日本農漁牧產業數位與綠色轉型實務考察紀要

許自研、吳豐成
水產試驗所東港養殖研究中心



圖 1　本次農業部赴日考察團成員合影

跨域領航：我國農業科技代表團的赴日實踐

在數位轉型 (Digital transformation, DX) 與綠色轉型 (Green transformation, GX) 成為全球產業升級核心目標的當下，我國農業部特別組成跨領域代表團赴日考察，旨在透過深度交流汲取日本在智慧科技與永續農業的實戰經驗。

本次代表團由農業科技司副司長陳瑞榮擔任團長，資訊司副司長蔡偉皇擔任副團長，並委託財團法人磐安智慧財產教育基金會統籌辦理規劃聯繫等事務。本參訪團之團員組成兼具政策高度與專業深度，涵蓋綜合規劃司、農糧署、漁業署、林保署、畜試所、農試所及各改良場，筆者亦代表水產試驗所參與其中 (圖 1)。

值得一提的是，此次行程更邀請國內農漁牧及加工運銷等優秀企業家一同出行，透過產、官、研的多元視角，全面觀察日本從科研基礎設施、先端技術開發到終端市場流通的創新鏈結。

本次參訪的主要單位與地點為 AGRI SMILE Inc.、Sagri Co., Ltd.、UMITRON Co., Ltd. (下 稱 UMITRON)、Desamis Co., Ltd. (下稱 Desamis)、NTT 東日本株式会社 (下稱 NTT 東日本)、東京大學、筑波大學、國際農林水產業研究中心、豐洲市場等，囊括日本國內頂尖大學、科研機構及業界標竿企業機構。該趟行程豐富充實，礙於篇幅關係，僅就筆者專業背景相關之參訪點 (如 UMITRON、Desamis、NTT 東日本及豐洲市場) 進行考察介紹與心得分享。

UMITRON：宇宙技術於智慧養殖與藍碳監測的實踐

在這次深入日本水產科技的前線考察中，UMITRON 展現如何將深奧的航太工程轉化為守護海洋永續的具體行動。該公司由曾任職於日本宇宙航空研究開發機構 (JAXA) 的藤原謙創立，其核心使命是利用衛星遙測、物聯網 (internet of things, IoT) 與人工智慧 (artificial intelligence, AI)，在地球上安裝「可持續的水產養殖」系統。透過 UMITRON PULSE 數據平台，箱網養殖戶能獲取全球海洋的高解析度圖譜，即時監控包含水溫、溶氧量、鹽度、波高等七大關鍵參數，並提供長達 48 小時的環境預測，為應對氣候變遷風險提供科學預警。

現場端的創新則體現在太陽能供電的智慧給餌器 UMITRON CELL®，它內建全球首創的「魚類食慾指數 (fish appetite index, FAI) 技術」，透過 Edge AI 在離岸環境下即時辨識魚隻的攝食行為，確保僅在魚隻感到飢餓時投餵。這種「智慧化養殖」模式不僅能將給餌效率提升 20%，更讓漁民能在惡劣天氣下透過智慧手機遠端管理漁場，免於冒險出海承受風浪影響安全，同時因減少剩餘飼料腐爛而降低約 2% 的溫室氣體排放，落實綠色轉型 (GX) 的環保訴求。

此外，UMITRON 進一步利用 UMITRON LENS® 系統，透過 AI 自動測量水下魚體的大小與生長數據，這項技術不僅輔助生產者穩定管理產量，更提供符合實際資產價值的數據基礎，與金融及保險機構合作，降低水產養殖業的融資門檻與經營風險。從與泰國 CP Foods 合作的智慧蝦養殖計畫，到建立符合 ASC 環境認證的「umito sachi」永續海鮮品牌，UMITRON 正以精準數據串聯起從廣袤宇宙到現代餐桌的透明化供應鏈。

交流過程筆者提出許多問題向講者請教 (圖 2)，如該項智慧給餌器是否有「異常應對機制」，考慮養殖成敗造成的經濟損失過於龐大，如設備系統發生錯誤，造成過量給餌或是中斷給餌，將導致養殖生物挨餓、罹病甚至死亡等問題。講者表示，目前該設備雖然定位在可減少管理人力，但目前尚無法完全取代，仍需要有輪值人員進行監督，確保養殖過程正常順利。



圖 2　筆者向 UMITRON 的 CEO 藤原謙提出多項問題進行交流

另一方面，我國也有許多廠商進行水下攝影儀器開發，以觀察白蝦攝餌及生長情形，而 UMITRON 的設備特點與之有甚麼不同？講者表示，該公司開發之設備有發明專利，因時間關係可自行上網查閱，筆者後續查閱相關專利資料發現，該設備的核心構想與我國水下攝影的概念截然不同，是利用傳統上於蝦池畔進行提拉傘網觀察之原理，將餌料投放在網內，並自動定時拉起吊繩進行抽樣，再用上方所架設之攝影機進行拍攝，進而利用 AI 影像辨識系統計算殘餌、蝦體數量、體長及健康狀態等養殖管理資訊，取代現場人眼觀察 (圖 3)。

我國設備廠商則主要係在水下放置一攝影設備箱體，可直接埋入土池底部，也可利用支架擺放，上覆刻有網格的玻璃蓋板，可直接觀察白蝦在水中攝食之影像，並透過網格作為體長參照，可即時觀察白蝦在水下真實攝餌情形 (圖 4)。兩種設計皆有其優點與環境限制，至於兩者孰優孰劣，尚有待市場使用者分享長期驗證結果。

另外，該公司可利用衛星遙測，透過不同波長去探測沿岸淺海之海草床生長潛力點，筆者詢問該設備如以葉綠素等成分進行探測，那該如何辨識水下植物究竟是海藻、海草甚至是微藻水色，從而避免誤判的情形？講者表示該遙測結果會透過人員以小船駛往現場並用水下相機進行現地探勘比對，確認判讀結果正確並予以校正，再以此結果推估其他海域之海草床生長情形。筆者認為該方式的準確度仍有待驗證，因為詳細原理及探測結果並非在課堂上三言兩語可以完整呈現，故如未來我國有相關的環境碳匯盤查計畫，亦可聯繫該公司進行深入瞭解與交流。

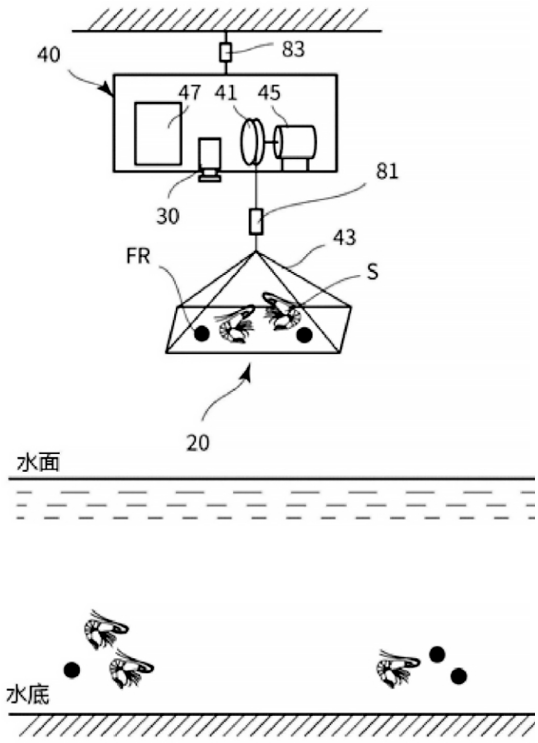


圖 3　UMITRON 所開發的白蝦觀察攝影裝置專利示意圖 (取自本項專利發明公開文件)

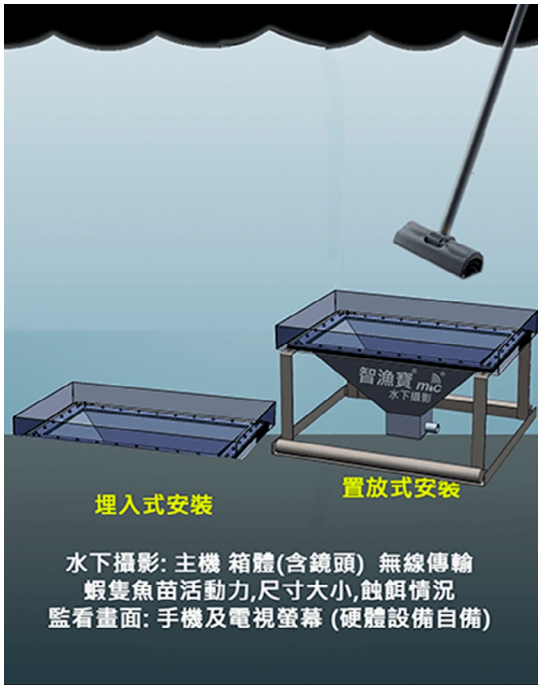


圖 4　我國智慧養殖廠商開發之水下智慧攝影裝置簡圖 (取自儀興科技股份有限公司官網)

Desamis 株式會社：畜產 DX 對水產減碳研究的跨域啟示

在畜產領域，透過這次參訪 Desamis 的過程中，最令我印象深刻的是他們如何將「數據改變世界農業」的願景，具體落實為這套 U-motion® 牛隻行為監測系統。這套系統目前已成為日本智慧畜產的領頭羊，市佔率高達 40.5%。它的運作核心極其精密卻又簡便，主要透過讓牛隻佩戴搭載 AI 與加速度感測器的頸環或耳標感測器，達成 24 小時不間斷的行為監控，包含採食、反芻、行走、起立、橫臥等細微動作 (圖 5)。對於管理者而言，這不僅僅是一個監控工具，更是一套「牧場營運系統」，能自動針對疾病徵兆、發情期或分娩前兆發出警報，將傳統依賴經驗的「人目線 (即人類視角)」轉化為精準數據驅動的「牛目線 (即牛隻視角)」管理模式。

以筆者本身研究領域來看，若能將 U-motion® 系統與目前投餵海門冬 (*Asparagopsis taxiformis*) 以減少牛隻甲烷排放的研究結合，筆者認為在現地監測與應用潛力上具有巨大的發展空間。甲烷的產生與牛隻瘤胃的消化活動息息相關，而 U-motion® 系統最核心的技術優勢在於其對「反芻」與「採食」行為的精準捕捉。在現地試驗中，我們可以直接利用系統產出的 24 小時活動量推移圖，來觀察投餵海門冬後牛隻消化行為的即時變化，如能結合高精準度的甲烷感測電極，可在牛隻反芻的當下即時進行連續的監測，這種數位化的監控方式，能協助研究者在不干擾牛隻日常生活的狀況下，獲得大規模且長期的

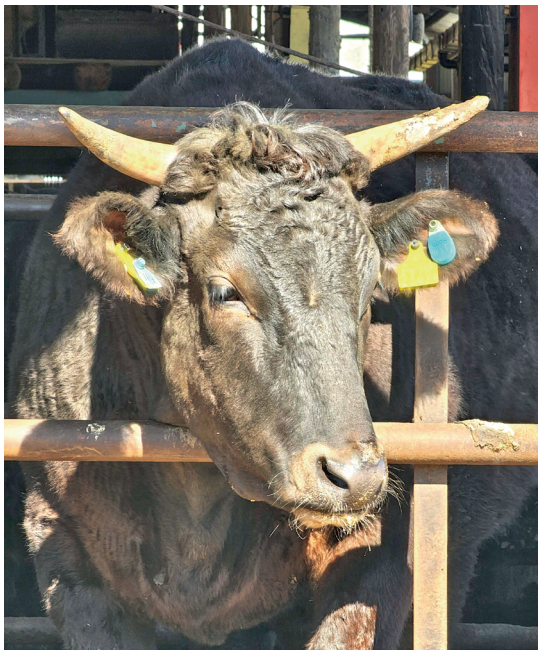


圖 5　Desamis 合作之中島牧場肉牛配戴耳標記錄並統計各種姿態行為

量化數據，藉此驗證海門冬在降低甲烷排放的同時，是否會對牛隻的採食節律或反芻頻率產生負面影響。

更進一步來看，這種結合不僅落實了「畜產數位轉型 (DX)」，更有助於構建出一套完整的「畜產綠色轉型 (GX)」科學驗證平台。在參訪中島牧場 (U-motion 導入示範場域) 時，我們看見該場域如何透過健康管理與牛糞堆肥乾燥技術來推動永續經營 (圖 6)。如果能將海門冬的減碳數據整合進 U-motion Platform，未來或許能透過系統自動生成的個體行為履歷，為每一頭牛標註其精確的「減碳成效」，一旦形成方法學，未來更可進行透過該設備及平台滿足 MRV (monitoring, reporting, and verification，監測、報告及驗證) 的要求。這不僅能為「低碳牛肉」或「低碳牛奶」建立可追溯的數位信任基礎，甚至能對接如 UMITRON 所

推動的永續海鮮認證邏輯，透過透明的生長與環境數據，提升終端產品的附加價值，讓減碳研究能與牧場的實際經營收益掛鉤，真正實踐可持續畜產經營，這也是我們參訪後希望帶回臺灣的跨域開闊思維。



圖 6　中島牧場目前尚未全面引入科技工具進行管理，畜養環境仍保持地非常整潔有條理

NTT 東日本：在地 5G 與循環型社會的科技韌性

在參訪 NTT 東日本及其旗下的農業專責公司 NTT Agri Technology 時，我深刻瞭解到一家通訊巨頭如何跨足傳統一級產業，將其核心的資通訊技術 (ICT) 轉化為推動地方創生與糧食安全的力量。這家成立於 2019 年的公司，是 NTT 集團內唯一的農業專屬企業，其使命在於透過「農業 x ICT」解決日本面臨的少子高齡化、農村勞動力短缺以及低糧食自給率等挑戰。本次在參訪位於東京的「NTT e-City Labo」與遠端栽培支援中心時，我們看見科技如何打破地理限制，即農業專家在「數位駕駛艙」中，透過 Local 5G 網絡、4K 監視影像與巡檢機器人，就能即時指導數百公里外的農民 (圖 7、8)。這種模式在宮城縣的實證中效果顯著，讓栽培經驗不足的新進農民也能達成產量增加 130% 的驚人成果。此外，他們在資源循環型農業的實踐也令人印象深刻，透過 99% 的水資源循環利用與蓄熱技術，在提升產能的同時大幅減輕環境負荷。

若能將 NTT 系統整合實力與筆者研究海門冬養殖技術之領域結合，其現地監測與規模化應用的潛力極具想像空間。海門冬的栽培需要高度精準的環境控制與日常觀察，而 NTT 在智慧溫室與陸上養殖的環境數據



圖 7　NTT 東日本開發的巡檢機器人可自主巡場並傳送高畫質影像給專家判讀



圖 8　遠在外地的專家可透過數位駕駛艙進行即時觀察判讀並指導新進農民操作技術

自動化分析 (包含 AI 產量預測 API)，甚至在未來技術移轉後的遠距教學輔導，皆可以為海門冬的穩定生產提供最堅實的技術支撐。在畜牧端的應用上，NTT 強大的邊緣運算 (edge computing) 與 Local 5G 技術，能確保現地監測設備 (如行為感測器或環境偵測器) 在處理大規模、高頻率的數據時，維持低延遲與高穩定性。這對於追蹤「餵食海門冬後甲烷排放量的即時變化」至關重要，因為它需要整合飼料投放量、個體採食行為與排氣數據等多維度的資料。

更長遠的應用價值在於構建一個從生產端到消費端的透明化綠色轉型供應鏈。NTT 致力於將農業打造為一個「令人嚮往的、獲利的產業」，並強調技術與安全農產品的海外輸出。透過 NTT 的數據平台，海門冬減碳研究可以與生產履歷深度結合，為標榜「低碳排放」的肉品建立一套基於數據的數位監督與信任機制。這種跨領域的整合，不僅能協助研究者在現地試驗中獲取更高品質的量化證據，更能利用 NTT 在臺灣已啟動的遠端支援合作經驗，將這套結合海門冬減碳技術與智慧監控的解決方案，發展成為具備國際競爭力的「低碳畜產模式」，真正實現農畜產業與環境保護的雙贏。

較為可惜的是，筆者有注意到該公司也有進行陸上水產養殖的 ICT 跨域協作模式與成果，礙於參訪時間關係，並未有機會多加瞭解，以看板上的資料來判斷，主要是針對循環水養殖的水質淨化與管理進行技術開發，並透過攝影機及資通訊手段達到遠距指導及生物觀察，希望後續還有機會來拜訪並現地觀摩學習，將相關經驗與技術帶回臺灣促進產業升級進步。

豐洲市場：現代化產銷體系的數位與永續願景

本次參訪位於日本東京的「豐洲市場」，該市場分為「海鮮批發大樓」、「海鮮仲介批發大樓」、「蔬果批發大樓」及「商店餐廳區域」等，筆者針對水產品方面進行觀摩，透過市場規劃的參觀通道，得以從上方的玻璃觀景區俯瞰市場內部的作業情形。豐洲市場於 2018 年正式啟用，是取代原有「築地市場」的大型現代化水產品批發市場。雖然本次參訪動線無法直接進入作業區域，但仍可從整體環境設計與作業情況中，觀察到日本水產品流通與管理的一些特色。首先，最明顯的感受是市場整體環境相當整潔且秩序良好。透過玻璃窗向下觀看，可以看到交易與作業區域地面乾淨，並維持相當有條理的作業動線，除了初期規劃外，後續人員訓練與素質培養也相當重要，這與傳統水產市場較為潮濕雜亂的印象截然不同。豐洲市場在建築設計上採用封閉式空間與室內化設施，使整體環境更接近大型食品加工或物流中心。從參觀過程中可明顯感受到，日本在水產品流通體系中相當重視衛生與食品安全管理 (圖 9)。

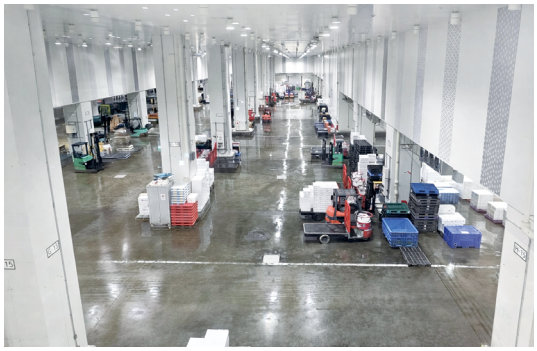


圖 9　豐洲市場內部動線明確環境整潔，擁有良好的食品安全管理

在市場內部，可以看到大量的水產品整齊排列在保麗龍箱或專用容器中以維持低溫。雖然遊客只能從上方觀看，但仍能觀察到市場內作業人員持續進行搬運、整理與檢查等工作。這種全程維持低溫的方式，是水產品流通過程中相當常見且有效的保鮮措施。由此也可以理解到，水產品在從產地到市場的運輸過程中，維持低溫環境對於品質保持具有重要意義。

此外，在市場內部亦能看到許多小型電動搬運車在通道間穿梭運輸貨物。這些車輛體型小巧、機動性高，非常適合在市場內部狹窄且密集的空間中運作。正因為在室內環境作業，採取電力驅動的車輛機具，可確保空氣品質、避免油氣排放或漏油等汙染疑慮，同時達到低碳轉型之目的。

透過這些搬運設備，可以迅速將產品從交易區運送到後方的加工、冷藏或配送區域。從整體作業情形來看，物流運輸在市場運作中扮演相當重要的角色，而良好的物流動線規劃也能提升整體作業效率。

整體而言，雖然此次參訪僅限於觀光客的參觀動線，無法深入實際的作業區域，但仍可從建築設計、作業環境與物流運作等方面，觀察到日本水產品市場在現代化管理上的特色。豐洲市場不僅是一個大型的水產品交易中心，更同時也是結合食品安全、低溫物流與效率化作業的現代化市場設施。透過此次參訪，可以更加理解水產品在進入消費市場之前，往往需經過完整且嚴謹的流通與管理流程層層把關，也讓人對於日本水產產業在品質管理與物流系統上的成熟度留下深刻印象。

結語

本次參訪不僅看見日本在跨域技術的高效應用，更深刻體會到日本如何將 DX (數位轉型) 與 GX (綠色轉型) 視為應對少子高齡化與環境永續課題的戰略核心。從 UMITRON 將航太視角引入海洋，透過衛星遙測與 AI 量化魚隻食慾來實現「電腦化水產養殖」，到 Desamis 利用 U-motion® 系統 24 小時捕捉牛隻細微行為，將傳統依賴直覺的經驗轉化為精準的數據管理，這一切都展示科技如何讓傳統農漁業從「辛苦且不穩定」轉變為「高效、獲利且令人嚮往」的產業。

此外，NTT 東日本展示通訊基礎建設在智慧農業中的關鍵角色，透過 Local 5G 與遠端指導技術，成功克服地理限制並帶動地方產業振興，甚至在臺灣也開啟了技術輸出的成功實證。最後在豐洲市場，我們看見全球領先的封閉式低溫冷鏈與東京都最大規模的太陽能供電系統，完美銜接從生產端到消費端的高品質流通體系。

這次考察的核心啟示在於無論是利用 AI 減少飼料浪費以降低排碳，或是透過行為數據優化畜牧生產效率，其最終目標都是為了建立穩定且可持續的糧食供應鏈。對於筆者目前進行中的海門冬減少牛隻甲烷排放研究而言，日本在 U-motion® 與 NTT 數據平台所構建的數位信任機制，正是將科研成果與現地監測、碳權認證對接的最佳路徑。臺灣與日本面臨相似的產業挑戰，透過這類跨領域的科技交流，我們將能更有力推動智慧農漁業的革新，共同實現對地球與人類社會都友好的永續未來。