

臺灣水產養殖的永續經營

The Sustainability of Aquaculture
in Taiwan



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

臺灣水產養殖的永續經營

The Sustainability of Aquaculture
in Taiwan

劉富光 著



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

中華民國一〇五年七月
July 2016

序

從數百年前到今日，漁業一直是人類取得食物的手段之一，特別對發展中國家的人民而言，更是獲得蛋白質的重要管道。過去漁產品的供應主要仰賴漁撈業，惟近20餘年來，漁撈業的發展陷入停滯，相對的，人們對水產品的需求卻與日攀升。目前全球水產品人均攝取量為20公斤，換算為總重量大約為1.45億公噸左右；而此需求量隨著人口的成長、生活水準的提昇與健康意識的抬頭，每年以1.5－3%的速率增加，預估到2030年，必須生產將近1.6億公噸以上的水產品，才足以供應全球所需。未來在無法期待海洋捕撈量增產的情況下，對水產養殖的仰賴度勢必日趨加深；換言之，水產養殖的永續發展與否，將嚴重影響人類糧食的安全供應。

永續發展的概念在1972年於瑞典斯德哥爾摩舉辦的「人類環境會議」(Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment) 中首度被提出，演變至今已成爲各國政府的施政重點與追求目標。永續發展涵蓋了各個不同的面向，就水產養殖而言，主要在謀求生產與消費、生態與經濟、發展與保育上的動態平衡，亦即以自然資源的永續利用和良好的生態環境為基礎，以產業的永續經營為前提，以確保全民優質安全的蛋白質供應為目標，而欲達成上述需求，則無論在技術或非技術層面仍有許多亟待積極落實推動的策略。

本書作者劉富光博士自1976年10月進入水產試驗所竹北分所服務，迄今已超過40年，期間歷任計畫臨時助理員、約僱技術員、技士、助理、助理研究員、副研究員、研究員、分所長、主任與副所長等各項職務，堪稱畢生精力都投注在水產養殖的研發以及相關行政工作上。今年7月16日他即將屆齡退休卸下公職，為善盡其身為水產研究人員之責，特將其多年來的重要著作結集成冊出版，全書內容涵蓋保種、育種、引種、生物多樣性、種苗生產、飼料開發、養殖型態、氣候變遷等各項課題，對於鰻魚、吳郭魚與石斑魚等主要養殖魚種的產業現況、問題點與未來發展策略等多所著墨，既有專業的闡述，也有經驗的傳承，相信可提供後進及相關人員很好的參考。

最後，也藉此文期勉劉博士，希望他退而不休，未來仍能一秉初衷，繼續為促進臺灣水產養殖的永續發展貢獻心力。

中央研究院 院士
國立臺灣海洋大學 終身特聘教授

 謹識



序

水產養殖是一門既傳統又創新的學問。溯自春秋戰國時代，中國即有陶朱公范蠡經營魚塘、養殖魚類的記載。時至廿一世紀今日，水產養殖已經從單純的淡水魚蓄養，發展到種類繁多的淡、海水魚、蝦、貝類繁、養殖。養殖範圍也從早期區域性的生產，擴展為全球性的農漁業生產。

從傳統到創新，水產養殖不斷地融合不同領域的學術研究，包括魚蝦生殖生理、遺傳育種、人工繁殖、水質管理、飼料營養、病害防治、生產系統開發等。這些學術研究成果的挹注，不僅讓水產養殖擺脫傳統經驗法則，成為可以複製的科學實踐，從而提昇了生產效率。更重要的是在當前全球漁業資源枯竭、捕撈漁業進入停滯期的時刻，水產養殖充裕了人類動物性蛋白質來源。

科學的水產養殖(scientific aquaculture)毫無疑慮的是一門需要科際整合(interdisciplinary integration)的學問。做為一個現代水產養殖者，不再只是專精於某一學術領域的專才(specialist)，而必須是通曉跨領域學問的通才(generalist)。專才，可以經由密集的學術訓練而塑造，通才，往往需要時間的淬煉。

劉富光博士於文化大學海洋學系畢業後，進入臺灣省水產試驗所竹北分所，開始接觸水產養殖領域。之後，再往原校進修碩士，最後到國立臺灣大學動物學研究所攻讀博士學位，專精於魚類繁殖、種苗生產研究。歷任竹北、臺西及鹿港分所分所長、淡水繁養殖中心主任，水產試驗所副所長等職務，工作上接觸到的都是與水產養殖相關事務。四十年的歷練，讓我們見證一個人從專才發展成通才的成長歷程。

時間讓一個人成熟，然而，時光卻也是最無情的，當一個水產養殖通才正待發揮之際，卻已是職場屆退之齡，這毋寧是最令人惋惜的。值得慶幸的是劉副所長在臨退之前，將所學及所累積的臺灣水產養殖學術與產業經驗，整理成「臺灣水產養殖的永續經營」一書。全書共十五章，論述內容幾乎涵蓋水產養殖所有相關領域，反應出作者對臺灣水產養殖產業的全盤掌握與了解，也印證了前述通才的特質。

「永續經營」是臺灣水產養殖備受關切的議題，不論是水土資源的超限利用，棲地的破壞與養殖環境劣化，病害蔓延與藥物濫用等，在在引發爭議。臺灣水產養殖產業在歷經半世快速發展之餘，永續發展的觀念迄未融入成為產業發展的核心價值。這是臺灣水產養殖產業未來發展的隱憂。劉副所長在「臺灣水產養殖的永續經營」書中所揭櫫的永續發展理念，值得養殖者的省思。附錄所提出的「養殖漁業永續經營規劃草案」，更值得漁政主管機關研議參採。

期盼在退休之後仍有後續亮麗的成果呈現。

國立臺灣海洋大學 講座教授
前行政院農業委員會副主委

李健全 謹識



臺灣水產養殖的永續經營

序

糧食安全一直是全球關切矚目的議題，至今，全球尚有約八億人處於飢餓或營養不良的狀態，增加糧食生產與適當分配為聯合國糧農組織努力的目標。隨著人口增加與健康食物概念興起，人類對水產品的需求不斷增長，而全球海洋漁業資源因過度撈捕與環境污染，漁撈產量已達極限不能再增加。2013年全球水產養殖生產量已經超過漁撈量，未來養殖產業會愈來愈重要。

臺灣水產養殖已有三百多年的歷史，1960年代，魚類人工繁殖技術獲得突破，推廣至民間，並不斷地克服瓶頸，養殖產業迅速蓬勃發達起來。數十年來，臺灣養殖漁業生產量，僅次於遠洋漁業，在臺灣四大漁業中排名第二，但卻是國人水產品最主要的來源。

農委會水產試驗所副所長劉富光博士與我多年共事，在水產養殖領域學有專精，曾經在水試所基隆總所及竹北、澎湖、臺西、鹿港等分所研究服務，深入產業界實務經驗豐富，十分瞭解臺灣水產養殖的狀況與脈動，深得養殖界之肯定。在他退休前，以其多年研究與深入觀察所得，撰寫「臺灣水產養殖的永續經營」一書，除了介紹水產養殖永續發展應注意的問題，也針對我國重要養殖產業，如鰻魚、臺灣鯛、石斑魚等的永續發展提出具體的建言，內容精闢，值得政府與業界參採。

在本書付梓之前，有榮幸先睹拜讀，其內容豐富、文筆流暢，相信出版以後會引發共鳴回響，讓臺灣水產養殖早日邁向永續經營之道。

財團法人農村發展基金會 董事長
前行政院農業委員會副主委、漁業署署長

胡興華

謹識



THE SUSTAINABILITY OF AQUACULTURE
IN TAIWAN

作者序

依據FAO的資料，2014年全世界漁業總生產量1億9千5百萬公噸。其中，漁撈產量約9,500萬公噸，養殖產量約達1億1百萬公噸，已超越漁撈產量，可見未來全球在水產動物性蛋白質供應上，水產養殖將扮演更為重要的角色。臺灣四面臨海，位處熱帶與亞熱帶地區，天候及環境條件極適合發展水產養殖，加之，漁民的勤奮與研究人員的努力，致使養殖產業蓬勃發展。

《孟子》梁惠王篇提到「…數罟不入洿池，魚鼈不可勝食也；斧斤以時入山林，林木不可勝用也…」可見古人的智慧，很早就重視保育與永續利用之前瞻觀念。長久以來，由於臺灣養殖產業的不斷擴展，而衍生天然環境的破壞、外來種與病原的入侵、水域環境的污染、養殖產品的藥物殘留、水產資源的銳減、生物與其遺傳多樣性的降低以及有限的水土資源等問題，再加上世界各國均汲汲營營發展水產養殖、國際貿易自由化與氣候變遷等外在因素，使得國內養殖產業正面臨嚴峻的衝擊與挑戰。筆者身為水產界的一份子，在責任心與使命感的驅使下，這幾年常思考如何永續水產養殖產業。有鑑於產業永續經營涵蓋範圍甚廣，於是乃擇其較重要的共同課題，諸如：水產種原保育、引種、種苗生產、飼料開發、資源復育、生物多樣性、氣候變遷、節能省水養殖型態等以及針對鰻魚、臺灣鯛與石斑魚等個別主要養殖產業，作現況介紹、專業分析、問題探討及策略研擬。祈盼本書之出版能夠拋磚引玉，引起產、官、學界的迴響與重視，如能進一步藉此凝聚共識、群策群力，走向永續經營的康莊大道，則這也算是作者在退休前夕略盡棉薄的一項功德吧！

由於筆者才疏識淺，本書內容如有謬誤之處懇請各界不吝指正。最後，感謝陳所長的支持，本書才能順利付梓，另承蒙廖前所長一久院士、農委會李前副主委健全與胡前副主委興華的賜序，不但給予本書肯定與嘉勉，更增添論著的公信力與參考性，在此敬致謝忱。

行政院農業委員會水產試驗所

副所長 劉富光 謹識

中華民國一〇五年七月



目次 CONTENTS



臺灣水產養殖產業的永續發展

一、前言	1
二、臺灣養殖發展過程與現況	2
三、現階段臺灣養殖發展所面臨的問題	5
四、臺灣水產養殖永續發展的因應措施	7
五、結語	10

水產種原之保種與育種

一、前言	11
二、保種	13
三、育種	13
四、結語	22

近親交配與養殖育種

一、前言	23
二、近親交配的類型	23
三、有效族群數與近交率	23
四、近交係數	24
五、近交衰退	24
六、有害突變與遺傳負荷	25
七、清除遺傳負荷	25
八、近交對遺傳變異、環境適應及育種雜交之影響	25
九、選擇育種	26
十、雜交育種	27
十一、標誌輔助育種	28
十二、結語	29

魚類成熟與生殖的調控—以烏魚為例

一、前言	31
二、生殖腺成熟的操控	31

三、繁殖季節的調控	33
四、人工繁殖	33
五、結語	34

水產種苗自動化生產模式之研發

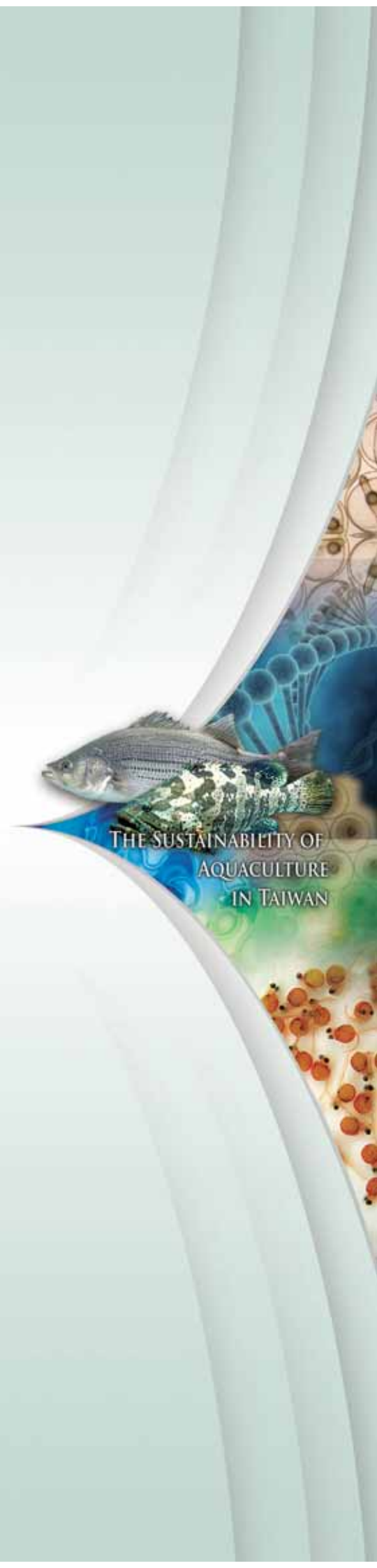
一、前言	37
二、自動化種苗生產模式之建立	37
三、自動化種苗生產模式之效率	40
四、自動化種苗生產模式之應用	42
五、結語	44

由外來種淡水養殖談臺灣的引種問題與對策

一、前言	45
二、引進種與入侵種的相關意涵	45
三、魚類引種緣由與入侵途徑	45
四、養殖與漁撈消長情形	46
五、全球的外來種水產養殖	47
六、臺灣的外來種淡水養殖	48
七、引種可能發生的問題	50
八、魚類入侵的潛在危害	50
九、引進種管控對策的芻見	51
十、結語	52

放生行為與河川生物多樣性

一、臺灣魚類的多樣性	53
二、影響河川生物多樣性的因素	53
三、外來種與入侵種	53
四、入侵種對河川生態及多樣性影響	54
五、影響臺灣河川生物多樣性的入侵種	54
六、入侵途徑	56



七、放生注意事項	57
八、不當放生所衍生的負面效應	60
九、結語	60

氣候變遷對水產生物、環境生態的影響及 水產養殖發展的因應策略

一、氣候暖化對水產生物的衝擊	61
二、氣候變遷對水產生物環境生態的影響	63
三、發展生態養殖	65
四、推廣節水養殖	67
五、發展有機養殖	67
六、開發大型藻類與魚蝦貝整合養殖	67
七、發展設施（溫室）養殖	67
八、研發可永續利用的水產飼料	68
九、開發能適應極端氣候的養殖魚種	68
十、積極執行以藻類作為替代性生質能源原料的研究	68
十一、結語	68

綜合水產養殖模式與養殖水耕系統

一、前言	69
二、綜合養殖的生態平衡原理	69
三、綜合水產養殖的類型	70
四、結語	73

魚類飼料的營養問題與研發策略

一、前言	75
二、蛋白質	75
三、脂質與脂肪酸	79
四、碳水化合物	79
五、纖維	80

目次 CONTENTS



六、微營養物	80
七、食療品與食療飼料	81
八、添加劑	82
九、誘引劑	84
十、免疫增強劑	85
十一、結語	86

臺灣的鰻魚放流

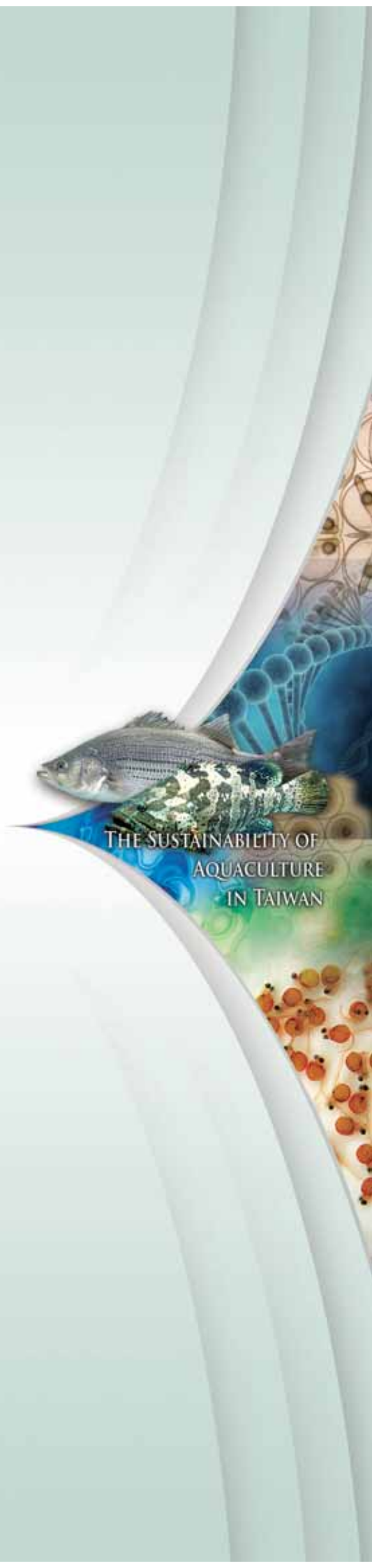
一、前言	87
二、鰻苗減產之可能因素	88
三、鰻魚資源復育的可行方案	89
四、臺灣的鰻魚放流	89
五、放流鰻回收情形	91
六、影響放流計畫執行成功可能因素	94
七、結語	94

臺灣地區捕撈天然鰻苗調查概況

一、前言	97
二、調查方法	97
三、捕撈作業方式	97
四、結果	100
五、結語	104

臺灣的鰻魚養殖產業概況與永續發展策略

一、前言	105
二、臺灣的鰻魚養殖發展歷史	106
三、臺灣養殖鰻魚的產銷近況	107
四、臺灣養殖鰻魚產業面臨的問題	109
五、臺灣養殖鰻魚產業永續發展策略	110
六、結語	112



臺灣鯛養殖產業概況與永續發展策略

一、前言	113
二、吳郭魚市場分析	113
三、吳郭魚全球生產情形	114
四、臺灣鯛養殖產業概況	115
五、臺灣鯛養殖產業面臨的問題	118
六、臺灣鯛養殖產業永續發展策略	119
七、結語	120

臺灣石斑魚養殖產業概況與永續發展策略

一、前言	121
二、臺灣石斑魚養殖產業現況	123
三、臺灣石斑魚養殖發展情勢分析	123
四、臺灣石斑魚養殖產業永續發展策略	125
五、結語	128

附錄

海洋科技發展規劃－養殖漁業永續經營(規劃草案)

一、養殖背景	129
二、國內外研究與發展現況	134
三、規劃與展望	138
四、「養殖漁業永續經營」規劃小組成員及其分工領域	140

作者簡介	141
------	-----

目次 CONTENTS



臺灣水產養殖產業的永續發展



一、前言

臺灣四面環海，海岸線長達 1,100 餘公里，西海岸面向臺灣海峽，地處中國大陸礁層外緣，為 200 公尺以淺的陸棚，係水產生物的良好棲息場所。東海岸面向太平洋，坡高陡峭，有黑潮主流經過，所以，洄游魚類資源亟為豐沛。因此，先天上具備發展遠洋、近海及沿岸漁業的有利條件。此外，沿海為多數經濟水產生物的產卵場，魚、蝦、貝幼苗產量豐富，且近海及沿岸淺海面積廣達 4 萬公頃，海灘海埔地亦不下 2、3 萬公

頃，加之，臺灣位在亞熱帶及熱帶地區，氣候及環境條件極適合養殖漁業之發展，再加上，養殖漁民的勤奮以及研究人員的努力，還有產、官、學界的充分合作，使得養殖水產種類多達百種，近年來更陸續有新品種之開發，因此，養殖漁業在臺灣可以說是非常蓬勃。水產業不僅充分提供國人所需的蛋白質來源，同時亦促進了造船、漁港、網具、飼料、冷凍、機械、加工及生技等相關週邊工業之發展，其創造就業和生產價值，對國家整體經濟的發展及社會民生之貢獻，可以說居功厥偉。



水產養殖是臺灣重要的產業，2014 年產量達 34 萬公噸，產值約 430 億臺幣

水產
養殖

的永續經營

近年來，遠洋漁船的作業漁場，因各國紛紛宣布 200 浬經濟海域而備受侷限，近海漁業的資源也受困於工業廢水等污染問題，導致漁業的經營日益困難，因此，世界各國莫不汲汲於養殖事業之發展。然而，臺灣養殖漁業這幾年也因病害問題及環保意識的高漲而舉步維艱。養殖業面對這些危機，如何研擬具體有效的因應措施，以突破難關、化解困境，進而永續經營，仍係漁業產、官、學各界當前應該共同省思的方向與急待解決的首要課題。

二、臺灣養殖發展過程與現況

回溯臺灣的水產養殖，迄今已超過三百年，按照其發展演變過程大體可分為：

(一) 傳統期 (1661—1962)

本階段是臺灣水產養殖的萌芽時期，屬於一種「任養」的方式，只放天然苗，不投飼料的粗放型態。

(二) 基礎期 (1963—1969)

在這個時期，相繼開發成功草鯪魚、草蝦及烏魚的人工繁殖技術，這些養殖技術上的突破，奠定了日後臺灣水產養殖事業發展之基礎。

(三) 拓展期 (1970—1979)

由於人工繁殖技術的運用，加上人工飼料的開發成功，相關周邊工業如：水產機械、冷凍加工業的配合發展以及養殖技術的創新等致使養殖型態由原來粗放型式邁向集約化，經營型態也由過去的家庭式演變成



桃園埤塘養殖臺灣鯛 (吳郭魚)



臺灣鯛是主要外銷魚種，2014 年產量約 7 萬公噸，居臺灣十大養殖種類之首

企業化的模式，臺灣七十年代的水產養殖如雨後春筍般的蓬勃發展起來。

(四) 全盛期 (1980—1987)

八十年代的臺灣養殖，已經開拓國際市場，為國家爭取大量外匯，就只草蝦一項在 1987 年的產量，即高達 95,000 公噸，高居世界之冠，可說是臺灣水產養殖黃金時期。

(五) 衰退期 (1988—1989)

由於受到整個大環境的水質污染，以及養殖管理的人為疏失，在 1988 年爆發嚴重的蝦病，使得年產量驟減達 2/3 以上。因此，由於臺灣水產養殖過速的發展而引發種種問題諸如：超抽地下水造成地層下陷、濫墾魚塭導致自然生態的破壞等，使得臺灣水產養殖在這個階段雪上加霜。

(六) 外移期 (1990—1999)

水產養殖因遭逢驟變與不斷打擊，臺灣乃著手將養殖的經驗、技術及成果，以獨資、共同投資或技術諮詢之方式，積極向外推廣，水產養殖因此而擁有更開闊之發展空間。

(七) 轉型期 (2000—2009)

水產養殖已開始考慮到與環境和諧共存共榮的重要性。一些保護環境的養殖技術，例如：海水養殖與減少淡水使用量或循環水養殖技術之開發，以便遏阻超抽地下水。其他如產銷與經濟分析等養殖管理技術也都全部納入整體策略考量，可以說養殖已邁入轉型期，企盼一切以環境和諧為發展重點方向。



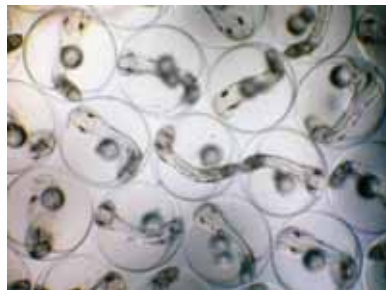
臺灣牡蠣養殖可分為插筴式、竹筏式、垂下式及延繩式養殖方式，2014 年產量約 2.5 萬公噸

(八) 永續期 (2010—)

有鑑於水產種原遺傳基因的窄化，外來種的入侵、氣候的極端變遷、天然災害的頻傳以及水域環境的污染與天然水資源與種苗資源的銳減，水產養殖似應朝永續經營利用的策略方向與因應規劃，養殖產業才得以永續利用生生不息。

臺灣在 2014 年的養殖總產量約 34.1 萬

公噸，產值約 429.6 億臺幣，分別佔總漁產量 (約 140.9 萬公噸)、產值 (約 1049.6 億) 的 24.2 及 40.9%。主要養殖種類為吳郭魚、虱目魚、文蛤、石斑、牡蠣、蜆、白蝦、鱸魚、淡水長腳蝦及鰻魚等。現今養殖魚種約達 150 種之多，臺灣水產養殖技術之進步，由此便可略見端倪。



石斑魚是臺灣重要的海水養殖魚類之一，目前其人工繁養殖技術已完全確立。由左至右圖分別是：龍膽石斑種魚；即將孵化的胚胎卵；體長 3.6 cm 的幼苗

三、現階段臺灣養殖發展所面臨的問題

臺灣近十年來，由於養殖管理的紊亂、水質環境的污染、生態環境的破壞、國外市場的入侵、養殖成本的提高以及養殖產銷的失調等，導致養殖發展停滯不前。茲將目前面臨的主要問題，臚列如后：

(一) 水土資源不當利用，養殖管理難以步上軌道，造成養殖產業發展的脫序現象

臺灣地區目前位於地下水管制區的魚塭有很多未取得養殖登記證，漁政單位根本無法有效掌握養殖業者之養殖魚種、放養量、飼料使用情形、疫病狀況、用藥情況、收成與銷售通路等，因而很難建立正確的養

殖基本資料更遑論養殖輔導工作。此外，在沿海魚塭養殖，由於業者不敢使用有污染之虞的地表水，乃紛紛違規大量抽用地下水而衍生地層下陷、海水入侵及土地鹽化等嚴重社會問題，應該列入優先解決的課題。

(二) 病害問題尚未解決，影響產業的正常發展

由於高密度養殖、老舊池塭的不良養殖環境以及週邊水域的嚴重污染，使得臺灣重要養殖魚蝦貝類常發生病害疫情，而影響養殖經營效益，例如：1988 年，臺灣養殖草蝦因感染病毒而發生大量死亡，徹底打擊此項養殖產業。就連臺灣最近新興的養殖種類——白蝦與海鱷，也都發生類似病害侵襲的情形，使得產業的發展蒙上一層陰影，應設法研提防控策略。

水域生態環境之維護是養殖產業永續經營的重要環節

(三) 養殖經營成本不斷提升，導致養殖收益下滑，產業發展從而受阻

多年來，臺灣工業持續的發展與經濟不斷的成長，造成勞工工資、土地及其他相關設施、材料費用的攀升，導致養殖成本的增加而影響養殖利潤，產業經營也就日形困難。因此，如何降低生產成本，以提升國際競爭力，便成為當前首要克服的問題。

(四) 養殖產業對生態環境與沿岸資源造成相當大的衝擊與破壞

潮間帶可供應餌料與掩蔽物，是許多稚魚、貝的育成場所，這些稚魚、貝長大後，即成為優良的沿岸或近海漁業資源。然而這些臺灣沿岸溼地，大多被開墾為虱目魚及蝦類養殖池塭，導致沿岸生態系原來所扮演的重要角色，諸如：良好的攝餌場所、棲地、

保護海岸、防控洪水等功能盡失。

另一方面，養殖排放水不但污染沿岸水域，也威脅水產品的衛生安全。反之，工業廢水也會污染水產品品質與衛生。因此，養殖事業與生態環境的和諧共存，便成為未來產業發展的重要前題。

(五) 種原未善加保種，造成近親交配而產生近交衰退，導致種原基因窄化

多年來，臺灣未重視水產種原保種與育種策略，由於有效族群數量不足且未循選擇育種及雜交育種方式生產，致使種原喪失遺傳多樣性以致發生種苗孵化率、活存率、成長率偏低、畸形率偏高等不良後果，而影響優質種原的生產。因此，遺傳育種工作，應屬刻不容緩。



虱目魚的養殖已經有 300 年的歷史，是臺灣歷史最悠久、規模最大的養殖項目之一。在 1978 年繁養殖成功，為人工培育海水種魚繁殖的先例。2014 年產量約 6.9 萬公噸，居臺灣第二位

(六) 全球氣候變遷對養殖環境生態及水產生物及其資源造成極大衝擊

近年來，全球暖化與氣候變遷對水產養殖已帶來了嚴重的打擊與影響，諸如：淡水資源的匱乏、魚類繁殖力及成長率的降低、產卵及洄游行為的異常以及天然災害（洪水、乾旱、寒流等）的頻傳，凡此種種，均足以妨害水產養殖的持續發展。因此，應設法研擬因應對策，以確保產業永續經營。

(七) 國內市場受侷限，國外市場競爭激烈

由於國人生活水準提高，對消費水產品多樣化的要求也愈趨重視，加之，國內消費量有限，因此，拓展外銷便成為養殖產業發展的必經途徑。惟近年來，臺灣在國外的水產品市場，因為其他國家的競相角逐，外銷管道因此日漸萎縮，其中，鰻魚產業就是一個明顯的例子。一向居我國外銷水產品首位的鰻魚，在 1993—1994 年間，外銷日本市場因中國的積極投入而遭受嚴重的挫敗。因此，如何克服拓展外銷之困境，乃係養殖發展當務之急。

(八) 養殖產銷失調且銷售管道不暢，魚價波動起伏俱烈導致魚賤傷漁的不良後果

多年來臺灣養殖由於缺乏健全的管理體系，致使養殖查報系統未能落實，同時，養殖產量與市場消費量都欠缺確實與快速的資訊，往往造成供過於求的現象而使得魚價偏低。偶而，養殖期間遭逢病變或天然災害，則生產量驟減的結果，同樣會引發產銷

失衡現象。此外，銷售管道被少數的中盤商所操控，常有壟斷市場與破壞魚價的不良後遺症，必需盡快研擬解套辦法。

(九) 養殖環境丕變，產業嚴重外移

最近幾年，臺灣受到整體養殖環境的惡化、水質污染、經營成本提高，以及國外強大的競爭壓力，許多業者都紛紛出走東南亞，尤其是中國，由於生活習慣、文化語言相近，又有低廉勞工與廣大而低價的土地可資利用，使得中國成為台商產業外移的首要對象。如此一來，養殖產業的外移與未來中國養殖產品的反傾銷是乃臺灣養殖永續經營的一大隱憂，應予重視並謀解決之道。

四、臺灣水產養殖永續發展的因應措施

就世界觀的角度，養殖產量有助於整體漁業的供給量，然而，養殖漁業的供應能力卻因為偏重於養殖肉食性魚類的發展、沿岸棲地的破壞、外來種的入侵及廢水的排放等後遺症而大打折扣。因此，水產養殖如欲永續發展，則必需考量下列五大原則：

- (一) 養殖對象應儘量以原生種或品種穩定可以改良者為主。
 - (二) 開發低營養層級如：植物性或雜食性魚種之養殖。
 - (三) 減少使用添加魚粉或魚油的飼料。
 - (四) 推廣農漁綜合養殖、混養或輪養等體系。
 - (五) 加強養殖生態保育與資源管理工作。
- 盱衡臺灣的水產環境及現況，水產相關



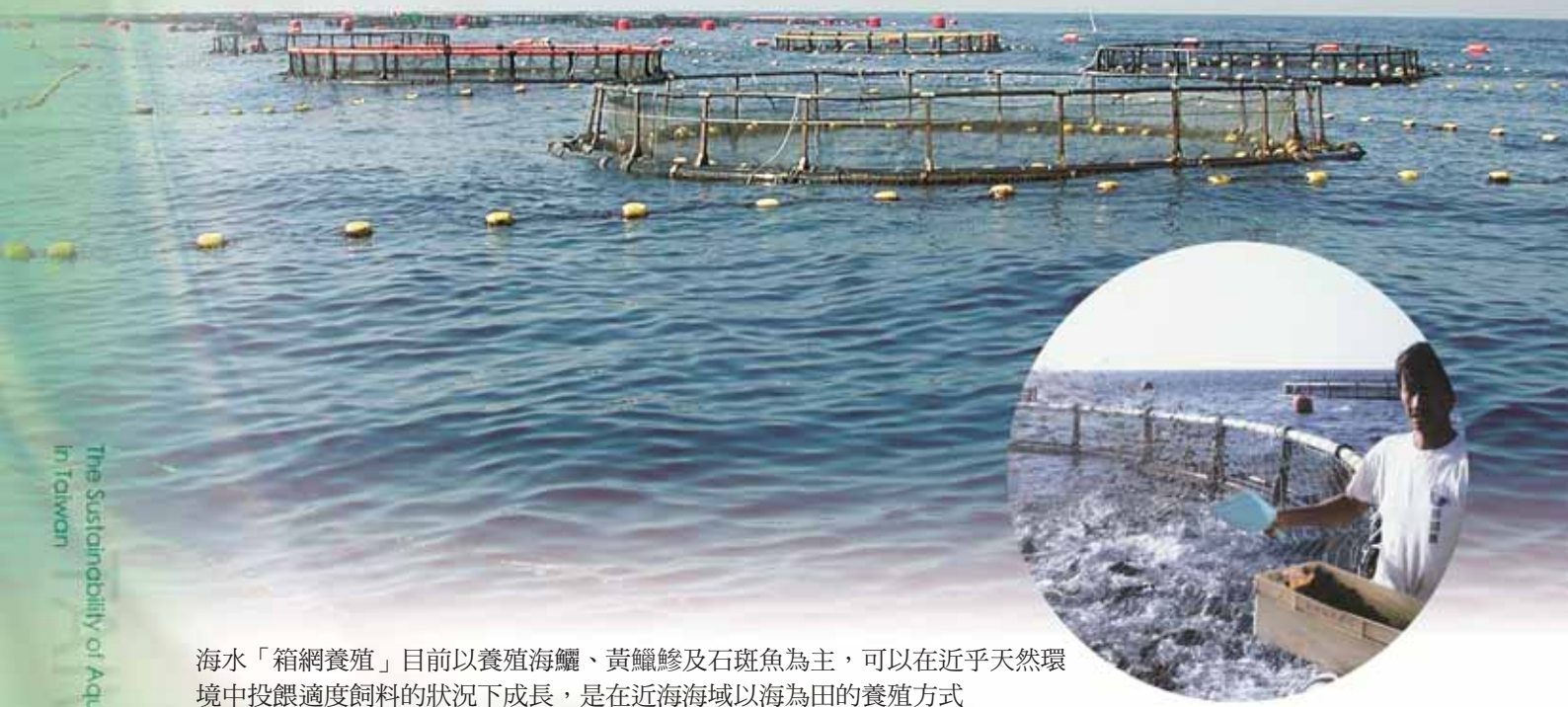
機構尤其是漁政單位有必要儘速針對前述問題研擬週全的因應措施，而養殖業者在經營管理方面也應有所調適，同時，更需要產、官、學界針對下述各項因應措施共同合作、分工與協調，才能有效的確保養殖產業的永續經營。

(一) 在生態環境上

過去由於國人普遍缺乏資源永續利用的觀念，在沿岸溼地濫墾魚塭破壞魚蝦貝類棲地環境，造成漁業資源的嚴重損傷，此外，魚塭超抽地下水所導致的地層下陷更對社會造成很大的傷害。今後漁業發展朝向

「全球化」、「自由化」政策之同時，必需兼顧與生態環境的和諧與平衡。有關的具體措施如下：

1. 提高海水養殖魚種之比重，以舒解抽用地下水的壓力，另為杜絕濫墾以保護沿岸生態環境，應規劃養殖漁業專業生產區，以便嚴格管制或處理養殖廢水之排放，進而降低養殖對生態環境的負面影響。
2. 開發養殖專用區地下水淡水水源，並加強省水或零換水及生態養殖推廣，以建立有效的養殖用水管理體系。



海水「箱網養殖」目前以養殖海鱸、黃鰺鰻及石斑魚為主，可以在近乎天然環境中投餵適度飼料的狀況下成長，是在近海海域以海為田的養殖方式

3. 發展海水箱網養殖，減少臺灣有限淡水及土地資源的不當使用，以確保水土環境合理的利用。
4. 加強沿岸環境水域水質監測，防杜水質污染。
5. 有效建立養殖魚塭地理資訊系統 (GIS)，落實放養量查報工作。
6. 強化漁業組織體系及天然災害或污染等危機處理機能，創造安全經營環境。

(二) 在生產技術上

由於貿易自由化與國際化後，將有更多廉價的水產品開放進口，侵蝕國內市場，再加上東南亞地區養殖漁業發展之壓力，我養殖水產品外銷競爭力，勢必日趨薄弱。今後，除有賴中央從整體觀點考量水產養殖在經濟、社會及文化等層次的關聯性，予以適度保護外，如何培植具備競爭力且能自立的養殖業，將是我們面臨的最大挑戰。因此，釐定具有前瞻性及策略性的科技研發措施，乃係刻不容緩的首要工作：

1. 重視選種、育種及保種等研發工作，一則可生產優質種苗，有利水產生物的永續利用，另則可確保生物種原，有助於本土水族文化資產的永續傳承。
2. 以生物技術輔助遺傳育種，以加速達到品種改良之目標。
3. 因應氣候變遷運用生物技術開發耐寒(熱)、抗病與成長快品系，同時研發簡易且快速的水產防疫技術，並配合相關法規，以有效防範疫病入侵。
4. 建立引種許可與引種評估審查制度及養殖推廣審議制度，同時加強入侵種的

預防管控。

5. 加強養殖生產自動化、工廠化與智能化技術與設備之研發；創新養殖技術，並降低生產成本，滿足產業經營管理需求。
6. 加強天然災害之防控與環境水域之監控。
7. 發展休閒養殖漁業，輔導養殖業朝多元方向經營，促使養殖漁業變成結合生產、生活與生態的“三生”產業。

(三) 在產銷策略上

臺灣加入 WTO 後，水產貿易勢將面臨強烈之競爭壓力與嚴峻考驗。而且，國際上對品質的要求將更為嚴苛，譬如：優良養殖規範 (GAP)、危害分析重要管制點 (HACCP) 品保制度以及產銷履歷等國際間已逐步實施。因此，建立優質水產品，樹立國產本土化品牌形象，穩定並提高水產品附加價值、開拓多元運銷通道，以及拓展國外市場，應該是未來產銷努力的重點方向：

1. 建立水產品牌與促銷推廣體系
 - (1) 有效執行沿岸海域水污染及養殖產品衛生品質之監測預警及檢測體系，以確保養殖生物健康及產品之品質與衛生。
 - (2) 輔導生產符合「危害分析重要管制點」規範之高品質水產品，研訂產銷履歷規範以建立優質養殖漁產品之認證標準及品牌制度，配合各國對進口水產品衛生品質之要求。
 - (3) 產製過程若使用基因改造生物、藥物及改善環境物質時，應嚴守國際認可的食品安全、環境安全及道德規範。



- (4) 強化生鮮、高品質、衛生、安全及附加價值高之加工產品之生產策略，以彰顯本土與國外進口產品及市場之區隔。

2. 啟動調節魚貨穩定魚價機制

- (1) 運用電子商務系統，建立宅配及網路行銷通路，廣設直銷據點，縮短行銷流程。
- (2) 進行策略聯盟，籌設大型物流中心，以調節產銷。
- (3) 建構養殖漁業產銷資訊查報機制，強化產銷預警系統。
- (4) 妥善應用農產品受進口損害救助辦法及漁產平準基金，以穩定產銷。

3. 創新行銷通路

- (1) 規劃產、製、銷一貫作業之生產專區，以降低生產成本，促進經營效率，來提升國際競爭能力。
- (2) 積極宣導促銷水產品活動，讓國人由認識水產品開始，逐漸接受並養成消費習慣，以孕育國人的魚食文化。
- (3) 加強生產業者與現行通路業者間之合作，設立具特色之行銷據點，以暢通運銷管道。
- (4) 採用消費者導向與市場導向機制，以掌握國內外市場脈動與消費者偏好趨勢。

五、結語

近幾年，生物技術在水產養殖上的應用成果，例如：優質種苗的培育、防檢疫系統之建置、抗寒與成長基因的轉殖、基轉螢光魚、預防病毒的疫苗生產以及機能性飼料之

研發等，不但是養殖研究上的重大突破，而且實質提高了經濟效益。另外，零換水或省水養殖技術、生態養殖及工廠化與自動化、智能化養殖系統之開發等，除可降低生產成本及提高養殖產品品質外，也適時舒緩因超抽地下水所導致地層下陷的社會負擔，就合理調配運用有限的國家水土資源而言，具有正面意義。因此，現今的水產養殖，可以說已由早期的傳統生產型漁業演進為科技掛帥型漁業。換言之，養殖漁業也由以往的勞力密集轉變為技術升級，而過去一味注重生產的觀念，也逐漸調整為對產品品質的要求、人文社會的配合、環境生態的保育以及資源管理與利用的考量。今後水產養殖的研發應以「科技產業化、產業國際化」為導向，並以「解決產業問題、提升產品價值」為訴求，讓養殖不只是單一產品，而是一條產業價值鏈，才能提升國際競爭力。

當前世界水產養殖發展的必然趨勢，乃是朝「環境友善」及「永續經營」的方向努力，意即要明確的執行「責任制」水產養殖，所謂的責任制養殖，乃係針對產、官、學界，在應用新科技生產及利用資源以提升產品質與量之同時，要把它們對環境或其他族群所衍生的負面影響降至最低，而其內容重點不外前述各項因應措施的範疇，我們深信如果政府都能夠予以有效落實，則斯業勃興指日可待，而永續發展便可水到渠成。

水產種原之保種與育種

一、前言

在人工養殖或天然環境下，水產種原會因其他品種的混入而發生變異，導致種原混雜或退化甚至危及種的存亡。因此，種原的保存、維持與強化，不但可確保種原的生生不息，亦可經由遺傳育種方式來改良品種，讓產業得以永續經營。

一般而言，種原庫建立的目的主要為：

- (一) 使原種能夠隔離繁殖，不與其他品種雜交，以保持種的純度。
- (二) 維持和提高種原遺傳特性與生產性能，防止不必要之近交與其引起的近交衰退。
- (三) 避免人為的過漁、污染環境、棲地破壞及天然災害造成的種原減少或滅絕。
- (四) 為確保種原的存續、分攤保種風險，異地保種是一項必要的策略。
- (五) 透過育種手段，生產優質種苗以應推廣產業之需。因此，種原庫的建立便有其不可或缺的重要性。

水產生物的品種改良，通常都透過定向選擇方式，選育優於親本性狀的子代，並以遺傳操作技術來生產性狀較優的子代。然而，一般的選擇育種，都是利用表型的差異來進行選種，因礙於環境的影響與選擇強度

的限制，往往遺傳力較強的性狀才能得到好的選擇效果，反之，則無法達到預期效應。此外，雜交育種技術，由於無法由外觀判定優質個體，只能經由不斷的雜交方式來獲得優良品種，因此必需經過幾個世代的时间才能達到育種目的。可是話說回來，傳統的育種遺傳只要選到合適的親本，配合精確的養殖管理系統，雖然需要較長的育種時程，但由於具有實質效果，所以迄今仍為品種改良的主要途徑。所幸，標誌輔助育種(marker-assisted selection, MAS) 技術已隨著科技發展的日新月異，未來完整的數量性狀基因座(quantitative trait loci, QTL) 圖譜將使得基因精確的定位成為可能，如此一來，標誌輔助育種勢必為遺傳育種工作另闢一條便捷之路。

本所於 2006 年起陸續興建完成國家水產生物澎湖、鹿港及臺東種原庫，其最主要的目的在執行經濟性及本土性淡、海水水產生物的保種與育種工作，以保存優良品系，同時進行品種改良，以便生產優質種原，提高產業國際競爭力，從而確保產業的永續發展。本文旨在介紹種原庫水產生物保種與育種的理論與方法，以供產、學界之參考。



水產試驗所水產生物澎湖(上)、淡水(中)、臺東(下) 種原庫

二、保種

養殖魚類理想的遺傳性狀，包括：體型大、生長快速、飼料效率高、取肉率高、肉質良好及抗病力強等，一般經過長期養殖的結果，多少會發生近親交配現象而引起遺傳性狀改變或降低，因此為了維持遺傳性狀，必須對種原進行嚴密的保存。

近親交配係指有親緣關係的個體互相交配，而使得這個群體的純合基因型增加的現象。近交率 (inbreeding rate) 是衡量被選擇 (天然或人工) 物種近交衰退的指標。可衡量某個體任一基因座的兩個等位基因來源於同一個祖先基因的概率，亦可推測某個體某基因座在其後代中純合的機率。近交常導致某物種表型性狀的降低，此現象稱之為近交衰退 (inbreeding depression)。近交衰退對與適應性有關的綜合性狀，如：活存率、繁殖力及競爭力等，比對形態之影響更易表現。

人工養殖族群屬小群體，無法避免近交問題，只有仰賴增加遺傳有效族群數才能抑制。遺傳有效族群 (N_e) 的估算式： $N_e = (4 \times N_{\sigma} \times N_{\phi}) / (N_{\sigma} + N_{\phi})$ ，若雌雄性比為 1:1，則 $N_e = 2 N_p$ (N_p ：種魚數)。如果養殖有效族群數大於 50，則隱性有害等位基因的頻率很小且大都存在於雜合子中，鮮少出現近交衰退，既使出現，也由於基因雜合個體之性能較優，而在自然或人工選擇中被淘汰。換句話說，根據此計算式，種原庫各魚種的保存數量約 50—100 對左右，使近交率維持在 0.25—0.5% 以內 (近交率 (IR) =

$1/2 N_e$)，以降低近交衰退發生之可能。

養殖種原保種的數量，要確實堅守有效族群數的原則，以避免近親交配引起的近交衰退。不論採取那一種選擇育種方法，每代的近交率至少要控制在 1% 以下。控制的方法惟有靠建立隔離的全同胞家系育苗作業，以保持更多的加性遺傳變異，才能有效控制近交衰退。養殖保種經過一段時間的隔離，難免會累積有害等位基因，應利用野生群與養殖群間的雜交或者將種原保存在不同的育種場所，有計劃的定期進行各場所間的親本交換，如此才可掩蓋隱性有害等位基因的負面效應。

三、育種

水產養殖品種的改良，主要為遺傳育種的操作，其操作方式可分為三種：

(一) 選擇育種

選擇育種 (breeding selection) 是魚類繁殖與品種改良的傳統而有效的方法，係利用生物的遺傳變異性 (genetic variation)，按照自己的意願迅速選擇、固定和發展對人類有益的變異，最後分離出優良性狀，並與原來族群隔離，形成人們要求的新品系，如進一步達到穩定性狀與經濟價值而可繁殖推廣者，便可成為新品種。

1. 選擇育種的原理

不產生新的遺傳基因，依育種目標的表型，從中選優的原則—在族群中選擇一定數量等符合目標條件的優良個體，持續進行多代系統“定向”繁殖，累積加強與擴大生物

體優良變異遺傳性狀，或在族群內增加具有目標條件的基因頻率，而降低非目標不必要條件的基因頻率，最後達到育成新品系、新品種以及退化物種或族群提純壯大等目的。

(1) 人工選擇的創造性作用

自然選擇所保留下來的生物符合自然界的的要求，但不一定符合人們的意志。人工選擇是人們按照自己的意願，對自然界現存生物的遺傳變異性進行選擇，使那些對人類有益的變異鞏固和發展，最後與原來的族群隔離，形成符合人們要求的新品種或品系。人工選擇控制了交配對象和交配範圍，選擇效果比自然選擇快得多，在自然界形成一個新種大約要經過 50—100 萬年，而人工選擇只要幾十年或幾年就可以創造出一個新品種。

(2) 可遺傳的變異是選擇的基礎

變異可以分為可遺傳的變異和不遺傳的變異兩種。體細胞的變異只能在個體內增殖或者在體細胞層次上遺傳，不能經由有性生殖傳給子代。環境所引起的變異如果不涉及性細胞遺傳物質的變異，也不能遺傳。只有發生在性細胞遺傳物質的變異才能遺傳。

(3) 選擇的主要依據是表型

根據基因型選擇才能收到好的選擇效果，基因型看不見，必須經由表型去選擇。在顯性不完全的情況下，雜合體表型不同於任何純合體，容易識別，根據表型可以直接判斷任何一種基因型，並進行選擇。

在顯性完全時，對於隱性純合子的判斷和選擇也較容易，因為隱性純合子的基因型和表型相一致，只需依據表型就可選準隱性

純合體。但是對於顯性純合子的選擇和判斷則較麻煩，因為顯性純合子和雜合子的表型相同，還需借助子 2 代或測交才能區別基因型。質量性狀的選擇只需一代或兩三代的個體表型選擇就可選準、選好。

數量性狀的基因型和表型的關係比較複雜，一方面性狀容易受環境影響，個體的表型值不能如實地反映基因型。另一方面，數量性狀受多基因控制，影響數量性狀的每一基因的表型值比環境的影響小得多，因而，不可能單獨把單個基因檢測出來，所以數量性狀的選擇較麻煩。

(4) 定向選擇加近交是選擇育種的基本方法

定向選擇就是按照育種目標，在相傳的世代中選擇合意表型的個體作親本，以求選出合意基因型個體做種。經由表型的再選擇，使存在於入選個體的不合意基因和合意基因在近交中彼此分離，淘汰不合要求的基因型。定向選擇並不產生新基因，而是讓下一代增加合意基因的頻率，減少不合意基因的頻率，使入選個體的基因型和表型趨於一致，從而保留或選出所需要的基因型。

近交可為合意基因和不合意基因的分離和純化提供最佳的交配方式，以使合意基因型盡快地純合、固定和發展，早日形成新品種。近交是定向選擇所需的最好交配方式，近交的極端形式是自交或同胞交配。選擇的創造性作用不僅在於人類能夠主動的發現和選取可遺傳的有益變異，使性狀優良的個體增加交配機會，抑制或禁止它們同那些具有不利性狀的個體交配，並經過一再的

定向選擇，使入選生物的遺傳性朝著人們所需要的方向發展，培育出新品種。將入選為親本的優良個體相互交配，在後代中定向選擇和近交，將是實現這一目標的最有效的方法，也是選擇育種的基本原則。

2. 質量性狀的選擇育種

質量性狀是由一對或數對基因的差別所構成，其表型不易受環境的影響，所以較易選擇。

(1) 對隱性基因的選擇

如果目標性狀受隱性基因控制，則須選擇隱性基因，保留隱性性狀的個體。選擇隱性基因與淘汰顯性基因屬於同一件事。例如，金魚的單尾鰭對雙尾鰭是顯性基因對隱性基因，因此由表型即可選擇。

(2) 對顯性基因的選擇

如果目標性狀受顯性基因控制，對該性狀之選擇實際上就是對顯性基因的選擇，需選擇顯性基因純合體，淘汰隱性基因純合體及帶有隱性基因之雜合體。其實，對顯性基因的選擇就是對隱性基因的淘汰。例如：金魚單尾鰭的選擇，就是對顯性基因之選擇。

顯性基因可能係純合體 (AA)，也可能是雜合體 (Aa) 形式，其表型都一樣。因此，顯性基因的選擇，不只要淘汰隱性性狀，且需區別出顯性純合體與雜合體，並將雜合體淘汰。其方法步驟如下：

- A. 根據表型淘汰隱性純合體 (aa)，選擇具有顯性性狀的個體做親本 (Aa, AA)。
- B. 從被選親本的顯性個體進行測交或自交，依其結果，淘汰雜合體，便可選出

顯性純合體。

測交： $AA \times aa \rightarrow Aa$

$Aa \times aa \rightarrow 1/2Aa + 1/2aa$

自交： $AA \times AA \rightarrow AA$

$Aa \times Aa \rightarrow 1/4AA + 1/2Aa + 1/4aa$

如果測交或自交後代有很多個體，都表現顯性性狀，沒有隱性性狀的後代，這樣的後代越多，就越有把握推斷該親本的基因型處於顯性純合狀態 (AA)。若是後代中出現一個(株)隱性個體，不管顯性個體有多少，都可推斷該親本的基因型是雜合體 (Aa)。

(3) 對無顯隱性關係基因的選擇

如果控制質量性狀的等位基因在雜合體中無明顯的顯隱關係，而是共顯性或不完全顯性，則區分純合體和雜合體的工作就較容易，而且可以在選擇的第一步驟完成，因為等位基因的純合體 (AA 或 aa) 或雜合體 (Aa) 各有其對應的獨特性狀，容易由表型區分和選擇。

例如：金魚 TT (非透明魚) $\times tt$ (透明魚)

↓

Tt (五花魚)

↓

$1/4$ (非透明魚) + $1/2$ (五花魚) + $1/4$ (透明魚)

3. 影響數量性狀選擇效應因素及其參數

數量性狀是育種的目標性狀，在養殖或自然群體中，其表型值一般呈常態分布。選擇育種通常是對該分布的某一極端附近的個體進行定向選擇，淘汰平均數附近至另一極端的表型個體，選擇偏離平均數一端的合意個體，以定向改變群體的遺傳組成，提高或降低某一數量性狀的平均值。

數量性狀易受環境影響，其表型值是基因和環境共同作用和相互作用的結果。在某種環境條件下選育出的優質者，到另一環境條件下則不一定優質。

Kinghorn (1981) 指出，攝餌量大的虹鱒生長較快，可是餌料係數高，在餌料不足條件下選育的優良品種，當餌料充足的環境下，就不一定能呈現生長速度快的優點。同理，在餌料充足下選育的品種，在餌料不足的情況下，不一定能成為優良品種。所以，選擇育種時應該選擇適宜的環境條件下進行。

數量性狀的表型值也容易受基因的非加性效應影響，必須應用生物統計和數量遺傳學的原理，從性狀的表型值中排除它們，選擇育種才能依可遺傳的基因加性效應進行。

數量性狀的選擇效應受性狀的變異程度、性狀的遺傳情況和選擇情況等三方面因素的影響。變異程度和遺傳情況是影響選擇效應最主要的內部因素，選擇情況是影響選擇效應的外部因素，在某些條件下會對選擇效應產生影響。一般性狀選擇效果的參數主要有：

(1) 平均數 (mean, $\bar{X}$)

平均數即算術平均數，是指某一性狀的一系列觀測值的平均值。計算公式為：

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

其中 $\bar{X}$ 代表平均數， $\sum X$ 表示各個測定值 (X) 的總和， n 代表測定值的個數。

(2) 均方 (variance, V)

平均數僅能反映性狀的平均表現，但不能反映個體性狀間的變異程度，為了表示樣本數與平均數的偏離程度，反映該性狀個體間的差異，必須採用均方。

均方是樣本各測定值與平均數差值平方和的平均值，計算公式為：

$$V = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

其中， V 表示均方， $(X - \bar{X})$ 是測定值與平均數的差， $\sum (X - \bar{X})^2$ 是測定值對平均數離差值平方和， n 是測定值的個數， $n-1$ 表示自由度。

從公式和定義知道，均方一定是正值，測定值離平均數的偏差越大，均方就越大；測定值離平均數偏差越小，均方就越小。所以，均方可以用來測定變異的程度，均方大，表示分布範圍廣；均方小，表示各測定值比較接近。

(3) 標準偏差 (standard deviation, SD)

標準偏差是表示變異程度的另一個統計用語，它是均方的開平方，計算式是：

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

公式中的 SD 代表標準偏差，或簡寫為 σ 。由標準偏差可以推知一個性狀圍繞平均數的變化情形。假定測定數據能代表該性狀在一定群體的情況，則在常態分布 (normal distribution) 下，大約有 68% 的變量 (或樣品) 出現在 $\bar{X} \pm SD$ ，有 96% 的變量出現在 $\bar{X} \pm 2 SD$ 內，有 99.7% 的變量出現在 $\bar{X} \pm 3 SD$ 內。

(4) 標準誤差 (standard error, SE)

標準誤差也稱平均數的標準差，若對一個性狀或群體進行 n 次隨機取樣，所得的平均數就有 n 個，即 $\bar{X}_1$ 、 $\bar{X}_2$ 、..... $\bar{X}_n$ ，這 n 個平均數之間也有標準差，這個標準差稱為平均數的標準差。為了方便起見，並與前面所述的標準差相區別，常稱之為標準誤差 (SE)，在數值上等於：

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}}$$

標準誤差可以說明隨機取樣中，平均數的可能變異範圍，如果測定的幾個數據能代表一個性狀或足夠大的群體，那麼大約有 68% 的平均數，分布於 $\bar{X} \pm SE$ 內，有 96% 的平均數分布於 $\bar{X} \pm 2 SE$ 內，有 99.7% 的平均數分布於 $\bar{X} \pm 3 SE$ 內。一般生物資料，單註明平均數往往是不夠的，應該加上標準誤差，表明平均數的可能變異範圍。

(5) 選擇差 (S)

選擇差是一種說明選擇情況的參數，指被選個體性狀的平均值與選前群體該性狀平均值間的差數。常用 S 表示。假定 Y_p 代表被選個體的平均表型值， Y 為選擇前群體性狀的平均值，其選擇差 (S) 計算為： $S = Y_p - Y$ ，選擇差越大，可供選擇和已供選擇的變異就越大。例如：池中鯉魚群體平均重為 500 g，而被選擇的個體平均重 725 g，則選擇差 (S) 等於 $725 - 500 = 225$ (g)。

(6) 選擇強度 (selection intensity, i)

選擇強度是衡量選擇情況的另一參數，是一種標準化的選擇差。一般用 i 表示，在數值上等於選擇差 (S) 除以被選群體的

標準差 (σ)，即：

$$i = \frac{S}{\sigma}$$

假定鯉魚選種之選擇差 (S) 為 225 g，表型標準差 (σ) 為 75 g，則選擇強度 (i) 為：

$$i = \frac{S}{\sigma} = \frac{225}{75} = 3$$

(7) 選擇壓力 (V)

選擇壓力也是一個衡量選擇情況的參數，係指被選個體數與選擇前個體數的比值。其數值 (V) 為：

$$V = \frac{n \times 100}{N}$$

n 為被選個體數， N 是選擇前的個體數， V 為選擇壓力。 V 值越小，選擇壓力越大，被淘汰的個體越多，因而選擇強度越大，選擇壓力和選擇強度成正比例的函數關係。

(8) 選擇效應 (R)

選擇效應是衡量選擇效果的指標，又稱之為遺傳效益 (genetic gain)，指被選性狀在一世代中的變化情況。常用 R 表示，在數值上等於選擇親本的子代表型平均值 (Y_f) 減去選前群體的表型平均值 (Y) 即： $R = Y_f - Y$

例如：從池塘捕獲鯉魚的群體平均重 500 g，而被選個體平均重 725 g，則選擇差等於 225 g。被選個體經過相互交配後，所繁殖的後代在同等條件下飼養同樣的時間，子代平均體重為 522.5 g，選擇效應是 $R = 522.5 - 500 = 22.5$ (g)。這就是說，在一

個世代中，平均每尾魚增重 22.5 g。

選擇的年效應 (R_y) 等於一世代的選擇效應 (R) 除以世代的間隔年數 (I) 為：

$$R_y = \frac{R}{I}$$

假設鯉魚的世代間隔為 3 年，選擇效應為 22.5 g，即 $I = 3$ ， $R = 22.5$ ，則選擇的年效應為：

$$R_y = \frac{22.5}{3} = 7.5 \text{ (g)}$$

(9) 遺傳力 (heritability, h^2)

遺傳力亦稱之為遺傳率，是選擇差可以傳給下一代的百分比。因此，遺傳力 (h^2) 可以表示如下：

$$h^2 = \frac{R}{S}$$

由公式推知，選擇效應在數值上可以表示為： $R = Sh^2$ ，顯然選擇差與遺傳力是影響選擇效應的兩大要素。由於選擇強度 $i = S/\sigma$ ，所以， $S = i \times \sigma$ 。因此 $R = h^2 \sigma i$

此公式說明了，影響選擇效應的三要素為：性狀的遺傳情況 (用遺傳力 h^2 表示)、性狀的變異程度 (用標準差 σ 表示) 和選擇的情況 (用選擇強度 i 表示)。遺傳力強的性狀，選擇容易奏效，被選擇群體的性狀變異大，表型標準差就大，選擇也就越有效。此外，選擇強度大，選擇效應就大。因此，選擇要以變異大的群體作為育種對象，並加大選擇差以增強選擇強度。

知道選擇性狀的遺傳力，就可以根據選擇過程的各項參數，預測選擇效應。例如：魚的體重遺傳力 (h^2) 很低，假設為 0.1，

又假定選前群體平均體重 500 g，被選擇的個體平均體重 725 g，則可以按照 $R = Sh^2$ 計算，預測其選擇效應為 22.5 g，其計算式： $h^2 = 0.1$ $S = 725 - 500 = 225$
 $R = Sh^2 = 225 \times 0.1 = 22.5$

通常水生物品種改良的遺傳效益，較陸生動物如：禽畜類高很多。就以成長率而言，禽畜類平均每代可改善約 5%，意即每年約可改善 1—2%，而水生物種則有 5 至 6 倍成長率的提升。水生物之所以有較佳的遺傳效益，主要因素為：(1) 魚類有較大量的孕卵數，少則上千，多則超過百萬，因此有較高的選擇強度；(2) 就成長等經濟性狀而言，魚類具有較大的表型及遺傳變異；(3) 魚類在大多數經濟性狀的遺傳力也不低；(4) 魚類的世代相隔時間較禽畜類短。

4. 選擇育種的方法

選擇育種的方法，常用的有下列幾種：

(1) 個體選擇 (individual selection)

以每一個體的表型值大小為選擇依據稱為個體選擇。該方法在混合群體裏進行，將入選的個體混養在一起，任其交配，繁殖子 1 代，再從後代中選擇表型好的個體，繁衍子 2 代，如此，反複進行選擇，直至形成新品種。因此，個體選擇又稱為混合選擇或集體選擇。

(2) 家系選擇 (family selection)

家系選擇是以家系為單位，由於將整個家系作為選擇或淘汰的單位，所以，被選擇的家系之間應該彼此隔離或者標記清楚，各家系的世代應該互不混雜，更重要的是將若干受選擇家系飼養在盡可能相同的環境

中，以利比較選擇。家系可以是全同胞或者半同胞的家系，全同胞家系是指由同父同母所繁衍的家系。半同胞家系係由同母異父或同父異母所形成的家系。

(3) 家系內選擇 (within family selection)

家系內選擇是一種家系內的個體選擇，是從家系內選留表型值優的個體培養優良品種。當相同環境下使家系內的差異變大時，在每個家系內選優除劣，可收到較好的結果。

(4) 複合選擇 (combined selection)

將個體選擇和家系選擇結合起來所進行的選擇育種稱為複合選擇，也稱綜合選擇。複合選擇的第一步是進行非親緣關係的雜交，得到一定數量 (5—6 個) 的家系。第二步按家系選擇法養殖的這些家系並鑑定它們的生產性能 (如生長速度、繁殖力、活存率、肉質、體型等)，選出較好的家系。第三步在較好的幾個家系 (一般 2—3 個) 中進行個體選擇。第四步根據子代測定法對性成熟早的某一性別進行鑑定，選出這種性別的優良親本。然後在另一性別成熟時，用同樣的方法選出另一性別的優良親本。

(二) 雜交育種

一般雜交可分為二類，其一為不同科、不同屬或不同種的“種間雜交”，這一類型的雜交又稱為遠緣雜交，除可作為品種改良工具外，由於子代大都喪失生殖能力，因此可用來控制子代性別比例。另一類係同一種但不同品系或不同品種的“種內雜交”，通常此類雜交子代仍具有生殖力。種內雜交又可分為近親交配與非親緣交配。近親交配會

提高子代基因的純合性與遺傳穩定性。但同時也引起某些有害隱性基因由雜合態轉變為純合態而導致近交衰退。

1. 雜交育種原理

雜交育種的結果會：增加變異性、增加異質性、產生親本綜合優良性狀、產生親本所沒有之性狀、產生雜交優勢及缺少親本某些性狀等。經過一段時間的隔離養殖，不同養殖族群可能在不同的基因座隨機累積有害等位基因。為降低隱性有害等位基因頻率和增加個體間的加性遺傳變異，要利用不同野生族群和人工養殖族群間的雜交以建立綜合基礎族群。因雜交掩蓋了隱性有害等位基因的負面效果，基礎族群評估的性狀優於父母本族群性狀。因此，雜交可以說是一種補償人工養殖族群近交衰退的策略。

2. 雜交育種方法

透過雜交育種，可以產生雜交優勢或育成新品種。一般雜交育種分法可分為：

(1) 增殖雜交育種

經由一次雜交，從雜交子代優良個體的繼代自群交配後代中選育成新品種。通常，增殖雜交需強化選擇育種原則，由於遺傳基因自由組合，自子 2 代起，不但產生具有親本優良性狀的子代，也會產生具親代缺點子代，同樣也形成性狀介於親本間子代。因此，若不注意選種，任其近交則易引起隱性有害基因的表現與擴大，使雜交優勢減少甚或消失。所以要做好選種工作，以便增加有利基因頻率，減少有害基因，讓優良性狀基因逐漸純化並穩定，才能達到育種效果。

(2) 回交育種

利用雜交子代與親本之一相互交配，以加強雜交世代某一親本性狀的育種方法。假設育種的目的是想要把某一品種 (A) 的一個或幾個經濟性狀導入另一品種 (B) 中，則採用回交育種是較合適的方法。其步驟： $A \times B \rightarrow F_1 \times B \rightarrow F_2 \times B \rightarrow F_3 \times B \dots$

回交也受遺傳的分離、自由組合和連鎖互換的定律調控，所以，回交子代並不都具有導入的性狀，因此，要選擇具有導入性狀作親本。如果導入性狀只涉及一對或幾對顯性基因，要選擇性狀就較容易。反之，要導入的性狀是數量性狀或受隱性基因所控制，則選擇就較為困難。此外，若要把兩個品種的優良性狀綜合在一起，則需將兩個品種的雜交子代先與一個親本回交之後，將第一子代回交種與另一親本回交，如此交替回交幾代，就可避免近親交配，又可綜合保留兩個品種雙親優良性狀，這種回交方法稱之為交替回交育種。回交育種進行幾代後，要自家繁殖以使得雜交後代的優良性狀可以穩定傳下去，以形成大的族群品種。

(3) 綜合雜交育種

以 3 個 (或以上) 品種或群體的優良性狀，通過雜交結合在一起，產生雜交優勢或培育成新品種的育種方法。綜合雜交可分為雙交或三交。雙交是由 4 個品種所構成的兩個單交種再次雜交，即 $(A \times B) \times (C \times D)$ 。三交係由 3 個品種所組成的雜交即 $(A \times B) \times C \rightarrow ABC$ 。

(4) 經濟雜交育種

指利用雜交一代優勢的雜交方法。目前魚類雜交以本法較常見。如果雜交子代的某

些性狀優於親本，稱之為雜交優勢，此雜交優勢常具有經濟性狀，故具有雜交優勢的雜交方法又稱之為經濟雜交育種。雜交優勢程度，常以雜交子代主要性狀表型之平均值超出兩親本同一性狀表型平均值的百分比來表示，即：雜交優勢 (%) = (雜交子代表型平均值 - 親本表型平均值) / 親本表型平均值 $\times 100\%$ 。

雜交優勢多出現在種內雜交，但雜交優勢受到遺傳上分離定律的影響，在子 2 代無法保持。雜交優勢出現在種間雜交的情況只有產生有繁殖力的子代及產生不孕子代二種。要做雜交優勢育種，應依循下列原則：

- A. 確定雜交優勢的雜交組合：產生雜交優勢的親本組合必需具備能夠雜交且子代生產性能 (如：成長率、活存率、抗病力等) 優於親本的特點。
- B. 親本種質要純：親本較純易獲雜交優勢，反之，混雜的親本將弱化雜交優勢。
- C. 嚴禁子代與親本混雜：雜交子代萬一與親本族群混雜，則親本族群的生產性能會減弱，因此，為了保存親本純度，雜交種應管控在小水域下養殖。
- D. 親本間性狀互補性要強：一般而言，親本間的親緣越遠，親本間顯現性狀的優缺點，能夠發揮較大的互補性，以利產生雜交優勢。
- E. 親本間的遺傳變異要大：親本間生物學差異，如地理分布、生態習性及主要性狀等若有明顯差別，則雜交子代的遺傳變異較大，容易產生雜交優勢。

(三) 標誌輔助育種

隨著分子生物技術的快速發展，各種基因體分子標誌記錄與數量性狀基因座 (QTL) 相關連的知識，對於標誌輔助育種策略助益很大，能有效且加速傳統遺傳育種

工作。這種以生物技術輔助傳統選擇育種的方法，稱為標誌輔助育種。其中，較常用且較基本的方式有：擴增片段長度多型性、微衛星 DNA 及數量性狀基因座分析等。



豹鰐 (*Plectropomus leopardus*)



象牙鳳螺 (*Babylonia areolata*)



三棘蠟 (*Tachypleus tridentatus*)



庫達海馬 (*Hippocampus kuda*)



油彩蠟膜蝦 (*Hymenocera picta*)



亨氏活額蝦 (*Cinetorhynchus hendersoni*)

水產試驗所澎湖海洋生物研究中心水產生物種原庫部分保種種類



莫三比克吳郭魚
(*Oreochromis mossambicus*)



歐利亞吳郭魚 (*Oreochromis aureus*)



斯皮路勒吳郭魚
(*Oreochromis spilurus*)



臺灣鬥魚 (*Macropodus opercularis*)



條紋二鬚鯉 (*Puntius semifasciolatus*)



高體鰱鰻 (*Rhodeus ocellatus ocellatus*)

水產試驗所淡水繁養殖研究中心水產生物種原庫部分保種種類



眼斑海葵魚(*Amphiprion ocellaris*)



鞍斑海葵魚(*Amphiprion polymnus*)



克氏海葵魚(*Amphiprion clarkia*)



藍刻齒雀鯛(*Chrysiptera cyanea*)



灰刻齒雀鯛(*Chrysiptera glauca*)



摩鹿加雀鯛(*Pomacentrus moluccensis*)

水產試驗所東部海洋生物研究中心水產生物種原庫部分保種種類

四、結語

根據 FAO 報導，2011 年世界養殖產量約 8,400 萬公噸，較前一年成長約 7.2%，已逐漸趨近漁撈產量（約 9,500 萬公噸）。今後漁撈量會維持在 9,000 萬公噸左右，而水產養殖產量則有其極大的發展空間，水產養殖勢必成為未來永續生產動物性蛋白源的主流。然而，現階段全世界約有 90% 的水產養殖來自野生或未經品種改良的種苗，而造成天然資源的浪費與不當利用。因此，如果能透過品種改良，即育種方式來生產種苗，據估計，在 2020 年以前，全球水產養殖產量將有 1 倍以上的成長，水產種原之保種與育種的重要性，由此便可略見端倪。

本所水產生物種原庫的種原保存工作，主要分為選種、育種、保種以及種原資料的建立等。在育種方面，仍以傳統的選擇

育種與雜交育種為主，生物技術之標誌輔助育種為輔，希望在相輔相成的機制下，能加速達成育種目標。本所位於鹿港的淡水繁養殖研究中心水產生物種原庫，就透過雜交選育的方式，找出歐利亞吳郭魚與性別相關的分子標誌，只需進行 F1 的選育，即能確認性別相關標誌的存在。如此以遺傳標誌建立具功能性意義的家系（或品系），可以直接以分子標誌來進行品系的選育，便可加速育成商業化品種。今後本所各種原庫之營運除本此原則執行外，對於管理工作之運作方式與內容，應隨時參考國內外學者專家的意見，作彈性的改進與調整，期能做好保種與品種改良工作，俾對產業永續經營略盡綿薄之力。

註：本文主要取材自吳仲慶（1996）水產生物遺傳育種學。

近親交配與養殖育種

一、前言

生物多樣性的觀念，是當前全球的潮流，世界各國莫不有計畫的積極落實執行。養殖經濟水產生物或本土原生水產物種也是生物多樣性的一環，自不能置身事外。因此，水產生物不論經濟性養植物種或非經濟性保育物種的保種工作就顯得格外重要。此外，由於生態環境遭受破壞、河川水域受到污染，人為不當捕撈及外來種的入侵等，造成本土性水產生物族群之減少，甚至有瀕臨滅絕的危機，實在有必要建立水產生物種原庫以保存優良種原與遺傳資源，並經由選種、育種之研究，保存、改良或開發新品種，以達到養殖品種多樣化與永續利用之目標。

種原庫運作的主要工作不外選種、育種與保種。在選種方面，只要先鑑定種名，然後瞭解其生理、生態及相關養殖特性後，便可把種選好，由於這方面的技能較不成問題，所以在此不加贅述。本文旨在闡述：在育種方面，如何利用選擇育種、雜交育種以及標誌輔助育種方法；而在保種方面，如何確保有效族群數量，以避免近親交配導致的近交衰退等理論觀念，希望對水產生物種原庫的營運規劃，有參考借鏡之處，俾利種原庫運作之順利推展。

二、近親交配的類型

所謂近親交配 (inbreeding, 近交) 係指有親緣關係的個體互相交配，使得這個群體的純合基因型增加的現象。又分為 3 個類型：(1) 族群內非隨機的交配：如某個體兩親本間之親緣關係比群體內任意兩個體間之關係更近，則認為該個體是近交產生。大多數人工繁殖親本族群屬此類型，因為是小族群，所以近親交配無法避免，從而導致純合基因座的增加；(2) 族群分離引起的交配：一大族群分成數個獨立亞群，主要因族群大小限制與遺傳漂移 (隨機分組引起基因頻度的變化) 所致；(3) 近親交配引起的交配：共同祖先的父母本相互交配引起者。

三、有效族群數與近交率

有效族群數 (N_e) 係指維持某一保種族群一定的遺傳特性並避免發生近親交配的最低保存數量。(1) 如果親本雌雄數目不同，則有效族群 $N_e = 4(N_f \times N_m)/(N_f + N_m)$ ：其中， N_f ：雌性親本數， N_m ：雄性親本數。如果雌：雄不是 1：1，則會比使用親本數小得多；(2) 如果每個親本產生後代數不同，則有效族群數 $N_e = (2N-1)/(1+V_f)/2$ ： V_f ：親本間後代均方差，如果後代數相同 ($V_f = 0$)，則有效族群數 $N_e = 2 \times (\text{親本數})$ ；(3) 遺傳漂移引起之近交率 (inbreeding rate, IR) 約為有效族群數 2 倍的倒數，即 $IR = 1/(2N_e)$ 。

四、近交係數

近交係數 (inbreeding coefficient, F) 是衡量被選擇 (天然或人工) 物種近交衰退的指標。可衡量某個體任一基因座的兩個等位基因來源於同一個祖先基因的概率，亦可推測某個體某基因座在其後代中純合的機率。

族群中每個個體的近交係數 (F_x)，可根據含有全部共同祖先的家譜計算：

$$F_x = \sum (1/2)^{(n_1+n_2+1)} (1+F_A)$$

n_1 ：共同祖先與該父本的世代間隔數

n_2 ：共同祖先與該母本的世代間隔數

F_A 是共同祖先本身近交係數

例如全同胞家系的兄妹交配 (full sib-mating)，產生之後代有兩個共同“祖父本”和“祖母本”，如祖父本攜兩個不同等位基因，每個基因傳給“父本”的機率為 50%，而“父本”傳給該個體也是 50%，同理，“祖母本”、“母本”傳給該個體也都是 50%。因此，“祖父本”和“祖母本”中任一等位基因在該個體中純合的概率均是 $0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.125$ 即 12.5%，所以全同胞兄妹交配後代的近交係數 $12.5\% + 12.5\% = 25\%$ ，意即兄妹交配後代 25% 基因座是相同的。

$$F_x = \sum \{ (1/2)^{(n_1+n_2+1)} (1 + F_A) \} = \sum \{ (1/2)^{(1+1+1)} (1 + 0) + (1/2)^{(1+1+1)} (1 + 0) \} = (1/2)^3 (1 + 0) + (1/2)^3 (1 + 0) = 0.125 + 0.125 = 0.25$$

五、近交衰退

近交常導致某物種表型性狀的降低，此現象稱為近交衰退 (inbreeding depression)。

(一) 近交衰退對性狀之影響

近交衰退對與適應性有關的綜合性狀，如活存率、繁殖力及競爭力等，比對形態之影響更易表現。

(二) 引起近交衰退之機制

1. 顯性假說

近交族群內，突變－選擇平衡產生大量的隱性或近隱性有害基因而產生近交衰退。

2. 超顯性假說

雜合基因座具有雜合優勢，近交使得雜合子減少而引起性狀衰退。

(1) 假設一個基因有兩個等位基因 A 與 a 。

其中， A 是個正常的等位基因， a 是個有害的等位基因。在大族群中，純合子出現頻率是該等位基因頻率的平方，在隨機交配下，有害等位基因的純合型 aa 個體非常少，大多數有害等位基因的作用很難看到。

(2) 在擁有 3 種基因型的個體中，等位基因 A 相對於 a 是優勢基因， AA 型是健康的，而 Aa 型基因也是健康的， aa 型則是隱性的有害性狀因而降低個體的健康。

(3) 在一大族群中，等位基因 aa 出現頻率很低，通常是以雜合子 Aa 形式出現，而雜合子個體也總是與 AA 型純合子個體交配。 $AA \times Aa$ 產生後代基因為 AA 或 Aa ，因而隱性有害等位基因 a 的作用被掩蓋。(4) 如有親緣關係的個體發生交配時，且兩個體基因型均為雜

合狀態，即 $Aa \times Aa$ ，則後代約 25% 基因為 aa 純合子，可見均為雜合而有親緣關係個體間的交配，可能產生某些隱性的有害等位基因作用。

六、有害突變與遺傳負荷

突變即基因在複製過程中發生 DNA 的置換、缺失或插入。有些突變因輕微變化，不會改變 DNA 最終產物而不產生影響。每代每個雙倍體基因組可產生一個有害突變—意即平均每個個體存在一個父母雙方都不具有的有害突變。有害突變基因構成了族群的遺傳負荷。

有學者認為，一個高等生物的所有基因座的遺傳負荷大約是 100 個有害等位基因，一個有害突變的純合型使適應性性狀降低 1—2%。由此推之，一個水產生物種由近交使所有基因座純合，即 $F = 1$ ，其適應性狀的衰退足使該物種滅絕。

七、清除遺傳負荷

自然族群在一定程度上的正常近交能清除有害基因，族群因此對近交衰退不敏感。完全隱性等位基因比部分隱性等位基因更容易通過近交被消除，因為致死性等位基因大多數是典型的隱性基因，而較小作用的有害等位基因很少表現，因此較難清除。研究發現，因為由遺傳隨機漂移而被固定的等位基因較少，大族群緩慢近交比小族群的全同胞快速近交能更有效清除有害等位基因。

八、近交對遺傳變異、環境適應及育種雜交之影響

(一) 對遺傳變異之影響

1. 近交降低了族群內的加性遺傳變異

族群內加性遺傳變異 (V_{Aw}) 與父母本的近交系數 (F_p) 在一定程度內成反比，即 $V_{Aw} = (1 - F_p)V_A$ ，其中， V_A ：父母本族群的加性遺傳變異，加性遺傳變異減少的原因可能是：(1)純合基因座的增加；(2)等位基因減少，導致後代等位基因組合數減少，降低了孟德爾定律中的自由組合數。

2. 近交增加了族群間加性遺傳變異

不同族群固定了不同等位基因，近交可增加族群間加性遺傳變異 (V_{Ab})，其與近交系數 F 呈正比，即 $V_{Ab} = 2FV_A$ 。

(二) 對環境的影響

近交增加了族群對環境的敏感性，近交族群在不同環境表現不同，顯示有害突變基因在某些環境下表達增強，或更多有害等位基因得到表達，也反應出這些族群內加性遺傳變異減少。

(三) 對育種雜交之影響

緩慢近交（近交率低於 2.5%），其每 10% 的近交，引起的平均衰退約為 2.4%。快速近交（近交率高於 10%），其每 10% 的近交，引起平均衰退約為 7.3%，約為前者 3 倍，即全同胞近交比族群育種的緩慢近交引起衰退高 3 倍以上。全同胞兄妹交配 1 代之近交系數為 25%，而後兩代分別為 37.5% 及 50%。

根據研究報告，魚類雜交可能出現 50%

的雜交優勢 (heterosis)。如前所述，3 代全同胞兄妹交配，其近交係數達 50%。這種快速近交，每增加 10% 的近交係數，其近交衰退增加 7.3%，如此估算，3 代近親交產生之近交衰退足以抵銷雜交優勢。

人工養殖族群屬小群體，無法避免近交問題，只有仰賴增加有效族群數才能抑制。如果養殖有效族群數大於 50，則隱性有害等位基因的頻率很小且大都存在於雜合子中，鮮少出現近交衰退，即使出現，也由於基因雜合個體之性能較優，而在自然或人工選擇中被淘汰。

九、選擇育種

選擇育種 (breeding selection) 亦稱之為遺傳育種，是魚類繁殖與品種改良的傳統而有效的方法，係利用生物的遺傳變異性 (genetic variation)，按照自己的意願迅速選擇、固定和發展對人類有益的變異，最後分離出優良性狀，並與原來族群隔離，形成人們要求的新品系，如進一步達到穩定性狀與經濟價值而可繁殖推廣者，便可成為新品種。

(一) 選擇育種理論

選擇育種是唯一從遺傳學上提高優良野生物種性能之方法，此法係利用個體間的加性遺傳變異。其理論基礎有 2 個假設：(1) 近交增加隱性有害等位基因的表達，引起繁殖或生長性能之衰退；(2) 表型性狀的改良取決於選擇強度與性狀的加性遺傳的變異程度。

加性遺傳變異是指候選族群的育種值變化，而選擇強度指選擇個體佔候選總數之比例。通過控制連續近交，使選育族群的選擇效應最大化與長久化。

(二) 選擇育種方法

選擇育種的方法，常用的有下述幾種：

1. 個體選擇

以每一個體的表型值大小為選擇依據稱為個體選擇。該方法在混合群體裏進行，將入選個體混養在一起，任其交配，繁殖子 1 代，再從後代中選擇表型好的個體繁衍子 2 代，如此，反復進行選擇，直至形成新品種。因此，個體選擇又稱混合選擇或集體選擇。

2. 家系選擇

以整個家系為選擇或淘汰的單位，所以，被選擇的家系之間應該彼此隔離或者標記清楚，各家系的世代應該互不混雜，更重要的是將若干受選擇家系飼養在儘可能相同的環境中，以利比較選擇。家系可以是全同胞或者半同胞的家系，全同胞家系是由同父同母所繁衍的若干家系。半同胞家系是由同母異父或同父異母所形成的若干家系。

3. 家系內選擇

從家系內選留表型值高的個體培養優良品種。當共同環境使家系內的差異變大時，在每個家系內選優除劣可得到較好的結果。

4. 複合選擇

將個體選擇和家系選擇結合起來所進行的選擇育種稱為複合選擇，也稱綜合選擇。複合選擇的第一步是進行非親緣關係的

雜交，得到一定數量（5—6 個）的家系。第二步按家系選擇法養殖的這些家系並鑑定它們的生產性能（如生長速度、繁殖力、存活率、肉質及體型等），選出較好的家系。第三步在較好的幾個家系（一般 2—3 個）中進行個體選擇。第四步根據子代測定法對性成熟早的某一性別進行鑑定，選出這種性別的優良親本。然後在另一性別成熟時，用同樣的方法選出另一性別的優良親本。

（三）選擇育種的成功例子

1. 自 1932 年開始，經過 35 年的選種，才培育出生長快且生殖能力強的虹鱖優良品種。
2. 中國荷包紅鯉是利用個體選擇與家系選擇，經過 11 年連續 6 代的選育而成。另外，彭澤鰱也是經過 7 年，6 代選育成功的品種。
3. Longalong 等（1999）對菲律賓尼羅吳郭魚 3 代家系選育，培育出性腺晚熟的品系。
4. Bolivar 等（2002）對由 4 個品系雜交育成的尼羅吳郭魚基礎群，連續 12 代的家系內選育出平均每代體重提高 12% 的選擇效應。

十、雜交育種

一般雜交可分為二類，其一為同種但不同品系的“種內雜交”，通常此類雜交子代仍具有生殖力。另一類係同屬或同科但不同種的“種間雜交”，這一類型的雜交，除可作為品種改良工具外，由於子代大都喪失生

殖能力，可因此用來控制子代性別比例。

（一）雜交育種理論

從隱性有害等位基因角度來看，雜交優勢是近交衰退的一種補償，透過不同近交“族群間”的交配，掩蓋隱性有害等位基因。經過一段時間的隔離養殖，不同養殖族群可能在不同的基因座隨機累積有害等位基因。

為降低隱性有害等位基因頻率和增加個體間的加性遺傳變異，要通過不同野生族群和人工養殖族群間的雜交以建立綜合基礎族群。因雜交掩蓋了隱性有害等位基因的負面效果，基礎族群評估的性狀優於父母本族群性狀。因此，雜交可以說是一種補償人工養殖族群近交衰退的策略。

（二）雜交育種方法

1. 增殖雜交育種

經由一次雜交後，從雜交子代優良個體的繼代自群交配後代中選育成新品種。

2. 回交育種

利用雜交子代與親本之一相互交配，以加強雜交世代某一親本性狀的育種方法。

3. 綜合雜交育種

以 3 個（或以上）品種或群體的優良性狀，通過雜交結合在一起，產生雜交優勢或培育成新品種的育種方法。

4. 經濟雜交育種

指利用雜交一代優勢的雜交方法。目前魚類雜交，以本法較常見。

（三）雜交育種的成功例子

1. 種內雜交

- （1）荷元鯉係荷包紅鯉（♀）× 元江鯉魚

(♂) 的子一代(F₁)，子代具有父本體長與母本體高背厚的優點，且有成長快於親本的雜交優勢。

(2) 中國建鯉係由荷包紅鯉 × 元江鯉，以增殖雜交育種方法，經過 4 代家系選育形成新品系，然後與子 2 代的連續雌核發育子 2 代交配育種而成，具有個體大、成長快之優點。

(3) 利用 4 個亞洲品系與 4 個非洲品系尼羅吳郭魚進行種內雜交，歷經 10 年選育而成的新品種 -GIFT (genetically improved farmed tilapia)，其成長比一般養殖群體快約 30%。

2. 種間雜交

(1) 福壽吳郭魚係莫三鼻克吳郭魚 (♀) × 尼羅吳郭魚 (♂) 的 F₁ 子代，具有體型大、生長快，肉質鮮美，雌雄體型較均勻，耐寒性強的雜交優勢。

(2) 單雄性吳郭魚係尼羅吳郭魚 (♀) × 奧利亞吳郭魚 (♂) 的 F₁ 子代，具有全雄性或高比例雄性子代的特性，能有效的提高吳郭魚的單位面積產量。

(3) 雜交條紋鱸係條紋鱸 (*Morone saxatilis*) (♀) × 白鱸 (*M. chrysops*) (♂) 之 F₁ 子代 (palmetto bass)，或其反交之 F₁ 子代 (sunshine bass)，都具有成長快、調節滲透壓能力強、耐高溫、抗病力強等特性。

(四) 雜交育種的問題

魚類雜交的各種組合，雖然有些產生雜交優勢，有些子代也具生殖力，但也產生劣勢，例如受精率或活存率低於親代。然而，

並非所有具優勢的雜交組合都可當做經濟雜交，例如草魚 (♀) × 團頭魴 (♂) 的 F₁ 子代雖然成長快於團頭魴，抗病力強於草魚，但屬不孕性且活存率低。目前因雜交優勢的遺傳機制尚未清楚掌握，因此，難免造成一些逢機性的雜交育種。此外，許多 F₁ 子代是可孕的，較難控制本身的自交，易造成雜交優勢的分離與衰退。

十一、標誌輔助育種

隨著分子生物技術的快速發展，各種基因體分子標誌記錄與數量性狀基因座相關連的知識，對於標誌輔助育種策略助益很大，能有效且加速傳統遺傳育種工作。這種以生物技術輔助傳統選擇育種的方法，稱為標誌輔助育種 (marker-assisted selection, MAS)。

(一) 擴增片段長度多型性

擴增片段長度多型性 (amplified fragment length polymorphism, AFLP) 是利用 DNA 聚合酶鏈反應 (polymerase chain reaction, PCR)，選擇性的擴增已被限制酵素切割的基因體片段，可有效的表現基因體間的差異。例如吳郭魚即應用此法，展現各原種與雜交種間的特異性圖譜，可供品種辨識之用，同時，也可用來瞭解兩親代遺傳的論點。

(二) 微隨體

微隨體 (microsatellite) 係一段具有重複且連續排列的小 DNA 序列，由於具多樣的重複類型與共顯性遺傳特性，且大量出現

在基因體中的非轉錄區域。因此，可作為族群遺傳親緣鑑定與遺傳標誌等研究用途。在水產養殖魚類的品種改良上有一些成功案例，如嘉鱾、虹鱔與吳郭魚等。

(三) 數量性狀基因座分析

數量性狀基因座 (quantitative trait loci, QTL) 分析係利用微陣體、擴增片段長度多型性等各種分子標誌技術找出與數量性狀基因 (如體長、體高、體重) 有關的座落位置。以具有數量性狀兩極端品系的雜交子代兩親代分別進行反交，再分析子代的性狀，而與微陣體、擴增片段長度多型性等分析結果比對，以確定數量性狀基因座，例如虹鱔之耐溫性與產卵特性等基因座的定位。

利用前述這些 DNA 鑑定及基因定位或作圖譜等技術，可有效的應用在種苗鑑定、遺傳育種以及重要養殖特性 (成長率、活存率、抗病力) 等遺傳標誌的鑑定，這對傳統遺傳育種工作而言，不但可相輔相成，亦可收事半功倍之效。

十二、結語

近親交配是將合意或不合意基因分離和純化的最佳方式，而定向選擇就是依照一定育種目標，選擇合意外表型的個體親本，以選出合意基因型個體來做種原，並將入選為親本的優良個體相互交配，這種方法是選擇育種的基本原則。而選擇育種中，大多數

的選擇效應係來自不同父母本群體的等位基因之定向整合。只有等位基因的加性效應可以有效的遺傳給子代，所以育種群體中應儘可能保留加性遺傳變異。因此，養殖種原保種的數量，要確實堅守有效族群數的原則，以避免近親交配引起的近交衰退。不論採取那一種選擇育種方法，每代的近交係數應控制在 1% 左右，而控制的方法惟有靠建立隔離的全同胞家系育苗作業，以保持更多的加性遺傳變異，才能有效控制近交衰退。

養殖保種經過一段時間的隔離，難免會累積有害等位基因，應利用野生群與養殖群間的雜交或者將種原保存在不同的育種場所，有計畫的定期進行各場所間的親本交換，才可掩蓋隱性有害等位基因的負面效應。

傳統的選擇育種要求選好合適的親本，配合精確的養殖管理系統，雖然需要較長的選育時程，但由於育種效果具有應用價值，所以迄今仍然被廣泛採用。反觀標誌輔助育種目前尚在萌芽階段，隨著科技發展的日新月異，未來完整的 QTL 圖譜將使得基因精確的定位成為可能，如此一來，標誌輔助育種勢必為遺傳育種另闢一條嶄新之路。

註：本文部分取材自 Jørm Thodesen 等 (2005) Inbreeding and its impact on aquaculture. Journal of Fisheries of China, 29(6): 840-856.





以莫三比克吳郭魚 (*Oreochromis mossambicus*) (左上) 與尼羅吳郭魚 (*O. niloticus*) (左下) 雜交育成體型大、成長快的福壽吳郭魚



利用尼羅吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*) 與歐利亞吳郭魚 (*O. aureus*) 雜交產出之全雄單性吳郭魚，可提高成長率



雜交選育出無斑點紅色吳郭魚 (*Oreochromis* spp.)



以條紋鱸 (*Morone saxatilis*) 與白鱸 (*M. chrysops*) 交配產出之雜交條紋鱸

魚類成熟與生殖的調控—以烏魚為例



一、前言

烏魚 (*Mugil cephalus*) 屬於溫水性海水魚類，是熱帶及亞熱帶地區主要的養殖魚種，分布在南北緯 42° 之間 (Lee and Tamaru, 1988)。由於在養殖上具有：(1) 成長快速；(2) 對環境及疾病抵抗力強；(3) 廣鹽性，可在淡水、半淡鹹水及海水養殖；(4) 草食性；(5) 種魚的精與卵可製成高價魚白及烏魚子等有利的條件，因此，使之成為國際上非常普遍的商業化養殖食用魚種。

種魚的成熟、產卵與孵化等人工繁殖技術之確立，是種苗大量生產的先決條件；而一般咸信，惟有藉由成熟與生殖的調控，才是達成此目標的不二法門。由於烏魚人工繁殖技術早已成功 (Kuo et al., 1994; Liao, 1976; Nash and Shehadeh, 1980)，且已建立種魚培育、成熟操控、催熟產卵及繁殖季節調控等技術。因此，本文乃以烏魚為例，介紹利用環境與激素 (hormone) 處理誘發烏魚成熟與產卵的方法，進而調控其繁殖季節，期使種苗的供應能夠穩定且充裕，俾作為其他魚類人工繁殖與種苗生產的參考模式。

二、生殖腺成熟的操控

(一) 養殖池中自然成熟

量足而質優的成熟種魚，乃係種苗生產成敗的關鍵所在。以夏威夷的試驗為例，利

用面積 163 m^2 大小的海水魚池，採流水式養殖，並在池中懸掛繩索以便著生大量底藻、藍綠藻或絲狀綠藻等供種魚攝食，在此天然情況下，烏魚在 4 年齡即可成熟 (Shehadeh et al., 1973c)。另，檢測卵徑及生殖腺成熟指數 (GSI) 發現，烏魚在 10 月底因短日照的刺激而引發卵黃生成作用 (vitellogenesis)，在 2 至 2.5 個月後，達到卵黃最後成熟期 (final maturation stage)。因此，12 月初至翌年 3 月初為烏魚的產卵季節 (Kuo and Nash, 1975)。由於受到天然環境、氣候及水文條件的影響，各地的繁殖季節略有差異。在臺灣淡水池中養殖的 3 年齡烏魚同樣也可以成熟，只要在繁殖前在海水中馴養 3 個月，便可當作人工繁殖用種魚 (Liao et al., 1971)。

(二) 以環境操控來誘導卵黃生成

在 3 月中至 10 月底，烏魚卵黃發育正值休止期 (resting period) 時，分別將之放置於水溫 $17 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 及 $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，並調整光照期為 6 L/18 D，對照組的光照期由 10.5 L/13.5 D—13.5 L/10.5 D，水溫範圍在 $24-28^{\circ}\text{C}$ 。8 週後發現烏魚已開始有卵黃生成作用，而水溫 $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 能有效的促使卵的成熟發育 (Shehadeh et al., 1973a; Kuo et al., 1974a)。但在 17°C 時，卵黃蛋白的堆積有不足的現象，而 26°C 卻會導致卵黃生成作用之停滯而使得卵黃卵 (vitellogenic oocytes) 萎縮。因此由此試驗得知，短日照 6 L/18 D

是卵黃生成作用的首要因素，能引發卵巢的成熟發育，而溫度 21–22°C 則可調整卵黃成熟的過程，二者是相輔相成的。

(三) 以激素或抗雌激素誘發卵黃生成

由於水溫及光照等環境的調控，並不是在每個地方或對每尾種魚都一定有效，且某些種魚的卵巢成熟可能會有生理上的障礙 (physical constraints)，因此，有時要借助激素來克服上述缺失。

1. 孕馬血清促性腺激素 (pregnant mare's serum gonadotropin, PMSG)

以卵巢發育在停滯期 (refractory period, 即 3 月中至 10 月中) 的母魚做測試，其自然光照期為 12–13.5 L/12–10.5 D，水溫範圍在 24–28°C，鹽度為 32 psu。以每克魚體重 1 IU PMSG 的劑量，採肌肉注射，每週 3 次，持續 2 個月。結果發現，雖然 PMSG 可誘發卵黃生成作用，但並不完全，意即無法達到後卵黃期 (postvitellogenic stage)，其原因係水溫 24–28°C 對卵黃生成來說可能過高所致。

2. 抗雌激素 (clomiphene citrate, Clomid)

同樣的，以成熟發育過程中停滯期的母魚，以每克體重 1 µg Clomid 的劑量，每週注射 3 次。持續 2 個月後，卵發育雖可進展到卵黃球期 (yolk globule stage)，但仍然不完全，且卵黃卵有萎縮現象，顯然，還是因為水溫 24–28°C 太高的緣故。

3. 促黃體釋放素類似物 (LHRH-a)

近年來，以 LHRH 或 LHRH-a 來促使卵巢發育成長乃至產卵，已引起學者及業界的廣泛興趣。LHRH-a 曾以埋植 (implantation)

的方式，能夠有效的促使虱目魚卵巢發育 (Lee et al., 1986a, b)。所以，同樣用 LHRH-a 以每公斤魚體重 200 µg 的劑量，埋植於母魚 6 個月後，然而卻沒有檢測出第三卵黃期 (tertiary yolk globule stage) 的成熟卵，顯然，魚對 LHRH-a 的反應低而與虱目魚的結果截然不同 (Lee and Tamaru, 1988)。

(四) 以激素誘導生精作用 (spermatogenesis)

雖然成熟的雄魚較母魚問題少，但在繁殖季節如重複使用，仍然會使精液變得黏稠，且不易擴散，甚或精巢退化。因此，以 17-MT (17 α -methyltestosterone) 每公斤魚體重用 50 mg 的劑量，每 2 天注射 1 次，在 4 週內，即可促使雄魚成熟 (Shehadeh et al., 1973d)。然而，此法費時，且注射部位容易發炎。有鑑及此，Weber and Lee (1985) 以 17-MT 每公斤魚體重每天用 12.5 mg 的劑量，採口投方式，連續 3 週後，雄魚也一樣能夠成熟。再進一步，每週以同劑量口投 3 次，雄魚便可整年成熟。而且，不論在淡水或海水中，只要光照期在 8–18 小時，口投 17-MT 均有效 (Lee and Weber, 1986)。

此外，如改以 2.5 mg 17-MT cester oil (silastic capsules) 或 2.5 mg 17-MT crystalline 等埋植方式均可誘發生精作用，且較之口投 12.5 mg/kg/day，持續 3 週所使用的劑量少，可節省成本 (Lee and Tamaru, 1988)。

由上述這些試驗可以證明，只要種魚達到成熟的年齡與體型後，無論卵發育到什麼階段，都可以利用環境的控制或抗雌性激素、促性腺激素等來誘使種魚成熟。

三、繁殖季節的調控

在天然情況下，母烏受到短日照及低水溫環境的刺激，會激發卵黃生成作用，通常此過程約需 2—2.5 個月的時間，直到卵發育至第三卵黃期。當母魚再次接收環境的訊息，會引起神經內分泌系統作用，從而促使卵發育到最後成熟期，而進一步排卵 (ovulation) 或產卵 (oviposition)。大體而言，此過程在很短的時間即可完成 (烏魚約僅 36 小時)。因此，可以利用環境或激素來調控烏魚的繁殖季節 (Kuo, 1995)。

- (一) 利用低水溫 (21—22℃) 及短日照 (6 L/18 D)，可使烏魚繁殖季節提早在 7 或 8 月。
- (二) 母魚以 PMSG 或 Clomid 處理可誘發卵成熟，如配合低水溫 (21—22℃)，同樣有可能將烏魚的繁殖季節提早 5 個月。
- (三) 在正常的繁殖季節，如水溫降低至 17℃，卵徑會在 2—3 週內發育至 0.6 mm (可以注射激素誘發產卵的卵徑大小)。但如用部分純化鮭魚促性腺激素 (SG-G100, partially purified salmon gonadotropin)，以每天每克魚體重 0.1—6.0 μg 的劑量注射 1 週後，卵便可加速成熟，第 8 天卵徑可達到 0.6 mm 以上。顯然，比單獨用降溫的方法來得有效。因此，水溫與激素之調配可使繁殖季節提早 1—2 個月。
- (四) 後期卵黃卵 (postvitellogenic oocytes) 在水溫升高時，很容易產生萎縮退化現

象。因此，若能保持低水溫，例如：20℃，便可使烏魚的成熟卵黃卵至少維持 5 個月而不至於萎縮。

- (五) 如果用人類絨毛膜促性腺激素 (HCG) 注射，即使繁殖季節已過，成熟卵黃卵也可維持 2 個月不退化。

綜合上述試驗的結果，藉由環境及激素的操控，可以提早卵的發育或延後成熟卵退化的時間，而使得烏魚整年都可繁殖產卵。

四、人工繁殖

一般而言，自然產卵較之人工繁殖，不但受精率高，且種魚也不會受到嚴重的傷亡。所以，自然產卵乃係當前種苗生產的發展趨勢。但在尚未建立自然產卵技術前，人工繁殖便成為唯一的種苗生產手段。人工繁殖的方法需借助激素的注射來促使種魚成熟排卵，常用的激素有：SG-G100、HCG、腦下垂體 (pituitary homogenate, PH)、皮質類固醇 (deoxycorticosterone, DOC) 及 LHRH-a 等，茲分別介紹如後：

(一) SG-G100

利用 4 年齡成熟母魚，在鹽度 18—32 psu 範圍下，注射 SG-G100，其劑量可以公式 $Y = 74.937 - 87.335 X$ 估算，其中，Y 係激素的劑量 (μg/g BW)，X 是開始打針時的卵徑 (mm)。通常，第 1 針打全劑量的 1/3，第 2 針在隔 24 小時後打剩餘的 2/3 劑量。打第 2 針後約 12 小時，便可採卵，其受精率約在 81—98% (Shehadeh et al., 1973b; Kuo et al., 1974b)。



(二) HCG

以試藥級 HCG，如：APL (Ayerst) 或 Antuitrin (Purker-Daris) 等，總劑量以每克魚體 50—60 IU，分二針注射，間隔 24 小時，在第 2 針後 11.5—16 小時可誘發產卵，其受精率為 84—98% (Kuo et al., 1973)。值得注意的是，HCG 對烏魚的有效劑量遠高於其他海水魚種，如黑鯛的 1.0—1.5 IU/g BW (Lin and Yen, 1980) 及虱目魚的 1.5 IU/g BW (Kuo, 1985)。更高於其他淡水魚類，如雜交條紋鱸的 0.3 IU/g BW (Liu et al., 1998)。

(三) 腦下垂體

許多試驗證實魚類的腦下垂體，能有效的促使最後階段的卵黃成熟 (final oocyte maturation)，也就是說可誘使第三卵黃期發育到卵核居中期 (subperipheral germinal vesicle stage)，而且，腦下腺也較 HCG 節省成本。因此，在臺灣早期即已嘗試單獨使用烏魚的腦下垂體 (MPH)，雖然可引發產卵，但效果不好，所以後來在注射 MPH (2.5—6/kg BW) 之同時也混合使用 Synahorin (50—60 RU/kg BW)，結果發現效果較佳，受精率在 62—100% (Liao, 1976, 1977)。此外以鯉魚腦下垂體 (CPH)，每克魚體 55—66 µg 的劑量打第 1 針，而第 2 針改打每克魚體 33 IU 劑量的 HCG，也很成功的誘發產卵，且受精率在 77—95% (Kuo et al., 1973)。

(四) DOC

由於 HCG 價格較貴，且有時候不易取得，於是有學者研究以皮質類固醇來替代的可行性。經試驗得知，單獨用 DOC，不但無法讓卵達最後成熟期，反而會使卵退化。

但假使第 1 針先打 CPH (50—70 µg/g BW)，第 2 針再 DOC (100—120 µg/g BW)，則在第 2 針後 11—16 小時，便可成功的誘導產卵，其受精率達 82% 左右。此外，倘若以 S-G t H (即 SG-G100) 以 5—8 µg/g BW 打第 1 針，然後以 50—100 µg/g BW 劑量的 DOC 打第 2 針，則在 12—23 小時後能引發產卵，受精率在 76—91% 之間 (Kuo, 1982)。

(五) LHRH-a

前已述及，使用 HCG 成本較高，而魚類腦下垂體往往又因魚的成熟度與身體狀況的差異，以及製備與保存方法的不同，使得其效果極不穩定。因此，除了前述類固醇的利用外，LHRH-a 是目前專家們積極努力開發的方向，以期找出方便有效且節省成本的催產方法。

烏魚單獨以 LHRH-a 注射 2 針，間隔 24 小時，總劑量為 300—400 µg/kg BW，其成功率約 68.4%，受精率在 7—95%，但假使第 1 針用 CPH 20 mg/kg BW，第 2 針用 LHRH-a 200 µg/kg BW，則母魚在第 2 針後 11.5—20 小時產卵，其成功率可提高至 94.1%，受精率也在 28—99% (Lee et al., 1987)。因此，就實用與節省成本的角度來看，以第二種方法較佳。但是有一點與 HCG 的情形一樣，使用的有效劑量，遠高於其他魚種，如：草魚及青魚 (Peter, 1988)。

五、結語

烏魚生殖的調控，長久以來一直是生物學家及養殖業者很有興趣的研究主題，經過

不斷的努力，對其成熟生理有了更深一層的瞭解，已能運用環境及激素輔助的方法，來誘發烏魚的成熟排卵，進而可調控繁殖產卵

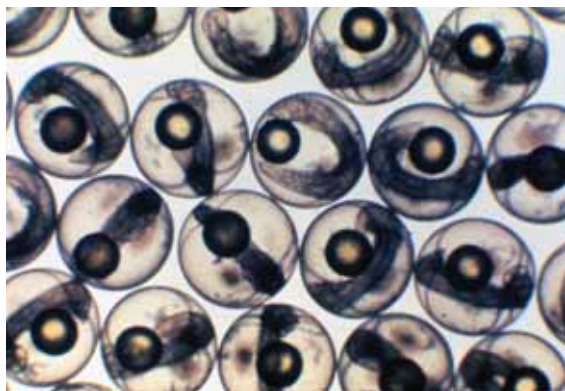
的季節，再配合開發成功的人工繁殖技術，可以說已奠定了今後種苗大量生產的基礎。



烏魚種魚



催熟後之卵巢



胚胎卵



剛孵出之幼苗

利用環境條件的控制，如短日照 (6 L/18 D) 及低水溫 (21–22°C) 處理，能夠促使烏魚卵發育到第三卵黃期 (卵徑 0.6 mm 以上) 可以做人工繁殖的成熟卵。此外，以 PMSG 或 Clomid 來刺激卵成熟應該是可行的，惟應注意水溫不宜過高，否則會失效。由於烏魚具有很強的多巴胺抑制作用 (dopaminergic inhibition)，如以 LHRH-a 用相同於虱目魚的劑量來誘導，恐無法達到預期效果。因此有進一步探討其使用劑量及投予方法的必要，也許烏魚的成熟調控機制與虱目魚不同，除激素外，還要配合環境的刺激。

以低水溫 (21–22°C) 及短日照 (6 L/18 D) 處理種魚，繁殖季節可以提早 5 個月；而在種魚產卵後，保持水溫不要超過 20°C，能夠使成熟卵在 5 個月內不會退化。除此之外，用 PMSG 或 Clomid 處理，再配合 21–22°C 的水溫，也同樣能使種魚提早 5 個月成熟。因此，由環境及激素的作用，便可調控烏魚的繁殖季節，有利於計畫性的種苗生產，就養殖產業而言，具有其正面意義。

魚類人工繁殖所使用的各種催熟藥劑，雖然都能成功的誘發產卵，但卻有其使用上或效益上的缺失。魚類腦下垂體往往因個體成熟度之差異而變化很大，且製備與保存的方法不同也會影響其品質，加之，其藥效也很難標準化，因而就商業化大規模而言，有其使用上的缺點。HCG 常被用來當作魚類的催產激素，但有些魚種，如烏魚的有效劑量高出其他魚種數十倍，且 HCG 本身也較昂貴，因此大量使用也有增加種苗生產成本的弊端。而且，有些魚類對 HCG 會產生抗體而

減低其藥效；此外，久藏也會失去藥效。有鑑及此，研究人員乃嘗試使用皮質類固醇，如 DOC 來替代 HCG，倘能配合 CPH 使用，同樣能成功的誘發產卵，便可節省生產成本。

另一方面，人工合成的 LHRH-a，由於品質一定、貨源穩固、便宜且效果不錯，所以，被認為是另一種值得開發應用的催熟激素。但是烏魚對 LHRH-a 的反應與 HCG 一樣，其有效劑量高於其他魚種，可能也是因為烏魚的多巴胺抑制作用的結果。由於促性腺激素係受到促性腺激素釋放素 (GnRH) 及促性腺激素抑制素 (GnIH) 二種正、負迴饋刺激的影響，而 GnIH 即一般的多巴胺 (dopamine)，因此，利用多巴胺的拮抗物 (antagonists) 如 pimozide 或 domperidone，來強化 LHRH-a 使用的效果。這方面某些魚種已有成功的先例 (Peter et al., 1988)。

魚類卵發育並成熟排卵的誘導激素，除了促性腺激素外，還有成熟促進因子 (maturation promoting factor) 及成熟誘導類固醇 (maturation inducing steroid, MIS)。MIS 又分二類，其中的一類係前面提過的 DOC。另一類則屬於黃體激素，如：17 α , 20 β , dihydroxy-4-pregnen-3-one (17 α , 20 β DP) 以及 17 α , 20 β , trihydroxy-4-pregnen-3-one (17 α , 20 β TP) 等，已經被證實對一些魚類有效 (Thomas and Trant, 1989)。

此外，激素催熟處理的時機，應配合天然繁殖季節的盛期，才會有較佳的效果，也才能提高種苗生產的成功率。

註：本文主要取材自 Kuo (1995) Manipulation of ovarian development and spawning in grey mullet, *Mugil cephalus* L. Bamidgeh, 47: 43-58.

水產種苗自動化生產模式之研發



一、前言

臺灣早期的重要養殖淡水魚類：草魚 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鯪魚 (*Aristichthys nobilis*) 等養殖歷史悠久，迄今已有百餘年，一向都利用天然湖泊、池沼、灌溉用蓄水池或水庫進行粗放或半集約式養殖，在提供臺灣 60 年代動物性蛋白質來源方面，扮演極為重要的角色。然而，在 1964 年以前，由於種苗生產技術尚未開發成功，所以臺灣養殖所需的魚苗全部仰賴國外進口，每年約需 3—4 千萬尾，不但浪費外匯，且數量有限，往往發生供不應求的現象。

因此，臺灣乃自 1959 年起，由水試所臺南分所（現已更名為海水繁養殖研究中心）開始進行草鯪魚的人工繁殖研究，並先後於 1961、1962 年在阿公店水庫調查發現自然產卵的草鯪魚苗，並採得受精卵，成功的孵出魚苗，證實草鯪魚可以在臺灣天然環境中繁殖。隨後在 1963、1964 年更進一步利用阿公店水庫捕獲的草鯪魚種魚，予以人工繁殖成功。水試所竹北分所（現已更名為淡水繁養殖研究中心竹北試驗場）也在同年（1964）以池中培育成熟的草鯪魚成功的繁殖出幼苗。繼之在 1965 年，民間魚池養成的草鯪魚同樣可做為人工繁殖之種魚。至此，人工繁殖技術可以說已大功告成，不但奠定臺灣日後水產種苗繁殖的基礎，而且此項技術經推廣至民間繁殖業者

後，30 年來一直沿用迄今。

草鯪魚傳統的人工繁殖方法，種魚必需經過激素（或鯪魚腦下腺）催熟處理，其過程不但耗時而且費力。通常需先打二針，第一針在傍晚 18:00 許，第二針間隔 6 小時，約在午夜 24:00 左右。第二天清晨，又要每隔約 1 小時檢查母魚的成熟、排卵情形，否則若過早檢查，會使種魚受到壓迫（stress）而影響產卵，但是如果延遲檢查，則過熟卵也會導致受精率的降低；因此，需先瞭解卵質後，才能掌握適當採卵時機。此外，多次的撈捕也會造成種魚的傷害。一旦發現時機成熟，則需立刻進行人工採卵、人工授精，然後洗卵數次後，以人工將受精卵放入孵化網，這些作業也極浪費人力與時間。有鑑於此，乃著手研究誘發草鯪魚自行產卵，進一步開發自動收卵、孵化及幼苗輸送的技術。另，也探討澳洲銀鯪 (*Bidyanus bidyanus*) 及美國雜交條紋鯪 (*Morone saxatilis* × *M. chrysops*) 應用此套模式自動化生產種苗之可行性。

二、自動化種苗生產模式之建立

考量傳統草鯪魚人工繁殖技術操作與效率之缺點，自 1993 年起，水試所竹北分所乃著手研發草鯪魚自動化種苗生產技術，於 2000 年成功建立了生產模式，此模

式係由產卵池、過濾池、孵化池、一些孵化吊網、育苗池及相連接的管路所組成，其系統模式如圖 1。

利用此模式，雌雄種魚都只打一針催熟劑後，放入裝有 4 個同方向入水口的圓形產卵池，因水流的刺激，種魚約 10–12 小時後（依水溫及種魚成熟狀況而定），開始發情並有追尾行為。追尾時，雄魚頭部靠近雌魚腹部並游，每次約 30 秒至 1 分鐘才離開。追尾行動約 3–5 分鐘一次，愈接近產卵期，愈頻繁。臨產卵時，追尾行動更為激烈，

而且愈來愈接近水面，因而會引起大的漩渦或波浪。產卵時，雌魚停止游動，全身痙攣，雄魚緊靠，通常雌魚在上、雄魚在下，而且二者腹部相向，稍向水面，同時產卵、排精。產卵行為持續約 5–6 秒鐘才完成，然後雌雄分開。

由於產卵池有同方向的噴水，會造成迴流使受精卵能夠導向池底中央的涵管口集中，因產卵池與孵化池水位差的關係，受精卵不但可以自動經由涵管均勻的流入每個孵化網，並因此使得卵在網內可以保持滾動

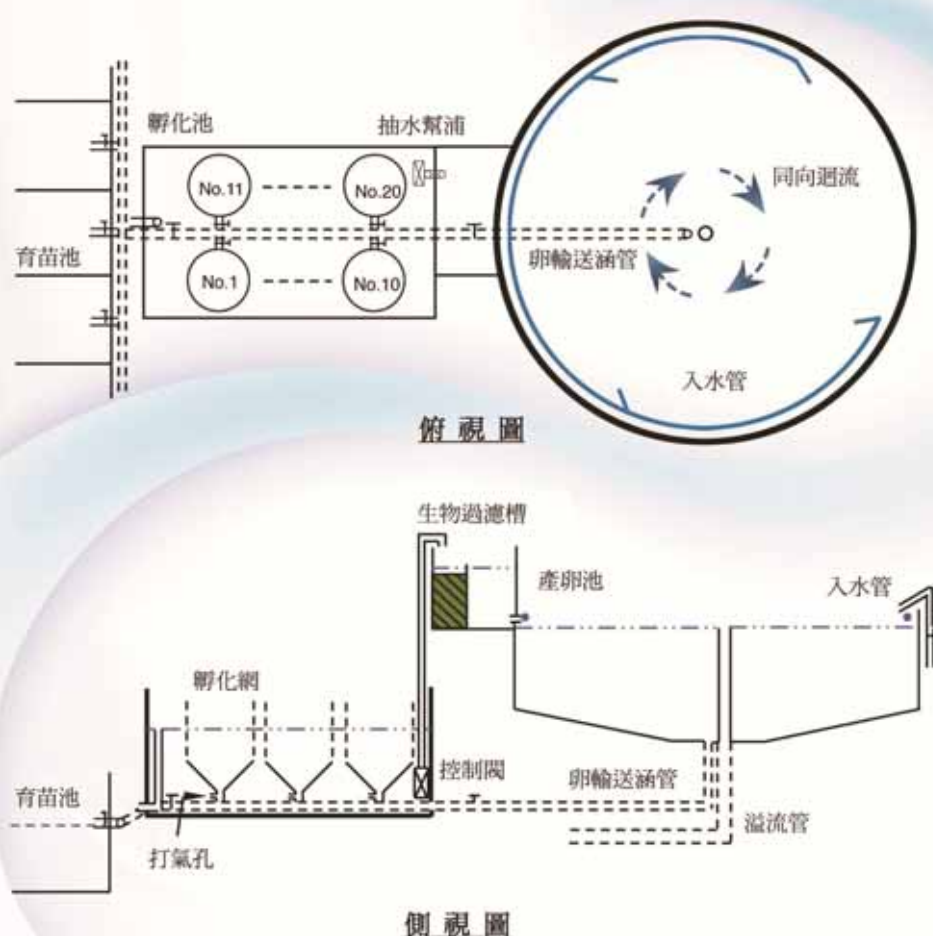


圖 1 草鯪魚自動化種苗生產模式示意圖

而正常孵化，一般視吊網的多寡來搭配種魚的數量。

孵化後約 5 天的幼苗已可以自由游動，利用水位差原理，可控制管路開關，將

魚苗自動輸送至事先作水的育苗池（圖 2）。

除了在天然棲息場所的自然產卵外，魚類的種苗繁殖，無論種魚是天然捕撈或人工養成，大體可分為：(1)種魚已成熟，不用



雌雄種魚施打催熟劑後每隔 3-5 分鐘出現追尾情形



產卵行為持續約 5-6 秒鐘才完成，然後雌雄魚分開



在接近產卵時，因追尾激烈而浮至水面造成漩渦



產卵時，雌雄魚腹部相互碰觸，同時排卵、排精，完成自然產卵受精



受精卵因水位差而自動流入孵化池中之吊網內

圖 2 草鯉魚自動化種苗生產流程

催熟，便能自行產卵；(2)種魚已成熟，未經催熟就可以人工採卵、授精；(3)經人工催熟後，可自行產卵以及(4)催熟後才能人工採卵、授精，此即傳統的人工繁殖方法，過去種苗生產大都採用此法。近年來，自行產卵已被證實較人工繁殖更為有效，因而使得自行產卵方法已逐漸變成魚類種苗生產的新趨勢，如果無法誘發自行產卵，才退而求其次的使用人工繁殖方式。

近年來，國外草鰱魚的種苗生產，雖然還有沿用傳統人工繁殖的方法，然而，受到前述潮流趨勢的影響，目前大都已逐漸改用誘發自行產卵技術。Liao (1993) 也認為本省草鰱魚應朝自然產卵方向努力，本模式為此先後進行 5 次試驗，結果都能成功的誘發草鰱魚自行產卵，而創下臺灣的首例。

魚類的產卵行為差異很大，有的類似體內受精，有的則需要震動或視覺的刺激，有些會有築巢行為，也有產卵前的預備動作長達 4 小時者，但有的則只有簡單的追尾行為而已。草鰱魚也很單純，除了激素作用外，配合流水的刺激，加上水溫的調配，約在 0.5—1 小時的追尾行為後，便可自行產卵進行體外受精。

產卵池施以流水噴入的目的，除了要造成同一方向的迴旋水流以利卵的集中、收集及輸送外，主要是刺激性腺的成熟與排卵。一旦自行產卵，則種魚不必像實施人工繁殖那樣，要定時撈捕種魚、檢查，因此不會造成種魚的壓迫與傷害，也不致影響受精率及孵化率，同時也不必耗費人力、時間以及繁雜的人工繁殖工作。

有些報導指出，雖然可以誘發草鰱魚自行產卵，受精卵也可以自然流入收集網，但必需靠人工移放至孵化網。反觀本模式，受精卵不用人力收集，就能自動且均勻的流入孵化網中孵化，孵化過程中，如有死卵會黏附在網框周邊，可以輕易的予以撈除。孵出之魚苗可控制自動輸送至育苗池。

三、自動化種苗生產模式之效率

由人工繁殖與誘發自行產卵這二種種苗生產方法的比較，便可清楚的看出，本套產卵模式，更具省力化與自動化 (表 1)。

為了進一步瞭解此套模式的效果，我們由過去傳統人工繁殖試驗的結果來作比較便可發現，無論在注射催熟、產卵檢查、產卵成功率、受精率、孵化率及對種魚健康的影響等方面，此套模式較傳統的人工繁殖方法更具效率 (表 2)。

簡而言之，自動化生產模式較之傳統人工繁殖有下列之優點：

(一) 省事

一次注射催產，簡化過去傳統兩次以上的注射方法。

(二) 省力化

自然產卵受精，不必時常檢查母魚，也不用人工擠卵授精

(三) 自動化

自然產卵孵化方式，不需人工洗卵，受精卵也不必靠人力便可自動輸送到孵化網孵化，而魚苗也可控制自動輸送至育苗池。

表 1 草鰱魚傳統人工繁殖與自動化種苗生產方法之比較

傳統人工繁殖	自動化種苗生產
1. 種魚催產注射，通常要兩針以上：第 1 針在傍晚約 6 時；第 2 針在午夜約 12 時。	1. 種魚催產注射只需一針：約在晚上 9-10 時。
2. 翌晨不定時檢查母魚卵質，如果成熟，則人工採卵，隨後採精，並作人工授精。	2. 催產注射一針後，種魚放入產卵池，翌晨約在 8-10 時（視種魚成熟度與水溫而定）可發現種魚自然產卵受精。
3. 將受精卵水洗數次後，移放孵化網，採流水滾動式孵化。	3. 圓形產卵池上方裝設同一方向噴水管會產生迴旋水流，因為產卵池與孵化池的水位差，導致受精卵自動且均勻的流入孵化網。再由於水位差，使得孵化網能不斷湧出水流，受精卵因而能保持滾動孵化。

表 2 傳統草鰱魚人工繁殖與自動化種苗生產的採卵孵化效果比較

	傳統人工繁殖	自動化種苗生產
注射次數	2 針	1 針 (省事)
採卵檢查間隔	每 1 小時	不需要檢查 (自動化，省力化)
產卵成功率 (%)	11-57	50-80 (效率化)
受精率 (%)	10-90	> 85 (效率化)
孵化率 (%)	5-60	> 65 (效率化)
受精和孵化	種魚以人工採卵、授精，受精卵洗卵後用人力移至孵化網	誘導種魚自然產卵，受精卵自動的流入孵化網 (自動化，省力化)
採卵後種魚健康	不定時捕撈檢查種魚，種魚因之受傷嚴重，有時會導致死亡	不用檢查種魚，因此種魚不致受到傷害，每年可以重複使用 (省材料)
孵化用水系統	流水式	循環式：可再利用 (省水)

(四) 效率化

人工繁殖很難掌握適當的擠卵授精時間而影響受精率及孵化率，但自然產卵由於沒有這些限制因素，其受精率、孵化率便可能較高。

(五) 省材料

種魚不必因檢查卵的成熟度或擠卵、授精，而受到機械性的捕撈傷害甚或死亡（依過去紀錄，種魚死亡率曾高達 50% 以上），每年均可繼續使用。

(六) 省水

孵化池水可回抽過濾後，再流回孵化網循環使用，不但可穩定孵化用水質、水溫，並可節約用水。

(七) 應用性

此模式如稍加修改便可應用於其他淡水魚及海水魚種苗自動化生產，具有實質應用性，如經推廣後，可直接應用在商業化種苗生產上，除可提升種苗生產之質與量外，並可降低生產成本。

(八) 前瞻性

符合當前養殖漁業政策，並奠定今後淡水魚種苗大量生產技術之基礎。

四、自動化種苗生產模式之應用

除鯪魚外，澳洲銀鱸及美國雜交條紋鱸都利用此套模式，成功的自動化生產種苗(表 3，圖 3、4)。澳洲銀鱸及美國雜交條紋鱸的人工繁殖在國外雖然早已成功，但無論是人工採卵或自行採卵，受精卵都要靠外力捕撈（或先由溢水管流入收集網再撈起）移至室內孵化瓶或孵化水槽，以少量流水打氣孵化。國內海水魚如：黑鯛、嘉鱲，以及國外其他海水魚，如鰈 (Sole)、鮟 (Turbot)、虱目魚等也都是同樣利用收集網將卵收集後，移至孵化槽孵化 (圖 5)。

表 3 不同魚種利用自動化種苗生產模式的生產結果

日 期	魚 種	母 魚 數	產卵魚數	產卵成功率	受 精 率	孵 化 率
1993.04.30	草 魚	6	4	67	87.2	-
1993.07.02		4	2	50	89.2	35.6
1993.06.02	大 頭 鱧	4	2	50	90.5	65.3
1993.06.05		5	4	80	86.4	-
1994.06.22	草 魚	8	6	75	85.3	30.7
1994.05.12	銀 鱸	10	9	90	80.7	11.5
1994.07.14		5	5	100	69.1	-
1995.03.09	雜交條文鱸	6	6	100	91.9	-
1995.04.11		10	10	100	82.4	-
1995.05.24	銀 鱸	10	9	90	75.9	50.8
1995.05.30		10	9	90	82.2	62.0
1995.06.05		11	5	45	81.8	78.6
1995.07.06		10	5	50	87.3	33.6
1995.07.17		11	8	73	60.5	51.7
1995.08.08		13	10	77	52.8	35.6
1998.04.13	青 魚	2	5	100	83.6	75.1
1998.04.29		3	6	100	87.8	78.4



圖 3 利用自動化種苗生產模式成功的大量生產澳洲銀鱸種苗

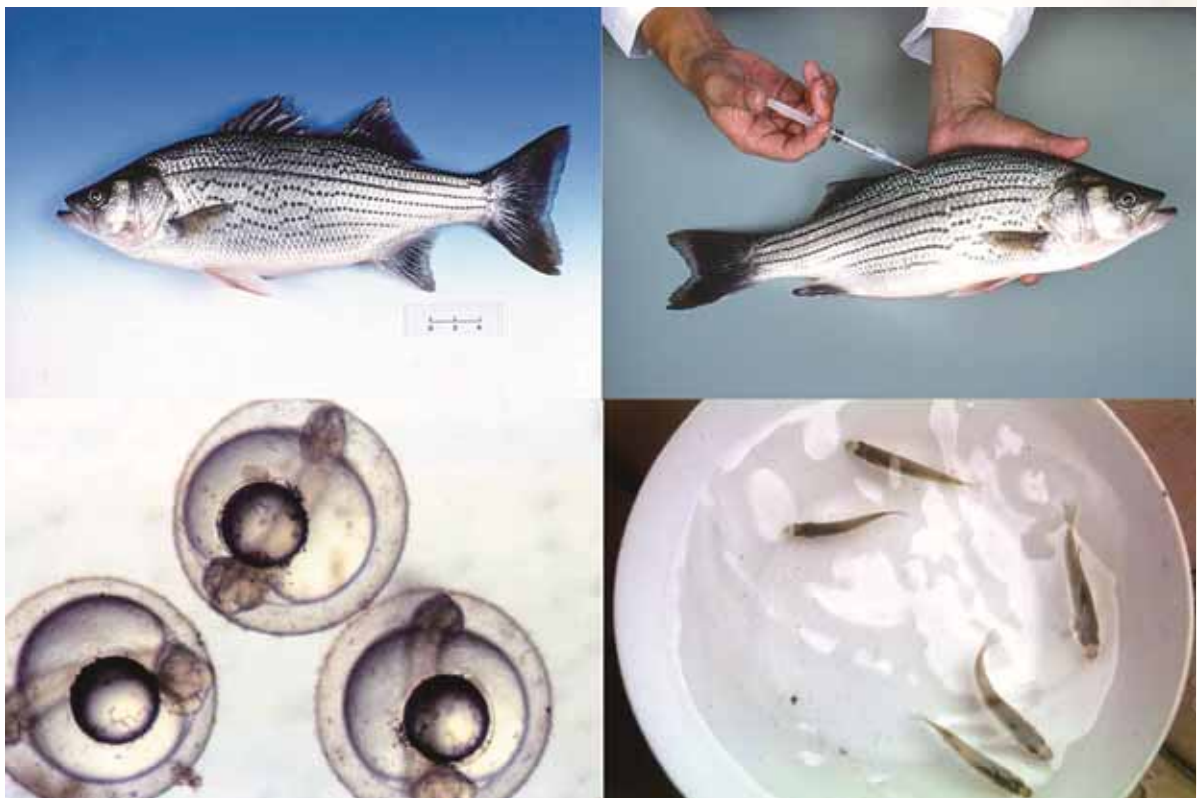


圖 4 美國雜交條紋鱸利用自動化種苗生產模式也成功的生產種苗



圖 5 國內外海水魚大都用人力將種魚產卵池溢出來的受精卵撈至孵化槽

本模式經由控制可成功的將已能自由游動的幼苗，從孵化網自動運送至事先作水培養餌料生物的育苗池，不但可減少魚苗捕撈、運搬所造成的傷亡，同時也不必耗費人力，而使得這套模式更符合效率化、自動化與省力化的目標。由目前國內外的海水魚剛孵化的幼苗還是用人力來運搬至育苗池的情形來看，更顯得此模式的創新與突破，因此可算得上是一套自動化種苗生產的模式。

此套模式的產卵池中有二個涵管，其中

一排水管的出水口在底部，適合沉性或半浮性卵的收集、傳送，如本次的試驗對象種魚，草、鰱魚、銀鱸、雜交條紋鱸等。另一排水管，可當作溢水管，如配合迴旋水流即可適用於一般海水魚如：鯛類、石斑魚、烏魚等浮性卵的自動收集與輸送。

因此，本設計的使用不限於淡水魚的沉性卵，更可擴大範圍應用在海水魚的浮性卵，使得目前海水魚種苗生產能夠更加自動化與省力化。

五、結語

養殖漁業生產成本的降低，是產業永續經營的重要因子之一。魚類種苗佔養殖成本頗高的比例，因此，降低種苗生產成本也是當前經營的主要考量。本項自動化種苗生產模式，雖然以淡水魚類浮性卵為對象，但稍加改進，便可擴大應用在海水魚類，如此一來，在省材料、省力化、自動化、省水等方面，產生實質效益，大大提昇並改善生產效率與降低生產成本，如此便可提升產業競爭力，勢必有力於產業的永續發展。

作者按：

本自動化生產模式不僅獲得國家發明類專利，且於 2015 年推介至中南美洲邦交國巴拉圭。運用此模式，已成功大量生產該國主要經濟養殖魚種淡水白鯧魚苗，巴國總統特別感謝臺灣政府之協助。此研發成果對鞏固邦誼助益良多，國發會也於 2016 年 5 月 12 日致函農委會表達謝忱。

由外來種淡水養殖談臺灣的引種問題與對策

一、前言

隨著世界人口不斷增加，人類向自然獲取生物資源的需求也就日益殷切。然而，不論國家大小，都不可能擁有全部的物種，為了人類的生存，必需共享全球的天然資源，而“引種”便是達成此目標的不二法門。“引種”原是希望能帶來社會經濟的發展，對人類糧食供應作出貢獻，然而，倘若引進種變成“入侵種”，導致生態環境的負面影響，進而斲傷生物多樣性，則喪失引種的本意。

二、引進種與入侵種的相關意涵

所謂的原生種 (native or indigenous species) 係指在歷史上天然範圍內棲息的物種，至於引進種 (introduced species) 則指物種被有意或無意移出它的天然棲息範圍，而進入另一新的環境。此又可分為：

(一) 移植種 (transplanted species)

係指人為將物種移棲他處，但仍在該物種原棲息水域範圍內。

(二) 外來種 (exotic or alien species) 或稱非原生種 (non-native species)

係指將物種移植至原棲息水域範圍外。因此所謂的人為引種 (introduction) 意

含著：移植種或外來種經由放流或逃脫的方式進入天然生態系。如果引進種發生繁殖 (reproduction) 現象或演變成新加入群 (recruitment)，則表示該引進種已天然化 (naturalized) 或已建群 (established)，則稱該物種為歸化種。

引種應該是指有計畫、有目標且能產生經濟、社會與民生效益的行動，具有其積極正面效應。但如果引進種在新水域環境中能活存並繁衍下去，但卻影響該水域的生態系、生物多樣性及農業生產與人類健康，乃至於造成經濟損失或生態失衡與衝擊者，此時引進種則變成入侵種 (invader; invasive species)。以此角度觀之，引種是原因，而入侵則是不良後果，是一種負面的效應。因此，我們在引種之前，務必審慎評估、周延計畫，以杜絕不良後果發生的可能。

三、魚類引種緣由與入侵途徑

(一) 有意的引種

1. 作為養殖魚類一例如：臺灣的吳郭魚、虹鱔、紅鼓魚、淡水白鯧、加州鱸、條紋鱸、銀鱸、白蝦、淡水長臂大蝦等。
2. 作為觀賞魚種一例如：臺灣的琵琶鼠、虎皮鴨嘴、象魚、巴西龜、鱷龜、食人魚等。

3. 作為生物防控用－例如：大肚魚（控制蚊蟲）的引進臺灣；草魚（控制水生植物）與吳郭魚（控制水草）的引入美國。
4. 作為資源增殖用－例如：紅色吳郭魚的引入中國。
5. 作為生物餌料用－例如：福壽螺引進臺灣與中國；紅眼魚引入美國。
6. 作為休閒垂釣用－例如：美國與加拿大引入澳洲小龍蝦；墨西哥引入吳郭魚；中國引入美國河魴及加州鱸。
7. 非正常管道－旅遊及海上貿易常會引起走私、偷渡等行為，例如：娃娃魚的走私進入臺灣。

（二）無意的引種

1. 由客貨輪船底附著或壓艙水帶入，例如：臺灣的似殼菜蛤、北美的黃鰭蝦虎。
2. 由水利工程修建運河帶入，例如：美國的七鰓鰻及吳郭魚。
3. 隨養殖引種而混入，例如：中國雲南引進四大家魚混入鰕虎和麥穗魚。

一般引進種魚類會變成入侵種，必需具備的條件：(1)與原棲地有類似的環境條件；(2)新水域缺乏天敵或競爭者；(3)新水域有足夠的天然餌料；(4)引進種有很強的環境適應力與繁殖能力。至於其入侵途徑則為：(1)放生－臺灣的一些宗教團體及信眾，將魚類隨意放生到天然水域。例如：巴西龜及溪哥魚（由西部移植到東部）。(2)棄養－某些水族愛好者，將過時失寵的觀賞魚任意棄養、放生於河川，例如：琵琶鼠、魚

虎、紅尾鴨嘴等。(3)水災－颱風季節的豪雨洪水，造成池壁潰堤而致池魚流失。(4)逃脫－養殖場飼養之魚類，因管理不慎被逃脫而流入天然水域。(5)灌溉－有些大型養殖池塘，兼有蓄水灌溉之目的，在灌溉排水時，池魚順勢隨排水流至溝渠。(6)原棲地改變－水庫攔砂堰的興建、在紅樹林開發養殖場等，造成棲地環境的破壞，而使物種擴散至原來未分布的區域。

四、養殖與漁撈消長情形

1950－1960 年間，世界漁撈年成長率約 6%；1970－1980 年，降至 2%；迄 1990 年，則持平未見成長。過去 45 年，漁獲對象由食魚的大型種類變成吃浮游生物的小型魚種，且最近幾年的漁獲成長主要靠提高漁獲努力量來維持。2000 年漁撈生產量為 9 千 5 百萬公噸，年成長率 1.4%。其中，90% 來自海水，且有 6% 的魚種已枯竭、16% 過漁、44% 已完全開發，僅 3% 合理開發。

至於養殖，1950－60 年成長率約為 5%，1970－80 年提升至 8%，1970－2000 年養殖年平均成長率約 9.5%，近幾年成長率增為 15%。1990 年產量約 1 千 3 百萬公噸，1995 年約 2 千 5 百萬公噸，2000 年約 4 千 5 百萬公噸。養殖產量佔全部漁產量的 23%，而淡水魚類佔養殖總產量的 46%。

全世界目前約有 131 種常見養殖魚種，這些魚類在不同國家有著不同比重的養殖生產量。近年來因漁撈量已呈現停滯現象而益顯其重要性。在養殖的過程中，人工繁

殖技術最為重要，因為除了可提供養殖用種苗、選擇育種以改良品種外，更有利於非原生種的移植與保種。

五、全球的外來種水產養殖

由糧食供應、社會繁榮與經濟發展的角度而言，魚類的引種，是世界各國都不能避免的手段。有些魚種已移植但未廣泛分布，例：原來生長在 Danube 河的鯉魚在第 6 世紀始移植，西至歐洲、東至中國、南至義大利；金魚的移植發生在 1100—1600 年間；而虹鱒則在 1874 年才開始移植。

全世界魚類之引種腳步自 1945 年開始加快，多少與人工繁殖技術之建立有關。引種大致上可分為 4 個時期：(1)1900 年前，以鮭魚為主（約 124 次）；(2)20 世紀初，以鯉魚為主（約 99 次）；(3)20 世紀中，以吳

郭魚為主（約 172 次）；(4)1960—70 年之後，以鱧草魚為主（約 79 次）。由紀錄觀之，20 世紀引種才盛行，迄 1988 年先後達 1354 次，計有 237 種魚類引進 140 個國家（其中有 10—13 種，引進的國家超過 10 個）。此外，98 種以養殖為目的，78 種是為了遊釣。約有 321 次（24%）引種已建群，298 次（22%）未建群。另，僅有 89 次（7%）造成生態環境衝擊，而 232 次（17%）被認為是有害或無害的引種。

全世界養殖魚種約有 300 種，僅 131 種達到一定生產量。其中，6—8 種年產量超過百萬公噸，32 種年產量超過 10 萬公噸。大多數的養殖魚種是引進種，例如：鯉科魚類、吳郭魚、鮭魚等。近年來因世界漁撈量已達瓶頸，未來的水產供應可能更要依賴養殖。

2000 年養殖主要國的養殖產量與引進

2000 年養殖主要國生產量及引進種所佔養殖比例*

國別	排序	產量 (百萬噸)	引進種佔養殖比例 (%)	備註
中國	1	32.4	25	109 種外魚種或移植種
印度	2	5.8	90	鯉魚、吳郭魚為主
菲律賓	4	1.0	60	吳郭魚為主
泰國	9	0.7	7	吳郭魚為主
美國	11	0.4	10	草魚、條紋鱸、吳郭魚
智利	13	0.4	70	鮭魚
巴西	18	0.2	50(75)	吳郭魚(鱒魚、鯰魚)
以色列			39, 47, 4	吳郭魚、鯉魚、鱒魚
馬來西亞			64	吳郭魚
古巴			95	吳郭魚、草魚

* 摘錄自 Willian and Shmuel (2006)

種養殖比例如表所示。其中養殖產量佔全世界第 1、2 與 4 位的中國、印度與菲律賓，引進種養殖產量與全部養殖產量為 25%、90% 及 60%。全世界引進種養殖佔全部養殖產量的 17%，其重要性不言而喻，可見在未來水產養殖發展上，引種工作將不會缺席。

六、臺灣的外來種淡水養殖

臺灣的地理形態特殊，在島中央有南北走向的中央山脈，全臺 130 條主要河川係源自此高聳山系，導致流向東西兩側的河水湍急而水淺，棲息其中的河川魚類體型偏小，加上山區水域終年水溫較低，使得本土性河川魚類的成長緩慢。因此，從體型小、成長慢的角度而言，不適合做為養殖的對象種。所以目前臺灣淡水養殖魚類很少屬於本土種。有鑑於此，早在清乾隆時期，臺灣自中國引入鯉科魚類（鱖、草魚），在 60 年代經本所研發成功繁養殖技術後，推廣民間大量生產，成為臺灣 50—60 年代提供國人最主要的動物性蛋白源。

1946 年，由國外引進莫三比克吳郭魚，之後也持續由不同國家引進不同種類的吳郭魚，經本所多年的選種、保種與育種，先後研發成功成長快速的品系—福壽魚、單性雄魚及紅色吳郭魚。由於臺灣吳郭魚的繁養殖技術與其優質品系，不但使其年產量躍居全臺之冠，這幾年也開拓了美國及其他國外市場。政府因此將吳郭魚以臺灣鯛的名號當做旗艦農產品來打開知名度，積極向國際推銷。吳郭魚這個外來種不但創造漁民養殖利潤、繁榮漁村經濟、更為臺灣賺取不少外匯。

70 年代，臺灣自東南亞引進淡水長腳大蝦，亦經本所確立種苗生產技術後推廣給民間業者，目前名列臺灣十大年產量養殖種類。近年來，由於國人生活水準的提升，對水產品多樣化的需求日殷，有些業者便透過不同管道自不同國家引進不同的魚種，如筍殼魚、銀鱸、加州鱸、條紋鱸及鱒魚等，企圖增加淡水養殖魚種，進一步永續淡水養殖事業之發展。據估計，臺灣外來種養殖至少有 60 種以上，其中淡水養殖就超過 40 種。

臺灣的外來養殖魚類



草魚(*Ctenopharyngodon idellus*)



鱖魚(*Hypophthalmichthys molitrix*)



吉利吳郭魚(*Tilapia zillii*)



賀諾奴吳郭魚(*Oreochromis hornorum*)



澳洲銀鱸(*Bidyanus bidyanus*)



美洲大口鱸(*Micropterus salmoides*)



西伯利亞鱘(*Acipenser baerii*)



史氏鱘(*Acipenser schrenckii*)



麥奇鉤吻鮭(虹鱒)(*Oncorhynchus mykiss*)



淡水長臂大蝦(*Macrobrachium rosenbergii*)

七、引種可能發生的問題

引種雖然有利於水產資源培育，對社會繁榮、經濟發展產生正面效益，但也可能潛藏著一些問題。

(一) 同種多次重複的引種

由於沒有單一的引進管道，缺乏管理規範，常發生同一種類，由不同單位自不同國家地區重複多次的引種。例如：臺灣引進吳郭魚、虹鱒等，造成多次引種之因，可能係種原引進後，原有優良經濟性逐漸消失或引種數量較少，沒有繁殖能力或遺傳變異不足，無法滿足目的事業的需求。

(二) 引種的檢疫工作並未落實

檢疫工作未能有效的與引種作配套管理，其可能的因素為：

1. 引種檢疫作業尚未明定。
2. 檢疫部門缺少水產專業。
3. 民間走私猖獗，形成檢疫的缺口。

(三) 隨機任意引種

通常對引進種的生物特性、生態習性、環境適應性以及養殖、生產狀況都未明瞭前，便以逢機、嘗試的心態任意盲目的引進。據分析，水產入侵生物有超過 70% 屬人為隨機任意引種所致。

(四) 管理不善而影響生物與生態環境

由於缺乏有效的管理，且未能實施嚴格的檢疫、保種與養殖試驗等，使一些引進種對本土水生生物構成基因污染、對生態環境引發失衡危害、對生物多樣性造成質量衝擊，如此一來，引進種就很可能變成入侵種。

八、魚類入侵的潛在危害

(一) 威脅原生種生存，喪失生物多樣性

魚類引進種本身不一定有破壞性，但進入原棲地以外之水域，常會打破新水域生態平衡而變成入侵種。例如：1954 年尖吻鱷引入非洲維多利亞湖後，因與原生種的生存競爭，使該湖原有 400 種棘鰭魚類中約 200 多種滅絕。另外，原屬美國的大肚魚，引進臺灣、中國後，因生存能力強又具掠食魚卵習性，對當地青鱗魚及蓋斑鬥魚造成威脅。

(二) 破壞生態系統的自然性、完整性與平衡性

魚類入侵打破原生態系統結構的平衡，其破壞是不可回復的。例如：草魚移植中國雲南地區後，使當地水生植物消耗殆盡，進而使依賴此植物為棲地的鯉魚滅絕。美國加州鱸、條紋鱸及淡水白鯧等相繼引入臺灣及中國後，亦對當地原生種造成衝擊。

(三) 造成基因污染，使世界魚類區系均勻化

入侵種會造成原生種族群基因庫結構改變之因，係外來種與原生近親種的雜交，會改變原生物種基因型在生物基因庫的比例，使基因庫結構發生變化，種質因而不純。例如：鯉魚與吳郭魚。此外，原屬區域性魚類之吳郭魚及虹鱒，因引入世界各地，而各地區許多原生種已逐漸消失，慢慢顯現出魚類區系均勻化的警訊。

(四) 引進病原的危機

魚類引進之同時，可能攜帶一些病蟲

害，而造成嚴重的生物入侵危害。據報導，中國在 2006 年止已引進水生物達 140 種，其中 70% 是 1980 年以後引進的。常見水生物病害達 145 種，其中 60% 是在 1980 年後引入之新病毒。例如：草魚的腸炎病，原屬地區性，因引種而蔓延至中國各省，乃至於亞洲、歐洲與美洲國家。另，虹鱔的三種傳染性疾病，也因魚卵、種苗之引進，而帶入各國。牛蛙也同樣由美國引進臺灣後，帶入彩虹病毒。

(五) 使入侵種或原生種快速進化

在天然環境自然條件下，生物進化需要漫長的時程，一般物種外表型的進化，可能要歷經數十代。近年來，進化的速度較早期有加快的現象，此現象通常在物種處於極端條件下較易發生。例如：大量施用農藥等化學藥物，使物種產生抗藥性，或者有外來物種的入侵。至於入侵導致的快速進化，又可分為：

1. 入侵種的快速進化

係一個外來種被引入一個新環境，必需在行為及生理等方面調適新的非生物及生物關係，才能適應新的環境而活存下來，進而形成新的入侵群。例如：兩個來自同一祖先的鮭魚，在進入不同環境隔離幾代後，在生殖、基因及外表型上均發生變化，即顯示出快速進化的現象。

2. 原生種的快速進化

在入侵種進入原生種生態環境後，引起新的種間關係，原生種為了生存也會產生相對的快速反應，而導致快速進化的發生。例如：褐鱒在引入新亞蘭河後，引起原生蜉蝣

幼蟲的攝食行為改變，而表現出夜食性及漂流性。

(六) 造成經濟的損失

人類為挽救魚類入侵而採取的防控措施，其所付出的經濟代價是非常巨大的。例如：七鰓鰻的入侵造成大湖地區漁業和鮭魚資源的減少，美、加兩國每年用於控制七鰓鰻的費用就高達 1,500 萬美元。在臺灣，對福壽螺的防治同樣也所費不貲。

九、引進種管控對策的芻見

(一) 實施引種許可制度

首先制定引種許可制度，由漁業署負責執行及管控，未經核可，不得進口。

(二) 建立引種評估審查制度

由專家組成評估審查委員會，在引種許可批准前，先經委員會進行生態影響評估，並出具評估證明，未通過者，不得進口。

(三) 落實檢疫與隔離工作

檢疫單位應與漁政單位聯合作業，以做好檢疫把關工作，未經檢疫合格不得放行。另外，加強防堵走私漏洞，提高檢疫效果。

(四) 成立保種、育種體系專責機構

宜成立專責保育機構，負責引進種之隔離保種、種魚培育繁殖等研究育種工作，且應隔離防止種原退化或混入自然水體。

(五) 採行養殖推廣審議制度

在養殖推廣前，由政府研究單位採封閉性試驗，嚴控流入外界或自然水體。同時，成立審議委員會，未審議通過者，不得推廣。



(六) 設立優質種苗檔案及技術平台

建立國內外優質養殖種苗的生物與遺傳特性、養殖及經濟性狀等資訊收集及處理中心，以備查詢和作為引種依據。

(七) 加強入侵種的預防與管控

對入侵種進行普查與風險評估，強化監管體系之追蹤與預警機制。

(八) 提高全民環保意識

透過媒體教導全民勿任意棄養、放生魚類，宣導入侵種對生態環境及本土種之衝擊及危害，必要時配合立法制約。

十、結語

事實上，農作物對大多數國家而言，大都為外來種，而很多畜產動物也已無國界，這些農畜產對世界人類都已作出極大的貢獻。養殖魚類相較之下則大為遜色，話雖如此，全球養殖依然有 17% 為外來種，例如：鱸、草魚、吳郭魚、大西洋鮭及虹鱒等，在世界養殖經濟產業上都佔有一席之地。在漁撈業呈衰退趨勢之當前，水產養殖發展對人類食物的供應就益顯其重要性。根據 2007 年最新報導，國際糧農組織 (FAO) 紀錄出世界上的養殖引種已超過 5,000 次，有數百種類之多，對這些引種都做了相關基本資料的建立，包括每一魚種的第一次引種發生在何時、何地，由誰引進、其目的為何，以及所產生的正面或負面效應等，供各國在引種評估其效益 (benefit) 或風險 (risk) 時之參考借鏡。由此可見，未來的引種工作，不但不會停止，反而會更加熱絡。

然而，近年來由於環保意識高漲，國內一些保育學者專家對外來種進口審查的把關愈來愈嚴苛，使得許多肉食性、掠食性、兇猛性、強領域性、危險性甚或大型草食性等淡水魚類都被拒於門外，而導致淡水養殖業界陷入困境與省思，除積極找尋可合法進口、適合養殖又具推廣潛力的魚種，另方面也對未來臺灣淡水養殖的何去何從感到憂心忡忡。因此，有些不肖業者便另謀化明為暗的進口管道，致使外來種進口管制出現嚴重的漏洞，也因而開啟入侵種另一扇方便之門。

我們在考量保護原生種生態、原棲地生態、環境生態之同時，也需兼顧資源的培育利用、糧食的質量供應、漁業經濟的發展與社會大眾的需求。如能按照前述對策，訂定合理管制規範、強化並落實管理制度、加強預警與監測追蹤機制、並提高全民保育意識，相信今後的引種都是計畫引種及責任引種而非逢機引種，引進種都變成養殖歸化種而不是入侵種。如此一來，才能環保與養殖才能共存共榮，臺灣的本土水產資源與生態環境始得以生生不息、永世其昌，臺灣的淡水養殖也才能夠代代傳承、永續經營。



放生行為與河川生物多樣性

一、臺灣魚類的多樣性

全世界魚類約有 31,600 種 (57 目, 482 科) 其中硬骨魚約 30,500 種、軟骨魚約 1,100 種。41% 屬淡水魚, 58% 屬海水魚, 1% 是洄游性魚類。據報導每年約有 200—300 個新發現魚種, 但在 20 世紀, 全世界的物種卻以每天約 300 種之速度消失, 委實令人擔憂。臺灣佔世界不到 0.3% 的面積, 但魚種約有 3,060 種, 則佔全球的 10%, 可見具有高度的多樣性。

臺灣有 129 條河川, 其中主要河川 19 條、次要河川 32 條。約有 221 種淡水魚, 其中 80 種純淡水種, 37 種屬臺灣原生種。目前在臺灣特有淡水魚種中, 有 6 種絕跡, 9 種瀕臨絕種, 這也是值得國人警惕的訊息。

臺灣約有 40 個湖泊、23 個水庫, 其常見魚種為: 鱸、草魚、吳郭魚、鯽魚、鰱魚、烏鰡、平頰鱮、粗首鱮、馬口魚、鯰魚、鰻魚、鰕虎等。河川的上游有: 鮎魚、馬口魚、鰕虎等。河川中游有: 高身鮎魚、粗首鱮、短吻鰻柄魚、臺灣石鱸、臺灣爬岩鰕等。河川下游有: 羅漢魚、車栓仔、溪哥魚、奇力魚、曲腰魚等。

二、影響河川生物多樣性的因素

根據報告, 影響河川生物多樣性的因素有:

- (一) 外來種入侵。
- (二) 棲地破壞。
- (三) 化學、有機物及熱排放所導致之水污染。
- (四) 氣候變遷。
- (五) 水資源枯竭。
- (六) 水文不穩, 河川生態基礎流量不足。
- (七) 集水區伐木及土石流。
- (八) 農林漁牧及工商開發。
- (九) 河道淤積或攔阻。
- (十) 河川渠道化、水泥化、人工化。
- (十一) 棲地群塊化、惡化與消失單調化。

上述因素, 有天然的也有人為的因素, 茲就其中較易改善或管控的人為因素—外來種入侵, 來探討其對河川多樣性的影響。

三、外來種與入侵種

臺灣引進養殖食用目的的外來魚種至少有 70 種以上, 諸如: 鱸、草魚、吳郭魚、虹鱒、筍殼魚、睡鯿、淡水珍珠石斑、寶石鱸、墨瑞鯿、斑點叉尾鮰、紅鮰、丁鱥、匙吻鰻及史氏鰻等, 至於觀賞魚更是不勝枚舉。但是外來種魚類會變成入侵種, 係由下列因素所造成:

- (一) 新水域與原棲地水域有類似的生存環境條件。



- (二) 新水域缺乏天敵或競爭者。
- (三) 新水域有足夠的天然餌料。
- (四) 引進種有很強的環境適應力與繁殖能力。

四、入侵種對河川生態及多樣性影響

(一) 威脅原生種生存，喪失河川生物多樣性

引進種進入原棲地以外之水域，常會打破新水域生態平衡，而變成入侵種。例如：原屬美國的大肚魚，引進臺灣、中國後，因生存能力強又具掠食魚卵習性，對當地青鱈魚種及蓋斑鬥魚造成威脅。因此，入侵種會導致許多原生種生存的壓力，甚至有滅種之虞，而嚴重斲傷河川生物多樣性。

(二) 破壞生態系統的自然性、完整性與平衡性

魚類入侵打破原生態系統結構的平衡，其破壞是不可回復的。例如：美國加州鱸、條紋鱸及淡水白鯧等相繼引入臺灣及中國後，對當地原生種構成威脅。

(三) 造成雜交效應，引起基因污染

入侵種與河川原生近親種的雜交，會改變河川原生物種基因型在生物基因庫的比例，使基因庫結構發生變化，種質因而不純。例如：臺灣塘虱魚與吳郭魚。

(四) 使入侵種或河川原生種快速進化

外來物種的入侵會導致快速進化，可分為：

1. 入侵種的快速進化

外來種被引入新的河川環境後，必需在行為及生理等方面調適新的非生物及生物關係，即所謂的快速進化，才能適應新的河川環境而活存下來。

2. 原生種的快速進化

入侵種進入河川原生種生態環境後，引起新的種間關係，原生種為了生存也會產生相對的快速進化。

(五) 引進病原的危機

入侵種可能攜帶一些病蟲害，而形成另類的生物入侵危害。例如：香魚的引進臺灣便帶來了一些孢子蟲病原。

五、影響臺灣河川生物多樣性的入侵種

影響臺灣河川生物多樣性的入侵種有很多，僅就其中大家耳熟能詳的種類例舉如表。表內後 6 種係屬觀賞魚，因放生或棄養而流入臺灣各溪流、湖泊與水庫。茲就其對生態危害並影響河川生物多樣性的情形略述如后：

(一) 1911 年為控制瘧疾病媒蚊而引入大肚魚，卻導致相同棲地，生存競爭力相對較弱的青鱈魚瀕臨絕種。

(二) 1946 年引進莫三鼻克吳郭魚，由於對環境適應力強、繁殖力高，又具雜食性與領域性特質，而成為今日各大淡水河川、水庫之優佔種。

(三) 福壽螺在 1979 年引入臺灣，它的繁殖力驚人且喜食稻作、茭白筍、菱角、空

心菜等植物，危害農作物 17 萬公頃，稻作 2 萬公頃。

- (四) 美國螯蝦約 20 年前引入臺灣，它與臺灣原生淡水蟹習性及生態資源需求完全相同，而威脅到原生種魚、蝦之生存。此外，它的掘洞習性更會破壞田埂、灌溉之渠道乃至於水庫，嚴重破壞棲地環境生態。
- (五) 來自泰國的魚虎，成長快速，可長至 20 kg 以上，兇惡且掠食性強，臺灣的曾文水庫、日月潭都有它的蹤跡，會造成水域生態浩劫。
- (六) 琵琶鼠引入臺灣後帶給各地池埤、河川重大的打擊。因為，琵琶鼠極能適應不良環境，會與原生物競爭食物與空間，且繁殖力強，而成為優佔種。琵琶鼠以附著性藻類及底層有機物為主食，也會

吃食魚類的卵，消耗水中大部分初級生產者，對本土河川物種產生排擠效應，破壞原有生態系之平衡，危害到河川魚、蝦的生存空間。

- (七) 鱷龜源自美國，生性兇猛、體型壯碩，會攻擊人類，多次在臺東卑南溪流出現，對河川魚類構成生態隱憂。
- (八) 其他如巴西龜，來到臺灣 20 多年，已逐漸取代原來很普通的斑龜，另外，屬大型鯰魚的紅尾鴨嘴與虎皮鴨嘴，都可長至 50 kg 以上，掠食能力強，幼魚為寵物，長大後遭民眾棄養放生，在臺灣一些河川已有出沒之報導，導致生態危機。食人魚生性兇殘、強肉食性會攻擊人、畜，是極危險的入侵者，所幸，在臺灣較不易越冬。

常見影響臺灣河川生物多樣性的入侵種

學名	俗名
<i>Gambusia affinis</i>	大肚魚
<i>Oreochromis mossambicus</i>	吳郭魚
<i>Pomacea canaliculata</i>	福壽螺、金寶螺
<i>Procambarus clarkii</i>	美國螯蝦
<i>Channa micropeltes</i>	魚虎、小盾鰐、珍珠鰐魚
<i>Hypostomus spp.</i>	琵琶鼠
<i>Chelydra serpentina</i>	鱷龜
<i>Trachemys scripta</i>	巴西龜、紅耳龜
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	紅尾鴨嘴
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	虎皮鴨嘴
<i>Pygocentrus nattereri</i>	食人魚



琵琶鼠(*Hypostomus* spp.)



巴西龜(*Trachemys scripta*)



紅尾鴨嘴(*Phractocephalus hemiliopterus*)



美國螯蝦(*Procambarus clarkii*)

被棄養或放生的水族寵物

六、入侵途徑

至於入侵種的入侵途徑則為：

- (一) 放生－臺灣的一些宗教團體及信眾，將魚類刻意的放生到天然水域。例如：巴西龜及溪哥魚等（由西部移植到東部）。
- (二) 棄養－某些水族愛好者，將過時失寵的觀賞魚隨意棄養而放生於河川，例如：琵琶鼠、魚虎、紅尾鴨嘴等。
- (三) 逃脫－養殖場飼養之魚類，因管理不慎被逃脫而流入天然水域。
- (四) 水災－颱風季節的豪雨洪水，造成池壁潰堤而導致池魚流失。
- (五) 灌溉－有些大型養殖池塘，兼有蓄水灌

溉之目的，在灌溉排水時，池魚順勢隨之流至溝渠。

- (六) 原棲地改變－水庫攔砂堰的興建、在紅樹林開發養殖場等，都會造成棲地環境的破壞，因而使物種擴散至原來未分布的區域。

上述各項入侵途徑中，宗教的「放生」係「有意的」放生，而「棄養」屬於「隨意的」放生，其餘各項則屬於「天意的」放生。因此，入侵途徑都屬於不同層面的放生。

「天意的」放生，我們比較難以掌控，但是人為「有意的」或「隨意的」放生，如能依照下述的放生注意事項來執行，放生魚種才不致於變成入侵種，而對河川生物多樣性帶來衝擊。

七、放生注意事項

放生是宗教用語，係以慈悲護生為出發點，以眾生平等、和諧共生為原則，來修持無量的功德，以祈求消災延壽。倘若魚類因放生過程之購買、暫養、運送及放入新水域後不適而致死或放生魚類干擾、攻擊或吃食新水域原生魚類而引起意外傷亡，這豈不是未能護生反而殺生，未修功德已先造業？相信這應該不是宗教放生所欲見的結果。因此，為符合放生的意義，乃將放生應注意的事項臚列如后：

(一) 充分瞭解放生魚種的生態習性

宜先充分瞭解放生魚種的生態習性，包括：食性、適合水溫、棲息環境、成長、生殖等相關資訊。

(二) 選擇適合放生魚種的棲息水域

放生的場所宜選擇原本就有放生魚種分布的水域，因此，應先調查放流水域的魚類組成。

(三) 應調查放生水域的生態環境

就以大安溪為例，其調查的相關項目與結果為：

1. 水溫：分為上游（9—18℃）、中游（10—25℃）、下游（11.5—26.5℃）。
2. pH 值：6.5—8.5 範圍。
3. 溶氧量：DO > 5 ppm。
4. 海拔：低海拔（廣鹽性魚較多，且較合適）、中海拔（300—400 m 此類魚最多）、高海拔（> 500 m，屬冷水性魚較多）。
5. 水深：通常在夏季水深為冬季之 2 倍。
6. 流速：在夏季流速為冬季之 2 倍；嗜流水魚蝦有石鯪、鯛魚、粗首鱗、臺灣沼蝦等，嗜緩流魚蝦則有泥鰍、鯽魚、羅漢魚、日本沼蝦等。
7. 流量：夏季流量為冬季之 4 倍。
8. 天敵：主要為鳥類、人類等。
9. 天然餌料：包括水生植物、藻類、水生昆蟲等。
10. 污染毒害：包括工廠、家庭廢水等。
11. 河川魚類食性與棲息環境：在河川上游以攝食水生昆蟲或附著性藻類者多，而在河川下游以攝食有機碎屑者較多。

(四) 宜找尋適當的河川放生地點

1. 應就放生地點之水溫、水深、水質、水色、流量及流速等做檢測分析與研判。
2. 放生地點不應侷限為單一處所，宜多處放流，以分散風險。

(五) 需選擇適當的放生對象

1. 能適應放生水域且可以生存與成長的魚類。
2. 放生後不會影響或危害原生種的生存。
3. 不宜選擇強勢掠食者或肉食魚類。
4. 不會破壞棲地環境與生態和諧的魚類。
5. 宜以臺灣原生種為原則，避免放生外來種、觀賞魚及熱帶魚類。
6. 具有經濟或文化傳承價值的魚類。

(六) 放生對象應具備的條件為

1. 放生以小型魚苗較佳。
2. 容易大量而穩定供應種苗的魚類。
3. 沒有畸形且外觀正常及健康不帶病原之魚類。
4. 放生苗來自許多不同的繁殖場或天然

臺灣河川外貌的多樣性



花蓮立霧溪上游



桃園大漢溪中游



宜蘭冬山河下游



新竹頭前溪河口



礁溪得子口溪攔沙壩



日月潭水庫



明德水庫



曾文水庫

臺灣河川魚類的多樣性



臺灣副細鯽(*Pararasbora moltrechti*)



何氏棘鰍(*Spinibarbus hollandi*)



臺灣石魚賓(*Acrossocheilus paradoxus*)



鰻魚(*Onychostoma barbatulum*)



粗首鱮(*Zacco pachycephalus*)



翹嘴紅魚白(*Erythroculter ilishaeformis*)



唇魚鰍(*Hemibarbus labeo*)



羅漢魚(*Pseudorasbora parva*)

水域，以增加天然族群的遺傳變異性。

5. 以純種為原則，雜交種及基因轉殖種宜避免。

(七) 放生魚類的運搬與放生方式

1. 魚苗在包裝運搬前宜暫時蓄養，以增強體力。
2. 運搬過程中，魚類可適當的麻醉處理，以降低代謝耗氧。
3. 宜降低水溫，以減少耗氧並降低代謝率。
4. 需給予充足氧氣，以免缺氧致死。
5. 可適量投予抗菌的合法消毒藥物。
6. 運搬包裝容器之水溫需俟與放流水域水溫相當時再放生。
7. 放生魚類如能從包裝容器內自然游入放生水域者為佳。
8. 如果放生大型魚可能會引發下列一些問題：(1)放生前之運送過程中，大型魚較易傷亡；(2)不易適應新的河川生態環境；(3)短期內不易尋覓適足食物；(4)較易破壞棲地環境；(5)易造成原生種之領域與攝食威脅。因此，放生對象以中、小型魚較佳。

八、不當放生所衍生的負面效應

不當放生就立即危害而言，會導致放生種或新水域原生種的傷亡，顯然有違佛教放生的本意。但就中、長期負面效應的角度，如果不當的放生可能會對河川多樣性造成下述的影響：

(一) 與原生種爭食，甚至掠食原生種。

(二) 與原生種爭佔棲息地。

(三) 破壞原有棲地環境。

(四) 形成優佔種，導致原生種資源衰減。

(五) 種原基因變異減低，不利種族續動演替。

(六) 與原生種雜交導致原生種絕滅。

(七) 破壞生態平衡。

(八) 傳染疫病。

九、結語

佛教認為放生可以修持無上殊勝功德，但大前題應該做到護生的基本要求。然而，有些門派卻執著的認為放生係唯一心念，至於放生後會如何，則各依天命，可不必放在心上。但是，佛教更篤信因緣果報，難道可以不在乎因不當放生卻反變殺生的業報嗎？我們尊重宗教信仰，也尊重一部分人的宗教放生行為，但我們更應維護全人類乃至於千萬生靈的生命及其賴以生存的生態環境。

2011 年 4 月，漁業署已訂頒「水產動物增殖放流限制及應遵行事項」，雖然對河川放流（放生）規範著墨不深，且其內容也未臻完備，但卻是管理措施的一項好的開始。今後，希望宗教團體或信徒、民眾的放生都能依照此規則，同時，參酌本文內容來擬定放生計畫，相信不但能護生利眾、福慧雙修與圓滿功德，更能進而捍衛本土原生物種的文化傳承、確保河川生態環境與生物資源的永續利用。

氣候變遷對水產生物、環境生態的影響及水產養殖發展的因應策略

一、氣候暖化對水產生物的衝擊

過去每個世紀地球氣溫平均約增加 0.5°C ，但在下個世紀預估可能會上升 3°C 。氣候暖化對水產生物會帶來下列的衝擊。

(一) 對熱帶珊瑚礁的影響

一般溫度上升 1°C ，會造成 50–100% 的珊瑚死亡，通常珊瑚若死亡 10%，會導致約 60% 的魚種減少，也就因此影響魚類的多樣性。例如：在 1999 年反聖嬰現象的發生，造成臺灣南部海域珊瑚的白化死亡 (圖 1)。



圖 1 珊瑚及其白化現象

(二) 對海洋魚類分布的影響

氣候暖化帶來洋流與湧升流的漂移，進而影響海洋或沿岸食物網的分布。低緯度黑潮洋流的減弱，引起帶動營養鹽類的漩渦減少以及湧升流遠離了南美洲及非洲的海岸。因此，天候會影響洋流水平與垂直的分布，而洋流的改變會造成海洋魚類的分布與數量的改變。

水溫可以支配魚種分布的緯度和海拔高度。例如：在 1977–2001 年間，北大西洋海底水溫升高 1°C ，結果造成 36 種調查魚種中有三分之二向北或向較深的冷水域遷棲。此外，冷水性魚種也被阻止在低緯度地區出現。

又如：魷鱈漁業中，適合較低水溫的日本鯷魚的捕獲量，隨著氣候暖化，近年來已逐漸消失在臺灣的沿近海海域。

(三) 對魚類資源的影響

據報導，氣候暖化加速北極融冰速度以及海水熱膨脹效應，海平面每年將以 3 mm 之速度上升，如此估計 100 年後，海平面將上升 30 cm，致使冰河消失，水資源減少，會淹沒沿岸地區而造成：

1. 沿岸濕地與紅樹林的消失

沿岸濕地與紅樹林，為魚蝦貝類幼苗的孵育場所，可提供幼苗成長必要且充足的天然餌料。

2. 沿岸植被的消失

沿岸植被提供魚蝦貝類幼苗最佳的掩蔽及避敵場所，一旦消失，必然會威脅到魚蝦貝類幼苗的生存。

3. 魚類孵育場的消失

沿岸溼地、紅樹林與植被的消失，魚蝦幼苗的孵育場所也會跟著消失，進而導致魚類資源的銳減（圖 2）。

（四）對魚類生殖生態的影響

如果溫度上升，水中溶氧量會降低，同時，魚類的新陳代謝反而會上升而耗氧，而且，水中污染物也因溫度增高而毒性變強，常因此引起養殖魚類的大量死亡，可以說溫度的改變會影響魚類的新陳代謝率、生殖行為及其分布。另一方面，溫度也會影響魚類的性比，有時溫度升高會造成雌雄比超乎平常 1:1 的情形。

根據報告，北半球湖泊開始凍結的時間比 150 年前延後 10 天，在歐洲部分地區的溶雪也比 50 年前提早 1—2 個月，如此使得春天的水量減少而阻撓了某些魚類的洄游與產卵，所以也就因此影響其繁殖的時間與產量。

茲舉三個例子，說明氣候變遷對魚類生殖生態的影響：

1. 臺灣的鰻苗資源，這幾年的捕獲量急劇的減少，究其因，有一部分係由於氣候變遷影響黑潮行徑與大小，而導致鰻苗洄游路徑的改變與分布。鰻苗嚴重短缺，而不敷養殖所需，對鰻魚產業的發展影響頗巨。
2. 在臺灣，吳郭魚產卵季節通常從每年的 3—9 月，然而，由於受到極端氣候的影響，在 2011 年 3—4 月，溫度依然偏



圖 2 紅樹林為魚蝦貝類孵育場所

低，而在 7—8 月溫度卻偏高，致使產卵季節壓縮在 5—6 月，而影響種苗生產量的控制與魚苗放養時間。

3. 具有產卵洄游特性的烏魚，每年冬季會由中國東海向南洄游至臺灣海峽產卵。臺灣過去每年的捕撈量平均約 270 萬尾，最近幾年，受到氣候暖化的衝擊，年捕獲量僅約 20 萬尾，不到過去的 8%，嚴重打擊天然烏魚子的產量。

二、氣候變遷對水產生物環境生態的影響

(一) 對降雨量的影響

有報告指出，全球溫度若上升 1 度，則空氣中的水蒸氣將增多 7%，會使得降雨強度增加 3 倍。例如：2009 年莫拉克颱風就創下臺灣有史以來單日降雨量的紀錄，而且在 3 天內就降下了一整年的雨量。

氣候變遷會改變降雨的型式，使得某些地區變潮濕而某些地區卻變得乾旱。近幾年，經常發生降雨頻率異常的現象，而導致洪水氾濫、強風侵襲以及乾旱等災情。颱風以及伴隨而來的洪水，往往將種魚或其棲地沖走、同時稀釋海水鹽度、破壞魚蝦類幼苗的孵育場所，甚至沖毀魚塢。在臺灣，每逢颱風季節，過大與過急的降雨量，常造成池塘的潰堤以及池魚的流失（圖 3）。

另一方面，增加蒸發量或減少降雨量，則會減低河川流量或湖泊的蓄水量，因此，易造成地下水位的降低，使得濕地因而消失。在乾旱季節，河川水量的萎縮所引發



圖 3 洪水造成池塘潰堤

的水量不足，多少會妨礙淡水養殖的發展。此外，由於在低雨量的乾旱季節，海水會灌入河床，而使得河口水生棲地的分布發生遷移現象。再說，乾旱導致溪流量減少、水溫升高以及污染物毒性的增強等，都會衝擊魚類的棲地。

(二) 對海洋漁業的影響

因氣候變遷導致水溫變化、海洋特性的改變、海水酸化及惡劣海象等，而影響海洋生物組成與生態系食物網結構的改變，進而造成漁業資源的衝擊：

1. 漁獲種類與漁獲量的改變

海水溫度上升，使暖水性漁業取代冷水性漁業資源。過去長久以來，臺灣的魷釣船

都遠赴阿根廷捕撈魷魚，年捕獲量約達 25 萬公噸。然而，近年來也受到氣候變遷的影響，年漁獲量僅達 6 千公噸，約為過去的 2.4%，對魷釣事業的發展打擊沉重。

2. 漁獲種類的死亡

極端氣候變化會引起海洋生物的大量死亡。例如：2007 年臺灣澎湖海域因寒害而造成附近海域魚類群體死亡。

3. 漁場與漁期的改變

魚類性比、產卵期及洄游特性的改變，影響漁場與漁期。例如：1999 年受到反聖嬰現象的影響，鮪類漁場移向大西洋集中。

4. 海水酸化

海水酸化會使牡蠣及珊瑚等具有鈣質骨骼生物的鈣化作用降低，而不利其生存。

5. 漁撈作業

受惡劣海象的影響，會增加漁撈作業困難度，因而導致作業天數的減少，間接降低漁獲量。

(三) 對水產生物物種與多樣性的影響

氣候變遷往往使得冷水性魚逐漸取代溫水性魚種，而加速魚種的均一化。此外，氣候變化太快也讓遺傳物種趕不上適應，加之，新的物種也來不及取代那些無法適應的物種。上述這些因素，都會造成水產生物多樣性的喪失。前面所述，珊瑚的白化現象以及日本鯷魚在臺灣沿近海域消失等，即為明顯的例子。

(四) 對水產養殖的影響

氣候變遷對水產養殖的影響有：

1. 鹽度的增加，地下水的鹽化以及海水入

侵，會使得淡水水資源匱乏，不利淡水養殖漁業的推展。

2. 氣溫上升，水蒸發量提高，使得可利用的水資源減少，地下水資源也隨之減少。

3. 氣候暖化，會影響養殖貝類的成長與繁殖。例如：牡蠣在水溫 32℃ 以上，成長及附苗率均變差。文蛤在水溫 30℃ 以上，成長率也降低。

4. 水溫的變化，會影響魚類的分布、產卵及洄游行為，因此，降低了養殖魚種及其遺傳的多樣性。

5. 氣候變遷常帶來寒害，造成養殖虱目魚及吳郭魚的大量死亡（圖 4）。



圖 4 寒害造成魚類大量死亡（自由時報 100.5.11.A3）

6. 極端天候造成暴雨或乾旱的異常氣候，例如：洪水侵襲會破壞池塭設施，乾旱則導致淡水資源的枯竭，這些都足以妨害養殖漁業的發展。

7. 氣候暖化、冰水融化使海平面上升而淹沒淺海養殖及沿岸魚塭養殖。

8. 漁業資源減少，表示可做為魚粉的材料魚也跟著減少，因此，魚粉價格隨之上

揚，而增加水產養殖經營的飼料成本。

全球氣候變遷對水產養殖水資源利用之影響與衝擊，大致有：

1. 氣候變遷使得氣候異常（暴風雨、大乾旱）的頻率與幅度加大，而導致淡水資源的不穩定。
2. 溫度上升，使水的蒸發量提高，大幅減少河流、湖泊及水庫的水量，不但養殖用水源因之減少，也影響上述水域的漁業資源。
3. 氣候暖化，使冰水溶化，致使海平面上升而淹沒沿岸養殖魚塭與淺海養殖場，同時，地下水鹽化與海水入侵，也會壓縮淡水資源。

除了規劃實施的純海水養殖、淺海養殖以及海上箱網養殖以節約淡水資源外（圖5），茲將其他因應氣候變遷水產養殖發展及淡水資源利用的策略概述如后。

三、發展生態養殖

因應環境的變遷，未來全球水產養殖將由現今的單一型朝向生態型發展，養殖的開發必需兼顧環境的平衡與和諧友善，主要的研發課題有：

（一）開發濕地養殖

濕地是由水棲生物和濕性環境構成的特殊自然綜合體，它位於大氣圈、岩石圈及生物圈的交匯處，是各種能量和物質交換和作用的場所。它是地球上最重要的生存環境和生態系統，具有穩定環境、物種基因保護及資源利用的功能。



圖5 箱網養殖(上)與牡蠣淺海養殖(下)

濕地作為一種獨特的生態系統，它是各種主要溫室氣體的來源與聚集場所（例： CH_4 、 N_2O 及 CO_2 ），在全球氣候變化中有著特殊的地位與作用；另一方面，全球氣候變化又有可能對濕地生態系統的面積、分布、結構及功能等造成巨大影響，並有可能引起溫室源匯的轉化，進而對氣候系統形成回饋（feedback）作用。

此外，人工濕地處理污水技術已經在全球廣泛應用，使得水可以再利用，同時還可以保護天然濕地，減少天然濕地水的損失。再者，將人工濕地作為水質淨化應用到池塘養殖，通過人工濕地高效的水質淨化作用，可維持養殖池塘良好的生態環境，因此該系統係一項可行的環境友好型生態養殖模式。

(二) 推廣農漁綜合、混合養殖或輪養模式

水產養殖往往造成養殖水體的富營養化或優養化，對周邊水域環境與生態會產生相當的危害與衝擊。假使能推廣大型池埤以蓄水方式養殖魚種，則對水資源的維護，具有下列作用：(1)可貯存水量避免水資源流失；(2)非屬流水式養殖，且不常換水，可減少水資源的浪費；(3)利用富營養的養殖排放水灌溉稻田或其他農園；(4)可淨化養殖排放水及節約農業灌溉用水。這便是有效利用水資源的農漁綜合養殖模式（圖 6）。

利用魚類的生態習性，不同的食性與生活水層，放養合理比例與密度的各魚種，使得養殖水體能夠維持最大的自然生產力，藉資降低人工飼料的投餵，且可發揮天然生態

水域自淨能力，而保持優良水質。因此，混合養殖便成為達成此目標的不二法門。

老舊的養殖池，因殘餌及池魚排泄物的累積，造成底土的腐敗而使得池塭環境惡化，不利池魚成長。因此定期讓魚池休養或輪養，不但可維護池塘的環境，並可節約養殖用水。

(三) 鼓勵從事雜食性或草食性低營養層級魚蝦貝類養殖

雜食性魚類計有：吳郭魚、虱目魚、白蝦及海水蝦等；草食性魚類計有：貝類（牡蠣、文蛤、蜆等）及鯉科魚類。上述這些魚類可以直接攝取池中餌料生物，並充分利用天然生產力，且不需要高含量動物性蛋白質，因此，可以節約魚粉與魚油的使用量，進而確保水質（圖 7）。



圖 6 農漁綜合養殖



圖 7 文蛤養殖 (左) 與虱目魚養殖 (右)

四、推廣節水養殖

養殖業者為維持水質乃大量抽取地下水，造成台灣西南沿海地區地層下陷而衍生海水入侵、妨害防洪安全及土地鹽化等戕害水土資源等不良後果，對整體社會經濟發展及環境生態之維護，構成負面之影響與衝擊。為有效降低淡水使用量，確保淡水漁業之持續發展，推廣節水養殖，如：淡水循環水養殖模式之建立與使用、零換水式養殖或池埤養殖等，實為當前刻不容緩的重要課題。

五、發展有機養殖

有機水產養殖是不使用任何化學合成物質，主要依靠系統中可再生資源的轉變、循環利用及嚴格的環境管理來維持養殖體系的生產力，既保護生態環境，又保證食品安全。有機養殖涵蓋的範圍主要有：

- (一) 養殖活動不可以對環境產生負面影響。
- (二) 採用自然養殖方法，不用激素、抗生素或營養添加劑。
- (三) 限制養殖密度，意即發展適度養殖。
- (四) 盡可能採混養方式，以形成可持續性生產體系。
- (五) 不得使用合成殺蟲劑、除草劑、生長素和色素。
- (六) 養殖品種和飼料不涉及基因轉殖技術。
- (七) 飼料和肥料必需來自已經認證的有機產品。
- (八) 減少或避免使用魚粉、魚油飼料。

(九) 不得使用無機肥。

(十) 不得過多或不恰當用水。

(十一) 限制使用能源（如供氧設施）。

(十二) 兼顧與生態環境的和諧與平衡，並加強養殖生態保育與資源的管理工作。

六、開發大型藻類與魚蝦貝整合養殖

海帶、紫菜、裙帶菜及麒麟菜等大型海藻，具有很高的初級生產力，在不到海洋1%的沿岸帶構成海洋總初級生產力的10%。它可以優化海洋生態系統結構、參與海洋碳循環、延緩海域富營養化及控制赤潮。這些大型藻類，可提供各種海洋生物棲息場所，形成豐富生態系，其所發揮之海域生態功能包括有：減緩水流、形成多樣性的生物生存空間、富含天然餌料，可提高天然生產力，為魚、蝦、貝類的產卵及孵育場所。因此，大型藻類如與魚、蝦、貝類整合養殖則具有生態的互補性，它們可吸收養殖生物排放到水中之多餘營養鹽，將之轉化為藻類成長所需之營養源。另一方面，大型藻能夠吸收氮、磷等營養鹽，淨化水質，吸收固定CO₂，進行光合作用產生水中DO、調節水中pH值，進而達到環境的生物修復與生態調節功能。

七、發展設施（溫室）養殖

為了維持池魚在合適的水溫環境範圍，以利養殖魚類的正常生長，同時，也為

了避免池水水溫受到天候的突變，忽冷或忽熱以及白天或夜晚所造成溫差的急驟變化，而影響池魚的成長甚或造成傷害與死亡，有需要採用設施（溫室）的養殖方式，以因應環境天候的驟變（圖 8）。



圖 8 設施養殖

八、研發可永續利用的水產飼料

根據報導，由海洋捕撈約 2 kg 的下雜魚來製造飼料魚粉，僅僅可生產約 1 kg 的養殖魚，就全球水產生產的角度而言，這是一項能源生產的損失，長久以來，被環保及綠色組織所詬病。因此，以植物性原料來部

分或完全代替魚粉或魚油的飼料研發，被認為是解決此問題的有效策略。

九、開發能適應極端氣候的養殖魚種

應開發可以抗逆境、能忍受較高、較低水溫或在異常天候環境下還能維持正常存活率與成長率的養殖魚種。尤有甚者，如能發展在極端氣候仍然能繁殖的魚種，則是面臨氣候變遷衝擊更直接的因應措施。

十、積極執行以藻類作為替代性生質能源原料的研究

世界各國都相繼投入「微藻生質燃油」的相關研究，一則可提升固碳效率，另則可增加生成藻體的附加價值。此外，大型海藻富含多醣及纖維素，極可能為第三代生質酒精原料，同時也有淨化海域環境的效果。

十一、結語

全球氣候變遷之情況，將日益嚴重，極端氣候造成的暖化、寒害、風災、水災、旱災等將層出不窮，而對氣候變遷的嚴峻挑戰，水產養殖應該積極推動生態養殖、節水養殖、有機養殖、魚貝藻綜合養殖及設施養殖等。此外，永續利用飼料開發、適應極端氣候魚種之研發以及藻類生質能源之利用等也應列入考量，希望能打造出優質、高效、生態、安全的永續養殖願景。

綜合水產養殖模式與養殖水耕系統

一、前言

為了減少水產養殖對環境的衝擊，綜合水產養殖 (integrated aquaculture) 是當前養殖發展的策略方向。綜合水產養殖係泛指同一水體不同養殖生物的混養或不同水體不同養殖生物的串聯養殖，乃至於與其他農、畜產業間的生產結合方式，它具有資源利用率高、與環境和諧、產品多樣化、節能省水及生產穩定等優點，可以說是一種永續性的水產養殖模式。

二、綜合養殖的生態平衡原理

(一) 營養代謝的資源利用

這種養殖方式是把不同營養生態位階的生物混養在一起，使得同一養殖體系的營養物質或能量，得以充分重複被利用。例 1：稻田養殖：草魚食田中雜草 (減少草與稻瓜分肥分)，魚的糞又可肥田。例 2：草鰱魚混養：草魚吃草、草魚排糞含綠肥，可以繁生藻類，作為鰱魚的食物。

(二) 養殖技術的生態平衡

利用技術互補以產生生態平衡的養殖方法，例如：投餌養鱸，化肥養鰱。一般投餌與施用有機肥，易產生分解作用 (decomposition) 導致 CO_2 上升而 O_2 、pH 及

eH (氧化還原電位) 下降。至於養魚施用化肥的作用則相反，易產生光合作用 (photosynthesis) 導致 O_2 、pH 及 eH 之上升而 CO_2 下降之現象。因此，如能綜合投餌及施化肥的技術，則可發揮生態平衡而有效控制水質，提高生產力。如果僅投餌 (或用有機肥) 養殖，則因分解作用較強而易引發缺氧造成的泛池。反之，只用化肥養殖，也會因光合作用較強，而易引起溶氧過高所造成的氣泡病。

(三) 能量代謝的互補效應

有學者將養殖生物概分為投餌型種類 (fed species) 及萃取型種類 (extraction species，如：濾食性生物與大型藻)。另有學者依據生物能量的代謝型，將養殖生物分為自營性 (autotrophic) 與異營性 (heterotrophic) 二種。前者以陽光輻射 (solar radiation) 提供能量，並能生產 O_2 、吸取 (uptake) CO_2 及吸收 (absorb) 營養鹽，海帶、龍鬚菜便屬此型。後者主要靠飼料 (pellet feed) 提供能源，但卻消耗 (consume) O_2 、排放 (exhale) O_2 及釋放 (excrete) 營養鹽，大多數魚蝦都是這一類型。這二型在能量代謝上其有互補性，因此，二者之混養，便可穩定水質、提高生產量。

濾食性貝類在生產管理上屬於萃取性

養殖種類，但生態上則屬異營性養殖種類。因為貝類可自水中吸取氮、磷等。但其糞便、擬糞的沉積作用會從水中吸收 O_2 ，排出 CO_2 與氨。若將之與大型藻混養，則可利用藻類吸收貝類排出之 CO_2 及氨，產生 O_2 供貝類利用。這種互補作用，便可達到能量代謝平衡，提高生產效率。

(四) 水體資源的有效利用

養殖水體資源，涵蓋範疇包括：水體的空間與天然餌料以及使用的時間。水體空間的利用，意指在同一水體放養不同水層的養殖物種，使垂直水體空間充分被利用，以提高池塘容載量 (carrying capacity)。鯉科魚類的混養 (polyculture of Chinese carps) 便為經典範例。白鰱與黑鰱在池塘上層生活，草魚在中、下層，而鯖、鯉、鯽、鰻則在底層。生活水層不同，便可增加單位面積放養量且互不干擾。此外，水體有不同天然餌料可讓不同食性的魚類選擇攝食，例如：鯉科魚類的白鰱濾食植物性浮游生物，黑鰱攝食動物性浮游生物，草魚咬食大型植物、草類，鯉、鯽魚撿吃底層碎屑或底棲生物，青魚吃螺類等，便可充分利用天然餌料資源，各取所需互不搶食而提高水體的天然生產力 (productivity)。另在時間的合理調配使用方面，“輪養”便是其中一環。例如：夏季高水溫期養白蝦，而在冬季低水溫期養桂花鱸。

三、綜合水產養殖的類型

依據前述原理，可將綜合水產養殖分為

下述類型：

(一) 技術綜合型 (Technical integration)

兩種具有技術互補作用而達成生態平衡效應的綜合養殖。例如：箱網養鯉與箱外化肥養鰱的結合方式。

(二) 混養綜合型 (Integrated polyculture)

此類型包含同一水體不同水層，或不同食性的混合養殖，可充分利用水體空間與水中天然飼料，不但運用水中天然生產力也可增加池塘容載量，以增加收成。前面提及的鯉科魚類混養，便為此型的典範。

(三) 輪捕輪放型 (Rotary stocking and harvesting)

此係指池中混養之魚種，在不同時間採捕。例如：夏、秋季先捕鰱、鰻、鯰，年底再捕鯉、鯽魚。

(四) 輪養型 (Temporal integration)

在同一水體，不同時段，養殖不同的種類，前述白蝦與桂花鱸養殖就是屬於此類型。

(五) 分池串聯型 (Partitioned aquaculture integration)

將兩個以上之不同種類養殖池串聯一起，池水封閉循環使用，以達生態自淨的功能，例如：魚→藻養殖，即為一例。傳統的養殖廢水處理方法，往往因養殖廢水含大量的懸浮固體物 (suspended solid) 而致效率低且又耗費成本，因而，一種節約成本又有效的海藻養殖，便成為一項替代方案。因為海藻被認為可以從養殖環境中，去除或減少

養殖生物所產生的氮與磷等。海藻可利用養殖生物代謝廢棄物 (metabolic wastes) 當作肥料，吸收 CO_2 並釋放 O_2 。其他如：魚→蝦→貝→藻養殖，則更是典型例子。

(六) 多營養層級綜合型 (Integrated multitrophic aquaculture, IMTA)

本項養殖型式是在同一水體混養或間養不同營養層級的生物，且生物間存在一定的營養關係，例如：魚-貝-藻養殖，被認為能增加魚池生產力且養殖廢物又可再利用 (reuse fish waste)，不但能淨化水質，又可節約水資源。由於此系統是將不同營養生態位階的生物組合起來，使養殖體系內的營養物質可以重複被利用，意即系統內的能量得以提高其利用率。簡而言之，就是一種養殖生物的排廢物可成為另一種養殖生物的食物。因此，此類型的綜合養殖被很多專家學者肯定與推介。

(七) 魚與農、牧綜合養殖型 (Integration of aquaculture、agriculture and livestock breeding)

魚、農、牧綜合養殖依產業別可分為：

1. 魚-稻共生型 (Aquaculture-rice co-culture)

此型是在同一水體內同時養魚與種稻，魚與稻存在著互利或偏利（對一方有利，對他方無害）的關係，稻田養殖便為一例。

2. 魚-菜共生型 (Aquaculture-vegetable co-culture)

此方式是在同一水體，水面種菜，水中

養魚的綜合方式。菜會吸收養魚水體的營養鹽，例如：魚藕混養。

3. 魚-農綜合型 (Integration of aquaculture and agriculture)

此類型又可分為二類，第一類型與魚-菜共生型相同，是在同一水體，水面種植物 (plants)，例如：花、草等植栽，而在水中養魚（圖 1）。

另一類型是在池塘養魚，而池邊種牧草、水草等。池中淤泥是周邊植物很好的肥料，池水也是植物的營養水源。例如：臺灣北部桃、竹、苗地區，有很多由水庫引水貯存之大型池埤，平時放養鯉科魚類或吳郭魚，在稻田需水時，則適時排水灌溉。此外，在乾旱地區的非洲或中東地區，例如：埃及，也是將尼羅河水引入大型蓄水池養魚，再排放灌溉農田。此類綜合養殖，可發揮水資源多重利用之功效。

4. 魚-禽綜合型 (Integration of aquaculture and poultry culture)

此種型態係在同一水體進行魚類與鴨、鵝的養殖，鴨、鵝糞可被攝食，也可作為有機肥以增加池塘生產力。池塘則可提供家禽良好、衛生的生活棲息所。

5. 魚-牧綜合型 (Integration of aquaculture and livestock breeding)

此種方式是在養殖池邊圈養家畜，如：豬、雞等。池塘提供家畜（禽）水源，家畜糞便可肥水。吳郭魚及鯉科魚類與豬的養殖模式是最常見的例子。但，養豬廢水之利用，應先經發酵處理，以維護養殖產品的衛生安全。

6. 養殖水耕系統 (Aquaponic system)

養殖水耕是結合循環水養殖 (recirculating aquaculture) 與水耕 (hydroponics) 的一種生物性綜合糧食生產系統 (biointegrated food production system) 也是一種生產性 (productive) 與生態和諧性 (ecologically sound) 的生產系統，因為養魚排廢物提供硝化菌營養 (nutrient source for nitrifying bacteria)，將魚的有毒代謝廢物 (toxic waste metabolites)，經硝化作用 (nitrification) 轉化成植物的有用營養 (useful nutrient)。因之，植物與硝化菌便成為天然的過濾器，用來去除魚的排廢物，可純化並確保養殖水質，使養殖用水可循環再使用 (water reuse)。因此，此系統具有下述各項優點：

- (1) 水可循環利用以節約水資源。
- (2) 養殖排廢物 (fish wastes) 可當作植物營養源，植物可不必再施肥，以節省成本。
- (3) 不須再安裝生物過濾器材，可節省能源與成本。
- (4) 本系統可共同分擔操作及雜項設施成本。
- (5) 較單獨生產魚與農作物使用的水量少。
- (6) 可同時生產魚與農作物，以增加收益。
- (7) 不使用抗生素、農藥、殺蟲劑，是屬於有機農業 (organic agriculture)。
- (8) 可避免養殖排放水污染環境水域。

一般養殖水耕的對象魚種為：吳郭魚、鱒、鯰、鱸，而蔬果為：蕃茄、萵苣 (lettuce)、甘藍菜 (cabbage)、豆科、九層塔 (basil)、

青椒類 (peppers) 及瓜類 (cucumbers) 等。養殖水耕，首先要確定養魚魚種及飼料投餵量 (feed input) 與種植種類及面積的適當比例，以提供植物所需的營養。通常養殖水耕的組成為：養魚池，沉澱池 (懸浮固體物去除裝置)，生物濾池 (biofilter)，水耕床及集水池 (sump) 等 (圖 2-4)。每週測 2 次水質，測定項目為：TAN (total ammonia nitrogen)、NO₂-N (nitrite)、NO₃-N (nitrate)。另，水溫、pH、DO、TSS (total suspended solid)、TDS (total dissolved solid)，free CO₂，磷 (phosphorus)、鉀 (potassium) 等則每週測 1 次。

魚與農作物可在中、低鹽度成長，魚類因低鹽度調整滲透壓的耗能低，而使成長更快。例如：一些蕃茄在中鹽度下，可與歐洲鱸、鯛類綜合養殖。有些作物因滲透壓的不同會減少水分吸收而產生營養價值 (nutritional value) 與口感 (taste) 較佳的正面效應。此外，一些藥用植物也因鹽度關係，可提升活化分子 (active molecules) 之濃度，增加藥效。

在乾旱或沿海鹽分地區種植農作，是增加糧食生產而不破壞森林的可行方案，而與水產養殖之結合，利用養殖用水當做農作物營養，便成為達成糧食與能源生產目標的主要方法。此外，庭院養殖 (back-yard aquaculture) 愈來愈引起人們的興趣，而養殖水耕便是其中最佳的選項。

由於不斷的供應來自池魚的有機礦物質 (minerals) 以及有益植物的微生物 (plant beneficial microorganisms)，因此，試

驗證明養殖水耕與一般水耕的產品品質並無差異。一般而言，流水系統 (flow through system) 的生產力不及封閉系統 (closed system)，因為在封閉循環系統 (recirculating system) 中，池魚可不斷補充被植物吸取的營養源，而在流水系統則少有營養可被補充。

此型式與前面所提在同一水體進行魚-菜共生的方式有所不同，既不受限於水體種植面積，也不需隔離防止養殖生物吃食植根。另與前已提及的魚-農綜合型的養殖用水，直接作為農作灌溉並不循環使用的方式也截然不同。

四、結語

回顧過去的水產養殖，早期是粗放式養

殖 (extensive culture system)，屬於低排碳但卻是低效率的養殖方式，後來發展到集約式養殖 (intensive culture system)，雖然具有高效率，但同時也是高排碳的養殖模式。由於有限的淡水資源及高排碳引起的極端氣候，所以，研發高效低碳的養殖策略，乃當前養殖發展的潮流趨勢。因此，今後的養殖發展，除經濟主體外，必需兼顧生態環境及社會層面。綜合水產養殖便是以養殖收益為前提，生態平衡為原則，以及社會需求為考量的高效低碳養殖生產模式。其中，多營養層級綜合養殖與養殖水耕系統更是最有效且具開發潛力的養殖型式，值得儘早建立技術平臺，以利養殖產業的永續經營。

註：本文主要取材自 Dong Shuanglin (2011) 等參考文獻。

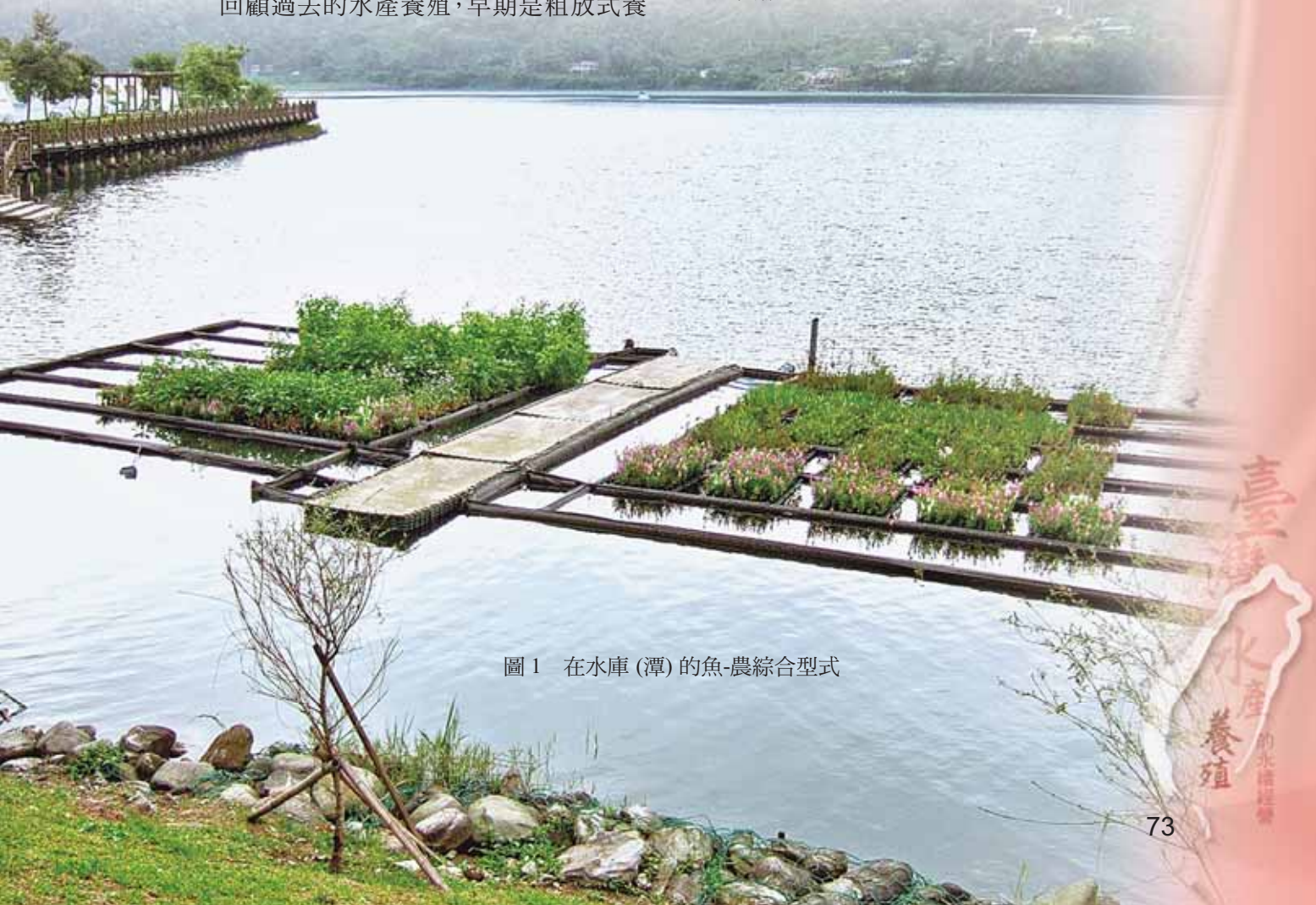


圖1 在水庫(潭)的魚-農綜合型式



圖 2 養殖水耕系統中之養殖槽



圖 3 養殖水耕系統中之水耕床



圖 4 養殖水耕床種植的高苣

魚類飼料的營養問題與研發策略

一、前言

魚類屬於變溫動物，在維持水溫極困難的水域環境裡，可加大其對能源的利用率。但是，體溫的改變對整個生物能調控 (bioenergetic regimes) 影響很大，因此，魚類營養需求會隨養殖環境而改變。由於魚類必需適應不同的棲息環境，其營養需求便因此多所受限。此外，魚類營養需求的多樣性以及養殖者與魚類之間的有限互動，也侷限了飼料的種類及其投餵方法。目前全世界養殖魚類多達 170 種以上且各具不同食性，因而阻礙了飼料生產工廠化的發展。

人工配合飼料與傳統的生餌相較，有減少病原引入以及便於飼養管理等二大優勢，而使得人工飼料的使用逐漸普及化。但飼料的開發，需考量下列各項因素：(1)如營養不均，恐造成無效甚或有害的飼料；(2)對野生魚或幼苗是否符合嗜口性；(3)飼料的穩定性、大小、密度（浮性或沉性）及泡水後的完整等問題；(4)飼料的製作、加工及輸送模式等技術。

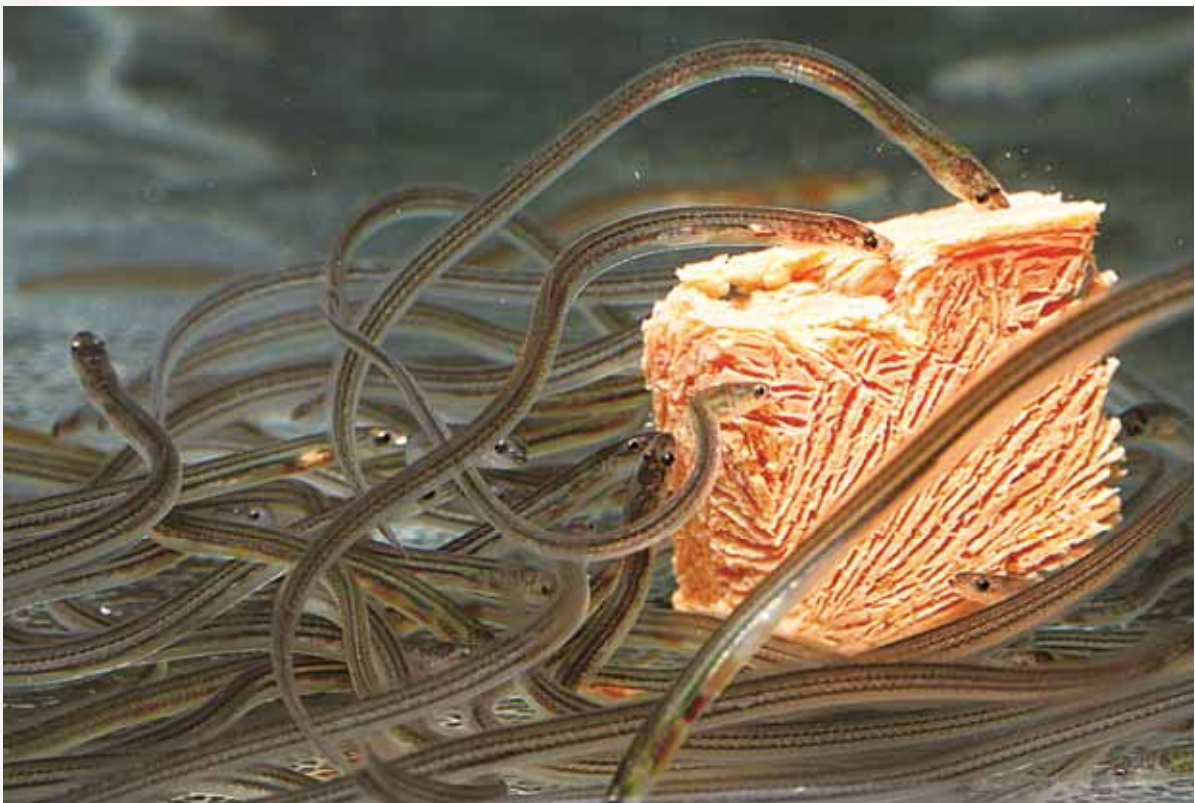
有鑑於此，當前養魚飼料被挑剔的理由可歸納為：(1)配方源自動物飼料；(2)過多的營養物質排放於水域環境；(3)養殖產品可能的有機污染。因而，針對上述缺失，今後養魚飼料的開發似應朝下述方向努力：(1)符合魚類的營養需求；(2)降低飼料成本；(3)減少對環境的衝擊；(4)提升養殖產

品品質。茲就魚類的主要營養需求與飼料組成成分，分別探討飼料開發的因應對策，以供參考。

二、蛋白質

一般魚類的蛋白質需求量約在 20—55% 之間，比起豬 (17—20%)、家畜 (14—23%) 及脊椎動物 (15—20%) 等都高。因為魚類是變溫動物且可免去重力因素，因而得以降低能量需求，故其對蛋白質的需求量比對其他的營養成分高。由於蛋白質價格較貴，因此，飼料的開發首先要考量成本效益。蛋白質是機體組織結構的主要組成，也是合成機體內一些主要物質（激素、酶）的原料。如果蛋白質含量過低，會導致成長慢、飼料效率低及免疫力下降。相反的，倘若蛋白質含量過高，則會降低蛋白質消化率而增加排出量，致使水體的氮含量過高而抑制魚的成長以及引起肝功能及代謝失調。

蛋白質合成與分解兩個過程的可逆反應非常複雜，一般稱為蛋白質周轉代謝 (protein turnover, PT)。影響 PT 的內在因素大致有：(1)魚種不同或同種不同基因的魚，其 PT 也不同；(2)隨年齡增加，PT 會降低；(3)不同的組織，PT 也不同（肝胰腺蛋白最快，肌肉較低）；(4)性成熟時，PT 高，主要的原因係卵巢需要大量之能量與胺基酸。



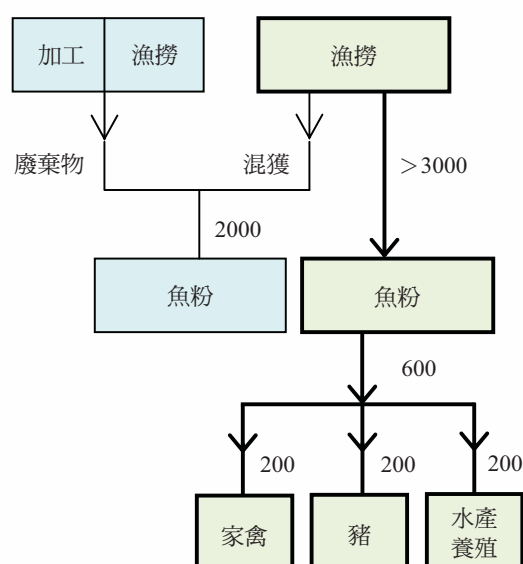
水產試驗所已開發出鰻苗之膏狀飼料，以替代傳統之絲蚯蚓，不但可穩定生產供應，且不帶病原，飼育效果良好

至於 PT 的調控因子則有：(1)營養－與攝食率、飼料蛋白質能量比、蛋白質含量、胺基酸平衡與供給形式、維生素及微量元素等有關；(2)激素－胰島素及生長素可促進蛋白質合成而兒茶酚胺及皮質激素則可促進分解；(3)環境－溫度升高，PT 會提升。運動可提升 PT，例：虹鱔在每秒一個體長的游速下，可促進生長。水質中含氮高，PT 高；pH 值低，PT 也低。

魚類如同陸生動物一般，需要補充自身無法自行合成的 10 種胺基酸稱為必需胺基酸 (essential amino acids, EAA)。決定飼料 EAA 的需要量，涉及結晶胺基酸或純蛋白質的利用，此過程既曠日費時又耗本，因之，飼料配方乃轉向粗蛋白質需求量之探討，而發展出現今富含蛋白質的商業用飼料。在這種富營養的飼料中，有些魚體組織合成並不需要的蛋白質或胺基酸，則會分解

為能源或排入水體而造成環境的優養負擔。因此，應加強 EAA 需求量之研究，以取代當前過量蛋白質的飼料使用。果真如此，則有保護蛋白源、提高養殖生產效率及減少對環境的負面衝擊等好處。

然而在 EAA 需求量尚未明確前，因魚粉與魚體胺基酸成分接近，易於消化吸收利用而有益於魚的成長，被視為理想的蛋白源。目前，全世界魚粉每年生產量約 600 萬公噸，豬、家禽及魚的使用量相當，但今後的需求量會逐年增加，預估至 2015 年將達 900 萬公噸。緣此，似乎可從漁撈的混獲或漁撈與加工之廢棄物中，找尋其他便宜又不影響資源保育的動物性蛋白源。當前，混獲或棄廢物佔漁業捕撈量的 25%，約 2 千萬公噸，不失為廢物利用、低價蛋白替代源(如圖)。



魚粉的生產及其利用 (單位：萬公噸)
(粗線：目前魚粉生產源；細線：可新增魚粉生產源)

由於魚粉貨源有限，未來可能影響養殖等產業發展，而且魚粉品質也因魚種、季節、水域、加工等而有所差異。加之，海水魚製成魚粉，又有污染的可能，如：多氯聯苯、戴奧辛及其他有毒化合物等會殘留在養殖魚體內。尤有甚者，據調查，養殖 1 kg 的肉食性魚類 (石斑等) 需耗費 5 kg 的漁獲做飼料魚粉，一般平均飼養每公斤的魚要用 1.9 kg 天然捕撈魚，此情況顯然不合乎能量轉換之原則 (如表)。因此，解決動物性蛋白源的另一途徑，即以植物性蛋白源來替代。但植物蛋白雖富含碳水化合物，卻缺乏 EAA 及多少含有抗營養化合物 (antinutrient compounds)。以黃豆為例，雖被認為價廉且有足夠粗蛋白、胺基酸，卻含有低量離胺酸 (lysine) 與甲硫胺酸 (methionine)、高纖以及一些抗營養化合物，如：蛋白酶抑制體 (protease inhibitors)、凝集素 (lectins)、植物酸 (phytic acid)、皂素 (saponins)、植物雌激素 (phytoestrogens)、抗維生素 (antivitamins) 和過敏劑 (allergens) 等，因而降低替代的可行性。茲舉幾個例子說明。

以黃豆粉替代魚粉，可能對魚的某一成長階段有益，但對另一階段則不然。例如：河魴餵以 50% 替代黃豆粉，對成長或存活率沒有不良影響。但因黃豆粉含植物雌激素，它是一種內分泌的裂解物，會導致內分泌失調而影響河魴的成熟產卵。

源自豆類的胰蛋白酶 (trypsin) 抑制素，對有些魚的飼料利用或成長有負面效果，有些則無影響。

世界 10 項主要養殖魚貝類利用野生魚作飼料的生產情形

養 殖 魚 貝 類	年產量	以飼料產 出之重量 (a)	飼料產出 比年產量 (%)	飼料中 魚粉比 例 (%)	飼料中 魚油比 例 (%)	平均飼料 轉 換 率	作魚粉 的野生 魚重(b)	b/a
海 水 魚 類	754	377	50	50	15	2.2	1,944	5.16
鰻 魚	233	117	50	50	10	2.0	546	4.69
鮭 魚	737	737	100	45	25	1.5	2,332	3.16
鱒 魚	473	473	100	35	20	1.5	1,164	2.46
吳 郭 魚	946	331	35	15	1	2.0	460	1.41
虱 目 魚	392	78	20	10	3	2.0	74	0.94
鯰 魚	428	351	82	10	3	1.8	296	0.84
鯉 魚								
a.人工飼料	6,985	2,445	35	8	1	2.0	1,834	0.75
b.天然餌料	5,189	0	0	-	-	-	-	-
海 水 蝦 類	942	725	77	30	2	2.0	2,040	2.81
貝 類	7,321	0	0	-	-	-	-	-
合 計	24,400	5,634					10,695	1.90

資料來源：Rosamond L. Naylor et al. (2000)

單 位：千公噸

植酸磷 (phytate) 的結合作用會限制魚類對礦物質的使用率，使得飼料效率及成長降低，甚或引發魚類的白內障。因此，如用 50% 黃豆粉取代的飼料，可以添加礦物質來克服此缺失，但如果養殖魚攝取礦物質的量減少，則排出至環境的量變多，會引起水域磷含量過高而產生優養化現象。

有鑑於此，目前為避免植物蛋白所引起抗營養反應的方法有：(1)以加工方式破壞抗營養化合物（加熱與萃取）；(2)添加酵素

（例：植酸酶 phytase）來分解植酸磷，增加磷的利用率；(3)利用基因改造的麥、油籽等原料（GMO 產生的低植酸磷品系的豆類，含 5—50% 傳統種子的植物酸濃度）。

上述方法將是替代動物性蛋白源最經濟、環保，而又具營養的可行方案。另有一些商業化 SCP (single cell protein) 產品可取代高達 50% 動物蛋白源，雖深具發展潛能，但目前尚屬萌芽階段。

三、脂質與脂肪酸

脂質與脂肪酸參與魚體每個生理過程，所以，飼料中之含量及成分佔整體營養的大部分。由於魚類無法利用高含量碳水化合物飼料，脂質及脂肪酸便成為主要的代謝能源。有些脂肪酸異化為能源，有些則儲存另作他途。攝取高度不飽和脂肪酸 (HUFA) 是魚類生理所必需的。例：魚類無法合成亞油酸 (linoleic acid) C18:2n-6 及亞麻油酸 (linolenic acid) C18:3n-3，因此，它們是屬於由食物攝取的必需脂肪酸 (EFA)。另外，長鏈的 EPA (C20:5n-3)，DHA (C22:6n-3) 及 ARA (arachidonic acid) (C20:4n-6) 也是屬於主要的 HUFA。ARA 係 20 碳 4 烯酸，是內生性激素 (eicosanoids) 的前體 (趨) 物，此激素與心血管的調節、免疫與發炎反應、腎與腦神經及生殖等生理有關，而在魚的神經及眼組織可發現大量的 n-3 脂肪酸。由此可見，飼料中添加脂肪酸符合養殖生物的營養需求。此外，飼料脂質成分會影響產卵，例：脂肪含量由 12% 增加到 18%，會使臭都魚產卵量增加。如果 EFA 缺乏、含量不足或過高等則卵與仔魚的質量會降低。

另，n-3 HUFA 會改變親魚血漿性類固醇激素含量而影響生殖功能。營養不足或不平衡，會使類固醇激素含量降低，而阻礙卵黃物質合成能力，進而抑制卵巢發育。因此，n-3 HUFA 會影響產卵量、精卵質量、胚胎及仔魚發育。一般含量在 1—3.5% 左右，但佔總脂肪酸的相對比值則約在 11—

20%。此外，n-6 也很重要，過去卻被忽視。在吳郭魚生殖性能試驗中發現，n-6 比 n-3 更為重要。同時，n-3 與 n-6 的比例也被視為魚類健康的指標，所以理想的飼料應建立 DHA/EPA/ARA 之適當比值。

魚油與魚粉同樣會造成經濟與環境的負擔，因此，魚油的植物性替代油也面臨與魚粉之植物性的替代蛋白同樣的情形。有些鱸魚、鮭魚、鯛魚、鯰魚飼料用植物油替代的結果，在成長、活存率、飼料效率方面並未發現明顯差異，只有脂肪酸組成會改變。有些例子，則有改善魚排氧化穩定性之效果。

飼料中也許不可能完全不用魚油，但至少可取代 25—80%。脂肪酸組成的改變，尤其是 HUFA 之 EPA 與 DHA 含量的減少，會降低營養價值與消費者的接受度。飼料植物油對魚排脂肪酸組成雖有負面的影響，但卻可以在最後餵食階段予以補救，例如：比目魚 (turbot) 及大西洋鮭 (Atlantic salmon)，分別在最後養殖階段改餵 8 週、16 週魚油，可提升養殖產品的營養價值，同時也達到減少使用魚油之目的。由此可知，植物油取代魚油可降低飼料成本及舒緩對漁獲物之依賴，假使在養殖收穫前不投餵魚油，則會影響產品脂肪酸成分，所以說，如何找到與魚油營養相當的替代用油而不致影響魚肉品質，係當前飼料營養研究的一大挑戰。

四、碳水化合物

魚類飼料雖然不需要碳水化合物，但如添加則有降低成本與節約蛋白質與脂質使用量的效果。碳水化合物是既好又便宜的能源，但大多數魚類無法有效加以消化利用。因蛋白質、脂質的來源有限且昂貴，致使飼料添加碳水化合物的需求提高，故如何改善加工方式以提升魚類對其利用是首要課題。

就碳水化合物消化能力的角度，有二種立論：其一，冷水性肉食魚類消化道雖有澱粉酶、二糖酶、纖維酶、幾丁質酶等，因量少或缺少激素對酶分泌的控制，致無法消化碳水化合物，故一般飼料含量不超過 20%。其二，溫水性草食或雜食魚（鯰、鯉、鱒及吳郭魚）則有消化能力，其飼料添加量可高達 40%。

碳水化合物的來源及物理特性的複雜度，會影響魚類對碳水化合物的消化能力。例如：澱粉顆粒的結晶結構以麥粉最小，玉蜀黍粉次之，馬鈴薯最大。前二者易於消化，其原因係顆粒面積之增加與酶化的方便性所致。另外，前處理（膠質化或酶化）也可改善魚類對碳水化合物的消化率。其中，膠化可簡化分子結構並增加溶水性與消化率；而外源性特殊酶類的添加，則要考量製作過程與儲存的酶化穩定性。

養殖魚對葡萄糖的容忍有限，飼料中添加可消化醣類，會使鮭魚的肝臟變大及肝醣含量提高；而溫水魚則成長變差，這些負面效果係高血糖所致。肉食性魚會展現較長期的高血糖症，類似人類糖尿病，而雜食性或草食魚也有高血糖現象，但因具有強的清除率致使症狀期較短。

魚類沒有能力調節血糖，可能係己糖激酶（hexokinase）活力低無法引發葡萄糖激酶以及胰島素受體不足等因素。雖可借助 GMO 來調節葡萄糖，但要注意消費者的反對聲浪以及資源的分配問題。總之，碳水化合物的添加對魚飼料的開發是務實的，但需探討如何提升碳水化合物的消化利用。

五、纖維

纖維是碳水化合物組成的不消化植物，如纖維素、半纖維素、木質素等。含纖維飼料可能引起食物在腸道消化時間的縮短，使排泄量增加而降低營養的利用，其飼料含量一般低於 8%。添加纖維的飼料有助於改善排泄物而提升過濾效果，便於養殖水質管理。一般養殖排泄物佔固形物的 80%，而過濾主要係濾除水中的固形物，因此，飼料纖維對循環過濾系統成本與維護費的降低有助益。

六、微營養物

微營養物（micronutrients）包含維他命（vitamin, Vit.）、礦物質等，雖然量少但有必要，如果缺乏會引發一些不可彌補的病症甚或死亡，但過量也可能導致毒害。

（一）維他命

添加 Vit. C 或 E 有益於魚類脂質代謝的調節。增加 Vit. E 含量可改善魚排的色澤、彈性及嗜口性等，有益於產品品質的穩定性。

(二) 礦物質

礦物質參與生命的基本過程，魚類的需求約有 29 種，一般與魚的骨化作用及酸、鹼平衡有關。目前對魚類由水中吸收礦物質的能力尚未清楚，有些學者質疑目前所訂之需求量是否正確，所以研究它們的真正生物功能對未來量的訂定非常重要。過量的礦物質會排出而造成水域環境的優養化。此外，過濾用的硝化細菌也需要適量的礦物質，否則會限制生物過濾效果。因此，飼料添加微營養物可以提升生物過濾功效。

七、食療品與食療飼料

食療品 (nutriceuticals) 是最近推出的新概念、新名詞，它是營養與藥劑 (nutrient and pharmaceutical) 的總稱，目前已逐漸被重視。通常，集約式養殖會對養植物產生壓迫，導致免疫力減弱，而高密度的養殖環境，更容易助長病害的爆發。使用食療品可激發免疫效果而補償高密度的免疫壓力，由於不需用藥，故不會增加生產成本。

食療品一般的特性有：(1)屬天然物質(可經濃縮或純化)，在生物的天然食物中有一定含量；(2)需由飲食攝取一段時間；(3)除能提升免疫力外，本身具有營養價值。因此，它不同於添加劑或藥物，是今後養殖飼料發展之要項。茲簡要列舉食療品種類如下：

(一) 益生菌

益生菌 (probiotics) 是一種微生物(不論死活)，有細胞壁的結構，或是微生物

衍生產物，經口投、注射或浸泡方式傳輸。養殖用益生菌多屬口投，其機制主要係維持腸內菌相之平衡。飼料用益生菌包括：多醣類及革蘭氏陰性、陽性菌，藻類及酵母菌等。

益生菌的可能作用為：(1)驅除病原體；(2)刺激細胞、組織、免疫防衛力；(3)促使排泄順暢；(4)降低膽固醇；(5)破壞有害化合物或不消化營養物質；(6)產生維他命及消化酶。所以，飼料添加益生菌可以改善食慾，減少抗生素使用及促進成長。

(二) 維他命

研究顯示，飼料中缺乏維他命會出現一些病症，而添加則有預防之效果。

1. 飼料添加 Vit. C 之功能

- (1) 與其他營養素，如：Vit. E、脂肪酸、鐵和葉酸等的代謝有密切關係：與 Vit. E 有協同作用；能阻止脂肪酸過氧化，保持細胞膜的流動性，提高免疫力；可維持血細胞中鐵含量的穩定性；與葉酸共同維持血紅蛋白含量。
- (2) 對魚體抗壓迫反應的影響：在壓迫下，魚類的下視丘－腦垂體－腎間組織之活力會加強，使兒茶酚胺 (Catecholamines) 含量升高，而影響免疫力與抗病力；添加 Vit. C 可舒緩上述負面效應。
- (3) 對於魚類免疫力的影響：Vit. C 是一種重要免疫增強劑，可提升淋巴細胞增殖率 (lymphocyte proliferation)、溶菌酶活力、吞噬能力、呼吸爆發及增強抗感染力。

2. 飼料中添加 C 與 E 有個別與加乘效果，對不同試驗魚種的功效為

- (1) 增加血清補充量，氧化物爆發力及淋巴增生（虹鱔）。
- (2) 加強血清補充量、溶菌酶活力（鱸魚）。
- (3) 降低 VHSV 感染之死亡率（虹鱔）。
- (4) 確保精、卵之品質（虱目魚）。

某些 Vit. 如添加高量，會有食療的作用。除參與免疫機制外，Vit. C、E 就像抗氧化物般，可防止自由基之氧化與組織受損。

3. 飼料中添加高量 Vit. E 對不同魚種的效果為

- (1) 可改善非特異性免疫功能（虹鱔）。
- (2) 加強對 *E. tarda* 病之抵抗力，可補償因免疫壓迫所引起的溶菌酶活力降低（印度鯉、鯛魚）。
- (3) 減少強氧化劑之壓迫（比目魚）。
- (4) 降低水黴之感染（雜交條紋鱸）。
- (5) 傷口癒合較快或成長較快（虹鱔）。

4. 如添加高量 Vit. A 對不同魚種產生的效能有

- (1) 改善組織及細胞免疫防衛力（虹鱔）。
- (2) 強化腸內酶素活力而提升消化吸收能力（比目魚）。

(三) 脂質

前已述及，n-3 與 n-6 是魚類的必需 HUFA，適當的比例可提升免疫力。其調節免疫力的可能方式為：

- (1) 影響細胞膜的完整性與流動性。
- (2) 改變對化學信號的敏感性與轉導方式。
- (3) 產生具免疫調節能力的內生性激素。

長期投餵以植物油（n-3 含量少）替代魚油的飼料會導致體液及細胞免疫之降低，如添加 n-3 HUFA 則可增強對疾病的抵抗力。另，n-6 也具調節免疫力的功能，例：ARA（20 碳 4 烯酸）可衍生內生性激素。

(四) 藥用植物

植物長久以來被用來當作人類健康的治療藥物，似乎也可同樣用於魚類。例：蓴麻、八角、當歸、蘆薈、薑、蒜等，有改善免疫力、白血球吞噬作用、增進血清及溶菌酶活力等之效果。

食療配方飼料（食療飼料）係指含食療品的飼料，屬抗氧化物，能延長產品貯藏期。加上必須脂肪酸，則可增加產品營養，進而提高產品價格。另一方面，食療飼料不添加抗生素藥物，是生產所謂有機產品的有效策略。由於不用藥物即可控制魚病，所以能降低生產成本，而產品因富含營養又可增加銷售價格。因此，這種能增強免疫與抗病，又衛生安全且富含營養的飼料，是水產養殖今後改變目前含抗生素飼料的革命性良方。由此可見，食療飼料是兼具環保、健康、倫理的養殖飼料研發方向。

八、添加劑

除了食療飼料的四大類添加物外，茲介紹兩種最近研發的飼料添加劑如後：

(一) 半胱胺 (cysteamine, CS)

通常提高養殖生產性能所使用的方法大致為：優良基因、優質配合飼料以及良好的養殖環境等，但這些最後都需藉由神經內

分泌的調控來完成。魚類成長激素的調控，可改變魚類體內代謝過程，是安全、有效又環保的方式。

1. CS 的生物特性

半胱胺為動物體內重要的活性物質。動物體內腦垂體分泌的成長激素 (GH)，受到成長激素釋放素 (GHRH) 與成長激素抑制素 (GHIH) 所調控。最近的研究發現，半胱胺能有效抑制 GHIH 而促進分泌 GH，是一種新型的促成長劑，而且在飼料加工或餵食過程中的特性也很穩定。

2. CS 的生物功能

- (1) 具有調節內分泌作用，可以減弱 GRIH，間接提高 GH 的分泌。
- (2) 可調節蛋白質代謝，使甲狀腺素、催產素、促黃體素及促腎上腺素分泌增加。
- (3) 具有抗氧化功能，可以有效清除自由基，保護 DNA。
- (4) 可合成牛磺酸並以牛磺酸之形式參與內分泌，具有促進成長，維持免疫與生殖系統正常之功能。
- (5) 以輔酶 A 的形式參與內分泌，諸如：機體的糖、脂肪及蛋白質等的代謝。

3. CS 作為水產飼料添加劑的利基

- (1) CS 是天然存在於動、植物或人體內的生理活性物質，目前被歸類為“不需限制最大殘留量”的有機物。
- (2) 屬於高等化合物，易合成、成本低，係可通過分泌方式來調控成長的生理調節劑。
- (3) 能促使魚類機體對鈣、磷之吸收、利用，減少有機物排放，而有益於環保。

(4) 能提高養殖生產性能及效益，且對人體健康極為安全。

(5) 可作為水產飼料綠色添加劑。

4. CS 作為水產飼料有待解決的問題

- (1) 宜研訂 CS 的使用劑量與期程，以確定最佳添加方式（針對不同種、不同成長階段）。
- (2) 需究明添加劑的體外穩定性（長期保存、運輸、包裝與加工過程）或體內定量緩慢釋放性（在魚類口腔、胃中不被消化，能完整到達小腸後再緩慢釋放、吸收利用，以發揮功效）。

(二) 植酸酶

1. 植酸酶的特性

植酸酶是一種水解酶，可分為 3-植酸酶、6-植酸酶，可把植酸磷（六磷酸肌醇）分解為肌醇和無機磷酸，進而釋放氨基酸、磷、鈣、鐵、鎂、鋅、銅等。如作為水產飼料添加劑，可改善總能的利用率，降低飼料係數，促進成長，提高蛋白質、氨基酸和礦物質之消化利用，減少水中排放氮、磷等污染。

2. 植酸酶的利用

不同的水產動物，因消化道的環境不同，植酸酶的效果不一。無胃魚對植酸酶之利用率約 8%，而有胃魚可分泌鹽酸使 pH 值降低，以增強酶的活性，利用率可達 19%。

在不同成長階段對磷及其他養分之需要與吸收不同，一般魚苗利用植酸磷的能力低，而成魚較高。因此，幼苗使用之效果較成魚佳。

溫度和 pH 值會影響植酸酶活性：溫度較高較不穩定，不能超過 75℃。當 pH 值在 2.5—5.0 時活性最佳，如酸性不足，可添加檸檬酸共同使用。一般每天的使用量約 500—1000 unit/kg。

九、誘引劑

誘引劑又稱誘食劑、食慾增加劑，是以水產動物攝食生理為理論基礎而研制的，一般可分為水產動物攝餌誘引物質和攝餌刺激物質。

(一) 誘引劑的作用

1. 加速水產動物之攝食速度，減少水質污染。
2. 改善飼料的適口性，提高攝食量。
3. 促進水產動物的消化吸收，提高飼料效率。
4. 提高水產動物對植物性飼料的利用。

(二) 水產誘引劑的種類

1. 胺基酸類

L-胺基酸對魚類嗅覺、味覺均具強的刺激作用。包括有：精胺酸、谷胺酸、丙胺酸、蛋胺酸、胱胺酸等。

2. 甜菜鹼

甜菜鹼含甘胺酸甲基內酯，為甲基的供體，可取代蛋氨酸和膽鹼，能促進脂肪代謝，提高消化酶活力，調節滲透壓及緩和刺激。

3. 含硫化合物

含硫化合物包括二甲基-β-丙酸噻亭 (Dimethyl-β-propiothetin, DMPT)、二甲亞碸

(Dimethyl sulfoxide, DMSO) 和大蒜素等，對攝食、成長、抗逆性有效，可改善肉質，使淡水魚呈現海水魚風味。

4. 脂肪類

水溶性脂肪酸有味覺刺激作用，而磷脂則可提供動物體內脂肪酸、磷酸、膽鹼和肌醇，有強烈化學誘食作用，能改善飼料適口性而提升攝食率。

5. 胜肽 (peptides) 類

是二個以上氨基酸以肽鍵相互連接的化合物，可誘引水產動物攝食，促進氨基酸吸收，提高蛋白質利用、合成、增加免疫力，提高飼料效率和生產性能，為綠色飼料添加劑 (一般添加量約 350 mg/kg)。

6. 藥用植物

具有天然、高效、副作用低、不產生抗藥性、資源豐、性能多樣等優點。含蛋白質、氨基酸、醣類、脂質、礦物質、維生素等，另含大量有機酸及多糖等免疫生物活性物質。例：黃柏、陳皮、大蒜、洋蔥、香芹、薄荷、山藥、山楂、枸杞等。因藥用植物具有抗菌、抗病毒的作用，可有效增加水產動物免疫力，促進營養素之消化吸收。

7. 核苷酸類

為核酸之分解物，通常與胺基酸、甜菜鹼合用，能提高飼料之適口性、攝食量及成長率。

8. 動植物及其萃取液

蚯蚓、蛤仔、烏賊內臟、牡蠣、蠶蛹、石蓴、海帶、螺旋藻等動植物之萃取物，具有提高攝餌、增加消化吸收機能的作用。

9. 合成香料

合成香料，例如：乙基麥芽粉、香豆素、乳酸乙酯等，也是誘引劑的材料。

(三) 使用誘引劑應注意的問題

1. 針對不同的水產動物，其使用的誘引劑也不同。
2. 不同成長階段和養殖條件，誘引劑添加量會不同。
3. 誘引劑可由兩種以上混合組成，具有加乘效果。

十、免疫增強劑

養殖產品的衛生安全，一向是消費大眾最為關注的問題。養殖過程中如果使用抗生素，衍生的後遺症有：(1)產生抗藥性—使藥效減弱或無效；(2)產生毒性殘留—易使養殖生物發生中毒、過敏及畸型突變甚或致癌；(3)破壞微生態系平衡—抑制益生菌、光合菌、硝化菌，腸道乳酸菌等；(4)抑制免疫系統—影響吞噬細胞功能；(5)改變魚類消化道細菌相而產生抗藥性，進而轉嫁到人體。

利用免疫學的方法可改善魚類體質，增強對疾病之抵抗力。這種無污染、不殘留、促進成長又兼顧環保的綠色飼料添加劑，稱之為免疫增強劑。

(一) 免疫增強劑的種類

1. 牛磺酸

具有調節神經、消化、生殖、心血管、免疫及內分泌等生理功能。

2. 甲殼素

是世界上最大的含氮有機化合物，可

增強體液和細胞的免疫活力。

3. 功能性低聚糖

又稱寡糖，可促進成長、提高免疫力、活存率、飼料效率及蛋白質利用率，並可減少養殖物氨氮之排放。

4. 乳鐵蛋白 (Lactoferrin)

具有多種生物動能的蛋白質，參與鐵的運轉並具有抗菌、抗病毒、抗氧化及調節機體免疫的能力。

5. 有機硒

能刺激免疫球蛋白及抗體的生成，提高機體液免疫、細胞免疫及非特異免疫功能。

6. 溶菌酶 (Lysozyme)

具有抗菌、抗病毒、消腫、加快組織修復等功能。

7. 維生素 E

能增強抗體的產生及促進淋巴細胞的增殖與分化；提高吞噬細胞的吞噬作用。

8. 酵母核苷酸

具有顯著促進成長、提高機體抗壓迫以及增強機體免疫能力的作用。

9. 微生物製劑

又稱為益生菌 (菌)，含大量動、植物有益的活菌劑，可調節動、植物的微生態系的平衡。通過動物體的胃酸、膽液、腸液等屏障而存活，並在消化道內定植繁衍。可以替代抗生素之使用，防治微生態平衡之失調，提高飼料的消化率、吸收率和轉化率，增加免疫力及抗病力。

10. 藥用植物

主要通過促進機體免疫器官發育，增強非特異性免疫和特異性免疫 (細胞免疫、體

液免疫) 等 3 種途徑來增強機體的免疫力。

(二) 免疫增強劑現存問題

1. 使用量與安全性

目前使用量未有定論，過量與不足均不宜。

2. 穩定性

確保產品的抗氧化力以及不受理化因子的影響，才能保持穩定性。

3. 作用機制

目前機制不明確，無法正確使用及合理搭配使用。

4. 加工與篩選技術

有些如藥用植物，不能直接使用，需加工成一定形狀才能添加，目前這些技術尚屬起步階段。

污染。

然而，由於養殖魚種的不同，其營養之需求因之有所差異，以致營養需求的研究進展較緩。因此，低成本而又營養適切的魚飼料開發仍有其挑戰空間。另一方面，傳統飼料原料的來源不穩又不足，致使蛋白質、脂質等的替代研究方興未艾。未來養魚飼料應朝營養的、經濟的與環保的方向發展，例如食療飼料，才是確保永續養殖的最佳策略。

註：本文主要取材自 Jesse T. Trushenski et al. (2006) North American Journal of Aquaculture, 68: 122-140.

十一、結語

未來的優質養殖飼料必需具備的條件：

- (一) 營養的－提供適當的魚類營養需求。
- (二) 機能的－供應魚類對營養能量的消耗。
- (三) 效率的－符合魚類生長、發育代謝的需要。
- (四) 經濟的－能有效降低生產成本。
- (五) 健康的－可以增強免疫力，提高抗病力，保證產品的健康衛生。
- (六) 有機的－利用天然食療配方，不添加抗生素，以生產有機安全產品。
- (七) 市場的－滿足消費大眾對產品品質的要求。
- (八) 環保的－減少或不使用魚粉、魚油，代之以植物粉、植物油，減少有機排放之

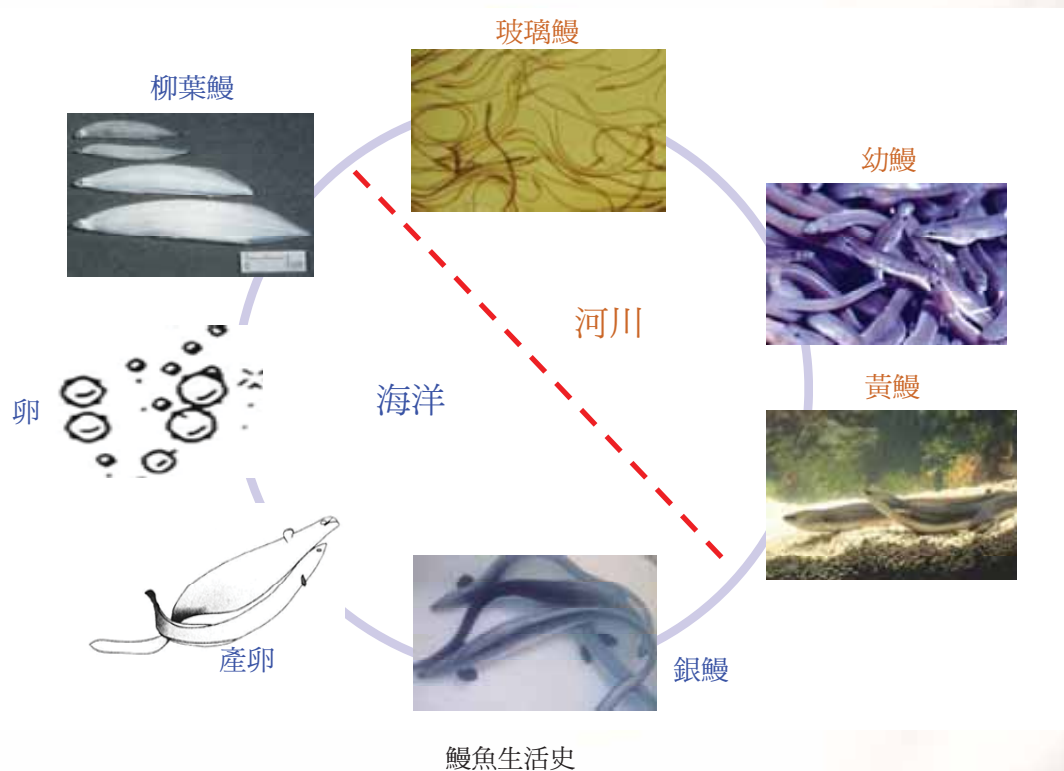
臺灣的鰻魚放流

一、前言

鰻魚（日本鰻 *Anguilla japonica*）是臺灣非常重要的淡水養殖魚類，養殖盛期年產值曾達 5 億 6 千萬美元，佔當時日本市場一半以上的供應量，因而贏得「養鰻王國」之美譽。天然鰻苗主要分布在臺灣、中國、日本及韓國等，早期年捕獲量約 110 噸。自 1980 年起，歐洲鰻與日本鰻資源有遞減趨勢，且產量豐歉不一。臺灣每年養殖需 15—50 噸鰻苗，但天然捕獲供應量僅 5—25 噸，嚴重匱乏，致使苗價高漲，2010 年每

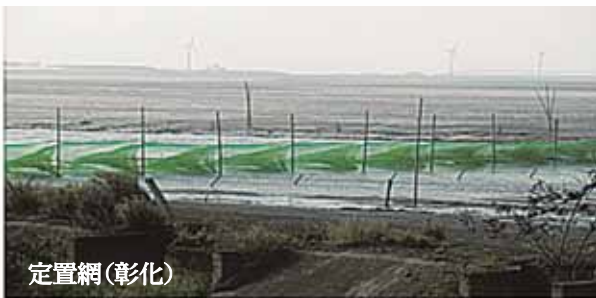
尾高達 100 元臺幣以上，間接提高養殖成本，產量因之銳減，年產值僅約 62 億臺幣左右，影響產業的發展甚鉅。由於每年冬季漁民在沿岸及河口區域捕撈鰻線（鰻苗），為部分漁民的主要經濟來源，因此鰻線素有「水中黃金」之稱。

這幾年因海洋環境變遷、沿岸水域受到污染以及人為因素如：河川棲息地的破壞或濫捕等，導致鰻線資源量的不穩定，加之近年來的全球氣候變遷，使得天然鰻苗捕獲量更大量銳減，遠遠不敷養殖所需。為保障鰻魚產業的永續經營，如何增加鰻線資源實為





待袋網(頭前溪)



定置網(彰化)



定置網(高屏溪)



灣月形人力拖網(宜蘭)



動力打水式待袋網(屏東)



定置網(臺南三寮灣溪)

鰻苗捕撈作業

當前首要解決的課題。鰻魚人工繁殖雖然在日本有初步成功的報導，但技術尚未完全確立，其幼魚培育期相當長，且活存率極低，仍未達商業量產階段。本所鑑於此，乃考量鰻魚降海產卵之特性，自 1976 年起至 2010 年已陸續執行了 45 次的鰻魚放流（計約 3.8 萬公斤，10 萬尾）。此長期的放流工作對資源培育已普獲臺、日養鰻業界之重視與肯定，實有助於臺灣養鰻事業的穩定發展。本文乃針對過去本所放流鰻魚的方式、放流水域地點之選擇、放流數量、放流的過程與演變以及追蹤評估之檢討等作一簡要介紹，以供業界參考。

二、鰻苗減產之可能因素

1984 年在中國江蘇省東台市每天約可撈捕 100 多萬尾鰻苗，但至 1997 年，每天僅撈捕到 1 萬多尾。而在日本，目前的捕獲量約為 50 年前的 1/20。再看臺灣，自 2005 年迄 2008 年鰻苗量逐年減少，分別捕獲 25、10、9 及 7 公噸鰻苗。由此可見，近年來天然鰻苗銳減的現象極為明顯，究其原因大致可以歸納如后：

(一) 天然因素

1. 聖嬰現象造成水溫異常，導致全球氣候或海洋環境變遷，使灣流偏北，致歐洲

鰻苗漂移時間變長。

2. 聖嬰現象改變了鹽度鋒面的緯度，而影響日本鰻的產卵地點與鰻苗漂移的路徑。
3. 海洋基礎生產力改變，影響鰻苗攝餌及活存率。
4. 鹽度改變使北赤道洋流向南延伸，日本鰻產卵場因之偏南，造成日本沿岸鰻苗減少。

(二) 過漁因素

由於在海岸大量捕撈鰻線，以及在河川上、中、下游捕撈 150 g 以上之鰻魚，使得洄游至海洋生殖之成鰻數量大為減少。

(三) 物理因素

1. 因河道障礙，阻隔鰻魚降海產卵的路徑。
2. 水庫因洩洪前後，水面積不一，使鰻魚身陷凹坑乾枯而死。

(四) 化學因素

1. 人為環境污染，尤以旱季最為顯著。
2. 高水溫或低氣壓時，污染物易釋出而導致水質惡化，不適鰻魚生存。

(五) 生物因素

1. 鰻魚如嚴重感染寄生蟲，會對洄游產卵種鰻造成威脅。
2. 天然餌料減少，影響鰻魚成長。

(六) 棲地破壞

1. 人類經濟活動如：水庫、灌溉、開墾及山林開發等改變溪流量，鰻魚之淺水區棲地因而減少。
2. 在旱季，有些河川水量大減且會中斷而破壞棲地。

三、鰻魚資源復育的可行方案

(一) 漁法、漁獲量與漁期的設限

加速制定野生鰻線與銀鰻的捕捉量及捕捉期間，同時推動民間自主性漁獲管理組織，強化資源保育觀念並徹底執行合理設限規定。

(二) 產卵洄游路徑之改善

洄游路徑障礙物之清理、魚道合理之設立及污染物之防控。

(三) 棲地保護

加強河川整治，除污染防治外，防洪也應考量，並利用生態工法整理河川，以保護本土水生物之生存環境。

(四) 人工放流鰻魚－境外移植

人工放流種苗是補充資源最直接的方式，舉例而言，在歐洲自 1990 年以來每年都在內陸淡水湖泊放流數百萬幼鰻 (elvers)；在中國，近年來每年均在江河放流成鰻；在日本各地方縣市也多有放流活動。

四、臺灣的鰻魚放流

有鑑於鰻魚放流對鰻苗天然資源的培育，具有其正面效益，本所乃自 1976 年起開始執行鰻魚的人工放流計畫：

(一) 第一階段 (1976－1997 年)

早期，據日本學者松井魁研究指出，日本鰻產卵場在北緯 20－28°以南，西側為沖繩列島；東側在小笠原群島，東經 145°附近周圍海域，顯示有日本地方性的產卵群族。每年早春至夏中約 5 個月為產卵期，可

能在水深 400—500 m、水溫 16—17℃、鹽度 35‰ 之海域產卵。浮性受精卵約 10 天孵化，有晝夜垂直（30 m 左右）洄游習性。約 1 年左右變態為鰻線，隨海流漂游至沿岸河口而溯河成長。

但當時國內的學者、專家有鑑於在屏東高屏溪河口可以捕獲大量鰻苗，因此認為臺灣西南海域在琉球一帶也應有臺灣地方性的產卵族群，乃決定在該海域實施種鰻放流。據此，本所乃於 1976—1997 年間，先後於上述海域（22°N、120°E）進行人工放流（表 1）。放流的鰻魚大都屬種鰻（約 1—2 尾/kg），且經過激素催熟處理。放流鰻魚以剪尾鰭或微磁鐵金屬號碼標籤作標誌。

（二）第二階段（1999—2003 年）

1992 年，日本專家 Tsukamoto 推測產卵海域在北太平洋西側「馬里亞納群島」西方之「北赤道洋流」水域，亦即接近「西馬里亞納海嶺」周圍之「海山」（14—16°N, 134—143°E）。孵化後的初期鰻苗稱為柳葉鰻（*Leptocephalus*）會被動朝西漂游並經由「北赤道洋流」與「黑潮洋流」，分布至東亞之沿岸淡水河口。據此，本所乃於 1999—2002 年另在前述海域執行鰻魚放流作業（表 2）。惟公海放流需耗費大量人力、物力，2003 年改在高屏溪及河口沿岸海域放流。此階段放流的鰻魚體型及標識方式與第一階段大致相同。

（三）第三階段（2005 年迄今）

日本鰻被認為是屬於降海產卵（Catadromy），1999 年 kawakami 等認為產卵期在 6—12 月，秋季為高峰。Tanaka 等認

為鰻苗變態為鰻線約需 280—310 天。但 2001 年 Tsukamoto 與 Arai 的研究發現，在 61 尾採樣檢體中，日本鰻的產卵族群，可分為三個類型：

表 1 1976—1997 年臺灣種鰻放流情形

放流 次別	放 流 年 月	放 流 數 量		放 流 地 點
		公 斤	尾 數	
1	1976.10	300	675	東經 120°24′
2	1976.11	1,208	2,718	北緯 22°36′
3	1978.10	1,548	3,484	東經 120°28′ 北緯 22°15′
4	1979.12	500	1,125	同 上
5	1981.02	2,000	4,500	同 上
6	1982.01	300	675	同 上
7	1983.11	1,000	2,290	同 上
8	1986.12	1,000	2,250	同 上
9	1987.12	1,200	1,440	同 上
10	1988.12	1,200	2,505	同 上
11	1989.12	1,200	1,474	同 上
12	1990.12	2,700	1,800	東經 120°20′ 北緯 22°24′
13	1991.12	1,748	2,905	同 上
14	1993.03	2,250	5,800	同 上
15	1994.01	1,531	1,426	同 上
16	1995.02	900	1,189	同 上
17	1996.01	1,028	2,505	同 上
18	1997.01	1,500	4,052	同 上
19	1997.12	1,508	3,237	同 上

表 2 1999－2003 年臺灣種鰻放流情形(接續表 1)

放流次別	放流年月	放流數量		放流地點
		公斤	尾數	
20	1999.01	2,000	1,700	東經 120°20′ 北緯 22°24′
21	1999.05	500	475	東經 141° 北緯 14°
22	2000.01	1,500	1,732	東經 120°20′ 北緯 22°24′
23	2000.06	500	920	東經 141° 北緯 14°
24	2000.12	1,500	2,340	東經 120°20′ 北緯 22°24′
25	2001.06	500	866	東經 141° 北緯 14°
26	2001.12	500	720	東經 120°20′ 北緯 22°24′
27	2003.09	396	663	大鵬灣北岸
28	2003.09	192	480	高屏溪上下游
29	2003.10	152	127	大鵬灣南岸

1. 河水型鰻 (river eel)：長期在淡水成長者 (佔 23%)。
2. 河口型鰻 (estuarine eel)：主要棲息在河口或來往淡水與海水之間 (佔 57%)。
3. 海水型鰻 (sea eel)：在海水域完成整個生活史者 (佔 20%)。

有鑑於鰻魚產業界認為放流對鰻苗資源培育有正面意義，本所乃於 2005 年 3 月起，多次召開鰻魚放流會議，根據上述研究發現河水及河口型鰻約佔八成以上以之論

點以及與會學者、專家之意見，乃決定在鰻苗捕獲較多的河川如宜蘭縣宜蘭河、屏東縣高屏溪或有自主性護漁之河川，如苗栗縣後龍溪、新竹鳳山溪等處放流。

由於自 2005－2015 年間，改在內陸河川放流 (表 3)。因此，必需在放流前進行各河川上、中、下游水域環境與棲地生態調查，以選擇適當的放流地點。同時，為了考量幼鰻適應環境能力較成鰻強，且在適應環境後，可以在河域生長成黃鰻 (Yellow eel)，本階段放流鰻魚體型因之分為成鰻 (1－3 尾/kg) 以及幼鰻 (50－80 尾/kg) 二種。此外，除上述二個標識方法外，為提升追蹤評估放流效果，另增加了動物晶片及耳石螢光等二項較新的標識技術 (圖 C、D)，並請臺灣大學漁科所協助評估放流效益。總計自 1976 迄 2015 年，本所共執行鰻魚放流計畫 60 次，放流鰻魚總計約 4.4 萬公斤、12.5 萬尾。

五、放流鰻回收情形

自 2005 年以來在內陸河川 (主要係高屏溪、後龍溪、鳳山溪及宜蘭河) 放流，由於缺少有經驗專業撈捕人員，加之簡易的籠具常遭破壞或被偷漁獲之情事，使回收鰻數量偏少，嚴重影響放流效益之評估與追蹤。經探討初步認為放流鰻回收困難原因有：

- (一) 放流前的運搬、標誌、測定等處理產生緊迫，故放流後易造成傷害甚至死亡。
- (二) 剛放流時，部分鰻魚體質較弱、游動力不足致浮沉之際易被漁民、釣客捕撈。



表 3 2005－2015 年臺灣鰻魚放流情形(接續表 2)

放流次別	放流年月	放流數量		放流地點
		公斤	尾數	
30	2005.10	300	600	苗栗縣後龍溪
31	2005.10	300	600	宜蘭縣宜蘭河
32	2005.10	435	870	屏東縣高屏溪
33	2006.07	492	987	同上
34	2006.10	300	600	新竹縣鳳山溪
		50	3000*	
35	2006.10	50	3000*	苗栗縣後龍溪
36	2007.08	500	1010	屏東縣高屏溪
37	2007.11	300	600	新竹縣頭前溪
		50	3000*	
38	2008.11	150	330	新竹縣鳳山溪
		25	2000*	
39	2008.11	150	330	苗栗縣後龍溪
		25	2000*	
40	2008.11	210	500	屏東縣高屏溪
		25	2000*	
41	2008.11	100	240	屏東縣東港溪
		13	1000*	
42	2009.11	229	600	新竹縣鳳山溪
		677	4059	
43	2010.12	253	759	新竹縣鳳山溪
		85	6800*	

44	2010.12	500	1500	屏東縣高屏溪
		53	4200*	
45	2010.12	749	2247	宜蘭縣蘭陽溪
		14	1096*	
46	2001.05	387	1200	宜蘭縣蘭陽溪
47	2011.12	530	1200	新竹縣鳳山溪
		29	2000*	
48	2011.12	470	1080	屏東縣高屏溪
		29	2000*	
49	2012.04	602	472	宜蘭縣蘭陽溪
50	2012.11	350	840	宜蘭縣蘭陽溪
51	2012.11	200	480	新竹縣鳳山溪
		150	360	新竹縣頭前溪
52	2012.11	200	480	屏東縣高屏溪
53	2013.11	602	472	宜蘭縣宜蘭河
54	2013.11	420	328	新竹縣鳳山溪
55	2014.06	565	10715	宜蘭縣宜蘭河
56	2014.06	300	390	屏東縣高屏溪
57	2014.6	250	325	新竹縣鳳山溪
58	2015.10	379	799	宜蘭縣宜蘭河
59	2015.10	300	575	屏東縣高屏溪
60	2015.10	285	602	新竹縣鳳山溪

*表示幼鰻



A



B



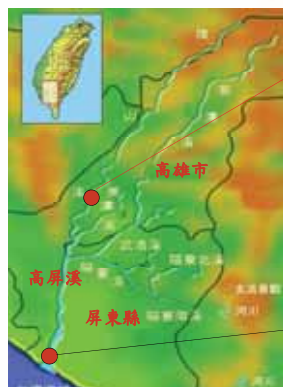
C



D

鰻魚放流標識方法

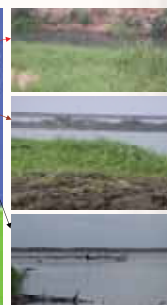
A：剪尾鰭；B：微磁鐵金屬號碼；C：植入動物晶片；D：耳石螢光-胸腔注射氬四環黴素



高屏溪選擇適當之上、下游放流點



宜蘭河選擇適當之上、中、下游放流點



放流鰻體型(上：成鰻 1-3 尾/公斤；下：幼鰻 50-100 尾/公斤)

- (三) 放流後鰻魚對新的水域環境較不適應，甚或因索餌困難而致死。
- (四) 放流鰻魚通常會掘土鑽入或深藏於石縫中，故不易捕撈。
- (五) 鰻魚展現高度的游動特性，大大降低捕獲率。
- (六) 在寬廣的河域，鰻魚行動更加靈活，捕撈作業無法有效施展。
- (七) 鰻魚屬夜行性魚類，白天潛藏不易捕撈。
- (八) 放流數量偏低，使得回收數量更為有限。
- (九) 回收捕撈的漁法與漁具，效益不彰，且漁具常遭破壞、失竊或漁獲被偷。
- (十) 專業捕撈人員少且經驗與技術不足，致影響回收數量。針對上述困難的原因，宜速謀對策，以便增加回收放流鰻量，進而評估追蹤放流效益。

六、影響放流計畫執行成功可能因素

鰻魚人工放流計畫執行成功與否，可能與下列因素息息相關：

- (一) 內陸河川、河口的整治與污染防治。
- (二) 天然棲地的調查與保護。
- (三) 漁具、漁法、漁期、漁區的規範與限制。
- (四) 天然資源的調查與保育。
- (五) 鰻魚生態與成熟生理的研究。
- (六) 洄游路徑之探究。
- (七) 標誌技術之改進。

(八) 放流地點之查勘與選擇。

(九) 放流鰻的大小與數量。

(十) 放流效益之評估與追蹤。

上述這些影響因素亟待研究解決，以便提升鰻魚放流效益，有效落實放流效果。

七、結語

根據 2011 年日本專家 Tsukamoto 等人最新的研究發現，日本鰻的產卵場推測在菲律賓東南方，西馬里亞納海嶺 (West Mariana ridge) 之駿河海山 (Suruga seamount) 之西側，約北緯 14°、東經 142° 之海域。每年的夏季，當新月 (New moon) 之夜，種鰻會在水深約 150—200 m 處產卵，孵出的柳葉鰻幼苗首先會隨著西向的北赤道洋流，飄移至菲律賓東方海面，再伴隨向北的鄂克曼海流 (Ekman transport) 及中國沿岸流與黑潮洋流漂流至臺灣、日本的海岸，前後約需 180 天。相信這項研究成果，對鰻魚人工繁殖或放流工作而言，都極具參考價值。

鰻魚人工放流計畫涉及專業技能與行政管理等層面，因此，靠水產試驗所左支右絀的技術人力單方面投入，實難以盡其功。如能結合原住民委員會、漁業署等行政機構以強化漁業管理工作，加上學校或學術單位協助放流效益之追蹤與評估，最後結合民間護漁組織的參與，以及全民對資源培育的共識，才能群策群力、相輔相成，達到資源永續的最終目標。

水產試驗所歷年舉辦鰻魚放流活動



公海放流種鰻



廖前所長一久主持放流儀式



蘇前所長偉成主持放流儀式



蘇前副所長茂森參與放流活動



護溪協會人員參與新竹縣鳳山溪放流活動



筆者與臺大韓教授參與放流活動



學生參與放流宣導



筆者主持 2012 年放流儀式，東亞鰻魚會議代表共同參與



2013 年筆者與新竹邱縣長、鰻魚基金會郭董事長及新竹區漁會董總幹事等共同放流鰻魚



農委會沙副主委、田立法委員、陳所長及鰻魚基金會蔡董事長等共同參與 2015 年放流活動

臺灣地區捕撈天然鰻苗調查概況



一、前言

臺灣的養鰻產業在過去幾十年來，由於具有特定的日本消費市場，其產值在臺灣漁產品出口中一直都名列前茅。2011 年臺灣鰻魚的產值達 90 億新臺幣，高居養殖漁業產值之榜首。由於日本鰻特殊與奧秘的生殖生理、生態，所以其人工繁殖技術之建立極為困難，雖然日本已成功突破，但活存率僅 0.01%，量產預估可能在 10 年之後，故目前鰻苗（又稱鰻線）供應仍須依賴天然捕撈。近年來，臺灣地區日本鰻線的捕撈量呈現逐年減少之趨勢，且每年的捕撈量變化很大、豐歉不一，常常供不應求，導致鰻價偏高而嚴重影響養鰻事業的永續經營。因此，有需要調查瞭解臺灣地區捕撈天然鰻苗的情形。

有研究指出臺灣鰻線捕獲量呈現幾年的變動週期，但是變動原因仍然不明。臺灣地區鰻線的捕撈方式因海域地形之差異可分為：叉手網、鰻線耙網、待袋網、定置網及集魚燈手抄網等方式。本次研究主要針對過去鰻苗捕獲量最多的宜蘭與屏東地區，加上中部地區（苗栗）作為對照組共三個地區，各調查一種漁具、漁法捕撈鰻線的概況，藉此瞭解鰻線的捕撈方式及其資源在年別、月別以及地域別的變動情形，以作為今後預估鰻線捕獲量、鰻苗洄游靠岸時程及苗價之參考。

二、調查方法

為了瞭解各種鰻線捕撈作業方式及每日鰻線捕撈量的變化，自 2006—2008 年，在宜蘭縣烏石港、苗栗縣後龍溪口及屏東縣枋寮鄉沿岸，委託有經驗的捕撈漁民記錄其每天捕獲鰻線之數量與價格，並不定期至調查對象漁戶，實際參與作業並查對登錄情形。

三、捕撈作業方式

（一）宜蘭地區

宜蘭地區的作業方式大都使用動力船並以動力叉手網作業，叉手網具主要由叉手竿、袋網及捕魚部所組成（圖 1），作業人數為兩人。捕撈地點由北邊的龜山起至南方的蘇澳港止，無固定採集點。主要作業方式為每天天黑前將漁船開至以往記錄的漁場進行試捕，如不理想則換漁場，此期間，船長會聯絡其他友船，如果友船有更好的漁場，則會往友船所在漁場群聚，一起捕撈鰻線，直到天亮。作業漁場離岸距離為 30—800 m，以網具可採捕且不觸底為原則。當漁船駛抵漁場時，張開兩舷的叉手網，網口隨流張開，船以時數一海里向前推進，每隔約 20 分鐘，漁民利用繩子將網袋拉上船尾，把漁獲倒入船上的容器內，直接在漁船上進行篩選分類。本區調查之動力叉手網對象漁

戶其作業母港為宜蘭烏石港，船主為頭城地區大盤商，船長及船員共二人，均為經驗豐富的捕撈戶。該區登記作業船隻數約 180 艘，實際作業船隻約 90—120 艘。此外，也有部分捕撈人使用人力拖網（圖 2）。



圖 1 宜蘭地區動力叉手網



圖 2 宜蘭地區人力拖網

(二) 苗栗地區

苗栗後龍地區調查對象戶的捕撈漁具為待袋網，其組成為袋口浮球部及網袋部。待袋網放置方式可分為固定式與非固定式（圖 3），作業所需人力一人即可。固定式待

袋網於每年鰻線產季來臨前就布網，整個鰻線捕撈季節均將網具掛於河面，俟產季結束才收回陸地上。每次捕撈作業結束後，需將網袋末端打開，讓水流可以順暢通過，以免河中的樹枝雜物流入，堵住袋網而造成毀損。非固定式待袋網由於受到漲退潮的限制，每次只能工作 3 小時，因此在潮水進入河川前（即漲潮前），必需面向漲潮水流的方向布網，並視河寬每組放置 5—15 個網具。由外海之河口開始向河川上游可掛多組網具，每組間距約 150 m。通常越近外海河口之袋網組，捕撈量越高，因之權利金也越高。該區共有 10 組漁民進行鰻線捕撈，本區調查非固定式待袋網，對象漁戶有 40 年的捕撈經驗，其作業的袋網是從西湖溪外海河口往上游方向算起的第 6 組，距離外海河口位置約 1,000 m 的河段，水深約 2.5 m。在每天夜間開始漲潮的時候利用舢舨布網，共布置 7 個網具，整個漲潮期間（約 3 小時）為其捕撈作業時間，作業時，不定時檢視 7 個網袋收集魚苗，作業結束後將所有網具收回船上。

(三) 屏東地區

屏東地區的捕撈方法可分為動力叉手網、定置網（圖 4）、動力打水式待袋網（圖 5）、三角叉手網及手抄網等，其中以動力叉手網捕獲量最多。因宜蘭地區已選擇動力叉手網為調查對象戶，故本地區則調查動力打水式待袋網。動力打水式待袋網主要分布於屏東東港溪以南至枋寮漁港以北，作業人力僅需 1 人。作業方式於袋網前方加掛 1 台柴油動力舢舨以便打水擾動水流，來增加進入

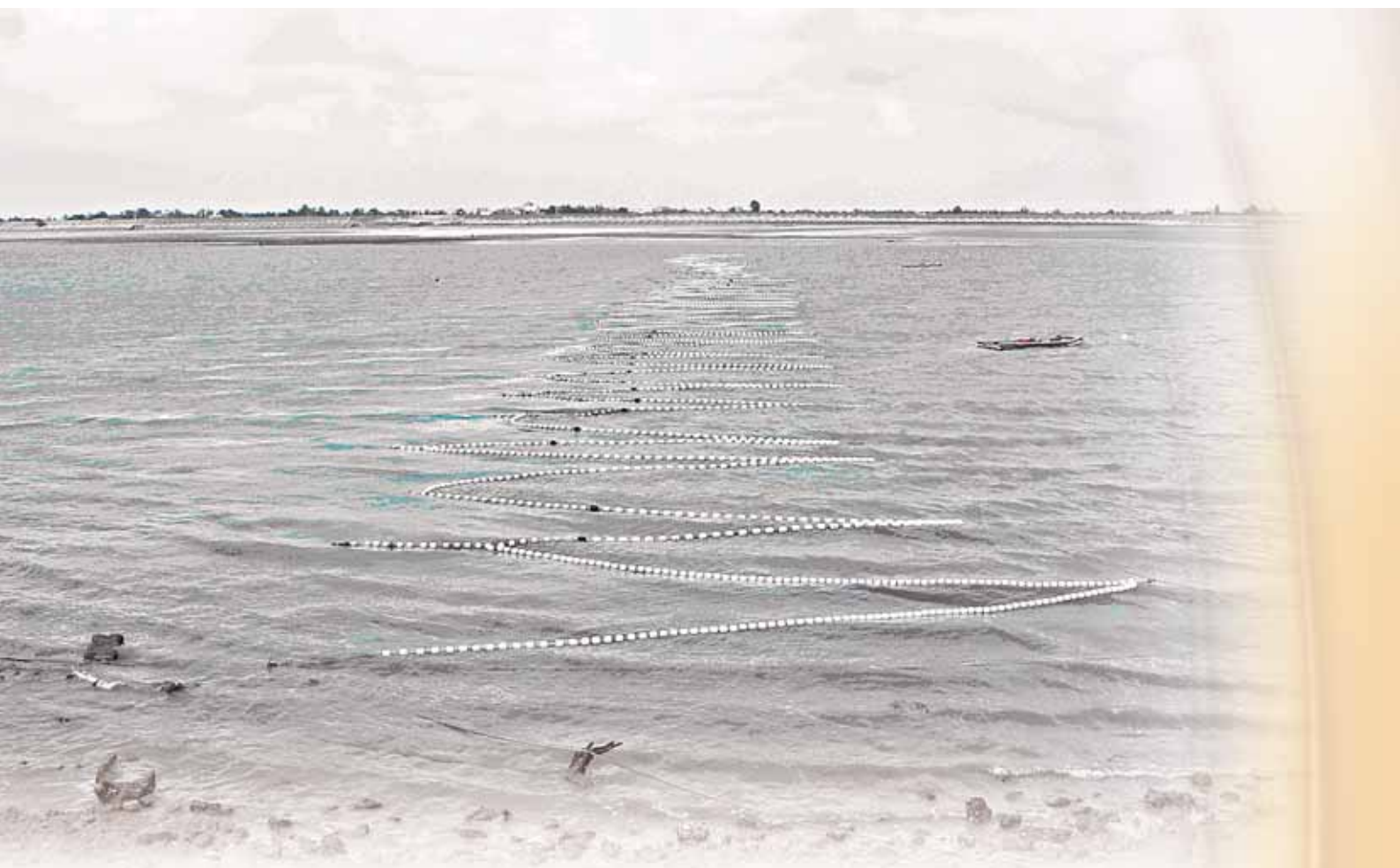


圖 3 苗栗地區待袋網



圖 4 屏東地區定置網



圖 5 屏東地區動力打水式待袋網

網袋內的水量，如此便不受潮水的限制，而可整夜作業。屏東沿岸海水漲潮時，水流是由南向北，所以網袋設置是網面朝南。袋網以錨碇固定於海上，每隔 5 天換另外 1 組網具，兩組以上網具交替使用。本區調查動力打水式待袋網之對象漁戶，其作業地點在林邊溪河口南方約 3 km 處的沿岸，距離海岸

約 50 m，水深約 10 m，底質為沙岸。每晚入夜時，漁民利用小舢舨前往作業地點，將網袋尾部綁緊，然後在袋網口前，加裝 1 台動力舢舨引擎。每隔約 30 分鐘將網袋內的鰻線收集至小舢舨上分類，直至天將亮才停止作業。當地利用此方式作業船隻約有 30 艘。

四、結果

(一) 不同地區之捕獲量

本次調查 3 個地區的對象漁戶，無論平均每日捕獲量或總捕獲量均呈現捕獲量逐年減少的狀況（表 1、2），2006—2008 年臺灣地區鰻線（圖 6、7）總捕獲量也同樣有下降現象（表 3）。在 2007—2008 年，因為成本考量，屏東地區動力叉手網船隻選擇漁汛較佳的時候出海捕撈，大多數時間停港未出海作業。本調查之動力待袋網，也因相同理

表 1 2006—2008 年三個地區調查對象漁戶鰻線平均每日捕獲量（尾）

年 度	2006	2007	2008
宜蘭(動力叉手網)	1,397.3	1,263.0	953.1
苗栗(非固定式待袋網)	222.6	101.3	81.5
屏東(動力待袋網)	571.1	424.3	71.2

表 2 2006—2008 年三個地區調查對象漁戶鰻線總捕獲量（尾）

年 度	2006	2007	2008
宜蘭(動力叉手網)	110,384	88,407	78,154
苗栗(非固定式待袋網)	24,489	7,293	7,254
屏東(動力待袋網)	36,552	4,243	1,424

由，會等到海汛佳時才出海作業，以至捕獲量反比苗栗地區完全使用人力的待袋網還低（表 3）。這三個地區所調查的漁具中，以動力叉手網的捕獲量最高，非固定式待袋網次之。若以作業成本為考量，則以非固定式待袋網作業方式成本最低，但因為只能利用海水漲潮時進行捕撈，所以苗栗地區的該種作業方式無法以增加作業時間來提高捕獲量。

表 3 2006—2008 年臺灣鰻線捕獲量

年 度	公 噸
2006	10
2007	9
2008	7

(二) 不同地區月別(旬期)捕獲量變化

因每個作業地點作業日期、日數不一，乃將原始資料分成每個月的上、中、下三旬，並以每個旬期的作業日數及捕獲數量平均，以取得時間軸的對等。宜蘭地區每個旬期捕獲量均最高，苗栗則最低（表 4），這可能因為作業方法不同所致。宜蘭地區鰻線捕撈量於 11 月中旬及 1 月各有一個高峰期（圖 8）。苗栗地區則僅有 1 月中旬至 2 月下旬有一個高峰期（圖 9）。屏東地區在 12 月下旬至 1 月上旬及 1 月下旬至 2 月上旬也各有一個高峰期（圖 10）。

(三) 鰻線價格

在鰻線收購價格方面，2007 年以苗栗價格最好，2008 年則以屏東價格最好（表 5），主要的原因是 2007 年苗栗地區漁民捕



圖 6 水中黃金-鰻線(苗)



圖 7 鰻苗攝餌情形

表 4 2006—2008 年三地區調查對象漁戶每旬平均單日鰻線捕獲量 (尾/日)

年 度 旬 別	宜 蘭 (動力叉手網)			苗 栗 (非固定式待袋網)			屏 東 (動力待袋網)		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
11 月上	717	930	1,958					360	
11 月中	544	2,159	1,554	150		59			
11 月下	267	959	681	100		19			54
12 月上	352	1,159	743	52	80	29	119		102
12 月中	668	872	811	77	78	38	226		46
12 月下	639	368	275	97	126	143	414	518	
1 月上	3,844	1,437	453	112	44	52	1,415	441	
1 月中	4,679	2,632	1,911	266	99	70	295		
1 月下	1,579	551	1,724	552	112	146	647		
2 月上	495		456	474	181	86	734		
2 月中	155		366	325	139	146	149		
2 月下	299			184	40		119		
3 月上					58				
3 月中					89				
3 月下									

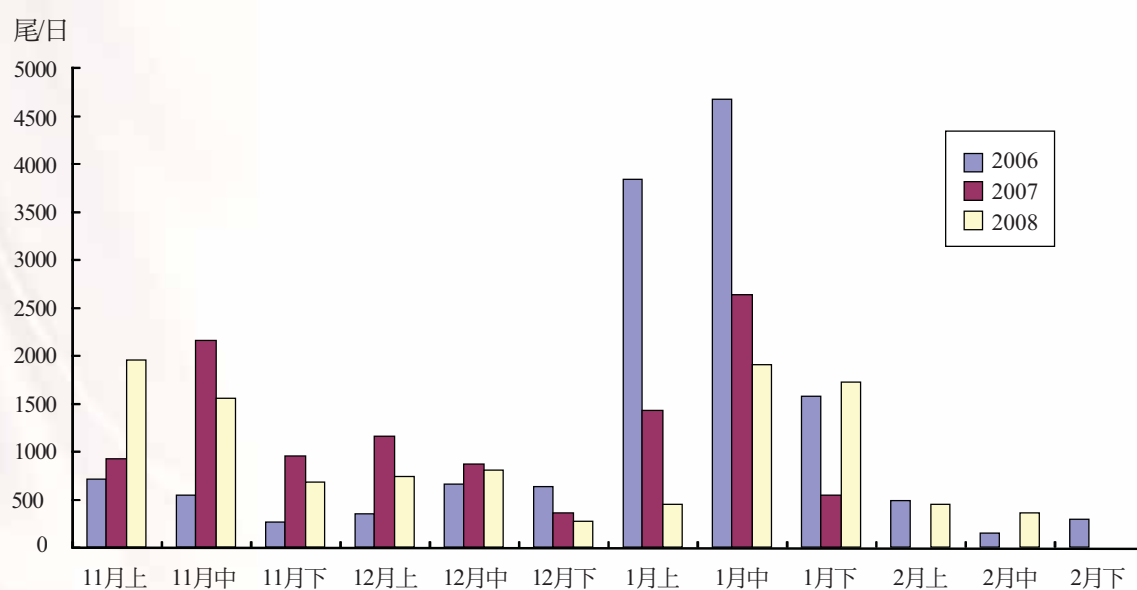


圖 8 2006-2008 年宜蘭區調查戶旬期平均每日鰻線捕獲量

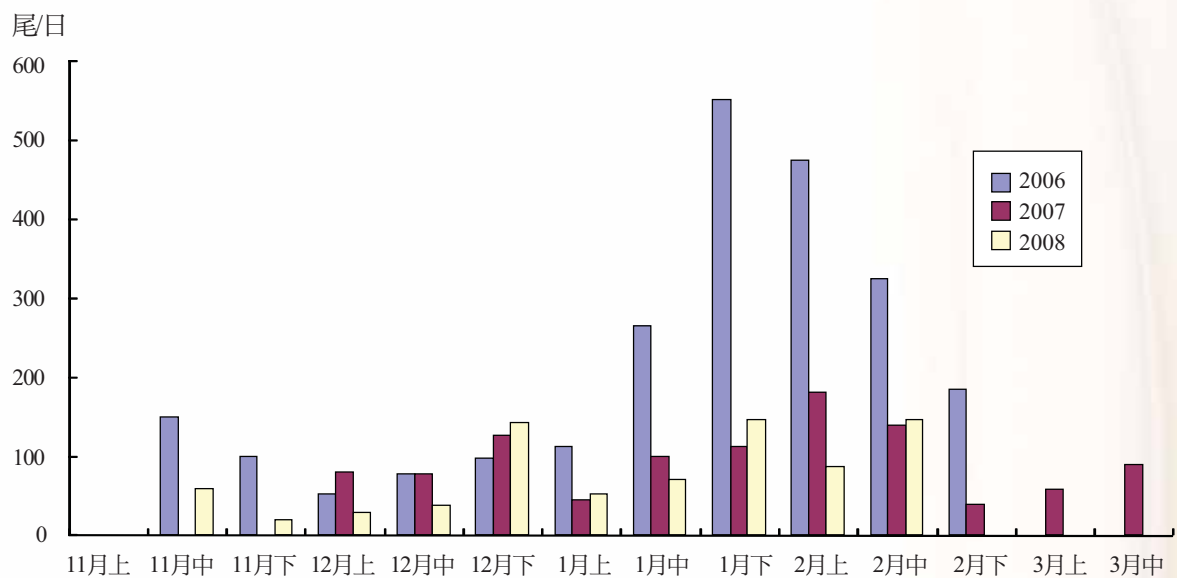


圖 9 2006-2008 年苗栗區調查戶旬期平均每日鰻線捕獲量

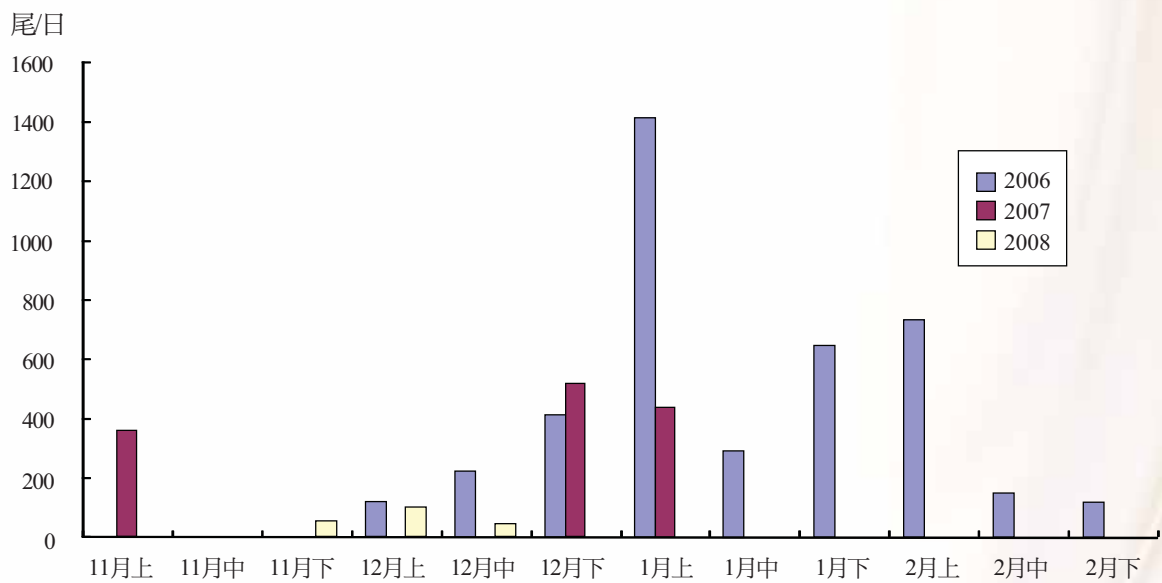


圖 10 2006-2008 年屏東區調查戶旬期平均每日鰻線捕獲量

撈時期延至 3 月上旬，鰻線價格因之上漲至 26 元左右，而 2008 年因為大盤依據日本業者報價而訂之起盤價格為 50 元，屏東地區漁民只捕撈 11－12 月，所以出售價格較高。宜蘭地區相對於其他地區則較為平穩。

若就相同捕撈時期而言，苗栗地區鰻線價格會低於大盤價格 1－2 元，因為當地無大盤，鰻線收購需經由小盤商至各沿海漁民家中收購，集中至一定量再由中盤轉賣至大盤。每經過一次轉手，各盤約抽傭 0.5－2

元不等，產量越大，則抽傭相對較少。屏東及宜蘭地區為鰻線主要生產地，當地均有大盤，漁民可以直接將捕獲鰻線售予大盤，或交由各村落中盤販賣。

表 5 2006－2008 年三地區調查對象漁戶鰻線平均收購價格 (元)

年 度	2006	2007	2008
宜 蘭	17.6	17.3	27.4
苗 栗	-	19.4	22.3
屏 東	-	14.6	44.4

五、結語

由本調查可知，各地區因沿海地理環境不同，而發展出不同捕撈鰻線的漁具與漁法，由完全人力到機械化，作業所需的人力與設施成本及捕撈的效益也因之有所差異。動力叉手網捕撈量最高，但所需的人力、設備與營運成本也相對較高，所以不能單就捕撈量多寡來判斷各漁具、漁法的效益。因此，有需要針對各漁具、漁法之單位努力漁獲量、作業成本、效率與收益作進一步的調查分析比較。

近年來，無論是歐洲鰻或日本鰻，全世界的年捕獲量都急遽銳減。2006－2008 年，臺灣捕獲的日本鰻線逐年減少，這可由本次調查 3 個地區對象漁戶的捕獲量便可略窺端倪。此現象在日本、中國與韓國也都有相同的趨勢，意即，近 25 年來，這些國

家大約都減產 30－40%。捕獲量降低，顯示資源量的匱乏，而資源量減少的主要因素主要係因過度捕撈、棲地破壞、氣候變遷以及環境污染等。據此，今後應將資源的保育與培育以及棲地的保護，列為首要的因應對策。

由於本次調查係以各地區具有經驗的漁民為對象，由記錄得悉，宜蘭地區在 11 月上旬就出海作業，在三個地區中算是最早的。另就平均單日捕獲量而言，宜蘭在 11 月上、中旬出現一小高峰，但最高峰出現在 1 月上、中旬，而苗栗與屏東的高峰也都出現在隨後的 1 月下旬與 2 月上旬，故推斷鰻線係隨著臺灣東側的黑潮北上至宜蘭海域，再伴隨臺灣海峽由北向南的海流漂流至西部海域各河口，但這項推論，尚待更具體、完整的資料進一步佐證。

鰻苗價高低最主要受到供需之影響，捕撈量少，不足供應養殖所需，則苗價自然上揚。然而，苗價高低之額度則與買方尤其是日本業者的意向與本地大盤商的自主性也息息相關。今後鰻苗價是採市場自由方式或合理價格機制，則有賴鰻魚業界的智慧。

臺灣為東亞每年最早捕獲到鰻線的國家，早期生產的頭期苗，日本爭相收購，由代理商輸出至日本。2008 年後，臺灣於每年 11 月至隔年 3 月禁止輸出鰻線至日本，業者可能改由第三地轉運至日本，此時臺灣的養殖業者並不會購買價格高昂的鰻苗來放養，一般會等到整個東亞捕撈期尾聲，由代理商進口其他國家的鰻線或幼鰻來放養。這種鰻苗貿易的流程，是否會影響臺灣養鰻事業的永續經營，也值得深思與檢討。

臺灣的鰻魚養殖產業概況與永續發展策略

一、前言

臺灣四面環海，西海岸面向臺灣海峽，地處中國大陸礁層外緣，係水產生物的良好棲息場所；東海岸面向太平洋，有黑潮主流經過，所以，洄游魚類資源極為豐沛。加之，臺灣位在亞熱帶地區，天候及環境條件極適合養殖漁業之發展，養殖水產種類多達百種，近年來更陸續有新品種之開發，因此，養殖漁業在臺灣可以說是非常蓬勃。

臺灣的商業化鰻魚（日本鰻）養殖始自 1966 年，後來在 1968 年因成功的將活鰻外銷到日本，加上日本向臺灣購買鰻苗的利益誘因，帶動了養鰻事業的發展，迄今已有約 40 年的歷史。多年來，臺灣的鰻魚主要外銷日本，不但替國家賺取大量外匯，也繁榮了漁村經濟、改善了漁民生計。養鰻產業最高峰在 1991 年，是年產值達 5 億 6 千萬美元，佔當時日本市場供應量的一半以上，因而贏得養鰻王國的美譽。

2014 年，臺灣的主要水產養殖種類為吳郭魚、虱目魚、鰻魚、文蛤、牡蠣、蜆、石斑魚、白蝦、鱸魚及淡水長臂大蝦等（表 1）。就產值而言，鰻魚長久以來維持 60—80 億元新臺幣，多年來扮演著養殖龍頭的角色。但至 2012 年，產量、產值一落千丈，分別約達 2,200 公噸及 25 億元，迄 2014 年，更慘跌至約 1,900 公噸及 15 億元空前的新低，產業衰退之困境實令人擔憂（表 2）。

表 1 2014 年臺灣主要水產養殖種類之產量、產值及養殖面積

種 類	產 量 (百公噸)	產 值 (百萬元)	面 積 (公頃)
吳郭魚	697	3,785	4,743
虱目魚	691	5,093	9,866
文蛤	600	4,996	7,451
石斑	257	8,454	2,028
牡蠣	253	5,340	10,357
蜆	132	522	985
白蝦	126	2,399	1,788
鱸魚	116	1,312	1,017
淡水長臂大蝦	86	2,710	1,550
鰻魚	19	1,473	456

表 2 近十年臺灣鰻魚養殖生產情形

年 度	產 量 (公噸)	產 值 (新臺幣千元)	養殖面積 (公頃)
2005	28,481	8,473,932	2,465
2006	23,838	7,319,301	2,074
2007	24,822	7,613,169	2,313
2008	21,038	5,354,843	2,378
2009	19,044	6,182,828	2,043
2010	19,361	8,027,176	1,956
2011	10,535	8,982,164	1,016
2012	2,244	2,542,453	449
2013	1,904	2,140,842	305
2014	1,903	1,473,022	456

二、臺灣的鰻魚養殖發展歷史

全世界鰻魚有 18 種，除北大西洋二種：歐洲鰻 (*Anguilla anguilla*) 與美洲鰻 (*A. rostrata*) 外，其餘 16 種分布在印度-太平洋一帶。臺灣近海有 5 種，即日本鰻 (*A. japonica*)、鱸鰻 (*A. marmorata*)、短鰭鰻 (*A. bicolor pacifica*)、西里伯斯鰻 (*A. cerebesensis*) 及呂宋鰻 (*A. luzonensis*) 等。其中，日本鰻屬溫帶種類，分布北起日本、韓國、中國、臺灣、香港、南至菲律賓，產量最多，且在亞洲地區被大規模養殖。

臺灣的鰻魚養殖較之其他養殖種類起步較晚，溯自 1923 年才開始養殖試驗。1952 年在日本的技術協助下，進行小規模的試養工作。到 1956 年，由當時之水產試驗所鹿港分所（現已改名為淡水繁養殖研究中心）養殖試驗成功並推廣至民間業者。自 1966

年起，始有商業化的生產，養殖面積約為 60 公頃。後來因為日本向臺灣大量收購鰻苗，鰻苗養成業者因之獲利頗豐，乃引發民間對養鰻的興趣與矚目。

迄 1972 年，短短 6 年間，養殖面積已擴展至 1,125 公頃，增加約 20 倍，發展之快速，非其他養殖產業可望其項背。1972—1973 年，由於養殖技術之突破，單位面積生產量由 6.5 公噸/公頃提高至 11.2 公噸/公頃，因而使得年生產量由 6,900 公噸提升至 11,600 公噸，增加約 70%。在 1973—1978 年的 5 年間，無論是年產量、養殖面積或出口量均增加 1 倍左右。

而由 1970—1979 年間，產量增加 12 倍（由 2,000 到 26,000 公噸），產值增加 40 倍（由 105 至 607 億元新臺幣）。鰻魚產量雖僅佔臺灣養殖總產量的 16%，但產值卻高達 42%，可見鰻魚養殖是高價位、高利



日本鰻



鱸鰻



短鰭鰻



短鰭鰻

潤的產業。因此，為拓展臺灣鰻業，民間乃於 1971 年組成鰻蝦輸出公會及鰻蝦生產合作社；再於 1979 年成立鰻魚發展基金會等，適時發揮了調節產銷、開拓外銷以及永續經營鰻業的機制。直到 1980 年，水產研究單位研發成功軟池養殖方式，實質降低生產成本，促使養鰻事業更加速發展。1985 年，冷凍水產工業公會成立，不但提升鰻魚加工技術，也間接加速鰻魚國內外銷售市場的開發，年產量已超越虱目魚及牡蠣。1985 年產量超過 40,000 公噸，其中，90% 以上以活鰻或加工鰻方式外銷日本。在 1988 年，養殖產量高達 51,000 公噸，產值約達 150 億元新臺幣。至 1989 年，養殖面積已超過 4,000 公頃。

1991 年，外銷日本數量高達 62,000 公噸，產值達 5 億 6 千萬美元，佔日本鰻魚總消費量的 52% 以上，可以說是養鰻產業最繁盛的時期。同年，本所首創室內高密度超集約養鰻技術，由於需要高度技術與高額資本，所以推廣應用之效果並不如預期。一般而言，鰻苗佔生產成本約 40—50% 之高，因此，鰻苗價格之高低影響鰻魚產業至鉅。

由 1990—1998 年，因為鰻苗供應量的不足，導致鰻苗價格的高漲，從而影響業者的養殖意願。1998 年的養殖面積從 1992 年的 4,500 公頃減至 1,500 公頃，就是受限於鰻苗的短缺以及中國養鰻投入外銷日本的強烈競爭，使得 1999 年的年產量降至 17,000 公噸，產值僅為 44 億元。另外在外銷方面，自 1990—1999 年，產量由 46,000 公噸減至 8,300 公噸，產值由 122 億元減至

34 億元，降低率分別為 80% 及 50%。

三、臺灣養殖鰻魚的產銷近況

近十年來，臺灣的鰻魚養殖面積從 2005 年的 2,400 公頃降至 2014 年的 450 公頃；產量由 28,000 公噸降至約 2,000 公噸；產值則由 85 億降至 15 億元新臺幣（表 2）。主要的養殖生產縣市為依次為雲林縣、屏東縣、嘉義縣、臺南市及高雄市。

在外銷日本的活成鰻部分，以臺灣、中國、韓國及馬來西亞為主，其中又以臺灣及中國最為大宗。1995 年臺灣與中國分別佔輸日總量的 71% 及 26%。由於臺灣生產的鰻魚品質優於中國，在 2000 年，臺灣與中國輸日的活成鰻分別佔總量的 92% 及 8%。2004—2007 年間，因中國養鰻技術與環境條件逐漸在改善，使得臺灣與中國輸日量的比例約為 6：4，但迄 2008—2009 年，則變成 4：6，顯然比例已有大幅的消長。2010 臺灣與中國輸日量的比例約為 6：4，之後輸日量逐年降低，至 2013、2014 年約為 2：8（表 3）。

在輸日加工鰻部分，1995 年，臺灣與中國分別佔輸日總量的 20% 及 76%。至 1999 年，臺灣僅佔輸日總量的 2%，而中國卻高達 96%，臺灣輸日的加工鰻已遠遠落後。2004 與 2008 年臺灣與中國銷日加工鰻之比仍然維持在 1：9。至 2009 年則降至 3% 對 97%。迄 2013、2014 年，中國更佔輸日加工鰻總量的 99—98%。臺灣輸日加工鰻可以說已跌至谷底（表 4）。

表 3 近年來各主要國輸日活成鰻的數量 (公噸) 及所佔比例 (%)

年度	臺 灣		中 國		韓 國		法 國	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
2003	19,023	79	5,028	21	0	0	0	0
2004	16,381	62	10,205	38	9	0.03	0	0
2005	11,658	49	11,894	51	0	0	0	0
2006	8,546	42	11,687	58	2	0	0	0
2007	13,099	62	8,198	38	0	0	0	0
2008	6,374	40	9,506	60	2	0.01	0	0
2009	5,367	44	6,700	56	4	0.03	0	0
2010	8,828	59	6,009	40	0	0	0	0
2011	4,839	50	4,769	49	28	0.29	0	0
2012	1,373	29	3,183	68	75	1.6	27	0.6
2013	868	18	3,797	79	1	0.02	99	2
2014	906	19	3,747	78	-	-	62	1.3

資料來源：鰻魚基金會

表 4 近年來各主要國輸日加工鰻的數量 (公噸) 及所佔比例 (%)

年度	臺 灣		中 國		印 尼	
	數量	%	數量	%	數量	%
2003	1,965	5	40,299	95	0	0
2004	4,765	10	43,992	90	0	0
2005	1,898	6	30,448	94	0	0
2006	1,340	4	34,151	96	0	0
2007	2,022	6	33,412	94	0	0
2008	2,040	12	14,781	88	0	0
2009	676	3	19,784	97	0	0
2010	1,740	8	21,198	92	0	0
2011	773	5	13,869	95	0	0
2012	147	1.6	8,818	98	6	0.07
2013	19	0.2	8,021	99	41	0.5
2014	66	0.7	9,096	98	98	1

資料來源：鰻魚基金會

臺灣外銷日本的整體鰻魚市場而言，自 1995 年起，臺灣鰻魚產量已大幅下滑，而在 1999 年更是苟延殘喘。2000—2004 年臺灣鰻魚總出口量，大都維持在 21,000 公噸左右，之後逐年減少，至 2008、2009 年僅有 6—9 千公噸，迄 2012—2014 年僅剩 1—2 千公噸。中國由 1995—2001 年外銷總產量增加 1 倍多，已達 65,000 公噸，其中以加工鰻為大宗，但至 2008、2009 年則大幅減少，迄 2012—2014 年已降至約 12,000 公噸。

四、臺灣養殖鰻魚產業面臨的問題

臺灣的鰻魚產業發展雖然具有：(1)地理條件上適合養殖鰻魚；(2)具有豐富精湛的養殖管理經驗；(3)業界有健全且分工明確的自主性推展組織；(4)具有高效能人工飼料生產能量；(5)養殖產品品質受到日本市場的肯定等有利條件。但是就產業的永續發展而言，目前卻面臨了以下所述之各項問題：

(一) 天然鰻苗資源銳減，種苗供應不足

當前日本鰻的種苗完全靠天然捕撈，人工繁殖技術雖然日本已初步成功（活存率約 0.01%），但距離種苗大量生產技術之確立，預估尚需 10 年左右。因此，養殖用鰻苗全部都是野生苗。由於氣候變遷、棲地破壞，水域環境污染以及人為過度捕撈等因素，導致近年來鰻苗資源逐漸減少，且每年

捕撈量豐歉不一。臺灣在 2005 及 2006 年，鰻苗捕撈量分別為 25 及 10 公噸。之後，逐年遞減到 2013 年僅剩 1.9 公噸，2015 年更降至 1.2 公噸（如圖）。如此，種苗供應不足不但增加生產成本且影響產業正常經營。

(二) 超限使用地下水，引發地層下陷

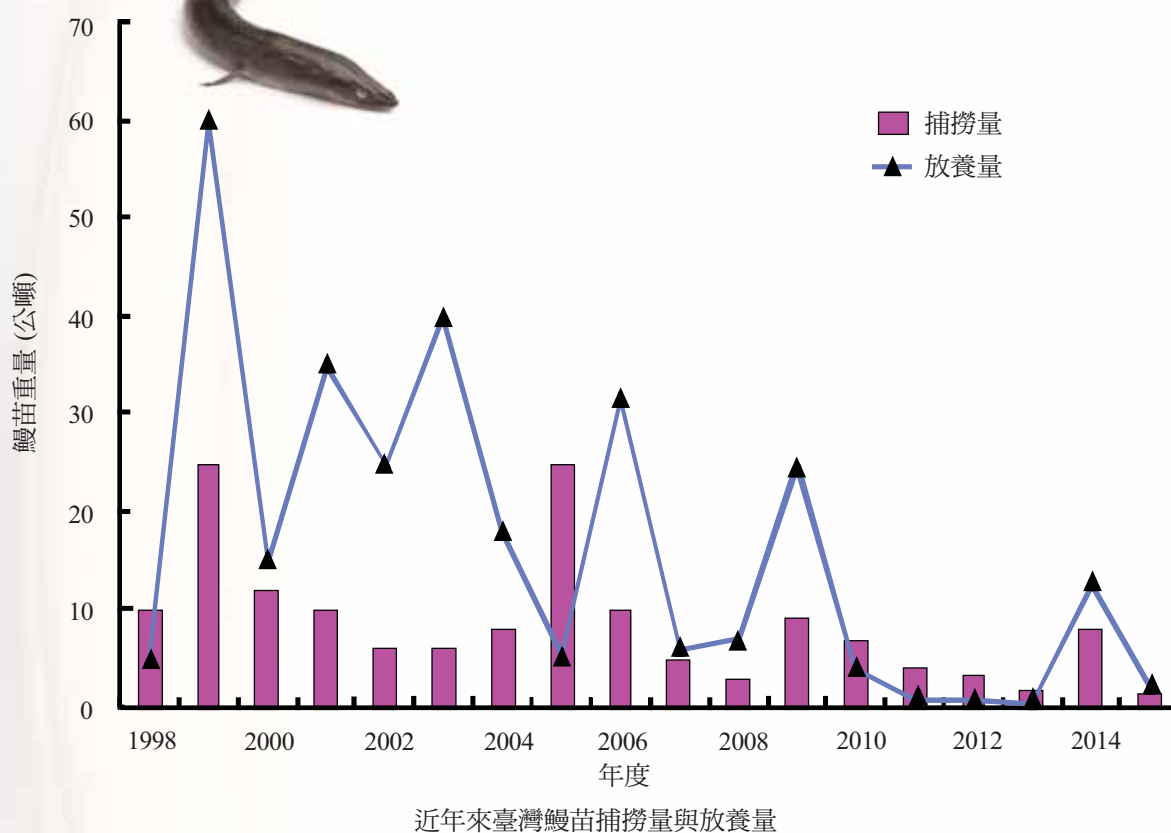
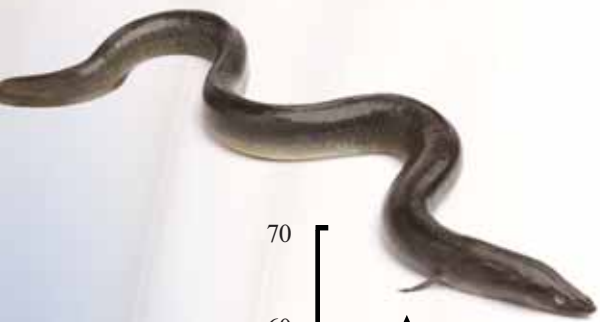
由於鰻魚大多採高密度養殖，為維護水質常需大量抽取地下水，據報導養鰻需水量約 33—55 萬公噸/公頃/年，在養殖種類中，高居首位。因此，被質疑是造成地層下陷的因素之一，如此，不但浪費社會成本，也因為這種養殖方式會破壞生態環境，進而嚴重影響產業的永續發展。

(三) 遭逢國際強大的競爭壓力

早期臺灣是日本鰻魚市場唯一最大進口國，自 80 年代起，中國的加入，由於具有充沛水土及人力資源，生產成本較低而擁有市場開發之先決條件，不但變成臺灣強力的對手，更於 90 年代就已超越臺灣，成為日本市場最大供應國。此外，近年來韓國、馬來西亞及法國也紛紛加入，其市場競爭壓力之大可想而知。

(四) 國內外市場開拓不易

國內鰻魚文化，只有在喜宴或大餐館及日本料理或鰻魚專賣店才可看到或吃到鰻魚。通常家庭主婦都不會料理，且鰻魚的細骨刺也不適合幼兒食用。因此，一般家庭及市場，可以說鮮少買賣，無怪乎想要開發國內市場，有其飲食習慣上的困難度。另，由於鰻魚的外觀及細骨刺，也造成很多國家的消費者無法接受，所以開拓國外市場，同樣也是件不容易的事。



(五) 產品品質與衛生隱藏潛在危機

食安是當前國人也是世界各國所關注的首要課題。由於高密度養鰻，常會引發各類寄生性、細菌性及病毒性疾病，而導致高達 56% 的罹疫率，死亡率約在 15–23% 間，使得每公頃損失估約 70 萬元新臺幣，影響業者收益至鉅。所以業者為有效防範，便病急濫用藥，而引起藥物殘留事件屢見不鮮。例如：2003–2005 年間，臺灣輸日活鰻被驗出藥物殘留而遭退貨。同樣，外銷歐盟也有被退貨的案例。究其原因，不外是養殖環境惡化及管理不當，且未依規定用藥所致。如此一來，不但安全衛生出現危機，更遑論產品的品質。

五、臺灣養殖鰻魚產業永續發展策略

為了解決前述鰻魚產業面臨的問題以及產業的永續經營，擬提下列因應的發展策略：

(一) 加速繁殖技術研發，穩定種苗供應

由於鰻魚種苗生產技術，具有其困難度與挑戰性，單就水產試驗所一個單位少數研究人員的投入，實難竟其功，宜整合各學術研究機構、跨領域學者專家，共同執行國家型計畫，集思廣益，眾志成城，才能早日建立繁殖技術，以便穩定種苗供應，而不必每

年再看天意或多或少的賞賜。

(二) 持續执行人工放流，復育鰻苗資源

在鰻魚人工種苗生產技術尚未建立前，復育天然鰻苗資源便成為當前重要的策略，而鰻魚人工放流計畫即是執行此策略的首要措施。臺灣的鰻魚人工放流計畫係由水產試驗所自 1976 年開始執行，每年將成鰻或幼鰻放流在公海、沿岸或內陸河川等水域，迄今已達 60 次，共計放流約 44 公噸、12 萬尾鰻魚。至於放流效益追蹤，由於受到諸多因素，例如：放流數量不足、回收技術欠缺且困難、放流體型大小、棲息環境、健康情況、搬運狀況等，致無法正確評估其效益。但世界各養鰻國家每年均執行放流活動，中國、日本自不在話下，且國內業者均支持並肯定放流計畫，咸認為應該有益於鰻苗資源的復育，所以建議政府每年持續執行。話雖如此，放流後效益的追蹤評估，仍需儘速建立。

(三) 強化生產履歷認證，確保衛生品質

生產履歷的的建立，是世界的趨勢。從鰻苗放養起，其來源、健康程度、數量，投餵飼料品牌、品質與數量，水生環境的監控與管理，養殖期間之用藥情形（藥品、劑量、方式與停藥期等），收成，運搬等上市前之衛生品質檢驗以及加工製作之所有流程等均應明訂規範與自律條款，對於檢驗合格者給予認證並宣導消費者建立“認證產品”就是“品保產品”的共識。對於不合格者，除予罰責處置外，應嚴禁出貨，並宣導

消費大眾抵制拒買未證証產品。有鑑於此，政府水產單位應積極推動“優良養殖場”(GAP) 與“危害分析與重要管制系統”(HACCP) 相關規範。

(四) 降低生產成本，提高國際競爭力

養殖生產成本除了鰻苗費外，主要在飼料支出、魚病防控與養殖管理等方面。因此，生產低污染，高效能飼料，開發高抗病力之免疫激活劑、疫苗、益生菌等，以加強健康管理少投藥物，同時，應用自動化、智能化養殖管理技術，以便更有效提升產能，間接降低生產成本。

(五) 拓展國內外市場，永續產業發展

有了健全的生產履歷制度，並且有效加以落實施行，便能為開拓國內外市場跨出成功的一大步。政府應協助業者在日本及其他具有市場開發潛力的國家，設立行銷站，以臺灣鰻為品牌，逐步建立國際知名度與形象，以利行銷。在國內，則多補助經費舉辦促銷活動，如：品評、產品評選、料理示範、為鰻魚而健行、慢跑等促銷活動，讓社會大眾進一步瞭解鰻魚的營養與美味，而逐漸接受並進而養成消費習慣。

(六) 推動粒狀飼料，以取代粉狀飼料

長久以來，粉狀沉性飼料（以下簡稱粉料）飼養的鰻魚，已習慣性的被日本消費市場接受，惟使用粉料常會因溶失及殘餌而污染水質，所以會間接增加生產成本。因此，水產試驗所已研發高效能粒狀飼料，並經臺、日雙方業界代表就成品的外觀、色澤、燒烤形狀、肉質、油脂等品評，整體而言，較之日本養殖鰻魚，毫不遜色，足供業界採



用。可惜飼料廠多未加以利用此配方，國內大多數業者也因日本市場習慣接受粉料養殖產品而不予使用。面對此一現實問題，國內業界自主組織，如：鰻蝦生產合作社，應設法宣導推廣。

(七) 創新加工技術，促使產業多元經營

除了研發多樣性健康食品外，似應以國人能接受的消費習慣為導向，同時，也考量幼兒可以安心食用的加工即食產品，以增加消費者的選擇與接受度，以便從多層面開拓國內市場。另在黑鰻如：雙色鰻（短鰭鰻）的開發以部分替代日本鰻的策略，由於日本市場的消費習慣仍然偏好日本鰻，因此，應從加工技術方面著手，諸如：改善肉質、外觀、口感與口味等。此外，在鰻魚油、魚皮的加工利用，亦需加強以提升產品的附加價值，使產業朝向多元化經營。

(八) 發展省水技術，建立環境友善養殖體系

省水式循環水養殖技術的建立，可以防止或減少超限使用地下水，讓產業不再影響生態環境，而能與環境友善共存，除了傳統的生物性、化學性及物理性循環過濾方式外，亦可考量養殖水耕的模式，以節約成本並提高效能。此外，養殖廢水之處理也應一併考量符合國家排放水的標準，以免污染水域環境，才得以永續產業經營。

(九) 加強漁政管理，以利掌握產銷動態

為掌握產銷動態，漁政單位宜落實“養殖漁業登記證”，有效執行養殖查報與登

錄。查報的項目應包含鰻苗的捕撈量、放養量、收成量及銷售量及銷售對象。同時，確實監測鰻苗流向及成鰻銷售管道。另外，除明訂鰻苗禁捕期、禁捕區以保護資源外，更應配套嚴禁鰻苗走私以妥善利用資源，並掌握放養量。唯有如此，才能有效管控產銷、穩定魚價，並維持產業正常的營運。

(十) 積極參與國際組織，爭取話語權

鰻魚為高度洄游性國際魚種，近年來由於天然鰻苗銳減，其資源復育便成為各資源利用國責無旁貸的首要任務。臺灣自應善盡國際責任，才有資格積極加入與鰻魚資源維護及養殖管理相關的國際組織，例如：「東亞鰻資源會議 (EASEC)」及「永續鰻魚養殖聯盟會議 (ASEA)」等，以爭取「話語權」，進而開創臺灣養鰻產業永續經營之契機。

六、結語

期盼臺灣的養鰻業，在面對當前的困境與挑戰時，能以新的思維與對策來因應。首先應儘速建立種苗人工生產技術，並同時復育天然資源，以穩定供應養殖所需。積極推動生產履歷機制，以確保產品衛生安全與品質，尤屬當務之急。再者，設法降低生產成本、開拓國內、外市場、提升產業價值鏈以及採取友善環境養殖方式等，都要一一克服萬難儘早達成。再加上，落實養殖登錄查報體制，有效掌握產銷動態，如此才能真正確保臺灣鰻魚養殖產業的永續經營與發展，進一步再創臺灣鰻業的新榮景。

臺灣鯛養殖產業概況與永續發展策略

一、前言

吳郭魚具有容易養殖與繁殖、對環境及疾病的抵抗力強、成長快、肉質佳且無細骨，屬雜食性，蛋白質需求不高，飼料成本低廉，適合高密度養殖等多項養殖優越條件。此外，吳郭魚的各種養殖產品（活魚、全魚、魚排、煙燻、魚漿等）及烹調方式，都可為全世界人接受。對未開發國家而言可提供高營養價值動物性蛋白質源；對已開發國家來說又可成為高水準的海鮮食品。而且吳郭魚的附加價值高，肉、鱗片均可利用。由此可見，吳郭魚是具有發展潛能的養殖經濟魚種。

目前全世界約有 95 個以上國家地區從事吳郭魚養殖，包括 (1)亞洲地區（佔全世界產量 80%）：中國、印尼、菲律賓、泰國、臺灣、越南、印度及斯里蘭卡等；(2)美洲地區：哥斯大黎加、厄瓜多、巴西、薩爾瓦多、墨西哥、委內瑞拉、哥倫比亞、巴拿馬、宏都拉斯、古巴、秘魯、牙買加及美國等；(3)非洲地區：坦桑尼亞、加納、尼日、烏干達、肯亞、埃及及馬拉威等。由於目前少有單一品項的農漁產品，能有遍布各大洲，超過 90 個國家地區參與生產行列，因此，吳郭魚可以說是世界的魚種。

二、吳郭魚市場分析

(一) 美國市場

美國在 1992 年吳郭魚的需求量約 3,400 公噸 (4.5 百萬美元)，2000 年需求量約 40,500 公噸 (101 百萬美元)。1980 年代以活魚為主，1980 年尾，由臺灣進口冷凍全魚。1990 年代，進口生魚片及冷凍魚片，而亞洲國家以冷凍全魚 (2.2—5 美元/公斤) 及冷凍魚片 (7—11.5 美元/公斤) 輸美為主。南美洲國家以生鮮魚片輸美為主 (8—12 美元/公斤)，1995 已超出鮭魚進口量。

美國消費量年成長約 20%，因各國加入市場後，使競爭激烈，致價格降低，冷凍魚價格由 1992 年的 1.48 美元至 2000 年降到 1.22 美元；生鮮魚片價格由 1992 年的 5.04 美元至 2000 年增加到 7.06 美元。臺灣輸美由 1998 年的 80% 至 2000 年降到 43.8%；反之，中國輸美由 1998 年的 0% 到 2000 年提高至 33.4%。2002 年起中國輸美的吳郭魚便超越臺灣，並逐年擴大差距。2011 年臺灣和中國分別佔美國進口量的 8.3% 和 74.8%。

2014 年美國市場中，冷凍全魚臺灣約 1.3 萬公噸、中國約 2.4 萬公噸；冷凍魚片臺灣約 1 千公噸、中國約 14 萬公噸。整體而言，臺灣佔 6%、中國佔 75%、印尼 5%、宏都拉斯 4.5%、哥斯大黎加 2.3%、哥倫比亞 1.8%。

(二) 亞洲市場

中國在過去約 80% 為內銷或輸至亞洲

地區，15 年前才開發美國市場。菲律賓以內銷為主；日本進口生鮮魚片及少量活魚供作生魚片，一般喜歡紅色吳郭魚，以替代鯛類（嘉鱚）。在東南亞各國，去皮吳郭魚片可替代高價鰈魚（sole）或笛鯛（snapper）。

（三）歐洲市場

主要為英國、法國、比利時、德國、荷蘭等。以冷凍全魚為主，近年增加新鮮及冷凍魚片。1996 年自臺灣輸入 890 公噸，1999 年增至 1,700 公噸，2011 年約 344 公噸。吳郭魚在歐洲的競爭對象為尼羅鱸魚（Nile perch）及鱈魚（cod），惟這些價格均高。吳郭魚可替代上述這些白魚，因此具開發潛力，但加工過程需符合 HACCP 規範。

（四）其他地區市場

阿拉伯地區是另一吳郭魚銷售市場，2000 年，由臺灣輸入 5,800 公噸冷凍魚，主要為沙烏地阿拉伯（4,485 公噸），依次為科

威特、阿拉伯聯合大公國、巴林等。2011 年，由臺灣輸入 7,900 公噸冷凍魚，主要為沙烏地阿拉伯（5,308 公噸）。加拿大在 1996 年進口 500 公噸，1999 年增至 1,830 公噸，2011 年提高到 2,530 公噸。其他拉丁美洲國家如哥倫比亞、委內瑞拉、牙買加、波多黎各及巴西等，吳郭魚消費量也逐年增加。

三、吳郭魚全球生產情形

2014 年，全球吳郭魚生產量為 603 萬公噸，養殖產量約 530 萬公噸，漁撈量約 73 萬公噸，養殖佔全部生產量的 5/6。其中，亞洲約佔 74%（394 萬公噸），非洲 95 萬公噸（18%）、中南美洲 42 萬公噸（8%）。另就生產國而言，中國佔第 1 位，年產量約 170 萬公噸（32%），其次為印尼（104 萬公噸）與埃及（76 萬公噸），臺灣居第 9 位（圖 1）。

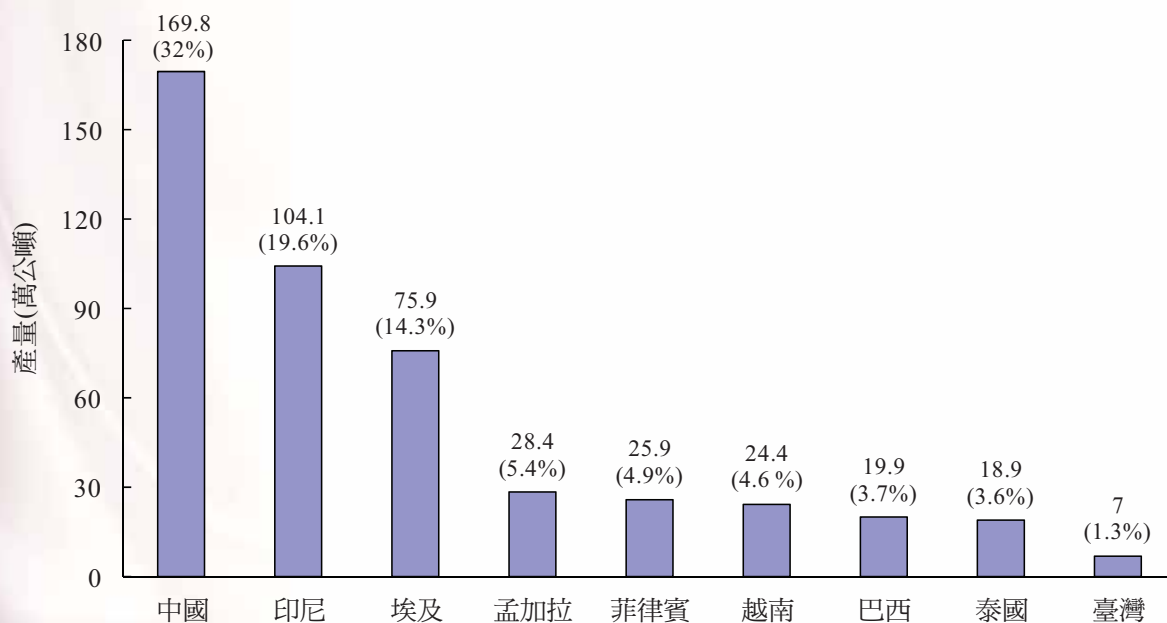


圖 1 2014 年全球各主要國吳郭魚養殖產量

(一) 吳郭魚市場規模

依據 FAO 資料，亞洲及非洲佔第 1、2 位，合計 75%。2004—2007 年，亞洲由 12.5 增至 18 億美元、非洲由 9.0 增至 14.2 億美元、美洲由 3.8 增至 6 億美元。2007 年全球吳郭魚市場規模為 41.5 億美元。

(二) 吳郭魚全球出口概況

2007 年，亞洲為全球最大出口地區，出口量 26.2 萬公噸，佔全球 94%，出口值 5.8 億美元，佔 90%。中國佔第 1 位，出口量與值分別為 21.5 萬公噸與 4.9 億美元。臺灣佔第 2 位，出口量與值分別為 3.4 萬公噸與 0.65 億美元。2014 年，中國出口量為 40.8 萬公噸，為全球最大吳郭魚出口國，臺灣居次，出口量為 2.6 萬公噸。

(三) 吳郭魚全球進口概況

2007 年，全球進口量為 19.2 萬公噸，北美洲佔 92%，為 18.1 萬公噸。2008 年，美國吳郭魚的進口總量為 18 萬公噸，其中 66.4% 來自中國，10.9% 來自臺灣。2010 年美國進口量 21.8 萬公噸；2011 年是美國近十年首度吳郭魚進口量衰退之一年，進口總量 19.3 萬公噸，中國及臺灣分別佔 74.6% 及 8.3%。2014 年，美國進口 23 萬公噸，中國約 17 萬公噸，而臺灣約僅 1.4 萬公噸。

四、臺灣鯛養殖產業概況

過去吳郭魚被認為是吃食豬糞的低級魚，而現在已改餵飼料，養殖衛生環境已大幅改善，如養殖環境良好，則產品可做為生魚片，由於全世界白肉海魚供應不足，吳郭

魚便成為最佳替代品，其肉質佳富彈性，產品可以多樣化。此外，它是全球第一尾上太空的魚，也是全球化且大眾化的魚，亦是全世界最紅、最具知名度的魚。它是美國進口臺灣養殖魚種最大量的魚，又是全臺養殖面積、產量最大，相關產業、就業人口最多，具有發展潛力的養殖旗艦魚。此外，它更是臺灣經過不斷品種改良後的優質魚種，可媲美高級海水黑鯛魚，且吳郭魚屬於慈鯛科，全世界有 100 多種，但適合養殖的種類僅 19—21 種，臺灣就有 10 種之多。因之，綜上所述，從生產技術、種苗品種、生態環境、市場需求、產品品質及產品型態等角度看，將吳郭魚更名為臺灣鯛，不但具有其時代背景，更有利於將產品推展至國際市場。

2000 年臺灣鯛的養殖產量 4.9 萬公噸，至 2001 年增加 68%，達 8.3 萬公噸。近 8 年來，產量介於 6.7—8.5 萬之間，約在 7—8 萬公噸之譜。2001—2007 年，平均產值 25 億元。2008 年產量未增加，但產值卻增 51%，由 2007 年的 26.6 億元增加至 40 億元。2014 年產量約 7.0 萬公噸，產值約 37.8 億元（表 1）。

(一) 臺灣鯛貿易概況

根據海關資料，臺灣以整尾冷凍吳郭魚出口為大宗，另有小部分冷凍魚片。2004—2007 年平均每年出口 3.8 萬公噸，金額由 2004 年的 17.8 億，增至 2008 年的 27 億元，成長率約 52%。顯然，出口價格有上升趨勢。2011 年出口產量達 3 萬公噸，出口產值約 25 億元。除美國外，近 3 年之主要出口國還有沙烏地阿拉伯、加拿大及科威特

等。2014 年，出口量達 2.6 萬公噸，出口值為沙烏地阿拉伯、科威特、加拿大及澳大利亞等（表 2）。約 21 億臺幣，除美國外，主要出口國依次

表 1 2004—2014 年臺灣鯛生產量、值與出口量、值

年度	產量 (公噸)	產值 (千元)	養殖面積 (公頃)	出口量 (公噸)	出口值 (千元)
2004	80,981	2,332,731	8,364	40,570	1,777,533
2005	83,435	2,679,999	8,211	42,078	1,981,486
2006	72,574	2,426,076	7,894	37,072	2,110,153
2007	76,086	2,656,093	7,986	34,414	2,161,742
2008	81,021	4,013,319	7,658	36,544	2,707,591
2009	67,343	3,171,108	6,391	31,069	2,249,256
2010	74,888	3,462,701	6,843	39,194	2,353,773
2011	67,216	3,260,870	6,102	30,566	2,487,270
2012	73,334	3,376,293	5,233	29,225	2,393,610
2013	72,498	3,313,043	5,303	37,361	2,552,610
2014	69,726	3,785,237	4,743	26,234	2,076,840

資料來源：漁業年報（2004—2014 年）

表 2 近幾年臺灣鯛外銷貿易數量統計表

年 度	2010		2012		2014	
品 項 國 別	冷凍全魚	冷凍魚片	冷凍全魚	冷凍魚片	冷凍全魚	冷凍魚片
美 國	19,741	2,102	12,651	1,754	13,190	1,284
沙烏地阿拉伯	6,789	0	5,699	0	3,436	1
科 威 特	1,965	0	2,187	0	2,253	0
加 拿 大	2,597	131	1,535	142	1,583	141
澳 大 利 亞	792	4	1,096	6	1,270	10
阿拉伯聯合大國	660	0	667	0.6	827	0
日 本	323	169	368	165	206	159
韓 國	0	1,707	0	1,940	0	649
其 他 地 區	2,121	92	955	61	1,088	137
總 計	34,988	4,205	25,158	4,068	23,853	2,381

（單位：公噸）

(二) 臺灣鯛外銷的主要市場

2014 年，以冷凍全魚外銷的主要國際市場依次為：美國 (1.3 萬公噸)、沙烏地阿拉伯、科威特和加拿大 (總量約 7 千公噸)。以冷凍魚片外銷的主要國際市場依次為美國 (約 1,200 公噸)、韓國 (約 650 公噸)、日本及加拿大 (總量約 300 公噸)。至於出口單價方面，2004 年冷凍全魚與冷凍魚片分別為 32 與 163 元/公斤，價差達 5 倍之多。2014 年，冷凍全魚與冷凍魚片分別為 64 與 239 元/公斤，價差約為 4 倍左右 (圖 2)。

(三) 臺灣鯛輸美的市場變動情形

1980 年後期開始輸美冷凍吳郭魚，1990 年增加冷藏生鮮及冷凍魚片，1992—1993 年間前二者各成長 10 及 400%。1994 年輸美冷凍魚約有 66% 佔有率，1995 年出

口量雖降了 9%，但價格卻上揚 25%，顯示生鮮魚片的品質提升及美國人消費習慣的改變。

2000 年臺灣輸美佔第 1 位 (28%)，其餘依次為中國 (24%)、厄瓜多 (13%)、哥斯大黎加 (10%) 及宏都拉斯 (5%)。2002 年臺灣輸美退居第 2 名 (35.2%)，中國後來居上躍居第 1 名 (39.4%)。2014 年美國進口吳郭魚的數量中國遙遙領先各國，高居第 1 名 (17 萬公噸，75%)，其次臺灣 (1.4 萬公噸，6%) (表 3)。美國進口吳郭魚產品可分為冷凍全魚、冷凍魚片及生鮮魚片三種，其中就冷凍全魚與冷凍魚片而言，中國是一枝獨秀，而臺灣在冷凍魚片方面尚有努力空間，另，因佔地利之便，生鮮魚片是中南美洲的天下。

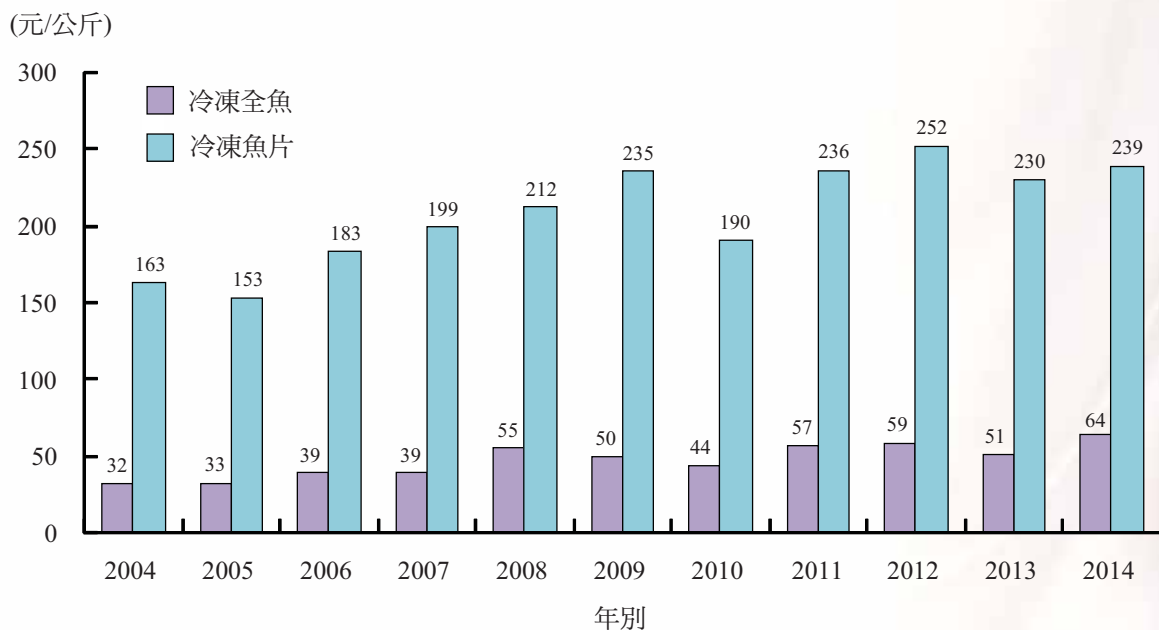


圖 2 2004-2014 年臺灣鯛冷凍全魚與冷凍魚片之平均出口單價

表 3 2014 年美國進口吳郭魚主要國家的進口量所佔比例

國	家	進口量 (公噸)	比 例 (%)
臺	灣	14,000	6.07
中	國	172,600	74.83
印	尼	11,600	5.03
宏	都 拉 斯	10,330	4.48
哥	斯 大 黎 加	5,500	2.38
哥	倫 比 亞	4,140	1.79
墨	西 哥	4,100	1.78
厄	瓜 多	2,520	1.09
越	南	2,500	1.08
泰	國	2,450	1.06
其	他	910	0.40

五、臺灣鯛養殖產業面臨的問題

臺灣鯛產業發展具有其優缺點，其優點為：(1)擁有豐富的繁養殖經驗；(2)有生產遺傳全雄性魚苗的技術；(3)魚種品質優於其他國家。缺點為：(1)水、土資源不足；(2)土地、人工成本上揚；(3)市場過份集中（美國）；(4)產品以低價位（冷凍全魚）為主；(5)產銷體系未建全。臺灣鯛產業發展宜將其優點發揚光大，並針對缺點找出因應對策或改善措施。

臺灣吳郭魚產業發展問題就現階段而

言，養殖品種改良雖然仍需加強，但主要是在產銷方面：

(一) 目前出口產品以低價位的冷凍全魚為主

宜開發加工自動化技術以生產高附加價值產品，進而增加市場競爭力。進行分級包裝制度，提高加工層次及品質，區隔市場。

(二) 內銷市場不穩定

應改變過去吳郭魚為“低價魚”代名詞的觀念，更名為“臺灣鯛”，以刺激市場購買慾，並由過去“市場導向”變更為“需求導向”，以提升買氣，調整養殖產業規模，

降低生產成本，提高養殖利潤。

(三) 影響漁產品市場開發的因子

1. 消費者的接受性（口感、口味、習慣等）。
 2. 漁產量的供應充裕、穩定。
 3. 產品品質佳且穩定。
 4. 包裝可吸引購買慾。
 5. 媒體正面宣導。
 6. 健全的產、製、銷體系及其正常運作。
- 因此，未來市場的開發，應將上述各因子納入考量，並妥為規劃執行。

(四) 欠缺國際行銷策略

需結合生產、運銷加工以及貿易業者組成策略聯盟，建立品牌認證及信譽好的註冊商標。強化衛生安全，建立符合 HACCP 規範之養殖場及加工廠，積極開發除美國以外之南美洲、歐盟及紐澳等其他國際市場。

六、臺灣鯛養殖產業永續發展策略

為了臺灣鯛產業的永續發展，需要採取下述因應的策略：

(一) 有效管理積極輔導

臺灣目前有許多未領取養殖登記證的非法魚塭無法納入正常營運管理，造成產銷與品牌制度建立的困難。政府應以專業考量，適合養殖的予以合法化，否則應輔導轉業或釋出土地作其他有效用途。所有養殖納入管理體系，以便積極輔導推動產業之發展。

(二) 加強遺傳育種研發

臺灣已陸續引進莫三比克、尼羅、歐利亞等品系，並培育出全雄性子代，惟欠缺系統的選擇育種與雜交育種。吳郭魚基因圖譜與功能基因篩選及其他品種改良之研究如遺傳全雄性魚（GMT）及超雄性魚（YY）等，均應加速落實。此外，應加強由海外各地蒐集純種優良品系以備選種、育種研究之需。總之，應運用生物技術，克服吳郭魚早熟及多產之缺點，以培育成長快、抗病力強或耐鹽、耐寒之優質產品。

(三) 設法降低生產成本

增加地面水之利用，減少使用電力幫浦抽取地下水、加強魚粉替代之研究、將小規模轉為大規模生產、或組成生產合作社聯盟等，便可降低生產成本，增加國際競爭力。

(四) 提高產品附加價值

加強養殖環境的改善，以提升產品品質與價格。除生魚片外，也考量裹麵衣魚片並研發煙燻、滷汁、醬包及煉製品等，以增加產品多樣化、精緻化與便利化。另在產品加值化方面，魚皮革製品及魚鱗膠原蛋白等保健品，甚至人工眼角膜等醫療用品之研發等，也是重要選項。

(五) 建立品質衛生體系

提升產品品質，建立品牌制度，儘速執行 GAP（優良養殖規範）及 HACCP（危害分析重要管制點）等措拖，以確保產品品質，塑造產品形象。

(六) 積極開拓多元市場

目前 50% 以上臺灣鯛外銷美國，應積極開拓新市場，加強 GAP 及 HACCP 措拖，品質確保後，才能開拓歐盟市場。中東地區

如沙烏地阿拉伯等市場也應列入考量，南美洲市場也可嘗試跟進。

(七) 強化產業策略聯盟

目前出口業者與生產業者體認不同，理念不符，造成產業發展不同調現象。應加強養殖、加工、外銷等業者之間的策略聯盟，以促使理念同步，達到三贏的局面。也就是說，生產者，生產優質成品；加工者，創造附加價值；外銷者，開發市場質量，惟有如此才能達到產業永續發展之目標。

七、結語

吳郭魚為全世界的養殖魚種，在提供廉價動物性蛋白源方面，扮演重要角色，深具養殖發展潛力。未來如能生產具有成長快、抗病強、耐寒、耐鹽等養殖特點的優質種苗，便是永續經營最有力的後盾。此外，降低生產成本、建立安全品牌、多元化加值利用等都是不可或缺的配套措施，惟有如此，臺灣鯛的永續經營才不致流於空談。



臺灣石斑魚養殖產業概況與永續發展策略

一、前言

全世界人口逐年快速的在增加，所以對食物的需求就更為殷切，由於土地資源的減少，可作為農作與畜牧的面積日益缺乏，加之，人們對魚肉與健康營養的關聯性，有更深層的瞭解，致使人類對漁業資源的利用便愈加重視與依賴。全球漁撈量近 20 年都維持在 8,500—9,500 萬公噸之間，呈現成長停滯之形勢，然而養殖產量卻有每 2 年 8% 的成長率。2012 年，養殖產量達 6,300 萬公噸，約佔漁產品的 40%。因此經濟與趨勢大師彼得杜拉克便曾經預言未來水產養殖將成為 21 世紀的主要產業之一。言猶在耳，2013 年全球漁業總生產量已達 1 億 9,000 萬公噸，其中，漁撈量為 9,400 萬公噸，而養殖產量則提高至 9,700 萬公噸（含藻類），首次超越漁撈量。由此可見，未來水產養殖將成為提供人類水產動物性蛋白質的主要來源。

在水產養殖發展中，石斑魚應是近年來亞太地區最主要的養殖對象魚種之一。在 1980 年代起，已陸續建立種苗生產技術，目前國際間主要的養殖石斑魚共 9 種：瑪拉巴石斑 (*Epinephelus malabaricus*)、點帶石斑 (*E. coioides*)、龍膽石斑 (*E. lanceolatus*)、老虎斑 (*E. fuscoguttatus*)、老鼠斑 (*Cromileptes altivelis*)、東星石斑 (*Plectropomus leopardus*)、藍瓜石斑 (*E.*

cyanopodus)、油斑 (*E. bruneus*)、金錢斑 (*E. tukula*) 等。從 2003—2012 年，全球石斑魚年產量由 4.9 萬公噸增至 11.8 萬公噸，增幅約 138%，而產值由 2.1 億增至 6.3 億美元，增幅超過 200%。由此看來，石斑魚養殖仍然有其發展潛力。然而，市場是養殖業能否生存的關鍵，石斑魚以其肉質鮮美、細嫩、沒有細刺而在世界擁有高知名度，尤其在香港、臺灣、中國幾乎沒有人不知「清蒸石斑」這道菜。在供不應求的情況下，致使價格高昂，因此吸引了許多人投入養殖行列。

石斑魚為一國際性的魚種，保有高的售價與廣大市場，是一項值得積極開發的養殖產業。目前有能力在國際市場一較長短的國家有臺灣、泰國、馬來西亞、中國、越南等。但近幾年來許多高單價魚種養殖技術不斷的被突破，石斑魚正面臨強力的競爭。臺灣石斑魚種苗人工繁殖技術目前雖仍然領先各國，甚至是主要的種苗供應國，但臺灣地窄人稠，土地價格高昂，工資、飼料成本較高，因此成魚的養殖先天性競爭力不足；此外，由於種魚不足而發生近交衰退 (inbreeding depression) 現象；養殖過度依賴下雜魚；病毒的嚴重感染及在運銷通路方面，臺灣位處海島，外銷需仰賴空運，運量少且運費高，不利成魚養殖的發展。凡此種種，臺灣要如何因應才能維持國際市場競爭力，是當前石斑魚養殖產業永續發展必需克服的問題。



瑪拉巴石斑(*Epinephelus malabaricus*)



點帶石斑(*Epinephelus coioides*)



龍膽石斑(*Epinephelus lanceolatus*)



老虎斑(*Epinephelus fuscoguttatus*)



老鼠斑(*Cromileptes altivelis*)



東星石斑(*Plectropomus leopardus*)



藍瓜石斑(*Epinephelus cyanopodus*)



油斑(*Epinephelus bruneus*)



金錢斑(*Epinephelus tukula*)

二、臺灣石斑魚養殖產業現況

目前臺灣石斑魚種魚場，大多集中在屏東地區，這些年來由於種魚有限，且僅集中少數幾個場，缺乏野生種魚，故難免造成近親交配，而逐漸產生近交衰退現象，導致子代小型化，活存率、繁殖力、對環境適應力（對病害抵抗力）及成長率變差的不良後果。另，近年來氣候變遷所引發的氣溫偏高，不僅使得產卵量不穩定，且會影響魚苗畸形率與育成率。

石斑魚幼苗場大都分布在臺南與嘉義地區。養殖型式以戶外軟池（土池）及室內硬池（水泥池）為主。因氣溫逐年提高，育苗場有北移現象。另，臺灣沿海的污染，水質不佳易帶來病原，加上業者欠缺防疫觀念，養殖廢水排放至大排水溝及沿近海，不但造成自家污染，更易導致疫病蔓延。

石斑魚中間育成場以高、屏地區為主，大都採室內流水方式。此階段幼魚易感染神經壞死病毒（NNV）及虹彩病毒（GIV），造成育苗率偏低。此外，弧菌病也因育苗場缺乏正確用藥觀念，致使抗藥性提高，使得幼魚罹病率也相對增加。

石斑成魚養殖場集中分布高、屏地區，由於放養密度高，環境水質污染以及天候異常變化，病毒、病菌感染嚴重，不易控管，一般養成率約在 50% 左右。臺灣石斑魚養殖面積由 2008 年的 1,500 公頃到 2012 年增至 2,300 公頃，產量由 17,300 公噸，增加到 23,000 公噸，產值則由 50 億元提高到 73 億元新臺幣。但至 2013 年養殖面積稍減至

2,200 公頃，產量雖增至 26,000 公噸，出口量達 1.8 萬公噸，但產值反降至 67 億元新臺幣。

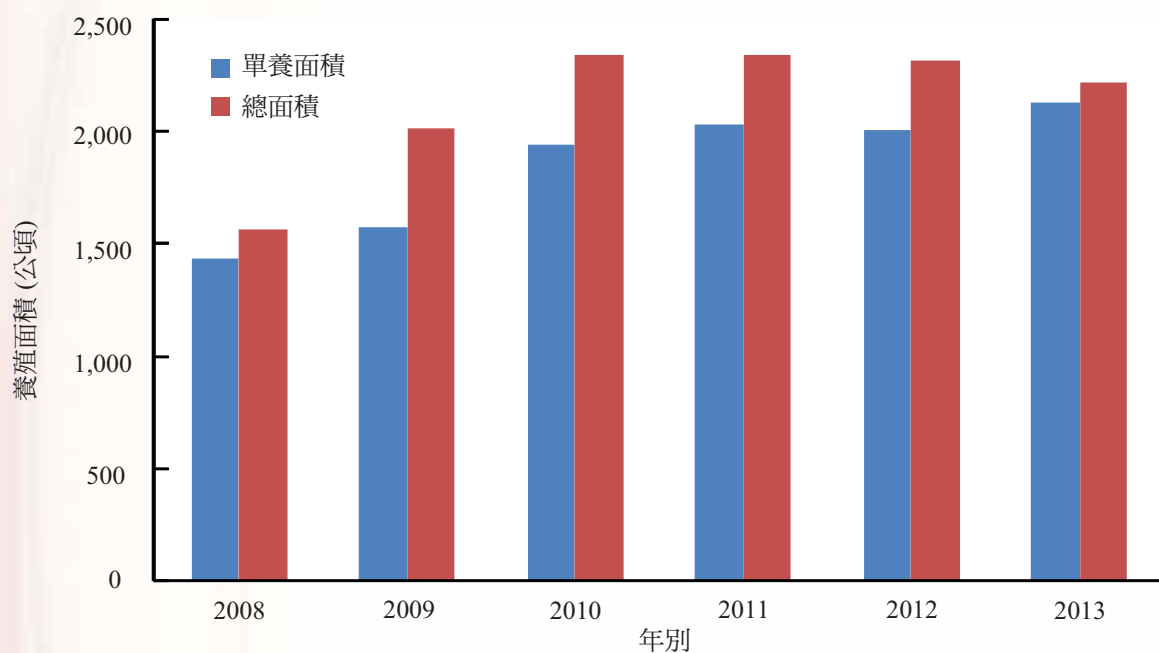
臺灣石斑魚以外銷為主，約佔產量的 70% 以上，其中約有 8 成銷往中國，在 2003 年以前，臺灣養殖石斑年產量佔全球 50% 以上，為全球之冠。但 2003 年以後，中國由年產量 23,000 公噸至 2012 年已達 72,700 公噸，佔全球 62%，位居世界第一，增幅超過 200%，臺灣已屈居第二，佔全球產量的 19%。中國的水土及人力資源豐沛，養殖技術逐漸迎頭趕上，近年來更大力開發龍膽與龍虎斑等高價魚種，實力雄厚。另，東南亞地區如菲律賓、印尼、馬來西亞及泰國等，因人工便宜、氣候適宜穩定、養殖技術也已建立，致使 2012 年產量佔全球 18.6%，其發展潛力亦不容小覷。

三、臺灣石斑魚養殖發展情勢分析

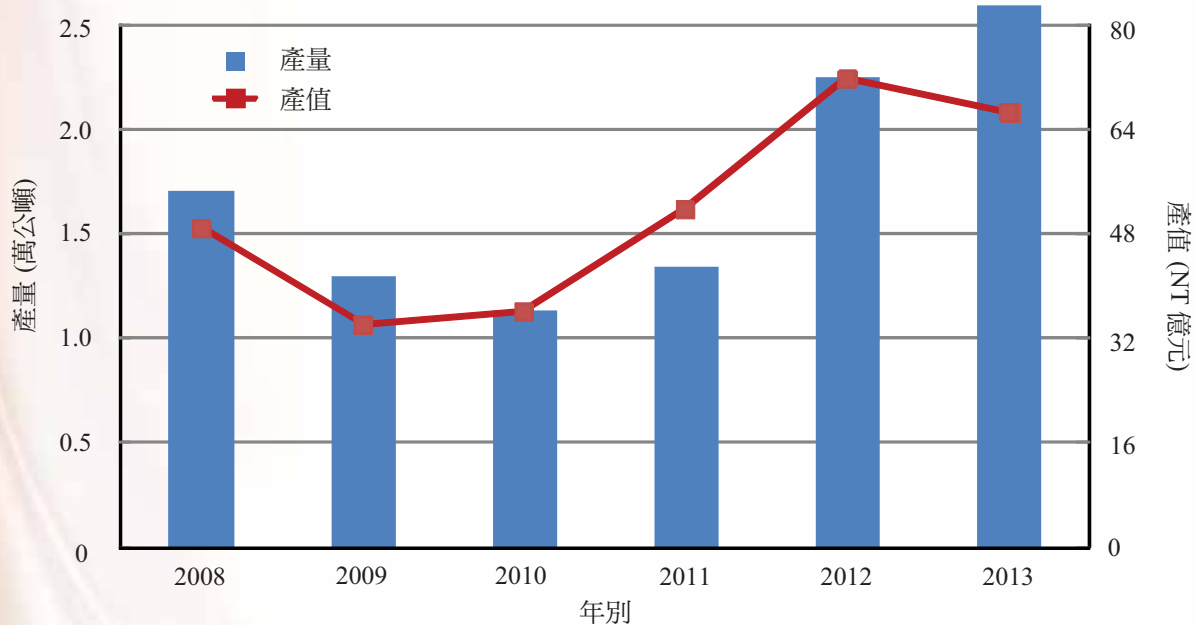
檢視臺灣石斑魚養殖產業現況，將其未來產業發展的優劣情勢、機會與警訊，作概括性的簡要分析如后。

（一）養殖發展優勢

1. 產業分工精細、專業經營。
2. 種苗繁殖技術精進，產量充裕。
3. 產品品質佳，市場接受度高。
4. 漁民知識水準高，組織健全。
5. 政府重視產業，規劃發展措施。
6. 貼近消費市場，具運輸成本優勢。
7. 具備完善養殖設施與生產管理經驗。



2008-2013 年臺灣石斑魚養殖面積



2008-2013 年臺灣石斑魚總產量及產值

8. 地理位置優越、氣候條件合適。

(二) 養殖發展劣勢

1. 運銷體系較傳統，致效率較低。

2. 活魚運輸為主，運輸成本高。

3. 小農經濟，企業化程度不足，產量與品質控制不易。

4. 水土資源不足，發展受限。
5. 氣候與環境因素，限制養殖的魚種。
6. 生產成本高，收益較低。
7. 養殖水域環境污染，易滋生病原。
8. 近親交配產生近交衰弱。

(三) 養殖發展機會

1. 中國市場需求快速增加。
2. 價格彈性高，國外市場具有開發的潛力。
3. 重視安全衛生，養殖業者積極參與 TGAP、HACCP 等衛生安全驗證。
4. 加工、物流技術優良，具研發能力。
5. 兩岸協定，有利外銷市場開發。
6. 魚苗生產技術先進，可掌握市場供應。
7. 養殖技術穩定，能提供援外協助。
8. 海洋資源逐漸萎縮，帶來養殖新契機。

(四) 養殖發展警訊

1. 臺灣養殖技術輕易外流。
2. 中國石斑魚養殖產業快速發展。
3. 東南亞國家紛紛投入石斑養殖，增加國際競爭壓力。
4. 主要市場間水產品免關稅，衝擊臺灣外銷通路。
5. 氣候變遷導致天災頻傳，增加經營風險。
6. 市場過於集中，易衍生供應失調而影響魚價。
7. 育苗技術改進後，種苗大量生產，將引發以量制價之不良後果。
8. 面臨其他高價、優質水產品替代之壓力。

四、臺灣石斑魚養殖產業永續發展策略

針對前述石斑魚產業現況及產業發展情勢分析，研擬下列各項發展策略，俾使臺灣石斑魚養殖產業能夠永續經營。

(一) 加強選育優質品種

運用最新高科技水產生物技術以標誌輔助育種 (marker-assisted selection, MAS)，配合傳統遺傳育種技術，以加速優質種原的選育，祈能選出抗病力強、育成率高及成長快的優質品系。同時藉此技術可避免或延緩近親交配導致基因窄化、近交衰退的現象。

此外，可自國外引進遠緣的種魚，或由天然海域捕撈種魚，先運用生物技術找出特功能性遺傳標誌，予以系統歸類、管理、建檔，作為篩選血緣或優質種魚之判斷依據。如此，不但可盡量避免近親交配，同時又可挑選出抗病、成長佳、環境耐受性高、免疫力強之優良種魚，提高魚苗的育成率。這是提升石斑魚產業國際競爭力，最首要且最重要的關鍵技術與課題。

(二) 病毒快速檢測技術之建立

臺灣石斑魚種苗生產過程中，常會感染 NNV 及 GIV 病毒，使得死亡率有時可高達 60% 以上，嚴重打擊產業的發展。因此，簡易、精準又具效率檢測技術的建立，就屬克不容緩的先決工作。

醫學管理為水產養殖重要的生產關鍵，要做到即時監控就必須仰賴簡單精準的檢測方式。NNV 病毒可能藉由母體垂直感染 (vertical transmission) 及個體環境造成

的水平傳染 (horizontal transmission) 兩種途徑進行感染。為預防垂直感染的可能性，根本之道應從篩選健康的種苗做起；定期以分子生物技術的方法監控種魚及魚卵的健康；預防個體間傳染，也必須利用檢測方式來了解病原感染的狀況。只有建立快速、精確的檢測技術，以及做好長期的監測紀錄，達成良好的生產醫學管理，才能有效防控疾病發生。

(三) 疫苗開發與病害防控

由於養殖環境水域的污染、高密度養殖導致的水質惡化以及養殖漁民濫用不當藥物所造成各種病原體發生變異而引起抗藥性，使得養殖魚死亡率居高不下，加之，養殖水產品藥物的殘留，不但影響市場價格，更會引起食安問題。因此，疫苗的開發就有其急迫需要性。疫苗的優點在於魚體未感染前就具有抗病原之保護能力，能有效預防疾病的感染，且不會產生抗藥性、藥物殘留及污染環境等後遺症，又可有效預防流行性擴散。目前針對常見的 NNV 及 GIV 病毒均已開發出單價性疫苗。但魚體病原感染可能是多原性，因此，未來多價性疫苗開發，也是勢之所趨，亦即將來打一劑就可對多種病原產生免疫，既經濟又有效率。

對於產業而言，如何開發實質有效的疫苗產品，是此一技術成敗的關鍵。比如疫苗在石斑魚的使用期限有多長？如何增進現有疫苗的效率？接種方式之改進以及如何大規模應用到池塢等，都需要設法解決。此外，疫苗產品的商品化，必須經由動物用 GMP 藥廠生產，經動植物防疫檢疫局核准

後始能上市。由於目前仍未有魚用疫苗產品核准通過，使得檢驗標準及效果認定的標準為何？至今仍尚未十分明朗，實應儘速究明。另外，亦有學者研發生技機能性飼料添加物，可阻斷病毒複製基因，而達到預防感染病毒的效果，也值得一試。

(四) 養殖防疫體系設施之搭配

病毒快速檢測技術建立後，可篩選出不帶特定病原 (SPF) 之種苗，在整個後續育苗及養成過程中，尚需建立防疫體系，諸如水源的監測與消毒、循環水設施、疫苗施用、網室設施 (防鳥、防雜魚蝦及其他陸上動物) 及溫室 (防溫差過大) 等，才能有效避免在養殖過程中，再度遭受病毒 (菌) 的感染，以確保育成率。

(五) 優質人工飼料之開發

目前臺灣石斑魚養殖，習慣性仍以以下雜魚為飼料。但由於來源不穩、品質不定及鮮度常會不足、且易帶病原而引發疾病。再加上，如果貨源短缺也會增加飼料成本。因此，人工飼料的研發，也是降低生產成本，永續養殖產業必要的途徑。目前坊間飼料廠生產的飼料，品質雖然不錯，但與下雜魚的飼料效率比較，尚有一段差距。由於飼料佔養殖經營成本 40—60%，所以飼料效率是養殖戶首要的考量，這也就說明了養殖戶較難接受人工飼料的原因。然而，傳統改善飼料效率的方法，至多只能提升 5% 左右。因此，為提高效率，有些人乃考量添加生長激素等化學藥物，惟此藥物卻潛藏食安的危機。有鑑於此，有學者研發一種透過免疫原理，使魚體內負向生長蛋白的作用降低，從

而提高蛋白質生長效能，如此便可大幅促進成長，飼料效率據報導可提高 20—30% 以上，或許此法可以再深入探究後推廣。

(六) 優良餌料生物量產技術之確立

石斑魚在幼苗時期，因缺乏消化酵素，對人工飼料較難消化、吸收利用。因此，優良的餌料生物，便成為這階段最佳的選項。如何大量穩定生產健康營養的餌料生物，應該是解決魚苗量產的關鍵所在。除培養基、營養添加劑外，需輔以適當的益生菌（如枯草桿菌等）與免疫激活物（如 Igy 雞蛋抗體），使得生產的餌料生物不但可穩定供應、富含營養，最主要的是健康、不帶病原。

另外，可利用魚類生物鏈的關係，將疫苗透過餌料生物濾食後，疫苗可以藉由餌料生物被魚苗所攝入。實驗證明此方法可以使魚隻對抗病毒的存活率由 20% 增加到 60%，更透過弧菌作為抗原載體，以利用弧菌本身具有高抗原誘引的特性，扮演口服疫苗“佐劑”的功效，使得保護效力得以進一步的提升。

(七) 養殖產品區隔化與提升競爭力

利用臺灣選育出的優良品系，加上清淨水質，再輔以改善肉質的飼料以及強化生產履歷與 HACCP 措施等來生產優質且安全的產品，進而提高魚價、建立品牌、打開知名度以便與其他國家產品作區隔。另一方面，也可思考選育成長快品系，加上前述免疫人工飼料以提高飼料效率與成長率，從而降低生產成本，同樣可以大大提升產業國際競爭力。除此之外，臺灣宜改養較高價位的魚種如龍膽石斑、龍虎斑、金錢斑或七星斑等，

以取代現今較低價的青斑，這也是區隔產品、提升競爭力的辦法之一。

(八) 因應氣候變遷，改善養殖設施工程

近年來由於全球氣候極端變遷，臺灣自不例外，遭受各種天災如寒害、洪水、乾旱、颱風等，導致魚塭潰堤、沖毀之事件層出不窮，造成養殖水產品及魚塭設施嚴重的損失，養殖漁民不但無利可圖甚至血本無歸。因此，今後宜加強池塭設施材料及工程之改善，以免天災所引起的悲劇一再發生。

(九) 開拓多元市場、避免過度集中

前已提及，臺灣養殖石斑魚約有 70% 以上是外銷，並以中國為主要市場，其次為香港，日本只有少許。由此可見，市場過於集中、單一化，常造成壟斷貨源與魚價現象。此外，東南亞國家除中國外，包括菲律賓、印尼、馬來西亞及泰國等，由於人力、水、土資源豐沛，生產成本相對低廉，加以其氣候合適且穩定，已成為與臺灣競爭的強力對手。為提升臺灣石斑魚國際銷售市場，歐美是可以考量的地區，而配套的是需要建立大型活魚運輸船及運搬、超低溫冷凍保鮮技術，當然媒體的配合宣導也是不可或缺的措施。

(十) 健全產銷體制、確保合理魚價

2013 年，因為中國頒布禁奢令，加之中國石斑魚養殖產量持續提高，使得當年的魚價暴跌，這就是供過於求的市場警訊。因此，除了積極宣導鼓勵內銷外，建立有效的產銷體制，也是石斑魚產業急待解決的問題。不管是業者整合或培養大型通路商，穩

定的行銷通路是我們發展產業的首要條件。有了市場，以臺灣成熟的垂直分工模式，生產量應該是可以掌控的。除了在本地生產外，我們也可以放大視野，採國際垂直分工的方式，選擇自然條件較優良地區，養殖成魚，再透過健全的行銷管道出售。

五、結語

未來誰能掌握優良的養殖品種，誰就擁有產業競爭的利基，以及永續發展的實力。優良的品種不外能生產具有食安保證、高品質的產品。此外，檢疫防疫養殖體系的建置、優質人工飼料的開發等都是提高育苗率、提升成長率與降低生產成本的有效保證。

由於目前石斑魚幼苗平均活存率約僅 10% 左右，育成率低所以能夠以量制價，維持石斑魚幼苗與成魚的價格。如果未來提升活存率達 30% 以上，在供過於求的市場機制下，會導致價格崩跌，過去黑鯛、嘉鱲養殖，因魚苗育成率提升，產量過剩，導致魚價慘跌，發生“魚賤傷漁”的現象殷鑒不遠，應引為借鏡。今後如何發揮產銷機制維持平穩合理魚價，以永續產業的發展實屬當務之急。

當然，種苗生產根留臺灣是必要的前提，為了留住種苗業者，魚苗海路運輸所面臨的問題必須迅速解決，包括港口設施、運輸船、活魚儲運中心、國外發貨站等，如果亞太種苗中心能夠落實，臺灣石斑魚產業才具有國際競爭力與發展的永續性。



附錄

海洋科技發展規劃－養殖漁業永續經營(規劃草案)

一、養殖背景

依據聯合國糧農組織 (FAO) 的報導, 2011 年全球漁業生產量總計達 1 億 5,400 萬公噸, 其中 9,040 萬公噸來自捕撈漁業, 另外的 6,360 萬公噸則由養殖漁業供應; 2013 年漁業總生產量為 1 億 9,000 萬公噸, 其中, 捕撈產量為 9,400 萬公噸, 而養殖產量為 9,700 萬公噸, 首次超過捕撈量。而且, 主要經濟性海水魚中已有超過 70% 的魚種被過度捕撈或處於捕撈極限狀況, 未來捕撈漁業的產量可能增加有限, 相形之下, 能夠進行計畫性生產的水產養殖由於養殖技術不斷進步, 產量將會持續攀升, 今後水產養殖產量將成為提供人類水產動物性蛋白的主要來源。

臺灣水產養殖技術的發展歷史久遠, 可溯至三百年前明末清初鄭成功時代, 長久以來, 在全世界佔有舉足輕重的地位。自 1960 年開始是臺灣養殖漁業發展的關鍵時期, 先是水產試驗所 (以下簡稱水試所) 於 1963 年開發成功草鰻魚人工繁殖技術, 奠定了魚類繁殖技術之基石; 1968 年草蝦人工繁殖成功, 開啟蝦類大量生產契機, 1969 年烏魚人工繁殖成功, 建立了海水魚類種苗生產之基礎。1970 年代末期, 民間業者突破虱

目魚人工繁殖的瓶頸, 虱目魚苗不僅不再依賴野生捕撈, 且可出口外銷。1980 年代初期, 人工飼料邁入商業化生產, 深水式虱目魚養殖推廣成功, 接著蝦類養殖進入全盛時期, 1987 年臺灣草蝦養殖年產量約達 96,000 公噸, 佔全球 44.4%, 使臺灣成為全球第一的草蝦王國。1991 年淡水長臂大蝦養殖達到歷史最高峰, 年產量約 16,000 公噸, 佔全球總產量之 43.1%, 亦使臺灣成為淡水長臂大蝦最重要的養殖國家。1990 年代, 當草蝦產業因爆發嚴重病毒性疾病而一落千丈之際, 興起了九孔陸上養殖, 立體式、機械化大量養殖讓九孔產量倍增。之後, 臺灣養殖種類開始多樣化, 包括多種鯛類、笛鯛類、石斑魚類、海鱸, 以及貝類之人工繁殖相繼成功, 掀起了水產種苗大量生產的熱潮。1980 年代開發成功石斑魚類人工繁殖技術, 由於石斑魚價格高昂且供不應求, 乃逐漸成為臺灣海水魚養殖的重要魚種, 目前全世界養殖的石斑約有十幾種, 其中 8 種在臺灣已建立種苗量產技術, 致使臺灣成為全球石斑魚養殖的翹楚。此外, 為了因應種苗生產的需求, 微藻及動物性浮游生物等重要餌料生物, 亦成為研究重點, 水試所自 1982 年起即開始研發微藻生產系統, 並透過自行分離與種原交換的方式, 在微藻種原庫保有



至少 71 株微藻及動物性浮游生物種原，可供產官學界利用。未來的水產養殖，誰能掌握優良品種及其種苗生產與創新養殖技術，誰就擁有水產養殖永續經營的入場券。

隨著世界人口不斷增加，人類向自然獲取生物資源的需求也就日益殷切。然而，不論國家大小，都不可能擁有全部的物種，為了人類的生存，必需共享全球的天然資源，而『引種』便是達成此目標的不二法門。『引種』原是希望能帶來社會經濟的發展，對人類糧食供應作出貢獻，然而，倘若引進種變成『入侵種』(Invasive species)，導致生態環境的負面影響，進而斷傷生物多樣性，則喪失引種的本意。引種應該是指有計畫、有目標且能產生經濟、社會與民生效益的行動，對養殖產業發展而言，具有其積極正面效應。但如果引進種在新水域環境中能活存並繁衍下去，卻影響該水域的生態系、生物多樣性及農業生產與人類健康，乃至於造成經濟損失或生態失衡與衝擊者，此時引進種則變成入侵種。以此角度觀之，引種是原因，而入侵則是不良後果，是一種負面的效應。因此，我們在引種之前，務必審慎評估、周延計畫，以杜絕不良後果發生的可能。

生物多樣性的觀念是當前全球的潮流，世界各國莫不有計畫的積極落實執行。養殖經濟水產生物或本土原生水產物種也是生物多樣性的一環，自不能置身事外。因此，水產生物，不論經濟性養植物種或非經濟性保育物種的保種工作就顯得格外重要。此外，由於生態環境遭受破壞、河川水域受到污染，人為不當捕撈及外來種的入侵

等，造成本土性水產生物族群減少，甚至有瀕臨滅絕的危機，實在有必要建立水產生物種原庫以保存並選育優良種原與遺傳資源。

一般而言，種原庫建立的目的主要為：(1)使原種能夠隔離繁殖，不與其他品種雜交，以保持種的純度；(2)維持和提高種原遺傳特性與生產性能，防止不必要之近交與其引起的近交衰退；(3)避免人為的過漁、污染環境、棲地破壞及天然災害造成種原減少或滅絕；(4)為確保種原的存續、分攤保種風險，異地保種是一項必要的策略；(5)透過育種手段，生產優質種苗以應推廣產業之需。因此，種原庫的建立除有其種原保存不可或缺的重要性外，更有著經由選種、育種之研究，改良、開發及保存新品種，達到養殖品種多樣化與永續利用之積極目標。

近年來，除上述經濟性魚蝦貝藻的養殖技術需不斷開發創新之外，觀賞魚也逐漸形成全球新興市場。根據 FAO 估計，觀賞水族整體產業及其相關周邊器材等產業所帶動之總產值推估為 150 億美元，是僅次於犬、貓的第 3 大寵物市場。2009 年起，農委會開始將觀賞魚產業列為重點發展項目，期能整合產學研三方成立研究團隊，推動產學合作以解決產業問題。目前國內已成功繁殖並具穩定供應市場之淡水觀賞魚種超過 400 種、海水觀賞魚種超過 30 種，在求新求變的觀賞魚產業，順應國際趨勢持續開發新品種是將來我國提高觀賞魚競爭力的重要方向。

飼料支出是養殖過程中最大的變動成本，根據 FAO 的統計，全球近 10 年來水產

飼料的年成長率約 9—10%。臺灣的水產飼料在 1970—1980 年間，因應草蝦、鰻魚及虱目魚的養殖與工業化生產，水產飼料年產量約 6 萬噸。1980—1990 年間，又成功開發吳郭魚、淡水魚飼料及浮性飼料，水產飼料的年產量攀升到 20 萬噸。近年來石斑魚養殖成為臺灣水產的重要產業，帶動國內水產飼料產量持續上升，2010 年水產飼料年產量約 42 萬噸，至 2013 年每年可生產約 45 萬噸水產飼料。一般水產養殖的飼料支出約佔總成本的 40—60%，如何降低飼料成本，除了配方及加工技術提升之外，仍需持續加強研發能力，以增進水產養殖的競爭力。

相較於飼料是養殖過程中最主要的投入性成本，病害的損失則可算是最主要的減損性成本。根據 FAO 的統計，全球有超過 30% 的水產養殖產量因感染疾病而損失，臺灣土地資源有限，高密度養殖是必然的趨勢，疾病發生的機率也相對提高。因此，有效預防疫情，減少病害損失，降低養殖風險與成本，並與週遭環境建立一友善的平衡關係，攸關產業至鉅。臺灣的魚病研究發軔於 1970 年代，由各大學及水試所，從事一連串之魚病調查、防治及基礎研究工作，在 1970—1980 年間，研究對象以鰻魚的細菌性疾病為主，寄生蟲與黴菌研究次之。1980—1990 年間，魚類組織培養技術漸趨成熟，電子顯微鏡亦逐漸普遍，臺灣開始養殖魚類的病毒性疾病研究。1990 以後，由於養蝦產業受到疾病的重大衝擊，蝦類病毒性疾病成為臺灣魚病研究的一個重要方向。

2000 年以後，石斑魚養殖成為臺灣水產的重要產業，石斑的病毒性疾病研究亦成為現今國內魚病研究的重要課題。

為了解決養殖產業經營所面臨的人力成本增高、人口老化、水質不穩定等問題，行政院於 1991 年起推動產業自動化計畫。自動化是透過感測器、控制器、機械和控制軟體來執行養殖操作和管理，其相關設施包括各種循環水處理、投餌、收獲、增氧和輸水設備等。自動化設備雖增加成本，但卻能夠節省人力、加快生產的效率、穩定生產的環境，進而增加經營的收益和提高產業的競爭力。FAO 估計未來 20 年養殖產量必需增加 1 倍才能因應全球對水產品需求的增加，而現有養殖生產的水土資源利用已接近上限，因此，自動化是未來提高養殖生產的關鍵技術之一。

水產品除了供應生鮮市場外，加工的需求亦不容忽略。臺灣水產加工業從 1980 年起蓬勃發展，雖然過去曾面臨漁業資源減少，以及東南亞與中國大陸低成本、免稅等挑戰，國內水產加工業一度式微，但自 2000 年起，由於優質魚苗的生產與培育技術的發展，冷凍加工技術的精進，以及政府海洋政策的支持，使臺灣水產加工產業逐漸復甦成長。冷凍水產品，為國內具有價格競爭力且市場銷售額較大的加工食品，但由於近年來面臨多次食品安全事件，消費者對食品信心減弱進而影響消費意願，使產業經營面臨挑戰。未來水產加工的研究發展，需與食品安全的議題合併規劃，加強食品安全的衛生管理以重振消費者信心。另外，由於人類生



活水準的提高，愈來愈重視美容與保健，以水產原料為基礎，開發適合各消費年齡群的美容保養產品與保健及營養食品，是未來水產加工業的利基所在。近年來臺灣在資通訊產業與生物科技領域有極佳的發展，如何結合臺灣優勢，應用新的資通訊與生物科技於水產食品的產品加工技術開發，亦是水產加工領域未來發展的新契機。

延續上述食安問題，產銷履歷已發展為全球共通的管理需求。臺灣於 2007 年公布「農產品生產及驗證管理法」，明定農產品自生產至販售等各階段的作業基準，以推動產銷履歷制度。政府為鼓勵業者參與驗證，爰分階段按不同比例提供補助，務實以「外銷國家要求」、「通路有保障且售價能反映成本」及「有食品安全風險疑慮者」等三項原則優先推動，以集中施政資源、有效推展產銷履歷認證制度。迄 2014 年為止，通過產銷履歷水產品驗證包括臺灣鯛、石斑、虱目魚、鱸魚、鰻魚、香魚、鱒魚、鰻龍魚、銀鱸、花身雞魚、嘉鱸、黑鯛、黃鰭鯛、黃錫鯛、川紋笛鯛、赤鰭笛鯛、銀紋笛鯛、海鱸、烏魚、星雞魚、厚唇石鱸、黑斑紅鱸、黃臘鯪、四絲馬鮫、白蝦、淡水長臂大蝦、文蛤、牡蠣、蜆等品項。未來更應加快腳步，以便有效加速落實產業應用。

養殖漁業要能永續發展，除了優良的養殖技術外，也必須搭配良好的養殖管理與市場行銷，生產才能獲利，以提高養殖戶收益。由於養殖生產成本、市場需求及魚價受到國內外經濟因素之影響，變動極大，因此養殖漁業能否發展，關鍵不僅在繁養殖技

術，亦在周邊的經濟環境與養殖管理。此外，也要避免不當的養殖方式造成水土環境與資源的破壞，這是養殖漁業永續發展的必要條件。惟前述之魚價變動、市場需求、行銷管理與水土和養殖環境管理等，都屬經濟分析的範圍。政府各項養殖政策與措施，也都牽涉到養殖漁民和國家社會的成本與收益，也都必須以經濟分析來衡量。換言之，養殖經濟分析對養殖戶經營獲利與政府的養殖產業管理，都有絕對的必要，如何透過客觀的數據收集、分析，建立起屬於臺灣特有的養殖經濟模式，應是臺灣需要研發的議題。

除了前述養殖漁業核心科技所關心的議題外，全球暖化、氣候變遷等外在大環境的改變，亦是養殖產業永續經營將面對的重大挑戰。氣候變遷對水產養殖的影響有：(1)鹽度的增加，地下水的鹽化以及海水入侵，會使得淡水水資源匱乏，不利淡水養殖漁業的推展；(2)氣溫上升，水蒸發量提高，使得可利用的水資源減少，地下水資源也隨之減少；(3)氣候暖化，會影響養殖種類的成長與繁殖；(4)水溫的變化，會影響魚類的分布、產卵及洄游行為，因此，降低了養殖魚種及其遺傳的多樣性；(5)氣候變遷常帶來寒害，造成不耐低溫的養殖種類大量死亡；(6)極端天候造成暴雨或乾旱的異常氣候，例如：洪水侵襲會破壞池塹設施，乾旱則導致淡水資源的枯竭，這些都足以妨害養殖漁業的發展；(7)氣候暖化、冰水融化使海平面上升而淹沒淺海養殖及沿岸魚塹養殖；(8)漁業資源減少，表示可做為魚粉的

材料魚也跟著減少，魚粉價格隨之上揚，而增加水產養殖經營的飼料成本。因此，養殖產業要如何因應便成為當前首要克服的問題。

極端氣候勢將導致淡水資源的季節性匱乏，而且會一年比一年顯著。臺灣雖有豐沛的降雨量，且有超過 130 條以上的河流，但因多屬高山地形且坡度大，地質不穩定及雨季集中，使得河川快速流向海洋，少有蓄水功能；反之，臺灣的水庫、湖泊有限，致使臺灣成為全球前 20 大缺水區域，面臨氣候變遷的挑戰，淡水資源的有效運用更顯重要，其中，水產養殖業之省水與廢水再生利用之議題就更不容規避。

除了節能省水的創新技術研發，利用水產養殖設施工程以提高資源利用，減少養殖設施系統對水土資源和水域的不當利用、減低對環境的污染以及預防與降低天然災害之損失等，都是因應氣候變遷，產業永續發展應規劃的方向。水產養殖工程內容主要有幾個方面：(1)研究養殖水生經濟動植物的適宜生態環境，量化和評價魚類生活生長的適宜環境參數，作為設施工程設計之依據；(2)研究健康養殖和繁殖的工程技術方法與措施，利用適宜的工程技術來達到養殖物經濟繁殖的目的；(3)防災（防洪、防風、防寒、防旱）養殖設施設計之研發。工業化的循環水養殖和池塘生態健康養殖是保證產品優質、高效、生態、安全的有效途徑，也是水產養殖業走向科技化、規模化和現代化的選項。

目前全球有過半的食用水產品來自於

水產養殖，預計這個比例會持續成長，在 2020 年將可達 60%。但由於水產養殖業的急速擴增，可能造成對環境造成負面的影響，例如：天然棲地的破壞、外來種與病原體的入侵、養殖廢物的丟棄以及大量使用魚粉和魚油，造成天然海洋資源的短缺等。面對農業與生態體系的衝擊，如：廢水排放影響周遭農作、養殖產品的藥物殘留、水產資源的短缺、生物多樣性的減少、水域的優養化以及海洋環境與農業環境的污染等，亦是當前急待解決的問題。為追求產業的永續發展，與環境和諧的養殖操作模式就顯得日益重要，盱衡目前臺灣的現況，應針對上述問題研擬開發策略，以自然、環保、安全及健康為基本原則，在兼顧產業發展和維護生態環境之間取得平衡，建立對環境友善的養殖模式，不僅在未來能提供國人優質、安全的動物性蛋白，更可奠定養殖漁業永續發展的基礎。

綜上，臺灣地狹人稠，土地及水資源有限，近年來世界各國均大力發展水產養殖，而貿易自由化與國際化成為世界經濟發展的主流後，更多廉價的水產品進入國內市場與本地產品競爭，國內養殖產業面臨的挑戰勢將日益嚴苛。因此，唯有以科技研發領軍，創新養殖技術、有計畫地引種、保存及選育水產種原、開拓觀賞魚市場、提高飼料效能、減少病害損失、開發自動化養殖系統、多元利用養殖產物、確保食品安全、推廣生產履歷、降低養殖成本，方能奠立臺灣養殖漁業永續經營的穩固基礎。此外，因應全球暖化、氣候變遷等新興重大議題，更需



仰賴宏觀創新的科技規劃作為後盾，以全球未來發展趨勢為主軸，研發節能、省水及減碳的養殖設施、融合養殖工程與生態平衡，建立水產養殖與環境友善的永續關係，期能提升臺灣養殖產業的全球競爭力。

二、國內外研究與發展現況

根據 FAO 報導，2013 年養殖產量已首次超越撈捕產量，顯見水產養殖有其極大的發展潛力，勢必成為未來永續生產動物性蛋白源的主流。然而，現階段全世界約有 90% 的水產養殖來自野生或未經品種改良的種苗，而造成天然資源的浪費與不當利用。因此，如果能透過品種改良，即育種方式來生產種苗，據估計，在 2020 年以前，全球水產養殖產量將有 1 倍以上的成長，水產種原之保種與育種的重要性，由此便可略見端倪。

水產生物的品種改良，通常都透過定向選擇方式，選育優於親本性狀的子代，並以遺傳操作技術來生產性狀較優的子代。然而，一般的選擇育種，都是利用表型的差異來進行選種，因礙於環境的影響與選擇強度的限制，往往遺傳力較強的性狀才能得到好的選擇效果，反之，則無法達到預期效應。

此外，雜交育種技術，由於無法由外觀判定優質個體，只能經由不斷的雜交方式來獲得優良品種，因此必需經過幾個世代的时间才能達到育種目的。可是話說回來，傳統的育種遺傳只要選到合適的親本，配合精確的養殖管理系統，雖然需要較長的育種時

程，但由於具有實質效果，所以迄今仍為品種改良的主要途徑。所幸，標誌輔助育種 (Marker-Assisted Selection, MAS) 技術已隨著科技發展的日新月異，未來完整的數量性狀基因座 (Quantitative Trait Loci, QTL) 圖譜將使得基因精確的定位成為可能，如此一來，標誌輔助育種勢必為遺傳育種工作另闢一條便捷之路。

人類為了追求健康，蛋白質的攝取逐漸由畜產的牛、雞、豬肉轉向水產之魚蝦貝肉，近年來因世界漁撈量已達瓶頸，未來水產的供應將更依賴養殖。因此，供應養殖所需水產種苗需求將日益增加。目前，不論已開發國家或開發中國家莫不汲汲營營發展水產種苗產業。世界各國經濟性水產種苗的生產，東南亞以海水魚、蝦為主，中國以淡水魚、海水魚及蝦貝為主，澳洲以二枚貝、海水蝦為主，歐洲以海水魚、二枚貝為主，南美以海水蝦、吳郭魚為主，日本則以增加海洋資源作為放流用的魚蝦貝種苗生產為主。在大型藻類方面，雖然臺灣的海藻養殖早在 1970 年代即已開始，但目前仍以東亞及東南亞天然產出的海藻為大宗，2013 年臺灣海藻年產量約為 3,200 公噸、年產值 1.1 億台幣，而進口海藻達 18.5 億台幣，進口量遠遠超過生產量，顯然國內海藻養殖仍有極大發展空間。

全世界養殖魚種約有 300 種，僅 131 種達到一定生產量。其中，6—8 種年產量超過百萬公噸，32 種年產量超過 10 萬公噸。大多數的養殖魚種是引進種，例如：鯉科魚類、吳郭魚、鮭魚等。從歷史紀錄分析，

魚類之引種腳步自 1945 年開始加快，多少與人工繁殖技術之建立有關。引種大致上可分為 4 個時期：1900 年前，以鮭魚為主（約 124 次）；20 世紀初，以鯉魚為主（約 99 次）；20 世紀中，以吳郭魚為主（約 172 次）；1960 至 70 年之後，以鱧草魚為主（約 79 次）。由紀錄觀之，20 世紀引種才盛行，迄 1988 年先後達 1,354 次，計有 237 種魚類引進 140 個國家（其中有 10—13 種，引進的國家超過 10 個）。此外，98 種以養殖為目的，78 種是為了遊釣。約有 321 次（24%）引種已建群，298 次（22%）未建群。另，僅有 89 次（7%）造成生態環境衝擊，而 232 次（17%）被認為是為有利或無害的引種。根據 2007 年 FAO 統計資料顯示，世界上的養殖引種已超過 5,000 次，有數百種之多，全球養殖種類約有 17% 為外來種。

早在清乾隆時期，臺灣自中國引入鯉科魚類（鱧、草魚），1965 年經水試所研發成功繁殖技術後，推廣民間大量生產，成為臺灣 50—60 年代提供國人最主要的動物性蛋白源。1946 年，由國外引進莫三比克吳郭魚，之後也持續由不同國家引進不同種類的吳郭魚，經水試所多年的選種、保種與育種，先後研發成功成長快速的品系—福壽魚、單性雄魚及紅色吳郭魚。70 年代，臺灣自東南亞引進淡水長腳大蝦，亦經水試所確立種苗生產技術後推廣給民間業者，目前名列臺灣十大年產量養殖種類。近年來，由於國人生活水準的提升，對水產品多樣化的需求日殷，有些業者便透過管道自國外引進不同的魚種，如筍殼魚、銀鱸、加州鱸、條

紋鱸及鱒魚等，希望能增加淡水養殖魚種，進一步永續淡水養殖事業之發展。據估計，臺灣外來種養殖至少有 60 種以上，其中淡水養殖就超過 40 種。

亞洲是全球最主要的觀賞魚出口地區，其中又以新加坡因具有極佳的國際物流的位置，而成為全球最大觀賞魚出口國；至於其他擁有低廉生產成本與原生物種資源優勢之東南亞國家在國際觀賞水產貿易亦佔有重要出口的地位。雖然臺灣水土資源有限，國際物流及交通的便利性也不如新加坡，但因為我們擁有優越之氣候與地理條件，且有深度的養殖文化及技術優勢，非常適合發展觀賞魚產業。

2011 年中國水產養殖產量佔世界總生產量的 50% 以上，其飼料年產量約 1,300—1,500 萬噸。越南的水產飼料年產量約 160—280 萬噸，泰國的水產飼料約 120—150 萬噸，印尼的水產飼料約 100—120 萬噸。我國每年可生產約 45 萬噸水產飼料，雖然較上述國家少，但國內的大型飼料公司亦有在中國及東南亞投資生產，臺灣的水產飼料業者在全球市場仍佔有一席之地。

魚病具有宿主特異性及氣候地域性，地處亞熱帶的臺灣與溫帶歐美國家養殖魚種及主要疾病有相當大的差異，故魚病研究情形不宜相互比較。但是從產業應用的角度分析，水產疫苗是魚病研究最具市場潛力的項目，迄 2014 年止，美國核准 11 種水產疫苗，挪威核准 15 種，日本核准 25 種，中國大陸亦核准 4 種，臺灣至今僅 1 種（石斑虹彩病毒疫苗）水產疫苗獲准上市，發展相對



落後。

養殖自動化大體可以區分為室外養殖和室內養殖兩部分。室外養殖由於水體大，自動化主要在供水、投餌、增氧、除污和收穫分級等應用。在收穫分級的部分，過去的瓶頸在國外的機械設備價格偏高，養殖業者仍停留在人力操作的習慣，養殖規模和習慣都尚未轉換至機械操作，此亦造成機械設備難以普及，故價格亦無法降低之惡性循環。室內養殖係以循環水養殖系統為主體，以自動化和工廠化的方式管理水質，以達成高密度的養殖生產目標。國內的循環水處理技術是在 20 多年前自丹麥引進，惟此系統的缺點是耗電量大、占空間及維護不便。近年來浮動床式生物過濾技術進步很快，而新的循環水養殖工廠在單位產量的用電量上已降低到丹麥系統的 1/4，顯然國內養殖產業必須重視此一發展，才能保持產業競爭力。

由於水產養殖受天然環境影響極大，水產品容易腐敗且運輸成本較高，因此養殖種類及加工食品類型具有區域特性。另外，由於各國的飲食文化與飲食習慣也有所差異，不同國家對各種水產加工食品的接受度也有所不同。根據 FAO 的統計，2012 年全球漁產品 86% 由人類消費，其中 46% 為直接活鮮食用，29% 經冷凍處理，13% 經加工保存處理，其餘 12% 經乾製或烘製加工。亞洲國家偏好活鮮食用，但已開發國家佔比不到 4%，多經過加工或冷凍處理。由於冷凍技術進步，冷凍水產品的比重，從 1992 年的 13% 成長至 2002 年的 20%，2012 年達到 24%，相信未來仍會持續增加。除

了傳統的加工技術外，可藉由生物技術來提高漁產品的附加價值。我們可從魚類廢棄物或水產加工副產物中萃取具有生理活性的成分，如：褐藻醣膠、魚鱗膠原水解物等，以研發作為美容品或保健食品，充分活化水產副產物的加值應用，以達到提升水產廢棄物或副產物的開發利用之目標。近年水產機能性食品在保健食品市場上扮演著重要的角色，透過生理機能的研究，加值利用水產物及其加工副產物來發展保健食品和醫藥品，研發具有健康導向且符合市場需求的水產機能性產品，不僅可創造水產新事業，也提供人類預防醫學與疾病治療的新契機，以提供個人安全、衛生、健康且多樣化產品選擇，推廣水產品的加值應用，同時促進水產產業之永續經營。

水產養殖認證工作被視為提高水產養殖生產和銷售過程的透明度、將負面影響最小化、增加社會和消費者利益和信心的一種工具。現在對於水產養殖及其市場，可靠的認證制度能夠使採購商、零售商和消費者放心，並更有力地支持負責任的生產行為。水產養殖認證可以是自願性，也可以是強制性的。強制性認證是國家機構可以使用的一種工具，旨在確保水產養殖生產或水產品交易遵守具有法律約束力的國家或國際標準。2010 年，水產養殖管理委員會 (Aquaculture Stewardship Council) 宣布將 ASI (Accreditation Services International 國際認證認可機構) 作為其獨立認證機構，在 2011 年開放吳郭魚及鮭魚認證標準。2012 年完成二枚貝類和鮑魚的認證標準。透過認證可

增加產品的附加價值，才能導引養殖戶重視安全的生產。

養殖經濟分析與管理模式之建立，也是未來永續養殖產業極為重要的一環。過去國內外僅針對單一個別的養殖生物作零量概略的經濟分析，並沒有整體產業的考量。今後除了養殖戶的益本分析外，應加強養殖水土資源之利用管理以及整體產業經濟分析比較。此外，養殖水生物市場供需之調查、預測及其影響因素，以及運銷體系之改善與價格平穩措施等均應納入範疇，期能與養殖相關技術之研發相輔相成，以扮演養殖產業永續發展的一個輔助但卻不可或缺的角色。

氣候變遷往往會加速魚種分布的均一化。此外，氣候變化太快也讓遺傳物種趕不上適應，加之，新的物種也來不及取代那些無法適應的物種。上述這些因素，都會造成水產生物多樣性的喪失。根據報告，北半球湖泊開始凍結的時間比 150 年前延後 10 天，在歐洲部分地區的溶雪也比 50 年前提早 1—2 個月，如此使得春天的水量減少而阻撓了某些魚類的洄游與產卵，所以也就因此影響其繁殖的時間與產量。

在臺灣，氣候變遷對魚類生殖生態已產生一些影響：(1) 鰻苗資源這幾年的捕獲量急劇的減少，究其因，有一部分係由於氣候變遷影響黑潮行徑與大小，而導致鰻苗洄游路徑的改變與分布。鰻苗嚴重短缺，而不敷養殖所需，對鰻魚產業的發展影響頗巨；(2) 吳郭魚產卵季節通常從每年的 3—9 月，然而，由於受到極端氣候的影響，在 2011 年 3—4 月，溫度依然偏低，而在 7—8 月溫度

卻偏高，致使產卵季節壓縮在 5—6 月，而影響種苗生產量的控制與魚苗放養時間；(3) 具有產卵洄游特性的烏魚，每年冬季會由中國東海向南洄游至臺灣海峽產卵。臺灣過去每年的捕撈量平均約 270 萬尾，最近幾年，受到氣候暖化的衝擊，年捕獲量僅約 20 萬尾，不到過去的 8%，嚴重打擊天然烏魚子的產量。

為鼓勵企業永續用水，「Carbon Trust Standard for Water」這項認證是由英國一個專門幫助企業減少碳排放量與能源浪費的非營利性組織 Carbon Trust 所頒發，將要求公司測量用水量，並證明其減少水消耗量的努力。聯合國數據顯示，全球 70% 的淡水用於灌溉，22% 用於工業，8% 用於家戶，開發中國家用水量將於 2025 年前增加 50%。Carbon Trust 機構指出，水資源的取得對企業未來是一大風險，而獲得該公司水標準認證程序並不繁複，只須證明用水量逐年遞減即可。該公司會檢視企業各種供水取得來源，如自來水、地表水抽取、地下水及雨水收集，也檢視企業排水量，因此獲得「水標準」認證的公司須證明其水輸入及排出皆逐年遞減。

在水產養殖業迅速發展的亞洲地區，面臨著養殖水體環境惡化、周邊水域污染、養殖物疫病暴發、天然資源過度利用等問題，FAO 因而在近年來大力推廣友善環境的養殖，鼓勵多營養階層的養殖方式、資源有效的回收利用、降低有機物排放對環境的衝擊，以維繫產業的發展。

從以上的分析可知，未來人類所需的水

產動物性蛋白來源，必須仰賴養殖漁業已是不爭的事實；而食物的供應無虞甚至足以出口外銷，更是國力的穩固基礎與國際影響力的展現。臺灣的養殖產業在先天上欠缺土地與人力等優勢條件，又要面對世界各國汲汲營營於水產養殖的發展，加之全球暖化、氣候變遷等大環境的劇烈改變，今後臺灣面臨的挑戰勢將更為嚴苛；唯有以永續經營為目標的長遠科技規劃，配合更具前瞻性的創新研發思維，才能維繫過去 50 年來，我國在世界水產舞台的重要地位，也才能確保臺灣水產養殖的永續經營與發展。

三、規劃與展望

臺灣是海洋國家，以海洋立國，在過去 30 多年來，臺灣的養殖漁業一直扮演著世界重要角色；不過，面臨全球化的經濟浪潮，以及氣候變遷的嚴峻挑戰，臺灣養殖漁業的永續經營勢將以更宏觀全面的思維，來規劃未來重點發展的方向。其研究項目包括：

(一) 水產養殖生產技術之創新研究

1. 水產養殖物種繁殖技術之開發研究。
2. 水產繁殖系統模組化技術之改進研究。
3. 水產生物性別控制技術研究。
4. 種魚催熟，催產技術與生殖調控研究。
5. 水產生物生理生態之研究。
6. 水產生物配子冷凍保存技術研究。
7. 餌料生物培養及量產技術之開發研究。
8. 水產種苗量產與創新養殖技術開發研

究。

9. SPF 種原篩選技術及種原庫之建立。

(二) 引種策略之規劃研究

1. 開創引種許可制度。
2. 引種評估審查制度之研究。
3. 創新檢疫與隔離技術。
4. 保種、育種體系專責機構之建立。
5. 養殖推廣審議制度之建立。
6. 優質種苗檔案及技術平台之設立。
7. 加強入侵種的預防與管控之研究。

(三) 水產種原之保存與選育技術之研究

1. 種原庫規劃與管理之研究。
2. 種原選種與鑑種技術之開發。
3. 種原保種策略之研究。
4. 選擇育種之創新研究。
5. 雜交育種之創新研究。
6. 標誌輔助育種之研發。
7. 優良種苗生產技術之開發。
8. 優質種原產業利用之研究。

(四) 觀賞魚新品系及其周邊設施之開發研究

1. 新品系觀賞水族物種之開發。
2. 品種基因圖譜的建立。
3. 篩選、分級及檢測數位技術之開發。
4. 活魚運輸技術之改進研究。
5. 周邊資材與設施開發研究。
6. 觀賞魚魚病雲端診斷輔助平台之開發。

(五) 優質水產飼料之創新研究

1. 水產動物營養需求之研究。
2. 水產飼料原料之改進及開發研究。
3. 機能性添加物之研發。

4. 飼料品質與安全管理技術之研發。
5. 取代魚粉及魚油之開發研究。
6. 種魚貝蝦營養強化之研究。
7. 功能性飼料的開發與利用。
8. 環境友善的飼料開發。

(六) 魚病檢診技術之開發與免疫學之研究

1. 高效檢測試劑之開發。
2. 養殖健康管理技術之建立。
3. 重要疾病的致病機轉及防控技術之研究。
4. 水產免疫研究及免疫賦活物之開發利用。
5. 重要水產疫苗之開發。
6. 中草藥與生藥之應用研究。

(七) 自動化繁養殖設施之研發

1. 自動化池底淤泥處理及增氧技術研發。
2. 自動化水質處理技術之研發。
3. 餌料生物自動化生產及收穫設備研發。
4. 養殖水產品自動化採收與分級設備的開發。
5. 智慧型養殖監控系統之開發

(八) 水產加工與加值利用之研究

1. 水產食品加工創新技術之開發。
2. 水產機能性成分萃取技術之開發。
3. 水產機能性產品之加值利用技術研發。
4. 低度利用水產品多元化應用技術開發。

(九) 產銷履歷與食品安全系統之開發

1. 水產原料安全檢驗與品質管控技術之開發。
2. 水產食品衛生管理機制之建立。
3. 養殖水產品安全認證與資訊管理系統

之研究。

4. 水產品產銷履歷機制之建立。

(十) 養殖經濟分析及經營管理之研究

1. 養殖水產品成本收益之分析研究。
2. 養殖水產品市場供需與影響因素之分析研究。
3. 重要養殖水產品運銷改善與價格穩定措施之研究。
4. 水產養殖水土資源利用之分析與管理研究。
5. 休閒式養殖漁業經營發展之研究。

(十一) 因應氣候變遷養殖技術與養殖工程之研究

1. 能適應極端氣候養殖魚種之開發。
2. 以藻類作為替代性生質能源的研究。
3. 淺海養殖與箱網養殖創新技術之研發。
4. 水產養殖環境影響評估之研究。
5. 養殖工程之規劃設計。
6. 節能省水養殖技術與資材設施之創新研究。
7. 天災之預防與因應處理之研究

(十二) 環境友善養殖模式的創新研發

1. 多營養階層的養殖模式之建構。
2. 水產養殖和農作栽培的複合經營管理模式之建立。
3. 低營養層級種類之養殖技術開發。
4. 提高天然生產力之養殖技術研究。
5. 養殖水體和周邊水域環境的監測和預警機制的建立。
6. 生態養殖技術之研發。
7. 水域環境污染之調查及復原之研究。

四、「養殖漁業永續經營」規劃小組成員及其分工領域

職 稱	姓 名	分 工 領 域
水產試驗所 副所長 (負責人)	劉富光	養殖生產、永續經營、引種策略、育種、氣候變遷 (總彙整)
水產試驗所 水產養殖組組長	張錦宜	魚病
水產試驗所 淡水繁養殖研究中心主任	楊順德	友善環境、飼料營養
水產試驗所 海水繁養殖研究中心主任	葉信利	養殖生產
水產試驗所 東港生技研究中心主任	陳紫嫻	養殖生產
臺灣海洋大學 水產養殖系副教授兼系主任	劉擎華	營養飼料、自動化、養殖工程
臺灣大學 漁業科學研究所教授	廖文亮	飼料營養
嘉義大學 水生生物科學系教授	秦宗顯	生產履歷、氣候變遷、養殖工程
高雄海洋科技大學 水產養殖系副教授兼系主任	瞿大維	觀賞魚、養殖經濟
高雄海洋科技大學 水產食品科學系教授兼系主任	謝淑玲	水產加工、產業加值、食品安全

作者按：

作者於 2015 年 1 月由科技部函邀參與「海洋科技發展規劃」修訂會議，並擔任其中「養殖漁業永續經營」學門之規劃負責人。依據會議之決議，作者乃邀請 9 位相關領域之專家學者成立小組，先後召開 3 次研商會議，於 2016 年 1 月完成規劃初稿送科技部在案。此附錄為初稿之部分內容，由於未經審定，故視作草案，僅供參考。

作者簡介

來歷

- 1951 年 2 月 22 日 出生於臺灣桃園

學歷

- 新竹高中(1970)
- 文化大學學、碩士(1974、1983)
- 臺灣大學動物學研究所博士(1999)

經歷

1976 年起至 2016 年服務於水產試驗所，歷任：

- 竹北分所臨時工、約僱員(1976、1977)
- 澎湖分所技士、助理(1979)
- 水產養殖系助理研究員、副研究員(1983、1990)
- 竹北分所副研究員兼分所長(1990)
- 漁業生物系副研究員兼代主任(1998)
- 臺西分所研究員兼分所長(2000)
- 淡水繁養殖研究中心研究員兼主任(2002)
- 總所副所長(2012~2016)

資歷

- 國科會補助赴法國研習一年
- 水產養殖科普考、高考水產技師及簡任十職等升等考試及格
- 獲國科會研究獎助費，另補助三年進修博士
- 獲國家發明(水產養殖類)專利，為水試所首例

- 獲邀擔任國際三種 SCI 期刊審稿人
- 當選 26 屆全國十大傑出農業專家
- 奉派歐、亞、非及美洲等 15 個國家地區，擔負論文發表、研習、調查、考核、考察、規畫及宣導等不同性質任務
- 奉派擔任臺灣養殖漁業發展基金會董事、臺灣區鰻魚發展基金會董事及首次輸入外來水產動物活體審查會委員
- 獲聘國立嘉義大學、國立臺灣海洋大學兼任副教授
- 獲聘新竹縣政府顧問、文化大學海洋研究發展中心顧問

績效

- 首創澳洲銀鱸、美國雜交條紋鱸人工繁殖技術
- 發明自動化種苗量產系統，並獲中南美洲友邦採用
- 規劃、設計、督導興建淡水水產種原庫
- 制定水產種原庫營運管理作業規範
- 建立水產種原之保種、選種及育種策略
- 主持臺灣鯛育種計畫、建立育種技術及育成各項品系
- 整合鰻魚資源復育計畫，奠定群體合作研發機制
- 編撰養殖技術專刊 9 冊
- 代理所務期間，水試所研發技轉金於 2013 年名列農委會第一
- 發表專業論著達 350 餘篇

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣水產養殖的永續經營 / 劉富光著. --

基隆市：農委會水試所，民 105. 07

面：公分

ISBN 978-986-04-9213-2 (平裝)

1. 水產養殖 2. 臺灣

438.6

105012878



臺灣水產養殖的永續經營

The Sustainability of Aquaculture in Taiwan

發行所：行政院農業委員會水產試驗所

發行人：陳君如

策劃：劉富光

編輯委員：劉燈城、葉信明、張錦宜、吳純衡、楊順德

著者：劉富光

主編：曾振德

編輯：李周陵

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：紙本館企業有限公司

電話：(02)25322032

定價：新臺幣250元

出版日期：一〇五年七月

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 1010501100

ISBN 978-986-04-9213-2

本書刊登本所同仁研究成果，非經本所同意，不得重製、數位化或轉載。



The Sustainability of Aquaculture
in Taiwan

ISBN 978-9860492132

00250



9 789860 492132