

教育部 106 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱： 昆蟲感測系統研發及教學方案評估

主持人： 周裕欽

電子信箱： ching591@gmail.com

共同主持人： 廖品蘭

執行單位： 國立東華大學附設實驗國民小學

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？是(第一年，預計三年完成觀察系統開發)否

2. 執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

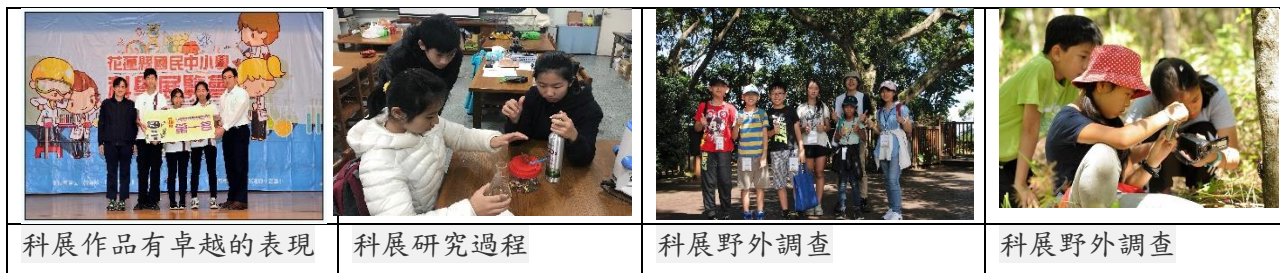
3. 本年度辦理活動及參加人數摘要表

	辦理活動名稱	活動日期	活動對象	參與人數	備註
1	科學營： 球背象鼻蟲 背板的光晶效應	2017/11/1 (4 小時)	營隊/ 3-7 年級學生	教師 6 學生 120	4 小時 探究課程
2	科學營： 多彩的昆蟲世界	2017/11/8 (4 小時)	營隊/ 中學生	教師 8 學生 35	4 小時 探究課程
3	科學活動： 高海拔地區健行與昆 蟲調查	2018/04 /07-08 (16 小時)	東華附小 親師生	教師 3 家長 12 國小學生 18	海拔 3422 公尺 的素木氏 虎甲蟲調查
4	科學研習： 高海拔昆蟲行為與數 量調查(教師研習活動)	2018/06 /02-03 (16 小時)	東華附小 教師	專案教師 9	深山鍬形蟲 櫻花樹血鑽石— 霧社血斑天牛
5	專題研究：八星虎甲 蟲獵捕螞蟻行為研究	2017/09/01 2018/7/30 (200 小時)	慈濟中學 七年級學生	教師 2 科展生 3 位	週日上午 每周 4 小時
6	專題研究： 紫豔大白星天牛的 步行策略	2017/8/1 2018/7/30 (200 小時)	東華附小 高年級學生	教師 2 科展生 4 位	週三下午 每周 4 小時
參與總人數: 教師 30 學生 182					

4. 辦理/執行成效概述：

本計畫透過觀察土棲(八星虎甲蟲幼蟲)及樹棲昆蟲(紫豔大白星天牛)的行為，認識並了解昆蟲所展現的行為特質，藉此設計飼養環境，並評估影像觀察系統的建置策略，做為後續發展野外土棲昆蟲的觀測系統，以突破現今觀察昆蟲必須親臨現場的限制。

研究進行過程發現「台灣八星甲蟲幼蟲」以及「紫豔大白星天牛」兩種物種的廣大族群，為了把握這良好的契機，研究團隊將研究主力聚焦在這兩種昆蟲的行為觀察，由團隊教師分群組織並帶領兩組學生進行長時間的專題研究，完成「紫豔大白星天牛行進重心與步態探究」及「臺灣八星虎甲蟲幼蟲獵捕螞蟻之生物力學研究」等兩件科學專題，參與地方科學展覽會，分別獲得了國小物理組第一名、國中生物組第一名(代表花蓮縣參與 7 月 23-27 日於台中的全國賽)的佳績。



此外，研究團隊為了讓科學教育能夠落實扎根，利用假日辦理了多場次的昆蟲行為觀察與體驗活動，讓參與活動的教師、家長與學生們，藉透過親身走察的方式，認識昆蟲所潛藏的奧妙，引發參與者接觸並熱愛昆蟲，興起保護環境的理念。



在昆蟲感測器製作方面，受限於研究時間不足，本年度選定土棲性昆蟲的觀察系統開發，選擇臺灣八星虎甲蟲幼蟲作為研究觀察對象，已完成可以在教室內進行繁殖與飼養的八星虎甲蟲幼蟲觀察飼養箱，並讓學生透過目視的方式，即可以觀測八星虎甲蟲幼蟲生長的完整生命歷程。唯在感測器的設計與製作上，目前仍未著手進行設計與開發。研究團隊認為此類測器發展，仍屬於新興的研究領域。如果系統能夠成功發展，將可透過科技產品所具備的更快速、便捷的觀測技術，有效能且迅速認識野外特定昆蟲之行為，克服當前昆蟲觀察必須親臨現場的場域限制，擴大研究職行的可行性，仍有繼續開發的價值與潛力，因此團隊續提第二年計畫，期望在明年度，有機會開發成功。



二、計畫目的

研究目的一：了解研究昆蟲的形態構造與行為習慣(本年度的觀察目標昆蟲為紫艷大白星天牛成蟲及台灣八星虎甲蟲幼蟲)。

研究目的二：自製昆蟲感測系統，觀察、分析目標昆蟲—紫艷大白星天牛以及台灣八星虎甲蟲幼蟲的行為習性。

三、研究方法

(一)研究方法

本研究擬透過 PDCA(Plan-Do-Check-Act Cycle)品質管理循環模式，蒐集昆蟲在野地裡的環境訊息，提出昆蟲感應系統的設計構念，並著手設計製作感應系統，並在系統完成之後，實際到野外進行測試與資料蒐及行動。PDCA 模型及研究焦點如下：

(二)研究步驟

1. Plan: 先調查野外昆蟲棲地的生活環境特性，觀測植物的長度高度與直徑大小，確定感測器製作的目標，提出感測系統的設計構想，並畫出感測器的設計圖。

2. Do: 依照設計圖構想與研究需求，購置硬體環境設備，同時透過程式語言的編寫，進入昆蟲感測系統製作階段，實作組裝野地昆蟲感測系統，並在工作室中測試其運作功能。

3. Check: 到昆蟲棲地，將製作完成的機器運用在野外模擬作業上。實際評估昆蟲感測系統是否可以順利運作，並能觀測到預期觀測之昆蟲行為，再依結果評估是否需要調整修正感測系統。

4. Act: 到昆蟲的棲地，依照目的進行長期的觀測，並嘗試將機器實際應用在觀測不同類樹棲性昆蟲之行為與環境資訊的調查研究任務上。

(三)、工作進度

本研究從 107 年 8 月份開始進行，完成時間為 108 年 07 月 31 日，各項預期工作進度如下：

期間 工作項目	民國 107-108 年											
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	01 月	02 月	03 月	04 月	05 月	06 月	07 月
1.製作八星虎甲蟲繁殖箱	■											
2.繁殖幼蟲	■											
3.感測系統硬體設計、規劃與購買			■									
4.系統軟體開發與組裝測試				■								
5.系統測試與修正						■						
6.系統正式上線與收集觀察資料							■					
7.分析整理資料，提出成果報告書。								■				

四、研究成果

(一) 專題研究重點摘要

1. 臺灣八星虎甲蟲幼蟲獵捕螞蟻之生物力學研究(摘要)

我們透過野外及自製觀察器的方式觀察臺灣八星虎甲蟲幼蟲獵捕螞蟻，並分析其生物力學現象。研究發現幼蟲獵捕螞蟻分成「埋伏」、「彈出」、「拉回」三個步驟。所展現的生物力學如下：



- 一、 埋伏時採用多支點分散重量策略：透過上唇、前足(*2)、第五腹節(倒鉤)及腹部尾端等五個構造做為支點，讓幼蟲能長時間埋伏在隧道口。
- 二、 獵捕螞蟻時採變形彈力策略：幼蟲等螞蟻趨近至 0.84 公分時，快速拉直 6-10 腹節，藉此產生變形彈力，將頭、胸及 1-4 腹節以 10.221 公分/秒的速率彈出隧道。

我們觀察到第五腹節倒鉤可能在幼蟲彈出隧道時扮演重要的施力角色，因此目前正設計實驗進行觀察驗證，期望在國展競賽時能導出實驗結論，分享給對此議題有興趣的研究者。

關鍵字：臺灣八星虎甲蟲幼蟲 獵捕螞蟻 第五腹節

2. 凌波微步—紫艷大白星天牛行進重心與步態探究(摘要)

本研究目的在探討紫艷大白星天牛面對各種環境時，如何運用六足維持身體重心，並計算步行速率與策略。研究進行 13 個月，發現紫艷天牛透過調整腿、脛節之間夾角控制重心高低；夾角越大，身體重心越往頭胸方向前移，夾角越小，身體重心越往腹部方向移。紫艷大白星天牛會依環境特性，決定採用三角、五角或六角步態爬行。平緩環境採三角步態，平均行進速率 4.06 公分/秒。爬在樹葉或樹枝等崎嶇環境，採五角或六角步態，透過腹部尾端及足部提供的支點確保穩定，再以平均 0.39 公分/秒~1.12 公分/秒的速度緩慢爬行在樹葉、枝上。跗節構造特殊，上面佈滿細毛，是紫艷大白星天牛能垂直爬行在光滑玻璃上的關鍵構造；其構造的物理特性及潛藏的研究價值，值得深入探討。

關鍵字：紫艷大白星天牛 重心 行進速率

(二) 昆蟲觀察器製作的成果

為了能看清地表下八星虎甲蟲幼蟲獵捕螞蟻的運動，我們設計並製作能透過肉眼以及攝影機就能直接觀察幼蟲行為的八星虎甲蟲幼蟲飼養箱。以下說明製作過程：

1. 製作第一代觀察箱：

在 2017 年 11-12 月，我們製作了第一代觀察飼養箱。製作的方式，採用長 30 公分、寬 1 公分，高 15 公分的透明壓克力板製作外箱，填入有機土壤，把土壤壓實後，放入幼蟲。幼蟲自己能挖出一條隧道，並且穩定的居住在裡面。但我們在

觀察時，常因隧道受到有機土的遮蔽而無法完整觀察幼蟲在隧道的實際狀況，因此思考改良第一代觀察箱。



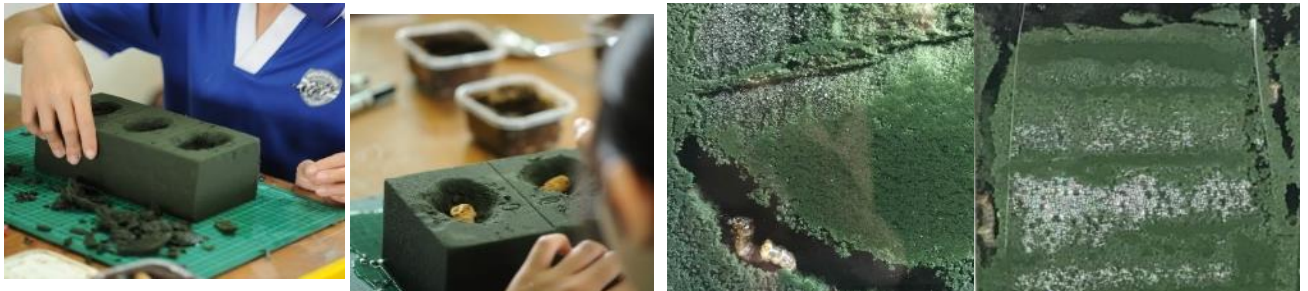
我們在討論並動手組裝第一代觀察器，同時架設相機與攝影機，嘗試觀察幼蟲行為。



第一代觀察器以有機土為幼蟲生活介質，可觀察到幼蟲，但部分身體形態易被遮蔽。

2. 製作第二代觀察箱：

2018年1-2月，我們尋找介質，改進觀察箱的觀察效果。由於我們曾經使用過花泥(插花海綿)製作過鍬形蟲的人工蛹室，因此組員們將花泥填入觀察箱，觀察幼蟲是否能夠適應這種材質。結果發現幼蟲能在花泥裡自由鑽出隧道，住在隧道裡。由於花泥具有保溫、保濕及易塑型的優勢，觀察效果優於土壤，於是我們採用它作為第二代幼蟲觀察箱材料(如圖12)。



花泥不僅可用於製作鍬形蟲人工蛹室，也可作為八星虎甲蟲幼蟲成長的生活介質。



第二代觀察器以花泥為介質，更能夠清楚觀察到幼蟲在地表下的行為。

3. 製作第三代觀察箱：

2018年4-5月，部分八星虎甲蟲成蟲已經陸續羽化，我們為了讓成蟲與幼蟲能夠同時生活在共同的空間中，於是我們重新設計觀察箱，準備材料，動手製作第三代觀察箱。第三代觀察箱的功能，除了保持容易觀察幼蟲行為之功能外，亦增加了成蟲繁殖與活動的功能，目的是讓觀察箱成為一個小型的八星虎甲蟲自然生態

圈。經過兩個月的試用，發現成蟲不僅能夠在觀察箱裡生活，並已成功產下超過30顆以上的卵，並且孵化成幼蟲，效果明顯優於第二代幼蟲觀察箱。



第三代觀察箱的觀察效果更好

(三)科教活動的辦理

1. 球背象鼻蟲背板的光晶效應探究(4小時課程)

臺灣地處亞熱帶，海拔高度從0公尺跨升到近4000公尺的高度，植物林相涵蓋熱帶、亞熱帶、溫帶及寒帶植物四大類。這些豐富的地形與植物環境資源，形成了各式各樣的生物群落，其中，昆蟲資源的多樣性，更是讓人感到驚異，當中所潛藏的豐富素材，值得教育工作者進一步關注與研究發展。由於花蓮自然資源豐富，享有得天獨厚的天然資源，因此本教學團隊即將「昆蟲的鞘翅」做為教學探討素材，透過教師協同研究，對昆蟲鞘翅所潛藏的光晶效應進行觀察研究，同時發展「昆蟲鞘翅的光晶效應」教學方案，再透過教學行動研究，將研發出的教學方案應用在實際的教學活動中。

本教學方案先期以「球背象鼻蟲」作為探究教學的素材，牠們的鞘翅會呈現繽紛多彩的顏色，特別是在陽光的照耀之下，擺動中的鞘翅，更彰顯出光彩奪目的美麗景象。這種隨著觀察角度不同而改變鞘翅顏色的現象，是因為鞘翅表皮佈滿了光子晶體的顯微結構，使得陽光照耀在昆蟲表皮時，顆粒結構反射出特定波長可見光所致。

為了提高學習者的學習成效，本研究團隊在發展課程時，決議從學習主體的認知發展觀點來設計課程，強調學習者主體經驗之轉化，透過學生操作體驗的學習步驟與流程，讓學習素材與內容較為具像，以符應學生認知發展與經驗程度。

探究活動採取「標本觀察」、「猜測」及「顯微鏡實體觀察驗證」之流程與步驟進行，符合探究活動引起學生疑問的性質與條件，再藉由顯微鏡的操作，學習操作顯微鏡的技術及建構知識的能力。

學生的學習評量，除了教師預先準備的學習單之外，亦透過教師課堂觀察與軼事紀錄的方式進行。

<p>觀察球背象鼻蟲育板的光晶效應</p> <p>發掘具有地方優勢的課程以及教學素材，從中指導學生學習科學知識。</p> <p>提高學生的探究興趣。</p> <p>引導學生透過體驗式的探究學習課程，提高學生探究興趣。</p> <p>提高使用顯微鏡工具的技能</p> <p>提高學生使用微觀工具的能力，開啟學生嶄新的學習視野。</p> 	<p>教學架構</p> <p>活動一： • 不同放大倍率，顯微鏡下球背象鼻蟲的影像大小</p> <p>活動二： • 強中弱度光源對蝨鏈的影像顏色的影響</p>
<p>球背象鼻蟲鞘翅斑紋的光晶效應探索</p>	<p>探究教學架構</p>
	
<p>學生正專心觀察球背象鼻蟲的鞘翅斑紋</p>	<p>顯微觀察的課程</p>
	
<p>國一生正專心觀察球背象鼻蟲的鞘翅斑紋</p>	<p>課堂上的專注操作與記錄過程</p>
	
<p>各種甲蟲資源，正可做為花蓮各校發展成為探究課程的素材</p>	<p>學生專注於探究學習的過程</p>

二、昆蟲探究教學的研究結果與發現-球背象鼻蟲鞘翅斑紋的光晶效應探究

各年級學生的學習表現

在進行開放探究教學的過程，我們發現兒童喜歡的探究問題符合情境興趣與其居住的生活環境特性。為了深化並提高學生探究學習的動機與品質，研究團隊同時展開昆蟲探究課程的研究與開發。受限於時間，僅簡要說明球背象鼻蟲鞘翅斑紋的光晶效應探究教學的結果與發現。

球背象鼻蟲鞘翅斑紋的光晶效應探究潔潔果摘要表

	人數	問題一：球背象鼻蟲在解剖顯微鏡下的視野(6.5倍、45倍、90倍)			問題二：光的強弱對球背象鼻蟲鞘翅斑紋有哪些影響(放大90倍)		
		猜測正確率	驗證正確率	驗證與猜測比較	猜測正確率	驗證正確率	驗證與猜測比較
三年級	28	64%	96%	+36%	46%	76%	+24%
四年級	28	64%	100%	+36%	46%	82%	+26%
六年級	27	72%	100%	+28%	52%	96%	+34%
七年級	38	84%	100%	+16%	56%	100%	+44%
說明	本探究課程目標有二： 1. 讓學生學會操作解剖顯微鏡(工具目的)。2. 讓學生使用解剖顯微鏡觀測球背象鼻蟲的鞘翅斑紋，並認識其鞘翅斑紋色彩改變的原因，在斑紋結構能夠反射不同波長的光線所致。探究教學的操作模式為-實物(標本)觀察-猜測-顯微觀察驗證。						

我們發現不同年級別學生對於問題一球背象鼻蟲在解剖顯微鏡下呈現哪些景象的探究學習表現，不論哪年級的學生對於猜測的正確率都高於50%許多，可見參與本探究課程的學生在尚未接觸本課程之前，即對於生物顯微鏡觀察生物的視野大小具有基礎。經過學生的實際顯微觀察驗證之後，除了三年級一位同學無法正確回應問題之外，其餘均能學得正確的知識。

另一方面，學生對問題二的表現，在顯微鏡放大90倍的效果下，使用不同的光源強度光線投射在球背象鼻蟲鞘翅斑紋上，會不會造成顏色的改變。不論哪個年級猜測正確率均在50%上下，符合自然猜測的機率值，顯示學生缺乏這方面的先備知識。經過實際的顯微鏡探究驗證之後，三年級學生提高24%的正確率(達76%)，四年級提高26%的正確率(達82%)，六年級提升了34%(達96%)正確率，七年級則提高了44%的正確率(達100%)，可見探究教學可提升兒童們的學習表現，特別是在六、七年級的學生身上，觀察到了明顯的效果。

五、討論及建議(含遭遇之困難與解決方法)

(略)