

技術型高中校訂專業類科跨域課程發展 —以智慧植物工廠課程為例

陳建男

國立臺灣師範大學工業教育學系碩士研究生

徐昊昇

龍華科技大學企業管理系特聘教授

胡茹萍

國立臺灣師範大學工業教育學系副教授

一、緣起

因應世界教育改革潮流，我國政府於 2015 年 11 月提出十二年國民基本教育課程綱要，校訂課程強調各校發展跨領域特色課程，為延伸各領域/科目的學習，課程以專題實作、跨領域/科目為主（曾祥榕，2016），其中專題實作能展現群科課程及技能領域課程之學習成果，並讓學生獲得課程學習統整、團隊合作分工、口語表達及問題解決等能力（教育部，2014），專題實作課程並非全新的科目，目前多以各專業類科各自發展，至於同群跨科、同校跨群、或與共同課程領域之跨域課程，則是一個值得探討的議題。

跨域課程以學校辦學特色為基礎，考量產業需求、群科設備、行政統整與師資人力等因素，以學生為主體設計課程，邀請不同群科教師與處室行政人員，統整校內可利用資源，參與跨領域社群活動，將各自擅長之專業能力進行專題報告，提供跨領域社群教師了解彼此，融合過往提出的內容，或從時事中找尋當下發生的問題並提出討論及解決辦法，討論跨域合作可能性，透過設計主題，讓學生了解各類型學科學習的重要性，達成「學以致用」的目標（李筱倩、洪浩偉，2019）。

地球近年來因環境氣候變遷，今年蝗災嚴重，糧食已逐漸形成問題；臺灣與英國產業合作將跨足農業生技，桃園市源鮮農業生技預計 2 年內投資 1800 萬英鎊，在英國興建產量高、無農藥的智慧農廠。由英國國際貿易部投資部長 Graham Stuart、桃園市長鄭文燦、2018 年 4 月 10 日源鮮董事長蔡文清一同親赴農場參觀，英國氣候因不利葉菜蔬果生長，脫歐後面臨進口菜價上漲，植物工廠技術可以填補英國蔬菜缺乏問題（高工 LED 網，2018 年 4 月 12 日）。

環境變遷所造成的糧食問題是全體人類需認真看待的問題，讓學生能從課程體驗中體會食物的重要性，故本文以某高級工業職業學校「智慧植物工廠」校訂選修課程為例，運用太陽能產生的電力，提供植物工廠設備所需要的電力，並運用物聯網控制植物生長環境，種植適合植物工廠的植物。因此，本跨域課程由冷凍空調科負責環控設備的運用，物理科負責太陽能光電，生物科負責植物相關知識，資訊科負責物聯網與程式設計及門市服務科負責植物的種植與管理。

二、跨域課程發展策略與做法

（一）跨域課程發展的架構

十二年國民基本教育為培養終身學習者，主要以系統思考與解決問題、科技資訊與媒體素養、人際關係與團隊合作為課程核心素養（教育部，2014）。其中國外所熟知之跨域課程，如 Rajbhandari（2019）提及在應用科學中跨學科是常見的型態，提供學科之間的聯繫，例如：社會學科通常涵蓋人文學科和教育學科，反之亦然。相同的情形也發生在純科學領域中，例如：生物學與化學、數學與物理、統計學等。而本案例跨域課程發展的範疇更為廣泛，將其藉助教師專業社群運作之策略推動，而達成課程發展目標，其具體架構如圖 1 所示。

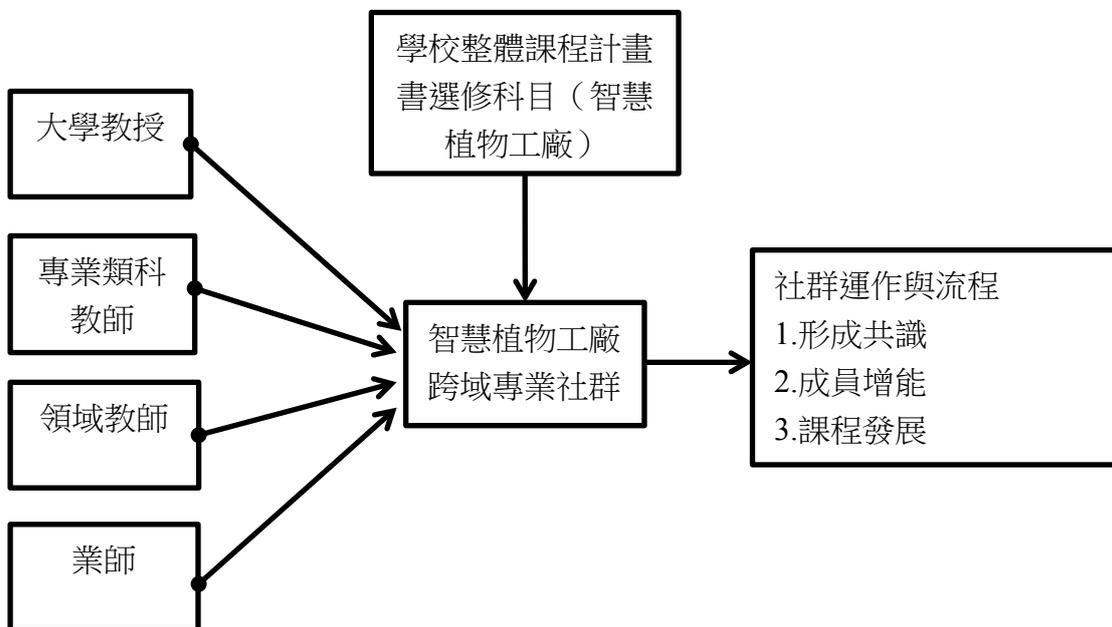


圖 1 跨域課程發展的架構圖

該校成立於 1986 年，設科集中在電機電子群科，故其特色定位為培育電機電子產業基礎專業人才，學校整體課程的課程規劃分為部定與校訂，其中校訂課程為必修與選修，校訂必修為各校視需要自行規劃，須包括特殊需求領域課程。校訂選修為各校開設規定選修學分 1.2 - 1.5 倍之選修課程，供學生自由選修，校訂必修及選修學分上限合計 44 - 81 學分（教育部，2014）。該校校訂一般科目學分約 32 學分、校訂專業及實習約 33 學分，依據不同科別之不同有些許學分的差異，比例約一比一，其中選修課程開設之規畫方向為：同科跨班、同群跨科、同校跨群等三類。

該校選修課程雖多，專業科目多集中在同科跨班為主，同校跨群多以一般科目開設，並無專業類科與一般領域的跨域課程，故設計智慧植物工廠結合自然領域、產業、資訊科的綜合性實習課程，藉由課程培養學生在實習過程中，獲得專

業知識與技術及發現問題與解決問題的能力。

智慧植物工廠跨域課程發展的架構說明如下，首先從學校整體課程計畫書中，選取欲發展之校訂科目-智慧植物工廠，其次；成立智慧植物工廠跨域專業社群，由冷凍空調科教師邀請自然領域、門市服務科、資訊科等教師與產業業師、大專教師共同參與跨域社群，其三；透過社群運作與流程，達成社群成員之形成共識、社員增能、課程發展、教學評量與工具發展等目標。

(二) 社群運作與流程

本專業社群之運作與流程共分為四個階段，形成共識階段、社員增能階段、課程發展階段、教學評量與工具發展階段，說明如下：

1. 形成共識階段

(1) 赴產業了解實際員工的工作內容

藉由職場參觀及指導學生校外實習的機會，社群成員針對自身專業詢問廠商，以了解其專業在該產業的應用與結合情形，並詢問廠商代表參與社群的可能性，以建立教師業界人脈的聯結。以本校為例：參觀位於泰山的植物工廠【根根相連】，由研發技術長周政泰博士進行參觀講解智慧植物工廠。

(2) 社群成員參觀心得分享

社群成員參觀後，就自身專業領域對社群所有成員作簡報，分享該科目在主題的應用。以本校為例：參觀植物工廠後，冷凍空調科教師報告植物工廠的空調設備應用在植物工廠中的部分，自然科教師就人造光源在植物工廠的應用。

(3) 尋求課程發展之社群夥伴

經過教師分享參觀的心得後，尋求課程所需之領域教師、業師或大學教師參與社群，並確定未來實際發展課程之成員。以本校為例：智慧植物工廠的課程，參與社群的教師，起初只有冷凍空調科教師與物理科教師，經過討論需要門市服務科教師協助種植植物、生物科教師對植物的生長理論、植物工廠業師對太陽能發電的實務、資訊科教師對智慧化控制實作、大學教師對植物工廠研究成果的提供，新增之社群成員透過上述(1)與(2)的步驟，形成全體成員對社群發展課程的共識。

2. 社員增能階段

社群增能活動可幫助社群成員在主題教學中，更能將其專業對應到實務，加強跨域學科間的交集與連結延伸（陳竹亭、唐功培，2013）。因此，在增能階段中，將邀請對智慧植物工廠主題熟稔的業界人士，及大學教授到校提供社群成員增能活動。以本校為例：邀請植物工廠在職人員到校對社群成員分享智慧植物工廠的發展趨勢、植物工廠生產的植物、植物工廠所需之太陽能運用、植物工廠所需之環境控制、植物工廠所需之物聯網運用等，進行專題討論。

3. 課程發展階段

課程發展係透過泰勒目標模式之課程設計，依照目標、選擇、組織、評鑑等步驟進行課程的發展，目標階段強調跨域課程的教學目標，選擇階段則需提供學習經驗，組織階段有效組織不同領域專長製作教材與教具，評鑑階段確認教學目標之達成情形（黃光雄、蔡清田，1999）。

4. 教學評量與工具發展

課程發展完畢後，由授課教師設計評量工具，依據十二年國民基本教育課程綱要總綱（教育部，2014）多元評量方式進行實作能力、成品或服務等相關成果產出、書面報告、口頭報告，並兼具認知、技能、情意三向度之形成性評量與總結性評量外，亦可兼採同儕評量及自我評量，以呈現學生之多元能力表現。

三、課程內容與概要

（一）智慧植物工廠課程概述

本課程主要結合冷凍空調、太陽能光電、人工光源、物聯網、植物種植等多個領域，有關課程基本資料、課程發展立論、課程教學目標及課程核心能力說明如下：

1. 課程基本資料

修習本課程應具先備能力有基本電學、物理、生物，本課程預計實施在技術型高中二年級校訂多元選修全學年課程，每學期 2 學分。

2. 課程發展立論

以學生為主體多元展能為課程設計主軸，有效運用學校現有的軟、硬體教學環境，強調實務學習技能與理論，跨域整合多個專業領域，包含冷凍空調（溫度、濕度、空氣氣流的環境控制）、生物（植物生長與種植）、物理（太陽電能、太陽光能）、資訊（智慧化遠端控制），並融入環境教育、科技教育、資訊教育、能源教育等議題（國家教育研究院，2019）。

3. 課程教學目標

(1) 認知目標

能組織環境控制、智能控制、植物生長特性等整合概念，建立植物工廠智慧化之基礎概念。

(2) 技能目標

建立物聯網控制燈光、環境溫濕度、水源灌溉、植物種植等之專業技術，並具有能適應時代改變之新技術與設備使用之能力。

(3) 情意目標

具備吸收國際趨勢、國家政策、產業發展、相關產業動向之能力，以因應科技快速變化之發現問題，並試著思考解決辦法之適應能力。

4. 課程核心能力

- (1) 智慧植物工廠物聯網基礎架構能力。
- (2) 智慧植物工廠環境控制設備基礎實作能力。
- (3) 智慧植物工廠內植物種植基礎實作能力。

(二) 課程內容介紹

智慧植物工廠課程為全學年的校訂課程，課程架構如圖 2 所示。智慧植物工廠主要是將植物種植與智慧環境控制做整合，在植物種植需教導植物生長所需的環境因素等理論，並實際的帶領學生實習有無土壤的植物栽培；智慧環境控制則透過物聯網的運用技術制植物成長的環境變因，將太陽的電能與光能使用在植物工廠的設備與植物上，以達成農電共生的目標。

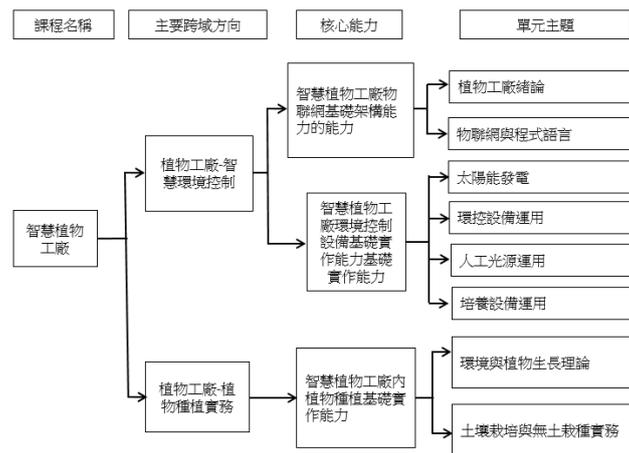


圖 2 智慧植物工廠課程架構

現針對八大單元主題之內容概述如下：

1. 植物工廠緒論

植物工廠的發展、趨勢與產業動向，引導同學對傳統植物種植與植物工廠差異進行思考，討論如何讓植物種植科技化，以達成植物的產能穩定、不受限氣候變遷的影響；緒論為整合性單元，邀請業師協同教學分享植物工廠的產業概況。

2. 物聯網與程式語言

運用物聯網控制影響植物生長之各種因素的設備，首先需學習程式語言之基礎，學生透過自動灌溉系統的程式的撰寫，以植物工廠實務活動案例中，發現與解決植物工廠自動化的問題與方法，由資訊科教師教授物聯網的程式設計。

3. 太陽能發電的運用

太陽能發電的電能，提供給植物工廠的設備使用，學習太陽能發電的原理與其設備的認識與操作，本單元邀請業師協同教學。

4. 環控設備的運用

學習如何運用設備控制環境的溫度、濕度、氣流分佈與空氣品質等，植物工廠需運用空調相關設備以達到植物生長的最佳條件，為植物工廠設置的重點項目，由冷凍空調科教師教授環境控制的因素與實作。

5. 人工光源的運用

光源是影響植物生長因子的重點之一，植物工廠運用調整人工光源以達成植物生長的最佳條件，由物理科教師教授光的各項參數與應用。

6. 培養設備的運用

培養液為植物工廠提供植物生長之養分，引導學生了解植物所需之養分，並提供植物所需，以達成植物生長順利，營養液的部分為植物生長的核心，故邀請業師協同教學，分享培養液的製作。

7. 環境與植物生長

影響植物生長的環境因子主要有：溫度、濕度、光、風、二氧化碳、土壤水份、土壤的養分等影響，從各種角度討論植物的生長，引導學生對植物生長的基本條件初步認識，才能開始討論如何控制植物生長的各種因素，本單元討論多為物理科內容，由生物科教師教授植物生長的因素。

8. 土壤栽培與無土栽種實務

植物的種植與維護是植物工廠的基礎，引導學生對植物種植的理論與實務的認識，並實際參與種植與維護的活動。由本校小田園植物種植的門市服務科教師教授植物栽種技術。

四、課程發展省思—代結語

本次跨域多元選修校本課程的關鍵是透過教師專業社群運作，架構出跨域課程發展，成功設計出「智慧植物工廠」課程，主題橫跨自然科、生物科、冷凍空調科、資訊科、門市服務科與業界整合下的產物，不僅讓不同專業屬性的人，對智慧植物工廠有相同的理念，並透過增能活動中更完整了解植物工廠業界工作之內容，除提升教師對自身專業與跨域整合在業界應用之了解外，並設計出能讓學生學以致用的課程。

跨學科教育除有助於教師職業發展，亦對學生日常生活中動手學習和專業發展有正向影響（Firat, 2020）。跨域課程發展是 108 課綱的重點項目，學校發展跨域型的特色，除了對總體計畫的了解外，需要很多人共同參與，因此領導者宜在平時主動邀請各科教師共同參與課程發展討論活動，耐心聆聽教師的需求，待改進的部分是想辦法解決人員、經費、行政配套等層面的問題，讓教職員工們願意

且樂意提出建議，既可發揮教師自身專業，也能讓學校同事間有更多互動，營造校園教職員間互助合作的良善氣氛。

社群中有效的溝通可以讓教師合作時，能正向看待問題，良好的情境中才有機會分享和溝通，並感受到團隊凝聚力（Childress, 2019）。專業社群提供教師的專業發展與成長，讓教師能針對其專長與興趣，得以更深入探究是重要的課題，發展跨域特色課程正可提升教師的價值，且滿足自我實現的需求。

給予其他技術型高中學校推動課程發展之建議：

（一）發展機制

校訂發展跨域多元選修課程，應植基於教師專業社群相結合，透過社群的運作：共識、增能、課程發展與評量設計等階段，社群教師運用共同備課、觀課、議課的過程，實施課程評鑑。

（二）資源爭取

主動致電至行業公會或行業公關部門尋求挹注或產學合作，產業可以給予挹注，但產業也需要知道挹注的人事物，故由學校端提案給各行業公會或公司公關部門，以提供課程發展與實施之經費、設備、產業講師，並結合學校校務近中遠程發展計畫，落實以技術型高中學校本位的課程設計。

（三）內容考量

學校推動跨群跨科的課程設計時，除提供各領域專業知識與技能之結合外，考量學生學習內容與學習表現，並參考 19 項議題的學習目標與學習主題適當融入在章節中。

參考文獻

- 李筱倩、洪浩偉（2019）。淺談教師社群—以高科大 USR 計畫跨領域教師社群為例。臺灣教育評論月刊，8(3)，47-50。
- 高工 LED 網（2018 年 4 月 12 日）。投資 1.6 億！臺企將在英國興建第一家臺灣植物工廠。kknews。取自 <https://kknews.cc/finance/28lalvg.html>
- 教育部（2014）。十二年國民基本教育課程綱要總綱。取自 <https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-7944,c639-1.php?Lang=zh-tw>

- 陳竹亭、唐功培（2013）。跨科際教育在臺灣大專校院實施之探究。長庚人文社會學報，6(2)，159-195。
- 國家教育研究院（2019）。教育部十二年國民教育課程綱要：議題融入說明手冊。取自：<https://www.naer.edu.tw/files/15-1000-14336,c1594-1.php>
- 黃光雄、蔡清田（1999）。課程設計：理論與實際。臺北市：五南。
- 曾祥榕（2016）。跨領域統整的教與學。論文發表於國家教育研究 2016 邁向十二年國教新課綱：學生學習與學校本位課程發展研討會，臺北市。
- Childress, G. (2019). From Where Two or More Are Gathered: Understanding an Interdisciplinary Team. *Current Issues in Middle Level Education*, 24(1), 4.
- Firat, E. A. (2020). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Integration: Science Teachers' Perceptions and Beliefs. *Science Education International*, 31(1), 104-116.
- Rajbhandari, M. M. S. (2019). Interdisciplinary Sequences: A Conceptual Commentary. *Journal of Interdisciplinary Sciences*, 3(1), 1-8.

