

博士学位論文

魚類によるクラゲ摂餌の生理生態学的研究
The ecophysiology of fish feeding on jellyfish

京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻

フィールド科学教育研究センター

舞鶴水産実験所

里海生態保全学分野

多賀（宮島） 悠子

Yuko Miyajima Taga

2014

要約

近年、クラゲ類の大量発生が汎世界的に報告されており、海洋生態系が魚類中心からクラゲ類中心の食物網へシフトすることが懸念されている。しかしながら、クラゲ類は魚類に捕食されることから、必ずしも食物網の最上位にあるわけではなく、実際にはクラゲ類と魚類とが複雑に関係した食物網を形成していると考えられる。魚類のクラゲ摂餌に関する生態学的・栄養学的な研究はこれまでほとんどなされておらず、その実態は不明な点が多い。そこで本研究では、カワハギ科魚類を中心とした魚類のクラゲ類に対する摂餌行動を、飼育実験と生態調査から評価した。

(1) クラゲ類の給餌が魚類の生残と成長、体成分、および行動に与える影響について検討した。まず、餌料の栄養分析を行ったところ、ミズクラゲ *Aurelia* sp. やエチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* は配合飼料やオキアミに比べて脂質総量が少なかったが、両種のクラゲは共に n-3、n-6 系高度不飽和脂肪酸 (HUFA)、特にアラキドン酸 (ARA)、エイコサペンタエン酸やドコサヘキサエン酸 (DHA) を高率に含有した。一方で、遊離アミノ酸はミズクラゲよりもエチゼンクラゲで7倍近く多く含まれており、どちらのクラゲもタウリン含量が多かった。

カワハギ *Stephanolepis cirrhifer* 稚魚にミズクラゲを16日間、またはエチゼンクラゲを30日間給餌した結果、1日に魚体重 (BW) の24.1倍または5.6倍のクラゲを摂餌することで100%生残し、体長・体重とも増加することが明らかになった。どちらのクラゲを給餌した場合でも、カワハギ魚体中のトリグリセリド (TG) 含量は減少し、ARA や n-6HUFA 含有率が高まることが分かった。またエチゼンクラゲの給餌では、魚体のタウリン含量の向上が見られた。

一方で、トラフグ *Takifugu rubripes* とマダイ *Pagrus major* 稚魚にそれぞれ20日間と108日間ミズクラゲを給餌したところ、トラフグでは1日に魚体重の4.4-12.7倍、マダ

イでは 5.3 倍のミズクラゲを摂餌したが、どちらの魚種も生残や成長に有利な効果は見られなかった。トラフグ稚魚では、ミズクラゲの給餌によって魚体の総脂質、中性脂質、特に TG の含量が減少し、ARA と n-6HUFA に加えて DHA と n-3HUFA 含有率およびタウリン含量が向上することが示された。また、トラフグ稚魚へのミズクラゲの給餌は、噛み合い行動や突進速度に影響を与えなかったが、遊泳率や反射反応の発現率を向上させた。マダイ稚魚へのミズクラゲの給餌は、魚体成分には影響を与えなかったが、対捕食者行動として知られる横臥行動の発現率は向上した。これらの結果からクラゲ類は、カロリー面で優れた餌料ではないものの、魚体の TG 含量の低下や n-3、n-6HUFA 含有率の向上、さらには行動特性の改善といった効果があることが示された。

(2) ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus* 幼魚のエチゼンクラゲ摂餌行動とその捕食圧を、メソコスム実験と消化管内容物調査から検討した。メソコスム実験の結果、ウマヅラハギのエチゼンクラゲに対する摂餌頻度は照度と有意な負の相関関係があり、高照度下ではあまり摂餌行動は観察されないのに対し、 0.01 lux - $50.2 \times 10^3 \text{ lux}$ の照度下では頻繁に摂餌行動が観察された。一方、エチゼンクラゲの来遊する藻場で採集したウマヅラハギ幼魚の消化管内容物指数は、飽食状態の 90.4 % であった。メソコスム実験と消化管内容物調査から、天然環境下におけるウマヅラハギ幼魚のエチゼンクラゲ捕食圧は $9.8 \pm 1.8 \text{ g BW}^{-1} \text{ day}^{-1}$ と推定された。

ミズクラゲとイシイソゴカイ *Perinereis nuntia vallata* に対するカワハギの嗜好性と摂餌選択性を飼育環境下で調べることにより、クラゲ類と他の餌生物が混在する環境での魚類のクラゲ類への採餌行動について検討した。その結果、両餌料が視認できる場合にはカワハギ稚魚はイシイソゴカイを先に摂餌し、続いてミズクラゲを摂餌した。すなわち、カワハギの嗜好性はミズクラゲよりもイシイソゴカイに対して高いことが明らかになり、またその際の摂餌効率もイシイソゴカイにおいて高かった。一方で、イシイソゴカイが潜砂しミズクラゲのみを視認可能な天然環境を模した条件では、カワハギはミズ

クラゲのみを摂餌した。これらの結果から、カワハギはミズクラゲを、低カロリーではあるものの獲得容易な餌として利用していることが示唆された。

一連の結果から、カワハギ科の稚魚は、主な生息場である水深 5 m 以深の沿岸の藻場や岩礁域で主餌料であるベントスを求め採餌するが、生息場にクラゲ類が来遊した場合には専らクラゲ類を摂餌すると考察された。一方で、これら稚魚が生息場から離れ、水深 5 m より浅い海域を漂泳するクラゲ類を追って摂餌する機会は少ないと考えられた。クラゲ類の生物量の増大に伴い、カワハギ科魚類の生息場へのクラゲ類の来遊量や来遊機会は増加するため、このような摂餌生態を持つカワハギ科魚類の餌料に占めるクラゲ類の寄与は、クラゲ類の増加に伴って高まると予想される。

(3) ミズクラゲに対する魚類の行動を個体発生を追って観察することで、様々な発育段階におけるミズクラゲと魚類の捕食-被食関係を詳細に明らかにすることを目的とし、カワハギ、ウマヅラハギとマダイ仔魚のメデューサに対する回避行動、およびカワハギのミズクラゲ受精卵とプラヌラ幼生、メデューサ、ポリプへの摂餌行動を観察した。また、メデューサ回避能力は刺胞毒耐性などの「触手に接触しても生残できる能力」と、遊泳能力や捕食者認知能力といった「触手に接触しなくなる能力」のいずれか、あるいは両者によって獲得されると考えられるため、本研究では刺胞毒耐性と突進速度を個体発生を追って検討した。

その結果、カワハギとウマヅラハギではマダイより小さいサイズからメデューサからの回避能力を有していることが明らかになった。また、カワハギ科の仔魚はマダイより小さいサイズから刺胞毒耐性を持つことが示され、マダイの刺胞毒耐性の獲得時期はメデューサ回避能力の獲得時期よりかなり遅かった。一方で、メデューサはその拍動が起こす流速よりも逃避速度の小さい餌生物を摂餌することが知られるが、仔魚がメデューサ回避能力を獲得した体長での各魚種の突進速度は、メデューサの拍動が起こす流速よりも十分に小さかった。これらのことから、カワハギ科魚類は刺胞毒耐性といった「触

手に接触しても生残できる能力」、マダイは捕食者認知能力といった「触手に接触しなくなる能力」の発達によって、回避能力を獲得する可能性が示唆された。また、カワハギ科魚類の鱗の形成開始時期はマダイよりもかなり早かったことから、カワハギ科魚類の刺胞毒耐性は鱗の発達によって獲得される可能性が高いと考えられた。

カワハギは体長 4.9 mm からミズクラゲの卵やプラヌラ幼生を、体長 21.8 mm からメデューサの摂餌を開始することが明らかになった。カワハギ当歳魚のミズクラゲポリプに対する摂餌速度を水温別に計測した結果、26.8 °C で最大速度 3.1 ind sec⁻¹ を示した。

一連の結果から、仔魚に対するクラゲ類の捕食圧は、魚体サイズだけでなく魚種の影響を大きく受け、カワハギ科魚類はクラゲ類の多く存在する海域でも初期減耗しにくいことが示唆された。また、カワハギ科魚類はマダイに比べてクラゲ類の摂餌に特化しており、その生活史の大半においてミズクラゲを摂餌し得ることが示された。個体サイズが小さく、無性生殖によって大量の浮遊幼生を放出するポリプや卵、プラヌラ幼生に対する魚類の摂餌は、その後のメデューサの生物量に大きな影響を与えられられる。クラゲ類の大量発生により、その駆除方法や有効利用策が模索されている。本研究の結果から、クラゲ類の魚類への給餌にはその体成分や行動を改善する効果があることが明らかになり、脂質過多傾向の強い養殖魚や行動特性が天然魚に劣るとされる放流種苗用の補助餌料としてクラゲ類を有効利用し得る可能性が示唆された。一方で、カワハギ科魚類はその生活史の大部分においてクラゲ類を摂餌し、その捕食圧も大きいことが示された。クラゲ摂餌魚には、カワハギ科魚類のように商品価値が従来低く、その資源量や生態に関する情報に乏しい魚種が多く含まれる。クラゲ類の大量発生を防御するためには、クラゲ摂餌魚とその生息環境の保全に重点を置いた生態系ベースの漁業管理が望まれる。

