

植物工廠與養魚工廠

文／方 煒（生物產業機電工程系教授）

室內循環水養殖系統基本上是一個省地、省水、高產量的生產工具。可不使用地下水，廢水排放又少，對環境的影響小，屬環保上友善的系統，所以頗受重視。由於可在室內全年養殖，不受天候影響，簡稱為養魚工廠。國內養魚工廠的原始設計主要以養殖歐洲鰻為主，但基於養殖成本的考量，業者多半傾向兩段式養殖方式，室內只負責魚體對水質要求高且/或存活率低的關鍵階段。目前此種養殖模式亦逐漸擴散至其它觀賞魚與高經濟價值魚種的魚苗與成魚的養殖。

植物工廠的廣義定義包括了可全年栽培的具環控調節能力的溫室，採水耕方式栽培的植物工廠同樣使用循環水，養殖水中飽含氮磷廢棄物正好可作為植物的養分來源，植物吸收氮磷廢棄物可降低循環水養殖系統對氮磷去除設備系統能力的需求，兩者可做互補式的結合，但增加監控與管理上的複雜度。此種結合在國外也逐漸受到重視，甚至都有新的英文單字被創造出來，用來簡化對此類型的複合養殖/栽培系統的描述。水產養殖是 Aquaculture，水耕栽培是 Hydroponics，兩者結合的研究稱為 Aquaponics。迄目前為止，大多數的學界與業界的系統多偏向於吳郭魚或鯰魚等淡水魚結合藻類、萵苣、番茄或布袋蓮的栽培。後三者主要透過旺盛的根系生長力去除水中氮磷，藻類在水中尚有調節水中溶氧與提供天然抗生素防治疫病的功能。

如下表所示為養魚工廠用地、用水、飼養密度、飼養時間與飼料換肉率之比較（以年產量 50 噸鰻魚之規模為基準）。表中數據顯示超集約養鰻系統的獲利空間與在資源的節約上均遠優於傳統的漁塭養殖，其缺點則是成本高，風險高；換言之，對水質監控與魚病監控系統的依賴度高。

項目	傳統魚塭	超集約養鰻系統
使用土地	7000 坪	300坪
使用水量	3200 m ³ /日	30-40 m ³ /日
飼養密度	2 公斤/m ³	70-100公斤/m ³
飼養時間	18個月	12個月
飼料換肉率*	3.0	1.2-1.7

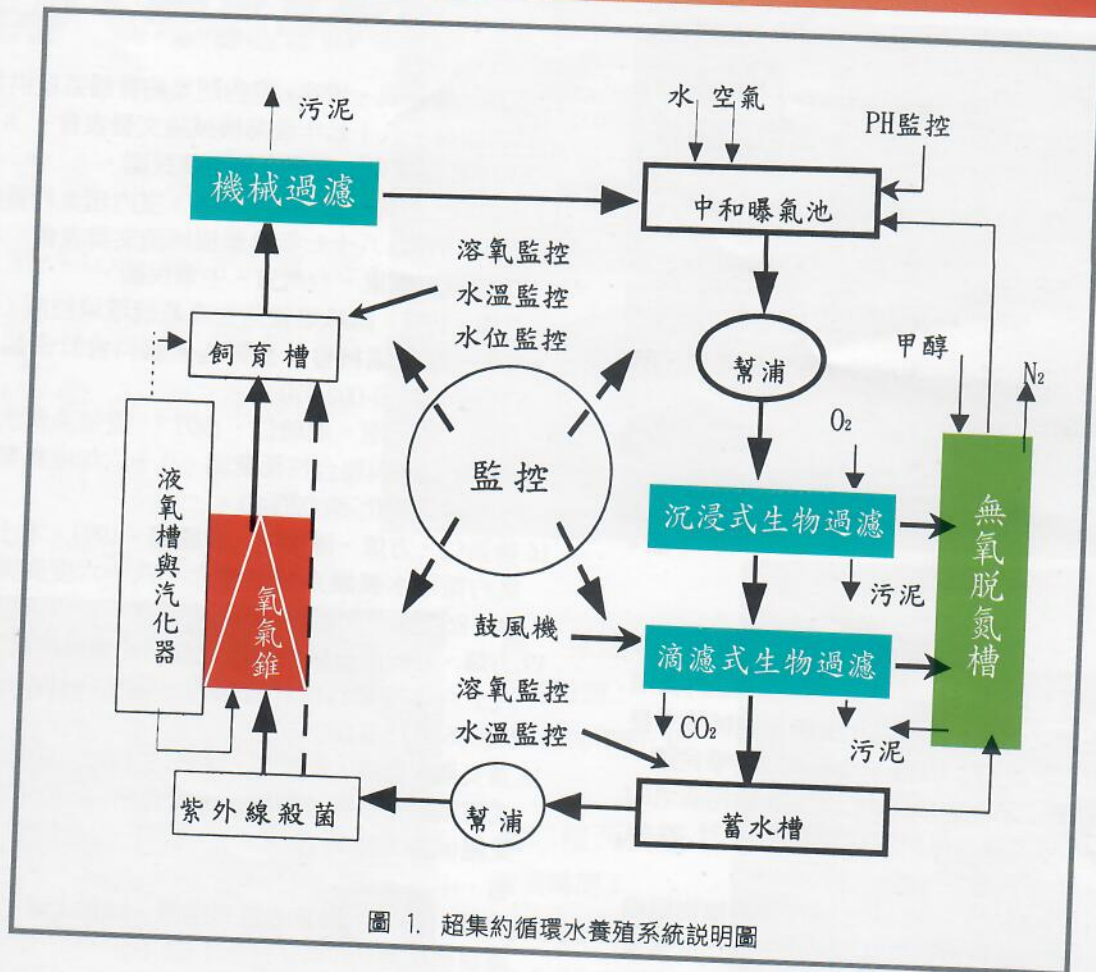
* 飼料換肉率：增肉一公斤（溼重）需提供多少公斤的飼料（乾重）

圖1 所示為超集約循環水養鰻系統之系統配備與水流配送系統等之說明圖。系統組成包括：飼育槽，水流配送設備，機械式微粒過濾器，沉浸式生物過濾器，滴濾式過濾器，無氧脫硝(脫氮)槽，氧氣錐與緊急供氧系統，紫外線殺菌器，自動定時投餌器，水位與溶氧感測器及監控系統。

本研究室在超集約循環水養殖系統的研究中主要針對此系統的局部功能做進一步改善，研究成果包括：1.水質監控系統之改良，包括溶氧感測器配備定時刷可自動清洗省去日日維護的麻煩，溶氧控制策略之改良與整廠水質電腦化監控系統的建立；2.廠房夏季降溫問題的解決，包括水溫與空氣溫度；3.整廠廠房監控包括可結合區域網路進行電腦監控的水上與水下數位攝影系統的建立；4.自動秤重、補料、給餌系統與停餌偵測機制的建立，使得無人化養殖工廠的建立有更光明的遠景。在植物工廠的研究上目前以淹灌方式針對番茄與萵苣的栽培較有經驗，其養液循環系統的控制與養殖系統水質偵測、控制與疫病防治等在涉及工程設計與機電等部分是互通的。限於篇幅，植物工廠的介紹在此略過。

從飼料換肉率來看，魚類每消耗一單位的飼料轉換成增肉的比率比任何家禽、家畜都來得高，可食用的部份在比例上亦較高。從保健的觀點來看，吃魚肉比吃任何禽畜肉都來得健康，人們日益重視養生之道的結果，對魚肉的需求勢必日益增加。由於養魚工廠可高密度養魚，所以有非常高的單位面積產量；由於可在內陸、在室內養殖，幾乎可說是不需靠天吃飯，可在任何地點建立。在面臨因人口壓力導致糧食危機的新世紀即將來臨的今日，此系統不失為一生產食物的利器。整套系統中，舉凡過濾、監控、殺菌、給水與排水、養殖密度、餵飼量與餵飼與停餌時機偵測等，處處是成敗的關鍵。高的技術與資金門檻是缺點也是好處，其最大好處就在可避免一窩蜂的投入，只要誰技術領先，誰就能掌握先機，這是典型的知識經濟時代的範例。

日本國際養殖產業會（JIFAS）協助日立金屬株式



會社在熊谷建立養魚示範工廠(熊谷陸上養殖實証實驗場)，規模雖小，但對日本的企業界示範了陸上養殖在技術上的可行。日立金屬的管理階層認識到此一系統的潛力之後，對遠景的規劃就浮現了。多年前水耕栽培的盛行與人工燈光的使用，使得植物工廠盛行一時，但由於電力消耗頗高與環保上對於零流失(zero run off)的規定而只呈穩定發展。該公司擬結合廢棄物資源化處理、風力與太陽能發電、植物工廠與養魚工廠等技術，發展一另類的農漁業生產暨觀光產業。圖 2 所示為養魚工廠，圖 3 為植物工廠，一棟棟工廠組成整體的觀光園區(圖 4)。各細部的技術均已存在，系統整合仍有待一步一腳印的耕耘。面對日本與歐、美各國的競爭，面對環保上的訴求，參與此系統研發的我們坦然面對，並自許為開路先鋒，期望能建立一個養殖/栽培與環保雙贏的局面。Ω



↑圖 2
→圖 3



↑圖4

參考文獻

1. 方煒、何萬中、廖仁毅、張嘉孟。2000。室內養殖自動餵飼系統之改良。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。台灣省。中華民國。
2. 方煒、饒瑞佑。2000。超高亮度LED在植物栽培的應用。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。中華民國。
3. 饒瑞佑、方煒。2000。超高亮度LED作為植物組培苗栽培之燈具設計與可行性探討。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。中華民國。
4. 鄭宇鈞、方煒。2000。不同光照方式與不同栽培介質對蝴蝶蘭組培苗栽培之影響。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。中華民國。
5. 陳家智、方煒。2000。植物生長箱電腦監控系統之建立。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。中華民國。
6. 廖仁毅、方煒。2000。室內養殖自動投餌機量化公式之建立。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。中華民國。
7. 孟尚賢、方煒。2000。區域網路中低價位影像監視系統之建立(使用水上與水下攝影機)。八十九年度農業機械論文發表會。8月22-25日，屏東。中華民國。
8. 張嘉孟、方煒、饒瑞佑。1999。超集約循環水養殖空中管路輸送自動補料系統。八十八年度農業機械論文發表會。8月25-26日，嘉義。台灣省。中華民國。
9. 廖仁毅、張嘉孟、方煒、饒瑞佑。1999。超集約循環水養鰻系統智慧型投餌控制。八十八年度農業機械論文發表會。8月25-26日，嘉義。台灣省。中華民國。
10. 方煒。1998。超集約循環水鰻魚養殖水質監控技術。農漁牧產業自動化專輯。農業自動化叢書第九輯。P.27-38。台北：財團法人農業機械化研究發展中心。
11. 方煒。1998。植物工廠。種苗生產自動化技術通訊。第三期第98001號。種苗生產自動化技術服務團。台北：財團法人農業機械化研究發展中心。
12. 方煒、詹朝凱。1998。室內超集約養鰻系統供氧方式之改良。八十七年農業機械論文發表會。8月20-21日，屏東。台灣省。中華民國。
13. 詹朝凱、方煒、張嘉孟。1998。室內超集約養鰻系統停餌偵測。八十七年農業機械論文發表會。8月20-21日，屏東。台灣省。中華民國。
14. 方煒。1998。組織培養苗生產系統環境控制(II)。八十七年度國科會計畫報告。國科會計畫編號：NSC87-2313-B-002-070。
15. 方煒、朱元南、周瑞仁。1997。養殖漁業水質監控系統架構與整合技術彙編。八十六年度農業委員會，86-自動化-漁-02(1-2)。
16. 徐崇仁、方煒、陳俊明、曾國鋒。1997。本土化超集約循環水養鰻系統之建立。八十六年度農業委員會，86-自動化-漁-02(1-2)。
17. 方煒。1997。組織培養苗生產系統環境控制(I)。八十六年度國科會計畫報告。國科會計畫編號：NSC86-2313-B-002-093。
18. 黃奕熙、方煒、朱元南、徐崇仁。1995。循環水過濾式超集約養鰻監控系統之本土化研究。八十四年農業機械論文發表會。8月7-9日，台北縣。台灣省。中華民國。
19. 方煒。1994。「農業的第四選擇—植物工廠」。台灣農業機械雜誌。第9卷第1期：1-6。
20. 方煒。1993。發展本土化精密溫室與植物工廠之可行性分析。八十二年度國科會。國科會計畫編號：NSC82-0409-B-002-028。
21. Fang, W. 1999. Controlled Environment Aquaponics. (Invited Lecture). #3rd International conference on agricultural automation, culture, environment control and system integration. July 22-23. Rutgers University, New Brunswick, NJ, USA.
22. Fang, W. and Char-Mong Chang, 1999. Development of an automatic feeder with the capability of knowing when to stop feeding. April 26-May 2. World Aquaculture'99. Sydney, Australia.
23. Fang, W. 1998. Computer controlled super-intensive water-recirculating indoor aqua-ponic system. ASAE annual international meeting, July 12-15, Orlando, Florida.
24. Fang, W. and Chaio-Kai Chan. 1997. Development of a computer based SCADA system for indoor aquaculture using process control software. Proceedings of International Symposium on Agricultural Mechanization and Automation. Suming Chen and Chu-Yang Chou (eds). Chinese Institute of Agricultural Machinery. Vol 2: 441-446.
25. Fang, W. and R.C. Jao. 1996. Simulation of Light Environment with Fluorescent Lamps and Design of a Movable Light Mounting Fixture in a Growing Room. Acta Horticulturae. 440: 181-186.