

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

082923

肺欲清環保雙電源空氣濾清器--機體設計製作
與濾材分析研究

學校名稱：桃園市立龍安國民小學

作者： 小五 洪唯鈞 小五 姚詩璽	指導老師： 王亞莉 胡揚恩
-------------------------	---------------------

關鍵詞：空氣濾淨器、太陽能、懸浮微粒

摘要

本研究設計出一台可以自製、環保具 CP 值高的空氣濾清機---「**肺欲清環保雙電源空氣濾清器**」。當日照充足時以太陽能板發電使空氣濾清器的風扇運轉;日照不足時，改以電池輔助空氣濾清器的運轉，以雙效環保的方式改良空氣品質的效能。本研究以國小自然與生活科技領域(四上)單元中的「太陽能綠色能源」為出發點，探討以電池、太陽能雙電源和日常廢棄物再利用的方式，製作出兼具環保並有效改善空氣品質的空氣濾清器。透過空汙鼻 Mobile Nose 與配套之程式軟體，檢測空氣中的相關環境指數，探討不同材質的口罩對空氣品質淨化之效能。實驗證明，本研究自製的「**肺欲清環保雙電源空氣濾清器**」，能有效過濾並降低空氣中的懸浮微粒，是兼具綠能、環保的有效方案。

壹、研究動機

自 1972 年聯合國在人類環境會議所發表的基本原則宣言內容後，就逐漸重視環境保護問題的教育，尤其以著重於個人、企業和社會的責任感，以求共謀整個人類的維護及改善（楊冠政，1998）。台灣土地狹窄且人口密度高，在工業上蓬勃發展，但伴隨而來的卻是高度的污染，主要是因為國人對於生活環境知識的認知與公德心不足，導致污染環境行為在臺灣隨處可見(方品惠，2015)。而當外面空氣品質不良時，人們常會選擇在室內活動，尤其在校園中的教室裡往往充滿粉筆灰、灰塵、以及無縫不入的 PM2.5，都可能對我們的呼吸道、傳染性疾病、肺部造成很大的影響，尤其是在目前新冠肺炎到處肆虐的環境下，打造一個安全、乾淨的生活環境就變得更格外重要，在看似安全的校園裡，空氣品質真的會比較好嗎？我們為了打造一個優良空氣品質的學習環境並提倡環保概念，決定著手研發具環保性質與運用綠能的空氣濾清器，並能依實際需要自由轉換電池、太陽能雙電源方式驅動空氣濾清器使其能有效達到空氣濾淨的高效能，希望能透過本研究，傳達如何結合廢物利用、推動環保綠能的概念，運用節能減碳方式，製作出具效率且友善環境的雙電源空氣濾清器，有效提升空氣品質，同時也打造出一個更具優質與安全的學習環境。

貳、文獻探討

環境教育的基本理念，是為了人類能長久在安全穩定的地球環境中永續發展。環境教育的推動，有助於人們瞭解人在自然環境中的生態角色及對環境的影響以及面對環境問題時，可以採理性地事前預防或善後處理的環保行動（楊冠政，1985）。今日環保問題伴隨著工商業發達、生活富裕而逐漸增加，但是環保事件的處理方式總不及於環保污染案件的產生，為了改善環境污染問題、資源保育及能源再利用，提高生活環境品質，唯有改變人類行為，加強人們對環境友善及環境保護之認知與責任，亦即加強環境教育實為當前重要課題（鄭顯榮、范德媛，2000）。此外，小組也從文獻中發現有學者認為環境教育的內涵應包括具有環境的知識、環境的技能和環境的態度等三構面（沈廣城，2002）。根據以上文獻參考的部分，經小組討論後，再進一步針對三項具環保相關議題的名詞解釋整理如下，希望能對我們的生活環境有更進一步的了解：

一、太陽能:

在面臨全球暖化，能源短缺的環境下，『節能減碳』已是全世界要解決的重要課題。新時代的太陽能發電技術，追求永續環保、具有不受地域限制的特點，使太陽能在石化能源枯竭的今天成為現代能源中最備受矚目的新能源。太陽能產業的新興發展也帶動生活用品的應用，且太陽能電板製造成本隨技術提升也逐漸下降中，使太陽能產品漸漸走入人們的生活，讓一般人也能享受綠能所開創的時代。（中租太陽能電廠，2020）地球上所接收到的太陽能，只佔太陽表面發出全部能量的二十億分之一左右，而這些能量相當於地球所需總能量的 3 到 4 萬倍。太陽能是一種取之不盡、用之不竭的能源，它跟石油，煤炭，礦物燃料不同，它很環保，不用燃燒，也不會造成環境的污染，透過轉換的裝置就能取得能量，有助於環境的保護。目前太陽能在我們生活中有許多的應用，如：太陽能溫水池、太陽能路燈、海洋溫差熱能動力系統、太陽能電池、太陽能熱水器、太陽能計算機、太陽能車...等等，**太陽能電池**是一種可再生的綠色發電方式，發電過程中不會產生二氧化碳等有害氣體，也不會對環境造成污染。太陽能電池的製作

材料分為矽基半導體電池、染料敏電池、有機材料電池等。太陽能的優缺點簡述如下，優點：1. 太陽能是目前人類可以利用的最豐富又無害的能源。2. 在使用太陽能時不會帶來污染，也不會排放出任何對地球有害的物質，它屬於一種環保清潔的能源。3. 太陽能對於地球不增加熱載荷，這是太陽能特別重要的優點，所以利用太陽能的系統又稱作「無變量的能源系統」。缺點：1. 雖然太陽能的能量非常強大，但這種能量非常分散，因為它的密度非常低。因此，太陽能的利用裝置必須具有非常大的面積，才能收集到足夠使用的功率。但是，面積大費用就會比較昂貴。只有當採集能量裝置表面的單位價格相當便宜時，才會比較經濟的使用這項能源。2. 太陽能受氣候、晝夜的影響很大，容易不穩定。因此必須有貯存裝置，這不僅增加了技術上的困難，也使費用增加。目前雖然已經製成多種貯存系統，但仍在實際應用上容易產生問題與困難。

二、懸浮微粒:

「懸浮微粒」是指飄浮在空氣中類似灰塵的粒狀物，稱為懸浮微粒 (particulate matter, PM)，PM 粒徑大小有別，小於或等於二·五微米 (μm) 的粒子，統稱為 PM2.5，通稱**細懸浮微粒**，單位以微克／立方公尺 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 表示，它的直徑不到人的頭髮粗細的二十八分之一 (彰化縣環境保護局，2019)。PM2.5 會透過人體呼吸時，經由喉嚨進入肺部，因為細懸浮微粒 PM2.5 的顆粒過於微小，所以會直接進入我們肺部底層的肺泡，進入肺泡以後穿透血管循環到全身，身體也無法排除，若長時間的累積，會導致免疫系統中的巨噬細胞死亡，降低人體抵抗力，就容易產生發炎反應，特別是患有呼吸系統、循環系統疾病的病患及老人、婦女和兒童等最容易受到影響，所以對人體所造成之影響是不可忽視的。飄散到空氣中的微粒物質 (PM, particulate matter)，是燃料燃燒或工業生產過程所產生之微粒物的通稱，包括總懸浮微粒、懸浮微粒、粒塵、金屬煙煙及其化合物、黑煙、酸霧、油煙等。我們可利用不同的口罩濾網篩檢大小不同的顆粒，再進行其數據分析，如果顆粒微細到能夠懸浮在空氣中，並且顆粒多、濃度大，就可能破壞呼吸系統。但不管微粒的物質成分是什麼，一旦高過於危害

人類健康的標準，就可以算是污染了（工商時報，2019）。

我們每天約有 80~90%的時間處於室內環境中(包括在住家、教室、辦公室或其他建築物內)，現代室內空間多採中央空調設備，導致室內空氣換氣率低，室內污染物容易累積，使室內空氣品質惡化，長期以來將對人體健康造成不良影響，室內空氣品質的好壞，會直接影響工作品質及效率，因此**室內空氣污染物對人體健康影響應當受到重視**。如果能有效改善室內空氣品質，就能維護人體健康。尤其室內空氣品質對於經常在室內活動的兒童、孕婦、老人和慢性病人更是特別重要(曾昭衡，2004)。

近年來 PM2.5、懸浮微粒及空氣污染危害健康等議題，已經逐漸被大眾所重視，台灣地處亞熱帶，屬於長年潮濕高溫的氣候型態，黴菌及細菌尤其容易孳生，因此，更須注意空調通風系統的除塵及定期維護保養(榮建誠、蘇慧貞，2008)。各項空氣污染物之空氣品質標準依行政院環保署空氣污染防治法第五條第三項的規定，如表一所示。(行政院環保署，2020)

表一 各項空氣污染物之空氣品質標準

項目	標準值		單位
總懸浮微粒(TSP)	二十四小時值	二五〇	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
	年幾何平均值	一三〇	
粒徑小於等於十微米(μm)之懸浮微粒(PM10)	日平均值或二十四小時值	一二五	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
	年平均值	六五	
粒徑小於等於二·五微米(μm)之懸浮微粒(PM2.5)	二十四小時值	三五	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)
	年平均值	一五	
二氧化硫(SO ₂)	小時平均值	〇·二五	ppm(體積濃度百萬分之一)
	日平均值	〇·一	
	年平均值	〇·〇三	
二氧化氮(NO ₂)	小時平均值	〇·二五	ppm(體積濃度百萬分之一)
	年平均值	〇·〇五	
一氧化碳(CO)	小時平均值	三五	ppm(體積濃度百萬分之一)
	八小時平均值	九	
臭氧(O ₃)	小時平均值	〇·一二	ppm(體積濃度百萬分之一)
	八小時平均值	〇·〇六	
鉛(Pb)	月平均值	一·〇	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (微克/立方公尺)

三、空氣濾清器：

「空氣濾清器」是用來濾除空氣中固體顆粒（包括灰塵、花粉、細菌、黴菌等）的裝置，通常由纖維材料製成。化學空氣濾清器採用吸附材料和催化劑來去除空氣中的分子污染物，比如揮發性有機化合物或臭氧。空濾一般適用於對空氣品質要求高的地方，如用於室內或建築通風系統和汽車、機車的引擎上(維基百科，2013)。

在台灣，面對日益惡化的空氣品質，及冬季隨著東北季風漂洋過海而來的懸浮微粒，空氣清淨機幾乎已經成為家家戶戶必備的家電之一，國內外廠商紛紛推出各種特色的商品，除了有兼顧除濕機功能的款式以外，還有能夠阻擋花粉、塵蟎等過敏原，或是去除空氣中異味等五花八門的類型，最常見的空氣清淨機可分為「濾網式」、「靜電集塵式」及「負離子式」等三種。

參、研究目的

根據以上的研究動機，本研究的研究目的有三個：

1. 探討以電池、太陽能雙電源及廢物回收再利用的方式，自製簡易的雙電源空氣濾清器之有效方案。
2. 探討不同口罩材質對空氣過濾清淨程度的差異性。
3. 探究雙電源空氣濾清器對空氣品質的使用效能。

肆、研究流程與方法

本研究以小組方式，採用文獻分析和實驗法進行研究，並根據實驗結果進行成果分析與討論，最終得出結論，從研究限制中提供給未來的研究者作為將來研究參考的依據。研究流程圖如圖 4-1 所示。

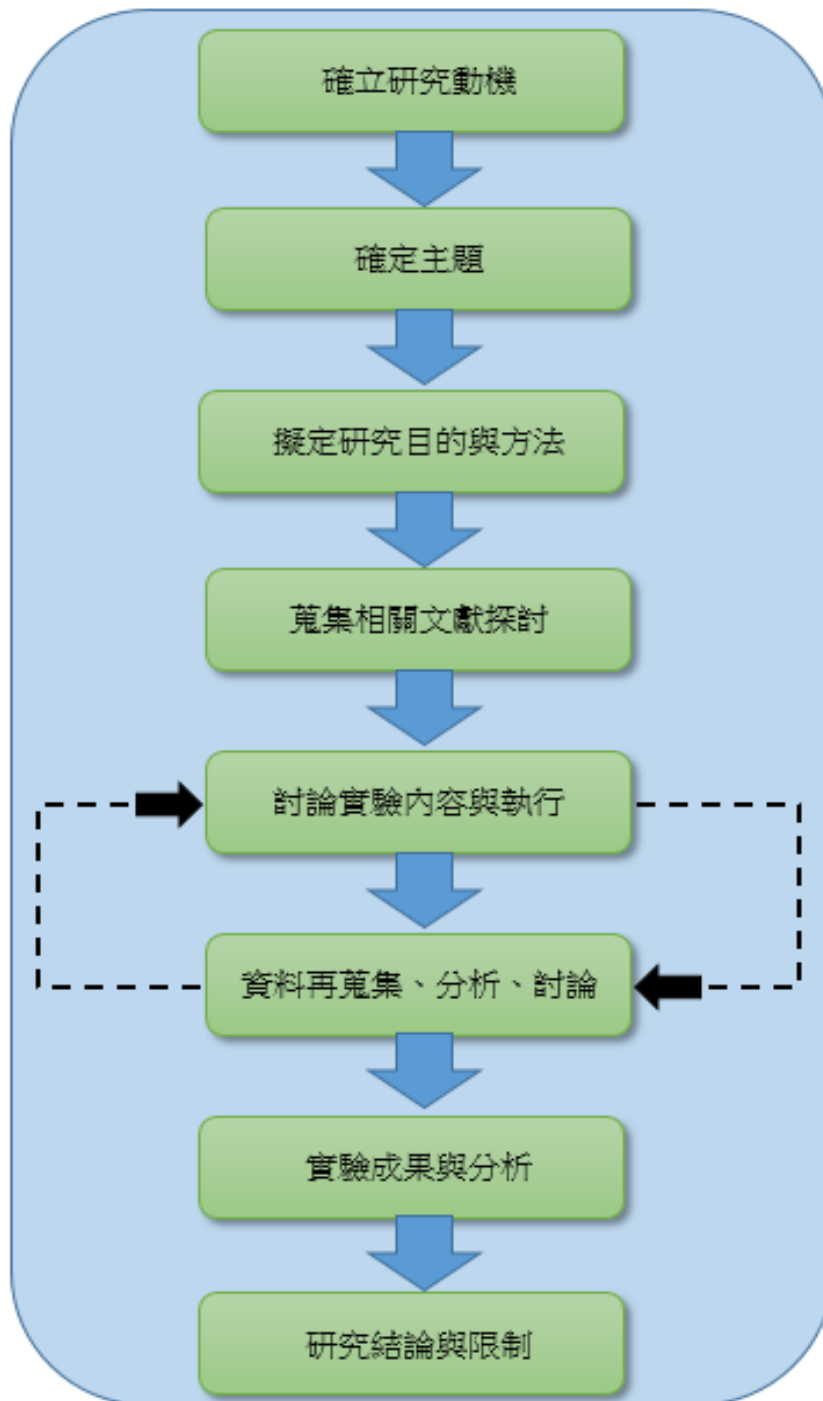


圖 4-1 研究流程圖

伍、研究設備及器材

一、研究器材

本研究主要的**空氣品質測量器材**為兩個 Mobile Nose 隨身空污鼻(圖 2: 空氣鼻子~使用微型泵浦核心技術)、**實驗之測試濾材**為市售口罩、工程用(115V60W)傳統鎢絲燈泡(太陽能替代光源)、6V150mA 太陽能板兩個、3A 電池數個、USB 行動電源充電裝置、電風扇兩個、回收紙箱(環境模擬箱)、紙、筆、海苔桶、自製簡易開關、魚線、線香、煙霧桶、LED 燈泡、粗吸管、寶特瓶蓋、熱熔膠條、迴紋針、電池紙盒、熱熔槍、電源供應器、三用電表(可測電流、電壓)、焊槍、焊條、美工刀、雙面膠、透明膠帶、魔鬼氈、剪刀。

		
<p>ADDWII: Mobile Nose 隨身空污鼻，利用微型泵浦核心技術，提供 TVOC、PM2.5、PM10、ECO2，提供溫、濕度的精準數據。</p>	<p>Mobile Nose 隨身空污鼻共兩台，一台監測環境箱內數據，另一台監測空氣清淨機出風口數據。</p>	<p>利用手機、平板的 app 能隨時掌握清楚數據。</p>

圖 5-1 空氣品質測量器材：Mobile Nose 隨身空污鼻(空氣鼻子)


	<p>無 # 氏防蟻空氣濾網： 特色：採特殊黏著網狀處理，可有效的固定濾網纖維，避免因吸力過強而將纖維本身吸入機器內，添加 0.2 丹尼高密度微細纖維，可有效的過濾過敏源如：花粉、動物細毛、灰塵、細菌等空氣中的雜質。</p>
---	---

圖 5-2 實驗測試濾材--粗濾網

			
<p># 1 pm2.5Z 摺口罩： 特色：有效過濾 PM2.5，達 95% 以上多層複合結構設計，高效濾淨電網層，過濾霧霾、阻隔灰塵、髒空氣、懸浮微粒、花粉、細菌，隔臭層層把關。</p>	<p># 2 醫用立體口罩： 特色：具超細複合纖維，有效防止飛沫、體液、霧氣、水氣滲入、過濾細微粉塵、花粉。</p>	<p># 3 不織布防塵口 罩： 特色：粉塵防護 99% 以上，防止飛沫、花粉、塵蹣，能有效隔離髒空氣。</p>	<p># 4 幼幼口罩： 特色：防粉塵、飛沫、霧氣、花粉等為小粒子進入，並可以阻隔過敏源。</p>

圖 5-3 實驗測試濾材—市售口罩

二、環境模擬箱之製作與改良：

(一) 環境模擬箱製作方案：

收集回收的空紙箱將其布置成三面紙箱一面呈透明視窗的環境模擬箱，並將和空氣濾清器主體連接處切割一個圓孔以利互相連接形成一個完整裝置，並在環境模擬箱側邊開一個小孔連接照明裝置。此外，收集線香煙霧置入煙霧桶再導入環境箱內，以模擬環境箱內充滿受到懸浮微粒或空氣受到汙染的環境。

結果：

1. 順利完成環境模擬紙箱的穿孔與切割，並經測試後，能使空氣濾清器主體順利伸入環境模擬箱與其接合。
2. 為了避免實驗中明火出現造成危險，將事先以煙桶收集線香煙霧，待收集足夠的煙霧後，將煙霧置入環境模擬箱內，再以 Mobile Nose 監測空氣品質的變化與口罩濾網過濾效能的結果，再加以整理出研究結果。

討論：

1. 為了能更清楚觀察到環境模擬箱裡的煙霧循環的效果，小組決議加裝照明裝置。
2. 探討煙霧桶維持煙霧的時間與效益性。



圖 5-4 環境模擬箱

(二)環境模擬箱之內部照明設備改良方案：

將環境模擬箱旁邊開一個小孔，讓行動電源裝置連接的 LED 燈泡放入模擬箱內提供照明。

結果：原本想以釣魚線方式固定照明燈裝置，後來發現只要在環境箱背面以魔鬼氈固定即可，但有時候燈泡與照明裝置偶爾會接觸不良，經加強固定後已改善許多。

討論：要注意照明行動電源充電的方式、蓄電持久力，使其能穩定呈現煙霧照明效果。



圖 5-5 照明設備

三、綠能雙電源空氣濾清器製作與改良:

(一) 機體製作發想:

「從經驗中學習」(learning by experience) 或「由做中學」(learning by doing) 是美國學者杜威在教育上主張經驗學習的核心概念。為了能實際實現這個理念，我們開始討論規劃與執行，由閱讀相關文獻及小組討論後，我們參考成功案例得知，電源方式、濾材、空氣環境是能否有效完成雙電源空氣濾清器最關鍵的三大要素。於是，我們空氣濾清器硬體設計決定包含這幾個部分。空氣濾清器主體部份利用環保再利用的觀念，使用兩個海苔桶、與兩個風扇通路的應用，並提供電池、太陽能兩種電源進行轉換實驗；並另自製環境模擬箱，以煙霧桶使箱內充滿懸浮微粒的方式，模仿空氣受到汙染的環境，使本實驗能在擬真狀態下進行測試雙電源空氣濾清器的過濾效能，更加提升實驗的準確性。茲分述如下：

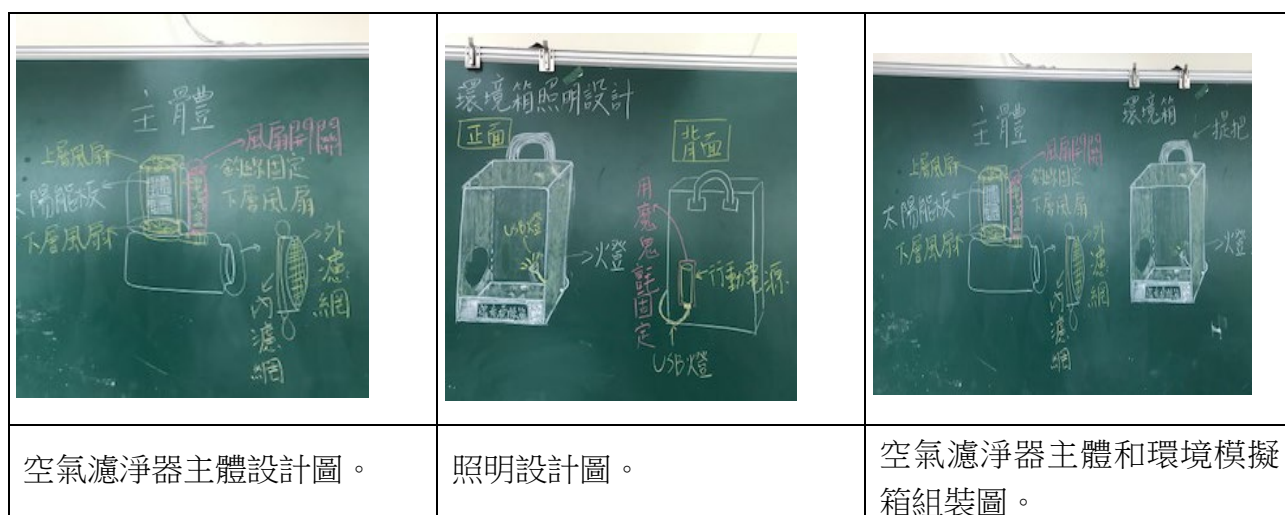


圖 5-6 機體設計構想圖

四、綠能雙電源空氣濾清器之製作歷程及改良:

(一) 空氣濾清器之主體製作 1:

以兩個海苔桶穿孔後組合成 L 型成為空氣濾清器基本雛形，為了能加強抽風功能，在下層海苔桶和上層海苔桶各開一個圓口，並分別加裝一個黑色方型風扇，海苔桶蓋開口部分則規劃成口罩濾網和粗濾網的設計。

結果:

1. 以美工刀完成兩個海苔桶穿孔，並以熱熔膠黏合，因溫度問題黏合失敗，但第二次

終於成功了。

2. 風扇部分，以 USB 頭連接後失敗並產生電燒臭味，試圖找出問題所在。
3. 開始收集不同材質口罩及濾網作為空氣過濾的濾材。

討論：

- 1.發現可能是因為 USB 連接頭的電壓和兩個風扇不同所致，考慮更換能適合 USB 電壓也能接受太陽能驅動的強力風扇。上網收集資料找出適合的太陽能板。

		
以美工刀在上方海苔桶底部和下方海苔桶側邊各切割一個圓形開口。	以熱熔膠黏合兩個海苔桶的圓形開口部分並使其能確實互相緊密結合。	以熱熔膠完成上、下兩個海苔桶的黏合，組合成 L 型空氣濾清器初型。

圖 5-7 空氣濾清器主體製作

(二)空氣濾清器之主體製作 2：

風扇、太陽能板物材問題確定後，進一步測試風扇電路連接功能及連接太陽能板的功能是否可行。小組經測試後並記錄其結果，做為修改設計的依據。先以電池供電方式使兩個黑色方型風扇運轉，確定風扇運轉功能後，再以太陽能電源測試是否也能順利驅動上層風扇使其轉動。完成兩個海苔桶蓋的開口，方便放置黑色方型風扇和口罩濾網與粗濾網的設置。

結果：

- 1.使用電源供應器和電壓、電流測量器具測試，以電池供電方式確定海苔桶黑色方型風扇均能順利運轉。
- 2.太陽能板經測試後發現供電量恐無法完全負擔上層黑色方型風扇的運轉使用，考慮需更換更大片的太陽能板。

3.兩個海苔桶蓋開口順利完成。

討論：

1.發現黑色方型風扇電路連接方式應使用兩個 9V 方形電池並以電池並聯(+接+；-接-)的方式作連接，且此種放置方式能剛好符合海苔桶的蓋形，使組合更完整。

2.討論兩個黑色方型風扇固定的方式。

(三)空氣濾清器之主體製作 3：

小組研究發現，上、下層風扇可以熱熔膠固定，再以釣魚線予以加強固定下層的風扇。

結果：

1.因溫度問題，第二次才終於完成黏合，並在釣魚線打結處以熱熔膠再次加強固定在上層的海苔桶上。

2.發現 6V150mA 太陽能板兩個如果以串聯方式連接，可以負擔上層黑色方型風扇的運轉使用。

討論：

1.當日照不足的時候，如何以其他照明方式取代太陽能的光源。

2.需要設計一個自製的雙電源轉換開關。

3.在海苔桶外部，須外加一個電源盒，可以置入電池、行動電源、開關等物品。

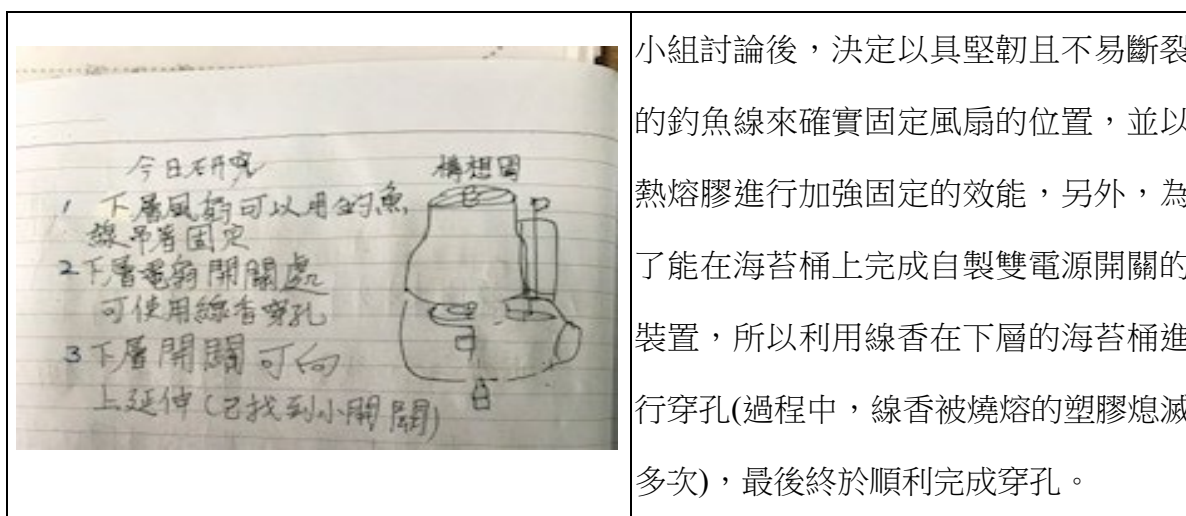


圖 5-8 研究構想圖

(四)空氣濾清器之主體製作 4：

在海苔桶蓋口加裝粗濾網和口罩濾網，並再次確定雙電源能順利轉換，並在進行口罩濾網實驗前，先收集線香 30 秒的煙霧置入煙霧桶，再將煙霧桶內的煙霧充滿環境模擬箱，最後把製作完成的空氣濾清器主體插入充滿煙霧的環境模擬箱，組合成一個完整的空氣濾清環境系統，然後開始進行空氣濾清的實驗並觀察與紀錄實驗的數據。

結果：

實驗前測試得知，整組雙電源空氣濾清器(主體空氣濾清器和模擬環境箱)能順利正常運轉，也能同時轉換不同電源來進行實驗，當更換不同口罩材質時，能有效呈現空氣濾清的功能。

討論：

- 1.在確定整組空氣濾清系統均能確實運轉後，即可開始進行口罩濾網和粗濾網的實驗。
- 2.並能確實記錄每次的實驗數據，最後將所有的實驗數據做統計或討論後，完成研究結果。

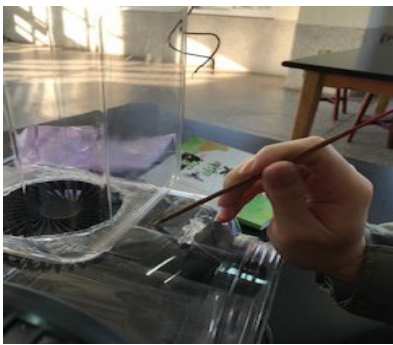
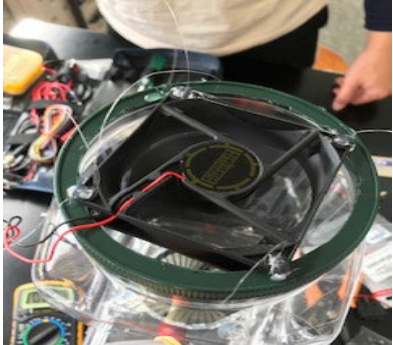

		
在空氣濾清器主體上使用線香燒出兩孔，一作為下風扇開關通道，另一作為下風扇充電口。	將上、下風扇以熱熔膠和魚線固定在空氣濾清器的主體上，並開始設計下風扇開關裝置。	將所有線路焊接形成通路，並成功自製雙電源開關，完成空氣濾清器主體。

圖 5-9 空氣濾清器主體完成品

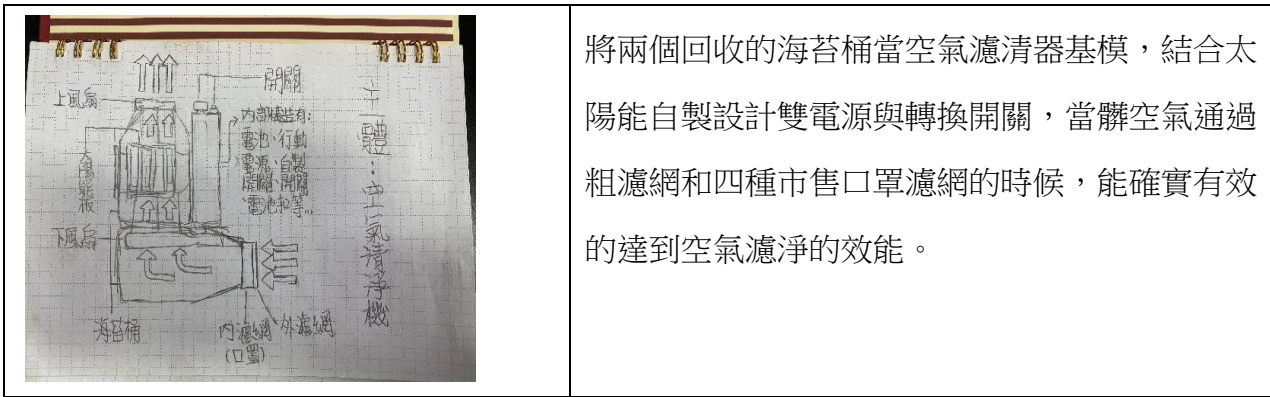


圖 5-10 機體運作示意圖

五、雙層風扇循環裝置：

(一) 雙層風扇循環裝置之製作：

以兩個方型黑色風扇進行空氣濾淨的實驗，將兩個方型黑色風扇分別置入上、下海苔桶負責空氣濾清器的抽風功能，使環境模擬箱內的空汙物質能經由兩層的強力風扇抽風後，更能快速通過雙層的濾網，改善環境模擬箱內的空氣品質，達到空氣濾淨的效能。

結果：

- 1.終於找到傳統鎢絲燈泡可以在日照不足的情形下替代太陽能，成功利用太陽能板使上、下兩個方型黑色風扇成功轉動，具有雙電源運轉功能。
- 2.空氣濾清器的兩層風扇經過測試後發現，能有效加速抽風效果，並能加速空汙物排出的速度，快速提升清淨環境模擬箱內的空氣品質。

討論：

空氣鼻子測試空氣品質時，應該一個置入環境模擬箱裡；另一個放在上層海苔桶的出風口，以檢測空汙物通過濾網後環境模擬箱內空氣品質的改善情形。



圖 5-11 風扇循環裝置

六、綠能雙電源裝置製作與改良：

(一)綠能雙電源裝置製作 1：

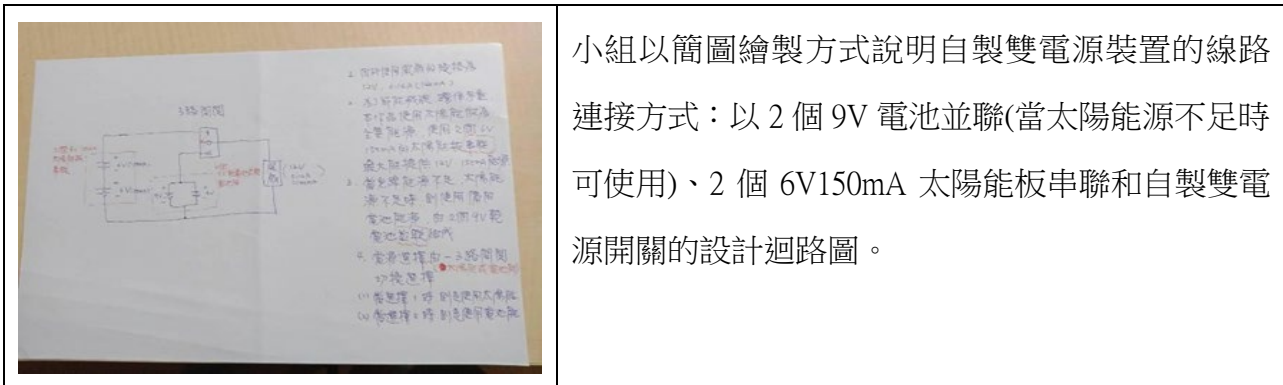
為了能解決北部日照不足的情形，將自行設計雙電源轉換開關裝置，並找出穩定的太陽能取代光源，使空氣濾清器能因應需求自由選擇使用的電源模式，並準備兩個 12V70mA 的太陽能板,測試風扇運轉效果。

結果：

1. 完成以線香穿孔方式，使下層海苔桶的 USB 線可以順利伸出海苔桶。(穿孔過程中線香熄滅多次後才完成穿孔動作)
2. 太陽能板 12V70mA 的買不到，只買到 6V150mA 的太陽能板，經測試結果，如果在光源穩定的狀況下仍然可以成功運轉風扇。
3. 以尖嘴鉗子彎曲迴紋針自製下層風扇開關裝置，並聯接到熱熔膠條，為了能使其能服貼置入大吸管内，膠條外面再外加紙捲後才放入大吸管，試驗後發現開關控制效果很好。(發現迴紋針插入熱熔膠條不太容易，所以嘗試將迴紋針頭燒熱後再插入比較容易些，冷卻後剛好也有固定的效果。)
4. 將電源盒上下各穿一個小圓孔固定大吸管，完成後以寶特瓶蓋當作開關控制按鍵，在標示開關方向和兩種不同電源名稱後，就完成了一個簡易的自製雙電源控制開關。

(三)討論：

探討太陽能板電路連接方式，電源盒更換較堅硬材質的紙盒。



小組以簡圖繪製方式說明自製雙電源裝置的線路連接方式：以 2 個 9V 電池並聯(當太陽能源不足時可使用)、2 個 6V150mA 太陽能板串聯和自製雙電源開關的設計迴路圖。

圖 5-12 雙電源開關設計迴路圖

(二)綠能雙電源裝置製作 2：

在以 LED11W 的燈泡照太陽能板發現沒有作用後，經網路資訊搜尋後發現，傳統的鎢絲燈泡可能可以取代日照不足的太陽能源，在完成太陽能電路連接後，可以傳統鎢絲燈泡進行試驗了解可行的燈泡瓦數。

結果：

1. 完成以焊槍焊接的方式將太陽能電線正負極形成串聯的通路再連接到上層風扇，經測試後證明可以成功轉動風扇。
2. 更新較硬的電源盒，並在紙盒上方開兩個孔裝入自製電源轉換開關和風扇控制開關，最後以熱熔膠固定開關大吸管，並固定寶特瓶蓋當作風扇開關的按鈕。
3. 將兩個 6V150mA 的太陽能板以串聯方式固定在上層海苔桶一側。

討論：

傳統鎢絲燈泡不好買到，再繼續找尋更高瓦數的鎢絲燈泡試試效果。

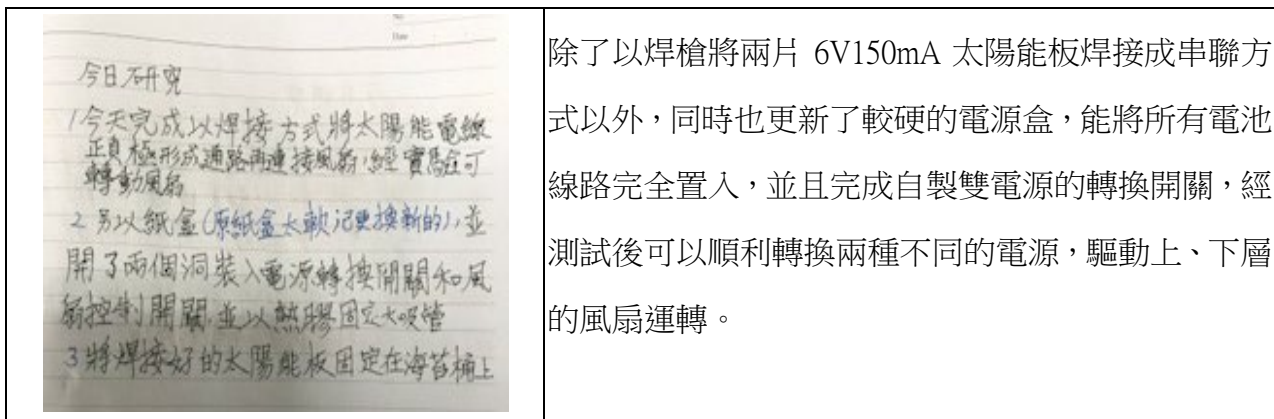


圖 5-13 雙電源的轉換開關製作流程

(三)綠能雙電源裝置製作 3：

確定風扇開關以熱熔膠黏合在保特瓶上，當作開關按鈕外，另剪一小段大吸管覆蓋之前露出來的熱熔膠條，以增加美觀性，割瓦楞紙紙板補上層風扇的四方開口。

結果：找到適合的工程用(115V60W)的鎢絲燈泡，並經測試後能順利的成為太陽能替代能源，在配合電池的使用下，能使兩個黑色方型風扇順利同時運轉。

討論：經由自製的雙電源轉換開關測試後，至此已能順利的根據需求自由的轉換不同電源驅動兩個黑色方型風扇，使其順利轉動並產生強力抽風效能。

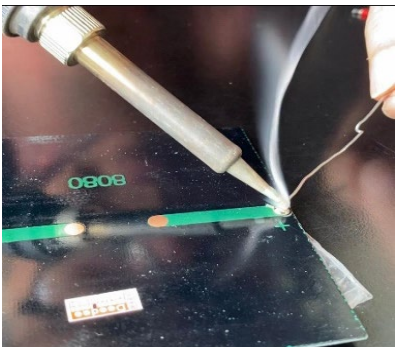
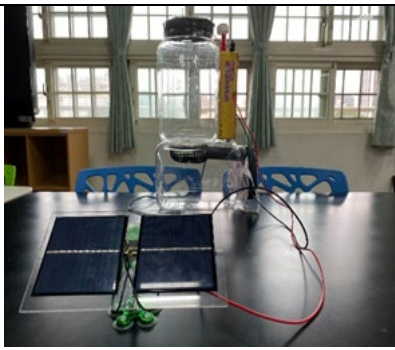

		
<p>用焊槍焊接的方式連接電線到太陽能板背面的正負極。</p>	<p>將太陽能板(6V150mA)以串聯方式在主機的一側設計具外掛調整的太陽能裝置，能多角度吸收太陽能源，經測試後能確實使風扇順利運轉。</p>	<p>在室內或日照不足時，則可以工程使用的(115V60W)的傳統鎢絲燈泡當作太陽能的替代光源。</p>

圖 5-14 雙電源裝置---太陽能源部分


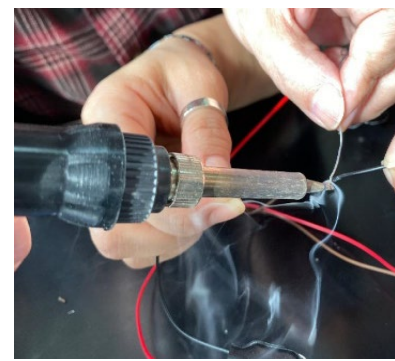

		
<p>將兩個 9V 電池連接電池釦，以並聯方式藏入能源盒內。</p>	<p>以焊槍焊接的方式連接電線，使電池的負極接到風扇的負極，電池的正極連接到切換自製開關的正極，使風扇能順利的運轉。</p>	<p>將線路與切換自製電源開關焊接起來，使其具有電池和太陽能雙電源的使用功能。</p>

圖 5-15 綠能雙電源裝置---電池能源部分

陸、濾材效能測試結果

我們在海苔桶蓋口加裝粗濾網和口罩濾網，並再次確定雙電源能順利轉換，並在進行口罩濾網實驗前，先收集線香 30 秒的煙霧置入煙霧桶，再將煙霧桶內的煙霧充滿環境模擬箱，最後把製作完成的空氣濾清器主體插入充滿煙霧的環境模擬箱，組合成一個完整的空氣濾清環境系統，然後開始進行空氣濾清的實驗並觀察與紀錄實驗的數據。並以固定的時間收集相同的煙霧濃度當作控制變數，再選擇四種不同材質的市售口罩當作操作變因，接著，進行空氣濾清實驗，並確實紀錄實驗的結果，觀察並比較分析不同的口罩濾材，對空氣濾清效果的差異性。

一、實驗檢測器材 Mobile Nose 隨身空污鼻使用代號與名詞解釋：

TVOC：它是總揮發性有機化合物，主要包括烴類、鹵代烴、氧烴和氮烴，它包括：苯系物、有機氯化物、氟里昂系列、有機酮、胺、醇、醚、酯、酸和石油烴化合物等。

PM2.5、PM10：漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(particulate matter, PM)，PM 粒徑大小有別，直徑小於或等於 2.5 微米(μm)的粒子，就稱為 PM2.5，直徑小於或等於 10 微米(μm)的粒子，就成為 PM10，通稱細懸浮微粒，單位以微克/立方公尺($\mu\text{g}/\text{m}^3$)表示之。

二、實驗濾材說明：

我們以四種不同材質的市售口罩和空氣濾網分別放在下層海苔桶蓋開口處雙層濾網的位置當作空氣過濾的材質，再以 Mobile Nose 隨身空污鼻的統計數據統計出哪種材質進行空氣品質過濾時最能發揮空氣濾清器的最佳效果。目前收集到四種口罩濾網和粗濾網材質如下：

1. 口罩濾網：

(1) # 1 pm2.5Z 摺口罩：

特色：有效過濾 PM2.5，達 95%以上多層複合結構設計，高效濾淨電網層，過濾霧霾、阻隔灰塵、髒空氣、懸浮微粒、花粉、細菌，隔臭層層把關。

(2) # 2 醫用立體口罩：

特色：具超細複合纖維，有效防止飛沫、體液、霧氣、水氣滲入、過濾細微粉塵、花粉。

(3) # 3 不織布防塵口罩：

特色：粉塵防護 99% 以上，防止飛沫、花粉、塵蹣，能有效隔離髒空氣。

(4) # 4 幼幼口罩：

特色：防粉塵、飛沫、霧氣、花粉等為小粒子進入，並可以阻隔過敏源。

2. 粗濾網部分：

(1) 無 # 氏防蟻空氣濾網

特色：採特殊黏著網狀處理，可有效固定濾網纖維，避免因吸力過強而將纖維本身吸入機器內，添加 0.2 丹尼高密度微細纖維，可有效的過濾過敏源，如花粉、動物細毛、灰塵、細菌等空氣中的雜質。

三、濾材效能測試結果：

(一) # 1 pm2.5Z 摺口罩：

環境箱內變化：

起始(未灌入髒空氣時): TVOC : 144ppb

PM2.5 : 20 μ m/m³

PM10 : 36 μ m/m³

實驗開始後：

● 灌入髒空氣的環境箱內(如圖 6-1): TVOC 上升至 : 1377 ppb

PM2.5 上升至 : 3207 μ m/m³

PM10 上升至 : 8402 μ m/m³

● 同時空氣清淨機出風口(如圖 6-2): TVOC : 753 ppb

PM2.5 : 23 μ m/m³

PM10 : 33 μ m/m³

(過濾 1 分 30 秒後)

● 環境箱內(如圖 6-3) : TVOC : 485 ppb

PM2.5 : 884 μ m/m³

PM10 : 1226 μ m/m³

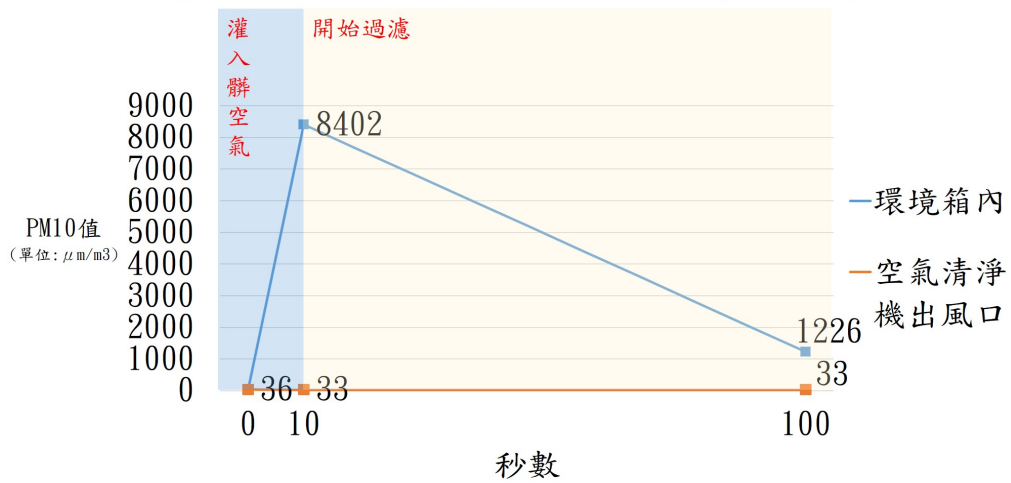
● 空氣清淨機出風口(如圖 6--4) : TVOC : 389 ppb

PM2.5 : 23 μ m/m³

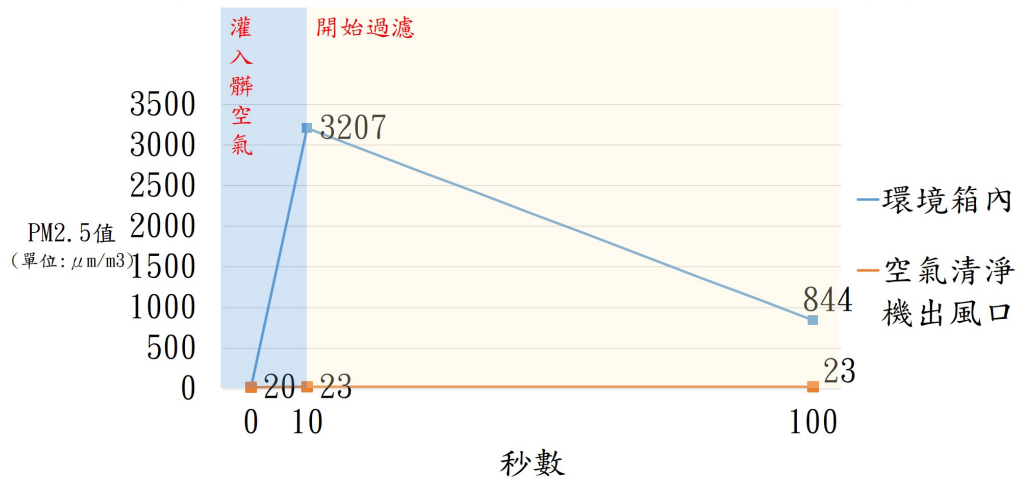
PM10 : 33 μ m/m³

1 pm2.5Z 摺口罩效能測試結果如下三張圖：

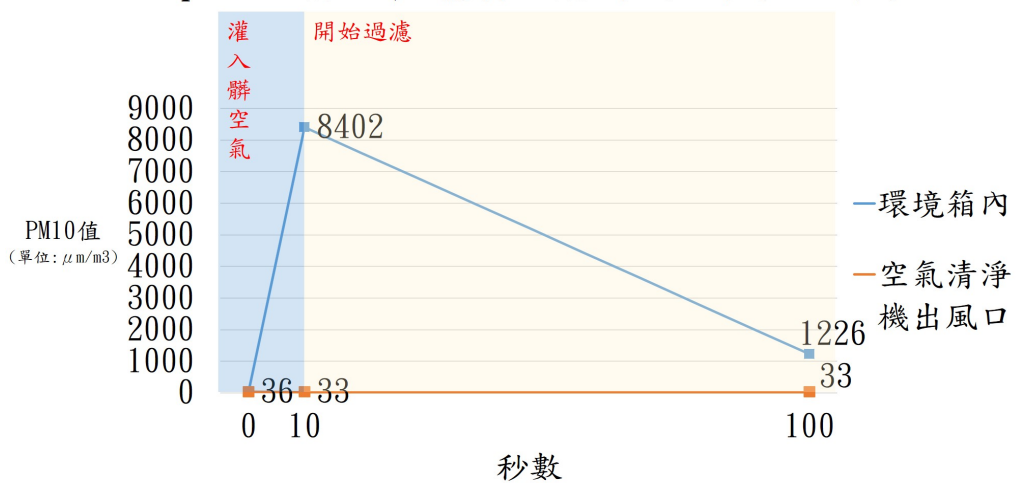
#1 pm2.5Z摺口罩 濾材效能測試結果(PM10值)



#1 pm2.5Z摺口罩 濾材效能測試結果(PM2.5值)



#1 pm2.5Z摺口罩 濾材效能測試結果(PM10值)



(二) # 2 醫用立體口罩：

環境箱內變化：

起始(未灌入髒空氣時):TVOC：178ppb

PM2.5：30 μ m/m³

PM10：41 μ m/m³

實驗開始後：

- 灌入髒空氣的環境箱內(如圖 6-5): TVOC 上升至：1518ppb

PM2.5 上升至：4199 μ m/m³

PM10 上升至：12723 μ m/m³

- 同時間空氣清淨機出風口(如圖 6-6): TVOC：640ppb

PM2.5：40 μ m/m³

PM10：57 μ m/m³

(過濾 1 分 30 秒後)

- 環境箱內(圖 6-7)：TVOC：485ppb

PM2.5：1164 μ m/m³

PM10：1501 μ m/m³

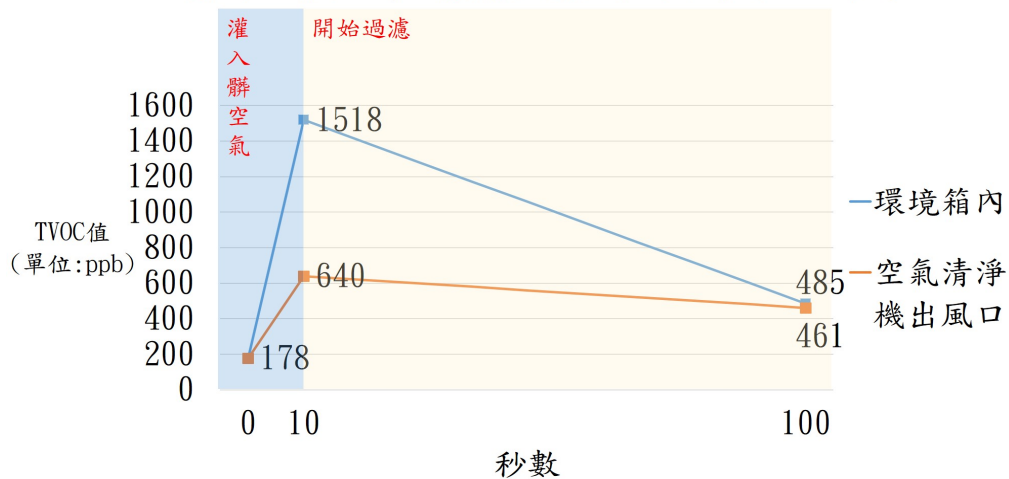
- 空氣清淨機出風口(圖 6-8)：TVOC：461ppb

PM2.5：21 μ m/m³

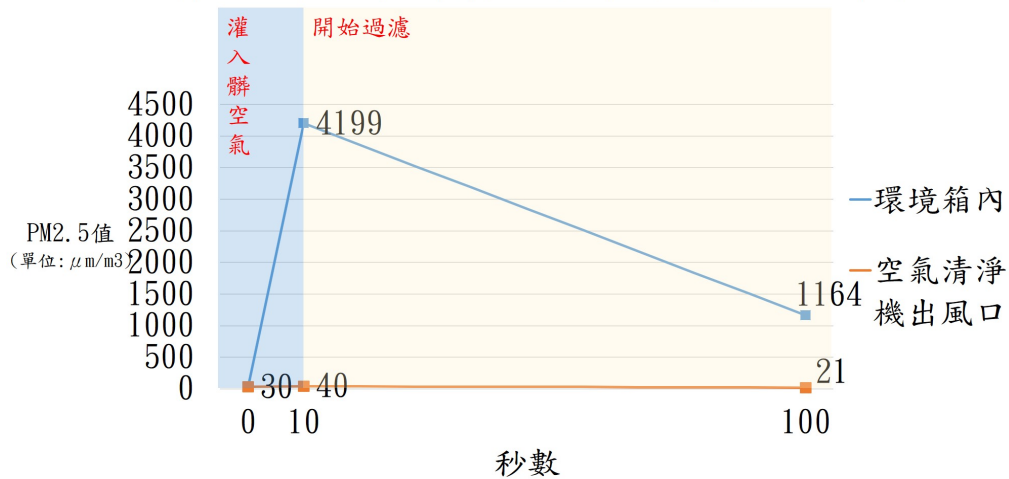
PM10：30 μ m/m³

#2 醫用立體口罩效能測試結果如下三張圖：

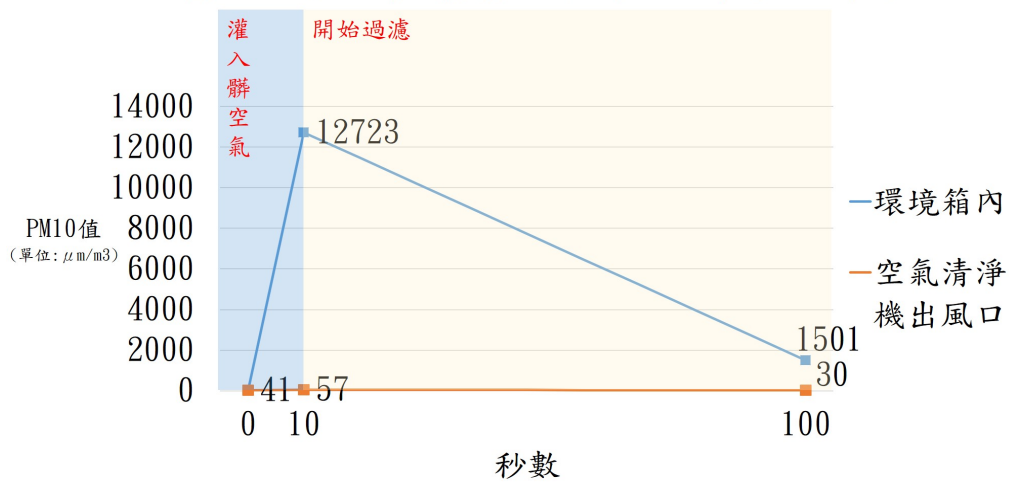
#2 醫用立體口罩 濾材效能測試結果(TVOC值)



#2 醫用立體口罩 濾材效能測試結果(PM2.5值)



#2 醫用立體口罩 濾材效能測試結果(PM10值)



(三)# 3 不織布防塵口罩：

環境箱內變化:

起始(未灌入髒空氣時):TVOC : 192ppb

PM2.5 : $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$

PM10 : $46 \mu\text{m}/\text{m}^3$

實驗開始後：

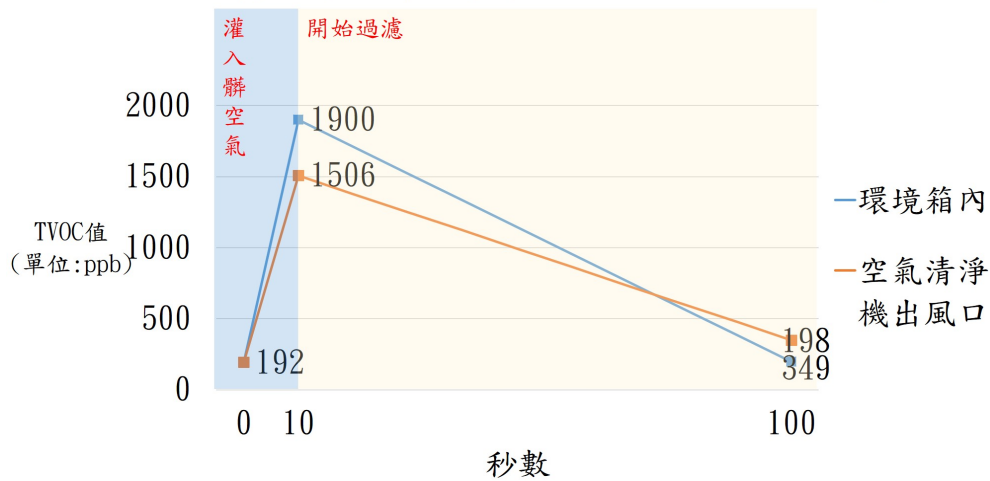
- 灌入髒空氣的環境箱內(如圖 6-9): TVOC 上升至 : 1990ppb
PM2.5 上升至 : $4563 \mu\text{m}/\text{m}^3$
PM10 上升至 : $11229 \mu\text{m}/\text{m}^3$
- 同時間空氣清淨機出風口(如圖 6-10): TVOC : 1506ppb
PM2.5 : $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$
PM10 : $46 \mu\text{m}/\text{m}^3$

(過濾 1 分 30 秒後)

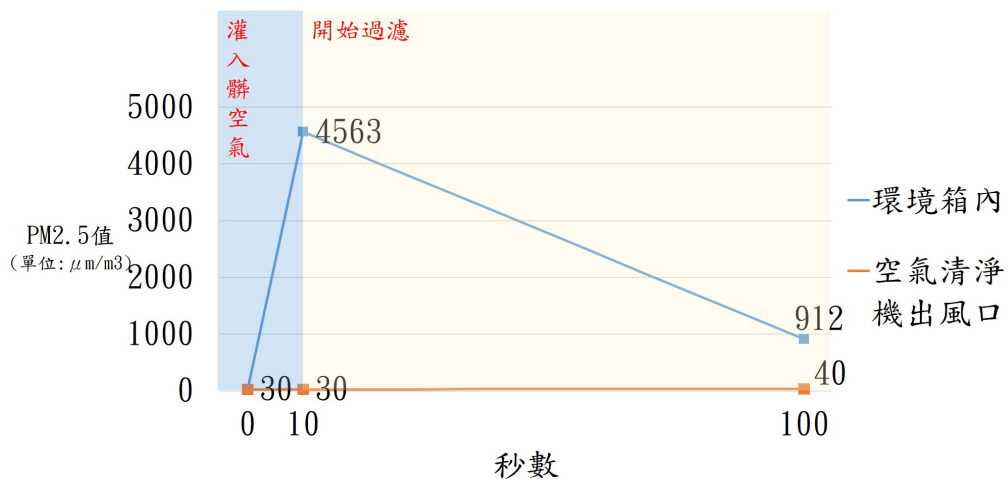
- 環境箱內(如圖 6-11)：TVOC：198ppb
PM2.5：912 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
PM10：1190 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
- 空氣清淨機出風口(如圖 6-12)：TVOC：349ppb
PM2.5：40 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
PM10：53 $\mu\text{m}/\text{m}^3$

#3 不織布防塵口罩效能測試結果如下三張圖：

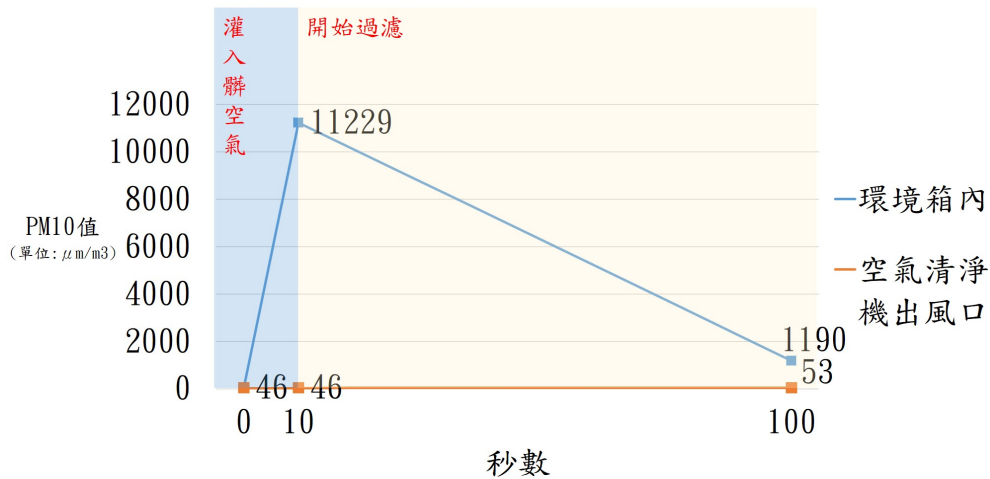
#3 不織布防塵口罩 濾材效能測試結果(TVOC值)



#3 不織布防塵口罩 濾材效能測試結果(PM2.5值)



#3 不織布防塵口罩 濾材效能測試結果(PM10值)



(四) # 4 幼幼口罩：

環境箱內變化:

起始(未灌入髒空氣時):TVOC : 267ppb

PM2.5 : 25 μ m/m³

PM10 : 32 μ m/m³

實驗開始後：

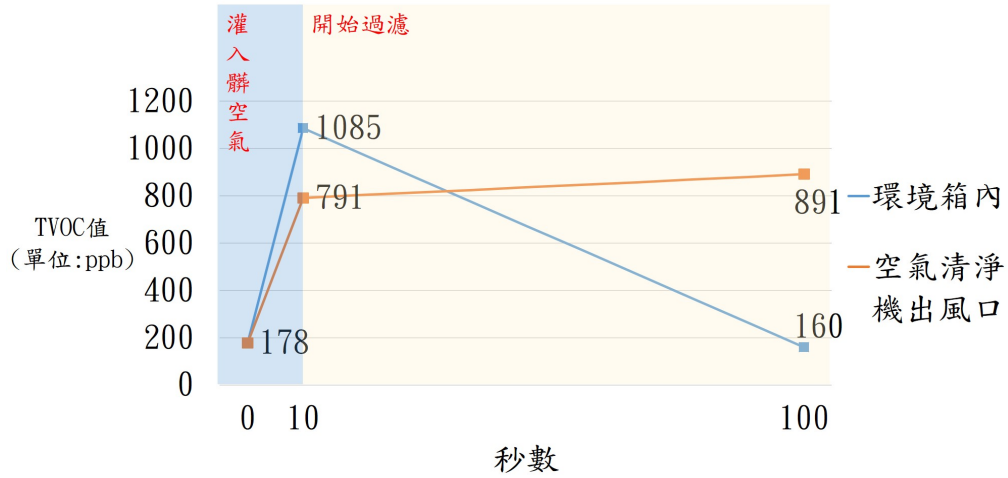
- 灌入髒空氣的環境箱內(如圖 6-13): TVOC 上升至 : 1085ppb
PM2.5 上升至 : 2900 μ m/m³
PM10 上升至 : 6102 μ m/m³
- 同時間空氣清淨機出風口(如圖 6-14): TVOC : 791ppb
PM2.5 : 28 μ m/m³
PM10 : 39 μ m/m³

(過濾 1 分 30 秒後)

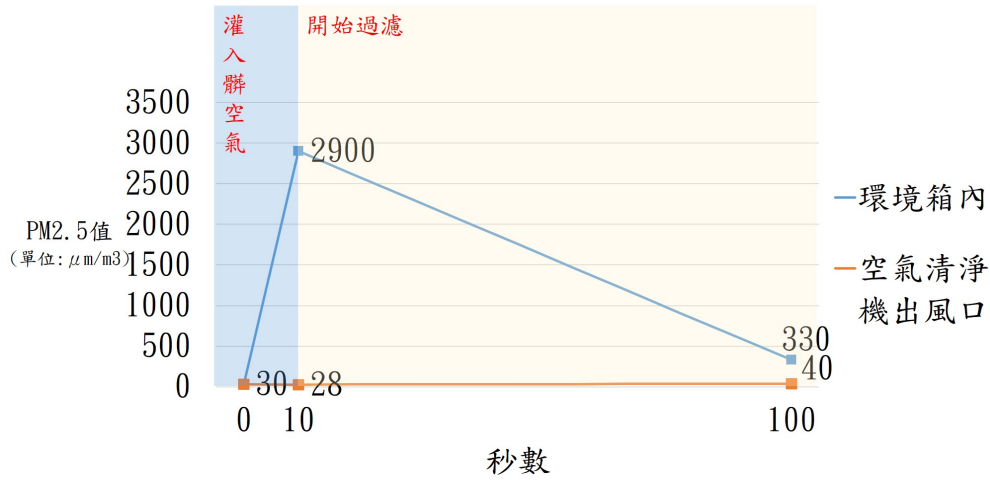
- 環境箱內(如圖 6-15) : TVOC : 160ppb
PM2.5 : 330 μ m/m³
PM10 : 441 μ m/m³
- 空氣清淨機出風口(如圖 6-16) : TVOC : 891ppb
PM2.5 : 40 μ m/m³
PM10 : 59 μ m/m³

4 幼幼口罩效能測試結果如下三張圖

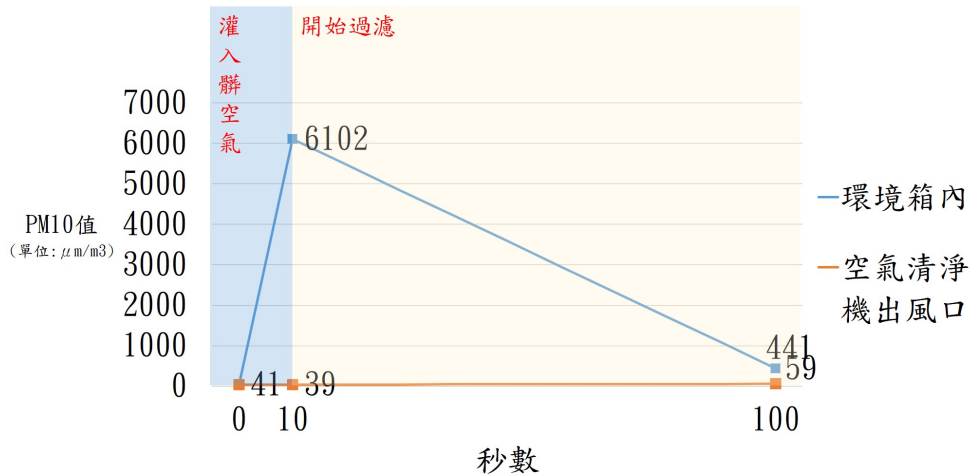
#4 幼幼口罩 濾材效能測試結果(TVOC值)



#4 幼幼口罩 濾材效能測試結果(PM2.5值)



#4 幼幼口罩 濾材效能測試結果(PM10值)



四、濾材效能測試與結果

- 1.實驗過程中，發現口罩材質不同，空氣過濾的效能還是有些許差異。
- 2.探討口罩與濾網多久需更換一次。
- 3.探討 # 1 pm2.5Z 摺口罩和 # 2 醫用立體口罩過濾效果最好的原因。

柒、討論

一、濾材與使用效能：

1. 粗濾網加上口罩濾網是否能有效提升空氣品質。
2. 粗濾網及口罩濾網多久需做更換。
3. 自製雙電源開關的使用效能。

二、在口罩濾網使用時效方面，根據實驗結果顯示，即使反覆過濾環境箱內的模擬空汙，口罩濾網仍然能維持一定的過濾效能，由此推測，在一般室內空間使用下，建議每週更換一次即可。

三、根據實驗結果數據顯示，使用 # 3 不織布防塵口罩和 # 4 幼幼口罩在進行實驗時發現，在空氣濾清器進行過濾 1 分 30 秒後，空氣濾清器出風口的 TVOC 和 PM2.5、PM10 為什麼會高於實驗開始後出風口的數值呢？經過小組討論，發現因為這兩種口罩都是屬於兒童口罩的尺寸，所以導致無法完全覆蓋抽風口，造成部分的空汙從周圍細縫通過，使過濾效果不如預期；另外可能原因還有外在環境、口罩濾材過濾能力不足等，導致過濾 1 分 30 秒後出風口測得數據仍高於過濾前所測得數據。

四、在我們的研究後期，遇上新冠肺炎疫情的爆發，口罩材質取得不易，如何能延長口罩使用效能，例如可以考慮如何以清洗、口罩套或噴酒精等方式，也成為值得進一步討論與注意的事項。

五、雙電源空氣濾清器**特色：**

1. **電源部分：**經過參看國內空氣濾清器，幾乎均以交流電源為主，為了能更加提升節能減碳的觀念，除使用電池外，亦**增加太陽能電源轉換裝置**，成其具有**雙電源功能**，不但能響應綠色能源的推動也能補北部日照不足的缺點。
2. **過濾設備：**因為室內空氣容易不流通，長久以往將可能影響身體健康，本空氣濾清

器裝置能運用簡易器材即能製成具空氣濾清高效能的過濾器，不需花費高額費用且製作程序簡單，適合有需求但預算不高的人參考自製即能完成且經實驗後證明具有濾淨的高效能，具確實可行性。

3. **環保**：從收集回收的海苔桶兩個並加以設計組裝成一個**最具循環效能的 L 型空氣濾清器主體**，環境模擬箱也是使用回收紙箱製成，**電源之一採用綠色能源的太陽能板**，不但可以使用自然資源又可以長期使用節省不必要的浪費，提倡環保意識。

六、教室實際的應用：

在實驗中，我們另外預備了一個 50X50X50 公分(=0.125 立方公尺)的環境模擬箱，以燃燒 10 秒線香作為空汙，開啟空氣濾清器後大約需要 14 秒，能將箱內空氣濾清乾淨。若將其放大為一間教室的大小(10X8X3.5 公尺=280 立方公尺)，並考慮其空氣對流範圍，將教室平分成四等分(田字型)，一區塊大約 70 立方公尺，以同效率換算一台肺欲清空氣濾清器需花 130 分鐘(2 小時 10 分鐘)能將 70 立方公尺的空氣濾清一遍(約從 7:20 早自習~9:30 第一節下課)，推估一間教室需要 4 台肺欲清環保雙電源空氣濾清器來運作，雖然目前過濾速度並不理想，但在未來會再加強風扇力度，以加快濾清效率。

捌、研究成果與限制

一、研究成果：

- (一) 根據 Mobile Nose 隨身空汙鼻數據顯示，環境模擬箱內的煙霧，在經過口罩濾網、粗濾網的雙層過濾，再通過雙層風扇抽風排出空汙後，即使在使用不同材質的口罩濾網下也均能呈現空氣明顯濾清的效果，達到有效提升室內空氣品質的效能。
- (二) 研究發現，這種可以具備轉換成不同能源的雙電源空氣濾清器，是一項深具推廣自然教育意義的創想，能激起學生的環保意識與實驗精神，又能在有日照的時候充分利用太陽能當電源，也能在日照不是很充足的台灣北部，適時以電能補充能源，達到有效節約能源、節能減碳又環保的目的。
- (三) 從實驗結果顯示，**# 1 pm2.5Z 摺口罩和 # 2 醫用立體口罩材質**，空氣濾淨效果最顯著，可以建議成為空氣濾清器的過濾濾材。

(四) 若將教室平分成四等分，本空氣濾清器經換算後，分別只需 130 分鐘就能將整個教室空氣品質濾清一遍，濾材建議每週更換一次，即能達到自製、環保又兼具濾清效能的研究目的。

二、研究限制：

(一) 本研究只以四種市售口罩濾網和一種冷氣的空氣濾網當過濾網層，其他的過濾材質尚未進行試驗，或許可以提供給未來的研究者作參考研究的方向。

(二) 本研究所研發的雙電源空氣濾清器，目前只能提供小坪數的空氣濾清效能，如果室內的坪數過大，可能需要再加大空氣濾清器的主體或強力風扇，以增強空氣濾清時的效能。

(三) 因為新冠肺炎的關係，在目前欠缺口罩的情形下，可能須考慮口罩濾網的替代材質。

(四) 本次研究以煙霧的方式模擬空汙環境，但實際空汙狀況可能還包括其他有害氣體、病菌等變因，並未列入此次研究範圍內，可以作為下次研究的參考項目。

(五) 在此次研究中，發現無法控制線香在煙霧桶內燃燒 30 秒的煙霧濃度，造成可能影響實驗空汙環境的些微數據變化。

玖、結論與未來展望

本研究之結論如下：

一、在製作雙電源空氣濾清器的過程中，大部分都是利用生活中容易取得且價格不高的素材，例如海苔桶、手持風扇、口罩等，再加上使用環保能源，經過我們用心設計製作後，使它成為一台能確實具有過濾功能的空氣濾清器。

二、在能源方面，我們還加入四上自然課中的綠色能源---太陽能，雖然現階段在技術方面還無法完全依靠它，但希望藉此能喚起更多人重視環保的議題。

三、做完口罩濾材過濾效能實驗後發現，效果優良的兩款口罩(**# 1 pm2.5Z 摺口罩**、**# 2 醫用立體口罩**)，皆具有高效高密度靜電不織布及多層超細複合纖維(另外兩款口罩則無)，因此推測這些材質是能吸附大量髒汙物質的關鍵，可推薦未來相關實驗研究者，能將含有此材質的口罩當作重要參考依據。

四、口罩雖然價格便宜且取得方便，但經過這次新冠肺炎疫情，讓我們驚覺它並不是一種永遠都容易取得的物品，那麼在未來的實驗中，還有什麼是易取得、造價便宜且有效的濾材，將變成我們重點的研究項目。

此次研究中的自製「肺欲清環保雙電源空氣濾清器」皆是取材於生活中容易取得之素材，使用效能高又兼具經濟效益與教育性，製作過程簡單易學、容易推廣，希望未來能發展成一組教學模組化的課程，配合新課綱倡導實作的素養導向，讓學生從做中學，激發創作發想，將綠色能源運用在更多的生活層面上，共同為我們的環境盡一份心力，從創作中改善生活環境與推展永續能源的應用，相信這也是現在人類所需要共同面對的課題，最後，希望藉由我們這次的創作與研究，能達到拋磚引玉的效果，共同發揮自發、互動、共好的精神，讓科學教育的素養向下紮根成長、茁壯！

參考文獻

1. 中租太陽能電廠(2020)。取自 <https://www.finmart.com.tw/>
2. 方品惠 (2015)。行政院環境保護署 環保小學堂與境教育設施場所關聯性之探討，嘉南藥理大學。
3. 行政院環境保護署空氣品質監測網(2020)。取自 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>
4. 低碳永續家園資訊網(2015)。取自 <https://lcss.epa.gov.tw/LcssViewPage/Responsive/InfoDetail.aspx?info=news&Id=7197332F2D209714EE493AD9EF99976C>
5. 吳木崑 (2009)。杜威經驗哲學對課程與教學之啟示，*臺北市立教育大學學報*，40(1)，35-54。
6. 沈廣城 (2002)。國小學童環境知識、環境態度與環境行為之研究。屏東師範學院國民教育研究所碩士論文。
7. 社團法人台灣環境資訊協會。取自 <https://teia.tw/zh-hant>
8. 曾昭衡 (2004)。室內空氣品質，國立台北科技大學。
9. 曾麗芳 (2019)。改善 PM2.5 不容忽視的室內空氣危害，*工商時報*。
10. 楊冠政 (1998)。墾丁國家公園環境教育系統研究，屏東：內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
11. 彰化縣環境保護局(2020)。取自 <https://www.chepb.gov.tw/w5478374105618308247/index>
12. 榮建誠、蘇慧貞 (2008)。淺談室內空氣品質，*環保資訊月刊*，124 期。
13. 鄭顯榮、范德媛 (2000)。推行辦公室環保與社會環境教育。*環境教育季刊*，43，35-41。

【評語】 082923

自製雙電源空氣濾清器，並評估各種口罩濾材對各種細懸浮微粒的過濾效能，著力環保、永續及經濟效益，立意良善，且符合動手做精神，但是後續驗證或改良清淨機的部分結構，讓過濾清淨空氣效果最佳，值得鼓勵，建議可增加測試時間已確認濾材的吸附能力與損耗情形，並多加參考過去的作品與文獻。

摘要

本研究設計出一台可以自製、環保具CP值高的空氣濾清機——「肺欲清環保雙電源空氣濾清器」。當日照充足時以太陽能板發電使空氣濾清器的風扇運轉；日照不足時，改以電池輔助空氣濾清器的運轉，以雙效環保的方式改良空氣品質的效能。本研究以國小自然與生活科技領域(四上)單元中的「太陽能綠色能源」為出發點，探討以電池、太陽能雙電源和日常廢棄物再利用的方式，製作出兼具環保並有效改善空氣品質的空氣濾清器。透過空汙鼻Mobile Nose 與配套之程式軟體，檢測空氣中的相關環境指數，探討不同材質的口罩對空氣品質淨化之效能。實驗證明，本研究自製的「肺欲清環保雙電源空氣濾清器」，能有效過濾並降低空氣中的懸浮微粒，是兼具綠能、環保的有效方案。

壹、研究動機

台灣土地狹窄且人口密度高，在工業上蓬勃發展，但伴隨而來的卻是高度的汙染，主要是因為國人對於生活環境知識的認知與公德心不足，導致汙染環境行為在臺灣隨處可見。(方品惠, 2015)而當外面空氣品質不良時，人們常會選擇在室內活動，尤其在校園中的教室裡往往充滿粉筆灰、灰塵、以及無縫不入的PM2.5，都可能對我們的呼吸道、傳染性疾病、肺部造成很大的影響，尤其是在目前**新冠肺炎**到處肆虐的環境下，打造一個安全、乾淨的生活環境就變得更格外重要，我們為了打造一個優良空氣品質的學習環境並提倡環保概念，決定著手研發具環保性質與運用綠能的空氣濾清器，並能依實際需要自由轉換電池、太陽能雙電源方式驅動空氣濾清器使其能有效達到空氣濾淨的高效能，希望透過本研究，推動環保綠能的概念，製作出具效率且友善環境的雙電源空氣濾清器，打造出一個更具優質與安全的學習環境。

參、特色

一、電源部分：

經過參看國內市售空氣濾清器，幾乎均以交流電源為主，為了更加提升節能減碳的觀念，本研究增加太陽能電源轉換裝置，使其兼具雙電源功能，不但能響應綠色能源的推動也能提供電池電源彌補北部日照不足的缺點。

二、過濾設備：

因為室內空氣容易不流通，長久以來將可能影響身體健康，本空氣濾清器裝置能運用簡易器材即能製成具空氣濾清高效能的過濾器，不需花費高額費用且製作程序簡單，適合有需求但預算不高的人參考自製即能完成，經實驗證明具有濾淨的高效能，且具確實可行性。

三、環保：

從收集回收的海苔桶兩個並加以設計組裝成一個最具效能的L型空氣濾清器主體，環境模擬箱也是使用回收紙箱製成，電源之一，採用綠色能源的太陽能板，不但可以使用自然資源又可以長期使用節省不必要的浪費，提倡環保意識。

伍、研究設備器材及製作


一、空氣品質測量器材：

		
ADDWII: Mobile Nose 隨身空汙鼻，利用微型泵浦核心技術，提供TVOC、PM2.5、PM10、ECO2及溫、濕度的精準數據。	Mobile Nose 隨身空汙鼻共兩台，一台監測環境箱內數據，另一台監測空氣清淨機出風口數據。	利用手機、平板的app即能隨時掌握空氣品質的數據。

▲(圖1)空氣鼻子放置位子及應用





二、實驗濾材：

(一)、粗濾網

	無#氏防蟎空氣濾網： 特色：採特殊黏著網狀處理，可有效的固定濾網纖維，避免因吸力過強而將纖維本身吸入機器內，添加0.2丹尼高密度微細纖維，可有效的過濾過敏源如：花粉、動物細毛、灰塵、細菌等空氣中的雜質
--	--

▲(圖2)粗濾網介紹圖

(二)、市售口罩

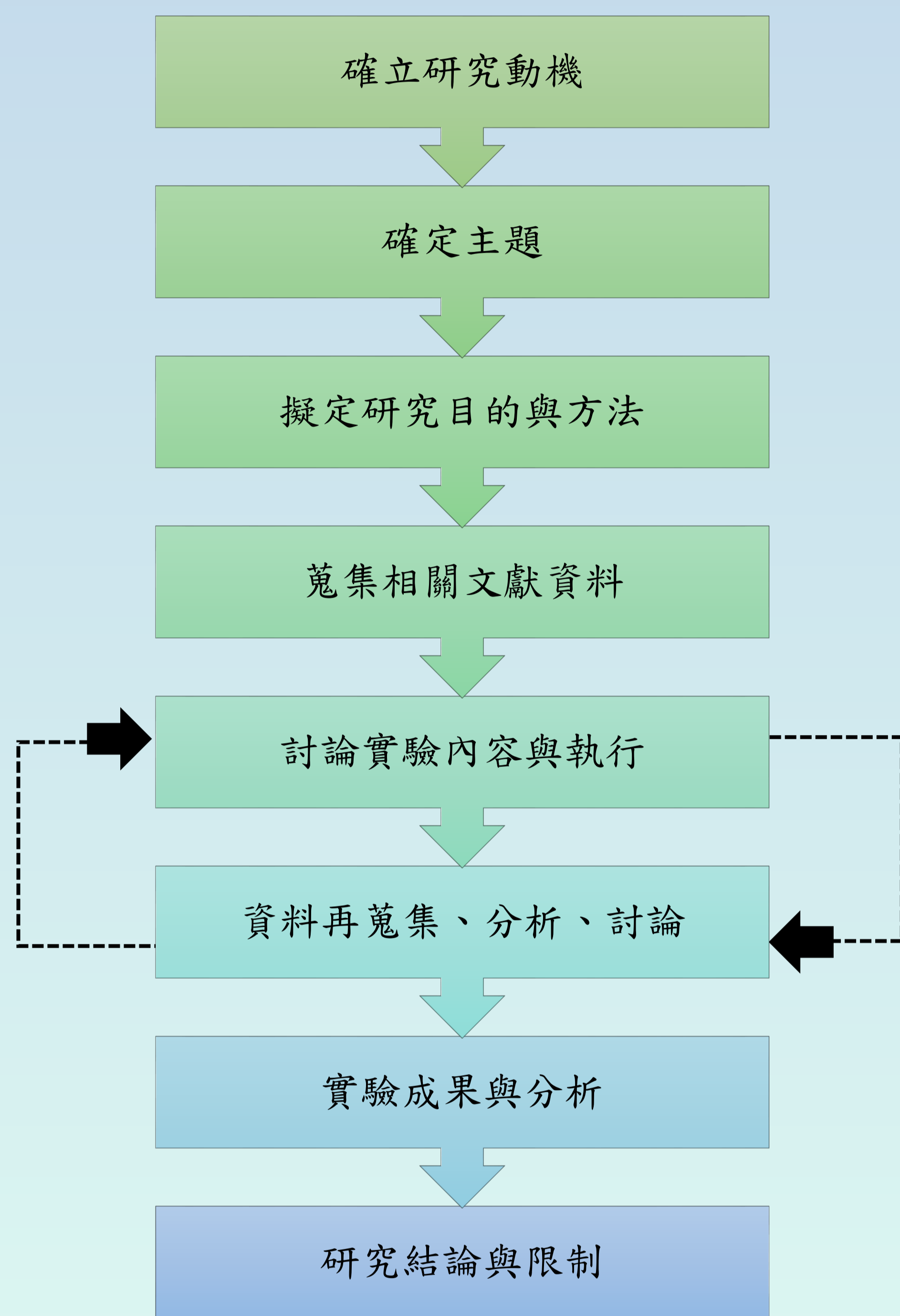
			
# 1 pm2.5摺口罩： 特色：有效過濾PM2.5，達95%以上多層複合結構設計，高效濾淨電網層，過濾霧霾、阻隔灰塵、髒空氣、懸浮微粒、花粉、細菌，隔臭層層把關。	# 2 醫用立體口罩： 特色：具超細複合纖維，有效防止飛沫、體液、霧氣、水氣滲入、過濾細微粉塵、花粉。	# 3 不織布防塵口罩： 特色：粉塵防護99%以上，防止飛沫、花粉、塵蹣，能有效隔離髒空氣。	# 4 幼幼口罩： 特色：防粉塵、飛沫、霧氣、花粉等為小粒子進入，並可以阻隔過敏源。

▲(圖3)口罩濾材介紹圖


貳、研究目的

- 一、探討以電池、太陽能雙電源及廢物回收再利用的方式，自製簡易的雙電源空氣濾清器之有效方案。
- 二、探討不同口罩材質對空氣過濾清淨程度的差異性。
- 三、探究雙電源空氣濾清器對空氣品質的使用效能。

肆、研究流程圖

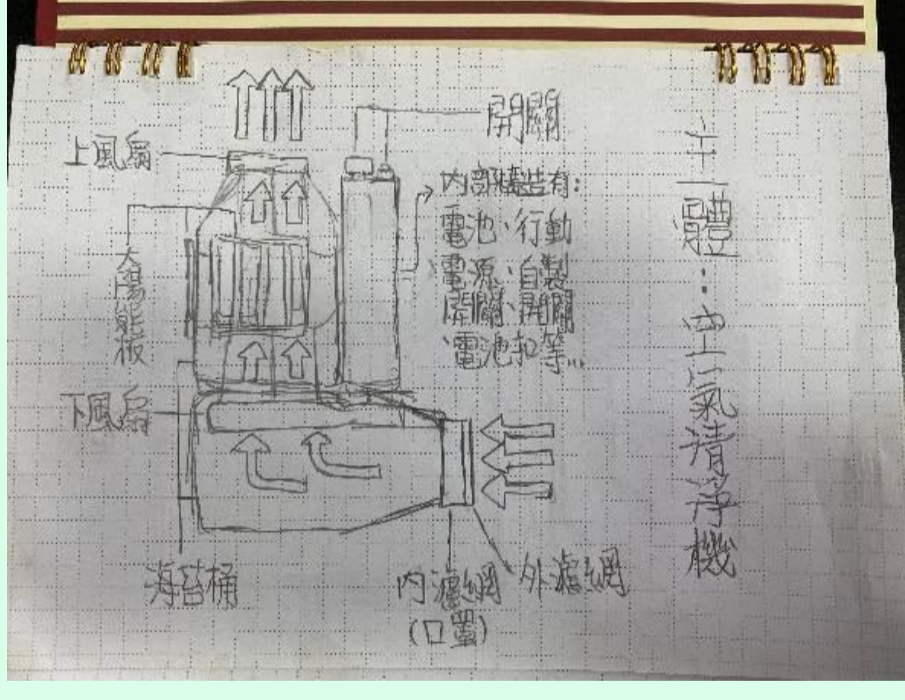


三、電路簡繪圖：

	小組以簡圖繪製方式說明自製雙電源裝置的線路連接方式：以2個9V電池並聯(當太陽能源不足時可使用)、2個6V150mA太陽能板串聯和自製雙電源開關的設計迴路圖。
---	---

▲(圖4)小組以簡圖繪製方式說明自製雙電源裝置的線路連接方式

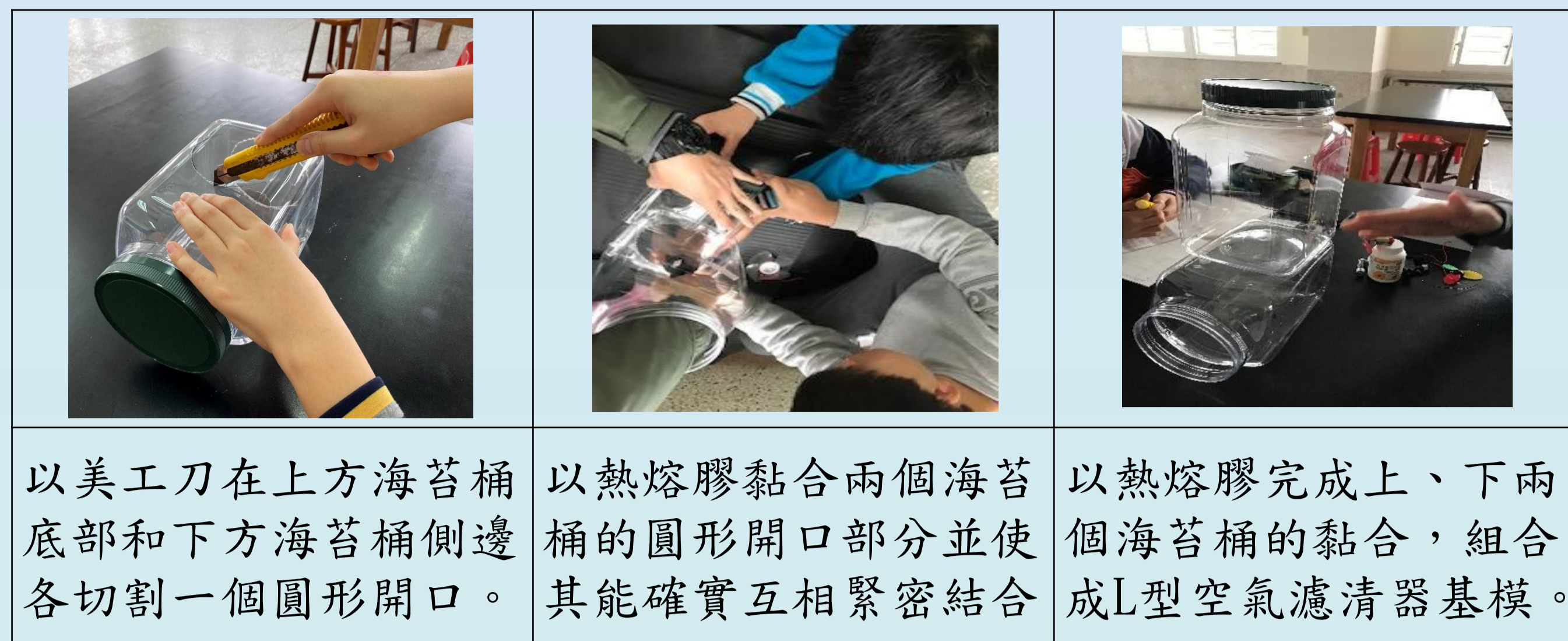
四、機體運作示意圖：

	將兩個回收的海苔桶當空氣濾清器基模，結合太陽能自製設計雙電源與轉換開關，當髒空氣通過粗濾網和四種市售口罩濾網的時候，能確實有效的達到空氣濾淨的效能。
---	--

▲(圖5)機體運作示意圖

五、綠能雙電源空氣濾清器之製作歷程及改良：

(一) 空氣濾清器之主體製作：



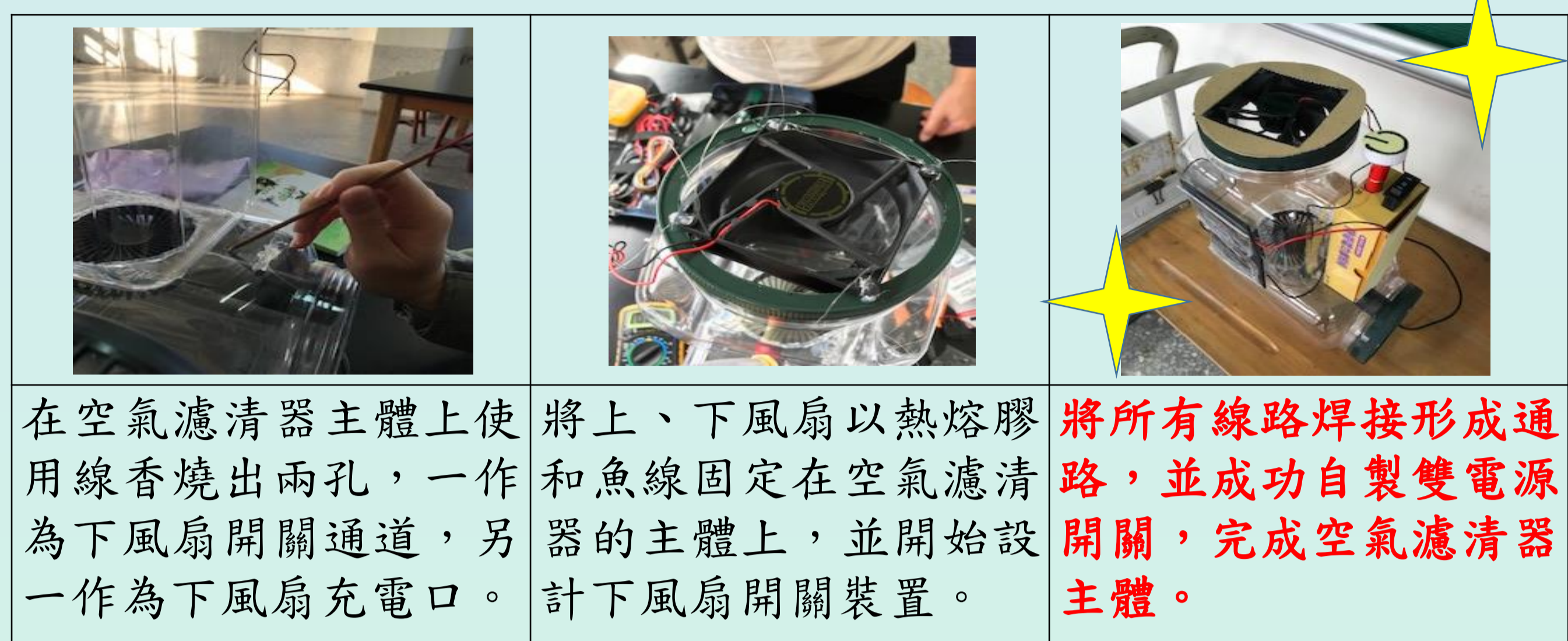
以美工刀在上方海苔桶底部和下方海苔桶側邊各切割一個圓形開口。

以熱熔膠黏合兩個海苔桶的圓形開口部分並使其能確實互相緊密結合

以熱熔膠完成上、下兩個海苔桶的黏合，組成L型空氣濾清器基模。

▲(圖6)空氣濾清器主體製作過程之一

(二) 空氣濾清器主體完成品：



在空氣濾清器主體上使用線香燒出兩孔，一作為下風扇開關通道，另一作為下風扇充電口。

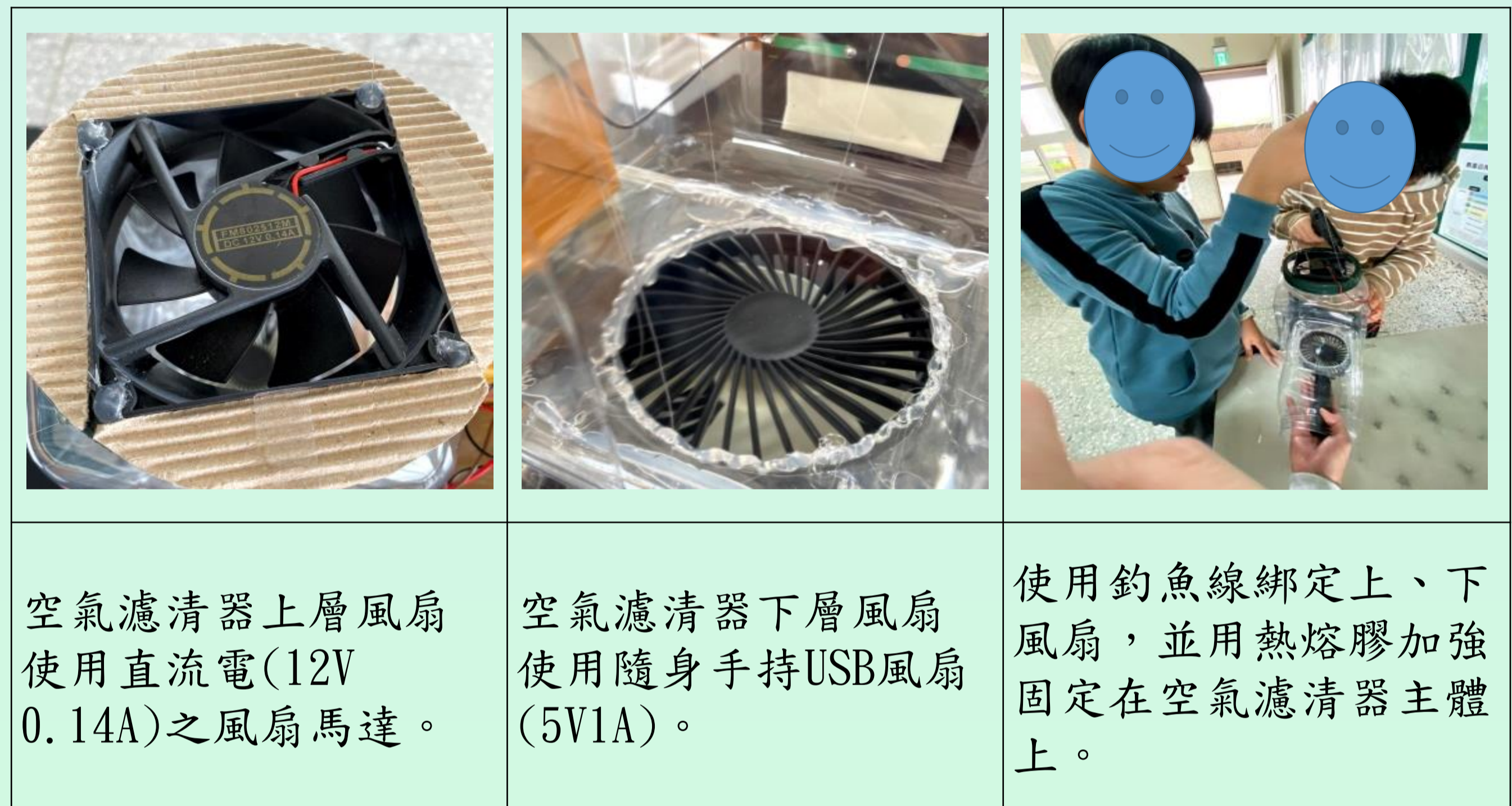
將上、下風扇以熱熔膠和魚線固定在空氣濾清器的主體上，並開始設計下風扇開關裝置。

將所有線路焊接形成通路，並成功自製雙電源開關，完成空氣濾清器主體。

▲(圖7)空氣濾清器主體製作過程之二

六、雙層風扇循環裝置：

雙層風扇循環裝置之製作過程：



空氣濾清器上層風扇使用直流電(12V 0.14A)之風扇馬達。

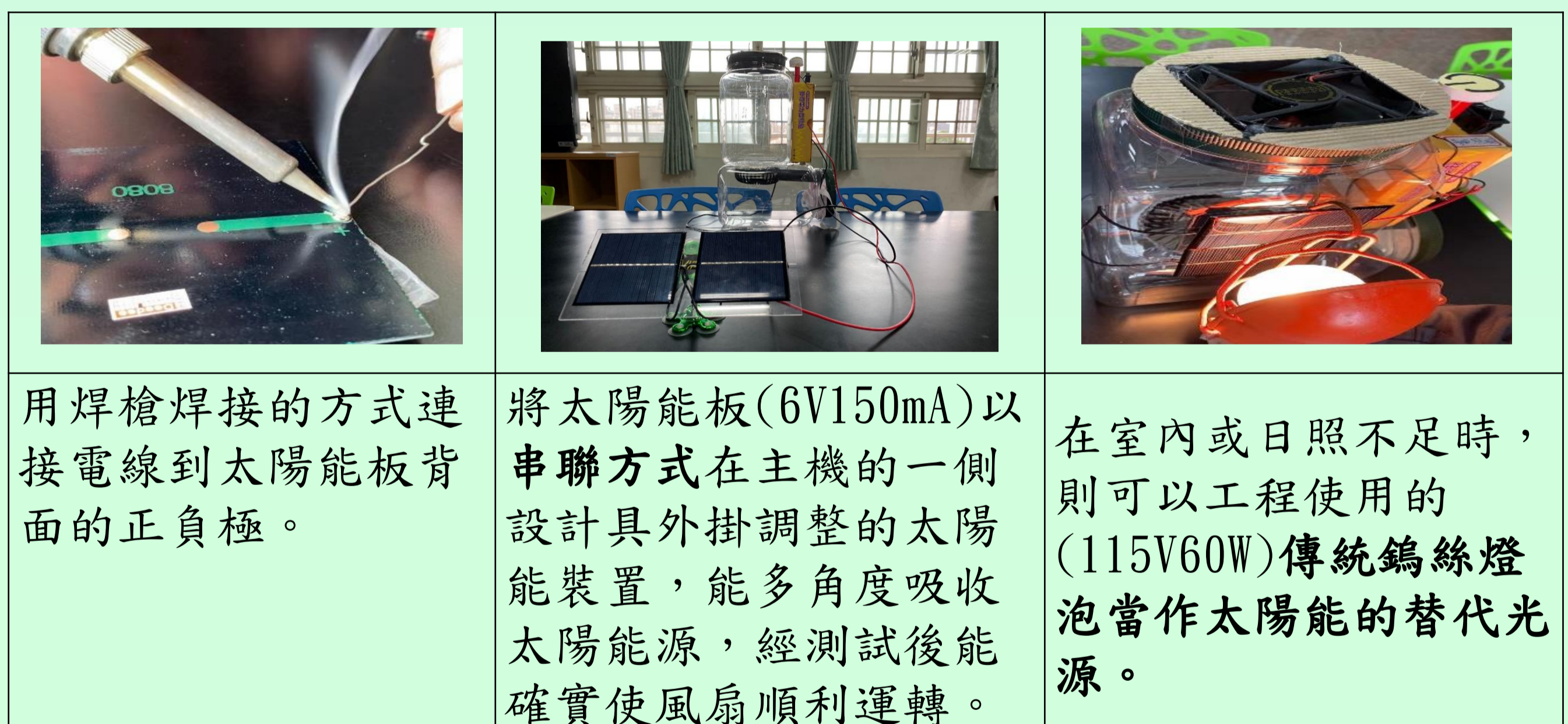
空氣濾清器下層風扇使用隨身手持USB風扇(5V1A)。

使用釣魚線綁定上、下風扇，並用熱熔膠加強固定在空氣濾清器主體上。

▲(圖8)風扇循環裝置

七、綠能雙電源裝置製作與改良：

(一) 綠能雙電源裝置---太陽能部分



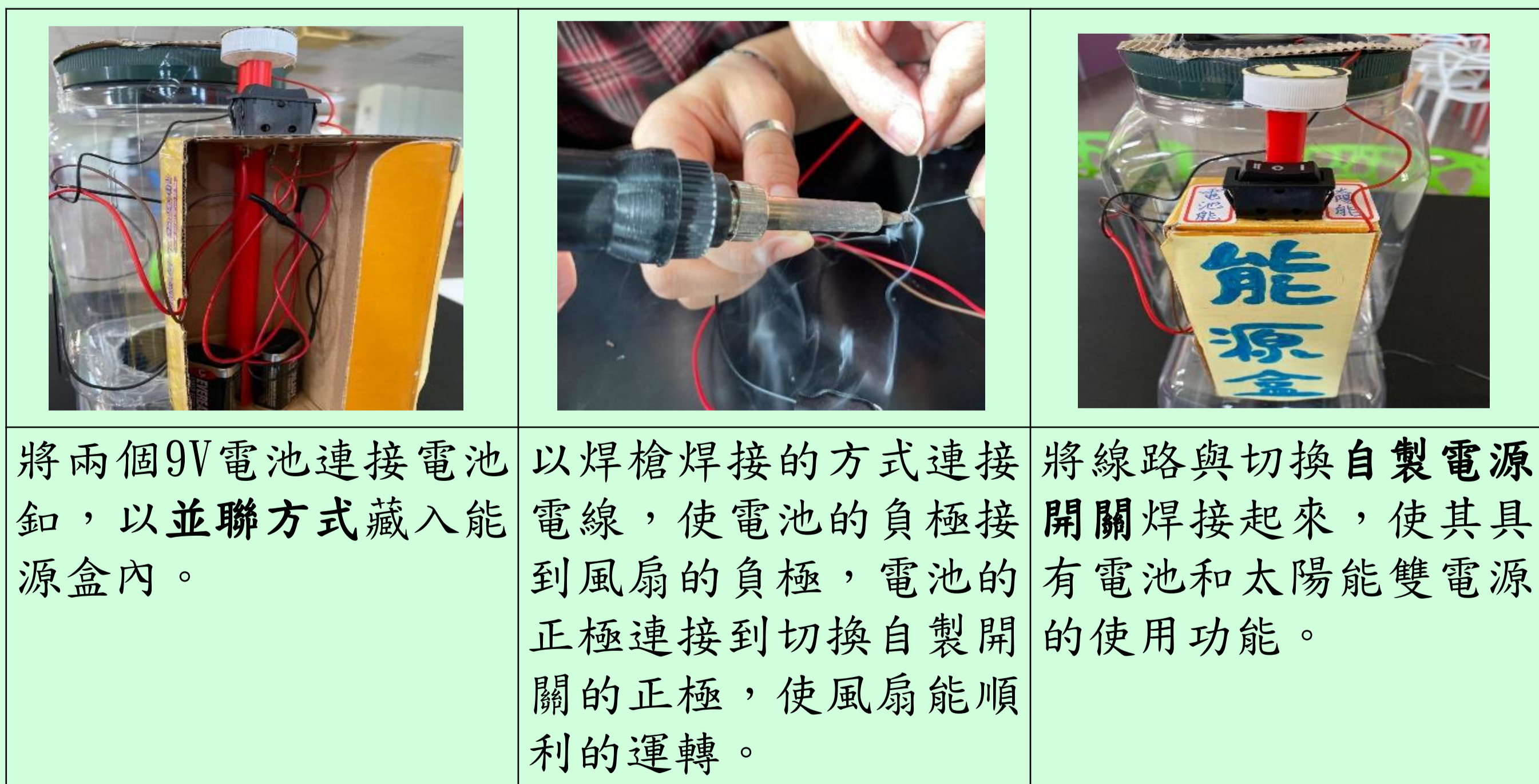
用焊槍焊接的方式連接電線到太陽能板背面的正負極。

將太陽能板(6V150mA)以串聯方式在主機的一側設計具外掛調整的太陽能裝置，能多角度吸收太陽能源，經測試後能確實使風扇順利運轉。

在室內或日照不足時，則可以工程使用的(115V60W)傳統鎢絲燈泡當作太陽能的替代光源。

▲(圖9)太陽能部分安裝圖

(二) 綠能雙電源裝置---電池能源部分



將兩個9V電池連接電池鉤，以並聯方式藏入能源盒內。

以焊槍焊接的方式連接電線，使電池的負極接到風扇的負極，電池的正極連接到切換自製開關的正極，使風扇能順利的運轉。

將線路與切換自製電源開關焊接起來，使其具有電池和太陽能雙電源的使用功能。

▲(圖10)電池能源部分安裝圖

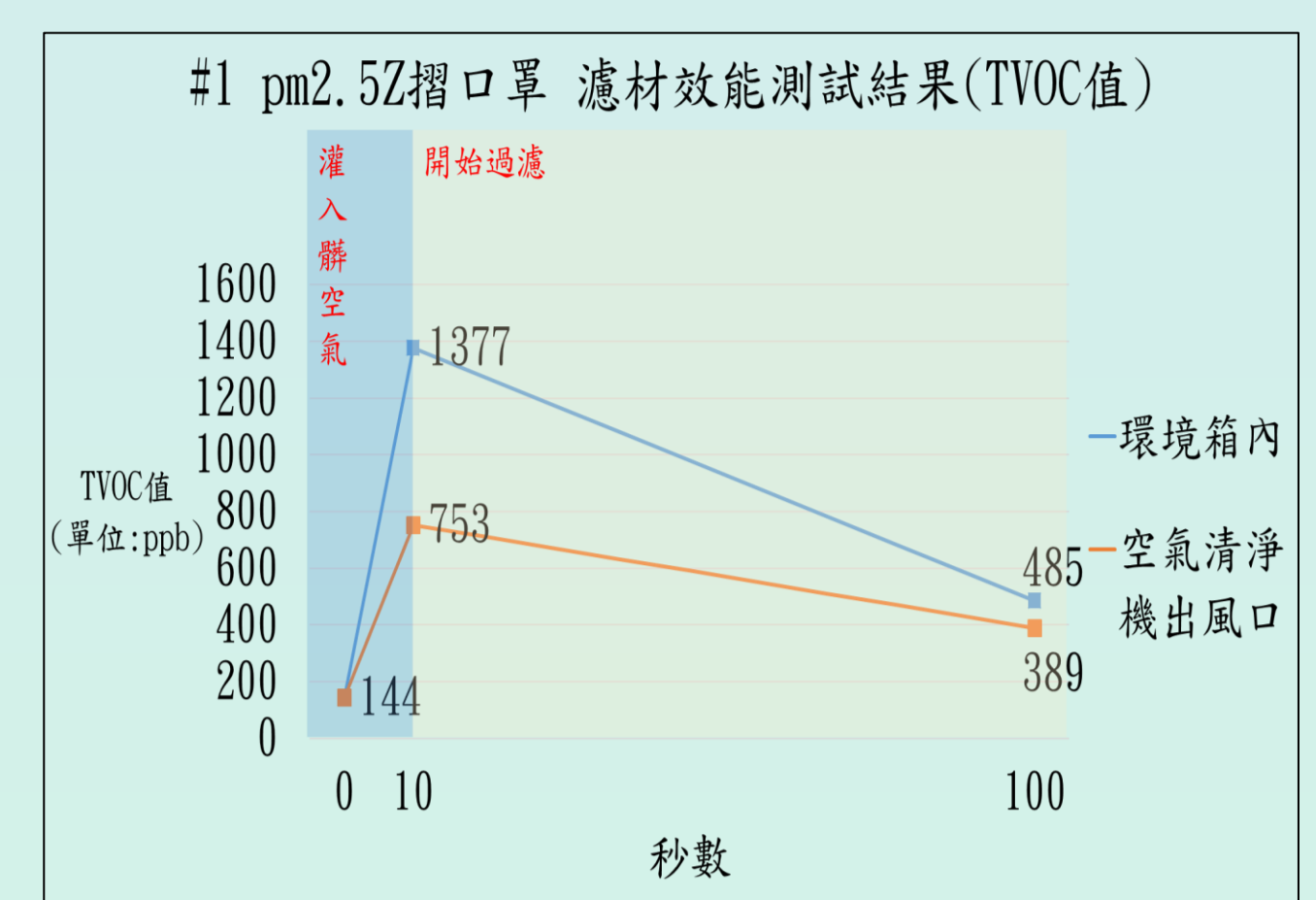
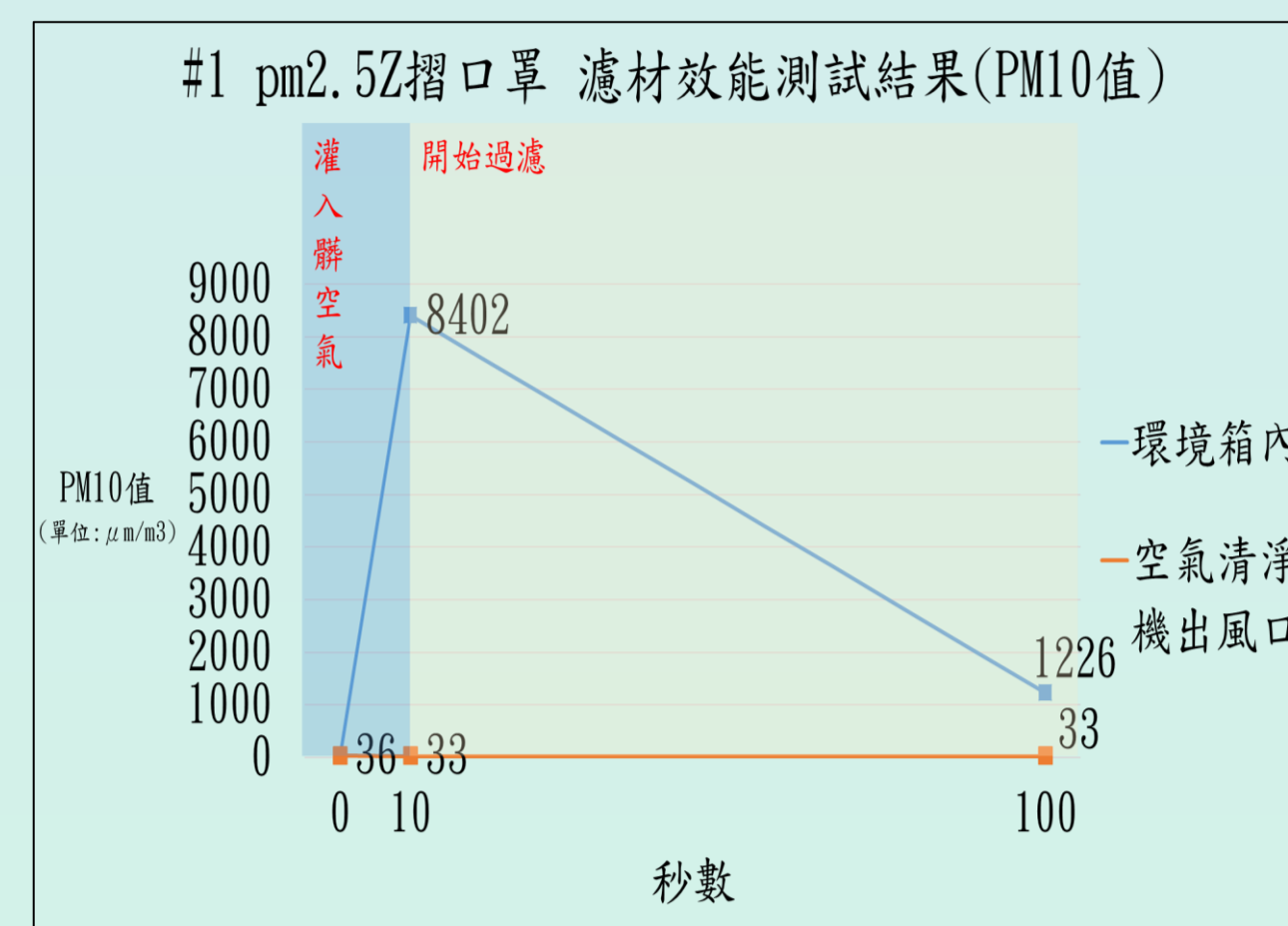
陸、濾材效能測試結果

我們在海苔桶蓋口加裝粗濾網和口罩濾網，並再次確定雙電源能順利轉換，並在進行口罩濾網實驗前，先收集30秒的線香煙霧置入煙霧桶，再將煙霧桶內的煙霧充滿環境模擬箱，最後把製作完成的空氣濾清器主體伸入充滿煙霧的環境模擬箱，組合成一個完整的空氣濾清環境系統，然後開始進行空氣濾清的實驗並觀察與紀錄實驗的數據。並以固定的時間收集相同的煙霧濃度當作控制變數，再選擇四種不同材質的市售口罩當作操作變因，接著，進行空氣濾清實驗，並確實紀錄實驗的結果，觀察並比較分析不同的口罩濾材，對空氣濾清效果的差異性。

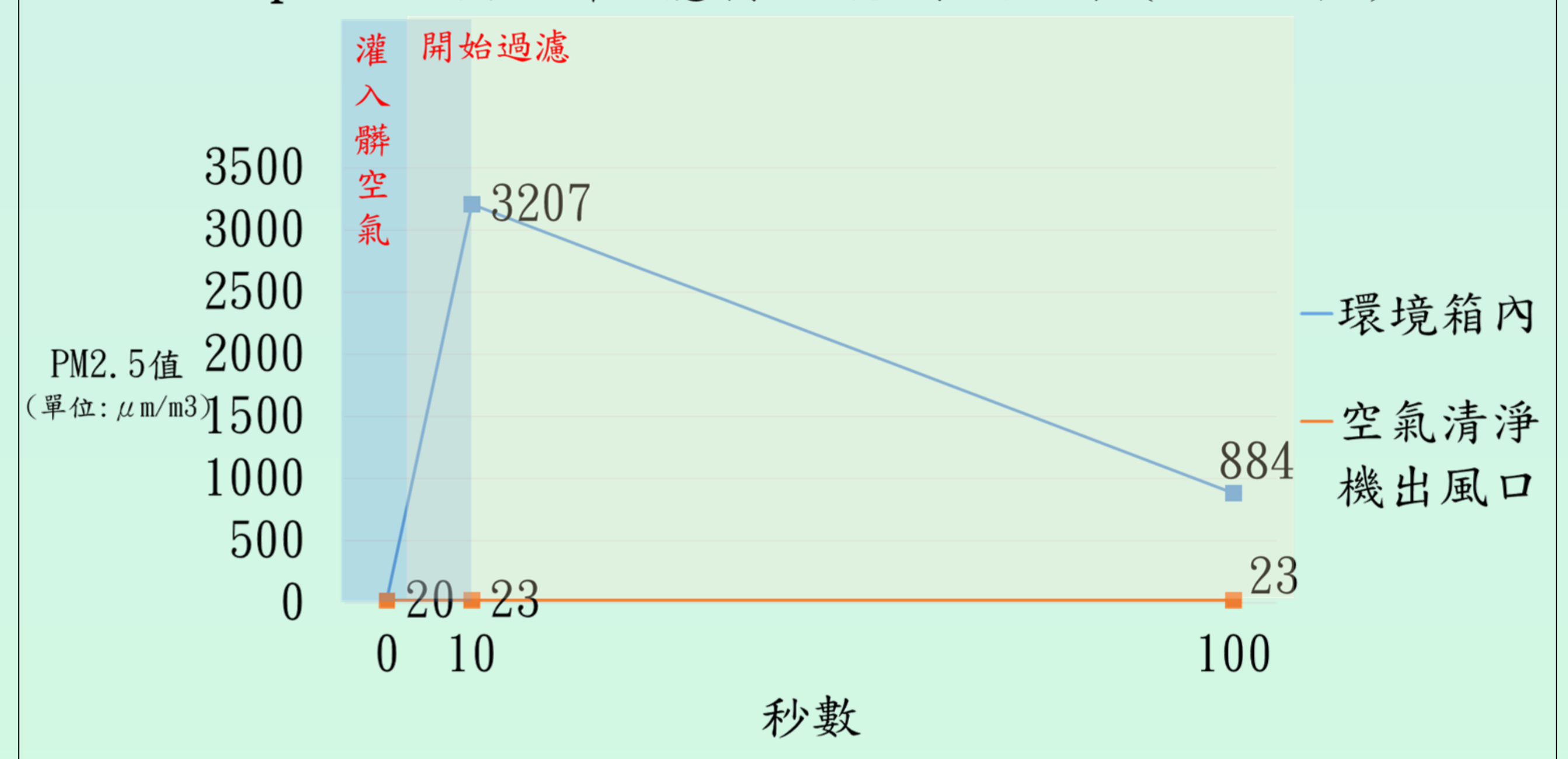
一、濾材效能測試結果：

(一) # 1 pm2.5Z摺口罩：

起始(未灌入髒空氣時)：TVOC：144 ppb、PM2.5：20 μm/m ³ 、PM10：36 μm/m ³	
實驗開始後0~10秒	過濾1分30秒後
灌入髒空氣的環境箱內 (如圖14-1)： TVOC上升至：1377 ppb PM2.5上升至：3207 μm/m ³ PM10上升至：8402 μm/m ³	環境箱內 (如圖14-3)： TVOC：485 ppb PM2.5：884 μm/m ³ PM10：1226 μm/m ³
同時間空氣清淨機出風口 (如圖14-2)： TVOC：753 ppb PM2.5：23 μm/m ³ PM10：33 μm/m ³	空氣清淨機出風口 (如圖14-4)： TVOC：389 ppb PM2.5：23 μm/m ³ PM10：33 μm/m ³

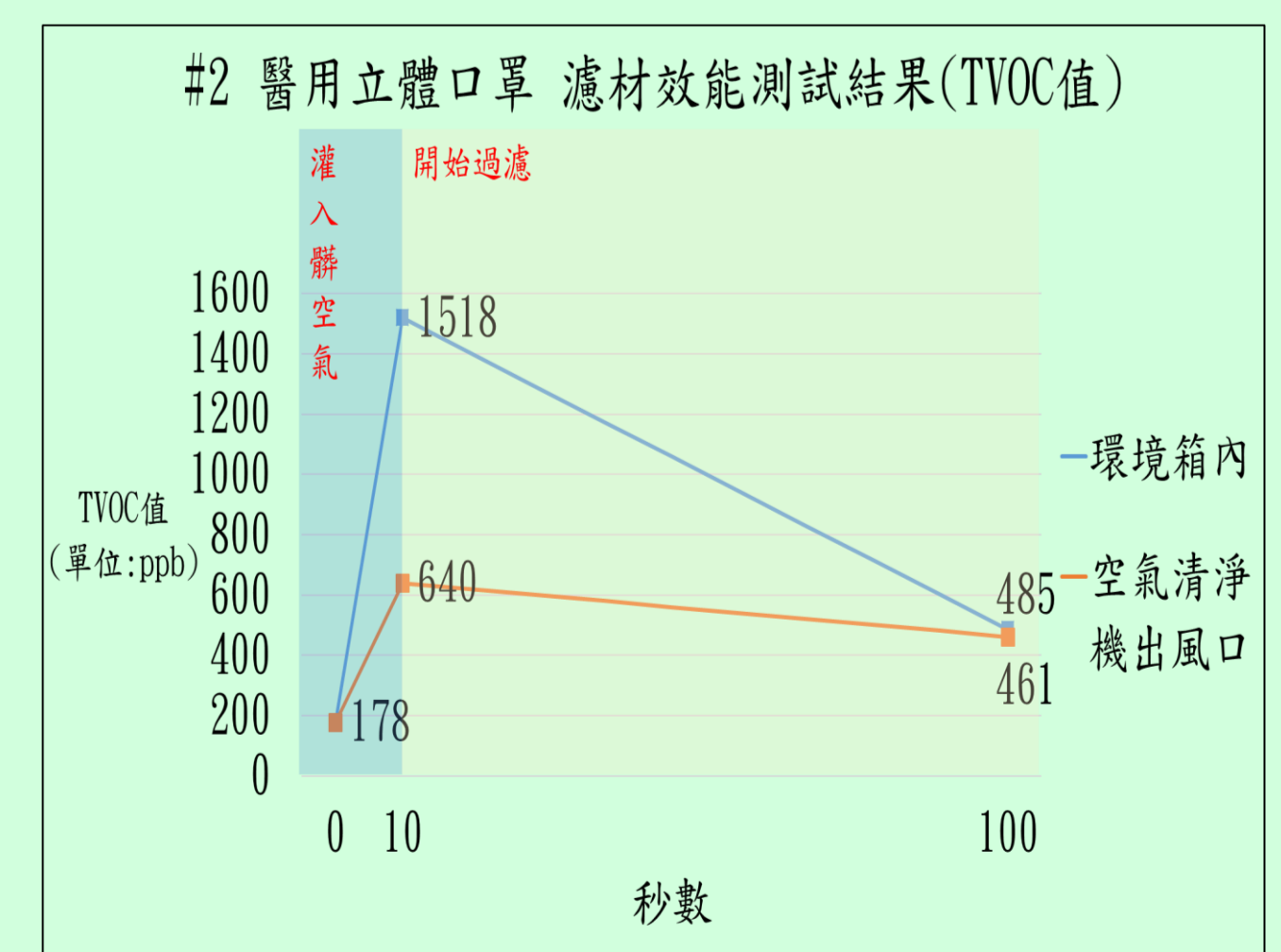
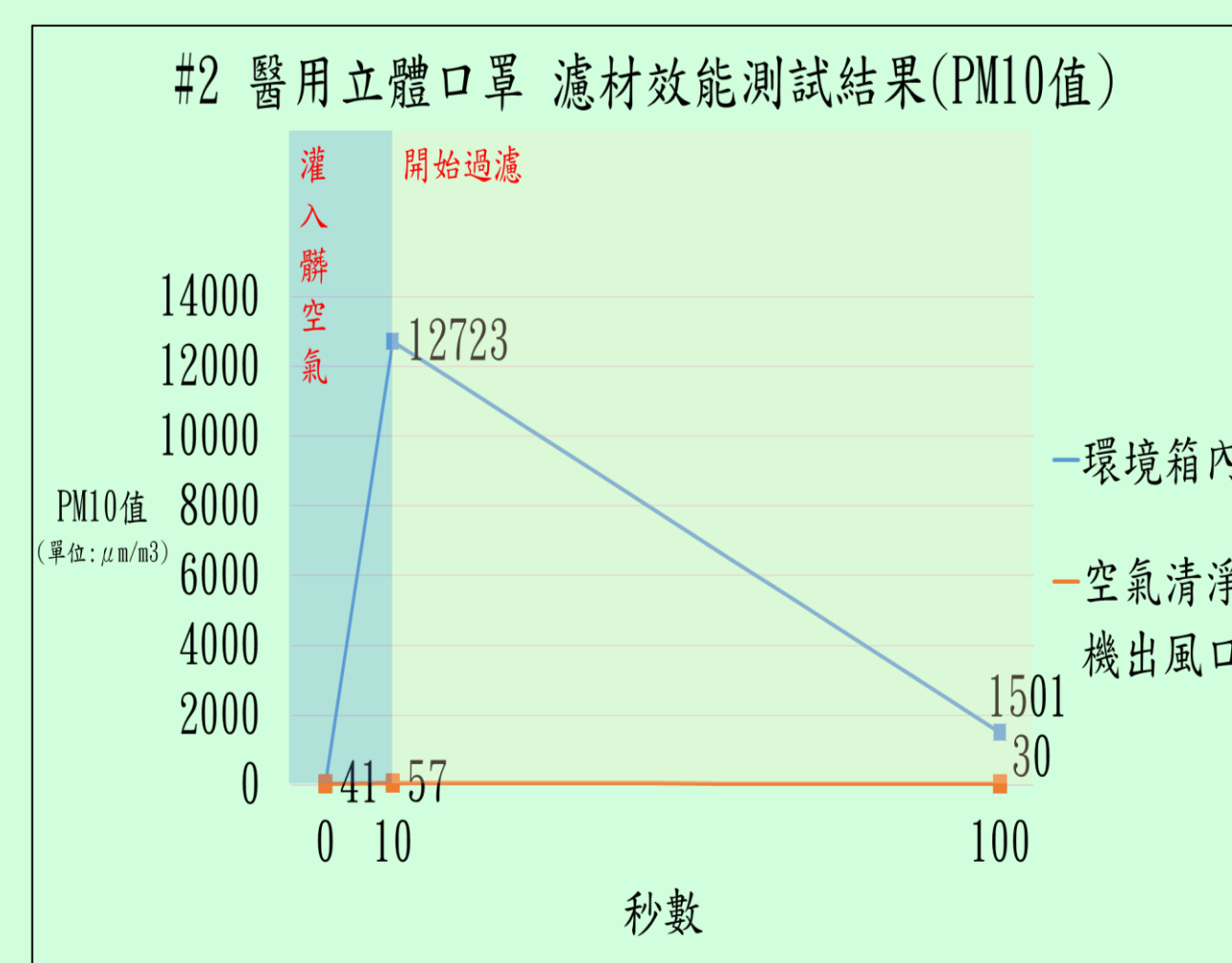


#1 pm2.5Z摺口罩 濾材效能測試結果(PM2.5值)

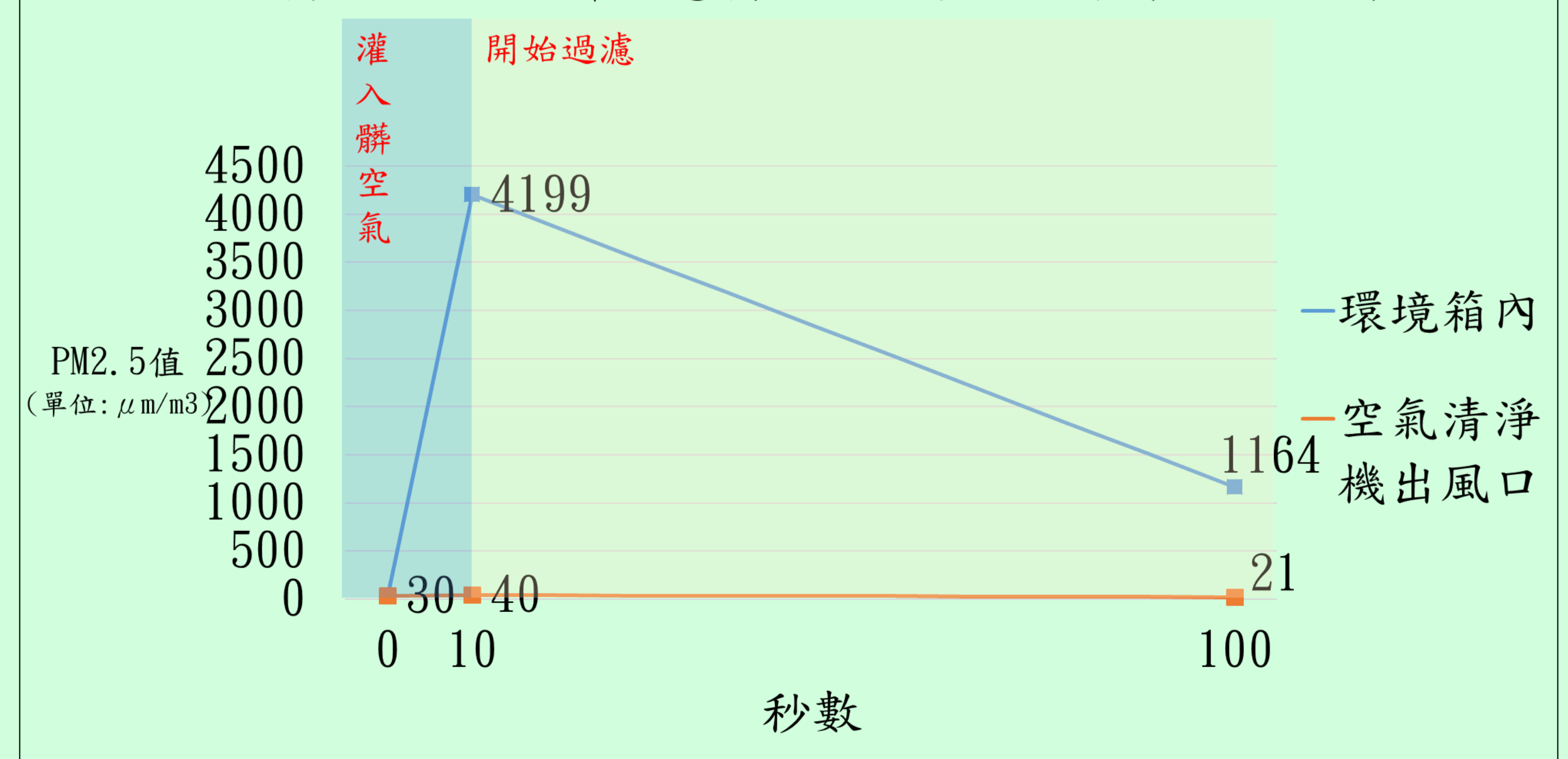


(二) # 2 醫用立體口罩：

起始(未灌入髒空氣時)：TVOC：178 ppb、PM2.5：30 μm/m ³ 、PM10：41 μm/m ³	
實驗開始後0~10秒	過濾1分30秒後
灌入髒空氣的環境箱內 (如圖14-5)： TVOC上升至：1518 ppb PM2.5上升至：4199 μm/m ³ PM10上升至：12723 μm/m ³	環境箱內 (如圖14-7)： TVOC：485 ppb PM2.5：1164 μm/m ³ PM10：1501 μm/m ³
同時間空氣清淨機出風口 (如圖14-6)： TVOC：640 ppb PM2.5：40 μm/m ³ PM10：57 μm/m ³	空氣清淨機出風口 (如圖14-8)： TVOC：461 ppb PM2.5：21 μm/m ³ PM10：30 μm/m ³



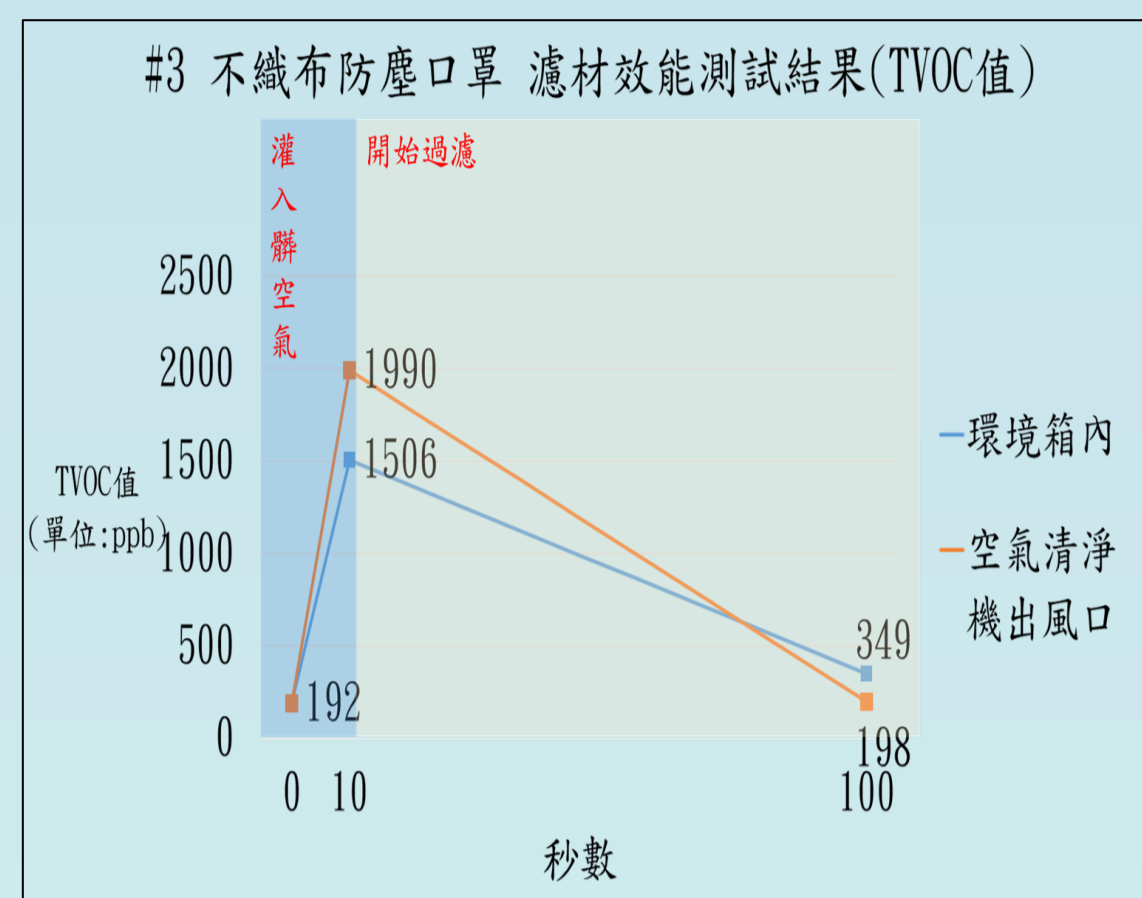
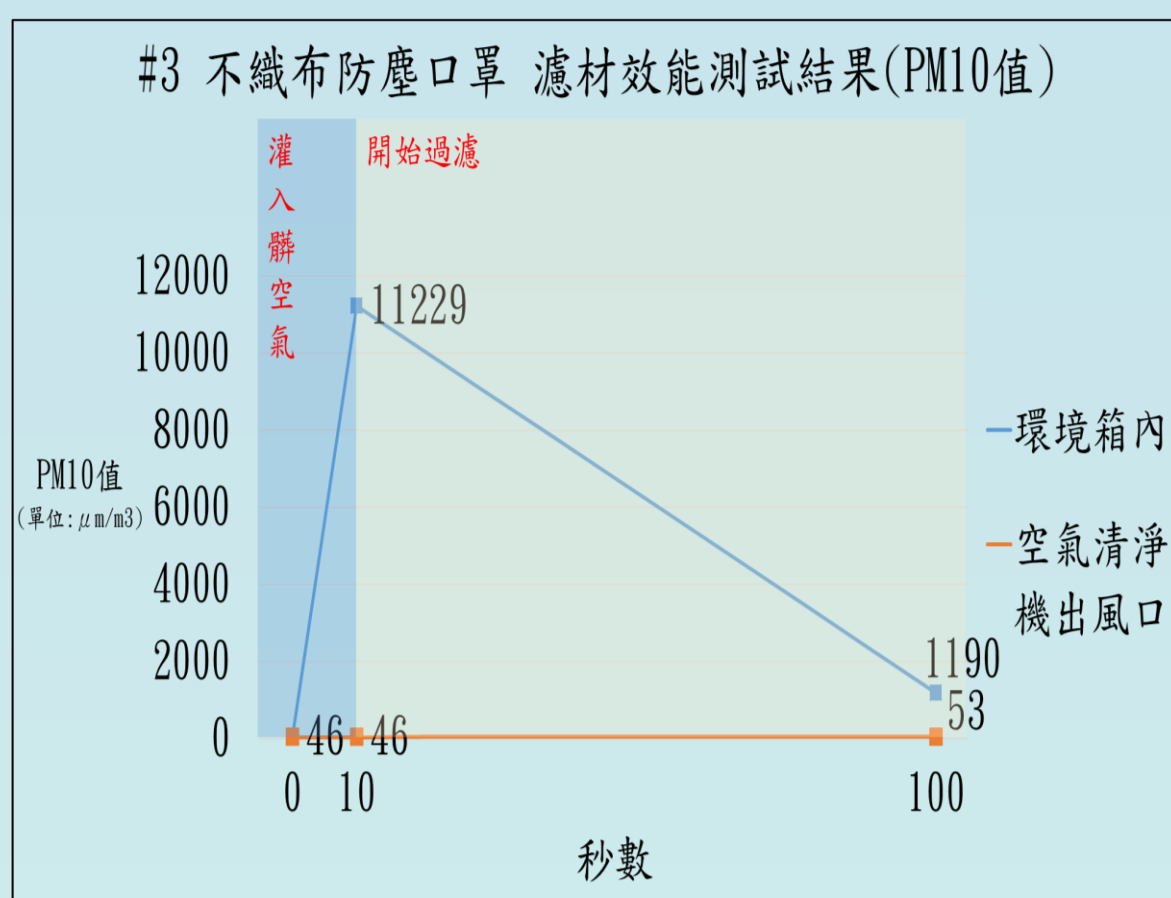
#2 醫用立體口罩 濾材效能測試結果(PM2.5值)



一、濾材效能測試結果：（續）

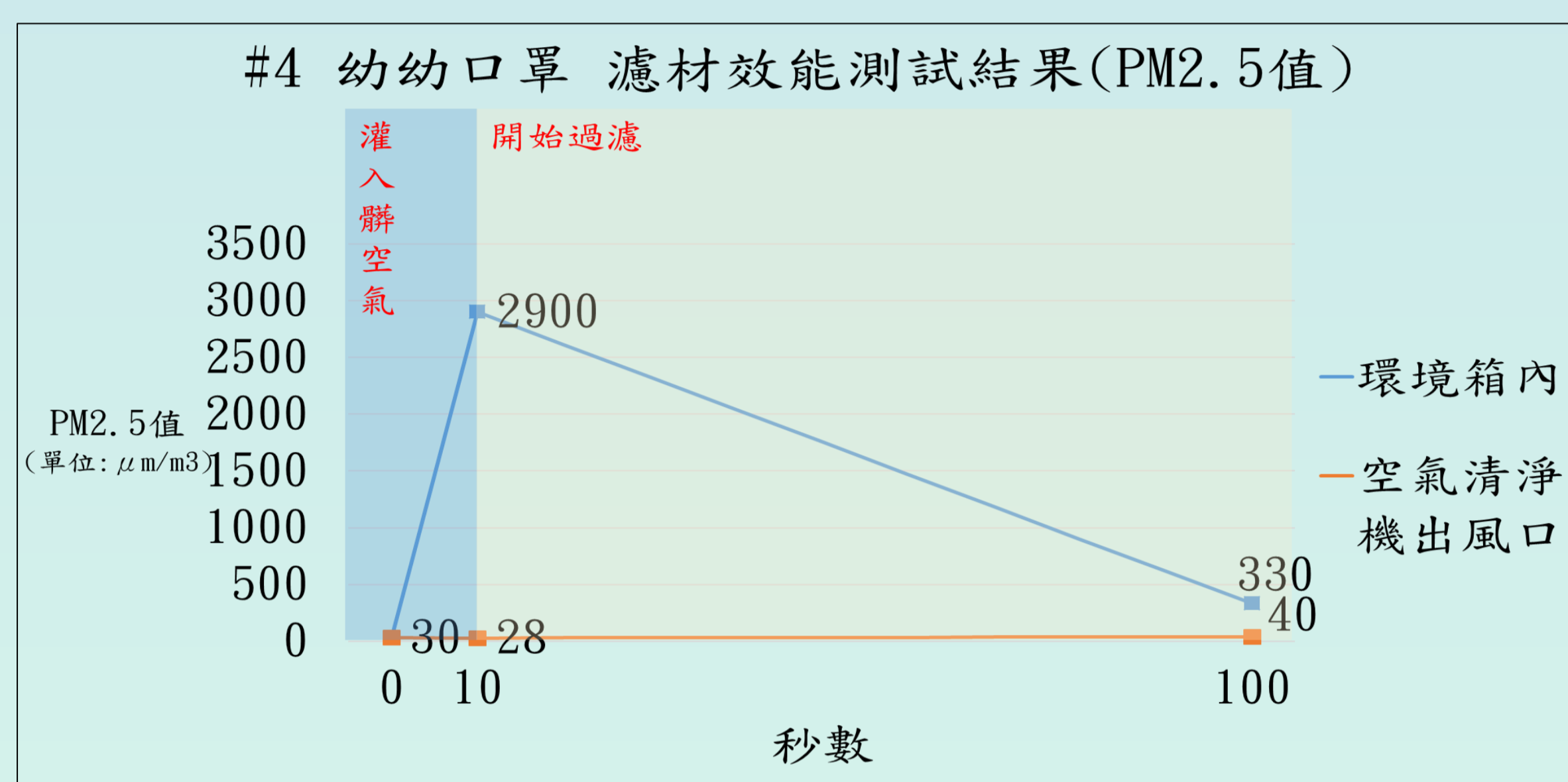
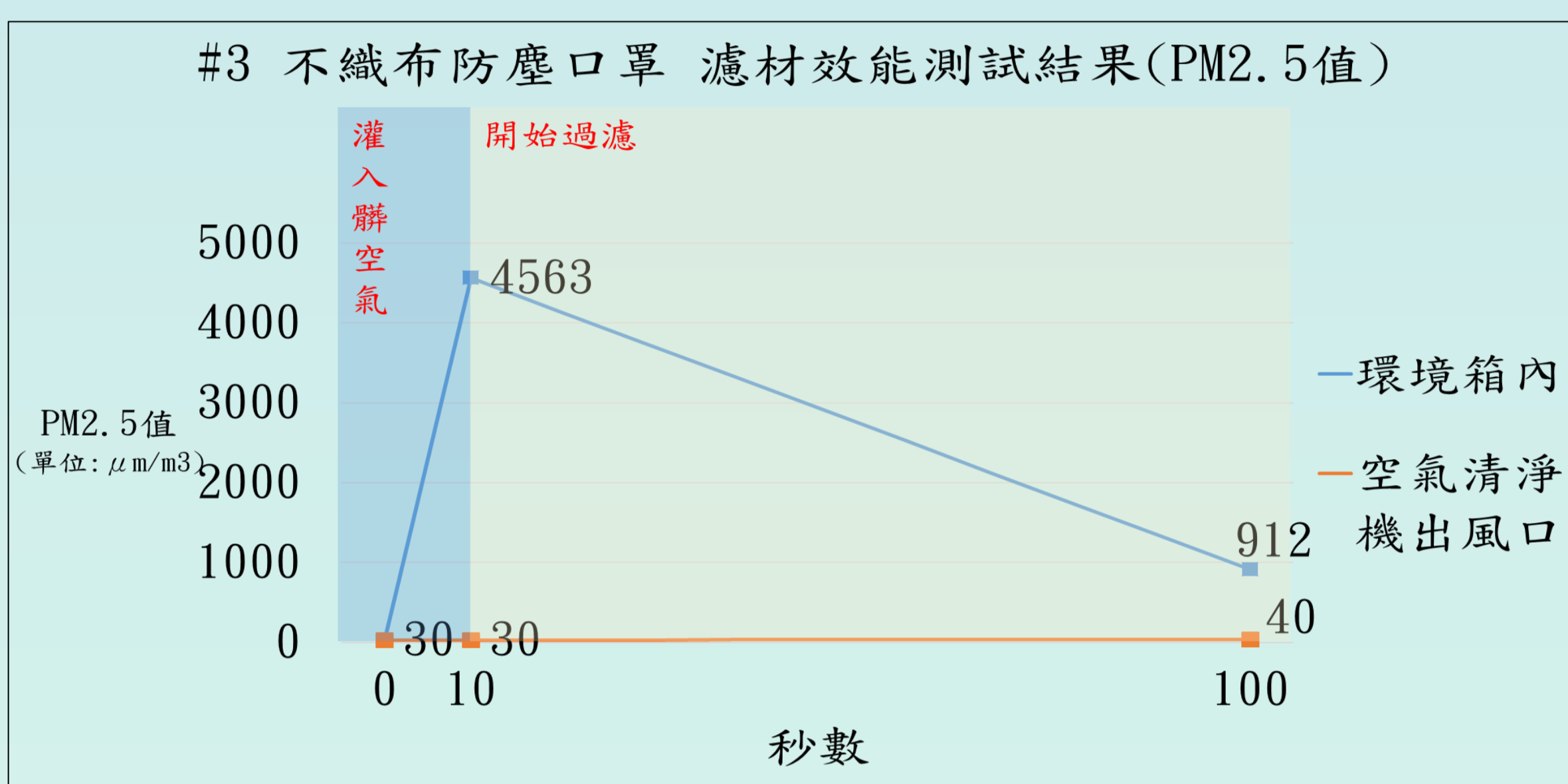
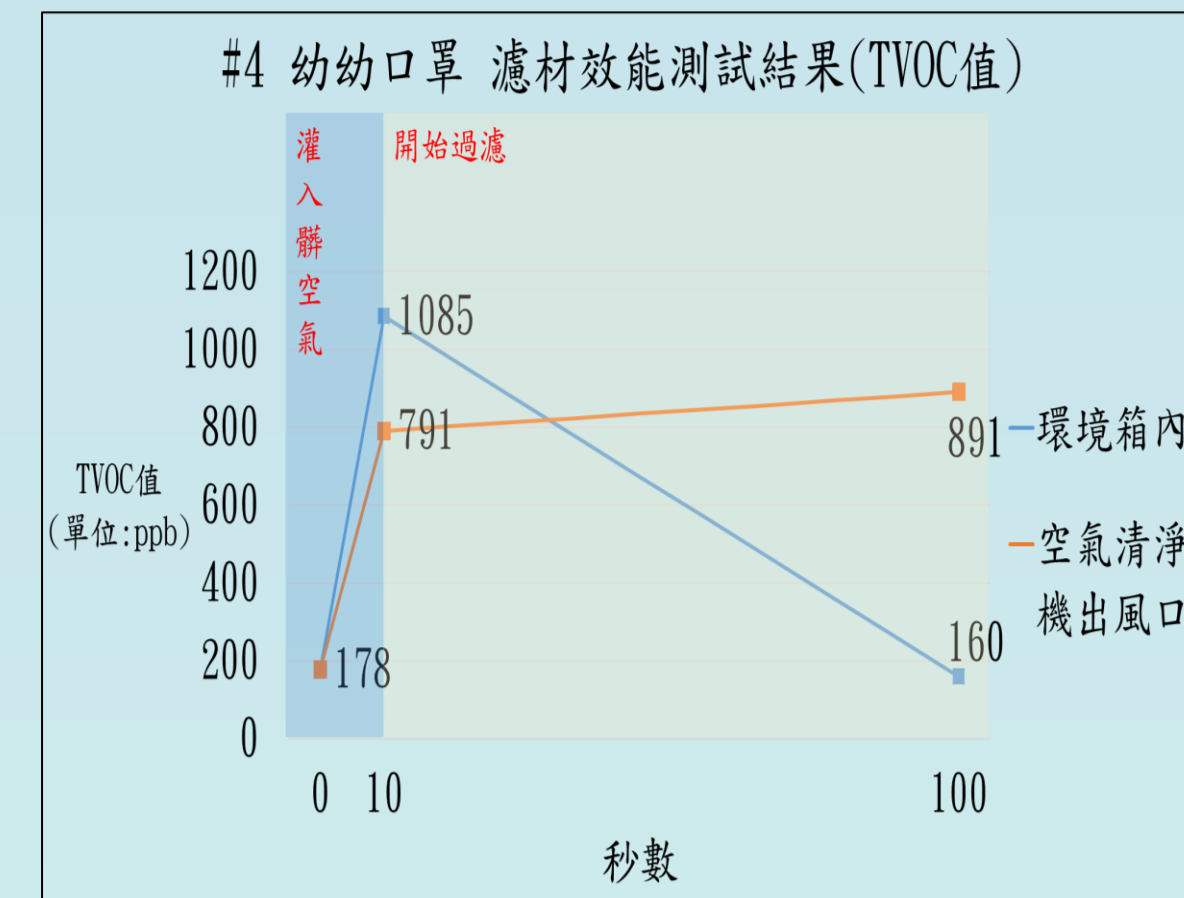
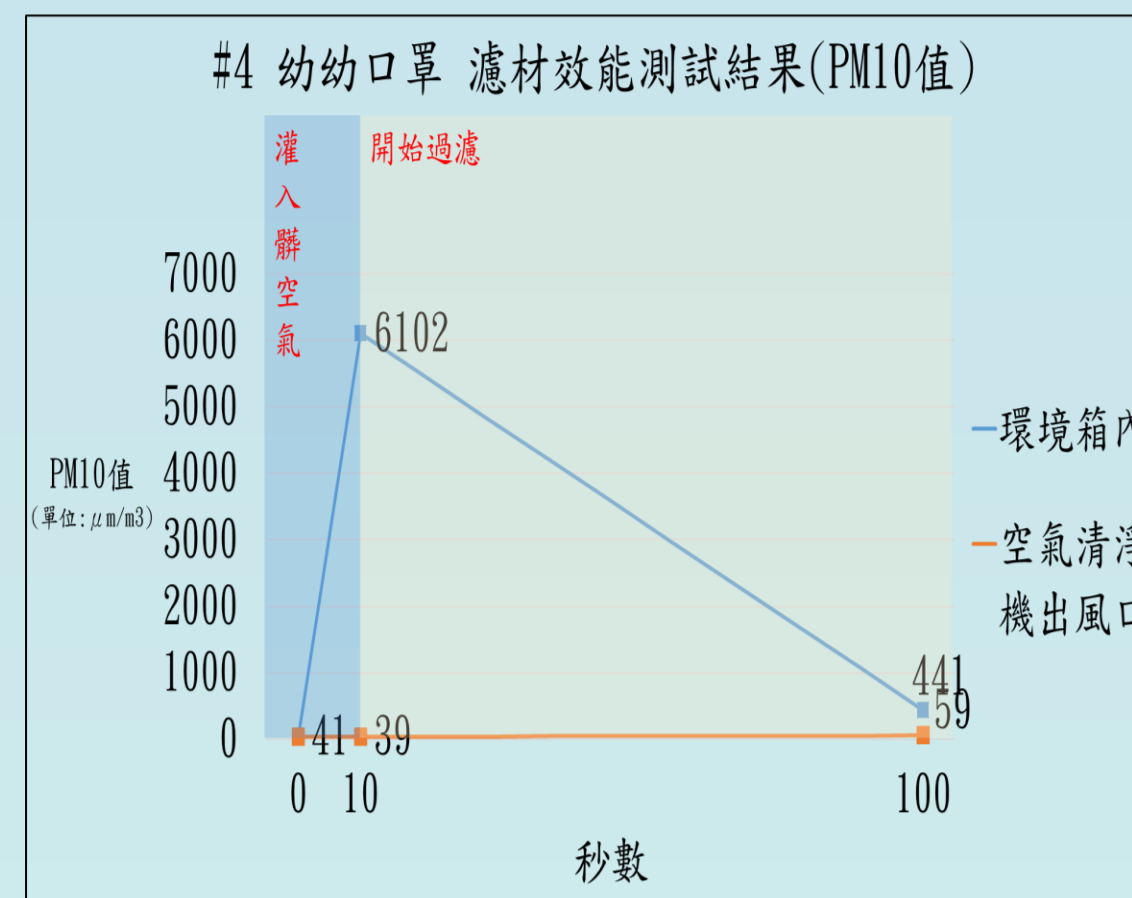
（三）# 3 不織布防塵口罩：

起始(未灌入髒空氣時)：TVOC：192 ppb、PM2.5：30 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ 、PM10：46 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	
實驗開始後0-10秒	過濾1分30秒後
灌入髒空氣的 <u>環境箱內</u> (如圖14-9)： TVOC上升至：1990ppb PM2.5上升至：4563 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10上升至：11229 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	<u>環境箱內</u> (如圖14-11)： TVOC：198ppb PM2.5：912 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10：1190 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
同時間空氣清淨機出風口 (如圖14-10)： TVOC：1506ppb PM2.5：30 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10：46 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	<u>空氣清淨機出風口</u> (如圖14-12)： TVOC：349ppb PM2.5：40 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10：53 $\mu\text{m}/\text{m}^3$



（四）# 4 幼幼口罩：

起始(未灌入髒空氣時)：TVOC：178 ppb、PM2.5：30 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ 、PM10：41 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	
實驗開始後0-10秒	過濾1分30秒後
灌入髒空氣的 <u>環境箱內</u> (如圖14-13)： TVOC上升至：1085ppb PM2.5上升至：2900 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10上升至：6102 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	<u>環境箱內</u> (如圖14-15)： TVOC：160ppb PM2.5：330 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10：441 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
同時間空氣清淨機出風口 (如圖14-14)： TVOC：791ppb PM2.5：28 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10：39 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	<u>空氣清淨機出風口</u> (如圖14-16)： TVOC：891ppb PM2.5：40 $\mu\text{m}/\text{m}^3$ PM10：59 $\mu\text{m}/\text{m}^3$



柒、問題與討論：

根據實驗結果數據顯示：使用# 3 不織布防塵口罩和# 4 幼幼口罩在進行實驗時發現，在空氣濾清器進行過濾1分30秒後，空氣濾清器出風口的TVOC和PM2.5、PM10為什麼會高於實驗開始後出風口的數值呢？經過小組討論，發現可能為以下兩個原因：

- 一、因為這兩種口罩都是屬於兒童口罩的尺寸，所以即使使用兩片口罩黏貼在一起後，仍有極細小縫隙而未察覺，導致無法完全覆蓋抽風口，造成部分的空汙從周圍細縫通過，使過濾效果不如預期。
- 二、可能因為外在環境、口罩濾材過濾效能不足等，導致過濾1分30秒後出風口測得數據仍高於過濾前所測得的數據。

捌、研究成果：

- 一、根據Mobile Nose 隨身空污鼻數據顯示，環境模擬箱內的煙霧，在經過口罩濾網、粗濾網的雙層過濾，再通過雙層風扇抽風排出空汙後，即使在使用不同材質的口罩濾網下也均能呈現空氣明顯濾清的效果，達到有效提升室內空氣品質的效能。
- 二、研究發現，這種可以具備轉換成不同能源的雙電源空氣濾清器，是一項深具推廣自然教育意義的創想，能激起學生的環保意識與實驗精神，又能在有日照的時候充分利用太陽能當電源，也能在日照不是很充足的台灣北部，適時以電能補充能源，能達到有效節約能源、節能減碳又環保的目的。
- 三、從實驗結果顯示，**# 1 pm2.5摺口罩和# 2 醫用立體口罩材質，空氣濾淨效果最顯著**，建議可以成為空氣濾清器的過濾濾材。

四、教室實際應用：

若將教室平分成四等分，本空氣濾清器經換算後，分別大約兩小時就可將整個教室空氣品質濾清一遍，未來如果設備效能提升，希望能在更短時間內將空氣濾清，口罩濾材部分建議每週更換一次，即能達到自製、環保又兼具濾清效能的研究目的。

玖、結論與未來展望：

研究中的自製「肺欲清環保雙電源空氣濾清器」皆是取材於生活中容易取得之素材，使用效能高又兼具經濟效益與教育性，製作過程簡單易學、容易推廣，希望未來能發展成一組「教學模組化」的課程，配合新課綱倡導實作的素養導向，發揮自發、互動、共好的全人教育精神，讓學生從做中學，激發創作發想，將綠色能源運用在更多的生活層面上，讓科學教育的素養向下紮根，共同為我們的環境盡一份心力。從創作中改善生活環境與推展永續能源的應用，相信這也是現在人類所需要共同面對的重要課題。

拾、參考文獻：

- 方品惠 (2015)。行政院環境保護署 環保小學堂與境教育設施場所關聯性之探討，嘉南藥理大學。
- 楊冠政 (1998)。墾丁國家公園環境教育系統研究，屏東：內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 鄭顯榮、范德媛 (2000)。推行辦公室環保與社會環境教育。環境教育季刊，43，35-41。
- 中租太陽能電廠 (2020)。取自<https://www.finmart.com.tw/>