

出國報告（出國類別：研習）

赴法國研習牡蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術

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：法國

出國期間：中華民國 105 年 9 月 2 日至 9 月 12 日

報告日期：中華民國 105 年 11 月 23 日

摘 要

本國外研習參訪為執行 104 年度行政院國家科學技術發展基金補助計畫「海水貝類優質種苗之量產及其養殖推廣」(MOST 104-3111-Y-056-014)核定之工作項目之一：「赴法國研習牡蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術」。

此次前往研習之研究機構為法國海洋開發研究所(Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, IFREMER; French Research Institute for Exploitation of the Sea)，由計畫主持人陳紫嫻研究員兼主任及計畫共同主持人鄭金華研究員(負責本科發基金計畫有關牡蠣計畫之所有工作項目)進行行前聯絡及執行研習參訪，參訪之行程包括 1.前往法國海洋開發研究所 Brittany 研究中心及 Argenton 研究站與 Dr. Pierre Boudry (Head of Unit of Functional Physiology of Marine Organisms)所領導的團隊研習牡蠣之繁養殖、生理生態及族群遺傳等技術，2.前往法國海洋開發研究所 La Tremblade 研究站與 Dr. Sylvie Lapègue (Head of Health, Genetics and Microbiology of Molluscs Unit)所領導的團隊研習牡蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術並進行牡蠣野外養殖之參訪。參訪研習行程分別至法國海洋開發研究所所屬三個研究站參訪牡蠣研究相關設施外，與研究人員及技術人員當面討論多倍體誘發、保種育種等相關孵育、育成、餌料生物供應及疾病防治等技術重點。出海野外現場參訪了解法國在養殖產業之現況與進展。養殖環境之連續監測、妥善的規劃養殖區及養殖執照申請租用申請制度健全、放養量之登記及配合 GPS 與 GIS 於牡蠣養殖資訊之應用是牡蠣永續養殖成功之關鍵，此種整合新科技之應用及管理值得我們借鏡。另外，考慮到收穫作業的機械化與省力化，使用塑膠盤取代塑膠桿的著苗方式，養殖方式與工作船之機械化設備的搭配使養殖作業得以省工與節省成本亦可參考應用。

參訪研習行程中於 La Tremblade 研究站安排專題演講時間讓筆者介紹台灣之水產試驗所東港生技研究之試驗研究現況及成果並與研究著人員討論可能合作項目。討論並比較台灣、法國及美國之牡蠣養殖之種類和方式、採苗期間與方式、牡蠣分類與遺傳性狀、牡蠣之生理生態適應等亦提供知識與經驗之討論交流。與會研究者認為因應各地區環境作適當的著苗與養殖規劃，引種及育種之評估及產業推廣可行性評估、環境及疾病監測與防治等等皆為牡蠣養殖產業興衰成敗之關鍵。

La Tremblade 研究站自 1985 年設立牡蠣孵育及保種場區後，研究中心長期投入接近 15 位研究及技術人員人力集中全力於此場區專心致力於牡蠣繁殖育種保種，方能顯現於其研究成果之深度及應用價值，讓人真正感受落實好的制度之餘才可要求成效。研究站的法國研究團隊利用相同的牡蠣種類 *Crassostrea gigas*，開發有別於美國的由二倍體 2N 誘導至三倍體 3N 再至四倍體 4N 牡蠣間接專利

技術，2006 年直接由二倍體牡蠣誘導為四倍體牡蠣之育種開成功，2007 年取得該技術之專利，該中心每年持續進行 4N Cg 之誘導及保種，每年技術轉移授權法國 2 家繁殖業者，並提供專利保護的 4N 雄牡蠣約 100-200 顆以與 2N 雌牡蠣交配生產 100% 的 3N 牡蠣至幼苗。為確保 4N 雄牡蠣不外流，使用後須將其已標識之左右殼寄回。

自 1995 起 La Tremblade 研究站的 Genetics and Pathology Laboratory (LGP) 就被指定為 OIE 貝類疾病參考實驗室(National and European Laboratory of Reference for Mollusc Diseases)，該實驗室共建立 1 種病毒 herpesvirus (OsHV-1) 與 5 種寄生蟲 (*Bonamia ostreae*, *B. exitiosa*, *Marteilia refringens*, *Mikrocytos mackini*, *Perkinsus marinus*)之標準檢測技術。IFREMER 利用病原檢測技術成功選育出上述傳染性疾病之抗病品系，並結合 DNA 標記加速抗病與成長品系之選育。該實驗室負責法國及歐洲之貝類疾病監控及通報，各種疾病檢驗之檢驗方法、操作流程等皆遵循標準作業規範。

本研習有助於水試所東港中心執行之台灣產牡蠣 *C.angulata* 多倍體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 104 年度科發基金計畫「海水貝類優質種苗之量產及其養殖推廣-四倍體牡蠣」之研發能量及研究成果之應用。

關鍵詞：牡蠣繁養殖，選育，多倍體，疾病防疫，種苗生產

目 次

摘要-----	1
目次-----	3
目的-----	4
過程-----	5
心得-----	7
建議事項-----	29

目 的

本國外研習參訪為執行 104 年度行政院國家科學技術發展基金補助計畫「海水貝類優質種苗之量產及其養殖推廣」(MOST 104-3111-Y-056-014)核定之工作項目之一：「赴法國研習牡蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術」。

此次前往研習之研究機構為法國海洋開發研究所(Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, IFREMER; English: French Research Institute for Exploitation of the Sea)，由計畫主持人陳紫嫻研究員兼主任及計畫共同主持人鄭金華研究員(負責本科發基金計畫有關牡蠣計畫之所有工作項目)進行行前聯絡及執行研習參訪，參訪之行程包括 1.前往法國海洋開發研究所 Brittany 研究中心及 Argenton 研究站與 Dr. Pierre Boudry (head of Unit of Functional Physiology of Marine Organisms)所領導的團隊研習牡蠣之繁養殖、生理生態及族群遺傳等技術，2.前往法國海洋開發研究所 La Tremblade 研究站與 Dr. Sylvie Lapègue (head of Health, Genetics and Microbiology of Molluscs unit)所領導的團隊研習牡蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術並進行牡蠣野外養殖之參訪。

法國牡蠣養殖已有二千年以上的歷史，在 20 世紀以前，以平牡蠣 (flat oyster, *Ostrea edulis*)為主要牡蠣養殖對象；1868 年自葡萄牙引進與台灣養殖牡蠣同種之葡萄牙牡蠣 (*Crassostrea angulata*)，以取代因感染疾病而產量銳減的平牡蠣；1950 年代，法國年產葡萄牙牡蠣達 10 萬公噸。不過，從 1967-1972 年自日本、韓國引進的巨牡蠣 (*Crassostrea gigas*)使得葡萄牙牡蠣遭受隨巨牡蠣傳入的彩虹病毒(iridovirus)的侵襲而產量銳減，巨牡蠣從此取代葡萄牙牡蠣成為法國主要牡蠣養殖對象。法國在牡蠣與貽貝的養殖技術與研究水準都是世界一流的，此次參訪可從中引進許多先進的養殖技術，如綠鰓牡蠣、單體牡蠣及三倍體牡蠣等生產技術。自 1995 起 La Tremblade 研究站的 Genetics and Pathology Laboratory (LGP) 就被指定為 OIE 貝類疾病參考實驗室，IFREMER 利用病原檢測技術成功選育出傳染性疾病之抗病品系，並結合 DNA 標記加速抗病與成長品系之選育。IFREMER 亦成功開發直接將二倍體牡蠣誘發成四倍體牡蠣的先進技術，省略誘發三倍體的步驟。

本研習將有助於水試所東港中心執行之台灣產牡蠣 *C. angulata* 多倍體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 104 年度科發基金計畫「海水貝類優質種苗之量產及其養殖推廣-四倍體牡蠣」之研發能量及研究成果之應用。

過 程

參訪之行程包括 1.前往法國海洋開發研究所 Brittany 研究中心及 Argenton 研究站與 Dr. Pierre Boudry (Head of Unit of Functional Physiology of Marine Organisms)所領導的團隊研習牡蠣之繁養殖、生理生態及族群遺傳等技術，2.前往法國海洋開發研究所 La Tremblade 研究站與 Dr. Sylvie Lapègue (Head of Health, Genetics and Microbiology of Molluscs Unit)所領導的團隊研習牡蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術並進行牡蠣野外養殖之參訪。

參訪研習之行程如下：

日期	地點	行程及工作內容
9/2 (五)	東港→小港→香港	傍晚啟程、搭車、搭機
9/3 (六)	香港→巴黎	搭機、搭車
9/4 (日)	巴黎→布雷斯特 Paris→ Brest	搭機、搭車
9/5 (一)	布雷斯特 Brest	搭車前往法國海洋開發研究所 Brittany Center 研習牡蠣之繁養殖、生理生態及族群遺傳等技術 Dr. Pierre Boudry Head of Research Unit Ifremer RBE-PFOM, Associate Director UMR 6539 LEMAR (CNRS/UBO/IRD/Ifremer) tel: +33 (0)2 98 22 44 02 mobile: +33 (0)6 77 30 12 32 E-mail: Pierre.Boudry@ifremer.fr
9/6 (二)	布雷斯特→阿爾讓通 Brest→Argenton	搭車前往法國海洋開發研究所 Argenton Station 研習牡蠣之育種與多倍體等技術 由 Dr. Pierre Boudry 陪同參訪
9/7 (三)	阿爾讓通→拉特朗 布拉德 Argenton→ La Tremblade	搭車
9/8 (四)	拉特朗布拉德 La Tremblade	前往法國海洋開發研究所 La Tremblade Station 研習牡蠣之繁養殖及育種等技術並進行牡蠣野外養殖之參訪 Dr. Sylvie Lapègue Head of Genetics and Pathology of Marine molluscs Laboratory, (SG2M), IFREMER Tel: (33) 05 46 76 26 10 (33) 05 46 76 26 31 Fax: (33) 05 46 76 26 11 E-mail: slapegue@ifremer.fr

9/9 (五)	拉特朗布拉德 La Tremblade	前往法國海洋開發研究所 La Tremblade Station 研習牡 蠣之育種、多倍體與疾病防治等技術 Mr. Lionel Dégremont and Mr. Christophe Ledu Oyster hatchery of La Tremblade Center Dr. Céline Garcia Technical unit of the National and European lab of reference for mollusc diseases
9/10 (六)	拉特朗布拉德→巴 黎	搭車
9/11 (日)	巴黎→香港	返程、搭機、換日
9/12 (一)	香港→小港→東港	搭機、搭車

心 得

此次前往研習之研究機構為法國海洋開發研究所(Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, IFREMER; English: French Research Institute for Exploitation of the Sea)，IFREMER 為歐洲重要海洋研究機構，其年度預算約 2.13 億歐元(約 80 億新台幣)，1,593 位研究人員，共 20 個研究部門分設於 5 個研究中心(Boulogne, Brest, Nantes, Toulon et Tahiti)與 26 個研究站。研究重點任務為 1.沿近海域之監測、利用與資源增進，2.水產養殖生產之監測與最適化，3.漁業資源評估與利用，4.海洋探測與開發及多樣性調查，5.海洋生態系循環機制研究與預測，6.海洋研究工程與設施之開發，7.海洋技術之創新與知識移轉，其中海洋養殖(以牡蠣與貽貝為主)是該研究所七大研究主題之一。由於 IFREMER 保安嚴謹，外國研究人員參訪前需提供護照等個人資料及研究主題等提出參訪申請許可。本次參訪研習行程承蒙法國海洋開發研究所之 Dr. Pierre Boudry (Head of Unit of Functional Physiology of Marine Organisms)以及 Dr. Sylvie Lapègue (Head of Health, Genetics and Microbiology of Molluscs unit)之協助安排申請並介紹牡蠣相關研究站聯絡人及研究人員，透過多次電子郵件往來討論方得以順利成行及進行參訪研習。Dr. Boudry 為舊識，1995 年擔任 La Tremblade 研究站遺傳研究室負責人時透過其主管 Dr. Grizel 的介紹，主動要求與我方合作研究有關中法兩地牡蠣的基因遺傳(包括同功酶、染色體等)及其它基礎生理學，1996 年 5 月水試所透過國科會的補助，邀請 Dr. Boudry 於韓國開會返法前，順道來台短期講學，與水試所研究人員趙乃賢技正與鄭金華副研究員討論有關試驗合作之詳細內容，並交換中法兩地之牡蠣樣本。目前 Dr. Boudry 已陞任位於 Brest 區之 Brittany Center 之海洋生物功能性生理研究之主管(Head of Unit of Functional Physiology of Marine organisms)，因此研究層面除貝類之族群遺傳外更擴及環境變遷對海洋生物生理生態及遺傳上之影響研究，在 Argenton 研究站以及 Brittany Center 本部均有相關之研究設施和技術人員支援該團隊之試驗研究。La Tremblade 研究站的 Dr. Sylvie Lapègue (Head of Health, Genetics and Microbiology of Molluscs unit)目前所領導的團隊在牡蠣之育種、四倍體誘導與種原保存以及疾病防治等技術有獨到之進展，另外 La Tremblade 地區亦為法國牡蠣採苗、養殖及牡蠣品質增進之重要地區，因此行程特安排搭乘法國海洋開發研究所平台工作船至 Marennes-Oléron Bay 進行野外牡蠣養殖考察。本次參訪研習分別至法國海洋開發研究所所屬 3 個研究站參訪牡蠣研究相關設施外，與研究人員及技術人員之當面討論，了解法國在牡蠣研究、養殖產業發展之進展。由於各研究站位於法國西海岸且相距甚遠，途中經歷搭機、搭地鐵、租車及自行開車、搭火車等等車程，雖然路途遙遠舟車勞頓但是倒也欣賞了沿途法國城市及郊野風貌。

一、Brittany 研究中心 (Brittany Centre, IFREMER)

法國海洋開發研究所之Brittany研究中心位於布雷斯特區普盧札內市(Brest-Plouzané)，為全歐洲最大的有關海洋學研究聚落，其海洋地質科學、極端環境生物學及海洋物理學研究是全球國際合作重鎮，該中心所開發的從沿岸至深海各項海洋探測機具更是廣受全球各界應用。目前有11項主要計畫(海洋資料中心 Oceanographic data centres，海洋及氣候之動態、生化及地質化學 Ocean and climate dynamics, biochemistry and geochemistry，操控海洋學 Operational oceanography，海洋陸棚識別及形狀 Shelf recognition and description，沿岸生態系之動態監測與評估 Dynamics, assessment and monitoring of coastal ecosystems，生態系統經營漁業資源 Ecosystem approach to fisheries resources，永續水產養殖 Sustainable aquaculture，深海礦藏、能源及生態資源 Deep-sea mineral, energy and ecosystem resources，海洋及健康衛生 Oceans and health，海洋生物資源之評估與增進 Bioprospecting and upgrading of biological resources，沿近海域診斷評估與保護工具開發 Diagnostic and preservation tools for coastal seas)分別由11個研究部門執行。園區內共有45,000 m²的實驗室、及辦公廳舍空間以及4鄰海工作站，約750 Ifremer 研究人員常駐，園區內與水產養殖相關的試驗設施除了有水產養殖生產及試驗場區以及貝類孵化區。



法國海洋開發研究所 Brittany 研究中心全景



水產養殖與漁業研究大樓



軟體動物生理實驗室



分子遺傳分析實驗室



魚類養殖設施



鱸魚養殖實驗

二、Argenton 研究站(Station of Argenton, IFREMER)

法國海洋開發研究所之 Argenton 研究站位於馬爾芒德區阿爾讓通鎮 (Marmande-Argenton)，隸屬於 Brittany 研究中心。由於此區海域較為隔離、水質清澈、夏季水溫較低且不高於 18°C、且無牡蠣野生族群及疾病病原，於 20 年前選址設立此研究站，為貝類生理生態實驗室及牡蠣繁殖孵育、養殖及保種區。在此研究站主要參訪其研究設施，由 Dr. Boudry 引導並以簡報解說研究現況，並與研究人員 Dr. Marc Suquet 討論牡蠣生殖生理等問題。目前由 Dr. Boudry 領銜之 Research Unit Functional Physiology of Marine Organisms (PFOM) 團隊之 IFREMER 研究人員約 20 人，分為 Fish Adaptation, Reproduction and Nutrition 以及 Physiology of Invertebrate 二組。在國際合作組織架構下(Laboratory of Science of Marine environment : LEMAR)由 4 個研究機構(CNRS, UBO, IRD, IFREMER)協同進行海洋生態環境因應全球氣候變遷之機制與其反應研究計畫。IFREMER 研究團隊針對 Response of marine organisms to global change: integrative approach Biotic interactions and Environmental variations 以及 Integrated functional study of

marine ecosystems 進行探討,藉由與經濟水產產業相關貝類及魚類之分子、細胞、組織、器官、個體、族群之功能性變化探討與生態環境變化之關聯。針對該水產生物之以及在人為與天然環境中由受精至生殖成體生活史之差異進行透徹之研究及了解。藉由下六四大面向之了解整合數據進行模式分析及預測: 1.野外環境及天然族群成長、活存、生殖性狀之調查及紀錄, 2.利用組織學、影像分析等進行生物之外表型態表現(Phenotyping) 3.以 real time PCR, microarray RNA sequence 了解生物之基因表現(Gene expression) 4.生物體之蛋白質體及酵素生化分析。

目前之研究有:

1. 比較 *C. gigas*, *O. edulis*, *P. maximus*, *M. edulis*, *R. philippinarum* 等貝類在野外環境及在人為調控環境之成長、活存、生殖及幼生資源加入量之調查及模式預測。
2. 貝類生殖及幼苗發育生理研究:(1)精卵品質研究以進行對繁殖量產之調控改進,(2)環境變遷對精卵品質之生理影響,(3)流水式及循環水養殖對幼苗發育之影響以改進培育設施系統,(4)幼苗發育營養最適化,(5)生殖腺之組織學、蛋白質體學、性別差異之基因表現研究。計畫係由 UE project 團隊(www.reproseed.eu)以及 ANR project 團隊(GametoGenes)執行。研究成果有:解明三貝體牡蠣不孕機制,由生殖腺組織的層次及基因表現方面證明細胞被限制生長、細胞分裂的停滯以及性別分化的障礙可能是造成三倍體牡蠣不孕的原因。
3. 太平洋牡蠣活存及抵抗力之分子遺傳基礎研究:Oxidative stress 酵素 SOD, catalase 基因,免疫防疫基因 Toll r, C1q, NfkappaB 以及生殖基因 og-TGFb-like, NPYr 之差異基因表現研究。
4. 太平洋牡蠣感染病毒 OsHV-1 機制之研究:利用 RNAi IκB2 (inhibitor of the NF-κB pathway)增強對 OsHV-1 之抵抗力。
5. 太平洋牡蠣幼苗活存與資源加入量之時空變化與生物和非生物環境因子的關係:整合野外採樣,衛星水文監測資料及大數據分析預測。計畫由 ANR project 團隊(Gigassat)執行。(www.gigassat.org)以及(<http://wwz.ifremer.fr/velyger>)。
6. 塑膠微粒 Microplastics (MP) 對牡蠣生理之影響研究:研究團隊發表於 PNAS 之論文證明 MP 經濾過攝食造成成貝牡蠣之卵質低下和不孕,MP 存在於牡蠣腸道及糞便中進一步影響生態及食物鏈中之各階層。團隊現正研究 MP 是否進入細胞及組織中。此研究導致世界各國提前於 2018 年全面禁止於化妝品、清潔用品等添加 MP 柔珠。計畫由 EU project (MICRO)執行。(www.ilvo.vlaanderen.be/micro)

7. 魚類部門研究重點為魚類環境之適應、生殖、營養、幼生發育之研究，研究之魚種有鱸魚、比目魚、鰻魚及新興種類。(1)環境變遷衝擊如海水暖化、酸化、汙染對於類行為、發育、生理之印記 (2)永續的水產養殖：高效能低汙染飼料開發、養殖新興種評估等等。研究成果顯示：(1)早期發育之環境條件(如溫度、鹽度、溶氧、食物、維生素等)影響個體發育並形塑未來魚類之成長、行為、生殖表現。例如魚苗發育時溫度不適當及缺氧導致代謝異常、成長遲緩並顯現於生理基因標記上之差異。本計畫由 EU Project 團隊(FINEFISH)執行。



法國海洋開發研究所 Argenton 研究站全景



Argenton 研究站大門



Argenton 研究站實驗室外觀



Argenton 研究站海水蓄水池



筆者與 Dr. Boudry 合影



藻類培養設施



藻類種原保存



藻類種原保存



貝類培育槽



研究站海水處理供應設施及運作解說



貝類幼苗培育設施



貝類幼苗培育設施



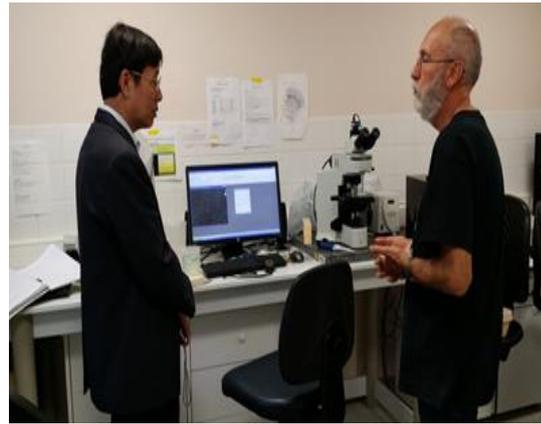
溫控種貝培育槽



溫控種貝培育槽



溫控種貝培育槽



與 Dr. Marc Suquet 討論精子品質判定

三、La Tremblade 研究站 (Station of La Tremblade, IFREMER)

法國海洋開發研究所 La Tremblade 研究站位於羅什福爾區區拉特朗布拉德縣(Rochefort- La Tremblade)海邊，研究站主要工作任務為牡蠣及貽貝之繁養殖、育種及疾病防治等，IFREMER 正是研究人員及技術人員約 60 人。本行程由 Dr. Sylvie Lapègue 負責安排共 2 天之行程，除了申請並陪同 IFREMER 工作船至 Marennes-Oléron Bay 配合潮汐進行野外牡蠣天然著苗、中間育成及養成之考察外，特安排專題演講時間讓筆者介紹台灣之水產試驗所東港生技研究之試驗研究現況及成果並與研究著人員討論可能合作項目，此外亦應筆者要求參訪牡蠣之多倍體誘發、保種育種等相關孵育、育成、餌料生物供應及疾病防治等設施並與工作人員討論技術重點。

9 月 8 日上午與 Dr. Sylvie Lapègue 及與參訪相關人員見面後，由 Dr. Sylvie Lapègue 主持 3 小時之專題演講與討論時間。陳紫嫻主任演講內容除致贈 DVD 介紹水產試驗所各組室及研究中心之研究項目重點外，並以“Research Progress of Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute of Taiwan”為題簡報說明東港生技研究中心之組織、人力、經費概況、以及目前研究現況和成果以及技術移轉與產業輔導等等，討論期間研究人員對於鮪魚之箱網養殖及陸上種魚培育與繁殖、石斑魚之雜交育種、蝦類之生物防疫節水養殖生產模式、餌料生物之蒐集保存與利用、台灣牡蠣養殖及多倍體誘發進展等極有興趣並多加垂詢，由於參加人員多為牡蠣及貽貝類之研究者，討論期間鄭金華研究員對於台灣、法國及美國之牡蠣養殖之種類和方式、採苗期間與方式、牡蠣分類與遺傳性狀、牡蠣之生理生態適應等亦提供知識與經驗之討論交流。與會研究者認為因應各地區環境作適當的著苗與養殖規劃，引種及育種之評估及產業推廣可行性評估、環境及疾病監測與防治等等皆是牡蠣養殖產業興衰成敗之關鍵。



法國海洋開發研究所 La Tremblade 研究站全景



La Tremblade 研究站門牌



陳紫娛主任進行專題演講



鄭金華研究員與 Argenton 研究站研究人員進行討論

9月8日下午由 Dr. Sylvie Lapègue 陪同搭乘 Ifremer 工作船(船長 Jean-Luc Seugnet)出海至 Marennes-Oléron Bay 進行野外牡蠣天然著苗、中間育成及養成之參訪。Marennes-Oléron Bay 為法國牡蠣重要採苗及養殖區域，由於此區潮差大換水率佳，水質良好且有河川注入營養鹽，水域之基礎生產力高，天然貝苗及成貝之攝食佳成長快。牡蠣養殖區以靠近外海灣域為主，而著苗區甚至綿延至河口區十公里內。牡蠣成貝養殖以不同網目塑膠網袋承裝單體牡蠣放置於固定於泥地之矮棚架上養殖，牡蠣著苗時期為每年春季水溫升高後之生殖高峰期於著苗區置放層疊塑膠軟盤附苗器讓牡蠣浮游幼苗附著，附苗器之幼苗繼續在此區域進行中間育成四至六個月後將其由附苗器剝離並置入網袋養成。成貝養殖一至二年視市場需求大小加以收穫。在 IFREMER 建立之資料庫中可以查詢當地之相關資訊，如藻類密度、養殖戶資料等，在 La Tremblade 附近河口沿岸牡蠣養殖區之租用均有系統性之規劃，每個養殖戶需要透過程序申請租用養殖區域，並有定期之審查，對於新投入牡蠣養殖產業者的申請亦有鼓勵的方案與規範。在養殖區域內放置牡蠣網袋、鐵床架之數量與長度等均有明確之規定，因此在河口沿岸甚少看到雜亂無章之情形，養殖數量也不致於過飽和。另外，養殖戶有不少是長期家族承傳經營，因此在養殖經驗上得以累積，較能達到永續經營的目的。養殖環境之連續監測、妥善的規劃養殖區及養殖執照申請租用申請制度健全、放養量之登記及配合 GPS 與 GIS 於牡蠣養殖資訊之應用是該區域牡蠣永續養殖成功之關鍵，此種整合新科技之應用及管理值得我們借鏡。另外，考慮到收穫作業的機械化與省力化，使用塑膠盤取代塑膠桿的著苗方式，養殖方式與工作船之機械化設備的搭配使養殖作業得以省工與節省成本亦可參考應用。



搭乘法國海洋開發研究所工作船出海考察牡蠣養殖



牡蠣養殖產業應用之平台工作船



附起重機具之平台工作船



由海上遠眺 Argenton 研究站及其牡蠣養殖實驗區



牡蠣養殖與工作人員翻袋操作



牡蠣成貝養殖



牡蠣成貝貝肉照



牡蠣塑膠軟盤附苗器



牡蠣塑膠軟盤附苗器近照



牡蠣於塑膠軟盤附苗器進行中間育成



牡蠣養殖網袋及牡蠣附苗器



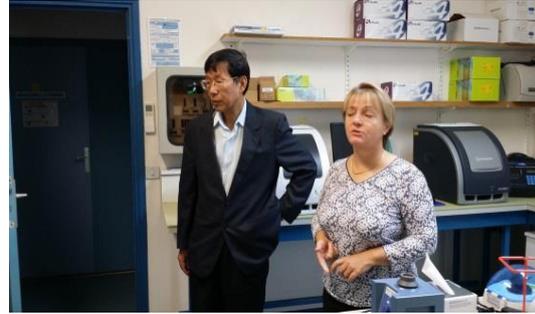
牡蠣附苗器

9月9日整日由 Dr. Sylvie Lapègue 安排研究中心各實驗研究室、水處理設施、牡蠣孵育及保種場區以及至 National and European Laboratory of Reference for Mollusc Diseases 參訪。研究中心目前之研究重點為牡蠣養殖區之長期環境與疾病監測、利用分子遺傳標記進行牡蠣族群多樣性分析以及抗病品系之選種育種、多倍體牡蠣之誘發與保種及產業之推廣應用等。

9月9日上午由 Dr. Sylvie Lapègue 引介與負責引導解說之相關人員見面後分別至園區各部分訪視，由 Mr. Lionel Dégremont 和 Mr. Christophe Ledu 熱心解說牡蠣繁育及養殖保種各項設施及運作，以及 Dr. Céline Garcia 說明貝類之疾病防治及 National and European Laboratory of Reference for Mollusc Diseases 之各分析檢驗和病理實驗室之運作。

La Tremblade 研究站自 1985 年設立牡蠣繁育及保種場區後，研究中心長期投入接近 15 位研究及技術人員人力集中全力於此場區專心致力於牡蠣繁育種保種，方能顯現於其研究成果之深度及應用價值，讓人真正感受落實好的制度之餘才可要求成效。研究站的法國研究團隊利用相同的牡蠣種類 *Crassostrea gigas* (Cg)，開發有別於美國的由二倍體 2N 誘導至三倍體 3N 再至四倍體 4N 牡蠣間接專利技術，2006 年直接由二倍體牡蠣誘導為四倍體牡蠣之育種開成功，2007 年取得該技術之專利，該中心每年持續進行 4N Cg 之誘導及保種，每年售出之 4N 雄牡蠣約 100-200 顆至法國 2 家繁殖業者用以交配 2N 雌牡蠣以生產 3N 牡蠣(通常為 1-2 顆 4N 雄牡蠣配 10 顆 2N 雌牡蠣以維持遺傳多樣性)。為避免研發之 4N 牡蠣影響天然牡蠣族群，目前法國規定只有該研究站能進行 4N 牡蠣保種育種，業界不能保有 4N 牡蠣活體。在參訪過程及討論中筆者針對在台灣進行 *Crassostrea angulata* (Ca) 多倍體牡蠣誘導技術性問題詢問請教諸如：1. 以 2N Ca x 2N Ca 並抑制第一極體(1PB)和 3N Ca x 2N Ca 並抑制第一極體之操作技術差異與其所得 4N 子代活存成長表現差異。2. 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、人為操作差異等差異極大(10 至 80%)。3. 4N 精子少且極不易進行冷凍保存。4. 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 卵受精時最適雌雄比。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。要確定為 4N, 3N 多倍體須加以進行細胞染色計算染色體數目加以佐證。

研究站保存之 2N, 3N, 4N 牡蠣種原族群以室外培養之混合藻經由流量調控定時流水餵食，平時保持較低溫抑制生殖腺發育，需進行繁殖時再以升溫及混合藻水肥育促進精卵成熟再誘導排卵排精進行人工受精。為避免並確保育種牡蠣之生物資源不經意流失(如配子排放或人為釋放)影響周邊海域之天然族群，種貝釋出管理登記及繁養殖場區排放水均於蓄水池中漂白水處理及靜置後再行排放。



Dr. Sylvie Lapègue 引導參訪各實驗研究室



與 Dr. Sylvie Lapègue, Mr. L. Dégremont, Mr. C. Ledu 於繁殖場前合影



Argenton 研究站海水蓄水池



藻類室外培養池



Argenton 研究站貝類繁殖場海水處理系統



貝類繁殖場分析染色體之儀器設備如流式細胞儀等



參訪貝類室外中間育成及成貝養殖區



室內餌藻供應控制系統



室內貝類保種培育區



室內貝類保種培育區之牡蠣及貽貝



貝類受精卵及幼苗培育設施



貝類受精卵幼苗培育設施



不同大小孔徑之受精卵及幼苗篩選桶



不同批次之四倍體牡蠣及貽貝種原



與研究人員詳加討論貝類育種操作技術

自 1995 起 La Tremblade 研究站的 Genetics and Pathology Laboratory (LGP) 就被指定為 OIE 貝類疾病參考實驗室(National and European Laboratory of Reference for Mollusc Diseases)，該實驗室共建立 1 種病毒 herpesvirus (OsHV-1) 與 5 種寄生蟲 (*Bonamia ostreae*, *B. exitiosa*, *Marteilia refringens*, *Mikrocytos mackini*, *Perkinsus marinus*)之標準檢測技術。IFREMER 利用病原檢測技術成功選育出上述傳染性疾病之抗病品系，並結合 DNA 標記加速抗病與成長品系之選育。該實驗室負責法國及歐洲之貝類疾病監控及通報，各種疾病檢驗之檢驗方法、操作流程等皆遵循標準作業規範，為避免檢驗分析案件之交叉汙染，由專人負責之密閉實驗室中進行 DNA, RNA 之萃取、細胞組織培養及病理檢驗等等。分生、生化分析及細胞組織觀察所需儀器設備充足俱全，真是工欲善其事已先利其器。



參訪 National and European Laboratory of Reference for Mollusc Diseases



Dr. Céline Garcia 說明各分析檢驗和病理實驗室運作及貝類之疾病防治

9月9日下午至海灣附近之養殖河流區參訪綠鰓牡蠣肥育場區、牡蠣販售及至附近餐廳品嚐生蠔及貽貝料理晚餐。開車沿途為一望無際的 La Tremblade 鹹水沼澤區域，海灣、養殖河流區以及綠鰓牡蠣肥育池營養鹽豐富，水色淡灰綠且濃度適中，是肥育綠鰓牡蠣重要區域。綠鰓牡蠣肥育場區之養殖池為小型土底淺池，豐富的藻類育肥了低密度養殖牡蠣成貝並增加其特殊風味，一種特殊之矽藻屬微藻 *Haslea ostrearia* 讓牡蠣鰓成微綠色而有極高之市場價值，依據肥育時長短、養殖密度及貝肉肥滿度，綠鰓牡蠣分為 fines de claires, spéciales de claires 以及 pousse en claire (最高貴的牡蠣珍品)。牡蠣及其他貝類之販售競爭激烈，標有產地及生產者以提供消費者選擇價格不同或因肥育而有不同風味之產品。



綠鰓牡蠣肥育池



別具特色之養殖區運河內之工作船及牡蠣肥育池旁之工具屋棚



生蠔販售



生蠔及蝦料理



貽貝料理

法國之牡蠣養殖產業歷史悠久，年產量達十五萬公噸左右，產值則約佔法國所有水產食品的 25%。目前養殖之牡蠣品種則是以巨牡蠣 *Crassostrea gigas* 為主，少部分為平牡蠣(flat oyster, *Ostrea edulis*)。在歐洲在 20 世紀以前，歐洲均以平牡蠣 *O. edulis* 為主要牡蠣養殖對象，但在 19 世紀末到 20 世紀初期，*O. edulis* 因感染疾病而使產量驟減，並逐漸被葡萄牙牡蠣(*Crassostrea angulata*)所取代。法國於 1868 年自葡萄牙引進 *C. angulata*，以取代產量銳減的 *O. edulis*；1950 年代，法國 *C. angulata* 年產量達 10 萬公噸。不過，從 1967-1972 年，在歐洲各牡蠣養殖國家，*C. angulata* 都遭受彩虹病毒(iridovirus)的侵襲而產量急劇下降，取而代之的則是自日本、美國引進的巨牡蠣(*C. gigas*)。此病毒是隨 *C. gigas* 而傳到

歐洲的；對此病毒感受性較高的 *C. angulata* 則遭受到幾乎在歐洲絕種的命運，目前在歐洲只剩下葡萄牙和西班牙的南部海岸還可以找得到 *C. angulata* 的蹤跡。巨牡蠣(*Crassostrea gigas*)又稱太平洋牡蠣，發源於日本海域；因為適合養殖，被世界各國大量引進，而成為目前分布最寬，產量最大的水產養殖種類。目前除了中國大陸及澳洲以外，世界上其他主要牡蠣養殖國家，均以巨牡蠣為主要養殖對象；其中以韓國、日本、法國、美國為主要生產國。*C. angulata* 在 1819 年被命名，因被認為是葡萄牙的本土種，又稱為葡萄牙牡蠣。隨後又有許多學者提出不同的證據，指出 *C. angulata* 與 *C. gigas* 差異太小，甚至無法區分，認為兩者應為同一種。這些證據包括幼苗形態、雜交受精率、染色体組型以及根據同功異構酶所計算出來的遺傳距離等。

台灣產牡蠣在粒腺體 16s rRNA 之 DNA 400 個核苷酸序列上與 *C. sikamea* 有六個差異，與自法國及美國進口的 *C. gigas* 則只有三個差異，因此，台灣所養殖的牡蠣並不屬南方型的熊本品系。另外，與法國合作的結果：台灣產牡蠣與葡萄牙牡蠣 (*C. angulata*) 在粒腺體 DNA (cytochrome c oxidase I) PCR-RFLP 分析的結果非常一致。透過粒線體 DNA (16s rRNA) 之序列分析以及粒線體 DNA (cytochrome c oxidase I) 的 PCR-RFLP 分析，均可將 *C. angulata* 及台灣產牡蠣與 *C. gigas* 明顯地區分出來，而 *C. angulata* 與台灣產牡蠣則無法區分，因此，*C. angulata* 並非葡萄牙的本土種，而可能是由台灣地區所引進的。*C. angulata* 與 *C. gigas* 彼此非常近似且無明顯的生殖隔離，因此，台灣產牡蠣與 *C. gigas* 應屬於同一種，至於，兩者之間的差異是屬於不同亞種或不同族群則需要進一步的研究。另外，台灣產牡蠣與 *C. gigas* 兩者差異的成因則是生物地理學上及種別分化 (speciation) 上有趣的題材。在歐洲水溫較低的環境下所得到的試驗研究結果顯示 *C. angulata* 除了對彩虹病毒的抵抗力較差外，在成長上也比 *C. gigas* 差得多而 *C. angulata* 成長較差，主要是因為濾食率及能量轉換效率較低所致。筆者在水試所東港中心進行台灣牡蠣 *C. angulata* 與美國引進之 *C. gigas* 的比較試驗，則得到相反的結果，即 *C. gigas* 成長與活存均較台灣牡蠣差得多。由以上的結果顯示：台灣產牡蠣或 *C. angulata* 適合在較高的水溫下成長，而 *C. gigas* 則適合在較低的水溫下成長。台灣牡蠣也許隨著葡萄牙人的船艦，在葡萄牙定居了下來；而在這四百多年來，被誤認為葡萄牙的本土種。葡萄牙在歐洲的最南部，水溫較溫暖，屬於亞熱帶的台灣牡蠣，因此能夠生存而繁衍。

牡蠣是台灣最重要養殖貝類，養殖歷史悠久。但是台灣養殖的牡蠣，雖然成長迅速，不過，成熟體型小，且成熟後終年可以排卵排精，消耗很多能量而影響後續之成長與活存。若以雜交、選種或三倍體等技術來培育新品種，或許可以改善上述現象。為此，則需要實施人工繁殖，以取代目前所使用的天然苗。三倍體牡蠣因生殖腺的發育受到抑制，因此會減輕由排卵排精所帶來的損耗，進而提高牡蠣的活存與成長。三倍體牡蠣生殖腺發育不良的另一效果，是使膽固醇含量相對降低，而肝醣含量相對提高。較低的膽固醇含量可減少食用者心臟血管疾病的發生，符合現代健康食品的要求；較高的肝醣含量，則可增加牡蠣的美味。因

為這些優點，三倍體牡蠣已深受歐美廣大消費者的喜愛。另一個改進台灣產牡蠣成熟體型小的方法則是雜交。巨牡蠣之成長與其雜質性大小有明顯的正相關，這表示透過雜交，使子代的雜質性增大，應可得到成長較快的新品系。另外，不同品系的巨牡蠣間，在成長及成熟年齡上有很大的變異性，因此雜交優勢應該很容易顯現出來。事實上，美國的研究結果，證實牡蠣確有雜交優勢的現象。而近親交配則造成近交衰退。台灣各地區所養殖的巨牡蠣在族群間的遺傳變異性都很低，因此，為達到雜交優勢的目的，有引進其他地區之種貝進行雜交的必要。事實上已有學者指出：熊本牡蠣與其他品種間之雜交，非常值得一試。因為，熊本種在成長及成熟年齡小的缺點，應該可以透過雜交而得到明顯的改善。熊本種巨牡蠣在北美或歐洲等水溫較低的海域，即使在夏天也不會自然產卵，因此可以填補其他種巨牡蠣，因夏季產卵而不適合採收所空下來的市場，而使得此種牡蠣逐漸受到重視。這也是法國方面想從台灣引進牡蠣，進行其成長及遺傳變異性之分析，並作為將來雜交育種用的主要原因。

法國在牡蠣的養殖技術與研究水準獨步歐洲且與美國相互抗衡，與之合作研究可從中引進許多先進的養殖技術，如綠鰓牡蠣、單體牡蠣及三倍體牡蠣、四倍體牡蠣等生產技術。大型單體帶殼生牡蠣則是台灣西式自助餐最熱門的海鮮食品。但這些大型牡蠣都是從法國、澳洲及加拿大等國家進口；台灣養殖的牡蠣通常較小，即使夠大，也因生殖腺過於飽滿而不適合生食。因此若能夠利用三倍體或雜交技術，將可解決此一問題。法國牡蠣養殖在歷史上，遭受到數次波折。目前非常重視疾病及育種的研究。在育種方面的研究也是以抗病品種為主。未來應可以繼續與歐美加強牡蠣之學術與技術交流。以利牡蠣特殊品種之選育與保存。

本次訪問中與法方研究單位 IFREMER 之研究人員已建立良好的連絡管道，也討論了一些值得雙方共同興趣的研究課題並引薦可能合作之水試所研究單位與人員。然而全面完整合作計畫的規劃與執行，仍有賴決策階層之經費人力支持、執行者之長期持續投入研究以及研究單位人事管理和科研制度之改善方得以畢竟全功。

建議事項

- 一、法國牡蠣養殖產業之生產管理、銷售到飲食文化均有一貫之體系，台灣的牡蠣產業固然與法國有不同之背景，但是其生產方式、生產規劃與管理、養殖機械化與自動化值得為台灣牡蠣之生產者、管理決策者以及消費者參考借鏡，據以提升台灣牡蠣產業之價值。
- 二、台灣因牡蠣天然苗不穩定、環境變動、颱風災害等因素產量豐歉不一且品質亦不穩定，為改善目前的困境及因應將來的需求，加強牡蠣養殖技術改進的研究是極有必要的。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，方能提升養殖牡蠣品質及價值。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、育種、與其利用，進行

牡蠣自交和雜交選育及多倍體牡蠣之生產及評估等等，是研究機構與產業應同心齊力合作之方向，以促進牡蠣產業之永續發展。

- 三、由於台灣養殖之牡蠣是一種成長迅速、適合在亞熱帶地區養殖的種類。台灣未來牡蠣養殖之發展除了供應國內市場健康安全的牡蠣產品外，亦應可朝向可建立品牌及價高且風味品質之單體牡蠣及三倍體牡蠣發展，此外，台灣若能加強牡蠣的育種及遠方附苗技術之研究並能持續進行優良種苗之人工量產，亦可輸出供應高品質的牡蠣種苗至其他亞熱帶國家。