

全球智慧養殖漁業產業 代表性案例研究

撰文/林彥宏·林志遠

前言

地球人口不斷增加，對食物供應的需求亦愈趨強烈，但在溫室效應加劇、全球土地資源減少與沙漠化的情況下，全球可供作物種植及畜牧的面積持續減少，而蛋白質是人類不可或缺的營養來源，也因魚類產品捕獲相對容易、可養殖且魚肉富含蛋白質的特性，使得人類對漁業資源的利用度愈來愈高。

若以漁獲來源區分，可將漁業產量分為捕撈及養殖漁業兩大類，其中，根據 FAO 的統計資料也顯示，全球供人類食用的漁產品中，有超過四成由養殖漁業所供應。然而，受到全球氣候變遷影響，世界各地的天然災害也隨之嚴重，全球暖化更造成海平面的上升，而養殖漁業大多是依靠氣候收成的產業，但因全球氣候變遷，使的近年天然災害 - 颱風及寒害造成的災害日趨嚴重，造成養殖漁業損失慘重，加上人力成本逐年提高，以及食品安全與環保議題逐漸受到重視的趨勢下，智慧養殖漁業逐漸顯示其重要性。全球許多養殖重要國家如日本、美國、挪威、中國等正積極研發透過智慧系統來從事養殖漁業產銷的必要技術和工具，希望成為養殖戶全天候的貼心管家。而現階段，智慧化養殖漁業主要尚以物聯網為核心的關鍵技術。

透過人工智慧系統和相關器材與設備結合，可自動化控制實現水質監控、增氧、投餌等養殖監控與作業，提供即時的動物健康、餵飼狀況、環境衛生、定位追蹤等資訊，配合後端運輸、加工、倉儲、

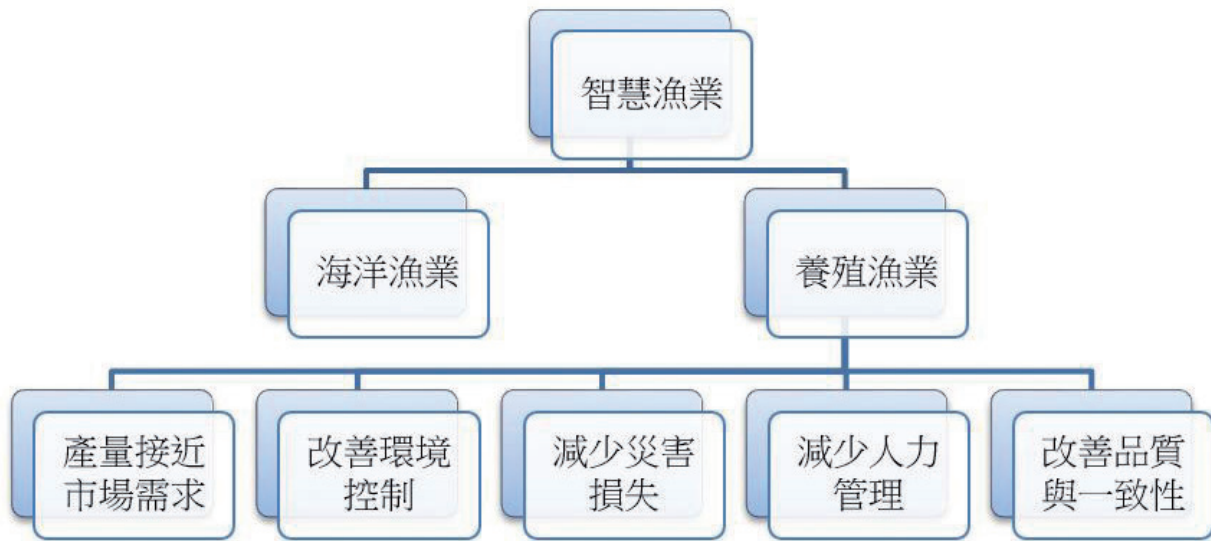
物流等自動化管理，減少了人力的投入，一方面提升管理的效率，另一方面也減少了人為誤差造成的損失。比起傳統養殖，此種經營模式將會讓水產養殖在生產規劃、日常管理、上市時機、尋找目標市場上更即時、更精準、更有效率、更安全，在節省人工、能源、產銷成本上更具效果，可有效降低養殖風險，實現更高的養殖效益，打破過去養殖靠經驗、有經驗的農民才能養好的舊思維（圖一）。

全球發展現況

根據 MnM 報告顯示，2016 年全球養殖漁業智慧化市場規模超過 5 億美元，預計以年複合成長率 (CAGR)16% 成長，2022 年市場規模將達到 12 億美元（圖二）。

MnM 報告也顯示，2015 年智慧養殖漁業產業各區域市場規模中，占比最大之區域為亞太區域的 1.9 億美元，占整體之 43%，其次為北美 1 億美元之市場規模，約占整體之 23%，而歐盟約占 20%（圖三）。

全球智慧養殖漁業產業產品主要可分為硬體與網路平台、周邊服務及軟體系統三大領域。硬體與網路平台之產品包含感測裝置 (Sensor Monitoring Systems)、GPS/GNSS 衛星定位系統及網路元件 (Network Elements) 等，周邊服務之產品包含管理服務 (Managed Services)、輔助專家系統 (Assisted Professional Services)、系統整合 (System

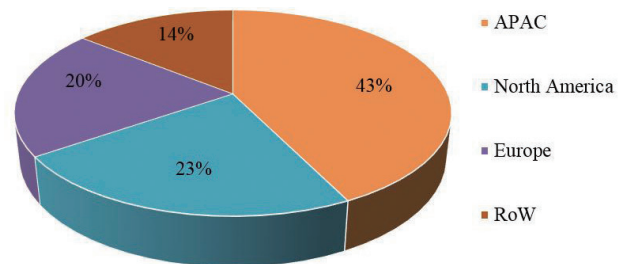


圖一 全球智慧養殖漁業之目標



資料來源：Annual Reports, Experts' Interviews, Investor Presentations, Scientific Journals, MnM；台灣經濟研究院生物技術產業研究中心整理繪製。

圖二 全球養殖漁業智慧化歷年市場規模



資料來源：Annual Reports, Experts' Interviews, Investor Presentations, Scientific Journals, MnM；台灣經濟研究院生物技術產業研究中心整理繪製。

圖三 2015年全球養殖漁業智慧化產業各區域市場規模

Integrators)、主機託管 (Hosting Services) 及連線服務 (Connectivity Services) 等，而軟體系統之產品則包含區網 (Local/Web-Based) 及雲端 (Cloud-Based) 運算等。

另再根據 MnM 報告，2015 年養殖漁業智慧化產業中，周邊服務類之市場規模占 58%，約為 2.6 億美元，硬體與網路平台類之市場規模占 39%，約

為 1.8 億美元，而軟體系統僅占 3%，為目前全球較為欠缺的領域。而再深入分析各分類之產品，周邊服務類中，前三大類依序為管理服務類、輔助專家系統類與系統整合類，其佔比則依序為 27%、25% 與 24%，而硬體與網路平臺中，感測裝置市場規模約為 1.2 億美元 (占 65%)，其市場規模亦為各分類產品中之首。

國內發展現況

根據漁業年報資料顯示，臺灣養殖漁業年產量長期停滯於 30 萬公噸左右，其影響產業結構的重大關鍵是勞動人力短缺與從業人員老齡化，這也使得飼養過程中的相關生產與環境紀錄(比如包括溶氧、溫度、氧化還原電位 ORP 等水質監控基本參數)難以全面性建立，不利於建構生長管理或追蹤追溯體系。

而在飼養上方式則仍以「粗放式」的魚塢養殖方式為主，低機械化及自動化使整體產業鏈智慧化程度有限，無法有效、穩定提升產能與良率；此種飼育方式在疾病控制上產生一定的難度，又為了進行疾病防治，而使得藥物濫用、環境汙染與水質生態破壞的可能性大增。

舉例來說，比如屏東養殖的龍膽石斑，儘管魚體對於環境有一定的抵抗力，但養殖過程中由於其對於氧氣的需求，在沒有陽光的夜間，養殖池中的二氧化碳含量可能會快速提高，為了解決這個問題，就必須倚靠水車在夜間運轉，提高養殖池中的溶氧度，然而，水車葉片若因任何緣故損毀，就無法繼續提高池中溶氧濃度，魚隻則可能因為溶氧度過低而死亡，對於養殖設備與水質的即時監控，由此可見其重要性。

精確的投餌餵食決策系統之概念，更為降低養殖成本的重要關鍵之一，若能配合池底排污系統、益生菌與光合菌的使用，更能使養殖成效相得益彰。另外，臺灣目前多以小農為主，雖然目前整體產業朝一條龍發展，但會有部分個體戶漁民不願意被整合之問題。

臺灣養殖產業已提出許多智慧化需求，包括硬體與網路平臺、周邊服務、軟體系統等面向。硬體與網路平臺部分包含感測環控技術、魚菜(藻)共生系統、溫棚養殖設施、模場養殖設備、預警系統、產銷即時資訊平臺，自動化去鱗系統等，周邊服務包含水產經營管理與產銷及智農聯盟發展等，軟體系統則包含企業資源規劃系統等。

我國行政院有鑒於相關趨勢發展，曾於 2015 年 9 月 17 日正式核定「生產力 4.0 發展方案」，原預計從今(2016)年至 2024 年投入新臺幣 360 億元，發展重點聚焦於製造業、服務業及農業，帶動產業結構優化轉型，進而開創高值、敏捷、人性化的智慧製造、智慧商業服務業及智慧農業。後因配合 2016 年行政院推動「五加二創新產業」及數位經濟發展，修正原「生產力 4.0 發展方案」的規劃推動內容及相關資源，於 2016 年 8 月底納入智慧機械、亞洲矽谷、與新農業等創新產業之政策目標與相關推動措施，而行政院農業委員會亦將農業生產力 4.0 計畫對應調整納入「新農業政策」，並將修正施政名稱為「智慧農業 4.0」。

產學合作方面，目前已有成功大學與台達電合作於今(2016)年 3 月所成立的智慧養殖聯合研發中心，預期藉由台達電的物聯網技術，結合集團內多項核心事業，包括網通系統、視訊與顯像等感測系統，應用於生物疾病監控、工作場域安全、監控水體釐清最佳養殖條件等項目；而結合工業自動化、通訊電源系統、不斷電系統及資料中心整合方案、可再生能源等技術能力，則可對養殖數據的收集與整合、資料儲存、演算等作業提供更節能及高效的解決方案。詳細計畫內容包括科技化優質蝦類養殖系統與智慧控制方案、感知系統整合優化與物聯網平台整合、環境友善養殖水處理零排放系統、智能 IT 養殖最適區建立及分析與優化、全球市場調查與行銷通路開發等項目。

而瀚頂生物科技公司則是結合資通訊 (Information and Communication Technology, ICT) 技術，建立商業化經營的魚藻共生生態環控漁場。根據工商時報報導指出，其單位產量較傳統養殖業高出 20 至 40 倍，並將水產養殖良率從千分之一不到提高到百分之八十。其在水質控制方面，主要是藉由水池底的數百個感測器二十四小時不間斷，把水裡的溶氧量、溫度、酸鹼值、導電度、氧化還原值等數據，送到大數據資料庫，讓管理階層可以從手

機、電腦即時監控場內的水質狀況，確保場內的石斑魚與鰻魚能健康成長。建立養殖大數據資料庫後，就可分析出最適合養殖石斑魚和鰻魚的科學養殖模式，並「整廠輸出」到全世界各地。

而在後端加工上，也有盛洋冷凍食品股份有限公司藉由加工技術與環境監控參數的自動化擷取並建構加工系統資料庫，達到詳盡且確實記錄食品安全管理；開發整合型自動化除鱗並完成產線量產設備機具，每日產量由 1,000 臺斤提升至 1,300 臺斤，有效縮短加工時間、強化生產管理制度，更塑造現代化、且具食品安全保障的品牌形象。

國內外代表性案例分析

（一）DoCoMo

日本的行動電話營運商 DoCoMo 公司所開發的浮標能夠測量牡蠣養殖場的海水溫度。其藉由部署在了宮城縣東松島市外的離岸養殖場的水溫觀測資訊和通訊技術（ICT）浮標，擷取紀錄水面下 1.5 公尺，每小時的水溫變化，並將測量結果上傳至雲端伺服器，用戶可通過與智慧手機和平板電腦了解每小時更新的水溫狀況，並與歷年狀況進行比較，做為養殖方式即時調整的依據。其於 2014 年時進行試運轉，並於今（2016）年正式上路。目前更加上遠端鹽度計，藉此減少鹽度變化後對海藻的危害。未來更希望能加上相關感測器，取得風向、風速、海面狀況與水質狀況等。

（二）日本水產株式會社

日本水產株式會社在本洲西部鳥取縣的日本海上，經過兩年的可行性研究後，在 2014 年配備可感測水質環境的自動喂食器來進行銀鮭養殖（圖四）。以前為了防止過量投飼需要大量人力，使用人工監控每一個養殖網箱並依據魚類消耗的飼料量進行調整，若養殖場位於離岸較遠的外海，其投飼時間則耗費非常多，若是天氣狀況不佳，更無法進行離岸網箱投飼動作。目前此自動喂食器能夠根據保證鮭



資料來源：seafoodsource。

圖四 以自動喂食器進行銀鮭養殖

魚生長所需的合適飼料量投飼，即使在天氣惡劣的條件下也能做到。可根據當時水質環境與溫度等參數進行調整給料，藉以降低因過度投飼所造成的整體水體環境汙染。目前日本水產株式會社已取得此系統的相關專利，未來更針對水下攝像機以及測量溶氧和水溫的感測器等進行開發，並配合 ICT 達到即時監控與管理的目標。

（三）YSI Incorporated

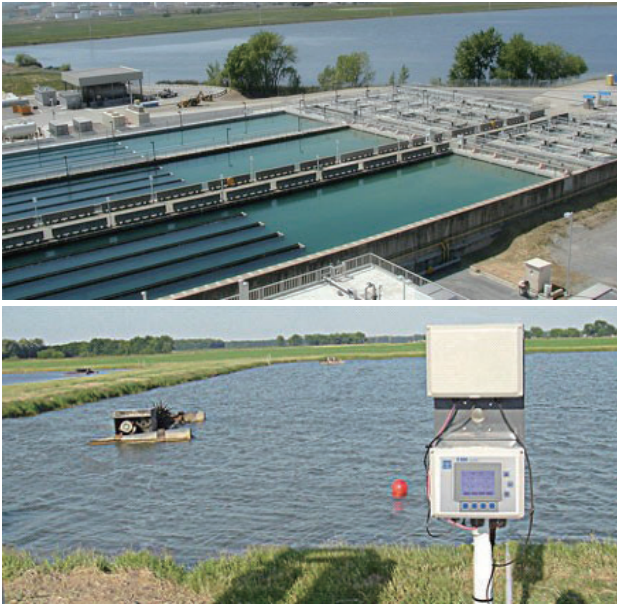
YSI 公司藉由遠端感測與監控系統進行水質監測，得以即時得知相關訊息，若有特殊狀況，可迅速進行反應，降低過程中可能發生的損失（圖五）。

（四）AKVA

AKVA 公司開發各式感測設備、遠端監控設備、自動喂食器等相關養殖設備，藉以監測水質、遠端觀看養殖物種狀況，並可進行自動化養殖，藉以減少人力，降低成本（圖六）。

（五）Ozonetech

在日本和美國，臭氧殺菌裝置現已廣泛用於鮭鱒魚類淡水養殖，作為魚病對策，效果相當不錯。在日本，在海水魚類養殖設施，作為病原體對策，臭氧殺菌裝置近年也有應用。臭氧具有強氧化力，



資料來源：YSI。

圖五 YSI公司遠端感測與監控系統

通過直接作用於原生質等，殺傷細胞，臭氧不僅能夠殺滅病原微生物，而且過氧化氫和亞硝酸。因而，臭氧處理既可用於防病，又可用於水質淨化。與在淡水中不同，在海水中，臭氧殺菌不只依賴於臭氧直接殺菌作用，而且依賴於臭氧處理所生成的次亞溴酸離子等氧化劑殺菌作用。此產品可遠端操作，亦可自行偵測水中臭氧濃度並自行補充；系統若有異常，則可迅速回報處理（圖七）。

（六）祿揮物聯科技有限公司

南京祿揮物聯科技有限公司所開發的魚兒樂智慧水產系統，藉由軟體平台設置，結合養殖戶設備，遠端監控各養殖池設備狀況與水質狀況，若有異常，將直接藉由伺服器發出通知用戶，達到即時監控效果。其所蒐集的數據，也可進行歷史比較，並結合天氣資訊，做為養殖池調整依據（圖八）。另外，本系統上也結合魚病防治與專家指點；若有狀況，可直接線上諮詢。同時此系統也透過連結，讓養殖戶可即時了解政府目前政策。

（七）江蘇智慧養蟹應用

江蘇宜興市則有「物聯網」技術應用到水產養殖的案例，當地的蟹農們用手機能隨時隨地瞭解養殖塘內的溶氧量、溫度、水質等指標參數，並利用自



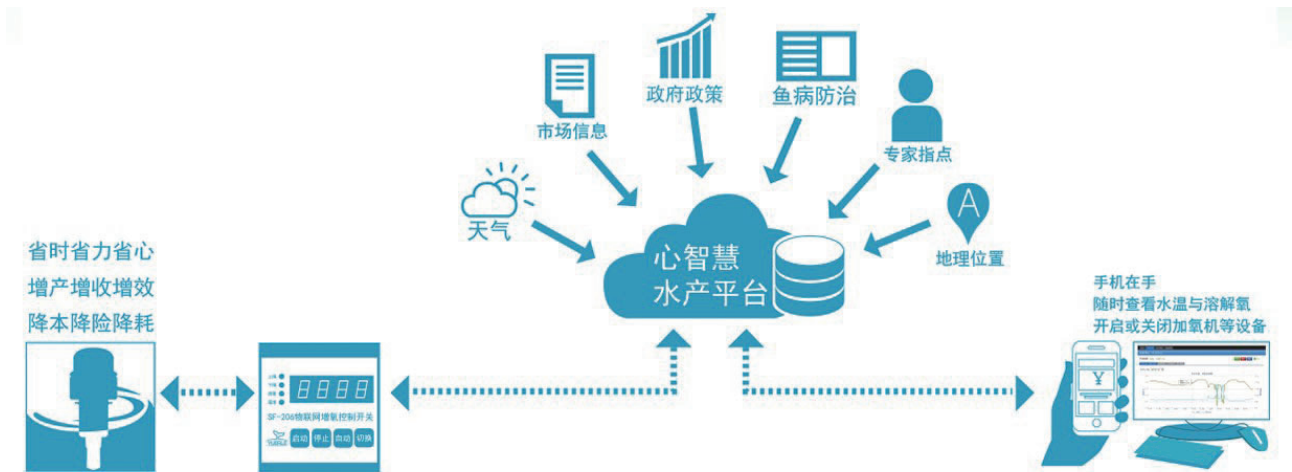
資料來源：AKVAI。

圖六 AKVA各式感測設備、遠端監控設備、自動餵食器等智慧化養殖設備



資料來源：Ozonetech。

圖七 ICT臭氧機



資料來源：祿揮物聯。

圖八 魚兒樂智慧水產系統示意圖

動投餵機在預定的時間與投餵量進行投餵，藉此方式，幾公頃的養殖場，不到 10 分鐘就可以全部投餵完成（圖九）。



資料來源：中國物聯網。

圖九 江蘇智慧養蟹應用情形

（八）台州三港海水養殖專業合作社

浙江台州三港海水養殖專業合作社的水產養殖物聯網系統，採用西門子 PLC 工控變頻技術智慧型灌溉系統，可自動採集到養殖水質、氣象、生產現場與水下視頻圖像、病害等資訊，並通過無線傳輸方式，將資訊上報監控中心或雲伺服器。養殖人員可以在現場或通過手機、PDA、電腦等終端即時查看，及時獲取異常的報警資訊。這套系統是從溫州貝類研究所引進，總投入人民幣 300 萬元，適用養殖塘面積 12 畝。產值預計可從原先人民幣 2 至 3 萬元增加至 10 萬元。

（九）安研科技股份有限公司

安研科技雲端物聯網監測系統，透過智慧型傳訊記錄器 SensMini M4 自動將監測資料傳送至雲端資料收集平台 Senslink，能針對養殖業者，整合不同魚塢的水質、控制設備動作狀態包含電力消耗資料，即時分享分析（圖十）。並提供即時監看、地圖及影像即時監視、塢池地理區域展示，即使魚塢間距離過遠，也能透過網路全覽整合。

（十）晟福科技股份有限公司

系統可利用 3G 手機監視魚塢的機組運作狀



資料來源：安研科技。

圖十 安研科技雲端物聯網監測系統

況，業者只要用手機就可以即時觀察目前魚塢的狀況，若機組停止時，可立即發送告警手機簡訊來通知。另外；各魚池放置水質偵測及酸鹼值偵測裝置，蒐集 1-3 個月水質資料，後續並分析養殖成功與失敗各池之數據比較，以掌握未來如何調節海淡水比例。業者也可利用 3G 智慧型手機掌握魚塢的打水設備機組運作狀況及遠端啟停、台電臨時停電遠端啟動發電機組供電、遠端調節各魚塢之海淡水比例（酸鹼值），以確實達到輔助魚塢養殖營運之終極目標。

（十一）研華科技股份有限公司

研華公司 2013 年起與澎湖科技大學合作建置小丑魚養殖場 e 化與雲端化資訊系統，以研華的 UNO 工業電腦搭配 ADAM-2000 系列遠端資料擷取模組連接感測器，蒐集養殖箱水中溫度、鹽度、酸鹼值、溶氧量，以及養殖場室內空氣中溫度、溼度等各項數據。資料主機並與學校網路連線，搭配研華 WebAccess 資料採擷與遠端監控軟體，師生透過辦公室電腦或手機、iPad 即可隨時監看養殖場狀況與重要數據，如果有不利因素出現，即可馬上進

行處理，以減少魚兒死亡，提高育成率。未來除了室內養殖場，此系統更可應用於空間廣大、不容易有網路纜線佈建但仍有 3G 無線傳輸電波的戶外養殖場，例如魚塢或沿海養殖區。

結論與建議

養殖業者意欲創造理想的營運績效，主要關鍵在於，必須傾全力將養殖環境維持於高品質，尤需避免因含氧量、溫度、混濁度、酸鹼度、電導度、鹽度等水體環境參數不佳導致魚隻死亡，不僅如此，亦需要設法降低營運成本，譬如電費支出，就是當省則省的重要環節。

隨著物聯網技術的發展，已讓過往與高科技不相關的水產養殖業，開始有機會與「智慧」二字緊密結合；透過智慧感測、智慧控制等新興技術，已有業者發展出智慧水產養殖系統，其蘊含了資料或圖像的即時採集、無線網路傳輸、智慧運算及預測、預警資訊的發送，以及輔助決策等眾多功能於一身，藉由對水質參數的檢測、相關數據的傳輸、資訊的智慧運算，以及最重要的智慧化自動控制功能，藉以大幅提升水產養殖的管理效率。

在此前提下，養殖戶即可透過智慧型手機、平板電腦等智慧型終端設備，即時掌握養殖水質環境的資訊，萬一出現異常狀態，或是水質轉趨不良，都可在第一時間獲得警訊，以利於及時應變處理；除此之外，養殖戶也可以根據水質監測結果，即時調整控制系統，以更有效率的方式，來推動水產養殖的智慧化，終至提高產量、增裕營收，而且又能一併實現節能減碳之目標。

然而，臺灣屬小農制，使用感測器等高成本的設備並不符合一般業者之需求，未來在開發過程中，應考量如何降低成本並將感測設備價格降到農漁民可以接受的程度；同時，若要達到全自動養殖，在控制參數設定上，需透過巨量數據分析後，才能達到其要求，此點除須由學界加強各主要養殖魚種之養殖參數條件（包括：含氧量、溫度、混濁度、酸鹼度、電導度、鹽度、氨氮、ORP 等）或疾病防治等之基礎研究外，亦需產業界大力配合，整體數據

才會較為完整。資通訊技術 (ICT) 關鍵技術，則可參考德國的 isobus，進行整合開發養殖相關設施間的共通性通訊標準，並配合模組化，如此一來，未來不論是在大數據的建立，或是養殖戶在設備選擇上，才有調整的空間。

另一方面，智慧化養殖產業需要克服的難題，不只是養殖生產端，還有生產後的障礙，包括銷售端、溯源建立、水產加工、飼料及原物料產業等問題，也應納入考量；同時生產需配合市場導向，如何藉由根據全球市場調查分析結果回推市場需求，並行銷通路開發，將與生產技術開發具有一樣的重要性。若可善用智慧化養殖產品，依序解決上述問題，逐步落實於整體產業升級，進而全面提升產業的品質、產值與價值，促使臺灣養殖產業紮實穩健的邁向永續發展之途。

AgBIO

林彥宏 台灣經濟研究院 生物科技產業研究中心 專案經理
林志遠 行政院農業委員會 水產試驗所 企劃資訊組 組長

參考文獻

1. Anemon, From www.anemon-sa.ch.
2. AVKA group, From www.akvagroup.com/home.
3. DIGITIMES, From www.digitimes.com.tw.
4. DoCoMo, From www.nttdocomo.co.jp.
5. FAO, From www.fao.org.
6. Ozonotech, From www.ozonotech.com.
7. seafoodsource, From www.seafoodsource.com.
8. YSI Incorporated, From www.ysi.com.
9. 日本水產株式會社，From www.nissui.co.jp。
10. 水產出版社，From www.taiwan-fisheries.com.tw。
11. 台州三港海水养殖专业合作社，From www.sangang.org。
12. 安研科技，From www.anasystem.com.tw。
13. 成功大學，From www.ncku.edu.tw。
14. 行政院農業委員會水產試驗所，From www.tfrin.gov.tw。
15. 研華科技，From www.advantech.tw。
16. 晟福科技股份有限公司，From www.sunforce.com.tw。
17. 盛洋冷凍，From www.sunyoung.tw。
18. 祿揮物聯，From www.yu2le.com。
19. 漁業年報，From www.fa.gov.tw。
20. 瀚頂生物科技公司，From www.puredise.com.tw。