

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

052410

把學校塗綠——教學場域綠建築化

學校名稱：國立暨南國際大學附屬高級中學

作者： 高二 潘祈安 高二 李惠妮 高二 許慈芳	指導老師： 駱奕帆
---	------------------

關鍵詞：綠建築、教學場域、教室改造

摘要

近年來全球暖化愈發嚴重，教育部為了維持學生的學習品質，發起「班班有冷氣」計畫，試圖使學生能夠在舒適地學習，但是冷氣對能源的需求非常高，何況在全校都使用冷氣時，能源的使用量更是怵目驚心。因此，以正確得方式擺放冷氣使其以最低能源用度能夠有效降溫，和如何從根本改善教室內悶熱的問題，即是本團隊的目標。為了親身調查和感受實際情況，本團隊至當地一國民小學進行環境因子調查，了解到氣候受風向、風速、通風換氣量、太陽角……等等因子左右，並發現通風不足是最主要導致室內悶熱的原因。根據結果，本團隊提出三個改建方案，和小成本改造之可行性列表，而欲確認改建方案是否可行，則以模擬小屋進行「在聚熱層開設通氣孔」的實驗。

壹、前言

一、研究動機

高一時我們團隊參加了「安靜的好玩綠建築學校」所舉辦的營隊活動，在三天兩夜的營隊活動中，我們感受著自然環境中最主要的元素----光、風、水，並從中體會到環境與建築之間的連結與互動。在營隊結束後，我們開始反思如何才能在生活中活用、具現綠建築，達到人與環境一體，於是我們決定從最熟悉的環境---學校著手，以節能綠建築為目標來改造，經過校方的支持，我們想要研究以何種改善方式，最為適合校方執行。

台灣的教育體系一直都想要改善學生在學習時的專注度，但是否環境也是影響學習力的原因之一？從國外的研究中我們得知了環境的舒適度，會影響學生對於課程內容的專心程度，因此如何改善教學場所，將是我們此次研究的目標。

在大部分的時間裡，學生需要耗費大量的精神接收新知識，但有時候學習時數卻與學習成效卻不成正比，而我們是否想過，可能是環境影響了學生的學習專注度？環境因子的變化不僅會影響人體的舒適度，也會影響當下的學習專注力，當今的環境議題中，就屬氣候兩極化的問題最嚴重，過冷或者過熱都對學習的成效有負面影響。因此，我們團隊決定以改變教室內環境因子為改受教室舒適度的大方向。

那有什麼方法是能夠在不加劇溫室效應且經濟實惠的情況下達到目標？那便是近幾年開

始盛行的綠建築概念，而所謂綠建築就是指在其使用過程，各階段皆達成環境友善與資源有效運用的一種建築，且試圖從人造建築與自然環境之間取得一個平衡點。而在全球環保風氣下，其也被當作環保的一項重要指標，要鑑定其是否達標，台灣最普遍的鑑定法就是綠建築九大評估指標系統(簡稱 EEWH，全名為 Ecology (生態)、Energy Saving (節能)、Waste Reduction (減廢) 和 Health (健康))。此次研究我們是在埔里一標的國小進行，其教室的環境缺點是：在夏季時會悶熱難耐，學生學習效果低落且容易躁動，在與導師的溝通以及上網查找資料後，我們認為將綠建築引入教育場所，除了解決舒適度低下的問題，還能讓學生更親近自然環境。因此我們在夏季 7 月進行環境因子調查，發現真正的問題在於通風不良，所以我們將課題引申到如何改善風環境，經由團隊討論與磨合擬出對策，並且用模擬小屋來實證我們的解決方案是否有效。

二、研究目的

- (一) 調查導致教室內悶熱的主要原因
- (二) 以節約能源的方式改善教學場域
- (三) 設計能夠改善悶熱的改建方案
- (四) 以模擬小屋探討改善方案是否有效

三、文獻回顧

(一) 綠建築：

綠建築(green building) 為 1960 年代，美國建築師保羅·索萊里提出了生態建築的新理念。是指在其生命週期裡，其建築設計、使用建材、建造工法都有善於環境的建築物。其在台灣被定義為「生態、節能、減廢、健康」的建築物。

(二) 綠建築九大評估指標：

綠建築九大評估指標(EEWH，是 Ecology (生態)、Energy Saving (節能)、Waste Reduction (減廢) 和 Health (健康) 的縮寫)為台灣境內主要鑑定綠建築的標準。九大指標分別為「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」、及「污水垃圾改善」、「生物多樣性」及「室內環境」，依其評分優劣分為「鑽石」、「黃金」、

「銀」、「銅」及「合格」五級，而標章的有效期限為五年。台灣 EEWB 和美國 LEED(全名為 *Leadership in Energy and Environmental Design*)、英國 BREEM(全名為 *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*)、和日本 CASBEE(全名為 *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*)是全球發展較早且較完整的評估系統。

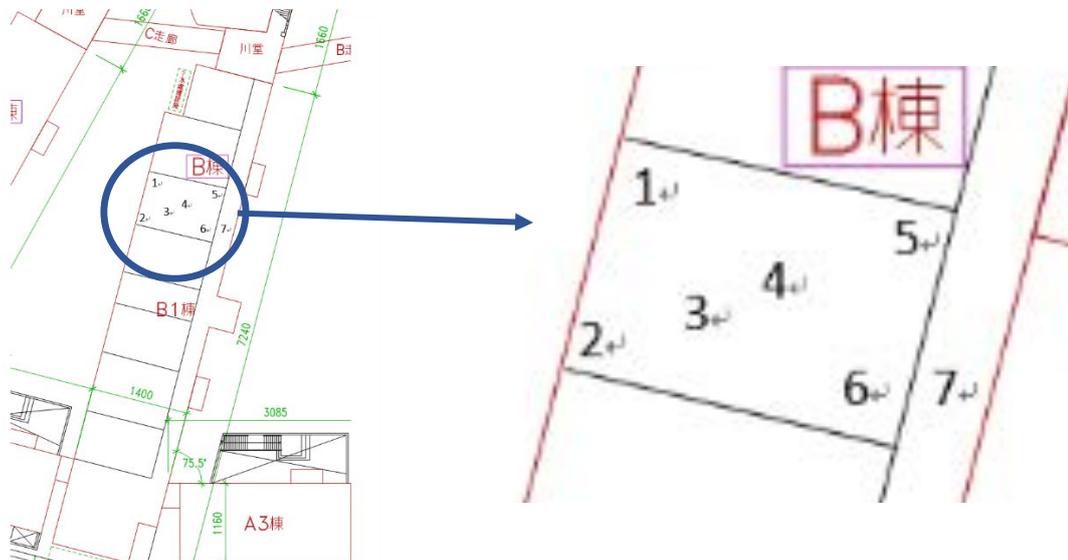
四、調查環境介紹

(一) 研究場域：埔里一標的國小 B 棟三樓教室

(座標 23°57'40"N 120°58'12"E 海拔 446m)



圖(一)：紅色框線為國小；黃色框線為調查地點
(照片取自 Google 地圖)



圖(二)：調查地點位於埔里一標的國小
B 棟三樓 605 教室

圖(三)：教室內測點分布位置



圖(四)：在調查場所拍攝之照片

貳、 研究設備器材

一、工具

編號	工具名稱	數量	單位	備註
1	溫度計	4	個	器材校正：各溫度計數值差距 $<0.5^{\circ}\text{C}$
2	風速儀	1	個	器材校正：小於 1km/hr 即會顯示零
3	自製風向測量器	1	個	綁衛生紙的竹筷
4	自製太陽高度角測量器	1	個	綁棉線的竹筷
5	量角器	1	個	
6	指南針	1	個	
7	捲尺	1	個	長:500 寬:1.7(cm)
8	濕度溫度兩用計	1	個	
9	量杯	1	個	2000cc
10	碼釘槍	1	枝	
11	水桶	3	個	寬:35 高:28(cm)容積:18(公升)
12	尖型水泥抹刀	1	把	長:21.1 寬:6.7
13	方型塑膠盆	2	個	長:60 寬:48 高:16(cm)

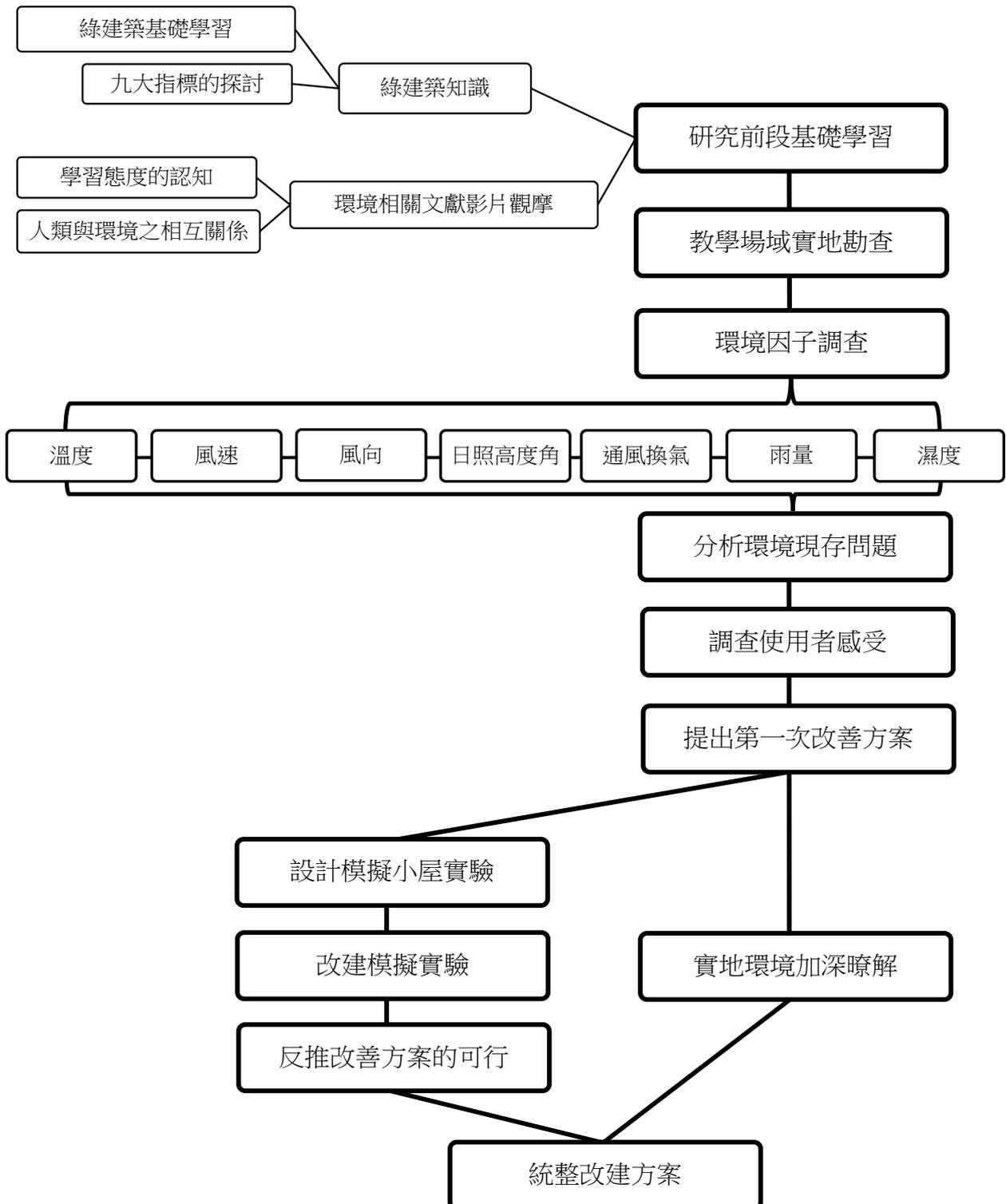
14	塑膠垃圾袋	2	個	長:140 寬:120(cm)
15	鋸子	1	把	
16	鏟子	3	把	
17	電子磅秤	1	個	
18	紅外線手持測溫槍	1	枝	量程:-32~380(°C)
19	矽利康槍	1	枝	
20	鹵素燈座	2	個	
21	鹵素燈管	4	管	
22	帆布	1	塊	

二、材料

編號	材料名稱	數量	單位	備註
1	一般水泥	2	包	重量:50(kg)
2	無收縮水泥	1	包	重量:25(kg)
3	木板	17	塊	長:42 寬:12.5(cm)
4	烤肉網	20	塊	長:38 寬:29(cm)
5	不銹鋼條	5	條	直徑:0.3(cm)
6	鐵線	1	捆	長:20(cm)
7	保麗龍板	1	片	長:180 寬:90 高:1.5(cm)
8	木條	8	條	長:90 寬:1 高:1 (cm)
9	碼釘	1	盒	長:1 寬:1.1
10	中性矽利康	1	條	淺灰色

參、研究過程或方法

一、研究流程



圖(五)：研究流程圖

二、研究前段基礎學習

在實地勘察教育場所前，先進行了一段有關綠建築的學習，使我們更加了解這方面的專業知識。

- (一) 自家房屋平面圖、立面圖繪製：2021年7月16日～2021年7月18日
- (二) 自家環境因子調查：2021年7月25日～2021年7月31日
- (三) 科展作品導讀：2021年7月25日～2021年7月31日
- (四) 九大指標研讀並撰寫研讀心得：2021年7月25日～2021年7月27日
- (五) 環境學習相關電影欣賞並撰寫觀賞心得：2021年8月2日～2021年8月6日
- (六) 綠建築數位教材導讀：2021年8月2日～2021年8月6日

三、教育場所實地勘查

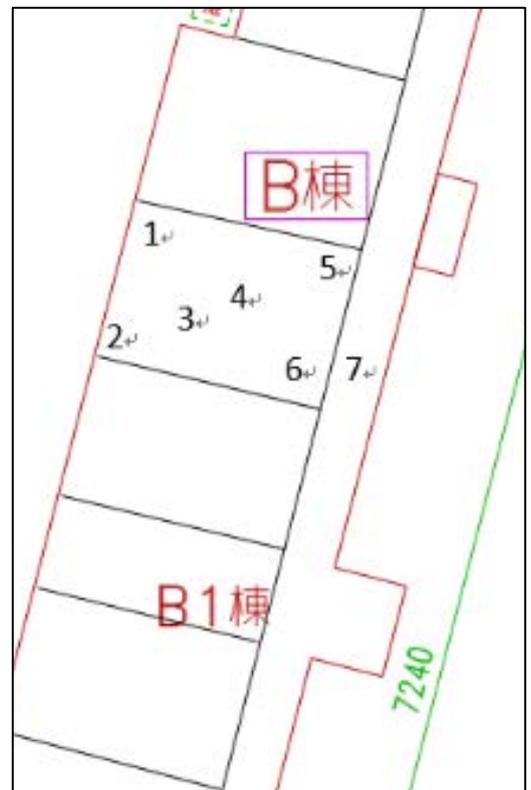
- (一) 勘查時間：2021年8月5日～2021年8月31日
- (二) 勘察時間：2022年2月10日

四、環境因子調查

調查地點側點位置：

表一：測點位置說明

測點 1	教室內的導師辦公桌
測點 2	每間教室附設的小陽台
測點 3	教室內、鄰近小陽台的學生座位
測點 4	教室內、正中間的學生座位
測點 5	教室內、靠走廊的前門
測點 6	教室內、靠走廊的後門
測點 7	教室外的走廊

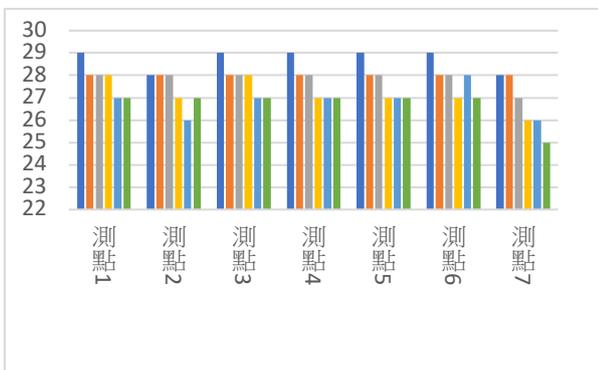


圖(六)：調查地點位於埔里一標的國小 B 棟三樓 605 教室

(一) 溫度

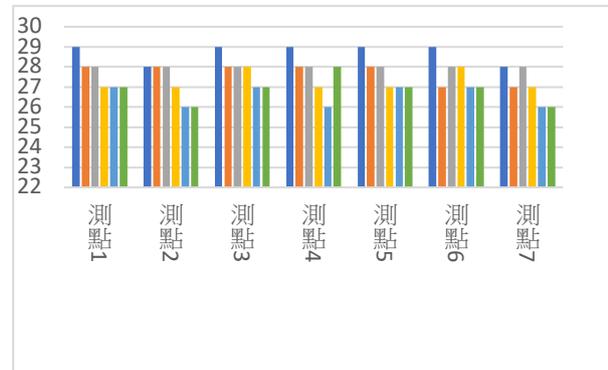
在溫度調查前期(8月5日、8月6日)，我們先預設了五項控制變因(關燈開窗關電扇、開燈關窗關電扇、開燈開窗關電扇、關燈關窗關電扇、開窗開燈開電扇)，但我們發現，起初預設的變因，對實驗結果的影響不大，所以在進行後續測量時，選擇減去部分變因(圖七、八)。

測量結果如圖(九) 室內溫度最高的地方是測點1跟測點3(共通點是都靠北邊)。室內溫度最低的地方是測點5，比同是在東邊且靠門窗側點六的溫度來得低，我們認為有可能是因為風向的不同，進風量的差異導致測量結果不同。就人體感知而言，不管在側點幾、是否下雨，都會感到非常悶熱。



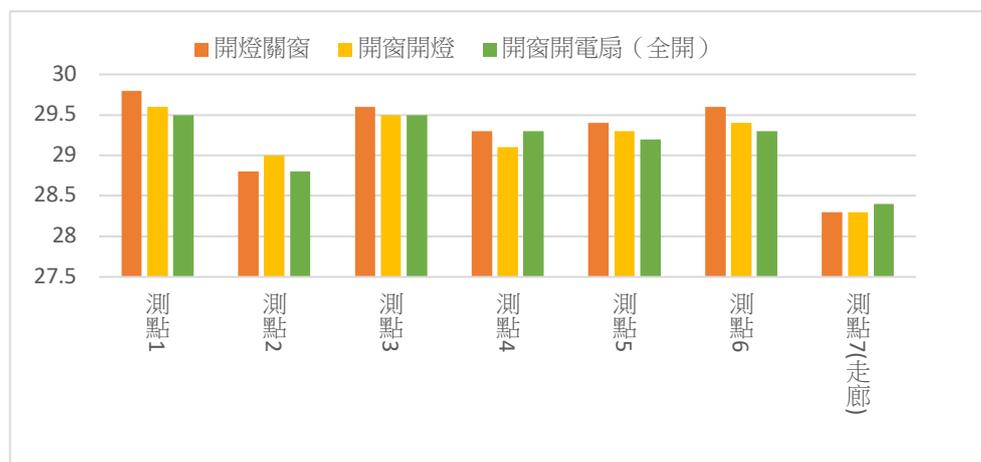
- 8/5 早上 8:30~9:30
- 8/5 中午 12:00~13:00
- 8/5 下午 15:00~16:00

圖(七)：8/5、8/6 各時段所測得開燈關窗之溫度



- 8/6 早上 8:30~9:30
- 8/6 早上 12:00~13:00
- 8/6 下午 15:00~16:00

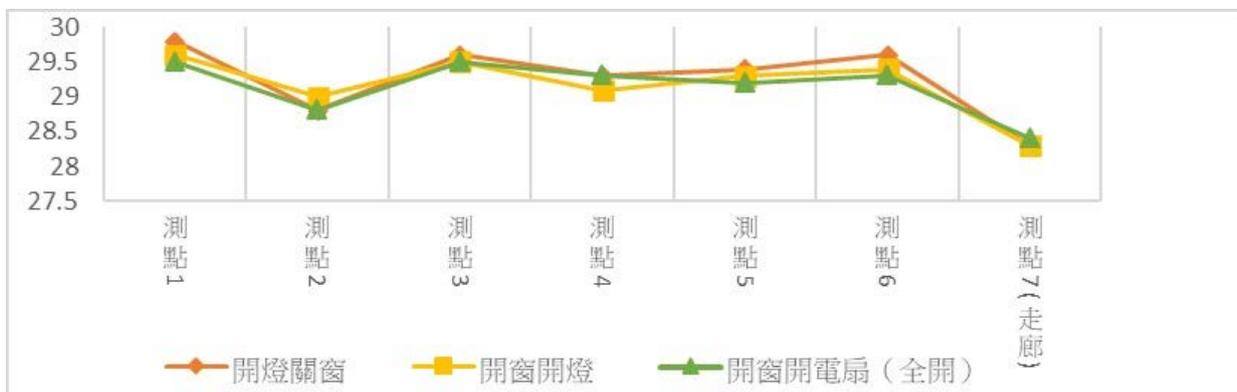
圖(八)：8/5、8/6 各時段所測得關燈關窗之溫度



圖(九)：由圖表可知，最高溫與次高溫分別在測點一和測點三

在 2021 年 8 月 6 日以後，控制變因保留影響較大的三者（開燈關窗關電扇、開燈開窗關電扇、開窗開燈開電扇）。

在測量時期，導師桌溫度普遍偏高，我們推測導師的座位離聚熱層太近，而聚熱層佔導師空間總體積的三分之一。

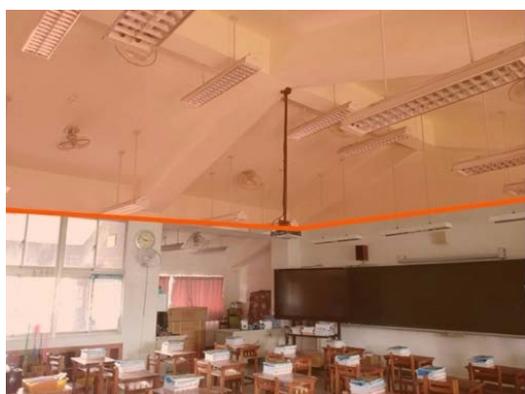


圖(十)：測點一(導師桌)在三個變因之下都是最高溫

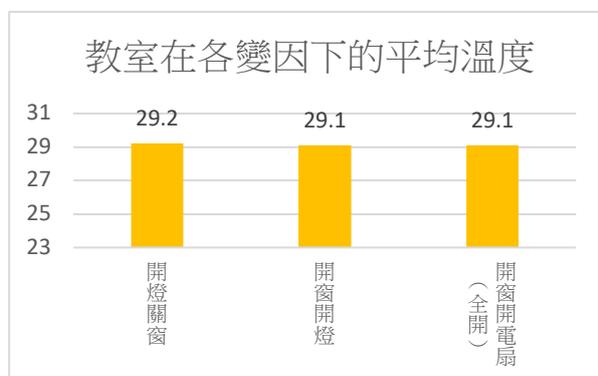


圖(十一)：聚熱層體積佔超過三分之一的導師作業區

且就測量結果而論，發現開電扇氣溫不一定會下降，有時反而會上升，推論為教室電扇位於聚熱層內，將層內的熱氣吹下來，導致溫度上升；就人體感知而論，由上方電扇吹出的風，有點溫熱，但側邊電扇吹的風，是涼爽的。



圖(十二)：教室內 8 個風扇有 6 個在聚熱層內



圖(十三)：教室內的平均溫度在開電扇和沒開電扇的情況下都沒有太大的區別

我們還發現，在晴天、有開窗時，會感受到微熱的風，體感有比較涼爽，但測得的溫度並不一定降低，我們判斷應是風太微弱，無法將教室內熱氣帶走；若有下雨，測得溫度明顯較晴天來得低，而人體會感到涼爽，甚至感到冷。

(二) 風速

由於使用器材的限制（風速儀測量數據小於 1km/h，即會顯示零），所以在調查中風速的數值若小於一，僅可代表儀器顯示的值，無法代表處於無風狀態，我們以此觀察作為基礎條件，接而進行實驗。在 2021 年 8 月 5 日進行第一次調查，由於此日測量數值皆為零，因而在後續測量時，在量測位置增加位於 B 棟北方的圓形廣場。從調查結果推論，一樓室外有風，且有部分時段風速值大於一，體感涼爽；同一時間，教室內風速小於 1km/h（測量值為零），但量測時，人體有感受到微風吹拂，因此我們推測吹進教室的風很微弱。

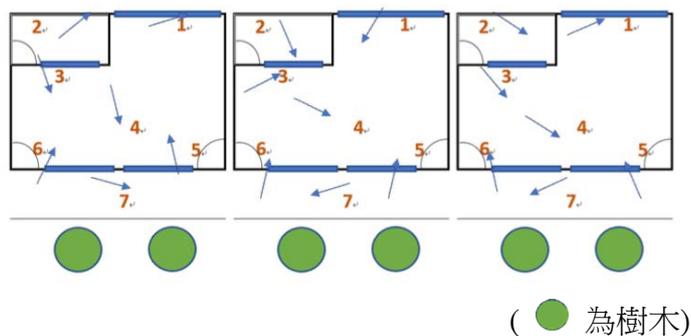
(三) 風向

在量測過程中，室內的風向會受室外風吹進來的強弱而有所改變，導致室內風向不固定。不同天、同一個測點、同一個時段風向會不一樣甚至是相反。在短時間內，無法找到一個固定的風向，推測應是建築物開窗的方向與室外風向不一致，開窗的方向並不是直接朝著室外風吹的方向（因為建築物的走向），造成風不能直接吹入建築物內，而是在建築物間不停推撞後才進入室內。導致有室內風微弱的現象。以下是我們觀察到的現象：室內只有很微弱的風，如測點 3、4 有時難以測到風向。靠近室外的位置，測點 1、2、5、6、7，風向就較為明確。當風速較小的時候，室內會因為空氣流通不足，使室內熱氣無法透過對流散到戶外去，造成室內悶熱。

表二：八月份第六次勘查風向紀錄

時間	9:10~9:20	12:00~13:00	15:00~15:30
測點 1	西南 260°	東北 30°	西南 250°
測點 2	西南 240°	西北 340°	西北 330°
測點 3	西北 320°	西南 260°	西北 350°
測點 4	西北 330°	西北 290°	西北 330°
測點 5	東南 160°	西南 190°	東南 160°
測點 6	西南 220°	西南 190°	東南 170°
測點 7	西北 300°	東北 60°	東北 70°

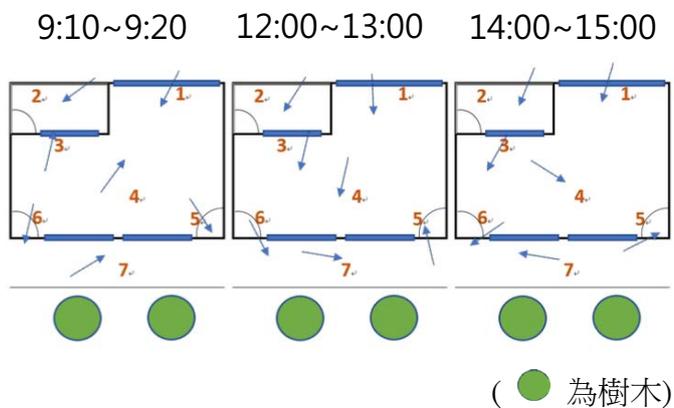
9:10~9:20 12:00~13:00 14:00~15:00



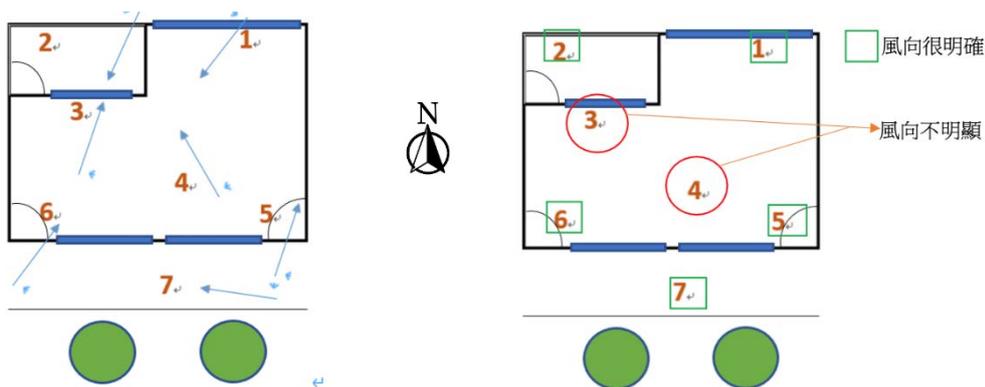
圖(十四)：八月份第六次勘查風向示意圖

表三：八月份第七次勘查風向紀錄

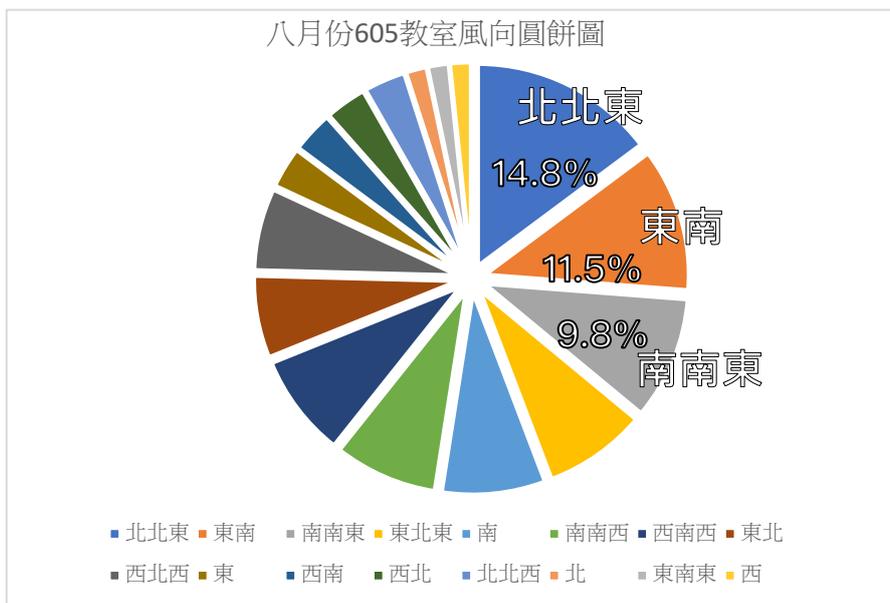
時間 地點	9:10~9:20	12:00~13:00	15:00~15:30
測點 1	← 東北 30°	↓ 北 0°	← 西南 20°
測點 2	← 東北 60°	← 東北 20°	← 西北 20°
測點 3	↗ 西南 200°	← 東北 20°	← 西北 30°
測點 4	↗ 西南 210°	← 東北 20°	← 西北 280°
測點 5	↖ 西北 320°	↘ 東南 160°	↘ 東南 260°
測點 6	← 東北 20°	↗ 西南 230°	↘ 東南 80°
測點 7	↗ 西南 210°	↖ 西北 290°	↗ 東北 260°



圖(十五)：八月份第七次勘查當日風向示意圖



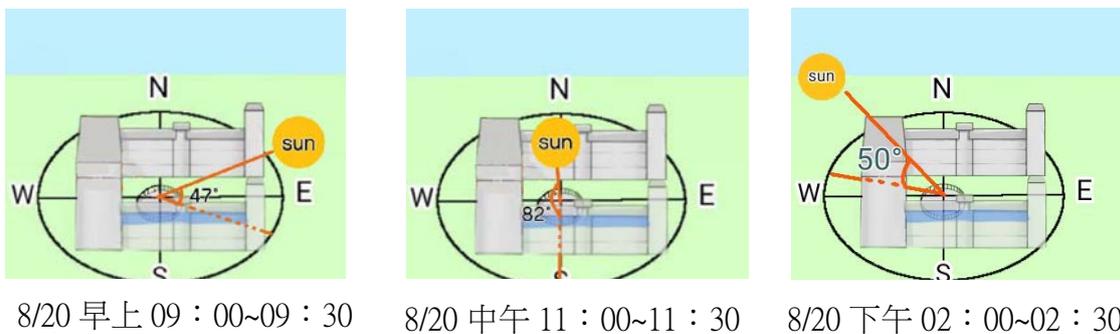
圖(十六)：平均風向總表



圖(十七)：總風向圓餅圖

(四) 日照高度角

太陽大致軌跡為東南—南—西，與建築物整體走向近乎平行，因建築物本身走向和教室內的規劃使西北方與東南方無法開窗，導致了教室內無直射的陽光，在無人工光照下室內光源大多為建築物反射的光線。且太陽照射方位角會使教室位置與樹蔭無法重疊，導致室內增溫無法減緩



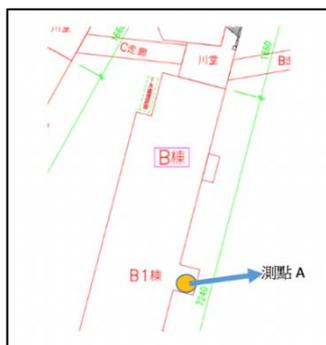
圖(十八)、圖(十九)、圖(二十)：8/20 當日太陽軌跡示意圖

(五) 通風換氣量

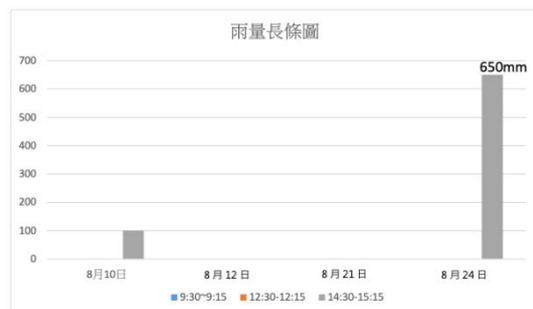
調查此環境因子前，我們有事先瞭解何謂通風換氣量，若要實際將通風換氣化為量值，可用公式：風速與通風口截面的乘積。在此調查中所使用的測量器材，與風速調查時一樣，皆為風速儀，所以在調查前也存在一個基礎條件（測量數值若小於一，僅可代表儀器顯示的值，無法代表處於無風狀態），經過測量每扇通風口旁的風速值，數據顯示皆為零，無法計算實際通風換氣量的數值。在儀器顯示零的狀態下，人體在通風口旁仍會感受到有風，所以我們推測，教室內雖有進行通風換氣，但實際效率不高。

(六) 雨量

在本次調查中，有關雨量的紀錄為兩次，其時間皆在午後，且皆為短時間降下大量的雨勢，因此推判為典型的夏季午後雷陣雨。



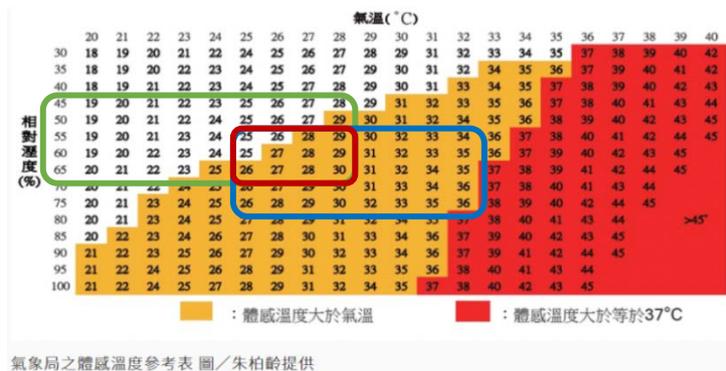
圖(二十一)：雨量測量地點



圖(二十二)：8/10、8/24 雨量紀錄

(七) 濕度

在濕度調查後，我們查詢了濕度與溫度對應表，而我們測得之數據與舒適的體感溫度重疊的地方佔少數，就實際在教室裡待了一個多月的我們而言，也認為在教室裡的感受不是很舒服。單從濕度看，我們的數值大多在舒適濕度的範圍內；而從溫度看，我們的數值大多是超出舒適的範圍，因此我們認為相較濕度，溫度為造成室內體感不舒適的主要原因。此外，我們也想到，人體因熱流汗也會影響濕度的舒適與否，不過這方面的調查不包括在我們的研究範圍內。



圖(二十三)：綠色框線為人體會感到舒適的範圍；藍色框線為在調查場預測得的範圍；紅色框線為重疊範圍

五、調查使用者感受

針對此樓層的使用者，列出幾項問題並訪問他們，從而得知長期處於研究地點的人，所感受的不適，是否與我們判斷的問題重疊，增加我們改善方案的準確度。

(一) 調查項目：

1. 是否有在 6 年級教室（南光國小 B 棟三樓）任教過
2. 在教室內的感覺（感官：視覺、嗅覺、觸覺、聽覺）
3. 在不開任何燈的情況下，教室的照明程度是否良好
4. 上課期間無開任何門窗時的感受
5. 在教室內若無開電風扇，是否感到悶熱
6. 天花板上的電風扇是否有幫助於散熱

7. 對於使人體感到涼快，牆壁上的電風扇與天花板上的電風扇之效率比較

(二) 回饋統整表

表四：使用者回饋統整表

問題	回答彙整
1.不開任何燈的情況下，教室的照明程度是否良好	絕大多數被採訪者都覺得教室內的採光不好
2.無開任何門窗的感覺	如果教室沒開窗，就會十分的熱，無法久留
3.無開電風扇的感受	除非有下雨，不然會很熱
4.天花板上方電風扇之散熱效率	好像沒有很有用，有時候吹起來很熱
5.牆壁上的電風扇 v.s 天花板上的電風扇	牆壁上的電扇吹起來很涼，上面不是吹不到就是吹起來很熱

從以上的調查中，我們發現使用者的回覆與我們的在教室內調查的數據吻合。

六、提出第一次改善方案

經過暑期 2021 年 8 月 5 日至 2021 年 8 月 24 日，這段期間的調查，針對我們分析的問題，實際向校方提出一份改善環境的方案。

(一) 熱能三象圖分析



圖(二十四)：熱能三象圖

表五：三像圖對應的問題，進而行伸出課題與對策

編號	建築部位	定義問題	課題	對策
1	建築殼外部環境	讓熱慢一點或不要 進來	減少屋頂、地板、 牆壁的輻射熱	反射陽光、增加陰 影面積、減緩導熱
2	建築殼本身環境	減少熱的停留時間	增加室內、聚熱層 通風量	減少聚熱層、增加 室內空氣對流
3	建築殼內部環境	讓熱快速排出	空氣流通	增加通風換氣量

表六：可行性 1 至 5 分的定義

1	2	3	4	5
非常不易改善: 需改變建築物 需費大量的錢 和時間去改變 與維護	不易改善: 需更變建築物， 需花費金錢和時 間改變與維護	普通:需更變建築 物的小部分，需 花費金錢和時間 改變與維護	容易改善: 不須更變建築 物，但需花費一 些時間與金錢去 改善	非常容易改善: 不須更變建築 物不需要費太 多的心力改變 和衛護

定義改善容易度：取我們三人判斷其可行性之平均值。

表七：可行性總表

編號	環境部位	課題	對策	定義問題	建築部位	替選方案	優點	缺點	可行性 (1-5)	
(一)	建築殼外部環境 (受熱層)	減少屋頂、地板、牆壁的輻射熱	反射陽光、增加陰影面積、減緩導熱	讓熱慢一點或不要進來	A.屋頂	A-1.瓦片外	1-灑水	快速降溫、可重複利用	較浪費水資源、回收利用率低	3
							2-太陽能板	可節約用電成本、綠色環保能源	對裝設地點的要求高、有安全疑慮	4
						A-2.瓦片	1-淺色油漆	價格便宜、便於維護、可反射輻射熱	維持時間短，需時常維護，學校屋瓦不適用	1
						A-3.空氣層	種植爬藤植物	增加生物多樣性、可遮蔽部分輻射熱	根部可能會破壞屋頂、可能破壞原有生態、不易養殖	3
		A-4.混凝土層								
	B.牆壁(外)	B-1 室外牆面	淺色油漆	價格便宜、便於維護、可反射輻射熱	維持時間短，需時常維護，學校牆面不適用	1				
			種植爬藤植物	增加生物多樣性、可遮蔽部分輻射熱(增加陰影)	可能破壞原有生態、不易養殖	4				
		C.地板	C-1 戶外植栽	種植樹(外)	樹葉可遮蔽陽光，產生陰影、光合作用減少溫室氣體	時間成本高	5			
		C-2 戶外地板	泥土(外)	吸熱少、綠色環保	不易行走、雨天易滑倒	2				
			灑水(外)	快速降溫、可重複利用	較浪費水資源、回收利用率低	3				
(二)	建築殼本身環境 (傳導層)	讓熱傳導減緩或反射熱輻射	改善窗戶設備	減少熱的傳導	D.牆壁(本身)	D-1 窗戶	雙層玻璃	隔絕輻射熱、隔音	造價與維護成本高、密封處理不當容易起霧	4
						D-2 窗簾	淺色窗簾	小幅反射輻射熱、成本低	效率低	3
(三)	建築殼內部環境 (聚熱層)	空氣流通	增加通風換氣量	讓熱快速排出	D.聚熱層	D-1 排風球	排風球	使上方熱空氣得以排放、安裝簡單	易產生噪音	3
						D-2 窗戶	將風扇移離聚熱層	可增加下方空氣與戶外的循環	沒有解決熱空氣無法排出的問題	4
							風扇吹往窗戶處	加快室內外的空氣流通效率	只促進水平流通，並沒有加速垂直流通	4
						D-3 室內	種植小盆栽	小幅減少室內二氧化碳	作用微小	5
	E.室內空間	E-1 窗戶	加大窗戶面積	做法簡單、成本低、日後維護方便	有安全疑慮、且若開在平行風向的牆面，則效率不高	3				
		E-2 聚熱層	在聚熱層內開窗	減少聚熱層體積、增加室內通風換氣量	因高度較高而不好安裝、不易開關	4				
		E-3 排風扇	排風扇	加快室內外的空氣流通效率	易產生噪音	4				

以上分析可得知，我們覺得最可行的方案為在室內外種植栽，但此改善方案所需時間太長，且以改善效率來說，不符合校方所需，所以我們以部分次要可行的方案為主，提出三個主要改善方案：

1. 開設大型通氣孔
2. 改變電扇方向與位置
3. 在聚熱層內開窗

（二）改善方案及其尚存缺點

針對上述所提及的三個方案，我們設想了其存在的優缺點，即可改進方法。

1. 開設大型通氣孔。目的為讓聚熱層的熱空氣流通。將黑板一側和佈告欄一側、位於聚熱層範圍內的牆壁開設一個圓形的大通氣孔，使教室至教師辦公室之間的上方熱空氣能夠流通，而熱氣最後會排出建築物外。

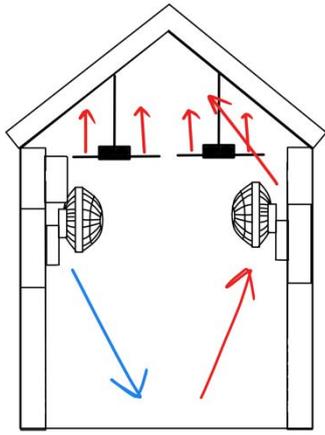
（1）缺點及解決方法：

隔音效果下降，影響上課，可採用吸音棉、隔音棉（吸音棉適用於中低頻率、吸收聲音；隔音棉可阻隔聲音進出），不過因為在非封閉空間使用兩者，其可行性有待商榷，所以無法驗證是否可行。流通過程中熱可能會滯留在某一教室，可在洞孔處裝設風扇。鳥類或蟲類可能會在開洞處築巢，可裝設紗網隔絕鳥類、種植驅蟲的植物，如薄荷、檸檬香茅、艾草，上述植物皆有芳香、容易種植、驅蟲、淨化空氣等功用。針對此改善方案，我們覺得可在通風口，以可裝設開關式裝置，這樣就可以，配合季節變化適度整通風量，且在非教學期間可關閉，並防止雨水滲入。

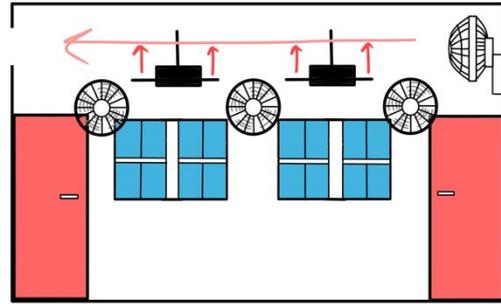
（2）存在問題

若需使用通風口，則相連的教室必須都將窗口打開，空氣才可流通。

2. 改變電扇方向與位置。目的是為了將聚熱層內的熱氣排散。增加吊掛電風扇，並轉換電扇轉的方向（向上吹），增加聚熱層內的空氣流通，將上方熱氣從通氣孔吹出，將現有的電扇改成壁扇，從側面將聚熱層下方熱空氣吹出。



圖(二十五)：側面電扇風向示意圖



圖(二十六)：後側風扇風向示意圖

(1) 缺點及解決方法

改成吊掛電風扇，風扇支架將會變長，若有地震，有機率會掉下來，可加強支架支撐強度降低風險。

3. 在聚熱層內開窗。在窗戶上方牆壁加裝透氣孔，可以減少聚熱層體積，排出熱空氣，再透過風扇將冷空氣引入室內，兩者互動可減少熱效應，進而達到降低溫度的目的。

(1) 缺點及解決方法

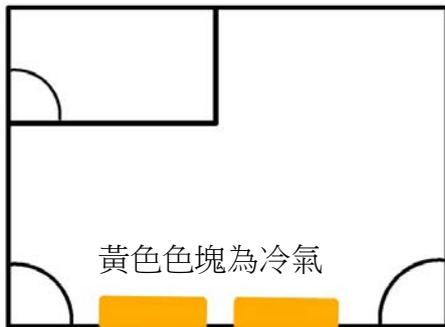
如果雨落下的方向剛好能進入氣窗，可能會淋濕物品，可使用可開關式氣窗設置，並在氣窗開關塗抹防鏽漆，避免氧化、生鏽，造成氣窗開關不易。

4. 設備裝設位置影響與改進

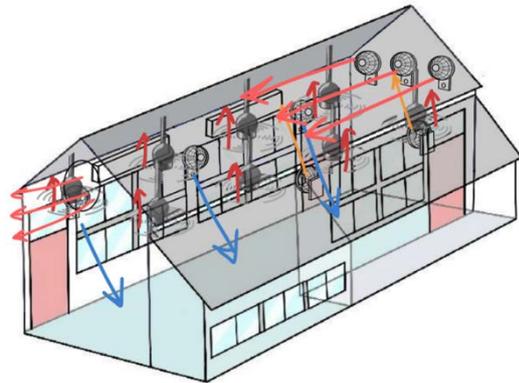
因為教學區打算裝設冷氣設施，我們有思考冷氣最適當的裝設位置，以下是我們考量要點。

- (1) 冷空氣下降，所以冷氣要裝在一定的高度以上，但也不宜過高，會使操作不便和下部空氣偏高，所以，不宜高於 2 米。
- (2) 根據我們教室內氣溫的調查，室內氣溫最高點分別位於測點 1 及測點 3，最低為測點 6，因此將冷氣裝設於氣溫最低的側點，將冷空氣吹至教室內氣溫較高處。
- (3) 考慮到熱能散失效果，必須當心通風是否良好，吸入口和牆壁的距離應維持在 50 公分以上。排出口及牆壁間之裝設距離應該較充裕必須有 1.5 公尺以上。

- (4) 避免裝在陽光直射的地方。
- (5) 分離式冷氣機配管要短，儘可能安裝貼近室內機，其冷媒連接管適合在 10 公尺以內並避免太多彎曲，不然會大幅降低冷氣機能源效率。
- (6) 安裝時應當心吹出熱風的地方不會影響鄰人之地點。



圖(二十七)：冷氣裝設位置示意圖



圖(二十八)：室內空氣流向示意圖

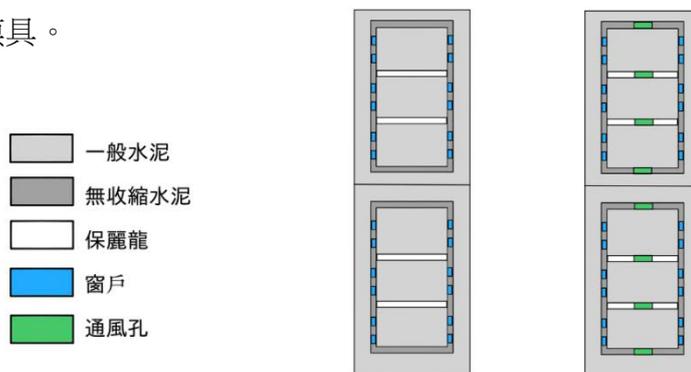
(四) 設計模擬小屋實驗

1. 模擬小屋製作

地板尺寸：長 60 公分 × 寬 48 公分 × 高 2 公分

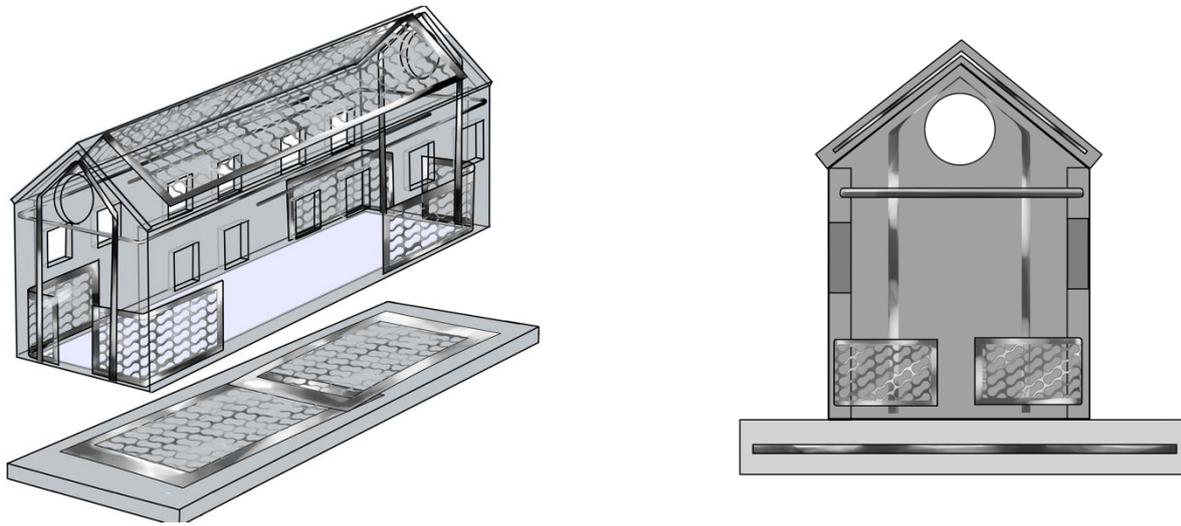
小屋尺寸：長 40 公分 × 寬 18 公分 × 高 19 公分，五角形牆面的兩斜邊皆為 10.5 公分，牆壁厚度為 1.5 公分。

第一次與校方提出改建方案後，我們決定製作模擬小屋以確認我們設計的方案是否可行。我們一共製作兩棟，一棟為實驗組，一棟為對照組，每一組為並排的兩棟房屋。模擬小屋的材料為水泥，為了灌漿，原本我們團隊是想要用紙板當作模具，但是想到紙會吸水，所以最終採用木板當作模具。

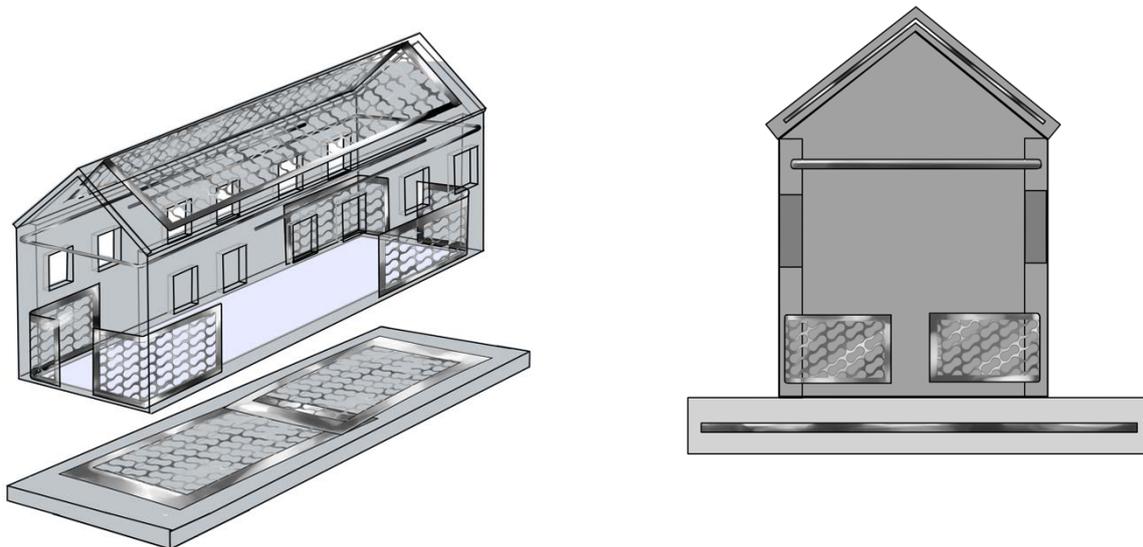


圖(二十九)：模擬小屋設計圖

因為模擬小屋的四壁是一體成形的，為了避免牆面脫落，我們將烤肉網剪成適當大小並凹成直角，放置在水泥牆裡面，確保水泥牆之間的連接處是牢固的。窗口的空缺部份，我們是將已經切成小塊的保麗龍塊，用碼釘槍釘在木板與木板中間上，這樣就能夠保留窗口。小屋的屋頂材料也是水泥，同樣以烤肉網作為其中的支架。



圖(三十)：無設通風孔模擬小屋內部示意圖



圖(三十一)：設通風孔模擬小屋內部示意圖



圖(三十二)：地板灌漿



圖(三十三)：小屋模具



圖(三十四)：小屋四壁相連



圖(三十五)：屋頂模具



圖(三十六)：屋頂灌完漿後



圖(三十七)：預留窗口

完成後的模擬小屋為一大長方形房屋，最後用保麗龍板當作隔間用的牆壁就完成了，在模具製作完成後，我們將屋身與屋頂結合，並以塑膠黏著劑作為補強，將四壁與屋頂間的縫隙填滿，在實驗中才可呈現，研究地點聚熱層內無空氣流動進出的環境



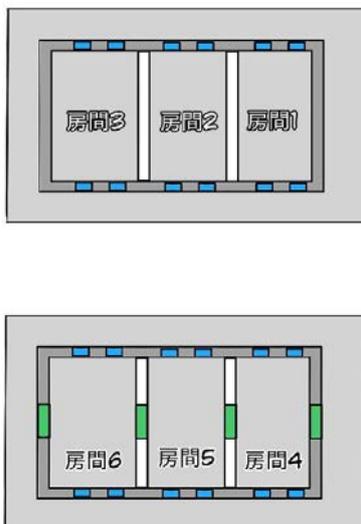
圖(三十八)：上面為開窗實驗組；下面為沒開窗對照組



圖(三十九)：完成圖

2. 實驗說明

(1) 第一階段



圖(四十)：第一階段實驗小屋放置位置圖

調查時間：鹵素燈開啟照射四小時後，每間隔一小時測量一次

在此次實驗時，我們將小屋並排放置於五樓樓頂，無太陽直射之處，與環境調查地點之方位一樣呈東西向。在此研究調查中，我們的測點為兩間小屋的窗口，包含三間無開窗及三間有開窗。以鹵素燈照射，並用帆布罩住。此階段實驗我們進行了兩次。



圖(四十一)：模擬太陽與模擬小屋位置示意圖

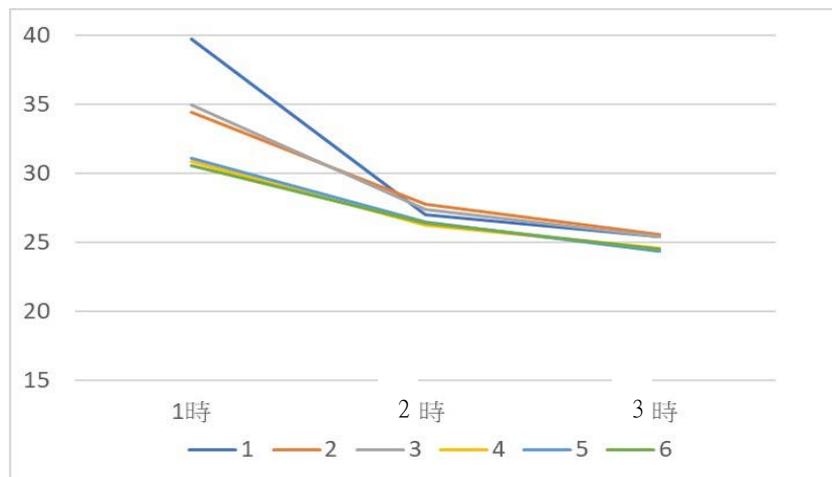


圖(四十二)：加熱時以帆布蓋住保留溫度

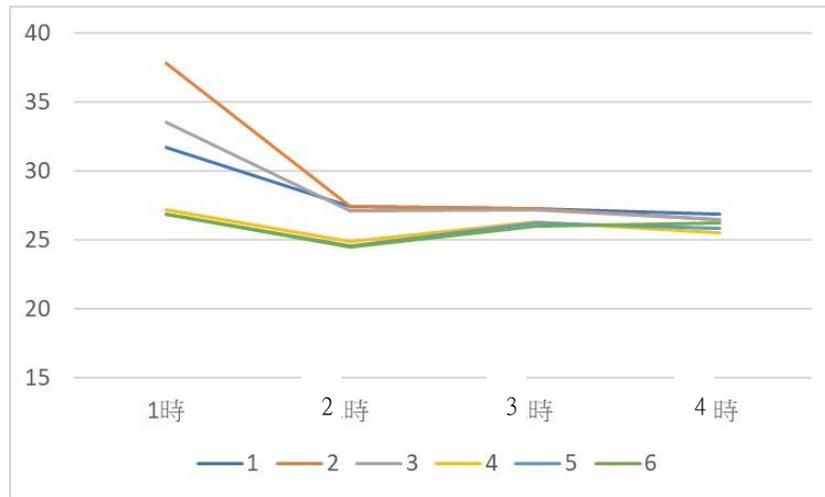
肆、研究結果

我們考慮到天然熱源可能會影響實驗結果，為了使兩組小屋能夠接受到同等的光源照射，實驗以鹵素燈當作加熱來源，固定加熱來源及時間，並以帆布蓋置，保留鹵素燈的溫度。

一、依第一階段調查結果，從圖(四十三)、圖(四十五)、圖(四十六)可以發現，在照射四個小時鹵素燈後，有開窗的初始溫度較低，且在一段降溫過程後，溫度依舊較低。圖(四十三)第一次實驗時，因放設位置，開窗的B組小屋在冷卻過程中，一側屋頂有段時間會被太陽直射，我們推測這導致其初始溫度大於沒開窗的，在後面之調查，其溫度下降到沒開窗的小屋之下，並保持較低的溫度。



圖(四十三)：小屋第一次調查數據



圖(四十四)：小屋第一次調查數據

- (一) 從數據可發現，沒有開窗的線條起伏較大，散熱較快；有開窗的線條起伏較小，但整體降溫後的平均溫度還是低於沒有開窗的小屋。

伍、討論

一、教育環境實地調查結果

(一) 問題分析

1. 因埔里的盆地效應，導致風的對流不良

(1) 戶外風向不穩定

(2) 建築物整體的走向，造成開窗風向與室外風向平行，導致室內的風很微弱

(3) 多數電扇位於聚熱層內，導致吹到教學區的風為熱風

2. 室內溫度太高

(1) 通風不量

(2) 窗戶與天花板的距離太長，使聚熱層面積太厚

3. 室內光線不足

(1) 日照軌跡與建築物走向接近平行

(2) 開窗方向與日照軌跡不一致

二、設計方案

(一) 在牆上打通氣口

將教室與教室戶相連接的牆壁，以及整棟樓層最外側的牆壁，於聚熱層範圍內開設一個

圓形的通氣孔，使教室到辦公室之間上方的熱空氣能夠流通，最後排出建築物外。

(二) 將電風扇旋轉方式改變

因為風扇向下吹會把熱空氣往學生座位區吹，導致身體感受到的是熱風，所以我們提議改變電風扇轉向，使其向上吹，增加聚熱層內空氣對流，最後將熱氣從通氣孔吹出。

(三) 在聚熱層內開窗

在導師作業區的窗戶上方牆壁加裝通氣孔，減少此區域的聚熱層體積，排出熱空氣，再透過風扇將冷空氣引入，利用兩者的互動達到降溫的效果。

(二) 模擬小屋實驗

在三個方案中，我們團隊以第一個方案(在牆上打通氣口)設計實驗，模擬小屋總共製作了兩組，一組為實驗組、另一則為對照組。對照組為無開洞小屋(簡稱無開窗組)，實驗組為有開洞小屋(簡稱開窗組)。小屋的主要材料為水泥，製作上分成三個部分，分別為：屋頂、屋身、底板。小屋的方位完全比照我們團隊在當地小學的研究場域之所在方位，並於每日加熱完 4 個小時後，每隔 1 個小時測量一次溫度。

我們用鹵素燈，將小屋的溫度升高到 30°C 以上，再將其處在通風的場地，觀察小屋的溫度散熱效率。從第二次的實驗中，我們發現沒有開窗的散熱速率折線起伏較大，雖效率高，但整體溫度仍比開窗組高，而有開窗的溫度則不論測點時間，溫度整體較低。

陸、結論

根據此研究目的及實驗調查發現，我們將結論列點整理如下：

一、 從環境因子調查的結果，教室悶熱的主因，為其建築結構上的未盡之處，即為聚熱層過厚且無法排出熱氣所引起，主因為通風不良。

二、 在不改造建築結構的情況下，我們認為種植植栽本應為最有效的，但其時間成本較高，因此無法在短時間內達成目的。因應國中小配置冷氣的政策，在文中有提及冷氣的正確擺放位置，應放置在教室內溫度最低且風向明確往教室內吹的位置，使教室內可以降低冷氣使用能源還能快速降溫。根據教室內冷熱空氣的流動，我們判斷應將教室冷氣裝設於靠近走

廊之牆面，將溫度最低的空氣吹至教室中心，並將熱氣從通氣孔排出。此方法既不改變原有的環境條件及建築結構且能增加降溫效果，並減少能源的使用。

三、排除外在環境因素干擾，以人工加熱方式作為單一熱源，可以驗證建築物開設通氣孔之方案，可有效降低室內溫度。

四、在能夠改造建築架構的情況下，我們認為在聚熱層內開設大型通氣孔使教室內通風量增加進而帶走悶熱，增設氣窗減少聚熱層體積，改變電扇的方向與位置使熱空氣被往上吹、冷空氣被往下送，能夠改善悶熱。此方式可提供學校做為改善校舍問題之建議方案。

柒、參考資料及其他

鄭巖(2014)。不同環境因子對學習效率之影響。(未出版碩士論文)中國文化大學環境設計學院建築及都市設計學系。取自

<http://ir.lib.pccu.edu.tw/bitstream/987654321/28273/2/fb140926172143.pdf>

U.S. Green Building Council.(2009,June27). USGDS-What is LEED ? :

<https://www.usgbc.org/help/what-leed>

BRE.(1921).BREEAM - Sustainability Assessment Method : <https://www.breeam.com/>

Japan Sustainable Building Consortium (JSBC) and Institute for Building Environment and Energy

Conservation (IBEC) . (2015,December 2). CASBEE : Basic concept :

<https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/basicconceptE.htm>

【評語】 052410

本研究調查南投埔里一國民小學之氣候環境影響因子，包括風向、風速、通風換氣量、太陽角等，發現聚熱層過厚與通風不足，乃造成學校教室室內悶熱之主要原因，進而提供開設大型通氣孔、改變電扇方向與位置、聚熱層內開窗等三種改建建議方案，針對聚熱層開設通氣孔採用小屋模擬實驗，同時確認聚熱層開設通氣孔為一有效排除熱方法。主要實地勘查時間集中於八月且僅三星期，可能影響溫度、濕度、風向與風速等之調查結果，同時，研究者監測前述多種影響因子，但並未清楚說明檢測理由及探討後續實驗，另外，真實房屋內存在各種熱源，開設通氣孔應不易使用，尚須考量許多因素。

作品簡報

把學校塗綠！

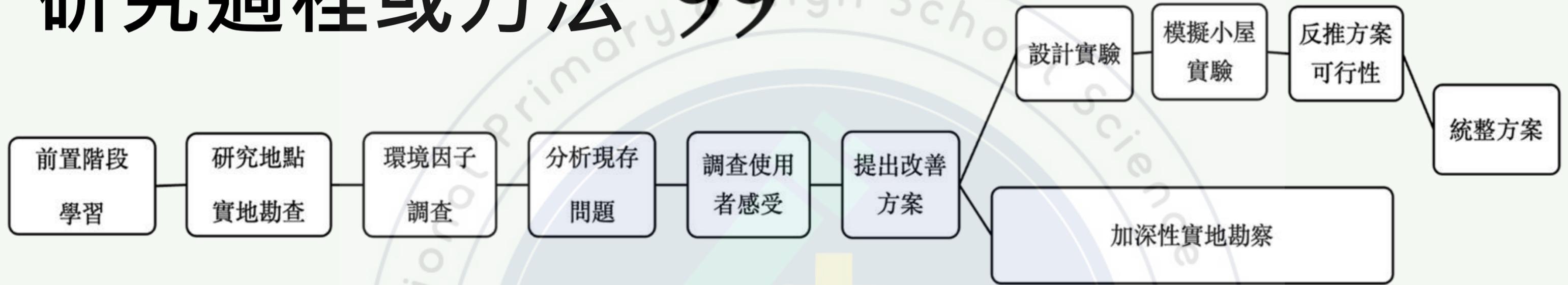
——教學場域綠建築化——

高中組 工程學科(二)

前言

近年來全球暖化愈發嚴重，教育部為了維持學生的學習品質，發起「班班有冷氣」計畫，試圖使學生能夠在舒適地學習，但是冷氣對能源的需求非常高，何況在全校都使用冷氣時，能源的使用量更是怵目驚心。因此，以正確得方式擺放冷氣使其以最低能源用度能夠有效降溫，和如何從根本改善教室內悶熱的問題，即是本團隊的目標。

研究過程或方法 ”



環境因子調查

- 溫度
- 風速
- 風向
- 太陽角
- 通風換氣量
- 雨量
- 濕度

※濕度與溫度



- 綠色為舒適範圍；
- 藍色為在國小內測得的範圍；
- 紅色為兩者重疊部分。

我們測得之數據，與舒適的體感溫度重疊的地方佔少數。

※通風換氣量=風速×通風口截面積

因為前面的風速調查測得的數據為零，故通風換氣量也無法計算，但我們體感還是有風，因此我們推論教室內有在換氣，只是很微弱。

問題分析

風的對流不良 :: 埔里盆地效應

戶外風向不固定

開窗方向與室外風向平行 —— :: 建築物整體走向

室內風很微弱 —— :: 建築物整體走向

電扇位置 —— 多數電扇位於聚熱層內

室內溫度太高

通風不良 —— ● 請見上一節點

聚熱層太厚 —— 窗戶與天花板之間的距離太長

室內光線不足

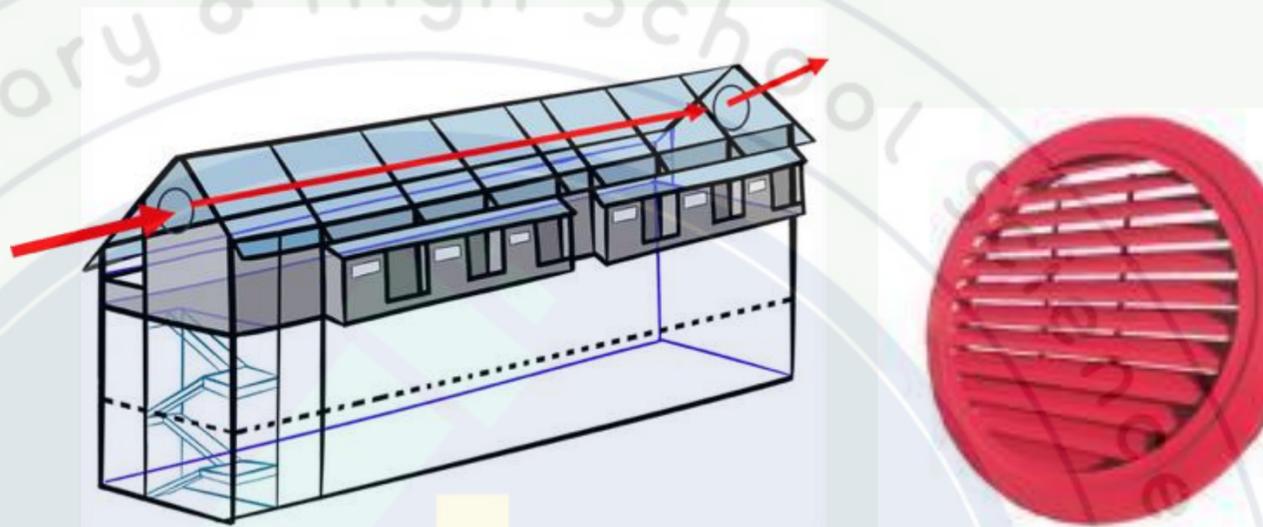
日照軌跡與建築物走向大致平行

開窗方向與日照軌跡不一致

設計改善方案

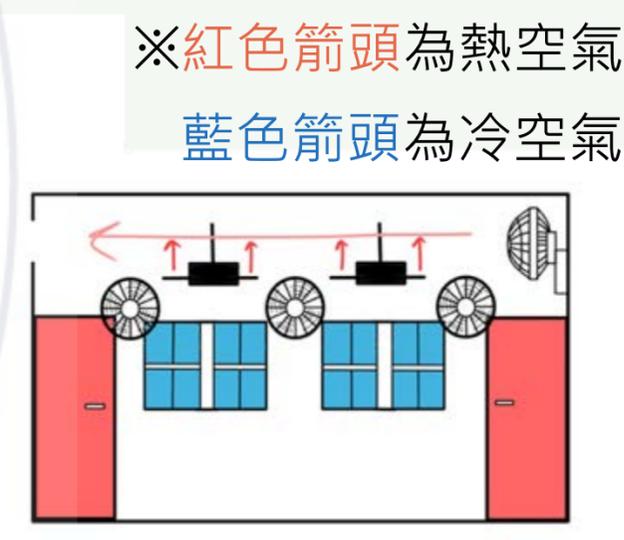
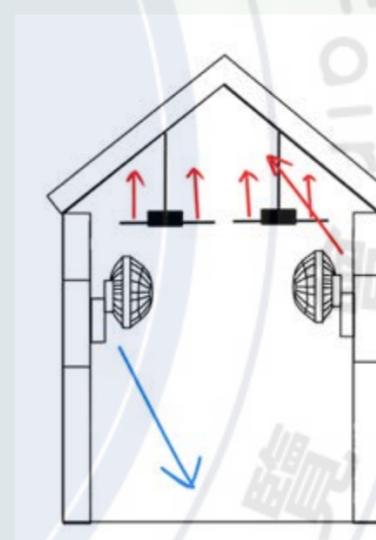
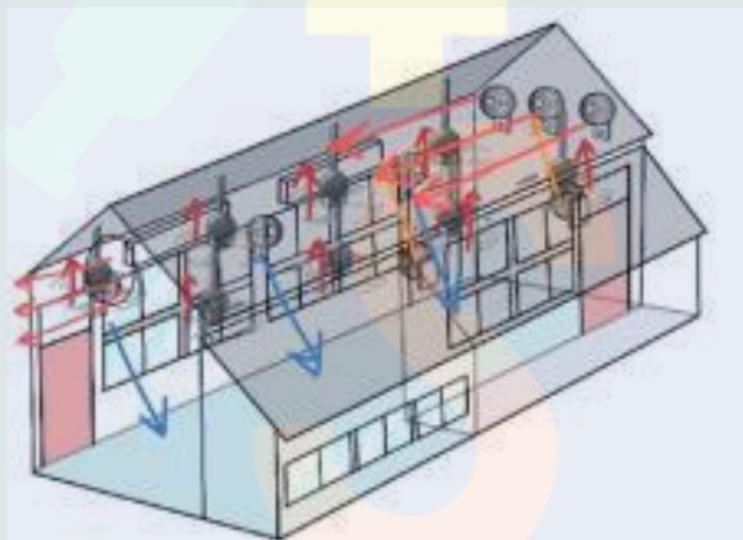
一、開設大型通氣孔

使聚熱層的熱空氣能夠流通



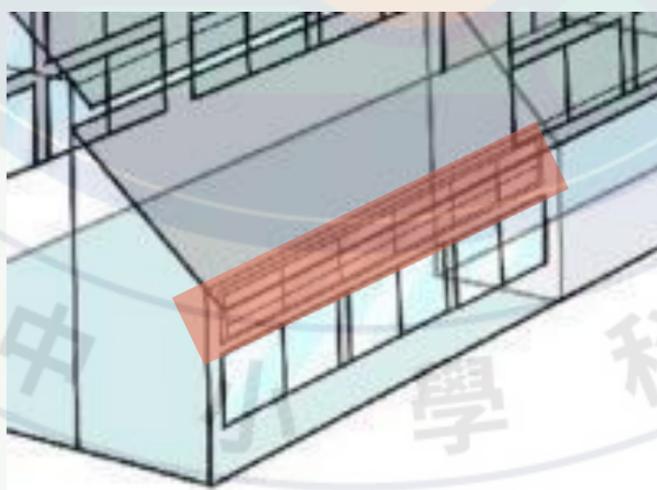
二、改變電扇方向與位置

使聚熱層內的熱氣能夠更有效率地排散



三、在聚熱層內開窗

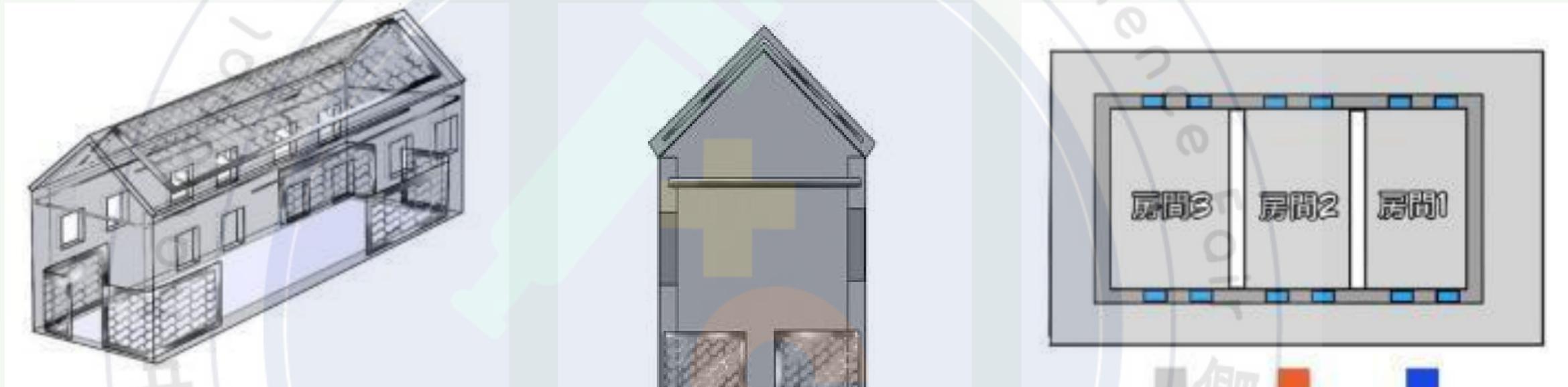
減少聚熱層體積



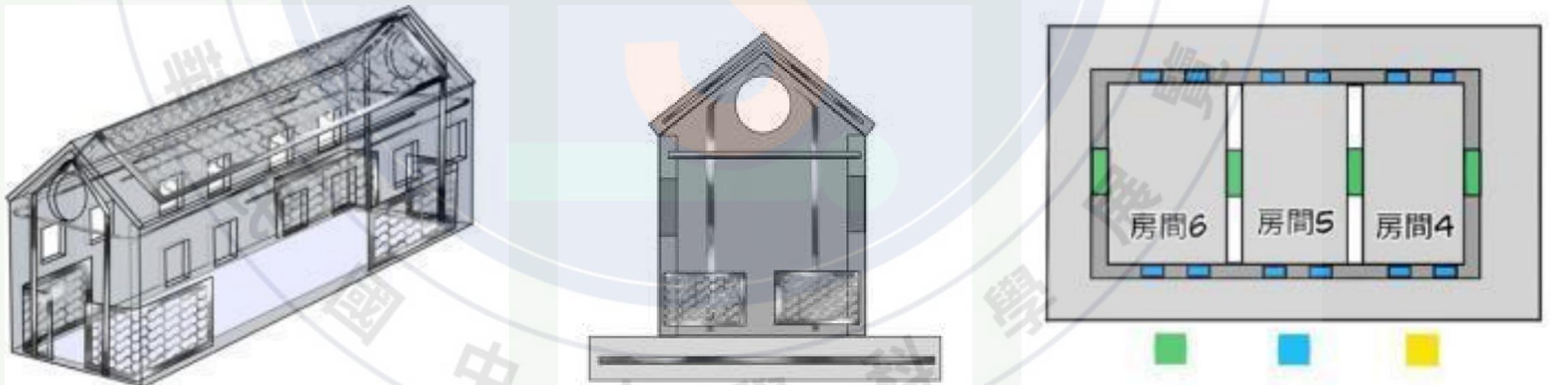
※橘色區域為開窗位置

模擬小屋實驗

對照組



實驗組



實驗流程

STEP1. 統一加熱

用鹵素燈照射4個小時，
溫度會上升到30°C



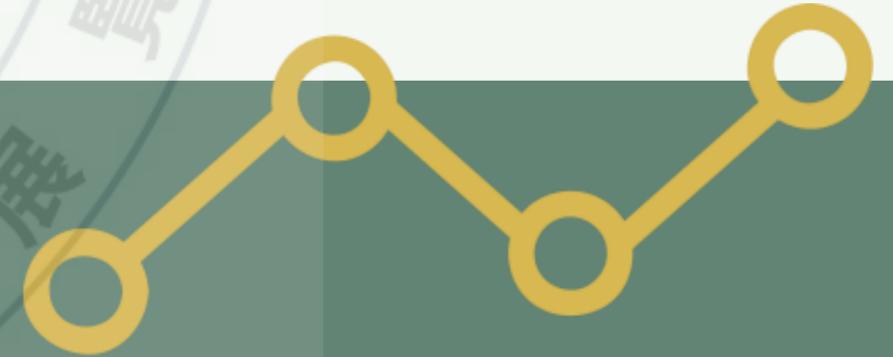
STEP2. 逐實測溫

掀開帆布後，先測初始溫度，
接下來每小時測溫一次

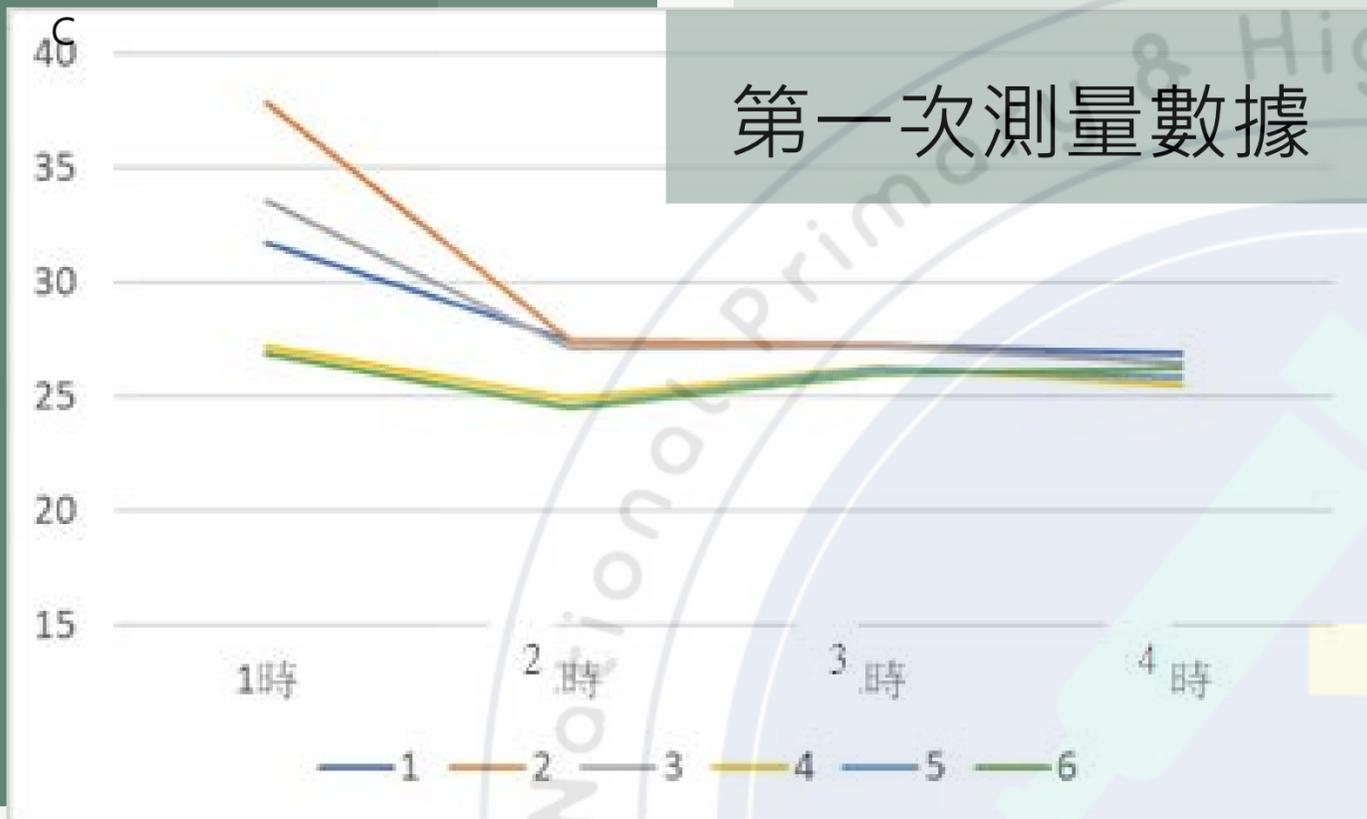


STEP3. 數據統整

實驗結束，將數據統整為折線
圖，以便分析



單位°

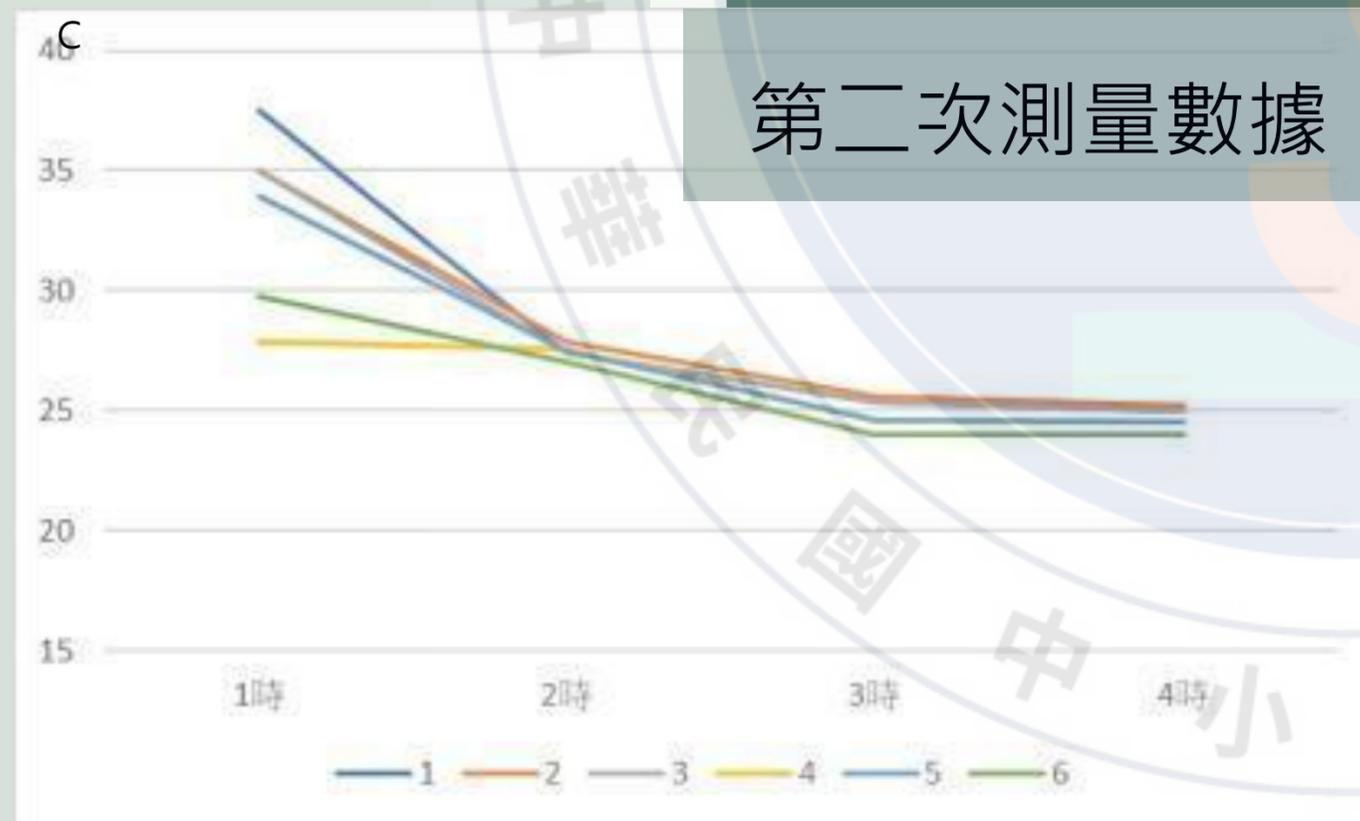


- 沒有開窗的小屋(1、2、3)折線起伏較大→散熱較快

2.有開窗的小屋(4、5、6)雖然線條起伏較小，但也有持續降溫，最後的溫度比無開窗小屋還要低1~2°C

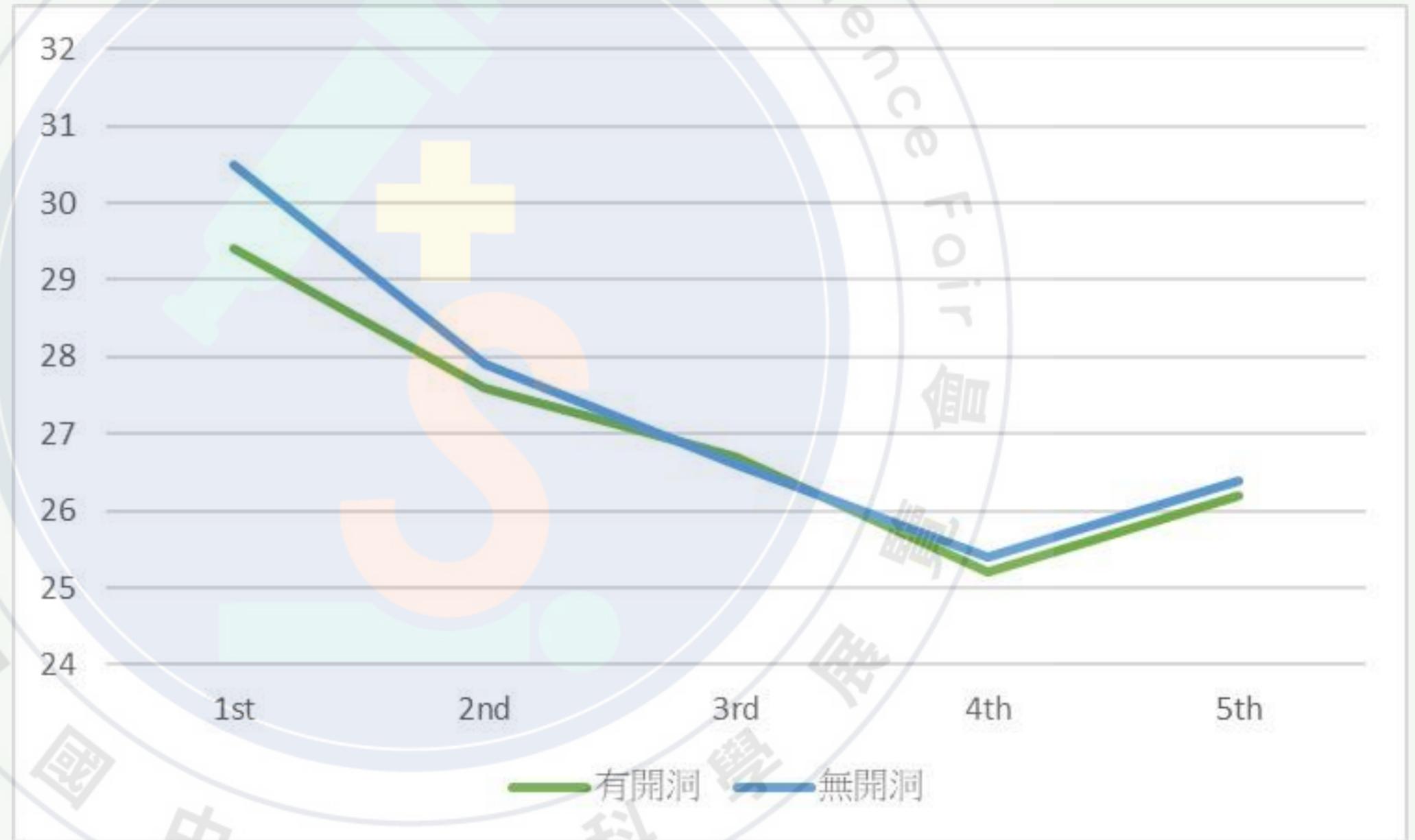
3.第一次測量4、5、6溫度有小幅上升，推測原因為過程中有照射到陽光

單位°



開電扇對散熱效果之影響

1. 如以第三點為初始點，
可得知3rd~5th階段，
有開洞的小屋溫度下降
幅度較大。
2. 推測為有開洞的小屋通
風較好，散熱速率快。

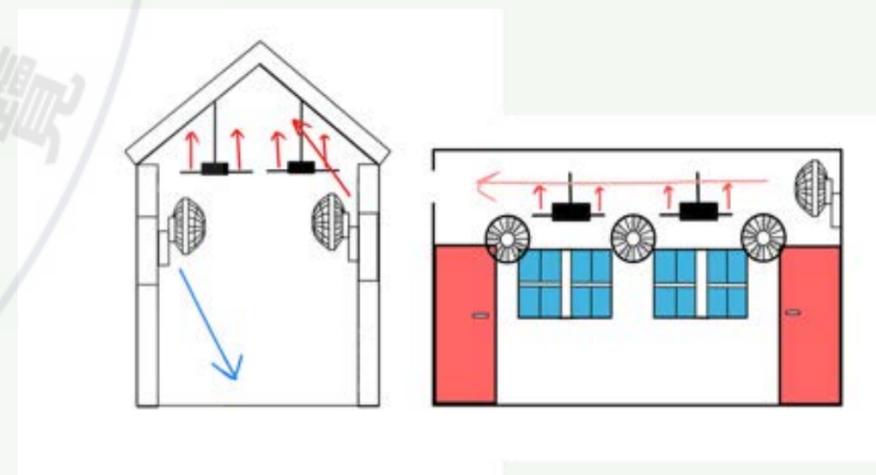
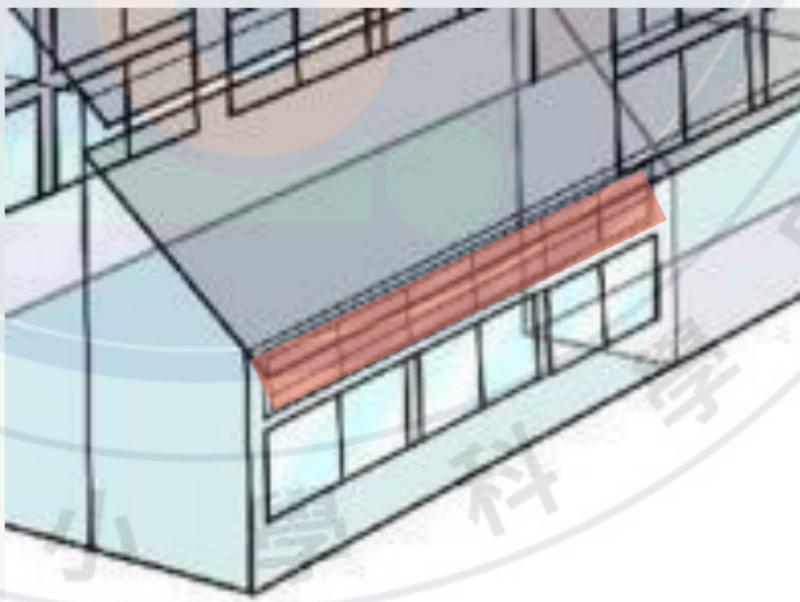
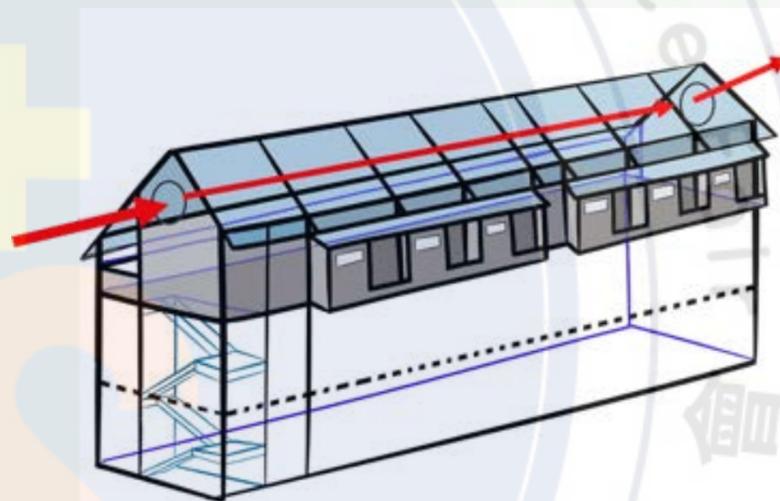


結論

- 造成室內悶熱的主要原因：室內風微弱，造成室內通風不良、熱堆積散不出去

2. 根據問題我們團隊提出三種解決方法：

- (1) 開設大型通氣孔
- (2) 改變電扇方向與位置
- (3) 在聚熱層內開窗



3. 從實驗中可得知，若排除外在環境因素的干擾，可以驗證開設大型通氣孔能夠有效排除熱

4. 配合政府班班有冷氣政策，我們團隊有建議的冷氣裝設位置

(1)學校裝設位置

黃色色塊為冷氣位置



(2)我們建議的裝設位置

(a)裝設在室內溫度最低處

(b)裝設在室內最通風處





THANKS

for

Listening