

プレスリリース

令和6年4月11日
国立研究開発法人 水産研究・教育機構

昆虫と微細藻類の配合による無魚粉・無魚油飼料でマダイをしっかりと成長させることに成功

アメリカミズアブと微細藻類を主原料に製造した無魚粉・無魚油の配合飼料で魚粉原料の飼料と同等にマダイをしっかりと成長させることに成功しました。

【概要】

水産研究・教育機構は、内閣府のムーンショット型研究開発制度を活用した「地球規模の食料問題の解決と人類の宇宙進出に向けた昆虫が支える循環型食料生産システムの開発（管理法人：生物系特定産業技術研究支援センター）、由良 敬プログラムマネージャー（お茶大の水女子大学教授）」において、アメリカミズアブと微細藻類（オーランチオキトリウム）を原料とした新規の養魚用飼料の開発に取り組んでいます。その成果として、国産のミズアブ粉と微細藻類粉を主原料にした無魚粉・無魚油とした飼料により、魚粉飼料を給餌したマダイと遜色ない成長速度を達成できました。このことは、ミズアブ粉と微細藻類粉を使用すれば魚粉と魚油を使用せずにしっかりとマダイを育成することが可能であることを示しています。この成果は、入手が困難になりつつある魚粉と魚油を飼料生産において不要とし、主原料を国産化することで食料安全保障を確保しながら養殖マダイの安定的供給に大きく貢献することが期待できます。

本件照会先

国立研究開発法人 水産研究・教育機構

経営企画部広報課 荒井 大介 TEL：045-277-0136

水産技術研究所

養殖部門（長崎庁舎） 安藤 忠 TEL：095-860-1632

環境・応用部門 石原 賢司 TEL：045-788-7681

別紙参考資料

【研究の背景】

魚類養殖の生産コストの7割を占める飼料価格が高騰しています。これは、世界的に魚類養殖が活発化していることにより飼料原料となる魚粉と魚油の需要が増加し、入手しにくくなったことに加え、原料の天然魚が不安定なためです。さらに天然物に依存する飼料生産は資源保全の観点から抑制すべきとの考えが世界的な方向です。そのため、魚粉と魚油に替わる飼料原料の開発が進められています。なかでもコーンや大豆に由来する植物性代替物の開発はいくつかの魚種で有効性が確認されてきました。しかし、ほとんどが輸入品であり、地球温暖化による穀物の減産や社会情勢の変化などのリスクを考えると安定的・継続的な確保に懸念があります。

水産研究・教育機構は、これまで魚粉代替飼料原料として様々なものの効果を確認し、配合技術の開発に取り組んで来ました。その中でタンパク質性原料としてアメリカミズアブ（学名：*Hermetia illucens*、以下ミズアブ、別称フェニックスワーム）の粉末と脂質性原料として微細藻類（学名：*Aurantiochytrium limacinum*、以下オーラン）の粉末を組み合わせることにより、マダイにおいて無魚粉・無魚油の飼料を開発することに成功しました。海産魚類用飼料で昆虫粉と微細藻類を組み合わせる無魚粉無魚油飼料を開発した例は世界初です。ミズアブとオーラン以外の原料は結着剤（小麦粉）と微量成分（大豆レシチン、ビタミン類、ミネラル類、アミノ酸）のみです。エビミール、コーングルテンミール、大豆粕、畜産由来物などは不使用です。

ミズアブは食品残渣等で育成可能なため、ミズアブ粉は魚粉代替原料として世界的に注目されており、大量生産に取り組む企業がEUや東南アジアなどにすでに多数存在します。EUは飼料用タンパク質源としての大豆粕から昆虫タンパク質への転換を進めるために、ミズアブを飼料原料に使用することを2017年に養魚用として、2021年に養鶏及び養豚用に認可しました。そして、ミズアブに使用可能な餌料を法律として定め、さらには飼料用ミズアブの育成や加工の方法に関するガイドラインを国際食用・飼料用昆虫プラットフォームが策定しております。日本でもミズアブの育成ガイドラインを昆虫ビジネス研究開発プラットフォームが昨年策定しました。

一方、オーランは海産魚類が必須とする脂肪酸であるDHA（ドコサヘキサエン酸）を大量に蓄積する微細藻類の一種で、従属栄養生物であり光合成をしないので育成に光が不要です。この特性により、屋内のタンクで超高密度培養が可能です。ただし、糖などの炭素源を必要とします。糖は地球上で最も多い有機物であるセルロースから産生可能です。すでに食用オーランが国内外で健康食品として販売されています。

なお、この開発では乾燥ミズアブを株式会社エルメティア社（愛知県で生産）から、冷凍オーランを株式会社ユージェナ（佐賀県・沖縄県で生産）から入手しました。

【研究の内容・意義】

乾燥ミズアブ（写真1）と乾燥オーラン（写真2）を主な飼料原料としました。ミズアブについては圧搾により脱脂処理を施し、脱脂ミズアブ粉としました。他には小麦粉（結着剤）、大豆レシチン、ビタミン類、ミネラル類、アミノ酸を配合して飼料（写真3）としました。対照群用の飼料ではミズアブとオーランの代わりに魚粉（ホホワイトミール）と魚油（イワシ油）を使用し、さらに粗タンパク質含量を市販の配合飼料程度にするために食用セルロースを5%添加しました（表

1)。飼育実験では、水温を 22-23℃の掛け流しとし、実験群と対照群用に各 1 基の 500 リットル水槽に各 16 個体のマダイを収容、全個体を電子タグで個体識別しました。実験開始時のマダイの体重は対照群が $71.3 \pm 2.8\text{g}$ (平均±標準偏差)、実験群が $71.6 \pm 2.7\text{g}$ でした。51 日間の飼育後の体重は $151.2 \pm 18.8\text{g}$ と $153.0 \pm 18.7\text{g}$ となり (図 1)、両群間に統計学的な有意差は認められませんでした。増肉係数は 1.30 と 1.25 で大きな差はありませんでした。生残率は両群共に 94% でした。そして、ミズアブ配合によると考えられる影響は特に確認されませんでした。この結果から、マダイの育成において脱脂ミズアブとオーランを組み合わせれば、無魚粉・無魚油の飼料が開発可能と考えられます。



写真 1 乾燥アメリカミズアブ幼虫



写真 2 微細藻類 (オーランチオキトリウム、乾燥前)
直径は 5~20 マイクロメートル



写真 3 ミズアブとオーランを主原料とした飼料

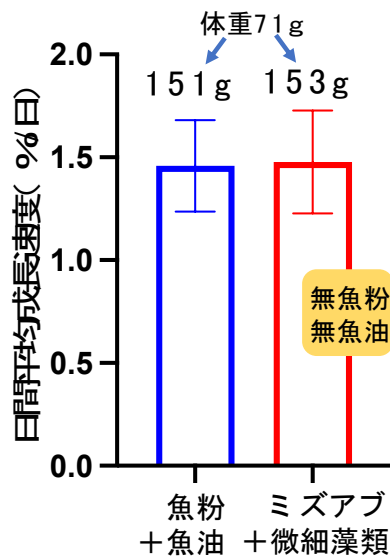


図1 マダイにおける51日間の飼育実験における日間平均成長速度(1日あたりの体重増加速度)

初期平均体重は両群共に71g、51日後に対照群が平均151g、実験群が同153gに成長した。両群間の日間平均成長速度と体重に統計学的有意差は認められなかった。

表1 各飼料の成分 (%)

	対照群 (魚粉+魚油)	実験群 (ミズアブ+微細藻類)
粗タンパク質	48.4	44.8
粗脂質	15.9	15.6
セルロース	5	0

【今後の展望】

今後、本研究の結果を現場応用するには更なる長期間の飼育実験により効果を確認することが重要です。また、この成果を他魚種にも応用するためには、ミズアブ粉とオーラン粉を高率配合した飼料での育成成績をマダイ以外の魚種でも確認することが必要です。摂餌性のみについてはマダイ以外にはウナギ、トラフグでも良好であることを確認しています。ミズアブ粉の品質については、海外品には乾燥過程での過熱により消化性が低下しているもの、脱脂が不十分だったり、幼虫の収穫タイミングの遅れによりタンパク質含量が低いものなどが多々あるので注意が必要です。国産ミズアブ粉は品質が高く安定的で、価格は魚粉と同等以下になりつつあります。一方、オーラン粉も国内で量産されつつあり、既に食品用として流通しています。しかし、オーラン粉は数千円/kg以上であり、飼料への配合には生産コストを新規技術開発により低下させることが必須です。ただし、オーランはDHA含量が魚油の数倍になることがあるほど豊富ですので、飼料への配合必要量を魚油よりも低くすることが可能かもしれません。

ミズアブの特徴としては、重金属、カビ毒、マイクロプラスチックを蓄積せず、また、食品残渣を餌に利用できると共に有機肥料に変換し、その過程ではにおいの発生を大幅に低減することがあげられます。また、ミズアブは外来種として日本中で定着していますが、在来種が利用していなかった生態的地位に入ったため、他種への被害を及ぼしていません。そして、これまで食品残渣処理には大量のエネルギーを投入して処理してきたのに対して、ミズアブを使えば高速・高効率で資源に変換できることなどと併せて考えると、ミズアブは有用昆虫と言えます。一方、オー

ランは密閉されたタンク内ではほぼ無菌状態で培養されますので、極めて清浄な製品になります。また、豊富な DHA 含量によりオーランを魚類に給餌すれば DHA 強化養殖魚を生産することが可能です。

将来的には結着剤を飼料用米等に置換すれば天然資源に依存しない完全国産養魚用飼料の開発が期待できます。このことは食料安全保障上、極めて重要です。本研究の成果が、安全でかつ食料安全保障を確保した国産養殖魚の生産の維持・発展につながるよう引き続き研究開発を実施します。

【用語の解説】

(株) エルメティア：愛知県内で産業廃棄物の動植物性残渣を収集・処理する(株) ハーツの子会社。国内で最も早くミズアブの量産化に取り組んだ企業の一つ。ブタ用飼料であるエコフィードの調製技術を有し、この技術をミズアブ用餌料調製に応用した。他にも独自のミズアブ育成技術を多数保有。水研機構と協力関係を締結。2023年に愛知県環境賞銀賞を受賞。

(株) ユーグレナ：企業フィロソフィーとして「Sustainability First」、パーパスとして「人と地球を健康にする」を掲げ、事業を展開するバイオテクノロジー企業。微細藻類の高度な培養技術を有し、食品や化粧品、バイオ燃料などに活用している。食用オーランチオキトリウムの量産を2024年から開始。水研機構と共同研究契約を締結している。

DHA：ドコサヘキサエン酸の略称。人間では視覚、生殖、脳機能の発達に必須。ほとんどの海産魚類でも必須の脂肪酸であり、与えないと死亡する。一方、ほとんどの淡水魚類(ウナギ、コイ、サーモン類など)は自ら合成可能なため、必須脂肪酸ではない。しかし、サーモン類ではDHA 不含飼料による育成では日本食品標準成分表に記載された量よりもDHA 含量が大きく低下した魚として育成されてしまう懸念がある。このことはサーモン類の脂肪酸源としての食品としての価値を低下させることになりかねない。

従属栄養生物：他種が生産した有機炭素源を獲得して生育・増殖に使用する生物群。オーランは藻類ながら光合成植物と異なって光合成を行わないため、二酸化炭素からデンプンなどの有機炭素を合成することができないが、糖類を与えれば、脂質や炭水化物を産生できる。

コーングルテンミール：トウモロコシからスターチを得る過程で生じる高タンパク質性残渣。畜産の需要がかなり高く、水産用飼料でも使用されることが多い。ただし、国内で流通するトウモロコシの99%以上は輸入品。主に米国とブラジルから輸入される。地球温暖化により減産することが懸念されている。近年、バイオエタノールへの流用が盛んで価格が高騰している。

畜産由来物：養鶏加工過程で生じる内臓などの残渣(チキンミール)や羽毛を高温・高圧処理し可消化性タンパク質に転換したもの(フェザーミール)、豚血粉などを含む。いずれも高タンパク質で水産用飼料原料として使用されることがある。アミノ酸バランスが魚粉とは異なるので、養魚用飼料への高率配合には技術が必要。

【予算元】

内閣府ムーンショット型研究開発制度を活用した「地球規模の食料問題の解決と人類の宇宙進出に向けた昆虫が支える循環型食料生産システムの開発」(管理法人：生物系特定産業技術研究支援センター) 由良 敬プログラムマネージャー(お茶の水女子大教授)

本研究は9つあるムーンショット型研究開発制度の目標のうち、目標5「2050年までに、未利用の生物機能をフル活用して、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出」（千葉一裕プログラムディレクター、東京農工大学長）の一環として実施しています。

【参考】

本件に関するこれまでの発表実績

- ・令和4年10月4日 水産研究・教育機構プレスリリース「配合飼料の魚粉1／2を昆虫粉に替えてもマダイは好成長」
- ・令和6年3月14日 FRA news Vo. 78, 6-7ページ

本成果の実施研究者

安藤 忠（水産技術研究所 養殖部門 生理機能部 主幹研究員）

石原 賢司（水産技術研究所 環境・応用部門 応用開発部 付加価値向上グループ グループ長）