

出國報告（出國類別：研習）

## 赴澳洲研習養殖水耕技術出國報告

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所

行政院農業委員會台南區農業改良場

姓名職稱：劉富光研究員兼副所長

楊順德副研究員兼主任

黃德威助理研究員

鄭安秀研究員兼課長

楊清富助理研究員

派赴國家：澳大利亞

出國期間：104年4月22日至104年4月29日

報告日期：104年6月30日

## 目 錄

壹、摘 要 .....	2
貳、目 的 .....	3
參、過程概要 .....	4
肆、參訪研習內容 .....	5
伍、心得與建議 .....	16
陸、結論 .....	19

## 壹、摘要

水產養殖和水耕栽種的綜合經營是為充分運用有限的水資源，以及增加生產魚或菜的副加價值，而達到更大的獲益。未被養殖魚類充分利用的有機和無機營養排放到系統中，讓植物從中獲得生長所需的營養鹽，可減少養殖系統有機排泄物堆積，有效率的循環使用養殖用水，或至少也可以降低排放水對環境所造成的衝擊。澳洲在養殖水耕的開發極具成熟度，澳洲人不僅熱衷養殖水耕的實踐，在運作理念推廣和周邊資材行銷也相當熱門。本次出國行程規劃即為研習參訪澳洲不同型式的養殖水耕系統，瞭解不同系統的經營理念、操作管理方式、魚和菜的配比、收益情形及可發展性等，以做為國內執行相關計畫和推廣時之參考。結論為雖然設計規模和經營理念的差異大，以及養殖魚和栽種植物的選擇等因素，使得養殖水耕系統看似複雜，但如能掌握合適放養密度、適量的飼料投餵、合理的栽種作物以及適時適量的施肥，養殖水耕系統的操作不會比單獨的循環水養殖或水耕農作困難，反能生產更為安全、更為省水減碳的魚和菜。

## 貳、目的

臺灣是一個島國，島中央有南北走向的中央山脈，全臺約 130 條河源自此高聳山系，導致流向東西兩側的河川湍急而水淺，很快流向海洋，加之蓄水之水庫湖泊有限，以致淡水資源一向匱乏。因此，有效運用水資源是常被討論的議題，而節水也已然成為農業生產的重要課題。傳統的水產養殖多以池塘圈養水產生物，由於養殖密度高養殖排泄物多而需經常換水，因此才開發循環水養殖技術以減少地下水的使用，但由於系統設備昂貴、運轉耗能增加養殖成本，養殖水耕(aquaponics)則是改良循環水養殖並結合水耕農作的綜合生產模式，其原理係利用養殖過程中所產生富含營養鹽的水體，經農作物吸收淨化後再回收做為新的養殖用水，水資源先利用於養殖水產動物，再將其排放之廢水於水耕植物生產，達到資源回收利用、節約能源、維持養殖池水質與增進魚隻生長。此外，都市農業的概念漸受矚目，是指都市圈中的農地作業可為居民提供優良農副產品，做為人們休閒旅遊、體驗農業以及瞭解農村提供場所，近年來在許多都會區，甚至社群網站開始談論養殖水耕概念，認為養魚不換水、種菜不施肥，就是結合水產養殖和農耕的新興綠色產業。

現代養殖水耕較為完整的研究雖肇始於美國，但與美國同為農業研發和生產大國的澳洲，由於地屬乾旱區水資源珍貴，以及嚴格的養殖排放水規定，省水的農作方式普受重視，再加上早期開發有成的水耕作物栽培，而發展出各種不同的養殖水耕方式。查詢 Google 網站可發現自 2010 年開始，aquaponics 一詞的搜尋頻度逐月逐年增加，而搜尋地區熱門度則以澳洲為首；再則，據估計在 2010 年全球大約有 3500 套的庭園式養殖水耕系統，其中超過半數就建置在澳洲，顯見澳洲在養殖水耕的開發成熟度。澳洲人不僅熱衷養殖水耕的實踐，在運作理念推廣和周邊資材行

銷也相當活絡，養殖水耕相關網站點閱率的前五名就有兩個澳洲網站。

因此，本次出國行程規劃研習參訪不同型式的養殖水耕系統，以瞭解不同系統的經營理念、操作管理方式、收益情形及發展之可行性等，做為國內執行相關計畫和推廣評估之參考。

## 參、過程概要

### 一、主要研習參訪行程

日期	地點	主要工作項目
4/22(三)	台北-香港-墨爾本	桃園國際機場經香港轉機至墨爾本
4/23(四)	墨爾本	前往 Peng's Aquaponics Farm 參訪庭園式養殖水耕系統及發展現況
4/24(五)	墨爾本-新堡	拜會 Port Stephens Fisheries Institute，進行養殖技術研發交流
4/25(六)	新堡-雪梨	參訪 Tailor Made Fish Farms 進行技術交流並收集相關資料，再由新堡搭車前往雪梨
4/26(日)	雪梨-布里斯班	下午由雪梨搭機前往布里斯班
4/27(一)	布里斯班	搭車前往 Murray Hallam's Practical Aquaponics 研習養殖水耕技術
4/28(二)	布里斯班-香港	討論及整理資料後轉赴機場
4/29(三)	香港-台北	經香港轉機回臺

### 二、行程概要

本次出國研習參訪係為 103 年度行政院國家科學技術發展基金補助「建立養殖水培系統試驗」(計畫編號：MOST103-3111-Y-056-011) 之計畫項目下，由水產試驗所 3 人及台南區農業改良場 2 人等共 5 名人員組團赴澳。原訂於 1 月份參訪布里斯班附近之 Central Queensland University 及養殖水耕業者，但因去年風災毀損參訪地點的設施等不可抗力因素而

重新安排行程。經多方連絡，考量不同型式養殖水耕系統，有不同的環境背景、設施裝置、養殖水耕生物和經營方式，乃改列庭園式養殖水耕系統 Peng's Aquaponics Farm、以養殖為主、水耕蔬菜為輔之 Tailor Made Fish Farms、兼具推廣教育功能的 Murray Hallam's Practical Aquaponics，以及屬於政府水產研究機構的 Port Stephens Fisheries Institute。

#### 肆、參訪研習內容

##### 一、Peng's Aquaponics Farm

屬於庭園式養殖水耕系統，其設施為非農業標準的簡易溫室結構(圖 1)，面積 150 m<sup>2</sup>，溫室內除排風扇外並無任何環控設施，基本上無法進行微氣候調整。在溫室中以 3×8 m<sup>2</sup> 之養殖槽飼養紅鯽魚 (*Carassius*

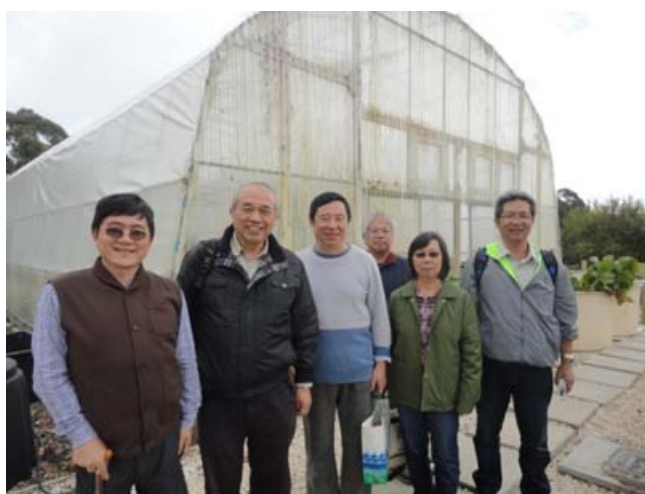


圖 1 簡易溫室外合影

*auratus* red var.)及鯰魚(*Tandanus tandanus*)(圖 2)，投餵人工配合飼料，利用抽水泵浦將水由養殖槽抽送至作物栽培槽，栽培槽內以就近取材的卵



圖 2 養殖槽飼養鯽魚及鯰魚

石或火山岩碎塊為介質，粒徑約 2 cm，填充高度約 30~40 cm (圖 3)。系統不架設過濾槽，透過鐘型虹吸排水裝置達到消漲式灌溉 (flood and drain type, FDP) (圖 4)，因為水只有蒸發及作物蒸散而少量消耗，大部份水均可循環使用(圖 5)。

農場處處可看到自給自足、對環境友善、物盡其用的想法溶入生產體系中，例如利用儲水槽收集屋頂雨水供應魚菜系統使用、栽培槽內的介質採用可重複使用不會造成汙染的卵石及火山岩、利用菜葉殘渣製作堆肥、栽培槽利用木板釘製無環境汙染問題。植栽槽中同時放養蚯蚓，可攝食來自養殖槽而被介質攔阻下來的懸浮物，以及部分掉落於植栽槽的殘葉，同時利用蚓糞作為植栽的養分，並可藉由觀察根圈蚯蚓的數量及活動情形，瞭解植床內環境的優劣和系統的運作是否正常。



圖 3 摻和卵石和火山岩碎塊的介質床



圖 4 介質床和鐘型虹吸排水裝置

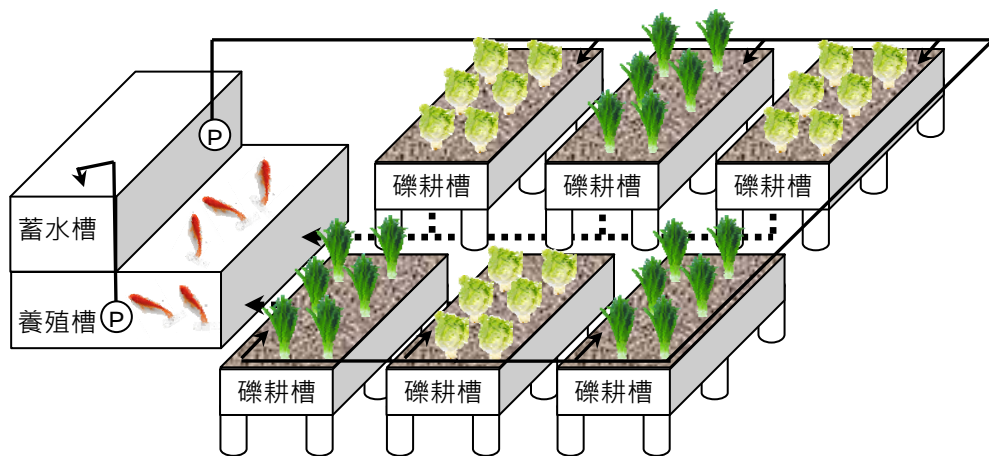


圖 5 庭院式礫耕槽的養殖水耕系統



圖 6 溫室內部一隅

栽培的作物包括：葉用甘藷 (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)、甜椒 (*Capsicum annuum* L.)、辣椒 (*Capsicum annum* Linn.)、番茄 (*Solanum lycopersicum*)、韭菜 (*Allium tuberosum*)、萵苣 (*Lactuca sativa*)、青蔥 (*Allium fistulosum* L.)、扁豆 (*Lablab*

*purpureus*)等(圖 6)，為增加收益目前正嘗試加種十字花科(Brassicaceae)，供應部分超市及少數餐廳。為使植物生長正常，依照不同作物的需求，適時添加微量元素；而在水溫 20°C 以下、pH 值下降不利魚隻成長時會以生石灰調整，對於蟲害則以蘇力菌進行防治。

據農場主人表示，該場是在無化學藥劑、化學肥料且對環境不會造成污染的狀態下生產食用安全蔬菜，因此販售價格較高，植栽作物販售價格約澳幣 8~10 元/kg (相當於新臺幣 200~250 元/kg)，夏季每週採收一次可獲利 300 澳幣，收成後賣相較差的葉片則製作堆肥(圖 7)。

其所生產的葉菜因產量不多，只在零售市集販售；養殖魚每年收成一次，供應華人市場。以該場現有面積不易達到經濟生產，目前正建構第二棟溫室以達專業生產的規模。



圖 7 堆肥處理桶(前)及雨水回收槽(後)

至於魚與菜的比例，農場主人表示沒有標準的公式可資利用，因魚與菜兩者皆為動態系統，和魚隻的大小、飼料、作物的種類、水的流量



及栽種方法等有密切的關係。其經營理念是認為地球就是一個養殖水耕系統，依此概念如發現系統需改善的部分，會以大自然為借鏡進行系統調適。

## 二、Tailor Made Fish Farms

係以循環水養殖金目鱸 (*Lates calcarifer*) 為主、水耕蔬菜為輔的系統，農場佔地約 17 公頃，在澳洲算是較早將水產養殖和水耕蔬菜兩個不同體系結合，進行商業化生產的公司，負責人 Nick Arena 曾於 2009 年受亞洲生產力組織(APO)之邀來臺，介紹友善環境的水產養殖生產系統。

整個農場大概可區分成三大部分：室內循環水養殖場、露天蔬菜栽培區及餐廳(圖 8, 9)。室內養殖場面積約 1500 m<sup>2</sup>，是一個四面以烤漆板密閉、屋頂為雙層透明塑膠板的建物，利用陽光造成的溫室效應使場內溫度維持在 26~30°C 每年達 9 個月之久，而冬季最低溫亦能維持在 24°C 以上，讓金目鱸終年成長在



圖 8 室內循環水養殖和露天水耕區



圖 9 農場自營餐廳前庭



圖 10 金目鱸循環水養殖槽

適溫範圍內(圖 10)。在循環水養殖系統方面，場內有 8 個大型砂濾缸和 4 組重力式廢水過濾組循環系統(圖 11, 12)，用以處理總計約 400 噸的大小



圖 11 重力式過濾組



圖 12 循環維生系統



圖 13 養殖排放有機物處理槽

FRP 水槽 50 餘個，養殖水約每小時可循環一次；該場開發出的重力式廢水過濾組，可將濾出的固形物送到室外的地下水泥貯存槽(圖 13)，用以澆灌水耕蔬菜。由於這些來自養殖槽的有機肥份是貯存在打氣的有氧環境，可避免厭氧菌的作用而產生甲烷或硫化氫，且在此處可注入蔬菜所需但養殖系統無法足量供應的微量營養鹽。

水耕蔬菜採露天栽培，栽培面積約 1650 m<sup>2</sup>，栽培系統為養液薄膜法 (nutrient film technique, NFT, 圖 14)，因蒸發及作物吸收所消耗的水，由來自於養殖系統的有機排放水補充，補水率約 10%，但流出 NFT 的水並未回流到養殖場，而是當作農場草皮的澆灌水(圖 15)。為使蔬菜生長更好，養殖排放水在流入水耕系統前，進行 pH 值調控，並添加作物所需的肥分及微

量元素，種植的蔬菜種類為菊科 (Asteraceae) 及十字花科的菜種。農場主人認為養殖排放水產生的肥分可用於種植作物，而後的水則不循環回收到魚槽，同一水源先養魚再當作植栽二次用水，同樣可達到節約用水的目的；此外，處理水耕系統 pH、營養元素及病蟲害防治可不考慮對魚的影響。



圖 14 NFT 水耕栽培系統

農場每週約可生產 1~1.2 噸的金目鱸，年產量約 40 噸，而每 550 m<sup>2</sup> 的 NFT 水耕系統，平均每五週可生產約 22,000 棵萵苣，一年可 10 穫，產量計約 220,000 棵，所生產的活魚和蔬菜主要銷售給中盤商、超市和餐廳，農場每年營收利潤約 20~30 萬澳幣。

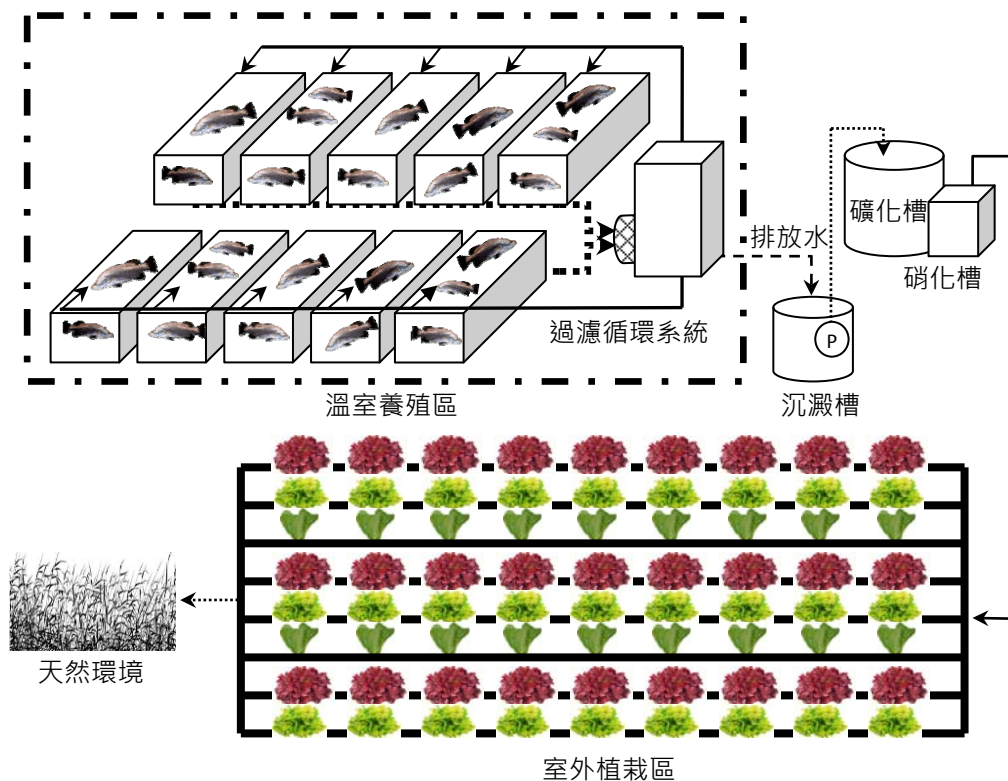


圖 15 循環水養殖和 NFT 系統的連結



圖 16 與農場主人對話

農場自家經營的餐廳是在四年前從接待中心改裝而成，是綜合經營休閒農園的一部分，農場主人認為讓前來庭園餐廳用餐的客人，看得到魚、摸得到菜，是一大賣點，目前餐廳的收益約佔農場總收益的 20%。參訪當時適逢附近華人餐廳貨車前來

運取活魚，Nick 說地產地銷降低食物碳足跡，是他們一直在做的事，雖然生鮮活魚的價格是從亞洲各國進口冷凍魚排的 3~4 倍，農場生產的魚還是供不應求。

### 三、Murray Hallam's Practical Aquaponics

是兼具推廣教育功能的養殖水耕系統，推廣經營營養殖水耕的教學農場，看起來是以種植為主、養魚為輔的系統，農場主人為 Murray Hallam (圖 17)。由於以教學為前題，農場規模不大，對於生產的主要方向並未明確，目前場內溫室規模較小，每套系統可操作範圍不大，但加以修改即可因應各種不同的需求目的，或用於生產或作為社區美化之用。



圖 17 農場主人介紹場內設施

場區的溫室結構有兩款，一為木材搭建，另一種為鋁管搭建，結構強度略顯不足，屋頂覆蓋塑膠布，側面被覆防蟲網(圖 18)。溫室入口呈

敞開狀態，可能因為主要栽培菊科作物，故蟲害並不嚴重，僅在每棟溫室側牆懸掛黃色粘紙；詢問農場主人如何控制蟲害，其表示利用瓢蟲捕食蚜蟲，並定期噴灑大蒜水等進行驅蟲。因具有推廣性質，農場所栽種的植物種類較多，有不同品種的萵苣、十字花科蔬菜、萼菜、青蔥、葉用甘藷、茄科作物如青椒 (*Capsicum annuum* var. *grossum*)、茄子 (*Solanum melongena*)，蘿勒 (*Ocimum basilicum*)、草莓 (*Fragaria ananassa* Duchesse)、玉米 (*Zea mays*)、木瓜 (*Carica papaya*)、芋 (*Colocasia esculenta*) 等。

在養殖系統方面，數個 2 噸的 FRP 桶分別放養 150~250 尾的銀鱸 (*Bydianus bidyanus*)、寶石鱸 (*Scortum barcoo*)、莫瑞鱒 (*Maccullochella peelii peelii*) 或鯰魚 (圖 19)，養殖水經溢流管流至前置處理槽，以打氣增加水中溶氧後，流至養液調整槽進行調製，再由抽水浦浦送到較高的暫存桶，暫存桶內的



圖 18 示範農場外觀



圖 19 養殖槽放養在地魚種



圖 20 系統循環水導入植栽槽

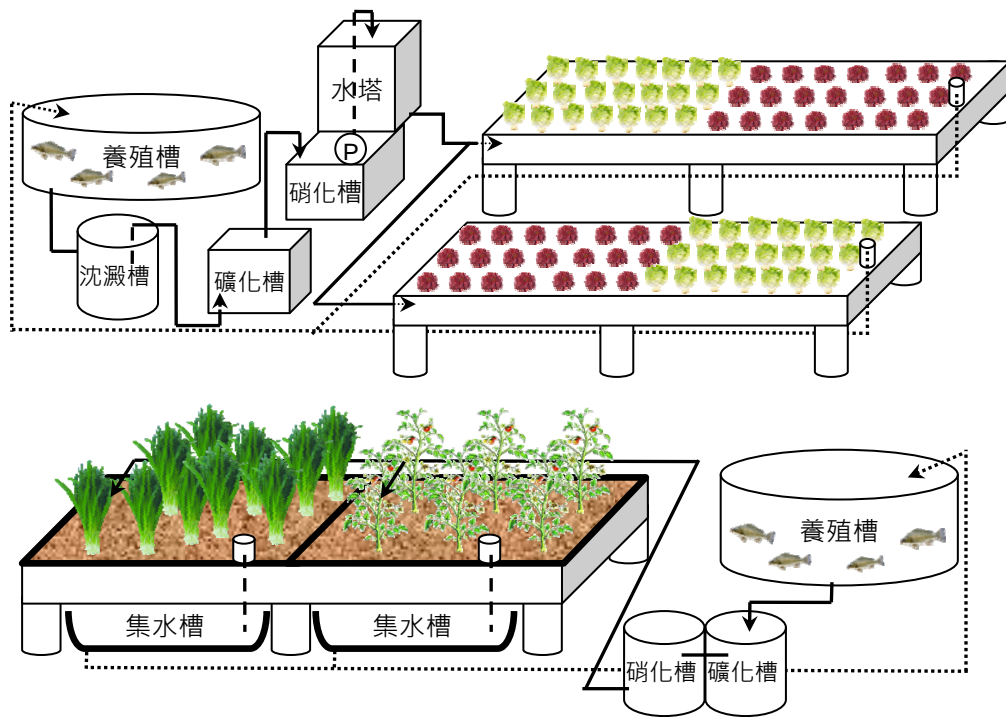


圖 21 浮筏式(上)和礫耕式(下)之養殖水耕系統

水則靠重力流到各栽培槽(圖 20)，所有從栽培槽回流的水均匯集到養殖槽(圖 21)。每週檢測系統水的 pH 值，當 pH 值降至 6.2 以下時，添加氫氧化鉀調升至 pH 7，除可較為符合魚隻生長的酸鹼度，並可供應植栽所需之鉀鹽，而微量元素(K、Ca、Fe、Mg、B 等)則每月補充一次。

本場植栽系統分為兩類，一種為浮筏式(float rafting type, 圖 22)，即利用浮板進行水耕栽培，主要用於一般葉菜的栽培；另一種為消漲式灌溉，利用卵石等材料作為栽培介質(圖 23)，主要用於茄果類及其他生長期較長的作物，每個溫室約可種植 2,000 棵蔬菜。



圖 22 浮筏板栽種各種萵苣



圖 23 卵石植栽槽可種植蔥或茄果類等

#### 四、史帝芬港水產研究所

位於尼爾森灣的史帝芬港水產研究所(圖 24)，隸屬新南威爾斯省初級產業部。水產養殖系主任 O'Connor 博士介紹該所的研究領域，包括水產養殖、漁業資源、水域生態、政策與管理、生物安全等，而水產養殖系的主要工作項目為牡蠣的選育、海水魚繁殖、藻類培養及魚蝦類飼料研究。



圖 24 史帝芬港水產研究所戶外大池

牡蠣是新南斯威爾省最重要的養殖產業，主要種類為雪梨岩牡蠣(*Saccostrea glomerata*，約佔六成)，其次是太平洋巨牡蠣(*Crassostrea gigas*，50 年代引進澳洲的外來種)和少數當地的珍珠貝(*Pinctada imbricata*)，



圖 25 O'Connor 博士解說牡蠣選育試驗

O'Connor 博士長期研究牡蠣的繁殖和育苗技術改良、品系選育(如抗病力、成長快速和肥滿度)以及環境變化(如 pH)和氣候變遷對牡蠣的影響等(圖 25)，研發成果都免費技術輔導業界，幾年前還嘗試量產單體牡蠣供



圖 26 黃條鰈育苗池

應沿岸海域的牡蠣養殖戶。在魚類方面，該所早期偏重於研究澳洲原生種淡水魚，像是銀鱸等之繁養殖技術建立和推廣；近幾年則將重心移到海水魚的繁養殖(圖 26)，如鮫魚(*Argyrosomus japonicus*)、澳洲鱸(*Macquaria novemaculeata*)、黃條鰺(*Seriola lalandii*)和南方黑鮪(*Thunnus*



圖 27 微藻擴增培養設施

*maccoyii*)等，其中鮫魚和澳洲鱸是以增殖放流計畫為主。藻類培養則是為貝苗和魚苗餌料所做的研究(圖 27)，計有骨藻(*skeletonema pseudocostatum*)和等邊金藻(*Isocrysis galbana*)等 12 種可大量培養。另外，配合推廣魚蝦養殖而有一系列的

飼料研究，該所的所長 Geoff Allan 在早期對於銀鱸飼料營養有完整的研究，現今重心則在鮫魚和黃尾鰺的飼料開發，以及利用澳洲農畜副產物取代魚粉的相關試驗。

該所這一兩年來開始進行大型藻的養殖研究，所內的海水先經過藻場，再抽到大型貯水槽存放(圖 28)，O'Connor 博士說這樣的水質很適合養海水魚，再加上防疫措施的落實，場內不易暴發疫病。未來是否會發展出結



圖 28 海水經淨化後之蓄水槽

合牡蠣、海水魚和大型藻的多層次生態養殖技術，他說，其實澳洲政府對於排放水的要求嚴格，這樣的研發方向確有可行性，就他所知，已有人在開發養殖海水魚和藻類的系統。



## 伍、心得與建議

結合水產養殖和水耕栽種之目的是為充分運用有限的水資源，以及增加生產魚或菜的副加價值，而達到更大的獲益。就養殖魚類而言，可從飼料中吸收利用的營養有限，例如飼料總氮約僅有 18~20% 保留在魚體內，未被充分利用的營養則排放到養殖系統中，讓植物從養殖排放水中獲得生長所需的營養鹽，可減少養殖系統的有機排泄物堆積，有效率的循環使用養殖用水，或至少也可以降低排放水對環境所造成的衝擊。就水耕植栽而言，植物需要富有營養源的水幫助生長，而將養殖系統結合水耕系統，可降低肥料使用量、節約用水成本，並可增加額外收益。上述核心概念放諸任何的養殖水耕系統均可適用，而不同組合系統的差別就在於是以養魚為主還是植物為主？是要自給自足還是規模生產？是要養耕怡情還是技術推廣？在本次的參觀研習過程中，不僅看到不同養殖水耕系統在結構組合、養殖魚種、水耕作物種類和規模大小的差異，農場主人的經營理念也各異其趣。

在庭園式養殖水耕系統，為節省空間，通常使用體積較小之養殖槽(圖 19, 21)或就設置在礫耕槽下方(圖 2, 5)；由於養魚空間受限，水量約為 2~3 噸左右，每噸水放養生物量約 8~30kg，視放養魚隻大小、尾數和成長階段而定。系統因為魚隻數量有限，偏重於作物生產而以養魚為輔，但養殖魚排放的有機養分不足植物所需，故須注意定期供應植栽的肥分(多為市售的水耕綜合營養鹽)，以免營養缺乏造成植物生長障礙。尤其是多樣化的種植葉菜類和果菜類，不同作物對微量營養元素的需求不盡相同，農場主人大致是依據經驗法則或定期檢測 pH 和導電度，來判斷施用水耕肥的時機，比較合宜的 pH 值在 6.5~7.5，太低不利於魚的成長，偏高則影響植物對營養鹽的吸收。

在量產型的養殖水耕系統，則是養魚為主，依照放養密度、年生產量和飼料效率推算，該室內養殖場每天至少由循環水系統排出約數十公斤之有機肥分，即使有完整的室內循環水系統，大部分的養殖用水可以循環使用，但是要將所產生的有機固形物和水溶性營養鹽，處理到符合澳洲的環境排放標準，勢必提高額外的生產成本。將這種量產型的室內循環水養殖系統結合室外 NFT 水耕系統(圖 15)，不僅解決養殖廢水排放問題，每生產 1 公斤魚而排放的有機和無機營養還能生產約 8 公斤蔬菜，每年增加數萬元澳幣的額外收入。這樣的系統建構，沒辦法做到零排放的理想，卻也因此迴避調整魚和菜比例平衡的問題，而且水耕用水未回流到養殖區，更可進行養液調整確保蔬菜生長，甚至可用藥處理植物病害。

在養殖系統和植栽系統的組合方面，養殖廢水可由養殖槽直接流進植栽槽(如圖 5)，溶於水中的營養源由植物吸收，而水中固形物可被放養在礫耕槽的蚯蚓當做食物，其排泄物再被當做植物營養；蚯蚓不宜泡水太久，由於礫耕槽為潮汐式灌溉，正可避免蚯蚓長時期浸泡在水中的問題。另一種常見的方式是養殖水在進入植栽系統前，先經沈澱槽或過濾槽將水中固形物移除，再經硝化曝氣系統等裝置處理後，流入植栽槽(圖 12, 13, 15, 20, 21)，這樣的好處是讓固形物經充分分解有利於植物的吸收，也可以避免根系被固形物附著而影響呼吸；通常，如果要補充植物所需的微量營養素，也會在此處加入。

養殖水耕系統的對象魚種通常要具有可高密度養殖和環境耐力強，所以世界各地發展出來的系統大多選擇吳郭魚(*Oreochromis* spp.)，就連常被當作範例的美國維京群島大學的 UVI 養殖水耕系統也是，其他被推薦的魚種還包括美洲河魴(*Ictalurus punctatus*)、大口黑鱸(*Micropterus salmoides*)、虹鱒(*Oncorhynchus mykiss*)、淡水白鰻(*Piaractus brachipomus*)、

鯉魚(*Cyprinus carpio carpio*)、錦鯉(*Cyprinus carpio, koi*)和金魚(*Carassius auratus auratus*)等。不過，此次和各農場主人的訪談結果，以及史帝芬港水產研究所人員的詳細說明，澳洲是相當重視環境保育的國家，業者的養殖魚種或是試驗機構的研究項目，都以本地種類為對象，例如銀鱸、莫瑞鱈、金鱸(*Macquaria ambigua ambigua*)、寶石鱸、金目鱸和淡水鯰等。至於魚和菜的比例，可能是商業機密，更可能是複雜的生物和理化因素而難以簡單的數字呈現。

本次參訪養殖水耕系統中常見的三種植栽方式，包括礫石耕、浮筏式(圖 5, 21)和 NFT 水耕系統(圖 15)，何者適於搭配循環水養殖系統，尚無定論，端視栽種植物的種類和數量而定，如浮筏式系統和室外 NFT 水耕系統多用於小型葉菜類，而礫石耕則可栽種植體較高和深根的作物，但種植數量大概只有浮筏式的 1/3~1/4。室外 NFT 水耕系統為求量產化，而以生產菊科及十字花科的菜種為主；室內礫石耕槽可種植的種類相當多樣化，有不同品種的萵苣、十字花科蔬菜、萵菜、青蔥、葉用甘藷、茄科作物如番茄、青椒、茄子，蘿勒、草莓、玉米、木瓜、芋等。

農作物病蟲害防治是養殖水耕系統的重要課題，由於溫室的隔離環境、較多元化的作物相及少量的栽培，病蟲害防治較為單純。另外，為避免農藥對養殖魚的毒害，概以生物防治為主，如施用蘇力菌防治夜蛾類害蟲，利用瓢蟲捕食蚜蟲，並定期噴灑大蒜水等進行驅蟲。此行參訪的三個養殖水耕農場所栽植之農作物，病蟲害問題均很輕微，反而是有些植物呈現營養不足所引起



圖 29 肥份不足

的生理障礙(圖 29~32)。水耕植物需從水中吸收氮、鉀、鈣、鎂、磷和硫等主要元素，以及氯、鐵、錳、硼、鋅、銅和鉬等微量元素，而養殖系統的有機排放水能否足量供應水耕植物正常生長所需之元素，則與養殖魚種和數量、投餵飼料、植物種類和數量以及系統大小等因素有關，而受訪的三位農場主人均表示，需要適時適量的施肥。



圖 30 缺鎂



圖 31 氮肥不足

## 陸、結論

養殖和水耕的綜合經營，因為強調環境保育和資源永續利用而日受矚目，不過，單從水產養殖或水耕技術的成熟度來看，所謂養殖水耕系統仍處於啟蒙期，主要還是以興趣和庭園型的層次為主，而澳洲即是主要的開發國家。目前，全世界能結合水產養殖和水耕技



圖 32 氮過高、鉀不足

術，達到商業化量產的仍屈指可數，有待基礎參數的建立以及成功案例的積累，才能吸引更多人力和資金的投入，讓這種農漁綜合經營的生態

農業系統得以長足發展。

由本次研習參訪發現，雖然設計規模和經營理念的差異大，以及養殖魚和栽種植物的選擇等因素，使得養殖水耕系統看似複雜，但如能掌握合適放養密度、適量的飼料投餵、合理的栽種作物以及適時適量的施肥，養殖水耕系統的操作不會比單獨的循環水養殖或水耕農作困難，反而生產更為安全、更為省水減碳的魚和菜。中小型的庭園型養殖水耕系統，不僅是生活嗜好，也能自給自足；佔地面積廣大的商業化量產型養殖水耕系統，可以作為事業經營，更能實現地產地銷和減少碳里程；養殖水耕生態農場的教育推廣，可以是教育，也可以是商業。