

「揮」之不去的神秘客－TVOC 對教室空氣品質影響之探討

摘要

本實驗主要是探討 TVOC 對教室空氣品質的影響，分成三個部份。

第一個部份：從探究 PM2.5 對學校環境的影響轉移到探討 TVOC 對教室空氣品質影響的過程。

第二個部份：從文獻閱讀的過程中了解 TVOC 的內涵與對環境的影響。

第三個部份：進行一連串的實驗來發現 TVOC 對教室空氣品質的影響。

研究發現，在教室內使用白板筆進行教學或學習活動時，就算白板筆開蓋的時間只有十幾秒，白板筆擴散到使用者身體四周的濃度之高，是值得我們警醒的。即使白板筆開蓋使用完把筆蓋闔起來，也會有將近一分鐘以上的時間在使用者身體四周具有高濃度的 TVOC。

壹、前言

一、研究動機

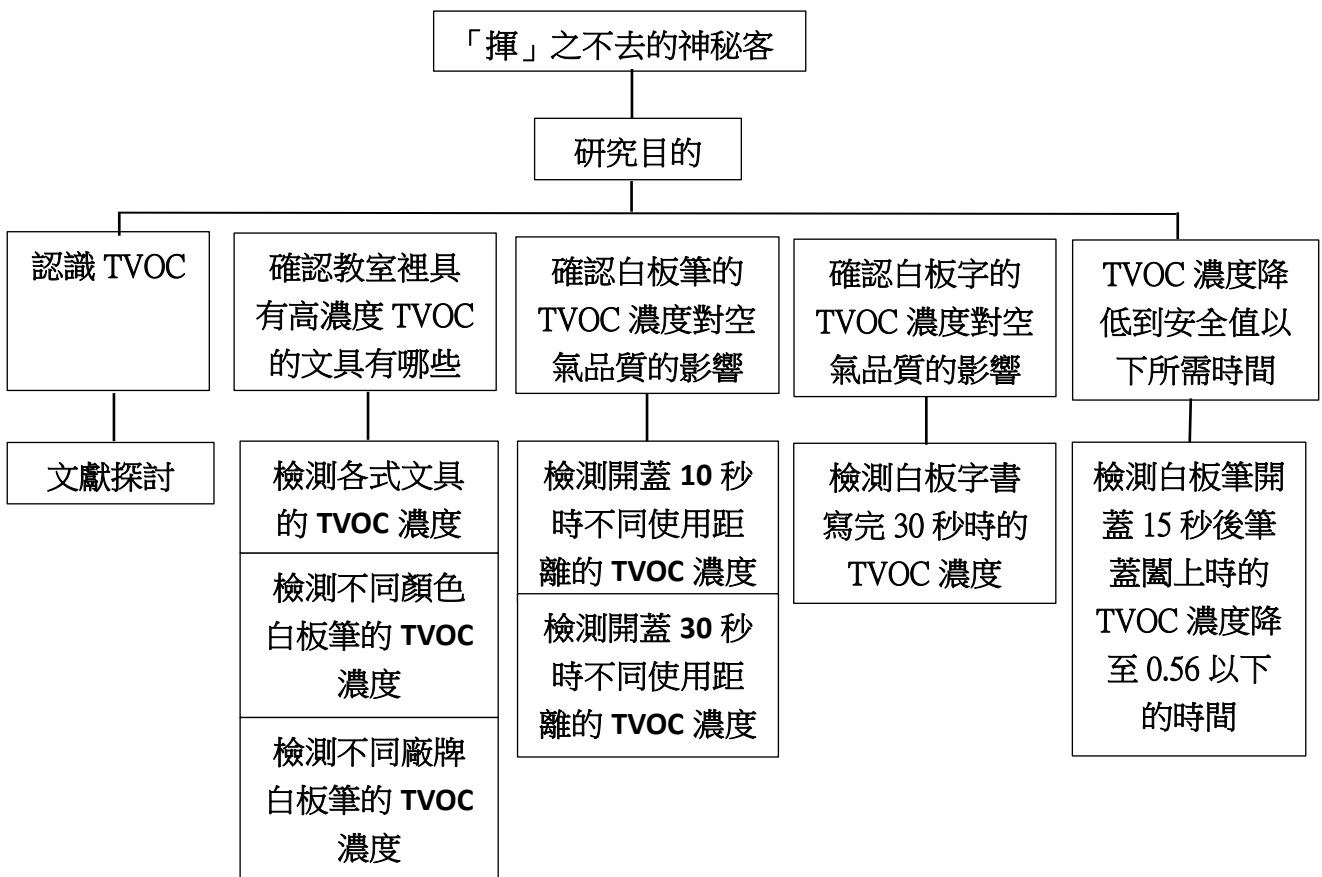
中年級自然課在進行空氣這個單元時，我們曾經和老師討論空氣污染的問題。我們很好奇，和我們生活密切的學校環境空氣品質到底好不好？研究最初，我們本來想探討學校不同位置、不同樓層 PM2.5 的情形，以提醒同學們可以少去那些 PM2.5 較嚴重的地方。當我們拿空氣檢測儀在事先安排的各個地點做檢測時，發現 PM2.5 並沒有顯著的差距。但在過程中，我們意外發現了 TVOC 的數據。我們的空氣檢測儀除了可以顯示 PM2.5 的數據外，還提供了 TVOC 的量測結果，這引起了我們對 TVOC 的好奇心。TVOC 到底是什麼呢？生活中比較少聽到有人在探討 TVOC，因此我們開始蒐集 TVOC 的相關資料。做了文獻探討後，除了發現 TVOC 在臺灣的標準與國際有所不同外，同時也發現了 TVOC 對人體的影響。我們開始好奇教室內有哪些文具會有 TVOC 的危害，尤其是學校常用白板筆來代替粉筆，我們想探討白板筆真的比粉筆好嗎？還是，反而更加危險呢？

二、研究目的

根據我們的研究動機，我們進行這一個研究的主要目的如下：

- (一)、我們想要認識 TVOC。
- (二)、我們想要了解教室裡可能產生高濃度 TVOC 的文具有哪些。
- (三)、我們想要了解這些產生高濃度 TVOC 的文具在不同的使用條件下對教室空氣品質產生的影響。
- (四)、我們想要了解白板筆寫在白板上字跡，其 TVOC 濃度對教室空氣品質的影響。
- (五)、我們想要了解在使用這些產生高濃度 TVOC 的文具一段時間後，TVOC 濃度需要多少時間才能降低到安全值以下。

根據以上的目的，我們整理出以下的架構圖。







貳、研究設備及器材

研究設備及器材包含：一、實驗用品。二、測量工具。

一、實驗用品：(廠牌部分，照片已被處理)

照片					
名稱	油性麥克筆	甲牌白板筆	乙牌白板筆	丙牌白板筆	奇異筆
照片					
名稱	彩色筆	螢光筆	簽字筆	原子筆	

二、測量工具

照片				
名稱	空氣檢測儀	碼表	白板紙	捲尺
功能	檢測 TVOC 濃度	計時	書寫白板字	測量距離

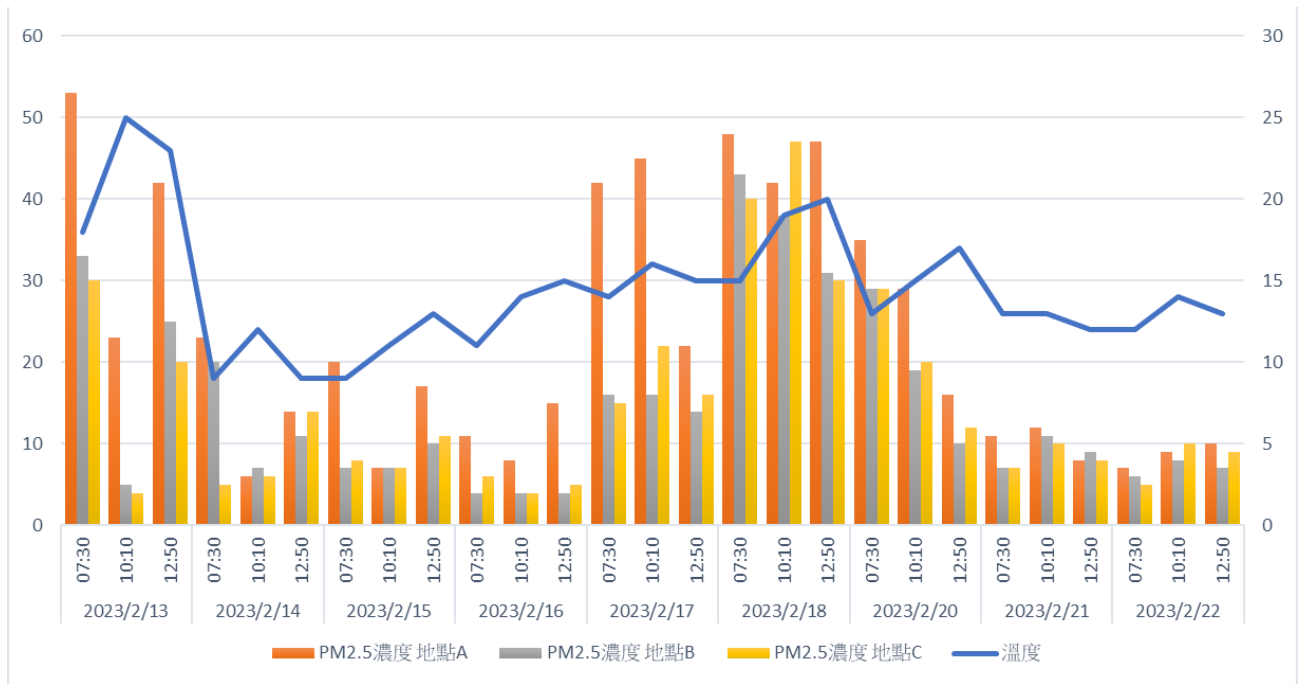
參、研究過程或方法

研究過程與方法這個部分，包含如下：一、研究轉折，二、文獻探究，三、實驗過程等三個部分。

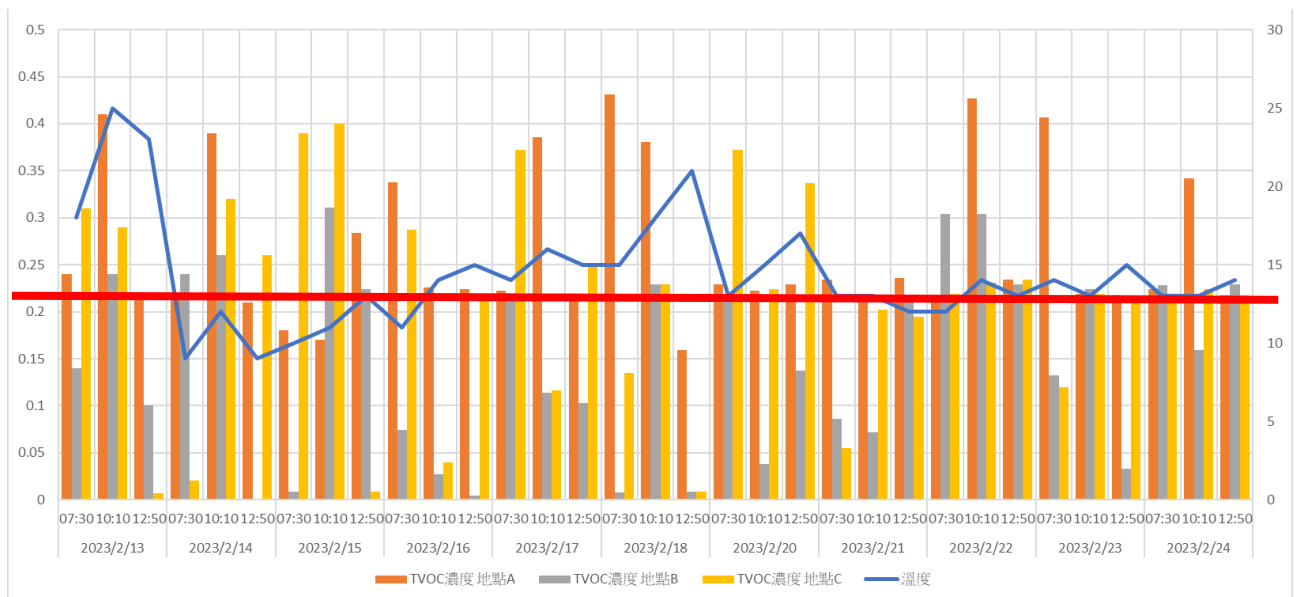
一、 研究轉折

原先我們想要探究的主要對象是學校環境 PM2.5 的影響。

我們分別在三個地點(地點 A:靠近十字路口處，地點 B:學校中心點，地點 C:靠近十字路口處的四樓)進行兩個星期共十一個上課日關於PM2.5的檢測與數據的蒐集。檢測結果如下：



圖(一)：民富國小 PM2.5 濃度檢測紀錄圖



圖(二)：民富國小 TVOC 濃度檢測紀錄圖

在進行 PM2.5 的檢測與數據蒐集的同時，我們也針對 TVOC 濃度進行檢測與數據的蒐集。我們發現到 PM2.5 的濃度不管是在哪個時間或哪個地點都沒有超過橙色以上危險等級。顯示民富國小雖然處在十字路口旁，但交通流量造成懸浮微粒的危害並不明顯。

這和我們預期的結果有著明顯的落差。灰心之餘，我們發現到空氣檢測儀除了可以顯示 PM2.5 的數據外，還提供了 TVOC 的量測結果。這引起了我們對 TVOC 的好奇心。TVOC 到底是什麼呢？生活中比較少聽到有人在探討 TVOC，因此我們開始蒐集 TVOC 的相關資料。

二、 文獻探究

(一) 總揮發性有機物(TVOC)

室內空氣品質的研究人員通常把他們採樣分析的所有室內有機氣態物質總稱為 TVOC，它是 Total Volatile Organic Compound 四個詞第一個字母的縮寫。各種被測量的 TVOC 被總稱為總揮發性有機物 TVOC(Total Volatile Organic Compounds)。世界衛生組織 (WHO,1989)對總揮發性有機物(TVOC)的定義為：熔點低於室溫而沸點在 50~260°C 之間的揮發性有機化合物的總稱。(摘錄自油煙裊裊—收集與檢驗油煙方法之探討，賴鴻名等，2020)

(二) TVOC 的來源

主要來自燃料燃燒和交通運輸產生的工業廢氣、汽車尾氣、光化學污染等。學校玩具、文具也會是主要來源。像是油性奇異筆開蓋 20 分鐘濃度高達 138.37 ppm；而同屬油性文具的白板筆開蓋後不但有明顯刺鼻味道，開蓋 30 分鐘內的濃度，會達到 67.25ppm，遠高於法規標準。(摘錄自不是沒甲醛就安全，黃慧玫，2021)

(三) TVOC 的危害

揮發性有機物的危害很明顯，當室內揮發性有機物濃度超過一定濃度時(目前法規標準上，環保署為 TVOC 一小時平均測值超過 0.56ppm 體積濃度百萬分之一，世界衛生組織的標準則為 0.261ppm)，在短時間內人們會感到頭痛、噁心、嘔吐、四肢乏力；嚴重時會抽搐、昏迷、記憶力減退。揮發性有機物傷害人的肝臟、腎臟、大腦和神經系統，其中還包含很多致癌物質也會讓人們罹患呼吸道、肺部相關疾病的比例大幅提升。

三、 實驗過程

根據我們的實驗目的，我們的實驗內容包含如下：(一) 檢測各式文具的 TVOC 濃度，(二) 檢測不同形式的白板筆其 TVOC 濃度對空氣品質的影響，(三) 檢測白板筆在不同使用情境下的 TVOC 濃度對空氣品質的影響，(四) 檢測白板字書寫完 30 秒時的 TVOC 濃度，(五) 白板筆使用後 TVOC 濃度降低到安全值以下所需時間。

(一) 檢測各式文具的 TVOC 濃度

我們選擇學生在教室內常用的幾種書寫或劃記用的筆類文具做為檢測對象，想要了解這些文具是否具有超過環保署規定的 TVOC 濃度含量。

實驗 1 檢測各式文具的 TVOC 濃度


控制變因	檢測儀和文具的距離、檢測時間、實驗場所(TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	各式文具	應變變因	TVOC 濃度
實驗器材與材料	器材:空氣檢測儀、碼表、尺 材料:油性麥克筆、白板筆、螢光筆、簽字筆、彩色筆、奇異筆、原子筆				
實驗方法	1. 將空氣檢測儀和文具保持五公分的距離。 2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。 3. 檢測五次，求其平均值做為檢測數據。				

(二) 檢測不同形式的白板筆其 TVOC 濃度對空氣品質的影響


使用空氣檢測儀測量不同形式白板筆的 TVOC 的濃度時，我們測量方式進行如下：

1. 實驗 2-1，檢測不同顏色白板筆的 TVOC 濃度。
2. 實驗 2-2，檢測不同廠牌白板筆的 TVOC 濃度。

實驗 2-1 檢測不同顏色白板筆的 TVOC 濃度

控制變因	檢測儀和白板筆的距離、檢測時間、實驗場所(TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	白板筆的顏色	應變變因	TVOC 濃度
實驗器材與材料	器材: 空氣檢測儀、碼表、尺 材料: 藍色白板筆、紅色白板筆、黑色白板筆				
實驗方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離。 2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。 3. 檢測五次，求其平均值做為檢測數據。 				

實驗 2-2 檢測不同廠牌白板筆的 TVOC 濃度

控制變因	檢測儀和白板筆的距離、檢測時間、實驗場所(TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	白板筆的廠牌	應變變因	TVOC 濃度
實驗器材與材料	器材: 空氣檢測儀、碼表、尺 材料: 三種廠牌白板筆				
實驗方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離。 2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。 3. 檢測五次，求其平均值做為檢測數據。 				

(三) 檢測白板筆在不同使用情境下的 TVOC 濃度對空氣品質的影響



使用空氣檢測儀測量白板筆 TVOC 的濃度時，我們測量方式進行如下：

1. 實驗 3-1，檢測白板筆開蓋 10 秒時不同位置的 TVOC 濃度。
2. 實驗 3-2，檢測白板筆開蓋 30 秒時不同位置的 TVOC 濃度。

實驗 3-1 檢測白板筆開蓋 10 秒時不同位置的 TVOC 濃度



控制變因	白板筆的檢測時間、實驗場所 (TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	檢測儀和白板筆的距離	應變變因	TVOC 濃度
實驗器材與材料	器材: 空氣檢測儀、碼表、尺 材料: 甲牌白板筆				
實驗方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將空氣檢測儀和白板筆分別保持 5 公分、30 公分、100 公分三種距離。 2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。 3. 每一種距離各自檢測五次，求其平均值做為檢測數據。 				

實驗 3-2 檢測白板筆開蓋 30 秒時不同位置的 TVOC 濃度

控制變因	白板筆的檢測時間、實驗場所 (TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	檢測儀和白板筆的距離	應變變因	TVOC 濃度
實驗器材與材料	器材: 空氣檢測儀、碼表、尺 材料: 甲牌白板筆				
實驗方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將空氣檢測儀和白板筆分別保持 5 公分、30 公分、100 公分三種距離。 2. 白板筆開蓋檢測 30 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。 3. 每一種距離各自檢測五次，求其平均值做為檢測數據。 				

(四) 檢測白板字書寫完 30 秒時的 TVOC 濃度

實驗 4 檢測白板字書寫完 30 秒時的 TVOC 濃度

控制變因	白板紙的檢測時間、實驗場所 (TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	檢測儀和白板字的距離	應變變因	TVOC 濃度
實驗器材與材料	器材: 空氣檢測儀、碼表、尺 材料: 白板紙	 			
實驗方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用甲牌白板筆在白板紙上沿著格線在相同時間(160 秒)畫出 40 個相同大小圖案。 2. 在 6 秒內將白板紙移動到 6 公尺遠的檢測地點，用空氣檢測儀檢測 30 秒後的 TVOC 濃度。 3. 檢測五次，求其平均值做為檢測數據。 				

(五) 白板筆使用後 TVOC 濃度降低到安全值以下所需時間

實驗 5 檢測白板筆開蓋 15 秒後筆蓋闔上時的 TVOC 濃度降至 0.56 以下的時間

控制變因	白板筆的開蓋時間、實驗場所 (TVOC 濃度在 0.1ppm 以下)	操作變因	白板筆	應變變因	TVOC 濃度降至 0.56 以下的時間
實驗器材與材料	器材: 空氣檢測儀、碼表、尺 材料: 白板筆				
實驗方法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離，白板筆開蓋 15 秒後闔上筆蓋。 2. 用空氣檢測儀檢測筆蓋闔上後的 TVOC 濃度，紀錄 TVOC 濃度降至 0.56 以下的時間。 3. 檢測五次 TVOC 濃度降至 0.56 以下所需時間，求其平均值做為檢測數據。 				

肆、研究結果

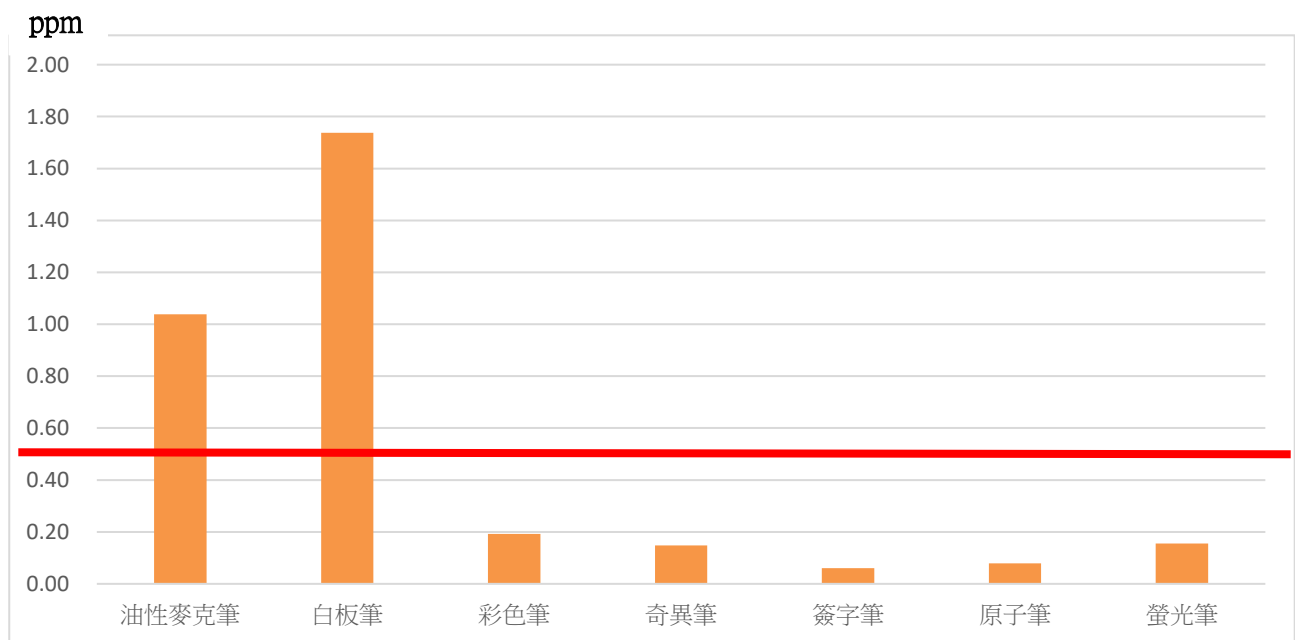
一、根據研究目的(二)，我們想要了解教室裡常用筆類文具的 TVOC 濃度。我們使用空氣檢測儀來進行檢測，檢測結果如下。

表(一)：檢測各式文具的 TVOC 濃度統計表 單位：ppm

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
油性麥克筆	0.957	0.896	0.889	1.452	1.083	1.055
白板筆	1.400	1.860	1.840	1.220	2.368	1.737
彩色筆	0.214	0.202	0.193	0.176	0.174	0.191
奇異筆	0.364	0.024	0.142	0.082	0.130	0.148
簽字筆	0.007	0.229	0.024	0.04	0.002	0.060
原子筆	0.012	0.086	0.093	0.102	0.099	0.078
螢光筆	0.164	0.150	0.097	0.126	0.239	0.155

說明：1. 將空氣檢測儀和各式文具保持五公分的距離。

2. 各式文具開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。



圖(三)：檢測各式文具的 TVOC 濃度長條圖

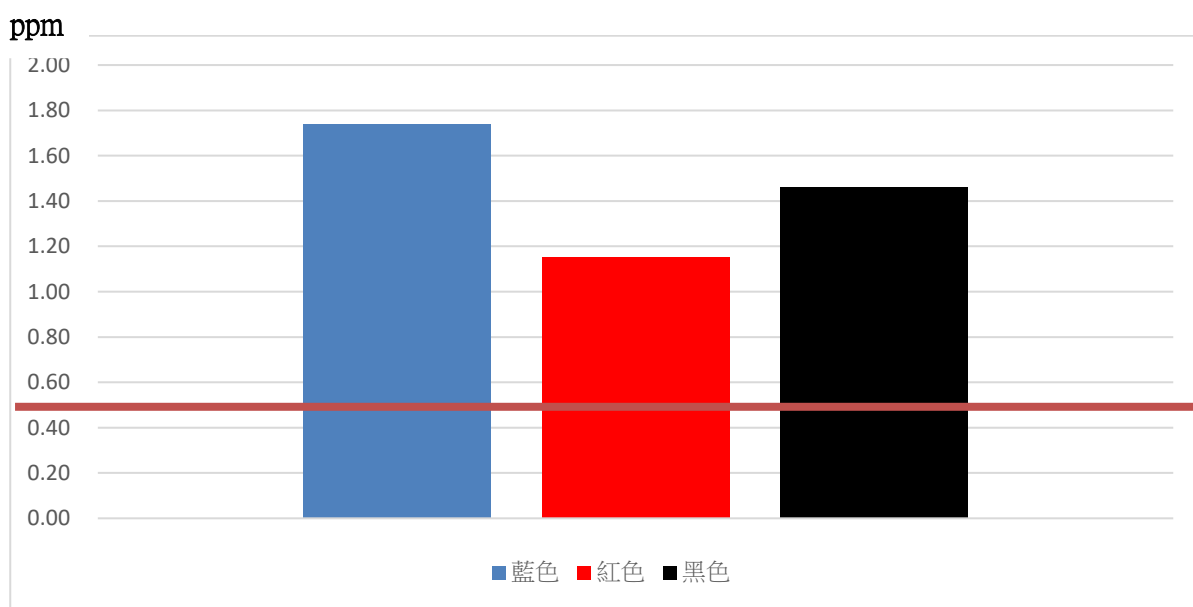
發現 1：白板筆和油性麥克筆具有高濃度的 TVOC，其 TVOC 濃度超過 0.56ppm 非常多。

二、根據研究目的(二)，我們想要了解教室裡常用白板筆的 TVOC 濃度。我們使用空氣檢測儀來進行檢測，檢測結果如下。

表(二)：檢測各色白板筆 TVOC 濃度統計表 單位：ppm

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
藍色	1.4	1.86	1.84	1.22	2.368	1.737
紅色	1.2	1.238	1.192	1.251	0.875	1.151
黑色	1.251	0.937	1.472	1.386	2.27	1.463

- 說明：1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離。
2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。



圖(四)：檢測各色白板筆 TVOC 濃度長條圖

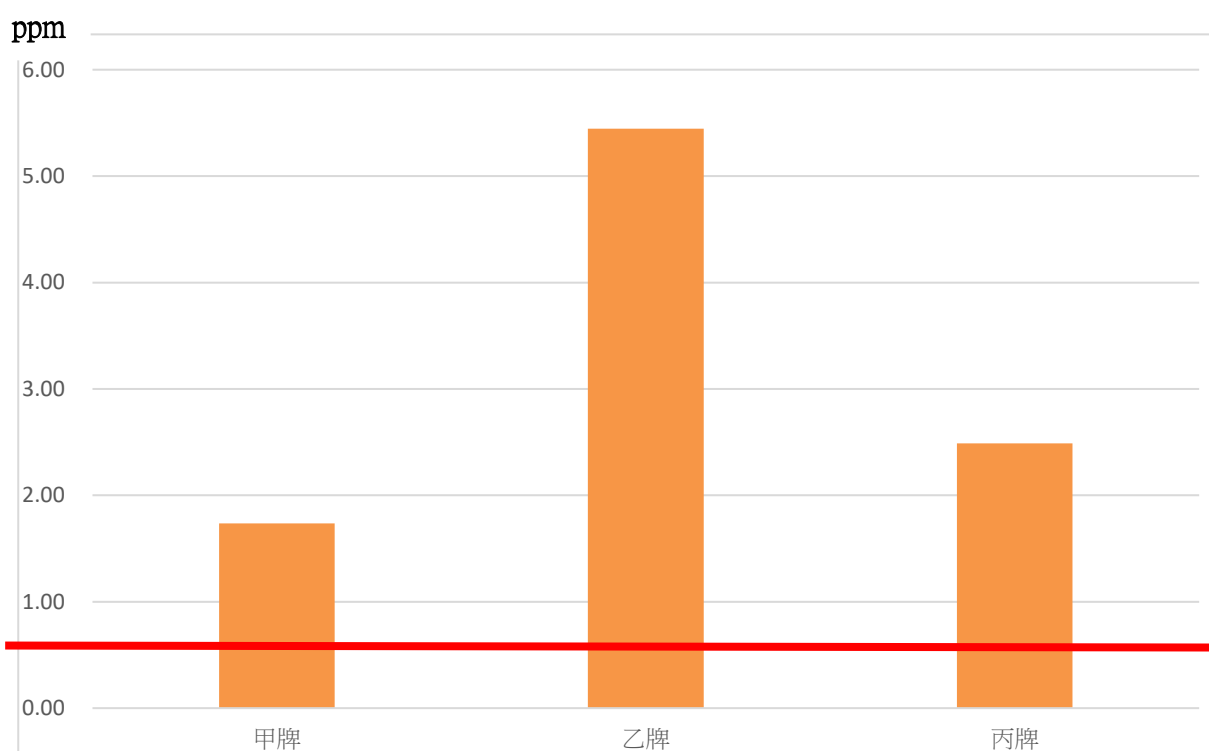
發現 2：不管何種顏色的白板筆，都具有高濃度的 TVOC，都超過 0.56ppm 非常多。

表(三)：檢測各廠牌色白板筆 TVOC 濃度統計表 單位：ppm

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
甲牌	1.4	1.86	1.84	1.22	2.368	1.737
乙牌	4.533	4.71	6.99	5.283	3.021	4.907
丙牌	1.973	2.316	2.4	2.729	3.021	2.488

說明：1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離。

2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。



圖(五)：檢測各廠牌色白板筆 TVOC 濃度長條圖

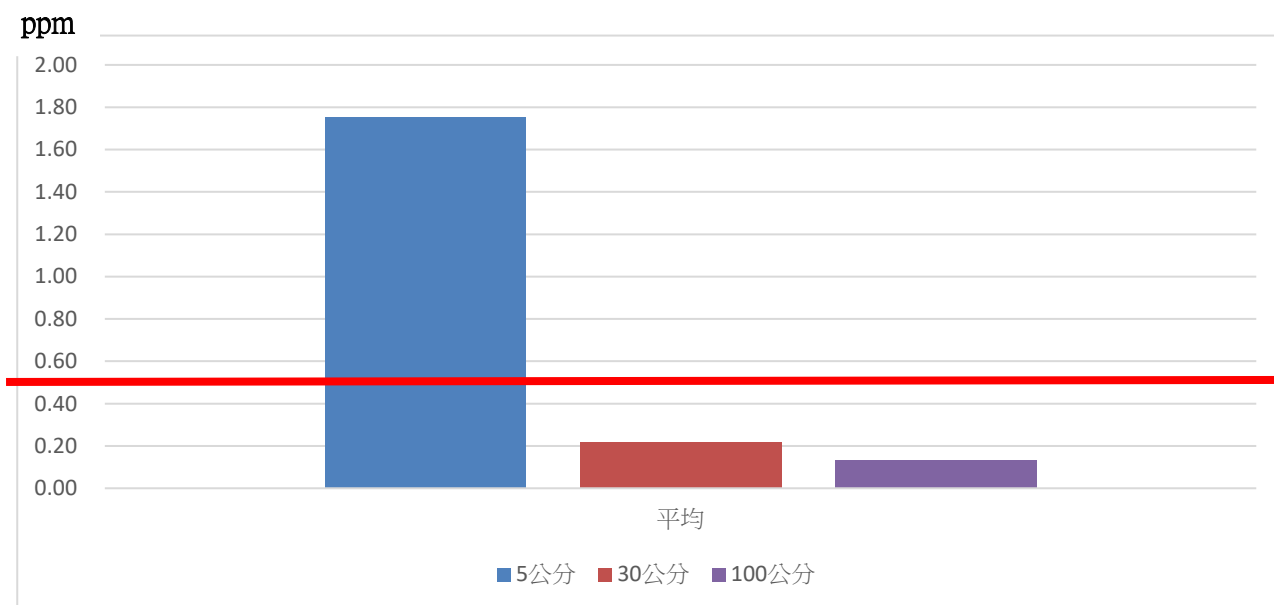
發現 3：不管何種廠牌的白板筆，都具有高濃度的 TVOC，都超過 0.56ppm 非常多。且乙牌白板筆 TVOC 濃度最高。

三、根據研究目的(三)，我們想要了解白板筆在不同的使用條件下對教室空氣品質產生的影響。我們使用空氣檢測儀來進行檢測，檢測結果如下。

表(四)：檢測白板筆開蓋 10 秒時不同位置的 TVOC 濃度統計表 單位：ppm

	5 公分	30 公分	100 公分
第一次	1.400	0.176	0.032
第二次	1.860	0.188	0.125
第三次	1.840	0.150	0.103
第四次	1.220	0.231	0.198
第五次	2.368	0.347	0.204
平均	1.740	0.220	0.130

說明：1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離。
2. 白板筆開蓋檢測 10 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。



圖(六)：檢測白板筆開蓋 10 秒時不同位置的 TVOC 濃度長條圖

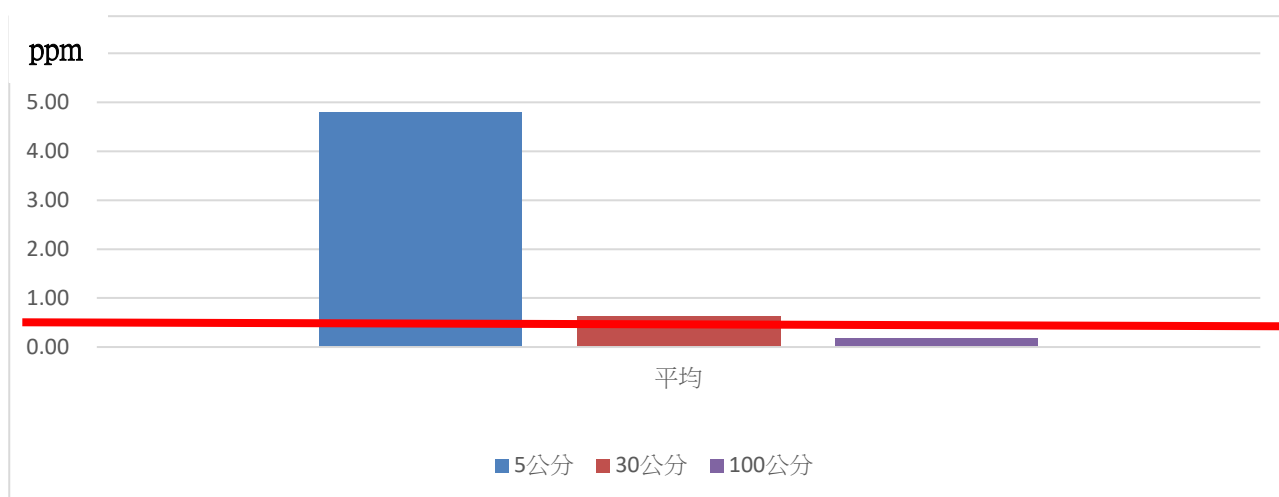
發現 4：在白板筆開蓋 10 秒的狀況下，距離白板筆越近，TVOC 濃度就越高。保持 30 公分以上距離，TVOC 濃度則會落在 0.56ppm 的標準之下。

表(五)：檢測白板筆開蓋 30 秒時不同位置的 TVOC 濃度統計表 單位：ppm

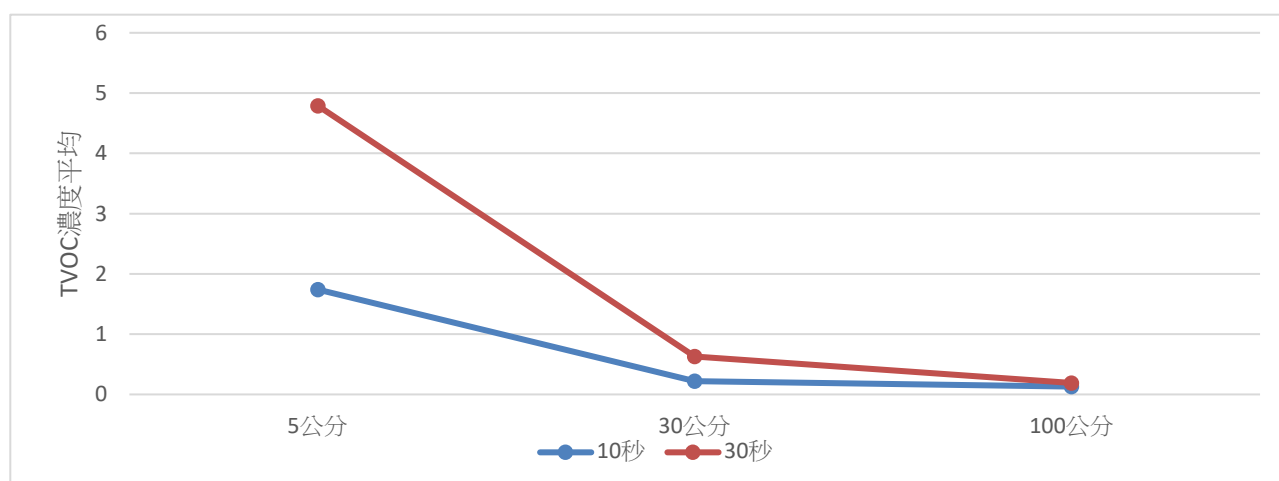
	5 公分	30 公分	100 公分
第一次	3.932	0.664	0.159
第二次	4.269	0.473	0.021
第三次	3.106	0.569	0.234
第四次	6.238	0.726	0.176
第五次	6.407	0.695	0.348
平均	4.790	0.630	0.190

說明：1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離。

2. 白板筆開蓋檢測 30 秒後闔上筆蓋，用空氣檢測儀檢測 TVOC 濃度。



圖(七)：檢測白板筆開蓋 30 秒時不同位置的 TVOC 濃度長條圖



圖(八)：檢測白板筆開蓋 10 秒與 30 秒時不同位置的 TVOC 濃度長條圖

發現 5：在白板筆開蓋 30 秒的狀況下，即使保持 30 公分以上距離，TVOC 濃度仍有可能超過 0.56ppm。

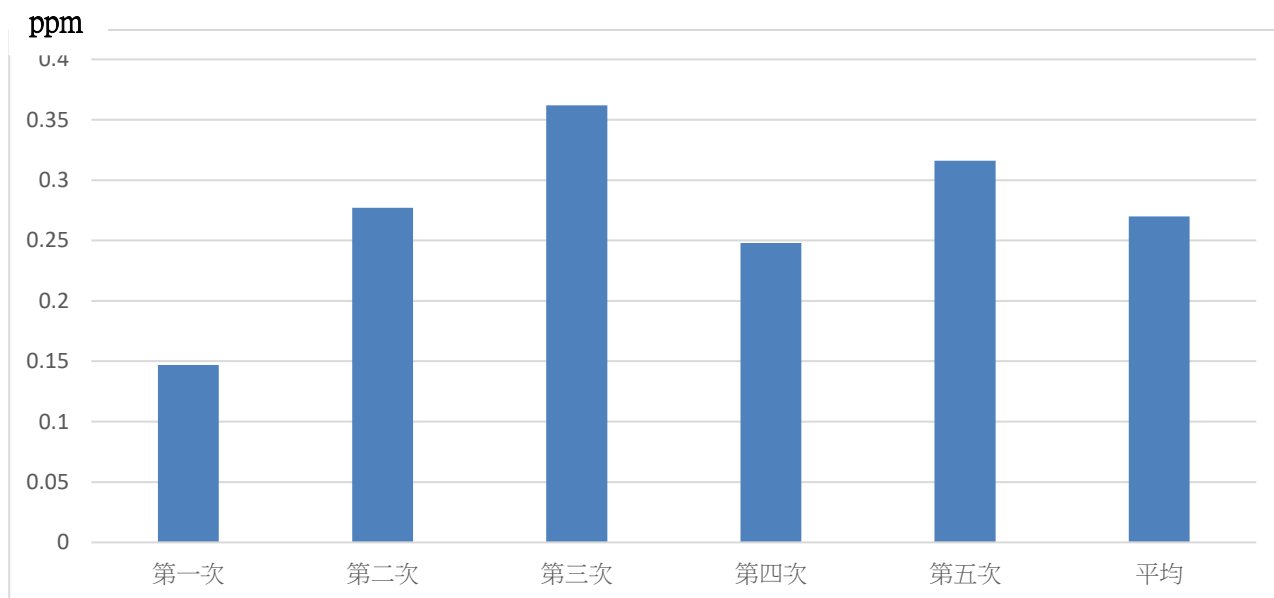
四、根據研究目的(四)，我們想要了解白板筆寫在白板上字跡，其 TVOC 濃度對教室空氣品質的影響。我們使用空氣檢測儀來進行檢測，檢測結果如下。

表(六)：檢測白板字書寫完 30 秒時的 TVOC 濃度統計表 單位：ppm

	5 公分	30 公分
第一次	0.147	0.115
第二次	0.277	0.097
第三次	0.362	0.089
第四次	0.248	0.126
第五次	0.316	0.199
平均	0.270	0.125

說明：1. 用甲牌白板筆在白板紙上沿著格線在相同時間(160 秒)畫出 40 個相同大小圖案。

2. 在 6 秒內將白板紙移動到 6 公尺遠的檢測地點，用空氣檢測儀檢測 30 秒後的 TVOC 濃度。



圖(九)：檢測白板字書寫完 30 秒時距離 5 公分的 TVOC 濃度長條圖

發現 6：書寫在白板紙上的白板字，其 TVOC 濃度落在 0.56ppm 的標準之下。

五、根據研究目的(五)，我們想要了解在使用這些產生高濃度 TVOC 的文具一段時間後，TVOC 濃度需要多少時間才能降低到安全值以下。我們使用空氣檢測儀來進行檢測，檢測結果如下。

表(七)：白板筆開蓋 15 秒後筆蓋闔上時的 TVOC 濃度降至 0.56 以下的時間

次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	平均
時間	52 秒	70 秒	70 秒	65 秒	72 秒	65.8 秒

說明：1. 將空氣檢測儀和白板筆保持五公分的距離，白板筆開蓋 15 秒後闔上筆蓋。
2. 用空氣檢測儀檢測筆蓋闔上後的 TVOC 濃度，紀錄 TVOC 濃度降至 0.56 以下的時間。

發現 7：白板筆開蓋 15 秒後闔上筆蓋，其殘留在空氣中的 TVOC 濃度仍需一段時間後才能落在 0.56ppm 之下。

實驗結果整理如下表：

實驗	結果整理
實驗 1 檢測各式文具的 TVOC 濃度	發現 1: 白板筆和油性麥克筆具有高濃度的 TVOC，其 TVOC 濃度超過 0.56ppm 非常多。
實驗 2-1 檢測不同顏色白板筆的 TVOC 濃度	發現 2: 不管何種顏色的白板筆，都具有高濃度的 TVOC，都超過 0.56ppm 非常多。
實驗 2-2 檢測不同廠牌白板筆的 TVOC 濃度	發現 3: 不管何種廠牌的白板筆，都具有高濃度的 TVOC，都超過 0.56ppm 非常多。且乙牌白板筆 TVOC 濃度最高。
實驗 3-1 檢測白板筆開蓋 10 秒時不同位置的 TVOC 濃度	發現 4: 在白板筆開蓋 10 秒的狀況下，距離白板筆越近，TVOC 濃度就越高。保持 30 公分以上距離，TVOC 濃度則會落在 0.56ppm 的標準之下。
實驗 3-2 檢測白板筆開蓋 30 秒時不同位置的 TVOC 濃度	發現 5: 在白板筆開蓋 30 秒的狀況下，即使保持 30 公分以上距離，TVOC 濃度仍有可能超過 0.56ppm。
實驗 4 檢測白板字書寫完 30 秒時的 TVOC 濃度	發現 6: 書寫在白板紙上的白板字，其 TVOC 濃度落在 0.56ppm 的標準之下。
實驗 5 檢測白板筆開蓋 15 秒後筆蓋闔上時的 TVOC 濃度	發現 7: 白板筆開蓋 15 秒後闔上筆蓋，其殘留在空氣中的 TVOC 濃度仍需一段時間後才能落在 0.56ppm 之下。

伍、討論

一、為什麼檢測 TVOC 的數據時，常常一不小心後來測量的數值常常比前一次來的大？

我們一開始在做各式文具的 TVOC 濃度檢測時，覺得實驗進行滿有效率的，第一次的數據檢測出來登記完後，就可以接著進行第二次檢測了。結果，常常在第三次、第四次的檢測實驗發現數據比前一、兩次高出非常多，甚至爆表(檢測數值達到 9.999 的極限值)。我們覺得很奇怪，大家一起思考討論了許久，發現揮發性有機物會在實驗空間裡殘留相當長的一段時間。因此，在進行完前一次的檢測活動後，需要想辦法讓殘留的揮發性有機物儘快散去。我們會讓電風扇轉動、讓空氣流通，甚至將空氣檢測儀拿到室外讓儀器裡的殘留物質擴散到儀器外。等到檢測儀 TVOC 的讀數降到零點零幾以後，才進行下一次的檢測。這麼一來，實驗的進度慢了許多，但大多數的檢測數據就接近多了。

二、教室裡常用白板筆代替粉筆進行教學活動，可能會有怎樣的問題發生？

雖然我們這次的研究，只是以其中一種廠牌的藍色白板筆當作研究的推論對象，但是，因為這個研究對象在我們學校經常被使用，我們相信仍然具有相當的探討價值。以前因為使用粉筆會有粉塵問題，擔心影響到師生的呼吸器官，因此改用白板代替黑板，經常使用白板筆進行教學或小組討論。實驗結果發現，在教室內使用白板筆進行教學或學習活動時，就算白板筆開蓋的時間很短(10 秒鐘)，白板筆擴散到使用者身體四周的濃度之高(不管是很靠近身體，還是和白板筆保持 30 公分的書寫距離)，是值得我們警醒的。即使白板筆開蓋使用完把筆蓋闔起來，也會有將近一分鐘以上的時間在使用者身體四周具有高濃度的 TVOC。

三、降低 TVOC 對教室空氣品質影響的作為與策略有哪些？

(一)盡量減少使用白板筆以及其他 TVOC 數值高的文具。

(二)使用白板筆時，請盡量保持距離。小組討論時，其他非書寫者，要和書寫者保持至少 1 公尺的距離。

(三)使用白板筆進行教學活動時，教室內要保持空氣流通。

(四)使用白板筆這些具有高濃度 TVOC 的文具時，一定要使用完後馬上關上筆蓋，以免它繼續揮發下去。

陸、結論

一、結論與建議

經由一連串的實驗發現與文獻探討，我們歸納出以下的結論。

- (一) 教室裡頭常用的白板筆和麥克筆，在開蓋使用 10 秒鐘以後就會產生高濃度的 TVOC，顯示在教室內使用這些文具對教室空氣品質是會有相當程度的影響。
- (二) 教室裡頭在進行教學活動時大多使用白板筆代替粉筆。經本研究發現常用的紅、藍、黑三種顏色的白板筆，以及學校常用的各個廠牌的白板筆，都含有高濃度的 TVOC。
- (三) 白板筆開蓋使用 30 秒之後，即使保持 30 公分的書寫距離，也會受到白板筆揮發的高濃度 TVOC 的影響。顯示若要使用白板筆，保持 1 公尺以上的距離是很重要的一件事。
- (四) 本研究發現，寫在白板上上的白板字，檢測不出高濃度的 TVOC，所以靠近寫在白板上上的白板字跡，對人體不會有危害。
- (五) 白板筆開蓋 15 秒後闔上筆蓋，其殘留在空氣中的 TVOC 濃度仍需一段時間後才能落在 0.56ppm 之下。這顯示除了要與使用者保持一定的距離之外，白板筆使用後也要待在一公尺外的地方至少 70 秒較為安全。

二、心得

從小我們就對自然現象很有興趣，中年級的自然課解決了我們的很多疑惑，也刺激我們去思考許多令人好奇的議題。升上五年級，一聽到自然老師推薦我們去參加科展，我們就毫不猶豫地報名參加。過程中雖然經歷了更換研究主題的情形，也一直遇到許多實驗困境，還好我們能堅持到底，一一克服。這次科展除了讓我們學會許多科學知識與科學研究的方法，還提升了我們的資料整理能力，建立求精確、求事實的科學態度，更讓我們了解如何團隊合作完成一個實驗，真是獲益良多。如果下一次還有機會，我們還會再參加。

柒、參考文獻資料

1. 李品陵，曾榆婷，仲愛，黃雪芬(2006)。依「山」傍「水」好空氣? --「氣」捕社區汙染源。第 56屆中小學科學展覽作品集。
2. 賴鴻名，陳宥任，林以恩，許家榮，曾誠(2020)。油煙裊裊—收集與檢驗油煙方法之探討。新竹市第三十八屆中小學科學展覽會作品說明書。
3. 行政院衛生保護-空氣品質指標。
4. VOC、VOCs 和 TVOC 有什麼區別，你知道嗎？每日頭條。取自 <https://kknews.cc/news/4ogy8p2.html>
5. 不是沒甲醛就安全！兒童文具藏 TVOC 恐致過敏、氣喘，詳解 TVOC 對健康危害、症狀。 Heho 健康。黃慧玫。取自 <https://heho.com.tw/archives/193739>
6. 不是沒甲醛就安全 揮發性有機物(TVOC)超標恐致癌。台灣民眾電子報。取自 <https://www.allnews.tw/news/25559>
7. 好臭！兒童文具藏毒氣！沒甲醛 TVOC 仍恐超標。新新聞。取自 <https://www.storm.mg/stylish/4006493>
8. 空氣。自然與生活科技三上。南一書局。