

114學年度科學教育專案年度期末報告綱要

計畫編號：104

計畫名稱：雷印森活·昆蟲新家-結合3D 列印與雷射雕刻之國小生態教育推廣計畫

主持人：陳賢宗

執行單位：國立南科國際實驗高級中學國小部

壹、計畫目的及內容：

南科實驗中學位處於臺南科學園區內，坐擁科技創新資源與豐富的周邊自然環境，為一所融合科技導向與素養導向教育理念的實驗型學校。本校長期重視學生科學探究能力與創新思維的培育，並積極推展結合「自然科學」與「科技實作」的跨域課程。面對全球氣候變遷、都市化快速發展與生物棲地減少的問題，培養學生從小具備環境保護意識與行動力已成為當代教育的重要目標。

昆蟲作為自然生態系中不可或缺的成員，負責授粉、分解與生物鏈能量轉移等多重角色，其多樣性與棲地健康息息相關。然而在校園與城市生活中，學生對昆蟲的理解多流於表面，甚至懷有恐懼與排斥。因此，本計畫以「昆蟲旅館」為出發點，導入實作型課程，讓學生從環境觀察與昆蟲認識開始，理解人類與昆蟲的互動關係，進而思考如何以人工棲地協助生態保育。

為提高學習動機與技術能力，計畫將結合3D 列印與雷射雕刻等新興科技工具，融入昆蟲旅館的設計與製作過程。學生將實際參與結構建模、機具操作與材料選擇，並透過設計思考歷程進行創意發想與反覆修正，展現 STEAM 教育的核心價值。此外，課程安排於早自修與課後社團時段，符合彈性學習時間規劃，亦能有效運用學校科技教室設備與師資資源。

本計畫亦呼應十二年國民基本教育課綱中對「探究與實作」、「跨域統整」、「環境素養」之重視，透過生態實踐與科技創作的結合，提升學生的問題解決能力與科學態度。最終階段將辦理校內成果發表與展覽，邀請家長、師長與社區一同參與，深化學生學習意義，並達成科學教育推廣與環境議題倡議的雙重目標。藉由本計畫實施，培養具備在地關懷與全球視野的未來公民，正是本校與本計畫所共同追求的教育使命。

貳、研究方法及步驟：

(一)文獻探討：

1. 昆蟲旅館與生態教育的教學價值

生物多樣性與昆蟲保育已成為當代環境教育的重點議題之一。根據 Müller 等人（2014）針對都市地區設置昆蟲旅館的研究指出，昆蟲旅館不僅有助於提

升野生蜂類與其他節肢動物的棲息機會，也有助於推廣都市生態保育的實作經驗。昆蟲旅館為低成本、高參與度的微棲地建設方式，適合導入中小學教育場域。透過學生主動設計與建構昆蟲旅館，能讓學習者理解生物棲地需求、昆蟲行為特性，並在觀察與紀錄過程中深化其科學素養。

Hanski 與 Gyllin (1993) 指出，環境教育的成效不僅取決於知識的傳授，更依賴學生是否在真實情境中獲得體驗與意義建構。因此，「以行動促成理解」成為昆蟲旅館實作課程的重要特點。蔡淑君 (2019) 進行一項國小生態探究課程研究，結果顯示導入昆蟲旅館觀察與紀錄活動後，學生對昆蟲種類辨識能力提升，且對生態議題的關心度與參與度明顯上升。

在台灣，相關計畫也已逐漸推廣至環境教育場域。蔡宗憲 (2020) 指出，昆蟲旅館可作為低年級學生進行生物分類與棲地認識的起點，提升學習興趣與實際動手參與的機會。由此可知，昆蟲旅館不僅是一種自然生態教具，更能結合永續發展教育，落實在地環境保育行動。

2. STEAM 教育與3D 列印應用於國小階段

數位製造工具如3D 列印 (3D Printing) 與雷射雕刻 (Laser Cutting) 已成為現代科技教育的重要組成。Blikstein (2013) 認為數位製造的普及，將創造力與科學方法民主化，使學生能以「創客」(maker) 的角色參與科技創造與問題解決過程。對於國小階段學生而言，3D 列印與雷射雕刻能具體化抽象概念，提升空間知覺、邏輯推理與實作能力。

根據台灣教師研究 (黃雅惠, 2018)，在國小自然與科技課程中導入 Tinkercad 建模軟體與3D 列印教學，可顯著提升學生對物件構造理解與創造思維發展。學生在建構過程中主動思考功能與結構需求，並進行反覆修正，符合工程設計流程 (Engineering Design Process) 的核心精神。

此外，STEAM 教育強調五大領域 (科學、科技、工程、藝術、數學) 之間的統整，強調以問題為導向、實作為中心的學習模式。林志恆 (2020) 指出，當學生在學習任務中整合不同領域知識時，不僅提升學習動機，也能培養長期的探究習慣。當昆蟲旅館的設計導入3D 列印與雷射雕刻製作技術後，學生需思考材料、結構安全、用途功能與生態友善性，進而培養系統性思考與設計素養。

3. 教學整合設計與跨領域實作學習的成效

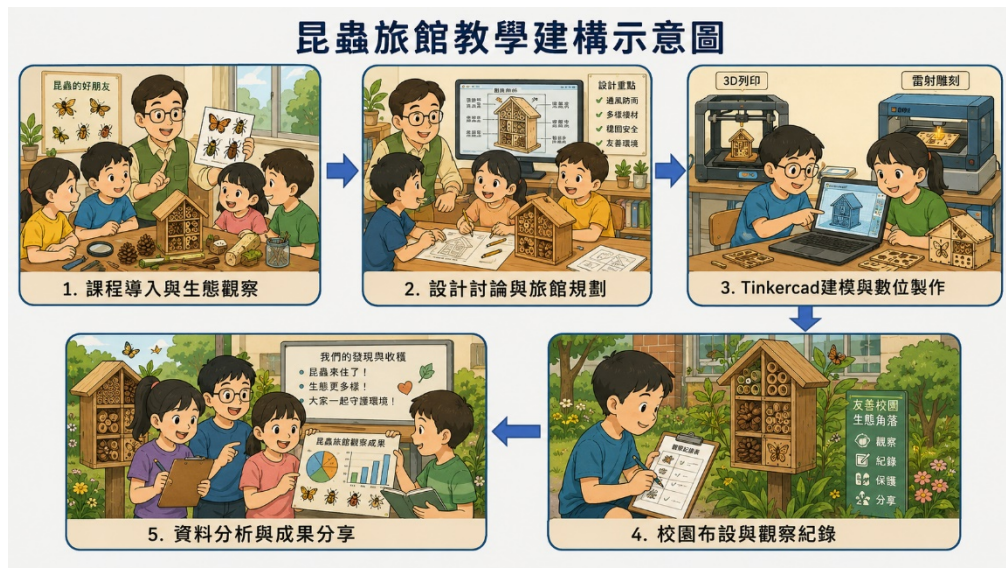
十二年國教課綱強調「探究與實作」為自然與生活科技領域的核心素養之一，並鼓勵學校設計跨領域課程，結合學生生活經驗與真實情境。教育部 (2018) 明定，學生應具備「理解自然與科技概念，發展問題解決與創新能力」，本計畫即對應此核心目標。

Chang 與 Tsai (2019) 進行一項整合自然科與設計課程的研究發現，學生在跨領域實作課程中表現出更高的參與度與學習滿意度，並能在成果發表中清楚表達自己的設計理念。課程中融入團隊合作、問題分析與簡報分享等活動，也有助於學生溝通表達與自我效能感的提升。

同時，透過公開成果展及邀請家長、社區參與的方式，也有助於強化學習

成果的外部激勵與實踐價值。教育研究者 Liu 與 Chuang (2020) 指出，當學生的作品被賦予社會意義與實際應用場景（如：布設於校園內昆蟲觀察區），其學習成就感與持續學習動機皆顯著提升。

綜上所述，將生態保育主題結合數位製造與設計實作，不僅呼應課綱精神與 STEAM 教育理念，也能有效提升學生科學素養、環境倫理與創意思維，極具推廣潛力與教育價值。



課程內容與科學創意活動的連結性：

本計畫以「昆蟲旅館」為核心創意主題，透過結合自然觀察、生態環境理解與科技應用等多元學習活動，發展具創意性的科學課程。課程設計強調學生動手實作與問題解決歷程，讓學生從「觀察→提問→設計→製作→測試→展示」的學習歷程中，實踐科學探究與創意思維的結合。例如，學生需運用 Tinkercad 建模設計屬於自己的昆蟲旅館，再透過3D 列印與雷射技術製作雛形，最終安裝於校園特定位置進行觀察，並依據昆蟲出現情形與棲地選擇，持續改良旅館結構與材料，充分展現學生主動探索與創造能力。

此外，透過戶外設計與布設、記錄昆蟲旅居情況等實作活動，讓學生能夠在真實場域中實踐科學精神與創新實作能力，培養其科學素養與創意應用能力。課程亦與永續發展議題連結，強調人與自然共處、提升生物多樣性意識，透過「科學創意解方」促進環境關懷與行動。

課程的學理基礎與設計架構補充說明：

本課程設計依據教育部108課綱自然科學領域核心素養，包含自-E-A2（提出探究問題）、自-E-B3（實作技能）、自-E-C3（關心環境議題）、ST3（運用科技工具觀察與紀錄）、ST4（規劃與實作）、以及多項跨領域素養如科技應用（科技領域-TC2）、設計思考（綜合活動領域-CC2）、永續發展（議題-永續-ESE2）等。

學理基礎建構於 STEM 教育架構之上，融入：

建構主義學習理論：學習者透過與環境互動、經驗建構知識，強調學生「做中學」。

問題導向學習 (PBL)：學生面對真實生活中的問題，如昆蟲棲地減少，透過資料搜尋、觀察、討論、設計與反思進行解決。

設計思考五步驟 (同理 → 定義 → 發想 → 原型 → 測試)：作為旅館設計歷程之教學架構，讓學生從使用者角度出發，同理昆蟲需求並創新設計。

STEAM 教育導向：除科學與科技外，也強調美感設計與人文關懷，鼓勵學生思考生態美學與設計邏輯的融合。

整體課程採取「循環式螺旋設計」，從基本觀察逐步深入到應用與再設計，呼應布魯納提倡的「學習螺旋進展」。

具體題材課程規劃與實施策略補充說明：

課程共規劃36週，分上下學期，每學期18週，具體規劃如下：

上學期聚焦於：

生態觀察 (第1~4週)：包含昆蟲生態與分類觀察。

科技工具操作與設計實作 (第5~14週)：學習 Tinkercad 建模、雷射與3D 列印操作，進行旅館建模與製作。

戶外布設與觀察準備 (第15~18週)：選定地點、施作旅館並規劃觀察工具與紀錄方式。

下學期聚焦於：

長期觀察與紀錄 (第1~6週)：透過觀察日誌、照片紀錄與感測資料收集，分析昆蟲入住情形。

科學探究與數據分析 (第7~10週)：引導學生進行數據分類、繪製圖表、歸納趨勢。

改良設計與成果彙整 (第11~18週)：依據觀察結果改良旅館設計，撰寫成果報告並進行展覽展示。

實施策略具體措施包括：

多元學習資源使用：運用平板與感測裝置、數位攝影、雲端表單等提升學生觀察與紀錄能力。

合作學習與分組任務：採用小組方式設計任務，學生需共同討論設計與分享觀察結果，強化溝通與合作素養。

跨學科教學合作：邀請自然、資訊、藝術等教師協同備課與指導，落實跨領域素養導向。

成果公開與社群分享：學生設計成果將於校內科學展中展示，亦將彙編成小冊子供未來課程參考。

多元評量設計：納入觀察記錄評量、作品展示評量、同儕互評、自我評量與教師觀察等，促進學生反思與精進。

研究方法、步驟及預定進度

(一)、研究方法

本計畫採用「行動研究」與「設計導向研究 (Design-Based Research, DBR)」雙軌並行的方式，作為推動融合新興科技與生態教育課程之主要研究方法，並兼顧教學創新與學習成效評估。透過真實教學情境中的課程設計、反覆實施與修正，促進學生在自然科學、資訊科技與環境素養三大領域的整合學習。以下就本研究方法之架構與步驟說明如下：

1、課程設計與理論架構

本計畫之課程設計以十二年國民基本教育課綱中自然科學與生活科技領域之「探究與實作」、「系統思考」、「科技運用」為核心，融合 STEAM 教育理念 (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) 進行設計。課程主題圍繞「棲地營造」與「永續生態」兩大概念，透過3D 列印與雷射雕刻等數位工具進行昆蟲旅館設計與製作，並搭配昆蟲觀察與資料紀錄活動，促進學生建立人與自然共生的價值觀。

課程以「問題導向學習 (Problem-Based Learning, PBL)」為主要教學模式，先透過生活中觀察昆蟲消失的現象，提出「如何幫助昆蟲重建棲地？」的核心問題，引導學生進行觀察、資料蒐集、團隊討論、創意設計與反覆修正。搭配 Tinkercad 軟體教學與簡易雷雕操作流程，使學生具備應用科技解決問題的能力。

2、實施對象與教學時程

本計畫以南科實驗中學國小部五年級學生為主要實施對象，預計共招收24名學生，於114學年度上下學期以「早自修」與「課後社團」時段進行，每學期設計18週教學單元，合計36週。上學期重點放在生態概念與設計製作，下學期則強調觀察紀錄、數據分析與成果發表。

每週教學時間約為40分鐘（早自修）或90分鐘（課後社團），內容依課程主題漸進式安排，從基礎昆蟲知識、生態觀察技能，到3D 建模與作品實作，最後導入成果展示與學習檢核。

3、教學策略與活動設計

教學設計將採用以下幾項策略以提升學習成效：

- (1).探究式學習：引導學生從問題出發，自主提出假設與設計方案，發展邏輯思維與實驗精神。
- (2).創客教學法 (Maker-Based Learning)：透過實體製作歷程強化學生動手操作與創意發想能力，並讓學習成果具備實用性。
- (3).跨領域整合：結合自然、生態、資訊、藝術與語文等領域，發展學生系統性思維與整合能力。
- (4).同儕互評與教師回饋：課程中穿插小組討論、設計提案發表與成果共學機制，培養團隊合作與表達能力。

4、資料蒐集與評量方式

為有效掌握教學實施成效與學生學習狀況，本計畫將採用多元評量與質性、量

化並行的方式蒐集研究資料：

- (1).學習歷程檔案：蒐集學生設計圖稿、學習單、拍照紀錄、昆蟲觀察表與模型草圖，作為學習過程的重要憑證。
- (2).前後測問卷：透過生態素養與科技態度問卷（由研究者自編並參考相關量表設計），於課程前後實施，以評估學生環境關懷與科技運用態度變化。
- (3).觀察紀錄表：教師於課程進行時使用觀察量表記錄學生的學習參與、合作互動與表現行為。
- (4).學習者訪談與回饋單：課程中段與期末將進行焦點小組訪談，蒐集學生對課程內容、技術工具與學習方式的觀點。
- (5).成果展示評量：期末舉辦校內成果展，由學生展示其昆蟲旅館成品與設計理念，並進行簡報發表，結合學生自評與同儕評分。

上述資料將進行內容分析與比較分析，以探討課程在培養學生「環境素養」、「科技實作能力」、「設計思考歷程」等面向之具體成效。

5、課程修正與回饋循環

本研究採「設計-實施-反思-修正」的行動循環模式（Action Cycle），每學期中段與結束後將由教學團隊進行回顧與課程修訂。依據學生學習成效與回饋調整教學流程、活動時間與指導重點，使課程更能貼合學習者差異與現場教學情境。

(1)、計畫架構圖



(二)、步驟

1. 課程導入與生態觀察

本階段旨在引發學生對「昆蟲與棲地」議題的興趣，建立基本的生態系概念與觀察意識。透過問題導向的方式導入課程，例如「你覺得昆蟲的家在哪裡？我們能幫助牠們蓋家嗎？」，搭配昆蟲圖鑑、影片與生態互動教學，引導學生觀察校園周邊環境，記錄常見昆蟲與其活動空間，強化學生日常觀察與環境敏感度。

2. 科技工具學習與設計實作

本階段培養學生基礎的數位製造工具操作技能，透過實作課程進行Tinkercad 3D 建模與雷射雕刻技術學習。課程由淺入深，學生將練習繪圖、尺寸估算、簡單建模與設計組件製作，並了解材料應用與加工流程，建立科技應用與工程設計的基本能力。

3. 昆蟲旅館製作與布設

本階段強調生態知識與科技工具的實作整合，學生以小組合作方式進行旅館設計草圖繪製、建模、列印與加工。完成作品後，於校園生態角或戶外指定區域進行布設與固定，並設計標示說明牌。過程中融入設計思考歷程，從需求定義到原型測試皆由學生參與。

4. 成果紀錄與學期回饋

本階段協助學生回顧學習歷程與成果，建立學習反思與整理能力。學生將彙整學習單、觀察紀錄表、設計稿與旅館照片製作學習檔案，進行期末簡單回顧問卷與自評活動，教師則提供個別回饋，作為進入下一學期任務的準備。

5. 觀察與數據分析

本階段為長期觀察與資料蒐集重點，學生每週定點記錄昆蟲種類與活動情形，進行時間統計與天氣對照。教師指導學生製作長條圖、折線圖等基本統計圖表，進行資料分析與解讀，理解昆蟲行為與環境因素的關聯。

6. 旅館改良設計與再製作

根據前期觀察結果，學生進行問題討論與改良方案設計，聚焦於功能性與

適應性的提升。小組提出改良建議，例如改善排水結構或更換吸引特定昆蟲的材料，並進行二次建模、列印與加工實作，提升設計修正與創新能力。

7. 成果報告與展覽活動

學生彙整各階段成果資料，進行簡報設計與發表練習，佈置成果展覽空間並展示昆蟲旅館、設計圖、觀察記錄與宣導海報。過程中鼓勵學生口頭表達與創意思考，強化對外呈現與知識傳播的能力。

8. 總結與成果彙編

課程末階段進行全案總整，教師彙整教案、照片、學生設計與觀察紀錄，製作成果彙編或數位學習歷程檔案。學生亦參與部分資料整理與回顧，完成課程反思與學習收尾，提供作為未來課程延續與展示依據。

(三)、課程大綱

本計畫期程為114年8月1日至115年7月31日，分為上下學期執行，每學期設計18

週課程，依據教學主題與學習目標安排探究與實作活動，具體進度如下表所

示：

週次	項目	活動內容
第1週	課程引導	介紹計畫目標與學習歷程，啟發學生對昆蟲與棲地的興趣
第2週	生態概念建立	認識昆蟲在生態系的角色，討論棲地與人類活動關係
第3週	昆蟲觀察	校園實地觀察昆蟲活動與種類紀錄
第4週	昆蟲分類	介紹常見昆蟲分類方法與辨識技巧
第5週	昆蟲旅館介紹	探索不同型態昆蟲旅館及其設計理念
第6週	設計思考導入	小組討論：如何設計對昆蟲友善的人工棲地
第7週	Tinkercad 教學1	訓練基本3D建模技巧，認識界面與簡單操作
第8週	Tinkercad 教學2	製作簡單結構與拼接模型
第9週	雷雕概念與操作	介紹雷雕機原理，實作練習
第10週	結構安全與材料選擇	討論戶外使用與環保材料的考量
第11週	旅館雛形設計	分組提出設計草圖並討論改進方案
第12週	建模與修正	根據草圖進行3D建模與檢討
第13週	列印與雷雕加工	完成3D列印與雷雕零件製作
第14週	組裝測試	旅館組裝與結構測試
第15週	戶外布設前準備	進行命名、說明卡片製作與防水處理
第16週	校園布設	將作品設置於校園自然角或花園區域

參、目前研究結果：

01_獨居蜂初探



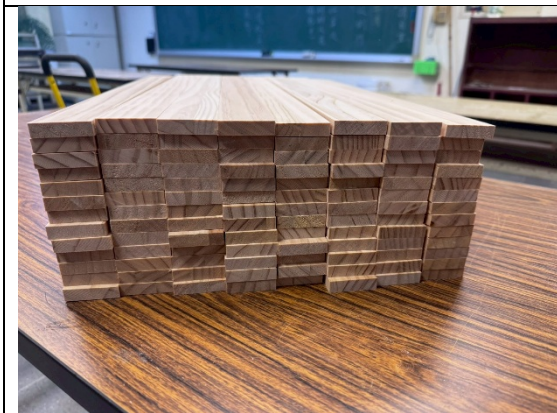
02_3D 建模



03_3D_昆蟲旅館列印

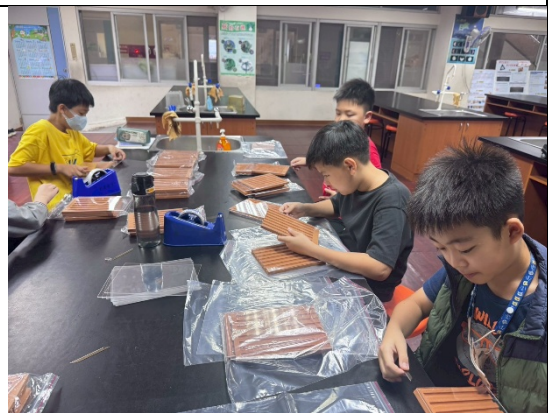


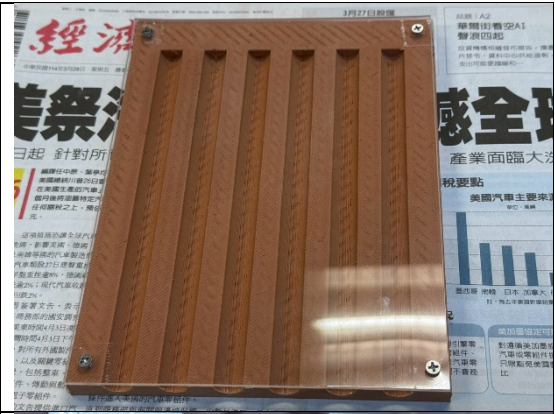
04_木製昆蟲旅館





05_組裝3D 昆蟲旅館





06_組裝昆蟲旅館





第二次3D 建模



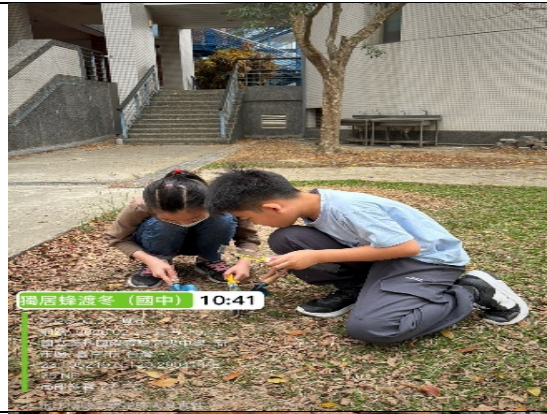
昆蟲旅館佈置





觀察與記錄





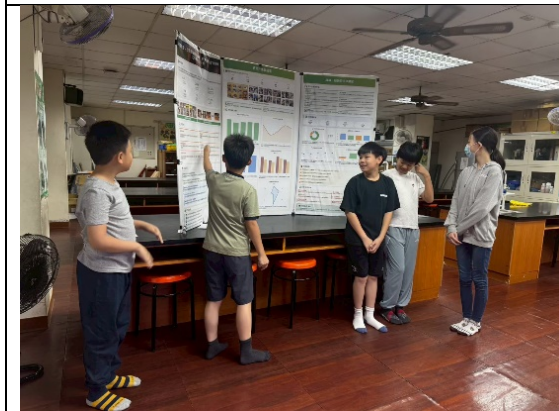
編居轉渡冬 (國中) 10:41



樹科實中 (高中部) 09:26



科展比賽



4到5月陸續築巢



昆蟲旅館研習



肆、目前完成進度：

上學期

第16週	校園布設	將作品設置於校園自然角或花園區域
第17週	觀察紀錄	紀錄初步使用狀況與昆蟲活動
第18週	階段回饋	學生反思與回饋，教師統整學期成果

下學期（115年2月至7月）：

週次	項目	活動內容
第1週	重新檢視目標	複習上學期成果並說明下學期任務
第2週	紀錄工具介紹	教導學生觀察紀錄與圖表記錄方式
第3週	長期觀察啟動	安排每週紀錄表單與拍照任務
第4週	生態環境變化	分析不同天氣對昆蟲旅館使用的影響
第5週	昆蟲活動類型分析	蒐集數據進行初步統計與圖表製作
第6週	中期成果檢視	小組分享觀察結果，討論問題與修正
第7週	改良設計提出	根據觀察數據提出改良旅館設計構想
第8週	再建模與列印	選定1-2組進行改良設計實作
第9週	科技與永續議題討論	連結 SDGs、探討環境保護行動
第10週	宣導資料設計	製作宣導海報、資訊圖卡
第11週	成果報告撰寫1	彙整數據與圖片，進行分組報告初稿撰寫
第12週	成果報告撰寫2	完成簡報與報告文書排版
第13週	模擬發表練習	口頭報告練習與同儕回饋
第14週	展覽場地布置	布展設計、作品擺設與檢查

伍、預定完成進度：

第15週	校內成果發表	辦理展示與簡報分享活動
第16週	問卷調查與評估	施測後測與回饋問卷
第17週	總結回顧	教師與學生共同檢討整體學習歷程
第18週	成果彙編製作	彙整學習歷程、作品、觀察紀錄等成冊

陸、建議與討論：(含遭遇之困難與解決方法)

—含遭遇之困難與解決方法—

一、昆蟲旅館建置初期適逢冬季，獨居蜂入住情形不明顯

本計畫於昆蟲旅館建置完成後，正逢冬季低溫時期。由於獨居蜂在冬季活動量較低，部分種類也會進入越冬或休眠狀態，因此不論是木質昆蟲旅館，或是以3D列印製作之巢板，在初期觀察階段皆未出現明顯入住情形。一直到二月中旬，氣溫仍偏低，校園內亦尚未觀察到穩定的獨居蜂活動。

解決方法：調整觀察策略，延長觀察期並配合季節變化紀錄

面對初期入住率不高的情形，教學團隊並未立即否定昆蟲旅館的設計成效，而是進一步檢視獨居蜂的季節性活動特徵，並將觀察期延長至春季回暖後。三月起，隨著天氣逐漸轉暖，校園中開始出現地面築巢型獨居蜂的新巢孔；至五月左右，原先設置的木質與3D列印昆蟲旅館也陸續出現零星入住情形，顯示昆蟲旅館的觀察與評估不宜只依據短期結果判斷，而應配合季節、氣溫與昆蟲生活史進行長期追蹤。

二、原本研究焦點以人工昆蟲旅館為主，但實際觀察發現校園地面築巢資源更豐富

在計畫執行初期，研究與教學重點主要放在木質昆蟲旅館與3D列印巢板的設計、製作與布設。然而，經由文獻搜尋與校園實地調查後發現，校園內其實已存在部分地面築巢型獨居蜂的活動痕跡。尤其在高中部與國中部周邊區域，發現過去留下的巢孔痕跡，三月後也陸續觀察到新的築巢活動。

解決方法：由單一人工巢板觀察，擴展為校園棲地整體調查

本計畫因此調整研究視角，從原本單純觀察人工昆蟲旅館，擴展為「人工巢板與自然地面築巢環境」並行觀察。教學團隊帶領學生於高中部、國中部與國小部校園進行較全面性的地毯式調查，記錄不同區域獨居蜂的築巢狀況與環境條件。此一調整不僅使研究資料更加完整，也讓學生理解昆蟲旅館並非孤立的人工設施，而是必須與周邊植栽、土壤、遮蔭、食物來源及微棲地條件共同考量。

三、獨居蜂巢管尺寸與材質選擇，實際情形比原先假設更具彈性

原先在設計昆蟲旅館時，曾參考部分資料認為巢管長度需達16至20公分較為適合。然而，經過後續專家說明與實地觀察後，發現獨居蜂對巢管長度與材質的選擇並非完全固定。部分種類在8至16公分左右的巢管中亦可能築巢，顯示巢管規格應依據目標蜂種、環境條件與實際觀察結果進行調整。

解決方法：邀請生態專家入校指導，修正研究迷思與設計方向

五月中旬，本計畫安排生態專家到校進行昆蟲旅館介紹與現場指導，協助師生釐清獨居蜂的生活習性、築巢偏好與觀察重點。專家指出，對於地面以上選擇孔洞築巢的獨居蜂而言，木頭材質通常較為透氣，較能維持適合幼蟲發育的環境；竹管次之，而塑膠管或部分不透氣材質較不受偏好。此建議協助本計畫重

新檢視 3D 列印材質、木質巢板與天然材料之間的差異，並提醒未來設計昆蟲旅館時，應將透氣性、排水性、保溫性與孵化成功率納入重要考量。

四、科展研究題目涉及多變因，對國小學生而言資料分析難度較高

本計畫部分學生同時參與科展研究，研究題目涉及材質、巢孔大小、設置位置、季節變化與蜂類入住狀況等多項變因。雖然此類多變因研究具有探究價值，但對國小學生而言，在資料整理、統計軟體操作、圖表判讀與研究結果解釋方面皆有一定難度。學生較難獨立掌握變因控制與統計分析結果，因此在科展表現上未能完全展現研究亮點。

解決方法：未來科展題目宜縮小範圍，降低變因複雜度

此次經驗提醒教學團隊，若未來要將課程成果延伸為科展研究，應協助學生先聚焦於較明確、較容易操作的單一或少數變因，例如「不同材質對獨居蜂入住率的影響」、「不同孔徑對築巢選擇的影響」或「不同設置位置對入住情形的影響」。待學生具備基本資料整理與圖表判讀能力後，再逐步引導進行多變因比較。如此較能符合國小階段學生的認知發展，也能提升研究品質與學生對科學探究的信心。

五、課程實施時間與昆蟲活動季節未完全吻合，影響部分觀察成果

本計畫課程參與學生包含五、六年級，部分課程活動已於三月前完成。然而，獨居蜂較明顯的活動與築巢期多集中於春季回暖後，導致前期課程雖已完成昆蟲旅館製作與布設，但學生在當下未必能立即看到明顯的入住成果。這使得「製作完成」與「生態觀察結果出現」之間產生時間落差。

解決方法：未來課程應將製作期與觀察期分階段安排

未來若持續推動昆蟲旅館課程，建議可將上學期安排為昆蟲認識、棲地調查、3D 建模、雷雕製作與昆蟲旅館布設；下學期則以三月至六月作為重點觀察期，進行定點紀錄、照片比對、築巢材料辨識與入住率統計。如此可讓學生更清楚看見從設計、建置到生態回應的完整歷程，也能使課程成果更具連貫性。

六、推廣活動提升了師生對獨居蜂與校園生態的認識

雖然計畫執行過程中遭遇季節、材料、觀察期與資料分析等挑戰，但本計畫仍成功帶領學生認識校園中的獨居蜂與昆蟲旅館。透過實地觀察與作品布設，學生不僅理解昆蟲在生態系中的角色，也開始學習以較友善的態度看待校園中的小型生物。計畫也在教師會議與教師社群中分享獨居蜂相關知識，讓更多教師認識獨居蜂在授粉、生態平衡與校園生物多樣性中的重要性。

解決方法：持續將昆蟲旅館作為校園環境教育推廣媒介

未來可將昆蟲旅館設置區域規劃為校園生態教育據點，結合自然課、彈性學習課程、科展研究與環境教育活動。學生可定期進行觀察紀錄，教師可設計學習單、導覽牌與校園生態地圖，使昆蟲旅館不只是一次性的計畫成果，而是持續發揮教育價值的校園學習資源。

七、校園生態環境需同步營造，昆蟲旅館才能發揮更完整效益

昆蟲旅館的設置只是營造友善棲地的一部分。若校園缺乏適合的蜜源植物、花粉來源、葉片資源、築巢材料與安全的土壤環境，即使設置了昆蟲旅館，也可能無法長期吸引穩定的獨居蜂族群。獨居蜂的生存需要完整的環境條件，包括食物來源、築巢空間、幼蟲發育環境，以及周邊生物鏈的支持。

□解決方法：建議學校持續推動生態綠美化與土壤環境改善

未來建議學校在校園環境規劃上，持續增加原生植物、蜜源植物與多樣化植栽，並減少過度整齊化或單一化的景觀管理方式。同時，也可保留部分較自然

的土壤區、落葉區或草生地，提供地面築巢型昆蟲使用。若能將昆蟲旅館、植栽規劃、土壤改善與校園生態導覽整合起來，將更有助於營造真正對生物友善的校園環境，並提升校園整體生物多樣性。

八、整體建議：由一年期計畫延伸為長期校園生態行動

本計畫雖為一年期科學教育專案，但昆蟲旅館與獨居蜂觀察具有長期追蹤價值。獨居蜂的活動受季節、氣候、棲地條件與周邊植物資源影響，若能持續累積多年資料，將更能看出校園生態變化與昆蟲旅館設置成效。

未來努力方向

建議後續可朝以下方向持續推動：

1. 建立固定觀察紀錄表，累積跨年度資料。
2. 持續追蹤木質、竹管與 3D 列印材料之入住差異。
3. 逐步建立校園獨居蜂與昆蟲棲地資料庫。
4. 結合自然課、資訊課與彈性課程進行跨領域教學。
5. 邀請專家持續指導，提升師生辨識與研究能力。
6. 將昆蟲旅館區域發展為校園生態教育示範點。

透過本計畫的執行，師生不僅完成昆蟲旅館的設計與建置，更重要的是開始重新理解校園環境中各種小型生物的存在價值。未來若能持續改善校園棲地、增加植物多樣性並延續觀察紀錄，將有助於打造一座真正兼具科學探究、環境教育與生物友善精神的永續校園。

柒、參考資料：

1. Blikstein, P. (2013). *Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention*. In J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), **FabLab: Of Machines, Makers and Inventors** (pp. 203 - 222). Transcript Publishers.
2. Chang, Y.-S., & Tsai, C.-C. (2019). *Integrating science and design: Effects on students' motivation and self-efficacy in maker-based learning*. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 222 - 234.
3. Hanski, I., & Gyllin, M. (1993). *Microbial ecology and environmental education: A case study with insect hotels*. *Environmental Education Research*, 19(4), 565 - 577.
4. Huang, Y.-H. (黃雅惠) (2018)。〈應用 Tinkercad 於國小自然科技課程之研究〉。科技教育研究，26(1)，55-76。
5. Liu, C.-H., & Chuang, H.-H. (2020). *Enhancing environmental education through community-based design projects in elementary*

schools. International Journal of Environmental & Science Education, 15(2), 140 - 155.

6. Müller, A., Mehr, M., Bieri, M., Brühl, C. A., Hothorn, T., & Entling, M. H. (2014). *Insect hotel effectiveness: A contribution to native bee conservation?* Basic and Applied Ecology, 15(6), 607 - 615. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.09.011>
7. 蔡淑君 (2019)。《以昆蟲旅館為主題之自然探究課程對學生生態敏感度之影響》。國立臺中教育大學環境教育研究所碩士論文。
8. 蔡宗憲 (2020)。〈國小學生參與昆蟲旅館建置教學之學習成效研究〉。臺灣生態教育學刊, 13(2), 25 - 42。
9. 林志恆 (2020)。〈STEAM 課程設計與教學實踐之行動研究〉。科技與工程教育, 87, 35 - 50。教育部 (2018)。《十二年國民基本教育課程綱要—自然科學領域》。台北：教育部。