

中海拔原始森林探索活動及微專題實驗操作 應用於生態學的教學實踐歷程

楊樹森*

摘 要

為達到生態學的教學目的，增進學生認識在地生態系，將課堂上的知識與自然界所看見的現實互相印證，生態學課程自2009年至2015年連續6年均安排連續2日的中海拔森林探索活動，探索教學場所為新竹縣鎮西堡部落神木群及高山湖泊毒龍潭。實驗課程也設計成微專題的方式操作，專題實驗的場所包含新竹市近郊的十八尖山、高峰植物園及沿海的香山溼地，從2010年至2015年共執行31個微專題實驗。部分實驗為不同年度之間的延續實驗，所有微專題實驗的類型皆為小規模獨立研究，實驗結果同時在學期末以海報展示及作者口頭報告方式呈現。本課程的戶外教學及專題實驗除了課室的延伸之外，也藉此活動深化學生與土地之聯結，探索活動目標為實地見習人類生態學、地景生態學、森林群聚生態學、湖沼生態學、族群生態學及演化生態學。

關鍵詞：自然探索、生態學、專題實驗、原住民文化

投稿日期：2015年12月25日，2016年8月23日修改完畢，2016年8月31日通過採用

*楊樹森，國立清華大學應用科學系教授，E-mail：shuh@mail.nhcue.edu.tw

壹、前言

生態學是一個內容廣泛且整體結構完整的生物學領域，探討生命與環境因子的關聯，從這些關聯延伸至生命需求的營養與能量、生物社會結構與演化、生物的族群遺傳及天擇過程、生物族群的豐度與分布、生物族群的動態機制、生物族群的成長、生物的生活史與演化、生物的生存競爭與演化、生物之間的關係結構（利用、掠食、草食、寄生、疾病、共生，Exploitation, Predation, Herbivory, Parasitism, Disease, Mutualism）、物種多樣性及其分布、生物群聚的結構及動態、地球生物圈的初級生產與能量流、地球生物圈的物質循環、生態系的演替與消長、大尺度的地景、生物地理與全球化的生態議題。

較鮮明的生態學概念起源在19世紀中葉德國學者黑格的闡述（Egerton, 2012）。截至2015年止，科學史的研究學者Egerton已經發表關於生態學歷史的論述達56篇，論述均刊登在美國生態學會的公報（Egerton, 2015），從Egerton撰述的生態學演進歷史來看，生態學與早期生物學發展史幾乎完全重疊，直到現代生物學逐漸盛行之後才有比較明顯的分隔，即便如此，現代生物學所發展的工具應用在生態學仍隨處可見。

西方生態學教育的先行者是Eugene P. Odum（Barrett, 2005），1953年初版的Fundamentals of Ecology（Odum, 1953）大概是當時最經典的生態學課本，比較精簡的Basic Ecology（Odum, 1983）則為國內早年最常使用的生態學課本之一。Allison、Ehman、Ellison和Mull（1996）根據生態學課本的內容將生態學發展分為3個階段，新古典時期（1960-1970）的發展是提出大量的想法和觀點，新古典時代之後的短暫期間為中間發展時期，這段時間因為野外調查及實驗資料大量增加而改變教科書文本的內容。生態學教學的後現代時期起於1980年代後段至今，這段時間生態學研究從單純的思想哲學演進成精密的實驗，內容包含野外的觀察實驗至實驗室內精心設計的實驗，實驗設計又與複雜的統計學結合，後現代時期的研究結果甚而撼動古典生態學的中心法則。

生態學教育除了原理探討之外，學習生態學對其他科學的影響也極為重要，環境科學為21世紀人類如何面臨生存挑戰最重要的一門學問，

而生態學對環境科學的關係，就如同物理學對於工程學的關係，沒有生態學的原理及方法，人類對於環境問題則無從了解。國內高等教育發展也曾隨者生態主義的發軔，各大學生命科學領域將生態學列為重要課程，近20年隨著生物科技日新月異的發展，生態學逐漸退出主要的課程架構。雖然如此，生命科學系所的課程雖然未必包含生態學，但是仍有很多學校開設生態相關課程，其中或列為選修或是非生命科學系所的通識課程。由於生態學密切影響環境科學的發展，生態學的地位及角色至今仍無可取代。

貳、教學理念與特色

當今環境問題的嚴峻舉世皆然，環境科學除了技術面的發展解決問題之外，如何避免問題產生才是克服人類生存挑戰的根本之道，想要知道問題的根源必須透過生態學。環境教育是透過生態學的法則了解人類與生物圈的關聯，人類只是生物圈的一份子，生態中心主義（*ecocentrism*）強調生態系運行的法則，自然生態存在的意義無關乎是否有益於人類，從而避免人類中心主義（*anthropocentrism*）的無限擴張造成環境崩壞。任何一個生態系包含生物與非生物兩大部分，兩者均呈現極大的地方特色，也就是有明顯的在地性，就如同環境問題的在地性一般。因此生態學強調在地性的需求也特別明顯，就如同洪如玉（2014）以生態烏托邦為深層生態學的教育目標，其四項建議中有兩項是有關在地化的教學，更以關懷在地議題作為建構生態烏托邦之具體實踐。

著眼於在地化生態教育的需求，國內生態學課程目前大致有兩個方向的困境，其一是沒有充份包含本土生態範疇的大專用書，課程所使用的書籍多引用為歐美案例，學生閱讀時缺乏直接的時空聯結，無法真實引起學生共鳴。國內教學現場除了從課本習得世界各地的例子之外，更需要對在地生態系的認識，以及利用戶外教學見習，可以直接接觸實際的生態系現場，讓生態學的教學目的達到具有世界觀及在地應用的能力。部分學者也認為生態學的戶外探索過程和小型實驗可以強化

人跟環境的連結，進一步轉化成正向的環境行為（Key, 2003; Resasco, 2013）。缺乏實驗課程的生態學是目前國內生態教學的第二項困境，生態學課程若只有一般的演講授課猶如紙上談兵，但是由於知識多元化，高等教育各學門整體課程時數縮減是全球化的趨勢，單獨授課的生態學實驗已經在國內各大學的課程架構中消失。真正的生態學實驗需要長時間的戶外探索，安排特定的課室實驗並無法達到真正的效果。生態學實驗必須透過形成假說、設計實驗、資料收集及結果分析的訓練，才能更有效的將課堂上的知識與自然界所看見的現實互相印證，這樣的實驗需要比較長時間來能達成。

新竹教育大學應用科學系2009至2015年生態學的規劃設計是一學期的課程，生命科學組列為必修課程，每年受益學生約25人，每週四小時含實驗，這樣設計不同於生態學3學分及實驗獨立開課1學分的方式。四小時課程安排一個早上或是一個下午，實驗課場地現勘及講解實驗用掉1至2週次的課程，其它週次授課於第二堂課結束後空留30分鐘安排簡單的咖啡時間，利用咖啡時間給學生提問或是討論課程相關內容。課堂演講授課著重理論的解釋和實例的舉證，實例舉證取材自世界各地重要的研究發現成果，授課期間國內外發生與環境相關的時事均可以作為討論互動的主題，延伸所學習理論與真實世界的關聯。基於上述兩項生態教育的困境，本門課嘗試以戶外探索活動及微專題實驗補強課程，加強學生與本土生態系的連結，強化學習動機及學以致用。

參、課程內容與教學設計

一、中海拔原始森林探索戶外教學

從2009年至今已經連續6年，本課程均安排連續2日的中海拔森林探索活動，從2010年至今連續5年實施半學期的微專題實驗的操作，2日探索活動是外加的課程時數，微專題實驗投入時數依學生操作的真實情況而定。

中海拔森林探索活動的路線及地點選擇離新竹市最近的原始森林一

泰雅族鎮西堡部落，鎮西堡之名來自泰雅語，真實含意為陽光普照的地方，泰雅族在此農耕狩獵過者與世無爭的生活，探索活動預計時間在梅雨季來臨之前的其中一個週六及週日，路線設計教學停留點分述如下：

（一）第一日活動行程及教學設計

本日人員移動靠車輛為主，早上8時從學校出發，下午3時到達車行路線終點，時程安排必須預留足夠時間進行部落探索。

第一個戶外教學點為字老派出所，此處為一制高停留點，進行地景生態觀察，講解山脈走向，分水嶺及主要河川水系，從高處以顏色及植物生長的方式說明天然林與人造林的差別，人為開墾後地貌的改變與農業型態的關聯，進一步與學生討論聚落的位置如何決定，以及農耕聚落對生態系的影響。

第二個停留點為秀巒檢查哨，此處進行河川生態及地熱生態的觀察，本段河域水流湍急且為封溪保護的區域，不得捕撈魚蝦。若溪流現況適合進行涉水採樣，解說授課首先由研究生或教師示範河川生態調查的基本方法，說明如何採集底棲藻類及水棲昆蟲。接者由學生自行探索，在溪谷及河床發現各類生物，提出問題之後由教師帶領學生觀察記錄並針對現象說明演繹。

第三個教學停留點為新光部落及鎮西堡部落，見學地點為新光國小森林教室及鎮西堡學的部落教室。森林教室位於學校旁的人造林內，數十年前種植的柳杉木和巒大杉胸徑達數十公分，這裡很適合說明自然棲地與人工棲地的差別。鎮西堡學的教室由民宿主人建造，旨意在教導下一代傳統的文化及母語。編織教室內可以看見泰雅族人利用哪些植物採取纖維，如何織造生活的必需品。工藝教室內陳列的工具及器材是族人的工藝精華，許多陳列品目前仍然是日常生活使用的工具。部落的地理模型及教室的建築特色可以充分利用說明這裡的生活如何順應自然。

當日晚上住宿鎮西堡充電屋民宿體驗原住民生活，學生自行烹煮晚餐，晚膳後在傳統泰雅族烤火房集合，午夜前必須就寢，次日早起。

（二）第二日活動行程及教學設計

本日除早上2公里行車至登山口外，其餘路程均為步行，步行全程7公里。早上5點鐘起床，一個半小時完成出發前準備工作，早上7點到達鎮西堡神木區登山口，開始進入山徑之前先熱身及安全教育。登山口海拔高度為1500公尺，沿途穿越的山徑經過典型的溫帶闊葉霧林，生物多樣性豐富，行徑約半個小時休息5分鐘，第一個較長時間的停留點為鎮西堡神木區（A區），停留30分鐘。由神木區往上推進到達目的地毒龍潭，此潭為正在老化中的高山湖泊，海拔高度2200公尺。由1500公尺推進至2200公尺，上坡行徑（含停留休息）所花時間約5個小時，潭邊停留約1個小時，接者原路返回。返回過程除了休息之外不在額外停留，步行至登山口全程約需2.5小時。由登山口乘車下山回到學校約需3個小時，當晚7時前可以結束所有行程。

學生團體準備事項：晚餐及早餐所需的新鮮食物，分配工作自行準備晚餐及廚房善後清理。

學生個人準備事項：穿著可以充分伸展運動的衣褲，對腳踝保護性良好的鞋襪。攜帶後背式背包一只，內置個人需要的飲水及乾糧，適當的個人雨具，野外探索工具如圖鑑、數位相機、望遠鏡、錄音機及小筆記本等。

二、微專題實驗

微專題實驗在期中考之後執行，實驗完成所需時間5至6週，實驗場域選擇分別為香山溼地、新竹市十八尖山與高峰植物園。實驗組由3至4人組成，成員由學生自行選擇，練習如何形成科學社群及達成團隊合作。實驗題目根據實驗場域設定由授課教師訂定，之後任由學生競爭選擇其中一個實驗，每一個實驗僅由一組執行。題目確定之後，實驗組成員根據所選題目開始蒐集文獻資料進行討論，一週內完成設計實驗，設計完成之後與授課教師充分討論實驗可行性與預期結果，確定後開時執行，執行實驗所需器材由任課教師提供。微專題實驗執行期間，每一週上課時必須向授課教師簡報實驗進度，期間有任何問題隨時討論修正，

研究結果分析必須充分應用已經學過的生物統計學，如遇有問題請生物統計學教師共同指導，實驗結束後將成果以論文發表的海報格式呈現公開發表，授課教師及參與學生共同分享實驗成果。

所有實驗組別除了各自研究题目的實驗內容之外，還必須完成共同規定的內容。溼地場域必須完成生態氣候圖，測量溼地底質土壤含水量、含鹽量，表土初級生產者生物量（葉綠素a：使用分光光度計），底質土壤粒徑分析（乾篩法求粒徑中值），實驗場域圖面定位（GPS），測量水體酸鹼度（pH）、溶氧量（DO）及底質有機碳含量（高溫爐燃燒法）。森林實驗場域必須完成生態氣候圖，測量溫度、溼度、照度，森林所在位置土壤結構分析，坡度測量及實驗場域定位（GPS）。

肆、教學實踐歷程

一、中海拔原始森林探索戶外教學

探索活動實際上是行萬里路的體現，親自將學生帶入蠻荒境地，透過最原始的移動方式在森林裡探索觀察（圖1）。希望學生能將課本所學在野外驗證，課本上未涉獵的部分則成為他日課程內容的舉例。探索活動所對應的生態學主題對應如表一，範圍涵蓋大部份的生態學內容，經由探索活動將生態學在地化。因為時空結構的不同，每年的探索歷程或多或少有些差異，但是主要的學習內容均能在2日內完整呈現，詳細教學歷程的可能組合請參考補充附件說明。¹ 探索活動的隊伍移動時為縱隊行進，縱隊無法讓學習者隨時圍繞老師或是指導者，行進間依賴學習者自發的好奇心，行有餘力的時候觀察發現週遭的事物。為了避免學習者錯失重要訊息及無法發問解惑，教師及指導指在探索歷程中選擇較寬闊的平臺進行主動指導，進行方式如團體解說、知識考驗、腦力激盪及感官啟發（傾聽、觸摸及嗅聞），其主要內容摘述如表二。

¹ 電子附件一，請至本刊官網《創刊號》全文下載處查詢。

表1 中海拔戶外探索活動各解說地點應用項目與課室主題內容之對照

教學區	教學應用	生態學主題
宇老鞍部	大漢溪水系與鳳溪水系、雪山山脈、人造林與原始林地景、地景的鑲嵌、生態廊道	非生物因子（Abiotic factors）、地景（Landscape）
秀巒溪谷	溪流環境因子、溪流生物群聚（底藻、水棲昆蟲、魚類、兩棲動物及溪流鳥類）、岩石風化、水資源維護	風化與土壤（Weathering and soil）、溪流群聚（Stream community）、水資源保育（Water resource conservation）
鎮西堡部落	生物多樣性與部落文化、原住民農業、原住民傳統領地、永續經營	生物多樣性（Biodiversity）、保育（Conservation）
原始林步道	原始林生物多樣性（真菌、地衣、苔蘚、蕨類、微管束植物、軟體動物、昆蟲、鳥類、哺乳動物）、原始林的聲景、寄生關係、共生關係、附生植物、特有物種（針葉五木及闊葉五木）、紅檜族群、森林群聚結構與海拔高度關係、森林的空間結構	族群生態（Population ecology）、物種關聯（Species interaction）、群聚結構（Community structure）、生物多樣性（Biodiversity）、演化（Evolution）
毒龍潭	湖泊淤積與演替、湖沼生態採樣示範、肥胖盪鏢水溼與碗豆蜆的族群生態、蝦青素與紫外線	湖沼學（Limnology）、適應輻射（Adaptation radiation）、關聯族群（Metapopulation）、生態演替（Ecosystem succession）



圖1 原始森林蘊含珍貴的生物多樣性，除了步行甚至攀爬之外，學生沒有其他的方法可以到達這些蠻荒境地

表2 森林探索活動，教師主動指導內容

指導方式	常用命題與內容
團體解說	1. 宇老鞍部雪山山脈與河川共構的地景。 2. 秀巒溪谷河川生態與生物指標。 3. 泰雅族部落教室，泰雅族的日常生活與生態，泰雅族文化及語言，鎮西堡的永續農業經營理念。 4. 神木群的生態與研究現況。 5. 毒龍潭的湖沼生態學。
知識考驗	1. 測驗修過植物分類學的同學，當地常見植物的名稱及分類特徵，當地優勢闊葉植物如殼斗科植物，針葉植物如松科及柏科植物。必定要介紹的植物如臺灣赤楊、臺灣胡桃、大葉石礫、臺灣紅檜、臺灣扁柏、臺灣粗榧、二葉松、華山松及鐵杉等植物。 2. 生態學專有名詞與觀察現場的連結，物種之間的關聯如競爭、寄生、共生現象。紅檜族群結構的說明，光斑與林下植物的光合作用，森林的分層（林冠、林底、地表及枯枝落葉）。 3. 基礎理化知識與自然現象，雲霧林帶的雲霧現象，迎風面的溫度與潮濕程度。

指導方式	常用命題與內容
腦力激盪	1. 宇老鞍部的西北側及東南側植被的差別是何原因造成？ 2. 如何在不損及生命的情況下判斷紅檜的樹齡？ 3. 誰來替細辛的花授粉？ 4. 地面上華山松的毬果為什麼都不完整？ 5. 紅檜的分布為什麼集中在這一帶（叢集型分布）？
感官啟發	1. 聆聽分辨蛙類、鳥類與哺乳類的叫聲，沿途很容易聽到莫氏樹蛙、斯文豪氏赤蛙、白耳畫眉、深山竹雞、棕面鵯、頭烏線及山羌的叫聲，也可以從聲音的特徵分辨其差異。 2. 聆聽風吹過森林的聲音，特別風吹過高大的鐵杉和華山松的時候。 3. 觸摸樹皮和樹葉分辨其差異，臺灣紅檜和臺灣扁柏很容易透過觸摸小葉來分辨其差異。 4. 聞不同的味道，朽木和壤土的味道是微生物分解有機物質之後產生的味道，森林底下空氣的味道則更為複雜，通常是花的香味和果實腐敗的味道最為強烈。搓揉某些植物的葉子也會顯現特殊的味道，例如墨點櫻桃的杏仁味，風藤的辛辣味，馬告（山胡椒）的特殊香味。 5. 讓學生嚐試嚼食某些無毒的果實和植物嫩芽，學習野外求生的基本技能。腎蕨的儲水塊根，懸鉤子的果實，辨認哪些是可食用的野菜。

二、微專題實驗

微專題實驗課實施時間在期中考之後，經歷野外探索之後的學生大致已經能夠適應野外實驗的運作方式。實驗開始首先進行基本儀器操作訓練，內容包含攜帶型泛用儀器、分離粒徑的搖篩機、高溫爐等操作方法。本項實驗課程已經連續操作5年，十八尖山及高峰植物園實驗場域有

14個專題，香山溼地的實驗場域有17個專題。曾經操作過的實驗題目分述如下：

十八尖山及高峰植物園：

1. 臺灣十八尖山斯文豪氏攀木蜥蜴族群調查
2. 捕捉標放估算十八尖山鳳蝶族群數量
3. 十八尖山及高峰植物園微環境因子特徵分析
4. 掉落式陷阱法調查十八尖山地面活動節肢動物群集結構
5. 十八尖山夏季地表活動節肢動物群聚與多樣性
6. 十八尖及高峰植物園林間昆蟲群聚結構調查
7. 十八尖山及高峰植物園內江某葉面蟲癭盛行率研究
8. 鵝掌柴（江某樹）葉面蟲癭寄生物與植物交互作用之探討
9. 新竹市週邊地區懸巢舉尾蟻與其棲木之間的關係
10. 十八尖山不同植物葉棲動物群聚結構與多樣性
11. 十八尖山鵝掌柴的族群結構分析
12. 新竹市不同消費區停車場車種分部調查
13. 新竹教育大學操場植群結構分析
14. 5至6月間榕果小蜂的授粉現象研究

香山溼地：

1. 溼地表面初級生產者單位面積生物量之比較
2. 清白招潮蟹與弧邊招潮蟹族群密度變化與環境因素的關聯
3. 香山溼地鴨嘴海豆芽（腕足動物：無鉸綱）棲息地特徵研究
4. 風情海岸兩種草澤地（雲林莞草與苔藻）底棲動物群聚結構比較
5. 低鹽環境及高鹽環境海茄冬不同齡葉片鈉離子及氯離子含量測定
6. 香山溼地之苔藻生物量及其環境分析
7. 香山溼地之雲林莞草分布及其生長環境特性分析
8. 香山溼地生物及棲地之帶狀分布
9. 香山溼地海茄冬與水筆仔分布及土壤性質分析
10. 新竹市濱海野生動物保護區腕足類動物海豆芽之族群數量調查
11. 香山溼地紅樹林族群數量計量和環境評估
12. 香山溼地生態多樣性調查

13. 水筆仔對香山溼地之影響
14. 香山溼地清白招潮蟹族群個體數與其環境分析
15. 香山溼地之紅樹林數量估算與其相關分析
16. 海山漁港沿岸水泥牆無脊椎動物棲位重疊與競爭
17. 短指和尚蟹覓食隧道與體形大小關係之研究

部分專題在不同年度之間有連續性，學生自行設計實驗的過程也會調整其探討主題。實驗的執行不佔表排課室時間，同組同學會自行協調合作，選擇課餘時間或是假日完成資料收集與結果分析。授課老師指導的歷程可以分為三個階段，首先在題目公布傳達之後與個別實驗組充分討論其實驗方法和目的，資料收集期間必需檢閱實驗紀錄，若有需要必須修正實驗方法，最後一個階段是指導其如何呈現實驗結果。大部分的學生對於這樣的實驗均無法短時間內順利展開，第一階段的討論除了確立實驗方法之外，還有催促開始操作實驗的功能，部分的學生會因為開始操作的時間太晚，最後導致整理數據及撰寫結果的時間不足，各組實驗結果以研討會壁報展示的格式呈現（圖2），其它精選成果海報請參看補充附件說明。² 實驗成果的數據分析及海報撰寫需要指導的時間比實驗開始時的討論更多，通常需要3次以上與學生討論數據分析的方法與結果呈現的方式，文意表達不夠精確是通病，海報初稿完成後先行審閱之後再定稿，一般而言批改校閱花掉的時間也相當可觀。

根源於大學學習多元的特性，實驗教學的最後成果評量維持客觀的討論與問答形式，過程仍重於結果，學生形成的科學社群尤其重要。微專題的最後評量是壁報展示，每組同學必須推派代表準備5分鐘的簡報說明實驗的內容。同學之間藉由發表相互觀摩提問，因為必須相互評分，即便是實驗題目不同，也可以藉此了解各組的實驗目的及方法。除了學生互評之外，任課教師對壁報發表成果評量主要針對其實驗結果完整性與統計應用的適切程度評量，期末壁報發表同時邀請生物統計學任課教師提供協助。

² 電子附件二，請至本刊官網《創刊號》全文下載處查詢

香山濕地鴨嘴海豆芽(*Lingula anatina*)棲息地特徵研究

楊竣翔、游智翔、吳欣蓓、吳榮宗

國立新竹教育大學應用科學系生命科學組 指導老師:楊樹森老師

摘要

本實驗於香山濕地樣區規劃中探討鴨嘴海豆芽(*Lingula anatina*)密度與氧化層、鹽度及洶選係數等因子間的相互關係。

前言

本次實驗樣區位於台灣新竹市香山區香山濕地，介於客雅溪口至鹽港溪之間的潮間帶，本區生物多樣性豐富(Yen & Wang, 2007)，而本次實驗主要探討香山濕地鴨嘴海豆芽族群密度與棲地特徵之間的關係。活化石鴨嘴海豆芽(*Lingula anatina*)為腕足動物門、無鈣網、無穴目、海豆芽科中的一種，最早出現於寒武紀早期(孫，2008)，可見於正常的海洋環境，但在多泥、缺氧的半鹹水潮間帶中更為普遍。借肌肉收縮挖掘泥沙，營穴居生活(Savazzi, 1991)。

材料與方法

1. 採樣規劃 本實驗從香山濕地風情海岸邊出發至一百多公尺處(後來測量為140公尺)，隨機標定10公尺垂直海岸邊為寬，平行海岸前進105公尺為長，定面積分成三區(A、B及C)，各區為寬10公尺及長35公尺的長方形。

2. 離洞深度和殼長 假設採樣時海豆芽不被其它因素影響的狀況下，測量其殼長以及其深度。

3. 粒徑分析 每一樣區的對角線上取三個樣點，以香蕉鉗取出該點的垂直土壤層，並將土壤層由上到下分為四等份，分別是0-3cm、3-6cm、6-10cm、10-15cm四個深度，將三個樣點所採到相同深度的土壤混合作為本次實驗的樣品。將樣品處理烘乾後利用搖篩機分層秤重，再進行數據統計和洶選係數的分析。

4. 氧化層 利用香蕉鉗挖掘海豆芽時測量其氧化層深度。

5. 含水量 取出垂直深度15cm的泥土密封秤重，並用55℃烘乾後再封口秤重，失去重量與原本重量的比值即為含水量。

6. 鹽度 於三個樣區的中心點挖一個約20cm深的洞，待周邊的水流進去後再利用Horiba Multi-Parameter Water Quality Meters測量數值。

7. 統計分析 利用Excel和SPSS(版本18)進行數據處理及分析。

結果

1. 族群密度 三區採樣結果如圖1，由於三區面積相同，令其面積為1，故其密度與數量相等，1區密度為43，2區密度為32，3區密度為34，而利用卡方檢定所得結果為0.3887。

樣區	各區密度	期望值	CHITEST
1	43	36.3333	0.3887
2	32	36.3333	
3	34	36.3333	

圖 1

2. 粒徑分析 各區粒徑比例如圖2，每區分為4層(-1, -2, -3及-4)，依序為0-3cm、3-6cm、6-10cm以及10-15cm四個深度。

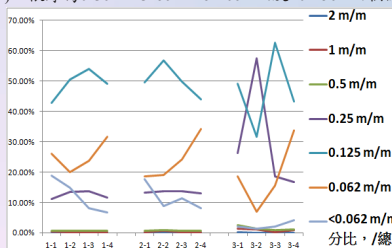


圖 2

樣區	含水量	鹽度	氧化層	離洞深度	殼長
1	0.19183	23.5	1.26	9.3	2.6
2	0.22222	19.5	2.4	9.6	2.6
3	0.20189	12.2	2.5	9.2	3.4

圖 3

3. 環境因子統計與分析

圖3包含氧化層深度(cm)、含水量、鹽度(ppt)、海豆芽離洞口深度(cm)及殼長(cm)的平均值，圖4包含粒徑分析的中值(mm)及洶選係數。

4. SPSS相關係數分析

圖5、6、7及8，包含各項因素的相關係數，其中洶選係數分析跟各相關因素比較。

樣點	中值	洶選係數
1-1	0.2100	1.6588
1-2	0.2431	1.5452
1-3	0.2515	1.4487
1-4	0.2314	1.4881
2-1	0.2395	1.5973
2-2	0.2606	1.5059
2-3	0.2421	1.5146
2-4	0.2206	1.5287
3-1	0.2999	1.4860
3-2	0.4415	1.4451
3-3	0.2848	1.3084
3-4	0.2397	1.5146

圖 4

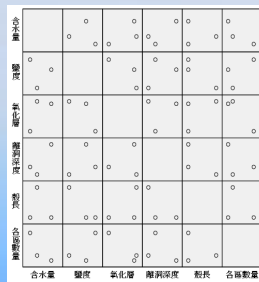


圖 5

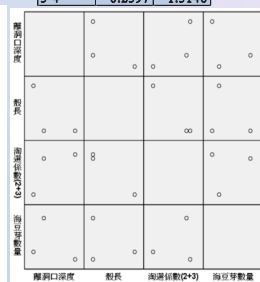


圖 6

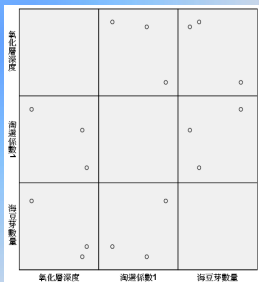


圖 7

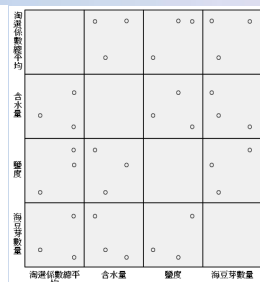


圖 8

討論與結論

- 族群密度** 卡方檢定所得值為0.3887(大於0.05)(圖1)，表示各區族群分布呈現隨機分布。
- 含水量vs.離洞深度**：含水量越高，土越軟越好挖，離洞口深度越深。
- 鹽度vs.殼長**：鹽度越高越限制其生長，所以呈現負相關。
- 氧化層vs.各區數量**：氧化層越厚表示越多其他生物競爭棲地資源，造成負相關。
- 洶選係數1vs.氧化層深度**：洶選係數呈現負相關表示海流洶選作用良好，而提供良好棲地資源。
- 洶選係數總平均vs.鹽度**：洶選作用良好地區，該區鹽度也較低。
- 洶選係數(2+3)vs.殼長**：洶選係數與殼長呈現負相關，表示洶選作用越差會限制其生長。
- 結論**：鴨嘴海豆芽於採樣區呈隨機分布，表示本實驗環境因子皆處於其環境耐受範圍之中。

參考文獻

- 孫毅霖. 2008. 寒武紀生命大爆發現象的困惑與思考. 自然辯法通訊. 第30卷, 第1期.
Savazzi, E. 1991. Burrowing in the inarticulate branchiopod *Lingula anatina*. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 85: 101-106.
Yen, C. K., & Wang, Y. Y. 2007. Applying GIS on the Inventory of Coastal Ecological Information for Hsiang Shan Wetland in Hsin Chu. *Geographic Information System*, 1(4): 16-24.

三、評量

中海拔原始森林探索活動不佔任何課室時間，2天的活動時間只能選擇星期假日，扣除交通及夜間休息，學生學習的時間約12個小時。探索活動過程中所討論議題或是知識性的內容列入期末考紙筆測驗範圍，不另行繳交學習單或活動報告。微專題實驗操作除了課堂講解的時間之外，每位學生也需要額外20至25個小時的時間完成實驗。兩項教學活動合計約30至35個小時，相當於2個學分的時數，因此生態學及實驗實際用掉的時數接近於每週3小時的室內課程及3小時的實驗課，對學生而言實際投入的時間可能更多於此。生態學並非當今熱門領域的學科，本系因為是必修才能維持修課人數，沉重的課業負擔其實讓許多學生避之唯恐不及，即便如此，98學年度至103學年度生態學及實驗教學評量結果均高於系所平均，教學評量中有關質性評語則是多數圍繞探索活動和實驗課經歷。

伍、反思與建議

一、野外探索活動

生態學課程的野外探索活動實際上已經實施8年（96至103）學年度，早期曾經選擇的地點包括南投縣惠蓀林場和魚池鄉的蓮華池（林業試驗所蓮華池分所），這兩個地點距離新竹市相對較遠，惠蓀林場的小初山位於森林遊樂區之外，這裡有完整的原始林和溪流，關刀溪是國內長期生態研究的據點之一，這裡也是理想的戶外課室，但是體驗課程的整體多樣性仍不如鎮西堡，特別是欠缺原住民人文生態及湖沼生態內容。魚池鄉的蓮華池屬於低海拔的淺山地區，林業試驗所經營的許多試驗內容（例如集水區研究）是關於生態服務的很好範例，由於步道設施良好，蓮華池的優點是可以進行夜間生態觀察。特有生物保育中心與蓮華池之間的距離甚短，戶外見學安排可以先至保育中心的解說教育館參觀，再轉往蓮華池實施森林探索觀察，如果課程屬性是偏向非生態學專

門領域，特有生物保育中心結合蓮花池是很好的規劃。

鎮西堡中海拔森林探索活動經歷6年之後已經累積充足的經驗，通往毒龍潭的原始森林步崎嶇難行，其中有數段路程必須借住繩索，下雨天更為濕滑，對有經驗的登山人士而言都不是輕鬆的路段，因此在多次攀登過程中也經歷各種驚險，但也平安無事。歷屆學生口耳之間已經成為經典，已經歷者相互比較自己的經驗，未經歷者則是既期待又害怕。對課程執行者而言，2日的戶外探險已經成為不能放棄的傳統，但是帶隊者承受的壓力卻逐年增加，其一是教師年齡漸長，其二是學生結構也逐年改變。這樣的現實也是目前野外現場教學在生態與自然史相關的課程中逐漸式微的原因。另一方面因為電子媒體發達，課室有便利的工具連接網路，各類網站上的圖片和Youtube上的影片在課室中逐漸取代現場體驗，這個現象不僅是國內如此，先進國家也有類似的發展趨勢（Resasco, 2013）。導致這樣的發展趨勢的原因，除了替代方案可以滿足部分授課教師要求之外，野外現場教學的不確定因素較多，再加上安全責任的考量，大部分的教師均望而卻步，學校若能提供更好的支援系統，培養具有專長的助教或外聘專業人員進行合作，教師發展此類型課程設計的意願會更高。

鎮西堡山徑崎嶇難行，體力較差同學通常在路途未過半時就顯露疲態，同學互相鼓勵到達最高點毒龍潭。雖然下山的路程不再進行課程解說，但是大部分同學已經體力耗盡，另一方面下山時的重心不易掌控，真正的考驗在下山的路途，如果是天雨路滑情況更是惡劣。不論是上行或是下行的路程，行間培養互助精神，互相關懷提醒是最佳的安全守護，經歷這樣的過程凝聚班級的向心力，其造成的影響是探索課程額外的收穫。

二、微專題實驗

實施微專題實驗之前的生態學課程為3學分不含實驗，搭配的實習僅安排1次陸域生態及2次水域生態調查的示範及器材操作。陸域生態調查選在高峰植物園，以講解示範為主，講解內容包含各種動物調查法、穿越線設計及植被樣區等，學生練習使用衛星定位、測距儀、望遠鏡、光

度計、風速計、溫濕度計及其他常用器材，練習測距、坡向及坡度觀測等。2次水域生態實驗示範分別選擇溪流及水庫進行，學生練習使用儀器測量溫度、溶氧、酸鹼度、氧化還原度及濁度等水體物化因子。溪流水域則示範如何使用蘇泊氏網採集底棲動物，如何用牙刷採集底藻，如何使用手拋網捕捉魚類。水庫區則讓學生練習使用採水器取得不同水層的水樣，也示範如何使用不同網目的浮游生物網採集生物樣本。上述的示範實驗雖然能讓學生動手參與操作，學生也很樂意去使用這些器材，但是要產出結果卻非常困難，學生在實驗示範結束後僅能留下模糊的映像。

另一方面，傳統實驗課設計大多遷就於排定的課表，實驗安排必須在設定的時間內完成並且顯現預期的成果。生態學任何一個現象的發生至結束（或永遠沒有結束）不會在短期間內完成，因此能夠安排在限定時間的室內實驗都集中在極端現象的觀察或是特定現象的模擬。微專題實驗的設計將實驗的場所放到真實的生態系中，實驗的時間軸拉長，藉由群體的合作訓練學生領導、協調和溝通的能力。本系生態學修課學生為3年級學生，這些學生在2年級時均已經修習過生物統計學，統計學中的取樣方法與資料分析在微專題實驗中可以實際應用，這樣的設計更能讓學生達到學以致用的目標，實驗期間許多學生也會自動尋求生物統計授課教師協助，期末評比也邀請生物統計授課教師到場指導。微專題實驗結果以論文壁報製作方式呈現，學生在發表過程必須口述其實驗流程及結果，這樣的方式對大部分的學生而言都是全新的經驗，過程中間接訓練學生統整分析資料及口語表達的能力。

對於授課教師而言，指導微專題的生態實驗不但耗費時間而且需要額外教學資源的挹注，如何讓其可行又不致於讓授課教師的負擔過於龐大，從執行的經驗中得知，多人（4至5人）群組合作完成實驗是值得嘗試的方法。分組可以降低實驗所需的龐大資源，透過合作學習及同儕砥礪形成科學社群是額外收穫，另一方面分組實驗也降低教學的負擔，讓授課教師更願意投入教學。但是分組合作通常是最理想狀態，當組員參與率低且不能合作完成實驗的時後，會導致實驗成員產生衝突，最後也會造成教師評定成績的困難。從實施的經驗中逐漸調整發現，實驗剛開始的時後就要選定群組的領導或協調者，透過領導者可以更容易掌握群

組的狀態，實驗工作的協調也能更為順暢。除了授課教師實驗的指道之外，微專題實驗能夠順利執行的要素在於實驗室碩班及大四專題生的協助，不論是器材的管理維護或是實驗方法的協助都需要這些有經驗的學生，因為教師無法時時刻刻在研究室待命，尤其是大部分的實驗均在假日的時後執行。

三、生態教育的前瞻

生態學研究的發展在新古典時期之初，學者需要從野外獲得大量材料，當時的研究人員有如自然獵人，長期的野外工作讓生態學家能深刻的體驗自然界的繽紛多樣，Wilson（1992）在「繽紛的生命」一書中所描述的許多經典景像，若沒有親身經歷無法如此深刻，也無法引起世人的共鳴。早期的這些自然獵人所收集的標本成為後人重要的參考，生物標本許多是存在標本館或是冰箱裡，接替的學者某些時候在標本館或是冰箱裡翻找就可以獲得許多材料，這段時間自然獵人逐漸減少，取而代之的是自然觀察家，生態研究仍然要花許多時間在野外完成。隨著20世紀資訊科技的發達，遠距觀察已經逐漸成形，分子生態學依靠大量累積的數位資料在網路上交流，生態學卻逐漸遠離生態變成電腦螢幕上串流的大量數位資訊。不必跟大自然直接產生聯結的生態學有如虛擬實境（VR）或是擴增實境（AR）一般，學生無法精細而深刻體認萬物生存所需的環境，更難對環境科學產生具體認知。因此，戶外學習不但對中小學生有很好的助益，其對大學生甚至社會人士都深具效果，尤其是學習內容相關於自然生態及環境保護的議題，戶外課室更形重要（Rickinson et al., 2004）。

生態學課程安排的鎮西堡中海拔原始森林探索活動及微專題實驗，本著學習者自主的精神，透過探索生態系學生態學，結合課室與戶外教學，培養具有良好生態意識的國民，也能引發具由學術潛力的年輕生態學者。個人從課程實踐的過程中感受到年輕學子在經歷後的轉變，不單是生態學的眼界，甚至是面對人生的態度，在此分享，也希望更多的老師在還走得動的時後，多帶學生走入真實的世界，將課堂上無法闡述的經驗傳承下去。

致 謝

鎮西堡的自然探索課程實施期間非常感謝泰雅族人阿道・優帕司與拉哈・達利夫婦的協助，讓我們能充分掌握當地的路況和管理探索活動的可能風險，阿道豐富的知識和生動的解說更讓學生受益良多。每次課程也要感謝生物多樣研究室的成員姜美甄、陳正右及王智群的協助，準備晚餐，耐心的將走不動的學生一步一步的緩緩帶下山。

參考文獻

- 洪如玉（2014）。深層生態學內涵探究及其教育蘊義。新竹教育大學教育學報，31(2)，103-134。
- Allison, S. K., Ehman, W. J., Ellison, A. M., & Mull, J. (1996). A synthetic review of several major ecology textbooks. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 77(2), 93-99.
- Barrett, G. (2005). *Eugene Pleasants Odum 1913-2002, A biographical memory*. *Biographical memories* (Vol. 87). Washington, DC: National Academies.
- Egerton, F. N. (2012). *Roots of ecology: Antiquity to Haeckel*. Berkeley, CA: University of California.
- Egerton, F. N. (2015). A History of the ecological sciences. *paper collection of Bulletin of the Ecological Society of America*. Retrieved from http://esapubs.org/bulletin/current/history_links_list.htm
- Key, D. (2003). *The ecology of adventure* (Unpublished master's thesis). University of Edinburgh, Edinburgh.
- Odum, E. P. (1953). *Fundamentals of ecology*. Philadelphia, PA: W. B. Saunders.
- Odum, E. P. (1983). *Basic ecology*. Philadelphia, PA: Harcourt Brace College.
- Resasco, J. (2013). Field-based and hands-on ecology labs increase undergraduate interest in the natural world. *Journal of Natural History*

Education and Experience, 7, 22-25.

- Rickinson, M., Dillon, J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., & Benefield, P. (2004). *A review of research on outdoor learning*. Preston Montford, UK: Field Studies.
- Willson, E. O. (1992). *The diversity of life*. Cambridge, MA: The Belknap press of Harvard University.

The Teaching Portfolio for Application of Expedition Activities in Medial Altitude Primary Forest and Practice of Term Projects in Ecology Class

Shuh-Sen Young*

Abstract

In ecology class, from 2009 to 2015 in six consecutive years, for the sake of achieving teaching objectives and increasing the student's cognition of local ecosystem, an expedition activity was carried out for the period of two days in medial altitude primary forest in each year. The activities implemented at giant trees forest and high land pound Du-Long-Tan near to Cinsbu tribal unit locate in Hsinchu county. The ecological laboratories of this class were designed as half semester term projects, and carried out from 2010 to 2015 in five consecutive years. Total of 31 term projects were conducted at Shi-Ba-Jian-Shan (Eighteen peak mountain), Gao-Feng floristic garden and Xiang-Shan wetland near to the center of Shinchu city. Some of the projects were the continuum studies of previous year. All the term projects were similar to small scale independent research, the study results were presented by oral report and poster exhibition at end of semester simultaneously. The content of expedition activity and field term project studies were extended from teaching class, and also tried to make deeper connections between students and the land they lived on it. The goal of expedition activities are seeing and learning human ecology, landscape ecology, forest community ecology, limnology, population ecology and evolutionary ecology.

Keywords: natural expedition, ecology, term project, aboriginal culture

Received: December 25, 2015; Modified: August 23, 2016; Accepted: August 31, 2016

* Shuh-Sen Young, Professor, Department of Applied Science, National Tsing Hua University, E-mail: shuh@mail.nhcue.edu.tw