

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生活與應用科學科

佳作

040804

不詳之「罩」—口罩對都會區主要空氣汙染物攔截效率之研究

學校名稱：國立三重高級中學

作者： 高二 梁寧方 高二 黃雅晨 高二 郭明彥	指導老師： 陳鈞嗣 林立平
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：懸浮微粒、熔噴不織布、口罩選擇

摘要

台灣汽機車密度居世界之冠。汽機車排放之直接與間接形成懸浮微粒與臭氧，為都會區空氣主要污染物，並危害民眾健康，相關議題亦是全球關注的焦點。在法令規範未達一定成效時，戴口罩為保護呼吸道簡易的方式。口罩款式甚多，民眾認知甚少。本研究利用手持式粒子計數器、掃描式氣動粒徑分析儀與分光光度計等儀器，量測各式口罩對懸浮微粒與臭氧的攔截效率。結果得知機車廢氣之懸浮微粒主要粒徑落於「最易穿透粒徑」範圍，粒子不易攔截又易深入肺泡造成傷害。研究發現熔噴不織布層為口罩高攔截效率之關鍵因素，清洗後，短期效率無明顯下降，但因結構破壞仍需更換，藉此我們組合出高效率且可替換內層的布口罩。本研究結果可做為民眾選擇口罩之依據。

壹、 研究動機

根據交通部統計，至 2012 年底，台灣登記的機車數高達一千五百萬輛，機車密度位居世界第一，此外，分析台灣地區機車輛排放之空氣污染物，佔污染物總排放量之比率，結果顯示：汽機車排放之碳氫化合物佔污染源總排放量 42.3%；一氧化碳為 82.6%；氮氧化物為 48.1%（行政院環境保護署，2005）。由此可知，機車輛排氣對台灣地區空氣污染影響之嚴重性，這些粒狀物質(懸浮微粒或氣膠)是造成台灣都會區空氣品質惡化的主要污染物之一。根據環保署資料統計，在空氣品質達到不良及有害健康（PSI >100）的天數中，最大指標污染物以懸浮微粒與臭氧為主要污染物(圖 1)，當粒狀物質小於 $2.5 \mu\text{m}$ ，易吸入肺部造成健康上的危害；而當臭氧濃度高於 0.1ppm 時，對呼吸系統具刺激性。因此，相關議題近期成為全球關注的焦點。然而在法令規範與執行尚無法達到一定的成效時，民眾配戴口罩，即成為一種自我保護呼吸道健康最簡易的方式。市面上的口罩款式甚多，一般大眾對於口罩是否可達到攔阻懸浮微粒與臭氧等空氣污染物的效果所知甚少，我們的研究即針對各種口罩對於懸浮微粒與臭氧的攔截進行實驗，期望了解各種口罩的攔截效率，以及口罩在清洗後對效率之影響，組合出高效率且實用之布口罩，以作為大眾選擇口罩的參考依據。

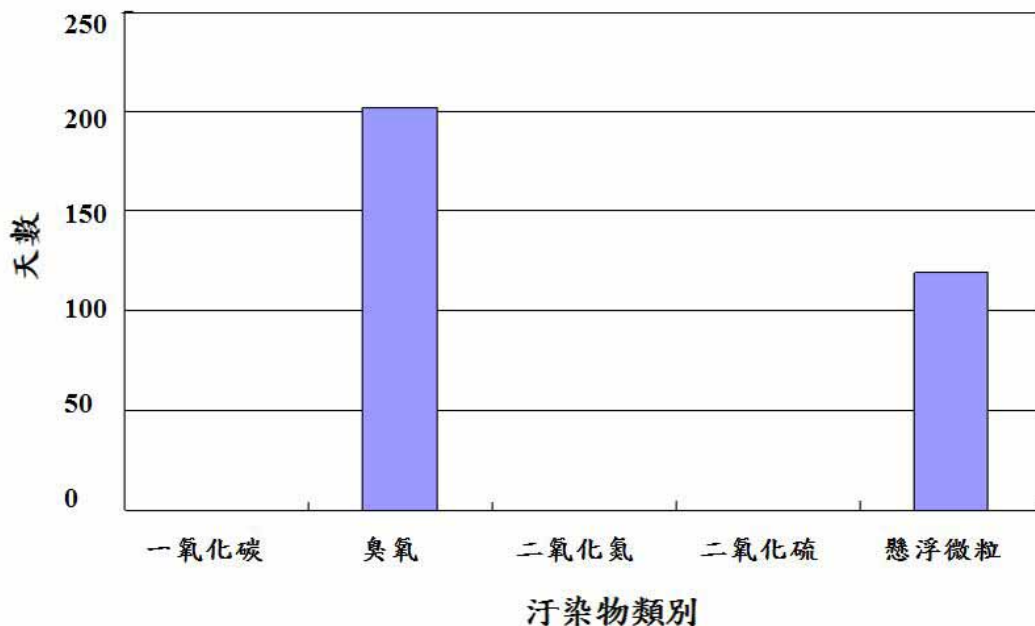


圖1 2011年環保署54個空氣品質監測站，PSI>100(空氣品質不良)之天數

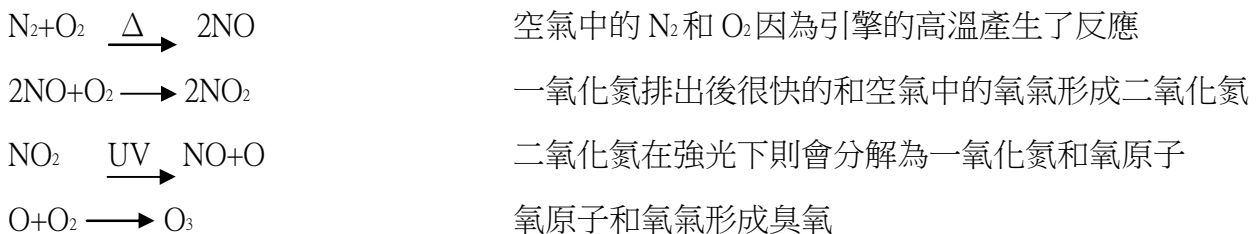
貳、 研究目的

一、 懸浮微粒

懸浮微粒指懸浮在空氣當中的固體顆粒或液滴，為空氣污染的一個主要來源。其中，粒子直徑小於等於 $10\mu\text{m}$ 的懸浮粒子稱為可吸入懸浮粒子，也稱 PM_{10} 。直徑小於等於 $2.5\mu\text{m}$ 的粒子稱為細懸浮微粒，也稱 $\text{PM}_{2.5}$ 。其成分很複雜，主要取決於其來源，從地表揚起的塵土，含有氧化物礦物和其他成分。海鹽是懸浮粒子的第二大來源，而其組成與海水的成分類似。懸浮粒子也會經由自然過程產生，源自火山爆發、沙塵暴、森林火災、浪花等。細懸浮微粒主要由硫和氮的氧化物轉化而成，這些污染物大多是化石燃料和垃圾的燃燒所造成，沒有廢氣處理裝置的柴油汽車也是細懸浮粒子的來源。

二、 臭氧

大氣中臭氧約有 90% 存在於離地面約 20~50 公里的大氣中，是臭氧濃度最高的區域，它可以吸收太陽光中大部份的紫外線，以保護地球表面生物不受紫外線侵害，由於其具有極強的淨化及殺菌作用，使自然界中細菌與黴菌無法異常繁殖而保持平衡狀態。臭氧強大的氧化力，具有殺菌、解毒、脫臭、漂白等多項功效，如妥善加以應用，實為生活中不可或缺的好伙伴，但在地面過多的臭氧卻是對人體有害的，而近地面臭氧主要產生方程式如下：



三、 都會區空氣汙染物對健康之影響

(一) 懸浮微粒對健康之影響

醫界已證實懸浮微粒會引起呼吸道過敏反應，台大公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所教授鄭尊仁在國內的研究也發現暴露在 $\text{PM}_{2.5}$ 的環境中，較容易罹患高血壓、缺血性心臟病和腦血管疾病，兩者呈正相關的趨勢，可知，懸浮微粒會對健康造成極大的危害。(來源:室內空氣品質網)

(二) 臭氧對健康之影響

臭氧對呼吸系統具刺激性，會引起咳嗽、氣喘、頭痛、肺功能降低，呼吸道發炎，減低肺對傳染病及毒素的抵抗力，嚴重時引起肺水腫。尤其在空調不佳，且機器維護不佳的情形下更容易產生問題。臭氧濃度為 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 時，可引起鼻和喉頭粘膜的刺激，濃度在 $0.1-0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 時，引起哮喘發作，導致上

呼吸道疾病惡化，同時刺激眼睛，使視覺敏感度和視力降低，濃度在 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 以上可引起頭痛、胸痛、思能力下降。(來源:室內空氣品質網)

(三) 空氣汙染與就醫率之相關研究

Hwang and Chan(2002)針對台灣 50 個社區做調查(表 1)，發現當污染物增加時，醫院的看病率就會增加約 2 倍，而污染物減少，其看病率也會隨著下降，因此可以知道污染物的改變對於我們的健康有多大的影響，尤其是粒狀物質(懸浮微粒或稱氣膠)為主要污染物來源。在 1998 針對台灣 50 個社區調查其人口密度、空氣汙染濃度、天氣資料和各年齡層對於呼吸疾病的就醫率。

表 1 在 1998 針對台灣 50 個社區調查其人口密度、空氣汙染濃度、天氣資料和各年齡層對於呼吸疾病的就醫率

	Population density (persons/km ²)	Pollutant level					Weather		Daily clinic visit rates (visits/1,000)			
		Nitrogen dioxide (ppb*)	Sulfur dioxide (ppb)	PM ₁₀ * (μg/m ³)	Ozone (ppb)	Carbon monoxide (ppm*)	Temperature (°C)	Dew point (°C)	Children (ages 0-14 years)	Adults (ages 15-64 years)	Elderly (ages ≥65 years)	All ages
Mean	7,123	23.6	5.4	58.9	54.2	1.00	28.1	19.6	2.39	0.88	1.02	1.34
Standard deviation	8,024	5.4	3.0	14.0	10.2	0.30	1.4	1.1	0.77	0.38	0.57	0.50
Minimum	252	13.0	1.5	33.3	38.9	0.51	24.6	17.3	1.24	0.30	0.26	0.58
Maximum	28,203	34.1	16.9	83.1	78.3	1.71	30.6	22.4	5.59	2.15	3.11	3.31

* ppb, parts per billion; PM₁₀, particulate matter with a diameter $\leq 10 \mu\text{m}$; ppm, parts per million.

(四) 口罩使用習慣問卷調查

利用問卷，針對 15~25 歲調查一般大眾騎乘機車時口罩使用的習慣，以及對於口罩攔截效率的認知，回收問卷 206 份分析結果如下

1. 騎乘機車時所使用口罩的種類

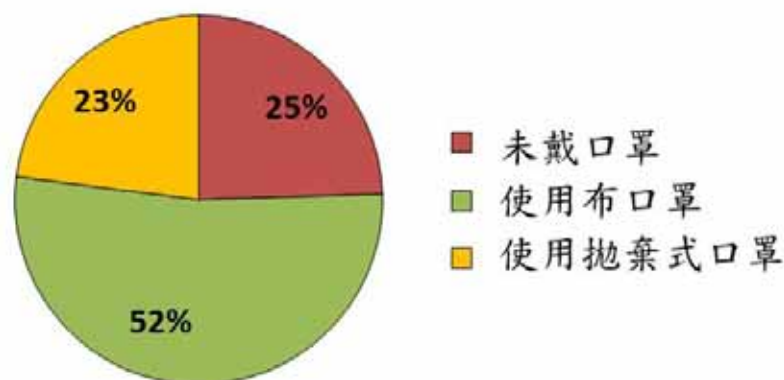


圖 2 問卷調查 :騎乘機車時使用口罩之種類百分比

2. 對口罩攔截效率之認知調查結果

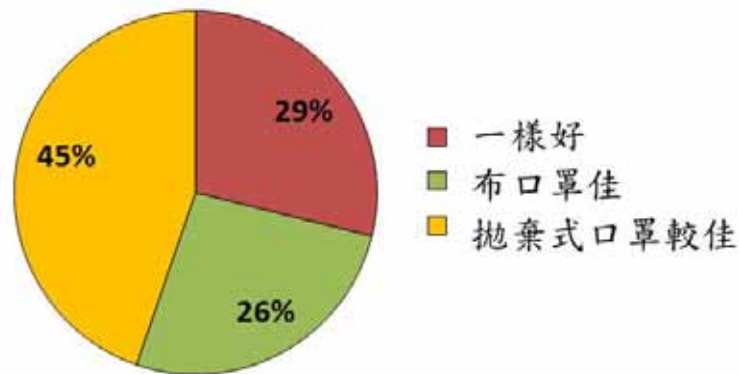


圖 3 問卷調查：一般民眾對於口罩攔截效率之認知

經統計，超過五成的人，在騎乘機車時使用布口罩；而一般大眾對於口罩攔截效率的認知卻不盡相同，顯示大家對於口罩的認識尚有許多不詳之處，有待進一步研究與了解。



圖 4 口罩百百種，多為不詳之罩

(五) 研究目的

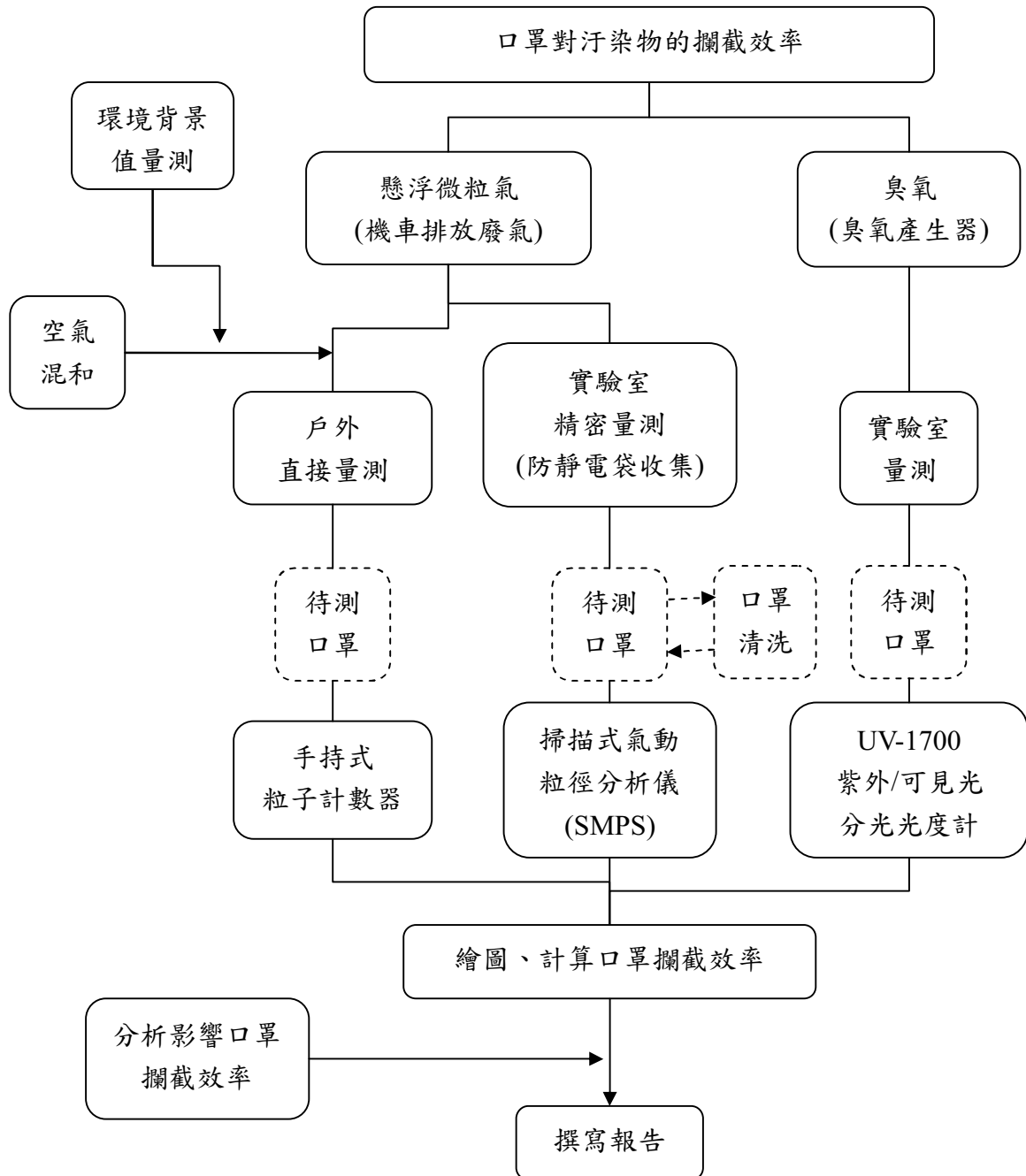
汽機車排放廢氣為都會區空氣污染主要來源之一，本研究分別利用機車排放廢氣與臭氧作為汙染源，量測各式口罩對懸浮微粒與臭氧的攔截效率，並分析影響口罩攔截效率之關鍵因素，以及口罩在清洗後對效率之影響，並嘗試組合出高效率且實用之布口罩。

參、研究設備及器材

手持式粒子計數器、掃描式氣動粒徑分析儀、分光光度計、公仔盒、特製壓克力管、口罩(東奇、日昇、雅意、雜牌 1 單一顏色、雜牌 2 紫色條紋、L&D 有活性碳、L&D 無活性碳、武士、千倍康、四層奈米銀、N95)、寶特瓶上半身、防靜電袋、吹風機、實體顯微鏡、學校的氣象站。

肆、研究過程及方法

一、 研究方法流程圖




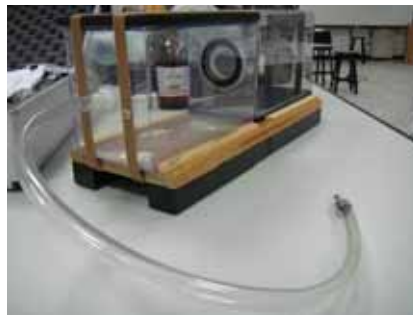

二、 研究過程

(一) 環境背景值測量

		
(A)手持式粒子計數器	(B)懸浮微粒量測(三重高中旁)	(C)基本氣象資料量測(三重高中)

1. 利用手持式粒子計數器，量測學校旁十字路口懸浮微粒數量濃度，從 100 年 12 月 22 日至 101 年 1 月 2 日，每日上午七點至十七點之於下課時間逐時量測。
2. 利用學校設置之氣象觀測站，量測氣象基本資料：溫度、濕度、降雨量。
3. 收集環保署鄰近學校測站(三重站)資料，進行比較分析。

(二) 口罩防漏裝置製作

		
(A)密封罐改裝 <失敗>	(B)公仔盒加工 <失敗>	(C) 特製壓克力管

1. 製作防漏裝置，固定口罩並確保量測之空氣完全通過，以得到可信之實驗數據及結果。
2. 經歷改裝密封罐與公仔盒加工，漏氣失敗後(圖 5)，最終利用壓克力管，一端連接量測儀器，另一端固定口罩，以達到氣密之效果。



圖 5 利用水槽測試改裝之密封罐，是否可讓氣體完全通過口罩

(三) 機車排放懸浮微粒-戶外直接量測



1. 利用四個黑色塑膠袋連結，製作四米長空氣混和空間，導入機車怠速時排放之廢氣與空氣混和，以達到懸浮微粒濃度，接近尖峰時段量測之環境背景值。
2. 利用手持式粒子計數器，置於塑膠袋中量測懸浮微粒濃度。
3. 裝置口罩，量測經口罩過濾後之懸浮微粒濃度。
4. 繪圖並計算口罩攔截效率。

(四) 機車排放懸浮微粒-實驗室精密量測



1. 機車怠速狀態下以防靜電袋收集排放之廢氣。
2. 利用 SMPS 量測採集廢氣之懸浮微粒濃度。
3. 裝置口罩，量測經口罩過濾後之懸浮微粒濃度。
4. 繪圖並計算口罩攔截效率。

(五) 臭氧-實驗室量測



1. 利用臭氧產生裝置，藉由紫外光照射空氣產生臭氧。
2. 利用紫外/可見光分光光度計量測採臭氧之濃度。
3. 裝置口罩，量測經口罩過濾後之臭氧之濃度。
4. 繪圖並計算口罩攔截效率。

(六) 試驗口罩分析

1. 拆解各式口罩並了解其內部分層。
2. 利用實體顯微鏡觀察各層細部結構並拍照。
3. 分析歸納影響攔截效率之關鍵層。
4. 各項實驗使用口罩列表(表 2)。

表 2 各項實驗使用口罩列表

編號	品牌	SMPS	臭氧	粒子記數器
A-1	東奇	◎		◎
A-2	日昇			◎
A-3	雅意			◎
A-4	雜牌 1(單一顏色)			◎
A-5	雜牌 2(紫色條紋)			◎
A-6	L&D(有活性碳)	◎		
A-7	L&D(無活性碳)	◎		
A-8	自行組合 (L&D 表布+武士的 活性碳和熔噴不織布)	◎		
B-1	武士(4 層活性碳)	◎	◎	◎
B-2	千倍康(3 層醫療用)	◎	◎	◎
B-3	4 層奈米銀	◎		
B-4	N95	◎	◎	

(七) 口罩清洗對效率影響之試驗

- 1.將機車收集之廢棄通過口罩十分鐘，並測量其攔截效率。
- 2.將口罩用清水搓揉三分鐘。
- 3.吹乾後，再次測量其攔截效率。
- 4.重複步驟2、3 三次。
- 5.繪圖並計算口罩攔截效率。

(八) 自行組合高效率且實用(可清洗、可替換)之布口罩試驗

- 1.選取高效率拋棄式的口罩之熔噴不織布與活性碳層。
- 2.改良布口罩為可拆之形式。
- 3.組合上述二者，並進行攔截效率之實驗。
- 4.重複清洗並量測其攔截效率。

伍、 研究結果

一、 環境背景值量測結果

(一) 懸浮微粒濃度峰值，並非與上下班尖峰時段吻合

由圖 6(a)，測量學校旁十字路口懸浮微粒(PM10)濃度變化趨勢(藍線)，發現與最近之環保署空氣品質監測站(三重)測得結果吻合(紅線)，並由圖中進一步發現，濃度峰值並非發生於上下班尖峰時段(表 3)，與傳統認知不相符，得知影響空氣中懸浮微粒濃度之因素極為複雜。

表 3 懸浮微粒濃度峰值發生時間

懸浮微粒 濃度峰值	A	B	C	D	E
時間	12/24 14:00	12/26 15:00	12/28 10:00	12/30 10:00	01/01 16:00

(二) 降雨影響懸浮微粒之濃度

由圖 6(b)，將降雨時段(甲~丙)與圖 6(a)同時間之懸浮微粒對照，粒子數量呈現較低之數值，得知降雨會影響空氣中懸浮微粒之濃度。

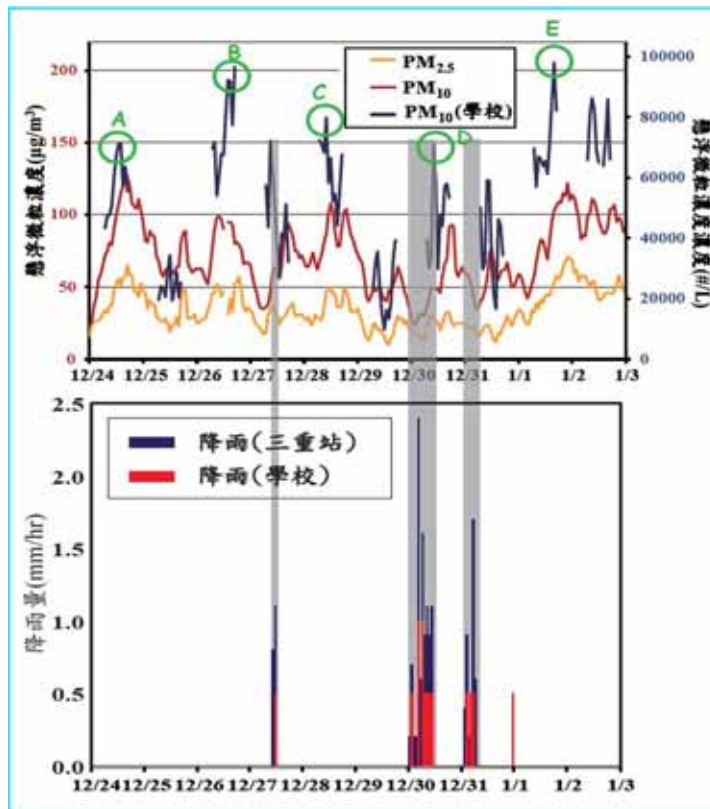


圖 6 (a)三重高中旁十字路口懸浮微粒(PM₁₀)濃度變化與最近之環保署空氣品質監測站(三重)懸浮微粒(PM₁₀、PM_{2.5})濃度變化 (b)三重高中氣象站與鄰近環保署三重測站之降雨量。

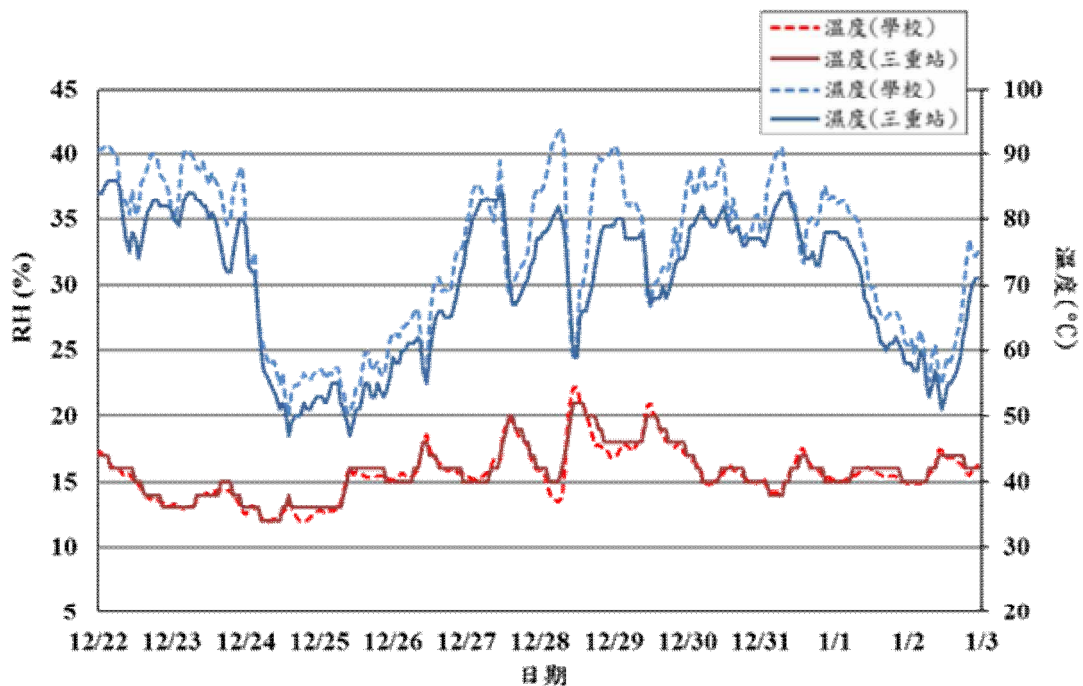


圖 7 三重高中氣象站測得之環境溫度、濕度，與鄰近環保署三重測站測得結果一致。

(三) 口罩攔截懸浮微粒效率(戶外直接量測)

1.拋棄式口罩攔截懸浮微粒之效率遠高於布口罩

由表 4 中可發現，拋棄式口罩對於 PM₁₀ 與 PM_{2.5} 的攔截效率(>89%)，遠高於大多數的布口罩之攔截效率(13~51%)。

2.唯獨布口罩(A1)攔截效率遠高於其他布口罩(A2~A5)

布口罩的攔截效率大多不超過 50%，唯獨 A1 之攔截效率高達 97%以上，其中之原因將於後續進一步探討。

3.活性碳對於懸浮微粒之攔截效率無明顯影響

由表中比較有無活性碳之口罩，其攔截效率並無明顯差異。

表 4 各種類型口罩攔截懸浮微粒之效率。

口罩 類型	拋棄式口罩		布口罩				
	有活性碳	無活性碳	有活性碳		無活性碳		
編號	B1	B2	A1	A2	A3	A4	A5
PM _{2.5}	89-92%	97%	97-98%	46-48%	34-40%	13-15%	34-36%
PM ₁₀	99%	99%	98-99%	56-57%	27-28%	28-29%	48-51%

二、 口罩攔截懸浮微粒效率(實驗室精密量測)

(一) 機車排放懸浮微粒數量之峰值位於 0.1~0.2 μm 之間，此粒徑易沉積於肺泡中

於實驗室利用 SMPS 量測機車排放廢氣中更細之懸浮微粒(<1 μm)，由圖 9~14 均可發現，懸浮微粒數量之峰值位於 0.1~0.2 μm 之間，此粒徑易沉積於肺泡中(圖 8)，進而引起一些肺中疾病及呼吸器官的慢性損害。

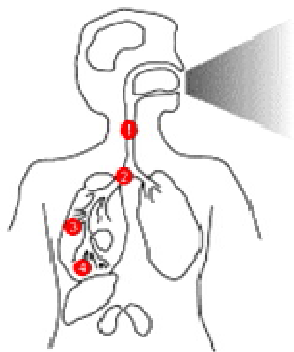


圖 8 微粒粒徑與深入身體之關係(謝永昌 2009)

- (1)10 微米粉塵可達到此處氣管，(砂塵、纖維、花粉、細菌)。
- (2)10~5 微米粉塵可達到此處支氣管，(砂塵、纖維、煙塵、花粉、細菌)。
- (3)5~1 微米粉塵可達到此處細支氣管，(砂塵、纖維、煙塵、細菌)。
- (4)1~0.1 微米粉塵可達到此處肺泡燃煙，(香煙、油煙、細菌、塵、動物細毛)。

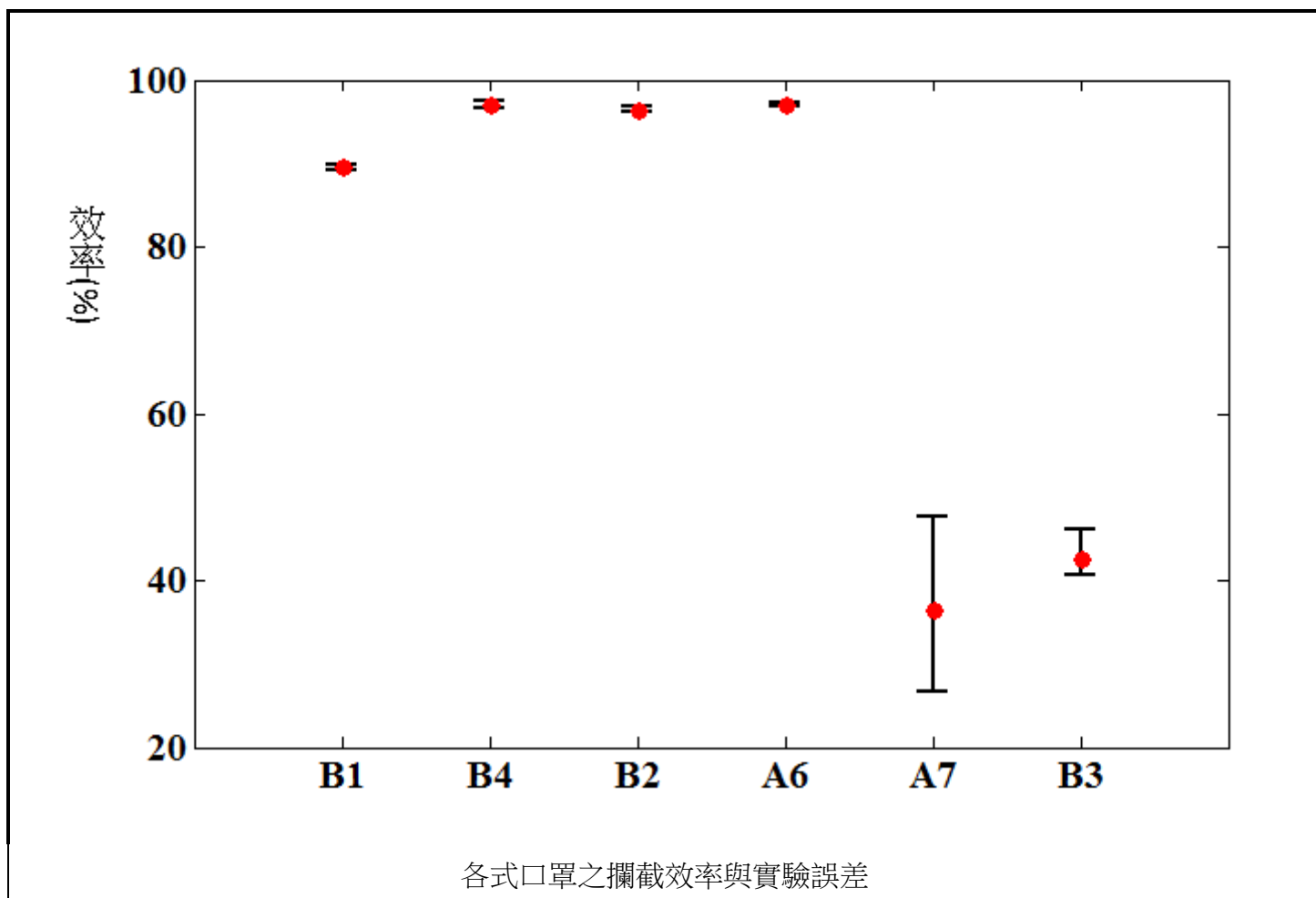
(二) 拋棄式口罩對於細懸浮微粒(<1 μm)之攔截效率亦遠高於布口罩

由表 5 中可發現，拋棄式口罩對於細懸浮微粒的攔截效率(>90%)，遠高於大多數的布口罩之攔截效率(37~43%)。

(三) N95 口罩攔截效率並無遠高於其他種類

一般直覺認為 N95 口罩之攔截效率應為最佳，由表 5 中得知，其攔截效率與一般拋棄式口罩相近。

表 5 口罩攔截細懸浮微粒之效率。



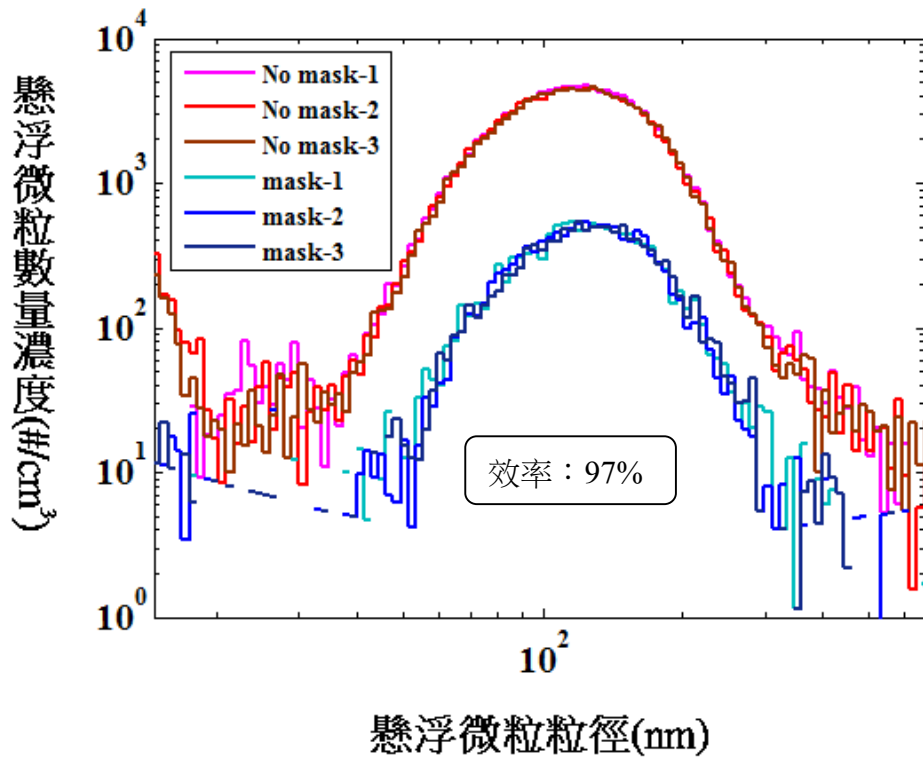


圖 9 利用 SMPS 量測口罩 B1 對於細懸浮微粒之攔截效率。

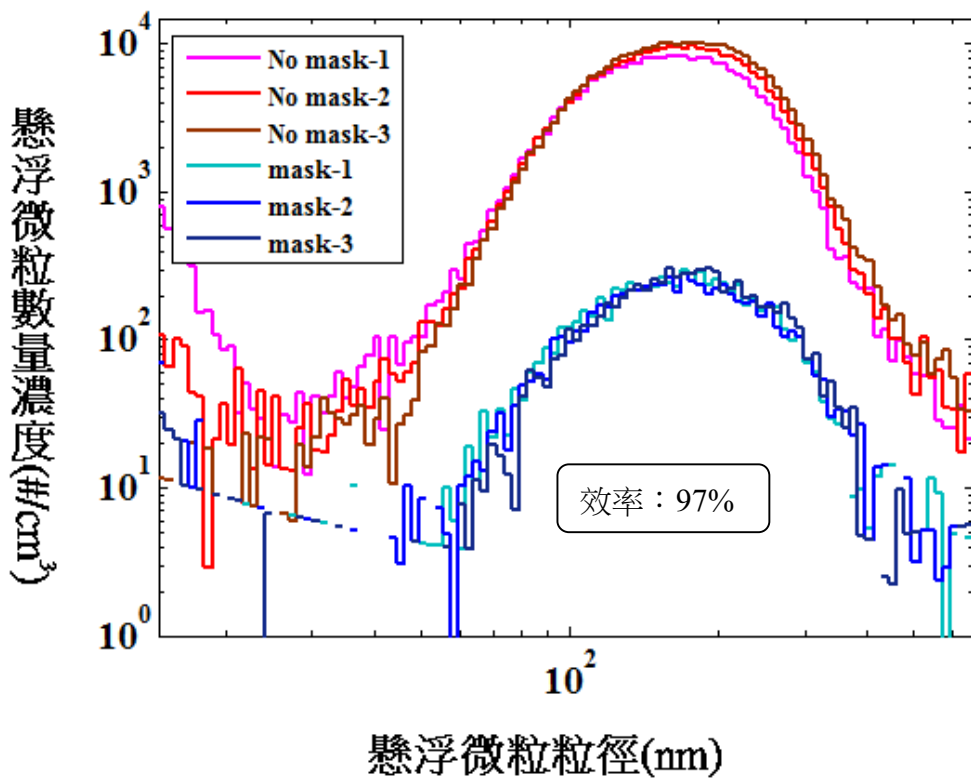


圖 10 利用 SMPS 量測口罩 B4 對於細懸浮微粒之攔截效率。

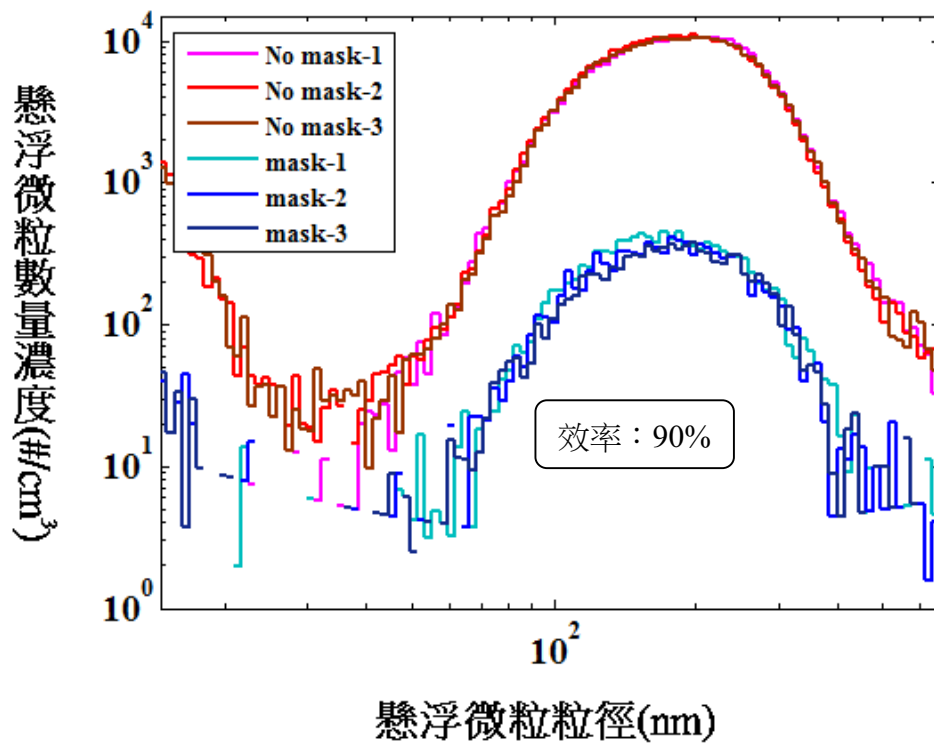


圖 11 利用 SMPS 量測口罩 B2 對於細懸浮微粒之攔截效率。

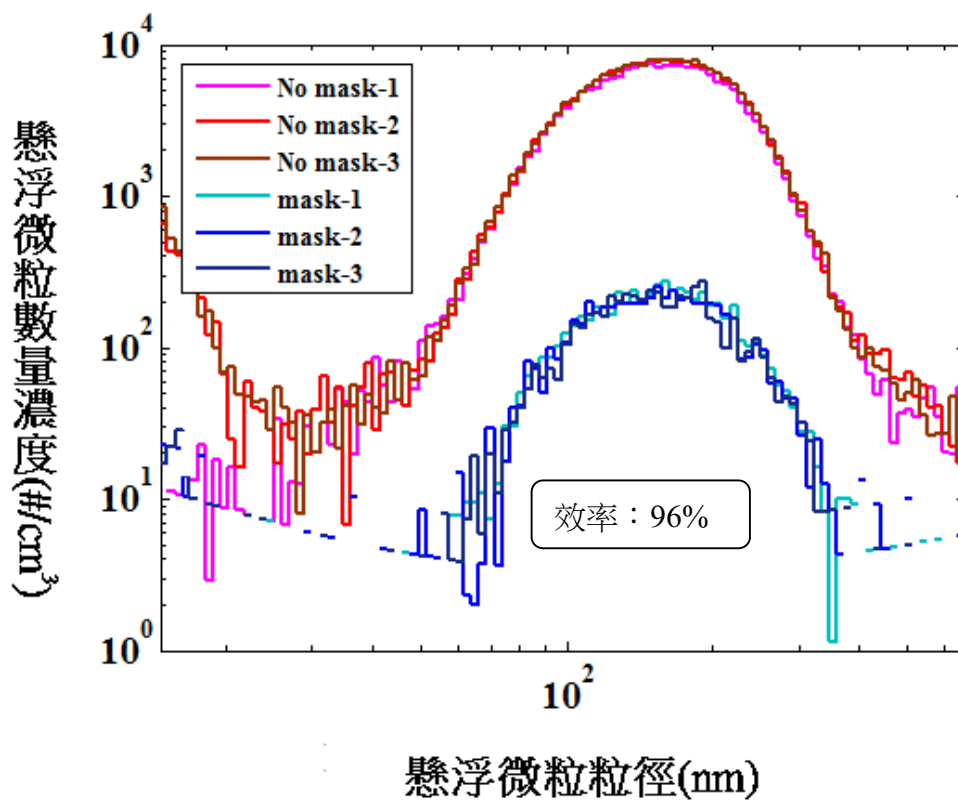


圖 12 利用 SMPS 量測口罩 B3 對於細懸浮微粒之攔截效率。

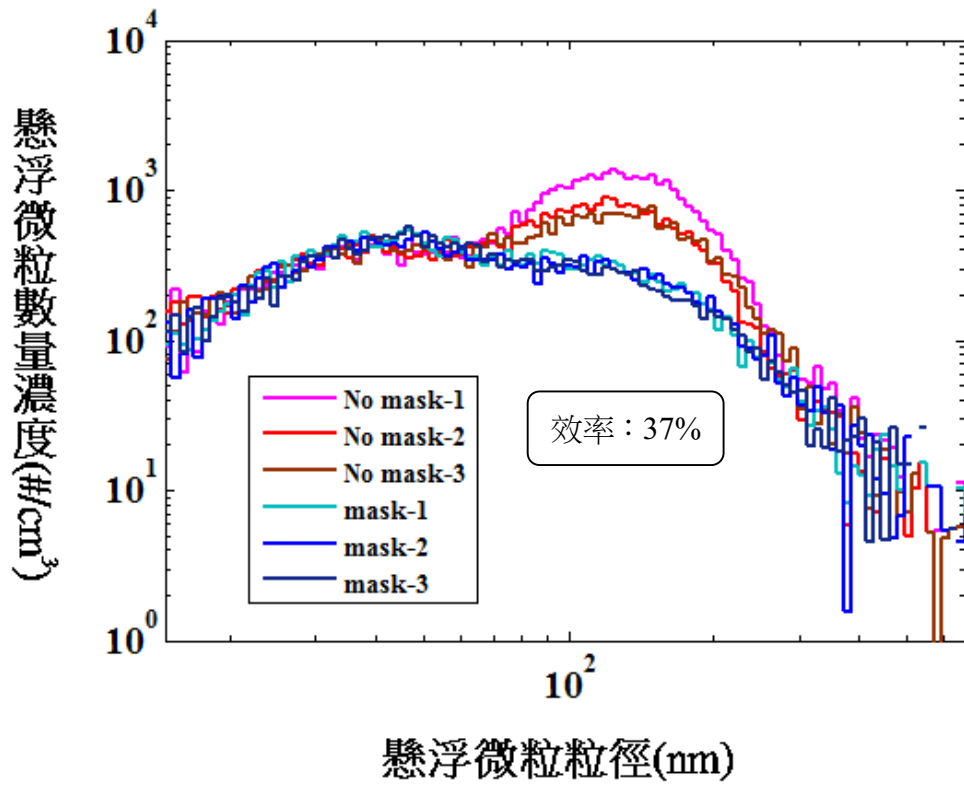


圖 13 利用 SMPS 量測口罩 A6 對於細懸浮微粒之攔截效率。

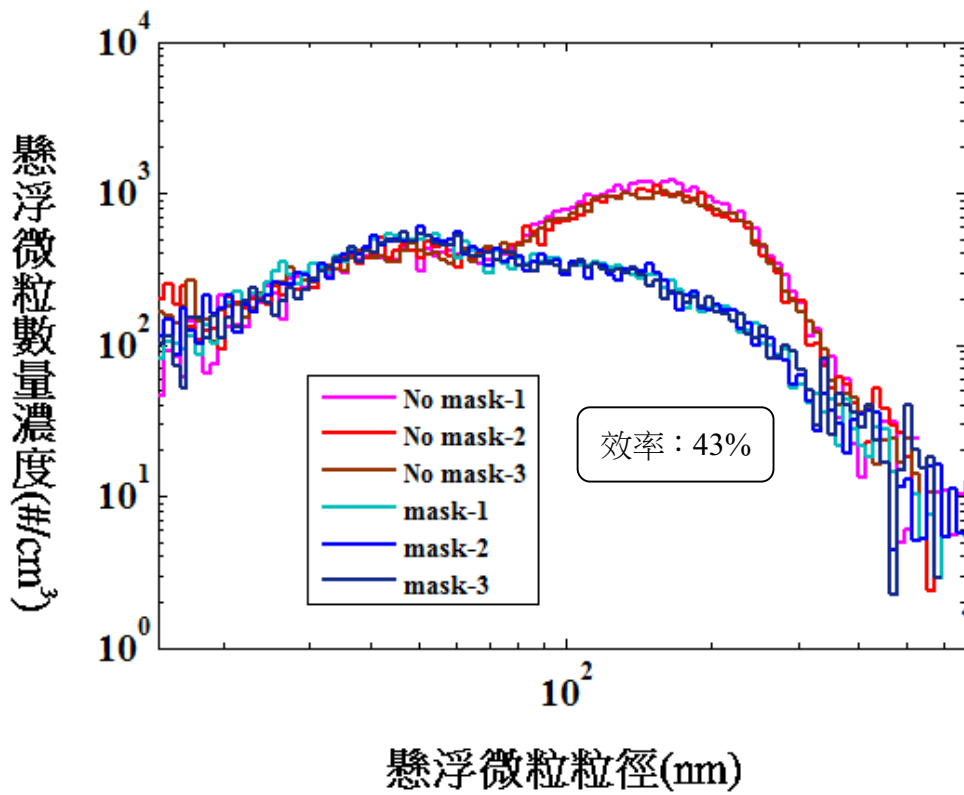


圖 14 利用 SMPS 量測口罩 A7 對於細懸浮微粒之攔截效率。

三、臭氧攔截效率試驗

含有活性碳之拋棄式口罩對於臭氧之攔截效率高於不含活性碳者由表 6 中可發現，含有活性碳之拋棄式口罩對於臭氧的攔截效率(~33%)，高於不含有活性碳的效率(~10%)。

表 6 口罩攔截臭氧之效率

口罩種類	拋棄式口罩		
	有活性碳		無活性碳
編號	B1	B4	B2
效率	32.4%	33.3%	10.5%

四、試驗口罩分析

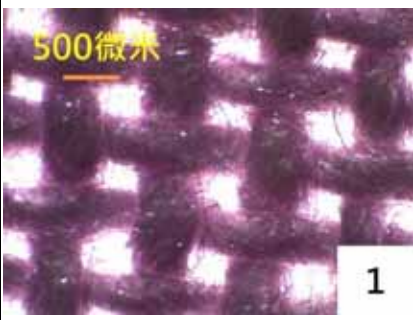
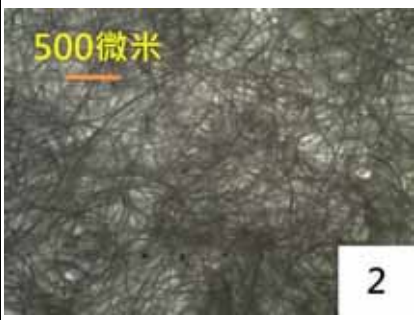
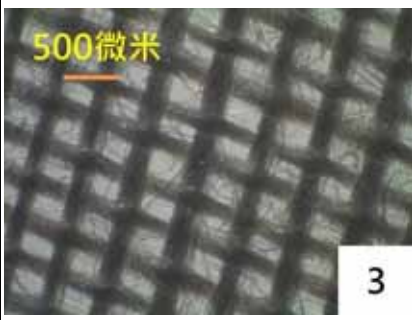
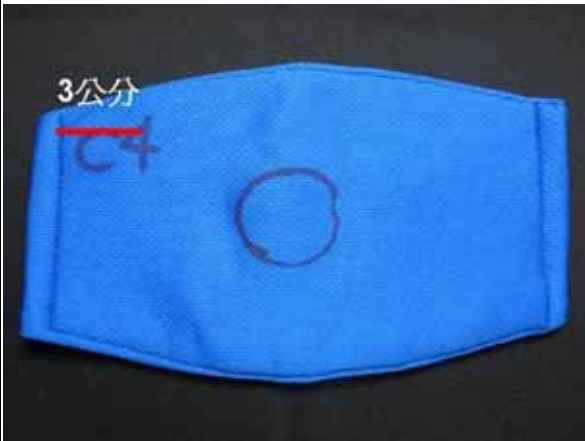
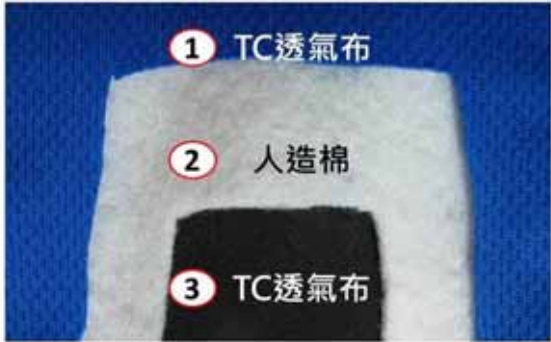
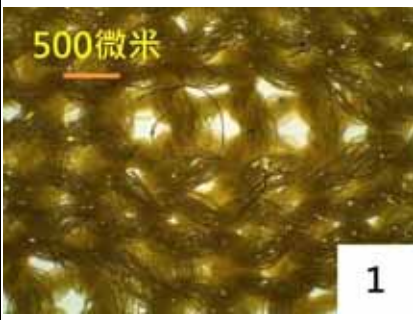
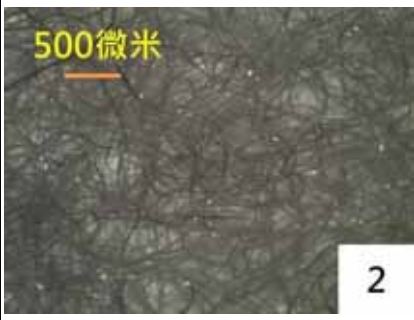
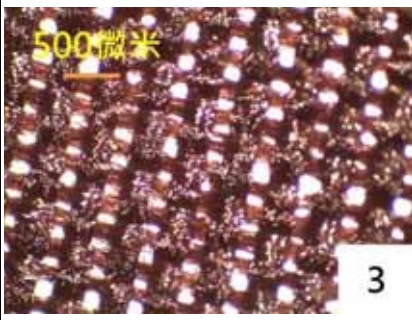


(一) 分析歸納影響攔截效率之關鍵層

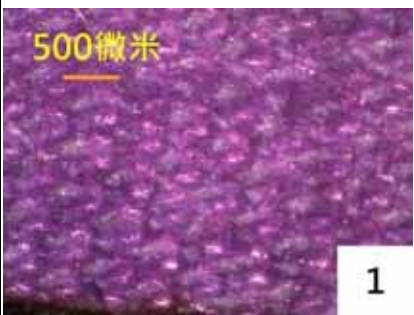
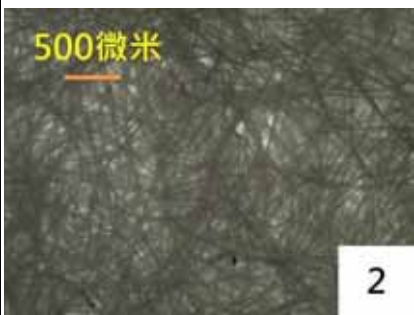
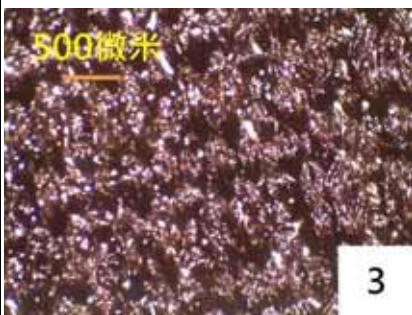


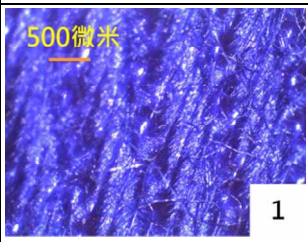
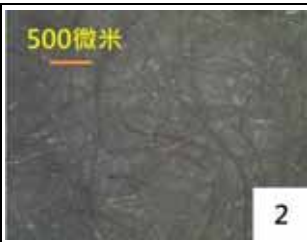

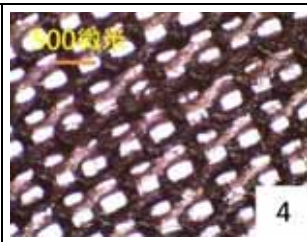


從以上的實驗中發現，布口罩 A1 之攔截效率高達 97%以上，遠高於其他布口罩，為了探究其中之原因，將各式布口罩拆解研究，發現唯獨口罩 A1 具有熔噴不織布過濾層，進一步分析各種拋棄式口罩之阻隔層材料(表 7)，發現皆具有熔噴不織布層，且效率都達 90%以上，由此共同特徵得知，我們推測熔噴不織布為影響口罩攔截懸浮微粒效率之關鍵層。

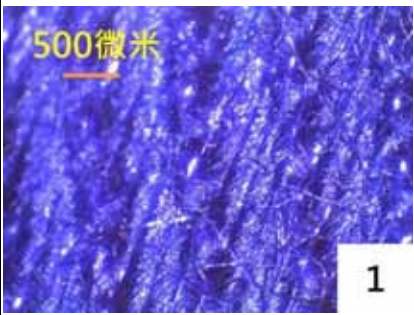
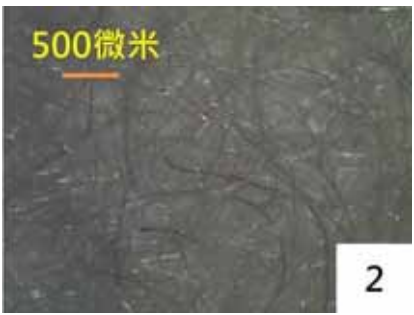
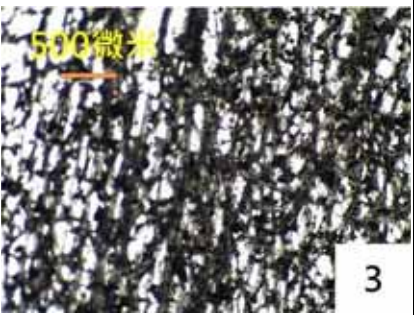
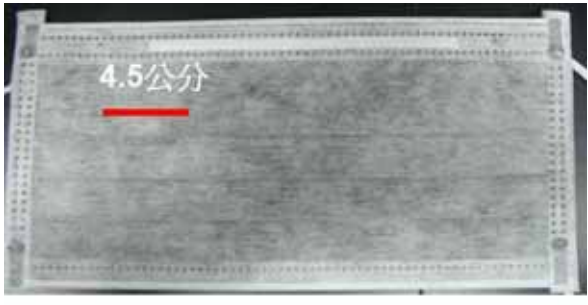

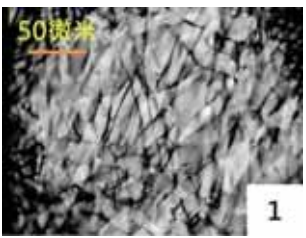
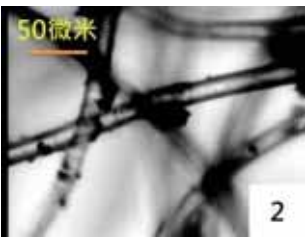
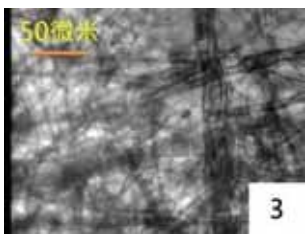

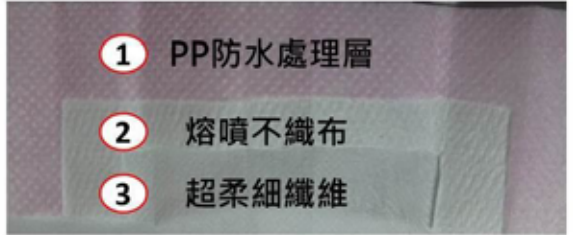
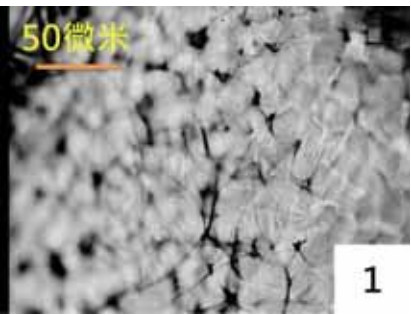
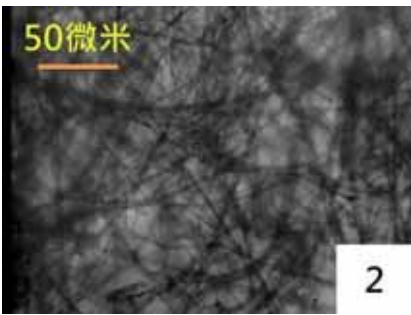
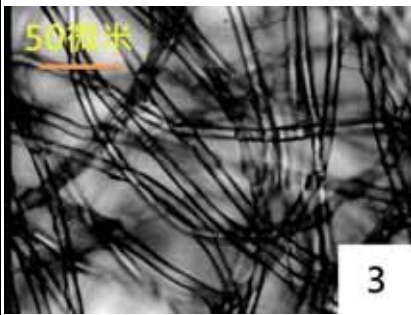
表 7 各試驗口罩外觀與細部分層構造



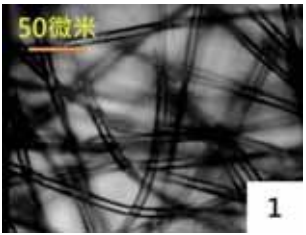
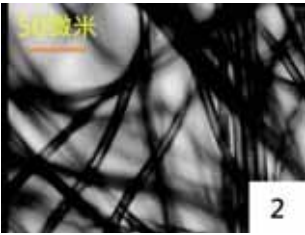

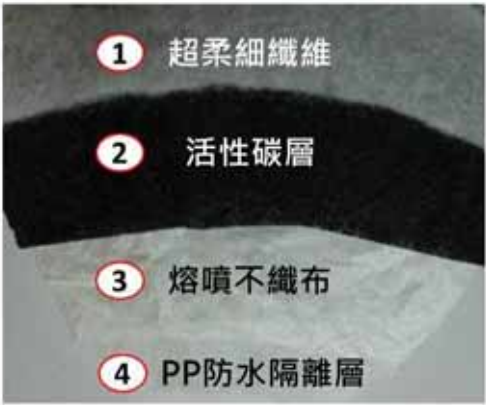
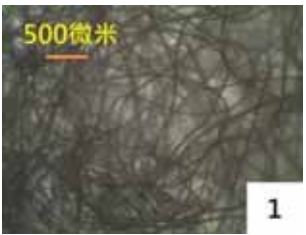
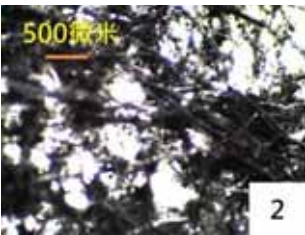
編號	品牌	圖片	
A1	東奇	外觀	

		顯 微 鏡	 <p>500微米 1</p> <p>500微米 2</p> <p>500微米 3</p> <p>500微米 4</p> <p>500微米 5</p> <p>500微米 6</p> <p>500微米 7</p>
A2	日 昇	外 觀	 <p>3公分</p>  <p>① TC透氣布</p> <p>② 活性炭層</p> <p>③ 人造棉</p> <p>④ TC透氣布</p>
		顯 微 鏡	 <p>500微米 1</p> <p>500微米 2</p> <p>500微米 3</p> <p>500微米 4</p>
A3	雅 意	外 觀	 <p>3公分</p>  <p>① TC透氣布</p> <p>② 人造棉</p> <p>③ TC透氣布</p>

		顯 微 鏡			
A4	雜牌 1 (單一顏色)	外觀			
		顯 微 鏡			
A5	雜牌 2 (紫色條紋)	外觀			

		顯 微 鏡	 500微米 1	 500微米 2	 500微米 3	
A6	L & D 有 活 性 碳	外 觀	 3公分	 ① TC透氣布 ② 活性碳層 ③ 人造棉 ④ TC透氣布		
		顯 微 鏡	 500微米 1	 500微米 2	 500微米 3	 500微米 4
A7	L & D 無 活 性 碳	外 觀	 3公分	 ① TC透氣布 ② 人造棉 ③ TC透氣布		

		顯微鏡			
B1	武士（4層活性炭）	外觀			
		顯微鏡			
B2	千倍康（3層醫療用）	外觀			
		顯微鏡			

B3	4 層 奈米銀	外觀		
		顯微鏡		
B4	N95	外觀		
		顯微鏡		

(二) 研究結果證實熔噴不織布對於細懸浮微粒具高攔截效率

我們將口罩中的熔噴不織布拆解下來，分別測量熔噴不織布與拆掉熔噴不織布後之攔截效率(圖 15、圖 16)，由表 8 可以得知，沒有熔噴不織布之攔截效率較低(A1：78.8%;B1：72.5%)，單層熔噴不織布之攔截效率極高(A1：99.9%；B1：97.7%)，因此可以證實口罩中熔噴不織布層為攔截細懸浮微粒最關鍵之一層。

表 8 口罩中拆掉熔噴不織布和只有熔噴不織布層的效率

口罩編號	A1	B1
拆掉熔噴不織布	78.8%	72.5%
只有熔噴不織布	99.9%	97.7%

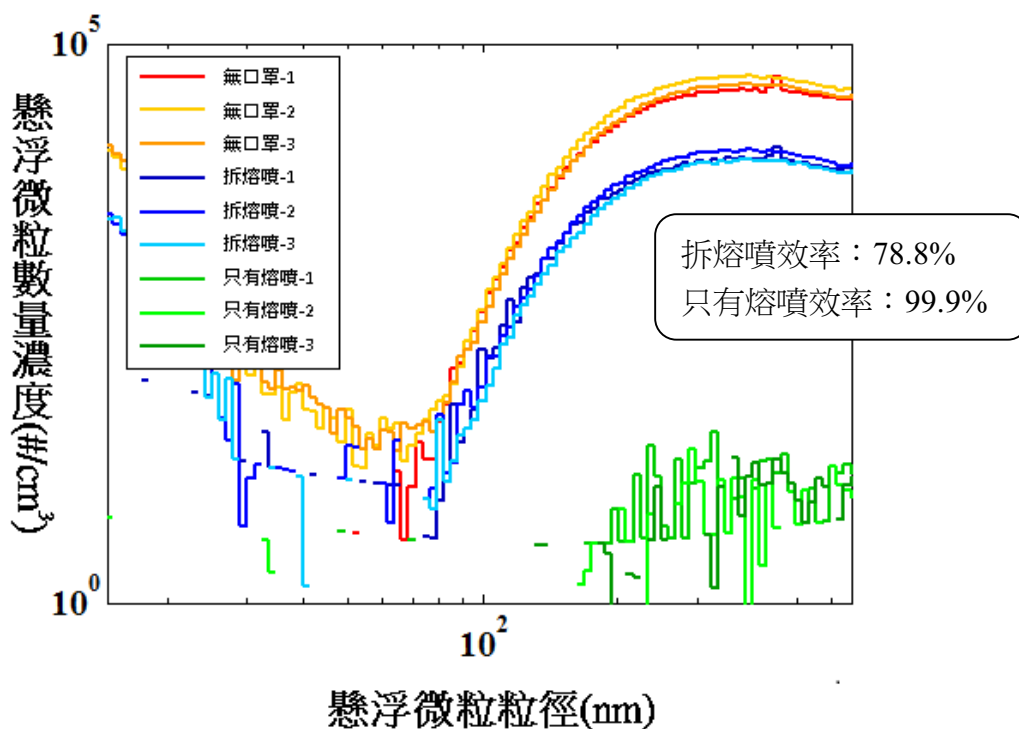


圖 15 利用 SMPS 量測口罩 A1 拆掉熔噴不織布與只有熔噴不織布對於細懸浮微粒之攔截效率

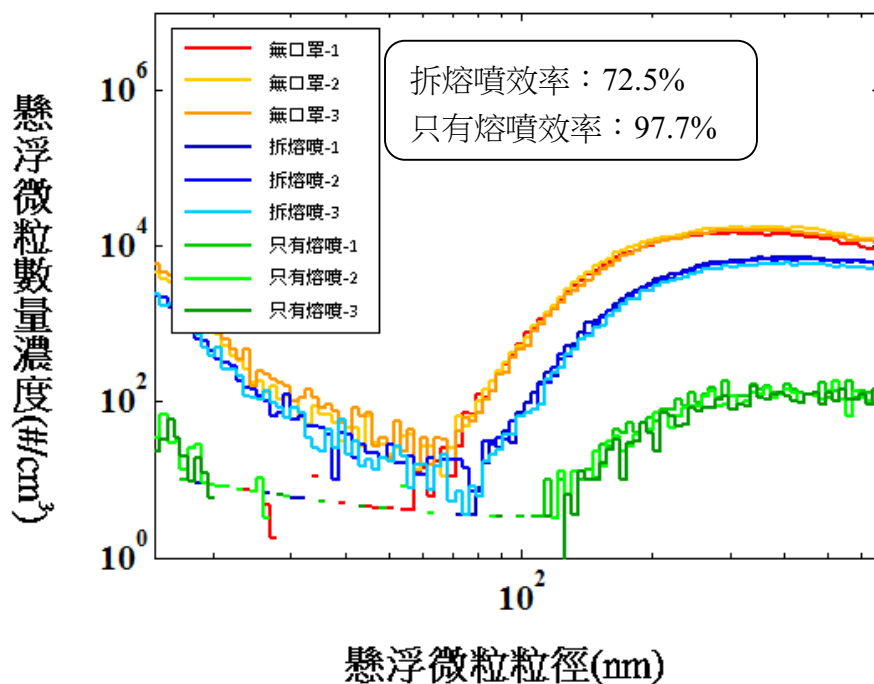


圖 16 利用 SMPS 量測口罩 B1 拆掉熔噴不織布與熔噴不織布對於細懸浮微粒之攔截效率

五、口罩清洗對效率影響之試驗

(一) 熔噴不織布清洗後，攔截效率並無明顯降低

我們從肉眼辨識或是從顯微鏡下觀察(表 10)，都發現熔噴不織布與活性炭在清洗後結構均遭破壞，經清洗與攔截效率測試(圖 17~圖 19)，發現 A1 和 A8 的口罩清洗後，攔截效率並沒有明顯降低(表 9)。

表 9 口罩中熔噴不織布清洗後之效率

口罩編號	A1-1	A1-2	A8
清洗第一次	83.8%	99.6%	99.1%
清洗第二次	99.4%	99.3%	97.2%
清洗第三次	99.8%	99.8%	98.8%

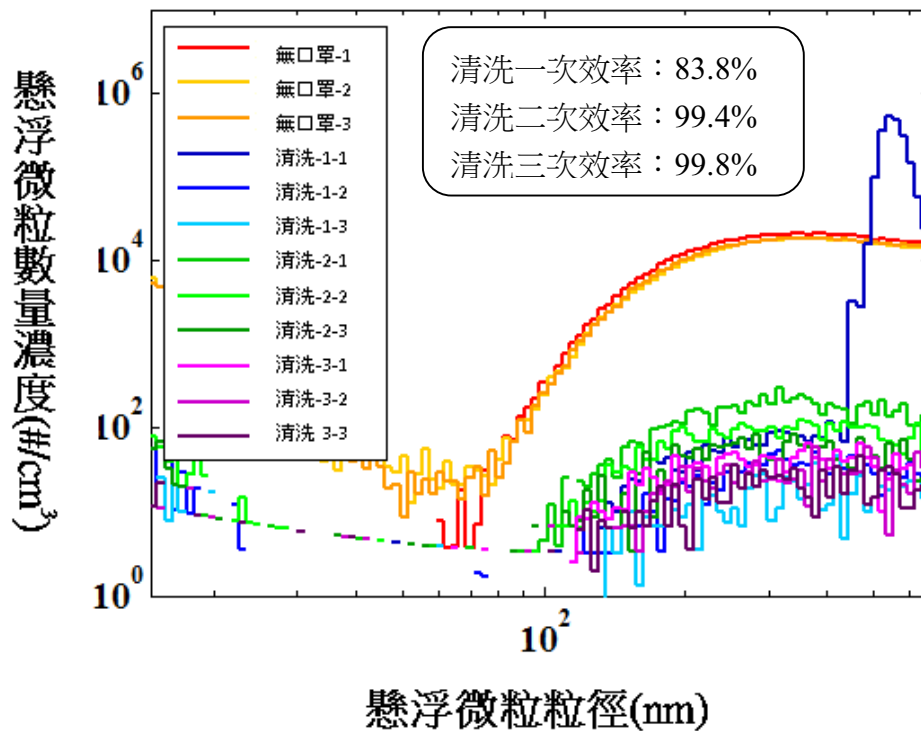


圖 17 利用 SMPS 量測口罩 A1-1 熔噴不織布清洗三次分別之攔截效率

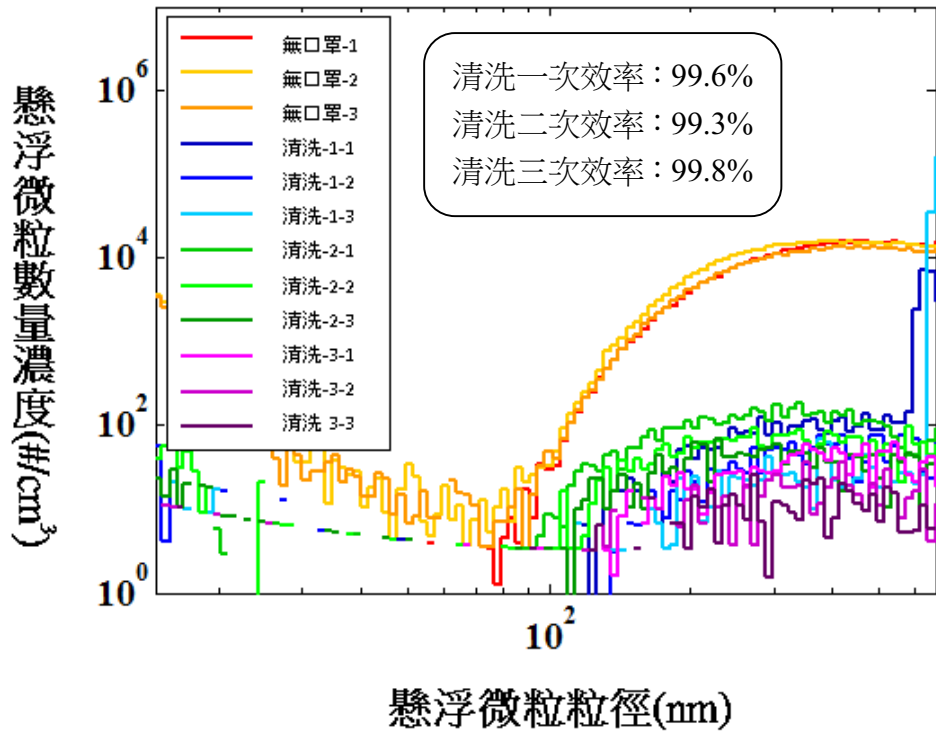


圖 18 利用 SMPS 量測口罩 A1-2 熔噴不織布清洗後攔截效率，進行三次重複試驗

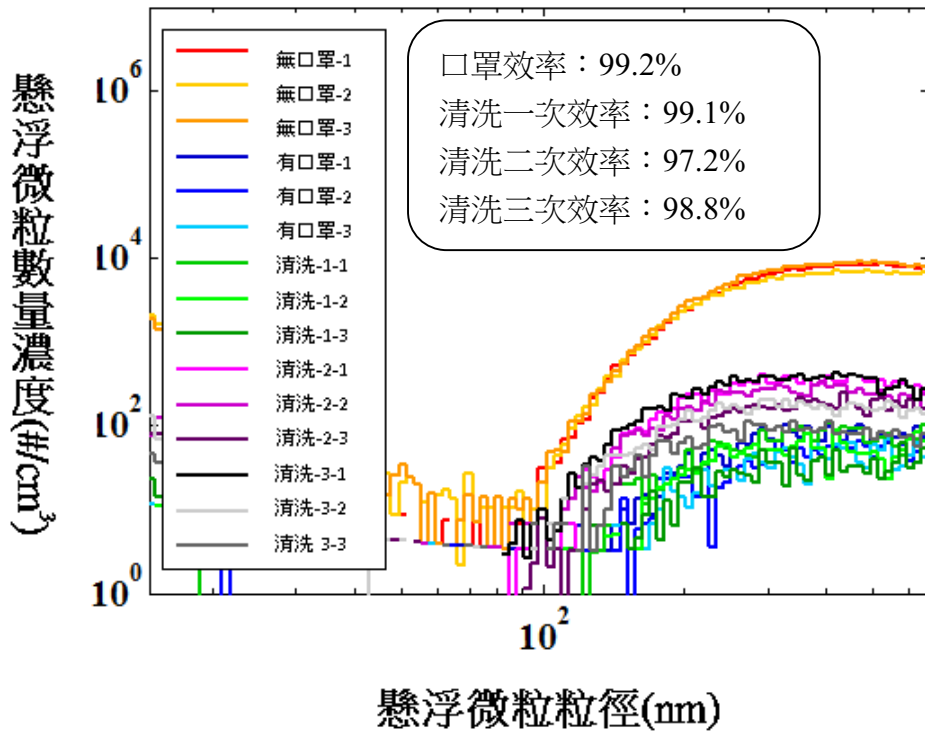


圖 19 利用 SMPS 量測口罩 A8 之熔噴不織布清洗後攔截效率，進行三次重複試驗

(二) 口罩清洗過程會破壞熔噴不織布和活性炭層之結構，仍需更換

熔噴不織布經搓揉清洗後，雖然攔截效率沒有明顯下降，但原本均勻分布之纖維，呈現聚集糾結的情況，且攔截機車廢氣後，所產生之黑色區塊(表 10)，也無法藉由清洗過程恢復原貌。另外，活性炭層於水中搓揉三分鐘後，大部分的活性炭已被洗掉(表 11)，其吸附效能降低。因此，即使是可重複使用之布口罩，其熔噴不織布與活性炭層仍須適時更換。

表 10 口罩 A1-1(東奇)中的熔噴不織布使用過程及清洗前後外觀與顯微鏡下之比較











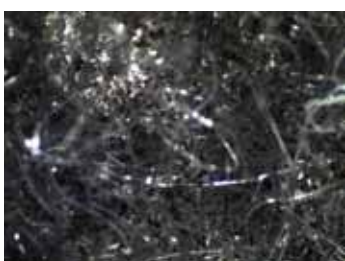

圖片			使用前	使用後	使用後+清洗
東奇	熔噴不織布	外觀			
		顯微鏡			

表 11 口罩 A1-1(東奇)中的活性炭層使用過程及清洗前後外觀與顯微鏡下之比較

圖片			使用前	使用後	使用後+清洗
東奇	活性炭層	外觀			
		顯微鏡			

六、自行組合高效率且實用之布口罩試驗

經由以上的過程，熔噴不織布為口罩高攔截效率之關鍵層，但經由清洗後，熔噴不織布和活性碳的結構明顯遭受破壞，故經過一定的時間後，應進行更換的動作。本研究整合拋棄式口罩高攔截效率內層與布口罩可清洗再利用之優點，使用布口罩之表層加上一條拉鍊，放入經剪裁後的拋棄式口罩(B1)之熔噴不織布與活性碳層。此口罩經測試發現其攔截氣懸粒子效率極高(表 12)，且經清洗後短期內仍可保持良好的攔截效果。達到高攔截效率且實用(可替換內層)之目的。

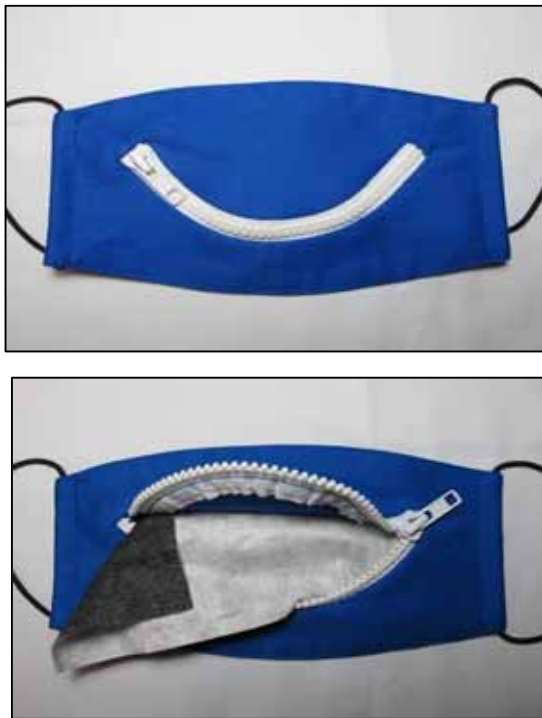
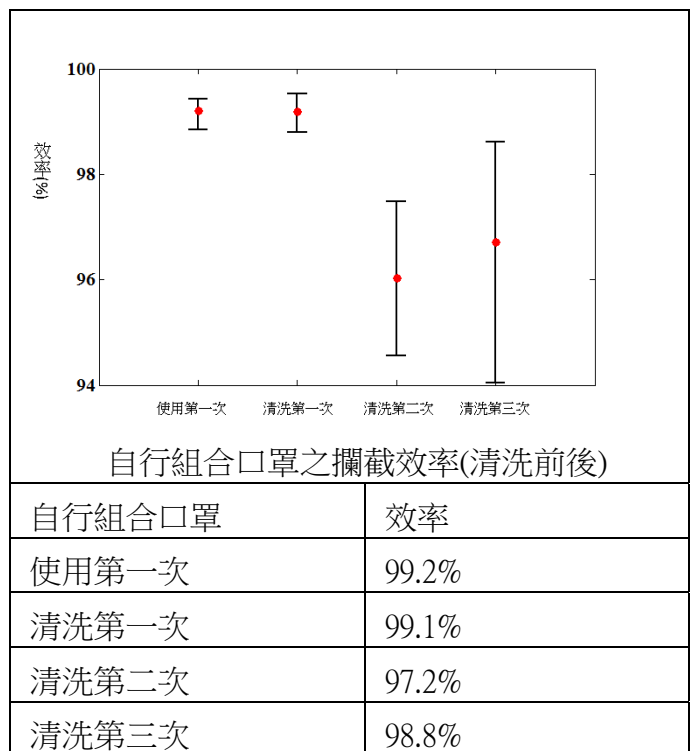


圖 20 製作有拉鍊式的可替換口罩

表 12 自行組合口罩之攔截效率測試



陸、討論

一、比較與討論

(一) 機車廢氣懸浮微粒主要粒徑不易攔截又易深入沉積於肺泡組織中

懸浮微粒之攔截機制：慣性衝擊、攔截作用、重力沉降、擴散收集、靜電吸引如圖 21 所示；而各機制於不同粒徑下之效率會有所改變，由圖 22 中可發現，在這些有效收集的範圍以外，會出現「最易穿透粒徑」，約為 $0.2 \mu\text{m}$ 左右(紅色虛線)，恰巧機車排放廢氣中懸浮微粒數量之峰值位於 $0.1\sim 0.2 \mu\text{m}$ 之間(圖 9~圖 14)，易沉積於肺泡中對呼吸道系統造成傷害(圖 8)。

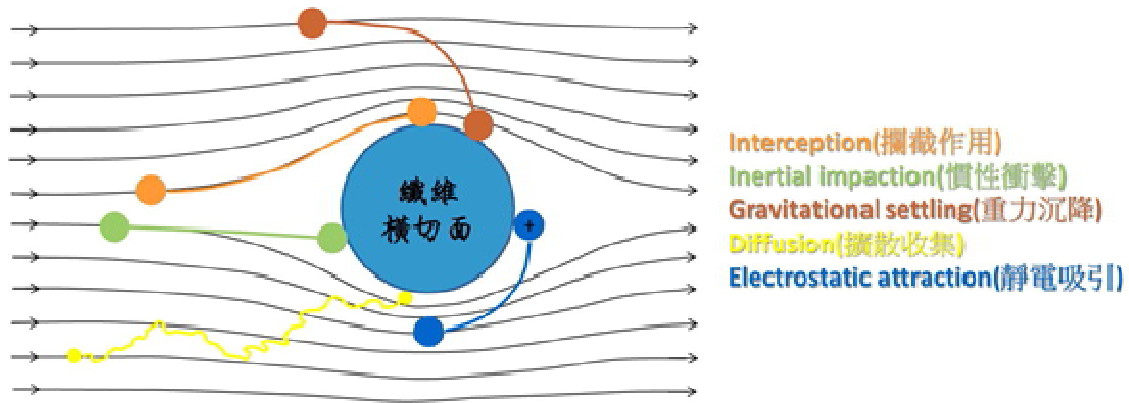


圖 21 口罩濾除懸浮微粒原理示意圖(改編自 Aerosol Technology, William, 1999)

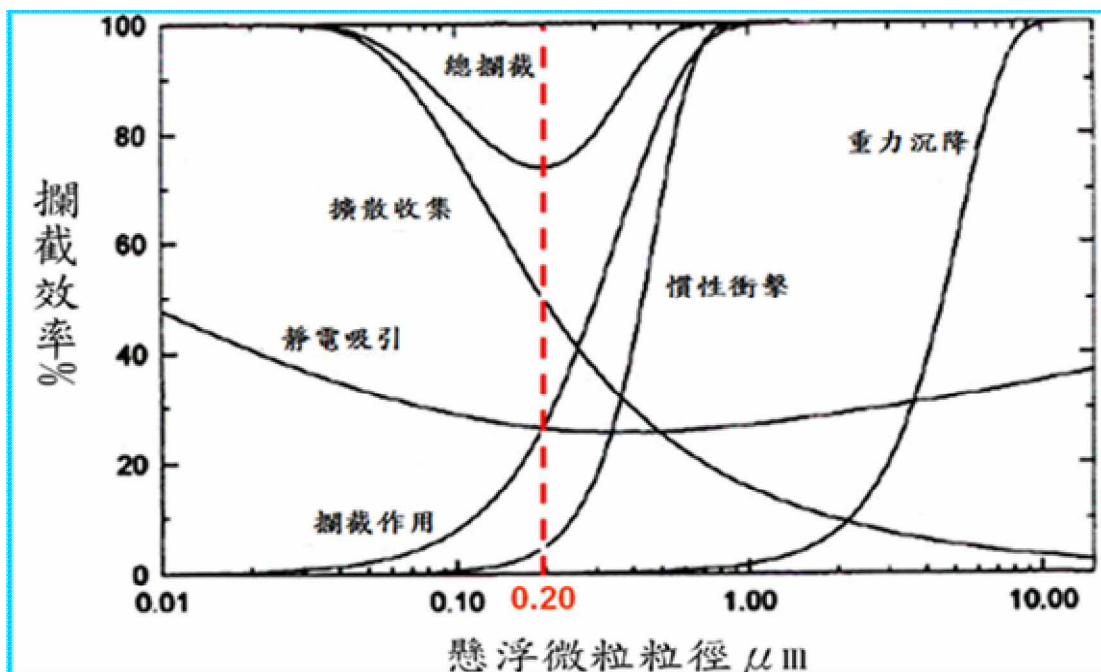


圖 22 各種濾除機制於不同粒徑下之濾除效率

(二)熔噴不織布清洗後為什麼效率沒有明顯下降?

熔噴不織布經攔截機車廢氣後，發現熔噴不織布的顏色已由白色變成灰黑色(表 10)，其結構在清洗後也遭受破壞。然而實驗測量顯示攔截效率還是很好(表 9)，我們更進一步去探討可能原因如下：口罩對於不同大小的粒子，主要的攔截機制不同，比較小的粒子(約 $0.2 \mu\text{m}$)，主要是由擴散收集和靜電吸引所攔截，所以即使結構上被破壞，還是可以藉由靜電吸引去攔截；對於大粒子(約 $10 \mu\text{m}$)而言，是藉由攔截作用、慣性衝擊和重力沉降等方式攔截。本研究只對人體呼吸道危害較大的細懸浮微粒做量測，然而口罩在清洗過程將導致原本緻密的纖維，越來越疏鬆，漏洞也越來越大，故我們推論，清洗後，口罩對於大粒子的攔截效率應該會降低。

(三)實際配戴口罩之攔截效率與實驗結果之差異

本實驗設計讓所有量測空氣皆通過口罩進行攔截，但實際上口罩配戴時，不完全貼合於臉上，工業用口罩一般設計為立體形狀，原因就在於能與佩戴者之口鼻密合，一般紗布、布質、或醫用口罩都是製作成平面型，而且都是依靠耳朵來固定口罩的帶子，由於臉型的弧度並非平面，再者耳朵無法承受過大張力，因此口罩有一定程度的不密合。可以推知，口罩實際使用之攔截效率應會低於實驗結果。建議配戴平面型口罩時，善用鼻樑位置之鐵絲，增加口罩與臉之密合度。

(四)組合出高效率且可替換內層布口罩之優缺點

優點：

- (1) 布口罩之表層可時常清洗，保持衛生。
- (2) 適時更換內層，達到最佳攔截懸浮微粒之效用。
- (3) 口罩清洗時可將內層拿取出，避免破壞其熔噴不織布之結構，及延長口罩內層使用期限。
- (4) 使用拋棄式口罩的內層，或者直接購買熔噴不織布及活性炭層。
- (5) 內層的使用可以用拋棄式口罩來剪裁，一個拋棄式口罩可以剪成兩個口罩使用的量，達到減少使用相對的拋棄式口罩的量。
- (6) 更符合環保經濟的要求。
- (7) 可購買大片的熔噴不織布及和活性炭，方便自行剪裁。
- (8) 在寒冷的冬天有防寒作用。
- (9) 美觀。

缺點：

- (1) 密合度較拋棄式口罩為低。
- (2) 鼻樑處缺乏鋼絲，因此密合度會比拋棄式口罩為低。
- (3) 大多其材質不防水，防潑水能力較拋棄式口罩外層低。
- (4) 天氣炎熱時，戴布口罩會讓使用者感到不適 布口罩在天氣炎熱時，容易感到悶熱。

柒、結論

- 一、機車廢氣懸浮微粒主要粒徑落於「最易穿透粒徑」之範圍，粒子不易攔截又易深入沉積於肺泡組織中，對呼吸道系統造成傷害。
- 二、拋棄式及布口罩具高攔截效率之關鍵因素，主要在於是否具有熔噴不織布過濾層。本研究結果提供口罩選擇時之參考依據，攔截效果的評估，不僅在於價錢與層數之多寡，而為是否具有熔噴不織布層與活性碳層。
- 三、熔噴不織布層固然為提升攔截效率之關鍵，但經初步研究，清洗過程會改變過濾層之結構，雖沒有明顯的影響到口罩攔截效率，但其內部的結構已遭到破壞，故布口罩仍需要定期更換
- 四、含有活性碳層的拋棄式口罩對臭氧的吸收率較不含活性碳者高。
- 五、本研究自行組合的布口罩，達到高攔截效率且實用之目的。

捌、參考資料

1. 林志忠(民 96)。交通源大氣奈米、超細、細及粗微粒組成特性之研究。國立屏東科技大學環境工程與科學系博士論文，179。
2. 陳邦瑋(民 95)。從台北都會區細氣膠特性評估 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 對環境影響的顯著性。國立中央大學環境工程研究所碩士論文，153。
3. 阮國棟、吳婉怡、黃冠穎(民 97)。環境中奈米微粒。科學發展，421，26-31。
4. Jing-Shiang Hwang and Chang-Chuan Chan(2002). Effects of Air Pollution on Daily Clinic Visits for Lower Respiratory Tract Illness . *American Journal of Epidemiology*, 155, 1-10.
5. Hinds, William C(1999). *Aerosol Technology, 2nd Ed.*, Wiley, New York.

【評語】 040804

1. 作品名稱與內容不符。
2. 口罩的功能不只是攔截微粒而已，還有吸附有機物功能，應一併考慮。
3. 口罩透氣性應與攔截效率取得平衡。
4. 組合式口罩，目前實驗室已廣泛使用。