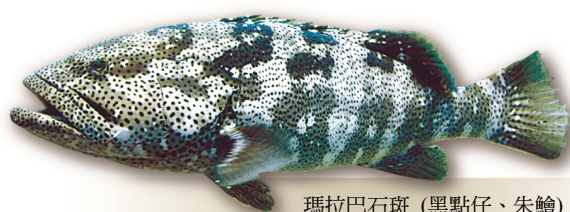


第一章 石斑魚種魚培育及變性技術

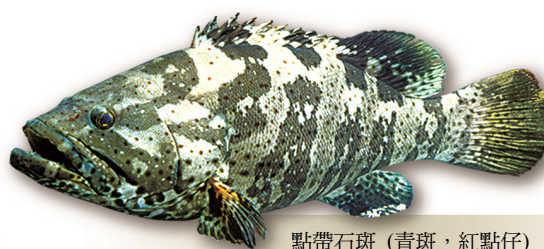
一、前言

石斑魚為暖水性魚類，分布於熱帶及亞熱帶海域，種類繁多，全世界約有 400 種，臺灣有紀錄為 117 種，其中老鼠斑 (*Cromileptes altivelis*)、瑪拉巴石斑 (*Epinephelus malabaricus*)、點帶石斑 (*E. coioides*)、鞍帶石斑 (*E. lanceolatus*)、棕點石斑 (*E. fuscoguttatus*)、褐石斑 (*E. bruneus*)、

藍身大石斑 (*E. tukula*)、紅斑 (*E. akaara*)、玳瑁石斑 (*E. quoyanus*)、鱸滑石斑 (*E. tauvina*)、巨點石斑 (*E. areolatus*)、密點石斑 (*E. chlorostigma*) 及豹鰨 (*Plectropomus leopardus*) 等，皆為高經濟海水養殖石斑魚種，其售價高或兼具環境耐力強、成長快，是極具發展潛力之海水養殖魚種，臺灣已能人工繁殖商業性量產之種類超過 8 種 (圖 1-1)。



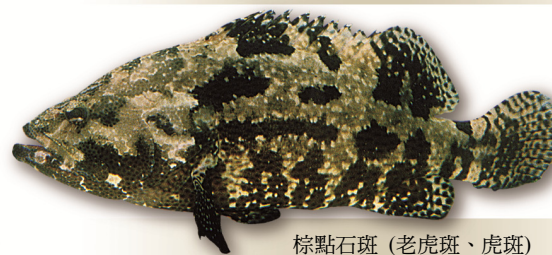
瑪拉巴石斑 (黑點仔、朱鱸)



點帶石斑 (青斑，紅點仔)



鞍帶石斑 (龍膽、倒吞鱔)



棕點石斑 (老虎斑、虎斑)



褐石斑 (油斑、土鱸)



豹鰨 (七星斑、紅條)



藍身大石斑 (金錢斑)



龍虎斑 (雜交斑)

圖 1-1 臺灣石斑魚主要人工繁養殖種類

臺灣於 1982 年起開始有業者與研究機關合作培育石斑魚苗，業者自香港引進石斑魚受精卵及剛孵化的幼苗，在本所東港分所（現今東港生技研究中心）孵育了 3 百多尾魚苗。之後民間養殖業者，自澎湖購入天然石斑魚之人工受精卵及剛孵化的幼苗，在魚塢內成功培育了數百尾至數萬尾魚苗。

本所澎湖分所（現今澎湖海洋生物研究中心）也於 1985 年以瑪拉巴石斑進行人工授精，卵孵化後育成了約 42,000 尾魚苗。迄 1987 年屏東縣佳冬鄉永興種苗場飼養十年以上的石斑魚，於該年春天後開始生產受精卵，其種苗場也才有石斑苗生產。至 1992 年以後，高雄縣永安鄉石斑業者也有近萬尾已飼養 10 年以上的石斑魚開始生產受精卵，但由於自然性轉變雄魚數量少，雖石斑魚產卵數量多，然而卵受精率卻很低（< 10%）。之後，臺南縣、高雄縣及屏東縣陸續有幾個石斑魚種魚場皆有石斑魚卵生產，但仍有一個共同的特徵，就是種魚皆蓄養超過 8—10 年以上，而且石斑魚卵之受精率都低於 10% 以下，明顯雄性種魚不足。

二、種魚培育

自 1980 年以來，臺灣對石斑魚之人工繁殖研究即積極進行中（Huang et al., 1986; Lin et al., 1986; Huang et al., 1987; Yeh et al., 1987; 1989a; 1990）。然因石斑魚具有特殊之生殖腺發育，為雌雄同體（hermaphroditism）先雌後雄（protogyny）之性轉變特性，由雌變雄之自然性轉變需一

段很長時間，如鱸滑石斑據觀察需 7 年開始性轉變，10 年後雄魚比例才增加（Chen et al., 1977; Chao and Lim, 1991），地中海灰石斑（*E. marginatus*）直到 14 年魚才有性轉變徵兆（Glamuzina et al., 1998），瑪拉巴石斑由出生及成長至約 10 kg 時，絕大部分都是雌魚，過了此一階段後，才開始會有少數瑪拉巴石斑雌魚自然變性為雄魚。又鞍帶石斑在 18 kg 以上雌魚開始成熟，但 24 kg 以下很難找到雄魚（圖 1-2），藍身大石斑在 16 kg 以上雌魚開始成熟（圖 1-3），玳瑁石斑雌

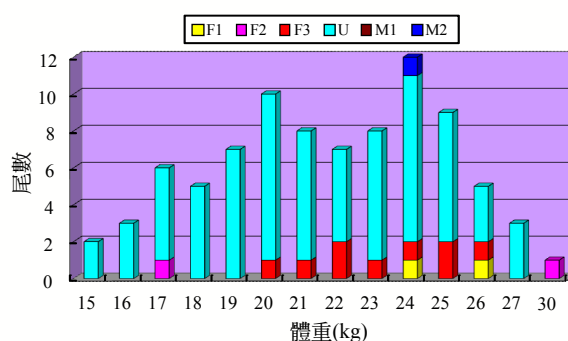


圖 1-2 鞍帶石斑雌雄性分化與體重之關係 (F1：卵黃堆積前期(previtellogenic stage)；F2：卵黃泡生成期(cortical alveolar stage)；F3：卵黃球期(yolk globule stage)；M1：精細胞期，少量精子(spermatid, spermatozoa few)；M2：精子期(spermatozoa)；U：雌雄發育未明(Unknown))

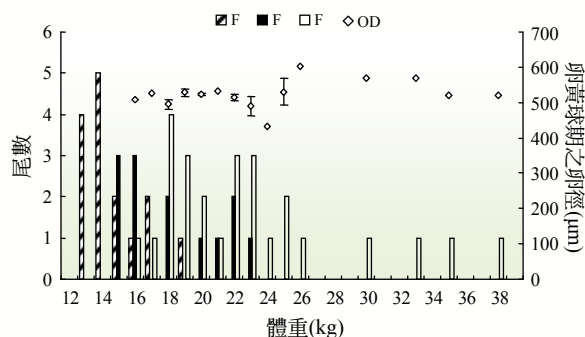
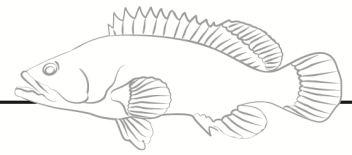


圖 1-3 藍身大石斑雌魚性分化及成熟與體重之關係 (F1：卵黃堆積前期；F2：卵黃泡生成期；F3：卵黃球期；OD：卵黃球期之卵徑)



魚體長約 20 cm，體重 140–160 g 就可達性成熟體型，而體重於 410 g 以上才出現雄魚（圖 1-4），人工繁殖養成之 4 年七星斑雄魚比例初步觀察推測有低於 25% 的現象，皆是會形成雌多雄少的族群。由於石斑魚雄魚需很長時間之成長，加上取得困難，導致人工繁殖用大量雄魚必需靠人工飼養培育及促進性轉變而來。因此，以人為方法加速雌魚性轉變及快速簡易培養為成熟親魚，是解決石斑魚人工繁殖困難之關鍵。

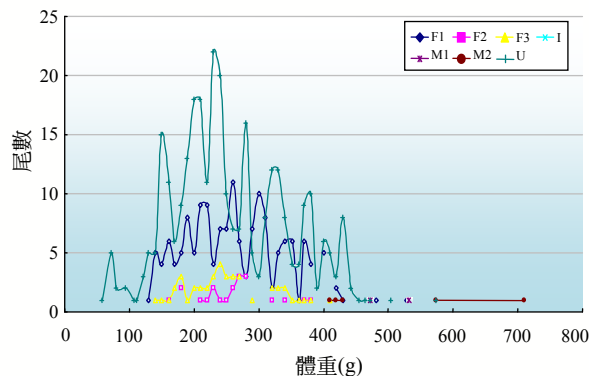


圖 1-4 玳瑁石斑雌魚性分化及成熟與體重之關係 (F1：卵黃堆積前期；F2：卵黃泡生成期；F3：卵黃球期；I：性轉變期(intersex phase)；M1：精細胞期，少量精子；M2：精子期；U：雌雄發育未明)

三、人工促進變性

誘導促進石斑雌魚性轉變，最早由 Chen (1977) 在鱸滑石斑口服方式 (oral administration) 投餵甲基睪固酮 (Methyltestosterone, MT) 促進變性成功，及 Yeh 等 (1986、1987) 針對瑪拉巴石斑及青點石斑 (*E. fario*) 等做系列性轉變促進試驗。人工誘導石斑性轉變使用之方法除經由口服方式外，還有肌肉注射 (intramuscular

injection)、群聚控制 (social control) 與埋植 (implantation) 等方法。以投餵甲基睪固酮促進石斑魚性轉變的方式為早期開發及使用普遍，如鱸滑石斑 (Chen et al., 1977; Chao and Chow, 1990)、青點石斑 (Yeh et al., 1986)、鮭型石斑 (*E. salmonoides*) (Yeh et al., 1987)、地中海灰石斑 (Glamuzina et al., 1998) 等，然因需高劑量、連續投餵處理時間長及雌雄種魚必需分開飼育，在種魚培育管理上造成許多困擾。另以注射的方式促進石斑魚性轉變雖使用劑量較投餵低，但需重複多次注射，如舒樂氏石斑 (*E. suillus*) 使用 5 mg/kg 魚體重 (BW) 之劑量每 15 天注射 1 次，最少需連續注射 6 次以上 (Tan-Fermin et al., 1994)。而以群聚控制方式促進點帶石斑性轉變只發現於大體型魚，體重要超過 5 kg 才有效果，對低齡及小體型魚無效 (Quinitio et al., 1997)。相對於其他方法，埋植方式在雄魚之培育方面已有簡易有效可靠之種魚培育技術 (Yeh et al., 1988)。埋植促進石斑魚性轉變的方式首先發表於青點石斑、鮭形石斑 (Yeh et al., 1988; 1989b)，所需魚齡小、劑量低、需時短、處理方式簡單 (表 1-1)。經由藥粒埋植之雌魚 (卵巢) 性轉變到雄魚 (精巢) 只要 3 週，且性轉變雄魚之輸精管充滿精子。檢測精子的生殖力在變性雄魚可與雌魚自然配對成功並產生受精卵，大多數孵出的稚魚成長正常並無畸形發生。但同樣會影響促進性轉變效果之因子，也與使用激素劑量、激素種類、藥粒處理方式、生殖腺發育及被吸收之方式有關。

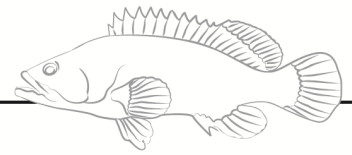
表 1-1 石斑魚人工誘導性轉變方法特性比較

誘導性轉變 方法特性比較	投餵	注射	埋植	群聚
處理時間	+++	++	+	++
藥物劑量	+++	++	+	---
操作難度	+++	++	+	++
技術標準化	+	+++	+++	+
變性效果	++	++	+++	+

這幾年來，除雄性素激素正面誘導石斑魚變性是最常用方法外，利用抑制魚體內分泌雌性素產生之方法亦可培養出雄性石斑魚種魚。通過抑制芳香酶 (aromatase) 活性可降低體內雌激素分泌，從而提高動物體內雄激素與雌激素的比例，誘導動物向雄性方向發展。芳香酶抑制劑如 fadrozole、letrozole、vorozole、Formestane 及 Anastrozole，以投餵方式操作誘導點帶石斑提前性轉變，顯示芳香酶抑制劑提供了另一種外源性非性激素之促進性轉變藥物 (Bhandari, 2004)。同時配合利用藥粒 (pellet) 埋植方法，使用芳香酶抑制劑 fadrozole hydrochloride hydrate (稱為 fadrozole)，也是一種快速促進石斑魚精子生成的方式 (Alam et al., 2006)。在繁殖季節產卵期以人為埋植抑制芳香酶抑制劑 fadrozole，誘導網紋石斑魚 (*E. merra*) 性轉變，被證實是一種快速又可自然產卵的方法。

四、誘導性轉變之持續效果

許多誘導石斑魚性轉變之研究顯現，誘導魚類性轉變時，變回雌性之時間與雄性素使用之方式有關，鱸滑石斑 (Chen, 1979; Chao et al., 1990)、點帶石斑 (Quinitio et al., 2001) 經雄性素投餵停止用藥後 3－7 個月及舒樂氏石斑以注射方法停止用藥後 8 個月全變回雌魚 (Tan-Fermin et al.,1992)。而 Hassin 等 (1997) 以 silastic tube 方式埋植 3 尾青銅石斑魚 (*E. aeneus*)，18 個月後發現有 1 尾變回雌魚，Yeh 等 (2003) 在誘導性轉變實驗，進行間亦顯現性轉變雄魚變回雌魚之現象。點帶石斑經雄性素藥粒埋植誘導性轉變，及經 120 天時移除雄性素藥粒後其誘導性轉變之持續效果，對照組於實驗全程 420 天中均無性轉變現象，至 210 天時開始有成熟雌魚，至 390 天時成熟雌魚數增加。雄性素藥粒埋植組 (MT) 於 30 天已有性轉變產生，至 60 天時性轉變雄魚已達 85.7%，至 120 天皆性轉變為雄魚，雄魚持續效果可至 210 天，不受雄性素藥粒移除或未移除影響 (表 1-2)。但至 240 天後，雄性素藥粒移除組 (MT withdrawal) 之雄魚數明顯減少，雌魚數相對增加，360 天以後雌魚數已達 85.7%，雄魚只剩 14.3% (表 1-3)。雄性素藥粒埋植組則全程 420 天內雄魚數約可維持在 50%，另在 270 天開始有雄魚變回雌魚 (16.7%)，而會在 360 天後約增加至 50% (表 1-2)，顯示 MT 誘導點帶石斑性轉變之持續效果與雄性素關係密切。同樣在黑鯛 (*Acanthopagrus schlegelii*) 之人工誘導



性轉變，亦有性轉變回為原性分化之現象，也與激素之處理期長短、處理時機及劑量都有關係 (Chang and Lin, 1998)。

Yeh 等 (2003) 對已能確定性別為雌魚之性逆轉點帶石斑，再次以雄性素藥粒處理，1 個月後 16 尾雌魚全部性轉變，並有 15 尾已成為雄魚，似乎並不受生殖腺發育

期或第一次埋植藥粒移除時間之影響，顯示當性轉變雄魚性逆轉回雌魚後，內分泌系統已重回內源性調控。Chao and Chow (1990) 則認為，此種由類固醇 (steroids) 激素所誘導之非永久性性轉變，有可能為 MT 處理魚之性腺組織缺乏萊氏細胞 (leydig cell) 或間質細胞 (interstitial cell) 所導致，雄性素

表 1-2 人工誘導石斑魚性轉變之雌雄性分化持續效果

生殖腺發育 處理日數 (days)	對照組 (control)	雄性素藥粒埋植組 (MT)		雄性素藥粒移除組 (MT withdrawal)	
	雌魚比例(%)	雌魚比例(%)	雄魚比例(%)	雌魚比例(%)	雄魚比例(%)
0	100	100	0	100	0
30	100	0	28.6	0	14.3
60	100	0	85.7	0	85.7
90	100	0	85.7	0	85.7
120	100	0	100	0	100
150	100	0	100	0	100
180	100	0	100	0	100
210	100	0	100	0	100
240	100	0	66.7	0	14.3
270	100	16.7	50.0	14.3	14.3
300	100	16.7	33.3	28.6	14.3
330	100	33.3	33.3	42.9	14.3
360	100	50.0	33.3	85.7	0
390	100	50.0	50.0	85.7	14.3
420	100	50.0	50.0	85.7	14.3

表 1-3 雄性素移除後再植入外源性激素，對人工誘導性轉變石斑魚之雌雄性分化抑制效果

性比 (%)	抗雄性素藥物組(Flutamide)						雌性素組 (E ₂)		黃體釋放激素組 (LHRHa)	
	Fa (0.1 mg/kg 魚體重)		Fb (1 mg/kg 魚體重)		Fc (5 mg/kg 魚體重)					
日數	雄(M)	雌(F)	雄(M)	雌(F)	雄(M)	雌(F)	雄(M)	雌(F)	雄(M)	雌(F)
120	100	0	100	0	100	0	85.7	0	100	0
150	100	0	100	0	100	0	42.9	0	85.7	0
180	100	0	100	0	100	0	42.9	28.6	85.7	14.3
210	100	0	85.7	0	85.7	0	57.1	42.9	85.7	14.3
240	71.4	0	28.6	0	14.3	0	0	42.9	28.6	14.3
270	14.3	14.3	0	14.3	0	14.3	0	57.2	0	42.9
300	0	85.7	0	85.7	0	57.2	0	71.5	0	71.5
330	0	85.7	0	85.7	0	71.5	0	85.7	0	71.5
360	14.3	71.5	0	71.5	0	71.5	0	85.7	0	100
390	14.3	85.7	0	85.7	0	85.7	0	100	0	100
420	14.3	85.7	0	85.7	0	100	0	100	0	100

E₂：雌二醇(Estradiol)；LHRHa：黃體激素釋放素(luteinizing hormone releasing hormone agonist)

產生需要 leydig cell 或 interstitial cell 參與，缺少這些細胞，又停止雄性素處理才會引起性逆轉回雌魚。

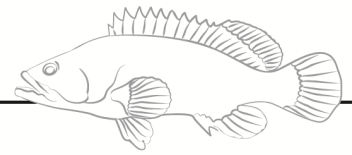
然而，以藥粒埋植方式所進行之誘導性轉變，經過一段時間之後並非所有性轉變雄魚都變回雌魚，有可能埋植法為一較長效性方法，能在魚體內緩慢持續釋放雄性素並已達其維持雄魚所需累積有效劑量，使得性轉變回雌性之機制失效。因此，欲保持性轉變雄魚之持續效果，則可能必須要維持魚體內雄性素之作用，鱸滑石斑以 silastic tube 進行誘導性轉變，Chao 及 Chow (1990) 認為，第一次埋植後 6 個月宜再進行第二次埋植，Lee 等 (1995) 則於第一次埋植後 4 個月實施第二次埋植，以維持雄魚狀態 (maleness)。Yeh (2003) 以藥粒埋植點帶石斑之試驗結果建議，第一次埋植 9–12 個月後，再進行第二次埋植即可，顯示與 silastic tube 方式有不同之持續效果及雄魚維持比例，此差異可能由於雄性素藥粒製法不同，導致雄性素之釋放率及藥效持續性受影響。

五、外源性雄性素之抑制

由移除雄性素藥粒再加上抑制雄性素作用之處理，直接影響點帶石斑性轉變之持續效果，更能顯現促進性轉變能力與雄性素作用之調控關係密切。使用抗雄性素 (anti-androgen) 藥物，其功能為藉佔據雄性素接受器 (androgen receptor) 而封住雄性素之作用，會抑制生殖腺成長、發育、第二性徵或雄性生殖行為 (Mourier, 1976;

Rouse et al., 1977; Billard, 1982)，屬類固醇類 (steroidal) 之抗雄性素藥物容易產生副作用 (Poyet and Labrie, 1985)，如 cyproterone acetate。若使用非類固醇類 (non-steroidal) 之抗雄性素藥物，如 Flutamide 比較無副作用 (Neri et al., 1972)，亦有抑制 MT 作用之功能 (Sower et al., 1983)。Yeh (2003) 試驗點帶石斑，先經雄性素藥粒埋植促進性轉變與移除雄性素藥粒後，再分為重新植入 Flutamide (Fa = 0.1, Fb = 1, Fc = 5 mg/kg BW fish)、Estradiol-17 β (0.05 mg/kg BW fish)、黃體釋放激素 (LHRHa, 0.1 mg/kg BW fish) 藥粒等處理，對性轉變雄魚變回雌魚之效果以雌性素組 (E₂) 及黃體釋放激素組 (LHRHa) 在 180 天最早開始有雌魚產生，抗雄性素藥物組 (Fa、Fb、Fc) 則在 270 天才出現雌魚 (表 1-3)。至 300 天時，除 MT 及 MT withdrawal 組外，所有再植入藥粒之雌魚數比例皆超過 50%。至 390 天後，MT 組雌魚為 50%，其他組都在 85.7% 以上 (表 1-2、1-3)。

Yeh (2003) 試驗中指出，Flutamide 這三種劑量來抑制外源性雄性素之持續影響，劑量 1 mg/kg BW fish 以上時，影響雄魚數於 Flutamide 埋植後 120 天開始明顯，Flutamide (F: 1, 5 mg/kg BW fish) 雄魚比例已低於 28.6%，低劑量組 (0.1 mg/kg BW fish) 則還有 71.4%。顯現魚體內雖移除外源性雄性素藥粒，但其持續作用還能維持約 4 個月，由抗雄性素藥物劑量與雄魚比例之關係，顯示劑量 1 mg/kg BW fish 以上才真正有抑制效果發生。然而，沒有使用抗雄性



素藥物魚 (MT、MT withdrawal 組)，分別在 360 天後，雌魚數比例超過 50%，使用抗雄性素藥物魚則在 300 天時，雌魚數比例就超過 50%，且 390 天後幾乎全為雌魚，顯示藉 Flutamide 對石斑魚性轉變雄魚能抑制魚體內雄性素之持續作用。

另雄性素藥粒移除再植入 E_2 藥粒，60 天後就有雌魚出現，且都比只移除雄性素藥粒及再植入 Flutamide 處理都快，顯示對於人工誘導之石斑魚性轉變雄魚有促進變回雌魚之作用，而且其現象在試驗比使用 Flutamide 更明顯。這種強勢性逆轉之原因，除了試驗使用之點帶石斑為二魚齡，還是處於雌魚發育階段，雖然經人工誘導性轉變，當外源性雄性素效用消失，自然回復其原有性分化與性腺發育 (Chen, 1979; Chao and Chow, 1990; Tan-Fermin, 1992; Hassin et al., 1997)。因 Flutamide 之作用為與雄性素競爭接受器 (receptor)，對於石斑魚性分化與性腺發育在雄性素效用消失後則繼續維持，並無法立即促進性逆轉。

試驗結果亦顯示，Flutamide 高劑量能有效減少雄魚出現比例，但短時間雌魚增加比例卻不受劑量影響。而 E_2 之作用則可能為直接壓抑雄性素之功效，並促進性轉變雄魚性腺內生殖細胞朝雌性發育能力，試驗以 E_2 藥粒埋植 2 個月後，立即有 28.6% 性轉變雄魚變回雌魚。現對 E_2 如何影響石斑性逆轉之機制仍未清楚，但性類固醇激素是被認為對先雄後雌 (protandrous) 魚之誘導性轉變，為一個直接作用角色 (Devlin and Nagahama, 2002)，以 diethylstilbestrol 處理

黑鯛，能比自然性轉變提早一年誘導雌性化 (Ruan et al., 1996)。 E_2 在先雄後雌之黑鯛亦有促進性轉變能力 (Chang et al., 1995a; 1995b)，並與 E_2 使用期間、時機及劑量都有關， E_2 處理會減少睪固酮 (testosterone) 及 11-ketotestosterone 之合成，增加芳香酶活性 (Chang and Lin, 1998)，但當停止 E_2 處理，雄性素之量會再升高，顯示還是會繼續受到內源性分泌控制。由這些結果指出， E_2 藉著壓抑能雄性化之類固醇及刺激雌性素合成時需要之酵素，直接參與對先雄後雌魚類誘導性轉變之作用。因此，點帶石斑雖為先雌後雄之性轉變魚類，但 E_2 對其性轉變雄魚性逆轉為雌魚之影響，有可能也是直接透過影響雄性素之作用。

LHRHa 對石斑性轉變雄魚性逆轉之影響，不同於性類固醇之直接作用，仍有可能為透過腦下垂體 (pituitary) 分泌促性腺激素 (gonadotropin, GTH)，促進卵細胞發育而產生抑制精巢之作用，在虹鱒 (Rainbow trout) (Billard et al., 1981)、鮭魚 (Pink salmon) (Yamazaki, 1972) 亦有引起精巢及精子退化現象。而且在先雄後雌魚類，GTH 或其釋放激素 (LHRH 及 LHRHa) 能增加雄魚或兩性魚之睪固酮與雌魚之睪固酮及 E_2 之分泌 (Chang et al., 1991; Nakamura et al., 1994)，LHRH 處理也促進卵成長 (oocyte growth) (Chang and Yueh, 1990)，GTH 及其釋放激素 (LHRH 及 LHRHa) 對海鯛 (*Sparus aurata*) 之性別間也有不同之調節作用 (Elizur et al., 1995)。與石斑魚同為先雌後雄型之鱸魚 (*Monopterus albus*)，

其性轉變也與 GTH 之量與質的改變有關，而且在腦下腺內之高量的 LH-activity 能誘發 leydig cell 及雄性精原細胞發育而開始性轉變 (Chan et al., 1975)。針對合鰓魚 (*Synbranchus marmoratus*) (Ravaglia et al., 1997) 及鱔魚 (Tao et al., 1993) 施以鮭魚性腺刺激素釋放素協同劑 (GnRH analogue) 處理，能提高魚體內雄性素之含量，並誘導具功能性之性轉變，而且在鱔魚以 GnRH 或非魚類性之 GTH 對性轉變誘導更有效 (Yeung et al., 1993)，顯示 GTH 可能皆參與先雄後雌及先雌後雄魚類之性轉變調控。

另從試驗魚之血漿中性類固醇激素睪固酮濃度受時間與雄性素藥粒埋植影響，結果顯示，雄性素藥粒埋植組明顯比對照組有較高濃度，將雄性素藥粒移除，血漿中性類固醇激素睪固酮濃度就開始下降 (Yeh, 2003)。再植入 Flutamide 藥粒之處理並不影響血漿中性類固醇激素睪固酮濃度變化，但植入 E_2 及 LHRHa 藥粒之血漿中性類固醇激素睪固酮濃度則立即受影響，在第 127—150 天，都比只移除雄性素藥粒組低，明顯與各組雄魚減少或雌魚增加之比例一致。

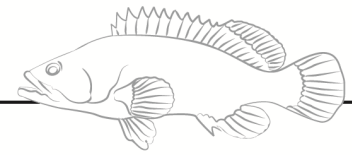
又血漿中性類固醇激素雌二醇之濃度，雄性素藥粒移除組在第 270 天及第 300 天相對於對照組、雄性素藥粒埋植組及再植入 Flutamide、 E_2 、LHRHa 有較高濃度外，其餘各時間點無顯著不同，並沒有像雄性素變化有明顯趨勢 (Yeh, 2003)。因此，由於雄性素藥粒埋植組及再植入 Flutamide、 E_2 、LHRHa 等之作用機制都與雄性素之增加與

減少有關，說明了性類固醇激素睪固酮在石斑魚性轉變或性別分化上之內分泌控制，都可能扮演著重要的地位。

六、展望

國內石斑魚種苗培育研究經幾年來不斷努力，已藉由研發埋植誘導雌魚性轉變技術，可克服雄性種魚來源取得困難之瓶頸。雄種魚育成已可以雄性素埋植技術誘導雌石斑魚提早性轉變，通常在處理後最快二週到四週就可採得精子，並且在以後之幾個月中持續可採得精子，證實為一種簡易可行之雄性石斑魚種魚培育方法。另，對於石斑魚二次性逆轉技術之應用，加上雌性石斑魚種魚埋植 LHRHa，亦可促進雌性石斑魚提早發育及維持成熟狀態。再利用環境因子影響，進一步誘導其自然交配，以獲得受精卵做為孵化和育苗材料，藉以建立人工育成石斑魚種魚自然繁殖模式，對於未來石斑魚選種育種研究將有很大的助益。

所以正確建立有效劑量，與減低試驗魚之生物個體差異，對人工培養石斑魚種魚非常重要。標準化人工誘導石斑魚性轉變技術與誘導成熟雌魚技術，除了要考慮魚齡、魚體大小、激素處理方法等之因素外，對於確實有效的掌握藥物種類與用量皆不能忽略。在石斑魚雌、雄種魚培育，如以藥粒埋植則較能直接達到魚體個別處理及減少操作壓迫之效果，又符合種魚管理經濟效益，對臺灣水產養殖之未來及提升國際之競爭力，將能有所助益。



參考文獻

- Alam, M. A., R. K. Bhandari, Y. Kobayashi, K. Soyano and M. Nakamura (2006) Induction of sex change within two full moons during breeding season and spawning in grouper. *Aquaculture*, 255: 532-535.
- Bhandari, R. K., M. Higa, S. Nakamura and M. Nakamura (2004) Aromatase inhibitor induces complete sex change in the protogynous honeycomb grouper (*Epinephelus merra*). *Mol. Reprod. and Develop.*, 67: 303-307.
- Bombero-Tuburan, I., E. B. Coniza, E. M. Rodriguez and R. F. Agbayani (2001) Culture and economics of wild grouper (*Epinephelus coioides*) using three feed types in ponds. *Aquaculture*, 201:229-240.
- Bombero-Tuburan, I., E. B. Coniza and E. M. Rodriguez (2002) Preliminary report on nursery and grow-out culture of hatchery-bred grouper (*Epinephelus coioides* Hamilton) in ponds. *Aquacult. Res.*, 33: 379-381.
- Chan, S. T. H., W. S. O and S. W. B. Hui (1975) The gonadal and adenohipophysial functions of natural sex reversal in *Monopterus albus*. In: *Intersexuality in the Animal Kingdom*. pp. 201-221. Reinboth, R. (ed.), Springer, Berlin.
- Chang, C. F. and B. Y. Lin (1998) Estradiol-17 β stimulates aromatase activity and reversible sex change in protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*. *J. Exp. Zool.*, 280: 165-173.
- Chang, C. F. and W. S. Yueh (1990) Oocyte maturation in protandrous black porgy *Acanthopagrus schlegeli* stimulated by enclomiphene and LHRH analogue. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 29: 173-180.
- Chang, C. F., W. S. Yueh and M. F. Lee (1991) Effects of LHRH-A and HCG on the steroid profiles of bisexual and mature male and female protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*. *Aquaculture*, 92: 83-92.
- Chang, C. F., E. L. Lau and B. Y. Lin (1995a) Estradiol-17 β suppresses testicular development and stimulates sex reversal in protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*. *Fish Physiol. Biochem.*, 14: 481-488.
- Chang, C. F., E. L. Lau and B. Y. Lin (1995b) Stimulation of spermatogenesis of sex reversal according to the dose of exogenous estradiol-17 β in juvenile males of protandrous black porgy, *Acanthopagrus schlegeli*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 100: 355-367.
- Chao, T. M. and M. Chow (1990) Effect of methyltestosterone on gonadal development of *Epinephelus tauvina* (Forsk.). *Singapore J. Pri. Ind.*, 18(1): 1-14.
- Chao, T. M. and L. C. Lim (1991) Recent developments in the breeding of grouper (*Epinephelus* spp.) in Singapore. *Singapore J. Pri. Ind.*, 19(2): 78-93.
- Chen, F. Y., M. Chow, T. M. Chao and R. Lim (1977) Artificial spawning and larval rearing of the grouper, *Epinephelus tauvina* (FORSKAL) in Singapore. *Singapore J. Pri. Ind.*, 5(1): 1-21.
- Chen, F. Y. (1979) Progress and problems of netcage culture of grouper (*Epinephelus tauvina* Forskal) in Singapore. *Proceedings of the World Mariculture Society*, 10: 260-271.
- Devlin, R. H. and Y. Nagahama (2002) Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208: 191-364.
- Elizur, A., I. Meiri, H. Rosenfeld, N. Zmora, W. R. Knibb and Y. Zohar (1995) Seabream ginadotropins: sexual dimorphism in gene expression. *Proceedings of the Fifth International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish*, Fish Symposium 95, Austin, TX (USA), 13-15.
- Glamuzina, B., N. Glavic, B. Skaramuca and V. Kozul (1998) Induced sex reversal of dusky grouper, *Epinephelus marginatus* (Lowe). *Aquacult. Res.*, 29: 563-568.
- Hassin, S., D. de Monbrison, Y. Hanin, A. Elizur, Y. Zohar and D. M. Popper (1997) Domestication of the white grouper, *Epinephelus aeneus* L. Growth and reproduction. *Aquaculture*, 156: 309-320.
- Huang, T. S., K. J. Lin, C. L. Yen, C. Y. Lin and C. L. Chen (1986) Experiments on the artificial propagation of black spotted grouper, *Epinephelus salmonoides* (Lacepede)-I. Hormone treatment, ovulation of spawners and embryonic development. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 40: 241-258.
- Huang, T. S., C. L. Yen and C. Y. Liu (1987) Experiments on the artificial propagation of salmon-like grouper, *Epinephelus salmonoides* (Lacepede)-III. Brood stock nursing induced maturation and spawning. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 42: 317-335.
- Lin, K. J., C. L. Yen, T. S. Huang, C. Y. Liu and C. L. Chen (1986) Experiment of fry nursing of *Epinephelus salmonoides* (Lacepede) and its morphological study. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 40: 221-240.
- Mourier, J. P. (1976) Effects of an antiandrogen cyproterone acetate, on the kidney of the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Cell Tissue Res.*, 173: 357-266.
- Nakamura, M., T. Mariko and Y. Nagahama (1994) Ultrastructure and in vitro steroidogenesis of the gonads in the protandrous anemonefish *Amphiprion frenatus*. *Japan J. Ichthyol.*, 41: 47-56.
- Neri, R., K. Florance, P. Koziol and S. van Cleave (1972) A biological profile of a non-steroidal antiandrogen, SCH 13531 (4'-nitro-3'-trifluoro-methylisobutyranilide). *Endocrinology*, 91: 427-437.
- Poyet, P. and F. Labrie (1985) Comparison of the antiandrogenic/androgenic activities of Flutamide,

- cyproterone acetate and megestrol acetate. *Molec. Cell Endocrinol.*, 42: 283-288.
- Quinitio, G. F., N. B. Caberoy and D. M. Jr. Reyes (1997) Induction of sex change in female *Epinephelus coioides* by social control. *Israeli J. Aquacult.*, 49: 77-83.
- Quinitio G. F., J. D. Tan-Fermin and A. Nagai (2001) Possible application of mibolerone for induced sex inversion of grouper *Epinephelus coioides*. *Fish. Sci.*, 67: 232-237.
- Ravaglia, M. A., F. L. Lo Nostro, M. C. Maggese, G. A. Guerrero and G. M. Somoza (1997) Characterization of molecular variants of GnRH, induction of spermiation and sex reversal using GnRH-A and domperidone in the protogynous diandric fish, *Synbranchus marmoratus* Bloch, (Teleostei, Synbranchidae). *Fish. Physiol. Biochem.*, 16: 425-436.
- Rouse, E. F., C. J. Coppenger and P. R. Barnes (1977) The effect of an androgen inhibitor on behaviour and testicular morphology in the stickleback *Gasterosteus aculeatus*. *Horm. Behav.*, 9: 8-18.
- Ruan, H., G. Wu and R. Huang (1996) Induced sex reversal of black sea bream, (*Sparus macrocephalus*). *Stud. Mar. Sin.*, 151-161.
- Sower, S. A., C. B. Schreck and M. Evenson (1983) Effects of steroids and steroid antagonists on growth, gonadal development, and RNA/DNA ratios in juvenile steelhead trout. *Aquaculture*, 32: 243-254.
- Tan-Fermin, J. D. (1992) Withdrawal of exogenous 17- α methyl-testosterone causes reversal of sex-inversed male grouper *Epinephelus suillus* (Bloch and Schneider). *Philippine Sci.*, 29: 33-39.
- Tan-Fermin, J. D., L. M. B. Garcia and A. R. Jr. Castillo (1994) Induction of sex inversion in juvenile grouper, *Epinephelus suillus*, (Valenciennes) by injections of 17 α -methyltestosterone. *Jap. J. Ichthyol.*, 40: 413-420.
- Tao, Y. X., H. R. Lin, G. Van Der Kraak and R. E. Peter (1993) Hormonal induction of precocious sex reversal in the ricefield eel, *Monopterus albus*. *Aquaculture*, 118: 131-140.
- Yeh, S. L., W. S. Luo and Y. Y. Ting (1986) Studies on the sexual conversion of grouper with hormone treatment. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 41: 241-258.
- Yeh, S. L., Y. Y. Ting and C. M. Kuo (1987) Induced sex reversal and spawning of grouper *Epinephelus salmonoides*, *Epinephelus fario*. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 43: 143-152.
- Yeh, S. L., Y. Y. Ting and C. M. Kuo (1988) Induced sex reversal of grouper (*Epinephelus salmonoides*, *Epinephelus fario*), after implantation of pellet androgen. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 45: 103-114.
- Yeh, S. L., Y. Y. Ting and C. M. Kuo (1989a) Induced final maturation and ovulation of grouper (*Epinephelus salmonoides*, *Epinephelus fario*) with HCG or LH-RH analogue. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 47: 221-242.
- Yeh, S. L., Y. Y. Ting and C. M. Kuo (1989b) Technique of pellet implantation and preparation for induced sex reversal of the groupers *Epinephelus salmonoides*, *Epinephelus fario*. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 47: 213-219.
- Yeh, S. L. and Y. Y. Ting (1990) Studies on the reproduction for broodstock establishment of groupers. *Bull. Taiwan Fish. Res. Inst.*, 49: 167-181.
- Yeh, S. L. (2003) Studies on inducing sex reversal in groupers. Ph. D. dissertation, National Taiwan Ocean Univ., 214 pp.
- Yeung, W. S., H. Chen and S. T. H. Chan (1993) In vivo effects of LH and LHRH-analog on gonadal development and in vitro steroidogenesis in the protogynous *Monopterus albus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 89: 323-332.