

臺東縣第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：構「泥」為巢——黃胸泥壺蜂築巢行為和環境因子之關係探究

關 鍵 詞：黃胸泥壺蜂、蜂巢

編 號：

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號由臺東縣卑南國小統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

摘要

本研究在探討黃胸泥壺蜂的築巢位置、分布狀況、行為觀察、蜂巢類型與蜂巢環境的關係，以及出巢率和蜂巢結構與材料的關係。結果發現，泥壺蜂築巢位置會選擇有利於覓食、孕育後代的環境，雌蟲的築巢方向並沒有特定的方位；統計後發現泥壺蜂雌蜂和雄蜂，雌雄比是 1.125；也發現蜂巢的種類和外觀會因為環境的不同而有所差異；又發現雌蜂築巢使用泥土粒徑的粒徑大小和出巢率沒有直接的關係，但築巢材料粒徑大小和蜂巢結構有關係，而蜂巢結構會影響成蟲出巢率，蜂巢結構的長寬比和出巢數的關係呈正相關，且屬於高度相關，但是蜂巢結構的厚度並不會影響到成蟲的出巢。

壹、研究動機

我們在走廊上無意間發現一隻蜜蜂，牠抓著一隻和牠體型差不多大的蟲飛進巢穴，那種巢在每次打掃教室時都會看到，這讓我們很好奇這究竟是哪種蜜蜂的巢，為什麼是用泥土做的？查了資料之後發現原來牠並不是蜜蜂，而是泥壺蜂，根據文獻我們才知道那種巢正是牠用泥土和水蓋的，而且牠會抓蟲給自己的幼蟲吃，巢還會有壺口。看完這些資料後我們對泥壺蜂產生了很大的興趣，我們想了解泥壺蜂築巢位置、方式和環境有沒有相關性？我們也想了解泥壺蜂的築巢行為模式？因此我們觀察校園裡的泥壺蜂，進行研究。

貳、文獻資料

歷屆科展有關泥壺蜂的相關研究

1、第 54 屆全國科展國中生物：「竹」巢高手-探討影響棕泥壺蜂築巢因子

這份報告是研究棕泥壺蜂築巢目的和築巢因子，研究發現築巢目的是為了繁衍後代，捉捲葉蛾幼蟲的目的，是為了幫壺蜂後代儲存食物，唧土做泥層是為了阻絕所有外來天敵或干擾，讓壺蜂的幼蟲後代可以順利成長；影響棕泥壺蜂築巢的因子有氣味、障礙物和天敵。

2、第 57 屆全國科展國中生物：泥壺內的秘辛～赭腰圓領蜾蠃和黃胸錐腹蜾蠃生存策略探討

這份報告在比較校園中的赭腰圓領蜾蠃和黃胸錐腹蜾蠃兩種泥壺蜂泥巢、型態、生活史、築巢行為和生存策略。研究發現兩種壺蜂在泥巢和型態各有不同，生活史齡期相同，但成蟲存活率有差異；在飼養環境中不會有築巢和獵捕行為，兩種雌蜂均會築巢、產卵、捕獵並置入幼蟲食物後封口並出巢驅趕，以防止小蜂、螞蟻等試圖入侵泥巢的外來生物。

3、第 58 屆全國科展國小生物：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

這份報告在探討棕泥壺蜂、日本藍泥蜂、黃紋短腰蜾蠃、黑扁股泥蜂和細切葉蜂的築巢行為及成長習性。研究使用不同的材質觀察五種獨居蜂築巢；也觀察到這些獨居蜂都扮演著為植物傳播花粉以及生物防治的角色。

4、第 59 屆全國科展國中生物：泥造城堡-探討黃胸泥壺蜂「銜泥建造巢室」的策略

這份報告發現泥壺蜂築巢會先吸水→做泥球→做巢室→產卵→抓獵物→封口，製作泥球會將水與砂土攪拌→身體下壓→砂土成球狀；這報告也發現泥壺蜂體長越大，建造巢底與壺口會越大，以及當泥壺蜂發現巢室被寄生或破壞時會出現思考性的修補或棄巢行為。

5、第 63 屆全國科展國中生物：壺蜂的生殖行為—探討黃胸錐腹蜾蠃交尾、做巢、產卵、育幼的生殖過程研究

這份報告是在探討黃胸錐腹蜾蠃交尾、做巢、產卵、育幼等生殖行為。研究發現雄壺蜂平均性成熟時間、拍打泥球的速度和巢固定成型的相關性、卵柄張力、後代發育為雌蜂或雄蜂和獵物的數量有關，也觀察到後代攝食的方式。

參、研究目的

動物的巢就如同人類的家，家可以遮風避雨，也可以讓後代子女安全成長，動物的巢具相同功能。泥壺蜂是築巢動物，他們會攜泥球築巢，因此我們想探討泥壺蜂是否有偏好在特定環境築巢，也想了解泥壺蜂的築巢行為和巢的結構是否和後代的孕育有關係。

- 一、了解校園中黃胸泥壺蜂的築巢位置和分布狀況
- 二、黃胸泥壺蜂築巢行為觀察
- 三、了解黃胸泥壺蜂的蜂巢類型和蜂巢環境之間的關係
- 四、了解黃胸泥壺蜂出巢率與蜂巢結構和材料之間的關係

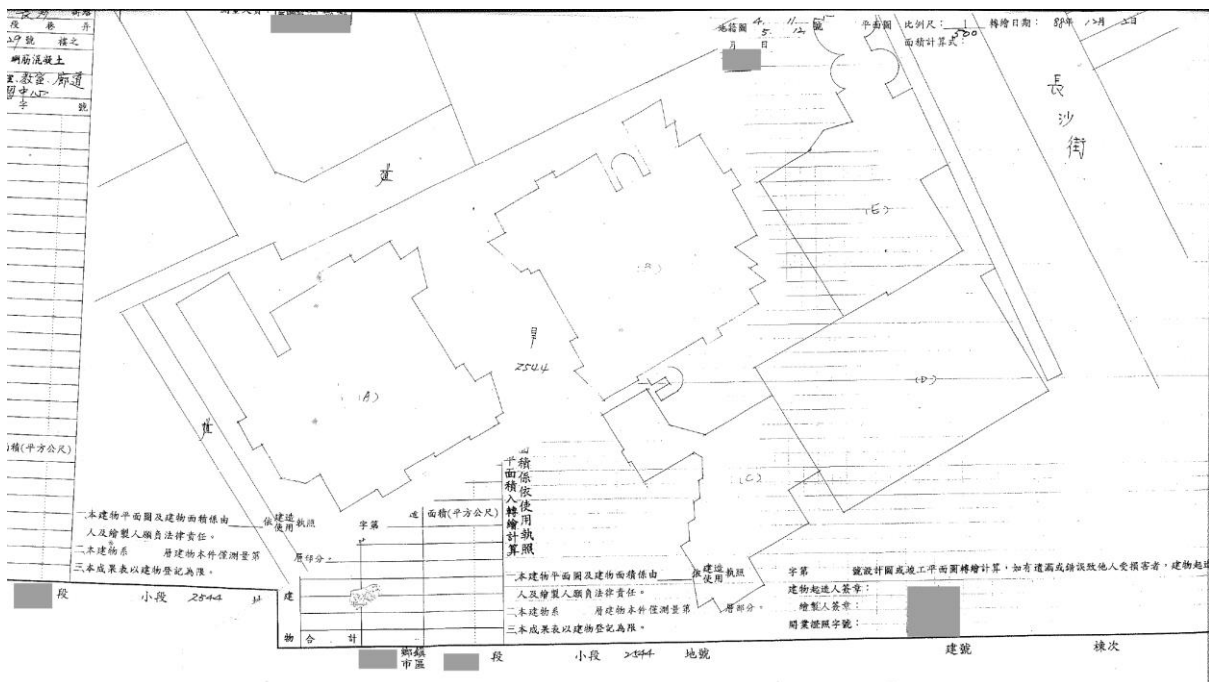
肆、研究方法

方法一、野外調查

(一)範圍—整個校園(如下圖，比例尺 1:500)

東海國小校園面積 2.2 公頃，學校校園分成教學區和行政區，教學區分成兩個部分，一為一期教學區，二為二期教學區，皆為兩層樓的三合院建築，行政區也是一棟兩層樓的建築，學校除了有生態池、操場和向陽草原外，還有一座位於行政大樓區的小農場，小農場是中年級進行食農教育課程的區域。

在這次野外調查，我們將校園分成四區進行泥壺蜂蜂巢調查統計，第一區是行政大樓，包括：教務處、總務處、校長室、會議室、視媒中心，第二區是一期教學區，包括：中低年級教室、藝文教室，第三區是二期教學區，裡面包括：中高教室、藝文教室、自然教室，第四區是綜合教學區，包括：圖書館、健康中心、電腦教室、音樂教室、英文教室、活動中心。



(二)調查項目和方法：

我們調查泥壺蜂巢在校園的位置，標示在校園一樓、二樓和地下室校園示意圖上，並將校園分成四個區域，將每一個區域取一中心點，繪製 25 公尺的同心圓，分析蜂巢位置的環境。

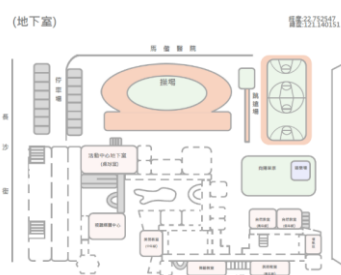
1、在校園示意圖標記蜂巢位置



校園一樓示意圖



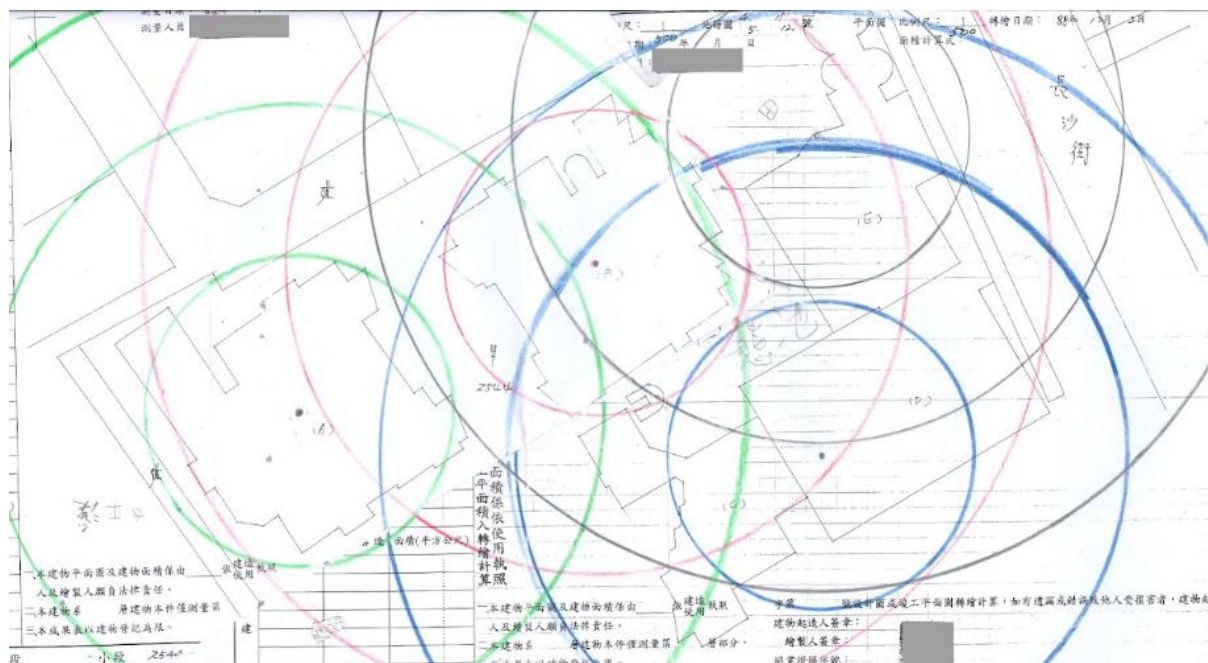
校園二樓示意圖



校園地下室示意圖

2、蜂巢附近有無水源和泥土

將校園分成 4 個區域，每個區域以最長邊的中心位置為圓心，畫 5 公分半徑的同心圓(黑色同心圓是第 1 區；紅色同心圓是第 2 區；綠色同心圓是第 3 區；藍色同心圓是第 4 區)，判斷每個區域的蜂巢 25 公尺內是否有水源和泥土。



3、蜂巢位置牆面的粗糙程度

4、蜂巢位置有無遮蔽物

5、蜂巢的類型：將不同類型的蜂巢作分類

6、測量蜂巢厚度、寬度和長度

測量項目	厚度	寬度	長度
圖 片			
測量方法	從蜂巢的貼牆面量到蜂巢的正面。	從蜂巢的從蜂巢的左側量到蜂巢的右側。	從蜂巢的最底部量到蜂巢的最頂端。

7、蜂巢壺口方位：利用指北針量測壺口方位，壺口方位按照十六方位分類，加上正上方共有十七個方位。

8、統計蜂巢的巢間數量

(1)拆解蜂巢觀察內部結構後從下往上數或由得知巢間數。

(2)長橢圓蜂巢（直的蜂巢）：從下往上數，最下面的為第1個巢，接著為第2個巢，以此類推。

(3)扁橢圓蜂巢（橫的蜂巢）：有壺口的蜂巢，壺口另一端為第1個巢，沒有壺口的蜂巢由左到右數，最左邊為第1個巢。

巢的類型	直的蜂巢	橫的蜂巢(沒有壺口)	橫的蜂巢(有壺口)
圖 片			

(三)泥壺蜂築巢行為觀察

在校園調查中錄製正在築巢的泥壺蜂，觀察並記錄泥壺蜂在築巢過程中的行為，再繪製成築巢行為時間流程圖。

方法二、蜂巢位置的明亮程度測量

(一)撰寫 Arduino 程式(如下圖)。

(二)將光敏電阻接在 Arduino 板的類比腳位-A3，再將 LCD1602 的 GND 和 VCC 分別插在 Arduino 板的負極和正極上，SDA 和 SCL 則分別插在 Arduino 板的 A4 和 A5 腳位上。

(三)、使用光敏電阻偵測蜂巢周圍的明亮程度，偵測出數據後由 LCD1602 螢幕顯示。

(四)、連續測量紀錄三天不同時段(早上、中午、下午)蜂巢所在位置的明亮程度。



方法三、蜂巢結構及泥巢材料分析

(一)泥壺蜂蜂巢巢間結構分 2 類：如方法 1-8

- 1、長橢圓蜂巢
- 2、短橢圓蜂巢

(二)蜂巢材料顆粒大小分析

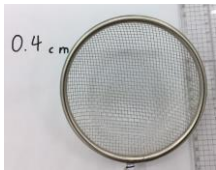
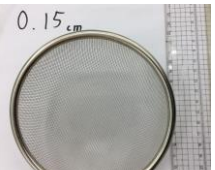
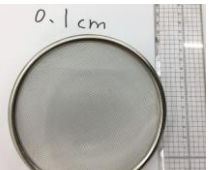
- 1、將蜂巢的泥土用烤箱烤乾

進烤箱前先量 1 個巢間的泥巢重量，烤完再量一次，如重量沒變化(重量誤差 ± 0.1)，不用再烤一次，如果重量有變化，就繼續烤到重量沒變化為止。

- 2、把烤好的泥土輕輕的磨碎（磨一次是 20 圈）

- 3、用篩網過篩

(1)篩網網眼大小分成(cm)：0.4、0.15、0.1、0.01

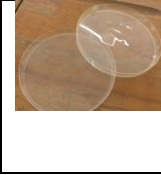
網眼大小(cm)	0.4	0.15	0.1	0.01
照片				

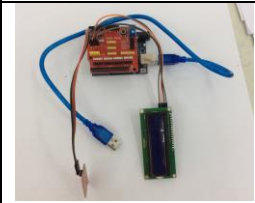
(2)過篩順序：由最大網眼到最小網眼

4.粒徑大小

粒徑大小	粒徑 1	粒徑 2	粒徑 3	粒徑 4	粒徑 5
網眼大小	粒徑 >0.4	$0.4 \geq$ 粒徑 >0.15	$0.15 \geq$ 粒徑 >0.1	$0.1 \geq$ 粒徑 >0.01	$0.01 \geq$ 粒徑

伍、研究設備及器材

平板	攝影鏡頭	研磨用具	培養皿	三角板、直尺	烤箱
					

篩網 (四種網眼)	微量天平	指北針	光敏電阻	校園地籍圖
				

陸、研究結果

結果一：泥壺蜂蜂巢校園分布

(一)、泥壺蜂蜂巢在校園的分布位置圖

紅點標記為蜂巢位置，英文字母是蜂巢編號，依序為 A、B、C……共 47 個。

圖 1-1

圖 1-2

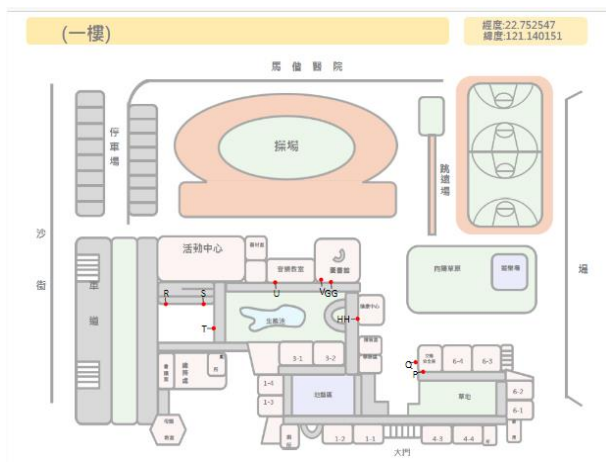


圖 1-3

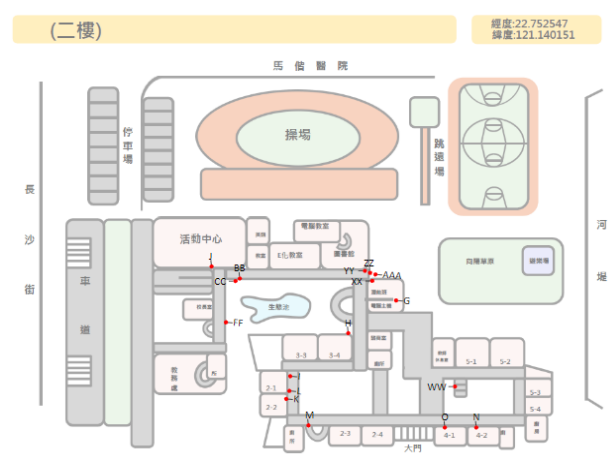
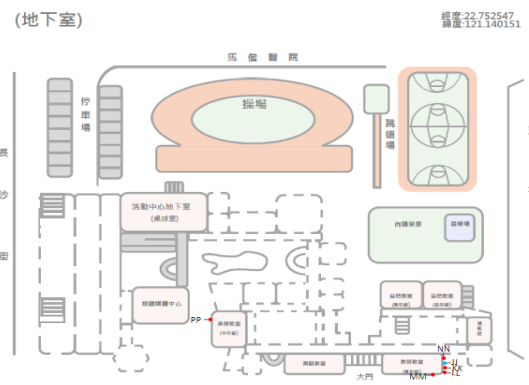
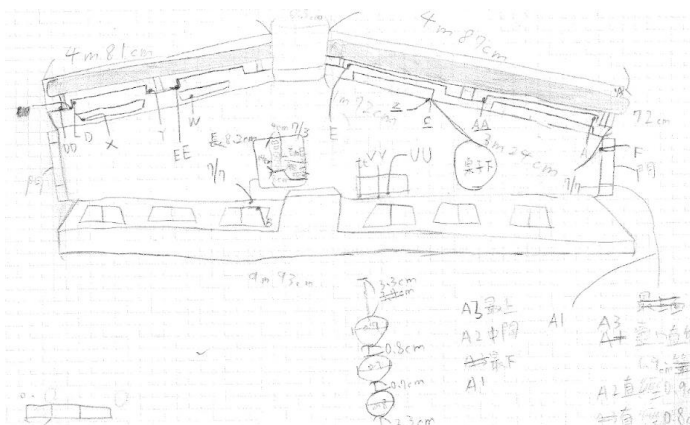


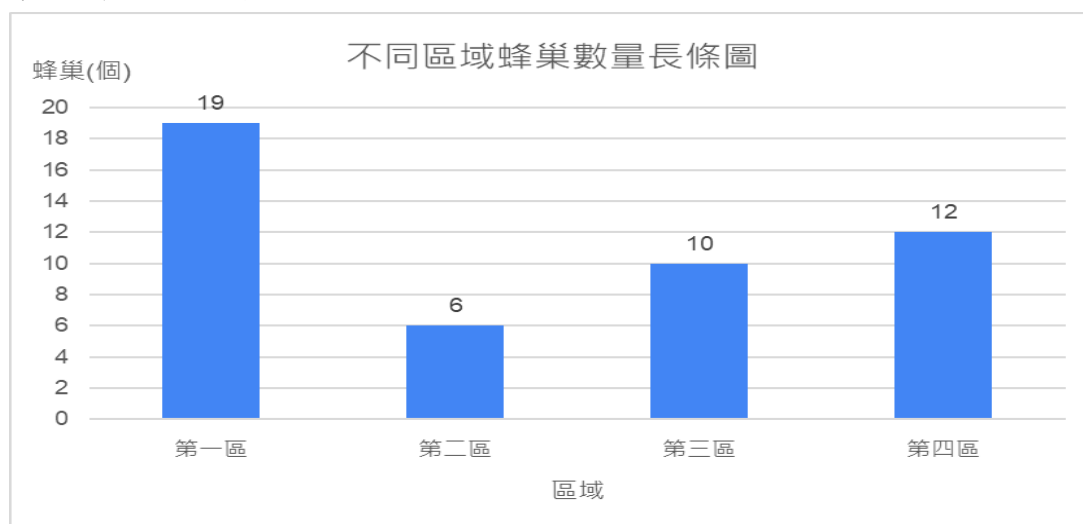
圖 1-4



- 1、我們一共發現 47 個蜂巢，其中一樓發現 9 個蜂巢，二樓發現 32 個蜂巢，地下室發現 6 個蜂巢。
- 2、二樓發現的蜂巢數最多，教務處的陽台就發現 15 個蜂巢，約占學校二樓蜂巢數量 47%。

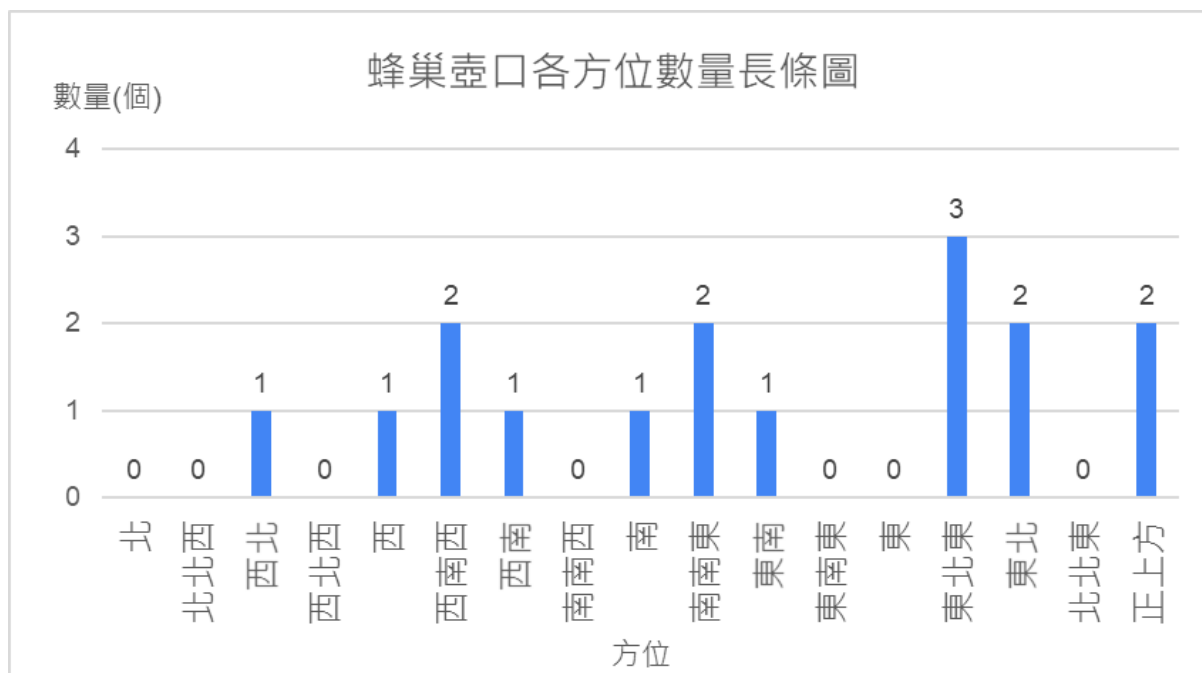
(二)、依照各區域分類統計

我們將學校分為四個區域:第一區是行政大樓，第二區是一期教學區，第三區是二期教學區，第四區是綜合教學區。



第一區有 19 個蜂巢，第二區有 6 個蜂巢，第三區有 10 個蜂巢，第四區有 12 個蜂巢，在四個區域中，第一區發現蜂巢數量最多。

(三)、壺口方位統計



- 1、壺口方向在方位南和方位西之間的蜂巢共有 3 個，在正南方和正西方的各有 1 個。
- 2、壺口方向在方位南和方位東之間的蜂巢共有 3 個。

- 3、壺口方向在方位東和方位北之間的蜂巢共有 5 個。
- 4、壺口方向在方位西和方位北之間的蜂巢只有 1 個。



討論：

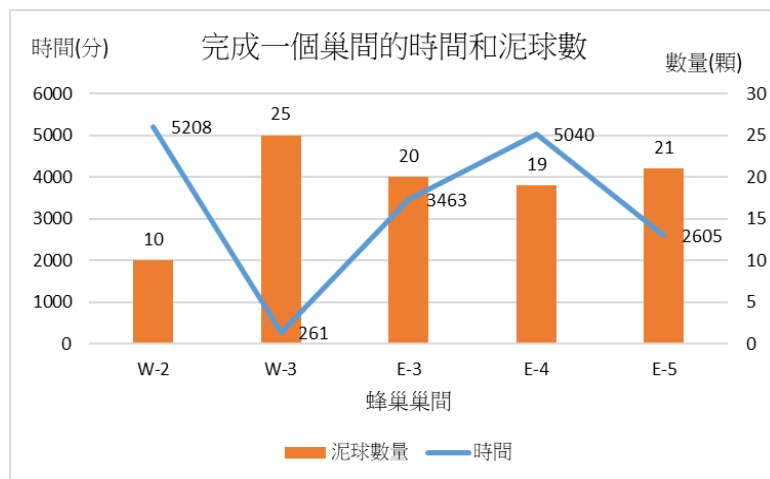
- (一)在蜂巢調查數量中發現，第一區蜂巢數量最多，該區緊鄰學校小農場旁，其中大多在圖 1-3 的位置，圖 1-3 所處位置面對學校小農場。
- (二)根據觀察壺口方向發現，蜂巢的壺口面向的方位雖然以方位南的方向最多，但是蜂巢壺口方向並沒有特定的方位。
- (三)我們根據蜂巢位置的調查結果發現，所有的蜂巢都位於有遮蔽物的建築物中，而且附近有種植農作物環境的建築物，蜂巢數量越多。

結果二：泥壺蜂築巢行為

我們觀察泥壺蜂的築巢行為後發現，雌蜂會選擇環境、銜泥球築巢、產卵、抓蟲、封口、前檢查、將壺口封口、補強、裝飾泥巢和檢查，最後巢間的成蟲會挖洞出巢，共九個過程。



(一)築巢



- 1、平均完成 1 個巢間需要 2~4 天，使用的泥球數在 19~25 顆。
- 2、W-2 的築巢的時間最多，使用的泥球數最少，巢間裡的泥壺蜂沒有出巢；W-3 築巢的時間最短，使用的泥球數最多，巢間裡的泥壺蜂有出巢。
- 3、E-3、E-4、E-5 使用泥球數多，完成時間差異很大，但是三個巢間都有出巢。

圖片				
築巢步驟說明	泥壺蜂準備築第 3 個巢前，會先四處行走，丈量蜂巢要築的大小。	泥壺蜂丈量巢間要築的大小後，開始塑形蜂巢。	泥壺蜂會從蜂巢兩側的底部慢慢往蜂巢上方築，再往巢間中心築。	當泥壺蜂將巢間築好時，會留一個口，用來製作蜂巢壺口。

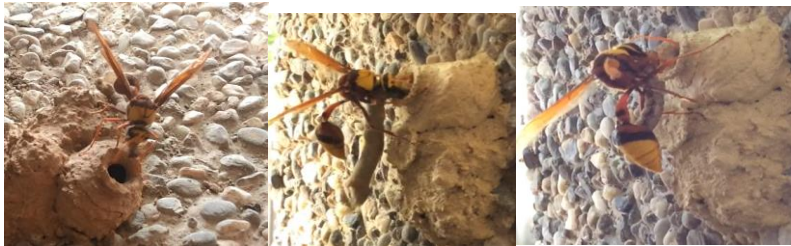
(二)產卵行為

產卵行為	圖片	說明
拍動翅膀		雌泥壺蜂會先使用泥球捏製壺口，完成後牠會拍動翅膀將壺口搨乾，然後產卵。
產 卵		做完壺口，雌泥壺蜂會將尾部放進壺口內產卵，一個壺口只產一顆卵，產卵時間約 10~20 分鐘。

(三)捉蟲

我們發現雌泥壺蜂會在每個巢間塞 3-4 隻蟲，我們觀察到的綠色的蟲一共有三種，第一種的外觀是深綠色，體型粗粗長長的，第二種外觀是亮綠色，體型是細長的，第三種外觀是綠色，體型是粗粗長長的。根據文獻，那些蟲都是尺蠖蟲。

巢間	W-1	W-3	E-2	E-3	E-4
照片					
說明	雌泥壺蜂捉了 3 隻尺蠖蟲	雌泥壺蜂捉了 2 隻尺蠖蟲	雌泥壺蜂捉了 3 隻尺蠖蟲	雌泥壺蜂捉了 5 隻尺蠖蟲	雌泥壺蜂捉了 4 隻尺蠖蟲

尺蠖蟲	圖片	說明
綠色		雌泥壺蜂會在每個巢間捉 3-4 隻蟲，我們觀察到的綠色的蟲一共有三種，第一種的外觀是深綠色，體型粗粗長長的，第二種外觀是亮綠色，體型是細長的，第三種外觀是綠色，體型是粗粗長長的。 我們觀察到，泥壺蜂捉的蟲幾乎每一隻都比自己長。
咖啡色		

(四)封口前檢查

雌泥壺蜂在壺口封口前會出現兩種檢查方式，但是這 2 次檢查牠都不帶泥球。第一種檢查會將頭探壺口內，根據文獻應該是檢查巢間內的蟲是不是要再注射麻醉，第二種檢查沒有將頭探進去，牠只會在壺口外觀察內部和外部蜂巢的狀況。

檢查	探頭檢查	檢查
		
說明	泥壺蜂會到未封口的壺口上，並將頭探進壺口內檢查內部的狀況。	泥壺蜂會到未封口的壺口上，檢查未封口的壺口和蜂巢的狀況。

(五)封口

根據我們觀察雌泥壺蜂封口只會使用一顆泥球，封口時間約 1 分鐘。

圖片	說明
 	泥壺蜂會到未封口的壺口上用一顆泥球封口，封口後的巢有時也會再進行補強。

(六)補強和裝飾

雌泥壺蜂會在整個蜂巢完成後才會進行裝飾，但是並不是每一個蜂巢的泥壺蜂都會攜帶和環境相似顏色的泥球裝飾蜂巢外觀。

雌泥壺蜂也會在整個蜂巢完成後，開始檢查，隨時攜帶泥球進行整個泥巢外觀的補強

補強和裝飾	補強	裝飾
圖 片		
說 明	泥壺蜂會到已封口的巢上進行巢外觀和壺口的補強。	泥壺蜂會到整個完成的巢上使用和環境相似顏色的泥土進行外觀的裝飾。

(七)封口後檢查

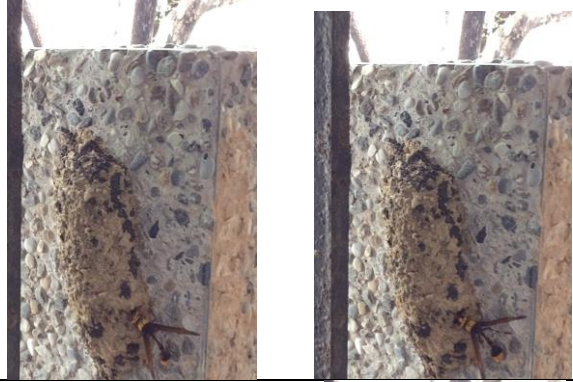
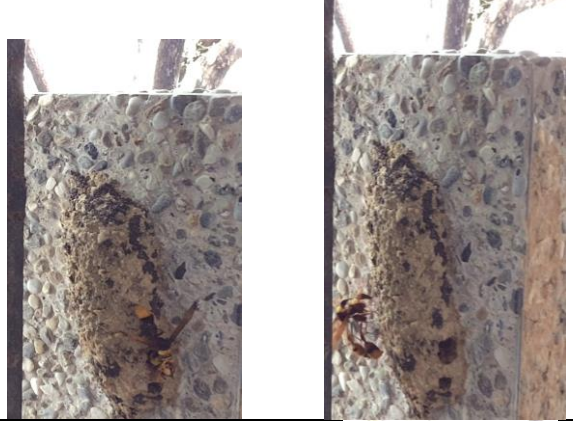
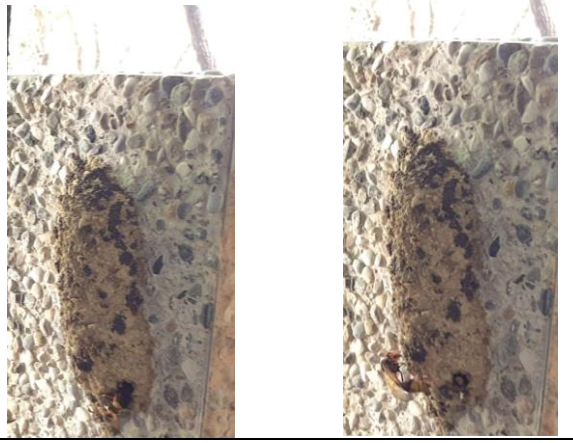
根據我們觀察，雄泥壺蜂會在泥巢外來回走動，確認有雌泥壺蜂即將出巢，再協助巢間的雌泥壺蜂挖洞。

檢查	檢查巢內有無雌蜂	出巢前檢查
圖 片		
說明	這隻泥壺蜂是雄的，牠會停在泥巢上，並四處爬行檢查泥巢，這時的雄泥壺蜂沒有攜帶泥球。	這隻泥壺蜂是雄的，泥巢的第三個巢間將有泥壺蜂會出巢，所以雄泥壺蜂在泥巢外來回檢查，準備挖洞，這時的雄泥壺蜂沒有攜帶泥球。

(八)出巢

1、泥壺蜂出巢過程

這次的研究我們一共觀察到 6 隻泥壺蜂出巢的過程，有 6 隻雌蜂和 1 隻雄蜂。在觀察中我們發現，每一隻雌泥壺蜂出巢時都會有一隻雄泥壺蜂在泥巢外協助雌蟲挖洞，等到雌蜂從泥巢間出來後，再帶著雌蜂一起飛走，但是，雄泥壺蜂出巢時就沒有此現象，而是雄泥壺蜂自己挖洞出來。

出巢	圖片		說明
挖洞			這隻泥壺蜂是雄蜂，雄蜂會先到蜂巢內有即將出巢雌蜂的巢間，並在蜂巢外部幫忙裡面的雌蜂挖洞。
雌蟲出巢			影片中在蜂巢外的泥壺蜂是雄蜂，雄蜂和巢間裡面的雌蜂將蜂巢挖開後，雄蜂會帶著雌蜂離開，這時雌蜂翅膀還沒有乾，是雄蜂夾帶著雌蜂飛行離開泥巢。
雄蟲出巢			影片中的泥壺蜂是雄蜂，我們觀察到出巢的雄蜂會自己在蜂巢巢間裡挖洞(外部不會有其他泥壺蜂幫忙)，雄蜂將蜂巢挖開後，會掙脫白色的膜後，在蜂巢外晾翅，等翅膀乾後再飛走。

2、出巢率

根據觀察，蜂巢外觀如果有出現洞口，表示巢間的泥壺蜂已成功出巢出洞，因此，我們統計出巢間中泥壺蜂的出巢率，並由未出巢成功的泥壺蜂外觀判斷雌雄，計算泥壺蜂的雌雄比例。

(1)有出洞

蜂巢(編號)		A	B	D	I	W	E	BB
巢間數(個)		7	6	5	6	4	8	10
出巢數(隻)		4	1	5	2	1	5	1
出巢率		57%	17%	100%	33%	25%	63%	10%
巢間未出巢的成蟲(隻)	雌	0	2	0	1	0	0	0
	雄	0	1	0	1	0	0	1

- ①在這次的研究我們一共觀察到有 7 個泥巢有泥壺蜂出巢的現象，其中 D 巢的出巢率是 100%，BB 巢和 B 的出巢率很低，分別是 10%和 17%。
- ②我們在拆解 BB 巢、B 巢和 I 巢時發現，這三個巢都有死掉的泥壺蜂成蟲，已可以分辨雌雄，但是卻沒有成功的挖洞出巢出巢間。
- ③我們也發現 F 巢、Y 巢、VV 巢和 XX 巢也都有沒有出巢成功挖出動的泥壺蜂成蟲，F 巢、Y 巢和 XX 巢各有 1 隻，VV 巢有 2 隻，其中 Y 巢的成蟲是活的，但是我們拆解蜂巢後，成蟲沒有存活下來。

(2)巢間裡的成蟲沒有成功出巢

在拆解蜂巢時發現，有 3 個蜂巢裡的巢間有泥壺蜂已是成蟲，可以分辨雌雄，但是卻沒有成功挖洞出巢，我們根據觀察推論，應該是巢間裡是雌蜂，牠沒有雄蜂協助挖洞，巢間裡如果是雄蜂，無法自行挖洞，成功出巢。

蜂巢	B	BB	F
圖片			
說明	B-5 和 B-6(B 的第 5 層和第 6 層)裡面各有一隻死掉的泥壺蜂，B 整個蜂巢只有 1 隻泥壺蜂出巢(B 整個巢有 6 層)。	BB-7(BB 的第 7 層)這個巢間沒有洞，裡面有一隻死掉的雄蜂，BB 整個蜂巢只有 1 隻泥壺蜂出巢(BB 整個巢有 10 層)。	F-1(F 的第 1 層)裡面有一隻死掉的雄蜂，F 整個蜂巢沒有泥壺蜂出巢(F 整個巢只有 2 層)。

(3)雌蜂數量和雄蜂數量的比率

這次的研究我們一共 17 隻可以分辨雌雄的成蟲，有 6 隻成蟲是經有拍攝的影片觀察到，有 11 隻是成蟲是在拆解泥巢時，在巢間發現的成蟲。這些成蟲有 9 隻雌泥壺蜂，有 8 隻是雄泥壺蜂，以我們觀察到的成蟲數量，雌蟲和雄蟲的數量差不多。

蜂巢(編號)	A	B	BB	D	F	Y	I	VV	XX	總數
雌(隻)	3	2	0	2	0	0	1	0	1	9
雄(隻)	0	1	1	1	1	1	1	2	0	8

討論:

- (一)泥壺蜂築巢時，雌蜂會銜泥球築巢、產卵、捉蟲、封口前檢查、封口、補強和裝飾泥巢、雄蜂檢查，最後巢間的成蟲會挖洞出巢八個過程。
- (二)泥壺蜂蜂巢內的成蟲，有出巢成功的成蟲和未出巢成功的成蟲，出巢成功的成蟲，雄蜂會自己出巢，雌蜂則需要雄蜂幫忙才能出巢；未出巢成功的成蟲，推測雄蜂可能是因為巢間空間、蜂巢厚度、自身問題等因素；推測雌蜂可能是因為沒有雄蜂幫助挖洞，因此沒有出巢。
- (三)根據調查統計，我們發現泥壺蜂成蟲雌蜂和雄蜂的數量差異不大。

結果三：泥壺蜂的蜂巢類型和蜂巢環境之間的關係

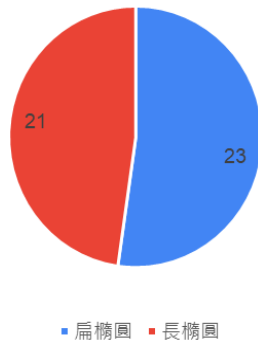
(一)蜂巢類型

經過校園調查共調查 47 個蜂巢，我們將蜂巢的形狀分類，並根據透過分析了解和雌泥壺蜂築巢的習性。我們也根據調查結果將蜂巢結構使用的材料顏色做統計，已了解雌泥壺蜂築巢使用的泥土顏色會不會和築巢位置的環境有關係。

1、依形狀分類

形狀	長橢圓(垂直的蜂巢)	扁橢圓(平行的蜂巢)
圖片		

蜂巢形狀數量圓形圖



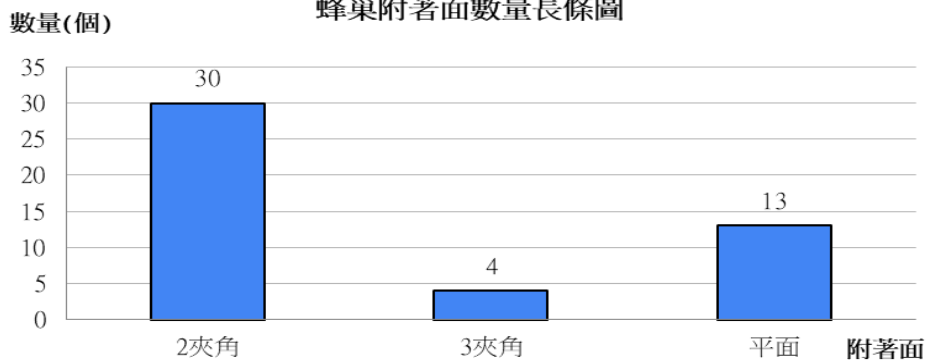
我們將蜂巢形狀分成兩類，分別是扁橢圓和長橢圓，44 個蜂巢裡兩種蜂巢形狀的數量差不多，扁橢圓的蜂巢只比長橢圓的蜂巢多 2 個。

2、依附著面的數量分類

我們根據 47 個蜂巢附著面的數量分成三種，分別為平面、二夾角和三夾角。

附著面數量	平面	二夾角	三夾角
圖片			

蜂巢附著面數量長條圖



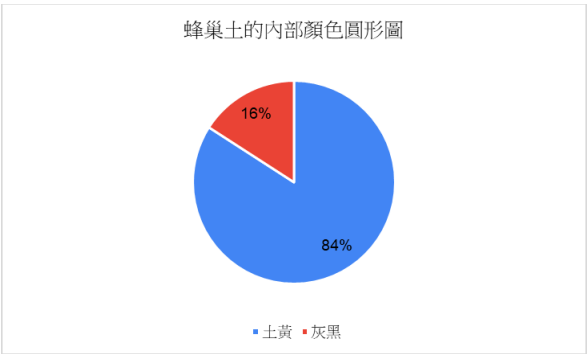
我們將附著面分成三類，其中蜂巢位置在 2 夾角數量最多，3 夾角的蜂巢數量最少。

3、依蜂巢泥土的顏色和有無掩護色分類

(1)巢泥土的顏色

我們發現泥壺蜂蜂巢內部土的顏色有土黃色和灰黑色兩種。

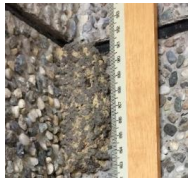
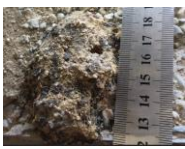
土的顏色	土黃	灰黑
圖片		



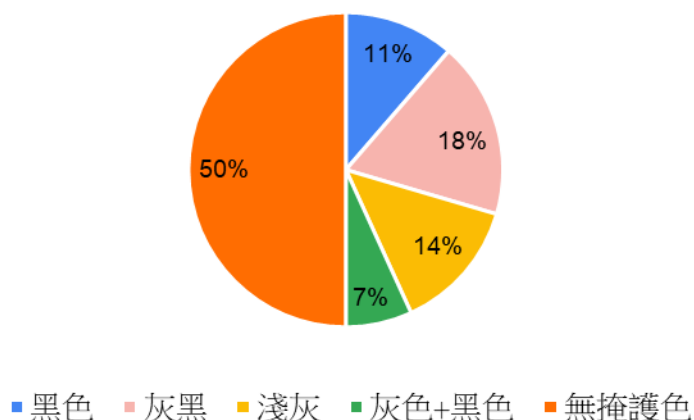
我們將蜂巢泥土內部顏色分為土黃和灰黑，其中蜂巢泥土內部顏色土黃數量較多，有 84%，泥土內部顏色灰黑的蜂巢數量較少，只有 16%。

(2)蜂巢有無掩護色

我們發現泥壺蜂蜂巢外部的顏色分成五種，有黑色、灰黑色、淺灰色、黑色+灰色和無掩護色。

掩護色	黑色	灰黑	淺灰	黑色+灰色	無掩護色
圖片					

蜂巢外部掩護色數量圓形圖



我們將蜂巢外部的掩護色分為黑色、灰黑、淺灰、灰色+黑色和無掩護色，其中無掩護色的蜂巢數量最多，有50%，灰色+黑色的蜂巢數量最少。

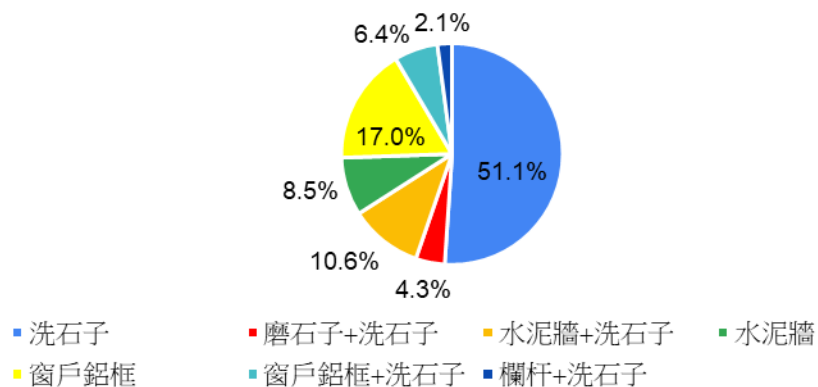
(二)蜂巢位置

1、牆面種類

經過調查我們發現泥壺蜂築巢的位置有七種，如下表:

牆面種類	洗石子	磨石子+洗石子	水泥牆+洗石子	水泥牆	窗戶鋁框	窗戶鋁框+洗石子	欄杆+洗石子
圖片							
蜂巢數	24	2	5	4	8	3	1
比例	53.2%	4.3%	10.6%	8.5%	17.0%	6.4%	2.1%

蜂巢附著牆面種類數量百分比圓形圖



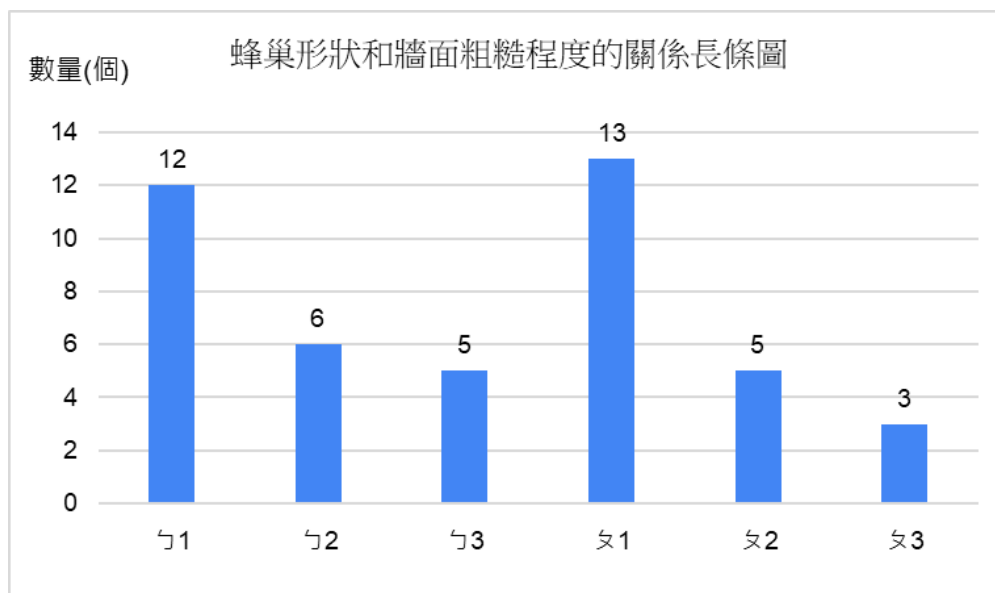
(1)我們將蜂巢附著的面分成7類，其中在洗石子牆面蜂巢最多，占了51.1%，其次是在窗戶鋁框牆面的，蜂巢在欄杆+洗石子牆面地最少。

(2)蜂巢單獨附著的牆面有3種，共占76.6%；蜂巢築在兩種不同牆面的有4種，共占23.4%。其中洗石子牆的蜂巢數最多，欄杆+洗石子牆面的蜂巢數最少。

(3)蜂巢附著的面有包含洗石子的牆面共占 74.5%。

2、牆面粗糙程度和蜂巢類型的關係

(1)蜂巢形狀和牆面粗糙程度的關係

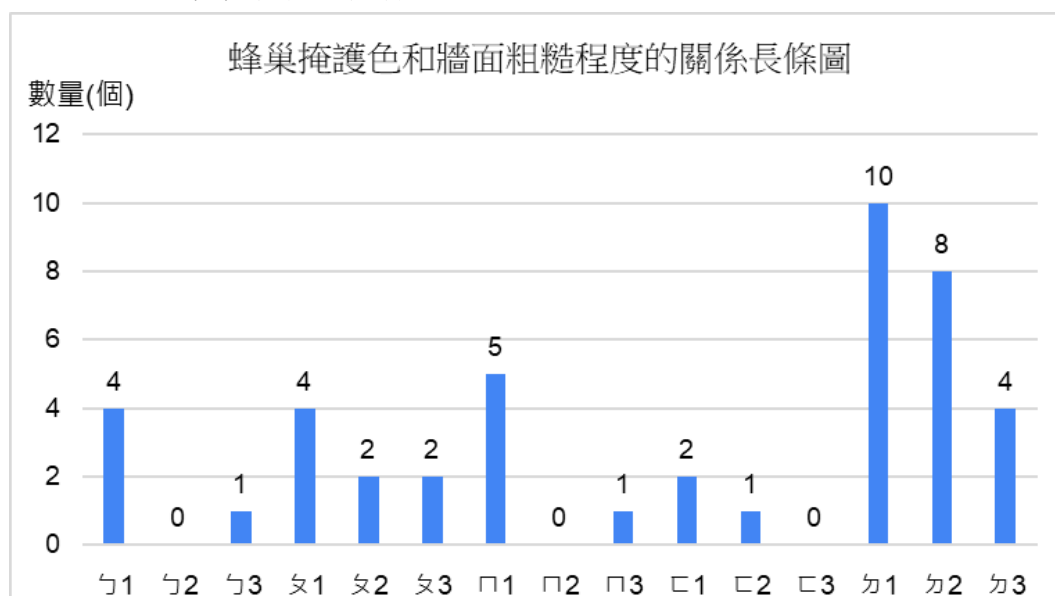


註：

ㄣ1 表示形狀扁橢圓且在粗糙牆面的蜂巢	ㄣ1 表示形狀長橢圓且在粗糙牆面的蜂巢
ㄣ2 表示形狀扁橢圓且在光滑牆面的蜂巢	ㄣ2 表示形狀長橢圓且在光滑牆面的蜂巢
ㄣ3 表示形狀扁橢圓且在粗糙+光滑牆面的蜂巢	ㄣ3 表示形狀扁橢圓且在粗糙+光滑牆面的蜂巢

- ①在牆面粗糙的環境，扁橢圓和長橢圓蜂巢形狀的數量差異不大。
- ②在牆面光滑的環境，扁橢圓和長橢圓蜂巢形狀的數量差異不大。
- ③在牆面粗糙+光滑的環境，扁橢圓和長橢圓蜂巢形狀的數量差異不大。
- ④不管是扁橢圓或長橢圓蜂巢，在牆面粗糙的蜂巢最多。

(2)蜂巢掩護色和牆面粗糙程度的關係

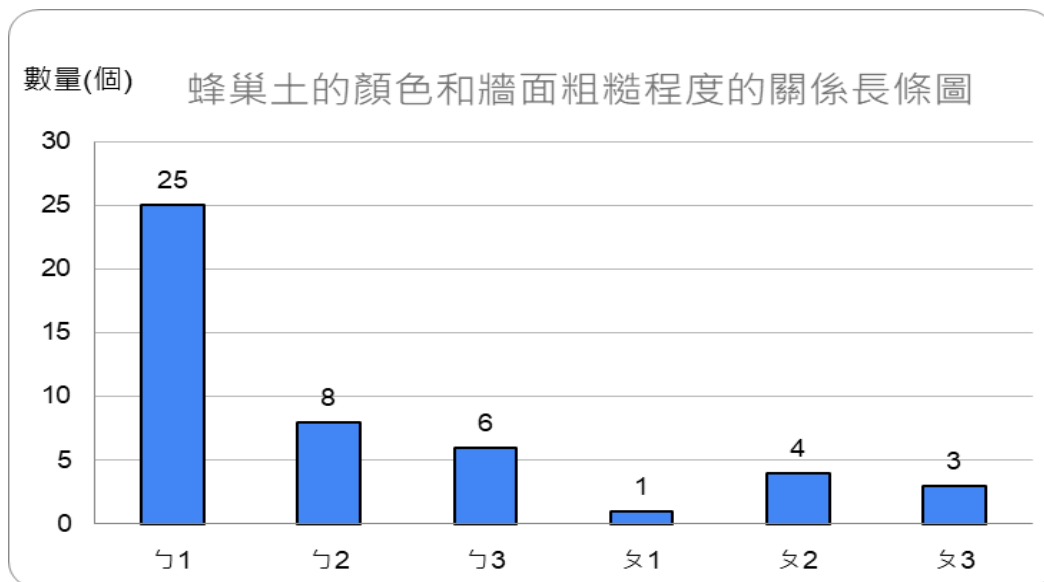


註:

ㄣ 1 表示掩護色為黑色且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示掩護色為黑色且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示掩護色為黑色且在粗糙+光滑牆面的蜂巢	ㄣ 1 表示掩護色為灰黑且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示掩護色為灰黑且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示掩護色為灰黑且在粗糙+光滑牆面的蜂巢
ㄣ 1 表示掩護色為淺灰且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示掩護色為淺灰且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示掩護色為淺灰且在粗糙+光滑牆面的蜂巢	ㄣ 1 表示掩護色為灰色+黑色且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示掩護色為灰色+黑色且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示掩護色為灰色+黑色且在粗糙+光滑牆面的蜂巢
ㄣ 1 表示無掩護色且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示無掩護色且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示無掩護色且在粗糙+光滑牆面的蜂巢	

- ①在牆面粗糙的環境，黑色、灰黑和淺灰的蜂巢數量是 4~5 個，灰色+黑色蜂巢數量是 2 個，無掩護色的蜂巢數量是 10 個。
- ②在牆面光滑的環境，黑色和淺灰的蜂巢數量是 0 個，灰色+黑色蜂巢數量是 1 個，灰黑的蜂巢數量是 2 個，無掩護色的蜂巢數量是 8 個。
- ③在牆面粗糙+光滑的環境，黑色和淺灰的蜂巢數量是 1 個，灰黑的蜂巢數量是 2 個，灰色+黑色的蜂巢數量是 0 個，無掩護色的蜂巢數量是 4 個。
- ④不管是哪種粗糙程度的牆面，無掩護色的蜂巢數量都是最多的。

(3)蜂巢土的顏色和牆面粗糙程度的關係



註:

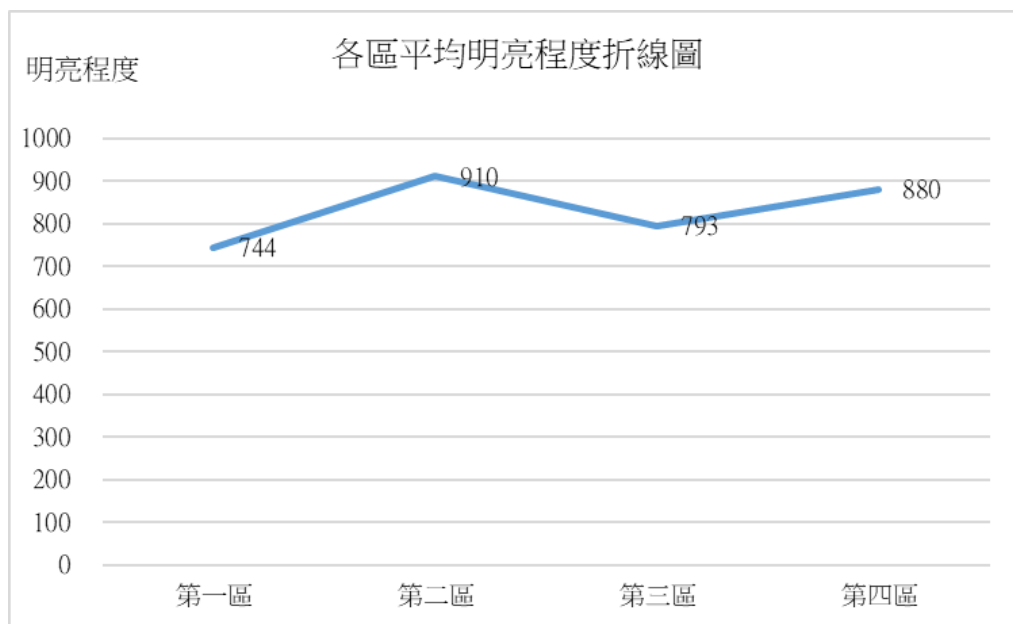
ㄣ 1 表示蜂巢土為土黃色且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示蜂巢土為土黃色且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示蜂巢土為土黃色且在粗糙+光滑牆面的蜂巢	ㄣ 1 表示蜂巢土為灰黑且在粗糙牆面的蜂巢 ㄣ 2 表示蜂巢土為灰黑且在光滑牆面的蜂巢 ㄣ 3 表示蜂巢土為灰黑且在粗糙+光滑牆面的蜂巢
---	--

- ①在牆面粗糙的環境，蜂巢土的顏色以土黃色最多。
- ②在牆面光滑的環境，蜂巢土的顏色以土黃色最多。
- ③在牆面粗糙+光滑的環境，蜂巢土的顏色以土黃色最多。
- ④在不同牆面的粗糙程度下，土黃色的蜂巢都是最多的。

3.環境明亮程度和蜂巢類型的關係

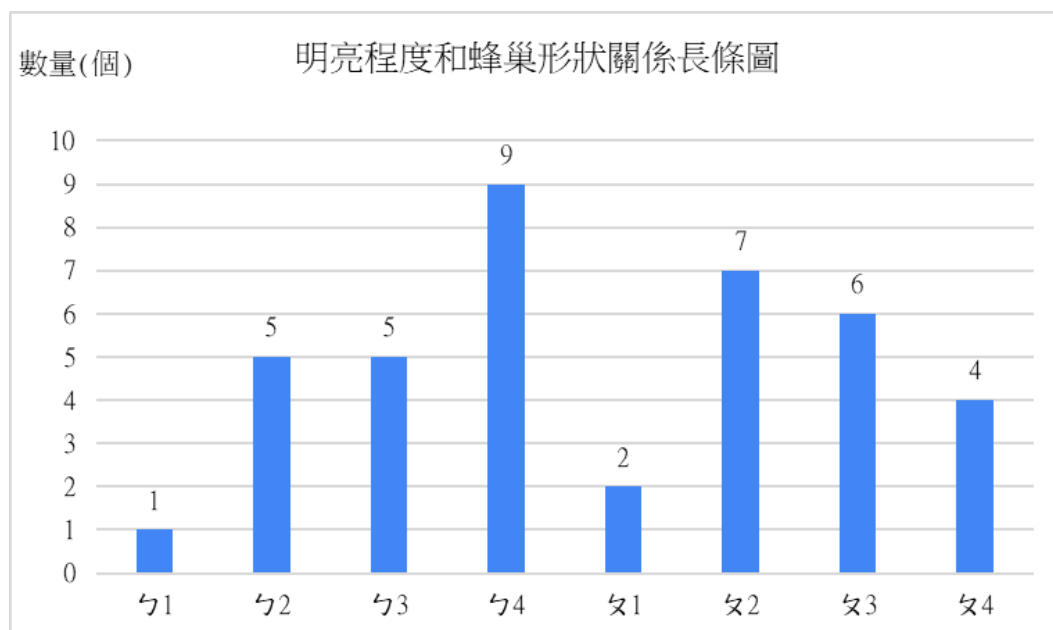
我們發現的 47 個蜂巢都有遮蔽物，且遮蔽物的大小會影響明亮程度，因此我們將四個區域 47 個蜂巢的明亮程度分成四個亮度區間分析蜂巢類型的關係，亮度區間為：亮度 0-700，亮度 701-800，亮度 801-900 和亮度 901-1000。

(1)各區平均明亮程度



我們將各區域的蜂巢明亮程度算出平均，再和其他區域蜂巢明亮程度的平均做比較，比較後發現第二區蜂巢平均明亮程度最亮，第一區蜂巢平均明亮程度最暗。

(2)明亮程度和蜂巢形狀關係



註:

ㄅ 1 表示形狀扁橢圓且環境亮度 0~700 的蜂巢
 ㄅ 2 表示形狀扁橢圓且環境亮度 701~800 的蜂巢
 ㄅ 3 表示形狀扁橢圓且環境亮度 801~900 的蜂巢
 ㄅ 4 表示形狀扁橢圓且環境亮度 900~1000 的蜂巢

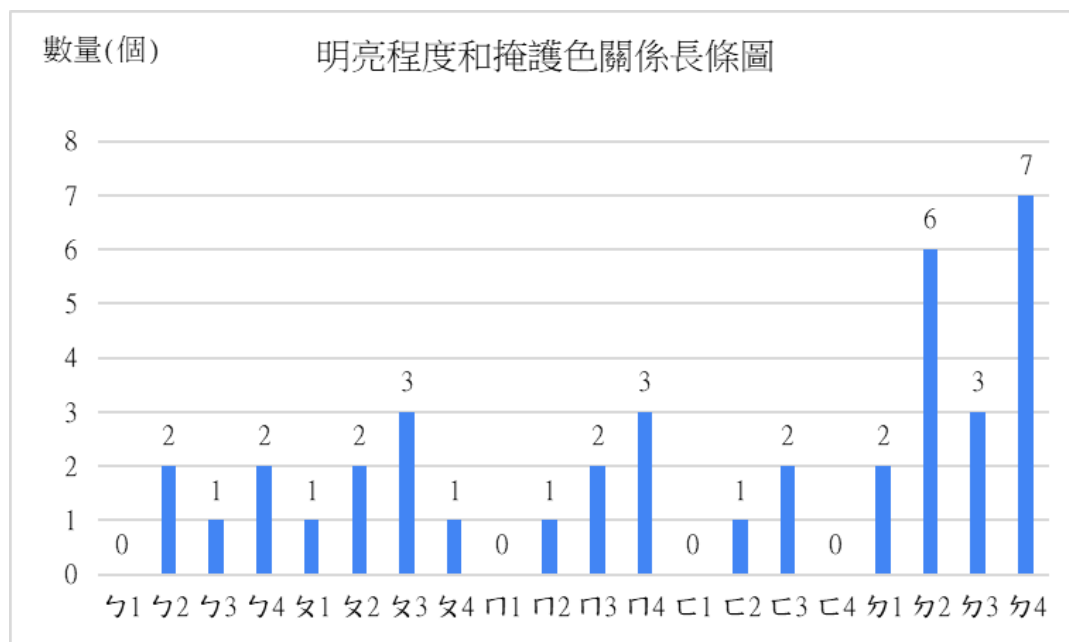
ㄆ 1 表示形狀長橢圓且環境亮度 0~700 的蜂巢
 ㄆ 2 表示形狀長橢圓且環境亮度 701~800 的蜂巢
 ㄆ 3 表示形狀長橢圓且環境亮度 801~900 的蜂巢
 ㄆ 4 表示形狀長橢圓且環境亮度 900~1000 的蜂巢

①在環境明亮程度 0~700 間、在明亮程度 701~800 間和在明亮程度 801~900 間，扁橢圓和長橢圓的蜂巢數量差異不大。

②在環境明亮程度 901~1000 間，扁橢圓和長橢圓的蜂巢數量相差 5 個。

③隨著環境明亮程度增加，扁橢圓和長橢圓的蜂巢數量都會增加。

(3)明亮程度和掩護色關係



註:

ㄅ 1 表示掩護色為黑色且環境亮度 0~700 的蜂巢 ㄅ 2 表示掩護色為黑色且環境亮度 701~800 的蜂巢 ㄅ 3 表示掩護色為黑色且環境亮度 801~900 的蜂巢 ㄅ 4 表示掩護色為黑色且環境亮度 901~1000 的蜂巢	ㄆ 1 表示掩護色為灰黑且環境亮度 0~700 的蜂巢 ㄆ 2 表示掩護色為灰黑且環境亮度 701~800 的蜂巢 ㄆ 3 表示掩護色為灰黑且環境亮度 801~900 的蜂巢 ㄆ 4 表示掩護色為灰黑且環境亮度 901~1000 的蜂巢
ㄇ 1 表示掩護色為淺灰且環境亮度 0~700 的蜂巢 ㄇ 2 表示掩護色為淺灰且環境亮度 701~800 的蜂巢 ㄇ 3 表示掩護色為淺灰且環境亮度 801~900 的蜂巢 ㄇ 4 表示掩護色為淺灰且環境亮度 901~1000 的蜂巢	ㄏ 1 表示掩護色為灰色+黑色且環境亮度 0~700 的蜂巢 ㄏ 2 表示掩護色為灰色+黑色且環境亮度 701~800 的蜂巢 ㄏ 3 表示掩護色為灰色+黑色且環境亮度 801~900 的蜂巢 ㄏ 4 表示掩護色為灰色+黑色且環境亮度 901~1000 的蜂巢
ㄏ 1 表示無掩護色且環境亮度 0~700 的蜂巢 ㄏ 2 表示無掩護色且環境亮度 701~800 的蜂巢	ㄏ 3 表示無掩護色且環境亮度 801~900 的蜂巢 ㄏ 4 表示無掩護色且環境亮度 901~1000 的蜂巢

①在環境明亮程度 0~700 間，灰黑色的蜂巢 1 個，無掩護色的蜂巢 2 個，其它掩護色的蜂巢都沒有。

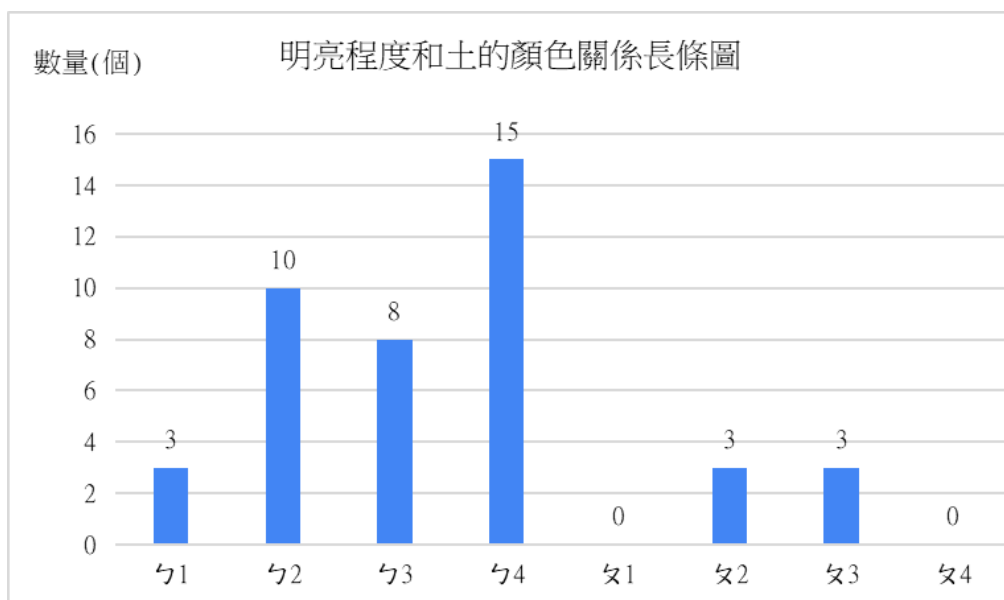
②在環境明亮程度 701~800 間，黑色、灰黑、淺灰和灰色+黑色的蜂巢數量都是 1~2 個，無掩護色的蜂巢有 6 個。

③在環境明亮程度 801~900 間，灰黑和淺灰的蜂巢數量都有 2 個，灰色+黑色和無掩護色的蜂巢數量都有 3 個，黑色的蜂巢數量只有 1 個。

④在環境明亮程度 901~1000 間，黑色、灰黑、淺灰的蜂巢數量都是 1~3 個，灰色+黑色蜂巢數量是 0 個，無掩護色的蜂巢有 7 個。

⑤隨著環境明亮程度增加，黑色蜂巢數量雖然會增加，但數量差異不大；灰黑色的蜂巢數量會增加，但到明亮程度最高時，數量會下降；灰色+黑色的蜂巢數量會增加，但到明亮程度最高時，數量會下降；淺灰色蜂巢和無掩護色蜂巢數量都會增加。

(4)明亮程度和土的顏色關係



註:

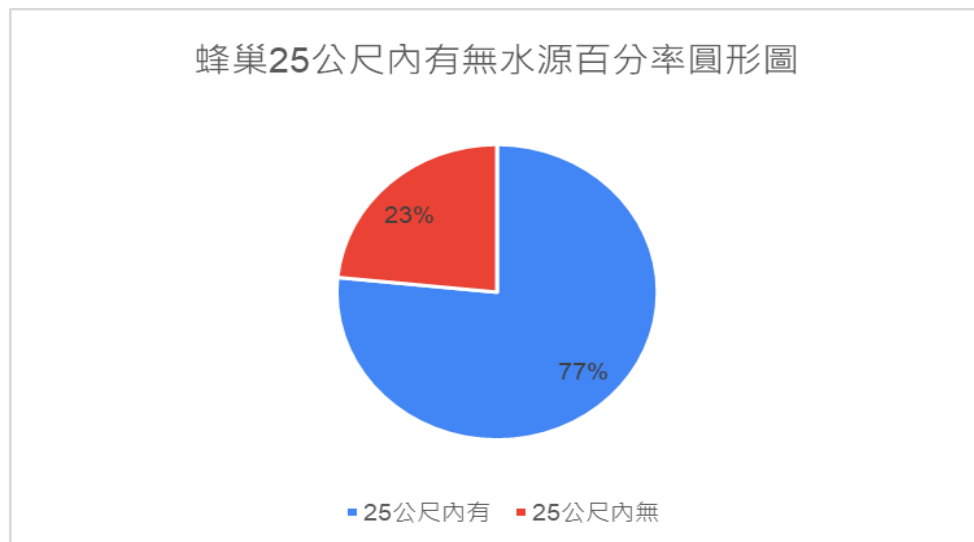
ㄣ 1 表示蜂巢土為土黃色且環境亮度 0-700 的蜂巢
 ㄣ 2 表示蜂巢土為土黃色且環境亮度 701-800 的蜂巢
 ㄣ 3 表示蜂巢土為土黃色且環境亮度 801-900 的蜂巢
 ㄣ 4 表示蜂巢土為土黃色且環境亮度 901-1000 的蜂巢

ㄣ 1 表示蜂巢土為灰黑且環境亮度 0-700 的蜂巢
 ㄣ 2 表示蜂巢土為灰黑且環境亮度 701-800 的蜂巢
 ㄣ 3 表示蜂巢土為灰黑且環境亮度 801-900 的蜂巢
 ㄣ 4 表示蜂巢土為灰黑且環境亮度 901-1000 的蜂巢

- ①在明亮程度 0~700 間，土黃色的蜂巢數量有 3 個，灰黑的蜂巢有 0 個
- ②在明亮程度 701~800 間，土黃色的蜂巢數量有 10 個，灰黑的蜂巢有 3 個
- ③在明亮程度 801~900 間，土黃色的蜂巢數量有 8 個，灰黑的蜂巢有 3 個
- ④在明亮程度 901~1000 間，土黃色的蜂巢數量有 15 個，灰黑的蜂巢有 0 個
- ⑤隨著明亮程度增加，土黃色和灰黑色的蜂巢數量都會增加，但是土黃色的蜂巢數量最多。

4.蜂巢位置環境有無水源和泥土數量統計

我們發現 47 個蜂巢在 25 公尺範圍內都有泥壺蜂製作泥球的泥土材料，其中的 77%的蜂巢在 25 公尺的範圍內也有泥壺蜂製作泥球的泥土材料-水源。



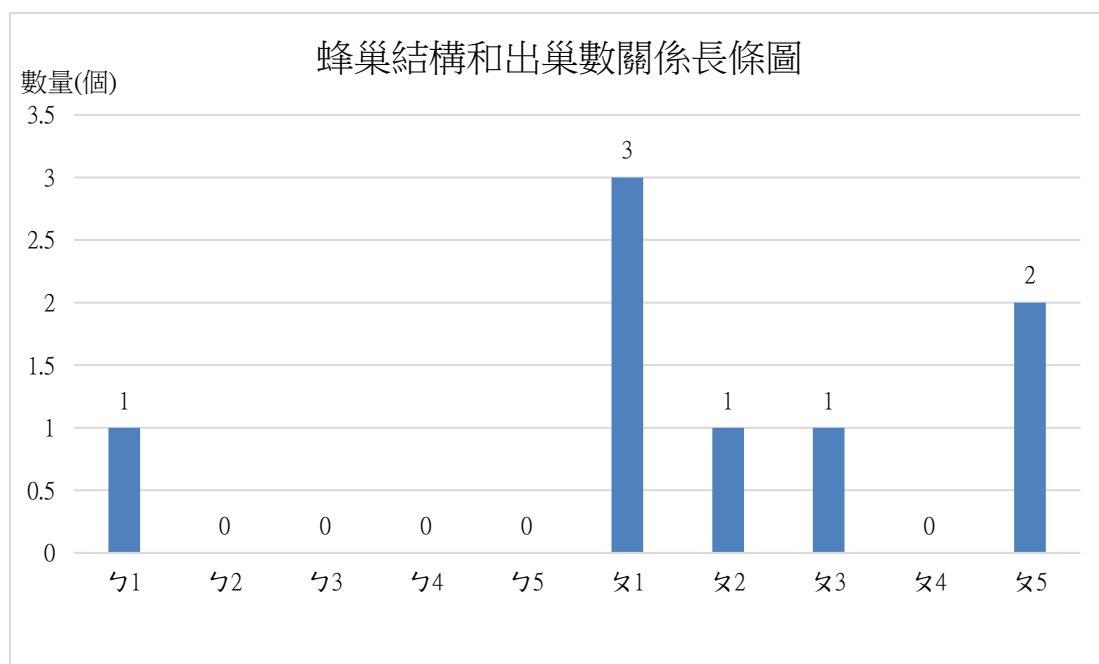
討論：

- (一)泥壺蜂築巢方式，在形狀方面長橢圓和扁橢圓的數量差不多；築巢在牆面 2 夾角的蜂巢最多；不管是哪一種牆面，泥壺蜂築巢都以土黃色泥土為主，雌蜂築巢多以洗石子牆面為主，且無掩護色。
- (二)隨著環境明亮程度增加，土黃色和灰黑色的蜂巢數量都會增加，但是土黃色的蜂巢數量最多；明亮程度達到最高時，蜂巢外觀掩護色是淺灰色蜂巢和無掩護色蜂巢數量也會增加，但外觀掩護色是黑色、灰黑和灰色+黑色的數量會減少。
- (三)我們發現泥壺蜂築巢的位置都會選擇附近有泥土和水源的環境。

結果四：泥壺蜂出巢數和蜂巢結構與材料之間的關係

(一)出巢數和蜂巢結構的關係

我們統計出了有出巢的 8 個蜂巢做結構比較，扁橢圓蜂巢有 1 個，長橢圓蜂巢有 7 個。



註：

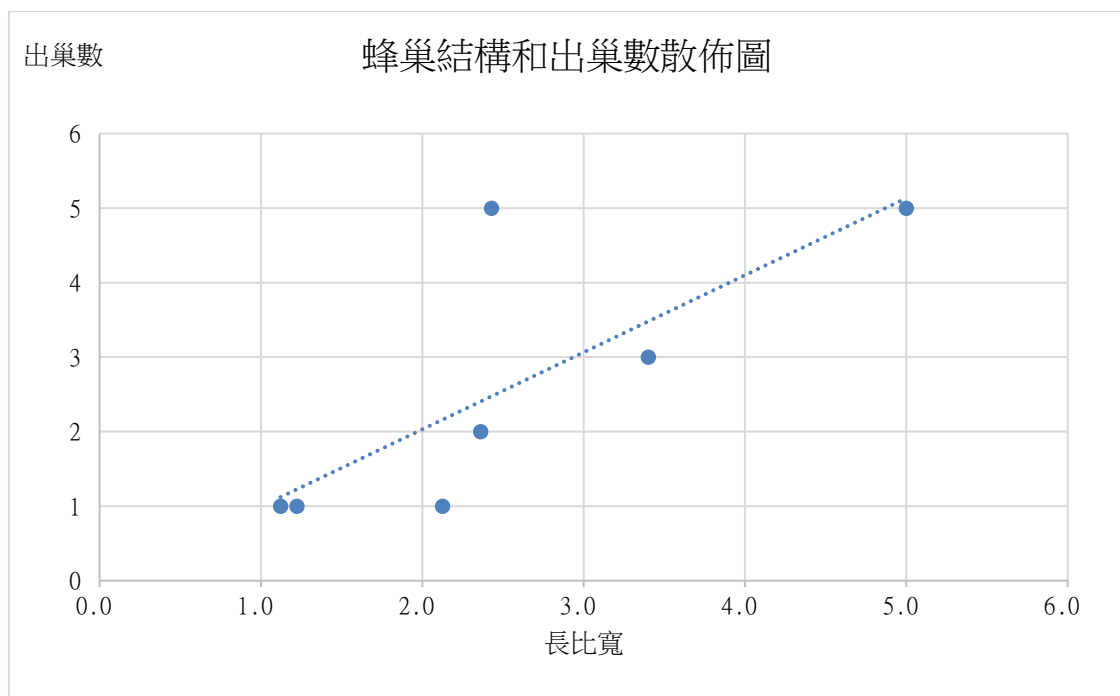
ㄣ 1 表示蜂巢結構扁橢圓有 1 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 2 表示蜂巢結構扁橢圓有 2 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 3 表示蜂巢結構扁橢圓有 3 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 4 表示蜂巢結構扁橢圓有 4 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 5 表示蜂巢結構扁橢圓有 5 隻泥壺蜂出巢	ㄣ 1 表示蜂巢結構長橢圓有 1 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 2 表示蜂巢結構長橢圓有 2 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 3 表示蜂巢結構長橢圓有 3 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 4 表示蜂巢結構長橢圓有 4 隻泥壺蜂出巢 ㄣ 5 表示蜂巢結構長橢圓有 5 隻泥壺蜂出巢
---	---

- 1、扁橢圓蜂巢的總巢間數 4 個，只有 1 隻出巢，出巢率 25%；長橢圓蜂巢的總巢間數 44 個，有 18 隻出巢，出巢率 41%。
- 2、在相同的環境下(在第一區、平面、洗石子牆面)，扁橢圓蜂巢的總巢間數 4 個，只有 1 隻出巢，出巢率 25%；長橢圓蜂巢的總巢間數 20 個，有 13 隻出巢，出巢率 65%。
- 3、長橢圓的蜂巢結構出巢率比扁橢圓的蜂巢結構高。

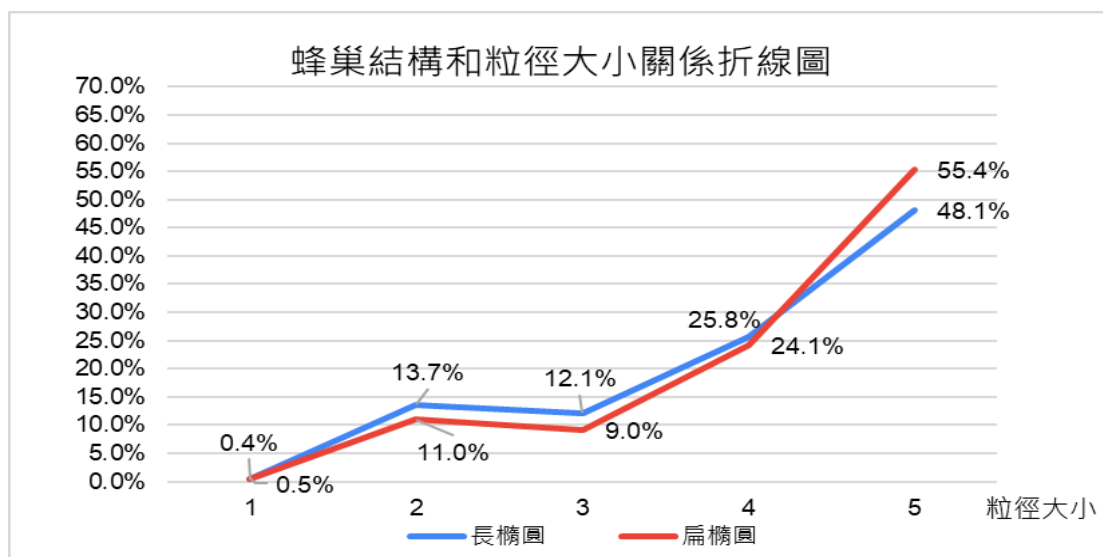
(二)出巢數和蜂巢結構--長比寬的關係

出巢數和蜂巢結構--長比寬的相關係數=0.764，為正相關，屬於高度相關；蜂巢結構的厚度和出巢數相關係數=-0.062，兩者沒有相關性。

出巢數和蜂巢結構--長比寬的散佈圖如下:

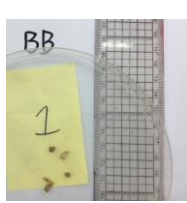
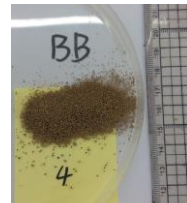


(三)蜂巢結構材料分析

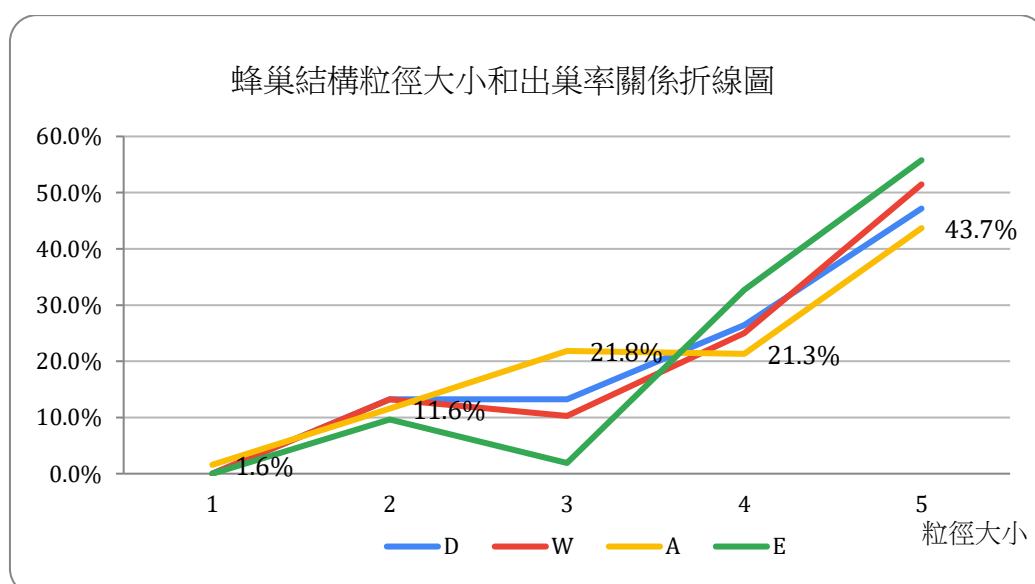


註:長橢圓蜂巢 n=12 扁橢圓蜂巢 n=5

- 1、長橢圓使用第 2、3、4 個粒徑的比例比扁橢圓用的多。
- 2、不管是哪種蜂巢結構，都需要用到粒徑 1。
- 3、扁橢圓使用粒徑 5 的比例比長橢圓多。
- 4、長橢圓屬於垂直的蜂巢，扁橢圓屬於平行的蜂巢，所以長橢圓使用較大粒徑的材料會比扁橢圓多。

粒徑	粒徑 1	粒徑 2	粒徑 3	粒徑 4	粒徑 5
BB 巢					

(四)蜂巢結構粒徑大小的出巢率



- 1、蜂巢 A 是一個 2 層的蜂巢，第 1 層有 7 個巢間，第 2 層有 6 個巢間，蜂巢 A 使用的粒徑 1、2、3 都高於其他蜂巢，所以蜂巢 A 的硬度高，但是出巢率只有 43%。
- 2、蜂巢 A 和 E 都是長橢圓、平面的，但使用的材料差異很大，蜂巢 A 使用的粒徑 1、2、3 都高於其他蜂巢，蜂巢 E 使用的粒徑 1、2、3 都低於其他蜂巢，出巢率也差很多，蜂巢 A 出巢率是 43%，蜂巢 E 出巢率是 63%。
- 3、蜂巢 D 是長橢圓，蜂巢 W 是扁橢圓，兩個蜂巢使用的材料差異不大，但蜂巢 D 的出巢率是 100%，蜂巢 W 的出巢率是 25%。
- 4、由此可知，長橢圓和扁橢圓的蜂巢所使用的材料各有差異，但使用的材料不會影響出巢率。

蜂巢 A			
圖片			
說明	蜂巢 A 是一個 2 層的蜂巢，這個蜂巢的厚度是全部調查的蜂巢最厚的，所以在拆解蜂巢的過程中，A 蜂巢硬度高，很難拆解。		

討論:

- (一)長橢圓的蜂巢結構出巢率比扁橢圓的蜂巢結構高，且蜂巢結構的長寬比和出巢數相關性高，但是出巢數和蜂巢結構的厚度沒有相關性。
- (二)長橢圓屬於垂直的蜂巢，扁橢圓屬於平行的蜂巢，長橢圓使用較大粒徑的材料會比扁橢圓多。
- (三)長橢圓和扁橢圓的蜂巢所使用的材料各有差異，但使用的材料不會影響出巢率。

柒、結論

一、校園中黃胸泥壺蜂的築巢位置和分布結論

- (一)泥壺蜂築巢位置的選擇條件為緊鄰覓食和孕育後代的環境，雌蟲的築巢方向並沒有特定的方位。
- (二)泥壺蜂蜂巢都位於有遮蔽物的建築物，以免泥巢受到雨水侵蝕崩解。

二、黃胸泥壺蜂行為觀察結論

- (一)泥壺蜂從選擇築巢環境位置到蜂巢內的泥壺蜂成蟲出巢會有九個過程。
- (二)未出巢成功的雄蜂和雌蜂未出巢的原因不同，雄蜂沒有出巢會影響雌蜂有沒有羽化，雌蜂沒有出巢會影響繁衍下一代，沒有下一代，泥壺蜂族群數量就會逐漸減少。
- (三)統計後發現本調查區泥壺蜂雌蜂和雄蜂，雌雄比是 1.125。

三、黃胸泥壺蜂的蜂巢類型和蜂巢環境之間的關係結論

- (一)泥壺蜂築巢的形狀分成兩種，這兩種形狀的蜂巢數量在不同環境下差異不大。
- (二)大部分的泥壺蜂會把蜂巢築在 2 夾角的洗石子牆面，蜂巢顏色大多為土黃色，且無掩護色。
- (三)在相同明亮程度的環境下，環境的明亮程度不會影響雌泥壺蜂築巢外觀有沒有加上掩護色；在不同明亮程度的環境下，環境越亮，蜂巢的掩護色越淺，甚至完全沒有掩護色，反之，蜂巢外觀的掩護色不會受到明亮程度的影響。
- (四)泥壺蜂在築巢前會先找一個適合泥壺蜂幼蟲生長、築巢的環境。

四、黃胸泥壺蜂出巢率與蜂巢結構與材料之間的關係結論

粒徑大小和出巢率沒有直接的關係，但築巢材料粒徑和蜂巢結構有關係，而蜂巢結構會影響出巢率，蜂巢結構的長寬比和出巢數的關係是正相關，屬於高度相關，蜂巢結構的厚度不會影響到出巢數。

五、我們的發現和文獻比較

比較的項目	文獻資料	我們的發現
築巢位置	泥壺蜂築巢會築在轉角角落、屋簷、地板	泥壺蜂築巢會築在轉角角落、屋簷、地板，也會在單面牆築巢
蜂巢方位	泥巢大多分佈在一樓附近有花園的地方，通常面向南側	泥壺蜂的蜂巢不會朝向特定的方位
築巢、捉蟲時間	泥壺蜂築一個巢間約需 6 小時 13 分 32 秒，捉一隻蟲約需 57 分	築巢和捉蟲的時間取決於蜂巢位置附近有無築巢材料和獵物
泥壺蜂提取獵物方式	提取比自己長的獵物，會將獵物折彎 1/3	泥壺蜂捉比自己長的獵物時，會將獵物慢慢塞進巢內，不會有折半的行為
泥壺蜂修築巢間	泥壺蜂修築間不進蜂巢	泥壺蜂修築間不進蜂巢，但會探頭進巢

巢間數量	大部分 1 個巢間或由下而上堆築 2~3 個巢間	蜂巢由下而上堆築約 5~8 個巢間，但也發現平行的蜂巢，巢間數約 2~4 個
泥壺蜂雌雄數量	雌蜂捕捉獵物的多寡，會影響幼蟲發育為雌蜂或雄蜂	泥壺蜂會捉 3~5 隻蟲給泥壺蜂幼蟲吃，但不會影響幼蟲發育為雌蜂或雄蜂

六、推論

根據我們觀察，雌蜂出巢成功出巢間，會有雄蜂協助出巢後由雄蜂帶著雌蜂飛走，因此我們推論巢間沒有出巢成功的雌蜂，會因為沒有雄蜂而失敗，進而死在巢間。雄蜂沒有協助的原因可能是雄蜂遇到天敵死亡和雄蜂在覓食過程中誤食有農藥的植物死亡以至於數量減少。

七、研究指出

泥壺蜂捉蟲繁衍下一代，每個巢間平均會捉 3-5 隻蟲，那些蟲都是危害蔬菜成長的毛毛蟲，因此，我們建議可以利用生物防治法，養殖泥壺蜂或保護泥壺蜂的生存環境，讓雌蜂的孕育行為可以減少人類農藥的使用，減少農藥的使用也可以讓雌蜂或雄蜂在覓食時減少死亡，讓泥壺蜂族群延續，讓泥壺蜂種族繁衍和人類生活可以達到雙贏的目的。

捌、參考資料

- 一、許耀仁(2021)。泥壺蜂泥巢建築特性與繁殖成功之關係。東海大學生命科學系碩士論文
- 二、羅兆珩(2014)。「竹」巢高手-探討影響棕泥壺蜂築巢因子。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品說明書
- 三、林孟寬等(2019)。泥造城堡--探討黃胸泥壺蜂「銜泥建造巢室」的策略。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品說明書
- 四、吳采頤等(2018)。獨行俠的神秘生活--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國小組生物科作品說明書
- 五、黃芑迎(2017)。泥壺內的秘辛～赭腰圓領蜾蠃和黃胸錐腹蜾蠃生存策略探討。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品說明書
- 六、陳抒函(2017)。麻醉大師--壺蜂麻醉獵物的策略與幼蟲捕食間關係。中華民國第 57 屆中小學科學展覽會國中組生物科作品說明書