

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 地球科學科

團隊合作獎

080502

見「微」知著大解謎：探究校園微氣候的奧秘

學校名稱： 苗栗縣竹南鎮竹南國民小學

作者：	指導老師：
小六 鄭育丞	邱嘉瑜
小六 鄭子濬	沈芸安
小六 蘇仲宇	
小六 劉育昕	

關鍵詞： 微氣候、體感溫度

## 摘要

本研究是透過 2 個月的校園實際調查，來探究校園各地點的微氣候，以及風對校園各地點微氣候的影響，並分析影響各地點微氣候的因素，最後找出校園內最舒適的地點。研究結果發現：

1. 建築物包圍的地區溫度較低；日照長、風速低的地點則溫度較高。
2. 離建築物遠，風速較強。
3. 建築物包圍的地區濕度較高，操場上風速高則濕度低，有植物的地點相對濕度較高，但是有日照的地點反而會降低相對濕度。
4. 風速高的時候，校園內各地點的溫度都會稍微上升，濕度會降低。
5. 溫度越高，體感溫度越高；風速越高，體感溫度越低；環境不同會調節濕度，間接影響體感溫度。
6. 有建築物或樹木的地方，都是體感溫度較舒適的地點。

## 壹、前言

### 一、研究動機

自然課時教到「多變的天氣」，在課程中提到落山風和焚風，老師又提到了我們家鄉特有的風---「九降風」。原來同樣的東北季風，在臺灣北部會形成潮濕多雨的天氣，到了屏東會形成風力強大的落山風，到了竹苗地區會形成乾燥寒冷的九降風。老師說：「每個地方的氣候都會受到該地的緯度、地形、海拔、水資源…等影響，就像學校裡的每個角落，氣候也會因為環境而有些微的不同。」於是我們抱著好奇的心，想探究當九降風來臨的季節，風速對校園各地的微氣候會有什麼變化呢？探究「校園微氣候」的同時，也能對校園環境有更深入的了解，希望在未來極端氣候的情況下能改善校園活動的品質。

## 二、研究目的

1. 探討校園內不同地點的微氣候特徵，包括溫度、濕度及風速等氣象參數，並分析影響各地點微氣候的因素。
2. 研究風速對校園微氣候的影響，特別是風速對溫度、濕度的變化情況。
3. 評估校園各區域、各時間的體感溫度，並分析溫度、溼度、風速和體感溫度的關係。

## 三、文獻探討

### (一)氣候

氣候一詞由古希臘語 Klima 演變而來，原意為傾向，趨勢。通常定義為很長一段時間內的平均天氣狀況，包括溫度、濕度、氣壓、風向、風速、降水量、大氣成分及眾多其他氣象要素，在很長時期及特定區域內的綜合概括描述。而一個地方的氣候通常受該地的緯度、地形、海拔和附近水資源影響，所以決定氣候變化的因素多且複雜，為數眾多的變量及其複雜的相互作用決定了氣候的變化。

### (二)微氣候

微氣候一般是指一個小範圍內(例如街道、公園、河邊等)的獨特氣候狀況。由於受到當地周邊地形環境、建築物坐向及密度，和當時的天氣情況等因素影響，該處的氣候特徵可跟周邊大範圍的或有不同。因此，即使在同一區域內，不同地點的天氣元素也可以有相當差別。

### (三)體感溫度

體感溫度是用來反映人體對於氣溫的感受，而人體對氣溫的感受主要是來自皮膚的感覺。體感溫度會因不同的溼度、風速、直接日照和人體基礎代謝率等不同，其中日照量變動較大，而人體代謝率也因人而異，皆較難以定量方式計算，但溼度越高時，人體皮膚表層散熱不易，會感受到較實際氣溫還要高的溫度；而風速較強時，會加速人體皮膚表層的散熱，使感受的溫度較實際氣溫還低；直接日照也會使體感溫度增加。

## 貳、研究設備與器材

一、實驗器材：溫溼度計、風速計、大型回收籃、有孔洞的收納盒、木頭書桌、束線帶

溫溼度計	風速計
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	 <p>此照片由作者親自拍攝</p>

二、實驗裝置：製作簡易百葉箱

本次實驗要測量溫度、濕度等資料，我們效仿中央氣象署在各地設置百葉箱蒐集氣象資料的方式，在校園內不同的活動區域設置自製簡易百葉箱。

在三年級自然科的「天氣變變變」單元中，我們學到百葉箱的外觀都是白色的，可以降低箱壁吸熱對測量的影響；箱子底部須距離地面至少 1 公尺以上，可以避免地面熱氣影響觀測結果，並且須保持箱內通風。所以我們使用四周都有孔洞的收納盒作為簡易百葉箱的主體，將溫濕度計放置其中，並用白色的瓦楞板當作遮雨遮陽的屋頂，再將其綁在大型回收籃和書桌上，如此，簡易百葉箱便在 1 公尺以上，這樣就完成自製的簡易百葉箱了。



## 參、研究過程及方法

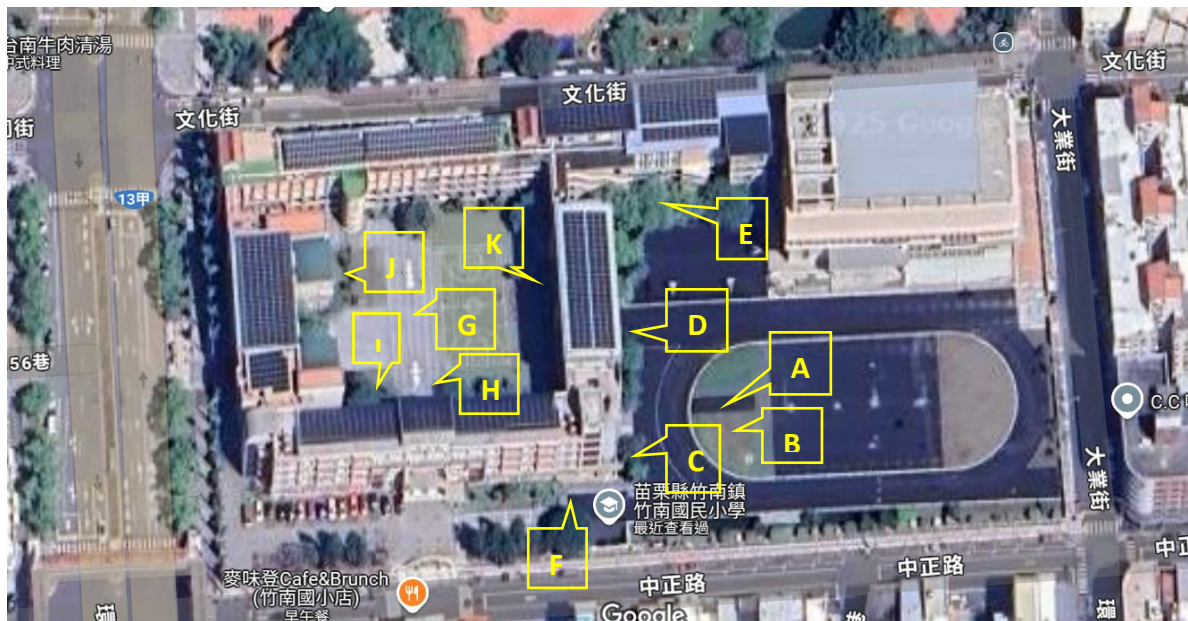
一、實測資料：於校園內選擇不同種類的地點設置百葉箱，從民國 113 年 11 月 5 日到 113 年 12 月 27 日的每個上學日，紀錄早上 8 點、中午 12 點半、傍晚 5 點校園各地點的溫度、濕度及平均風速。

### 二、確定研究區域與參數

(一)測量參數：主要測量與舒適度相關的氣象參數，包括：溫度( $^{\circ}\text{C}$ )、相對溼度(%)、平均風速(m/s)

(二)研究區域：選定校園內不同活動區域，分為空曠處及建築物包圍區，如圖：

本圖片引自 google 衛星地圖再由作者設計製作





分類一：空曠處

1. 操場中央：空曠，四周 40 公尺內無遮蔽，分為草地與 PU 地，兩者相鄰。

A 操場中央 PU 地：空曠，四周 40 公尺內無遮蔽、PU 地。	B 操場中央草地：空曠，四周 40 公尺內無遮蔽、草地。
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	 <p>此照片由作者親自拍攝</p>

2. 操場建築物旁：有樹蔭或建築物遮擋。

C 木麻黃樹下：建築物旁，樹下、東曬、泥土地。	D 五年級教室後牆：建築物旁，樹旁但枝葉稀疏，東曬，PU 地。
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	 <p>此照片由作者親自拍攝</p>
E 籃球場旁：建築物旁大樹下，枝葉茂密，陽光斜射或無日照。	F 大辦公室後花園：建築物旁，日照充足，灌木叢、樹下、草地上。
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	 <p>此照片由作者親自拍攝</p>

分類二：建築物包圍區：學校內操場，由四棟建築物包圍成近似正方形，面積約 1600 平方公尺。

<p>G 中庭：四面建築物包圍中央，磚地、四周 20 公尺內無遮蔽、全日照。</p>	<p>H 穿堂：四面建築物包圍，出入口，磚地、大樹旁。</p>
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	 <p>此照片由作者親自拍攝</p>
<p>I 科任辦公室前：大樹下，枝葉茂密，泥土地，整日無日曬。</p>	<p>J 健康中心後：建築物旁，草地、樹下但枝葉稀疏。</p>
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	 <p>此照片由作者親自拍攝</p>
<p>K 菜園：建築物旁，花圃、泥土地、西曬。</p>	
 <p>此照片由作者親自拍攝</p>	



### 三、調查過程與討論

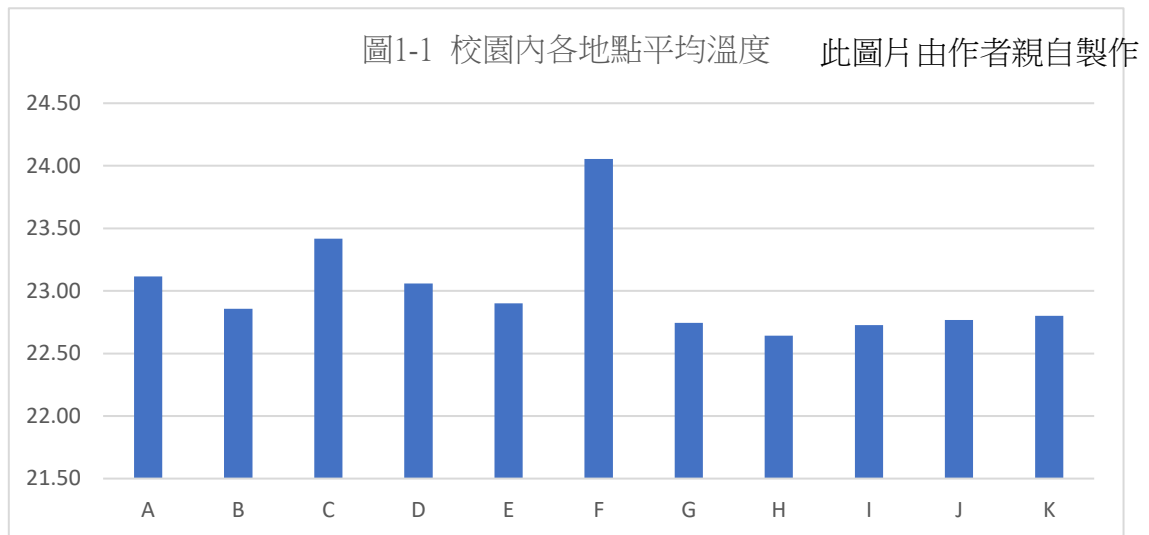
研究一 探討校園內不同地點的微氣候特徵，包括溫度、濕度及風速等氣象參數，並分析影響各地點微氣候的因素。

(一)方法：調查校園內不同地點的溫度、相對濕度、平均風速，並依實測所得資料，分別將早午晚各時段氣溫、相對溼度及平均風速加以平均，找出各地點的微氣候特徵。

(二)結果：如表1-1及圖1-1、圖1-2、圖1-3。

表 1-1 校園內各地點 11 月到 12 月平均溫度、平均濕度、平均風速				
地點	環境特徵	溫度	濕度	風速
A 操場中央 PU 地	空曠處 四周 40 公尺內無遮蔽、PU 地。	23.12	57.1	2.08
B 操場中央草地	空曠處 四周 40 公尺內無遮蔽、草地。	22.86	58.8	1.98
C 木麻黃樹下	空曠處(建築物旁) 樹下、東曬、泥土地。	23.42	61.7	1.03
D 五年級後牆	空曠處(建築物旁) 樹旁但枝葉稀疏，東曬，PU 地。	23.06	61.3	1.29
E 籃球場	空曠處(建築物旁) 大樹下枝葉茂密，陽光斜射或無日照。	22.90	61.7	0.72
F 大辦後花園	空曠處(建築物旁) 日照充足，灌木叢、樹下、草地。	24.05	59.3	0.77
G 中庭	建築物包圍(中央) 磚地、四周無遮蔽、全日照。	22.74	60.2	1.43
H 穿堂	建築物包圍(建築物旁) 出入口，磚地、大樹旁。	22.64	66.8	1.17
I 科辦前	建築物包圍(建築物旁) 大樹下枝葉茂密，泥土地，無日曬。	22.73	69.3	0.91
J 健康中心	建築物包圍(建築物旁) 草地、有樹但枝葉稀疏。	22.77	63.2	0.94
K 菜園	建築物包圍(建築物旁) 花圃、無遮蔭、泥土地、西曬。	22.80	59.5	0.59



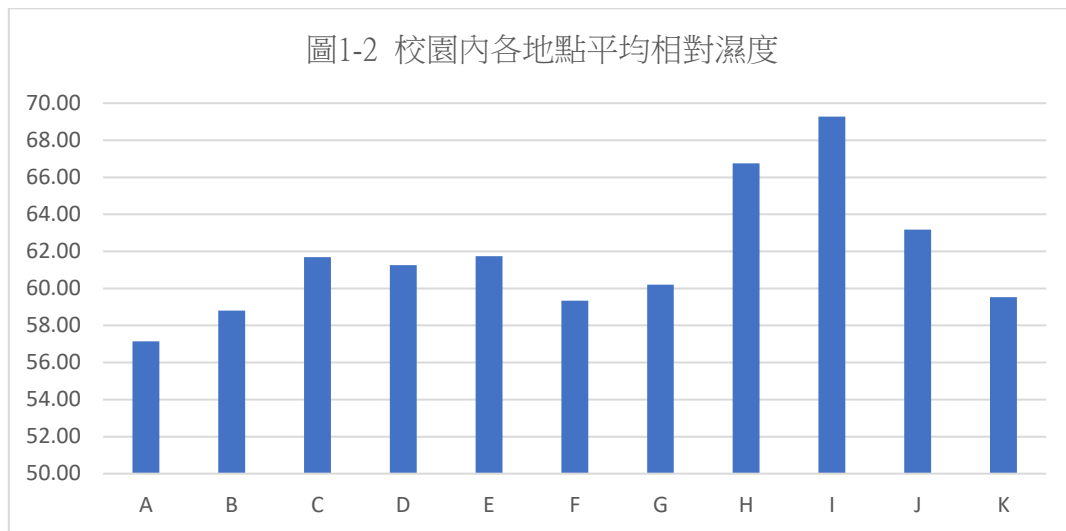


發現：

1. 平均溫度最高的是大辦後花園。
2. 四周有建築物包圍的區域(如：中庭、穿堂、科辦前、健康中心、菜園等)平均溫度都較低。

討論：

1. 平均溫度最高的是大辦後花園，並不是預想的操場，可能因為操場風速大，雖然日照時間長，但風會帶走空氣中的熱使得溫度降低一些；而大辦後花園風速很低且日照也長，所以平均溫度較高。
2. 四周有建築物包圍的地點，平均溫度都比操場及操場四周低一些，因為四周有建築物遮擋部分陽光，導致日照時間較短，累積的熱量較少，而且這些地點風速都較低，減少熱對流，讓原本就較低的環境溫度仍維持較涼爽的狀態。相對的，操場旁的建築物只有單側有遮蔽，陽光能直接照射使地表溫度升高，風速也不高，被風帶走的熱也不多，所以平均溫度較高。



發現：

此圖片由作者親自製作

1. 平均相對濕度最高的是I(科辦前)和H(穿堂)。
2. 最低是A(操場中央PU地)、B(操場中央草地)，而草地的平均相對濕度又比PU地稍微高一些。
3. 有樹木和植被的地點平均濕度都偏高，但K(菜園)和F(大辦後花園)也有花草樹木，平均相對濕度卻偏低。

討論：

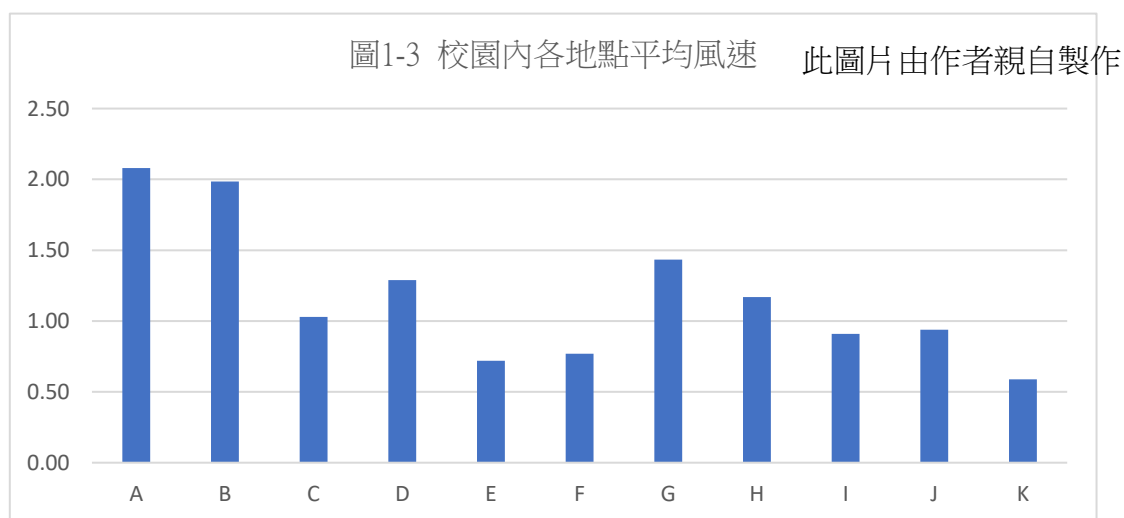
1. 科辦前和穿堂都在建築物包圍區內，又位於建築物旁、大樹下或大樹旁，日照時間短(科辦前幾乎整日無日照)，又有大樹、泥土地，所以平均相對濕度最高。
2. 操場中央全天都有陽光照射且風速大，所以平均相對濕度最低。而操場中央草地因為地表植被的遮蔽效果，能夠減少陽光直射與地表升溫，使水分蒸發較慢，也能減少風將水分帶走的速度，保持較高的相對濕度，所以即使在空曠處，草地的平均相對濕度也會比PU地稍微高一些。
3. 菜園和大辦後花園都有植被覆蓋，但平均相對濕度卻都偏低，是因為早上太陽剛升起，氣溫較低，空氣中的水氣容易凝結成露水，但是當陽光持續照射，溫度升高，空氣中的飽和含水量增加，相對濕度就會下降。(以下詳細說明)

$$***\text{相對濕度 (\%)} = (\text{實際水氣含量} \div \text{飽和含水量}) \times 100\%$$

\*\*\*空氣的飽和含水量：指的是在特定溫度與壓力下，空氣能夠容納的最多水氣量，超過這個量，水氣就會凝結成水滴或霧。而溫度越高，空氣中的分子運動越劇烈，可以容納更多的水氣，因此飽和含水量增加。

\*\*\*水氣含量：指的是空氣內真正含有的水蒸氣質量，不管是否達到飽和。

4. 總結：當陽光照射時溫度上升，空氣的飽和含水量增加，但如果沒有額外的水氣補充，相對濕度就會下降。而菜園和大辦後花園風速都較低，因此沒有額外的水氣進入，即使植物透過氣孔進行蒸騰作用，釋放水分到空氣中，但仍有微風會帶走水氣，使水蒸氣不會積聚在局部區域，而是擴散到更廣的空間，使該處的實際水氣含量減少，相對濕度降低。所以當陽光持續照射而升溫時，飽和含水量增加，如果水氣含量不變，相對濕度也會降低；如果水分蒸發，但有微風使得水氣擴散到他處，相對濕度仍可能降低。



發現：平均風速最大是A(操場中央PU地)、B(操場中央草地)，最低是K(菜園)、E(籃球場)、F(大辦後花園)，而且離建築物距離較遠且空曠的地點平均風速較強。

討論：

1. 操場中央四周空曠無遮擋，而菜園、籃球場、大辦後花園旁邊皆有建築物和樹木，直接減少風的流動速度，導致風速明顯降低。所以離建築物距離較遠，平均風速較強。中庭雖然在建築物包圍區內，但四周離建築物都有一段距離，所以在此區域中風速較強。

(三)繪製校園微氣候地圖：

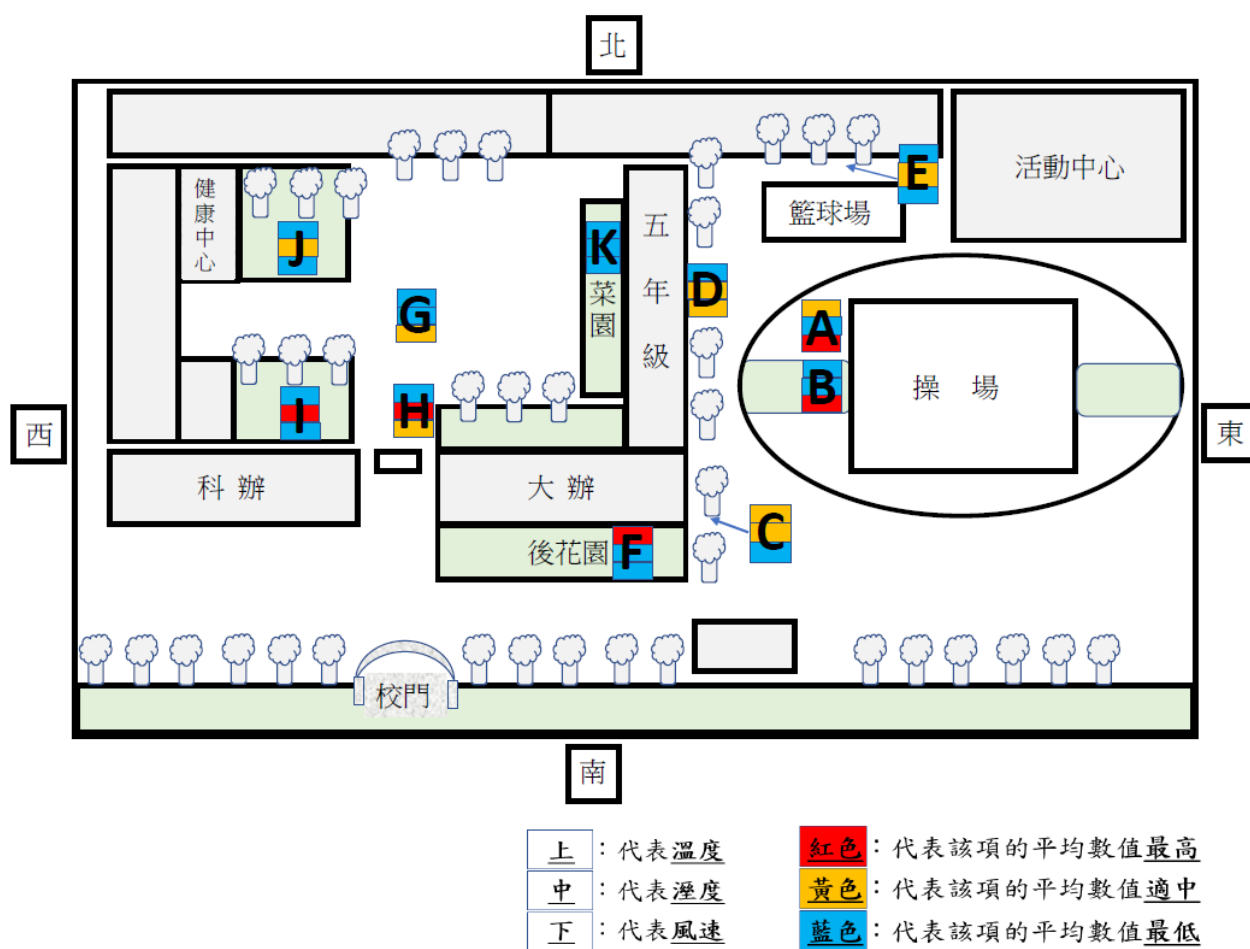
方法：

1. 將各地點的平均溫度、平均溼度、平均風速各分成3個等級，分別是：

	溫度	溼度	風速
高	24.05 ~ 23.48	69.3 ~ 65.2	2.08 ~ 1.59
適中	23.47 ~ 23.12	65.1 ~ 61.3	1.58 ~ 1.09
低	22.64 ~ 23.11	61.2 ~ 57.1	1.08 ~ 0.59

2. 依據所測得校園各地點的資料，標示校園各地點的微氣候。

此圖片由作者親自製作





研究二 研究風速對校園微氣候的影響，特別是風速對溫度、濕度的變化情況。

說明：「九降風」是臺灣的地方氣候名詞，沒有一個科學標準的風速定義，因此本研究以校園調查期間 2 個月的平均風速為標準，探究校園風大的時候，各地點的變化。

(一)以離學校最近的氣象站為背景資料，比較校內外的差異，排除大範圍氣候變化的影響。

方法一：選擇離學校約 2.4 公里的龍鳳氣象站，將 2024/11/05 到 2024/12/27 的早上 8 時、中午 12 時、傍晚 5 時的溫度、溼度、平均風速加以平均，並和校園內平均比較。

結果：龍鳳氣象站 2 個月的平均風速為 4.08m/s，高於 4.08m/s 的日子有 17 天(以紅字粗體表示)。校園調查 2 個月的平均風速為 1.17m/s，高於 1.17m/s 的日子有 16 天(以黑字粗體底線表示)。如表 2-3、圖 2-3、圖 2-4、圖 2-5：

表 2-3													
日期	龍鳳 平均 風速	校園 平均 風速	龍鳳 平均 溫度	校園 平均 溫度	龍鳳 平均 溼度	校園 平均 溼度	日期	龍鳳 平均 風速	校園 平均 風速	龍鳳 平均 溫度	校園 平均 溫度	龍鳳 平均 溼度	校園 平均 溼度
2024/11/05	<b>6.57</b>	<b>2.73</b>	24.1	26.5	80.0	65.0	2024/12/03	2.10	0.81	22.0	25.8	75.3	54.4
2024/11/06	<b>8.70</b>	<b>2.91</b>	22.7	25.4	64.3	57.2	2024/12/04	3.50	<b>1.38</b>	23.0	25.2	63.0	49.8
2024/11/07	<b>6.63</b>	<b>2.66</b>	23.1	24.8	70.3	59.2	2024/12/05	2.87	0.71	22.2	24.9	68.3	52.0
2024/11/08	<b>5.40</b>	<b>1.79</b>	23.6	25.5	79.3	61.4	2024/12/06	2.00	0.72	21.7	25.6	75.3	56.3
2024/11/11	<b>4.97</b>	<b>1.73</b>	25.0	26.2	83.0	67.3	2024/12/09	2.90	0.75	20.8	24.6	65.0	49.5
2024/11/12	3.93	<b>1.21</b>	25.9	27.8	85.0	68.5	2024/12/10	2.90	0.62	20.3	23.8	82.3	62.3
2024/11/13	2.50	0.23	25.8	28.6	89.0	70.0	2024/12/11	3.10	0.82	21.2	24.1	81.7	68.9
2024/11/14	1.30	0.19	25.6	27.7	90.3	76.1	2024/12/12	<b>5.33</b>	<b>1.45</b>	19.2	20.8	77.0	61.5
2024/11/15	2.23	0.17	24.6	27.7	93.7	76.3	2024/12/13	<b>4.07</b>	0.77	17.8	19.9	89.3	78.8
2024/11/18	<b>8.13</b>	<b>1.30</b>	21.7	26.5	76.3	68.9	2024/12/16	3.07	<b>1.20</b>	15.9	17.7	65.3	53.5
2024/11/19	<b>4.57</b>	<b>1.17</b>	21.3	23.1	78.7	65.8	2024/12/17	2.37	0.90	18.2	20.8	75.0	57.1
2024/11/20	<b>4.13</b>	0.77	22.2	24.2	86.0	64.6	2024/12/18	<b>6.10</b>	1.11	17.1	18.9	59.7	48.9
2024/11/21	<b>4.83</b>	1.10	20.1	23.7	88.7	70.5	2024/12/19	<b>4.70</b>	<b>1.72</b>	14.3	15.4	69.0	54.1
2024/11/22	<b>5.33</b>	<b>1.85</b>	21.5	23.8	75.3	58.4	2024/12/20	3.73	0.92	16.9	18.8	78.7	66.5
2024/11/25	2.07	0.62	23.5	24.7	85.7	63.8	2024/12/23	3.30	0.86	16.8	18.2	76.0	66.2
2024/11/26	4.93	<b>2.05</b>	19.9	20.7	81.3	62.4	2024/12/24	<b>4.57</b>	<b>1.42</b>	18.3	19.4	79.3	68.7
2024/11/27	4.03	1.07	19.1	22.4	58.0	48.5	2024/12/25	3.13	0.78	17.9	19.3	95.7	73.3
2024/11/28	3.23	<b>1.47</b>	18.6	21.2	64.3	46.6	2024/12/26	4.03	0.98	19.2	20.5	81.0	70.6
2024/11/29	<b>4.10</b>	1.07	17.9	20.8	54.0	41.8	2024/12/27	<b>4.35</b>	1.02	18.2	20.0	78.0	65.9
2024/12/02	3.47	0.70	20.9	23.6	86.0	64.5	總平均	4.08	1.17				

圖2-3 校內外溫度差異

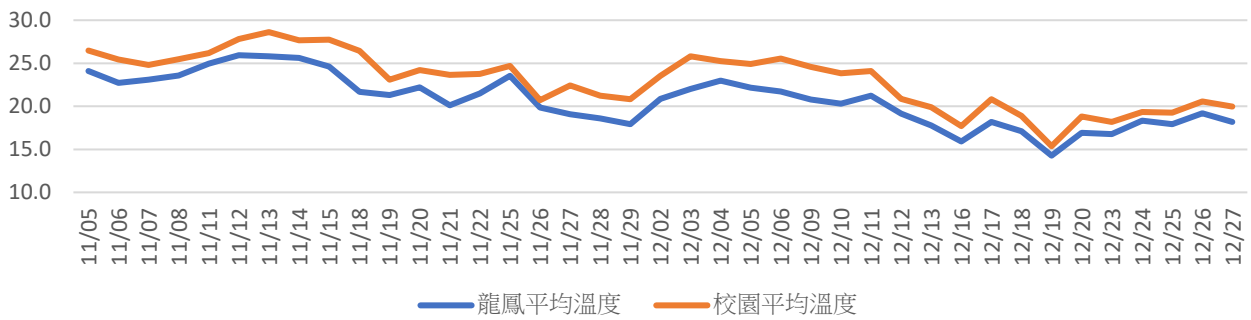


圖2-4 校內外溼度差異

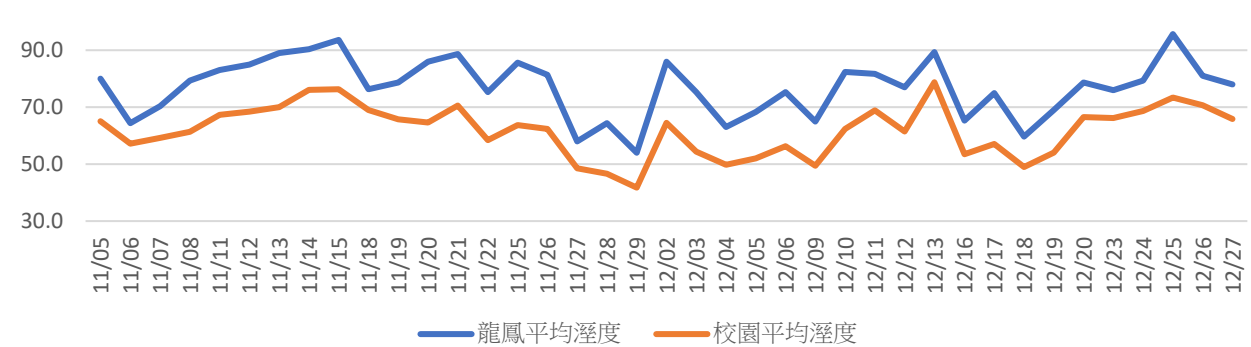
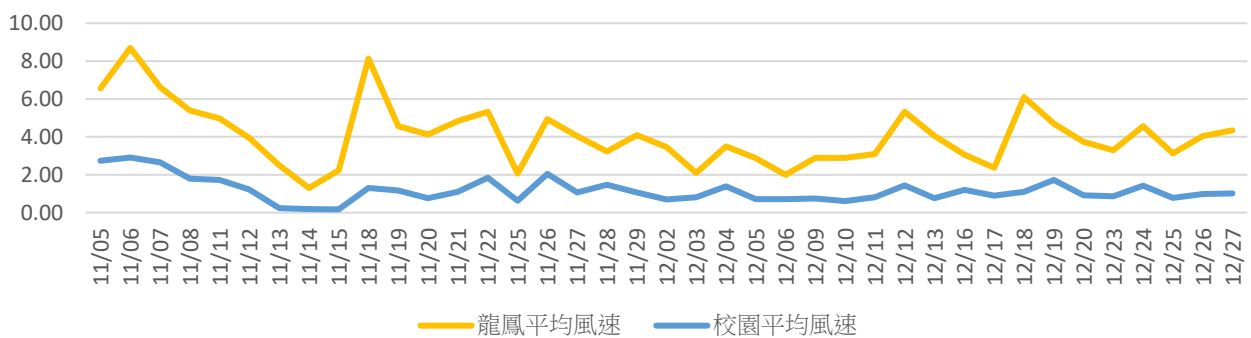


圖2-5 校內外風速差異



2-3~5 圖片由作者親自製作

發現與討論：

	龍鳳氣象站	校園	說明與可能原因
溫度	溫度較低	溫度較高，與龍鳳氣象站的差異趨勢同步。	校園受「熱島效應」與人工鋪面地表吸熱影響。 某些日子如：11/25、12/19 等差值趨近於零，顯示微氣候效應減弱。

	龍鳳氣象站	校園	說明與可能原因
濕度	濕度較高（接近海邊）	濕度較低	校園風速低使水氣不易擴散，且地面材質（如磚地、PU 地）加速水分蒸發。
風速	平均風速較高，約比校園高 2.91 m/s	平均風速較低、變化幅度小	校園的建築物、地形阻礙風流，導致風速降低，波動較小。

方法二：計算出龍鳳氣象站和校園內每個時間的差值(差值=校園－龍鳳氣象站)。

結果：龍鳳氣象站和校園內每個時間的差值，如表 2-4、表 2-5：

表 2-4											
日期	平均 溫度 差值	平均 溼度 差值	平均 風速 差值	日期	平均 溫度 差值	平均 溼度 差值	平均 風速 差值	日期	平均 溫度 差值	平均 溼度 差值	平均 風速 差值
11/05	2.39	-14.97	-3.83	11/22	2.28	-16.94	-3.48	12/11	2.87	-12.76	-2.28
11/06	2.70	-7.18	-5.79	11/25	1.17	-21.91	-1.44	12/12	1.68	-15.48	-3.89
11/07	1.68	-11.09	-3.97	11/26	0.85	-18.97	-2.88	12/13	2.13	-10.58	-3.30
11/08	1.89	-17.94	-3.61	11/27	3.35	-9.48	-2.97	12/16	1.81	-11.82	-1.86
11/11	1.20	-15.73	-3.23	11/28	2.63	-17.76	-1.77	12/17	2.66	-17.91	-1.47
11/12	1.88	-16.52	-2.72	11/29	2.90	-12.24	-3.03	12/18	1.78	-10.73	-4.99
11/13	2.82	-19.03	-2.27	12/02	2.68	-21.52	-2.77	12/19	1.10	-14.91	-2.98
11/14	2.04	-14.26	-1.11	12/03	3.79	-20.97	-1.29	12/20	1.87	-12.15	-2.82
11/15	3.14	-17.41	-2.06	12/04	2.27	-13.18	-2.12	12/23	1.40	-9.85	-2.44
11/18	4.78	-7.39	-6.83	12/05	2.74	-16.30	-2.15	12/24	1.02	-10.64	-3.15
11/19	1.78	-12.91	-3.39	12/06	3.82	-19.00	-1.28	12/25	1.35	-22.33	-2.35
11/20	2.02	-21.36	-3.36	12/09	3.81	-15.55	-2.15	12/26	1.35	-10.36	-3.06
11/21	3.56	-18.12	-3.74	12/10	3.52	-20.00	-2.28	12/27	1.77	-12.14	-3.33

表 2-5			
	平均溫度差值	平均溼度差值	平均風速差值
最大差值	4.78	-22.33	-6.83
最小差值	0.85	-7.18	-1.11

發現與討論：

項目	平均值		趨勢解釋
平均溫度差值	2.32°C	龍鳳 > 校園	校園環境較涼爽、微氣候顯著
平均溼度差值	-15.2%	龍鳳 < 校園	校園濕度偏高，可能因植栽與水體
平均風速差值	-2.85 m/s	龍鳳 < 校園	校園內部風速較強，建築物風道效應

(二)計算校園11、12月的平均風速，找出風強、風弱的日子。

方法：利用調查期間(11、12月上課日)的每日平均風速，計算出2個月的平均風速，並找出風強、風弱的日期，若當天平均風速在2個月的平均風速以上則為風強的日子(畫底線)；若當天平均風速在2個月的平均風速以下則為風弱的日子。

結果：整理如表2-1

表 2-1 2024/11/5-2024/12/27 每日平均風速							
日期	平均風速	日期	平均風速	日期	平均風速	日期	平均風速
2024/11/05	<u>2.73</u>	2024/11/19	<u>1.17</u>	2024/12/03	0.81	2024/12/17	0.90
2024/11/06	<u>2.91</u>	2024/11/20	0.77	2024/12/04	<u>1.38</u>	2024/12/18	1.11
2024/11/07	<u>2.66</u>	2024/11/21	1.10	2024/12/05	0.71	2024/12/19	<u>1.72</u>
2024/11/08	<u>1.79</u>	2024/11/22	<u>1.85</u>	2024/12/06	0.72	2024/12/20	0.92
2024/11/11	<u>1.73</u>	2024/11/25	0.62	2024/12/09	0.75	2024/12/23	0.86
2024/11/12	<u>1.21</u>	2024/11/26	<u>2.05</u>	2024/12/10	0.62	2024/12/24	<u>1.42</u>
2024/11/13	0.23	2024/11/27	1.07	2024/12/11	0.82	2024/12/25	0.78
2024/11/14	0.19	2024/11/28	<u>1.47</u>	2024/12/12	<u>1.45</u>	2024/12/26	0.98
2024/11/15	0.17	2024/11/29	1.07	2024/12/13	0.77	2024/12/27	1.02
2024/11/18	<u>1.30</u>	2024/12/02	0.70	2024/12/16	<u>1.20</u>	平均風速	1.17

發現：

1. 學校在 2024 年 11、12 月的平均風速約 1.17m/s。
2. 平均風速達 1.17m/s 以上的日子有 16 天(畫底線做記號)，平均風速未達 1.17 m/s 有 23 天。



(三)依據校園實測所得資料，探討風速高於平均風速時，校園各地點的微氣候變化。

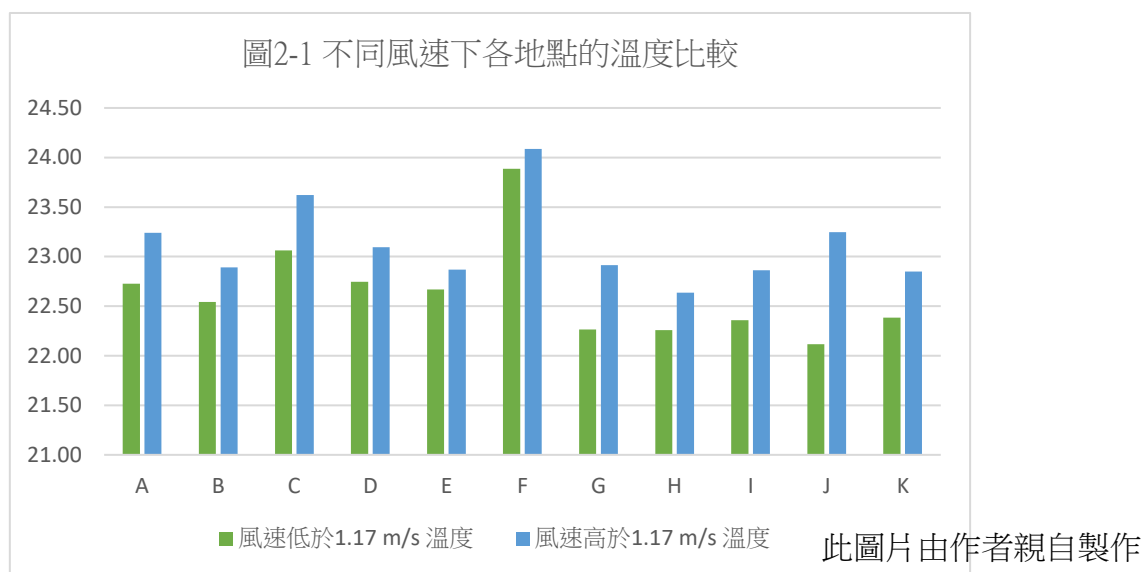
說明：本研究中風的強弱是以學校 2 個月(2024 年 11、12 月)平均風速 1.17m/s 為標準。

方法：依據校園各地點的實測所得資料，分別統計校園各地點在風強或風弱的日子，溫度、濕度的差異。

結果：整理如表 2-2、圖 2-1、圖 2-2、圖 2-3

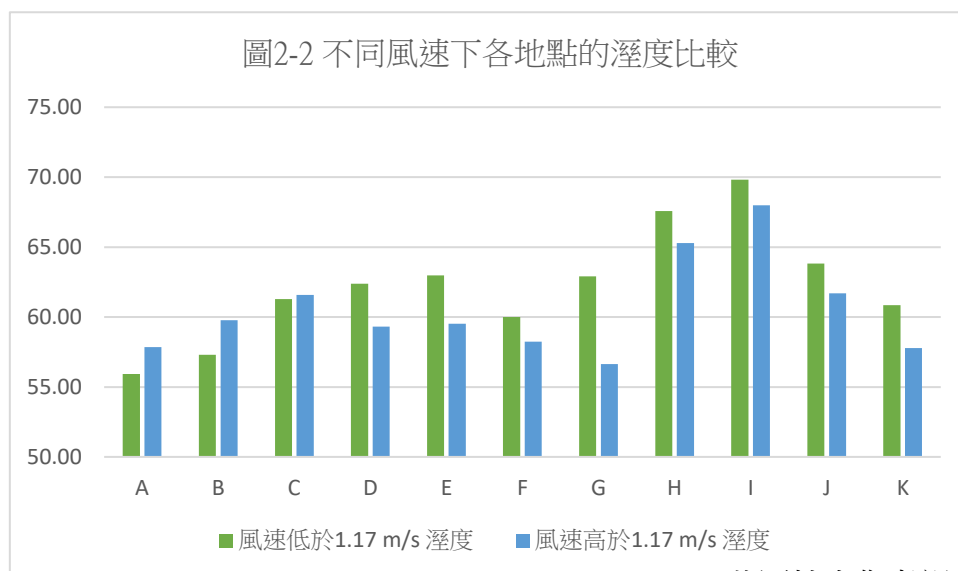
表 2-2 風速 1.17m/s 上下，各地點的平均溫度、平均濕度					
		風速低	風速高	風速低	風速高
地點	環境特徵	溫度	溫度	濕度	濕度
A 操場中央 PU 地	空曠處 四周 40 公尺內無遮蔽、PU 地。	22.73	23.24	55.93	57.85
B 操場中央草地	空曠處 四周 40 公尺內無遮蔽、草地。	22.54	22.89	57.29	59.77
C 木麻黃樹下	空曠處(建築物旁) 樹下、東曬、泥土地。	23.06	23.62	61.27	61.58
D 五年級後牆	空曠處(建築物旁) 樹旁但枝葉稀疏，東曬，PU 地。	22.75	23.10	62.38	59.31
E 籃球場	空曠處(建築物旁) 大樹下枝葉茂密，陽光斜射或無日照。	22.67	22.87	62.98	59.52
F 大辦後花園	空曠處(建築物旁) 日照充足，灌木叢、樹下、草地。	23.89	24.09	60.00	58.23
G 中庭	建築物包圍(中央) 磚地、四周無遮蔽、全日照。	22.26	22.91	62.90	56.65
H 穿堂	建築物包圍(建築物旁) 出入口，磚地、大樹旁。	22.26	22.64	67.58	65.29
I 科辦前	建築物包圍(建築物旁) 大樹下枝葉茂密，泥土地，無日曬。	22.36	22.86	69.82	68.00
J 健康中心	建築物包圍(建築物旁) 草地、有樹但枝葉稀疏。	22.12	23.25	63.83	61.69

K 菜園	建築物包圍(建築物旁) 花圃、泥土地、西曬。	22.39	22.85	60.86	57.77
---------	---------------------------	-------	-------	-------	-------



發現與討論：

1. 大多數地點在風速高於 1.17m/s 時的溫度會略高於風速低於 1.17m/s 時的溫度，顯示風速對溫度有輕微升溫的影響，可能是因為氣流促進了熱交換或其他環境因素所致。
2. F(大辦後花園)在兩種風速下的溫度皆為最高，且相差不大，顯示風速對溫度影響相對有限。此處的植被在日照下會吸收熱能並緩慢釋放，再加上緊鄰建築牆體，反射太陽光與熱量，額外加溫周邊區域，所以即便風速增加，植被和建築環境效應還是主導了溫度變化。
3. J(健康中心後)在低風速時溫度最低。此處雖有部分日照，但陽光不持續直射，且植被和建築物遮陰，使該區在無風時「冷空氣積聚」，當風速升高，溫度也迅速上升，顯示該區的溫度極易受到風速變化影響。
4. E(籃球場旁)在兩種風速下的溫度相差不大，因此處是強遮蔽低日照環境，環境條件使得整體溫度偏低，而高風速下略有升溫但不明顯，顯示此處為「穩定微氣候區」。



此圖片由作者親自製作

發現與討論：

1. 大多數地點風速越大 → 濕度越低，當風速升高後濕度普遍下降。可能因為高風速加速水氣蒸散或加快空氣交換，降低局部空氣中的相對濕度。
2. A、B(操場中央 PU 地、草地)濕度隨風速上升較多，可能是這些地點本身空曠，無法形成封閉水氣累積區域，當風速增加會帶來外部水氣。
3. C(木麻黃樹下)因泥土地水氣易蒸發，低風速時水氣滯留於地表附近，但高風速時來自鄰近植物或濕區的濕氣流動至此。
4. H(科辦前)、I(健康中心後)濕度較高，尤其 I(健康中心後)濕度最高，應該是因為此處皆是遮蔭且泥土地或樹下潮濕區域。
5. G(中庭)的濕度變化最明顯，可能因為日照強、無植被，風速會加快水氣流失。

結論：

1. 大部分地點在高風速時，校園環境溫度會略微上升。
2. 大部分地點在高風速時濕度下降，代表風速提升有助於降低濕度。

研究三 評估校園各區域、各時間的體感溫度，並分析溫度、溼度、風速和體感溫度的關係。

(一)評估校園內各區域、各時間的體感溫度。

方法：依據校園各地點的實測資料，利用公式計算各地點、各時段的體感溫度。

說明：本文中的體感溫度公式來自交通部中央氣象署網站

$$\text{體感溫度} = 1.04T + 0.2 \times e - 0.65 \times V - 2.7$$

$$e : \frac{RH}{100} \times 6.105 \times \exp\left(\frac{17.27 \times T}{237.7 + T}\right)$$

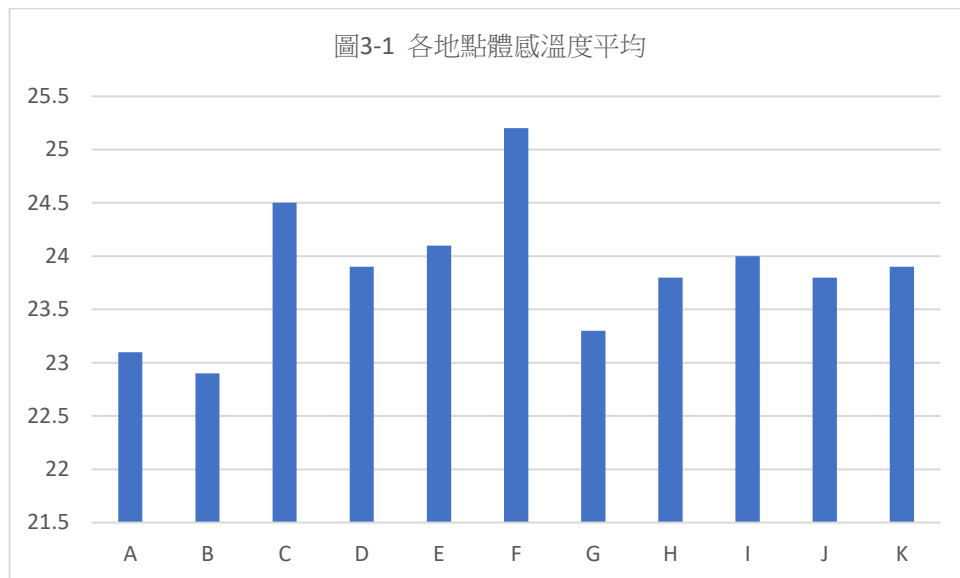
T(氣溫)單位°C，e(水氣壓)單位hPa，V(風速)單位 m/sec，RH(相對溼度)單位%

此圖片由作者親自製作

結果：如表 3-1、圖 3-1、圖 3-2

表 3-1 校園各地點、各時段 體感溫度					
地點	環境特徵	早	午	晚	平均
A 操場中央 PU 地	空曠處 四周 40 公尺內無遮蔽、PU 地。	20.13	22.30	20.73	23.1
B 操場中央草地	空曠處 四周 40 公尺內無遮蔽、草地。	20.05	22.29	20.26	22.9
C 木麻黃樹下	空曠處(建築物旁) 樹下、東曬、泥土地。	21.07	23.59	21.79	24.5
D 五年級後牆	空曠處(建築物旁) 樹旁但枝葉稀疏，東曬，PU 地。	20.81	22.50	21.44	23.9
E 籃球場	空曠處(建築物旁) 大樹下枝葉茂密，陽光斜射或無日照。	20.69	22.80	21.88	24.1
F 大辦後花園	空曠處(建築物旁) 日照充足，灌木叢、樹下、草地。	21.34	24.88	22.67	25.2
G 中庭	建築物包圍(中央) 磚地、四周無遮蔽、全日照。	19.70	22.50	21.18	23.3
H 穿堂	建築物包圍(建築物旁) 出入口，磚地、大樹旁。	20.24	22.56	21.13	23.8
I 科辦前	建築物包圍(建築物旁) 大樹下枝葉茂密，泥土地，無日曬。	20.21	22.97	21.67	24.0
J 健康中心	建築物包圍(建築物旁) 草地、有樹但枝葉稀疏。	20.56	23.08	20.94	23.8
K 菜園	建築物包圍(建築物旁) 花圃、泥土地、西曬。	21.14	22.19	21.85	23.9

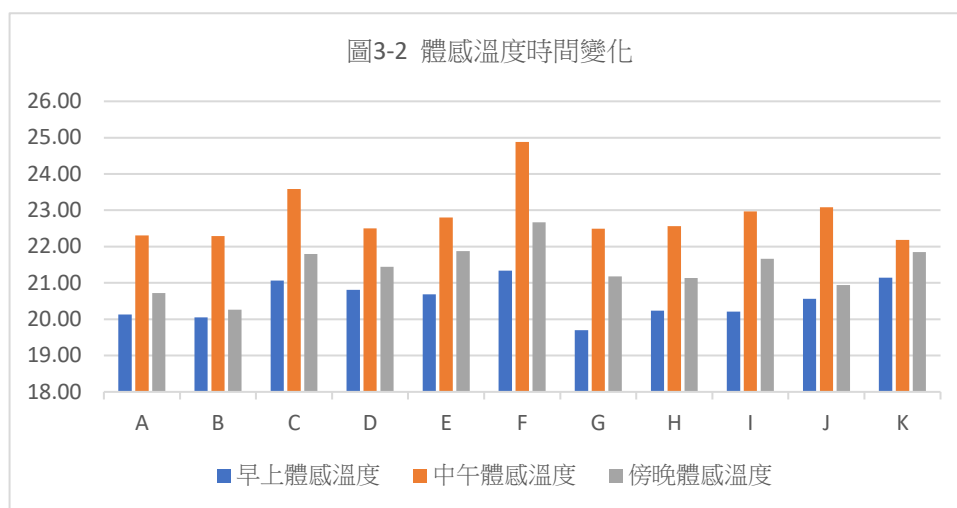




發現與討論：

此圖片由作者親自製作

1. 全校各地點的平均體感溫度都在22-25°C之間。全球暖化，氣溫較往年溫暖，進一步影響校園各區的體感溫度。校園整體環境雖然沒有極端高溫或低溫，但不同區域仍有明顯的溫度差異，顯示環境因素對風速的影響間接也使得體感溫度影響較明顯。
2. A(操場中央PU地)、B(操場中央草地)和G(中庭)的平均體感溫度較低。這三個地方都屬於相對開放的空間，早晨時輻射冷卻作用明顯，且風速較高帶走熱量，使體感溫度降得更低。
3. F(大辦後花園)、C(木麻黃樹下)的平均體感溫度較高。平時這2個地方風速不大，影響溫度最主要因素是日照，因此體感溫度較高。



此圖片由作者親自製作

發現與討論：

1. 所有區域中午體感溫度普遍高於早上與傍晚，顯示日照為主導升溫因素。
2. G(中庭)的早晨體感溫度最冷，平均只有19.7°C。中庭因為建築物包圍導致冷空氣容易聚集，晚上的冷空氣滯留，再加上地板為磚地，夜間散熱快，到了早晨時仍然低溫，較高的風速進一步降低體感溫度。
3. 因為受日照強烈影響，F(大辦後花園)中午體感溫度最高，而且有泥土花草的早晨較涼，白天日照充足升溫，使得早中晚體感溫度差異也最大。
4. K(菜園)的早中晚體感溫度差異最小、穩定，大約都在21、22°C左右。此處風速不高，受風的影響較小，又有土壤與植物水分較多，可以緩衝氣溫變化，即使白天溫度也不高，使體感溫度變化很小。
5. 將各地點體感溫度分級如下：

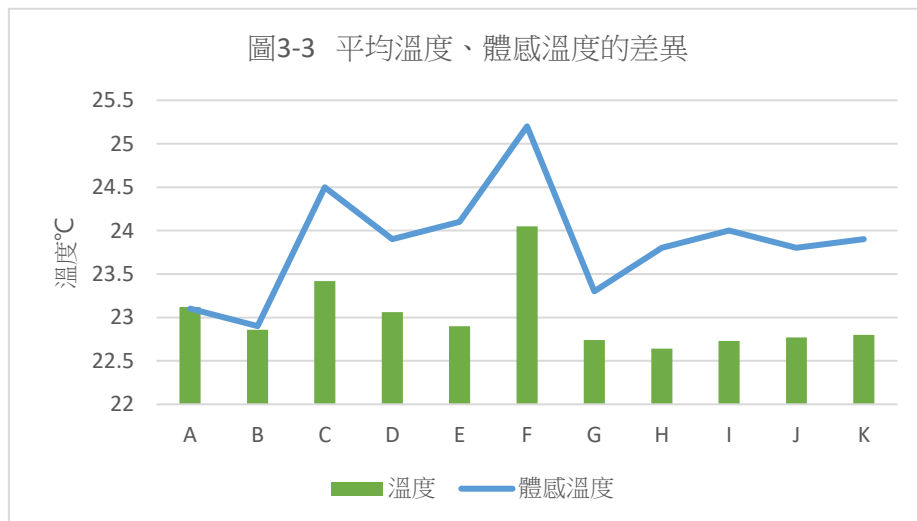
	地點描述	體感溫度分類	早午晚差異	體感溫度範圍 (°C)
A	操場中央PU地	稍微偏冷		低於 23.5°C
B	操場中央草地	稍微偏冷		低於 23.5°C
G	中庭	稍微偏冷		低於 23.5°C
F	大辦後花園	偏高	差異最大	高於 24.5°C
C	木麻黃樹下	偏高		高於 24.5°C
D	五年級後牆	適中		23.5°C ~ 24.5°C

	地點描述	體感溫度分類	早午晚差異	體感溫度範圍 (°C)
E	籃球場旁	適中		23.5°C ~ 24.5°C
H	穿堂	適中		23.5°C ~ 24.5°C
I	科辦前	適中		23.5°C ~ 24.5°C
J	健康中心	適中		23.5°C ~ 24.5°C
K	菜園	適中	體感穩定	23.5°C ~ 24.5°C

(二) 分析各地點平均溫度、平均溼度、平均風速和體感溫度的關係。

方法：依實測數據資料，比較各地點平均溫度、平均溼度、平均風速和體感溫度的差異

結果：如圖3-3、圖3-4；圖3-5

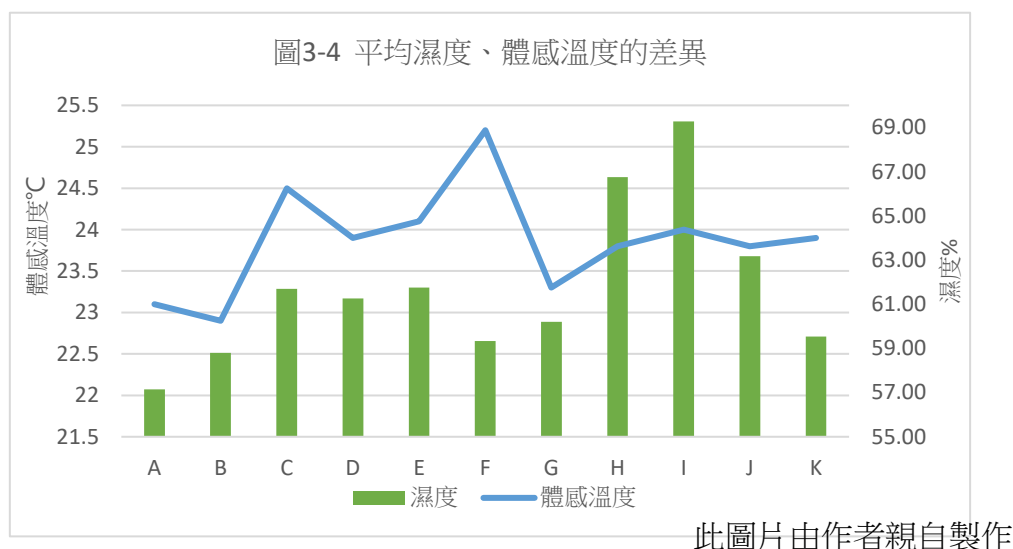


此圖片由作者親自製作

發現與討論：

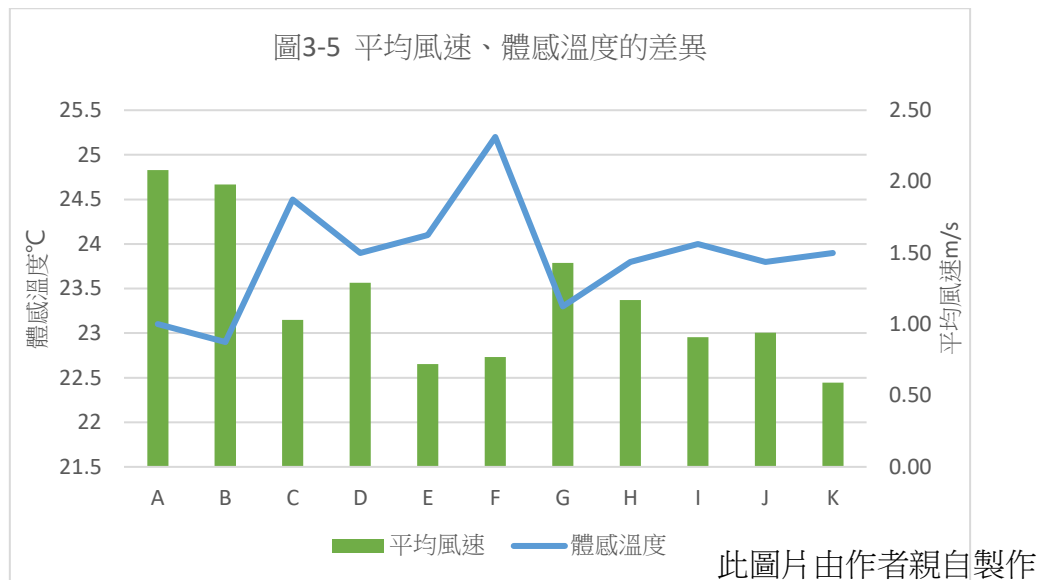
1. 體感溫度大多高於平均溫度。
2. F(大辦後花園)的溫度與體感溫度都最高，顯示除了溫度本身，此處應該也是濕度高或通風差，導致人感覺更熱。
3. G(中庭)的溫度與體感皆為最低，應該是受到四周建築物包圍，遮擋日照，減少陽光長時間直接照射地表，且風速高，讓人在這裡感受到明顯的涼爽。
4. A(操場中央 PU 地)、B(操場中央草地)雖然因為直接日照且時間長、氣溫高，但因為風大、濕度低，人實際感受到的熱度反而沒那麼高。

5. C(木麻黃樹下)、E(籃球場)、H(穿堂)、I(科辦前)、J(健康中心)、K(菜園)的體感溫度都高於實際溫度 1°C 以上，代表濕度偏高或風速不足等因素讓人感覺稍微悶熱。尤其 H、I、J 的溼度都較高、風速不高，體感溫度和平均溫度差異更大。



發現與討論：

1. 整體上，濕度高的地點對應體感溫度都偏高，但又非絕對，例如：F(大辦後花園)濕度低但體感高，可能因為氣溫高或風速低。
2. H(穿堂)、I(科辦前)濕度最高，但體感溫度並未最高，可能因為風速適中且通風，能幫助水氣擴散，讓人感覺「空氣雖濕，但不悶」。所以濕度雖會影響體感溫度，但不是唯一因素。
3. C(木麻黃樹下)、F(大辦後花園)濕度中等，但體感溫度偏高，可能因為平均溫度較高且風速低。
4. G(中庭)濕度低，體感溫度也偏低，可能因為此處風速較高而覺得涼爽。
5. A(操場中央 PU 地)、B(操場中央草地)濕度低、風速強，加速人體的汗液蒸發、散熱，所以會降低體感，雖然此處溫度高，但熱輻射被風吹乾而達到平衡。



#### 發現與討論：

1. 風速高的地區多數伴隨體感溫度偏低，表示風速有降低體感溫度的效果，例如：  
F(大辦後花園)體感溫度最高，而該地風速偏低（約 0.9 m/s）。而風速最高的A(操場中央PU地)、B(操場中央草地)，其體感溫度則相對偏低。

#### 結論：

1. 體感溫度不完全跟隨溫度變化，溫度對體感溫度有正相關（溫度越高，體感通常越高），但會受到其他因素如濕度與風速的修正。
2. 濕度高會抑制汗液蒸發，容易使人體覺得悶熱，但如果同時有遮蔭或風速大，會中和濕度的影響，所以濕度對體感溫度的影響是間接受環境條件調節的。
3. 風速與體感溫度呈負相關，風速越高，體感溫度越低，所以風速對體感溫度有強烈的降溫作用。

- 高風速 → 散熱加快 → 體感溫度下降。
- 低風速 → 空氣停滯 → 體感溫度升高。



## 肆、研究結果

一、探討校園內不同地點的微氣候特徵，包括溫度、濕度及風速等氣象參數。

1. 大辦後花園的日照強、風速低，所以平均溫度最高。
2. 建築物包圍的地方因為陽光、風被遮擋，溫度較低。
3. 穿堂、科辦前因為在建築物包圍區內，又靠近大樹和建築物，日照短、風速低，使得蒸發速度慢，能保持較高的濕度。
4. 菜園和大辦後花園因為低風速無法帶來其他地方的水氣，再加上陽光照射升溫後飽和含水量增加，所以該地點的相對溼度並不高。
5. 操場中央PU地、草地和中庭因為空曠、離建築物較遠，所以平均風速最高。

二、研究風速對校園微氣候的影響，特別是風速對溫度、濕度的變化情況。

1. 風速大於1.17m/s時，校園各地點溫度都會稍微升溫。
2. 風速大於1.17m/s時，校園內各地點的溼度都會下降，顯示風速提昇會降低溼度。

三、評估校園各區域、各時間的體感溫度，並分析溫度、溼度、風速和體感溫度的關係。

1. 全校各地點的中午，體感溫度都最熱。
2. 空曠區(操場中央PU地、草地)或離建築物較遠(中庭)的地點，體感溫度都會偏冷，日照充足且風速較低的地點，體感溫度較高。
3. 離建築物或樹木較近的地點(五年級後牆、籃球場旁、穿堂、科辦前、健康中心後、菜園)都屬於體感溫度較舒適的地點。
4. 溫度越高，體感溫度越高，但會受到其他因素的修正。
5. 環境不同會調節濕度，間接影響體感溫度。
6. 風速越高，體感溫度越低。

## 伍、未來研究方向

這次的校園微氣候研究已經有初步結果，下次可以改進研究方法並延伸研究方向，讓研究更深入：

- 一、植物與綠化對微氣候的影響：本次研究發現建築物 and 植物對微氣候的影響，下次可再深入研究不同樹種或植被所造成的微氣候差異，例如：哪一種樹木較擋風？哪一種樹下較涼爽？不同植被的蒸散速度…等，以結合校園綠建築、氣候變遷等議題。
- 二、探討季節變化對微氣候的影響：本次研究進行調查的時間是初冬季節，下次可從 9 月份開始，做 9-12 月的長時間調查，觀察不同季節的微氣候變化是否有差異。
- 三、增加測量點：這次的研究只在校園的戶外低處地點測量，下次可增加高樓層和其他地方的測量點，例如：不同樓層、走廊。
- 四、增加氣象因素：除了氣溫、濕度、風速，還可以加入日照時間、太陽方位、太陽輻射、風向…等數據，分析它們與校園微氣候的關聯。
- 五、人為活動的影響：下次可以進行人為活動對微氣候的影響，例如：比較課間休息與上課時的微氣候變化，看看人數多的地方是否溫度較高。冷氣室外機、飲水機等設備是否影響周圍氣溫，若發現某些地點過熱，也可以思考改善方案。

## 陸、參考文獻

- 一、交通部中央氣象署/氣象服務系列

<https://www.cwa.gov.tw/Data/knowledge/announce/service12.pdf>

- 二、交通部中央氣象署/氣象觀測系列

<https://www.cwa.gov.tw/Data/knowledge/announce/observe2.pdf>

- 三、香港天文台 <https://www.hko.gov.hk/tc/education/climate/general-climatology/00509-what-is-microclimate-.html>

- 四、衛生福利部國民健康署

<https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=577&pid=10742>

## 【評語】 080502

研究主題與生活相關，也貼近學生平日上課時的感受。該團隊利用簡易設備(百葉箱與溫濕度計)的紀錄，探討氣候對校園溫度變化。研究之結果可以預期，如體感溫度不完全跟隨溫度變化，這與氣象局之公式類似。另外，在展示過程，評審對該團隊的合作默契印象深刻。建議未來測量的誤差也需要考慮。

作品海報





# 見微知著 大解謎

---探究校園微氣候的奧秘



# 壹、研究動機與目的

## 一、研究動機

自然課時教到「多變的天氣」，老師在課程中提到落山風、焚風和九降風。原來，同樣的東北季風，在臺灣北部會形成潮濕多雨的天氣，到了屏東會形成風力強大的落山風，到了竹苗地區會形成乾燥寒冷的九降風。每個地方的氣候都會受到該地的緯度、地形、海拔、水資源…等影響，就像學校裡的每個角落，氣候也會因為環境而有些微的不同。於是我們抱著好奇與想要一探究竟的心態進行了「校園微氣候」的研究。

## 貳、研究設備與器

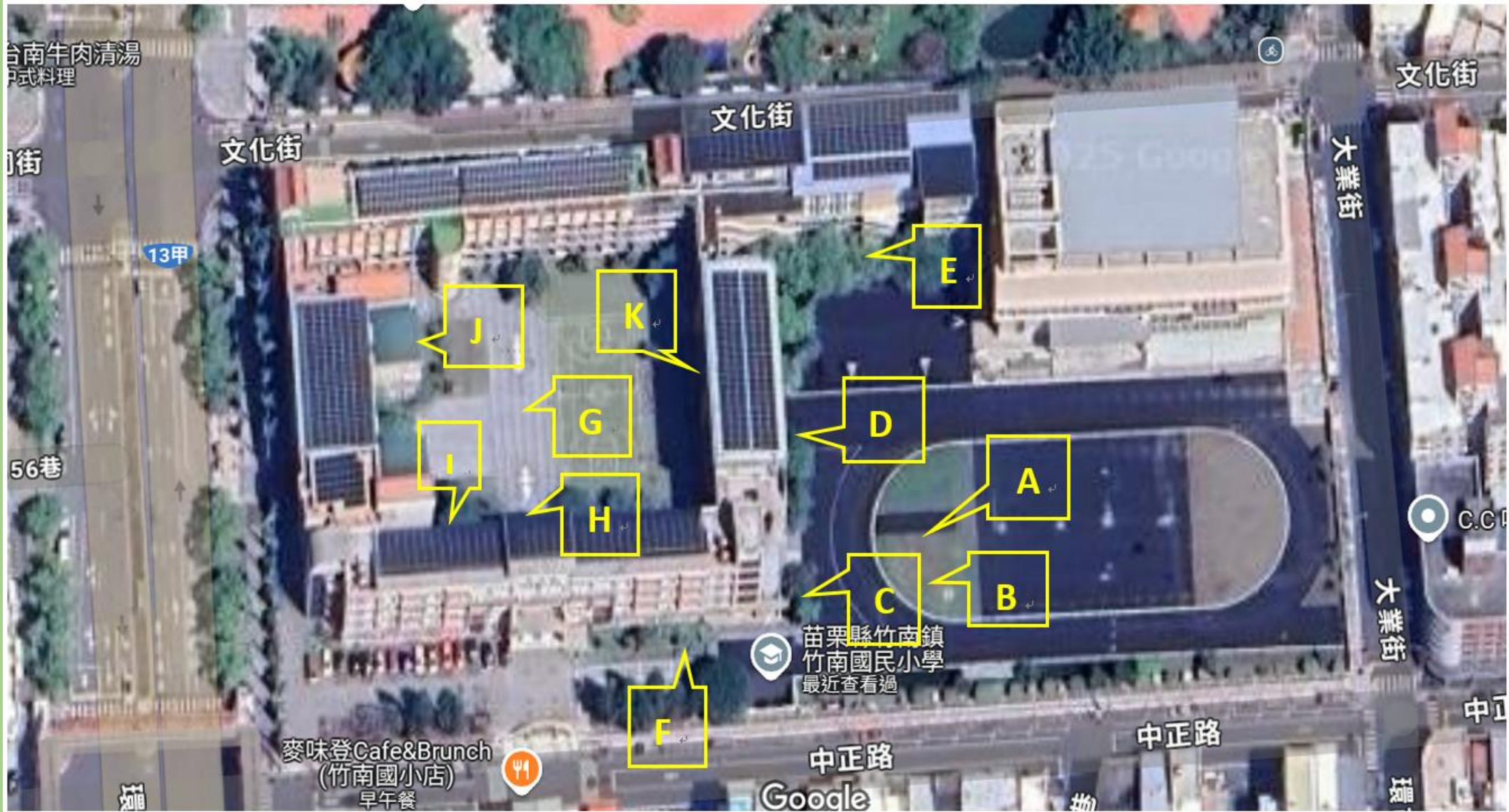


簡易百葉箱：

我們使用四周都有孔洞的收納盒作為簡易百葉箱的主體，將溫濕度計放置其中，並用白色的瓦楞板當作遮雨遮陽的屋頂，再將其綁在大型回收籃和書桌上，如此，簡易百葉箱便在1公尺以上，避免地面熱氣影響觀測結果，並且保持箱內通風。

## 參、研究過程及方法

- 一、調查時間：113年11月5日到113年12月27日，每個上學日早上8點、中午12點半、傍晚5點
- 二、相關資料來源：交通部中央氣象署苗栗縣龍鳳氣象站
- 三、測量參數：溫度(℃)、相對濕度(%)、平均風速(m/s)
- 四、研究區域：選定校園內不同活動區域，分為空曠處及建築物包圍區，如圖：



## 肆、研究過程與討論

### 研究一 探討校園內不同地點的微氣候特徵，包括溫度、濕度及風速等氣象參數，並分析影響各地點微氣候的因素。

(一)方法：

調查校園內不同地點的溫度、相對濕度、平均風速，並依實測所得資料，分別將早午晚各時段氣溫、相對濕度及平均風速加以平均，找出各地點的微氣候特徵。

(二)結果：如圖1-1、圖1-2、圖1-3。

圖1-1 校園內各地點平均溫度



圖1-2 校園內各地點平均相對濕度



發現與討論：

- 1. 大辦後花園風速低，且日照長，所以平均溫度最高。
- 2. 中庭、穿堂等被建築物包圍的區域，因日照少、風速低，熱對流少，所以平均溫度都較低。

圖1-3 校園內各地點平均風速



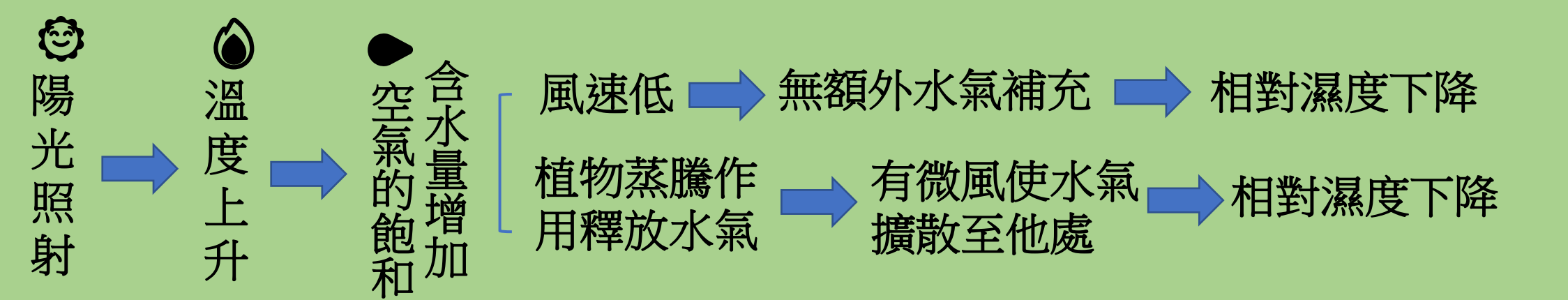
發現與討論：

- 1. 科辦前和穿堂因建築物包圍且周圍樹木多，日照少、遮蔭多，相對濕度最高。
- 2. 操場中央日照強、風大，濕度最低。操場中央草地又因有植被遮蔽，濕度略高於操場中央PU地。
- 3. 菜園與大辦後花園因有花草和植被，早上露水多，日照後溫度升高，濕度偏低。

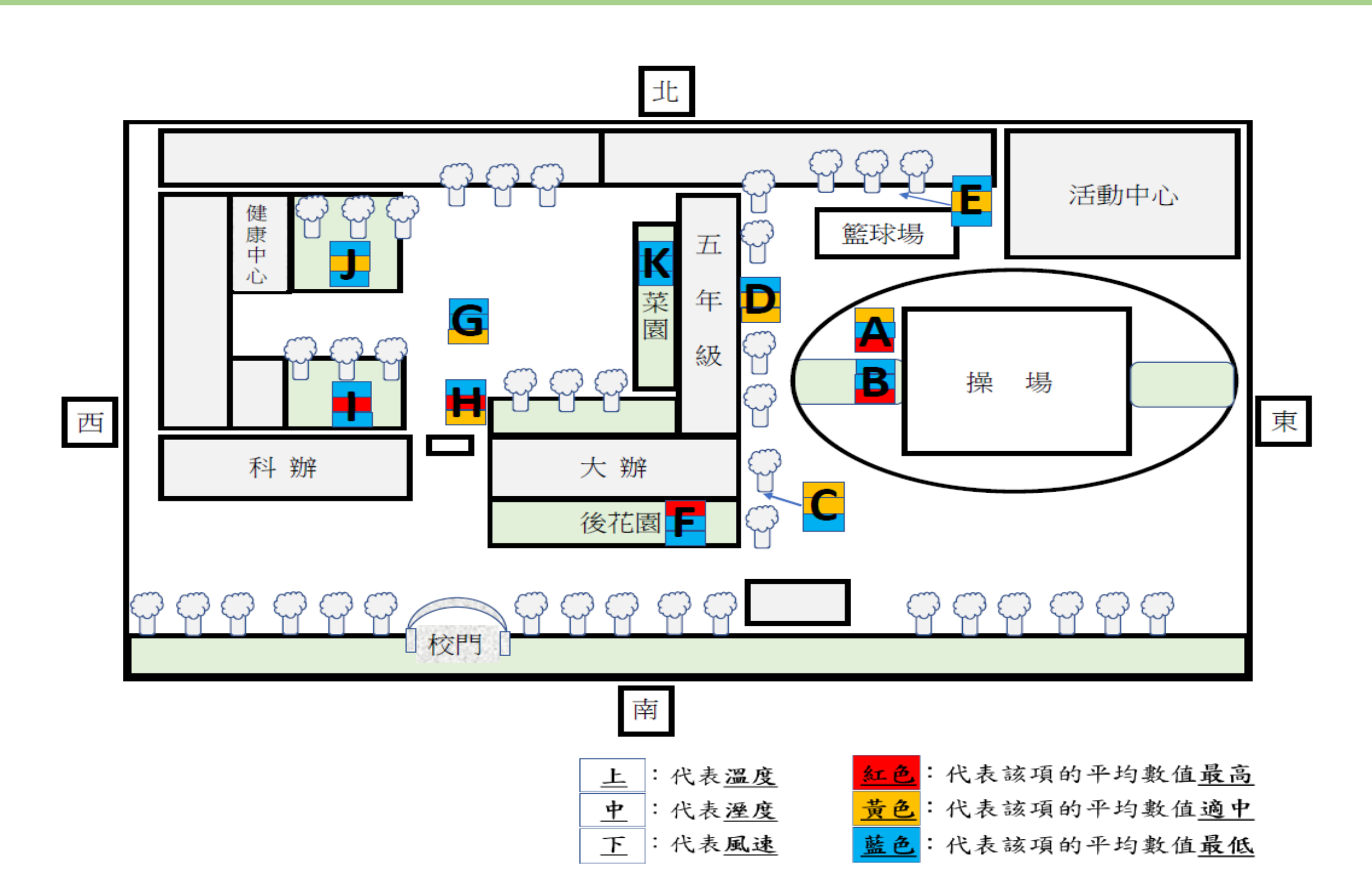
發現與討論：

- 1. A(操場中央PU地)、B(操場中央草地)因空曠無遮蔽，風速最大。
- 2. K(菜園)、E(籃球場)、F(大辦後花園)因有建築或樹木阻擋，風速最小。
- 3. G(中庭)雖在建築包圍區內，但離建築有距離，因此風速也較強。

相對濕度 (%) = ( 實際水氣含量 ÷ 飽和含水量 ) × 100%



(三)繪製校園微氣候地圖：將各地點的平均溫度、平均溼度、平均風速各分成3個等級，再校園各地點的微氣候。



	溫度	溼度	風速
高	24.05 ~ 23.48	69.3 ~ 65.2	2.08 ~ 1.59
適中	23.47 ~ 23.12	65.1 ~ 61.3	1.58 ~ 1.09
低	23.11 ~ 22.64	61.2 ~ 57.1	1.08 ~ 0.59



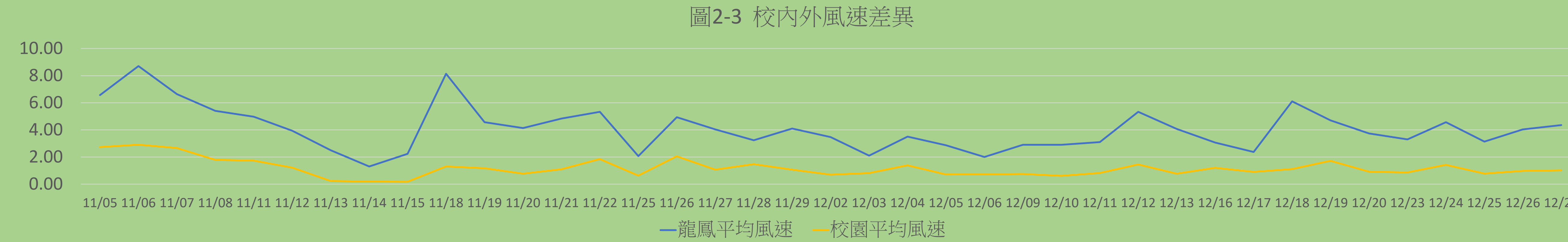
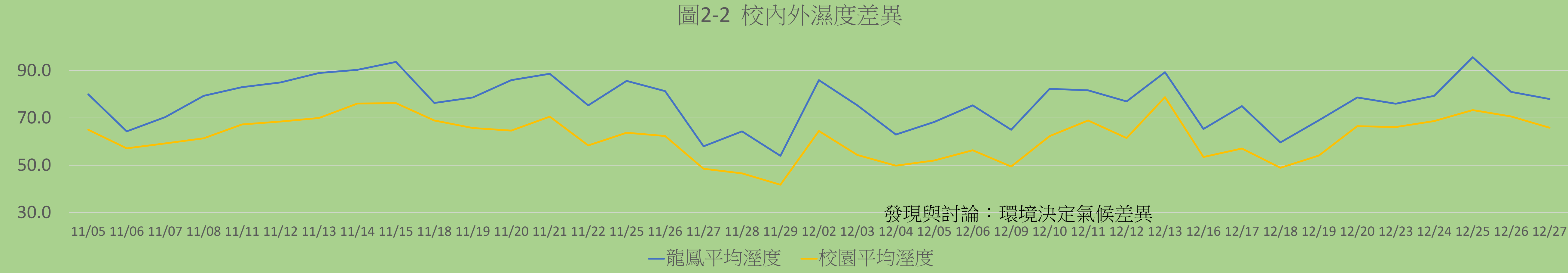
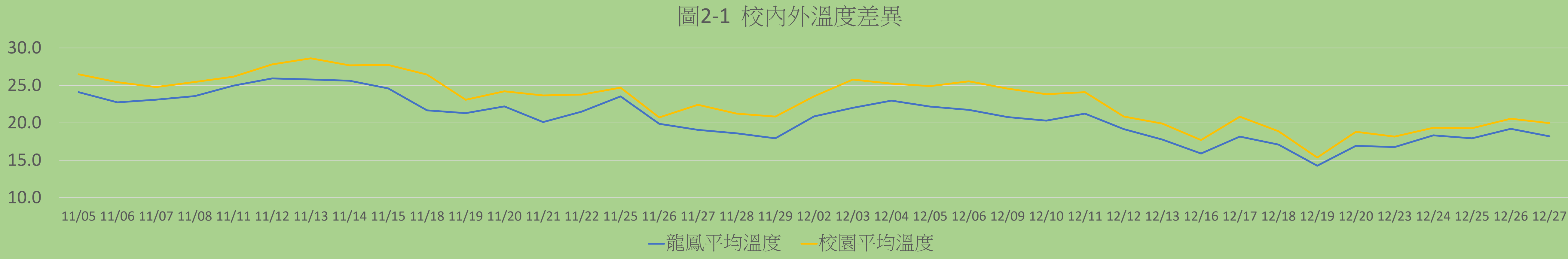
研究二：研究風速對校園微氣候的影響，特別是風速對溫度、濕度的變化情況。

說明：「九降風」是臺灣的地方氣候名詞，沒有一個科學標準的風速定義，因此本研究以校園調查期間2個月的平均風速為標準，探究校園風大的時候，各地點的變化。

(一)以離學校最近的氣象站為背景資料，比較校內外的差異，排除大範圍氣候變化的影響。

方法：選擇離學校約2.4公里的龍鳳氣象站，將2024/11/05到2024/12/27的早上8時、中午12時、傍晚5時的溫度、濕度、平均風速加以平均，並和校園內平均比較。

結果：龍鳳氣象站2個月的平均風速為4.08m/s，高於4.08m/s的日子有17天。校內與附近氣象站的差異，如圖2-1、圖2-2、圖2-3：



	平均差值	龍鳳氣象站	校園	說明與可能原因
溫度	2.32℃	溫度較低	溫度較高，與龍鳳氣象站的差異幾乎趨勢同步。	校園受「熱島效應」與人工鋪面地表吸熱影響。11/26差值最小，顯示校園微氣候效應減弱。
濕度	-15.11%	濕度較高（較接近海邊）	濕度較低	校園風速低使水氣不易擴散，且地面材質（如磚地、PU地）加速水分蒸發。
風速	-2.91 m/s	平均風速較高	平均風速較低、變化幅度小	校園的建築物、地形阻礙風流，導致風速降低，波動較小。

(二)計算校園11、12月的平均風速，找出風強、風弱的日子。

方法：利用調查期間(11、12月上課日)的每日平均風速，計算出2個月的平均風速，並找出風強、風弱的日期，若當天平均風速在2個月的平均風速以上則為風強的日子；當天平均風速在2個月的平均風速以下則為風弱的日子。

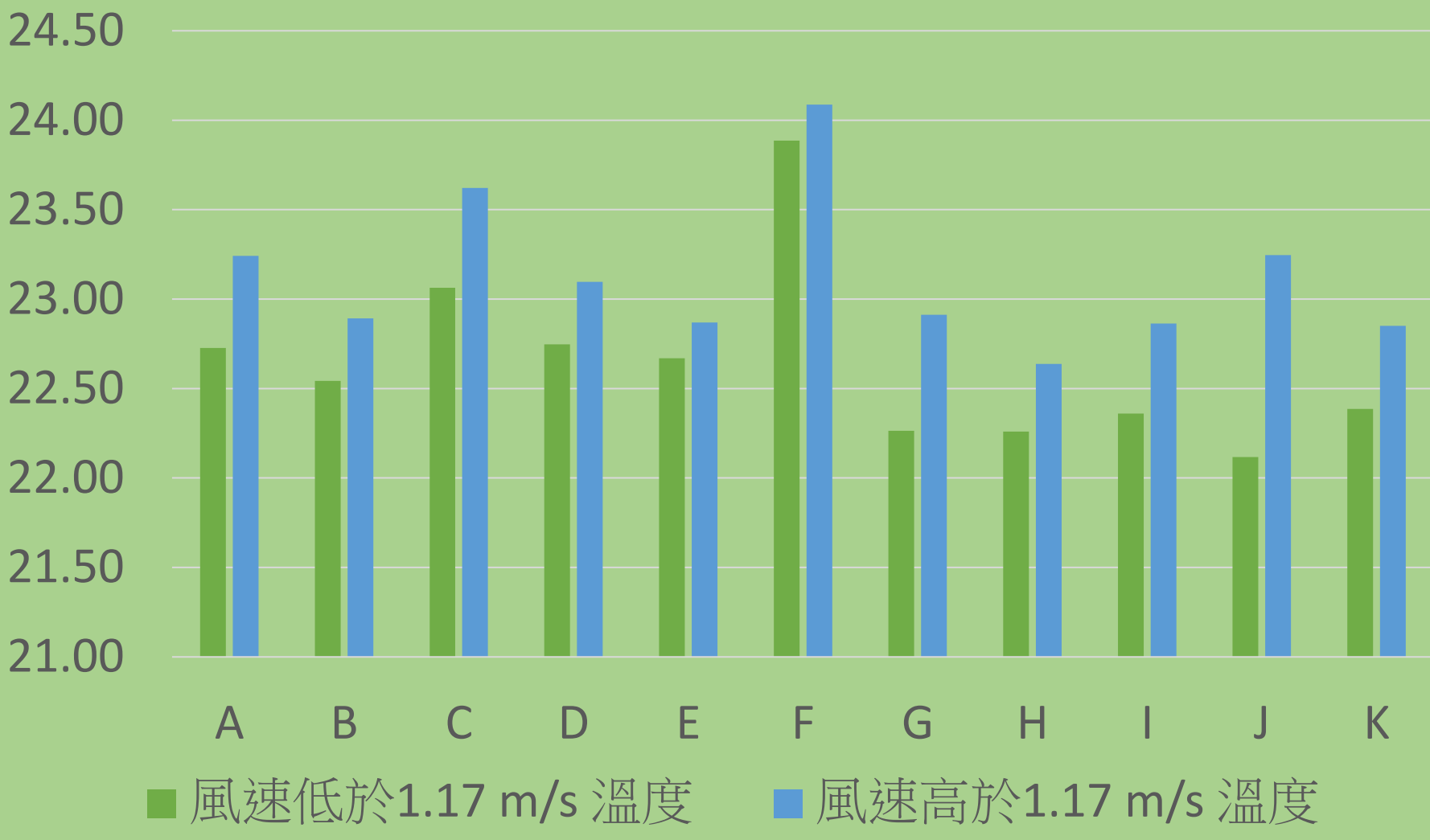
結果：學校在2024年11、12月的平均風速約1.17m/s，如表2-1：

表2-1 2024/11/5-2024/12/27 每日平均風速							
日期	平均風速	日期	平均風速	日期	平均風速	日期	平均風速
2024/11/05	<u>2.73</u>	2024/11/19	<u>1.17</u>	2024/12/03	0.81	2024/12/17	0.90
2024/11/06	<u>2.91</u>	2024/11/20	0.77	2024/12/04	<u>1.38</u>	2024/12/18	1.11
2024/11/07	<u>2.66</u>	2024/11/21	1.10	2024/12/05	0.71	2024/12/19	<u>1.72</u>
2024/11/08	<u>1.79</u>	2024/11/22	<u>1.85</u>	2024/12/06	0.72	2024/12/20	0.92
2024/11/11	<u>1.73</u>	2024/11/25	0.62	2024/12/09	0.75	2024/12/23	0.86
2024/11/12	<u>1.21</u>	2024/11/26	<u>2.05</u>	2024/12/10	0.62	2024/12/24	<u>1.42</u>
2024/11/13	0.23	2024/11/27	1.07	2024/12/11	0.82	2024/12/25	0.78
2024/11/14	0.19	2024/11/28	<u>1.47</u>	2024/12/12	<u>1.45</u>	2024/12/26	0.98
2024/11/15	0.17	2024/11/29	1.07	2024/12/13	0.77	2024/12/27	1.02
2024/11/18	<u>1.30</u>	2024/12/02	0.70	2024/12/16	<u>1.20</u>	平均風速	1.17

(三)依據校園實測所得資料，探討風速高於平均風速(1.17m/s)時，校園各地點溫度、濕度的差異

發現：平均風速達1.17m/s以上的日子有16天，平均風速未達1.17 m/s有23天。

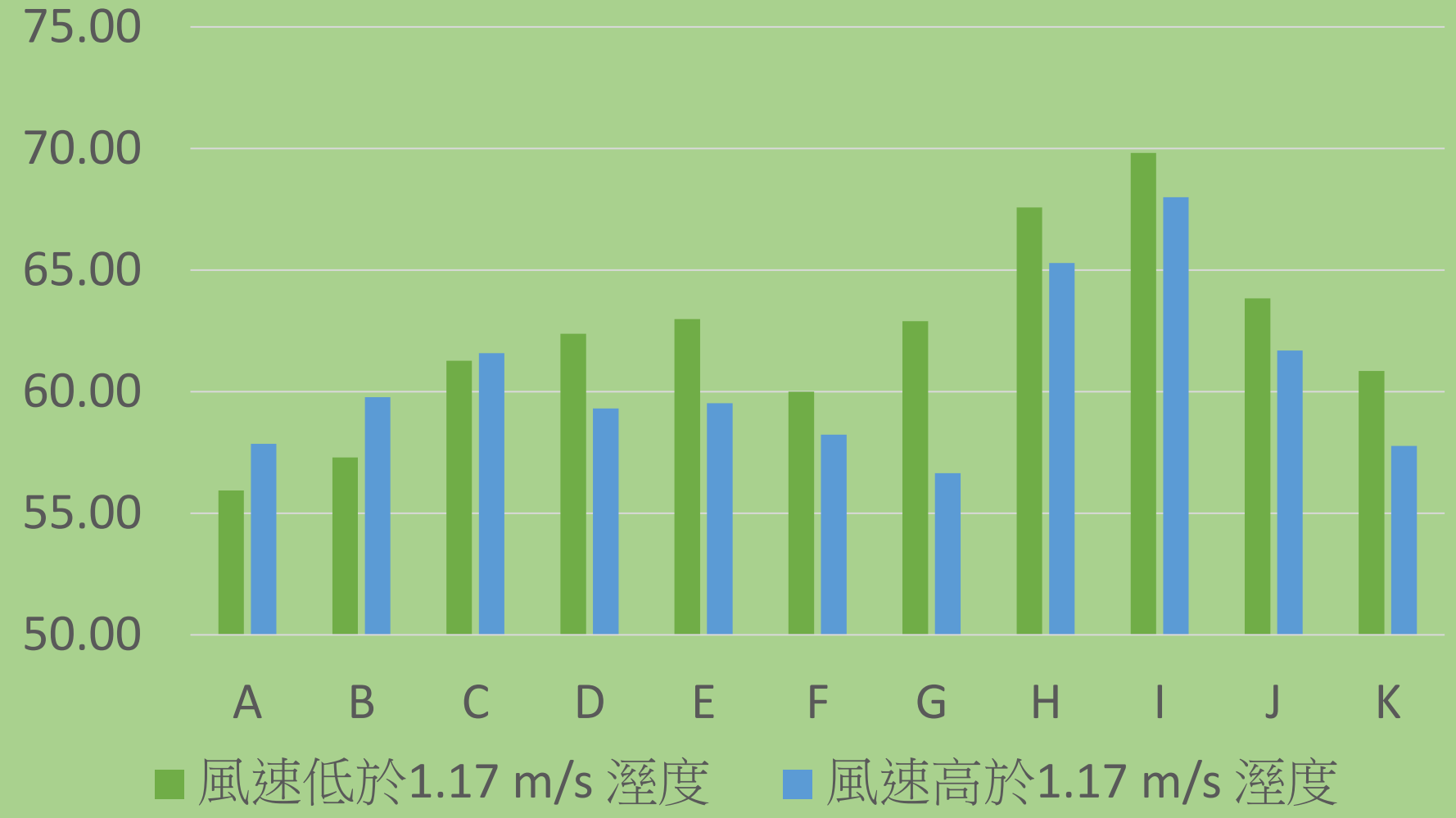
圖2-4 不同風速下各地點的溫度比較



發現與討論：

- 多數地點，**風速高→溫度略高**，因為氣流促進熱交換，**對溫度有輕微升溫的影響**。
- 有植被又靠建築的地方（如F），會因吸熱與反射而維持高溫。
- 陰涼又無風的地方（如J），容易變冷，但一有風就升溫快。
- 遮蔽多又少日照的地點（如E），溫度穩定、不易受風影響。

圖2-5 不同風速下各地點的濕度比較



發現與討論：

- 多數地點，**風速越大→濕度越低**，因為風會吹走水氣，使空氣變乾。
- 空曠地區**（如A、B操場）**風速增加**會帶來外部水氣，使**溼度上升**。
- 泥土地、植物多、遮蔭區**（如H、I）濕度高，即使風大時水氣也較容易留住。
- 中庭這種**日照強、無遮蔽**的地方，風速會加快水氣流失，使**濕度降低**。

研究三 評估校園各區域、各時間的體感溫度，並分析溫度、濕度、風速和體感溫度的關係。

(一)評估校園內各區域、各時間的體感溫度。

方法：依據校園各地點的實測資料，利用公式計算各地點、各時段的體感溫度。

說明：本文中的體感溫度公式來自交通部中央氣象署網站

結果：圖3-1、圖3-2

體感溫度 = 1.04T + 0.2 × e − 0.65 × V − 2.7

e： $\frac{RH}{100} \times 6.105 \times \exp\left(\frac{17.27 \times T}{237.7 + T}\right)$

T(氣溫)單位℃，e(水氣壓)單位hPa，V(風速)單位 m/sec，RH(相對溼度)單位%

圖3-1 各地點體感溫度平均

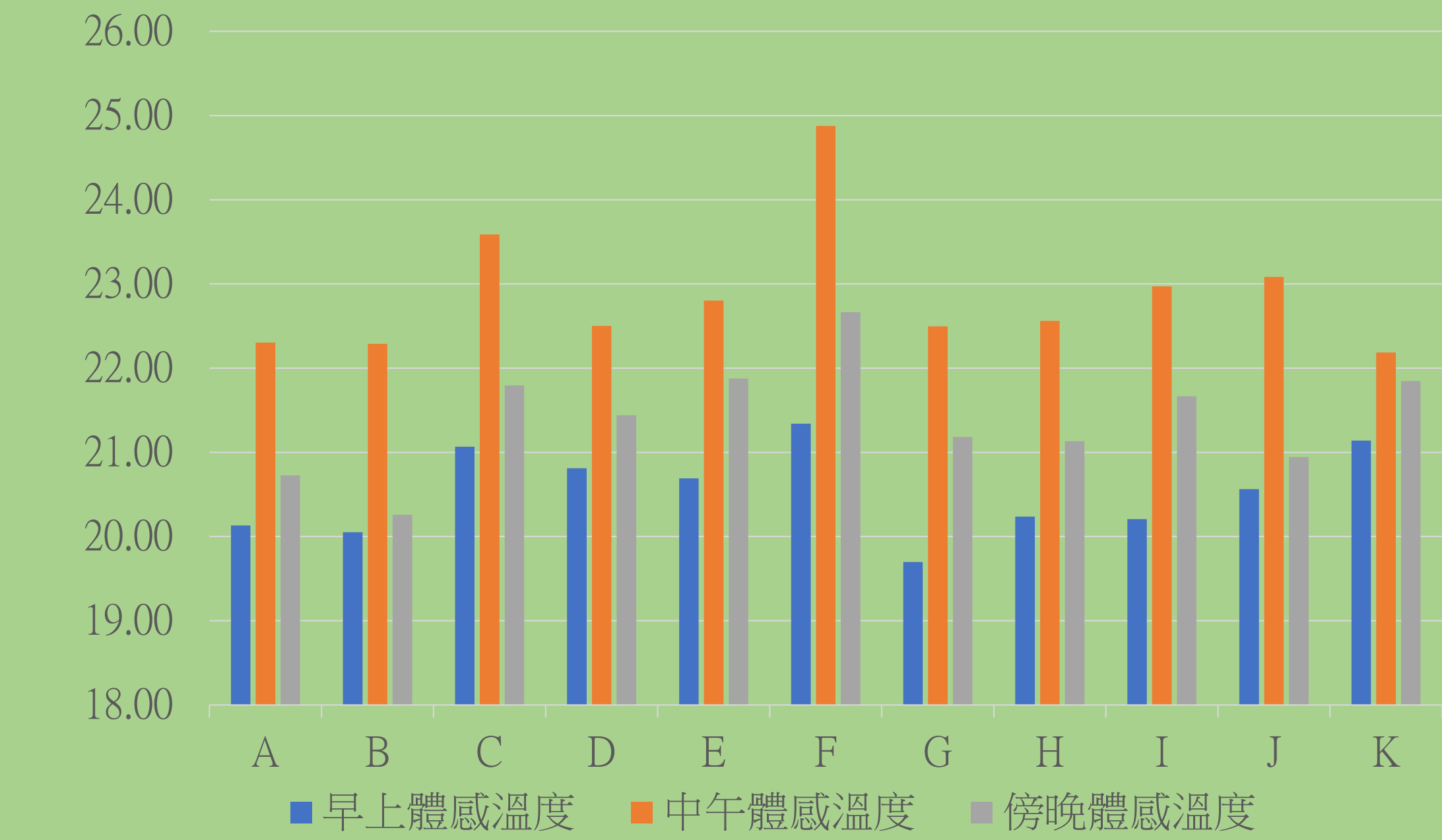


發現與討論：

- 體感溫度整體偏暖**，校園體感溫度大多在22-25℃，受全球暖化影響，**但不同區域仍有明顯差異**。
- 開放區域體感較低**，如：A(操場中央PU地)、B(操場中央草地)及G(中庭)因輻射冷卻作用和風速高，早晨體感溫度較低。
- 日照強、風速低區域體感較高**，如：F(大辦後花園)和C(木麻黃樹下)。



圖3-2 體感溫度時間變化



將各地點體感溫度分級如右：

	地點描述	體感溫度分類	早午晚差異	體感溫度範圍 (°C)
A	操場中央PU地	稍微偏冷		低於 23.5°C
B	操場中央草地	稍微偏冷		低於 23.5°C
G	中庭	稍微偏冷		低於 23.5°C
F	大辦後花園	偏高	差異最大	高於 24.5°C
C	木麻黃樹下	偏高		高於 24.5°C
D	五年級後牆	適中		23.5°C ~ 24.5°C
E	籃球場旁	適中		23.5°C ~ 24.5°C
H	穿堂	適中		23.5°C ~ 24.5°C
I	科辦前	適中		23.5°C ~ 24.5°C
J	健康中心	適中		23.5°C ~ 24.5°C
K	菜園	適中	體感穩定	23.5°C ~ 24.5°C

(二) 分析各地點平均溫度、平均濕度、平均風速和體感溫度的關係。

方法：依實測數據資料，比較各地點平均溫度、平均濕度、平均風速和體感溫度的差異

結果：如圖3-3、圖3-4；圖3-5

圖3-3 平均溫度、體感溫度的差異

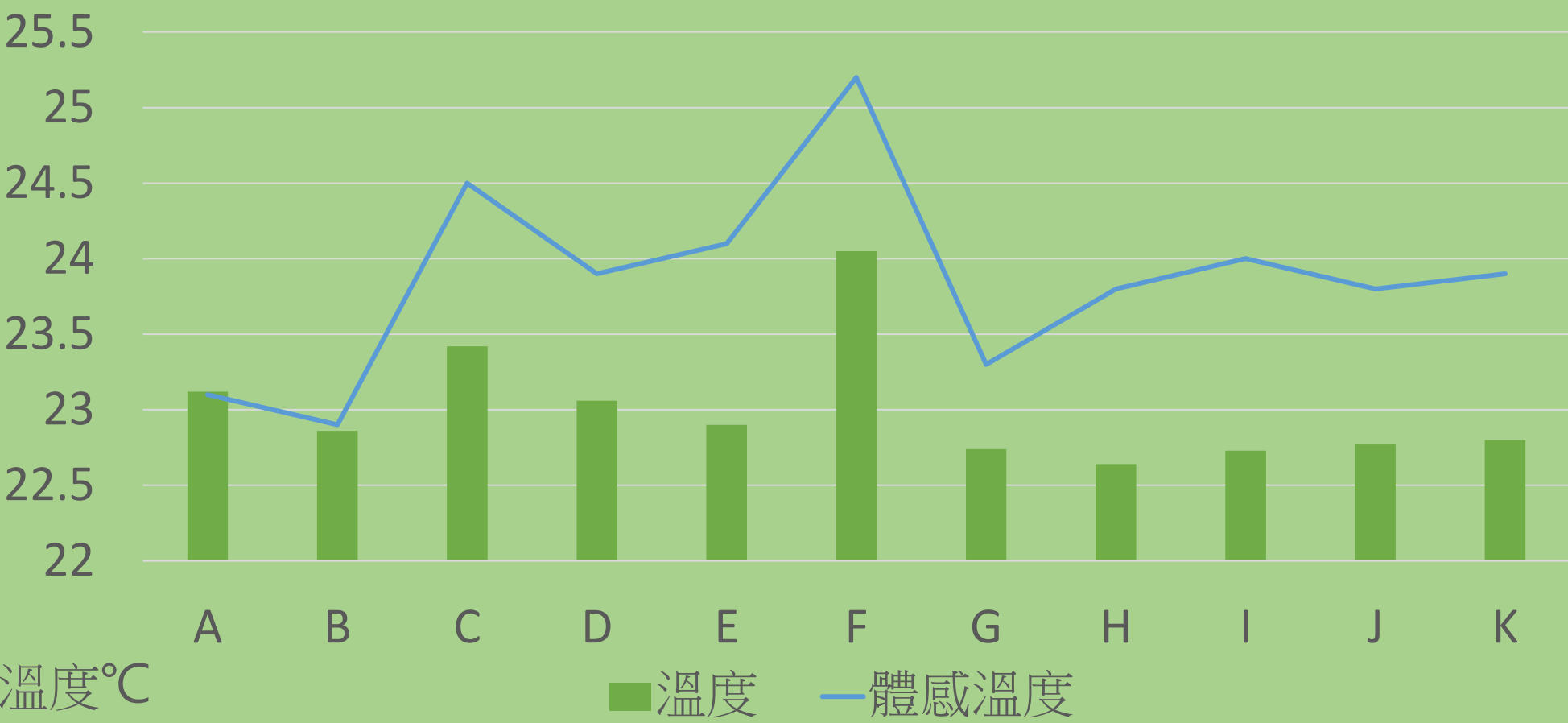


圖3-4 平均濕度、體感溫度的差異

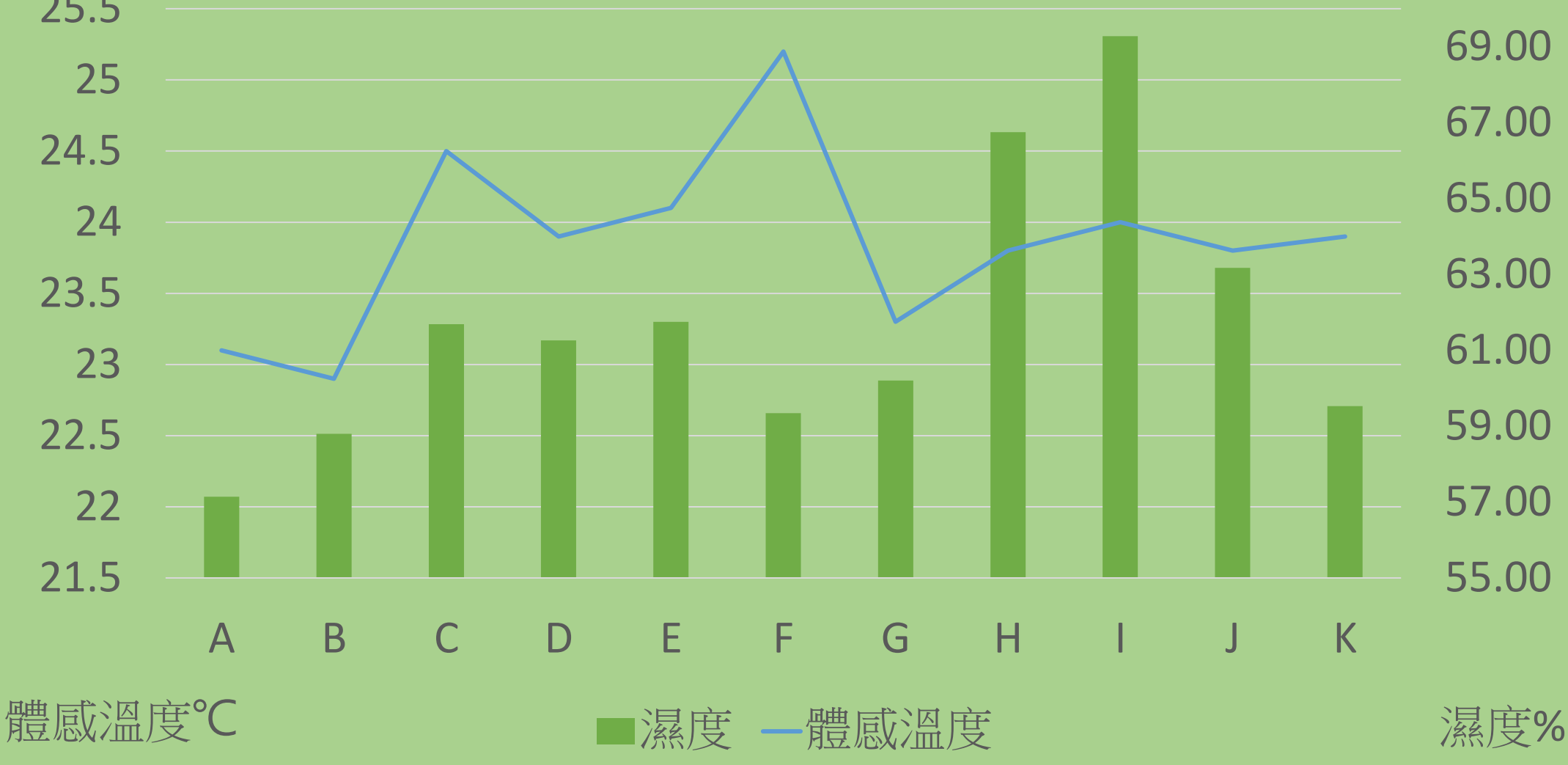
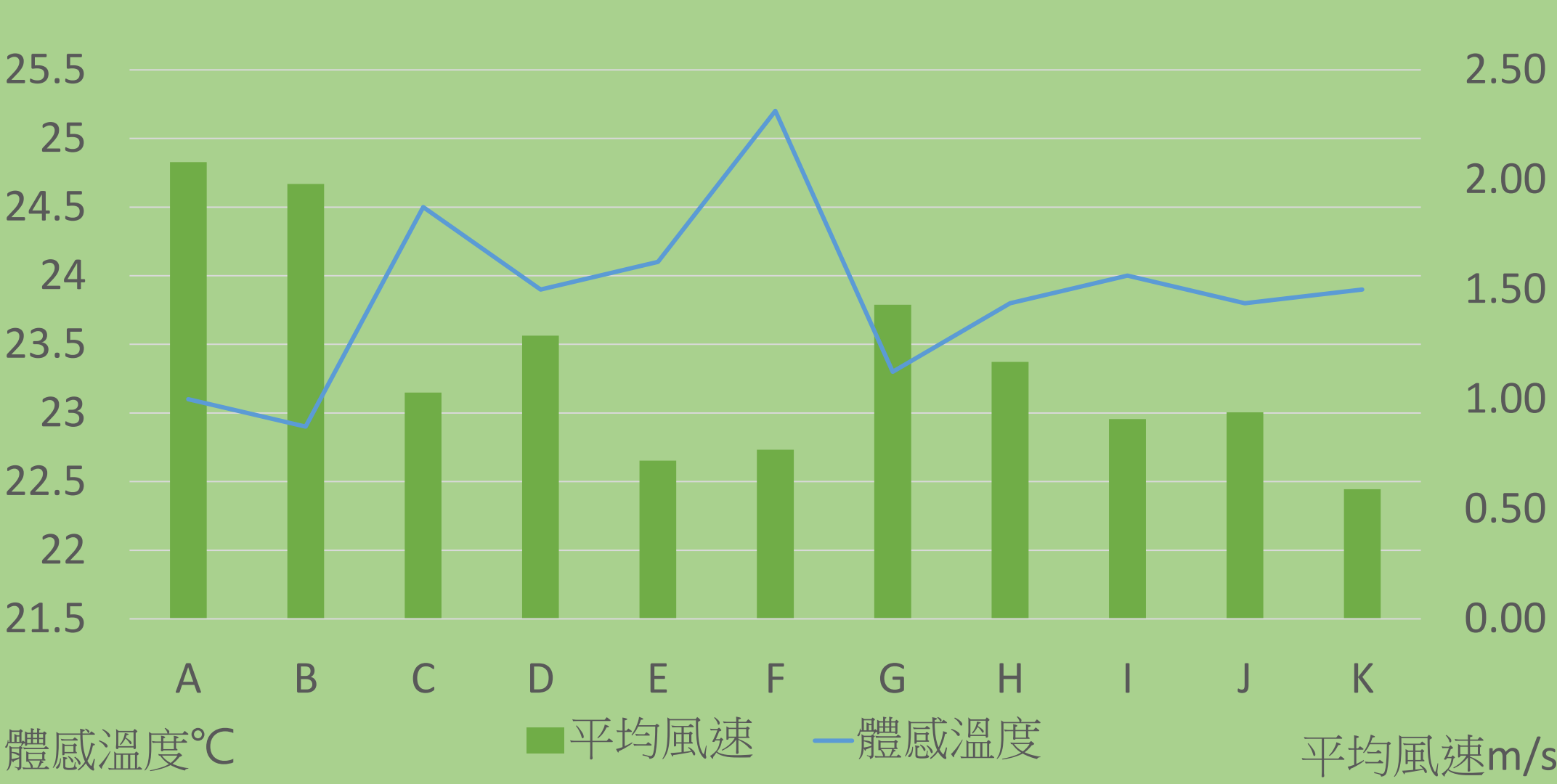


圖3-5 平均風速、體感溫度的差異



## 伍、研究結果

一、探討校園內不同地點的微氣候特徵，包括溫度、濕度及風速等氣象參數。

地點	溫度	溼度	風速	說明
大辦後花園	最高	偏低	偏低	日照強、風速低，外來水氣少
建築物包圍區	偏低	偏高(穿堂、科辦前最高)	適中(中庭較高)	陽光少、風速低，蒸發慢，濕度保持高
菜園		偏低	最低	陽光強、風速低，外來水氣少、濕度較低
離建築物遠(操場PU地、草地、中庭)		最低	最高	空曠、離建築遠，風速較大

二、研究風速對校園微氣候的影響，特別是風速對溫度、濕度的變化情況。

風速狀況	溫度變化	溼度變化
> 1.17m/s	都會稍微升溫	大多數都會下降

## 陸、未來研究方向

這次的校園微氣候研究已經有初步結果，下次可以改進研究方法並延伸研究方向，讓研究更深入：

- 一. 探討植物與綠化對微氣候的影響，研究不同樹種或植被所造成的微氣候差異。
- 二. 探討季節變化對微氣候的影響，下次可從9月份開始，做9-12月的長時間調查。
- 三. 在校園內多增加高樓層或其他測量點。
- 四. 增加日照時間、太陽方位、太陽輻射、風向…等氣象因素。
- 五. 進行人為活動對微氣候的影響。

發現與討論：

1. 所有區域**中午體感溫度最高**，顯示日照是主要升溫原因。
2. **G(中庭)早晨最冷**，因建築包圍與磚地散熱快，加上早晨風速高，體感溫度僅約19.7°C。
3. **F(大辦後花園)溫差最大**，因早晨較涼，中午日照強烈升溫明顯，早中晚體感溫度差異最大。
4. **K(菜園)**因風速低、有土壤植物保濕作用，**體感溫度穩定**，早中晚差異最小。

項目	對體感溫度的影響	說明
溫度	正相關（越高越熱，但會受其他因素修正。）	1.溫度升高時，人通常會覺得更熱。 2.受到「風」和「濕度」影響： 熱＋濕＝悶熱 例如：C 熱＋風＝比較舒服 例如：A、B 熱＋沒風＝最不舒服 例如：F
濕度	間接影響（會因環境不同而改變）	濕度高會讓人更悶熱，但如果有風或遮陰，會減少這種悶熱感。例如：H、I
風速	負相關（越強越涼）	風愈大，感覺會更涼快，風可以幫助散熱，降低體感溫度。

三、評估校園各區域、各時間的體感溫度，並分析溫度、溼度、風速和體感溫度的關係。

全校各地點	中午都最熱
空曠區或離建築較遠地區	體感溫度偏冷
日照足且風速低	體感溫度較高
靠近建築或樹木	體感溫度最舒適
溫度↑	體感溫度↑(但是會受「風」和「溼度」修正
濕度受環境影響	環境會調節體感溫度
風速↑	體感溫度↓(有風吹就會比較涼快)