

計畫名稱：光滑管琉璃蟻 (*Ochetellus glaber*, Mayr, 1862)

人工養殖技術之開發與研究----中學生生物科實驗動物教材開發

主持人：鍾兆晉 博士

執行單位：台北縣立林口國民中學

一、計畫目的

在國民中小學九年一貫課程綱要中，有關自然與生活科技學習領域的能力指標中，特別強調師生「經由科學性的探究活動，使學生獲得相關的知識與技能」（教育部，2003），本研究即透過教師發展實驗動物系統，開發生物實驗新教材之行動研究，實踐「學校本位課程設計」，使得學生研習動物行為課程時，有豐富多元的選擇。

本計劃目的是希望發展在地化的實驗動物，結合社區附近的螞蟻生態資源，建立教師、學生與家長的便利昆蟲學習環境，並藉由光滑管琉璃蟻養殖技術的開發與研究，增進師生對社會性昆蟲的了解。

我們採取了行動研究法，由計劃教師親自研究並養殖光滑管琉璃蟻的技術，並將技術標準化後轉移給獨立研究學生團隊及同儕團體，更希望利用本種螞蟻推廣至一般學生的動物行為觀察。另外，運用檢核表回饋的方法，讓研究活動能深入學生生活並達到科學教育、環境教育和生命教育的多重效果。

在這項計畫中，預期可以完成以下的研究成果：建立標準化光滑管琉璃蟻採集方法、製作並收集光滑管琉璃蟻各式標本、開發光滑管琉璃蟻人工養殖培養基、建置光滑管琉璃蟻人工養殖技術標準流程、撰寫並發表光滑管琉璃蟻基礎生物學報告、設計及實施光滑管琉璃蟻融入自然與生活科技領域學習活動教案以及帶領學生以光滑管琉璃蟻為實驗動物進行科學展覽的獨立研究。

二、研究方法

(一) 執行單位對計畫支持(援)情形與參與計畫人員

1. 硬體設備支援情形：建置「步入式生長箱」，提供恆溫、恆濕及日夜週期調控在 L/D

=12/12 之良好養殖環境。

2. 行政協助：校長、相關處室主任（教務及總務）及事務組長均全力支持本計劃。

3. 參與計畫人員：

計畫主持人：鍾兆晉老師（林口國中輔導主任、台大昆蟲學研究所博士）

研究助理：歐映青老師（新莊國中教師、台師大科學教育研究所碩士）

國中生科展團隊：林威任、王雋朝、毛弘仁、陳冠穎（題目：孤軍—管琉璃蟻缺后聚落的命運）

高中生科展團隊：林翌帆、徐小佩、李佳欣（題目：Facultative Thelytokous Parthenogenesis of Black Ant, *Ochetellou glaber*）

諮詢及輔導專家：林宗岐助理教授（彰師大生命科學系）、王瑋龍教授（彰師大生命科學系）。

（二）研究步驟

1. 光滑管琉璃蟻採集法：分析此種螞蟻習性，分為全巢採集及標本採集兩大類。全巢採集主要以目視徒手採集法(hand searching)及二氧化碳灌流法進行。標本採集則以目視徒手採集法、土層挖掘採集法(soil scraping)、伯氏漏斗採集法(Berlese funnel)、落葉袋採集法(Winkler bag)、掉落陷阱採集法(pitfall trap)、樹型掉落式陷阱法(arboreal pitfall trap)以及食物誘集陷阱採集法(bait trap)等採集光滑管琉璃蟻樣本及蟻巢。
2. 光滑管琉璃蟻標本製作與保存，以浸製標本及乾燥標本為主，細節詳如螞蟻調查教育訓練班講義所述（林宗岐。2008）。
3. 設計光滑管琉璃蟻人工養殖：依實驗性質、聚落大小、養殖空間、養殖對象等不同因素設計不同養殖方法，以利教育訓練或學術研究。
4. 發展從採集、取樣到養殖的標準作業流程，具體實踐「實驗動物」角色。
5. 光滑管琉璃蟻基礎生物學研究：
 - (1)光滑管琉璃蟻研究文獻探討：本種著重於分佈與分類學研究，資料非常匱乏。
 - (2)外觀形態及解剖學：以 Dino-Capture 數位顯微鏡捕捉形態畫面，並比較不同階級螞蟻之異同。尤其在缺后聚落(gueenless colony)，年輕工蟻(vernal worker)的微卵管(ovariole)是否比老熟工蟻(aestival worker)更有潛能發育得更好而成為無翅型產卵者(gamergate)，在光滑管琉璃蟻的型態分工(division of labor)上是很重要的問題。但是，在此研究之前 gamergate 只在針蟻亞科等原始種類出現，確實也令人感到困惑。
 - (3)野外調查：詳細並連續的調查光滑管琉璃蟻的野外樣區，坐落於林口國中校門

前雜木林中，包含國宅段98、98-1、98-2、99、99-1和99-2等地號之國有土地，面積共佔1.9796公頃。

(4)光滑管琉璃蟻行為譜(ethogram)分析：是奠定動物行為的基礎，不可不為。

6. 設計發展光滑管琉璃蟻相關的教學教案

從「認識光滑管琉璃蟻」開始，發展出「光滑管琉璃蟻與我」、「光滑管琉璃蟻的特殊社會」、「光滑管琉璃蟻與環境」等四個概念，再加上「光滑管琉璃蟻在哪裡」、「光滑管琉璃蟻怎麼養」兩個概念，擬開發出相關教學活動，並落實於實際教學之中。本研究植基於培養學生十大基本能力，並且使之具備科學素養。因此，將設計出來的活動教材，以九年一貫課程宣示的十大基本能力、科學素養與多元智慧等項目，分別進行檢核。除了研究者自我檢核外，也發檢核表給行政人員、自然科教師、導師及家長等，檢核各個活動之設計，是否能培養十大基本能力、科學素養及運用多元智能。研究最後階段，則擬製發學生之興趣問卷及收穫問卷，讓整個研究有完整的回饋。

7. 科學展覽的試煉——實施「認知師徒制」

在計畫期間，指導學生以「孤軍—管琉璃蟻缺后聚落的命運」為題，進行探討光滑管琉璃蟻缺后聚落形成的階級比例、與學生一起追查光滑管琉璃蟻缺后聚落形成的原因、觀察光滑管琉璃蟻缺后聚落中工蟻的行為、解析光滑管琉璃蟻工蟻所產的未受精卵是否為有效卵，觀察缺后的光滑管琉璃蟻聚落中何種工蟻會產卵以及探究會產卵和不會產卵的管琉璃蟻工蟻間的差異，最後則比較缺后的光滑管琉璃蟻聚落和正常聚落的穩定性。

三、研究成果

(一)98年8月1日至99年7月，完成全台19個地點、36次野外採集，使用8種採集法(其中一種為新創)，採集78個全巢或部分聚落之光滑管琉璃蟻。全年的任何一個月份以及樣區任何一個海拔高度，都有光滑管琉璃蟻的採集記錄，顯見這是台灣非常常見的一個蟻種。採集記錄同時顯示，光滑管琉璃蟻會寄宿空的入侵紅火蟻蟻巢、空的舉尾蟻巢、空的黑棘蟻巢、空的黑翅土白蟻蟻巢以及空的木匠蟻蟻巢，同時在夏天亦能轉於地面自築蟻穴，其或似漂泊蟻類或似土棲蟻類的高度彈性，可能是光滑管琉璃蟻分布廣泛的原因之一。

(二)參加日本與台灣昆蟲學會國際研討會(台北)，發表光滑管琉璃蟻產雌孤雌生殖初步結果(Nestmate interactions and egg-laying behavior in the queenless colonies of the black

glaber ant, *Ochetellus glaber.*)，宣告此種螞蟻之工蟻可產卵，且此類卵為有效卵，且工蟻產卵速率竟然比蟻后快。

- (三) 研發 7 種 (錫箔試管飼養法、軟管石膏飼養法、試管石膏飼養法、Y 型管飼養法、洋菜凍飼養法、擬真試管飼養法以及玻璃瓶瓶蓋雙管飼養法) 養殖光滑管琉璃蟻之不同方式，並分析不同養殖方式間之差別。
- (四) 指導學生以「孤軍一管琉璃蟻缺后聚落的命運」為題，榮獲「科學研究社社內科展選拔特優」、「校內科展生物組特優」、「全鄉科展生物科優等」以及「全縣科展生物科特優國展暨最佳創意獎」，目前正在全力準備「第 50 屆全國科展」。研究發現：「光滑管琉璃蟻聚落會在自然情況下缺后，並且缺后聚落中具有產卵工蟻，在採集後一日就會出現產卵現象。且確定工蟻產的卵會孵化成雌蟻，加上工蟻皆為實驗室內孵化之新一代的工蟻，並未與雄蟻進行交配，所以確定光滑管琉璃蟻可進行產雌孤雌生殖，且會像蟻后一樣分泌費洛蒙來抑制其他工蟻產卵。但隨著聚落規模越來越大，產卵工蟻無法控制那麼多的工蟻，因此其他工蟻紛紛崛起，也開始抑制局部工蟻及快速產卵，使聚落快速擴張。而這是前人研究沒有提及的。本實驗也發現光滑管琉璃蟻工蟻也利用產雌孤雌產出處女蟻后，這種有彈性的生殖模式也是光滑管琉璃蟻在野外會如此常見及其聚落快速擴張的主要原因。因此光滑管琉璃蟻聚落並不會因為缺后而導致滅亡，也因為是兼性孤雌產雌生殖讓光滑管琉璃蟻更可以適應環境。」另外一組學生，已組成高中團隊，以「Facultative Thelytokous Parthenogenesis of Black Ant, *Ochetellou glaber*」為題，更深入研究光滑管琉璃蟻生殖行為之調控，研究成果擬參加「2011 年國際科展」及民國 100 年台灣昆蟲年會發表。
- (五) 完成以枯木為巢之光滑管琉璃蟻標準化野外採集方法 (二氧化碳灌流法，詳如影片)，並獲公共電視台「我們的島」節目全程錄影及採訪。
- (六) 完成光滑管琉璃蟻各式標本處理、各齡期及各種行為照片數位化處理以及採集記錄。本研究完整記錄 (拍攝) 光滑管琉璃蟻之卵、幼蟲、蛹以及成蟲之型態，工蟻所產卵與各發育期幼蟲經比對後，與蟻后所產的卵或幼蟲並無明顯差異。
- (七) 達成光滑管琉璃蟻人工養殖半年以上 80% 存活率，部分聚落已產生有翅型蟻后及雄蟻。有后聚落 (queenright colony) 及缺后聚落 (queenless colony) 皆可穩定成長，表現正常螞蟻行為。
- (八) 建置光滑管琉璃蟻人工養殖技術標準流程，調製適合餵養之餌料 (20% 蜂蜜水 + 去黑糖布丁；每週餵食麵包蟲一次)。
- (九) 從本人指導之第四十八屆全國科展佳作作品「雄蟻先成之矛盾與現實」研究中首次

發現光滑管琉璃蟻工蟻產卵，再從第四十九屆台北縣全縣科展優等作品「白孢子的花外蜜腺」證實光滑管琉璃蟻的嗜食蜜液，到本屆（第五十屆）專研光滑管琉璃蟻缺后聚落之工蟻孤雌產雌的行為，師生連續三年的研究建構了對光滑管琉璃蟻豐富的生物學知識。

（十）完成光滑管琉璃蟻融入自然與生活科技領域活動教案及學習單：

1. 撰寫「光滑管琉璃蟻 100 問」，使遇到光滑管琉璃蟻之問題之師生可尋得標準解答。
2. 設計「光滑管琉璃蟻網路查詢學習單」，已於「一般班級」、「獨立研究博雅班」、「科學社團」、「區域資優班」、桃園經國國中、桃園內壢國中等共計 189 人次施測。
3. 編寫「光滑管琉璃蟻主題式生態學習單」，完成麗林國小 5 年級一個班 33 人以及「社區大學雜木林探索課程」學員 11 人。
4. 規劃「Dino-Lite Digital Microscope 光滑管琉璃蟻形態學學習單」，訓練桃園經國國中資優班學生使用軟體做圖，並對光滑管琉璃蟻的形態做更進一步的研究。
5. 教授心智圖軟體 Keystone，學習繪製光滑管琉璃蟻相關知識之心智圖並學習分享解說。
6. 以光滑管琉璃蟻為例，至桃園六和高中（兩班共 80 人）及林口醒吾高中（國中部五班高中部三班共 300 人）進行專題演講，講述社會性昆蟲從獨居到社會化的過程，並強調光滑管琉璃蟻之產雌孤雌生殖的特性是真社會性昆蟲的罕見特例。

（十一）從學生作業顯示，54.2% 的同學在未學過辨識光滑管琉璃以前，就已經看過這種黑螞蟻了，更有高達 96.3% 的同學，可以透過網路查到光滑管琉璃蟻的學名及圖片，增加在野外辨識光滑管琉璃蟻的能力。

（十二）在網路上指導老師的網頁模組開設專屬討論區討論光滑管琉璃蟻研究相關問題，研究期間共計提出 50 個主題，有 128 人次貼文討論。

四、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

（一）在中小學階段的學習歷程中，螞蟻常常是學生最早接觸及探索的生命形式之一，但是並非所有的螞蟻都好養、好觀察或好操作，光滑管琉璃蟻卻集以上優點於一身（好養：有無蟻后都可活；好觀察：體型適中速度合宜；好取得：一年四季皆有、台灣南北、高低海拔皆分佈；好操作：容易麻醉且容易分離）。所以本研究才會以此為方向，進行實驗動物之開發。然而，光是建立生物學背景知識，就得花費大量時間，更遑論開發此實驗動物之教學模組。因此，接續的七個月時間必須加快腳步，儘速加入科學教育

部分的研究工作。

- (二) 本計畫在規劃概算表時，並未將養殖手冊製作成冊之經費羅列於支出項目中，故計畫完成後，應另尋求管道支援出版，以利推廣。所幸養殖光滑管琉璃蟻任何一種方式皆不會花費太昂貴之耗材。
- (三) 中小學自然科教師在師資養成訓練中，普遍未修習過昆蟲學，在與輔導教授討論後，認為教師之昆蟲學知識必須輔以進修研習方能增長。也就是說，本計畫完成後，若希望教師能加以利用於教學中，必須先建立先備知識。若能針對光滑管琉璃蟻之養殖知識或已發展之教案進行研討，則更可發揮功效。
- (四) 一般人對膜翅目昆蟲如螞蟻蜜蜂等擁有「單雙倍染色體性別決定機制」之基本認知已然薄弱，更難以理解罕見的「工蟻產雌孤雌生殖」，光滑管琉璃蟻好養好抓好觀察，卻會帶給人們更多誤解及困擾，唯有對社會性昆蟲產生正確認知，否則不知光滑管琉璃蟻之可貴與可愛。
- (五) 本研究暨要進行基礎生態學及分類學調查，又要進行科學展覽之獨立研究，更要發展教學模組，多方同時進行下參與人員莫不擔憂無法同時兼顧，往後類似研究宜分成三年分階段發展，則研究內容與推廣價值將更為可觀。
- (六) 由於以光滑管琉璃蟻為實驗動物的各項學習單及教案仍然處在小班實驗階段，且刪修頻繁，仍然未進行專家效度之審定，故距離公開及大量的推廣仍有努力的空間。