

日本設施蔬菜技術擴散模式考察有感

作物改良科 副研究員 林禎祥 分機 214

前言

田間管理勞力缺乏及葉菜產量、品質易受環境變動而不穩定，為設施葉菜產業普遍面臨的問題，由於葉菜種類多元，業者經營模式變化快速，新技術的導入應以種植到收穫、生產到銷售的概念進行技術間的整合，方能收技術擴散效益。日本農耕環境與臺灣類似，且同樣面臨人口老化及勞力缺乏問題。又，設施蔬菜為集約化模式生產，以獲取單位面積的最大產能為生產目標，因此，日本農林水產省2015年制定《糧食・農業・農村基本計畫》，以「智慧農業」、「友善環境」、「生物經濟」等三大主軸，擬定研究開發方向，經多年的科技發展，設施蔬菜生產之省工機具、智慧農業系統開發及溫室生產體系建立等資訊豐富。筆者於112年10月10日至10月16日奉派參訪日本東京2023 AGRI WEEK TOKYO農業畜牧展覽會，瞭解省工機具、植物工廠及智慧農業管理系統新技術，並與埼玉縣渡邊工業株式會社試驗農場、群馬縣農都(Farmdo)控股有限公司及Gringrin水耕栽培農場等業者，交流ICT (Information and communication technology)與IoT (Internet of things)等環境控制系統及生產相關新技術、設備、資材、品種如何進行資源整合並應用於溫室生產。考察期間並拜訪埼玉縣農業大學，瞭解農業技術透過短期農業人才培訓落地應用過程，豬苗代道之驛農產品終端銷售

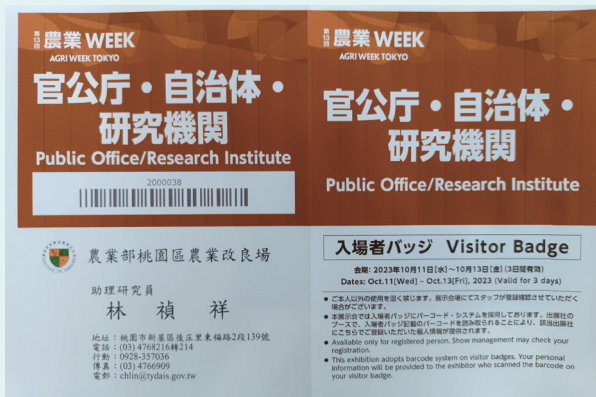
形式等，以作為輔導國內設施葉菜產業轉型之參考。

日本2023 AGRI WEEK農業資材展

10月11日至13日展期3天的2023 AGRI WEEK農業資材展於東京千葉縣幕張國際展覽中心舉辦，總計有臺灣、美國等20幾個國家參展。展覽共分為5個主題，包括AGRITECH(農業機械及資材與技術展)、AGRINEXT(次世代農業技術展)、AGRIPROCESS(農產加工及產業六級化)、LIVESTOCK(畜牧技術及資材設備展)、AGRIGREEN(綠色農業技術展)等。整體而言，2023年展會主要呈現省工、高效率、綠能及減碳等4大面向新技術、新產品及新服務等，並以電動農機、循環減碳、智慧農業、農用無人機與機器人、植物工廠等為主軸。如矢崎化工 Agri-Connector-AI產量預測自動導引車，透過數據分析、影像辨識並搭配訂單系統，進行作物產量預測即可掌握農產品供給情況以及訂單可接數量；ネポン株式会社 NEPON Inc.-設施園藝用溫風暖房機，可計算溫室每天的加溫狀況及燃料成本，亦可以透過遠端控制溫度狀況，避免病害或不良氣候發生；AGRIST株式會社開發之自動果菜類收穫機器人，透過安裝在機器人上的攝影機獲得的圖像，藉由AI識別和判斷並執行收穫操作，為避免果實受傷，採用吸取式採收，除採收作業外，據展場解說人員表示，收集之田間數據最終

可作為產量預測使用；AgriNote農業紀錄整合系統，此系統結合地理資訊資料，可將田間農業記錄轉換為數據並視覺化於地圖上，呈現田間作業詳情、農作物生長狀況、收穫和運輸的內容等，並可以透過時間表、圖表等多種格式進行檢查。另外，

由於AgriNote中輸入的資訊保存在雲端，因此，可遠端讀取並可與其他系統串接。此外，因應設施業者對養液、介質pH及EC監控需求，多家廠商如美商HANNA instruments公司則展出水耕養液及土耕介質之pH及EC檢測技術與設備(圖2)。



▲圖 1. 幕張國際展覽中心 2023 AGRI WEEK 入場證及展覽會全貌。



▲圖 2. 水耕養液及土耕栽培介質之 pH 及 EC 檢測技術與設備。



▲圖 3. 中里農場光電溫室。

FarmDo集團太陽能農場(solar farm)ファームクラブ中里農場

透過日本AGC旭硝子公司(F-CLEAN 公司)協助安排參訪位於群馬縣占地11公頃的中里農場(圖3)，目前有800多位社員，4,000個合作農戶，年發電收益約50億日圓(約為1億730萬元新台幣)，占農場總體利潤80%。中里農場近年發展營農型太陽光電業務，包含設施型光電溫室以及露天型農電共生系統。設施光電農場目前進行多種適栽作物測試，包括11種水耕葉菜類、小胡瓜、草莓等短期作物及咖啡、百香果、鳳梨、番石榴、芒果、香蕉及檸檬等多種長期作物；目前以芒果矮化栽培效果最佳，每顆約500公克，售價約2,000日圓；設施檸檬及番石榴則介殼蟲危害嚴重；香蕉採容器栽培滴灌供水，或許因日照不足而徒長。農場的光電溫室，日前已推廣到國外，諸如蒙古、印度、新加坡、斯里蘭卡、肯亞與智利等地，目標是在20年內將太陽能發電農場推廣到1,000個地點。

日本渡邊公司(SEDIAS Co.)羽生農場(株式会社げんき農場)

渡邊公司總部設於東京，員工約有4,300人，主要有居家建築管材及機電系統、農業設施資材及栽培管理軟硬體系統規劃諮詢及興建(簡稱農業設施事業體)，以及教育與休閒娛樂等三個事業體；本次參訪之農業設施事業體位於埼玉縣，該事業體主要提供溫室建築結構、作物栽培管理系統的整合建議方案，並發展休閒觀光體驗農場。農場以草莓為主要作物，栽培品種分別是小香乃、紅鶴佩、四星、戀實



▲圖 4. 溫室內的鋼骨結構塗白漆，減緩熱能累積。

裡、索林(かおり野、紅ほっぺ、よつぼし、恋みのり、あまりん)等，農場共有7棟溫室，總面積約7,200平方公尺，其中6棟(連棟)為生產溫室，1棟為育苗溫室；7棟溫室中，1棟採用F-Clean塑膠布，其餘6棟則採用PO膜。溫室結構則有2棟八角型Clear溫室，1棟為UK PIPE溫室，4棟溫室則為UFC型的溫室，溫室內的鋼柱與樑皆塗白漆，減緩熱能累積(圖4)。溫室內草莓採植槽高架及植槽懸吊等方式栽培，植槽懸吊式栽培具有美觀、利於人員在內部活動、管理方便及有利於後續機械化、自動

化栽培管理系統的導入等優點(圖5)。溫室備有自動捲揚設備、風扇及熱泵以調節溫度，植床上方設有UV燈以防治白粉病，水及養分透過水養液裝置供給，溫室環境控制透過渡邊公司自製的UTACE系統控制，使用PLC搭配手機介面控制，管理人員透過手機介面可隨時監看溫室內部各種環境參數(圖6)，同時進行遠端監控各項設備，相關數據做為提升品質及糖度之管理依據。

Gringrin水耕栽培農場

位於埼玉縣的Gringrin水耕栽培農場



▲圖 5. 模組化植槽懸吊式草莓栽培。



ウルトラエースT600 C機種制御り出で表

| | | | | |
|--------|-----|-----------|-----|---------|
| 換気 | 1系統 | 東側谷巻上 | 2系統 | 西側谷巻上 |
| | 3系統 | 下段サイド巻上 | 4系統 | 上段サイド巻上 |
| カーテン | 1系統 | 保温・遮光カーテン | 2系統 | — |
| | 3系統 | — | 4系統 | — |
| ファン | 1系統 | 循環扇 | 2系統 | — |
| 暖房機 | 1系統 | ハウスカオンキ | 2系統 | — |
| CO2発生器 | 1系統 | G-A-C-E | | |
| 追加設備 | 1系統 | UV-Bライト | | |
| 灌漑 | 1系統 | C1~5 | 2系統 | C6~11 |
| | 3系統 | C12~17 | 4系統 | C18~23 |



▲圖 6. 渡邊公司開發之溫室環境控制系統。



▲圖 7. Gringrin 水耕栽培農場。



▲圖 8. 水耕栽培養液使用複合配方肥料。

(圖7)成立於2012年3月，為嫩葉和生菜種植等業務的農業公司。因應日本農村人口老化嚴重，農場以吸引年輕人回鄉服務為目標，並以生產安全農產品保障消費者的健康為理念。農場蔬菜採水耕模式栽培，作物有羅勒、莧菜、紅芥菜、義大利紅、恩迪夫、紅羽衣甘藍、比諾綠、水綑、紅甘藍、紅巴達維亞、紅芥末及芝麻菜等周年供應，主要通路為大型零售商、餐廳與酒店等。農場大多為訂單化生產，為有效掌控產量、品質及供貨，通過栽培數據的蒐集及分析，可監控生產到物流的過程，達到縮短交貨時間並保持新鮮度目的。水

耕蔬菜栽培方式如下：種子約5-10粒(視種子大小)透過播種機直播在已經加工切成方塊狀的海綿上，播種後進到育苗催芽室，控制溫度在25℃左右，約3日後待種子發芽再利用自動移植機將海綿塊移植到定植保麗龍盤上，保麗龍盤88公分×58公分，其上穴格數量為8×16格，栽培天數依照季節和天氣狀況有所差異，約14日可進行採收。水耕養液使用複合配方肥料(圖8)，稀釋比例依季節及生育期調整。溫室四周及所有開口均安裝防蟲網，防止害蟲從室外進入；設施內安裝大型鍋爐，冬季時提高溫室內氣溫及養液水溫，以促進並穩定蔬菜生長，夏季則使用大型冷水機進行降低養液溫度，使養液水溫全年保持在25度；溫室內部配置電子式溫濕度感測器、降雨感測器及太陽輻射感測器，以量測環境參數，作為調整環境條件之參考依據。農場每日生菜出貨量約60-150公斤，採收後將生菜置入大型冷藏庫，去除田間熱以確保品質。

埼玉縣農業大學

埼玉縣農業大學學生人數約150名，



▲圖 9. 埼玉縣農業大學校園平面圖。



▲圖 10. 學生實習溫室使用之環控設備操控介面。

教師35名，為一年制和兩年制混合的專業學科大學，二年制包括農藝（水田複合）、園藝、花卉景觀及畜牧等四個專業；一年制有園藝和有機農業兩個專業學科，每學年度的學雜費為118,800日圓(約25,000元新台幣)，不收註冊費。在學期間修習農業技術士、造園技術士及家畜人工授精師等證照考照，學生在校除了課堂學科學習外，主要是訓練農業生產實務人才，如農機操作、農場實習、作物栽培及設施作物生產等。

豬苗代道之驛

日本的農村人口外流嚴重，日本政府透過地方創生，營造農村社區特色面貌進而協助地產地銷增加收益。道之驛（道之駅）的推展為地方創生良好典範，可以幫助在地小農把最新鮮當日生產的農特產品直接展售，除了讓在地居民採買外，也吸引外來遊客透過農產品認識該農村的地區特色。目前日本道之驛大約有1,200處，主要設置於公路旁，提供駕駛者休憩、車輛服務與振興地方等綜合多功能的道路設



▲圖 11. 農場實習場域與作物栽培訓練。



▲圖 12. 農業機械實習場所。

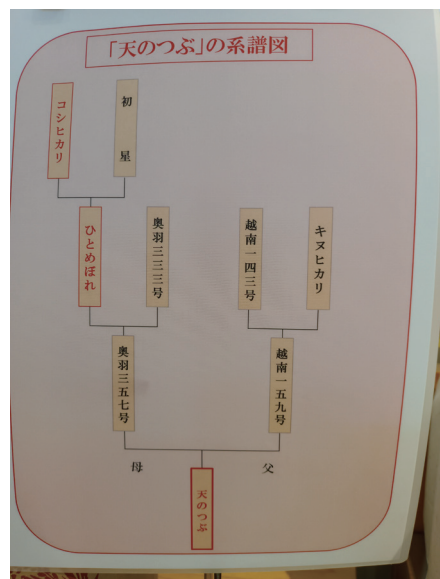
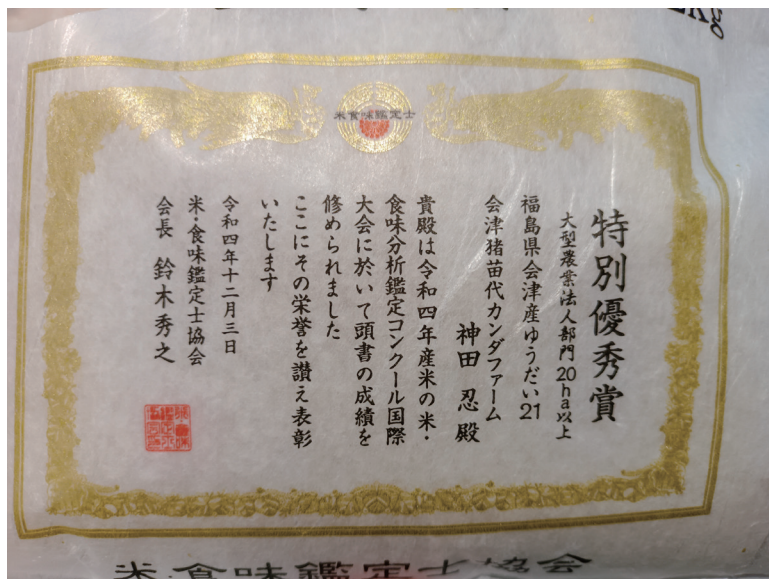


▲圖 13. 堆肥製作實習場所。

施，類似臺灣的休息站。豬苗代道之驛座落在豬苗代磐梯高原IC高速公路旁的115國道上，每天展售8,000到10,000個產品，日均客流量約3,000-4,000人，週末時可以達10,000人，充分幫助豬苗代町的小農推銷農特產品。豬苗代町屬東北福島縣轄，農產品豐富且多元(圖14)，其中特色品牌



▲圖 14. 豬苗代道之驛所販售之多樣化農特產品。



▲圖 15. 銘米獲獎資訊及品種背景資料。

米—「福、笑米 (Fuku WaWa)」，生產過程經過GAP認證，把關風味及品質，此外，特色或獲獎銘米亦會將得獎資訊及品種來源等資訊向消費者介紹(圖15)。

考察心得與建議

設施葉菜為臺灣北部地區重要的農業產業之一，種到收、產到銷為一連貫的作業，涉及之技術項多樣，如何有效的進行技術的整合及應用，值得深入研究。就考察提出下列心得與建議，供往後相關科研計畫及技術應用及擴散之參考：

(一)考察心得

1.技術模組化

生產場域多樣及多變，因此，新技術與設備之開發應將可調及可控之客製化概念導入，如2023 AGRI WEEK農業資材展中，多家廠商展出之智慧化控制系統，均強調客製化，農場可掌握生產場域環境參數，建立自己的控制模式，使新技術之應用契合農場需求；羽生農場因應觀光採果

需求，將懸吊式栽培槽所有構件模組化，可快速組裝生產減少農場試誤之時間成本以提高作業效率，並以作物品質、產量為評估依據，設計溫室設施型式、保溫、降溫及有害生物控制措施，並透過ICT藉由IoT，將相關環境資訊、操控介面呈現於手機介面，使管理者能夠掌握溫室狀況並快速因應以提高管理效能。

2.場域驗證

新品種或技術導入，應有一調校及驗證的過程，方能契合場域環境而對生產有所助益。中里農場營農型太陽光電設施，為導入高單價作物提高農產收益，於設施內進行咖啡、百香果、鳳梨、番石榴、芒果、香蕉及檸檬等作物測試，部分品項有蟲害嚴重及不耐設施內相對低光照環境生育不良問題，經驗證以矮化栽培之芒果有較佳的經濟收益。

3.人才培育

人才培育為農業經營的根本，為使

新技術、設備的應用發揮最大效能，管理及第一線操作人員的職能亦顯重要。類似於國內技職體系、農業公費專班之埼玉縣農業大學，培育第一線從業人員，著重實作，培養學生農作及農場管理能力，畢業即能就業；Gringrin水耕栽培農場因應日本農村人口老化嚴重，因此，除創造收益外，另以吸引年輕人回鄉服務為目標，為留住人才，農場導入自動化設備，並以智慧農業系統進行農場管理，以提高工作效率並使管理系統化，讓經驗能夠複製並傳承。

4.商業模式

為使農場/產業能夠永續發展，經營管理是否可以持續獲利為重要因素，因此，應避免盲目生產，確認可獲利之行為並隨之建立發展方向。中里農場80%利潤來自售電收入，因此，農場除農作物生產外，營農型光電農場整廠輸出為未來發展主軸；羽生農場草莓觀光採果具有較佳的經濟收益，溫室內設施除供作物生產外，亦以消費者來園採果之需求進行設計，植槽懸吊式栽培可營造較佳的採果體驗；Gringrin水耕栽培農場以作物生產為導向，技術、設備之導入以提高田間作業效率、產量、品質及周年穩定生產為主要目標；豬苗代道之驛，農產銷售對象除在地居民

外，往來旅客為消費主力，為讓消費者能夠在有限的時間內留下深刻印象，農產品除著重品質、外觀外，亦會強調其獨特性，如地區特產及獲獎資訊等。

(二)考察建議

北部地區為設施短期葉菜類生產重鎮，如何在土地成本高及普遍缺工的產業現況下實現農場周年穩定供貨並滿足訂單化、規格化生產之需求為本場努力的目標，藉由執行設施葉菜類創新高效生產體系之技術整合驗證與擴散運用計畫的經驗及本次日本考察即可知，新技術之開發及應用應奠基於產業需求，以產業鏈的角度進行思考，並透過生產場域的驗證方有利於技術的擴散。因此，建議未來科技研發及產業輔導的策略，除著重於新技術的建立及整合應用外，應以生產到銷售概念，提供產業問題整合性解決措施，導入省工機械、智慧化管理工具、因應氣候變遷建立之韌性栽培措施如：夏季降溫技術、重要病蟲害發生預警、IPM綜合管理及採後預冷等技術，建立省工、智慧化生產示範場域/育成基地，並提供溫網室設備、空間配置示範圖樣，供農民參考以減少錯誤嘗試機會，進而提升農場經濟收益並帶動產業轉型。