

教育部 107 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：野外觀察家-居家昆蟲飼育及觀察系統研發(二)

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

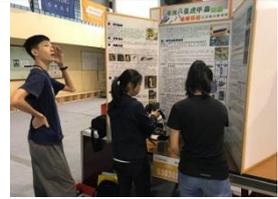
1. 是否為延續性計畫？ 是 否

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. 辦理活動或研習會名稱/時間、對象與人數：

活動一：全國科展教育活動體驗與觀摩學習(2018. 07. 22-07. 27)。3 位老師/3 位學生。

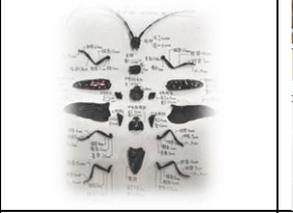
			
第一天布展的狀況	利用空檔針對評審提問再集訓	科展比賽，是一個堅實的過程，比完了，選手也累垮了~	不負眾望，國中組生物科全國第三名！

活動二：台 8 中橫沿線之台灣八星虎甲蟲數量調查(2018. 08. 14，08:00-24:00)。

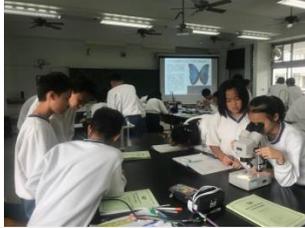
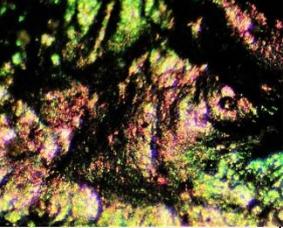
2 位老師/3 位學生。

			
海拔 950 公尺(西寶國小)，記錄到 50 隻八星虎甲蟲族群。	海拔 1100 公尺(洛韶)，記錄到 10 隻台灣八星虎甲蟲族群。	海拔 1450 公尺(華祿溪)，記錄到 5 隻台灣八星虎甲蟲族群。	海拔 3422 公尺(合歡北峰三角點)，記錄到 2 隻素木氏虎甲蟲。
			
合歡北峰起登點。	走到 0.9k 處。	手牽手繼續向前走。	3422 公尺登頂了，要當名稱職的生物研究者，真的辛苦~

活動三：慈濟中學國一大愛班「昆蟲形態構造與功能探究」實作課程(2018.11.10，08:00-12:00)。2位老師/35位學生。

			
上課認真學習過程。	準備動手拆解標本。	拆解完成的標本。	授課的課程內容。

活動四：慈濟中學國一大愛班「昆蟲翅膀光晶效應探究」實作課程(2018.11.17，08:00-12:00)。2位老師/35位學生。

			
操作顯微鏡觀察昆蟲的背板構造。	勤作筆記。	上課情形一角。	吉丁蟲的背板，充滿光子晶體，能隨著光源角度改變反射出不同的顏色。

活動五：科教專案教師中橫及清境地區高山昆蟲調查暨環境教育研習。6位老師。

			
中橫沿線有許多昆蟲/照片位於海拔 950 西寶農場。	在 3000 米高海拔，也會出現許多甲蟲。	西寶國小合影。	調查昆蟲，也是我們學習攝影的好機會。

活動六：花蓮縣秀林國小昆蟲科學營(2019.04.13,09:00-16:00)。7位老師/16位學生。

			
昆蟲鞘翅的光晶效應，校長專心投入學習，非常棒的楷模。	教導主任與老師們也都專心投入學習，期望日後能夠帶給學生新的學習視野。	學生們親自操作分解昆蟲標本，將其身體構造分離，並仔細觀察其中的物理特性。	孩子們認真投入的拆解標本，親自操作過，學習、體驗特別深。

活動七：花蓮縣西寶國小昆蟲探究課程設計(2019.05.08，13:00-16:00)。11位老師。

			
<p>團隊教師協助西寶國小評估發展以昆蟲作為學校發展探究式課程的可能性。校長帶領全校成員共同參與研習。</p>	<p>老師們針對西寶的特色與探究式學習課程的關係，進行細膩的研討與互動。</p>	<p>西寶國小位於太魯閣國家公園內，海拔約920公尺。校園內有豐富的昆蟲資源。</p>	<p>食蟲蛇正伺機飛出獵捕食物。</p>

4.參加執行計畫人數

研究團隊教師：6位。

合計參與計劃活動的教師：33人。

合計參與計劃活動的學生：92人。

5.辦理/執行成效：

本研究屬於延續性的計畫。第一年(106年)計畫目的在追蹤臺灣八星虎甲蟲的行為習性，同時帶領一群資優的學生記錄其運動所展現的生物力學現象，並參與58屆科展競賽。第二年(107年)年的目標，在於延續106年累積之成果，進一步設計一套應用在家中(室內)繁殖、飼育八星虎甲蟲成蟲、幼蟲的觀察飼養箱，讓臺灣八星虎甲蟲能夠在此觀察箱中適應生活，並成功交配與繁殖。

為了達成本(107)年度的目標，我們改良飼養臺灣八星虎甲蟲的材料，將有機土壤替換成花泥(插花海綿)作為介質，同時發現成蟲能夠順利地在花泥上交配、產卵繁殖，幼蟲也能成功適應花泥的環境。由於花泥具有吸水保濕以及容易切割塑型的功能，因而團隊在飼育及觀察幼蟲的作業上提升了許多操作與觀察的便利性，成功的觀察到幼蟲在土壤下的行為。

在科技工具的應用方面，本研究透過單價較低的一般攝影機以及蛇管攝影機的交替應用，可以記錄到土壤下幼蟲的活動行為影像，但在大數據蒐集以及影像精細度的向度上，受限於機器的品質(經費)，仍無法以達到預定的目標。

建議未來的研究，能與業界結合共同開發新的商品，將居家觀察飼養箱的概念連結科技工具的應用，讓觀察昆蟲更為便利而有效。

二、計畫目的

本研究主要目的，首先在建置一套可以成功繁殖、飼育八星虎甲蟲成蟲、幼蟲的觀察箱，讓臺灣八星虎甲蟲能夠在此觀察箱中適應生活，並成功交配與繁殖。關於這方面的研究經驗，我們在 2016-2017 年曾透過自製的透明觀察箱，成功飼養成蟲，並成功繁殖幼蟲。當時，是以有機土壤作為觀察箱的基底土壤，雖然能夠成功繁殖幼蟲，卻因為使用土壤所建置的觀察隧道隱藏在土堆中央，且容易崩塌，阻擋觀察視線，導致無法使用肉眼與輔助鏡頭觀察到幼蟲的生活。

在 2017-2108 年觀察幼蟲時，我們成功的使用花泥(插花海綿)作為飼養幼蟲的介質，讓幼蟲將隧道挖掘在花泥上。由於花泥具有吸水保濕以及容易切割塑型的功能，因而團隊在飼育及觀察幼蟲的作業上操作容易，並提升了團隊觀察幼蟲在隧道行為機率。我們這樣想，如果能將上述兩年分別飼養成蟲與幼蟲的研究經驗結合一起，我們將更具有有利條件，嘗試透過以花泥做為飼養八星虎甲蟲觀察箱的基底土壤，並測試成蟲是否能夠在此觀察箱中成功的適應生活並繁殖幼蟲，同時開發室內昆蟲觀察器。

依照上述的描述，本年度的目的有以下兩項：

研究目的一：製作可於室內繁殖臺灣八星虎甲蟲的飼育觀察環境。

研究目的二：自製觀察與感測系統，觀察、分析臺灣八星虎甲蟲成蟲與幼蟲生長過程，並監測其環境訊息。

三、研究方法

(一)研究樣本來源

我們的研究所需的八星虎甲蟲樣本預計自棲地採集，並且自行繁殖而得。初步預計採集三對成蟲(3 雄、3 雌)，將其放入 45x60x30 公分高的飼養箱中，箱中填入高 10 公分的花泥(插花海綿)，並投入麵包蟲餵食。我們預期成蟲會在觀察箱中自然交配，待 2 個月後，再觀察箱裡是否能夠成功取得幼蟲，若成功復育出幼蟲，再改以投食螞蟻，餵食八星虎甲蟲幼蟲。

(二)研究設計

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：

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)執行進度 (2019/06/20 進度)

項目		研究議題進度				經費控管進度
各項進度與暫時性的結論	內容	調查 八星虎甲蟲 生活環境	繁殖 八星虎甲蟲	飼育及觀察 箱的製作	觀察箱觀察 感測控制	年度經費請核 狀況
	進度	100%	100%	90%	70%	90%
	整體 進度	90%				90%

四、研究成果

成果一：成功製作可在室內飼養、繁殖與觀察的八星虎甲蟲飼養箱。此飼養箱最大的特色，讓飼養者能用肉眼與攝影工具記錄到土壤下的幼蟲行為。

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。以下是我們的製作過程：

1. 第一代觀察箱：

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. 第二代觀察箱：

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。



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：

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(涉及研究機密，此處暫不公布完整的設計圖像)

(2) 成果二：成功觀測臺灣八星虎甲蟲幼蟲的獵捕螞蟻的速率



我們用軟體計算影片距離與時間。



運用電腦軟體計算影片中的時間(一)



運用電腦軟體計算影片中的時間(二)



運用電腦軟體計算影片中的時間(三)



運用電腦軟體計算影片中的時間(四)



運用電腦軟體計算影片中的時間(五)



討論分析結果



歸納與統整資料

臺灣八星虎甲蟲幼蟲獵捕時間及效率計算過程。
研究發現：

1. 臺灣八星虎甲蟲幼蟲獵捕獵物的平均速率為 10.221 公分/秒，瞬間最快獵捕速率為 17.017 公分/秒，最慢獵捕速度為 1.927 公分/秒。轉換成臺灣成人男生的平均身高後的平均獵捕速率為 40.905 公里/小時，瞬間最快的速率為 68.104 公里/小時，最慢為 7.714 公里/小時。

2. 臺灣八星虎甲蟲幼蟲每次獵捕花費的平均時間為 0.08 秒，最快 1/15 秒，最慢 0.1 秒。

表 4
臺灣八星虎甲蟲幼蟲的獵捕速率

檔案	獵捕距離 (公分)	獵捕時間 (秒)	獵捕速率 (公分/秒)	轉換成人類的速率 ^(說明 1) (公里/小時)
影片 A	1.70176125	0.1	17.0176125	68.104
影片 B	0.763531034	0.1	7.63531034	30.556
影片 C	1.019242	1/15	15.28863	61.185
影片 D	0.615735	1/15	9.236025	36.962
影片 E	0.128504444	1/15	1.927566667	7.714
平均	0.845754746	0.08	10.221	40.905
說明	轉換成人類平均速率的體長標準，是以臺灣成年男子平均身高 166.75 公分計算得出。			

(3) **成果三**：培訓兩組國、高中學生進行科學研究，均有不錯的發現

研究團隊培訓的國中、高中兩組科研學生，在研究的進程上，皆有穩定及豐富的研究成果，簡述如下：

國中組科研團隊：

研究焦點：臺灣八星虎甲蟲幼蟲獵捕螞蟻的生物力學現象

研究發現：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。



說明：

幼蟲埋伏在隧道口時採用分散力學策略，讓身體的重量分散到上唇、前足、第五腹節、腹部尾端等五處體節上。



說明：

幼蟲獵捕螞蟻時，腹部尾端施力，瞬間拉直 6-10 腹節，同時運用變形彈力，將頭、胸及 1-4 腹節彈像螞蟻並加以獵捕。

高中組科研團隊：**高砂鋸鍬形蟲幼蟲腸道菌分離培養與抑菌效果研究**

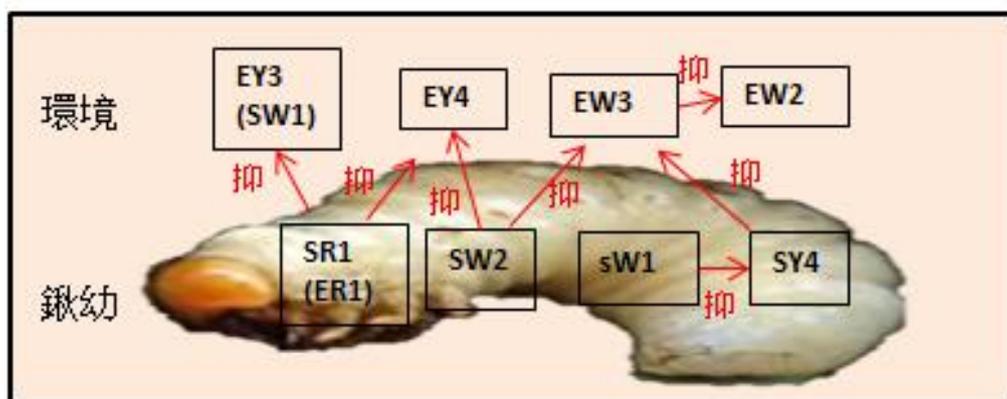
研究焦點：探討高砂鋸鍬形蟲幼蟲腸道菌與環境菌之間的關係

研究發現：為了探討高砂鋸鍬形蟲幼蟲的防菌功能，我們從鍬形蟲幼蟲生活環境及腸道中共分離培養出了 16 種菌株，透過 16s rRNA 及 18s rRNA 的鑑定發現，鍬形蟲生活環境中所分離出來的菌種以厚壁菌門、變形菌門、擬桿菌門為主，從鍬形蟲腸道分離出來的菌種則以厚壁菌門、變形菌門、擬桿菌門、擔子菌門為主，針對自鍬形蟲幼蟲生活環境及腸道中的菌種的功能與應用價值，值得進一步追蹤探討。

經過抑菌測試實驗，我們發現了一些競爭抑制關係，其中培養自腸道的黏質沙雷氏菌(*Serratia marcescens*)對環境中的不動桿菌屬(*Acinetobacter*)芽孢桿菌屬(*Bacillus*)具有抑菌效果，同時，幼蟲亦會藉由排遺將黏質沙雷氏菌排出體外，塗抹在隧道壁上，對於維持蟲體健康有重要影響。

幼蟲生活環境及腸道微生物分離出來的微生物

	來自環境的微生物				來自腸道的微生物				
	厚壁菌門	變形菌門	變形菌門	擬桿菌門	厚壁菌門	擬桿菌門	變形菌門	變形菌門	真菌擔子菌門
	芽孢桿菌屬	不動桿菌屬	沙雷氏菌屬	黃桿菌屬	芽孢桿菌屬	金黃桿菌屬	沙雷氏菌屬	不動桿菌屬	
編號	EW2、EW3、EY4	EW1、EY3(=SW1)	ER1(=SR1)	EY2	SW2、SW5、SY4	SY1	SR1(=ER1)	SW1(=EY3)	SW3、SW4
採集位置	土壤、木屑	土壤、木屑	木屑隧道	採自環境土壤	中腸為主	後腸為主	前腸為主	前腸、中腸為主	中腸為主



幼蟲腸道與環境微生物間的關係

四、參考資料

王三郎(1998)《宜蘭縣無尾港水鳥保護區導覽》，自然生態保育系列叢書(六)，宜蘭縣政府。

法布爾著，梁守鏘譯(2002)。《高明的殺手》。臺北市：遠流出版社。

法布爾著，奧本三大郎編寫(1993)。《昆蟲記(二)》。臺北市：臺灣東方出版社。

吳怡欣、何嘉浩、蕭忠義、楊平世(2006)。八星虎甲蟲 *Cicindela batesi* (Fleutiaux,

- 1893) 之形態與生活史研究。動物園學報，18:7-14。
- 泉麻人著，黃瑾瑜譯(2004)。夢幻中的虎甲蟲，文章收錄在東京昆蟲物語，第 69-71 頁。臺北市:時報文化出版社。
- 黃文伯(2008)。眼突顎利的虎甲蟲。取自環境資訊中心網站，網址：
<http://e-info.org.tw/node/35519>。
- 黃佳欣(2014. 03. 13)。繽紛生態-虎甲蟲舉起觸角當作望眼鏡。文章引自
<http://140.112.166.87/blog/?p=17013>。
- 張永仁(1998)。昆蟲圖鑑：台灣七百多種常見昆蟲生態圖鑑。台北市：遠流出版社。
- 蔣中柱(2005)。昆蟲在中小學科展之角色及其教學應用。科教館創刊號，138-149，臺北，科學教育館。
- 廖文淵、歐陽起鵬、蕭凱中(2013)。結合行動裝置與藍芽通訊之遠端影像監控系統。德霖學報，26，P1-P11。
- 盧耽(2008)。圖解昆蟲學。臺北，商周出版。