

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

探究精神獎

080314

用心良苦的單親媽媽—日本藍泥蜂(*Chalybion japonicum punctatum*)雌蜂築巢行為探究

學校名稱： 新北市新店區青潭國民小學

作者： 小六 劉軒佑 小五 張晉豪 小五 李沛妤	指導老師： 林愛玲 鍾兆晉
---	-----------------------------

關鍵詞： 日本藍泥蜂 (*Chalybion japonicum p
unctatum*)、築巢行為、行為譜

用心良苦的單親媽媽—日本藍泥蜂 (*Chalybion japonicum punctatum*)

雌蜂築巢行為探究

摘要

本研究探究日本藍泥蜂(*Chalybion japonicum punctatum*)雌蜂築巢行為，從 2023 年 7 月至 2024 年 6 月，觀察與記錄人工巢 18 巢，自然巢 78 巢，共 96 巢。研究發現：巢位選擇部分，雌蜂築巢無樓層、方位及棲地材質偏好，人工巢位第 1、2 圈平均築巢率 53.3%，具聚集性；借坑性築巢特性部分，巢洞 1cm 以下最多，巢室 1 間最多，巢室尺寸 2.77cm 最多，封口與洞口距離多為 0cm；雌蜂獵捕蜘蛛育幼，獵物 2 科 4 種，每巢約 14-20 隻；羽化後殘骸 1 節以下佔 62.01%，幼蟲攝食方式為啃食；完成雌蜂築巢行為譜，雌蜂有競爭、築假巢等護幼行為；白門平均有 0.864669mg/g 氨氮值，尿酸濃度為比壁虎排遺低、氨濃度與壁虎排遺相當，約 400~600um/L;pH 值平均 6.11，弱酸性；水份平均 281 秒滲入白門，具透氣性；較其他蜂巢門滲入時間長，較具防水性。

壹、前言

一、研究動機

去年7月中，我們在觀察學校的蜂旅館時，發現一隻獨居蜂媽媽正在築巢，過一會兒，另外一隻同種類獨居蜂飛近，當兩隻獨居蜂媽媽相遇時，竟然開始對峙、扭打，誰也不讓誰，後來其中一隻獨居蜂被趕跑了；隔天我們再去查看蜂旅館，發現這種獨居蜂會使用白色物質封巢門，當我們取出蜂旅館中上層有透明壓克力的巢片，發現巢室裡面都是蜘蛛，和其他以黃泥封巢門、喜歡抓螟蛾幼蟲的獨居蜂明顯不同，這引發了我們對於探究這種獨居蜂的興趣，很想知道到底這是什麼獨居蜂？經過查閱文獻和請教專家後，才知道原來這是日本藍泥蜂，細腰蜂科，藍泥蜂屬。

觀察了幾天後，我們發現日本藍泥蜂媽媽一天就可以築好一個巢，但也發現有幾間巢室裡面並沒有放蜘蛛，卻封了巢門，為什麼獨居蜂媽媽要這麼做？築巢過程中雌蜂有哪些行為？這些都非常值得我們進一步探討。我們開始觀察學校的蜂旅館，希望對日本藍泥蜂有更深入的了解，我們也根據日本藍泥蜂會築白色巢門的特徵在校園裡尋找自然巢，從2023年9月到2024年6月陸續在桌子底下、牆壁、窗戶的孔洞發現自然巢，我們真的太開心了，這種獨居蜂怎麼會這麼特別呢？

四年級的自然課我們曾經上過昆蟲的單元，不過課本裡面對於獨居蜂的介紹並不多。很多文獻都表示獨居蜂是一種有助於植物授粉，對自然生態極有貢獻的昆蟲，但是多數人對於獨居蜂都不瞭解，因此，我們希望這次的研究可以提供作為日後學校自然課或者生態社團的教材，讓大家對獨居蜂生態有更多認識。

		
日本藍泥蜂會築白門	兩隻雌蜂相遇會對峙	兩隻雌蜂相遇會攻擊
		
在校園牆壁發現自然巢	會利用其他蜂巢門泥土築巢	在廁所燕子巢發現日本藍泥蜂

圖一、日本藍泥蜂在校園活動及築巢情形。(照片、圖：作者拍攝、繪製)

二、研究目的

- (一)探討日本藍泥蜂的生活史。
- (二)探討日本藍泥蜂雌蜂的巢位選擇，是否有築巢區域、蜂巢類別及巢位分布之偏好？
- (三)探討日本藍泥蜂的借坑性築巢特性，是否有巢洞大小、巢室尺寸、巢室數量、洞口與封口距離及棲地材質之偏好？
- (四)分析日本藍泥蜂雌蜂的護幼行為。
- (五)探討日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為、獵物分析及幼蟲食後分析。
- (六)探究日本藍泥蜂白門的特性。

三、文獻回顧

(一)日本藍泥蜂及其築巢行為

日本藍泥蜂是夏天常見的獨居蜂，飛行速度快，無論是校園或者住家都有機會發現牠的蹤影，以下將日本藍泥蜂基本生物學說明(Jayakar & Spurway, 1963; Barthelemy, 2011; 陸聲山、葉文琪、宋一鑫, 2016; 古進欽、李潛龍、林秋玫, 2022; 臺灣生命大百科, 2024; 嘎嘎昆蟲網, 2024)彙整如表一。

表一、日本藍泥蜂(*C. japonicum punctatum*) 基本生物學說明

學名	<i>Chalybion japonicum punctatum</i>
物種	細腰蜂科，藍泥蜂屬(<i>Chalybion</i>)，體型瘦長，體長18-22mm，複眼黑色，前胸背板寬窄，與中胸背板分隔，腹柄細長，腹部末端為藍黑色，身體有藍綠色金屬光澤，身上有灰白色的細毛，腳是灰黑色，節間具距，翅膀狹長但未超過腹部，腹部尾端有刺。
棲地	成蟲白天會訪花吸蜜，雌蜂喜歡在住家牆角、竹筒上、螺絲孔洞，還會利用其它蜂曾經築過的泥巢來築巢。
築巢行為	為借坑性蜂類(trap-nesting wasp)，雌蜂會在各種預先存在的洞穴或管狀物築巢，依照巢穴形狀，屬於 tube-renter，也就是利用既有的洞穴築巢，再用泥土填補間隔巢室和封住洞口；日本藍泥蜂還會尋找石灰(plaster)或尿酸(Uric Acid)塗抹在巢門，可能是鳥類、爬蟲類或壁虎的排遺，而形成白色巢門。經過請教專家，目前只觀察到藍泥蜂屬會築白門。
獵物	藍泥蜂屬(<i>Chalybion</i>)所有種類都捕獵蜘蛛，日本藍泥蜂會在每個巢穴裡儲存數量不等的蜘蛛；不同地區的日本藍泥蜂雌蜂獵捕的蜘蛛種類不同。
特色	成蟲無論雌雄晚上睡覺時會形成睡眠聚集體。

(二)行為譜(Ethogram)

行為譜是動物行為學中用來描述動物行為的目錄或清單，依據動物行為的姿勢、動作和環境編制而成(Brockmann, 2018)。

(三)日本藍泥蜂築巢行為及白門來源之相關研究

以「日本藍泥蜂」及「築巢行為」為關鍵字進行歷屆科展作品搜尋，發現吳采頤、吳明盡、林亦然、徐諾(2018)曾經探討校園裡五種獨居蜂之築巢行為及幼蟲成長歷程，日本藍泥蜂為其中一種獨居蜂，該研究觀察到該校的日本藍泥蜂的白門為取自壁虎排遺，不過對於白門的特性並未進行相關實驗及探討；此外，Jayakar & Spurway (1963)認為白門的來源是石灰(plaster)，Barthelemy(2011)則認為白門來源可能是尿酸(Uric Acid)，來自爬蟲類的排遺，例如壁虎。

根據上述相關研究，雖然學者的研究或過去的科展作品曾經觸及日本藍泥蜂的生態習性、築巢行為及白門的可能來源，但是對於日本藍泥蜂雌蜂築巢巢位選擇、借坑性築巢特性、獵捕行為、獵物分析、幼蟲食後分析、雌蜂護幼行為以及白門的特性皆未多加著墨，這些都非常值得我們進一步深入探討。

貳、研究設備及器材

本研究所需設備機具及耗材如下表：

表二、日本藍泥蜂研究設備及器材

項次	名稱	單位	數量	備註
1	獨居蜂旅館	座	10	誘引築巢
2	自製竹管(一端開口，一端封口)	組	2	每組7管，誘引築巢
3	自製竹管(兩端開口)	組	1	每組7管，誘引築巢
4	微距相機(Olympus Tough T-7)	臺	1	記錄
5	單眼相機(Canno EOS 70D)	臺	1	記錄
6	筆記型電腦	臺	1	建立資料
7	手機(Iphone 15 pro)	臺	1	記錄、量測
8	手機 APP-指南針	式	1	量測方位用
9	手機 APPGoogle 翻譯	式	1	翻譯國外文獻用
10	無線網路監視器(IF Home)	臺	1	記錄日本藍泥蜂生態行為
11	軟體(IF-001B player)	式	1	觀看影片軟體
12	游標尺	支	1	測量用
13	尺	支	1	測量用
14	竹籤	支	10	測量用
15	玻璃標本瓶	瓶	50	裝蜘蛛及封口泥
16	75%酒精	ml	1000	浸製標本用
17	50ml 離心管	管	50	捕捉環境內蜘蛛使用
18	溫度計	支	1	量測環境溫度
19	電子秤(600g/0.05g)	臺	1	測量重量
20	針筒(5ml)	支	5	實驗用
21	量杯(20ml)	個	5	實驗用
22	酸鹼值檢測計(PH PEN Tester)	支	1	量測酸鹼值
23	廣用試紙	盒	1	量測酸鹼值
24	研磨鉢及研磨棒	組	1	研磨封口泥
25	玻棒	支	5	攪拌用
26	鑷子	支	5	夾取物件用
27	去離子水	瓶	1	
28	塑膠淺盤	個	10	分析巢內獵物使用
29	夾鏈袋	個	100	裝封口泥
30	筆記本	本	5	實驗日誌、實驗數據紀錄筆記
31	手電筒	支	1	調查用
32	糯米紙	張	100	蜂巢實驗用(保護巢口)
33	砂紙	張	5	實驗用

參、研究過程或方法

一、研究架構



圖二、日本藍泥蜂雌蜂築巢行為研究架構圖。(圖：作者繪製)

二、觀察與記錄日本藍泥蜂的生態習性及生活史

2023年7-8月發現3組蜂旅館有日本藍泥蜂雌蜂築巢後，透過拍照、錄影、觀察及記錄日本藍泥蜂的生態習性、棲地位置和築巢行為。

實地觀察蜂旅館之木製有透明壓克力板的巢片，並以相機記錄日本藍泥蜂幼蟲生長的過程，幼蟲生長快速，每天都要巡巢、記錄。



圖三、觀察記錄日本藍泥蜂生活史。(照片：作者拍攝)

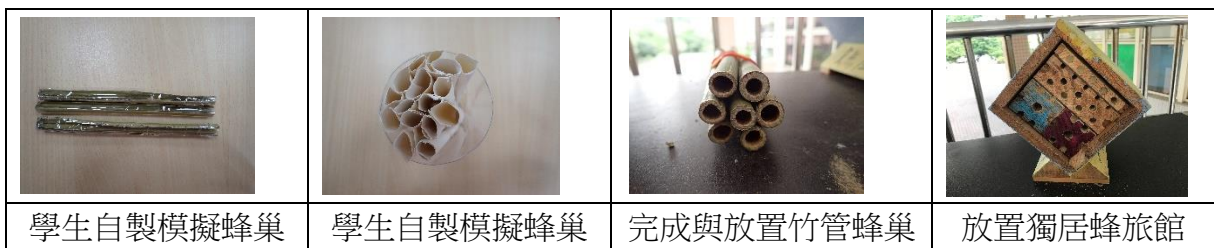
三、調查與分析日本藍泥蜂雌蜂之巢位選擇

(一)調查與監控校園內日本藍泥蜂的巢位

1.蜂旅館放置與竹管製作放置：

(1)蜂旅館：從2023年6月底開始在校園不同地點放置10組蜂旅館，誘引獨居蜂築巢。蜂旅館為木製，每組共有27個巢管，其中13管為有透明壓克力板，可以看見巢管內部，分別為管徑0.5公分，5管；管徑1公分，8管。

(2)自製竹管：我們嘗試自己設計蜂旅館，後來參考蜂旅館的尺寸自製3組竹管，每組7支，每一支管徑0.8公分，管長15公分。



圖四、本研究放置蜂旅館及竹管情形。(照片：作者拍攝)

2.誘引築巢：將10組蜂旅館和3組竹管分別放在學校1-3樓走廊窗檯上，誘引日本藍泥蜂築巢，發現雌蜂築巢後開始記錄。

3.普查自然巢：自2023年9月至2024年6月，我們依據日本藍泥蜂白門的特徵，普查校園裡的自然巢。

4.棲地標記：將所有的人工巢及自然巢進行編號與標記。

(二)調查與統計各類蜂巢日本藍泥蜂築巢數量




校內蜂巢類別分為蜂旅館、竹管及自然巢三類。我們將每一類蜂巢進行日本藍泥蜂築巢數量統計，以了解校內日本藍泥蜂在這三類蜂巢的築巢情況。

(三)調查與分析日本藍泥蜂築巢之區域分布

當我們陸續在校園裡找到日本藍泥蜂的自然巢時，發現某些區域的巢數較多，我們很好奇日本藍泥蜂雌蜂築巢是否有樓層和方位的偏好呢？

1.記錄樓層：記錄每一個巢位的樓層，分析巢位之樓層分布。

2.量測方位：運用手機上的指南針 APP 測量與記錄每一個巢位的方位，分析巢位之方位分布。

		
4樓電腦教室走廊牆壁有自然巢	量測自然巢方位	量測蜂旅館方位

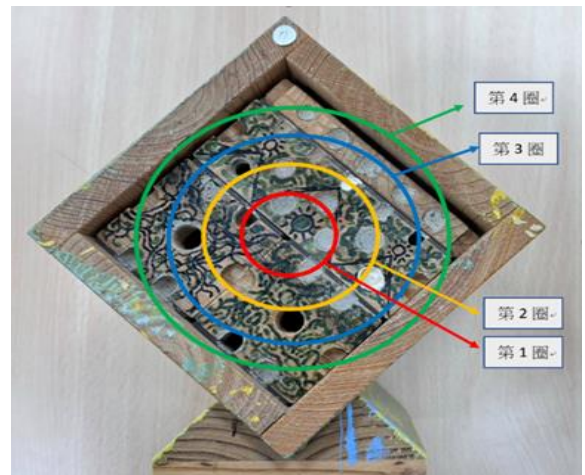
圖五、記錄與量測日本藍泥蜂巢位(照片：作者拍攝)。

(四)研究日本藍泥蜂人工巢巢位選擇偏好

巢位選擇偏好是指日本藍泥蜂雌蜂在築巢時，是否會選擇該巢的前後左右也是日本藍泥蜂巢來築巢，究竟是規則分布？隨機分布？還是有聚集性？我們選擇三組有日本藍泥蜂築巢的人工巢(蜂旅館)進行計數和分析，以了解日本藍泥蜂雌蜂在人工巢築巢時是否有巢位選擇偏好。

研究過程：

1. **繪製巢位計算圖：**將蜂旅館從中心往外，畫出4個同心圓圈，圓圈與圓圈等距，每一圈覆蓋的巢洞數分別為：第1圈5巢，第2圈11巢，第3圈7巢，第4圈4巢。
- 2.每圈築巢率=築巢數/巢洞數。
- 3.統計3組人工巢各圈平均築巢率。
- 4.分析平均築巢率：築巢率高表示雌蜂會選擇該巢前後左右也是日本藍泥蜂巢來築巢，表示有聚集性。



圖六、日本藍泥蜂巢位計算圖。(圖：作者繪製)

四、探討日本藍泥蜂之借坑性築巢特性

我們觀察到日本藍泥蜂的巢洞有各種尺寸，究竟蜂媽媽喜歡在多大的孔洞築巢？此外，每一巢的巢室數量、巢室尺寸也有不同，會築幾間巢室呢？蜂媽媽會為幼蟲安排多大的生長空間呢？除此，我們也發現有的白門和洞口是切齊塗滿的，有的白門卻與洞口有距離，可能的原因為何？蜂媽媽會選擇在甚麼樣的材質上築巢呢？

(一)測量與分析巢洞尺寸：使用尺或游標尺測量與記錄每一個日本藍泥蜂巢的巢洞尺寸，分析最大與最小的巢洞尺寸，找出數量最多的巢洞尺寸。

(二)計算與分析巢室數量：

1. **樣本選擇：**我們以人工巢附有透明壓克力可以看見巢穴內部的蜂巢，加上2024年4

月陸續羽化的蜂巢，共有18巢。因為自然巢看不見巢穴內部，無法計算巢室數量，故不列入樣本。

2.計算數量：逐一計算18巢人工巢，每一巢的巢室數量。

(三)測量與分析巢室尺寸：

1.樣本選擇：我們將人工巢及自然巢，共計96巢，量測進行巢室尺寸，共量測得102間巢室的尺寸，其中牆壁孔洞、螺絲孔、櫃子孔洞因看不到內部，都以1間計。

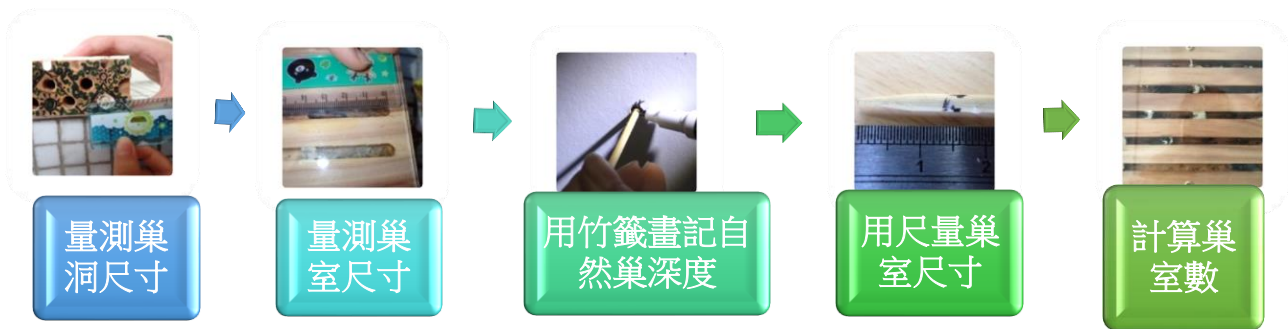
2.測量分析：使用尺進行量測，因為自然巢尺沒有辦法伸進去，所以用鄰近沒有築巢的相同螺絲孔洞用竹籤插入畫記深度，再利用尺來量測竹籤標記的尺寸；後來買了游標尺後，可以使用游標尺來量自然巢的巢室尺寸。分析最大、最小的巢室尺寸，找出數量最多的巢室尺寸。

(四)測量與分析封口與洞口的距離：使用尺或游標尺測量與記錄每一巢的封口與洞口的距離，分析最大與最小的距離，找出數量最多的距離。

(五)調查與分析棲地材質

1.棲地材質分類：目前校園裡可提供雌蜂築巢的棲地材質有：木材、木材上有透明壓克力片、木材有螺絲底、牆壁水泥洞、鋁窗孔洞、塑膠、玻璃、泥土。

2.調查與分析：逐一調查每一巢的材質，分析數量最多的是哪一種材質？了解日本藍泥蜂的棲地材質偏好。



圖七、研究日本藍泥蜂蜂巢特性順序。(照片、圖：作者拍攝及繪製)

五、分析日本藍泥蜂雌蜂之護幼行為

根據 Barthelemy(2011)表示，雌蜂築巢期間領域性強，常常為了爭奪領域而碰撞。假如某隻日本藍泥蜂雌蜂正在築巢，忽然有其它日本藍泥蜂雌蜂出現時，雌蜂會如何保護她的孩子呢？

(一)記錄雌蜂築巢過程：於2023年7月21日架設無線網路監視器，當天下午5時開始錄製，7月25日中午12時結束錄製，記錄日本藍泥蜂雌蜂築巢過程。

(二)觀看與分析雌蜂築巢及護幼行為

- 1.行為分析並給予代號：雌蜂築巢影片長度共有84小時，大家一起觀看影片，共同確認日本藍泥蜂的行為動作，並給予代號。
- 2.行為分析記錄：分析記錄每個行為動作代號、開始的時間和結束的時間。
- 3.資料輸入與分析：將行為分析記錄輸入 Excel，再以行為代號進行排序，統計次數。
- 4.完成行為譜分析和行為類別分析，包括：日累積活動量分析和日週律動。

(三)觀察記錄雌蜂之護幼行為

實地觀察、拍攝與觀看兩隻雌蜂相遇時之照片和影片，大家共同討論與確認兩隻雌蜂間的爭奪領域行為，再將雌蜂護幼行為細節畫下來。

(四)調查與分析築假巢之原因

在觀察日本藍泥蜂築巢的過程中，我們發現有些巢室的蜘蛛只有一隻或零隻，卻封閉巢門。因為築一個巢門，雌蜂必須來回多次，時間長達數小時，非常耗費能量，假如只放1隻以下的蜘蛛，不是更耗費雌蜂的能量，究竟雌蜂為何要這麼做呢？

1.假巢：以巢室內蜘蛛數量1隻以下為假巢。

2.調查：

(1)蜂旅館：拿附有透明壓克力可以看見巢穴內部的蜂巢，進行假巢數量統計。

(2)自然巢：隨機抽樣12個巢，小心打開巢門，若蜘蛛數量在1隻以下，為假巢；若裡面有1隻以上蜘蛛、蜘蛛殘渣或繭，則非假巢，確認後再使用糯米紙將巢門封起來，避免其他生物進入，因為糯米紙遇水可溶，確保蜂羽化後仍可以順利出巢。

3.計算與分析：計算與比較蜂旅館和自然巢假巢的比例，分析築假巢的原因。

			
巢室只有1隻蜘蛛	巢室內沒有蜘蛛和只有1隻蜘蛛	小心打開自然巢	裡面有繭，利用糯米紙封巢門

圖八、調查日本藍泥蜂雌蜂築假巢情形。(照片：作者拍攝)

(五)記錄與分析雌蜂偷挖其他獨居蜂巢土行為

我們在實地觀察獨居蜂築巢時，曾發現雌蜂會挖掘其他獨居蜂巢門的土，再回去築自己的巢門，也會再利用其它獨居蜂羽化破巢後掉落在桌面的巢土。究竟這只是偶一為

之，還是日本藍泥蜂雌蜂的特定行為呢？

1. **觀看與記錄**：透過觀看雌蜂築巢影片，記錄偷挖其他蜂巢土的次數及時間，並觀察記錄是否會挖掘白門？
2. **分析**：分析偷挖其他獨居蜂巢土的原因。

六、探討日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為

在查閱文獻的過程中，發現國內外不同地區的日本藍泥蜂雌蜂的獵物清單非常不同，究竟校內日本藍泥蜂雌蜂的獵物為何呢？每一個巢室會放入多少隻蜘蛛才夠幼蟲吃？校內有哪些蜘蛛？日本藍泥蜂獵捕的蜘蛛種類和校內蜘蛛相之間是否有甚麼秘密呢？

(一)調查學校蜘蛛相

1. **調查記錄**：2023年9月9日、10月21日及平日生態觀察記錄。
2. **統計分析**：整理目前已經發現的蜘蛛科別，繪製統計圖。





(二)日本藍泥蜂的獵物分析

1. **樣本選擇**：我們發現部分巢穴在2023年7月築巢，但直到2023年9月蜘蛛都沒有被吃掉，我們判斷該巢築巢失敗，共有11巢失敗，做為分析獵物的樣本。
2. **統計與分析**：小心清理巢室，計數每一巢蜘蛛的科別和數量，以了解雌蜂獵捕蜘蛛是否有種類的偏好。

(三)幼蟲取食蜘蛛及其食後分析

日本藍泥蜂羽化後的巢穴內有些甚麼？幼蟲如何攝食蜘蛛？是吸乾蜘蛛或者啃食蜘蛛呢？假設是啃食，巢穴內蜘蛛就會剩下殘渣；假設是吸食，巢穴內的蜘蛛形體比較完整。





1. **樣本選擇**：自2023年11月30日至2024年4月，共有7巢人工巢陸續羽化，我們實在很好奇，究竟羽化後的巢穴內有甚麼呢？
2. **清理巢穴**：我們小心取出巢穴內的内容物。
3. **分類、計數和分析**：觀察内容物後，將内容物分為一、二、三、四節以上，進行計數和分析。

			
抓了壺腹蛛放在洞口 (20230816拍攝)	幼蟲取食蜘蛛 (20230721拍攝)	巢室內蜘蛛 (20230721拍攝)	結繭後剩蜘蛛碎屑 (20230724拍攝)

圖九、日本藍泥蜂巢內蜘蛛。(照片：作者拍攝)

七、探討日本藍泥蜂白門的特性

日本藍泥蜂築巢後有白色封口，摸起來很平滑，我們將白色封口稱為白門。經查閱文獻及請教專家，目前僅有藍泥蜂屬會築白門。根據 Barthelemy(2011)表示，白門來源可能是尿酸，來自爬蟲類的排遺，例如壁虎；根據指南國小吳采頤、吳明盡、林亦然、徐諾(2018)的觀察，該校日本藍泥蜂白色封口材質的來源是壁虎的排遺。為什麼日本藍泥蜂要築白門？我們將逐一探討白門的氮氮值、尿酸(Uric Acid)濃度、氨(Ammonia)濃度、酸鹼值、透氣性和防水性，來了解白門的特性。

			
築隔間、巢門順序： 先黃泥再白色物質	白門及羽化後白門	羽化後的白門	巢門有兩層，外層白色物質，內層泥

圖十、日本藍泥蜂築隔間及巢門順序(泥+白)、白門及羽化後白門樣態。(照片：作者拍攝)

(一)檢測白門之氮氮值

- 1.檢測方法：**我們參考及運用環保署(2020)水中氮氮檢測方法—靛酚比色法(NIEA W448.52B)來檢測白門的水中氮氮值。
- 2.樣本選取：**收集羽化後的白門，研磨為粉末狀，取0.1g粉末，加入25ml的蒸餾水中，分別放置2、4、8、12、24小時。
- 3.實驗步驟：**
 - (1)調配比色分析用的試劑：依照環保署的配方，運用酚溶液、亞硝醯鐵氫化鈉溶液、鹼性檸檬酸鹽溶液、次氯酸鈉溶液、氧化劑溶液，調配出深淺不同的藍色比色分析試劑。
 - (2)將5個白門樣本溶液使用0.45um針筒過濾器進行過濾，然後加入次氯酸鈉(Sodium hypochlorite)及酚溶液(Phenol)，在亞硝醯鐵氫化鈉溶液(Sodium nitroprusside)的催化下，變成深藍色之靛酚(Indophenol)。
 - (3)準備檢量線溶液：取適量氮氮標準溶液，稀釋成不同濃度的檢量線溶液。
 - (4)畫檢量線：量測在波長640nm的吸光度，使用光徑1公分的樣品槽，以標準溶液(mg/L)為X軸，吸光度為Y軸，畫出一條吸光度與氮氮濃度的檢量線。
 - (5)使用分光光度計在波長 640 nm 處進行比色分析。
 - (6)將5個白門樣本溶液得到的吸光度，代入檢量線公式，計算氮氮的濃度。

(二)檢測與比較白色巢門與壁虎排遺之尿酸(Uric Acid)濃度

1.樣本選取：分為 2 組，第 1 組隨機抽樣 3 個自然巢白門，使用砂紙小心磨下白色物質粉末；第 2 組為隨機抽樣校內 3 個位置的壁虎排遺。

2.實驗步驟：

- (1)取重量 0.05 克白門粉末。
- (2)將白門粉末加入 3ml 的去離子水的標本瓶中。
- (3)第2組壁虎排遺之實驗步驟與上述白門相同。

3.檢測：檢測白門與壁虎排遺的尿酸濃度。

4.比較與分析：比較與分析白門與壁虎排遺之尿酸濃度。

(三)檢測與比較白門與壁虎排遺之氨(Ammonia)濃度

1.樣本選取：分為 2 組，第 1 組隨機抽樣 3 個自然巢白門，使用砂紙小心磨下白色物質粉末；第 2 組為隨機抽樣校內 3 個位置的壁虎排遺。

2.實驗步驟：

- (1)取重量 0.05 克白門粉末。
- (2)將白門粉末加入 3ml 的去離子水的標本瓶中。
- (3)第2組壁虎排遺之實驗步驟與上述白門相同。

3.檢測：檢測白門與壁虎排遺的氨濃度。

4.比較與分析：比較與分析白門與壁虎排遺之氨(Ammonia)濃度。

(四)測試白門之酸鹼值

1.樣本選擇：分為3組，第1組為隨機抽樣9個自然巢白門，使用砂紙小心磨下白色物質；第2組為隨機抽樣9個其它蜂巢泥門；第3組為隨機抽取9個位置的壁虎排遺。

2.實驗步驟

- (1)取重量0.05克白門粉末。
- (2)將白門粉末加入20ml 去離子水的玻璃杯中，攪拌3分鐘。
- (4)酸鹼測試計進行校正。
- (4)放入酸鹼測試計，量測與記錄酸鹼值。
- (5)第2組其他蜂巢泥門、第3組壁虎排遺之酸鹼值實驗步驟與上述白門相同。

3.比較分析：比較與分析3組的酸鹼值。



圖十一、測試日本藍泥蜂白色封口酸鹼值。(照片：作者拍攝)

(五)測試白門之透氣性

1.樣本選擇：隨機抽樣6個日本藍泥蜂巢，包括：3個蜂旅館巢穴和3個自然巢

2.實驗步驟：

(1)使用針筒取0.2ml 的水。

(2)將水滴在白門。

(3)觀察與量測時間：觀察水份是否會滲入白門?若會滲入，完全滲入需要多少時間？

(4)記錄統計：記錄6個日本藍泥蜂巢之水分完全滲入的時間。

(六)測試白門之防水性

1.樣本選擇：分為2組，第1組為隨機抽樣6個日本藍泥蜂巢為實驗組；第2組為隨機抽樣6個其它蜂巢為對照組。

2.實驗步驟

(1)使用2支針筒各取0.2ml 的水。

(2)同時間將水滴在白門及其他獨居蜂的巢門。

(3)觀察與量測時間：觀察與記錄水份完全滲入巢門需要多少時間。

(4)比較與分析：日本藍泥蜂白門與其他蜂巢門之防水性。

	
將0.2ml 水滴在巢門計算水份完全滲入時間	將0.2ml 水滴在白門及其他蜂巢門，比較防水性。

圖十二、測試日本藍泥蜂白門透氣性與比較防水性。(照片：作者拍攝)

肆、研究結果

一、日本藍泥蜂的生活史

日本藍泥蜂飛行速度非常快，只有當牠停在蜂旅館蜂巢上或者蜂巢附近的桌面上，我們才有機會靠近觀察牠。當雌蜂與雄蜂交配後，雄蜂離開，雌蜂開始獨立完成築巢工作。

(一)築巢與獵捕蜘蛛：雌蜂選擇既有的坑洞築巢，並會銜泥築巢室隔間及巢口。有的雌蜂會在巢穴底部先用泥巴和白色物質做底，幼蟲為肉食性，雌蜂捕獵到蜘蛛會將其麻醉，放入巢穴中，將卵產在蜘蛛的身上，先使用黃泥，再使用白色物質封巢室及最後的巢門。曾經發現一個巢室隔間沒有做完整，幼蟲跑到隔壁巢室取食蜘蛛。透過人工巢的透明壓克力板觀察，可以發現蜘蛛的腳都是朝著巢門，可見是被雌蜂拖著進入巢穴中。雌蜂築巢會先築完一巢，再築另一巢。

(二)成長期：卵約一天孵化為幼蟲，幼蟲攝食蜘蛛，成長速度快，從發現幼蟲起6-8天後，開始吐絲結繭，剛開始外觀可見為乳黃色，後來漸漸變為紫紅色的繭；幼蟲攝食蜘蛛，並不會排遺，而是在最後一次蛻皮時，一次排遺，然後進入前蛹期。從2023年7月結繭後，2024年4月人工巢及自然巢陸續羽化，為一年一個世代。

(三)羽化：成蟲的羽化為後進先出，假如巢穴內有多間巢室，從巢門往裡面數，第一間巢室是雄蜂，最後一間巢室為雌蜂，雌蜂體型比較大，雄蜂比較小隻，所以先出來。如果巢管比較短，雄蜂的機率比較高。成蟲羽化破巢，會先用唾液將巢門潤溼，當泥門軟化後，會用大顎將白門咬一個圓洞，大約0.3公分，頭胸鑽出，停在巢門，整理翅膀，伸展足部，揮動翅膀。蛹殼的另一端是硬質的囊。

(四)羽化率：截至2024年6月8日為止，人工巢羽化巢數為8巢，自然巢羽化數為35巢，羽化率為44.79%，但因日本藍泥蜂生殖季節會到7月，仍要持續觀察和巡巢，才能獲得比較精確的羽化率。

				
7-6-4卵在蜘蛛上(20230713)	7-6-3幼蟲(20230718)	7-6-3幼蟲吃蜘蛛(20230720)	7-6-3蜘蛛剩殘渣(20230721)	7-6-3吐絲結繭(20230723)
				
7-6-3吐絲結繭(20230723)	7-6-3繭1.8公分(20230724)	7-6-3繭(20240227)	繭2公分	日本藍泥蜂羽化
				
日本藍泥蜂 上：雌蜂；下：雄蜂。		人工巢羽化洞口 0.3公分	自然巢羽化圓洞	羽化後殘渣

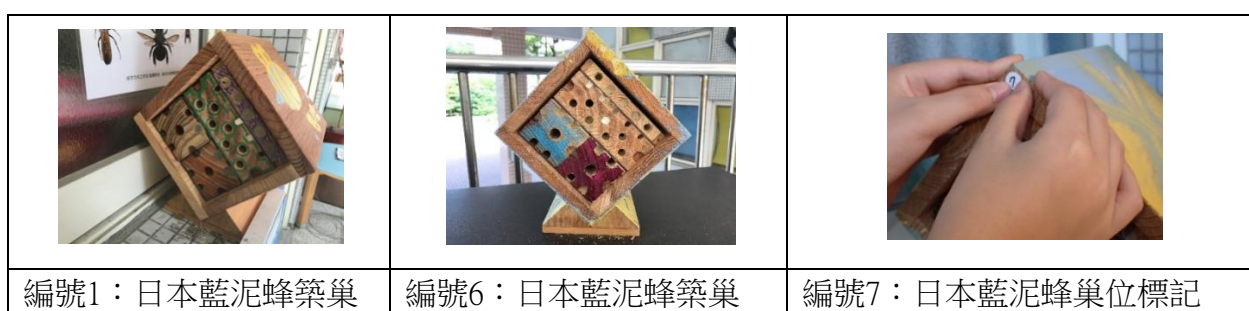
圖十三、日本藍泥蜂生活史、雌雄蜂比較、羽化洞口、羽化後的巢內殘渣。(照片：作者拍攝)

(三) 普查日本藍泥蜂巢之棲地位置及數量

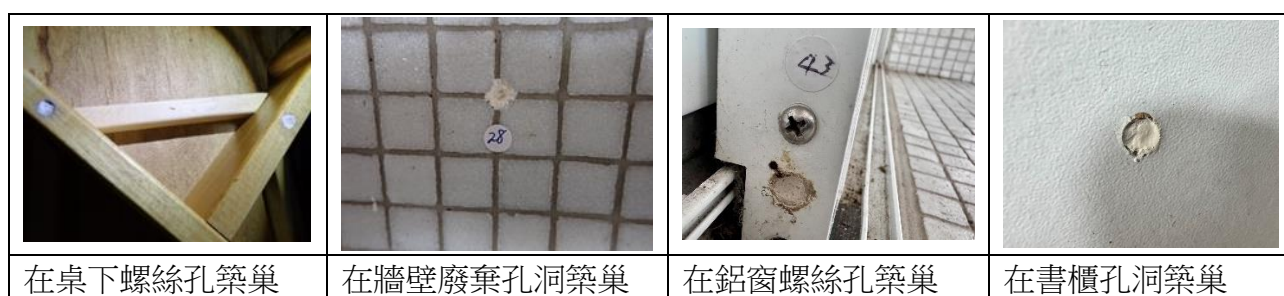
普查和統計校園內有日本藍泥蜂築巢的棲地位置和數量，彙整如表三。

表三、日本藍泥蜂巢之棲地位置及數量表

種類	數量	備註
蜂旅館	3組18巢	3款相同的蜂旅館
自然巢	46個棲地78巢	走廊上或室內櫃子裡的孔洞、桌子和椅子下的螺絲孔洞、鋁窗的螺絲孔、牆壁的廢棄螺絲孔洞或水泥洞；但未在戶外、生態園區發現日本藍泥蜂築巢。



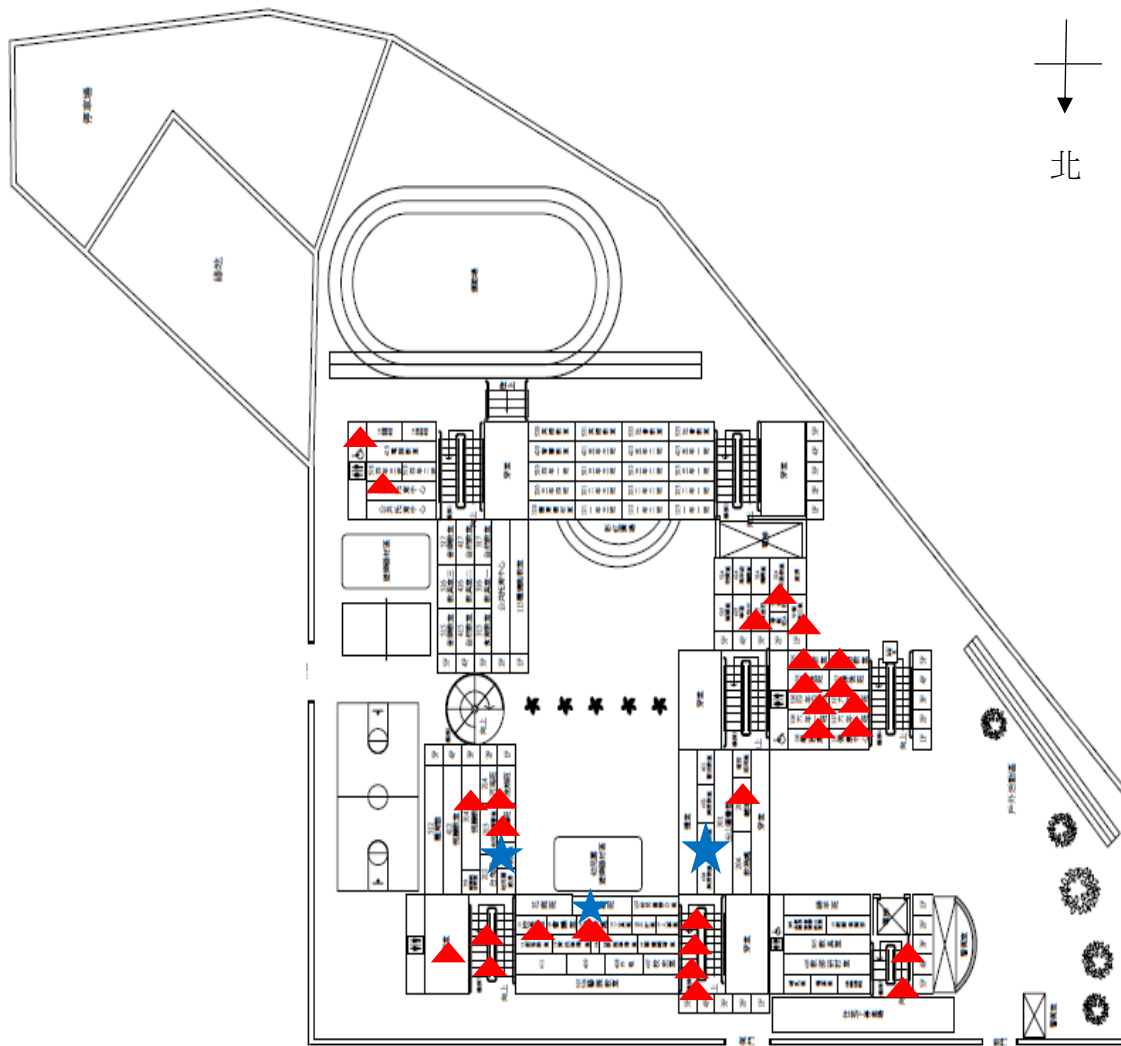
圖十四、發現與標記3組蜂旅館有日本藍泥蜂築巢。(照片：作者拍攝)



圖十五、發現與標記日本藍泥蜂自然巢。(照片：作者拍攝)

(四) 校園內日本藍泥蜂的巢位調查及監控結果

我們在學校發現96個日本藍泥蜂巢位，其中蜂旅館共有3組18個巢位，自然巢共有78個巢位，班級教室、科任教室及戶外生態園等未發現日本藍泥蜂築巢，將日本藍泥蜂築巢的蜂旅館(★)及自然巢(▲)之巢位標示如圖十六。



圖十六、校園日本藍泥蜂的巢位分布。(★:蜂旅館 ▲:自然巢)(圖片:作者就讀學校及作者繪製)

二、日本藍泥蜂雌蜂築巢雌蜂之巢位選擇

(一)探討日本藍泥蜂築巢之蜂巢類別

1.蜂旅館築巢比例：我們在校園布置了 10 組獨居蜂旅館，日本藍泥蜂築巢的蜂旅館共有 3 組。每個蜂旅館設計有 27 管，我們將每組蜂旅館築巢數彙整如表四，並算出每一組蜂旅館的平均築巢比例為 22.22%；假如從全部 10 組來看，築巢比例為 6.67%，彙整日本藍泥蜂獨居蜂旅館築巢比例如表四。

表四、日本藍泥蜂獨居蜂旅館築巢比例

棲地	巢位編號	築巢數	築巢比例(%)
獨居蜂旅館	1	4	14.81
獨居蜂旅館	6	10	37.03
獨居蜂旅館	7	4	14.81
平均築巢數		6	22.22

2.竹管築巢比例：共布置3組，每1組有7管，無日本藍泥蜂築巢。

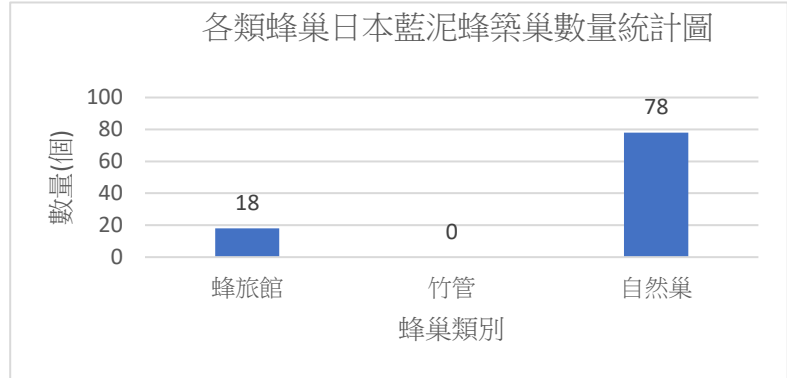
3.自然巢數量：我們調查到自然巢78個，主要分布在幼兒園走廊木桌下螺絲孔、木椅螺絲孔、樓梯口廢棄的螺絲孔、牆壁廢棄的螺絲孔。

4.統計各類蜂巢日本藍泥蜂雌蜂築巢的數量如圖十八。



日本藍泥蜂銜泥築巢
(20230721拍攝)

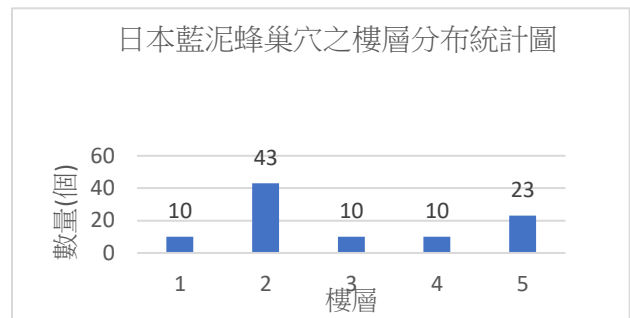
圖十七、日本藍泥蜂雌蜂銜泥築巢。(照片：作者拍攝)



圖十八、各類蜂巢日本藍泥蜂築巢數量統計圖。(圖：作者繪製)

(二)探討日本藍泥蜂巢穴之樓層分布

1到5樓各樓層皆有雌蜂築巢，以2樓共有43個巢最多，5樓23個次之。推論除了2樓2個蜂旅館共有14個巢，2樓還有兩間教室的櫃子裡共有16個巢，其他則是牆壁廢棄孔洞，5樓則大部分室鋁窗的螺絲孔，因此，只要有孔洞的地方，蜂媽媽都不會放棄。日本藍泥蜂巢穴之樓層分布調查結果如圖十九。

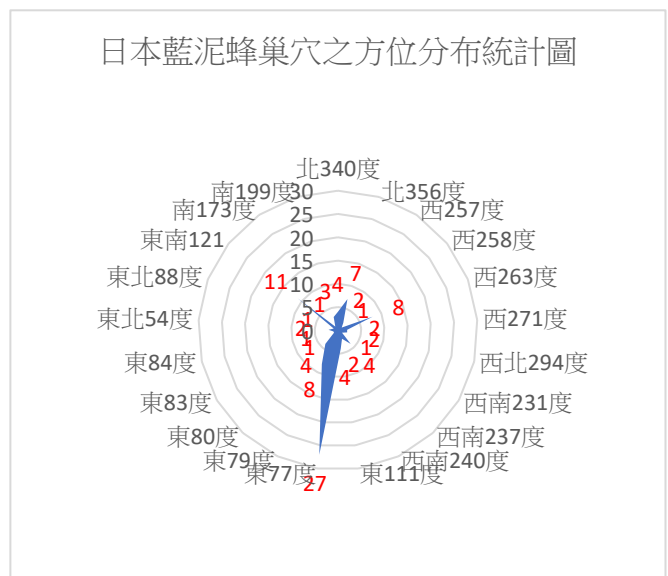


圖十九、日本藍泥蜂巢穴之樓層分布統計圖。(圖：作者繪製)

(三)探討日本藍泥蜂巢穴之方位分布

量測結果以東77巢數22個為最多，西北未發現日本藍泥蜂巢穴，將學校內日本藍泥蜂巢穴之方位分布彙整如圖二十。

圖二十、日本藍泥蜂巢穴之方位分布統計圖。(圖：作者繪製)



(四)日本藍泥蜂之巢位選擇偏好

計算 3 組蜂旅館日本藍泥蜂巢位，換算築巢率如表五。雌蜂築巢以第一圈、第二圈平均築巢率較高，合計共有 53.3%，表示雌蜂築巢會選擇鄰居也是日本藍泥蜂築巢。

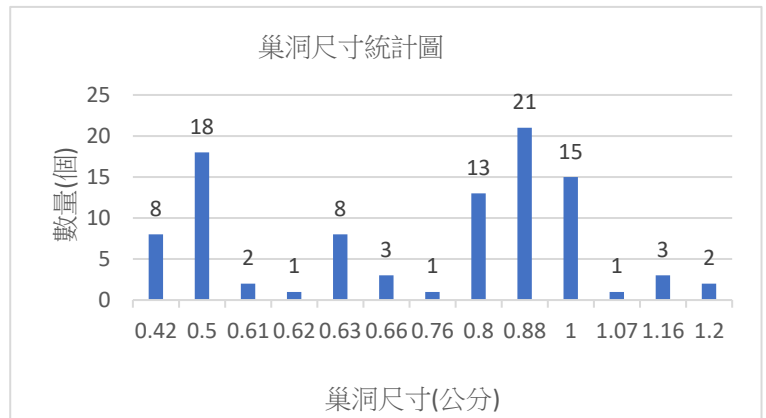
表五、日本藍泥蜂人工巢築巢率

蜂旅館	築巢數	第一圈 築巢率	第二圈 築巢率	第三圈 築巢率	第四圈 築巢率
蜂旅館 1	4	0(0%)	3/11(27.2%)	1/7(14.3%)	0(0%)
蜂旅館 2	10	3/5(60%)	5/11(45.5%)	2/7(28.6%)	0(0%)
蜂旅館 3	4	0(0%)	3/11(27.2%)	1/7(14.3%)	0(0%)
平均數		20%	33.3%	19.1%	0%

四、研究日本藍泥蜂之蜂巢特性

(一)探討日本藍泥蜂的巢洞尺寸

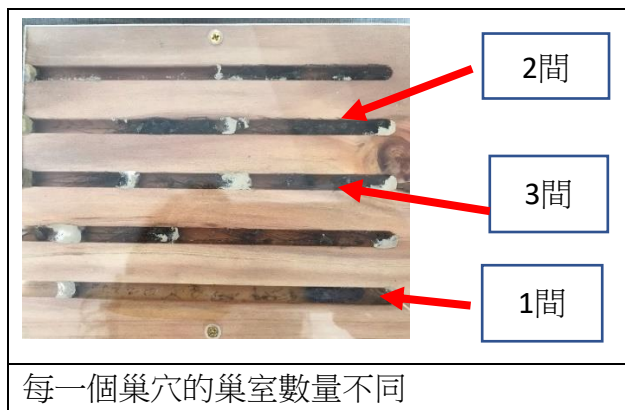
最大巢洞尺寸為 1.2 公分，最小尺寸為 0.42 公分，以 0.88 公分 21 巢為最多，巢洞多為 1 公分以下，1 公分以上只有 6 個，推測與日本藍泥蜂體型瘦長有很大的關係。將巢洞尺寸量測結果彙整如圖二十一。



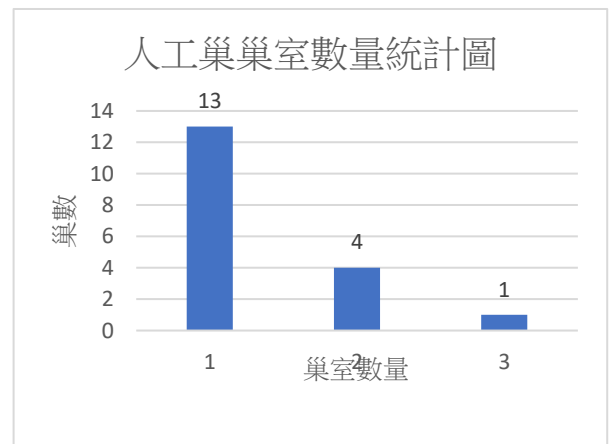
圖二十一、日本藍泥蜂巢洞尺寸統計圖。(圖：作者繪製)

(二)探討日本藍泥蜂的巢室數量

巢室數量為1到3間，1間巢室之巢數13個最多，3間巢室之巢數1個最少。將目前可以看見的每一巢的巢室數量進行統計並彙整如圖二十三所示。



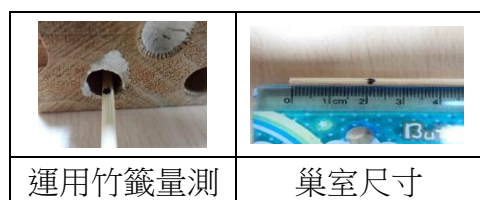
圖二十二、日本藍泥蜂每一巢巢室概況。(照片、圖：作者拍攝繪)



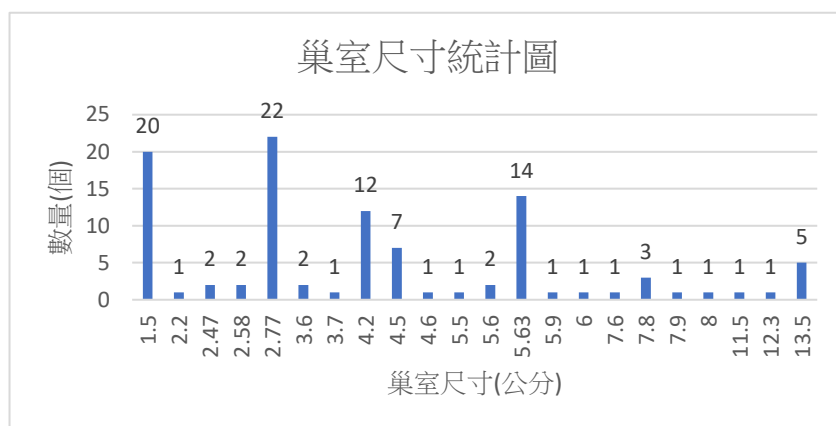
二十三、日本藍泥蜂人工巢巢室數量統計圖。(圖：作者繪製)

(三)探討日本藍泥蜂的巢室尺寸

巢室尺寸最小是 1.5 公分，最大是 13.5 公分；其中 2.77 公分 22 巢為最多，1.5 公分次之；其中，13.5 公分為人工巢管最大尺寸，2.77 公分為鋁窗孔洞尺寸。將巢室尺寸量測結果彙整如圖二十四：



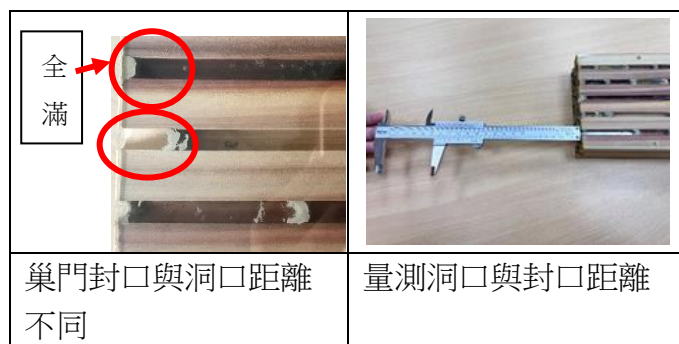
圖二十四、量測巢室尺寸。
(作者拍攝)



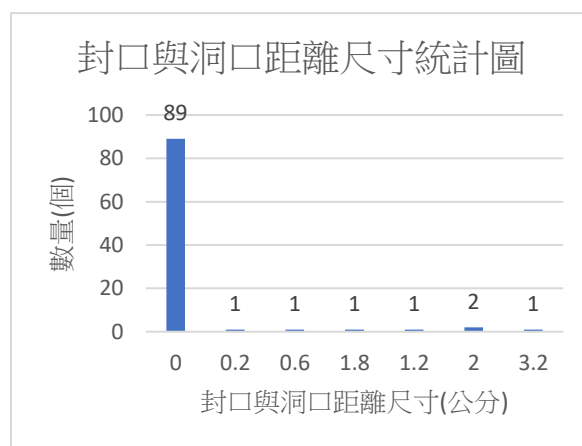
圖二十五、日本藍泥蜂巢室尺寸統計圖。(圖：作者繪製)

(四)探討日本藍泥蜂巢之封口與洞口的距離

封口與洞口距離最小是 0 公分，最大是 3.2 公分。其中自然巢封口與洞口距離多為 0 公分，數量最多，共有 89 個，其中蜂旅館為 14 個，自然巢有 75 個。將量測的結果彙整如圖二十六、二十七：



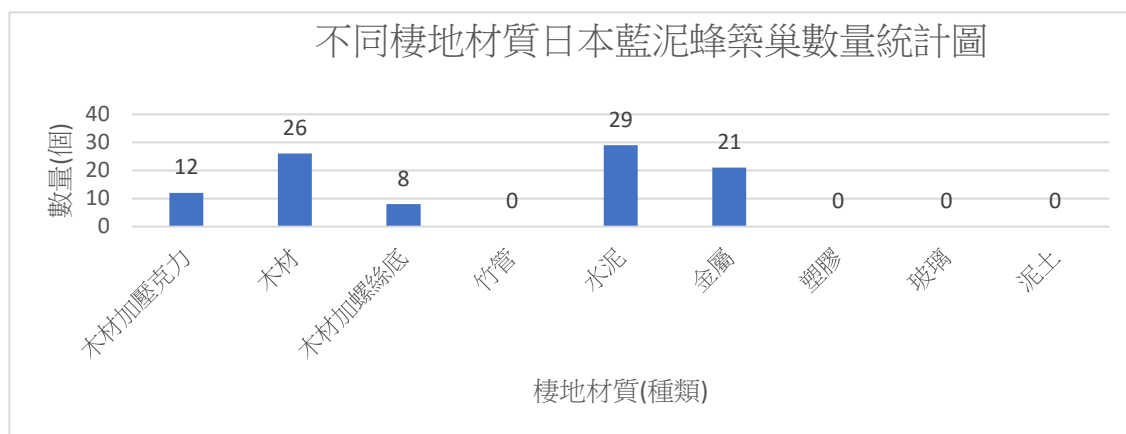
圖二十六、封口與洞口距離樣態及量測(照片、圖：作者拍攝、繪製)



圖二十七、封口與洞口間尺寸統計圖
(圖：作者繪製)

(五)不同棲地材質日本藍泥蜂築巢的情況

棲地材質種類共有 9 種，以水泥築巢數量分別為 29 個最多，木材 26 個次之。竹管、塑膠、玻璃、泥土等築巢數量為 0。將調查記錄得到的結果彙整如圖二十八：



圖二十八、不同棲地材質日本藍泥蜂築巢數量統計圖。(圖：作者繪製)

五、探討雌蜂之護幼行為

(一)雌蜂生殖季節行為譜分析

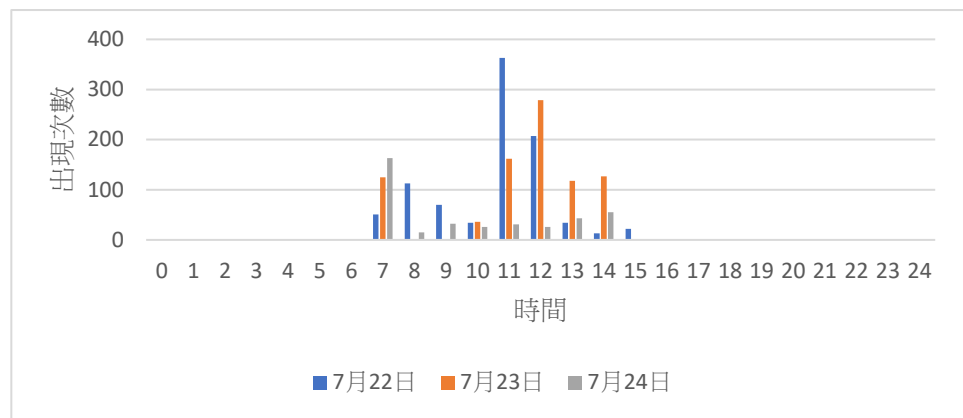
觀測區間為84小時，將分析所得到的行為譜彙整如表六。

表六、日本藍泥蜂雌蜂生殖季節的行為譜分析

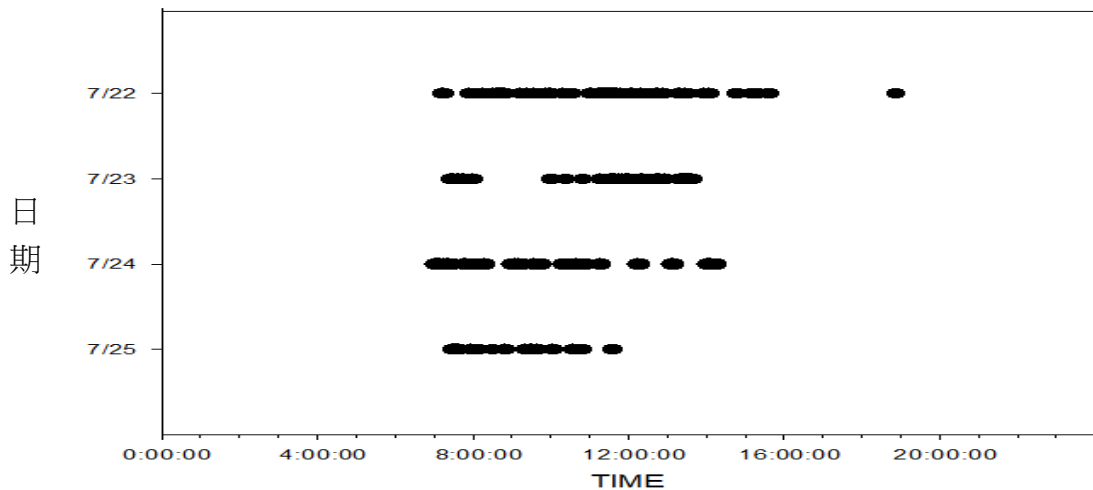
編號 [□]	動作 [□]	觀測次數(No.) [□]	出現比率(%) [□]	備註 [□]
1 [□]	飛 近 [□]	215 [□]	10.32 [□]	[□]
2 [□]	暫 停 [□]	280 [□]	13.44 [□]	[□]
3 [□]	轉 向 [□]	222 [□]	10.66 [□]	[□]
4 [□]	抖 翅 [□]	102 [□]	4.90 [□]	[□]
5 [□]	盤 旋 [□]	15 [□]	0.72 [□]	[□]
6 [□]	地面打鬥 [□]	1 [□]	0.05 [□]	[□]
7 [□]	空中打鬥 [□]	1 [□]	0.05 [□]	[□]
8 [□]	桌面走 [□]	42 [□]	2.02 [□]	[□]
9 [□]	咬泥土 [□]	25 [□]	1.20 [□]	[□]
10 [□]	入 巢 [□]	87 [□]	4.18 [□]	[□]
11 [□]	出 巢 [□]	87 [□]	4.18 [□]	[□]
12 [□]	築 門 [□]	114 [□]	5.47 [□]	[□]
13 [□]	飛 離 [□]	203 [□]	9.75 [□]	[□]
14 [□]	巡 巢 [□]	343 [□]	16.47 [□]	[□]
15 [□]	羽 化 [□]	0 [□]	0.00 [□]	[□]
16 [□]	叼獵物 [□]	0 [□]	0.00 [□]	[□]
17 [□]	放獵物 [□]	1 [□]	0.05 [□]	[□]
18 [□]	飛過巢 [□]	6 [□]	0.29 [□]	[□]
19 [□]	轉動頭部 [□]	7 [□]	0.34 [□]	[□]
20 [□]	抖 翅 [□]	23 [□]	1.10 [□]	[□]
21 [□]	清潔觸角 [□]	3 [□]	0.14 [□]	[□]
22 [□]	遊 走 [□]	211 [□]	10.13 [□]	[□]
23 [□]	探 巢 [□]	32 [□]	1.54 [□]	[□]
24 [□]	單方攻擊 [□]	4 [□]	0.19 [□]	[□]
25 [□]	掘 巢 [□]	59 [□]	2.83 [□]	[□]
觀測值統計 [□]		2083 [□]	100 [□]	[□]
觀測區間(Hrs) [□]		[□]	84 [□]	[□]

(二)雌蜂護幼行為類別分析

彙整雌蜂護幼行為類別如圖二十九、圖三十。



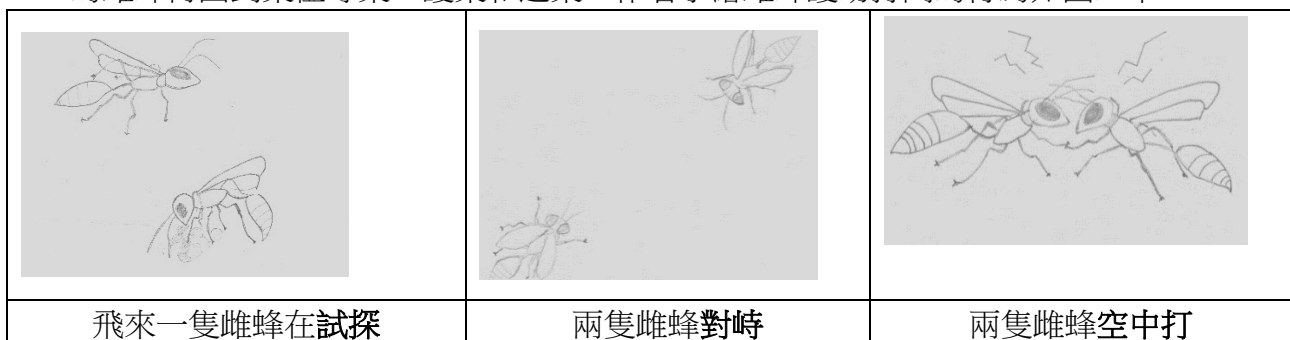
圖二十九、日本藍泥蜂日累積活動量分析。(圖：作者繪製)

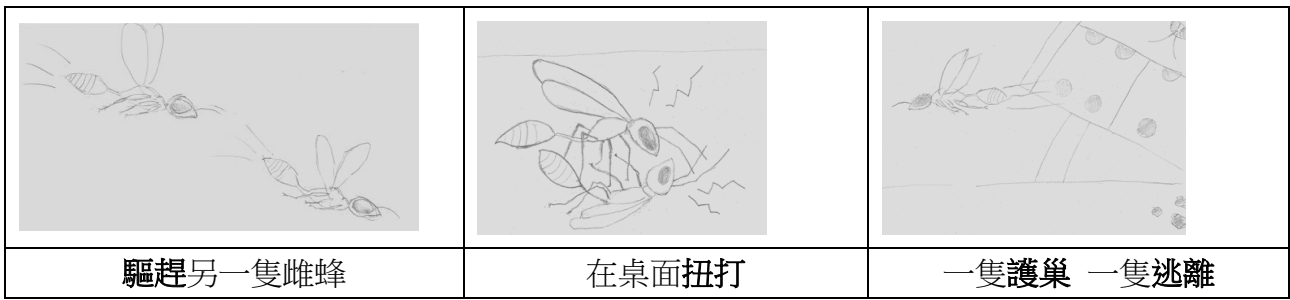


圖三十、日本藍泥蜂樣區雌蜂活動頻度分析(日活動周期)。(圖：作者繪製)。

(三)雌蜂之護幼行為

當一隻日本藍泥蜂雌蜂正在築巢，突然出現另一隻同種雌蜂時，這時會出現新到雌蜂在原有雌蜂的附近不斷的靠近試探、接下來兩隻會互看、對峙；當兩隻越來越靠近，會出現空中打，這時原有雌蜂開始驅趕新到雌蜂，直到牠離開，原有雌蜂再回到巢位，這時如果新到雌蜂又飛回來，原有雌蜂會飛撲過去扭打，直到新到雌蜂逃離為止，原有的雌蜂再回到巢位守巢、護巢和巡巢。作者手繪雌蜂護幼打鬥的行為如圖三十一。





圖三十一、日本藍泥蜂雌蜂護幼行為之一，與同種雌蜂的打鬥。(圖：作者繪製)

(四)探究日本藍泥蜂之築假巢行為

研究結果顯示，人工巢有33.3%是假巢，表示築巢期間，蜂媽媽要頻繁離巢去捕獵物或者銜泥巴築巢門，巢穴唱空城計，可能威脅到幼蟲的安全，利用築假巢來欺敵，以提高幼蟲生存的機會。彙整日本藍泥蜂築假巢情形如表七。

表七、日本藍泥蜂築假巢情形分析

蜂巢種類	巢數	假巢數	百分比(%)
人工巢	18	6	33.3
自然巢	12	0	0

(五)探究雌蜂偷挖其他獨居蜂巢泥土行為

研究期間，發現日本藍泥蜂雌蜂會盜取鄰近其他獨居蜂巢門泥土。根據7月22日日本藍泥蜂雌蜂築巢影片，雌蜂為了築編號6-6-1巢門，盜挖6-3-2其他種類獨居蜂巢泥22次，平均停留時間18.9秒，但未見其他種類的獨居蜂如法炮製，沒有觀察到日本藍泥蜂會盜挖白門。

六、探討日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為

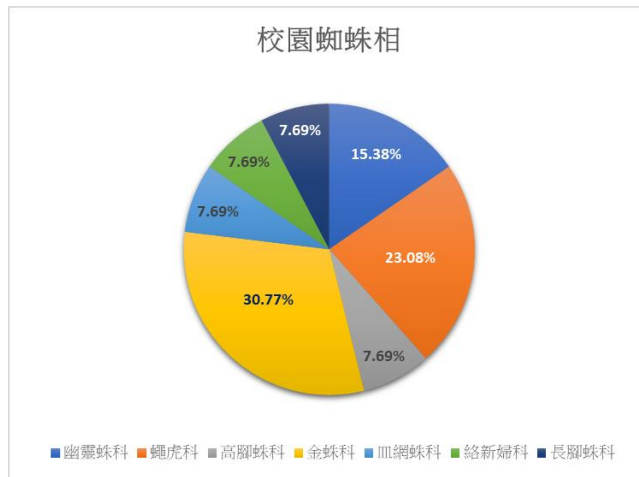
日本藍泥蜂雌蜂會獵捕蜘蛛，並將蜘蛛麻醉後放入巢中，提供做為幼蟲的食物。

(一)校園蜘蛛相調查結果

- (1)調查日期：2023年9月9日、10月21日及平日生態觀察。
- (2)調查結果：幽靈蜘蛛科(壺腹蛛、純子貝爾蛛)、金蛛科(三角鬼蛛、長銀塵蛛、無鱗尖鼻蛛、泉氏銀斑蛛)、蠅虎科(安德遜蠅虎、雙帶扁蠅虎、眼鏡黑條蠅虎)、皿網蛛科、高腳蛛科(白額高腳蛛)、絡新婦科(人面蜘蛛)、長腳蛛科(銀腹蛛)，將調查結果彙整如圖三十三。在教學區內，以壺腹蛛居多，多棲息於走廊天花板牆角。



圖三十二、樣區校園內的蜘蛛種類圖示。(照片：作者拍攝)

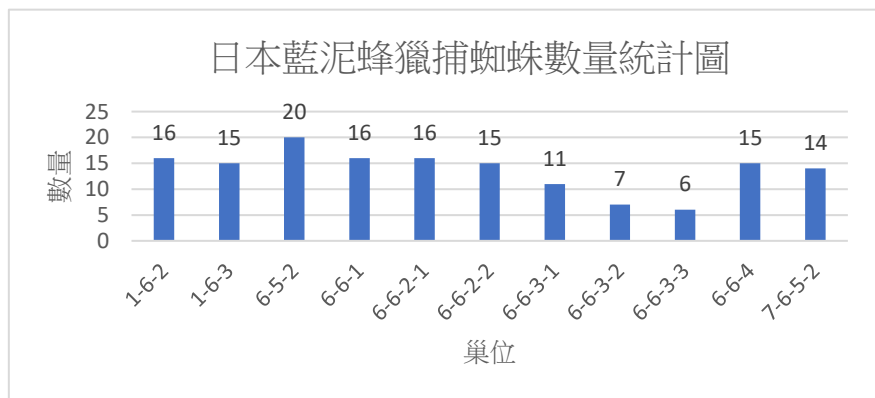


圖三十三、校園蜘蛛相統計圖。(圖：作者繪製)

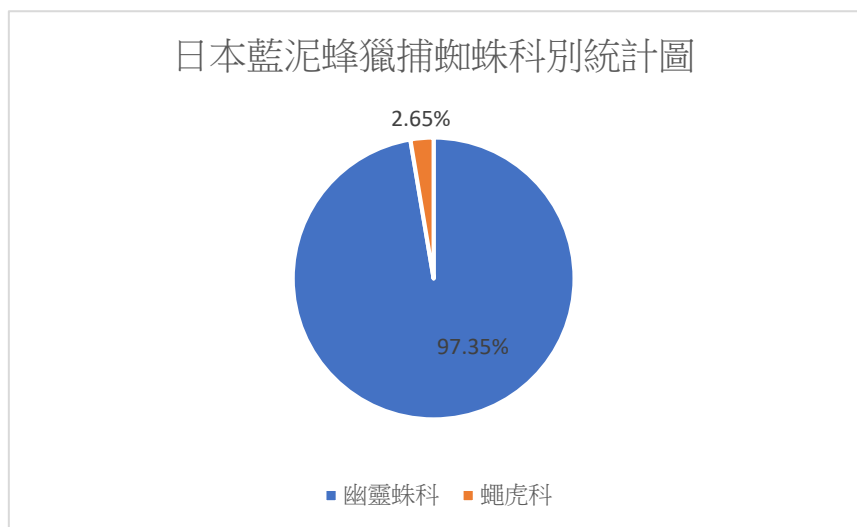
(二)日本藍泥蜂雌蜂之獵物分析

統計每一個巢室內的蜘蛛數量及科別，並彙整如圖三十五及圖三十六。

圖三十四、日本藍泥蜂獵捕蜘蛛數量統計圖(N=11)。(圖：作者繪製)



圖三十五、日本藍泥蜂獵捕蜘蛛科別統計圖(N=11)。(圖：作者繪製)









			
6-6-4築巢失敗巢	6-6-4內的蜘蛛	巢內20隻蜘蛛	2-6-2幼蟲約0.5公分
			
巢室內只有1隻蜘蛛	巢室內壺腹蛛	巢室內壺腹蛛	巢室內蠅虎

圖三十六、日本藍泥蜂巢穴內的蜘蛛概況。(照片：作者拍攝)

(三)日本藍泥蜂幼蟲之食後分析

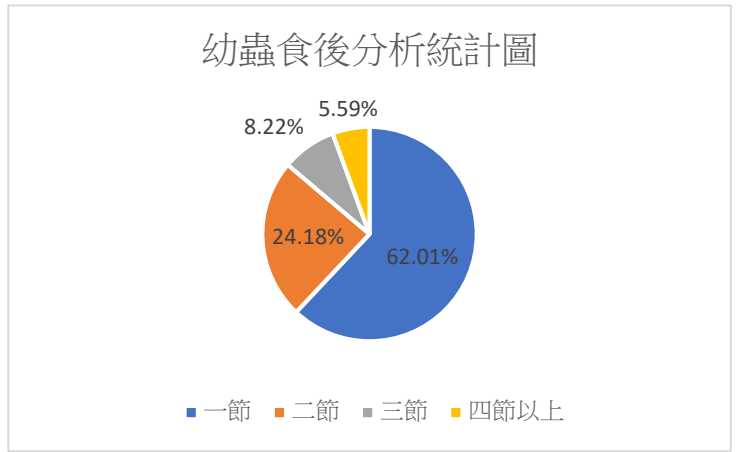
- 1.清理巢穴結果：我們小心取出羽化巢穴內的殘渣，可以初步整理出巢門(內層為泥土、外層為白色物質)、破裂的蛹殼(含囊)、蛹殼碎屑和蜘蛛殘渣。
- 2.殘渣分類統計：從巢穴清出的殘渣非常多樣，彙整幼蟲食後分析如圖四十，結果顯示幼蟲是啃食蜘蛛，所以只剩蜘蛛殘渣。

			
6-4-1羽化	6-4-1羽化巢內部	小心取出巢穴內殘渣	巢門 1.20克
			
以顯微鏡觀察幼蟲取食蜘蛛後之殘渣	顯微鏡檢蜘蛛殘渣	一節	三節和四節以上

圖三十七、日本藍泥蜂巢穴清巢後蜘蛛殘渣鏡檢、分類及統計。(照片：作者拍攝)



圖三十八、日本藍泥蜂羽化後巢內殘渣。(照片：作者拍攝)



圖三十九、日本藍泥蜂幼蟲食後分析統計圖(N=7)。(圖：作者繪製)

七、探討日本藍泥蜂白門之特性

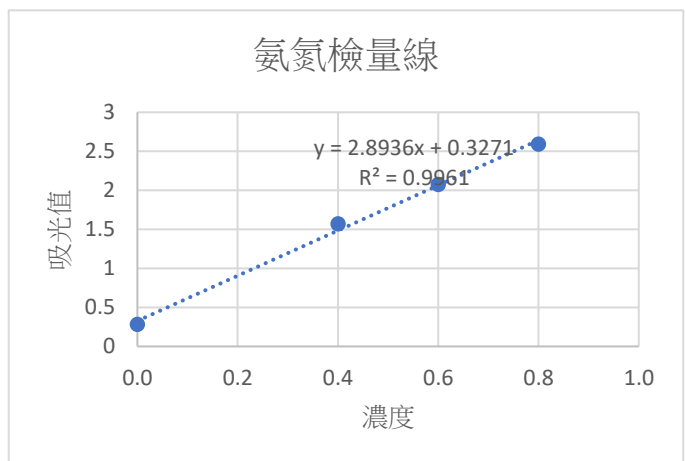
(一)白門之氨氮濃度

研究結果顯示：

- 1.經靛酚比色法，先測得得氨氮檢量線，結果如圖四十。
- 2.測得實驗樣本之吸光值，再代入公式，獲得氨氮的濃度，結果如表。
- 3.本實驗證實溶於水的白門氨氮濃度平均為0.864669mg/g，含量低。

表八、白門之氨氮濃度

時間 (小時)	ppm	吸光值	mg/g
2	1.739177	0.488	0.869588
4	1.698666	0.474	0.849333
8	1.730496	0.485	0.865248
12	1.782581	0.503	0.89129
24	1.695773	0.473	0.847886
平均			0.864669
標準差			±0.017678



圖四十、氨氮檢量線(圖：學生繪製)

(二)比較白門與壁虎排遺之尿酸(Uric Acid)濃度

研究結果顯示：溶於水的白門的尿酸濃度遠比壁虎排遺的尿酸濃度低，詳如表九。

表九、白門與壁虎排遺之尿酸濃度比較表

	樣本1	樣本2	樣本3	平均數	標準差
白門	<0.2	<0.2	<0.2	-	-
壁虎排遺	10.7	1.7	23.3	11.9	±10.85

備註：單位：mg/dl

(二)比較白門與壁虎排遺之氨(Ammonia)濃度

研究結果顯示：溶於水的白門的氨濃度與壁虎排遺的氨濃度相當，在400~600umol/L，詳如表十。

表十、白門與壁虎排遺之氨濃度比較表

	樣本1	樣本2	樣本3	平均數	標準差
白門	444.3	542.4	-(超標)	493.35	±69.37
壁虎排遺	658.8	267.4	527.1	484.43	±199.16

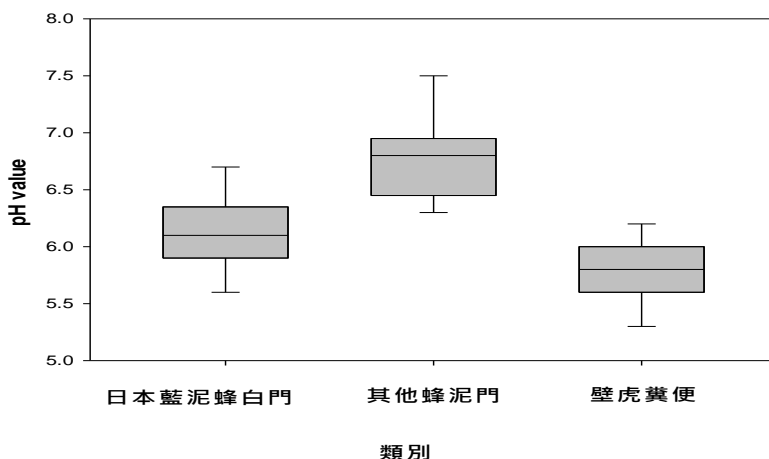
備註：1.單位：umol/L

2.白門樣本3之氨濃度為6849.9umol/L 超標不計。

(四)白門之酸鹼值實驗結果

根據實驗結果，可以發現日本藍泥蜂白門酸鹼值平均數為6.11，為弱酸性，與壁虎排遺酸鹼值沒有顯著差異，詳如圖四十一。

日本藍泥蜂巢白門、其他蜂泥門及壁虎糞便酸鹼值比較圖



圖四十一、日本藍泥蜂巢白門、其他蜂泥門及壁虎排遺酸鹼值比較圖(N=9)。(圖：作者繪製)

(五)白門之透氣性實驗結果

實驗結果：

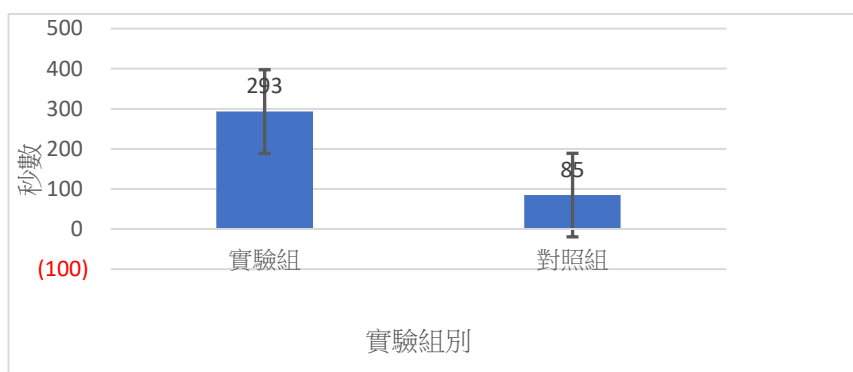
根據表十一，可以發現水分可以滲入白色巢門，但每一巢滲入的時間不同，平均滲入時間為281秒，我們認為塗有白門具有透氣性。

表十一、水分滲入白門的時間彙整表(作者繪製)

樣本	1	2	3	4	5	6	平均數	標準差
水分滲入時間	120	291	186	641	346	100	281	±201

(六)白色巢門之防水性實驗結果

根據實驗結果顯示，日本藍泥蜂白門比其他獨居蜂巢門，水分完全滲入時間平均多出208秒，有顯著的差異，防水性較高。



圖四十二、日本藍泥蜂白門與其他蜂巢門防水性比較圖(N=6)。(圖：作者繪製)

伍、討論

一、日本藍泥蜂的生活史

- (一)日本藍泥蜂為細腰蜂科、藍泥蜂屬。細腰蜂科還有細腰蜂屬、扁股泥蜂屬、壁泥蜂屬。與其他細腰蜂科不同處，除了成蟲的型態、身體顏色外，有的細腰蜂科蜂類會挖洞，有的會築土巢，但日本藍泥蜂為借坑性蜂類，只要有合適的孔洞就會築巢；此外其他細腰蜂科蜂類會以蠶斯、夜蛾幼蟲育幼，但日本藍泥蜂獵捕蜘蛛育幼。
- (二)幼蟲成長速度快，但結繭後到隔年4月都在蛹期，直到隔年4-7月才會陸續羽化，為一年一世代。羽化時成蜂將巢門用大顎咬一個0.3公分的圓洞出巢，再伸展翅膀，和其它獨居蜂將整個巢門咬破推出的型態非常不同，我們推測這樣的羽化方式，更節省能量。從2023年7月觀察至2024年6月，校內日本藍泥蜂的羽化率為44.44%，不過成蟲生殖季節會持續到7月，因此必須持續觀察記錄，才能獲得比較精確的羽化率。
- (三)和其他獨居蜂最大的不同在於日本藍泥蜂無論是巢室隔間或巢門，除了先築一層泥外，還會多築一層白色物質。

二、日本藍泥蜂的巢位選擇

- (一)本研究共發現人工巢3組18巢、自然巢78巢，共96巢，生態園及戶外尚未發現。人工巢及自然巢的位置都在走廊牆壁、樓梯間、木製桌椅下、書櫃裡，我們認為日本藍泥蜂較陰暗的孔洞築巢。
- (二)2樓、東77度築巢數較多，但這些巢位都是在是螺絲孔洞較多的地方，例如：鋁窗框螺絲孔、書櫃內螺絲孔，因此我們認為日本藍泥蜂沒有樓層和方位選擇偏好。
- (三)將3組人工巢的築巢巢位數換算成築巢率，發現第1圈加第2圈築巢率合計53.3%，我們認為日本藍泥蜂在人工巢築巢具聚集性，喜歡選擇鄰居也是日本藍泥蜂築巢。

三、日本藍泥蜂之借坑性築巢特性

- (一)日本藍泥蜂喜歡在1公分以下的孔洞築巢，共有90巢，佔93.75%，除了和牠的瘦長體型有關，也可提高築巢效率，減少能量耗費。
- (二)巢室數量以1個為最多，我們認為這與巢穴的長短有關。如果巢穴較長，巢室可能較多，例如當人工巢的巢穴長度為13.5公分時，就會出現2個或3個巢室。
- (三)巢室尺寸從1.5公分~13.5公分，非常多元，對照雄蜂繭的大小為1.1公分，雌蜂繭的大小為1.8-2.0公分，雖然孔洞尺寸多元，我們認為雌蜂築巢會考量幼蟲的生長空間。
- (四)封口與洞口距離多數為0，大部分的雌蜂會將白門切齊洞口，只有少數的白門與洞口有距離，我們推測這樣的現象，為雌蜂築巢過程中，可能發生其它因素導致牠沒有完成封口切齊洞口。
- (五)雌蜂自選巢位的材料選擇非常多元，以牆壁的水泥洞29巢為最多，其次是木材26巢，鋁窗也有21巢，只要有孔洞就築，根據文獻，有發現會再利用土巢築巢，但本研究沒有發現。

四、日本藍泥蜂雌蜂之護幼行為

- (一)根據行為譜，共有25種行為，觀測次數2083次，以巡巢出現343次為最多。而從行為類別分析中可以發現雌蜂在每一天活動的時間區間及高峰。
- (二)根據行為譜，雌蜂行為是日行性，記錄到的行為不到天黑就停止，我們推論從下午三點到入夜這段期間，雌蜂要滿足個人的需求，例如覓食或者休息。
- (三)築巢及進出巢門次數多次、時間長：根據觀察及影片記錄，以雌蜂築6-5-2巢穴為例，7月23日上午7:25:46到11:16:05開始頻繁進入6-5-2，共進出17次；11:16:28至13:38:31築巢門(泥門)35次，7月24日上午7:07:55又開始築巢門(泥門)4次，可見即使過了一個晚上，雌蜂還是會記得自己的巢穴位置；雌蜂自上午7:27:27至10:54:05開始築白門，共計來回18次，可見雌蜂築好一個巢穴需要頻繁進出，而且花非常多的時間，即使前一天未完成，雌蜂也會在第二天繼續完成。
- (四)築好一巢再築另一巢：根據觀察及影片記錄，雌蜂在10:54:05 築好 6-5-2 白門後，11:14:43至14:16:28開始頻繁進出 6-5-1 共13次，7月25日07:08:16至11:36:52持續進出6-5-1 17次。我們認為雌蜂會築好一巢再築另一巢，並不會同時間築數個巢。
- (五)兩隻雌蜂的護幼行為：根據觀察及影片紀錄，雌蜂築巢時，若有另一隻雌蜂出現，兩隻雌蜂會出現試探、互看、對峙、驅趕、飛撲、偵察、互打的行為，將雌蜂趕跑後，會巡巢、守巢；若其他種類獨居蜂羽化，雌蜂會主動查看、攻擊、驅趕，直到該隻獨居蜂離開為止。
- (六)築假巢：我們發現雌蜂築巢期間會有築假巢的情形以欺敵，目前人工巢有築假巢的情形，比例33.3%，但自然巢並未發現，我們認為因為人工巢穴比較集中，並有其他蜂同時間築巢，風險性高，但自然巢穴孔洞比較分散，因此不需要築假巢。
- (七)盜挖其他獨居蜂巢泥：雌蜂會再利用其他蜂破巢泥土築巢，也會去盜挖別人巢門的泥土築巢，來提高築巢效率，但未發現其它種類獨居蜂有這樣的行為；觀看雌蜂築巢影片時，未發現雌蜂去挖掘白門。

五、日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為、獵物分析及幼蟲食後分析

- (一)獵捕蜘蛛的寡食性，與依地區不同而有獵捕蜘蛛種類的變異性：本研究日本藍泥蜂獵捕蜘蛛種類為幽靈蜘蛛科及蠅虎科。根據 Barthelemy(2011)在香港地區的研究報告指

出日本藍泥蜂獵捕金蛛科；Faterga, Lovblyuk & Kvetkov (2020)在克里米亞的研究指出藍泥蜂屬獵捕蜘蛛共有 18 種，姬蛛科(Theridiidae)和金珠科(Araneidae)是兩個最大族群；古進欽、李潛龍、林秋玫(2022)在臺灣油羅地區的觀察，則主要獵捕長腳蛛科(Tetragnathidae)和銀腹蛛屬(*Leucauge*)的各種蜘蛛。由此可見，日本藍泥蜂有獵捕蜘蛛的寡食性，但明顯會因為不同地區獵捕不同的蜘蛛種類的變異性。我們從自己的研究結果發現，雖然校園內有這麼多蜘蛛，但距離日本藍泥蜂巢位最近的蜘蛛主要以幽靈蜘蛛及蠅虎為最多，數量也最多，故推測日本藍泥蜂雌蜂會選擇就近、優勢種，容易捕捉的蜘蛛來獵捕。

(二)依獵捕蜘蛛種類不同，獵捕數量不同：本研究日本藍泥蜂雌蜂會為幼蟲準備足夠食物，在巢室內放入 11-20 隻蜘蛛。古進欽、李潛龍、林秋玫(2022)觀察兩個巢室，一個是銀腹蛛屬 27 隻，另一個是 11 隻吊葉蛛、2 隻塵蛛；Barthelemy(2011)觀察了兩個巢室，各為姬蛛科 12 隻和 9 隻，我們推測會因為獵捕蜘蛛種類不同，獵捕數量不同。

(三)啃食蜘蛛：根據本研究羽化巢(N=7)內清出的殘骸，有 62.01%只剩下不到 1 節，可見幼蟲是啃食蜘蛛。

六、日本藍泥蜂白門之特性

(一)白門成分多元，不只有壁虎排遺：根據文獻，Jayakar & Spurway (1963)認為白門的成份來源是石灰(plaster)；Barthelemy(2011)認為白門來源是尿酸(Uric Acid)，來自爬蟲類的排遺，例如壁虎；吳采頤、吳明盡、林亦然、徐諾(2018)的觀察指出白門的來源是壁虎排遺。本研究根據實驗檢測結果，溶於水的白門平均有 0.864669mg/g 的氨氮，含量低；溶於水的白門之尿酸濃度(<0.2mg/dl)比壁虎排遺的濃度低(平均 11.9mg/dl)，氨濃度則與壁虎排遺的氨濃度相當，約在 400~600umol/L。因此，我們認為白門的成分可能還有其他來源，壁虎排遺只是其中一部分；此外推測雌蜂在取用壁虎排遺時，透過嘴巴的咀嚼處理，會降低尿酸的濃度。

(二)透過雌蜂嘴巴處理，降低壁虎排遺的酸鹼值：根據白門與壁虎排遺之酸鹼值比較結果，壁虎排遺比白門的酸鹼值略酸，推測日本藍泥蜂雌蜂在取用壁虎排遺時，透過嘴巴的咀嚼處理，會降低酸鹼值。

(三)確保白門透氣又牢固：根據透氣性和防水性實驗，白門完全滲入巢門的時間平均為 281 秒；如果和其他獨居蜂巢門來比較，滲入的時間比較長，推測雌蜂築巢希望白門可以透氣、牢固，不要太快溶於水，而且不容易受潮和被破壞。

(四)未來可以再透過光譜儀或其他設備等與壁虎排遺、鳥類排遺、粉筆、水泥面刮下粉末、牆壁油漆面等可能物質進一步比對分析。

七、雖然獨居蜂是較友善的蜂類，本研究作者也沒有蜂螫過敏的情形，但因為研究過程中，獨居蜂旅館是放在校內公共區域，為了確保其他小朋友的安全，我們除了在蜂旅館附近張貼獨居風解說和告示外，也了解學校的健康中心有緊急處理標準流程，可以即時處理，未來若其他學校要進行類似課程或研究，建議要張貼解說並將蜂螫緊急處理流程列入。

陸、結論

- 一、以上所有的研究，都是根據人工巢18巢和自然巢78巢所得到的結果，這樣的取樣數是其他研究所沒有的。
- 二、本研究針對日本藍泥蜂的生活史、巢位選擇及借坑性築巢特性，進行探究與描述。
- 三、在本次研究，我們完成了日本藍泥蜂的行為譜、築巢行為類別分析，並對雌蜂護幼行為、築假巢的確定，以及盜取其他獨居蜂巢泥的細節都做了詳細的描述。
- 四、根據研究結果，雌蜂獵捕蜘蛛可歸納出就近及優勢種兩個特性，以距離巢近、容易捕捉的蜘蛛為主，可以有效提高築巢效率。
- 五、本研究發現白門的成分不只有壁虎排遺，並針對白門的特性，完成了氨氮濃度、尿酸濃度、氨濃度、酸鹼值、透氣性、防水性，這是其他研究所沒有的。
- 六、獨居蜂佔全世界蜂類的85%，可惜多數人不認識，也會將牠們和蜜蜂混淆。日本藍泥蜂是借坑性蜂類，加上有白門明顯的特徵，只要校園內甚至家裡面有廢棄、合適的螺絲孔洞，不一定要刻意打造蜂旅館或者竹管，就可以發現牠築巢，可以說是校園中最容易觀察、辨識的獨居蜂，故本研究結果可以提供做為學校及大眾認識獨居蜂的推廣教材。
- 七、日本藍泥蜂獵捕蜘蛛，是頂級的獵食者，因為學校和社區的生態良好，生物多樣性高，蜘蛛族群量大，可以提供日本藍泥蜂足夠的食物和適當的築巢環境，所以校內才會有日本藍泥蜂棲息。因此，我們可以用日本藍泥蜂做為校園簡易、快速辨識的環境指標，也就是校園內必須不噴藥、生物多樣性高、有蜜源植物、乾淨的水源，才會有日本藍泥蜂棲息，並將此研究結果提供給其他學校或單位參考，這是本研究的貢獻之一。

柒、參考文獻資料

- 古進欽、李潛龍、林秋玫(2022)。油羅也蜂狂—獨居蜂的祕密生活。臺北市：書林出版有限公司。
- 吳采頤、吳明盡、林亦然、徐諾(2018)。獨行俠的神祕生活—五種獨居蜂築巢行為及成長習性之探討。中華民國第58屆中小學科學展覽會生物組作品說明書。2023年9月30日取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-080310.pdf>。
- 陸聲山、葉文琪、宋一鑫(2016)。臺灣雲嘉南地區農林環境之借坑性築巢蜂類物候及群聚分析。臺灣昆蟲，36，107-123。
- 臺灣生命大百科(2024)，日本藍泥蜂。2024年6月6日取自：<https://taieol.tw/pages/99840>。
- 嘎嘎昆蟲網(2024)，日本藍泥蜂。2024年6月6日取自：<http://gaga.biodiv.tw/9708bx/271.htm>。
- 環保署(2020)。水中氨氮檢測方法—靛酚比色法(NIEA W448.52B)。2024年6月1日取自：<https://www.moenv.gov.tw/nera/32A85B63C9EC18C0/4d3d9246-e2fd-43f4-ae03-4c03b2229bf7>。
- Barthelemy, C. (2011). Notes on the biology of the conspicuous mud dauber wasp, *Chalybion japonicum*(Gribodo,1883)(Sphecidae) a major predator of spiders in Hong Kong. *Hong Kong Entomological Society*, 3(1), 7-14.
- Brockmann, H. J. (2018) *Measuring Behavior: Ethograms, Kinematic Diagrams, and Time Budgets.*, University of Florida. 2024年6月8日取自：https://college.holycross.edu/faculty/kprestwi/behavior/e&be_notes/E&BE_ethograms.pdf。
- Faterga, A. V., Lovblyuk, M.M. & Kvetkov R. S. (2020). The First data on the nesting biology of the incasive blue nest-renting wasp, *Chalybion turanicum* (Gussak ovskij, 1935) (Hymenoptera, Sphecidae, Sceliphrinae) in the Crimea. 2024年6月8日取自：<https://abs.pensoft.net/article/57911/>.
- Jayakar S. D. & Spurway H. (1963). Use of Vertebrate Faeces By the Sphecoid Wasp *Chalybion Bengalense* Dahlb. *The Journal of the Bombay Natural History. -Biodiversity Heritag* 60(3). 748-749.

【評語】 080314

這項研究探討了日本藍泥蜂 (*Chalybion japonicum punctatum*) 雌蜂的築巢行為，涵蓋了人工巢和自然巢的觀察和記錄，並分析了雌蜂的築巢偏好、築巢特性、獵物選擇和育幼行為。

研究主題及價值：

本研究詳細探討了日本藍泥蜂雌蜂的築巢行為，觀察地點為學校的蜂旅館，涵蓋 18 個人工巢和 78 個自然巢，共計 96 個巢，時間跨度達一年，提供了豐富的數據，具有較高的代表性。

創意與科學方法：

研究詳細記錄了雌蜂的築巢偏好，包括巢位選擇、巢洞大小、巢室數量及尺寸等，這些數據對於理解雌蜂的築巢習性具有重要意義。探討了雌蜂築巢行為的細節，並歸類成 25 種行為，總觀察行為數高達 2083 次。

研究不僅探討了雌蜂的築巢行為，還分析了育幼過程中的獵物種類和數量、幼蟲的攝食方式以及築巢行為譜，這些數據提供了全面的行為學觀察結果。研究測試了蜂巢的化學和物理參數，如氨氮值、尿酸濃度、氨濃度、pH 值和水分滲入時間等，這些數據有助於理解蜂巢的環境適應性和防護特性。

實驗設計與結果：

實驗設計細心，觀察仔細，並且長時間的觀察提高了研究的信賴水準。研究發現築巢地點無特殊偏好，幼蟲的攝食方式與雌蜂競爭、護幼等行為具有重要的生態學意義。

未來研究建議：

研究建議探討築巢偏好和護幼行為背後的生理和行為機制，可以通過解剖學和行為實驗進行深入研究，揭示這些行為的生物學基礎。未來可以通過增加樣本量、進行對比分析、長期觀察和深入機制探討，進一步提升研究的深度和廣度。通過控制環境變量，可以確保數據的準確性和可比性，使研究結果更具說服力和應用價值。

總結：

這項研究詳細探討了日本藍泥蜂的築巢行為，結果豐富且具有重要的科學價值。實驗設計簡單且分析詳盡，為生態研究和環保議題提供了有力的數據支撐。

綜上所述，本研究展示了很高的學術價值和科學探究精神，未來可以通過更精細的實驗設計和多樣化的研究方法進一步提升研究的深度和廣度。

作品簡報



用心良苦的單親媽媽—日本藍泥蜂

Chalybion japonicum punctatum

雌蜂築巢行為探究



壹、前言

一、研究動機

日本藍泥蜂 (*Chalybion japonicum punctatum*) 是臺灣夏天常見的獨居蜂，我們經常看見牠們在校園裡面飛來飛去，追來追去，因為牠們有白色的巢門，所以要找到牠是很容易的事。我們很想了解日本藍泥蜂築巢行為的更多細節，但找了許多文獻，並沒有足夠的資料，因此我們希望能夠深入探究。



圖一、日本藍泥蜂在校園活動及築巢情形。(照片、圖：作者拍攝、繪製)

二、研究目的

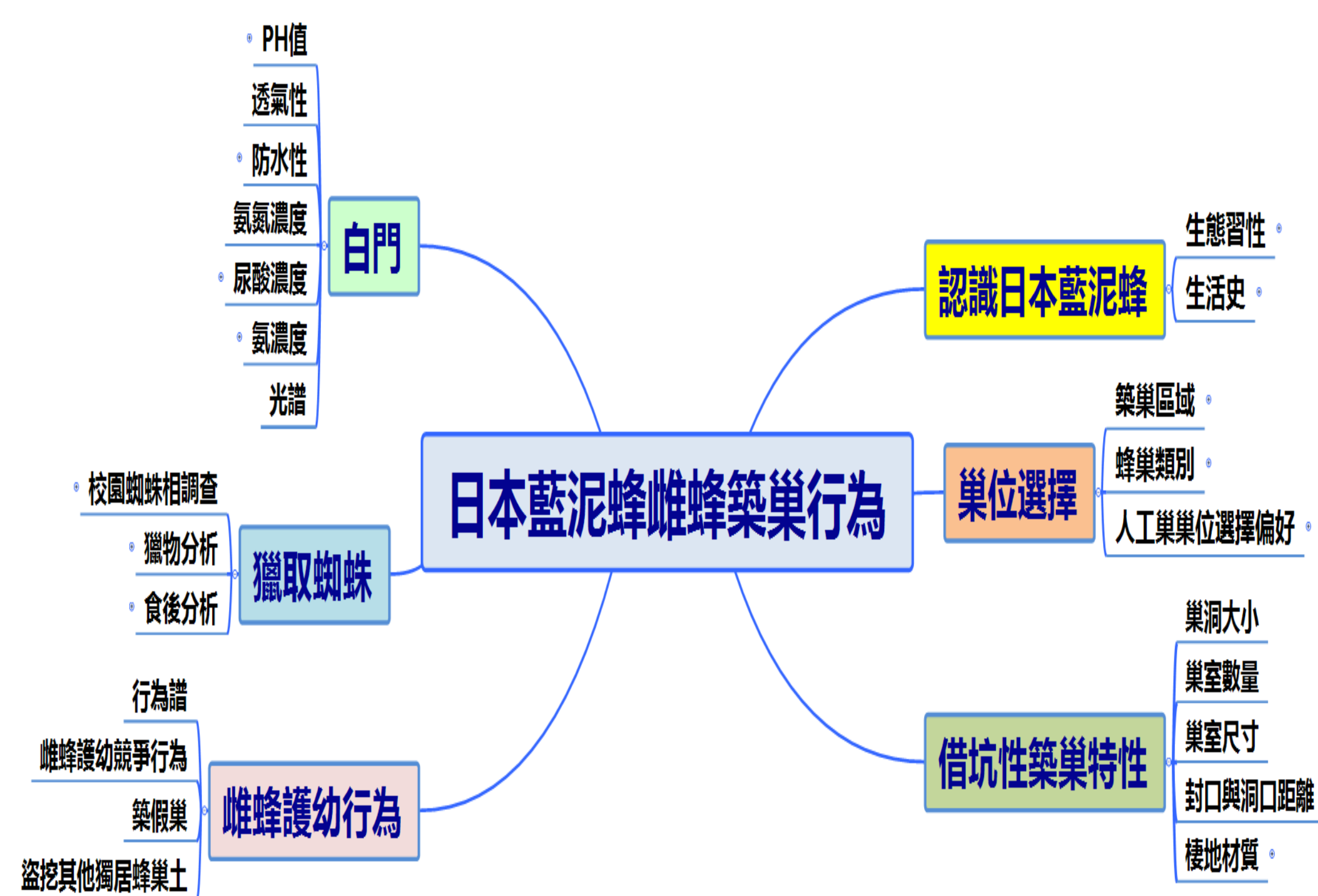
- (一) 探討日本藍泥蜂的生活史。
- (二) 探討日本藍泥蜂雌蜂的巢位選擇，是否有築巢區域、蜂巢類別及巢位分布之偏好？
- (三) 探討日本藍泥蜂的借坑性築巢特性，是否有巢洞大小、巢室尺寸、巢室數量、洞口與封口距離及棲地材質之偏好？
- (四) 分析日本藍泥蜂雌蜂的護幼行為。
- (五) 探討日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為、獵物分析及幼蟲食後分析。
- (六) 探究日本藍泥蜂白門的特性。

貳、研究設備與器材

獨居蜂旅館、自製竹管、微距相機、單眼相機、無線網路監視器(IF Home)、酸鹼值檢測器、電子秤等。

參、研究過程或方法

一、研究架構



圖二、日本藍泥蜂雌蜂築巢行為研究架構圖。(圖：作者繪製)

二、觀察與記錄日本藍泥蜂的生態習性與生活史



發現築巢

記錄幼蟲生長

圖三、觀察記錄日本藍泥蜂生活史。(照片：作者拍攝)

三、調查與分析日本藍泥蜂雌蜂之巢位選擇

(一) 調查與監控校園內日本藍泥蜂的巢位



放置與監控蜂旅館

放置與監控竹管

圖四、本研究放置蜂旅館及竹管情形。(照片：作者拍攝)

(二) 調查與統計各類蜂巢日本藍泥蜂之築巢數量

(三) 調查與分析日本藍泥蜂築巢之巢位分布



記錄樓層

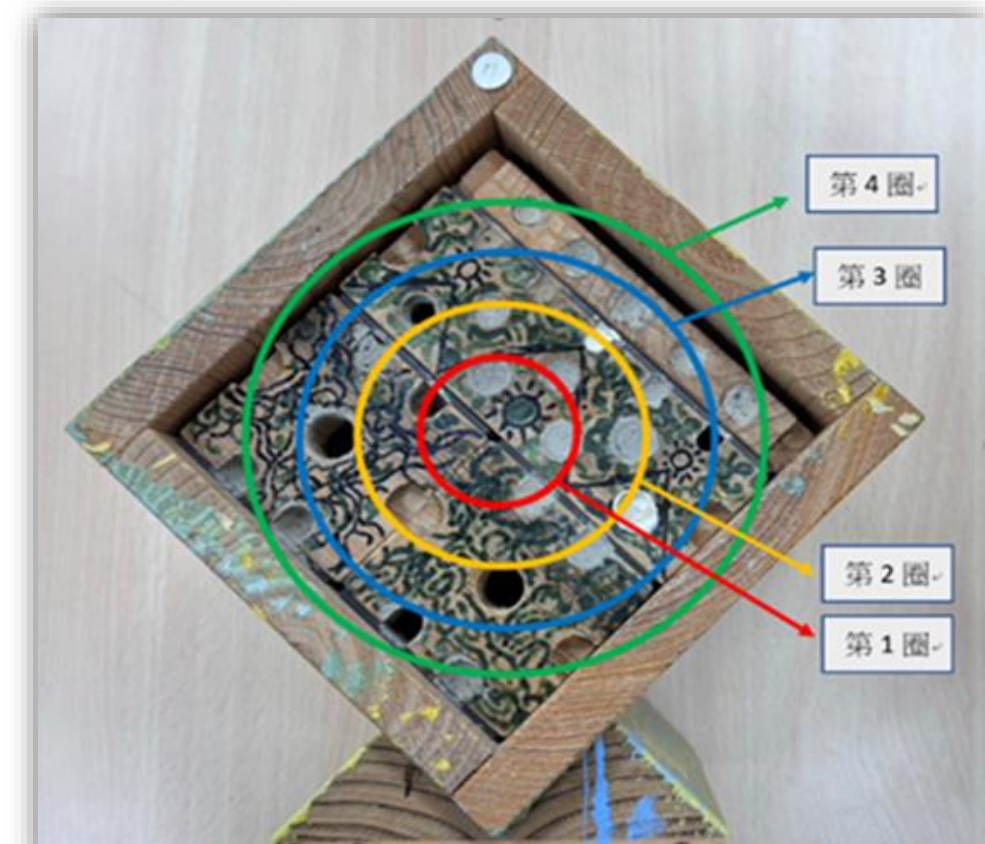
量測方位

圖五、記錄與量測日本藍泥蜂巢位。(照片：作者拍攝)。

(四) 研究日本藍泥蜂人工巢巢位選擇偏好

研究過程：

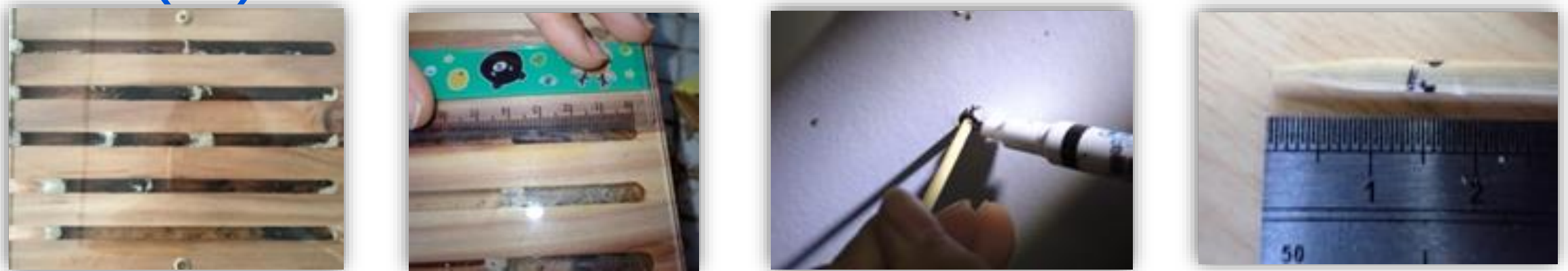
1. 將蜂旅館從中心往外，畫出4圈，圈與圈等距。
2. 計數每一圈日本藍泥蜂築巢數。
3. 計算築巢率：每一圈的築巢數/全部築巢數。
4. 築巢率高代表日本藍泥蜂會選擇該巢前後左右也是日本藍泥蜂築巢來築巢，故有聚集性。



圖六、日本藍泥蜂巢位計算圖。(圖：作者繪製)

四、探討日本藍泥蜂之借坑性築巢特性

- (一) 測量與分析巢洞尺寸
- (二) 計算與分析巢室數量
- (三) 測量與分析巢室尺寸
- (四) 測量與分析封口與洞口的距離
- (五) 調查與分析棲地材質



圖七、研究日本藍泥蜂築巢特性順序。(照片、圖：作者拍攝及繪製)

五、分析日本藍泥蜂雌蜂之護幼行為

(一) 記錄雌蜂築巢過程

架設無線網路監視器，錄製7/22下午5時至7/25中午12時之雌蜂築巢過程。

(二) 觀看與分析雌蜂築巢及護幼行為

觀看84小時築巢影片，確認行為動作，給予代號，記錄開始與結束時間，完成行為譜、行為類別分析。

(三) 觀察記錄雌蜂之護幼行為

實地觀察與觀看照片、影片，討論與確認兩隻雌蜂間的爭奪領域行為，再將雌蜂護幼行為細節畫下來。

(四) 調查與分析築假巢之原因

定義：巢室內蜘蛛數量為1隻以下為假巢。



圖八、調查日本藍泥蜂築假巢情形。(照片：作者拍攝)

(五) 記錄與分析雌蜂偷挖其他獨居蜂巢土行為

觀看雌蜂築巢影片，記錄偷挖其他蜂巢土的次數，是否挖掘有白門的巢門？分析偷挖土的原因。

六、探討日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為

- (一) 調查學校蜘蛛相
- (二) 日本藍泥蜂的獵物分析
- (三) 幼蟲取食蜘蛛及其食後分析

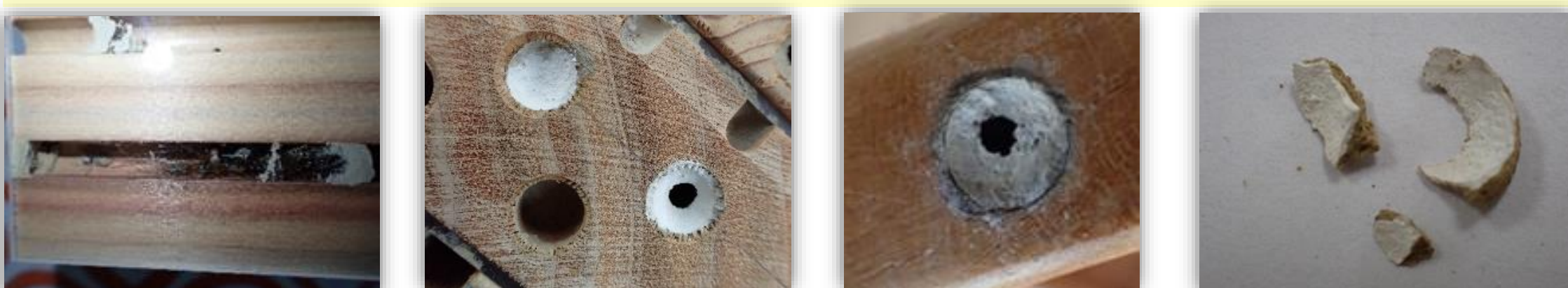
整理羽化後巢穴，將內容物分為一、二、三、四節以上，進行計數和分析。假設是啃食，巢穴內蜘蛛就會剩下殘渣；假設是吸食，巢穴內的蜘蛛形體比較完整。



圖九、日本藍泥蜂巢內蜘蛛。(照片：作者拍攝)

七、探討日本藍泥蜂白門的特性

目前僅有藍泥蜂屬會築白門，根據文獻，白門來源可能是尿酸，來自爬蟲類的排遺，例如壁虎。



圖十、日本藍泥蜂築隔間及巢門順序(泥+白)、白門及羽化後白門樣態。(照片：作者拍攝)

(一) 檢測白門的氨氮值

檢測方法：參考運用環保署(2020)水中氨氮檢測方法—靛酚比色法



圖十一、檢測白門氨氮值之過程。(照片：作者拍攝)

(二) 檢測與比較白門與壁虎排遺的尿酸濃度

(三) 檢測與比較白門與壁虎排遺的氨濃度



圖十二、檢測白門與壁虎排遺的尿酸濃度和氨濃度。(照片：作者拍攝)

(四) 測試白門的酸鹼值

1. 樣本選擇：分為3組，第1組為隨機抽樣9個自然巢白色封口，使用砂紙小心磨下白色物質；第2組為隨機抽樣9個其它蜂巢門泥土；第3組為隨機抽取9個地區的壁虎排遺。
2. 實驗步驟：



圖十三、日本藍泥蜂白門酸鹼值實驗。(照片：作者拍攝)

(五)測試白門的透氣性

(六)測試白門的防水性

將0.2ml水滴在巢門，計算水份完全滲入時間



分別將0.2ml水滴在白門及其他蜂巢門，比較防水性。



圖十四、測試日本藍泥蜂白門透氣性與比較防水性。(照片：作者拍攝)

(七)檢測白門與其他可能材質的光譜

1.樣本：白門3個、其他蜂巢門2、粉筆1、壁虎排遺1、鳥排遺1、泥壺蜂巢1、白色未知物1(可能是鳥排遺)、水泥塊1、油漆片1

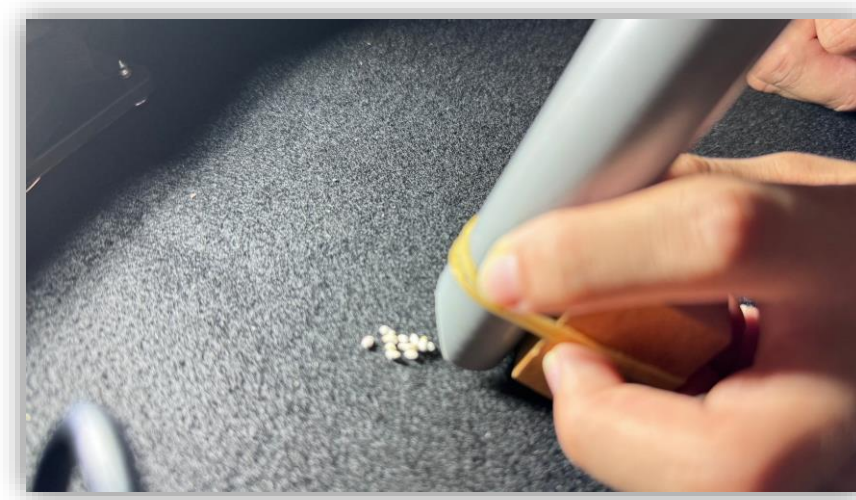
2.實驗步驟：

- (1)先將光譜計校正
- (2)將待測樣本放在黑布上
- (3)將遮光罩蓋在待測樣本上，並將檢測器放在遮光罩上。
- (4)進行測量，讀出光譜。
- (5)儲存檔案，以供後續分析。



光譜計

檢測白門



檢測壁虎排遺

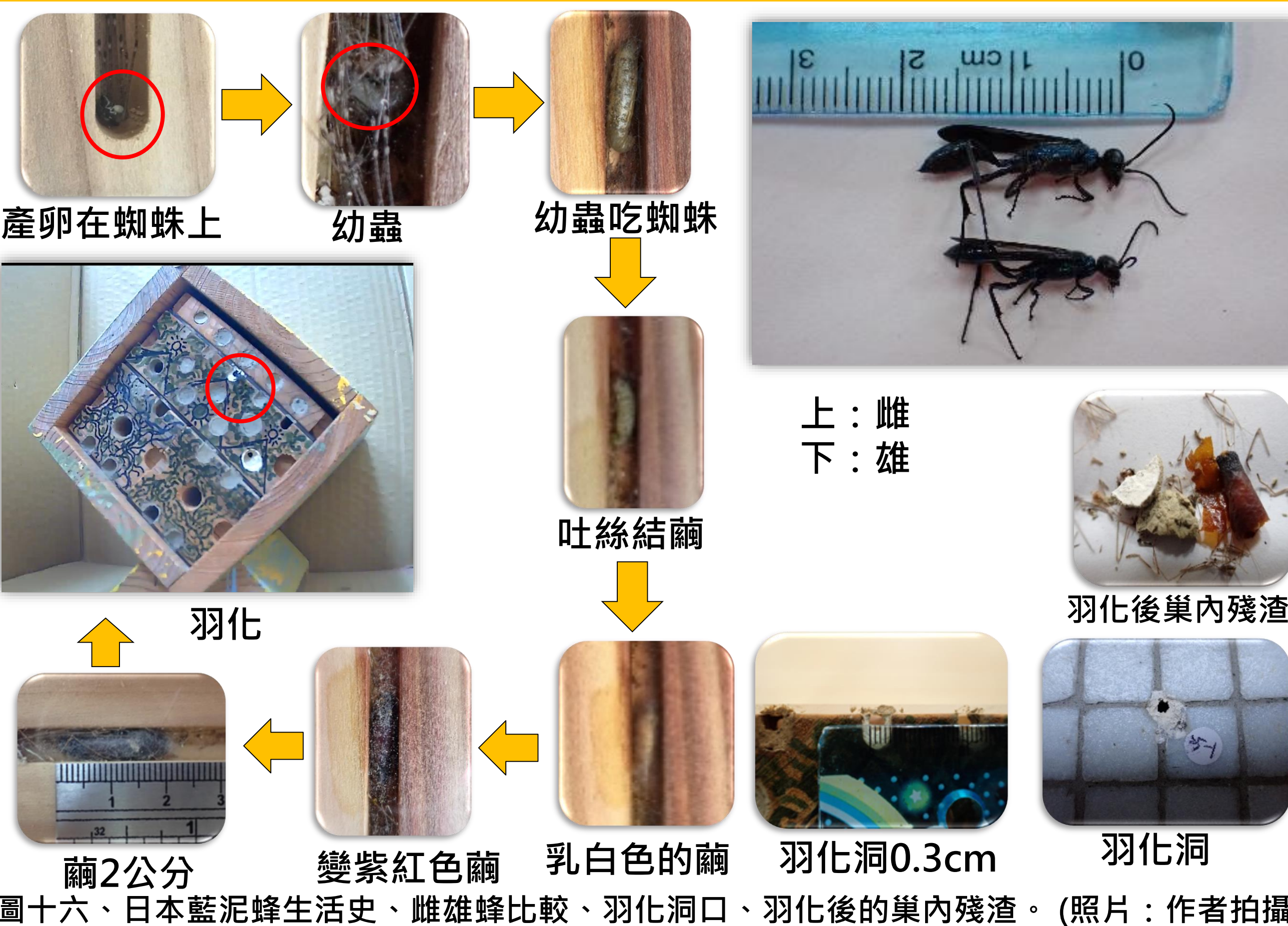


白門樣本1 白門樣本2

圖十五、測試白門與其他可能材料之光譜。(照片：作者拍攝)

肆、研究結果

一、日本藍泥蜂的生活史



二、日本藍泥蜂雌蜂築巢之巢位選擇

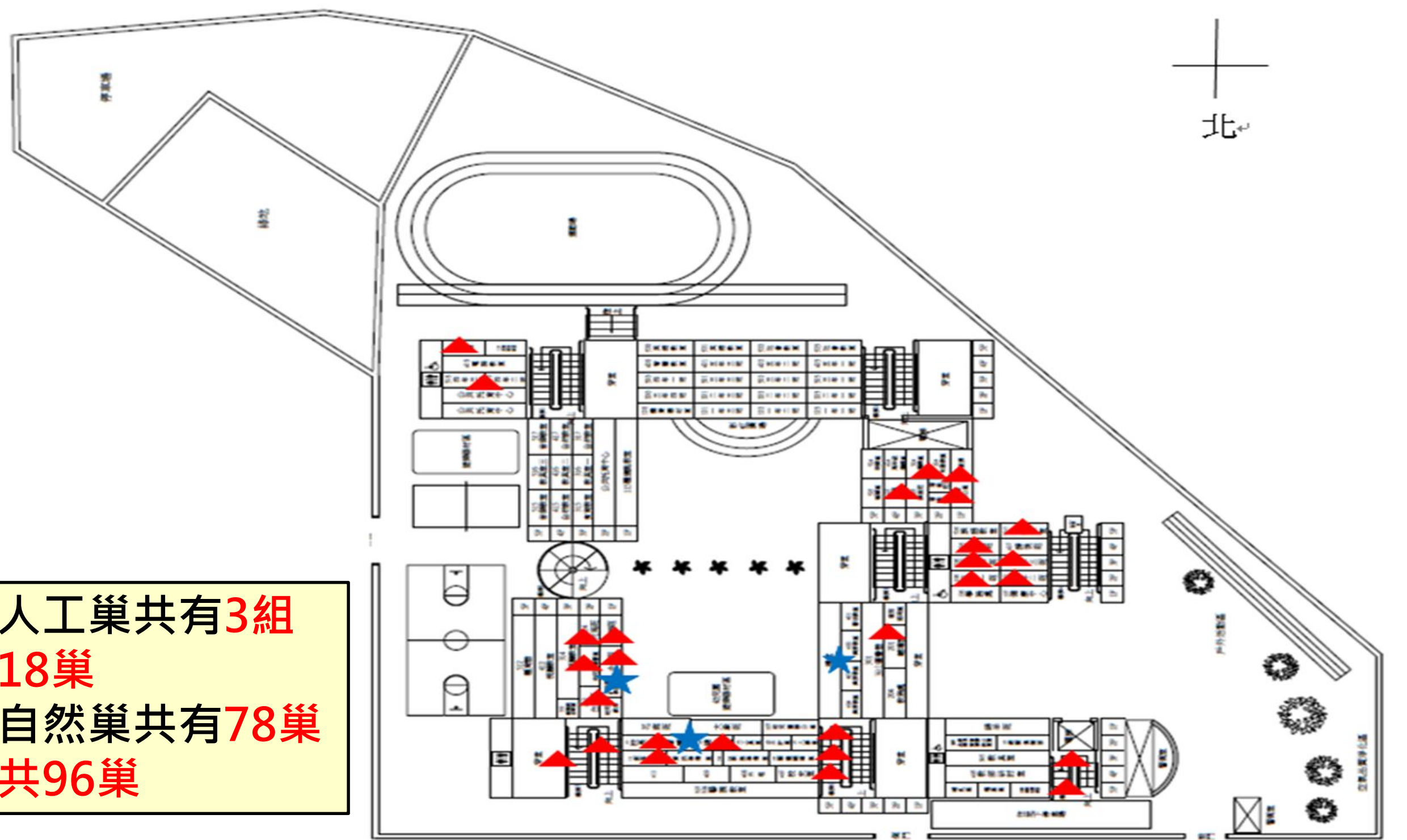
(一)校園內日本藍泥蜂的巢位

普查日本藍泥蜂巢之棲地位置及數量



圖十七、發現日本藍泥蜂人工巢及自然巢。(照片：作者拍攝)

校園內日本藍泥蜂的巢位調查及監控結果



(二)日本藍泥蜂築巢之蜂巢類別

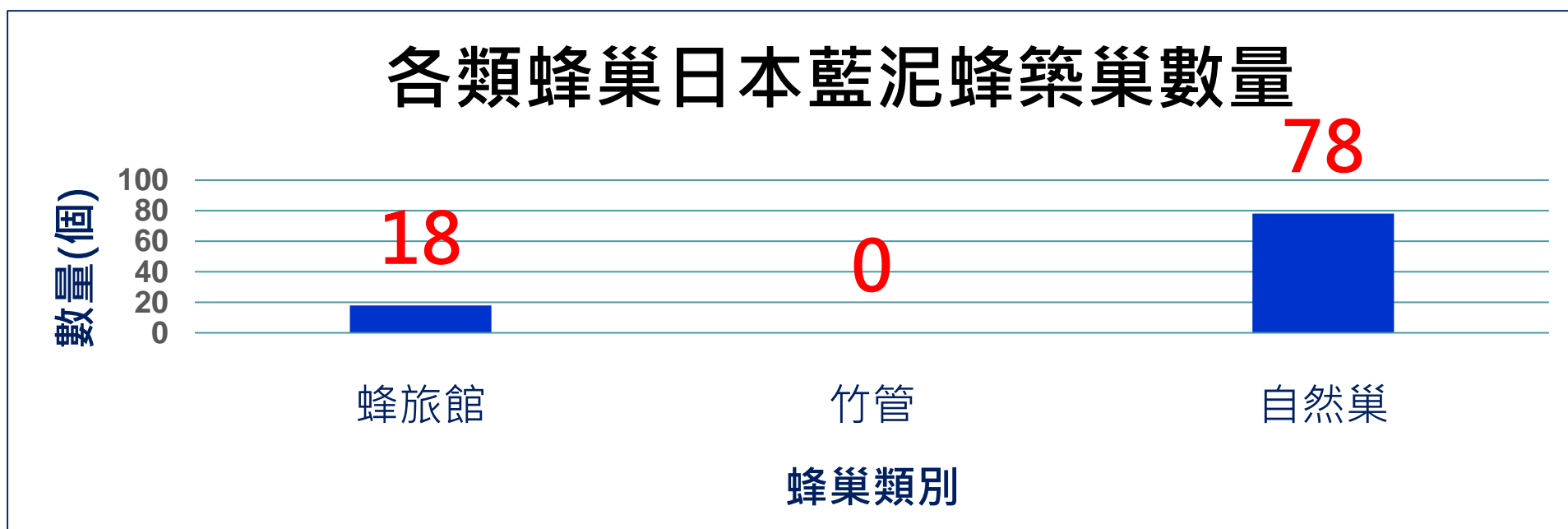
1.蜂旅館築巢比例

人工巢平均築巢比例為22.22%，若從全部10組來看，築巢比例為6.67%。

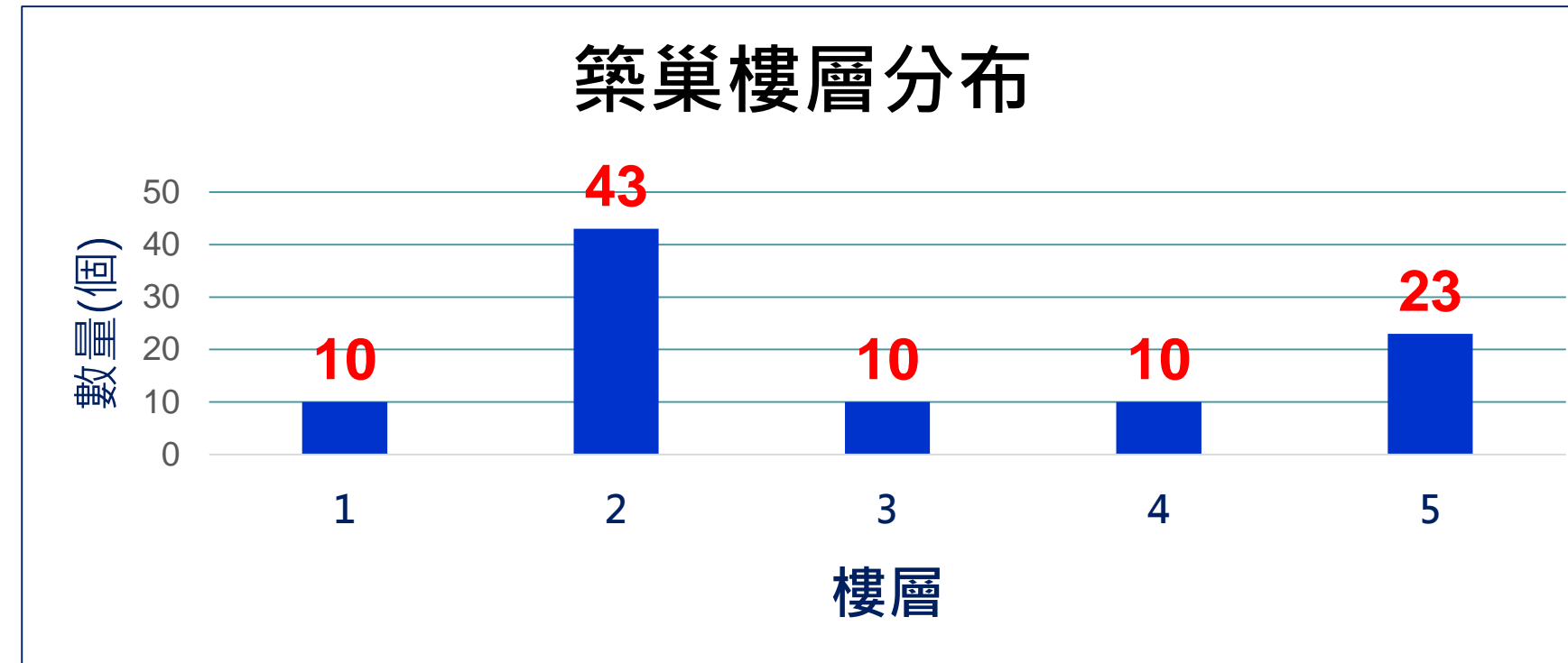
表一、日本藍泥蜂獨居蜂旅館築巢比例

棲地	巢位編號	築巢數	築巢比例(%)
獨居蜂旅館	1	4	14.81
獨居蜂旅館	6	10	37.03
獨居蜂旅館	7	4	14.81
平均築巢數		6	22.22

2.各類蜂巢築巢數量



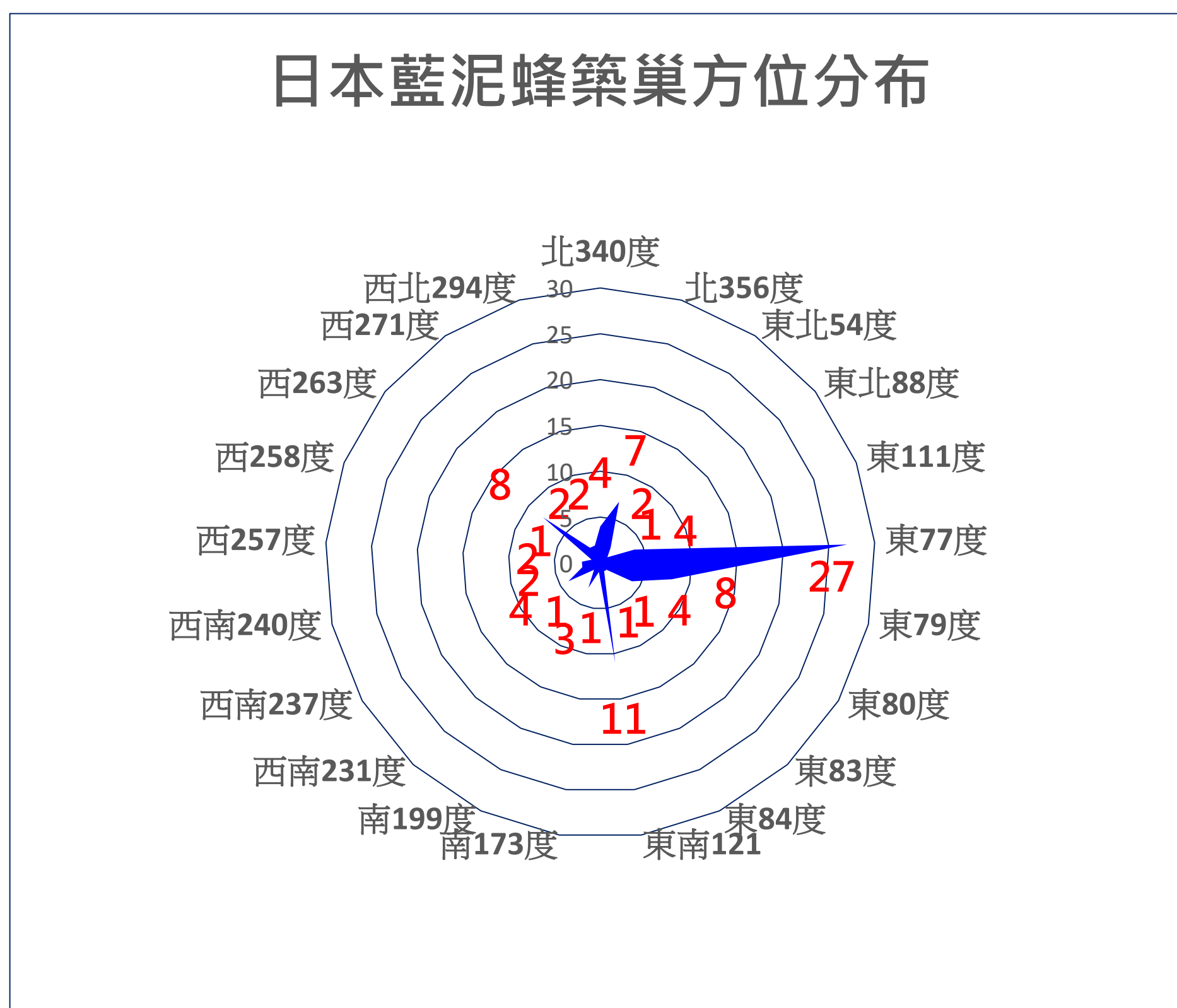
(三)探討日本藍泥蜂巢穴之樓層分布



雖然2樓有43巢，但因2樓廢棄孔洞較多，雌蜂有孔洞就築，故無樓層偏好。

圖二十、日本藍泥蜂巢穴之樓層分布統計圖。(圖：作者繪製)

(四)日本藍泥蜂築巢之方位分布



量測結果以東77度數27個為最多，因該方位有較多廢棄的孔洞，雌蜂有孔洞有築，故無方位偏好。

圖二十一、日本藍泥蜂巢穴之方位分布統計圖。(圖：作者繪製)

(五)日本藍泥人工巢巢位選擇偏好

雌蜂築巢以第1圈、第2圈居多，共計53.3%，具聚集性，雌蜂築巢會選擇鄰居也是日本藍泥蜂築巢。

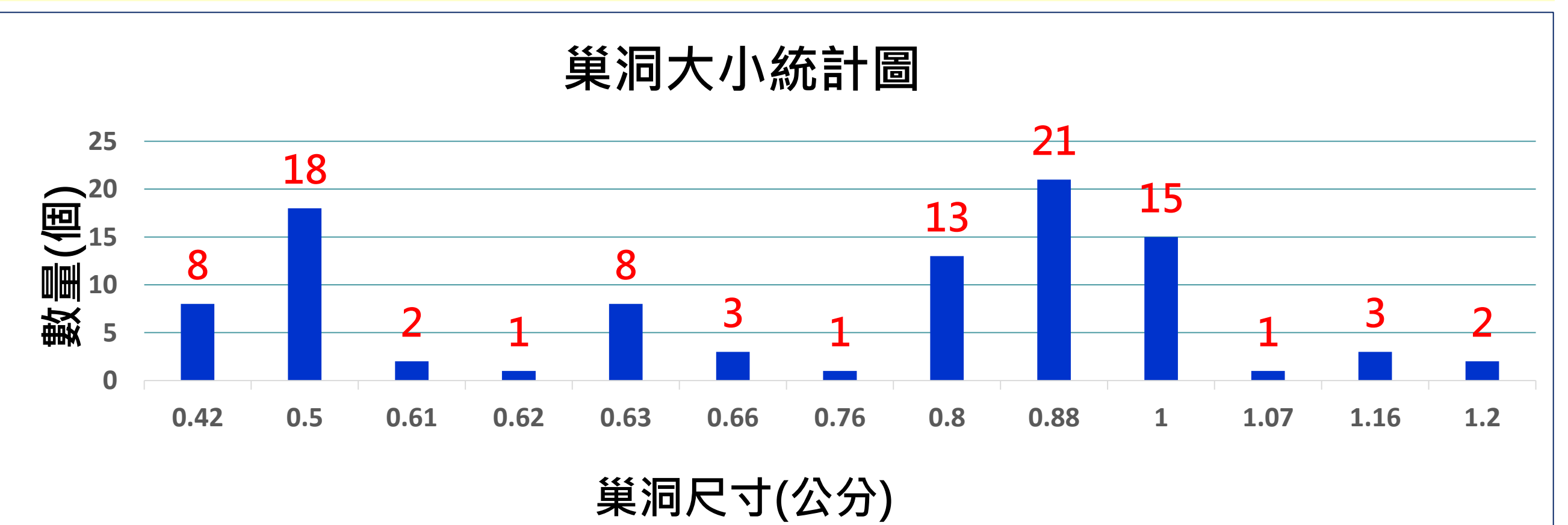
表二、日本藍泥蜂人工巢巢位選擇偏好

築巢數	第一圈		第二圈		第三圈		第四圈	
	築巢數	築巢率	築巢數	築巢率	築巢數	築巢率	築巢數	築巢率
蜂旅館1	4	0	3	27.2%	1	14.3%	0	0%
蜂旅館2	10	3	5	45.5%	2	28.6%	0	0%
蜂旅館3	4	0	3	27.2%	1	14.3%	0	0%
平均數		20%		33.3%		19.1%		0%

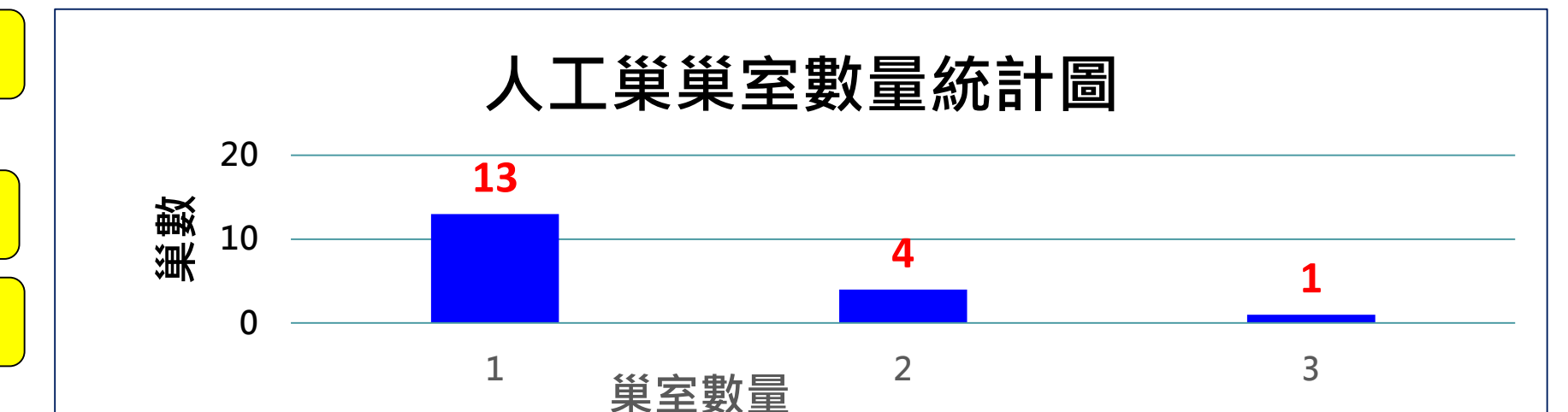
三、研究日本藍泥蜂之借坑性築巢特性

(一)探討日本藍泥蜂的巢洞尺寸

最大巢洞尺寸為1.2公分，最小尺寸為0.42公分，以0.88公分21巢為最多，推測與日本藍泥蜂體型瘦長，可提高築巢效率，避免耗費能量。

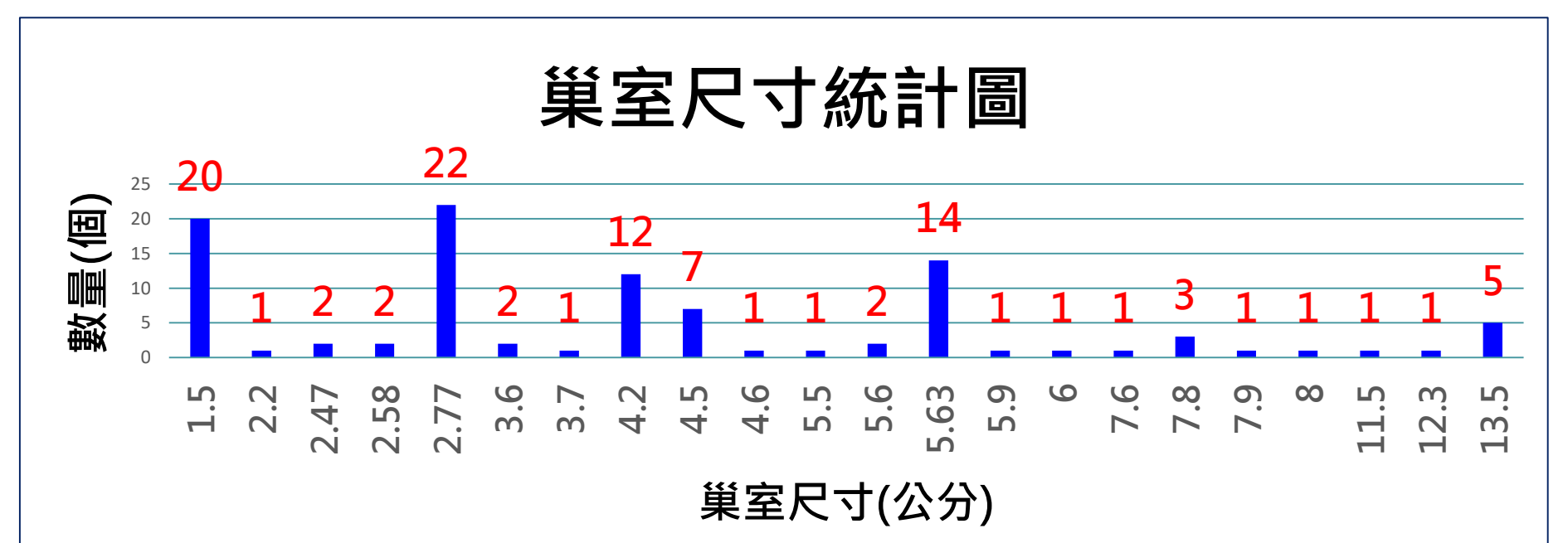


(二)探討日本藍泥蜂的巢室數量



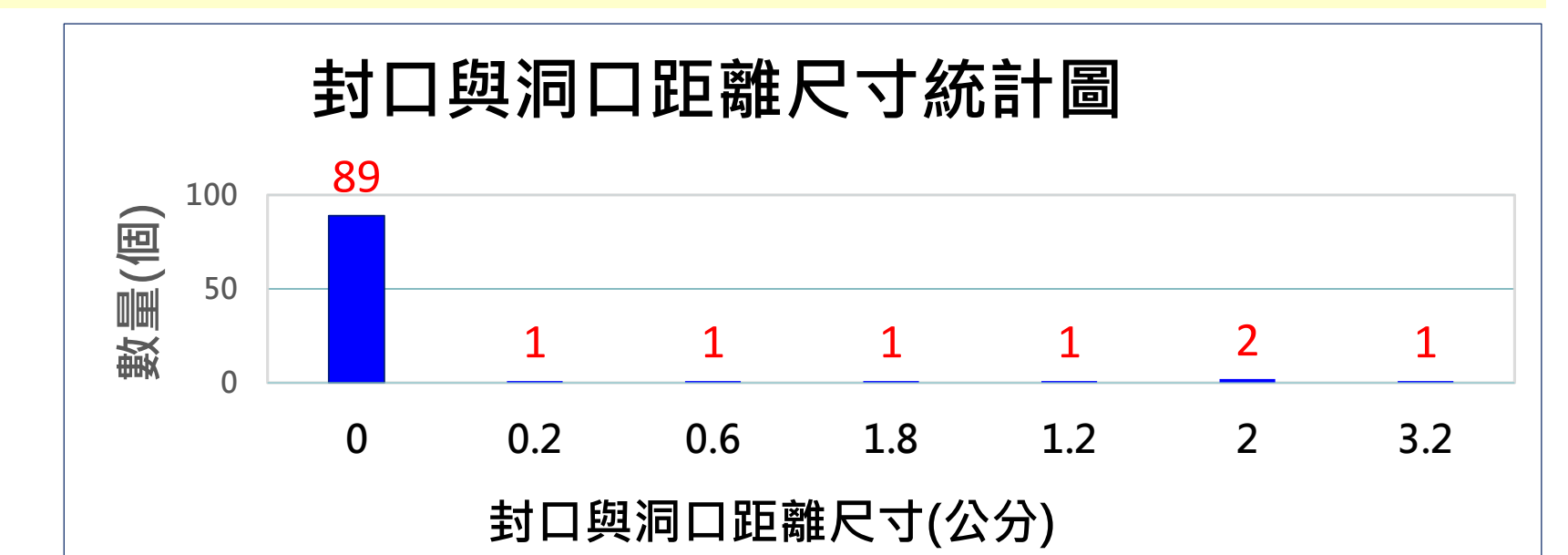
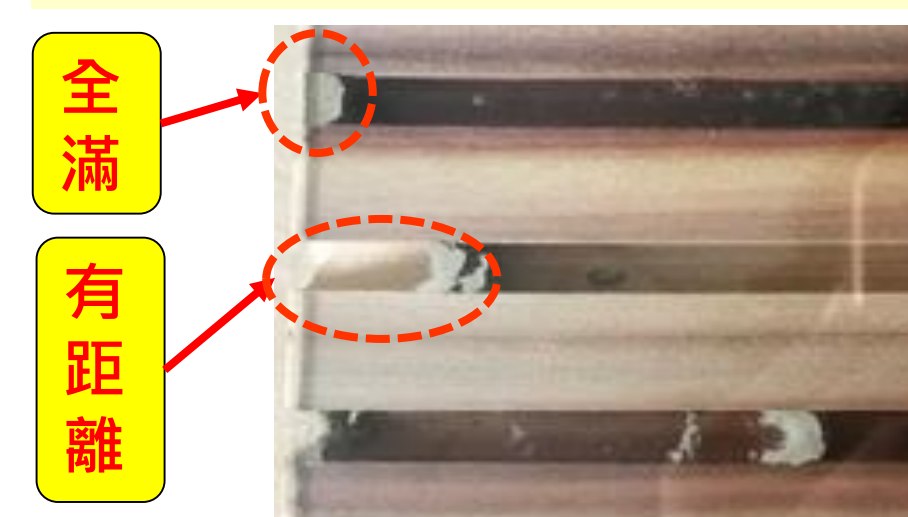
(三)探討日本藍泥蜂的巢室尺寸

巢室尺寸最小是1.5公分，最大是13.5公分；其中2.77公分22巢為最多。



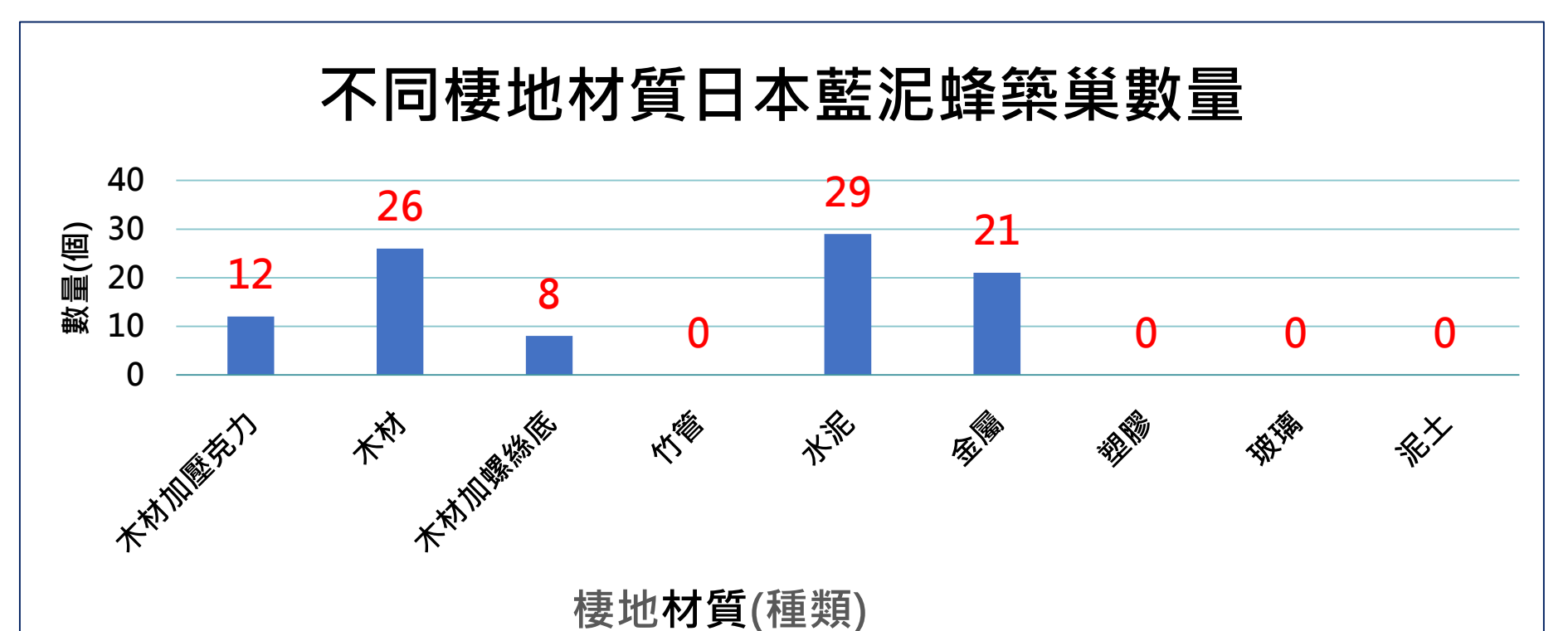
(四)探討日本藍泥蜂巢之封口與洞口的距離

封口與洞口距離多為0公分，數量最多，共有89個，其中蜂旅館為14個，自然巢有75個，沒有切齊的可能是築巢過程受到某些因素影響而未完成。



(五)不同棲地材質日本藍泥蜂築巢的情況

棲地材質多元，以水泥洞築巢數29個最多。



四、探討雌蜂之護幼行為

(一)雌蜂生殖季節行為分析

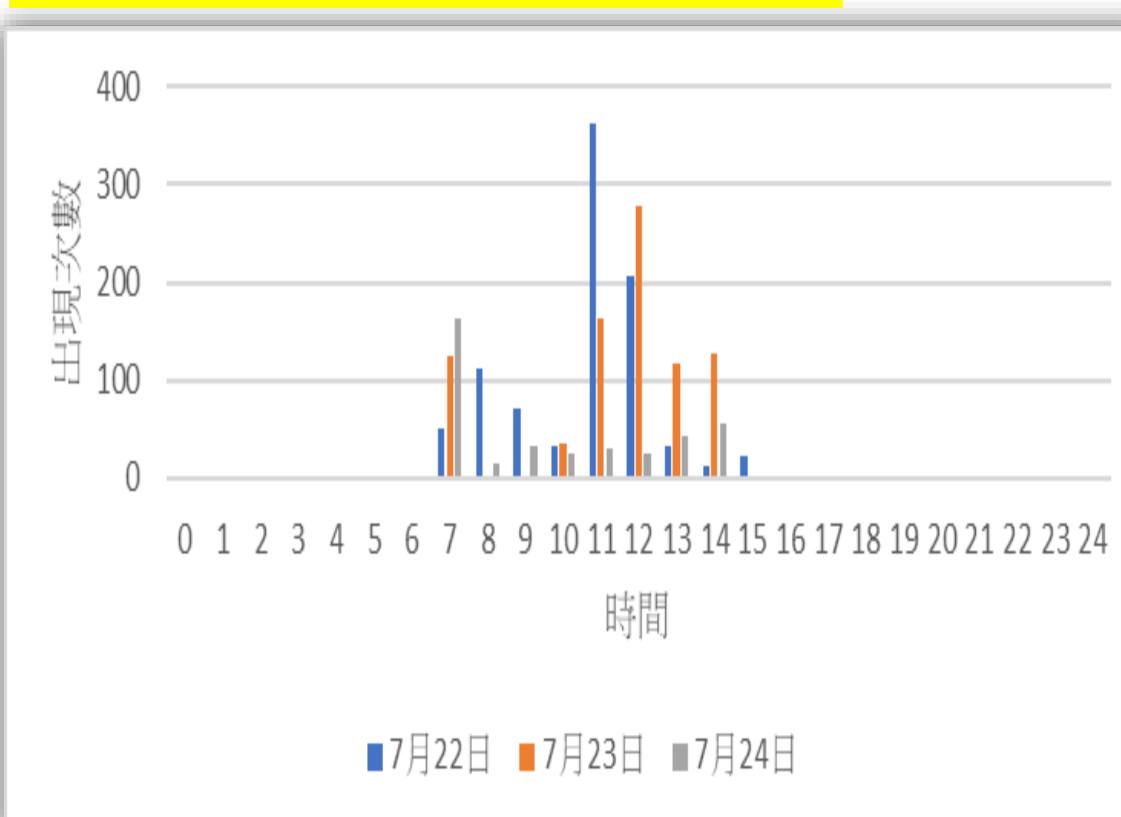
1.行為譜分析

表三、日本藍泥蜂雌蜂生殖季節行為譜

編號	動作	觀測次數(No.)	出現比率(%)	備註
1-	飛近	215	10.32	''
2-	暫停	280	13.44	''
3-	轉向	222	10.66	''
4-	抖翅	102	4.90	''
5-	盤旋	15	0.72	''
6-	地面打鬥	1	0.05	''
7-	空中打鬥	1	0.05	''
8-	桌面走	42	2.02	''
9-	咬泥土	25	1.20	''
10-	入巢	87	4.18	''
11-	出巢	87	4.18	''
12-	築門	114	5.47	''
13-	飛離	203	9.75	''
14-	巡巢	343	16.47	''
15-	羽化	0	0.00	''
16-	叮獵物	0	0.00	''
17-	放棄物	1	0.05	''
18-	飛過巢	6	0.29	''
19-	轉動頭部	7	0.34	''
20-	抖翅	23	1.10	''
21-	清潔觸角	3	0.14	''
22-	遊走	211	10.13	''
23-	探巢	32	1.54	''
24-	單方攻擊	4	0.19	''
25-	掘巢	59	2.83	''
觀測值統計		2083	100	
觀測時間(hrs)			84	

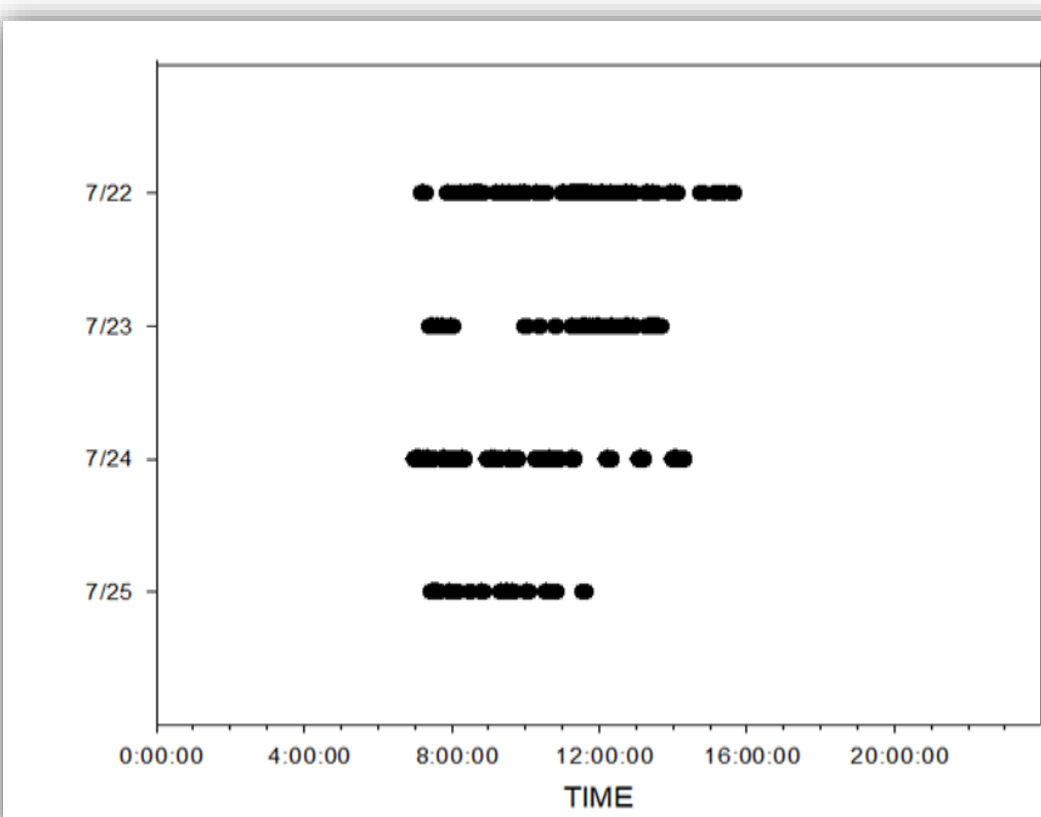
根據行為譜，雌蜂行為明顯是日行性，但是記錄到的行為不到天黑就停止，那時還沒有入夜，我們推論從下午四點到入夜這段期間，雌蜂要滿足個人的需求，例如覓食或者休息。

2.日累積活動量分析



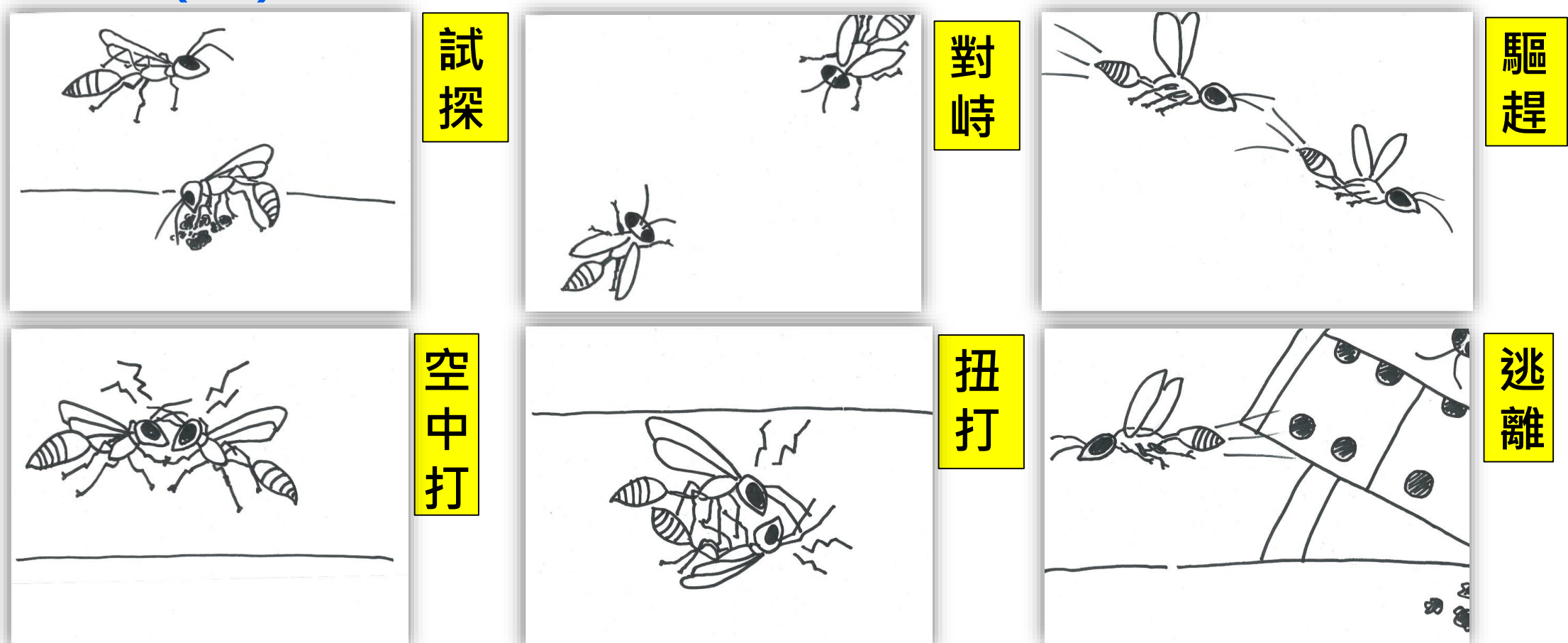
圖二十九、日本藍泥蜂日累積活動量分析。(圖：作者繪製)

3.樣區雌蜂活動頻度分析



圖三十、日本藍泥蜂樣區雌蜂活動頻度分析(日活動周期)。(圖：作者繪製)

(二)雌蜂之護幼行為



圖三十一、日本藍泥蜂雌蜂護幼行為之一，與同種雌蜂的打鬥。(圖：作者繪製)

(三)探究日本藍泥蜂之築假巢行為

雌蜂築假巢欺敵，人工巢假巢比例33.3%，自然巢未發現，我們認為人工巢穴比較集中，且有其他蜂築巢，風險性高。

表四、日本藍泥蜂築假巢情形分析

種類	巢數	假巢數	百分比(%)
人工巢	18	6	33.3
自然巢	12	0	0

(四)探究雌蜂偷挖其他獨居蜂巢泥土行為

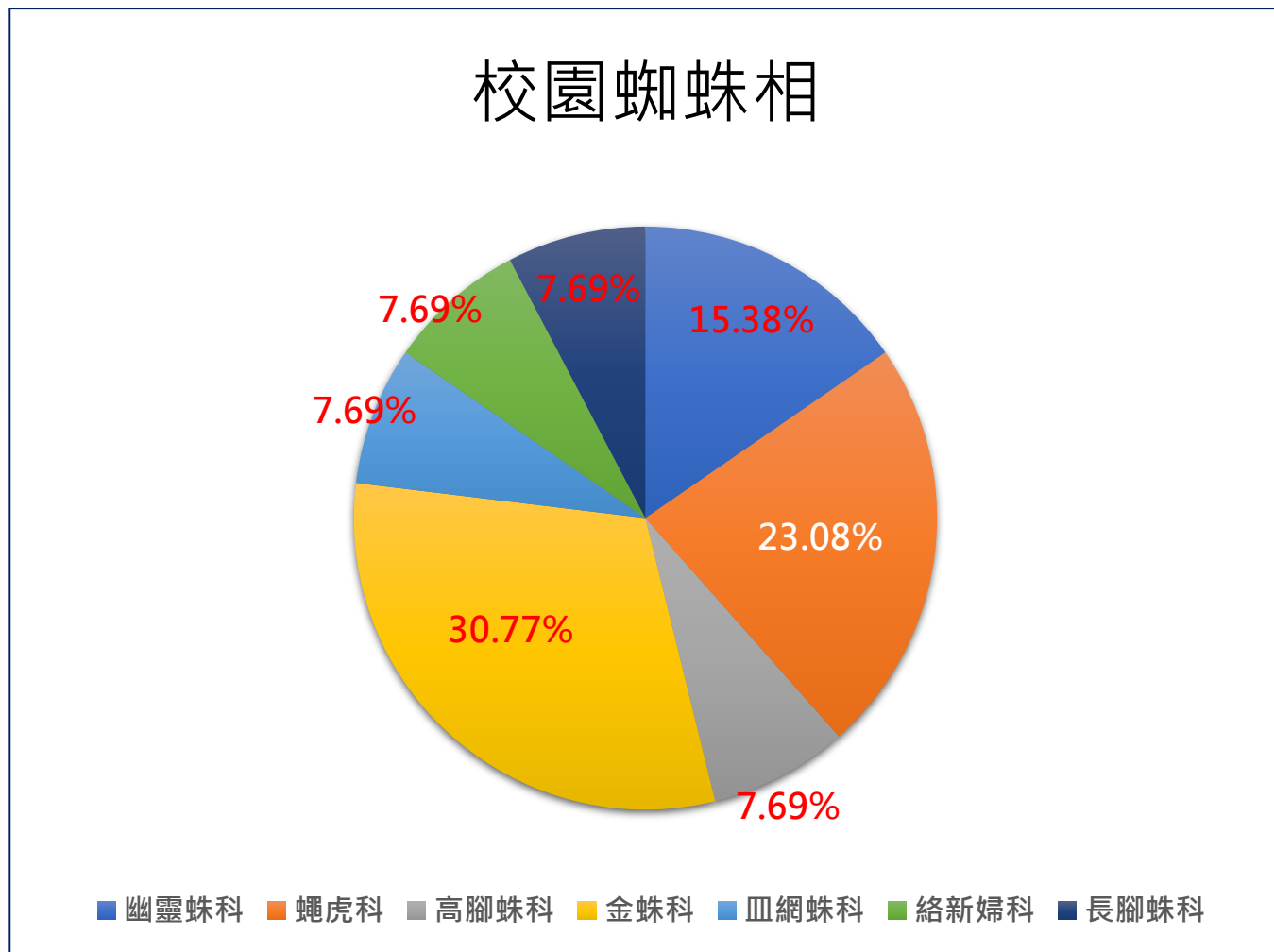
7月22日，雌蜂為了築6-6-1巢門，盜挖6-3-2其他種獨居蜂巢泥22次，平均停留時間18.9秒，推測可提高築巢效率，但未見其他種類的獨居蜂如法炮製，沒有觀察到日本藍泥蜂會盜挖白門。

五、探討日本藍泥蜂雌蜂獵捕行為

(一)校園蜘蛛相



圖三十二、樣區校園內的蜘蛛種類圖示。(照片：作者拍攝)



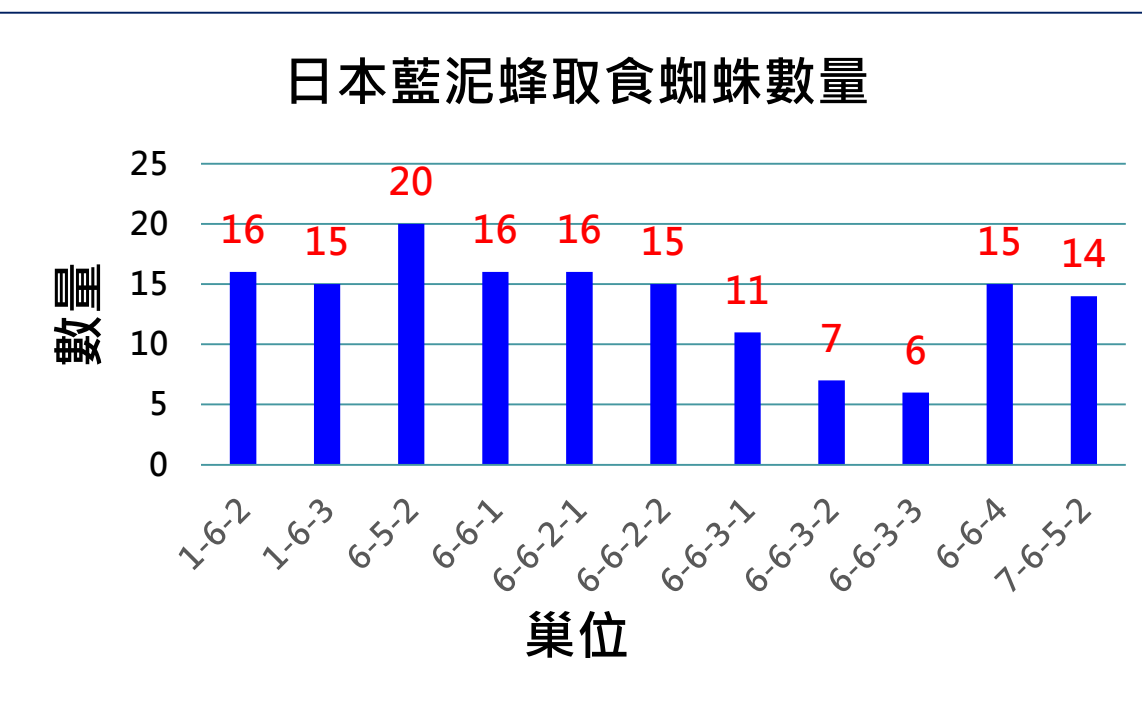
圖三十三、校園蜘蛛相統計圖。(圖：作者繪製)

(二)日本藍泥蜂雌蜂之獵物分析

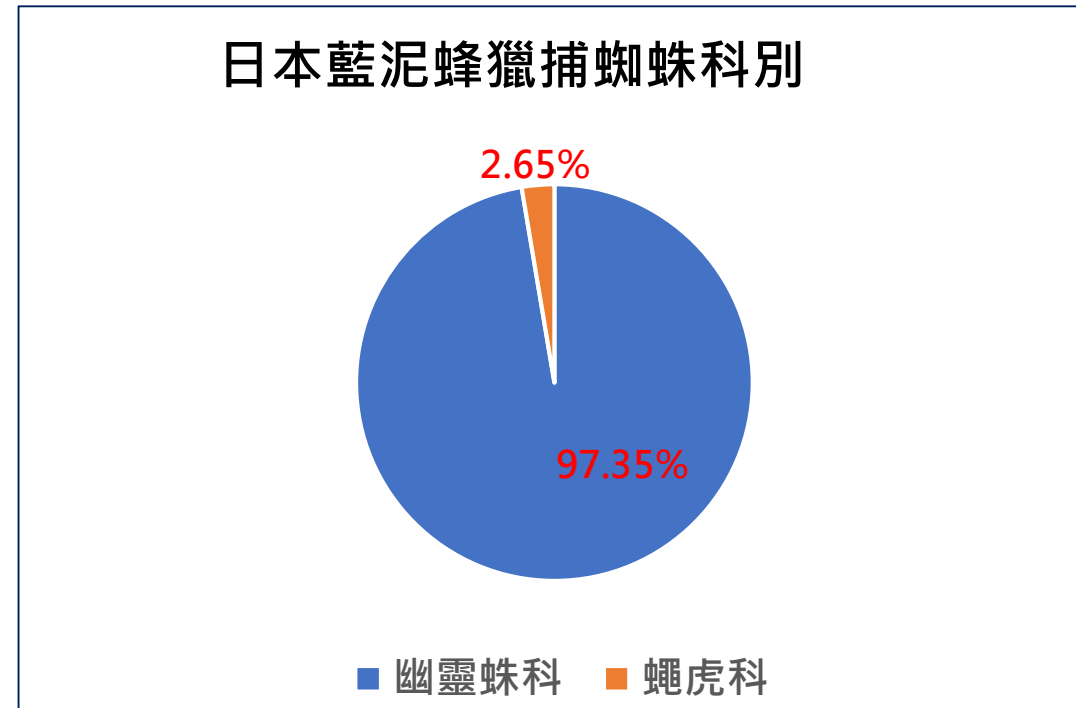
為取食寡食性，並因地區不同而有變異性，以就近、容易捕捉的蜘蛛種類為主。



圖三十四、日本藍泥蜂取食蜘蛛及數量(照片：作者拍攝)



圖三十五、日本藍泥蜂獵捕蜘蛛數量統計圖(N=11)。(圖：作者繪製)



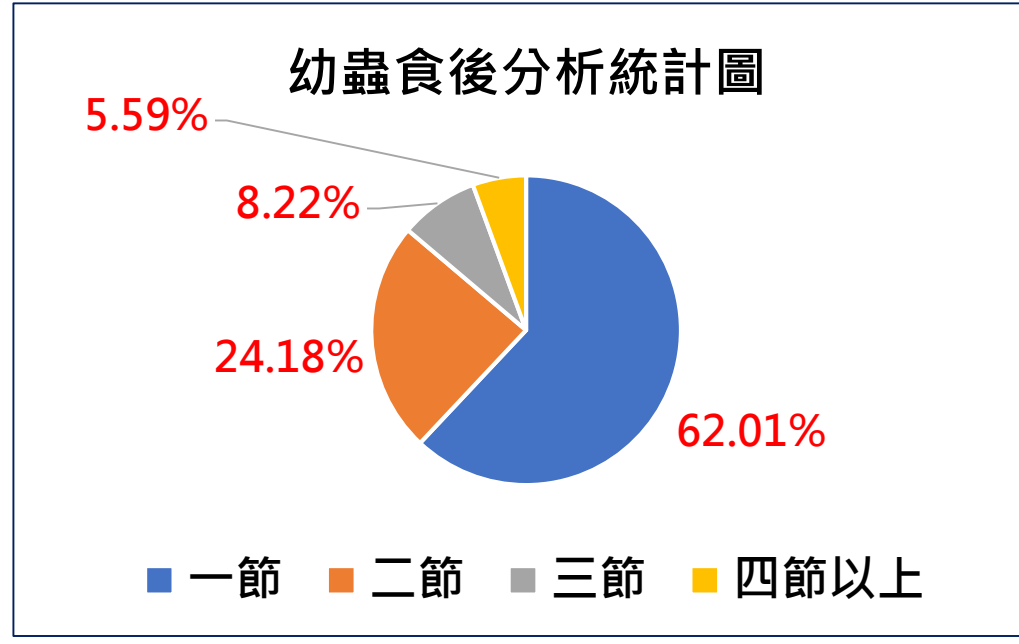
圖三十六、日本藍泥蜂獵捕蜘蛛科別統計圖(N=11)。(圖：作者繪製)

(三)日本藍泥蜂幼蟲之食後分析

羽化巢內清出的殘骸，有62.01%只剩下不到1節，可見幼蟲是嗜食蜘蛛。



圖三十七、日本藍泥蜂羽化後巢內殘渣。(照片：作者拍攝)



圖三十八、日本藍泥蜂幼蟲食後分析統計圖(N=7)。(圖：作者繪製)

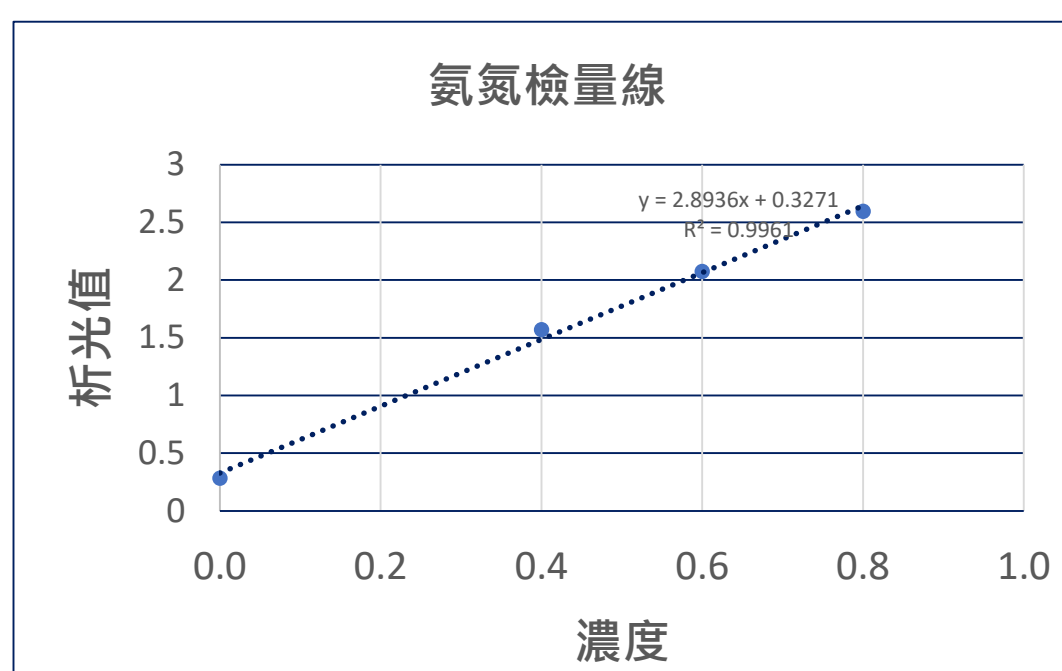
六、探討日本藍泥蜂白門之特性

(一)白門之氮氮濃度檢測結果

溶於水的白門氮氮濃度平均為0.864669mg/g，含量低。

表五、白門之氮氮濃度

時間(小時)	ppm	吸光值	mg/g
2	1.739177	0.488	0.869588
4	1.698666	0.474	0.849333
8	1.730496	0.485	0.865248
12	1.782581	0.503	0.89129
24	1.695773	0.473	0.847886
平均			0.864669
標準差			±0.017678



圖三十九、氮氮檢量線 (圖：作者繪製)

(二)比較白門與壁虎排遺之尿酸(Uric Acid)濃度

溶於水的白門的尿酸濃度遠比壁虎排遺的尿酸濃度低。

表六、白門與壁虎排遺之尿酸濃度比較表

	樣本1	樣本2	樣本3	平均數	標準差
白門	<0.2	<0.2	<0.2	—	—
壁虎排遺	10.7	1.7	23.3	11.9	±10.85

備註：單位：mg/dl

(三)比較白門與壁虎排遺之氨(Ammonia)濃度

溶於水的白門的氨濃度與壁虎排遺的氨濃度相當，在400~600umol/L

表七、白門與壁虎排遺之氨濃度比較表

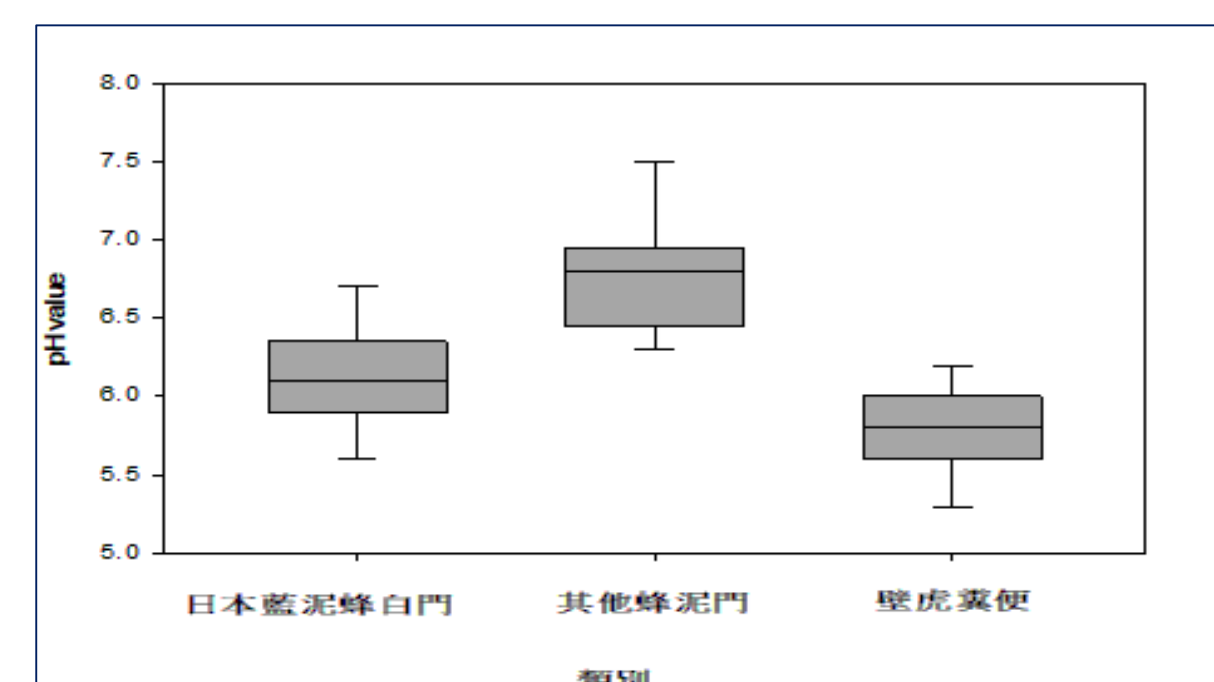
	樣本1	樣本2	樣本3	平均數	標準差
白門	444.3	542.4	—(超標)	493.35	±69.37
壁虎排遺	658.8	267.4	527.1	484.43	±199.16

備註：1.單位：umol/L

2.白門樣本3之氨濃度為6849.9umol/L 超標不計。

(四)白門之酸鹼值實驗結果

白門酸鹼值平均數為6.11，為弱酸性，與壁虎排遺酸鹼值沒有顯著差異。



圖四十、日本藍泥蜂巢白門、其他蜂泥門及壁虎排遺酸鹼值比較圖(N=9)。(圖：作者繪製)

(五)白門之透氣性實驗結果

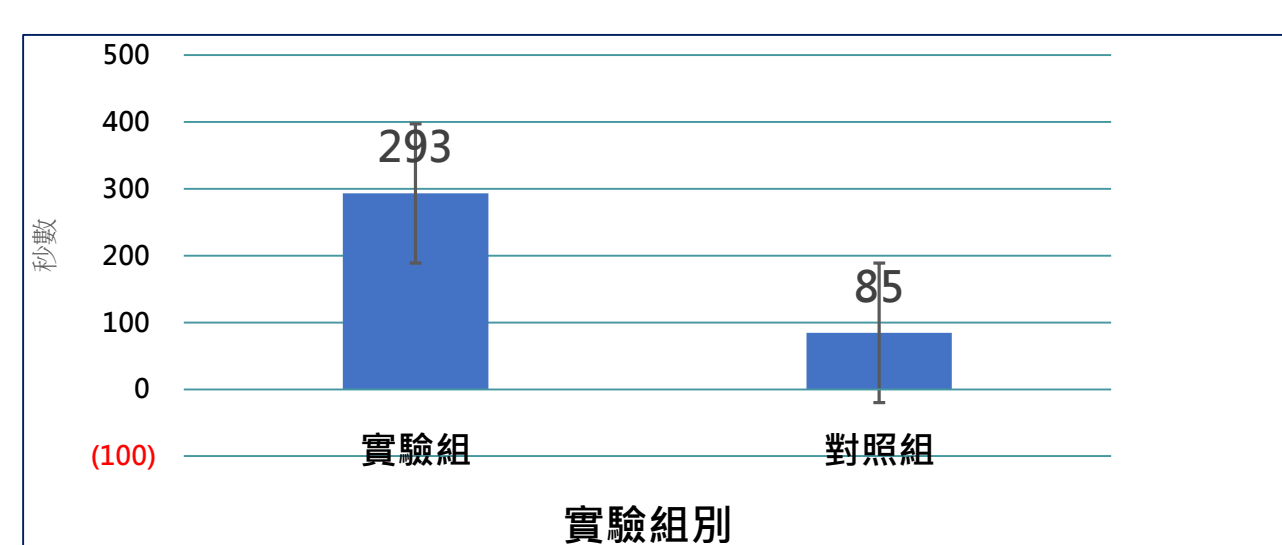
水分可滲入白色巢門，平均滲入時間為281秒，具透氣性

表八、水分滲入白門的時間彙整表。(作者繪製)

樣本	1	2	3	4	5	6	平均數	標準差
水分滲入時間	120	291	186	641	346	100	281	±201

(六)白門之防水性實驗結果

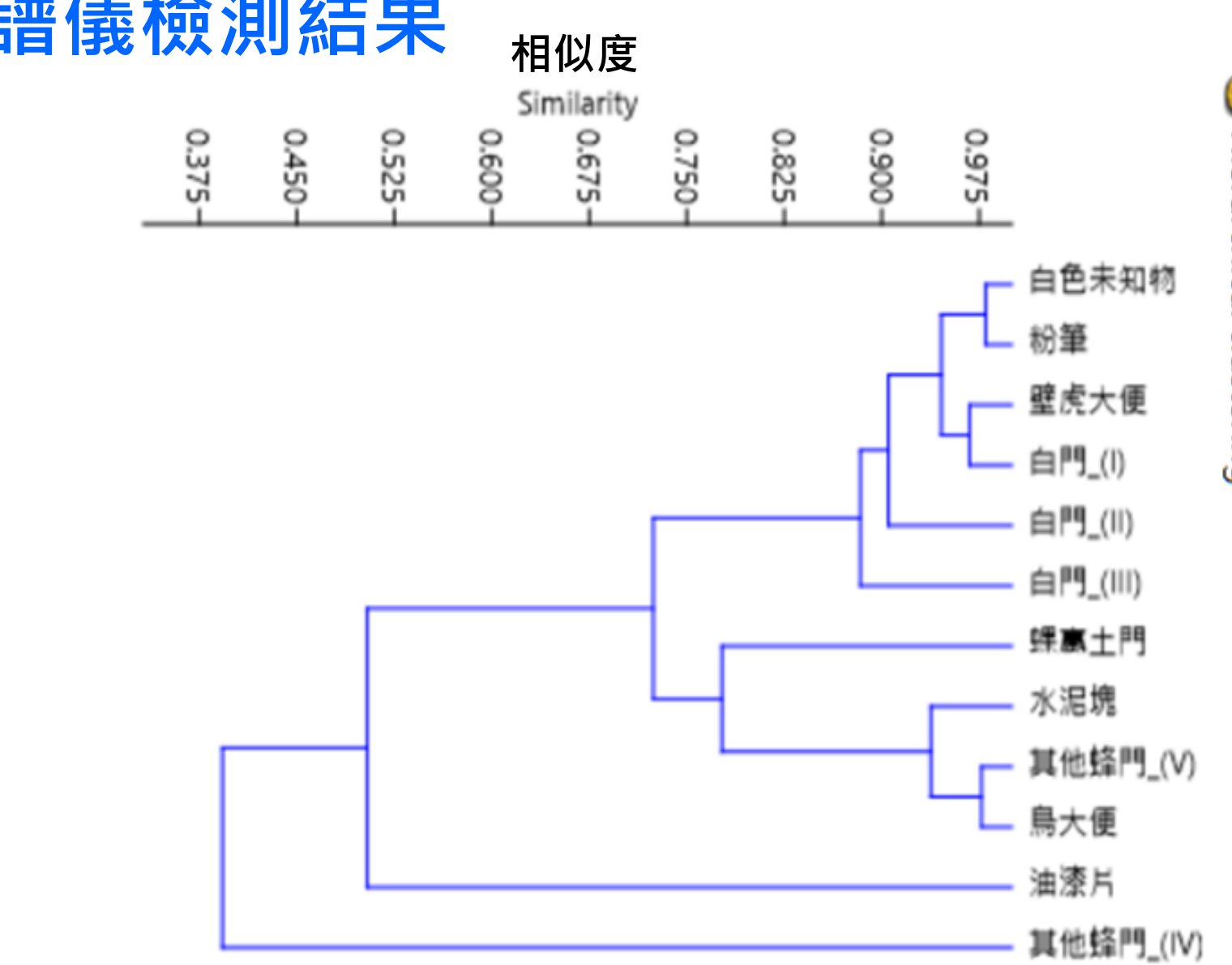
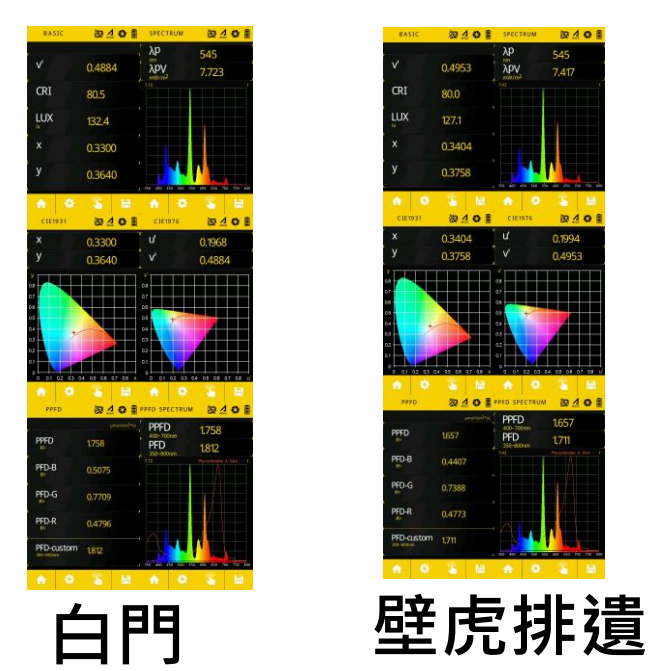
白門較其他獨居蜂巢門，水完全滲入時間平均多出208秒，有顯著的差異，防水性較高。



圖四十一、日本藍泥蜂白門與其他蜂泥門防水性比較圖(N=6)。(圖：作者繪製)

(七)白門之光譜儀檢測結果

以統計的「群聚分析」作圖，將相似光譜的類群聚在一起，得到白門(I)的確與壁虎排遺最相似，且所有白門光譜都相似，證實白門的來源是有一致性的。



圖四十二、白門與其他可能來源光譜儀檢測結果。(圖：指導教師、作者繪製)

伍、結論

- 以上所有的研究，都是根據人工巢18巢和自然巢78巢所得到的結果，這樣的取樣數是其他研究所沒有的。
- 本研究針對日本藍泥蜂的生活史、巢位選擇及借坑性築巢特性，進行探究與描述。
- 本研究完成了日本藍泥蜂的行為譜、築巢行為類別分析，並對雌蜂護幼行為、築假巢的確定，以及盜取其他獨居蜂巢泥的細節都做了詳細的描述。
- 雌蜂獵捕蜘蛛可歸納出就近及優勢種兩個特性，以距離巢近、容易捕捉的蜘蛛為主，可以有效提高築巢效率。
- 白門的成分不只有壁虎排遺，並針對白門的特性，完成了氮氮濃度、尿酸濃度、氨濃度、酸鹼值、透氣性、防水性及光譜，這是其他研究所沒有的。
- 我們認為日本藍泥蜂可以說是校園中最容易觀察、辨識的獨居蜂，本研究結果可以提供做為學校及大眾認識獨居蜂的推廣教材。
- 學校和社區生物多樣性高、有足夠的食物，才會有日本藍泥蜂，可以運用日本藍泥蜂做為校園簡易、快速辨識的環境指標，並將此結果提供其他學校或單位參考，是本研究的貢獻之一。

陸、參考文獻

- 古進欽、李潘龍、林秋致(2022)。油羅也蜂狂—獨居蜂的祕密生活。臺北市：書林出版有限公司。
- 吳采頤、吳明臺、林亦然、徐諾(2018)。獨行俠的神祕生活—五種獨居蜂築巢行為及成長習性之探討。中華民國第58屆中小學科學展覽會生物組作品說明書。2023年9月30日取自：<https://twts.ftsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-080310.pdf>。
- 陸聲山、葉文琪、宋一鑫(2016)。臺灣雲嘉南地區農林環境之借坑性築巢蜂類物候及群聚分析。臺灣昆蟲，36，107-123。
- 臺灣生命大百科(2024)。日本藍泥蜂。2024年6月6日取自：<https://taiel.tw/pages/99840>。
- 嘎嘎昆蟲網(2024)。日本藍泥蜂。2024年6月6日取自：<http://gaga.biodiv.tw/9708bx/271.htm>。
- 環保署(2020)。水中氮氮檢測方法—靛酚比色法(NIEA W448.52B)。2024年6月1日取自：<https://www.moenv.gov.tw/nera/32A85B63C9EC18C0/4d3d9246-e2fd-43f4-ae03-4c03b2229b7f>。
- Barthelemy, C. (2011). Notes on the biology of the conspicuous mud dauber wasp, *Chalybion japonicum*(Gribodo,1883)(Sphecidae) a major predator of spiders in Hong Kong. *Chalybion Japonicum Entomological Society*, 3(1), 7-14.
- Brockmann, H. J. (2018). *Measuring Behavior: Ethograms, Kinematic Diagrams, and Time Budgets*. University of Florida. 2024年6月8日取自：https://college.holycross.edu/faculty/kprestwi/behavior/e&be_notes/E&BE_ethograms.pdf。
- Faterra, A. V., Lovbilyuk, M.M. & Kvetkov R. S. (2020). The First data on the nesting biology of the incusive blue nest-renting wasp, *Chalybion turanicum* (Gussak ovskij, 1935) (Hymenoptera, Sphecidae, Sceliphirinae) in the Crimea. 2024年6月8日取自：<https://abs.pensoft.net/article/57911/>
- Jayakar S. D. & Spurway H. (1963). Use of Vertebrate Faeces By the Sphecoid Wasp *Chalybion Bengalense* Dahlb. *The Journal of the Bombay Natural History Society* 60(3), 748-749.