

—平成20・21年度 韓国における交雑魚マダイ♀クロダイ♂の増殖普及と経済効果—

村田 修,¹ 金 良洙,¹ Amal Biswas,¹ 滝井健二,¹ 小野 征一郎¹,
澤田好史¹, 山本眞司,¹ 鄭 寛植,²

(養殖グループ, 人工種苗グループ, 流通・リスク分析グループ)

¹ 近畿大学水産研究所, ² 韓国国立全南大学校水産海洋大学

交雑魚マダイ♀クロダイ♂(?)はクロダイより早い成長, マダイより高い高・低水温および低塩分に対する耐性など, 生物学的に優れた特徴を持つことが報告され,^{1,2)} さらに, 高い脂質利用能による低タンパク質とビタミンCの要求性, そして高い大豆粕利用能などを持つことが明らかにされた。²⁾ したがって, このF₁は新しい養殖魚種として注目され, 長期間の低水温期と比較的小さいサイズで出荷される韓国では, 今後の養殖産業の発展に貢献できるものと期待される。

韓国では限られた養殖魚種の多量生産による価格の不安定化, 輸入養殖魚の増加による価格の低迷, そして集約的飼育方式による環境汚染などが大きな問題になっており, 新しい魚種の種苗生産技術の開発に関する研究が注目されている。³⁾

そこで, 本研究では韓国でのF₁の安全な種苗生産や飼育の技術開発に向けた端緒として, F₁のふ化仔稚魚の特性や生残率を高める方法について検討した。

1. ワムシの栄養強化がF₁仔魚の飼育成績に及ぼす影響

本研究では栄養強化および非強化ワムシを給与して, F₁の種苗生産成績に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

親魚 韓国, 慶尙南道統營市の研究協力企業{(株)マリンプラス}で飼育された3~4歳のマダイと約2~3歳のクロダイを親魚として用いた。なお, マダイは近畿大学系で韓国において飼育されたもので, クロダイは統營市近海で採捕された天然クロダイ稚魚を飼育したものである。マダイとクロダイ親魚は2009年2月頃, 陸上の60tコンクリート製角形水槽に, それぞれ42尾と10尾ずつ収容し, 濾過加温海水を1日1~2回転になるように注水した。飼育水温は約3カ月掛けて12°Cから17°Cまで徐々に上昇させた。約3カ月の親魚管理期間に, オキアミやイカを午前中に飽食給餌し, 照明は明期を12時間から16時間まで徐々に延長した。

人工授精 F₁の人工授精を行うため, 成熟卵と精子をそれぞれマダイ10尾(体重4.91651.0 kg)とクロダイ5尾(体重0.61650.1 kg)から採集した。得られたF₁受精卵は約370,000粒であった。水温17.0°Cの加温濾過海水で洗卵してから, 同じく加温濾過海水を満たした0.4tのふ化容器に収容した。

飼育方法および実験区 F₁受精卵を陸路でマリンプラスから全羅南道, 麗水市の全南大学校, 水産増養殖センターまで, およそ3時間かけて運搬した。運搬時には受精卵は10ℓの濾過海水を入れたナイロン袋に約60,000粒ずつ収容し, 酸素を封入してから発泡スチロール箱に梱包して運搬した。受精卵は媒精したのち約19時間で

blastula 期に達した。授精卵は約 30 t のコンクリート製八角形水槽2基に分けて収容し、ふ化時まで緩やかに通気した。水温は 17.5°C であった。

ふ化後 13 日令までの餌料給餌は Fig. 1 に示した。すなわち、栄養強化ワムシ区では、海産クロレラ(Daesang, 韓国)と栄養強化剤(ハイパーグリーン, 日清丸紅, 日本)で約6時間栄養強化したワムシを給餌し、非栄養強化ワムシ区ではパン酵母による通常の一時培養したワムシを給餌した。なお、両区とも飼育水には海産クロレラを添加した (Fig. 1)。

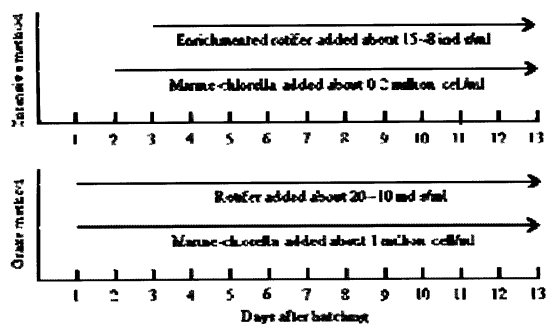


Fig. 1. Feeding protocol during both rearing methods.

卵質および仔魚の測定 F₁ のふ化率、正常ふ化仔魚、形態異常、斃死率などを調べるため、500 ml のビーカーに浮上卵を約 50 粒ずつ収容し、水温 17.5~18.0°C で温置して、ふ化 24 時間後まで観察を行った。ふ化仔魚の各部の体側はふ化当日から 11 日後まで、毎日 3~10 尾を無作為に取り上げ、デジタルカメラ(SZ9, オリンパス, 日本)で撮影し、コンピュータ画像と測定ソフトウェア(a ruler for windows, MS-soft, USA)を用いて、仔魚の全長、体長、卵黄径、卵黄高、油球径、油球高などを測定した。

結果および考察

ふ化後 1 日令までの F₁ の孵化率、正常仔魚率、

形態異常率および斃死率についてみると、いずれの区でもふ化率は 91% 以上と高かったが、正常仔魚率は 31% と低く、逆に、形態異常率が 58% と高かった (Table 1)。

日本における F₁ の研究でも、比較的高い形態異常率が報告されている。本研究で韓国産クロダイ親魚を用いて F₁ を作出しても、これまでと同様に多量の形態異常の仔魚を観測した。したがって、F₁ の種苗量産を目指すには、形態異常をどのように減少させるかがポイントになる。しかし、本研究でその原因について明確にできないが、おそらく、交雑に基づく形態異常が最も大きいと考えられる。

Table 1. Comparison of hatching rate, normal larvae, abnormal larvae and mortality of different rearing methods for F₁

	Rearing method	
	Rotifer enriched	Rotifer
Hatching rate (%) ¹	91.316610.2	92.01667.0
Normal larvae (%) ²	32.71669.8	31.81661.5
Abnormal larvae (%) ³	58.51660.5	58.21667.2
Mortality (%) ⁴	1.21662.1	2.71661.2

¹Hatching rate (%) = 100/166 hatched larvae / stocked buoyancy egg.

²Normal larvae (%) = 100/166 normal larvae / stocked buoyancy egg.

³Abnormal larvae (%) = 100/166 abnormal larvae / stocked buoyancy egg.

⁴Mortality (%) = 100/166 death egg and larvae / stocked buoyancy egg

F₁ 仔魚の全長では、栄養強化および非強化ワムシ給与による区間差は見られなかった (Fig. 2)。多くの海産魚類ではパン酵母を用いて培養したワムシには、高度不飽和脂肪酸の DHA, EPA, ARA などが不足するので、仔魚をこのようなワムシで飼育すると、成長や生残率が大きく低下することが知られている。栄養強化しないワムシでも F₁ 仔魚を飼育できたのは、F₁ 仔魚の高度不飽和脂肪酸要求量は他の海水魚より低いから、ある

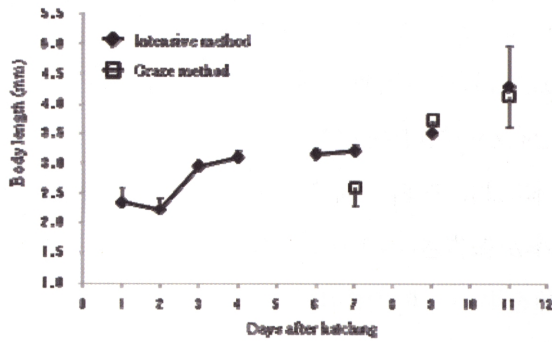


Fig. 2. Daily changes of body length in different rearing methods.

いは、F₁ 仔魚は脂肪酸の鎖長延長・不飽和化できることを示唆するのかもしれない。

2. F₁ とマダイ仔魚の形態変化

本研究では同一成熟卵から作出された F₁ とマダイ稚魚の形態学的な比較を行なった。

材料および方法

供試魚および飼育方法 1.の親魚群から得た F₁ とマダイ親魚から、人工受精によってえた卵を供試した。これらの受精卵を 500 ml ビーカーに 50 粒ずつ収容して、水温 18.51670.3°C でふ化するまで温置した。

形態異常 ふ化した仔魚の形態異常を実態顕微鏡で観察した。正常や形態異常の区分を Fig. 3 に示したように5区分とした。

無給餌生残指数 (SAI) の算出 SAI は下式に基づいて算出した。

この式における N は測定開始時におけるふ化仔魚数、 h_i は i の日目の累積斃死尾数、そして h_t は生残尾数が 0 になるまでの日数である。

結果および考察

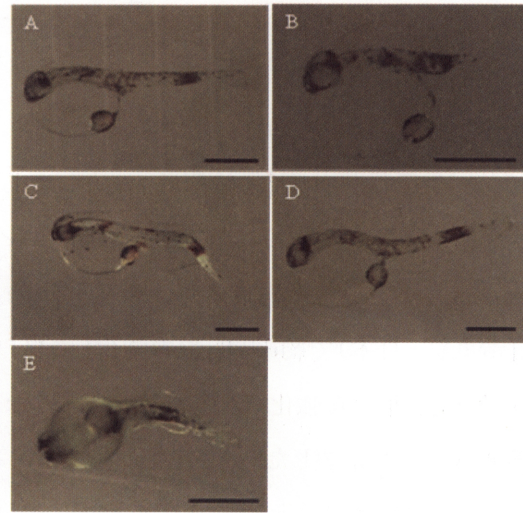


Fig. 3. Examples of normal and abnormal hatching larvae's (A, normal; B, No tail; C, Kyphosis; D, lordosis; E, Scoliosis). Bars indicate 0.5 mm.

F₁ およびマダイ受精卵のふ化率、正常率、斃死率そして形態異常パターンを Table 2 に示した。F₁ やマダイの卵径や油球径に種間差はなく、浮上卵率と発生率はいずれの魚種も 97 と 100% で高かった。しかし、F₁ のふ化率と正常仔魚率はマダイより低く、形態異常率と斃死率は高かった。F₁ とマダイ卵の高い浮上率と発生率から、おそらくマダイの卵質およびクロダイの精子に大きな問題はなかったものと推察される。F₁ の低いふ化率と正常率、高い形態異常率と斃死率は、親魚間染色体の不完全な接合子形成の問題に起因するものと推測される。一方、仔魚の形態異常パターンを見ると、全てのパターンにおいて、F₁ はマダイより高く、しかも、多様な形態異常パターンを観察した。なお、F₁ は Fig. 3 の B に示した尾鰭を欠損した仔魚が、形態異常パターンの過半数以上を占めた。この形態異常は、授精卵の酸素欠乏および物理的、化学的要因では通常発生しない。ふ化後 11 日令までの F₁ とマダイの体長の変化を Fig. 4 に示し、ふ化後卵黄と油球の面積の変化を Fig. 5 に示した。ふ化後 11 日令までの成長には有意な魚種間差はなかった。

Table 2. Comparison of egg quality among F₁ and RSB

	F ₁	RSB
Egg diameter (mm)	0.891680.01	0.891680.01
Oil globule diameter (mm)	0.231680.01	0.231680.01
Buoyancy rate (%) ¹	97.1	99.3
Developmental rate (%) ²	100.0	100.0
Hatching rate (%)*	88.0	100.0
Normal larvae (%)*	24.0	95.4
Abnormal larvae (%)*	64.0	3.1
Mortality (%)*	12.0	1.5
Deformity pattern (%)		
Shortened body condition	38.0	1.5
Kyphosis	18.0	1.5
Lordosis	6.0	0.0
Scoliosis	2.0	0.0

¹Buoyancy rate (%) = 100 - 168 Buoyancy egg / laid egg.

²Developmental rate (%) = 100 - 168 development egg / stocked buoyancy egg.

*refer to table 1.

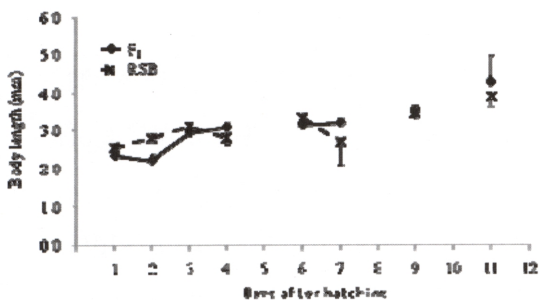


Fig. 4. Daily changes of body length in among F₁ and RSB.

なお、開口を確認したふ化3日後までは、いずれの魚種も卵黄体積の急激な減少と油球体積の僅かな増加が観察された。両魚種の卵黄はふ化5日後に消失したが、マダイの油球はふ化4日後まで、F₁ではふ化7日後までに吸収された。

マダイの卵黄と油球はクロダイと同じように4~5日令頃吸収されることが報告されている。本研究の卵黄の吸収はマダイおよびF₁で一致したが、F₁の油球の吸収に長時間を要した。一般的に、浮性卵は油球の低い比重によって水面に浮上す

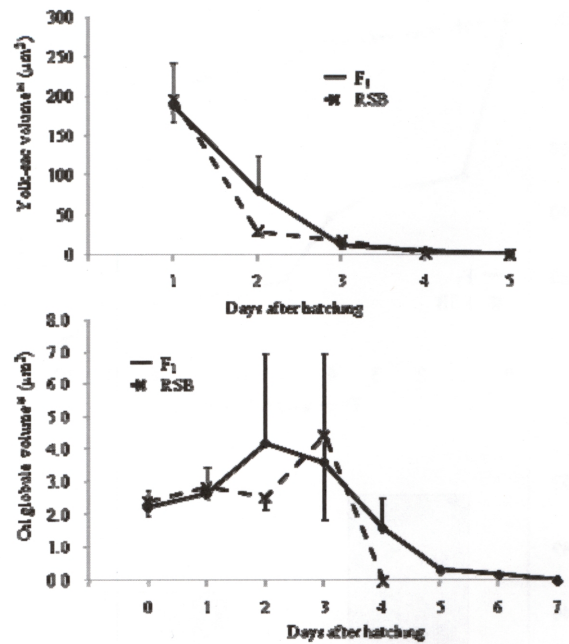


Fig. 5. Comparison of daily changes of yolk-sac and oil globe volume in F₁ and RSB.

*Volumes of the yolk-sac and oil globule were calculated by using the equation for a spheroid, i.e. $V=4/3\pi a^2 b$, where a is half of the maximum length and b is half of the maximum width.

るが、F₁卵における油球吸収の遅れが、形態形成や遺伝子の発現にどのような影響を及ぼすのかは、今後に残された検討課題の一つであろう。

生残率の変化をみると、いずれの魚種もふ化10日後に全数が斃死した、そのパターンに種間差が観察された。また、F₁のSAIはマダイより高かった(Fig. 8)。生残率ではF₁がふ化1日後に多く斃死し、以後、徐々に減少したが、マダイではふ化7日後まで比較的高い生残率で推移した。しかし、ふ化8日から10日後にかけて斃死魚が急激に増加した。

おそらく、両魚種間の生残率変化やSAIの差はTable 2に示した仔魚の形態異常率と関連していると考えられる。すなわち、F₁で観察された形態異常を伴う多くのふ化後は、ふ化5日後までに斃死したと推察される。

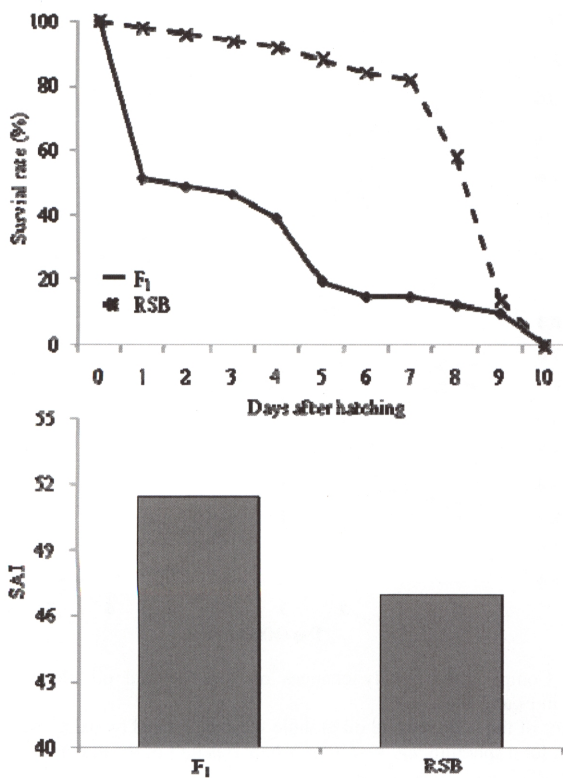


Fig. 8. Comparison of daily change of survival rate and SAI among F₁ and RSB.

3. ふ化水温が F₁ 仔魚の形態異常に及ぼす影響

本研究では飼育水温が F₁ 仔魚の形態異常に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

親魚および人工授精 親魚群や人工授精方法は 1. と同一であったが、親魚飼育およびふ化までの水温は 18.5℃であった。

ふ化水温 18.5℃で人工授精し、その後 20 時間経過した Kupffer 氏包形成期の F₁ 受精卵を 2 L のビーカーに約 100 粒ずつ収容し、弱く通気した。水温は 14.5, 16.5, 18.5, 20.5, 22.5℃の 5 区を設け、各水温につき 2 反復区を設定した。水温の上昇および下降には水槽用ヒーター(アミ商社, 韓国)および自然海水(水温 14℃)を用い 2 時間

に 2℃ずつ変化させた。設定水温に達してからは、各温度に設定した恒温器(501H, アミ商社, 韓国)に移し、水温変化を 1690.3℃に維持した。形態異常 2. の形態上に準じた。

結果および考察

水温の違いによるふ化仔魚のふ化率や正常仔魚、形態異常の発生率を Table 3 に示した。ふ化率では 16.5, 18.5 および 22.5℃区が 84.8, 82.8 および 88.2%と高かった。正常仔魚率では各試験区間で有意差は無かったが 18.5℃区が 35.7%で最も高く推移し、形態異常では 14.5, 18.5 および 20.5℃区が有意的に低かった。ふ化率や正常仔魚率そして形態異常率から、F₁ 受精卵の適正ふ化水温は 18.5℃であることが示された。

ふ化1日後の仔魚全長、体長そして卵黄と油球の体積を Table 4 に示した。ふ化水温による仔魚の全長および体長は 18.5 と 20.5℃区が長く、16.5℃区が有意に短かった。特に、卵黄体積はふ化水温の上昇に伴って減少する傾向があり、22.5℃区で最も小さかった。栄養素の代謝速度に及ぼす水温の影響と、形態発現や機能タンパク質の合成に関する不具合が密接に関連して、形態異常の発生していることが推察できる。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力、ご指導いただきました近畿大学水産研究所と全南大学の教職員に心から深く感謝いたします。

文献

- 1) 村田 修. 海水養殖魚の品種改良に関する研究. 近畿大学水産研究所報告 1998;6:1-102.
- 2) 金 良洙. 交雑魚マダイクロダイの生物および栄養学的研究. 近畿大学博士学位論文 1702009;1-88.

- 3) Park M.-S. The present state and prospect of aquaculture industry in South Sea coastal. In abstract book of KOSEF·JSPS Core Univ. program on Fisheries Science. 2007; 27-31.

Table 3. Comparison of hatching rate, normal larvae and abnormal larvae on different hatching temperature

	Hatching temperature (°C)				
	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5
Hatching rate (%)*	79.11701.9 ^b	84.81703.6 ^a	82.81701.4 ^{ab}	78.41700.1 ^b	88.21701.5 ^a
Normal larvae (%)*	29.41702.2	29.31707.6	35.71700.9	32.31701.5	30.21701.7
Abnormal larvae (%)*	49.71700.4 ^a	55.51704.0 ^b	47.11702.3 ^a	46.21701.6 ^a	58.01700.2 ^b

*refer to table 1.

Table 4. Comparison of total length, body length, yolk-sac volume and oil globe volume of larvae on different hatching temperature

	Hatching temperature (°C)				
	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5
Time for first hatching	59 hr	50 hr	42 hr 30 min	40 hr 50 min	40 hr
Total length (mm)	2.91700.2 ^{ab}	2.71700.1 ^b	2.91700.0 ^a	3.01700.1 ^a	2.81700.1 ^{ab}
Body length (mm)	2.71700.2 ^{abc}	2.61700.1 ^c	2.81700.0 ^{ab}	2.81700.1 ^a	2.71700.1 ^{bc}
Yolk-sac volume (mm ³)*	95.317024.3 ^a	95.217036.7 ^a	67.517012.9 ^b	43.717016.7 ^c	14.91704.7 ^d
Oil globe volume (mm ³)*	2.01700.3 ^a	2.21700.4 ^a	2.31700.4 ^a	2.01700.3 ^a	1.31700.3 ^b

*Volumes of the yolk-sac and oil globule were calculated by using the equation for a spheroid, i.e. $V=4/3\pi ab^2$, where a is half of the maximum length and b is half of the maximum width.