

# 大屯姬深山鍬形蟲之族群量變化和 遷徙活動研究

受委託者：私立東海大學生命科學系

研究主持人：林仲平

研究助理：黃紹彰、張家銘、陳明玉

陽明山國家公園管理處

委託研究報告

中華民國九十八年十一月

## 目次

表次.....	II
圖次.....	III
摘要.....	IV
英文摘要.....	VI
<b>第一章 緒論.....</b>	<b>1</b>
第一節 研究緣起與背景.....	1
<b>第二章 研究方法.....</b>	<b>5</b>
第一節 調查時間、方法及樣區.....	5
第二節 族群變化量及遷徙模式調查.....	7
一、標放法.....	7
二、資料分析.....	9
第三節 影響遷徙模式和族群量的因子.....	10
一、特徵和形值測量.....	10
二、微氣候測量.....	11
第四節 飼養實驗.....	12
<b>第三章 結果與討論.....</b>	<b>13</b>
第一節 鍬形蟲出現頻度及族群數量估算.....	13
第二節 鍬形蟲於樣區內的地理分佈.....	16
第三節 鍬形蟲形值測量.....	18
第四節 標記顏色對鍬形蟲的影響.....	19
第五節 環境因子調查.....	21
第六節 族群量波動.....	23
第七節 飼養實驗.....	25
第八節 遷徙模式.....	26
<b>第四章 結論與建議.....</b>	<b>27</b>
<b>附錄.....</b>	<b>29</b>
<b>參考書目.....</b>	<b>41</b>

表次

表3-1。鍬形蟲行為。..... 20



## 圖次

圖1-1。大屯姬深山鍬形蟲雄蟲.....	3
圖1-2。大屯姬深山鍬形蟲親緣關係圖.....	4
圖2-1。調查樣區圖.....	6
圖2-2。標記之鍬形蟲.....	8
圖2-3。鍬形蟲大顎及翅鞘長之量測.....	10
圖3-1。大屯姬深山鍬形蟲一日內出現頻度.....	14
圖3-2。每日捕獲蟲數.....	15
圖3-3。大屯姬深山鍬形蟲之採樣點分佈.....	17
圖3-4。鍬形蟲形值分佈.....	18
圖3-5。捕捉前、後之飛行距離.....	20
圖3-6。每日平均風速.....	22
圖3-7。捕獲蟲數與平均風速之相關性.....	22
圖3-8。族群量估算.....	24
圖3-9。再捕捉率估算.....	24
圖3-10。鍬形蟲飼養存活天數.....	25

## 摘 要

關鍵詞：陽明山國家公園、族群量、存活率、再捕獲率、標記效應、鍬形蟲科

### 一、研究緣起

大屯姬深山鍬形蟲 *Lucanus datunesis* Hashimoto 1984 (Coleoptera: Lucanidae) 是臺灣特有種鍬形蟲，目前僅分布於陽明山國家公園內大屯火山區，進行此一特有昆蟲的生態研究，有助於臺灣產鍬形蟲的保育工作，並可提供國家公園規劃此種鍬形蟲保育工作時的參考。

### 二、研究方法及過程

我們針對園區內大屯火山區大屯姬深山鍬形蟲族群，利用標放法 (mark-release-recapture) 於繁殖季研究該族群的出現時間、日活動週期、族群變化量及成蟲存活率，並分析影響鍬形蟲族群量、出現頻率和再捕獲率的生物 (大小、性別、年齡等) 和環境因子 (溫度、濕度、日照、雨量、風速等)。我們並於調查過程中比較不同顏色之標記對鍬形蟲之存活率與再捕獲率的影響。

### 三、重要發現

調查結果指出鍬形蟲於每日約 8 點至 11 點為活動高峰。本季於六月二日至七月一日，共捕捉與標記 265 隻雄蟲 (382 隻次)。依照標放法所得數據，我們估算本季鍬形蟲族群數量為 601 隻。紫色標記之鍬形蟲族群估算數量明顯較銀色標記之鍬形蟲高。鍬形蟲雄蟲的平均日存活率為  $0.84 \pm 0.22$ 。紫色與銀色標記之鍬形蟲存活率並無顯著差異。風速大於 2 公尺/秒時，鍬形蟲會減少飛行活動。另外雨量亦是影響鍬形蟲出現與否之重要因子。

#### 四、主要建議事項

大屯姬深山鍬形蟲僅出現在五月中、下旬至六月底的早上八點至十一點，建議這段時間應加強非法捕捉鍬形蟲之取締。這段期間也適合安排生態教育解說活動。後續研究工作可利用無線電追蹤此鍬形蟲之活動範圍及遷徙模式。

## ABSTRACT

*Lucanus datunensis* Hashimoto 1984 (Coleoptera: Lucanidae) is an endemic stag beetle species of Taiwan and only distributes in Mt. Datun of Yangmingshan National Park. The life history and ecological studies of *L. datunensis* are necessary for designing proper conservation management. We used mark-release-recapture to estimate population sizes, survival rates, and recapture rates of *L. datunensis*. Environmental factors such as temperature, relative humidity, light intensity, and wind speed of the study area were recorded to study their effects on the estimated population parameters. Two colors of paints (purple and silver) were used to mark beetles and study their effects on beetle's behavior and movement. Our results showed that the peak of daily flying period for *L. datunensis* was mostly from 8:00 to 11:00. From June 2<sup>nd</sup> to July 1<sup>st</sup> of 2009, a total of 265 individuals were captured and marked (382 recapturing individuals). This season, the estimated population size of *L. datunensis* in this season was nearly 600 individuals. The estimated population size of individuals marked with purple were much higher than that with silver paint. The average survival rate of *L. datunensis* was  $0.84 \pm 0.22$ . There was no significant difference on survival rates between individuals marked with purple and silver paint. Before the consecutive rainy days starting on June 10, the recapture rate was higher

on individuals marked with purple paint. When the wind speeds were greater than two m/s, the flying activity of the stag beetle reduced. We suggested that more efforts can be allocated for patrolling the area to prevent illegal collection during the peak of male flying periods. Further studies of dispersal range and migratory pattern of *L. datunensis* can be done using radio telemetry.

Keywords: Yangmingshan national park, population size, survival rate, recapture rate, marker effect, Lucanidae



陽明心學

## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

陽明山國家公園位於季風型亞熱帶氣候區，多樣的地形及繁茂的植被提供了北臺灣各種動物絕佳的覓食、活動和棲息場所，這個國家公園孕育及保存了豐富的臺灣特有生物。大屯姬深山鍬形蟲 *Lucanus datunesis* Hashimoto 1984 (Coleoptera: Lucanidae) (圖 1-1) 是臺灣特有種鍬形蟲，族群分布範圍狹窄，僅出現於陽明山國家公園內大屯火山區及周遭零星山區。零星的自然史觀察顯示大屯姬深山鍬形蟲的雄蟲為晝行性昆蟲，每年大約五到六月間雄蟲大量出現於大屯山區芒草叢、箭竹叢或地面，雌蟲則較為少見 (張永仁 2006)。近年來由於棲地破壞和人類大量採集的壓力下，使得臺灣特有種鍬形蟲族群數量長期受到威脅，然而大屯姬深山鍬形蟲詳細的生活史資料欠缺 (例如，繁殖地點，幼蟲生態，交配行為等)，因此進行此一國家公園內特有昆蟲的生態研究，有助於大屯姬深山鍬形蟲保育工作的進行，與長期保育策略的擬定。

動物遷徙 (dispersal) 可以視為物種決定是否在原棲地去留，以及對其去留權衡利益得失 (trade-offs) 之後所做的結果。研究顯示，當有許多合適且閒置的棲地存在時，理論模式推測高頻率的區域性滅絕率 (local extinction) 將促進動物遷徙 (Johnson and Gaines 1990)。而動物遷徙型式對於關聯族群 (metapopulation)

的動態有直接且深遠的影響。除了保護孤離族群 (isolated population) 之外，保育物種族群多樣性的重點之一在於維持族群長期存活所需之關聯族群。因此了解物種遷徙的過程及遷徙事件發生時的距離和速率，將有助於實際且全面性地了解關聯族群的動態。擬定及運用適當的經營模式，應用在保育工作上可以降低物種的區域性滅絕率，但是要有效維持關聯族群的長期存活，適宜的棲地間距要近到足夠讓遷徙產生的拓殖 (colonization) 活動持續進行，所以研究物種遷徙的範圍和速率在保育策略上扮演非常關鍵的角色。

目前國內學界對於大屯姬深山鍬形蟲的遷徙活動和生活史尚無任何相關研究，只有最近幾年的分子遺傳學研究指出，大屯姬深山鍬形蟲和台灣其他特有種鍬形蟲親緣關係疏遠，反而和大陸許多 *Lucanus* 屬的鍬形蟲種類較為相近 (Lin et al. 2009)。由此結果推論台灣產的特有種鍬形蟲在過去為多次由大陸遷移至臺灣，而在臺灣島內分化而成 (林等 2009) (圖 1-2)。針對族群內遺傳變異的分析顯示，大屯姬深山鍬形蟲族群的遺傳變異非常小，在十三個粒線體 *COI* 基因定序的個體、其基因序列均相同，顯示這個族群的有效族群量 ( $N_e$ ) 非常小，值得保育單位重視 (Lin et al. 2009)。本計畫目標針對陽明山國家公園園區內大屯姬深山鍬形蟲族群，利用標放法 (mark-release-recapture) 於繁殖季研究該族群的出現時間、日活動週期、族群量變化及成蟲存活率，並嘗試分析影響鍬形蟲族群量、出現頻率和遷徙的生物因子 (大小、性別、年齡等) 和環境因子 (溫度、濕度、

日照、雨量、風速等)。標放法相較於其它昆蟲族群調查法，例如無線電追蹤法 (radio telemetry) (Rink & Sinsch 2007)，雖然有其方法和資料分析上的限制，但因簡便和經濟，將有助於初次調查锹形蟲基本生態資料的進行與研究方法上的修正。本計畫後續的長期生態研究，將可利用無線電追蹤法來調查個體遷徙模式，或使用分子標記 (微衛星 DNA) 來估算有效族群量，對此稀有的锹形蟲做更深入的調查。



圖 1-1。大屯姬深山锹形蟲雄蟲。黃紹彰攝於 2009 年 6 月 3 日，大屯山。

**cox1+wg**

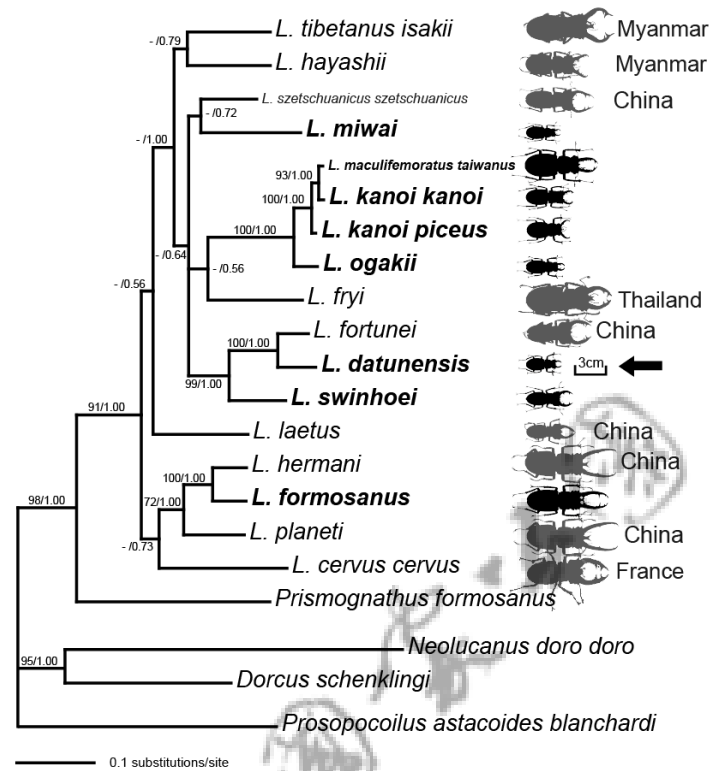


圖 1-2。大屯姬深山鋏形蟲親緣關係圖。

利用大屯姬深山鋏形蟲之粒線體 *COI* 及核 *wingless* 基因之 DNA 所重建之親緣關係圖 (Lin et al. 2009)。

## 第二章 研究方法

### 第一節 調查時間、方法及樣區

本研究於 2009 年五月二十七日至七月二日，在大屯山主峰地區進行調查。我們以每天一次之頻度在這段時間內連續進行野外採集和標放工作。六月四日及六月十日至十六日為連續雨天，這段時間樣區內並無飛翔之雄蟲。樣本採集地點為由大屯主峰登山步道往二子坪停車場之沿途及二子坪停車場至大屯山助航站道路。採集方式以定點來回目視搜尋於此兩條路線上及兩側（約 5 公尺內）之鍬形蟲（圖 2-1），以避免人為對棲地的干擾，並降低對當地植物及動物相之影響。由於樣區地勢陡峭，且鍬形蟲雄蟲於日間慣於飛行於草叢間，因此本調查沒有使用掉落式陷阱捕捉樣本。採集時間為每天早上七點半開始至當日鍬形蟲停止活動（無飛行或無個體出現）為止。另外，我們於鍬形蟲本季出現之初期（六月三日）、高峰期（六月十八日）及末期（六月二十六日）共三日，進行整天以每一個小時一次之頻度調查整個樣區內鍬形蟲之出現頻度，及個體數量隨時間變化的情況。



圖 2-1。調查樣區圖。

- a) 由大屯山主峰下登山步道往二子坪停車場方向。b) 二子坪停車場至大屯山主峰之沿途道路。

## 第二節 族群量變化及遷徙模式調查

### 一、標放法

於野外調查期間，我們利用昆蟲網（網寬直徑 46 公分，長度 1.6 公尺，博視科教，台中，臺灣）或徒手捕捉鍬形蟲成蟲，另外利用不同長度的昆蟲網捕捉在草叢間飛行的雄蟲。在捕捉鍬形蟲之前，我們觀察並紀錄個體的位置及行為（飛翔，或停棲）。採集到的鍬形蟲立即以電子游標尺 (SV-03, E-BASE) 測量大顎及翅鞘長，並記錄個體捕捉的地點及時間。所捕捉之鍬形蟲以無毒、無鉛之油漆簽字筆 (雄獅-MM610) 於鍬形蟲翅鞘上塗寫編號，編號大小約為 1.5 x 0.6 公分 (圖 2-2)。我們使用紫色及銀色兩種簽字筆分別編予奇數及偶數號碼，以比較不同顏色的標記對於鍬形蟲存活率及再捕獲率的影響。經過測量和標記手續之後 (約五分鐘)，鍬形蟲個體立刻在原地釋放，接著我們觀察和記錄釋放後鍬形蟲之行為反應，以了解標記過程是否影響其行動能力及行為。



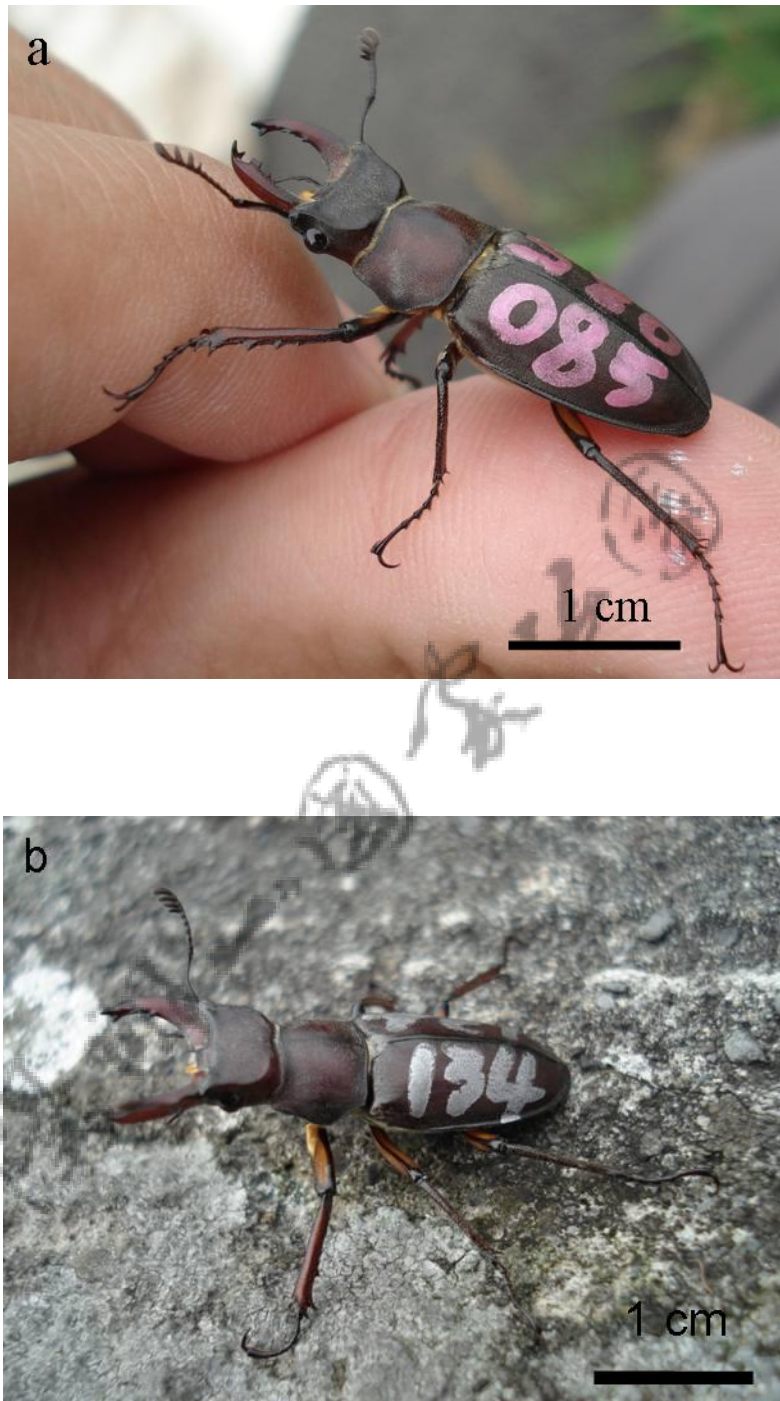


圖 2-2 。標記之鍬形蟲。

大屯姬深山鍬形蟲翅鞘上的 (a) 紫色和 (b) 銀色數字標記。

## 二、資料分析

過去對於動物族群量之估算模式主要有一個基本的假設，就是將受調查之族群假設為封閉族群 (closed population) 亦或是開放族群 (open population) (Lebreton et al. 1992, Baker et al. 1995, White and Burnham 1999, Cooper et al. 2008)。依照之前觀察顯示 (Lin et al. 2009)，大屯姬深山鍬形蟲個體出現的地理區域範圍侷限，且族群個體出現時間集中，所以大屯姬深山鍬形蟲應屬於封閉族群。另外根據 Rink and Sinsch (2006) 以無線電追蹤法對歐洲同屬鍬形蟲 *Lucanus cervus* 的遷徙活動調查發現，在一個星期內，牠們的遷徙直線距離僅約 1 公里；而且 *L. cervus* 的體型 (約 89mm) 比大屯姬深山鍬形蟲 (約 22mm) 大得多。因此我們預測大屯姬深山鍬形蟲之遠距離遷徙能力並不發達，所以將這個族群視為封閉族群應該是適當的假設。我們所得到的逐日標放數據資料以 Mark 軟體(由 Colorado State University 發展出來，<http://welcome.warnercnr.colostate.edu/~gwhite/mark/mark.htm>) 對鍬形蟲族群數量進行估算。在 Mark 程式中以 POPON 模式估算鍬形蟲的存活率、再捕獲率及族群數量。我們也比較兩種顏色所標記之鍬形蟲個體的大小、存活率、及數量上是否有差異。我們以 two samples' t-test 來比較兩種顏色標記的之再捕獲率及族群量是否有顯著差異 (SYSTAT 軟體, version 9, 1998, SPSS Inc)。

### 第三節 影響遷徙模式和族群量的因子

#### 一、特徵和形值測量

我們於鍬形蟲捕捉後使用電子游標尺測量其大顎及翅鞘長 (圖 2-3)，並記錄生物特徵如性別等，來分析不同類群鍬形蟲之遷徙活動和活動模式是否不同。所測得之形值以統計軟體來進行分析 (SYSTAT, version 9, 1998, SPSS Inc.)。

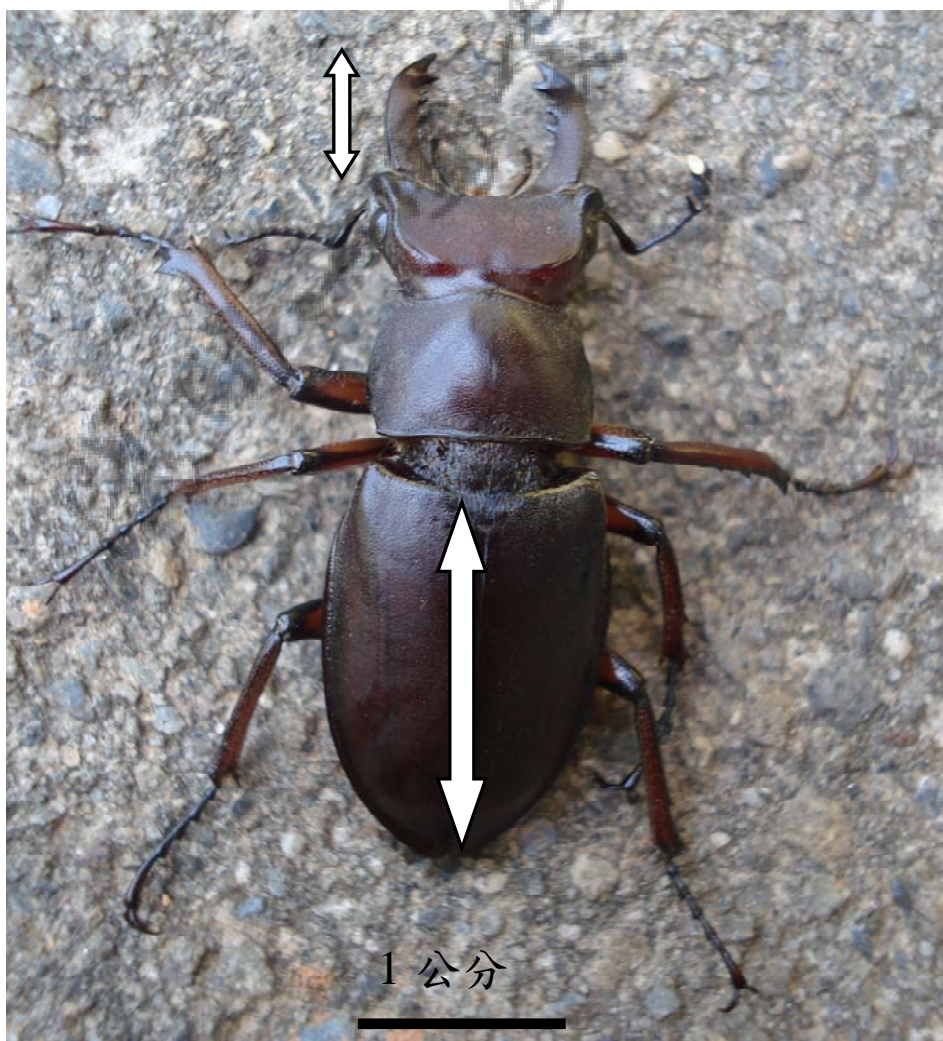


圖 2-3。鍬形蟲大顎及翅鞘長之量測。

## 二、微氣候測量

我們利用微氣候測量儀 (LM-8000, Lutron) 監測調查期間樣區每十分鐘之溫度、相對濕度、風速及光照度之變化。測量儀所測得之環境因子以 ANOVA 做統計檢定，統計軟體則以 SYSTAT 進行操作。



#### 第四節 飼養實驗

我們於六月十七、十八兩日各採集二及三隻鍬形蟲，帶回實驗室人工飼養。帶回之鍬形蟲以 12-12 小時之日-夜周期飼養於 10x10x10 公分大小之箱子，每天均以昆蟲食用之果凍 (昆蟲果凍，夢蟲家，台中) 餵食。我們於箱子內鋪置潮濕水苔以保持濕度。

## 第三章 結果與討論

### 第一節 鍬形蟲出現頻度及族群數量估算

綜合六月三、十八及二十六日三天所做之全日觀察指出，大屯姬深山鍬形蟲雄蟲出現頻度最高時間為早上八點至十一點之間（圖 3-1）。中午十一點過後，活動頻度即大幅降低，至下午二點之後幾乎完全停止活動。

本調查結果顯示大屯姬深山鍬形蟲在中午過後出現之個體數即非常稀少，推測應該是下午山區易起霧或轉為有雨的天氣型態，不利鍬形蟲雄蟲活動。鍬形蟲雄蟲主要在山區芒草區上方活動，在每日活動高峰期間，有大量的雄蟲飛行於芒草之間，然而此飛行行為是否為尋求交配機會或是領域行為，有待進一步調查。大屯山地區下午之氣候條件，如大風及大霧等並不適合鍬形蟲活動，所以下午很少見到鍬形蟲出沒，至於雄蟲在非飛翔時期的棲所，推測為芒草下方靠近地表區域。

我們於五月十八日開始於樣區調查，五月二十七日為本季首次觀察到大屯姬深山鍬形蟲雄蟲出現在樣區內，但我們並未捕捉到這隻個體。我們在六月二日開始標記第一隻個體。在整個調查期間，共採集了 265 隻鍬形蟲雄蟲。其中 133 隻以紫色簽字筆進行標記，而另外 132 隻個體以銀色簽字筆標記（圖 3-2）。調查期

間並沒有採集到母蟲。

每日記錄到之新個體及已標記過之個體數量在圖 3-2 中呈現。由六月二日至二十一日，皆為新個體比已標記個體還多，顯示這段時間內鍬形蟲數量逐漸增加，並在六月二十一日接近高峰。於六月二十二日之後，則為已標記之個體數量較新個體數量多，代表整體族群量已達高峰，並逐漸下降。六月二十九日後，樣區內就已經沒有觀察得到的鍬形蟲個體。整個標記的結果顯示大屯姬深山鍬形蟲雄蟲飛翔的時間非常集中，約略為一個月左右。

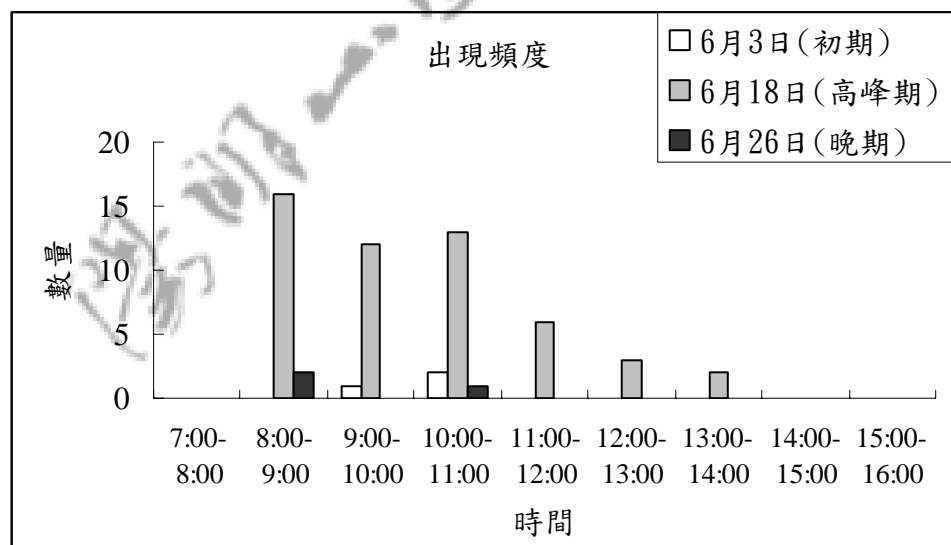


圖 3-1。大屯姬深山鍬形蟲一日內出現頻度。

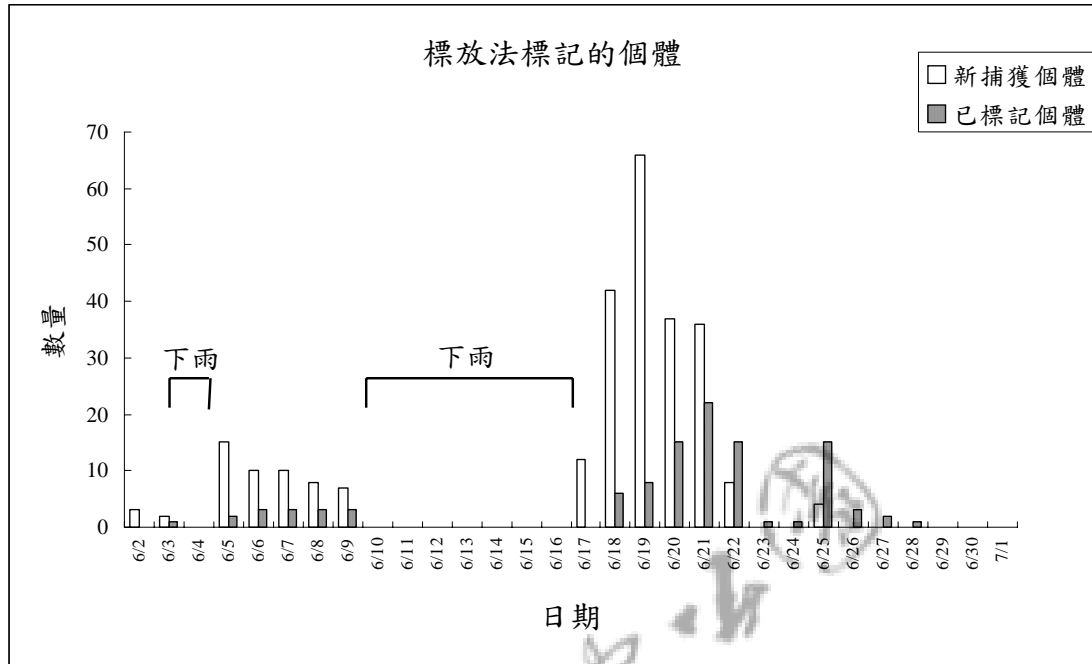


圖 3-2。每日捕獲蟲數。

每日捕獲到之新個體及再捕獲個體。



## 第二節 鍬形蟲於樣區內的地理分布

本研究所標記之鍬形蟲主要 (> 90%的個體)分布在登山步道開始的前兩百公尺，與由大屯山助航站為起點，延著馬路向北面延伸約兩百公尺的範圍內。另外僅有零星的五隻個體分布在往二子坪遊客中心之道路上 (圖 3-3)。

根據過去的觀察經驗，大屯姬深山鍬形蟲出現的時間常發生於農曆端午節前後，而我們此次觀察到之鍬形蟲出現時間則在今年端午節之後五月二十七日至六月二十八日 (農曆五月五日至閏五月八日)。因此今年鍬形蟲出現的高峰期延後，可能與農曆閏五月有關，也就是說今年的季節順序往後延遲了約兩個星期。到了六月底時，只剩少數鍬形蟲出沒。七月初時，並未發現鍬形蟲出沒。因此大屯姬深山鍬形蟲在發生的季節和出現地點均非常侷限。

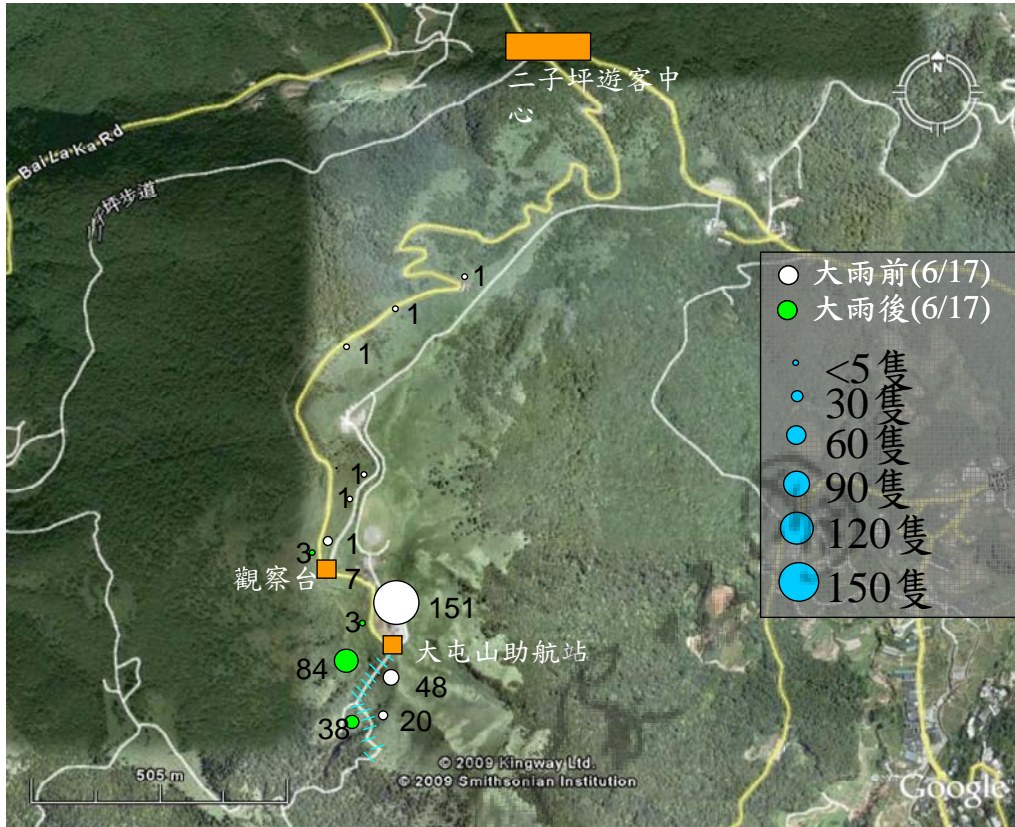


圖 3-3。大屯姬深山鍬形蟲之採集點分布。

藍色點為六月十至十六日連續大雨前。綠色點則為連續大雨過後所捕獲之個體。

### 第三節 鍬形蟲形值測量

所採集之大屯姬深山鍬形蟲大顎平均長度為  $6.031 \pm 0.562$  mm，翅鞘平均長度為  $14.559 \pm 0.653$  mm (圖 3-4)。而紫色簽字筆所標記之大顎平均長度為  $6.032 \pm 0.561$  mm，翅鞘平均長度為  $14.583 \pm 0.631$  mm (圖 3-4)。銀字簽字筆標記之大顎平均長度為  $6.030 \pm 0.563$  mm，翅鞘平均長度為  $14.534 \pm 0.672$  mm (圖 3-4)。兩種顏色標記的鍬形蟲體型和大顎大小並無明顯差異( $t = 0.075$ ,  $p = 0.941$ )，因此若兩種顏色標記的鍬形蟲再捕捉率及存活率有差異時，則較有可能的解釋為顏色不同所造成的影響。除了顏色之外，另外可能影響的因素有鍬形蟲年紀(日齡)，然而本研究無法有效估算鍬形蟲的年齡。

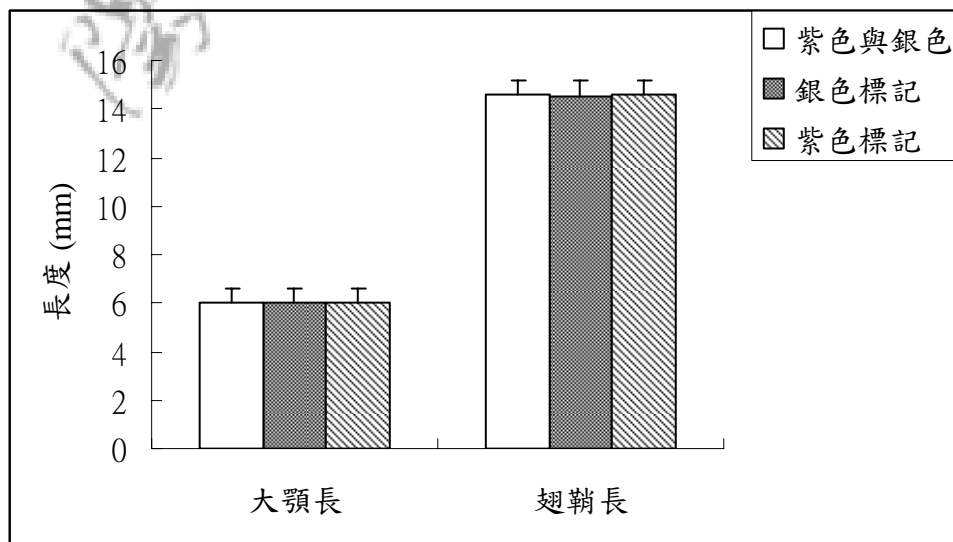


圖 3-4。鍬形蟲形值分佈。

標放法所標記之大屯姬深山鍬形蟲大顎及翅鞘長度分布。

#### 第四節 標記顏色對鍬形蟲的影響

調查期間我們共標記了 362 隻次的鍬形蟲個體，大屯姬深山鍬形蟲於標記後即於原地釋放，標記過後之鍬形蟲行為有飛行離開、停留不動，亦或是向下爬行。其中 166 隻個體為飛行時被捕捉，且捕捉前最後一次平均飛行距離為  $17.5 \pm 11.54$  公尺；標記後，有 95 隻個體以飛行方式離開釋放點，標記後個體傾向不飛行（比較捕捉前、後具飛行行為個體數， $X^2 = 19.314$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0.01$ ），釋放後平均第一次飛行的距離為  $22.21 \pm 14.32$  公尺。捕捉前、後皆有飛行行為之鍬形蟲，其飛行距離在捕捉前、後並無明顯較長或短（圖 3-5），飛行距離亦無顯著差別（ $t = 0.121$ ,  $p = 0.762$ ），顯示標記動作沒有影響飛行距離。而標記的個體中有 267 隻個體停留在原本捕捉地點之芒草上不動或是向下爬行，但釋放後，個體則傾向停棲（捕捉前、後具停棲行為個體數， $X^2 = 10.888$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.001$ ）（表 3-1）。

表 3-1。鍬形蟲行為。

捕捉前和標記後釋放大屯姬深山鍬形蟲之行為及飛行距離 (單位: 公尺)。

捕捉前			捕捉後		
行為	隻數	距離	行為	隻數	距離
飛行	166	17.5±11.54	飛行	95	22.21±14.32
停棲	196	--	停棲	267	--

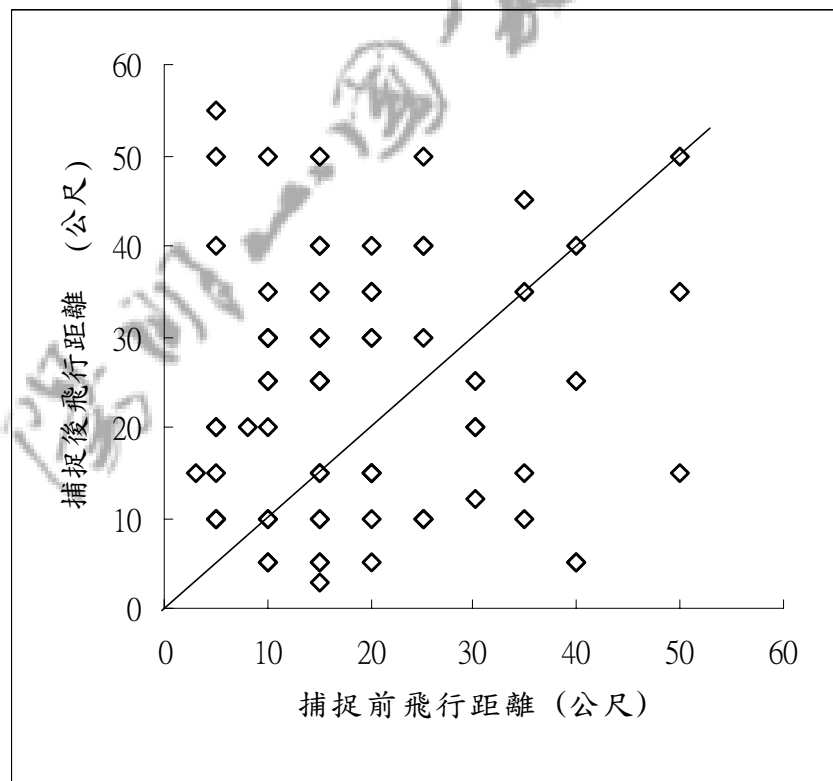


圖 3-5。捕捉前、後之飛行距離。(圖中直線斜率為 1)

## 第五節 環境因子調查

根據樣區現場觀察結果，所有調查之環境因子中，風速似乎與鍬形蟲出現與否有關。舉例來說，六月六日於 9:00 前，當時平均風速為  $2.7\pm 0.8$  公尺/秒，而樣區內僅有兩隻個體出現；但 9:00 過後，平均風速驟降至  $0.5\pm 0.05$  公尺/秒，但標記到的個體卻有 11 隻，在其他環境因子沒有改變的狀態下，風速是影響鍬形蟲出現與否之重要因子。資料分析結果顯示，風速與標記之鍬形蟲數目為負相關 ( $r = -0.431$ )。當平均風速達 2 公尺/秒以上時，所捕獲之鍬形蟲數目會大幅降低 (少於 12 隻個體，平均值 =  $3.66\pm 3.81$ ) (圖 3-6、3-7)。但即使是在同一天，當風速改變後，鍬形蟲活動亦會跟著改變。另一個影響鍬形蟲活動之環境因子則為雨量。然而，雨後鍬形蟲依舊會出來活動，以六月十九日為例，於 9:40 之前，天氣為陰有霧，由 8:10 至 9:40 期間，共標記到 24 隻個體，9:40 至 10:40 之間下大雨。待雨停後，至 11:50 之間又再標記了 49 隻個體。可見雨量亦是影響大屯姬深山鍬形蟲出現與否之重要因子。

雖然下雨會打斷鍬形蟲的飛行行為，然而雨後棲地之環境條件應該適合鍬形蟲活動。下雨時，鍬形蟲會停止飛行，雨後，鍬形蟲會立即恢復活動力。例如，於六月初時，鍬形蟲每日出現個體數約不到 20 隻，然而六月十日至十六日之連續大雨過後，族群量即大幅度增加 (最多一天採集 74 隻)。目前我們的調查結果

支持雨量會影響鍬形蟲活動。而到底雨量這個環境因素是否在鍬形蟲出現與否上

扮演決定性角色，則尚待更多研究去證實。

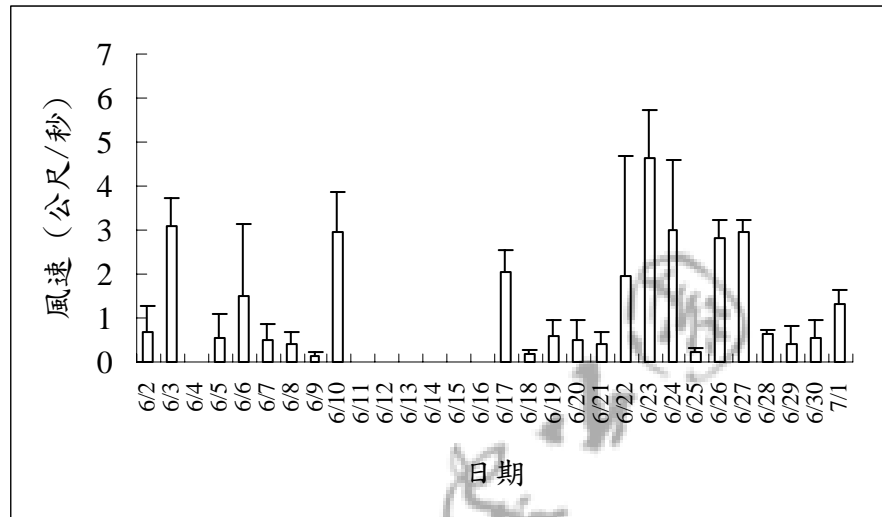


圖 3-6。每日平均風速。

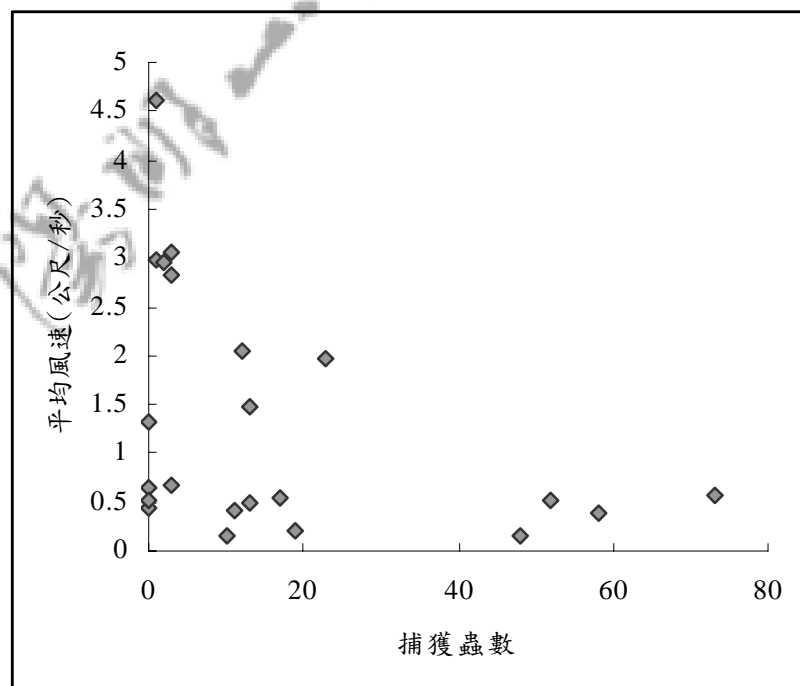


圖 3-7。捕獲蟲數與平均風速之相關性。

## 第六節 族群量波動

根據 Mark 程式計算，於六月十日連續大雨前，大屯姬深山鍬形蟲數量從 3 隻增加到 129 隻。銀色標記之鍬形蟲族群估算量較紫色標記個體估算值高 ( $t=1.95, p=0.092$ )(圖 3-8)。六月十六日，連續大雨結束後，鍬形蟲數量估算值由 143 隻增加至 597 隻個體。紫色標記個體之估算值明顯較銀色標記個體估算值高 ( $t=3.499, p=0.005$ )(圖 3-8)。

鍬形蟲之再捕獲率則在六月五日至六月十日連續大雨前，紫色標記個體明顯較銀色標記個體多 ( $t=2.816, df=4, p=0.048$ )。然而，在六月十六日連續大雨過後，紫色與銀色標記個體之再捕獲率並沒有顯著差異 ( $t=-1.967, df=11, p=0.075$ )(圖 3-9)。由整個季節的資料看來，兩種顏色標記個體之存活率並無統計上之差異 ( $t=0.218, p=0.83$ )。



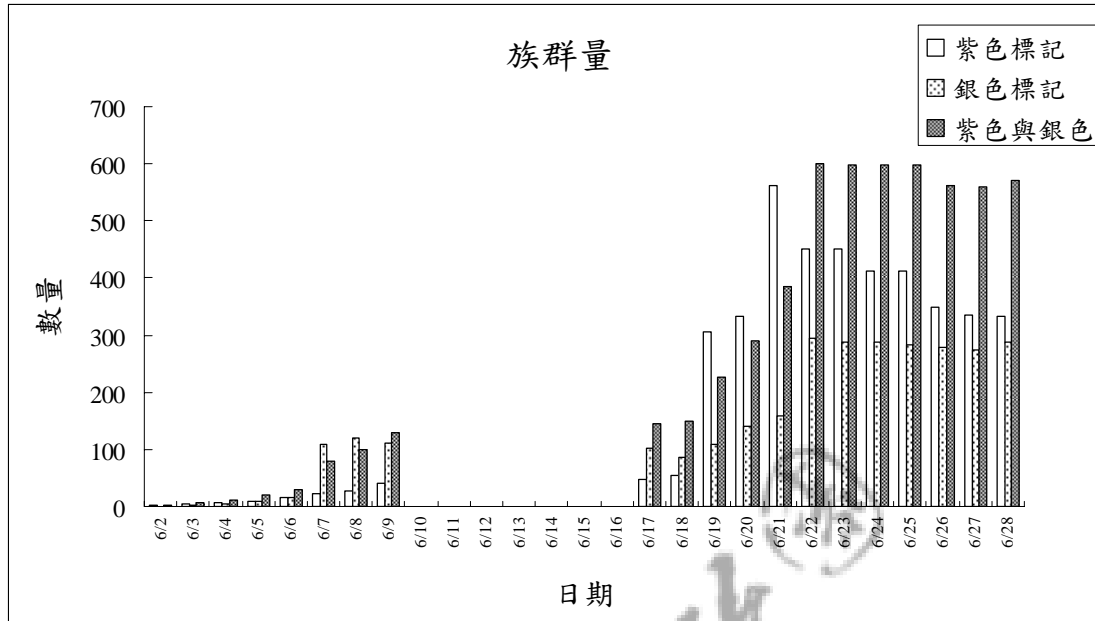


圖 3-8。族群量估算。  
紫色及銀色兩種標記所估算之鍬形蟲數量。

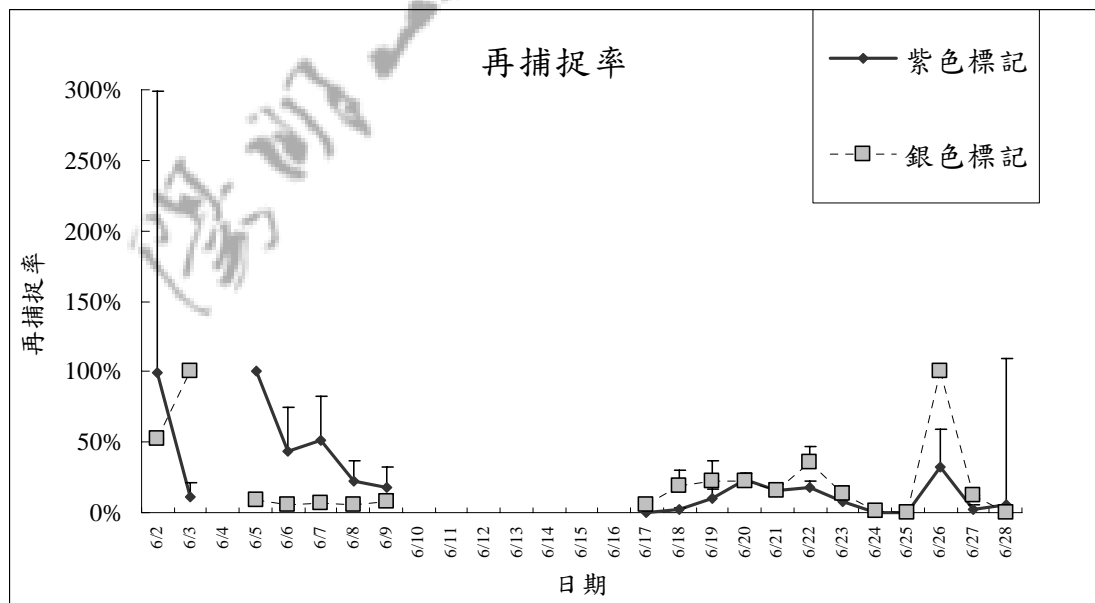


圖 3-9。再捕捉率估算。  
紫色及銀色兩種標記顏色之再捕獲率比較。

### 第七節 飼養實驗

人工飼養之五隻鍬形蟲，最短壽命為七天，而最長壽命為 26 天 (圖 3-10)。這個結果讓本季鍬形蟲可能存活並出現的時間延後到七月上旬 (整個出現季節為一個半月)。實驗室飼養之鍬形蟲個體，因節省能量消耗，同時也因為有充足食物，再加上沒有捕食者壓力，因此壽命可以延長。然而野生族群出沒及存活時期較短，僅約一個月。

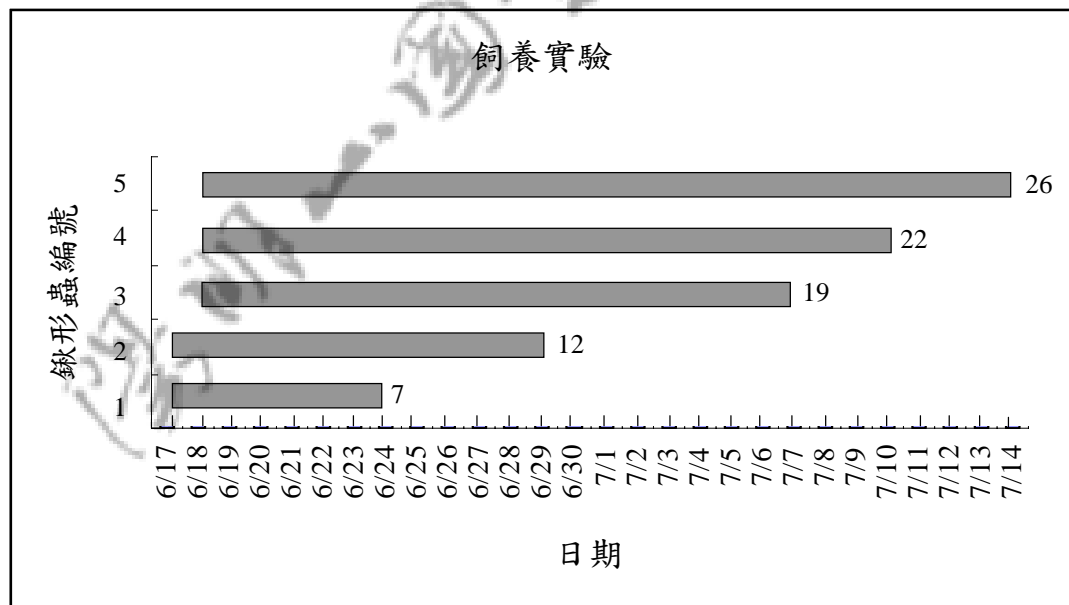


圖 3-10。鍬形蟲飼養存活天數。(柱狀圖右方數字表示總天數)

## 第八節 遷徙模式

因鍬形蟲成體發生期間內在大屯山區並沒有找到另外一個合適的樣區，因此無法進行族群間遷徙模式的估算，建議後續調查採用無線電追縱調查單一族群內個體的遷徙模式。



## 第四章 結論與建議

上午 8:00 至 11:00 為大屯姬深山鍬形蟲雄蟲每日主要活動時間。鍬形蟲出沒的數量受風勢及雨量影響很大。當平均風速大於 2 公尺/秒時，鍬形蟲停止飛行活動；當風勢小於 2 公尺/秒時，鍬形蟲恢復活動。標記的顏色對於鍬形蟲之族群數量估算有顯著影響。在連續下雨日前，銀色標記個體之估算值較紫色個體高，但連續下雨日後，紫色個體估算值明顯較銀色個體估算值高。連續大雨前，紫色個體再捕獲率明顯較銀色標記個體高，但連續大雨後，兩種標記顏色之再捕獲率即無統計上之差異。

我們認為目前對大屯姬深山鍬形蟲之保育工作應該著重於非法捕捉之預防。我們的資料清楚顯示鍬形蟲僅在五月中、下旬至六月底的早上八點至十一點出沒，也因為大量出沒的地點侷限，我們建議在這段時間內加強大屯山特定地區內（如本樣區）之巡守，以防止民眾非法採集，也建議在這段出現高峰前後舉行生態教育活動，宣導保育觀念。大屯姬深山鍬形蟲雄蟲不會因為人類出沒、走動而受到驚嚇逃避，由於在大發生期雄蟲於芒草原上方飛翔，易於觀察也非常適合進行保育課程及生態介紹活動。依目前調查結果評估，大屯山地區一般的人為活動並不會影響其存活，而大量非法捕捉可能才會影響大屯姬深山鍬形蟲永續生存。未來生態研究工作可利用無線電發報器追蹤鍬形蟲每日及每季活動範圍，遷

大屯姬深山鍬形蟲之  
族群量變化和遷徙活動研究

徙距離，以及是否跟其它族群進行交流。

陽明山國家公園

## 附 錄

附錄一。由六月二日至七月一日調查時間內(共記二十二個工作天)，所有標記個體之捕捉歷史資料。1 表示有捕捉到個體；0 表示未尋獲個體。數列由 001 開始編至 265 號。六月三日及六月十至十六日因下雨，所以沒有資料獲得。

110001000000000000000000  
010000001000000000000000  
001000000000000000000000  
001000000000000000000000  
001000000000000000000000  
001010000000000000000000  
001000000000000000000000  
001000000000100000000000  
001000100100000000000000  
001000000000000000000000  
000100000000000000000000  
000100001000000000000000  
000100000000000000000000  
000100000000000000000000  
000100000000000000000000  
000010000000000000000000  
000010001000000000000000  
000010010000000000000000  
000010000000000000000000  
000010000000000000000000  
000001000000000000000000  
000001000000000000000000  
000001000000000000000000  
000001000110000000000000  
000000100000000000000000  
000000101000000000000000  
000000100000100000000000  
000000000010000000000000  
000000010000100000000000

大屯姬深山鍬形蟲之  
族群量變化和遷徙活動研究

0000000010000000000000  
0000000000010000000000  
0000000010000000000000  
0000000000011000000000  
0000000000011000000100  
0000000010000000000000  
0000000001001000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001100000000000  
0000000001100000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001000000000000  
0000000001100000000000  
0000000001100000000000  
0000000001001000000000



0000000000101000000000  
0000000000111000000000  
0000000000100000000000  
0000000000110000000000  
0000000000110000000000  
0000000000110100100000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000101100000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000100000  
0000000000100000000000  
0000000000110000000000  
0000000000100000000000  
0000000000110000000000  
0000000000100000000000  
0000000000110000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000101000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000110000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000100000000000  
0000000000110000000000





大屯姬深山鍬形蟲之  
族群量變化和遷徙活動研究

0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
000000000001000100000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
000000000001000100000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000011000000000  
0000000000010000000000  
000000000001000100000  
0000000000010000000000  
000000000001010000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
0000000000010000000000  
00000000000110000



附錄二。所有標記大山姬深山鍬形蟲大顎長度及翅鞘長度(單位: mm)。

編號	性別	標記顏色	大顎長度	翅鞘長度
001	公	紫	6.2	14.86
002	公	銀	6.19	14.77
003	公	紫	5.73	13.79
004	公	銀	6.79	14.86
005	公	紫	6.08	14.87
006	公	銀	6.12	14.47
007	公	紫	7.52	15.65
008	公	銀	6.56	14.89
009	公	紫	4.77	13.38
010	公	銀	5.77	14.74
011	公	紫	5.97	16.25
012	公	銀	5.42	14.29
013	公	紫	5.71	15.07
014	公	銀	5.68	13.85
015	公	紫	7.3	16.61
016	公	銀	6.57	14.93
017	公	紫	6.23	14.49
018	公	銀	5.98	14.5
019	公	紫	6.43	15.25
020	公	銀	6.64	14.67
021	公	紫	6.11	14.63
022	公	銀	5.65	13.73
023	公	紫	6	14.74
024	公	銀	6.54	13.78
025	公	紫	6.46	15.24
026	公	銀	6.07	14.64
027	公	紫	5.08	13.36
028	公	銀	6.81	14.12
029	公	紫	5.45	13.57
030	公	銀	5.67	13.83
031	公	紫	7.11	15.17
032	公	銀	6.76	14.96
033	公	紫	5.35	14.36
034	公	銀	5.67	13.95
035	公	紫	5.81	13.62

大屯姬深山鍬形蟲之

族群量變化和遷徙活動研究

036	公	銀	7.12	15.57
037	公	紫	5.92	15.46
038	公	銀	6.85	16.07
039	公	紫	6.91	14.8
040	公	銀	6.65	14.5
041	公	紫	6.19	14.02
042	公	銀	5.87	14.3
043	公	紫	5.79	14.22
044	公	銀	5.5	13.77
045	公	紫	4.99	13.35
046	公	銀	5.85	14.55
047	公	紫	5.99	15.19
048	公	銀	6.66	14.82
049	公	紫	6.39	15.11
050	公	銀	5.86	14.88
051	公	紫	6.63	14.83
052	公	銀	6.11	14.17
053	公	紫	6.34	14.28
054	公	銀	6.74	15.19
055	公	紫	7.44	15.06
056	公	銀	7.33	14.28
057	公	紫	6.35	14.29
058	公	銀	6.14	14.02
059	公	紫	6.51	14.62
060	公	銀	6.41	14.64
061	公	紫	6.17	14.32
062	公	銀	6.27	14.85
063	公	紫	5.88	14.9
064	公	銀	5.55	14.1
065	公	紫	5.84	14.08
066	公	銀	6.51	15.02
067	公	紫	5.69	14.01
068	公	銀	5.61	14.79
069	公	紫	6.62	14.79
070	公	銀	5.82	14.12
071	公	紫	5.3	13.45
072	公	銀	5.5	14.12
073	公	紫	5.65	14.3

074	公	銀	6.37	14.53
075	公	紫	5.84	14.78
076	公	銀	6.04	14.75
077	公	紫	5.93	15.02
078	公	銀	5.62	14.77
079	公	紫	5.51	14.08
080	公	銀	5.97	14.27
081	公	紫	5.4	13.62
082	公	銀	5.97	14.46
083	公	紫	6.36	14.44
084	公	銀	6.44	14.85
085	公	紫	5.83	13.67
086	公	銀	5.87	14.45
087	公	紫	6.48	14.57
088	公	銀	6.46	15.08
089	公	紫	6.05	14.75
090	公	銀	6.47	14.77
091	公	紫	6.47	15.15
092	公	銀	5.57	13.46
093	公	紫	5.68	14.43
094	公	銀	6.91	15.08
095	公	紫	5.93	14.17
096	公	銀	5.32	13.59
097	公	紫	5.97	14.83
098	公	銀	5.76	13.77
099	公	紫	5.82	14.17
100	公	銀	5.61	13.81
101	公	紫	6.31	14.47
102	公	銀	6.31	14.75
103	公	紫	5.76	14.65
104	公	銀	6.45	15.57
105	公	紫	5.9	14.44
106	公	銀	5.77	14.34
107	公	紫	4.97	13.62
108	公	銀	5.61	14.15
109	公	紫	6.54	14.86
110	公	銀	5.86	14.55
111	公	紫	6.27	15.26

大屯姬深山鍬形蟲之

族群量變化和遷徙活動研究

112	公	銀	5.26	13.51
113	公	紫	6.08	15.28
114	公	銀	6.21	15.29
115	公	紫	6.07	15.03
116	公	銀	5.63	13.72
117	公	紫	6.22	14.66
118	公	銀	6.5	14.82
119	公	紫	5.44	14.88
120	公	銀	5.31	13.67
121	公	紫	5.72	14.26
122	公	銀	5.73	14.58
123	公	紫	6.93	15.97
124	公	銀	5.72	14.95
125	公	紫	5.52	13.98
126	公	銀	6.21	14.09
127	公	紫	5.95	14.33
128	公	銀	5.28	14.33
129	公	紫	5.51	14.45
130	公	銀	6.45	14.98
131	公	紫	5.53	13.91
132	公	銀	5.01	14.02
133	公	紫	5.59	14.08
134	公	銀	5.53	15.04
135	公	紫	5.48	13.46
136	公	銀	5.85	14.62
137	公	紫	6.15	14.56
138	公	銀	6.57	14.67
139	公	紫	6.11	14.31
140	公	銀	5.51	14.24
141	公	紫	6.29	14.36
142	公	銀	6.47	15.2
143	公	紫	4.79	13.73
144	公	銀	5.49	14.09
145	公	紫	4.81	13.45
146	公	銀	5.79	14.69
147	公	紫	6.41	14.47
148	公	銀	5.54	13.84
149	公	紫	6.89	14.6

150	公	銀	5.71	14.16
151	公	紫	6.29	14.62
152	公	銀	6.46	15.18
153	公	紫	5.43	14.26
154	公	銀	6.47	14.02
155	公	紫	6.04	14.01
156	公	銀	5.79	14.05
157	公	紫	7.62	15.54
158	公	銀	7.2	15.1
159	公	紫	5.71	14.46
160	公	銀	5.87	14.57
161	公	紫	7.15	15.08
162	公	銀	5.54	13.92
163	公	紫	5.82	14.3
164	公	銀	5.89	14.7
165	公	紫	6.32	15.51
166	公	銀	6.44	15.39
167	公	紫	4.97	13.92
168	公	銀	5.75	14.47
169	公	紫	7.03	15.33
170	公	銀	5.72	13.76
171	公	紫	5.97	14.11
172	公	銀	7.81	15.59
173	公	紫	5.68	15.13
174	公	銀	6.01	14.97
175	公	紫	6.56	14.79
176	公	銀	5.42	13.69
177	公	紫	6.91	15
178	公	銀	6.24	15.05
179	公	紫	6.47	14.41
180	公	銀	5.89	14.37
181	公	紫	5.58	14.29
182	公	銀	6.35	14.93
183	公	紫	6.11	15.17
184	公	銀	7.25	16.21
185	公	紫	6.15	15.05
186	公	銀	5.47	13.97
187	公	紫	6	14.08

大屯姬深山鍬形蟲之

族群量變化和遷徙活動研究

188	公	銀	5.66	13.82
189	公	紫	6.18	15.13
190	公	銀	6.72	15.02
191	公	紫	6.13	15.11
192	公	銀	6.72	15.18
193	公	紫	6.3	14.29
194	公	銀	5.72	14.72
195	公	紫	5.68	14.38
196	公	銀	5.53	13.85
197	公	紫	6.5	14.72
198	公	銀	6.42	15.53
199	公	紫	6.1	14.23
200	公	銀	6.42	14.86
201	公	紫	5.7	14.16
202	公	銀	5.56	14.15
203	公	紫	5.22	13.81
204	公	銀	6.01	15.09
205	公	紫	6.83	15.13
206	公	銀	6.3	15.12
207	公	紫	5.72	14.49
208	公	銀	6.61	15.37
209	公	紫	6.17	14.06
210	公	銀	6.46	14.39
211	公	紫	6.06	15.68
212	公	銀	5.73	14.72
213	公	紫	6.25	14.8
214	公	銀	6.54	16.06
215	公	紫	6.66	14.86
216	公	銀	5.92	14.56
217	公	紫	5.16	13.38
218	公	銀	4.78	13.41
219	公	紫	5.82	14.71
220	公	銀	6.16	14.85
221	公	紫	6.79	14.78
222	公	銀	5.43	13.56
223	公	紫	6.15	15.32
224	公	銀	5.99	14.02
225	公	紫	6.35	15.27

226	公	銀	6.45	15.36
227	公	紫	5.25	14.3
228	公	銀	5.48	13.87
229	公	紫	5.68	14.41
230	公	銀	6.11	14.6
231	公	紫	6.7	15.03
232	公	銀	4.9	12.11
233	公	紫	6.49	15.21
234	公	銀	5.96	14.33
235	公	紫	6.92	15.61
236	公	銀	6.36	15.31
237	公	紫	5.91	14.37
238	公	銀	6.95	15.68
239	公	紫	5.81	15.81
240	公	銀	4.68	13.11
241	公	紫	5.19	13.39
242	公	銀	5.91	16.04
243	公	紫	6.11	15.12
244	公	銀	5.61	13.73
245	公	紫	5.75	14.76
246	公	銀	6.8	15.36
247	公	紫	6.36	14.49
248	公	銀	5.68	14.08
249	公	紫	5.9	14.3
250	公	銀	4.54	12.7
251	公	紫	6.19	15.04
252	公	銀	6.43	15.71
253	公	紫	5.85	14.77
254	公	銀	5.6	14.31
255	公	紫	6.11	15.34
256	公	銀	5.17	13.9
257	公	紫	5.92	14.86
258	公	銀	5.61	15.13
259	公	紫	6.33	15.09
260	公	銀	6.97	15.24
261	公	紫	5.2	13.84
262	公	銀	5.92	14.33
263	公	紫	5.53	14.51



大屯姬深山鍬形蟲之

族群量變化和遷徙活動研究

264	公	銀	5.22	15.21
265	公	紫	5.11	13.25

---

陽明山國家公園

## 參考書目

張永仁。2006。鍬形蟲 54: 臺灣鍬形蟲全圖鑑&野外觀察等比例摺頁。遠流出版社。160 頁。

Johnson M. L., and M. S. Gaines. 1990. Evolution of dispersal: theoretical models and empirical tests using birds and mammals. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21:449-480.

Lebreton J.D., Burnham K.P., Clobert J. and D.R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecol. Monographs* 62:67-118.

Baker M., Nur N. and G.R. Geupel. 1995. Correcting biased estimates of dispersal and survival due to limited study area: theory and an application using wrentits. *Condor* 97:663-674.

White G.C. and K.P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46:S120-S138.

Rink M. and U. Sinsch. 2007. Radio-telemetric monitoring of dispersing stag beetles: implications for conservation. *J. Zoology* 272:235-243.

Cooper C.B., Daniels S.J. and Walters J.R. 2008. Can we improve estimates of juvenile dispersal distance and survival? *Ecology* 89:3349-3361.

Lin C.P., Huang J.P., Lee Y.H. and Chen M.Y. 2009. Phylogenetic position of a

大屯姬深山鍬形蟲之  
族群量變化和遷徙活動研究

threatened stag beetle, *Lucanus datunensis* (Coleoptera: Lucanidae) in Taiwan  
and implications for conservation. Conservation Genetics. (in press)



陽明心學圖說

大屯姬深山鍬形蟲之  
族群量變化和遷徙活動研究

陽明山國家公園