

# 第 17 屆小學生公益行動

## 再造好「涼」園-校園降溫行動



## 動機緣起：發燒的地球，發燒的校園

全球暖化是一個現代社會所面臨的嚴重挑戰，透過新聞報導，我們觀察到各國夏季單日最高溫不斷攀升的趨勢，熱傷害事件頻傳；自從班班有冷氣以來，學校在去年六月和八月，發生兩次超過契約用電度數，遭到罰款，讓我們知道，吹冷氣對於夏季的高溫是治標不治本的方法，因此，大家著手進行相關的調查與討論。

首先，我們查找相關氣溫資料，以便了解學校以及附近社區整體氣溫變化狀況。從交通部中央氣象署的氣象資料得知，學校這一帶的氣溫變化確實也如氣象報導一樣，夏季高溫連年升高；另外，為了解我們的校園是否為社區中特殊的區域，也就是說，是不是社區中比較熱或比較涼的區域，將校園氣溫與彰化市整體均溫做比較，發現並沒有太大的差異。

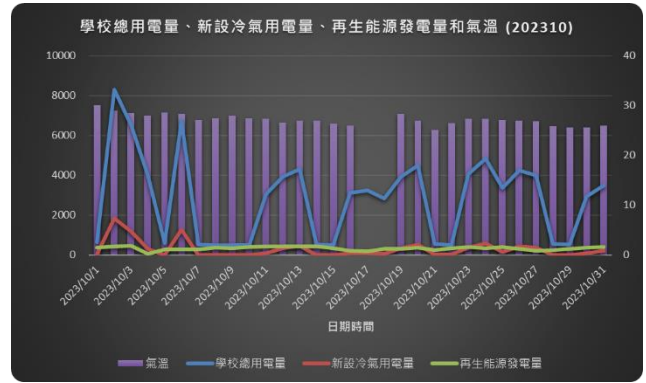
接著，我們訪問總務處人員，了解學校整體用電情形，透過校園能源資訊看板可得知，「學校總用電量」、「再生能源發電量」、「冷氣耗電量」以及當日氣候狀況（包含氣溫、濕度、風速），並且我們還瞭解到，許多用電的地方例如教室、機房、不斷電系統等，是無法切斷電源不用電的。

於是，我們著手整理去年五月到十月，校園開放班級使用冷氣的各項用電資料，如下照片網站，發現到氣溫和用電量呈現正相關，再生能源發電量遠不及學校總用電量，更加證明了小小的校園也隨著全球暖化現象，正在發燒著，我們需要更積極的行動來讓校園降溫，讓地球降溫！





學校用電情形與當月氣溫對照圖 (六月)



學校用電情形與當月氣溫對照圖 (十月)



總務處人員帶我們閱讀校園能源資訊看板



總務處人員解說學校整體用電情形

## 超越力 Exceed

### 確認問題：實地調查，了解問題所在

#### (一) 校園開放空間調查

我們運用熱像儀和黑球溫度計到校園的各個區域進行測量，紅色到藍色的顏色漸層代表，高溫到低溫的變化，以下為我們的發現：

| 熱像儀 | 實景 | 地點 | 描述                                    |
|-----|----|----|---------------------------------------|
|     |    | 操場 | 1. PU 跑道最高溫<br>2. 草地為第二<br>3. 噴水處為最低溫 |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>停車區</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.柏油路面最高溫</li> <li>2.透水鋪面第二</li> <li>3.樹蔭下為最低溫</li> </ol> |
|  |  | <p>親子公園</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.塑膠軟墊最高溫</li> <li>2.陰影處第二</li> <li>3.樹蔭下為最低溫</li> </ol> |

## (二) 教學區建築物調查

我們針對不同樓層與建築體同樣進行了熱像儀與黑球溫度計的實地測量：

|               |              |
|---------------|--------------|
|               |              |
| <p>三樓走廊頂部</p> | <p>頂樓</p>    |
|               |              |
| <p>教室外牆</p>   | <p>中走廊頂部</p> |

綜合整體結果進行分析，獲得以下結論：

1. 學校校舍的屋頂根據下方空拍圖可以得知，有些樓層有進行防水隔熱工程、有些沒有，也有只進行簡單隔熱漆，沒有隔熱毯及防水漆鋪面。

|   |  |
|---|--|
|  | <p><b>博學樓</b><br/>沒有進行防水隔熱工程</p>                       |
|   | <p><b>審問樓</b><br/>有進行防水隔熱工程</p>                        |
|   | <p><b>慎思樓</b><br/>只進行簡單隔熱漆，沒有隔熱毯及防水漆鋪面，現今部分屋頂已經掉漆。</p> |

2. 由下方示意圖可得知，即使是進行過簡易隔熱工程教室前的天花板 A 處，比同棟沒有隔熱的頂樓天花板 C 處還低  $4.1^{\circ}\text{C}$ ，而只比上方還有一層頂樓的廁所前 B 處低  $0.8^{\circ}\text{C}$ 。

| 慎思樓屋頂示意圖  | 熱像儀溫度  |  |
|---|--|--|
|  | <p><b>有簡易隔熱</b></p>  | <p><b>C</b><br/>東側頂樓<br/><math>25.8^{\circ}\text{C}</math></p>   |
|   | <p><b>A</b><br/>4 樓東側教室前<br/><math>21.7^{\circ}\text{C}</math></p> | <p><b>B</b><br/>4 樓東側廁所前<br/><math>22^{\circ}\text{C}</math></p> |

3.從下表可以得知，有進行防水隔熱工程的教室天花板，測量的溫度比教室前的天花板 A 處，竟然可以比上方還有一層頂樓的廁所前 B 處低 4.6°C；相對而言，沒有工程的樓層就沒有隔熱效果。

| 防水隔熱 | A               | 熱像儀溫度  | B               | 熱像儀溫度  |
|------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| 有    | 審問樓<br>4 樓東側教室前 | 21.5°C | 審問樓<br>4 樓東側廁所前 | 26.1°C |
| 無    | 博學樓<br>4 樓東側教室前 | 21.4°C | 博學樓<br>4 樓東側廁所前 | 22.3°C |

### (三) 入班調查學生實際感受



入班調查大家對於校園不同區域溫度的感受

我們也到不同班級去進行調查，一到六年級每個年級分別抽樣三個班級，每個年級班級數約 14-17 班，全校學生數 2521，總共調查 470 名學生意見，了解大家最常活動的區域，以及大家在 5、6、9、10 月教室可以吹冷氣時，對於這些活動區域的溫度感受，以下為我們的發現：

1. 最常活動的區域依序為- (1) 教室、(2) 親水公園遊戲區、(3) 操場、(4) 籃球場、(5) 明辨樓旁遊戲區、(6) 篤行館。
2. 體感覺得熱的區域-親水公園遊戲區、操場、籃球場、明辨樓旁遊戲區、篤行館。
3. 大家最常活動的區域以及感覺最不熱的地方是教室，其原因是因為，調查時是詢問大家在 5、6、9、10 月教室可以吹冷氣時，因此，超過半數的同學幾乎都待在教室。

調查結果統整如下，分為「最常活動的區域」以及「體感覺得熱的區域」：

| 最常活動的區域 ( 單選 ) |         |     |     | 體感覺得熱的區域 ( 可複選 ) |         |     |     |
|----------------|---------|-----|-----|------------------|---------|-----|-----|
| 排名             | 地點      | 人數  | 百分比 | 排名               | 地點      | 人數  | 百分比 |
| 1              | 教室      | 253 | 54% | 1                | 操場      | 447 | 95% |
| 2              | 親水公園遊戲區 | 70  | 15% | 2                | 籃球場     | 428 | 91% |
| 3              | 操場      | 67  | 14% | 3                | 親水公園遊戲區 | 375 | 80% |
| 4              | 明辨樓旁遊戲區 | 28  | 6%  | 4                | 明辨樓旁遊戲區 | 302 | 64% |
| 5              | 樹屋      | 22  | 5%  | 5                | 篤行館     | 233 | 50% |
| 6              | 籃球場     | 12  | 3%  | 6                | 綜合球場    | 78  | 17% |
| 7              | 篤行館     | 11  | 2%  | 7                | 北門旁植物園  | 71  | 15% |
| 8              | 北門旁植物園  | 7   | 1%  | 8                | 樹屋      | 35  | 7%  |
| 9              | 綜合球場    | 0   | 0%  | 9                | 教室      | 26  | 6%  |

總結校園熱像儀觀察記錄及班級問卷的對比結果，以及訪問總務處及建築師所獲得資訊，進而列出這次要解決的校園熱區：

## 校園熱區

## 形成熱區原因



- 1.操場為完全開放，沒有任何遮蔽設計
- 2.雖然周遭有栽種樹木，但是數量明顯不足
- 3.根據我們的觀察灑水設施的數量偏少



- 1.親水公園遊戲區為完全開放空間
- 2.遊憩器材區鋪設人工草皮，會吸收熱能
- 3.原本的水池已淨空，露出水泥鋪面，無法提供調節氣溫
- 4.部份樹木因病砍除，產生大片空地



- 1.籃球場上方沒有任何遮蔽設計
- 2.雖然周圍有栽種樹木，但是數量明顯不足
- 3.生態池距離籃球場超過 100 公尺，無法產生調節氣溫的作用



- 1.明辨樓旁遊戲區上方沒有遮蔽設計
- 2.遊憩器材下方鋪設人工草皮，會吸收熱能
- 3.周圍沒有綠籬





1. 篤行館在裡面活動感覺悶熱
2. 因為球隊練習需要而門窗緊閉，且不會開啟空調



1. 部份建築物四樓教室，因為屋頂尚未進行防水隔熱工程，相較於其他樓層熱
2. 走廊上花臺缺乏植栽，使得日照直射，建築物容易蓄熱

### 一、相關法令與政策：了解相關責任與可能的影響

依據「國民小學及國民中學設施設備基準」第五條，學校應符合音環境、光環境、熱環境、空氣環境、綠化環境、文化環境之指標。其指標（三）熱環境所示：

- 1.校舍應有適當遮陽設計或設施，以避免直接日曬。
- 2.校舍屋頂為強化防水及隔熱功能，可依實際需求建置斜屋頂。
- 3.建築之屋頂部位之平均熱傳透率  $U_{ar}$  值應小於零點八  $w/(m^2 \cdot k)$ ，並依建築技術規則第十七章綠建築相關規定辦理。
- 4.電腦機房及其他精密設備機房應設置溫度控制及不斷電設備。
- 5.普通教室、辦公室及專科教室，視需要裝置電扇或冷氣設備，並儘量以室外綠化措施及建築物座向，調節室內溫度。

以及指標-（五）綠化環境所示：

- 1.學校圍牆宜採視覺穿透性方式，並予以綠化。
- 2.綠化應採用當地原生植種為宜，使其不致影響當地生態，惟應避免以有毒植物進行綠化。
- 3.校園之樹種宜力求多樣，避免種植單一樹種，並考量配合教學需要，分區種植。所種植之樹木、花草應標示植種、名稱、原產地、特性、科別，以利教學之實施。
- 4.校園綠化工作應講求綠化效果，在建築物結構安全及防水無虞情況下，學校屋頂、走廊、陽台宜進行綠化，構築立面綠化效果，並注重環境教育之落實。
- 5.綠化植栽修剪後之廢棄物得加以利用，例如作為堆肥之用。

由上述兩項指標可知，學校宜透過適當遮陽設計或設施、綠化與屋頂隔熱措施來調控室內溫度，以符合校園整體規劃設計原則，以及環境教育的落實。



查詢相關政策資料



檢視並討論可行性

## 二、可行政策分析：了解相關優劣因素以利後續規劃

進一步依據教育部「校園樹木植栽及養護手冊」以及「永續校園營造指南」進行可行方案的分析，

以下為我們的說明：

| 政策            | 優點                                      | 缺點  |
|---------------|---|---|
| 操場與球場週邊適當遮陽設計 | 適當遮陽設計或設施，能避免直接日曬，降低環境溫度                | 操場底下有涵洞，為南郭坑溪河道，相關工程款會暴增                  |
| 操場與球場週邊種植樹木   | 植物的美化和防護作用能對校園起到，淨化空氣、減少噪音、調節氣候等改善環境的功能 | 需特別考慮樹種，避免樹根隆起，對PU跑道和球場鋪面造成破壞             |
| 教室外花臺栽種植物     | 利用爬藤類或懸垂類植物在牆壁進行立體綠化，能達到隔熱的效果和綠美化的作用    | 需特別考慮植物特性，以及後續澆灌養護的落實，避免打掃人力不足和養護不當造成的枯萎  |
| 強化屋頂隔熱功能      | 隔熱漆、遮陽設施能有效降低靠近頂樓教室內的溫度，提昇冷氣使用的效能       | 需有相關工程費用配合                                |
| 篤行館通風改良       | 只要打開窗戶，不用花費即可改善                         | 該場地同時也是桌球、羽球社團及校隊練習場地，開窗會影響其練習造成不便        |
| 熱傷害預警系統       | 參考中央氣象局平台資訊，可達到警示作用，讓師生提早因應，共同預防熱傷害     | 學校需有人員隨時查詢即時熱傷害資訊，以及設計預警旗幟呈現方式並宣傳，讓全校師生知道 |

依據「教育部補助永續循環校園計畫作業要點」，永續循環校園改造計畫硬體改造項目主要回應，智慧化氣候友善、低碳等方向，包括資源與碳循環、水與綠系統、環境與健康、能源與微氣候或其他符合永續發展之項目；因此，除了參考教育部「永續校園指南手冊」，我們也針對校園內的問題，進一步參考其他永續循環校園建制相關案例，提出以下幾項政策：

## 一、空地補植樹木與建築物外牆立體綠化

台灣介於亞熱帶與熱帶氣候環境地區，利用走廊及陽台綠化、牆面綠化或開口部綠化，都能降低太陽輻射熱進入室內，提供愉悅舒適的室內環境。

立面植栽可以吸收、反射、漫射太陽輻射熱，都市區的校園經常綠化程度不足，因此特別適合用小型落葉樹栽或爬藤植物，進行立面綠化，遮蔽太陽輻射熱，可以直接降低室內溫度，也間接緩和都市熱島效應，同時又能淨化空氣。

選用「校園樹木養護植栽手冊」所建議植栽，適合中部地區氣候，能夠忍耐旱季、較耐空污或葉片具有截留污染物能力的當地原生樹種，並向彰化縣農業處提出申請，種植其可供出栽苗木。

## 二、屋頂隔熱措施

建築規劃設計應考量適當的使用斷熱材，提高屋頂層、樓板台基、牆壁的斷熱性能，達到加強建築本體的隔熱效能，抑制高溫或夏季時屋頂層的表面溫度上升，並減低建築物的熱傳效應。為避免屋頂層表面溫度過高或熱傳導過大，於屋頂搭設棚架或塗裝高反射率的塗料、鋪設隔熱材等達到斷熱效果。

目前校園內教學區建築頂樓均設置太陽能板，部份建築物屋頂已完成防水隔熱塗料工程，餘下建築物可加速此一措施的完善。

### 三、設立熱傷害警示旗幟

由國民健康署、中央氣象局、中央研究院共同研發的「樂活氣象 APP - 健康氣象服務」，可以一覽全臺各縣市（含鄉鎮市區）熱傷害預警地圖，更能即時查詢每日及每週「熱傷害預報」，讓民眾能避開及提早因應（如不要外出、補充水份等），避免熱傷害發生。

校園內可以仿效「空氣品質旗幟」的功能，每日依據健康氣象平台所提供的熱傷害預報資訊，於學生主要活動區張掛旗幟，以便警示避免熱傷害對我們健康造成的影響與損害。

### 四、新建建築物依據綠建築原則

學校篤行館（活動中心）即將重建，依據前述要點，永續與綠建築技術，需在學校建築物規劃設計的過程中即同步納入，如此一來，更能符合節省能源、資源與環保的成效，也會提升整體建築與環境品質，進一步達到節能減碳目標。因此，學校建築規劃與設計應充分與自然環境相配合，仍有使用需求機能不足時，再輔以環境控制機械設備方式以創造優質舒適健康的室內環境。

建案在規劃與設計時應依校園周遭環境與自然環境條件配置綜合考量，建築方位以南北向為主，可降低夏季太陽直達輻射熱的建築物，受到日照的影響而溫度升高，同時若需遮陽板裝置也更容易達到遮蔽的效益。



檢視分析各項方案



分組說明與報告

## 一、向校方報告我們的訴求

在我們確立訴求後，我們決定向總務主任報告我們的調查及行動訴求，希望學校能支持我們的提案，並惠允我們一起協助改善，以下是我們提出的建議：

1. 可以在操場增加撒水的時段，以利降溫
2. 部份土壤裸露的地方，可以再種植草皮
3. 親水公園啟動水環境，並搭配省水循環裝置，減少水資源浪費；至於安全考量可透過宣導教育，讓大家可以親近水環境，又遵守安全原則。
4. 將親水公園附近由於樹木生病死亡的空地補種喬木，並且依據教育部校園植栽及養護手冊選擇原生種。
5. 教室外花台鼓勵進行綠化，種植懸垂植物，減少建築物因太陽直射所產生的熱輻射。
6. 由於實驗發現隔熱漆效果良好，而校園內還有一些建築的屋頂尚未上漆，若能加速校園建築物屋頂的防水隔熱上漆工程，將對於降低教室的溫度有很大的幫助。
7. 在操場設立「熱傷害指數」旗幟，也就是在當日氣溫接近 35 度，達到綜合溫度容易造成熱傷害的危險指標，就以旗幟示警學生避免在戶外活動，以降低熱傷害帶來的健康危害問題。
8. 在不影響活動空間的原則上，校園盡可能多種樹或使用灌木綠籬，樹種盡量多元。

總務主任也蒞臨我們的課堂，傾聽我們的需求並給予回覆：

1. 學校在操場部份裸露區域新植草皮後，已調整灑水時段，於晚上九點，以及清晨六點增加自動灑水時間。
2. 親水公園水環境建置需考量整體管線設置，會列入之後該區域維護工程中討論。
3. 空地將會補種喬木，以及移植校園其他區域因工程而需移動的樹木。
4. 教室花臺綠化目前由總務處職工協助，會加快速度，但是，尚需要各班協助後續澆灌維護，也希望我們協助宣導與推廣。
5. 屋頂防水隔熱漆工程已經爭取經費，最遲可望於今年暑假完成餘下建築物的作業。
6. 熱傷害指數警示旗幟這個構想非常好，希望我們可以協助構思，學校將全力支持推行。



向總務主任提案



主任回覆各項提案可行性與學校辦理情形

## 二、與得標廠商建築師事務所交流

學校有告訴我們，篤行館(活動中心)即將進行重建，經查詢政府電子採購網知道得標廠商的資訊，請學校聯繫建築師事務所，讓我們有機會與廠商交流想法。最後我們訪問呂建築師，並參考一些網站的資訊，提了一些降低溫度的方案，例如，塗隔熱漆、加設太陽能板、窗戶加隔熱窗簾、運用排氣窗、排風扇讓空氣流通，選用可散熱的鋪面材質，燈泡用低瓦數冷光燈來減少室內產熱，呂建築師說明這些剛好都在他的設計裡面，並且給予我們支持和肯定。



向建築師提出對新建活動中心的構想



我們逐一說明各項設計概念



建築師解釋鋪面應用類型



建築師說明建築物座向與自然環境法則應用

| 項次            | 種類  | 機關名稱  | 標案案號<br>標案名稱   | 招標公<br>告日期 | 決標或<br>無法決標公告 | 截止投<br>標日期 | 公開閱覽/<br>徵求日期 | 預告公<br>告日期 | 功能選項 |
|---------------|---|-------|--|------------|---------------|------------|---------------|------------|------|
| 1             | 決標公告  | 彰化縣政府 | 112-0020512-049-2-4<br>「彰化市南郭國民小學活動中心(篤行館)拆除重建工程」委託規劃設計監造技術服務案 | 112/06/30  | 112/08/09     |            |               |            | 檢視   |
| 投標廠商家數        | 3   |       |  |            |               |            |               |            |      |
| 投標廠商          | 1 得標 45627035 呂政道建築師事務所<br>2 未得標 78858943 張世鐘建築師事務所<br>3 未得標 99187528 林義傑建築師事務所 |       |  |            |               |            |               |            |      |
| 決標品項數         | 1   |       |  |            |               |            |               |            |      |
| 第1品項          | <a href="#">得標廠商</a>  |       |  |            |               |            |               |            |      |
| 品項名稱          | 「彰化市南郭國民小學活動中心(篤行館)拆除重建工程」委託規劃設計監造技術服務案   |       |  |            |               |            |               |            |      |
| 活動中心拆除重建工程已發包 |   |       |  |            |               |            |               |            |      |

### 三、防水隔熱工程

根據總務主任的回覆，其實校方也很想要趕快完成全校校舍的防水隔熱工程，只是在政府的補助款有限情況，只能等待。不過，經過學校積極爭取經費下，在 112 學期末終於獲得補助並發包工程，期待讓校舍屋頂得以大變身，不僅達隔熱防水節能效果，更可營造涼爽、舒適及優質學習環境的校園。

| 項次                     | 種類                         | 機關名稱         | 標案案號<br>標案名稱                         | 招標公<br>告日期 | 決標或<br>無法決標公告 | 截止投<br>標日期 | 公開閱覽/<br>徵求日期 | 預告公<br>告日期 | 功能選項 |
|------------------------|----------------------------|--------------|--------------------------------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|------|
| 1                      | 決標公告                       | 彰化縣彰化市南郭國民小學 | 11210B<br>南郭國小111年度校舍防水隔熱工程(慎思樓、定靜樓) | 112/12/20  | 113/01/22     |            |               |            | 檢視   |
| 投標廠商家數                 | 1                          |              |                                      |            |               |            |               |            |      |
| 投標廠商                   | 1 得標 52449493 瑞駿企業股份有限公司   |              |                                      |            |               |            |               |            |      |
| 決標品項數                  | 1                          |              |                                      |            |               |            |               |            |      |
| 第1品項                   | <a href="#">得標廠商</a>       |              |                                      |            |               |            |               |            |      |
| 品項名稱                   | 南郭國小111年度校舍防水隔熱工程(慎思樓、定靜樓) |              |                                      |            |               |            |               |            |      |
| 學校目前未有隔熱塗料的校舍防水隔熱工程已發包 |                            |              |                                      |            |               |            |               |            |      |



#### 四、親水公園重新種植樹木

在學校親水公園原本種有大量的樹木，後來因為樹木群接連感染褐根病而砍除，經過跟學校反映後，目前補種一部分，只是尚未依相關比例將全部的空地種植完成，根據總務主任說明，是預作未來移植之用，我們將會持續關心補植和移植進度。



生病遭砍除的樹木



空地重新種上樹苗



空地補植樹木-整地



空地補植樹木-栽種



補植樹木隔週持續澆水



空地補植樹木-原生種山櫻花

## 五、教室外花臺栽種植物

由於高樓層班級教室外設有花臺，我們將和總務處執行植栽養護工作的人員，一同選用種植的植物，並進行宣導活動，讓各班認養照護工作，為環境盡一份心力。



部份花臺已栽種懸垂植物，仍有部份樓層需種植

## 六、設立「熱傷害指數」旗幟

我們將著手進行「熱傷害指數」旗幟的設計與製作，並與學校進行討論設置地點，待設置完成亦搭配學生晨會與教師晨會執行宣導活動，讓大家能避免熱傷害，擁有更健康安全的校園生活。



樂活氣象 APP 截圖。圖片來源：<https://buzzorange.com/citiorange/2022/08/25/heat-stroke/>



設計警示牌並實地測試裝設位置