

TYE025

組長：陳語彤

桃園市立中山國民小學

小組組員：

蔡沂暉 同學

莊童煊 同學



極端氣候下仿生建築-會呼吸的房子之研究

指導老師

劉銘娟 老師

劉銘娟 老師

1. 第一章 1.1 研究背景
2. 第一章 1.2 研究目的和方法
3. 第一章 1.3 社區綠建築推廣
4. 第二章 2.1 排碳對兒童居住環境的影響
5. 第二章 2.2 現代建築對氣候的影響與問題
6. 第三章 3.1 白蟻蓋房子原理與技術
7. 第三章 3.2 仿生建築相關案例介紹(龍岡圖書館)
8. 第四章 4.1 白蟻築巢的模擬實驗
9. 第四章 4.2 碳足跡的調查(愛買大賣場)

10. 第四章 4.3 古蹟綠建築調查研究
11. 第四章 4.4 仿生綠建築的研究模型製作
12. 第五章 5.1 仿生綠建築的優勢
13. 第五章 5.2 研究結論
14. 第五章 5.3 展望未來研究方向

## 第一章 1.1 研究背景

### 第一章 緒論

#### 1.1 研究背景

根據科學家評估，全球暖化如果不踩煞車，在21世紀末，全球海平面將上升1-2.5公尺。[4]這個訊息代表著全球各地將會面對颱風、暴雨、久旱等天災。例如：多雨孟加拉將有1/4的土地會被黑水淹沒，許多兒童被迫無家可歸。非洲的肯亞，也面臨著另一種極端氣候的災害，乾旱；東非遭受40年來最嚴重的乾旱，連續四年降雨不足，加上溫度上升，使得動植物難以生存，進而引發嚴重的飢荒。肯亞北部就有超過200萬人長期處於飢餓狀態，其中營養不良的兒童就超過40萬人。**極端氣候會影響臺灣嗎？**雖然臺灣每年都會遭遇颱風等天災，但是淹水或缺水情形往往很快就結束，發生在國外的氣候災害，與臺灣有什麼關係呢？其實，在現代的全球社會環境下，各國之間往往有著密切關聯，沒有任何一個國家可以置身事外。2020~2021年，在中美洲也同樣遭遇嚴重的極端氣候的颶風侵害，超過700萬人被迫要搬離家園，這些人被稱為：「氣候難民」。臺灣全部或部分地區，位處發生頻率屬於高風險或極端高風險的衝擊，包括熱浪、氣溫失常、沿海洪水、颱風、登革熱、殺蟲劑造成的土壤與水汙染等。其中，**熱浪和氣溫異常的頻率尤其高**，就如中研院研究員許冕雄所指出，到了2060年，臺灣可能沒有冬天。[5]根據聯合國兒童基金會UNICEF的一份報告「氣候危機是兒童人權危機」指出，我們下一代每3個人就有1個人暴露在至少4種氣候與環境衝擊中，每7個人就有1個人住在至少會遇到五種重大衝擊的地方。整體而言，每人至少會遇到一種傷害，沒有人能倖免。在兒童氣候風險極端高危險國家中，有33個國家共只排放了全球9%的二氧化碳。而全球排放最多二氧化碳的10個國家，共占了世界9成的排放量，但卻只有印度的兒童氣候風險指數被評為極端高風險。臺灣的兒童也面臨著同樣問題，於是引發我們思考的問題是：**該如何降低排碳，我們可以做什麼呢？**

[4]資料來源：“有一天我們可能吃不到玉米、麵包”，閱讀理解，品學堂，2023年06月

[5]資料來源：“台灣在極端高危險地帶！聯合國：氣候風險是兒童人權危機”，國際觀點，黃敦晴，2021-08-23

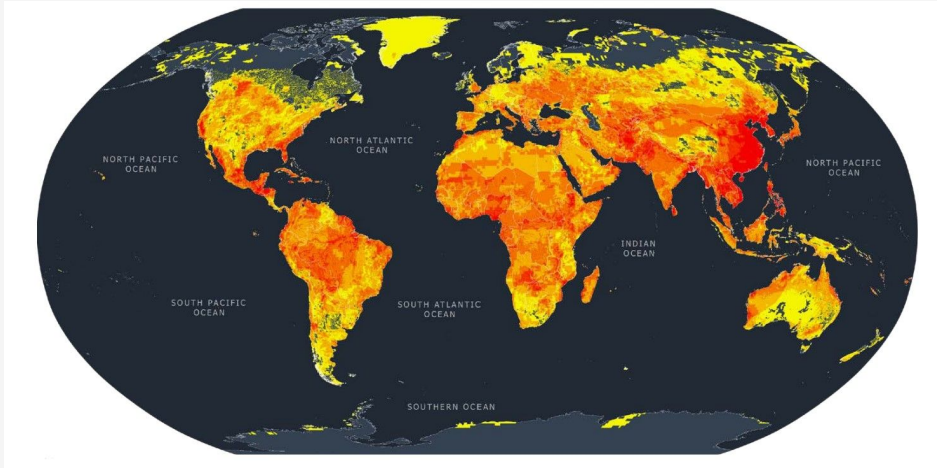


圖23: 資料來源：全球多重氣候危機衝擊分布圖，UNICEF「氣候危機是兒童人權危機報告」。



## 第一章 1.2 研究目的和方法

### 1.2 研究目的和方法

我們在專題研究中探討『仿生綠建築』，透過模仿自然生態系統的原理與綠建築的機制，以大幅降低建築物的排碳量並且提升兒童居住的權利。根據聯合國永續發展目標 SDGs 目標7是「確保所有的人都可取得負擔得起、可靠、永續及現代的能源」，這個目標的宗旨是要「**全人類都能在減少排碳量的努力下列到居住的安全性，以減少現代建築造成過度排碳的問題**」，也是我們這次專題研究想要研究的動機與目的。本文首先介紹了現代建築的排碳問題，然後進一步說明了仿生建築的基本概念和原理。接著，通過個案研究和實證分析，探討了白蟻蓋房子的想法運用在綠建築上的設計思考。最後，針對仿生綠建築的優勢和挑戰，提出了相應的政策建議和未來發展方向，以結合推廣校園的綠建築設計，讓每位學童都可以在綠色校園的環境下學習成長。

[6]研究方法中的訪談是一種正式的方法，為了回答研究問題而用的一種資料蒐集方法與技術，這次的專題研究中，我們採用了訪談法與模型製作，我們將進行問卷設計與模型製作，進一步歸納出可以實現我們的研究目的的結論。

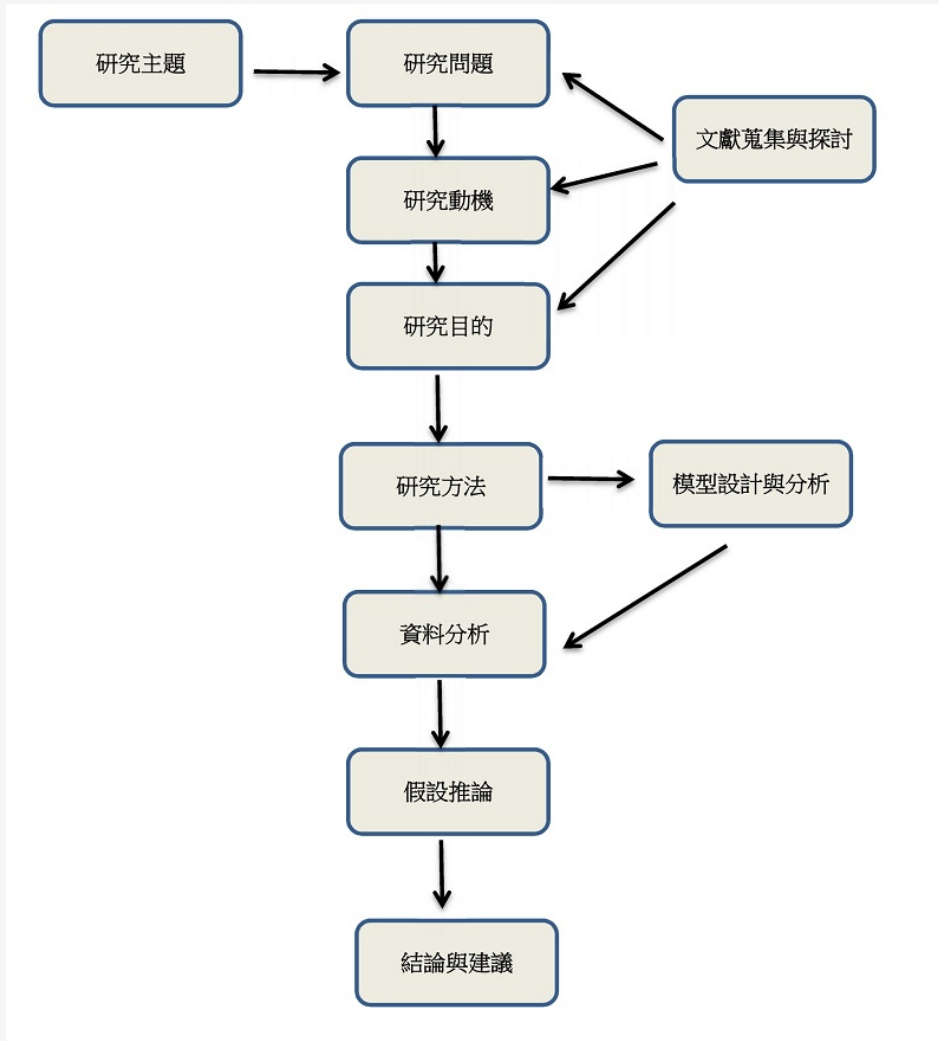


圖24:本小組製作(研究架構)



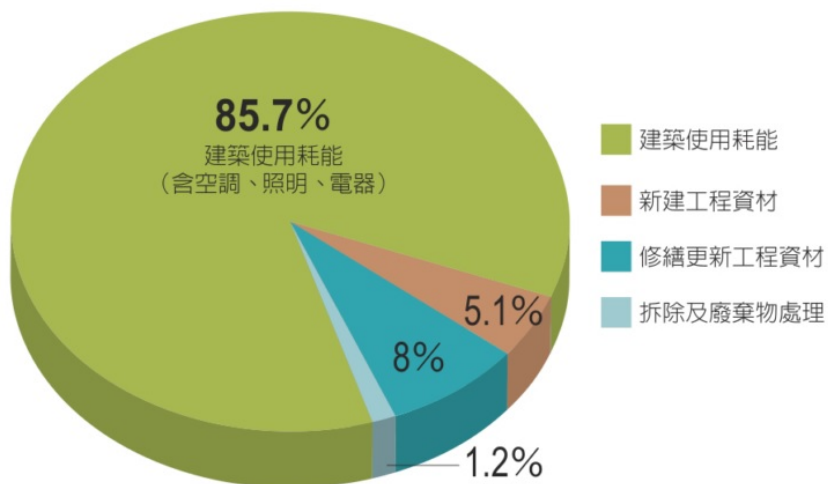


## 第一章 1.3 社區綠建築推廣

### 1.3 社區綠建築推廣

我們現在的社會一直在追求流行，所以工廠一直在生產，民眾就一直買，穿完一次就丟掉，很浪費，但是綠建築很環保，它的核心理念是在建築生命週期中節約能源、環境保護、減少汙染，所以我們應該要做綠建築。[14]一棟建築物平均約60年的生命週期，若檢視建材生產和運輸、營建施工、日常使用、修繕更新、拆除廢棄、回收利用等幾個階段中，在台灣不論何種建築物，都是以“使用階段的日常耗能”為最大碳足跡。

### 建築生命週期排碳占比



資料來源：《建築碳足跡——評估理論篇》，林憲德著，2014年

圖42:

其中空調、照明、電器，更是高居前三名碳排放元凶。如果能夠改善使用階段的碳足跡，那麼就能夠使這個綠建築的設計就能達到更好節能減碳的永續目標。綠建築的定義：綠建築是指消耗最少的能源和資源，製造最少的廢棄物，具有節能、生態、健康特性與減廢的建築物。通常具備採光好、通風佳、節能、減碳、綠化等，並且有達到環境永續目標的建築物。

例子：南投日月潭向山遊客中心

南投日月潭向山遊客中心是一個綠建築，以當地的景觀作為中心思想，不追雄偉設計，只求與大自然的和諧。

【專題小組】舉辦社區綠建築說明會\_綠建築推廣\_蔡沂暉(影片)



圖22:舉辦社區綠建築推廣的活動(12/27)

我的綠建築設計圖：屋頂設置太陽能板為整間屋子提供電力，並設置雨撲滿。透過管道連接到地底下的集水箱經過處理之後就可以使用了，也可以在屋頂種一些花草樹木為昆蟲提供更多的食物來源平衡生態，整間屋子都透過AI來管理，房屋裡面的水龍頭、蓮蓬頭都是採用省水裝置，特殊馬桶可以將我們的排洩物作為堆肥。

[14]資料來源：“建築碳足跡:評估理論篇”、“建築生命週期排碳比”，作者:林憲德,2014年·詹氏書局



圖20:舉辦社區綠建築推廣的活動(12/27)

## 第二章 氣候變遷造成的地球問題與挑戰

### 2.1 排碳對兒童居住環境的影響

全球約 80% 的兒童每年至少受到一次極端天氣事件的影響，[5]聯合國兒童基金會執行主任福爾（Henrietta Fore）說：「幾乎沒有孩子能倖免於氣候危機」。[7] 2023年2月，台灣通過氣候變遷因應法；4月，台灣第一起「氣候訴訟」等了兩年，終於在台北高等行政法院開庭。被告是經濟部，原告是綠色和平、環境法律人協會和四位氣候災民，他們控告經濟部對用電大戶管制消極，未盡責減碳、推廣再生能源。由此可知，**氣候變遷正影響著每一位台灣的兒童**，對於『用電大戶管制』需要更多人投入研究，思考更有利於『兒童居住』的建築環境。



【專題小組】舉辦社區綠建築說明會\_兒童人權\_莊童煊(影片)

什麼是兒童人權？

就是指未滿18歲的兒童都應享有與生俱來的權利，我們不可以因此隨意侵犯他人，兒童的生存及發展權，我們都有表達自己意見的權利。

- 發展權:不管是男是女，都有權利選擇自己喜歡的興趣、未來的工作及被教育的資格；
- 生存權:每個兒童都應該享有應有的食物、乾淨的水、良好的空氣品質與舒適的居住空間等；
- 受保護權:有些兒童被家暴，他們的心靈就必須受到保護。

氣候變遷與兒童人權的關係:氣候變遷會造成極端氣候，有些兒童居住在水源較匱乏的地區，容易發生乾旱，危害到他們的生命安全。

※莊童煊感想:這是我第一次參加專題研究，我跟著兩位學姊學習到了很多，讓我體會到學習原來也能那麼快樂。

[5]資料來源:"台灣在極端高危地帶！聯合國：氣候風險是兒童人權危機"，國際觀點,黃敦晴,2021-08-23

[7]資料來源:"解讀首樁氣候訴訟：公民告經濟部消極管制用電大戶，終於開庭；不打訴訟，得不到氣候正義？",氣候追蹤,記者 / 周好靜,願景工程,2023-04-18

專案日期	專案工作	專案進度說明	日期	計畫	資源	負責人
8/25	搜集學生參與結果	完成報名表格	8/25	已報名完成	無	莊童煊
8/27	研究動機	完成研究動機	8/27	討論研究動機	SDG 6, SDG 7	莊童煊, 莊童煊
8/28	邀請組長	由陳麗珍同學擔任	8/28	由老師決定一人並詢問大家	無	莊童煊
8/29	對主題做初步了解	初步了解	8/29	初步了解	網路、書籍	莊童煊
8/30	研究主題	主題: 如何減少用電	8/30	初步了解	網路、書籍	莊童煊, 莊童煊
8/31	專案規劃	初步規劃	8/31	初步規劃	無	莊童煊, 莊童煊
9/1	了解用電的種類	初步了解	9/1	初步了解	網路、書籍	莊童煊, 莊童煊
9/2	初步了解用電的種類	初步了解	9/2	初步了解	網路、書籍	莊童煊, 莊童煊

圖4: 整理參考文獻並且記錄專案工作日誌



## 第二章 2.2 現代建築對氣候的影響與問題

## 2.2現代建築對氣候的影響與問題

過去的建築物大多使用木頭、石塊、泥磚等自然材料為建材,對於環境並無多大傷害,但是現代建築卻是高污染、高耗能的產物,也是造成地球環境危機的元兇之一! [8] 排放二氧化碳助長地球高溫化。建築物所使用的每一包水泥、每一根鋼筋、每一片玻璃,都消耗著大量能源,也排放著大量二氧化碳,因而助長了地球高溫化的趨勢。根據產業耗能統計,台灣每生產1公斤水泥,就排放0.4公斤的二氧化碳;每生產1公斤鋼筋,就排放0.9公斤的二氧化碳;每生產1平方米的磁磚,就排放7.9公斤的二氧化碳。尤其生產過程中還會耗用大量的煤與電能,例如,每生產1公噸水泥就必須消耗112度電與134公斤燃料煤,嚴重影響地球高溫化效應。加拿大木材協會對於建築構造形式的環境衝擊評估, **證明鋼筋混凝土構造是最破壞的建築形式**。如表26所示:

	木造住宅(%) <sup>o</sup>	金屬構造(%) <sup>o</sup>	鋼筋混凝土住宅(%) <sup>o</sup>
軀體建材耗能量(Gi)	225(1.0) <sup>o</sup>	389(1.73) <sup>o</sup>	562(2.5) <sup>o</sup>
溫室氣體排放量(CO2 kg)	62138(1.0) <sup>o</sup>	76453(1.23) <sup>o</sup>	93573(1.5) <sup>o</sup>
空氣汙染指標	3236(1.0) <sup>o</sup>	5628(1.74) <sup>o</sup>	6971(2.15) <sup>o</sup>
水汙染指標	407787(1.0) <sup>o</sup>	1473784(3.47) <sup>o</sup>	876189(2.14) <sup>o</sup>
固體資源使用量(kg)	121804(1.0) <sup>o</sup>	138501(1.14) <sup>o</sup>	234996(1.93) <sup>o</sup>
固體廢棄物排放量(kg)	10746(1.0) <sup>o</sup>	8897(0.83) <sup>o</sup>	14056(1.31) <sup>o</sup>

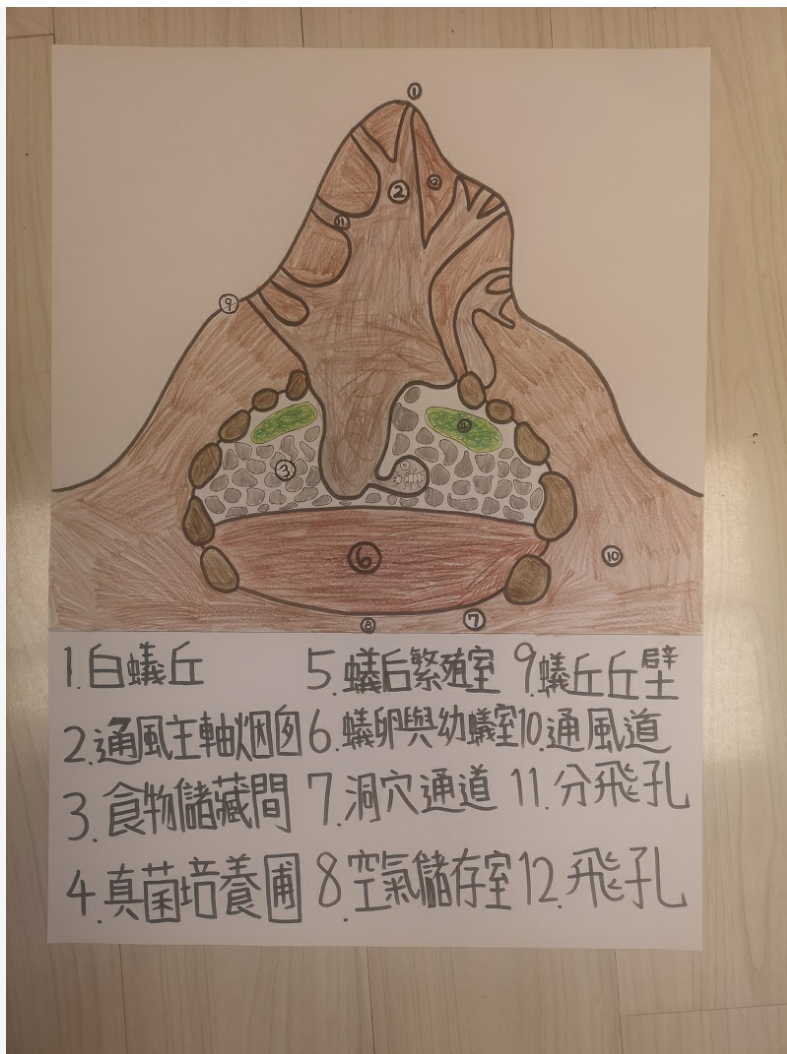
資料來源: 不同建築物對於環境充飢評估,我愛綠建築,2004年11月<sup>o</sup>

表26:[8]資料來源:"建築物會造成什麼地球環境汙染?",我愛綠建築,林憲德,大穎文化事業公司,2004年11月

## 第三章 3.1 白蟻蓋房子原理與技術

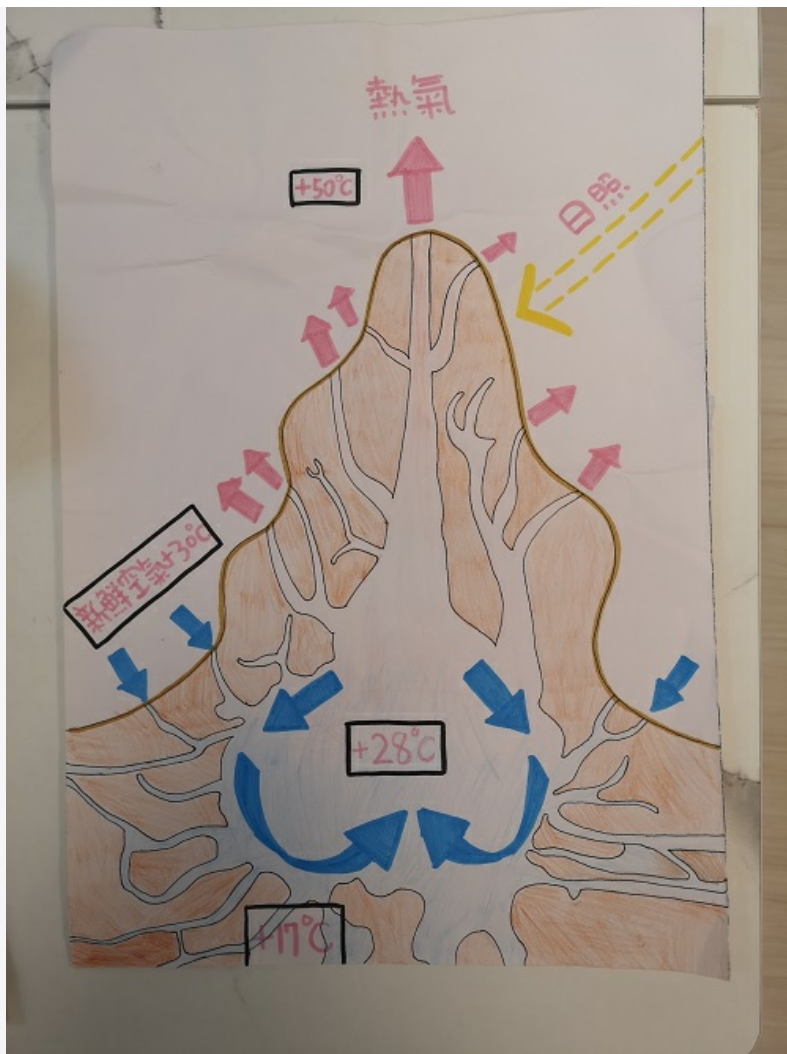
## 3.1 白蟻蓋房子原理與技術

有科學家發現了距今2.5億年的白蟻化石,可以說白蟻是最古老的社會性昆蟲。[9]白蟻還是最長壽的昆蟲,白蟻后的壽命可以達到50年左右。白蟻是自然界裡了不起的建築師,在裡頭儲藏食物、繁衍和養育後代,如果們小小的身軀只有幾公釐長,但只要白蟻脫離了蟻巢就很難存活。[10]白蟻不喜歡太熱的溫度!有一種澳洲羅盤白蟻,會建造出又高又細的土丘,無論何時,白蟻丘的表面都不會被照射到太多的陽光。



1. 白蟻丘 5. 蟻后繁殖室 9. 蟻丘丘壁  
 2. 通風主軸烟囪 6. 蟻卵與幼蟻室 10. 通風道  
 3. 食物儲藏間 7. 洞穴通道 11. 分飛孔  
 4. 真菌培養圃 8. 空氣儲存室 12. 飛孔

白蟻也懂得使用物理環境控制和「建築通風」的換氣來減少日照的熱能。他們會在白蟻丘的中央建造一個像煙囪般的通風管，整個土丘的表面也會遍布通風口。白蟻藉由在不同時段開啟及關閉這些洞孔讓暖熱的空氣從最上面流出去，從底部引進涼爽的空气。[2]白蟻教我們如何設計出更自然的空調系統，給了我們提升高樓大廈能源使用效率的好點子。原來，牠們打造了一個精密的空氣通道系統，利用蟻丘外日夜的溫度振盪，藉此引進能貫穿整個蟻丘的氣流。這個「人造肺」確保涼爽、充滿氧氣的氣流能流進蟻丘，並讓充滿二氧化碳的溫暖空氣排出蟻丘。建築師米克·皮爾斯在辛巴威設計大型辦公購物複合式建築「東門中心」(Eastgate Centre)時，就仿造了白蟻精巧的設計。



[2]資料來源:"跟白蟻學建築",這些昆蟲教我們的建築學,(p.173),仿生設計大未來:人類進步的下一個關鍵,阿米娜.汗 (Amina Khan),如果出版社,2019年4月

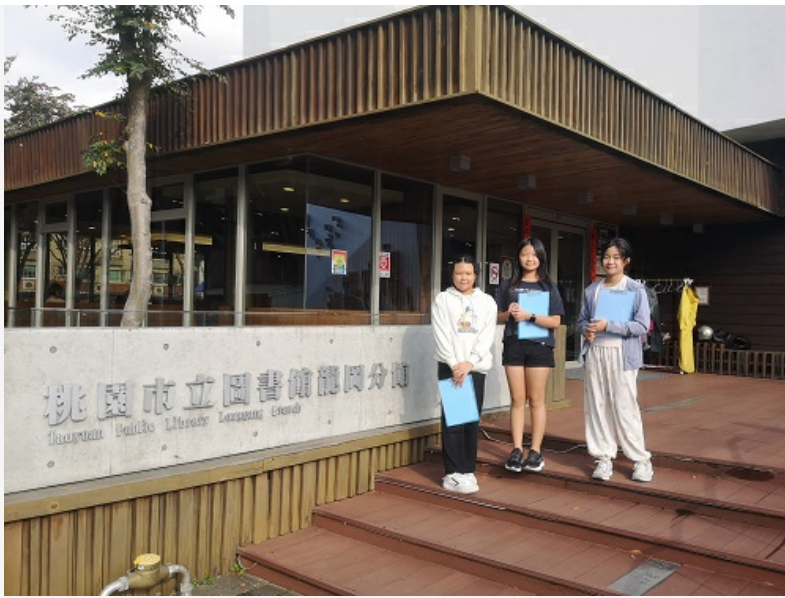
[9]資料來源:"無牙老虎:白蟻",生物界中數量最多的動物\_昆蟲,林靜,千華駐科技出版有限公司,2023年4月

[10]資料來源:"白蟻聚落",動物界的建築大師,Saranne Taylor 莎蘭.泰勒,采實文化,2021年3月

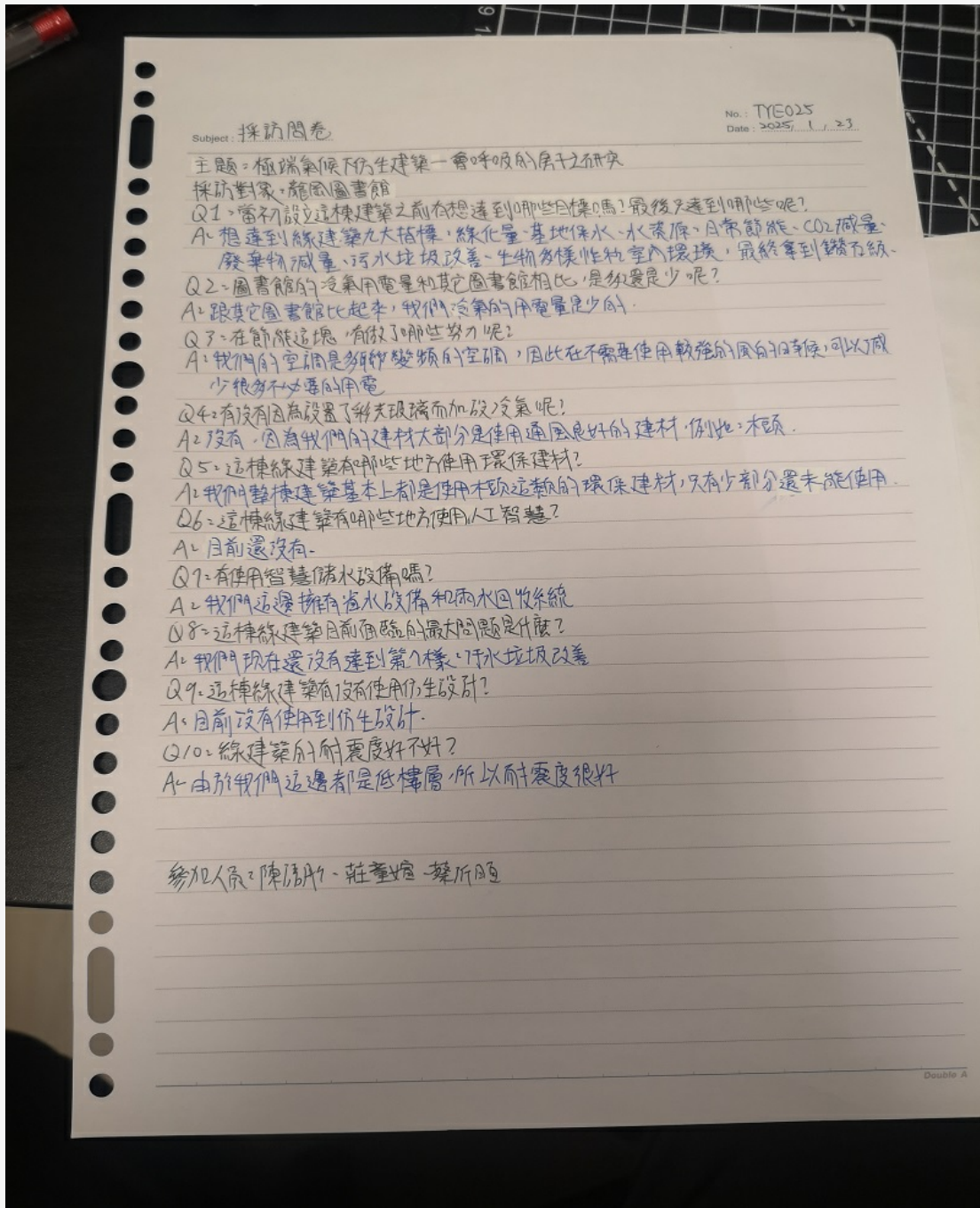
### 第三章 3.2 仿生建築相關案例介紹(龍岡圖書館)

#### 3.2 仿生建築相關案例介紹

什麼是綠建築？[11]綠建築是指「消耗最少地球能源及資源，製造最少廢棄物，具有生態、節能、健康特性與減廢的建築物」。綠建築，全名為綠色建築，是一種注重環保、節能和對人體健康友善的建築形式。它的核心理念是在建築的全生命週期中，最大限度地節約資源、保護環境、減少污染，同時為使用者提供健康、舒適和高效的使用空間。根據內政部建築研究所對台灣綠建築訂定的「綠建築九大評估指標系統（EEWH）」有以下指標：「綠化量」、「基地保水」、「水資源」、「日常節能」、「二氧化碳減量」、「廢棄物減量」、「污水垃圾改善」、「生物多樣性」及「室內環境」。



位於「桃園市立圖書館龍岡分館」，由盧俊廷建築師所設計的一間鑽石級綠建築，為了深入了解這間綠建築，本小組於2025/1/23前往這間圖書館進行深入的採訪與資料收集，在我們進行現場觀察整棟綠建築的時候，我們發現了以下重要的綠建築重要的指標：



觀察日期:2025/1/23(四) 下午15:30~16:30

綠建築重要的指標	龍岡圖書館現況	我們的觀察
1綠化量	圖書館環繞樹木還有公園、綠地，附近種了很多花	入口有一個老榕樹隧道很多老人家坐在樹下乘涼
2基地保水	省水設備	因為周遭環境綠化，具有基地保水、二氧化碳減量等功能
3水資源	雨水回收系統	設置在頂樓可以回收當作水資源再利用
4日常節能	多聯變頻節能空調	我們發現圖書館內室內明亮但無陽光直接進入這樣可以節省很多照明的費用
5二氧化碳減量	太陽能光電系統、全熱交換換氣系統、	建築物外面有45本大書形成的書群過濾系統，可以避免太陽直射達到降溫的效果、又可阻隔噪音。我們詢問了館員，太陽能板設置在頂樓。
6廢棄物減量	再生面磚及各類綠建材的運用	除了建築物本體有使用混凝土+鋼筋外，大部分都是木製品蓋成的，到處都可以看到木製的設備
7污水垃圾改善	並未發現	並未發現
8生物多樣性	緊鄰台貿公園	附近吸引了許多松鼠、鳥靠近
9室內環境	空間很大、圖書館彷彿是一株巨大的榕樹	內部是中空的鋼構造，將圖書館的排水管線藏於其中

表2:龍岡圖書館綠建築指標觀察紀錄表

[11]資料來源:"何謂綠建築?",綠建築資訊,臺灣綠建築發展協會,臺灣綠建築發展協會,2011-11-18,<https://www.taiwangbc.org.tw/tw/modules/news/article.php?storyid=82>

[12]資料來源:"盧俊廷建築師作品-「桃園市立圖書館龍岡分館」",欣建築,2016/10/06,<https://www.xinmedia.com/article/94999>

桃園市立圖書館 \_\_\_\_\_ 分館參訪申請表

參訪地點	<input type="checkbox"/> 中壢分館 <input type="checkbox"/> 內壢分館 <input checked="" type="checkbox"/> 龍岡分館 <input type="checkbox"/> 自強分館(可複選)		
日期:	年 月 日 (星期 )	參訪成員及人數: 4	
時間:	時 到 時		
參訪目的及需協助事項:	桃園市專題研究比賽 題目:氣候變遷與兒童人權		
申請單位:	桃園市中山國民小學	負責人:	蔡淑娟
申請人:	蔡淑娟	聯絡人:	0935661083
聯絡電話(公):		地址:	
(私):		E-mail:	
(行動):			
申請日期:	114 年 1 月 23 日		
備註:	一、本表由申請單位填妥後，請於參訪日前28日以前提出申請，以利安排活動內容。 二、參訪時間為每週一至週五，上午時段 10:00-12:00、下午時段 14:00-16:00。 三、參訪日期經本館排定後通知申請人(申請單位)，未能如期參訪者，請於一星期前通知取消或延期。		

#### 4.1 白蟻築巢的模擬實驗

我們希望藉由了解我們氣候風險對兒童所帶來的衝擊及傷害，藉此找出應對氣候變遷的方法，希望能保住更多人的生命，我們也希望大家對氣候變遷有警戒心，不要只是想著：「我只是小孩，就算每天隨手關燈也沒辦法改變我們氣候變遷正在惡化的事實。」或是：「我又不像那些有錢人或政治人物依樣有權力地位，憑我的力量怎麼可能改變這個世界？」其實只要我們大家每個人都願意堅持實行一些環保行動，就算不能完全解決氣候變遷，也可以延緩惡化速度。



本小組要針對綠建築結合白蟻丘進行專題研究，白蟻丘不只是白蟻們的庇護所，更是綠建築的絕佳典範。白蟻丘之所以能讓蟻巢內維持適合生存的溫度，白蟻們在蟻巢內挖了許多通道，那些通道就像機器的散熱片一樣，因為熱空氣往上冷空氣往下的關係，內部多餘的熱空氣會由通往上的通道排出，而冷空氣則來自連接地底的通道，藉由原本就存在於蟻巢內部的熱氣跟從地底來的冷空氣調節之後，內部的溫度就成了適合白蟻們生存的溫度。本小組透過紙樓設計的概念，進行模擬白蟻巢的實驗，發現了許多值得研究問題：

1. 如何讓房子蓋得很高結構又能夠穩固不會倒？
2. 如何在地下蓋房子又能夠擁有良好的空氣？
3. 如何在房子內控制適合溫度符合“熱舒適性”？

#### 4. 如何在地底下蓋房子解決排水問題？



我是陳語彤擔任這次的專案小組的組長，雖然壓力比較大，但卻讓我學習到做一個好的領導者，除了要分配工作外，最重要的是能夠帶領隊員開心研究，在適當的給予壓力中，能讓隊員與你一同快樂成長、學習。

#### 第四章 4.2 碳足跡的調查(愛買大賣場)

##### 4.2 碳足跡的調查

根據成功大學建築研究所的研究[8],台灣中層住宅大樓每平方米所使用的建材,二氧化碳排放量約為300公斤,以每戶35坪(116平方米)來計算的話,二氧化碳的排放量約為34,000公斤,相當於一棵喬木40年的光合作用才能吸收完畢。為了更深入了解每個家庭的排碳情況，我們去了**桃園愛買的大賣場進行一項關於碳足跡的調查研究**。所謂碳足跡，根據環保署的定義，**碳足跡 (Carbon Footprint)** [13]指的是一項活動或產品的整個生命週期中，直接與間接產生的**溫室氣體排放量**。也就是從一個產品的原物料開採與製造、組裝、運輸，一直到使用及廢棄處理或回收時所產生的溫室氣體排放量，都要列入碳足跡的計算。

[13]資料來源:“什麼是碳足跡?”，“為什麼減少碳足跡可以減少地球溫度?”，作者：Greenpeace 綠色和平，<https://www.greenpeace.org/taiwan/update/23834/>

[資料來源] 本小組製作碳足跡資料調查(影片)

--	--



本小組在這次的碳足跡調查活動中，在有標示碳足跡的飲料中，我們的分析調查結果：

**(碳足跡報告)影片**

(1) "原料取得"都是碳足跡過程中佔的比例最多

(2) "製造過程"是第二高的碳足跡

經過這次的調查，可以發現飲料類型的碳足跡"原料"+"製造"佔了整個碳足跡最多的比例，如果想要漸少碳足跡可以從以下兩個地方進行：

(1)改善製造過程減少碳足跡

(2)找到更少碳足跡的原料

資料來源: 2/4到桃園愛買大賣場進行碳足跡調查



## 碳足跡資料調查

### 1. 何謂碳足跡的五個階段?

原料取得 → 製造 → 配送銷售 → 使用 → 廢棄處理

### 2. 碳足跡的標籤:



### 3. 尋找一個產品

(1) 原料取得: 21.5%

(2) 製造: 75.4%

(3) 配送銷售: 1.80%

(4) 使用: 0.00%

(5) 廢棄處理: 1.30%

重量: 300g CO2e/產品名稱: 基心華僑件紙

### 4. 比較分析不同產品

	產品名稱	價格	原料	製造	銷售	使用	廢棄	碳足跡改善建議
800g	美粒果	39	14.18%	21.07%	3.00%	0.00%	1.15%	
140g	麥香紅茶	69	58.31%	31.30%	1.04%	1.01%	2.34%	
200g	麥香奶茶	69	70.32%	22.69%	5.04%	0.93%	1.22%	
160g	麥香綠茶	69	61.13%	29.24%	7.13%	0.94%	1.56%	
320g	黑胡椒芝士	35	59.35%	31.68%	7.33%	0.00%	1.64%	



(\*) 運用麥肯錫筆記整理"碳足跡的調查報告":(碳足跡報告\_陳語彤)影片

主題：  
碳足跡



- Q 1. 什麼是碳足跡?  
Q 2. 碳足跡為什麼會讓溫室效應加劇?  
Q 3. 如何減少碳足跡? 新城

事實

產品

生命週期  
└ 直接與間接  
└ 溫室氣體  
排放量



察覺

控制

1. 產品生命週期所排放的溫室氣體減少
2. 地球維持在適合生存的溫度

不控制

1. 溫室效應加劇
2. 為害生命
3. 生物滅絕

原料 → 製造 → 配送 → 使用 → 廢棄處理

行動

1. 產品溫室氣體排放
2. 溫室氣體 → 溫室效應 (過多會為害生命)

3. 在地、當季  
溫室氣體造成溫室效應，  
要控制不讓溫室效應加劇，  
要想辦法在產品的生命週期中減少碳足跡，而我們消費者應選擇當地、當季的東西。

第四章 4.3 古蹟綠建築調查研究

4.3 古蹟綠建築調查研究

古蹟內蘊藏了哪些綠建築的特性? 古蹟雖然是歷史建築，但許多傳統建築技術和設計概念與現代綠建築理念不謀而合，具有環保、節能、永續發展的特性。這個寒假本小組參加了一個由蘋果派思所舉辦的“古都探險隊”課程，我們在這個活動裡，本小組進行了關於“綠建築”的特性調查：

2/7-2/9 參加古都探險隊(活動影片)



(1) 雨撲滿設計

我們有去新竹取水口展示館，那邊的導覽有說：他們將集水器安裝在河道旁，適時抽取河水，經過過濾等處理之後，進行水的配給；設計雨撲滿，將能留住再次使用的水進行處理，試圖解決台灣因地形關係而浪費的水源。許多古蹟庭院都有使用石板、碎石、卵石鋪地，讓雨水滲透，減少城市熱島效應與水資源浪費。

(2) 採光設計



這次我們有去開台進士鄭用錫的宅第，這是一個國定古蹟。雖然有許多地方因為位置的關係而被風化了，不過經過修復還是有稍微保留住外觀，光線的部分倒是不需要電燈，因為它有設計透光的設計，讓陽光可以自然的方式傳進屋內，使屋子在白天的時候可以不借助燈光，使屋子明亮又不浪費電(除陰天和雨天外)，特別要注意地方就是要防蟲。



### (3)玻璃工藝

我們這次去還去了新竹玻工館，內部收藏了很多世界各地的玻璃作品還有綠建築的玻璃建材，當然還是有本地人製造的玻璃作品，各種精緻的玻璃作品透過各種元素呈現各種不同的色彩，我覺得可以利用玻璃的各種光澤色彩來設計綠建築的採光玻璃(落地窗)，綠建築可以透過各種顏色來呈現不同的樣式。



### (4)自然通風與降溫設計

我們去了新竹美學館，這是一棟歷史建築，這裡的設計有高屋頂與通風天井，使空氣對流，減少悶熱感。還有穿堂風設計：透過開窗比例、屋簷遮擋，使涼風順利流通，減少對人工冷氣的依賴。



### (5)採光與能源節約

我們發現新竹許多的古蹟裡面，都有一個共同的特性，就是都有利用"天井"引入自然光，以增加採光並且節約能源。這些設計如透光窗花、紙窗：使用木雕窗花、紙窗、竹簾調節陽光，減少直射與炫光問題，我們有發現：市定古蹟周益記，就有很多地方符合這個綠建築的特性。



參加這次的古蹟調查活動總結：

(1)古蹟蘊含了許多與現代綠建築相似的環保智慧，如自然通風、雨水回收、在地建材、節能設計。

(2)這些技術雖然來自過去，卻對我們這次的仿生建築提供了重要的啟發。

(3)我們可以將這些傳統智慧與現代科技結合，把這些寶貴的經驗融入我們的「仿生綠建築」的設計裡。

#### 第四章 4.4 仿生綠建築的研究模型製作

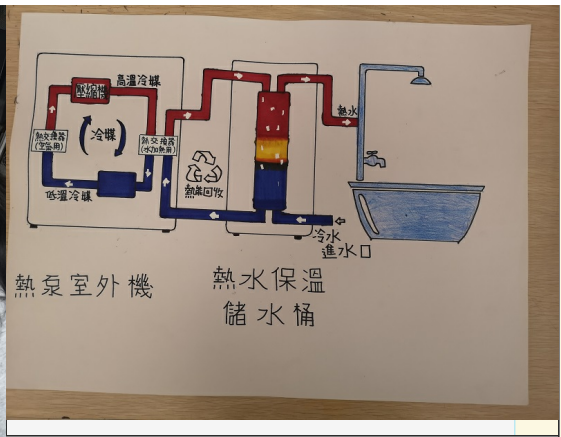
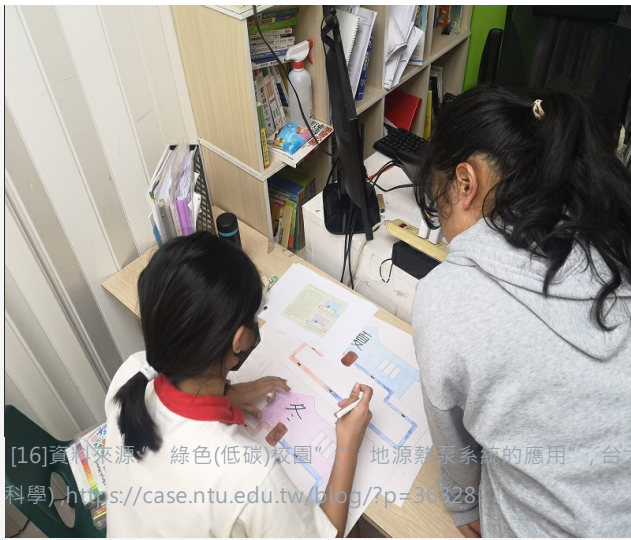
##### 4.4 仿生綠建築的研究模型製作

白蟻在建造巢穴時非常注重保持巢內環境的穩定性。其中就包括溫度的相對穩定，可以做到“冬暖夏涼”。以黑翅土白蟻為例，牠們的主巢溫度通常處於25-28°C，冬季巢內溫度高於巢外，而在夏季巢內溫度則低於巢外。本小組針對白蟻丘仿生科技，進行仿生綠建築的模型研究與製作。



根據[16] 台大地質科學系 宋聖榮教授的說明，地源熱泵系統是以大地作為熱源，在冬季供暖、夏季制冷的一種技術。在台大校園下方有豐沛的地下水，在25公尺以下長年保持一定(約23-24°C)的溫度，可提供利用地源熱泵系統裝置制冷空調，以降低電力的使用，且地源熱泵系統所需的電力(用以抽取地下水循環所需的電源)，也可藉由裝置小規模太陽光電提供電力，達到綠色和低碳的校園環境。

本小組結合**白蟻丘的仿生科技**，並且運用「地源熱泵系統」，把學校地底下所蘊藏豐沛地下水的天然資源，作為可以提供本小組模擬設計“**仿生綠建築-會呼吸的房子**”的主要技術。由水源熱泵機組、地熱能交換系統、建築物組成的空調系統構成供暖制冷的節能運作。



熱泵室外機

熱水保溫  
儲水桶

[16]資料來源: "綠色(低碳)校園"——地源熱泵系統的應用", 台大地質科學系 宋聖榮 教授, 2021年3月31, (case 報科學) <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=36328>



# 會呼吸的房子 設計圖

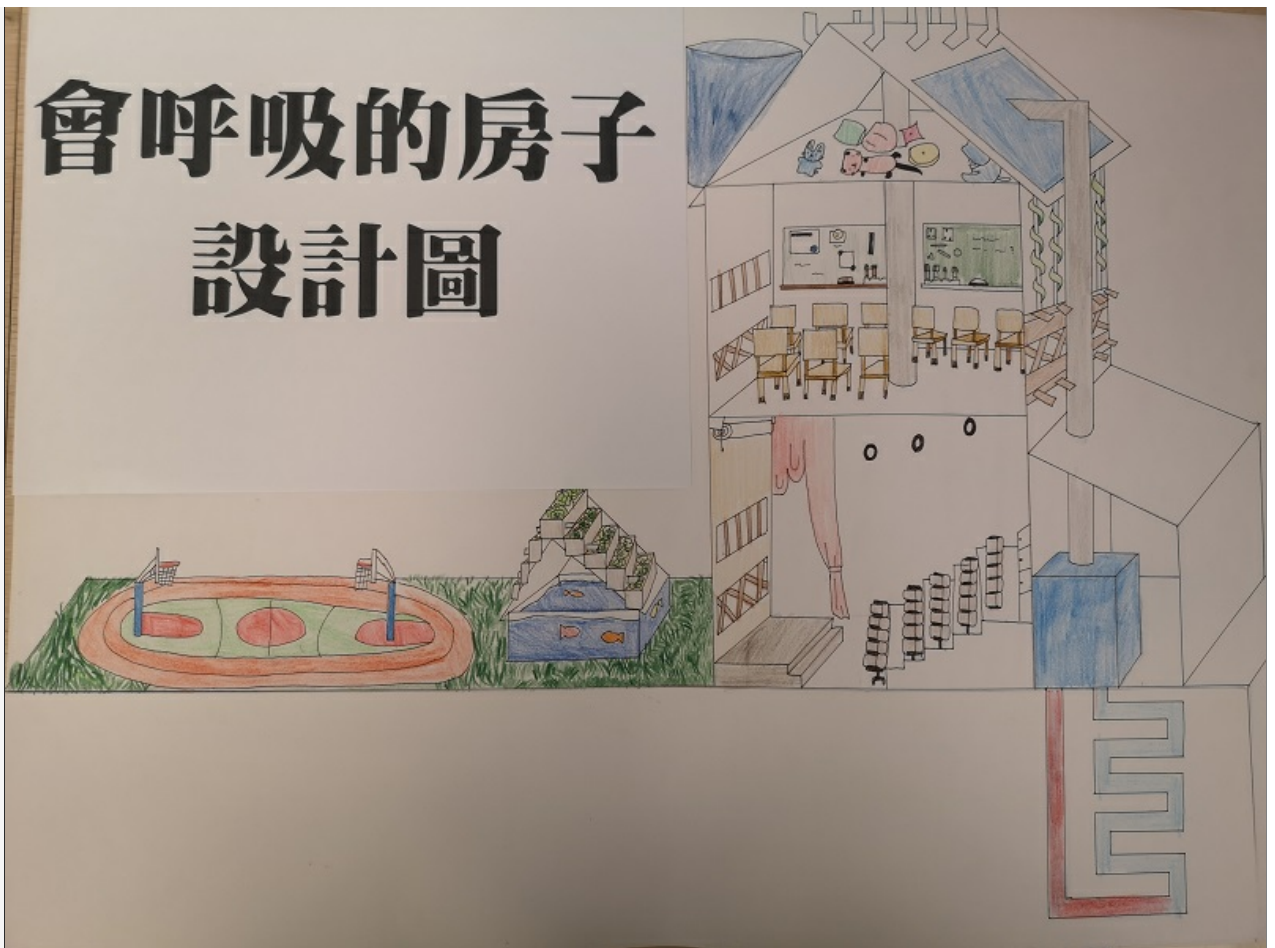


圖45:會呼吸的房子設計圖(本小組製作)

我們設計的「仿生綠建築-會呼吸的房子」，主要特點有：

1. 運用了**地源熱泵**技術，進行能量轉換的供暖制冷的空調系統。
2. 地表淺層是一個巨大的太陽能集熱器，**收集了47%的太陽能量**，超過人類每年利用能量的500倍，且不受地域和空間等限制。這種儲存於地表淺層近乎無限的可再生能源，使得地熱能成為清潔、可再生能源的一種形式。
3. 採用經濟有效的節能技術，**消耗1KWh的能量，用戶可得到4KWh以上的供熱或制冷量。**
4. 其裝置的運行沒有任何污染，可以建造在每一間校園內，沒有燃燒，沒有排煙，也沒有廢棄物，不需要堆放燃料廢物的場地，且不用遠距離輸送熱能。
5. 除了可供學校的師生冬天暖氣和夏天製造冷空調，還可供生活熱水，一機多用，一套系統可以替換原來的鍋爐加空調的兩套裝置或系統。
6. 根據的日本產業技術總合研究所(AIST)研究，試驗結果顯示其可節省的電力介於33~54%。

## 第五章 5.1 仿生綠建築的優勢

### 第五章：仿生綠建築的優勢和挑戰

#### 5.1 仿生綠建築的優勢

根據一項美國各產業燃燒化石燃料所排放的二氧化碳占比，[6]建築與電力占了45%。要怎麼減少碳足跡才能把事情導向正確的方向呢？乾淨的電網是關鍵的第一步，因為乾淨的電力能在其他的經濟環節取代骯髒的化石燃料。

各產業燃燒化石燃料所排放的二氧化碳占比（美國，二〇一九年）

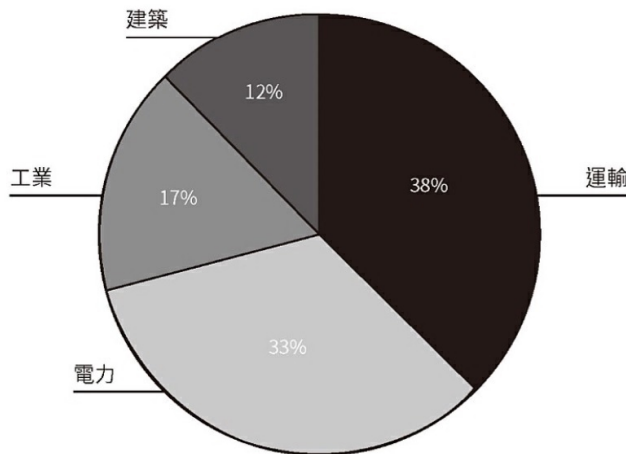


圖44:

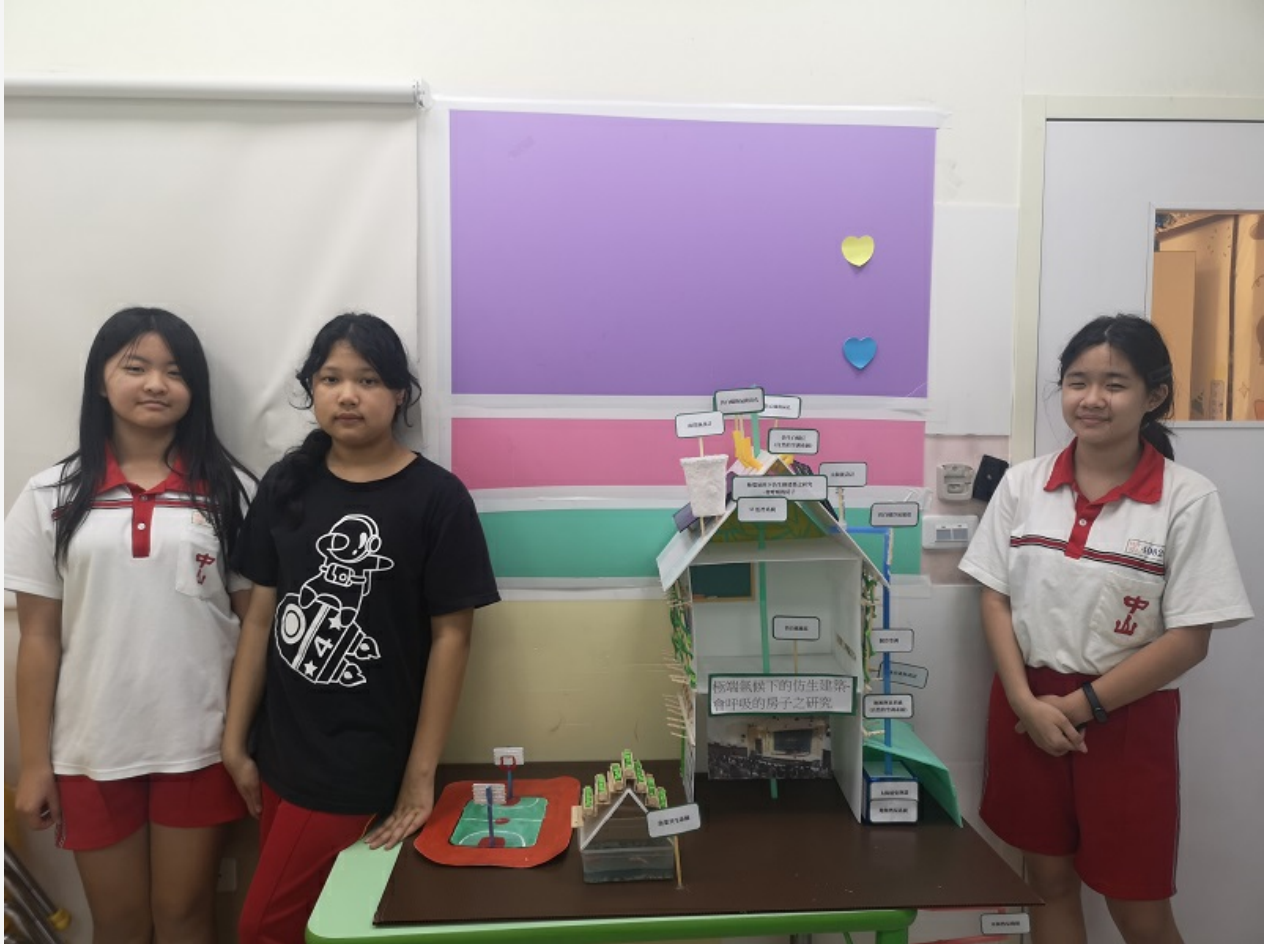
根據工研院的統計，[17]許多家庭在夏日的冷氣用電量佔家庭用電總量的比例甚至高達47%。透過本小組的研究發現：白蟻窩不需要冷氣機，卻能維持26°C？透過本小組設計的“仿生綠建築-會呼吸的房子”將可以擁有相當大的優勢，我們把白蟻丘的仿生科技運用在學校裡。依據白蟻丘建造的原則，運用被動式冷卻機制，在這樣的設計下，使用的能源與配備標準機械式空調系統的建築相比，只占了百分之十。仿效蟻穴對流的方式，平衡內部溫度，會呼吸的房子不需要昂貴的空調設備，**整座學校的營運支出因此得以降低10至15%**。





## 5.2 研究結論

這次專題的研究，我們針對極端氣候造成兒童在熱島效應下，將承受著莫大熱災害的問題，提出了創新的仿生綠建築模型，以「**白蟻丘的仿生概念**」結合「**地源熱泵**」的創新想法，進行「**仿生綠建築模型**」的研究與製作，最終目的以解決冷氣空調造成碳足跡氣候問題。



本專題研究的模型提出創新的「**仿生綠建築模型-會呼吸的房子**」，我們整理的結論如下：

- (1) 「會呼吸的房子」校園的空調設備運作沒有任何污染，也沒有廢棄物，使用學校地底下所蘊藏豐沛地下水的天然資源作為永續能源。
- (2) 「會呼吸的房子」校園的空調設備運作**可以在沒有使用冷氣空調設備的條件下**，讓校園夏天可以製作冷氣，冬天的時候可以產生暖氣，**使兒童可以避免成為氣候難民**。
- (3) 「會呼吸的房子」校園的空調設備可節省的電力介於33~54%，COP可達5.8以上，大量減少碳足跡。
- (4) 「會呼吸的房子」校園是一個仿生綠建築，可以達到綠建築指標，包括：日常節能、二氧化碳減量、綠化量..等指標，讓兒童可以在這樣的環境下，獲得安全乾淨的學習環境。
- (5) 結合仿生科技白蟻丘的構想，讓兒童可以在「會呼吸的房子」校園裡的學習，獲得綠色和低碳的校園環境。



## 第五章 5.3 展望未來研究方向

### 5.3 展望未來研究方向

隨著綠建築的興起，從全球排碳問題中，空調系統造成排碳問題可以獲得明顯的改善，未來的仿生綠建築，可以進一步朝向兩個方向來研究：



- (1) 未來可以模仿「仙人掌」的保濕隔熱結構：模仿仙人掌表面的褶皺結構，讓建築能**更好地調節溫度與水分蒸發**。
- (2) 未來可以模仿「海綿」的自動吸收排水系統：研究可快速吸水並緩慢釋放到建築外牆與地面，減少都市洪災。