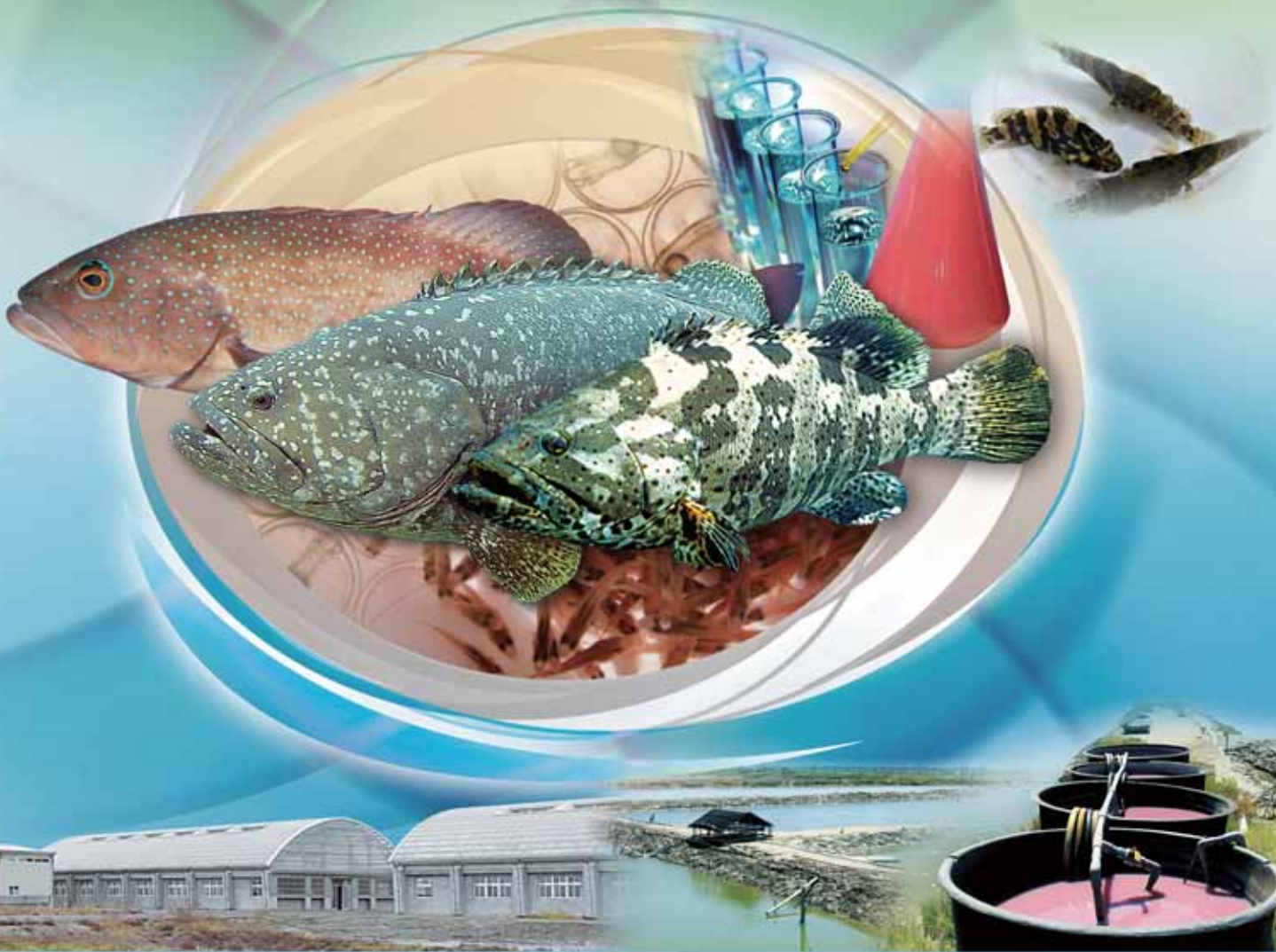


# 石斑魚 繁殖技術與管理



## Grouper Breeding Techniques and Rearing Management

行政院農業委員會水產試驗所  
Fisheries Research Institute, COA

# 石斑魚 繁殖技術與管理

主編：葉信利



## Grouper Breeding Techniques and Rearing Management

行政院農業委員會水產試驗所  
Fisheries Research Institute, COA


中華民國一〇六年十二月  
December 2017

# 序

石斑魚是全球重要的高經濟魚種，2015年總產量約42萬公噸，其中有38%、16萬公噸來自養殖，且主要生產國全數集中在亞洲。中國是最大的產區，產量高達10萬公噸，佔全球養殖石斑魚總產量的63%；產值為1.2億美元，佔全球總產值(6.3億美元)的19%。排名第二的臺灣，雖然產量僅約2.6萬公噸(佔總產量的16%)，但產值則領先群雄，高達2.3億美元，佔總產值的37%。

臺灣的石斑魚養殖迄今已有超過40年的歷史，多年來憑藉著科技研發與經驗累積，克服各項瓶頸，目前已成功建立瑪拉巴石斑、點帶石斑、鞍帶石斑、棕點石斑、老鼠斑、豹鱸、藍身大石斑、玳瑁石斑等的完全養殖技術，不僅成為全球石斑魚養殖的典範，也是魚苗及幼魚的重要輸出國。過去幾年來，臺灣的養殖石斑魚產量大都維持上升趨勢，但2016年初，因為受到席捲東亞的超級寒潮影響，產量較2015年減少6,000公噸，降至2萬公噸左右，產值為54億新臺幣。出口貿易方面，該年度的石斑魚產品外銷量為1.4萬公噸，在養殖魚種中僅次於吳郭魚(2.1萬公噸)，其中除了少數以生鮮、冷藏或冷凍方式出口，其餘皆以活魚與魚苗型態輸出；至於外銷金額則持續高居養殖水產品之首，達9,800萬美元。由此也可知石斑魚養殖產業舉足輕重之地位。

雖然臺灣的石斑魚養殖技冠全球，不過仍然有一些問題需要進一步的突破與解決，諸如：魚苗量產技術的穩定、符合營養需求之人工飼料



# 石斑魚 繁養殖技術與管理

Groupers Breeding Techniques and Rearing Management

的開發、疾病防治與疫苗的研發等等。另外，為了提高市場效益並持續保有競爭優勢，積極朝向設施化養殖發展，導入資訊化管理、產銷履歷制度與食品安全管控系統以及建立智慧化管理模式等都是亟待加強的課題。

水產試驗所投入石斑魚相關研究多年，迄今已累積許多可資應用的成果與經驗，茲為落實提供業界參考應用，特將其彙集成「石斑魚繁養殖技術與管理」一書出版，內容涵蓋石斑魚生產過程中的各個環節，包括健康種魚培育、優質受精卵生產、初期餌料生物培養、寸苗生產、中間育成、人工配合飼料開發、雞卵黃抗體及疫苗應用、養殖管理與生物防疫策略及感測聯網之模組系統的開發等，期望透過關鍵技術的確立，能有助於提高單位產能、養成品質與經營效益，並強化我國石斑魚養殖產業的體質與競爭力，進而達成永續經營與持續成長的目標。

行政院農業委員會水產試驗所

所長

陳君如 謹識

中華民國一〇六年十二月



GROUPEP

# 目次 Contents

## 第一章 石斑魚種魚培育及變性技術

葉信利

一、前言	1
二、種魚培育	2
三、人工促進變性	3
四、誘導性轉變之持續效果	4
五、外源性雄性素之抑制	6
六、展望	8
參考文獻	9

## 第二章 石斑魚優質種苗生產實例

葉信利、朱永桐、陳陽德

一、前言	11
二、健康養殖之安全防疫管理	12
三、繁殖實例	13
(一)點帶石斑	13
(二)鞍帶石斑	15
(三)豹鱸	16
(四)褐石斑	17
四、未來	17
參考文獻	18

## 第三章 石斑魚苗初期餌料生物培養與管理

朱永桐、張素容

一、前言	19
二、石斑魚餌料系列	19
三、光合菌培養與應用	20
(一)光合菌培養之環境條件	21
(二)培養方式	21
(三)培養管理及注意事項	23
四、初期餌料生物—輪蟲	23
(一)培養方式	23
(二)輪蟲的收穫	24
(三)乾淨餌料—輪蟲生產系統	24

(四)生產管理及注意事項	25
五、結語	25
參考文獻	26

#### 第四章 石斑魚中間育成技術與管理

陳陽德、許晉榮

一、前言	27
二、中間育成養殖環境管理	28
(一)石斑魚中間育成室內養殖的設備	28
(二)石斑魚中間育成水質需求	29
(三)打氣設備與水處理系統的建置	29
(四)養殖前環境準備工作	31
(五)檢疫	32
三、馴餌與投餵策略	32
四、殘食行為探討與防範	33
五、石斑魚中間育成疾病管理	35
六、結語	36
參考文獻	36

#### 第五章 石斑魚養成技術與管理

林峰右

一、前言	37
二、養殖管理平台建立－養殖硬體設施及最適操作流程	37
三、水質參數分析及記錄	39
(一)水溫	39
(二)鹽度	40
(三)溶氧量	40
(四)酸鹼值	41
(五)氨	41
(六)亞硝酸	42
四、石斑魚養殖管理實例	42
(一)養殖池放養前處理及底質改善維護	42
(二)養殖池巡視管理要點	44



(三)飼料投餵管理要點 .....	44
(四)水質穩定度管理要點 .....	45
(五)疾病預防管理 .....	46
五、節能省電 .....	46
六、養殖管理風險評估 .....	47
七、結語 .....	47
參考文獻 .....	48

## 第六章 石斑魚人工配合飼料開發概況

吳豐成

一、前言 .....	49
二、石斑魚飼料中以植物蛋白替代魚粉研究 .....	49
三、鞍帶石斑稚魚之飼料脂肪需求研究 .....	51
四、石斑魚飼料中以植物調和油部分取代魚油研究 .....	52
五、石斑魚的必需脂肪酸需求 .....	53
六、石斑魚飼料研發之未來發展 .....	54
參考文獻 .....	54

## 第七章 石斑魚養殖疾病防疫

吳育甄

一、前言 .....	55
二、感染的途徑及防治 .....	55
(一)細菌性疾病感染原因及防疫 .....	57
(二)病毒性疾病感染途徑及防疫 .....	57
(三)寄生蟲感染途徑及防疫 .....	58
三、防疫方法 .....	58
(一)消毒措施 .....	60
(二)魚隻健康度評估 .....	60
(三)養殖期間防疫措施 .....	62
(四)益生菌的應用 .....	62
四、結語 .....	64
參考文獻 .....	64

## 第八章 水試所石斑魚育苗模場介紹

陳陽德、葉信利

一、前言	65
二、石斑魚育苗模場規劃	65
(一)育苗模場介紹與環控措施	65
(二)育苗模場防疫措施	66
(三)維生設備與育苗池供氧管線	67
三、石斑魚育苗模場生產技術	67
(一)放養前環境準備工作	67
(二)石斑魚卵洗卵	68
(三)魚卵放養	69
(四)育苗初次投餵	69
(五)育苗投餵管理	71
(六)育苗收成	71
四、影響育苗模場成功率因素探討	72
(一)石斑魚卵品質	72
(二)育苗池水質	73
(三)餌料生物充足與否	73
(四)魚苗殘食	73
五、結語	74
參考文獻	74

## 第九章 水試所石斑魚模場感控聯網系統之建置

張致銜、林志遠

一、前言	75
二、模場設施概述	75
三、養殖監控聯網子系統	76
(一)環境感控功能	76
(二)多模水質監測功能	77
四、養殖決策可視化子系統	77
五、結語	79
參考文獻	79







# 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*) 及豹鱸 (*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)。



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

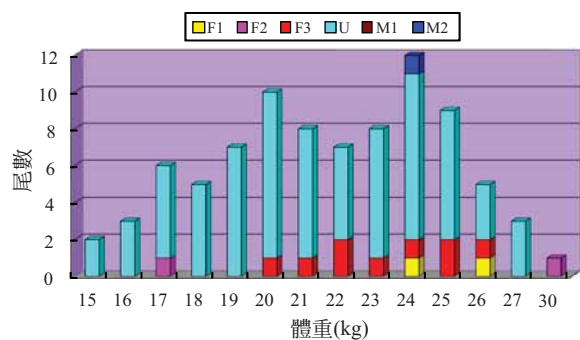


圖 1-2 鞍帶石斑雌雄性分化與體重之關係 (F1：卵黃堆積前期(previtellogenic stage)；F2：卵黃泡生成期(cortical alveolar stage)；F3：卵黃球期(yolk globule stage)；M1：精細胞期，少量精子(spermatid, spermatozoa few)；M2：精子期(spermatozoa)；U：雌雄發育未明(Unknown))

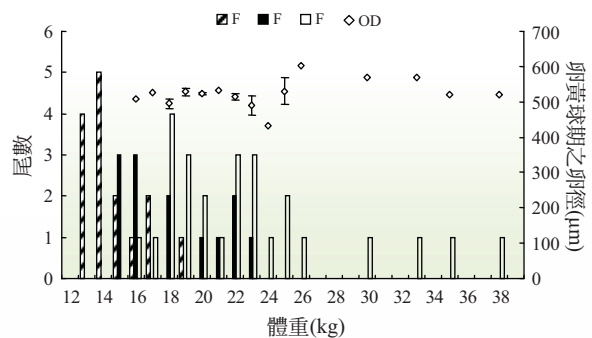
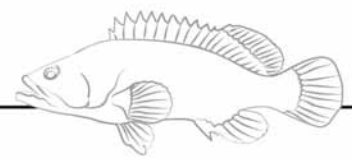


圖 1-3 藍身大石斑雌魚性分化及成熟與體重之關係 (F1：卵黃堆積前期；F2：卵黃泡生成期；F3：卵黃球期；OD：卵黃球期之卵徑)



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。

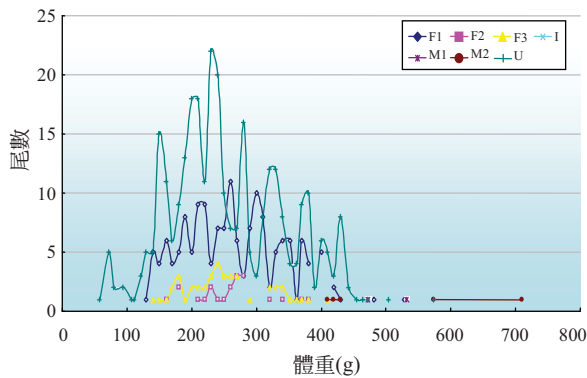


圖 1-4 玳瑁石斑雌魚性分化及成熟與體重之關係 (F1：卵黃堆積前期；F2：卵黃泡生成期；F3：卵黃球期；I：性轉變期(intersex phase)；M1：精細胞期，少量精子；M2：精子期；U：雌雄發育未明)

### 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。

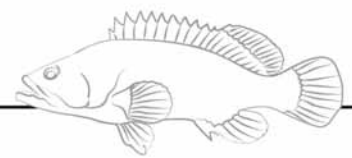
表 1-1 石斑魚人工誘導性轉變方法特性比較

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 <sub>2</sub> )		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

E<sub>2</sub>：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。

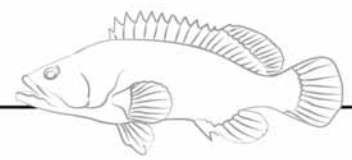
然而，以藥粒埋植方式所進行之誘導性轉變，經過一段時間之後並非所有性轉變雄魚都變回雌魚，有可能埋植法為一較長效性方法，能在魚體內緩慢持續釋放雄性素並已達其維持雄魚所需累積有效劑量，使得性轉變回雌性之機制失效。因此，欲保持性轉變雄魚之持續效果，則可能必須要維持魚體內雄性素之作用，鱸滑石斑以 silastic tube 進行誘導性轉變，Chao 及 Chow (1990) 認為，第一次埋植後 6 個月宜再進行第二次埋植，Lee 等 (1995) 則於第一次埋植後 4 個月實施第二次埋植，以維持雄魚狀態 (maleness)。Yeh (2003) 以藥粒埋植點帶石斑之試驗結果建議，第一次埋植 9–12 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 $\beta$  (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 (E<sub>2</sub>) 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) 及鱸魚 (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，而且在鱸魚以 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<sub>2</sub> 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。

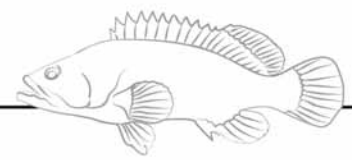
又血漿中性類固醇激素雌二醇之濃度，雄性素藥粒移除組在第 270 天及第 300 天相對於對照組、雄性素藥粒埋植組及再植入 Flutamide、E<sub>2</sub>、LHRHa 有較高濃度外，其餘各時間點無顯著不同，並沒有像雄性素變化有明顯趨勢 (Yeh, 2003)。因此，由於雄性素藥粒埋植組及再植入 Flutamide、E<sub>2</sub>、LHRHa 等之作用機制都與雄性素之增加與

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.
- Bombeo-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.
- Bombeo-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 $\beta$  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 $\beta$  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 $\beta$  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 tautoga* (Forsk.) in Singapore. *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 tautoga* (FORSKAL) in Singapore. *Singapore J. Pri. Ind.*, 5(1): 1-21.
- Chen, F. Y. (1979) Progress and problems of netcage culture of grouper (*Epinephelus tautoga* 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- $\alpha$  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  $\alpha$ -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.

## 第二章 石斑魚優質種苗生產實例

### 一、前言

石斑魚養殖業在臺灣已有 40 年歷史，臺灣養殖業者在種魚和魚苗的培育上，早已領先全球。2007 年依聯合國世界糧農組織 (FAO) 統計，全球石斑魚養殖產量已超過 7.5 萬公噸，臺灣亦為全球石斑魚主要養殖國家之一，產量為 1.7 萬公噸 (佔全球總產量 25%)，產值高達新臺幣 40.8 億元 (佔全球總產值 58%)。2008 年臺灣養殖產量為 1.7 萬公噸，產值高達 48.8 億元。2009 年臺灣養殖產量為 1.3 萬公噸 (約佔全球總產量 17%)，產值 31.2 億元 (約佔全球總產值 33%)。2010 年臺灣養殖產量為 1.13 萬公噸 (約佔全球總產量 14%)，產值 35.8 億元 (約佔全球總產值 25.6%)。又 2008 年臺灣開放活魚運搬船直航，2010 年簽署兩岸經濟合作協議 (ECFA)，2011 年早收清單元旦生效後，依財政部統計，上半年臺灣石斑魚外銷中國出口值，達 15.5 億元，超越 2010 年全年的 13 億元。2011 年臺灣養殖產量為 1.39 萬公噸 (約佔全球總產量 14%)，產值 53.0 億元 (約佔全球總產值 32%)。2012 年臺灣養殖產量為 2.29 萬公噸，產值 72.96 億元。2014 年臺灣養殖石斑魚產量更達 2.62 萬噸，產值 86.22 億元。2015 年臺灣養殖產量為 2.44 萬公噸，產值 70.59 億元。2016 年臺灣養殖產量則為 1.98 萬公噸，產值 53.94 億

元 (中華民國台閩地區漁業統計年報，2016)。

據行政院農業委員會漁業署統計，在 2008 年以前臺灣石斑魚養殖面積皆在 1,600 公頃以下，在 2009 年才增加養殖面積超過 2,000 公頃，於 2012 年臺灣石斑魚養殖面積達 2,311 公頃，2016 年臺灣石斑魚養殖面積則為 2,084 公頃 (中華民國台閩地區漁業統計年報，2016)。魚苗及成魚主要產區以臺南市 (安南區、北門區)、高雄市 (林園、永安、彌陀、茄萣)、屏東縣 (林邊、佳冬、枋寮) 等為主，佔臺灣整個石斑魚養殖面積的 90% 以上，其餘為嘉義、雲林、彰化、宜蘭及澎湖等縣。

近幾年來，國內石斑魚種苗培育技術經不斷努力研究 (Huang et al., 1986; Lin et al., 1986; Huang et al., 1987; Yeh et al., 1987; 1989a; 1990)，已先後建立瑪拉巴石斑、點帶石斑、鞍帶石斑、棕點石斑、老鼠斑、豹鱸、藍身大石斑、玳瑁石斑、褐石斑 (圖 2-1) 等人工完整發展之繁殖及飼養技術 (Yeh et al., 1986; 1987; 1988; 1989b; 2003a, b, c)，應用於石斑魚繁養殖產業，除了在種魚培育節省不少時間及成本外，在國際上具有優勢競爭力。但因近年來爆發虹彩病毒 (grouper iridovirus, GIV) 及神經壞死病毒 (nervous necrosis virus, NNV) 之病毒性疫情 (Munday et al., 2002)，造成魚苗在短時間內大量暴斃，形成經濟上的嚴重損失，加上 2009 年



圖 2-1 臺灣已人工繁殖成功之主要石斑魚種類

莫拉克風災幾乎毀掉整個石斑魚產業。但靠著業者努力復建，與政府推動 ECFA 將石斑魚納入早收清單內，使石斑魚養殖業不僅能迅速復原，產值、產量更持續攀上高峰。農委會也從 2011 年 8 月開始舉辦「石斑魚文化季」，以一系列的活動增加民眾對石斑魚產業的認識。然，臺灣石斑魚產業分工精細（圖 2-2），雖是使臺灣石斑魚養殖產業執全球養殖石斑魚產值之牛耳，但石斑魚產業永續發展仍存在著一個極大的隱憂，就是在疾病與防疫上如何建立健全之養殖管理技術。

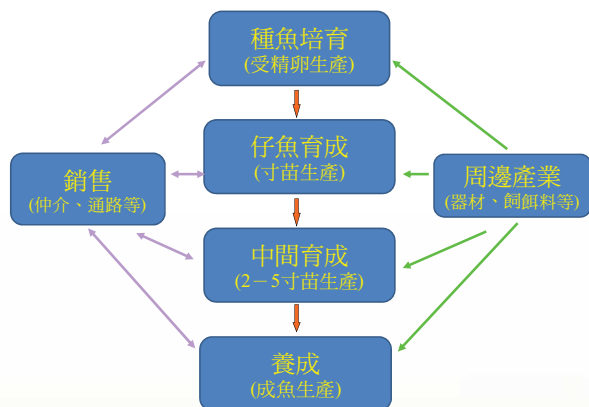


圖 2-2 臺灣石斑魚養殖產業的分工關係

## 二、健康養殖之安全防疫管理

石斑魚病毒主要發生在仔稚魚階段，使得育苗率非常低，多年來疫情並未獲得有效的改善。病毒傳染途徑除了水平感染外，種魚至受精卵的垂直感染亦是主要途徑（圖 2-3），因此未來疾病的控制應以健康種苗培育環境的消毒及疫苗的預防為方向，為了培育出健康的種苗，健康種魚的篩檢和管理是防治對策中重要的一環，並應嚴守石斑魚繁養殖場防止疾病傳播策略（圖 2-4）。

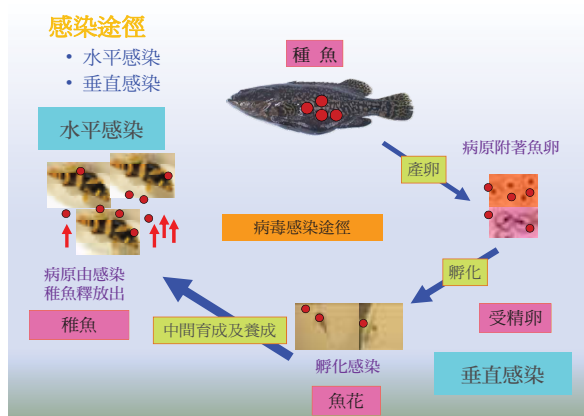
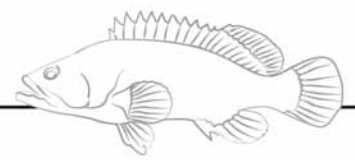


圖 2-3 石斑魚病毒感染途徑 (●病原)



圖 2-4 石斑魚繁養殖場防止疾病水平傳播策略



發展石斑魚養殖產業之優質種苗生產系統 (圖 2-5)，安全防疫健康管理主要包括：(1)無特定病原種魚篩選培育，生產高品質受精卵；(2)配合環境的消毒及洗卵方法，塑造防疫之育苗環境及養殖系統 (圖 2-6)；(3)量產供應乾淨餌料生物與飼料；(4)種魚、苗健康度判斷與良好的健康管理；(5)規格化及容易操作之養殖管理流程。具體作為首要建構防菌、防疫系統之石斑魚繁養殖模場，配合建立種魚篩選流程 (圖 2-7)，以病毒檢測挑選無帶原 (NNV, TGIV) 種魚，

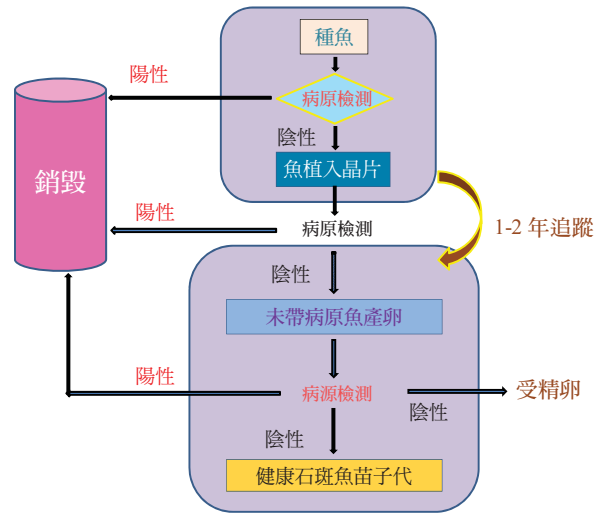


圖 2-7 健康石斑魚種魚篩選流程



圖 2-5 石斑魚優質種苗生產策略



圖 2-6 石斑魚防疫之育苗環境及養殖設施

利用生殖力指標去除生育能力差之親魚，逐批篩選快速成長魚苗作為親魚培育候選對象，並擬以基因標誌 (gene marker) 驗證挑選之種魚性狀。藉由外部形態觀察、疾病檢測、環境耐受性生理指標、攝食指標及藥物殘留檢測，建立蓄養前期大型魚苗標準化健康度指標以及蓄養後期生理值指標檢測，可有效提高選取健康魚苗辨別之管理效益，再經標準化培育過程降低魚隻死亡率。

### 三、繁殖實例

#### (一) 點帶石斑

點帶石斑俗稱青斑、朱過、紅點石斑、紅點仔，英名為 Orange-spotted grouper。點帶石斑為目前繁養殖之主要魚種，據估計臺灣每年白身苗產量雖超過 5,000 萬尾，但整體產業寸苗育成率平均還是未超過 5%，關鍵在於多數業者育苗生產管理技術不穩定與無法落實執行生物安全防疫觀念，導致育

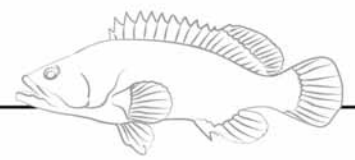
苗成功率不一。經過長期觀察與試驗，發現生物安全之技術策略應用對於量產點帶石斑苗及提高育苗成功率影響甚巨。由水產試驗所海水繁養殖研究中心（以下簡稱本中心）長期以來實際量產試驗中，挑出從生物安全之技術策略應用於點帶石斑育苗試驗。結果顯示（表 2-1），比較這幾次育苗條件及操作流程，很明顯在對照組之一般防疫措施之環境育苗操作，只執行平常管理，並無強調落實隔離，所承擔風險非常高，2007 年中有 2 次育苗試驗之失敗就是很典型的實例。商業性業者生產之點帶石斑受精卵雖卵質都很好，孵化率也有 85% 以上，在仔魚培育過程中亦很正常，但在孵化後 24 天或白身苗準備捕撈出售魚苗時卻都出現發病現象。魚苗檢體以 PCR 檢測 NNV 皆呈陽性，之後檢討懷疑是整個育苗過程中，病毒

垂直感染及水平感染加上捕撈緊迫，都有可能造成失敗之因素。為避免發生類似情形及降低風險，乃重新依建立健康養殖之安全防疫管理，擬定發展石斑魚健康優質種苗生產策略，藉育苗流程策略來阻斷病毒可能傳染的方式與途徑。首先全程在隔離設施內操作，受精卵取得後再以洗卵方式降低卵殼上病原量，為加強被動免疫力方式，嘗試使用 IgY（雞卵黃抗體）當洗卵劑並添加於生物餌料培養過程來中和病毒。並利用益生菌之光合菌當餌料生物之餌料，生產乾淨餌料生物輪蟲及橈足類，光合菌除能加強水質控制能力，又能增進抑菌能力。從這 3 年之育苗試驗皆能生產魚苗數有 85,000、22,600、92,220 尾，育苗率為 28%、9.04% 及 36.88%，都可達商業生產規模及穩定量產，且生產之魚苗以 PCR 檢測 NNV 皆呈陰性，證實生物

表 2-1 生物安全之技術策略應用於點帶石斑育苗結果

魚苗開始飼育日期	種類	魚卵來源	放養卵量(g)	孵化率 (%)	收穫尾數(隻) (2-3 cm)	育苗率 (%)	病毒檢測 (NNV detection)	技術應用策略
2007/03	點帶石斑	商業漁場	500	90	150,000	0	陽性	一般操作(收穫時發病)
2007/04	點帶石斑	商業漁場	350	85	0	0	陽性	一般操作(孵化後 24 天收穫時發病)
2009/10	點帶石斑	商業漁場	200	90	85,000	28	陰性	一般操作 設施消毒與隔離、 使用 PSB
2010/10	點帶石斑	商業漁場	200	88	22,600	9.04	陰性	一般操作 設施消毒與隔離、 使用 PSB、IgY
2011/03	點帶石斑	商業漁場	570	90	92,220	36.88	陰性	一般操作 設施消毒與隔離、 使用 PSB、IgY

PSB：光合菌 (photosynthetic bacteria)；IgY：雞卵黃抗體 (Immunoglobulin Y anti-NNV)



安全防疫生產模式確實有用，因此若能落實防疫觀念及作法就可大大降低風險。

## (二) 鞍帶石斑

鞍帶石斑俗稱龍膽、倒吞鱟，英名為 Giant grouper、King grouper，稚魚具有黃色斑塊與鞍帶，其 3 個不規則黑色條紋，隨著成長體色變成深褐色，成魚則無。鞍帶石斑苗在目前業界普遍育苗成功率都很低，整體平均育苗率小於 1%，推測主要原因很多，如養殖業者歸咎於卵質不佳、魚苗容易感染疾病、魚苗初次攝餌過程不易、餌料營養不足容易造成畸形及水質管理不善造成失敗率很高。事實上，鞍帶石斑育苗技術與點帶石斑類似，會碰到之問題也很相近，如能落實防疫觀念及作法就可大大降低風險。本中心應用生物安全之技術策略流程對鞍帶石斑之育苗進行量產試驗 (表 2-2)，由 2008、2010 及 2011 年都採相類似育苗條件及操作

流程，很明顯，來自商業性生產之鞍帶石斑受精卵或由本中心自行生產的卵質都很好，孵化率都有 80% 以上。在整個仔魚培育過程中，利用石斑魚優質種苗生產策略，主要包括全程在隔離設施內操作，受精卵取得後以洗卵方式降低卵殼上病原量，嘗試使用 IgY 當洗卵劑及添加於生物餌料培養過程中，並利用益生菌之光合菌生產乾淨餌料生物輪蟲及橈足類餵飼魚苗。從這 3 年之育苗試驗結果，皆能生產魚苗數約有 27,760、27,500、300,000 尾，育苗率為 9.9%、6.8% 及 37.5%，已可達一定商業生產規模及穩定量產，同樣所生產之鞍帶石斑魚苗以 PCR 檢測 NNV 皆呈陰性，證實生物安全防疫生產模式在鞍帶石斑育苗生產也確實有用，但也由本魚種這幾次育苗試驗顯示，IgY 使用似乎不若點帶石斑之使用有顯著差異效果，其中機制有待更進一步探討。

表 2-2 生物安全之技術策略應用於鞍帶石斑育苗結果

魚苗開始飼育日期	種類	魚卵來源	放養卵量(g)	孵化率 (%)	收穫尾數(隻) (2-3 cm)	育苗率 (%)	病毒檢測 (NNV detection)	技術應用策略
2008/08	鞍帶石斑	商業漁場	200	90	27,760	9.9	陰性	一般操作 設施消毒與隔離
2010/09	鞍帶石斑	海水繁養殖研究中心	400	80	27,500	6.8	陰性	一般操作 未帶病原種魚之卵 設施消毒與隔離、 使用 PSB、IgY
2011/09	鞍帶石斑	海水繁養殖研究中心	600	90	300,000	37.5 (孵化後 32 天)	陰性 (孵化後 32 天)	一般操作 未帶病原種魚之卵 設施消毒與隔離、 使用 PSB

PSB：光合菌 (photosynthetic bacteria)；IgY：雞卵黃抗體 (Immunoglobulin Y anti-NNV)



### (三) 豹鱸

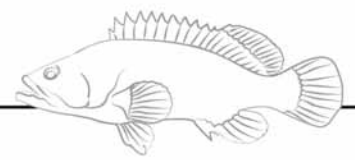
豹鱸俗稱七星斑、紅條，英名為 Leopard coral grouper、Coral trout，分布於西太平洋海域，臺灣各地均有產，是澎湖重要石斑魚類之一。豹鱸育苗流程應用生物安全之生產技術策略在本相關研究顯示為最有明顯差異之魚種（表 2-3），由 2008，2009 及 2011 年育苗比較，因受精卵全來自水產試驗所澎湖海洋生物研究中心培育野生種魚所生產的卵，卵質差異不大，都達一定水準，孵化率為 80%、65% 及 82%，在本中心以類似育苗條件及操作流程進行育苗，目的也想再測試整個仔魚培育過程中，利用已開發之石

斑魚優質種苗生產策略技術於豹鱸魚苗生產之應用。包括全程在隔離設施內操作，受精卵取得後以洗卵方式降低卵殼上病原量，嘗試使用 IgY 當洗卵劑及添加於生物餌料培養過程中，並利用益生菌之光合菌生產乾淨餌料生物輪蟲及橈足類餵飼魚苗。在健康養殖管理觀念下，分別測試所用技術策略之不同層次會產生之影響，從這 3 次之育苗試驗結果，皆能生產魚苗數約有 6,000、27,000、7,500 尾，育苗率為 2.8%、8.1% 及 1.6%，未來一定可達到商業生產規模及穩定量產，同樣所生產之豹鱸魚苗以 PCR 檢測 NNV 皆呈陰性，證實生物安全防疫生產

表 2-3 生物安全之技術策略應用於豹鱸及褐石斑育苗結果

魚苗開始飼育日期	種類	魚卵來源	放養卵量(g)	孵化率 (%)	收穫尾數(隻) (2-3 cm)	育苗率 (%)	病毒檢測 (NNV detection)	技術應用策略
2008/09	豹鱸	澎湖海洋生物研究中心	200	80	6,000	2.8	陰性	一般操作 設施消毒與隔離
2009/07	豹鱸	澎湖海洋生物研究中心	285	65	27,000	8.1	陰性	一般操作 未帶病原種魚之卵 設施消毒與隔離、 使用 PSB、IgY
2011/08	豹鱸	澎湖海洋生物研究中心	300	82	7,500	1.6	陰性	一般操作 設施消毒與隔離、 使用 PSB
2011/03	褐石斑	商業漁場	100	85	12,000	8.6	陰性	一般操作 設施消毒與隔離、 使用 PSB、IgY

PSB：光合菌 (photosynthetic bacteria)；IgY：雞卵黃抗體 (Immunoglobulin Y anti-NNV)



模式在豹鱸育苗生產上可用，對量產有正面效果，另也由本魚種育苗試驗顯示，技術策略使用多寡與育苗成功率有關係，IgY 使用似乎亦有不錯幫助效果。

#### (四) 褐石斑

褐石斑俗稱油斑、土鱸、土溝龍、泥斑、石斑、過魚，英名為 Longtooth grouper，分布於西北太平洋海域，包括韓國、日本、中國及臺灣，臺灣主要產於南部海域。在幾種養殖石斑魚種類中，對低溫之耐性較高，可低至水溫 5°C，是適合比較低水溫地區養殖，在臺南以北地區能越冬機率很高，推廣成魚養殖具有很高潛力。目前，在臺灣從事繁殖並量產魚苗並不多見，本次試驗魚卵來自商業業者種魚場，卵質不差，孵化率為 85%。2011 年育苗流程也是應用已建立之生物安全防疫生產技術，採用類似豹鱸育苗條件及操作流程，利用已開發之石斑魚優質種苗生產策略技術，應用於褐石斑魚苗生產。包括全程在隔離設施內操作，受精卵取得後以洗卵方式降低卵殼上病原量，嘗試使用 IgY 當洗卵劑及添加於生物餌料培養過程中，並利用益生菌之光合菌生產乾淨餌料生物輪蟲及橈足類餵飼魚苗，在健康養殖管理觀念下，測試所用技術策略之應用效果。從本次 (2011 年) 之育苗試驗結果，能生產魚苗數約有 12,000 尾，育苗率為 8.6% (表 2-3)，同樣所生產之褐石斑魚苗以 PCR 檢測 NNV 皆呈陰性，證實生物安全防疫生產模式在褐石斑育苗生產也確實有正面幫助，未來一定可達商業生產規模及穩定量產。

## 四、未來

由於石斑魚具高經濟價值，養殖發展潛力被看好，特別是在育苗之高報酬下，將吸引更多業者投入。石斑魚養殖管理除計算經營成本與收益外，「預防重於治療」，為避免養殖魚疾病的發生，降低爆發疫情之影響與嚴重性，更須著重種苗生產、養成、環境水質及疾病防治等幾項重要工作。若能結合產、官、學各方資源，藉建立健康種苗生產管理技術之標準化，形成核心技術廠並推廣產業共組中衛體系，則可以減少繁養殖過程中不必要之損失或風險，降低受精卵量產成本、提升育苗活存率及新魚種育種技術之開發，成為研發石斑魚養殖產業之重要關鍵技術。並今後，除繼續發揮臺灣養殖漁業的科技優勢及經濟地理條件，更需及早建立與國際接軌之管理系統與措施，使產品符合安全衛生、生態資源保育觀念、善盡社會責任與兼顧動物福祉之養殖管理技術與模式，生產優質石斑魚種苗取得國際品質管理認證，將是未來石斑魚養殖產業決勝之關鍵。

## 參考文獻

- 中華民國台灣地區漁業統計年報 (2016) 行政院農業委員會漁業署, 民國 106 年十月刊行。
- 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.
- Munday, B. L., J. Kwang and N. Moody (2002) Betanodavirus infections of teleost fish: a review. J Fish Dis., 25: 127-142.
- 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., C. M. Kuo, Y. Y. Ting and C. F. Chang (2003a) Androgens stimulate sex change in protogynous grouper, *Epinephelus coioides* spawning performance in sex-changed males Comp. Biochem. Physiol., 135: 375-382.
- Yeh, S. L., C. M. Kuo, Y. Y. Ting and C. F. Chang (2003b) The effects of exogenous androgens on ovarian development and sex change in female orange-spotted protogynous grouper, *Epinephelus coioides*. Aquaculture, 218: 729-739.
- Yeh, S. L., Y. T. Chu, C. M. Kuo, Y. Y. Ting and C. F. Chang (2003c)  $17\alpha$ -Methyltestosterone Induced sex change in the unilateral ovariectomized protogynous orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. J. Fish. Soc. Taiwan., 30(1): 77-86.

## 第三章 石斑魚苗初期餌料生物培養與管理

### 一、前言

石斑魚苗孵育過程中最早遭遇問題就是開口後過料（初次攝餌）成功與否，其關鍵主要是餌料的種類、大小、嗜口性及營養問題。近來在早期魚苗人工飼料之研發上雖有所進展，且已有商品化魚苗料生產，但卻未能有效地完全取代傳統餌料生物。目前石斑種苗產業對餌料生物的依賴性仍相當強，大量餌料生物的量產與供應仍為種苗培育上是不可缺少的一環，因此種苗業也分工衍生出餌料生物供應等周邊產業，使得臺灣石斑苗的產量為各國之冠。

在臺灣，餌料生物的生產模式，目前多以戶外大面積方式培養，其培養方式多以魚肉、魚漿、魚粉、雞糞等發酵作水的方法培養，此培養方式長期處於劣化環境下，因此所培養之餌量生物易攜帶鐘形蟲、舌杯蟲、細菌等，既不衛生且又易帶雜菌而感染魚苗，影響魚苗之活存（圖 3-1、3-2、3-3）。又，近年來石斑苗病害嚴重，據報餌料生物亦可能成病原菌之傳染途徑之一（陳，2011、周，2009），因此能適時、大量、提供質優之乾淨餌料生物為未來發展的趨勢。

### 二、石斑魚餌料系列

海水魚仔魚在剛孵化時口器未發育完



圖 3-1 戶外輪蟲培養池－施肥（此培養方式長期處於劣化環境下，不衛生又易帶雜菌）



圖 3-2 動物性餌料（輪蟲、橈足類）培養池（以魚肉、魚粉發酵之培養池水及底質極差，易孳生鐘形蟲、舌杯蟲及細菌）



圖 3-3 帶有鐘形蟲之橈足類

全，不能開口攝餌，在內源性營養期階段則以自身卵黃及油球作為能量來源，在卵黃及油球利用耗盡前，多半會由內源性營養轉換成外源性營養能源，亦即開始對外攝取營養。若初期開口攝餌失敗（俗稱的過料不良），即造成大量死亡，因此，仔魚的內部營養利用狀況及口器攝餌能力與後續仔魚活存有重大關係。日本學者 Kohno et al., (1997) 及 Kohno (1998) 教授曾提出，石斑仔魚開口攝餌時間較晚、混合營養期短、仔魚的體型與口器較小及發育較慢等來說明為何石斑仔魚初期育苗較為困難。既然石斑仔魚於先天上之攝食競爭能力較為劣勢的情況下，有效提供適當的初期餌料生物已成為提高石斑魚苗育成率的首要關鍵。

一般海水魚之餌料系列，如鯛科（黑鯛、黃鰭鯛、黃錫鯛）、石首魚科（紅鼓、鮨、黃魚）、笛鯛科（銀紋笛鯛、赤鰭笛鯛）、鰻科（烏魚、豆仔）、鰻（紅衫）、鱸（金目鱸、七星鱸）等其人工育苗的餌料系列大致類似，主要為輪蟲（圖 3-4）、橈足類（圖 3-5）、魚漿、配合飼料等。但石斑魚的孵出仔魚口徑小，對開口餌料的要求較為嚴格，在過去的研究原生動物（Nagano et al., 2000）、牡蠣受精卵及其幼生、小型（S 型）或超小型（SS 型）的輪蟲（Su et al., 1997）與橈足類之無節幼蟲（Toledo et al., 1999）都是可供為仔魚初期開口餌料生物。

文獻記載石斑魚的餌料系列，在日本常用的餌料系列為：SS 型輪蟲、S 型輪蟲、配合飼料與輪蟲並用、豐年蝦幼蟲及成蟲。其中輪蟲生產則以海水微球藻、濃縮淡水綠

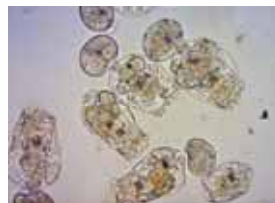


圖 3-4 輪蟲



圖 3-5 橈足類

藻及麵包酵母培養，輪蟲及豐年蝦使用前均再經乳化魚油進行營養強化。在臺灣所使用餌料系列有微藻、牡蠣受精卵、SS 型輪蟲、S 型輪蟲、豐年蝦（橈足類）（Su et al., 1997）；光合菌、牡蠣受精卵、輪蟲、橈足類（Yeh et al., 2003; 朱等, 2012）（圖 3-6）。筆者綜合考量臺灣環境及各種餌料生物的量產及取得難易度、可否穩定供應、營養價值及設備成本等因素，而推薦以光合菌、牡蠣受精卵、輪蟲、橈足類為石斑類（點帶石斑、藍身大石斑、棕點石斑、鞍帶石斑、褐石斑及豹鱸）魚苗之餌料系列並以牡蠣受精卵為開口餌料。

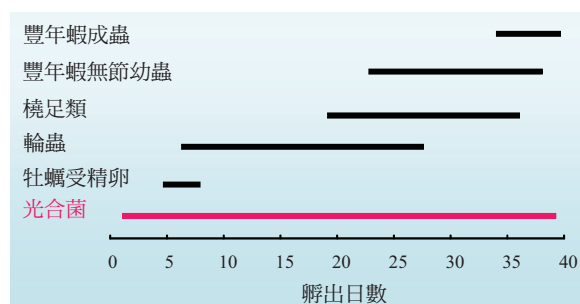
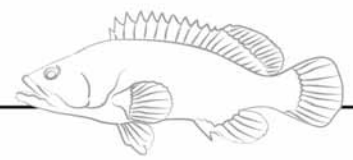


圖 3-6 石斑類魚苗餌料系列

### 三、光合菌培養與應用

光合菌 (photosynthetic bacteria, PSB) 是一類能進行光合作用而不產氧的原核生物的總稱。是地球上最早出現具有原始光能合成體系的原核生物，廣泛存在於自然界



中，在腐敗有機物質濃度高的水域中更為常見。因其具有固氮、產氫、固碳、脫硫，可氧化分解硫化氫、胺類及多種毒物的能力，因此常被作為水質改良劑。光合菌主要分為四類即綠色含硫菌 (Chlorobiaceae)、綠色非硫菌 (Chloroflexaceae)、紫色含硫菌 (Chromatiaceae)、紫色非硫菌 (Rhodospirillaceae)。目前本中心分離純化出之菌株即為紫色非硫菌，紅螺菌屬之 *Rhodovulum sulfidophilum*。

光合菌是一種營養豐富、營養價值高的細菌，菌體含有豐富蛋白質、脂肪、灰分以及維生素 B 群，特別是維生素 B12、葉酸及生物素含量豐富，為良好蛋白質來源。以水產試驗所海水繁養殖研究中心保有之 *Rhodovulum sulfidophilum* 菌株為例，其粗蛋白含量達到 60.2%，粗脂肪含量 8.2%，且大小極適合作為動物性浮游生物之餌料來源。本中心研發可以穩定大量生產菌液，並應用於水產生物幼生之初期餌料—輪蟲的培育及量產 (圖 3-7)。

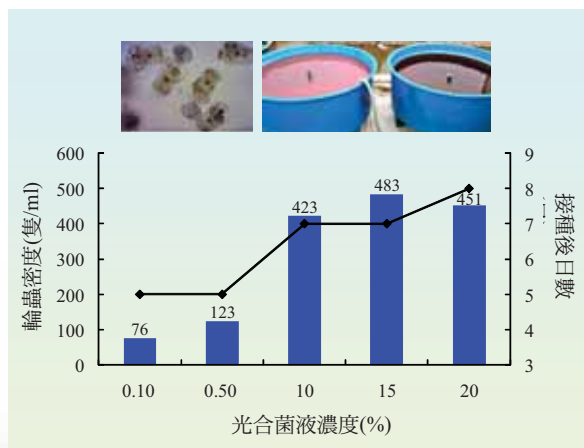


圖 3-7 光合菌培養輪蟲之增殖情形

### (一) 光合菌培養之環境條件

光合菌 *Rhodovulum sulfidophilum* 屬廣鹽性海洋菌株，此株光合菌在 NaCl 濃度 0 – 5.5% 下，均能活存成長，其中以 1.5 – 3.5% 的增殖效果較佳。一般光合菌的最適生長溫度為 25 – 35°C (林, 1999)，如 *Rhodobacter capsulatus* 為 30 – 35°C，*Rhodobacter sphaeroides* 為 30 – 34°C，*Rhodopseudomonas palustris* 為 30 – 37°C (Pfenning and Truper, 1974)，本菌株溫度在 15 – 40°C 範圍內仍能增殖成長，但以 30 – 35°C 最佳。在光照度方面，光合成細菌的光合成作用與光照強度有密切的關係。微生物對光的需求有最低及飽和光照度，本菌株光照度至少需 1,000 lux 以上較佳。不同的細菌對於生長環境的 pH 值的喜好程度不大相同。一般光合菌的最適生長 pH 為 6 – 9，如 *Rhodobacter capsulatus* 為 6.5 – 7.5，*Rhodobacter sphaeroides* 為 6.0 – 8.5，*Rhodopseudomonas palustris* 為 5.5 – 8.5 (Pfenning and Truper, 1974)，本菌株較適生長 pH 為 7 – 8。

### (二) 培養方式

#### 1. 小量培養 (20 – 1,000 ml)

以滅菌完之玻璃試管、三角瓶裝入表 3-1 之培養液接種純種菌液，培養液與菌液比例為 9 : 1。加蓋採厭氧培養，於室內以 60W 燈泡照射環境下可於 5 – 7 天呈深紅色，此時菌數可達  $10^8$  cfu/ml (圖 3-6)。

#### 2. 擴大培養

為使光合菌應用於產業，在上述最適成長條件下，以 20 L 透明塑膠容器盛取滅菌

海水以表 3-2 之配方，菌種與培養液以 1:5 之比例密封於室外日照培養，約 1 週後其量可達高峰期。

表 3-1 實驗室培養配方

成分	數量
Yeast extract	0.05 g
Sodium succinate	0.50 g
NH <sub>4</sub> Cl	0.10 g
NaCl	3.50 g
Mineral salts solution*	10 ml
Distilled water	90 ml
*Mineral salts solution	
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.2 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1.0 g
NaCl	0.5 g
FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.01 g
CaCl <sub>2</sub>	0.02 g
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0.002 g
NaMoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0.001 g
Distilled water	1,000 ml



圖 3-8 光合菌小量培養

表 3-2 擴大及大量培養配方

成分	數量
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.5 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.5 g
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 g
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0.5 g
CH <sub>3</sub> COONa	2 g
Yeast extract	2 g
Sterilized sea water	1,000 ml

另，開放性培養可以 1 公噸水量之桶槽以養殖用海水以漂白水 50 ppm 滅菌後再加入 500 ml 魚溶漿，接種菌液 20 L 微量打氣使水團攪動，置於陽光下培養，1 週後粉紅或紫紅色即為光合菌液 (圖 3-9)。

### 3. 室外量產

以面積 0.05–0.1 公頃，深 1.0 m 之戶外土池，池底鋪設 HDPE 塑膠膜為大規模量產光合菌液培養池。初始進過濾海水 60 cm，並以次氯酸鈉 50 ppm 消毒後，再以茶粕:米糠:魚粉 = 1:2:1 之比例，施肥 200 kg 並添加菌液 10 公噸，2 週後水體則呈現粉紅至暗紅色，並每 2 週追肥 1 次 (200 kg) (圖 3-10)。



圖 3-9 光合菌開放性培養

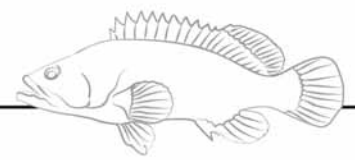


圖 3-10 光合菌戶外池量產

### (三) 培養管理及注意事項

1. 光合菌培養屬厭氧性培養，因此雖毋需供給充足氧氣，但為防營養鹽及菌體沉澱，宜適度的攪拌或打氣，使菌體得以充分接觸陽光獲得良好生長。
2. 戶外大量培養應防豪雨使鹽度驟降。
3. 戶外大量培養宜避免藍綠藻侵入與其競爭養分。
4. 每日注意菌液顏色變化及菌體貼附壁體等現象以防菌體老化。

## 四、初期餌料生物－輪蟲

自 1960 年輪蟲成功應用在嘉鱾 (*Pagrus major*) 魚苗育成上，輪蟲一直被認為是海水魚苗必要的餌料生物，它具有生活力強、繁殖速度快、大小適宜、營養豐富和容易培養等優點，迄今仍未找到更好的替代性物種，是早期海水魚苗重要的初期餌料生物。

目前，臺灣養殖上常用的輪蟲種類有二種，一種較大型 (L 型輪蟲)，學名 *Brachionus plicatilis*，長約 200–360  $\mu\text{m}$ ，

適於 10°C 以上水溫活存，最適水溫為 18–25°C；另一種較小型 (S 型輪蟲)，學名 *Brachionus rotundiformis*，長約 150–220  $\mu\text{m}$ ，適於 20°C 以上水溫生長，最適水溫為 25–35°C。大型種在低水溫期出現，小型種終年可見。輪蟲屬濾食性浮游動物，可濾食 < 25  $\mu\text{m}$  之有機顆粒，如光合菌、酵母菌、細菌、原生動物、有機碎屑、微藻 (扁藻、杜氏藻、衣藻、擬球藻等綠色微藻及等鞭金藻等褐色鞭毛藻類)、微膠囊飼料、藻粉。

### (一) 培養方式

輪蟲是多種海水種苗階段優良的活體生物餌料，目前國內輪蟲的來源，主要是室外土池人工養殖。屬粗放培養 (extensive culture)，培養池面積以 0.05–0.1 公頃較適宜，水深 1–1.5 m。培養池最好兩個以上，便於交替培養及收穫。以雞糞、魚粉、鰻魚粉、酵母粉、下雜魚肉或魚漿發酵液、魚精等為飼料，培養初始時以每池 (水量 500 公噸) 施予 100 kg 魚粉或 300 kg 雜魚肉，經 3–4 天後接種 2–3 桶 (濕重約 50 kg) 之海水輪蟲。培養時不打氣或小量打氣。



在輪蟲大量繁殖後，攝食量增加，消耗大量的浮游藻菌。因此必須追肥以供浮游藻菌繼續繁殖，使池中浮游藻菌維持一定的數量。培養中後期因輪蟲數量已達巔峰，水體中營養鹽消耗較快需及時補肥，一般視採收數量及培育池肥分而定，約每隔 5—7 天追肥 1 次。當輪蟲密度過大時，為防止短時間內把池水餌料濾清，以收獲輪蟲及補充餌料等措施來控制輪蟲密度。

## (二) 輪蟲的收獲

為使培養池輪蟲能持續繁衍每日採收量依溫度高低而定一般約全池數量的 1/10—1/3。另外，當輪蟲產量出現高峰時，應及時收獲大量輪蟲，然後補充肥料和水，以維持種群的持續生長。收獲時把沉水泵架在上風處，用 250 目尼龍網袋（長度為 6 m × 直徑為 40 cm）過濾收集輪蟲。收集時間一般以清晨較好，因為下午水溫較高易形成大量泡沫，影響效率及品質。

## (三) 乾淨餌料—輪蟲生產系統

目前供應產業界使用之輪蟲多數取自戶外大面積粗放式培養而得，其培養方式多以魚肉發酵液、魚漿等培養，此培養方式長期處於劣化環境下，因此所培養之餌量生物易夾帶鐘形蟲、舌杯蟲、細菌、病毒等。此生產方法既不衛生且又易帶雜菌而感染養殖魚隻，影響魚苗之活存。

光合菌具有營養豐富、淨化水質能力、易培養及適合作為動物性浮游生物餌料之特點，又有抑制病原菌之特性，極適合建構一安全衛生無病原之餌料供應系統，經本中心多年之研發成果及經驗，建構一以室外池

(30 × 25 × 1.8 m) 為光合菌量產池及輪蟲培養池（圖 3-11、3-12），依上節量產光合菌方式生產菌液作為輪蟲餌料來源，依養殖水透明度不定時添加光合菌液，水透明度則控制在 15—20 cm，其增殖情形如圖 3-8 所示，於 1 個月之培養採收期間共添加菌液 480 公噸採收輪蟲 520.6 kg，即 1 公噸 PSB 菌液可生產 1.1 kg 輪蟲。本量產模式輪蟲池平均每日至少可穩定生產收獲 87.6 kg 之輪蟲，每日約可供應 30 萬尾，0.9—1.2 cm 石斑苗攝食（圖 3-13）。

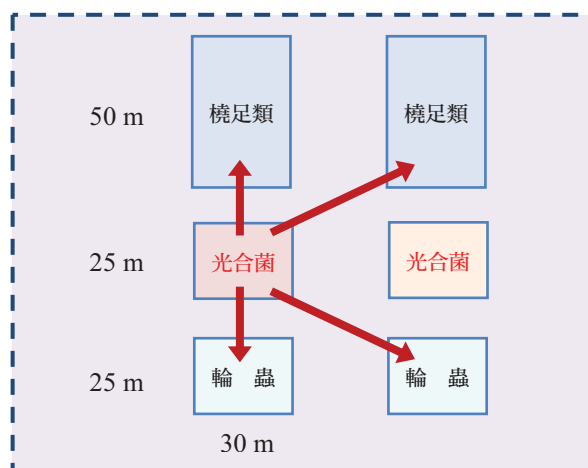


圖 3-11 乾淨餌料生物量產配置圖



圖 3-12 光合菌戶外量產池施工

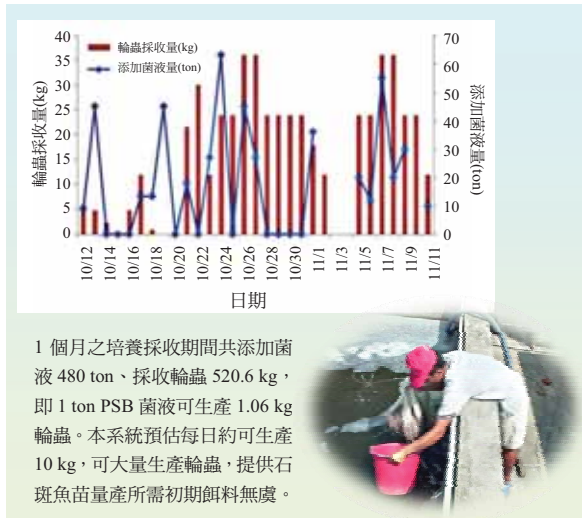
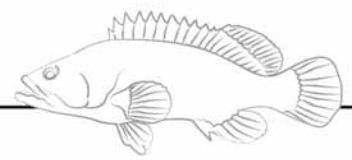


圖 3-13 光合菌對輪蟲之量產效果

#### (四) 生產管理及注意事項

輪蟲培育過程中若管理不當易發生矽藻或角毛藻繁生，則使輪蟲生存空間受限且該藻又不能提供輪蟲濾食，因而抑制輪蟲的增殖並將藻類隨生物餌料帶至育苗池影響育苗生態。解決的方法為以除藻劑去除或清池重新培養。

輪蟲培養過程中常見的敵害生物主要分兩類，(1)有害生物：主要有蝦鯨幼生、五鬚蝦幼生、水生昆蟲、蚊幼蟲等。使用 120—150 目的濾網採取過濾撈取水生昆蟲等，或清除池邊絲藻雜物，或以茶粕、三氯松等毒殺使有害生物無法滋生；(2)競爭性生物：如游仆蟲、變形蟲、橈足類等。一旦污染，輪蟲雖不致死，但由於它們吞食單胞藻菌類，使輪蟲產量低。主要應控制水源的污染源，添加用水最好是消過毒的。當培養池中出現大量原生物時，應把池水排空，重新接種培養。

輪蟲培養過程中後期培育水質老化易

滋生絲藻，應即予撈除以防日益增生競爭營養源影響浮游藻菌增殖，或增加水中藻色降低透明度。

量產規模主要添加大量氮源肥料，宜隨時監控水體中銨氮及亞硝酸氮濃度。

## 五、結語

輪蟲廣泛應用於海水魚、甲殼類人工育苗中，尤其是海水魚良好的開口及初期餌料。國內外對其輪蟲高密度培育技術、營養強化和品種選育等已進行了大量的研究，並已經建立了較穩定的以微藻為餌料之室內培養技術 (Yoshimura et al., 2003)。但是國內產業界尚無法穩定大量供應微藻，且室內培育成本高，而且通常需要營養強化才能提高其 HUFA 含量，因此國內業界多以戶外大面積方式培養，土池培育輪蟲攝食的餌料種類較多，各種餌料脂肪酸營養具有互補性，因而提高了輪蟲的營養價值。該培養方法雖簡便節省勞力，但在長期劣化環境培育下，池底大量沉積代謝產物，易產生大量的銨氮、亞硝酸氮、硫化氫等有害物質，使水質急劇惡化，病菌及原生動物迅速繁殖，而使培育之輪蟲易帶雜菌成為病原傳染途徑之一。本中心應用微生物技術，利用光合菌之特性量產輪蟲並已建立乾淨餌料量產系統。經過多年驗證，以光合菌系統之培養方式可改善水質、促進輪蟲增殖效果，穩定大量生產營養豐富，未帶病原菌之乾淨餌料生物，在輪蟲高密度培養技術中有一定的應用前景。

## 參考文獻

- 朱永桐 (2012) 光合菌應用於石斑魚類種苗生產—乾淨餌料生物量產系統介紹。石斑魚實用繁養殖手冊專刊：6-11，中華民國水產種苗協會。
- 朱永桐、陳陽德、張丁仁、梁貴龍、邱靜山、吳承憬、黃政軒、葉信利 (2012) 餌料生物新思維。科學發展，473: 14-19。
- 周信佑 (2009) 魚貝類病毒性疾病之健康管理研究。2009 年度財團法人交流協會フェローシップ事業成果報告書，1-8 頁。
- 林智中(1999). 光合菌的分離、培養及在養殖方面之應用研究 台灣海洋大學水產養殖研究所碩士論文，95 頁。
- 陳佳慧 (2011) 探討日本虎斑猛水蚤在石斑魚虹彩病毒及神經壞死病毒傳播上的可能角色。臺灣大學漁業科學研究所碩士論文，58 pp。
- 黃美珍 (1999) 光合細菌對致病弧菌的抑制作用。臺灣海峽，18(1): 92-94。
- Azad, S. A., V. C. Chong and S. Vikineswary (2002) Phototropic bacteria as feed supplement for rearing *Penaeus monodon* larvae. J. World Aquacult. Soc., 33(2): 158-168.
- Banerjee, S., S. A. Azad, S. Vikineswary, O. S. Selvaraj and T. K. Mukherjee (2000) Phototropic bacteria as fish feed supplement. Asian-Aus. J. Animal. Sci., 13(7): 991-994.
- Hagiwara, A., S. Terry, E. Lubzens and C. S. Tamaru (eds.) (1997) Live Food in Aquaculture: Proceedings of the Live Food and Marine Larviculture Symposium held in Nagasaki, Japan, September 1-4, 1996 (Developments in Hydrobiology Series, Vol. 124), 328 pp., Springer Netherlands.
- Kim, M. S., H. Y. Kim and S. B Hur (2000) Effect of photosynthetic bacterial addition to Chlorella or omega -yeast on growth of rotifer, *Brachionus plicatilis*, and its dietary value for flounder, *Paralichthys olivaceus*, larvae. J. Korean Fish. Soc., 33(2): 164-170.
- Kohno, H., (1998) Early life history features influencing larval survival of cultivated tropical finfish. In: De Silva, S. S. (Ed.), Tropical Mariculture. Academic Press, London, 72-110.
- Kohno, H., R. S. Ordonio-Aguilar, A. Ohno and Y. Taki (1997) Why is grouper rearing difficult?: an approach from the development of the feeding apparatus in early stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*. Ichthyol. Res., 44: 267-274.
- Nagano, Y. I., T. Kamiyama, H. Shimizu and H. Nakata (2000) Ciliated protozoans as food for first-feeding larval grouper, *Epinephelus septemfasciatus*: Laboratory experiment. Plankton Biol. Ecol., 47(2): 93-99.
- Pfennig, N. and H. G. Trüper (1974) The phototrophic bacteria. In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 8th edn, p. 24-75. Edited by R. E. Buchanan & N. E. Gibbons. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Sakamoto, H. and K. Hirayama (1983) Dietary effect of *Thiocapsa roseoperisicina* (photosynthetic bacteria) on the rotifer *Branchionus plicatilis*. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 54: 13-20.
- Su, H. M., M. S. Su, I. C. Liao (1997) Preliminary results of providing various combinations of live foods to grouper (*Epinephelus coioides*) larvae. Hydrobiology, 358: 301-304.
- Toledo, J. D., M. S. N. Golez, M. Doi and A. Ohno (1999) Use of copepod nauplii during the early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. Fish. Sci., 65: 390-397.
- Yeh, S. L., Q. C. Dai, Y. T. Chu, C. M. Kuo, Y. Y. Ting and C. F. Chang (2003) Induced sex change, spawning and larviculture of potato grouper, *Epinephelus tukula*. Aquaculture, 228: 371-381.
- Yoshimura, K., K. Tanaka and T. Yoshimatsu (2003) A novel culture system for the ultrahigh density production of the rotifer, *Brachionus rotundiformis* – a preliminary report. Aquaculture, 227: 165-172.

## 第四章 石斑魚中間育成技術與管理

### 一、前言

根據聯合國世界糧農組織 (FAO) 的調查，2011-2012 年間全球石斑魚產量，臺灣僅次於中國，居於世界第二，但產值卻為世界第一，顯示臺灣養殖技術領先各國，可以生產出高品質的石斑魚 (葉等，2011)。石斑魚養殖產業上在臺灣呈現高度分工，除了石斑魚育苗 (卵到白身苗)、成魚養殖兩大階段外，相較於其他養殖魚種多了中間育成階段 (葉等，2011)。這是因為石斑魚育苗收成後的白身苗 (七、八分至 1 寸苗) 尚處於幼魚期，對於環境的適應能力不佳，加上彼此間的殘食嚴重，如果直接放入養殖池養成至成魚，養成率往往不高，所以需要先經由 1-2 個月專業養成至 5 寸苗後，再進行後續成魚養殖，會使得漁民有較低的損失。以臺灣石斑魚養殖三大階段來說，中間育成可以說是剛接觸石斑魚養殖的新手較容易入門的階段，主要由於育苗階段雖資金成本需求較低，但技術門檻及風險較高；成魚養殖階段，雖然技術門檻較低，但其要求的資金門檻極高；而中間育成階段，不管在技術、資金成本皆居中，較易達到門檻。

目前臺灣石斑魚的中間育成養殖模式可以分為室外土池箱網養殖 (圖 4-1) 與室內小水體養殖 (圖 4-2)。室外土池箱網養殖的優點為：養殖設施少，養殖成本較為低；

養殖水體大，較不需要進行換池。而缺點則為：易受到天氣、水質等環境因素影響，養殖環境較不穩定，養殖管理操作上較為不



圖 4-1 石斑魚中間育成室外土池箱網養殖，箱網上附有防鳥網



圖 4-2 室內石斑魚中間育成場

易，在防疫的管理方面也更為困難，相對地，養殖密度較低。而室內箱網養殖的優點為：較不易受到外界環境因素影響，養殖環境穩定度較高，養殖管理操作也較為簡單，單人作業容易，養殖密度通常也較高。缺點則為：養殖設施相對要求較多，成本相對提高。因為養殖水體小，水質一旦產生變化，換池頻率往往會較為頻繁。目前臺灣石斑魚中間育成廠大多為室內小水體養殖，加上利用循環水系統養殖，可達到用水量降低、消毒防疫設施化等效果，已獲得不小的進展。本篇內容主要以室內小水體養殖為主，探討石斑魚中間育成階段的養殖管理，分述養殖環境管理、馴餌與投餵策略管理、殘食行為探討與防範、疾病管理方面。

## 二、中間育成養殖環境管理

### (一) 石斑魚中間育成室內養殖的設備

石斑魚中間育成室內養殖的建築物並沒有特定的要求，主要能夠遮風避雨即可。以臺灣目前的中間育成場來說，鐵皮屋、塑膠溫室、或者是水泥磚造房（圖 4-3）皆可



圖 4-3 各式石斑魚中間育成房舍

以作為中間育成場的房舍，惟若使用鐵皮屋或者是塑膠溫室者，特別需要考量通風與散熱，避免室內溫度過高或通風不良，造成養殖魚與工作人員的不適，特別是塑膠溫室，應加裝黑色遮陽網，以避免太陽直射的問題（圖 4-4）。



圖 4-4 塑膠溫室的黑色遮陽網可用於穩定室內溫度，減少陽光直射的高溫問題

中間育成室內的養殖池大小要求，大至 30 公噸水用的水泥池，小至 100 L 的 FRP 桶槽（圖 4-5）皆可使用。但其注排水系統需要妥善設計，特別是水泥池池底傾斜角度需要特別注意，避免形成排水不良的狀況，以免對於後續的清池消毒與養殖管理造成困擾。由於石斑魚的中間育成階段經常需要篩選、換池，故備有 2-3 個可以輪替的養殖池或桶槽，對於後續的養殖管理會有非常大的幫助。

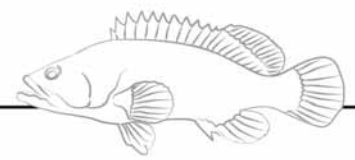


圖 4-5 室內中間育成養殖池大小，無太多限制

## (二) 石斑魚中間育成水質需求

石斑魚中間育成各項水質條件基本要求如下：(1)水溫：以 20–30°C 為佳，對於高溫，石斑魚尚可適應，但低於 20°C 時攝餌的行為會降低，低於 15°C 則會造成石斑魚幾乎不進食，亦會發生休克昏迷 (葉等，2011)；(2)鹽度：20–35 psu 都可，不似育苗期需要 25 psu 以上，中間育成期間魚隻適應能力較佳；(3)溶氧：含量需要達 5 mg/L 以上；(4)酸鹼值：pH 8–9；(5)氨氮與亞硝酸氮：本所海水繁養殖研究中心 (以下簡稱本中心) 對於石斑魚 2 寸苗進行氨氮與亞硝酸進行緊迫實驗，發現其可以忍受高濃度的亞硝酸氮與氨氮，魚隻的攝食也沒有受到明顯的影響；短時間的緊迫並沒有造成死亡，但長時間處於緊迫下，還是有可能對於

魚體的成長產生影響，故氨及亞硝酸的濃度亦不能太高，最好分別在 0.1 及 1 ppm 以下 (葉等，2011)。

## (三) 打氣設備與水處理系統的建置

由於室內養殖通常利用小箱網進行石斑魚蓄養，造成單位面積的養殖密度非常高，一旦氧氣不足馬上會造成大量死亡，在本中心中間育成試驗中，以缺氧造成的死亡為最多，養殖管理上除了需要加設鼓風機打氣設備外，特別需要注意突發狀況的發生，如颱風天停電、電力設備跳電等，建議需裝設配備有不斷電系統的打氣機組 (圖 4-6)，以備不時之需，若養殖地區為時常有供電不穩定的區域，則發電機組的設置為必要的，以免意外發生損失慘重。



圖 4-6 具備不斷電系統的打氣機

室內小水體養殖由於養殖密度較高，通常使用流水式或者是循環式的養殖方式，前者主要使用於水源取得容易的地區；後者則使用地理位置取水不易的地區，以中間育成防疫的重要性，皆需要建置水處理系統，一

般中間育成水處理系統可以分為過濾沉澱、消毒、生物性淨化、供應氧氣四大步驟，若為循環水系統，則需要增加養殖回流水先行進行懸浮物或者是排泄物分離步驟，並加強生物性淨化的效能。以本中心開發的水處理系統來說明（圖 4-7）。



圖 4-7 本中心的水用臭氧消毒系統

一開始的過濾沉澱利用砂濾機（圖 4-8）配合儲水槽進行原水的初步處理，消毒則目前中心內有使用三種方式進行（圖 4-9），一為紫外線消毒，特點為設置較為簡單、成本較低，但其燈管壽命與功率較無法負荷大量供水；一為臭氧殺菌，特點為適用大水量、成本較高、需要較高的能量消耗，



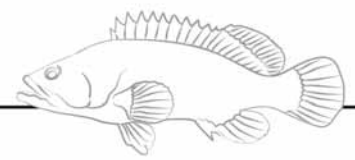
圖 4-8 自動逆洗砂濾桶



圖 4-9 本中心使用的三種消毒設備。左上：紫外線殺菌器；右上：海水電解器；下：臭氧殺菌器

消毒過後的水會有殘留問題，需要進一步過濾曝氣使用；最後則為目前新興的海水電解器，特點與臭氧殺菌系統相似，但能量消耗較低，一樣有殘留問題。後兩者的殘留問題皆可經由曝氣與活性炭吸附後去除，因其較適用於處理大水量的特性，為目前主流的消毒方式（周，2011）。

生物性淨化主要是利用硝化細菌的硝化作用去除水中有毒含氮廢物，如氨氮、亞硝酸氮，轉化為無毒的硝酸氮，生物性淨化池主要提供硝化細菌附著、生存的環境，一般外界大多使用生物濾材等，而本中心則是利用本所研發的燒烤牡蠣殼進行吊掛，給予硝化細菌附著的空間，使用效果不錯，成本較低。一般而言，水處理系統使用時，最不願意見到的便是污染與產生藻類（圖



4-10)，前者需要注意原水與循環水水源是否為乾淨，後者是盡量減少處理系統直接照射陽光，如水處理系統可以建置於室內遮蔽處則盡量建於室內，如若不行則可以利用遮蔽率高的遮陽網覆蓋（圖 4-11），避免直接陽光照射。



圖 4-10 本中心使用吊掛的燒烤牡蠣殼做為生物濾材，提供硝化細菌附著



圖 4-11 戶外水處理系統應做好遮陽工作，避免產生藻類

#### (四) 養殖前環境準備工作

石斑魚白身苗時期到 2—3 寸時，為神經壞死病毒的好發時期，所以這段時間的養殖環境管理，更著重於防疫方面，一般而言養殖前的準備工作主要為：

##### 1. 養殖池的清洗與消毒

養殖池於每次養殖或者是換池後，應進行清洗，清洗的重點為將池壁上的附著性生物，如藤壺 (barnacle)、管蟲 (tube worm) 等（圖 4-12）盡最大能力的清除，以避免其夾帶病原菌進入。清洗完畢後，盡量讓養殖

池乾燥 1—2 天後再進行消毒工作。消毒可以利用漂白水或市售的消毒劑噴灑（圖 4-13），或者是直接注水入池之後，加入漂白水進行池子的浸泡消毒，24 小時後將水排除，再用乾淨海水沖洗過後，乾燥，注水準備養殖。



圖 4-12 養殖池壁上的附著物(藤壺、管蟲)，易攜帶病原(左)；養殖池放養前需要清洗並移除附著物(右)



圖 4-13 養殖池放養前的消毒為防疫不可缺少的步驟

##### 2. 養殖器具的清洗與消毒

每一批養殖中間育成魚苗為了達到防疫的目的，盡量能夠使用獨立的養殖器具，如箱網、網具等。如不可避免需要使用相同養殖器具，更需要於每次使用後進行消毒，避免病毒或者是病菌經由養殖器具進行傳播，器具的消毒與清洗可以使用漂白水進行浸泡 12 小時後，一樣利用乾淨的淡水沖洗避免漂白水殘留，再放置於烈日下曝曬或風乾 24 小時即可。



### (五) 檢疫

當每一批魚苗要進入中間育成的養殖池時，都應該要進行檢疫的工作，需要使用獨立進排水的養殖池進行對水，並放養一至兩天，觀察魚隻的健康情形，主要觀察魚隻的游泳行為是否有異常、魚體表是否有傷害、是否有大規模死亡的情形、或者魚隻食慾不佳等，都代表該批魚隻健康情形不佳，都需考慮是否讓其進入養殖系統中飼養。由於室內小水體養殖通常會使用循環水系統，一旦帶有病原的生病魚隻進入養殖系統中，對於循環系統的汙染必須全盤清洗與消毒才能去除，此外，病毒也可能藉由循環系統傳染到其他健康魚身上，造成損失，所以檢疫的工作是不能省略，以免造成全場養殖魚的大量死亡的悲劇。

## 三、馴餌與投餵策略

從育苗場購買之白身苗，一般都還是以活餌料生物為主要食物，石斑魚中間育成為了餌料取得與管理的方便考量，以人工飼料為主要投餵餌料，而讓石斑魚白身苗適應人工飼料的過程即為馴餌。人工餌料與餌料生物（豐年蝦等）主要的差異在於堅硬度，一般而言石斑魚若習慣於軟性的餌料或飼料，對於較為硬質的飼料就不會進行攝食，所以在馴餌的策略上通常是利用石斑魚白身苗的搶食行為（圖 4-14），將石斑魚白身苗以較高密度養殖在同一個箱網中，先以餌料生物（例如豐年蝦）投餵，投餵方式為一次少量投入，迫使石斑魚白身苗進行爭搶，

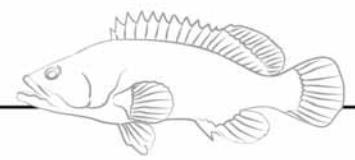
以此模式投餵 2-3 天後，即可在餌料生物中，混合少量人工飼料（要注意適口性）共同投餵（圖 4-15）。當石斑魚白身苗習慣爭搶食物後，對於任何進入箱網中，合乎其適口性的飼料或餌料，都會進行爭搶，而後餌料中逐漸增加人工飼料之比例，到最後完全以人工飼料取代餌料生物，即可以完成馴餌的過程。切記完成馴餌後，勿再以餌料生物進行餵食，因為一旦再以餌料生物餵食後，石斑魚白身苗又會開始習慣攝食軟性餌料生物，會使得整個馴餌又要重新操作。影響馴餌成功與否的因素，主要為石斑魚搶食行為的出現與否，所以一般馴餌時的箱網養殖



圖 4-14 石斑魚的搶食行為



圖 4-15 人工飼料混和冷凍豐年蝦進行馴餌餵食



密度都必須要達到一定的數字，以本中心的研究為例，以一個  $1.2 \times 0.9 \times 0.6$  m 箱網，進行馴餌時大都會養殖 2,000–3,000 隻石斑魚白身苗，以達到搶食行為的產生，馴餌成功後，需要立即降低養殖密度，以減少後續殘食或者是弱勢魚競爭不到食物的情形發生。但放養密度依舊不能太低，維持搶食行為對於後續飼料的投餵是非常有幫助的，亦可以增加石斑魚苗索餌的意願。

一般而言石斑魚中間育成的投餵策略主要是以 1 天 4–5 餐，每次投餵到魚隻不再索餌為止 (Kayano et al., 1993)，如此高的投餵頻率主要是由於石斑魚苗很容易互相殘食 (許等, 2002)，一旦處於饑餓狀態，很容易互相攻擊，造成兩隻石斑魚一起死亡，增加養殖損失，相關殘食的探討會在後面章節詳述。

每天早上天亮即可進行第一次投餵，通常第一次投餵的索餌情形會較為踴躍，一靠近箱網即會發現魚隻已浮上水面等待餵食，投餵方式依舊是一次少量引發搶食，可以提高石斑魚的索餌意願，當魚隻漸漸沉底，不再索餌時即停止投餵，10–20 分鐘後將沒有吃完的殘留飼料撈除即可。一般石斑魚苗吃飽後，大約 2–3 小時可以消化完畢，所以餐與餐間隔 2–3 小時，投餵前可以觀察魚隻腹部是否鼓起、魚隻是否浮上水面等待、或者是直接投放少量飼料觀察索餌情形，來判定是否進行投餵。每天黃昏前進行最後一次投餵，由於下一餐間隔時間較久，本次盡量讓魚隻吃飽，每餐投餵後可以記錄投餵的飼料量，可以藉由石斑魚索餌的

情形來進行魚隻健康與否的評估。

由於石斑魚苗吃多排泄也多，且其糞便會有附著性，不容易經由排放換水清除，故視其排泄物的多寡與養殖水體大小，每天甚至於每餐過後，都需要進行抽底工作 (圖 4-16)，以免過度污染水質，一般可以於餵食後 1 小時進行抽底工作，此時大約為飼料已進入石斑魚消化道中，可避免石斑魚苗受到驚擾吐出飼料。



圖 4-16 石斑魚苗的排泄物，有黏性，易附著於池底不易清除(左)；每日需視情況進行抽底，避免水質遭受污染(右)

#### 四、殘食行為探討與防範

石斑魚的殘食開始於幼魚期。以本中心在點帶石斑魚苗的經驗，仔魚殘食始自平均體長 1.6 cm 時，但它發生較頻繁之時，應是在變態後，背、腹鰭棘已完全縮短 (即俗稱的“收翅”)，沉底，約 2.5 cm (即俗稱的八分苗) 以後。基本上，持續整個中間育苗階段，大概到 2 寸苗左右，都可以看到殘食行為 (Hseu et al., 2003)。根據觀察，點帶石斑、鞍帶石斑與棕點石斑殘食者多半是由

頭部將犧牲者咬住，再將犧牲者以水平方式完全吞嚥入腹中；如果吞嚥失敗，就是兩者皆死亡的慘劇（圖 4-17），這種情形較常見於棕點石斑（Hseu et al., 2003; 2004; 2007a）。根據這個殘食模式，殘食者要能將犧牲者完全吞嚥，嘴寬至少必須相等或高於犧牲者的體高才有可能。我們藉由量測石斑外表型值發現，在點帶及鞍帶石斑中間育苗階段，石斑魚苗理論上只要比牠的犧牲者大約 30% 左右，就可將其吞嚥（Hseu et al., 2003; 2004）。我們利用鞍帶石斑魚苗配對檢驗上述實驗所得之體長關係方程式發現，發生殘食的配對，除少數例外，殘食者對犧牲者的體長比例要相等於或大於我們由關係式所推得之值才會發生；少數例外則發生在魚體較小時，其數據也相當接近推測值。我們由上述實際觀察及回歸模型也發現，石斑魚苗的殘食發生率會隨著魚體增長而逐漸降低，到了育苗後期，殘食往往多發生在體型差異較大的情況下（Hseu et al., 2007b）。

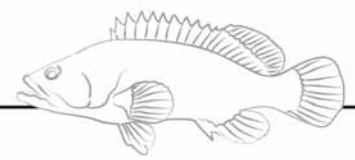


圖 4-17 石斑魚的殘食行為，極易造成雙亡情形

對石斑魚苗而言，抑制殘食最有效的的方法應是定期分級（Hseu, 2004）（圖 4-18），在育苗期間，約每 3 天使用篩網分級 1 次。篩網邊框多加保麗龍、泡棉等物質，可以浮在水中。將魚苗連水倒至相鄰浮性網目內篩選，便可因網目大小不同而將體型不均的魚苗依次分級。不過，分級事實上很耗時耗力，有時還會對石斑魚苗造成壓迫及機械性傷害，特別是對還未完全變態的「白身仔」魚苗，牠們對人為操作的耐受性較低，因此分級也會造成某些損失，此亦是必需考慮之處（Doi et al., 1991; Lim, 1993; Liao et al., 2001）。此外，由於棕點石斑殘食者即使體型差異不足以吞嚥犧牲者，仍會進行殘食（Hseu et al., 2007a），因此定期分級對牠所產生的抑制效果較小。



圖 4-18 各式篩網(上)；使用篩網定期分級(下)



除了利用篩網篩選外，由於魚苗成長快，在相對體重上會比成魚消耗較多的飼料，因此餵食的頻率必須比成魚來得高。以我們養殖的經驗，在育苗期，1天餵食4次以上，的確有助於降低石斑魚苗的殘食率。有些研究者認為提供遮蔽物可以降低石斑魚苗的殘食率，但對遮蔽物的種類、規格及效果卻未詳細說明 (Fukuhara, 1988; Doi et al., 1991)。我們也嘗試提供遮蔽物 (牡蠣殼及磚塊) 給點帶石斑魚苗，但卻未發現魚苗的殘食率有受到影響，倒是發現提供遮蔽物會造成魚苗聚集，反而可能提高殘食的機會 (許等, 2002; Takeshita and Soyano, 2008)。

## 五、石斑魚中間育成疾病管理

石斑魚疾病管理大都以「預防勝於治療」的觀念為最高指導原則，中間育成階段亦是如此，以目前室內小水體中間育成的模式，更優於防疫的處理，從前面章節的放養前養殖池清洗消毒、養殖用品的清洗消毒以及水處理消毒，到魚苗進入養殖池後的檢疫等，都是防疫工作不可或缺的步驟。另外，養殖 SPF 石斑魚苗以及虹彩病毒 (grouper iridovirus, GIV)、神經壞死病毒 (nervous necrosis virus, NNV) 疫苗的使用 (圖 4-19)，則是近期石斑魚養殖防疫的一大趨勢，相關石斑魚疾病防疫將會在後續章節詳細說明。本篇主要以中間育成期間的魚體健康評估為其主要內容，而中間育成期間魚體是否健康，主要利用觀察魚體的行為、魚體表面是否有所損傷及索餌意願進行評估。



圖 4-19 人工注射 GIV 疫苗(上)；使用自動注射機注射 GIV 疫苗(下)

發生以下情形時，通常代表石斑魚健康發生問題：(1)一般情況下，石斑魚在箱網中會有緊貼在箱網壁上或者是群體行動進行索餌或躲避 (圖 4-20)。沒有受到驚擾時，不會做衝刺等快速移動的行為，當觀察到魚體游泳行為有差異，如螺旋形的游泳、亂衝、磨擦小箱網或者是浮頭等，皆代表魚體發生狀況，通常為魚體受到病毒、寄生蟲等侵擾；(2)如觀察到魚體上有傷口或者是發紅潰爛現象，通常代表有殘食行為發生或者是細菌感染，可能需要進行篩選分池等動作；(3)正常的石斑魚寸苗索餌的意願非常高，通常會有在群體聚集在水面等待餵食的現象，一旦發現索餌意願降低，甚至於不吃時，代表魚體不健康或者是環境改變造成緊迫等情況發生。



圖 4-20 一般情況下，石斑魚在箱網中會聚集於底部網壁

一般而言，以石斑魚索餌意願降低為魚體發生問題時最早出現的狀況，所以每日餵食觀察期索餌情形、紀錄餵食的飼料量，對於石斑魚健康掌控與疾病防治有很大的幫助。發生上述情況時，盡量將發生狀況的魚隻分開蓄養，並且將其送至各地的家畜疾病防治所，由專業的獸醫師進行檢查與提供治療建議，切勿自行用藥，以免得不償失。

## 六、結語

石斑魚中間育成產業的獲利高低與育成率成正比，而良好的養殖管理則為提高育成率的不二法門。但以防疫隔離的室內養殖設施模式，搭配正確的防疫觀念進行養殖管理，每日細心照料與觀察，定時篩選分養，確實可以提高育成率，總而言之，石斑魚中間育成雖然入門門檻較低，但養殖成功與否，取決於養殖管理的好壞與用心程度。

## 參考文獻

- 周信佑 (2011) 由水消毒及洗卵之健康管理建立石斑魚病毒之防除策略。2010 石斑魚精緻養殖研討會論文集，43-47。
- 許晉榮、黃鵬鵬、丁雲源 (2002) 餵食策略及遮蔽物對石斑魚苗殘食之影響。水產研究，10(1&2): 31-40。
- 葉信利、朱永桐、林峰右 (2011) 石斑魚養殖健康管理與發展策略。2010 石斑魚精緻養殖研討會論文集，1-8。
- Doi, M., M. N. Munir, N. L. Nik Razali and T. Zulkifli (1991) Artificial propagation of the grouper, *Epinephelus suillus* at the Marine Finfish Hatchery in Tanjong Demong, Terengganu, Malaysia. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur.
- Fukuhara, O. (1989) A review of the culture of grouper in Japan. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 22: 47-57.
- Hseu, J. R. (2004) The separating effect of graders used in grouper larviculture. J. Fish. Soc. Taiwan, 31: 67-71.
- Hseu, J. R., H. F. Chang and Y. Y. Ting (2003) Morphometric prediction of cannibalism in larviculture of orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. Aquaculture, 218: 203-207.
- Hseu, J. R., P. P. Hwang and Y. Y. Ting (2004) Morphometric model and laboratory analysis on intracohort cannibalism in giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fry. Fish. Sci., 70: 482-486.
- Hseu, J. R., W. B. Huang and Y. T. Chu (2007a) What causes cannibalization-associated suffocation in cultured brown-marbled grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskal, 1775)? Aquacult. Res., 38: 1056-1060.
- Hseu, J. R., P. S. Shen, W. B. Huang and P. P. Hwang (2007b) Logistic regression analysis applied in cannibalism of giant grouper *Epinephelus lanceolatus* fry. Fish. Sci., 73: 472-474.
- Kayano, Y., S. Yao, S. Yamamoto and H. Nakagawa (1993) Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Aquaculture, 110: 271-278.
- Liao, I. C., H. M. Su and E. M. Chang (2001) Techniques in finfish larviculture in Taiwan. Aquaculture, 200: 1-31.
- Lim, L. C. (1993) Larviculture of the greasy grouper *Epinephelus tauvina* F. and the brown-marbled grouper *E. fuscoguttatus* F. in Singapore. J. World Aquacult. Soc., 24: 262-274.
- Takeshita, A. and K. Soyano (2008) The effect of artificial refuge on mortality by cannibalism in the juvenile orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. Aquacult. Sci., 56: 255-256. (in Japanese with English abstract)

## 第五章 石斑魚養成技術與管理

### 一、前言

石斑魚為暖水性魚類，大多分布於熱帶及亞熱帶區域，與其他魚種對水質耐受度相比，石斑魚有較佳耐受性，但也因此常會讓養殖漁民對水質及魚隻的行為無法立即作出正確的判斷，常發生的例子如：當水質參數接近魚隻耐受度臨界時，若未能及時發現或處理，將導致魚隻免疫力下降，繼而引發病毒、細菌性疾病或寄生蟲感染，最後造成魚隻大量死亡。因此，良好的水質管理是石斑魚養殖成功的基本條件。

水質管理受諸多因子（如蓄養生物種類、養殖管理技術、放養面積及環境氣候等）影響，目前臺灣石斑魚的養殖場，包括種魚場、白身苗場、中間育成場及成魚養殖場，大多集中於嘉義以南平均水溫較高區域，因此，本文以本所海水繁養殖研究中心所建置的鞍帶石斑育種平台為例，說明石斑魚養殖過程中應注意事項，期能透過標準化的模場管理，降低生產風險，增加產業競爭力。

### 二、養殖管理平台建立－養殖硬體設施及最適操作流程

所謂養殖管理平台即為一個特定的養殖區域，利用隔離或篩選，在魚隻成長過程中有系統的進行防疫、餵食、水質處理、紀

錄等手段，提供魚隻最佳成長模式及經營利潤。另以育種所建立的養殖管理平台最大優勢為魚隻在任何階段都可快速進行篩選，隨時為魚隻成長進行觀察及紀錄，以正確追蹤魚隻成長趨勢，且在整個成長過程中確保無疾病的感染以維持穩健的育種試驗。首先介紹本中心養殖硬體設施及操作流程，在鞍帶石斑養殖平台硬體設施（圖 5-1）共有三個區域，分別為防疫觀察區、中間育成區、深水式種魚養成區，在防疫觀察區主要目的為新進魚隻或魚隻疾病治療時使用，該區位於本中心西北邊，共有 15 池防疫觀察區，規劃為 5 組防疫池、5 組觀察池和 5 組蓄水池，每池最大蓄水量  $3.9 \times 1.5 \times 0.8 \text{ m} = 4.68$  公噸水，常用水量約  $3.9 \times 1.5 \times 0.6 \text{ m} = 3.51$  公噸水，該區供應用水為進排水獨立系統；進水部分由南側魚塢蓄水池約 3,600 公噸的水量供應注水，排水經由廢水處理區流入大排水溝。

防疫觀察區適合的蓄養密度，就石斑魚而言，1-3 寸苗約 100-150 隻/公噸水，3-5 寸苗約 50 隻/公噸水，5 寸苗以上的魚約 10-15 隻/公噸水。進排水操作每池約 15 分鐘可完成，防疫處理進行時會將將剛購買的魚隻放入防疫池，同時撈取入池魚隻數約 2% 作為檢測樣品，並記錄相關資料，防疫天數為 5-14 天，期間密切觀察予攝餌及魚隻健康情形。防疫期間所有養殖器材如撈

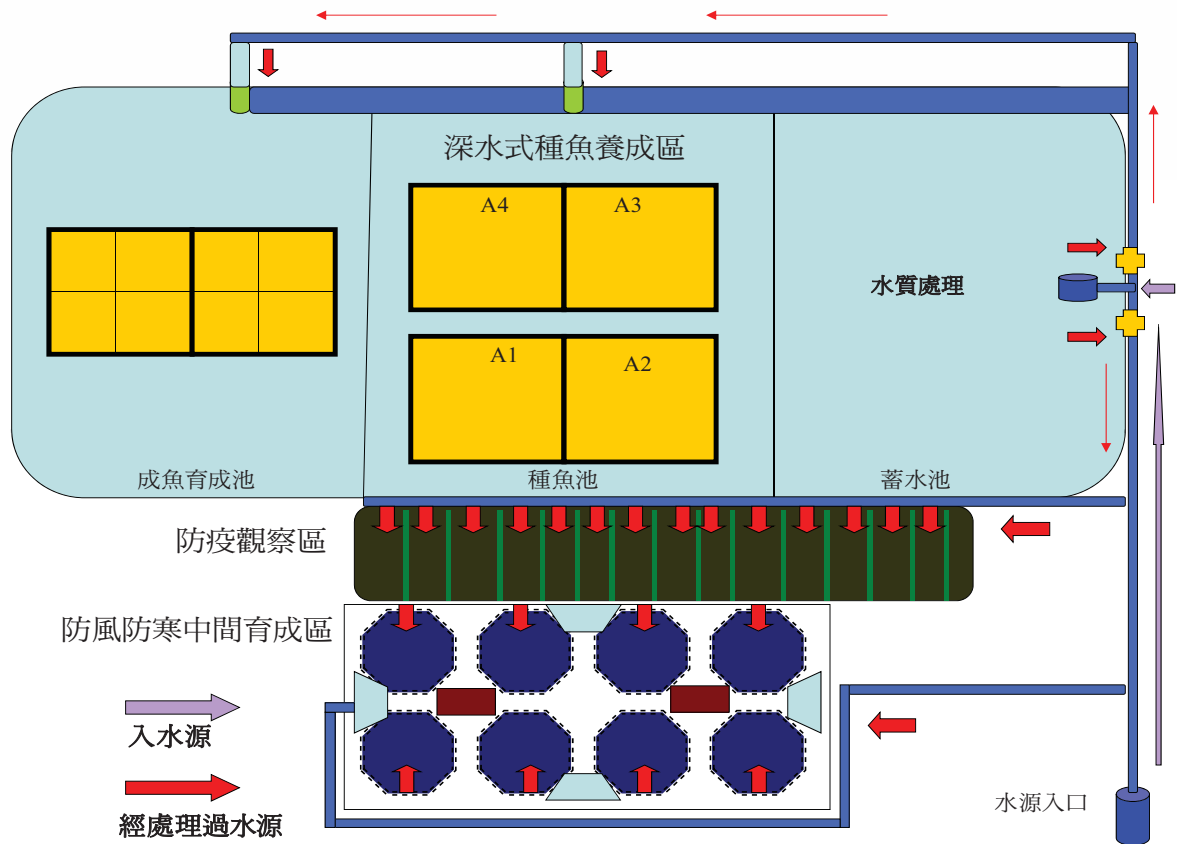


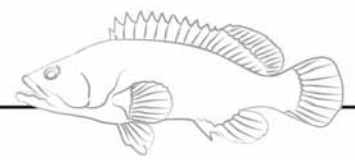
圖 5-1 養殖管理平台及水質處理示意圖

網、水管、箱網浸泡至 5 ppm 次氯酸鈉消毒，以防止疾病之傳染，所有試驗池引進經蓄水池沉澱的水後，利用二氧化氯 10 ppm 作為消毒，隔日混濁水色即會清澈。

另外中間育成區主要為魚隻集中馴餌並利用半密閉式養殖方式達到防寒作用，讓魚隻於冬天時可正常進食，因此主要以寸苗越冬培育，該區養殖池總數共 8 池，每池最高載水量約 18 公噸水，一般操作用水約 15 公噸水，該區供應用水為進排水獨立系統，養殖進水處理以 3 HP 馬達，4 英吋管徑抽取，經二氧化氯消毒沉澱之蓄水池水注入中間育成池使用，養殖排水處理部分以 5 HP

馬達，5 英吋管徑抽取於廢水緩衝處理池後排出，適合蓄養 300–1,000 g 魚隻，蓄養密度約 10 kg/公噸水，育成時間約 4–6 個月(每年的 11 月開始蓄養至隔年 4 月最為適合)，之後即可將魚移至深水式種魚養成區。

深水式種魚養成區位於本中心西北邊，主要蓄養 1,000 g 以上的石斑魚隻，養殖池總面積約為 1 公頃，深水式種魚養成池 3 池，每池約 0.26 公頃，排放池 2 池，每池約 0.1 公頃，目前深水式種魚池有兩種箱網蓄養方式，大型成魚平均每尾 5 kg 以上蓄養於  $5.25 \times 5.25 \times 2 \text{ m} = 55.125$  公噸水的大型箱網中，提供足夠空間，另 1 kg 以上



成魚蓄養於  $5.2 \times 4.2 \text{ m}$  的浮堤箱網，每個浮堤箱網中分隔為 4 個小箱網，每個小箱網  $2.1 \times 2.6 \times 2 \text{ m} = 10.92$  公噸水，兩種箱網蓄養方式適合蓄養密度為  $5 - 10 \text{ kg/公噸水}$ ，該區域進水設施利用本中心西側排溝抽取海水，首先進入蓄水池，經沉澱及二氧化氯消毒後，供應深水式種魚養成區使用，排水設施利用 5 HP 馬達 5 英吋抽取於廢水緩衝處理池後排出。目前管理方式依養殖魚類生長階段、體型、季節、飼養環境等因子，適時更換深水式種魚養成區箱網，養殖期間用水皆經過水質消毒管理，並定期檢驗魚病及魚隻的健康狀態。在飼料部分，目前以人工飼料投餵為主，並定期在飼料中添加綜合維生素以提供種魚成長及生殖各項生理需求。

### 三、水質參數分析及記錄

石斑魚養殖過程中，影響水質因素甚多，但能以人為方式加以控制者卻有限。常以科學方式進行快速檢驗，如溫度、鹽度、DO、pH、氨及亞硝酸，這些因子通常可因提早的執行或及時的操作控制於適合石斑魚成長的範圍，石斑魚的養殖密度與馴餌及水質管理有很大的相關性，養成過程會因為體重增加而增加投餵量，也因此蓄養密度方面，容易因為體型增加而未察覺魚隻養殖密度過高而影響生理值，造成成長率較差情形，而無論是利用何種養殖方式，一般石斑魚養殖密度建議為  $5 - 10 \text{ kg 魚重/公噸水}$ ，以陸上魚塢而言，每分地若  $1 \text{ m}$  水深約為

$1,000$  公噸水量，可放養魚苗大小為  $500 - 600 \text{ g}$ 、 $8,000 - 10,000$  尾 ( $4,000 - 6,000 \text{ kg}$  魚重/分地)，為安全放養密度，蓄養過程中，視魚隻體型需進行篩分，該體型魚隻可放養至  $1,000 - 1,200 \text{ g}$  左右再次進行篩分以及分養工作，因此基本上石斑魚養殖密度以  $5 - 10 \text{ kg 魚重/公噸水}$  做為參考依據，當然在箱網以及循環系統養殖設施中可以達  $40 - 60 \text{ kg 魚重/公噸水}$ ，惟只需注意魚體成長跟隨密度增加而影響水質管理及成長狀況，在適當進行調整即可。

本中心進行相關試驗中，對鞍帶石斑養殖管理平台三個養殖區域在不同時間點、不同批次進行相關試驗所檢測水質相關參數之基礎資料 (表 5-1)，參考如下：

#### (一) 水溫

石斑魚為外溫動物 (ectotherm)，體溫的維持依賴體內之產熱及個體與外界環境經吸熱放熱兩種方式作調節，所以石斑魚體溫會隨環境變化而改變，因此溫度急速的升高或急速的降低對石斑魚而言將是很大緊迫。在進行降溫試驗結果中，鞍帶石斑共 100 隻，於鹽度千分之 30，提供所需溶氧及適合的蓄養空間中，由  $26^\circ\text{C}$  降溫至  $10^\circ\text{C}$ ，以每小時降溫  $0.16^\circ\text{C}$  之速率進行，發現於該速率下，溫度在  $18^\circ\text{C}$  時攝食明顯減少，隨之開始不攝食， $13^\circ\text{C}$  時有部分魚隻上浮失去游泳能力 (尚失部分平衡期)，用手直接接觸魚隻魚隻並未有很大反應，達  $11^\circ\text{C}$  時，魚隻已陸續達反射反應喪失期，隨時間增加達喪失期魚隻數量增多，有此可推斷，石斑魚於冬天溫度低於  $18^\circ\text{C}$  時攝食量則減少，



表 5-1 鞍帶石斑養殖管理平台於不同養殖區域監測水質之基礎資料

監測項目	蓄養密度	水溫 (°C)	氨濃度 (ppm)	亞硝酸濃度 (ppm)	溶氧 (ppm)	pH	鹽度 (psu)	備註
防疫觀察區	4.5-6 kg/公噸水	26	0.1	0.3	5.8	7.6	34	每星期採樣 2 次，試驗期程為 101 年 11 月
防風防寒中間育成區	4.5-15 kg/公噸水	25	0.2	0.3	6.8	7.6	32	每星期採樣 1 次，試驗期程為 101 年 12 月至 102 年 2 月
深水式種魚養成區	6-15 kg/公噸水	26	0.3	0.25	5.5	7.8	36	每星期採樣 1 次，試驗期程為 101 年 3 至 5 月

進而成長率即降低，另當寒流來襲持續水溫降低至 13°C 以下，便會造成魚隻傷亡。另外除了水溫驟變會直接傷害魚隻外，也會間接改變藻相、菌相及其他生物體的代謝及活存，進而影響水色及疾病產生。而近年來為了控制較適合石斑魚成長的水溫，以半密閉養殖方式可以獲得較大的控制，如表 5-1 防風防寒中間育成區屬於半密閉式養殖模式，於冬天時水溫可與深水式種魚養成區最高可相差約 2°C，使魚隻冬天亦可進食。

## (二) 鹽度

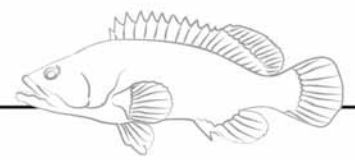
石斑魚為廣鹽性珊瑚礁魚類，通常對於鹽度適應範圍較廣，鹽度一般以千分之一 (ppt) 表示，或可用「實用鹽度單位」(practical salinity unit，簡寫為 psu，指 1 公升水中有多少公克的鹽類)，在成魚養殖期間，需注意雨季所帶來的豪雨，通常只要利用上部排水系統，可將所帶來較低鹽度的雨水適時排出，維持鹽度的穩定，另外要特別注意為石斑魚卵孵化，石斑魚卵孵化受精卵在不同鹽度下之孵化率及孵化 1 天後之活存率有顯著差異。鹽度 30 psu 之孵化率達

90% 為最高，而 0 及 5 psu 組之受精卵沒有孵化。孵化後 1 天之活存率亦以 30 psu 組最高為 84%，20 psu 以下之各組則全部死亡(何等，1997)。

## (三) 溶氧量

石斑魚對水中溶氧要求與一般魚類要求相同，足夠的溶氧，直接供應石斑魚在鰓部血液中、氣孔、皮膚進行呼吸作用，維持正常生理代謝及成長之外，間接的影響水中其他生物的活存，進而影響水色及其他相關參數，一般養殖池在沒有人為操作情況下溶氧獲得途徑約 80% 是由植物光合作用獲得，20% 是藉由空氣的擴散作用，由此可以知道與水層深度及天候變化及日變化有絕對影響，證明 DO 間接影響水中其他生物的活存與環境管理有更大的關係。DO 控制通常建議每分地水深 1 m 置放一台水車，利用人為方式直接增加水中溶氧也間接調整藻色，製造水流、使營養鹽均勻、穩定 pH、消除區域性水中溫度分層等等好處。

本中心曾與國立成功大學環境永續經營中心進行節能曝氣系統應用於石斑魚養



殖試驗，試驗結果顯示水中溶養量與養殖池的藻相有著很大關聯，連帶牽動著水質變化，使用節能曝氣系統雖有省電效果，但水色明顯不適合石斑魚養殖。本試驗魚隻蓄養於開放式養殖池，共 15 公噸水，以即時溶氧監控設備直接瞭解不同水層連續 9 天之 DO 變化，實驗組與對照組持續曝氣進行比較養殖期間節能效益及魚隻狀態，包含成長、肥滿度等。實驗組設定溶氧低於 4 mg/L 即啟動曝氣（大氣空氣），直至 5.5 即停止曝氣；對照組則採持續曝氣進行。除針對溶氧之外，無機碳鹽濃度（二氧化碳及碳酸鹽）亦週期性地進行測定，以探討藻類與石斑魚光合作用及呼吸作用間的交互關係。實驗結果發現，控制曝氣設備可有效降低能耗且不會傷害魚隻健康。在水質之監測方面，水溫、pH 及 DO 之連續監測結果顯示與陽光照射有相關。而氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮、硫酸鹽、有機碳、無機碳之間歇性檢測結果可與水中微生物之機制有所連結。

#### (四) 酸鹼值

溶液中酸或鹼的強度以 pH 來表示，由於 pH 的變化會因水溫、溶氧、化學物質及生物活動等情況而改變，故 pH 的測定可視為水質的總合反應，可藉以瞭解水質的穩定性，一般可用 pH 測定器直接測定，水中 pH 之高低與養殖池中藻類及其他微生物之數量有關，一般藻類繁殖愈多時 pH 會升高，且日夜間 pH 的變化較大。一般而言，養殖池中 pH 會影響石斑魚成長及繁殖，pH 若過低，影響鰓部呼吸功能，降低呼吸速率，嚴重時造成鰓出血及高死亡率，pH 過高會

與藻類生長互相影響，通常藻類繁殖愈多時 pH 會升高，間接影響溶氧，另外，pH 值過高環境下易使氨的毒性增加，此時利用經消毒過後蓄水池大量換水，減少藻類濃度，並增加水車的供給以進行調節，應尋找 pH 穩定度較高區域，減少人為控制所需的成本負擔。

#### (五) 氨

石斑魚養殖池氨的來源包含魚隻排泄物以及餵食所剩殘餌、池中有機物及其他生物死亡累積分解所產生，氨以解離氨及未解離氨兩種形式存在（圖 5-2），兩者總合稱為總氨，石斑魚養殖池總氨濃度以 0.5 ppm 以下為佳，其安全濃度為 1 ppm 以下，越低則代表水質越佳。養殖池中的氨雖然會經由氮元素循環分解，但短時間的累積於養殖池濃度升高會直間影響石斑魚鰓正常功能，而氨的去除緊急處理方式可撒布沸石粉同時利用增加養殖池中水車，增加池中曝氣等，亦可利用經消毒過後的蓄水池大量換水，同時餌料投餵應減半甚至暫時予以停餵，持續並定時追蹤養殖池氨的濃度。

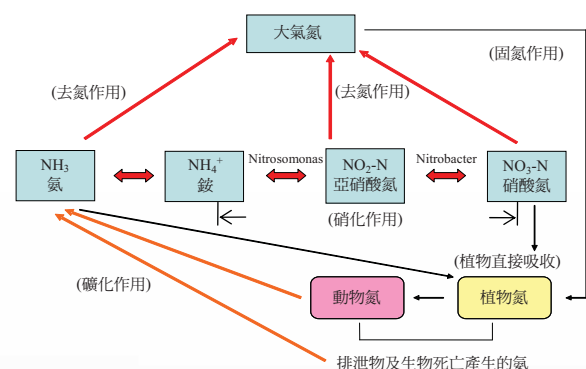


圖 5-2 氮循環

## (六) 亞硝酸

氮經細菌氧化及硝化作用後轉為亞硝酸鹽，再氧化為低毒性之硝酸鹽，亞硝酸鹽會經由鰓部進入血液循環中與血紅素結合氧化，使紅血球無法與氧氣結合，造成呼吸困難，常見急性症狀為魚隻聚集岸邊、水車附近呼吸、浮頭現象，石斑魚養殖池以 0.5 ppm 以下為佳，越低則代表水質越佳。亞硝酸的去處緊急處理方式可撒布沸石粉，同時利用增加養殖池中水車，增加池中曝氣，可利用經消毒過後的蓄水池大量換水，同時餌料投餵應減半甚至暫時予以停餵，持續並定時追蹤養殖池氮的濃度。氮與亞硝酸總合稱為總氮，總氮在石斑魚養殖中後期或天氣突變情況下常會升高，最常見為水面上聚集黃褐色不易破散的一層泡沫或累積物於養殖池順風處，此時建議可立即採水檢驗氮與亞硝酸濃度，作為參考值，並適當減少投餵量，甚至停餌，加強換水，增加水車數量，即可明顯改善此現象。由圖 5-2 可瞭解氮與亞硝酸是循環過程中的產物，養殖池中動植物排洩物或屍體等含氮有機物經細菌分解作用，形成氨，而氨可與水中氫離子結合形成離子態的銨，離子態的銨其毒性較氨低，兩者之間平衡受酸鹼度影響，而亞硝酸菌則將銨轉變為亞硝酸，在經硝化菌轉為硝酸，這轉換過程稱為硝化作用，行硝化作用兩種菌都為自營性細菌，需要光照及氮原才能活存，由此可知在養殖期間光照的供應也是不可缺少的條件，另外在此循環也看出植物參與其間轉換，尤其可以直接吸收養殖池氮與硝酸氮，扮演水質穩定的重要角色，適當藻

相輔助硝化作用的不足，亦可防止氮與亞硝酸濃度過高。

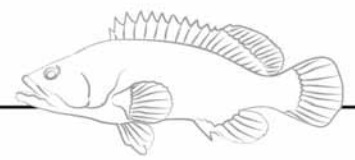
## 四、石斑魚養殖管理實例

養殖管理實例以本中心建立養殖平台為主要內容，將其執行的細節及注意事項撰寫其中，目前本中心進行遺傳育種試驗鞍帶石斑目前共有 6 批次，蓄養於深水式種魚養成區，由建立養殖平台並經多批次深水式土池魚塢蓄養操作，已經累積石斑魚完善的養殖管理經驗，內容主要分為：(1)養殖池放養前處理及底質改善維護；(2)養殖池巡視管理要點；(3)飼料投餵管理要點；(4)水質穩定度管理要點；(5)疾病預防管理等要點，整理分述如下，以供參酌。

### (一) 養殖池放養前處理及底質改善維護

石斑魚養殖管理技術中，放養的前處理是基礎的工作，前處理工作包含整池、池底改良、曬坪、注水、水色培養；新舊池前處理工作方式略有不同，在舊池部分做水前需要加強底土的改善如：灑布石灰等，而新舊池在進水時都需特別注意過濾大型雜物及防止其他非目標養殖種類水生生物進入養殖池，其餘如一般通用做水方式操作即可。完善及徹底的整池工作，將會影響未來的養殖管理及活存成數。

整池工作首先利用馬達將池水排放完全乾淨，以利曬池，再利用陽光將養殖池表層土曬至乾裂，以達紫外線消毒作用，通常以烈日而言至少曬池 10—20 天為佳，接著



進行挖土機或推土機池底整平，若養殖池為舊池且有一層明顯老化底土需要堆土機進行底泥清除，堆土機主要功能為加深養殖池深度及清除污泥，堆土機將底泥向池中兩邊推積並且進行堆土及翻土時，可以有效將污泥或底部老化累積過多硫化氫等物質部分翻出、清除，接著再利用挖土機將推積於池中兩側污泥去除，並將池底進行整平及坡度調整（盧，2013），此項工作影響未來涸池時池水是否能集中於馬達處，因此坡度調整影響未來魚隻捕撈、清池及底部除污的後續工作進行，另外加強池岸邊土坡修整及利用挖土機強化土坡密度，以鞏固養殖池岸不崩落或損壞，若養殖池為新池且養殖池平均深度不需要增加並且無老化底土，則可以不需要堆土機。整池好之後，進行池底改良，再進行第二次曬池，若以烈日而言，約 3–5 天，作用為將池中翻起物再次進行消毒，緊接進行池底改良，首先施用熟石灰（氫氧化鈣）均勻撒布於已進行整池好的底土上，調整養殖池土壤的 pH 值，施用量為每分地約為 30–60 kg，依養殖池土壤的 pH 值做為施放量調整依據。

注水：在石斑魚養殖管理，建議利用至少與養殖池等比例的蓄水池，在整池過後的池子中再進行注水動作，注水時需特別注意過濾大型雜物及防止其他非目標養殖種類水生生物進入養殖池，通常進水端馬達進水區利用網目尺寸 50–100 mm 濾水袋加以包覆，過濾水中大型生物以及其他雜物，另在蓄水池進水端使用長型濾水網袋至少使用 100 網目加以過濾小型生物及其他物質，以

確保養殖池潔淨，進入蓄水池之後，利用適當消毒劑進行消毒，如二氧化氯等，消毒後則可供養殖池使用。

水色培養：目前無論是石斑魚苗孵化或是成魚養殖，應由蓄水池汲取經消毒後的水源進入養殖池後，經適當的氧氣供應及水流，約 3–5 天會有自然藻色，不需要像其他養殖種類一樣，施放池底基肥來培養水色，如此有兩個用處：(1)隨養殖過程，因石斑魚排泄物或殘餌自然形成水中營養鹽，藻類也自然形成，避免養殖中後期水質不佳；(2)目前市售基底肥料具多種，養殖業者常因種類不適用，施放量不正確，除了造成水色過濃之外同時也浪費成本。

底質之特性及優劣除在一開始選擇養殖區域時須特別注意外，尚需在蓄養一段時間後，利用整池及曬池改善底土品質（圖 5-3），良好的底土品質除了無其他毒物殘留外，適當的土質比例也很重要，通常建議約 60–70% 黏土及 30–40% 砂土比例最恰當。而養殖池在收獲捕撈後，應立即進行涸池及晒池動作，使底質與日光大面積接觸，藉由翻土及晒土清除累積過多髒污，此時可以利用石灰來中和 pH 並利用沸石粉來吸收氨、氮、硫化氫等物質（曾，2012）。



圖 5-3 利用整池改善底土品質

## (二) 養殖池巡視管理要點

魚池巡視是觀察魚隻健康狀況最直接方式，而巡視關鍵主要是魚隻觀察、水質觀察、天氣的觀察，在進行這些觀察後，依每日的養殖工作項目加以綜合評估，進行不同的調整，例如：餵食量的調整、水質汰換、水車啟動或暫時關閉等等，加以控制，在魚隻觀察工作中，每日觀察魚隻攝食行為，魚隻外觀有否異狀，魚隻攝食比例，群聚現象等藉以瞭解魚隻是否有生理狀況不佳或其他異狀。

在水質觀察中，水色是可以快速進行判斷的因子之一，水色簡單解釋為池水在陽光下所呈現的顏色，亦即水中有機物或浮游生物所表現的顏色，水色的改變主要因為氣候的改變使得藻相或其他浮游生物數量改變、大量聚集而死亡或突然消失等因素；另底土特性也會影響其水色，若底質為沙土較多比例，因滲透壓及營養鹽關係水色較不易維持；石斑魚養殖因為蓄養期間較長及魚隻特性關係，水色一般不會有過清的問題。另外水中氨氮濃度可藉由水中泡沫多寡及破裂難易度可以簡單判斷水質是否有過量，泡沫過多且不易破裂，表示水質不佳，水中總氨氮濃度升高，總而言之，影響水質之優劣，氣候的影響及養殖管理為主因。

氣候的觀察在石斑魚養殖過程中是很重要的關鍵因子，天氣的突變，常會促使養殖池中氮循環短暫失去平衡，因此若能掌握自身養殖區域氣候特性，提早進行準備，通常可以避免損失，常見氣候突變例子如：連續下雨造成鹽度改變，於天氣放晴後藻色過

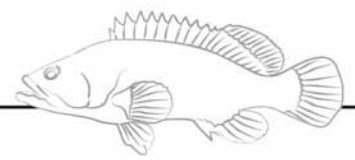
濃或氣壓改變、吹南風，易造成池中底部水溫升高，池中藻類或其他浮游生物新陳代謝及繁殖速度增加，消耗大量氧氣，同時增加有機物及排泄物，過多時還會產生硫化氫等物質，此時易造成大量藻類或浮游生物死亡，亦即泛池現象等，在石斑魚養殖池中不常見到泛池的現象，但是藻類部分零星死亡或有機物累積於水面倒是常發生，此時可利用水質改良劑或是引用蓄水池經消毒後的養殖用水可快速改善上述情形（盧，2013）。

## (三) 飼料投餵管理要點

投餵管理需要依生物種類及特性而加以調整，但基本原則大都相同，投餵管理技術層面所謂定時、定位、定質、定量，4定原則顯而易懂，應加以要求及追蹤（圖5-4），管理者對於飼（餌）料來源及選擇需加以比較，除了營養素比例及成分需要成分分析外，管理者自身可觀察追蹤及操作項目為：飼料或餌料的運送及儲存過程、投餵量的計算及追蹤、投餵策略、添加劑的應用、魚隻成長換肉率、飼料轉換率等，另配合自身使用過後的飼料物理性質加以記錄，如飼



圖 5-4 投餵管理應加以要求及追蹤



料顆粒完整度、飼料與手接觸其油脂含量、餵食後浸泡於水中溶解情形等，若詳細且確實追蹤，對於水質管理會有很大助益。

目前臺灣石斑魚餌料餵食型式分為生餌（下雜魚）與人工飼料兩種，一般生餌（下雜魚）通常以鱮科魚類，如真鱮（巴攏）、藍圓鱮（俗稱硬尾）等。生餌種類的選擇通常是考量養殖所在地區貨源魚種取得方便快捷及價格便宜等因素，但是相對在購買時對於餌料品質的要求及購置後儲存下雜魚冷凍設備的倉儲都需要嚴格管理，才能確保所養殖魚隻能有良好的餌料品質，否則會面臨下雜魚的鮮度不佳及帶原病原菌等問題，而影響整體養殖收益。

餌料建議在購買時需與販售船家或商家確定其種類及品質，生餌鮮度的評估是在將餌料解凍後檢視下雜魚隻眼睛透亮程度、體型飽滿度及腹部內臟鮮度，避免下雜魚腹部脹氣或嚴重凹陷，或有明顯腥臭味產生等情形。生餌鮮度的判定需要靠經驗累積，再者所存放冷凍庫需要維持於 $-18^{\circ}\text{C}$ 以下，並遵守先進先出管理守則，維持冷凍庫正常運轉及整潔。最後，在魚隻投餵生餌前的處理解凍程序及時間也要精準掌握，才能確保生餌從購置到魚隻攝食的鮮度。

生餌在養殖的使用上有一定程度上的風險，下雜魚容易帶原病原菌，並且污染水質情形下，稍微不慎將會引起水質很大變化，影響養殖管理操作；近年來建議以品質優良且較符合石斑魚專用人工配合飼料投餵，較為容易控制及管理，政府也積極推廣輔導業者使用石斑魚人工飼料，除了換肉率

與下雜魚相差不多，主要能減少養殖池水污染及提升活存率、飼料品質穩定及人員操作方便等優勢；但人工飼料要注意其製作後運送過程及儲存的溫度及濕度，通常建議以可控制溫度的飼料專用間，並防止鼠害或蟲害發生為主要關鍵，達最佳品質及最佳效益。

#### (四) 水質穩定度管理要點

水體中生物與生物之間會有相互影響，無論是集約式養殖或是陸上魚塢養殖，都是需要進行一些人為的控制才能維持水質穩定及平衡，常見如蓄水池管理及應用，蓄水池的使用，在石斑魚養殖策略中是必須的手段之一，通常建議養殖池與蓄水池比例為 $1:3$ ，若有空間限制至少為 $1:1$ ，足夠大的蓄水池才有達到即時進行緩解養殖池水質不良等問題，蓄水池的建立一般遵守放養前處理原則（劉，2007），惟進水口需使用長型濾水網袋至少使用 $100$ 網目，加以過濾小型生物及其他物質（圖 5-5），以確保養殖池潔淨，另外要特別注意，進入的水源勿直接抽取其他養殖池施放的水，應查明潮水漲退，抽取大漲潮之水源。抽取進入蓄水池之後，以物理反應處理將水中雜質等進行沉澱約 $24-48$ 小時之後，再經二氧化氯施放處理後 $24-48$ 小時內供養殖池使用，蓄水池可以不用設置水車，通常經沉澱後的蓄水池水色透明度高，可配合養殖池的需要，調整二氧化氯施放的時間點，在石斑魚養殖管理上，建議所有養殖池所有入水源都需由蓄水池注入，如此才會保有最乾淨的水質。通常石斑魚養殖池殘餌及排泄物等有機物超出水體硝化作用分解，破壞水體平衡，於是



圖 5-5 進水口需使用長型濾水網袋，至少使用 100 網目加以過濾小型生物及其他物質

水體氨，亞硝酸濃度升高，開始直接對石斑魚造成威脅，間接影響藻相及菌相，因此對一個石斑魚養殖經營者而言，一個大面積的蓄水池可控制菌相及藻相，進而穩定水質，減少疾病產生，才是水質穩定度維持整體結構的關鍵。

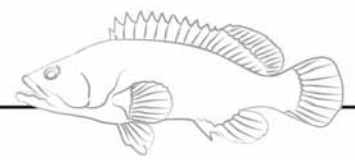
### (五) 疾病預防管理

疾病預防首要就是做好上述水質管理大綱要點，另要加強的是新進的石斑魚需要先進行健康度判定以及防疫觀察區進行隔離，健康度判定部分主要經由外部型態表現(包含魚隻外觀、行為、攝食觀察等)、疾病檢測(病毒快篩、細菌性疾病初判、寄生蟲顯微鏡總檢等)來進行，藉以判定魚隻基礎健康狀況，在進行防疫觀察部分，魚隻進入防疫觀察區蓄養至少需要 7 天時間，在此假

設魚隻健康度為優良，第 1-2 天進行上述健康度判定，第 3-5 天確認有否其他未發現之疾病或其他異狀，同時進行餵食觀察，第 6-7 天後再次對病毒性疾病檢測，杜絕疾病傳播，爾後在準備予以進行搬池及調度至養殖池，當然期間若發現魚隻是有病毒感染，除了遠離養殖池外，應整批養殖操作工具消毒及魚隻銷毀，若為細菌性疾病或寄生蟲感染，經獸醫師開立處方籤後進行治療，於治療期程結束後，要再次檢測，以確保進入養殖池中的石斑魚不帶病原，達到疾病預防之目的。

## 五、節能省電

養殖過程節電概念以改善養殖設施是



首要工作，石斑魚成魚養殖常見設置冷凍庫(-16—-18℃)用來冷凍餌料(圖 5-6)，大量餌料需要冷凍設施相當耗費電能，因此冷凍設施使用上更應該注意小細節，如冷凍庫每年建議保養至少 1 次，並請專業技師查修電壓是否過大，壓縮機有否受損或過於老舊、冷媒是否需要添加等，平常使用要注意冷凍庫散熱極片應保持通風，並注意不要有異物阻擋通風處，拿取冷凍庫物品應事先想好以減少開門次數及時間，最後若是要建造新的冷凍庫，除了費用考量之外，更應適當選擇質量較好的保溫材料。



圖 5-6 石斑魚成魚養殖常見設置冷凍庫來儲存大量生餌

水車用電一直以來是佔據養殖經營中的固定成本，近年來政府因應節能減碳理念，推動許多節能水車等措施，並適當補助符合節能效率的水車型號，公布於漁業署網站供養殖業者參考選用。水車於白天時，可

適當關閉原預備用或不必要的之水車數量，另外減低水車遭受阻力，如風阻，可善用判斷節氣所吹風向加以調整為順風，減少用電負荷，另外維持水車穩定運轉及固定清除附著物及雜物等，每半年至少進行維修 1 次，包含更換減速機齒輪油，馬達齒輪清潔保養減少摩擦等，另外電線粗度應適當更改為 5.5 mm，並調整電線長度，這些方法都可以減輕用電量，同時也增加魚塢用電安全(蔡等，2012)。

## 六、養殖管理風險評估

常見養殖管理風險評估通常是經營者在自身該養殖區經多年經驗累積才有辦法進行完善的評估，進而做出預防及建設相關設施。依臺灣天氣型態而言，每年多見之雨季及颱風似乎也已經成為養殖新手必須要面臨的問題之一，夏、秋兩季，常見的颱風，無論是否會登陸或直接侵襲臺灣，其周遭氣壓與帶來的豪雨及狂風，常會造成直接或間接傷害，因此若遇颱風來襲時首要應預防停電，注意要點為：(1)提早準備養殖區備用電源及照明設施；(2)保持進排水溝的通暢；(3)提早抽取海水於蓄水池；(4)養殖池或蓄水池利用上部溢流管排除突降的雨水系統(圖 5-7)；(5)適當減少投餵量甚至停餌；(6)巡視養殖池附近大排水溝並保持暢通等。從以往的經驗不難發現，除了颱風當下的狂風暴雨造成的傷害之外，後續所造成的水質突然改變及病原蔓延，更是養殖者應該要特別注意及提早預防的事項。其他常見





圖 5-7 養殖池或蓄水池利用上部鑽孔溢流管排除突降的雨水，可減少因鹽度突然改變對魚隻造成的緊迫

的養殖管理風險為機具設備部分，例如鼓風機損壞未及時發現，水車會因停電過後無法再次啟動，需要由人為強制啟動等，這些風險往往造成不必要的損失，因此可藉由機電設施的改善及預防，減低養殖管理中常見的風險。

## 七、結語

石斑魚養殖期間較長且耗費成本高，因此對於成本計算及養殖管理勢必要有縝密且計畫性的進行，經營者需對養殖池所在之環境區域均相當熟悉，並對魚隻的健康情形、氣候、水質的變化具有很高的敏感度，透過詳細紀錄，加以觀察，即可建立較適合的水質管理模式，如此才能讓石斑魚有最適合的成長環境，俾利提高養殖經營管理的競爭力。

## 參考文獻

- 何源興、陳文義、廖一久 (1997) 鞍帶石斑之人工繁殖。水產研究, 5: 129-139。
- 李建霖 (2012) 水產動物養殖管理及疾病防治實用手冊。財團法人台灣養殖漁發展基金會, 51-57、130-139。
- 陳念慈 (2013) 提升養殖競爭力—養殖省電新觀念。漁業推廣, 321: 30-31。
- 陳敏隆 (2006) 石斑魚優質魚苗生產管理。中華民國水產種苗協會專刊 X II, 53-62。
- 曾國鋒 (2012) 石斑魚循環水養殖系統簡介。石斑魚實用繁養殖手冊專刊, p.54。
- 葉信利 (2012) 石斑魚變性種魚培育技術。石斑魚實用繁養殖手冊專刊, 22-25。
- 葉信利、朱永桐、林峰右 (2011) 石斑魚養殖健康管理與發展策略。2010 石斑魚精緻養殖研討會論文集, 3-5。
- 劉秉忠 (2007) 石斑魚養殖要點。石斑, 38-46。
- 蔡日耀、陳建佑、溫昀哲、侯文祥、李玉琪、王豐政 (2012) 養殖用電節電妙招。財團法人台灣養殖漁業發展基金會, p.7。
- 盧彥伶 (2013) 氣候、環境與水產養殖管理(上)。養魚世界, 11-16。
- 盧彥伶 (2013) 氣候、環境與水產養殖管理(下)。養魚世界, 25-28。

## 第六章 石斑魚人工配合飼料開發概況

### 一、前言

根據聯合國世界糧農組織 (FAO) 2002—2003 年統計水產養殖的各項成本中，飼料約佔總成本的 40—60%，臺灣經濟研究院生物科技產業研究中心於 2007 年針對沿海與養殖漁家經濟調查，報告中指出，石斑魚養殖的單位面積經營成本中，飼料與肥料費用高居 44%，由此可知水產養殖業者要取得較好經濟效益，降低飼料成本是非常重要的，因此水產養殖產業的發展和水產飼料發展是息息相關的。

目前臺灣地區石斑魚的人工繁殖和育苗技術已漸突破，周邊產業也發達，進而推動了石斑魚養殖產業的興起，但迄今仍有部分石斑魚養殖業者以生餌餵食石斑魚，而這些生餌中大多以下雜魚切碎投餵，然下雜魚品質不穩定，且存在著易傳染魚病及污染水質等缺點。隨著石斑魚養殖產業的發展，因而迫切需要提供能滿足其生長發育需要的優質配合飼料，但目前石斑魚飼料研究仍不完整，且飼料組成和魚類的營養需求會因種類、體型及生活環境等而有差異，因此如何依養殖魚類的營養需要特點，配製出飼料係數（換肉率）更高的配合飼料，將是該養殖產業全面發展與否的重要指標之一。因此全面進行各種石斑魚的飼料營養研究及配合產業開發中間育成優質飼料，對石斑養殖產

業具有極重要的意義。本文以下將就本所海水繁養殖研究中心近年來的石斑魚飼料營養研發成果加以整理，以供石斑魚養殖相關產業之參考。

### 二、石斑魚飼料中以植物蛋白替代魚粉研究

飼料中蛋白質來源的好壞取決於新鮮度及其胺基酸組成，水產飼料蛋白質原料中胺基酸的組成和生物體的胺基酸組成愈接近，該蛋白質原料的營養價值就會愈高，因此選擇飼料蛋白質來源須考量養殖魚體的胺基酸組成和胺基酸平衡等問題。而所謂的胺基酸平衡是指飼（餌）料中，各種必需胺基酸的數量和相互間的比例與魚類生長的需要量和比例一致。當飼（餌）料中的各個胺基酸間的相對含量和魚體胺基酸基本需要量之間的相對比值一致或很接近時，則胺基酸的利用率最佳。而當飼料中某一種胺基酸過多，即超過在合成蛋白質要求界限時，其多餘的胺基酸將會透過脫氨作用 (deamination) 被當作能源來利用，或做為體脂的原料而被蓄積起來。因此飼（餌）料中的胺基酸的數量和比例只要符合魚類生理需要即可，而不是越多越好。一般認為魚類的必需胺基酸有 10 種，包括精胺酸 (arginine)、組胺酸 (histidine)、白胺酸

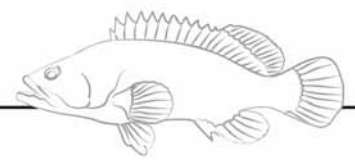
(leucine)、異白胺酸 (isoleucine)、離胺酸 (lysine)、甲硫胺酸 (methionine)、苯丙胺酸 (phenylalanine)、蘇胺酸 (threonine)、色胺酸 (tryptophan) 及纈胺酸 (valine) 等，然隨著魚類的成長，其體內的組胺酸和精胺酸的合成能力會增強，因此這兩種胺基酸對成魚而言，為非必需胺基酸。當魚類飼料中某種或某幾種必需胺基酸的含量低於其需要量時，會限制魚類對飼料中胺基酸的利用，這種或這幾種胺基酸稱為限制性胺基酸 (limiting amino acids)，通常飼料中缺少程度最高的必需胺基酸稱為第一限制性胺基酸，其次為第二限制性胺基酸。一般而言，離胺酸和甲硫胺酸為魚類飼 (餌) 料的限制性胺基酸，因此配製飼料時須特別注意飼料中離胺酸和甲硫胺酸的適宜比例。

常久以來，魚粉因含有均衡胺基酸組成、促進飼料誘引及一些成長因子等，因此被視為魚類飼料配方中不可或缺的原料之一。近年來，由於各魚粉生產地的過度捕撈原料魚，再加上聖嬰現象，使海洋漁獲大量減產，造成魚粉供不應求，此外資源保育觀念抬頭，使得魚粉資源的永續使用備受關注，因此尋求魚粉的取代蛋白源，已成為水產飼料研究的主流趨勢之一。但不同魚種之間對蛋白質原料的消化利用效果差異很大，在應用時也須考量必需胺基酸平衡的問題。

在石斑飼料中，以不同蛋白質來源取代魚粉使用量的相關研究，如周 (1998) 使用大豆蛋白，並配合添加甲硫胺酸進行魚粉的取代試驗，結果顯示，大豆蛋白可取代瑪拉

巴石斑飼料中 40–60% 的魚粉。另，蔡 (2000) 應用雞肉粉及精製大豆蛋白混合物 (1:1 的比例混合) 為飼料蛋白來源，發現混合蛋白可取代點帶石斑飼料中 50% 之魚粉。Millamena (2002) 認為肉粉和血粉 (4:1) 混合物可以取代小於 80% 的魚粉，其中以替代 20% 為最佳。

本中心飼料研究團隊於 2011 年以兩實驗探討點帶石斑稚魚飼料中以植物蛋白取代魚粉對成長之影響。兩實驗中的蛋白質添加量為 47%，油脂添加量則為 8%，植物蛋白分別選用玉米筋粉及水解大豆粉，另以魚粉為飼料單一蛋白質來源的飼料為對照組。實驗一為以玉米筋粉取代魚粉試驗，經 8 週的成長試驗發現，飼育期間各試驗組魚的活存率並無統計差異，且各試驗組魚也未發現任何異常行為及病變。成長增重結果 (表 6-1) 顯示，飼育以完全魚粉 30% 飼料之試驗組魚的體增重率最高，與替代魚粉 20、40% 及對照組間並無顯著差異，但顯著高於替代魚粉 10、50、60% 等試驗組者。所有試驗組中以攝取以玉米筋粉替代魚粉 60% 飼料之試驗組魚的體增重率最差，與對照組間有統計差異。由本試驗結果顯示於石斑魚飼料中可以玉米筋粉取代魚粉，其取代量約 15–30%。實驗二為水解大豆粉取代魚粉試驗，經為期 8 週的成長試驗，有關飼育期間各試驗組魚的活存率沒有顯著差異，且各試驗組魚也沒有任何行為及病變等異常發生。由成長增重結果 (表 6-2)，所有試驗組中以攝取以水解大豆粉替代魚粉 60% 飼料之試驗組魚的成長最差，除此之



外，各試驗組及對照組魚的成長率則無統計差異。由本試驗結果顯示於石斑魚飼料中可以水解大豆粉取代魚粉，其取代量可達 20—40%。玉米筋粉及水解大豆粉雖能部分取代魚粉之使用，但仍應避免高量取代，以減少成長不佳之發生。

表 6-1 石斑魚餵食以玉米筋粉部分取代魚粉飼料 8 週之體增重、活存率及肝體比\*\*

飼料*	增重率(%)	活存率(%)	肝體比
R0	476.4 <sup>a</sup>	86.7 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>bc</sup>
R10	456.1 <sup>ab</sup>	86.7 <sup>ab</sup>	1.32 <sup>bc</sup>
R20	461.8 <sup>a</sup>	96.7 <sup>a</sup>	1.37 <sup>bc</sup>
R30	469.9 <sup>a</sup>	86.7 <sup>ab</sup>	1.65 <sup>b</sup>
R40	460.0 <sup>a</sup>	80.0 <sup>b</sup>	2.13 <sup>a</sup>
R50	387.1 <sup>ab</sup>	83.3 <sup>b</sup>	2.40 <sup>a</sup>
R60	316.9 <sup>b</sup>	93.3 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>ab</sup>

\* Rn：n 表以玉米筋粉部分取代魚粉蛋白的比率

\*\* 數據為三重複之平均值，同一行上標英文字母相同者表無顯著性差異( $p > 0.05$ )

表 6-2 石斑魚餵食以水解大豆粉部分取代魚粉之飼料 8 週之體增重、活存率及肝體比\*\*

飼料*	增重率(%)	活存率(%)	肝體比
R0	508.3 <sup>a</sup>	90.0	0.93
R10	487.1 <sup>a</sup>	93.3	0.94
R20	464.2 <sup>ab</sup>	100.0	0.83
R30	471.6 <sup>ab</sup>	93.3	0.91
R40	457.5 <sup>ab</sup>	96.7	1.12
R50	449.0 <sup>ab</sup>	93.3	0.99
R60	408.6 <sup>b</sup>	96.7	0.87

\* Rn：n 表以水解大豆粉部分取代魚粉蛋白的比率

\*\* 數據為三重複之平均值，同一行上標英文字母相同者表無顯著性差異( $p > 0.05$ )

### 三、鞍帶石斑稚魚之飼料脂肪需求研究

脂質為魚類生命活動和生長所必需的重要營養素之一，其主要功能如作為能量來源、作為脂溶性維生素吸收的載體、維持細胞膜的結構及完整性、作為某些激素和維生素的合成原料、以及動物體內主要的能量儲存型式等，另脂質也能增加飼料的適口性及減少顆粒飼料在水中的溶失率。魚類因不同的魚種、成長階段、生活環境和飼料組成等不同而有不同的油脂需求。

本中心飼料研究團隊於 2010 年探討鞍帶石斑之飼料脂肪需求研究中，分別以添加 2 (L2)、4 (L4)、6 (L6)、8 (L8)、10 (L10) 和 12 (L12) 和 15% (L15) 等脂質量來配製之不同的試驗飼料，經進行 8 週的成長試驗發現，整個飼育期間的活存率，各試驗組魚除添加 L2、L4 及 L12 等試驗組沒有發現死亡外，其餘各試驗組因鞍帶石斑具攻擊的習性而跳離蓄養桶死亡，但未發現任何異常行為及病變。在攝餌量方面，飼育試驗的第 1—3 週，各試驗組魚的攝食量均無顯著性差異，顯示本試驗各試驗組魚對試驗飼料均能適應，且未有拒食現象，然在第 4 週後，攝食含高油脂的 L12 和 L15 兩試驗組，可能因攝取高能量飼料而導致 L12 和 L15 兩試驗組魚的攝餌量顯著低於其他試驗組魚者。成長增重結果發現飼育含 2% 粗脂質飼料之 L2 試驗組魚的體增重率 (表 6-3) 最差，顯著低於其他試驗組者，所有試驗組中以攝取含脂質 10% 的試驗組魚 (L10)

的平均成長率最高，但與 L8 和 L12 兩試驗組魚間並無顯著性差異。L12 試驗組的試驗魚，因試驗魚的個別成長差異過大，導致平均成長率低於 L10 及 L8 等試驗組者。若僅由單一魚體的成長結果顯示，L12 試驗組之少數魚類為所有試驗組中成長最快速。另在脂肪含量和基因表現相關性結果中，發現攝取含脂質 4、6、8、10% 之鞍帶石斑的乙醯輔酶 A 羧化酶  $\beta$  (Acetyl-CoA carboxylase  $\beta$ ) 基因的表現與飼料脂質含量呈現負相關，魚體過氧化體增生活化受體 (peroxisome proliferator activated receptor) 基因的表現與肝－體重比呈現正相關。經綜合初步分析結果顯示，建議飼料脂質添加量應為 7—8%，除可促進鞍帶石斑成長外，也不造成所蓄養魚的體型差異過大。

表 6-3 石斑魚餵飼以含不同油脂含量飼料 8 週後之成長及活存率\*\*

飼料*	增重率(%)	活存率(%)
L2	148.4 <sup>d</sup>	100.0 <sup>a</sup>
L4	174.3 <sup>c</sup>	100.0 <sup>a</sup>
L6	193.5 <sup>b</sup>	88.9 <sup>b</sup>
L8	226.3 <sup>a</sup>	94.4 <sup>b</sup>
L10	228.5 <sup>a</sup>	88.9 <sup>b</sup>
L12	213.5 <sup>ab</sup>	100.0 <sup>a</sup>
L15	198.6 <sup>b</sup>	94.4 <sup>ab</sup>

\* Ln : n 表飼料中脂肪的添加量(%)

\*\* 數據為三重複之平均值，同一行上標英文字母相同者表無顯著性差異( $p > 0.05$ )

#### 四、石斑魚飼料中以植物調和油部分取代魚油研究

本研究以植物調和油部分取代飼料中之魚油，並探討點帶石斑對植物調和油的利

用情形，以開發促進養殖魚健康的優質飼料。本試驗的油脂為以鱈魚肝油及不同植物油源調和而成的 (表 6-4)。經 8 週的養殖試驗，所有試驗組均未發現任何異常行為及病變，且各試驗組魚的總攝食量均無顯著性差異。各試驗組石斑魚的成長增重結果與飼料效率結果趨勢相同 (表 6-5)。在成長增重方面，以餵食 LC、LO 及 LI 飼料組之石斑魚的體增重率最高，並顯著高於 S 試驗組 (SI、SC、SO) 及 FO 者。而攝食含 18:2 n-6 飼料的試驗組魚 (SI、SC、SO) 中，以 SO 組的成長較佳，而 SI 組的成長率為所有試驗組中最差者。

攝取含 18:3 n-3 的試驗飼料之點帶石斑，其成長及飼料效率均優於攝取含 18:2 n-6 者。另在所有試驗組中，其成長和飼料效率均以 LC 組魚為最高。試驗所使用的油脂原料中的 18:2 n-6 和 18:3 n-3 兩脂肪酸含量，以芥花油高於橄欖油，因此由富含 18:2 n-6 的飼料 (S1、SC、SO)，其 18:2 n-6 的含量依序為 S1 > SC > SO，但攝取該試驗飼料的點帶石斑之成長情形恰與其所攝取飼料中的 18:2 n-6 含量相反 (SO > SC > S1)。由以上結果可知，點帶石斑除對高度不飽和脂肪酸有營養需求外，也對 18:3 n-3 和 18:2 n-6 有需求，然飼料中也需注意 18:3 n-3 和 18:2 n-6 的組成比例。再者以 L1 和 LO、S1 和 SO 試驗組兩兩比較，LO 和 SO 組魚的成長都優於 L1 和 S1 組者，其中又以 SO 組魚的成長顯著優於 S1 組者，由結果可發現，飼料中添加單元不飽和脂肪酸對點帶石斑的成長有正面效果。

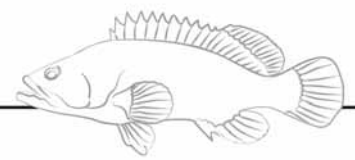


表 6-4 飼料中油脂混合物的來源及其添加量

油脂來源	L1	LC	LO	S1	SC	SO
	g/kg					
芥花油	0	17.5	0	0	17.5	0
橄欖油	0	0	17.5	0	0	17.5
葵花油	0	0	0	35.0	17.5	17.5
亞麻仁油	35.0	17.5	17.5	0	0	0
鱈魚肝油	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0

表 6-5 石斑魚餵飼不同試驗飼料 8 週後之增重率、活存率、肝體比、飼料效率、肥滿度\*\*

飼料	增重率(%)	活存率(%)	肝體比	飼料效率	肥滿度
L1	546.4 <sup>a</sup>	97.8	1.64 <sup>b</sup>	0.71 <sup>a</sup>	2.99 <sup>ab</sup>
LC	587.4 <sup>a</sup>	100	1.53 <sup>bc</sup>	0.72 <sup>a</sup>	2.85 <sup>b</sup>
LO	572.1 <sup>a</sup>	100	1.80 <sup>a</sup>	0.68 <sup>ab</sup>	2.96 <sup>ab</sup>
S1	441.4 <sup>c</sup>	100	1.84 <sup>a</sup>	0.57 <sup>d</sup>	3.28 <sup>a</sup>
SC	481.5 <sup>b</sup>	100	1.73 <sup>ab</sup>	0.63 <sup>c</sup>	3.04 <sup>ab</sup>
SO	493.7 <sup>bc</sup>	100	1.50 <sup>c</sup>	0.62 <sup>c</sup>	2.97 <sup>ab</sup>
FO*	499.5 <sup>b</sup>	100	1.76 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	3.02 <sup>ab</sup>

\* FO：以魚油 (fish oil) 為飼料單一油脂來源的對照組

\*\* 數據為三重複之平均值，同一行上標英文字母相同者表無顯著性差異(p > 0.05)

## 五、石斑魚的必需脂肪酸需求

魚類對必需脂肪酸的營養需求，因不同的魚種、成長階段、生活環境和飼料中脂質含量等的不同而有不同的需求，魚類和其他的脊椎動物一樣無法重新合成次亞麻油酸 (18:3 n-3) 和亞麻油酸 (18:2 n-6)，因此飼料中需要含有次亞麻油酸或亞麻油酸，魚類對 18 碳脂肪酸的去飽和或碳鏈加長的能力，會因魚種而有不同。一般而言，溫水性淡水魚類的必需脂肪酸為次亞麻油酸、亞麻油酸或是兩者；冷水性淡水魚和大部分的海水魚類則需要次亞麻油酸或較長鏈更不飽

和的高度不飽和脂肪酸 (highly unsaturated fatty acids, HUFAs) (如二十碳五烯酸 (Eicosapentaenoic acid, EPA) 或二十二碳六烯酸 (Docosahexaenoic acid, DHA))；在冷水性淡水魚類虹鱒的飼料中添加 n-6 多不飽和脂肪酸 (n-6 PUFA)，雖可改善其成長和飼料效率，但仍無法有效滿足其對必需脂肪酸的營養需求。

本中心飼料研究團隊在一系列的瑪拉巴石斑稚魚之必需脂肪酸營養研究中發現，飼料中添加適量的 n-3 和 n-6 HUFA 會促進瑪拉巴石斑稚魚的成長與強化免疫反應。實驗一：探討石斑稚魚對飼料 DHA 和

EPA 的需求情形以及其對免疫反應之影響試驗，發現飼料 DHA 可促進石斑稚魚的成長，且其效果優於 EPA；攝取高 DHA/EPA 比例的石斑魚，其 T 細胞的反應和吞噬功能顯著高於攝取低 DHA/EPA 比例者。因此，飼料 DHA 比 EPA 更能強化瑪拉巴石斑稚魚的細胞性免疫反應，且 DHA 有可能是所有 n-3 HUFA 中唯一具有促進石斑魚白血球吞噬功能的必需脂肪酸。

實驗二：探討石斑魚稚魚對次亞麻油酸和亞麻油酸試驗，結果顯示，以含次亞麻油酸和亞麻油酸 2% 的飼料餵食石斑稚魚，能有效促進成長與其頭腎白血球吞噬和呼吸爆活性等非特異性細胞免疫反應。

實驗三：探討石斑魚的花生四烯酸需求試驗，結果顯示，適量的飼料花生四烯酸和 n-3 HUFA 之添加可以促進瑪拉巴石斑稚魚的成長；魚體肝臟中的 n-6 HUFA 濃度，可強化石斑稚魚頭腎白血球的吞噬活性、呼吸爆發活性和白血球增生等免疫反應，且當飼料中含適當的 n-3 HUFA 時，花生四烯酸的添加對石斑魚成長的促進效過顯著優於攝取未添加花生四烯酸者，顯示飼料中的花生四烯酸確對石斑稚魚有促進成長的效果。

綜合以上系列試驗結果，當 n-3 HUFA 中，DHA 與 EPA 的比例為 3:1 (wt/wt) 時，瑪拉巴石斑稚魚之飼料必需脂肪酸需求量為 1% n-3 HUFA 和 1% 花生四烯酸，可使石斑稚魚達到最佳成長與其免疫反應受最大的激化。本中心已應用上述的研究結果於中間育成飼料開發之研究中，期望能開發促進石斑魚健康的優質中間育成飼料。

## 六、石斑魚飼料研發之未來發展

石斑魚的營養飼料相關研究雖稍有所進展，但仍不及石斑魚養殖產業的發展。迄今石斑魚飼料營養的研究，尚缺乏完整性及全面性，諸多研究仍無法應用於配合飼料的開發，也未能滿足石斑魚養殖產業的需求。依石斑魚產業需求，繼續進行各主要石斑魚種飼料營養基礎研究、開發石斑魚的中間育成之配合飼料、加強石斑親魚成熟產卵階段的飼料開發、研發石斑魚配合飼料加工技術等都是未來石斑魚飼料開發的重點，且會是驅使石斑魚養殖達到完全人工配合飼料養殖終極目標。

## 參考文獻

- 吳豐成 (2002) 瑪拉巴石斑稚魚之必需脂肪酸營養及其對免疫反應之影響。國立中山大學海洋生物研究所博士論文，143 pp。
- 周瑞良 (1998) 餌料蛋白質之品質對石斑魚成長及其免疫力的影響。國立中山大學海洋生物研究所碩士論文，65 pp。
- Millamena, O. M. (2002) Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 204: 75-84.
- Wu, F. C. and H. Y. Chen (2012) Effects of dietary linolenic acid to linoleic acid ratio on growth, tissue fatty acid profile and immune response of the juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. *Aquaculture*, 324-325: 111-117.
- Wu, F. C., Y. Y. Ting and H. Y. Chen (2002) Docosahexaenoic acid is superior to eicosapentaenoic acid as the essential fatty acid for growth of grouper, *Epinephelus malabaricus*. *J. Nutr.*, 132: 72-79.
- Wu, F. C., Y. Y. Ting and H. Y. Chen (2003) Dietary docosahexaenoic acid is more optimal than eicosapentaenoic acid affecting the level of cellular defense responses of the juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. *Fish Shellfish Immunol.*, 14: 223-238.

## 第七章 石斑魚養殖疾病防疫

### 一、前言

石斑魚為水產養殖發展之重要的高經濟魚種，在近幾年因消費市場的需求量不斷的增加，以及產業需求的帶動下，促使石斑魚養殖技術不斷精進創新，產品品質提升且產量急速增加，其所帶來的收益也相當可觀，因此吸引更多的業者競相投入石斑魚養殖產業。養殖面積逐年增加的情形下，在追求更高的利潤收益，單位面積放養密度提高，高密度集約化的養殖方式，導致環境水質變化急速。氣候的變遷及海域受到排放水的污染，連帶導致沿近海水質條件不佳，養殖所抽取引用之海水即有病原微生物存在，使養殖石斑魚易遭受到細菌及病毒的侵襲，在魚隻受到緊迫時，常因而導致疾病爆發，是造成石斑魚養成率低及經濟損失等問題的主要原因。

瞭解各個季節及養殖階段常發生的疾病種類，精確有效的進行疾病防疫工作，是減少疾病發生的重要關鍵。本所海水繁養殖研究中心為民服務工作，受理養殖業者送檢測之養殖生物，記錄受理案件之養殖基本資料，包括養殖魚種、面積、投餵餌飼料；以及水質分析檢測，項目包括養殖池酸鹼值、鹽度及水中氨和亞硝酸的含量；疾病檢測內容有體表、鰓部及體內寄生蟲，觀察內臟器官，病症分析，快速檢測試劑檢測神經壞死

病毒 (nervous necrosis virus, NNV) 及虹彩病毒 (grouper iridovirus, GIV)，並將結果加以統計分析。

經統計彙整 2010—2012 年為民服務—受理魚病檢驗案件資料分析結果，疾病發生案件高峰期在 4—5 月及 9—10 月 (圖 7-1)，屬初春及入秋季節變化之際，氣候及溫度的日變化較大，使養殖生物容易受到緊迫而發生疾病。分析每年罹病魚種結果，石斑魚為最多，自 2010 年佔 78% 至 101 年佔 84%，特別在嘉義以南，臺南、高雄、屏東等養殖地區為石斑魚養殖之主要區域，而檢測石斑魚種有點帶石斑、鞍帶石斑及龍虎斑等為最多 (圖 7-2)。

石斑魚疾病檢測結果經分析，病毒性疾病以快速檢測試劑檢測神經壞死病毒及虹彩病毒為主要，檢測患病的魚隻多為 2 寸以下的魚苗，在 2010 年時所發生的 44% 最高 (圖 7-3)；寄生蟲發生的比例在這 3 年間變化並不太大，約為 38—40%，其中以車輪蟲的發生比例為最高，其次為白點蟲和魚蝨，而寄生蟲主要發生在 5 寸以上魚苗至體重 1.2 kg 的石斑魚 (圖 7-4)。

### 二、感染的途徑及防疫

石斑魚養殖過程中在不同的階段常伴隨著不同疾病發生，主要的疾病包括細菌性



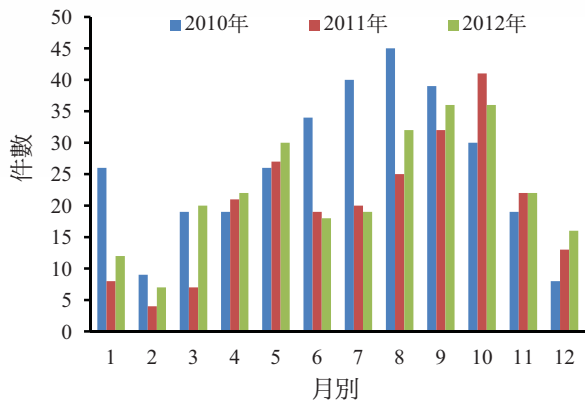


圖 7-1 2010-2012 年本中心為民服務-魚病檢測件數

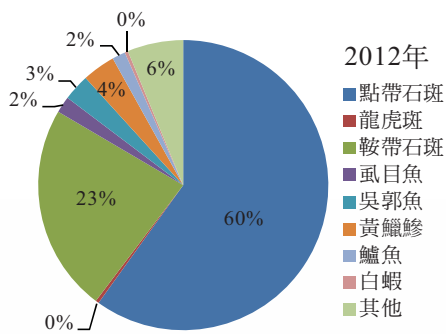
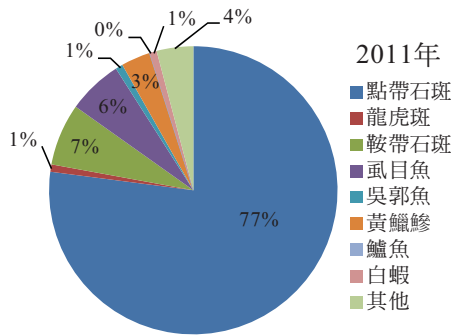
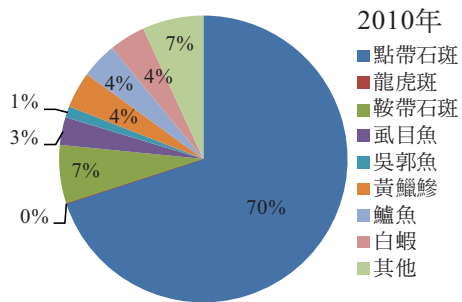


圖 7-2 2010-2012 年本中心為民服務-罹病魚種比例圖

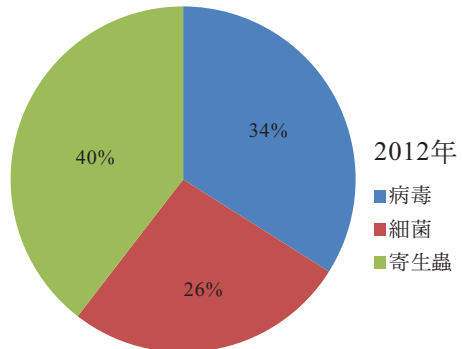
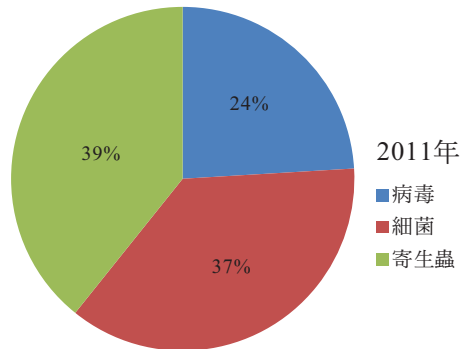
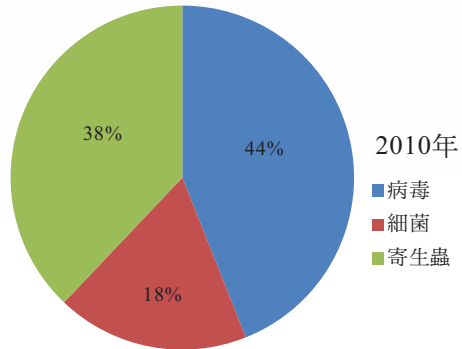


圖 7-3 2010-2012 年本中心為民服務-魚病檢測疾病種類比例圖

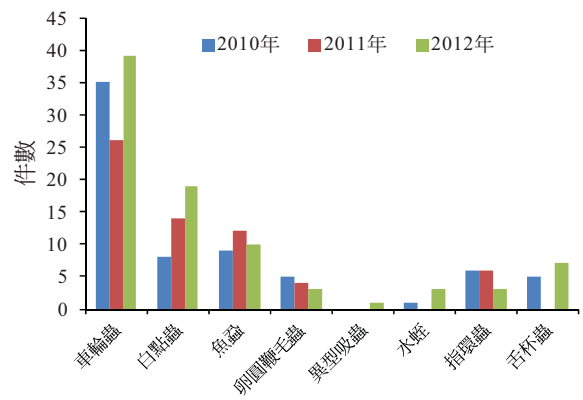
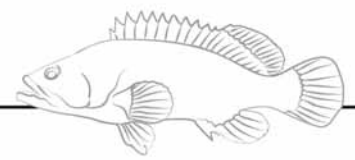


圖 7-4 2010-2012 年本中心為民服務-寄生蟲感染種類及件數



感染、病毒性感染及寄生蟲感染三大類，不同的階段所產生的疾病及也不同，在剛孵化的白身苗至寸苗階段，易遭受到的神經壞死病毒感染而導致短時間大量死亡，寸苗階段則有虹彩病毒的侵襲，及育成階段則容易出現寄生蟲感染及細菌性疾病，這些疾病爆發使得石斑魚產量受到影響，為造成養殖損失的主要因素。

### (一) 細菌性疾病感染原因及防疫

石斑魚細菌性疾病主要以弧菌及鏈球菌較為常見，飼養的魚隻受到緊迫、飼養密度過高、水質環境不佳、人為搬運、捕撈等操作對魚隻產生機械性損傷，寄生蟲感染咬傷的傷口所造成二次感染都是細菌性疾病發生的主要原因。

大部分弧菌對於海水魚有致病性，造成養殖重大損失，弧菌普遍存在於海水及半淡鹹水中，特別是受到污染之水域環境中可分離出來的弧菌量也增加。感染弧菌的魚隻則會出現活動力下降，體色變黑，腹部積水腫大，腸內具黃色液體，表皮及魚鱗潰瘍，內臟器官、泳鰓、腹腔膜內及消化器官有出血現象，引發出血性敗血病症，造成貧血及鰓絲蒼白之病症。

細菌性疾病的發生常伴隨著水質環境惡化，因殘餌、排泄物等蛋白質的累積，經微生物分解，使水中氨及亞硝酸濃度增加，魚隻感染初期，死亡率並不高，每天出現 1—2 尾魚隻死亡，如立即加強改善水質，降低氨及亞硝酸濃度，將魚隻的緊迫傷害降到最低，並對症下藥，應可以有效降低死亡率。

### (二) 病毒性疾病感染途徑及防疫

目前病毒性疾病特別是神經壞死病毒及虹彩病毒，在近 15 年來造成種苗業者相當嚴重的損失。神經壞死病毒常感染石斑魚苗，好發季節在夏季高水溫時期，孵化後 15 天左右至 2—3 寸石斑魚苗是主要感染發病的對象，虹彩病毒目前主要感染 2 寸以上至成魚育成階段，感染發病的魚會出現泳姿迴旋打轉，體色變黑，食慾不佳，而後短時間大量死亡，病發後 2—3 天為死亡高峰期，至 7—10 天死亡率達 80—100%。相關研究指出，較低水溫環境下，石斑魚苗感染神經壞死病毒後死亡率低於較高水溫環境 (Tanaka et al., 1998)。點帶石斑、鞍帶石斑、黃鰷、金目鱸及黃錫鯛等多種海水魚種皆會受到感染。

疾病感染途徑包括水平感染 (horizontal transmission) 及垂直感染 (vertical transmission)。水平感染是藉由環境中的各種物質為媒介，如水源受到病原微生物污染、不同池水交叉感染，或是經由餌料生物體內有病毒的存在，使病原微生物擴散，多數的疾病都是由此方式使魚隻受到感染，神經壞死病毒以浸泡式感染石斑魚試驗結果顯示，病毒會經由水作為水平感染的感染源 (Tanaka et al., 1998)，因此對於放養前環境、池水的消毒，以及放養時適當的隔離之必要性隔外重要。垂直感染方面，目前研究發現，神經壞死病毒會經透過母體傳染給子代 (Arimoto et al., 1992)，病毒是存在於受精膜上，未進入受精卵內，可經由短時間浸泡消毒劑的方式來消除附在卵膜上的

病毒，降低魚卵孵化受到病毒感染的機會。

二氧化氯為強氧化劑，屬過氧化物類消毒劑，可以穿透細胞膜，具有殺死細菌及使病毒不活化（謝，2009）。周（2006）指出，使用 5 ppm 二氧化氯處理，即可使虹彩病毒不活化。為能準確的將二氧化氯應用於石斑魚卵的消毒，進行浸泡魚卵試驗，分析結果顯示，當二氧化氯濃度在 5 ppm 及 1 ppm 濃度組，孵化率與對照組（0 ppm）無顯著差異，隨著二氧化氯濃度的增加，魚卵孵化率則顯著低於控制組（表 7-1）。然而在畸形率的部分，4 個不同濃度二氧化氯洗卵試驗結果，孵化的魚苗皆有出現畸形，畸形率為 2.3—9.2%，對照組畸形率為 0%（表 7-1），建議魚卵可以浸泡於含 5 ppm 二氧化氯海水 10 分鐘，轉置於經消毒曝氣之海水中孵化，來防止細菌及病毒感染。

表 7-1 石斑魚卵分別以不同濃度之二氧化氯浸泡之孵化率及畸形率

二氧化氯 (ppm)	孵化率 (%)	畸形率 (%)
0	87.4	0
1	96.4	9.2
5	81.8	4.1
10	67.2	6.7
50	6.5	2.3

### (三) 寄生蟲感染途徑及防疫

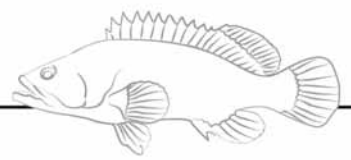
寄生蟲的感染途徑主要有經口感染及經皮膚體表感染。經口感染是病原蟲卵、幼

蟲或胞囊由口進入到魚體內，此種感染方式在石斑魚較為少見。目前石斑魚的寄生蟲多寄生在皮膚體表、鰭和鰓，常見的寄生蟲種類有白點蟲、車輪蟲、卵圓鞭毛蟲、指環蟲及魚蝨，寄生蟲的口器常刺激及撕破魚隻皮膚及鰓部組織，造成機械性損傷，大量產生黏液，因寄生蟲藉由寄生獲取寄主之養分，引發魚隻之營養不良，受到寄生蟲感染的魚隻，則有極度不安、快速游動、跳出水面及衝往水車增氧設備的表現，如果沒有立即處理及對症下藥，所產生的傷口引發細菌性二次感染，將對魚隻造成更大的傷害。

不同的寄生蟲對其治療的方式亦有所不同，需依寄生蟲之特性及其生活史來選擇的藥物及施藥方式，可經由獸醫師診斷來瞭解寄生蟲的種類及特性，遵守獸醫師指示使用合法的藥物，並計算正確的用藥劑量及用藥方法，以有效的殺死寄生蟲，並阻斷生活史，防止疾病再次復發。

## 三、防疫方法

因臺灣目前養殖大環境的狀況不佳，多為個體戶單打獨鬥，稠密的養殖生產區也尚無規劃完善的進排水系統，進水道也是排放廢水的水道，是目前多數養殖戶的養殖現況。在魚隻感染疾病發病後，未經正確診斷治療，即逕自投用藥物，且將染病之養殖池水在未作妥善消毒處理的狀況下排放到溝渠，不知情的下游漁民再將水引入使用，引入的同時也將病原微生物帶入，因此常常使養殖池水質惡化，無法即時經由換水而有效



得到改善。當疾病發生時，無法透過換水來降低及控制病原菌含量，為造成疾病爆發後不易受到控制及治療的主要因素；進而還導致區域性疾病嚴重爆發的問題發生，突顯出提高養殖收益需加強疾病防疫之重要性。

現階段石斑魚繁養殖場的建立模式，主要分為密閉式養殖、半開放式養殖、開放式養殖池三種。密閉式養殖為室內養殖場（圖 7-5），場區內建置水泥池及循環水處理系統，系統經確實的消毒防疫且減少外來水源的使用，從魚卵孵化至養成皆在室內養殖場區內，則可以有效防止魚苗階段及育成過程受到疾病感染。半開放式養殖（圖 7-6），於養殖水泥池四周外加設通風的紗網，增加通風性，另加一層防水布可在下雨時阻絕外來的雨水及陽光照射，亦可達到防疫的效果。開放式室外養殖（圖 7-7），養殖池之底土中有豐富的微生物相，以及經由水車曝氣及日照，可以促使氧化還原作用的進行，具有維持良好的水質環境，及穩定水質之優點。



圖 7-6 半開放式養殖



圖 7-5 密閉式室內養殖



圖 7-7 開放式室外養殖

### (一) 消毒措施

準備放養前，不管是在魚卵的孵化，或稚魚的育成，都需先作養殖空池、養殖器具桶槽之消毒，消毒藥劑有二氧化氯、漂白水(粉)、碘劑及四級胺劑 BKC 等，依不同的需求選擇適當且不殘留的消毒藥劑，來達到消除病原防治疾病的目的。

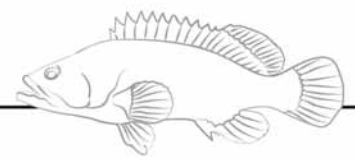
在石斑魚放養前，需進行環境的消毒，以養殖土池為例，經整池、曬池後，可潑撒石灰 (30–60 公斤/每分地) 或漂白粉 (10–30 公斤/每分地)，並注入少量的水，使石灰及漂白粉反應，發揮消毒效果，約 2 星期後，可注入新水，開始培養水色。水泥池的部分，經沖刷乾淨後，可使用二氧化氯、過氧化物及其他藥劑噴灑消毒後，再注入新

水。不管是養殖土池或水泥池在消毒完成，引入新水後需再經過消毒，特別是土池，在消除雜魚、雜蝦的同時，再一併作消毒動作處理，經過徹底的消毒動作後才能引進魚卵、魚苗放養。魚卵的部分則在放入孵化池時，先以二氧化氯進行消毒，以防止帶原。

在石斑魚卵的孵化培育階段，對於水質的要求最為重要，養魚即先養水，建議應建立蓄水水池，放養前數週甚至數個月前先將養殖用水引入，經長時間水車打氣培養水色，消除水中氨及亞硝酸等有害物質，而後再引入放養池作消毒，如此可以穩定提供良好之水源，同時可以防止病原入侵。

### (二) 魚隻健康度評估

養殖過程中疾病是影響養殖收益重要



原因之一，產生疾病可能發生在每個環節，避免疾病發生的四環要素，包括健康的魚隻、優質的飼料、良好的水質環境及無病原存在，此四環原理為探究成功養殖根本原因，選擇優質、健康、無帶病原的魚苗，並做好完善的養殖管理，預防疾病發生，是提高育成率的正向關鍵之一。

藉由培育優良品種之觀念為出發點，建立「健康度評估方法」，找尋有利於魚苗快速生長及繁殖的優良特性，並且整合出一套具判別魚苗健康度指標模組，除了可以有效提升魚苗之育成率之外，同時也可判定魚苗是否具後續培育之潛力，得以降低投資風險性，提高養殖收益。

「健康度指標評估綜合評量表」用來衡量和評比每批魚苗成長的階段性表現，協助預防培育時疾病發生的可能性，評估結果可作該批魚苗養殖管理調整的依據，並提高工作效率。評估方法之建立著重於幫助培育人員順利提升魚苗育成率。

購買準備培育之石斑魚卵及魚苗時，首先調查魚卵及魚苗之種魚來源，以往生產的魚卵品質作瞭解，以確保所生產的魚卵及孵化之魚苗品質，培育記錄並建立育成資料相關結果，供後續追蹤。而後評估魚隻之健康程度，透過隔離檢疫、標準檢測及放養程序，可以減少疾病，提高育成率之目標。

健康度評估檢測的內容主要有三部分：

#### 1. 外型評估

魚隻體表無損傷、魚鰭均完整、眼睛無白濁狀；骨骼是否彎曲、鰭條是否充血、表皮黏液分泌是否正常、呼吸頻度；仔稚魚泳

姿、活力及索餌情況、有無群聚現象等均為外在行為觀察要素，魚隻有無異狀，都是是否有染病的重要指標。

#### 2. 組織器官評估

經解剖後採集鰓、體表黏液組織，肉眼無法立即檢視，以顯微鏡觀察魚隻是否有寄生蟲的感染；肝、腎、脾、腸等內臟器官是否有正常，初步判定是否感染細菌性疾病。

#### 3. 病毒檢測

採取特定組織進行神經壞死病毒及虹彩病毒篩檢，可以市售快速試劑檢驗及 PCR 等方法來檢測是否含有病毒，此檢測方法亦可應用於魚卵及餌料。

飼養時，可持續觀察魚苗攝食的搶食狀況，如欲培育種魚的話，可進一步抽取魚隻血液，進行重點生理指標檢測記錄及監控，評估該批魚隻在面臨緊迫狀態時，生理表現與回復能力。完成評估項目的建立，須再經過審慎的考量、設計，配合各階段性的培育進行監控，靠技術人員敏銳的洞察力，秉持客觀、嚴謹、一致的評分標準，並隨時注意記錄魚苗的泳姿、攝食、群聚及受氣候變化之影響表現，以提高魚苗健康度判定結果之準確度。

魚隻健康度評估是一套結合傳統技術及生物檢驗技術的方法，著重於養殖環境、投餵模式、飼料管理，儀器檢測，可用來衡量新進魚苗品質優劣，以提升魚苗育成的存活率。藉著常規紀錄，將數據建立歸檔成為一個系統模式，供給危害發生時快速審視，便於提出解決應變方式。定期進行階段性評估，可獲取第一手資料，從中擇取促進魚苗

的成長及降低危害的優勢。利用收集魚苗現況及培育過程的進度資料，可調節擬訂其原先評估項目，使評估過程中更切合魚苗健康度評估，產生之魚苗健康度考核分數表將成為一個有效率和可信度高的評分模式，真正有效監控魚苗健康度以提升育成率。

### (三) 養殖期間防疫措施

#### 1. 定時水質監控

養魚需養水，水質的參數是魚隻健康與否最直接的指標，包括水溫、溶氧、酸鹼值、亞硝酸、氨、水色等各種物理化學物質，水質不佳時，魚隻需消耗自身的能量來平衡及代謝以維持魚體之正常生理運作，此時是病原最容易感染魚隻的機會。掌握良好水質，可以降低魚隻染病的機會。雨季來臨時，更要密集監測掌握水質及水色變化，減少因大量降雨來帶變養殖環境的劇變，對魚隻產生緊迫傷害。

#### 2. 人員的防疫

進出之養殖操作人員需審慎防疫，特別是穿著之工作鞋應作消毒，同時需謝絕不必要的訪客進入參觀，防止將病原帶入養殖場區，減少魚隻受到擾動及疾病感染的機會。

#### 3. 操作器具消毒

養殖期間使用的養殖器具及交通工具需定期消毒，且不同池需分開使用，放置固定的位置，以避免其中一池發生疫病時，在不同池間交相感染。

#### 4. 投餵飼（餌）料管理

飼料及生鮮餌儲存空間應作妥善低溫保存，投餵處理過程要迅速，保持新鮮。生餌及餌料生物易有病毒及病原的感染，因此

在保存及處理上更要注意。

### (四) 益生菌的應用

以往傳統養殖中，疾病控制及治療多依賴抗生素等化學物質的使用，這些抗菌藥物的施用常會使得病原菌產生抗藥性，抗藥性基因通過遺傳物質的互換在細胞間移轉，讓更多的病原菌因此產生更強的抗藥性，使得疾病更加難以控制及治療。隨著環境保護觀念日漸重視，水產養殖模式逐漸朝向生態平衡，利用益生菌控制方法作為替代的措施開始被思考、使用，益生菌施用於水產養殖已是目前被推廣的環保型養殖方法。在室外養殖場區建立光合菌量化培養系統（圖 7-8），可以提供足量的益生菌供養殖時使用。

益生菌多與宿主生物共生或存在於環境中，由於它們對宿主生物有助益，至今已被人類廣泛使用。益生菌應用在水產養殖的主要功能包括有：(1)穩定養殖池水水質，分解水中有機物質，消除氨及亞硝酸，改善水質（劉等，1997；陳等，2004）；(2)抑制病原菌，作為生物防制，預防疾病的發生，減少藥物的使用（陳等，2002）；(3)作為營養來源，益生菌含有豐富營養，並成為腸道之益生菌，促進成長（Keysami et al., 2007）；(4)提升魚隻非特異性免疫力，增加吞噬細胞的活性（Sakai et al., 1995），並激活蝦類的免疫系統（Rengpipat et al., 2000）。多篇研究報告指出，益生菌如 *Lactobacillus* spp., *Bacillus* spp., *Nitrosomonas* spp., *Cellulomonas* spp., *Nitrobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Rhodoseudomonas* spp.

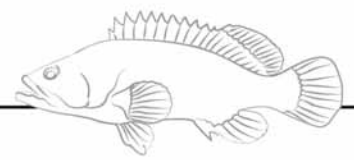


圖 7-8 光合菌室外養殖量化培養

及 *Acinetobacter* spp.，可作為飼料添加物，促進魚隻成長，抑制病原微生物，預防疾病等，或可控制養殖池水中的病原微生物並穩定水質 (Farzanfar, 2006; Prabhu et al., 1999; Shariff et al., 2001; Irianto and Austin, 2002)。

研究試驗結果顯示，枯草桿菌及光合菌等益生菌，因具有穩定及改善養殖池水水質、作為餌料提供營養價值、降低池中病原菌含量、增加養殖生物抗病能力、減少疾病的發生等良好功效，石斑魚養殖過程中定

期於約每 6—7 天添加  $10^4$  cfu/ml 濃度之光合菌或枯草桿菌，可使益生菌成為養殖水體中之優勢菌種，具有抑制病原菌，降低機會性病原菌感染的機會，並可以同時複合使用光合菌及枯草桿菌，以達到快速降低水中氨及亞硝酸濃度的同時還有較長時間穩定水質的效果，對於提高石斑魚養殖收益有良好之效益，兩種以上之益生菌複合使用時，可能會產生多重保護，使養殖生物較不易被病原菌感染。



## 四、結語

石斑魚養殖產業所帶來的經濟產值，在這幾年來吸引不少人紛紛投入資金競相養殖，然而未作充足的準備及經驗不足的情況下，往往在遇到疾病的爆發後造成嚴重的損失，致使血本無歸。然而石斑魚養殖成功的關鍵著重於專業技術的養成，其中對於疾病的防疫更是不可或缺，正確疾病防疫之流程的建立，有效的落實消毒防疫工作，配合定期使用益生菌，維持良好的水質環境，以降低疾病的發生機率，是突破低育成率的重要因素。

除此之外，近來臺灣石斑魚養殖市場面臨東南亞各國及中國競爭之下，銷售市場及價格皆受到的衝擊，然而要在石斑魚養殖市場占有一席之地，惟有著重在石斑魚健康度管理技術上作全面管控，以大幅減少魚隻罹病及用藥的機會，除了可以降低成本之外，還可以提高石斑魚品質，對於產值也能大大的提升，如此可以提高臺灣石斑魚養殖產業發展潛力，以及在國際市場上的競爭力。

## 參考文獻

- 周佳璇 (2006) 石斑種苗生產期之虹彩病毒防除對策研究。國立臺灣海洋大學水產養殖系碩士學位論文，p. 44。
- 陳秀男、冉繁華、黎錦超、呂仲倫、洪明欣、張景盛、劉育霖、廖述育、施亞男、張簡子輝 (2002) 白蝦養殖技術手冊。台灣省漁會漁業推廣叢書，5: 25-33。
- 陳敏隆、郭世榮、吳豐成、丁雲源 (2004) 添加有益菌對蝦池水質及草蝦養成之影響。海水繁養殖研究，2(1): 33-43。
- 劉文準、倪純治、葉德贊、周宗澄、林燕順、陳慶輝、姚瑞梅、曾活水、顧靜瑜 (1997) 光細菌淨化對蝦養殖水質的研究。台灣海峽，16: 455-457。
- 謝介士、葉瑾瑜、陳紫嫻 (2009) 簡介二氧化氯在水產養殖之應用。水試專訊，28: 23-25。
- Arimoto, M., K. Mushiake, Y. Mizuta, K. Muroga and I. furusawa (1992) Detection of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV) by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Fish Pathol., 27: 191-195.
- Farzanfar, A. (2006) The use of probiotics in shrimp aquaculture. FEMS Immunol. Medical. Microbiol., 48(2): 149-158.
- Irianto, A. and B. Austin (2002) Probiotics in aquaculture. J. Fish Dis., 25(11): 633-642.
- Kautsky, N., P. Rönnbäck, M. Tedengren and M. Troell (2000) Ecosystem perspectives on management of disease in shrimp pond farming. Aquaculture, 191(1): 145-161.
- Keysami, M. A., C. R. Saad, K. Sijam, H. M. Daud and A. R. Alimon (2007) Effect of *Bacillus subtilis* on growth development and survival of larvae *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Aquacul. Nutri., 13: 131-136.
- Rengpipat, S., S. Rukpratanporn, S. Piyatiratitivorakul and P. Menasveta (2000) Immunity enhancement in black tiger shrimp *Penaeus monodon* by probiotic bacterium (*Bacillus* S11). Aquaculture, 191(4): 271-288.
- Prabhu, N. M., A. R. Nazar, S. Rajagopal and S. Khan (1999) Use of probiotics in water quality management during shrimp culture. J. Aquacul. Trop., 14(3): 227-236.
- Sakai, M., T. Yoshida, S. Atsuta and M. Kobayashi (1995) Enhancement of resistance to vibriosis in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum by oral administration *Clostridium butyricum* bacterin. J. Fish Dis., 18(2): 187-190.
- Shariff, M., F. M. Yusoff, T. N. Devaraja and P. S. Srinivasa Rao (2001) The effectiveness of a commercial microbial product in poorly prepared tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius) ponds. Aquacult. Res., 32(3): 181-187.
- Tanaka, A., H. Aoki and T. Nakai (1998) Pathogenicity of the nodavirus detected from diseased sevenband grouper *Epinephelus septemfasciatus*. Fish Pathol., 33: 31-36.



## 第八章 水試所石斑魚育苗模場介紹

### 一、前言

石斑魚為臺灣重要的海水養殖經濟魚種，2015 年產量達到 2.4 萬噸，產值達到 70 億元，為養殖產值第一的魚種，然而全世界石斑魚產業仍受病毒性疾病（神經壞死病毒 NNV、虹彩病毒 TGIV）影響，使得魚苗育成率低約僅達到 3—5%，嚴重影響石斑魚產業穩定。此外現階段臺灣養殖方式多數仍是傳統露天魚塢養殖方式，受洪水、寒害及疾病影響甚大。

養殖模場技術為近年來世界水產養殖發展的新趨勢，利用設施化養殖提供防疫功能，搭配良好繁養殖技術與標準化養殖管理，減少疾病入侵與天災造成環境劇變，達到穩定生產種苗甚至於成魚養成，已開始運用於鮭魚等高經濟價值魚種（賴，2009）。

本所海水繁養殖研究中心也希望能夠藉由模場技術建立來達到穩定生產石斑魚苗的目的，所以開始整合以往建立之關鍵技術，建構具防疫隔離功能之繁養殖生產設施，進行健康優質石斑種魚培育及育種，期能以模場整廠輸出方式推廣至石斑魚產業。

海水繁養殖研究中心—石斑魚模場硬體設備（圖 8-1）興建開始於 2010 年，至 2014 年完成整體硬體設備，包含主體建築、水處理系統、維生系統等，並於 2015 年開始結合硬體設備與先前研究成果（如

生物防疫、健康種魚培育、受精卵生產與操作、乾淨餌料生物生產等關鍵技術），進行育苗模場生產技術開發，目前已進行兩年的育苗生產。本篇將以本所育苗模場實際生產狀況為例，分別針對石斑魚育苗模場規劃、育苗生產技術、影響育苗模場成功率因素等方面進行探討，俾利大家得以了解這種新型的生產技術。



圖 8-1 石斑魚模場建築，左至右分別為中間育成場、育苗場、養成場

### 二、石斑魚育苗模場規劃

#### （一）育苗模場介紹與環控措施

本中心石斑魚育苗模場規劃為室內育苗場，場內設置有 10 個 50 噸圓形育苗池，為水深 2 米的水泥池（圖 8-2），進水統一由模場水塔利用高低位，排水則每池中兩根排水管，排入育苗場中的排水道排出；養殖池上方屋頂為 PC 透明塑膠浪板，主要為了冬

季低溫期保溫作用，測量養殖池水溫在冬季的確也都可以維持在 22°C 以上，不需要另外使用加溫棒等加溫措施，可作為冬季育苗場域。因應夏季高溫降溫舉措，育苗場上方有設置屋頂排熱窗 (圖 8-3)，可藉由打開窗戶將室內熱氣排出，此外也增設室內遮陽網 (圖 8-4)，作為管控室內溫度與育苗池水色調整的主要手段，可將夏季育苗池水溫維持於 30°C 左右，不致影響育苗生產工作。



圖 8-2 石斑魚育苗模場 50 噸育苗池

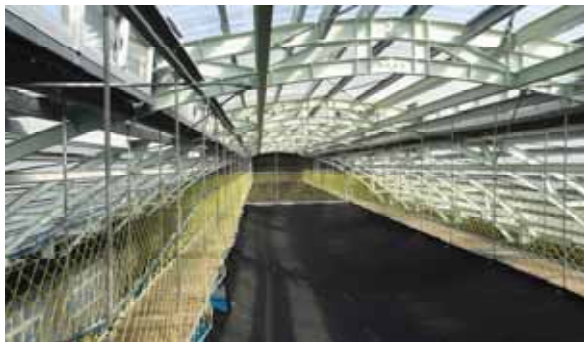


圖 8-3 育苗場屋頂以透明浪板覆蓋，並增設屋頂排熱窗進行溫度調節



圖 8-4 育苗場室內以遮陽網進行溫度與光線調節，可以用於穩定養殖溫度與水色控制

## (二) 育苗模場防疫措施

本育苗場防疫主要為人員進出防疫設施、養殖用水防疫設施、物品防疫設施三個部分：(1)人員進出防疫設施：本場設置有人員進出檢疫區 (圖 8-5)，人員進入時須於此處進行消毒換裝工作，清洗雙手、更換入場雨鞋、消毒鞋底 (使用漂白水)、與登記管制等步驟。(2)養殖用水防疫設施：本石斑魚模場所有養殖用海水皆是經過海水電解消毒系統過濾消毒 (圖 8-6)，該系統每小時可處理 100 噸海水，供應整個石斑魚模場場區使用，養殖用水處理程序為沉澱、過濾、海水電解 (有效氯濃度 2 ppm)、混合、



圖 8-5 石斑魚育苗模場人員檢疫區

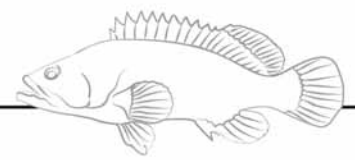


圖 8-6 石斑魚模場電解水消毒過濾系統

曝氣、蓄水；育苗過程中，也使用電解海水進行洗卵與餌料生物清洗。(3)物品防疫設施：育苗場中設置有物品清洗區，育苗場使用的物品皆在育苗場中使用，不得移出或移入育苗場，本區使用電解海水與自來水進行物品消毒。

### (三) 維生設備與育苗池供氧管線

石斑魚模場主要供氧由 2 台魯式鼓風機交替使用組成，育苗場養殖池供氧管線則使用 PE 打氣管與打氣石組成，為使育苗池溶氧充足，每池設置有 12 個打氣管，中間使用尼龍塑膠繩固定 (圖 8-7) 平均分散，打氣石離底部約為 5–10 cm，避免打氣時將池底沉積物擾動，另外因應颱風天或停電等緊急情況發生，育苗場裝設發電機的緊急打氣設備，以備不時之需。

## 三、石斑魚育苗模場生產技術

### (一) 放養前環境準備工作

育苗模場生產放養前的準備與一般石斑魚白身苗或中間育成放養準備一致，主要



圖 8-7 育苗模場水池打氣管設置，使養殖水體都能獲得充足溶氧

為養殖池的清洗消毒與養殖器具的清洗消毒兩大方面：

#### 1. 育苗模場養殖池清洗與消毒

主要利用高壓水柱 (圖 8-8) 清洗後，將水排乾，如時間允許再以日照曬乾消毒 1 周；如為接續式養殖，則使用注水後以二氧化氯添加浸泡一天，在使用清水清洗確保無殘留後再進行後續養殖動作。

#### 2. 模場養殖器具的清洗與消毒

消毒方式以日曬或者是消毒水 (二氧化氯) 浸泡，育苗時期使用最頻繁的器具為浮游生物網與養殖池的打氣管與打氣石，前者務必做到每批次放養不混用，且接觸到場

外餌料生物過濾者，務必做到每次消毒與不直接接觸育苗池水體為佳；後者則每批次使用後需要整個拆下來浸泡消毒，以避免病原殘留等問題。



圖 8-8 育苗模場水池於放養前以高壓水柱進行清洗

## (二) 石斑魚卵洗卵

一般認為魚卵經過消毒劑浸泡清洗後，可以去除卵膜上的病毒帶原，減少垂直感染機率 (周，2011)，除此之外，對於模場 (50 噸水體育苗池)，在洗卵過程中多次清洗分離，更可以確保經過長途運送或不當包裝操作造成的壞卵得以分離，避免進入育苗池中污染水質，影響後續育苗成功率，所以是石斑魚育苗模場生產重要的一環。

在先前洗卵試驗中測試過市售二氧化氯 (0.5 ppm、1 ppm、2 ppm、5 ppm)、模場電解水 (混合槽流出餘氯測試約為 1 ppm) 等幾種消毒劑對於魚卵孵化率是否有所影響，結果顯示現使用 2 ppm 以下市售二氧化氯、以及模場電解水其對於受精卵孵化率並無顯著影響 (圖 8-9)，其後續一些育成率也沒有影響，所以在育苗模場洗卵流程中，選用模場電解水來做為洗卵的消毒劑。

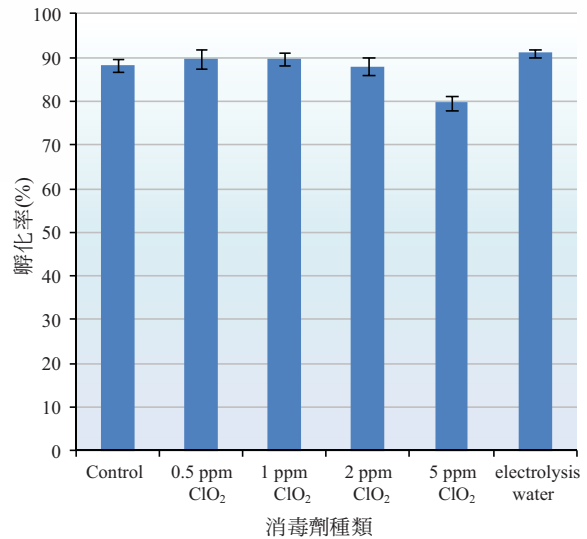


圖 8-9 洗卵消毒劑對於孵化率的影響

育苗模場洗卵流程 (圖 8-10) 為受精卵先置於孵化桶內，利用比重分離法將死卵沉澱與雜物清除，以 100 網目撈取發育正常卵粒，再以乾淨海水 (鹽度 32 psu) 清洗後，以模場電解水系統生產之電解海水進行浸泡 10 分鐘後，放置於乾淨海水流水處理 10 分鐘，即完成洗卵步驟 (圖 8-11)，洗卵後需要分離部分卵粒進行孵化率評估，以了解該批魚卵品質與好壞。

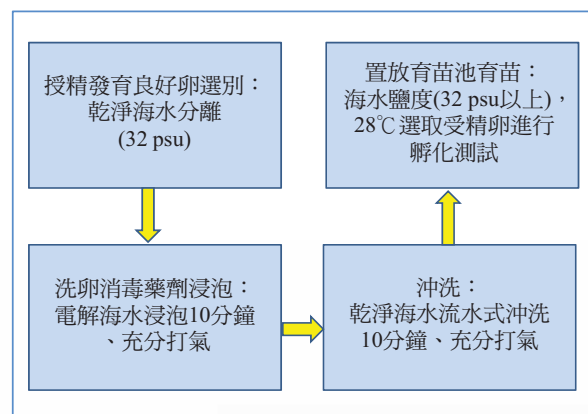


圖 8-10 育苗模場洗卵流程示意圖

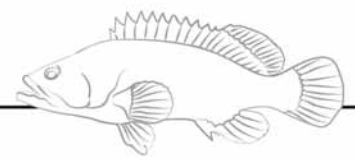


圖 8-11 育苗模場洗卵實際操作情形  
(上：以比重法初步分離浮沉卵；左下：以電解海水進行浸泡 10 分鐘，右下：以乾淨海水流水清洗 10 分鐘)

### (三) 魚卵放養

本育苗模場為清水式育苗，所有海水皆經過海水電解消毒，再為育苗池注水時依然會使用浮游生物網 300 目進行海水過濾，以避免是否有其他生物進入育苗池中，放養前每池注水 7 分滿，適當調解打氣氣泡頻率與大小，即可進行魚卵放養，放養密度為每池放養 80 g 石斑魚卵，即一噸水放養 1.6 g 魚卵，待魚苗開始攝食與餌料生物投餵 1—2 天後，緩慢將水注滿。

此舉主要是為了因應清水式育苗，開口其餌料是否充提供給魚苗過料（即開口攝食）為育苗成功關鍵因素之一，故在餌料生物投餵上再開口初期相較於肥水式育苗投餵更多的餌料生物，容易造成初期養殖池內餌料生物密度過高，往往會造成多餘餌料生物死亡導致水質變化，或者是魚苗攝食到死亡餌料生物營養不足的情形，所以藉由放養水量多寡來調解魚苗開口攝食的放養密度，藉此提高魚苗過料成功率，也可減少餌

料生物投餵過多情形發生。

放養完畢後，每天需要進行魚苗孵化與發育觀察，利用白碗或燒杯（圖 8-12）進行採集估算育苗池中魚苗量，並使用顯微鏡進行鏡檢了解其發育狀況。



圖 8-12 每日需觀察魚苗成長與活動情形  
(上：初期因魚苗透明且活動力較低，可以用燒杯採集觀察；下：後期則以白色塑膠碗進行觀察)

### (四) 育苗初次投餵

石斑魚育苗模場之魚苗餌料序列大致為牡蠣受精卵、輪蟲、橈足類等，一般而言，在水溫 28°C 的孵化環境下，魚苗約在孵化後 2—3 天開口攝食，此時使用燒杯進行魚苗觀察，簡單分辨所謂三點黑（即兩眼黑色加上腹部黑色）搭配魚苗是否有垂直游泳能力（即魚苗是否會於燒杯底部游泳動

作)，或者是直接使用顯微鏡進行觀察開口狀況，如確定開口則須立即進行餌料生物投餵，如延遲投餵會讓魚苗因內部營養（卵黃囊、油滴）消耗殆盡過度飢餓，就算魚苗還沒死亡也不會再攝食，導致活存率降低。

第一次投餵以牡蠣受精卵搭配輪蟲進行，牡蠣受精卵製備（圖 8-13）挑選當天採收之肥滿度高新鮮牡蠣，將牡蠣生殖腺刺破擠出精卵後，放置在 120 目浮游生物網上置於電解海水中打氣進行授精，約 5-10 分鐘移除牡蠣等大型沉澱物，再移除打氣靜置 2 分鐘，將上層多餘的海水與泡沫倒掉，補充新海水後持續打氣混合，再次移除上層海水與泡沫，補充新海水即可進行餵食。

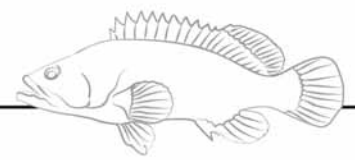


圖 8-13 牡蠣受精卵製備方式

輪蟲來源則是由本中心發展的乾淨餌料生物系統（圖 8-14）量產而來，使用 250 目浮游生物網收集後，以 150 目浮游生物過濾大型浮游生物，再以乾淨海水進行清洗後，即可進行餵食。



圖 8-14 乾淨生物餌料量產系統，可穩定提供輪蟲與橈足類作為石斑魚育苗模場生產的餌料生物



牡蠣受精卵的投餵次數僅需要 2—3 次，主要功能為提供魚苗過料的小型餌料生物，孵化後 3—4 天多數魚苗已可攝食輪蟲，即可以輪蟲為主要投餵餌料生物。投餵後 1 小時可以使用燒杯或鏡檢進行魚苗觀察，如正常攝餌的魚苗可看到其腹部隆起，在顯微鏡下可以看到消化道中有牡蠣受精卵或輪蟲。

一般而言，沒有正常過料的魚苗會在孵化後 5—7 天內死亡，魚苗死亡後會在打氣平緩水面上聚集後，所以通常可以在這段期間進行觀察，了解育苗過料成功與否，也可以盡量撈除死亡的魚苗避免污染水源。

#### (五) 育苗投餵管理

魚苗的投餵管理非常重要，主要是因為過多的餌料生物會影響與壓迫魚苗，如競爭水中溶氧、死亡後影響水質等，而投餵管理主要藉由觀察育苗池中的餌料生物變化與魚苗發育狀況而定，每天投餵前以燒杯或透明玻璃杯觀察池中餌料生物狀況，如果餌料生物量仍然很多則不進行投餵；投餵後先觀察池中餌料生物量，投餵 2 小時後觀察餌料生物的減少量，可以藉此了解魚苗攝餌狀況，也可藉由觀察投餵時魚苗是否有攝食情形來增加或減少投餵量。

除了使用燒杯觀察等，也要注意水面上是否有漂浮的浮游生物屍體，如有發現可能原因是由於投餵量過多沒有攝食而死亡，一般而言，在魚苗初期容易發生投餵過量情形，導致餌料生物死亡影響水質或餌料生物因沒有飢餓營養價值下降，魚苗攝食後沒有獲得足夠營養等情形發生，因此育苗模場初

期，在育苗池中添加光合菌，主要可以做為餌料生物的餌料與保持水質功能，添加量約為每噸水 20 cc 光合菌液，對於初期餌料生物穩定有極大影響。

魚苗孵化後 10—14 天，開始進行發翅需要較大量的氧氣，魚苗會聚集於打氣石附近，此時開始攝食橈足類，育苗模場橈足類供應依舊為乾淨生物餌料量產系統提供，使用 120 目的浮游生物網收集，再以 50 目浮游生物過濾其他大型浮游生物，以乾淨海水進行清洗後即可投餵，投餵橈足類時期，通常魚苗攝食量大，開始需要增加投餵量與次數，以避免魚苗因搶不到餌料造成個體差異導致後續殘食問題發生。

一般建議育苗後期，投餵次數至少每天兩次，在視投餵過後的餌料量觀察追加投餵，且每次投餵以多點投餵，可以減少魚苗因搶食不均造成的個體成長差異，如果情況允許，早上投餵的時間以天亮即可以投餵，可以減少魚苗殘食的情形。

#### (六) 育苗收成

魚苗經過收翅期（約孵化後 28—30 天），此時體長約為 1.5 cm，俗稱「紅頭」，魚苗開始會互相殘食（在本所育苗模場觀察到較早的殘食行為），此時育苗池水中的含氮廢物與池底廢物累積達到一定量，必須要進行收成，以經驗上來說建議大部分魚體達到 1.5 cm 以上，即可進行收成，此時全池魚苗皆已收翅完成，不會因突出的鰭條卡住網目而受傷死亡。

如太晚進行收成，當有魚苗達到 2 cm 以上，此時體色出現條紋，俗稱「哈紋」，



則此時殘食問題會造成重大損失，我們的經驗上，曾經因為晚了 3-4 天收成，導致最後因此損失近 6 成魚苗。

育苗模場收成情形如圖 8-15，育苗池排放半池水量，使用圍網模式進行第 1 次收成，後續池底排乾後進行剩餘魚苗收獲，收獲後魚苗進入中間育苗場進行分級篩選，以避免殘食問題。一般而言，育苗模場生產 1 批次周期約 45-50 天，包含育苗與放養前後環境消毒整理，育苗周期約 35-40 天，視水溫與魚苗生長情形而定，環境消毒整理約需 10 天，大約每兩個月生產一批魚苗。

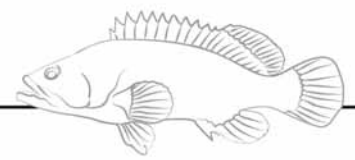
## 四、影響育苗模場成功率因素探討

### (一) 石斑魚卵品質

石斑魚卵品質是影響育苗成功率與否的關鍵因素，一般而言，以目前產業買賣受精卵皆是發育中之胚胎期，但因為種魚培育好壞、種魚產卵環境、與運送過程得當與否等因素，其受精卵的孵化情形也有所差異，一般認為良好的受精卵應可達到 80% 以上的孵化率，所以在育苗模場生產加入了洗卵步驟，除了可以對於疾病進行防疫，也是避



圖 15 上：育苗模場收成情形；左下：收成後進行魚苗分篩；右下：育苗池收成後池底情形



免運送過程產生的壞卵進入到育苗池中影響水質；除此之外，對於孵化情形的評估，可以對於種魚場進行受精卵好壞的評估，可以依此選擇品質較好的種魚場，也可以在孵化不佳時，以此數據對於種魚場進行通知甚至於獲得補償。

## (二) 育苗池水質

育苗池水質是育苗模場生產養殖管理重要的一環，對於石斑魚育苗水質要求大致如下：

**鹽度：**石斑魚育苗池水適合鹽度為 28–35 psu，在經驗中鹽度高於 35 psu，對於石斑魚卵的孵化率會降低、後續魚苗發育會有所減緩；鹽度低於 32 psu，雖然不會對孵化率有所影響，但會影響石斑魚卵的上浮，導致魚卵沉降到池底導致魚卵壞死。

**溫度：**石斑魚苗育苗池水適合的溫度為 26–32°C，水溫高於 32°C，容易造成魚卵白化、影響孵化率；低於 26°C，容易造成石斑魚苗發育遲緩，容易導致魚苗內源性營養消耗殆盡，仍未發育到開口階段，導致石斑魚苗過料失敗，以模場規劃中，可以在每年 3–11 月達到育苗室適合水溫，相較於戶外育苗池有較長的育苗生產時間。

**溶氧：**溶氧一般都維持在 4 ppm 以上，基本上只要妥善分布打氣管，大都可以達到，但這邊需要注意的是石斑魚苗非常脆弱，打氣氣泡過大容易造成水體擾動，導致魚苗發生所謂的上浮死亡，所以在打氣氣泡需要盡量細小且綿密。

**含氮廢物：**育苗池水中的含氮廢物（氨氮、亞硝酸氮）需要完全沒有，模場用水經

過處理後基本上不會有，但隨著開始投餵餌料生物後，育苗池水會開始累積含氮廢物，應對方式就是在養殖初期添加光合菌液進行轉化；後期累積速度加快則進行流水，在魚苗大發翅期（約為魚苗孵化後 15–20 天），開始補充乾淨海水與排放下層水，藉此移除育苗池中的含氮廢物。

## (三) 餌料生物充足與否

餌料生物穩定提供為育苗模場生產重要一環，主要因為育苗模場生產為清水式育苗，先前特別提到關於魚苗的初次投餵提供充足的餌料生物讓魚苗過料的方法，而後續餌料生物投餵管理影響魚苗成長，育苗初期投餵視池中餌料生物量補充，中期（孵化後 7–14 天）則投餵次數約每天 1 次，到後期（孵化後 14 天以後）魚苗攝食量變大，投餵次數改為每天 2 次（上下午各一），每次餵食完一小時可以進行魚苗與餌料生物觀察，了解攝食情形。

餌料生物投餵不只需要量充足，也需要提供適合且營養的餌料生物，所以在餌料序列的轉換也需要特別注意，如魚苗多數可攝食橈足類時，需要開始搭配投餵橈足類，輪蟲的投餵量逐日可以減少，兩者比例可以慢慢調整，但不可馬上停止，以避免成長較慢的魚苗因適口性問題導致飢餓死亡；而育苗初期提供光合菌液進入育苗池中，可以使育苗池中的餌料生物有充足營養，避免魚苗死亡。

## (四) 魚苗殘食

殘食一直是石斑魚繁殖過程造成損失的一大問題點，以育苗模場生產小型水體且

水色較清的環境更容易發生，魚苗約在收翅後體長約 1.2 cm (孵化後 20 天以後) 開始容易互相殘食，如不注意可能會在幾天後損失多數魚苗，特別是因為殘食出現個體差異大的魚苗，則損失速度會加快，而因應的方法在初期利用充足的餌料生物投餵使魚苗成長平均減少個體差異，後期則是提早收穫進行分類篩選，實際操作方式為在初期餌料從輪蟲轉換成投餵橈足類時，盡量以多數魚隻大小作為依據，避免過早轉換餌料，藉此平均魚苗大小，主要因為體型大的魚苗會追體型小的魚苗，導致小魚苗搶不到食物，個體差異會更加擴大；相較於土池養殖魚苗成長至 2 cm (7-8 分) 以上才開始進行收穫，育苗模場養殖到魚苗收翅完成，達到 1.5 cm (5-6 分) 魚苗時即進行收穫，開始進行分類篩選，可有效減少殘食造成的損失。

## 五、結語

以模場設施搭配乾淨生物餌料量產系統、與石斑魚育苗相關技術結合，發展育苗模場生產技術，在近年的試驗中，已可穩定生產點帶石斑魚苗，育成率達到 10% 以上，我們也嘗試運用在鞍帶石斑與龍虎斑(雜交斑) 等其他魚種，獲得不錯效果，也持續將部分技術包裝成技術轉移，希望未來能推廣給民間業者，達到產業升級，提升國內石斑魚產業競爭力。

## 參考文獻

- 許晉榮、黃鵬鵬、丁雲源 (2002) 餵食策略及遮蔽物對石斑魚苗殘食之影響。水產研究, 10(1&2): 31-40。
- 曾文陽 (2009) 石斑魚養殖學。高雄市, 前程出版社, 348 pp。
- 賴珪光 (2009) 台灣水產生物工廠暨設施養殖的發展潛能。農業生技產業季刊, 19: 68-73。
- 葉信利、朱永桐、林峰右 (2011) 石斑魚養殖健康管理與發展策略。2010 石斑魚類精緻養殖研討會論文集, 1-8。
- 周信佑 (2011) 由水消毒及洗卵之健康管理建立石斑魚病毒之防除策略。2010 石斑魚類精緻養殖研討會論文集, 43-47。
- 朱永桐、陳陽德、張丁仁、梁貴龍、邱靜山、吳承憬、黃政軒、葉信利 (2012) 餌料生物新思維。科學發展, 473: 14-19。
- 朱永桐 (2012) 光合成菌應用於石斑魚類種苗生產-乾淨餌料生物量產系統介紹。石斑魚實用繁養殖手冊, 中華民國水產種苗協會, 6-15。
- 鄭金華 (2012) 安全繁養殖技術。科學發展, 473: 20-25。
- 王雲新 (2015) 石斑魚高效養殖實用新技術。中國, 海洋出版社, 166 pp。
- Doi, M., M. N. Munir, N. L. Nik Razali and T. Zulkifli (1991) Artificial propagation of the grouper, *Epinephelus suillus* at the Marine Finfish Hatchery in Tanjong Demong, Terengganu, Malaysia. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur, 41 pp.
- Fukuhara, O. (1989) A review of the culture of grouper in Japan. Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab., 22: 47-57.
- Kayano, Y., S. Yao, S. Yamamoto and H. Nakagawa (1993) Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Aquaculture, 110: 271-278.
- Liao, I C., H. M. Su and E. M. Chang (2001) Techniques in finfish larviculture in Taiwan. Aquaculture, 200: 1-31.
- Lim, L. C. (1993) Larviculture of the greasy grouper *Epinephelus tauvina* F. and the brown-marbled grouper *E. fuscoguttatus* F. in Singapore. J. World Aquacult. Soc., 24: 262-274.

## 第九章 水試所石斑魚模場感控聯網系統之建置

### 一、前言

石斑魚類屬高經濟價值之魚種，其養殖產量約 2.4 萬公噸 (2015 年)，總產值高達新臺幣 70 億元，然現階段養殖方式多為傳統露天魚塢養殖，受天災、疾病影響甚大。爰此，近年來各國漸以養殖模場為發展之新趨勢，期透過設施化提供防疫環控，搭配優良繁養殖技術與標準化養殖管理，減少環境劇變以達穩定生產。

另一方面，我國深耕多年的資通訊、電子產業高品質自動化量產經驗轉植在其它工程科技產業領域的都有顯著的成效。在精緻農業生產亦已漸朝向設施式生產，然水產養殖部分起步較晚，透過近期政府的『新農業政策－智慧農業 4.0』政策 (楊等，2016)，結合發達的周邊工業及 IT 產業，可加快水產養殖現代化的轉型腳步。

生活中的許多面向透過物聯網 (Internet of Things, IoT) 將現實世界數位化，並拉近分散資訊的距離，整合各種物與物的數位資訊 (ITU, 2005)，其應用領域十分廣泛，遍及運輸交通、健康醫療、環境保護、農業作物栽培及海洋環境等多個領域。而近年我國也已經進行物聯網於水產養殖應用技術之研發，其應用方式多為於養殖池架設各項監控設備，對養殖池內之水質參數進行監測並將資料回傳進行即時回饋控制，確保養殖生

物良好的生長，以達增加收益、節電省水之目的 (林等，2016)。

近年本所海水繁養殖研究中心已建立石斑魚模場養殖技術，目標為達到穩定的石斑魚養殖生產，並於 2017 年開始配合模場前期的硬體設備、整合先前相關研究成果，漸漸將智慧化養殖相關技術應用於模場環境。本篇將針對石斑魚模場感控聯網可視化管理系統之初步建置狀況進行說明。

### 二、模場設施概述

選定本所海水繁養殖研究中心石斑魚模場作為初期導入智慧化養殖技術之示範場域，主要工作在於完成物聯網監測相關硬體之架設，同時運用多模監測模組、聯網感控模組開發、參數邏輯控制、現場資料實測及影像決策回授等，以提升養殖場應用感控聯網架構後之養殖效率與節能。

本模場為室內養殖場 (圖 9-1)，為因應夏季高溫降溫舉措，場域上方有設置屋頂排熱窗，藉由裝置通風設備，進一步改善夏季養殖生產期間室內場域環境之溫濕度及光照控制。另一方面，養殖池上方則增設室內遮陽網，作為管控室內溫度與養殖池水色調整的主要手段，運用遮陽網調節溫度及光照度，可將夏季池水溫度維持於 30°C 左右，冬季則有保溫之溫度及光照調節改善，初步

透過感控聯網模組連結通風設備與遮陽網控制器進行設施自動回饋決策控制。



圖 9-1 石斑魚養殖養成模場

感控聯網之智慧化養殖技術將以模組化之形式導入石斑魚模場設施，並配合規劃妥適之配管、配線、通訊協定，整合開發為水產養殖聯網智能化感控與參數系統，其中包含養殖監控聯網子系統與養殖決策可視化子系統等兩項子系統，其架構如圖 9-2。

### 三、養殖監控聯網子系統

本子系統目標為進行養殖生產階段之環境物聯網監測物件建置，係提升該養殖環境穩定度，目的主要為監控水池、養殖環境各項動態等，其中監測項目包含溶氧量 (DO)、酸鹼度 (pH)、水溫、鹽度、氧化還原電位 (ORP) 等水質參數以及水電使用量、模場室內外環境參數 (溫濕度、照度) 等。包含環境感控功能及多模水質監測功能，分述如下：

#### (一) 環境感控功能

運用本系統之各項環境感測器透過可程式控制器 (programmable logic controller, PLC)，進行感測端之聯網控制，進而調控模場大環境感控聯網系統，其中透過溫溼度

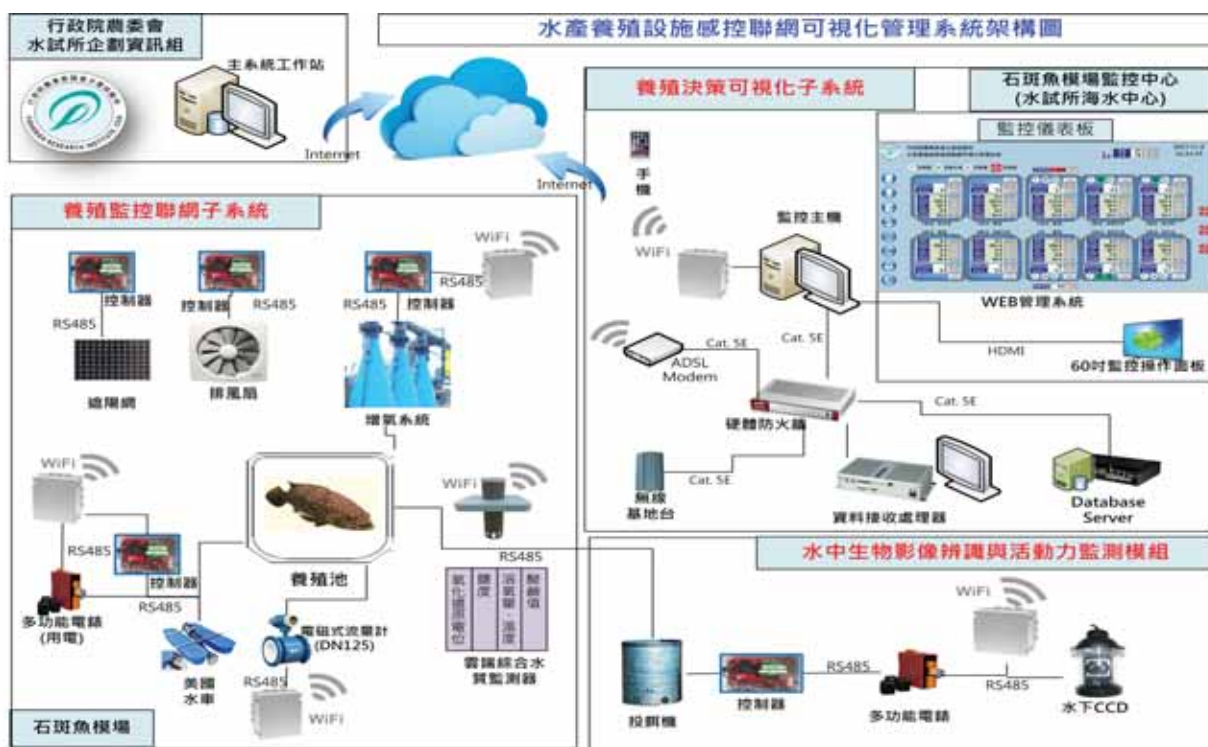
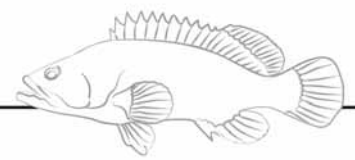


圖 9-2 水產養殖設施感控聯網可視化管理系統架構圖



感測器進行通風扇運轉之調控；運用不同光照角度位置之光照度感測器進行遮陽網動態調控；此外，透過供氧系統之養殖開關閥進行氧氣量調控；整合各項養殖環境設備監測感測器進行養殖池水流量、水車動態調控之回饋控制。

## (二) 多模水質監測功能

綜合水質監測模組依石斑魚模場養殖池現場進行水溫、溶氧量、酸鹼度、鹽度、氧化還原電位等水質參數進行監測。同時，考量防水封裝，以因應養殖環境的溫濕度、鹽度及養殖水影響。

運用聯網感控模組設計開發，以多元感測聯網感控技術，整合各項養殖設施與水質感測設備，提供更精準的感測與聯網功能。

養殖過程中往往需要隨時掌握各項養殖環境與生物參數資訊方能有效管理，本子系統運用數位電表、數位水表、綜合水質監測模組針對各項環境參數進行監測，進一步更可透過各項養殖設備包含電力與水流量控制器、開度控制閥、氧氣閥、水車聯網、高壓氧氣閥、投餌機、遮陽網與通風扇等進行自動控制，其所有感測物件所蒐集紀錄的相關監測資料皆納入本子系統進行後續的回饋分析，以進行輔助決策控制。其原理係藉由智能聯網技術整合石斑魚模場域內水質監測、投餌監控及各項感測器資訊，例如各項水質參數、水車運轉狀態和投餌參數，即時同步進行水質分析、餌料投餵、水電監控的最佳產能模擬，並基於產能情況遠端修正管理（圖 9-3），以進一步探勘分析石斑魚模場之養殖效率及成本效率。

## 四、養殖決策可視化子系統



圖 9-3 水產養殖設施感控聯網可視化管理系統操作介面

另外，有關水中生物影像辨識與活動力監測模組其原理是運用高解析影像感測器影像擷取影像處理，開發以計算養殖魚群平均活動力量測與計量（圖 9-4）。該子系統同步將影像資料及辨識設定值回傳養殖決策可視化系統輔助子決策，進行投餌控制與產量估算資料蒐集與驗證分析。

養殖決策控制的部分主要係透過養殖程序控制的資料收集、處理，來學習並演算出最適當的決策控制參數，下達給 PLC 控制器已產生新的養殖程序控制。再透過新的養殖控制程序所回傳的資料，修正決策控制參數，不斷地循環學習（圖 9-5）。資料產生、養殖程序控制、養殖決策控制、顯示紀

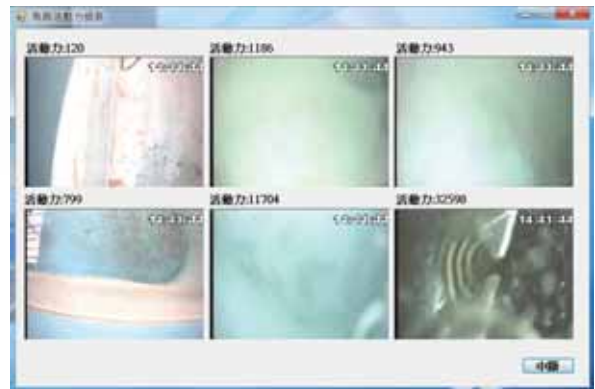


圖 9-4 水中生物影像辨識與活動力監測模組操作介面

錄及報表等各資料轉換透過 LAN 以及網路傳遞，用網頁來呈現並可進行資料相互的傳遞，最後子系統透過資料統計分析，可提供報表以及歷史紀錄以供查詢運用。

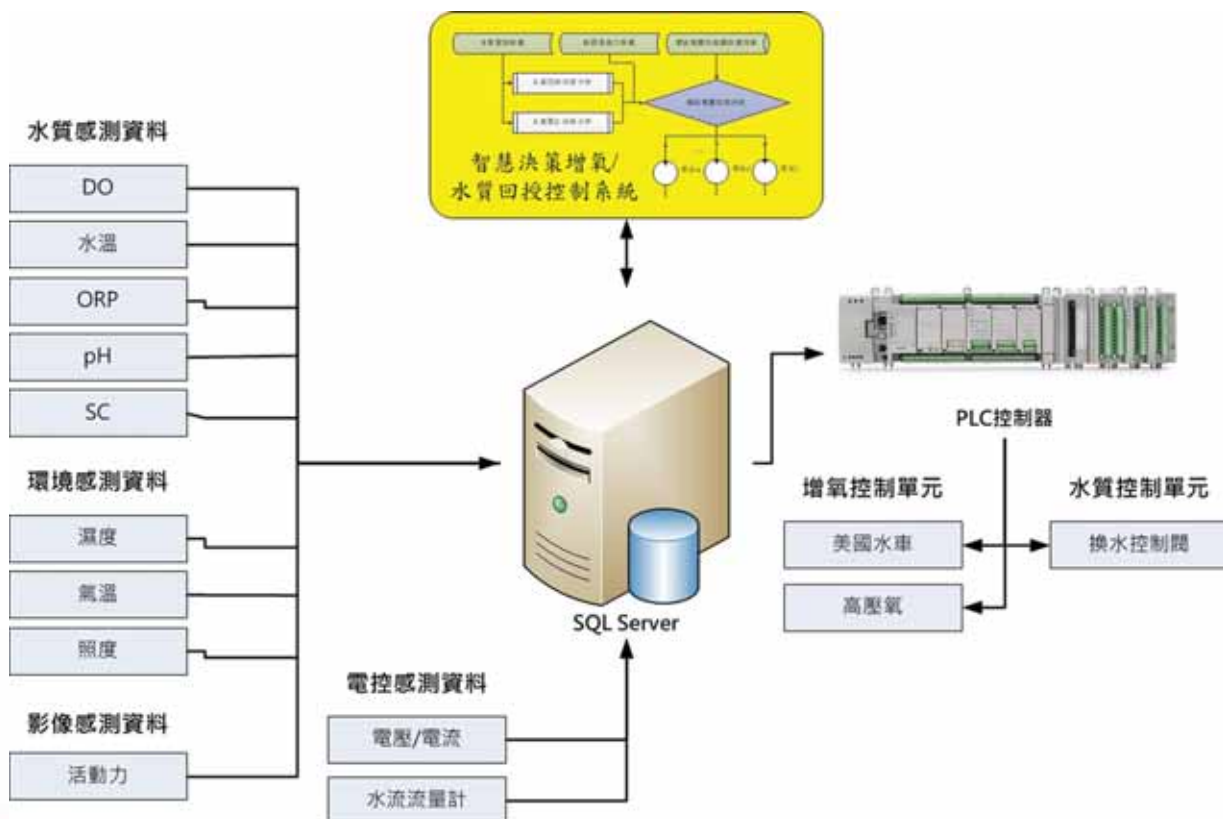
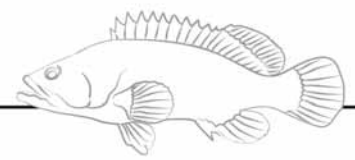


圖 9-5 智慧決策增氧/水質回授控制與運作模式



## 五、結語

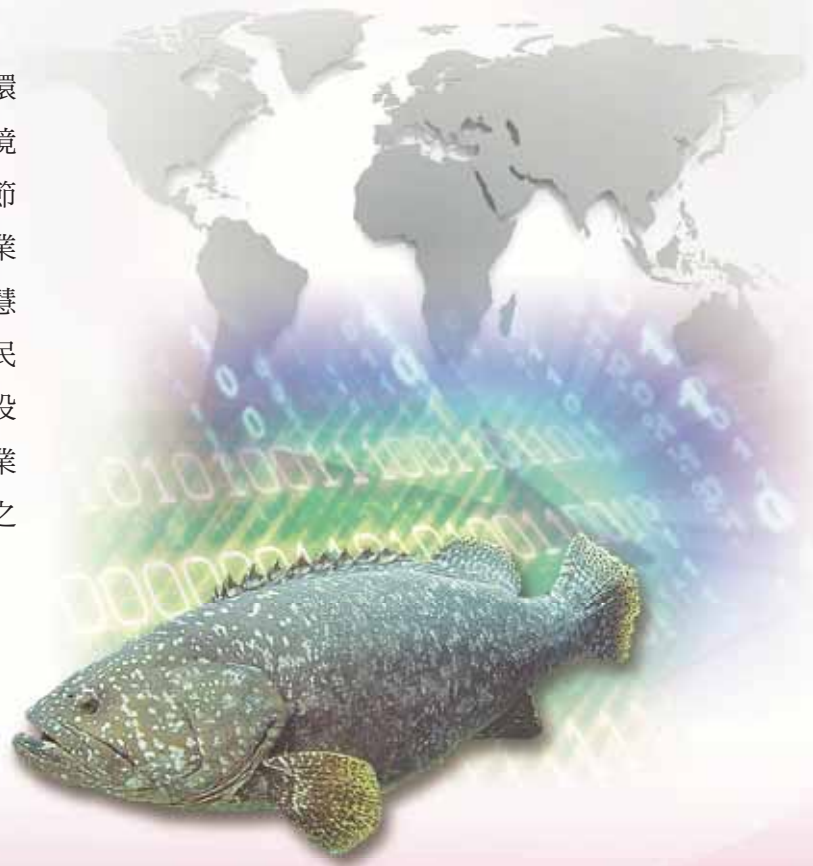
本文初步以石斑魚養殖模場，運用具經濟效益之養殖場域環境感測模組，透過單元式模組結合感控聯網環境之初步建置，作為模組規格化（如水車供氧、投餵設備、感控聯網系統、回饋控制、智慧輔助決策等）之智慧化養殖基礎。

另一方面，未來除近一步結合大數據分析與深度學習回授控制技術以建構更完整智能養殖技術之外，亦將串聯產官學界資源建立智慧養殖漁業聯盟。結合養殖生產技術、養殖設施設備、資通訊、物聯網、微系統、自動控制、人工智慧或相關領域之專家學者，加速研發符合產業所需之成果，以增加產業應用及研究多元性成果，有效落實產業上下游整合。

運用感測、網路、雲端等先進科技的環境監測與自動控制之輔助，以及智慧化環境感知預告系統、e化智慧化生產、智能化節能省電系統輔助，期許協助傳統水產養殖業朝向科技化、提升生產率、降低災損等智慧農業之路發展。藉由將相關技術推廣至民間、造成產業升級與聚落效應、促進廠商投資並帶動週邊發展，最終促成水產養殖產業智能化升級以進一步提升我國養殖產業之全球競爭力。

## 參考文獻

- 王紹宇、張春明 (2009) 基於無線感測網路的水產養殖監控系統。亞洲大學碩士論文，50 pp。
- 吳東馨 (2010) 水產養殖用自動化監控系統之研製。國立台北科技大學碩士論文，97 pp。
- 林志遠、張致銜、楊順德 (2016) 太陽能水產養殖智慧節源系統之整合開發與建置。農業生技產業季刊，48: 52-58。
- 楊智凱、施瑩艷、楊舒涵 (2016) 以智慧科技邁向臺灣農業 4.0 時代。農政與農情，p. 289。
- 賴珪光 (2009) 台灣水產生物工廠暨設施養殖的發展潛能。農業生技產業季刊，19: 68-73。
- Atzori, L., A. Iera, G. Morabito (2010) The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15): 2787-2805.
- Chen, W. P., L. K. Wang, T. T. Wang and Y. T. Chen (2013) An Intelligent Management System for Aquaculture's Environmental Monitoring and Energy Conservation. *International Workshop on Computer Science in Sports (IWCSS 2013)*, 194-198.
- ITU (2005) ITU Internet report 2005: the Internet of things (7 ed.). Geneva: International Telecommunication Union (ITU), 126 pp.





國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

石斑魚繁殖技術與管理/朱永桐等著

— 基隆市：行政院農業委員會水產試驗所，民106.12

面： 公分。— (水產試驗所特刊：第23號)

ISBN 978-986-05-4744-3 (平裝)

1. 魚產養殖

438.661

106023714



# 石斑魚 繁殖技術與管理

Grouper Breeding Techniques and Rearing Management

發行人：陳君如

編輯委員：張錦宜、曾振德、林志遠、葉信明、許晉榮、蔡慧君

主編：葉信利

著者：朱永桐、吳育甄、吳豐成、林志遠、林峰右、張素蓉  
張致銜、許晉榮、陳陽德、葉信利 (依筆畫排列)

校稿：曾福生、黃美瑩

編輯：李周陵

出版者：行政院農業委員會水產試驗所

地址：基隆市中正區20246和一路199號

電話：(02)24622101

傳真：(02)24629388

網址：<http://www.tfrin.gov.tw>

設計印刷：彩宏工作室

電話：(02)25322032

定價：新臺幣200元

出版日期：一〇六年十二月

展售處：

1.五南文化廣場臺中總店

臺中市中山路6號

(04)22260330

2.國家書店

臺北市松江路209號1樓

(02)25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

GPN 1010602482

ISBN 978-986-05-4744-3

本書內容保留所有權，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載。



Grouper Breeding Techniques and  
Rearing Management

