

# 教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：1088129-12

學門專案分類/Division：技術實作專案

執行期間/Funding Period：108/08/01-109/07/31

計畫名稱：「校園 PM<sub>2.5</sub> 防護網實作與成效分析」

配合課程名稱：「大氣儀器設計與應用專題」、「大氣儀器設計與應用實作」

計畫主持人(Principal Investigator)：王聖翔

協同主持人(Co-Principal Investigator): 胡盛福

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中央大學大氣系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開(統一於 2022 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：109 年 9 月 27 日

## 摘要

空氣污染 PM<sub>2.5</sub> 是目前國人最關注的問題之一，許多大學生也是意識到這個問題的重要性，但因為這個問題出現的太快，加上媒體亦不斷的報導，資訊的散佈很快，但缺乏整合及正確性，目前大學端的課程體制內，對於此新發生的 PM<sub>2.5</sub> 議題並未有相對應的完整課程建立，學生尚無法學習完整的知識，以致大學生無適當的學習管道。在此同時，相關領域的老師現階段皆忙於 PM<sub>2.5</sub> 相關科學計劃去了解這個新問題，因此，對於學生最有利的學習方式即為參與相關老師研究的主軸，進而學習 PM<sub>2.5</sub> 知識。根據以上論述，透過老師的專題及實作課程將是最好的學習方式。

本計畫的執行動機為，如何提升基礎科學(大氣科學系)學生對於儀器實作課程的接受度，進而養成動手做及自主學習的能力。相較於過去的做法，本計劃提出反轉實作技能課程的授課流程，改以實務應用為出發的模式，透過師生共同參與一個熱門的公共議題 (PM<sub>2.5</sub>)，以校園為研究場域，利用前期已開發的儀器基礎，導入業師的資源，協助學生於短時間達成校園 PM<sub>2.5</sub> 防護網的建置工作，全校共佈建了 10 個觀測點，收集並分析 PM<sub>2.5</sub> 資料。學生因為早期投入實作應用，有充裕的時間與使用者互動，了解使用者的需求，透過與中原商設系師生的合作，完成精細的問卷與訪查，歸納出儀器產品的優缺點，滾動式的學習，逐漸精進儀器設計。在一年計畫執行期間，學生完成一次全校性的成果發表，及一次全國性的競賽參與。在學習成效評估方面，本計劃於課程前中後三個時間點，針對參與學生進行問卷調查，並就學習成就感與儀器應用價值感進行量化，結果顯著提升學生對於技術實作課程的接受度大幅提升，團隊合作、口語表達及跨域整合能力皆普遍優化，對於學生未來就業及產業連結也頗有助益。除此之外，本計畫的執行，讓學生了解空污物聯網的架構，提供校園實作的經驗，具體涵括問題導向學習、跨域學習、及自主學習的教學內涵。

## 目錄

一、報告內文(Content)(至少 3 頁).....	1
1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose).....	1
2. 文獻探討(Literature Review).....	1
3. 研究問題(Research Question).....	2
4. 研究設計與方法(Research Methodology).....	2
5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes).....	4
(1) 教學過程與成果.....	4
(2) 教師教學反思.....	7
(3) 學生學習回饋.....	8
6. 建議與省思(Recommendations and Reflections).....	10
二、參考文獻(References).....	10
三、附件(Appendix).....	10

## 一、報告內文(Content)

### 1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

身為一個大氣系的教師觀察，過去 20 年來，因為電腦計算發達，所以許多老師及學生都投入了程式語言及模式計算這個領域，對於傳統基礎的大氣觀測這一塊逐漸不重視。申請人從事以觀測為導向之研究，意識到觀測的重要性，過去 5 年努力進行教學翻轉，恰好社會亦掀起了一股創客(Maker)的風潮，因此新創了「大氣儀器設計與應用」專題與實作課程，但歷經了 6 年的授課經驗，發現了兩個主要的問題：

(1) 儀器設計開發到成品需要投入許多時間，學生看不到成品得不到成就感。

(2) 所設計出來的儀器實際應用於觀測上，卻得不到太多回饋，無法感受到儀器的價值感。

因此，本計畫的執行主要動機為，如何讓學生在修習此實作技能課程時，可以增進成就感與價值感，進而提升學生學習成效。

申請人提出的主題將以目前最被廣泛討論的環境議題 PM<sub>2.5</sub> 為主軸，PM<sub>2.5</sub> 議題亦是申請人專業領域之一，因此課程操作可運用的資源相較豐沛。學生對於 PM<sub>2.5</sub> 的知識需求亦相當高，唯學校尚未有專門 PM<sub>2.5</sub> 的課程，因此現階段將 PM<sub>2.5</sub> 融入專題實作課的做法最為恰當，學生透過做中學的方式，更能夠吸收 PM<sub>2.5</sub> 相關的知識。

因此，本計劃提出一個新的想法，透過一個熱門的公共議題 PM<sub>2.5</sub>，協助翻轉過去的專題實作課程的教學方法。圖 1 為比較過去與此計劃欲提出的教學模式。過去的教學經驗中發現，學生在儀器開發的時間因為中間遇到的突發性問題較多，以致延宕儀器開發時程，導致最後無完整成品，而最後的儀器實務應用部分無法完美呈現，造就學生成就感與價值感低落。有鑑於此，申請人提出一個新的教學模式，此教學模式為建立在過去 6 年已經因為師生共學所完成的數據處理器 (Aerobox)及相關的 PM<sub>2.5</sub> 儀器設計經驗，有了這個基礎，參與課程的學生可以直接使用現有的儀器設備，投入實務應用端，然後由應用端所得到的資料進行分析討論，並重新構想觀測及儀器的缺失，找尋適當的資源加入，重新改良現有的儀器後，再一次投入實務應用而獲得更好的成果。所以本計畫的研究目的為，探討反轉實作技能課程的授課流程，改以實務應用為出發的模式後，學生於學習成效上的表現。

### 2. 文獻探討(Literature Review)

2013 年 10 月 17 日世界衛生組織(WHO)國際癌症研究署(IARC)公布，室外空氣污染是癌症死亡的首要環境因子，是第一級致癌物質。全世界的疾病負擔(Global Burden of Disease, GBD)調查研究，發現室內與室外空氣污染分別占第四及第九名，若總合起來空氣污染是最重要的危險因子<sup>(1)</sup>。根據 GBD 推算室外空氣污染的 PM<sub>2.5</sub> 在 2015 年導致四百二十萬的人提早死亡<sup>(2)</sup>。室內空氣污染被認為比室外空氣污染更嚴重，對心臟血管疾病影響不容忽視<sup>(3-5)</sup>。根據美國環保署 EPA 的報告，室內空氣污染是比室外空氣污染多二至五倍。過去針對歷年來傳送到北台灣的中國霾害事件做完整的統計分析<sup>(6)</sup>，其結果發現，境外傳輸的霾害進入到北台灣影響範圍不僅有空間分布特性，垂直上其影響範圍可以達 1 公里的高度，每年霾害事件數介於 2-8 個，事件持續時間約介於 0.5 - 5.5 日，污染事件期間 PM<sub>2.5</sub> 之平均值介於 45.5 - 61.3  $\mu\text{g m}^{-3}$ ，為環保署 PM<sub>2.5</sub> 年平均值目標(35  $\mu\text{g m}^{-3}$ )的 1.3 - 1.8 倍，台灣北部人口密集，境外污染傳輸影響健康甚劇。大學校區是人口密集的地區，職員與學生於室內生活時間長，應該重視室內空氣品質條件，學生對於 PM<sub>2.5</sub> 的議題

相當重視，但目前尚未有對應的課程，因此透過專題參與式的學習，有助於獲取最直接相關的 PM<sub>2.5</sub> 知識，學生未來進入到社會後，可以做為散佈正確 PM<sub>2.5</sub> 資訊的種子。

由於物聯網的技術興起，微型且低成本的 PM<sub>2.5</sub> 感測器大量布建，並應用於小區域的空氣品質監測，已經成為近年來的趨勢<sup>(7-8)</sup>。在臺灣，廣為人知的空氣盒子便是中研院所主導推動以空污物聯網為概念，已成為一項成功由創客發起的公民科技，目前民眾所建立的全臺空氣盒子站點已達 2000 個。在政府方面，環保署空氣品質感測網布建計畫中，亦規劃出 108 年全臺的空氣盒子布建總數達到約 3000 個測點。因此，本計畫的推動，有助學生了解空污物聯網的架構，提供校園實作的經驗，學以致用，並協助學生提早與未來產業接軌。

### 3. 研究問題(Research Question)

過去的教學經驗中發現，學生在儀器開發的時間因為中間遇到的突發性問題較多，以致延宕儀器開發時程，導致最後無完整成品，而最後的儀器實務應用部分無法完美呈現，造就學生成就感與價值感低落。因此本計畫導入以實務應用為優先的教學模式，**著重校園參與式的學習**，試圖解決過去課堂教學上的問題。

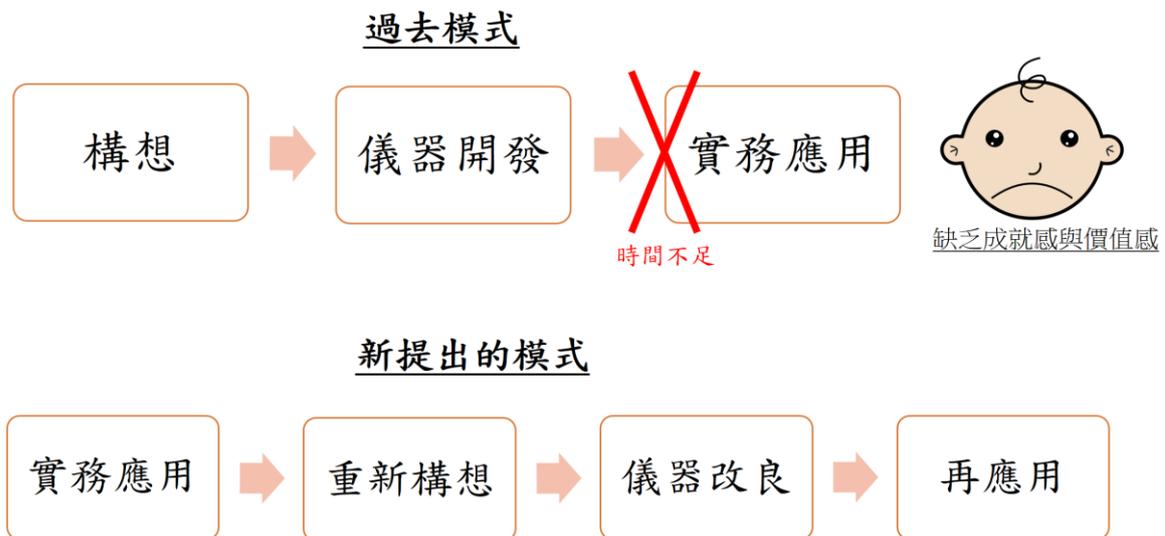


圖 1 過去與新提出之教學模式比較。

### 4. 研究設計與方法(Research Methodology)

#### A. 研究架構

圖 2 為本研究架構圖。本計劃區分為兩大部分，第一部分為校園 PM<sub>2.5</sub> 防護網技術實作，這部分搭配課程進行，規劃一系列活動，包含儀器組裝設計，校園內儀器布建安裝、到最後的資料收集分析，這部分強調師生共學，技術傳承。第二部分為執行問卷調查，其中一項問卷調查將由學生設計，用以了解因為 PM<sub>2.5</sub> 防護網的建立，對直接受益的師生所造成的成效分析。另一項問卷調查將針對參與的學生進行學習成效分析，目的在於了解學生因為課程設計的改變，所帶來的具體成效，並加以量化。

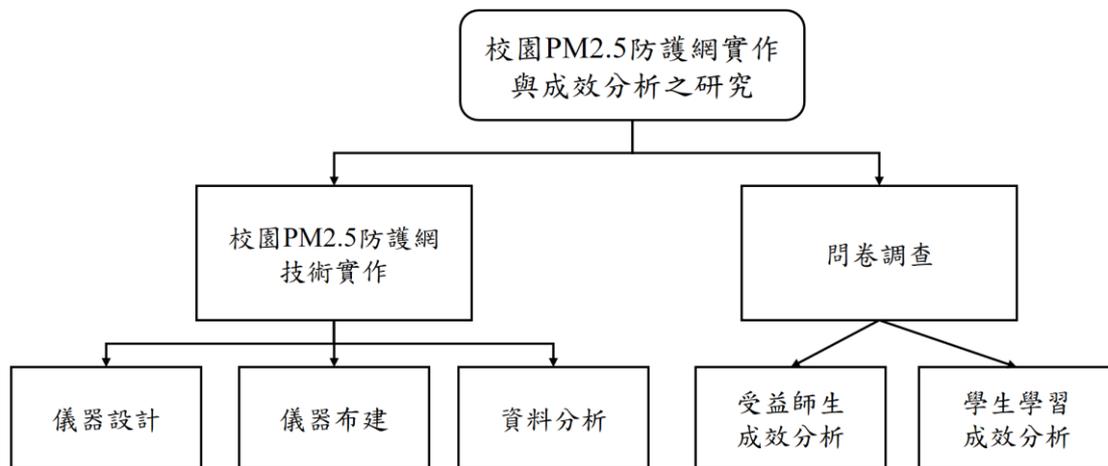


圖 2 本計劃之研究架構圖

### B. 研究地點

本計畫的研究具體地點設定為中大校園內，學生對於校園最為熟悉，觀測上也不用衍生出差旅費，安全上更加無慮。整期計畫共建置十間辦公室或教室，建立的校園 PM<sub>2.5</sub> 防護網之成果直接可提供在校師生，師生的反饋可以增加參與學生的價值感。

### C. 教學方法

本計畫的所執行的教學方法主要採用問題導向學習法(PBL)，並搭配設計思考的課程安排。圖 3 為實際的操作步驟，在課堂中，我們引導學生發現問題，利用設計思考的上課方式，引導學生深入思考問題，並尋求解決問題的方式，透過幾次的驗證或討論，重新檢視問題本質，最終得到最好的解決問題方案。

## 問題導向學習 x 設計思考

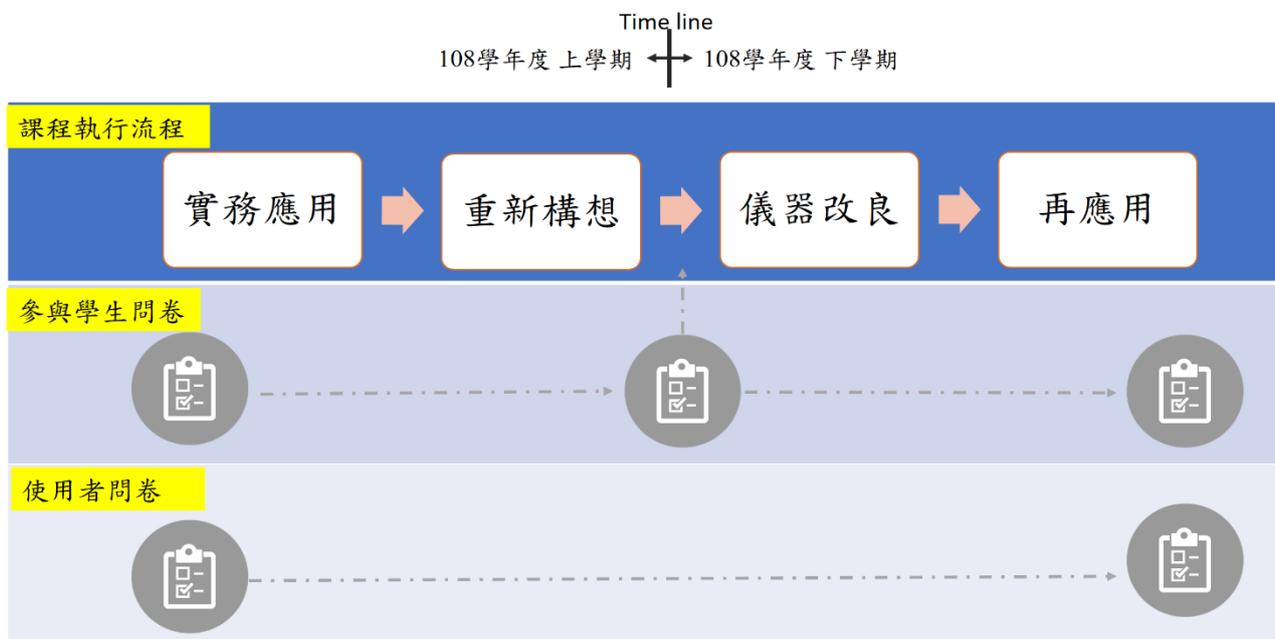


圖 3 本計畫所採用的教學方法及步驟。

## 5. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

### (1) 教學過程與成果

本課程在 108 學年度期間，由上學期初的實務應用、蒐集訪談資料並進行重新構想，至下學期進行儀器改良及再應用。課程間同時請參與學生及使用者填寫問卷，以掌握學生及使用者的即時回饋。(圖 4)



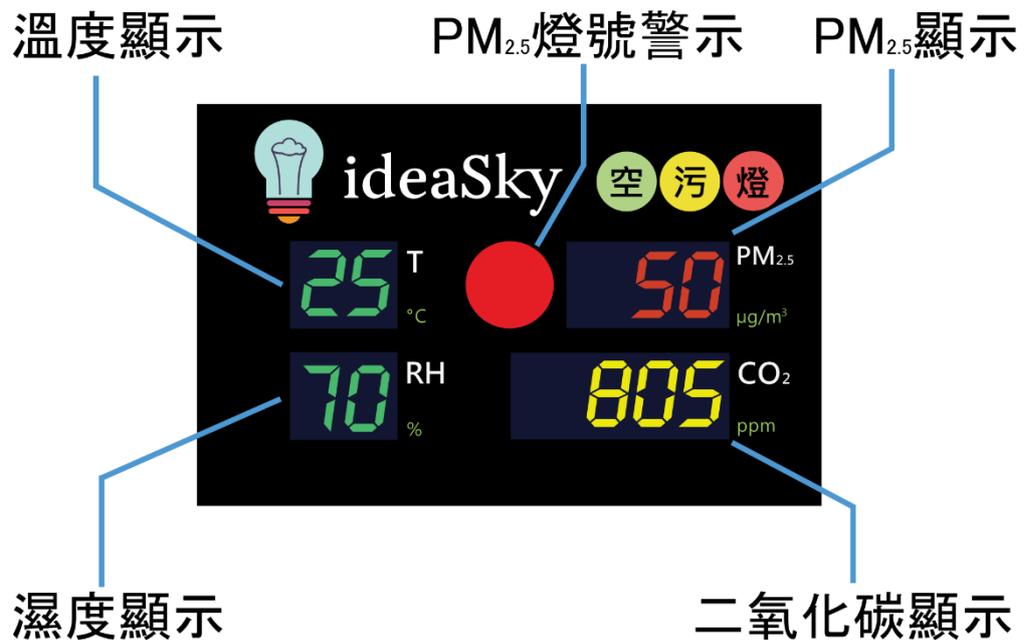


圖 6 課程中師生討論出來的空污燈面板配置最終版。



圖 7 資料顯示網頁發展介紹。

為整個教學過程時間表。早在 108 上學期開學前的暑假，助教們就努力先將空污燈硬體設備的雛型先製作完成，好讓新學期開始時，參與課程的學生就可以馬上有實體的儀器可以使用。開學前幾周，主要為介紹空污燈的功能，並讓學生與中原商社的學生進行跨校交流，藉由與商設系學生合作，進行專業的市場調查，了解使用者對於空污燈的想法及期待。在開學後一個月內我們完成市場調查，討論空污燈外觀設計、資料庫建置、資料顯示網頁介紹及互動式模型小屋的製作等，學期中依據訪談調查結果，進行空污燈面板更新(錯誤! 找不到參照來源。)，在學期中之後，學生也到中大幼兒園宣導空污燈用

途及PM<sub>2.5</sub>的危害，同時進行網頁設計及優化，並再改善模型小屋的抽風扇、幫浦、控制板擺放位置，此過程已經完成一次圖 4 中完整的課程執行流程，因此比原先計畫的時間超前一學期。最後學生更自發性地於學期末進行一次全校性的空污燈成果發表，邀請全校相關受益的師生一起參與空污燈的課程發展與階段性成果。

108 學年度下學期，除持續進行空污燈的硬體設備改良外，同學花更多的時間加強空污燈的雲端後台服務(圖 7)，及龐大的資料處理。在老師的鼓勵下，學生亦積極投入準備教育部舉辦的氣候變遷創意實作競賽相關資料，同學的自發性努力下，並於大賽中順利進入複賽，但最後未受評審的青睞，未於比賽中得獎。來到學期末，同學們討論出資料對於使用者的實際用途，將架設空污燈以來的資料進行分析後，針對每一個教室或辦公室提出健檢報告，讓使用者很明確知道所處空氣品質環境，並提出建議改善的方案。最後，同學也協助設計一份使用者問卷，了解使用者對於空污燈的建議與回饋。教學過程如圖 5。



圖 5 教學及課程實務時間表。

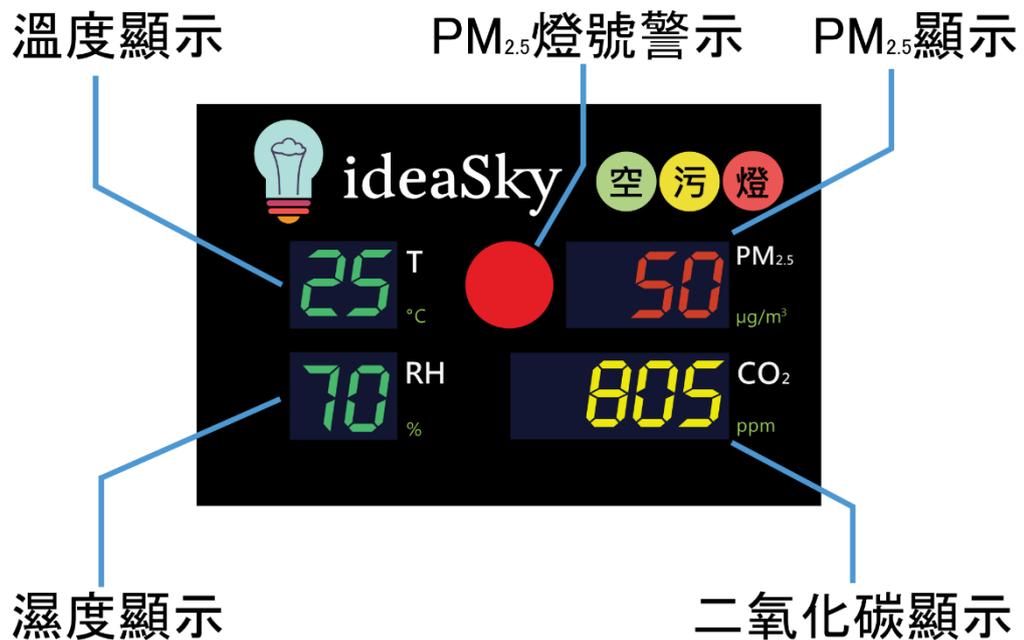


圖 6 課程中師生討論出來的空污燈面板配置最終版。



圖 7 資料顯示網頁發展介紹。

## (2) 教師教學反思

整體的課程設計尚稱流暢，但許多事前準備的工作造成老師與助教的壓力較大，但相對於學生的學習成效改善，應該是值得的。本課程期間，下學期適逢 COVID-19 疫情期間，為因應疫期，下學期課程改採線上教學，對於本課程著重的實作部分造衝擊；另

外每學期中後期，學生課業通常較為繁忙，下學期又以籌備比賽為導向，造成學生成就感降低，是這次教學中發現的問題。

### (3) 學生學習回饋

本計畫進行三次學習問卷調查，問卷由 google 表單設計，問題如表 1 所示。以下簡要列出由學生學習成效評量中得到定性及定量(圖 8)的回饋：

[問題]本課程以 PM<sub>2.5</sub> 實作為出發，但先期將儀器設計的負荷降低，採用利用現有的儀器進行觀測，然後再根據問題進行修改儀器，這樣的過程是否有降低跨域學習的門檻，和增加學習自信心與成就感？

學生 A：是，我認為針對問題為導向的儀器設計比起前期就直接開發儀器設計好得多，能讓人更明白開發/應用中的困境，進而做出調整。對跨域學習的同學也較友善，能有更多的時間脫離撞牆期，增強學習自信心。

學生 B：一開始就有具體的問題(如設計版面)可以討論，成功促使大家很快進入狀況。早點產出儀器的雛型的確有助於提早發現需要修改精進的部分，讓成品更完善、成就感也更高。

[問題]這門課跟其他你修的課程最大的差異是什麼？

學生 A：這門課的特點是操作性相較於其他的課堂而言很強，不會是老師單方面的講授或是以作業考試跟學生互動，而是真正鼓勵學生自主發現問題，與同學老師討論以解決問題，並且從問題之中學習成長。

學生 B：同學之間的互動性很高，課程中先設計出目標，再分解一個一個小目標並透過做中學一一克服，算是蠻有趣的經驗。

學生 C：比較閒還有自主性高的人可以有非常豐富的收穫，非常推薦其他同學修習。

表 1 學生學習問卷評量內容。

前測	中測	後測
我對大氣科學的興趣程度		
我對 PM <sub>2.5</sub> 科學的興趣程度		
我對跨領域學習的接受程度		
我對參與大氣儀器開發的動機		
在學期初，教師是否提供完整的教學大綱並詳細說明評分方式		
本課程提出明確的教學目標並對應課程大綱		
此課程設計涵蓋以下那些教學精神(可複選)		
我對本學期的課程大綱 規劃認同程度	本學期的課程大綱是否 針對第一階段成果有適 度調整	本學期的課程大綱是否針對 每一階段成果有適度調整
		期末發表是否提出具體規範 及發表內容
教師是否提供優良的教學與實作環境		
本實作課程的實驗儀器、器材及工具是否充分		
教師是否提供良好的溝通與聯繫的管道		

## 教學成果-學生能力自評

我對參與大氣儀器開發的動機

專業技能提升(根據各自的專業分工)

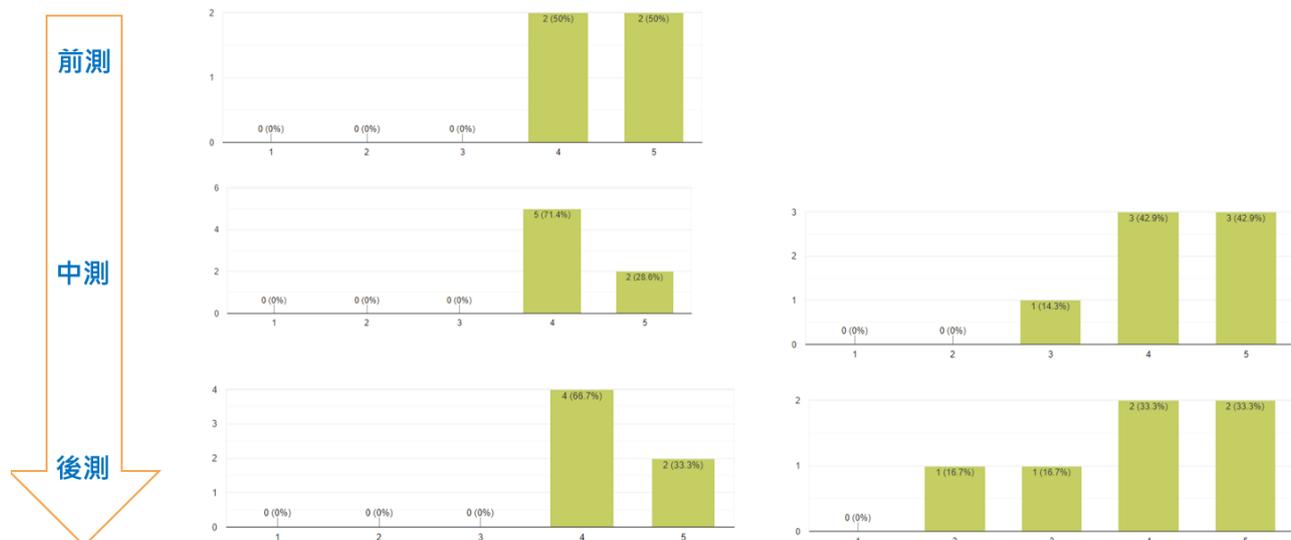


圖 8 教學成果-學生能力自評。

## 6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

本課程著重於儀器設計與實作，並實際將製作出的儀器架設於中央大學校內，提升學生對自製儀器的價值感。然下學期由於疫情的外在因素及學生課業繁忙、籌備競賽等內在因素，學生的自我學習動能稍微下降，不若上學期積極。待未來線上教學成熟後，或可減少此種影響；對於課程教學內容的分配，未來或許也可提高學期初期課程內容分配，讓學生在學期中後段，能有更明確的實作目標及較自由的時間分配。

## 二、參考文獻(References)

1. Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. (2012), A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, 380: 2224–2260.
2. Cohen A J, et al. (2017), Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015, 389: 1907–1918.
3. Baxi SN, Portnoy JW, Désirée Larenas-Linnemann, Phipatanakul W (2016), on behalf of the Environmental Allergens Workgroup. Exposure and health effects of fungi on humans. *J Allergy Clin Immunol Pract.*, 4: 396–404.
4. Pan A, Clark ML, Ang LW, et al (2014), Incense use and cardiovascular mortality among Chinese in Singapore: the Singapore Chinese Health Study. *Environ Health Perspect*, 122: 1279-84.
5. Huang YL, Chen HW, Han BC, Liu CW, Chuang HC, Lin LY, Chuang KJ (2014) Personal exposure to household particulate matter, household activities and heart rate variability among housewives. *PLoS One*. 9(3): e89969.
6. Wang S.-H., Hung W.-T., Chang S.-C., Yen M.-C. (2016), Transport characteristics of Chinese haze over Northern Taiwan in winter, 2005-2014. *Atmospheric Environment*, 126, 76-86. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.11.043.
7. Heimann, I., Bright V., McLeod M., Mead M., Popoola O., Stewart G., Jones R. (2015), Source attribution of air pollution by spatial scale separation using high spatial density networks of low cost air quality sensors. *Atmospheric Environment*, 113 (2015), pp. 10-19.
8. Castell N., Dauge F.R., Schneider P., Vogt M., Lerner U., Fishbain B., Broday D., Bartonova A. (2017), Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environ. Int.*, 99, pp. 293-302.

## 三、附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。無。