

前往美國夏威夷研習「白蝦育種技術及商業化 SPF 種蝦生產模式」心得報告（上）

鄭金華、陳紫嫻

水產試驗所東港生技研究中心

前言

筆者承蒙行政院國家科學技術發展基金 99 年度計畫「擴大 SPF 白蝦養殖技術之產業應用」(NSC 99-3111-Y-056-002) 經費的補助，前往美國夏威夷研習白蝦育種技術及 SPF 種蝦商業化生產模式，為期 8 天 (100 年 4 月 20-27 日)。參訪及研習行程包括至夏威夷歐胡島之海洋研究所 (Oceanic Institute, OI) 與 Dr. Shaun Moss 討論白蝦育種選種技術及蝦類遺傳標記輔助育種技術，參訪其蝦類核心育種中心 (nuclear breeding center) 之生物防疫設施及運作，生物絮凝技術 (Bio-Floc Technology) 及零排放養殖系統應用於大蝦及種蝦之培育，並洽談選種育種技術及其產業化應用模式之合作方向；前往夏威夷可愛島之民間繁養殖場科那灣海洋資源公司 (Kona Bay Marine Resources, Inc.) 與執行長 Dr. James Sweeney 討論商業化白蝦育種技術及其 SPF 種蝦生產銷售模式，參訪其 SPF 白蝦繁養殖設施；前往夏威夷歐胡島之民間繁養殖場 Island Aquaculture 拜訪場主 Ms. Linda Gusman，討論 SPF 泰國蝦種原並參觀該場 SPF 泰國蝦繁養殖設施；以及前往

歐胡島夏威夷水族館參訪海洋水族生物展示以了解夏威夷州海洋生物資源。

夏威夷海洋研究所

此次 OI 行程由 Dr. Shaun Moss 全程陪同解說及討論。Dr. Moss 為 OI 副總裁及蝦部門主管，目前也是美國海水蝦養殖計畫之主席。行程包括 OI 各部門研究現況介紹、白蝦遺傳選育專題報告，OI 養殖及育種設施參訪、蝦類研究及產業發展問題點意見交流以及台美蝦類合作計畫方向及可行性討論。

OI 成立於 1960 年，位於夏威夷歐胡島風景秀麗的 Makapuu Point 海邊，目前加入 Hawaii Pacific University，為私立非營利研究及發展機構，其任務為與產業、政府及學術機構合作致力於海水養殖、生物技術及海洋資源管理之技術發展與應用，以增進水產養殖生產、提升產業生產力及競爭力，海洋漁業資源之復育及保護、落實海洋資源管理，並藉由教育及訓練投資水產養殖及海洋漁業之未來發展。OI 在團隊合作及技術整合下進行研究，完成之研究如完全養殖技術、水生微生物及分析生化技術、營養飼料製作及水

產加工技術、外海箱網養殖技術、環保的生物防疫生產系統技術、水生動物之健康管理及遺傳育種技術、漁業資源放流及增進技術以及珊瑚礁之棲地保育技術等等，均有助於全球養殖產業之生產操作及漁業資源之復育。由於 OI 在水產方面之成就及技術以及地理環境之利，世界各國相關研究者前往參訪取經者不計其數，台灣亦有不少學者到訪過該機構。OI 有魚類、蝦類、水產飼料及營養、漁業及環境科學等研究部門以及熱帶及亞熱帶水產養殖中心與水產養殖交流計畫等。

一、魚類部門 (Finfish Department)

由 Dr. Charles Laidley 負責，研究重點在海水魚之商業養殖及漁業資源增進技術之開發及技轉。研發範疇包括海水魚之生殖生物、餌料生物、幼苗培育、活魚運輸、外海箱網養殖、健康管理以及養殖系統開發。設施包括多座種魚養殖設施、現代化小型商業化孵化場及中間育成場、餌料生物培養設施，以及不同大小之幼苗培育試驗及養成設施。早期在烏魚及虱目魚之繁養殖有顯著的成果，目前研究之海水魚種類為針對夏威夷海域及太平洋島嶼重要種類如食用魚類之六絲馬鮫 (*Polydactylus sexfilis*)、紅魷鰱 (*Seriola* sp.)、藍鰭鰱 (*Caranx melampygus*)、紅笛鯛 (*Lutjanus campechanus*)、觀賞魚類之蝶魚 (*Centropyge* sp.) 以及黃刺尾鯛 (*Zebrasoma flavescens*) 等。近年來之重要突破為極小型餌料生物如纖毛蟲及小型橈足類之高密度集約養殖技術之確立，提供以往難以飼養之食用及觀賞魚苗開口餌料，夏威夷珊瑚礁指標觀賞魚黃刺尾鯛之產卵及幼苗量產，整年度之紅魷鰱、藍鰭鰱及紅笛鯛之生產，六絲馬

鮫高密度箱網養殖，以及紅魷鰱和鮪魚之外海箱網養殖等。

二、蝦類部門 (Shrimp Department)

由 Dr. Shaun Moss 負責，二十幾年來一直是白蝦繁養殖研究及技術發展的前鋒。長久以來蝦類研究聚焦於：(1)發展並維持無特定病原 (specific pathogen free) 蝦類種原庫；(2)藉由白蝦之人工選育及基因轉殖以增進產業所需優良特性並提高養殖生產力及品質；(3)開發生物安全防疫超高密度之蝦類養殖系統。OI 在美國農業部及商業部 2 百萬美元經費支助下，於 2003 年建構完成具嚴密生物防疫設施之蝦類核心育種中心 (Nuclear Breeding Center, NBC)，以生產選育之 SPF 白蝦蝦苗及種蝦提供美國國內及國際蝦養殖產業。蝦類部門之重點工作為：

1. 建立蝦類育種計畫之系群族譜及其表現之整合資料庫

OI 自 1989 年起配合育種計畫發展並建立電腦化的白蝦系群族譜資料庫，迄目前為止，已建立超過 10 萬隻蝦個體之族譜以及其表現型數據的詳細紀錄，可提供白蝦選育過程中需要的重要資訊，以決定選育策略並預估遺傳力及基因型與表現型之相關性等遺傳資訊，使白蝦的遺傳選育更具效率。此長年連續計畫之經費由 USDA U.S. Marine Shrimp Farming Program 所補助，為世界上最大的白蝦系群族譜及表現資料庫。

2. 建立並執行 SPF 蝦類選育工作以增進 SPF 蝦類之性狀表現

藉由 Department of Agriculture Cooperative State Research, Education and Extension Service (USDA/CSREES) 經費支

助，OI 自 1990 年發展出無特定病原 SPF 白蝦族群並持續加以監控，自此所有 OI 之白蝦都不帶有 OIE 所列之病原（9 種 viruses 如 WSSV、YSV、YHV、IHHNV 等、1 種 prokaryote 及 3 種 protozoa）。OI 自 1994 年開始長期執行白蝦選育計畫，迄目前為止，由不同地區的白蝦棲地如厄瓜多爾、墨西哥及巴拿馬等引進並篩選建立 6 個以上 SPF 白蝦系群種原庫，這些 SPF 白蝦系群成為白蝦選育計畫所應用之種原來源。OI 每年應用家系選育（family selection）方式由 3 個蝦品系（shrimp lines）生產 full-sib families，這些生產的蝦品系都進行成長、活存及對不同 strain 之桃拉病毒（Taura Syndrome Virus, TSV）之耐受性評估。白蝦高成長品系之選育顯示，選育品系之成長率有 21.2—28.4% 高於未經選育之對照組。另外在抗 TSV 方面，選育品系經過 TSV 攻毒之後的活存率有 18.4% 高於未經選育者。在 OI 生物防疫養殖渠道以密度 400/m² 養殖，每日增重為 0.24—0.27 g，亞洲開放大養殖池以密度 120/m² 養殖，每日增重為 0.21—0.23 g，活存率皆在 90% 以上，此養殖蝦經 TSV 攻毒試驗之活存率達 82—92% 之間。此結果顯示，在大變動及病原存在的大環境下，養殖經過選育之白蝦之活存、成長表現均較佳，提升養蝦之生產力及利潤。養殖池若能配合經濟可行之生物防疫設施可更進一步增加生產力。OI 對於 TSV 攻毒耐受性已有 100% 活存之品系。2003 年後更育成在低鹽度下之高成長品系以及作為研究用標準參考之近親交配同合子白蝦（inbred, homozygous shrimp）品系。OI 與 University of Arizona 合作育成較耐低溫之 SPF 中國對蝦

（*Fenneropenaeus chinensis*），可作為美國蝦類養殖區於低溫期養殖之種類。此外，OI 目前與 University of Arizona 及 University of Southern Mississippi 進行 Infectious myonecrosis virus (IMNV) 及 Nacrotizing Hapatopancreatitus (NHP) 抗病品系之選育。OI 在蝦類選育計畫中對於執行維持蝦類之遺傳多樣性亦極為注意，以避免因不當選育，出現近交衰退等問題。

3. 在蝦類核心育種中心（NBC）生產 SPF 及選育改良之白蝦以提供產業生產應用

OI 之 NBC 為配置嚴格生物防疫設施之核心蝦類種原保存、繼代繁殖及選育之場所。NBC 為密閉式附人工光源之建築，僅特許少數（6 位）工作人員經防疫處理後進出，應用過濾及消毒之循環海水於繁殖、中間育成及養成模組，其內只養殖經檢驗確認之無特定病原之白蝦。在 NBC 內的繁殖模組進行種蝦催熟、產卵、孵化及培育至後期幼蟲蝦苗（PL-12），接著在 NBC 內的中間育成模組養殖由後期幼蟲蝦苗養至 1 克體重幼蝦，以及在 NBC 內渠道式養殖設施養成至種蝦。NBC 之白蝦生產運作是為確保 OI 珍貴的白蝦遺傳資源不受疾病感染，同時亦可減低隨放流水排放的生物脫逃。NBC 之運作經費每年大約美金 1 百萬，此項持續性的工作由 USDA U.S. Marine Shrimp Farming Program 之經費支持。

4. 生產並配售 1 百萬以上 Kona 後期蝦苗（'Kona' postlarvae）給美國研究者及生產者作為蝦疾病研究及檢驗對照之用

OI 連續幾年來在 USDA U.S. Marine Shrimp Farming Program 經費支援下生產並

提供 1 百萬以上 Kona 後期蝦苗給美國研究者及生產者。此品系之白蝦由於在病原攻毒試驗有穩定且可預期之結果，因此成為蝦類研究之對照參考品系。此品系被應用於：(1) 病原攻毒試驗之正向對照組 (positive controls)；(2) 驗明與疾病抵抗力有關的遺傳標識；(3) 開發疾病診斷工具；(4) 作為流行病學模式研究之測試生物；(5) 作為開發疾病抗性品系之比較標準；(6) 作為商業化生產者之偵候前哨蝦種。以 'Kona' shrimp 在蝦病相關之研究作為標準參考品系以開發抗病品系、疾病診斷試劑、健康促進物質及疫苗等等是不可缺少的工具。

5. 在生物安全防疫設施中高密度養殖蝦類，可增加生產力達 7.82 kg/m^2

OI 在其具生物安全防疫設施之 58 m^2 渠道式養殖池進行養成試驗，在放養密度 $663/\text{m}^2$ 下，每尾蝦每週增重 1.3 g ，養至 18 g 後收穫，生產量達 7.82 kg/m^2 ，此商業化生產技術除了單位產量領先世界紀錄外，其生產每公斤蝦的用水量約 367 公升，為一般用水量的 $1/2$ 至 $1/3$ 。換水量的減少亦可減輕疾病發生的風險，同時減少排放水所含營養鹽及生物的環境污染。

6. 開發基因轉殖及多倍體白蝦以改良品種

OI 與 University of Connecticut 合作，進行基因轉殖轉殖以提高對一般細菌性病原菌之抵抗力。將抗菌蛋白 cecropin 及 CF-17 基因植入 retroviral vector 後注射入稚蝦生殖腺，待蝦成熟後，以 PCR 檢驗母蝦及其子代之轉殖基因表現。抗菌蛋白可提供蝦類對病原包括病毒、細菌、真菌及原生動物之抵抗力。

三、水產飼料及營養部門 (Aquatic Feeds and Nutrition Department)

由 Dr. Warren Dominy 負責，研究範疇包括：(1) The Feeds Science and Technology Section 進行研究飼料製造及品質管制；(2) The Aquatic Nutrition Section 進行試驗飼料及商用飼料對魚蝦成長及消化率之評估，並分析飼料與養殖環境之交互作用；(3) The Analytical Biochemistry Section 進行水質、餌料及水產生物之化學分析 (包括脂肪酸、胺基酸、維生素、礦物質、磷脂質及等) 並開發供產業應用的簡易分析方法；(4) The Aquatic Microbiology Section 進行養殖系統內微生物生態之發展及組成研究，開發利用海水魚蝦類卵及仔稚魚進行生物測定的方法，以及養殖系統中微生物的管理策略；(5) The Aquatic Food Processing Section 進行水產品之生產及提昇價值之加工技術，水產品品質及官能測試以及水產養殖生產系統與產品間之交互作用研究；(6) The Aquatic Nutraceuticals Section 負責市場分析，產品配方研發，產品醫用研究及專利保護等。

四、漁業及環境科學部門 (Fishery and Environmental Science Department)

由於夏威夷沿海漁業資源逐漸匱乏，傳統的漁業管理方式如限制漁獲種類、體型、季節等已緩不濟急。OI 之漁業及環境研究進行海洋環境監測調查、海水魚類之標識放流、海洋箱網養殖等，期能復育及增進海洋資源。1990—1996 年間，以烏魚 (*Mugil cephalus*) 之野生種魚大量繁殖魚苗，經標識顯微條碼金屬線後，在適當之保護灣域進行放流。近年來則以六絲馬鮫 (*Polydactylus*

sexilis) 之標識為主，均獲得極大成效，漁獲回收及分子資源調查顯示繁殖放流之魚對於環境適應佳，亦可長成種魚產生後代增加資源加入量。

五、熱帶及亞熱帶水產養殖中心 (The Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, CTSA)

由 OI 及 University of Hawaii 共同管理，目前主管為李正森博士，是美國為加強各地區之水產養殖所設立的區域性水產養殖中心之一。服務範圍涵蓋美國及美屬太平洋島國之熱帶及亞熱帶養殖區。CTSA 透過由養殖產業經營者、供應商、政府代表及受補助研究機構所組成之委員會運作，使產業有極強的合作支援。每年經費由 USDA/CSREES 提

供，以進行行政管理、研究計畫、出版品及技術移轉等。將近二十年來，CTSA 支持 200 個以上國家養殖優先計畫、資訊傳播、產業發展行銷以及新技術之示範推廣及應用。

六、水產養殖交流計畫 (Aquaculture Interchange Program, AIP)

由 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 計畫經費補助成立，為美國與亞洲、澳洲及歐洲水產養殖資訊交流的重要管道。AIP 舉辦研討會邀請學者專家講述及交換水產養殖新近資訊並強調在環境容許之養殖系統技術之取得及應用性以增加養殖整體之生產力及效率，研討會議並出版專刊以提供參考應用。



OI 種魚培育設施



OI 魚苗培育設施



OI 生物絮凝種蝦養殖系統



OI 六絲馬鰾種魚池



OI 蝦類核心育種中心



OI 蝦類育種中心水處理系統