

出國報告（出國類別：研習）

前往夏威夷研習白蝦育種技術 及商業化 SPF 種蝦生產模式

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所

姓名職稱：陳紫嫻研究員兼主任、鄭金華研究員

派赴國家：美國

出國期間：中華民國一百年四月二十日至二十七日

報告日期：中華民國一百年六月二十一日

摘 要

本次研習為行政院國家科學技術發展基金 99 年度補助計畫「擴大 SPF 白蝦養殖技術之產業應用 NSC 99-3111-Y-056-002」項下之出國研習，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，為期八天。包括：(1) 至 Oceanic Institute 研習先進之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之生物防疫設施及運作，生物絮凝技術及零排放養殖系統應用於大蝦及種蝦之培育，並與 Dr. Shaun Moss 洽談選種育種技術之應用及其產業化應用模式之合作方向。(2) 至 Kona Bay Marine Resources, Inc. 研習商業化白蝦育種技術及其種蝦生產銷售模式，參訪其白蝦繁養殖設施並與 CEO Dr. James Sweeney 討論商業化白蝦育種技術及其種蝦生產銷售模式。(3) 至 Island Aquaculture 拜訪場主 Ms. Linda Gusman 討論泰國蝦種原，參觀該場泰國蝦繁養殖設施，並討論泰國蝦選種育種技術及其現況。

目 次

摘要	1
目次	2
目的	3
過程	4
心得	4
建議事項	14

目 的

台灣自從 1968 年草蝦繁殖成功後，蝦類養殖快速地發展起來。台灣周邊沿海地區，被過度地開闢成為養蝦池，這雖然創造出台灣成為世界草蝦養殖王國的成果，但也因養蝦大量換水而超抽地下水進而造成地層下陷、土壤鹽化的後果。雨水淤積及海水倒灌，不僅但為害人民生命財產的安全，也徒增業者的生產支出及社會的建設支出。到 1988 年草蝦發生病變，加上多種海水魚繁殖技術確立能量產魚苗，大部分養殖區域改為海水魚養殖。台灣蝦業者自 1998 年自美國夏威夷進口 SPF 白蝦種蝦繁殖生產，白蝦養殖快速成長，已取代草蝦成為最主要的養殖海水蝦。雖然如此，但是蝦類養殖重大的威脅如病毒疾病漫延、環境及水質惡化，飼料及其他養殖成本之增加、種蝦種原劣化生殖力降低等等問題仍然存在，以致於海水蝦類的集約專養成為少數，大部分淪為海水魚混養的副產物。

美國海水蝦類進口量多，但為扶植其本土蝦養殖產業提高生產力及競爭力，產官學協力進行白蝦疾病監測及防疫、遺傳育種及養殖系統之研發以達到環境友善的蝦類永續養殖之目標。經過多年的努力，夏威夷海洋研究所成功建立白蝦之 SPF 種蝦庫，並在 1989 年起提供 SPF 蝦苗給夏威夷民間繁養殖場生產 SPF 種蝦，然後行銷至亞洲美洲等養蝦國家，至今已超過 20 年，對全世界白蝦養殖產業在這 20 年來的快速發展貢獻著著。本研習主要目的在了解及學習美國夏威夷研習白蝦育種技術及商業化 SPF 種蝦生產模式。包括與夏威夷海洋研究所 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。至夏威夷民間繁養殖場 Kona Bay Marine Resources, Inc.與 CEO Dr. Jim Sweeney 討論商業化白蝦育種技術及其 SPF 種蝦生產銷售模式，並參訪其 SPF 白蝦繁養殖設施。至夏威夷民間繁養殖場 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。

過 程

本次前往美國夏威夷研習共為期 8 天(100 年 4 月 20 日至 100 年 4 月 27 日)。由於美國夏威夷州對於蝦類之防疫及疾病管制嚴格，人員參訪進出各蝦類繁養殖場需間隔 3 日以上之規定，因此對於參訪行程之安排頗具挑戰，也由於參訪單位主管之特許，得以在間隔一日及更換不同鞋襪衣著後在不同蝦類養殖場進行參訪及意見交流。研習行程包括位於夏威夷歐胡島(Oahu Island)之夏威夷海洋研究所(Oceanic Institute)，參訪其蝦類核心育種中心(nuclear breeding center)之生物防疫設施及運作，並與 Dr. Shaun Moss 洽談選種育種技術及其產業化應用模式之合作方向。至夏威夷可愛島(Kauai Island)民間繁養殖場(Kona Bay Marine Resources, Inc.)研習商業化白蝦育種技術及其 SPF 種蝦生產銷售模式，並由 D. James Sweeney 引導參訪其 SPF 白蝦繁養殖設施。前往夏威夷歐胡島民間繁養殖場 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之海洋生物資源。

心 得

一、夏威夷海洋研究所 (Oceanic Institute, OI)

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 (Vice President and Director of Shrimp Department of Oceanic Institute)，目前也是美國海水蝦養殖計畫之主席 (Director, U.S. Marine Shrimp Farming Program)。整日在 OI 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。

Oceanic Institute 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 之研究部門有魚類部門、蝦類部門、水產飼料及營養部門、漁業及環境科學部門、熱帶及亞熱帶水產養殖中心(Center for Tropical and Subtropical Aquaculture, CTSA)、以及水產養殖交流計畫(Aquaculture Interchange Program, AIP)等。

1. 魚類部門 (Finfish Department)

魚類部門由 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。魚類部門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。魚類部門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 Pacific threadfin (moi, *Polydactylus sexfilis*)、紅魷魩 amberjack (kahala, *Seriola* sp.)、藍鰭魩 bluefin trevally (omilu, *Caranx melampygus*)、紅笛鯛 red snapper (*Lutjanus campechanus*)、觀賞魚類之蝶魚 Potters and flame angelfish (*Centropyge* sp.)以及黃刺尾琯 yellow tang (*Zebrasoma flavescens*)。近年來之重要突破為極小型餌料生物如纖毛虫 ciliates 及小型橈足類 calanoid copepods 之高密度集約養殖技術之確立提供了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 yellow tang 之產卵及幼苗量產，整年度之紅魷魩、藍鰭魩、及紅笛鯛之生產，六絲馬鮫高密集箱網養殖，以及紅魷魩和鮪魚之外海箱網養殖等等。

2. 蝦類部門 (Shrimp Department)

OI 的蝦類部門由 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(US Dept. of Agriculture)及商業部(US Dept. of Commerce) 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育種中心(nuclear breeding center)以生產選育之 SPF 白蝦蝦苗及種蝦提供給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，自

目前為止超過 100,000 蝦個體之族譜以及其表現型數據均有詳細紀錄，這些資料庫可提供白蝦選育中所需之重要資訊以作為選育策略之決定並可預估選育蝦類之遺傳資訊如遺傳力 heritability 及基因型與表現型之相關性等等，使得白蝦的遺傳選育更加有效率。此長年連續計畫之經費由 USDA U.S. Marine Shrimp Farming Program 所之補助，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 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, IHNV 等等、1 種 prokaryote 及 3 種 protozoa)。OI 自 1994 年開始長期執行白蝦選育計畫，自目前為止 OI 由不同地區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 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% 高於一般未選育之對照白蝦。另外在抗桃拉病毒 Taura Syndrome Virus (TSV) 之選育示選育品系經過 TSV 攻毒後之活存率每年有 18.4% 高於一般未選育之對照白蝦。在 OI 生物防疫養殖池以密度 400/m² 養殖之每日增重(ADG)為 0.24-0.27g，亞洲開放大養殖池以密度 120/m² 養殖之每日增重為 0.21-0.23g，活存率皆在 90% 以上，此養殖蝦經 TSV 供毒試驗之活存率達 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知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 SPF 中國對蝦 *Fenneropenaeus chinensis*，此 SPF 中國對蝦較耐低溫，亦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 Necrotizing Hapatopancreatitis (NHP) University of Connecticut 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而導致之近交衰退之問題。

(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 之蝦類核心育種中心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。在 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虫蝦苗(PL-12)，接著在 NBC 內的中間育成模組養殖由後期幼虫蝦苗養至 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('Kona' postlarvae) 給美國研究者及生產者，此品系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之品系。此品系被應用於 a. 病原攻毒試驗之正向對照組 positive controls、 b. 驗明與疾病抵抗力有關的遺傳標識、c. 開發疾病診斷工具、d. 作為流行病學模式研究之測試生物、e. 作為開發疾病抗性品系之比較標準、f. 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) 在生物安全防疫高密度蝦類養殖增加生產力達 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用水量生產每公斤蝦約 367 公升為一般蝦養殖用水之 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。

3. 水產飼料及營養部門 (Aquatic Feeds and Nutrition Department)

水產飼料部門由 Dr. Warren Dominy 負責，進行之研究範疇包括：(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 進行研究飼料及商用飼料對魚蝦成長及消化率之評估，並檢驗投餵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)並開發水產業用簡易分析方法。(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方法，以及開發養殖系統中微生物管理策略。(5) The Aquatic Food Processing section 進行水產品之生產及價值增進之加工，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。

4. 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，利用傳統漁業管理如漁獲種類、大小、季節之限制已緩不濟急。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、海洋箱網養殖等等，期以復育及增進海洋資源。自 1990 至 1996 年間開始以烏魚(grey mullet, *Mugil cephalus*)之野生種魚大量繁殖魚苗，魚苗顯微條碼金屬線後在適當之保護灣域進行放流，近年來進行六絲馬鮫(Pacific threadfin, *Polydactylus sexfilis*)之標識放流均獲利極大成效，魚獲回收及及分子資源調查顯示繁殖放流之魚環境適應佳，亦可長成種魚產生後代增加資源加入量。

5. 熱帶及亞熱帶水產養殖中心

(The Center for Tropical and Subtropical Aquaculture , CTSA)

熱帶及亞熱帶水產養殖中心 CTSA 由 OI 及 University of Hawaii 共同管理，目前主管為李正森博士(Dr. Cheng-Sheng Lee)，是美國為加強各地區之水產養殖所設立區域性水產養殖中心之一，CTSA 服務範圍涵蓋美國及美屬太平洋島國(如 American Samoa, Commonwealth of the Northern Mariana Islands, Federated States of Micronesia, Guam, Hawaii, Republic of Belau [Palau] and the Republic of the Marshall Islands)之熱帶及亞熱帶養殖區之水產種類之產業化。中心透過養殖產業經營者、供應商、政府代表及受補助研究機構所組成之委員會運作及使產業有及強的合作支援。每年經費由 Department of Agriculture Cooperative State Research, Education and Extension Service (USDA/CSREES) 提供以進行行政管理、研究計畫、出版品及技術移轉之經費。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。

6. 水產養殖交流計畫 (Aquaculture Interchange Program, AIP)

水產養殖交流計畫為由 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)計畫經費補助成立之，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。

有關 OI 蝦類的遺傳育種，Dr. Moss 特別以 power point 進行簡報，茲將重點摘述於下：

- (1) 遺傳育種起始種原必確定不帶有特定病原並在生物防疫體系下能繼代繁殖以確保蝦類遺傳改良計畫能長期且持續的執行。種原之繼代保存為第一優先工作，所有育種之蝦在各生活史階段必須採樣持續監測其健康及 SPF 狀態。
- (2) 蝦類遺傳改良計畫之基本為無病原、起始種原(founder stock)要具高遺傳歧異度、進行家族或個體選育、控制近親交配的選育計畫、藉由族譜追蹤選育種系詳細資料、提高生殖及養殖之技術、利用分子標記協助追蹤選育個體及確認遺傳改良標的。
- (3) 由不同地區收集之起始種原及子代需經二階段式隔離檢疫(各 100 天)，確定為 SPF 才移入核心育種中心進行後續育種工作。
- (4) 在具生物防疫、潔淨水源、特殊功能設計之核心育種中心執行育種工作。
- (5) 種蝦及蝦苗進行標識以進行族系追蹤及性狀評估。
- (6) 蝦類各性狀遺傳力預估：

Trait	Heritability (h^2)	Selection
Growth -Total length(cm)	0.44	Highly selectable
Growth-Tail length (cm)	0.44	Highly selectable
Harvest weight	0.44	Highly selectable
Pond survival	0.07	Cannot select or breed for this trait
WSSV resistance	0.03	Cannot select or breed for this trait
TSV resistance	0.19	Selectable
Reproductive performance	0.12	Selectable

- (7) 利用人工精英移植(artificial insemination)以產生 maternal half-sib families (by double spermatophore technique) 或 paternal half-sib families (by single spermatophore technique) 以加速選育效率(如增加生產成功率、每次生產提高受精率及無節幼苗數、產生選育族系由 14 天減為 9 天、育成之 half-sib families 增加等)。
- (8) 蝦選育時必須有 a.正確的選育目標 b.充分正確的性狀資訊 c.高選育壓力 d.短生殖週期 e.有技術性的操作遺傳變異性 f.避免近親交配之劣化。
- (9) 在 USMSFP 計畫下與 Tufts University 合作開發分子遺傳標記(尤其以傳統質量宜傳統計難以表現的重要性狀如疾病之抵抗力)來加速育種成效:a. 建構白蝦之 linkage map (Shrimp Map)，約有 150 polymorphic microsatellites 由基因

庫篩選出來，並由 TSV 及 and WSSV-攻毒蝦之 polymorphic expressed sequence tags (ESTs) 建構 low-density linkage map 以確認抗病性狀之基因及其變異。b. 由 select line (TSV resistant)、kona line (TSV susceptible) 自交、雜交及回交生產 resource mapping families 以進行 genotyping 確認抗病性狀之基因及其基因座 quantitative trait loci (QTL)。d. 利用 microsatellite genetic markers 進行耐低鹽品系之遺傳歧異度及族譜追溯。

- (10) 發展蝦類生殖調控技術、遺傳資源冷凍保存(精、卵、胚胎保存)、及染色體操作(不孕、單性或多倍體)及基因操作(如利用雜交優勢或避免近親交配劣化)有助於遺傳選育之執行。
- (11) 藉由近親交配劣化(inbreeding depression) 策略以進行非經許可的選育品系大量繼代增殖，以保護蝦之版權(shrimp copy right)。
- (12) 收集並比較選育之 SPF 白蝦在 OI 實驗區及釋出至國內外養殖場之養殖表現數據資料以作為後續選育之參考，並藉以分析遺傳與環境之交互作用及影響。
- (13) 選育之優良品系之 SPF 白蝦要配合優良的養殖環境、養殖管理及飼料以發揮選育優良性狀之最好表現。

OI 以生物安全防疫零換水蝦類生產系統(BioZEST)以量產 SPF 種蝦以提供蝦產業應用，此系統由 OI 及 3 家公司(the Pig Improvement Company, Inc.; Zeigler Bros., Inc.; and Kahuku Shrimp Company)合作研發，將經過選育之 SPF 養在此生物安全密閉環境及不換水之養殖系統(Biosecure Zero-Exchange Shrimp Technology) system or “BioZEST”，此密閉環境之蝦類生產系統的應用著重於 a. 量產健康遺傳改良蝦類 b. 維持穩定養殖水質、排除有害病原並調節益於蝦類成長活存之微生物相 c. 發展支援養殖蝦及養殖環境之外源微生物所需之外源飼料及營養鹽等。此系統亦可應用在內陸或環境較不穩定之區域進行蝦之養殖生產。近年來 OI 亦應用以色列 Dr. Avnimelech 發展的生物絮凝技術(Bio-Floc Technology)作為零排放或少量排放的 SPF 大蝦及種蝦的養殖，與水試所東港生技研究中心應用此系統進行階段式的蝦類養殖皆得到不錯的生產成績。生物絮凝技術系以充足的打氣一方面提供充足的氧氣，另一方面使有機顆粒懸浮，提高細菌等微生物的附著棲息面積，另外，有機顆粒本身也作為微生物的食物來源。除此之外，添加碳水化合物以提高碳氮比，可進一步促進異營性細菌等微生物的滋生。這些微生物不但可以將氨氮迅速有效地轉化為硝酸鹽，還能抑制有害病原菌的滋生，也可以作為養殖生物的食物來源，因此應用生物絮凝技術，可以達到零排放以及抑制病原菌的目的，還可以進一步降低飼料的用量而達到提高飼料的效率，在蝦類養殖驗證是值得推廣應用之技術。

由於 Dr. Shaun Moss 為 OI 副總裁及 U.S. marine shrimp farming consortium/program (USMFP)現任主席，參訪中亦討論到 OI 研究經費之爭取、USMFP 經費分配及分工合作與成效等。OI 之營運經費由美國聯邦政府相關部門申請補助、產業合作及自籌而來，白蝦核心育種中心營運經費高，部分亦由出售 SPF 種蝦支應。USMFP 是美國政府為解決限制蝦產業發展及國際競爭力之問題點，由學研產蝦類相關單位於 1984 年共同組成以進行對產業利益增加及環境友善的永續養蝦任務導向的計畫。參與的學術單位有 University of Southern Mississippi, Gulf Coast Research Laboratory (GCRL); Oceanic Institute (OI); Tufts University (Tufts); the South Carolina Department of Natural Resources, Waddell Mariculture Center (SCDNR); Texas AgriLife Research Mariculture Laboratory, Texas A&M System, (TALR); the University of Arizona (UAZ); 及 Nicholls State University (NSU)。OI 具有白蝦種原及設施，在蝦類優良遺傳性狀之改良如高成長及抗病等領域執行重要計畫，其他如 Tufts 執行遺傳分子標記之開發及應用、UAZ 及 GCRL 執行開發疾病診斷工具及診斷服務和疾病研究、SCDNR 及 TAES 執行生產系統及飼料之研發、NSU 執行控制有害廢排放污染等。多年來在白蝦遺傳改良、疾病控制、及永續的蝦生產系統等等之進展已有成效，對於產業界亦提供無數的種蝦、蝦苗、病害預防和診療、養殖系統和技術諮詢以及推廣教育訓練等等，對蝦產業之發展極有助益。

二、科那灣海洋資源公司 (Kona Bay Marine Resources, Inc.)

此次 Kona Bay Marine Resources, Inc 行程由 Dr. James Sweeney 全程陪同解說及討論，Dr. Sweeney 為 Kona Bay Marine Resources, Inc 之執行長，曾在 OI 服務後離開轉任進行民間繁養殖場之工作。此次參訪為研習商業化白蝦育種技術及其 SPF 種蝦生產銷售模式，並參訪其 SPF 白蝦繁養殖設施並與 CEO Dr. Jim Sweeney 討論商業化白蝦育種技術及其 SPF 種蝦生產銷售模式(3)尋訪優良 SPF 白蝦種原以便將來進行種原引進。

科那灣海洋資源公司於 1996 年成立，是 IAI (Integrated Aquaculture International) 公司從事白蝦種原與基因研究與開發之子公司，公司之 Waimea Aquatic Lab 位於夏威夷可愛島凱卡哈市(Kekaha, Kauai Island)，擁有夏威夷最大的水產養殖育種基地並自有包裝運輸及冷凍加工廠。該公司應用 OI 及 university of Hawaii 研發成果，建立了先進的陸地綜合養殖系統，量產 SPF 白蝦種蝦，其產品銷售至韓國、印度、馬來西亞、泰國、印尼、中國、台灣等亞洲國家及墨西哥、厄瓜多爾、哥倫比亞、哥斯大黎加等中南美洲國家。科那灣海洋資源公司生產的 SPF 白蝦種蝦是經過十多年來 OI 及公司本身引種育種精心培育之種蝦，

種蝦平均年齡 9-12 個月，雄性重 40 g 以上，雌性重 45 g 以上，其 SPF 種蝦不具 TSV, WSSV, YHV, IHNV, BP, MBV, BMN, HPV, IMNV 等病毒，並具有成長快、抗病性強、抗寒性強及適合高密度養殖的特點。其養殖基地範圍約 200 公頃，近年來逐步開發擴大中，目前已有的設施設計為檢疫防疫、育種繁殖、蝦之量產、及蓄養及包裝運輸之用，分別在隔離的地點設置檢疫隔離區(含檢疫溫室及檢疫蓄養桶槽)、繁殖區(含種蝦室外防疫培育池，育種及繁殖溫室、餌料生物培養溫室、及蝦苗培育溫室)、養成區(含室外防疫 HDPE 培育圓池)、以及包裝運輸區(含蓄養及包裝運輸設施溫室)。由於公司繁養殖區所在地應用 80 米深海水井抽取之自然過濾、清淨且無病原之海水以供繁養殖區使用，加上其隔離之地理環境、適合的氣候以及有效的應用先進技術使得該公司可終年培育量產及內外銷優良的 SPF 白蝦種蝦。

科那灣海洋資源公司除了白蝦外亦進行無病原六絲馬鮫 Pacific threadfin (moi, *Polydactylus sexfilis*)之生產、能源油藻之大量培育、以及參與鮪魚的箱網養殖。Dr. Sweeney 在百忙中陪同參訪並詳細解說，讓我們了解到研究機構與民間養殖場之合作與競爭、方便操作以及防疫的先進繁養殖設施與水源對種原保存及擴大生產之必要性、人員的努力及時效性的配合在防疫、量產及外銷競爭之重要性、商業化 SPF 種蝦生產銷售模式等。水試所東港生技研究中心曾引進科那灣海洋資源公司之白蝦亦有不錯的性狀表現，此次亦希望尋訪優良 SPF 白蝦種原品系以便將來進行種原引增加種原遺傳多樣性。此次參訪時亦遇見該公司亞洲區市場經理史建國先生並交換白蝦及其他水產生物在中國的發展近況資訊。

三、Island Aquaculture 民間繁養殖場

Island Aquaculture 位於歐胡島西岸 Kualoa Ranch 之海邊，Kualoa Ranch 為農漁牧綜合經營之景觀休閒農場及生態教學示範農場。Island Aquaculture 為其投資之水產養殖場，養殖場由 Ms. Linda Gusman 負責，Ms. Gusman 曾在 OI 及綠色和平組織在東南亞國家養殖計畫下服務，此次行程為拜訪場主 Ms. Linda Gusman 與其討論 SPF 泰國蝦種原，並參觀該場 SPF 泰國蝦繁養殖設施。該養殖場室外土泥池分別飼養白蝦、泰國種蝦及吳郭魚種魚，繁殖區及中間育成區依魚蝦繁殖季節分別進行各項繁殖及中間育成，部分先前養殖貝類及牡蠣之設施目前規劃為蔬菜與魚蝦生態水培(hydroponics)區。該養殖場可依照訂單繁殖及生產魚蝦苗及種蝦。關於不同地區來源之 SPF 泰國蝦在活存及幼苗培育時間之長短比較，Island Aquaculture 之 SPF 泰國蝦較德州或夏威夷其他地區養殖場有持續一致性的較佳之表現。

四、夏威夷歐胡島 Waikiki 水族館

Waikiki 水族館位於 Waikiki 海邊，於 1904 年開幕，是美國第三歷史悠久的水族館，由夏威夷大學技術支援。水族館展示夏威夷群島及西南太平洋熱帶島嶼海洋生物，包括活珊瑚、西南太平洋熱帶島嶼水族，夏威夷群島水族、海洋飄浮水母、海洋掠食動物、水產養殖種類、珊瑚及車螺貝保育、海獅生態等等。夏威夷群島海洋生物多樣豐富，近年來致力於如觀賞魚及食用經濟魚種資源保護及增進，水族館內數種和台灣相同海水觀賞魚、鯛及石斑等食用魚類均有進行展示及人工繁殖。

我國政府試驗單位水產試驗所東港分所(現為東港生技研究中心)比 OI 晚 8 年設立(1968 年 vs.1960 年)，研究方向與項目與 OI 大致類似，包括有生殖控制、種育育苗、遺傳育種、飼料營養、設施養殖、不孕子代的研發，零排放超集約養殖系統等等。在早年烏魚及虱目魚之研發時期在 OI 之 Aquaculture Interchange Program 計畫下與 OI 曾經進行海水魚類研究之人員互訪、試驗研究合作、共同舉辦國際研討會以及出版水產專書等等之學術交流，例如共同舉辦的虱目魚國際研討會及虱目魚繁養殖及經濟分析等相關系列專書廣受好評而至今仍仍有國內外學產界人士索取參考。OI 許多研究人員皆曾到訪東港水試分所，近十年來由於雙方人事更迭而交流減少，殊為可惜。此次拜訪 OI 有 Dr. Moss 熱心的解說及討論，希望能繼續連繫以討論雙方蝦類試驗研究合作方向及執行項目。CTSA 主管李正森博士對於此次有關蝦類研究訪問亦協力促成，希望藉此次參訪促成 OI 與台灣學研產界再次交流，讓台灣沒落以久的蝦產業能夠重振發威。此次到訪期間因李正森博士赴中國上海參加亞洲水產會議而未能當面討教，但近年來平日之電郵聯繫也充分了解李正森博士對台灣水產養殖研究及產業發展的關心。今年 11 月 8-11 日由水試所主辦的石斑魚養殖研討會邀請李正森博士擔任國際籌備委員及發表專題演講，因此維持密切之連繫。

美國對於蝦類由於有嚴格防疫標準措施，持續的防疫監測及認證，充分的執行防疫及措施(如蝦養殖場管制，州際及國際蝦類移進出運輸許可、疫病蝦之銷毀、及關場停養後續檢疫)等等，使得經遺傳改良的 SPF 白蝦能夠持續量產並行銷全世界。具有優良的種原用以繁養殖是產業成功發展的要件，因此除了學術界外，美國蝦產業界許多大公司亦積極投入種原引進及品種改良之工作，各自亦有遺傳改良的品系行銷各地。

台灣白蝦產業界及學術界透過經銷商由夏威夷不同的民間白蝦繁養殖場進口的種蝦或蝦苗已不計其數，引進優良 SPF 白蝦並營造優良且防疫的環境使選育之性狀有最佳的表現是增進生產力最佳方法。防疫觀念及因地制宜的防疫設施、繁殖技術之精進、養殖管理的改進、餌飼料的營養強化皆能提高蝦成長及活存並

使養殖生產具有利潤，進一步有助於蝦產業之發展。

建議事項

1. 加強與夏威夷 OI 及民間蝦場合作學習先進技術以補台灣之不足。
2. 儘速完成種原庫蝦類種原中心之設立以利優良蝦類種原之保存與利用。
3. 學習美國 USMFP 加強產官學合作以利養殖蝦類的技術研發與產業發展。