

令和元年6月24日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K15310

研究課題名(和文)ゼラチン質動物プランクトンを利用した新しい水産飼料の開発に関する研究

研究課題名(英文) Development of a novel aquaculture feed using gelatinous zooplankton as the material

研究代表者

若林 香織 (Wakabayashi, Kaori)

広島大学・生物圏科学研究科・助教

研究者番号：20725147

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：クラゲ類などのゼラチン質動物プランクトンが魚介類養殖用飼料原料になり得るかどうかを、天然海域でクラゲ類などを食べて生活しているウチワエビ類幼生をモデルとして評価した。クラゲ類と同様に沿岸域で大量に出現することのあるクシクラゲ類を与えると、幼生はクシクラゲ類に接触するとすぐに取りつき、摂食を開始した。クラゲおよびクシクラゲ類を原料に作製した人工飼料は、ウチワエビ類の幼生が摂食でき、とくに後期幼生において高い頻度で摂餌する様子を確認した。さらに、飼料由来の粒子の腸管内での挙動を可視化するために添加した染料は幼生の中腸腺内に認められた。しかし、人工飼料のみの給餌による幼生の発育には至らなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界各地の沿岸域では、近年、クラゲ類やクシクラゲ類が長期的かつ多発的に集団で出現している。これらの大量出現は、沿岸域での産業活動の停滞を招く。たとえば、発電所付近に集まって取水口の目詰まりを引き起こす。また、定置網や底曳き網などに入り込んで、漁業に甚大な被害をもたらす。一方、大量のゼラチン質動物プランクトンはそれ自体を資源とみなすこともでき、食品、化粧品、医薬品、研究試薬などとしての利用が期待されている。本成果は、ゼラチン質動物プランクトンの水産分野での利用開発に貢献するものである。様々な水産有用魚介類がクラゲ類を好んで食べることが知られているので、将来の増養殖技術向上への貢献も期待される。

研究成果の概要(英文)：Towards the use of gelatinous zooplankton for aquaculture feed materials, nutritional values of jellyfish and combjelly were evaluated by feeding them with slipper lobster larvae which are known to prey on gelatinous zooplankton in the wild. In the present study, it is clarified that slipper lobster larvae are capable of developing with preying on combjelly as well as cnidarian jellyfish. It was also confirmed that slipper lobster larvae preyed on the artificially formulated diet containing jellyfish and combjelly as materials. Dye added to visualize the movement of diet-derived particles was found in the midgut gland of slipper lobster larvae. However, continuous rearing of larvae with feeding only on the formulated diet has not been achieved yet.

研究分野：水圏生産科学

キーワード：未利用資源 動物プランクトン 十脚類幼生 摂餌生態

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界各地の沿岸域では、クラゲ類やクシクラゲ類などのゼラチン質動物プランクトンの集団が長期的かつ多発的に出現している。ゼラチン質動物プランクトンが大量に出現すると、沿岸域での産業活動が停滞する場合がある。たとえば、発電所付近に集まって取水口の目詰まりを引き起こす。また、定置網や底曳き網などに入り込んで、漁業に甚大な被害をもたらす。このようなゼラチン質動物プランクトンは、これまで適切な利用方法が見つからず、現在も多くが洋上で破砕されるか産業廃棄物として処理されている。一方、大量のゼラチン質動物プランクトンはそれ自体を資源とみなすこともでき、食品、化粧品、医薬品、研究試薬などとしての利用が期待されている。実際に、クラゲ成分を含む食品や化粧品はすでに市販されている。

研究代表者らは、ゼラチン質動物プランクトンの水産分野での利用を目指した研究に取り組んできた。天然海域では様々な生物がゼラチン質動物プランクトンと共生し、餌やシェルターとして利用している。とくに、水産資源として重要なマアジやカワハギなどの魚類、イセエビ類やセミエビ類の幼生 (図 1) などがクラゲ類を好んで食べるという事実は、これら魚介類の増養殖技術の向上に有益な情報である。

セミエビ類は世界の温帯域・熱帯域に生息する水産有用甲殻類である。食品としての需要は高く、1 kg あたり 3,000 円 ~ 20,000 円ほどで取引されている。市場に出るセミエビ類はすべて天然海域で漁獲されたもので、現在までに養殖生産技術は確立されていない。技術開発において最も困難である点は増養殖の種苗となる稚エビの生産であり、幼生期の高い成長率と生残率を維持することが種苗生産の成功の鍵となる。研究代表者らは、セミエビ類の幼生がクラゲ類を食べて成長できることに着目し、クラゲ類を幼生の餌とする稚エビまでの種苗生産技術開発を試みている。これまでに、3 種のセミエビ類 (ウチワエビ、オオバウチワエビ、オーストラリアウチワエビモドキ) の幼生がクラゲ類だけを食べて稚エビまで成長できることを明らかにした。クラゲ類の体成分の 90% 以上は水分であり栄養価は低いと考えられていたが、天然のミズクラゲやアカクラゲは甲殻類の成長促進に有効なアミノ酸や脂肪酸を含んでいることも分かった。



図 1. アカクラゲに乗って浮遊するウチワエビ幼生。

2. 研究の目的

ゼラチン質動物プランクトンはセミエビ類の幼生飼育用の餌料として有用であることは、これまで蓄積された研究によって明らかである。しかし、天然海域でのゼラチン質動物プランクトンの出現は多くの場合、季節的消長を示し、必ずしもセミエビ類の産卵期と一致しない。また、天然のゼラチン質動物プランクトンの栄養状態は、時期、場所、種、成長段階などの要因に強く影響され、栄養価の安定したゼラチン質動物プランクトンを継続的に捕獲・使用するのには難しい。本研究では、ゼラチン質動物プランクトンをセミエビ類幼生の餌料または飼料原料として安定的に利用することを目指し、人工飼料の作製と生鮮餌料の機能強化の観点から以下の実験を実施した。セミエビ類の試験モデルとして、西日本で多産するウチワエビ類 2 種 (図 2) の幼生を用いた。

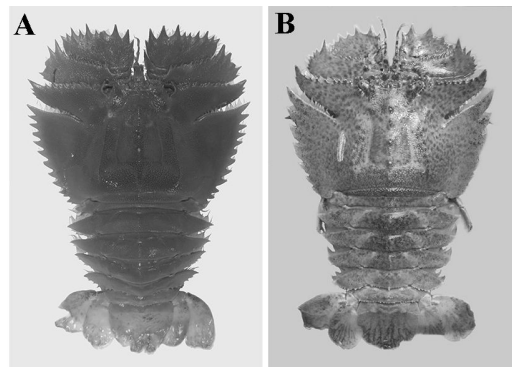


図 2. ウチワエビ (A) とオオバウチワエビ (B)。

3. 研究の方法

(1) 給餌の有無と成長の関係

孵化直後の給餌のタイミングは幼生の孵化後の発育運命に関わる重要な項目の一つである。孵化後の無給餌期間が長くなるほど、幼生の生残率は低下する。また、甲殻類幼生は脱皮を繰り返して成長するが、孵化後の無給餌期間が長いほど脱皮は遅れることが多くの種で知られている。本研究では、孵化後の無給餌日数を 1 日ずつ増やして飼育するウチワエビ幼生を各種実験群とし、これを孵化直後から給餌される対照群と比較することで、異なる給餌条件下での幼生の発育能力の違いを評価した。

(2) クシクラゲ類の餌料としての可能性

天然海域において、クラゲ類と同様に集団で出現するのがクシクラゲ類である。クシクラゲ類の生物学的研究はクラゲ類に比べて圧倒的に少なく、魚介類の餌としての利用を検討された事例もほとんどない。本研究では、クラゲ類を食べて成長できることが確かめられているウチワエビ幼生を用いて、クシクラゲ類の餌料としての利用価値を給餌試験によって評価した。

(3) 人工飼料の作製と給餌試験

野外に出現するクラゲ類の捕獲が難しい場合にも、人工飼料を利用できるとセミエビ類の種苗生産を安定して継続できると考えられる。本研究では、水産用配合飼料に汎用される複数の粘結剤を用い、原料となるクラゲ類およびクシクラゲ類を加えて成形した人工飼料プロトタイプを作製し、ウチワエビおよびオオバウチワエビ幼生に対して給餌試験を行った。

(4) クラゲ類の栄養強化

これまでのセミエビ類の幼生飼育には生鮮餌料が利用されてきた。幼生の発育にはアサリなどの二枚貝類、孵化仔魚類、およびクラゲ類などが有効であると確かめられている。これらのうち、とくにウチワエビ属およびウチワエビモドキ属の幼生に対してはクラゲ類を摂餌した幼生の成長率および生残率が最も高い。これらの大量種苗生産に向けては、室内での人工的な生産方法が概ね確立されているミズクラゲが最適であると考えられる。ところが、室内で飼育したミズクラゲは、体を構成する水分は天然の個体と同等であるものの、エネルギー源として重要な栄養素の一つである脂質は質・量ともに天然のミズクラゲに比べて劣る傾向がある。そこで、甲殻類幼生の健全な成長に必須である高度不飽和脂肪酸含量の高いミズクラゲを生産する方法を検討した。

4. 研究成果

(1) 給餌の有無と成長の関係

孵化日当日に摂餌を開始した対照群では、幼生は孵化の6-8日後に脱皮して第II期に達した。実験群では、幼生の脱皮は孵化日から給餌開始日までの長さとはほぼ同じ時間だけ、対照群に比べて遅延した。孵化後の無給餌期間が5日以内の実験群では、すべての幼生が脱皮して第II期になった。孵化後6-7日目に給餌を開始した場合、幼生は摂餌できるものの、第II期に達する割合（生残率）は66.7%に、孵化後8日目の給餌では33.3%に低下した。9日目以降に給餌を開始した実験群ではすべての幼生が脱皮前に斃死した。ウチワエビの幼生は、水温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ において、孵化後約10日間は無給餌でも生残することが分かったが、50%以上が第II期への脱皮に成功する最長の無給餌期間は7.2日であった（図3）。

孵化後に毎日継続的に給餌された幼生は孵化の6-8日後に第II期へ脱皮したが、孵化後3-5日目に給餌を止めた実験群においても幼生の80%が継続給餌群の幼生と同様に第II期へと脱皮した。一方、孵化後2日目までに給餌を止めた場合、幼生の脱皮率は0%であった。すなわち、ウチワエビの幼生は、水温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ において、第II期への脱皮成功には少なくとも孵化直後の3日間に十分に給餌される必要があることが明らかになった。

(2) クシクラゲ類の餌料としての可能性

西日本沿岸で採集したウリクラゲ、カブトクラゲ、およびチョウクラゲの3種のクシクラゲ類をウチワエビの孵化幼生および後期幼生に給餌したところ、いずれの発育段階にある幼生もクシクラゲ類を摂餌できることが確かめられた。幼生は、クシクラゲ類に接触するとすぐに取りつき、摂餌を開始した。発育後期の幼生にクシクラゲ類だけを与えて飼育した場合、クラゲ類だけを食べた幼生とはほぼ同じ期間で脱皮し、生残率にも顕著な差は認められなかった。これらの結果は、とくにウチワエビ類の後期幼生において、クシクラゲ類がクラゲ類と同等に餌料として有用であることを示唆している。

(3) 人工飼料の作製と給餌試験

ウチワエビ類の後期幼生は本研究で作製した人工飼料を摂食し、約1時間後には飼料由来の糞を排泄した（図4）。可視化のために飼料に添加した染料は幼生の中腸腺内に認められた。甲殻類の幼生は栄養物の貯蓄・分解・吸収を司る中腸腺の開口部にろ過装置を有し、液状もしくは微粒子状の摂取物だけが中腸腺に送られる。このことから、本研究で作製した飼料が正常に中腸腺へ送られたことが明らかになった。さらに、飼料を食べた幼生には、ミズクラゲを食べた幼生と同様に消化細胞が中腸腺内に分泌され、活発に動く様子が観察された。しかし、生鮮のクラゲ類やクシクラ

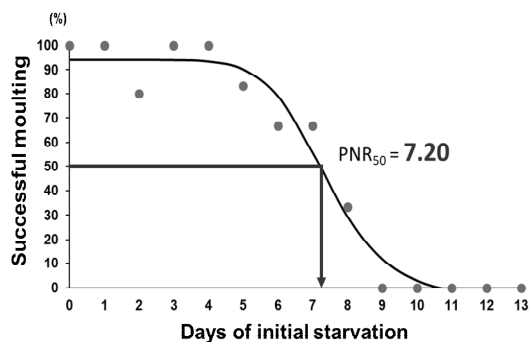


図3. ウチワエビ幼生の成長に対する孵化後の無給餌の影響を示すロジスティック曲線。PNR₅₀は50%の幼生が斃死する無給餌期間を表す。

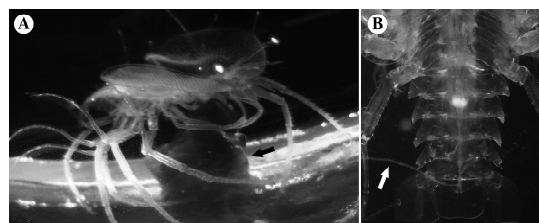


図4. 試作した人工飼料を食べるウチワエビの幼生。A: 飼料（黒矢印）を抱えて食べる様子。B: 幼生の腹部。肛門から人工飼料摂餌後に排泄した糞（白矢印）が伸びている。

ゲ類で観察されるような継続的な摂餌は認められず、幼生が与えられた飼料を完食し発育するには至らなかった。

(4) クラゲ類の栄養強化

市販の栄養強化剤を用いて不飽和脂肪酸の強化を施したアルテミアノープリウスをミズクラゲに与えたところ、通常のアルテミアノープリウスを摂餌するのと同様に胃内へ取り込む様子が観察された。20日間の継続給餌により、ミズクラゲの不飽和脂肪酸含量に若干の上昇が認められた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2 件)

若林香織, 飯沼諄朗, 杉浦宏樹. ゼラチン質動物プランクトンと共に生きる甲殻類. 海洋と生物(査読なし): 印刷中.

Kaori Wakabayashi. Larviculture of slipper lobsters in the genus *Ibacus* and *Thenus*: a review. *Journal of Fisheries science and Technology* (査読なし): 2018-4, 27-33 (2018). <http://www.ntu.edu.vn/Portals/66/Tap%20chi%20KHCNTS/2018%20So%2004/05.%20Kaori.pdf>

[学会発表](計 4 件)

若林香織. 孵化後の無給餌期間がウチワエビ幼生の成長と生残に及ぼす影響. 平成 30 年度日本水産学会春季大会, 2019 年 3 月 26 日 ~ 29 日, 東京.

若林香織, 飯沼諄朗, 杉浦宏樹. ゼラチン質動物プランクトンの共生・寄生者としての浮遊性甲殻類. 2019 年度日本プランクトン学会春季シンポジウム, 2019 年 3 月 24 日, 東京.

Hiroki Sugiura, Yuji Tanaka, Kaori Wakabayashi. Juvenile production of slipper lobsters feeding solely on jellyfish. The 4th Vietnam-Taiwan International Conference on Advanced Mariculture Technology, 11 December 2018, Nha Trang, Vietnam.

杉浦宏樹, 若林香織. 十脚目幼生とゼラチン質動物プランクトンの共生. 第 14 回日本刺胞・有櫛動物研究談話会, 2018 年 5 月 20 日, 白浜.

[図書](計 1 件)

Kaori Wakabayashi, Yuji Tanaka, Bruce F. Phillips. Culture of slipper lobster larvae (Decapoda; Achelata; Scyllaridae) fed jellyfish as food. In *Lobsters: Biology, Fisheries and Aquaculture* (eds.) Radhakrishnan EV, Gopalakrishnan A, Phillips BF, Springer. (in press)

[その他]

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。