

出國報告（出國類別：考察）

2019 日本智慧農業考察

服務機關：行政院農業委員會

姓名職稱：王仕賢 處長

派赴國家：日本

出國期間：2019 年 6 月 17 日至 22 日

摘要

日本社會很早便面臨農業從業人口老化的問題，此外，為了提昇農產品生產效率，同時兼顧農產品的安全性，日本在智慧農業技術的推動已有多多年經驗與豐碩的成果。為了提昇我國溫室栽培與管理技術，加速我國農業生產智慧化的發展，因此組成本次考察團，實地考察日本智慧農業在生態環境智慧監測、作物生產自動化運用，以及產銷智慧物流行銷等技術之整合。本次行程規劃時間為 6 月 17-22 日，考察日本設施智慧農業科技，地點則以關東地區的農業政策推動機構、智慧農業技術研發單位、學術單位以及相關合作的農場與試驗場為主。主要考察 Tomato Park 公司蕃茄農場、hiro farm 公司溫室草莓觀光農場、農研機構 WAGRI 農業資訊整合平台、千葉大學農場、筑波大學智慧農業團隊以及東京大學 Bio-nano 研究室，同時行程中也參與國立嘉義大學與日本筑波大學簽定學術交流合作備忘錄(MOU)。透過此次實地研習，更深入瞭解日本對於智慧農業政策推動的方式、智慧科技在農業設施管理以及生產作業的應用，而生產過程中的相關環境參數與管理流程以及農產品溯源追蹤等資訊使用的技術經驗，往後也能作為我國推動智慧農業技術、無人機農業載具開發與安全食農的政策參考依據。

目 錄

壹、	出國期間.....	1
貳、	前往地區.....	1
參、	出國人員.....	1
肆、	出國目的.....	1
伍、	行程.....	2
陸、	考察內容.....	4
柒、	心得及建議.....	10
捌、	參訪照片.....	14

壹、出國期間

108年6月17日至6月22日

貳、前往地區

日本東京地區

參、出國人員

王仕賢處長（由國立嘉義大學艾群校長、及黃光亮副校長領隊，團隊成員包含嘉義縣前農業處林良懋處長、國立中興大學生物產業機電工程學系黃裕益教授、鉉洲有限公司許永洲董事長、嘉義大學徐善德研發長、師範學院黃月純院長、教育學系林明煌主任、生物機電工程學系洪敏勝主任、農學院沈榮壽副院長、智慧農業研究中心江政達主任、水生生物科學系陳哲俊主任、生物科技學系陳政男教授、自動化研究中心黃文祿主任、生物機電工程學系黃威仁助理教授等人）

肆、出國目的

隨著世界人口不斷的成長，各國均致力於提昇農作物產量，以減少人口增加所帶來糧食不足的壓力。然而近年來由於氣候變遷所帶來的環境變動，包含極端天候的影響，以及農業作業現場人口老化與農業生產人力的減少，種種因素都使得農業產量減少，同時引成糧食危機問題。為了維持農作物產量、提昇農作物的品質，藉由近年來科技的進步，各主要工業先進國家也逐漸投入人力與資金發展智慧農業生產技術。

日本社會很早便面臨農業從業人口老化的問題，為了提昇農產品生產效率，同時兼顧農產品的安全性，日本在智慧農業技術的推動已有多年經驗與豐碩的成果。特別是利用近年來發展的資通訊技術（Information and Communication Technology, ICT）與物聯網技術(Internet of Things, IoT)，協助農業作業現場的生產管理與農產品的銷售，大幅提昇農產品的品質與生產效率，同時也改善農業從業人口老化與勞動人口不足的問題。因此，日本在智慧農業技術的發展，相當值得我國借鏡。行政院農業委員會近年來為了發展與推動我國農業科技，也

已遴派考察團前往日本觀摩資訊與通信科技與物聯網技術等新興科技在農業現場的應用。除了因為日本的地理位置與我國相近之外，日本在智慧農業科技的推動已有多年經驗及成果。由之前參訪的成果，2014 年全日本已有一半以上農戶選擇使用資通訊科技協助作物生產，不僅能提高農產品生產效率與行銷效益，也有助於改善從農人口老化及勞動力不足之問題。此外，日本在智慧化設施栽培的發展也已投入相當多的人力與經費。

為了提昇我國溫室栽培與管理技術，加速我國農業生產智慧化的發展，因此本次由行政院農業委員會與國立嘉義大學相關成員組成考察團，實地考察日本設施智慧農業在生態環境智慧監測、作物生產自動化運用，以及產銷智慧物流行銷等技術之整合。本次的考察團隊由國立嘉義大學艾群校長、行政院農業委員會科技處王仕賢處長、嘉義大學黃光亮副校長領隊，團隊成員包含嘉義縣前農業處林良懋處長、國立中興大學生物產業機電工程學系黃裕益教授、鉅洲有限公司許永洲董事長、嘉義大學徐善德研發長、師範學院黃月純院長、教育學系林明煌主任、生物機電工程學系洪敏勝主任、農學院沈榮壽副院長、智慧農業研究中心江政達主任、水生生物科學系陳哲俊主任、生物科技學系陳政男教授、自動化研究中心黃文祿主任、生物機電工程學系黃威仁助理教授等人。本次行程規劃，主要是前往日本考察設施智慧農業科技，地點則以千葉縣、茨城縣、埼玉縣、東京都等地的農業政策推動機構、智慧農業技術研發單位、學術單位以及相關合作的農場與試驗場為主。

伍、行程

本次行程與考察重點如下：

日期	考察重點
6月17日	整隊出發前往日本。

<p>6月18日</p>	<p>考察蕃茄農場—蕃茄農場為 Tomato Park 公司所經營的具有尖端技術環控系統的設施栽培農場，該公司同時也積極研發尖端技術，運用物聯網科技，監控、管理設施溫室的生產環境參數，以及施作配方。考察溫室草莓觀光農場—為 Hiro farm 公司所建立經營的農場，透過溫室栽培設施與智慧感測監控所建構的生產管理系統，可掌控農作物生長的环境資訊，同時也藉由建立的資通訊技術協助進行蝴蝶蘭品種的育種。</p>
<p>6月19日</p>	<p>考察農研機構 WAGRI 農業資訊整合平台—WAGRI 為日本農研機構去年規劃建置並於今年 4 月正式啟用的農業資訊整合平台，透過資通訊技術將日本國內農業作業現場的環境參數、農作物資訊、農作物生產規劃所需的農機具數量與技術、管理方法等統計資料，全部匯集於 WAGRI，並提供全國農業從業人員作為農作物生產管理之依據，此平台的也獲得日本農林水產省的大力支持。考察千葉大學農場—由千葉大學古在 豐樹教授接待並介紹日本植物工廠的發展現況。千葉大學目前在植物工廠的技術研究開發中，已經達到商業化推廣之等級，並與日本各大企業進行植物工廠相關技術的產學合作，除進行開發相關的技術發展，同時推廣、提供日本農民進行實地參訪及教育訓練，以培育智慧生產技術所需要的人才。</p>

6月20日	<p>參訪筑波大學智慧農業團隊—筑波大學智慧農業團隊主要進行農用無人機以及影像辨識技術之開發。其智慧農業團隊所研究的領域包括農用自走車的自動化駕駛，採用的技術是用光學及視覺的系統，與傳統的 GPS 定位不同，這也是該團隊的首創研發技術。另外開發空中農業無人機的應用，結合 AI 的技術，對於農作物進行影像辨識及作物生產狀況判斷，該團隊在農用 AI 領域的技術研發有相當多的應用。最後為土壤 IoT 系統，主要是藉由物聯網的方式，進行作物生產過程土壤水份管理，控制澆灌水量，以管理作物最適合的生長條件與並節約用水。透過參訪該校，將能增進國內在跨領域智慧農業人才培育上的參考。行程中也同時參與國立嘉義大學與筑波大學簽署學術合作備忘錄(MOU)。</p>
6月21日	<p>參訪東京大學 Bio-nano 研究室—東京大學為日本第一學府，在國際上也有很高的學術成就。本次參訪由 Prof. Hidehiro Oana 以及今年 4 月剛退休的 Masao Washizu 名譽教授共同介紹，首先 Prof. Hidehiro Oana 針對研究室目前積極推動的單一細胞研究技術以及細胞電融合技術的現況詳加說明，之後帶領參訪團隊實地參觀研究室使用的儀器設備與相關設施，透過本次參訪，有助於了解日本在尖端科技上的發展現況與在農業生產上的應用方向。</p>
6月22日	<p>整裝返國。</p>

陸、考察內容

一. Tomato Park 公司（誠和(Tomato Park)株式會社）溫室蕃茄農場

誠和株式會社公司於 2016 年引進荷蘭專業生產溫室設備及技術，主要以生產番茄為主，取名「TOMATO PARK」，目前設施共 5 棟 (1,150 坪 1 棟，300 坪 4 棟)，各個溫室採用不同生長條件與技術，藉以進行研究並改進栽培技術。目前

溫室中栽種的番茄平均產量 1 分地約 50 噸，其產量是傳統溫室 15 噸之 3 倍多，不過產量仍略低於荷蘭(70 噸)。目前使用的整套溫室設備已投入 6 億 5 千萬日幣，從荷蘭引進至日本生產已 3 年多，溫室設備等硬體成本預計以 8 年平均攤提。

溫室蕃茄農場所使用的蕃茄栽培方式如圖 1 的同株分枝（雙頭龍）形式，主要是節省嫁接種苗費用，並在每一株蕃茄介質插入肥水供應管線，在栽培支架下方導入 CO₂ 氣體(如圖 3)。溫室中也安裝環境監測感測器，即時監控溫室的溫、濕度等參數(如圖 4)，同時在溫室中裝置熱泵，用以提供溫室中不同位置的溫度差而產生熱對流(氣流)效應，也配合夏季高溫期與冬季低溫期的氣候條件差異，利用溫室的氣流置換裝置達到溫室環境參數控制最佳化(如圖 5 與圖 6)。此外，溫室蕃茄農場也利用限水栽培方式，提高蕃茄糖度，但產量亦隨著降低。除了供應日本國內需求而生產的蕃茄之外，溫室蕃茄農場也引進荷蘭蕃茄品種，並以 LED 燈源增進蕃茄植株光合作用的效果。

二. Hiro farm 公司溫室草莓觀光農場

草莓觀光農場為 Hiro farm 公司所建立經營的農場，利用溫室栽培設施與智慧感測監控，建構草莓生產管理系統，除了生產草莓之外，同時也作為觀光農場，提供參觀與實作，以培育設施智慧農業人才。由於日本夏季高溫不利草莓生產，因此一般草莓產季多在低溫期。為了能延長草莓產季，讓夏季時仍能生產草莓，草莓觀光農場採用溫室環境控制系統，於溫室中導入冷空氣(圖 7 與圖 8)，讓草莓的生產期比一般傳統生產方式更加延長。本次考察由社長中村淑浩(Yoshihiro Nakamura)親自介紹溫室中栽培草莓的設施，而觀光農場的草莓栽培技術也由大阪府立大學池田英男名譽教授提供協助。為了提供更佳的草莓生產品質，草莓生長所需的肥水的導電率與 pH 值均以監控系統維持穩定值(圖 9)，並由栽種介質下方架設的管線導入(圖 10)，以達到最佳化的生產條件。同時於草莓植株根部直接進行冷卻(或加溫)等溫度控制，以促進花芽的分化與成長。

為了增進植株的光合作用，溫室中架設波長 440nm–450nm 以及 630nm–660nm 不同波段的 LED 燈。溫室中也架設紫外燈，於夜間無人進出溫室時照射草莓植株，用以增強植株的免疫力，避免病害發生。溫室中的栽種空間配置，也能同時栽種不同品種草莓(圖 11)，觀光農場的溫室內最多可栽培 26 種不同品種的草莓。而農場的草莓生產促進方式，則是利用某一段時間內於溫室中施放蜜蜂，促使草莓生長(圖 12)。中村淑浩社長表示，草莓觀光農場成立的第一年，整體而言面積 1000m²的溫室(建造費約 500 萬日圓)可以有 1000 萬日圓的收入，非常值得投資。經過這幾年來的經營，開發出更多樣化的二級草莓加工產品，也奠定了觀光農場的發展願景。

三. 農研機構 WAGRI 農業資訊整合平台

在日本農林水產省的支持下，農研機構去年規劃並透過業界建置的農業資訊整合平台 (WAGRI) 於今年 4 月正式啟用，此資訊整合平台是利用資通訊技術以及大數據的分析，將日本國內農業作業現場的環境參數、農作物資訊、農作物生產規劃所需的農機具數量與技術、管理方法等統計資料，全部匯集於 WAGRI，並提供全國農業從業人員作為農作物生產管理之參考依據。為了更加了解日本如何透過產官學的合作而建立此一整合性平台，本次參訪團特別規劃前往位於日本東京都霞ヶ関的農研機構(國立研究開發法人農業食品產業技術總合研究機構)考察，農研機構由農業資訊研究中心農業資料聯合推進辦公室 林茂彥(Dr. Shigehiko Hayashi)主任親自接待與介紹。

由林茂彥主任的說明中，以往農業生產與產出過程所有資訊互不相通(例如生產區域、栽培管理系統、土壤地理資訊、水資源資訊等等)，透過 WAGRI 這個平台則可以聯合所有農業生產資訊，農業從業人員也可以取得這些資訊，並且能取得 WAGRI 針對生產過程的問題所提出的方案。WAGRI 收集的資料來源除了來自於政府單位的資訊(例如地理、氣候等等)，還包括農業從業人員提供給農業經營者(含 IC 技術相關公司)與農業作業者(含農業機械公司)的

相關生產資料、使用的機具資料等，透過資料統計與大數據分析之結果，整理出農業生產與產出過程中的環境資訊(包含地域性的土壤、氣候等等)、作物生產資訊(包含地域性的種類與產量等)、產地與市場價格資訊(包含不同時期市場價格等等)，並針對產量不足、品質不佳的農作物生產提出解決方案。而在今年 4 月開始啟用之後，為了確保 WAGRI 能正常營運，同時基於使用者付費的目的，WAGRI 收集的資料有些可以無償提供，有些則需付費加入成為 WAGRI 的會員才能使用，負擔的費用則由原先提供資料的公司訂定收費標準，而現階段 WAGRI 收集的資料的正確性則由提供的單位或公司自行保證。對於農民或農業生產者而言，加入 WAGRI 不僅可以獲得作物生產管理的資訊，得知何時栽種、如何栽種才能有最佳產量與品質，並且能得知農產品銷售價格與銷售通路，取得最佳的獲利。

四. 千葉大學農場

千葉大學之溫室農場與植物工廠考察主要是由千葉大學古在豐樹教授接待介紹，古在教授也介紹了目前日本溫室使用型式的變化以及日本植物工廠的發展現況，而千葉大學的植物工廠技術研究開發也已經達到商業化推廣之等級，同時也與日本各大企業進行植物工廠相關技術的產學合作。除了開發相關的技術發展之外，也接受來自日本各地農民或農業團體的申請，進行設施智慧農業技術參訪與教育訓練。

在千葉大學的溫室、植物工廠技術研究方面，依據光源使用的技術有“太陽光利用型”與“人工光源利用型”二類。目前使用中的溫室有 5 棟太陽光利用型溫室進行番茄的栽種(圖 17)，而為了進行溫室環境溫度與光照之控制，溫室材料則採用保溫遮光材料(圖 18)。為了達到高效率的能源利用，維持作物的最適合的生長條件，溫室均以『統合環境控制方式』整合環控系統與機械作業，主要的方式在於利用各種的環控策略與農業資材進行番茄的水耕栽培。例如運用保溫遮光材料進行光照與溫度的控制，並施用二氧化碳以促進作物

的光合作用，另外設施外面建構的雨水回收利用系統更可以增加水資源的再利用，同時也應用雙效熱泵系統，以達到節能的功效。以這樣的溫室環境控制，溫室中生長的番茄，可以由 8 月份開始種植一直到隔年 7 月之間，基本上可以維持一整年期的番茄收穫。

除了溫室之外，千葉大學有 2 棟密閉型人工光源型植物工廠進行萵苣的多層架式水耕栽培(圖 19)，以多樣化環控與營養管理的措施達成「高產能、低成本」植物工廠之目標。密閉型人工光源植物工廠以立體化多層架水耕栽培方式，並利用 T5 螢光燈為人工光源，進行萵苣的植物工廠化生產。為提高單位面積之產能而達到降低生產成本的目的，目前其立體栽培層架於人工進行作業的情況下可達到 10 層的高效率栽培生產(圖 20)。在栽培環境中，人員的作業均以無塵室的作業規範進行服裝與口罩、手套等衛生方面的要求(圖 21)，因此，所生產的萵苣不用清洗即可以安心的進行生食。使用密閉型人工光源植物工廠所生產作物以葉菜類為主，包括萵苣、菠菜與藥草。因此，千葉大學密閉型植物工廠之特點為(圖 22)：一、不受天候影響，可以達到定時、定量與品質穩定之要求。二、不受地域限制。三、單位面積生產效率高。四、水份、肥份之施用精準，無農藥使用。五、作業環境舒適，可適合身障人士就業。六、可栽培多樣性作物。

對於千葉大學密閉型植物工廠，內部環境控制技術整體來說相當簡易、技術門檻不高。前期階段先負擔昂貴的設備建造成本(千葉大學由國家進行補助)，購買機械設備，建構隔離良好的空間即可進行作物生產。在此密閉隔離的空間中，可以有效地切斷外界環境所造成的影響，因此空間內的溫度、相對濕度、二氧化碳濃度、光量與光質都處於穩定狀態。在作物根部環境控制方面，肥水(養液)控制設備則多已是成熟的技術，不需投入太多研發成本。此外，植物工廠中的水量、肥料濃度與溫度也相對容易維持在穩定狀態。目前栽培的作物採用生長週期短的葉菜類，在生長條件不受影響之下，作物的栽培工作也變得比較單純。簡而言之，在安定的生長環境中，配合生長週期短

暫的葉菜類，此種全密閉型的植物工廠反而不需要高端技術，因此技術上可說是一種容易進行複製、移轉的生長箱型植物設施。

五. 筑波大學智慧農業團隊

本次考察團前往筑波大學拜會該校永田恭介校長，並由嘉義大學與筑波大學二校校長簽署學術合作備忘錄（MOU），開啟二校往後學術合作交流之基礎（圖 23 與圖 24），同時也與該校智慧農業團隊進行農用無人機及影像辨識技術交流。筑波大學智慧農業團隊所研究的領域包括（圖 25）：（1）自動化駕駛的農用自走車—採用的技術是用光學及視覺感測系統，與傳統的 GPS 定位不同，此項技術也是該團隊的首創研發（圖 26-圖 28）。（2）空中農業無人機的應用技術—結合 AI 技術，對於農作物進行影像辨識及田間作物問題判斷，該團隊於農用 AI 上的技術研發種類相當多。（3）作物生長土壤 IoT 系統—主要是藉由物聯網的方式，配合感測器即時進行土壤水份監控，適時補充澆灌的水量。

六. 東京大學 Bio-nano 研究室

參訪東京大學 Bio-nano 研究室主要由 Prof. Hidehiro Oana 以及研究室創立人並且剛於今年 4 月退休的 Masao Washizu 名譽教授二位共同介紹（圖 29 與圖 30）。Professor Hidehiro Oana 與 Masao Washizu 名譽教授之團隊在生物分子操控、生物微奈米技術方面的研究，亦已獲得國際間學術界的高度肯定，二人經常受邀於國際研討會進行專題演講(invited speech)。由 sciencedirect 網站之資料，其團隊所發表的論文已被引用高達 1 千 6 百餘次以上，可見其研究成果非常具有創新性與重要性。此外，其研究團隊具有完善的研究生訓練制度，其研究室畢業的學生們，均服務於日本的大型企業(例如 Hamamatsu 株式會社、島津製作所等等)或是日本知名大學院校(東京大學、大阪大學、京都大學、香川大學等等)、理化學研究所等研究機構，亦可看出其團隊研究內容包

括產業界的實務經驗與學術性的科學探討。

首先 Prof. Hidehiro Oana 針對研究室目前積極推動的單一細胞研究技術以及細胞電融合技術的現況詳加說明（圖 31），Prof. Hidehiro Oana 提到單一細胞之研究可以針對細胞特異性進行研究，透過其團隊所開發的雷射光鉗操控單一染色體之技術，將能更加了解細胞中基因的運作，也可以用於探討細胞癌化的過程，在生物醫學領域之研究有其重要性（圖 32）。而細胞融合(cell fusion)則是將二個或多個細胞融合成單一雜交細胞(hybrid cell)，達到基因轉殖或細胞複製(cloned offspring)的目的。細胞融合可以應用於藥物輸送或基因轉殖、免疫反應分析、發展生物學、雜交或作物育種等等，相較於以病毒作為載體進行基因轉殖的生物方法，或是以 polyethylene glycol (PEG)作為介質進行的化學細胞融合方式，其研究團隊以電場施加方式進行細胞融合，此技術具有容易操作、低毒性以及較高的細胞融合效率（圖 33）。之後 Prof. Hidehiro Oana 也帶領團隊實地參觀研究室中使用的儀器設備與相關設施（圖 34），藉由研究說明與儀器設備之考察，更能了解其研究團隊在生物奈米技術領域的貢獻，也建立往後彼此之間學術交流的基礎。

七. 東京豐洲市場：

豐洲市場為東京都中央批發市場中，由歷史最悠久築地市場遷移之最新現代化設備的主要市場，具備海鮮冷凍庫大樓、加工包裝大樓、蔬果自動立體低溫倉庫等設施，結合海鮮及蔬果批發大樓，其生鮮食品供應關東及鄰近縣市，並為世界最大等級海產交易量之市場，透過集結日本及國外大量且多種類的產品，透過公平定價，以競標等方式銷售給批發商和買賣參加者。

柒、心得及建議

- 一. 本次考察團成員包含與智慧農業領域相關的產業界、政府單位與學術界，透過考察日本在設施智慧農業生產技術上的發展趨勢、創新研發技術及產

業資訊等，將能提供我國推動智慧農業過程中產、官、學參與之參考。

- 二. 蕃茄農場引進荷蘭溫室栽培技術，透過溫室環控與即時環境參數監測，提供蕃茄生產之最佳化，不僅能提高產量（同一介質栽種的蕃茄植株可以分成三層不同高度進行採收），也能兼顧生產品質，對於日本農林水產省期望降低蕃茄進口比率的政策目標，有其重要的貢獻。然而新的栽培技術取代傳統生產模式，不易被農業現場從業人員所接受，特別是從農人口多為高齡化，此亦為我國推廣智慧農業技術過程所遇到的問題。蕃茄農場藉由舉辦參訪、研習、教育訓練等方式，對於新技術的推廣，應該是可行的方案，值得我國農業技術推廣單位參考。
- 三. 草莓觀光農場也利用溫室環控技術，達到延長草莓產季的目標，同時也能增加產量，而其溫室中同一空間位置能栽種不同品種的草莓，並且開發各種草莓加工產品，在生產品質與產品之多樣化，相當具有競爭優勢。而其產品的推廣，也透過觀光農場的招牌以及研習與參訪，逐步打開銷售通路。在溫室栽培技術的建立方面，引進學術界的專業知識與技術，對於員工專業能力的提昇有很大的幫助。
- 四. 由農研機構主導並透過業界協助建置的農業資訊整合平台（WAGRI），匯集日本國內農業作業現場的環境參數、農作物資訊、農作物生產規劃所需的農機具數量與技術、管理方法等統計資料，除了提供全國農業從業人員作為農作物生產管理之參考依據，也針對作物生產過程遇到的問題提供可行的解決方案。此平台的建置需要許多不同的資料來源（例如政府單位、農會組織、農民團體等等），相當多的連結需要政府機關協助才能達成目標，而如何提昇農民使用平台資訊的比率（提高誘因），也是今後農研機構需要著力的地方。整體而言，使用 WAGRI 提供的資訊，不僅可以解決生產過程所需投入資源的分配問題，也能了解目前產銷分配現狀（該種那一類作物以及目前市場價格等），對於農民來說應該具有相當大的吸引力，而平台建置過程與推動的經驗，對於我國而言有相當大的助益，非常

值得參考。科技處並於 8 月 21-22 日舉辦 2019 智慧農業國際研討會暨成果發表會，特別邀請 WAGRI 副主席上原宏博士主講農業數據協作平台 (WAGRI) 之推廣與應用，分享日本自 2017 年由農水產省開始推動農業數據協作平台 WAGRI 之運作情形及營運管理模式，會後並與本會智慧農業計畫團隊進行交流活動，針對平台應用、商轉目標及如何建立農事服務業進行深度討論會談。

五. 由千葉大學發展植物工廠的經驗，可以得知日本植物工廠發展方向的趨勢，以農業生產面而論，陽光利用型的植物工廠可視為溫室栽培設施的升級，其改善了傳統設施的氣密性，因此可以進行較為精密的環境控制，如二氧化碳的施加與溫、濕度的調控，再加上人工光源的補充與充份利用立體栽培的空間，可以增加作物的密度而達到單位面積產能的最大化。因此，充份利用陽光與遮蔽、阻隔過濾材料等農業資材的配合應用下，便能達到低耗能與低投資成本的植物工廠化之整年計畫性生產規模。這樣的成功發展經驗，相當值得我國在發展太陽光利用型植物工廠的借鏡與參考，將能促使國內的溫室設施可以提昇成為植物工廠的等級。在密閉式人工光源型的植物工廠方面，雖然其初期投資成本較大，而且營運與生產成本較高，但是透過單位面積產能的提昇與人工光源利用效率的增加，亦可以大量的降低生產成本。而在其所強調的產品安全衛生與產品的全年無休的穩定性供應上的優勢，也是與一般露天栽培或傳統式設施栽培相較之下的競爭優勢。此外，由發展人工光源型植物工廠所衍生的對於相關設備與光電資訊設備之需求，如 LED 人工光源與監控電子設備等產業，也間接提供了刺激產業發展的契機。

六. 智慧生產與數位服務均為跨領域的新興產業，也是公私協力方能有突破性發展，日本 WAGRI 目前整合公私部門資料庫，其中私人的氣候預測資料可達 1 公里網格，預測 3 天至 26 天便是付費使用，公部門資訊則免費，期待能提高工作效率及降低成本。

- 七. 參訪的 3 所大學各有特點，東京大學細胞電融合研究室可觀測單一細胞，並精巧控制細胞質或細胞核流入，可算是基礎型研究，具有潛力。另外千葉大學、筑波大學的研究則較具應用性，與產業的連結度較高，千葉大學日光型及人工光源型溫室也都與業界結合，例如開發雙結果串或三結果串番茄生產模式，以獲得高產量，人工光源型溫室也測試各公司 LED 光源表現等。筑波大學除田間精準農業研究外，也開始溫室智慧農業生產，期待以機器人感知植物，而非感應器偵測環境的思維。
- 八. 民間的 Tomato Park 與草莓生產的 hiro farm 公司也都是資材整合與環控生產的業者，Tomato Park 與荷蘭 2008 年設立的 Tomato World 兩者頗為類似，都是資訊提供者與教育研習多功能的場域，hiro farm 公司經營者早期投入蘭花生產，投入草莓生產時間不久，產品多元，為小規模的六級生產者。兩家公司均使用二氧化碳增加產量與品質，使用熱泵及冷地下水來進行環境溫度控制。
- 九. 豐洲市場由築地市場遷移，使用現代化蔬果立體低溫倉庫，漁市場見習通道海報介紹一年四季主要魚產及加工品，值得參考運用。
- 十. 此次考察行程同時也參訪了筑波大學智慧農業團隊與東京大學生物奈米技術研究室，藉由彼此之間的交流，建立起與日本最高學府的二所大學試驗研究單位之間的互動管道，也增進了智慧農業技術跨國合作的機會，對於我國政府相關單位與學術研究單位在智慧農業技術之國際發展趨勢有更深入的了解。

捌、參訪照片



圖 1 採用同株分支（雙頭龍）栽培管理方式的溫室蕃茄農場

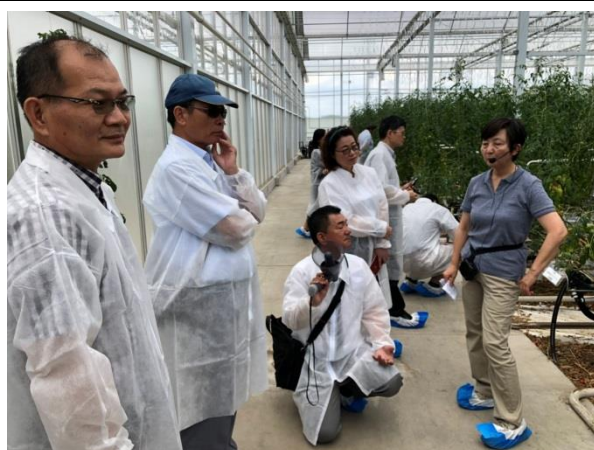


圖 2 蕃茄農場解說員說明溫室硬體架構



圖 3 說明蕃茄栽種介質與養液輸送裝置

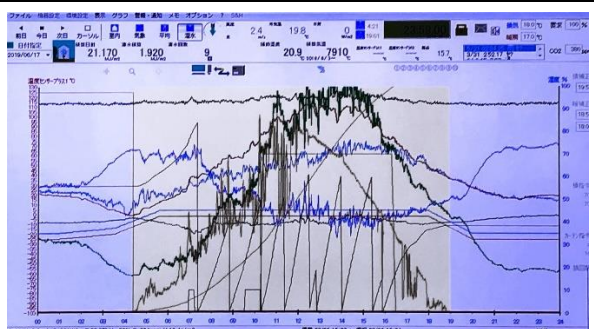


圖 4 溫室環境參數監控



圖 5 夏季高溫期溫室換氣方式

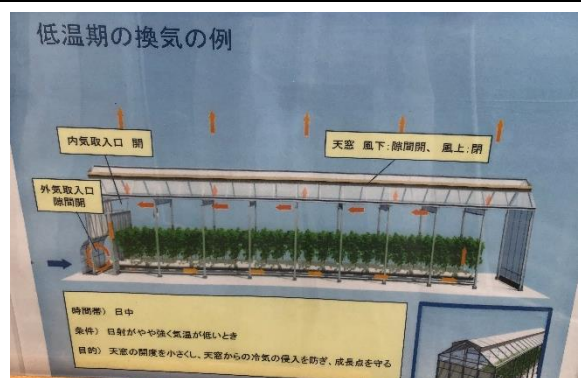


圖 6 冬季低溫期溫室換氣方式



圖 7 草莓觀光農場降溫設備

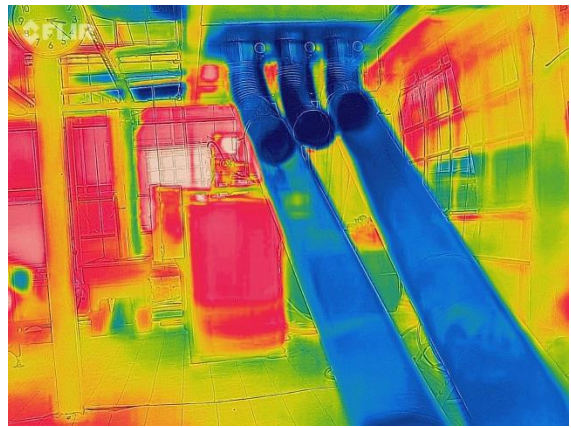


圖 8 草莓觀光農場降溫設備熱影像



圖 9 溫室草莓肥水導電率與 pH 值之監控



圖 10 溫室草莓肥水控制系統



圖 11 溫室中栽培不同品種草莓



圖 12 施放蜜蜂協助草莓生產



圖 13 考察農研機構 WAGRI 農業資訊整合平台



圖 14 考察團隊拜會農研機構 WAGRI 農業資訊整合平台團隊

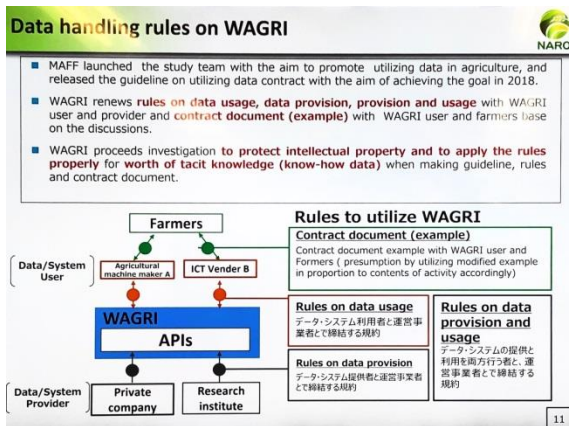


圖 15 WAGRI 資料使用規範

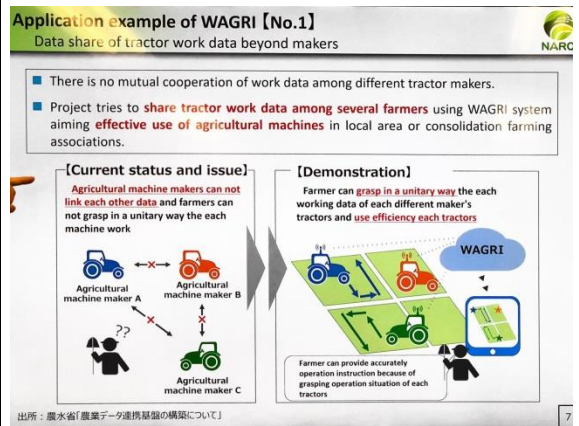


圖 16 WAGRI 資料提供範例



圖 17 考察千葉大學農場



圖 18 採用保溫遮光材料進行光照與溫度控制之溫室資材



圖 19 考察千葉大學植物工廠

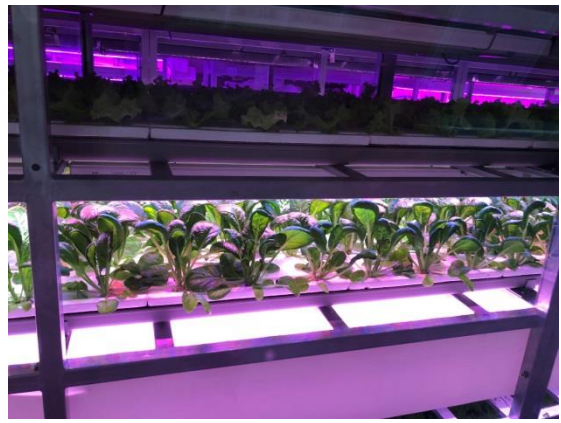


圖 20 密閉型人工光源植物工廠



圖 21 植物工廠以自動化設備與符合安全衛生規範人員進行操作



圖 22 植物工廠以自動化設備與符合安全衛生規範人員進行操作



圖 23 拜訪筑波大學永田恭介校長



圖 24 考察團隊於行政大樓前合影

筑波大学 生命環境学群生物資源学類, 大学院生命環境科学研究科
生物生産機械・施設工学研究室

農業ロボット&スマート農業

研究目的
ロボットを活用し、従来の農業機械(圃場機械)の自律走行、無人によって、全栽培期間での、耕うん、整地、播種、施肥、害虫防除、除草、収穫などの一連の農作業を安全に遂行できる農作業ロボットシステムを実用化する。

ローカルナビゲーション
作業機の自動操縦
自動入庫と駐車

マルチ車両の追従
実行車両の軌跡追従による農業用広域システム

安全システム
農業車両オペレータの遠隔検知システム

自動農業散布システム
マルチセンサーによる自動農業散布システム

自律走行トラクター
林地での自動運転
山場や林道でのトラクターの自律走行

スマート農業システム
農業管理のための UAV と衛星測位システムによるリモートセンシングシステム

研究内容
1. センサー情報 (GPS, ジャイロ, レーザーレンジファインダ, およびカメラ) の統合による自律走行トラクターのナビゲーションシステムの開発
2. 自律走行トラクターによる、走行、駐車、追従の制御

圖 25 筑波大學智慧農業團隊研究主軸

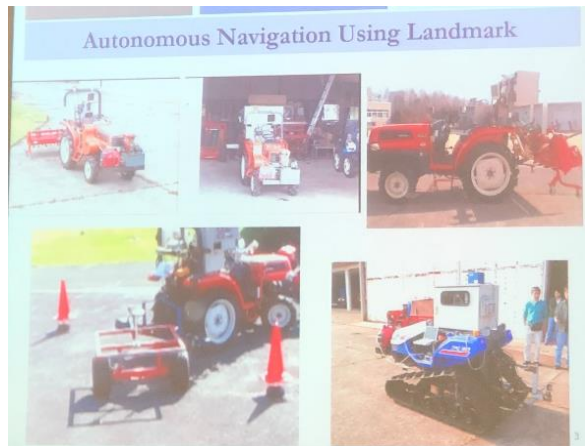


圖 26 筑波大學智慧農業研究成果



圖 27 筑波大學智慧農業團隊研發的無人農用曳引機



圖 28 筑波大學智慧農業團隊研發的無人農用自走車



圖 29 與東京大學 Bio-nano 研究室主持教授合影



圖 30 團隊與東京大學 Bio-nano 研究室主持教授共同合影



圖 31 東京大學 Bio-nano 研究室 Prof. OANA 介紹研究成果

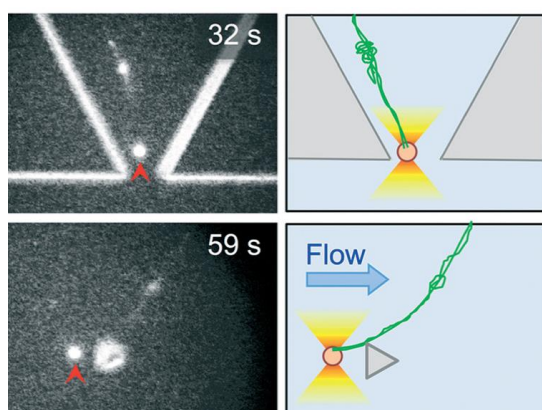


圖 32 Prof. OANA 介紹以雷射光鉗操控單一細胞任一個染色體的技术

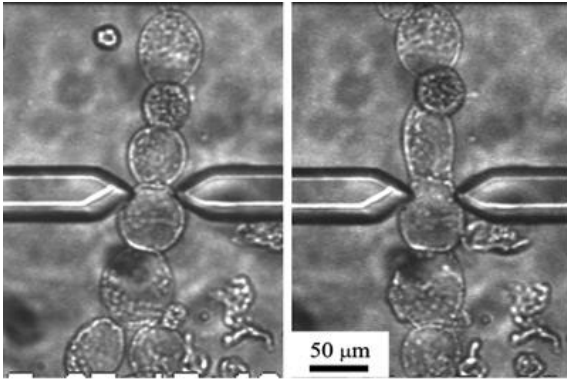


圖 33 Prof. OANA 介紹不同細胞以電融合方式完成基因轉殖的技術

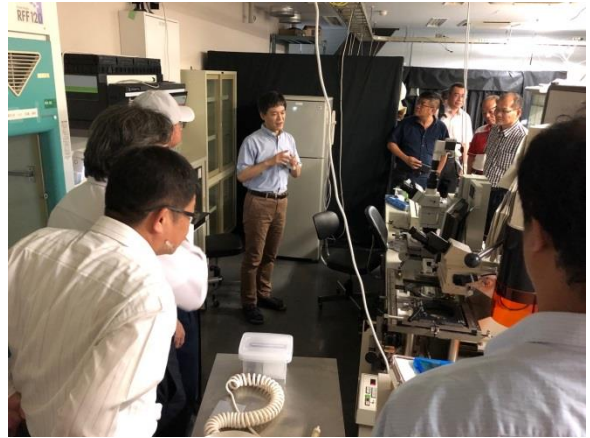


圖 34 團隊參訪東京大學 Bio-nano 研究室