

## 加工残渣の利用によるホンモロコ飼料自給率向上の試み（平成 28 年度）

石原 学・武田維倫・渡邊長生・尾田紀夫

### 目 的

ホンモロコは琵琶湖に生息する小型のコイ科魚類であり、主に関西地方において高級魚として珍重されている。平成 27 年度にホンモロコに適した配合飼料を検討した結果、魚粉含有量が高い飼料ほど、購入時の価格は高いものの最終的なコストは低いことが示唆された。<sup>1)</sup>しかしながら、生産コストに占める配合飼料のコストは依然として高く、収入の安定化を図る上では更なるコストの減少が望まれる。コイ科魚類は脂質や糖質の利用効率が高いことが知られており、<sup>2)</sup>飼料中のタンパク質からの置き換えが可能であると考えられる。そこで本試験では、農業加工残渣であり、脂質および糖質の豊富な「米ぬか」、高タンパクである「おから」を利用して育成時の配合飼料量を減少させることができるかを調べた。また、予備試験として油を添加した飼料を給餌したところ高成長する傾向が認められたため、油に栃木県で生産されている柚子を混ぜた「柚子ペースト」を作成し、飼料に添加した時の成長速度を調べた。

### I 農業加工残渣による配合飼料置き換え効果の検証 材料および方法

**供試魚** 試験には栃木県水産試験場内で採卵・育成したホンモロコ当歳魚（平均体重 1.47 g）を用い、1 試験区あたり約 588 g（400 尾 / 試験区）となるように収容した。

**試験設定** 試験は 2016 年 7 月 15 日から 9 月 20 日までの 66 日間行い、33 日後の 8 月 16 日に中間測定を行った。10 m<sup>2</sup> 浅型試験池を用い、水量を約 2 t、毎時間あたり 0.72 t の注水を行い飼育した（8.6 回転 / 池 / 日）。中間測定後は各試験区の池重量をそろえ（860 g / 池）、同様に飼育した。なお、後述の理由によりおから単独区は中間測定以降の試験には用いなかった。

**給餌方法** 試験には動物性飼料原材料比率 60%、粗たんぱく質比率 47%以上の配合飼料を使用した。配合飼料のみを給餌する区（以下、対象区）および加工残渣投与区として米ぬか団子と配合飼料の複合給餌区（以下、米ぬか区）、おから団子と配合飼料の複合給餌区（以下、おから区）、おから団子のみを給餌する区（以下、おから単独区）の 3 試験区を設定した。対照区では 1 日 4 回（10、12、14、16 時）、給餌率 3%で給餌し

た。米ぬか区では、米ぬか：水 = 1：1 で混合して冷凍保存した米ぬか団子を 10 時に飽食給餌（5-6%）した後、配合飼料を 14、16 時に給餌率 1.5%で給餌した。おから区ではおからをそのまま冷凍保存したおから団子を用いて同様に給餌した。おから単独区では、10 時および 14 時におから団子のみを飽食給餌した。

**結果解析** 試験結果の解析に用いた各指標値は低魚粉飼料効率検証試験 -アユ-（p.11-12）と同様に、あるいは次の式に拠って求めた。

日間給餌率（%/日）  
= {配合飼料の給餌量 / [(開始時魚体総重量 + 終了時魚体総重量 + 死亡魚総重量) × 0.5 × 飼育日数]} × 100

練り餌重量を含む日間給餌率（%/日）  
= {(配合飼料の給餌量 + 練り餌の給餌量) / [(開始時魚体総重量 + 終了時魚体総重量 + 死亡魚総重量) × 0.5 × 飼育日数]} × 100

飼料効率（%）  
= [(終了時魚体総重量 - 開始時魚体総重量) / 配合飼料の給餌量] × 100

**統計解析** 試験終了時に各群 60 尾ずつ個体重量を測定した後、Tukey の方法により多重比較を行った。

### 結果および考察

本試験ではホンモロコの育成に農業加工残渣が利用できるかを調べた。まず各団子の性状を調べたところ、おから団子では形状を維持したまま水面付近を漂う様子が、米ぬか団子では直ちに沈降して少しずつ溶けていく様子が観察された。また、ホンモロコの摂餌性として、おからでは浮かんでいる団子から徐々に落ちてくる破片をついばむ様子が、米ぬかでは下に落ちた団子をついばむ様子が観察され、共に餌寄りには良好であった（図 1）。給餌後には腹部が膨らんだ個体が多く観察された。

中間測定終了時の各指標値を表 1 に示す。配合飼料

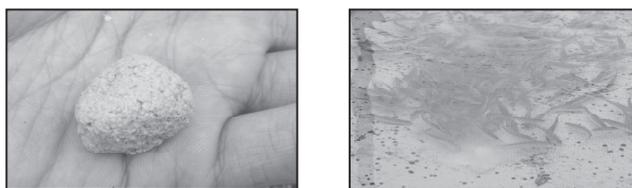


図 1 米ぬか練り餌（左）と練り餌に集まるホンモロコ（右）

をまったく投与しなかったおから単独区では、飽食給餌したものの重量にほとんど変化が認められず、ホンモロコは加工残渣のみでは成長できないことが示された。このことから、おから単独区は以降の試験には用いなかった。原因については不明であるが、一因として成長に必要とされる成分、すなわち脂質や糖質、あるいは動物性タンパク質等の不足が考えられる。本試験はコンクリート水槽で行ったが、休耕田や素掘りの池を養殖池として利用している生産者も多い。これらの池では微生物が自然発生し、足りない栄養素を補えると考えられるため、現場での試験についても検証する必要がある。また、成長はしないものの1カ月のうちに死亡はみられなかったことから、出荷サイズに成長した後のストック時に用いる飼料として利用できる可能性はある。

表 1 飼料試験結果(試験開始～中間測定時)

項目 / 試験区	対象区	おから区	米ぬか区	おから単独区
開始時平均体重 (g)	1.47	1.46	1.46	1.47
終了時平均体重 (g)	2.49	2.16	2.25	1.68
日間給餌率 (%/日)	2.39	1.31	1.27	-
練り餌重量を含む日間給餌率 (%/日)	2.39	5.28	5.21	6.15
飼料効率 (%)	69.8	94.9	107.2	-
推定飼料効率 (%) *	69.8	50.0	55.0	17.0
日間成長率 (%/日)	1.7	1.2	1.4	0.4
尾数歩留まり (%)	100	100	100	100
増肉飼料費 (%) **	100	74	65	-
平均体重の増加 (1→5g) に必要な日数***	79日	109日	100日	-

\*: 試験終了時に平均体重に達する飼料効率を逆算して算出

\*\* : 対象区の 1 kg 増重あたりの飼料価格を 100 としたときの相対値

\*\*\* : 本試験の設定で試算

中間測定時の平均体重は対象区でもっとも高く、米ぬか区およびおから区が続いた(表1)。また、その個体重量の差を調べたところ、対象区に比べおから区のみが有意に小さかった(図2)。これらより、加工残渣を与えた区では成長速度が遅くなる傾向が認められた。一方で配合飼料のみの給餌量から算出した各区の飼料効率については、対象区の約70%に比べておから区で95%、米ぬか区では107%と大きな差が認められた。そこで、測定時の平均体重から実際の飼料効率について推定したところ、おから区では50%、米ぬか区では55%となり、対象区に比べて低いものの半減とまではいかなかった。ホンモロコがおからや米ぬかを全く利用できない場合には飼料効率が半分になると予想されることから、用いた加工残渣は配合飼料と併用することで成長に何らかの影響を与えることを示している。コイでは消化管内優占乳酸菌種の給餌により成長促進効果および免疫賦活効果があることがわかっている。<sup>3)</sup> 単に栄養成分として利用する意外に、消化管内の細菌叢を良好なものとする事で消化・吸収効率を向上させ、

結果として飼料効率を高めているのかもしれない。

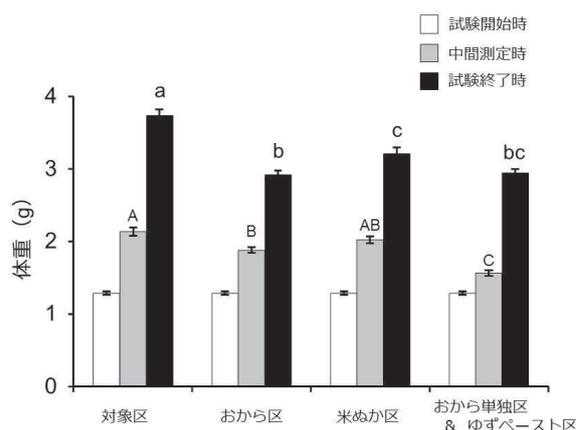


図 2 試験期間中の個体重量の変化

各試験区から60尾を抽出して体重を測定した。バーは標準誤差を、異なるアルファベットは群間に有意差があることを示す。

同様の傾向は中間測定以降も認められ、体サイズは対象区に比べて有意に小さいものの、推定飼料効率はおから区と米ぬか区でそれぞれ45%、56%となった(表2)。すなわち、本試験に用いた1.5gから約3.5g程度の範囲においては利用効率に大きな変化はないものと思われる。とくに米ぬか区では、中間測定時、試験終了時共に推定飼料効率は55-56%と安定していた。これらの値を用いて増肉飼料費や5g(推定出荷サイズ)までの飼育にかかる日数を試算すると、対象区に比べて増肉飼料費は65%にまで減少し、必要日数は20日程度増加した。必要日数はやや長くなるものの、コスト削減効果は非常に大きいことから、米ぬかは配合飼料からの置き換え効果がとくに高いと考えられた。今後、米ぬかに適応的な個体の選抜育種を行うことで、この置き換え効果はさらに向上できると思われる。なお、前述のように、養殖池で自然発生する微生物の利用により実際の成長速度は本試験で示した値よりも高くなると考えられることから、今後は養殖池での実証試験についても実施する必要がある。

表 2 飼料試験結果(中間測定～試験終了時)

項目 / 試験区	対象区	おから区	米ぬか区	ゆずペースト区
試験開始時平均体重 (g)	2.49	2.16	2.25	1.68
試験終了時平均体重 (g)	4.31	3.09	3.52	3.07
日間給餌率 (%/日)	2.54	1.43	1.35	2.46
練り餌重量を含む日間給餌率 (%/日)	2.54	5.41	5.25	2.46
飼料効率 (%)	67.9	80.3	105.0	76.9
推定飼料効率 (%) *	67.9	45.0	56.0	76.9
日間成長率 (%/日)	1.73	1.14	1.42	1.89
尾数歩留まり (%)	100	100	100	100
増肉飼料費 (%) **	100	85	65	91
平均体重の増加 (1→5g) に必要な日数***	80日	121日	97日	69日

\*: 試験終了時に平均体重に達する飼料効率を逆算して算出

\*\* : 対象区の 1 kg 増重あたりの飼料価格を 100 としたときの相対値。ゆずは 0 円、油は 407 円 / L として計算

\*\*\* : 本試験の設定で試算

## II ゆずペーストによる飼料効率改善効果の検証

### 材料および方法

**供試魚** 試験には試験Ⅰにおける中間測定後のおから単独区の個体（平均体重 1.68 g）を用い、1 試験区あたり約 670 g（400 尾 / 試験区）となるように収容した。

**試験設定** 試験は 2016 年 8 月 17 日から 9 月 20 日までの 33 日間、試験Ⅰと同様の設定で行った。

**給餌方法** ゆずペーストはゆずと植物油を 2 : 1 の割合でフードプロセッサーを用いて粉碎混合して作成した。このゆずペーストを上記の配合飼料に 10% の濃度で添加したものをゆずペースト給餌区（以下ゆず区）とし、1 日 4 回（10, 12, 14, 16 時）、給餌率 3% で給餌した。

**統計解析** 試験終了時に各群 60 尾ずつ個体重量を測定した後、Tukey の方法により多重比較を行い、同一時期に行った他の試験区と比較した。

### 結果および考察

1 カ月間の試験後の飼料効率は 76.9% であり、同時期に行った対照区（67.9%）に比べて 9% 増加した（表 2）。また、個体サイズは 1.68 g から 3.07 g まで増加し、試験開始時の平均体重が小さいにもかかわらず、おから区の個体と同程度のサイズまで成長した（図 2）。増肉飼料費はおから区や米ぬか区に比べると高いものの、油の添加コストを考慮しても対照区より安価であった。ゆず区は他の試験区に比べて池重量が少ないものの、どの試験区も収容密度が低いことから、この成長差が密度由来であるとは考えにくい。ゆずペースト中のゆず、あるいはペーストを作成する際の油によるものと予想されるため、今後は配合飼料に油を単独で添加する群との比較も行い、ホンモロコの成長促進手法の開発につなげる必要がある。

### 総合考察

本試験では、飼料コストの削減により収入の安定化を図ることを目的として、配合飼料から低コストの加工残渣への置き換え効果と添加物質による成長促進効果について調べた。その結果、米ぬかはコスト削減効果が非常に高いことが示された。米ぬかは精米時の加工残渣であり、安価かつ容易に通年入手することができるため、実際に置き換えに用いる加工残渣として利用しやすい。しかしながら、米ぬかの給餌には成長速度の低下というデメリットが存在する。試験Ⅱの結果では、ゆずペースト添加飼料の給餌による飼料効率の

向上効果に加え、増肉飼料費も安価であることが示された。米ぬかとゆずペースト添加飼料の給餌を組み合わせることで、通常の配合飼料に比べて安価かつ成長速度も変わらない育成が期待できるかもしれない。また、そのような餌が食味に影響を与える可能性は否定できない。今後は各飼料で飼育した後の食味の変化も考慮して使用する飼料を検討する必要があるだろう。

### 引用文献

- 1) 石原 学・武田維倫・渡邊長生・尾田紀夫. ホンモロコ飼料試験. 栃木県水産試験場研究報告 2017; 60: 15-16.
- 2) 深津鎮夫・土橋豊一. コイ用飼料原料の蛋白質源および糖質源としての飼料価値について. 長野水試研報 1984; 1: 37-57.
- 3) 丹羽晋太郎・星野貴行. 魚に効くプロバイオティクス 茨城県霞ヶ浦・北浦におけるコイ養殖業への利用の可能性. 化学と生物. 2015; 53(7): 418-420.

（水産研究部）