

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

052304

Without doubt , That's air filter

學校名稱：大興學校財團法人桃園市大興高級中等學校

作者： 高二 賴翊恩 高二 陳之羽 高二 經雨晨	指導老師： 許藝璋 許祐豪
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：聲波、空氣過濾、懸浮粒子

摘要

本研究期望能藉由探討聲波的相關物理特性，研發出高效能的空氣濾清器。研究過程中，利用程式設計的基礎設計出許多低頻的頻率，再經由傳輸與測試後取得其聲壓頻譜、聲壓、聲強、聲功率分布等物理特性之數據，再藉由聲強與聲功率分布之物理特性，設計結構與完成作品。

壹、研究動機

空氣汙染日益嚴重，再加上近兩年新冠肺炎疫情，大大地影響了人們的正常生活與健康，空氣過濾系統需求也日益增加。倘若能研究開發出經濟實惠且大大提昇過濾效能的 Air Filter。那麼即能將所學的知識與技能靈活運用並回饋社會。

貳、研究目的

本研究目的在於利用聲波在介質中之波傳遞特性，能帶動將空氣中的懸浮粒子，因此本團隊期待利用聲波的傳播之特性，以帶動增大粒子的路徑，透過聲波的帶動，能將粒子帶到濾網上，最終能研發出有效達到空氣清淨之功能的設備。經由探討聲波物理特性(聲壓頻譜分布、聲壓、聲強、聲功率)，找出合適且有效的頻率範圍與最佳頻率。

研究的初衷為希望研究開發出能提昇過濾效能與達到空氣過濾耗材的節約，並利用雷射切割機與 3D PRINT 技術設計周邊輔助設備。以期能依理論背景為探討依據之藍圖，做出完善的作品。並整理出一系列的設計藍圖，提供給相關領域或有興趣的團隊研究參考用。

參、研究設備及器材

硬體:

1.	Linkit7697	7	手機、筆記型電腦
2.	NODE MCU-32S	8.	雷射切割機
3.	ARDUINO UNO (ESP8266+藍芽)	9.	訊號產生器 示波器(GDS-1102-U)
4.	功率放大器	10.	聲壓計
5.	單體(喇叭)	11.	空氣品質感測器
6	空氣濾材(過濾棉)	12	

軟體:

1.	Arduino Software (IDE)	3.	EasyEDA
2.	App Inventor 2	4	Tinkercad for 3D design

輔助設備:

1.	木炭	4.	杜邦線、銅線、單芯線
2.	手工具 (螺絲起子、尖嘴鉗、斜口鉗...等)	5.	音源線
3.	焊接工具	6.	

肆、研究過程或方法

一、本研究過程結構圖如下所示:



- (一)、設計不同的訊號產生之硬體(Linkit7697、NODE MCU-32S、ARDUINO UNO(ESP8266+藍芽)與設計手機 APP 軟體上設計不同頻率的低頻訊號，並輸出。
- (二)、量測(示波器)所設計不同頻率的低頻訊號，比較其穩定性與準確度，選擇相對穩定與準確度較佳的訊號輸出方式。
- (三)、參考 TDA2050 datasheet 繪製電路與焊接。

(四)、傳送不同頻率的低頻訊號到功率放大器，再傳送至單體(喇叭)。(裝置 1)



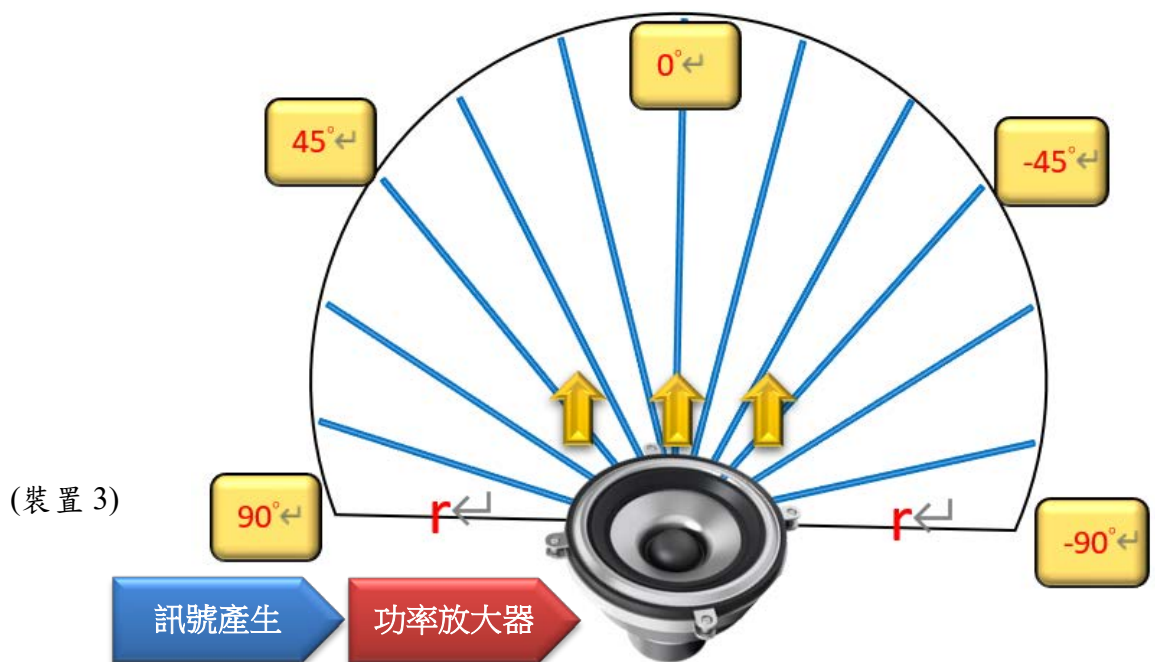
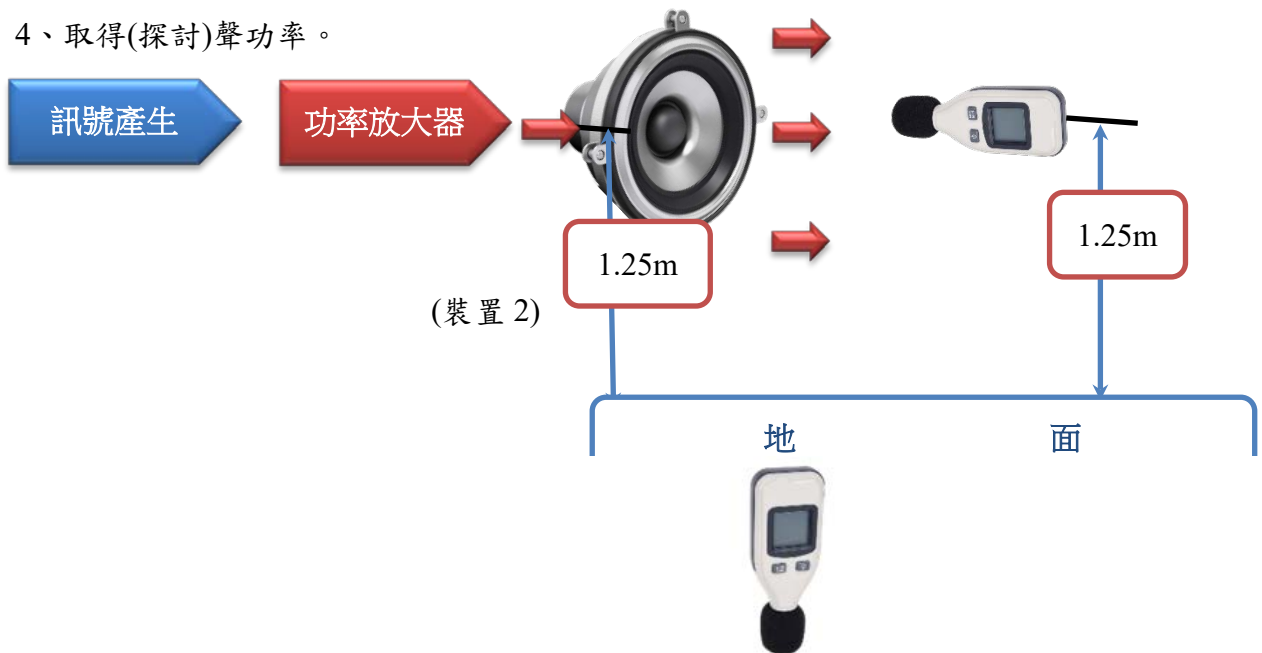
(五)、能量固定的輸入條件下，探討聲波輸出的相關物理特性，找出本研究的最佳使用頻率。

1、取得(探討)聲壓頻譜分布。(裝置 2)

2、取得(探討)聲壓分布(1.同半徑不同頻率、2.同頻率不同半徑)。(裝置 3)

3、取得(探討)聲強分布(1.同半徑不同頻率、2.同頻率不同半徑)。(裝置 3)

4、取得(探討)聲功率。



(五)、取得(探討)相關的聲壓物理數據，取得最佳值。

1、探討聲壓分布(1.同半徑不同頻率、2.同頻率不同半徑)。

2、探討聲強分布(1.同半徑不同頻率、2.同頻率不同半徑)。

3、探討聲功率。

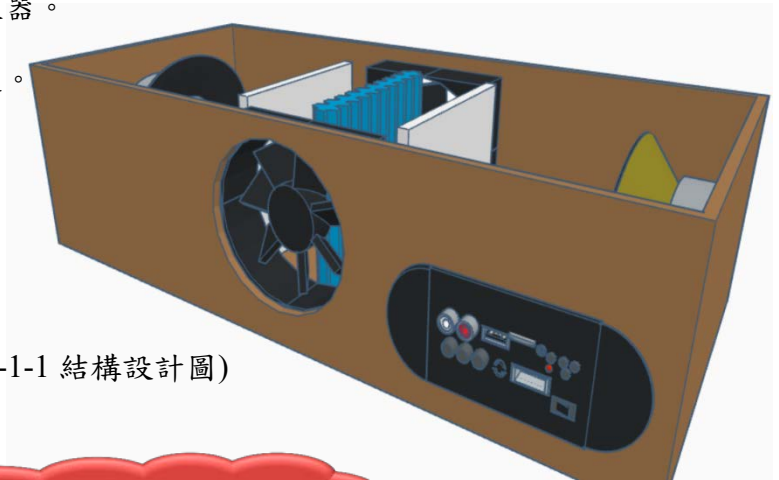
(六)、不同空氣濾材(過濾棉)的選用。

(七)、結構設計作成品與功能測試與修正。(圖 1-1-1、圖 1-1-2)

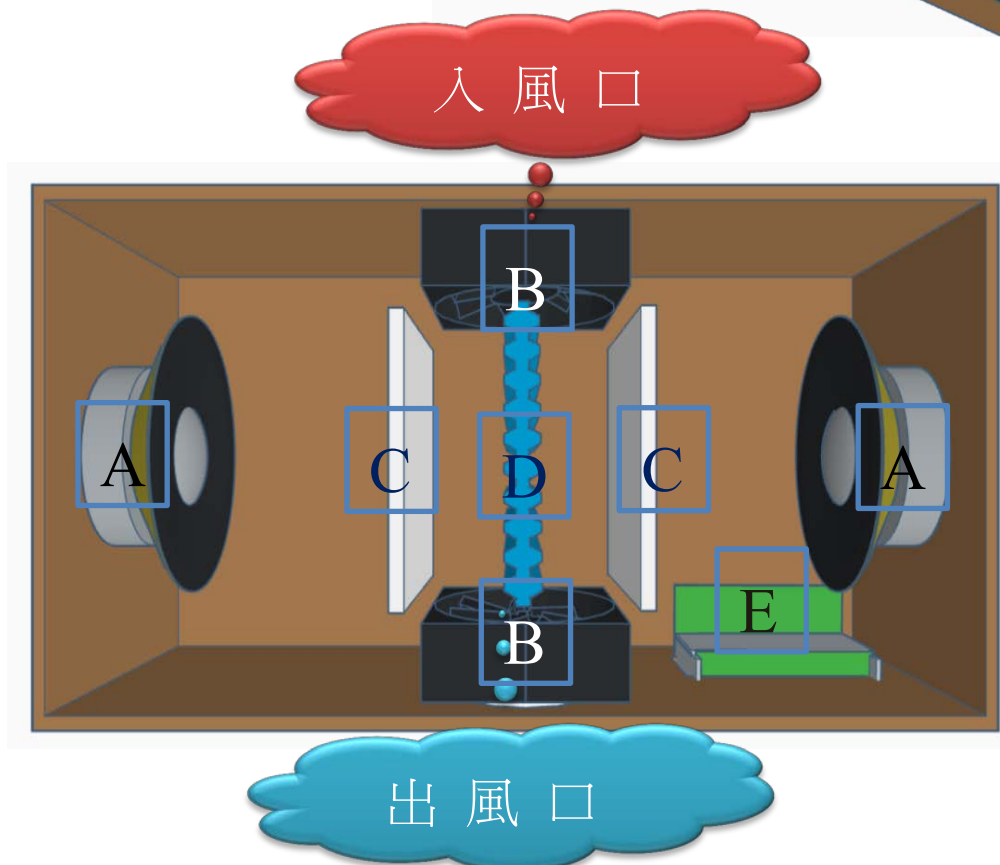
A:單體(發射出低頻聲波)、B:風扇(直徑 12cm)、C: 過濾棉 synthetic filter、D:工業級過濾棉 surface filter、E:功率放大器。

(八)、與兩款市售空氣濾清機做效能比較。

(九)、完成作品。



(圖 1-1-1 結構設計圖)



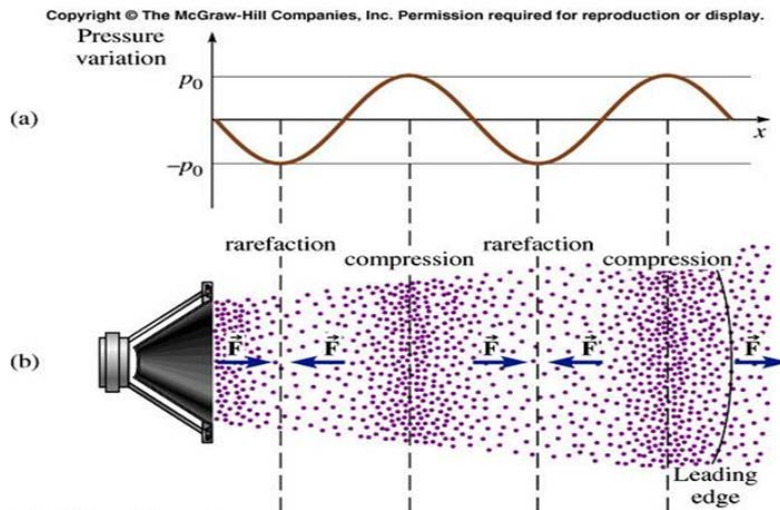
(圖 1-1-2 結構設計圖)

二、研究相關理論

(一).本研究將探討聲波相關物理特性(聲壓、聲壓級、聲強、聲壓級、聲功率、聲功率級)，以便能找出最佳使用頻率。

1.聲壓-acoustic pressure (P)

聲波通過介質時，由振動所產生的壓力改變量，符號為 P，單位是帕斯卡 (Pa) (圖 2-1)



(圖 2-1)

2.聲壓級-sound pressure level (Lp)

聲壓級(Lp) 是聲壓大小的常用物理量，其定義如下:

$$L_p = 10 \log(P/P_0)^2 = 20 \log(P/P_0) \Rightarrow P = 2 \times 10^{-5} \times 10^{(L_p/20)}$$

Lp 單位: dB，P(聲壓力值)單位帕(Pa=Nt/m²)，P₀ (聲壓基準值): 2x10⁻⁵Pa。

3.聲強-sound intensity (I)

單位面積上的聲音功率，亦可定義為單位時間、聲音通過單位面積的能量(Joule/sec.m²)

4.聲強級-sound intensity level (L_I)

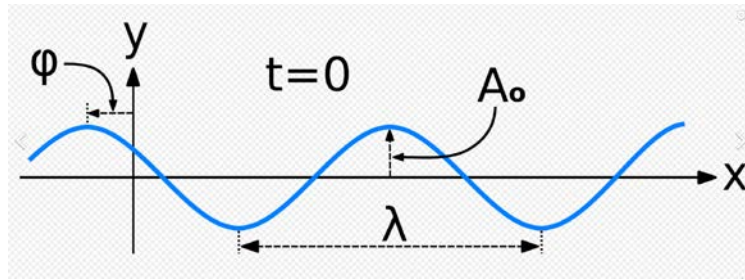
聲強級 (L_I) 是聲強大小的常用物理量，其定義如下:

$$SIL = L_I = 10 \log(I/I_0) \quad I_0: 10^{-12} \text{ W/m}^2。$$

$$L_I = 10 \log I + 120 \text{ dB}。$$

5.聲壓(acoustic pressure, P)與聲強(sound intensity, I)的關係

(1).當聲波以平面波、球型波、圓柱波的形式傳遞時，只要測出聲壓的大小值，即可利用聲波方程式得到聲強的大小值。(以下為以平面波為範例)(圖 2-2)



(圖 2-2)

平面波聲波方程式 $P=y(x,t) = A \sin (kx-\omega t)$ (t 時刻， x 位置處的繩子橫向位移)

k :波數= $2\pi/\lambda$:wavelength ω :震動的角頻率

(2).將上述平面波方程式 $P=y(x,t) = A \sin (kx-\omega t)$ 帶入聲音波動方程式，經由以下為推演後，可求得 I 、 P 之間的關聯。

$$(\partial P/\partial x)=-\rho_0 (\partial \mu/\partial t)$$

μ :空氣中分子震動的速度， ρ_0 :空氣密度

$$\int \partial P/\partial x dt=-\rho_0 \mu$$

$$-((Ak)/\omega)\sin (kx - \omega t) =-\rho_0 \mu$$

$$k=\omega/C_0 \Rightarrow (A/C_0) \sin (kx - \omega t) =\rho_0 \mu$$

$$P=\rho_0 C_0 \mu \Rightarrow \mu =P/(\rho_0 C_0)$$

再將 $\mu=P/(\rho_0 C_0)$ 帶入聲強 $I=P\mu$ 的定義中

$$\text{可得 } I=P\mu=P(P/(\rho_0 C_0))=P^2/(\rho_0 C_0)$$

$$\text{所以得證 } I = P^2/(\rho_0 C_0) \text{ 單位 } W/m^2 \quad \rho_0 C_0=415.68$$

ρ_0 是聲傳波介質的密度，空氣密度為： $\rho_0=1.21 \text{ kg/ m}^3$ (在 20 度時)。

C_0 是聲傳波的速度，當溫度為 20 度($C_0 = 331.4+0.607t$)， C_0 為 343.54m/s。

6.聲功率(Sound Power ,W)與聲功率級(Sound Power level, Lw):

聲源在單位時間內輻射總聲能量，聲源輻射功率 (即聲功率)，單位 W 。

$$W=I \cdot 4\pi r^2$$

聲功率位準 L_w 或稱聲功率級是聲音的實際功率 W 與參考功率 W_0 之比，取以 10 為底的

對數，再乘以 10，單位為分貝：

$$L_w=10\log(W/W_0) \quad W_0=10^{-12}W(\text{dB})$$

$$\Rightarrow L_w = 10 \log W + 120 \text{ (dB)}$$

相關參數:

k 、 λ 、 ω 、 f 、 T 之間的關聯(以下為推演後，並求得 k 、 λ 、 ω 、 f 之間的關聯):

(1). k (角波數 angular wave number):

令某個時間點為 t ， x 與 $x+\lambda$ 之處的波有同相的位移 A

取 $t=0$ ，則

$$A \sin kx_1 = A \sin k(x_1 + \lambda) = A \sin(kx_1 + k\lambda)$$

由於 \sin 的週期為 2π : $k\lambda = 2\pi$ $k = ((2\pi)/\lambda)$

(2). ω (角頻率 angular frequency)、 f (頻率 frequency):

某處之 x 在 t 與 $t+T$ 時刻位移 A 應完全相同

取 $x=0$ ，則

$$-A \sin \omega t_1 = -A \sin \omega(t_1 + T) = -A \sin(\omega t_1 + \omega T)$$

由於 \sin 的週期為 2π : $\omega T = 2\pi$ $\omega = ((2\pi)/T)$ ， $f = 1/T = (\omega/(2\pi))$

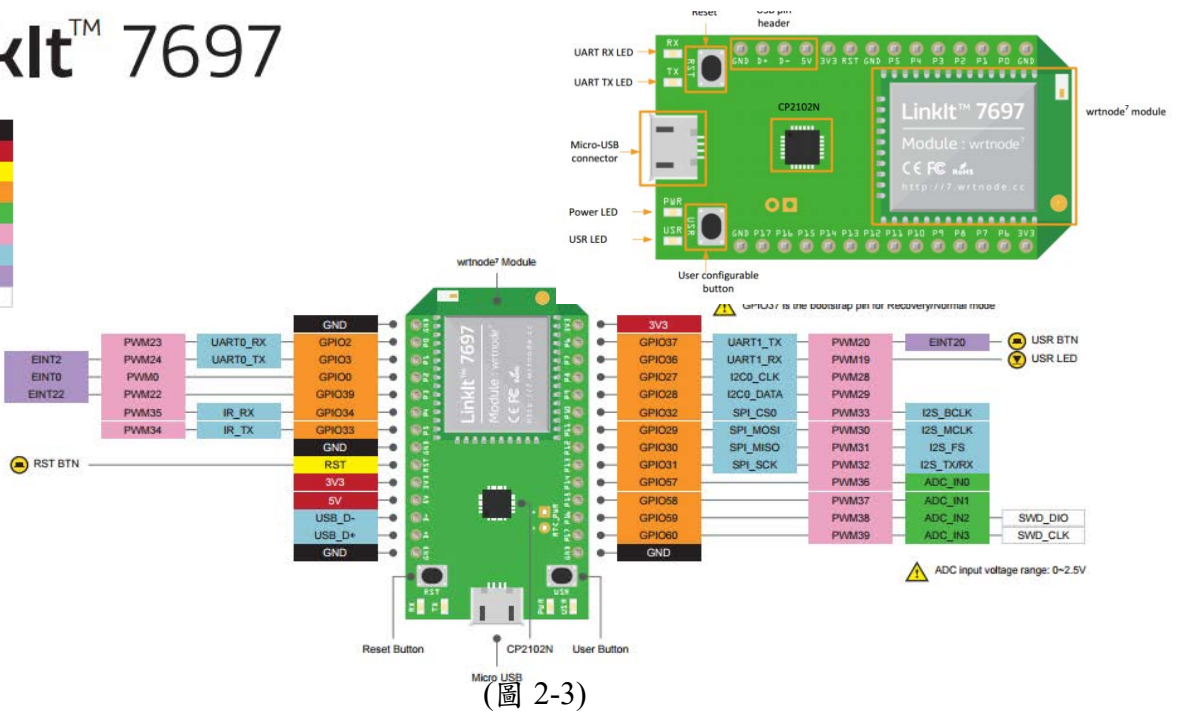
(二).硬體介紹

1、聯發科晶片 Linkit7697(圖 2-3)

LinkIt 7697 是聯發科所推出的物聯網開發板，提供了無線網路和藍牙兩種連線功能，晶片裡的記憶體和計算能力足夠來應對各種的物聯網應用。

LinkIt™ 7697

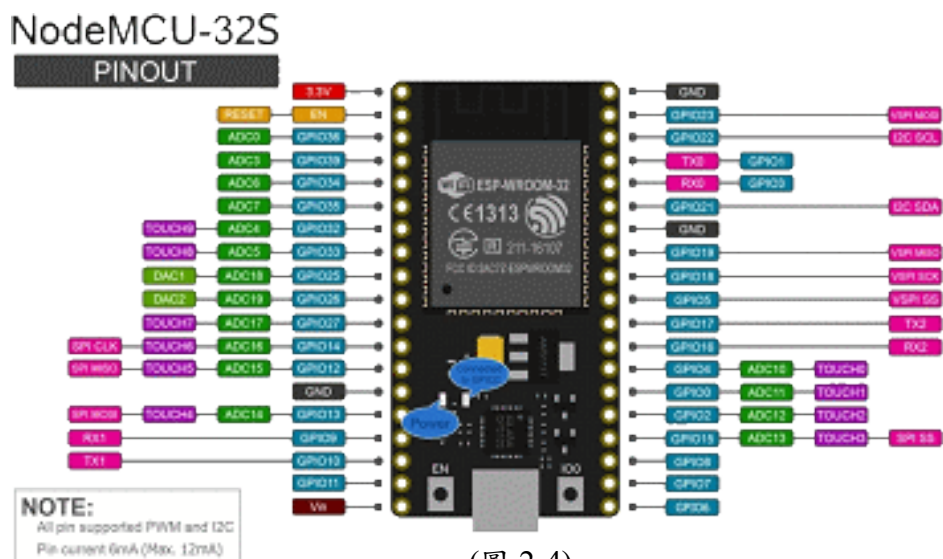
GND
POWER
CONTROL
DIGITAL
ANALOG
PWM
SERIAL
INTERRUPT
DEBUG



(圖 2-3)

2.NODE MCU-32S(圖 2-4)

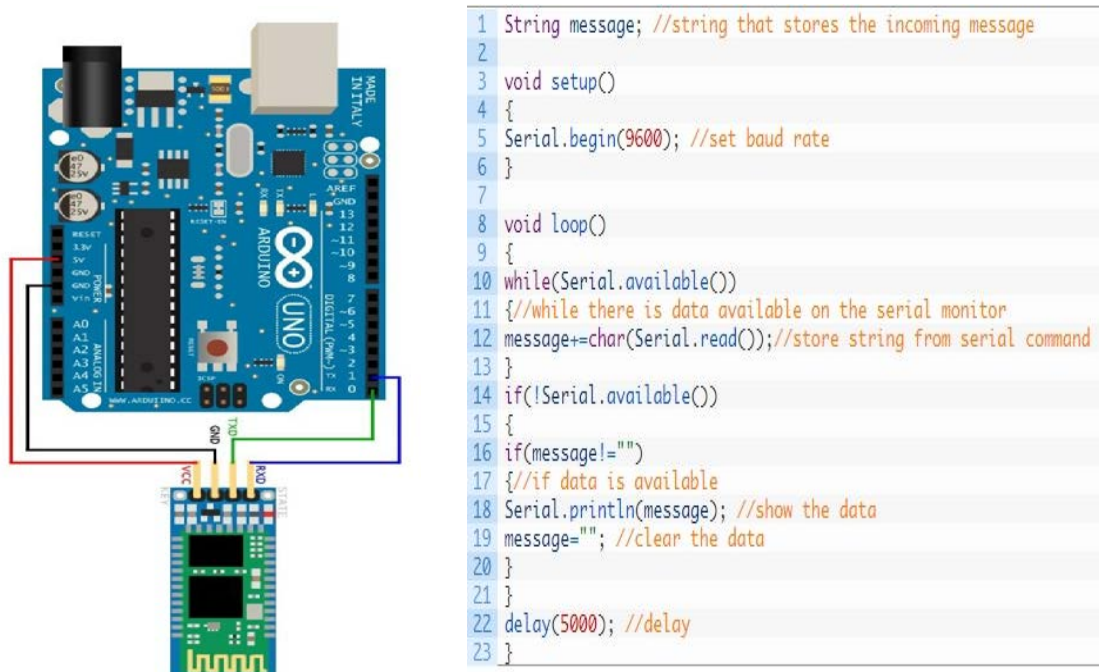
NODE MCU-32S 優點是可以搭配晶片設計與製程來達到最佳化工程特性，如更高的整合度、降低能耗比及低成本等(具有 ESP8266 功能)。



(圖 2-4)

3. ARDUINO UNO(圖 2-5)

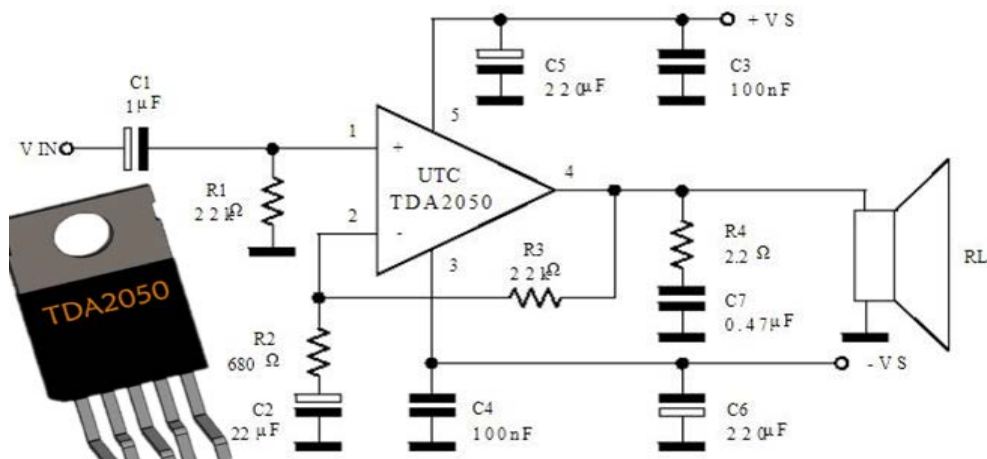
Arduino Uno 是基於微控制器開發板 ATmega328P。有 14 個數字輸入/輸出引腳（其中有 6 個可作為 PWM 輸出），6 個模擬輸入腳、16 MHz 晶振、USB 連線、電源接孔、ICSP 接頭和復位按鈕。若需使用藍芽及 WIFI 功能，可加裝藍牙模組(HC05、HC06)及 WIFI(ESP8266)。(如下圖加裝藍牙模組為例)



(圖 2-5)

4. 功率放大器電路(圖 2-6)

此次研究採用功率放大電路，如圖(2-6)所示。由電晶體 TDA2050 DataSheet 可得知，TDA2050 主要功能負責發送低頻聲段，可下探到 22Hz。功率可由 50W~150W。是當前使用廣泛的電晶體且紋性極佳。其放大倍率可由 $R3/R2$ 的值來決定。



(圖 2-6)

4.空氣濾材的選用與探討(圖 2-7)

依過濾效率，大致區分：初效過濾網、中效過濾網、高效過濾網、超高效過濾網。

(1) 初效濾網 3 微米~10 微米，過濾效率 30-35%~40-45%。



(可攔截大顆粒懸浮物、灰塵、毛髮、皮屑、花粉、棉絮、塵蟎、有害物質)

(2) 中效濾網 1 微米~3 微米，過濾效率 60-65%~80-85%。



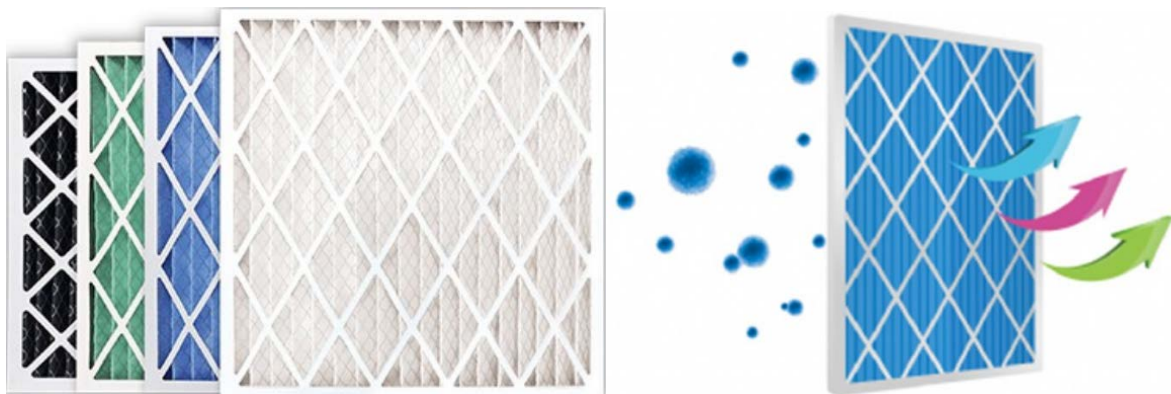
(除了攔截大顆粒懸浮物外，亦可去除黴菌孢子、煙霧難聞氣味，可廣泛用於醫療院所、藥廠、航空業、食品業、研究單位、無塵室。)

(3) 高效濾網 0.3 微米~1 微米，過濾效率 95-99.95%~99.995%。



(除了攔截大顆粒懸浮物、黴菌孢子、煙霧等...難聞氣味外，亦可遠離過敏源、細菌、病毒；可廣泛用於醫療院所、藥廠、航空業、食品業、研究單位、電子廠、無塵室。)

(4) 超高效濾網 0.12 微米~0.3 微米，過濾效率 99.995%~99.999%。



(圖 2-7)

5.空氣品質感測器(圖 2-8-1、2-8-2、2-8-3)

(1).PMS3003(G3) (圖 2-8-1)

採用鐳射散射原理：當鐳射照射到通過檢測位置的顆粒物時會產生微弱的光散射，在特定方向上的光散射波形與顆粒直徑有關，通過不同粒徑的波形分類統計及換算公式可以得到不同粒徑的實時顆粒物的數量濃度。

■測量直徑：0.3-1.0um、1.0-2.5um、2.5-10um。



(圖 2-8-1)

(2.)夏普光學灰塵感測器 (GP2Y1014AU0F) (圖 2-8-2)

光學空氣微粒感測器，用來感測空氣中的懸浮微粒，內部對角上安裝了紅外線發光二極體和光電晶體，使其能夠利用塵埃反射光探測空氣中的 PM2.5，即使是非常微小的煙草煙霧等懸浮顆粒也能夠被檢測到。

■測量直徑：0.8um



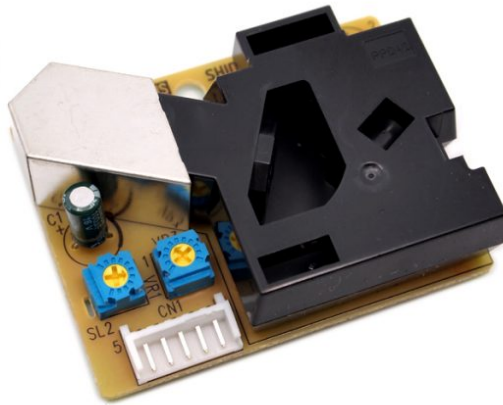
(圖 2-8-2)

(3.) 聯發科 Grove Dust Sensor 細懸浮微粒 粉塵感測器 pm2.5 粉塵傳感器(圖 2-8-3)

Grove Dust Sensor 粉塵傳感器可以通過在給定的單位時間內，計算羅脈衝佔用時間(LPO 時間)來測量空氣中的顆粒物水平，該傳感器可以為您提供可靠的粉塵數據。它可以檢測直

徑為 1 微米的粉塵顆粒。此傳感器使用計數法測試粉塵濃度，測量結果單位為 pcs/0.01cf。

■測量範圍: 0~8000 pcs/0.01cf



(圖 2-8-3)

伍、研究結果

一.低頻訊號輸出方式選擇:

本研究訊號傳送的方式有兩種,第一種:為維持傳輸訊號的穩定,所以採用藍芽連接方式,傳送不同的低頻頻率(30Hz、40Hz、50Hz、60Hz、70Hz、80Hz.....、400Hz)分別給 Linkit7697、NODE MCU-32S、ARDUINO UNO 做測試。第二種:使用手機 APP 軟體,直接從手機輸出低頻率的訊號。經由示波器量測後,發現所有的訊號都能維持穩定且正確的輸出,最終本研究採用較有效率的手機 APP 輸出方式進行研究。

二.聲波物理量之數據蒐集與探討

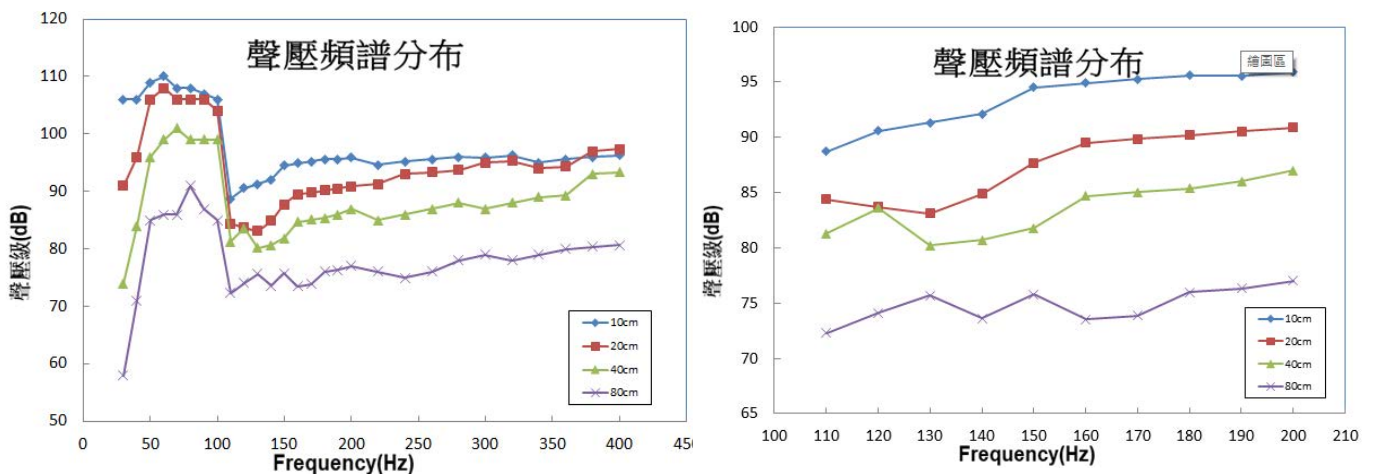
聲波物理量之數據蒐集,分別為蒐集與探討聲壓頻譜分布、聲壓分布、聲強分布與聲功率等物理(數據)特性,本研究設計出幾組裝置,並於研究時蒐集相關數據。

(一). 輸入能量固定的條件下,探討單體輸出的相關物理數據。

1.聲壓頻譜分布:數據蒐集方式如裝置 2 所設計,將聲壓計與單體水平放置並距離地面 1km,量測頻率範圍如下:

30Hz~400Hz。(30Hz~150Hz)/每 10Hz 一個區間、(160Hz~400Hz)/每 20Hz 一個區間。單

體聲源與聲壓計之距離分別為 10cm、20cm、40cm、80cm。量測後結果如(圖 3-1)所示:



顯示量測範圍 30Hz-400Hz

顯示量測範圍 110Hz-200Hz

(圖 3-1)

2、探討聲壓分布(1.同半徑不同頻率、2.同頻率不同半徑)(裝置 3)。

測量範圍設定:(用於聲壓、聲強數據探討)(表 1)

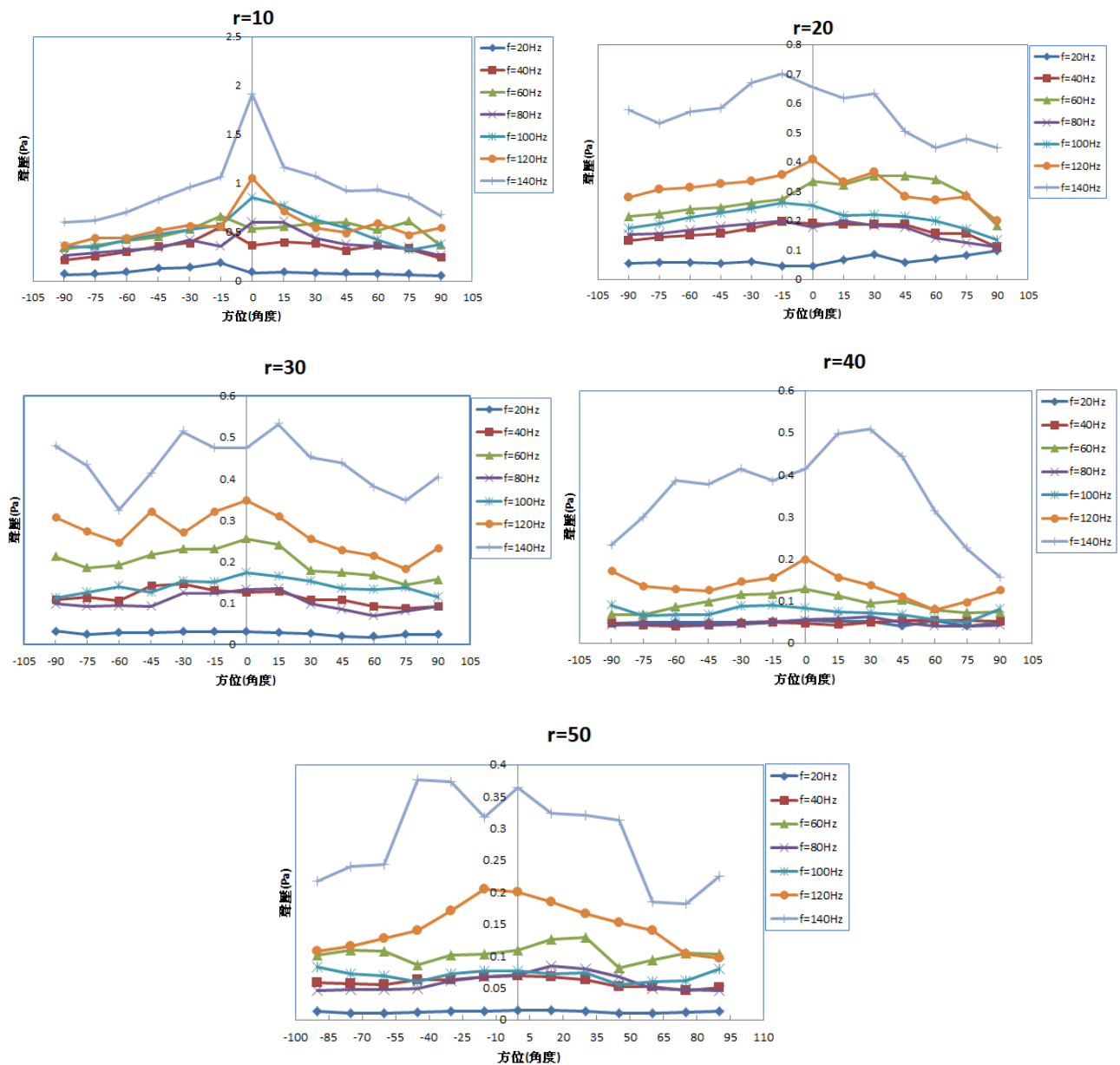
(表 1)

半徑(cm)	10	20	30	40	50		
頻率(Hz)	20	40	60	80	100	120	140

STEP1:將聲源與聲壓計設定距離半徑為 r 。

STEP2:聲壓計沿著此距離半徑往 $+90^{\circ}$ 方向與 -90° 方向移動。(每 15° 為一量測區間)

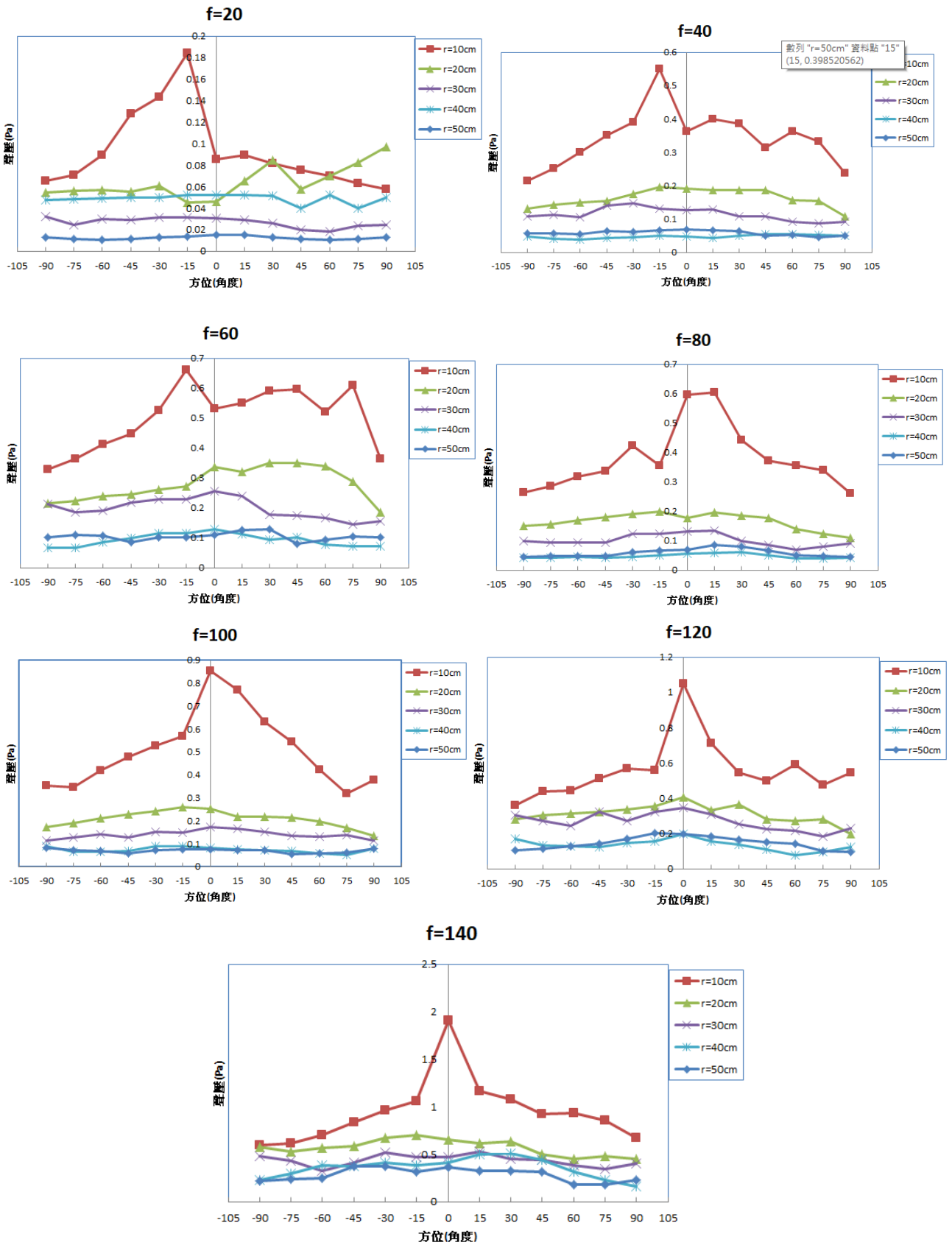
以下為同半徑不同頻率量測結果(圖 3-2)-聲壓 P_0 (聲壓基準值): $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$



(圖 3-2)

以下為同頻率不同半徑量測結果(圖 3-3)-聲壓

P_0 (聲壓基準值): $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$



(圖 3-3)

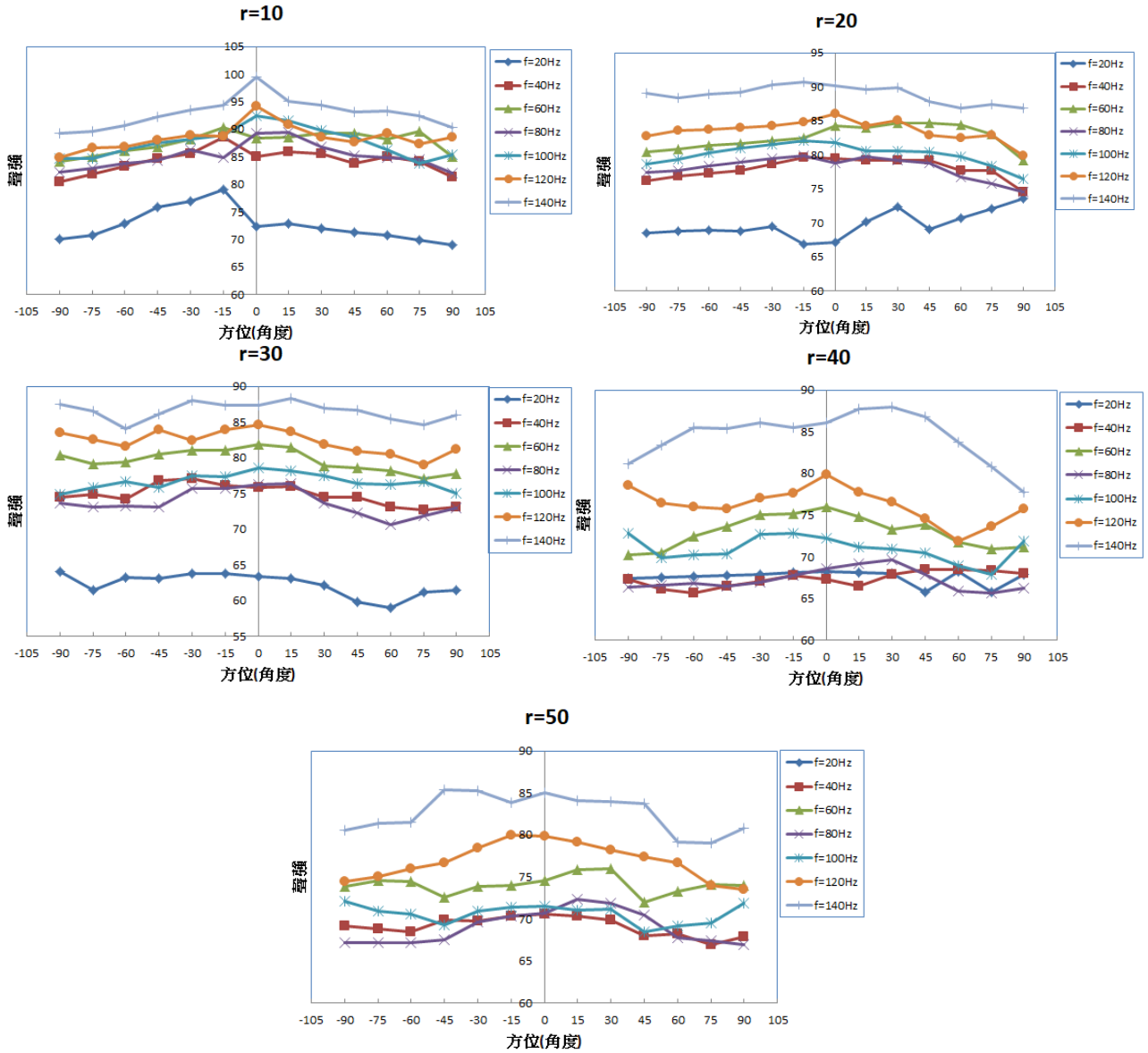
3.探討聲強分布(1.同半徑不同頻率、2.同頻率不同半徑)。

STEP1:將聲源與聲壓計設定距離半徑為 r 。

STEP2:聲壓計沿著此距離半徑往 $+90^{\circ}$ 方向與 -90° 方向移動。(每 15° 為一量測區間)

以下為同半徑不同頻率量測結果(圖 3-4)-聲強

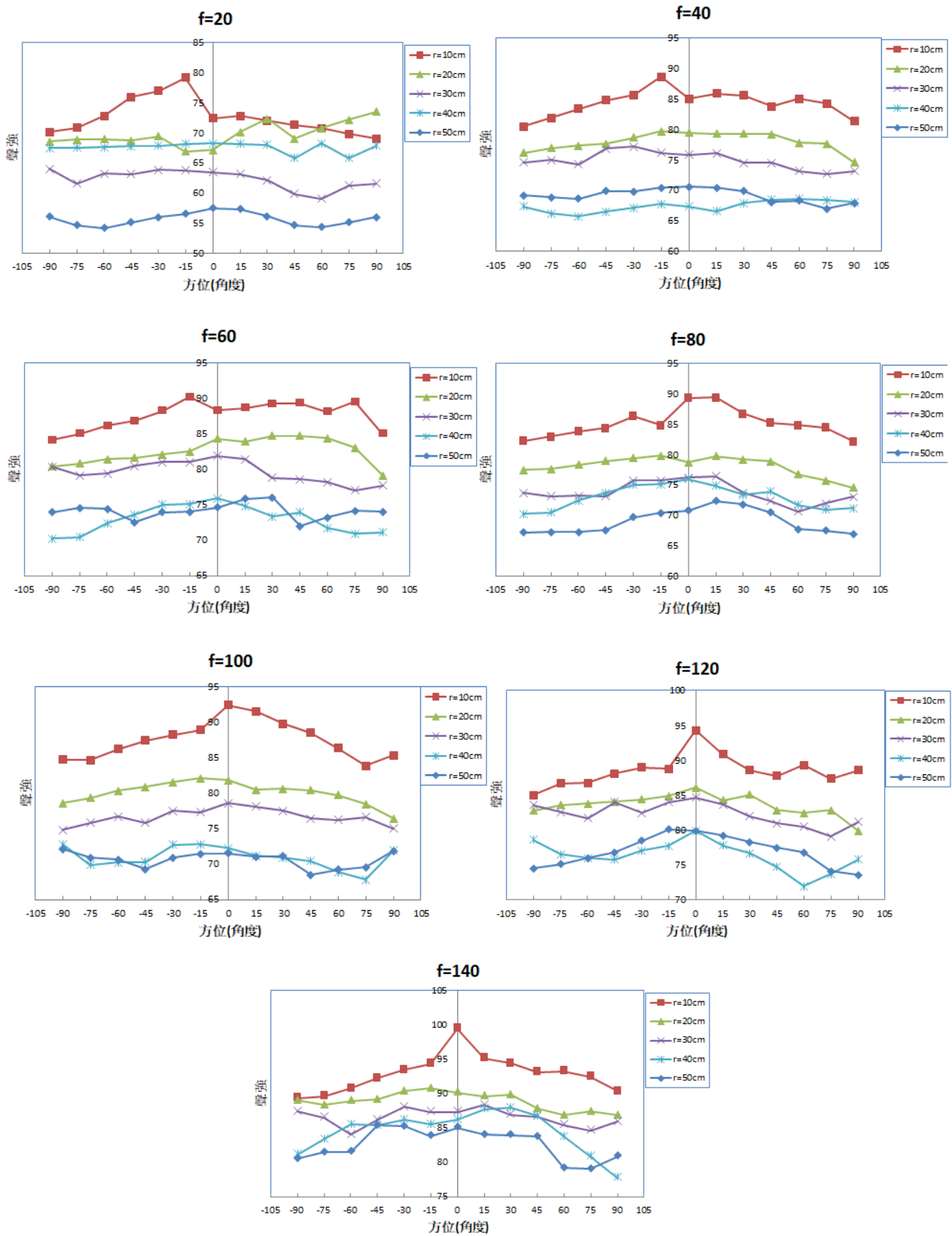
I_0 聲強基準值: $10^{-12}W/m^2$



(圖 3-4)

以下為同頻率不同半徑量測結果(圖 3-5)-聲強

I_0 聲強基準值: $10^{-12} \text{W}/\text{m}^2$

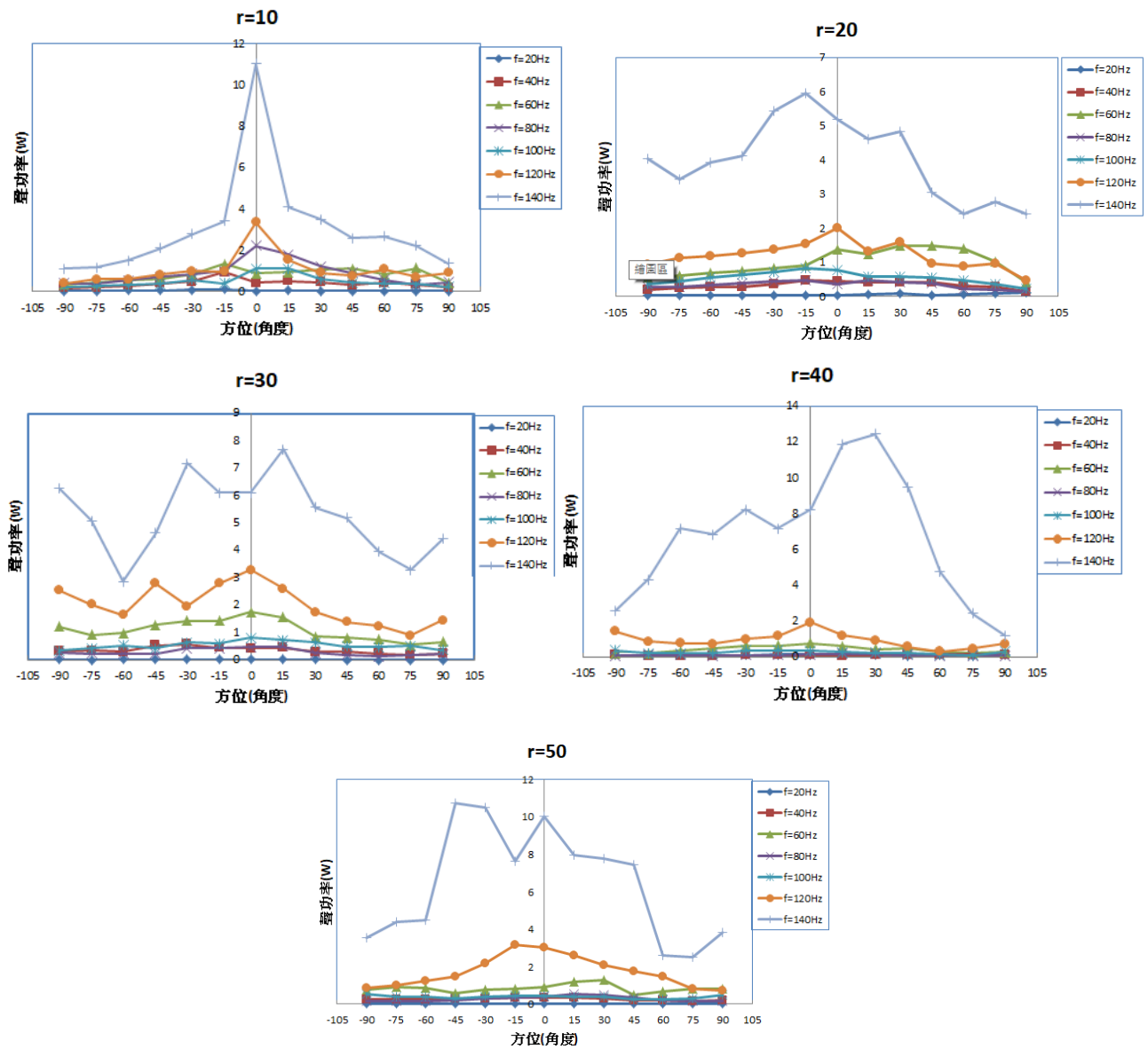


(圖 3-5)

4. 探討聲功率。

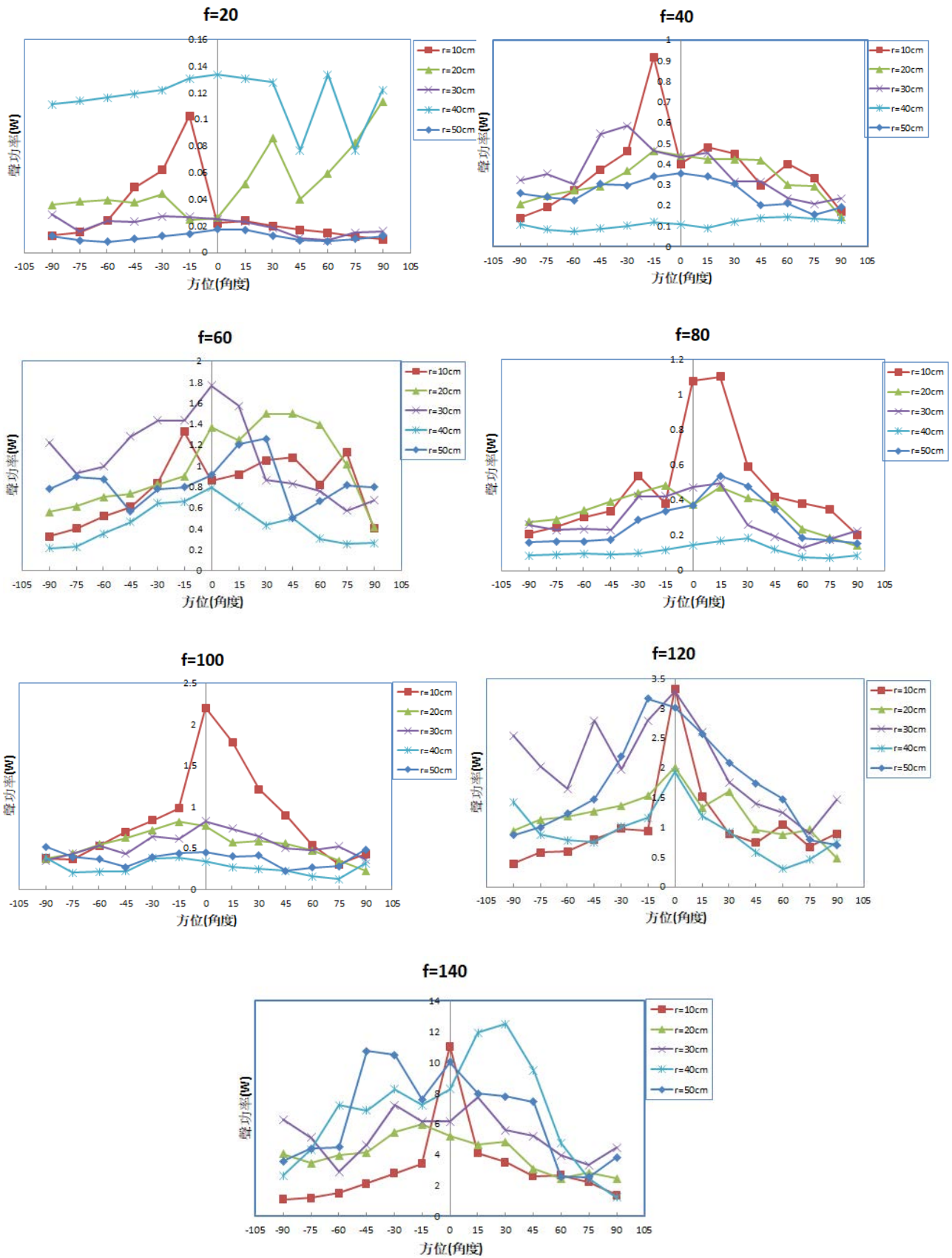
以下為同半徑不同頻率量測結果(圖 3-6)-聲功率

W_0 聲強基準值基準值: $10^{-12} W(dB)$



(圖 3-6)

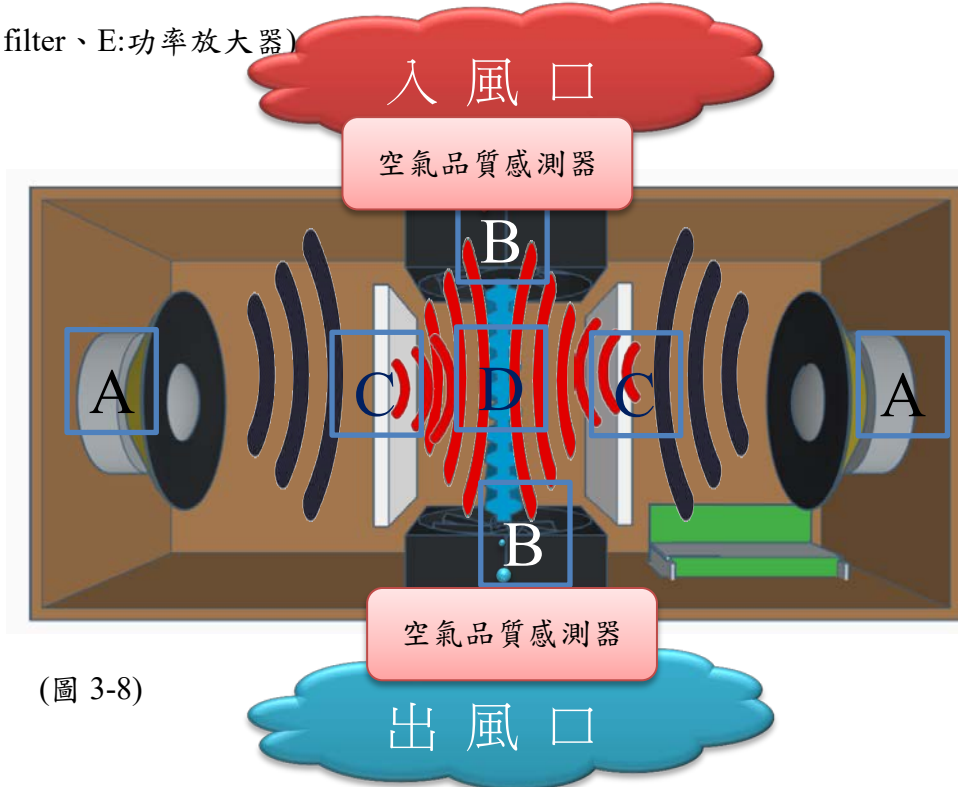
以下為同頻率不同半徑量測結果(圖 3-7)-聲功率 W_0 聲強基準值基準值: $10^{-12}W(dB)$



(圖 3-7)

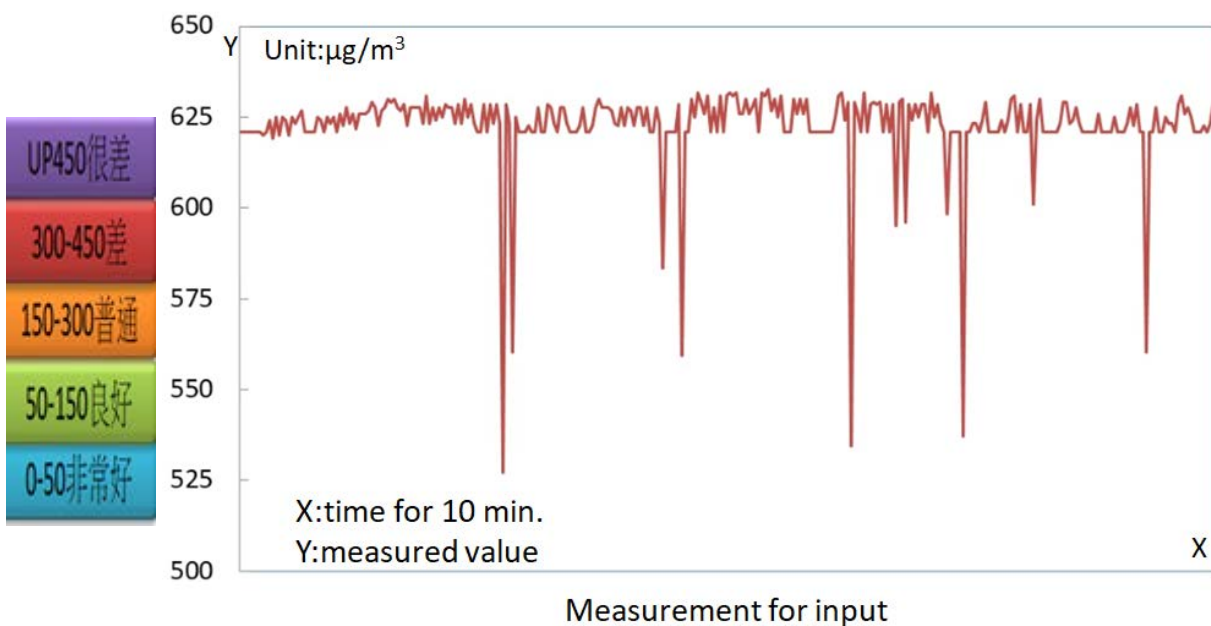
三、空氣品質偵測:

(一)、本團隊期待利用聲波的傳播之特性，以帶動增大粒子的路徑，透過聲波的帶動，能將粒子帶到濾網上，以達到過濾氣體中的懸浮粒子之目的。下圖(圖 3-8)為聲波的傳播示意圖。(A:單體(發射出低頻聲波)、B:風扇(直徑 12cm)、C: 過濾棉 synthetic filter、D:工業級過濾棉 surface filter、E:功率放大器)



(圖 3-8)

(二)、在入風口處燃燒木炭，並放置空氣品質感測器，可測得吸入時的粒子濃度(Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，如圖(圖 3-9)所示。



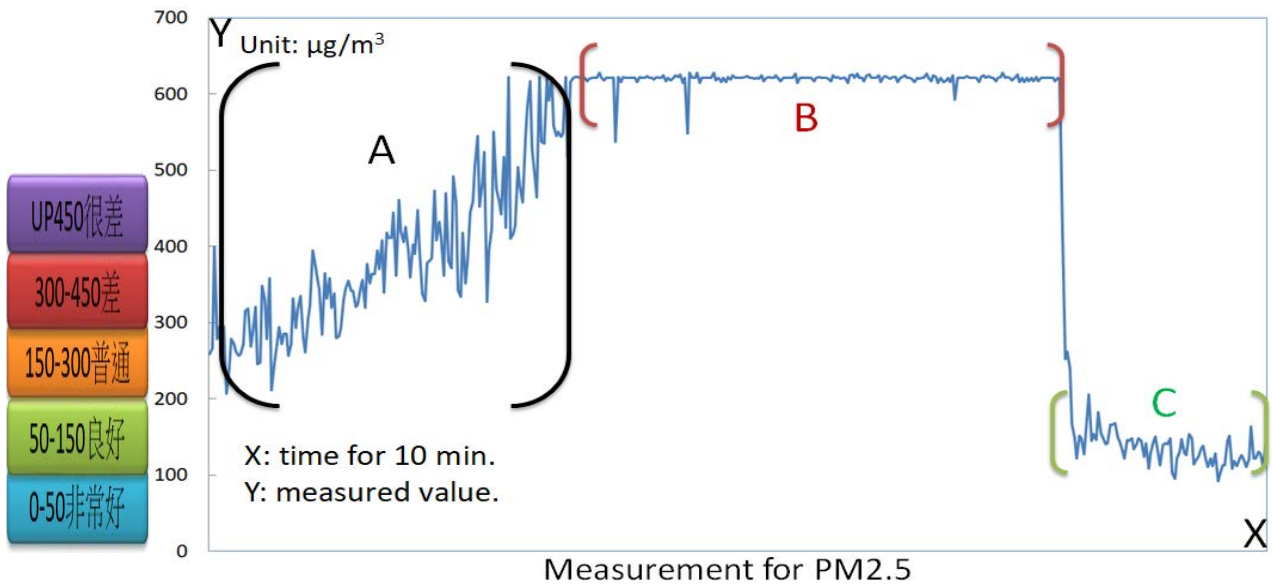
(圖 3-9 入風口即時量測)

(三)、在出風口處放置空氣品質感測器，可測得排出時的粒子濃度(Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，由下圖(出風口即時量測)可得：(圖 3-10)

A 區：空濾機啟動之初並吸入煙霧(尚未啟動單體)，粒子濃度會隨著時間增加而上升。

B 區：空濾機啟動一段時間並吸入煙霧(尚未啟動單體)，幾達感測器上限。

C 區：空濾機啟動(單體啟動)，由感測器得知，出風口處的空氣粒子濃度已降至 100-200 區間。



(圖 3-10 出風口即時量測)

陸、討論

一、空氣中的微粒，會被吸附在過濾棉上，主要的原因：

本研究假設可經由聲波傳遞的特性，帶動空氣中的微粒。再經由聲波將微粒傳至過濾棉，以便過濾棉能抓住微粒，最終能提高氣過濾的效果。

二、過濾棉與單體的距離，可由何種方式找得到：

可經由聲波的物理特性-聲強與聲功率的研究數據，找到最佳的距離。

三、若不啟動單體的話，看不出有過濾效果，主要的原因：

雖然過濾棉接設計帶有靜電，能吸附空氣微粒，但風扇抽風速度加快時，會讓過濾棉來不及吸附住空氣微粒。

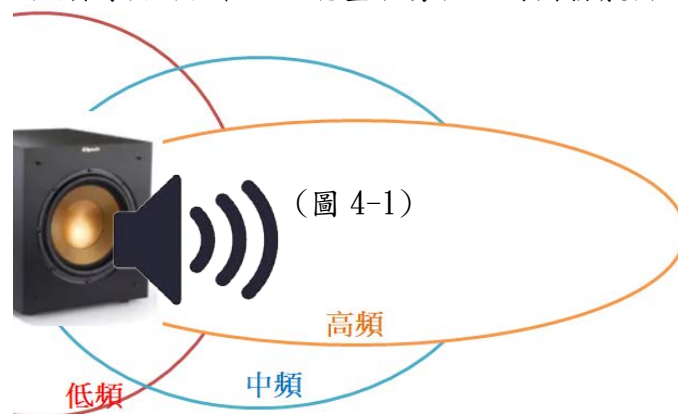
四、聲壓計與單體皆水平放置，且架高離地面約 1 公尺，此舉乃是為避免(減小)地面的反射波對測量所造成的影響。

五、分別由聲壓分布與聲強分布的研究數據中，可以觀察到，當頻率越高且方位角越小時，可得到較高的聲壓與聲強。在頻率較低時，此種現象並不明顯，因此當聲壓與聲強在低頻時受方位角的影響較小。

六、聲波處於高低頻的時候，能量是如何表示：

由聲壓分布分析中得知，相較於高頻而言，當頻率於低頻時，聲壓較不具有方向性，也就是聲波於低頻時指向性較差，能量容易往四周圍發散出去(影響的面積較廣)。

(圖 4-1 示意)



七、本研究中，空氣濾材最終選擇了初、中效過濾網作為研究材料，主要原因：因為本研究有別於傳統空氣過濾裝置的抽風方式，所以經研究過程發現使用高(超高)效過濾網，會因為過濾網的 mesh 太密，以至於聲波被大量反彈無法穿透，此現象也是本團隊正在改良之處。

柒、結論

- 一. 由聲壓頻譜分布，於距離改變條件下，140Hz 的變化較小，相對而言較穩定，故選擇 140Hz 為本研究之最佳輸出頻率。(不同單體，會有不同的效果)
- 二. 依據所得之數據，可得頻率 140Hz 時， $r=15m$ 為相對的最佳距離。(不同單體，會有不同的效果)
- 三. 就頻率而言，頻率越高者，其聲壓的方向性越明顯。頻率越低者，其聲壓的方向性越不明顯。聲波於低頻時指向性較差，能量容易往四周圍發散出去(圖 4-1)。
- 四. 就距離而言，頻率越高者，其聲壓的方向性不會因為距離的增加而有太大的變化，但若為低頻時，其聲壓的方向性會隨著距離的增加而變得越不明顯。
- 五. 不同單體(歐姆不同、瓦數不同)皆可經由本研究的聲壓頻譜分布找出最佳輸出頻率與距離。

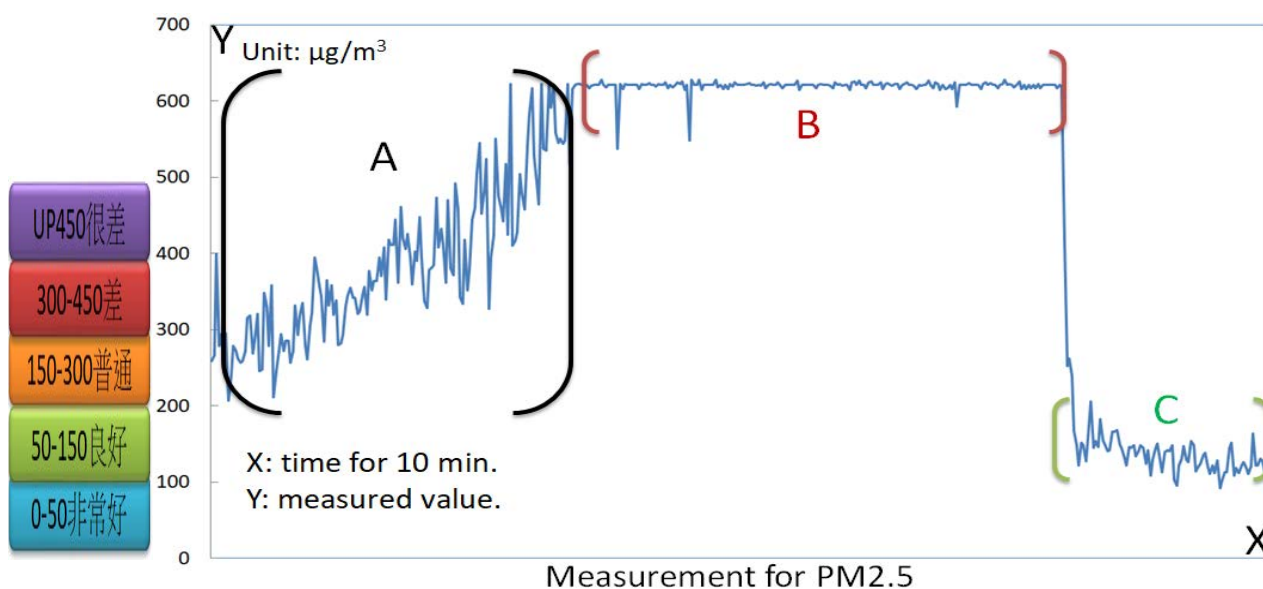
六. 由下圖(輸出端即時量測)可得: (圖 5-1)

A 區:空濾機啟動之初並吸入煙霧(尚未啟動單體)。

B 區:空濾機啟動一段時間並吸入煙霧(尚未啟動單體)，幾達感測器上限。

C 區:空濾機啟動(單體啟動)，由感測器得知，**本研究可成功完成並能有效提**

高空氣過濾效果。



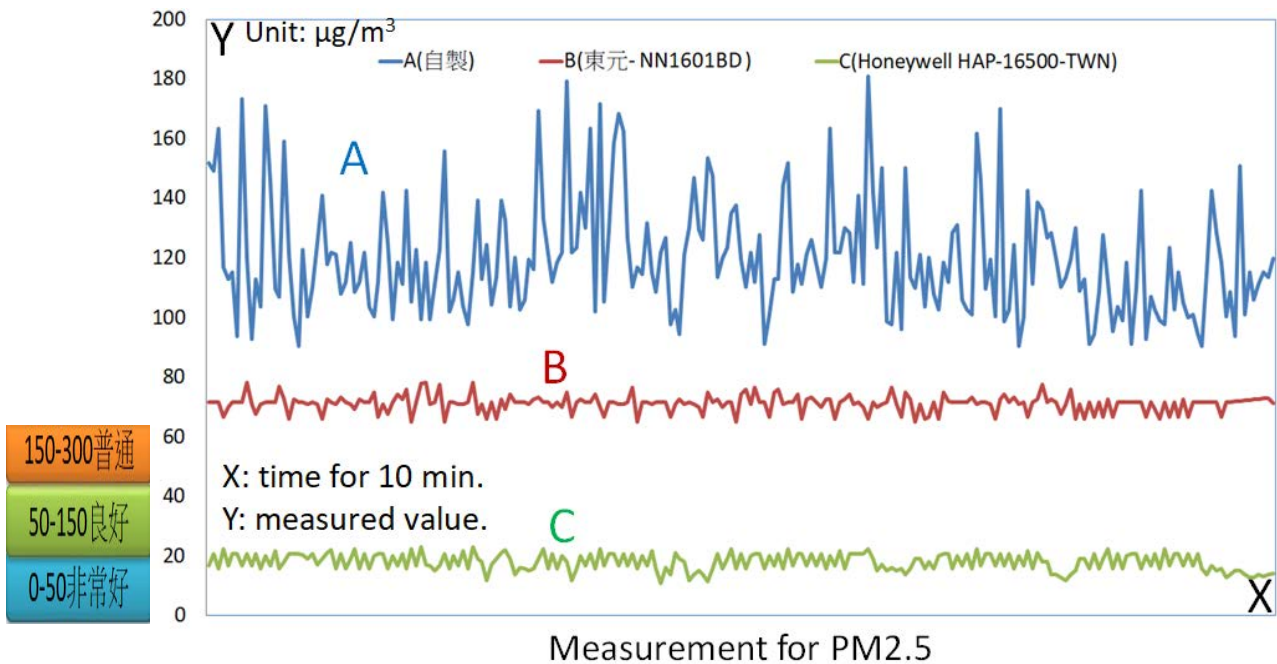
(圖 5-1 輸出端即時量測)

七. 下圖(圖 5-2)為與兩款市售空濾機比較(5~6 坪適用機)，A 為本研究之作品，B 為東元空濾機，C 為 Honeywell。由量測結果可得個別的範圍為：

A 約在 90~170(平均值 119.85)區間(unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。過濾效率:80%

B 約在 65~80(平均值 71.2) 區間(unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。過濾效率:88.5%

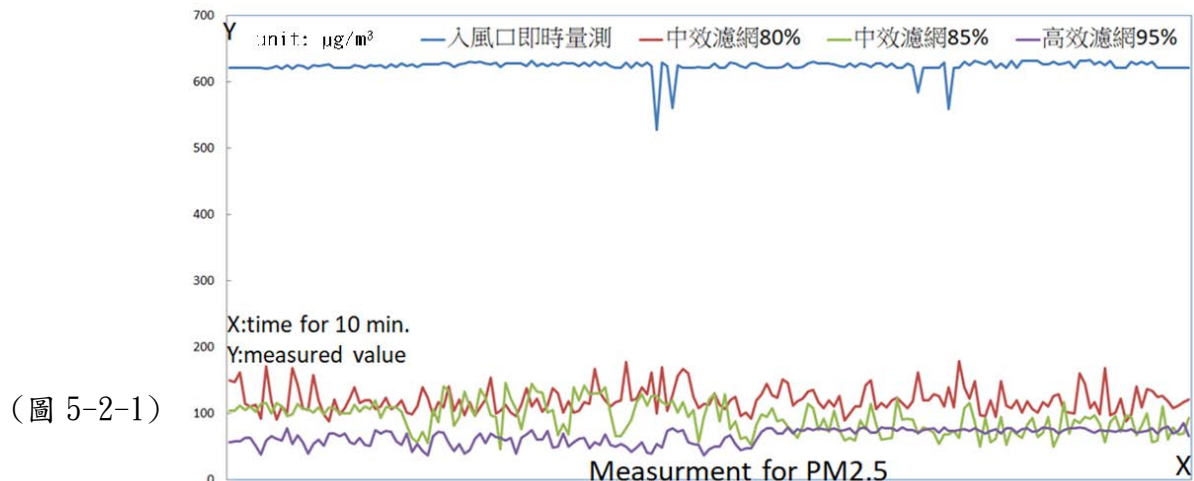
C 約在 15~25(平均值 14.1) 區間(unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。過濾效率:97.7%



(圖 5-2 輸出端即時量測-效能比較)

下圖(圖 5-2-1)分別為利用三款不同過濾效能的市售濾網，應用在本研究所設計的作品中，所量測到的數據結果。

1. 中效濾網(80%)—F7(MERV13-14):平均值:120.2，可達 80%過濾效能。
2. 中效濾網(85%)—F7(MERV13-14):平均值:93.23，可達 85%過濾效能。
3. 中效濾網(95%)—F8(MERV14-15):平均值:65.23，可達 89.56%過濾效能。



(圖 5-2-1)

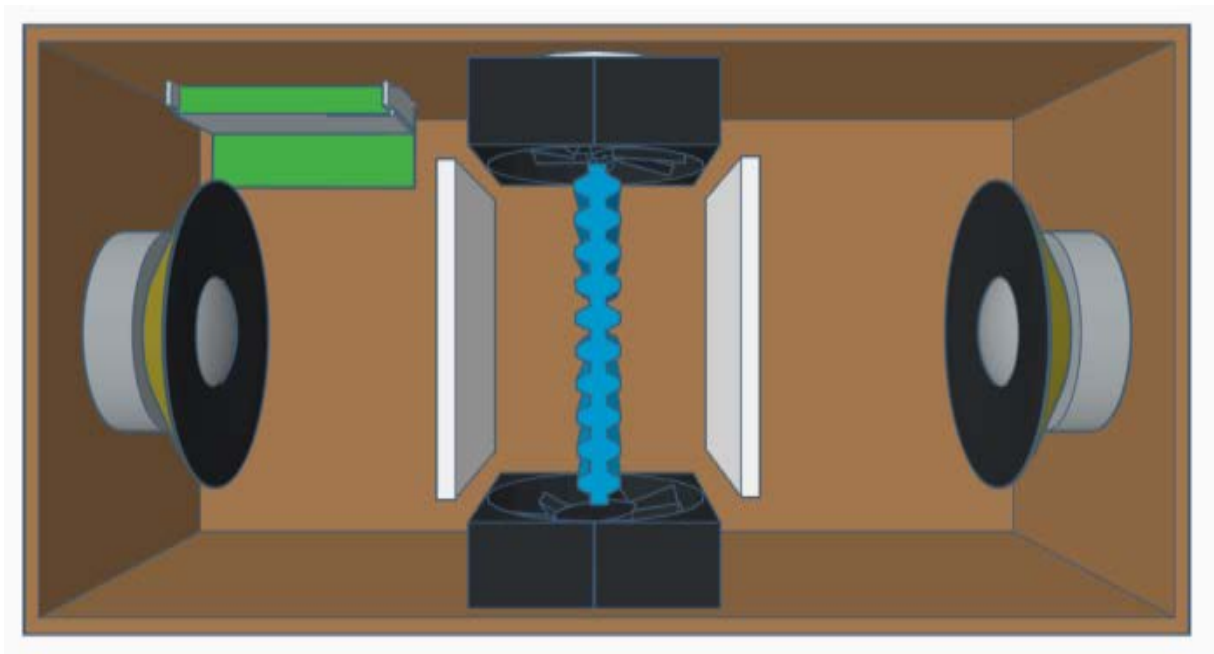
八. 本研究所選用之濾網(中效濾網 1 微米~3 微米, 過濾效率 60-65%~80-85%), 經由使用本團隊所設計之裝置, 其效能(過濾效率:80%)最終可達中效濾網過濾效率(60-65%~80-85%)標準。

九. 本研究之聲波相關物理數據取得方式與推論皆可廣泛應到用相關研究, 並希望本究之成果與研究數據能對有興趣的研究團隊有所幫助。

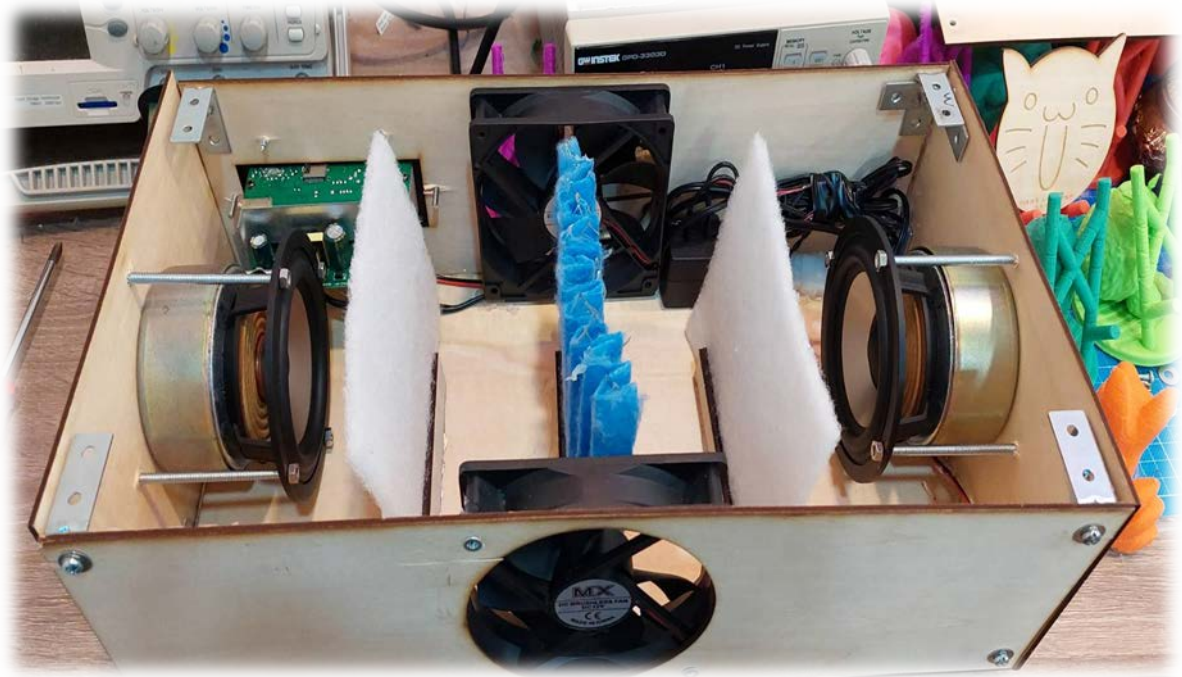
綜合以上結論, 本研究團隊最終能成功提高空氣效果並有效過濾。本團隊目前正在進行相關的實驗設計與數據(風量、氣室大小、對過濾效果的影響)取得與利用數值分析軟體(matlab)建立模型, 並以高頻訊號為主體的第二代裝置。期待本團隊的研究與作品能給大眾帶來更多的幫助。最後, 本研究之作品設計與成品尚有可改善與進步的空間, 歡迎審閱師長指點改進之處, 令作品能更趨近於生活應用, 讓本團隊在空氣污染改善的課題上, 能盡一份心力。

作品設計圖與第一代完成圖:

(目前正持續改良作品效能, 故稱本研究報告之成品為第一代)



(圖 5-3 結構設計圖)



(圖 5-4 第一代完成品)

捌、參考資料及其他

書籍資料

- [1] 交通大學 電子物理系 李威儀 教授 課堂講義 -波動 Wave Motion
- [2] 成功大學 物理學系 朱淑君 教授 課堂講義 -波 Waves
- [3] 音響工程設計與應用 作者：孫建京 出版社：電子工業出版社
- [4] 音響工程 作者：鄭群星 出版社：全華圖書
- [5] 普通物理(第3版) 作者：余健治、陳家駒、閔振發 出版社：東華
- [6] 普通物理學 作者：Zill Chen 出版社：陳云川

網站資料

- [1] 聲音的傳輸：音頻的基礎理論 <https://kknews.cc/code/nv28lj5.html>
- [2] 描述聲波的物理量 <https://kknews.cc/news/28j014g.html>
- [3] 音頻和音響電路中頻率劃分方法 <https://kknews.cc/news/op1548o.html>
- [4] TDA2050 DataSheet
- [5] EasyEDA 電路設計教學
- [6] 維基百科-聲波 <http://zh.wikipedia.org/wik/聲波>
- [7] ITREAD 科技知識網-聲音與噪聲(分貝、聲功率、聲強和聲壓)
- [8] 【SONIC II】聲波之傳播原理：原理篇 <http://www.freesandal.org/?p=11232>
- [9] 空氣過濾原理與濾網：漢克林企業有限公司
<https://www.hencolin.com/product-info.asp?id=372>

【評語】 052304

1. 作品期望藉由探討聲波的物理特性（聲壓頻譜、聲壓、聲強、聲功率分布），研發高效能的空氣濾清器，值得鼓勵！
2. 建議實際成效和現有機制間應有更多的比較，如常用方法為以風扇帶動空氣，將空氣通過濾網的方式，由濾網將粒子吸附，建議也應該測試這個方法，方可有量化比較。
3. 本設計可能的優勢為或可帶動極小的懸浮粒子，使其依設計吸附。一般方式若將孔隙縮到很小，換氣效率會不佳。由於粒子的大小差異很大，聲波是否可以單一頻率來驅動就足夠，應該審慎評估。
4. 聲波的噪音問題也應該要考量。

作品簡報



Without doubt, That's air filter

組別:高級中等學校組

科別:工程學科(一)

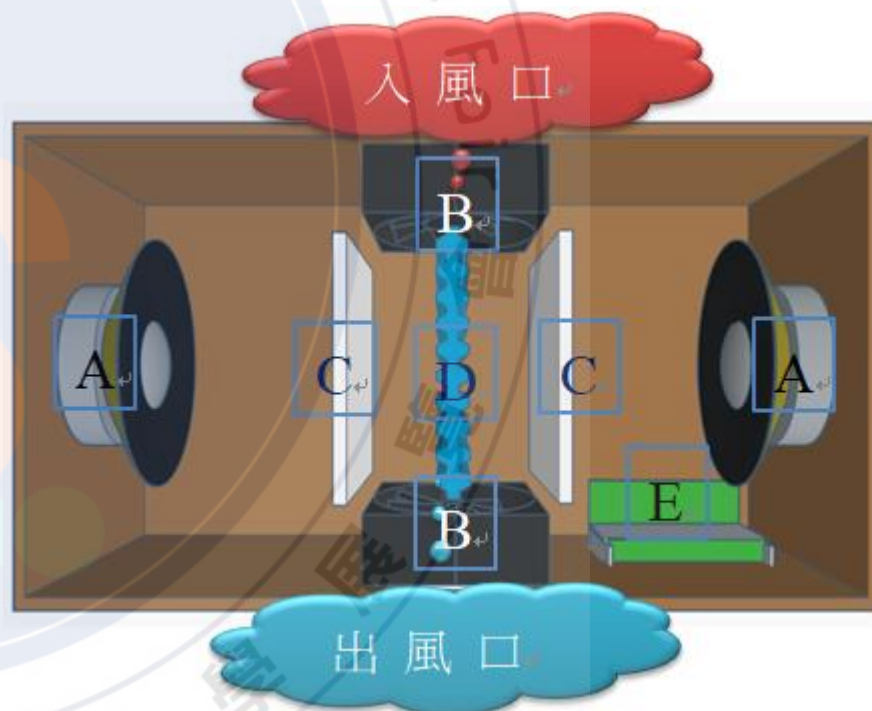
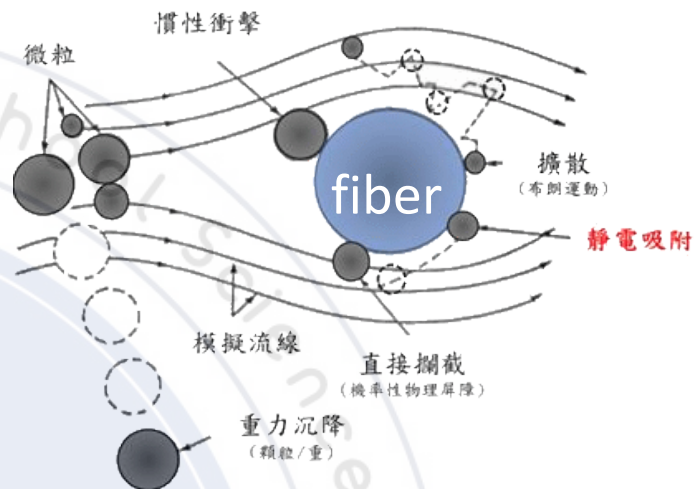
前言

研究動機

有感於空氣汙染與新冠肺炎疫情的嚴峻，大大地影響了人們的正常生活與健康。本團隊嘗試研究經濟實惠且大大提昇過濾效能的Air-Filter，最終期待能運用在生活環境，將所學的知識與技能靈活運用並回饋社會。

研究目的

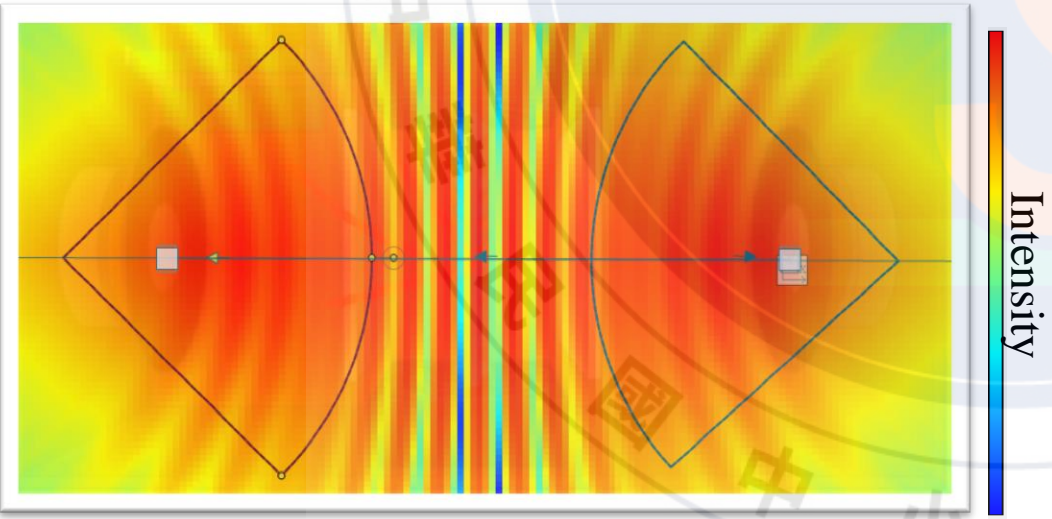
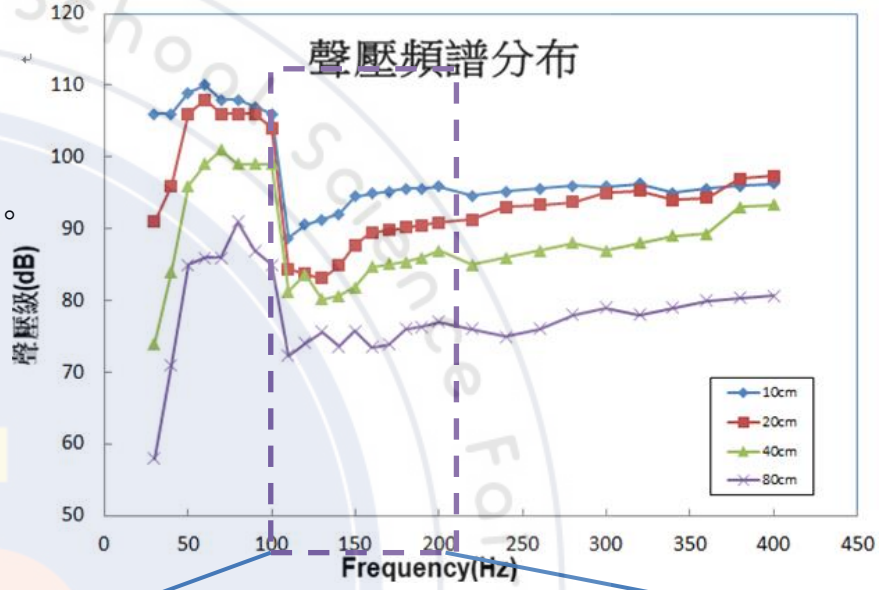
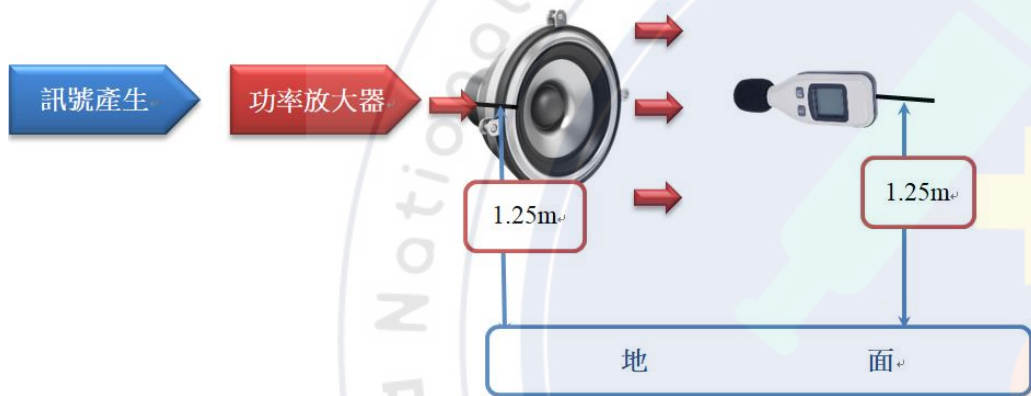
1. 利用聲波在介質中之波傳遞特性，帶動空氣中的懸浮粒子，並透過聲波的帶動，增大粒子的路徑(增大慣性撞擊)，最終能將粒子帶到濾網上，達到過濾空氣(粒子)的效果。
2. 經由探討聲波物理特性(聲壓頻譜分布、聲壓、聲強、聲功率)，找出合適且有效的頻率範圍與最佳頻率。
3. 整理一系列的實測數據與設計圖，提供給相關領域或有興趣的團隊研究參考用。



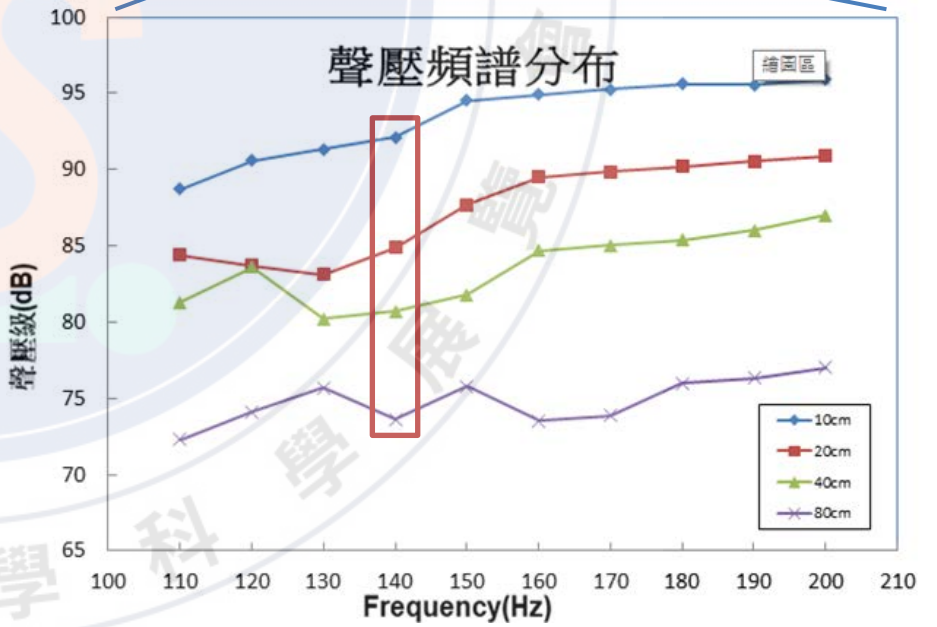
A: 單體喇叭(發射出低頻聲波)、B: 風扇(直徑12cm)、C: 過濾棉synthetic filter、D: 工業級過濾棉surface filter、E: 功率放大器。

研究過程與方法-單體物理特性:聲壓頻譜分布

量測頻率範圍(30Hz~400Hz)如下:
 (30Hz~150Hz) / 每10Hz一個區間。
 (160Hz~400Hz) / 每20Hz一個區間。
 單體聲源與聲壓計之距離分別為10cm、20cm、40cm、80cm。



Simulation sound field for 140Hz.
 Use for EASE Focus



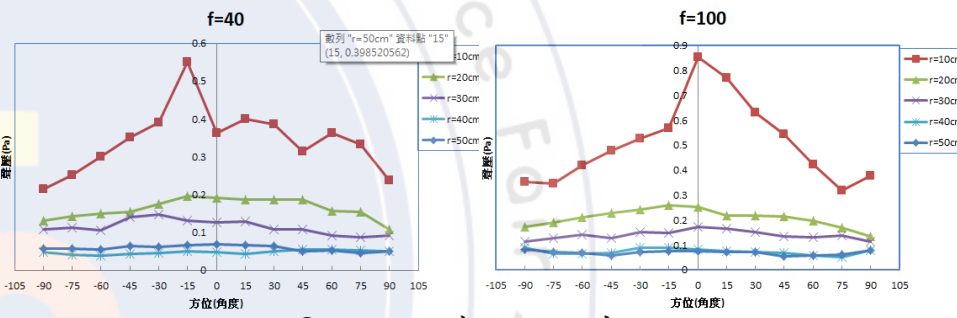
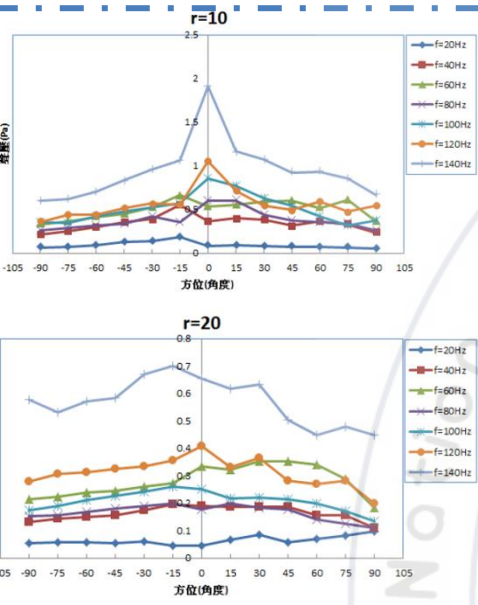
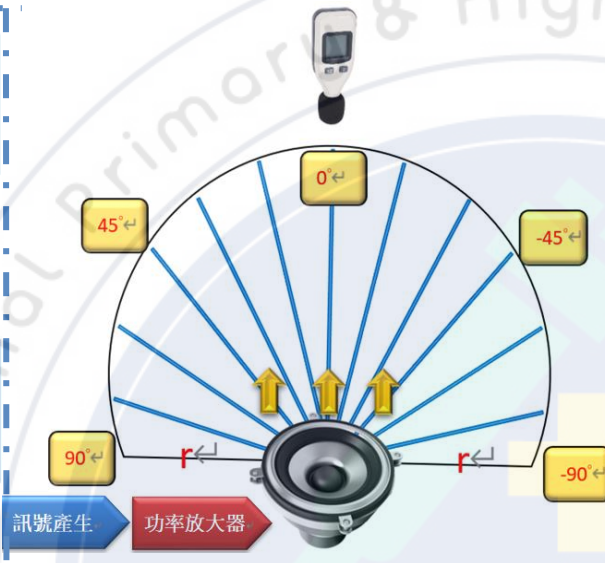
範圍110-200 Hz放大

研究過程與方法-單體物理特性:聲壓

測量範圍設定:(用於聲壓、聲強數據探討)

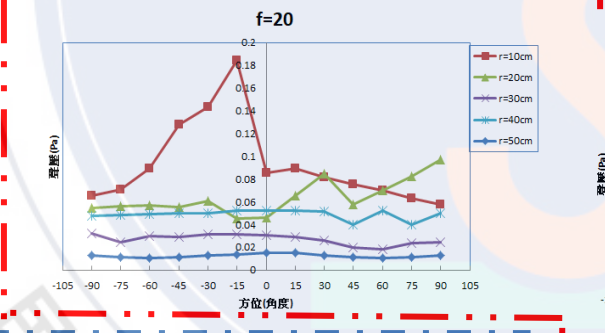
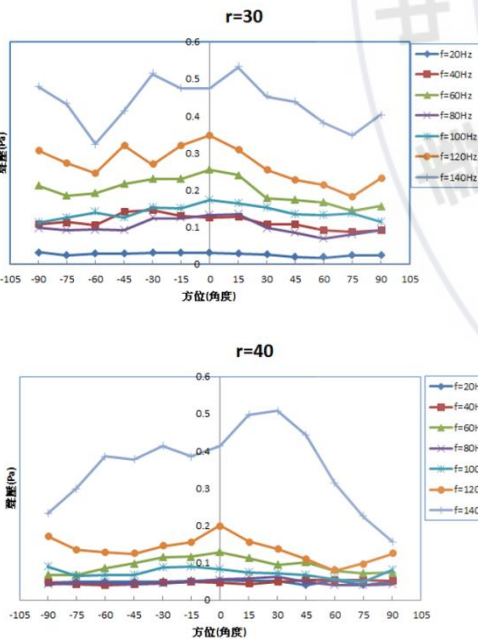
半徑(cm)	10	20	30	40	50		
頻率(Hz)	20	40	60	80	100	120	140

STEP1: 將聲源與聲壓計設定距離半徑為r。
 STEP2: 聲壓計沿著此距離半徑往+90°方向與-90°方向移動。(每15°為一量測間)

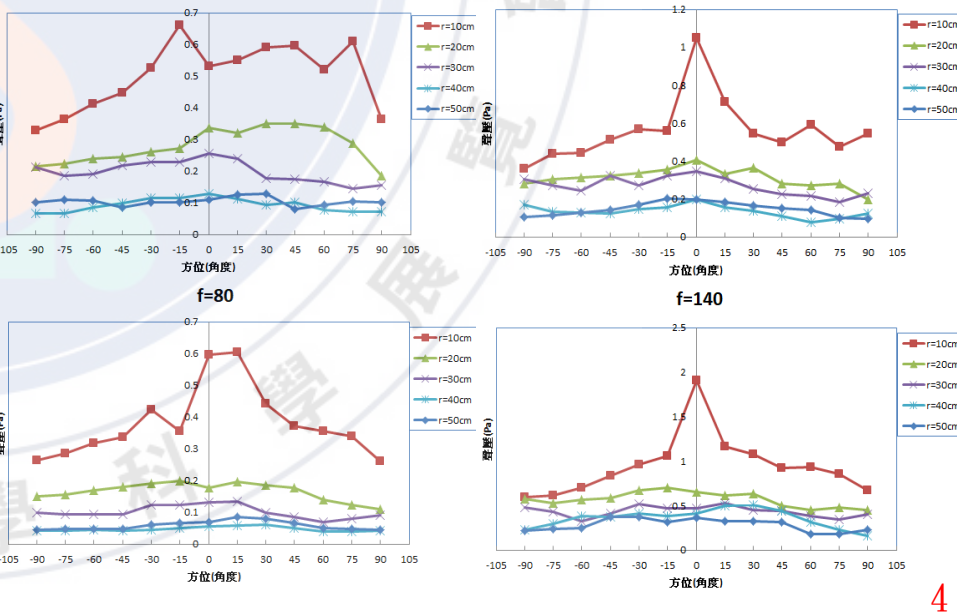


1. 同半徑不同頻率

單體(聲源)與聲壓計距離半徑:r



2. 同頻率不同半徑

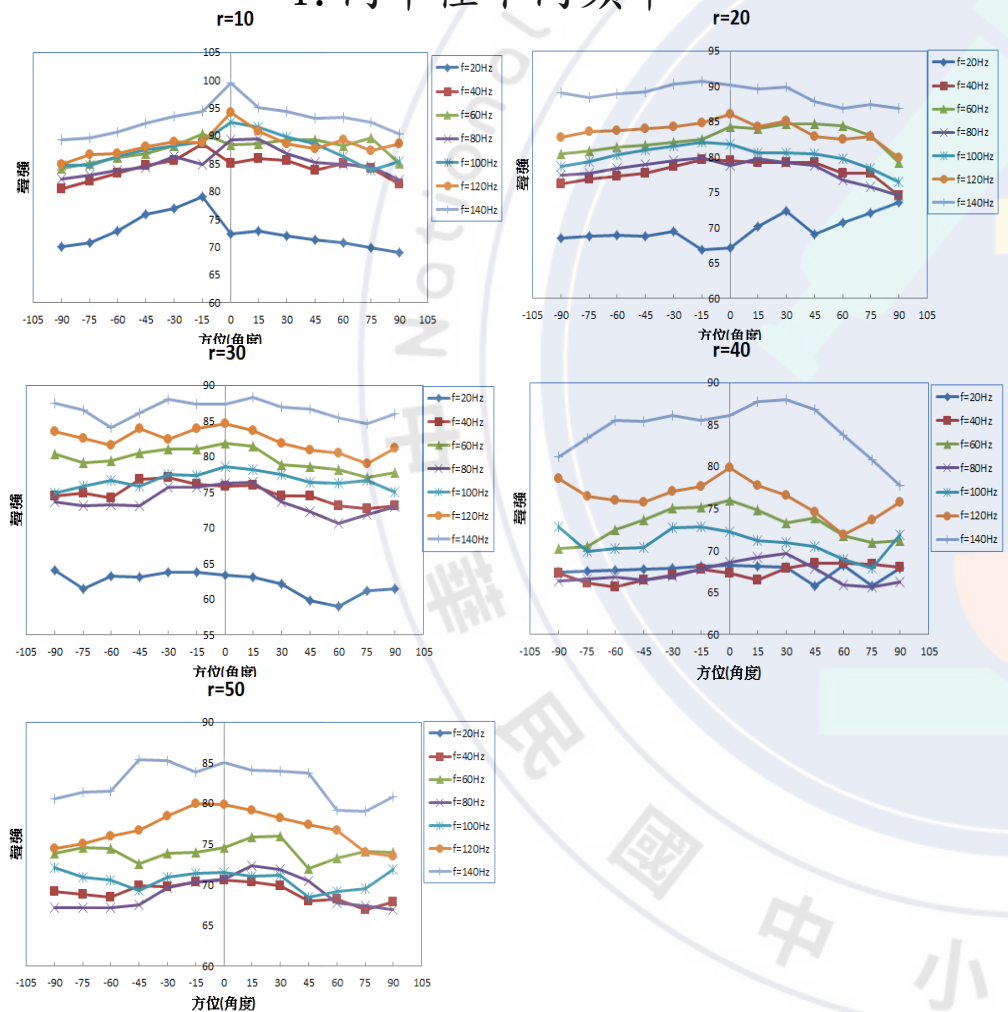


研究過程與方法-單體物理特性:聲強

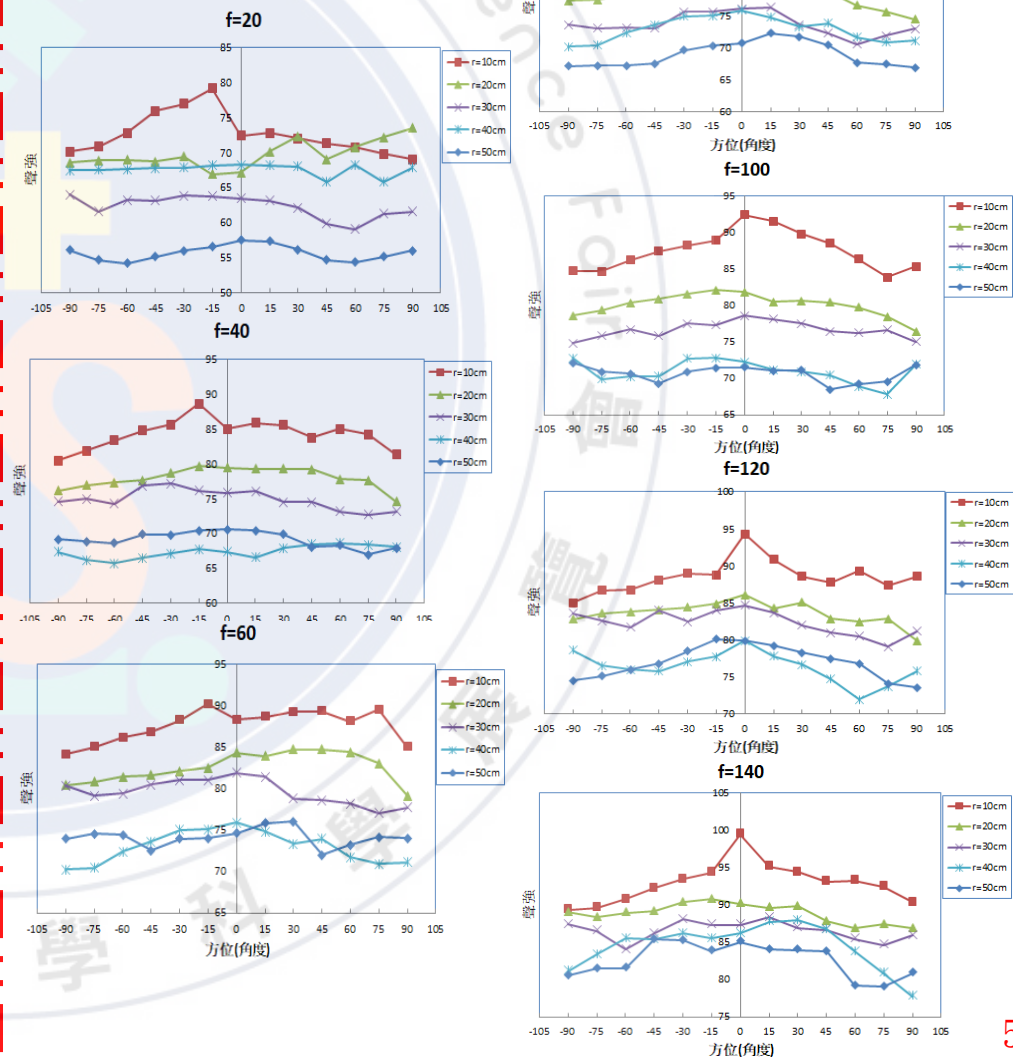
STEP1: 將聲源與聲壓計設定距離半徑為r。

STEP2: 聲壓計沿著此距離半徑往+90°方向與-90°方向移動。(每15°為一量測區間)

1. 同半徑不同頻率



2. 同頻率不同半徑

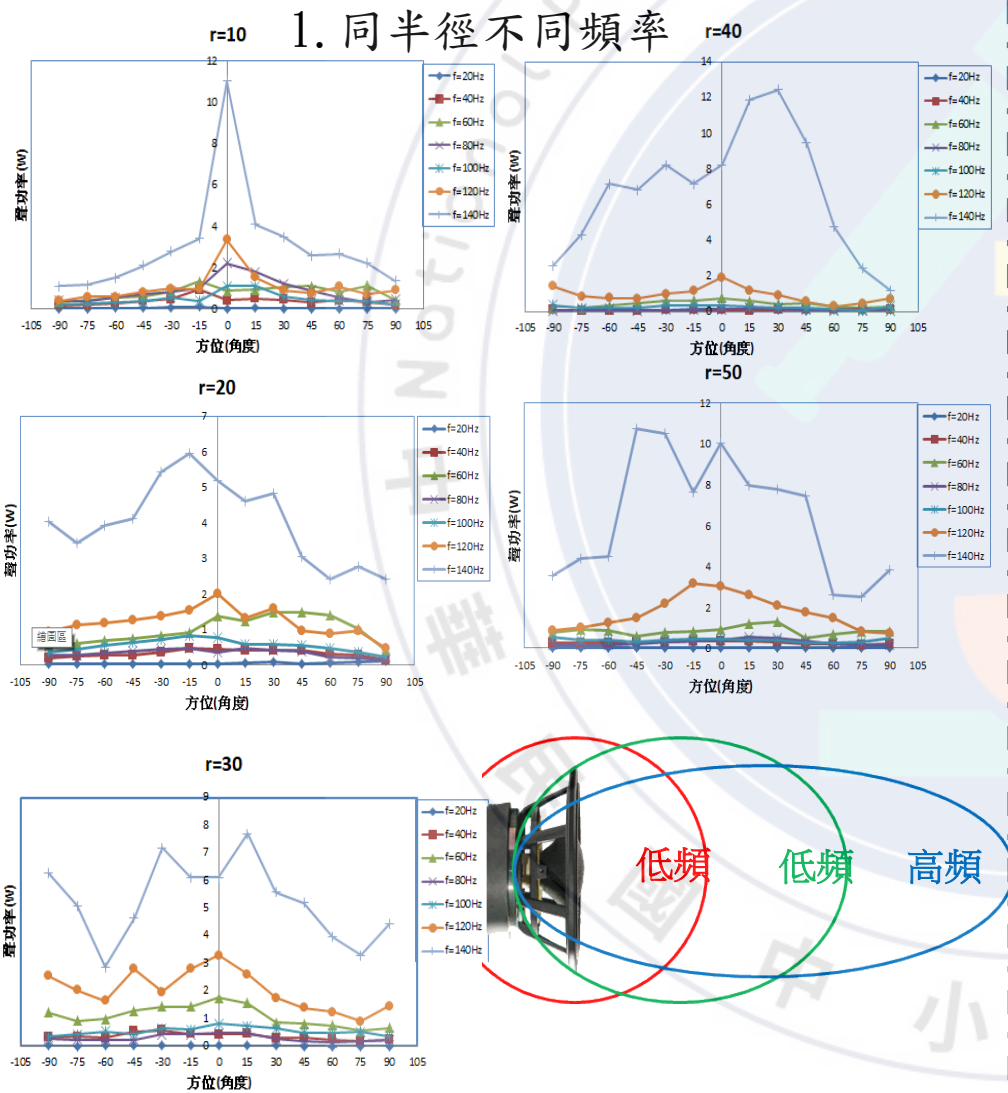


研究過程與方法-單體物理特性:聲功率

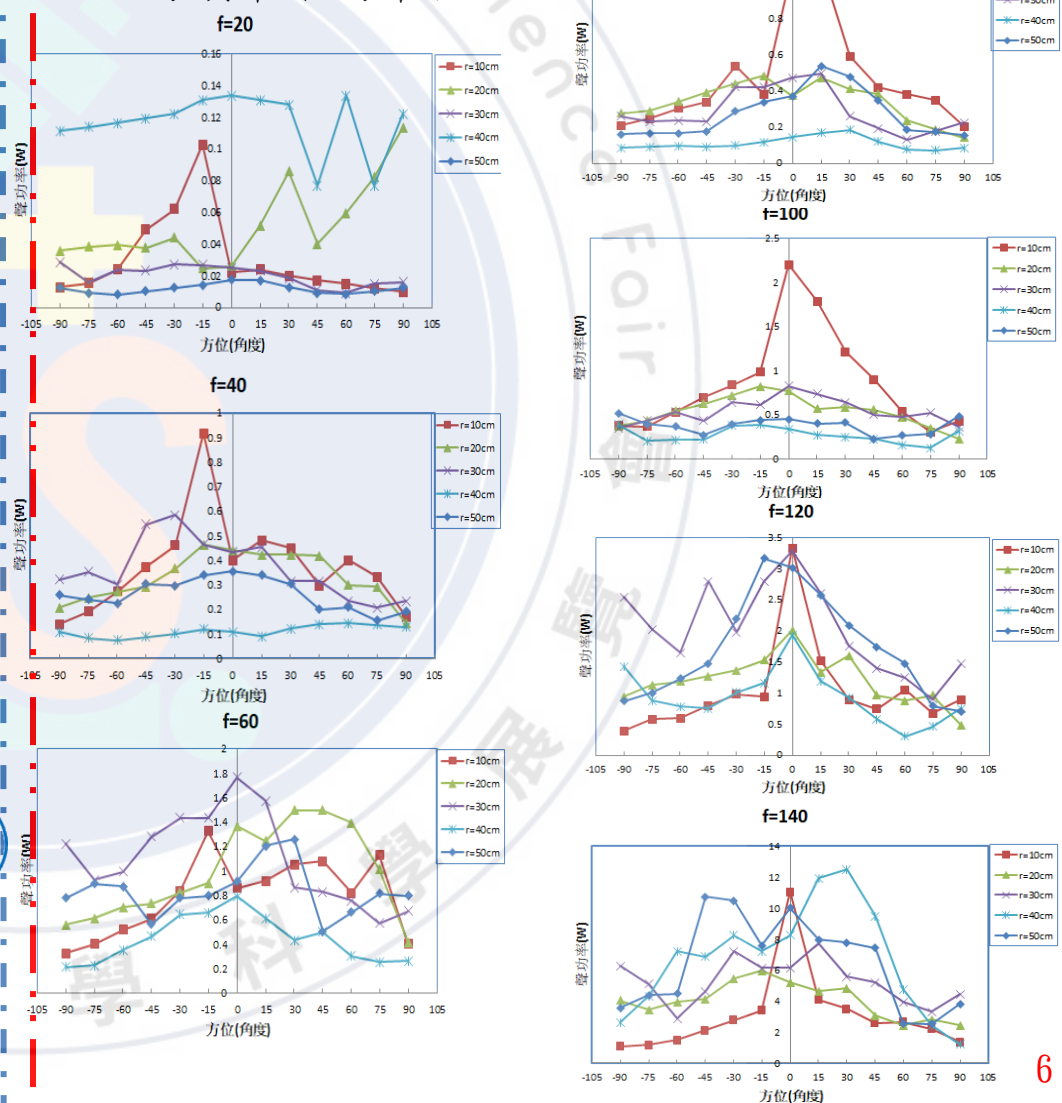
STEP1: 將聲源與聲壓計設定距離半徑為 r 。

STEP2: 聲壓計沿著此距離半徑往 $+90^{\circ}$ 方向與 -90° 方向移動。(每 15° 為一量測區間)

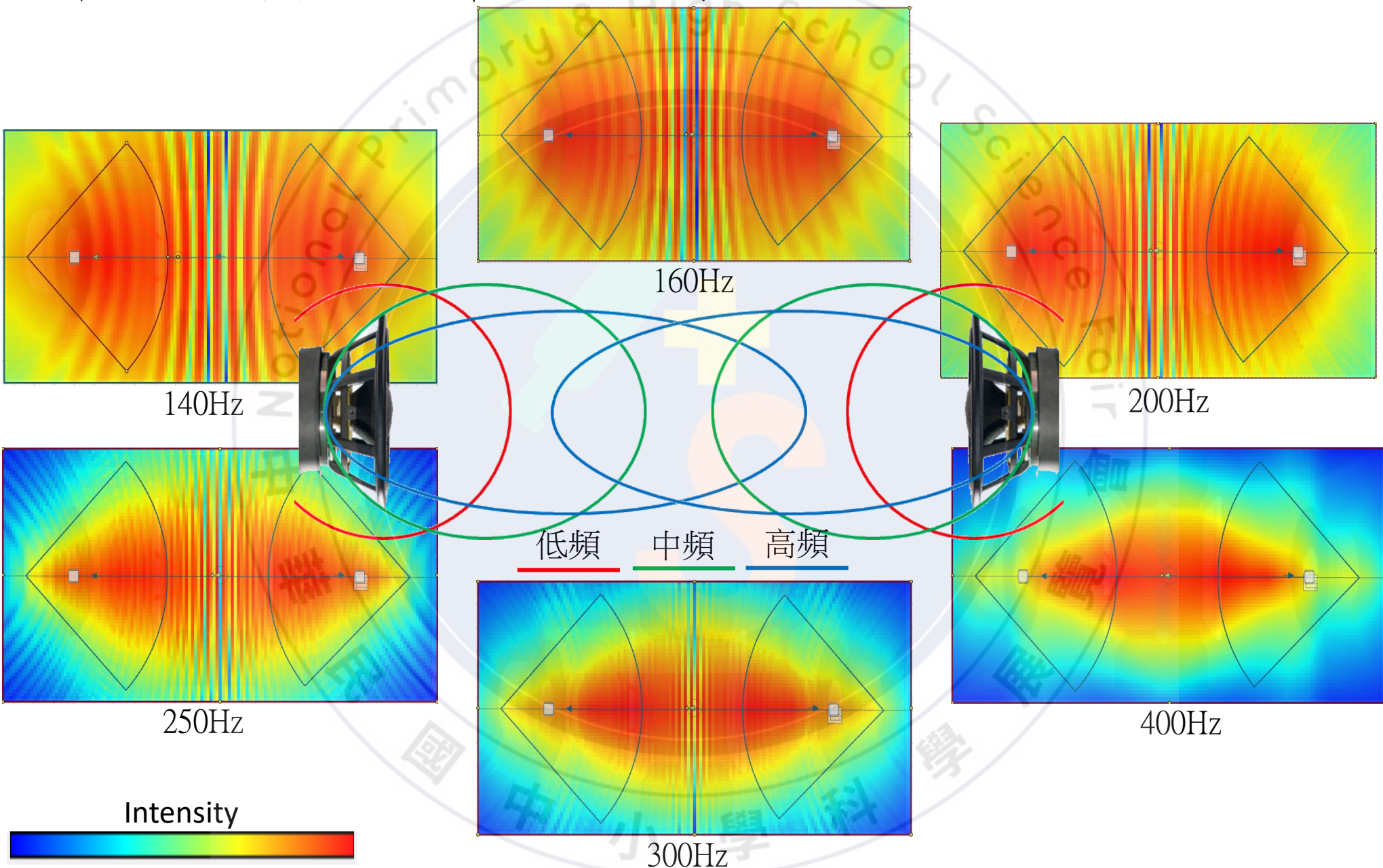
1. 同半徑不同頻率



2. 同頻率不同半徑



研究過程與方法-單體物理特性-模擬



Simulation sound field and use for EASE Focus

研究過程與方法-空氣品質偵測

燃燒木炭或薰香

入風口

空氣品質感測器

B

C

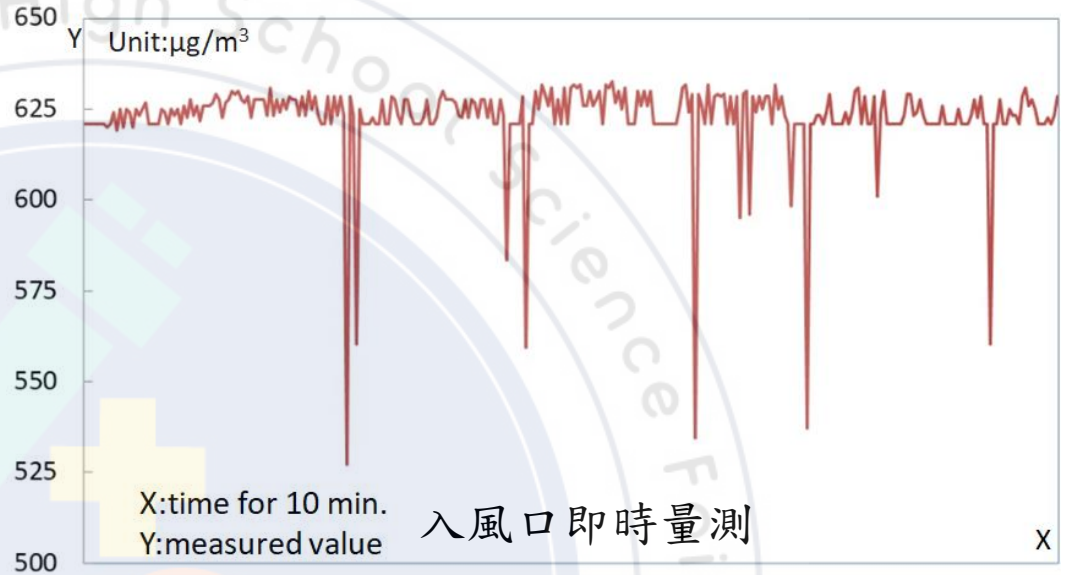
D

C

B

空氣品質感測器

出風口

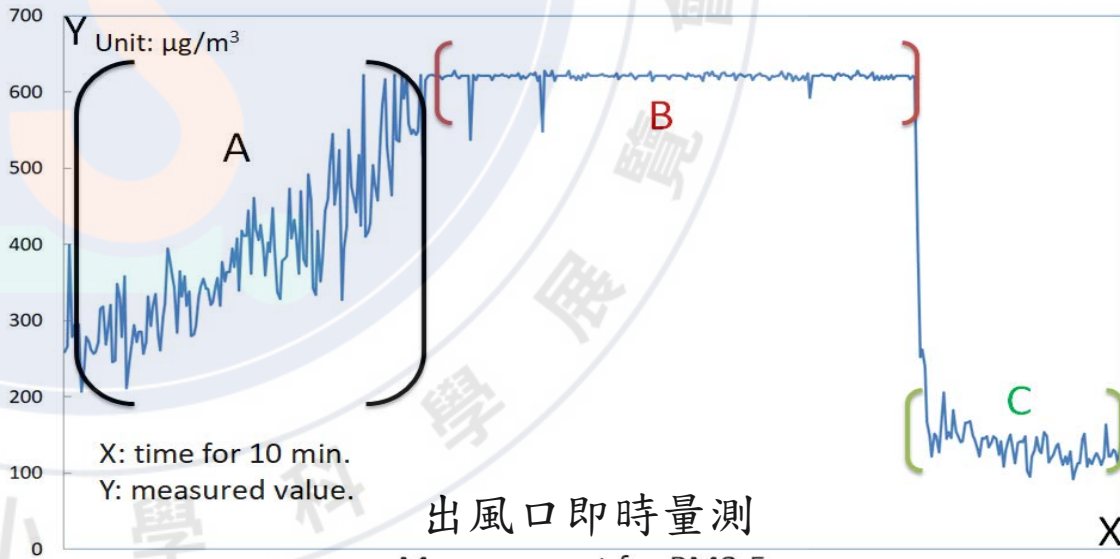
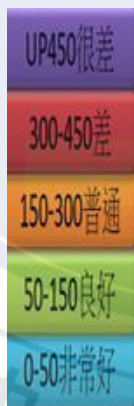


Measurement for input

A區:空濾機啟動之初並吸入煙霧(尚未啟動單體),粒子濃度會隨著時間增加而上升。

B區:空濾機啟動一段時間並吸入煙霧(尚未啟動單體),幾達感測器上限。

C區:空濾機啟動(單體啟動),由感測器得知,出風口處的空氣粒子濃度已降至100-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 區間。



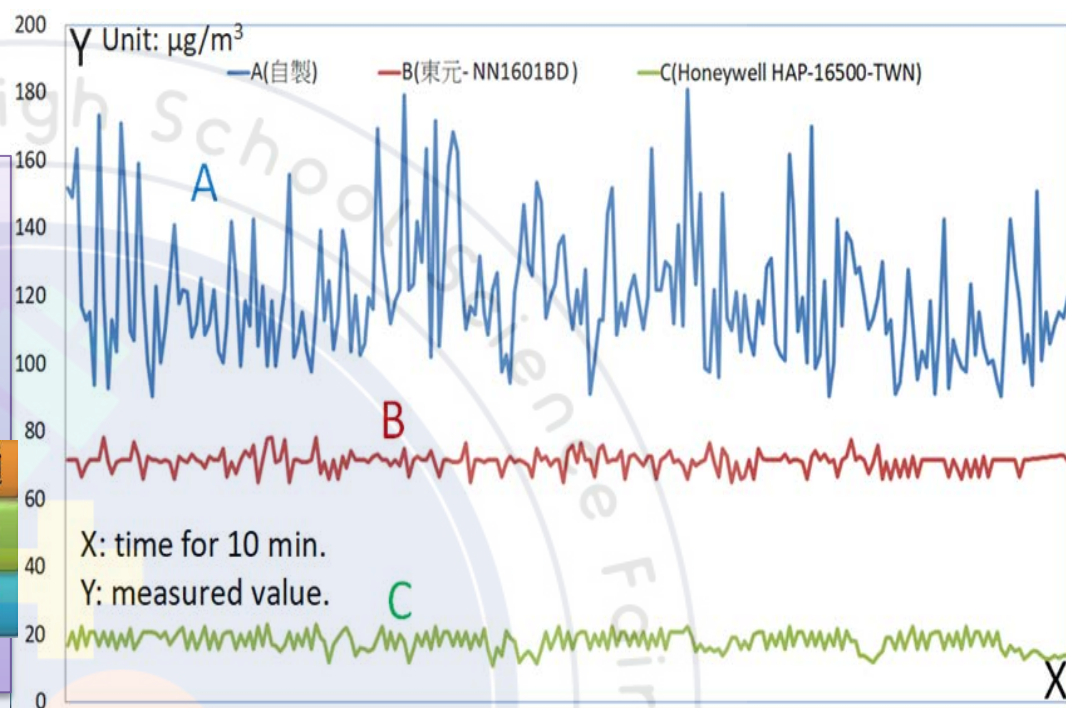
Measurement for PM2.5

研究結果與探討

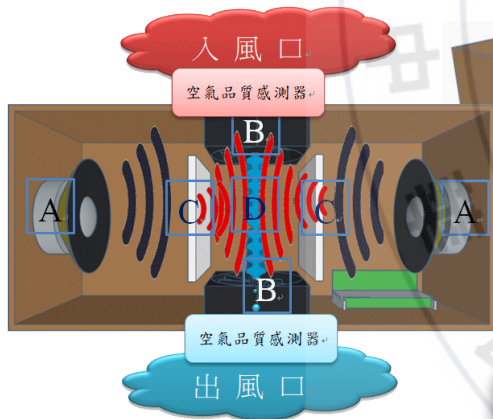
與兩款市售空濾機比較(5~6坪適用機)
A為本研究之作品，B為東元空濾，C為Honeywell。

由量測結果可得個別的範圍為：
A 約在90~170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值119.85)區間。
過濾效率:80%
B 約在65~80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值71.2)區間。
過濾效率:88.5%
C 約在15~25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值14.1)區間。
過濾效率:97.7%

150-300普通
50-150良好
0-50非常好



Measurement for PM2.5



本作品
額定電壓/頻率：110V/60Hz
總消耗功率：34W
尺寸(mm)：高130x寬200x深400
適用坪數：4-8坪



東元空濾
型號：NN1601BD
額定電壓/頻率：110V/60Hz
總消耗功率：27W
尺寸(mm)：高385x寬310x深148
適用坪數：4-8坪



Honeywell
型號：HPA-100APTW
額定電壓/頻率：110V/60Hz
總消耗功率：49W
尺寸(mm)：高354x寬226x深344
適用坪數：4-8坪



研究結果與探討

分別利用不同功率之單體，應用在本研究所設計的作品中，所量測到的數據結果。

(規格:F7(MERV13-14) 85%過濾效能)

1.15W單體-

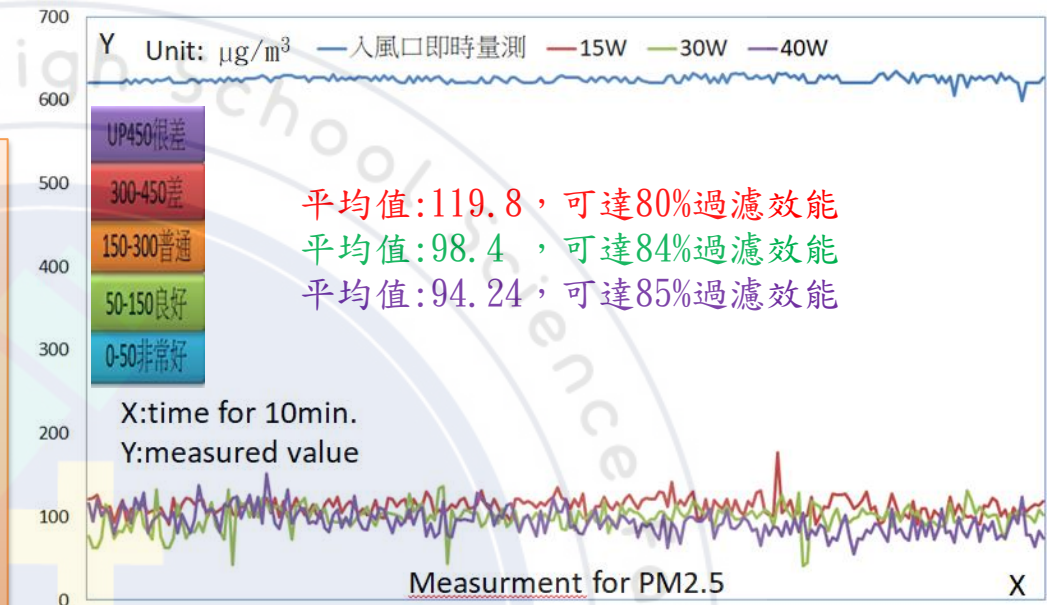
平均值:119.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可達80%過濾效能。

2.30W單體-

平均值:98.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可達84%過濾效能。

3.40W單體-

平均值:94.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可達85%過濾效能。



Use for F7(MERV13-14)-85%

分別利用三款不同過濾效能的市售濾網，應用在本研究所設計的作品中，所量測到的數據結果。

1.中效濾網(80%)-F7(MERV13-14):

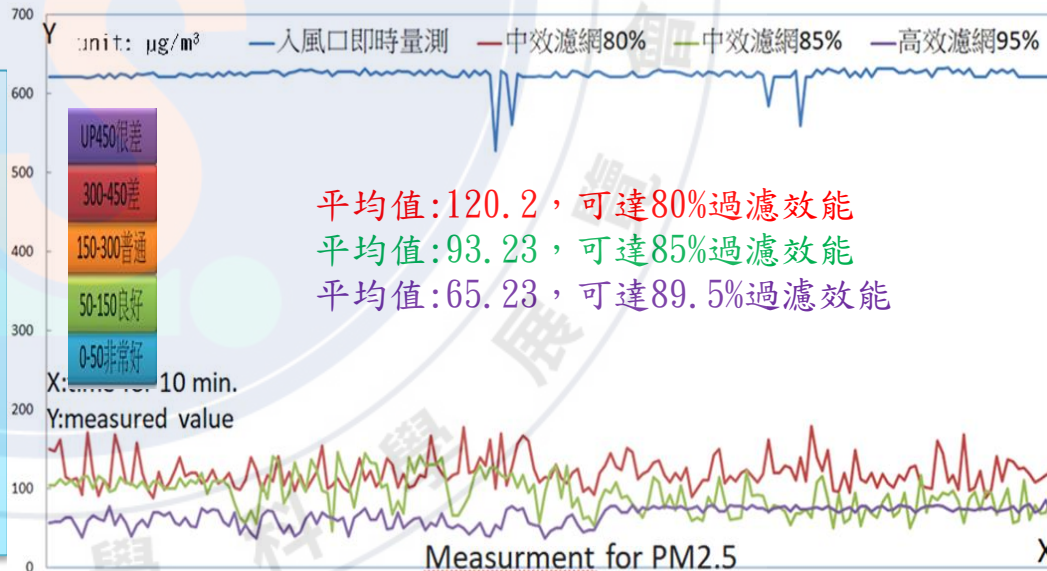
平均值:120.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可達80%過濾效能。

2.中效濾網(85%)-F7(MERV13-14):

平均值:93.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可達85%過濾效能。

3.中效濾網(95%)-F8(MERV14-15):

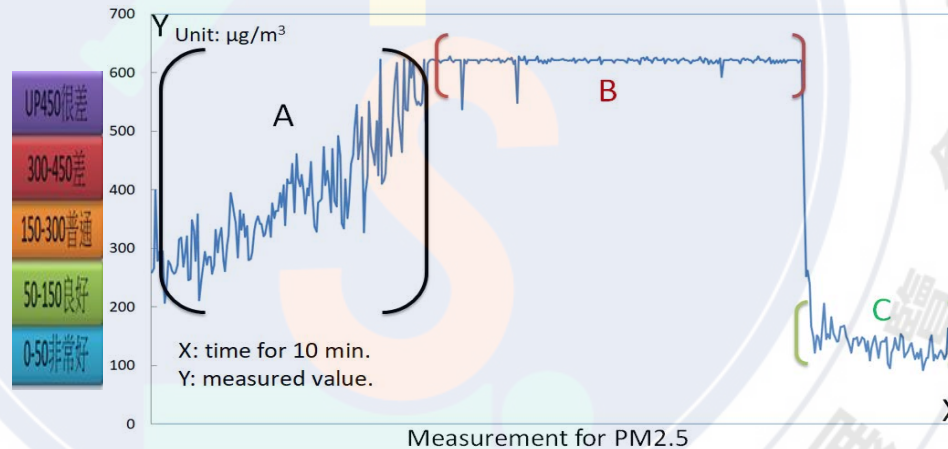
平均值:65.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，可達89.5%過濾效能。



Use for 30W Speaker

結論與未來發展方向

- 一.由聲壓頻譜分布，於距離改變條件下，140Hz的變化較小，相對而言較穩定，故選擇140Hz為本研究之最佳輸出頻率。(不同單體，會有不同的效果)
- 二.就頻率而言，頻率越高者，其聲壓的方向性越明顯。頻率越低者，其聲壓的方向性越不明顯。聲波於低頻時指向性較差，能量容易往四周圍發散出去。
- 三.就距離而言，頻率越高者，其聲壓的方向性不會因為距離的增加而有太大的變化，但若為低頻時，其聲壓的方向性會隨著距離的增加而變得越不明顯。
- 四.空濾機啟動(單體啟動)後，由感測器得知，本研究能有效達到空氣過濾效果(100-200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 區間)。



- 五. $0.1\mu\text{m}$ - $0.3\mu\text{m}$ 之空氣微粒，因不受布朗運動($0.1\mu\text{m}$ 以下)與擴散機制($0.3\mu\text{m}$ 以上)所影響，故較不容易吸附在濾網上，其空濾解決方法是目前相關產學界探討的方向，故本團隊未來將往這方面做研究探討，期待研發技術，能對社會有所貢獻。
- 六. 目前國內尚未有其他相關文獻探討，希望本團隊之研究方式與結果等相關資訊可透過科展比賽，供相關領域先進們參考。