

# プランクトンの生物学・栄養学的研究による海産仔魚用餌料の高度化

水産大学校 生物生産学科

## 研究の背景・目的

1. 海産魚類の種苗生産では、ふ化してまもない仔魚への初期餌料として多くの場合海産ツボワムシ類(ワムシ)とアルテミアの2種の動物プランクトンが使われています。これら餌料には海産魚に必須の栄養素である脂肪酸種(EPA・DHAなど)が不足しているため補う(栄養強化)が必要です。その際、油原料としてイワシ類などの天然資源が消費されています。現法の種苗生産では、天然の魚から魚をつくる矛盾から脱することができていません。
2. 一部の海産微細藻類は、魚油成分のEPA・DHAを生合成できます。微細藻類のEPA・DHAをワムシに取り込ませる効率を高めることができれば、魚油を消費しない持続的な種苗生産の実現に近づくことができます。
3. カイアシ類(動物プランクトン的一种)は、その高いEPA・DHA含量、仔魚への嗜好性(海産魚の多くは仔魚期にカイアシ類を好んで食べる)、および仔魚成長促進効果などから、ワムシやアルテミアに代わる新たな餌料候補として期待されています。ところが、カイアシ類は既存餌料よりも増えにくいことが経験的に知られており、培養工程が煩雑で実用レベルでの大量培養技術が確立されていません。
4. ワムシに餌料として微細藻類を与えEPA・DHAの取り込み量を高める研究に取り組み、ワムシを主餌料とする種苗生産方法に適合した餌料開発を行いました。そのほか、カイアシ類の餌料としての実用化を目指して、カイアシ類の培養系を確立したのちに、その個体群動態について調べました。これらの研究に資することで、次代の養殖業に向けた海産仔魚用餌料の開発(高度化)を目指しました。

## 研究成果

1. 微細藻類種のうち、DHA含有藻の*Tisochrysis*(イソクリシス・タヒチ株)を対象に、培地中の栄養塩欠乏に伴う脂肪酸の時間変化を調査しました。その結果、極性脂質型DHA(非極性脂質型DHAよりも海産仔魚にとって高い栄養効果を示す)において、リンと窒素が存在するときよりもリンのみ欠乏する時期のほうが多く蓄積されていることを発見しました(図1:

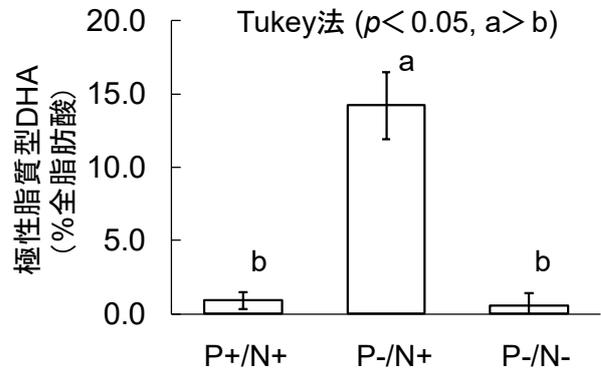


図1. 培地中のリン (P) と窒素 (N) の欠乏状況に応じたイソクリシスの極性脂質型DHAの挙動 (+・-は栄養塩の存在下または欠乏下を示す)

Tukey法による多重比較検定)。このDHA量はリン・窒素の同時欠乏時期には減少していたため、リンの単独欠乏時期のうちにイソクリシス・タヒチ株をワムシの餌として収穫する必要があると判明しました。実際に、リン欠乏時期のイソクリシス・タヒチ株をワムシに与えると、欠乏前の細胞群よりも高いワムシ栄養強化効率を示しました(図2: Tukey法による多重比較検定)。イソクリシス・タヒチ株リン欠乏細胞群は海産魚(ヒラメ)の仔魚飼育時のワムシ栄養強化剤として使用する段階まで研究が進展し、その魚油代替源としての有意性を実証できました。

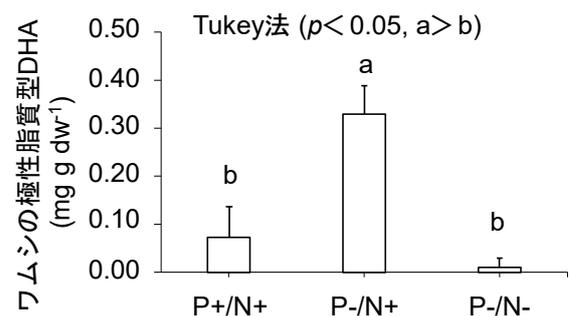


図2. 各種栄養塩状態のイソクリシス・タヒチ株を摂餌したワムシにおける極性脂質型DHAの比較 (+・-は藻類培養時の栄養塩の存在下または欠乏下を示す)

また、EPA含有藻の*Nannochloropsis*(ナンノクロロプシス)について、厚い細胞壁による細胞の消化吸収性の低さを改善するため、委託元の民間企業で開発中の遺伝子改変株のもつ水産餌料としての価値を実験室

内で評価しました。遺伝子改変株は野生株よりも有意に薄い細胞壁を有していました。野生株を24時間継続的に給餌することで達成できるワムシのEPA量に対して、遺伝子改変株ではその半分の給餌時間のみで統計的に同程度のEPA量を強化できました(図3)。一方、改変株の給餌時間を24時間まで長くしてもワムシのEPA量はそれ以上高くなりませんでした。つまり、遺伝子改変株はワムシのEPA最大量を高めるのではなく、その強化速度を高める役割があると判明しました。微細藻類の生産方法の工夫によってワムシの栄養強化を効率化させるこれらの技術開発は、将来的には魚油原料を介さない持続的な種苗生産技術の構築に貢献するものとなります。

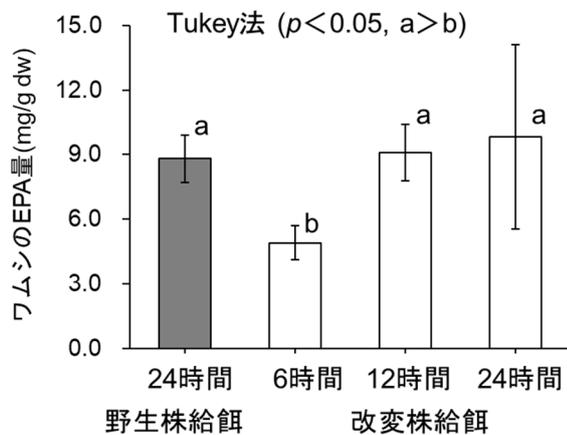


図3. ナノクロロプシスの遺伝子改変株を摂餌したワムシにおけるEPA強化効率の向上

- 日本の沿岸全域に生息するカイアシ類 *Paracalanus orientalis* (パラカラス、図4) について、1年以上の長期間にわたり室内で継代できる培養系を確立しました。この培養系では、個体群内で優占する発達段階が時間経過に伴いノープリウス幼生、コペポダイト幼生、成体の順に変化し、その後の成体期の終

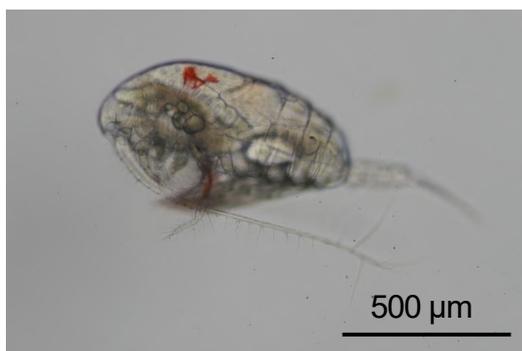


図4. 培養系で得られたパラカラスの成体メス

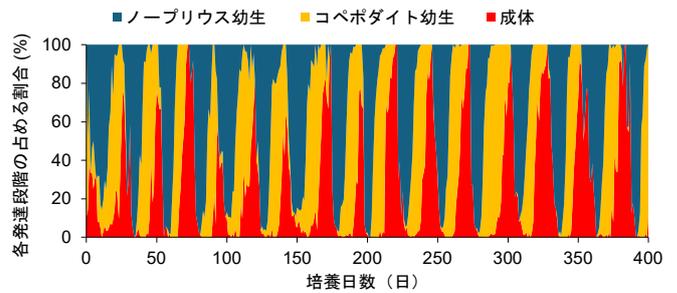


図5. パラカラスの培養個体群における発達段階の推移

息とともに次世代のノープリウス幼生期が出現していました(図5)。この周期的なパターンは十数世代にわたって継続的に観測されており、パラカラスが長期的に継代できることを実証しました。残念なことに、本培養系では、ワムシなどでみられる世代重複型の効率的な個体群増殖を示さず、低い密度域で増減を繰り返すのにとどまっていた。その状況証拠として、成体メスが培養個体群内に出現してからしばらくの間、次世代の幼生がまったく検出されないことを発見しました。今後はパラカラスの大量培養技術の確立に向けて、次世代幼生の出現しにくい原因について調査を継続します。

## アウトカム

- 本校の令和6年度公開講座において、持続可能な水産業を目指した次代の餌料開発に関する課題について発信し、その内容がみなと新聞(水産業に関する日刊専門誌、令和6年10月17日付け)に取り上げられました。
- 本研究成果の一部を本校の講義(水族栄養学など)へ反映させており、受講者から高い評価を受けました(学生授業評価4.52点/5点満点)。

## 本成果に関する論文

イソクリシスのリン欠乏細胞群の生産方法、及びそれをワムシ栄養強化剤として用いた際のヒラメ仔魚の飼育成績についてまとめた論文が学術雑誌 *Aquaculture International* に掲載されました。

- Hideaki Matsui, Satoshi Kono, Kakeru Ishibashi, Manabu Ishikawa, Tomonari Kotani (2024) *Aquaculture International* 32: 6665–6687

<https://doi.org/10.1007/s10499-024-01483-7>