

令和元年6月15日現在

機関番号：32665

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K19300

研究課題名(和文)天然生態に倣ったウナギ人工レプトセファルスの新型初期餌料

研究課題名(英文) Development of new type of larval diet for reared eel leptocephali with special reference to their feeding habit in the ocean

研究代表者

塚本 勝巳 (TSUKAMOTO, Katsumi)

日本大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：10090474

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：ウナギレプトセファルスに与える新型初期餌料の開発を目的として天然レプトセファルスの餌であるマリンスノーの成分分析を行ったところ、タンパク質12.7%、脂肪6.3%、炭水化物81.0%と、糖質が大部分を占めた。現行のスラリー餌より大幅に粘度が低い液体餌で3週間飼育したところ、液体餌の仔魚は、スラリー餌よりも濃厚な餌を多量に腸管内に取り込み、液体餌は仔魚の成長と生残を大幅に高めることが分かった。液体餌の中に仔魚を1日5回、10分間ずつ浸漬して日齢259まで飼育した結果、液体餌(37-59%)は、スラリー餌(11-25%)より高い生残率を示し、1.1～3.2倍多くのシラスを生産することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天然海域でウナギレプトセファルスの餌となっているマリンスノーの成分と物性を詳しく検討した結果、これまでに全くないタイプの初期餌料として「液体餌」が開発された。この液体餌は、成長率と生残率を著しく改善し、仔魚の初期餌料と給餌方法の革命になる可能性がある。また、半世紀もの長い間の挑戦的研究にもかかわらず、依然として実用化の道のりの遠かったウナギ人工種苗生産技術の開発研究に大きなブレークスルーをもたらすものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：To develop a new type of larval diet for leptocephalus larvae of the Japanese eel, the ingredients of marine snow on which the leptocephali feed in the wild were analyzed. The majority was carbohydrate (81.0%), and protein (12.7%), lipid (6.3%) in order. Liquid-type diet (viscosity: 58 mPa·s) improved larval growth and survival with more and denser diet ingested in the intestine than conventional slurry-type diet (10 10 mPa·s) during 3 weeks after the onset of feeding. Long-term rearing for 259 days after hatching by immersing larvae in the liquid-type diet, five times a day for 10 minutes each, showed better survival (37-59%) and more glass eel production (1.1-3.2 times) in liquid-type diet than in conventional slurry-type diet (survival; 11-25%).

研究分野：海洋生命科学

キーワード：ウナギ レプトセファルス 初期餌料 種苗生産 マリンスノー

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

1. 研究開始当初の背景

ウナギは重要な食資源動物であるが、近年世界的に資源が減ってしまった。養殖に用いられる天然シラスウナギの慢性的な不足を解決するため、卵から育てた人工のシラスウナギを大量生産する技術開発の研究が半世紀前から始まった。2003年には、ついに世界初のシラスウナギの生産にまで漕ぎつけたが (Tanaka et al. 2003), これはまだ実験段階で、実用に耐える大量生産技術の完成には至っていない。それは、レプトセファルスと呼ばれるウナギの仔魚に与える適切な初期餌料がまだ完成されていないからである。

2. 研究の目的

本研究では、天然海域におけるレプトセファルスの摂餌生態に着目して、餌の成分・物性、給餌法について研究を行い、人工レプトセファルスの初期餌料を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1)人工マリンスノーの作成:2016年の白鳳丸航海において NORPAC ネットを用いて採集したウナギ産卵場の動物プランクトンと植物プランクトンを船上で発酵させ、人工マリンスノーを作る。これらを固体成分と液体成分に分けて冷凍保存したものについて以下の解析を行う。

(2)餌成分の検討:人工マリンスノーの成分を炭水化物、脂質、タンパク質・アミノ酸に分けて分析する。これらの知見を参考にレプトセファルスの餌の消化吸收過程を考察する。
(3)餌粘度・物性の検討:人工マリンスノーの固形成分と液体成分について、それぞれの物性の検討を行う。増粘材を用いて餌材料の粘度を調整し、摂餌行動実験を行って、最適な餌粘度・物性を求める。

(4)餌素材の検討:陸上で容易に入手・培養可能な植物プランクトン(クロレラ,キートケラス,ミドリムシ)と動物プランクトン(ワムシ,ミジンコ,オキアミ)について餌の基本素材をスクリーニングする。

(5)給餌法の検討:飼育水槽内の汚れを最低限に抑え、且つ生残率と成長率を最大にするような新型初期餌料の最適給餌方法を検討する。

(6)飼育試験:実際に短期と長期の飼育試験を実施し、新型餌料の性能を調べる。

4. 研究成果

(1)天然のマリンスノーがウナギレプトセファルスの餌であることはこれまでの研究から明らかになっている (Miller et al. 2013)。その物性や栄養成分を考察したところ、植物プランクトンと動物プランクトンの死骸が混じったデトリタスを摂餌しているものと推測された (図1)。

(2)2016年の白鳳丸航海において NORPAC ネットを用いて採集されたウナギ産卵場の動物プランクトンと植物プランクトンを船上で発酵させて作った人工マリンスノーの成分分析を行ったところ、タンパク質 12.7%, 脂質 6.3%, 炭水化物 81.0%と、糖質が大部分を占めた。アミノ酸では、グルタミン酸 (15%), リジン (12%), アスパラギン酸 (11%) の順に多く、中性脂質では融点の低い脂肪酸を含む中性脂質の分解物 (ジグリ, モノグリ, 脂肪酸) が多かった。また糖質は、グルコース (25%), ガラクトース (18%), アラビノース (14%) の順に多いことがわかった。

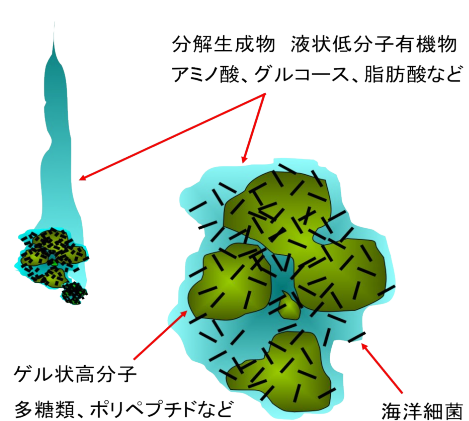


図1. マリンスノーの構造と成分 (田中悟原図)。

(3)仔魚を観察容器に入れ、口元に「飼育水」つづいて「飼育水+増粘剤(カルボキシメチルセルロース)」を提示すると、増粘剤を添加した場合のみ盛んに嚙下することが明らかになり、仔魚の摂餌には適切な餌の粘性が重要であることが示唆された。

(4)スラリー状の現行餌を水に溶いて液状にし、この中に仔魚を1日22時間浸漬して飼育する方法を試みたところ、数日間の生残率は従来法(47-84%)に比べてやや低いものの(56-65%),成長については、従来法よりも1.5から4.2倍高い成長速度を示し、成長の変異幅も小さくなった。

(5) 植物プランクトン(クロレラ, キートケラス, ミドリムシ)と動物プランクトン(ワムシ, ミジンコ, オキアミ)について餌の基本素材を検討したところ, 摂餌忌避, 成長不良, 生残低下などの問題が認められ, いずれも単独では餌素材として適さないことがわかった。

(6) 餌の粘度が摂餌量に及ぼす影響を日齢 6 と 9 の仔魚を使って検討したところ, 20-50mPa·s で摂餌量は最大となり, これは現行のスラリー餌の粘度(103-105mPa·s)より大幅に低い値であった(Yamada et al. 2019)。スラリー餌とこれを海水で 1.6 倍に希釈した液体餌(58.8±7.0mPa·s)で 3 週間飼育した仔魚の摂餌量, 成長, 生残を比較したところ, 液体餌の仔魚は, スラリー餌よりも多量に濃厚な餌を腸管内に取り込むことが分かった。日間成長率は, 液体餌の方がスラリー餌よりも 1.35 倍大きな値を示した。液体餌の生残率は 89, 91, 94%と 3 区とも高生残率を示したが, スラリー餌は 68, 94, 94%と一つの区はやや低い値を示した。以上より, 液状の餌は仔魚の成長と生残を大幅に高めることが分かった(図 2, Yamada et al. 2019)。

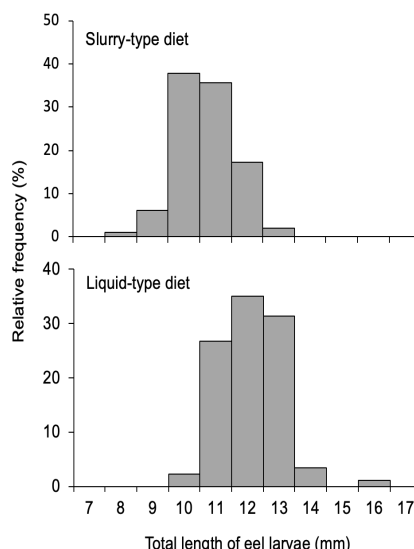


図 2. 孵化後 27 日目の二ホンウナギ仔魚の全長頻度分布. 上は従来型のスラリータイプ初期餌料, 下は新型液体餌(Yamada et al. 2019)。

(7) 現行のサメ卵主体の餌は絶滅危惧種の天然アブラツノザメの卵を使っているので持続可能な餌とはいえない。そこでサメ卵を使わない餌開発を行ったところ, 鶏卵白から得たペプチドを主体とする餌を開発することができた。これは現行のサメ卵餌のパフォーマンスには及ばないものの 6 割程度の成長を示し, 今後 '脱サメ卵' の餌開発の手掛かりとなるものと考えられた。

(8) 液体餌の中に仔魚を 1 日 5 回, 10 分間ずつ浸漬して給餌する方法を開発した(Yamada et al. 2019)。この方法を用いて日齢 259 までの長期飼育した結果, 液体餌区(37-59%)は, スラリー餌区(11-25%)より高い生残率を示し, 1.1 倍から 3.2 倍多くのシラスを生産することができた(図 3, Okamura et al. 2019)。液体餌区の変態率は最大 30.6%に達し, 10L 水槽 1 槽で 153 尾のシラスが生産できた。

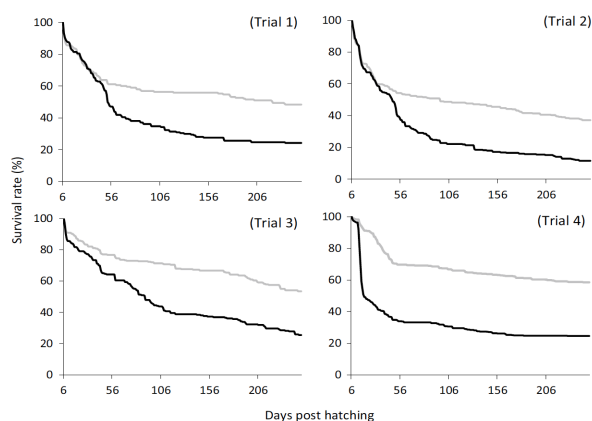


図 3. ニホンウナギ仔魚の給餌開始後 259 日間の生残率. 黒線は従来型のスラリータイプ初期餌料, 灰色線は新型液体餌(Okamura et al. 2019)。

< 引用文献 >

Miller Michael J., Yoshito Chikaraishi, Nanako O. Ogawa, Yoshiaki Yamada, Katsumi Tsukamoto and Naohiko Ohkouchi (2013) A low trophic position of Japanese eel larvae indicates feeding on marine snow. *Biology Letters*,9(1) DOI: 10.1098/rsbl.2012.0826.

Tanaka H, Kagawa H, Ohta H, Unuma T, Nomura K (2003) The first production of glass eel in captivity: fish reproductive physiology facilitates great progress in aquaculture. *Fish Physiol Biochem*, 28:493-497

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 19 件)

Akihiro Okamura, Yoshiaki Yamada, Noriyuki Horie, Naomi Mikawa, Katsumi Tsukamoto, Long-term rearing of Japanese eel larvae using a liquid-type diet: food intake, survival and growth. Fisheries Science, 査読有り, 2019, <https://doi.org/10.1007/s12562-019-01316-0>

Yoshiaki Yamada, Akihiro Okamura, Naomi Mikawa, Noriyuki Horie, Katsumi Tsukamoto, A new liquid type diet for leptocephali in mass production of artificial glass eels. Fisheries Science, 査読有り, 85(3):545-551. 2019, <https://doi.org/10.1007/s12562-019-01295-2>

[学会発表] (計 22 件)

Michael J. Miller and Katsumi Tsukamoto, The behavioral ecology of leptocephali: marine larvae with unforeseen abilities. The JFSF 85th Anniversary-Commemorative International symposium “ Fisheries Science for Future Generations ”, 2017. Japan.

Katsumi Tsukamoto, Recent progress in Aquaculture of Japanese eels. The Workshop entitled “ New beginnings - The way forward for eel breeding and larval culture ” with Aquaculture Europe 2017,2017. Croatia.

6 . 研究組織 該当なし