

出國報告（出國類別：研習）

## 前往美國研習先進的牡蠣多倍體及 遺傳育種技術

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 103 年 6 月 14 日至 6 月 23 日

報告日期：中華民國 103 年 9 月 7 日

## 摘 要

本國外研習參訪為執行 102 年度行政院國家科學技術發展基金補助計畫「牡蠣 4 倍體之研發與產業應用」(NSC 102-3111-Y-056-009)核定之工作項目之一:「出國參訪:前往美國研習先進的牡蠣多倍體及遺傳育種技術」。本科發基金計畫之計畫內容及工作項目有:1.利用細胞鬆弛素 B (cytochalasin B, CB)抑制 3 倍體牡蠣受精卵的第一極體,以誘發 4 倍體牡蠣,並保存 4 倍體牡蠣族群。2.將 2 倍體牡蠣與 4 倍體牡蠣雜交,生產 100%的 3 倍體牡蠣仔貝,並量產 3 倍體牡蠣仔貝,推廣給業者養殖。3.比較 2 倍體與 3 倍體牡蠣的成長、活存與性腺指數、及其肝醣與膽固醇含量。4.建立牡蠣精子冷凍保存技術,並將 4 倍體牡蠣冷凍精子及牡蠣育苗技術一併推廣給業者,以擴大 3 倍體牡蠣產業。5.前往美國研習先進之牡蠣多倍體及遺傳育種技術。

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煥研究員兼主任進行行前聯絡及執行研習參訪。參訪之行程包括前往威廉瑪麗學院(美國歷史第二悠久的大學)維吉尼亞海洋研究所 Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center- Oyster Hatchery 與 Dr. Standish K. Allen (四倍體牡蠣誘發技術發明人之一)研習多倍體牡蠣育繁殖技術,前往馬里蘭大學環境科學中心 Horn Point Oyster Hatchery (美國東岸最大的牡蠣繁殖場、全世界最大的東方牡蠣 Eastern oyster, *Crassostrea virginica* 繁殖場,年產 20 億附著苗)研習多倍體牡蠣繁殖與量產技術,前往紐澤西州立羅格斯大學 Haskin Shellfish Research Laboratory 與 Dr. Ximing Guo(四倍體牡蠣誘發技術發明人之一)研習牡蠣育種與多倍體牡蠣誘發技術,以及前往紐澤西民間多倍體公司 4Cs Breeding Technologies, Inc. 與 Dr. Tom Rossi 研習多倍體牡蠣之生產與行銷。

本研習將有助於多倍體牡蠣之繁養殖與育種技術之研發。若能促成台灣牡蠣養殖採用四倍體技術生產的 100%三倍體人工苗,以取代目前完全依賴的二倍體天然苗,將有助於解決目前天然苗因氣候環境等因素而造採苗不穩定,天然二倍體牡蠣終年可以排卵排精消耗很多能量而影響成長,以及傳統三倍體的誘發方法需使用致癌藥物且比例變異大等諸多困境。本次之參訪研習亦能強化水試所目前執行之 102 年度科發基金計畫「牡蠣 4 倍體之研發與產業應用」以及 103 年度科發基金計畫「新興海水二枚貝種苗之量產及其養殖產業之推廣」之研發能量及研究成果之應用。

關鍵詞:牡蠣、多倍體、種苗生產、育種

## 目 次

摘要-----	1
目次-----	2
目的與過程-----	3
心得-----	5
建議事項-----	12
參訪相片-----	13

## 目的與過程

此次前往美國研習前往美國研習先進的牡蠣多倍體及遺傳育種技術並進行學術交流之行程包括有 1.前往威廉瑪麗學院(美國歷史第二悠久的大學)維吉尼亞海洋研究所 Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center- Oyster Hatchery 與 Dr. Standish K. Allen (4 倍體牡蠣誘發技術發明人之一)研習多倍體牡蠣育繁殖技術，2.前往馬里蘭大學環境科學中心 Horn Point Oyster Hatchery (美國東岸最大的牡蠣繁殖場、全世界最大的東方牡蠣 Eastern oyster, *Crassostrea virginica* 繁殖場，年產 20 億附著苗)研習多倍體牡蠣育繁殖與量產技術，3.前往紐澤西州立羅格斯大學 Haskin Shellfish Research Laboratory 與 Dr. Ximing Guo(4 倍體牡蠣誘發技術發明人之一)研習牡蠣育種與多倍體牡蠣誘發技術，4.前往紐澤西民間多倍體公司 4Cs Breeding Technologies, Inc. 與 Mr. Tom Rossi 研習多倍體牡蠣之生產與行銷。

參訪研習之行程如下：

日期	地點	行程及工作內容
6/14(六)	東港→高雄→東京→紐約	高雄至東京至紐約國際搭機行程
6/15(日)	紐約	東京至紐約國際搭機行程、紐約適應時差
6/16(一)	紐約州→華盛頓 DC 維吉尼亞州	美國國內行程
6/17(二)	華盛頓 DC→維吉尼亞州 Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center-Oyster Hatchery Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary	華盛頓 DC→維吉尼亞州車程 前往威廉瑪麗學院維吉尼亞海洋研究所 Genetics and Breeding Technology Center-Oyster Hatchery 研習多倍體牡蠣育繁殖技術 <b>Dr. Standish K. Allen,</b> Director, Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center, Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary 1375 Greate Rd., Gloucester Pt., VA 23062 夜宿維吉尼亞州
6/18(三)	維吉尼亞州→馬里蘭州 Horn Point Oyster Hatchery, University of	維吉尼亞州至馬里蘭州車程 前往馬里蘭大學環境科學中心 Horn Point Oyster Hatchery 研習多倍體牡蠣育繁殖與量產技術

	Maryland	<b>Dr. Donald Meritt,</b> Horn Point Oyster Hatchery, Center for Environmental Science, University of Maryland 2020 Horn Point Rd, Cambridge, MD 21613 夜宿馬里蘭州
6/19(四)	馬里蘭州→紐澤西州 Haskin Shellfish Research Laboratory, Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University	Horn Point Oyster Hatchery, Univ. of Maryland 至紐澤西州車程 參訪前往紐澤西大學農業試驗所 Haskin Shellfish Research Laboratory 研習牡蠣育種與 多倍體牡蠣誘發技術 <b>Dr. Ximing Guo,</b> Professor, Haskin Shellfish Research Laboratory, Institute of Marine and Coastal Sciences Rutgers University 6959 Miller Avenue, Port Norris, NJ 08349 夜宿紐澤西州
6/20(五)	紐澤西州 4Cs Breeding Technologies	紐澤西州至紐澤西州車程， 前往紐澤西民間多倍體公司 4Cs Breeding Technologies, Inc.研習多倍體牡蠣之生產與行 銷 <b>Mr. Tom Rossi</b> 4Cs Breeding Technologies, Inc. 6065 Commonwealth Dr, strathmere, NJ 08248 Tom Rossi <trossi08248@yahoo.com> TRossi@4CShellfish.com 紐澤西州大西洋城至費城轉至紐約搭車行程
6/21(六)	紐約	夜宿紐約，紐約待回程班機
6/22(日)	紐約→東京	紐約至東京至高雄國際搭機行程
6/23(一)	東京→高雄→東港	東京至高雄國際搭機行程，高雄至東港搭車行 程

## 心得

### 一、Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center, Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary

本參訪研習牡蠣選育之機構為威廉瑪麗學院維吉尼亞海洋研究所之水產遺傳育種中心 (Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center, ABC, Virginia Institute of Marine Science, VIMS, College of William and Mary)。此水產遺傳育種中心負責人 Dr. Standish K. Allen, Jr. 為美國牡蠣育種及產業化之重要人物，亦為四倍體牡蠣誘發技術發明人之一。此次美國岸東牡蠣選育研習承蒙其安排引介才能有豐富之見聞實屬難得。牡蠣為美國重要之高經濟水產品，美國養殖之牡蠣主要有東部大西洋岸之東方牡蠣 (Eastern oyster, *Crassostrea virginica*)以及西部太平洋岸之巨牡蠣 (Pacific oyster, *Crassostrea gigas*)以及少量引進的 Suminoe oyster *Crassostrea ariakensis*。由於近幾十年來美國東岸牡蠣因疾病及環境因素產量大減，為解決 Chesapeake Bay 之牡蠣產業及資源回復等等問題，此水產遺傳育種中心由維吉尼亞州議會經費支持設立於 1997 年，目標為藉由先進的選種育種及馴化技術開發生產具有產業經濟價值及生態保育之東方牡蠣 (*C. virginica*)，期以恢復東岸 Chesapeake Bay 牡蠣養殖產業榮景並獲得水域生態環境之改善。該中心因應產業之需求，育種之先期目標為選育抗病(MSX and Dermo diseases)之品系，引進抗病品種如 Suminoe oyster, *Crassostrea ariakensis* 並進行養殖評估。近年來亦針對高成長、抗逆境(耐高低鹽)、以及高產肉率進行選育，另外在牡蠣之多倍體(三倍體、四倍體)技術及產業推廣應用，亦有良好之進展。由於維吉尼亞州之牡蠣養殖為成熟且具前景之產業，該中心在牡蠣優良種原之提供、仔稚貝之量產供應以及牡蠣繁殖及養殖專業人才之訓練等等有極顯著之貢獻。

水產遺傳育種中心(ABC)設在 VIMS Gloucester Point 主要園區內，其中之 Gloucester Point Hatchery 設有牡蠣育種及量產之各項試驗設施及繁養殖設備。ABC 之研究人員每年於繁殖季節於此進行育種配對及染色體操作，進行品系之建立以及各項操作流程之改進。牡蠣種貝之肥育催熟及幼苗培育均需優質大量之微藻，ABC 設有微藻種原保存、藻種擴增培養等設備(Batch culture method: 10 ml test tube→2L beaker→20L carboys→200L kalwall tubes→2,000L tanks)量產牡蠣適用微藻以供所需。常用之微藻有 *Isocrysis*, *Pavlova*, *Chaetoceros*, *Techselmis* 等，依據幼苗大小投與不同微藻餌料序列或混合微藻。經選育不同品系之牡蠣種貝養殖在有溫控和過濾設施之水槽並投予微藻肥育，早春時在此藉由溫控及投予大量微藻以促進生殖腺之成熟。在夏季時利用溫控(約 22°C 以下至 17°C)以防止自然排精及卵。進行繁殖時在產卵水槽以升溫刺激或利用刮取方式取得個別精卵，再以適當精卵比例人工受精。牡蠣浮游幼生依不同之實驗處理養殖於 15 L

至 200L 甚或 1,000-2,000 L 之圓筒立型水槽。ABC 常用 200L 大小水槽生產介於 10,000 至 100,000 之附著苗以供選育之用。牡蠣幼苗培育方法步驟和 Rutgers' Haskin Shellfish Research Lab 之方法相似。浮游幼苗之變態附著方式依以後之試驗評估而異，產出多附著殼苗、單附著殼苗或單體苗。附著苗以湧升方式引進富含藻類之河口原水加以養殖成稚貝，至稚貝大小 8-10 mm 後釋出至田間試驗區培育。

ABC 與牡蠣育種及疾病診斷之實驗室有 Flow Cytometry Lab. 負責牡蠣 ploidy 測定服務及 Disease Assessment Lab. 負責牡蠣疾病 Haplosporidiosis 及 Perkinsosis 之疾病診斷及分生和病理檢驗，如 MSX disease (病原 *Haplosporidium nelsoni*)、SSO disease (病原 *Haplosporidium costale*)、Dermo diseases (病原 *Perkinsus marinus*) 及 *Perkinsus olseni* 等等，VIMS Disease Assessment Lab 為 OIE Reference Laboratory，專責貝類之疾病診斷及通報。

ABC 之牡蠣野外田間試驗場設於 York、Lynnhaven 及 Yeocomico 三條河流不同鹽度河口區之潮下及潮間區域，利用 rack-and-bag culture 養殖方法進行牡蠣種貝之培育、育種後各品系之評估試驗以及疾病攻擊忍受試驗，並委託私人養殖場協助管理。

為強化及補充 ABC 之不足，在 VIMS 園區北方約 30mile 增設 Kauffman Aquaculture Center (KAC)，此建築設立於 2004 年，由 Boots and Jack Kauffman 及其他私人基金會經費贊助，設有大型溫控設施以進行本土種及非本土種牡蠣之蓄養及檢疫之用，近年來在 Chesapeake Bay 牡蠣之保育、資源增進、防止外來種入侵、疾病之防治以及多倍體牡蠣極有成效。美國東岸本土種 *C. virginica* (Cv)、引進至美國東岸之種類如 *C. ariakensis* (Ca)、*C. gigas* (Cg) 及在此進行養殖及繁殖試驗，並生產四倍體(4N)族群，四倍體與二倍體(2N)交配產生之三倍體(3N)再釋出產業養殖。KAC 目前保有 6 個 4N Cv 之品系。KAC 內之繁養殖作法及設施比較特殊的有：1. Spawning water table 繁殖平槽：可控溫、黑底、淺水、強打氣以促進種貝產卵排精，於或夏季控溫於 17-19°C 防止產卵排精。2. Setting room 著苗室之桶槽以 bee wax 塗於桶壁防止附著，利用 Epinephrine 處理以誘導浮游幼生著苗，2N 之 Cg, Cv 著苗附著率最好在 25% 以上。3. Conditioning room 肥育室內冬季水溫約 4°C 使種貝冬眠並蓄積肝醣，早春漸回溫至 15-20°C 並以藻類濃度  $1 \times 10^6$ /ml 肥育至少 7-10 天使生殖腺成熟。

在與 Dr. Allen 討論中得知經過多年評估之結果如下：

1. 4N Ca x 2N Ca 可得 99.9% 以上之 3N Ca，以 cytochalasin B (CB) 處理得之 3N 比例因配子成熟度、環境因子、人為操作差異等差不極大(10 至 80%)。
2. 4N 精子少且極不易進行冷凍保存。
3. 建立牡蠣 4N 族群不易，由於 4N 產生之 2N 精

子少且不活躍，與 2N 產生之 1N 卵受精時雌雄比增加為 1:10。4. Cv 有可能產生性轉變，族群內體型小為較多雄性，大體型轉為雌性。5. 多倍體的染色體操作有可能得到不規則數染色體會(aneuploidy)，或染色體有 mosaic 現象(如不同組織有可能分別為 4N, 3N 2N 或同組織內之不同部分細胞有 4N, 3N within 4N, 2N)。6. 4N 族群經自交後有可能染色體遺失數目，而成為染色體非典型倍數化族群。7. 以 flow cytometer 測定之染色體倍數快速，但不同組織、測定時細胞濃度、操作穩定性會影響結果數值。若要確定為 4N, 3N 多倍體應加以進行細胞染色計算染色體數目加以佐證。8. Hoechst 33342 為 vital dye 可活體細胞染色觀察 DNA 分布，DAPI 染色強度穩定，染 10 min 後 2 hr 內測定強度無差異，而 PI 染色強度持續增強易誤判。9. 台灣之牡蠣 *C. angulata* 可與 Cg、Cv 或 Ca 雜交，可利用不同種類之特性(如 Ca 為河口型耐低鹽且抗 MXS 及 Dermo 病、Cg 為外洋型不耐低鹽高濁、Cv 有抗病及耐低鹽品系)進行雜交選育。

參訪當日亦有夏威夷牡蠣養殖公司 Pacific Aquaculture and Coastal resource Center 之專業經理人員 Mr. Stephan Classen 及 Forest Paterson 前來取經，Dr. Allen 於下午時一併熱心引導參訪及解說討論，並與其實驗研究人員一同至 KAC 附近河口之 Oyster Bar 進行討論並品嚐不同養殖區生產之生蠔，生蠔各有不同風味及吃法，把牡蠣視為高價衛生營養水產品來養殖並進行良種選育之作法值得學習。

VIMS 設有 Oyster Aquaculture Training Program，在牡蠣繁養殖之專業人員之培育極有成效。實習期間提供有薪酬以鼓勵參與研習，研習學員在每年 4-9 月繁殖期間在每星期 40hr 課程中輪流接受藻類培養、催熟及受精、幼苗培育、著苗、稚貝中間育成、成貝田間養殖之一對一實務操作訓練以及學術理論基礎。研習結束學員均有牡蠣繁養殖知識及獨立進行繁殖及養殖之工作經驗。

## 二、Horn Point Oyster Hatchery, Center for Environmental Science, University of Maryland

Horn Point Oyster Hatchery (HPOH) 隸屬於馬里蘭大學環境科學中心，為美國東岸最大之牡蠣繁殖場，該繁殖場生產不同品系及大小之牡蠣幼苗提供給學術研究、資源復育及教育用途。數十年來，由該場繁殖投每年放至 Chesapeake Bay 之牡蠣苗已超過十億以上，對於灣域牡蠣資源之復甦及水質環境改善有顯著效果。此次參訪由 Dr. Donald Meritt 引導參訪，由於 HPOH 之設立為提供美國及加拿大東岸牡蠣之養殖產業及生態保育資源復育之用，與牡蠣復育團體(Oyster Recovery Partnership)及馬里蘭州天然資源部(Maryland Department of Natural Resources)密切合作每年生產大量優質東方牡蠣 *C. virginica* 二倍體牡蠣眼苗(eye larvae)、單體苗(cultchless seed)、殼附著苗(spat on shell)以及經淨化處理之牡蠣殼，以作為資



源復育所需。另外，HPOH 每年亦大量生產經過選育之抗病品系(DR)及三倍體牡蠣(需 60 天前訂購)以符合養殖所需。牡蠣苗及殼訂購付款及運輸事項公告於 HPOH 網站，一般而言，Eyed Larvae (Cost per million) : Diploid Wild \$210、Diploid (DR) \$260、Triploid(DR) \$295，Oyster cultchless seed (Cost per thousand) : 5-15 mm Diploid Wild \$9.00-\$18.50、5-15 mm Diploid (DR) \$9.60-\$19.70、5-15 mm Triploid(DR) \$11.25-\$24.45，Spat on Shell (Cost per thousand) : 5-15 mm Diploid Wild \$8.50-\$17.50、5-15 mm Diploid (DR) \$9.10-\$18.70、5-15 mm Triploid(DR) \$10.75-\$23.45，Diploid Wild Spat on Shell (Cost Per Million) include Vessel Delivery Fee : Up to 8 Million SOS-\$3,635 per Million、9 Million SOS-\$36,500，Oyster Shell for Remote Setting : Aged, Loose Shell-\$3.25 per bushel、Aged, Bagged Shell-\$2.85 per bag (approx. 1/2 bushel)、Green Shell Exchange-\$1.40 per bushel。

1972 年之 Agnes 颶風之豪雨摧毀 Chesapeake Bay 之養殖區，為因應產業及資源復育所需而於 1974 年建立以貝類量產為目標之 HPOH，目前主要之繁養殖場所為建於 2003 年之 Aquaculture and Restoration Ecology Laboratory (AREL) 建築，內具有檢疫及環境控制系統以進行試驗研究及量產工作。進入貝類區眼見堆疊之牡蠣殼展示(每一殼代表每釋出復育 1 百萬牡蠣苗)說明了 HPOH 之貢獻，目前每年至少生產超過十億牡蠣苗以供 Chesapeake Bay 養殖及復育所需。陳列區中吊掛之海報記述牡蠣生活史、牡蠣養殖現況及牡蠣苗生產之流程。茲將參訪之 HPOH 繁養殖設施分述如下：

1. 種貝培育系統 Broodstock Conditioning System：在野外東方牡蠣生殖季節為 6 至 9 月間，在種貝培育區先將牡蠣淨化去除附生物後置於肥育桶槽(一般為 20°C)內並以富含藻類之 Choptank River 原水蓄養，每桶槽具溫控設施可依據需求升溫或降溫(初春升溫促進生殖腺成熟、夏季降溫抑制或延後排精卵)，經過加熱或冷卻之海水與原水混合後達到所需溫度。控制牡蠣種貝之生殖期以進行計畫性繁殖並能適時提供足量之繁殖種貝為其重點任務，此區各桶槽分別蓄養自美東大西洋岸收集之不同牡蠣族群，進行計畫之繁殖及/或選育工作。
2. 產卵平台槽 Spawning Table：在 AREL 之設施為提供牡蠣種貝大量生殖之用，種貝採樣鏡檢足夠成熟度後置於產卵平台槽，升水溫至 28-30°C 以促進排精卵，觀察有開始排精卵之個體(通常雄貝先排精)取出分別置入小桶使繼續產精卵，結束後計算各別卵及精子數目，並以精卵適當比例(1 卵 5-6 精子，注意勿過量精子導致多重受精)進行人工受精。為促進多各體集體同時排精卵。產卵平台槽有時加入少量精液以刺激集體生殖排精卵。

3. 牡蠣幼苗培育桶 Oyster Larvae Rearing Tank：牡蠣受精卵經洗卵計數後移入幼苗培育桶養殖，培育桶供水為經 1um 過濾之原水。幼苗培育期間約 3 星期至準備著苗，此期間飼以培養之混合之微藻 (*Isocrysis, Pavlova, Chaetoceros, Techselmis*)，每 2 日換水由桶槽底部排水並收集幼苗加以大小分級後以不同密度培養(受精卵 3800/ml→1-2 星期苗 40-60/ml→2-3 星期苗 20/ml→著苗期 1-2/ml)。培育桶大小依試驗或量產需求，最大者每桶槽可培育 10 億受精卵，至著苗期每桶約產出 75 至 150 百萬眼點幼苗。
4. 微藻養殖系統 Algae culture system：在透明溫室內微藻培養以量產供應牡蠣幼苗培育之用，主要種類為 *Isocrysis, Pavlova, Chaetoceros, Techselmis*，依據藻類之需求加以氣溫溫控及加強光照，由於光照為微藻培養重要影響因子，為節約能源在溫室特別設計太陽光聚光設施以加強微藻桶槽量產之照光度。
5. 牡蠣著苗系統 Larval Setting System：牡蠣浮游幼苗經變態後附著於基質後開始定著生活，對脆弱之幼苗而言，變態附著為生活史之重大轉捩點，在野外少於 10% 之附著幼苗繼續活存 HPOH 之著苗系統分為量產附殼苗之 Production Setting System 及生產單體苗之 Downweller Setting System 用以增加著苗活存率及效率。Production Setting System 為在碼頭區之 52 個(4x13 桶)5 噸 FRP 著苗桶槽，淨化籠裝之牡蠣殼以機械吊入桶槽，桶槽內流以過濾之原水並強打氣，溫度控制於 23.8-30°C，加入準備附著之眼點幼苗(2-6 x 10<sup>6</sup> eye larvae on 96kg shell)後停止流水 3 日後待著苗完成再流水餵食數日，此系統每星期可產出 1.6 x 10<sup>6</sup> 附著苗，依眼點幼苗之大小，附著率約 30% 以上，附著苗直接由碼頭運送至河口特定牡蠣養殖中間育成區。牡蠣中間育成約 1-2 個月待長至稚苗殼長大於 5 mm 後移至養殖區或撒布至復育區。Downweller Setting System 為在活動式木框水槽內裝設底部為網框 FRP 槽，用以單體著苗之用，各網框 FRP 槽可依需求進行不同族群牡蠣苗、多倍體苗、遺傳選育苗等等之著苗。底網框材質為細網目尼龍 NITEX，含微藻水流有上部部注至裝有磨細粒之殼粉之網框槽內，通常著苗發生於導入眼點幼苗後 48 hr 內，著苗後網框 FRP 槽可移至室內或室外之湧升流水系統加以中間育成幼苗，幼苗篩選大小、清除流水污泥及換不同網目網框加以培育。
6. 牡蠣殼淨化場：去除貝肉之牡蠣殼先經堆置及天然腐化級曝曬後，震盪及分級後進行清洗，依著苗需求裝袋裝籠應用或出售。
7. 檢疫實驗系統 Quarantine Laboratory：本實驗室有獨立之供排水(350 gallon/min Choptank River water)、過濾控溫(raw, 10 micron or 2 micron filtered, unfiltered chilled, unfiltered heated, filtered chilled, and filtered heated)以及消毒(chlorination and sodium thiosulfate injection system)。其內有種貝培育、產卵

繁殖、幼苗培育桶等，可進行引進種原(如 *C. ariakensis*)之檢疫、繁養殖及北土牡蠣各項評估工作。

8. 水處理及維生設施：養殖海水為由 Choptank River 抽取原水或原水經沙濾、1 um 濾膜過濾以及加熱或冷卻再供應至繁養殖區，藻類培養用水再經臭氧處理，打氣由鼓風機系統供應。水處理及維生設施之費用約\$1,000/day。水處理及維生設施為自動控制並有警報系統，由 2 技術人員維護。

### 三、Haskin Shellfish Research Laboratory, Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University

Haskin Shellfish Research Laboratory (HSRL) 為紐澤西州 Rutgers University 之貝類實驗站，本次參訪為位於 Cape May County 之設施，包括 The Bivalve Laboratory，The Rutgers Cape Shore Facility 及 The New Jersey Aquaculture Innovation Center at Rutgers University (AIC)，由以前攻讀博士學位時之舊識 Dr. Ximing Guo 接待並引導參訪，Dr. Guo 亦為四倍體牡蠣之發明人之一，合作發表之報告文獻數十篇、專利(Cv 之四倍體)及技轉亦有多家產業應用。Dr.Guo 與中國之中國科學院海洋研究所及海洋大學合作利用 HSRL 之設施及 Rutgers University 教育訓練進行中國貝類養殖人才之培育。茲將參訪之設施及運作分述如下：

1. The Bivalve Laboratory 為 19,000 平方英尺舊建築，內有 8 個儀器設備充足(如影像截取/分析系統、細胞組織處理系統、微過濾紫外燈消毒培養抽氣櫃、自動基因定序系統 ABI 310 and Beckman CEQ 8000)、即時定量 PCR 系統、DNA 及蛋白質電泳及分析系統等等)之實驗室分別進行貝類之生理、生態、生化、微生物、病理、細胞培養、分子診斷、分子遺傳、及細胞遺傳之研究，該建築物內設有辦公室、圖書室、討論室及宿舍。另有暗室及具 22,000 桶槽之海水繁養殖室。
2. The Rutgers Cape Shore Facility 位於距離 Cape May 10 英里之 Delaware Bay 岸邊，其設施包括有占地 3000 平方英尺之二個檢疫繁殖孵化區以及占地 3000 平方英尺之辦公室、實驗室及教室。另外有養殖區包括 22,000 gallon land based nursery 及外來種牡蠣之 50,000 gallon quarantine holding system。近年來增設 6,000 gallon 高鹽海水水庫用以養殖高鹽種類。在實驗站前方海岸有 7 英畝之潮間帶田間試驗區提供進行持續性的選育貝類之養成及種貝培育。此實驗站亦設有宿舍提供工作人員、學生及合作研究學者住宿。目前進行之研究工作有：(1)持續進行牡蠣選育生產快速成長且抵抗 MSX, Dermo, and JOD 疾病知 Eastern oysters (*C. virginica*); (2)生產三倍體、四倍體之 Eastern (*C.*

*virginica*) 和 Suminoe (*C. ariakensis*) oysters 以用於基因體分析。(3)生產 cultchless Eastern oysters 用於中大西洋岸之資源復育。

3. The New Jersey Aquaculture Innovation Center at Rutgers University (AIC) : AIC 設施之建立為彈性多用途之水產養殖相關之研究、技術發展、示範場及推廣場所。與 New Jersey Department of Agriculture 合作設有水產教育訓練及實作課程以供水產養殖專業人員之培育、及從業人員之進修充實、以及協助產業投資之諮詢及評估。為 New Jersey 水產養殖產業增加\$36 million 之經濟影響、宣導推展美國東岸生態友善之養殖產業 eco-friendly industry 以及生產復育 Delaware Bay 所需之抗病牡蠣種苗,有助於 NJ 牡蠣產業之復甦及資源復育。此參訪行程由 Dr. David Jones 解說。AIC 之總面積約 29,800 平方英尺(室外 7,800 平方英尺及室內 22,000 平方英尺含 2 間佔地 2,400 平方英尺藻類培養空間量產培養 6 種微藻、750 平方英尺實驗室以及會議室等)。海水原水來源主要以 100-hp 馬達每日抽取 Cape May Canal 之表層海水(供應量 25,600 gallon/min, 鹽度 30 ppt), 另外經處理之海水為抽取之原水經沙濾、紫外線滅菌、及調整水溫後儲存於 60,000 gallon 儲水桶並輸送至繁養殖區。繁養殖區面積 12,000 平方英尺, 配有原水和處理海水之管路、打氣供應設施、底部海水排水網路回歸 Cape May Canal, 經室內外加溫或冷卻之養殖用水用於多溫層之水產生物養殖。目前進行之計畫有:(1) Atlantic Surf clam 在紐澤西養殖之可行性評估: 紐澤西州目前貝類養殖主要為 Eastern Oyster (*Crassostrea virginica*)及 Hard clam (*Mercenaria mercenaria*), surf clams (*Spisula solidissima*)之養殖為有潛力之新興種類。(2)牡蠣苗量: 生產抗病及成長快速種苗以供養殖及復育所需, 2013 年量產約 1 千萬牡蠣苗。(3)海洋無脊椎動物之病原致病之機制及病原宿主關係之研究。(4)利用光反應器生產藻類並萃取有益機能物質應用於食品添加、醫藥等用途。(5) 用以沿岸生態之復育之 Ribbed mussel (*Geukensia demissa*) 之繁養殖試驗。(6)提供遊釣業比目魚釣餌之 Mummichogs (*Fundulus heteroclitus*) 之繁養殖試驗。(7)鬻 Horseshoe crab (*Limulus polyphemus*)之繁殖及資源增進, 取鬻卵孵化培育幼苗並進行放流。

#### 四、4Cs Breeding Technologies, Inc.

此次由 Dr. Ximing Guo 陪同拜訪 4Cs Breeding Technologies, Inc 總裁 Mr. Tom Rossi。4Cs Breeding Technologies Inc. 於 1997 年成立, 藉由與產官學合作, 為多倍體貝類(主要為三倍體牡蠣)養殖之開發、技轉及行銷作整合推廣。該公司經由四倍體牡蠣族群之建立, 四倍體與二倍體交配產生 99.9%以上三倍體牡蠣。*C.gigas* 及 *C. virginica* 三倍體牡蠣之成長、貝肉產能及營養優於二倍體, 亦無排

精卵後肉質低下問題，在試驗研究報告及美國沿岸各地之田間試驗均有明確數據支持，也因此 4C 公司在牡蠣多倍體生產及養殖技術推廣可推廣至世界各國(台灣之明生及永達公司曾技轉三倍體生產牡蠣技術，但可惜均未能繼續營運)，目前牡蠣養殖興盛之國家如法國及澳洲等養殖牡蠣約 50% 為三倍體牡蠣。

## 五、結論

牡蠣養殖為全世界公認之高經濟、生態環境友善、有機之養殖品項，優良繁殖場之計畫性選育及種苗量產可提供養殖產業應用及資源復育。此次於參訪中的熱切討論時大家(Drs. Allen, Guo, Meritt, and Mr. Rossi 及筆者)皆認為台灣養殖之牡蠣 *C. angulata* 有許多優點(如成長迅速、耐高溫、耐低鹽、終年具生殖腺可繁殖、貝殼體深貝肉肥厚等等)，是極佳之養殖種類。由於 *C. virginica* 之四倍體生產專利以於 2014 年屆滿，因此在台灣進行 *C. angulata* 四倍體牡蠣族群之建立並用以生產三倍體牡蠣極為可行也無抵觸專利保護。台美學者進行合作研究如不同種牡蠣(*C. gigas*、*C. virginica*、*C. ariakensis* 及 *C. angulata* 等)種間之雜交育種及不同種間四倍體及二倍體雜交生產種間雜交三倍體之性狀、品質評估亦為可行及有產業潛力之課題。

## 建議事項

1. 建立牡蠣優良繁殖場進行計畫性選育及種苗量產，加強牡蠣優良種原收集、保存與利用，進行牡蠣自交和雜交選育及多倍體牡蠣之生產及評估，以促進產業之永續發展。
2. 開發適當牡蠣養殖水域並應用先進養殖技術，進行牡蠣淨化及肥育，提升養殖牡蠣品質及價值。
3. 重視水產繁養殖專業人才之培育。

## 參訪照片

### 一、Aquaculture Genetics and Breeding Technology Center, Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary



與 Dr. Allen 討論 4N 牡蠣育成



Dr. Allen 車牌為 4N OYESTER



VIMS 牡蠣繁殖場外觀



牡蠣繁殖器具解說



牡蠣浮游幼苗培育桶



牡蠣著苗培育框網



室外牡蠣幼苗培育設施



牡蠣養殖之各式各樣籠具



VIMS 牡蠣室外培育區全景



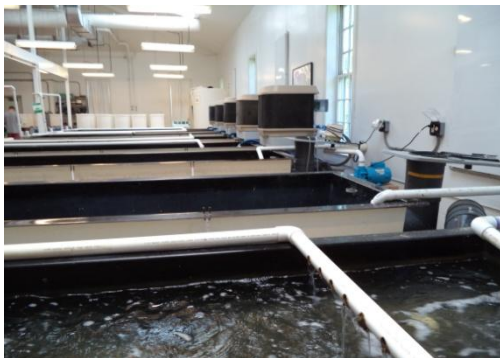
VIMS 牡蠣沿岸養殖區遠景



KAC 建築外觀



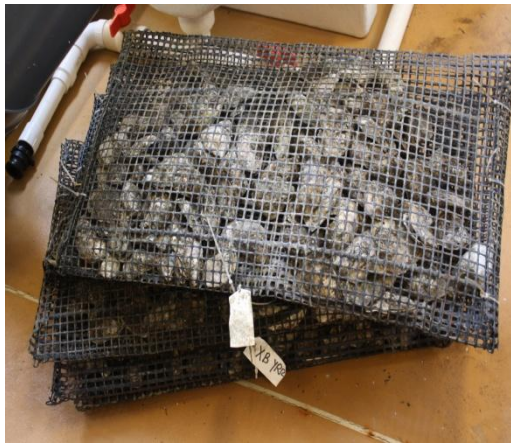
KAC 之微藻培養室



KAC 牡蠣種貝肥育設施



KAC 牡蠣浮游幼苗篩網



已肥育待繁殖之牡蠣種貝



刮取牡蠣成熟卵及精子進行繁殖



KAC 藻類種原保存與擴增培養討論



4N 牡蠣幼苗培育桶



與 Dr. Allen 研究室人員及訪賓討論



不同養殖區出產之生蠔



## 二、Horn Point Oyster Hatchery, Center for Environmental Science, University of Maryland



馬里蘭大學環境科學中心園區



HPOH 所在之建築外觀



Dr. Meritt 解說牡蠣苗量產流程



每一殼代表復育放流一百萬牡蠣苗



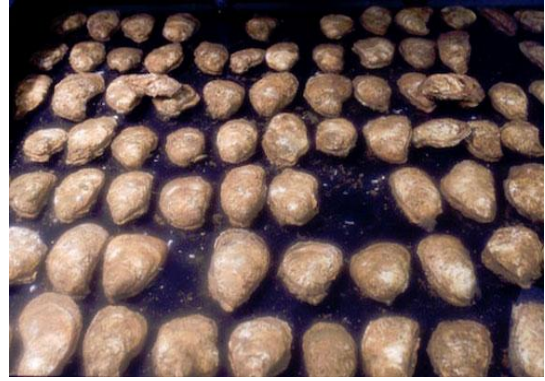
Dr. Meritt 解說種貝肥育催熟流程



牡蠣種貝肥育催熟設施



牡蠣產卵排精平台槽



成熟牡蠣同步釋出大量精卵



牡蠣浮游幼苗培育大桶槽



牡蠣浮游幼苗之換水及收集分級



微藻培養室說明



微藻量產培育桶



微藻培養太陽光聚光設施說明



微藻培養太陽光聚光設施說明



湧升牡蠣苗培育設施



牡蠣檢疫桶槽



牡蠣殼清洗分級設施



備用之籠裝牡蠣殼



機械化牡蠣著苗桶操作



牡蠣著苗桶供水配置



海水處理沙濾系統

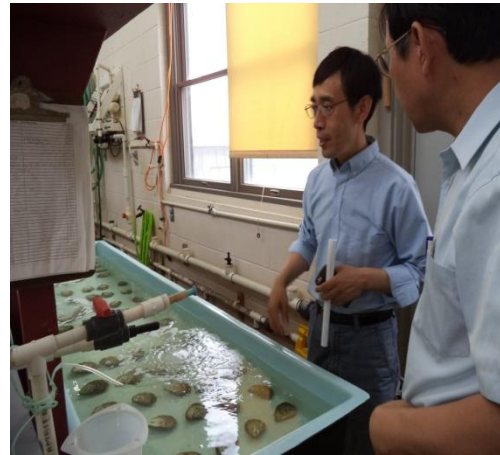


鼓風機打氣系統

### 三、Haskin Shellfish Research Laboratory, Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University



HSRL 建築物外觀



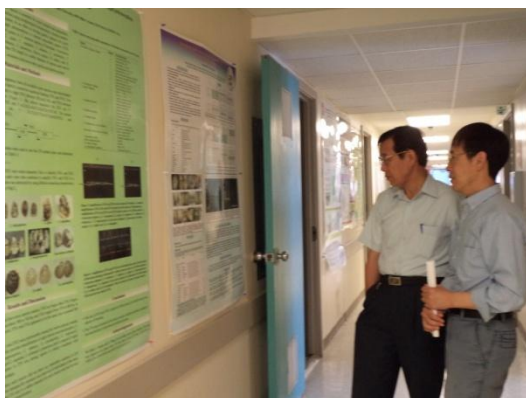
Dr. Guo 解說 4N 牡蠣催熟



4N 牡蠣種貝培育及催熟設施



牡蠣稚貝培育設施



海報說明各種牡蠣之遺傳類緣關係



各種類之牡蠣圖示



Cape Shore 牡蠣育苗設施



Cape Shore 牡蠣育苗設施



Cape Shore 牡蠣育苗設施



Cape Shore 牡蠣產卵平台槽



研究人員觀察牡蠣附苗情形



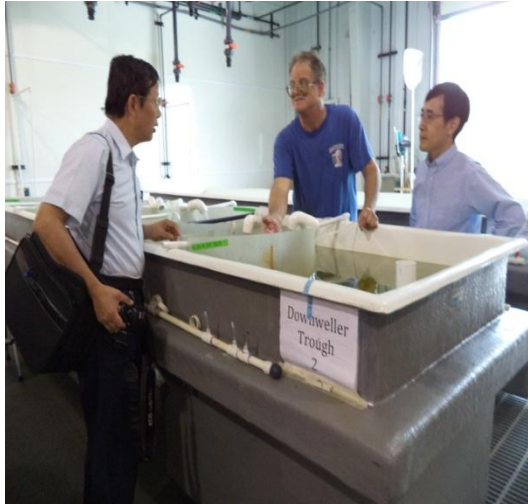
Cape Shore 牡蠣育苗設施



Cape Shore 保留古蹟試驗建築及水塔



Cape Shore 潮間帶養殖區



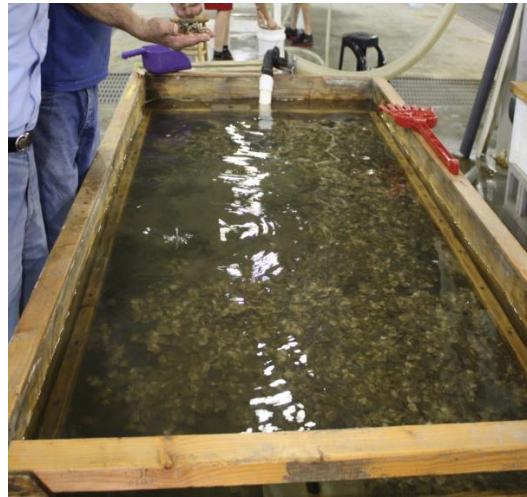
AIC 之 Dr. Jones 解說牡蠣苗生產設施



牡蠣苗沙粒苗



Dr. Jones 解說牡蠣苗培育



牡蠣沙粒苗培育設施



牡蠣苗湧升培育設施



牡蠣苗湧升培育設施



湧升培育之牡蠣苗



湧升培育之牡蠣苗



牡蠣浮游苗培育之大桶槽



保溫之牡蠣浮游苗培育 6L 大桶槽



牡蠣苗培育網框



鑿卵孵化設施



AIC 微藻培養設施



AIC 微藻培養設施



AIC 戶外牡蠣育苗設施



AIC 戶外牡蠣育苗設施

#### 四、4Cs Breeding Technologies, Inc.



拜訪 Mr. Rossi 及 Dr. Guo 合影



市售牡蠣產品