

第 2 屆大專校院綠色化學創意競賽成果報告書

組別：大專組

隊伍名稱：NTU VIRUS KILLER

主題：蜂巢式光纖反應器消除飛機艙內空氣細菌病毒

摘要：

由於 COVID-19 的大範圍擴散，空氣品質固然成為今年度的重要課題，而在飛機座艙等密閉空間中，更是需要高效能的空氣清淨系統，以防止細菌、病毒的傳播。然而，考量到現今飛機座艙所使用的玻璃纖維濾網尚有高分貝噪音等缺點，因此我們發想出「運用蜂巢式光纖反應器於機艙空氣清淨系統」的設計概念。為驗證此想法的可行性，設計出一套密閉的空氣循環系統，系統內包含黏附上光觸媒的蜂巢反應器、光纖、紫外燈光，並利用細菌檢測片檢驗系統的殺菌效果。由初步結果可以觀察到，開啟紫外燈光來照射光觸媒反應器的實驗組別，其殺菌效果相當顯著。然而，未來將會以改變紫外光瓦數或調整風速作為實驗的對照組別，進一步探討並挖掘應用在飛機座艙中的最適清淨系統。

壹、動機

2020 年度全世界皆受到 COVID-19 的衝擊，在社會、經濟動盪的情形下，全球化的趨勢暫緩。隨著各國病情的加劇，歐美疫情日益升溫，許多國人反臺躲避這場風波。然而在往返的過程中，需要長時間待在密閉的機艙中，短則數小時、長則半日以上，這時如何有效地淨化機艙內的空氣成為重要課題。藉此，我們以淨化機艙空氣為出發點，發想該研究。

再者，考量到飛機的航程大多處於 8000-12600 米的高空中（隨著海拔每增加 1000 米，紫外線強度平均增加 10%-12%），因此我們利用高空萬里無雲且紫外光充足的條件，將紫外光照射光觸媒來激發氫氧自由基，進而達到滅菌的效果。然而，目前使用光觸媒進行抗細菌、病毒已經通過測試，因此我們希望能將其應用在飛機空氣清淨系統中，以提升乘客的搭乘品質。

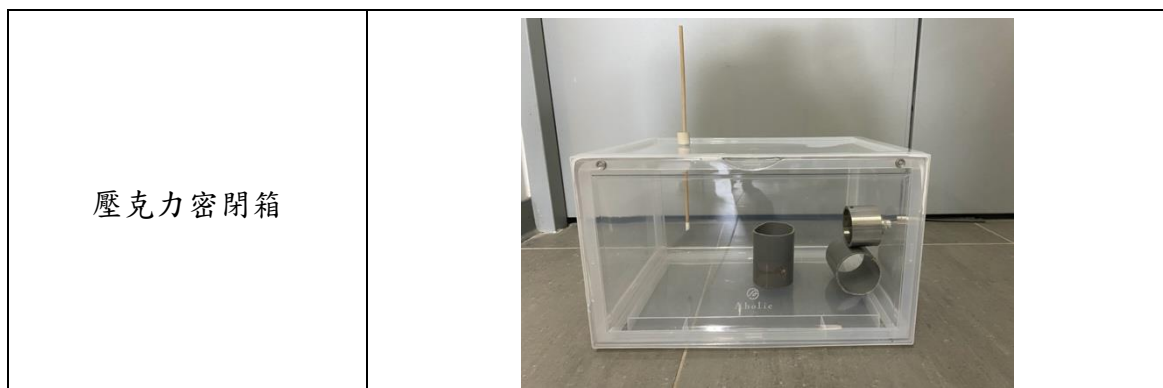
貳、目的


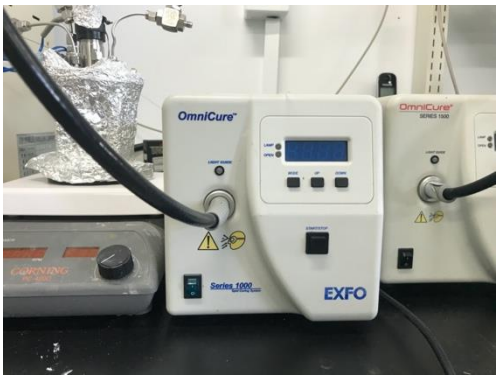



目前的商用飛機使用的是高效能的過濾設備（HEPA），其使用「吸附過濾」的方式來除去空氣中的漂浮微粒、微生物。然而，其玻璃纖維濾網售價高，且收集的顆粒會導致濾網堵塞，因此需定期更換。再者，由於該濾網的風阻相當大，因此在飛機飛行的過程中會產生較大的噪音，影響乘客的飛行品質。

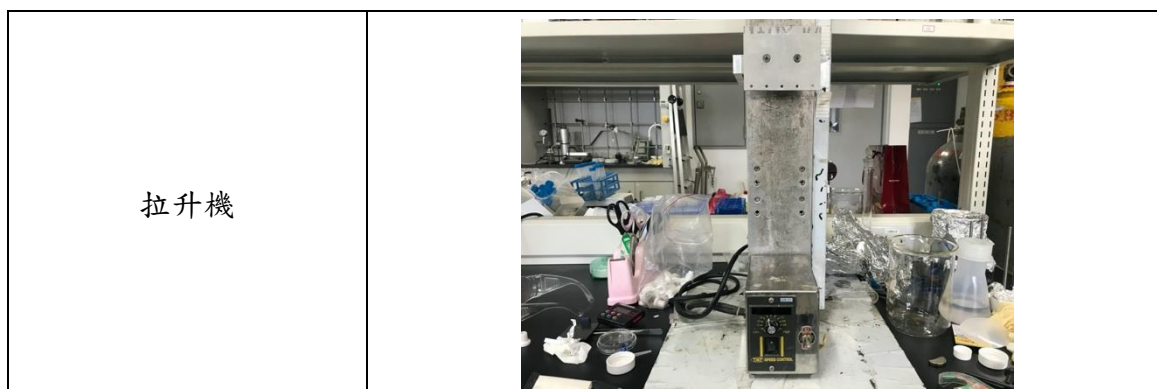
倘若使用蜂巢式光纖反應器取代原先的 HEPA，將可以有效解決 HEPA 的缺點。且利用太陽輻射出的紫外光來照射光觸媒，以光能轉為化學能的形式，此能源將可以代替原本過濾設備所需的一次性能源，藉此可以達到綠色化學的願景。

本研究的蜂巢式反應器設計概念，是將光纖置於陶瓷蜂巢的孔洞裡，當紫外光透過光纖而被引入陶瓷蜂巢內，進而照射光觸媒，使其產生氫氧自由基，其能夠氧化細菌、病毒蛋白，而有效降低空氣中的細菌、病毒量，以提升空氣品質。因此我們希望能透過實驗證實此方法的可行性，從而應用在淨化機艙內空氣，且使空氣、細菌病毒含量降低。

參、設備及器材



<p>蜂巢反應器與光纖</p>	
<p>紫外燈光源</p>	
<p>風扇</p>	
<p>煅燒儀</p>	
<p>細菌檢測片</p>	



肆、過程與方法

一、清潔陶瓷蜂巢

- (一) 將蜂巢反應器放入 1M HCl 水溶液中 24 小時
- (二) 以超音波震盪儀震盪清洗 1 小時
- (三) 放入 105°C 烘箱中烘乾 24 小時

二、利用熱水解法製備 TiO₂ 水溶液 (光觸媒)

- (一) 將 51 mL TnB (Titanium n-butoxide) 緩慢滴入 0.1 M 硝酸水溶液中，過程中持續攪拌水溶液
- (二) 加入 6 克聚乙二醇，以提高光觸媒黏著度
- (三) 將水溶液加熱至 80°C，並持續攪拌 8 小時

三、利用浸塗法黏附光觸媒於陶瓷蜂巢

- (一) 將蜂巢反應器浸置於 TiO₂ 溶液中 30 分鐘
- (二) 利用拉升機將蜂巢反應器抽離 TiO₂ 溶液，拉升速度控制再 38 mm / min
- (三) 將蜂巢反應器放入 80°C 烘箱中乾燥 1 小時
- (四) 重複 (一)、(二)、(三) 步驟三次，確保光觸媒覆膜於蜂巢反應器
- (五) 最後將蜂巢反應器放入煅燒儀中煅燒

煅燒儀控制：

1. 1°C / min 升溫至 150°C，持續 3 小時
2. 1°C / min 升溫至 500°C，持續 5 小時

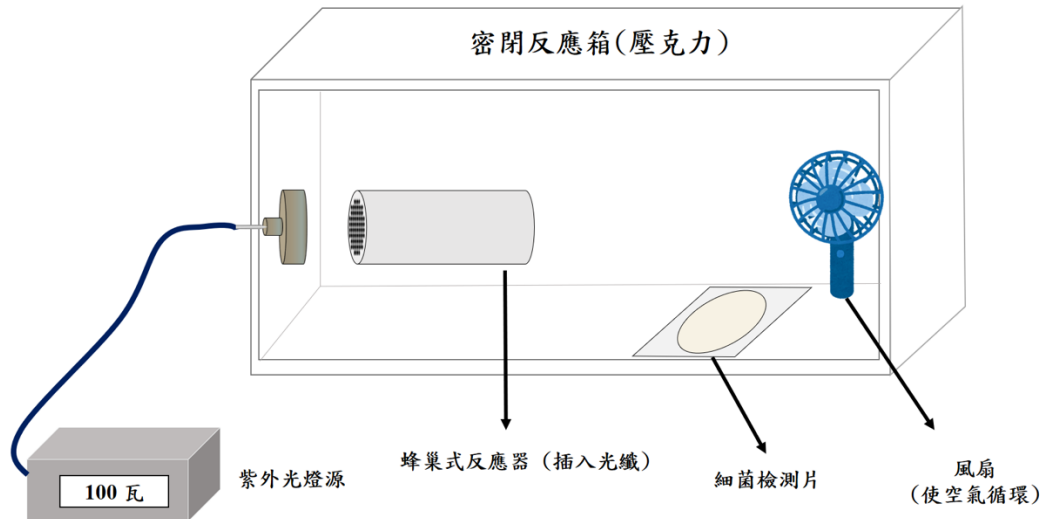
四、製備含光纖的蜂巢反應器

- (一) 將光纖剪成數段，每段約 15 公分
- (二) 利用美工刀將每段光纖周圍切割成鱗片狀
- (三) 將光纖插入陶瓷蜂巢的孔洞中

五、製備細菌檢測片

- (一) 將 1 mL 去離子水滴至培養基正中央
- (二) 蓋上檢測片，使去離子水擴散至培養基周圍。

六、架設密閉反應系統



七、實驗流程（分為三組實驗）

為確保三組實驗結果可用肉眼觀測出細菌量差異性，將此系統置於不通風的地下室，以地下室的髒空氣來進行實驗。

（一）第一對照組：密閉系統中沒有放置蜂巢反應器，也沒有照射紫外光

1. 架設密閉反應系統
2. 開啟風扇，關閉系統蓋，使空氣對流循環 30 分鐘
3. 開啟細菌檢測片，靜置 30 分鐘
4. 取出細菌檢測片，放入 37 °C 烘箱，培養細菌 24 小時
5. 於烘箱取出細菌檢測片，觀測細菌量

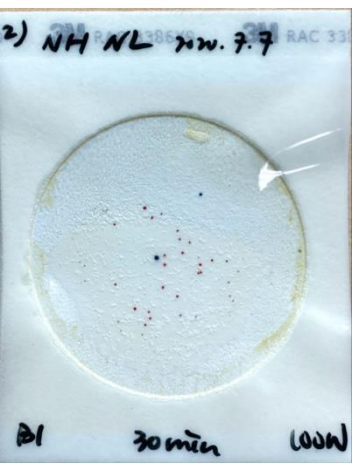

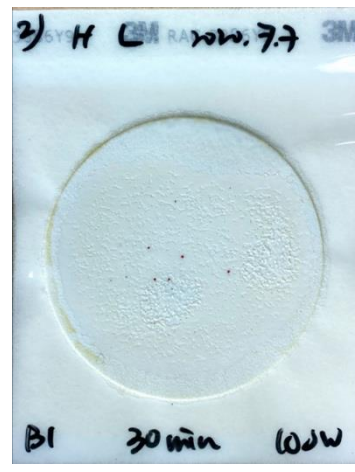
（二）第二對照組：密閉系統中沒有放置蜂巢反應器，但有照射紫外光

1. 架設密閉反應系統
2. 開啟 100 瓦紫外燈光
3. 開啟風扇，關閉系統蓋，使空氣對流循環 30 分鐘
4. 開啟細菌檢測片，靜置 30 分鐘
5. 取出細菌檢測片，放入 37 °C 烘箱，培養細菌 24 小時
6. 於烘箱取出細菌檢測片，觀測細菌量

（三）實驗組：密閉系統中有放置蜂巢反應器，也有照射紫外光

1. 架設密閉反應系統
2. 開啟 100 瓦紫外燈光
3. 開啟風扇，關閉系統蓋，使空氣對流循環 30 分鐘
4. 開啟細菌檢測片，靜置 30 分鐘
5. 取出細菌檢測片，放入 37 °C 烘箱，培養細菌 24 小時
6. 於烘箱取出細菌檢測片，觀測細菌量

伍、結果

	(1)	(2)	(3)
蜂巢反應器	X	X	V
照射紫外光	X	V	V
檢測片結果			
菌株數	50 株 * 1.8 = 90 株	51 株	15 株

第一對照組為系統沒有放置蜂巢反應器，且也沒有照射紫外光線的情形下進行實驗，得到的結果如圖示 (1)。然而檢測片上半部培養基不足，導致細菌只有在中間生長，而有培養基的面積比上沒有培養基的面積約為 1 : 0.8。因此依照檢測片說明書的計數方法，將菌株數乘上 1.8 (1 + 0.8)。

第二對照組為系統沒有放置蜂巢反應器，但有照射紫外光線的情形下進行實驗，得到的結果如圖示 (2)。檢測片上的培養基分佈均勻，細菌遍佈整個圓面積。因此由肉眼觀測即可得到菌株數量為 51 株。

實驗組為系統有放置蜂巢反應器，且有照射紫外光線的情形下進行實驗，得到結果如圖示 (3)。檢測片上的培養基分佈均勻，細菌遍佈整個圓面積。因此由肉眼觀測即可得到菌株數量為 15 株。

陸、結論

由前述結果觀察得到，最顯著的殺菌效果是含有蜂巢反應器，也同時開啟紫外光燈的系統。而沒有放置蜂巢反應器，也沒有照射紫外光的情形下，完全沒有殺菌效果。這與我們原先的預期相符合。

然而，只有單純照射紫外光的系統也有些微的殺菌成效。波長介於 240-280nm 之間的紫外光線為具有殺菌效果的游離輻射，其可破壞微生物的去氧核糖核酸（DNA）、核糖核酸（RNA），使細菌或病毒產生永久的變異。

柒、討論

一、目前紫外光燈的系統皆是以 100 瓦進行實驗，未來將會改以 200 瓦重複實驗。預期結果如下：

- （一）在第二對照組中，調整紫外光線至 200 瓦，在更高能量的紫外光照射下，能提高殺菌量。
- （二）在實驗組中，調整紫外光線至 200 瓦，光觸媒殺菌量不一定與紫外光能量呈正相關，可能在 100 瓦至 200 瓦之間達到最顯著的殺菌峰值。若要找到最適的光觸媒殺菌效果，則需要取間隔較小的紫外光能量，以描繪出光觸媒殺菌效果與紫外光能量的關係曲線。

二、目前系統中的風量是以固定風扇轉速 5200 rpm 進行實驗，未來將會置蜂巢於完全緻密的玻璃罩中，如圖示（4），以確保所有流動的空氣皆有通過蜂巢反應器的孔洞，預期結果如下：

- （一）若所有的空氣皆有通過蜂巢反應器，可以確保空氣中的細菌、病毒都被光觸媒破壞。因此細菌檢測片上的到的細菌株數會比原先的少。
- （二）若提高或降低風扇轉速，會同時改變空氣接觸到蜂巢反應器的摩擦力，風阻會影響單位時間內通過的空氣量，進而改變殺菌效果。若要找到最適的風量，

則可以取間隔較小的風扇轉速，以描繪出殺菌效果與風扇轉速的關係曲線。



圖示 (4)

捌、參考資料及其他

一、網路資訊：

- (一) World health organization : https://www.who.int/uv/uv_and_health/en/
- (二) 紫外線殺菌效能探討 : https://nics.org.tw/download_datax.php?id=291
- (三) 飛機結構剖面圖 : http://www.how01.com/post_OW6EMa083IPG6.html
- (四) Dreams time : <https://cn.dreamstime.com>
- (五) 人民網 : <http://scitech.people.com.cn/BIG5/n1/2020/0207/c1007-31576134.html>
- (六) 3M細菌檢測片 : https://www.3m.com.tw/3M/zh_TW/company-tw/all-3m-products/~AEROBIC-3M-Petriefilm-總生菌數快檢片-6400/?N=5002385+3293785706&preselect=8711414+8718450+3293786499&rt=rud

二、專利檢索

(一) 檢索資料庫：

1. 中華民國專利資料庫
2. 美國專利資料庫
3. 歐洲專利資料庫

(二) 檢索案件中、英文之關鍵字：

1. 中文關鍵字：TiO₂、光觸媒、除菌、蜂巢、UV 光
2. 英文關鍵字：TiO₂; photocatalyst; honeycomb reactor; UV light; viruses and bacteria elimination

(三) 個資料庫之檢索關鍵字：

資料庫	檢索關鍵字/檢索語法	專利數
中華民國專利資料庫	光觸媒 and 除菌 and 蜂巢 and UV 光 and 二氧化鈦	0
	光觸媒 and 除菌 and UV 光 and 二氧化鈦	3
	(光觸媒 or 除菌) and 蜂巢 and UV 光	17
	光觸媒 and 除菌 and(蜂巢 or UV 光)	18
	(光觸媒 or 除菌)and(蜂巢 or UV 光)	506
美國專利資料庫	ABST/"UV light" AND ABST/"TiO ₂ photocatalyst "	0
	"viruses and bacteria elimination" AND "honeycomb reactor"	0
歐洲專利資料庫	"honeycomb reactor" AND "Ultraviolet light" AND "titanium dioxide"	3
	"honeycomb reactor" AND "Ultraviolet light" AND "titanium dioxide" AND "bacteria"	2

(四) 檢索結果：

專利號/公告號	專利名稱	公告年分
I670238	奈米光觸媒及奈米銀固定化塗佈方法及其應用於淨水之裝置與用途	2019
I624304	立體蜂巢狀光觸媒光電反應裝置	2018
559077	光觸媒空氣清淨器(一)	2003
M586611	以光觸媒濾網所組成的空氣淨化裝置	2019
CN206950990U	Photocatalysis reactor and industrial waste gas treatment device	2018

(五) 前案資料比對分析：

1. 臺灣公告號559077於2003年公告，其燈管套設有光觸媒鍍膜之玻璃纖維，而相鄰燈管設有一驅動機構，其由一風扇及一電路板所組成，該風扇可促進該蓋體內外空氣的流通，當燈管點亮後，光觸媒可在燈管發出的紫外線光催化下產生觸媒作用，對周圍的空氣進行殺菌及除臭的作用，而此案為蜂巢式反應器並由UV光透過光纖進行空氣之除菌。故本案與前案不相同。
2. 臺灣公告號M586611於2019年公告，光觸媒濾網，由含有TiO₂奈米顆粒組成的金屬網所構成，其設置風扇後方，且令風扇自風孔抽入之空氣通過光觸媒濾網；以及LED UV光觸媒燈組，設置於容置空間內，其包含數個可產UV光源的LED晶粒，用以產生UV波長介於250~400nm範圍的光源，且令LED UV光觸媒燈組的光源照射光觸媒濾網，可產生自由基分子來自動分解有毒氣體分子，用以淨化空氣；藉此，組合成一具有過濾微細顆粒和自動分解有機體有害物質的光觸媒空氣淨化裝置。但是我們使用蜂巢式反應器，其反應之表面積較大，故與前案不同，並較有前瞻性。

3. 臺灣公告號I670238於2019年公告，係關於一種奈米光觸媒及奈米銀固定化塗佈方法及其應用於淨水之裝置與用途，其中光觸媒為氧化鋅(ZnO)或二氧化鈦(TiO₂)；以及利用濕式相轉換法(wet phase inversion method)或乾式成型法將塗佈液噴塗(spray coating)至少2層於一多孔載體表面，以在多孔載體成型為一高孔隙性薄層。所述成型有一高孔隙性薄層之多孔載體可應用於作為淨水裝置之用途。本案則使用蜂巢式反應器，將UV光透過光纖引入反應器內，並照射光觸媒，使空氣內的細菌量能明顯降低。故本案與該前案不相同。
4. 臺灣公告號I409421於2013年公告，係關於一種除臭除菌效率優異之冰箱。另外，本發明之冰箱包含由隔熱材所構成且內部形成有貯藏室之隔熱箱體、安裝於前述隔熱箱體開口部且可自由開關之門、及冷卻前述隔熱箱體內空氣之冷卻機構。該冰箱包含有：配置於前述貯藏室內且載持光觸媒之載持體、將激勵光觸媒之激勵光照射至前述載持體之照射機構、及將前述貯藏室內之冷氣朝前述載持體強制送風之送風機構。本案著重於降低於空氣中細菌，而非只運用於冰箱中，較具有普遍性。
5. 歐洲專利CN206950990U於2018年公告，公開了一種光催化反應器，包括分氣錐、光催化複合材料、照明燈具和紫外線燈，分氣錐，光催化複合材料具有光催化的複合生物塗層結構，以用來作為廢氣處理裝置。本案則使用TiO₂催化材料，利用TiO₂吸收紫外光能量的來進行空氣中細菌、病毒處理。