

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

佳作

031721

鰕的有情世界—扁鰕生活史建立與繁殖行為之模式分析—

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者：	指導老師：
國三 陳星宇	陳盈吉
國三 林昀奕	莊閔捷

關鍵詞：扁鰕生活史 繁殖行為模式 特殊交配行為

摘要

本研究歷時 24 週進行扁鰲生活史的建立，此外也研究扁鰲的交配過程，使用行為編碼與時緒分析，探究扁鰲在交配前後發生的特殊行為是否具有特定意義與模式。

在扁鰲生活史建立分析之中，本研究結果顯示如下：

1. 扁鰲的生活史過程會有個體差異呈現、
2. 母幼蟲大小平均大於公幼蟲大小。

在交配行為模式分析與建立之中，本研究結果顯示如下：

1. 扁鰲的母蟲氣味會影響公蟲進行交配的意願；
2. 公蟲與母蟲的交配過程前期並無明顯的交配或者是求偶行為；
3. 母蟲觸角的有無與觸角擺動速度、伸出交尾器與否會影響公蟲交配的位置；
4. 扁鰲母蟲具有交配的主宰權，而非公蟲；
5. 扁鰲「可能」具有獨特的延後產卵模式。

關鍵詞：扁鰲生活史、繁殖行為模式

壹、 研究緒論

我們在山上常看到的扁鍬形蟲，若去翻書尋找牠的交配過程，所得到的答案通常都是 0，而我們為了探討補足這塊文獻空白的地方，我們三番兩次上山搜尋研究材料扁鍬，並帶回飼養試圖拍攝交配關鍵畫面，並且實驗公蟲對各種活體母蟲與模型母蟲的反應，希望我們的數據可以補足文獻空白的地方。

對於扁鍬很多人的審美觀總是放在體型、顏色、稀少程度、繁殖難易度……，卻沒有人想想看：扁鍬為何數量這麼多？牠如何快速擴張族群範圍？如何繁殖與交配？交配有沒有前奏曲？一見面就馬上交配嗎？母蟲一次生多少？為什麼母蟲比公蟲適應力強？扁鍬是不是母蟲多於公蟲？扁鍬能延後產卵嗎？扁鍬能不能孤雌生殖……這一連串的問題，至今都沒人能解決，連許多文獻上也都沒有記載扁鍬的交配過程，而現在我們要破解扁鍬的心智密碼，找出許多資料上沒有的數據，來讓大家了解扁鍬的交配過程為何。

貳、 文獻探討與分析

此部分我們將找到的文獻資料整理成為「扁鍬公蟲的耐性？」、「交配姿勢？」、「觸角與氣味？」、「扁鍬的生活史過程」等四大問題，如下所示。

一、扁鍬公蟲的耐性？

竹內高司 (Takashi Takeuchi)，提出公蟲很容易在交配時或交配後馬上把母蟲殺死的狀況，建議先讓公蟲冷靜後再交配，但是我們拍攝實驗許多次，發現扁鍬公蟲是很溫和斯文的，會靜靜的等待母蟲回應再交配，而非一般人所想的霸王硬上弓，不交配就咬死，在我們的實驗中，都是公蟲等待母蟲回應，若母蟲不回應，公蟲頂多只會輕輕咬母蟲一兩下試探回應，或直接離去，並非大力夾擊母蟲，除非等待時間過久仍不回應，公蟲才會用力咬，有時力量失控才會造成母蟲斷頭死亡的情形，此結論呼應了(張永仁, 1998)的摩擦生愛型：公蟲會先盤據在母蟲背上，以防其他情敵來搶，接下來牠便靜靜的等待，偶爾還會用觸角去摩擦母蟲的身體，似乎在訴說著愛意，直到母蟲願意委身下嫁時，公蟲才會開始與牠交配，這結論幾乎顛覆了一般人對扁鍬只會強勢交配的偏見。

二、交配姿勢？

張永仁(1998)提出：幾乎大部分甲蟲都採取雄上雌下，頭尾同向的交配姿勢，但拍攝交配 dv 時發現，扁鍬其實交配姿勢多樣化，並非只是單純的雄上雌下，剛開始公蟲騎到母蟲背上時採用雄上雌下，然後慢慢移位，轉變成雌雄尾部相連，頭部反向的姿勢，張永仁也注意到，這是個性比較敏感的昆蟲所採用的姿勢，由於雌雄雙方的方向相反，若要爬行移動，經常是體型較大，力量較猛的雌蟲拖著公蟲走（蝴蝶、椿象、大蚊、蛾.. 以上的蟲母蟲都比公蟲大）。扁鍬的求偶與交配是否具有特別的模式或者是有何特殊的行為呢？在查閱相關文獻之後，本研究發現在我們查閱的文獻之中，並沒有對於扁鍬交配行為的相

關研究，僅僅只有對於昆蟲大致交配行為類型的介紹，列如下表 2-1 所示：

表 2-1

求偶行為類型	行為內容摘要	昆蟲例子
氣味相投型	很多昆蟲的雌蟲身上都會散發出一股有特定氣味的化學物質——性賀爾蒙，雄蟲透過靈敏的嗅覺能循味找到遠距離外的雌蟲，而與牠交配	蠶蛾
霸王硬上弓型	一般來說，大部分昆蟲並不懂得「戀愛」，在求偶的過程中往往是雄蟲找到雌蟲，後，便主動趨前，直接強勢進行交配，而且雌蟲多半不會拒絕，彼此依循本能完成配對的過程，	大部分的昆蟲
摩擦生愛型	公蟲會先盤據在母蟲背上，以防其他情敵來搶，接下來牠便靜靜的等待，偶爾還會用觸角去摩擦母蟲的身體，似乎在訴說著愛意，直到母蟲願意委身下嫁時，公蟲才會開始與牠交配	鬼豔鍬形蟲，豆芫菁，
交配行為類型	行為內容摘要	昆蟲例子
雄上雌下，頭尾同向	幾乎大部分甲蟲都採取這種交配姿勢，雄蟲攀在雌蟲背上，伸出尾端的交尾器向下與雌蟲連接，	大部分甲蟲
雄雌尾部相連，頭部反向	這是個性比較敏感的昆蟲所採用的姿勢，由於雌雄雙方的方向相反，若要爬行移動，經常是體型較大，力量較猛的雌蟲拖著公蟲走	(蝴蝶、椿象、大蚊、蛾...) 以上昆蟲母蟲都比公蟲大)

整理自張永仁，1998

三、觸角與氣味？

張永仁(1998)提出：很多昆蟲的雌蟲身上都會散發出一股有特定氣味的化學物質——性賀爾蒙，雄蟲透過靈敏的嗅覺能循味找到遠距離外的雌蟲，而與牠交配，(蘇俞丞, 2002)也提出：尋找配偶與食物必須依靠嗅覺，鍬形蟲的嗅覺來自於觸角葉片面上的感覺器，主要是用來聞異性所散發的費洛蒙和食物的味道而得知正確位置，然後再前去交配或是吃東西。

四、扁鍬的生活史過程

一般來說，鍬型蟲的一生分為：卵期、幼蟲期、前蛹期、化蛹期、羽化期、蛻伏期、成蟲期，這些是據我所知的，但每本書寫的都不一樣（只有蟲誌有寫出前蛹期與蛻伏期），有些沒標示出前蛹期與蛻伏期（鍬型蟲 54、昆蟲大師：鍬型蟲、昆蟲入門）。

參、研究目的

根據研究動機，本研究設立了二個相關研究目的如下：

一、扁鍬生活史的觀察與建立

二、紀錄扁鍬交配繁殖過程的行為與相關模式分析建立

肆、 研究問題

根據研究動機，本研究設立研究問題如下：

根據研究目的一：「扁鍬生活史的觀察與建立」，衍生出研究問題如下：

- 1-1：建立扁鍬生活史
- 1-2：探究扁鍬幼蟲性別是否具有體長大小差異？
- 1-3：探討扁鍬幼蟲體長大小是否與親代性別的體長大小有關？

根據研究目的二：「紀錄扁鍬交配繁殖過程的行為與相關模式分析建立」，衍生研究問題如下：

- 2-1：探究公母扁鍬的正常交配過程為何？
- 2-2：母蟲氣味是否為影響公扁鍬交配意願的因素？
- 2-3：母蟲觸角有無是否為影響公扁鍬交配意願的因素？
- 2-4：公母蟲成功交配的關鍵行為回應為何？

伍、 研究設備

一、 研究蟲體樣本

本研究使用的蟲體為扁鍬行蟲(*Dorcus titanus sika*)，分布於平地至海拔 2000 公尺山區的~~超~~常見鍬行蟲，體長 3 到 7 公分，體色黑色，為完全變態的昆蟲，喜食樹液、腐果，個性沉穩，具明顯內齒突與鋸齒突，咬合力驚人。扁鍬幼蟲呈擠蠄狀，就是我們通稱的雞母蟲，但與金龜子、獨角仙幼蟲不同，扁鍬幼蟲體型較小，約 3~4 公分，生活在朽木裡，肛門呈縱裂，而獨角仙幼蟲約 5~7 公分，生活在腐質土、堆肥裡，肛門呈橫裂。蟲體來源為本研究團隊與老師進行野外補抓，補抓地點為屏東縣青山、海神宮等荒野處。我們的飼養方法為：母蟲產卵在朽木裡>劈開木頭找卵>發現 1 齡幼蟲>以粗木屑作為底材飼養在布丁杯裡>每週紀錄體長>3 齡時改成菌杯>化蛹時使用人工蛹室觀察>隨時紀錄羽化時的畫面>成蟲

二、 生活史：

數位相機、觀察箱、產卵木、木屑、扁鍬幼蟲 7 隻、紀錄表、游標尺、菌杯、電腦、小湯匙、標示物，紙片

三、 繁殖：

扁鍬 2 對、產卵木、木屑、DV 一台、母扁鍬標本、透明塑膠盒、仿真自然環境觀察箱、瓦楞紙版+木板、果凍台、果凍、取暖用夾燈

陸、 研究方法與資料分析方式

一、 扁鵲生活史的觀察與建立

- (1) 外出採集野生扁鵲（共捕捉到公蟲兩隻分別標號為公 1 和公 2、母蟲兩隻分別編號為母 1 和母 2），紀錄採集地點與時間，帶回家裡飼養。
- (2) 待公蟲與母蟲交配之後，觀察卵與幼蟲的成長。
- (3) 每星期紀錄幼蟲體長與頭寬於紀錄表上。
- (4) 根據所觀察之資料建立扁鵲的生活史。
- (5) 因幼蟲受到干擾便會呈現捲曲狀，若用尺直接測量會出現錯誤的數據，所以使用電腦比例尺測量，體長測量方式為我們在每隻蟲的旁邊放上比例尺，寫上編號之後，將每隻蟲使用數位相機拍照。之後再使用電腦觀看影像，用尺測量蟲長之後，利用比例尺在影像中的長度換換成正確的蟲體長度，並加以紀錄（如右圖 6-1）。

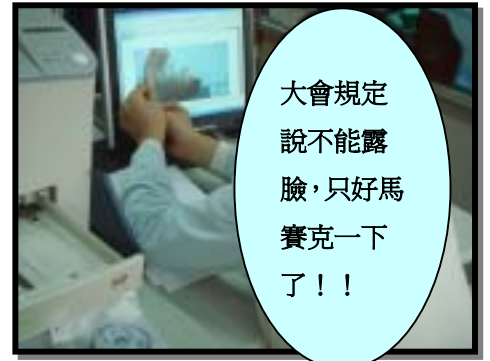


圖 6-1 使用比例尺測量蟲長

二、 紀錄扁鵲繁殖過程

1. 原生環境模擬

如右圖 6-2 所示，本研究將採集到扁鵲地區的木頭一併攜帶回來，設置在長 17 cm、寬 12 cm、高 8 cm 的飼養箱中，模擬扁鵲棲地的原生環境。由於本研究觀察時期在寒冷的十月到隔年的一月，跟扁鵲的交配季節六到九月溫暖的氣候有異，故另外在飼養箱外加掛夾燈，燈泡功率為 60W，目的在於模擬夏季的溫度。



圖 6-2 交配原生環境模擬

2. 在原生環境下公蟲對於母蟲的交配行為

設置好原生環境之後，研究者將公蟲母蟲放入，同時以 dv 開始拍攝其交配發生的行為。拍攝時間為母蟲與公蟲接觸開始至結束。

3. 扁鵲交配行為編碼

根據本研究所拍攝到的公母扁鵲交配行為 dv 帶，本研究者與指導教師反覆觀看，定義出數種扁鵲交配行為的類型，如下表所示：

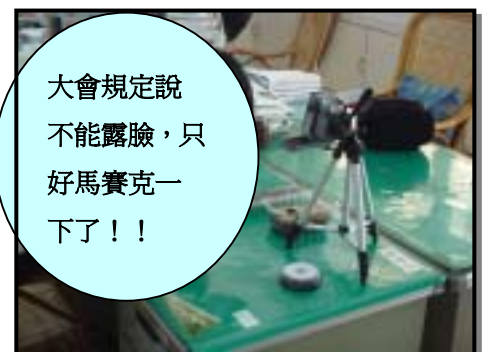


圖 6-3 拍攝交配過程

表 6-1：扁鵲交配行為編碼表

交配時期	行為類別	行為細目編碼	代碼
交配前 (BM)	接觸試探(C)	公蟲與母蟲對峙不動	1
		公蟲抬大顎	2
		母蟲快速揮動觸角	3
		公蟲速揮動觸角&壓制母蟲	4
		母蟲鑽進公蟲底下	5
		公蟲觸角刷母蟲尾部	6
		壓制母蟲&觸角刷母蟲尾部	7
		公/母伸出交尾器	8
		母蟲追公蟲	9
		公蟲追母蟲	10
	伸出交尾器 情形(S)	公/母伸出交尾器	11
		試圖拉出交尾器	12
	不願交配行 為(N)	公蟲用大顎夾擊母蟲	13
		母蟲咬公蟲	14
		用大顎挑離母蟲	15
		母蟲快速逃離	16
		公蟲快速逃離	17
		壓制母蟲	18
交配時期	行為類別	行為細目編碼	代碼
交配中 (M)		交尾器成功進入	19
		交配位置平行	20
		交配位置不平行	21
		O型腿踢母蟲	22
		公蟲拉母蟲走	23
		母蟲拉公蟲跑	24
交配時期	行為類別	行為細目編碼	代碼
交配後 (AM)		母蟲鑽入木頭	25
		公蟲鑽入木頭	26
		母蟲追公蟲	27
		公蟲追母蟲	28
		母蟲快速逃離	29
		公蟲快速逃離	30
		公蟲與母蟲對峙不動	31
交配時間		交配時間超過一小時	32
		交配時間不超過一小時	33
行為無法歸類			34

4. 扁鍬交配行為編碼一致性

扁鍬交配行為編碼的過程中，我們思考到一個的問題，那就是如果不同的人同時對同一捲 DV 做編碼，其結果會一樣嗎？如果不同的人編碼出來的結果不一樣，那麼結果就不太可信了。為了避免這樣的 4 問題出現，本實驗使用了一個方式，那就是我們其中一人與指導老師一人，同時對於同一段 DV 做行為編碼，然後再以研究者本身的編碼結果當作基準，將老師編碼的結果與研究者的結果做比較，看看彼此的差異度有多大。我們使用 Mpfm2 這一段 172 秒的影片來當做研究編碼的一致性運算，其計算公式與過程如下所示：

***行為時間一致性的誤差：**

【老師編碼數字的时间與研究者的編碼數字時間差/研究者一個編碼數字時間】 $\times 100\%$

研究者與老師同時觀看同一段 172 秒的 DV 影片，老師共使用 1102 個數字，而研究者的編碼數字數目為 1075 個數字，則換算成為時間的話，老師一個數字的时间約為 0.156 秒 (172/1102)，而研究者一個數字的时间約為 0.16 秒 (172/1075)。在本研究中我們界定行為時間的 t 一致性的誤差為 2.08%，表示研究者與老師的編碼時間一致性為 97.5%，其一致性相當高。『 $(0.16 - 0.156 / 0.16) \times 100\% = 2.5\%$ 』

***編碼類型一致性的誤差：**

【老師的編碼類型與研究者的編碼類型相同的數目/研究者的編碼類型數目】 $\times 100\%$

研究者對於 Mpfm2 的行為編碼共出現等六種類型 (1、4、7、11、18、34)，而老師的行為編碼共出現六種行為類型 (1、4、7、11、18、34)。根據研究者與老師的編碼結果，其六個行為類型完全相同，那麼其編碼類型一致性為 100%『 $(6/6) \times 100\% = 100\%$ 』，顯示研究者與老師彼此之間的編碼一致性相同。

5. 扁鍬交配行為的分析

根據本研究所拍攝到的 DV 帶與行為編碼表進行行為的編碼之後，根據與老師討論，我們決定進行行為時序分析，介紹如下：

本分析方式是以時間為基準點，將各行為編碼設為 Y 軸，將時間秒數設為 X 軸，使用 EXCEL 軟體畫出時間—行為的對應圖形，分析每次的交配過程中，是否有一致的行為模式出現。

三、探究氣味與母蟲觸角有無是否為影響公蟲交配的主因研究設計

為了要探究母蟲的氣味與母蟲的觸角有無是否為影響公蟲交配的主要因素，本研究設計下列 A~f 等六組實驗，如下表 6-2.6-3 所示：

表 6-2：母蟲氣味與母蟲觸角有無之實驗設計表

分別處理		組別					
		A 組	B 組	C 組	D 組	E 組	F 組
活蟲體	同種活母蟲	◎	◎				
	異種活母蟲（兩點赤）						
母蟲模型	同種母蟲模型（沾有扁鍬母蟲氣味）			◎			
	同種母蟲模型（不沾有扁鍬母蟲氣味）				◎		
	異種母蟲模型（兩點赤，沾有扁鍬母蟲氣味）					◎	
	異種母蟲模型（兩點赤，不沾有扁鍬母蟲氣味）						◎
母蟲 觸角有無	母蟲觸角正常	◎		◎	◎	◎	◎
	母蟲無觸角		◎				
DV 錄影帶拍攝次數		20	15	2	14	2	14

如上表所示，若是同時比較不同的組別，我們則可以得知不同的結果，如下表所示：

表 6-3 研究設計與組別比較問題

比較組別	探究問題
A+B	同種母蟲觸角的有無，是否會影響公蟲交配？
A+C、A+D	母鍬氣味是否為影響扁鍬交配的因素？
C、D、E、F	氣味是否會吸引引導公蟲進行交配？ 公扁鍬除了氣味之外，在近距離接觸之後是否會辨別同種母蟲的外型？

柒、研究結果與相關討論

一、DV 資料

本研究拍攝扁鵲交配行為，所得資料共有 67 筆，共分為成功交配 1 筆、不成功交配（母蟲無斷觸角）19 筆、不成功交配（母蟲斷觸角）15 筆、有氣味的同種母蟲模型交配 2 筆、無氣味的同種母蟲模型 14 筆、有母扁鵲氣味的異種母蟲模型 2 筆、無母扁鵲氣味的異種母蟲模型 14 筆。

二、扁鵲生活史建立

（1）扁鵲脫皮時間生長週數關係

本研究所收集到的蟲卵共有七顆，自 2006/10/13 日開始孵化之後，每週一固定測量各幼蟲體的體長變化，至 2007/3/27 日起共計有 24 週，其體長變化紀錄與平均體長變化圖如下表 7-1 與下圖 7-1 所示。

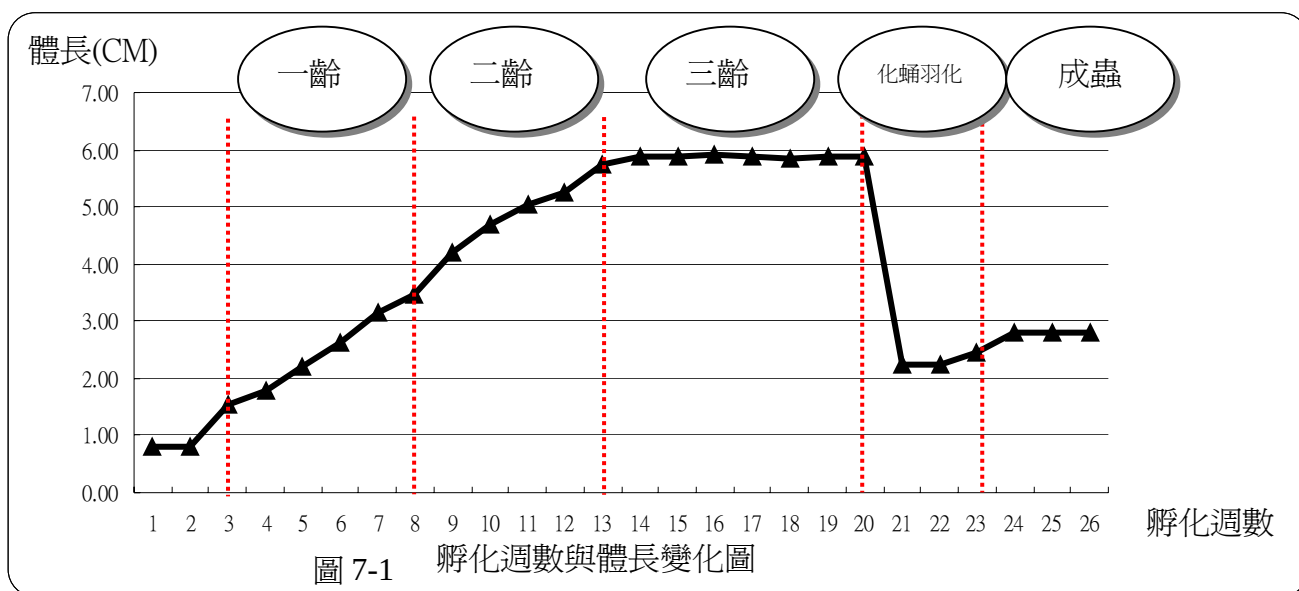
表 7-1 扁鵲幼蟲孵化週數、脫皮與體長變化紀錄表

週數										
體長 (cm)	第一週	第二週	第三週	第四週	第五週	第六週	第七週	第八週	第九週	第十週
蟲編號										
A	0.90	0.95	1.40(脫皮 1)	1.65	2.30	2.61	3.36(脫皮 2)	3.35	4.05	5.00
B	0.90	0.95	1.60(脫皮 1)	2.00	2.15	2.22	2.75(脫皮 2)	死亡	死亡	死亡
C	0.80	0.80	1.60(脫皮 1)	1.75	2.33	2.81	3.03	3.75(脫皮 2)	4.45	4.26
D	0.70	0.76	1.62(脫皮 1)	1.73	1.90	3.15(脫皮 2)	3.73	4.05	4.75	4.94
E	0.85	0.85	1.8(脫皮 1)	2.20	2.48	3.03(脫皮 2)	3.31	死亡	死亡	死亡
F	0.69	0.71	1.23(脫皮 1)	1.40	2.25(脫皮 2)	2.50	3.51	3.65	4.35	4.30
G	0.75	0.72	1.46(脫皮 1)	1.83	2.15(脫皮 2)	2.17	2.45	2.58	3.28	4.88
平均體長	0.80	0.82	1.53	1.80	2.22	2.64	3.16	3.48	4.2	4.68
週數										
體長 (cm)	第十一週	第十二週	第十三週	第十四週	第十五週	第十六週	第十七週	第十八週	第十九週	第二十週
蟲編號										
A	5.00	5.58	5.87(脫皮 3)	5.81	5.78	5.80	5.80	5.67	5.80	5.67
B	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡
C	4.54	4.74	5.71(脫皮 3)	5.68	5.57	5.52	5.52	5.51	5.52	5.50
D	5.57(脫皮 3)	5.67	5.75	6.10	6.26	6.32	6.32	6.28	6.32	6.33
E	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡	死亡
F	4.49	4.66	5.68(脫皮 3)	5.68	5.60	5.57	5.48	5.51	5.50	5.52
G	5.52(脫皮 3)	5.61	5.68	6.05	6.12	6.28	6.34	6.31	6.28	6.33
平均體長	5.02	5.25	5.74	5.86	5.87	5.90	5.89	5.86	5.88	5.87

蟲編號	週數			
	第二十一週	第二十二週	第二十三週	第二十四週
體長 (cm)				
A	2.3 (化蛹)	2.3 (化蛹)	2.8 (羽化)	3
B	死亡	死亡	死亡	死亡
C	2.1 (化蛹)	2.1 (化蛹)	2.4 (羽化)	2.6
D	2.5 (化蛹)	2.5 (化蛹)	2.5 (化蛹)	2.8 (羽化)
E	死亡	死亡	死亡	死亡
F	2.1 (化蛹)	2.1 (化蛹)	2.1 (化蛹)	尚未羽化
G	死亡	死亡	死亡	死亡
平均體長	2.25	2.25	2.45	2.8

(2) 扁鍬幼蟲生長體長與週數的關係

研究分析中若將幼蟲的生長體長與週數繪製成為曲線圖 7-1 所示。



綜合表 7-1 的資料，我們繪製了圖 7-1，顯示零期幼蟲約佔三週，一齡幼蟲約佔了五週時間，二齡幼蟲約佔五週，三齡幼蟲約佔了七週，約二十週左右進入蛹期，二十三週左右羽化成為成蟲。

由體長的生長曲線變化情形來看，大致上可以看出二齡與三齡幼蟲每週的生長變化較零期與三期幼蟲快速，平均每週約成長 0.5 公分左右。而進入三期的幼蟲體平均體長變化不大，推測可能是在作化蛹著準備，等待化蛹，所以體長才沒有多大的變化。但是在化蛹期中，蛹的大小幾乎縮水成三齡幼蟲的三分之一至一半，成蟲的大小也只有三齡幼蟲的一半左右。

(3) 扁鍬生活史建立

本研究根據目前二十四週的生活史資料，繪製成下圖 7-2 來表示扁鍬生活簡史。

(4) 扁鍬羽化過程全程紀錄

由於扁鍬羽化的過程難以拍攝，無法拍攝到每隻扁鍬的羽化過程。但是很幸運的，本研究在很巧的時間之內剛好紀錄到 D 蟲的羽化過程，故本研究根據 D 蟲的與化過程，根據圖片與相關紀錄，整理過程如下圖 7-3。

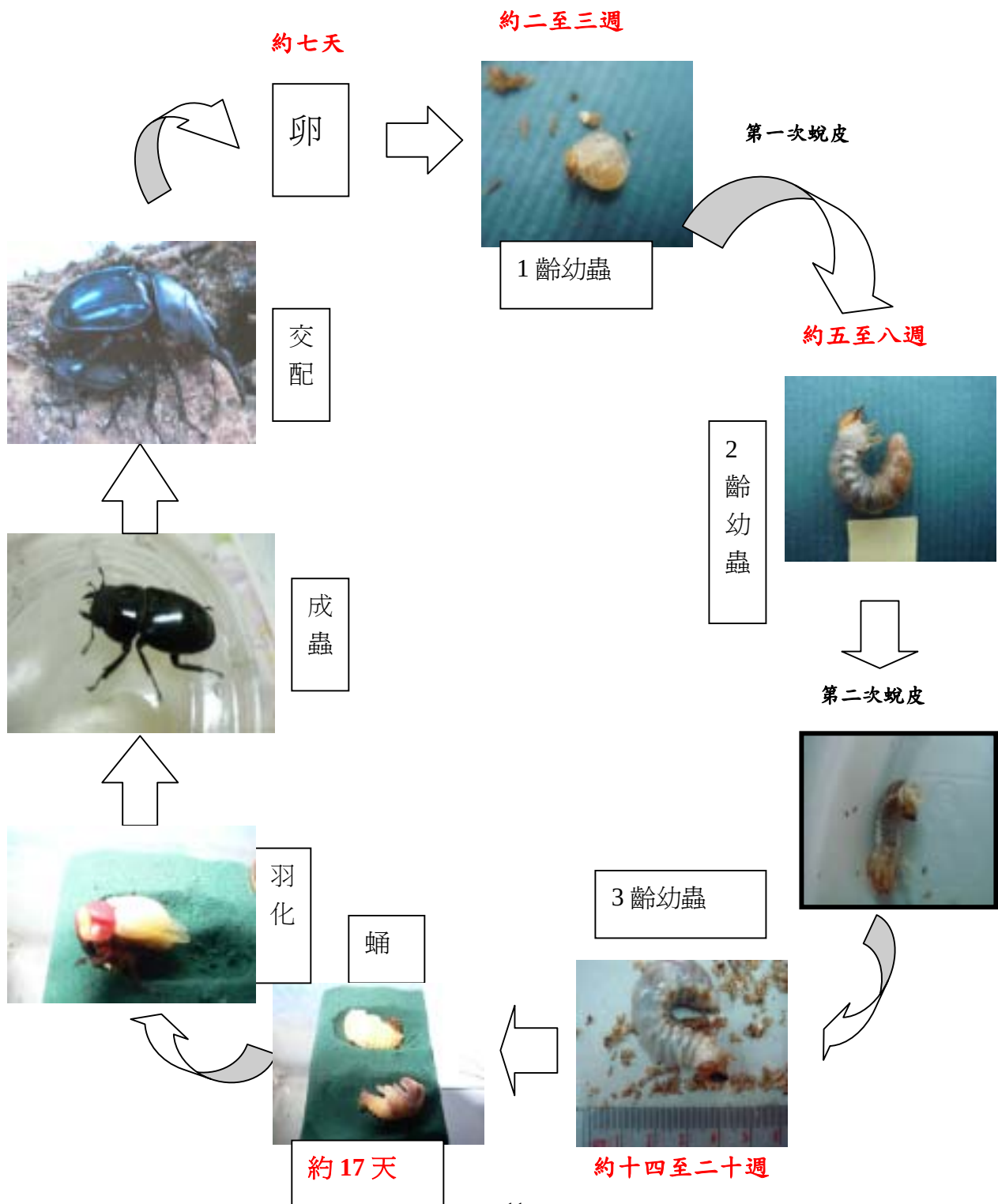


圖 7-2 扁鍬生活史簡圖

扁鍬化蛹全程紀錄



3.31 日 中午 12:40
蟲蛹排出多餘體液,準備羽化。



3.31 日 晚間 10:22
排除多餘體液完成,可清楚看見腳部與眼睛。



4.01 日 晚間 1:09
翻身,背部朝上。



4.01 日 晚間 1:04
原本收合的腳張開,開始亂動。



4.01 日 晚間 1:18
蟲蛹尾部劇烈扭曲。



4.01 日 晚間 1:20
原本彎曲的腹部伸直。



4.01 日 晚間 1:28
頭部慢慢脫出蛹皮。



4.01 日 晚間 1:26
背部蛹皮裂開。

請接下一頁

承接上一頁



4.01 日 晚間 1:31
頭胸部脫離蛹皮。



4.01 日 晚間 1:49
鞘翅完全脫離蛹皮，翅膀
未伸出。



4.01 日 晚間 2:44
頭、胸、腳部硬化。



4.01 日 晚間 2:31
翅膀伸展，等待硬化。



4.01 日 早上 10:59
翅膀乾硬收合，鞘翅慢慢
硬化，頭部抬起，等待背
部鞘翅硬化後即可取出
蛹室。



4.11 日 晚間 11:04
鞘翅完全變黑，可自由爬
行，完成羽化，但還是得
待在濕的衛生紙內等待
蛰伏期【註】過後，才可
進食與交配

圖 7-3 扁锹化蛹全程紀錄

【註】蛰伏期：

甲蟲羽化後，並不會馬上爬出蛹室，必須在蛹室裡等待一段時間才破土而出，並不會馬上進食，需要等約 2 週後，口器成熟才可進食，此外，大锹類(含扁锹)若想交配，需要等約半年，生殖器成熟才可交配。

三、扁鰲交配過程的行為模式建立

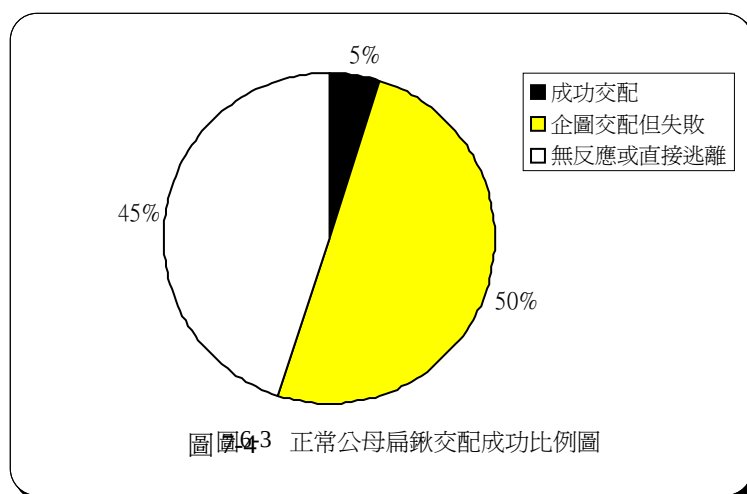
(1) 公蟲與同種母蟲交配成功的實驗

本實驗共有兩隻公扁鰲與兩隻母扁鰲進行交配。我們將體型較大的公扁鰲編號為第一男主角，體型較小的編號成為第一男主角。兩隻母蟲中的其中一隻在補抓的過程中斷了觸角，將之編號為第二女主角，而觸角正常的母蟲則為第一女主角。其中第一男主角和第二男主角分別與第一女主角共進行 20 次的交配過程，其中只有一次成功交配，其餘十九次中有 10 次男女主角伸出交尾器企圖要交配但都不成功，剩下的九次則是男女主角有接觸，但是大都呈現無興趣或者是母蟲逃離現象，其交配成功比例如下表 7-2 與圖 7-4 所示。

表 7-2

正常公母鰲交配成功次數與比例

交配情形	次數	百分比例
成功交配	1	5%
公蟲企圖交配但失敗	10	50%
無反應或直接逃離	9	45%



第一女主角為從未交配的處女蟲，健康活潑，但成功交配 1 次後，就不再接受第二次交配，嘗試交配時，若放入公蟲，母蟲都會快速逃離，更換各種場地測試，換成圓木場地與仿自然環境觀察箱時，母蟲往往快速鑽入木屑或土裡躲藏。改成狹小空間的場地，母蟲若無逃離的地方，遇到公蟲壓制強行交配，往往都會反擊公蟲，以短小的大顎咬住公蟲的腳和大顎，公蟲若等待太久求歡不成或母蟲反擊，往往都會生氣甚至殺死母蟲，我們就有拍攝到大公扁鰲遇到標本母蟲時，公蟲等太久無回應，憤而夾斷母蟲頭的現象。接著我們將其中一次交配成功的 DV 帶所編碼的行為，以時序分析的方式繪製成為下頁圖 7-5 所示。

交配前必有一段試驗期，公母蟲會對峙 3 公分距離，若公蟲想交配，會不停抬頭（與打鬥時的示威不同，大顎沒張開），朝母蟲方向前進，以大顎壓住母蟲，並以觸角刷母蟲尾部，若母蟲同意交配，雙方都會快速抖動觸角，公蟲會爬到母蟲背上，伸出交尾器與母蟲尾部互相連接，開始交配，整個交配時間約 55 分鐘，剛開始公母蟲是呈【男上女下】的姿勢（像狗狗交配姿勢一樣），之後會慢慢變成『尾對尾，公母蟲頭部面向不同方向』的姿勢（與椿象交配姿勢相同），而公蟲在後期會用後腳踢母蟲尾部試圖分離（O 型腿 XD），但母蟲不願分離，拖著公蟲走，推測母蟲不願分離的原因：網路文章記載，『母蟲只要交配一次獲得的精子就足夠產下所有的卵，因此需要大量的精子，所以交配中期，公蟲試圖分離，但母蟲可能覺得精子不夠所以不願分開』，最後公母蟲會快速分離交尾器，結束交配。這時母蟲會鑽入木頭底下像是要產卵的動作，而公蟲會循著母蟲鑽入木頭的路線去追母蟲，若這時放入第 2 隻母蟲，公蟲則沒有再交配的意願。（如下圖 7-6 所示）

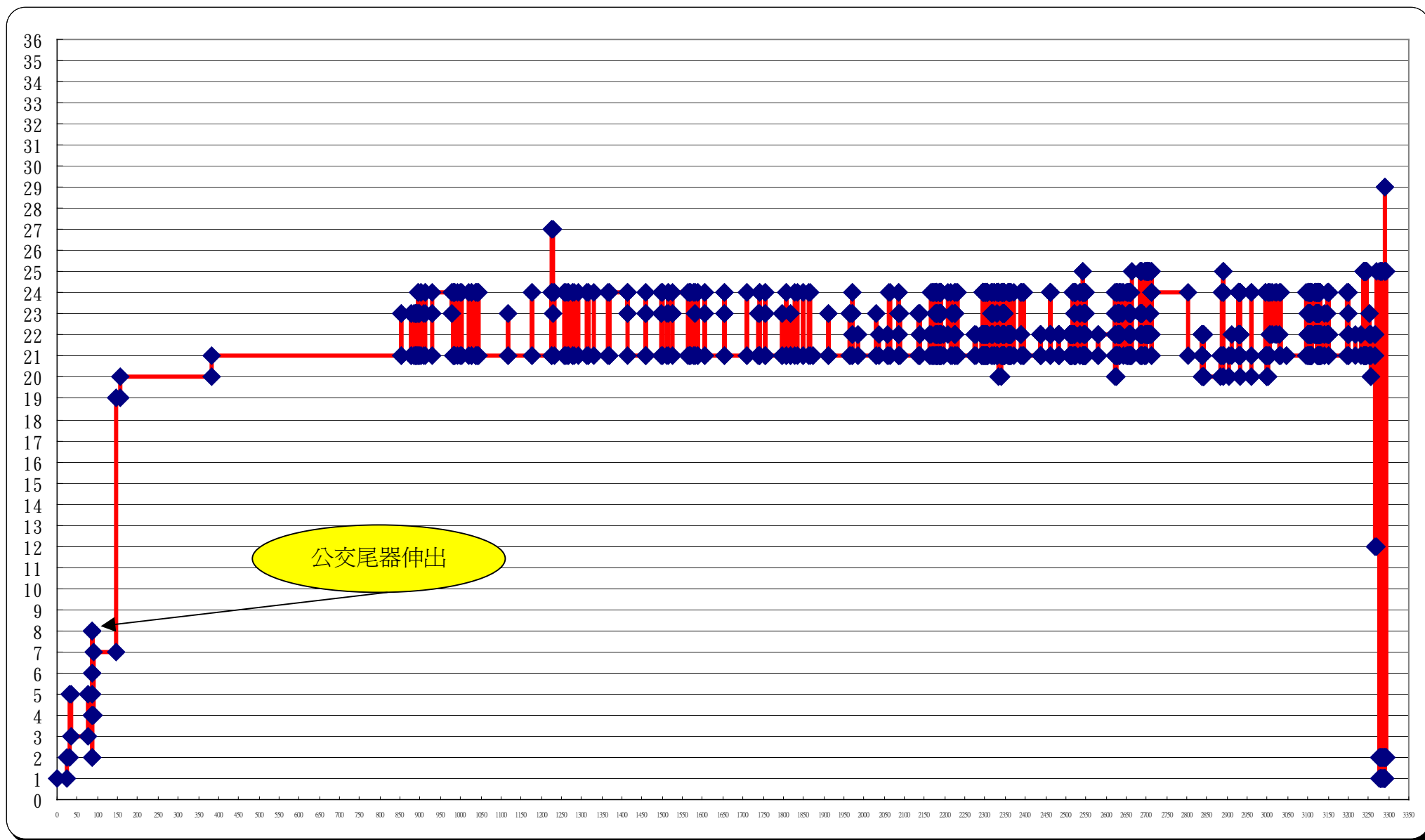


圖 7-5 公母扁鰲成功交配行為之時序分析



公蟲抬起大顎



母蟲鑽進公蟲底下



公/母蟲觸角擺動快速



公蟲使用觸角
接觸到母蟲交尾器位置



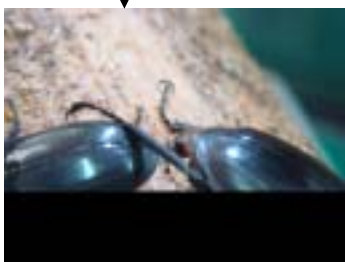
公母蟲伸出交尾器



交配位置上下平行



交配位置反向



公蟲試圖分離



公蟲使用 O 型腿分離法



母蟲不願分離



公母蟲互相拉扯



彼此分離

圖 7-6 公母扁锹正常交配圖像

在圖 7-5 中，我們可以發現在交配的初期大量出現行為 3、4、5、6、7、8 等行為，這些行為分別是母蟲快速揮動觸角、公蟲快速揮動觸角和壓制母蟲、母蟲鑽入公蟲底下、公蟲使用觸角刷母蟲尾部、公母蟲伸出交尾器。在公蟲的交尾器成功進入母蟲體內之後，交配的位置從原本的上下平行交配逐漸轉變成為反向平行交配，之後交配位置在平行與反向平行之間震盪，交配中後期以反向平行交配居多，同時交配後期研究者編碼認為公母蟲已經互相拉扯，推測可能是要分開。在交配的中後期，公蟲開始使用 0 型腿攻擊母蟲，試圖想要分開，但是母蟲並沒有分離，反倒是抵抗公蟲的分離。

在整個正常交配的過程中，我們感到興趣的是一開始公蟲與母蟲的交配行為中，兩者的觸角都抖動快速，當公蟲接觸到母蟲體的時候，其觸角抖動快速且使用觸角刷動母蟲身體，同時母蟲也給予快速抖動觸角的回應。最後當公蟲以觸角抖動接觸到母蟲體所伸出的交尾器的時候，公蟲會將體位轉變成為尾巴對尾巴的上下平行交配方式。觀察到這樣的行為，經過我們的討論之後，我們的想法是母蟲的觸角刷動回應是否是影響公蟲找到正確交尾器位置的關鍵行為呢？為了確定我們的想法，我們將公蟲與斷了觸角的母蟲進行交配，觀察結果如下段文章所示。

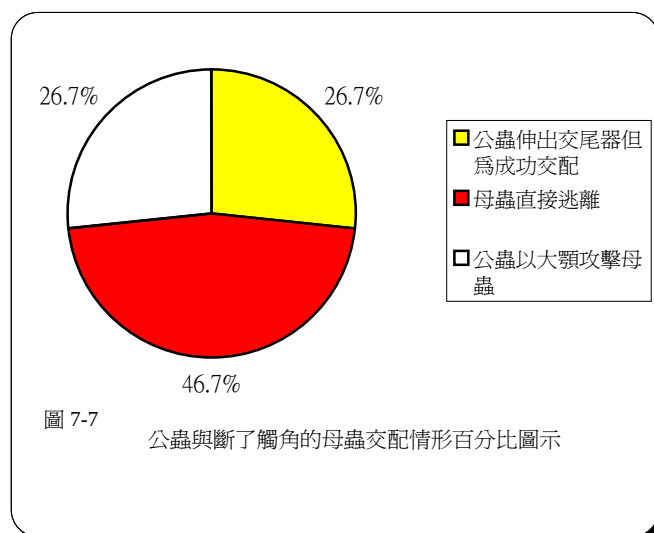
(2) 公蟲與斷了觸角的母蟲（第二女主角）交配情形

第二女主角為「斷了觸角」的母蟲，與第一男主角和第二男主角分別進行 8 次與 7 次的交配觀察，但是都沒有交配成功，其結果如下表 7-3 與圖 7-7 所示。

表 7-3

公蟲與斷觸角母蟲交配成功次數與比

	次數	百分比例
公蟲伸出交尾器但未成功交配	4	26.7%
母蟲直接逃離或反擊	7	46.7%
公蟲以大顎攻擊母蟲	4	26.7%



如上表 7-3 和圖 7-7 所示，本研究分析發現公蟲與斷觸角母蟲的交配都無成功紀錄，最多只達到公蟲伸出交尾器欲進行交配，但是母蟲卻都不願意配合。根據這樣的結果我們得知母蟲的觸角有無會影響交配的成功與否。我們推測母蟲的觸角所表現的某些行為一定會刺激公蟲有進一步的交配動作產生，根據這樣的想法，我們節錄其中四次公蟲皆有伸出交尾器的交配情形，如下頁圖 7-8 所示：

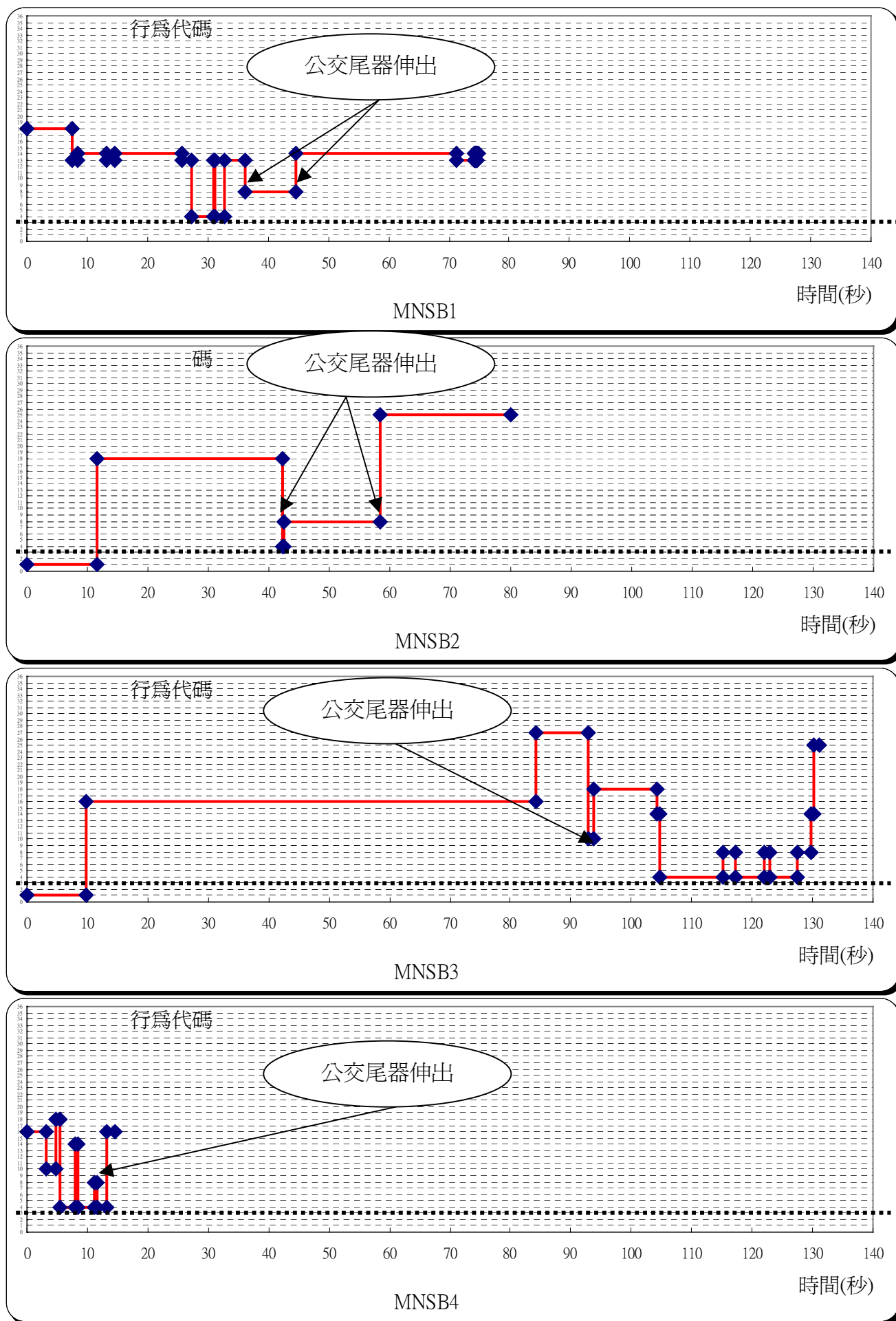
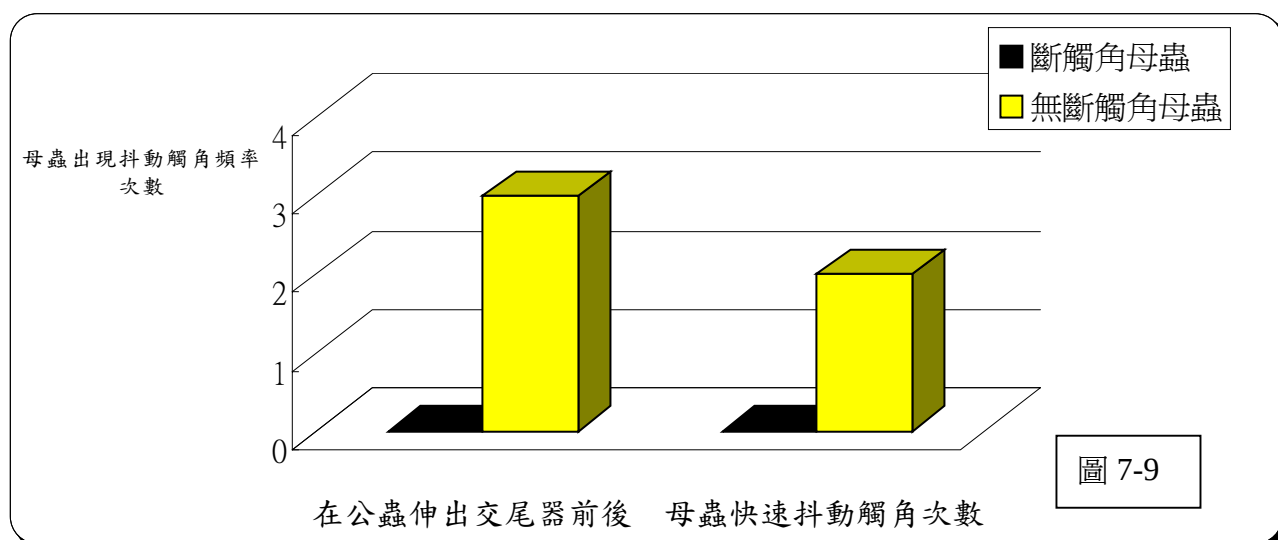
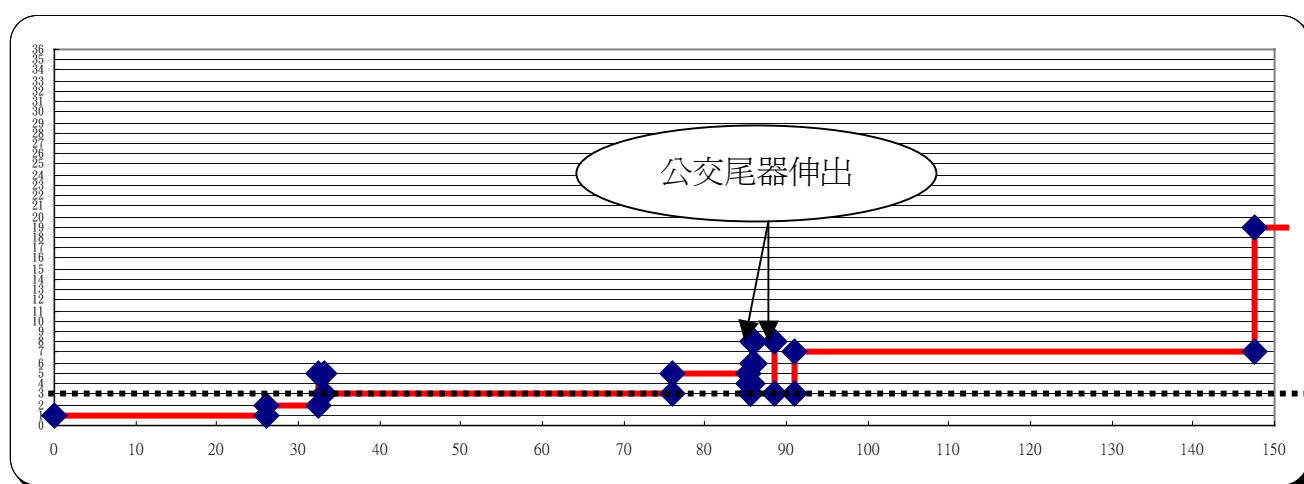


圖 7-8 公扁鰲與斷觸角母蟲企圖交配行為之時序分析圖

在圖 7-8 中，經由四次的公蟲與斷觸角母蟲的企圖交配行為分析，我們若定義公蟲行為代碼 4（快速揮動觸角&壓制母蟲）、8（公蟲伸出交尾器）為公蟲的交配反應，則在四次的交配過程中，發現公蟲皆有表現出想要交配的慾望。可是母蟲卻不給交配。根據這樣的結果與相關錄影帶觀察，研究著在此提出下列幾個思考的問題：

1. 母蟲的觸角存在與否，似乎與著公蟲是否能夠成功交配有關。那麼是怎樣有關呢？
2. 母蟲觸角的相關行為中，是否有些行為是公蟲能夠進行成功交配的關鍵行為呢？
3. 若是母蟲的觸角回應相關行為是公蟲能夠進行成功交配的關鍵，那麼整個交配的主導權應該是落於母蟲而非公蟲？

研究者在觀察中提出了這樣的問題，接著我們分析資料希望可以為這些問題找到一些線索與可能的答案。我們將公蟲與正常觸角母蟲的成功交配時序分析，取其在公母蟲伸出交尾器之前的交配前期行為，繪製成為下圖 7-9 所示。



在圖 7-9 中，發現在公蟲伸出交尾器（代碼 8）的前後，母蟲的觸角快速擺動（代碼 3）的行為出現次數較多，我們以黑色的虛線作為標示在圖 7-8 與 7-7 中。在標示輔助的虛線之後，可以清楚發現在公蟲交尾處伸出之後，缺乏觸角的母蟲因為無法給予快速的觸角擺

動回應，因此無法引導公蟲進行有效的交配位置。這樣的現象我們也在重複觀看 DV 錄影帶的時候發現。公蟲在與缺乏觸角的母蟲接觸的時候，其公蟲交尾器伸出之後，常常會接觸到母蟲體的頭部、側邊，即使是接觸到母蟲體的交尾器位置，也因為母蟲沒有伸出交尾器而前功盡棄，促使公蟲在嘗試多次之後會選擇咬母蟲來放棄交配。分析至此，研究者認為母蟲的快速揮動觸角的回應是影響公蟲找到正確交配位置的關鍵行為，另外搭配母蟲適時的伸出交尾器（母），應該也是引導公蟲找到正確位置的一個重要因素。

（3）扁鍬與沾有氣味、未沾有的同種母蟲模型之交配行為分析

本段落的扁鍬母蟲標本來自於之前所製作的兩隻母蟲蟲體標本，因為已經泡過了福馬林，已經喪失了扁鍬原有的氣味，所以我們將其中一隻放入活母蟲的飼養箱中一個星期，讓母蟲標本上沾有母蟲的氣味，另一隻母蟲標本則不放入飼養箱中。

下圖 7-10 顯示公蟲與沾有氣味的同種母蟲標本的交配行為時序分析，為何只有兩次的圖形呢？那是因為這隻公蟲可能是交配不成，在第三次交配的時候使用大顎將母蟲體給咬斷了，所以我們就喪失了寶貴的蟲體標本而無法進行更多資料的收集。觀察公扁鍬對標本母蟲的反應，公蟲先用頭部壓住標本，再用觸角觸碰標本身體，標本沒反應，公蟲認為標本母蟲放棄抵抗，就快速會動觸角並刷標本的頭尾部，這時標本的觸角已經被玩到縮起來了，公蟲沒看到觸角，就把標本的頭部當成是尾部（圖 6-15），並伸出交尾器試圖交配，可見母蟲的觸角是很重要的，觸角的功能主要為：回應公蟲是否交配，藉由觸角來讓公蟲分出頭尾以便交配，覓食，聞公蟲氣味等等…，最後公蟲一直請求標本交配，但是標本是死的，沒回應，公蟲火大了，開始夾擊標本（圖 6-14），最後把標本母蟲的頭夾斷了，因此我們推斷公蟲會攻擊母蟲的原因：△母蟲拒絕交配或遲遲無法成功交配，使得公蟲失去耐性。

不過在這兩次的交配實驗圖形中，公蟲都有伸出交尾器（代碼 8），顯示氣味可能是吸引公蟲交配的因素之一，但是由於母蟲是死掉的標本，並沒有給予公蟲任何的行為回應而導致交配失敗。而公蟲與未沾有氣味的母蟲體標本交配皆不成功，而且公蟲並沒有任何的行為回應（如下表 7-4 所示）。得到這樣的資料比對，我們可以清楚發現母蟲體的氣味是引起公蟲進行交配的首要因素。不過在整個過程中，研究者發現公蟲在伸出交尾器之後，並沒有馬上找到正確的交配位置，而是類似與斷觸角母蟲的交配過程中一樣，公蟲使用交尾器接觸母蟲標本的頭部、身體側邊等非正確交尾位置，顯示母蟲的氣味雖然可以引起公蟲的交配反應，但是正確的交配成功仍需要母蟲給予觸角快速揮動與母蟲伸出交尾器等適當的指引才能完成。



圖 7-11 公蟲夾擊母蟲標本



圖 7-12 錯誤位置的交配

表 7-4 公蟲與沾有氣味與否的同種母蟲模型交配表

	公蟲與沾有氣味母蟲模型交配	公蟲與不沾有氣味的母蟲模型交配
操作次數	2	14
公蟲伸出交尾器（企圖交配） （代碼 8）	2	0
公蟲伸出交尾器的比例	100%	0%

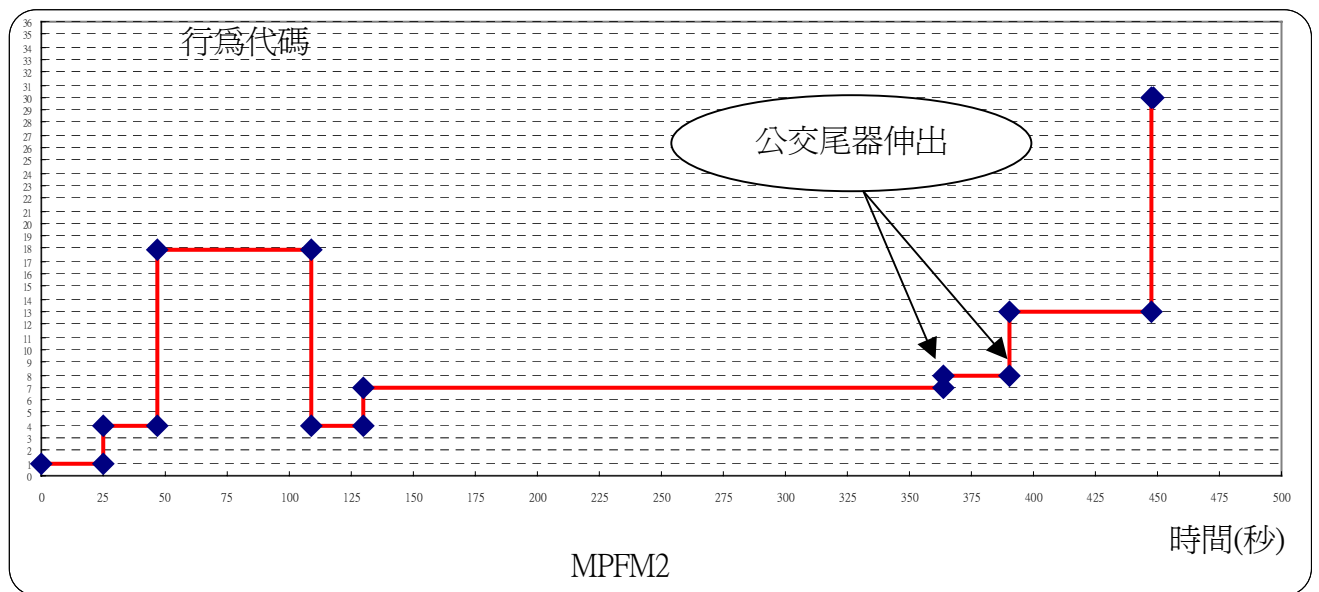
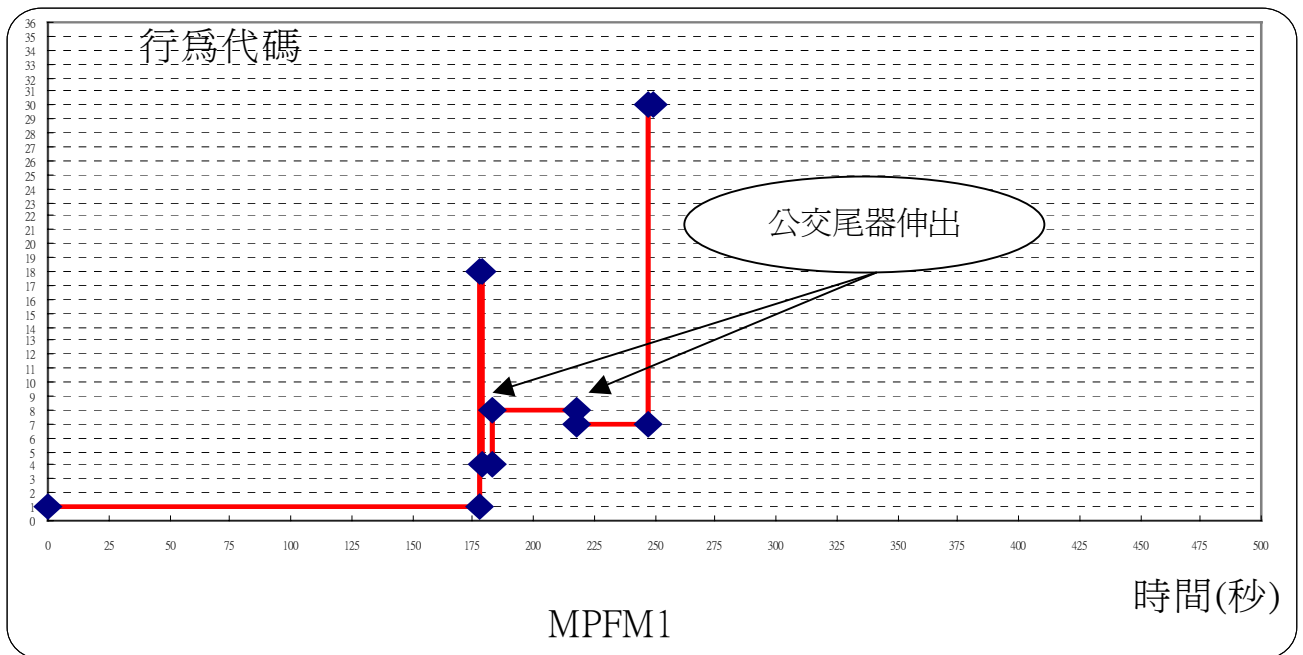


圖 7-10 公蟲與沾有氣味母蟲標本兩次交配時序分析圖

(4) 扁鍬與沾有扁鍬母蟲氣味、與未沾氣味的異種母蟲模型（兩點赤）之交

配行為分析

在此段落的分析中，我們將扁鍬公蟲與沾有母扁鍬氣味的兩點赤模型（以下簡稱異種有氣味模型）和沒有沾有母扁鍬氣味的兩點赤模型（以下簡稱異種無氣味模型）做接觸，分別以時序分析來看公扁鍬的交配反應（圖 7-13），其結果如下表 7-5 所示。

表 7-5 公扁鍬與異種有氣味模型、異種無氣味模型交配情形表

	公蟲與沾有氣味母蟲模型交配	公蟲與不沾有氣味的母蟲模型交配
操作次數	2	14
公蟲伸出交尾器（代碼 8）	0	0
公蟲伸出交尾器的比例	0%	0%
公蟲抬起大顎（代碼 2）	2	0
公蟲伸出交尾器的比例	100%	0%

由上表中我們可以得知，公蟲都沒有伸出交尾器（代碼 8），顯示公扁鍬對於即使沾有氣味的異種母蟲模型仍不具有感應。但是提出這樣的觀察結果有點矛盾，因為在我們前面的觀察中，認為公蟲抬起大顎（代碼 2）也是一種友善的求偶表現，於是我們分析了兩組的資料中，發現公蟲對於異種有氣味的母蟲模型仍然有表現出抬起大顎的行為，在錄影帶的資料中我們觀察到，公蟲會先抬起大顎，然後慢慢靠近母蟲然後有了身體上的接觸，之後就不再有進一步的反應了。得到這樣的結果，我們仍然認為「氣味」是引起公蟲交配的主要因素，但是在近距離的接觸之後，公扁鍬的視覺發揮作用，拒絕與非同種的母蟲模型有進一步的交配動作。

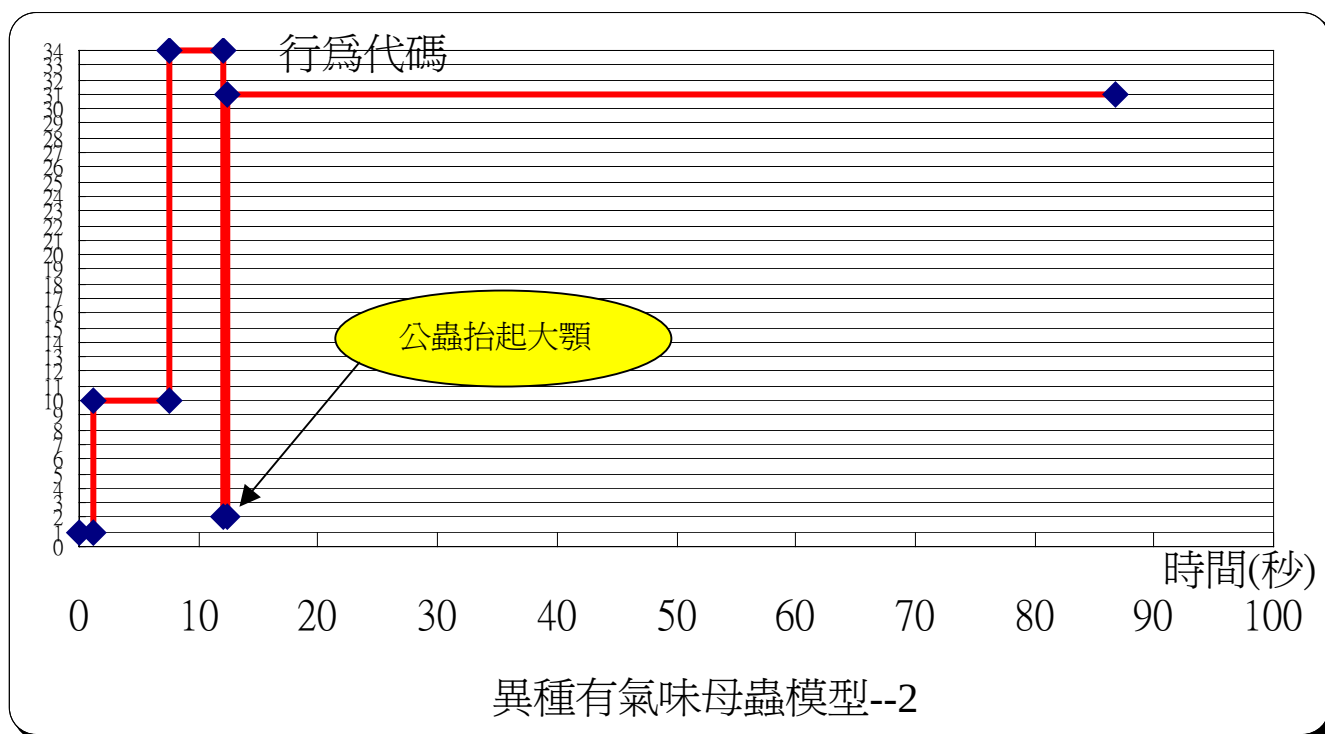
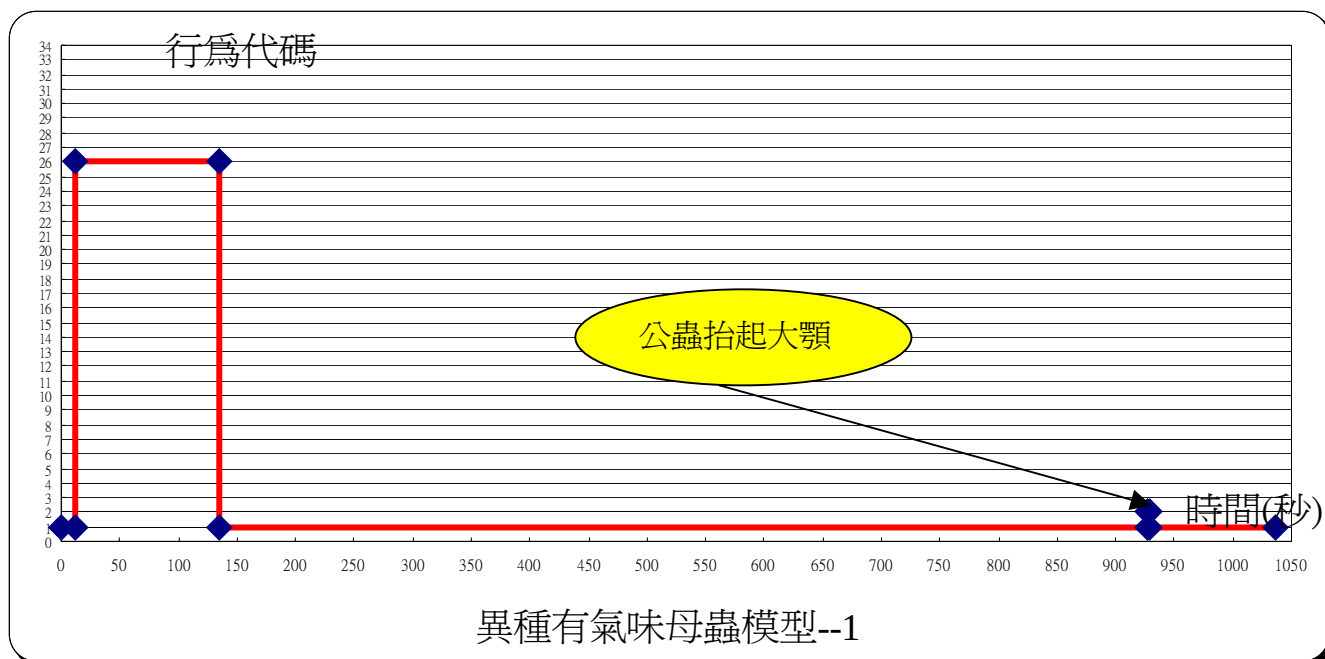


圖 7-13 公扁鰂與異種有氣味母蟲交配時序分析

(5) 交配後之母扁鰂之延後產卵現象

本研究在之前的研究操作中有一組成功交配的公母蟲。研究在蟲體交配之後將該母蟲單獨飼養在飼養箱中待其產卵。時間經過了兩個月之後都沒有產卵跡象，我們都以為是該母蟲沒有受孕。後來因為整個拍攝告一段落，我們將這隻母蟲放置到原生環境的模擬箱中，經過一個星期之後整理模擬箱的時候，發現有產卵洞的出現，我們以為該蟲已經開始產卵，於是我們就開始紀錄。一個月之後我們將模擬箱的木頭剖開，發現有很多產卵孔道的出現，也有七個產卵處，但是我們卻沒有找到任何一顆卵。在七個產卵處的地方有發現黴菌滋長的情形，

推測這些卵可能已經遭受黴菌的侵害而瓦解死亡。

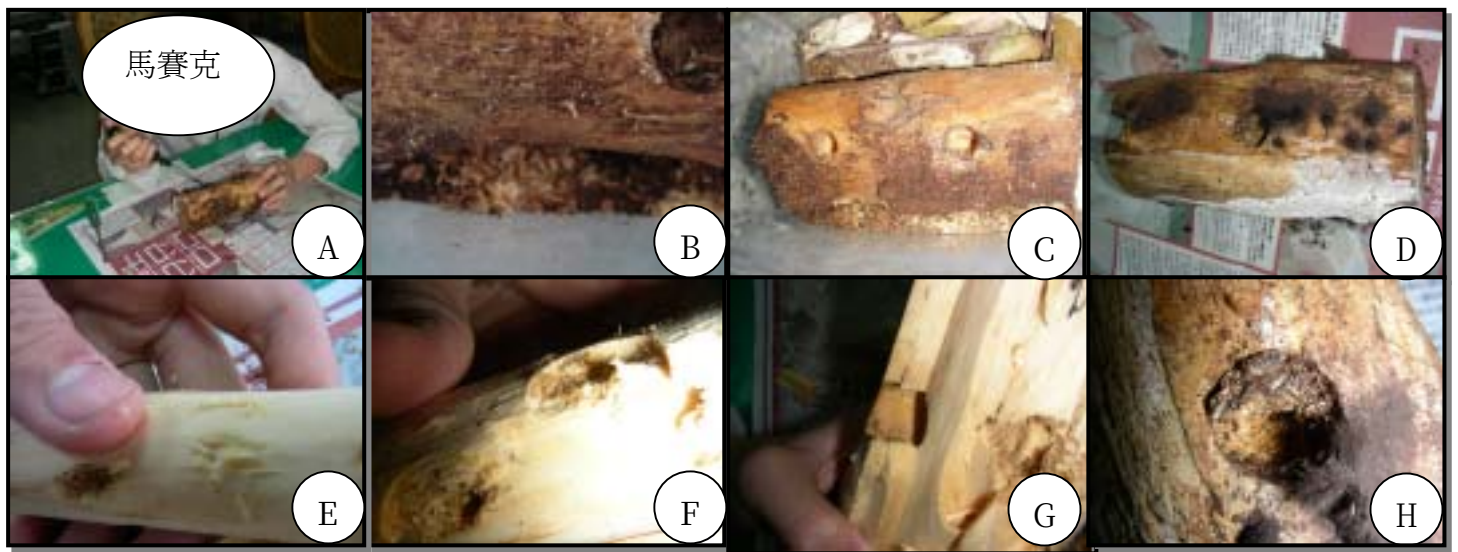


圖 7-14 母扁鍬延後產卵情形

- | | |
|------------|---------------|
| A:研究者鑿開產卵木 | E:剝去外殼的產卵痕跡 1 |
| B:產卵剝落的木屑 | F:剝去外殼的產卵痕跡 2 |
| C:產卵孔道 | G:剝去外殼的產卵痕跡 3 |
| D:黴菌感染的外觀 | H:產卵處被黴菌感染之處 |

捌、 綜合討論

(一) 扁鍬會延後產卵嗎？

可能母蟲與公蟲交配成功，覺得此環境適合產卵，所以一直往土裡鑽，推測延後產卵原因：1. 野生扁鍬交配後，母蟲會找適合的環境產卵，因為在野外適合的環境不多，母蟲通常要花很長的時間才能找到適合的環境產卵，慢慢演化至今發展出儲存精子的能力，可保存很久再受精，對扁鍬而言是一種增加繁殖能力的天賦，例如：有一隻扁鍬母蟲交配過後躲在木頭裡，正好遇到洪水或其他原因，而讓木頭飄移至海洋成了漂流木，一路飄到鄰近島國，如果環境適合，母蟲就會釋出儲存的精子讓卵受精孵化成幼蟲，在此落地生根，這就是鍬形蟲延後產卵以便擴張領土的特殊能力，鍬形蟲 54 這本書裡有證實案例，原產東南亞的菲律賓肥角鍬形蟲就是隨圓木進口而侵入台灣的外來種鍬形蟲。

(二) 扁鍬母蟲是否會孤雌生殖？

孤雌生殖的定義為：一種雌性動物在未與雄性動物交配的狀況下，依然可以產下受精卵並且孵化，代表動物為盲蛇、竹節蟲、澳洲鋸鍬型蟲…。蟲誌上記載：澳洲鋸鍬型蟲母蟲在 3 齡化蛹羽化後經過蛻伏期後，未與公蟲交配的狀況下，自行產卵並孵化為幼蟲，這才是孤雌生殖，

而我們飼養的扁鍬母蟲有紀錄交配成功一次，交配成功獲得的精子就足夠所有卵受精，因此不符合孤雌生殖的條件。

（三）是否會產下未受精的卵？

承上面，交配成功的精子就夠所有卵受精孵化，而且母蟲已有開挖木頭，鑽入木屑的行為，因此推測產下未受精的卵的機率極小，只有環境極不適合時，扁鍬母蟲才會不產卵，而如果在適合的環境下，大部分的卵都會孵化，而扁鍬母蟲為何過了將近兩個月才產卵，請看我之前提出的{延後產卵}理論。

（四）交配權是由誰引導？

多次實驗中發現，公蟲想交配，極力追求想母蟲的同意，但只要母蟲不回應&拒絕逃離，交配過程便無法開始，即使換成狹小的場地也一樣，母蟲若被公蟲一直騷擾，便會反擊公蟲或呈靜止不動狀態，讓公蟲即使伸出交尾器也無法交配，可見交配決定權可能主要在母蟲身上。

（五）為何養到最後，母蟲數量會比公蟲多？

推論 1：自然淘汰，可能因為公蟲的任務只有交配，交配完就死亡，因此數量與存活率較低，而母蟲除了要交配還要尋找合適的腐木鑽入產卵，需要較強的體力與適應力，因此可能數量會比公蟲多一點

推論 2：人為淘汰，也許是我們提供的幼蟲食材不適合幼蟲生長，使得幼蟲死亡，殘存的幼蟲剛好母蟲數量比公蟲多而已……

（六）嘗試交配失敗原因

1. 交配場地不適合公母蟲攀爬與交配：沒有粗糙的地方可以讓扁鍬的腳抓緊地面進而開始交配。
2. 11月~2月間氣溫過冷：雖說扁鍬可以以成蟲度過冬天，但氣溫太冷還是不會交配。
3. 燈泡過熱：我們並不知道扁鍬是屬於恆溫還是變溫動物，也許 60w 的燈泡對昆蟲來說是很燙的。
4. 母蟲堅持抗拒交配：網路文章「扁鍬母蟲一旦交配成功，就不再接受第 2 次交配」擷選自水族昆蟲館。
5. 公蟲討厭已經交配過的母蟲：這也許是動物的天性吧，不只是扁鍬，像人類、哺乳類、鳥類、爬蟲類、兩棲類、甲殼類、魚類……不管是什麼動物都只喜歡處女（XD）
6. 季節因素：非大量出現繁殖活動季節【5~9 月】
7. 交配環境過於吵雜：別以為甲蟲沒有聽覺，若環境過於吵雜，可是會影響交配心情甚

至拒絕交配。

8. 雙方都沒吃飽：常言道『吃飽了，做什麼事都有力氣』，扁鍬雙方都沒有吃飽，當然無法作交配這種很累的事啊！

9. 非活動時間：扁鍬大部分為夜行性，白天只有少數會活動，通常公母蟲相遇都是在晚上，我們在白天實驗，成功率會減低。

10. 觸角斷裂：以[假母蟲標本]實驗與【斷了一隻觸角】的母蟲交配實驗中發現，母蟲的觸角除了可以覓食、辨別同異種氣味，還可以作為引導公蟲交配與告訴公蟲交尾器正確插入的位置。[假母蟲標本]實驗中，使用一隻沒有觸角的母蟲標本實驗公蟲反應，公蟲居然找不到尾部的位罝，反而對母蟲頭部伸出交尾器……囧。而用【斷了一隻觸角】的母蟲實驗時，公蟲會對母蟲快速揮動觸角求歡，若母蟲斷了觸角，就無法回應公蟲。這就跟人的聲帶是一樣的道理，若你把聲帶割了，就無法說話和回應對方，因此我們由此得知觸角可以說是昆蟲的聲帶兼各種探測器。

（七） 本研究結果與所查閱到文獻之異同比較

相同之處	相異之處
1. 鍬型蟲 54 書中提到的：扁鍬型蟲適應力超強，可以以成蟲渡過寒冷的冬天，且壽命超過一年，這點也獲得證實，我們的實驗個體從 9 月多開始飼養，直到現在都還沒死亡，而同一時間採集到的公兩點赤鍬型蟲，已在 12 月中旬死亡，而所有扁鍬公母蟲都安然渡過冬天，可見扁鍬對冬天寒冷惡劣的環境依然可以存活。 2. 另外關於生活史的文獻有提到，扁鍬幼蟲 3 齡時體長就有 6~7 公分，這點是肯定的、我們的實驗幼蟲個體在 3 齡時一度突破 6 公分，但到前蛹期就縮到 2-3 公分，可能是為了化蛹而排出多餘的體液，進而縮水。而我們的 A 蟲的蛹以目測後發現，他的體型跟他的父親（3.8 cm）差不多甚至更小，這是遺傳學：子女會遺傳到父母的基因一部分與先天疾病（侏儒症、呆小症），親代個體先	1. 張永仁(1998)寫了許多書籍，但是有些理論跟本研究結果相比有點矛盾，例如他把昆蟲的交配類型大致分為：【氣味相投型，歌聲傳情型，霸王硬上弓型，雙飛雙宿型，摩擦生愛型】，但我們發現（歌聲傳情型、雙飛雙宿型）不可能出現在扁鍬形蟲交配過程裡。 2. 另外張永仁的交配姿勢理論，提出雄雌尾部相連，頭部反向姿勢是體型較大、力氣較猛的母蟲拉著公蟲走，我們的拍攝過程發現，扁鍬雖然也是呈這種交配姿勢，但是母蟲比公蟲小的多，交配時反而是母蟲拉著公蟲的次數比較多，並且發現扁鍬的求偶方式有：氣味相投型、摩擦生愛型、霸王硬上弓型，與交配姿勢有：雄上雌下，頭尾同向（狗狗交配姿勢）、雄雌尾部相連，頭部反向（樁象交配姿勢），由此類型得知扁鍬交配較其他鍬型蟲多樣

天基因不良與後天環境不好常常導致養出超小型個體，這也呼應了蟲誌的：『要慎選大型種公交配，用優良的血統與良好的飼育環境、才能養出大型個體』。 3. 網路文章：『若扁鍬母蟲成功交配過一次就不會再接受第二次交配』，這學說經過數次拍攝實驗後證實，母蟲在與公蟲成功交配後，若還有公蟲想與牠交配，母蟲都會強烈拒絕逃跑，若公蟲強行交配，母蟲會以大顎反咬（昆蟲也有守貞操的觀念……）	化。 3. 而鍬型蟲 54 也提到，在其他鍬型蟲即將消失的 9 到 11 月，扁鍬依然會出現，但實際野外採集的結果並無發現大量扁鍬，可能已經休眠了，但是我們還是採集到 2 公 2 母，此外我們還採集到不可能在初冬出現的 6 公分兩點赤鍬型蟲，可見書中的文獻有誤差。
---	--

玖、 結論

在扁鍬生活史建立分析之中，本研究結果顯示如下：

1. 扁鍬的生活史過程會有個體差異呈現

所有幼蟲在同一時期（第三週）脫皮成為一期幼蟲，但是在之後的二期（第五至八週）、三期（第十一至十三週）的時間則呈現不同的個體差異、化蛹期則是約二十一至二十二週、羽化其則約二十三至二十四週。

2. 母幼蟲大小平均大於公幼蟲大小

在幼蟲的體型大小分析上，發現母幼蟲的體型在三期幼蟲至蛹期之間另外平均大小均大於公蟲幼蟲。推測原因可能是與其親代大小有關，親代母蟲大小大於公蟲。成蟲而言，其大小皆小於親代的公蟲與母蟲，但是後代母蟲大小仍大於公蟲。

在交配行為模式分析與建立之中，本研究結果顯示如下：

1. 扁鍬的母蟲氣味會影響公蟲進行交配的意願
2. 公蟲與母蟲的交配過程前期並為明顯的交配或者是求偶行為
3. 母蟲觸角的有無與觸角擺動速度、伸出交尾器與否會影響公蟲交配的位置
4. 扁鍬母蟲具有交配的主宰權，而非公蟲
5. 扁鍬「可能」具有獨特的延後產卵模式

綜合生活史與交配行為相關分析，本研究認為扁鍬的交配行為並無一定的規則模式，可能由於是因為本研究中的研究樣本數目過少所致，尚待在繁殖季節之時進行更大量的交配過程拍攝，才能夠確定本結果。另外，扁鍬的交配行為主導大權，本研究認為是落在母蟲的身上，而非一般動物交配權落於公蟲身上的想法。母蟲的觸角擺動與伸出交尾器與否等行為回應，是造成公蟲是否能夠進行更進一步交配的關鍵。另外本研究發現一個待解問題，那就是扁鍬母蟲可能具有延後產卵，但是產卵處遭到黴菌侵蝕，沒有發現蟲卵，但卻具有產卵痕跡，待未來更進一步確實扁鍬也能進行孤雌生殖。

壹拾、參考資料

- (1) 狩野晉(2004)，各種昆蟲的飼育法。商鼎出版社。
- (2) 張永仁 (1996)，鍬型蟲 54。遠流出版社。
- (3) 張永仁 (1998)，昆蟲入門。遠流出版社。
- (4) 蟲誌第 5 集。
- (5) 蟲誌第 6 集。
- (6) 水族昆蟲館
<http://tw.myblog.yahoo.com/jennyhouse-aquarium/article?mid=195&prev=200&next=192>
- (7) 喜蟲天降 <http://www.ccinsect.com/friend.asp>
- (8) 安妮的昆蟲世界
<http://www.insectweb.com.tw/taiwanese/Lucanidae/Dorcus/Dtitanus/%AB%F3%C1%EA.htm>
- (9) 昆蟲討論區
<http://insectforum.no-ip.org/gods/cgi-bin/topic.cgi?forum=1&topic=2430>
- (10) 奇摩知識+
<http://tw.knowledge.yahoo.com/?qud=1406071301513>
- (11) 奇摩知識+
<http://tw.knowledge.yahoo.com/?qud=1406091211485>

【評 語】

031721

鋤的有情世界—扁鋤生活史建立與繁殖
行為之模式分析—

研究對象具本土性，使用之方法亦尚完整，缺點在於樣本數量待加強。指導老師對於學生之指導宜合理。