

石斑魚關鍵生物技術開發現況與趨勢

撰文/陳宗嶽·洪維君·王廷瑜

前言

石斑魚繁養殖產業的發展肇始於市場強勁的需求而帶動了此項新興產業的開展，但該產業能夠形成今天的龐大經濟規模，則要歸功於科學技術的進步與創新。尤其生物技術之發展和應用已益趨成熟，目前已廣泛運用於醫療、農業、軍事、工業、以及環境保護等領域，並且產生強大的效益。目前生物技術也已經開始應用於石斑魚繁養殖領域，利用基因工程、蛋白質表現及純化和醱酵等生物技術針對優質種苗篩選及培育、疫苗、飼料添加物進行研發、達成提昇石斑魚產養殖產業發展。在飼料管理策略改善、繁養殖技術改良和種原育種等方面已經彰顯出相當的成果。科技是促進創新的驅動力，創新是利用技術和市場知識，產生差異性產品、方法或服務等，藉此獲得競爭力，並產生額外的利益或利潤。石斑魚產業若能積極地利用生物技術做為創新產業發展的驅動力，則可加速產業的升級和轉型，大幅提升競爭優勢，有助於促進石斑魚繁養殖產業朝向永續經營發展的道路邁進。

臺灣石斑魚完全養殖技術體系的創建與產生之市場經濟規模

（一）臺灣石斑魚完全養殖技術體系的創建

臺灣石斑魚繁養殖發展歷程，是從傳統技術到科學技術再進步到生物技術的創新應用。在此歷

程中，由於石斑魚繁養殖關鍵技術的相繼發現與創建（見表一），促使臺灣從養殖野生種苗轉型邁入人工繁殖種苗生產模式，同時帶動上下游育苗業和成魚養殖業的蓬勃發展，並且逐漸形成分工養殖模式，進而發展出石斑魚完全養殖技術體系。石斑魚種苗能大量生產的最大變革是將育苗工作推展至室外田間池方式進行，因此，促使臺灣的石斑魚苗從1990年代開始進入大量生產時期，形成水產養殖的一項新興事業，讓臺灣從此進入孵化場人工育苗時代。

（二）石斑魚的市場經濟規模

由於香港地區民眾在飲食文化方面對石斑魚活魚的獨特喜愛和需求，從主動驅船到亞太區各國蒐

表一 臺灣石斑魚養殖產業發展歷程之關鍵事件

年代	關鍵事件
1984	1. 澎湖業者張國宏人工催熟產卵試驗成功，臺灣開始能自行生產授精卵與孵化魚花出售。 2. 林烈堂首先發現石斑魚苗初期適用餌料技術，因此成功研發點帶石斑魚苗的產量技術。
1987	林烈堂創立種魚自然產卵關鍵技術。
1990	將育苗工作推展至室外田間池方式進行，促使臺灣地區的石斑魚苗開始進入大量生產時期。
1991-2009	老虎斑、龍膽石斑、金錢斑、東星斑、藍瓜石斑、珍珠龍膽和油斑等石斑種類相繼繁殖成功並能量產。

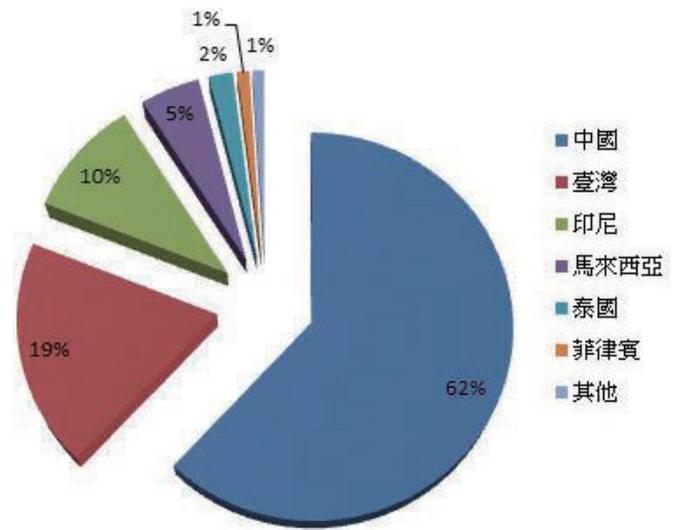
資料來源：養魚世界，2013；國立成功大學農業生物技術研究中心整理。

購；到引起臺灣業者的主動進行蓄養，再進而發展出一系列的繁養殖量產關鍵技術，並將技術傳播於亞太區各國，尤其是中國；由於精良的繁殖技術的發展，意外地將部分瀕臨絕種或面臨保育的石斑魚種保存了下來。石斑魚養殖產業的發展在亞太區充滿著傳奇與活力，包含經濟的、技術的、與環保的各個領域。

中國大陸經濟的崛起，大幅度地擴增了石斑魚消費市場，並帶動了亞太區國家的養殖風潮；臺灣則由於量產養殖技術的精進而曾經成為石斑魚苗的亞太供應中心，以及養殖技術傳播東南亞的橋樑。在經濟因素和技術因素的加乘作用之下，石斑魚產業的經濟規模年年增長。

在產量與產值方面的表現，在 2003 年以前，臺灣的石斑魚養殖年產量超過全球的 50%，產量和產值均排名世界第一。2003 年以後，中國大陸石斑魚年產量的統計資料開始登錄於聯合國糧食及農業組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)，並首次超越臺灣的年產量成為世界第一，之後，其年產量逐年增長，從 2003 年的 23,453 噸增長至 2012 年的 72,785 噸，已占全球年產量 62% 的比例 (見圖一)，這十年間其石斑魚產量增幅超過了 200%；而臺灣的石斑魚年產量雖然退居第二位，仍占全球年產量的 19%，同時在可養殖面積狹小的情況下，其年產量也從 2003 年的 11,564 噸增加到 2012 年的 22,432 噸，增幅高達 94%。

值得注意的是，全球的石斑魚年產量雖然自 2003 年的 49,476 噸增長到 2012 年的 118,140 噸 (FAO, 2014) (見表二)，其石斑魚產量的增幅



資料來源：FAO, 2014；國立成功大學農業生物技術研究中心整理。

圖一 2012 年全球生產養殖石斑魚的國家與所占百分比

高達 138%，但這個數字，其實並未包含越南石斑魚的年產量，因為石斑魚未與其他海水有鰭魚的產量分開報告 (2009 年約有 6,000 噸之產量) (FAO, 2011)。由此可看出，石斑魚具有不容小覷的經濟規模與其潛在的市場經濟價值。

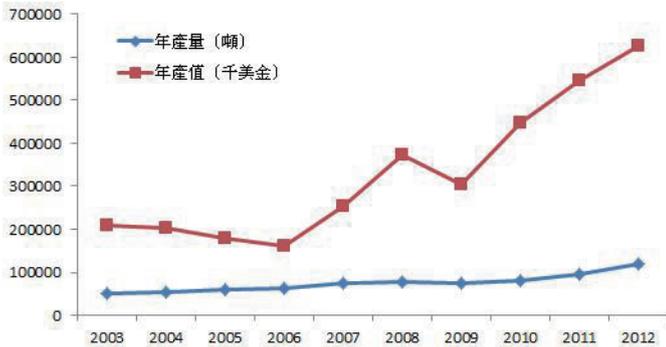
由表二，可看出最近十年的這段期間，養殖石斑魚的年產量與年產值均呈現正向增長的趨勢 (見圖二)。其產值從 2003 年的 208,107 千美元大幅增長至 2012 年的 627,699 千美元，增幅達 200%。臺灣在 2012 年的養殖石斑魚年產值超過 72 億元新台幣，達到一個新顛峰，為國家經濟和漁民的個人經濟創造了莫大的經濟利益。而這也是吸引各國競相投入石斑魚養殖產業的最重要誘因。當前石斑魚

表二 2003-2012 全球養殖石斑魚之年產量與年產值件

單位：噸;千美金

年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
產量	49,476	55,008	60,837	62,834	75,430	78,499	74,722	81,150	95,152	118,140
產值	208,107	204,224	178,207	160,309	254,215	373,278	305,066	446,630	546,118	627,699

資料來源：FAO, 2014，國立成功大學農業生物技術研究中心整理。



資料來源：FAO，2014；國立成功大學農業生物技術研究中心整理。

圖二 2003-2012年全球養殖石斑魚之年產量與年產值呈現正增長趨勢

的市場經濟規模之所以能夠如此的快速擴增，主要得益於生物技術的開發和應用；未來石斑魚養殖產業要能夠保持永續發展，質量的提升是非常重要的環節，而石斑魚關鍵生物技術的持續努力開發與創新，則是讓產業繼續維持競爭優勢和市場優勢的重要基石。

臺灣石斑魚生物技術養殖應用及建立

結合生物技術的快速發展，臺灣石斑魚養殖產業已儼然成為高科技水產生物技術產業，近年來國內持續投入研發，加上累積之經驗及至今的產業基礎，更為石斑魚養殖產業發展之穩固發展利基，目前在整個產業結構及生產鏈的關鍵養殖技術，主要針對三個方向：(1) 優質種魚篩選及種苗培育，發展分子基因標誌，應用於基因輔助篩選 (marker-assisted selection, MAS) 育種技術上，以篩選出具較佳抗病力、孵育率、或成長力等特性之石斑魚優質種苗，並透過分子鑑定技術，降低種魚近親交配；(2) 藉由疫苗的研發，有效控制養殖過程中疾病的大規模流行，同時降低抗生素濫用及殘留問題；(3) 改進石斑魚養殖管理策略，利用飼料添加物提升石斑魚養殖效率，提高養殖石斑魚養成速度、縮短上市的時間以及降低飼料成本等。

(一) 優質種魚篩選及種苗培育

要篩選優良的石斑魚品種，首先要瞭解自然界生物體的遺傳特徵與培育品種之間的關係。生物遺傳特徵是指自然界動物或植物長期面對生存環境中各類挑戰，例如低溫、高鹽度、水流強、天敵多等等，之後進行淘汰選擇逐漸形成，所以遺傳多樣性是物種保持生存優勢的重要關鍵，也是人類進行品種改良與選育之主要來源。

自養殖漁業發展來看，養殖業者一開始的親魚是從野外捕捉而來，留下較容易存活的魚，繁殖出子代後，再培育成新一代的種魚，之後的種苗生產即是這一群同樣祖先的後代再回去與父魚或母魚交配繁殖或是子代兄弟姊妹之間互相繁殖，這種繁殖方式是傳統育種法中將密切血緣關係的個體之間進行交配，此作法可以純化和固定原本親魚的某種具商業價值的優良遺傳特徵，達到商業繁養的經濟價值。但長期如此反覆近親交配的結果，固然可以強化優良遺傳特徵，同時也可能造成不利生存的隱性遺傳特徵顯現，例如畸形、發育不佳、生殖力降低等。

目前臺灣石斑魚的繁殖即面臨過於頻繁的近親交配問題，因為石斑魚性成熟的時間太晚，一般而言石斑魚孵化後需要 4-7 年才性成熟，且石斑公母魚數量不平衡，造成種魚的培育時間過長，養殖戶只能在有限的種魚數量間進行交配，再加上八八風災後，石斑種魚大量流失，使得具血緣關係的種魚互相交配的問題更加嚴重，這樣所產生的種苗品質較不佳，對環境變化的耐受性較低，抵抗力較弱，進而影響養殖的最後收成率。

若要解決這樣的困境，除了可以積極自國外引進不同親緣的種魚，另一方面也可以借助分子生物技術的幫忙，找出多個石斑魚特有的基因遺傳記號，並將遺傳記號系統化分類，依此判斷現有石斑種魚的血緣關係，做好配種管理制度，則可大大降低近親頻繁交配造成石斑魚苗品質不佳的問題；藉由分子生物技術亦可輔助種魚的遺傳特徵篩選，比如將石斑魚高抗病力、生長速度快或生殖能力強的

遺傳特徵的與石斑魚 DNA 序列做連結，或將容易緊張、環境耐受性差或免疫力弱等遺傳特徵與石斑魚 DNA 序列做連結，如此一來就可以快速確認新捕撈的石斑魚遺傳特徵，辨認其種魚合適度，並淘汰有不良基因的種魚。藉由這些品質優良的種魚，便可生產出品質優良、具有抵抗疾病及環境變化的石斑魚苗，大大提升石斑魚的養成率。因此種魚的品質是整個養殖週期永續經營的最重要關鍵，建立優良石斑種魚資源庫對於臺灣成為石斑魚養殖產業之龍頭極為重要。

種苗為養殖之根本，掌握種苗即掌握養殖產業的命脈，而發展石斑魚代理孕母的技術，有助於臺灣成為石斑魚種魚資源庫之翹楚，保持臺灣石斑魚養殖產業的競爭力。在此時刻，中國大陸憑藉低廉人工、大範圍的養殖面積優勢，對臺灣的石斑養殖產業造成極大威脅，臺灣有著種魚繁殖、魚苗育成的領先技術，分子生物技術也十分純熟，所以可以從臺灣原有的技術利基，再運用代理孕母技術，建立優良石斑魚種資源庫，使臺灣未來能保持全球石斑魚養殖產業龍頭地位。

(二) 疫苗研發

魚用疫苗，是以加工處理過的抗原（通常是病原體上的特殊蛋白）來免疫魚體，而促使魚體免疫系統產生特異性具保護力的抗體，並建立免疫記憶性的這類抗原稱之。傳統魚病的防治上，為了避免魚隻的死亡損失，通常施以化學性藥劑及抗生素作為預防或控制疾病的方式，目前大多數經濟魚種的養殖方式已經從粗放式轉變為集約式，集約式養殖為小面積高密度的養殖方式，容易導致疾病的叢生及爆發，在傳統養殖漁業的防疫中，投藥在魚病爆發後期往往不容易被有效的控制，這些化學藥劑也可能殘存土壤中或魚體內，對水體生態或食用這些魚隻的我們造成很大的影響。

不同於傳統的藥劑防治，魚用疫苗的優點在於能使魚體在遭受病原體感染前就具有抵抗病原之保護力，且具備高度生物降解性；不會有耐藥性、藥物殘留及污染環境的問題。疫苗的施用對於預防疾病爆發有著重大作用，疫苗雖然不能作用治療疾病的工具，但卻可以有效控制疾病的大規模流行，以大幅度降低由疾病所引起的損失。就環境層面及



資料來源：陳宗嶽、洪玉靖、徐浩軒，2012；國立成功大學農業生物技術研究中心繪製。

圖三 利用分子基因標誌育種技術選育和培育原良種魚流程

經濟層面來說，疫苗是最經濟有效且對環境污染最低的防疫策略，疫苗的價值等於魚類因感染疾病而損失的價值再加上疾病治療的直接開銷及其他的間接開銷。疫苗免疫魚體的方式主要可分為注射、浸泡、口服免疫等三種，近年來隨著研究方法的不斷創新，魚用疫苗的種類也愈來愈多，目前魚用疫苗的種類主要分為三種，第一種根據是否包含活的病原體可分為死毒疫苗 (inactivated vaccine) 和活毒疫苗 (activated vaccine)；第二種為利用蛋白質工程技術所獲得之重組次單位疫苗 (recombinant subunit vaccine)；第三類則是應用分子生物學技術而衍生之核酸疫苗 (DNA vaccine)。不同種類之魚用疫苗對魚體的保護力、副作用及製成成本各有其優缺點，施用前須經仔細評估測試 (見表三)。

當前臺灣的石斑魚養殖由於神經壞死病毒及虹彩病毒的肆虐，而對產業造成很大的損失。神經壞死病毒 (nervous necrosis virus, NNV) 為單股核糖核酸病毒 (single-stranded RNA virus)，致病力強，容易對魚苗以及幼魚造成極高死亡率，受 NNV 感染之病魚可以觀察到食慾不振及不正常迴旋泳動的情形；虹彩病毒則為雙股去氧核糖核酸病毒 (double-stranded DNA virus)，受虹彩病毒感染之病魚有體

色變黑、腮絲變白及脾臟腫大的現象，從幼魚到成魚都可以造成重大疫情。根據研究報告顯示，這兩種病毒不僅會感染不同生長階段的石斑魚，同時也存在著共感染的情形，病魚到目前仍是無藥可醫。所以對石斑養殖產業來說，防疫是急需解決的議題，目前針對神經壞死病毒研發的疫苗劑型主要以死毒疫苗及生物包埋口服疫苗為主，虹彩病毒則是在死毒疫苗方面有比較大的發展。

在未來，魚用疫苗將朝著重組次單位疫苗的方向進行開發，相對於傳統死毒疫苗來說，次單位疫苗的投資期及研發期相對較短，也可以大幅度降低疫苗的生產成本及研發時間。另一方面，隨著養殖業的發展，養殖環境的污染及水質的動盪也日趨嚴重，多種病原菌的並發和多發已經不是免疫單價性疫苗所能夠預防，因此多價性疫苗的研究也是未來可持續發展的策略，多價性疫苗的優勢在於混合了多種不同病原菌的抗原片段，即施打一劑即可對多種不同病原產生免疫，不僅節省了大量的時間成本也提高效率。當然魚用疫苗的研究目前還是面臨了一些難題，例如抗原決定域的選擇、疫苗保護效力的提升、接種方式的改進及如何大規模的應用到養殖產業當中等。如果能解決這些瓶頸，相信水產養殖產業的發展將不再受限，而得到異想不到的突破。

表三 不同種類之魚用疫苗比較表

疫苗劑型	標的	免疫方式	使用魚隻	攻毒方式	參考文獻
死毒疫苗	神經壞死病毒	浸泡	0.22克重，體長2.4公分石斑	浸泡與肌肉注射	Chi <i>et al.</i> , 2008
	神經壞死病毒	腹腔注射	12.3克重石斑	肌肉注射	Yamashita <i>et al.</i> , 2005
			25.4克重石斑		Yamashita <i>et al.</i> , 2009
	神經壞死病毒	腹腔注射	5克重石斑	肌肉注射	Parkingking <i>et al.</i> , 2010
	虹彩病毒	腹腔注射	4.7克重石斑	肌肉注射	家畜衛試所研報 No.41:97~110, 2006
虹彩病毒	腹腔注射	體長15公分石斑	腹腔注射	Ou-yang <i>et al.</i> , 2012	
重組次單位疫苗	神經壞死病毒	肌肉注射	28克重石斑	肌肉注射	Tanaka <i>et al.</i> , 2001
口服疫苗	神經壞死病毒	口服	2.5公分體長石斑	腹腔注射	Lin <i>et al.</i> , 2004

資料來源：蔡佳錚，2011；黃淑敏，2011；國立成功大學農業生物技術研究中心整理。

(三) 飼料管理策略的創新技術

石斑魚是屬於肉食性的海水魚種類，當其成為人工養殖魚種後，下雜魚成為必然的主要食物來源。但當海洋資源日益枯竭時，繼續利用下雜魚做為肉食性養殖海水魚群的食物來源，其對海洋環境所造成無法挽回的損害問題就成為國際上討論的焦點議題。基於此種觀點，強烈建議養殖漁民改用商業配方飼料餵飼養殖魚群，就成為相關國際組織和環保團體所戮力倡導的工作目標。然而，養殖漁民對於使用下雜魚的高度依賴性，主要是由於缺乏合適的生長飼料、飼料質量參差、以及使用飼料的魚體生長速度較慢等問題，而導致對商業配方飼料的

低採用意願。所以，能夠降低飼料轉換率又具備高消化率的商用配方飼料的研究開發，就受到 FAO 和許多國家的重視。

有鑑於此，本研究團隊目前已領先各國，率先研發出一項可降低動物飼料轉換率的生技飼料技術。在實際轉換為商業生產技術後，經過近幾年的市場推廣使用，其實際成效不僅可大大降低石斑魚的飼料轉換率，並提升飼料利用效能達 40%，遠高於營養配方改善所產生的效益。另外，此項生技飼料技術的其他附加效益還包括了促進魚體健康



資料來源：國立成功大學農業生物技術研究中心提供。

圖四 運用生物科技創新研發之生技飼料

生長、大幅縮短養殖時程、以及降低養殖成本等優點。此項石斑魚關鍵生物技術的開發對於飼料管理策略領域而言，是對養殖漁民經營上和經濟上的一項重要貢獻，並能夠促進產業的永續發展。若從經濟的角度來看，除了增進養殖漁民的福祉外，並且能夠促進國家經濟的增長，對於解決全球糧食安全問題，將能夠承擔相當的責任。

結語

石斑魚繁養殖產業要能永續經營發展，維持最佳競爭優勢，繼續創造經濟規模，則優良而安全的質量保障將是一個重要關鍵因素。而這一關鍵環節，正是目前全球石斑魚養殖的國家在努力解決的問題。而借助生物科技之助，來創新繁養殖技術和知識，以促進產業升級與轉型，並且提升競爭優勢是必然的趨勢。因此，持續投資與鼓勵石斑魚繁養殖關鍵生物技術的開發，以促進臺灣石斑魚繁養殖產業的永續發展，將是政府治理時必須納入政策決策的一項重要考量。

AgBIO

陳宗嶽 國立成功大學 生物科技研究所 教授兼所長
海洋生物科技轉譯中心
農業生物技術研究中心 研究員兼主任
洪維君 國立成功大學 政治經濟研究所 博士生
王廷瑜 國立成功大學 生物科技研究所 博士生

參考文獻

1. 江文鉅、陳志嘉(2008)「科技創新」概念之詮釋。生活科技教育月刊，41(6)：1-2。
2. 洪維君、鄭石勤(2013)臺灣石斑魚產業發展歷程。養魚世界，419：11-18。
3. 洪玉靖、陳宗嶽(2011)水產養殖魚類的糧食安全危機－下雜魚vs飼料。養魚世界，35(11):7-11，35(12):10-13。
4. 洪玉靖、陳宗嶽(2012)發展石斑育種工作－扭轉優質石斑種苗的永續生產危機。養魚世界，36(7):11-16及36(8):57-63。
5. 萬年生(2013)石斑大王手握特殊種魚 身價破億。商業週刊，1312期。
6. 黃淑敏(2011)石斑魚虹彩病毒疫苗研發。行政院農業委員會家畜衛生試驗所獸醫專訊，3:31-34。
7. 陳宗嶽(2011)分子生物科技如何協助水產養殖產業未來發展。水產種苗，164:6-10。
8. 陳宗嶽、洪玉靖、徐浩軒(2012)運用生物技術育種－永續台灣石斑養殖事業。漁業推廣，311:18-21。
9. 蔡佳錚(2011)魚類神經壞死病毒症研究近況。行政院農業委員會家畜衛生試驗所獸醫專訊，4:18-26。
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations(2011)Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. 2011.04.05. Web search:From <http://www.fao.org/fishery/zh>
11. FAO(2012)The State of World Fisheries and Aquaculture.
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2014) Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. 2014.03.04. Web search:From <http://www.fao.org/fishery/zh>
13. FAO Fish Stat Plus, From www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en.