

## カスミヤマトゴイ(養殖種)における雌雄の成長差について

熊丸 敦郎・渡辺 直樹・高野 誠

### はじめに

魚類の成長速度は雄と雌で違いがあり、いずれの性が速いかは魚種によって異なるが、コイについては雌が雄より成長が早く、その成長差は種苗サイズ(30~50 g/尾)で既に生じているといわれている。従来のコイ養殖形態においては年間を通じ、需要側の要望に応じて、魚体重を選別しながら各種サイズの製品を出荷するため、飼育成績の評価は池毎あるいは網生簀毎の群全体平均成長として評価を行えばよかった。このため、雌雄の成長差については養殖経営の上で特に弊害となることはなく、これまで未検討となっていた。しかしながら、近年、消費者の高品質化嗜好が進む中で、卵持ちで肉質がよい、成長が早く飼料効率がよい等優れた形質を持つ雌のみの生産技術実用化への期待が高まってきており、当内水試においても現在、その開発研究を実施しているところである。これに先立って、雌雄の成長差を数量的に把握しておく必要があるため、ここでは、従来の養殖品種を用いて、孵化仔魚から成魚に至るまでの間をできるだけ好適な飼育環境条件に保ちながら連続飼育試験を行い、雌雄の成長差について検討をおこなった。

### 方 法

#### ① 供試魚：

内水試養成養殖品種(カスミヤマトゴイ)親魚の雌、雄各1尾により人工採卵、受精を行い、これより孵化した稚魚を用いて孵化直後から4~8 kg サイズに至るまでの約1年間、連続飼育試験を行った。なお、孵化直後から約10 gサイズまでは20尾の水槽内複数飼育とし、10 g以上のサイズについては1水槽に1尾の個室飼育とした。

#### ② 飼育装置：

魚体重に合わせて飼育用水槽を変え、孵化後2週間

は4(ℓ)スチロール水槽、その後魚体重50 gまでは60(ℓ)ガラス水槽で、50~1000 gの間は300(ℓ)FRP水槽、1000 g以上については200ℓ室内コンクリート池を各々飼育水槽として使用した。

エアレーションのための曝気装置を各水槽内に設置、飼育用水として25.0±0.5℃の加温地下水を用い、注水量は置換率:24回/day以上の流水飼育とした。

#### ③ 給餌方法：

孵化直後から3週間は毎朝、施肥培養による動物プランクトン(*Moina macrocopa*)を過不足のない量(：翌日食べ残しが少し残存する程度の量)を与えた。4週目以降は投与餌料を配合飼料とし、魚の成長に合わせてペレットサイズを変えるとともに、飼料の種類を種苗サイズ(約30 g)までは稚魚用(蛋白含有率:39%以上、粗脂肪含有率:6%以上)、30 g以上のサイズからは成魚用(低蛋白高カロリー飼育:蛋白含有率:35%以上、粗脂肪含有率:10%以上)とした。

なお、霞ヶ浦周辺のコイ養殖においては、陸上種苗生産期には普通蛋白飼料、網生簀成魚養成期には低蛋白高カロリー飼料と飼育段階により飼料種類の使い分けが行われており、本飼育試験においてもこうした実態に合わせることにした。1日の配合飼料投与量はコイの日間飽食量<sup>(1)</sup>:Rを求める次式によった。

$$R(\text{g/day}) = Kr * W^{2/3} * e^{0.103 * T} \dots \dots \dots (1)$$

(ただし、Kr: 摂餌量係数, W: 魚体重(g),  
T: 水温: ここでは T=25(℃))

摂餌量係数:Kr は飼料中のカロリー量と逆相関関係<sup>(2)</sup>であり、ここでは30 gサイズまでの種苗生産期に投与した稚魚用普通蛋白飼料においては Kr = 1.91 \* 10<sup>-2</sup>, 30g サイズ以上で投与した成魚用低

蛋白高カロリー飼料においては  $Kr=1.528 \times 10^{-2}$ ,  $T=25$  をそれぞれ代入して求めた。

稚魚用飼料の日間給餌量:  $R_L$  は

$$R_L(\text{g/day}) = 1.91 \times 10^{-2} * W^{2/3} * \exp(0.103 * T) = 2.508 \times 10^{-1} * W^{2/3} \dots\dots\dots(1)'$$

成魚用飼料(低蛋白高カロリー飼料)の日間給餌量:  $R_H$  は

$$R_H(\text{g/day}) = 1.528 \times 10^{-2} * W^{2/3} * \exp(0.103 * T) = 2.006 \times 10^{-1} * W^{2/3} \dots\dots\dots(1)''$$

こうして求めた1日量を50g以下のサイズについては5回/日に、50g以上のサイズについては3回/日に分けてそれぞれ毎日、自動給餌器により給餌を行った。

④ 体重測定:

孵化後4週間までは1週間毎に、以降は原則として2週間毎に測定を行い、魚体重が800g以上に成長した後は測定期間を適宜延長した。体重測定に際しては、魚体へのストレスをできるだけ軽減するため、FA-100により麻酔を施した後に行った。

⑤ 成長速度の評価:

浜田ら<sup>(3)</sup>はコイの成長を摂餌量:  $r$  と転換効率:  $Cr$  の積として表し、成長式として(2)式を示した。すなわち、摂餌係数:  $Cr$  の積として求められる成長係数:  $Kc$  はコイの飼育成績を評価するための指標であり、(2)式を  $Kc$  について解くことによって得られる(3)式を用いれば、初期体重:  $W_1(\text{g})$ 、飼育後の体重:  $W_2(\text{g})$  および飼育日数:  $\Delta t$  を代入することにより求められる。

本試験においてもこの成長係数を用いて各個体の成長比較を行った。

$$r = Kr * W^{2/3}$$

$$Cr = Kc * W^{0.07}$$

$$dW/dt = Kr * Kc * W^{2/3} = Kc * W^{2/3} \dots\dots\dots(2)$$

$$W = (2/5 * Kc * t)^{5/2}$$

$$Kc = 2.5 * (W_2^{0.4} - W_1^{0.4}) / \Delta t \dots\dots\dots(3)$$

⑥ 雄雌性判定:

コイは最大成長(必要十分な生息環境と飽食量の餌を与えた時の成長)をすれば少なくとも孵化1年後には雄は成熟し、排精することで性判定が行える。

ただし、雌の成熟は必ずしも充分には行われない。したがって、個室飼育したコイを体重測定に排精の確認を行い、排精が認められた時点で性別を行った上で時間を逆に辿って稚魚期からの雌雄別成長とした。さらに、体重測定終了後に開腹し、精巣及び卵巣の有無を調べることにより、性の確認判定を行った。

結果及び考察

孵化仔魚から5~8kgサイズ成魚に至る約1年間の連続飼育結果を表1に示した。

各個体の性判定は、孵化後195日目の体重測定時において魚体No. I および II の排精が確認されたことによりこれらを雄と判定し、さらに、孵化後348日目の最終体重測定後に開腹し、生殖腺を調べることにより魚体No. I および II が雄、III および IV が雌であることを確認した。各個体別成長を正座標のグラフで第1図に、両対数グラフで第2図に示した。第1図で見ると、雄である I と II および雌である III と IV の成長には差がほとんどなく、また雌と雄の成長の違いは何時の時点から始まっているのかは明確ではないが、成長するにしたがってその差はしだいに拡大し、最終測定の孵化後348日目においては2倍近い差となることがわかる。第2図で見ると、個体間の差は第1図よりもむしろ認めにくくなるが、各個体とも孵化から21日及び21日から168日の間は両対数紙上でほぼ直線的に上昇し、168



孵化後日数 (日)	飼育日数 Δt(日)	魚体 No.	初期体重 W <sub>1</sub> (g)	飼育後体重 W <sub>2</sub> (g)	成長係数 K <sub>g</sub> (*10 <sup>-1</sup> )	増重量 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub> (g)	摂餌量 R(g)	飼料効率 W <sub>2</sub> -W <sub>1</sub> /R	備考
101	14	I	281.8	427.9	3.101	146.1	140.4	1.041	
		II	286.4	438.2	3.183	151.8	142.3	1.067	
		III	320.1	493.0	3.384	172.9	153.7	1.125	
		IV	335.0	525.8	3.611	190.8	159.5	1.196	
115	14	I	427.9	616.9	3.176	189.0	181.9	1.039	
		II	438.2	628.9	3.163	190.7	184.5	1.034	
		III	493.0	732.8	3.664	239.8	202.2	1.186	
		IV	525.8	769.5	3.601	243.7	209.8	1.162	
129	14	I	616.9	851.5	3.210	234.6	228.4	1.027	
		II	628.9	866.1	3.211	237.2	231.1	1.026	
		III	732.8	1030.3	3.649	297.5	257.9	1.154	
		IV	769.5	1072.0	3.614	302.5	265.5	1.139	
143	14	I	851.5	1085.0	2.701	233.5	275.0	0.849	飼育水槽を300(l)水槽から温水池に移し変える。
		II	866.1	1122.1	2.916	256.0	279.8	0.915	
		III	1030.3	1326.7	3.048	296.4	313.4	0.946	
		IV	1072.0	1395.9	3.241	323.9	323.1	1.002	
168	25	I	1085.0	1441.8	1.972	356.8	586.0	0.609	
		II	1122.1	1523.3	2.159	401.2	603.9	0.664	
		III	1326.7	1971.8	3.048	645.1	698.4	0.924	
		IV	1395.9	2036.2	2.952	640.3	717.5	0.892	
195	27	I	1441.8	1924.0	2.078	482.2	766.1	0.629	この時点で魚体No. I, IIから精子排出を確認。 → I, II : ♂ III, IV : ♀と判定。
		II	1523.3	2048.2	2.183	524.5	796.9	0.659	
		III	1971.8	2863.7	3.100	891.9	973.9	0.916	
		IV	2036.2	2945.2	3.103	909.0	993.5	0.915	
220	25	II	2048.2	2607.6	2.141	559.4	881.2	0.635	これより、魚No. II, IVについて飼育調査
		IV	2945.2	3918.7	2.954	973.5	1140.7	0.853	
254	34	II	2607.6	3245.4	1.564	637.8	1396.4	0.457	
		IV	3918.7	5372.3	2.707	1453.6	1897.5	0.766	
295	41	II	3245.4	3931.4	1.234	686.0	1929.6	0.356	
		IV	5372.3	7198.9	2.351	1826.6	2800.2	0.652	
348	53	II	3931.4	4316.9	0.871	385.5	1550.7	0.249	
		IV	7198.9	8361.6	1.795	1162.7	2366.1	0.491	

日以降は徐々に平行に向かうことを示している。なお、  
 孵化後21日から168日までの直線性を示す間における  
 成長式を個別別に示すと、次のようになる。

I :  $W = 8.007 \times 10^{-4} * t^{2.845} \dots\dots(4)$  ( $r = 0.9971$ )

II :  $W = 6.563 \times 10^{-4} * t^{2.893} \dots\dots(5)$  ( $r = 0.9973$ )

III :  $W = 6.065 \times 10^{-4} * t^{2.944} \dots\dots(6)$  ( $r = 0.9991$ )

IV :  $W = 8.007 \times 10^{-4} * t^{2.911} \dots\dots(7)$  ( $r = 0.9991$ )

さらに、雄であるIとII、及び雌であるIIIとIVの各平均で示すと、

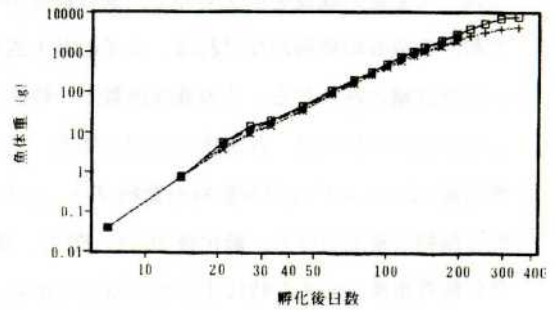
♂ :  $W = 7.521 \times 10^{-4} * t^{2.867} \dots\dots(8)$  ( $r = 0.9919$ )

♀ :  $W = 6.732 \times 10^{-4} * t^{2.927} \dots\dots(9)$  ( $r = 0.9991$ )

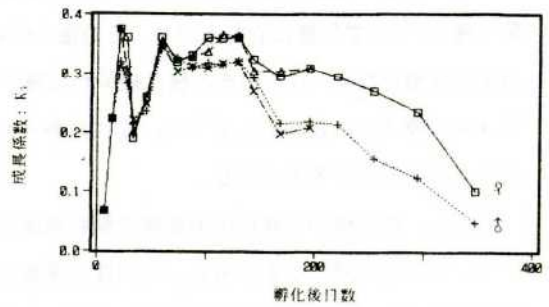
(ただし、W : 魚体重(g), t : 孵化後日数)

以上のように本試験結果においては、一般的な商品  
 サイズである。1~1.5kgに成長するのに孵化からおよ  
 そ150日を要し、この時点での雌雄の体重は雌が約  
 1530gに対し雄は約1200gと体重差で330g、体重比  
 で約1.27倍となった。

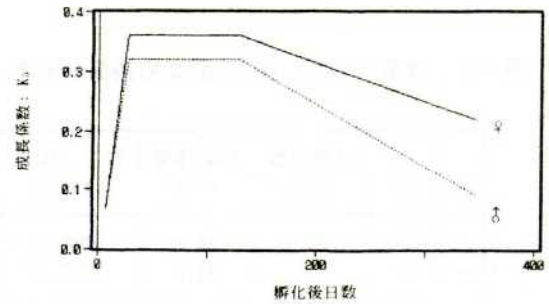
さらに、この雌雄の成長の違いを成長係数の経日変  
 化で示したものが第3図である。これによると雌雄の  
 成長の違いは先の体重変化で見るよりもさらに明確な  
 差として認識することができる。すなわち、孵化後21  
 日、体重5g前後で既に雌雄の成長速度に明確な差が  
 生じていることが認められ、その後、孵化後33日目で  
 急激な低下があるものの飼育期間中ほとんど常に雌が  
 雄より高い値で推移し、その差は孵化後129日目当り  
 からさらに広がる傾向を示している。



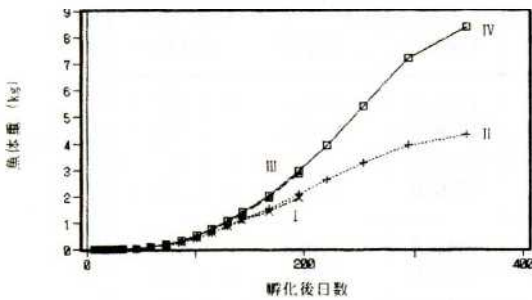
第2図 コイの個別別成長-(2)



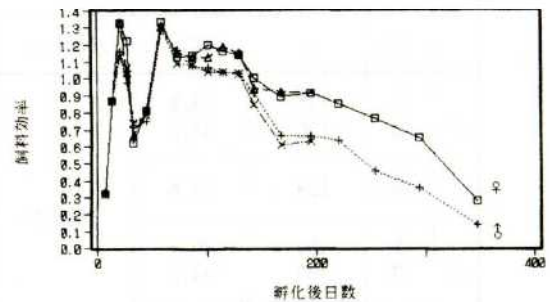
第3図 コイの雄雌別成長係数の経日変化



第4図 コイの雄雌別最大成長(横式図)



第1図 コイの個別別成長-(1)



第5図 コイの雄雌別飼料効率の経日変化

なお、今回の飼育試験の結果は過去における飼育例と比べても速い成長を示すもので、飼育期間中に生じた数回の成長の停滞がなければ、コイの最大成長に近い飼育成績とみられる。この成長係数が一時的に低下したことについては、各個体とも同じ時点、すなわち孵化後22日における投与餌料を動物プランクトンから配合飼料に変えた時や、孵化後28日、60日、及び130日の飼育水槽を変えた時に生じていることから、これら飼育環境の変化がコイに少なからぬ影響を与えたためと推察される。したがって、こうした飼育環境に変化がない場合の成長係数の推移においては、雌雄とも孵化後21日まで急激に立ち上がり、その後129日まで平行状態となり、さらにその後は緩やかに降下する、第4図に模式的に表わしたような、左に片寄った台形の形を示すものと考えられる。

つぎに、孵化後から成魚に至る間の飼料効率の変化については第5図に示すとおり、先の成長係数と同様な推移を示し、孵化後21日まで急激に上昇した後、129日まで平行状態が保たれ、その後は緩やかに降下している。また、雌と雄の飼料効率の差も成長係数と同様

に全体的に雌が雄を上まわっており、129日以降からその差が広がる傾向が認められる。

なお、霞ヶ浦の網生養殖においては、一般的に30~40gの種苗サイズから1.5kgの製品サイズまでの養成飼育が行われている。この期間をここでは網生養殖期間と言うこととし、以上の結果に基づいて、網生養殖期間における成長係数及び飼料効率を求めた結果、表2に示したとおり、雌雄ともに同じ飼育期間：98日で比較した場合には、成長係数では雄： $3.153 \times 10^{-1}$ に対し、雌： $3.431 \times 10^{-1}$ と雌は雄の1.088倍、すなわち9%程度成長が早いことを示し、飼料効率についても雄：1.017に対して雌：1.112と雌は雄の1.093倍、すなわち約9%効率がよいことを示している。つぎに、30~40g種苗サイズから雌雄とも1.5kgの同じ商品サイズに飼育した場合には、(3)、(4)、(5)、(6)式より必要日数を求めると、雄は124日を要するのに対して雌は雄より20日早い104日間で到達し、雄は雌の1.19倍の養成日数が必要となる結果となった。また、この場合の雌雄の飼料効率はそれぞれ1.033、0.847となり、雌は雄の1.22倍となった。

表-2 種苗サイズ(30~40g)から商品サイズ(1~1.5kg)に至るまでの成長係数と飼料効率

性	No	飼育日数 $\Delta t$ (日)	初期体重 $W_1$ (g)	取上げ体重 $W_2$ (g)	成長係数 $K_g (*10^{-1})$	増重量 $W_2 - W_1$ (g)	総給餌量 $R$ (g)	飼料効率 (増肉係数) $(W_2 - W_1)/R$
♂	I	98	34.8	1085.0	3.122	1050.2	1044.5	1.005 (0.995)
	II		34.3	1122.1	3.185	1087.8	1057.5	1.029 (0.972)
	Av.		34.6	1103.6	3.153	1069.0	1051.0	1.017 (0.983)
♀	I	98	40.7	1326.7	3.404	1286.0	1165.5	1.103 (0.907)
	II		44.3	1395.9	3.458	1351.6	1205.6	1.121 (0.892)
	Av.		42.5	1361.3	3.431	1318.8	1185.6	1.112 (0.899)
♂	I	118	1500.0	34.8	3.073	1465.2	1751.5	0.827 (1.195)
	II	130		34.3	2.794	1465.7	1708.5	0.858 (1.166)
	Av.	124		34.6	2.934	1465.5	1730.0	0.847 (1.180)
♀	I	105	1500.0	40.7	3.389	1459.3	1441.9	1.012 (1.012)
	II	103		44.3	3.418	1455.7	1380.5	1.054 (1.054)
	Av.	104		42.5	3.404	1457.5	1411.2	1.033 (1.033)

さらに、網生養養成期間を従来の性比：雄／雌＝1／1で生産した場合と全雌生産した場合の成長係数及び飼料効率を比較すると、表3に示したように、従来性比生産の場合は成長係数、飼料効率とも上記雌雄の各平均値になるから成長係数は $3.169 \times 10^{-1}$ 、飼料効率は0.940となる。したがって、全雌生産を行った場合には従来性比生産よりも成長係数で1.074倍、飼料効率で1.045倍の改善となるものと思われる。

表3 最大成長時における従来性比生産と全雌生産の比較

	成長係数 Kg( $\times 10^{-1}$ )	飼料効率 ( $W_2 - W_1$ )/R	(増肉係数) R/( $W_2 - W_1$ )
従来性比生産	3.169	0.940	1.064
全雌生産	3.404	1.033	0.968

## 要 約

コイの雌は雄より成長が速いことが知られているが、その成長差についての数量的把握はこれまで行われていない。このため、水温、水質、餌料等飼育環境条件をできるだけ好適に保ちながら孵化後から約1年間、雌雄各2尾の4尾について個体別連続飼育試験を行い、雌雄の成長差についての検討を行なった。

(1) 各個体とも最大成長に近いと思われる成長を示し、最終測定の前日(孵化後348日)において雄は4316.9g、雌は8361.6gに成長、この時点での雌雄体重差は4044.7g、雌雄体重比で2倍近い差となった。

(2) 網生養養成期間(30～40g種苗から1.5kg商品サイズまでの期間)の成長は孵化後日数： $t$ (days)と魚体重： $W$ (g)の関係として次のように表すことができる。

$$\text{♂} : W = 7.521 \times 10^{-4} * t^{2.867} \dots\dots(8) \quad (r = 0.9919)$$

$$\text{♀} : W = 6.732 \times 10^{-4} * t^{2.927} \dots\dots(9) \quad (r = 0.9991)$$

(3) 30～40g種苗サイズから1.5kg商品サイズまでに要する飼育日数は雄が124日に対して、雌は104日で雌は雄よりも20日短く、雄は雌の1.19倍日数

がかかるものとみられた。

(4) 雌雄の成長差を成長係数： $K_0$ の経日変化で見ると孵化後21日目の体重：3～5gにして既に始まっており、その後の成長は常に雌が雄を上まわり、孵化後129日まで平行状態を保つがさらにその後になると、雌雄ともに低下しながら成長差は広がる傾向を示した。

(5) 雌雄の飼料効率の経日変化は成長係数のそれと同様な推移を示し、網生養養成期間における飼料効率は雌：1.033、雄：0.847となり、雌は雄の1.22倍高率であった。

(6) 網生養養成期間において全雌生産を行った場合には従来性比生産よりも成長係数で1.074倍、飼料効率で1.045倍の改善となることが示唆された。

## 参考文献

- (1) 浜田篤信、津田 勉(1966)：網生養鯉に関する研究－Ⅱ 投餌法について、茨内水試研報、8、56-60
- (2) 熊丸教郎、赤野誠之、外岡健夫、高野 誠、市毛清記、矢口正直(1984)：ティラピアニロチカによる自家汚染防止技術開発試験。昭和58年度赤潮対策技術開発試験報告書－Ⅰコイの最大成長。日水誌、41(2)、147-154