

# 魚類による磯焼け現象の解明と食害防除手法の開発

水産大学校 生物生産学科

野田幹雄

調査実施年度：平成10～12年度

## はじめに

従来から藻場造成の障害になる要因の一つとして、魚類による食害が指摘されてきた。特に九州においては、磯焼け海域で行われた藻場修復事業での障害、あるいは天然の大型褐藻群落の消失に、魚類の採食活動が大きく関与していたと推定する報告は多い。例えば、長崎県<sup>1)</sup>や鹿児島県<sup>2)</sup>では魚類の採食により移植し生育した大型褐藻類が流失し、宮崎県<sup>3)</sup>においてはアイゴなどの藻食性魚類の採食によってクロメの海中林が著しく衰退したと推定している。近年、こうした見方はさらに強まり、カジメ属、クロメ属海藻の葉状部が消失し立ち枯れたようになる現象が藻食性魚類の食害によっても生じる疑いが示唆され、天然の大型海藻群落に及ぼす魚類の採食圧の大きさを再検討する動きも出てきた<sup>4) 5) 6) 7) 8) 9)</sup>。しかし、その実態の解明は緒に就いたばかりである。さらに、食害対策の側面になると、網罟いなど物理的に保護する方法は期待されたような成果が得られず、大きな課題として残されている<sup>1) 9)</sup>。

本調査は、本邦温帯域の代表的な藻食性魚類であるアイゴの採餌生態を大型褐藻類に対する採食圧との関連で調べることにより、大型褐藻類の食害の過程を明らかにするとともに、藻食性魚類の食害を防除するための手法を検討する。本調査により、魚類による食害が藻場造成に及ぼす影響を具体的かつ定量的に把握するための基礎となる。さらに、藻場造成場所において、魚類の食害を防除するための対応策および食害を受けにくいような藻場造成手法を開発するための重要な基礎的知見を提供することができるものと考えている。

## 調査方法

### アイゴの食性と野外における採餌行動

調査は、山口県下関市の蓋井島地先に生息するアイゴを対象に行った。蓋井島は、ヤツマタモク・ジョロモク・ノコギリモクなどのヒバマタ目大型褐藻類の群落が発達するガラモ場であるが、局所的にアラメ・クロメのコンブ目大型褐藻類の群落もみられ、ヒバマタ目とコンブ目の混棲群落の様相を呈している。一部地域には、アラメの優占する海中林が発達する場所もある。この蓋井島のガラモ場においてアイゴの採餌行動を観察するために、1998年の夏季から秋季において野外調査を行った。全長25～30cmの成魚と全長5～15cmの幼魚を対象に水深1～6mにおいてSCUBA潜水による観察を行った。観察にあたっては、全長・個体数・採餌行動のタイプ・採餌場所（海藻、基質など）を記録した。特に、大型海藻の採餌を観察した場合には、その海藻の種類のみならず、海藻の採食部位および海藻の状態（健全か、疲弊状態か、付着生物の有無など）も記録した。食性の調査には、蓋井島地先で採集されたアイゴ57個体を使用し、全消化管の内容物を分析の対象にした。消化管中に見出された大型海藻は、可能な限り種の同定を行うとともに、同定された海藻は、さらに海藻の部位ごとに区分し、湿重量を精密天秤で計量した。出現した餌生物は、重量と出現頻度で定量化した。

### アイゴによる大型褐藻類の採食痕と藻体の消失過程

屋内の透明な円形水槽（容量1000）のアイゴ成魚（平均全長330mm）23個体にアラメおよびホン

ダワラ類の大型褐藻類を1株ずつ投与して採食する様子を観察記録した。アイゴによる採食の全体的な状況を肉眼で直接観察するとともに、デジタルビデオカメラレコーダーを使って顎骨の微細な動きや藻体の脱落の様子および藻体の消失過程などを細かく撮影し録画した。また海藻の投入前後における藻体の湿重量と高さを測定するとともに、藻体が被食されて変形し消失していく状況を随時デジタルカメラで撮影した。

アラメを使って藻食性動物の採食痕の一般的な特徴を分析した。採食痕を調べた無脊椎動物の種類と大きさは、ムラサキウニ(平均殻径56mm)、サザエ(平均殻高72mm)、ヒメクボガイ(平均殻高19mm)、エゾアワビ(平均殻長50mm)であった。これらの動物にアラメの葉状部を投与し、投与後短時間から数日間十分に採食させるまでの様々な段階の採食痕を収集した。アイゴの採食痕については、上述した円形水槽内に飼育中のアイゴ成魚23個体にアラメを投与して、しばらく採食させた後、投与した藻体を回収した。アイゴおよび無脊椎動物ともに、収集した採食痕の残る藻体の標本を実体顕微鏡下で詳細に観察してそれらの採食痕の形状を比較した。採食痕の形状について長さ、幅、角度などの定量的なデータを比較をする必要が生じた場合には、採食痕の顕微鏡画像をデジタルカメラで撮影し、その画像をパソコンに取り込み、画像解析ソフトを用いて測定した。また、アイゴについては藻体に残る採食痕の形状と成魚の顎骨の形態との対応関係を調べるために、顎骨の骨格標本を作成し、上下顎歯の形状、幅、間隔、配列など顎歯の微細構造について詳細に検討した。

#### 食害防除手法の開発を目的としたアイゴの群れの維持形成に関する室内実験

蓋井島地先で2000年9月~10月に採集された全長約50mm以上のアイゴ幼魚を使って実験を行った。アイゴの未成魚・成魚も幼魚と同様な群れを形成して大型褐藻類を採食する場面がしばしば観察される。1.7tの方形水槽の中心に32×34cmの底板を二つ並べて設置し(図7)、その中央に餌としてジョロモクの海藻片を12片ずつ(5区画だけ10片)横一列に配置した。この二つの底板上の空間を、白色の亚克力板と透明の亚克力板でそれぞれ仕切ることによって底板上の空間の間隔を変化させ、この仕切られた空間の中へ採餌しに侵入するアイゴ幼魚の反応の変化を調べた。したがって、白色の衝立で仕切られた空間(処理区)と透明の衝立で仕切られた空間(対照区)の間には、侵入した幼魚が視覚によって互いに認知可能かどうかという条件だけが異なるように設定された。また、アイゴ幼魚に対する捕食圧を模倣する目的でマダイの3年魚2個体を同居させた。底板上の空間の間隔は、1区画(間隔32cm)、2区画(間隔16cm)、3区画(間隔10cm)、4区画(間隔8cm)、5区画(間隔6.4cm)の5段階に変化させた。なお、水槽の両側から衝立と平行に人工光(白色蛍光灯)を照射することによって衝立による影が生じないようにした。1回の実験につき20個体のアイゴ幼魚を実験水槽に入れて、衝立状構造物内の海藻を採餌する様子を1時間にわたり市販の携帯用ビデオカメラレコーダーで録画した。1~5区画までは同一の幼魚20個体を用い、これを1まとまりとして個体を変えて10回同様の実験を行った。再生した画像から、構造物に侵入した群れの大きさ(個体数)、滞留時間、採餌個体数などを測定し数量化した。なお、対照区と処理区の差の検定には、Wilcoxon signed-ranks testによって両側検定を行った。

### 調査結果

#### アイゴの食性と野外における採餌行動

食性調査の結果、ほぼ全個体から藻類が出現し、重量比で見ると藻類のみで全体の98%を占めた(表1)。そのうち、藻場を形成する大型褐藻類の比率は、重量比で87%に達し、大型褐藻類を主に採食していることが分かる。種別にみると、大型褐藻類のなかでもコンブ目のアラメ・クロメの一群とヒバマタ目のヤツマタモク・マメタワラの一部、ヤナギモク、イソモクがよく見出された。アラメとクロメの識別、日本海

産マメタワラの葉状部とヤツマタモクとの識別にはかなりの労力を要するのでアラメおよびヤツマタモクに含めて一括して分析し、それぞれ「アラメ (クロメ含む)」、「ヤツマタモク (マメタワラ含む)」として表記した。これらの海藻類の出現頻度は、18%~59%に達し、常食されている種類であることが分かる。次に、これらの大型海藻のどの部位が主に採食されているかをみるために、部位別に仕分けた結果を検討した (表 2、表 3)。アラメ (クロメ含む) では、葉状部のみが見出された。また、疲弊し枯れかかったような状態に見える変色した葉状部も 22%と比較的高い比率で出現した。ヤツマタモク (マメタワラ含む) では、葉状部・側枝が主に利用されていたが、主枝の部分も比較的高い比率で見出された。ヤナギモクは、気胞、生殖器床、側枝、葉状部と様々な部位が出現した。側枝は、枝の先端部で生殖器床を付ける細い部分のみが見出された。この側枝と生殖器床は、重量比・出現頻度ともに高い値を示し、よく採食されていることがわかる。イソモクは、葉状部・側枝と主枝が見出された。ジョロモク、ノコギリモク、トゲモクでは、成長点を含む部分が内容物として見出された。また、無節サンゴモやコケムシなどの固着性動物で藻体が被覆された状態のものも比較的好く見出された。特にヤツマタモク (マメタワラ含む) では、このような附着生物で被覆されたものが多く、かなりの重量比率で見出された。

アイゴを潜水観察すると、成魚では数尾から数十尾の群れを作ってガラモ場内の大型海藻を数分間採食しては、また群れで移動し、また数分間採食するという採餌行動を繰り返した。潜水観察中は、ほとんど遊泳移動と餌をとることに終始した。今回はもっとも接近しやすく観察の容易であった全長 5~15cm の幼魚の採餌行動について観察した結果を分析した (表 4)。幼魚は、基盤上で採餌することもあったが、ほとんど大型褐藻類を採食した。大型褐藻類の群落で覆われている本調査場所では、大型褐藻類を採食するのも当然ともいえるが、基盤上で採餌している点も注目値する。採食するのを確認できた大型海藻は、アラメ、ヤツマタモク、ジョロモク、ヤナギモク、イソモク、ヨレモク、ノコギリモク、トゲモクであった (表 4)。観察場所の植生によって採餌する大型海藻の観察頻度には差が生じると考えられるが、アラメ、ヤツマタモク、ジョロモク、ヤナギモクは、アイゴ幼魚によってよく利用されていた。

コンブ目褐藻類のアラメは、肉厚で幼魚にとっては利用しにくい大型海藻とも考えられたが、ほとんどの幼魚が魚類あるいは無脊椎動物が採食した痕と思われる藻体の内部組織が剥き出しになった部分に口を付けて採食しており (表 5)、肉厚の大型海藻を採食しやすいような方法をとっていると考えられた。成長点付近を採食する場合も観察された (表 5)。ヒバマタ目褐藻類についてみると、表 6 に示された部位をよく採食していた。ヤツマタモクの葉状部・側枝あるいはヤナギモクの側枝は、先端部から口で刈り取るように採食していた。特にヤナギモクでは、上方から藻体に接近して成長点のある頭頂部の細い側枝を上述した方法でよく採食した。注目すべき行動として、ヤツマタモクのように幅広の主枝をもつ大型海藻は、その主枝の部分に頭を水平にしてかじりつき、歯がみを繰り返すという独特の採食方法が観察された。この採食方法は、主枝の部分が無節サンゴモやコケムシで覆われている藻体でよく観察された。このような大型褐藻の採食部位と採食方法との関係をまとめると表 7 のようになる。採食方法は、4 つのタイプに分けられた。「噛み切り」とは、ヤツマタモクの葉状部・側枝やヤナギモクの側枝のように棒状の細長い藻体の部分を先端から刈り取っていく採食方法である。「かじり」とは、コンブ目褐藻のような肉厚の海藻類をじわじわと削り取っていく方法である。「歯がみ」とは、幅が広く比較的堅いものを口でくわえて連続的に歯で噛むようにして採食する方法である。「口あて」とは、基盤上の微小藻類をはみ取る採食方法である。一般的には、噛み切りで藻体を採食するが、比較的堅い部分や口でかみ切れない部分なども、歯がみという方法で大型海藻に損傷を与えていることがわかる。また、幼魚によるヤツマタモクとジョロモクの採餌を観察した事例では、藻体が無節サンゴモやコケムシのような固着性動物で覆われ疲弊したように見える藻体を一定の間隔を置いて繰り返し採餌する場面がよく観察された (表 8)。先に示したジョロモクの採食部位で、主枝や葉状部が採食されていたが、これは、上述した疲弊した藻体で観察された。

以上のように、本種はコンブ目海藻やヒバマタ目海藻などの大型海藻を幅広く常食していると考えられ

る。海藻の被食された部位は、成長点のような海藻の生存に直接関わる部位を採食する場合もあるが、ヤツタモクのように主枝に損傷を与えることによって藻体の成長を抑制する潜在的な能力ももつと考えられる。潜水観察は主に全長 15cm 以下の幼魚について行ったが、全長 30cm になる成魚ではその採食圧は倍加するであろう。いずれにしてもアイゴの採餌活動は、大型海藻の成長や生存に関して見過ごすことのできない影響力をもつことが示唆される。

## アイゴによる大型褐藻類の採食痕と藻体の消失過程

### 1) アイゴによる大型褐藻類の採食と藻体の消失過程

本種は顎を小刻みに動かしながら口を連続的に開閉する一続きの採食を数秒間の間隔を置きながら繰り返すことによって、藻体を少しずつ噛み取っていった。一続きの採食は平均 1.7 秒続き、その間に平均 6.1 回の速度で口の開閉が行われた。このような採食パターンを基本にしながらも、海藻の種類および藻体の部位によって採食の仕方が微妙に変化した。

アラメでは幅広く薄い葉状部はわずかに口をずらしながら一続きの採食の間に複数箇所を採食し、葉の先端部よりも中央部を横断するように噛み取っていくことが多かった。対照的に硬く肉厚の茎状部は 1 箇所集中して繰り返し採食することが多かった。本種の採餌行動の特徴として、噛み跡の残る部分から再び採食する傾向があり、特に茎状部を採食する場合は顕著であった (表 9)。投与されたアラメの藻体は、葉状部から採食されていき、しばらくすると茎状部に接続する付け根の部分を残して葉状部は全て消失し、さらに放置すると茎状部もアイゴの採食によって徐々に短くなり、仮根部だけが残った (図 1)。しかし、葉状部がまだ十分にあるにもかかわらず直接茎状部が採食される場合も観察された。いずれも水槽の底面に落ちた藻体はほとんど採食しなかった。

ヤツタモクやトゲモクの場合には、葉状部や側枝が主枝と接続する付け根部分に口を付けるようにして採食した。その結果、頂端の生長点付近の葉状部、側枝、気胞は残したまま、主枝の他の部分はほとんど裸にされた状態となった (図 2)。特にヤツタモクでは扁平して平板な主枝が直接横かじりされることが多く、主枝が途中から切断され失われることもあった (図 2)。ジョロモクとイソモクの場合には葉状部ごと主枝の先端を口に含んで刈り取るようにして採食した。その結果、頂端の生長点はすぐに消失し、藻体はバリカンで刈り取られたように短くなった (図 3)。

このようなアイゴの採餌行動の特徴は藻体の脱落を招きやすいと予想された。実際、投与された一株の海藻はアイゴに採食され続け仮根部だけを残す場合が多かったが、消失した藻体重量の 16~94% は採食されずに脱落した量であった (表 10)。

### 2) 藻食性動物の採食痕

ムラサキウニは葉の平面の中央で採食した場合には葉の組織が星形にえぐられ、星形に組織が切り抜かれた採食痕が残った。しかし噛み跡が連続する場合にはこの星形の形状はくずれて不明瞭になる傾向があった。葉の縁辺部から採食した場合には葉の輪郭は粗い鋸歯状を示し、鋸歯の凹部の角度は比較的一定になる傾向があった。このような採食痕の形状の特徴はウニ類の口部が 5 枚の歯板から構成されることと対応関係にあると考えられた。

歯舌を使って採食するサザエ、アワビ、ヒメクボガイの 3 種は、採食痕の大きさの相違はあっても、基本的に同様な形状の特徴を備えていた。葉の中央部を採食した場合には、採食の初期の段階には爪でひっかいた跡のような複数の平行する線状痕がよく認められた。これが採食が進むにつれ、藻体の組織の表面が徐々に削り取られ、髄層が剥き出しになり厚みを失って薄くなった採食の跡が円形状に広がった。さらに採食させると、藻体に円形状に穴が開いた状態となった。葉の縁辺部から採食された場合には、ムラサキウニでみられたような鋸歯状の跡が残ったが、ムラサキウニの場合に比べて細かく不規則でささくられたような形状であった。なお、コシダカガンガラ類、クボガイ類、パテイラ類などの小型の腹足類はア

ラメの葉上で採食する場が野外でもよく観察された。

アイゴの採食痕はその肉眼的な外観からして無脊椎動物のものとは大きく異なっていた。アラメの葉状部には、アイゴによって噛み取られた跡が三日月形か楕円弧形に残っており、その部分だけ藻体が弧状に欠損した状態となっていた。この欠損部はアイゴの顎骨の輪郭を反映していると考えられたが、噛み込みの深浅によってその直径（弧の両端幅）は変化した。さらに弧状の欠損部の切断面には微細な波状の紋様が認められ、この波状紋の微細構造をより詳細に分析した。上顎骨で噛み取られた藻体の表面には緩やかな巻き波が連続したような紋様がみられ、反対側の下顎骨で噛み取られた藻体表面には半円形の波状の紋様が認められた（図4）。これらの微細な紋様はアイゴの上下顎骨にある門歯状歯の跡と考えられた。実際、上顎の門歯状歯と下顎の門歯状歯とはその形態に相違がみられ（図5）、門歯状歯の微細な形状や幅の長さなどの特徴は採食痕にみられる波状紋の特徴とほぼ一致した（表11）。一方、アラメ藻体の葉状部がアイゴの採食によって消失し、仮根部上に茎だけを残す状態になったときには、茎状部の先端を顎骨で削り取るようにした採食した。そのため、茎状部の先端は全体的に鉛筆を削ったような形を示し、その表面には門歯状歯の跡と考えられる細かな線条痕が多数認められた（図6）。また、肉厚で硬い茎状部は繰り返し噛みつく必要があるために、上下顎歯の跡である波状紋が茎状部表面に残されている場合が多かった。

#### 食害防除手法の開発を目的としたアイゴの群れの維持形成に関する室内実験

実験水槽内では、20尾のアイゴ幼魚は、ほぼまとまった一つの群れとして水槽内を遊泳しながら、海藻を採食するために衝立状構造物内への出入りを繰り返した。しかし、群れ全体が衝立内へ侵入するばかりではなく、数個体、あるいは1個体が衝立内へ侵入し、海藻をしばらく採食した後、衝立の外を遊泳する群れに再び合流する様子もよく観察された。

白色の衝立内（処理区）と透明の衝立内（対照区）に侵入したアイゴ幼魚の延べ個体数は、1区画から5区画へと衝立間の間隔が狭くなるにつれて著しい対照を示した。衝立間の間隔の広い1・2区画では、対照区と処理区で侵入する延べ個体数に有意な差は認められなかった。しかし、3～5区画と衝立間の間隔が狭くなるにつれて、処理区では出入りする個体の延べ数が著しく減少する一方で、対照区では1区画のときと同様に頻繁なアイゴの出入りが続いた（図8）。衝立内へ侵入したアイゴのなかで実際に海藻を採食した個体の延べ数を比較しても同様な傾向が認められた（図9）。延べ個体数ではなく、衝立内に侵入したその時点のアイゴ幼魚の群れの大きさや採餌個体数も、区画数の増加に伴い減少している（図10、図11）。また、処理区における衝立内でのアイゴの滞留時間も、区画数の増加とともに減少した（図12）。

このような衝立間の間隔が狭くなることによる処理区と対照区に対する反応の相違は、以下に示すようなアイゴ幼魚の行動様式の変化を反映していると考えられた。衝立間の間隔が広いときには、アイゴ幼魚は様々な大きさの群れ、ときには単独で衝立内に侵入した。しかし、間隔が狭くなると、処理区では大きな群れでの侵入は徐々に消失し、単独および数個体による衝立内の出入りがわずかに持続するだけとなった（図13）。対照区では、区画数が増加してもアイゴ幼魚の反応にほとんど変化は見られなかった。また、大きな群れで侵入したときには、群れ全体が広がって海藻片を採食し、群れが縮小すると狭い範囲で採餌する傾向があった。

以上の結果から、群れを作るアイゴ幼魚は互いに視認し合うことができないような視界が遮られる状況を好まないと考えられ、できるだけそのような状況を避けようとする傾向があることが示された。

#### 考 察

亜熱帯域に分布の中心をもつアイゴ科魚類は、ともすれば微小藻類や大型海藻類の発芽体・幼体を採食

するとみられがちである。しかし、本調査で明らかにしたように少なくとも大型海藻群落とその周辺部に生息しているアイゴは、成魚だけでなく、全長 15cm 以下の幼魚においてもコンブ目やヒバマタ目の大型褐藻類を幅広く常食しており、大型褐藻類の採食に適応した採餌様式をもっていると考えられる。

アラメ・カジメ類の葉状部が消失して仮根部の上に茎状部だけが棒状に伸びる現象は、“立ち枯れ”という言葉で形容されるように、高水温などの環境の急激な変化による海藻の生理障害の結果であると推測されてきた。このような生理障害の影響だけでなく、藻食性魚類の採食行動によっても同様な状態が生起することが本調査によって確かめられた。特に、茎状部を切断するような魚種はブダイのような強力な顎歯をもつ種ばかりではなく、アイゴにも十分その能力があることが明らかとなった。さらに本種は藻体の脱落をもたらしやすいような採食行動を示し、実際の採食量以上に海藻群落に及ぼす影響は大きいと考えられる。したがって、藻場の衰退および磯焼けに藻食性魚類の採食活動がどのように関わっているかを検討する場合、単なる魚類の採食量との比較だけで判断することは適切でない。おそらく各種の藻食性魚類の個体群密度がなんらかの原因で増加すると、藻食性魚類は大型海藻群落の維持更新を脅かす存在になると推察される。

従来から行われている網などで囲って物理的に魚類の侵入を防ぐ方法は、施設の規模や維持管理面でかなりのコスト高となるとともに、海藻の生育にも好ましくない影響を及ぼし、期待されたような成果は上がっていない。本調査では、魚類の行動特性を利用した食害防除技術の開発を検討するために、アイゴ幼魚を使ってその群れ形成の特徴と維持の仕組みについて実験的手法により分析を行った。その結果、視覚的な刺激は、アイゴ幼魚の群れの維持形成に大きな役割を果たしていることが明らかになった。また、本種の群れが被食の危険を避けるために形成される要素が大きいことも示唆される。藻場の衰退および磯焼けの引き金としてのアイゴの行動に関しては、成魚・未成魚のかなり大きな群れとの関わりがよく指摘される。このような群れによる食害を抑制することが食害防除技術の開発には重要であろう。アイゴの成魚・未成魚ともにダイバーに対して極めて敏感に反応するので、おそらく成魚・未成魚の群れも防衛的な要素で形成されるものと推測され、本実験の結果は食害防除技術の開発に応用できるものと考えられる。このような方法をさらに発展させれば、波浪や濁りなどの海中環境の攪乱要因が小さい場所においてもアイゴの採食活動を抑止する効果のある構造物の開発が可能となろう。今後の課題である。

## 摘 要

1. アイゴ成魚は、コンブ目やヒバマタ目などの大型海藻を幅広く常食しており、海藻の生存に直接関わる生長点のような部位を直接採食するだけでなく、ホンダワラ類の主枝に損傷を与えることによって藻体の生長を抑制する潜在能力も持っていた。
2. 水槽内のアイゴ成魚にアラメを与えてその採餌行動を観察すると、アイゴ成魚はアラメの葉状部だけでなく茎状部も採食した。葉状部は、その中央を横断するようにして口をずらしながら噛み取っていくことが多かったのに対し、茎状部は1カ所に集中して繰り返し嚙りついた。
3. 投与されたアラメは、葉状部および茎状部が採食され仮根部だけが残り、これはアラメ・カジメ類の立ち枯れといわれている現象とよく似ていた。
4. 水槽実験の結果では、アイゴ成魚は藻体の脱落を招きやすい採餌行動を示し、採食量の数倍の量が食べられずに脱落した。
5. アイゴの採食痕は、無脊椎動物の採食痕とはまったく異なる形状を示した。また、アイゴ成魚の顎歯の形態的特徴とよく一致し、種固有の特徴を示した。
6. アイゴ幼魚を対象に群れの維持形成に関する室内実験を行う目的で、間隔を異にする衝立状構造物のなかに餌となる海藻を置き、幼魚の侵入状況を調べた。その結果、群れを作るアイゴ幼魚は互いに視

認めあうことができないような視界が遮られる状況をできるだけ避ける傾向があった。

7. 上述したようなアイゴの群れ形成における視覚的刺激的の重要性を応用すれば、アイゴの採食活動を抑制する効果のある構造物の開発が可能であり、今後の課題である。

#### 引用文献

- 1) 四井敏雄 1999 : 水産学シリーズ 磯焼けの機構と藻場修復、恒星社厚生閣、東京、111-120.
- 2) 新村 巖 1989 : 藻場造成試験の経過要旨、西海区ブロック藻類介類研究会報、6、55-61.
- 3) 坂本龍一・松本正勝 1995 : 都濃・川南地先のクロメ群落衰退原因調査、宮崎水試試験報告、144、1-72.
- 4) 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ム類の葉状部欠損現象、水産増殖、47、319-323.
- 5) 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.
- 6) 新井章吾 2000 : 南日本における藻食魚による藻場崩壊の機構について (藻類学会ミニシンポジウム)、日本藻類学会第24回大会講演要旨集、76.
- 7) 野田幹雄 2000 : アイゴによる大型褐藻類の採食生態 (藻類学会ミニシンポジウム)、日本藻類学会第24回大会講演要旨集、77-78.
- 8) 四井敏雄 2000 : 長崎県沿岸で見られた魚類の食害が疑われるアラム等の減少例 (藻類学会ミニシンポジウム)、日本藻類学会第24回大会講演要旨集、78-79.
- 9) 新村 巖 1983 : 南日本における藻場造成技術と問題点、水産の研究、2、67-71.

表1. アイゴの消化管内容物（試料数57尾、うち35尾は消化管内容物なし）

消化管内容物		湿重量 (%)		出現頻度 (%)	
和名	学名	内臓	内臓	内臓	内臓
大型褐藻類		87.6		81.8	
クロメ・アラメ	<i>Ecklonia kurome</i> · <i>Eisenia bicyclis</i>	47.9		40.9	
ヤツマタモク・マメタワラ	<i>Sargassum patens</i> · <i>Sargassum piluliferum</i>	20.5		45.5	
ヤナギモク	<i>Sargassum coreanum</i>	13.2		59.1	
イソモク	<i>Sargassum hemiphyllum</i>	2.0		18.2	
ノコギリモク	<i>Sargassum macrocarpum</i>	1.2		9.1	
ジョロモク	<i>Myagropsis myagroides</i>	0.4		4.5	
トゲモク	<i>Sargassum micracanthum</i>	+		4.5	
ヨレモク	<i>Sargassum siliquastrum</i>	0.1		9.1	
ホンダワラ科spp.	<i>Sargassaceae</i> spp.	2.3		22.7	
その他の褐藻類		3.7		59.1	
カシラザキ	<i>Halopteris filicina</i>	0.9		18.2	
ヤハズグサ	<i>Dictyopteria latiuscula</i>	+		4.5	
アミジグサ属sp.	<i>Dictyota</i> sp.	1.2		31.8	
フクリンアミジ	<i>Dilophus okamuræ</i>	1.5		22.7	
フタエオオギ	<i>Distromium decumbens</i>	0.1		9.1	
紅藻類		1.9		36.4	
サンゴモ科spp.	<i>Corallinaceae</i> spp.	0.3		9.1	
ウスカワカニノテ	<i>Amphiroa zonata</i>	0.1		9.1	
ビリヒバ	<i>Corallina pilulifera</i>	+		4.5	
ヒメモサズキ	<i>Jania arborescens</i>	1.2		18.2	
サキビロモサズキ	<i>Jania unguata</i>	0.0		4.5	
マクサ	<i>Gelidium elegans</i>	+		9.1	
オバクサ	<i>Pterocladia capillacea</i>	+		9.1	
ホソユカリ	<i>Plocamium cartilagineum</i>	0.1		9.1	
ヒメヒシブクロ	<i>Gloiocladia lyoensis</i>	+		4.5	
ホソダルス	<i>Rhodomenia liniformis</i>	+		4.5	
サエダ	<i>Herpochondria elegans</i>	+		4.5	
シマダジア	<i>Heterosiphonia pulchra</i>	+		4.5	
ソゾ属sp.	<i>Laurencia</i> sp.	0.1		4.5	
緑藻類		1.5		13.6	
シオグサ属spp.	<i>Cladophora</i> spp.	+		4.5	
ミル	<i>Codium fragile</i>	1.5		9.1	
珪藻類		3.5			
珪藻綱spp.	<i>Bacillariophyceae</i> spp.	3.5		40.9	
小型動物		1.8		50.0	
不明内容物		0.1		13.6	

表2. アイゴの消化管中から出現したコンブ目大型褐藻類の部位

	アラメ (クロメ含む)		
	重量%	(生物被覆%)	出現頻度%
葉状部	100.0	22.3	40.9
茎状部			
付着器			

表3. アイゴの消化管中から出現したヒバマタ目大型褐藻類の部位

	ヤツマタモク (マメタワラ含む)			ヤナギモク			イソモク		
	重量%	(生物被覆%)	出現頻度%	重量%	(生物被覆%)	出現頻度%	重量%	(生物被覆%)	出現頻度%
葉状部	75.6	[17.8]	40.9	13.7		31.8	70.8	[9.1]	13.6
側枝				14.1	[5.2]	50.0			
生殖器床				40.4	[7.6]	40.9			
気胞				31.8		4.5			
主枝	24.4	[6.7]	22.7				29.2	[2.0]	18.2
茎状部									
付着器									

表4. アイゴ幼魚（全長5～15cm）の採餌場所と摂食された大型褐藻類の観察頻度

項目	採餌場所	大型褐藻類	
	観察頻度%	目別内訳 観察頻度%	種別内訳 観察頻度%
基盤上	11.1		
大型褐藻類	88.9		
コンブ目		27.8	
アラメ			27.8
ヒバマタ目		61.1	
ジョロモク			18.1
ヤナギモク			13.9
ヤツマタモク			9.7
イソモク			6.9
ヨレモク			5.6
ノコギリモク			4.2
トゲモク			2.8

表5. アイゴ幼魚（全長5～15）によるコンブ目大型褐藻類の摂食部位

	アラメ		
	観察頻度%	正常部%	組織露出の食い痕部分%
葉状部	60	15	45
成長点付近	35	25	10
茎状部	5	0	5
付着器			

表6. アイゴ幼魚（全長5～15）によるヒバマタ目大型褐藻類の摂食部位

	ヤツマタモク	ジョロモク	イソモク	ヤナギモク
	観察頻度%	観察頻度%	観察頻度%	観察頻度%
葉状部	57.1*	30.8*	80.0*	10.0
側枝				30.0
生殖器床				60.0
気胞				
主枝	42.9	38.5	20.0	
茎状部		30.8		
付着器				

脚注：\*印の数値は葉状部と側枝をまとめた値

表7. アイゴ幼魚の摂食方法と大型褐藻類の摂食部位

種名	摂食部位	摂食方法			
		噛み切り	かじり	歯がみ	口あて
アラメ	葉状部		+		
	成長点付近		+		
	茎状部				+
ヤツマタモク	葉状部	+			
	側枝	+			
	主枝				+
ジョロモク	葉状部	+			
	側枝	+			
	主枝	+			
	茎状部				+
ヤナギモク	葉状部		+		
	側枝	+			
	生殖器床	+			
イソモク	葉状部	+			
	側枝	+			
	主枝	+			
基盤上				+	+

表8. アイゴ幼魚が摂餌した大型褐藻類の藻体の状態

海藻の種類	藻体の状態	観察頻度 (%)
ヤツタモク	健全	30.0
	サンゴモ・固着動物被覆	70.0
ジョロモク	健全	40.7
	サンゴモ・固着動物被覆	59.3
アラメ	健全	70.0
	疲弊状態	30.0

表9 アイゴによるアラメの採食にみられる採餌欠損部の繰り返し採餌

経過時間	藻体の部位	アイゴの採餌部位		総採餌頻度 (回)
		健全部 (%)	採餌による欠損部 (%)	
海藻投入直後 (5分間記録)	葉状部	57	43	23
	茎状部	-	-	0
投入30分後	葉状部	50	50	20
	茎状部	-	-	0
投入150分後	葉状部	40	60	20
	茎状部	3	97	31

表10 アイゴの採餌に伴って水槽底面に脱落した藻体量の比率

採食させた海藻の種類	採食量 (%)	脱落量 (%)	藻体の湿重量 (g)		
			消失重量 A-B	投与時 A	採食後 B
アラメ	44	56	312	340	28
	19	81	799	843	44
ヤツタモク	6	94	94	135	41
トゲモク	66	34	49	123	74
ジョロモク	84	16	61	106	45
イソモク	25	75	20	30	10

表11 アイゴの採食痕の微細構造と顎歯の形状との対応関係

藻体の部位	藻体に残る採食痕の微細構造		対応関係の表示 (↔)	採食痕と対応関係にある顎歯と微細形状	
	波状紋の形状	計測した長さ (mm) (平均±標準偏差)		顎歯とその微細形状の区分	計測した長さ (mm) (平均±標準偏差)
葉状部	巻き波状			上顎歯	
	波の背 (長辺部)	0.49±0.09	↔	主尖頭歯の幅	0.44±0.04
	波の腹 (短辺部)	0.14±0.05	↔	副尖頭歯の幅	0.14±0.02
	円弧状			下顎歯	
	弧の両端幅	0.48±0.10	↔	主・副尖頭歯幅の計	0.52±0.06
茎状部	線条痕			下顎歯	
	線条の溝の幅	0.35±0.06	↔	主尖頭歯の幅	0.38±0.04

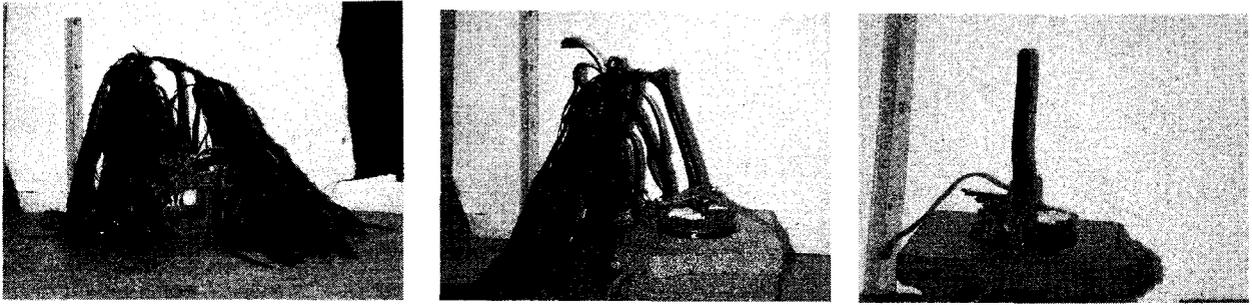


図1 アイゴの採食によってアラメの藻体が消失する過程  
左：実験開始前、中央：6時間経過、右：12時間経過

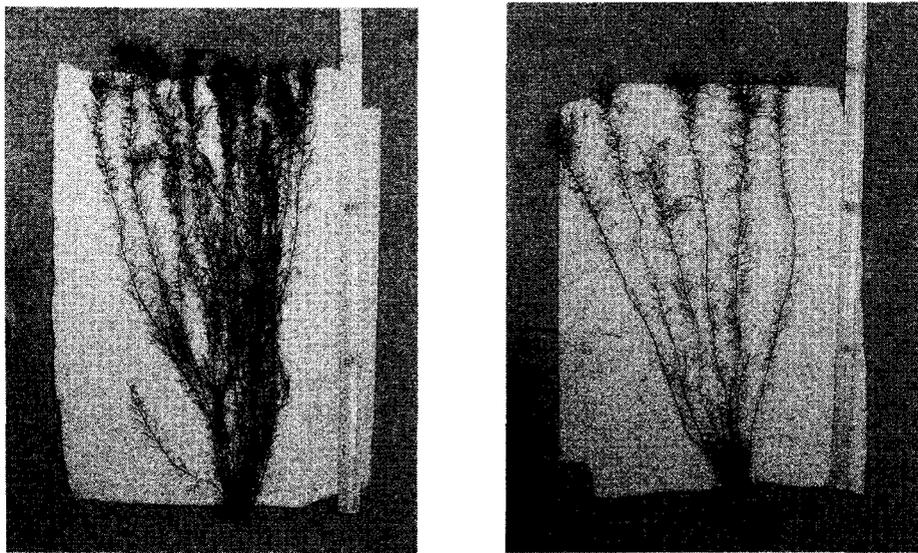


図2 アイゴの採食によってヤツタモクの藻体が消失する過程  
左：実験開始前、右：9時間経過

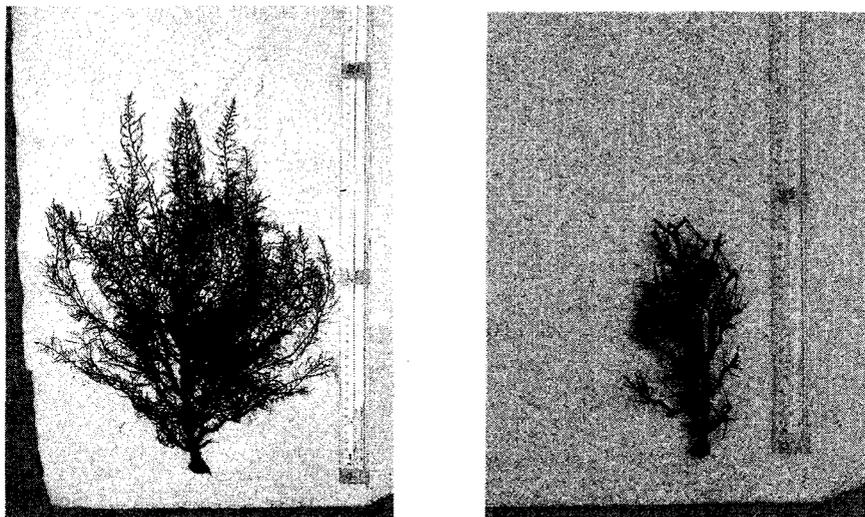


図3 アイゴの採食によってジョロモクの藻体が消失する過程  
左：実験開始前、右：3時間経過

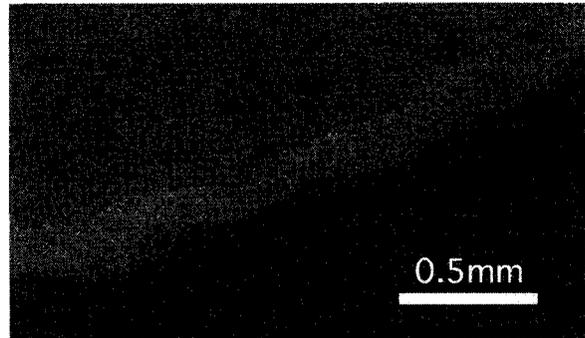
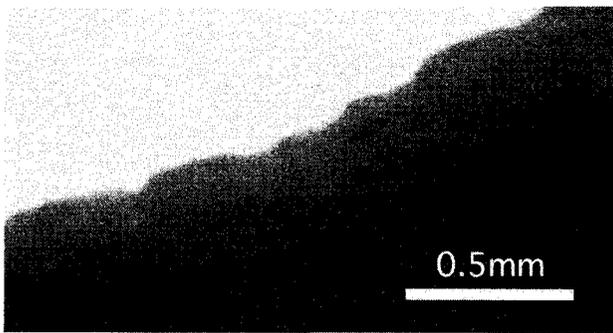


図4 アラメの葉状部にみられるアイゴの上顎歯（左）と下顎歯（右）の採食痕  
上顎歯の食痕は巻き波状、下顎歯の食痕は円弧状で、門歯状歯の形状の相違を反映

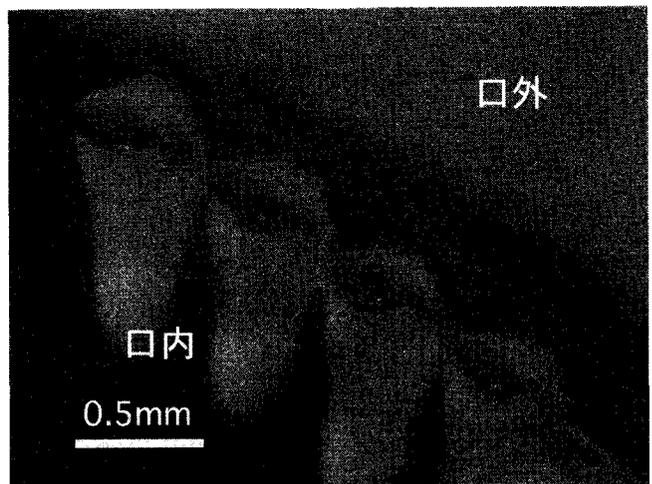
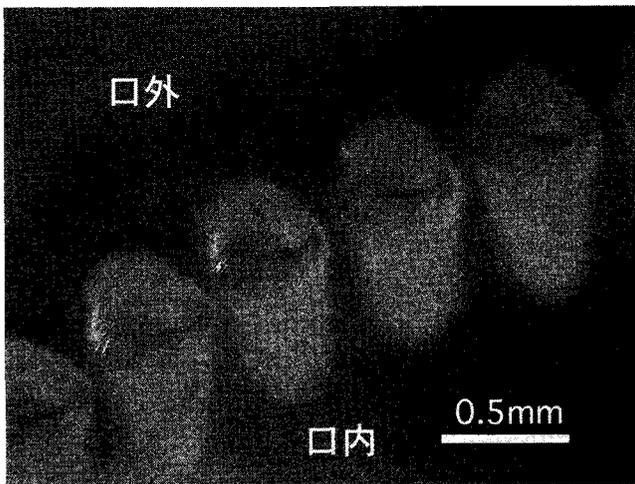


図5 アイゴの上顎（左）と下顎（右）の門歯状歯の形状の相違  
上顎の門歯状歯の先端はへの字状、下顎の門歯状歯の先端は円弧状

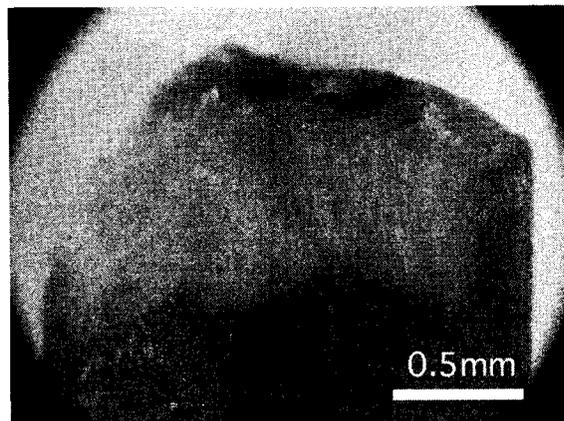
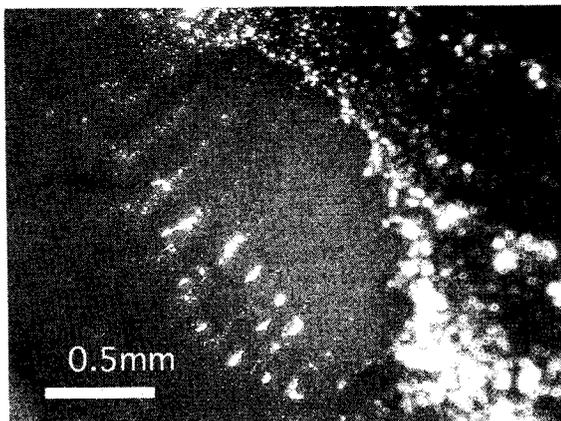


図6 アラメの茎状部にみられるアイゴの採食痕  
左図は茎の途中を、右図は先端部を採食した跡  
門歯状歯の跡とみられる線条痕が無数に残っている

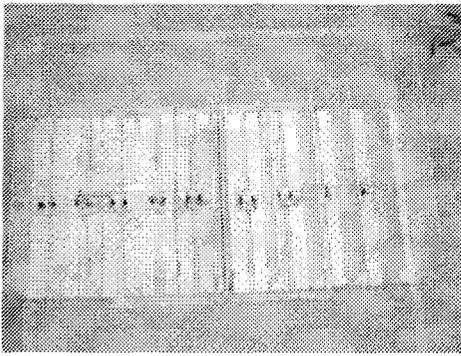


図7 5区画で設定された実験装置（左は対照区、右は処理区）

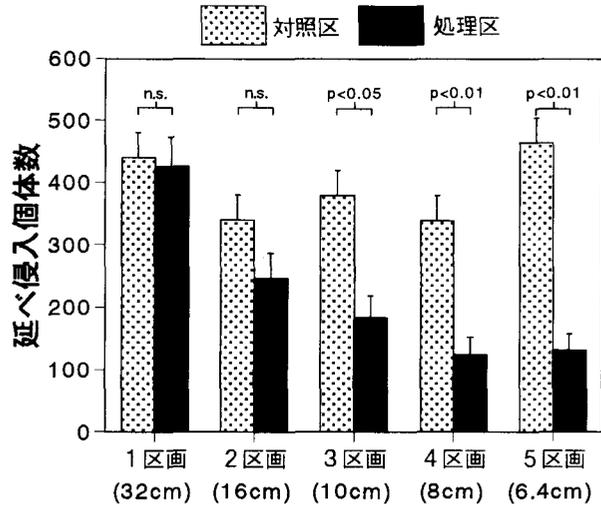


図8 対照区と処理区に侵入したアイゴ幼魚の延べ個体数の比較

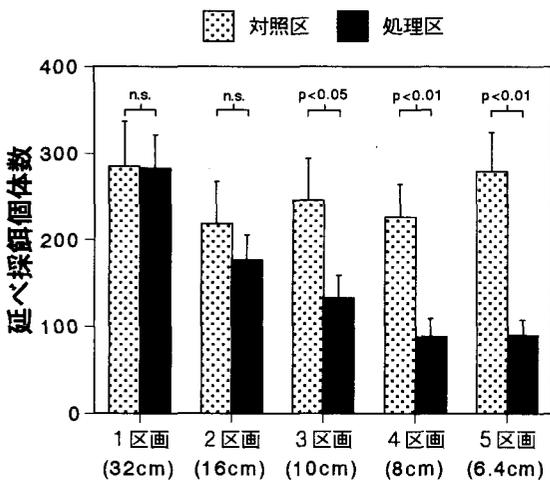


図9 対照区と処理区で採餌したアイゴ幼魚の延べ個体数の比較

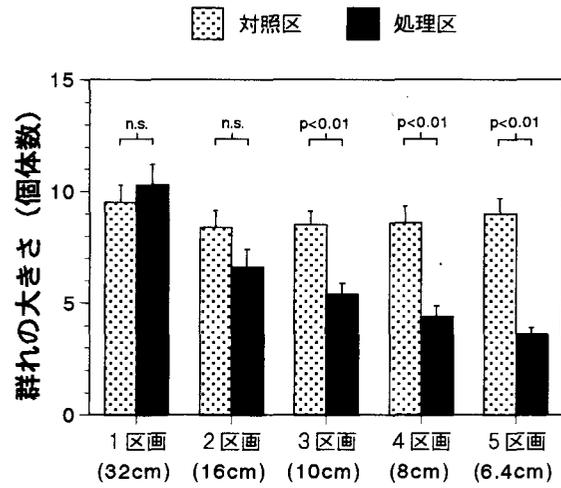


図10 対照区と処理区内へ侵入した群れの大きさの比較

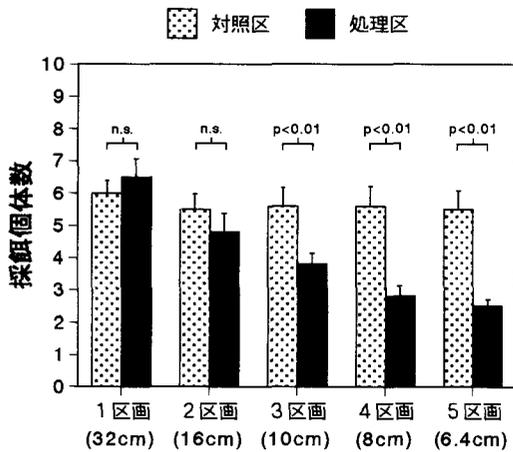


図11 対照区と処理区内に侵入したアイゴ幼魚の中で採餌した個体数の比較

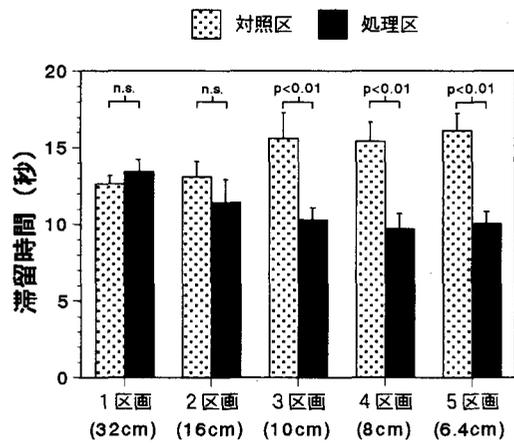


図12 対照区と処理区内に侵入したアイゴ幼魚の滞留時間の比較

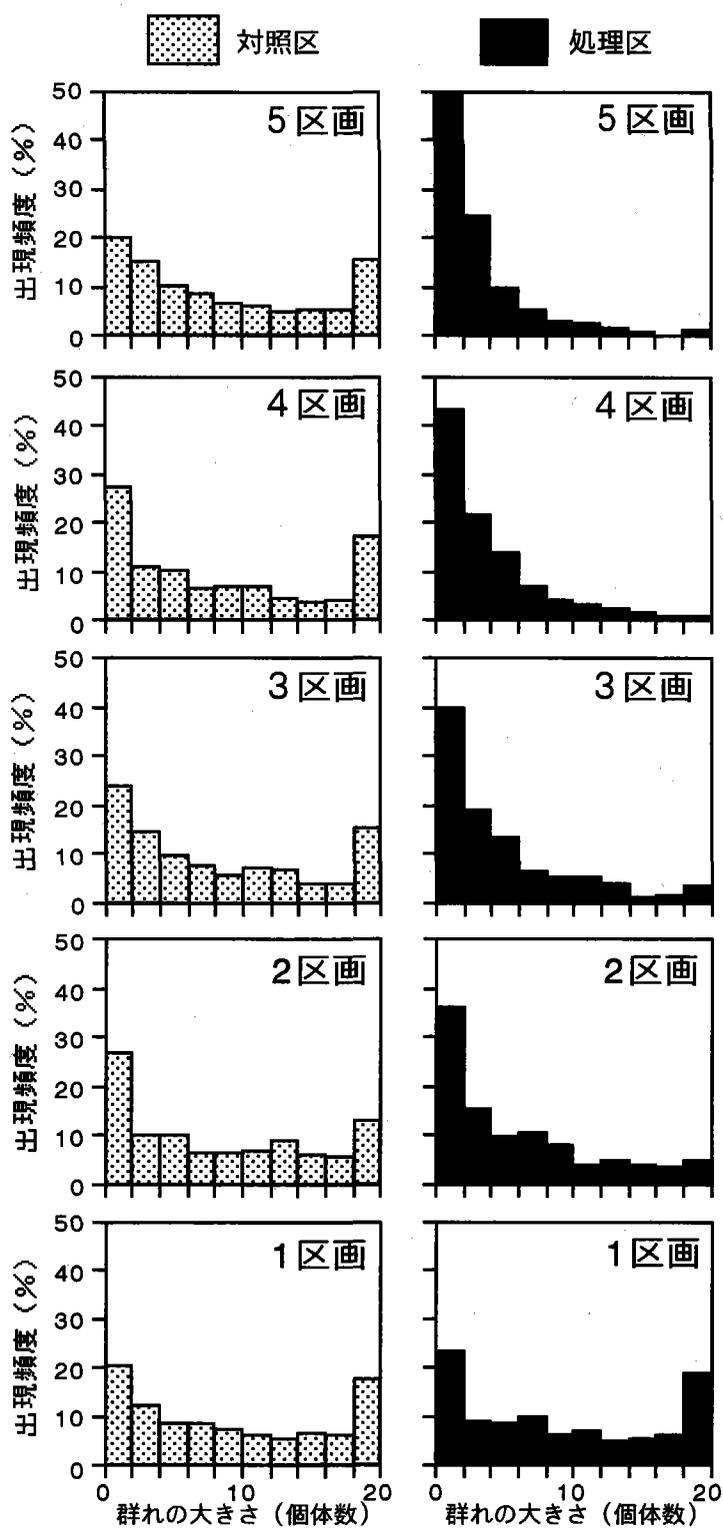


図13 对照区と処理区内に侵入したアイゴ幼魚の群れの大きさと出現頻度の比較