

飼育下におけるノトイスズミの日間採餌量の見積と採餌日周性の検討

野田幹雄^{1†}, 川野正弘², 岡本訓明³, 村瀬昇¹

Estimation of daily feeding rate and diel feeding rhythm of herbivorous fish *Kyphosus bigibbus* in captivity

Mikio Noda^{1†}, Masahiro Kawano², Kuniaki Okamoto³ and Noboru Murase¹

Abstract : Daily feeding rate in relation to temperature and diel feeding rhythm of the grey sea chub *Kyphosus bigibbus* were examined for *Eisenia bicyclis* and *Sargassum patens* forming seaweed beds under tank-rearing condition. Daily feeding rate of *K. bigibbus* ranged from 0.7 to 1.3% for *E. bicyclis* and from 3.4 to 4.6% for *S. patens* (in the temperature range from 20 to 30 °C) and the fish showed almost no feeding at 12 °C. *K. bigibbus* constantly fed on algae at night as well as in the daytime and in particular showed the most intensive feeding activity before sunset and after sunrise.

Key words : Herbivorous fish, Daily feeding rate, Diel feeding, *Kyphosus*, Nocturnal browsing

緒言

近年、アイゴやイスズミ類などの植食性魚類の採餌行動によって藻場が衰退・消失する現象が水産上大きな問題となっている¹⁻⁶⁾。有効な食害対策を講じるためには、これらの魚類の採餌生態に関する知見を蓄積することが不可欠である。しかし、アイゴの採餌生態に関しては、徐々に知見が集まりつつあるが⁷⁻¹¹⁾、イスズミ類の採餌生態に関する知見は極めて断片的である。

最近、長崎県の島嶼部においてノトイスズミ成魚（全長約30～60 cm、多くの個体は全長50 cmを超える）が1～4月にかけて漁港等の防波堤に沈設された消波ブロックの周囲に数百～千尾を超える大群で蟄集していることが明らかとなり^{12, 13)}、これを刺網で駆除する取り組みが試験的に行われている^{13, 14)}。実際にノトイスズミを除去することによってどの程度藻場が魚類の食害から保護されるのか

を定量的に評価することは、漁業者による自主的なノトイスズミの駆除を普及啓蒙するうえで重要である。そのため基礎的知見として、ノトイスズミの採餌量等を把握する必要がある。

ノトイスズミの野外における行動については、長崎県の野母崎においてバイオテレメトリーによる調査が行われており、小規模な日周性の移動を行うことが明らかにされた¹⁵⁾。しかし、最近、長崎県杵岐で消波堤に蟄集したノトイスズミの行動をバイオテレメトリーにより調査した結果では、夕刻から夜間にかけて防波堤を離れて約1～2 kmにわたる距離を移動し、翌朝再び防波堤に戻るという日周移動を行っていることが明らかにされた^{16, 17)}。そして、夜間の移動中にも大型海藻を採餌していることが示唆された^{16, 17)}。しかし、これまで大型海藻を食べる植食性魚類が夜間にも採餌をするという報告はなく、更なる検討を必要とする。

本研究は、藻場の衰退を引き起こす能力を持つノトイス

¹ 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

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

³ 水産大学校研究科 (Graduate student, National Fisheries University)

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

ズミについて大型褐藻類の日間採餌量と採餌行動の日周性を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

実験に使用したノトイズズミは、2013年4月22日に長崎県の壱岐島で刺網により捕獲され、小割生け簀に活かされていた個体を同年4月25日に漁船で水産大学校前の突堤まで輸送し、研究室の室内水槽で飼育していた個体である。飼育中は鯉用配合飼料（マルハ、鯉浮き餌M）を10:00と16:00に与えて育成した。平均体長 468 ± 27 mm（平均値 \pm SD）、平均体重 $2,403 \pm 363$ g（平均値 \pm SD）の6個体を実験に用いた。

実験に用いた大型褐藻類は、山口県下関市沖合の蓋井島で採集したアラメ *Eisenia bicyclis*（カジメ科）とヤツマタモク *Sargassum patens*（ホンダワラ科）を対象とした。いずれの種も蓋井島ではカジメ科及びホンダワラ科の中では優占種であり、入手しやすい。水産上においても、アラメはアワビやサザエなどの重要な餌料であり、ヤツマタモクはモヅクが着生する代表的な大型海藻である。以上のような理由から、上述の2種の海藻で実験を行った。また、2013年9月に海水高水温による近海の天然アラメ群落が大規模に消失し、これ以降アラメの入手が困難になったため、後述する採餌行動の日周性を調べた実験ではアラメと同じカジメ科のクロメ *Ecklonia kurome* を使用した。これらの海藻類は採集して直ちに屋外水槽に直立するように固定し、ブローで強く曝気しながら養成した。水槽内で養成した期間中も生長点の保持や、主枝・葉状部の伸長が認められ、藻体は健全な状態で維持できた。

実験に使用した水槽は水温調整機能を備えた二つの角型FRP製水槽（容積1700ℓと1800ℓ）で、それぞれノトイズズミを3個体収容した。これらの水槽は、透明なアクリルあるいはガラス張りの面を一面備えており、ここから魚の様子を観察することができる。

日間採餌量を求める実験では、上述した海藻を16:00に投与し、翌日の16:00に回収し、1日あたりの採餌量を求めた。ノトイズズミは夜間採餌する可能性があったため、後述する日周性を調べる実験の予備調査を兼ねて、海藻を投与した翌日の10:00に藻体を一旦回収して藻体の湿重量を測定した。これにより16:00～翌日の10:00（夜間を含む時間帯）と10:00～16:00（日中の時間帯）で夜間か昼間かによって採餌量に変化があるかどうかの検討ができた。海藻は1kgの重りを付けた基盤に株単位で付着器を

固定し、できるだけ海藻が直立するようにした。高水温と低水温での日間採餌量の変化と採餌限界水温を把握できるようにするため、実験は水温を18, 20, 25, 30℃の4段階に変えて行った。ヤツマタモクの場合は低温でもよく採餌したため、さらに温度を下げ、12, 14, 16℃でも実験を行った。時季による影響の違いの可能性も考慮して、25, 30℃の高水温の実験は、2013年7～8月に行い、18, 20℃の低水温の実験は同年12月～2014年1月にかけて行った。ヤツマタモクを対象にした12, 14, 16℃の実験は、2014年12月～2015年1月にかけて行った。ノトイズズミの採餌行動によって藻体が消失した量を欠損量、体内へ摂取した量を採餌量、採餌行動により水槽の底面に落ちた藻体量を脱落量としてそれぞれ測定した。また、日間欠損量と日間採餌量は、データ利用の便を考慮して、魚体重のパーセントで示した。

採餌行動の日周性を調べる実験では、一日を日没前後1時間、夜間、日の出前後1時間、昼間（11:00～13:00）に4区分し、各区分に2時間の観察時間帯を設け、水槽の中央に設置した大型褐藻類に対するノトイズズミの採餌行動を観察記録することによって採餌行動の日周性について検討を行った。日没と日の出前後1時間の撮影時刻は、日々の日没と日の出の時刻に合わせて調整した。クロメを対象にした実験は2013年11月1～2日に行い、夜間の時間帯は21:00～23:00に設定した。ヤツマタモクを対象にした実験については2014年11月6～7日と12月9～10日に同一のノトイズズミを対象に2回実験を繰り返した。11月6日の夜間の時間帯は23:00～翌日1:00に、12月9日は23:00～翌日1:00の時間帯に加えて、さらに21:00～23:00, 1:00～3:00の時間帯を追加し、夜間の採餌の状況をより細かく観察した。昼間の撮影には家庭用ビデオカメラ（パナソニックHDC-TM650）を使用したが、日没と日の出時及び夜間の採餌状況の観察には、赤外線センサー機能のついた家庭用ビデオカメラ（ソニーDCR-TRV20）と赤外線投光器（60m型赤外線投光器、ピーク波長850nm、型番ZT-96-4W）を使用した。水槽の中央に設置した海藻に、水槽の透明な窓の外から2台の赤外線投光器によって発せられた赤外線が海藻に照射されると、少なくとも設置した海藻まわりとその海藻に対するノトイズズミの採餌の有無については、夜間でも室内照明を点けずに赤外線センサー機能のついた家庭用ビデオカメラで撮影することができた。ビデオで録画した映像をもとに、採餌回数を計数した。ノトイズズミは、アイゴと同様に、顎を連続的に咀嚼して藻体を噛み取るので、この一続きの行動を1回の採餌とし

た。水温は 25 °C で一定にした。

結果

ノトイズミの日間欠損量・日間採餌量と水温の関係及び夜間採餌の検討

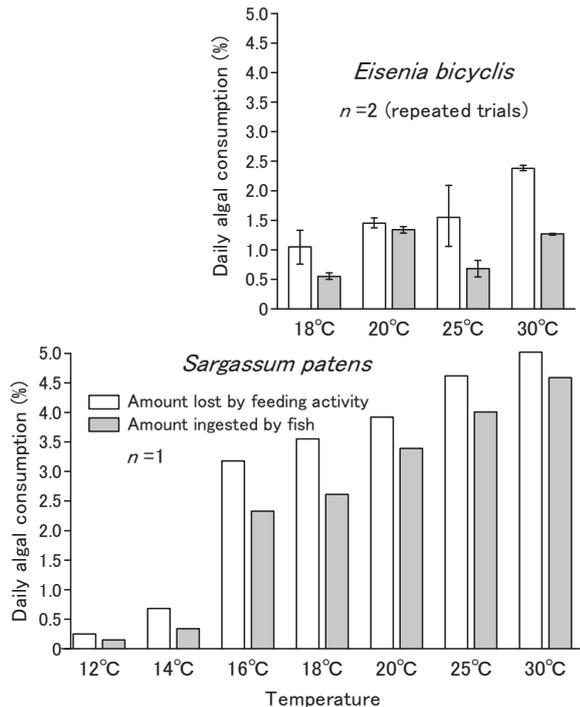


Fig. 1. Daily feeding rate of *Kyphosus bigibbus* in relation to water temperature for two different type macroalgae *Eisenia bicyclis* (top) and *Sargassum patens* (bottom). Amounts of algae consumed by the fish are presented as algal percentages per the weight of fish used in the experiment. Data and error bars indicate means and ranges, respectively.

ノトイズミにアラメあるいはヤツマタモクを採餌させたときの藻体の日間欠損量と日間採餌量を 2 種の海藻ごとに水温別で比較した結果を Fig. 1 に示した。アラメでは、日間欠損量は、30 °C で魚体重の 2.4% の値を示したが、水温の低下とともに、その値は減少し、18 °C では 1.1% となった。日間採餌量は 30 °C で 1.3%、18 °C では 0.6% まで減少したが、全体的に低い値を示すなかでの緩やかな変化であった。一方、ヤツマタモクでは、日間欠損量は、30 °C で約 5.0% の値を示したが、水温の低下とともに、その値は減少し、16 °C では約 3.0% となった。16 °C よりさらに水温が下がると、欠損量は急激に減少し、14 °C では約 0.7%、12 °C では約 0.3% となった。日間採餌量は 30 °C で約 4.5%、16 °C では約 2.4% と、一定の割合で減少したが、14 °C で約 0.3%、12 °C で約 0.1% と、16 °C と 14 °C の間を境にして急

激に採餌量が減少した。アラメの場合と比べて、ヤツマタモクでは欠損量の数値が高いにもかかわらず、脱落量の占める割合は小さかった。海藻の種間で比較すると、日間欠損量と日間採餌量ともに、ヤツマタモクはアラメよりも大幅に高い数値を示し、大型海藻の種によって明らかに日間採餌量に大きな相違があった。また、両種の海藻とも、30 °C の高水温においても、日間採餌量は高い値を維持したが、その反面、低い水温で日間採餌量は急激に減少した。

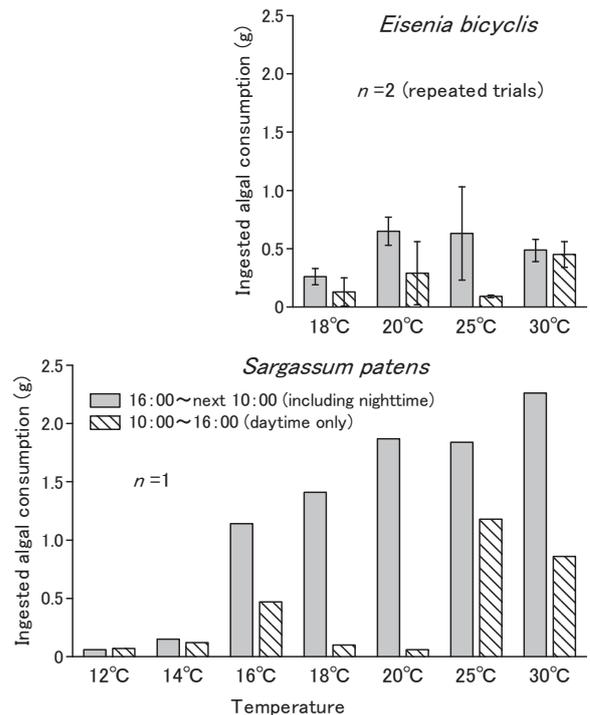


Fig. 2. Amount of algae ingested during two different periods (night and day hours) by *Kyphosus bigibbus*. Data and error bars indicate means and ranges, respectively.

夜間の採餌については、10:00 ~ 16:00 までの日中と 16:00 ~ 翌日 10:00 までの夜間を含む時間帯に分けて魚体重 1 kg・1 時間当たりの採餌量を Fig. 2 に示した。アラメ、ヤツマタモクともに、どの水温においても夜間を含む 16:00 ~ 翌日 10:00 までの時間帯で採餌量の値が高く、昼間の時間帯ではあまり採餌しなかった。特に採餌量の多いヤツマタモクでは、夜間を含む時間帯での採餌が顕著であった。また、アラメもヤツマタモクも 25 °C や 30 °C の高い水温では、昼間も採餌する傾向が認められたが、逆に 18 °C や 20 °C の低い水温では夜間に採餌する傾向が強まること示唆された。

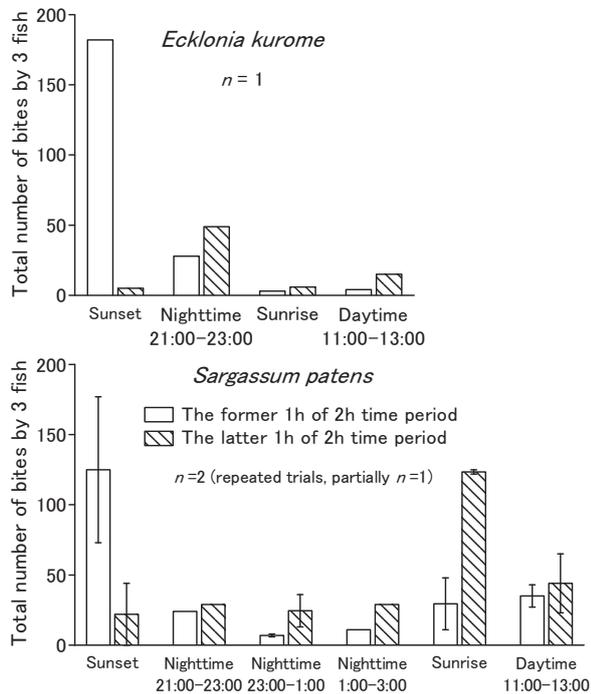


Fig. 3. Comparison of feeding intensity of *Kyphosus bigibbus* between four different diel periods (sunset, nighttime, sunrise, and daytime). Each period is 2 hours, and the sunset or sunrise period indicates 1 hour before and after sunset or sunrise. As bites usually occur in short bouts of feeding, numbers of bites are represented as bout counts. Data and error bars indicate means and ranges, respectively.

ノトイズミの採餌日周期性

ビデオ撮影した映像の解析から、水槽内のノトイズミは夜間にも水槽内を遊泳しており、水槽中央に置いた海藻を採餌する様子を確認することができた。ノトイズミの採餌頻度と時間帯との関係を Fig. 3 に示した。クロメ、ヤツタモクのいずれの海藻を与えた場合でも、昼間だけでなく、日没から日の出までの夜間においても定常的に海藻を採餌していた。その採餌回数値も昼間の採餌回数に匹敵する値を示した。また、日没時と日の出時に採餌回数が増える傾向が認められ、特にヤツタモクではその傾向が顕著であった。ヤツタモクでは、日没時には日没前の1時間における採餌回数が極めて高い値を示し、日没後の採餌回数は減少していた。一方、日の出時には日の出前の1時間よりも日の出後の1時間に採餌回数が急増した。クロメにおいても、日没時の採餌状況は、ヤツタモクと同様な傾向を示した。

考 察

ノトイズミの採餌行動の日周期性

ノトイズミは、夜間においても恒常的に大型褐藻類を採餌する習性と能力をもつことが示された (Fig. 2, 3)。この夜間の採餌行動が飼育環境下における異常な行動であるとは考えにくい。著者らは、ノトイズミで実験したのと同じ水槽でアイゴ成魚を飼育し、夜間の行動を観察しており、アイゴは夜間には遊泳を止め休息状態に入り、ノトイズミとは極めて対照的であった (未発表データ)。水槽実験で、アイゴが夜間には休息状態に入るとは他の報告⁷⁾でも観察されている。また、日周期性の観察は11・12月に行っているが、ノトイズミの産卵期は生殖腺指数と生殖腺の成熟度の組織学的な分析結果から6～10月¹⁸⁾と推定されている。したがって、繁殖行動と関連して夜間の行動が現れたのではなく、やはり採餌を目的とした夜間の行動であると考えられる。

冒頭でも述べたように、壱岐島において1～4月に消波構造物に蝟集したノトイズミは、日中は消波構造物に留まり、夕刻から夜間にかけて移動し、翌朝再び消波構造物に戻るという日周移動を行う^{16, 17)}。夜間の移動経路上のワカメなどの海藻にはノトイズミの噛み跡があり、移動過程で採餌された可能性が指摘されている^{16, 17)}。本研究の結果は、上述したバイオテレメトリー調査の結果を裏付ける形となった。しかし、夜間がノトイズミによる海藻の通常の採餌時間帯と考えるのは適切ではないと考える。その根拠として、ノトイズミは夜間採餌することができる能力をもつにもかかわらず、日中が終わる日没前と日中が始まる日の出後の時間帯に海藻の採餌が集中する傾向を示したからである (Fig. 3)。おそらく昼夜問わず海藻を摂取する何らかの必要性があって、日中だけでなく夜間にも海藻の採餌が延長されている可能性がある。その点で、イズミ類が醗酵室として機能する消化管をもつことは興味深い^{19, 20)}。また、Fig. 2 で示したように夜間採餌は低い水温側で顕著になる傾向があった。ノトイズミが消波構造物に蝟集するのは冬から春にかけての水温の低い時期であり、海藻の夜間採餌は水温の低い時期に特徴的に現れる採餌行動であるのかもしれない。

海産の植食性魚類で夜間も活動する魚類はいくつか知られている²¹⁻²³⁾。しかし、夜間に大型褐藻類を採餌するという報告は見当たらない。この夜間に大型褐藻類を採餌するという行動がノトイズミのみに認められる行動なのか、あるいはイズミ類全体が大なり小なり夜間に採餌する習

性を持つのかどうかは興味のあるところである。このような点を含めて、ノトイズズミが夜間に海藻を採餌する生態的な意味については改めて検討される必要がある。

餌としてクロメを与えた場合よりもヤツマタモクを与えた場合のほうが、日没時と日の出時の採餌回数のピークがより明瞭であった (Fig. 3)。これは、クロメとヤツマタモクに対するノトイズズミの嗜好性の違いが関与しているのかもしれない。両種の海藻における採餌回数の相違を考慮すると、ノトイズズミにとってはクロメよりもヤツマタモクのほうが好ましい海藻である可能性が高い。ノトイズズミの食性を調べた報告でも、カジメ科海藻よりもホンダワラ類を好むことが示唆されている^{24, 25)}。好ましくない海藻では全体的に採餌量が低く、そのために採餌日周性のピークが不明瞭になったのかもしれない。

ノトイズズミの日間採餌量と水温の関係

ノトイズズミの日間採餌量で特徴的な点として、海藻の種類によって採餌する絶対量が大きく異なることである (Fig. 1)。アラメよりもヤツマタモクの採餌量が数倍高い値を示し、ヤツマタモクのほうが好ましい海藻である可能性が高い。このように、単一の花藻のみ与えられた場合でも、海藻に対する嗜好性の相違が日間採餌量に反映されている。

ノトイズズミの日間採餌量は、活発に採餌を行った水温 30℃において、アラメで約 2.5%、ヤツマタモクで約 5% であった (Fig. 1)。以前から藻場の衰退と消失の関係で問題視されているアイゴ成魚の日間採餌量と水温の関係について、(財) 海洋生物環境研究所が自らの調査結果も含めて既往の知見を整理している²⁶⁾。日間採餌率が最大を示した水温は、1 例を除き、いずれも 26～29℃の間にあった。対象となった海藻は、アラメ、カジメ、クロメ、ヒロメ、ジョロモク、ヤツマタモク、マメタワラ、ヨレモク、オオバモク、ウミトラノオと多岐にわたってはいたが、最大日間採餌量は 8～35% であり、本研究のノトイズズミの日間採餌量の値よりもかなり高い値が得られている。しかし、ノトイズズミはアイゴよりもかなり大型になるため (成長式に基づくノトイズズミの最大尾叉長は、雄 494 mm で雌 574 mm²⁷⁾、成長式に基づくアイゴの最大体長は、雄 275 mm で雌 298 mm²⁸⁾、藻体の絶対的な摂取量はアイゴよりも当然多くなる。その分、藻場に対する食圧の影響は大きいと考えられる。

ノトイズズミの水温と採餌量の関係について調べた過去の知見は、カジメ科海藻を対象とした結果であった⁷⁾。本

研究では、カジメ科海藻だけでなく、ホンダワラ類のヤツマタモクについても調べた結果、日間採餌量と水温の関係は海藻の種類によっても違いが認められることは本研究で明らかにした特筆すべき点である。すなわち、ノトイズズミは、アラメをほとんど採餌しなくなった水温でも、ヤツマタモクは比較的良好に採餌し、日間採餌量の比較的高い値を維持した。これは、おそらく海藻に対する嗜好性と関係があると考えられる。

ノトイズズミは 30℃の高水温においても日間採餌量の高い値は維持されており、高水温によって採餌が抑制される効果は明確ではなかった。一方、水温低下による採餌行動の抑制効果は明瞭であり、これはアイゴと同様である^{7, 9)}。両種とも南方系の魚類であり、両種の本邦での分布は南は琉球列島から北は青森県まででは分布域は重なる^{29, 30)}。しかし、採餌行動に対する低水温の影響は、ノトイズズミとアイゴとではやや異なるようである。桐山ら⁷⁾はアイゴの採餌量は水温 19～14℃の 12 月には急激に減少したが、ノトイズズミ (論文ではイズズミと記載) の採餌量は 12 月でも減少割合が小さかったことを報告している。また、山口ら¹⁵⁾は、アイゴとノトイズズミの行動をパイオテレメトリー手法で調査しており、その結果、ノトイズズミは、アイゴに比べて低水温に強く、冬季に入ってもしばらく活発な採餌活動を行うと推定している。本研究においても、ノトイズズミはアイゴの採餌行動がほぼ停止する水温 16℃^{6, 7)}においても比較的高い日間採餌量を維持した (Fig. 1)。これらのことは、ノトイズズミの食害は、水温の低下によりアイゴの食害が終息した後もしばらく続くことを示唆している。

謝 辞

ノトイズズミの入手に当たり、種々便宜を図って頂いた (独) 水産総合研究センターの桑原久美氏、(社) 水産土木建設技術センターの安藤 亘氏、(株) ベントスの南里海児氏、そしてノトイズズミの漁獲と運搬をして頂いた郷ノ浦町漁業協同組合の徳島義久氏に厚く御礼申し上げる。海藻採集で種々便宜を図って頂いた山口県漁業協同組合蓋井島支店の職員と漁業者の方々には、厚く御礼申し上げる。なお、本研究のノトイズズミに関する研究は、水産庁の受託事業である「水産生物の生活史に対応した漁場環境形成推進委託事業のうち各生活史段階に応じた漁場機能を強化する技術の開発・実証」の中で実施された成果である。このような研究の機会と多大な援助を賜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) 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)
- 3) 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)
- 4) 長谷川雅俊：日本最大の磯焼けは魚の影響？ 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久美 (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)
- 5) 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)
- 6) 荒武久道：食われても平気な藻場. 藤田大介, 野田幹雄, 桑原久美 (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)
- 7) 桐山隆哉, 野田幹雄, 藤井明彦：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)
- 8) 野田幹雄, 長谷川千恵, 久野孝章：水槽内のアイゴ *Siganus fuscescens* 成魚によるアラメ *Eisenia bicyclis* の特異な採食行動. 水大校研報, **50**, 151-159 (2002)
- 9) 山内 信, 木村 創, 藤田大介：アイゴ (*Siganus fuscescens*) の摂餌生態と音刺激による摂餌抑制効果について. 水産工学, **43**, 65-68 (2006)
- 10) 野田幹雄, 大原啓史, 浦川賢二, 村瀬 昇, 山元憲一：響灘蓋井島のガラモ場に出現したアイゴ成魚の餌利用－大型褐藻類の採餌との関連－. 日水誌, **77**, 1008-1019 (2011)
- 11) 野田幹雄, 大原啓史, 村瀬 昇, 池田 至, 山元憲一：アイゴによるアラメおよび数種のホンダワラ類の被食過程と群落構造の関係. 日水誌, **80**, 201-213 (2014)
- 12) 吉村 拓, 清本節夫, 門田 立：イスズミ類の行動特性の解明と藻場への影響度の評価. 平成26年度水産生物の生活史に対応した漁場環境形成推進委託事業のうち各生活史段階に応じた漁場機能を強化する技術の開発・実証報告書, 3-1～3-9 (2015)
- 13) 桑原久美, 南里海児：ノトイスズミ・アイゴを効率的に漁獲する手法の開発について. 平成24年度水産生物の生活史に対応した漁場環境形成推進委託事業のうち各生活史段階に応じた漁場機能を強化する技術の開発・実証報告書, 2-1～2-36 (2013)
- 14) 桑原久美：ノトイスズミの大量漁獲技術の開発. 平成25年度水産生物の生活史に対応した漁場環境形成推進委託事業のうち各生活史段階に応じた漁場機能を強化する技術の開発・実証報告書, 1-1～1-16 (2014)
- 15) 山口敦子, 井上慶一, 古満啓介, 桐山隆哉, 吉村 拓, 小井土 隆, 中田英昭：バイオテレメトリー手法によるアイゴとノトイスズミの行動解析. 日水誌, **72**, 1046-1056 (2006)
- 16) 八谷光介, 清本節夫, 吉村 拓, 桑原久美, 山口敦子：植食性魚類ノトイスズミの日周移動. 平成24年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p27, 下関 (2012)
- 17) 吉村 拓, 清本節夫, 八谷光介：イスズミ類の行動特性の解明と藻場への影響度の評価. 平成24年度水産生物の生活史に対応した漁場環境形成推進委託事業のうち各生活史段階に応じた漁場機能を強化する技術の開発・実証報告書, 1-1～1-14 (2013)
- 18) Yamaguchi A, Kume G, Yoshimura Y, Kiriya T, Yoshimura T: Spawning season and size at sexual maturity of *Kyphosus bigibbus* (Kyphosidae) from northwest Kyushu, Japan. *Ichthyol Res*, **58**, 283-287 (2011)
- 19) Rimmer D W, Wiebe W J.: Fermentative microbial digestion in herbivorous fishes. *J Fish Biol*, **31**, 229-236 (1987)
- 20) Horn M H: Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **27**, 167-272 (1989)
- 21) Woodland D J: Revision of the fish family Siganidae with descriptions of two new species and comments on distribution and biology. *Indo-Pacific Fishes*, **19**, 1-136 (1990)
- 22) Robertson A I, Klumpp D W: Feeding habits of the southern Australian garfish *Hyporhamphus melanochir*: a diurnal herbivore and nocturnal carnivore. *Mar Ecol Prog Ser*, **10**, 197-201 (1983)
- 23) Klumpp D W, Nichols P D: Nutrition of the southern sea garfish *Hyporhamphus melanochir*: gut passage rate and daily consumption of two food types and assimilation of seagrass components. *Mar Ecol Prog Ser*, **12**, 207-216 (1983)
- 24) 桐山隆哉, 藤井明彦：藻食性魚類による大型褐藻類に対する食害の実態把握に関する研究 (長崎県). 水産業関係特定研究開発促進事業 藻食性魚類の大型褐藻類に対する食害の実態解明総括報告書 平成13～16年

- 度，静岡県・大分県・長崎県，長 1- 長 30 (2005)
- 25) 山口敦子：4.3 食性と行動生態を調べる．藤田大介，野田幹雄，桑原久美（編），海藻を食べる魚たち—生態から利用まで—．成山堂書店，東京，126-137 (2006)
- 26) (財) 海洋生物環境研究所：平成 23 年度火力・原子力関係環境審査調査（温排水生物群集影響調査）報告書，(財) 海洋生物環境研究所，東京（2012）
- 27) 井上慶一，山口敦子，桐山隆哉，吉村 拓：長崎県野母崎周辺海域におけるノトイスズミの年齢と成長．平成 18 年度日本水産学会大会講演要旨集，p48，高知 (2006)
- 28) 片山知史，秋山清二，長沼美和子，柴田玲奈：千葉県館山湾におけるアイゴ *Siganus fuscescens* の年齢と成長．水産増殖，**57**，417-422 (2009)
- 29) 中坊徹次，土居内 龍：ノトイスズミ．中坊徹次（編），日本産魚類検索 全種の同定 第三版．東海大学出版会，神奈川，1075 (2013)
- 30) 島田和彦：アイゴ．中坊徹次（編），日本産魚類検索 全種の同定 第三版．東海大学出版会，神奈川，1614 (2013)