

# アユ用飼料における $\alpha$ および $\beta$ でんぷんの有効性

辻村 明夫，中西 一，明楽 公男

一般に、コイなどの雑食性魚類はニジマスやハマチなどの肉食性魚類に比べ、炭水化物の利用能は高いとされているが、アユについての研究<sup>1)~3)</sup>は少ないようである。また、 $\alpha$ および $\beta$ でんぷんの利用能も魚種により異なり、コイ<sup>4)</sup>では $\alpha$ でんぷんが $\beta$ でんぷんよりよく利用され、ハマチ<sup>5)</sup>では逆となっている。そこで今回、アユについて $\alpha$ および $\beta$ でんぷんの有効性と近年、アユ用飼料として普及しつつあり、また製造工程中にでんぷんはほとんど $\alpha$ 化されるエキスパンド加工した飼料の有効性を検討した。

## 材料および方法

**供試魚および飼育方法** 供試魚は8日間予備飼育した平均体重18gの海産アユで、飼育期間は昭和60年6月19日から8月21日までの63日間（Ⅰ期6月19日～7月10日、Ⅱ期7月11日～31日、Ⅲ期8月1日～21日）とした。使用池は2×5m（池水容量3.5m<sup>3</sup>）の屋外コンクリート池を用い、1群当たり200尾を収容した。飼育期間中の水温はⅠ期16.0～18.0℃（平均16.9℃）、Ⅱ期17.4～18.1℃（平均17.7℃）、Ⅲ期17.3～18.4℃（平均17.9℃）であり、換水率は2回/時、溶存酸素量は5.0～6.8ppm（平均5.8ppm）であった。

**飼料および試験区** 飼料の組成を表1に示した。北洋魚粉を蛋白源とし馬鈴しょの $\alpha$ および

表1 飼料の組成(%)

区	1	2	3	4	5	6
北洋魚粉	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5
$\alpha$ -でんぷん	—	15	—	30	—	—
$\beta$ -でんぷん	15	—	30	—	30	30
$\alpha$ -セルロース	15	15	—	—	—	—
ビタミン混合	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
ミネラル混合	3	3	3	3	3	3
フィードオイル	—	—	—	—	—	5
水分	6.5	7.4	7.2	6.9	7.9	—
粗蛋白質	44.5	42.9	45.7	43.5	44.3	—
粗脂肪	3.2	3.5	4.3	4.1	6.5	—
粗繊維	6.4	5.4	ND	ND	ND	—
粗灰分	13.9	13.3	14.0	13.7	13.8	—
炭水化物	15.4	17.7	28.4	31.8	27.5	—
カルシウム	3.60	3.49	3.65	3.66	3.66	—
リン	2.27	2.25	2.34	2.27	2.38	—

$\beta$ でんぷんを15%と30%添加した1~4区、 $\beta$ でんぷんを30%添加しエキスパンド加工により製造した5区ならびに5区の飼料にフィードオイルを外割で5%添加した6区を設けた。なお、飼料組成の調整には $\alpha$ セルロースを用い、給餌は魚体重の2.0~2.5%を1日3回手撒きで行った。

**測定** 1) 魚体の一般成分：全魚体は各区とも5尾、肝臓および背肉（背鰭下方の側線までの筋肉部で脂肉を除いたもの）は6~14尾を真空凍結乾燥後、平均試料とし常法により分析した。

2) 見かけの消化率：飼育試験終了後各区60尾を用い、5日間の予備飼育後10日間で6回腹部を軽く押して採糞した。糞は真空凍結乾燥後、古川らの方法<sup>6)</sup>により消化率を測定した。

3) 魚体性状：終了時に肥満度、内臓重量比（ただし、心臓、肝臓、腎臓および生殖腺を除く）、肝重比、成熟度、ヘモグロビン含量（AOメーター）およびヘマトクリット値（毛細管法）を各区雌雄5尾ずつ測定した。

4) 血清成分：終了時に総タンパク含量（ビウレット法）、アルブミン含量（BCG法）、血糖値（OTB法）、総コレステロール含量（酵素法）、トリグリセライド含量（アセチルアセトン発色法）、リン脂質（酵素法）および遊離脂肪酸含量（ACS-ACOD法）を和光純薬のキットを用い、各区雌雄3尾を1検体として3検体分析した。なお、飼料の製造および分析ならびに

1)、2)の測定はオリエンタル酸母工業株式会社が行った。

## 結果および考察

**飼育結果** 飼育結果（I~III期および全期）を表2~5に、成長曲線を図1に、また補正飼料効率の推移を図2に示した。摂餌は6日目から13日目にかけて全区が、56日目から61日目にかけて4、5区が劣ったほかはほぼ良好であった。へい死は1、2区のみでみられ、へい死率も0.5~1.0%と低かった。I期の補正飼料効率は2、4区で高いが3区は低く、補正日間成長率は、2、4、6区が高いが3区は低かった。II期の補正飼料効率と補正日間成長率は、4、6区が高いが、1、3区は低く、III期は5、6区は高いが3区は低かった。また、III期の4区の補正飼料効率は摂餌の劣る時期があったためかI・II期に比べかなり劣った。全期の補正飼料効率は6区が最も高く、5、4、2、1区がこれに次ぎ3区が最も低く、補正日間成長率もほぼ同様の傾向を示した。すなわち、成長は $\alpha$ でんぷん区が $\beta$ でんぷん区より優れたが、 $\alpha$ でんぷんの15%区と30%区との差は小さく、また $\beta$ でんぷんの30%区は劣った。エキスパンド加工した飼料も $\alpha$ でんぷん区と同程度の成長を示し、フィードオイルを5%添加することによりさらに成長は改善された。

表2 I期の飼育結果

区	1	2	3	4	5	6
開始時総重量(kg)	3.70	3.74	3.73	3.69	3.78	3.63
尾数	198	198	201	197	202	200
平均体重(g)	18.7	18.9	18.6	18.7	18.7	18.2
終了時総重量(kg)	4.85	5.05	4.73	5.00	4.96	4.90
尾数	198	198	201	197	202	200
平均体重(g)	24.5	25.5	23.5	25.4	24.6	24.5
へい死尾数	0	0	0	0	0	0
重量(g)	0	0	0	0	0	0
へい死亡率(%)	0	0	0	0	0	0
総給餌量(g)	1,334	1,337	1,344	1,330	1,297	1,413
補正総重量(g)	1.15	1.31	1.00	1.31	1.18	1.27
増重倍率	1.31	1.35	1.27	1.36	1.31	1.35
飼料効率(%)	86.2	98.0	74.4	98.5	91.0	90.0
日間給餌率(%)*	1.95	1.90	1.99	1.91	1.85	2.07
日間成長率(%)	1.71	1.89	1.50	1.92	1.71	1.89

\* 給餌日数 (16日) による。

表3 II期の飼育結果

区	1	2	3	4	5	6
開始時総重量(kg)	4.74	4.95	4.61	4.87	4.84	4.77
尾数	193	193	196	192	197	195
平均体重(g)	24.6	25.6	23.5	25.4	24.6	24.5
終了時総重量(kg)	6.02	6.32	5.90	6.57	6.44	6.65
尾数	192	192	196	192	197	195
平均体重(g)	31.4	32.9	30.1	34.2	32.7	34.1
へい死尾数	1	1	0	0	0	0
重量(g)	32	44	0	0	0	0
へい死亡率(%)	0.5	0.5	0	0	0	0
総給餌量(g)	2,060	2,060	2,060	2,060	2,060	2,163
補正総重量(%)	1.31	1.41	1.29	1.70	1.60	1.88
増重倍率	1.28	1.28	1.28	1.35	1.33	1.39
飼料効率(%)	63.6	68.4	62.6	82.5	77.7	86.9
日間給餌率(%)*	2.39	2.28	2.45	2.25	2.28	2.37
日間成長率(%)	1.54	1.58	1.55	1.89	1.80	2.10

\* 給餌日数 (16日) による。

表4 Ⅲ期の飼育結果

区	1	2	3	4	5	6
開始時総重量(kg)	5.87	6.14	5.74	6.38	6.26	6.46
尾数	187	187	191	187	192	190
平均体重(g)	31.4	32.8	30.0	34.1	32.6	34.0
終了時総重量(kg)	7.75	8.10	7.16	8.23	8.33	8.78
尾数	187	186	191	187	192	190
平均体重(g)	41.4	43.5	37.5	44.0	43.4	46.2
へい死尾数	0	1	0	0	0	0
重量(g)	0	35	0	0	0	0
へい死率(%)	0	0.5	0	0	0	0
総給餌量(g)	2,407	2,477	2,377	2,543	2,467	2,699
補正総重量(%)	1.88	2.00	1.42	1.85	2.07	2.32
増重倍率	1.32	1.33	1.25	1.29	1.33	1.36
飼料効率(%)	78.1	80.7	59.7	72.7	83.9	86.0
日間給餌率(%)*	2.21	2.17	2.30	2.18	2.11	2.21
日間成長率(%)	1.75	1.78	1.39	1.60	1.80	1.94

\* 給餌日数(16日)による。

表5 全期の飼育結果

区	1	2	3	4	5	6
開始時総重量(kg)	3.70	3.74	3.73	3.69	3.78	3.63
尾数	198	198	201	197	202	200
平均体重(g)	18.7	18.9	18.6	18.7	18.7	18.2
終了時総重量(kg)	7.75	8.10	7.16	8.23	8.33	8.78
尾数	187	186	191	187	192	190
平均体重(g)	41.4	43.5	37.5	44.0	43.4	46.2
へい死尾数	1	2	0	0	0	0
重量(g)	32	79	0	0	0	0
へい死率(%)	0.5	1.0	0	0	0	0
供試尾数	10	10	10	10	10	10
重量(g)	269	280	284	324	294	321
総給餌量(g)	5,801	5,874	5,781	5,933	5,824	6,275
補正増重量(%)	4.35	4.72	3.71	4.86	4.84	5.47
増重倍率	2.18	2.26	1.99	2.32	2.23	2.51
飼料効率(%)	75.0	80.4	64.2	82.0	83.1	87.2
日間給餌率(%)*	2.06	2.01	2.16	2.02	1.96	2.05
日間成長率(%)	1.63	1.72	1.45	1.77	1.73	1.93

\* 給餌日数(48日)による。

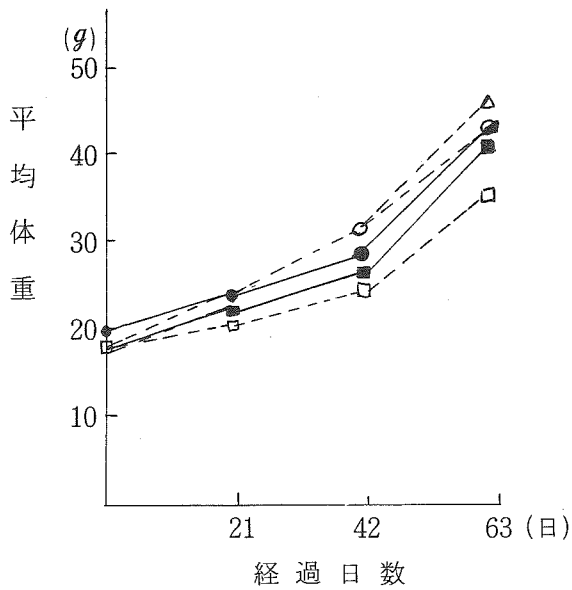


図1 成長曲線

■—■ : 1区    ●—● : 2区  
 □- -□ : 3区    ○- -○ : 4区  
 ▲—▲ : 5区    △- -△ : 6区

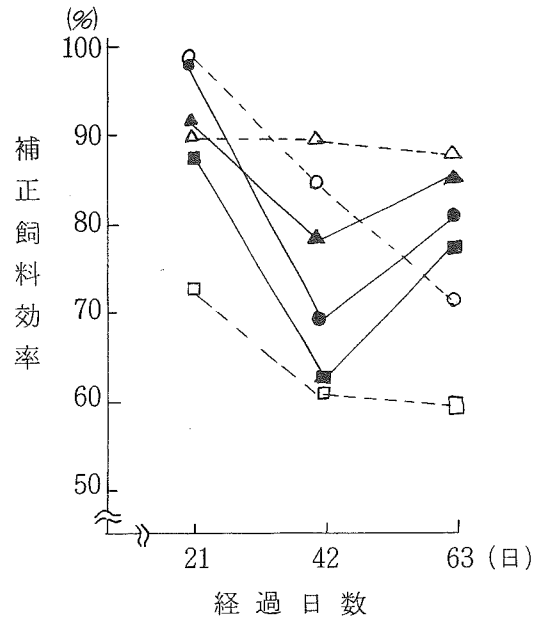


図2 補正飼料効率の推移

■—■ : 1区    ●—● : 2区  
 □- -□ : 3区    ○- -○ : 4区  
 ▲—▲ : 5区    △- -△ : 6区

蛋白効率ならびに蛋白質および脂質および脂質の蓄積率 表6に示すように、蛋白効率は $\alpha$ でんぷん区(2, 4区)が $\beta$ でんぷん区(1, 3区)より高く、3区はかなり劣った。蛋白蓄積率は $\alpha$ でんぷん区(2, 4区)が $\beta$ でんぷん区(1, 3区)より高く、3区はかなり劣った。蛋白蓄積率は $\alpha$ でんぷん区(2, 4区)が $\beta$ でんぷん区(1, 3区)より高く、3区はかなり劣った。蛋白蓄積率は $\alpha$ でんぷん区(2, 4区)が $\beta$ でんぷん区(1, 3区)より高く、3区はかなり劣った。

区	1	2	3	4	5	6
蛋白効率	1.69	1.87	1.41	1.88	1.88	2.07
蛋白質蓄積率(%)	32.3	29.7	22.7	31.0	34.7	31.5
脂質蓄積率(%)	264.5	240.3	172.6	201.8	113.0	104.9

蛋白の蓄積率は $\alpha$ でんぷん区についてみると、2区が29.7%であるのに対し添加率の高い4区が31.0%、5区が34.7%と多少改善されるようであるが、 $\alpha$ でんぷんの添加による蛋白質の節約効果は明確なものではなかった。 $\beta$ でんぷん区の3区は22.7%と低く、 $\beta$ でんぷんの30%添加は蛋白質の蓄積を悪くする可能性があると思われる、また6区の蓄積率が低いことから、蛋白効率の値は脂質の蓄積による見かけの上昇であると思われる。脂質の蓄積率は1~4区が高くアユの脂質合成能は高いものと思われる、6区が低いことからアユでも蓄積率は飼料脂質量に左右されるものと思われる。

見かけの消化率 表7に示したように、蛋白質の消化率は各区85%程度で、特に差はみられなかった。炭水化物の消化率は $\alpha$ でんぷん区が $\beta$ でんぷん区より高く、エキスバンド加工飼料区

表7 見かけの消化率 (%)

区	1	2	3	4	5	6
蛋白質	87.2	85.7	87.2	86.2	84.9	86.2
炭水化物	72.6	87.7	61.9	85.6	90.6	89.2

(5, 6区)が90%程度と最も高かった。消化率は $\alpha$ でんぶん区では添加率により差はみられなかったが、 $\beta$ でんぶん区では15%添加の72.6%に対し30%添加では61.9%と低かった。馬鈴しょを用いたコイ<sup>4)</sup>の $\alpha$ でんぶんの消化率は、添加率が19~48%の範囲で85%,  $\beta$ でんぶんでは14%で60%, 33%で52%と報告されている。今回の測定値と比較すると、 $\alpha$ でんぶんではほぼ同じであったが、 $\beta$ でんぶんではむしろアユの方が高い値を示した。すなわち、消化率からみるとアユ飼料には $\alpha$ でんぶんの添加が適当と思われるが、 $\beta$ でんぶんでも15%程度で有効に利用されるものと思われる。

**魚体の一般成分** 終了時における全魚体の一般成分を表8に、肝臓と背肉の一般成分を表9に示した。全魚体では粗蛋白質含量は一定の傾向はみられず1, 5区が高く、粗脂肪含量は $\beta$ で

表8 全魚体の一般成分 (%)

区	水分	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分
開始時	67.1	14.9	15.4	2.1
1	67.5	17.2	13.2	3.2
2	68.0	15.4	12.6	3.7
終了時	67.5	15.5	13.5	3.1
4	68.4	15.8	12.4	2.8
5	68.0	16.9	11.7	2.7
6	65.8	15.1	14.1	3.6

んぶん区が $\alpha$ でんぶん区に比べやや増加する傾向を示したがその差は小さかった。また、両でんぶん区とも添加率による差(1と3区, 2と4区の比較)はみられず、フィードオイルを添加した6区は高い値を示した。肝臓の粗蛋白質含量は4~6区は低く、粗脂肪含量は全魚体と逆に $\alpha$ でんぶん区が多い傾向がみられ、特に5区が高かった。背肉の粗蛋白質含量はほぼ一定であったが、粗脂肪含量は全魚体と同様に $\beta$ でんぶん区が高い傾向を示し、また両でんぶん区とも添加率が低いほど高く、全魚体の場合と異った。

表9 肝臓および背肉の一般成分 (%)

区	1	2	3	4	5	6	
肝臓	水分	69.2	68.3	69.7	66.6	67.6	67.4
	粗蛋白質	19.0	18.3	18.6	16.7	16.3	16.8
	粗脂肪	9.6	11.2	8.8	10.0	13.6	10.1
	粗灰分	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3
背肉	水分	77.2	77.5	77.7	77.6	77.2	77.1
	粗蛋白質	20.0	20.9	20.2	20.1	21.0	20.9
	粗脂肪	1.4	1.0	1.0	0.7	0.8	1.1
	粗灰分	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

**魚体性状** 表10に示したが、雌雄別にみると肥満度には差はなく、内臓重量比は6区の雄が高く、また肝比重は5、6区の雌が高かった。成熟度は個体差が大きく、雄はある程度成熟の進んだ状態であった。ヘモグロビン含量は各区とも平均値でみると正常値<sup>7)</sup>の範囲内であり、ヘマトクリット値は平均値でみると1区の雌、3区の雌雄、4区の雌、5区の雌、6区の雌雄が正常値<sup>7)</sup>を下廻り、特に3と6区の雄が低かった。3区の雄はヘモグロビン含量、ヘマトクリット値とも低く、 $\beta$ でんぷんの30%添加ではやや不健康な状態になるものと思われた。また、剖検では肝臓に白斑のある個体が多く、特に $\alpha$ でんぷん区でそれが顕著であった。今回の試験では肝重比に明確な違いはみられなかったが、肝臓の粗蛋白質含量は $\alpha$ でんぷんの30%添加で低下がみられ、マダイ<sup>8)</sup>においてもグリコーゲンが蓄積する場合、肝重比の増大と蛋白質含量の低下が示されており、また $\alpha$ 化小麦粉を添加した飼料でも肝臓の色調が悪く病変しているものが多いことが報告<sup>2)</sup>されていることから、グリコーゲンの蓄積等の肝臓の機能についても検討する必要がある。

**血清成分** 表11に示したが、1区に対し2区は雄の総コレステロール含量と雌の遊離脂肪酸含量が高かった。3区に対し4区では雄のトリグリセライド含量とTG/PLが低く、雌のアルブミン含量、A/G比と血糖値は高かったが、トリグリセライド含量とTG/PLは低い値を示した。また、5区に対し6区では雄のA/G比と血糖値が低く、トリグリセライド含量と遊離脂肪酸含量は高かったが、雌の総タンパク質含量、TG/PLおよび遊離脂肪酸含量は高い値を示した。全般的にみると、トリグリセライド含量は $\alpha$ でんぷん区が $\beta$ でんぷん区に比べ低い傾向を示し、全魚体の粗脂肪含量と一致した。また、フィードオイルの5%の添加により、遊離脂肪酸含量は増加する傾向を示した。

表10 魚体性状

区	肥満度	内臓重量比 (%)	肝重比 (%)	成熟度 (%)	ヘモグロビン含量 (g/dl)	ヘマトクリット値 (%)	
1	♂	15.6±0.6	7.49±1.22	0.94±0.09	1.61±1.36	9.5±0.5	38.1±2.4
	♀	14.8±1.8	9.13±1.84	1.15±0.19	1.18±0.15	9.3±0.5	35.0±3.0
2	♂	15.6±0.7	8.47±0.92	1.23±0.14	1.82±0.74	9.5±0.3	35.8±1.9
	♀	14.9±1.0	9.44±1.42	1.20±0.21	0.88±0.07	9.7±1.0	36.0±3.0
3	♂	15.3±0.6	8.21±0.66	1.09±0.23	1.40±1.55	8.5±0.8	30.8±2.8
	♀	15.2±0.5	10.40±1.19	1.06±0.18	0.98±0.41	9.1±1.1	34.2±5.1
4	♂	16.2±0.9	7.70±1.10	1.02±0.16	3.38±1.34	9.6±0.7	37.4±3.2
	♀	15.2±0.5	8.86±0.91	1.21±0.47	1.19±0.74	8.7±1.2	33.0±4.8
5	♂	16.1±0.3	8.33±0.51	1.09±0.24	2.11±1.12	9.7±0.7	36.2±3.1
	♀	15.8±0.5	9.08±1.22	1.50±0.07	1.15±0.33	9.5±0.7	34.3±2.7
6	♂	16.4±0.8	9.28±0.87	1.00±0.07	2.30±1.34	8.6±1.1	31.6±2.2
	♀	16.1±0.8	10.69±0.80	1.64±0.20	0.94±0.42	9.8±0.5	34.6±1.2

表11 血清成分

区	総タンパク含量 (g/dl)	アルブミン含量 (g/dl)	A G 比	血糖値 (mg/dl)	総コレステロール含量 (mg/dl)	トリグリセライド含量 (mg/dl)	リン脂質含量 (mg/dl)	TG/PL	遊離脂肪酸含量 (mEq/l)	
1	♂	4.56±0.17	1.59±0.01	0.54±0.04	67.0±1.4	680.8±49.0	626.4±163.5	1870.4±163.0	0.33±0.06	1.74±0.60
	♀	5.05±0.31	1.89±0.10	0.60±0.01	76.4±5.6	698.9±60.7	509.7±23.2	1886.0±119.8	0.27±0.01	1.45±0.16
2	♂	4.76±0.20	1.72±0.08	0.57±0.01	77.2±10.2	862.2±45.5 <sup>a</sup>	463.4±108.5	1703.1±128.7	0.27±0.05	1.47±0.30
	♀	5.05±0.16	1.92±0.08	0.61±0.03	77.8±7.7	738.0±60.6	550.4±47.8	1907.0±101.5	0.29±0.04	1.94±0.21 <sup>a</sup>
3	♂	4.41±0.12	1.59±0.01	0.56±0.03	68.1±2.2	672.4±31.5	581.1±45.7	2005.8±39.9	0.29±0.02	1.57±0.30
	♀	4.71±0.16	1.77±0.04	0.60±0.01	69.9±4.0	692.4±12.2	501.6±27.2	1848.5±84.7	0.27±0.01	1.73±0.12
4	♂	4.39±0.28	1.67±0.11	0.61±0.01	74.3±11.7	664.3±47.7	419.5±79.8 <sup>c</sup>	1703.0±141.4	0.25±0.03 <sup>b</sup>	1.60±0.32
	♀	4.72±0.09	1.94±0.03 <sup>c</sup>	0.70±0.01 <sup>c</sup>	78.3±7.0 <sup>b</sup>	710.5±65.9	390.9±24.2 <sup>c</sup>	2024.1±210.7	0.19±0.02 <sup>c</sup>	1.66±0.11
5	♂	4.46±0.32	1.76±0.09	0.65±0.02	79.7±2.9	709.6±77.9	502.2±62.3	2053.3±233.7	0.25±0.03	1.67±0.26
	♀	4.57±0.19	1.88±0.13	0.70±0.04	76.6±12.0	698.3±59.2	469.9±48.3	2024.1±174.9	0.23±0.02	1.72±0.13
6	♂	4.68±0.22	1.75±0.06	0.60±0.01 <sup>e</sup>	72.0±1.4 <sup>e</sup>	681.1±72.0	607.3±61.9 <sup>d</sup>	2082.6±228.1	0.29±0.03	2.36±0.18 <sup>e</sup>
	♀	5.16±0.16 <sup>e</sup>	1.97±0.07	0.62±0.01	77.3±5.7	680.5±19.6	505.2±46.6	1928.0±184.3	0.26±0.02 <sup>d</sup>	2.12±0.30 <sup>d</sup>

注 1, 2区の比較 a : p < 0.01      3, 4区の比較 b : p < 0.05    c : p < 0.01  
 5, 6区の比較 d : p < 0.05    e : p < 0.01



以上、 $\alpha$ および $\beta$ の馬鈴しょでんぷんを15%と30%添加した場合、いずれの添加率においても $\beta$ でんぷんより $\alpha$ でんぷんで良好な結果が得られ、エキスパンド加工した飼料も $\alpha$ でんぷんと同様であった。蛋白質の蓄積率からみると、 $\alpha$ でんぷんの添加による蛋白質の節約効果は明確でなく、また $\beta$ でんぷんの30%添加は種々の結果より適当でないと思われた。見かけの消化率は $\alpha$ でんぷんより高いが、 $\beta$ でんぷんの消化率はコイの測定値より高かった。また、グルコース負荷テストや血清成分の変動等から、 $\alpha$ でんぷんの30%以上の添加は代謝障害をもたらす恐れがあるという報告<sup>1)</sup>もあり、魚の健康状態についてさらに検討する必要がある、今回は高蛋白飼料(42.9~45.7%)を用いたので、今後、蛋白質含量を下げた場合およびでんぷんの種類を変えた場合についても検討する必要がある。

## 文 献

- 1) 早山萬彦・森政次・山本義和・西村豊・池田静徳：昭和54年日本水産学会春季大会講演要旨集，P 38（1979）。
- 2) 近藤啓：広島県淡水魚指導所事業報告書，10号，58 - 66（1971）。
- 3) 高松千秋：魚用飼料“配合飼料講座，上巻 設計篇”チクサン出版社，東京，1980。
- 4) 邱景雲・荻野珍吉：日水誌，41，465 - 466（1975）。
- 5) 弟子丸修・黒木克宣・堀之内一博・古市政幸・田平比呂英・米康夫：昭和59年度日本水産学会春季講演要旨集，P 88（1984）。
- 6) 古川厚・塚原宏子：日水誌，32，502 - 506（1966）。
- 7) 川津浩嗣・池田和夫：農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究，昭和49年度研究成果報告書，91 - 96（1975）。
- 8) 米康夫・古市政幸・四反田勝久：魚病研究，3，1 - 8（1969）。