

ナマズの養殖技術に関する研究—I

ナマズの飼育特性について

熊丸 敦郎

1. はじめに

霞ヶ浦北浦におけるコイの網生簀養殖は1964年頃に導入され、その高い生産効率によって、生産量を順調に伸ばしたが、1976年(9,500トン)をピークに需要の低下と過剰生産の傾向が続き、販売金額が年々指数関数的に減少してきており、近年の養殖業経営は非常に厳しい状況にある。現在の経営不振から脱却するためには、業界全体における販売量に見合った適正な生産量調整と販売促進努力がこれまで以上に必要であり、それと同時に技術面の改善策：これまでのコイ単一種であった養殖魚種を多様化し、新たな魚種生産による増収益策を図ることが必要である。このため、できる限り多くの魚種について養殖適正を検討し、適正魚種についての養殖技術を確立することが求められている。しかしながら、開発対象魚種については、湖内生態系維持の立場から、①霞ヶ浦在来種であること、富栄養化防止の立場から、②成長が速く餌料効率が高いこと、経営上の側面から、③できるだけ需要量が大きく、④単価が高いこと、さらには技術的側面から、⑤湖内環境条件に適応し、⑥網生簀内での飼育が可能であること等、非常に多くの必要条件を満足するものでなくてはならず、現実的にはこれら全条件を満たす魚種はほとんど無いといって良い。新魚種としてこれまでに、ティラピア、アメリカナマズ、ヘラブナ、ギンブナ、ウナギ等について養殖技術開発を行ってきたが、それぞれに一長一短があり、全てが実用化に至った訳ではない。

今回取り上げたナマズについても、①、②、④の条件についてはクリアーできる可能性はあるものの、③の需要量に関してはそれほど大きくは望めないものと見られる。

したがって、本魚種については、コイの生産調整の結果、余剰となった種苗生産用陸上池の有効活用をねらいとし、比較的小規模の生産量を目標とした養殖技術の開発試験を行うこととした。本報告はナマズ養殖技術の開発を行うに当たり、その基本となる飼育特性の把握を目的として行った室内試験の結果をまとめたものである。

2. 試験方法

(1) 水温特性

水温特性は水温と呼吸量の関係から求めた。呼吸量測定装置については本誌No34で示したものと同様であり、ここでは省略する。呼吸室外部水槽(容量200ℓ)の水温を25℃に設定し、呼吸室(容量1ℓ)に体重165.5gのナマズを収容後、呼吸室流量を定流ポンプで180ml/minとし、外部水槽内水温を水温調節器で1日毎に2.5℃づつ上昇させ収容後4日後に32.5℃とした。この水温で1週間イトミミズを毎日体重維持量づつ給餌しながら馴致した後、呼吸量測定を開始した。呼吸量測定は2日ごとに行うこととし、水温32.5℃から2日毎に2.5℃づつ下げながら、変温1日目は体重維持量のイトミミズ給餌し、2日目は絶食としAM9:00から26時間の呼吸量を連続測定した。呼吸量測定は呼吸室内と呼吸室外の溶存酸素量をそれぞれDOメーターにより連続測定してデータログに記録後、24時間の両者の平均差と流量から1日あたりの酸素消費量として求めた。

なお、この間における体重維持給餌量については、ナマズの摂餌量(g/day)をコイの摂餌量とほぼ同じとみなして、コイの日間飽食量式(1)により算出し、体重維持給餌量はその1/5量とした。

$$R = 0.0191 \times E / e \times W^{2/3} \times \text{EXP}(0.103 \times T) \dots (1)$$

$$= 0.1064 \times W^{2/3} \times \text{EXP}(0.103 \times T)$$

ただし、R: 日間イトミミズ摂餌量(湿重g), E: コイ用配合飼料の総熱量GE=450(kcal/100g乾重)⁴, e: イトミミズのGE = 80.8(kcal/100g湿重)², W: 魚体重(g), T: 水温(°C)

(2) 餌料種別, 摂餌サイズ, 日間摂餌量および成長の測定

試験水槽は, 試験を行うナマズのサイズに応じて 2ℓ, 5ℓ, 60ℓ ガラス水槽を使用し, 各水槽 25 ± 0.5°C 加温地下水を置換率 1.4 ~ 2 回/時間で注水した。これらに孵化直後から体重 260g までのナマズを 1 尾ずつ収容した後, 餌料生物毎に 1 週間単位で飼育試験を行った。この間における給餌時間を毎日 17 時に設定し, 日間摂餌量は当日の給餌量から翌日の残餌量を差し引くことによって求め, 摂餌サイズについては給餌及び残餌の餌料生物を個体別に重量測定して求めた。摂餌量測定に供した餌料種はイトミミズ, アカムシ, テナガエビ, ヒメダカ, コイ孵化仔魚, ヌマチチブ, ブルーギルの 8 種類で, この内テナガエビ, ヌマチチブ, ブルーギルについてはナマズの摂餌サイズを調べる目的で各種サイズのものを使用した。魚体及び各種餌料生物の重量測定はイトミミズ, アカムシ, テナガエビ, コイ孵化仔魚については体表面水分を濾紙またはペーパータオルに吸着除去後に, ヒメダカ, ヌマチチブ, ブルーギルおよび飼育試験魚ナマズについては F A 100 で麻酔した後, 同じく体表水分を吸着除去して行った。成長評価の指標は浜田他(1975)による次式成長数: KG を用いた。

$$KG = 2.5 \times (W_2^{0.4} - W_1^{0.4}) / \Delta t \dots \dots \dots (2)$$

ただし、W₁: 初期体重(g), W₂: 飼育後の体重(g), Δt: 飼育日数(7days)

(3) 収容密度

孵化仔魚 1,000 尾を 60 ℓ ガラス水槽に収容し, 600g サイズ成魚まで室内水槽において継続して群

体飼育を行った。孵化仔魚から平均 1g 稚魚まではミジンコ, 1g から 5g まではミジンコと配合飼料(クランブル 3mm) の併用, 5g 以上は配合飼料(ペレット 5mm) を給餌した。この間で 4 回の取り上げ測定を行い, 各測定毎に飼育水槽の容積を 15g サイズまでは 60 ℓ ガラス水槽, 15g サイズから 150g サイズまでは 120 ℓ ガラス水槽, 150g 以上サイズから 300 ℓ FRP 角形水槽と変えて収容し, それぞれ 25°C 加温地下水を注水し置換率は 3.3 ~ 5.8 回 / hr とし, 流水飼育した。

3. 結果及び考察

(1) 水温特性

体重: 165.5g のナマズで水温と呼吸量の関係について調べた結果, 表 1 及び図 1 に示したとおり, 水温: 5 ~ 26°C の間においては正の相関性があり, 26°C で最大となり, 26 ~ 32.5°C においては平衡状態になることがわかった。これらの関係式は(3), (4) 式で表される。

(WT: 5.0 ~ 26.0°C の時)

$$\begin{aligned} \text{O}_2 \text{uptake}(\text{mg}/\text{day}) = \\ 32.256 \times \text{EXP}(0.101 \times T) \dots \dots \dots (3) \\ [R^2 = 0.9857] \end{aligned}$$

(WT: 26.0 ~ 32.5°C の時)

$$\text{O}_2 \text{uptake}(\text{mg}/\text{day}) = 447.453 \dots \dots \dots (4)$$

(2) 餌料生物別日間摂餌量と摂餌餌料サイズについて

1) 餌料生物別日間摂餌量

各餌料生物についてナマズの日間摂餌量および成長の測定結果を表 2 (1), (2) に示した。

これらの結果を各餌料種についてナマズ魚体重と日間摂餌量の関係を両対数のグラフで示したものが図 2 である。これらを見ると, いずれの餌料生物についても両者の間に同様な勾配で正の相関が認められ, 各餌料生物について, ナマズ魚体重: W(g) と日間摂餌量: R(wetg/day) の関係を回帰分析した結果, それぞれ(5)式を基本式とし

表1 ナマズの水溫別呼吸量

No.	測定日時	ナマズ		DO(mg/l)			流量 (ml/min)	呼吸量 O ₂ (mg/day)	Data数	前日給餌量 R(g)
		B.W.(g)	WT(°C)	in(Av.)	out(Av.)	in-out(Av.)				
1	11/13(10:05)~11/14(12:04)	165.5	32.5	7.324	5.584	1.740	181.54	454.89	1618	6.15
2	11/15(9:27)~11/16(12:16)		30.0	7.649	5.822	1.827	173.88	457.42	1637	6.20
3	11/17(8:39)~11/18(11:45)		27.5	7.956	6.183	1.773	168.46	430.05	1602	6.70
4	11/19(8:45)~11/20(11:15)		25.0	8.295	6.174	2.121	126.44	386.14	1626	6.80
5	11/21(8:57)~11/22(10:30)		22.5	9.004	7.394	1.609	125.70	291.27	1590	5.77
6	11/23(9:48)~11/24(11:36)		20.0	8.170	6.447	1.723	93.06	230.84	1534	5.10
7	11/25(8:31)~11/26(12:04)		17.5	8.757	7.214	1.544	92.88	206.45	1548	4.79
8	11/27(8:41)~11/28(11:41)		15.0	8.976	7.711	1.265	92.76	168.97	1654	3.00
9	11/29(9:52)~11/30(11:44)		12.5	9.351	8.227	1.124	76.60	123.98	1620	2.45
10	12/ 3(8:37)~12/ 4(11:30)		10.0	9.933	8.922	1.012	61.32	89.33	1553	1.98
11	12/ 5(8:42)~12/ 6(11:00)		7.5	10.773	10.054	0.718	61.52	63.62	1612	1.26
12	12/ 7(10:08)~12/ 8(12:08)	167.8	5.0	11.734	11.164	0.571	60.68	49.87	1572	0.99

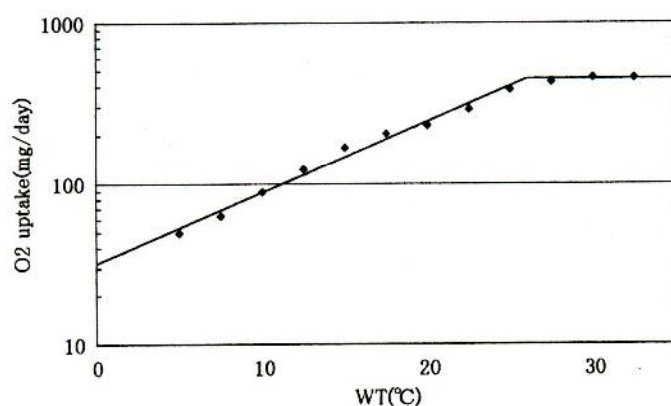


図1 ナマズの水溫と呼吸量の関係 (BW : 166.5~167.8 g)

た以下の指数関数式で表すことができた。

$$R = C_r \times W^b \dots\dots\dots(5)$$

(餌料種：イトミミズ)

$$R = 0.364 \times W^{0.776} \dots\dots\dots(6) \quad [r^2 = 0.8793]$$

(餌料種：アカムシ)

$$R = 0.532 \times W^{0.835} \dots\dots\dots(7) \quad [r^2 = 0.9670]$$

(餌料種：テナガエビ)

$$R = 0.265 \times W^{0.527} \dots\dots\dots(8) \quad [r^2 = 0.8489]$$

(餌料種：コイ孵化仔魚)

$$R = 0.651 \times W^{0.959} \dots\dots\dots(9) \quad [r^2 = 0.9347]$$

(餌料種：ヒメダカ)

$$R = 0.285 \times W^{0.770} \dots\dots\dots(10) \quad [r^2 = 0.9433]$$

(餌料種：ヌマチチブ)

$$R = 0.312 \times W^{0.674} \dots\dots\dots(11) \quad [r^2 = 0.8820]$$

(餌料種：ブルーギル)

$$R = 0.199 \times W^{0.677} \dots\dots\dots(12) \quad [r^2 = 0.6620]$$

さらに、これら全餌料を合わせてナマズ体重と日間摂餌量の関係を示したのが図3である。これらについても同様に回帰分析を行った結果、相関性の高い次式が得られた。

(餌料種：上記全種類)

$$R = 0.307 \times W^{0.672} \dots\dots\dots(13) \quad [r^2 = 0.9205]$$

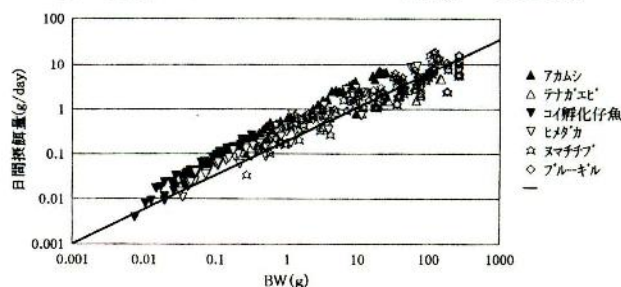


図3 全餌料種についてのナマズの体重と日間摂取量の関係

つぎに、各餌料の湿重量(g)を熱量GE(kcal)に換算して摂餌熱量とし、魚体重との関係を求める。これに先だって、体重によって熱量が異なるため、各餌料生物について体重と熱量の関係を熊丸(1996)による餌料生物の成分分析結果から調べた。その結果を表3及び図4に示した。

表1-(1) ナマズの各種飼料生物別摂餌量と成長測定結果

飼料種類		イトミミズ					
No.		1	2	3	4	5	6
B.W.(W1g)		6.57	12.2	28.9	54.4	69.3	155.9
1		0.76	3.89	4.64	8.78	10.68	15.25
2		1.45	3.13	2.87	8.52	8.70	15.76
3		1.50	3.11	4.54	9.57	13.35	22.49
4		2.28	3.33	4.9	9.91	15.25	22.94
5		3.14	2.27	4.02	5.05	14.43	22.47
6		3.17	2.61	5.51	7.63	13.72	21.13
7		4.00	2.16	3.56	6.25	15.38	22.69
Total R(g)		16.30	20.5	30.04	55.71	91.51	142.73
B.W.(W2g)		9.88	17.0	36.1	65.3	94.3	182.6
△t(days)		7	7	7	7	7	7
Kg(*10-1)		1.344	1.379	1.276	1.339	2.552	1.757
飼料効率		0.203	0.234	0.240	0.196	0.273	0.187

飼料種類		アガムシ											
No.		1	Av.W(mg)*N	2	Av.W(mg)*N	3	Av.W(mg)*N	4	Av.W(mg)*N	5	Av.W(mg)*N	6	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)		0.2813		0.5544		1.972		5.59		16.33		31.81	
1		0.1012	3.959* 26	0.2192	3.959* 55	0.6072	3.959*153	2.4677	3.959* 623	5.4210	3.959*1369	9.9978	3.959*2525
2		0.1794	3.959* 45	0.3467	3.959* 88	1.0363	3.959*262	2.5310	3.959* 639	4.5882	3.959*1159	12.5363	3.959*3165
3		0.2290	3.959* 58	0.4786	3.959*121	1.2477	3.959*315	2.9998	3.959* 758	6.1428	3.959*1552	9.5420	3.959*2410
4		0.2859	3.959* 72	0.5410	3.959*137	1.5685	3.959*396	3.3941	3.959* 942	7.1355	3.959*1802	13.8142	3.959*3489
5		0.3504	3.959* 83	0.3483	3.959* 88	1.6369	3.959*413	3.7283	3.959* 942	6.2131	3.959*1569	10.7265	3.959*2709
6		0.4232	3.959*107	0.6590	3.959*166	2.4779	3.959*626	4.1629	3.959*1052	6.3537	3.959*1605	8.8039	3.959*2224
7		0.5048	3.959*128	0.6614	3.959*167	2.6656	3.959*673	2.9357	3.959* 742	6.4283	3.959*1624	13.4597	3.959*3400
Total R(g)		2.0740		3.2542		11.2401		22.2195		42.2824		78.8804	
B.W.(W2g)		0.851		1.29		5.68		11.68		27.17		46.72	
△t(days)		7		7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)		1.198		1.134		2.469		2.437		2.465		2.369	
飼料効率		0.275		0.226		0.330		0.274		0.256		0.189	

飼料種類		テナガエビ											
No.		1	Av.W(mg)*N	2	Av.W(mg)*N	3	Av.W(mg)*N	4	Av.W(mg)*N	5	Av.W(mg)*N	6	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)		3.32		9.80		25.1		44.1		68.6		145.1	
1		0.3976	19.88*20										
2		0.5279	40.61*13										
3		0.5260	43.83*12										
4		0.6545	38.50*17										
5		0.8207	51.29*16										
6		0.7918	49.49*16										
7		0.8983	112.29* 8										
Total R(g)		4.6168		5.64	0.152*37	10.66	0.260*41	18.54	0.394*47	10.75	0.538*20	32.55	0.775*42
B.W.(W2g)		5.44		12.2		28.9		54.4		69.3		155.9	
△t(days)		7		7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)		0.126		0.815		0.752		1.423		0.079		0.762	
飼料効率		0.459		0.426		0.356		0.556		0.065		0.332	

飼料種類		ヒメダカ											
No.		1	Av.W(mg)*N	2	Av.W(mg)*N	3	Av.W(mg)*N	4	Av.W(mg)*N	5	Av.W(mg)*N	6	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)		0.0119		0.0337		0.0471		0.183		0.343		0.715	
1		0.0008	0.4* 2	0.0144	2.40* 6	0.0237	3.95* 6	0.1193	29.8* 4	0.1513	50.4* 3	0.4189	139.6* 3
2		0.0012	0.4* 3	0.0249	4.15* 6	0.0354	5.90* 6	0.0599	10.0* 6	0.1696	21.2* 8	0.2430	48.6* 5
3		0.0025	0.5* 5	0.0390	5.57* 7	0.0653	8.16* 8	0.1281	9.9*13	0.1399	28.0* 5	0.4099	58.6* 7
4		0.0043	0.6* 7	0.0585	5.85*10	0.0812	13.53* 5	0.0853	8.5*10	0.2177	27.2* 8	0.1717	34.3* 5
5		0.0108	1.1*10	0.0737	6.70*11	0.0971	13.87* 7	0.1207	13.4* 9	0.3202	64.0* 5	0.3270	65.4* 5
6		0.0227	2.5* 9	0.0889	8.89*10	0.1400	10.77*13	0.1875	17.0*11	0.1599	32.0* 5	0.3272	54.5* 6
7		0.0397	3.6*11	0.1012	8.43*12	0.1492	12.43*12	0.0853	14.2* 6	0.3086	28.1*11	0.4232	423.0* 1
Total R(g)		0.0820		0.4006		0.5919		0.7861		1.4672		2.3209	
B.W.(W2g)		0.0650		0.3021		0.4503		0.605		1.160		1.969	
△t(days)		7		7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)		0.590		1.292		1.544		1.110		1.463		1.560	
飼料効率		0.648		0.670		0.681		0.537		0.557		0.540	

飼料種類		ヒメダカ						コイ孵化仔魚					
No.		7	Av.W(mg)*N	8	Av.W(mg)*N	9	Av.W(mg)*N	10	Av.W(mg)*N	1	Av.W(mg)*N	2	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)		1.195		2.405		6.92		56.5		0.0076		0.0107	
1		0.7861	157.2* 5	0.5604	140.1* 4	2.73	0.546* 5	8.52		0.0039	1.963* 2	0.0079	1.963* 4
2		0.5786	144.7* 4	0.8397	209.9* 4	1.49	0.373* 4	8.63		0.0091	1.827* 5	0.0183	1.827*10
3		0.3718	74.4* 5	0.6604	132.1* 5	2.04	0.291* 7	8.20		0.0091	1.827* 5	0.0150	1.827* 8
4		0.6071	101.2* 6	0.4706	156.9* 3	2.92	0.417* 7	9.15	0.676*51	0.0183	1.827*10	0.0311	1.827*17
5		0.6518	65.2*10	1.1964	299.1* 4	0.89	0.445* 2	4.20		0.0347	1.827*19	0.0347	1.827*19
6		0.7077	78.6* 9	0.9276	213.8* 2	0.73	0.365* 2	4.90	0.700*13	0.0311	1.827*17	0.0512	1.827*28
7		0.6996	233.2* 3	0.8424	280.8* 3	2.34	0.390* 6			0.0475	1.827*26	0.0639	1.827*35
Total R(g)		4.4027		5.4975		13.1400		43.4		0.1538		0.2220	
B.W.(W2g)		3.640		5.516		13.98		80.1		0.0871		0.1125	
△t(days)		7		7		7		6		7		7	
Kg(*10-1)		2.153		1.998		2.515		3.135		0.838		0.909	
飼料効率		0.555		0.566		0.537		0.636		0.517		0.459	

表2-(2) ナマズの各種餌料生物別摂餌量と成長測定結果

餌料種類	コイ孵化仔魚											
No.	3	Av.W(mg)*N	4	Av.W(mg)*N	5	Av.W(mg)*N	6	Av.W(mg)*N	7	Av.W(mg)*N	8	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)	0.0149		0.0154		0.0198		0.0198		0.0264		0.0399	
1	0.0177	1.963*9	0.0177	1.963*9	0.0236	1.963*12	0.0114	2.289*5	0.0206	2.289*9	0.0314	1.963*16
2	0.0238	1.827*13	0.0329	1.827*18	0.0311	1.827*17	0.0389	2.289*17	0.0435	2.289*19	0.0438	1.827*24
3	0.0201	1.827*11	0.0311	1.827*17	0.0347	1.827*19	0.0667	1.963*34	0.0609	1.963*31	0.0439	1.827*24
4	0.0365	1.827*20	0.0530	1.827*29	0.0530	1.827*29	0.1139	1.963*58	0.0962	1.963*49	0.0548	1.827*30
5	0.0512	1.827*28	0.0639	1.827*35	0.0731	1.827*40	0.1370	1.827*75	0.1334	1.827*73	0.0713	1.827*39
6	0.0694	1.827*38	0.1078	1.827*59	0.1078	1.827*59	0.2101	1.827*115	0.1443	1.827*79	0.1096	1.827*60
7	0.0822	1.827*45	0.1297	1.827*71	0.1151	1.827*63	0.2594	1.827*142	0.1608	1.827*88	0.1608	1.827*88
Total R(g)	0.3009		0.4361		0.4383		0.8375		0.6596		0.5156	
B.W.(W2g)	0.1588		0.2348		0.2409		0.4221		0.3291		0.2841	
△t(days)	7		7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)	1.047		1.328		1.277		1.785		1.455		1.174	
餌料効率	0.478		0.503		0.504		0.480		0.459		0.474	

餌料種類	コイ孵化仔魚				ヌマチチブ							
	9	Av.W(mg)*N	10	Av.W(mg)*N	1	Av.W(mg)*N	2	Av.W(mg)*N	3	Av.W(mg)*N	4	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)	0.0426		0.0431		0.223		0.329		0.696		1.306	
1	0.0229	2.289*10	0.0183	2.289*8	0.1440	72.0*2	0.2416	80.5*3	0.4448	89.0*5	0.7295	104.2*7
2	0.0641	2.289*28	0.0595	2.289*26	0.0344	34.4*1	0.1279	64.0*2	0.1750	87.5*2	0.6010	100.2*6
3	0.0844	1.963*43	0.0707	1.963*36	0.2251	75.0*3	0.2918	73.0*4	0.3891	129.7*3	0.7248	145.0*5
4	0.1119	1.963*57	0.0982	1.963*50	0.1481	74.5*2	0.1610	80.5*2	0.3958	99.0*4	0.6862	137.2*5
5	0.1005	1.827*55	0.1462	1.827*80	0.1452	72.6*2	0.1789	59.6*3	0.4527	90.5*5	0.7742	129.0*6
6	0.1462	1.827*80	0.1827	1.827*100	0.1021	102.1*1	0.1592	79.6*2	0.2008	66.9*3	0.3254	108.5*3
7	0.1425	1.827*78	0.2028	1.827*111	0.2140	107.0*2	0.5278	175.9*3	0.4292	143.1*3	0.7031	87.9*8
Total R(g)	0.6724		0.7783		1.0129		1.6882		2.4874		4.5442	
B.W.(W2g)	0.3397		0.3877		0.809		1.340		1.970		4.07	
△t(days)	7		7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)	1.308		1.429		1.322		1.727		1.594		2.288	
餌料効率	0.442		0.443		0.579		0.599		0.512		0.608	

餌料種類	ヌマチチブ											
No.	5	Av.W(mg)*N	6	Av.W(mg)*N	7	Av.W(mg)*N	8	Av.W(mg)*N	9	Av.W(mg)*N	10	Av.W(mg)*N
B.W.(W1g)	2.015		5.79		8.58		20.3		32.46		41.3	
1	0.7887	112.6*7	2.24	746.7*3	2.76	920.0*3	1.97	0.2464*8	5.19	1.730*3	2.84	0.3150*9
2	0.6984	116.4*6	1.57	523.3*3	1.21	1210.0*1	2.22	0.2464*9	6.16	1.232*5	3.15	0.3150*10
3	0.9338	133.3*7	0.93	232.5*4	2.07	414.0*5	2.99	0.2303*13	3.32	0.830*4	3.71	0.3089*12
4	1.0196	145.7*7	1.68	280.0*6	2.27	567.5*4	2.39	0.1553*15	4.48	0.896*5	3.46	0.2887*12
5	1.0268	205.4*5	1.49	298.0*5	1.10	366.7*3	2.38	0.2162*11	4.14	0.828*5	2.70	0.2696*10
6	0.2667	88.9*3	1.67	565.0*5	2.26	565.0*4	1.91	0.2387*8	4.34	0.723*6	2.19	0.4388*5
7	0.9808	196.2*5	1.89	107.0*2	1.51	175.9*3	1.91	0.2727*7	4.99	1.663*3	2.59	0.4318*6
Total R(g)	5.7148		11.47		13.18		15.77		32.62		20.6	
B.W.(W2g)	5.44		11.29		15.87		25.8		45.53		47.6	
△t(days)	7		7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)	2.305		2.208		2.353		1.199		2.082		0.924	
餌料効率	0.599		0.480		0.553		0.349		0.401		0.306	

餌料種類	ヌマチチブ										ブルーギル	
No.	11	Av.W(g)*N	12	Av.W(g)*N	13	Av.W(g)*N	14	Av.W(g)*N	15	Av.W(g)*N	1	Av.W(g)*N
B.W.(W1g)	77.4		106.1		111.8		178.8		192.6		17.0	
1			16.1	4.025*6	4.85	2.4269*2	8.27	2.7561*3			2.61	0.435g*5
2	8.38	0.5589*15	11.3	2.825*4	7.28	2.4269*3			5.24	5.2385*1	1.81	0.453g*4
3	1.88	0.9839*2	17.7	5.900*3	8.07	1.3451*6			0			
4	3.19	0.5322*6	18.7	2.625*4	6.94	1.1559*6			3.51	3.5123*1	2.25	0.225g*10
5	3.81	0.5442*7	13.5	1.929*7	7.47	0.9340*8			1.95	1.9473*1		
6	2.11	1.0530*2	12.4	1.771*7	8.05	1.0061*8					2.17	0.543g*4
7	2.21	0.5535*4	13.4	1.675*8	10.27	1.2833*8					1.32	0.440g*3
Total R(g)	21.58		94.9		52.93				10.7		10.16	
B.W.(W2g)	80.1		148.4		126.3						20.3	
△t(days)	7		7		7				7		7	
Kg(*10-1)	0.281*		3.314		1.178						0.816	
餌料効率	0.125*		0.488		0.274						0.325	

餌料種類	ブルーギル									
No.	2	Av.W(g)*N	3	Av.W(g)*N	4	Av.W(g)*N	5	Av.W(g)*N	6	Av.W(g)*N
B.W.(W1g)	36.1		65.3		94.3		182.6		263.4	
1	4.95	0.707g*7	7.27	1.212g*6	4.27	2.135g*2	10.69	3.563g*3	5.44	2.720g*2
2	1.28	0.640g*2	2.7	0.900g*3	5.84	1.459g*4			9.61	1.922g*5
3									15.87	2.645g*6
4	3.8	0.633g*6	6.7	0.957g*7	10.18	1.131g*9	7.28	2.427g*3	7.79	2.597g*3
5									15.49	2.582g*6
6	3.69	0.738g*5	10.1	0.777g*13	13.64	1.137g*12	18.77	1.564g*12	10.41	2.603g*4
7	1.96	0.653g*3	4.25	0.850g*5	6.6	1.320g*5	7.53	2.510g*3	5.7	2.850g*2
Total R(g)	15.68		31.02		40.53		44.27		70.31	
B.W.(W2g)	41.3		77.4		111.8		192.6		278	
△t(days)	7		7		7		7		7	
Kg(*10-1)	0.829		1.337		1.551		0.618*		0.724	
餌料効率	0.332		0.39		0.432		0.226*		0.208	

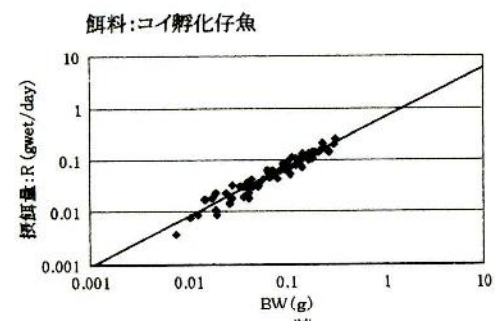
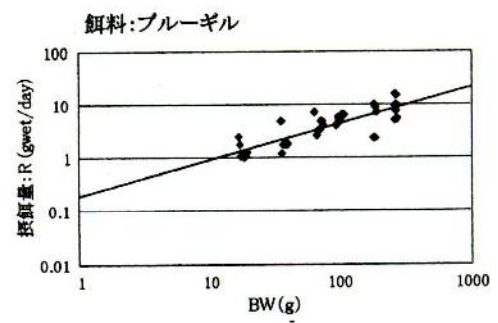
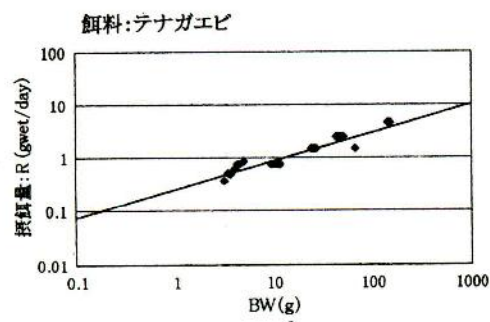
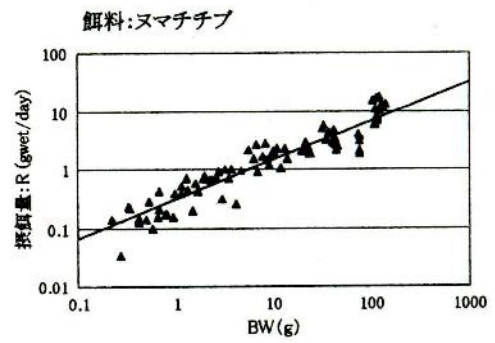
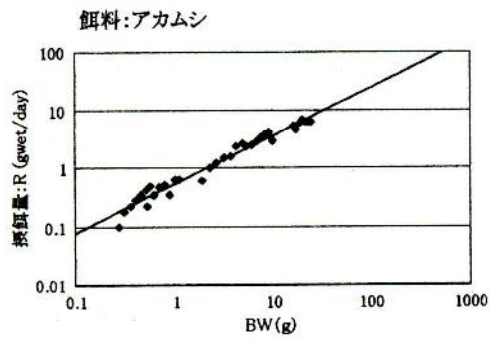
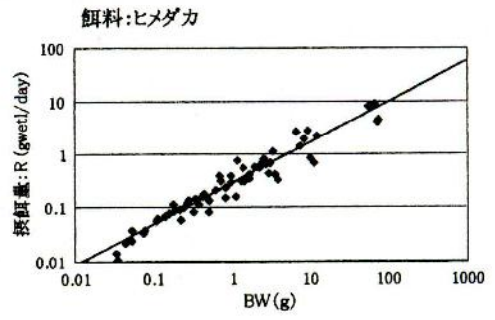
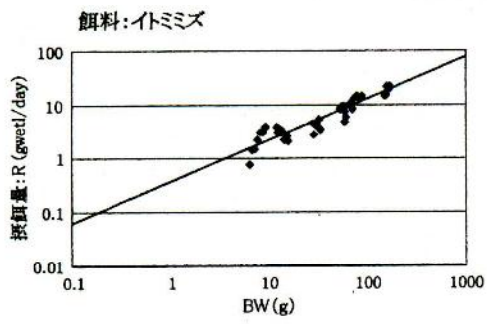


図2 ナマズの体重と餌料生物別日間摂餌量 (g wet/day) の関係

表3 餌料生物種類別体重と単位重量当たり熱量の関係

餌料生物	BW(wet) (g)	Moisture (%)	G.E. (kcal/g dry)	G.E. (kcal/g wet)	回帰式
テナガエビ	0.0497	77.15	1.0159	0.232	G.E. = 0.291+0.0185*LnW
	0.112	75.53	1.0607	0.260	
	0.294	75.16	1.0602	0.263	
	0.916	74.76	1.1219	0.283	
	2.129	73.50	1.1611	0.308	
	4.115	73.20	1.1879	0.318	
ヒメダカ	0.0309	74.81	1.4868	0.349	G.E. = 0.401+0.0158*LnW
	0.0954	74.75	1.5843	0.375	
	0.2363	74.42	1.4407	0.376	
	0.5776	73.94	1.4446	0.400	
ヌマチチブ	0.155	79.51	0.971	0.199	G.E. = 0.24+0.013*LnW
	0.465	78.21	1.013	0.221	
	0.984	78	0.9969	0.219	
	3.263	77.75	1.0091	0.225	
	6.463	77.67	1.1673	0.261	
ブルーギル	0.30	80.18	1.0073	0.200	G.E. = 0.233+0.0335*LnW
	0.62	78.61	1.0899	0.233	
	7.03	76.06	1.1784	0.282	
	21.36	75.57	1.1942	0.292	
	75.02	70.79	1.4781	0.401	
	212.34	70.86	1.4291	0.416	
	266.95	70.83	1.3751	0.432	

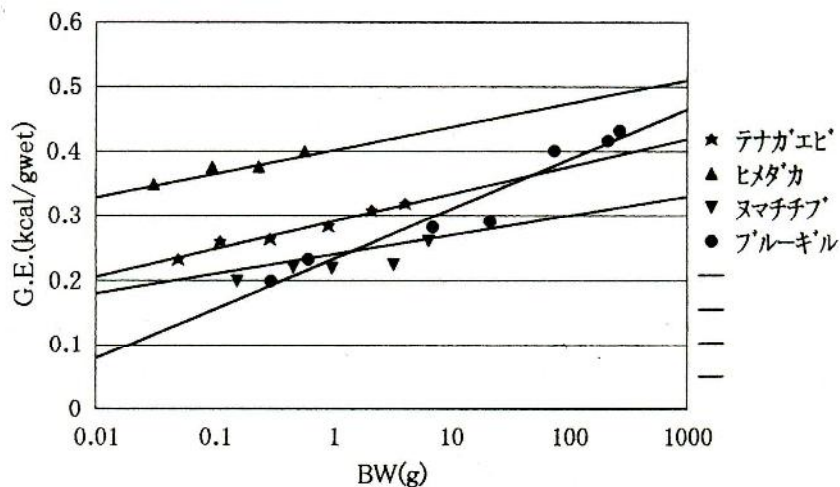


図4 餌料生物種類別体重と単位重量当たり熱量の関係

表4 ナマズの各餌料生物摂餌時における摂餌量係数：Cr及び摂餌量指数：b

餌料種	摂餌量：R=Cr*W ^b		摂餌熱量：Re=Cre*W ^{be}	
	Cr	B	Cre	be
イトミミズ	0.364	0.776	0.0485	0.776
アカムシ	0.532	0.835	0.1195	0.835
テナガエビ	0.265	0.527	0.0586	0.582
コイ孵化仔魚	0.651	0.959	0.1727	0.958
ヒメダカ	0.285	0.770	0.0988	0.810
ヌマチチブ	0.312	0.674	0.0647	0.704
ブルーギル	0.199	0.677	0.0404	0.717
全餌料種	0.307	0.672	0.0733	0.642

これらの関係式により摂餌量を摂餌餌料生物の体重に合わせて熱量に換算し、ナマズ体重：W(g)と日間摂餌熱量：R(kcal/day)の関係回帰式を求めた結果、(14)式が得られた。

$$R(\text{kcal/day}) = 0.0733 \times W^{0.642} \dots (14) \quad [r^2 = 0.9223]$$

本式の相関性が高いことから、以上の試験で求めた餌料生物以外の餌料についても本式により餌料の単位熱量から近似的に求めることができるものと考えられる。

なお、以上のこれまでに求めたナマズの各餌料生物摂餌量に関する係数、及び指数を表4にまとめて示した。

以上は25℃の飼育水温でおこなった摂餌量測定結果に基づく摂餌量式であり、養殖現場においては、あらゆる水温に適合する一般式が必要となる。水温と代謝量の関係は先に呼吸量を指標とした(3)、(4)式で求められており、この2式と(14)式から、水温の項を入れた日間摂餌熱量式として次の(15)、(16)式が得られた。

(WT：5.0～26.0℃の時)

$$R(\text{kcal/day}) = 6.189 \times 10^{-3} \times \text{EXP}(0.101 \times \text{WT}) \times W^{0.642} \dots (15)$$

(WT：26.0～32.5℃の時)

$$R(\text{kcal/day}) = 8.110 \times 10^{-2} \times W^{0.642} \dots (15)$$

以上の結果に基づいて、ナマズを養殖する場合に必要なとなる孵化初期におけるミジンコおよび餌付け後における各ペレットサイズ配合飼料の給餌量表を作成した。表5はミジンコ及び各サイズ配合飼料について、

湿重量あたりのGEとGEから求めた摂餌量換算式を合わせて示したものである。さらに、これらの換算式により各水温別、ナマズ体重別及び餌料種別に日間摂餌量を求め、表6に示した。なお、これまでのナマズ飼育試験において孵化後2日目からミジンコを摂餌し始め、孵化後3週間後で配合飼料2mmの摂餌が可能となることが確認されていることから、本給餌料表においては孵化初期におけるミジンコ給餌必要期間を孵化2日目から3週間後の体重1gサイズまでとし、1g以上からはミジンコと配合飼料を併用しながら徐々に配合飼料に移行するものとして表した。

2) 摂餌餌料サイズについて

ナマズ養殖においては稚魚期の共食いによる歩留まりの低下が最大の課題である。共食いの原因としては孵化仔魚への給餌量不足とそれに伴う成長個体差の拡大が考えられる。

したがって、その対策として、先の項で述べたミジンコ摂餌量よりもやや多めになるように給餌し続ける必要があるが、充分量の給餌を行ってもなお成長個体差は生じてくるため、選別分養を頻度高く行うことも重要である。この選別時におけるサイズ分けの基準はナマズが摂餌する最大サイズが目安となる。そこで、餌料生物種別にナマズが摂餌する餌料の大きさを調べ、その結果を表2-(1)、(2)の日間摂餌量に併記した。

表5 各餌料の熱量から求めたナマズの日間摂餌量換算式

餌料種	GE (Kcal/g dry)	Moisture (%)	GE (Kcal/g wet)	WT:25℃の摂餌量 R (g wet/day)	全水温適応摂餌量式 Rt (g wet/day)
Daphnia 内水試験池培養	0.251	94.82	0.0130	$5.9477 * W^{0.642}$	$6.4145 * EXP(0.1011*WT) * W^{0.6425}$
配合飼料C-2 コイ稚魚用	4.262	7.12	3.9589	$0.0195 * W^{0.642}$	$0.0210 * EXP(0.1011*WT) * W^{0.6425}$
配合飼料C-3 コイ稚魚用	4.260	8.27	3.9076	$0.0198 * W^{0.642}$	$0.0214 * EXP(0.1011*WT) * W^{0.6425}$
配合飼料P-5 コイ稚魚用	4.275	9.11	3.8850	$0.0199 * W^{0.642}$	$0.0204 * EXP(0.1011*WT) * W^{0.6425}$
配合飼料P-7* コイ成魚育成用	4.664	9.76	4.2088	$0.0184 * W^{0.642}$	$0.0198 * EXP(0.1011*WT) * W^{0.6425}$
配合飼料P-7** コイ成魚用	4.245	9.24	3.8526	$0.0201 * W^{0.642}$	$0.0217 * EXP(0.1011*WT) * W^{0.6425}$

* : 平成8年度 Oil添加飼料 10社平均値, ** : Oil無添加飼料

表6 ナマズの給餌量 (g wet/尾) 表

餌料種	ナマズ体重 (g)	WT(℃)										
		5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0
ミジンコ	0.01							2.51	3.24	4.17	4.61	4.61
ミジンコ	0.05							7.07	9.10	11.72	12.97	12.97
ミジンコ	0.1							11.04	14.21	18.30	20.24	20.24
ミジンコ	0.25							19.88	25.60	32.96	36.47	36.47
ミジンコ	0.5							31.04	39.96	51.46	56.93	56.93
ミジンコ	1.0							48.45	62.38	80.32	88.87	88.87
コイ用C-2	50	0.10	0.13	0.16	0.21	0.27	0.35	0.45	0.57	0.74	0.82	0.82
コイ用C-3	10	0.16	0.20	0.26	0.33	0.43	0.55	0.71	0.91	1.18	1.30	1.30
コイ用P-5	50	0.41	0.52	0.68	0.87	1.12	1.44	1.86	2.39	3.08	3.40	3.40
コイ用P-5	100	0.64	0.82	1.05	1.36	1.75	2.25	2.90	3.73	4.80	5.31	5.31
コイ用P-7	200	0.99	1.27	1.64	2.11	2.71	3.50	4.50	5.79	7.46	8.25	8.25
コイ用P-7	300	1.28	1.65	2.12	2.74	3.52	4.54	5.84	7.52	9.68	10.71	10.71
コイ用P-7	400	1.54	1.99	2.56	3.29	4.24	5.46	7.02	9.04	11.65	12.88	12.88
コイ用P-7	500	1.78	2.29	2.95	3.80	4.89	6.30	8.11	10.44	13.44	14.87	14.87

ナマズ体重:1g以下の仔魚期においては低水温で斃死するため、17.5℃以下の表示を省略した。

餌量に併記した。さらに、この結果からナマズの体重W(g)と摂餌餌料サイズWf(g)の関係を両対数のグラフで示したものが図5である。

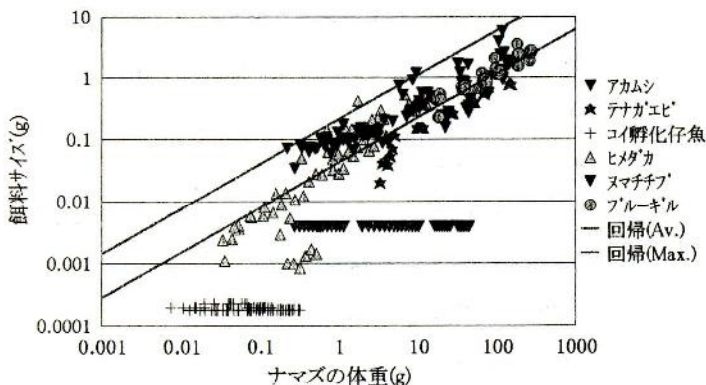


図5 ナマズの体重W(g)と摂餌餌料サイズWf(g)の関係

この図から、ナマズ体重とその摂餌餌料サイズとの間

には、餌料種の違いに係わらず、正の相関関係があると見られ、回帰分析を行った結果、相関係数： $r^2 = 0.819$ となる次の指数関数式が得られた。

$$W_f = 0.0420 \times W^{0.724} \dots \dots \dots (17) \quad (r^2 = 0.8190)$$

図5で見ると回帰直線で表された平均的摂餌サイズよりもかなり大きい餌が摂餌されており、その最大値は回帰直線と平行な直線上にあると見られる。そこで、同グラフ上において、回帰直線を同一の勾配で摂餌最大サイズまで上方に平行移動した直線(点線で示した)式をナマズの体重とその最大摂餌サイズ W_{fmax} の関係を表す次式とした。

$$W_{fmax} = 0.2135 \times W^{0.724} \dots \dots \dots (18)$$

さらに(17)式、(18)式により体重別摂餌サイズを算出し、表7に示した。

表7 ナマズの体重別摂餌サイズ

ナマズサイズ BW(g)	餌料生物サイズ	
	Av.(g)	Max(g)
0.005	0.0009	0.0046
0.01	0.0015	0.0076
0.05	0.0048	0.0244
0.1	0.0079	0.0403
0.5	0.0254	0.1292
1	0.0420	0.2135
5	0.1346	0.6850
10	0.2225	1.1316
20	0.3675	1.8695
50	0.7137	3.6305
100	1.1791	5.9979
200	1.9479	9.9091
300	2.6129	13.2916
500	3.7827	19.2425
1000	6.2494	31.7905

この7表で見られるとおり、ナマズが摂餌できる餌料サイズ W_f (g)の自体重 W (g)に対する割合 W/W_f はナマズの体重が小さい時ほど大きく、成長するにしたがって小さくなっていることがわかる。すなわち孵化直後においては自体重に近いサイズの餌が摂餌できることを表し、このことはまた、稚魚期における共食いの激しさを裏付けている。

(3) 成長

ナマズ養殖における収益性を検討する上で、その成長様式を把握することは重要である。筆者がこれまでに行ったナマズの飼育試験での成長結果から、飼育目標となる最大成長の推定を行った。飼育試験での成長結果を表8に示し、さらに、この結果から体重(対数)と成長係数の関係として図6に示した。

この図によると、成長に個体差が見られるが、最大成長は同図中に示した各体重での最大となる成長係数を結んでできる二つの変曲点を持つ直線で表されるものと考えられる。すなわち、孵化から体重約1gまでは直線的に成長が早まり、体重約1g~300gにおいては成長係数 3.2×10^{-1} で一定、体重約300g以上になると成長が低下している。これらを変曲点間の体重ステージに分けて以下の(19)~(21)式で表した。

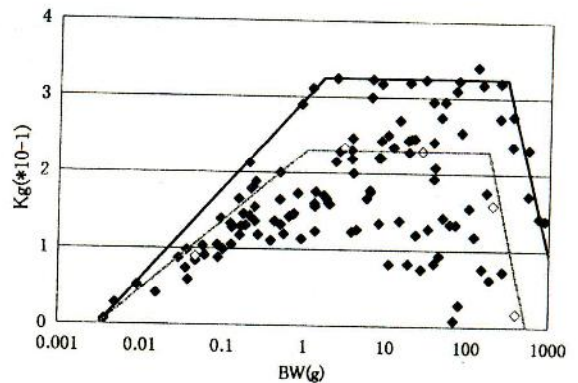


図6 ナマズの体重と成長の関係 (WT: 25°C)

— ♀の最大成長
- - - ♂の最大成長

($0.0032g < W < 1.701g$ の時)

$$\text{♀}KG(\times 10^{-1}) = 2.968 + 1.516 \times \text{Ln}(W) \dots \dots \dots (19)$$

($1.701g < W < 274.74g$ の時)

$$\text{♀}KG(\times 10^{-1}) = 3.243 \dots \dots \dots (20)$$

($W \geq 274.74g$ の時)

$$\text{♀}KG(\times 10^{-1}) = 14.09 - 1.905 \times \text{Ln}(W) \dots \dots \dots (21)$$

ただし、♀KG: ナマズ雌の成長係数, W: ナマズの体重(g)

なお、ナマズは雌雄の成長差が大きく、同令飼育群においては雌が雄よりも常に大きい。したがって、上記成長式は雌の最大成長と見られる。

雄の成長については連続飼育試験の最終体重測定後に開腹し、雄と確認した個体についてその成長経過を辿ることにより稚魚期からの成長係数を求め、図中に白抜きの点で示した。試験データ数は少ないが、後述する群体成魚飼育結果(表9, 図7)における雌と雄の体重比から見て、これらの点が雄の最大成長とみなすことができる。

($0.0032g < W < 1.121g$ の時)

$$\text{♂}KG(\times 10^{-1}) = 1.807 + 0.316 \times \text{Ln}(W) \dots \dots \dots (22)$$

($1.121g < W < 156.64g$ の時)

$$\text{♂}KG(\times 10^{-1}) = 2.161 \dots \dots \dots (23)$$

($W \geq 156.64g$ の時)

$$\text{♂}KG(\times 10^{-1}) = 13.004 - 2.145 \times \text{Ln}(W) \dots \dots \dots (24)$$

さらに、一般養殖場における雄雌混合養殖の場合の最大成長について検討を行った。表9はナマズを

表 8 飼育試験結果 (WT : 25°C)

試験年月日	W1(g)	W2(g)	Z1(days)	(W1+W2)/2(g)	Kg(±10-1)	供試餌料	備考
'95. 7/ 6	0.0060	0.0657	7	0.0359	0.740	Daphnia	連続飼育試験
7/13	0.0657	0.9410	8	0.5034	1.998	Daphnia + 飼料C-2	"
7/21	0.7837	1.9372	8	1.3605	1.236	Daphnia + 飼料C-3	"
7/21	0.8292	2.6310	8	1.7301	1.702	" + "	"
7/21	0.9391	2.7873	8	1.8632	1.662	飼料C-3	"
7/21	1.0426	2.8937	8	1.9682	1.602	"	"
7/29	1.1106	2.9951	8	2.0529	1.587	飼料P-5	"
7/29	1.3772	5.6154	14	3.7763	1.235	"	"
7/29	2.631	8.9902	14	5.8106	1.669	"	"
7/29	2.7873	9.8815	14	6.3344	1.773	"	"
7/29	2.8937	10.01	14	6.4518	1.756	"	"
7/29	2.9951	13.00	14	7.9974	2.212	"	"
8/12	8.0194	23.04	14	14.3277	2.702	"	"
8/12	8.9902	27.70	14	18.3451	2.444	"	"
8/12	9.88	27.73	14	18.8058	2.281	"	"
8/12	10.01	29.86	14	19.9349	2.461	"	"
8/12	13.00	45.39	14	29.1949	3.233	"	"
8/26	23.04	52.21	14	37.6250	2.495	"	"
8/26	27.73	65.06	14	46.3800	2.745	"	"
8/26	27.73	65.11	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
8/26	45.39	103.77	14	74.5800	3.220	"	"
9/ 9	103.77	191.31	14	147.5400	3.170	"	"
9/23	191.31	294.00	14	242.6550	2.739	"	"
10/ 7	294	405.1	14	349.5500	2.373	"	"
10/21	405.1	688.7	28	546.9000	2.331	"	"
11/18	688.7	794.1	14	741.4000	1.429	"	"
12/ 2	794.1	974.2	22	884.1500	1.399	"	"
12/24	974.2	1065.5	23	1019.8500	0.622	"	"
'95. 7/ 6	0.0060	0.0657	7	0.0359	0.740	Daphnia	♂ 孵化後 4days
7/13	0.0657	0.9410	8	0.5034	1.998	Daphnia	♂ 孵化後 31days
8/12	0.7837	1.9372	8	1.3605	1.236	Daphnia	♂ 孵化後 54days
7/21	0.8292	2.6310	8	1.7301	1.702	飼料P-5	♂ 孵化後 116days
7/21	0.9391	2.7873	8	1.8632	1.662	"	♂ 孵化後 219days
7/21	1.0426	2.8937	8	1.9682	1.602	"	♂ 孵化後 361days
7/21	1.1106	2.9951	8	2.0529	1.587	"	"
7/29	1.3772	5.6154	14	3.7763	1.235	"	"
7/29	2.631	8.9902	14	5.8106	1.669	"	"
7/29	2.7873	9.8815	14	6.3344	1.773	"	"
7/29	2.8937	10.01	14	6.4518	1.756	"	"
7/29	2.9951	13.00	14	7.9974	2.212	"	"
8/12	5.6154	23.04	14	14.3277	2.702	"	"
8/12	8.9902	27.70	14	18.3451	2.444	"	"
8/12	9.88	27.73	14	18.8058	2.281	"	"
8/12	10.01	29.86	14	19.9349	2.461	"	"
8/26	23.04	52.21	14	29.1949	3.233	"	"
8/26	27.73	65.06	14	37.6250	2.425	"	"
8/26	27.73	65.11	14	37.6250	2.425	"	"
8/26	29.86	72.28	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	29.86	72.28	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	45.39	103.77	14	51.0700	2.947	"	"
8/26	45.39	103.77	14	51.0700	2.947	"	"
9/ 9	103.77	191.31	14	74.5800	3.220	"	"
9/23	191.31	294.00	14	147.5400	3.170	"	"
10/ 7	294	405.1	14	349.5500	2.373	"	"
10/21	405.1	688.7	28	546.9000	2.331	"	"
11/18	688.7	794.1	14	741.4000	1.429	"	"
12/ 2	794.1	974.2	22	884.1500	1.399	"	"
12/24	974.2	1065.5	23	1019.8500	0.622	"	"
'95. 7/ 6	0.0060	0.0657	7	0.0359	0.740	Daphnia	連続飼育試験
7/13	0.0657	0.9410	8	0.5034	1.998	Daphnia + 飼料C-2	"
7/21	0.7837	1.9372	8	1.3605	1.236	Daphnia + 飼料C-3	"
7/21	0.8292	2.6310	8	1.7301	1.702	" + "	"
7/21	0.9391	2.7873	8	1.8632	1.662	飼料C-3	"
7/21	1.0426	2.8937	8	1.9682	1.602	"	"
7/21	1.1106	2.9951	8	2.0529	1.587	飼料P-5	"
7/29	1.3772	5.6154	14	3.7763	1.235	"	"
7/29	2.631	8.9902	14	5.8106	1.669	"	"
7/29	2.7873	9.8815	14	6.3344	1.773	"	"
7/29	2.8937	10.01	14	6.4518	1.756	"	"
7/29	2.9951	13.00	14	7.9974	2.212	"	"
8/12	5.6154	23.04	14	14.3277	2.702	"	"
8/12	8.9902	27.70	14	18.3451	2.444	"	"
8/12	9.88	27.73	14	18.8058	2.281	"	"
8/12	10.01	29.86	14	19.9349	2.461	"	"
8/12	13.00	45.39	14	29.1949	3.233	"	"
8/26	23.04	52.21	14	37.6250	2.425	"	"
8/26	27.73	65.06	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	27.73	65.11	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
9/ 9	103.77	191.31	14	74.5800	3.220	"	"
9/23	191.31	294.00	14	147.5400	3.170	"	"
10/ 7	294	405.1	14	349.5500	2.373	"	"
10/21	405.1	688.7	28	546.9000	2.331	"	"
11/18	688.7	794.1	14	741.4000	1.429	"	"
12/ 2	794.1	974.2	22	884.1500	1.399	"	"
12/24	974.2	1065.5	23	1019.8500	0.622	"	"
'96. 4/ 9	512.1	634.3	168	573.2	0.161	"	"
'96. 4/ 9	512.1	634.3	168	573.2	0.161	"	"
'96. 7/ 6	0.0060	0.0657	7	0.0359	0.740	Daphnia	連続飼育試験
7/13	0.0657	0.9410	8	0.5034	1.998	Daphnia + 飼料C-2	"
7/21	0.7837	1.9372	8	1.3605	1.236	Daphnia + 飼料C-3	"
7/21	0.8292	2.6310	8	1.7301	1.702	" + "	"
7/21	0.9391	2.7873	8	1.8632	1.662	飼料C-3	"
7/21	1.0426	2.8937	8	1.9682	1.602	"	"
7/21	1.1106	2.9951	8	2.0529	1.587	飼料P-5	"
7/29	1.3772	5.6154	14	3.7763	1.235	"	"
7/29	2.631	8.9902	14	5.8106	1.669	"	"
7/29	2.7873	9.8815	14	6.3344	1.773	"	"
7/29	2.8937	10.01	14	6.4518	1.756	"	"
7/29	2.9951	13.00	14	7.9974	2.212	"	"
8/12	5.6154	23.04	14	14.3277	2.702	"	"
8/12	8.9902	27.70	14	18.3451	2.444	"	"
8/12	9.88	27.73	14	18.8058	2.281	"	"
8/12	10.01	29.86	14	19.9349	2.461	"	"
8/12	13.00	45.39	14	29.1949	3.233	"	"
8/26	23.04	52.21	14	37.6250	2.425	"	"
8/26	27.73	65.06	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	27.73	65.11	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
9/ 9	103.77	191.31	14	74.5800	3.220	"	"
9/23	191.31	294.00	14	147.5400	3.170	"	"
10/ 7	294	405.1	14	349.5500	2.373	"	"
10/21	405.1	688.7	28	546.9000	2.331	"	"
11/18	688.7	794.1	14	741.4000	1.429	"	"
12/ 2	794.1	974.2	22	884.1500	1.399	"	"
12/24	974.2	1065.5	23	1019.8500	0.622	"	"
'96. 7/ 6	0.0060	0.0657	7	0.0359	0.740	Daphnia	連続飼育試験
7/13	0.0657	0.9410	8	0.5034	1.998	Daphnia + 飼料C-2	"
7/21	0.7837	1.9372	8	1.3605	1.236	Daphnia + 飼料C-3	"
7/21	0.8292	2.6310	8	1.7301	1.702	" + "	"
7/21	0.9391	2.7873	8	1.8632	1.662	飼料C-3	"
7/21	1.0426	2.8937	8	1.9682	1.602	"	"
7/21	1.1106	2.9951	8	2.0529	1.587	飼料P-5	"
7/29	1.3772	5.6154	14	3.7763	1.235	"	"
7/29	2.631	8.9902	14	5.8106	1.669	"	"
7/29	2.7873	9.8815	14	6.3344	1.773	"	"
7/29	2.8937	10.01	14	6.4518	1.756	"	"
7/29	2.9951	13.00	14	7.9974	2.212	"	"
8/12	5.6154	23.04	14	14.3277	2.702	"	"
8/12	8.9902	27.70	14	18.3451	2.444	"	"
8/12	9.88	27.73	14	18.8058	2.281	"	"
8/12	10.01	29.86	14	19.9349	2.461	"	"
8/12	13.00	45.39	14	29.1949	3.233	"	"
8/26	23.04	52.21	14	37.6250	2.425	"	"
8/26	27.73	65.06	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	27.73	65.11	14	46.4200	2.745	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
8/26	29.86	72.28	14	51.0700	2.947	"	"
9/ 9	103.77	191.31	14	74.5800	3.220	"	"
9/23	191.31	294.00	14	147.5400	3.170	"	"
10/ 7							

表9 ナマズ(1+) 群体飼育最終取上げ時における体重測定結果 ['98.11/9]

No.	BW(g)	SEX	No.	BW(g)	SEX	No.	BW(g)	SEX
1	204.6	♂	31	547.9	♂	61	862.5	♀
2	222.8	♂	32	549.9	♂	62	895.3	♀
3	242.7	♂	33	556.8	♂	63	896.6	♀
4	306.3	♂	34	565.4	♀	64	896.9	♀
5	335.7	♂	35	571.9	♀	65	907.7	♀
6	338.5	♂	36	577.1	♀	66	912.5	♀
7	349.6	♂	37	579.2	♀	67	959.1	♀
8	353.6	♂	38	579.3	♂	68	969.0	♀
9	363.3	♂	39	583.7	♂	69	989.1	♀
10	367.7	♂	40	597.6	♀	70	1002.8	♀
11	373.9	♂	41	609.0	♀	71	1035.8	♀
12	384.9	♂	42	609.0	♂	72	1039.4	♀
13	386.5	♂	43	628.1	♀	73	1145.9	♀
14	398.0	♂	44	634.0	♂	74	1183.1	♀
15	416.3	♂	45	642.0	♀	75	1269.9	♀
16	422.3	♂	46	653.5	♀			
17	422.8	♂	47	676.1	♀			
18	425.3	♂	48	678.7	♀			
19	425.9	♂	49	695.3	♀			
20	449.2	♂	50	701.3	♀	Total	47246.0 g	75 尾
21	466.2	♂	51	711.2	♀	Av.	629.95 g/尾	
22	472.3	♂	52	723.2	♀			
23	483.2	♀	53	735.5	♀	Total ♀	31549.3 g	39 尾
24	486.0	♂	54	785.0	♀	Av.	808.96 g/尾	
25	488.2	♂	55	801.3	♀			
26	491.3	♂	56	802.5	♀	Total ♂	15696.7 g	36 尾
27	494.6	♂	57	824.5	♀	Av.	436.02 g/尾	
28	501.1	♂	58	829.8	♀			
29	511.6	♂	59	849.8	♀			
30	534.9	♂	60	862.5	♀			

飼育期間:1997.6/7~1998.11/9:520日間, 飼育条件:25℃加温地下水, 置換率<2.9回/hr

孵化仔魚から520日間群体飼育した結果であるが、これによるとナマズの性比はほぼ1:1と見られ、雌雄別平均体重は雌が808.96gに対して雄は436.02gであった。

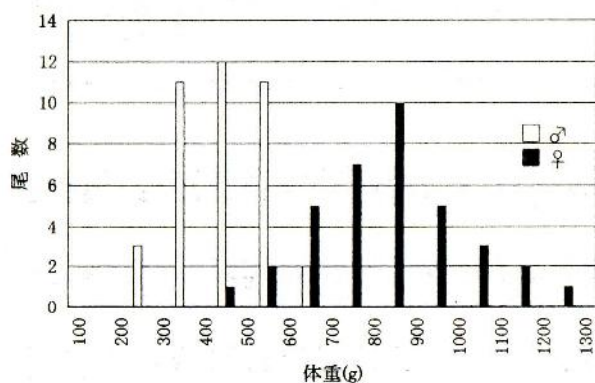


図7 群体飼育ナマズ(1+) 最終取り上げ時における体重組成

したがって、雌雄混合養殖における最大成長は上記雌雄の成長を平均して、次のように表すことができる。

(0.0032g < W < 1.958g の時)

$$\text{♀♂}KG(\times 10^{-1}) = 2.514 + 0.451 \times \text{Ln}(W) \dots (22)$$

(1.958g < W < 156.64g の時)

$$\text{♀♂}KG(\times 10^{-1}) = 2.817 \dots (22)$$

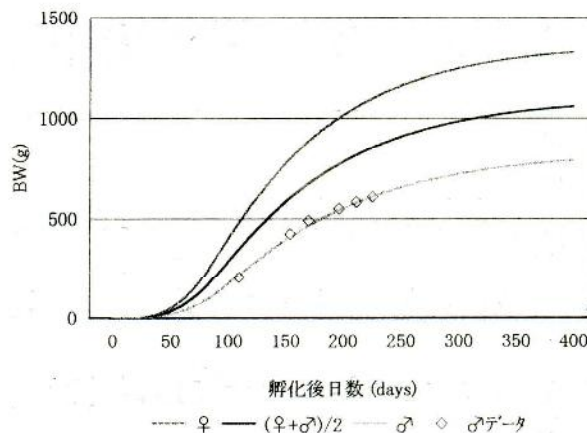


図8 ナマズの水温:25℃における雌,雄,雌雄平均の各最大成長

($W \geq 213.63g$ の時)

$$\text{♀♂KG}(\times 10^{-1}) = 12.036 - 1.719 \times \ln(W) \dots (22)$$

以上で求めた雌、雄、雌雄混合平均の各最大成長を孵化後日数との関係で示したものが図8である。なお、同図中に群体飼育結果における雌体重に対応する雄体重を合わせて示した。

以上の結果から、ナマズの成長はコイに比べるとかなり遅く、しかも雌雄の成長差が大きいことがわかる。本飼育試験の結果はいずれも水温25℃に保つての成長であり、一般養魚池において1kg成魚を養成するには、成長の速い雌でも2年以上はかかるものと見られ、雄の場合は800g以上にはならない。また、図7で見られるように雌、雄混合平均で魚体重500~600g以上になると成長の伸びが低下してくるため、この体重以上になると飼料効率も悪くなり、生産コストも増加するものと思われる。したがって、ナマズ養殖における販売サイズは500g~600gサイズを目安とするべきであろう。

(4) 最大飼育密度

ナマズは通常、水中遊泳することなく池底で静止していることが多い。したがって、同魚の収容密度は容積よりも底面積に制約されるものと考え、ここでは最大飼育密度を底面積あたりの飼育可能量として検討を行う。ナマズ体重別収容密度の上限を調べるため、孵化仔魚から600gサイズ成魚まで室内水槽において群体飼育を行い、この間で4回の取り上げ測定を行った。各測定毎に飼育水槽の容積を変えて収容し、それぞれ25℃にした加温した地下水を置換

率：3.3~5.8回/hrで流水飼育した結果の中から取り上げ時で飼育密度が最大であった飼育例を示した。さらに、この結果を魚体重と収容密度の関係で示したのが図9である。

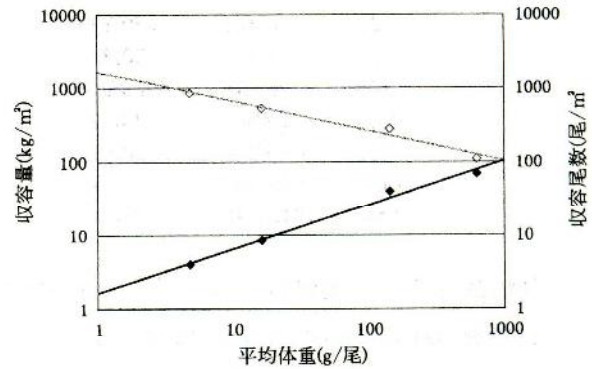


図9 ナマズ養殖における魚体重と面積当たり最大収容量の関係
実線： $Dw(kg/m^2) = 1.672 \cdot W^{0.599}$

これによると、単位面積あたりに飼育できるナマズの量は体重と相関関係があり、魚体重が大きくなるほど収容可能尾数： Dn (尾/ m^2)は減るが収容可能総重量： Dw (kg/m^2)は増加することを示している。これらの関係を回帰式で表したものが(28)、(29)式である。

$$Dw(kg/m^2) = 1.672 \times 10^3 \cdot W^{0.599} \dots (28) [r^2 = 0.9882]$$

$$Dn(尾/m^2) = 1.695 \times 10^3 \cdot W^{-0.403} \dots (29) [r^2 = 0.9748]$$

さらにこの式から求めた体重別最大収容密度の具体例を表10に示した。

この結果から、湖内コイ養殖に用いられている5m×5m×2m = 50 m^3 の網牛簀をナマズ養殖に使用した場合、水の置換率が充分であれば上記の結果により試算すると1kgサイズの成魚仕上がりで最大5tonが生産できることになる。ただし、陸上池に設置した

表10 最大収容密度(孵化仔魚から成魚までの連続飼育試験における中間測定結果)

測定年月日	飼育水槽	水槽容積 (%)	水槽底面積 (m^2)	平均体重 (g)	飼育尾数 (尾)	Total重量 (g)	底面積当たり収容量 (kg/m^2)	収容尾数 (尾/ m^2)	注水置換率 (回/hr)
'97.7/9	ガラス水槽	40.6	0.1624	4.78	141	673.4	4.1	858.2	3.46
'97.7/9	ガラス水槽	40.6	0.1624	16.13	87	1403.3	8.6	535.7	4.61
'97.7/9	ガラス水槽	115.2	0.318	142.95	89	12722.7	40.0	279.9	5.77
'97.7/9	角形FRP水槽	280.0	0.680	629.95	75	47246.0	69.5	110.3	3.28

表11 ナマズ体重別、面積当たりの最大収容量
〔(28), (29)式により試算〕

平均体重 (g)	収容密度	
	(kg/m ²)	(尾/m ²)
0.1	0.421	4287.2
1	1.672	1695.0
10	6.641	670.1
50	17.415	350.3
100	26.378	265.0
250	45.667	183.1
500	69.170	138.5
750	88.186	117.6
1000	104.770	104.8

網生簀内でナマズ養殖を行う場合には、一般的な陸上止水池1,000m²における生産量の上限がおおよそ1トであることから、水車等による曝気及び湖水給水による池水の置換が必要になると思われる。なお、これら最大収容密度については今後陸上池における実用規模の試験を行い、確認する予定である。

4. 要 約

現在湖内で行われている網生簀コイ養殖においては、慢性的な過剰生産による販売価格低迷が続いており、生産調整を行う必要がある。本試験は生産調整の結果、余剰となるコイ種苗生産用陸上池を有効活用するため、少量生産で増収益につながる養殖魚種開発をねらいとし、対象魚種としてナマズを取り上げた。本報告はその基本的技術について、主に室内実験により得られた結果をまとめたものである。

- (1) 水温特性：呼吸量を指標としてナマズ (BW = 165.5 g) の水温特性を調べ、次の関係式を得た。

(WT : 5.0~26.0℃の時)

$$O_2\text{uptake}(\text{mg}/\text{day}) = 32.256 \times \text{EXP}(0.101 \times T) \\ [R^2 = 0.9857]$$

(WT : 26.0~32.5℃の時)

$$O_2\text{uptake}(\text{mg}/\text{day}) = 447.453$$

- (2) 日間摂餌量：7種の天然餌料生物による飼育試験を行い摂餌量を調べた結果、ナマズ体重W(g)と摂餌湿餌湿重量R(g wet/wet/day)及び摂餌熱Re(kcal/day)の関係式として次式を得た。

$$R(\text{g wet}/\text{day}) = 0.307 \times W^{0.672} \quad [r^2 = 0.9205]$$

$$Re(\text{kcal}/\text{day}) = 0.0733 \times W^{0.642} \quad [r^2 = 0.9223]$$

さらに、この結果と水温特性把握結果に基づいて、ナマズ体重：W(g)、水温：T(℃)、摂餌熱量：R(kcal/day)についての次のような関係式が得られた。

(WT : 5.0~26.0℃の時)

$$R(\text{kcal}/\text{day}) =$$

$$6.189 \times 10^{-3} \times \text{EXP}(0.101 \times \text{WT}) \times W^{0.642}$$

(WT : 26.0~32.5℃の時)

$$R(\text{kcal}/\text{day}) = 8.110 \times 10^{-2} \times W^{0.642}$$

この結果に基づいて、ナマズの水温別、体重別給餌量表(表6)を作成した。

- (3) 摂餌餌料の大きさ：餌料生物種別にナマズが摂餌する餌料の大きさ：W_rを調べた結果、餌料種を問わずナマズの体重：W(g)と平均的摂餌餌料サイズW_r(g)との間に次の式で表される関係があることがわかった。

$$W_r = 0.0420 \times W^{0.724} \quad [r^2 = 0.8190]$$

さらに、ナマズが摂餌できる最大餌料サイズ：W_rmaxは次の式で表され、ナマズが成長するにしたがって自体重に対する餌料重量の割合は小さくなり孵化初期においては自体重とほとんど同じサイズのもものが摂餌できることが判明した。このことはまた、稚魚期における共食いの激しさを裏付けるものと考えられた。

$$W_r\text{max} = 0.2135 \times W^{0.724}$$

- (4) 最大成長：水温：25℃流水による個体別飼育試験において成長の速かった飼育結果を基に体重と成長速度を表す成長係数*の関係式として最大成長式を求めた。なお、ナマズは雌雄の成長差が大きく同令魚においては雌が雄より大きいため、成長式は雌、雄、雌雄(1:1)混合に分けて示した。

ただし、成長係数* : $K_G = 2.5 \times (W_2^{0.4} - W_1^{0.4}) / \Delta t$,

W₁ : 初期体重(g), W₂ : Δt日間飼育後の体重(g)

雌の最大成長

$$(0.0032\text{g} < W < 1.701\text{g} \text{の時})$$

$$\text{♀} K_G (\times 10^{-1}) = 2.968 + 1.516 \times \text{Ln}(W)$$

(1.701g < W < 274.74g の時)

$$\text{♀ } K_G (\times 10^{-1}) = 3.243$$

(W ≥ 274.74g の時)

$$\text{♀ } K_G (\times 10^{-1}) = 14.09 - 1.905 \times \text{Ln}(W)$$

雄の最大成長

(0.0032g < W < 1.121g の時)

$$\text{♂ } K_G (\times 10^{-1}) = 1.807 + 0.316 \times \text{Ln}(W)$$

(1.121g < W < 156.64g の時)

$$\text{♂ } K_G (\times 10^{-1}) = 2.161$$

(W ≥ 156.64g の時)

$$\text{♂ } K_G (\times 10^{-1}) = 13.004 - 2.145 \times \text{Ln}(W)$$

雌雄混合の最大成長

(0.0032g < W < 1.958g の時)

$$\text{♀ } \text{♂ } K_G (\times 10^{-1}) = 2.514 + 0.451 \times \text{Ln}(W)$$

(1.958g < W < 156.64g の時)

$$\text{♀ } \text{♂ } K_G (\times 10^{-1}) = 2.817$$

(W ≥ 213.63g の時)

$$\text{♀ } \text{♂ } K_G (\times 10^{-1}) = 12.036 - 1.719 \times \text{Ln}(W)$$

- (5) 最大飼育密度：ナマズは水中遊泳することなく池底で静止していることが多いため、最大飼育密度を底面積あたりの飼育可能量として検討を行った結果、飼育用水の置換率：3～5回/hrの条件でナマズの平

均魚体重と単位面積あたりに飼育できるナマズの最大重量Dw(kg/m²)及び最大尾数Dn(尾/m²)の関係は次式により表すことができた。

$$Dw(\text{kg}/\text{m}^2) = 1.672 \times 103 * W^{0.599} \quad [r^2 = 0.9882]$$

$$Dn(\text{尾}/\text{m}^2) = 1.695 \times 103 * W^{-0.403} \quad [r^2 = 0.9748]$$

この結果から、網生簀 (5m*5m = 25m²)内における最大飼育密度は、仕上がり1kgサイズで5,000尾5トンと試算されるが、止水陸上池1,000m²中に設置した網生簀内でナマズ養殖を行う場合には池での生産上限量1トンが最大飼育密度となる。

引用文献

- 熊丸敦郎(1998)：ブルーギルの湖内における捕食量の推定，本誌No34，41-58
- 熊丸敦郎(1996)：霞ヶ浦のコイ養殖に使用されている市販飼料の品質調査結果，本誌No.32，81-87
- 熊丸敦郎(1998)：霞ヶ浦主要生物についての成分分析結果，本誌No.34，91-94
- 浜田篤信，位田俊臣，津田 勉，狩谷貞二(1975)：魚類の成長差解析に関する研究-I
コイの最大成長，日水誌 41(2)，147-154