

# 養豚用飼料の給与がブリの成長および消化におよぼす影響

高桑史明<sup>1</sup>・家田聖也<sup>2</sup>・松田頼義<sup>2</sup>・鷺尾洋平<sup>3</sup>・阿川泰夫<sup>4</sup>

## Effects of swine diet feeding on growth and digestion in yellowtail

Fumiaki TAKAKUWA<sup>1</sup>, Seiya IEDA<sup>2</sup>, Noriyoshi MATSUDA<sup>2</sup>,

Youhei WASHIO<sup>3</sup> and Yasuo AGAWA<sup>4</sup>

This study aimed to investigate the effect of feeding swine diet on growth and digestion in yellowtail *Seriola quinqueradiata*. Commercial extruded pellet was used as control diet. Experimental diet (swine diet) was prepared by replacing 50% of control diet with commercial swine diet. Yellowtail were fed experimental diets for 16 days. Thereafter, fish were fasted for 2 days and fed the experimental diets to satiation. Blood and gastric/intestinal digesta were sampled at 0, 1, 3, 6 and 24 h after feeding. Final body weight, weight gain and specific growth rate in fish fed control diet were significantly higher than those of fish fed swine diet. Feed conversion ratio was also significantly superior in fish fed control diet. Gastric digesta content was significantly higher in fish fed swine diet at 3 h after feeding. However, no significant difference was shown at 6 h after feeding. Intestinal digesta content was not significantly different between dietary groups. Serum protein was significantly higher in fish fed control diet at 1 and 3 h after feeding. The other serum components were not changed between dietary groups. These results seem to be caused by lower protein level of swine diet and worse utilization of carbohydrate.

Key words: yellowtail, swine diet, growth, digestion

---

<sup>1</sup> 浦神実験場 (Uragami Station, Aquaculture Research Institute, Kindai University, Uragami, Wakayama 649-5145, Japan)

<sup>2</sup> 近畿大学附属新宮高等学校 (Kindai University Shingu High School, Shingu, Wakayama 647-0081).

<sup>3</sup> 白浜実験場 (Shirahama Station, Aquaculture Research Institute, Kindai University, Shirahama, Wakayama 649-2211, Japan).

<sup>4</sup> 大島実験場 (Ohshima Station, Aquaculture Research Institute, Kindai University, Kushimoto, Wakayama 649-3363, Japan).

我々が普段口にしてしている畜肉の大元である豚や牛、鶏などの家畜および家禽は、トウモロコシを主とした飼料を給与され飼養されている。畜産用飼料に占めるトウモロコシの配合割合は豚・鶏・牛の全畜種平均で 47.1%にも及んでいる(農林水産省 2018)。トウモロコシの国際価格は需給状況により高下するものの、2008 年から 2017 年までの 10 年間でみた場合、1 トンあたり 118ドルから 315ドルの間で推移している(農林水産省 2018)。トウモロコシは安価であるだけでなく、炭水化物やエネルギーが豊富に含まれている栄養価に優れた飼料原料であり、コストパフォーマンスの高いトウモロコシを主体とした飼料を給与することで、畜産業を安定的に経営することができる。一方、ブリやマダイなどに給与される養魚用飼料には、トウモロコシが殆ど配合されておらず、トウモロコシ由来原料としてはタンパク質部分を濃縮したコーングルテンミールが使用されているのみである(農水省 2018)。主として、養魚飼料にはイワシなどの多獲性魚類や、食用に加工したマグロやカツオなどの残渣を粉末にした魚粉が多く用いられている。魚粉の配合量は、2011年に平均 48.0%であったが、近年の価格高騰や供給逼迫により 2017年には 42.6%にまで低下している(2018 日本水産油脂協会)。しかしながら、いまだに魚粉が養魚用飼料における最も重要な原料であることは間違いない。以上から、畜産用飼料と養魚用飼料で使用されている原料の最も大きな差異は、トウモロコシおよび魚粉の配合量にあると考えられる。それぞれの栄養要求の観点から比較すると、畜産動物のタンパク質要求量に関しては、豚で 13–24%、肉用鶏で 16–20%、卵用鶏で 13–19%であることがわかっている(古谷 1993; 中央畜産会 2016)。一方で、魚類におけるタンパク質要求量は 32–65%であることがわかっており、畜産動物と比較してかなり高いと言える(渡邊 2009)。畜産動物の炭水化物要求量に関して詳細な記述はないものの、これらには炭水化物含量の高いトウモロコシや小麦などの穀類が平均で約 60%配合されている。また、畜産動物では可溶性無窒素物の消化率が高く、トウモロコシにおける消化率は豚および鶏で、それぞれ 93 および 88%であると報告されている(農林水産省 2004)。これらの事実から、畜産動物は炭水化物をエネルギー源としてかなり効率よく利用でき、その要求性も高いと推察できる。一方、ブリに代表される肉食性魚類では、前述のようにタンパク質の要求量が高いものの、でん粉などの炭水化物利用性が低いことが報告されている(北御門ら 1964; 示野ら 1992)。この原因として、消化管におけるアミラーゼの活性が極めて低く、結果的に炭水化物の消化率が低下してしまうことと、ホスホフルクトキナーゼに代表される肝臓糖代謝酵素の活性が低く、消化して取り込んだ炭水化物を体内でうまく処理できないことが挙げられる(示野ら 1977)。以上の理由から、ブリ等の肉食性魚類用飼料にはペレットの成型に必要な量しか炭水化物が配合されていない現状にある。

以上のように、畜産動物と魚類における使用原料や栄養要求、代謝の差異については、双方の研究から明らかにされているものの、肉食性の養殖対象種に対して畜産用飼料を給与した事例は、筆者の知る限り存在しない。そこで本研究では、肉食性養殖魚類に畜産用飼

## 養豚用飼料の給与がブリの成長および消化におよぼす影響

料を給与した際の成長性および消化性への影響を検証するために、ブリ当歳魚に養豚用飼料を含む試験飼料を給与して、成長成績、飼料の消化過程および血清成分の変動について調べた。

## 材料および方法

### 試験飼料

各試験飼料の配合組成および一般成分を Table 1 に示した。本試験では、海産稚魚用 EP 料(マリン 5 号, 林兼産業株式会社, 山口)および肉豚用飼料(肉豚元気, 伊藤忠飼料株式

**Table 1** Ingredients and composition of the experimental diets

	Control	Swine diet
Ingredients (g/kg)		
Fish diet <sup>1</sup>	1,000.0	443.6
Swine diet <sup>2</sup>		500.0
Inosine disodium		4.5
L-ascorbic acid 2-phosphate magnesium salt <sup>3</sup>		1.5
Vitamin E <sup>4</sup>		0.4
Vitamin premix <sup>5</sup>		10.0
Mineral premix <sup>6</sup>		10.0
Guar gum		15.0
Carboxymethylcellulose sodium		15.0
Proximate composition (g/kg)		
Crude protein	575	349
Crude fat	129	77
Crude ash	141	96
Crude fiber	4	21
Nitrogen free extract	151	457

<sup>1</sup> Marine (Hayashikane Sangyo Co., Ltd., Shimonoseki)

<sup>2</sup> Nikuton Genki (Itochu Feed Mills Co., Ltd., Tokyo)

<sup>3</sup> Containing 35% as ascorbic acid

<sup>4</sup> Containing 50% as vitamin E

<sup>5</sup> Vitamins (mg/kg dry diet): thiamine HCl, 22.7; pyridoxine HCl, 23; nicotinic acid, 96; inositol, 600; folic acid, 24; choline chloride, 3,000; ascorbic acid 2-phosphate magnesium ester (35%), 262.9; riboflavin, 22; calcium pantothenate, 72; biotin, 1.4; cyanocobalamin, 0.4; vitamin A oil, 3.3  $\alpha$ -tocopherol, 400 (50%);  $\alpha$ -cellulose, rest.

<sup>6</sup> Minerals (mg/kg dry diet): KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 2,090; Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O, 2,470; calcium lactate, 1,130; iron citrate, 660; ZnSO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O, 80; MnSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O, 64.6; CuSO<sub>4</sub> 4H<sub>2</sub>O, 5.04; CoCl<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O, 0.4; KIO<sub>3</sub>, 1.2;  $\alpha$ -cellulose, 3,498.76.

会社, 東京)を 0.5 mm スクリーン搭載の超遠心粉碎機 (ZM-200, ヴァーダー・サイエンティフィック株式会社, ドイツ)で粉碎したものを, 試験原料として使用した。対照飼料には, 海産稚魚用 EP 粉末のみを用いた。試験飼料には, 肉豚用飼料粉末を 50%配合し, その他に嗜好性改善の目的でイノシン酸ナトリウムを, ビタミンおよびミネラル要求量確保のためにビタミンおよびミネラルプレミックスを, ペレット成型のためにグアガムおよび CMC を, 残りの全量について海産稚魚用 EP 粉末を配合した。各原料を十分に混合した後, 飼料 1 kg あたり 400 mL となるように水道水を加えてよく混練し, 直径約 4.8 mm, 長さ約 10.0 mm のモイストペレットに成型した。これらを 80°C に設定した定温乾燥機で 24 時間乾燥させ, 試験飼料とした。

### 供試魚および飼育方法

供試魚には, 2018 年に大分県沖で採捕され, 試験開始まで 2 か月間市販の EP 飼料 (マリン, 林兼産業株式会社, 下関) で予備飼育した, ブリ (*Seriola quinqueradiata*) 当歳魚を用いた。平均体重 290.2 g のブリを 500 L 容パンライト製円形水槽に 12 尾ずつ収容した。海産稚魚用 EP のみで調製した飼料を給餌する試験区を対照区とし, 肉豚用飼料を含む飼料を給餌する試験区を養豚飼料区として, 各試験区 2 反復を設けた。試験期間中, 供試魚には各試験飼料を 1 日 2 回 (9 時および 15 時), 手撒きで飽食給与した。試験期間は, 2018 年 9 月 13 日から同月 28 日までの 16 日間とした。試験期間中の水温および溶存酸素濃度は, それぞれ 25.2–27.3°C および 4.58–6.78 mg/L で推移した。以上の試験は全て, 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町浦神の近畿大学水産研究所浦神実験場で行った。

### 試料の採取

試験終了時に供試魚を 2 日間絶食させ, 各試験飼料を飽食給与した。給与後, 0, 1, 3, 6, 24 および 48 時間に各試験区から 4 尾ずつ取り上げて, 採血を行い, 体重および尾叉長を測定した。その後, 供試魚を速やかに解剖し, 胃内の食塊および腸管内の内容物を取り出した。なお, 本試験では給与後 48 時間経過時のサンプルを, 0 時間のサンプルとして使用した。

### 飼料の一般成分分析

飼料の粗タンパク質含量は, Kjeltec™ 蒸留装置 8400 (Foss Japan Ltd., 東京)を用いたケルダール法 ( $N \times 6.25$ ) で測定した。粗脂質含量は, ソックスレー抽出法により測定した。水分含量は 100 °C による常圧加熱乾燥法で, 粗灰分含量は 550 °C による乾式灰化法でそれぞれ分析した。粗繊維含量は, 濾過法で分析した。可溶性無窒素物 (NFE) 含量は, 以下の式で算出した。

可溶性無窒素物 (%)

$$= 100 - \text{粗タンパク質}(\%) - \text{粗脂質}(\%) - \text{粗灰分}(\%) - \text{粗繊維}(\%) - \text{水分}(\%)$$

### 胃食塊および腸管内容物重量

胃食塊および腸管内容物重量は、重量既知のアルミ皿を用いて、100℃で 24 時間乾燥させて測定した。これらの魚体重に対する割合は、以下の式で算出した。

胃食塊もしくは腸管内容物重量(%)

$$= \text{乾燥胃食塊もしくは乾燥腸管内容物重量(g)} / \text{魚体重(g)} \times 100$$

### 血清成分

血清成分として、総タンパク質、グルコース、総コレステロールおよびトリグリセライド濃度を、DRI-CHEM7000(富士フィルム株式会社、東京)で測定した。

### 統計処理

得られた値は t 検定を行い、GraphPad Prism 7 (Graphpad software, inc., USA)を用いて、危険率 5%における有意差を求めた。

## 結 果

### 成長および飼料効率

試験終了時の成長成績を Table 2 に示した。終了時の平均体重は、対照区で有意に高かった。また、増重率および日間成長率に関しては、対照区で養豚飼料区の 3 倍以上となり、有意に高かった。1 尾あたりの摂餌量に関しては、いずれの試験区も同等であった。一方、飼料転換効率は対照区で養豚飼料区の 1/3 以下であり、有意に優れていた。タンパク質効率は、対照区で養豚飼料区の 2 倍となり、有意に高かった。肥満度は、対照区で養豚飼料区よりも有意に高かった。生残率は、いずれの試験区においても 100%であった。

### 器官重量比

試験終了時の器官重量比を Table 3 に示した。比肝重値に関しては、対照区で養豚飼料区よりも有意に高かった。一方で、比胃重値および比腸重値に関しては、対照区よりも養豚飼料区の方が有意に高かった。比幽門垂重値に関しては、いずれの試験区も有意差はみられなかった。

**Table 2** Growth performance of yellowtail fed the experimental diets for 16 days

	Control	Swine diet
Initial body weight (g)	291 ± 0	290 ± 3
Final body weight (g)	344 ± 3*	306 ± 2
Weight gain (%) <sup>1</sup>	18.6 ± 1.1*	5.8 ± 0.7
Specific growth rate (%/d) <sup>2</sup>	1.07 ± 0.06*	0.35 ± 0.04
Feed intake (g/fish)	132 ± 5.0	134 ± 0.4
Feed conversion ratio <sup>3</sup>	2.47 ± 0.13*	7.71 ± 0.09
Protein efficiency ratio <sup>4</sup>	0.713 ± 0.024*	0.356 ± 0.040
Condition factor <sup>5</sup>	14.2 ± 0.2*	13.1 ± 0.3
Survival rate (%)	100.0 ± 0.0	100.0 ± 0.0

Values are mean ± standard deviation of duplicate tanks.

Values with asterisk are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Weight gain =  $100 \times (\text{final total body weight} - \text{initial total body weight}) / \text{initial total body weight}$ .

<sup>2</sup> Specific growth rate =  $100 \times (\ln \text{ final mean weight} - \ln \text{ initial mean body weight}) / \text{rearing days}$ .

<sup>3</sup> Feed conversion ratio =  $\text{total dry feed intake} / (\text{final total body weight} - \text{initial total body weight})$ .

<sup>4</sup> Protein efficiency ratio =  $(\text{final total body weight} - \text{initial total body weight}) / \text{protein intake}$ .

<sup>5</sup> Condition factor =  $1000 \times \text{individual body weight} / \text{body length}^3$ .

**Table 3** Relative organ weight of yellowtail fed the experimental diets for 16 days

	Control	Swine diet
HSI (%) <sup>1</sup>	1.16 ± 0.17*	0.80 ± 0.11
SSI (%) <sup>2</sup>	1.08 ± 0.12*	1.16 ± 0.14
PSI (%) <sup>3</sup>	1.63 ± 0.19	1.64 ± 0.26
ISI (%) <sup>4</sup>	0.61 ± 0.11*	0.69 ± 0.10

Values are mean ± standard deviation of 12 fish.

Values with asterisk are significantly different ( $p < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Hepatosomatic index, HSI;  $100 \times \text{liver (g)} / \text{body weight}$ .

<sup>2</sup> Stomatosomatic index, SSI;  $100 \times \text{stomach (g)} / \text{body weight}$ .

<sup>3</sup> Pyloric caeca somatic index, PSI;  $100 \times \text{pyloric caeca (g)} / \text{body weight}$ .

<sup>4</sup> Intestinosomatic index, ISI;  $100 \times \text{intestine (g)} / \text{body weight}$ .

### 胃内食塊および腸内容物量の変動

最終給餌時における胃内食塊および腸内容物量の変動について、Fig. 1 に示した。胃内食塊に関して、いずれの試験区も摂餌後 1 時間経過時に最大に達したが、養豚飼料区では 3 時間経過時にかけてあまり減少せず、対照区よりも有意に多かった。しかしながら、6 時間経過時にはいずれの試験区も同等の値にまで減少し、24 時間経過時には食塊は残存していな

養豚用飼料の給与がブリの成長および消化におよぼす影響

かった。腸内容物に関しては、対照区で摂餌後 1 時間から 6 時間にかけて継続的なピークがみられ、24 時間にかけて消失した。一方で、養豚飼料区に関しては、摂餌後 3 時間でピークに達し、24 時間にかけて消失した。いずれの試験区も、摂餌後の各時間帯における有意差はみられなかった。

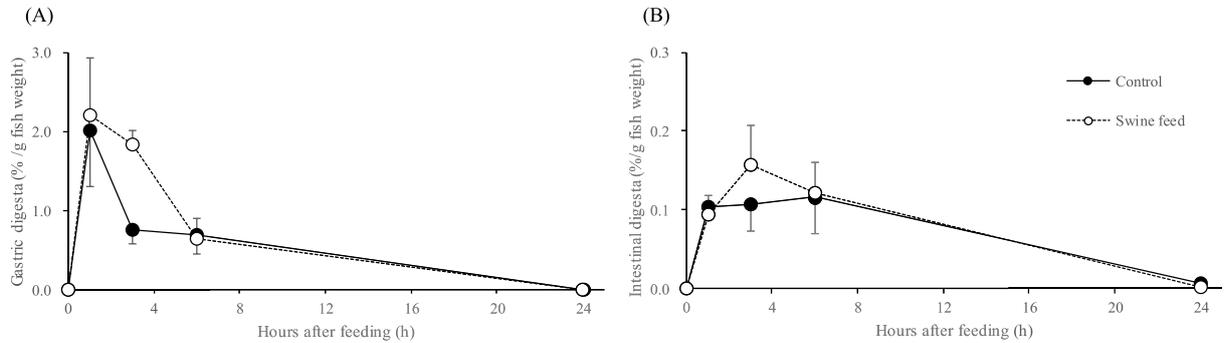


Fig. 1. Changes in the amount of gastric digesta (A) and intestinal digesta (B) of yellowtail for 24 h after feeding with the experimental and control diet for 16 days. Values are the means of four fish. An asterisk indicates a significant difference between the treatments at a specific sampling time ( $p<0.05$ ).

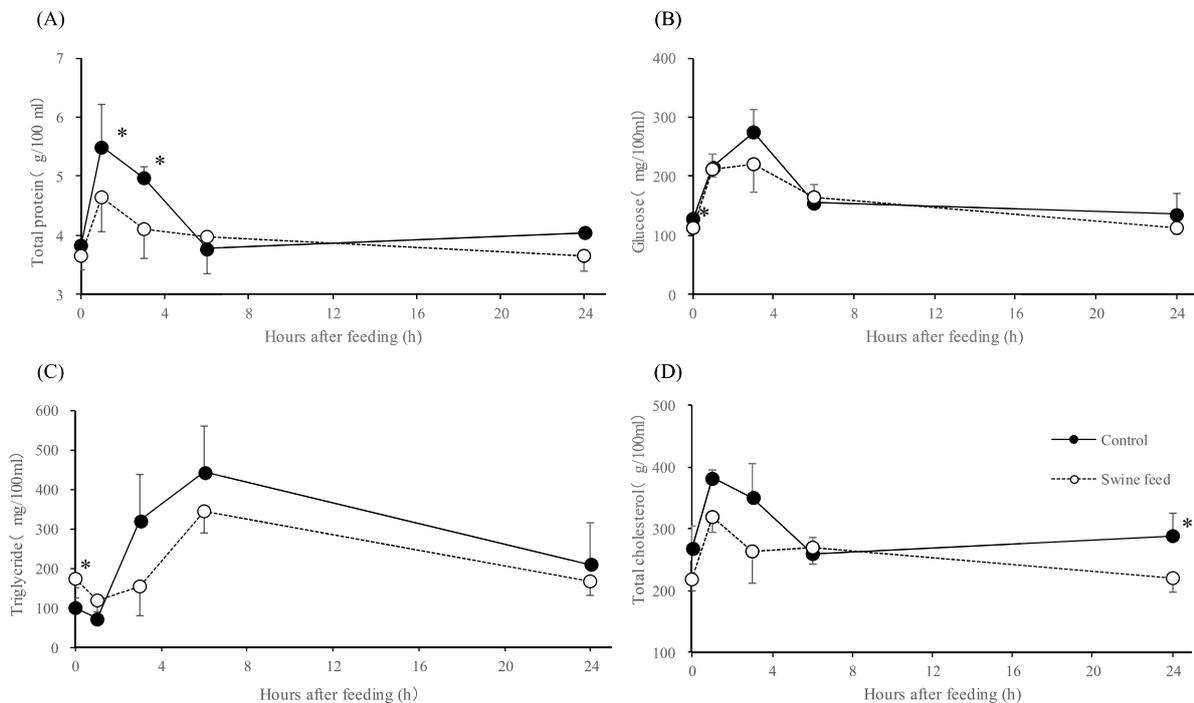


Fig. 2. Changes in the concentrations of serum total protein (A), glucose (B), triglyceride, and total cholesterol of yellowtail for 24 h after feeding with the experimental and control diets for 16 days. Values are the means of four fish. An asterisk indicates a significant difference between the treatments at a specific sampling time ( $p<0.05$ ).

## 血清成分の変動

最終給餌時における血清成分の摂餌後変動について、Fig. 2 に示した。総タンパク質濃度に関しては、摂餌後 1 および 3 時間経過時において対照区で有意に高くなり、6 時間経過時にかけて同等の値となった。グルコース濃度に関しては、対照区で摂餌前の値が有意に高かったものの、摂餌後は類似した変動を示し、その後の有意差はみられなかった。一方、トリグリセリド濃度に関しては、養豚飼料区で摂餌前の値が有意に高かったものの、摂餌後は類似した変動を示し、その後の有意差はみられなかった。総コレステロール濃度に関しては、摂餌開始前から摂餌後 3 時間経過時まで対照区で高い傾向にあり、24 時間経過時では有意に高かった。

## 考 察

本研究では、肉食性養殖魚類に畜産用飼料を給与した際の成長性および消化性への影響を検証するために、ブリ当歳魚に養豚用飼料を含む試験飼料を給与して、成長成績、飼料の消化過程および血清成分の変動について調べた。

16 日間の成長成績に関して、いずれの試験区においても摂餌量は同等であったが、増重率、日間成長率、飼料転換効率およびタンパク質効率のいずれも養豚飼料区で対照区より有意に劣っており、殆ど成長がみられなかった。摂餌量が同等にも関わらず、成長成績がかなり劣っていた主な要因としては、試験飼料に含まれる粗タンパク質含量が 34.9%と低かった点が挙げられる。坂本らによると、平均体重 425g のブリにおけるタンパク質要求量は 50.8% (乾物) であることが報告されている。本試験で使用した対照飼料は 57.5%とこれを上回る値であり、ブリのタンパク質要求量を満たしていたが、試験飼料では 12%以上不足していた。そのほかに、試験飼料では可溶性無窒素物 (NFE) 含量が過剰であったことも、成長および飼料効率が悪化した原因と思われる。示野ら(1977)は、炭水化物としてデンプンを 40%含む飼料におけるブリのデンプン消化率は 39.2%しかなかったことを報告している。また、デンプンを配合しない飼料と比較して、デンプンを 40%配合した飼料ではタンパク質の消化率が 84%から 56%に低下しており、これらは一種の下痢症状によるものであると推察している。本試験においても、養豚飼料区におけるタンパク質効率が対照区の半分しかなかったことから、試験飼料における高 NFE が下痢症状に類似したものを引き起こし、タンパク質の利用性低下による成長阻害を引き起こしたものと考えられる。これらの原因を総合すると、試験飼料では元々の粗タンパク質含量と粗脂質が低く、さらに高 NFE によりタンパク質の消化率が低減されていたことから、結果的に可消化エネルギーも不足していたと考えられる。

試験終了時における各内臓器官の体重比に関して、対照区の比肝重値が養豚飼料区よりも有意に高かった。これは、エネルギーの充足度が対照区で高かったことと、一方で養豚飼

## 養豚用飼料の給与がブリの成長および消化におよぼす影響

料区におけるエネルギーの充足度が不足していたことに起因しているものと思われる。また、胃および腸管の体重比に関しては、養豚飼料区で対照区よりも有意に高くなっていた。これは、消化しにくい飼料に対して、臓器を肥大化させて適応しようとする現象であると考えられ、EP を給与したマグロにおける同様の現象が近藤ら(2016)によって報告されている。しかしながら、幽門垂および腸管の肥大化が確認された近藤らの報告と異なり、本試験では胃および腸管のみが肥大化しており、幽門垂における変化は確認されなかった。近藤らの試験では、消化管適応に1か月程度要したことから、ブリで幽門垂が適応するためには16日間では不足していたのかもしれない。

最終給餌時における胃食塊および腸内容物量の変化に関して、試験飼料では摂餌後3時間経過時で対照区よりも有意に高かった。これは、Storebakken(1985)が報告しているように、試験飼料に配合されているカルボキシメチルセルロースおよびグアガムといった粘結剤により、胃におけるペレットの崩壊性を遅延させたためであると考えられる。しかしながら、摂餌後6時間経過時における胃内食塊量は同等であったことから、一時的に胃内で滞留したものの、その後速やかに腸内へ流入したものを考えられる。一方、腸管内容物に関しては、摂餌後のいずれの時間においても有意差がみられなかったことから、試験飼料では胃内で一時的に滞留したものの腸管内からは素早く排泄されたものと考えられる。試験飼料における腸管内からの迅速な排泄は、前述の高炭水化物摂取時における下痢症状の発生と関係しているのかもしれない。

最終給餌時の血清成分変化に関して、摂餌後1および3時間経過時における対照区のタンパク質含量が有意に高かった。これは、飼料の粗タンパク質含量の差が表れたものだと考えられる。一方で、試験飼料では対照飼料に比べてNFE含量がかなり高かったにもかかわらず、両試験区のグルコース含量に差はみられなかった。なお、摂餌前(0時間時点)のグルコース含量に関しては、飼料NFE含量の低い対照区で養豚飼料区よりも有意に高かった。試験飼料に多量に含まれているトウモロコシは、NFE含量が高いものの細胞壁を有していることから、これらを分解する酵素を持たないブリにおいては消化を妨げられたと考えられる。結果的に、トウモロコシ由来のNFEよりも養魚飼料に含まれる精製デンプンや小麦粉由来のNFEの方が、炭水化物の利用性に優れていたのかもしれない。また、中性脂肪含量に関して、摂餌後の変化に差異はみられなかったものの、摂餌開始前においては養豚飼料区で対照区よりも有意に高かった。これはおそらく、養豚飼料区では飼料のエネルギーがブリにとって不足していたために、体脂肪を分解させてエネルギーとして動員していた可能性が高いものと思われる。これとは反対に、血清中のコレステロール含量に関しては、摂餌後の変化に差異はみられなかったものの、24時間経過時の対照区で有意に高かった。コレステロールは体内の余剰エネルギーが変換されて生成されるため、飼料におけるエネルギー充足度の差異が表れたものと思われる。

本研究結果から、ブリに対して養豚用飼料を給与することは、成長性、消化性および代謝性のいずれの点からも適していないことが明らかとなった。この結果は、これまでの栄養学における知見からも予見できたことではあるが、栄養要求性にかげ離れた飼料で摂餌量を低下させずに魚を飼育できたことは非常に意義深いと思われる。今後、生理、代謝などの分野における研究で偏った配合を設定する際に、本研究手法が一助となれば幸いである。

## 文 献

- 北御門 学・高橋 喬・野田宏行・森下達雄・立野新光(1965)ブリ若年魚における餌料成分の消化率. 日本水産学会誌, **31**, 133-137.
- 近藤史崇・岩井俊治・三浦智恵美・坂田潤弥・太田 史・井戸篤史・入江 奨・岡松一樹・角正浩一・三浦 猛(2016)エクストルーデッドペレット飼料が養殖クロマグロの消化と成長に与える影響. 日本水産学会誌, **82**, 923-933.
- 坂本浩志・渡邊 武・竹内敏郎(1995)ブリ用新型軟質固形飼料(ソフトドライペレット)のタンパク質および脂質の適正含量. 水産増殖, **43**, 345-351.
- 示野貞夫・四方崇文・細川秀毅(1992)ハマチ肝臓の糖代謝酵素活性および脂質含量の季節変化. 水産増殖, **40**, 201-206.
- 示野貞夫・細川秀毅・平田 博・竹田正彦(1977)ハマチとコイの糖代謝の比較. 日本水産学会誌, **43**, 213-217.
- Storbakken T. (1985) Binders in fish feeds: I. Effect of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, **47**, 11-26.
- 日本水産油脂協会(2018)2017年水産油脂統計年鑑. 一般財団法人日本水産油脂協会, 東京, pp. 54-55.
- 農林水産省(2004)飼料の公定規格及び規格適合表示制度について.  
[http://www.maff.go.jp/j/council/sizai/siryoy/eiyoy/10/pdf/ref\\_data.pdf](http://www.maff.go.jp/j/council/sizai/siryoy/eiyoy/10/pdf/ref_data.pdf), 2018年11月17日.
- 農林水産省(2018)飼料月報(平成30年8月). 公益社団法人配合飼料供給安定機構, 東京, pp. 18-19.
- 農林水産省(2018)飼料をめぐる情勢(データ版).  
[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1\\_siryoy/attach/pdf/index-289.pdf](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_siryoy/attach/pdf/index-289.pdf), 2018年11月15日.