

ヘダイとクロダイの交雑種の形態、成長、低水温・低塩分耐性

北 島 力・塚 島 康 生

Morphology, Growth and Low Temperature- and Low Salinity-tolerance of Sparid Hybrids

Chikara Kitajima and Yasuo Tsukashima

(Received May 12, 1983)

Aiming at producing a new strain for aquaculture, the hybridization between the silver bream, *Sparus sarba* (female) and the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* (male) of the family Sparidae was attempted. We obtained about 50 individuals of 20 cm in body length. All offspring from the alternative combinations died within 10 days after hatching. As controls for comparison, the fry of both sparids were also reared to the above mentioned size.

There were no morphological differences between the hybrid and *S. sarba* except for the ratio of intestinal length to their body length. The hybrid was larger than *A. schlegeli* in the ratios of caudal fin length, body height, eye diameter and upper jaw length to their body length, and smaller in head length, preanal length and intestinal length. The hybrid resembled more the mother (*S. sarba*) than the father (*A. schlegeli*).

The dorsal and anal fin rays of the hybrid were intermediate in number between its parents.

Differentiation in sexuality of the hybrid was distinguishable, and no hermaphrodite was found. The male produced sperm and female showed ovarian eggs with yolk in their gonads, though fertility was unknown.

The hybrid was nearly the same as *S. sarba* in growth rate, and both of them were remarkably superior to *A. schlegeli* in growth. *A. schlegeli*, however, was more tolerable than both the hybrid and *S. sarba* to low temperature and low salinity. There were almost no differences between the hybrid and *S. sarba* in both tolerances.

Thus, the hybrid seemed to inherit every characteristic from the mother.

(CK: Shimabara Branch Station, Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, 347-4 Shinden-cho, Shimabara 855, Japan; YT: Nagasaki Prefectural Institution of Fisheries, Nomo, Nagasaki 730-1, Japan)

魚類養殖において、交雑や選抜により利用価値の高い、また環境抵抗性の強い優良品種を作り出すことが試みられてきた。コイ、フナ(キンギョ)では昔から経験的手法によって優良品種が作られ、近年に至ってサケ・マス類とともに活発な研究も行われるようになり、多くの知見が集積されている(鈴木, 1966a, b, 1979)。しかし海産魚については、主としてタイ科(原田, 1964; 原田ほか, 1966; 原田ほか, 1968; 熊井ほか, 1971)、インダイ科(原田ほか, 1970; 原田・熊井ほか, 1971; 原田, 1974)、インダイとクロダイ(原田ほか, 1969)、ブリ属(原田・熊井ほか, 1971; 原田・村田ほか, 1971; 原田ほか, 1973)およびトラフグ属(藤田, 1966)での交配が試みられてはいるが、それら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皆無である。

筆者らは、タイ科(Family Sparidae)、ヘダイ亜科(Subfamily Sparinae)、ヘダイ属(*Sparus*)のヘダイ *Sparus sarba* (Temminck et Schlegel)と、同亜科クロダイ属(*Acanthopagrus*)のクロダイ *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker)の属間雑種の形態や、成長、低水温・低塩分耐性などの養殖適性について、対照魚種との比較を行った。その結果、交雑種は多くの形質でヘダイに酷似し、母系遺伝が強いことが明らかになったので、その概要を報告する。

材料と方法

採卵および人工授精 ヘダイの親魚には、長崎水試増養殖研究所地先の野母湾内に設置した網生簀で、天然産幼魚から2年間養成した体長27~28 cm、体重700~

900 g の雌 2 尾, 雄 3 尾を用いた。クロダイの親魚は, 同研究所で 1977 年に生産した人工種苗から 3 年間養成した体長 23~24 cm, 体重 400~450 g の雌 2 尾, 雄 1 尾を用いた。

1981 年 5 月 2 日に, 上記親魚にハクレン *Hypophthalmichthys molitrix* の脳下垂体 (アセトンによる脱水乾燥粉末) の生理食塩水懸濁液を, 脳下垂体 3 mg/魚体重 1 kg の割合で背部筋肉に注射した。5 月 4 日に各親魚から採卵, 採精し, 乾導法によりヘダイ同士, ヘダイ (♀)×クロダイ (♂) およびクロダイ (♀)×ヘダイ (♂) の 3 組合わせによる人工授精を行った。さらに, 5 月 9 日に, 上記ハクレンの脳下垂体を 2 mg/体重 1 kg の割合で筋肉注射したクロダイ親魚 (雌 3 尾, 雄 2 尾) が, 同夜 1 t ポリカーボネイト水槽内で自然産卵した受精卵を用いた。

仔稚魚の飼育 各受精卵を, 6 t 水槽内に設置したゴース布地製のふ化ネット (径 50 cm, 深さ 50 cm) に收容し, 流水と通気下で卵管理を行い, 適時沈下卵を除去した。ふ化直前にそれぞれ 1 t ポリカーボネイト水槽 1 面 (ヘダイは 2 面) に移し, 仔稚魚の飼育を行った。飼育方法はヘダイの場合 (塚島・北島, 1982) と同様である。ふ化後 40 日目に, 500 t 水槽内に設置したもじ網生簀 (2×2×2 cm, 240 径) に移し, その後の飼育を行った。

稚魚期以降の養成 クロダイとヘダイは 8 月 20 日に稚魚 (全長 40~50 mm) 各 1,000 尾ずつを 3×3×3 m の海面生簀に收容し, マダイ用固型飼料とマイワシヤイカナゴのミンチ肉を給餌して養成した。またヘダイについては, 成長が速い品種を作る目的で, とくに大きい個体だけを 50 尾選別し, 親魚まで養成するため 2×2×2 m の網生簀に收容し, 上記と同様の飼料を与えて養成した (ヘダイ選抜区という)。さらに, ヘダイ (♀)×クロダイ (♂) (以後交雑種という) 約 40 尾も, 1.5×1.5×1.0 m または 2×2×2 m 生簀で養成した。

形態の比較 材料には, ふ化後 1 年 8 か月のヘダイ, クロダイおよび交雑種各 10 尾を用いた。

測定項目は, 全長 (TL), 尾叉体長 (FL), 体長 (BL), 体高 (BH), 頭長 (HL), 前肛門長 (PAL), 眼径 (ED), 上顎骨長 (UJL) の 8 外部形質および体重 (BW) である。また開腹して, 性別, 生殖腺重量 (GW), 内臓重量 (VW, 食道前部から直腸末端までの消化器官; 心臓, 腎臓, 生殖腺は含まない) および腸管長 (IL, 幽門部から直腸末端まで) を測定した。さらに, 背, 臀, 腹, 胸の各鱗の条数を算定した。以上の測定部位や方法については, 松原 (1955) と赤崎 (1962) によった。

成長の比較 前述のヘダイ (通常区と選抜区), クロダイおよび交雑種の 4 者について, 1981 年 10 月から 1982 年 11 月まで, 低水温期の 1~3 月を除く毎月月中旬に魚体測定を行った。測定は各区 40 尾ずつ, FA 100 (オイゲノール製剤) 1/5,000 溶液で麻酔後, 全長, 尾叉体長, 体長および体重について行った。

低水温耐性の比較 1982 年 12 月 22 日に, 3 組の 1 t 容黒色ポリカーボネイト水槽中に, 海水を満たした 0.5 t 容の同水槽を設置し, これにヘダイ, クロダイおよび交雑種を各 5 尾ずつ收容した。各水槽は止水にして, エアストーン 1 個で通気を行った。1 t と 0.5 t 水槽の間に砕氷 135 kg と海水約 100 l を入れることによって, 試験水槽の水温を徐々に低下させた (Fig. 5 参照)。実験は 22 日 10 時 45 分から翌 23 日 16 時までで行い, この間 30 分ないし 2 時間毎に測温と供試魚の状態を観察した。

低塩分耐性の比較 同年 12 月 24 日, 海水を満たした 0.5 t 容黒色ポリカーボネイト水槽 3 面に, 上記 3 種の供試魚各 5 尾を收容し, 止水でエアストーン 1 個により通気した。試験開始と同時に, 水槽中の海水 200 l を排水し, その後に数日間汲み置いた水道水を注水した。さらにその 200 l を排水し, 水道水を注水するという操作を繰り返すことによって, 飼育水の塩分を徐々に低下させた (Fig. 6 参照)。操作の都度, 水温と赤沼式比重計による飼育水の比重を測定し, 同時に供試魚の状態を観察した。

結 果

採卵および仔稚魚の飼育 ヘダイは 115,000 粒の受精卵が得られたが, その中ふ化した仔稚魚数は約 35,000 尾 (ふ化率 30%) であった (塚島・北島, 1982)。クロダイは, 自然産卵により約 90,000 粒の受精卵が得られ, ふ化率も 90% 以上を示した。その中, 本実験に供したのは約 15,000 尾である。ヘダイ (♀)×クロダイ (♂) は約 20,000 粒の卵に媒精したが, 受精率は約 60% で受精卵中にも卵割不整等の異常卵が多く, 得られたふ化仔魚は約 1,000 尾と推定された。さらにこの中シオミズツボワムシに餌付いた仔魚は 200~300 尾に過ぎなかった。クロダイ (♀)×ヘダイ (♂) は約 75,000 粒の卵に媒精した結果, 90% 前後が受精し, その中約 40%, 27,000 尾がふ化した。しかし, これらのふ化仔魚はワムシにほとんど餌付きせず, ふ化後 6 日目に約半数, 9 日目に 90%, 10 日目には全数がへい死した。

結局, 30~40 mm の稚魚に成育したのは, ヘダイ約 20,000 尾, クロダイ 4,000 尾, ヘダイ (♀)×クロダイ (♂) 50 尾であった。

なお、各受精卵の大きさは、ヘダイ 0.96 ± 0.016 mm, クロダイ 0.86 ± 0.018 mm, ヘダイ (♀) × クロダイ (♂) 1.02 ± 0.018 mm, クロダイ (♀) × ヘダイ (♂) 0.84 ± 0.015 mm で、交雑種の卵径は母親のそれに類似していた。

計数形質と体各部の相対比 ヘダイ、クロダイおよび交雑種各 10 尾について測定した各形質の、体長または体重に対する比と、3 者間の t 検定による有意差の有無を Table 1 に示した。各形質ともヘダイとクロダイの間には明らかな差が認められる。すなわち、ヘダイはクロダイよりも尾鰭長、体高、眼径、上顎骨長が大きく、頭長、前肛門長、腸管長および内臓重量が小さい。一方、交雑種は、すべての形質でクロダイとの間に有意差が認められるのに対し、ヘダイとの間には、腸管長を除いて有意差は全く認められない。すなわち、交雑種は父親のクロダイよりも母親のヘダイによく似ていることが明らかである。Fig. 1 でみるように、交雑種にはヘダイと同様の灰黄色の縦縞もみられ、臀鰭、腹鰭も灰黄色を呈していて、外見からの全体像は一見見分けがつかない程よく似ている。

つぎに、各鰭の条数を Table 2 に示した。背鰭と臀鰭の軟条数は、ヘダイの多くがそれぞれ 13 と 11, クロダイが 11 と 8 であるのに対し、交雑種では 12 と 10 で両親の中間の数を示したが、その平均値はヘダイにより近い。

体長と体重の関係 3 者の体長 (L) と体重 (W) の関係は、Fig. 2 に示したように、それぞれつぎの式で示される。

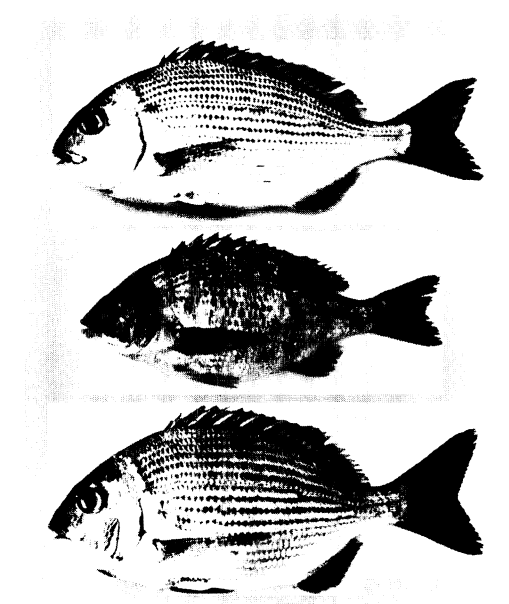


Fig. 1. Immature fish of *Sparus sarba* (above, 18.2 cm BL), *Acanthopagrus schlegeli* (middle, 15.1 cm) and their hybrid (below, 18.4 cm).

ヘダイ: $W = 0.0354 L^{3.0192}$ ($r = 0.9978$)

クロダイ: $W = 0.0389 L^{2.9577}$ ($r = 0.9956$)

交雑種: $W = 0.0388 L^{2.9988}$ ($r = 0.9926$)

体長 8~22 cm の範囲では、一定の体長に対する体重は、交雑種 > ヘダイ > クロダイの順であるが、前 2 者の差は僅少である。

生殖巣 1982 年 12 月 22・23 日 (ふ化後 1 年 8 カ)

Table 1. Comparison in morphometry and ratios of visceral weight to body weight among *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrids at the age of 1 year and 7 months. The number of each species examined was respectively ten individuals.

Items	<i>S. sarba</i> (S)		<i>A. schlegeli</i> (A)		Hybrid (H)		Results of <i>t</i> -test		
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	S-A	A-H	S-H
Total length/Body length	1.263	0.0123	1.231	0.0104	1.267	0.0120	**	**	
Folk length/Body length	1.170	0.0060	1.154	0.0108	1.165	0.0057	**	*	
Body height/Body length	0.457	0.0116	0.423	0.0090	0.465	0.0119	**	**	
Head length/Body length	0.280	0.0039	0.309	0.0080	0.282	0.0047	**	**	
Eye diameter/Body length	0.081	0.0050	0.069	0.0028	0.082	0.0040	**	**	
Prenal length/Body length	0.627	0.0114	0.672	0.0174	0.625	0.0165	**	**	
Upper jaw length/Body length	0.121	0.0022	0.116	0.0031	0.121	0.0025	**	**	
Intestinal length/Body length	1.236	0.1472	1.724	0.3007	1.033	0.2166	**	**	*
Visceral weight/Body weight	4.43	1.092	7.24	1.363	3.76	0.824	**	**	
Condition factor	41.2	1.52	37.9	1.38	41.7	1.70	**	**	

* Significant at 5% level.

** Significant at 1% level.

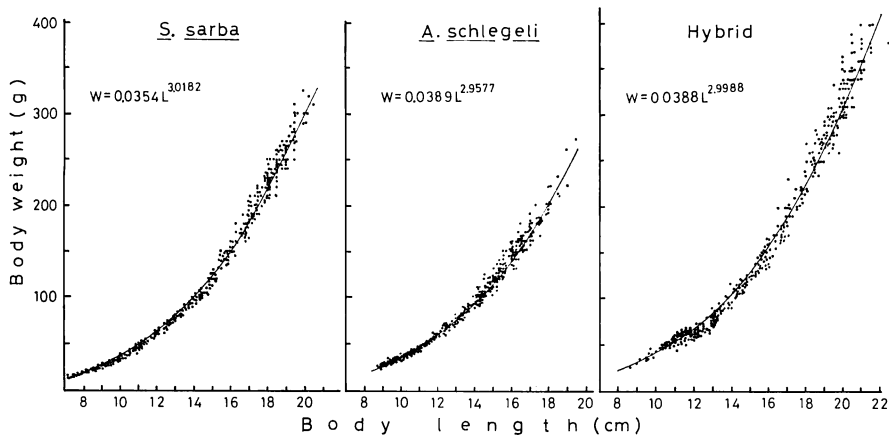


Fig. 2. The body length (L) — body weight (W) relationship in *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrids.

月)に調査した各区の生殖巣の大きさを Table 3 に示した。魚種間の魚体の大きさが異なるので直接的な比較は困難であるが、クロダイが外観から雌雄を識別できない

未熟な生殖巣を有するか、両性個体 (Kinoshita, 1936) であるのに対し、ヘダイでは既に性が分化した個体 (Kinoshita, 1939; 赤崎, 1962) もみられ、クロダイより

Table 2. Comparison of number of dorsal, anal, pelvic and pectoral fin rays among *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrid.

	Dorsal fin rays	Anal fin rays	Pelvic fin rays	Pectoral fin rays
<i>S. sarba</i>	XI, 12 (3 ind.)	III, 10 (2 ind.)	I, 5 (10 ind.)	14 (3 ind.)
	XI, 13 (7 ind.)	III, 11 (8 ind.)		15 (7 ind.)
<i>A. schlegeli</i>	XI, 10 (1 ind.)	III, 8 (10 ind.)	I, 5 (10 ind.)	14 (6 ind.)
	XI, 11 (9 ind.)			15 (4 ind.)
Hybrid	XI, 12 (10 ind.)	III, 10 (9 ind.)	I, 5 (10 ind.)	14 (5 ind.)
		III, 11 (1 ind.)		15 (5 ind.)

Table 3. Differentiation in sexuality of *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrids at the age of 1 year and 7 months. Question marks showing individuals macroscopically unable to sex.

Species	Sex	N	Body length (cm)		Gonadal weight (g)		GW/BW (%)	
			Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
<i>S. sarba</i>	♀	4	17.8~19.5	18.4	1.9~4.1	2.6	0.8~1.4	0.98
	♂	2	18.4~19.6	19.0	1.0~1.6	1.3	0.3~0.6	0.45
	♀	3	18.3~19.6	19.0	2.3~2.7	2.5	0.8~1.0	0.90
	?	1	—	18.3	—	0.3	—	0.12
<i>A. schlegeli</i>	♀	0	—	—	—	—	—	—
	♂	0	—	—	—	—	—	—
	♀	4	16.0~19.0	17.9	0.5~2.4	1.3	0.2~1.5	0.65
	?	6	15.9~18.6	17.2	0.3~1.3	0.5	0.2~0.6	0.27
Hybrid	♀	4	19.7~21.1	20.5	3.5~8.8	6.0	1.0~2.3	1.68
	♂	5	18.0~20.5	19.4	1.7~5.9	3.1	0.6~1.6	0.98
	♀	0	—	—	—	—	—	—
	?	1	—	17.7	—	1.7	—	0.75

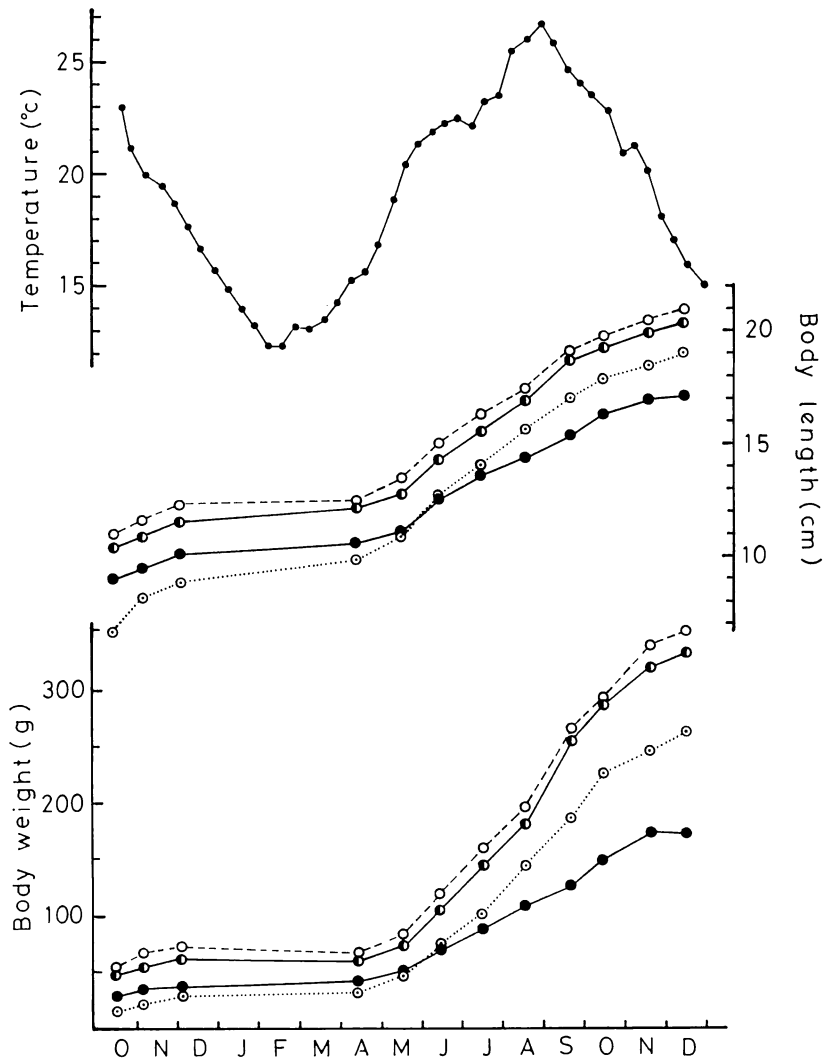


Fig. 3. Comparison of growth in *Sparus sarba* (large group, open dots; small group, double dots), *Acanthopagrus schlegelii* (solid dots) and their hybrids (half-solid dots), and water temperatures during the rearing experiments.

も全般的に成熟度は進んでいる。一方、交雑種は全個体ともかなり発達した卵巣か精巣を有し、両性個体は1尾も認められなかった。雄個体の中には精液を分泌するものもあり、また雌も5gを超える卵黄形成卵を有する個体が見られ、ヘダイよりも生殖巣はさらに発達傾向にあった。

成長 各区の平均体長および体重の推移を Fig. 3 に示した。図から明らかなように、成長はヘダイ選抜区 > 交雑種 > ヘダイ通常区 > クロダイの順になったが、前2者の差は僅少である。クロダイの成長は、ヘダイおよび

交雑種に比べて著しく劣り、体重は約1/2に過ぎない。一方、交雑種の成長は、ヘダイ選抜区に比べて僅かに劣るが、通常区よりも明らかに勝っているため、ヘダイと同等かむしろ優れているとみられる。これらの結果から、成長についても交雑種はクロダイよりもヘダイに、すなわち父親よりも母親に似ている。

Fig. 4 に、上記4者の肥満度の推移を示した。肥満度は四季を通じて交雑種が最高、クロダイが最低値を示し、ヘダイは両者の中間の値で推移した。また、クロダイの年間の変動が僅少ななのに対して、他の2者、とくに

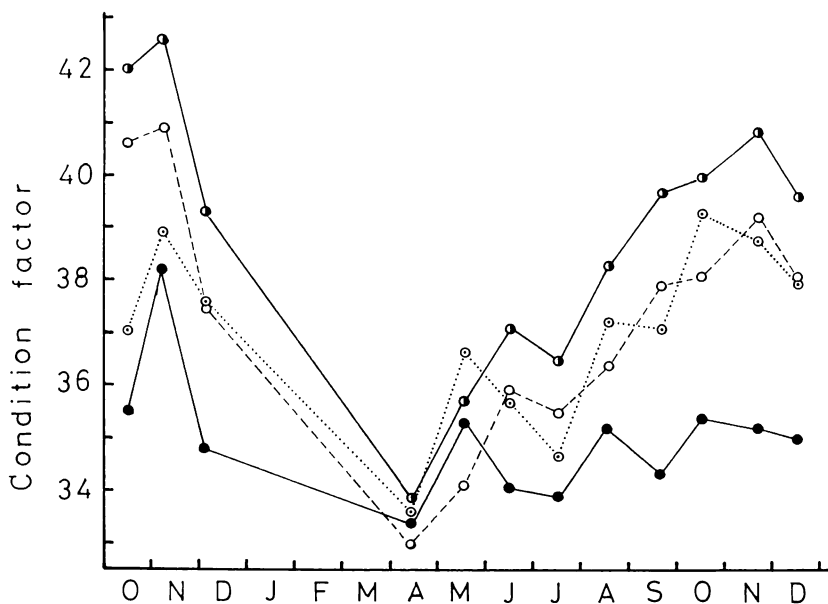


Fig. 4. Seasonal fluctuations of condition factor in *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrids. Symbols same as in Fig. 3.

交雑種は高水温期に高く、低水温期に低い季節的変動が顕著である。

低水温に対する抵抗性 ヘダイ、クロダイおよび交雑種についての、低水温耐性の比較実験の結果を Fig. 5 に示した。実験開始3時間後に 15°C から 9°C まで水温を降下させたが、その時点までは各魚種とも異常は認められなかった。しかし、ヘダイは水温が 8.5°C を割る頃から、水槽の中・表層を不活発に遊泳するようになり、さらに 8°C 以下に下がると水槽底に横臥または逆位で静止し、呼吸が緩慢になった。その後状態に著変はなかったが、5°C 前後に低下した時点で相次いでへい死した。交雑種はヘダイよりもやや遅れて、8°C を切った時点で異常遊泳が始まり、7.5~7°C で槽底に逆位で静止し、5°C 以下に低下した時点で全個体がへい死した。一方、クロダイはヘダイと交雑種がへい死した水温までは全く異常が認められなかったので、実験開始後 23 時間頃、水槽の外周に砕氷を多量に添加して水温をさらに降下させた。水温が 3.5°C まで低下した時点で異常遊泳が始まり、ついで逆位で静止したが、2.5°C まで低下した後もなおへい死しないまま実験を終了した。

以上の結果から、クロダイはヘダイに比べて低水温耐性が著しく強いことが明らかである。それに対して交雑種はヘダイよりも僅かに強いようであるが大差はない。

低塩分に対する抵抗性 3者についての低塩分耐性

の比較実験の結果を Fig. 6 に示した。実験開始後3時間で、海水 (σ_{15} : 26.0) から σ_{15} : 5 まで急激に比重を低下させても、3魚種とも何ら異常は認められなかった。しかし、ヘダイは σ_{15} : 2.5 前後に低下した時点で、水槽の中・表層で尾部を大きく緩慢に動かす異常な遊泳が始まり、時々狂奔状態を呈した。さらに σ_{15} : 1.0 以下に低下した時点で、全個体とも相次いでへい死した。交雑種もヘダイとほとんど同様の経過を辿ってへい死した。一方、クロダイはヘダイと交雑種がへい死した段階までは全く異常は示さず、さらに比重を降下させてほとんど σ_{15} : 0 になった時点で全個体がへい死した。

なお、各区の実験中の水温は 14.8~15.6°C の範囲にあった。

以上の結果から、クロダイはヘダイに比べて、低塩分耐性が著しく強いことが明らかである。それに対して交雑種の耐性はヘダイと同程度で、クロダイよりも明らかに弱い。

考 察

ヘダイ (♀) × クロダイ (♂) の受精率は約 60% であったが、ふ化率は著しく低く、結局得られたふ化仔魚は 1,000 尾前後に過ぎなかった。さらにワムンに餌付いた仔魚は 200~300 尾に留まったが、その後のへい死は少なく、形態異常魚も認められなかった。一方、同時に行

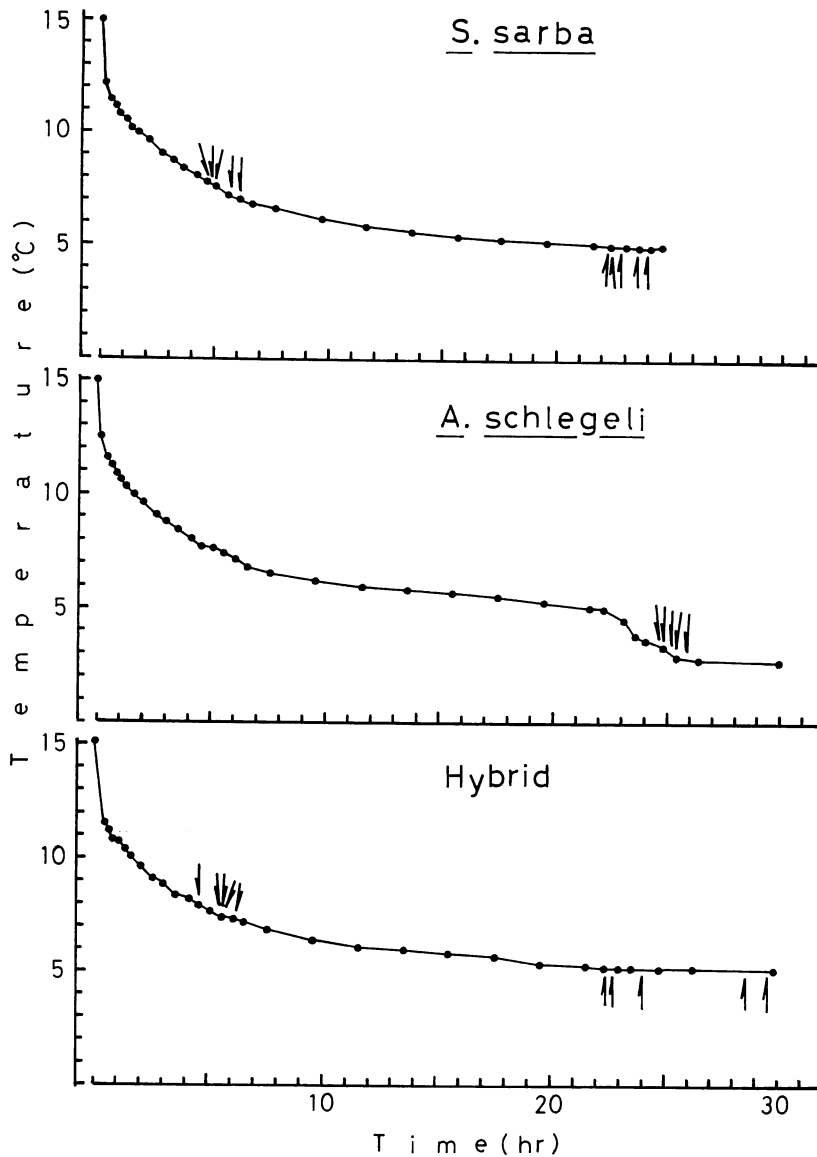


Fig. 5. Comparison of low temperature tolerances in *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrids. Downward arrows showing appearance of an abnormal swimming individual and upward ones, appearance of a dead individual.

ったクロダイ (♀)×ヘダイ (♂) の受精率、ふ化率はそれぞれ 90% と 40% で、上述の逆交配の場合よりも高く、約 27,000 尾がふ化した。しかし、仔魚はほとんど餌付きせず、ふ化後 10 日以内に全個体がへい死した。このように、交雑種は対照のヘダイやクロダイの受精率、ふ化率およびその後の生残率よりも著しく低い傾向を示したが、これが雑種劣勢や雑種致死によるかどうか

は、さらに交配実験を繰り返して明らかにする必要がある。なお、熊井ほか (1971) はクロダイ (♀)×ヘダイ (♂) の交配を試み、その交雑種は少数尾ながら成長し、稚魚期の形態は両親のほぼ中間型を示したという。

ヘダイ (♀)×クロダイ (♂) は、稚魚期以降ほとんどへい死もなく、Fig. 3 のように順調に成長した。本実験は、成長が速いヘダイの長所と、低水温、低塩分に強い

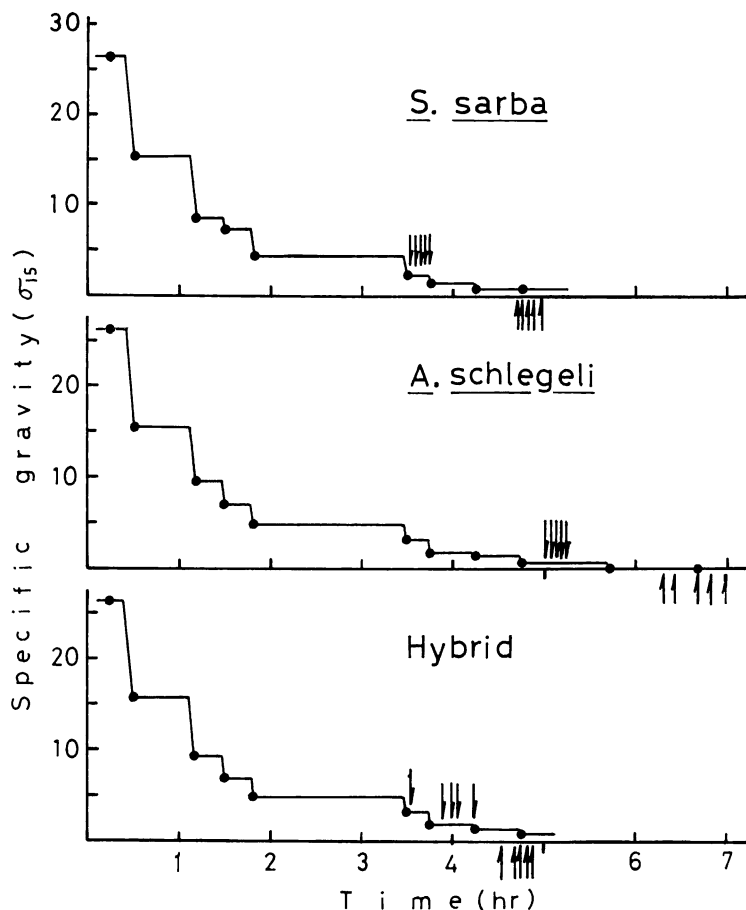


Fig. 6. Comparison of low salinity tolerances in *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and their hybrid. Downward arrows showing appearance of an abnormal swimming individual and upward ones, appearance of a dead individual.

クロダイの長所を兼ね備えた優良な養殖品種ができることを期待して行ったものである。しかし、その結果は外部形態、腸管長、内臓重量等の形態的形質だけでなく、成長や低水温・低塩分耐性等の生理的な諸性質においても母系遺伝が強く、ヘダイに酷似したものになった。したがって、当初期待した新しい養殖品種としての特徴はとくに認められない。

交雑種は、Table 3 に示したように、雌雄とも生殖巣の発達が見られ、雄はすでに精液を分泌した。したがって、今後交雑魚第2代 (F₂) が作られる可能性は強いと考えられる。諸形質の変異が大きいとみられる F₂ の中から、目的形質を有する個体を選別淘汰し、養殖適性品種を作出する試みも今後必要であろう。

今後、海産魚について増養殖適種を作り出し家畜化する

ため、交雑を始めとする育種技法の開発は重要課題の1つと考えられる。したがって、将来多くの種間や属間の交雑実験が予想されるが、交雑魚については諸形質の詳細な測定や記載を行い、帰納的に方向性や法則性を明らかにして行くことが必要と考えられる。

謝 辞

本論文をまとめるに当たり、種々ご助言をいただいた長崎大学水産学部付属水産実験所長千田哲資博士に深謝の意を表す。

引用文献

- 赤崎正人, 1962. タイ型魚類の研究—形態・系統・分類および生態. 京都大学みさき臨海研究所特別報告, 1: 1~368.

北島・塚島：ヘダイとクロダイの交雑種

- 藤田矢郎, 1966, トラフグ属数種の人工交配と雑種幼生の飼育, 昭和 41 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集: 20.
- 原田輝雄, 1964, マダイとクロダイの人工交配について, 昭和 39 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集: 26.
- 原田輝雄, 1974, タイ類の品種改良, 養殖, 11 (10): 50~54.
- 原田輝雄・熊井英水・村田 修・宮下 盛・古谷秀樹, 1971, ブリとヒラマサおよびブリとカンパチの人工交配とふ化仔魚の飼育, 昭和 46 年度日本水産学会春季大会講演要旨集: 38.
- 原田輝雄・熊井英水・村田 修・水野兼八郎・中村元二・宮下 盛・古谷秀樹, 1969, イシダイとクロダイの人工交配とふ化仔魚の飼育, 昭和 44 年度日本水産学会春季講演要旨集: 23.
- 原田輝雄・熊井英水・榎田 晋・村田 修, 1966, マダイとクロダイの交配種とその飼育について, 昭和 41 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集: 19.
- 原田輝雄・古谷秀樹・熊井英水・中村元二, 1970, イシダイとイシガキダイの人工交配とふ化仔魚の飼育, 昭和 45 年度日本水産学会春季大会講演要旨集: 34.
- 原田輝雄・村田 修・宮下 盛, 1973, ヒラマサ (♀) ×カンパチ (♂) の人工交配と仔稚魚の飼育, 昭和 48 年度日本水産学会春季大会講演要旨集: 74.
- 原田輝雄・村田 修・宮下 盛・古谷秀樹, 1971, カンパチとヒラマサの人工交配とふ化仔魚の飼育, 昭和 46 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集: 57.
- 原田輝雄・村田 修・水野兼八郎・熊井英水, 1968, マダイとヘダイの人工交配とふ化仔魚の飼育について, 昭和 43 年度日本水産学会春季大会講演要旨集: 27.
- Kinoshita, Y. 1936, On the conversion of sex in *Sparus longispinis* (Temminck et Schlegel), (Teleostei). Sci. Hiroshima Univ., 4 (5): 67~77.
- Kinoshita, Y. 1939, Studies on the sexuality of genus *Sparus* (Teleostei). Sci. Hiroshima Univ., 7 (2): 25~37.
- 熊井英水・中村元二・原田輝雄・水野兼八郎・村田修・古谷秀樹, 1971, クロダイ ♀×ヘダイ ♂とクロダイ ♀×マダイ ♂の人工ふ化とふ化仔魚の飼育, 昭和 46 年度日本水産学会春季大会講演要旨集: 38.
- 松原喜代松, 1955, 魚類の形態と検索, 1, 石崎書店, 東京, xi+789 pp.
- 鈴木 亮, 1966a, 交雑用材料とその扱い方, 魚類, 水産増殖, 13 (3): 117~119.
- 鈴木 亮, 1966b, 育種学的にみた魚類の交雑, 日本水産学雑誌, 32: 677~688.
- 鈴木 亮, 1979, 水産生物の遺伝と育種, 水産育種の現状と将来, 魚類, pp.114~135, 水産学シリーズ, 26, 恒星社厚生閣, 東京.
- 塚島康生・北島 力, 1982, ヘダイ仔稚魚の飼育と形態の変化, 長崎県水産試験場研究報告, 8:129~135.
- (北島: 855 島原市新田 347-4 長崎水試島原分場; 塚島: 851-05 長崎県野母崎町 730-1 長崎水試増養殖研究所)