

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會
作 品 說 明 書

科 別：生活與應用科學（2）（環保與民生）

組 別：國小組

作品名稱：

氣和心平
～降低冷氣教室內二氧化碳濃度方法探討

關 鍵 詞：冷氣、二氧化碳、省電

編號：A7082

氣和心平

～降低冷氣教室內二氧化碳濃度方法探討

摘要

全球暖化的趨勢越來越明顯，台灣也不例外，根據中央氣象局公布數據，近年來年台灣平均溫度屢屢打破歷史紀錄，行政院宣示要兩年內讓全國中小學「班班有冷氣」。同時，根據台電用電資訊顯示，用電量也因溫度上升屢創歷史巔峰。然而冷氣使用時，密閉空間中，高度集中師生呼吸而導致二氧化碳濃度升高，進而影響學習和健康的問題也越來越不容忽視，本研究即是針對這個問題，企圖在國小教室現場，沒有多餘資源的情況下，探索簡易可行又兼顧節能省電的作法。研究結果顯示，在教室對角線開門窗一定的寬度，可在不須添購任何硬體下，讓二氧化碳濃度達到環保法規要求，又不至於提高太多電費。

壹、研究動機

雖然全國目前還沒有全面實施「國中小吹冷氣」的措施，但本鄉五所國中小有幸得到鄉公所的大力支持，於2020年5月，裝設冷氣完成並正式開始使用。然而一陣子之後，我們慢慢發現有越來越多的同學有昏沉、嗜睡、學習效率下降等問題，透過與老師討論，並在網路上搜尋資料，發現是冷氣使用中，大家都知道為了節能省電而緊閉門窗，但一班二十多位師生不斷呼吸，以至於二氧化碳濃度不斷上升而產生的後遺症。而且根據行政院環保署101年頒布的「室內空氣品質標準」規定二氧化碳濃度不得高於1000ppm。所以，開冷氣的教室中，如何通風換氣，降低二氧化碳濃度，又能顧慮到節能環保，實在是刻不容緩的議題，因此，我們想透過這個研究找出經濟、簡單又有效的方法，去調和空氣（氣和），讓心情不再煩躁倦怠（心平）～即所謂氣和則心平。炎炎夏日，能享受冷氣，又兼顧節能省電，提昇學習效率和健康～氣和心平～這個研究與我們切身相關，確實深深的吸引著我們。

貳、研究目的

1. 探討教室使用冷氣時，師生產生二氧化碳上升的速度和濃度。
2. 在不添購硬體設備下，設計並比較幾種經濟、有效、又簡易的降低二氧化碳濃度的方法。
3. 由上，產生相對好的模式，推廣到全校，甚至是校外，為環保和健康盡一份心力。

參、研究設備及器材

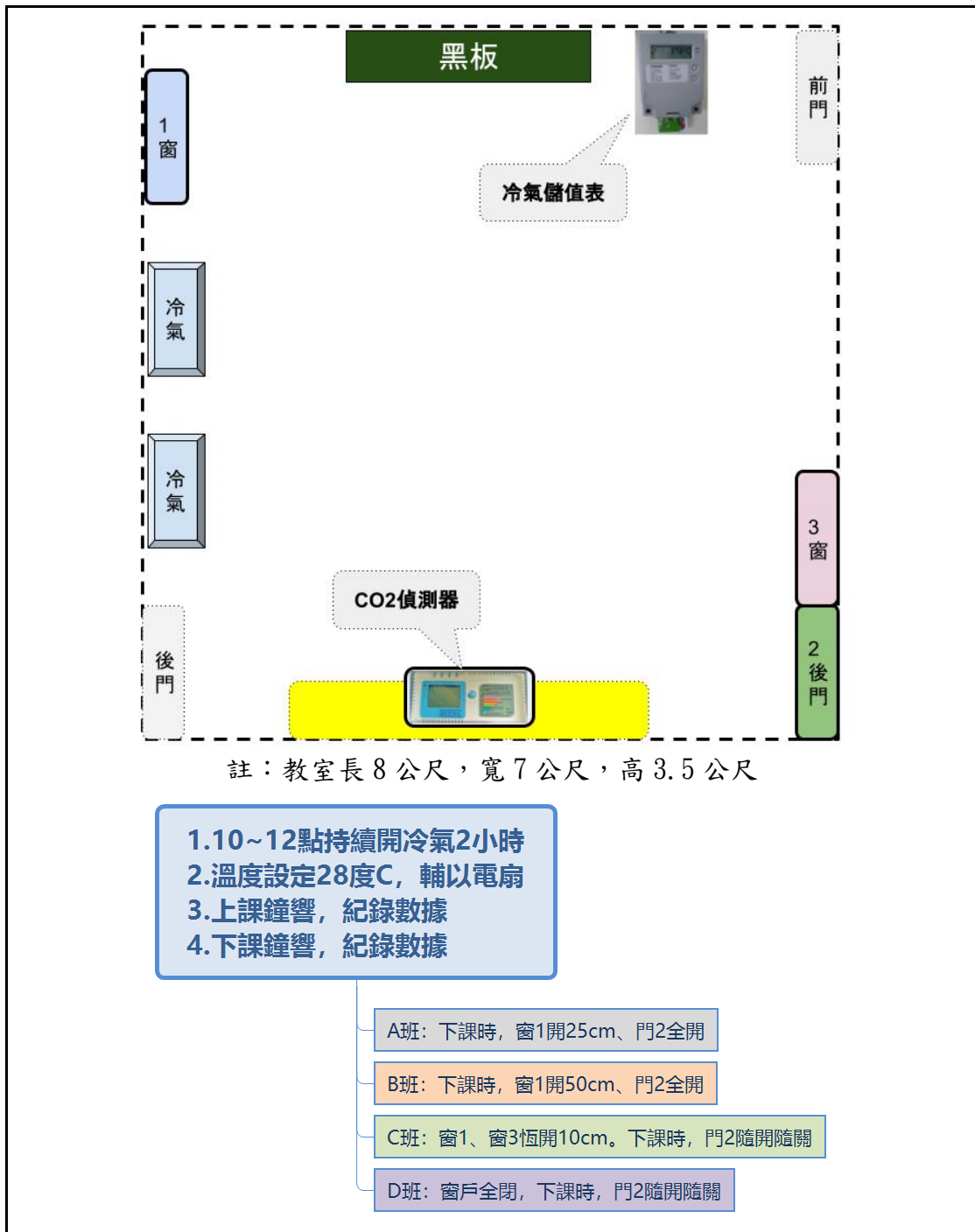
二氧化碳偵測器、紀錄表、10公分長紙條、25公分長紙條、相機、電腦。

肆、研究過程與方法

一. 研究方法

我們在本校徵求願意配合實驗的班級，共有四班。我們就這四個志願班級設計四種不同的情境，再連續記錄數據5天，求出平均值，從而比較歸納出最佳方案（兼顧有效降低二氧化碳濃度，又節能省電），如下：

圖 4-1：班級教室平面圖與四種方案



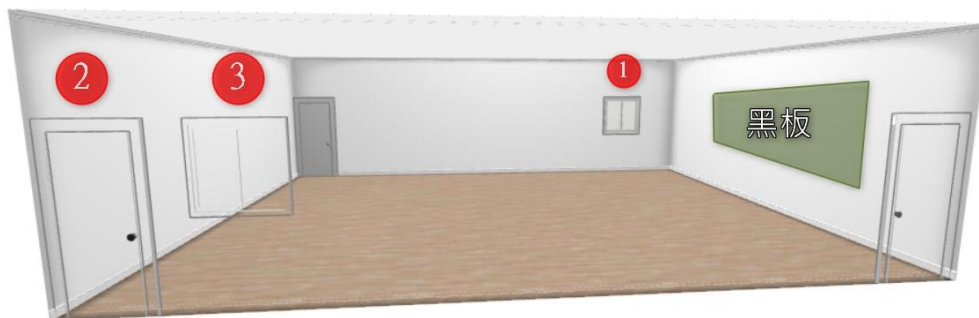
二、研究過程：

(一) 四個班級共同條件：

1. 同一週的週一到週五，上午 10~12 點，持續開放冷氣 2 小時。
2. 每班有 2 台分離式冷氣，溫度均設定 28 度 C，同時吹電扇。
3. 上課鐘響，馬上紀錄數據（二氧化碳濃度、冷氣儲值餘額）。
4. 下課鐘響，馬上紀錄數據（二氧化碳濃度、冷氣儲值餘額）。

(二) 四個班級不同條件：

列表比較如下：



| 班級 | 上課時 | 下課時 | 說明 |
|-----|-------------------|---|--|
| A 班 | 門窗緊閉 | <ul style="list-style-type: none"> ● 窗 1 開 25 公分 ● 門 2 全開 | <ul style="list-style-type: none"> ● 窗 1 和門 2 是對角線 ● 上課時是一般冷氣房情境，只在下課時讓空氣對角線對流 |
| B 班 | 門窗緊閉 | <ul style="list-style-type: none"> ● 窗 1 開 50 公分 ● 門 2 全開 | 與 A 班條件類似，只是窗 1 開更大 |
| C 班 | 窗 1 和窗 3 恆開 10 公分 | <ul style="list-style-type: none"> ● 窗 1 和窗 3 恆開 10 公分 ● 門 2 在人員進出後隨即關上 | 不論上下課，窗 1 和窗 3 保持恆開 10 公分 |
| D 班 | 門窗緊閉 | <ul style="list-style-type: none"> ● 門窗緊閉 ● 門 2 在人員進出後隨即關上 | 即不做任何改變，保持一般冷氣房習慣，用以對照有做出改善的其他三班。 |

(三) 數據登記表：

這張表內需要填入的數據有教室人數、室內溫度、二氧化碳濃度和冷氣儲值卡的餘額，連續紀錄一週五天，每天 2 小時。

圖 4-2：數據登記表

| 冷氣教室溫度CO2濃度登記表 | | | | | | |
|----------------|----|----|-------------|--------------|--------------|-------------|
| 班級： | | | | | | |
| 星期 | 人數 | 節次 | 時刻 (時:分) | 室內溫度 一位小數 | CO2 (ppm) | 冷氣儲值 (元) |
| 一 | | 2 | 10:00 | | | |
| | | | 10:20 | | | |
| | | 3 | 10:30 | | | |
| | | | 11:10 | | | |
| | | 4 | 11:20 | | | |
| | | | 12:00 | | | |
| 二 | | 2 | 10:00 | | | |
| | | | 10:20 | | | |
| | | 3 | 10:30 | | | |
| | | | 11:10 | | | |
| | | 4 | 11:20 | | | |
| | | | 12:00 | | | |
| 三 | | 2 | 10:00 | | | |
| | | | 10:20 | | | |
| | | 3 | 10:30 | | | |
| | | | 11:10 | | | |
| | | 4 | 11:20 | | | |
| | | | 12:00 | | | |
| 四 | | 2 | 10:00 | | | |
| | | | 10:20 | | | |
| | | 3 | 10:30 | | | |
| | | | 11:10 | | | |
| | | 4 | 11:20 | | | |
| | | | 12:00 | | | |
| 五 | | 2 | 10:00 | | | |
| | | | 10:20 | | | |
| | | 3 | 10:30 | | | |
| | | | 11:10 | | | |
| | | 4 | 11:20 | | | |
| | | | 12:00 | | | |

(四) 實驗操作過程：

本實驗幾乎沒有什麼難度，就是按照實驗設計，保持冷氣和電扇的條件相同，再改變對角線窗 1 和門 2（或窗 3）的開啟的時間和大小，讓其通風對流，降低二氧化碳濃度。上下課鐘聲一響，立刻去紀錄數據，這樣相同的步驟，一週內每天早上在 10 點到 12 點進行，重複五天。最後輸入電腦求取平均值。

圖 4-3：實驗操作實況



伍、研究結果

為期一週的紀錄結束，四個班級的平均數據如下(每度冷氣電費 6 元)：

一、A 班：21 人，上課時門窗緊閉，下課時窗 1 開 25 公分、門 2 全開

| 下課 10 分鐘對角線通風 | 上課 40 分鐘師生呼吸 | 每小時冷氣費用 |
|------------------|------------------|-----------|
| CO2 濃度降低 272 ppm | CO2 濃度升高 435 ppm | 10.8 元 |
| 溫度升高 0.1°C | 每人呼出 21 ppm | 每人 0.51 元 |

二、B 班：30 人，上課時門窗緊閉，下課時窗 1 開 50 公分、門 2 全開

| 下課 10 分鐘對角線通風 | 上課 40 分鐘師生呼吸 | 每小時冷氣費用 |
|------------------|------------------|-----------|
| CO2 濃度降低 488 ppm | CO2 濃度升高 648 ppm | 12 元 |
| 溫度升高 0.2°C | 每人呼出 22 ppm | 每人 0.40 元 |

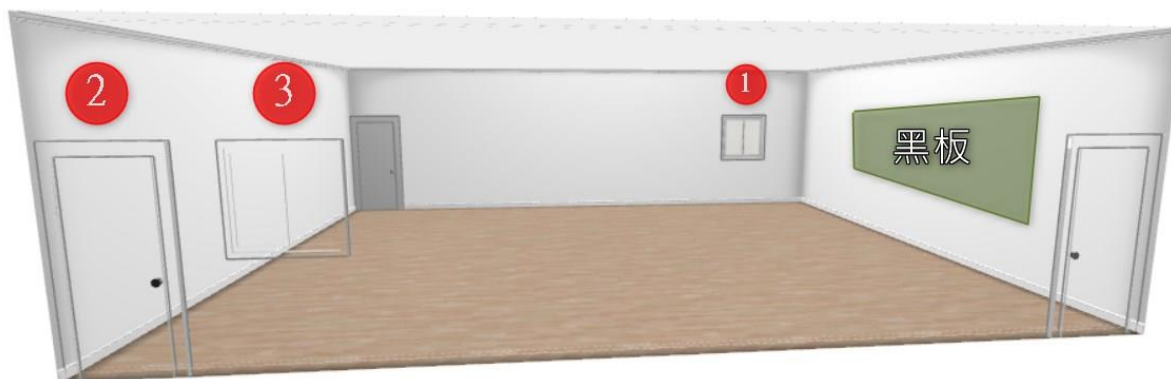
三、C 班：20 人，窗 1 和窗 3 保持恆開 10 公分、門 2 在人員進出後隨即關上

| 下課 10 分鐘對角線通風 | 上課 40 分鐘師生呼吸 | 每小時冷氣費用 |
|-----------------|------------------|-----------|
| CO2 濃度降低 71 ppm | CO2 濃度升高 241 ppm | 12 元 |
| 溫度降 0.1°C | 每人呼出 12 ppm | 每人 0.60 元 |

四、D 班：23 人，門窗緊閉、門 2 在人員進出後隨即關上(一般使用習慣)

| 下課 10 分鐘 | 上課 40 分鐘師生呼吸 | 每小時冷氣費用 |
|-----------------|------------------|-----------|
| CO2 濃度升高 50 ppm | CO2 濃度升高 484 ppm | 9 元 |
| 溫度降 0.4°C | 每人呼出 21 ppm | 每人 0.39 元 |

五、綜合比較：



| 作法 | 條件 | 班級 (人數) | 下課溫度升高 | 下課 CO2 降低 | 上課 CO2 升高 | 上課每人平均呼出 CO2 | 每小時冷氣費用 | 冷氣人均 |
|----|-----------------------------------|-------------|--------|--------------|--------------|--------------|---------|------|
| | | | 攝氏度 | ppm | ppm | ppm | 元 | 元 |
| 1 | 下課 10 分鐘，窗 1 開 25 公分，門 2 全開 | A (21 人) | 0.1 | -272 | 435 | 21 | 10.8 | 0.51 |
| 2 | 下課 10 分鐘，窗 1 開 50 公分，門 2 全開 | B (30 人) | 0.2 | -488 | 648 | 22 | 12 | 0.40 |
| 3 | 不論上下課，窗 1 和窗 3 都保持開窗 10 公分，出入馬上關門 | C (20 人) | -0.1 | -71 | 241 | 12 | 12 | 0.60 |
| 4 | 上下課門窗皆不開，出入馬上關門(即一般冷氣房模式) | D (23 人) | -0.4 | 50 | 484 | 21 | 9 | 0.39 |

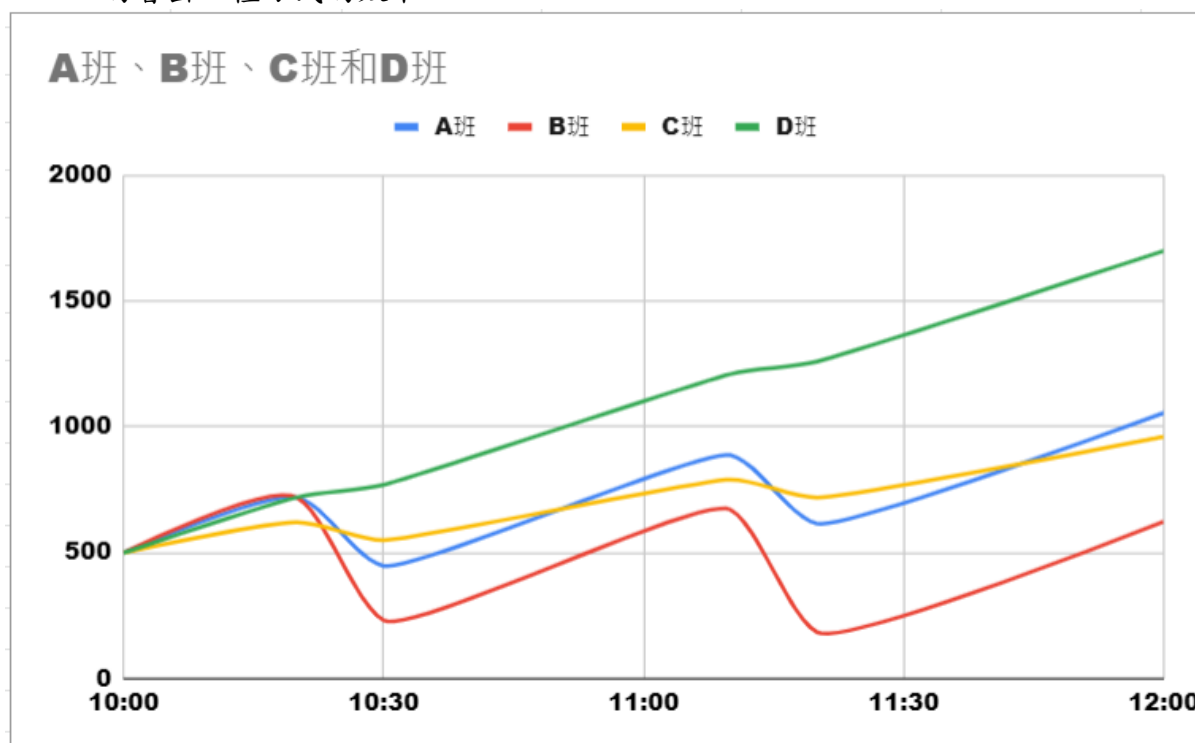
1. 下課時教室溫度升高為 A、B 兩班，教室溫度降低為 C、D 兩班。
2. 升溫情形從高到低為：BACD
3. 下課時二氧化碳降低效果從高到低：BACD，其中，D 班是不降反升。
4. 在密閉空間中(ABD 三班)上課 40 分鐘，平均每人呼出二氧化碳濃度差不多，最大值为 22ppm。
5. B 班的窗 1 開啟寬度為 A 班 2 倍，下課降低二氧化碳濃度也接近 2 倍。
6. 冷氣花費從低到高：DBAC。(註：B 班因人數多，平均下來每人負擔變更小)

陸、討論

1. 為了方便比較和討論，我們假設每班每節都是 20 人，二氧化碳起始濃度 500ppm，用本研究五的研究結果(下課二氧化碳降低濃度、上課每人平均呼出二氧化碳濃度……)製表如下：

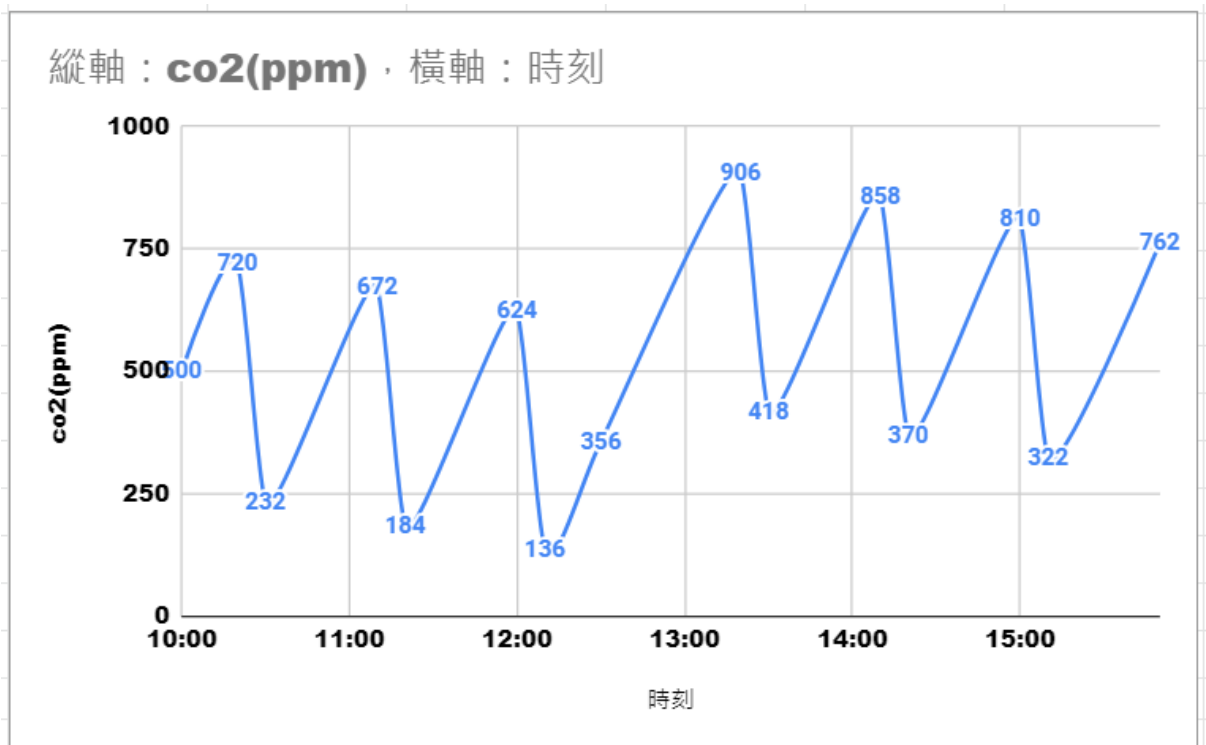
| | | | A 班 | B 班 | C 班 | D 班 |
|----|--------|-----------|----------|----------------|----------|----------|
| | | | C02(ppm) | C02(ppm) | C02(ppm) | C02(ppm) |
| 節次 | 起始 | | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 2 | 上課 | 1000-1020 | 220 | 220 | 121 | 220 |
| | 下課 | 1020-1030 | -272 | -488 | -71 | 50 |
| 3 | 上課 | 1030-1110 | 440 | 440 | 241 | 440 |
| | 下課 | 1110-1120 | -272 | -488 | -71 | 50 |
| 4 | 上課 | 1120-1200 | 440 | 440 | 241 | 440 |
| | 小計 | | 1056 | 624 | 961 | 1700 |
| | 2 小時電費 | | 21.6 | 21.6 < 電費 ≤ 24 | 24 | 18 |

2. 由上，進一步製作折線圖如下，橫軸為時刻，縱軸為二氧化碳濃度，更能清楚的看出四種方式的效果。



3. 由上圖，維持 D 班(一般密閉冷氣房)模式絕對不可行，二氧化碳濃度持續上升，完全沒有下降的機制，冷氣開啟 1 小時就超過法規上限 1000ppm。而且 2 小時後，已經上升到令人驚訝的 1700ppm。
4. A 班的方式，下課可以排放上課產生的二氧化碳濃度約 60%，但畢竟沒有完全排空，加上每節上課產生的，所以在 2 小時後，達到法規上限 1000ppm。

5. C班的方式，簡單說就是不論上下課，隨時保持對角線開小窗，效果如上圖，就是很平緩持續的上升，這種方式的方便在於不必記得「下課要開窗，上課要關窗。」白話說就是比較「懶人法」，在2小時後，接近法規上限1000ppm。
6. B班的方式和A班相近，只差在窗1開啟寬度大2倍，由本研究來看，以每班20人為例，換氣效果極佳，下課二氧化碳濃度排出比上課產生更多，2小時後，也只達到624ppm，比起始值高不了多少，令人驚喜。電費則是介於B班和C班之間。
7. 由A班和B班的對比結果來看，C班如果窗開更大，通風增加，二氧化碳排放效果當然更好，但冷空氣必定也一起流失，勢必將啟動冷氣運轉。以本研究目前四班的結果來看，C班已經是冷氣費最高，如果窗開再大，冷氣費一定更提高。
8. 就本研究四種模式而言，我們討論的結果是B班模式為最佳選擇，換氣效果最好，電費不算增加太多。如果執行B班模式(加上午餐前10分鐘開窗換氣)，冷氣從10點開到15:50放學，製圖如下：



9. 由上圖可看出，波峰為每節下課鐘前量得的數據，表示師生呼出的二氧化碳達到相對高點。波谷為每節上課前量得的數據，看得出短短10分鐘的對角線門窗換氣非常有效，一整天都沒有超過法規標準1000ppm。
10. 一定會有更有效的通風換氣法，例如多開門窗、門窗開更大、添購抽風機或電風扇，但還是要從電費、設備費……做整體經濟考量。
11. 我們認為，還可以努力的是二氧化碳的起始值，本研究四個班級，三個班級起始值都在500ppm左右，但有一班每天都在350ppm以下，檢討原因應該是開冷氣前，門窗都開到最大，完全沒被窗簾遮蔽，教室內雜物最少，動線順暢……所以通風效果最好，室內外換氣效率最佳。

柒、結論

本研究有以下幾點結論與建議：

1. 本研究在不花錢和添購其他資源的基礎下，發展降低實務中簡易可行的二氧化碳濃度方案，計有 A、B、C 三班模式，而 D 為不做任何改變的一般冷氣房模式，作為與 A、B、C 的對照。
2. D 班模式(即一般冷氣房門窗緊閉模式)絕不可行，以本研究的班級規模，1 小時後即可能高於 1000ppm，很難想像到下午 4 點放學時會高到什麼地步。長期下來，對國家未來的主人翁健康和學習究竟有多大的危害，值得學術單位和教育主管機關做進一步的研究。
3. B 班模式(下課時，窗 1 開 50 公分，門 2 全開)為最佳模式，為兼顧節能省電與有效通風換氣、降低二氧化碳濃度的方法。
4. 開冷氣前的二氧化碳濃度要盡可能降低，所以要檢視班級通風狀況，移除任何不利換氣的條件，讓二氧化碳起始值降到最低。

此外，本研究也有幾點建議如下：

1. 如果要進行 B 班模式，建議班級可以固定鄰近窗戶的學生或以每週輪值學生，擔任把開閉門窗的人員，養成習慣，其實很簡單。
2. 環保署在 105 年曾公布可淨化室內空氣品質的植物，其功能包括降低二氧化碳的濃度，建議可以從中挑選適合的室內植物，搭配本研究建議的通風換氣模式。
3. 建議有意做後續研究者，可以擴大班級樣本，甚至做跨校的合作，讓數據更大更完整，更有參考價值，以推廣全國。
4. 冷氣開放教室應購置可偵測二氧化碳且有警報蜂鳴功能的感測器，可讓師生隨時知道二氧化碳濃度，警報功能可提醒教室師生立即採取開窗通風對流等措施，維護人員健康與學習效率。

捌、參考資料及其他

行政院環境保護署(2016年3月8日)·植物對室內空品改善的效益·取自：

<https://enews.epa.gov.tw/Page/3B3C62C78849F32F/7399338f-9116-43ff-8d10-7c17ce9c9d3f>

行政院環境保護署(2012年11月23日)·室內空氣品質標準·取自：

<https://oaout.epa.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL068252>

黃小林(2018年12月31日)·嘉南藥理大學107年度研究計畫成果報告 計畫名稱：學校學習場域室內空氣品質調查與改善 子計畫 2-通風換氣對教育學習場所室內空氣品質改善之探討·取自：

<https://ir.cnu.edu.tw/bitstream/310902800/32026/1/CN10712.pdf>

徐如宜(2020年8月30日)·開學防疫 冷氣教室對角窗要各開15公分保通風·聯合報·取自：<https://udn.com/news/story/6885/4821449>

鄭朝陽、陳雅玲(2020年9月11日)·沒有換氣「班班有冷氣」恐共享病菌·聯合報·取自：<https://udn.com/news/story/6885/4851420>