

地下海水を用いた陸上養殖で異なる飼料がカワハギの成長に与える影響

Effects of deferent feeds for *Stephanolepis cirrhifer* at cultivation on land using underground sea water.

田中佑季¹⁾、齋藤 寛¹⁾²⁾、秋山信彦¹⁾²⁾

¹⁾ 東海大学大学院海洋学研究科, ²⁾ 東海大学先進生命科学研究科・高機能性食品研究部門

Yuki Tanaka¹⁾, Hiroshi Saito¹⁾²⁾, Nobuhiko Akiyama¹⁾²⁾

¹⁾ Course of Oceanography, Graduate School of Oceanography, Tokai University

²⁾ Division of Functional Food Science, Institute of Advanced Biosciences, Tokai University

[要旨]

効率的なカワハギの生産方法とカワハギの付加価値を高めるための基礎的な知見を得ることを目的とし、異なる給餌回数による成長比較と、低魚粉および油脂添加飼料をそれぞれ与えて飼育した場合のカワハギの成長および肝臓の成分に与える影響について明らかにした。成長は基本飼料と油脂添加飼料を与えた場合に良かった。肝臓の成分については、油脂添加飼料を与えた場合に粗脂質が増加し、その脂肪酸組成は添加したタラ肝油の影響を受け、低魚粉飼料を与えた場合にはグリコーゲン量が増加した。

[Abstract]

On the purpose of basic knowledge for effective cultivation and high added-value of *Stephanolepis cirrhifer*, growth rate and liver components were compared using deferent number of feeding time and deferent feed composition. Good growth rates were showed using basic feed or oil added feed. At the liver component, total lipids were increased using of oil added feed. And the lipid composition was affected of cod-liver oil. On the other hand, glycogens were increased using of low fishmeal feed.

[Key Words]

Stephanolepis cirrhifer, growth rate, iver components, total lipids, glycogens

1. はじめに

カワハギ *Stephanolepis cirrhifer* は、フグ目 Tetraodontiformes カワハギ科 Monacanthidae に属する海水魚である¹⁾。本種は、淡白な白身と脂ののった肝臓が美味とされ²⁾、活魚で1kg 当たり約2000~3000円で取引される高級魚である。また、養殖魚は肝臓が肥大することから天然魚より高値で取引されること、成長が比較的早いことから新たな養殖対象魚種として注目されている。カワハギでは中間育成に関する知見が少なく、カワハギの効率的な生産を実現するために、適正給餌回数を明らかにする必要がある。

カワハギでは、筋肉部だけでなく肝臓も食用とされている。天然のカワハギの肝臓は、産卵期である夏になると小さくなり価格が下がる。反対に冬になると

肝臓は発達し、価格は一年で最も高くなる。しかし、養殖されたカワハギは、十分な給餌により肝臓が安定して大きく天然魚よりも高値で値段の変動が少ない。このように肝臓はカワハギの価格を決める重要な要素である。現在カワハギでは付加価値を高めるために、魚油を添加することで肝重比が高くなることや³⁾ 飼料に含まれる脂質は肝臓に蓄積されること⁴⁾ が明らかとなっている。また、飼料に添加する油脂の種類を変えて肝臓の脂肪酸組成を変化させることが可能であることが報告されている^{*1}。以上のようにカワハギの飼料に関する知見は集まりつつあるが、脂質以外にタンパク質や炭水化物など、魚類の成長に関わる成分が

*1 村山慎哉 (2013) : 飼料中の油脂成分がカワハギ肝臓の脂質組成に与える影響。東海大学大学院平成25年度修士論文。

カワハギの成長や肝臓の成分に与える影響に関する知見は少ない。

そこで本研究では効率的なカワハギの生産方法とカワハギの付加価値を高めるための基礎的な知見を得ることを目的とし、異なる給餌回数による成長比較と、低魚粉および油脂添加飼料をそれぞれ与えて飼育した場合のカワハギの成長および肝臓の成分に与える影響について明らかにした。

2. 結果の概要

1) 異なる給餌回数で飼育した場合のカワハギの成長比較

実験開始時の体重の平均値は、1回目の実験で28.7±1.7~29.8±3.7g、2回目で21.0±1.7~23.1±2.2gで分散分析の結果、条件間に有意な差は認められなかった。生残率は1回目では、全条件で100%だった。2回目では、1日2回給餌した場合でのみ飛び出しが原因で1個体死亡し90%で、他の条件は100%だった。飼料効率の中央値は、1回目では、1日2回給餌した場合で45.83%と最も高く、次に5回給餌した場合で41.81%、1回給餌した場合で40.26%であり、3回給餌した場合には38.68%と最も低かった。2回目では、1日に5回給餌した場合で45.74%と最も高く、給餌回数の減少に伴い飼料効率も低下し、1回給餌した場合で28.68%と最も低かった。

日間増重率の中央値は、1回目では、2回給餌した場合で1.49%と最も高く、次に5回給餌した場合で1.46%、3回給餌した場合で1.36%であり、1回給餌した場合で0.92%と最も低かった。2回目の実験では5回給餌した場合が1.75%と最も高く、給餌回数の減少に伴い日間増重率も低下し、1回給餌した場合で0.82%と最も低かった。しかしながら、実験終了時の体重の平均値は、1回目では、31.5±4.9~33.3±4.8g(表1)、2回目で23.5±1.5~25.4±2.1gと分散分析の結果、条件間に有意な差は認められなかった。

総摂餌量は、1回目では1回給餌で5.8±1.0g、2回給餌が8.3±1.2g、3回給餌が8.9±1.2g、5回給餌の場合で10.2±3.4gであり条件間で有意な差が認められTukey-kramer法で多重比較したところ、1回給餌と他の3条件間で有意差が認められた。2回目でも同様に給餌回数が増加していくにしたがい摂餌量は増加したが、5.9±1.3~7.2±1.8gと条件間に有意な差は認められなかった。

日間摂餌率の中央値は1回目では、5回給餌で3.78%

と最も高く、3回給餌区が3.63%、2回給餌が3.37%であり、1回給餌で2.49%と最も低かった。2回目でも同様の傾向であり、5回給餌で3.94%と最も高く、1回給餌で3.04%と最も低かった。実験期間中の水温、塩分、pHについては1回目、2回目ともに大きな差は認められなかった。

増重量、飼料効率、日間摂餌率、日間増重率は以下の式で求めた。

増重量 (g) = 終了時湿重量 (g) - 開始時湿重量 (g)
飼料効率 (%) = 期間増重量 (g) / 期間総摂餌量 (g) × 100
日間摂餌率 (%) = 期間総摂餌量 / (T (W₁ + W₂) / 2) × 100
日間増重率 (%) = (W₂ - W₁) / (T (W₁ + W₂) / 2) × 100
T : 飼育日数

W₁ : 期間開始時湿重量 (g)

W₂ : 期間終了時湿重量 (g)

2) 低魚粉及び油脂添加飼料の一般成分

実験に用いた飼料の一般成分分析の結果、飼料の粗タンパク質は、基本飼料が62.5%、油脂添加飼料が57.1%、低魚粉飼料が37.8%であった。粗脂質は油脂添加飼料で16.8%と、基本飼料が9.3%、低魚粉飼料で5.4%より高かった。炭水化物は、低魚粉飼料で32.1%と、基本飼料と油脂添加飼料が5.2%より高かった。水分も同様に低魚粉飼料が12.6%と、基本飼料が3.3%、油脂添加飼料が3%より高かった。

3) 低魚粉及び油脂添加飼料を給餌した場合の成長と肝重比

実験開始時の体重の平均値は、1回目の実験で41.8±8.6~47.2±8.8g、2回目で79.0±16.7~81.0±17.0gであり双方とも条件間で有意な差は認められなかった。1回目の生残率は全条件で100%だった。2回目では基本飼料を与えた場合のみ1個体死亡したため95%で、他の条件は全て生存した。実験終了時のヘマトクリット値は、1回目の実験では、基本飼料を与えた個体では20.99~44.29%であった。低魚粉飼料を与えた個体では22.44~41.89%、油脂添加飼料を与えた個体では27.87~38.35%であり、条件間に有意な差が認められなかった。2回目では、基本飼料を与えた個体では25.37~38.91%であり、低魚粉飼料を与えた個体では20.30~36.23%、油脂添加飼料を与えた個体では22.32~36.96%であり条件間で有意な差が認められ、Tukey-kramer法で多重比較したところ、低魚粉を与えた場合と油脂添加飼料を与えた場合との間で有意な差が認められた。

飼料効率、1 回目では油脂添加飼料を与えた場合に 59.27%と最も高く、次に基本飼料の 53.78%であり、低魚粉飼料を与えた場合では 23.82%と低かった。2 回目も同様に油脂添加飼料を与えた場合に 19.87%と高く、基本飼料で 16.49%であり、低魚粉飼料を与えた場合には体重が減少したため求められなかった。日間増重率も同様に、1 回目では油脂添加飼料が 0.79%、基本飼料が 0.70%、低魚粉飼料が 0.38%であった。2 回目も同様に油脂添加飼料を与えた場合で 0.16%と最も高く、次に基本飼料を与えた場合で 0.12%であり、低魚粉飼料を与えた場合では -0.23%と減少した。実験終了時の体重の平均値は、1 回目では、 $52.1 \pm 15.2 \sim 58.7 \pm 12.4$ g と条件間で有意な差は認められなかった。2 回目では基本飼料を与えた場合に 86.8 ± 19.9 g、低魚粉飼料を与えた場合に 71.3 ± 16.7 g、油脂添加飼料を与えた場合に 86.2 ± 23.4 g であり、条件間で有意な差が認められ、Tukey の多重比較をおこなったが、どの条件間でも有意な差は認められなかったが、低魚粉飼料を与えた場合に低い傾向が見られた。日間摂餌率は、1 回目では低魚粉飼料を与えた場合に 1.60%と高く、次に油脂添加飼料で 1.33%、基本飼料では 1.31%であった。2 回目では、油脂添加飼料を与えた場合に 0.79%と高く、次に基本飼料で 0.75%であり、低魚粉飼料では 0.65%と低かった(表 16)。実験期間中の水温、塩分、pH については 1 回目、2 回目ともに大きな差は認められなかった。

肝重比は、1 回目では、実験開始時で 2.31~9.75%で中央値が 5.25%、基本飼料を与えた場合、低魚粉飼料を与えた場合、油脂添加飼料を与えた場合の中央値が 4.68~5.84%であり、条件間に有意な差は認められなかった。2 回目では、実験開始時で 4.20~17.62%で中央値が 8.52%であり、基本飼料を与えた場合で 6.23~9.09%で中央値が 6.03%、低魚粉飼料を与えた場合で 3.93~8.48%で中央値が 5.45%、油脂添加飼料を与えた場合で 2.37~9.55%で中央値が 6.32%であり、条件間に有意な差が認められ、Tukey の多重比較では、開始時と基本飼料、低魚粉飼料、油脂添加飼料との間で有意な差が認められた。

4) 低魚粉及び油脂添加飼料を給餌した場合の肝臓の成分と脂肪酸組成

1 回目の実験開始時の肝臓の粗タンパク質は 5.3%、粗脂質は 62.1%、炭水化物は 4.2%、水分は 28.0%、粗灰分は 0.4%、グリコーゲンは 0.6%であった。2 回目の実験開始時の肝臓の粗タンパク質は 2.7%、粗脂質は

72.0%、炭水化物は 2.9%、水分は 21.8%、粗灰分は 0.4%、グリコーゲンは 0.5%であった。

1 回目の実験として 31 日間飼育したカワハギの肝臓の粗タンパク質は、各条件で 4.9~5.7%の範囲で差はみられなかった。粗脂質は、油脂添加飼料を与えた場合に 63.9%であり、他の条件の 61.9~62.6%より若干高かった。炭水化物は油脂添加飼料を与えた場合に 8.3%であり、他の条件の 3.9~5.2%より高かった。水分は基本飼料を与えた場合と低魚粉飼料を与えた場合で 27.2~27.3%であったが、油脂添加飼料を与えた場合では 22.5%と低かった。粗灰分は目立った差は無く 0.4~0.5%であった。グリコーゲンは低魚粉飼料を与えた場合に 1.0%と、基本飼料を与えた場合の 0.1%、油脂添加飼料を与えた場合の 0.5%より高かった。

2 回目の実験として 56 日間飼育したカワハギの肝臓の粗タンパク質は、1 回目の実験と同様、差は見られなかった。粗脂質は低魚粉飼料を与えた場合に 74.5%、油脂添加飼料を与えた場合に 72.2%であったが、基本飼料を与えた場合で 64.8%と低かった。炭水化物は基本飼料を与えた場合で 9.0%であり、他の条件の 2.2~2.8%より高かった。水分は 19.7%~22.0%と差は見られなかった。粗灰分は全条件で 0.4%であった(図 8)。グリコーゲンは低魚粉飼料を与えた場合に 0.5%であり、他の条件の 0.3%よりも高かった。

2 回目の実験で測定した脂肪酸組成について、まず肝臓の総脂質量は、実験開始時で 72.0g、基本飼料を与えた場合で 64.8g、低魚粉飼料を与えた場合で 74.5g、油脂添加飼料を与えた場合で 72.2g だった。また油脂添加飼料に添加したタラ肝油で 100g だった。油脂添加飼料に添加したタラ肝油の脂肪酸の中で、パルミチン酸 12.7%、オレイン酸 17.9%、エイコセン酸 13%、EPA 10.8%、ドコセン酸 15.7%が特に高かった。

肝臓の脂肪酸組成については、n-3 系多価不飽和脂肪酸では、 α -リノレン酸は実験開始時に 1.3%であり、基本飼料、低魚粉飼料、油脂添加飼料を与えた場合でも 1.1~1.2%と変化はなかった。同様に DHA は実験開始時に 6.1%であり、基本飼料、低魚粉飼料、油脂添加飼料を与えた場合でも 6.1~7.1%と変化はなかった。EPA は実験開始時に 2.4%であり、油脂添加飼料を与えた場合に 4%、基本飼料を与えた場合に 3.8%と増加したが、低魚粉飼料を与えた場合では 2.8%と変化はなかった。n-6 系多価不飽和脂肪酸では、リノール酸は実験開始時に 12.9%であり、油脂添加飼料を与えた場合に 9.2%、基本飼料を与えた場合に 10.0%と減少したが、

低魚粉飼料を与えた場合では 12.2%と変化は無かった。アラキドン酸は実験開始時に 0.5%であり、基本飼料、低魚粉飼料、油脂添加飼料を与えた場合でも変化はななくどれも 0.5%であった。それ以外に特徴的だった脂肪酸については、カワハギの肝臓ではパルミチン酸とオレイン酸の割合が高く、パルミチン酸は実験開始時に 23.5%であり、基本飼料、低魚粉飼料、油脂添加飼料を与えた場合でも変化はなく 23.1%であった。オレイン酸は実験開始時に 28.9%であり基本飼料、低魚粉飼料、油脂添加飼料を与えた場合でも 27.1~28.1%と変化は無かった。また、エイコセン酸は実験開始時に 3.3%であり、基本飼料を与えた場合と低魚粉飼料を与えた場合では 3.5~3.9%と変化はなかったが、油脂添加飼料を与えた場合で 5.1%と増加した。ドコセン酸も同様に実験開始時に 1.8%であり、基本飼料を与えた場合と低魚粉飼料を与えた場合では 1.8~1.9%と変化は無かったが、油脂添加飼料を与えた場合で 3.4%と増加した。

(図 1)。

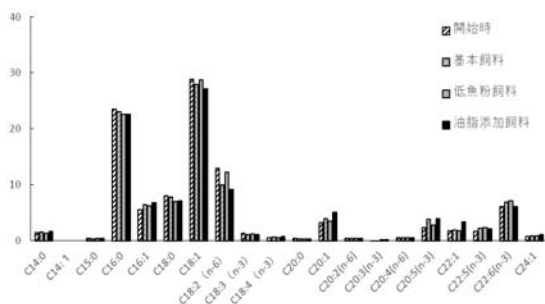


図1 各条件のカワハギの肝臓の脂肪酸組成

以上の諸結果から、体重が約 20g 程度のカワハギでは 1 日 5 回、体重が約 30g 程度のカワハギでは 1 日 2~3 回給餌することで効率良くカワハギを飼育できることが明らかとなった。また、成長に関して、油脂は 10% 添加しなくても十分に成長することから本種では脂質によるタンパク質節約効果は少ないことが明らかとなった。肝臓の成分については、飼料の炭水化物含量を上げると肝臓にグリコーゲンが多く蓄積されることが明らかとなり、脂質に関しては飼料に含まれる油脂の影響を受けて変化することが明らかとなった。

3. 展望

効率的なカワハギの生産方法とカワハギの付加価値を高めるための基礎的な知見を得ることを目的とし、異なる給餌回数による成長比較と、低魚粉および油脂

添加飼料をそれぞれ与えて飼育した場合のカワハギの成長および肝臓の成分に与える影響について明らかにした。

低魚粉飼料を与える事で肝臓内のグリコーゲンを高めることが可能であることが明らかとなり、天然魚と異なる成分の肝臓を持ったカワハギの生産が可能であることが示唆された。今後は、高機能脂肪酸組成を含み、グリコーゲンを高める餌料を給餌することで、高機能性食品の開発へつながるものと期待される。

4. 引用文献

- 1) 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝弥・吉野哲史 (1988) : 日本水産魚類図鑑. 東海大学出版, 東京, pp342-345.
- 2) 水野かおり (2006) : 新しい養殖対象魚種「カワハギ」について. 愛媛県水産試験場・魚病指導センターだより宇和海, 2006, (20), 5-6.
- 3) 大石隆史・松井崇憲・森京子 (2010) : 養殖魚ブランド化支援技術開発研究. 大分県農林水産センター水産試験場事業報告, 2009, 97-100.
- 4) 南隆之・永友聖代・金丸昌慎・岩田一夫・興石友彦・吉田照豊・村田寿 (2013) : 温暖化等による養殖漁場の環境変動把握と効率的な養殖技術の開発 - カワハギに適した配合飼料の検討 -. 宮崎県水産試験場事業報告, 2011, 210-216.

5. 業績

【学会等発表】

- 1) 中込 啓介、深澤 あかね、藤澤 朋子、後藤 慶一、齋藤 寛: カワハギの冷凍保存に関する研究、富士山麓アカデミック&サイエンスフェア 2016、2016.12 富士市

6. 謝辞

飼料や肝臓の成分分析を行うにあたり一般財団法人食品環境検査協会並びに、榎田剛氏、浅野毅氏に心より感謝と御礼申し上げます。また、本稿を書く機会を与えてくださり、いつも温かな叱咤激励をいただいている平山令明先生に感謝申し上げます。