



智慧農業

是什麼？

蕭景楷¹

一、前言

從工業4.0提出以來，大家關注的焦點都在智慧製造，其中包括結合運算、通訊、控制功能與感測器的網路實體化系統（cyber-physical-system）、連結物聯網與服務聯網、以及以IP網絡智動化生產的智慧工廠、人機協同等。而對於智慧農業或是農業4.0，很多人認為其實和智

慧製造一樣，將智慧科技應用在農業上，就是智慧農業了。

以名詞的定義來看，這樣的轉用或借用，似乎沒有什麼問題。但如果從生產／製造的過程來看，則一級產業的農業和二級產業的製造業之間，其實有相當大的差異。本文擬從生產／作業管理的角度，一方面探討製造業工廠作業流程管理／技術的演進，另一方面探討農業和製造業的異同

| 註1：國立中興大學應用經濟學系名譽教授。

點，並由此來界定智慧農業是什麼，最後利用國內的案例，介紹智慧農業的發展和應用。

二、投入—生產系統 / 流程—產出

農業和製造業一樣，都有一個將投入轉換為產出的生產系統或流程。換言之，為產生商品或是提供服務，我們需要一個可以將投入轉換 / 轉變為產出的系統或流程，而管理這些系統或流程的工作，就稱為「作業管理」（早期稱為生產管理或生產 / 作業管理）。所以，作業管理係指為實現企業的經營管理目標，有效地利用各種生產資源（要素），並在生產作業過程中進行組織、規劃、領導、控制等管理工作，以便生產出能夠滿足顧客 / 消費者需要和市場需求的產品或提供服務的一種管理活動。因此，作業管理就是管理將投入轉變為產出的系統或流程，也就是作業機能的管理。而作業機能的本質，就是在這個轉換過程中提高生產效率 / 增加價值。我們可以用轉換流程圖（圖1）來說明，這個圖顯示回饋和控制是在讓產出符合原先的規劃。特別要注意的是控制，這在製造業是理所當然的一件事，但對農業來說，一直到智慧農業來臨，才開始有較好的控制。大家熟悉的第一次和第二次綠色革命，主要是在投入方面的改良，例如新的品種、肥料、農藥、灌溉等，而第三

次綠色革命，就是所謂的智慧農業，則是在生產過程或轉換流程的改善或控制，例如作物生長期間的監控、土壤環境的監測、各種時間和空間監測資料的蒐集和分析、無人機的應用、區塊鏈的應用等都是。

在投入—轉換—產出的系統中，還需要加入資訊流（或稱為市場回饋），企業利用這些回饋來提升系統的績效。在以顧客服務為導向的經濟活動中，物料由投入端，透過一些管理活動以及生產製程後形成產出，當產出的產品或服務到達顧客手中後，便由顧客（或稱使用者）處產生回饋回到系統中，企業藉由這些回饋資訊做改善，生產最符合顧客需要的產品或服務。

所以，生產作業管理是一連串從勞動力、原物料等生產資源的投入，到最終產品和服務的產出，以及轉換過程中的設計、作業和控制等各種活動。亦即，任何組織都要透過一個生產作業系統，將投入轉換成產出來創造價值。系統接受投入，然後將其轉換成能滿足顧客需要的商品或服務。因此，提供服務的組織與提供產品的組織在轉換過程上的概念是相同的。

三、作業管理：完成需求和控制變異

任何組織都包含外部與內部兩種供應鏈，外部供應鏈提供原物料、零件、設備、供應商或其他投入，並將

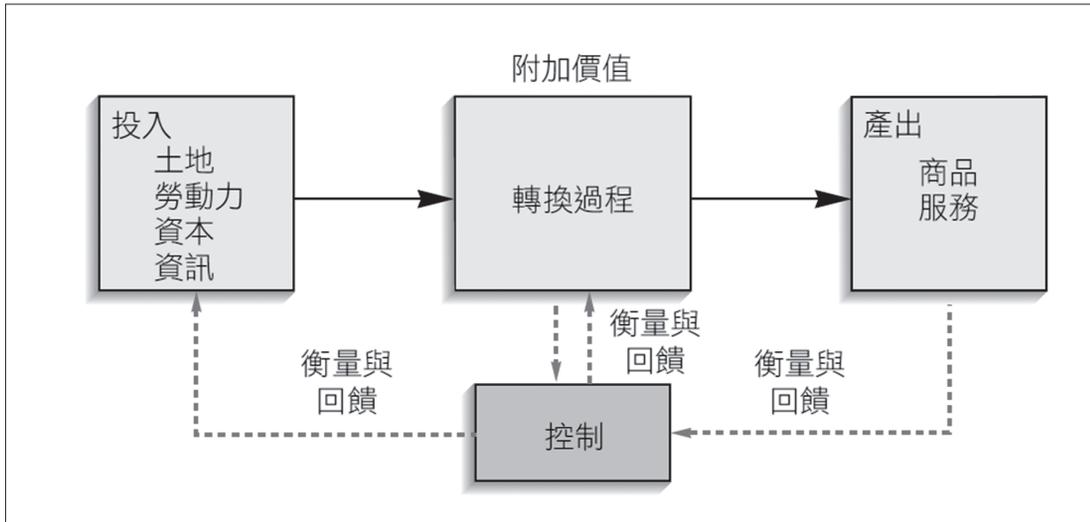


圖 1. 投入—轉換—產出流程圖。

產出商品或服務送達顧客；內部供應鏈則區分為內部作業功能（含零件和原物料的供應作業），以及進入下一個加工作業階段的過程，所以其作業和組織外在的供應鏈是實質關聯在一起的。一個企業的流程管理活動，大致分為設計、執行和監控3個部分，從目的上看則是在滿足原先規劃的需求以及解決變異的問題。過去，作業管理主要是應用在製造業，但現在農業也開始應用，只是農企業和一般企業在產品市場以及流程方面並不相同，例如農企業面對的是生產過程有生物性、季節性以及氣候的不確定等特性。所有企業的流程都有4種共同的變異（這些變異會使作業和供應鏈流程發生問題，造成品質不佳、產期延誤或是成本增加），但是農企業還要面對更難控制的環境變異以及生物

性變異。

第一次綠色革命是由高產量的穀物品種、灌溉系統的建立、雜交種子的分配、化學肥料和農藥應用所引起的；而第二次綠色革命，則是針對貧窮國家，大力投資於作物育種、灌溉、肥料和農藥，以提升糧食生產量。第三次綠色革命，是由資通訊科技的綜合應用所促成的，其中如精準設備、物聯網、感測器、啟動器、定位系統、大數據、無人機、機器人等都是。

比較這三次的綠色革命，第一、二次幾乎都是在投入方面的改進，而由智慧農耕所引導的第三次，則是在改善流程或是減少環境上的變異。也就是說，智慧農耕採用更精準、資源使用更有效率的方法，所以有潛力帶來更有生產力、更為永續的農業生產

方式。就農民而言，智慧農耕帶給他們的附加價值，是更好的決策或是更有效率的資源利用方式。

四、作業管理的演進

農企業和其他企業一樣，其作業管理也是在引導和控制生產的過程。這個作業管理分成兩個不同領域，一個是生產規劃，另一個是供應鏈管理。現代的作業管理，從泰勒的科學管理開始，透過標準化和符合科學的工作，以及管理措施，來改進效率和勞動生產力。

從泰勒的科學管理之後，有相當多針對作業與管理的研究發展和應用，例如1940年代的計算機發展和線性規劃的使用；1950年代的生產排程模式和要徑法；1960年代的電腦模擬；1970年代的物料需求規劃；1980和1990年代將機器人、彈性製造系統和電腦整合製造系統，結合進入作業管理領域；2000年代的企業資源規劃；2010年代的資料分析學將資訊轉化為掌握問題的洞見，然後形成決策。

一般而言，所謂技術大致分為知識、材料、方法和設備等，而與作業管理相關的技術則分成3類：第一類是產品和服務技術，即新產品和服務的發現 / 發展；第二類是流程技術，即生產過程的方法、步驟和設備；第三類是資訊技術，指的是利用科學和

電腦及各種電子設備來儲存、處理並傳送資訊。過去一百年來，這些作業功能的演進和改善非常有助於農業產業的革新。

五、智慧農業的意涵

從前述作業管理的演進，我們可以說智慧農耕代表著將現代資通訊科技應用於農業，並因此引發第三次綠色革命，這種智慧型的農業其實和3種技術密切相關。

第一個技術領域是管理資訊的系統，這是蒐集、處理、儲存和傳送資料的系統。



第二個技術領域是精準農業，這是在管理空間上和時間上的變異性，以便提升經濟效率並減少環境衝擊。

第三個技術領域是農業自動化和機器人，也就是在生產過程中應用機器人、自動控制和人工智慧。

智慧農耕不只是大型農場可採用，就是小型的家庭農場，或是有機農耕，也都可以採用。從環境保育的角度來看，智慧農耕透過更有效率的用水，或是流程和投入的優化，其實都有很大的環境效益。

所以，智慧農業對農業產業造成的革命，是在修正整個農業系統的方向和做法，使農業在氣候變遷下，仍能持續發展，而且保障糧食安全。換言之，智慧農業是在提升農業生產力，並提高農民所得，而且有助於溫室氣體排放的減少。

六、臺灣發展 / 應用智慧農業案例

(一) 智農聯盟

臺灣推動智慧農業的核心概念之一，是以智農聯盟為主軸，建立小農和農企業的新夥伴關係。智農聯盟專案的推動，從 2017 年以來，已有 3 個智農聯盟形成，包括稻米智農聯盟、毛豆智農聯盟、和家禽智農聯盟。

在稻米方面，結合了日本的感測器、資料收集設備、網

路、以及電動水閘門等，成為一個應用模組，就可以依據水位的高低，來控制灌溉作業系統，因而節省了用水，也節省了勞力。

毛豆在 2018 年的外銷金額，已超過新台幣 23 億元，並在日本市場居於領先地位。農民利用 ICT 來擴大種植規模，同時進行有效率的企業化管理。不僅大幅下降生產成本，而且提升在國際市場上的競爭力。

家禽養殖業者，結合 IoT 設備、系統整合、大數據等，依據豐富的養殖經驗，開發智慧水禽及家禽養殖系統，可遠端監控禽舍，並自動調整溫濕度、通風及光照等，以維持禽舍良好環境，提高生產效率與產品品質。

(二) 無人機結合物聯網

無人機結合物聯網，是智慧農業很重要的應用，已有業者發展成為從研發、生產、服務連成一體的 UAV 公司。他們對於監測環境，和收集到的資料加以分析，也有深入而廣泛的研究應用和服務。這兩種技術的結合，可協助智慧農業的運作，例如田間監控。物聯網技術在水資源管理、土壤

監控、以及各種農機的例行作業都有很大的幫助。其中如透過田間土壤的分析，除規劃種子播種形態，讓吸收率達到75%，減少85%的種植成本外，也可提供資料作為灌溉和含氮水準管理的應用；而無人機噴灑也比人工快30~60倍；同時作物監控比過去的衛星影像判讀，更便宜、更方便、也更精確；而植物健康的評估，則有助於早期病蟲害的防疫控制。我們可以預期，未來農業的服務模式，將是無人機、物聯網和大數據，加上智慧耕作、各種施藥記錄、成長形態和收穫估計，再加上各種應用程式，以及最後一哩路的無人機運送服務。其他無人機的應用，包括尋找魚群的成本，比利用聲納設備便宜，而且更精確；另外，無人機還可有效作為海面養殖場的監控和海岸巡邏；對於遊憩性釣魚，如鮭魚數量的計算，也可有效管理；配備照相機的無人機能有效監控私有林的砍伐情形，或是監控不同時間點的林相變化。

（三）區塊鏈結合物聯網

水產養殖產品的外銷，往往需要提供生產履歷，但資料的正確性，卻常被質疑。所以，

如何提供可被信任的資料，並在飼養過程中，有效監控水質環境，甚至隨時加以改善，就成為重要的議題。

透過物聯網、區塊鏈，以及開發外部連接點和軟體應用程式，可以讓水產養殖建立最佳作業規範（BAP）。傳統養殖消耗大量的水、電，而過多的飼料則常造成環境污染。BAP 藉著物聯網和監測技術，所提供養殖環境的即時資訊，可更有效地管理，減少水、電和飼料的使用。收成的漁獲，經由 HACCP 工廠的加工，可避免二次污染或食安風險，並提供行銷管道或消費者雲端交易檢核過程。

這個 BAP 專案，利用微軟公司安全性高的晶片和通訊機制，並搭配業者的區塊鏈認證服務，達到可信任的生產履歷資料建立之目的。值得一提的是，養殖環境的改善和節能減碳，也是重要的附加價值。例如蝦的生長，需要乾淨無污染的水體環境，此系統搭配 Ultra-fine bubble system 可隨時改善水體，讓水中溶氧（DO）保持在安全範圍，減少增氧水車的數目和運作時間，使水質維持穩定但又減少能源的消耗。

（四）生物科技

專門研發生物性增長劑、促進劑或生物性農藥的生技研發公司，也在精準農業中扮演很重要的角色。精準農業的發展及演變，已有很長的時間，包括機械化和基因改造方法等都是。現代精準農業，又稱為衛星耕作、定點作物管理或精準農耕，包括觀察、衡量以及反映作物的變異性。精準農業的主要目標是，一方面尋求為達成最適生產力，作物和土壤的需求是什麼？另一方面，為確保環境的永續性和保育，如何節用資源？所以，在符合需求和保育之間，就需要使用特殊的投入原料和方法。

由於作物的生長環境大多在大自然之中，所以面臨的挑戰包括：1. 極端氣候條件造成的氣候變遷；2. 由於人口成長對糧食需求增加，但作物有生物性，不僅生長需要時間，而且產量的變異不易控制；3. 大家更重視食物的品質；4. 環境保育刻不容緩。有挑戰就有機會，除了主要的農業生產國，以減少化學農藥或肥料使用為目標外，另一方面，為確保糧食作物的量和質，亟需尋求精準農業的解決方法。

目前研發對環境友善的活

性物質，其產品包括：植物生長調節劑、植物生長促進劑、和高效性的肥料等，這些產品更有效率和效果，適合用於精準農業。

七、結語

臺灣農業在產銷方面，碰到的挑戰越來越嚴峻。在生產上，由於對環境保育和氣候變遷的關切，慣行農法已普遍受到質疑和限制，另外農業勞動力的不足和老化，也是困擾多年的問題；在銷售上，健康、安全且高品質農產品的需求不斷增加，需要可溯源的產銷履歷資訊來保證。智慧農業在一定範圍內，可以回應這些議題。

智慧農業包含管理資訊的系統、精準農業、與農業自動化和機器人等3個技術領域，這些技術對於農業生產過程的監測和控制，以及資源的有效運用或是取代人力，都有相當顯著的成效。但是，不可諱言的是，未來農業將是更多元的跨領域合作與應用，傳統上以勞動為主的農民勢必無法勝任這些工作，結合管理和科技知識的農民才有競爭力。所以，從引導農業發展的政策設計，到現代農場的經營管理者，以及能夠參與研發這些技術領域的人才，或甚至有能力整合各種知識和技術的農企業家的培養，都是重要的課題，需要大家集思廣益共同規劃出有效的因應對策。