

# 森林內黃綠螢棲地多樣性復育的教訓

文、圖 ■ 梁昇 ■ 國立中興大學水土保持學系教授

## 一、前言

地景原由豐富的動植物內涵所賦予，養育豐富的動植物則賴自然資源。森林擁有水、物種、流動的能量、無窮多分解者基群、與養育萬物基本營養。森林幾乎可以說是生態系潛力極大的創造者，然而森林創造出的地景有大有小，不但尺寸不一而且時空特色各異。此乃各分區的地景所擁有資源種類不同或成分有異所致。如果各分區依其食物鏈的主軸分割，森林則依此分為若干次生態區而再下分終可分割成諸多微生態區；這些微生態區內的物種及其交錯複雜的過程與功能即可概稱為微生態系。一微生態系如保留在森林內，雖偶而遭受破損，其可復育性是極佳的。如果復育者能洞察主關鍵推動力，足以迎刃而解；是以，生態工法決非旁門左道，更非想入非非，而是復育者心中非有「生態系自我設計（self-design）的奧密」存在不可。

雖然人類曾經自有史以來「複製生態系」的唯一大挑戰中敗下陣來。1991年8個科學家在1.8平方公里的一個完全隔絕玻璃屋「Ecosystem 2」內宣稱要住上2年，奈何因操作中「Ecosystem 2」內氧氣含量日見降低而

不到半年即宣佈失敗。然而微域生態系的戰績卻有不少成功的案例；如水泥入侵森林時，導致水生螢火蟲的滅亡。那是水泥池出現出阻斷水生螢火蟲生態主關鍵推動力，若是復育水生螢火蟲就要復育這個主關鍵推動力。本文與你分享這個主關鍵推動力是甚麼？也分享如何用試驗來印證這個主關鍵推動力不可或缺的重要性。

## 二、國內生態商機

東勢林場螢火蟲有6屬12種，在圖1遊憩旺季，受限於主要螢火蟲品種以黑翅螢為主，也受惠黑翅螢大量集中出現特性。3月到5月賞螢季招攬到之遊客數量為僅次於農曆年節假期之次高峰。入場卷每人200元，都集中在夜賞螢火蟲與生態教育入場人數。螢火蟲季活動除了室內生態影片解說與夜間現場解說外，尚有東勢地方交響樂團年年前來演奏助陣，成為地方文化特色的一環。圖1可看出其他月份到園旅遊人數遠遠落後，若能在其他月份也可提供螢火蟲生態盛宴，應有利到園旅遊人數之維持與成長。東勢林場物種極具多樣性，場內螢火蟲許多棲地受到積極

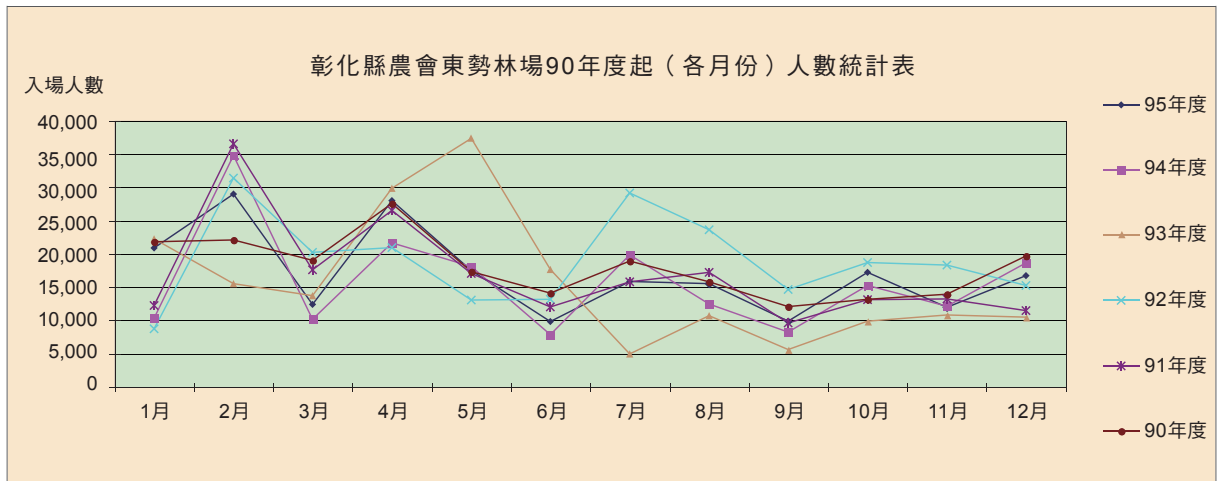


圖1 東勢林場90年度起逐月入園人數，除農曆年假到5月外均偏低。因此復育水生螢火蟲來增加吸引其他月份遊客的策略極富潛力。

保護，如減少光害、禁用化學藥劑而採人工鋤草等方式，因此足以擁有大量螢火蟲提供生態資源。最初，商機誘發我們的復育動機。

### 三、水生黃緣螢復育主關鍵推動力

屬水生螢火蟲的黃緣螢有四生育期，一年一世代。卵期如圖2a，最少須約20天；幼蟲期如圖2b，最少須約93天；蛹期如圖2c，最少須約10天；成蟲期如圖2d，最少須約14天。一生中只有幼蟲期在水中活動尋找食物，因此有「入水」與「上陸」的特殊行為。其中上陸行為馬上要掘土洞如圖2c化蛹。黃緣螢羽化為成蟲可發生於3月至10月，正符合商機標的。如果原有土壤變成水泥地，不但無法掘出洞來藏身而且只能曝曬在水泥地上，不是曬死就是為它種動物掠食以去。如果水泥如此進入森林成為水泥池，黃緣螢自然無法延續其生命。「上陸化蛹」正是此狀況下生態主關鍵

推動力，但卻不是黃緣螢繁衍唯一生態主關鍵推動力。

筆者與研究生以不妨害黃緣螢上陸化蛹為基本條件，在東勢林場大環境下，利用人工營造4種不同材質所構成之微域棲地，分別為（A）客土袋水池區、（B）溫室水池區、（C）水族箱區、（D）淺水池盆區，來印證水生黃緣螢多樣性棲地的可行性。

### 四、水生黃緣螢復育主關鍵推動力的印證試驗

在上述森林內闢出四種微域水生環境，內維持黃緣螢「上陸化蛹」通暢，經為期11個月的觀察及紀錄，得到重要成果如下：

（一）96年5月1日分別於各樣區放流黃緣螢3~5齡幼蟲150隻，並於5月3日起至97年2月底止，每3日進行1次觀察及捕捉成蟲，黃緣螢幼蟲羽化為成蟲之數量以（A）區黃緣螢成蟲84隻為最多，羽化率為56%、



圖2 黃緣螢四生育期。

(B) 區成蟲數量78隻為次多，羽化率為52%、(C) 區成蟲數量65隻，羽化率為43%、(D) 區成蟲數量57隻為最低，羽化率38%。均足以達成復育目標。

(二) 溫度值變化從12~33.5℃；濁度值變化從0.12~69.4 NTU；酸鹼度值變化從pH 5.99~9.17；容氧量值變化從0.65~7.82 mg/L；導電度值變化從35.2~999 us/cm。整體而言，各項數值變異

極大，但於各樣區仍可捕獲成蟲。由上述二項成果，表示黃緣螢棲地多樣性是存在的。

(三) 於不同棲地環境內蛙類、昆蟲及其他生物組成差距甚大，卻有規則可循。經由每季物種調查資料所得，物種多樣性順序依序為A>B>C>D，因此推論水域環境內的物種愈多樣性，棲地愈穩定，黃緣螢繁衍愈容易。此物種多樣性正是得益自林區的大環境，是以黃緣螢羽化率與該棲地物種多樣性指標成正相關，森林提供大環境背景顯見增益效應。

(四) 不過，仍有不解的答案是A區96年12月出現水質pH高達9.17，乾早期水量少的情況下，發生這種水質偏鹼性現象。經梅雨之後在97年6月5日，分別加測雨水與池水PH值則為7.0與6.3，卻與多水期呈相反的微酸結果。兩種南轅北轍的結果有甚麼重要生態訊息？我們儘管懷疑到底為滲入來自岩層之地下水或植物生態上何種因素所致，惟尚無法證實。

後來為了解答上述(四)項的疑惑，再經室內進一步中性水源的實驗，我們發現水域氮循環(Nitrogen Cycling)具有控制四生育期連續完成更有效的威力。可見生態自我設計有點類似於人類的衣戴，內衣與外套都要掀開才會看到胴體真相。如果這封閉的微系統與林地大環境相通，水源的流入、水源挾帶的有機物分解、水中綠藻光合作用時吸收CO<sub>2</sub>、水生植物種類及機能、進入大氣的氣態氮等所有的歷程均與森林有密切的關係，會因而比前述室內水域氮循環更複雜且循環





幅度更大。但是主關鍵推動力一樣可以清楚地掌握。

## 五、結論

復育水生螢火蟲同時可以看到許多可以計量或不可計量的好處，雖然日本只有1個月能看到螢火蟲，卻與臺灣或中國大陸長達10個月一樣，都是長久以來受到文化界鍾愛的小昆蟲，螢火蟲在日文叫「ほたるの星」，每年有「螢火蟲祭」的活動。日本文化裡，人類靈魂被描述成一顆漂浮、搖曳的火球，螢火蟲何其相似，正可用來象徵人的靈魂。目前有動畫「螢火蟲之墓」正在流行。日本學者一方面大談生態商機卻又極力主張東西部閃爍頻率不同各具特色的螢火蟲，均應加以維持。可見區區小蟲影響層面極廣。在臺灣現在40歲以上的人們曾經心中美好遐思與童年回憶，在春末夏初的夜裡，一群孩童追逐著螢火蟲的光軌在嬉戲、遊玩，大人們則在一旁泡茶聊天，好一幅入詩、入歌、或入圖的林園之樂，浮現在眼前。在歐、美螢火蟲的研究登錄在科技泰斗雜誌Nature (Branhan & Greenfield, 1996)，也多次出現在大眾化Scientific American (Buck & Buck, 1976) 雜誌，是通俗卻又專業的產業。東勢林場黃緣螢復育成功，樂見它被開發利用來增加吸引遊客的策略。

雖然「生態奧密」俯仰好像皆可得，但生態工法最大的敵人卻是隨意俯仰造就的偏見。偏見主要源自不正確的觀察與不良的推理。許多應用到上述「Ecosystem 2」內的理論

與方法一定有不少偏見，才會導致失敗；人類其實並沒有準備好。SAR-IR影集介紹位在巴拿馬Barro Colorado Island上世界第一個「森林動態監測區」內的重要發現時，提出兩個衝破偏見成果。其一是毛毛蟲與螞蟥食源防線，在同一棵小樹上比鄰而居的毛毛蟲靠分泌糖汁餵養螞蟥與能發聲向螞蟥召喚求救兩種絕招安全渡過一生中最脆弱的食草棲地期。可知原有認為螞蟥是毛毛蟲的天敵已是不適合的偏見。其二是巨木Dipteryx新世代生機，依賴的是夜間嗜食已成熟果實的葉蝠與旱季末期（5月開始前4個月總雨量僅佔全年7%）凌晨前來覓食殘果的蹄鼠的共同合作以及5月開始的雨季一連串組構的絕妙條件。但是白天前來覓食殘果的蹄鼠卻無貢獻，生態系自我設計奧密豈止於日出而作日入而息的傳統？如果只斷定是蹄鼠促成，此時也是偏見；如果沒有葉蝠叼走成熟果實而造成種實離開母樹，如果沒有巧妙的旱季備糧企圖，與隨後必來到的雨季自然慣律，種子可能無法入土，也不會在土中種芽吸熱與水而萌生；巧妙的一連串結合才造就生態演化主關鍵推動力發揮這樣的作用。螢火蟲、毛毛蟲與巨木新生機的3個案例是生態系「自我設計能力」的良好闡明。🌱



（圖片：萬遠文化）