

Tilapia nilotica の無給餌養殖に関する研究 - I

— 摂餌量と基準成長について —

熊丸 敦郎 ・ 赤野 誠之

霞ヶ浦の富栄養化進行に伴い、各方面での富栄養化防止対策が急がれている。水産においても現在行なわれているコイの給餌養殖の一部をハクレン、ティラピア等の無給餌養殖に転換し、植物プランクトンの回収と養殖に伴う栄養負荷の低減を合わせて行なうことにより、富栄養化防止に役立つようとしている。

ハクレンについては、すでに本報^{1,2,3)}その他で報告され、多くの知見が得られているが、ティラピアについては、日本に紹介されてきた歴史が浅いため、無給餌養殖に関する研究はほとんど行なわれていない。今後に行なう無給餌養殖試験の検討基準とすることを目的に、今回はまずその基本的要因である摂餌と成長についての試験を行なった。その結果について以下に報告する。

1 摂餌量について

(1) 試験方法

水温と摂餌量の関係については、36ℓの水槽に10gサイズのティラピアを5尾収容し、1回目は35℃から1日おきに温度を下げ、2回目は10℃から3～4日ごとに温度をあげ、イトミミズを給餌し、日間摂餌量を求めた。

体重と摂餌量の関係については、魚の大きさに合わせて36ℓ、100ℓ、500ℓのガラス製、塩化ビニール製の水槽を用い、水温25.5～26.5℃に加温した井戸水を流水とし、餌料としてイトミミズを用い、原則として毎日残餌量を測定し、日間摂餌量を求めた。

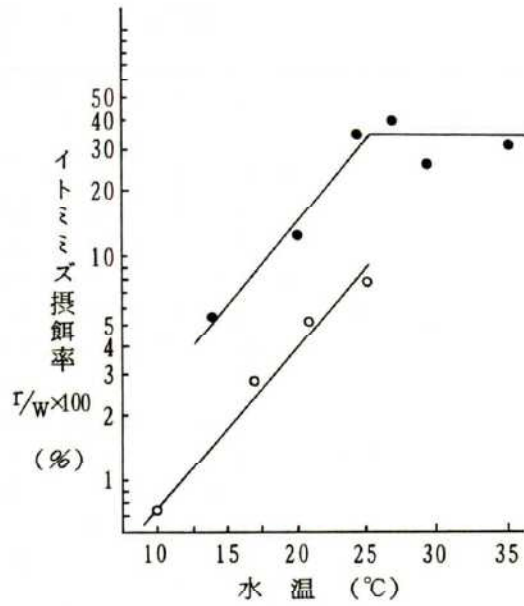
(2) 結 果

水温と摂餌率の関係は、第1表、第1図に示すとおりで10℃～25℃においては、日間摂餌量は $e^{0.16T}$ の勾配で増加し、25℃以上ではほぼ一定とみられ、35℃でも摂餌低下はほとんどみられなかった。

次に、水温25.5～26.5℃における体重別のイトミミズによる飼育試験結果を第2表、第2図に示した。ここで、上限の点をとって最大日間摂餌量とすると、イトミミズ最大日間摂餌量； r とティラピアの体重； W との関係は次式で表わされる。

第1表 水温と摂餌率

No.	水温 (°C)	尾数	総体重 (g)	平均体重 (g)	総摂餌量 (g/day)	摂餌率 $r/w \times 100$ (%)
1	35.0	5	54.80	10.96	17.01	31.0
	29.5	5			14.22	25.9
	26.8	4	53.44	13.36	21.24	39.8
	24.5	4			18.21	34.1
	20.0	4	63.44	15.84	7.99	12.6
	14.0	4			3.44	5.4
2	10.0	1	36.20		0.27	0.75
	17.0	1	32.17		0.58	1.80
	21.0	1	32.84		1.69	5.25
	25.0	1	33.51		2.59	7.73



第1図 水温と摂餌率

W. T. $\geq 25^\circ\text{C}$ の場合

$$r = 0.707 \times W^{0.628}$$

$$0.7 \times W^{0.63} \dots\dots\dots (1)$$

さらに、先の水溫：Tと摂餌率の關係から水溫10～25°Cにおいて、摂餌量は $e^{0.16T}$ に比例するから、

10°C < W. T. < 25°Cの場合

$$r = 0.129 \times 10^{-1} \times e^{0.16T} \times W^{0.63}$$

$$\approx 0.13 \times 10^{-1} \times e^{0.16T} \times W^{0.63} \dots\dots\dots (2)$$

これより、配合餌料(コイ用ペレット)の摂餌量は、イトミミズとペレットのカロリー比、コイの各飽食量及び餌料効率の比が1:4であること⁴⁾から、ここでもこの比を用いて、

W. T. $\geq 25^\circ\text{C}$

$$r = 0.177 \times W^{0.63} \dots\dots\dots (1)'$$

10°C < W. T. < 25°C

$$r = 0.323 \times 10^{-2} \times e^{0.16T} \times W^{0.63} \dots\dots\dots (2)'$$

となる。

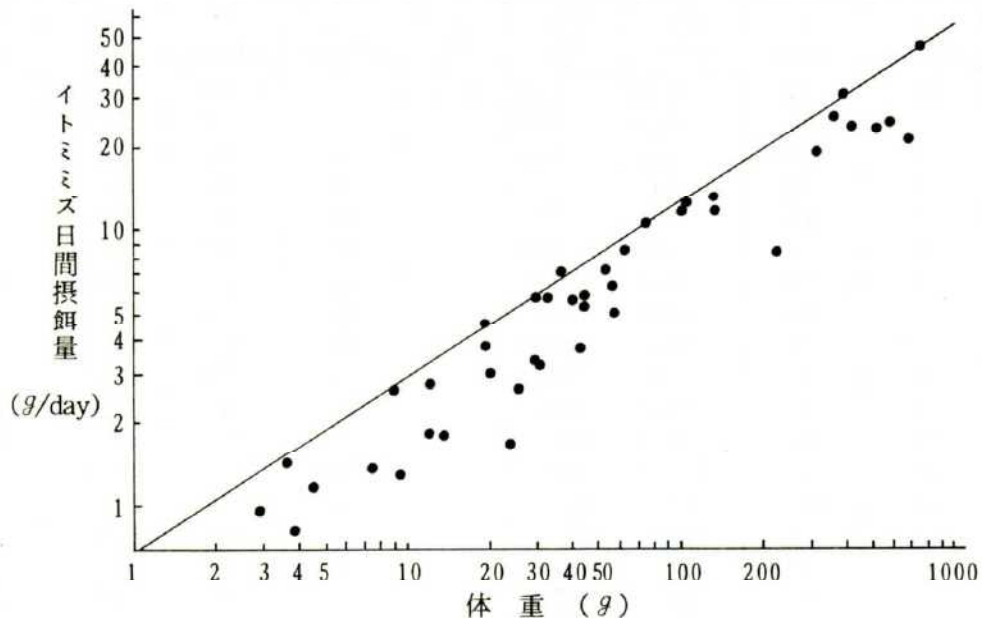
第2表 T. nilotica 飼育結果 (1) イトミミズ

W. T.: 25.5 ~ 26.5°C

N_a	Δt (days)	W_1 (g)	W_2 (g)	$\frac{W_1+W_2}{2}$ (g)	Σr (g)	r (g/day)	W_2-W_1	$\frac{W_2-W_1}{\Sigma r ; Cr}$	備 考
1	9	9.22	15.04	12.13	24.72	2.75	5.82	0.235	
	9	15.04	23.63	19.34	33.88	3.76	8.59	0.254	
	10	23.63	35.27	29.45	57.79	5.78	11.64	0.201	
	11	32.57	46.67	40.97	61.14	5.56	11.40	0.186	
	8	46.67	59.66	53.17	56.84	7.11	12.99	0.229	
2	9	2.77	4.51	3.64	12.99	1.44	1.74	0.134	
	9	4.51	6.64	5.58	10.62	1.18	2.13	0.201	
	10	6.64	8.28	7.46	13.41	1.34	1.64	0.122	
	11	8.28	10.57	9.43	14.06	1.28	2.29	0.163	
	8	10.57	13.44	12.01	14.55	1.82	2.87	0.197	
3	9	6.64	11.17	8.91	24.02	2.67	4.53	0.189	
	9	11.17	16.16	13.67	16.07	1.79	4.99	0.311	
	10	16.16	22.90	19.53	45.83	4.58	6.74	0.147	
	11	22.90	27.50	25.20	29.27	2.66	4.60	0.157	
	8	27.50	32.40	29.95	24.92	3.12	4.90	0.197	
4	8	2.24	3.54	2.89	7.64	0.96	1.30	0.170	
5	8	3.34	4.42	3.88	6.44	0.81	1.08	0.169	
6	9	17.72	21.77	19.75	26.99	3.00	4.15	0.150	
7	10	22.86	24.72	23.79	16.38	1.64	1.86	0.114	
8	9	27.27	33.25	30.26	27.87	3.10	5.98	0.215	
9	10	27.44	39.35	33.40	55.37	5.54	11.96	0.216	
10	9	31.45	41.10	36.28	63.35	7.04	9.65	0.152	
11	9	33.25	38.51	35.88	28.33	3.15	5.26	0.186	
12	10	38.51	47.47	42.99	60.43	6.04	8.96	0.148	
13	10	39.35	49.40	44.38	57.27	5.73	10.05	0.175	
14	10	39.41	50.94	45.18	53.40	5.34	11.53	0.216	
15	9	41.10	44.46	42.78	33.20	3.69	3.36	0.101	
16	10	50.94	61.20	56.07	62.16	6.22	10.26	0.165	
17	8	123.87	143.94	33.41	102.54	12.82	21.07	0.205	
18	10	220.51	235.91	228.21	80.53	8.30	15.40	0.187	
19	10	519.43	544.68	532.06	232.49	23.25	25.25	0.109	
20	7	96.10	113.46	104.78	87.50	12.50	17.36	0.198	
	6	132.44	136.62	134.53	69.80	11.63	4.18	0.047	
21 (♀)	6	373.09	399.66	386.38	183.35	30.56	26.57	0.145	
	10	399.66	445.32	422.49	233.06	23.31	45.66	0.196	
	7	573.98	588.30	581.14	170.53	24.36	14.32	0.084	
	7	688.58	696.69	692.64	146.90	20.99	8.11	0.055	産卵直前
	6	747.62	800.16	773.89	274.80	45.80	52.54	0.191	

N_a	Δt (days)	W_1 (g)	W_2 (g)	$\frac{W_1+W_2}{2}$ (g)	Σr (g)	r (g/day)	W_2-W_1 (g)	$\frac{W_2-W_1}{\Sigma r}$; Cr	備 考
22 (♂)	8	54.84	59.63	57.24	40.25	5.03	4.79	0.119	
	5	59.63	67.16	63.40	42.40	8.48	7.53	0.178	
	7	307.75	326.26	317.01	133.02	19.00	18.51	0.139	
	6	353.15	376.90	365.03	155.65	25.94	23.75	0.153	
23	7	68.62	82.74	75.68	73.70	10.53	14.12	0.192	
24	6	98.70	106.33	102.53	69.80	11.63	7.63	0.109	
25	7	0.0165	0.1378	0.0772	0.5111	0.0730	0.1213	0.237	

Δt : 飼育日数, W_1 : 初めの体重, W_2 : Δt 日後の体重, $\frac{W_1+W_2}{2}$: 平均体重
 Σr : 総摂餌量, r : 日間摂餌量, W_2-W_1 : 増重量, $\frac{W_2-W_1}{\Sigma r}$; Cr : 餌料効率



第2図 体重とイトミミズ日間摂餌量

2 成長について

(1) 試験方法

供試稚魚は1ton塩ビ製のタンクで親魚を飼育し、産卵、口内哺育を確認し、ふ化後約2週間経過したものを使用した。飼育水槽はティラピアの成長に応じて36ℓ, 100ℓ, 500ℓのガラス製及び塩ビ製のものを使用し、水温25.5〜26.5℃に加温した井戸水による流水飼育とした。初めに、先の稚魚10尾を36ℓの水槽に放養し、ふ化後80日まで同一水槽内で飼育し、この間おおよそ1週間毎に体重測定を行なった。それ以降は、1尾ずつ別々の水槽に分けて放養し、

2～3週間毎に体重測定をした。体重測定に際してはMS 222で麻醉し、できるだけ物理的刺激を与えないよう配慮した。雄雌の判別は体重が200g前後になってから生殖孔の形態により判別した。餌料は、コイ用ペレットを使用し、先の最大摂餌量の式から体重に応じて求め、常に最大摂餌量に近い量を給餌した。給餌は原則として1日に午前9時と午後2時の2回に分けて行ない、日曜は1回給餌とした。

雌の1試験区については、ふ化後217日目から雄1尾と混養し、産卵、口内哺育の雌の成長を試べた。

(2) 結果及び考察

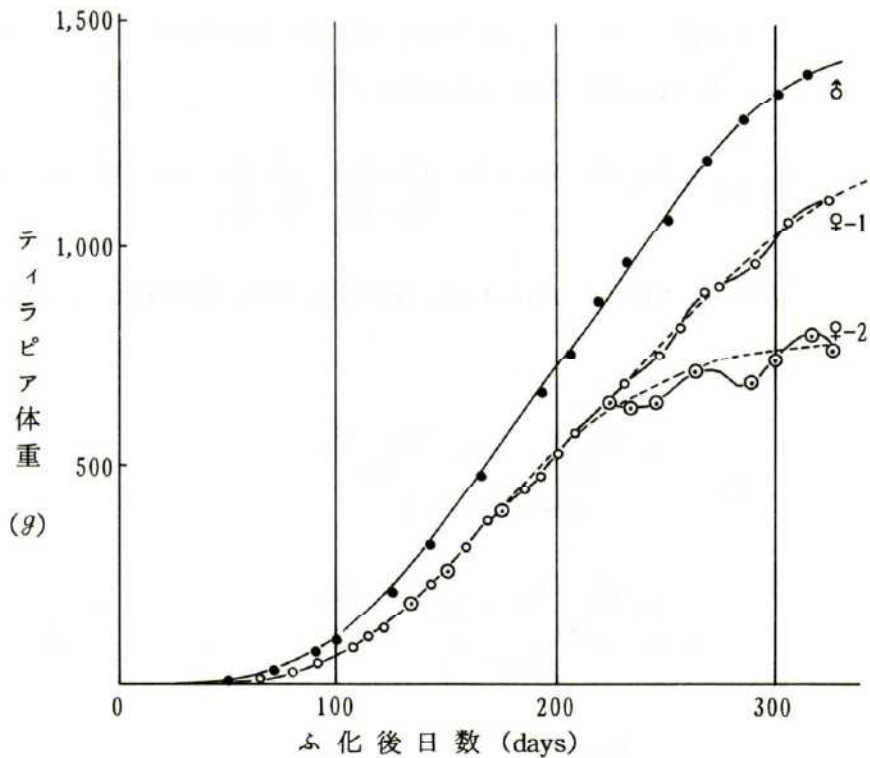
飼育試験結果は、第3表、第3図に示したとおりである。

第3表 ティラピア・ニロチカ飼育結果 (2) コイ用ペレット

W. T.: 25.5～26.5°C

N_a	Δt (days)	t (days)	W_1 (g)	W_2 (g)	N_a	Δt (days)	t (days)	W_1 (g)	W_2 (g)
♂-1	14	14	0.011	0.017	♀-1	≐	58	0.011	17.56
	7	21	0.017	0.14		7	65	17.56	25.21
	8	29	0.14	0.46		7	72	25.21	30.03
	7	36	0.46	1.53		8	80	30.03	33.70
	7	43	1.53	3.33		15	95	33.70	58.92
	8	51	3.33	6.48		12	107	58.92	87.92
	7	58	6.48	12.96		14	121	87.92	129.55
	7	65	12.96	22.25		22	143	129.55	236.86
	6	71	22.25	35.79		17	160	236.86	314.25
	9	80	35.79	58.11		10	170	314.25	373.09
	5	85	58.11	68.11		17	187	373.09	445.3
	13	98	68.11	105.02		7	194	445.3	472.7
	28	126	105.02	213.7		8	202	472.7	534.0
	17	143	213.7	318.2		7	209	534.0	574.0
	23	166	318.2	477.5		7	216	574.0	618.3
	27	193	477.5	664.6		22	248	618.3	747.6
	14	207	664.6	753.9		10	258	747.6	813.3
	13	220	753.9	867.0		11	269	813.3	896.2
	14	234	867.0	960.9		6	275	896.2	907.3
	18	252	960.9	1057.0		16	291	907.3	953.8
18	270	1057.0	1196.6	7	306	953.8	1056.4		
16	286	1196.6	1276.6	18	324	1056.4	1104.3		
15	301	1274.6	1330.4	♀-2	≐	107	0.011	87.2	
14	315	1330.4	1382.2		7	114	87.92	111.6	
					20	134	111.06	188.3	
					16	150	188.83	259.9	
					16	176	259.69	399.66	
					36	212	399.66	607.5	
					22	234	607.7	681.7	
					12	246	681.7	672.4	
					18	264	672.4	688.6	
					26	290	688.6	800.2	
				10	300	800.2	770.3		
				18	318	770.3	880.3		
				9	327	880.3	866.5		

この結果から、雌単独の場合の成長は雄の成長より遅く、さらに雄と雌を混養した場合の雌の成長は、産卵、哺育毎に体重がむしろ減り、波形を描きながら伸びなやむことを示している。単性の場合でも雄は体重1,200g雌は1,000gから成長速度が低下する傾向があり、ふ化後からの成長はS字状の曲



第3図 Tilapia niloticaの飼育結果(餌料: コイ用ペレット)

線になっている。コイの場合には販売サイズの1~2kgになっても、こうした成長速度の低下はみられず浜田ら⁵⁾による成長式; $W = (\frac{2}{5}Kr \cdot Kc \cdot t)^{5/2} = Kg \cdot t^{5/2}$ が用いられるが、ティラピアにおいては販売サイズ800g~1kg近くでの成長低下は産業的に無視できず、したがって、上述のコイの成長式が適用できない。このことから、ティラピア・ニロチカの成長式としてS字曲線式(3)および(3)'が適用できるか否かを以下に検討した。

〔魚体重: W (g), 最大形(理論値): W_m (g), ふ化後日数: t (days), 積分定数: C ,
成長係数: K_s

$$\frac{dW}{dt} = K_s \cdot (W_m - W) \cdot W \dots\dots\dots (3)$$

積分すると

$$W = \frac{W_m}{1 + e^{-K_s \cdot W_m \cdot (t - c)}} \dots\dots\dots (3)'$$

最大形は長期間の飼育試験結果から求められるべきであるが、ここでは(3)'式を展開した次式によって理論値として求める。

〔ふ化後 t_1, t_2, t_3, t_4 日後の魚体重をそれぞれ W_1, W_2, W_3, W_4 とする。ただし $t_2 - t_1 = t_4 - t_3$ の時に限り次式が成り立つ。

$$W_m = \frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 + W_2 \cdot W_3 \cdot W_4 - W_1 \cdot W_2 \cdot W_4 - W_1 \cdot W_3 \cdot W_4}{W_2 \cdot W_3 - W_1 \cdot W_4} \dots\dots\dots (4)$$

次いで、 W_m が求められれば、成長係数： K_s 、積分定数： C の値も (3)' 式を展開して順次得られる。

$$K_s = \frac{\ln \frac{W_m - W_1}{W_1} - \ln \frac{W_m - W_2}{W_2}}{W_m \cdot (t_2 - t_1)}$$

$$= \frac{\ln \frac{W_m - W_1}{W_1} - \ln \frac{W_m - W_2}{W_2}}{W_m \cdot \Delta t} \dots\dots\dots (5)$$

$$C = \frac{\ln \frac{W_m - W}{W}}{K_s \cdot W_m} + t \dots\dots\dots (6)$$

これら (4), (5), (6) 式に先の飼育試験結果で得られた値を代入するわけであるが、第 3 図に見られるように、とくに雄と雌混養における雌の成長は大きな波形を描き、雌単独飼育においても細かく見れば小さな波形になっていて複雑である。これを簡略化するために、第 3 図に示すように平均化して、S 字状の曲線として表し、このグラフからの読み取り値を上式に代入した。

すなわち、雄 ($\delta - 1$) の場合

$$\left\{ \begin{array}{ll} t_1 = 100 \text{ (days) のとき} & W_1 \approx 105 \text{ (g)} \\ t_2 = t_3 = 200 \text{ (days) のとき} & W_1 = W_3 \approx 720 \text{ (g)} \\ t_4 = 300 \text{ (days) のとき} & W_4 \approx 1340 \text{ (g)} \end{array} \right.$$

$$W_m = \frac{105 \times 720^2 + 720^2 \times 1340 - 2 \times 105 \times 720 \times 1340}{720^2 - 105 \times 1340}$$

$$= 1446.86$$

$$\approx 1450 \text{ (g)}$$

実際にはこれより大形のものが存在するのであるが、ここでいう最大形は、産業的に取り扱われる重量範囲で適用される理論的数値である。

$$\left[\begin{array}{l} \Delta t = t_4 - t_1 = 300 - 100 = 200 \text{ (days)} \\ W_1 = 105 \text{ (g)}, W_2 = 1340 \text{ (g)}, W_m = 1450 \text{ (g)} \end{array} \right.$$

$$K_s = \frac{\ln \frac{1450 - 105}{105} - \ln \frac{1450 - 1340}{1340}}{1450 \times 200}$$

$$= 1.74 \times 10^{-5}$$

$$\left[\begin{array}{l} W_m = 1450 \text{ (g)}, K_s = 1.74 \times 10^{-5}, t = 200 \text{ (days)} \\ W = 720 \text{ (g)} \end{array} \right.$$

$$C = \frac{\ln \frac{1450 - 720}{720}}{1.74 \times 10^{-5} \times 1450} + 200$$

$$= 200.55$$

$$\approx 201$$

したがって、今回の飼育試験における雄（♂-1）の成長式は次のように表わされる。

$$(\text{♂}-1) \quad \frac{dW}{dt} = 1.74 \times 10^{-5} \times (1450 - W) \times W$$

$$W = \frac{1450}{1 + e^{-1.74 \times 10^{-5} \times 1450 \times (t - 201)}}$$

$$= \frac{1450}{1 + 159 \times e^{-0.0252t}}$$

これと同様に雌単独（♀-1）の場合、途中から雄、雌混養の雌（♀-2）の場合もグラフからの読み取り値を代入して計算し、その結果を第4表にまとめて示した。

第4表 グラフ（第3図）からの読みとり代入値と計算値

試験区	グラフからの読み取り値		計 算 値		
	t (days)	W (g)	W _m (g)	K _s (×10 ⁻⁵)	C
♂-1	t ₁ = 100	W ₁ = 105	1450	1.74	201
	t ₂ ; t ₃ = 200	W ₂ ; W ₃ = 720			
	t ₄ = 300	W ₄ = 1340			

試験区	グラフからの読み取り値		計 算 値		
	t (days)	W (g)	Wm(g)	Ks($\times 10^{-5}$)	C
♀-1	t ₁ = 100 t ₂ ; t ₃ = 200 t ₄ = 300	W ₁ = 70 W ₂ ; W ₃ = 20 W ₄ = 1030	1120	2.30	205
♀-2	t ₁ = 100 t ₂ ; t ₃ = 200 t ₄ = 300	W ₁ = 70 W ₂ ; W ₃ = 510 W ₄ = 760	781	3.78	179

したがって、今回の雌単独飼育試験（♀-1）と途中から雄雌混養した場合（♀-2）の成長式は次のように表わされる。

$$(\text{♀-1}) \quad \frac{dW}{dt} = 2.30 \times 10^{-5} \times (1120 - W) \times W$$

$$W = \frac{1120}{1 + e^{-2.30 \times 10^{-5} \times 1120 \times (t-205)}}$$

$$= \frac{1120}{1 + 197 \times e^{-0.0258 t}}$$

$$(\text{♀-2}) \quad \frac{dW}{dt} = 3.78 \times 10^{-5} \times (781 - W) \times W$$

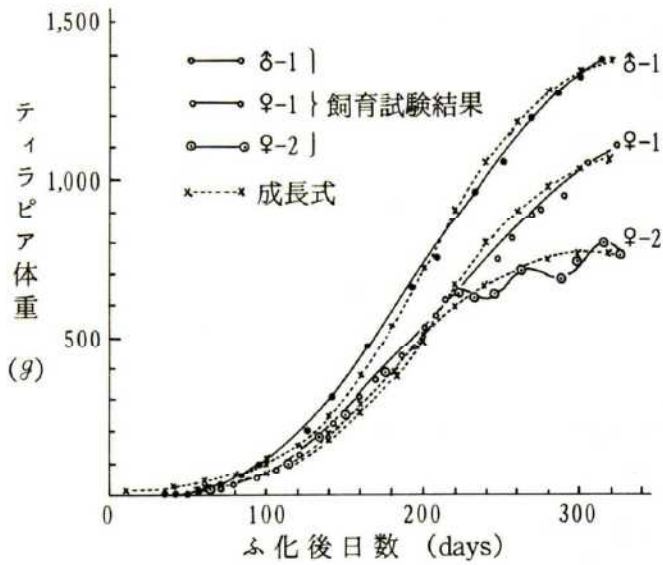
$$W = \frac{781}{1 + e^{-3.78 \times 10^{-5} \times 781 \times (t-179)}}$$

$$= \frac{781}{1 + 197 \times e^{-0.0295 t}}$$

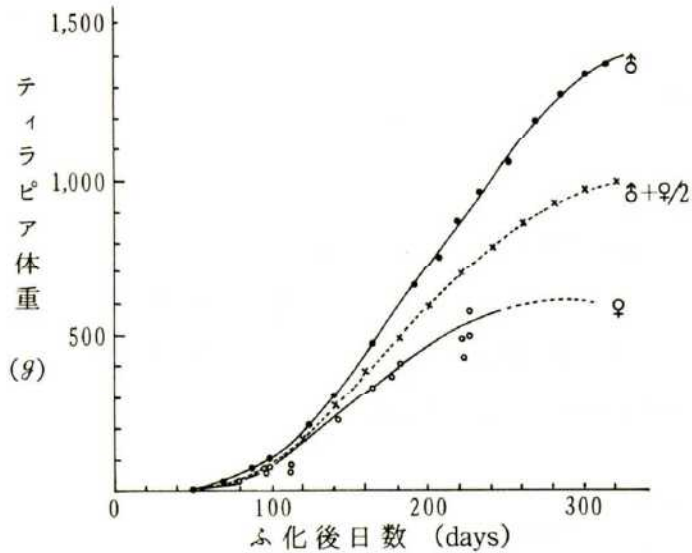
次に、これらの成長が今回の飼育試験結果と適合しているかどうかをみるために、成長式と飼育結果を第4図のグラフで比較した。

その結果、今回行なったふ化から300日までの飼育試験結果と成長式とがほぼ適合しているとみなしうるから、この間の実際の養殖においてもこうしたS字曲線の成長式が適用できるものと考えられる。

今回の飼育試験では、雄の成長、雌単独の成長、体重が600gを超えてから雄と雌を混養した場合の雌の成長について考えたわけであるが、実際の養殖場においては、こうした飼育例は



第4図 実際の飼育結果と成長式



第5図 雄・雌混養飼育における雌の成長と雄・雌平均成長

第5表 雄雌の成長差

♂体重 (大型) (g)	♀体重 (小型) (g)	試験実施機関
35.79	28.21	茨城県内水面水試
58.11	36.64	
74.57	51.51	
328.1	222.6	
479.9	332.1	
507.2	425.0	
562.8	356.9	
629.2	418.7	
669.0	427.2	
897.1	427.3	
907.0	573.9	
919.2	494.7	
25.0	19.1	大阪府淡水魚試験場 ⁶⁾ 昭和49年度
46.8	22.8	
86.7	42.8	
150.4	41.1	
150.4	89.8	
97.6	81.8	新潟県内水面水試 ¹²⁾ 昭和54年度
102.1	96.9	
563	374	
608	416	

ほとんどなく、最初から雄・雌混養で養殖が行なわれるのが一般的である。

稚魚期から雄・雌混養での雌の成長については、今回の雄の飼育試験結果と、当内水試および他の試験研究機関における飼育結果の雄・雌成長差から求めることとした。

先と同様に、第5図からの読み取り値により、最大形：Wm、成長係数：Ks、積分定数を計算し、雄・雌混養における雌の成長式を求めた。

$$\left\{ \begin{array}{ll} t_1 = 80 \text{ (days) のとき} & W_1 = 35 \text{ (g)} \\ t_2 : t_3 = 160 \text{ (days) のとき} & W_2 : W_3 = 320 \text{ (g)} \\ t_4 = 240 \text{ (days) のとき} & W_4 = 570 \text{ (g)} \end{array} \right.$$

$$W_m = 596.5 \div 600 \text{ (g)}$$

$$K_s = 5.96 \times 10^{-5}$$

$$C = 156.27 \div 156$$

したがって、最初から雄雌混養した場合の雌の成長式(♀-3)は、

$$\begin{aligned} (\text{♀-3}) \quad \frac{dW}{dt} &= 5.96 \times 10^{-5} \times (600 - W) \times W \\ W &= \frac{600}{1 + e^{-5.96 \times 10^{-5} \times 600 \times (t-156)}} \\ &= \frac{600}{1 + 265 \times e^{-0.0358t}} \end{aligned}$$

と表わされる。

次に、雄と雌を混養した場合の雄・雌平均の成長式を考える。

性比が♂/♀ = 1/1 である場合には(♂-1),(♀-3)の式より、雄・雌の理論的最大形は、それぞれ1450(g), 600(g)であったから、雄・雌平均最大形 $\overline{\delta\varphi}$:W_mは1025gとなる。

また、雄、雌の成長グラフからの読み取り値を平均してK_s, Cを求めると、

$$t_1 = 100 \text{ (days) のとき} \quad \left. \begin{array}{l} \delta W_1 = 105 \text{ (g)} \\ \varphi W_1 = 80 \end{array} \right\} \overline{\delta\varphi} W_1 = 92.5 \text{ (g)}$$

$$t_2 : t_3 = 200 \text{ (days) のとき} \quad \left. \begin{array}{l} \delta W_2 = 720 \text{ (g)} \\ \varphi W_2 = 460 \end{array} \right\} \overline{\delta\varphi} W_2 : W_3 = 590 \text{ (g)}$$

$$t_4 = 300 \text{ (days) のとき} \quad \left. \begin{array}{l} \delta W_4 = 1340 \text{ (g)} \\ \varphi W_4 = 600 \end{array} \right\} \overline{\delta\varphi} W_4 = 970 \text{ (g)}$$

$$K_s = 2.53 \times 10^{-5}$$

$$C = 188.24 \div 188$$

となるから、性比: ♂/♀ = 1/1 の雄・雌混養の場合の平均成長式は

$$(\delta\bar{\varphi}) \quad \frac{dW}{dt} = 2.53 \times 10^{-5} \times (1025 - W) \times W$$

$$W = \frac{1025}{1 + e^{-2.53 \times 10^{-5} \times 1025 \times (t-188)}}$$

$$= \frac{1025}{1 + 131 \times e^{-0.0259t}}$$

以上、雄単独、雌単独、雄雌混養における雌、雄雌混養・性比が1:1の平均の各成長式を求めたわけである。ここで一応、これらを基準成長式として、これまでに他の試験研究機関で得られた飼育結果を、成長係数:Ksによって比較を行なった。その結果を第6表に示す。

第6表 文献にみられる飼育成績

文 献	№	W. T. (°C)	△t (days)	W ₁ (g)	W ₂ (g)	δKs* (×10 ⁻⁵)	δ̄φ Ks** (×10 ⁻⁵)	備 考	
		25.5~26.5				1.74	2.53	今回得られた基準成長	
大阪淡水魚試験場 ⁶⁾ 昭和49年	1		97	1.66	106.6	3.28	4.30	コイ用配合餌料	
	2		97	1.66	150.4				
	3		35	6.3	46.8				
同 上 ⁷⁾ 昭和50年	4		76	0.18	71.7		7.78	止水池 } 無給餌 溜池 }	
	5		150	192.5	771.5				
	6		191	193.9	843.3			2.22~1.77	止水池 } アユ、コイ用 溜池 } 配合餌料
	7		120~150	193.8	800				
同 上 ⁸⁾ 昭和52年	8	25~30	246	38.5	799.5	1.79	コイ用配合餌料		
和歌山内水面漁業センター ⁹⁾ 昭和52年	9	26~28.5	60	155	423	2.23	配合餌料		
同 上 ¹⁰⁾ 昭和54年	10	20.2~27.5	100	303.5	652.3	1.39	3.37kg/m ² } コンクリート 10.57kg/m ² } ト池		
	11		100	317.0	497.4			0.726	
新潟内水面水産試験場 ¹¹⁾ №6	12	22.3~27.8	110	0.016	81.4		7.64	配合餌料	
	13	19.1~28.9	118	61	433				2.02
同 上 ¹²⁾ 昭和53年	14	16~33	147	82.8	786.5		2.41	コンクリート池止水 コイ用配合餌料	
	15		147	101.1	804.4				2.33
	16		147	129.7	922.6				
同 上 ¹³⁾ 昭和54年	17		117	97.6	563	1.28	1.58	δ化处理 } ♀選別 } コンクリート池 ♂選別 } ティラピア用 δ♀混養 } 配合餌料	
	18		117	81.8	374				
	19		117	102.1	608				1.33
	20		117	96.9	416				

* δKs は雄単性の場合の成長係数でWm = 1450(g)として

** δ̄φ Ks は雄雌混養の場合の雄・雌平均での成長係数でWm = 1025(g)としてそれぞれ計算した。

第6表でみると、体重100g以下の稚魚期においては成長係数が高くでることから、稚魚期においては、成長係数 K_s での飼育成績の評価はさらに今後検討する必要があるが、体重100g～1,000gの間ではおよそ適用できると見られる。また、雄雌混養の場合には性比によって、理論的最大形も変えて評価しなくてはならない。すなわち、今回、性比♂/♀ = 1/1として、 $W_m = 1025(g)$ で計算したが、性比が例えば♂/♀ = 6/4であれば、 $W_m = (1450 \times 6 + 600 \times 4)/10 = 1110(g)$ となり、成長係数： K_s は

$$K_s = \frac{\ln \frac{1110 - W_1}{W_1} - \ln \frac{1110 - W_2}{W_2}}{1110 \times \Delta t}$$

で求めなければならない。したがって、ティラピアの飼育成績を評価する上で必要なデータは水温、飼育日数： Δt 、放養時の平均体重： W_1 取り上げ時の平均体重： W_2 、性比、とできれば雄だけの W_1, W_2 である。

3 餌料効率について

試験方法は先の成長試験と同様で、コイ用配合餌料を用いて、飼育試験を行ないその結果を第7表、第6図に示す。

第7表 ティラピア・ニロチカ飼育結果 (3) コイ用ペレット

W. T.; 22.5 ~ 26.5°C

Sex	N_n	Δt (days)	W_1 (g)	W_2 (g)	$W_1+W_2/2$ (g)	W_2-W_1 (g)	$\sum r$ (g)	C_r
♂	1	7	91.9	113.7	102.8	21.7	24.92	0.87
		9	165.1	211.6	188.4	46.5	43.05	1.08
		10	424.3	465.7	445.0	41.4	98.6	0.42
		13	753.9	867.0	810.4	113.1	192.7	0.59
		15	867.0	896.2	881.6	29.2	235.5	0.12
		21	896.2	960.9	928.6	64.7	341.6	0.19
		13	960.9	1057.0	1009.0	96.1	223.7	0.43
		14	1057.0	1196.6	1126.8	139.6	259.7	0.54
	22	1196.6	1351.5	1274.1	154.9	443.5	0.35	
	2	13	477.5	610.0	543.8	132.5	146.9	0.90
		21	677.1	953.5	815.3	276.4	312.6	0.88
		22	1032.5	1162.6	1097.6	130.1	400.9	0.32
	3	13	237.4	320.0	278.7	82.6	93.3	0.89
		15	320.0	380.5	350.3	60.5	125.7	0.48
		21	380.5	585.0	482.8	204.5	218.9	0.93
13		585.0	679.2	632.1	94.2	162.8	0.58	
14		679.2	773.0	726.1	93.8	192.6	0.49	
22		773.0	889.1	831.1	116.1	331.8	0.35	

Sex	N_a	Δt (days)	W_1 (g)	W_2 (g)	$W_1+W_2/2$ (g)	W_2-W_1 (g)	Σr (g)	Cr
♂	4	13	68.1	105.0	86.6	36.9	42.1	0.88
		21	107.5	155.9	131.7	30.2	90.5	0.33
		13	155.9	186.1	171.0	30.2	66.5	0.45
		14	186.1	210.0	198.1	23.9	79.6	0.30
		22	210.0	243.0	226.5	33.0	137.1	0.24
		21	340.0	469.5	404.8	129.5	194.2	0.67
♀	1	7	87.9	111.1	99.5	23.1	19.25	1.20
		7	129.6	165.2	147.4	35.6	31.08	1.15
		9	188.8	236.9	212.9	48.0	53.87	0.89
		10	259.7	314.3	287.0	54.6	64.08	0.85
		10	314.3	373.1	343.7	58.8	85.73	0.69
		7	534.0	573.4	554.0	40.0	80.16	0.50
		9	647.4	681.7	664.5	34.3	98.26	0.35
		17	770.4	866.5	818.5	96.1	261.1	0.37
		5	866.5	896.2	881.4	29.7	78.5	0.38
		17	896.2	907.3	901.8	11.1	271.0	0.041
		15	907.3	953.8	930.6	46.5	244.3	0.19
		14	953.8	968.8	961.3	15.0	233.1	0.064
		14	968.8	1056.4	1012.6	87.6	241.5	0.36
		14	1056.4	1104.3	1080.4	47.9	252.4	0.19
	22	1104.3	1223.5	1163.9	119.2	417.2	0.29	
	2	15	772.0	839.5	805.8	67.5	221.5	0.30
		14	839.5	938.8	889.2	99.3	221.1	0.45
		14	938.8	943.1	941.0	4.3	229.8	0.02
		14	943.1	1041.4	992.3	98.3	238.2	0.41
		22	1041.4	1111.7	1076.6	70.3	395.7	0.18
	3	15	326.5	408.1	385.3	81.6	134.1	0.61
		15	442.4	559.3	500.9	116.9	160.3	0.73
		14	559.3	595.3	577.3	36.0	164.8	0.22
		14	623.0	664.4	643.7	41.4	177.5	0.23
		22	664.4	752.1	708.3	87.7	297.6	0.29
	4	15	76.4	160.1	118.3	83.7	60.1	1.39
		14	160.1	240.4	200.3	80.3	80.2	1.00
		14	240.4	286.9	263.7	46.5	96.7	0.48
		14	286.9	337.7	312.3	50.8	108.5	0.47
		22	337.7	401.1	369.4	63.4	191.2	0.33
	5	15	63.5	124.7	94.1	61.2	51.4	1.19
		14	124.7	201.3	163.0	76.6	69.7	1.10
		14	201.3	237.9	219.6	36.6	85.4	0.43
14		237.9	303.2	270.6	65.3	98.4	0.66	
22		303.2	361.1	332.2	57.9	177.8	0.32	
?	1	7	19.9	26.78	23.34	6.89	8.84	0.78
	2	7	23.8	32.64	28.26	8.76	9.84	0.89
	3	7	34.5	44.22	39.44	9.57	12.21	0.78
	4	7	47.1	54.84	51.23	7.23	13.43	0.54
	5	7	33.8	35.93	34.51	2.85	12.13	0.23
	6	7	45.8	50.00	47.89	4.22	15.16	0.28
	7	7	58.1	73.95	66.13	15.64	24.28	0.64

餌料効率； C_r は、初めの
 体重； $W_1(g)$ 、 Δt 日後の体
 重； $W_2(g)$ 、その間の総給餌
 量； $\sum r(g)$ 、日間最大摂餌量
 を $R(g)$ とすると、

$$C_r = \frac{W_2 - W_1}{\sum r} = \frac{dW}{R}$$

で表わされる。したがって、
 先の日間最大摂餌量の式と成
 長式から雄単性、雌単性の場
 合の餌料効率は、それぞれ次のようになる。

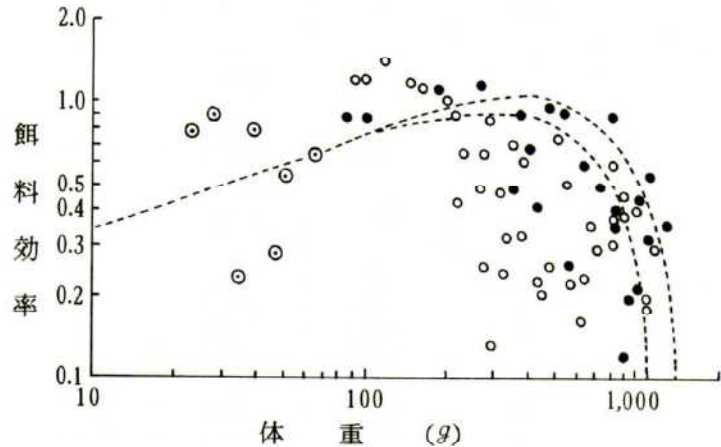
$$\begin{aligned} (\delta - 1) \quad C_r &= \frac{1.74 \times 10^{-5} \times (1450 - W) \times W}{0.177 \times W^{0.63}} \\ &= 9.83 \times 10^{-5} \times (1450 - W) W^{0.37} \\ C_r &= \frac{2.30 \times 10^{-5} \times (1120 - W) W}{0.177 \times W^{0.63}} \\ &= 1.30 \times 10^{-4} \times (1120 - W) W^{0.37} \end{aligned}$$

これらの式の曲線を第6図に点線で示したが、体重100g以上においては、雄、雌とも実際の飼育結果の上限の値とほぼ適応していると見られる。このことから、雄、雌混養における雌の餌料効率も体重100g以上においては、その摂餌量と成長式から導かれる次式で同様に表わすことができよう。

$$\begin{aligned} C_r &= \frac{5.96 \times 10^{-5} \times (600 - W) \times W}{0.177 \times W^{0.63}} \\ &= 3.37 \times 10^{-4} \times (600 - W) \times W^{0.37} \end{aligned}$$

4 要 約

- 1 ティラピア・ニロチカの日間最大摂餌量； $r(g/day)$ は、イトミミズを餌とした場合、水温； $T(^{\circ}C)$ 、ティラピアの体重； $W(g)$ とすると、



第6図 コイ用ペレットでの *T. nilotica* の体重と餌料効率
 (●：♂、○：♀、⊙：♂♀不明)

$$T \geq 25^{\circ}\text{C} \text{ のとき} \quad r = 0.7 \times W^{0.63}$$

$$10^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C} \text{ のとき} \quad r = 0.13 \times 10^{-1} \times e^{0.16T} \times W^{0.63}$$

コイ用配合飼料を餌とした場合

$$T \geq 25^{\circ}\text{C} \text{ のとき} \quad r = 0.177 \times W^{0.63}$$

$$10^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C} \text{ のとき} \quad r = 0.323 \times 10^{-2} \times e^{0.16T} \times W^{0.63}$$

で表わされる。

- 2 ティラピア・ニロチカの成長は、体重；100g～1000gの範囲において次式で表わすことができる。体重； W (g)，ふ化後日数； t (days) とすると、

$$\text{雄単性の成長；} \begin{cases} \frac{dW}{dt} = 1.74 \times 10^{-5} \times (1450 - W) \times W \\ W = \frac{1450}{1 + 159 \times e^{-0.0252t}} \end{cases}$$

$$\text{雌単性の成長；} \begin{cases} \frac{dW}{dt} = 2.30 \times 10^{-5} \times (1120 - W) \times W \\ W = \frac{1120}{1 + 197 \times e^{-0.0258t}} \end{cases}$$

雄・雌混養の時の雌の成長；

$$\begin{cases} \frac{dW}{dt} = 5.96 \times 10^{-5} \times (600 - W) \times W \\ W = \frac{600}{1 + 265 \times e^{-0.0358t}} \end{cases}$$

したがって、体重100g～1000gの間の飼育成績の評価は、これらS字曲線における係数（ここでは成長係数； K_s とよぶ）で行なうことができる。

$$K_s = \frac{\ln \frac{W_m - W_1}{W_1} - \ln \frac{W_m - W_2}{W_2}}{W_m \times \Delta t}$$

ただし、最大形； W_m (g) は、性比によって変わり、たとえば、

$$\delta/\varphi = 1/1 \text{ のとき} \quad W_m = 1025$$

$$\delta/\varphi = 6/4 \text{ のとき} \quad W_m = 1110$$

で計算する。

3 餌料効率；Cr は体重 100g ～ 1000g の範囲において次式で表わされる。

$$\text{雄の場合} \quad Cr = 9.83 \times 10^{-5} \times (1450 - W) \times W^{0.37}$$

$$\text{雌単性の場合} \quad Cr = 1.30 \times 10^{-4} \times (1120 - W) \times W^{0.37}$$

雄・雌混養における雌の場合

$$Cr = 3.37 \times 10^{-4} \times (600 - W) \times W^{0.37}$$

なお、体重が 100g 以下においては、成長式、餌料効率の式とも実際の飼育結果と適応していないので、この点については今後検討する必要がある。

5 参考文献

- 1) 熊丸敦郎・光田三男・浜田篤信・津田 勉(1976)；本誌 №13，P 45 - 54
- 2) 藤本 武・高野 誠・河崎 正・堀 直・光田三男・小島康道・浜田篤信(1979)；本誌 №16，P 65 - 90
- 3) 河崎 正・小島康道・高野 誠・藤本 武・光田三男(1979)；本誌 №16，P 91 - 98
- 4) 浜田篤信・津田 勉・狩谷貞二(1966)；本誌 №8，P 48 - 55
- 5) 浜田篤信・位田俊臣・津田 勉・狩谷貞二(1975)；日本水産学会誌 №41，Vol.2，P 147 - 154
- 6) 大阪府淡水魚試験場業務報告(昭和49年度) №8，P 23 - 38
- 7) " (昭和50年度) №9，P 5 - 22
- 8) " (昭和52年度) №11，P 5 - 22
- 9) 和歌山県内水面漁業センター事業報告(昭和52年度) №3，P 64 - 73
- 10) " (昭和54年度) №5，P 27 - 32
- 11) 岩崎正雄(1978)；新潟県内水面水産試験場調査研究報告 №6，P 50 - 54
- 12) 新潟県内水面水産試験場事業報告(昭和53年度) P 24
- 13) " (昭和54年度) P 28