

# 人工育成石斑種魚繁殖之研究 —青點石斑胚胎之發育及與瑪拉巴石斑雜交之比較

葉信利 · 朱永桐 · 丁雲源

## Studies on the Artificial Propagation for Broodstock Establishment of Groupers — The Embryonic Development of Blue- spotted Grouper (*E. fario*) and Comparing with Hybrid (*E. fario* X *E. malabaricus*)

Shinn-Lih Yeh, Yeong-Torng Chu and Yun-Yuan Ting

This paper shows the results of preliminary trials of artificial propagation obtained from female (*E. fario*) and sex reversal treated males (*E. malabaricus*, *E. fario*), and comparison with embryonic development between blue-spotted grouper (*E. fario*) and hybrid (*E. fario* X *E. malabaricus*). The results are summarized as follows:

1. Spawners (*E. fario*) were induce to mature and ovulate, and number of eggs obtained range from 422,000 to 3,450,000, which were stripped for artificial reproduction. According to the efficacy of hormonal injection, the female body weights rapidly increased. Gonadosomatic index (GSI) of the sex reversal males whereas, are  $0.0557 \pm 0.0302\%$  on *E. fario* and  $0.0238 \pm 0.0046\%$  on *E. malabaricus*.
2. Hybrid's fertilization rate and hatching rate were more than blue-spotted grouper, which both eggs were come from same female. In different female spawner's reproduction, hybrid grouper had the highest fertilization rate reached 73.59% and the lowest was blue-spotted grouper only 4.03%. The hatching rate ranged from 0% to 69.0% belong to blue-spotted grouper.
3. Blue-spotted grouper need the time of hatching were 20.17 hours at 27.8°C water temperature, and hybrid need only 19.22 hours. Especially, those eggs were from same female grouper. The developing speed was blue-spotted fast than hybrid before gastrula stage of embryonic developing, and become slow of blue-spotted grouper than hybrid after gastrula stage to hatching.
4. In different parental propagation, the time of hatching of blue-spotted grouper were 19.8 hours at 28.1°C water temperature, and 20.25 hours at 27.9°C. Hybrid grouper need the hatching times were 22.5 hours at 27.0°C water temperature, and only 19.48 hours at 27.5°C.

5. The hatching rate of salinity on the embryo developing of same female parental propagation were hybrid grouper better than blue-spotted grouper, and on the developing stage were 9 somites stage better than gastrula stage. The values of the best hatching rate were 54.0% in 15 ppt salinity on the gastrula stage, and 78.0% on the 9 somites. While salinity below 25 ppt groupers need much times to hatch, and have a good hatching rate.
6. The hatching rate of salinity on the embryo developing of different parental propagation were hybrid grouper more larvae hatched in same time on the 4 somites stage. Those embryo of salinity above 25 ppt had hatched speed fast and survival times short than salinity below 25 ppt. The hatching rate of hybrid grouper were 19 somites stage better than 4 somites stage on the embryo developing.

關鍵字：青點石斑、瑪拉巴石斑、性轉變、人工繁殖、雜交。

Key words: *Epinephelus fario*, *Epinephelus malabaricus*, Sex reversal, Propagation, Hybrid.

## 前 言

人工育成之石斑種魚具有生殖力(葉等, 1990)<sup>(1)</sup>, 又以小型之種魚繁殖出雜交種(*E. fario* × *E. malabaricus*)之石斑苗<sup>(2)</sup>, 充分證明人工培育石斑種魚技術為解決人工繁殖缺乏親魚之可行方法。所以石斑魚繁殖之研究課題則應朝向如何從大量育苗著手, 從以往國內外對石斑魚繁殖之研究<sup>(3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14)</sup>對育苗亦有不少成功例子<sup>(15,16,17,18)</sup>而在研究中皆強調胚胎發育及早期稚苗生活史之重要<sup>(19,20)</sup>, 尤其因石斑魚比一般海水魚類之浮性卵與孵化率都低(呂, 1990)<sup>(21)</sup>, 故優良的卵質及胚胎發育之狀況愈顯的重要。通常欲得優良的卵質, 除親魚營養的需求外, 尚要對環境所造成的壓迫(stress)因子加以控制, 避免阻礙卵之正常發育以提昇卵質; 而胚胎之發育狀況除需減少及避免受精卵操作傷害, 更重要的就是對胚胎發育之整個過程要有充分了解, 認知發育各期之特徵, 而能加以必要防範與處理, 如有些魚類在胚胎孵化前適合搬運, 而在孵化後一搬運死亡率就急增<sup>(22)</sup>, 鯛類對受精卵處理不當, 則孵化仔魚畸形量及死亡大增<sup>(23)</sup>, 又石斑魚孵化期間因水流太強或打氣控制不佳, 造成機械傷害以及搬動方式欠妥往往死亡率甚高<sup>(24)</sup>。

另胚胎發育之研究對魚類早期生活史及分類學上之探討是不可或缺的, 特別在雜交種及本種間之差異, 常常需藉著胚胎發育之特性以了解彼此異同, 如曾(1983)<sup>(25)</sup>就提到雜交之石斑魚(*E. amblycephalus* × *E. akaara*)較單種具有許多優點, 日本<sup>(26)</sup>亦從事紅斑(*E. akaara*)與其他種之雜交, 完成許多新魚種。本研究就是在已完成青點石斑(*E. fario*)與瑪拉巴石斑(*E. malabaricus*)之雜交繁殖試驗後(葉等, 1990), 進一步探討比較單種與雜交種間之差異, 利用同樣方法使人工培育之石斑種魚, 採促進性轉變技術培育雌性種魚做為繁殖用親魚, 進行人工繁殖研究。除進行一般繁殖試驗外, 在葉等(1990)<sup>(2)</sup>已完成雜交種石斑之胚胎研究後, 青點石斑之胚胎發育過程更顯重要。同時除彼此間胚胎之比較外, 探研單種與雜交種兩者間之異同益刻不容緩, 為使胚胎發育比較時之條件儘量相似, 有用同一尾雌魚為親魚所產之卵, 採二種不同雄魚之精子進行人工授精; 及使用不同雌親魚之卵行人工繁殖來了解發育過程; 另以不同鹽度處理胚胎, 以觀察胚胎在發育期間因鹽度改變之刺激對孵化所造成之影響, 做為大量育苗之基礎參考。

## 材料與方法

### 材 料

雌青點石斑 (*E. fario*) 10 尾，魚齡在 4~8 齡間，係以往魚塢內持續蓄養之魚，其體重分布在 4.20 公斤以上 5.00 公斤以下者二尾，5.00~6.00 公斤也有二尾，6.90 公斤一尾，7.40 公斤以上 7.90 公斤以下之魚三尾，另 10.00 公斤以上者二尾，其中有幾尾已為去年產過卵，並經人工授精有孵化出魚苗。

雄性石斑魚則有瑪拉巴石斑 (*E. malabaricus*) 8 尾，青點石斑 (*E. fario*) 10 尾，魚齡在 2~3 齡間，體重分布在 1.10 公斤至 3.20 公斤間，平均體重瑪拉巴石斑  $2.26 \pm 0.17$  公斤，青點石斑平均體重為  $1.69 \pm 0.12$  公斤。乃 1989 年 9 月購自高雄縣永安地區養殖戶魚塢內所養成之石斑魚，並於臺南分所培育至 1990 年 6 月當雄性種魚使用。

### 方 法

#### 一、雄魚培育：

將欲培育成雄性種魚之石斑魚於 1989 年元月，依埋植法促進性轉變之技術<sup>(27)</sup>將含有雄性素 (androgen) 之荷爾蒙藥粒 (pellet) 植入魚體內，所使用荷爾蒙種類為混合雄性素 (mixing androgen)，其配方及製法則參照葉等 (1989)<sup>(28)</sup>，埋植劑量以魚體重每 10~20 mg/kg 等不同劑量行魚體單邊植入。

性轉變結果之觀察，依從生殖腺是否能採到精子及生殖腺發育狀態判斷，並計算生殖腺成熟指數 (gonadal somatic index, GSI)， $GSI = (\text{生殖腺重} / \text{體重}) \times 100\%$ 。

#### 二、促進成熟與排卵：

於繁殖季節選擇成熟雌性石斑魚，以其卵徑及卵黃蓄積程度為依據，在卵巢內多數卵粒卵徑達 400  $\mu\text{m}$  以上或發育達第三卵黃球期 (tertiary yolk stage) 時，以胎盤性腺激素 (human chorionic gonadotropin, HCG) 及血清性腺激素 (pregnant mare serum gonadotropin, PMSG)，行背肌注射促進卵最後成熟，並達到排卵之目的，通常雌魚在注射 3 針後，若無反應即予放棄。雄魚則在雌魚注射一針後，選捕已經性轉變處理之石斑魚以胎盤性腺激素配合雌魚催熟處理間隔 24 小時注射 1 針，以增強其精子活力。

#### 三、人工授精：

已成熟之雌魚腹部凸出柔軟且生殖孔泛紅擴大，以塑膠軟管吸取卵粒進行鏡檢，若卵已臻成熟則施行人工採卵，並計算採卵數。

精子之採得乃預估雌魚即將採卵之時間，先將經催熟之雄魚麻醉，解剖取出生殖腺，取少許精液置顯微鏡下觀察精子活力與數目。

在卵與精子俱有下，行乾導法將精子加在成熟卵上，充分攪拌並加入適當海水完成授精過程，之後充分洗卵，爾後置卵於玻璃缸內讓壞卵及未受精卵沉底，再虹吸出並加以計數。最後將浮於上層的受精卵分置於 2.50 噸桶及 0.50 噸之塑膠方桶內以止水打氣方式孵化，並估算其受精率與孵化率，受精率之計算是以浮卵率為代表。孵化率為任意撈取少許浮性卵，分置於 1 升燒杯中，俟 24 小時後分別計算死卵及魚苗數。

$$\text{浮卵率 (Pelagic egg rate \%)} = (\text{浮性卵數} / \text{採卵數}) \times 100\%$$

$$\text{孵化率 (Hatching rate \%)} = [\text{魚苗數} / (\text{死卵數} + \text{魚苗數})] \times 100\%$$

#### 四、胚胎發育：

石斑魚受精卵之細胞分裂及胚胎發育，則依每一階段之特性而加以描述，比較則以主要之細胞分裂期、桑實期、胚囊期、原腸期、器官形成期及孵化等幾期之所需時間加以區別，另不同鹽度及發育級之孵化率亦做為比較之方法。

## 結 果

### 一、親魚催熟

雌青點石斑於成熟季節施以胎盤性腺激素注射促進最後成熟（表 1），共催熟 10 尾其體重皆在 4.20 公斤以上。荷爾蒙劑量由 430 IU/kg 至 1116 IU/kg，注射 2~3 針依卵之卵徑大小及成熟度而定。結果 10 尾中有 7 尾可採得卵，1 尾過熟，2 尾卵未排出而退化，其中採得卵之魚中，有 1 尾在 7 月及 8 月各採得 1 次卵。產卵數以 345 萬粒最多，最少為 42 萬 2 千粒，而產卵或採卵次數為 1 至 3 次，一般注射第一針後 48 小時至 72 小時魚開始排卵，與最初之卵徑有很大關係，如第 10 尾最初卵徑在 0.40 mm 以下雖經注射 2 針最後卵還是退化掉；於 0.40 mm 以上時則都可促成最後成熟，且以卵徑越大越佳。又魚體重在注射第 2 針後急遽增加有 5 尾皆可採得卵，另 1 尾體重只稍增加則卵最後過熟；魚體重不變 2 尾，只有 1 尾產卵；體重減輕者有 4 尾，其中有 2 尾產卵，所以體重之急增亦代表著催熟之效果。對於卵之取得以自然產卵及人工採卵並行，成熟卵為透明浮性卵，卵徑 900  $\mu\text{m}$ ，油球一粒 250  $\mu\text{m}$ 。

雄魚培育以雄性素促進性轉變及以胎盤性腺激素注射來增加精子量（表 2），做為雄魚培育之石斑魚共 18 尾，魚齡皆在 2~3 齡間，每隔 24 小時注射胎盤性腺激素一針，荷爾蒙劑量由魚體重 800 IU/kg~1813 IU/kg，注射後隔天採精。共採得 7 尾石斑魚之精子，其中瑪拉巴石斑 3 尾及青點石斑 4 尾。經性轉變之石斑魚生殖腺成熟指數，瑪拉巴石斑平均為  $0.0238 \pm 0.0046\%$ ；青點石斑平均為  $0.0557 \pm 0.0302\%$ ，且以採得精子之生殖腺成熟指數值皆較未採得精子之值高，瑪拉巴石斑平均高出 0.0050%，青點石斑平均高出 0.0523%；又生殖腺成熟指數青點石斑之值平均約為瑪拉巴石斑之 2.34 倍，其中以第 14 尾之青點石斑成熟最佳，精子量多生殖腺成熟指數值高達 0.206%。至於魚體重之增加受荷爾蒙之刺激並不若雌魚明顯。

### 二、繁殖力

在石斑魚之卵與精子俱存下試行人工授精，其結果如表 3 所示，由 6 月至 8 月共施行 6 次，其中第一尾雌魚之卵分別讓 2 尾不同石斑魚種之精子人工授精，卵以採卵方式取得，採卵數由 42 萬粒至 344 萬粒，經乾導法人工授精，受精率為青點石斑之 4.03% 最低，最高為雜交種石斑之 73.59%；孵化率最高為 69.00%，最低為 0，皆為青點石斑。其中第一次繁殖比較，雜交種石斑之受精率及孵化率皆比青點石斑本種要高；餘幾次授精中之受精率仍以雜交種石斑高（第 3，5 次），但在孵化率第 3 次試驗却明顯下降，而第 5 次仍有 63.30% 之高孵化率。另在青點石斑除第 2 次之受精率 50.75% 及孵化率 69.00% 外，餘受精率及孵化率全在 30.00% 以下。

### 三、胚胎發育比較

#### (一) 同卵源胚胎

同一雌親魚卵來源之青點石斑及青點石斑與瑪拉巴石斑雜交的胚胎發育至孵化，於水溫 27.8°C 時，青點石斑需 20.17 小時，雜交種石斑則只要 19.22 小時。青點石斑胚胎發育之各期特徵如相片 1 所示；雜交種石斑（葉等，1990）<sup>(2)</sup> 已描述且與青點石斑類似。表 4 為胚胎各階段之發育，青點石斑之卵受精後 42 分鐘開始第一次分裂成為 2 細胞期（相片 1-1），雜交種石斑約要 47 分鐘；第二次分裂青點石斑於 47 分鐘時進行（相片 1-2），雜交種石斑受精卵變成 4 細胞期則需 55 分鐘；8 細胞期青點石斑於 52 分鐘進行（相片 1-3），雜交種石斑之受精卵則於 60 分鐘時開始；第四次細胞分裂青

表1 1990年青點石斑荷爾蒙催熟及產卵試驗

Table 1 Summary of hormonal treatments for induced ovulation trials on *Epinephelus fario* in 1990.

Trial No.	Date	Body Weight (Kg)	IOD (mm)	Specific dose (IU/Kg BW)	No. of eggs spawned ( X 10 <sup>3</sup> )	Remarks
1	05/30	7.40	.50-.60	946PU	3,450	Stripped, OD:0.90
	05/31	7.50	.60-.66	933PU		
	06/01	8.30	.80-.85	482PU		
2	06/02				783	Stripped, OD:0.90
	06/05	4.20	.50-.52	952PU		
	06/06	4.25	.50-.60	941PU		
	06/07	4.65	.80-.85	430PU		
	06/08					
	08/01	4.48	.40-.50	1116PU		
	08/02	4.46	.46-.50	1009PU		
	08/03	4.46	.50-.52	1009PU		
	08/04	4.40	.50-.56			
	08/05	4.38	.41-.50			
3	08/06	4.38	.40-.50	913PU+457PE	422	Stripped, OD:0.90
	08/07		.45-.50			
	06/21	10.00	.40-.50	1000PU		
	06/22	9.80	.40-.50	1020PU		
	06/23	9.90	.80-.85	1010PU		
4	06/24				531	Stripped, OD:0.90
	07/03	7.50	.42-.47	1067PU		
	07/04	7.50	.48-.50	1067PU		
	07/05	7.80	.80-.85	1026PU		
	07/06					
	08/08	7.90	.45-.49	1013PU		
5	08/09	7.80	.45-.50	1026PU	715	Stripped, OD:0.90
	08/10	7.80	.70-.80	513PU		
	08/11					
	07/03	5.90	.42-.52	1017PU		
6	07/04	6.00	.52-.55	1000PU	1,313	Naturally spawned
	07/05	6.30	.80-.85	476PU		
	07/06					
	07/06					
7	07/09	4.20	.49-.50	952PU	657	Stripped, OD:0.90
	07/10	4.25	.40-.50	941PU		
	07/11	4.28	.60-.65	935PU		
	07/12	4.32	.80-.90	926PU		
	07/13	4.30	.80-.90	930PU		
	07/14	4.30	.80-.90			
	07/15	4.30	.82-.90	930PU		
	07/16	4.28	.80-.90			
	08/01	7.90	.45-.55	1013PU		
	08/02	7.90	.49-.62	1013PU		
8	08/03	7.90	.82-.83		357	Naturally spawned OD:0.90
	08/04					
	08/04					
9	08/04	10.90	.31-.55	459PU+184PE	600	Naturally spawned OD:0.90
	08/08	10.70	.40-.50	935PU		
	08/10	10.90	.85-.90			
10	08/10				98	Stripped OD:0.90
	08/28	5.90	.40-.50	1017PU		
	08/29	5.90	.48-.55	1017PU		
	08/30	6.30	.85-.90	476PU		
	08/31					
11	09/18	8.90	.10-.40	1015PU	365	Stripped OD:0.90
	09/19	6.85	.45-.50	584PU		
	09/20	6.70	.50-.65			

IOD : Initial oocyte diameter

OD : Oocyte diameter in mm

PU : Puberogen ( trade name )

PE : Peamex ( trade name )

GVBD : Germinal vesicle breakdown

表 2 1990 年雌性石斑魚荷爾蒙催熟試驗

Table 2 Summary of hormonal treatments for induced maturation on male groupers in 1990.

Trial No.	Species	Body Weight (kg)	Age	Injection		Sperm (+/-)	GSI %	Implantation Date	Androgen Dose mg/kg BW
				Date	Dose IU/kg BW				
1	E. m.	1.70	2 +	05/31	1176 PU			01/11	25.1
		1.70		06/01		+	0.029		
2	E. m.	2.45	2 +	06/18	816 PU			01/17	19.4
				06/21	816 PU				
		2.50		06/23	800 PU				
3	E. m.	3.20	2 +	07/04	938 PU	+	0.032	01/09	10.6
		3.15		07/05	952 PU				
		3.10		07/06		-	0.016		
4	E. m.	2.60	2 +	07/04	1154 PU			01/11	20.0
		2.60		07/05	1154 PU				
				07/06		+	0.017		
5	E. m.	2.25	2 +	07/10	889 PU			01/17	9.1
		2.20		07/11	909 PU				
		2.20		07/12	909 PU				
6	E. m.	2.00	2 +	08/02	1000 PU			01/11	20.0
		1.95		08/03	1026 PU				
		2.00		08/05	1000 PU				
7	E. m.	1.80	2 +	08/02	1111 PU			01/11	21.1
		1.80		08/03	1111 PU				
		1.95		08/30	1026 PU				
8	E. m.	2.15	2 +	08/29	930 PU			01/17	10.1
		2.15		08/30	930 PU				
				08/30		-	0.010		
9	E. f.	1.35	2 +	05/31	1111 PU			01/15	20.7
				06/01		+	0.039		
10	E. f.	1.90	2 +	06/01		-	0.022	01/09	20.0
11	E. f.	1.20	2 +	06/06	833 PU			01/17	20.0
				06/07	833 PU				
12	E. f.	1.80	2 +	06/06	1111 PU			01/17	19.5
				06/07	1111 PU				
				06/08		+	0.028		
13	E. f.	2.00	2 +	07/04	1000 PU			01/17	20.0
		1.95		07/05	1026 PU				
				07/06		+	0.206		
14	E. f.	1.80	2 +	07/04	1111 PU			01/11	22.0
		1.70		07/05	1176 PU				
				07/06		-	0.019		
15	E. f.	1.10	2 +	07/10	1818 PU			01/15	20.0
		1.10		07/11	1818 PU				
		1.10		07/12	1818 PU				
16	E. f.	1.54	2 +	08/02	947 PU			01/11	20.0
		1.60		08/03	938 PU				
		1.56		08/05	1282 PU				
17	E. f.	1.90	2 +	08/02	1053 PU			01/11	10.0
		1.88		08/03	1064 PU				
		1.95		08/03	1026 PU				
18	E. f.	2.35	2 +	08/09	851 PU			01/11	20.5
		2.30		08/10	870 PU				
				08/11		+	0.020		

PU : Puberogen ( trade name )

E.m.: *Epinephelus malabaricus* ; E.f.: *Epinephelus fario*

表3 石斑魚之繁殖與雜交試驗

Table 3 The artificial propagation of groupers test in 1990.

Trial No.	Date	Female		Male		Egg of Stripped ( $\times 10^3$ )	Pelagic egg rate (%)	Hatching rate (%)
		Species	BW (kg)	Species	BW (kg)			
1	06/02	E. f.	8.30	E. f.	1.35	2,200	30.00	28.00
				E. m.	1.70	1,245	39.20	64.00
2	06/08	E. f.	4.65	E. f.	1.80	783	50.75	69.00
3	06/24	E. f.	9.90	E. m.	2.50	422	73.59	13.04
4	07/06	E. f.	7.80	E. f.	1.95	531	4.03	0.00
5	07/06	E. f.	6.30	E. m.	2.60	657	70.44	63.30
6	08/11	E. f.	7.80	E. f.	2.30	715	24.56	19.64

BW : Body weight

E. : *Epinephelus malabaricus*E. : *Epinephelus fario*

表4 同卵來源之青點石斑與雜交種石斑之胚胎發育

Table 4 Cleavage and embryonic development of blue-spotted grouper (*Epinephelus fario*) and hybrid (*E. fario*  $\times$  *E. malabaricus*), which were from same female parent (*E. fario*) in June-02, 1990.

Species (Male)	E. f. (♂)	E. m. (♂)	Appearance characteristics
Air temperature	30.4°C	30.4°C	
Water temperature	27.8°C	27.5°C	
Development stages	Time after fertilization (minutes)	Time after fertilization (minutes)	
Fertilized eggs			The eggs absorbs water and expands, transparent, pelagic
2 - cell	42	47	First cleavage
4 - cell	47	55	Second cleavage
8 - cell	52	60	Third cleavage
16 - cell	60	80	4th cleavage
32 - cell	72	97	5th cleavage
64 - cell	87	107	6th cleavage
128 - cell	110	143	Cells getting small
Morula	140-175	180-175	Cells small, numerous
Blastula	220	220-270	Blastodisc formation.
	270-285	285-315	Blastodisc expands, about 1/3
Gastrula	325	370	Blastodisc expands, about 2/3
	360-452	452	Blastodisc expands, about 3/4
Embryonic formation	495	495	periblast is being established
			Germ ring, embryonic shield formed and blastopore just opening
	535	535	Embryo formed
	590		Embryonic length extended 3/4
Organogenesis	625	590	Embryo extended whole
		625	Eye and Kupffer's vesicle formed, somites forming
	672-715	670	4-9 somites
	745	715	9 somites
	775-790	745-765	Over 9 somites
	820	790	Neural reel visible
	885	820	Tail free from yolk sac
	900	880	19 somites, optical lens distinct
	985	890	Auditory vesicle formation
Embryonic movement	1045-1135	915-1135	Motility, muscular contraction
Hatching	1210	1153	Embryonic movements increasing. larvae emerges, heart beating 85-90/min.

E. f. : *Epinephelus fario*E. m. : *Epinephelus malabaricus*

點石斑於 60 分鐘時 (相片 1-4)，雜交種石斑之受精卵即於 80 分鐘時進行；細胞第五次分裂進入 32 細胞期，青點石斑需 72 分鐘 (相片 1-5)，雜交種石斑要 97 分鐘；青點石斑受精卵第 6 次細胞分裂於 87 分鐘時 (相片 1-6)，雜交種石斑則於 107 分鐘時，128 細胞期之分裂，青點石斑發生於 110 分鐘 (相片 1-7)，細胞已開始變小，雜交種石斑則於 143 分鐘時進行；青點石斑於 140 ~ 175 分鐘進入桑實期 (morula) (相片 1-8, 9)，雜交種石斑則於 160 ~ 175 分間，細胞已巨量變小，在此期前青點石斑胚胎發育之速度遠快於雜交種石斑。於 220 分鐘後皆分裂至胚囊期 (blastula)，由胚盤 (blastoderm) 形成 (相片 1-10) 至胚盤覆蓋卵黃面積達二分之一 (相片 1-11, 12) 稱之，此期雜交種石斑之細胞分裂速度只稍緩於青點石斑。由胚囊期分化後進入原腸期 (gastrula)，係胚盤覆蓋卵黃面積三分之二 (相片 1-13) 至四分之三 (相片 1-14) 時，青點石斑所需時間為 325 ~ 452 分鐘，雜交種石斑則需 370 ~ 452 分鐘，此時卵已分裂出現胚盤及外胚 (periblast) 兩類細胞。於 495 分鐘後青點石斑及雜交種石斑胚胎皆分裂至胚體形成期 (embryonic formation)，此時由增生環 (germ ring) 形成胚體原形，胚孔 (blastopore) 亦出現於胚形尾端 (相片 1-15)。青點石斑在 536 分鐘時胚體形成 (相片 1-16)，而在 590 分鐘時胚體延長達卵徑四分之三 (相片 1-17)，雜交種石斑則延長至頂。胚胎之器官形成期 (organogenesis) 在 625 分鐘時開始，首先眼及庫氏胞 (eye and kupffer's vesicle) 形成 (相片 1-18)，體節 (somite) 亦逐漸明顯，青點石斑於 672 ~ 715 分鐘形成 4 ~ 9 體節期，雜交種石斑則於 670 分鐘時已達此分裂，並且之後胚胎分裂速度漸比青點石斑之胚胎發育快，如 745 分鐘時青點石斑為 9 體節 (相片 1-19)，雜交種石斑只需 715 分鐘；775 ~ 790 分鐘時，青點石斑分裂剛超過 9 體節 (相片 1-20)，比雜交種石斑約慢了 30 分鐘，當神經脊 (neural reel) 明顯時青點石斑要花 820 分鐘 (相片 1-21)，雜交種石斑只需 790 分鐘；當尾部脫離卵黃囊時 (相片 1-22)，青點石斑約於 885 分鐘，雜交種石斑則於 820 分鐘時；在 900 分鐘時青點石斑之眼區及 19 體節形成 (相片 1-23)，雜交種石斑則不超過 880 分鐘；又分裂至耳胞 (auditory vesicle) 形成時 (相片 1-24) 為器官形成期完成時，青點石斑需 985 分鐘，雜交種石斑已快了許多，只需 890 分鐘。之後於 1045 ~ 1135 分鐘為青點石斑胚體蠕動期 (embryonic movement) (相片 1-25, 26)，雜交種石斑之胚體蠕動期則在於 915 ~ 1135 分鐘時。最後於 1135 分時雜交種石斑魚首先孵出，青點石斑則等至 1210 分鐘時第一尾魚苗才孵化出 (相片 1-27 ~ 30)。可見在整個胚胎發育過程中，雜交種石斑於胚囊期前所需時間皆比青點石斑多，而於原腸期發育速度趨快，以後之胚體形成期、器官形成期、胚體蠕動期及至孵化所需時間反而少。

### (二) 不同卵源胚胎

不同卵來源之胚胎發育如表 5 所示，同一魚種在不同水溫，其孵化所需時間不同，不同魚種間所耗時間亦不同。在細胞分裂期之開始以青點石斑 (40 ~ 42 分) 比雜交種石斑 (50 ~ 58 分) 發育要早，此期所需時間相差約 10 ~ 20 分鐘。桑實期 (morula) 則出現水溫較高發育速度加快，尤其青點石斑明顯在後桑實期 (post morula) 約快了 100 分鐘，雜交種石斑相差不大。胚囊期 (blastula) 雜交種石斑則出現有水溫差異，水溫高者約快 20 ~ 60 分鐘，而青點石斑在此期發育仍較雜交種石斑快，尤其水溫較高組只需 293 ~ 408 分鐘。當分裂至原腸期 (gastrula) 時，低水溫之雜交種石斑胚胎發育趨緩 (510 ~ 560 分)，高水溫之胚胎發育變快 (448 ~ 480 分)，所需時間漸接近青點石斑之發育所需時間 (420 ~ 465 分)，相差不到 20 分鐘。雜交種石斑高水溫組之胚胎於胚體形成期 (embryonic formation) 已變得發育最快 (490 ~ 495 分)，而低水溫之胚胎卻也是發育最慢 (572 ~ 630 分)；青點石斑則高水溫之胚胎 (509 ~ 553 分) 比低水溫組稍快 10 分鐘。在器官形成期 (organogenesis) 則發育所需時間因水溫之差愈趨明顯，雜交種石斑之胚胎高水溫比低水溫已快了約 235 分鐘，青點石斑也快約 100 分鐘。在孵化前之胚體蠕動期 (embryonic movement)，高水溫之青點石斑胚胎需 962 ~ 1085 分鐘，雜交種石斑胚胎為 976 ~ 1115 分鐘；低水溫之胚胎青點石斑則為



表 5 青點石斑與雜交種石斑之不同卵來源的胚胎發育

Table 5 Comparing the time of embryonic development between blue-spotted grouper (*Epinephelus fario*) and hybrid (*E. fario* × *E. malabaricus*), which were from different parents in 1990.

Date	06/08	06/24	07/06	08/11	
Species ( Female )	E. f.	E. f.	E. f.	E. f.	Remarks
( Male )	E. f.	E. m.	E. m.	E. f.	
Water temperature	27.9 °C	27.0 °C	27.5 °C	28.0 °C	
Development stages of embryo	Time after fertilized (minutes)	Time after fertilized (minutes)	Time after fertilized (minutes)	Time after fertilized (minutes)	
Cell cleavage	40 ~ 140	58 ~ 155	50 ~ 153	42 ~ 130	2-cell ~ 128-cell
Morula	165 ~ 345	180 ~ 310	160 ~ 317	140 ~ 242	Multi-cell ~ post morula
Blastula	375 ~ 495	390 ~ 502	371 ~ 435	293 ~ 408	Blastodisc expands, about 1/3 ~ 1/2 yolk
Gastrula	440 ~ 465	510 ~ 560	448 ~ 480	420 ~ 458	Blastodisc expands, about 2/3 ~ 3/4 yolk
Embryonic formation	480 ~ 563	572 ~ 630	490 ~ 495	509 ~ 553	Embryonic shield visible ~ embryo formed
Organogenesis	572 ~ 1065	645 ~ 1160	517 ~ 925	583 ~ 950	Eye and Kupffer's vesicle formed ~ auditory vesicle formation
Embryonic movement	1098 ~ 1155	1170 ~ 1245	976 ~ 1115	962 ~ 1085	Motility, muscular constraction
Hatching	1210	1335	1168	1139	Hatching begin
	1215	1350	1169 ~ 1181	1188 ~ 1220	Larvae emerges

E. f. : *Epinephelus fario*E. m. : *Epinephelus malabaricus*

1098 ~ 1155 分鐘，雜交種石斑為 1170 ~ 1245 分鐘。最後是以高水溫之青點石斑胚胎先達孵化階段，次之為高水溫之雜交種石斑胚胎，再來為低水溫之青點石斑胚胎，最慢為低水溫雜交種石斑之胚胎，但真正最快大量孵化出魚苗的為高水溫之雜交種石斑胚胎約 1169 分鐘（19.48 小時），再來為高水溫青點石斑胚胎之 1188 分鐘（19.8 小時），低水溫青點石斑之 1215 分鐘（20.25 小時），最後為低水溫之雜交種石斑胚胎約需 1350 分鐘（22.5 小時）。故原腸期以後高水溫之雜交種石斑胚胎發育變快至胚體形成期及器官形成期時已超越青點石斑。

#### 四、鹽度對孵化率之影響

胚胎發育受不同鹽度刺激之孵化率如表 6 所示，同一卵來源之青點石斑及雜交種石斑胚胎之孵化率在不同發育級及不同鹽度下，皆以雜交種石斑較高。於原腸期（gastrula）時之孵化率以雜交種石

表6 鹽度對胚胎不同發育級之孵化率

Table 6 Comparing the hatching rate between blue-spotted grouper (*Epinephelus fario*) and hybrid (*E. fario* × *E. malabaricus*), which were treated with salinity on the developing of embryo in 1990.

Trial No	Species		Development stage	Number of eggs	Times after fertilized (hours)	Hatching rate (%)									
	Female (♀)	Male (♂)				Salinity									
						10‰	15‰	20‰	25‰	30‰	35‰	40‰	45‰		
1	E.f.		Gastrula	50	21.50						2.0				
					32.77					2.0					
			9 Somites	50	20.83			8.0		2.0	4.0	4.0	4.0		
					32.77			20.0	46.0	14.0	16.0	40.0	20.0	36.0	
	E.m.		Gastrula	50	21.17			2.0		2.0	6.0	6.0	4.0		
					32.77			54.0	34.0	24.0	32.0		22.0	8.0	
			9 Somites	50	19.97					10.0	2.0	2.0		2.0	
					20.97			2.0	4.0					8.0	6.0
			32.77			78.0	46.0	58.0	74.0	54.0	40.0	50.0			
2	E.f.	E.f.	4 Somites	50	23.58				32.0	30.0	18.0	24.0			
					25.57	20.0 <sup>b</sup>	18.0 <sup>b</sup>	80.0 <sup>b</sup>							
			4 Somites	15	29.70			20.0 <sup>d</sup>							
					55.58	80.0	96.0	32.0	70.0	66.0	72.0	66.0			
			32.77			64.0 <sup>d</sup>	2.0 <sup>d</sup>		68.0 <sup>d</sup>	42.0 <sup>d</sup>	52.0 <sup>d</sup>	60.0 <sup>d</sup>			
			4 Somites	15	29.70	53.3	66.7	80.0	80.0	73.3	46.7	53.3			
														20.0 <sup>d</sup>	
					49.20	53.3	66.7	80.0							
						20.0 <sup>d</sup>	13.3 <sup>d</sup>								
59.45	26.7	53.3 <sup>b</sup>			80.0 <sup>b</sup>										
	13.3 <sup>d</sup>														
3	E.f.	E.m.	19 Somites	15	78.45			13.3 <sup>b</sup>	46.7 <sup>b</sup>						
					30.67	66.7	80.0	40.0	80.0	73.3	53.3	33.3			
			32.77			50.17	66.7	73.3	73.3	80.0	73.3				
							13.3 <sup>d</sup>			13.3 <sup>d</sup>	6.7 <sup>d</sup>				
			60.10			60.10	53.3	73.3	66.7	66.7	60.0				
									6.7 <sup>d</sup>	6.7 <sup>d</sup>	6.7 <sup>d</sup>				
			79.05			79.05	46.7	40.0	33.3		13.3				

<sup>b</sup> : Sink in bottom<sup>d</sup> : Dead after hatchedE. f. : *Epinephelus fario*E. m. : *Epinephelus malabaricus*

斑在鹽度 15 ppt 之 54.0 % 最高，且鹽度低於 30 ppt 比高鹽度之孵化率較佳。另在 9 體節期 (9 somites) 之各鹽度的孵化率明顯比原腸期時高，此期之孵化率青點石斑於鹽度 20 ppt 之 46.0 % 最高，鹽度 30 ppt 之 16.0 % 最低；雜交種石斑則以鹽度 15 ppt 之 78.0 % 最高，鹽度 40 ppt 之 40.0 % 最低。又鹽度對孵化時間亦有影響，在雜交種石斑胚胎之 9 體節期，鹽度在 25 ppt 以上於 19.97 小時已有孵化苗，而在鹽度 25 ppt 以下則並未見孵化。

不同卵來源 (第二及第三次) 試驗中，第二次為青點石斑之胚胎，發育級為 4 體節期，以鹽度較高 (25 ppt 以上) 先孵化出，之後於 25.58 小時鹽度 25 ppt 以下也見孵化，但所孵出魚苗全部沉底和鹽度較高漂浮於水中或水面不同，在 55.58 小時之孵化率最高為鹽度 15 ppt 之 96 %，最低為鹽度 20 ppt 之 32 %，另鹽度在 25 % 以上之孵化率皆有 60 % 以上，但孵化後死亡率也很高，最低亦有 42 %；而相對鹽度在 25 ppt 以下，死亡率卻只有在鹽度 15 ppt 之 2 % 而已。雜交種石斑之胚胎 (第三次試驗)，於 4 體節時經過 29.7 小時之孵化率以鹽度 20 ppt 及 25 ppt 最佳達 80 %；最差為鹽度 35 ppt 之 46.7 %，且其中有 20 % 孵化後即死亡。另隨時間增加，鹽度在 20 ppt 以下仍然活存較多，而 78.45 小時後鹽度 20 ppt 之活存率尚有 46.7 %。雜交種石斑胚胎發育級為 19 體節時之孵化率於 30.67 小時最高為鹽度 15 ppt 及 25 ppt 之 80 %；最低為鹽度 40 ppt 之 33.3 %，而在 50.17 小時後之孵化只有鹽度 20 ppt 之孵化率由 40 % 增加至 73.3 %，餘變化皆不大，但鹽度為 10 ppt 及 25 ppt 以上之死亡率卻增加，至 79.05 小時只有鹽度在 20 ppt 以下活存較佳。

綜之，在同卵源胚胎之孵化率，雜交種石斑優於青點石斑，發育級越後期之胚胎比早期胚胎有較高之孵化率，鹽度較高者 (25 ppt 以上) 所需孵化時間短，孵化率則以鹽度 15 ~ 35 ppt 較佳。在不同卵源之胚胎，相同之 4 體節期雜交種石斑及青點石斑之孵化率以雜交種石斑在較短時間內孵出較多；及鹽度 25 ppt 以上之孵化所需時間亦短，但孵化率以鹽度 25 ppt 以下較佳且苗活存時間長。另雜交種石斑之 19 體節期之孵化優於 4 體節期，同時亦以鹽度 30 ppt 以下為佳，而且隨著時間增加鹽度較高者死亡亦增加。

## 討 論

卵質之優劣除與親魚本身之魚齡、營養、生殖腺發育有相當大關係外，採卵時機為關係著是否能有高品質成熟卵之關鍵<sup>(21,29)</sup>，葉等 (1990)<sup>(1)</sup> 曾對石斑魚採卵時機加以探討，在人工採卵之方式中以魚本身已能自然產出卵時之卵質最佳，過早或太晚則易得到未熟卵及過熟卵而影響到受精率及孵化率<sup>(30)</sup>，Stevens (1966) 在 bass (*Morone saxatilis*)<sup>(31)</sup> 及 *Claris macrocephalus* (Mollah and Tan, 1983)<sup>(32)</sup> 亦提到採卵時間之重要，本試驗也均以採卵方式採卵，也發生採卵時機不同，造成受精率及孵化率相差甚多，在人工授精試驗之第四及第五次試驗裡，第五次為自然產出卵後再以採卵，受精率及孵化率皆很高；第四次則未等自然產卵就直接採卵結果受精率只有 4.03 %，且未見有苗孵化。推測差異原因可能為太早採卵，卵尚未完全成熟，致受孕能力不佳，又從本次所用雄魚之精子為實驗中最佳之一尾，其生殖腺成熟指數高達 0.206 %，所以不是精子之問題，這也可從第三次試驗之卵也是未自然產卵前就已人工採卵，而其卵因臻完全成熟，故其浮卵率高達 73.59 %，但因精子較少 (GSI 值 = 0.032 %) 其孵化率卻只有 13.04 % 得到驗證。

受精率及孵化率高低除受卵質優劣影響，精子之數量、活力及魚種亦有很大關係，從試驗結果知青點石斑精巢發育皆比瑪拉巴石斑較好且生殖腺成熟指數平均值也高，但在受精率及孵化率卻未必具有同樣現象，如第一次之繁殖試驗，瑪拉巴石斑其生殖腺成熟指數值為 0.029 %，青點石斑為 0.039 %，但受精率及孵化率卻都以雜交種石斑高。餘其他幾次之繁殖試驗的受精率仍以雜交種石斑高，孵

化率則彼此相近，並不因雜交而降低，且葉等（1990）在1989年成功繁殖出雜交種石斑苗4次，可見瑪拉巴石斑之精子活力及使受孕能力並不因生殖腺成熟指數較低就比青點石斑差，至於此兩種魚之精子孰優孰劣則有待更進一步探討。

胚胎發育快慢除受水溫高低影響<sup>(33)</sup>，還因種類不同而異<sup>(25)</sup>，本試驗中用同一尾母魚所產之卵，由受精卵之胚胎發育結果可知胚胎各期分裂所需時間，青點石斑及雜交種石斑並不相同，起初以青點石斑之胚胎發育較快速，在原腸期則雜交種石斑胚胎分裂趨快趕上青點石斑，至孵化時所需時間反而少，在非同一尾雌魚之卵來源的胚胎發育，雖有水溫，受精時間及其他條件不同，但對胚胎發育之特性及所需時間，仍然在原腸期後雜交種石斑之胚胎發育加速而至孵化時所需時間少，與同卵來源之胚胎發育類似。此現象在鑲點青斑與紅斑雜交（*E. amblycephalus* × *E. akaara*）<sup>(25)</sup>也有同樣情形，鑲點青斑或稱瑪拉巴石斑<sup>(21,34)</sup>孵化約需27.2小時（黃等，1987）<sup>(9)</sup>，紅斑魚苗孵化需21~24小時，但雜交種只需20小時即可孵化<sup>(25)</sup>。雖然本試驗中有一次雜交種石斑之孵化時間長於青點石斑，究其原因可能為魚類在不同胚胎發育期對溫度之感受性有差異<sup>(23,33)</sup>，使得處於低溫下孵化所需時間拉長，由於當時水溫較低只有27℃，而致發育緩慢。

石斑魚對於鹽度變化適應極廣，可以生活在鹽度11~41 ppt範圍內，林等（1986）曾提到銜形石斑（瑪拉巴石斑）之受精卵在鹽度14~36 ppt經過24.25小時，孵化率在14~76%間，又以鹽度30 ppt之76%最高，餘皆在32%以下，因此石斑魚之受精卵對鹽度亦有很大耐力。本研究進一步以不同發育級之受精卵置於10~45 ppt鹽度中發現在所選之原腸期（gastrule），4體節期（4 somites），9體節期（9 somites）及19體節期（19 somites）等之胚胎，以19體節期時之胚胎在以後之孵化率最佳，而以原腸期較差，在兩種石斑都有此現象，意味著可能係胚胎發育愈完全對鹽度或滲透壓之調節功能愈強<sup>(36)</sup>，抑或可能對外界因子所造成之壓迫（stress）越能適應。

另不論試驗中之胚胎發育級為何，鹽度高低亦影響到胚胎之孵化時間長短，低鹽度之胚胎發育或孵化所需時間皆較長，在嘉臘（林等，1989）於水溫21℃，鹽度30 ppt比35 ppt之孵化時間較長65分鐘<sup>(36)</sup>，本試驗則以鹽度30 ppt上下有較明顯界限，但低鹽度之胚胎相對下卻有較高孵化率，青點石斑及雜交種石斑皆有同樣情形，在石斑魚言，其受精卵雖為浮性卵，但在鹽度25 ppt時已大部分下沉，要在鹽度30 ppt以上時浮性卵才多，就連同孵化出之苗大多具此類似特性，而此不同鹽度刺激即滲透壓調節能力關係著胚胎能量之變化，連同會影響其孵化所需時間，是否因在低鹽度下相對用於抵抗外界所耗能量少<sup>(37)</sup>，而需更多時間累積達相同之孵化能量以完成孵化，皆需更多研究來加以說明。

從完成青點石斑及其與瑪拉巴石斑雜交中，由胚胎發育特徵相似到孵化所需時間，孵化率及對鹽度、溫度之種種性質，相較下雜交種石斑之胚胎不僅具備有青點石斑之一些特質，對於受精率之提高，孵化時間之縮短及孵化率皆有高於母系之傾向，就連對於鹽度之壓迫（stress）對孵化率之影響似乎也有較高容忍力。至於仔魚孵化後至育苗及養成等等階段之會遇到的問題是否仍具有相對優點，則為今後研究重點，冀以早日能培育出優勢新品種。

## 摘 要

以促進性轉變方法培育雄性石斑種魚，利用人工授精方法進行青點石斑及其與瑪拉巴石斑雜交試驗，探討青點石斑與雜交種石斑胚胎發育之異同，其結果如下：

1. 雌青點石斑有7尾可得卵，產卵數最多為345萬粒，最少為42萬2千粒，魚體重隨荷爾蒙處理效果而遽增。經性轉變之雄石斑魚的生殖腺成熟指數，青點石斑平均為 $0.0557 \pm 0.0302\%$ ，瑪拉巴石斑為 $0.0238 \pm 0.0046\%$ ，且以能採得精子之值較高。

2. 同一雌魚來源之卵以青點石斑及瑪拉巴石斑的精子分別使之受精，雜交種石斑之受精率及孵化率皆高於青點石斑。不同卵來源之五次人工授精中，受精率最高為雜交種石斑之 73.59%，最低則為青點石斑之 4.03%；孵化率最高為 69.0%，最低為 0%，皆為青點石斑。
3. 同卵來源之受精卵胚胎發育在水溫 27.8℃，原腸期以前青點石斑細胞分裂較快，之後雜交種石斑胚胎發育之速度趨快，至孵化時青點石斑需 20.17 小時，雜交種石斑只需 19.22 小時。
4. 不同卵來源之胚胎發育速度，在原腸期以前以青點石斑較快，原腸期以後則以雜交種石斑較快，至孵化時以水溫 27.5℃ 之雜交種石斑最快約需 19.48 小時，次之為水溫 28.1℃ 之青點石斑約 19.8 小時，再來為 27.9℃ 水溫之青點石斑需 20.25 小時，最慢為水溫 27.0℃ 之雜交種石斑需 22.5 小時。
5. 同卵來源之不同胚胎發育階段於不同鹽度之孵化率皆以雜交種石斑較佳，又以 9 體節期比原腸期之孵化率高；在原腸期時以鹽度 15 ppt 之 54% 最高，在 9 體節期以鹽度 15 ppt 之 78% 最高；鹽度 25 ppt 以下之孵化需時較長，但孵化率高。
6. 不同卵來源之不同胚胎發育階段於不同鹽度之孵化率，於 4 體節期雜交種石斑比青點石斑較短時間內孵化出魚苗多，鹽度 25 ppt 以上孵化所需時間較短，孵化率以鹽度 25 ppt 以下為佳而且苗活存時間長；又雜交種石斑胚胎於 19 體節期的孵化率相對比 4 體節期要高。

## 謝 辭

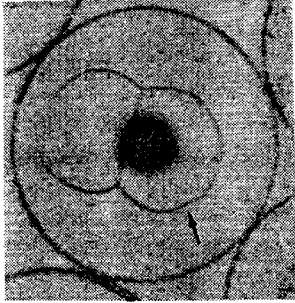
本試驗工作得以完成，非常感謝分所同仁慨借器材提供意見，及王村籐先生之鼎力協助，謹此致以最深的謝忱。

## 參 考 文 獻

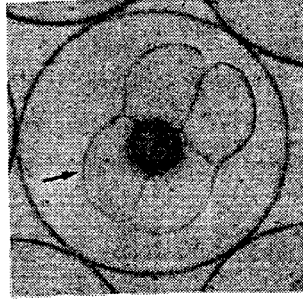
1. 葉信利、丁雲源 (1990). 人工培育石斑種魚生殖力之研究，臺灣省水產試驗所試驗報告，49, 167-181.
2. 葉信利、丁雲源、郭欽明 (1991). 青點石斑與瑪拉巴石斑之雜交繁殖試驗—胚胎之發育，臺灣省水產試驗所試驗報告，發表中。
3. 湯弘吉、涂嘉猷、蘇偉成 (1972). 老鼠斑人工繁殖試驗，中國水產，324, 19-24.
4. Chen, F.Y.M., Chow, T.M., Chao and R. Lim (1977). Artificial spawning and larval rearing of the grouper, *Epinephelus tauvina* in Singapore J. Pre. Ind. 5(1), 1-21.
5. 湯弘吉、涂嘉猷、蘇偉成 (1979). 鑲點石斑人工繁殖報告，臺灣省水產試驗所試驗報告，31, 511-517.
6. 曾文陽、何錫光 (1979). 香港紅斑之人工繁殖 (胚胎及魚花期之發育)，漁牧科學雜誌，6, 9-20.
7. 曾文陽、潘敬端 (1979). 紅斑 (*Epinephelus akaara*) 和鑲點青斑 (*E. amblycephalus*) 之雜交繁殖試驗，中國水產，324, 19-24.
8. 黃丁士、林金榮、顏枝麟、劉繼源、陳其林 (1986). 鮭形石斑之人工繁殖—I，種魚的催熱、採卵及胚胎的發育，臺灣省水產試驗所試驗報告，40, 241-258.
9. Arakawa, T., N. Imura, N. Yoshida and M. Yoshida (1986). Artificial propagation of *Epinephelus akaara*, Bull. Nagasaki Fish. Expl. Stn., 1985: 238-241.
10. Hamamoto, S., S. Manade, A. Kasuga and K. Mosaka (1986). Natural spawning and early life history of *Epinephelus salmonoides*, Tech. Rep. Farm., Fish., (15): 143-155.

11. Kayano, Y. and T. Oda (1987). Spawning of red spotted grouper *Epinephelus akaara* reared in tank, Bull. Okayama Expl. Stn., (2) : 52-55.
12. 黃丁士、顏枝麟、劉繼源 (1987). 鮭形石斑之人工繁殖—III, 種魚的培育、催熟、產卵, 臺灣省水產試驗所試驗報告, 42, 317-335.
13. Patrick L. Colin, Douglas Y. Shapiro and Deborah Weiler (1987). Aspects of the reproduction of two groupers, *Epinephelus guttatus* and *E. striatus* in the west Indies, Bulletin of Marine Science, 40(2), 220-230.
14. 林金榮、張仁謀、劉繼源、陳其林、方玉昆、莊成意、徐明星 (1988). 鮭形石斑繁殖及育苗試驗, 臺灣省水產試驗所試驗報告, 44, 253-266.
15. Hussain, N.A. and M. Higuchi (1980). Larval rearing and development of the brown spotted grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) , *Aquaculture*, 19 : 339-350.
16. Kayano, Y. and T. Oda (1986). On the investigation of poper diets for mass production of the seelding of red spotted grouper *Epinephelus akaara*. Bull. Okayama Fish. Expl. Stn., (1) : 62-65.
17. 林金榮、顏枝麟、黃丁士、劉繼源、陳其林 (1986). 鮭形石斑之人工繁殖—II, 仔魚培育試驗及形態變化, 臺灣省水產試驗所試驗報告, 40, 219-240.
18. Kayano, Y. and T. Oda (1987). Rearing experiment of red spotted grouper *Epinephelus akaara* larvae with diatoms, Bull. Okayama Expl. Stn., (2) : 56-61.
19. Shinsyu Tawada (1989). Development of eggs, larvae and juveniles of the grouper *Epinephelus microdon* (BLEEKER) reared in the hatchery, *The Aquaculture*, Vol.37, No. 2, 99-103. ( Japanese )
20. Ukawa, M., M. Higuchi, and S. Mito (1966). Spawning habits and early life history of a serranid fish, *Epinephelus akaara* (Temminch et Schligel). *Jap. J. Ichthyol.* 13 : 156-161.
21. 呂明毅 (1990). 石斑魚種苗生產研究現況之簡介, 中國水產月刊, 449, 17-27.
22. 青木雄二、村井衡、西村和久 (1985). 嘉臘魚受精卵的簡易輸送法, *The Aquaculture*, Vol. 33, No.1, 12-17. ( Japanese )
23. Hideaki Kinoshita and Kousei Doutu (1989). Thermal tolerance of Eggs of red sea bream *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL), *The Aquaculture*, Vol.37, No.1, 15-20. ( Japanese )
24. Murai, M., Y. Aoki and K. Nishimura (1984). On the egg collection of *Epinephelus fasciatus*. *Tech. Rep. Farm. Fish*, 13 : 63-67.
25. Tseng, W.Y. and Poon, C.T. (1983). Hybridization of *Epinephelus* species. *Aquaculture*, 34 : 177-182.
26. 宮木廉夫 (1989). 栽培漁業與新養成技術——石斑魚類, 水產之研究, 8卷4號(41), 36-40. ( Japanese )
27. 葉信利、丁雲源、郭欽明 (1988). 雄性素埋植法促進石斑魚性轉變之研究, 臺灣省水產試驗所試驗報告, 45, 103-114.
28. 葉信利、丁雲源、郭欽明 (1989). 埋植法促進石斑魚性轉變之藥粒製作及操作技術, 臺灣省水產試驗所試驗報告, 47, 215-219.
29. Hamamoto, S., K. Yokogawa, and M. Tochino (1986). Several problems on cultivating the

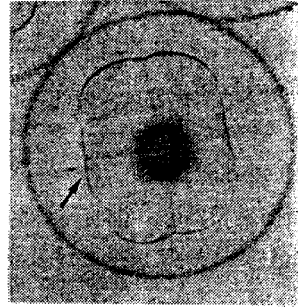
- parent fish of red spotted grouper, *Epinephelus akaara* ( Temminck et Schlegel ), and judging the qualities of the eggs obtained from them. Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn. 2 : 13-22.
30. Rowland, S.J. ( 1988 ). Hormone-induced spawning of the Australian freshwater fish Murray cod, *Maccullochea peelii* ( Mitchell ) ( Percichthyidae ). *Aquaculture*, 70, 371-378.
31. Stevens, R.E. ( 1966 ). Hormone-induced spawning of striped bass for reservoir stocking. *Prog. Fish-Cult.* 28, 19-28
32. Mollah, M.F.A. and Tan, E.S.P. ( 1983 ). Viability of catfish ( *Clarias macrocephalus*, Gunther ) eggs fertilized at varying post-ovulation times. *J. Fish Biol.* 22, 563-566.
33. Hideaki Kinoshita and Kousei Doutu ( 1989 ). Thermal tolerance of eggs of Japanese sea bass *Lateobrax japonicus* ( CUVIER ), *The Aquaculture*, Vol.37, No.1, 21-26. ( Japanese )
34. 益田一、尼邦岡夫、荒賀中一、上野輝彌、吉野哲夫 ( 1985 ). 日本産魚類大圖鑑，東海大學出版社，114. ( Japanese )
35. 岩井壽夫 ( 1989 ). 魚類の成熟、發生、成長等機制，水族繁殖學，隆島史夫，羽生功編，p.222-224. ( Japanese )
36. 林金榮、張仁謀、涂嘉猷、劉繼源 ( 1988 ). 嘉臘魚繁殖試驗——一種魚培育，人為環境中自然產卵與卵之孵化試驗，臺灣省水產試驗所試驗報告，47, 1-20.
37. 郭欽明 ( 1987 ). 魚類的滲透壓調節，中國水產月刊，416, 3-11.



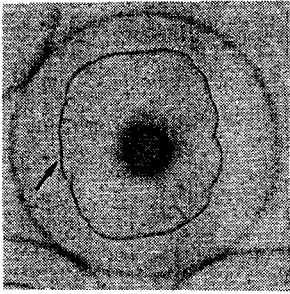
相片 1-1 2 細胞  
Plate 1-1 2-cell



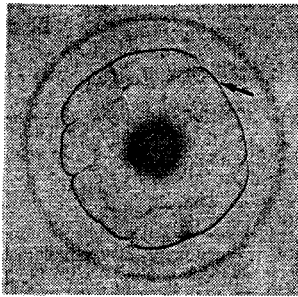
相片 1-2 4 細胞  
Plate 1-2 4-cell



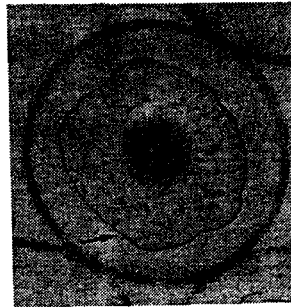
相片 1-3 8 細胞  
Plate 1-3 8-cell



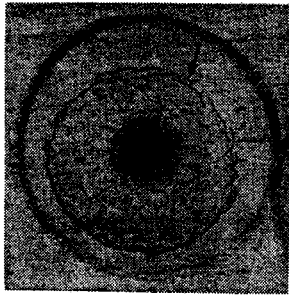
相片 1-4 16 細胞  
Plate 1-4 16-cell



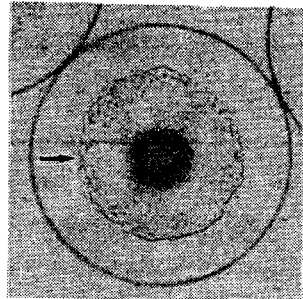
相片 1-5 32 細胞  
Plate 1-5 32-cell



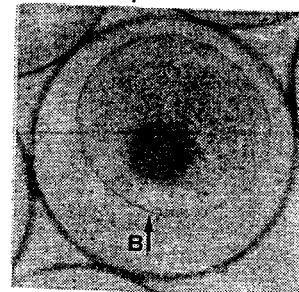
相片 1-6 64 細胞  
Plate 1-6 64-cell



相片 1-7 128 細胞  
Plate 1-7 128-cell

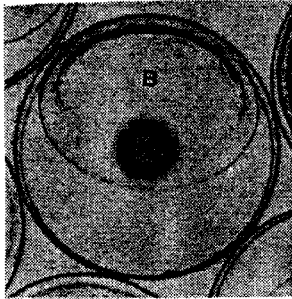


相片 1-8 桑實期細胞變小  
Plate 1-8 Morula  
Cells small

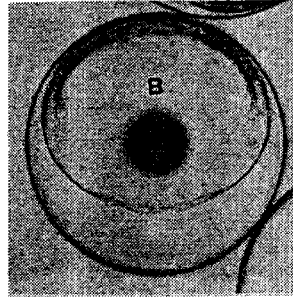


相片 1-9 桑實後期胚囊正形成  
Plate 1-9 Post-morula  
Blastodisc formation  
B : Blastoderm

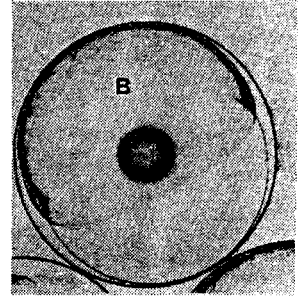




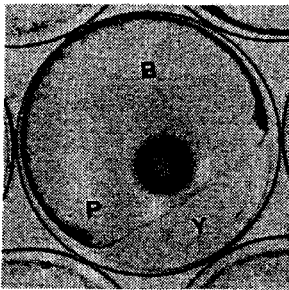
相片 1-10 囊胚期  
胚囊形成  
Plate 1-10 Blastula  
Blastodisc formed  
B : Blastoderm



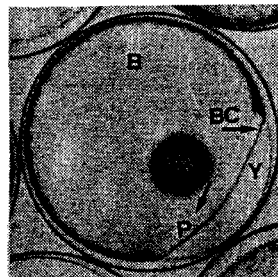
相片 1-11 囊胚期  
胚囊覆蓋卵黃 $\frac{1}{3}$   
Plate 1-11 Blastula  
Blastodisc expands about  
 $\frac{1}{3}$  yolk  
B : Blastoderm



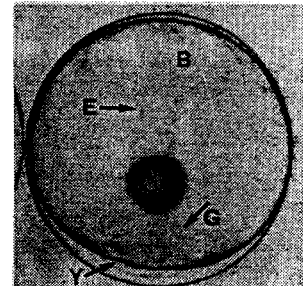
相片 1-12 囊胚期  
胚囊覆蓋卵黃 $\frac{1}{2}$   
Plate 1-12 Blastula  
Blastodisc expands about  
 $\frac{1}{2}$  yolk  
B : Blastoderm



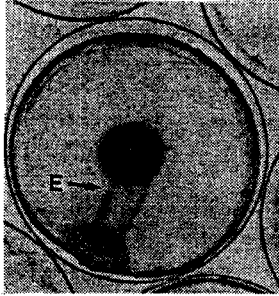
相片 1-13 原腸期  
胚囊覆蓋卵黃 $\frac{2}{3}$   
Plate 1-13 Gastrula  
Blastodisc expand about  
 $\frac{2}{3}$  yolk  
B : Blastoderm  
Y : Yolk  
P : Periblast



相片 1-14 原腸期  
胚囊覆蓋卵黃 $\frac{3}{4}$   
Plate 1-14 Gastrula  
Blastodisc expands about  
 $\frac{3}{4}$  yolk  
B : Blastoderm  
BC : Blastocoele  
Y : Yolk  
P : Periblast



相片 1-15 胚體形成期  
原胚漸形成  
Plate 1-15 Embryonic  
formation  
Embryonic shield formed  
begin  
B : Blastoderm  
E : Embryonic shield  
Y : Yolk  
G : Germ ring

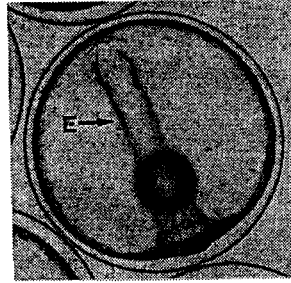


相片 1-16 胚體形成期  
胚體形成

Plate 1-16 Embryonic  
formation

Embryo formed

E : Embryo



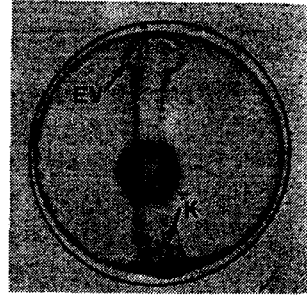
相片 1-17 胚體形成期  
胚體形成達卵徑 $\frac{3}{4}$

Plate 1-17 Embryonic  
formation

Embryonic length expanded

$\frac{3}{4}$

E : Embryo



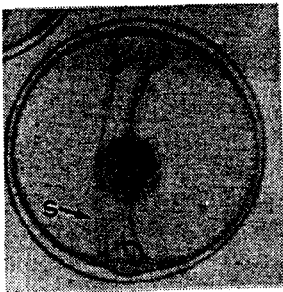
相片 1-18 器官形成期  
眼及庫氏胞形成

Plate 1-18 Organogenesis  
Eye and kuppfer's vesicle

visible

EV : Eye vesicle

K : Kupfer's vesicle

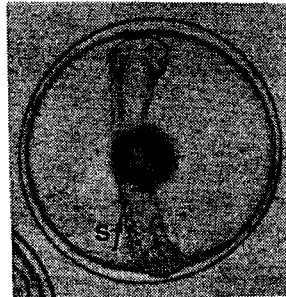


相片 1-19 器官形成期  
體節分 9 節

Plate 1-19 Organogenesis

9 somites body divided

S : Somite

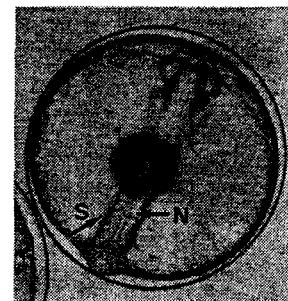


相片 1-20 器官形成期  
體節分 9 節以上

Plate 1-20 Organogenesis

Over 9 somites

S : Somite



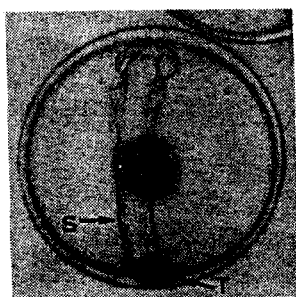
相片 1-21 器官形成期  
神經脊明顯

Plate 1-21 Organogenesis

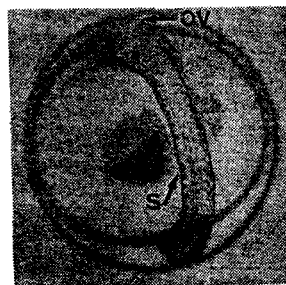
Neural reel visible

N : Neural reel

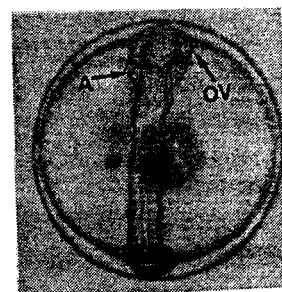
S : Somites



相片 1-22 器官形成期  
尾部漸脫離卵黃囊  
Plate 1-22 Organogenesis  
Tail free from yolk sac  
T : Tail  
S : Somites



相片 1-23 器官形成期  
眼區及 19 體節形成  
Plate 1-23 Organogenesis  
Optical vesicle distinct  
and 19 somites formed  
OV : Optical vesicle  
S : Somites



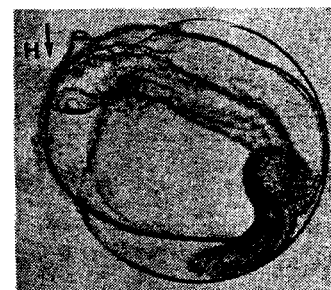
相片 1-24 器官形成期  
耳胞形成及心跳  
Plate 1-24 Organogenesis  
Auditory vesicle formation  
and heart beat  
A : Auditory vesicle  
OV : Optical vesicle



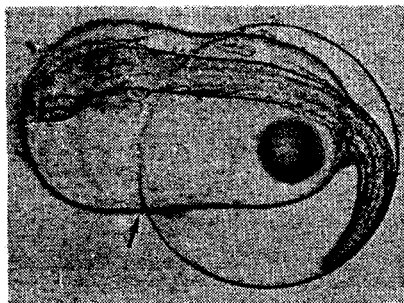
相片 1-25 胚體蠕動期  
胚體蠕動  
Plate 1-25 Embryonic  
movement  
Muscular contraction  
T : Tail



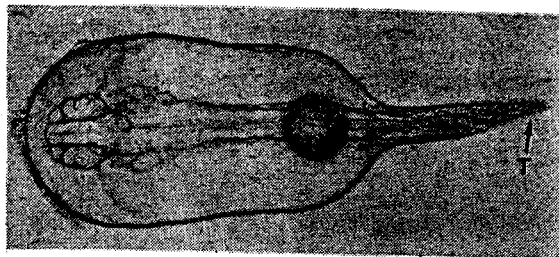
相片 1-26 胚體蠕動期  
胚體蠕動加速  
Plate 1-26 Embryonic  
movement  
Embryonic movement  
increasing



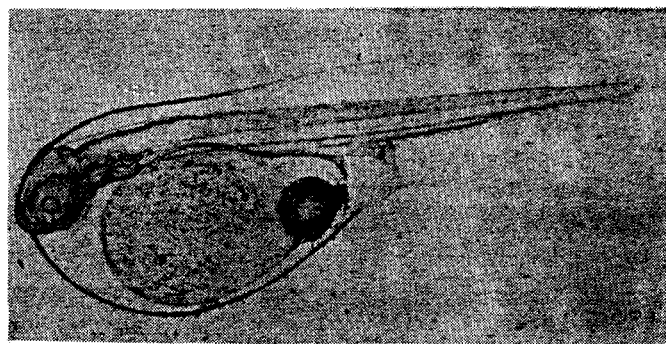
相片 1-27 孵化期  
魚苗由頭部先鑽出卵殼  
Plate 1-27 Hatching  
Head free out of egg shell  
H : Head



相片 1-28 孵化期  
魚苗半身 在卵殼內  
Plate 1-28 Hatching  
Half of body free out egg  
shell



相片 1-29 孵化期  
魚苗鑽離卵殼  
Plate 1-29 Hatching  
Larva hatched  
T : Tail



相片 1-30 孵化之魚苗  
Plate 1-30 Larva of blue-spotted grouper

相片 1 青點石斑之胚胎發育

Plate 1. The embryonic development of blue-spotted grouper (*E. fario*).