

# 智慧農業4.0－養殖漁產業之研究現況

林志遠、張致銜

水產試驗所企劃資訊組

## 前言

2050 年全球人口預估將達 75－105 億人，糧食需求將面臨增加 1 倍的壓力，而 2015 年我國農業產值 5,009 億元，儘管較 2011 年增加 5.3%，但糧食自給率仍僅為 31.4%。又因近年農村人口老化與少子化的影響，從事農業人力大幅短缺，加上氣候變遷導致極端氣候日趨嚴峻的困境，導致農業生產遭受到相當大的衝擊，全球糧食供應短缺與糧價上升恐無可避免。

因應全球先進產業邁向第 4 次工業革命、生產製造數位化預測化、人機協作化及智慧化新浪潮，不論是德國「工業 4.0」、美國的「再工業化政策」，還是中國的「中國製造 2025 計畫」，其產業供應鏈垂直水平數位化、自動化內涵，均已成為全球各國產業競爭力之關鍵。其次，先進國家推動數位製造、網實整合、智慧製造等之發展，也是為因應就業人口下降，逆轉人口危機為轉機的重要手段。

我國受限於自然環境，農業生產成本偏高，已面臨極大國際競爭壓力。對全球性的農業升級挑戰，臺灣亦面臨就業人口減縮之雙重挑戰。在智慧製造與人工智慧技術跳躍式演進下，如何促進國內產業創新轉型、掌握關鍵技術自主能力、維持國際競爭力及提供就業機會，發展建構智慧農業之智慧生產

及數位服務體系，俾提升未來農漁業生產力邁向下一個世代，是未來農漁產業發展之重要課題。

## 智慧農業 4.0 緣起

行政院有鑒於國際發展趨勢，於 2015 年 9 月 17 日正式核定「生產力 4.0 發展方案」，後配合推動「五加二創新產業」新政策及數位經濟發展，將原規劃推動內容及資源，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」，並調整為「智慧農業 4.0 計畫」。

智慧農業相關計畫之執行內容直接對應創新產業五加二中新農業的「智慧科技農業」施政措施；為了推升農業生產力重大發展課題，智慧農業 4.0 計畫定位為「智慧生產」與「數位服務」兩大面向，涵蓋蝴蝶蘭、種苗、菇類、農業設施、養殖漁產業、家禽（水禽）、生乳、稻作、溯源農產業、海洋漁產業等 10 項領航產業。

智慧農業 4.0 計畫中除包含上述 10 項領航產業之技術研發應用子項計畫及 1 項整合技術共通平台建置子項計畫之外，另規劃人才培育標竿學習、產業策進業界參及專案管理趨勢分析等 3 項產業推動措施子項計畫。

整體智慧農業 4.0 推動策略之 3 大主軸為：(1)以智農聯盟推動智慧農業生產關鍵技術開發與應用、建置農業生產力知識與服務支援體系；(2)整合資通訊技術打造多元化數位農業便捷服務與價值鏈整合應用模式；(3)以人性化互動科技開創生產者與消費者溝通新模式。期透過智能生產與智慧管理，突破小農小漁單打獨鬥之困境，提升農業整體生產效率與量能；並藉由物聯網與大數據技術，建構主動式全方位農業消費/服務平臺，以滿足所有農業利害關係人需求，提高消費者對農產品安全之信賴感。

### 養殖漁產業推動之背景

依據聯合國糧農組織 (FAO) 於 2016 年發行之「世界漁業及水產養殖狀況」(SOFIA) 年報資料顯示，1990 年以來，天然漁撈量幾乎停滯在 9,000 萬公噸左右；全球水產養殖產量快速上升，2014 年已達約 7,400 萬公噸，增長速度超越所有其他糧食生產系統；2015 年後，人工養殖成為水產蛋白質的主要來源，為要滿足對水產品快速增長的需求，將需依靠水產養殖產量增長來提升供給量，預計到 2025 年全球水產養殖產量將達到 1 億噸，全球漁產供應量近二分之一將會源自水產養殖。目前亞洲已佔全球水產養殖產量的 90% 及消費量的 50%，但臺灣過去二、三十年來，總產能卻均侷限在約 30 萬公噸左右，顯示我國養殖生產型態有需逐步推動變革之必要。

縱觀國內外水產養殖業生產發展之階段性演進，從過去以勞力與經驗密集確保基本

產出，生產規模小、抗天災能力差的養殖 1.0 階段，邁入講求技術密集、機械密集配合設施改良與集約化養殖以追求產量最大化的養殖 2.0 階段，直到近年有少數運用知識密集與自動化密集而要求效能與品質的養殖 3.0 階段。目前臺灣之傳統水產養殖方式多數仍是露天魚塢養殖，多受近年人力老化、氣候變遷、疾病等養殖生產風險之影響，且水產養殖過程多依賴人工長時間操作管理，致人力、用電、用水、飼料一直佔據高比例之養殖成本。再者，傳統養殖漁業的養殖魚塢中環境、生物參數訊息大多透過養殖人員經驗判斷，無論是魚塢環境、水質、水色、魚體狀態等等都十分依賴經驗準則，因而產生養殖經驗無法大規模傳承複製之問題。

另一方面，我國深耕數十年的資訊、電子產業已經是居國際地位的強大穩固工業經濟體，電子業高品質自動化量產經驗轉植在其它工程科技產業領域的都有顯著的成效。近年也逐漸將物聯網技術研發應用於水產養殖領域，於養殖池架設各項感測器，對池內水質數據進行監測，並將資料傳輸至控制主機進行即時回饋控制，確保養殖生物生長於最適環境，以達增加收益、降低人力耗損、節省水電之目的。

因此，建構在臺灣既有之水產種魚及育成技術優勢基礎下，藉由發展日趨成熟之感測技術、物聯網 (IoT)、智能機器裝置 (IM)、雲端運算、大數據分析 (Big Data) 及人工智慧 (AI) 等關鍵技術，可建構智慧水產養殖產銷與數位服務體系，以提升養殖整體生產效率、量能與品質，並可加快水產養殖產業轉型的腳步。

## 技術規劃與策略

### 一、智慧化養殖技術研發

本所 2017-2020 年執行智慧農業 4.0 綱要計畫—領航產業子項計畫—「智慧化養殖技術之研發」，已先於 2016 年辦理產業座談會盤點養殖業者智慧升級技術需求項目與智慧化養殖建議發展方向 (圖 1)，並依照養殖生產流程進行階段性智慧升級規劃 (圖 2)。另再依據智能人機輔具、設施智慧環控、參數巨資分析、加工運銷物聯網等面向已詳加綜整出智慧化水產養殖技術研發之需求 (如表)。

本計畫執行策略擬透過養殖智能環境監控模組化設施、育苗養成精準決策、養殖輔助決策系統、養殖參數資料庫、產銷聯網以 (圖 3) 及智慧養殖漁業聯盟等執行項目，多面向推動智慧技術導入產業界並加速產業轉型，透過健康優質水產養殖物種培育與養成，以協助傳統水產養殖業朝向場地設施化、生產自動化、管理智能化之科技化發展，進一步提升生產效率及優化產業智慧供應鏈，降低人為及天然風險造成之產業損失，最終透過大數據分析提供養殖產業策略利用，以提升養殖產業整體產值。

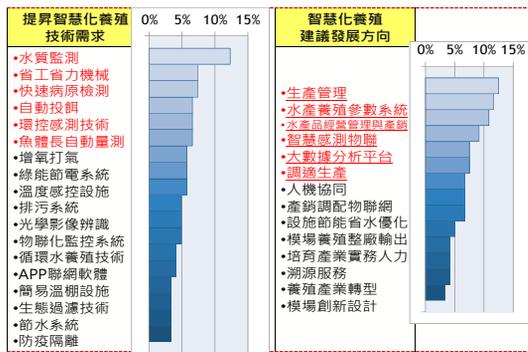


圖 1 養殖業者技術需求項目與建議發展方向



圖 2 養殖生產流程階段性升級規劃

### 智慧化水產養殖技術研發規劃表

智能人機輔具	設施智慧環控	參數巨資分析	加工運銷物聯網
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 智慧投餌系統</li> <li>• 智慧增氧系統</li> <li>• 自動投餌系統</li> <li>• 自動補給系統</li> <li>• 智慧分級系統</li> <li>• 人員輔助光學影像分析辨識</li> <li>• 魚體影像辨識</li> <li>• 魚體長度測元件</li> <li>• 魚苗識別、飼料監測與成長感測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 智慧環境溫濕度設計</li> <li>• 精準精準環境控制系統</li> <li>• 設備結構材料優化</li> <li>• 場場環境溫濕度與通風對流系統感測</li> <li>• 智慧節電省水控制</li> <li>• 水質感測控制</li> <li>• 智慧水質管理系統</li> <li>• 優化高壓氣系統</li> <li>• 省工導引機具及管理設計</li> <li>• 優化進水過濾系統</li> <li>• 病原菌感測監控</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 學術產能構建分析</li> <li>• 檢電整合而產分析</li> <li>• 最佳生產產品項技術</li> <li>• 智慧產能七模型分析</li> <li>• 產量預測可視化</li> <li>• 生產調適決策與風險預警</li> <li>• m2m物聯介面與市場需求參數分析</li> <li>• 多參數水質分析</li> <li>• 智慧病源溯源預測</li> <li>• 支援決策專家系統</li> <li>• 雲端運算及大數據分析技術</li> <li>• 大數據分析平台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 加工分級標規及流程監測</li> <li>• 冷凍食品感測</li> <li>• 活魚運送及冷凍物凍車轉輸</li> <li>• 數位品質管理</li> <li>• 數位生產稽核與產能優化</li> <li>• 數位品質與數位生產溯源</li> <li>• 溯源標籤與數位化介面</li> </ul>

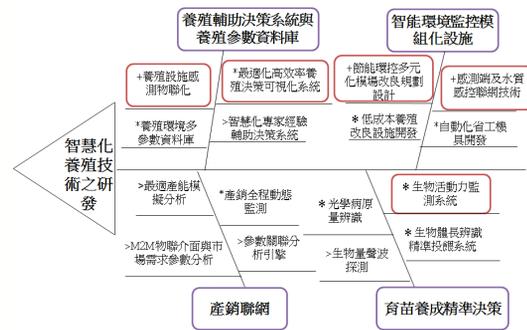


圖 3 智慧化養殖漁產業推動策略技術關聯圖

研發計畫執行階段針對細部產業部分，預定將以魚種品項或類別之重疊或混合方式滾動涵蓋石斑魚、淡水水吳郭魚、淡水水虱目魚、鱸魚、蝦蟹類、貝藻類、魚菜系統、海洋箱網養殖等。除技術研發外，本計畫將進一步同時建立本所屬各研究中心示範場域及民間示範場域，以達到學術研發驗證及產業推廣與實證應用之目的。

### (一) 養殖環境監控與智能模組化設施

運用物聯網監測元件、控制物件，可系統模組化導入本所及民間業者示範場域。而結合智能養殖環境、水質、水車與供水供氧等養殖設備感測，透過單元式模組運用，設計符合經濟效益之管理模式，進而可掌握生產階段包含多項水質、微氣候因子及各區水電使用量動態等水產養殖參數，俾能有效與即時掌握養殖環境動態資料、降低水電與人力成本，進而提昇整體養殖作業管理效率。

本所曾於 2016 年前期 e 化計畫研究時，利用無線資通訊科技，結合綠能發電、養殖用水電量及多參數水質、氣象等之監測與自動回饋機制，建構多參數融合自動化監控系統，每池建力裝置容量 5 kW 的太陽光電組及最高總功率 700 W 之單一風力發電之綠能發電系統，2017 年測試截至 10 月底，累計總發電量已達 6,000 KWH (度)，單一養殖池每年估可節省電費約 2 萬元。另透過水質數據來調節水閥水量，可達到高效率省水之目的 (圖 4)。

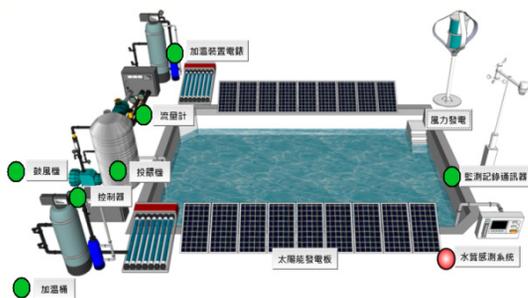


圖 4 綠能智慧節源系統示意圖

本項試驗同時針對地形、成本與風力等因子，研發養殖設施之建構要素 (穩定性、通風性、排水性、靈活組裝性) 及養殖管理

要素 (投餵、打氣、供電、給水、加溫技術) 之外，另在資通訊技術與物聯網應用上，整合水產養殖環境水質感測設備、電表流量計等儀器或模組，為養殖現場建構物聯網系統，並運用監測分析管理系統針對養殖場域作業流程 (水電、機具、環境與水質監控等設備) 進行監測與控制 (林等，2016)。已奠定後續執行智慧農業 4.0 研究計畫之基礎。

### (二) 水產養殖聯網智能化系統整合發展與應用

為提昇育苗與養成階段之精準管理決策，系統將規劃導入生物體長辨識與活動力監測、養殖池生物量探測、養殖池病原量辨識、養殖決策輔助、養殖參數資料庫等研發技術，以改善無法掌握精準投餵量、耗費人力操作管理等問題。其中，發展應用於示範場域室內養殖設施之生物體長辨識系統與智能供氧與自動投餵系統，將透過判斷養殖池魚體生長狀況、體長辨識、魚體成長階段與換料時機，進行養殖生物生長狀態評估，並可偵測養殖池魚體總量，以智慧化進行投餌設備控制與精準投餵判斷，來節省作業人力，進一步減少因過度餵食造成水質惡化之疫病問題。

目前本項試驗是於本所石斑魚模場設施養殖示範場域中實施，已於場內完成物聯網監測相關硬體架設，整合場域內水質監測、投餌監控及各項感測器資訊，例如各項水質參數、水車運轉狀態和投餌參數。透過養殖參數資料收集、專家決策建議導入資料庫與回饋應用分析，累積養殖經驗資訊化、記錄數位化以及操作流程視覺化，配合即時同步進行水質分析、餌料投餵、水電監控測試驗

證等 (圖 5)，可進一步探勘分析石斑魚養殖場之養殖管理及成本效率 (張等，2017)。



圖 5 水產養殖感控聯網可視化管理系統介面圖

## 二、產業策進與共通性技術策略

智慧農業 4.0 計畫為鼓勵產業應用智慧農業 4.0 技術、產品或服務，以利產業價值鏈升級轉型，透過「智慧農業 4.0 業界參與補助計畫」提供產業升級補助經費，以農業為核心導入符合產業實際需求之關鍵技術、產品或服務，進一步跨域媒合/鏈結技術供應端，共同進行技術改良或開發合作，進而鼓勵農業界主動投入經費於智慧農業技術、產品、服務應用及其研發以提升產業競爭力。

2017 年本所輔導 3 家民間養殖示範場域申請養殖漁產業 4.0 業界參與計畫，包含「養殖場優質魚苗選育及收集管理設施的改良」(圖 6)、「石斑魚高密度輔助決策智能養殖環



圖 6 「養殖場優質魚苗選育及收集管理設施的改良」計畫 (資料來源：聖鯛水產科技公司)

境監測系統」、「提升魚塢養殖產業之智慧物聯網管理系統開發計畫」等三項計畫，成功促成產業人力經費之投入，並進行各相關技術之研發整合。

此外，針對適用跨領域產業之通用技術，透過「智慧農業 4.0 領航產業共通技術研發」子項計畫，促成兩家法人機關針對魚類初級加工處理 (三去三清) 部分，研發漁獲水產品初級加工人機協作省工處理設備，透過聯網串接，將有助於水產加工作業之生產效率及取肉率之提升與控管 (圖 7)，後續並已規劃技術移轉。

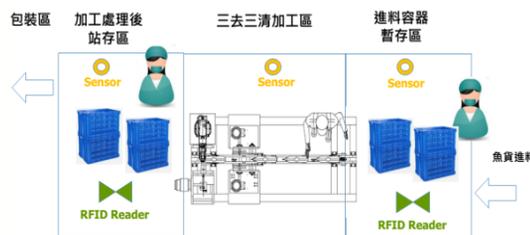


圖 7 水產加工聯網作業流程圖 (資料來源：工業技術研究院微系統中心)

上述自辦、業參及共通等各項計畫下之相關數據分析與估算資料，未來均將介接至本所前端監控平台，再轉介至後端智慧農業 4.0 共通資訊大數據平台，以進行依生產階段之人工智慧分析、深度學習等探勘分析，後將相關參數分析結果回饋至產業現場監控平台進行企業決策支援及調適生產之利用。

## 三、產銷聯網與智慧養殖漁業聯盟策略

產銷供需不平衡與市場資訊不透明易導致市場供需失衡、魚賤傷漁。在產銷鏈結方面，若能藉由智能化技術導入，使生產履歷資料記錄數位化，減少耗時耗人力之成本損耗，又若可利用智慧農業 4.0 共通資訊平台

進行介接政府端產銷履歷資訊，蒐集分析民間種苗場、養殖場、民間加工廠、進出口貿易、國內外市場之產銷量、市場行情價格、銷售動態資料等大數據分析應用，將可進一步分析最生產曲線，並可降低人力水電飼料等之成本。

因此，本計畫另規劃整體水產養殖產業鏈之智能化技術，從生產者到消費者，依生產、加工、運銷三階段，分別在環控場房、智能生產控制、智能流程監控、加工物聯系統、溯源介面至調適生產等六個面向，導入各約三項之關鍵技術（圖 8），再配合養殖生物與環境監測、生產管理、產品價格及國際需求等養殖雲端及大數據分析技術，將可進一步達產能調節及計畫性生產之效果。並可強化產品服務層面的價值創造、提升養殖生產與水產品安全風險控管之能力，以及提高消費者對養殖水產品之安全信賴。

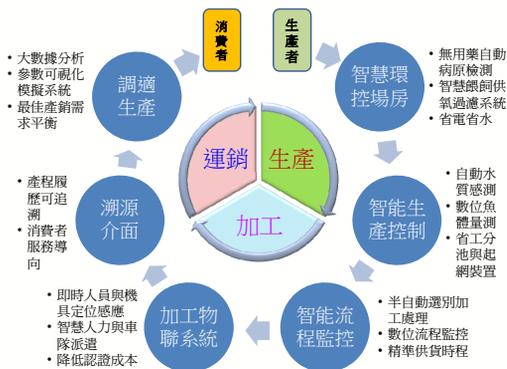


圖 8 水產養殖產業鏈 4.0 智慧化關鍵技術圖

然而，目前傳統養殖業者多為小漁規模，常因導入物聯與智慧化技術門檻與風險高而不願投入；另一方面，現階段養殖漁業與資通科技也缺乏產業交流平台，致領域間產生重大隔閡。因此，推廣資通訊技術與自

動化監控技術至傳統養殖業養殖產業，促進雙方技術需求交流與溝通，亦為重要的課題。爰此，為因應智慧農業 4.0 計畫推動主軸—「以智農聯盟推動智慧農業生產關鍵技術開發與應用、建置農業生產力知識與服務支援體系」之目標，本所未來將聯合水產養殖相關產官學界人力，爭取政府經費資源，共同推展「智慧養殖漁業技術聯盟」，其初步架構概念如圖 9 所示。初期由本所辦理各項技術交流座談論壇、跨域技術訓練、技術成果展示與媒合會等方式推動，後續由法人或民間自發成立團體組織之方式接手進行。



圖 9 「智慧養殖漁業技術聯盟」架構概念圖

## 結語

本所執行本計畫，將結合大數據分析、人工智慧，進行養殖生產、設施設備、資通訊、物聯網、微系統、自動控制等符合產業所需技術系發及更多官民示範場域。並將與漁政機關共同加速研發成果之產業應用推廣，以有效落實產業上下游及跨域之整合。另將媒合養殖業者、設施系統業者與 IT 廠商，透過「智慧養殖漁業技術聯盟」產業交流平台建構的先後期運作，促使更多本業及跨域產業進行創新合作應用與資源投入，以提昇水產養殖技術翻轉升級，帶動周邊產值，達到養殖漁業 4.0 之終極目標。