

新飼料開発研究——Ⅰ

石油酵母利用化に関する研究

伏木省三・松本清雄

はじめに

養魚飼料の主成分である北洋白身魚粉は、近年減産の一途をたどり、価格も高騰し、養魚事業の安定化を阻む大きな要因の一つとなっている。

そこで、ここ数年来水産庁指定調査事業「雑食性魚類餌料研究」で、北洋白身魚粉に替る蛋白源として、ブラウンミール、フィッシュソリブル、大豆蛋白、トルラー酵母等の飼料原料を取りあげ、各魚種に対する飼料効果が検討されて来たが、かなりの問題点もあり、飼料原料にこれらを多量に添加するに至っていない現状である。

しかしながら、1968年長野県水産指導所¹⁾がコイを対象として、また静岡県水産試験場浜名湖分場²⁾がウナギを対象として、それぞれ石油酵母をとりあげ、その飼料効果を検討し、北洋白身魚粉にも優る好成績を収め、石油酵母がその他の魚種の飼料原料としても利用出来る可能性を見だした。

この石油酵母は工場内で計画的に大量生産が可能のため、将来性のある飼料原料であるので水産庁ではこの点に着目し雑食性魚類餌料研究を新飼料開発研究と改題し、各水産試験場が協同で海産、淡水産の魚類甲殻類を対象として、石油酵母の利用化に関する研究を進めるに至った。

滋賀県では、この新飼料開発研究の一環として、アユを対象とした石油酵母利用化試験を2年間にわたり実施検討したので報告する。

本試験の実施に際し、各器管の組織学的検討に御協力賜った淡水区水産研究所、横手元義技官ならびに東京大学日比谷京教授に対し感謝の意を表す。

試験方法

本実験は2年度とも滋賀県水産試験場、平田試験池で実施した。

(1) 試験区

昭和44年度および昭和45年度に実施した試験区の飼料配合割合及び一般分析値をそれぞれ第1、第2表、第3、4表に示した。

第1表 44年度飼料配合組成(%)

飼料原料 \ 試験区	1	2	3	4
白身魚粉	65	54	48	32
石油酵母	0	15	30	45
小麦粉澱粉	12	12	12	12
トウモロコシ澱粉	21	17	13	9
ビタミン	1	1	1	1
ミネラル	1	1	1	1
油 (外割)	5	5	5	5

第2表 45年度飼料配合組成(%)

飼料原料 \ 試験区	1	2	3	4	5
白身魚粉	65	51	36.7	22.6	8.4
石油酵母	0	15	30	45	60
小麦粉澱粉	12	12	12	12	12
コンスターチ	21	20	19.8	18.4	17.6
ビタミン	1	1	1	1	1
ミネラル	1	1	1	1	1
油 (外割)	5	5	5	5	5

第3表 44年度飼料の一般分析値(%)

試験区 \ 一般成分	1	2	3	4
水分	10.97	10.79	10.40	9.51
蛋白質	45.15	44.26	44.97	44.85
粗繊維	0.55	0.28	0.43	0.38
脂肪	4.35	3.76	3.89	3.82
灰分	12.21	11.20	10.56	9.51

油添加前の分析値

第4表 45年度飼料の一般分析値(%)

試験区 \ 一般成分	1	2	3	4	5
水分	13.32	12.06	11.44	10.20	10.45
蛋白質	47.21	46.26	46.86	46.56	46.11
粗繊維	0.08	0.82	1.55	2.28	3.05
脂肪	3.47	3.96	4.42	4.93	4.73
灰分	10.70	9.84	10.92	10.88	11.77

油添加前の分析値

(2) 試験池の条件

池の大きさ (m)	1.8 × 5.4 × 0.7 (水深)
水面積 (m ²)	9.72
水容積 (m ³)	6.79
注水量 (l/sec)	4.0
換水率 (回/時)	2.1
P d	7.2
水源の種類	地下水
水温 (°C)	15~16

(3) 供試魚

本試験に供した種苗は第5表のとおりである。

第5表 供試魚について

項目 \ 年度	44年度	45年度
種苗の種類	びわ湖産	びわ湖産
入荷時期	5月15日	6月23日
試験開始	6月8日	6月29日
試験終了	8月24日	9月11日
放養尾数	70尾/m ²	66尾/m ²

(4) 調餌及び投餌方法

各区の餌はクランブル状になっており、調餌はクランブルと油を混合するだけで、毎日これを行った。投餌方法は投餌開始時に集まったすべての魚に飼料がゆきわたるようやゝ多量に、魚が分散するにつれて少量ずつ与え、飼料が池底に落ちて無駄にならぬよう心懸けた。

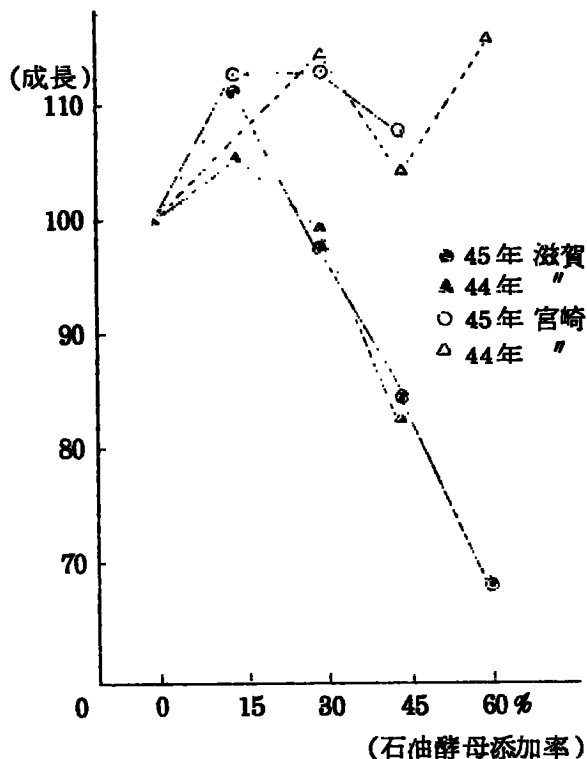
(5) 魚体測定方法

平均体重の測定は20日毎に行った。その方法は50尾以上を取りあげ、その全尾数と全重量を測定して平均体重を算出した。試験終了時には、全部取りあげ全尾数全重量を測定した。

結果及び考察

両年度の飼育成績を附表1及び2にまとめた。

両年度の2年間の成長をみると、44年度の最終取上時の平均体重は、石油酵母無添加の対照区は50.2gで石油酵母15%（2区）30%（3区）45%（4区）添加区ではそれぞれ52.7g、49.2g、42.9gとなりまた45年度は飼料の入手の関係で試験開始時期が遅れ、試験終了時には生殖腺が発育し、そのため成長は遅れたが石油酵母無添加区（対照区）42.8gに対し、石油酵母15%（2区）30%（3区）45%（4区）60%（5区）の添加区ではそれぞれ46.5、41.6、35.8、29.6gとなり、両年度とも石油酵母15%添加区が良好な成績を示し、対照区及び石油酵母30%添加区がこれに続き、それ以上の石油酵母の添加区では成績が劣った。この関係を見るため両年度の対照区の最終取上時の平均体重を100として各区の価を算出し図表に示したところ両年度の傾向は殆んど同一で、石油酵母添加率15%から60%の範囲では石油酵母添加率と成長は逆の相関関係が見られた。なお宮崎県でも同様の飼料を使用してアユを飼育した結果、成長は石油酵母の添加が多くなっても滋賀県ほど大巾に低下せず、また石油酵母添加率と成長にはあまり関係が見られず両県の間で大差が生じた。



第5表 成長と石油酵母添加率の関係

率は5%程度で、前年度の死亡率に比べ非常に少なくなっているが、対照区の死亡率0.94%に対し、約5倍の値を示し、しかもこれらが試験中期から後半にかけて死亡率が発生したことは注目し値する。しかしながら宮崎県では両年度とも飼料由来の死亡率は殆んど見られなかった。

44年度の死亡率状況は、2区では30日目から、また3区、4区では20日頃から発生し、3区、4区では41~60、20~40日目の試験中間時点に死亡率の山が見られた。

その症状は死亡魚が大型であったり、逆に小型のみ死亡したこともなく、又死亡前は、やや散漫な遊泳が見られたが、狂奔とか地底に静止する行動は見られなかった。体色は一部の魚で尾部や背中のところは広く黄色にかわるものがあったが、殆んどのものは健康魚と変わらなかった。死亡魚は腹腔内に体液がたまるいわゆる腹水症状のものも多く、胆嚢は肥大し黄緑色を呈し、胃には餌が見られなかった。なお死亡直前の病魚の組織学的検討を淡水区水産研究所、横手元義技官に依頼した結果は次のとおりであった。

(1) 材料及び方法

標本採集月日	昭和44年8月8日
標本数	4尾
固定液	ツエンカー フォルモル液
染色	ヘマトキシリンエオシン液

次に摂餌量(≒給餌量)を見ると45年度においては、良好な成長を示した区程摂餌量が多くなる傾向を示した。したがって成長と石油酵母添加率との関係は摂餌量においても同じことが云える。

飼料効率及び蛋白効率は44年度ではそれぞれ65.4~77.1% 133.6~149.7% また45年度では82.6~92.0, 168~184.8の範囲内にあった。この飼料効率及び蛋白効率は、飼料の粉末化の問題や、給餌した人の技術差も影響するが、両効率は両年度とも2区3区が良好であった。

死亡状況を見ると、44年度は全期間中の死亡率が対照区2.19であったが、石油酵母添加区の2区、3区、4区ではそれぞれ、8.07% 22.9%、20.97%と石油酵母添加が多い区に死亡率が多発した。また45年度では、石油酵母添加率の多い4区、5区では全期間中の死亡率

ロ. 顕微鏡的所見

- (a) 肝臓 全体的に実質細胞の萎縮が認められるが、特に著しい顕微鏡的变化は観察されなかった。
- (b) 心臓 心筋のFocal necrosis およびHydropic degeneration が4例全部に認められる。
- (c) 腎臓 細尿管上皮の変性が顕著である。多くの場合管腔内にエオシン染色(恐らくPAS 陽性と想像される)の物質が認められる。またボーマン氏嚢のCapsular epithelium の肥厚が顕著である。また造血間質に著しいうっ血が認められる。これらの傾向は4例全部に認められた。
- (d) 胃 粘膜質のparietal cell の壊死および腺の消失が認められる。また間質増殖の疑いがある。
- (e) その他 骨格筋及び鰓には病的変化は認められなかった。

ハ. むすび

以上のような病理組織学的所見を得たが、今回は、検体も少なく、又病理組織学的検討も不十分なので、上述の病変がはたしていかなる原因によるかを推測するのは困難である。特に現段階では、飼料中の石油酵母と結びつけて考えるべきでない。

45年度には、東京大学日比谷京教授に、時期別、試験区別にサンプリングして、組織学的検討を依頼したが、その結果では肝臓等の内臓諸器管にかなりの病変が認められた。

また試験終了時には、血清蛋白量及びヘマトクリット値(3,000回転分 30分)を調査した結果、第6表に示したとおりで、血清蛋白量は石油酵母の添加量が多いと価は低下する傾向が認められたが、ヘマトクリット値は、各区とも個体間にはばなつきが多く、各区5尾の検体数では各区の結果を比較検討出来なかった。

飼料の固さは、石油酵母の添加が多い程固くなったが、この飼料の固さによる飼育成績の影響を検討するため、給餌後の胃内の餌の状態及び胃から腸に移行する量的変化を検討したが、対照区は給餌直後に固形状から練飼状に変化した。石油酵母添加飼料では、長時間経過したものでも固形状のままとなっており、石油酵母の添加量が多い程その傾向が強く、5区の餌では、給餌後6時間経過したものでも固形状のものも見られた。しかしながら、胃から腸に移行する飼料の量的変化はあまり差が見られなかった。(第7表)

第6表 血液性状について

試験区	血液性状	血清蛋白量	ヘマトクリット値
1	区	9.86	25.3%
2	区	9.78	40.7
3	区	8.88	42.6
4	区	8.04	37.0
5	区	7.50	44.8

(5尾平均値)

石油酵母添加飼料を用いて、アユを飼育した試験結果から判断すればアユに対する石油酵母添加飼料の使用には、まだまだ問題性が残っているものと考えられる。

石油酵母の腸内でのキチン分解や、消化吸收等の生理作用に影響する大きな要因である飼育水温は15～

16℃でアユに対してやや低い水温であるので宮崎県と滋賀県との間の飼育成績に差が生じた原因になったのであろうか、この点を検討するため、4区の飼料で水温の高い所で飼育したが、用水が琵琶湖水のため飼育水温が30℃近い適水温範囲外となり、また各種疾病が発生したため飼育成績は水温15℃と同程度となりこの原因を明かにすることが出来なかった。

また両年度とも石油酵母飼料で飼育したアユの内臓諸器管に病変が認められたのは何が原因しているのだろうか、石油酵母には奇数の脂肪酸が含有されているが、この脂肪酸が消化吸收、蓄積され、エネルギー源として有効無害に利用されているのか検討する必要がある。

要 約

昭和44年度及び45年度の2年間第1, 2表に示した飼料組成でアユに対する石油酵母の利用化試験を実施し、下記の事が明かにされた。

1. 石油酵母15%添加区は対照区にくらべて良好な成績であったが、それ以上の石油酵母添加では成績が劣り、石油酵母15～60%の添加範囲では石油酵母の添加率と成長等には逆の相関関係が見られた。
2. 44年度には石油酵母添加の区に斃死が見られ、45年度では斃死は少なくなったが、対照区よりも石油酵母添加の多い区では約5倍の斃死が見られた。
3. 石油酵母飼料で飼育したアユの内臓諸器管に病変が認められた。
4. 同様の飼料で飼育した宮崎県の結果は滋賀県の結果よりも良好な成績であった。両県で大差が生じた原因については不明である。滋賀県の飼育結果から判断すると、石油酵母の飼料添加には問題性が残っていると考えられる。

文 献

長野県水産指導所	人工配合飼料研究最終報告書	1969年	プリント
静岡県水産試験場浜名湖分場	人工配合飼料研究報告書	1969年	プリント
宮崎県淡水指導所小林総合養漁場	新飼料開発研究報告書	1970年	プリント
宮崎県水産試験場小林分場	中間報告書	1970年11月	プリント

第7表 胃から腸への飼料の移行状況

試験区	給餌直後	2時間後	4時間後	6時間後
1区	1.20	0.86	0.54	0.32
3区	1.61	1.60	0.46	0.17
5区	1.41	1.35	0.55	0.30

5尾の平均値 体重に対する%

附表1 飼育結果表(44年度)

項目		試験区			
		1	2	3	4.
総体重 (g)	0 日目	3,590	3,590	3,590	3,590
	20 "	8,468	9,100	8,554	7,988
	40 "	13,287	14,419	12,964	12,884
	60 "	21,574	21,300	17,795	17,540
	80 "	31,150	30,300	24,800	22,650
平均体重 (g)	0 "	5.5	5.5	5.5	5.5
	20 "	13.0	14.0	13.1	12.5
	40 "	20.6	22.6	21.8	21.8
	60 "	33.5	34.3	32.6	31.1
	80 "	50.2	52.7	49.2	42.9
総尾数	0 "	653	653	653	653
	20 "	651	650	637	639
	40 "	645	638	593	591
	60 "	644	621	552	564
	80 "	620	575	504	536
斃死尾数	0~20	2	3	16	14
	21~40	6	12	43	48
	41~60	1	17	42	27
	61~80	5	17	32	28
	全期間	14	49	138	117
斃死重量 (g)	0~20	16	34	181	149
	21~40	74	202	724	849
	41~60	25	480	12,665	640
	61~80	244	710	17,795	1,011
	全期間	359	1,426	39,510	2,649
斃死率	0~20	0.15	0.23	1.23	1.07
	21~40	0.46	0.93	3.58	3.77
	41~60	0.08	1.31	3.64	2.28
	61~80	0.39	1.47	2.80	2.48
	全期間	0.27	0.95	2.54	2.24
増重量 (g)	0~20	4,989	5,440	5,645	4,547
	21~40	4,893	5,521	5,133	5,745
	41~60	8,312	7,461	6,099	5,295
	61~80	9,820	9,705	8,785	6,121
	全期間	28,448	29,020	26,064	22,483
原料給餌量 (g)	0~20	6,820	6,809	6,679	6,485
	21~40	11,973	11,001	10,405	9,768
	41~60	13,382	13,197	11,214	9,788
	61~80	17,341	16,277	12,359	11,490
	全期間	49,515	47,254	40,652	37,531

乾物 給餌量 (%)	0~20	6,108	6,110	6,018	5,872
	21~40	10,723	9,871	9,375	8,844
	41~60	11,985	11,842	10,104	8,862
	61~80	15,531	14,605	11,135	10,408
	全期間	43,451	42,401	36,627	33,981
不明尾数		- 19	- 29	- 16	- 32
" 重量		+ 529.3	+ 844	+ 442	+ 774
飼料 効率 (%)	0~20	81.6	90.7	93.8	77.4
	21~40	45.6	55.9	54.9	64.9
	41~60	69.3	63.0	60.3	59.7
	61~80	63.2	66.0	78.8	58.6
	全期間	65.4	68.4	71.1	66.1
蛋白 給餌量 (%)	0~20	2,932	2,870	2,860	2,770
	21~40	5,148	4,631	4,455	4,172
	41~60	5,754	5,563	4,802	4,180
	61~80	7,457	6,861	5,292	4,907
	全期間	21,292	19,918	17,407	16,029
蛋白 効率 (%)	0~20	170.1	193.1	197.3	164.1
	21~40	95.0	119.0	115.2	137.7
	41~60	144.4	134.1	127.0	126.6
	61~80	124.9	141.4	166.0	124.7
	全期間	133.6	145.6	149.7	140.2
給 餌 率	0~20	14.8	14.6	13.0	15.1
	21~40	16.5	13.8	14.8	11.5
	41~60	11.3	11.2	11.4	14.5
	61~80	10.9	10.8	8.8	10.2
	全期間	13.2	12.9	12.0	12.2

附表2 試驗結果表(45年度)

		1	2	3	4	5	6
總體重(切)	放養時	2.90	2.90	2.90	2.90	2.90	4.81
	20日目	6.82	6.99	6.99	6.21	6.30	8.52
	40日目	12.73	13.27	12.12	11.03	10.78	14.85
	60日目	20.96	21.89	20.67	17.97	14.26	—
	取上時	24.60	26.80	23.93	20.54	16.77	20.1
總尾數	放養時	640	640	640	640	640	650
	20日目	640	638	638	636	636	648
	40日目	630	626	628	634	623	627
	60日目	604	615	601	624	587	—
	取上時	575	577	578	573	566	538
平均體重	放養時	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	7.38
	20日目	10.66	10.95	10.96	9.77	9.90	13.3
	40日目	20.20	21.20	19.30	17.40	17.30	23.7
	60日目	34.7	35.6	34.4	28.8	24.3	—
	取上時	42.8	46.5	41.6	35.8	29.6	36.8
斃死尾數	1~20	0	1+①	2	2+②	4	1+①
	21~40	5+③	2	5+⑤	2	8+⑤	21
	41~60	1+④	4+⑤	2+⑥	10	11+⑤	47
	61~	0+⑦	1+⑧	8+⑨	18+⑩	10+⑪	—
	全期間	6+⑫	8+⑬	17+⑭	32+⑮	33+⑯	69+⑰
斃死重量(φ)	1~20	0	5.0+1.0	14.0	17.0+17.5	39.5	7.5+7
	21~40	81.0+ 74.6	285	91.5+ 75.9	315	119.5+ 62.3	503
	41~60	22+ 663.3	97.5+ 129.6	37+ 596.4	269.5	215.5+ 499.9	1221
	61~	0+660	40.5+ 410	309.2+ 885	567.2+ 39.8	291.5+ 278	—
	全期間	103+ 1898.4	171.5+ 539.6	451.7+ 1557.3	885.2+ 415.5	666+ 840.2	1731.5+ 7
不明尾數	— 12	— 39	+ 8	— 23	+ 3	— 42	
不明重量(φ)	+229.6	+818.4	-148.3	+359.6	-37.6	95.0	
斃死率	1~20	0	0.08	0.16	0.16	0.32	0.08
	21~40	0.39	0.16	0.40	0.16	0.63	1.62
	41~60	0.08	0.32	0.17	0.80	0.92	2.88
	61~	0	0.11	0.68	1.95	1.16	—
	全期間	0.14	0.17	0.39	0.68	0.74	1.59

		1	2	3	4	5	6
増重量(kg)	1~20	3,920	4,105	4,104	3,345	3,440	3,715
	21~40	6,066	6,309	5,297	4,852	4,662	6,833
	41~60	8,975	8,847	9,183	7,210	4,195	6,472
	61~77	4,300	5,361	4,545	3,535	3,080	—
	全期間	23,431	25,430	22,891	18,942	15,339	17,972
原料給餌量(kg)	1~20	3,969	3,969	3,591	3,722	3,485	3,091
	21~40	8,639	8,723	8,190	6,703	5,718	8,298
	41~60	10,820	10,415	9,488	7,854	6,544	12,683
	61~77	7,725	8,116	6,943	6,114	4,689	—
	全期間	31,153	31,223	28,572	24,393	20,436	24,072
乾燥物給餌量(kg)	1~20	3,440	3,513	3,520	3,361	3,138	3,001
	21~40	5,933	7,721	7,297	6,052	5,149	8,057
	41~60	9,372	9,218	8,404	7,092	5,893	12,315
	61~77	6,757	7,095	6,126	5,520	4,222	—
	全期間	27,003	27,635	25,457	22,024	18,402	21,734
給餌蛋白量(kg)	1~20	1,784	1,749	1,742	1,650	1,530	1,371
	21~40	3,884	3,845	3,612	2,972	2,511	3,679
	41~60	4,865	4,589	4,184	3,482	2,873	5,623
	61~77	3,473	3,576	3,062	2,711	2,059	—
	全期間	14,001	13,757	12,600	10,816	8,973	10,674
成長率	1~20	3.72	4.41	4.41	3.84	3.90	2.94
	21~40	3.19	3.30	2.83	2.88	2.79	2.89
	41~60	2.76	2.89	2.89	2.52	1.70	1.69
	61~77	1.23	1.57	1.12	1.28	1.16	—
	全期間	3.05	3.02	2.88	2.68	2.43	2.43
飼料効率%	1~20	111.0	116.9	116.6	99.5	109.6	123.4
	21~40	102.3	81.7	72.6	80.2	90.5	84.9
	41~60	95.8	96.0	109.3	101.7	71.2	51.3
	61~77	63.6	75.6	72.7	64.0	72.9	—
	全期間	86.8	92.0	89.9	89.0	83.6	82.6
蛋白効率%	1~20	219.7	234.7	235.6	202.7	224.8	271.0
	21~40	156.2	164.1	146.7	163.3	185.7	186.0
	41~60	184.5	192.8	219.5	207.0	146.0	115.0
	61~77	123.8	149.9	145.5	130.4	149.6	—
	全期間	167.4	184.8	181.7	178.4	170.9	168.0
給餌率	1~20	13.6	14.4	14.4	15.8	14.4	11.0
	21~40	13.9	21.2	18.5	16.8	14.7	16.0
	41~60	13.8	14.1	12.4	12.3	13.9	18.8
	61~77	12.5	12.1	10.3	12.8	11.1	—
	全期間	16.1	15.1	14.9	15.0	14.7	14.7