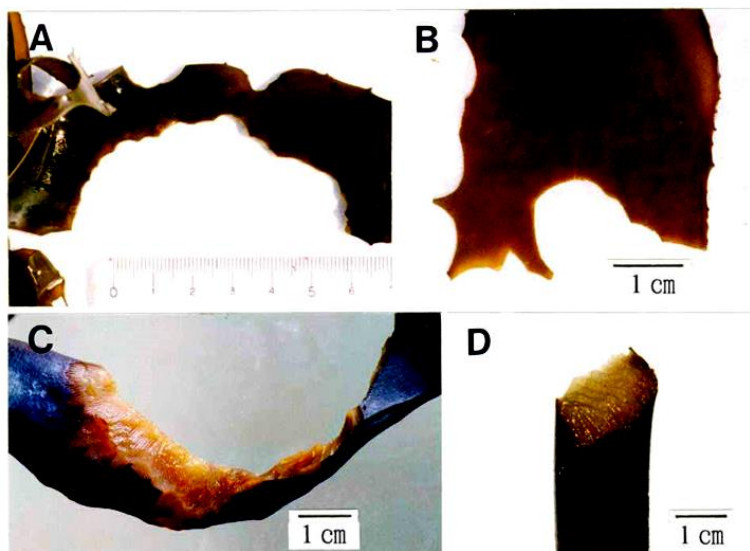


図 4 水槽内実験でクロメにみられたアイゴの摂食痕 (桐山ら 2001)

A : 連続した弧状の欠損、B : 口器の形状を示す尖塔の楕円形の欠損、C, D : 細かい規則正しい筋状の欠損

並んでいることを反映しています（図 1）。また、ブダイと同様に摂食により水槽内に多数の葉状部片を散乱させましたが、ブダイとは異なり、アイゴは引き裂くような食べ方をしないので、散乱した葉状部の切断には弧状の欠損が確認されます。

ノトイスズミの摂食痕は口器の形状を示す明瞭な半円形となります（図 5B）。摂食はアイゴと同様にパクパクと素早い咀嚼を繰り返すので、側葉縁辺などに連続した規則性のある弧状の欠損がみられました（図 5A）。中央葉縁辺や茎の厚みのある部位では深みのある筋状の平行した傷がみられました（図 5C,D）。ノトイスズミの歯はアイゴと同様に規則正しく並び、同じような筋状の痕跡がみられますが、大型のノトイスズミであれば、アイゴより歯は大きく（図 1）、藻体に残る筋状の溝はアイゴに比べて深くて幅広で区別することは可能です。また、ブダイやアイゴと同様に摂食により水槽内に多数の葉状部片を散乱させました。

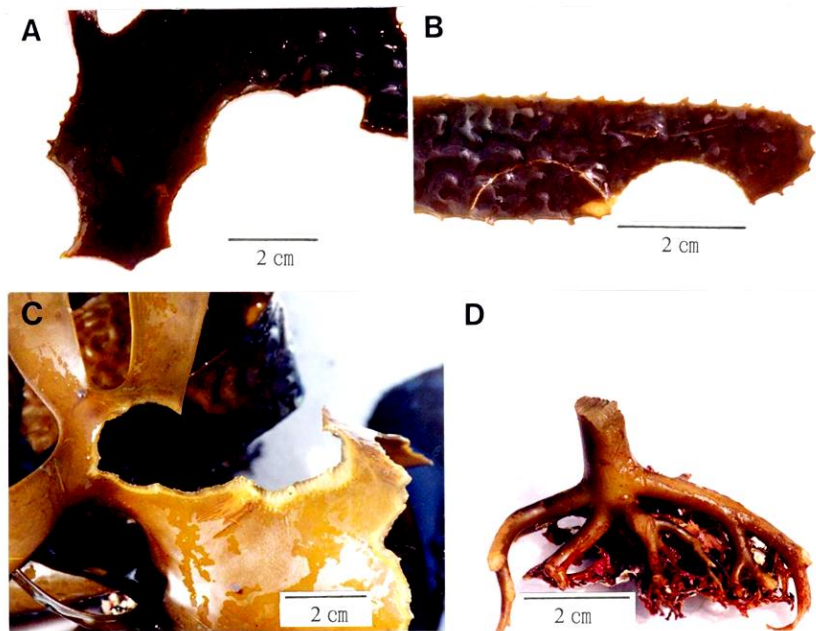


図 5 水槽内実験でクロメにみられたノトイスズミの摂食痕（桐山ら 2001）

A: 弧状の連続した欠損、B: 口器の形状を示す弧状の欠損、C, D: 細かい筋状の欠損

参考資料

- 1) 桐山ら (2001): 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.

<コラム 4-4> 長崎県でみられる植食性動物

4-4-2 植食性魚類の摂食選択性

大型褐藻類の 12 月の分布状況を図 1 に示します。図 1A では、クロメ、ノコギリモク、ヤナギモクの 3 種がみられますが、ヤナギモクのみがほぼ主枝のみとなっています。図 1B では、クロメ、ノコギリモク、ヨレモクがみられますが、クロメのみが茎だけになっています。図 1C では、クロメ、ノコギリモク、ヨレモク、マメタワラがみられますが、マメタワラのみが極端に短くなっています。これら、生育の悪い海藻をみると、アイゴ等の摂食痕が多数観察され、魚の食害が影響していることが考えられました。生育不良が顕著な種類を比較すると、

図 1A：ヤナギモク > クロメ・ノコギリモク

図 1B：クロメ > ノコギリモク・ヨレモク

図 1C：マメタワラ

> ノコギリモク・ヨレモク・クロメ
となり、これらの結果から、

ヤナギモク・マメタワラ > クロメ

> ノコギリモク・ヨレモク

の順位となり、ヤナギモクやマメタワラは、魚の嗜好性が高く、最初に食害され、ノコギリモクやヨレモクは嗜好性が低く、食害され難く、最後まで残る種類ではないかと考えられました。

そこで、アイゴ（全長 20 cm、20 個体）について水槽内実験により、初夏に長崎県沿岸で一般的にみられる 22 種の海藻を同時に与え、摂食状況に違いがみられるかを調べました。¹⁾

アイゴは、海藻を投与した翌日には 10 種を、2 日目には 8 種を食べ尽し、残ったのはアミジグサ、ウスバノコギリモク、ノコギリモク、ヨレモクの 4 種のみでした

(図 2)。3 日目にはノコギリモク以外の 3 種がなくなり、残ったノコギリモクは 6 日目まで食べ尽されることなく残存しました。また、南方系ホンダワラ類のキレバモク、ツクシモク、マジリモクでは、他の多くの海藻種と同様に投与した翌日およ

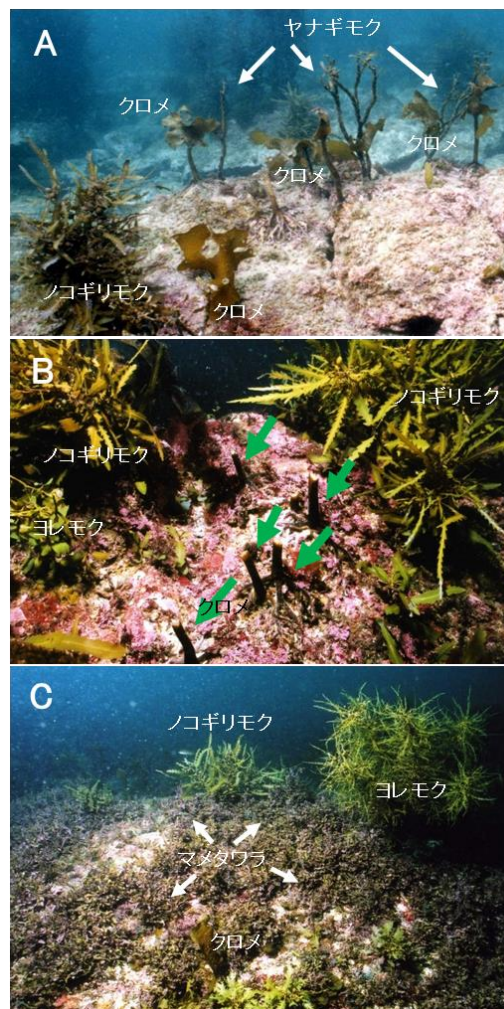


図 1 大型褐藻類にみられる種類の違いによる生育状況の差

A: ほぼ主枝のみとなったヤナギモク（白色矢印）、B: 茎のみとなったクロメ（緑色矢印）、C: 主枝が欠損し短くなったマメタワラ（白色矢印）

び2日目にはいずれも食べ尽くされました。

このように、アイゴは投与した22種類の海藻のうち、2日目までに8割以上の18種類を食べ尽くし、残った4種類は、あまり好まない種類ではないかと考えられました。そして、最後まで残ったノコギリモクは22種類の中で、最も好まない種類であり、次いで、アミジグサ、ウスバノコギリモク、ヨレモクの3種類を好まないと考えられました。

今回の水槽内実験の結果は、先に示した藻場で観察された海藻の種類の違いによる生育不良の発生状況とよく一致しており、魚の食害が海藻の生育に多大な影響を及ぼしていることが推測されます。なお、ノコギリモクは、アイゴの食害が強い場所での増殖対象種として有効性が期待されますが、残念ながら、ノトイスズミとブダイはノコギリモクを摂食するので(図3)、²⁾ これら2魚種がいる漁場では、ノコギリモクは食害対策としての有効性はアイゴのようには望めません。

ノトイスズミとブダイの海藻12種に対するアイゴと同様の摂食試験の結果を図3に示します。ノトイスズミでは、アイゴのように特別好まない種類はみられませんが、ヒジキは投与した翌日に唯一なくなり、12種の中では最も嗜好性が高い種類ではないかと考えられました。

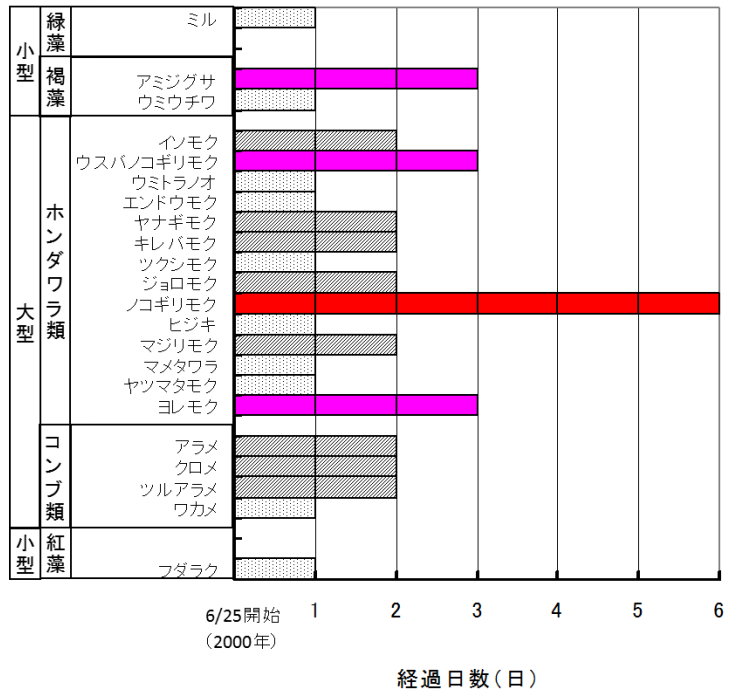


図2 水槽内実験によるアイゴの海藻22種に対する摂食状況(桐山ら 2001 改変)

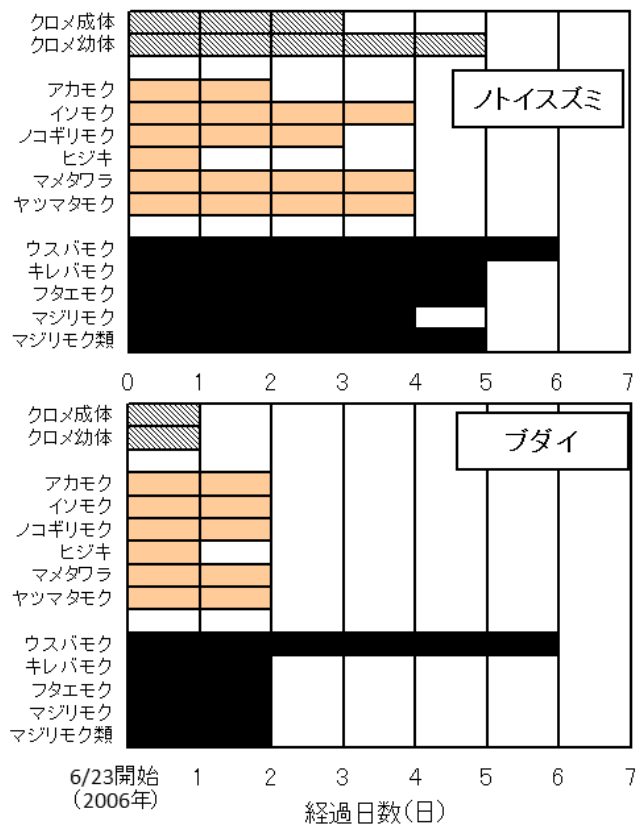


図3 水槽内実験によるノトイスズミとブダイの海藻12種に対する摂食状況(桐山ら 2007 改変)

ブダイでは、ウスバモク 1種が投与 5 日目まで残り、12 種の中で最も嗜好性が低く、好んで食べない種類と考えられました。しかし、6 日目には食べ尽くされ消失しました。一方、クロメとヒジキは投与した翌日になくなり、嗜好性の高い種類であると考えられました。

このように、植食性魚類は海藻に対する摂食選択性があり、好き嫌いは魚種によって異なります。しかし、共通しているのは、好きなものから嫌いなものへと順に食べていき、その結果、嫌いな海藻種が残りますが、最終的には全て食べ尽くされることとなります。そのため、分布する海藻は魚の食害により、種類数が減少するとともに海藻の現存量も減少していき、藻体あたりに受ける食圧が増加していくために、やがて藻場の衰退・消失へと進行していくものと考えられます。

植食性魚類は動物性の餌も摂食することから雑食性とも言えます。天然海域において、このように海藻が減少していく場合、動物性餌料への依存状況の変化による摂食生態や摂餌回遊、成長や成熟および資源量に及ぼす影響など、植食性魚類の生態的特性については不明な点が多く、その解明が求められています。

参考資料

- 1) 桐山ら (2001) : V-1. 藻食性魚類の海藻類に対する摂食の選択性 (藻類増養殖開発研究事業), 長崎県総合水産試験場事業報告, 86-88.
- 2) 桐山ら (2007) : 長崎沿岸域における大型褐藻類の種構成に関する研究, 長崎県総合水産試験場事業報告, 182-184.

