

# 出國報告（出國類別：研習）

## 103 年『設施農業升級及產業增值』計畫之 日本研習

服務機關：行政院農業委員會台南區農業改良場

姓名職稱：王仕賢場長

服務機關：國立中興大學生物機電產業學系

姓名職稱：黃裕益教授

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

姓名職稱：蔡致榮研究員兼主任秘書

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

姓名職稱：姚銘輝研究員

派赴國家：日本

出國期間：103 年 7 月 23 日至 25 日

報告日期：103 年 10 月 17 日

## 目次

壹、摘要 .....	3
貳、前言 .....	3
參、目的 .....	3
肆、研習行程及內容 .....	4
(一) 研習人員 .....	4
(二) 行程概要 .....	4
(三) 研習行程及重要內容 .....	4
伍、心得與建議 .....	14

## 103 年『設施農業升級及產業增值』計畫之日本研習

### 壹、摘要

本計畫為參訪日本『設施園藝及植物工場展』及至大阪府立大學植物工場研究中心研習。日本是我國設施產品主要市場，其農業設施之工藝水準及研發能量值得借鏡，也值得建立合作關係，透過參加此次研習瞭解日本之溫室設施及植物工場的研發最新進展，同時與日本學界或業界有更多的接觸，是建立雙方合作關係的開端，並有利國內設施農業升級及產業增值研發的開展。

### 貳、前言

研習目的主要是參訪今年(103年)7月23-25日在日本東京舉辦之設施園藝及植物工場展(Greenhouse Horticulture & Plant Factory Exhibition/Conference; GPEC)，此展之展場面積約3,000坪，有230個學研單位及業界參與，是每兩年舉辦一次之日本最大規模園藝設施及植物工場展覽。另安排至大阪府立大學植物工場研究中心研習植物工場相關技術。此次研習活動幫助了解日本現有設施園藝發展現況及創新議題，有助於『設施農業升級及產業增值化』計畫執行之參考。

### 參、目的

農業委員會103年新興額度計畫-設施農業升級及產業增值化，擬結合溫室工程及農業栽培技術以「整廠輸出」方式，扶植國內業者建立符合熱帶/亞熱帶氣候需求之溫室產業，以提升國際競爭力，同時解決國內目前設施栽培所遭遇之問題，包括克服夏季設施內高溫高濕問題，建立設施作物栽培體系及安全用藥標準程序，設計抗颱風、標準化及輕質化之溫室結構等。為完成此目標，除建立國內農、工異業結合之合作平台外，也需瞭解國際上現有設施農業之研發進展及創新議題，透過研習活動以建立國際合作機制是整體計畫執行上重要一環，也將裨益於國內設施農業升級及產業增值研發的執行。

## 肆、研習行程及內容

### (一)研習人員

王仕賢場長行政院農業委員會台南區農業改良場  
Shyh-Shyan Wang, Director, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, COA

黃裕益教授國立中興大學生物機電產業學系  
Yu-I Huang, Professor, Department of Bio-industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University

蔡致榮研究員兼主任秘書行政院農業委員會農業試驗所  
Jyh- Rong Tsay, Researcher and Secretary General, Taiwan Agriculture Research Institute (TARI), COA

姚銘輝研究員行政院農業委員會農業試驗所  
Ming-Hwi Yao, Researcher, Taiwan Agriculture Research Institute (TARI), COA

### (二) 行程概要

日期	行程規畫	備註
7月23日	搭乘飛機前往日本東京羽田機場。	夜宿東京
7月24日	前往大阪府立大學植物工場研究中心研習植物工場相關技術。	夜宿東京
7月25日	1. 前往 Tokyo Big Sight 會場研習農業設施與植物工場相關技術(GPEC 設施園藝植物工場展)。 2. 下午搭乘班機返國。	返國

### (三)研習行程及重要內容

#### 7月23日

##### 參訪都市農業-Pasona

位於東京都千代田區之 Pasona 總部，是一棟外觀為綠牆之商業大樓，內有都市農業的景觀設計，包括利用人工光源(高壓鈉燈)種植農藝作物(現為玉

米)，整個生育期皆在人工控制環境下生長，待農作物成熟時，則辦理收割活動，讓都市生活者能體驗農村氣息。另在提供作為社交場域的會議室或咖啡廳展出櫥窗型植物工場，巧妙將植物工場融入商業辦公環境之空間設計，在所謂『水泥叢林』中綠化都市景觀，也具有農業推廣及教育意義。



**7月24日**

大阪府立大學植物工場研究中心研習

日本植物工場研究以千葉大學與大阪府立大學(以下簡稱大阪府大)為重鎮，大阪府大以自動化及多元推廣為強項，有別於千葉大學以量化生產及環境評估為主。植物工場研究中心進門有一套自動化栽培層架，此曾在上海博覽會展示。大阪府大植物工場主要栽培場為7層層架，栽種萵苣及其他葉菜類蔬菜，中間有軌道及階梯，方便栽培作業用，盤床可自動搬移，光源為日光燈管。此外，另有不同研究用途之栽培場，包括進行不同光質之LED試驗，或特定具機能性作物栽培。

農業耕作皆需要大量人力，植物工場工作環境相對於露天栽種是較為舒適，善用高齡或身障人員加入植物工場生產行列是該研究中心訴求之一，這些人力不僅增加勞動力，同時強調勞動者在心理層面的治療，也對於身障者

在從事植物工場生產時，腰部及肩部的筋骨活動量作偵測，以了解不同程度身障者所適合的操作項目，再由改善植物工場系統及周邊設施以提高身障者工作效率。

大阪府大植物工場研究中心之走道或牆上掛有植物工場相關研究成果海報，海報內容大致上可歸納三項主題：一為比較在植物工場、溫室水耕栽培及市售之萵苣成分差異，包括產品之胺基酸、葉綠素、活化氧基吸收能力、gallic acid、ascorbic acid、total phenol content。基本上，強調植物工場生產之萵苣是健康安全的農產品；二為植物工場作物之基礎研究，由基因的層次瞭解作物生長機制，經由調控基因，作物生理到生長分化的學理研究，希望能得到植物工場環境內作物生長最佳調控條件，也建構數理模式，將作物生長予以數值化，有系統的研究作物生理。另以基因表現、細胞質鈣離子濃度、蛋白質磷酸化、葉綠體移動、氣孔開啟、子葉運動方向、花瓣展開等作物生理或生長資訊，以『體內時計工程』(green clock engineering)概念整合由遺傳、生化、作物生理，解析作物生長的控制因素。三為機能性植物工場作物的選擇，包括特定功效之中草藥如日本前胡(*Peucedanum japonicum*)、ポタンポウフウ(島野菜の長命草)、高麗人參，及培育針對特定族群需求之農產品，如低硝酸鹽之萵苣、高糖及高抗酸化成份之草莓等。

另外日本大阪府立大學使用飛利浦的 GreenPower LED 生產模組建立一個 GreenClocks 新一代城市農場(GreenClocks New Generation City farm, GCNGCF)，以促進城市農耕，並鼓勵在工業規模上操作，以為消費者生產美味與新鮮安全的蔬菜。此外，該農場將在農業領域做出社會貢獻，藉由在企業、大學與政府都密切參與中提供一個驗證模式。GC 新一代城市農場預計將用作促進在植物工場中突破性技術開發與利用的核心地點。

GC 新一代城市農場每天將產生 5,000 份例如萵苣的葉菜類蔬菜。與大阪府立大學相關的公司將很快能夠進行從生產到銷售的業務試驗。作為 GC 新一代城市農場背後的產品銷售公司，GreenClocks 將從今年十月初開始銷售由此農場所生產以 Gakuensai 為品牌的蔬菜。

飛利浦供應 GC 新一代城市農場 13,000 具 GreenPower LED 生產模組用以種植蔬菜。該 GreenPower LED 生產模組是一個產生遠紅光的 LED 模組，並且是供多層栽培在日本首次被安裝。在遠紅波長產生最佳的光，該 GreenPower LED 生產模組因此被預計在相同的電力消耗下將遞送兩倍於一個高頻螢光燈 (HF fluorescent lamp) 的輸出。此外，與傳統螢光燈相較，此款 LED 生產模組可節省高達 55% 的能耗。

大阪府立大學 GreenClocks 新一代城市農場(使用完全人工光照)概述

規模：鋼筋混凝土灌注地板，2 樓，面積 1,300 平方公尺。

費用：7 億日元。

地點：大阪府立大學中百舌鳥(Nakamozu)校區。

設施：1.具 GreenClocks 技術的苗圃植物診斷機器人系統 2.種植過程中完全 LED 光照 3.量產驗證/評估設施(每天 5,000 份)。





7月25日

參訪 GPEC 設施園藝植物工場

設施園藝及植物工場展 (Greenhouse Horticulture & Plant Factory Exhibition/Conference; GPEC)之展場面積約 3,000 坪，有 230 個學研單位及業界參與，是每兩年舉辦一次之日本最大規模園藝設施及植物工場展覽。今年 (2014 年)展期為 7 月 23-25 日，三天展期共有 38,421 人次參訪，參展單位由 2010 年 116 家，2012 年 219 家，至今年 230 家。展出項目除溫室工程及植物工場外，也包括園藝資材、肥料農藥、採收機械、選別機、搬運工具、包裝機械及材料，及各式環境感測器及自動監測系統等。



由於展出內容之面向及產品非常多樣化，顯示日本在設施農業及植物工場產業上的研發能量，以下摘要說明：

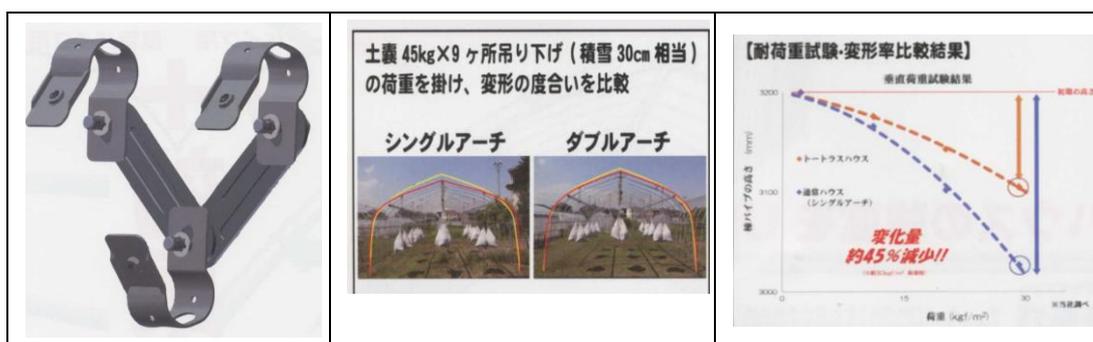
一、設施工程模組化輕量化的技術及產品：

溫室工程產業面臨勞力不足的問題(日本及台灣皆同)，由於施工環境惡劣，較難吸引新興勞力，研發模組化及輕便化資材或器具，以縮短施工工期，同時標準化施工守則，也有利於整體產業的發展。利用大型鉚釘取代過去以水泥製成之地樁頗有創意，鉚釘長約 1.6 公尺，可用機具“鎖”入地面，配

合大型螺絲以固定地上部之結構，業者也宣稱可間隔 6 公尺放置一根即可，具有施工方便(拆除時一樣方便)的特點，可節省工時及材料，將此施工法與國內業者討論時，咸認為值得引進。



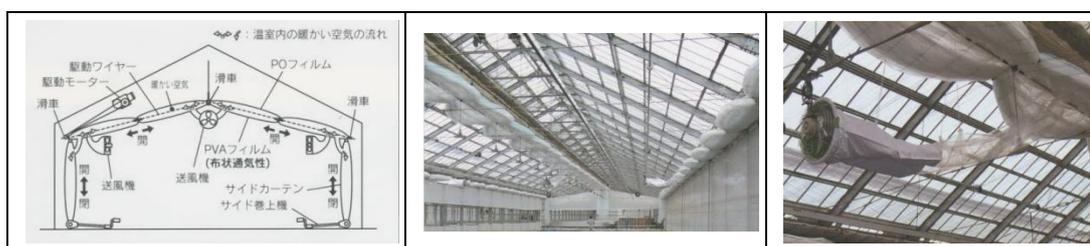
此次展覽中有多家廠商展出模組化溫室鉸管之扣環、固定器或資材，在搭建溫室時可快速組裝，同時一體化成型的設計，有助於承受重量(或壓力)的抗性。在日本冬季有積雪問題，溫室在設計或測試時，溫室結構(尤其是頂部)對於重量的承受力需注重，使用廠商研發之固定環所建造之溫室，在用砂包測試對於重量的承受力，以溫室結構變形量作為指標，可清楚顯示使用固定環後之效果。但並無我們較關心之抗風力測試方法，雖然特殊固定環的使用，對於抗負重或風壓應有相近的效果。



## 二、利用充氣雙層膜隔絕空氣以達降溫或保溫

台灣簡易鉸管溫室栽培作物最大問題在於夏季降溫，利用雙層塑膠膜內充填空氣，以阻隔外界高溫(或低溫)，過去也有相關研究，但施工及維護或許限制此種方式的推展。下圖係以類似內遮陰方式，當需要阻隔外界時，將塑膠布幕拉起，由鼓風機灌入空氣以形成阻隔層，不需要時，則將空氣放出，

布幕收至溫室兩側。國內在 10 多年前即已引進充氣雙層膜，但經測試後，仍無法抗拒夏天高溫，溫室內熱源形成主因為溫室內土壤或其他固體吸收太陽光熱量後，其室內空氣以對流間接吸收後再形成高溫空氣，熱氣流上昇至溫室頂部，使熱空氣無法排除。因此，雙層塑膠布只會形成更高溫現象，在日本農業設施運用情形主要使用於寒冷季節之保溫作用，但近年國內因氣候異常，低溫期有增加之趨勢，所以在國內使用加溫設備的溫室，可考慮此設備的使用，未來冬季加溫期間，有效降低能源之消耗。



### 三、溫室反射材質及遮陰塗料的利用

溫室外部結構或披覆材質降低太陽光進入，所以，如何增加溫室作物所能截取之光源，及溫室內垂直或水平光度的均勻性，一直是溫室微氣象改善研發重點之一。鋪設於地面之反射膜即是一例，讓太陽光到達地面後，能均勻及有效反射光線，有助於果樹或高莖作物(番茄、小黃瓜或甜椒)的下位葉吸收光線，對於整體群落(canopy)的光度利用效率有幫助。溫室用塗漆類以遮陰為目的，強調塗料在太陽光照射下之耐候性，有效期可達 6 個月，也有依特定期間效果之遮陰漆(如 4 個月或 2 個月)，多樣化產品可供不同需求溫室使用，另有一種遮陰漆很特殊，在晴天透光性 60%，雨天低光時則可達 80%。而遮陰漆阻隔近紅外光(NIR)以減少熱累積，溫室內光合作用有效輻射量(PAR)可達 70%，也有作為散射用之白色塗料。但上述塗料大多來自於荷蘭，日本較少廠商發展此類產品。



#### 四、溫室披覆材質之開發

日本有一種溫室披覆材質耐候性極佳，如下圖，甚至可容許人躺臥(這應可解決積雪負重問題)，另用刀片割劃後，破裂處不會擴大，而且具有將射入光線均勻化的效能(F-CLEAN Diffuse)。經與台灣代理商詢價之後，此種披覆材質之單價約為 350 元/m<sup>2</sup>，但現在台灣溫室常用披覆材質(不論是進口或國產)之價位在 20 ~30 元/m<sup>2</sup>間，價格差異太大，很難引進據以推廣。

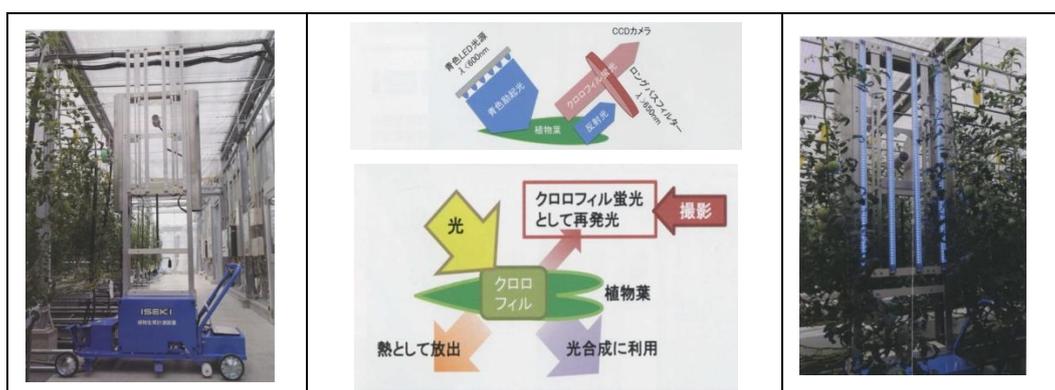


#### 五、溫室作物生理感測機具之研發

溫室“完全”自動化控制的瓶頸之一，在於對溫室作物生理無法精確監測，目前利用植物葉片對於太陽光的反射特性，包括熱影像(thermography)、反射光譜(reflectance spectrum)及螢光影像(fluorescence image)皆是值得開發的

新興作物生理感測器。高等作物或藻類利用太陽光能進行光合作用時，是由行光合作用的色素吸收大部份的可視光譜，這些主要吸收光能的色素為葉綠素 a 和 b。光能首先激發葉綠體內光收穫葉綠素蛋白質(light harvesting chlorophyll protein; LHC)，LHC 蛋白質將所截獲的能量轉移至光系統 I 及 II (photosystem I or II; PS I or PS II)，光系統反應中心內含有氧化和還原電位可趨動電子傳送。LHC 傳送光能至光系統過程中有釋放的機制，其中葉綠素所吸收的光能在第一激發態時，大約有 3-9%的光能轉為螢光。

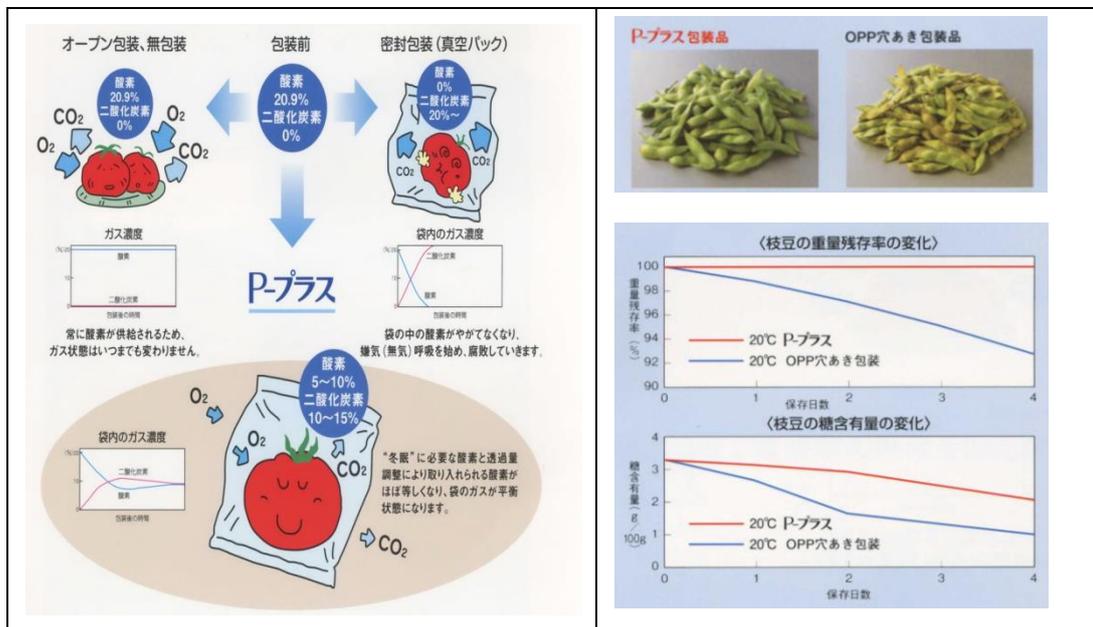
此次展場展出 ISEKI 所研發之“植物生育計測裝置”，是以葉綠素螢光影像作為作物生理指標所研發，以<600nm 之 LED 作為激發光源，以 CCD 拍攝葉片(或 canopy)之>650nm 之葉綠素螢光影像，以作為光合作用或病害監測之用。但葉綠素螢光的發光強度僅為太陽光強的  $10^{-9}$  倍，所以量測應是在夜間進行。

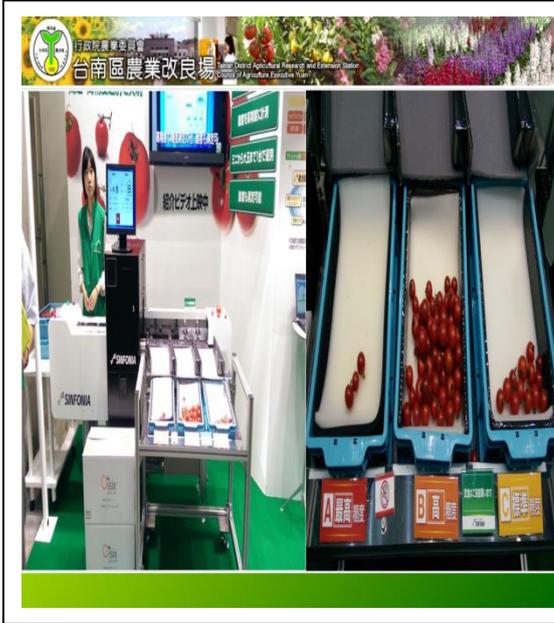


## 六、其他研發產品或議題介紹

- a. 機器研發部分，溫室用之 CO<sub>2</sub> 產生器約有 3-4 家廠商展出，配合施用方式的改進，將塑膠透明管穿越在番茄群落間，尤其是光合作用能力較強之枝條，精準施用以避免不必要逸散。
- b. 具有判別糖度及酸度之番茄選別機，台灣種植許多番茄，此類機器可作為品質認證，在產品包裝上作標示，讓消費者選擇所喜愛之番茄種類，可增加產品價值。

- c. 京都大學研發超音波裝置，利用不同振動數以增加溫室或植物工場內番茄及草莓之授粉率。授粉在密閉環境中易受到限制，飼養工蜂是可增加授粉率，但如何飼養及釋放，如何避免其他昆蟲的侵入，這些問題都需要面對，但利用機械方式則不需要這些顧慮，值得引進或自行研發。
- d. 日本地熱資源為世界第三位，如何利用此資源以發電及冬季溫室內加溫，有相關概念式的海報說明。
- e. 立體層架的設計也有相關產品展出，不過概念上並無特殊性，也有小型園藝造型的立體化栽培架產品，層架下方配合養魚，形成迷你型魚菜共生系統。
- f. 蔬果保鮮套之開發，農產品採收後儲藏以保持鮮度，利用包裝袋內維持氧氣濃度 5-10%，二氧化碳濃度 10-15%，配合冷藏溫度會使農產品呈現 “冬眠” 狀態，有助於保鮮，如下圖所示。





### 参考3: 安倍総理オランダ視察(グリーンポート)

日 時:平成26年3月25日(火) 現地時間16:40~17:20  
 場 所:オランダウエストランド パブリカ農場(Valster Brothers社)  
 ● 枝セキユリサミット後、施設園芸農場を訪問。当日は、室内説明の後、パブリカを栽培する温室を視察。総理は、パブリカの試食や高所作業台に乗り温室を一覧し、天然ガスエンジンとICT技術の活用に関心を示された。



林大臣と同じ視察先を訪問



温室で作業台車に乗る安倍総理



シャロン・ダイクスマ農相の挨拶を受ける安倍総理ほか

### オランダの施設園芸と我が国の次世代施設園芸

**オランダの施設園芸**

- 産学官連携によるクラスター形成。
- 機械化、ICTの活用への追求。
- トマト収量 10a あたり 50t 以上 (日本平均 11t)。
- 豊富な天然ガスを活用し、熱、電気、CO<sub>2</sub>を供給。

**日本型にアレンジ**

★日本型へのアレンジポイント

オランダ	<エネルギー>	日本
天然ガス	→	木質バイオマス等の地域資源
ハウスの柱を据える(日陰率の確保)	→	ハウスの柱を太くする(高湿度を容れ)
収穫量の向上が第一の目的	→	収穫量を求めながらも 食味・品質にもこだわる

**次世代施設園芸**

「次世代施設園芸導入加速化支援事業」を創設  
 (平成 25 年度補正予算額: 30 億円 平成 26 年度当初予算額: 20 億円)

- 施設を大規模に集積し、木質バイオマス等の地域資源によるエネルギー供給から生産、調製・出荷までを一気通貫して行う拠点を整備。
- 化石燃料からの脱却を図るとともに、コスト削減や地域雇用の創出。
- ICT等他産業の知能やノウハウの活用のため、産業界と農業界が連携。
- 高度な環境制御により周年・計画生産を実現。

### 次世代施設園芸導入加速化支援事業 実施地区





## 伍、心得與建議

1. 日本國土面積是台灣的 10 倍，人口約為 6 倍，以農產品消費而言，有很大市場，加上工業技術的精進，在農業設施及設施農業皆有很大產業推動潛能，近年又積極推動植物工場的研發，其研究成果、產業發展及未來議題等不同面向，值得『設施農業升級及產業增值』計畫執行時借鏡與學習。
2. 日本植物工場產業之所以成形，是由科研經費補助大學研究，再由學研單位引導及扶植相關產業的發展，雖然台灣究竟是否需要發展植物工場仍有一些不同意見，但日本產業推動模式是值得仿效。台灣目前植物工場以台灣大學生機系主導，但我國與日本研發方向是否有區隔性及策略性是值得深思，避免盲目推廣而無法創造業者的利基。若定位為人工環控下植物生理研究，應統一作物種類，強調整體研究的方向，例如大阪府大之『体内計工程』(green clock engineering)，整合遺傳、生化、作物生理概念，有系統性之分析作物生長的控制因素。
3. 日本氣候環境及農業狀況與我國相近，同時農作物栽培過程中也面臨相近之災害問題，在「他山之石，可以攻錯」的理念下，多鼓勵研究人員與業者參與相關展覽，或與日本學研單位交流，對於我國設施農業的升級應有助益。但有些設施產品或發展策略是需要評估，『設施農業升級及產業加

值』計畫目標為發展熱帶/亞熱帶設施產業，成本是首要考量，例如 F-Clean 塑膠膜，雖然有許多優異特性，但價格過於昂貴，未來難以推展。另『植物生育計測裝置』發展作物生理感測技術，但這樣是否適用於產業利用？歐盟有 SPICY (Smart tools for prediction and Improvement of Crop Yield)計畫已發展相類似的機具，配合大型溫室栽培場(類如荷蘭)的利用，但日本溫室並不符合此規格，因此，針對像台灣這種溫室規模不夠大的地區，任何投資研發應更精準及符合需求。

4. 提昇溫室作業效率也是未來發展重點，會場上韓國與荷蘭設備商及顧問公司均設有攤位行銷，可看到 Green-Q 與 Priva 在會場上設立專題，說明荷蘭設施。日本首相前往日本考察荷蘭甜椒溫室生產後，推動日本次世代設施園藝導入加速化支援事業，在 9 個地區推動實施，會場上也有此 9 個地區推動情形的專區，擴大經營規模為提昇效率的基本要件。
5. 番茄嫁接苗由 Sakata 公司推動“雙頭龍”嫁接苗，可減少苗株使用，而頂芽下的兩邊側芽生長方式也較為均一，此外果實糖度也有快速選別系統，可區分不同糖度果實，番茄嫁接機雖也在會場展示，但其實用性仍有待評估。
6. 不論溫室設施或植物工場皆需要完整的栽培試驗資料，包括作物生理、肥培管理、水耕系統及環境控制等。同時，產品的開發也應建構在學理的支持上，舉例而言，蔬果保鮮套之開發，利用包裝袋內維持氧氣濃度 5-10%，二氧化碳濃度 10-15%，使農產品呈現“冬眠”狀態，這應是許多研究所研發出之成果，具有創意及商品化運用價值，當然也見識到日本札實的作物生理研究及知識，這是日本發展設施農業的基礎，所有栽培系統或創新技術之研發皆需堅實的學理基礎，移植性的技術是無法扎根發展，基盤性的研究或許短期無法看見成效，但長期的效應會逐漸顯現。台灣目前雖開始投入研發計畫，但基礎環境及作物調查資料仍不足，系統化之研究也在起

步中，規劃自己發展特性及市場導向之研發議題，仍需要有更多的發想與推動。

致謝

感謝駐日代表處林榮貴秘書在行程規劃及熱情接待的協助，在此致上謝意。