

マダイ・チダイ交雑種幼稚仔と人工採苗マダイの 成長、生残および外部形態の比較

荒川 敏久・吉田 範秋

Growth, Survival and Morphologic Comparison Between
Fry Crossbred, *Pagrus major* with *Evynnis japonica*,
and Hatchery-reared *Pagrus major*.

Toshihisa ARAKAWA and Noriaki YOSHIDA

In order to create crossbred desirable for culture, red sea bream was crossed with crimson sea bream. They were reared in an indoor 6-m³ tank fed with living food organisms until 16-mm TL, and reared in a net-cage in the sea fed with minced fish for two months there after. Growth, survival and morphology of the crossbred were compared with those of hatchery-reared red sea bream.

The results obtained were given below.

- 1) It took 35 days to reach 16-mm TL in the crossbred, 3 days longer than in red sea bream.
- 2) Survival rate from hatched larvae to 16-mm juvenile was much lower in the crossbred (7.5%) than in red sea bream (50.9%). After that, in the net-cage, the both showed almost the same growth and survival rate.
- 3) The crossbred was similar in morphometry to red sea bream. However, body height, head length, orbit length, snout length and upper jaw length were smaller in the crossbred than in red sea bream of the same size.
- 4) Anal fin ray and gill raker counts in the crossbred (AF III, 8 ; GR 16~19) were more similar to those of red sea bream (AF III, 8 ; GR 16~18) than to crimson sea bream (AF III, 9 ; GR 19~21).
- 5) The crossbred had the body color of bright red, contrasting with blackish red in reared red sea bream.

在来の養殖対象種から、より良い養殖特性をもつ優良品種を作出するには、交雑等の育種学的手法が必要と考えられる。そこで今回、マダイ型の優良品種を作出するために、成長は速いが養殖中に体色が黒化するタイ科 (Family Sparidae)、マダイ属 (Genus *Pagrus*) のマダイ *Pagrus major*

(TEMICK *et* SCHLEGEL)と、成長は遅いが比較的鮮やかな体色を保つ同科チダイ属 (Genus *Evynnis*) のチダイ *Evynnis japonica* TANAKA の属間交雑を試みた。

このような試みは近畿大学の熊井ら¹⁾により1972年に既に行われ、その後F₂の作出*やマダイとの

* 熊井英水他：交雑魚マチダイ (仮称) の成熟について、昭和51年度日本水産学会秋季大会講演要旨集、p113 (1976)。

戻し交雑*も行われているが、交雑種の形質や養殖品種としての評価に関する報告はほとんどみられない。そこで筆者らは、作出したマダイ（雌）とチダイ（雄）の交雑種の特徴を明らかにする目的で、種苗生産期の成長、生残および幼魚の形態を飼育マダイと比較したので報告する。

材料と方法

親魚と採卵採精 親魚には、長崎水試増養殖研究所でふ化後4年間養成した体重約1.5kgのマダイ5尾（雌3，雄2）と、長崎県北松浦郡の養殖業者から購入後同研究所で約半年間養成した体重約0.6kgのチダイ雄2尾を用いた。卵は1985年4月30日にマダイ3尾から、精液は同日にマダイおよびチダイそれぞれ2尾から搾出法で採取した。マダイ卵は2つに分け、両魚種の精子を用いて乾導法による人工授精を行った。媒精に用いた卵数は、マダイが67,000粒、交雑種が126,000粒であった。

受精卵の管理 両魚種の受精卵は、1 m³ポリエチレン水槽中に設けたゴース布地製目合0.3mmのふ化ネット（*60cm×60cm、有効水深50cm）にそれぞれ収容し、微通気、微流水、水温約19°Cの条件下で管理した。ふ化直前の卵は、沈卵除去後室内6 m³水槽（3.9m×1.9m×0.8m、有効容積6 m³）1面にそれぞれ収容した。浮上卵率はマダイ94%、交雑種90%、ふ化仔魚数はマダイ54,000尾（ふ化率86%）、交雑種99,000尾（87%）であった。

前期飼育 ふ化から沖出しまで前述の室内6 m³水槽各1面により飼育を行った。通気は円柱型エアーストン各6個（1個の通気量は100～200 ml/min）により緩やかに行った。換水は日令9から始め、換水量を当初1日当り飼育水の25%としたが、魚の成長に伴って沖出し前には300%まで増加させた。餌料は、シオミズツボウムシを日令0から、アルテミアのノウプリウスを日令24から、また天然プランクトンおよびイシダイ受精卵を日令26から、それぞれ沖出し時まで給餌した。前期飼育期間中、飼育水へはクロレラを40～50万 cells/mlの密度になるよう毎日添加した。

沖出しと後期飼育 両魚種共、平均全長が15mmを越えた時点で、稚魚を室内水槽から地先海面に垂下した生簀（1.5m×1.5m×1.5m）各1面に移した。移動に当っては、魚を手網で10 lバケツに抄い入れ、それを100 lバケツに再収容し、リヤカーで生簀まで運搬した。

後期飼育中は、イカナゴに外割1%のビタミンミックスを添加したミンチを給餌した。

成長と生残 成長は、前期飼育では5日毎に各20尾を抽出し、万能投影機下で全長を測定し、後期飼育では1月毎に各50尾を抽出し、測定板と台秤りで全長と体重を測定した。

生残率は、日令0と5には柱状サンプリング法により、沖出し時には既知尾数を収容した標本バケツに合わせた容量法により求めた。また、後期飼育期間中の日令98に全数計数を行った。

幼魚の形質 種苗サイズ（幼魚）の形態の特徴を明らかにするために、日令98（平均全長72mm）の幼魚各50尾を10%ホルマリンで固定し、3か月後に軟X線による脊椎骨異常の調査と、下記形質の計数、測定を行った。また、比較のため、天然マダイ（平均全長65mm）40尾と天然チダイ（69mm）40尾の形質も測定した。天然マダイは1985年に、天然チダイは1984と1985の両年に平戸市紐差で漁獲された後、10%ホルマリン中に保存されていたものである。

計数形質は臀鰭条数と鰓耙数、測定形質は全長、尾叉長、体長、体高、頭長、吻長、上顎長、眼窩長、腹鰭軟条長、背鰭第3棘長および体重である。長さはノギスを用い1/20mmまで、重さは上皿天秤を用い1/20gまで測定した。計数、測定は原則として松原²⁾の方法によったが、全長は尾鰭を平常に開いた状態で測定した。

測定形質について、尾叉長に対する各形質の直線回帰式が交雑種とマダイおよびチダイで同一であるかどうかを共分散分析法³⁾により検定した。直線回帰式は式(1)で表わされ、各回帰式は、残差分散、回帰直線の傾き、高さの順で比較した。

なお、尾叉長と体重の関係については、両者を対数に変換した後に直線回帰式を求めた。

* 熊井英水他：交雑魚マチダイの戻し交雑について、昭和52年度日本水産学会秋季大会講演要旨集、p75(1977)。

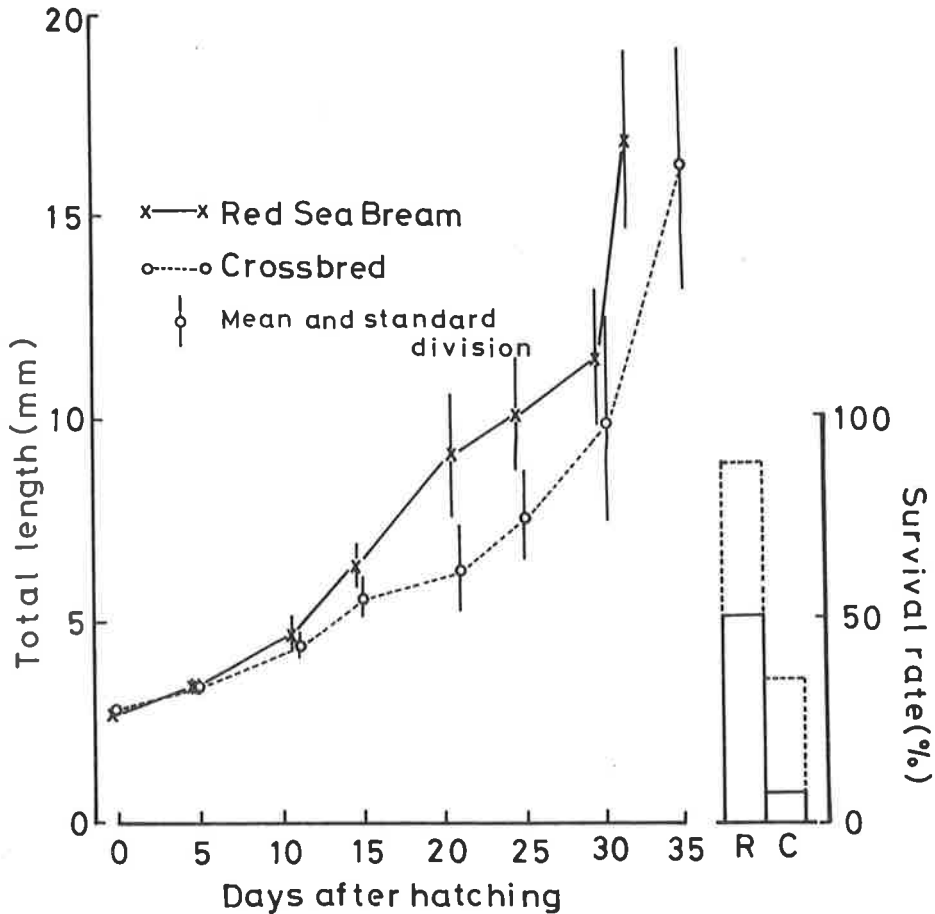


図1 前期飼育における成長と生残の比較

Fig. 1. Comparison of growth and survival between crossbred and hatchery-reared red sea bream during tank rearing.

□: 日令5の生残率 survival rate at 5 days after hatching.

□: 前期飼育期間の生残率 survival rate during tank rearing.

R: マダイ Red sea bream C: 交雑種 Crossbred

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

X: 尾叉長mm, Y: 形質mm, α : Y切片の値,
 β : 傾き, ε : 誤差

体色の比較 全長70mm前後の両魚種幼魚を250ppmの2-フェノキシエタノールで麻酔し、体全体と鰭の色調を目視で比較した。また、10%ホルマリン中に3か月間保存したものでは赤色が脱色され黒色が残ったので、体色黒化の程度を目視で比較した。

結 果

成長と生残 前期飼育における成長と生残を図1に示した。この期間の水温は18.7~22.0°C、溶存酸素量は5.78~8.47mg/lの範囲にあり、両魚種の飼育水槽間にほとんど差はなかった。

前期飼育における交雑種の平均全長は、ふ化当日(日令0)には2.92±0.09*mmでマダイ(2.78±0.12mm)より僅かに大きかったが、その後はマダイより成長が遅れ、日令10で4.52±0.34mm(マ

* 平均±標準偏差

表1 脊椎骨異常個体出現率と異常の位置

Table 1. Percentage of centrum deformed fish and position of deformed centra	
異常個体率 Percentage of deformed fish	脊椎骨異常の位置 Position of deformed centra (椎体番号 centrum number)
マダイ Red Sea Bream 3/33 =9.1%	6 7 融合 fusion 18 19 融合 fusion 21 22 不整合 discordance
交雑魚 Crossbred 5/31 =16.1%	7 8 融合 fusion 7 8 融合 fusion 12 13 14 15 16 融合 fusion 融合 fusion 17 18 融合 fusion 22 23 24 不整合 discordance

ダイ : 4.68±0.64mm), 日令21で7.66±1.11mm (9.14±1.60mm), 日令30で10.1±2.62mm (11.5±1.88mm)と推移した。したがって、沖出しはマダイより3日遅れて日令35に平均全長16.2±3.13mm (マダイ : 日令32, 16.8±2.34mm)で行った。

後期飼育における交雑種の平均全長および平均体重は、沖出し後1か月(日令77)で59.2±0.72mm, 3.6±1.5g (マダイ : 54.2±0.84mm, 2.8±1.9g), 2か月(日令98)で72.4±0.77mm, 7.5±5.2g (71.6±0.98mm, 7.4±3.2g)と推移し、両魚種の成長差はほとんどみられなくなった。

一方、前期飼育における交雑種の生残率は、ふ化後数日間のへい死が多かったため、図1のように日令5には36.4%とマダイ(88.9%)に比べ著しく劣った。また、交雑種では10mm位から個体の大小差が大きくなり、マダイに比べ共喰いの頻度が大きくなったため、沖出し時の生残率と生残尾数は7.5%と7,400尾で、マダイ(50.9%, 27,500尾)に比べ著しく劣った。

後期飼育における生残率は、マダイでは飼育密度が当初高かった(1.5m×1.5m×1.5m生簀1面

に20,000尾収容)ためへい死が目立ったが、密度を低めて分養後はへい死魚数が減少した。その後は両魚種共目立ったへい死が認められず、沖出し後2カ月の生残率は交雑種74.3%, マダイ42.5%であった。

脊椎骨異常 脊椎骨異常個体の出現率と異常発生位置を表1に示した。交雑種では31尾中椎体融合が4尾に、配列不整合が1尾に、またマダイでは33尾中椎体融合が2尾に、配列不整合が1尾にみられた。脊椎骨異常個体の出現率は、交雑種16.1%, マダイ9.1%であり、両魚種に顕著な差はみられなかった。

測定形質 交雑種とマダイおよびチダイの測定形質の差の検定結果を表2に示した。交雑種と飼育マダイの尾叉長に対する各形質の回帰直線においては、全長には差がみられなかったが、体長と吻長には残差分散に、また、体高、頭長、眼窩長、吻長、上顎長、腹鰭軟条長および体重には高さ差がみられた。このうち、差がみられなかった全長と尾叉長の関係を図2に、高さ差がみられた眼窩長と尾叉長の関係を図3にそれぞれ例示した。

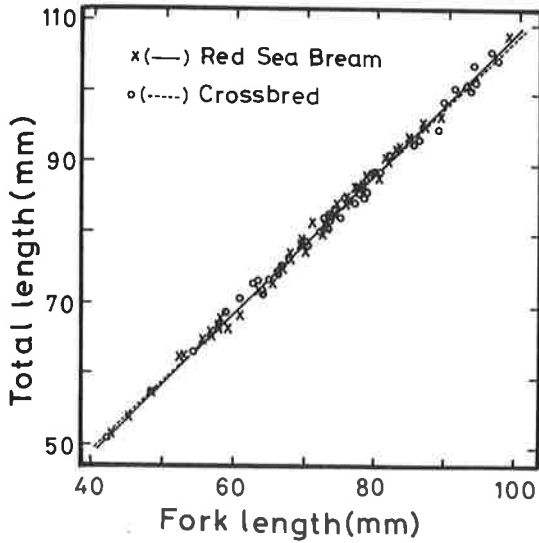


図2 交雑種とマダイの尾叉長に対する全長の回帰関係

Fig. 2. Regression relationship of total length on fork length of crossbred and hatchery-reared red sea bream.

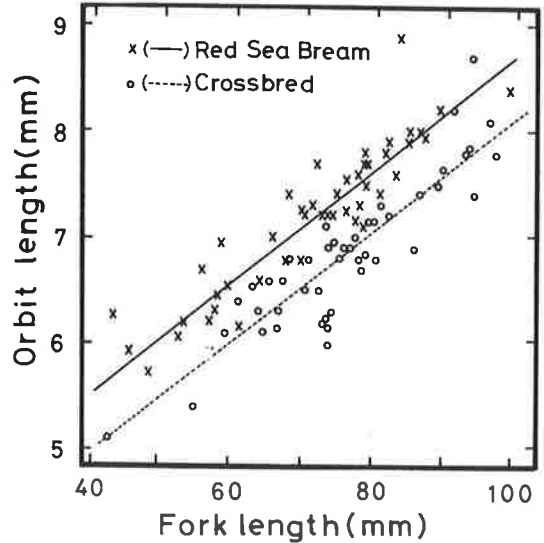


図3 交雑種とマダイの尾叉長に対する眼高長の回帰関係

Fig. 3. Regression relationship of orbit length on fork length of crossbred and hatchery-reared red sea bream.

表2 交雑種とマダイおよびチダイの尾叉長に対する各形質の有意差の検定結果

Table 2. Comparison of 10 characters on fork length between crossbred and hatchery-reared and wild red sea bream (RSB, WRSB) and wild crimson sea bream (WCSB) by means of covariance analysis

形質 characters	交雑種vs飼育マダイ Crossbred vs RSB			交雑種vs天然マダイ Crossbred vs WRSB			交雑種vs天然チダイ Crossbred vs WCSB		
	Fv	Fb	Fa	Fv	Fb	Fa	Fv	Fb	Fa
全長 Total length	—	—	—	—	**	**	—	—	**
体長 Body length	*	—	—	—	**	**	—	*	**
体高 Body height	—	—	**	—	**	**	—	*	—
頭長 Head length	—	—	**	**	**	—	*	**	**
眼高長 Orbit length	—	—	**	—	**	**	—	**	**
吻長 Snout length	**	—	**	—	**	**	—	**	*
上顎長 Upper jaw length	—	—	**	—	**	**	*	—	**
腹鰭軟条長 Length of pelvic fin soft ray	—	—	**	—	**	**	—	**	**
背鰭第3棘長 Length of 3rd dorsal spine	—	—	—	—	—	**	**	*	**
体重 Body weight	—	—	**						

Fv, Fb および Fa は各々共分散分析による残差分散, 回帰直線の傾きおよび高さの比較結果。

** : 1%の危険率で有意差あり, * : 5%の危険率で有意差あり, — : 5%の危険率で有意差なし。

体重については, 両形質を対数に変換後比較。

Fv, Fb and Fa are the variance ratios to test the significance of the differences of residual variance, regression coefficient and adjusted mean, respectively.

** : Significant at 1% level. * : Significant at 5% level. — : Not significant at 5% level.

Body weight were compared after logarithmic conversion of both characters.

表3 天然マダイと天然チダイの尾叉長に対する各形質の有意差の検定結果

Table 3. Comparison of 9 characters on fork length between wild red sea bream (WRSB) and wild crimson sea bream (WCSB) by means of covariance analysis

形質 characters	天然マダイvs天然チダイ WRSB v s WCSB		
	Fv	Fb	Fa
全長	—	**	**
Total length	—	—	—
体長	—	—	—
Body length	—	**	**
体高	—	**	**
Body height	—	—	**
頭長	—	**	**
Head length	—	**	**
眼高長	—	**	**
Orbit length	*	**	**
吻長	*	**	**
Snout length	—	**	**
上顎長	—	*	**
Upper jaw length	—	*	**
腹鰭軟条長	**	**	*
Length of pelvic fin soft ray	**	**	*
背鰭第3棘長	**	**	*
Length of 3rd dorsal spine	**	**	*

Fv, Fb, Fa, **, *, —は表2に示した。
Fv, Fb, Fa, **, *, —are shown in Table 2.

なお、傾きに差がみとめられた形質はなかった。高さに差がみられた形質のうち、腹鰭軟条長のみは交雑種が飼育マダイより大であったが、他の形質はいずれも交雑種が飼育マダイより小であった。

交雑種と天然マダイおよび天然チダイの測定形質の差の検定結果は、測定したすべての形質において、表2に示したように、交雑種と両者の間に差がみられた。

比較のため、天然マダイと天然チダイの測定形質の差の検定結果を表3に示した。両魚種の尾叉長に対する各形質の回帰直線は、体長を除くすべての形質で差がみられた。差がみられた形質のうち、全長、体高、頭長、眼高長、吻長、上顎長および腹鰭軟条長はいずれも天然チダイが天然マダイより小であった。全長と腹鰭軟条長を除くこれらの形質については、交雑種が飼育マダイより短く、天然チダイと天然マダイの関係に似た関係を示したことは前述のとおりである。また、全長についても、天然チダイと天然マダイに差があるにもか

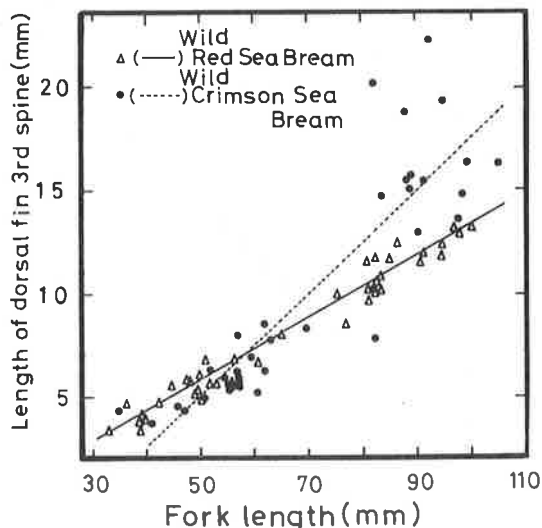


図4 天然マダイと天然チダイの尾叉長に対する背鰭第3棘長の回帰関係

Fig. 4. Regression relationship of length of dorsal fin 3rd spine on fork length of wild red sea bream and wild crimson sea bream.

かわらず、交雑種と飼育マダイに差がないことは前述のとおりである。

腹鰭軟条は庄島⁴⁾によりマダイでは全長20mm位から伸長するが、チダイでは伸長しないことが報告されている。今回の測定でも天然マダイの腹鰭軟条は天然チダイのものよりも長い、交雑種では飼育マダイより長く、天然マダイに似た形態を示した。

背鰭第3棘は図4に示したように天然チダイでは尾叉長80mm位から伸長するため、これより大きい個体では天然チダイが天然マダイより長い。背鰭第3,4棘の伸長はチダイの特徴であるが、交雑種では伸長せずマダイに似た形態を示した。

以上のように、交雑種は全体として母系のマダイにより近い測定形質を示した。

計数形質 臀鰭条数は、交雑種、飼育マダイ共計数した30個体すべてⅢ, 8であった。鰓耙数は、交雑種では30尾中16が5尾(16.7%), 17が6尾(20.0%), 18が16尾(53.3%), 19が3尾(10.0%), 平均17.6であり、飼育マダイでは30尾中16が17尾(56.7%), 17が9尾(30.0%), 18が4尾(13.3%), 平均16.6であった。臀鰭条数と鰓耙数はマダイが

表4 尾叉長 (X) に対する各形質 (Y) の回帰式と形質の計数結果
Table 4. Regression relationship of 10 characters (Y) on fork length (X) and characters counts

	天然マダイ n=40 Wild red sea bream	天然チダイ n=40 Wild crimson sea bream	マダイ n=50 Red sea bream	交雑魚 n=50 Crossbred
全長 TL	Y = -2.970 + 1.129X r = 0.999	Y = -1.260 + 1.086X r = 0.999	Y = -1.292 + 1.098X r = 0.998	Y = 0.442 + 1.074X r = 0.997
体長 BL	Y = -1.135 + 0.867X r = 0.999	Y = -1.609 + 0.878X r = 0.999	Y = -2.830 + 0.904X r = 0.996	Y = -1.500 + 0.882X r = 0.998
体高 BH	Y = -4.728 + 0.450X r = 0.997	Y = -10.23 + 0.504X r = 0.995	Y = -1.731 + 0.394X r = 0.992	Y = -3.555 + 0.408X r = 0.987
頭長 HL	Y = -0.414 + 0.308X r = 0.994	Y = -0.561 + 0.293X r = 0.993	Y = 3.083 + 0.253X r = 0.986	Y = 3.617 + 0.241X r = 0.990
眼窩長 OL	Y = 0.563 + 0.0895X r = 0.989	Y = 1.132 + 0.0677X r = 0.982	Y = 3.353 + 0.0534X r = 0.915	Y = 2.822 + 0.0529X r = 0.901
吻長 SL	Y = -2.423 + 0.144X r = 0.993	Y = -2.081 + 0.129X r = 0.978	Y = -0.628 + 0.117X r = 0.987	Y = -0.321 + 0.106X r = 0.958
上顎長 UJL	Y = -0.349 + 0.102X r = 0.990	Y = 0.0718 + 0.0851X r = 0.990	Y = 0.227 + 0.0932X r = 0.943	Y = 0.473 + 0.0870X r = 0.948
腹鰭軟条長 PFSRL	Y = -1.458 + 0.209X r = 0.985	Y = -3.927 + 0.228X r = 0.980	Y = 1.133 + 0.154X r = 0.945	Y = 1.458 + 0.168X r = 0.941
背鰭第3棘長 3DSL	Y = -1.527 + 0.147X r = 0.982	Y = -6.978 + 0.240X r = 0.895	Y = -0.487 + 0.117X r = 0.931	Y = -1.138 + 0.126X r = 0.861 (n=28)
体重 BW	Y = e ^{-12.84 X^{3.490}} r = 0.998	Y = e ^{-13.54 X^{3.614}} r = 0.997	Y = e ^{-11.51 X^{3.216}} r = 0.994	Y = e ^{-12.06 X^{3.332}} r = 0.994
臀鰭条数 Anal fin ray count	Ⅲ, 8	Ⅲ, 9	Ⅲ, 8	Ⅲ, 8
鰓耙数 Gill raker count	16-18	19-21	16-18	16-19

r : 相関係数 coefficient of correlation. n : 測定尾数 number of measured fishes.

TL : Total length, BL : Body length, BH : Body height, HL : Head length,

OL : Orbit length, SL : Snout length, UJL : Upper jaw length, PFSRL : Length of pelvic fin soft ray, 3DSL : Length of 3rd dorsal spine, BW : Body weight (mm,g).

Ⅲ, 8と16~18, チダイがⅢ, 9と19~21で明らかな差があるが, 交雑種ではⅢ, 8と16~19 (90%が16~18) でマダイにほぼ等しかった。

これら各魚種の測定形質の回帰直線式と臀鰭条数, 鰓耙数はまとめて表4に示した。

色調 両魚種幼魚を写真1, 2に示した。交雑種の体色は飼育マダイに比べ全体に黒色が薄く鮮やかな赤色を示した。また, 10%ホルマリン中に3か月間保存した標本では交雑種の黒色が薄いことがさらに明らかで (写真1), とくに腹鰭と臀鰭はそれだけで両魚種を判別できるほど著しい差を示した (写真2)。

考 察

交雑種の浮上卵率とふ化率はそれぞれ90%, 87%と高率であったが, 前期飼育期間の生残率は7.5%とマダイ (50.9%) に比べ著しく劣った。とくに日令5までの生残率が36.4%とマダイ (88.9%) の約40%に過ぎないのは雑種劣性による可能性もあるので, さらに交雑実験を繰り返し, 明らかにする必要がある。また, 個体の大小差が大きいことも交雑による影響が考えられる。生残率の向上には, このことによる共喰いを防止する飼育技術の確立を図る必要がある。

本実験は, 成長が速いマダイの長所と養殖による体色黒化が少ないチダイの長所を兼ね備えた優良なマダイ型養殖品種の作出を期待して行ったも

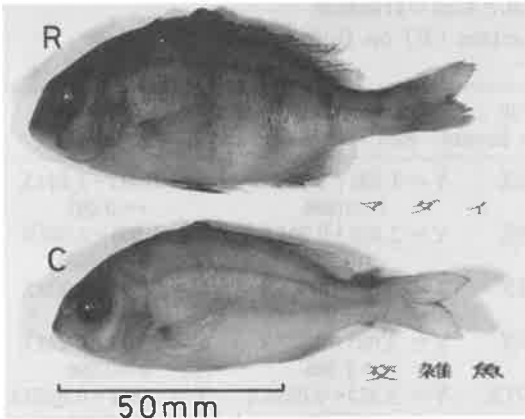


写真1 10%ホルマリン中に3ヶ月間保存したマダイと交雑種の側面図

Photo. 1. Lateral view of red sea bream and crossbred after 3 months preservation in 10% formalin solution.

R : マダイ Red sea bream
C : 交雑種 Crossbred

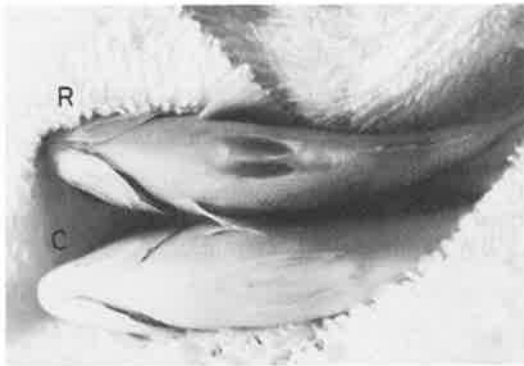


写真2 10%ホルマリン中に3ヶ月間保存したマダイと交雑種の腹面図

Photo. 2. Ventral view of red sea bream and crossbred after 3 months preservation in 10% formalin solution.

R : マダイ Red sea bream
C : 交雑種 Crossbred

のである。本交雑種幼魚の形態は前述したようにマダイに酷似し、母系遺伝が強い結果を示した(写真1)。しかし、交雑種の体色は飼育マダイよりも鮮やかな赤色を示し、むしろ父系遺伝が強い傾向を示した。今後さらにこれを養成し、成長や耐病性等養殖特性を明らかにすることが必要であ

る。

さらに、交雑種の養殖化を図るには、その種苗量産技術の確立が前提となるが、マダイとチダイでは産卵期が異なるため、マダイの産卵期にチダイ精液を大量に確保することが困難である。そのため、今後、成熟制御や精液凍結保存技術の開発が必要である。

謝 辞

天然マダイと天然チダイの材料を御提供いただいた当水試漁業資源部開発科の方々にお礼申し上げます。また、本論文をまとめるに当り、種々ご指導ご助言をいただいた長崎大学水産学部資源生物学研究室助教松宮義晴博士、同付属水産実験所長千田哲資博士に深謝の意を表する。

要 約

マダイ卵をチダイ精子で人工授精して交雑種を作出し、種苗生産期の成長、生残および幼魚の形態を飼育マダイと比較した。

- 1) 前期飼育における成長は交雑種がマダイより劣り、交雑種ではふ化から平均全長16mmに達し沖出しするまでに、マダイより3日長い35日間かかった。
- 2) 前期飼育における生残率は交雑種が7.5%とマダイ(50.9%)に比べ非常に劣った。
- 3) 後期飼育における成長、生残は日令98(平均全長72mm)まで両魚種に顕著な差がなかった。
- 4) 交雑魚の臀鰭条数と鰹耙数(AFⅢ, 8; GR 16~19)はチダイ(AFⅢ, 9; GR 19~21)に比べ、よりマダイ(AFⅢ, 8; GR 16~18)に似ていた。
- 5) 交雑種は母系であるマダイにより近い測定形質を示したが、体高、頭長、眼窩長、吻長および上顎長はマダイより短かかった。
- 6) 交雑種の体色はマダイに比べ黒色が薄く鮮やかな赤色を呈した。

文 献

- 1) 熊井英水：赤い鯛をつくる，海洋と生物，6(1)，p1，(1984)。

- 2) 松原喜代松：魚類の形態と検索，第二版，石崎書店，東京，1972，pp394—416.
- 3) G. W. Snedecor and W. G. Cochran：統計的方法(畑村又好・奥野忠一・津村善郎 訳)，岩波書店，東京，1972，pp394—416.
- 4) 庄島洋一：タイ類の幼期の検索，日本産魚類の稚魚期の研究，九州大学農学部水産学第二教室，福岡，1958，pp72—73.

