

## 焼酎粕の養魚飼料への応用

越塩俊介

### Application of "Shochukasu" for aquafeeds

Shunsuke Koshio

*Key words* : shochukasu, protein replacement, aquafeeds, aquaculture

#### Abstract

Due to the shortage of supply and increase of the cost for fishmeal in the world, the search of fishmeal replacement has become one of the most urgent issues in aquafeed or intensive aquaculture industries in recent years. On the other hand, the treatment of "Shochukasu" is also one of the most important issues in Kagoshima Prefecture due to the national increase of Shochu popularity, resulted production increase, and the restriction of dumping "Shochukasu" into the sea. In this article, the preliminary studies using "Shochukasu" as a protein replacement in the Faculty of Fisheries, Kagoshima University, was reviewed.

我が国の養殖業は、歴史的、形態的、経済的など様々な理由から集約的な手法が大部分を占めている。例えば、集約的生け簀養殖においては、給餌が大変重要な過程であり、多くの養殖業者がいわゆる「養魚飼料」を投与している。近年、養魚飼料中の主なタンパク質源であり、価格も高い魚粉の供給不足と価格高騰により、養魚飼料そのものの価格が高騰する恐れが出てきた。そこで、世界各国で、低コスト飼料を目指した魚粉に取って代わる代替タンパク質源の研究が盛んに行われるようになった<sup>1)</sup>。一方、我が国における焼酎ブームにより、焼酎の生産量が増加し、それに伴い焼酎粕の生産量も増加の一途をたどっている。また、海上投棄に対する制限が制定される中、焼酎粕処理問題は鹿児島県にとっても大きな課題として扱われるようになった。従って、焼酎粕の有効利用は緊急に対処されなければならない問題として注目を浴びるようになった。焼酎粕は、その成分についてまだ不明な部分も多く、魚粉の代替タンパク質あるいは機能性添加物としての可能性を多く秘めている。本論文では、鹿児島大学水産学部で最近行われている焼酎粕を利用した養魚用飼料の開発において、焼酎粕添加により、魚粉を低減した飼料の有用性について紹介する。

#### 1, 焼酎粕, オカラ, 鶏卵の養魚飼料への応用

焼酎粕をはじめ、オカラや鶏卵は商品として利用できない場合、廃棄される場合が多い。しかしながら、これらの生産物はその生産過程から再利用物としてのポテンシャルが高い。そこで本実験では、焼酎粕, オカラ, 廃棄用鶏卵を用いて、その栄養価と養魚飼料中の適正添加量について、海産有用魚であるトラフグとマダイ稚魚を用いて検討した。表1に上記3種の成分分析値を示した。乾燥焼酎粕は、炭水化物を多く含み、次いでタンパク質含量が高かった。乾燥オカラも焼酎粕近似した組成を示したが、脂質含量が若干高めであった。一方、鶏卵はタンパク質含量が他の2種よりも高く、炭水化物含量が低く、脂質含量は、オカラよりも更に高い値を示した。

これら3種の素材を混合することで、魚粉を削減した試験飼料を作製した。飼料中のアミノ酸バランスを近似させるために、適正配合量を決定し、表2のような配合設計とした。飼料は、ドライペレットで、乾燥素材を混合の後、脂質源のような液体素材と脂溶性物質を十分混合し、ペレッターにより成形し、最終的にオーブンで乾燥した。飼料の分析結果は表3に示した通りである。

Table 1 Proximate composition of Shouchukasu, Okara, and chicken egg

Composition	Shouchukasu	Okara	Chicken egg
Moisture	8	1	5
Crude protein	22	27	47
Crude lipid	6	17	34
Crude ash	4	4	4
Crude fiber	13	11	2
Others*	47	40	8

\*carbohydrates, vitamins, etc

Table 2 Composition (g/100g) of test diets used for red sea bream and puffer fish trial

Ingredient	Diet No.				
	D1	D2	D3	D4	D5
Fishmeal	58	53	48	43	38
Shouchukasu	0	2	6	10	14
Okara	0	10	8	6	4
Chicken egg	0	1	8	14	21
$\alpha$ -Starch	12	6	4	3	1
Others*	21	21	21	21	21
$\alpha$ -Cellulose	9	7	5	3	1
Total	100	100	100	100	100

\*Others: krill meal, feed oil, fatty acid, vitamin mix, mineral mix, activated gluten

Table 3 Proximate composition (%) of test diets for red sea bream and puffer fish trial

Composition	Diet No.				
	D1	D2	D3	D4	D5
Crude protein	45	44	45	46	49
Crude lipid	6	8	11	13	14
Crude ash	11	10	9	9	9
Crude fiber	7	9	7	4	3
Moisture	12	13	12	13	11
Others	19	17	16	15	14

飼料中のタンパク質含量, 灰分含量, 水分はほぼ同様な値であったが, 脂質は副産物含量が増加するにつれて, 上昇した。繊維質含量は, 飼料4及び5において減少した。炭水化物及びビタミン等の含量(表3中のothers)は, 14~19%の範囲であった。飼料中のアミノ酸組成がすべての飼料において近似するように素材を配合したことから, 飼料100g当たりスレオニンが1.9~2.2g, バリンが2.2~2.5g, メチオニンが1.3~1.6g, イソロイシンが2.1~2.2g, ロイシンが3.8g, フェニルアラニンが1.9~2.3g, ヒスチジンが1.7~1.9g, リジンが3.4~3.9g, アルギニンが3.1~3.4gとなり, トリプトファンはトレース量となった。また, タウリン, アスパラギン酸, セリン等の9種の非必須アミノ酸もすべての試験飼料中で近似していた。また, 表4には飼料の脂質クラス組成(g/100g飼料)を示したが, 総脂質含量が異なったため, いくつかのバラツキが認められた。中性脂質中では, トリグリセリド, 遊離脂肪酸, コレステロール量が総脂質量の増加とともに高くなった。一方, 極性脂質

中では, フォスファチジルセリン, フォスファチジルコリン量に上昇傾向があった。

Table 4 Lipid class content of test diets (g/100g dry diet)

Lipid class	Experimental Diets				
	D1	D2	D3	D4	D5
SE	0.02	0.03	tr	0.02	tr
TG	4.17	5.76	7.96	9.82	9.21
FFA	0.07	0.11	0.31	0.24	0.34
CHO	0.05	0.05	0.15	0.25	0.34
DG	0.03	0.04	0.10	0.05	0.10
MG	0.59	0.27	0.29	0.15	0.24
NL total	4.93	6.25	8.81	10.52	10.24
PE	0.10	0.11	0.15	0.18	0.28
PI+PS	0.03	tr	0.01	0.02	0.05
PC	0.79	1.05	1.81	2.41	3.18
SM	0.27	0.05	0.09	0.10	0.11
LPC	0.18	0.06	0.20	0.06	0.17
PL total	1.36	1.28	2.25	2.77	3.79
Total lipid	6.31	7.58	11.1	13.3	14.1

NL: Neutral lipid, PL: Polar lipid, SE: Sterylester, TG: Triglyceride, FFA: Free fatty acid, CHO: Cholesterol, DG: Diglyceride, MG: Monoglyceride, PE: Phosphatidyl ethanolamine, PI: Phosphatidyl inositol, PS: Phosphatidyl serine, PC: Phosphatidyl choline, SM: Sphingomyelin, LPC: Lysophosphatidyl choline

各飼料の脂肪酸組成は, 中性脂質中のリノール酸含量が総副産物含量が増加するにつれて, 対照飼料の0.25%からトレース量まで減少した。リノレン酸含量は, 対照飼料で0.8%であったのに対し, 総副産物含量が増加するにつれて, 1.9~1.0%まで減少した。エイコサペンタエン酸(EPA)含量は, 対照飼料が14.5%であったのに対し, 総副産物含量が増加するにつれて11%~6%に減少した。同様にドコサヘキサエン酸(DHA)含量も対照飼料で最も高く(1.7%), 総副産物含量が増加するにつれて1.3%~0.7%まで減少した。

極性脂質中の上記脂肪酸において, 対照飼料で最も高い値を示し, 総副産物含量が増加するにつれて, 減少する傾向は中性脂質と同様であったが, 例外は, DHAで各飼料ほとんど差がなかった。

### 1-1 マダイを用いた飼育試験

上記試験飼料をマダイに投与することで産業副産物の有用性について検討した。使用したマダイは実験開始時の体重が7.6gで, エアレーションが十分供給された流水式システムからの海水約90リットルが満たされた100リットル円形パンライト水槽にそれらを20尾ずつ収容し, 各試験区に対して, 3水槽を設置した。給餌は1日3回で, 体重の4~8%となるように投与量を調整した。飼育期間は50日で, この期間中の水温と塩分はそれぞれ24.3~29°C, 32~33pptであった。

飼育試験結果を表5に示した。

Table 5 Results of a feeding trial for juvenile red sea bream fed the diets containing different level of by-products for 50 days

	Diet No				
	D1	D2	D3	D4	D5
BWG	466±20	469±8	479±6	452±34	420±22
FER	0.85±0.01	0.85±0.01	0.87±0.01	0.87±0.01	0.84±0.03
PER	1.66±0.02	1.69±0.03	1.71±0.02	1.65±0.02	1.53±0.05
SR	93±6	88±3	90±9	92±8	92±6

BWG:body weight gain (Final weight-Initial weight)/Initial weight (%)

FER:feed efficiency ratio (weight gain/feed given)

PER:protein efficiency ratio (weight gain/protein given)

SR:survival rate (%)

成長指標としての増重率は、飼料中の副産物含量が増えるにつれて減少する傾向にあったが、飼料3、すなわち魚粉10%削減試験区までは、統計的有意差が検出されず、飼料1、すなわち100%魚粉試験区と同等な成長を示した。魚粉15%から20%削減試験区で成長が劣ったのは、焼酎粕添加量が増加したためと言うよりは、鶏卵が増加したことによる脂質含量の増加すなわちマダイが必須としないある種脂肪酸の増加による影響と考えられる。また、植物由来タンパク質源中には、反栄養因子が含まれている事が報告されているが<sup>2)</sup>、副産物の添加量が増加するにつれてこれらの物質が増加したことにより消化・吸収率に影響があったのかもしれない。

飼料効率、すべての試験区で同等な値を示したが、タンパク質効率は、飼料5、すなわち魚粉20%削減試験区において他の試験区よりも有意に劣っていた。生残率は副産物添加の影響を受けず、また、血液性状もほとんどすべての試験区で変わらなかったことから、マダイの健康状態は、本試験における副産物レベルではほとんど問題無かったと思われる。

宇川ら<sup>3)</sup>によるとマダイにおいて大豆油粕を代替タンパク質源として利用した場合、33%代替可能であるとの報告がある。本研究では代替率26%までは副産物で魚粉代替が可能である事が示されたが、焼酎粕については、機能性物質の存在等まだ解明すべき点があるので、配合量を調整することで、更なる魚粉代替が期待できる。

## 1-2 トラフグを用いた飼育試験

魚種による要求量の違いが考えられることから、トラフグ稚魚を用いたマダイと同様な飼育試験を行った。使用したトラフグは、実験開始時の体重が13.7gで、マダイと同様なシステムに20尾収容し、体重の3~5%となるように試験飼料を60日間投与した。飼育期間中の水温は、22~29℃であり、後の条件はマダイ試験とほぼ同

様であった。

飼育試験結果を表6に示した。

Table 6 Results of a feeding trial for juvenile puffer fish fed the diets containing different level of by-products for 60 days

	Diet No				
	D1	D2	D3	D4	D5
BWG	414±23	372±37	370±24	370±43	374±36
FER	1.00±0.01	0.95±0.07	0.98±0.05	1.00±0.04	1.02±0.06
PER	1.96±0.04	1.87±0.14	1.92±0.10	1.89±0.08	1.86±0.10
SR	92±8	87±3	95±5	97±3	92±3

BWG: body weight gain (Final weight-Initial weight)/Initial weight (%)

FER: feed efficiency ratio (weight gain/feed given)

PER: protein efficiency ratio (weight gain/protein given)

SR: survival rate (%)

成長指標としての増重率は、飼料中の副産物を添加することで若干減少傾向にあったが、統計的有意差は検出されなかった。したがって、成長に関しては、魚粉飼料と遜色ないと思われる。その他の、飼料転換効率、タンパク質効率、生残率についても全試験区において統計的有意差は検出されなかった。

図1に飼育試験終了時における比肝重量の結果を示した。

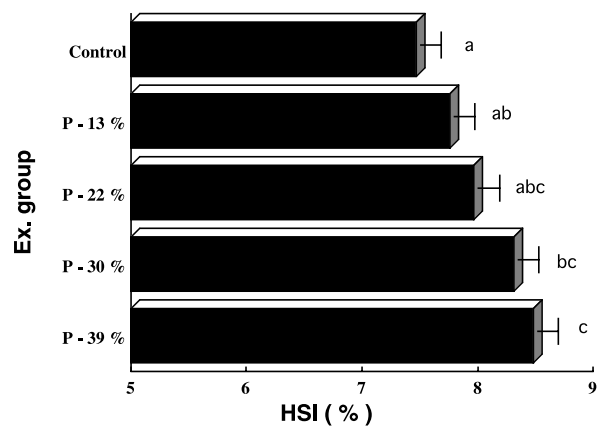


図1 異なる副産物含量の飼料を摂取したトラフグの比肝重量の比較

比肝重量(%)は、副産物の添加量が高い飼料を摂取すればする程大きくなった。最も副産物添加量が高かった飼料を投与されたトラフグの肝臓重量が飼料1(魚粉飼料)及び飼料2(P13%)よりも有意に高かった。これは、副産物含量の高い飼料ほど鶏卵含量が高く、飼料中の脂質含量が高くなり、多く摂取された脂質が肝臓に蓄積した結果であった。筋肉の一般成分は、すべての試験区で同等であった。

本実験では、血中のグルコース、総コレステロール、総タンパク質、ヘマトクリット値に有意な差は認められ

なかった。しかし総コレステロールが副産物含量の増加と共に高い値を示す傾向が見られた。これはマダイと同様、飼料中のコレステロール含量の増加が血液のコレステロール値に反映していると考えられる。トリグリセリドは生体のエネルギー源となっているため、脂肪の取り過ぎなどによる食餌性、あるいは体内での脂肪代謝の悪化が原因により上昇する場合のものがある。トリグリセリド含量はP-30, 39%区において魚粉区より有意に高い値を示した。トラフグは肝臓に脂質を蓄積しやすく、その殆どがトリグリセリドである<sup>4)~6)</sup>。脂質含量の多い飼料を与えた試験区のトラフグはそれに伴い血中にリンパ管を通り直接運ばれたトリグリセリドと、肝臓に脂質を多く蓄積し、エネルギー源として利用されず余ったトリグリセリドが血中へ放出され、血液中のトリグリセリド値が高くなった可能性もある。また比肝重量が餌中の脂質含量の増加に伴い高い値を示した事を考慮すると、体内での脂肪代謝が低下し、トリグリセリド値が上昇したのかも知れない。したがって、トラフグは、マダイよりも副産物に対する反応が敏感で、魚粉代替率17%までは可能と思われる。

## 2. ヒラメにおける焼酎粕による魚粉代替試験

焼酎粕単独を用いた魚粉代替試験も行われている。ここでは、乾燥焼酎粕を用いた例を紹介する。表7にヒラメ試験用に作製された試験飼料の組成を示した。

Table 7 Composition (g/100g) of test diets used for Japanese flounder trial

Ingredient	Diet No.				
	D1	D2	D3	D4	D5
Fishmeal	63	61	59	57	55
Shouchukasu	0	6	12	18	24
$\alpha$ -Starch	15	12	8	5	2
Others*	18	18	19	19	19
$\alpha$ -Cellulose	4	3	2	1	0
Total	100	100	100	100	100

\*Others: pollack liver oil, vitamin mix, mineral mix, activated gluten

飼料の作製法は、マダイ、トラフグ試験とほぼ同様に、一般分析値は、タンパク質49~52%、脂質が13~17%、灰分が8~11%、水分が3~5%となり、ほぼ同様な値を示した。飼料100g当たりのアミノ酸含量は、スレオニンが2.1g、バリンが2.3g、メチオニンが0.9~1.4g、イソロイシンが2.0g、ロイシンが3.5g、フェニルアラニンが2.1g、ヒスチジンが1.7g、リジンが1.3~2.1g、アルギニンが3.0gとなった。また、タウリン、アスパラ

ギン酸、セリン等の9種の非必須アミノ酸量もすべての試験飼料中で近似していた。

本試験で使用したヒラメ稚魚は、実験開始時の体重が4.8gで、エアレーションが十分供給された流水式システムからの海水約80リットルが満たされた100リットル円形パンライト水槽にそれらを17尾ずつ収容し、各試験区に対して、2水槽を設置した。給餌は1日2回で、開始から10日間は、3.5g、11日目から30日目までは4gとなるように投与量を調整した。飼育期間は30日で、この期間中の水温と塩分はそれぞれ21~24℃、32~33pptであった。試験飼料は、直径が3mmのドライペレットを用いた。

飼育試験結果を表8に示した。

Table 8 Results of a feeding trial for juvenile Japanese flounder fed the diets containing different level of Shouchu for 30 days

	Diet No				
	D1	D2	D3	D4	D5
BWG	168	154	171	171	173
FER	1.3	1.2	1.4	1.4	1.4
PER	2.6	2.4	2.7	2.7	2.7

BWG: body weight gain (Final weight-Initial weight)/Initial weight (%)

FER: feed efficiency ratio (weight gain/feed given)

PER: protein efficiency ratio (weight gain/protein given)

焼酎粕添加区において、増重率、飼料転換効率、タンパク効率すべての指標において有意差が検出されず、魚粉主体の試験区と遜色がなかった。また、乾物消化率、タンパク消化率、エネルギー消化率においても若干のバラツキはあったが、同様な値が得られた。このように、ヒラメにとっては、乾燥焼酎粕は、魚粉代替源として有効と思われる。

## 結論

養魚飼料における焼酎粕の有効利用あるいは魚粉代替タンパク質に関する研究は、まだ開始されて日が浅く、知見が少ないのが現状である。今回紹介した研究結果からも明らかのように、焼酎粕には高いポテンシャルがあり、今後更なる質的、量的データの蓄積を推進し、実用化につなげることが重要と思われる。

## 文 献

- 1) 中山 寛 (1994) 1, 養魚飼料の現状と課題, 「新しい養魚飼料-代替タンパク質の利用」(渡邊 武編) 恒星社厚生閣, 東京, pp. 11-22.
- 2) 秋山敏男 (1994) 3, 養魚飼料用代替タンパク質の栄養価, 「新しい養魚飼料-代替タンパク質の利用」(渡邊 武編) 恒

星社厚生閣，東京，pp. 35-42

- 3) 宇川正治・滝井健二・中村元二・熊井英水（1994）マダイ用配合飼料における大豆油粕の利用 水産増殖 42, 335-338
- 4) 中川平介・難波憲二・熊井英水・中村元二・笠原正五郎（1986）トラフグの餌料に関する研究- I, 各種飼料の連続投与により生ずる生理障害について 水産増殖 34, 83-90
- 5) 難波憲二・中川平介・岡部正也・角田出・熊井英水・中村元二・笠原正五郎（1988）トラフグの餌料に関する研究- II, 飼料に起因する養殖トラフグの組織変化 水産増殖, 36 (1), 53-64
- 6) 角田出・岡部正也・難波憲二・中川平介・熊井英水・中村元二（1988）トラフグの餌料に関する研究- III, デキストリン, フィードオイル, ビタミン添加量の検討 水産増殖, 36, 183-191