

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：研習)

前往美國研習海水蝦零換水高密度
養殖技術並進行學術交流

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所

姓名職稱：鄭金華研究員、陳紫嫻研究員兼主任

派赴國家：美國

出國期間：中華民國 102 年 6 月 15 日至 6 月 25 日

報告日期：中華民國 102 年 8 月 24 日

摘 要

本國外研習參訪係為執行 101 年度行政院國家科學技術發展基金補助計畫「擴大 SPF 草蝦零換水高密度養殖技術之研發規模」(NSC 101-3111-Y-056-006)核定之工作項目之一：「出國參訪：派員前往美國德州農工大學 Flour Bluff Shrimp Mariculture Laboratory、密西西比大學 Gulf Coast Research Laboratory、以及美國德州私人養蝦場參訪白蝦零換水養殖技術。」。

本科發基金計畫之計畫內容及工作項目有：1.種蝦催熟產卵：自水試所種原庫中，挑選高成長之 SPF 草蝦種蝦進行催熟產卵。2.蝦苗培育：應用已建立之零換水蝦苗培育技術，將孵出之無節蝦苗培育至後期蝦苗。3.中間育成：應用已建立之零換水中間育成技術，將後期蝦苗培育至 1g 之稚蝦。4.養殖試驗：應用已建立之小規模(2-20 m²)草蝦零換水養殖技術，擴大在 200 m²養殖池中將稚蝦飼養至 30g。5.水質監測：應用已建立之各項水質測定技術，定時監控養殖池之水質變化。以及 6.前往美國研習先進之白蝦零換水養殖技術。

此次研習參訪由計畫主持人鄭金華研究員及計畫共同主持人陳紫嫻研究員兼主任進行行前聯絡及執行研習參訪，能夠獲美方專家學者及私人蝦類養殖場應允外國人參訪其研究相關機構及設施並進行學術交流實為不易。參訪之行程包括至查爾斯頓大學 Waddell Mariculture Center、密西西比大學 Gulf Coast Research Lab、德州農工大學 Flour Bluff Mariculture Lab、農工大學 Port Aransas Mariculture Lab 等研究機構研習海水蝦零換水高密度養殖技術，並安排前往德州 Harlingen 及 Arroyo City 之民間海水蝦養殖場參訪以瞭解國外蝦類產業之運作。

本研習有助於提高蝦類零換水養殖之生產規模、解決傳統蝦類養殖因疾病繁多、密度偏低、用水量大等缺點，而造成活存與產能偏低、地層下陷、競爭力低落的困境。參訪同時亦研習先進國家各種防疫設施及可處理大量水源的消毒處理技術以及蝦養殖產業之運作等等。本次之參訪研習更能強化水試所鄭金華及陳紫嫻研究員目前執行之科發基金計畫「擴大 SPF 草蝦零換水高密度養殖技術之研發規模」以及農委會科技計畫「建立水產養殖之安全防疫生產模式」「白蝦零換水養殖技術之研究」之研發能量及研究成果之應用。

關鍵詞：海水蝦，零換水高密度養殖、設施養殖，生物防疫、種苗生產

目 次

摘要-----	1
目次-----	2
目的-----	3
過程-----	4
心得-----	7
建議事項-----	17
攜回資料目錄-----	17
參訪相片-----	18

目 的

本國外研習參訪係為執行 101 年度行政院國家科學技術發展基金補助計畫「擴大 SPF 草蝦零換水高密度養殖技術之研發規模」(NSC 101-3111-Y-056-006) 核定之工作項目之一：「出國參訪：派員前往美國德州農工大學 Flour Bluff Shrimp Mariculture Laboratory、密西西比大學 Gulf Coast Research Laboratory、以及美國德州私人養蝦場參訪白蝦零換水養殖技術。」。本科發基金計畫之計畫內容及工作項目包括：1.種蝦催熟產卵：自水試所種原庫中，挑選高成長之 SPF 草蝦種蝦進行催熟產卵。2.蝦苗培育：應用已建立之零換水蝦苗培育技術，將孵出之無節蝦苗培育至後期蝦苗。3.中間育成：應用已建立之零換水中間育成技術，將後期蝦苗培育至 1g 之稚蝦。4.養殖試驗：應用已建立之小規模(2-20 m²)草蝦零換水養殖技術，擴大在 200 m²養殖池中將稚蝦飼養至 30g。5.水質監測：應用已建立之各項水質測定技術，定時監控養殖池之水質變化。以及 6.前往美國研習先進之白蝦零換水養殖技術。

此次研習參訪由計畫主持人鄭金華研究員及計畫共同主持人陳紫嫻研究員兼主任進行行前聯絡及執行研習參訪，參訪之行程包括至查爾斯頓大學 Waddell Mariculture Center、密西西比大學 Gulf Coast Research Lab、德州農工大學 Flour Bluff Mariculture Lab、德州農工大學 Port Aransas Mariculture Lab 等研究機構研習海水蝦零換水高密度養殖技術，並安排前往德州 Harlingen 及 Arroyo City 之民間海水蝦養殖場參訪以瞭解國外蝦類產業之運作。

本研習之目的為提高蝦類零換水養殖之生產規模、解決傳統蝦類養殖因疾病繁多、密度偏低、用水量大等缺點，而造成活存與產能偏低、地層下陷、競爭力低落的困境。參訪同時亦研習先進國家之各種防疫設施及可處理大量水源的消毒處理技術以及蝦養殖產業之運作等等。本次之參訪研習更能強化水試所鄭金華及陳紫嫻研究員目前執行之科發基金計畫「擴大 SPF 草蝦零換水高密度養殖技術之研發規模」以及農委會科技計畫「建立水產養殖之安全防疫生產模式」「白蝦零換水養殖技術之研究」之研發能量及研究成果之應用。

過 程

此次前往美國研習海水蝦零換水高密度養殖技術並進行學術交流之行程包括有 1. Waddell Mariculture Center, South Carolina Department of Natural Resources. 2. Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi. 3. Aquaculture of Texas, Inc., Freshwater Prawn Hatchery and Grow-out Farm. 4. Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Flour Bluff. 5. Ben P. Vaughan, Jr. Hatchery and Research Center, Texas Parks and wildlife. 6. Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas. 7. KAAPA Aqua Farms, Halingen. and Global Blue Technology, Port Isabel. 8. Private shrimp farms at Arroyo City, Texas. 行程及參訪過程如下：

日期	地點	行程及工作內容
6/15(六)	東港→高雄→台北→紐約	高雄至台北至紐約國際搭機行程
6/15(六)	紐約→亞特蘭大	紐約→亞特蘭大搭機行程 住宿亞特蘭大
6/16(日)	亞特蘭大	亞特蘭大適應時差、等候延誤行李送達
6/17(一)	亞特蘭大→南卡羅萊納 Bluffton Waddell Mariculture Center, South Carolina Department of Natural Resources	亞特蘭大→南卡羅萊納 Bluffton 車程 參訪 Waddell Mariculture Center, South Carolina Department of Natural Resources Dr. Al D. Stokes, manager Waddell Mariculture Center, South Carolina Department of Natural Resources 211 Sawmill Creek Road, Bluffton, SC 29910 南卡羅萊納 Bluffton→亞特蘭大車程 夜宿亞特蘭大
6/18(二)	亞特蘭大→紐奧良 Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi	亞特蘭大至紐奧良搭機行程， 紐奧良機場至 Gulf Coast Research Laboratory(GCRL), University of Southern Mississippi 車程 參訪 Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi. Dr. Reginald B. Blaylock, Associate Research Professor, Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi,

		703 East Beach Drive, Ocean Spring, MS 39564 GCRL 至紐奧良車程 夜宿紐奧良
6/19(三)	紐奧良→達拉斯	紐奧良至達拉斯搭機行程， 達拉斯機場至 North Weatherford 車程 參訪泰國蝦私人繁養殖場 Mr. Craig Upstrom, President Aquaculture of Texas, Inc. 4141 East IH-20 Service Road North, Weatherford, TX 76087 夜宿達拉斯
6/20(四)	達拉斯→休士頓→哈林郡 Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Flour Bluff	達拉斯至休士頓至哈林郡搭機行程， 哈林郡至 Corpus Christi 搭車行程 參訪 Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Flour Bluff, Corpus Christi Dr. Tzachi M. Samocha, Regent Fellow & Professor Texas A& M University 4301 Waldron Rd., Corpus Christi, TX78418 Corpus Christi 至 Halingen 搭車行程 夜宿哈林郡
6/21(五)	哈林郡→Flour Bluff→Port Aransas Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas	哈林郡至 Port Aransas 搭車行程， 參訪 Ben P. Vaughan, Jr. Hatchery and Research Center, Texas Parks and wildlife Department Dr. Ya Sheng Juan, Conservation Scientist, Aquaculture Liaison/Inspector, Coastal Fisheries Division, 95 Fish Hatchery Road, Brownsville, TX 78520 參訪 Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas, Corpus Christi Dr. Addison L. Lawrence, Regent Fellow & Professor, Texas A& M University 1300 Port Street, Port Aransas, TX 78373 夜宿哈林郡
6/22(六)	哈林郡 Halingen KAAPA Aquafarms	參訪 KAAPA Aqua Farms, Halingen 參訪 Arroyo City 德州養蝦村私人養蝦場

	Global Blue Technology	參訪 Global Blue Technology, Port Isabel 夜宿 Arroyo city
6/23(日)	哈林郡 Halingen 哈林郡→休士頓→洛杉磯	參訪 Arroyo City 德州養蝦村私人養蝦場投餌 及水質測定並與養殖業者討論白蝦養殖事宜 哈林郡至休士頓至洛杉磯搭機行程
6/24(一)	洛杉磯→台北	洛杉磯至台北搭機行程
6/25(二)	台北→高雄→東港	台北至高雄搭機行程，高雄至東港搭車行程

心得

一、Waddell Mariculture Center, South Carolina Department of Natural Resources

Waddell Mariculture Center(WMR)隸屬於南卡羅來納州天然資源部(South Carolina Department of Natural Resources)，於 1983 年成立，對美國東岸主要鹹水及半鹹水之魚蝦蟹貝類及植物之繁養殖技術之開發及產業推廣極有成效。主要之研發種類項目有條紋鱸、白鱸及雜交子代、二種鱒魚、海鱺、牙鱒、紅鼓、黑鼓、比目魚、海鱒、吳郭魚、五種海水蝦、淡水大蝦、藍蟹、硬蚶、扇貝及牡蠣等等。中心共佔地 1200 英畝，其內主要設施包括研究及辦公廳舍(10,000 ft³)、宿舍及會議廳舍、室內種魚培育及催熟建築(2,600 ft³)、隔離之病理組織實驗室、25,000 ft³之 HDPE 鋪底的室外池(12 個 0.25 ha, 10 個 0.5 ha, 3 個 1.25 ha 之方池)及其維生設施、FRP 飼育桶槽區(20 個直徑 20", 12 個直徑 12", 36 個直徑 11", 12 個直徑 10", 12 個直徑 6"及數拾個小桶槽)、溫室 3 棟、器材及飼料儲藏設施、海水及淡水抽水處理及供應設施，以及碼頭等。部分養殖用水有加熱及冷卻等溫控設備及過濾殺菌設施以因應繁養殖需求，另外有餌料生物培育區以量產動植物性浮游生物以為魚蝦貝幼苗培育之用。

此次參訪及討論由該中心之經理 Dr. Al D. Stokes 引導解說，由於此參訪行程之重點為蝦類零換水高密度養殖系統，Dr. Stokes 特以簡報詳加說明並引導現場說明其設施及運作方式。該中心蝦類室外池養殖產量由 1980 年代之 2,000 kg/ha 繼續改進為綜合條件(如放養密度、餌料投放率、打氣量、及換水率等)操作之高密度養殖技術使產量提升達 29,429 kg/ha，該中心輔導之業者一般可穩定生產 10,000 至 15,000 kg/ha。由於南卡羅來納州之水溫(蝦類繁殖主要月份 2 至 5 月溫度太低)及水質(沿岸水因沼澤擴張及潮差極大導致濁度高及鹽度變化大)等因素並非為蝦類繁殖最適當之區域，但在中心近年來研發之有成本效益之提升水溫及鹽度及降低懸浮顆粒之技術後魚蝦繁殖已可穩定量產以提供產業養殖及增進資源放流之用。由於美國南方各州養殖之蝦類為非美國本土種之太平洋白蝦 *Litopenaeus vannamei*，該中心為 U.S. Marine Shrimp Farming Program 中之核心育種設施所產生之 SPF 蝦苗養成至種蝦之重要種原擴大中心(multiplication center)，此外，該中心除太平洋白蝦之繁養殖外，亦生產之本地白蝦種類 *Litopenaeus setiferus* 之蝦苗提供業者養成食用或海釣活餌之用。目前亦進行其他蝦種如 *P. monodon*，*L. Schmitti* 及 *L. stylirostris* 之研究。

由於美國之蝦類養殖有生物防疫、延長生產季節、以及在地生產之需求，因此該中心研發溫室渠道式高密度蝦類養殖系統(greenhouse raceway intensive shrimp production system)，建構之溫室為長 145 ft、寬 30ft、高 11.5ft 圓拱型屋頂

溫室，表面披覆 6 mill 雙層塑膠膜以絕緣保溫，溫室屋頂在夏季覆以遮陽網，長距兩側設抽風扇以供空氣對流及夏季排熱之用。溫室內渠道池表面積為 282m²、水量 74,500 gallons (127 x24 x 3.3 ft)，渠道具中隔並以 airlift 打氣方式提供同向性之水流動，此系統配備 1,439,999 BTU propane fuel 加熱及鈦合金熱交換系統可終年養殖之用，同時配置 2 台鼓風機輪替、過濾設備、收穫兼沉澱池、水循環泵浦、氧氣產生器及溶氧錐、以及備用氧氣瓶等。此養殖系統應用之天然海水經過濾殺菌後使用或以水族海鹽調配之人工海水進行養殖，全程零換水、必要時添加淡水以補充蒸發量。放養之白蝦先以 >3,500 pls/m² 之養殖密度加以中間育成以縮短養成期間。養成時蝦餵以 Zeiger I-35 Extra 飼料 3 次/日，每日以投餌網籃檢測養殖蝦之表現，水質條件如溶氧、二氧化碳、酸鹼度、溫度等需嚴密監測，氨氮、亞硝酸及硝酸量亦應控制。應用此系統以不同放養密度及大小之白蝦進行養殖試驗之結果顯示產量 4.5-6.8 Kg/m²、活存率 54-91%、FCR 1.5-2.6，此系統由於有維生及防備設施可能增加成本，但此系統能以小面積高密度養殖而有高產能、能建構於內陸地區或城郊進行養殖、能整年穩定生產、能生產衛生安全之水產品為其優勢，因此美國之養蝦產業也逐漸增加應用。

二、Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi

位於密西西比州 Ocean Spring 之 Gulf Coast Research Laboratory (GCRL) 為 University of Southern Mississippi 之海洋實驗站，其主要任務為進行有關密西西比州墨西哥灣域之漁業科技研發與資源保育，另外在實務教學及社會教育亦占重要角色。GCRL 實驗站之海洋研究以多元化跨領域及實用為導向，包括有海水繁養殖及資源增進、海洋生態與多樣性、海洋漁業、區域性海洋植物復育與棲地保護、北墨西哥灣域之鯨鯊研究、海岸濕地保育、海岸景觀生態、海洋微生物生態、海洋生物病理、與海洋毒物研究等等。GCRL 針對水產養殖種類之培育、量產與放流，特地於 Cedar Point 花費 2 千五百萬美元設立 Thad Cochran Marine aquaculture Center (CMAC) 以進行海水繁養殖研究及進行水產相關研究生實務培育課程。本次行程主要安排在 CMAC 由水產養殖負責人 Dr. Reginald B. Blaylock 以及進行蝦池生物凝絮(biofloc)試驗研究之博士後研究員 Dr. Andrew J. Ray 引導參訪與討論。CMAC 之海水繁養殖及資源增進之種類項目有海鱧(Cobia, *Rachycentron canadum*)之循環密閉式繁養殖、海水蝦(white shrimp, *Litopenaeis vannamei* and *L. setiferus*)高密度循環水再利用繁養殖生產、紅笛鯛(red snapper, *Lujanus campechanus*)與海鱒(spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*)之種苗量產及標誌放流、條紋鱸(striped bass, *Morone saxatilis*)資源復育、以及藍蟹(blue crab, *Callinectes sapidus*)之養殖與資源增進等。在 CMAC 之訪客建築大廳裏陳列著該

實驗站重要的繁養殖及放流種類如藍蟹、紅笛鯛及海鱒之標本及水族生態展示，以及水族養殖過濾循環系統之模型運作展示。該建築內之種魚培育催熟控制區、幼苗培育區、餌料生物培養及給餌系統、區水處理及維生系統區等均以部分透明窗展示，並配置海報加以說明，使參訪者可不用進入養殖區而透過視窗觀查其運作模式。在不同時期建構之 6 個主要建物室內分別為進行海水蝦、海鱸、紅笛鯛、海鱒及藍蟹之種魚培育、孵育及幼苗培育、及中間育成等，種魚蝦蟹之來源為野生、培育之稚苗提供資源增進放流用。

鑑於美國蝦類消費每年成長 10%且大部分為進口蝦、進口蝦導致每年\$3.2 兆之貿易逆差且有蝦病漫延全球之問題，因此有必要研發在美國本土之具成本效益、高效能密閉循環之養蝦模式以提供產業應用。CMAC 應用 US Marine Shrimp Farming Program 及 CGRL 之預算研發有關蝦類之密閉式養成及繁殖系統(如 1990 年研發推廣之密閉式種蝦成熟及繁殖系統、1997 年之小規模蝦類密閉式養成系統以及 2004 年研發推廣下一代商業化密閉式養殖量產系統)，CMAC 在蝦類方面每年提供 6 位全職技術員、進修之碩博士生、以及美國蝦產業界之實務學習及技術支援。由於此參訪行程之重點為蝦類零換水高密度養殖系統，Dr. Blaylock 以及 Dr. Ray 特別引導我們至 CMAC 於 2004 年蝦繁養殖溫室參訪觀摩並詳細解說。

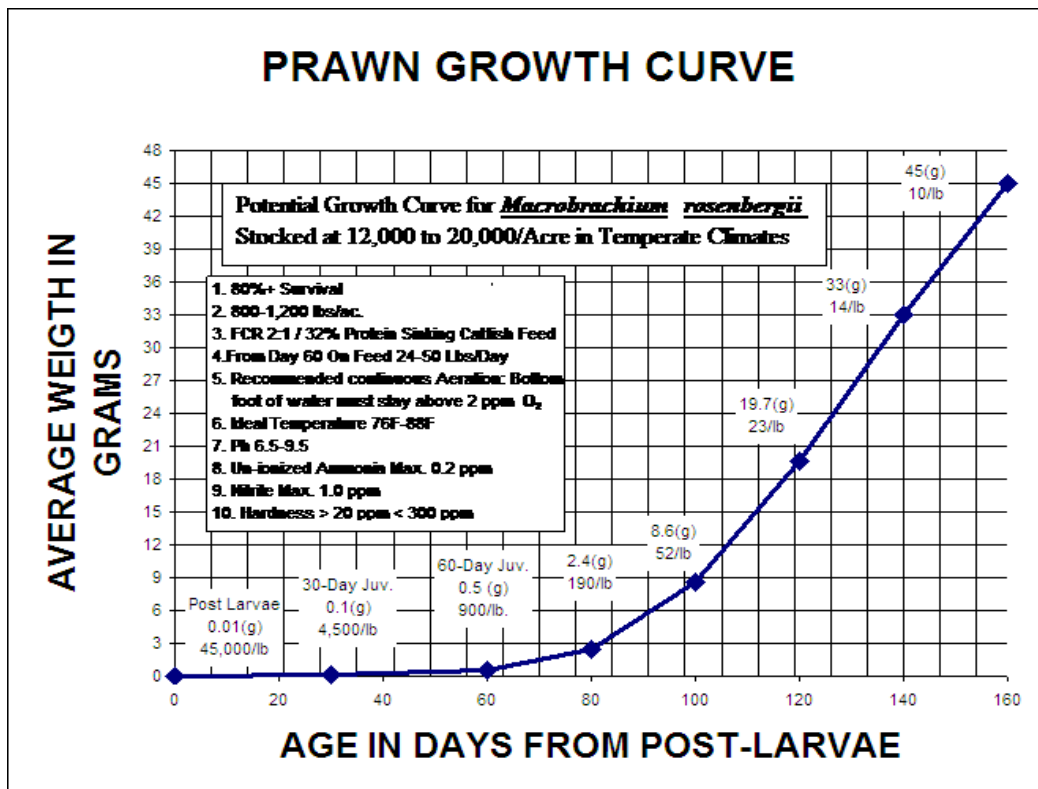
CMAC 之商業化密閉式養殖量產系統之設計為具 6 個簡易透明塑膠布覆蓋溫室(2 連棟 3 組溫室、中央為走道排水收穫工作區、每溫室有 2 個 100m² HDPE tanks 共個飼育池)。養殖過程應用零換水生物凝絮技術(Zero water exchange utilizing floc bio-filtration technique)以控制水質條件，HDPE 池設計有簡易特殊堰斜槽滑道開口(a unique weir and chute system)使池水於 5 分鐘內排乾及快速收蝦，排出之池水收集至滯留沉澱池淨化後再使用。

三、Aquaculture of Texas, Inc.

此次承 Aquaculture of Texas, Inc.總裁 Mr. Craig Upstrom 應允並親自接待參訪其淡水長臂大蝦之繁養殖場。Aquaculture of Texas, Inc.距離 Dallas Fort Worth 國際機場約 1 小時車程，於 1986 成立，是美國最老及最大之淡水長臂大蝦之繁養殖場，至今至少供應 8 千萬淡水蝦苗至美國、加拿大、墨西哥、加勒比海國家、夏威夷、歐洲及菲律賓等國家之產學研等機構，同時建立 9 家地區性之中間育成配合場，可供應養成場在生產季節直接放養較大之幼蝦。由於該繁養殖場位於內陸無海水來源且冬季氣溫低，因此水必須要之循環再利用及冬季進行保溫。該除繁殖蝦苗外亦進行高密度零換水之設施養殖生產研發，因此亦有部分成蝦及種蝦供應。

該淡水蝦之繁殖於室內 FRP 循環過濾桶槽進行抱卵種蝦之孵育及無節幼苗

之收集，幼苗之培育需以人工海水鹽調配適當鹽度，初期幼苗約 10-30 ppt、中期幼苗約 10-20 ppt、後期幼苗約 10-15ppt，隨後更加淡化以便至淡水養成池放養。幼苗之中間育成桶槽內設計有提供蝦苗棲息之多層式網框設施，該設施為 PVC 管組成之方形網框，中間懸掛多層 0.25 網目之塑膠烏網，每層間距約 2 至 3 英寸。網框在桶槽內循水流慢速移動，蝦苗分別棲息於各層，投駢至網框外圍桶槽邊以便觀察攝餌。放養密度分別為 PL 至 45 天 >40/ft³、PL 至 60 天 >20/ft³、60 至 90 天 2/ft³、90 天以後 1/1-2ft³。該公司利用約 15m 直徑室外圓池進行高密度零換水養殖成蝦，在放養密度 4000 稚蝦放養 122 天，活存率 91%、FCR1.09，收穫大蝦平均 18/lb，總產量 201lb 相當於 111,580 lb/acre。蝦之成長曲線如圖示。



為便於控溫及節水，Mr. Upstrom 設計以塑膠膜鋪蓋之簡易長型渠道式溫室，溫室內部為鋪以 14x48 feet 之 used bill board tarp、長 x 寬 x 水深為 6x4x2 feet、水量共 3000gallon、airlift 打氣之渠道式養殖池以進行高密度零換水養殖。

由於淡水蝦雄蝦成長較雌蝦快且體型大，為使淡水蝦成長均勻快速且產量提高，該公司發展全雄性淡水蝦以進行養殖，全雄性淡水蝦之作法係利用早期去除雄蝦之雄性腺(androgenic gland)使其發育為 neofemale、再將發育成熟之 neofemale 與正常雄蝦交配而產生之全雄子代，因此其過程中無需使用荷爾蒙、化學物或遺傳操作。於 2011 生產 100,000 全雄蝦苗一批，其開發之全雄淡水蝦商品名稱” Double ZZ” 是由於甲殼類性染色體雄者為 ZZ 雌者為 ZW，全雄者

故稱為”Double ZZ”，於 2011 生產約 100,000 尾全雄蝦苗一批，2012 年生產提供產業及學界進行成長比較評估。

本次參訪時討論不同地區來源之淡水蝦養殖成長之比較並談及淡水蝦種源之引進，但該業主因檢疫證明、長途運輸、運輸成本等等因素並未明確表示是否可行。

四、Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Flour Bluff, Corpus Christi

此次至德州農工大學(Texas A&M University)之實驗站 Texas AgriLife Research Mariculture Laboratory at Flour Bluff, Corpus Christi 為拜訪在 shrimp biofloc production system 之著名研究者 Dr. Tzachi M. Samocha。Dr. Samocha 發表許多應用零換水生物凝絮技術於蝦類繁養殖系統之文章，並且在近年來之世界水產學會年會主持 biofloc 領域之發表及研討會。本參訪由 Dr. Samocha 親自熱心解說及討論，目前研究團隊在實驗站之主要任務有開發具成本效益永續經營之食用蝦 *L. vannamei* 及活餌蝦 *L. setiferus* 之高密度渠道室養殖模式，利用零換水、密閉式循環蝦養殖系統技術減低養殖排水對環境之衝擊，同時亦研討在蝦飼料中植物性原料取代魚粉魚油之利用，另外亦開發適合德州之新產業應用項目如應用發電廠廢氣為碳源量產油量高擬球藻藻以產製生質柴油以及開發本土耐鹽植物 *Salicornia* 應用於減少養殖排水對環境衝擊及生產生質酒精、蛋白質及纖維原料。

德州本土海水蝦 *L. setiferus* 由於有食用蝦多樣化、遊釣業活餌蝦之需求以及本土生物環境保護等因此有其利基市場(活蝦價格高，6 g 蝦池邊及市場價格為 \$4.50-\$5.00/lb 及 \$7.50+/lb)，然而因尚未發展馴化及 SPF 種蝦、種蝦成熟生殖難控制、成長較慢、疾病等問題因此其相關量產技術仍待建立。在該實驗站 *L. setiferus* 之種蝦促進生殖培育方式為在生物防疫循環系統養殖(裝 UV 殺菌系統)、調控其光週期及色光(Reverse photo period: 14L/10D，more blue for day, red for night)、減少光照及操作緊迫、餌料(Chopped squid –8% biomass/day • Frozen polychaetes –6% BM/day • Frozen adult Artemia –6% BM/day • 40% protein pellet mat. –1% BM/day)、以 biofloc 技術維持環境因子穩定及產生益菌和抑制惡菌效果(Physical Parameters: • Temp= 25-26 °C Sal.=32 ppt DO=4.7 mg/L pH=7.9 Alk=120 (min) NH₃& NO₂ near 0 NO₃=40 mg/L)，目前種蝦蝦苗穩定生產至第六代並提供產業應用。

在美國德州養殖海水蝦 *L. vannamei* 由於其為非本土種類及病毒疾病問題，養殖管理及養殖水排放有極嚴格之管制(如養殖場水質及病原檢測監控、養殖池

水於蝦養殖時僅能排於養殖區蓄水沉澱過濾再使用、蝦收穫後池水沉澱過濾殺菌消毒後再排放等等），因此兼具零換水/低排放、循環、防疫養殖系統之開發以降低疾病引入、環境衝擊之風險實有其必要性。該實驗站開發之 Biofloc-Dominated Zero Exchange Intensive Nursery and Grow-Out of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Greenhouse-Enclosed Raceways 經濟可行並有顯著成果，已有美國及其他國家蝦養殖產業應用生產。

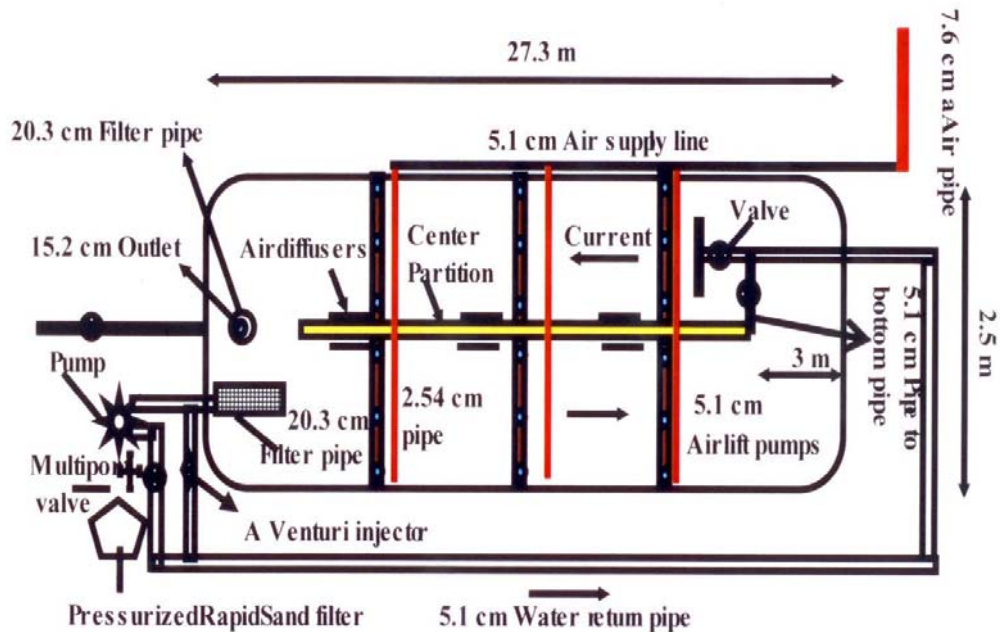
白蝦中間育成及大蝦養殖之養殖渠道溫室之設計及養殖管理如下：

1. Six 68.5 m² (40 m³) greenhouse-enclosed EPDM-lined RWs with a mean water depth of 0.45 m.
2. Each RW has eighteen, 5.1 cm airlift pump, six 0.9 m air diffusers, a Venturi injector operated by a 2 hp centrifugal pump, and a center partition positioned over a 5.1 cm PVC pipe with spray nozzles to enhance bottom water circulation and deliver oxygen-rich water across the length of each RW.
3. Each RW had DO monitoring systems (YSI 5500, YSI Inc., Yellow Springs, OH)
4. For shrimp nursery, RWs were stocked with PL9 (0.0025) at 1,000 PL/m³ produced from a cross between Fast-Growth and Taura resistant lines purchased from Shrimp Improvement System, Islamorada, FL. All PL had been fed the EZ Artemia during the hatchery phase. For the first 10 days, PL in three control RWs were fed only a 50% CP dry diet (PL Raceway Plus, Zeigler Bros., Gardners, PA) while those in the other three RWs were fed a combination of the same dry diet (75% by wt.) and EZ Artemia, Zeigler Bros. (25% by wt.). For the remainder of the study, shrimp in both treatments received a 40% CP dry diet (Shrimp PL 40-9, Zeigler Bros.).
5. For shrimp growout, RWs were stocked at 500/m³ with juveniles (2.66 g) from a cross between Taura Resistant and Fast-Growth genetic lines (Shrimp Improvement Systems, Islamorada, FL). Shrimp were fed HI-35 (\$1.75/kg) or SI-35 (\$0.99/kg) feed (Zeigler Bros., Gardners, PA). Feed was distributed continuously 7 days a week using belt feeders. Rations were initially determined using an assumed FCR of 1.4, growth of 1.5 g/wk, and mortality of 0.5%/wk, and were adjusted according to twice a week growth samples.
6. Each RW was filled with a mixture of seawater (20 m³), municipal freshwater (10 m³), and biofloc-rich water (10 m³) from a previous grow-out study. Salinity was adjusted to 30 ppt. Foam fractionators were used to maintain TSS and SS levels in the range of 200-300 mg/L and 10-14 mL/L, respectively.
7. Water temperature, salinity, dissolved oxygen and pH were monitored twice daily; settleable solids (SS) were monitored once daily; ammonia-N, nitrite-N, nitrate-N,

alkalinity, turbidity, TSS, VSS, and cBOD5 were monitored once a week.

Freshwater was added weekly to offset evaporative losses. Alkalinity was adjusted to 150-200 mg/L (as CaCO₃) using sodium bicarbonate.

- Inoculation and adding carbohydrates are practical and effective means of enhancing the development of microbial flocs.



在渠道溫室內零換水生物凝絮系統白蝦高密度中間育成及大蝦養殖之優點有 1.增加生物防疫，2.增加生產量，3.減少用水量，4.減少廢水排放。而其系統成功之趨力為養殖系統內微生物形成之生物凝絮(microbial biofloc)幫助維持適當的水質以及補充餌料來源。在此養殖系統選擇適當的飼料極為重要以提高蝦成長率、降低飼料成本、及降低對水質不良影響，適量生物凝絮之形成及維持需以控制 C/N 源、飼料量及供氧量而成。在此養殖系統下放養蝦苗(0.99±0.17g)密度(450 shrimp/m³) 180 天後之大蝦達 21.9-22.4 g，高成長率(1.35 and 1.39 g/wk)、高存活率高(94.5-96.8%)、和優餌料轉換效率(FCR 1.53 -1.60)，蝦產量為 9.34 -9.75 kg/m³，用水量為 98 -126 L/kg shrimp produced。應用此養殖系統之經濟分析顯示極具有經濟效益。

該實驗站應用臨近發電場廢氣為碳源以戶外渠道式養殖量產產油產量高擬球藻以產製生質柴油。同時應用本土耐鹽植物 *Salicornia bigelovii* 於減少養殖排水對環境衝擊及生產生質酒精、蛋白質及纖維原料。吸收土壤鹽分並濃縮於

植物體，有改善鹽化土壤效用，其種子之植物油含量高於 30%可萃取供食用或製成生質柴油、種子粉含高蛋白質(~ 30%)可添加於水蓄產飼料，另外其纖維質可供造紙、建築或酒精製造原料。鹽地種植之 *Salicornia bigelovii*s (4 plants/m²)可收穫種子 53.3 g/m²。

五、Ben P. Vaughan, Jr. Hatchery and Research Center, Texas Parks and wildlife Department

本參訪由任職於德州公園及野生動物部之阮雅勝博士(Dr. Ya-Sheng Juan)引見及陪同，該繁殖研究中心之任務以繁殖德州水生動物並予以放流增進資源。在美國各州之野生魚蝦蟹貝之釣取須要申請執照，繳交之經費部分即提供魚蝦蟹貝繁殖放流之用以及資源利用與保育之社會宣導之用。該繁殖研究中心目前繁殖之種類有紅鼓魚(red drum, *Sciaenops ocellatus*)、黑鼓魚(black drum, *Pogonias cromis*)、海鱒(spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*)、紅笛鯛(red snapper, *Lutjanus campechanus*)、藍蟹 blue crab, *Callinectes sapidus*)、少量之海水蝦(如 white shrimp, *Litopenaeus setiferus*; brown shrimp, *Farfantepenaeus aztecus*; pink shrimp, *Farfantepenaeus duorarum*) 以及牡蠣(oyster, *Crassostrea virginica*)。該中心之繁殖孵化皆於室內建築進行，各棟配備有水處理、溫控及維生系統，種魚培育桶槽具光照控制桶蓋以人工調節光週期以催熟產卵，並設計有採卵裝置以收及受精卵，種蝦培育槽則於光控暗室以調節產卵時間。放流用之種魚蝦蟹為野生捕獲再馴化，每二至三年汰換種原，繁殖之魚苗經室外大池中間育成至適當大小，標識後放流至種魚來源之原棲地。公園及野生動物部研究人員定期至各棲地海域進行資源調查及放流效益評估。該繁殖研究中心每年亦舉辦營隊教導學童認識海洋生物、划船、游泳、釣魚及資源保育等等，每年配合公園及野生動物部門辦理之釣魚大賽為一大盛事。

六、Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas, Corpus Christi

德州農工大學(Texas A&M University)之實驗站 Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas, Corpus Christi 目主要研究業務有 1.開發及推廣蝦類及海膽之商業化養殖系統，2.海膽人工飼料之開發及生產海膽以提供生醫及環境毒物之應用，3.海星飼料開發及量產作為再生及幹細胞研發應用。4.蝦飼料部分成份以漁業加工副產物、藻類生質能源萃取後產物以及農作物取代之營養評估，5.水產飼料及水產系統技術移轉及水產人材培育等。此次訪問為拜訪在蝦類養殖及飼料研究之著名研究者 Dr. Addison L. Lawrence。Dr.

Lawrence 約於 20 年前曾至東港水試所參訪，現在仍然寶刀未老，除綜理實驗站業務外亦仍積極開發新型式蝦養殖系統以及進行水產生物人工飼料之研究。此訪問 Dr. Lawrence 特別介紹其研發之淺水渠道式蝦類養殖系統(Stacked Shallow Water Raceway System, The SST System)、零/低換水蝦類養殖系統(Zero/Reduced Water Exchange Bioreactor for Shrimp Culture)以及全世界最大的飼料試驗研發設施。

鑑於將來蝦養殖之趨勢及需求(養殖生產：必需為可預期之生產、完備之生物防疫、高密度高產能養殖、溫室設施及系統化養殖、適當之飼料及生產管理等。在地及近消費市場生產以減少碳足跡。蝦特性：以白蝦為例，高成長 4-6g/week、至 35-40g 為直線成長、取肉率約 65%、在高密度高溫 34-38°C 低鹽度 0.1-0.5 ppt 下具高成長高活存率。蝦飼料：營養均衡、消化率及飼料轉換率佳、自動連續投餌。養殖條件：最適光、溫、鹽、鹼度、pH, DO, TAN, NO₂, NO₃、減低有害菌如 Vibrio、增加腸道及環境益生菌及藻類)，蝦類設施養殖之發展及應用有其必要性。零/低換水渠道室蝦類養殖為開發主流。淺水渠道式蝦類養殖系統設於光控暗室內，4 層木作架內置長型淺渠道，養殖水由上而下循環，長渠道內中凸外周邊強打氣促進水流，水深平均約 20 cm。養殖運作方式為由上層至下層進行分段試養殖、分養及部分收穫：Stock PL₁₀ end, wt. 0.5-1g → Stock 0.5-1g, 4 week end wt. 5-8g → Stock 5-8g, 4 week end wt. 14-17g (partial harvest) → Stock 14-17g, 4 week end wt. 23-26 g (partial harvest) → Stock 23-26g, 4 week end wt. >30g (final harvest)。養殖管理控制投餌量、控制光、溫、鹽、Alkalinity、pH, DO (>4.5 mg/L), TAN, NO₂, NO₃。以及應用 biofloc 技術使 biofloc 可沉降固體維持 5-40ml/L、加入 NaHCO₃ 控制 pH 7.5-8.6 及 Alkalinity 180-200 mg/L、應用控制投餌及增加碳源(加入 fructooligosaccharide 而非糖蜜, C:N ratio <8.1)使 biofloc 之益菌族群產生。該系統已有數國專利並有德州廠商技轉投資養殖生產。

該實驗站設有大規模的飼料實驗設施有助於各項水產生物飼料試驗之同步進行及評估。

七、KAAPA Aqua Farms, Halingen 及 Global Blue Technology, Port Isabel

KAAPA Aqua Farms 之參訪亦由阮雅勝博士引見及陪同，並由該場經理 Ms. Sofia Thompson 解說。該繁養殖場以室內繁殖量產白蝦苗及魚苗以提供養殖產業應用為主，其本身亦有為數不少之大面積養成池進行白蝦養殖。德州養蝦產業應用之蝦苗許多由 KAAPA Aqua Farms 供應，其白蝦種蝦來源為佛羅里達及夏威夷之種蝦公司。有別於德州傳統式戶外大面積之蝦養殖場，Global Blue Technology 在 Port Isabel 設立膠膜溫室用以生產及販售高品質、無病毒之白蝦，

膠膜溫室具有防止天候變化及生物安全防疫之功能，該公司稱此養殖系統為 21 世紀永續水產養殖之模式。其取水水源經袋濾、沙濾及紫外線殺菌後至溫室應用，養蝦排水流入沉澱池沉澱、過濾、曝氣後循環回至養殖池應用，養殖之蝦苗為其繁殖場生產之 SPF 蝦苗經中間育成馴化後放養，蝦養成過程中飼以優質飼料，養殖池水亦添加培養之數種混合微藻以增進蝦之成長及餌料轉換效率。

八、Arroyo City 德州養蝦村私人養蝦場

本行程由阮雅勝博士安排及陪同，由於阮博士為德州公園及野生動物部門負責水產養殖審核、檢視及保育之官員，舉凡養殖執照之審查核發、養殖蝦之採樣檢測、疾病防疫通報、養殖過程水質監測、廢排水處理及排放許可等等為其業務範圍，因此與此次參訪之養蝦業者有及密切之關係。其熱心專業的輔導水產養殖業者在當地亦備受推崇。Arroyo City 德州養蝦村為開發公司整體規劃設置有完整之共同供排水泵浦機房及渠道之大規模養殖區，養殖池由業者購買或承租使用。此次參訪之私人養蝦場有 Michael & Lucky Shrimp Farm(陳永林夫婦)、San Tung Inc.(林實夫婦)、莊太太、鄭懷民、吳繼中等人之養殖池，配合其進行養殖蝦之採樣觀察、水質檢測、飼料投放等等工作，並與業者熱烈討論養蝦技術、水質管理、疾病防疫等等臺灣與美國實務執行之異同。基本上美國對於水產疾病防疫極為注重，由於養殖區大因此採取整區防疫措施，極重視病原監測，遇有 OIE 表列蝦病毒疾病發生則關場消毒防疫以防止疾病傳播。為防止養殖池廢水排放時營養鹽、養殖生物或病原污染海域，一般在養殖期間池水排至區內備用池沉澱過濾後再使用，於蝦收成後之排放水經殺菌後再排出以確保海域水質及生物安全。

建議事項

1. 建構具生物防疫之蝦類核心育種設施以確保優良蝦類種原之保存及選育。
2. 應用並推廣節水及生物凝絮技術於蝦類之設施養殖及安全防疫生產。
3. 水產生物之種原選育與資源增進在實務作法應有區隔：種原選育依經濟性狀之需求加以控制交配選育且應預防近親交配遺傳劣化；放流用種苗以不同批野生種原繁殖生產並回歸原生地以保持遺傳多樣性。

攜回資料目錄

1. Greenhouse Raceway Intensive Shrimp Production System. By Dr. Al Stokes, Waddell Mariculture Center, South Carolina Department of Natural Resources. (紙本介紹)。
2. Thad Cochran Marine aquaculture Center, Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi. (摺頁簡介)。
3. Use of an intensive indoor biofloc-dominated nursery system at the Texas A&M AgriLife Research Mariculture Lab:2003-2012. By Tzachi M. Samocha et al., pdf file of presentation slide. (紙本介紹)
4. Production Technique for the Future. By Dr. Addison L. Lawrence, Texas Agrilife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas, Corpus Christi, Texas A & M University. (紙本介紹)。
5. Bioreactor Concept for Shrimp Farming in the US. By Dr. Addison L. Lawrence, Texas Agrilife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas, Corpus Christi, Texas A & M University. (紙本介紹)。
6. Red drum, Black Drum, Spotted Seatrout, Red Snapper, Shrimp, Blue Crab, Oyster in Texas. Coastal Fisheries Division, Department of Wildlife and Fisheries of Texas. (摺頁簡介)。

參訪照片

一、Waddell Mariculture Center, Department of Natural Resources of South Carolina



Waddell Mariculture Center 全景



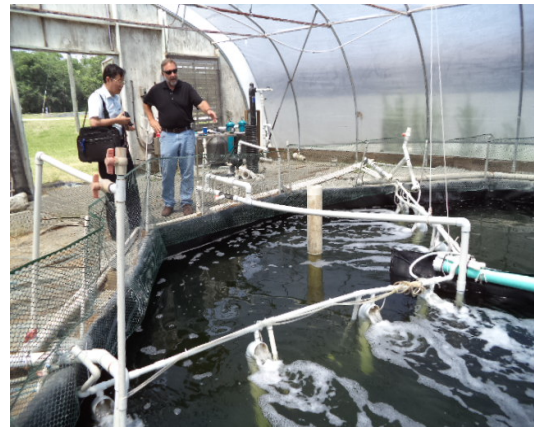
渠道式高密度蝦類養殖溫室外觀



蝦類養殖溫室覆蓋遮光網



渠道式高密度蝦類養殖池



蝦類高密度養殖生物凝絮系統說明



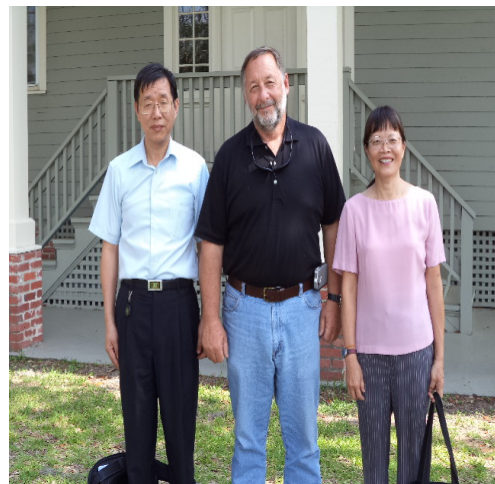
高密度蝦類養殖排水至沉澱池後循環利用 渠道式高密度蝦類養殖試驗收成



室內魚苗培育桶槽

魚苗培育溫室水處理系統

Harvest Data						
Stocking Rate #/m ²	Size (g)	Harvest (g)	Prod. (Kg/m ²)	G.O. Days	Surv. %	FCR
300	1.00	(27.3/lb)	(40,156/lb/ac)	75	91	1.5
		16.6	4.5			
420	0.01	(21.3/lb)	(60,680/lb/ac)	113	80	1.9
		21.3	6.8			
450	1.00	(17.8/lb)	(56,218/lb/ac)	123	54	2.6
		25.6	6.3			
500	4.00	(27.7/lb)	(59,788/lb/ac)	59	84	1.5
		16.4	6.7			
370	2.40	(21.1/lb)	(48,187/lb/ac)	139	74	2.4
		21.5	5.4			



渠道式高密度蝦類養殖成長及產量數據

與 Dr. Al Stoke 合影



討論海鱷魚苗培育池池結構



由魚苗培育池遠眺白蝦養殖溫室

二、Gulf Coast Research Laboratory, University of Southern Mississippi



與 Dr. Blaylock 和 Dr. Ray 合影



蝦類繁殖及蝦苗培育建築



水族養殖過濾循環系統之模型運作展示



養殖水處理海報說明



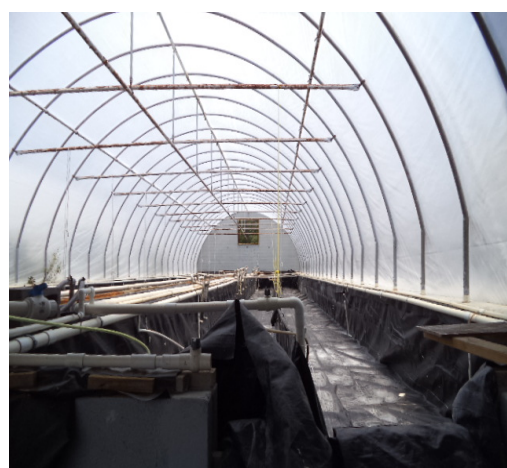
蝦類高密度循環水繁殖溫室前景



蝦類高密度循環水繁殖溫室



溫室內 HDPE 養蝦渠道池



溫室內 HDPE 養蝦渠道池



養蝦池之生物凝絮情況



堰斜滑道開口以快速排水收蝦



堰斜滑道開口以快速收蝦



蝦類養殖溫室用沉澱過濾收穫池



討論高密度循環水蝦類養殖管理



蝦類養殖溫室過濾及維生系統

三、Aquaculture of Texas, Inc.



與淡水蝦場主 Mr. Upstrom 討論



場主解說自製鼓風機消音設備



蝦場之抱卵種蝦孵育及無節幼虫收獲區



蝦苗培育區



蝦苗培育細節討論



循流式種蝦培育桶



淡水蝦養成桶槽內置入多層網框



多層網框結構



室外淡水蝦培育池



淡水蝦苗運輸桶



經濟簡易之養蝦渠道池



養蝦渠道池溫棚

四、Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Flour Bluff, Corpus Christi



德州農工大學 Flour Bluff 海水養殖中心



與 Dr. Tzachi Samocha 會談討論



光溫控海水蝦種蝦培育室



海水蝦蝦苗培育溫室



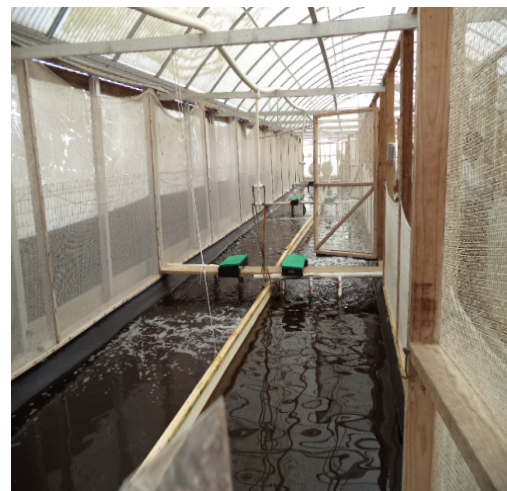
戶外遮陽海水蝦培育池



簡易溫室內 HDPE 海水蝦培育池



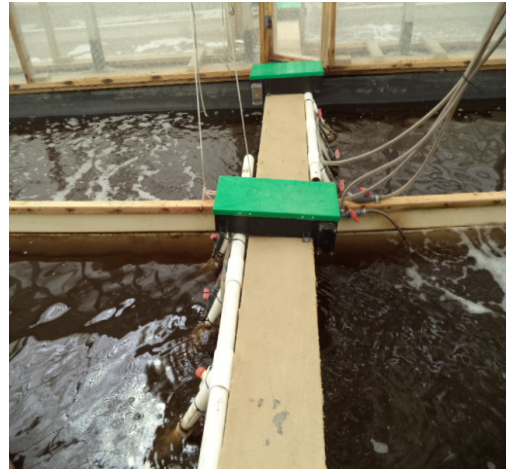
生物凝絮渠道式養蝦系統



生物凝絮渠道式養蝦系統



生物凝絮渠道式養蝦系統



生物凝絮渠道式養蝦系統



Dr. Samocha 解說生物凝絮養蝦水質管理



生物凝絮渠道式養蝦溫室



新設生物凝絮渠道式養蝦溫室系統



收穫及沉澱過濾槽運作說明



生物凝絮渠道式養蝦水處理區



生物凝絮養殖水處理文氏管



生物凝絮高密度養蝦渠道池



生物凝絮高密度養蝦渠道池



耐鹽植物 *Salicornia bigelovii*s



Salicornia 之種子收集



利用發電場廢氣量產擬球藻



流水渠道設施培養擬球藻

五、Ben P. Vaughan, Jr. Hatchery and Research Center, Texas Parks and wildlife Department



Vaughan 繁殖研究中心建物入口



種魚培育桶槽及集卵設施



種魚培育室維生系統解說



種魚培育室外供水系統



圓桶魚苗培育設施



循環水魚苗培育設施



比目魚卵槽發育底透光觀察桌



戶外魚類中間育成池

六、Texas A&M AgriLife Research Mariculture Laboratory at Port Aransas, Corpus Christi



德州農工大學 Port Aransas 海水養殖中心 與 Dr. Addison Lawrence 會談討論



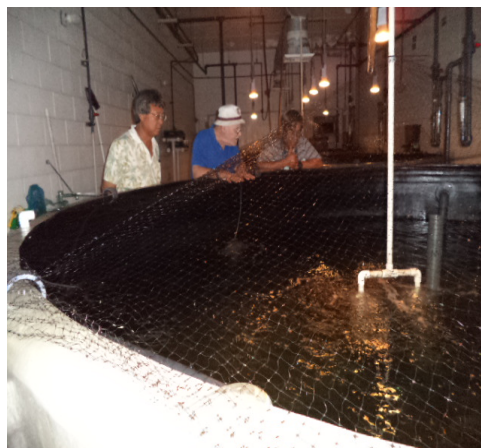
零換水高密度養蝦系統



零換水高密度養蝦系統



溫光控種蝦培育溫室外觀



種蝦培育池及種蝦



種蝦溫室水處理及維生系統



種蝦溫室水處理及維生系統



多層淺水渠道式養蝦系統運作解說



多層淺水渠道式養蝦系統



多層淺水渠道式養蝦系統進水流水設計



生物凝絮收集器及定量測定錐



世界最大之飼料試驗中心設施



料實驗室之供水及水處理系統

七、KAAPA Aqua Farms, Halingen



魚蝦苗培育溫室外觀



與經理 Ms. Sofia Thompson 討論



種蝦培育桶槽



餌料生物豐年蝦孵育桶



大型蝦苗培育桶槽

Pond/No	Stocked (Qty/No)	Size (g) + days	(M/L) # DWS (L) # (P/L) #	# Days
DS2-17	5/16/18 - 15	2.6 (16/18)	34	
G2-33	4/5 - 25	4.9 (10)	75	
G3-27	5/16/19 - 2.25			
G4a-12	4/4 - 1.0	6.6 (10)	76	
G4b-12	4/4 - 1.0	6.9 (10)	76	
G5-27	4/16/19 - 2.25			
G8-30	4/16/19 - 2.25			
G9-44	4/16 - 3.5			
A4-25	4/17 - 0.5	3.0 (10/11)	70	

* Farmer 19 g in 10 LWS *	Sec 01 12/17 → feed based on D.O. + Food Trap
Water Quality Action	Sec 01 10/11 → no feed M/F check PD + Food Trap
D.O. < 3.5 ppm a.m. - no feed, exchange H ₂ O	Sec 01 1/10 → no feed + exchange H ₂ O
D.O. < 3.5 ppm night - turn on Paddlewheels	
D.O. < 3.0 ppm 2.m. - no feed at all, exchange H ₂ O	
Feed (Empress) back to stock tanks	
TRNS (10/10/19) - get out on the (10/10/19) - get in feed tank on above	

Sec 01 Rules	
1. Take up and down	
2. Check out for stock	
3. Check out for stock	
4. Check out for stock	
5. Check out for stock	

蝦類養殖紀錄育



Global Blue Technology 養蝦溫室外觀



Global Blue Technology 養蝦池

八、Texas private shrimp farms, Arroyo City



與德州養蝦村 4 家業者合影



德州養蝦村共同供水渠道



養蝦池採樣



養殖蝦檢測



養蝦池水質測定



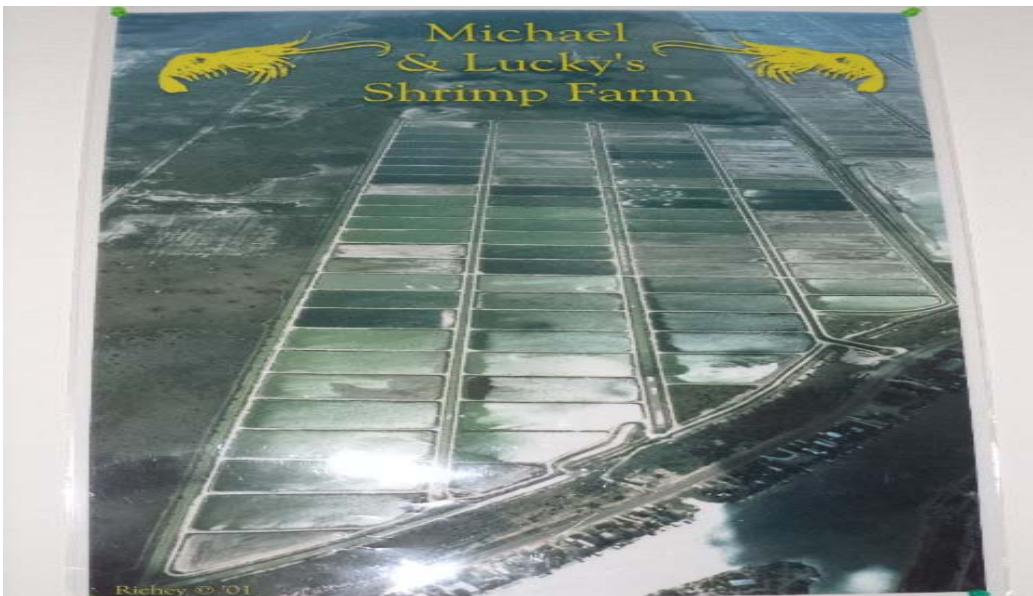
蝦收穫機運作說明



移動試投餌機



蝦池投餌操作



德州養蝦村養殖池空照圖