

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

生物科

科別：生物科

組別：國中組

作品名稱：與蟻共舞 舉尾蟻社會結構與蟻巢結構研究

關鍵詞：舉尾蟻、蟻巢結構、聚落分佈

編號：030303

學校名稱：

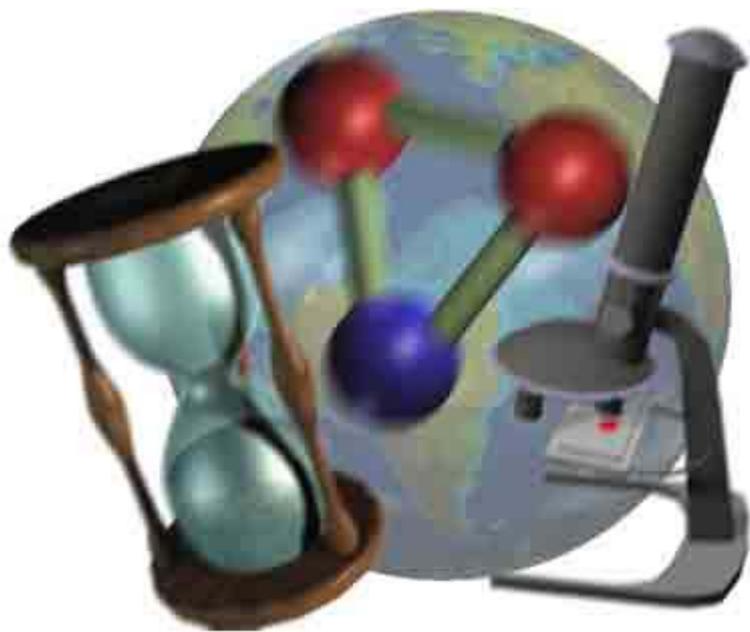
台北縣立溪崑國民中學

作者姓名：

張雅涵、許貴媿、黃琨婷

指導老師：

陳由中、余俊樑



摘要

舉尾蟻是台灣常見在樹上築巢的螞蟻，舉尾蟻的社會結構和其他的螞蟻類似，包括卵、幼蟲、蛹、工蟻、雄蟻、處女蟻后、蟻后等社會成員。舉尾蟻巢的材料是以樹枝纖維、碎葉、沙粒黏合而成，蟻巢的外觀通常是橢圓形，內層的巢室壁則較外層為厚，蟻巢中的巢室分配由內到外為蟻后、卵、幼蟲，工蟻則散佈在每一層巢室。舉尾蟻的聚落分配是以一樹一聚落為原則，同一聚落的舉尾蟻會表現出利他和友善的行為，不同聚落的舉尾蟻則會表現出敵意行為。

壹、研究動機

有一天在翻閱「昆蟲圖鑑」時無意間翻到了膜翅目蟻科的那幾頁。哇塞！原來毫不起眼的螞蟻竟分為這麼多種：有超大的棘蟻、走路超快的長腳捷蟻……。噢！有腹部會上揚的舉尾蟻，以前從來都沒看過。

一開始要查關於舉尾蟻的資料，但卻一直找不到我們想要的答案，所以我們決定請老師帶我們去戶外觀察舉尾蟻的巢，慢慢的研究，找出自己想要的答案，因為距離遙遠，所以決定將巢帶回實驗室以利研究。舉尾蟻社會裡的聚落如何區分？舉尾蟻所居住的巢又是怎麼一回事？其次想了解舉尾蟻會什麼會舉尾，螞蟻社會中所有成員的型態我們都想知道，在查了許多的文獻後一直沒有答案，所以開始抽絲剝繭慢慢的去尋找答案。

貳、研究目的

(一) 舉尾蟻社會結構中各種成員的型態觀察

1. 觀察並了解舉尾蟻的分類特徵
2. 觀察並了解舉尾蟻社會結構中的各種成員
3. 觀察並比較舉尾蟻社會中各成員的型態
4. 測量並比較舉尾蟻社會結構中各成員的尺寸大小

(二) 蟻巢結構及建築材料的分析

1. 舉尾蟻蟻巢外觀的觀察
2. 舉尾蟻蟻巢中心點的定位
3. 舉尾蟻巢室寬度及巢室壁的厚度測量
4. 舉尾蟻蟻巢巢室分配觀察
5. 舉尾蟻蟻巢建築材料分析調查

(三) 聚落分布模式的分析

1. 觀察並了解舉尾蟻的舉尾行為是否代表攻擊行為或敵意行為
2. 觀察舉尾蟻的攻擊行為及利它行為以了解舉尾蟻的聚落互動
3. 了解蟻巢、舉尾蟻的氣味是否影響舉尾蟻的聚落認同
4. 綜合分析結果以確定舉尾蟻的聚落分布模式

參、文獻探討

蒐集時間	資料來源	作者	內容摘要整理
91/11	研究題目：懸巢舉尾蟻與牠的巢—族群行為與環境研究 頁數：3、8、9、18、24、25	林宜真 李奕潔 許亞臻 黃璿	懸巢舉尾蟻的建材質料為木屑和樹皮。振動對舉尾蟻的影響最大（個體會舉尾）。 振動對懸巢舉尾蟻蟻巢的影響最大，蟻會出巢。同一族群大都建在同一棵樹上。
91/11	光碟名稱：台灣自然生態大系（4）螞蟻	嘉利博資訊	介紹與舉尾蟻互利共生的介殼蟲。
91/12	書名：螞蟻 螞蟻 頁數：31、34、103、189、203-213 出版社：遠流出版社	Bert Holldobler & Edward O. Wilson 蔡承志譯	螞蟻界中有處女蟻后。 介紹舉尾蟻的成長史。 多數的螞蟻可以在水下存活數小時，甚至是數天。 介紹抓取螞蟻的吸蟲器。
91/12	書名：生物（下冊） 範圍：第11章	國立編譯館	族群定義。
91/12/	論文名稱：樹棲築紙巢建築舉尾蟻聚落之溫度調節 頁數：9、32	鍾兆晉	以垂直中軸的最大寬度為巢徑。 用游標尺測量甬道度及巢壁厚度。 蟻巢通常成橢圓形。
92/02	篇名：認識篇、觀察篇-蟻 書名：昆蟲入門 頁數：158、159 出版社：遠流	張永仁	蟻屬於膜翅目細腰亞目胡蜂總科蟻科 生活史：卵-幼蟲-蛹-成蟲 繁殖期的蟻后、雄蟻有兩對翅膀
92/02	書名：昆蟲圖鑑 頁數：325-326 出版社：遠流出版社	張永仁	對照長腳捷蟻。 舉尾蟻會在樹上築圓形的巢。 舉尾蟻常揚起尾端來應變因而得名。
92/04	書名：昆蟲圖鑑 頁數：25、184-185 出版社：貓頭鷹出版社	喬治 麥葛文 譯者：陳穎儒	螞蟻最常見的傳遞方式是碰觸、味道。 工蟻會用大顎移走幼蟻。 螞蟻腹部的第二節或二、三節縮縊成一個明顯的腰部。
92/04	研究題目：螞蟻之概況 網址： http://140.130.177.203/jgtsa/y/jg4-11p-89210.html 頁數：7-9	廖元隆	螞蟻的學名為舉尾蟻屬（Genus <i>Crematogaster</i> ） 第一或第一、二腹節變細成柄狀，其上具有結節突起，故有腰狀部。 工、兵蟻均為雌的。

肆、研究方法與結果

實驗前的準備---舉尾蟻蟻巢的採集和舉尾蟻的飼養

1. 採取蟻巢前雙手先帶上工作手套，並穿上輕便雨衣，以防工作後全身都是舉尾蟻。
2. 到山區(中和南勢角山區)尋找舉尾蟻蟻巢，再利用雨傘握把的地方勾住舉尾蟻建築樹枝末端，以方便鋸斷樹枝。
3. 利用鋸子將舉尾蟻建築樹枝鋸斷，注意！樹枝末端與蟻巢本身之間需留一段距離，以便插入花盆中。
4. 用大型垃圾袋將舉尾蟻蟻巢打包好；為防止舉尾蟻到處逃竄，必要時要噴入二氧化碳使舉尾蟻昏迷，並多套幾層垃圾袋。
5. 將採取下來的數個舉尾蟻蟻巢帶回實驗室中，插入於裝有九分滿的沙土之花盆中，並用標籤作編號貼在花盆上。
6. 在花盆下墊上裝有水的淺盤，以防止舉尾蟻到處亂爬。
7. 定時以白糖或肉鬆餵食

研究一：舉尾蟻社會結構中所有成員的型態觀察和比較

實驗一：舉尾蟻的分類特徵觀察

(一) 研究設備：

1. 滴管
2. 90% 乙醇 100 cc
3. 工蟻數隻
4. 有蓋廣口瓶
5. 載玻片
6. 解剖顯微鏡
7. 鑷子
8. 數位相機
9. 電視
10. 電腦
11. 電腦軟體--PhotoImpact7

(二) 研究方法：

1. 抓取數隻巢 1 已死去的工蟻，為防止其身體捲曲，將工蟻放入裝有 90% 乙醇 100 cc 的廣口瓶中。
2. 將在廣口瓶內的工蟻取出並放置於載玻片上。
3. 將步驟 2 的標本片依次置於解剖顯微鏡載物台上詳細繪圖，並將視野中的畫面利用 CCD 鏡頭接至電視畫面上，再以數位相機拍照紀錄(拍攝頭部、胸部背板、腹部、腰部、螫針、清潔梳、大顎)
4. 利用 PhotoImpact 7 將數位相機所拍攝到的圖片最佳化

(三) 結果：

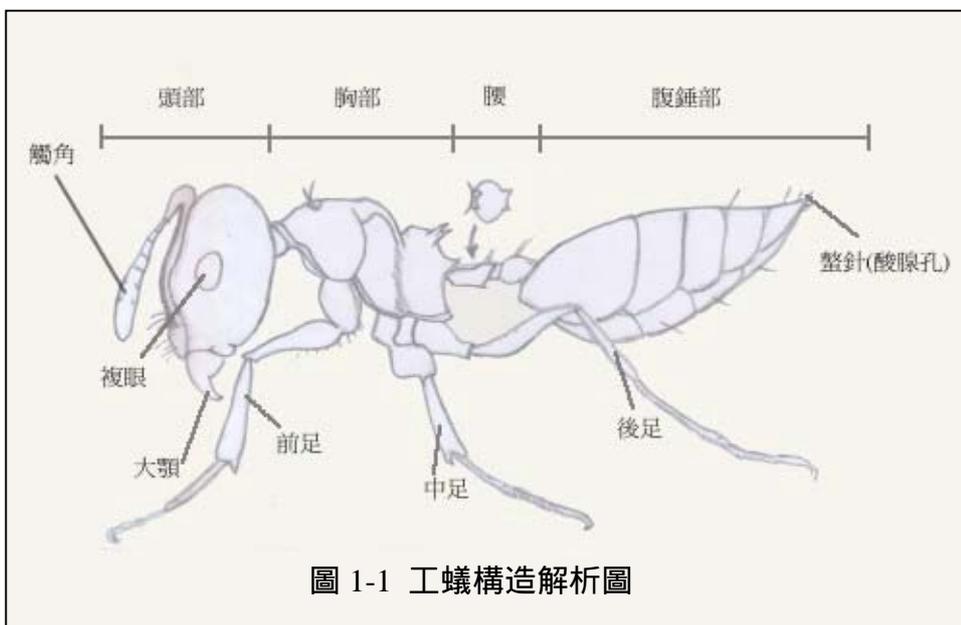
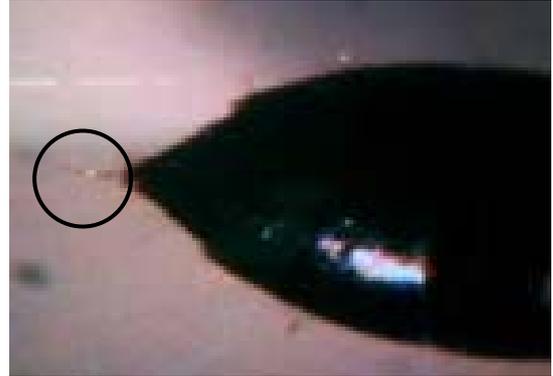
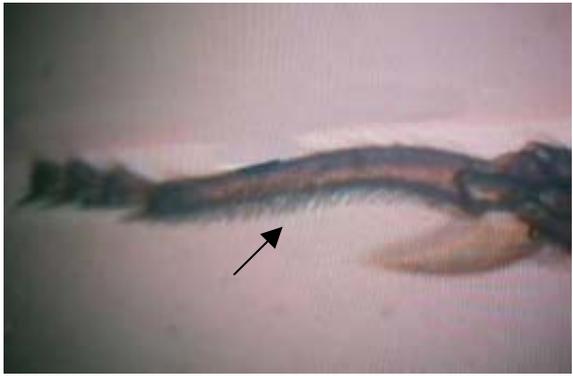


圖 1-1 工蟻構造解析圖

大顎	頭部	胸部背板
		
腰部俯視	腰部側視	腹部
		
螫針		清潔梳
		

實驗二：舉尾蟻的社會成員

(一) 研究設備：

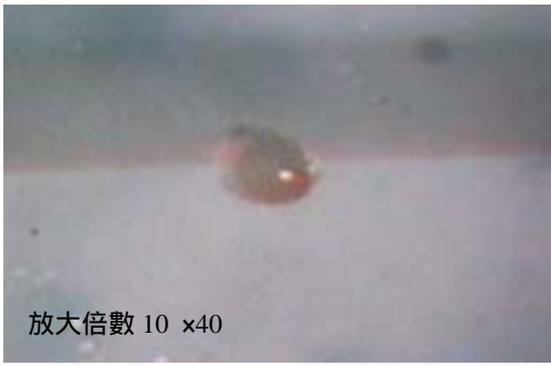
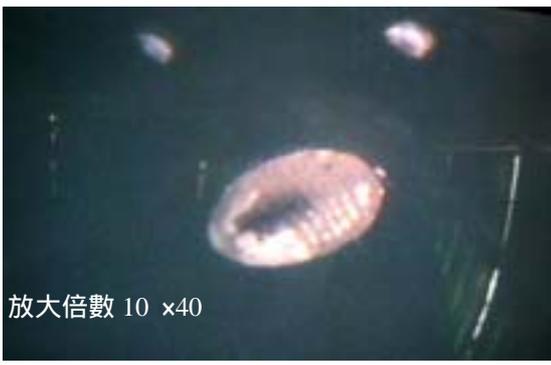
1. 鋸子
2. 工作手套
3. 大型垃圾袋
4. 滅火器(無粉二氧化碳)
5. 輕便雨衣
6. 鑷子
7. 90%乙醇 100c.c
8. 有蓋廣口瓶
9. 碼錶
10. 解剖顯微鏡
11. 電視
12. 載玻片
13. 數位相機
14. 電腦
15. 電腦軟體--- PhotoImpact 7

(二) 研究方法：

1. 將取回的巢，沿著主枝縱切剖開，並取出不同時期的螞蟻型態(包括卵、幼蟲、蛹、成蟲)以及與螞蟻共生的介殼蟲
2. 為防止死後身體捲曲及方便觀察，將取回的螞蟻放入裝有 90%乙醇 100c.c 的有蓋廣口瓶內(卵、幼蟲、蛹、介殼蟲則放置載玻片上)
3. 靜待五分鐘後，將廣口瓶內的舉尾蟻及載玻片上的卵、各齡幼蟲、介殼蟲取出並製成標本片
4. 將步驟 3 的標本片依次置於解剖顯微鏡載物台上，將其目鏡畫面利用 CCD 鏡頭接至電視畫面上，再以數位相機拍照紀錄
5. 利用 PhotoImpact 7 將數位相機所拍攝到的圖片最佳化
6. 對照資料，了解舉尾蟻的社會成員

(三) 結果：

表 2-1 舉尾蟻社會成員的外觀	
蟻后	處女蟻后
 <p>放大倍數 10 ×20</p>	 <p>放大倍數 10 ×20</p>
雄蟻	工蟻與兵蟻
 <p>放大倍數 10 ×20</p>	 <p>放大倍數 10 ×20</p>

表 2-2 舉尾蟻的卵與幼蟲	
卵	一齡幼蟲
 <p>放大倍數 10 ×40</p>	 <p>放大倍數 10 ×40</p>
二齡幼蟲	三齡幼蟲

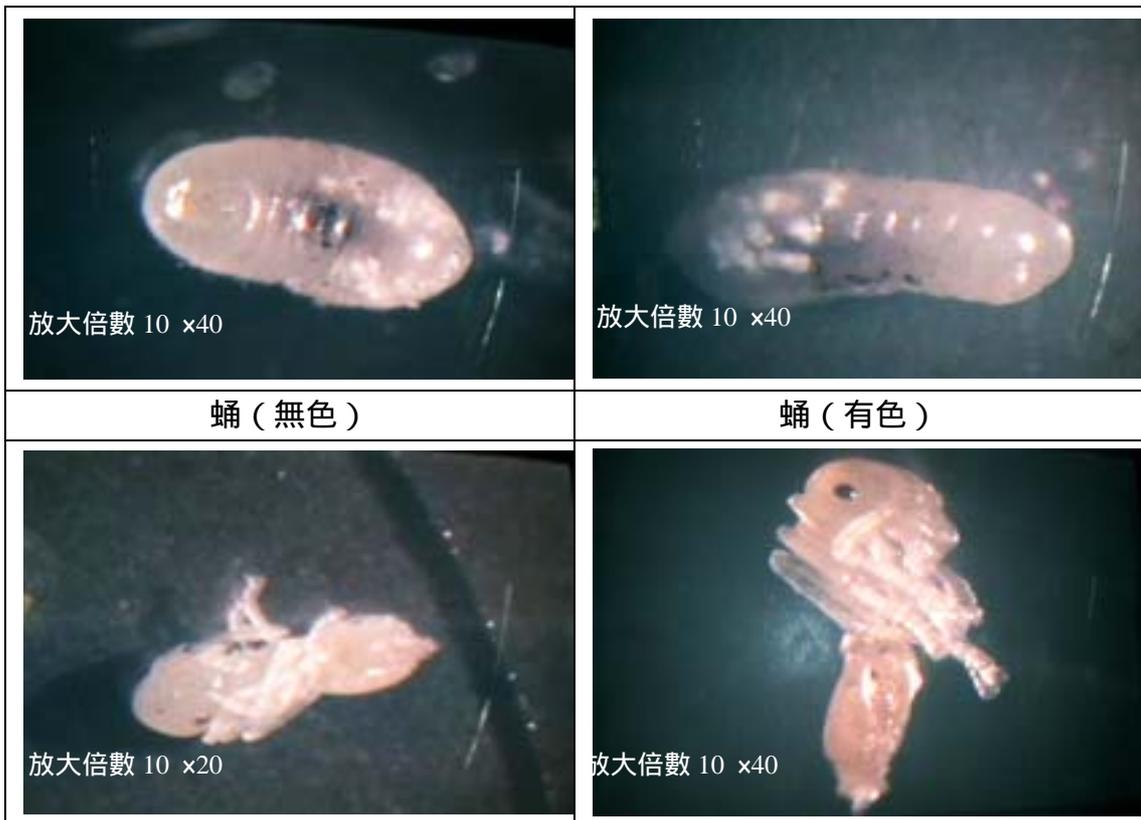
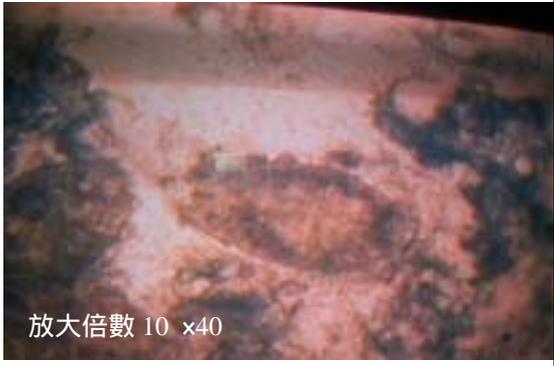
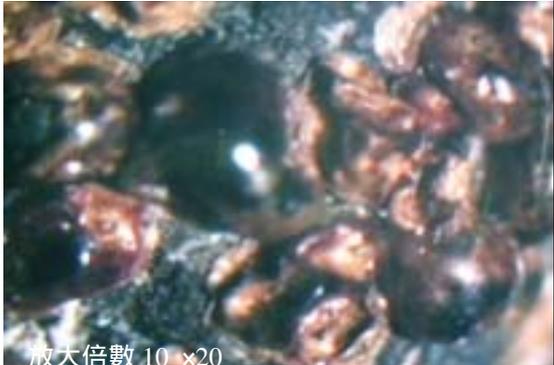


表 2-3 介殼蟲的生活史	
卵	若蟲
 放大倍數 10 ×40	 放大倍數 10 ×40
成蟲	成蟲
 放大倍數 10 ×20	 放大倍數 10 ×40

實驗三：觀察並比較舉尾蟻社會結構中各成員的型態

(一) 研究設備：

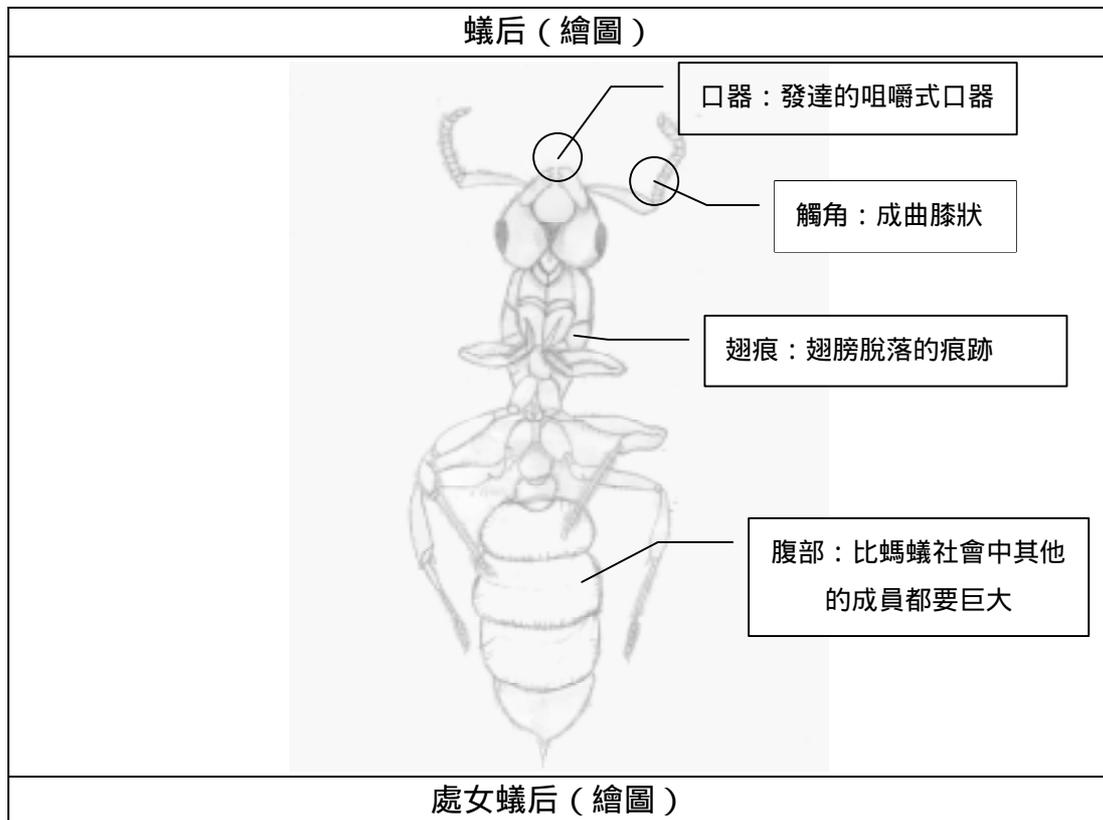
1. 鑷子
2. 90%乙醇 100c.c
3. 有蓋廣口瓶
4. 碼表
5. 解剖顯微鏡
6. 電視
7. 載玻片
8. 數位相機
9. 電腦
10. 電腦軟體--- PhotoImpact 7

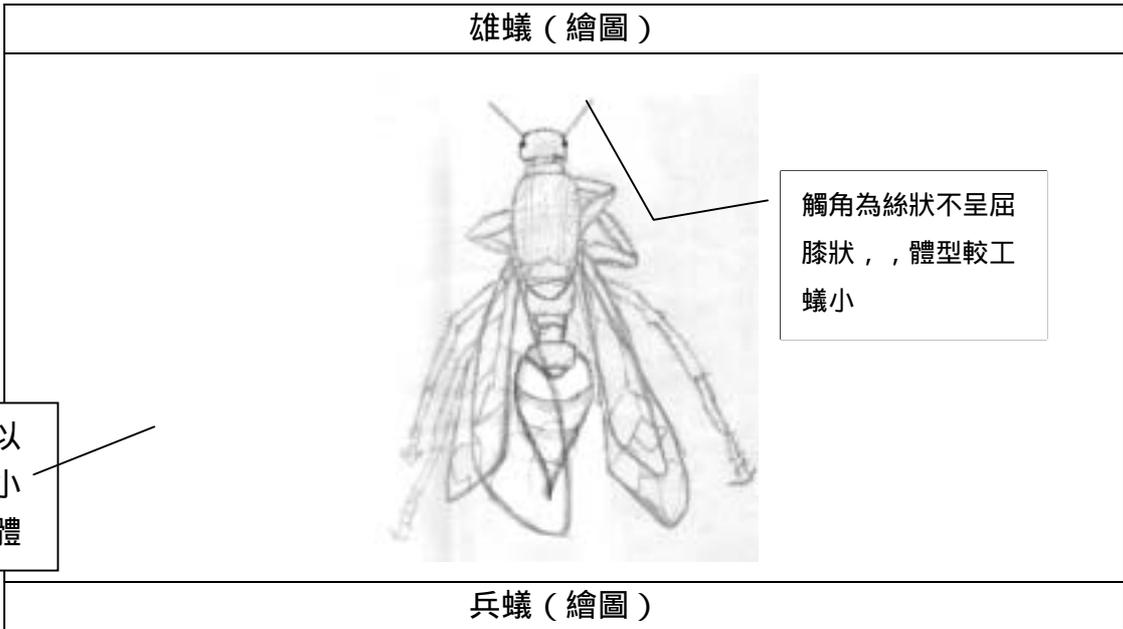
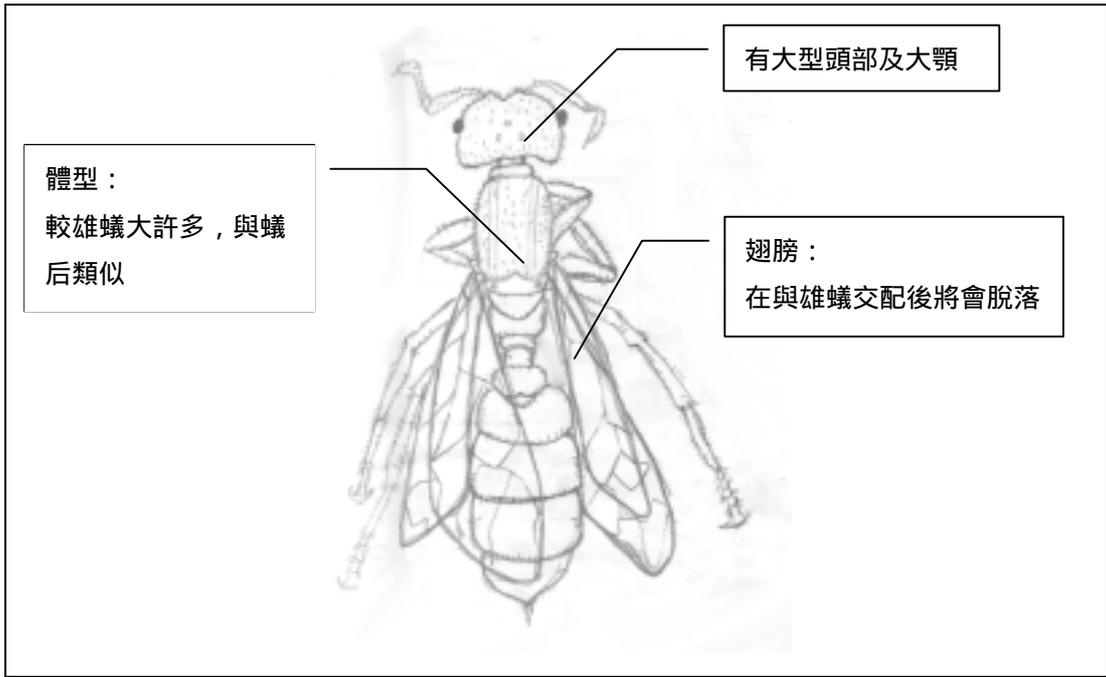
(二) 研究方法：

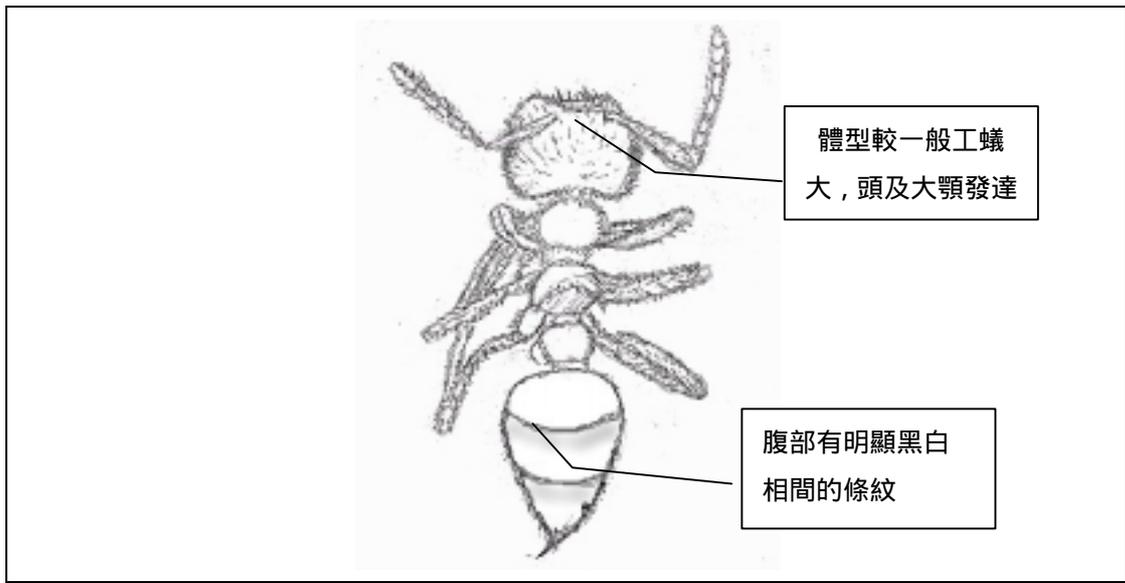
1. 取蟻后、處女蟻后、雄蟻、兵蟻、工蟻、卵、各齡幼蟲、成蟲各一
2. 為防止死後身體捲曲及方便觀察，將蟻后、處女蟻后、雄蟻、兵蟻、工蟻，放入裝有90%乙醇 100c.c 的有蓋廣口瓶內
3. 靜待五分鐘後，將廣口瓶內的舉尾蟻取出並製成標本片
4. 將卵、各齡幼蟲、成蟲製成標本片
5. 將步驟3的標本片依次置於解剖顯微鏡載物台上，以繪圖的方式，將結果紀錄於表格中
6. 將步驟3、4的標本片依次置於解剖顯微鏡載物台上，將其目鏡畫面接至電視畫面上，再以數位相機拍照紀錄
7. 利用 PhotoImpact 7 將數位相機所拍攝到的圖片最佳化

(三) 結果：

表 3-1 繪製各社會成員的樣貌



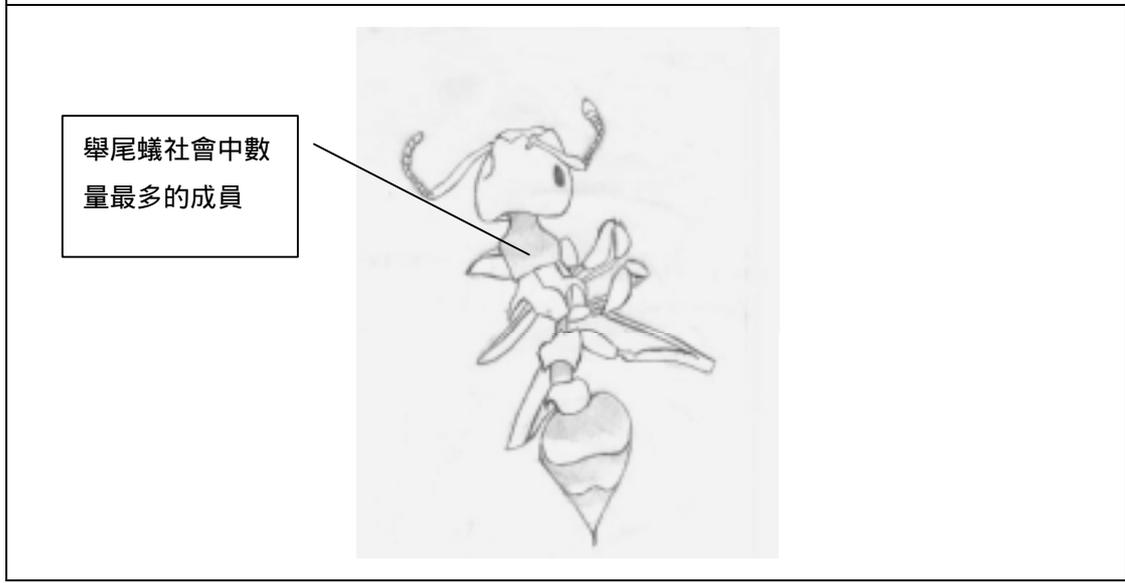




體型較一般工蟻大，頭及大顎發達

腹部有明顯黑白相間的條紋

工蟻 (繪圖)



舉尾蟻社會中數量最多的成員

表 3-2 幼蟲塊與各齡幼蟲的特別之處及比較

幼蟲塊		各齡幼蟲			
	因幼蟲體表有毛所以會聚集成塊		三齡幼蟲	二齡幼蟲	一齡幼蟲

圖 3-1 舉尾蟻生活史



舉尾蟻的生活史為：

卵→一齡幼蟲→二齡幼蟲→三齡幼蟲→蛹前期→蛹→成蟲

實驗四 測量舉尾蟻社會結構中各成員的尺寸大小

(一) 研究設備：

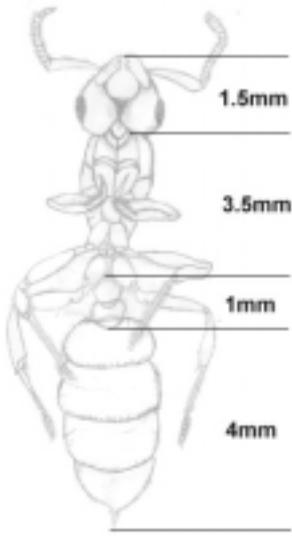
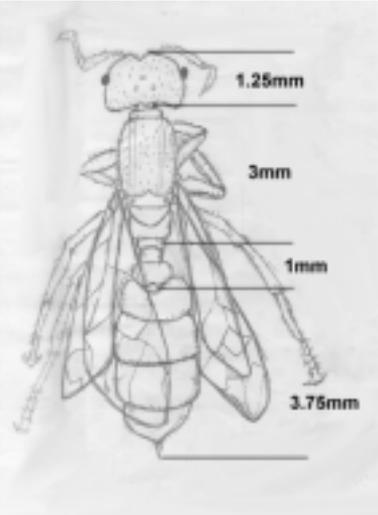
1. 玻片
2. 簽字筆
3. 尺
4. 鑷子

(二) 研究方法：

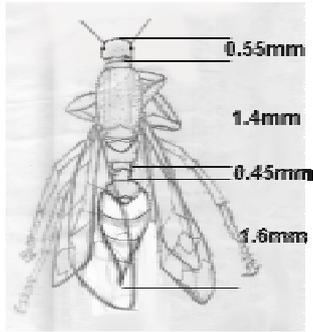
1. 用尺在載玻片上畫上刻度 (最小單位為 1 mm)
2. 依次放上蟻后、處女蟻后、雄蟻、兵蟻、工蟻 (同實驗一的螞蟻)
3. 將載玻片放在解剖顯微鏡下觀察螞蟻的尺寸, 並記錄在實驗二所繪製的圖上 (紀錄內容: 頭、胸、腰、腹四部分, 頭部並不包括觸角)

(三) 結果

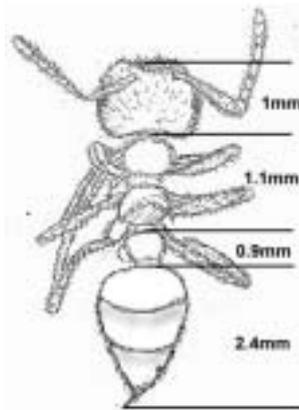
表 4-1 各社會階級的尺寸大小

蟻后 (繪圖)

處女蟻后


雄蟻 (繪圖)



兵蟻 (繪圖)



工蟻

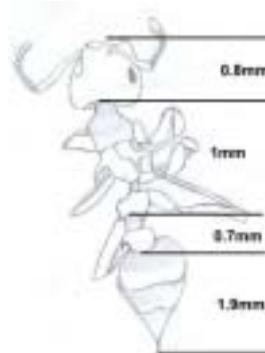
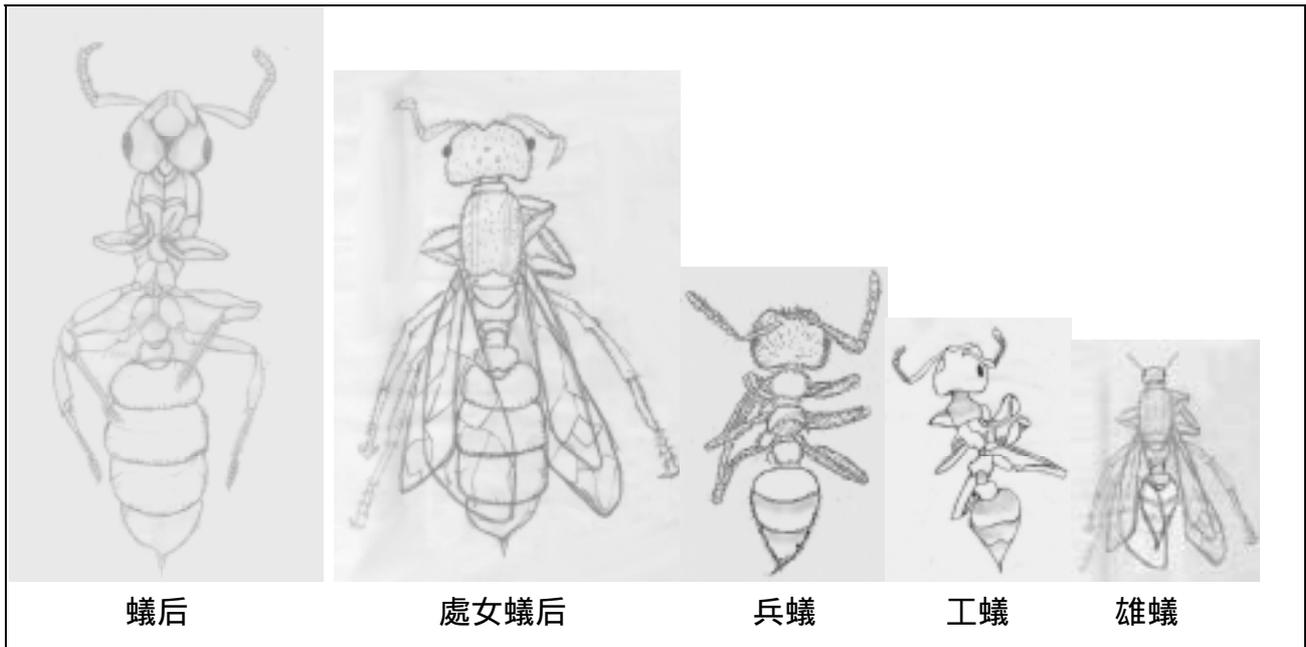


圖 4-1 舉尾蟻各階級成員大小比較圖



研究二：舉尾蟻蟻巢結構及建築材料分析

實驗五：舉尾蟻蟻巢外觀觀察

(一) 研究設備

1. 數位相機
2. 捲尺
3. 計算機

(二) 研究方法

1. 用數位相機將蟻巢的外型拍下來。
2. 觀察每一個蟻巢建築主枝分岔樹枝的數量。
3. Y 軸：以蟻巢縱切面最長處的直徑為 Y 軸。
4. X 軸：以蟻巢與 Y 軸垂直最寬處的直徑為 X 軸。
5. 蟻巢半徑：以 X 軸長度的 1/2 為半徑
6. 測量 Y 軸及 X 軸的長度。
7. 求出 Y 軸與 X 軸的比例 (Y 軸 ÷ X 軸) 以證實蟻巢是否接近圓形。

(三) 結果：

表 5-1 舉尾蟻蟻巢的外觀觀察表

蟻巢編號	分岔樹枝數量	Y 軸長度	X 軸長度	蟻巢半徑	Y 軸 ÷ X 軸	外觀形狀
巢 1	2	286 mm	161 mm	80.5 mm	1.78	橢圓形
巢 2	2	204 mm	213 mm	106.5 mm	0.94	圓形
巢 3	3	90 mm	70.5 mm	35.3 mm	1.28	圓形
巢 4	5	203 mm	157 mm	78.5 mm	1.29	橢圓形



實驗六：舉尾蟻蟻巢中心點的定位

(一)研究設備

- 1.棉線
- 2.剪刀
- 3.工作手套
- 3.輕便雨衣
- 4.大型垃圾袋
- 5.滅火器（無粉二氧化碳）
- 6.鋸子
- 7.鑷子
- 8.大型美工刀
- 9.水彩筆
- 10.掃描器
- 11.電腦
- 12.電腦軟體 PhotoImpact 7
- 13.印表機

(二)研究方法

A.測量重心的方法

1. 本實驗以巢一和巢四做為觀察對象。
2. 先剪下三段線，在其中一條線的末端綁上軟木塞，再將其綁到蟻巢上，作為鉛垂線。
3. 將另外兩條線分別綁在蟻巢的分枝，並在末端做上拉環。
4. 拉起一條線使蟻巢懸空，直到鉛垂線與地面垂直不動，再以竹筷插入蟻巢的方式標記出此線的位置及角度，再拉起另一條線重複動作。

B. 取得舉尾蟻蟻巢的縱切面圖

1. 雙手戴上工作手套，身穿輕便雨衣，輕輕的將蟻巢放入大型垃圾袋中，將滅火器的噴嘴放入大型垃圾袋中，再將其餘剩下的開口封住，以防二氧化碳跑掉。
2. 輕輕的壓按滅火器的開關把手（以防大型垃圾袋爆裂），使大型垃圾袋中充滿二氧化碳；將蟻巢悶在充滿二氧化碳的大型垃圾袋中約 10 分鐘，使舉尾蟻昏迷一段時間。
3. 從大型垃圾袋中取出蟻巢，以 Y 軸為主軸，用鋸子將蟻巢縱切，以取得蟻巢的縱切面。
4. 用水彩筆將木屑清掉，再用鑷子與大型美工刀整理蟻巢的縱切面。
5. 將整理過後的蟻巢縱切面用數位相機拍照，製成圖檔。

C. 作圖

1. 幾何中心：因本實驗所用蟻巢在外觀上大致為一完整的橢圓形，因此以蟻巢縱切面最長處和最寬處的交點為幾何中心（相當於 X 軸和 Y 軸的交點）
2. 重心：上述實驗中竹筷標記處延長線的交點即為重心
3. 用電腦軟體 PhotoImpact 7 在照片中標記出蟻巢的幾何中心、重心及蟻后位置，並存檔。

(三)結果：



圖 6-1 巢一結構解剖分析



圖 6-2 巢四結構解剖分析

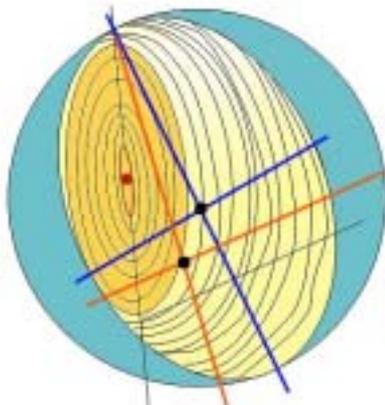


圖 6-3 巢一結構模擬圖

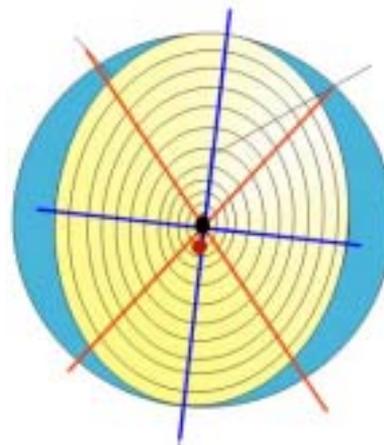


圖 6-4 巢四結構模擬圖

結果說明：

1. 由圖 6-1 可知蟻巢重心和幾何中心與蟻后位置偏離。
2. 由圖 6-2 可知蟻巢重心和幾何中心與蟻后位置幾乎重疊。
3. 圖 6-3 說明深黃色部分是舉尾蟻築巢的第一階段，此時蟻巢重心和幾何中心與蟻后位置並未偏離；淺黃色部分則是舉尾蟻築巢的第二階段，此時蟻巢重心和幾何中心與蟻后位置偏離了。
4. 圖 6-4 說明舉尾蟻在築巢階段以蟻后位置為中心所形成的同心圓，結構較為對稱，蟻巢重心與幾何中心並未產生偏離的現象。

實驗七：舉尾蟻巢室寬度及巢室壁的厚度測量

(一) 研究設備

1. 工作手套
2. 輕便雨衣
3. 大型垃圾袋
4. 滅火器(無粉二氧化碳)
5. 鋸子
6. 鑷子
7. 大型美工刀
8. 水彩筆
9. 掃描器
10. 電腦
11. 電腦軟體 PhotoImpact 7
12. 印表機
13. 捲尺
14. 游標尺

(二) 研究方法

A. 取得舉尾蟻巢的縱切面圖

1. 取巢 3 和巢 4 的主巢作為本實驗的觀察對象
2. 雙手戴上工作手套，身穿輕便雨衣，輕輕的將蟻巢放入大型垃圾袋中，將滅火器的噴嘴放入大型垃圾袋中，再將其餘剩下的開口封住，以防二氧化碳跑掉。
3. 輕輕的壓按滅火器的開關把手(以防大型垃圾袋爆裂)，使大型垃圾袋中充滿二氧化碳；將蟻巢悶在充滿二氧化碳的大型垃圾袋中約 10 分鐘，使舉尾蟻昏迷一段時間。
4. 從大型垃圾袋中取出蟻巢，以 Y 軸為主軸，用鋸子將蟻巢縱切，以取得蟻巢的縱切面。
5. 用水彩筆將木屑清掉，再用鑷子與大型美工刀整理蟻巢的縱切面。
6. 將整理過後的蟻巢縱切面用數位相機拍照或用掃描器掃描到電腦中，製成圖檔；再利用電腦軟體 PhotoImpact 7 將圖檔畫面最佳化即可。
7. 觀察蟻巢不同巢室之間是否有互相連接的通道。

B. 舉尾蟻巢的每一層巢壁之厚度分布趨勢

1. 取巢 4 的主巢作為本實驗的觀察對象
2. 利用 Y 軸與 X 軸將蟻巢縱切面分成四個象限。
3. 細數蟻巢四個象限巢壁的層數。
4. 確定巢壁的層數後，利用鑷子將四個象限的巢壁依序由外層到內層各剝一小片，並作編號。
5. 利用游標尺量出四個象限的每層巢壁之厚度。

C. 舉尾蟻巢的每一層巢室空間的寬度分布趨勢

1. 取巢 4 的主巢作為本實驗的觀察對象
2. 利用印表機將電腦軟體 PhotoImpact 7 製成的圖檔列印下來，算出實物與圖的比例，再加以換算成實際的尺寸。
3. 用尺分別畫出蟻巢的 Y 軸和 X 軸，將蟻巢分為四個象限，並隨機以中心點各畫 4 條半徑，以求巢室空間的寬度。

(三) 結果



圖 7-5 巢壁厚度測量圖

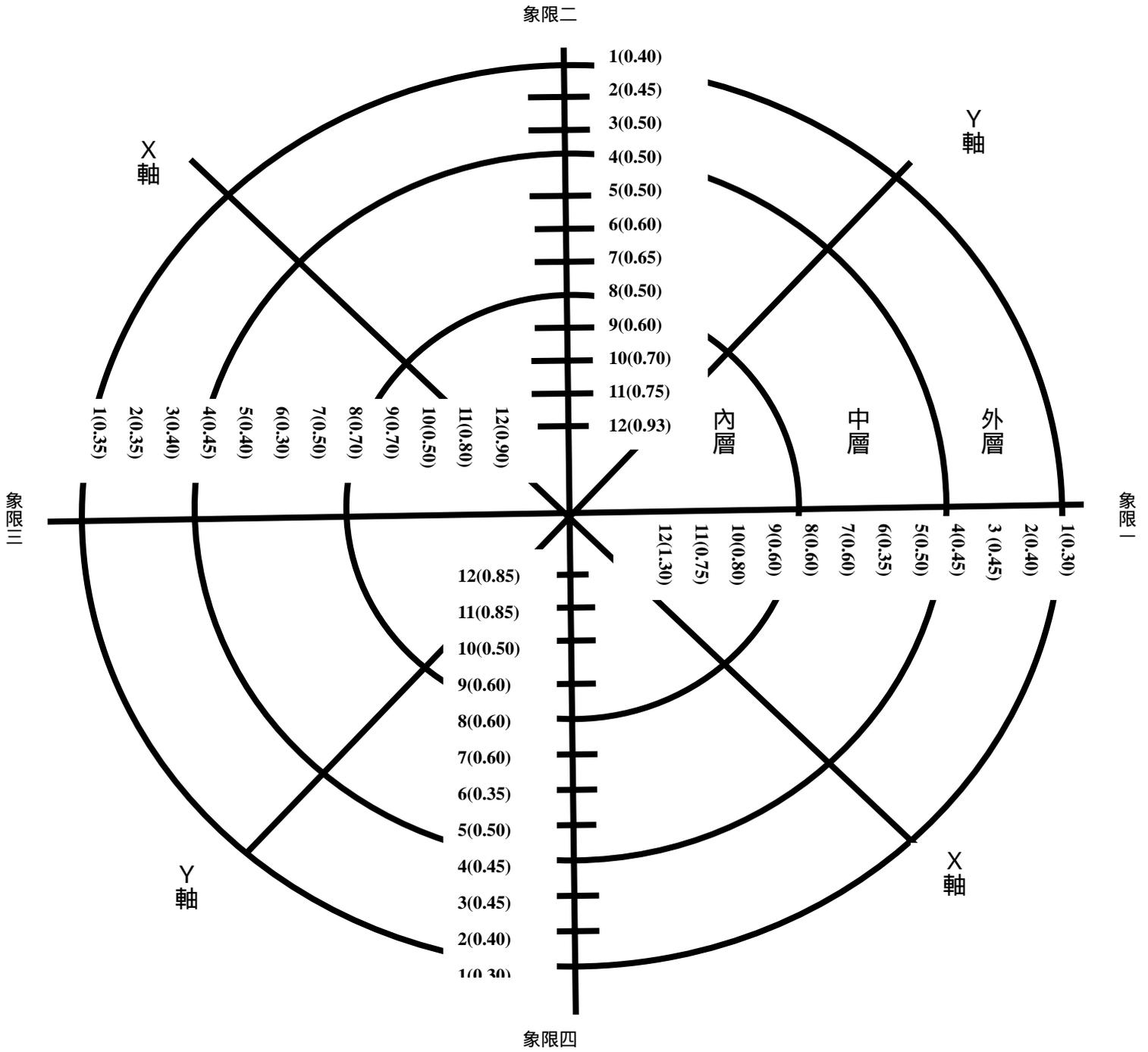


表 7-1 巢壁厚度測量表

層數 厚度(mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
象限 1	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.60	0.40	0.70	0.70	0.80	0.75	1.30
象限 2	0.40	0.45	0.50	0.50	0.50	0.60	0.65	0.50	0.60	0.70	0.75	0.93
象限 3	0.35	0.35	0.40	0.45	0.40	0.30	0.50	0.70	0.70	0.80	0.8	0.90
象限 4	0.30	0.40	0.45	0.45	0.50	0.35	0.60	0.60	0.60	0.50	0.85	0.85
平均厚度	0.48	0.40	0.46	0.48	0.48	0.46	0.54	0.62	0.65	0.70	0.79	0.99

圖7-6 各層巢壁與厚度之關係圖

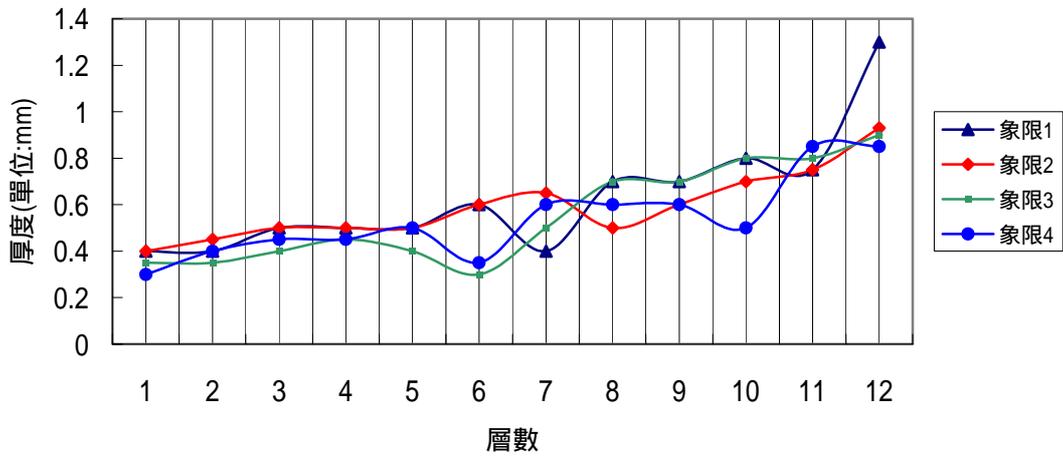


圖7-7 巢壁各層與平均厚度之關係圖

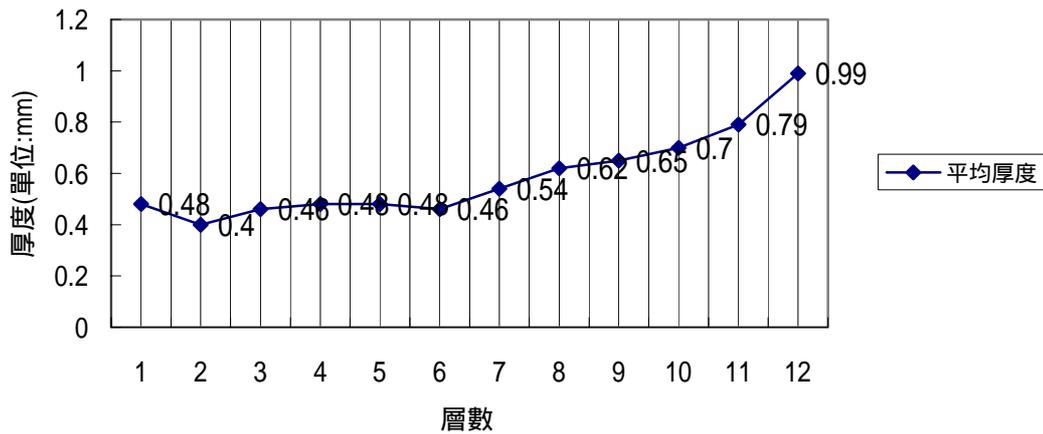


圖 7-8 每層巢室空間寬度測量圖

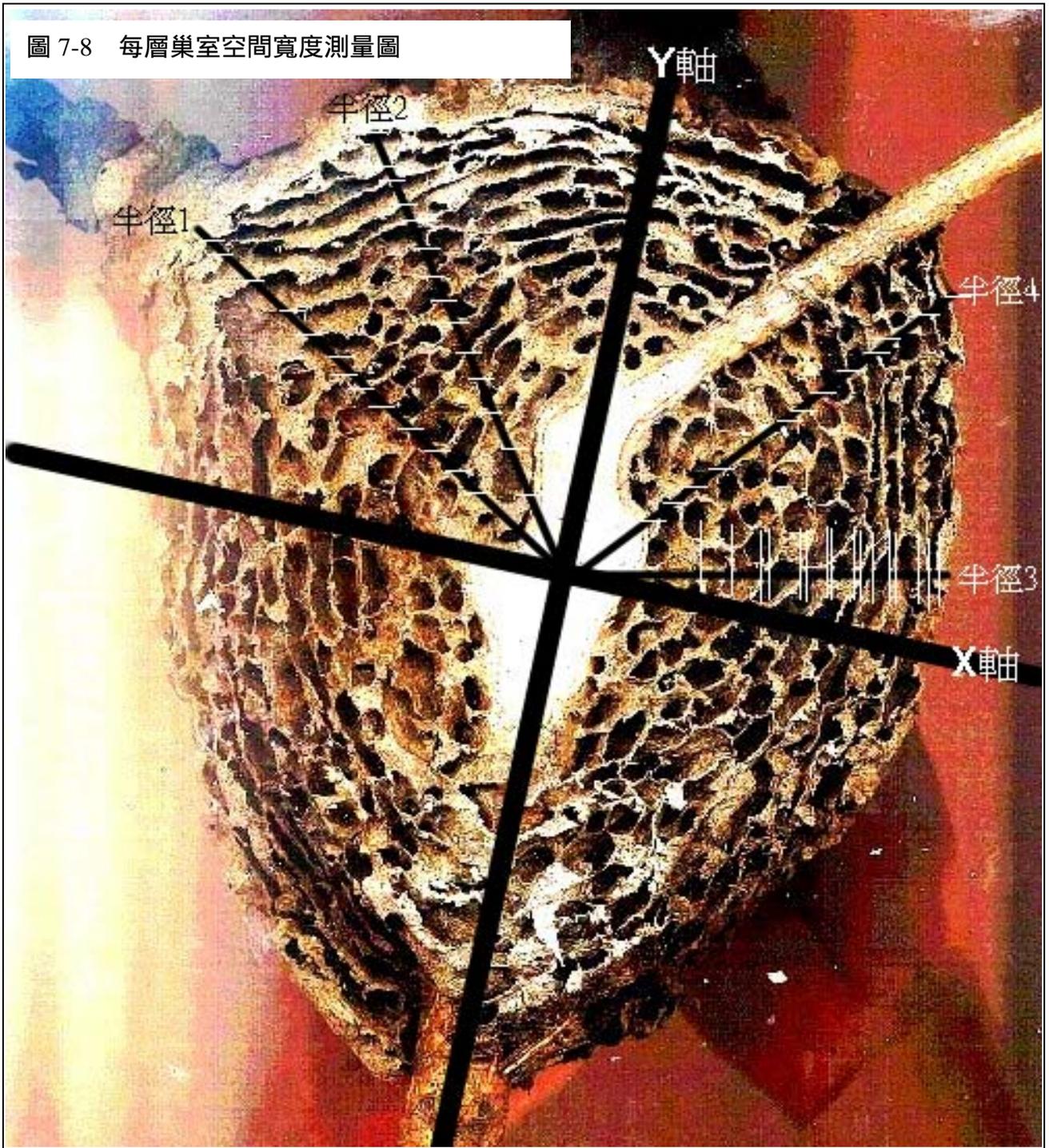
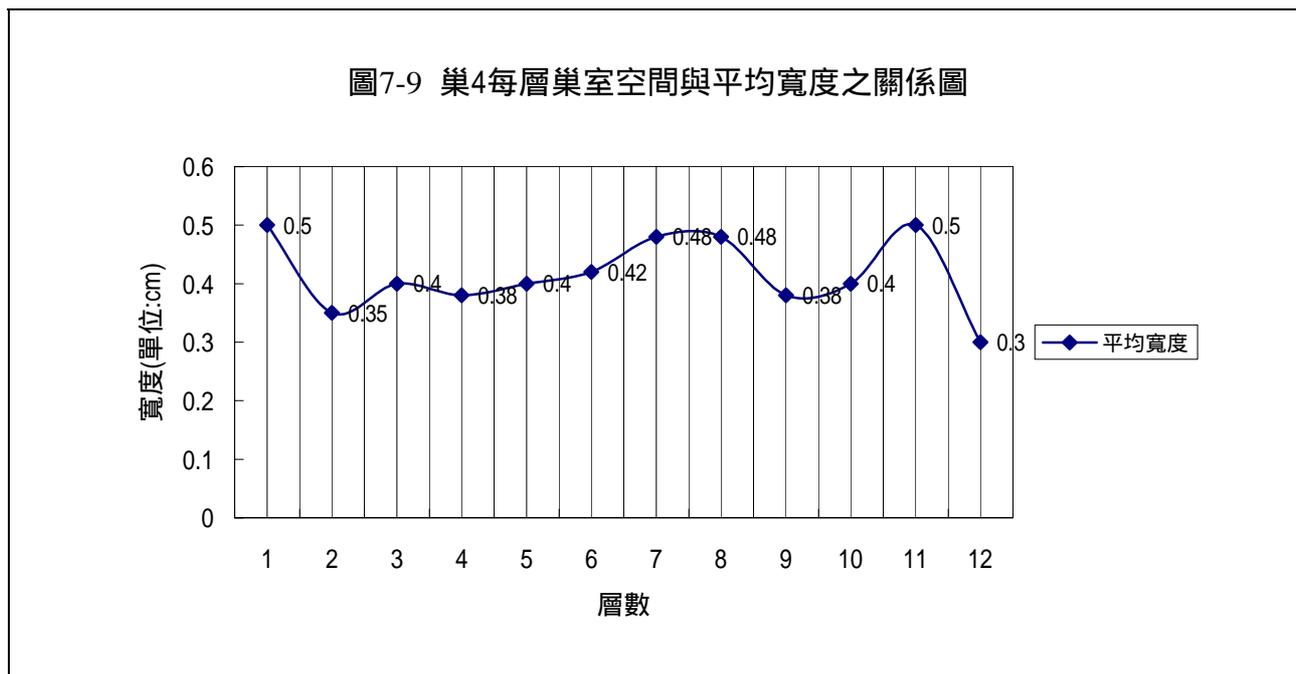


表 7-2 每層巢室空間寬度測量表

層數 寬度(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
半徑 1	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6	0.8	0.8	0.7	0.4
半徑 2	1.0	0.3	0.6	0.6	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.5
半徑 3	0.3	0.5	0.2	0.2	0.6	0.8	0.5	0.4	0.1	0.3	0.5	0.1
半徑 4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.5	0.2
平均寬度	0.50	0.35	0.40	0.38	0.40	0.42	0.48	0.48	0.38	0.40	0.50	0.3



結果說明：

1. 由圖 7-6 及圖 7-7 看出每層巢壁的厚度有一定的趨勢：巢壁由外層到內層的厚度會層層遞增。
2. 圖 7-9 可明顯看出蟻巢的每層巢室空間之寬度較沒有規則，但可以看出最內層的巢室空間寬度明顯變小。

實驗八：舉尾蟻蟻巢巢室分配觀察

(一) 研究設備

1. 工作手套
2. 輕便雨衣
3. 大型垃圾袋
4. 滅火器(無粉二氧化碳)
6. 鋸子
6. 鑷子
7. 大型美工刀

(二) 研究方法

1. 取實驗七實驗後的巢 3 和巢 4 作為觀察對象
2. 觀察舉尾蟻社會成員在巢中的分布。
3. 由外到內一層層將巢壁剝下，在動作時同時也要注意觀察巢壁是否有一些舉尾蟻的食物、垃圾、卵、蛹……等東西。
4. 以巢壁總層數最靠外面的三分之一層為外層，最靠近軸心的三分之一層為內層，其餘的三分之一層為中層。

(三) 結果：

圖 8-1 舉尾蟻巢室分配圖

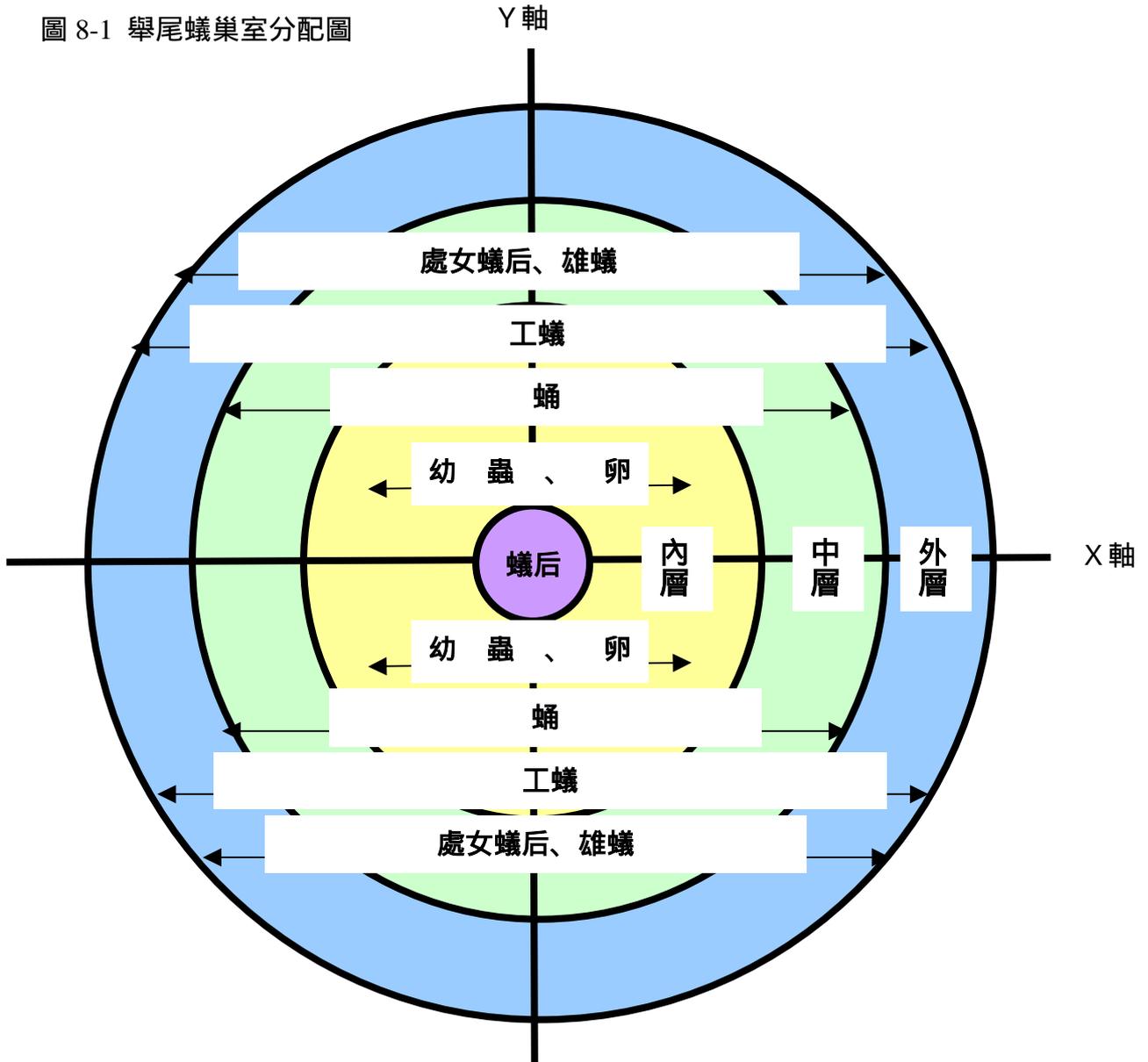


圖 8-2 分布在中層及內層的蛹

圖上方由左往右排列的蛹，所在位置為第四層至第八層。下方由左往右排列的蛹，所在位置為第九層至第十一層。顏色越深，表示蛹越接近成蟲階段。

實驗九：舉尾蟻蟻巢建築材料分析

(一) 研究設備

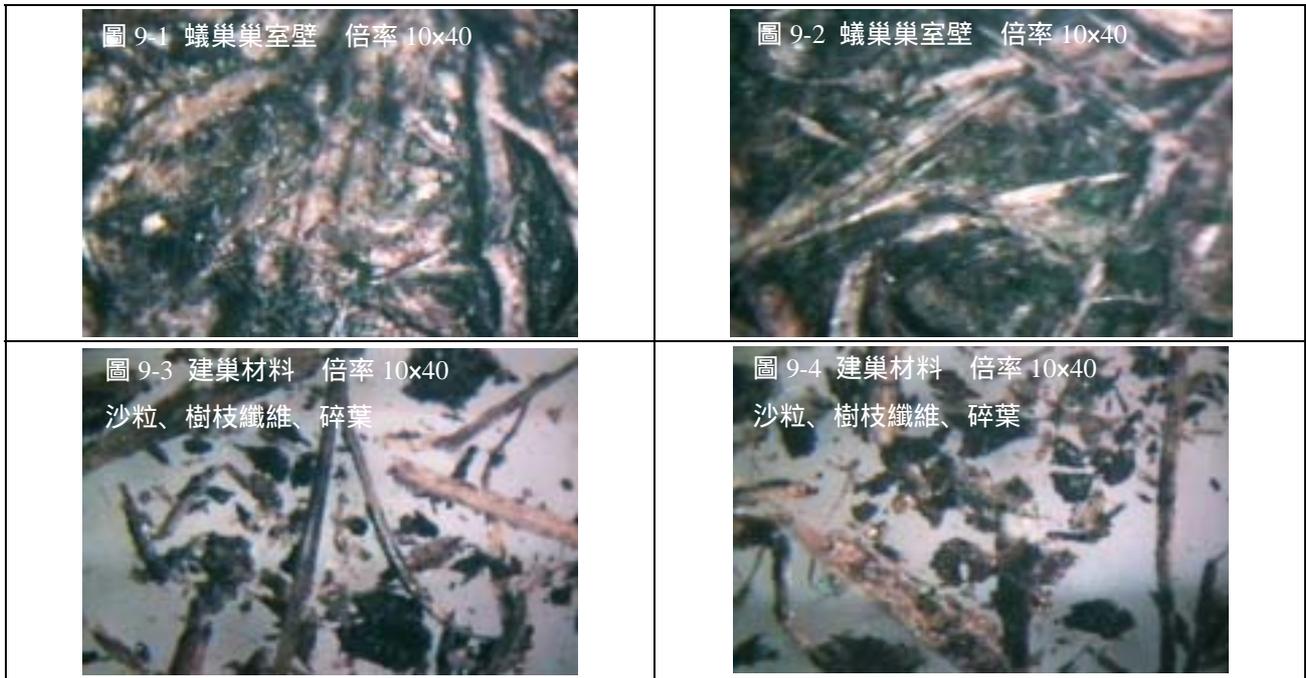
1. 載玻片
2. 蓋玻片
3. 解剖顯微鏡
4. 電視
5. 數位相機

(二) 研究方法

1. 取實驗七實驗後的巢 3 和巢 4 作為觀察對象，並撕取舉尾蟻蟻巢巢壁一小片。

2. 在載玻片上滴上少許的水，再將撕取下來的舉尾蟻蟻巢巢壁用手指搓揉在載玻片上，並蓋上蓋玻片。
3. 以解剖顯微鏡觀察，並用數位相機拍照製成圖檔。

(三) 結果：



研究三

實驗十：觀察並了解舉尾蟻舉尾行為是否代表攻擊行為或敵意行為

(一) 研究設備：

1. 巢一
2. 巢二
3. 盆栽
4. 鑷子
5. 肉鬆 10g
6. 吸蟲器
7. 長腳捷蟻 10 隻
8. 太白粉
9. 手錶
10. 20 cm 的玻璃棒
11. 紀錄紙

(二) 研究方法：

觀察舉尾蟻遇到刺激時是否舉尾；以巢一及巢二為研究對象，刺激方式及種類如下：

- 1、不外加刺激：不設任何刺激，觀察舉尾蟻是否會舉尾。
- 2、咬食：在巢下放入肉鬆少許，觀察舉尾蟻以大顎咬食時（搬運食物回巢前）是否舉尾。
- 3、搬運食物：螞蟻在搬運食物回巢時是否舉尾。
- 4、攻擊長腳捷蟻時：用吸蟲器抓 10 隻長腳捷蟻，實驗時一次放一隻長腳捷蟻於置巢盆栽的邊緣，觀察舉尾蟻與長腳捷蟻接觸時是否會舉尾。
- 5、攻擊異巢舉尾蟻時：用吸蟲器抓 10 隻舉尾蟻（巢一、巢二各 5 隻），先用太白粉灑在舉尾蟻的身上，實驗時一次放一隻不同巢的舉尾蟻在置巢盆栽的邊緣，觀察與別巢螞蟻接觸到的舉尾蟻是否舉尾。
- 6、搖晃巢：手搖蟻巢的其中一個枝幹，分為三種搖晃程度：輕度（5 秒 1 次）、中度（5 秒 5 次）、重度（5 秒 10 次），觀察巢外有螞蟻及無螞蟻時，舉尾蟻是否舉尾。
- 7、擾動巢：準備一個長約 20 cm 的玻璃棒，並在上面作上 0.5 cm、1 cm、15 cm 的刻度，按照刻度插入以巢內觀察舉尾蟻是否舉尾。
- 8、觀察和紀錄的方法：以刺激所及範圍之內的舉尾蟻為觀察對象

(三) 結果

表 10 舉尾蟻舉尾原因的調查表

刺激方式	無刺激	咬食	搬運	攻擊長腳捷蟻	攻擊異巢舉尾蟻時	搖晃巢 (巢外有螞蟻)			搖晃巢 (巢外無螞蟻)			擾動巢		
						輕度	中度	重度	輕度	中度	重度	0.5 cm	1 cm	15 cm
巢 1	++	++	-	++	++	-	++	++	-	-	-	-	-	++
文字敘述	行進時有時會舉尾	腹部會上下動	都不舉尾	激烈打鬥	會用大顎互咬糾纏	沒有螞蟻出來	有螞蟻從巢出來	螞蟻四處亂竄	沒有螞蟻出來	沒有螞蟻出來	沒有螞蟻出來	沒反應	不受影響	螞蟻衝出四處亂竄
刺激方式	無刺激	咬食	搬運	攻擊長腳捷蟻	攻擊異巢舉尾蟻	搖晃巢 (巢外有螞蟻)			搖晃巢 (巢外無螞蟻)			擾動巢		
						輕度	中度	重度	輕度	中度	重度	0.5 cm	1 cm	15 cm
巢 2	++	++	-	++	++	-	++	++	-	-	-	-	-	++
文字敘述	行進時有時會舉尾	腹部會上下動	都不舉尾	打鬥激烈	大顎互咬	沒有螞蟻出來	螞蟻從巢出來	有螞蟻出來數量不多	沒有螞蟻出來	沒有螞蟻出來	沒有螞蟻出來	沒反應	不受影響	有螞蟻衝出四處亂竄

++++ 全部舉尾 (100%) ++ 部分舉尾 (1%~99%) - 不舉尾 (0%)

結果說明：

- 1 巢一與巢二的結果比較大致相同，惟獨擾動巢時巢二的螞蟻舉尾反應較零星。
- 2 舉尾蟻在攻擊長腳捷蟻時一定會舉尾，而遇到同類時則未必舉尾。
重度搖晃巢且巢外有螞蟻時，螞蟻的反應最激烈。
- 3 在擾動巢的實驗中，當插入的深度太淺時，螞蟻不會有反應，而將玻璃棒插入 15 cm 的實驗，舉尾蟻舉尾反應則相當激烈。

4. 螞蟻在咬食時，偶而會有舉尾的反應。
5. 螞蟻在搬運時不會舉尾。

其他發現：

1. 在觀察不外加刺激的實驗模式中，發現在花盆的邊緣有時會停著數隻舉尾蟻，像是衛兵在看守一樣，且體型都較大（與同巢的螞蟻比較）應該是蟻巢中兵蟻的階級。
2. 在觀察舉尾蟻搬運物品的實驗中，發現舉尾蟻用大顎在搬運卵、幼蟲和食物。
3. 舉尾蟻在攻擊長足捷蟻時發現舉尾蟻會將外來的物種丟入水盆中。
4. 當有螞蟻掉在水盆中時，螞蟻不會馬上死亡且有游泳的動作

實驗十一：舉尾蟻聚落分布形式的觀察及實驗室中舉尾蟻聚落基本資料的建立

(一) 研究設備：

1. 數位相機
2. 捲尺
3. 紀錄單

(二) 研究方法：

1. 在野外（中和山區南勢角）尋找舉尾蟻在不同樹上築巢時的聚落形式，並加以照相和紀錄。
2. 在實驗室中將野外採集回來的蟻巢加以分類，仔細觀察和收集各蟻巢中不同型態的成員並加以記錄，必要時需將蟻巢做部分的破壞以收集資料。
3. 記錄實驗室中蟻巢的大小。大型巢：半徑 > 7 公分；中型巢：半徑介於 7 公分到 3 公分之間；小型巢：半徑 < 3 公分。

(三) 結果：

表 11-1 野外舉尾蟻聚落的不同形式(以一棵樹為單位)

單一主巢大型巢		單一主巢中型巢	
一主巢多分巢		雙主巢	

圖 11-1 野外觀察時舉尾蟻群落的統計(主巢總數23個)

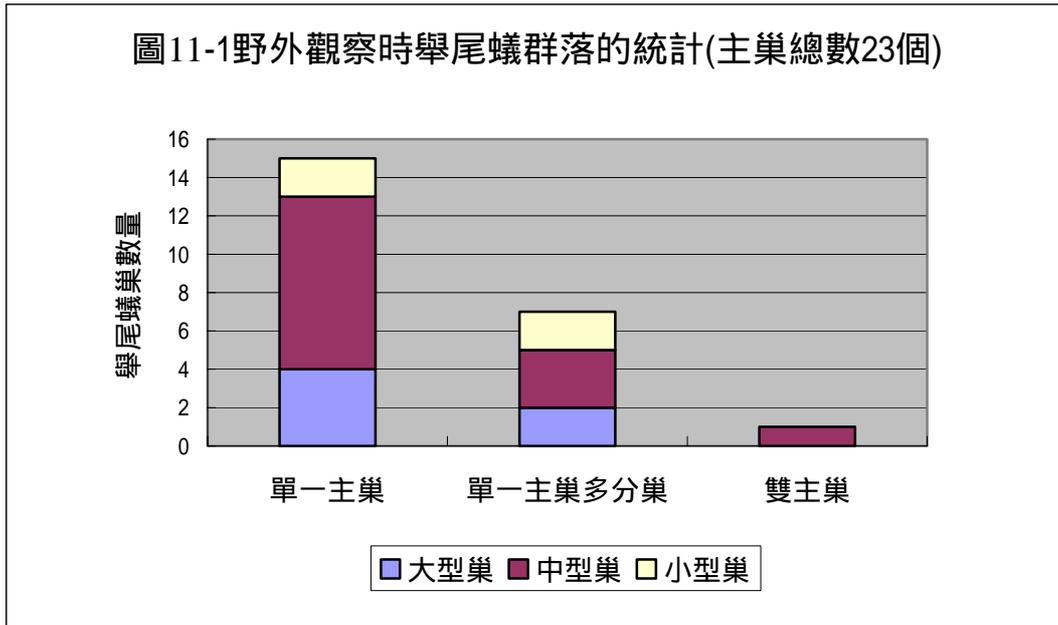


表 11-2 實驗室中舉尾蟻聚落的形式和基本資料

編號	巢的形式	巢的大小	所在樹種	卵	幼蟲	蛹	工蟻	雄蟻	雌蟻	蟻后
巢一	單一主巢	大型巢	島榕	有	有	有	有	有	有	一隻
巢二	單一主巢	大型巢	杜虹花	有	有	有	有	有	有	未觀察
巢三	單一主巢	中型巢	島榕	有	有	有	有	無	無	一隻
巢 4-1	主巢	大型巢	野桐	有	有	有	有	有	有	一隻
巢 4-2	分巢	小型巢		無	無	無	有	無	無	無
巢 4-3	分巢	小型巢		無	無	無	有	無	無	無

結果說明：

1. 在野外觀察中，舉尾蟻聚落的分布有多種形式。其中以單一主巢的形式最常見。多蟻巢聚落的大型主巢、中型主巢和小型主巢都會產生分巢
2. 實驗室中的舉尾蟻聚落在分巢中只找到工蟻，其餘成員則並未發現

實驗十二：舉尾蟻聚落互動模式的研究

(一)研究設備：

1. 大型培養皿
2. 白紙數張
3. 白糖
4. 放大鏡
5. 解剖顯微鏡
6. 17 平方公分平板玻璃
8. 麵粉
9. 碼表
10. 捲尺
11. 香水噴霧劑

(二)研究方法：

A. 原始觀察模式

- 1、同巢舉尾蟻的研究：將大型培養皿置放於編號 1 號的舉尾蟻巢下，並在培養皿中墊上白紙後再加白糖以吸引巢中的舉尾蟻，在收集到數量足夠的舉尾蟻後，再將同巢的舉尾蟻群體放入觀察盒中，定時以放大鏡或解剖顯微鏡觀察同巢舉尾蟻個體所出現的互動行為並加以記錄。
- 2、同樹異巢舉尾蟻的研究：將大型培養皿分別置放於編號為 4-1（主巢）和 4-2（分巢）的舉尾蟻巢下，並在培養皿中墊上白紙後再加白糖以吸引巢中的舉尾蟻，在收

集到數量足夠的舉尾蟻後，再將同樹不同巢的舉尾蟻群體放入同一觀察盒中，定時以放大鏡或解剖顯微鏡觀察同樹異巢舉尾蟻所出現的互動行為並加以記錄。

- 3、異樹異巢舉尾蟻的研究：將大型培養皿分別置放於編號 1 號及 2 號的舉尾蟻巢下，並在培養皿中墊上白紙後再加白糖以吸引巢中的舉尾蟻，在收集到數量足夠的舉尾蟻後，再將不同樹也不同巢的舉尾蟻群體放入同一觀察盒中，定時以放大鏡或解剖顯微鏡觀察不同樹也不同巢的舉尾蟻所出現的互動行為並加以記錄。
- 4、觀察盒的製作以大型培養皿加上 17 平方公分的平板玻璃即可
- 5、為瞭解舉尾蟻在無法回巢及可以返巢時行為模式的異同。每種觀察模式又分為近巢模式及離巢模式分別加以觀察，近巢模式時觀察盒不加蓋且將觀察盒置於距巢中心 10 公分以內之範圍。
- 6、每種模式觀察次數 5 次，每次觀察時間 30 分鐘，每次所觀察到的行為次數要累積記錄。除同巢舉尾蟻以外，觀察的對象以不同巢的個體互動為主，為區別不同巢的蟻，其中之一要灑上麵粉辨識。
- 7、為了能進行有意義的觀察，我們預先將所要觀察的行為加以設定，並將所觀察的行為歸納成三大類：利它行為、敵意行為、友善行為。

B、味道混淆模式

- 1、同巢舉尾蟻的研究：將大型培養皿置放於編號 1 號的舉尾蟻巢下，並在培養皿中墊上白紙後再加白糖以吸引巢中的舉尾蟻，在收集到數量足夠的舉尾蟻後，先用香水噴霧劑噴灑蟻群，再將噴灑香水後的舉尾蟻群連同培養皿放回原巢巢下，定時以放大鏡或解剖顯微鏡觀察同巢舉尾蟻群體所出現的互動行為並加以記錄
- 2、異樹異巢舉尾蟻的研究：將大型培養皿分別置放於編號 1 號和 2 號的舉尾蟻巢下，並在培養皿中墊上白紙後再加白糖以吸引巢中的舉尾蟻，在收集到數量足夠的舉尾蟻後，先用香水噴霧劑噴灑培養皿及蟻群，再將不同樹也不同巢的舉尾蟻群體放入同一觀察盒中，定時以放大鏡或解剖顯微鏡觀察不同樹也不同巢的舉尾蟻所出現的互動行為並加以記錄
- 3、觀察和記錄的方式如同原始觀察模式

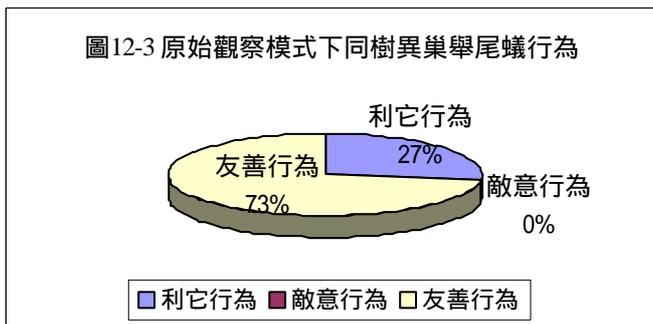
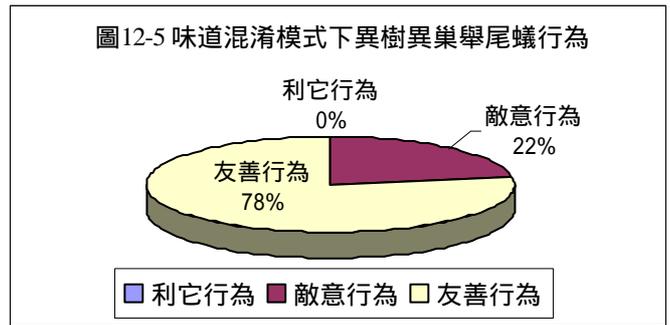
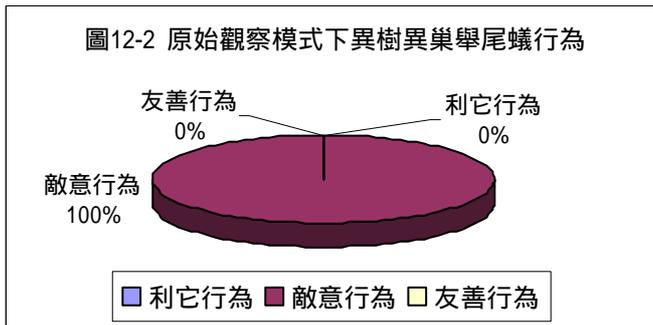
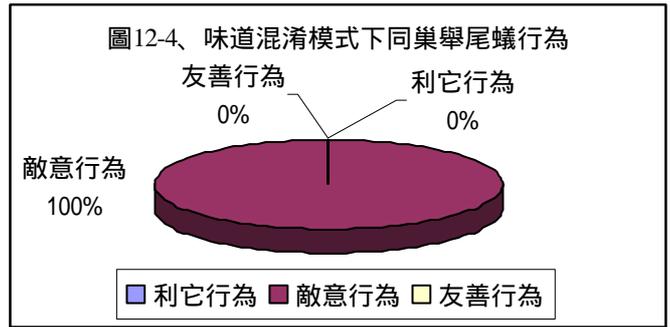
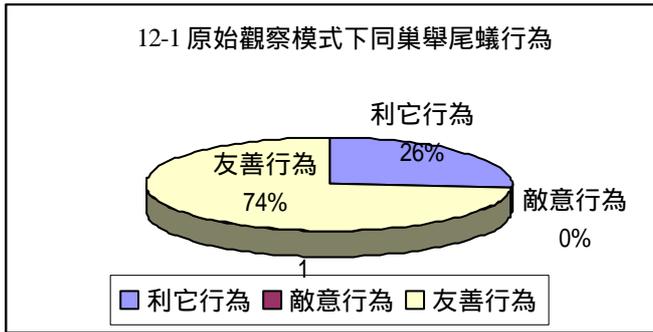
(三)結果：

表 12-1 原始觀察模式(每種觀察模式共觀察 5x2 次，每次觀察 30 分鐘，不同個體所表現出的同類行為可以累積記錄)

行為模式		利它行為			敵意行為			友善行為			總計	
		回吐	相互清潔	社會搬運	圍攻	噴出蟻酸	大顎攻擊	合作	蟻聚	跟隨同伴		
原始觀察模式	同巢模式	近巢模式	3	7	5	0	0	0	12	8	14	49
		離巢模式	1	4	0	0	0	0	2	15	5	27
		累積次數	20			0			56			76
	同樹異巢	近巢模式	4	6	11	0	0	0	15	9	17	62
		離巢模式	0	3	0	0	0	0	4	13	7	27
		累積次數	24			0			65			89
	異樹異巢	近巢模式	0	0	0	13	4	21	0	0	0	38
		離巢模式	0	0	0	12	5	18	0	0	0	35
		累積次數	0			73			0			73

表 12-2 味道混淆模式

行為模式		利它行為			敵意行為			友善行為			總計
		回吐	相互清潔	社會搬運	圍攻	噴出蟻酸	大顎攻擊	合作	蟻聚	跟隨同伴	
味道混淆模式	同樹同巢	0	0	0	9	2	13	0	0	0	24
	異樹異巢	0	0	0	0	1	1	0	5	0	7



結果說明：

1. 在原始觀察模式下的同巢舉尾蟻群體和同樹異巢舉尾蟻群體會表現出利它行為和友善行為，行為模式幾乎相同。而異樹異巢的舉尾蟻群體間則出現明顯的敵意行為。
2. 香水的氣味會使同巢的舉尾蟻之間出現敵意行為；而異樹異巢的舉尾蟻群體間的敵意行為明顯降低，甚至會出現友善的行為。

實驗十三：舉尾蟻領域行為、侵略行為和換巢行為的研究

(一)研究設備：

1. 放大鏡
2. 香水
3. 樹枝

(二)研究方法：

- 1、異樹異巢舉尾蟻的研究：以相同長度的樹枝將巢一、巢二和巢三以三角方式連接，以放大鏡觀察各巢舉尾蟻之間的互動。
- 2、同樹異巢舉尾蟻的研究：將巢 4-3(分巢)以香水噴灑後，再以相同長度的樹枝將巢 4-1、巢 4-2 和巢 4-3 以三角方式連接，以放大鏡觀察各巢舉尾蟻之間的互動。
- 3、觀察時的行為模式分為領域行為、侵略行為及換巢行為；其定義如下
 - (1)領域行為：在舉尾蟻巢樹枝所能延伸的最大範圍內所產生的攻擊行為。

(2)侵略行為：侵入它巢舉尾蟻樹枝所能延伸的最大範圍內時的攻擊行為。

(3)換巢行為：舉尾蟻在不同巢之間往返且不會發生互相攻擊的行為。

(三)結果

表 13-1 舉尾蟻辨別蟻巢的方式和氣味的關係

行為模式	實驗蟻巢	領域行為	侵略行為	換巢行為
異樹異巢 舉尾蟻	巢一和巢二	有	有	無
	巢一和巢三	有	有	無
	巢二和巢三	有	有	無
同樹異巢 舉尾蟻	巢 4-1 和巢 4-2	無	無	有
	巢 4-1 和巢 4-3	巢 4-1 明顯、巢 4-3 無	不明顯	無
	巢 4-2 和巢 4-3	不明顯	不明顯	無

結果說明：

1. 異樹異巢舉尾蟻群體明顯的領域行為和侵略行為，沒有出現換巢行為。
2. 未經香水噴灑處理的同樹異巢舉尾蟻群體沒有出現領域行為和侵略行為，有明顯的換巢行為。
3. 巢 4-3 經香水噴灑後，該巢舉尾蟻幾乎失去行為的能力，而巢 4-1 的舉尾蟻則明顯對該巢的舉尾蟻出現領域行為。

伍、討論

(一) 研究一討論：

1. 本次實驗所採用的舉尾蟻在分類上屬於膜翅目 (Hymenoptera) 蟻科 (Formicidae) 二節蟻亞科舉尾蟻屬，學名為 *Crematogaster* sp. (張永仁/2000)。膜翅目的昆蟲中只有螞蟻在胸部與腹部之間有腰節，而舉尾蟻則有兩節腰節，呈水滴狀並時常往上舉的腹部是其主要辨識特徵 (表 1-1)。
2. 由文獻可知目前台灣已知的舉尾蟻大約有 11 種左右 (張永仁/2000)，不同種類的舉尾蟻可由胸部背板的形狀及腰部和腹錘部連接的形狀加以辨識。但由於本次實驗參考資料的缺乏，因此關於各種舉尾蟻的分類方法，有待日後進一步討論。
3. 舉尾蟻的螫針為類似蜜蜂的針刺，當舉尾蟻使用螫針攻擊敵人時，自己也會有生命危險，因此在本次的實驗中，較少觀察到舉尾蟻使用螫針。在舉尾蟻的生活中，大顎扮演非常重要的角色，可用來攻擊敵人、搬運食物或同伴、移除屍體等功能。至於位於前腳的清潔梳則可以用來為自己或同伴進行清潔觸角或身體的工作 (表 1-1)。
4. 舉尾蟻是屬於完全變態的昆蟲，必須經過卵、幼蟲、蛹三個發育階段才能發育為成蟲，而幼蟲又分為 1-3 齡 (廖元隆/2001)。由於蟻卵很小，一般人往往無視於牠的存在，反而把有體毛會聚集在一塊的幼蟲 (表 3-2) 當作卵來看待。卵與幼蟲的區別則在於，卵細軟而具透明的殼，最大也不超過半毫米長，而幼蟲則是細軟半透明，牠的後半部肥大而直，前端則細長而內彎，身體則具有有明顯的分節。
5. 舉尾蟻的聚落發展和蟻后的生育能力息息相關，因此蟻后除了生產工蟻外，當蟻群擴大到某個程度時還會產生有翅的處女蟻后與雄蟻。所以舉尾蟻的社會成員除了有蟻后、兵蟻、和工蟻以外，還有有翅的處女蟻后與雄蟻。雄蟻的頭和體型較小且觸

角為絲狀，和處女蟻后有明顯的區別（表 3-1）。

6. 在本次實驗的蟻巢核心處除了發現介殼虫與舉尾蟻共生外，並未發現其他和舉尾蟻共生的昆蟲，表示介殼虫應是最常和舉尾蟻共生的昆蟲。

（二）研究二討論：

1. 舉尾蟻蟻巢的外觀通常呈橢圓形或圓形（表 5-1），但有些蟻巢的外層部分會沿著與主枝分岔的樹枝擴展，因此部分舉尾蟻蟻巢會呈較不規則的外觀。
2. 舉尾蟻築巢時的內部結構是以蟻后所在位置為中心逐漸向外擴大的同心圓。當蟻后所在位置與蟻巢幾何中心接近或重疊時，蟻巢的內部同心圓結構會呈現較為對稱且規則的形狀（圖 6-2、圖 6-4）；但舉尾蟻築巢時也會依據樹枝結構擴展蟻巢範圍而使得蟻后所在位置和蟻巢幾何中心產生偏離，導致蟻巢重心也產生偏離的現象，此時舉尾蟻蟻巢的內部同心圓結構就會呈現較不規則的形狀（圖 6-1、圖 6-3）。
3. 舉尾蟻築巢時蟻巢的幾何中心與重心會隨著蟻巢的擴展發生改變（圖 6-1、圖 6-3）。以巢一的舉尾蟻為例：在築巢的第一階段，蟻后所在位置會在建築主枝上，此時蟻后所在位置與蟻巢的幾何中心及重心極為接近；但在築巢的第二階段，雖然蟻巢的幾何中心及重心因蟻巢的擴展產生偏離，但蟻后的所在位置並沒有改變，依然是在第一階段的建築主枝上（圖 6-3）。因此蟻巢中心點的定位應該是以蟻后的所在位置為準。
4. 舉尾蟻蟻巢的巢壁厚度由外層到內層會層層遞增（表 7-1、圖 7-5、圖 7-6、圖 7-7），而蟻巢巢室寬度的變化除最內層明顯較小以外，其他層的寬度變化則較不規則（圖 7-9）。這使得蟻巢內層結構的堅固性比中層和外層都來的強，所以分布在內層的蟻后、卵及幼蟲會受到較好的保護，即使蟻巢的外層和中層因外界因素而受到破壞，工蟻還是可以修建蟻巢，而不會失去一整個舉尾蟻的聚落。
5. 蟻巢深度較淺的地方溫度較低（鍾兆晉/1998），以此推論分布在內層的卵和幼蟲對溫度的喜好程度較高，而分布在中層的蛹對溫度的喜好程度較低，至於遍佈整個蟻巢的工蟻對溫度變化應該有較強的適應能力。但是由於卵、幼蟲、蛹在變態的過程中並不會自行移動，必須要藉由工蟻來進行搬運的工作，因此實驗觀察中也會發現少數剛由幼蟲形成的蛹分布在內層裡。（圖 8-1）
6. 在本研究中發現舉尾蟻蟻巢的巢室之間是有通道的（圖 7-3、圖 7-4），這些通道可使舉尾蟻在巢中移動的速度加快，這種情形在大型的舉尾蟻蟻巢中會特別明顯。
7. 在本研究中發現舉尾蟻建築的材料中有黑色的沙粒、樹枝纖維及碎葉（圖 9-1、圖 9-2、圖 9-3、圖 9-4）因此蟻巢的外觀會呈現黑色應該是舉尾蟻建築材料中有黑色沙粒的關係。而這些材料可拼湊成一層層像紙張般質感的巢壁，可能是舉尾蟻分泌唾液將材料黏合而成的。

（三）研究三討論：

1. 舉尾蟻對許多種刺激皆會出現舉尾的反應，其中以對蟻巢破壞程度最大的劇烈搖晃和擾動方式所產生的反應最為明顯，此時的舉尾行為可能是舉尾蟻對這種破壞動作所做出的警戒行為，但由於舉尾行為可能代表多重的社會意義，因此我們在進行舉尾蟻聚落互動行為的觀察實驗中，不將舉尾的行為列入。
2. 不同聚落的舉尾蟻之間會出現明顯的敵意行為（圖 12-2），侵略行為或領域行為（表 13-1），而同一聚落的舉尾蟻則會表現出利它行為或友善行為（圖 12-1）由於同巢舉尾

蟻和同樹異巢舉尾蟻在原始觀察模式下表現出相同的行為模式，由此可知舉尾蟻的聚落分布是以一樹一聚落為原則

3. 氣味是蟻蟻分辨不同聚落時非常重要的依據，每一個聚落都有其獨特的味道，藉由同一聚落蟻蟻間頻繁的互動而保持整個聚落味道的一致(威爾森/2000)。由(實驗 12)氣味混淆觀察模式的結果亦可證實氣味的改變對舉尾蟻的聚落認同產生了極大的影響，即使是同巢的舉尾蟻，當個體的氣味發生改變時也會被當作是外來者而加以攻擊(圖 12-4)
4. 在野外的觀察和實驗室中均可以發現同樹異巢的舉尾蟻有相當頻繁的換巢行為(表 13-1)，因此推論同樹異巢的舉尾蟻屬於同一聚落和該行為應有密切的關係

陸、結論

舉尾蟻是台灣中低海拔山區相當常見的蟻類，然而在台灣有關舉尾蟻的生態資料卻相對缺乏，在本次的研究中我們對舉尾蟻的型態、蟻巢的結構及聚落的分佈原則做了進一步的探討，以下是我們的主要研究的成果

1. 在研究中，我們發現舉尾蟻的聚落分佈原則為**一樹一聚落**。一個聚落中通常只有一隻蟻后。而每一聚落則以蟻后為中心發展為**單巢或多巢模式**，而舉尾蟻王國中的其他成員則圍繞著蟻后層層分佈。
2. 蟻后的所在位置不一定是蟻巢的幾何中心。在解剖蟻巢的過程中，我們總是可以在舉尾蟻巢的建巢主枝附近發現蟻后，而蟻后的所在位置應是整個舉尾蟻聚落的建巢起點，雖然舉尾蟻蟻巢和聚落會隨著樹枝結構進行擴張或調整，但舉尾蟻築巢時以蟻后為中心的同心圓築巢模式卻不會改變
3. 在聚落中工蟻幾乎擔負了所有的工作。在研究中我們因收集資料的需要而必須破壞蟻巢時，常常可以看見工蟻將卵、幼蟲、蛹甚至雄蟻和雌蟻搬運到新地點的社會性搬運行為，也可以觀察到工蟻會修整或清理被破壞的蟻巢，即使是沒有蟻后存在的情況下，工蟻仍然保有工作的能力，可見蟻后只是生育的機器。
4. 屬於同一個聚落的舉尾蟻常常會出現許多合作或利牠的行為，但對於其他不同聚落的舉尾蟻，則會表現出極強的領域行為、攻擊行為或侵略行為。因此舉尾蟻的群落分佈以樹為單位應有相當的合理性，否則同一樹上不同聚落的舉尾蟻將由於活動空間的重疊而互相鬥毆至其中一個族群被消滅為止，甚至造成兩敗俱傷的結果。至於在本次研究中所發現唯一的雙主巢，由於採集的困難，其中的舉尾蟻是否屬於同一聚落；或有兩隻蟻后同時存在，則有待日後探討。
5. 蟻巢的結構和巢室分配對舉尾蟻聚落的生存有重大的影響。身負繁衍後代重責大任的蟻后和較脆弱的卵和幼蟲通常分配在較堅固的蟻巢內層，當舉尾蟻巢的外層在台灣多風多雨的環境下被破壞時，聚落的發展卻仍然能夠繼續維持下去。而蟻巢內部層與層的通道則加快了工蟻在蟻巢中移動和進行搬運的速度，這使得工蟻隨時可以將蟻巢中的社會成員做機動的調整。至於蟻巢的結構是否和蟻巢內部溫度的控制有關？舉尾蟻社會中各種成員形成的機制和蟻巢結構的關係為何？則是我們未來要努力研究的方向。

由於經驗和知識的不足、研究工具的缺乏，使得我們在研究的過程中碰到許多困難，但是在老師的協助下，還是順利的完成了我們的研究，尤其值得一提的是本次研究結果中所有的圖

片都是我們在實驗室中運用現有的工具克難拍攝或繪製而成，希望這樣的研究成果能對台灣的生態資料有些微薄的貢獻，而實驗室中的舉尾蟻我們將會盡力的使它們在自然環境中繼續的生存下去。

柒、參考資料及其他

(一) 參考資料：

1. 論文：

作者：鍾兆晉 先生 指導老師：侯平君 老師 出版年：1998 年
論文名稱：樹棲築紙巢建築舉尾蟻聚落之溫度調節 頁數：9、32 頁

2. 書籍：

- (1) 作者：張永仁 書名：昆蟲入門 版次：五版三刷 出版地：台北市
出版社：遠流出版社 頁數：158、159 頁 出版年：1998 年
- (2) 作者：張永仁 書名：昆蟲圖鑑 版次：六版二刷 出版地：台北市
出版社：遠流出版社 頁數：325-326 頁 出版年：1998 年
- (3) 作者：喬治 麥葛文 譯者：陳穎儒 書名：昆蟲圖鑑 版次：初版
出版社：貓頭鷹出版社 頁數：25、184、185 頁 出版年：2000 年 6 月
- (4) 作者：Bert Holldobler & Edward O. Wilson 譯者：蔡承志
書名：螞蟻 螞蟻 版次：初版 出版地：台北市
出版社：遠流出版社 頁數：31、34、103、189、203-213 頁 出版年：2000 年
- (5) 書名：生物(下冊) 出版社：國立編譯館 範圍：第 11 章

3. 科展作品

校名：台北縣中和市興南國小
作者：林宜真、李奕潔、許亞臻、黃璿
指導老師：吳毓如、馬保和
研究題目：懸巢舉尾蟻與牠的巢—族群行為與環境研究
頁數：8、9、18、21-25 頁

4. 光碟：名稱：台灣自然生態大系(4) 螞蟻—合作的小夥伴

出版商：嘉利博資訊

5. 網頁資料：

校名：嘉義大學植物系 作者：廖元隆 研究題目：螞蟻之概況 發表年：2001
頁數：7-9 頁 網址：<http://140.130.177.203/jgtsay/jg4-11p-89210.html>

評語

- 1.同學參與度高，技能足夠。
- 2.時間稍短，槎本可再增加。
- 3.表達清楚。
- 4.階析的方式有新意。但本題材很常見，應要有更特別的地方。