

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 物理科

佳作

030115

條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜影響之研究

學校名稱：新北市立土城國民中學

作者： 國二 林妍岑 國二 范喬涵 國二 盧彥鈞	指導老師： 蕭聖益 蘇雅鈺
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：速率、界面活性劑、條件縱波

摘要

界面活性劑容易因表面張力特性相較一般液態物質能具有更長的膜態持續時間，並且因光的照射或是環境擾動可能有不同色彩變化。本研究探討界面活性劑在不同濃度比例以及不同條件縱波干擾下之特性。本實驗利用頻率製造器製造條件縱波，再拍攝其對陰離子界面活性劑波紋波速與波形變化的影響。探究後找出在條件縱波和靜止狀態中最佳泡膜狀態之界面活性劑之比例（1：1），並發現泡膜後期會有單層的黑膜態，且其面積會逐步擴張，而在條件縱波的影響下會具有混沌態和一個或數個 **stranger attractors**。期望未來能夠針對不同溫度與更大面積的泡膜進行分析。

壹、前言

一、研究動機

因為從小就對物理特別感興趣，因此這次科展選擇了物理組，在查文獻的過程中選擇了聲波這個主題。在科展高中組有一文獻：看見聲音-聲音對皂膜影響之探討中提到中心區上下振動的慣性力和向下的重力使泡膜從中心區流出，在振動的過程中有泡膜從邊緣區流入中心區，也有泡膜從中心區流出到邊緣區，因此形成渦流。我們也發現受聲波影響而形成之中心區會因上下振動吸取邊緣區泡水而變厚，使邊緣區變薄。到高頻時則由中間排水至外圍，使泡膜變薄。於是我們便決定比較不同濃度的泡膜破掉時間以及比較不同頻率下泡膜移動速率等一系列的實驗。經過實驗後我們得知不同濃度下的持續時間時長、不同頻率下持續時間時長的比較以及與克拉尼圖形做比較。未來我們希望能夠就目前研究結果來推導出一組數學公式，或是以更多變因來觀察泡膜的膜態。

二、研究目的

- （一）比較泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之探究
- （二）條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係
- （三）兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之探究
- （四）單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間影響之探究

三、文獻回顧

(一) 薄膜干涉

1. 薄膜干涉：假設照射一束光波於薄膜，由於折射率不同，光波會被薄膜的上界面與下界面分別反射，因相互干涉而形成新的光波，這現象稱為薄膜干涉。對於這現象的研究可以透露出關於薄膜表面的資訊，這包括薄膜的厚度、折射率。

公式： $\Delta = 2nt \cos(\theta t) \pm \lambda/2$ 式中 n 為薄膜的折射率； t 為入射點的薄膜厚度； θt 為薄膜內的折射角。

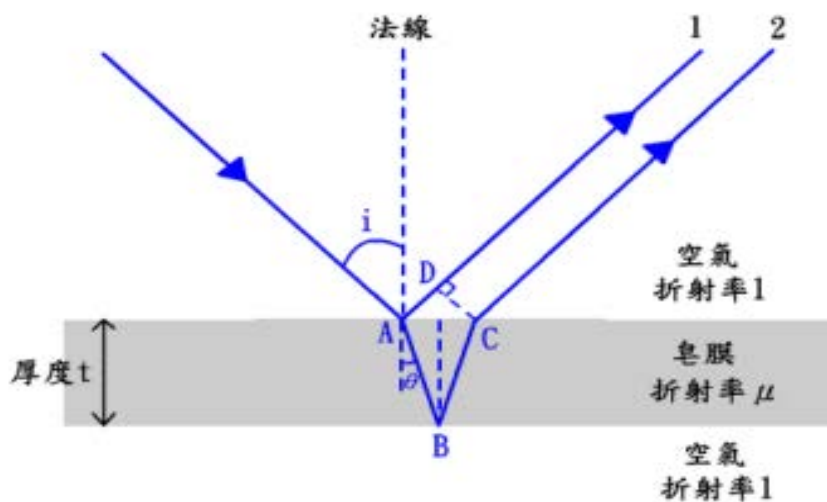


圖 1 薄膜干涉（甄致瑜、蔡明翰、施柏安，2018）

司乃耳定律：在光學上，此定律可以計算追蹤光線入射與折射的行徑，在實驗上也可以得到介質的折射率。如果光從入射折射率小的第一介質進入折射率比較大的第二介質（ $n_2 > n_1$ ），因為第二介質光行進的速度較慢（ $v_2 < v_1$ ），所以折射角 θ_2 會比入射角 θ_1 小，光線折射後會偏向法線。

它陳述入射角的正弦值與折射角的正弦值的比值，等於兩介質中的波的速度比值，但與兩介質折射率的比值成反比。

公式： $\sin\theta_1 \sin\theta_2 = v_1 v_2 = \lambda_1 \lambda_2 = n_2 n_1$ 或者 $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

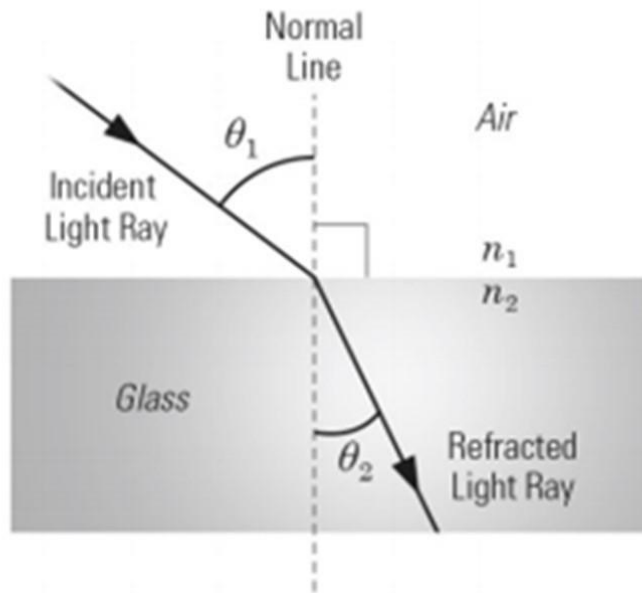


圖 2 司乃耳定律

(二) 光

1.光是一種波，不同顏色的光波有不同的波長。當一個光波照到一個半透明的薄膜時，一部分光被上表面反射回去，另一部分被下表面反射回去，剩餘的光透射過去。

假設紅色光照到泡膜的同一點，因為紅光的波長比較長，這樣上下表面反射回去的光沒有很好地疊在一起，它們相互減弱，無法形成很強的紅色反射。然而當泡膜更厚一點時紅色光波就會疊在一起，藍色光波就會相互減弱，這個泡膜看上去是紅色的。

(三) 泡膜

1.受聲波影響而形成之中心區會因上下振動吸取邊緣區泡水而變厚，邊緣區則變薄。到高頻時則由中間排水至外圍，使泡膜變薄。

2.泡水在受不同頻率聲波擾動下，會產生渦漩狀之流動，且受到吸力與推力，使一個渦漩中的速率會不同。

3.「漩」機重重（2007）文獻中說明強迫漩渦是由外部帶動內部旋轉的，而半徑和轉速成正比，所以半徑越大，轉速越快。

4.渦流是流體中一種流動與其主流流向相反的現象。而形成渦流的兩個條

件為垂直向下的速度與切線旋轉的速度。

5. 渦流：流體形成渦流的兩個條件，一為垂直向下的速度，二為切線旋轉的速度。

6. 濃度越高，泡膜持續時間越長

7. 皂膜形成至皂膜破裂，將其分成三個階段：前期、中期、後期並加以分析其中的變化情形。

初期：密集之同心圓環狀條紋（與牛頓環類似），此環狀條紋逐漸向外移動堆積，並在中心持續產生較低級數的干涉條紋。中期：同心圓環狀條紋因皂膜變薄導致數量減少，環狀條紋有時會先停留一段時間後，再產生外移現象。末期：中心部份出現黑色全圓區域，此黑膜面積會逐漸擴大直至皂膜破裂。

8. 皂膜顏色-厚度之對照圖

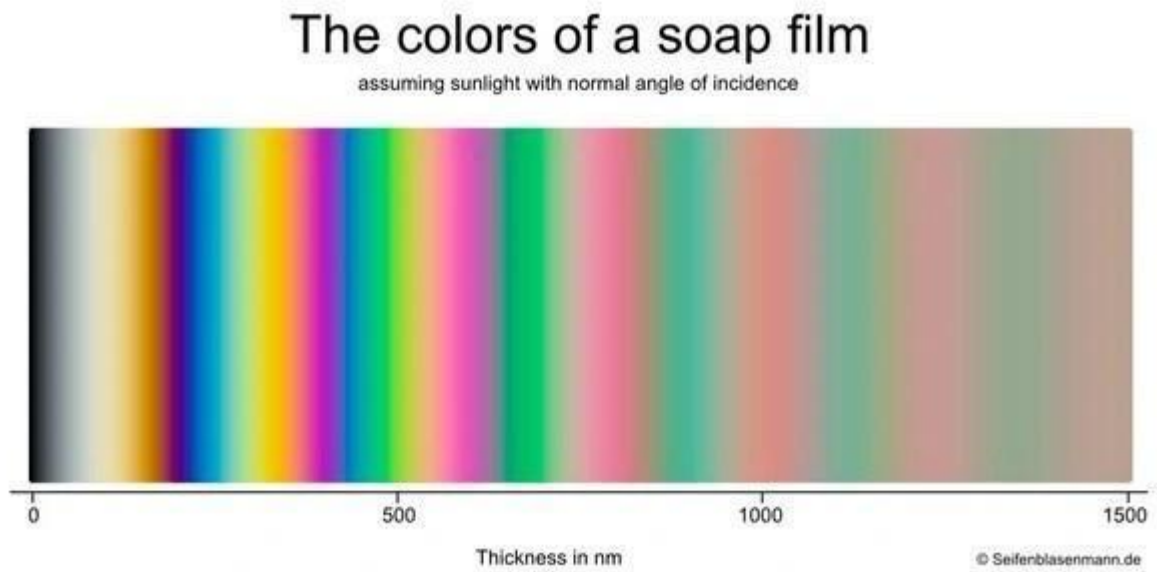


圖 3 皂膜顏色-厚度之對照圖

貳、研究設備及器材

表 1 研究設備及器材

		 
<p>軟體 Tracker</p>	<p>Excel</p>	<p>軟體 In</p>
		
<p>電燈泡</p>	<p>燈架</p>	<p>沐浴乳</p>
		
<p>智慧型手機</p>	<p>量筒</p>	<p>三腳架</p>

參、研究過程或方法

一、實驗目的架構圖

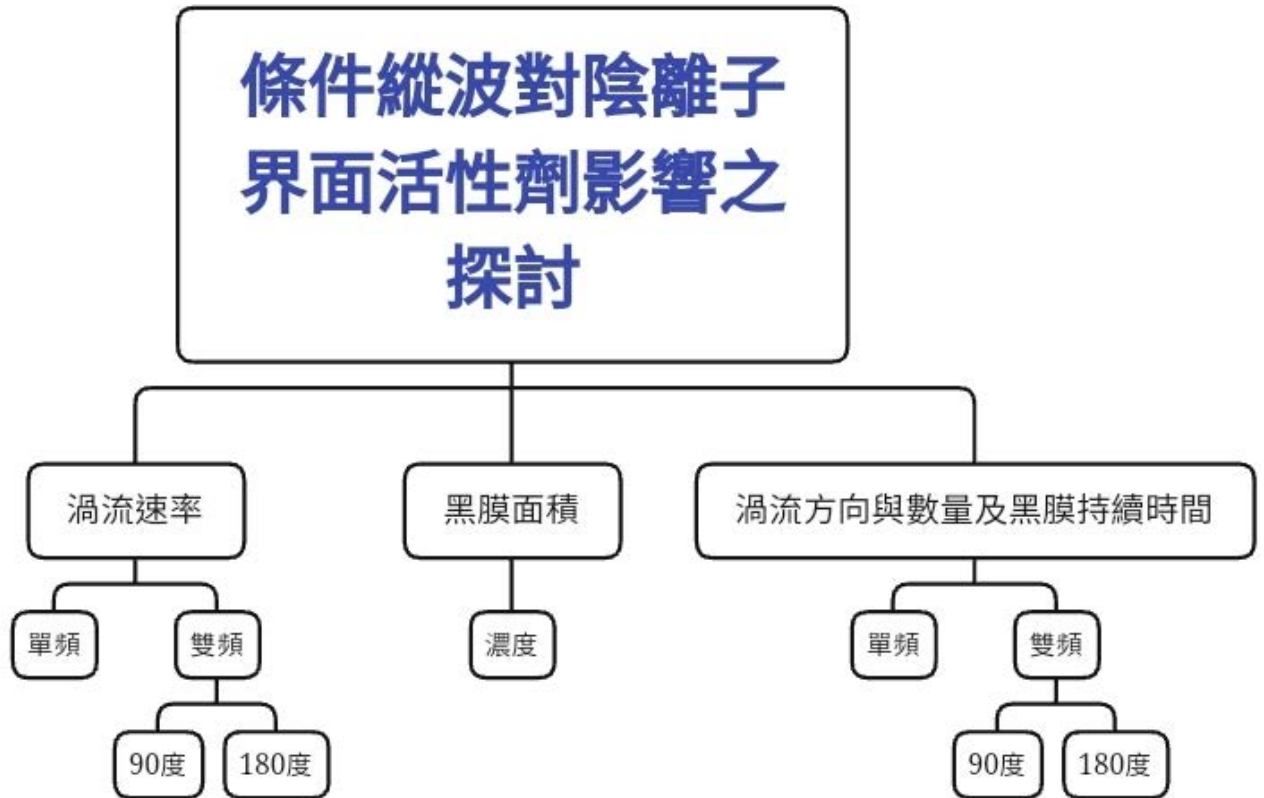


圖 4 實驗目的架構圖

二、實驗流程圖



圖 5 實驗流程圖

三、研究方法

(一) 實驗方法

1. 泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之探究
 - (1) 將沐浴乳：水依體積比調配 1：1~1：5 的比例混合
 - (2) 充分攪拌後將三腳架放入泡水內，產生泡膜
 - (3) 用檯燈照射，並用手机錄影

(4) 上傳至電腦的 **ImageJ**，分析面積

(5) 將數據進行分析

2. 條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係

(1) 調配比例 1 : 1 的泡水

(2) 將三角架倒放使其產生泡膜

(3) 拿起後用檯燈照射，並用手机錄影

(4) 將頻率產生器 300Hz 放置在膜的下方

(5) 使用手机錄影功能記錄截止直至破掉

(6) 上傳至電腦的 **Tracker**，得出數據

(7) 結果統整、比較

3. 兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率之研究

(1) 調配泡水 (1 : 1)

(2) 將三腳架倒放使其產生泡膜

(3) 拿起後用檯燈照射，並用手机錄影

(4) 將兩個頻率產生器 300Hz 放置在膜的下方

(5) 調整角度為 90 度或 180 度

(6) 使用手机錄影功能記錄截止直至破掉

(7) 上傳至電腦的 **Tracker**，得出數據

(8) 結果統整、比較

(二) 分析方法

1. 推算速率

將影片匯入 **Tracker**，觀察影片，找出音源射入的位置，並新增質

點追蹤軌跡，一開始先讓它自動追蹤，等到它追蹤不到的時候，再使用手動追蹤，再將所有數據匯入 excel，使用兩點距離公式推算移動距離，且算出時間差，再將距離除以時間差，之後用所得出來的數據化成折線圖分析。

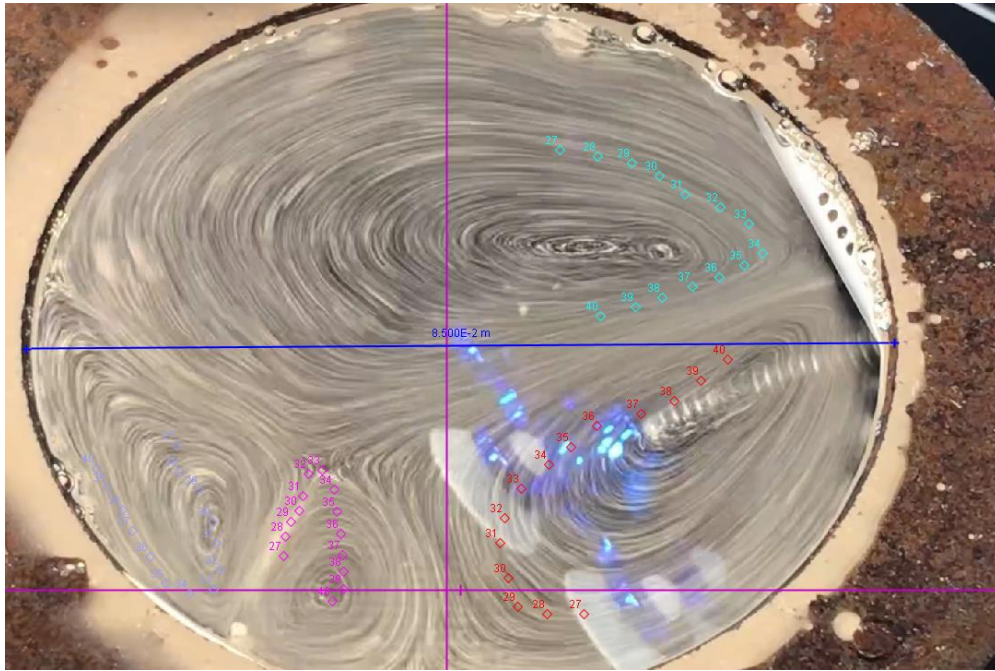


圖 6 Tracker 分析

2.面積計算

將圖片匯入 Image J，拉校正桿使其數據正確，再將黑膜範圍框起（如：圖 7），算出面積，最後將數據整理至 Excel 畫出折線圖比較關係。



圖 7 Image J 分析

四、實驗設置圖

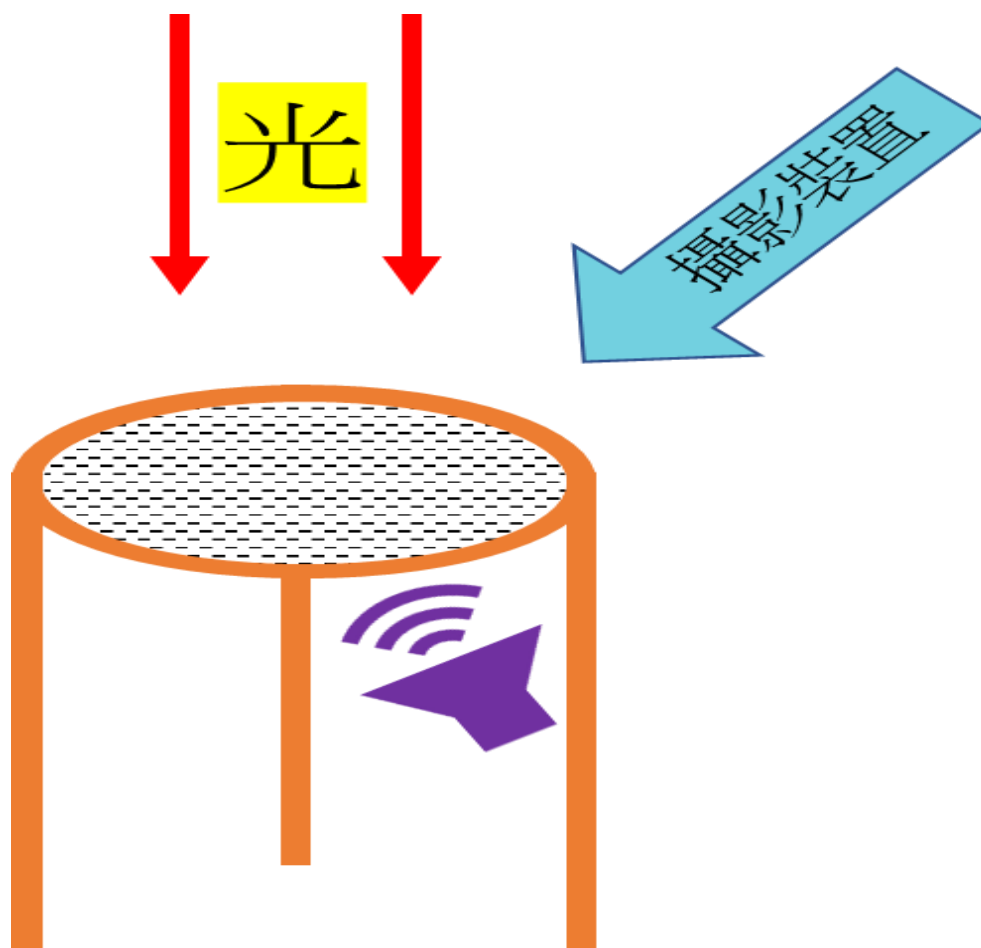


圖 8 實驗設置圖

肆、研究結果

一、比較泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之探究

下表虛線為將黑膜面積與時間的關係用對數擬何後的結果

(一) 濃度 1 比 1

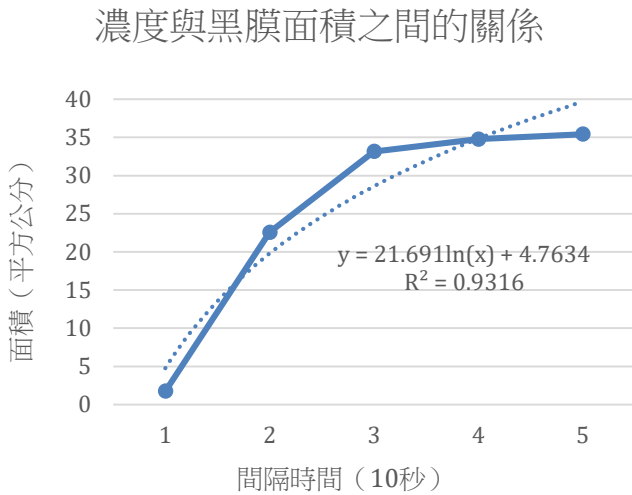


圖 9 濃度與黑膜面積之間的關係 1
濃度與黑膜面積之間的關係

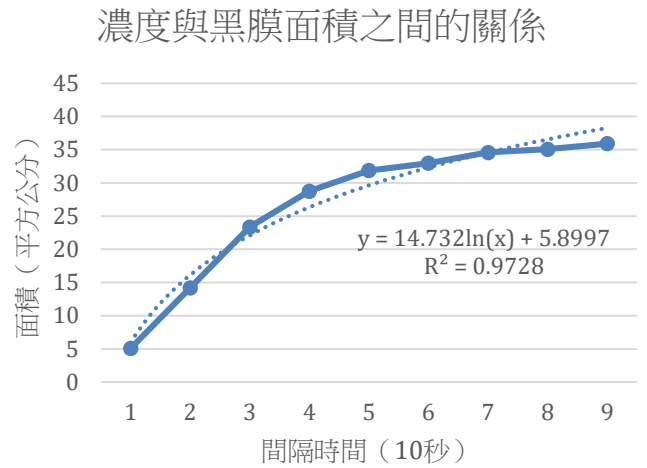


圖 10 濃度與黑膜面積之間的關係 2
濃度與黑膜面積之間的關係

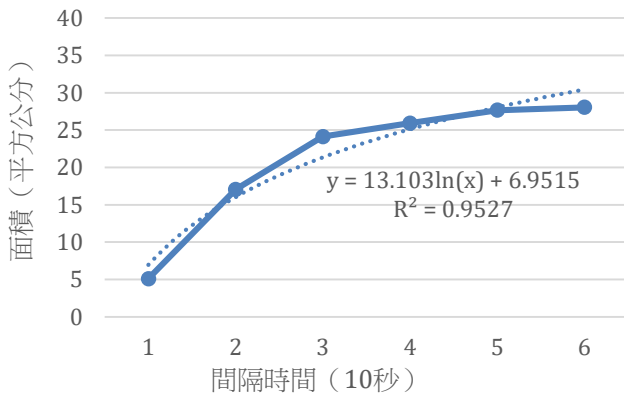


圖 11 濃度與黑膜面積之間的關係 3

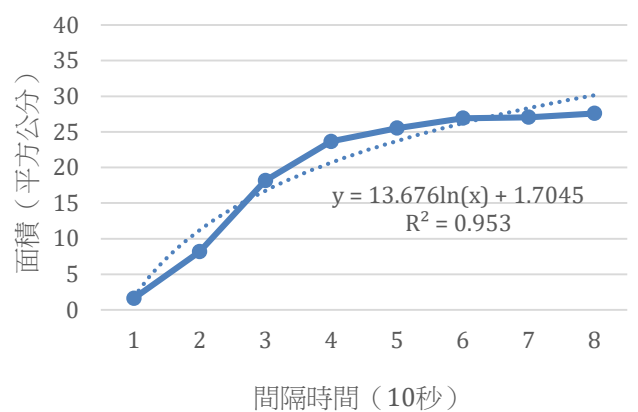


圖 12 濃度與黑膜面積之間的關係 4

(二) 濃度 1 比 2

濃度與黑膜面積之間的關係

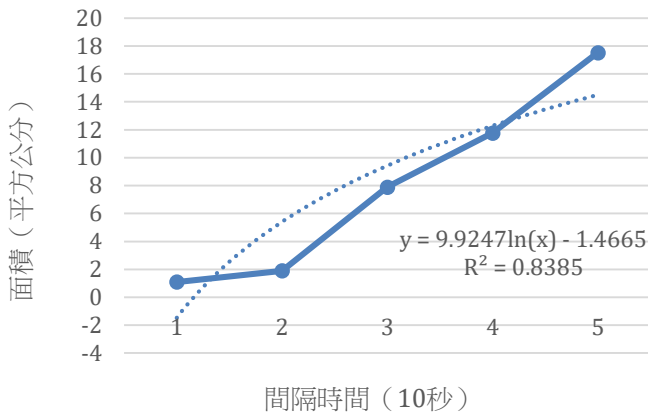


圖 13 濃度與黑膜面積之間的關係 1

濃度與黑膜面積之間的關係

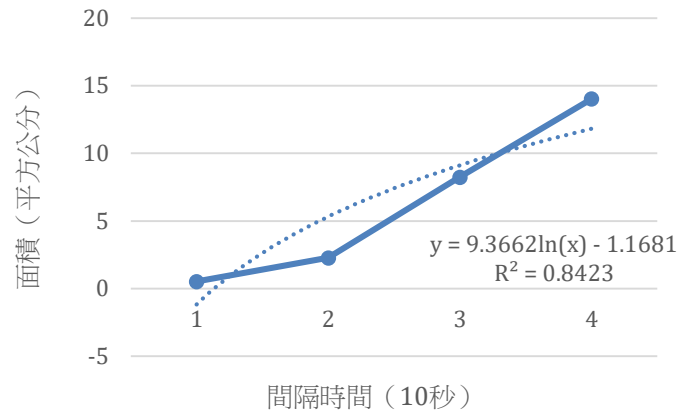


圖 14 濃度與黑膜面積之間的關係 2

濃度與黑膜面積之間的關係

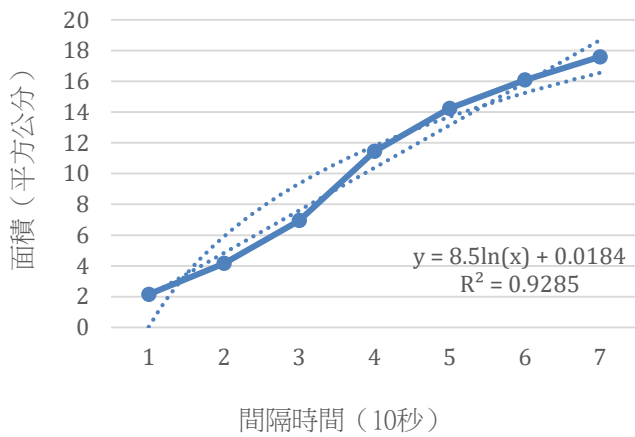


圖 15 濃度與黑膜面積之間的關係 3

濃度與黑膜面積之間的關係

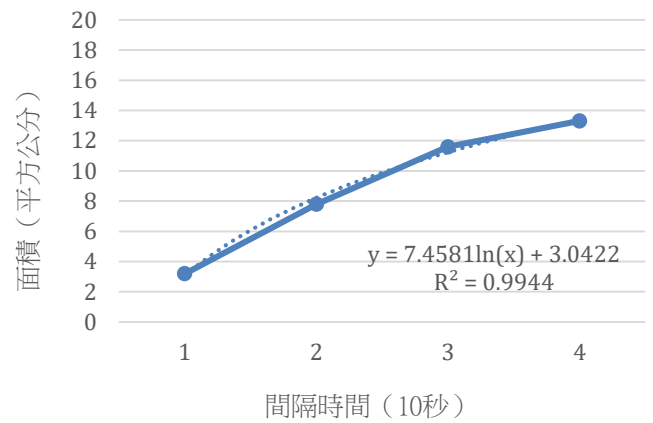


圖 16 濃度與黑膜面積之間的關係 4

(三) 濃度 1 比 3

濃度與黑膜面積之間的關係

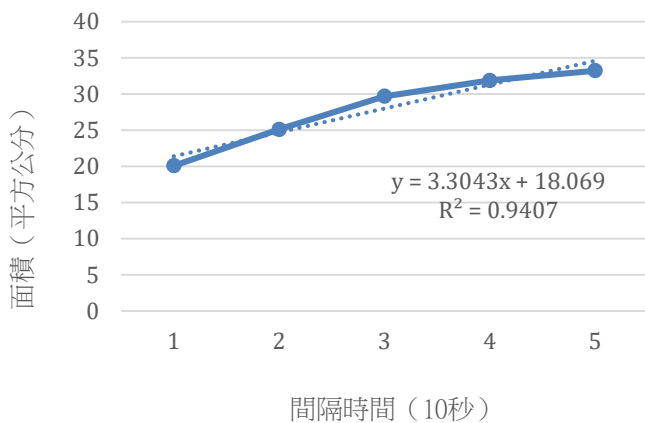


圖 17 濃度與黑膜面積之間的關係 1

濃度與黑膜面積之間的關係

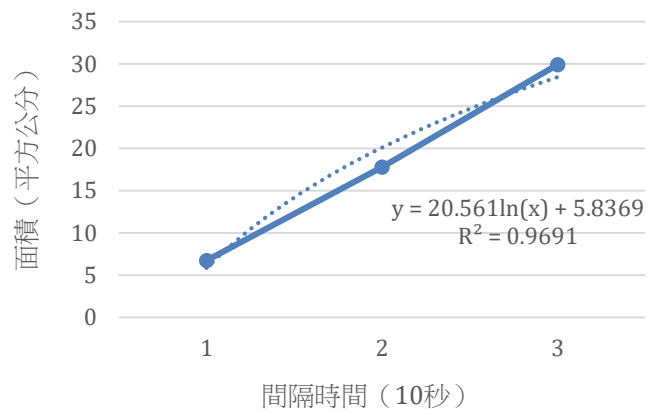


圖 18 濃度與黑膜面積之間的關係 2

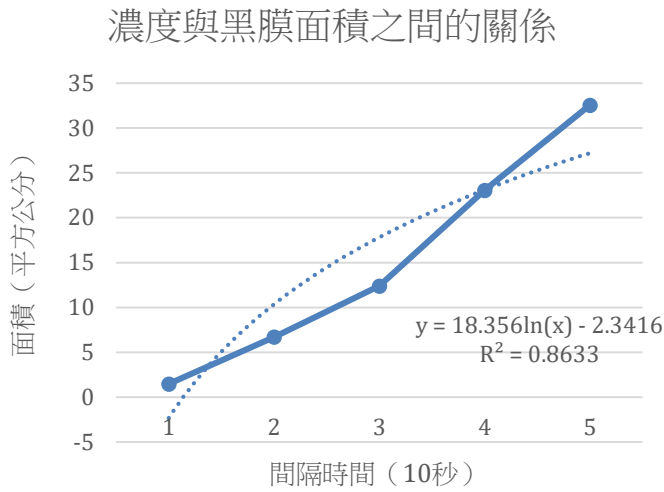


圖 19 濃度與黑膜面積之間的關係 3

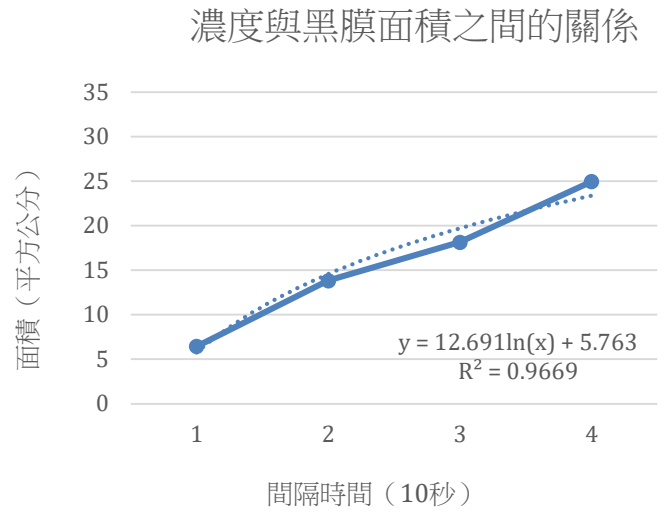


圖 20 濃度與黑膜面積之間的關係 4

(四) 濃度 1 比 4

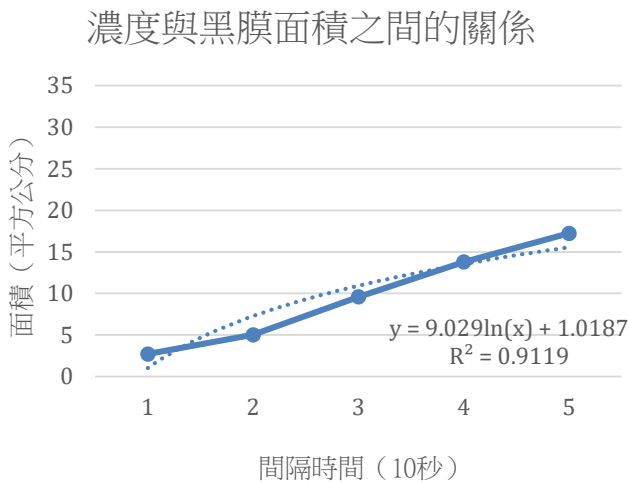


圖 21 濃度與黑膜面積之間的關係 1

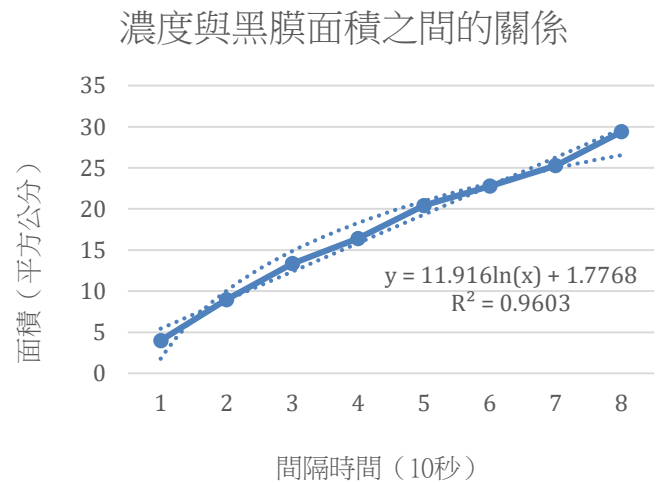


圖 22 濃度與黑膜面積之間的關係 2

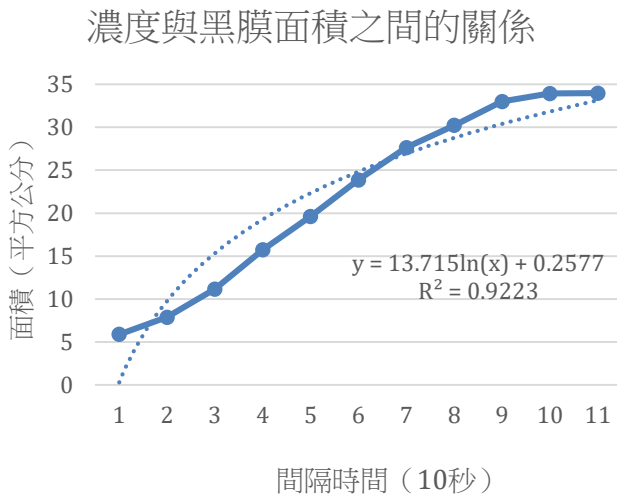


圖 23 濃度與黑膜面積之間的關係 3

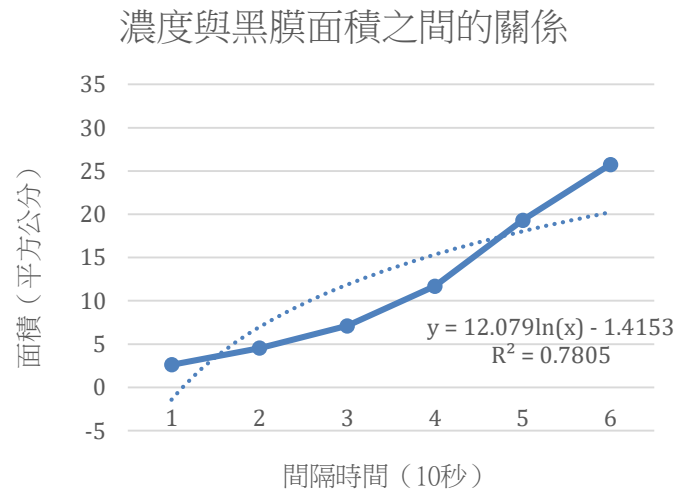


圖 24 濃度與黑膜面積之間的關係 4

(五) 濃度 1 比 5

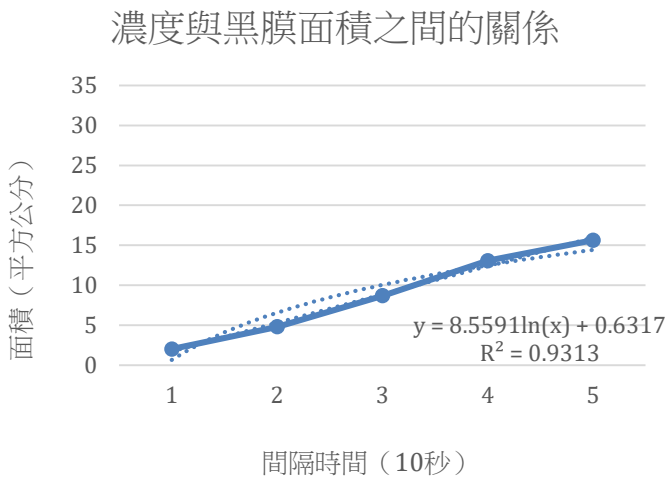


圖 25 濃度與黑膜面積之間的關係 1

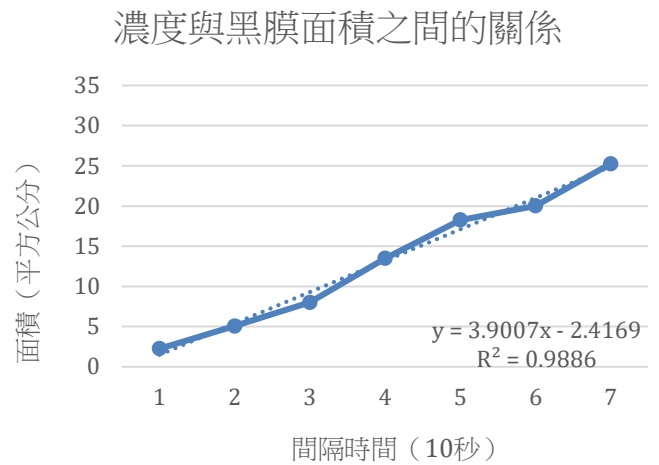


圖 26 濃度與黑膜面積之間的關係 2

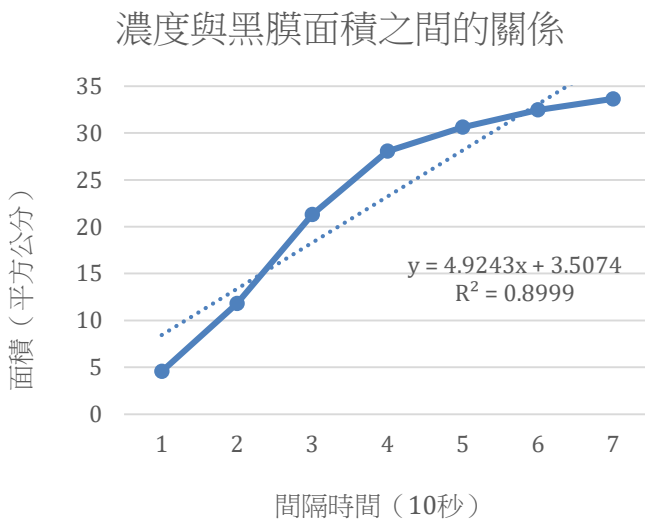


圖 27 濃度與黑膜面積之間的關係 3

二、條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係

使用單頻干擾泡膜時液面會產生兩個渦流，又有大小泡膜之分，而本實驗是比較兩個泡膜渦流的速率，而泡水使用濃度為 1：1，因為最為穩定。

(一) 頻率 300Hz

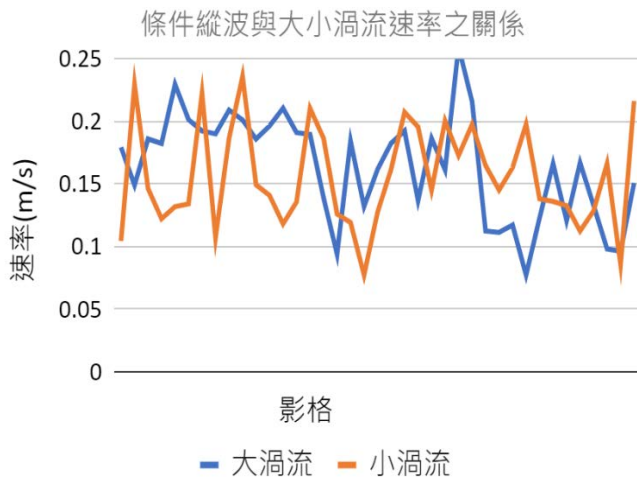


圖 28 條件縱波與大小渦流速率之關係 1

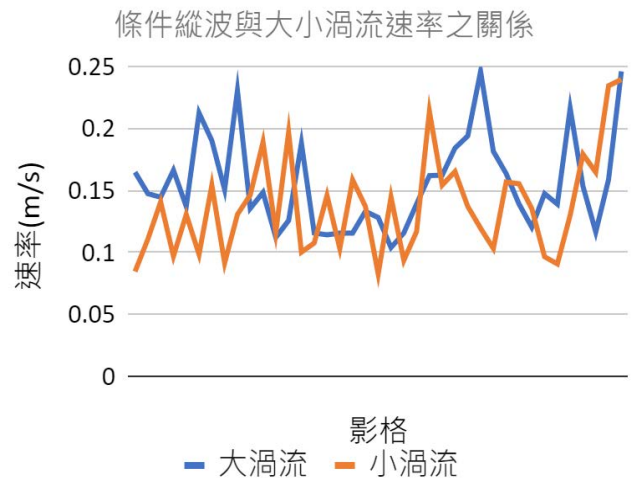


圖 29 條件縱波與大小渦流速率之關係 2

(二) 頻率 400Hz

條件縱波與大小渦流速率之關係

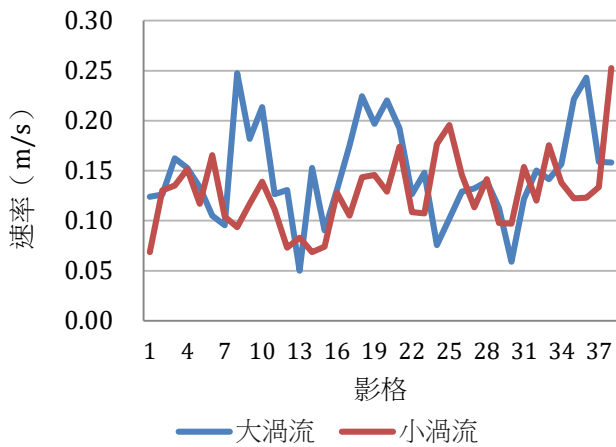


圖 30 條件縱波與大小渦流速率之關係 1

條件縱波與大小渦流速率之關係

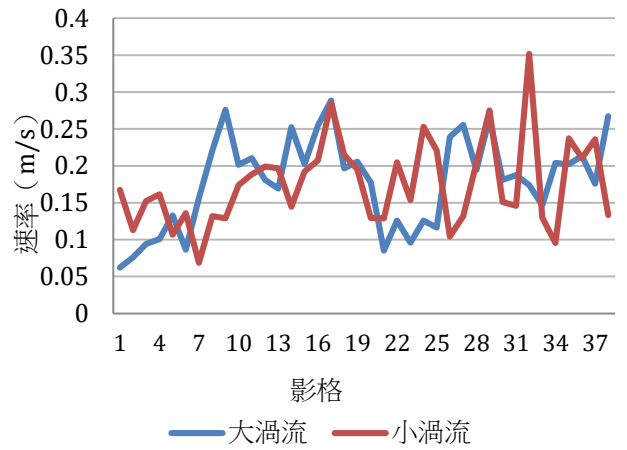


圖 31 條件縱波與大小渦流速率之關係 2

(三) 頻率 500Hz

條件縱波與大小渦流速率之關係

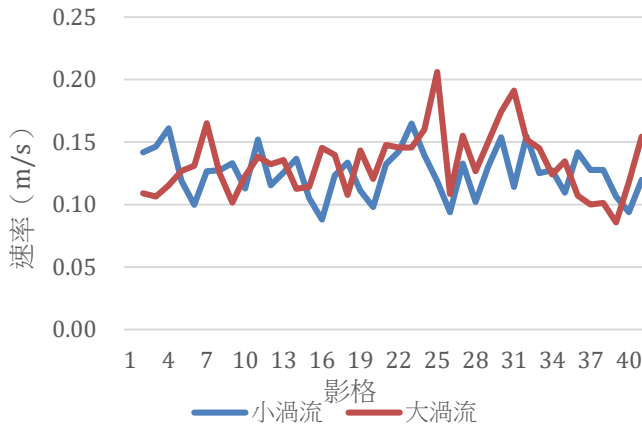


圖 32 條件縱波與大小渦流速率之關係 1

條件縱波與大小渦流速率之關係

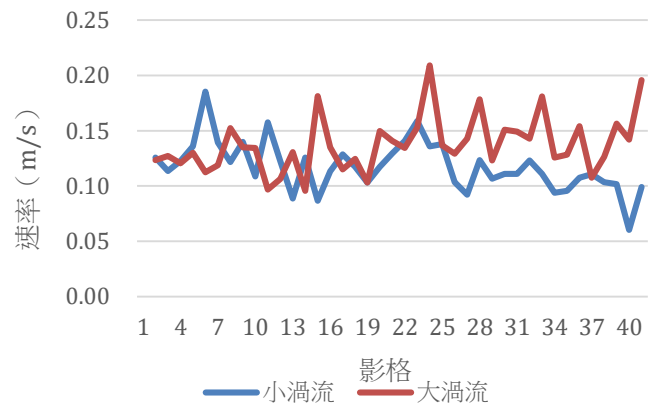


圖 33 條件縱波與大小渦流速率之關係 2

(四) 頻率 600Hz

條件縱波與大小渦流速率之關係

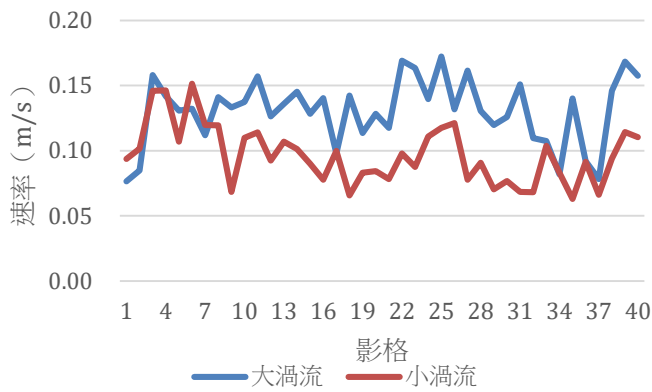


圖 34 條件縱波與大小渦流速率之關係 1

條件縱波與大小渦流速率之關係

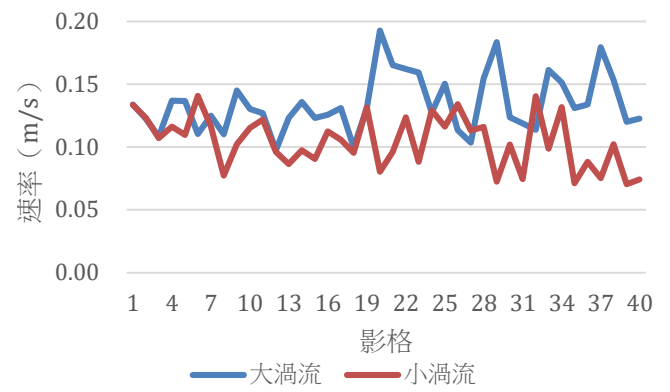


圖 35 條件縱波與大小渦流速率之關係 2

(五) 頻率 700Hz

條件縱波與大小渦流速率之關係

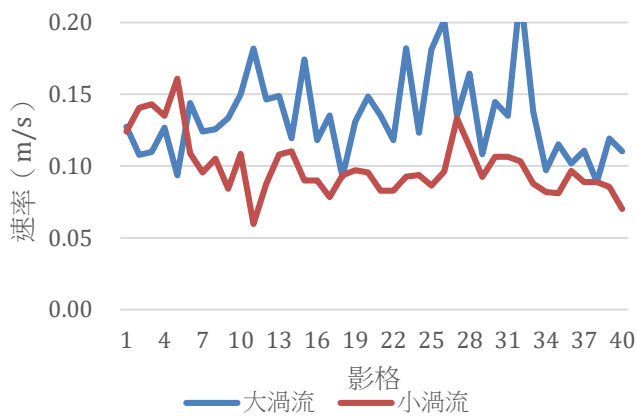


圖 36 條件縱波與大小渦流速率之關係 1

條件縱波與大小渦流速率之關係

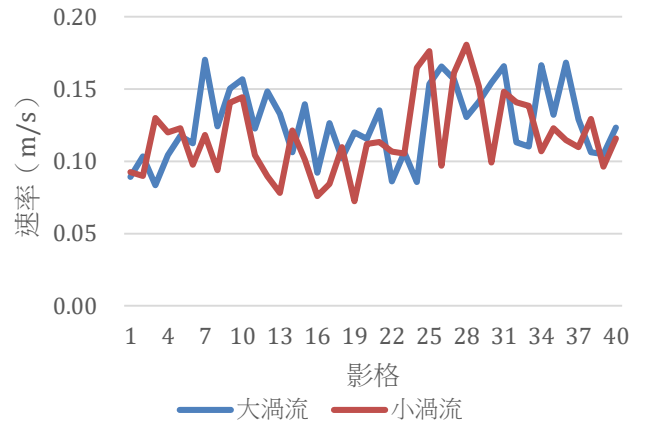


圖 37 條件縱波與大小渦流速率之關係 2

三、兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之探究

所採用音頻皆為 300Hz，本實驗設置兩個位置，分別是將兩個音頻產生器放置 180 度與 90 度。

(一) 雙音頻 180 度

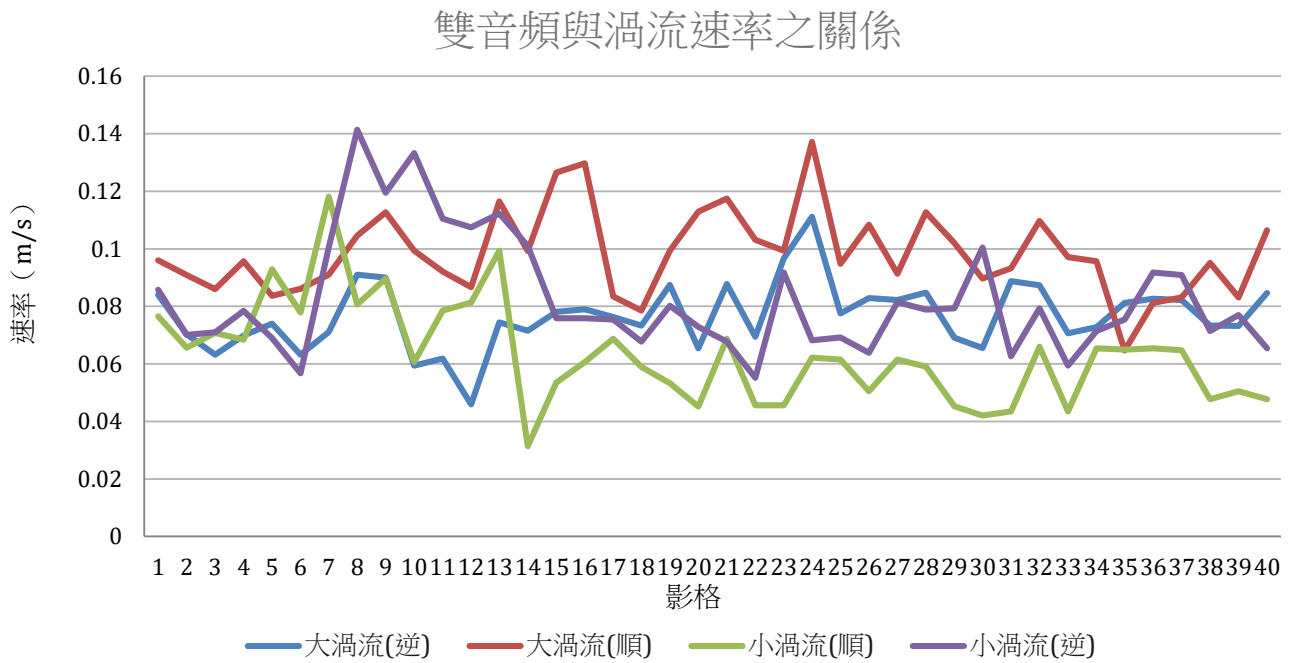


圖 38 雙音頻與渦流速率之關係

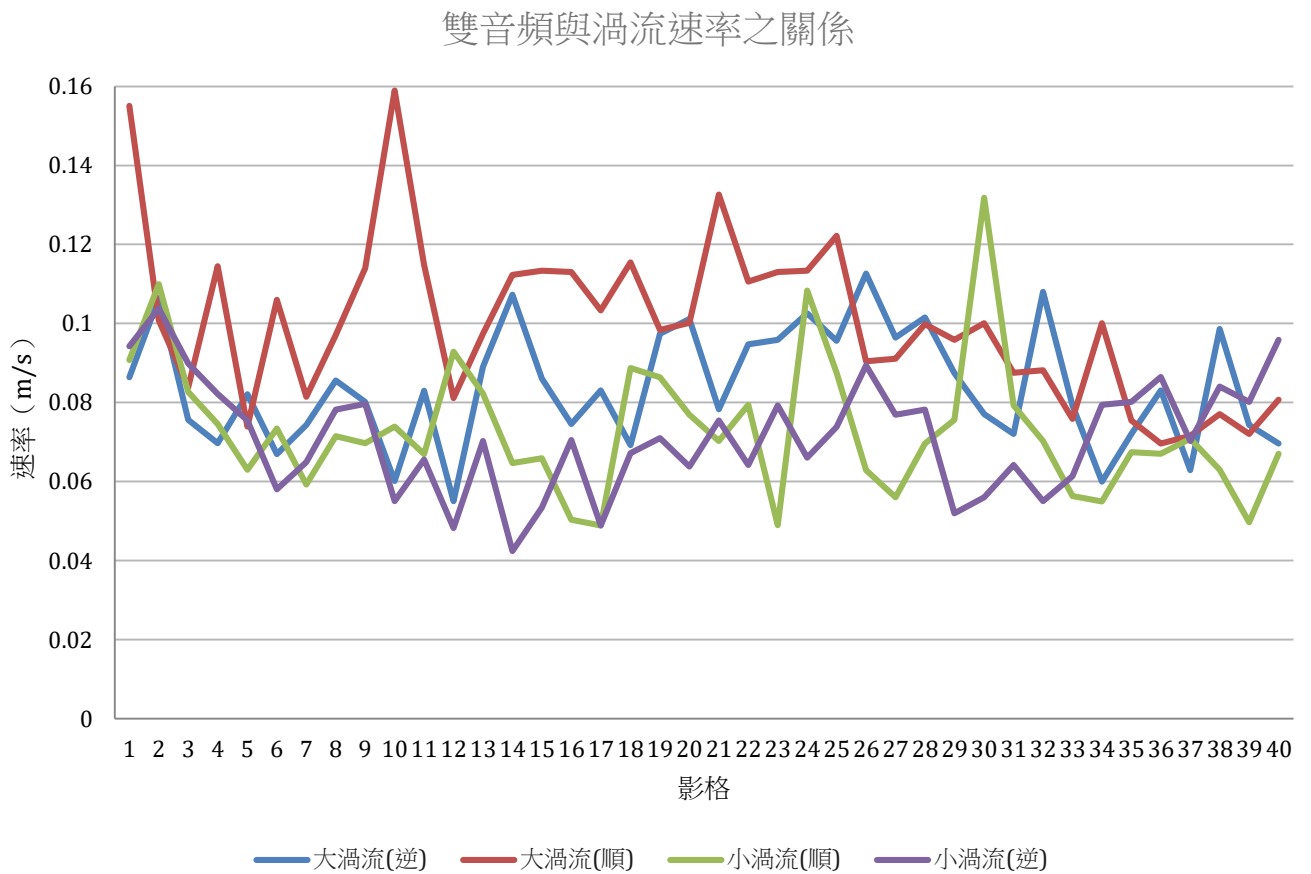


圖 39 雙音頻與渦流速率之關係

(二) 雙音頻 90 度

雙音頻180度、90度、單音頻300Hz比較

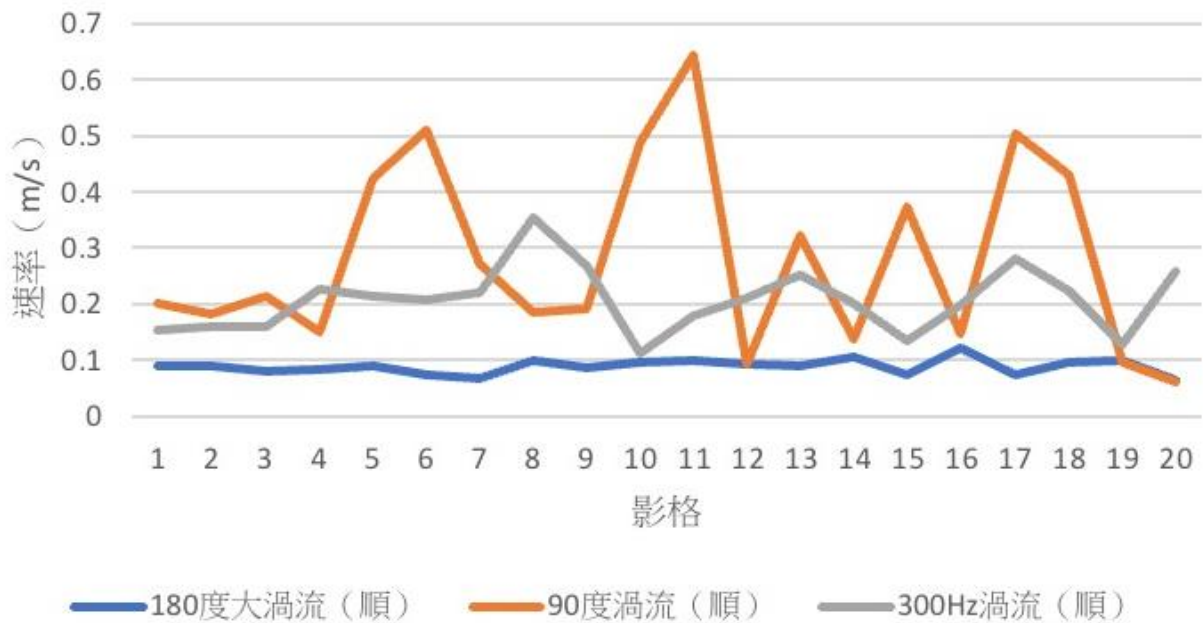


圖 40 雙音頻 180 度、90 度、單音[頻 300Hz 比較

雙音頻180度、90度、單音頻300Hz比較

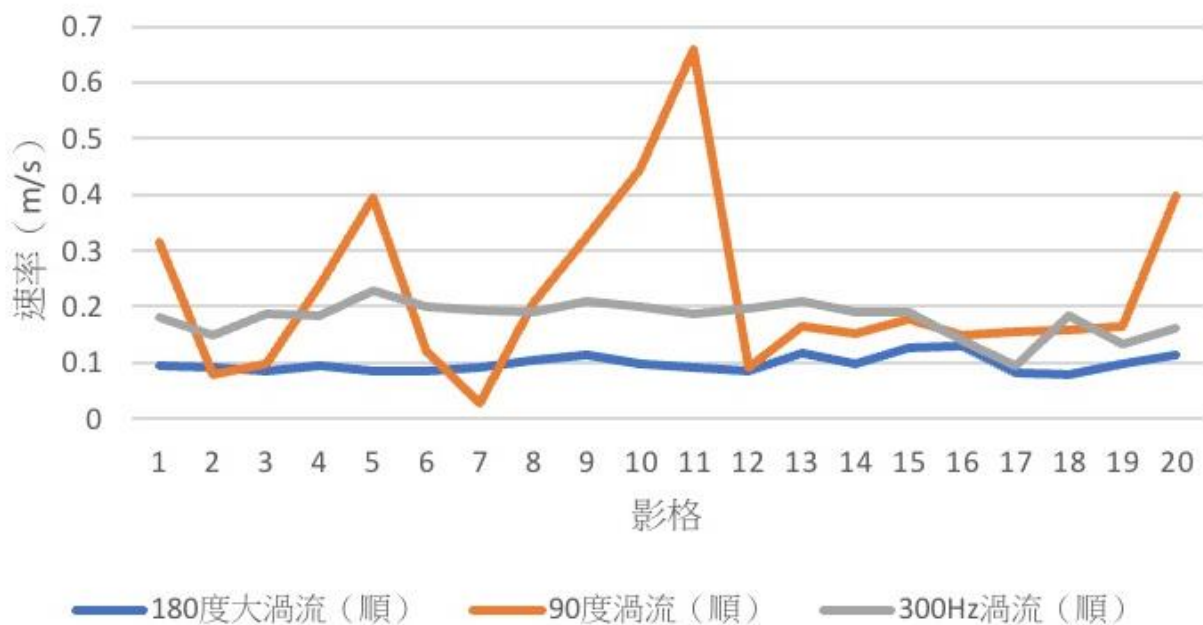


圖 41 雙音頻 180 度、90 度、單音頻 300Hz 比較

四、單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間 影響之探究

(一) 渦流方向、數量、黑膜持續時間

表 2 渦流方向、數量、黑膜持續時間

音頻數量	角度	持續時間 (平均)	方向	數量
單音頻		30.4	一順一逆	2
雙音頻	90	1.2	都為順	1
雙音頻	180	9.6	兩個主要大渦流方向相反、其餘兩個小渦流也是，一順一逆	4



圖 42 雙音頻 90 度

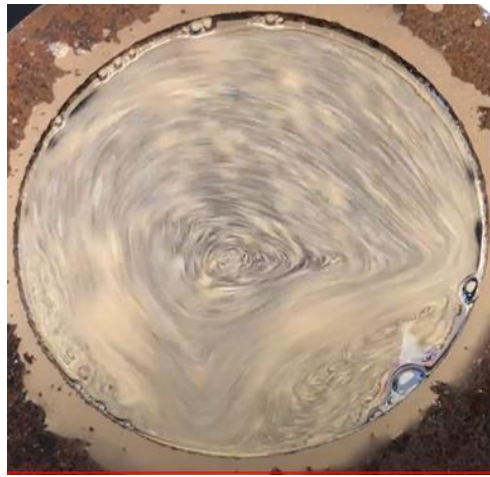


圖 43 雙音頻 90 度



圖 44 雙音頻 90 度



圖 45 雙音頻 180 度



圖 46 雙音頻 180 度



圖 47 雙音頻 180 度



圖 48 單音頻



圖 49 單音頻



圖 50 單音頻

伍、討論

一、比較泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之探究

對照上表可發現，濃度 1：1 的黑膜面積滿穩定的，一開始是呈現快速成長，類似正比，到中後期階段時則成長較為緩慢，且 1：1 的黑膜面積也是最大的。但對照 1：5 則是起伏較不穩定，有些黑膜持續時間長，有些黑膜持續時間短，導致黑膜面積的不穩定。將黑膜面積與時間的關係用對數擬何後可以發現 1：1 的相關係數達 0.93 以上，符合指對數關係，取穩定組係數平均為 13.84。而濃度比例 1：2~1：5 的黑膜面積與時間的關係用對數擬何則發現有部分不穩定現象，推測跟持續時間較短有關。

二、條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係

300、400、500Hz 的大小渦流速率是很相近的，介於 0.1~0.2 (m/s) 之間為主，但還是有一些差異，我們推測因為介質都是一樣的，但因為是泡膜，所以厚度會一直隨著時間變化，才導致些微差異，目前的泡膜在 600、700Hz 下才有明顯的速率變化，通常是大渦流的速率會較快，和「漩」機重重(2007)一致，推測是因為 600Hz 及 700Hz 高頻的狀態下，泡膜震動更趨明顯，厚度分布較不平均才導致兩個渦流速率不同，因為大渦流迴轉半徑較大，在高頻狀況下厚度較厚導致渦流速率偏高。期望之後能夠分析出厚度，比較厚度與速率之間的關係。

三、兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之探究

180 度的四個渦流對照上表可發現渦流速率基本上都會在一個範圍內(0.04~0.16 m/s)，不會相距太大，是因為介質都相同，而還是有一些微小差異，只差在厚度的不同，大渦流因為流動範圍較大，厚度也就相較小渦流厚，因此通常大渦流的速率都較快。

90 度的則速率變化不穩定，渦流也只有一個，速率通常都比 300Hz 還要快，黑膜持續時間也較短，且可以發現在這三條折線中，90 度是最快的，再來是單頻的，最後是 180 度的，分別渦流數量是一個、兩個、四個，因此渦流數量越多，速率就越慢；渦流數量越少，速率越快。

四、單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間影響之探究

單音頻干擾的泡膜會在音源射入位置分岔產生兩個渦流，且兩個渦流的方向分別是相反的，持續時間也會較穩定且較長，而雙音頻的採 180 度放置，則會產生出四個渦流，兩個為主要渦流，其餘兩個推測是由碰撞邊緣產生出回彈的較小渦流，大渦流與小渦流分別方向皆是相反的，再來若以 90 度放置音頻，去干擾泡膜的話，則只會有一個渦流，因為渦流方向可能都相同，因此兩個音頻產生的渦流才會混合成一個而已，因為渦流只有一個，速率也較快，黑膜時間也相對較短暫。

陸、結論

一、比較泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之探究

1：1 泡水濃度的黑膜面積，是當中最穩定的，面積成長趨勢則為一開始成長快速，後期增加趨勢較平緩，且 1：1 的黑膜面積相比其他的可持續到最大，面積與時間的關係圖符合對數關係 $A=13.84 \ln (t/10) + 4.8519$ ，面積的單位為平方公分、時間的單位為秒。

二、條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係

在較低頻（300~500Hz）下大小渦流速率接近，泡膜在 600、700Hz 下有明顯的速率變化，大渦流的速率會較快，推測是因為 600Hz 及 700Hz 的厚度分布較不平均才導致兩個渦流速率不同。

三、兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之探究

180 度的渦流速率都會在一個範圍內，不會相距太大，因為介質都相同，而還有一些微小差異，差在厚度的不同，大渦流因為流動範圍較大，厚度也就相較小渦流厚，因此通常大渦流的速率都較快。90 度的則速率變化不穩定，渦流也只有一個，速率比 300Hz 還要快，黑膜持續時間也較短，因此得出渦流數量越多，速率就越慢；渦流數量

越少，速率越快。

四、單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間 影響之探究

單音頻黑膜持續時間最長，且狀態穩定，兩個渦流方向分別不同，雙音頻 180 度會產生 4 個渦流大、小泡膜的渦流對應到的也都相反，一個順時針，一個逆時針，雙音頻 90 度的則是因為方向都是相同的，因此混合成一個渦流，速率最快，持續時間最短。

柒、未來展望

- 一、期望未來可以用更大泡膜框架來分析，這樣可以分析更多泡膜的變化，也可增加更多實驗變因。
- 二、期望未來能夠增加音源數量與更多雙音頻角度變化，觀察泡膜波形變化。
- 三、期望能以不同響度來去觀察泡膜的速率變化與渦流的大小、方向。
- 四、目前 **Tracker** 分析只分析了部分時間的速率，期望接下來能夠分析完整黑膜持續時間的速率變化。
- 五、目前本實驗是在控制溫度下的狀況進行，期望接下來能夠針對不同溫度作為操縱變因觀察與分析。
- 六、目前本實驗是在控制燈光亮度下的狀況進行，期望接下來能夠針對不同顏色的光作為操縱變因觀察與分析。
- 七、目前本實驗只使用了相同的雙音頻去做干擾，期望之後可以嘗試以兩種相異音頻來干擾，以觀察推論出更多的結果。
- 八、目前分析出的速率與泡膜的厚度有關，期望之後能夠分析出厚度，比較厚度與速率之間的關係。

捌、參考文獻

- Bjorn of seifenblasenmann.de。日期不詳。The Color Of A Soap Fim。查詢日期：2022,03,01。檢自 <https://worldbuilding.stackexchange.com/questions/112701/non-muscular-rapid-color-changing>
- 王尊信、洪連輝（2009）。可見光譜。科學 online。查詢日期：2022,03,01。檢自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2454>
- 呂伊庭，鄭惟允，洪家琪（2009）膜上的波扭。中華民國第49屆中小學科學展覽會。查詢日期：2022,03,01。檢自 <https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=4690>
- 林可涵、廖子萱（2007）。「漩」機重重。中華民國第四十七屆中小學科學展覽會高中組物理科。查詢日期：2022.06.14。檢自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/senior/040101.pdf>
- 科學教育（2019）。物理科課程-司乃耳定律。科學教育。查詢日期：2022,03,01。檢自 https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fedu.kyst.com.tw%2Fblog%2Fdetail%2F115%3Fpage%3D1%26category_id%3D18&psig=AOvVaw0ljICFPCf2rtaHDZQ9IOLL&ust=1646189482562000&source=images&cd=vfe&ved=0CAsQjRxqFwoTCJjmmO_zo_YCFQAAAAAdAAAAABAD
- 張瑞棋（2015）。克拉尼圖形。泛科學。查詢日期：2022,04,01。檢自：<https://pansci.asia/wp-content/uploads/2015/11/a56e546684b804aff73bcc34081a456b.jpg>
- 張怡立（2019）。看見聲音-聲音對皂膜影響。中華民國第五十九屆科學展覽會高中組物理科。檢自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-051814.pdf>
- 陳乃瑜、葉馨予、王娟娟、張翔、黃翔、張乃文（2004）。「膜」力十足。中華民國第四十四屆中小學科學展覽會國小組化學科。查詢日期：2022.06.14。檢自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/c08/080209.pdf>
- 維基百科（2020）。薄膜干涉。維基百科。查詢日期：2022,03,01。檢自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%96%84%E8%86%9C%E5%B9%B2%E6%B6%89>
- 蔡宗賢、洪連輝（2010）。司乃耳定律（Snell's Law）。科學 online。查詢日期：2022,03,01。檢自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1239>
- 甄致瑜，蔡明翰，施柏安（2018）。圓-形皂膜駐波與厚度變化。2018年臺灣國際科學展覽會查詢日期：2022,03,01。檢自 <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2018/pdf/TISF2018-160038.pdf>

【評語】 030115

1. 本作品研究聲波對於泡膜的影響，觀察到泡膜在不同音頻下有趣的渦流運動現象。
2. 作品若能在實驗設計更嚴謹些且多一點深入定量分析，可以讓作品更完善。

作品簡報



條件縱波對陰離子界面
活性劑泡膜影響之研究

組別：國中組

科別：物理科

編號：030115

前言

條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜影響之研究

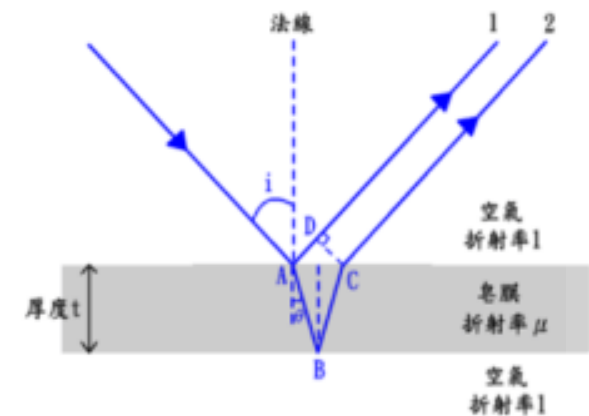
比較泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之研究

條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係

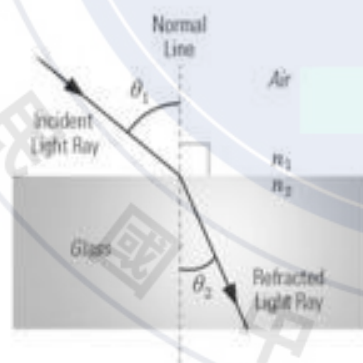
兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之研究

單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間影響之探究

圖一 研究目的



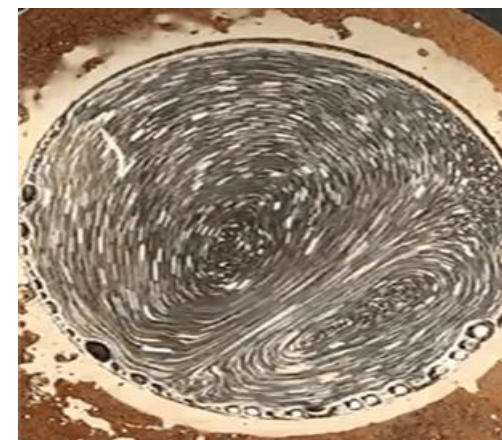
圖二 薄膜干涉



圖三 司乃爾定律

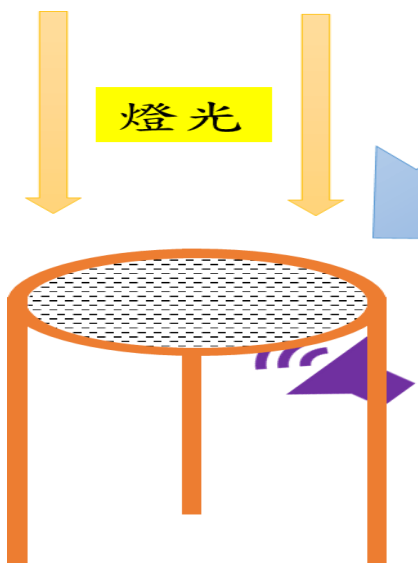


圖四 泡膜顏色和厚度對照表

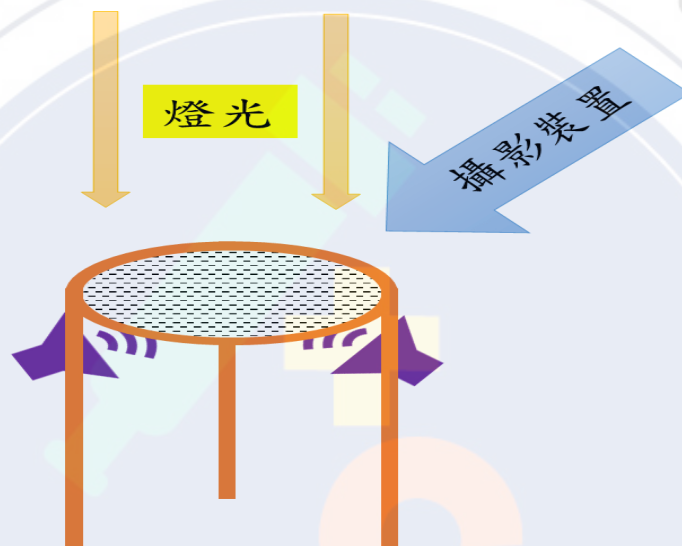


圖五 泡膜受聲波影響所呈現的狀態

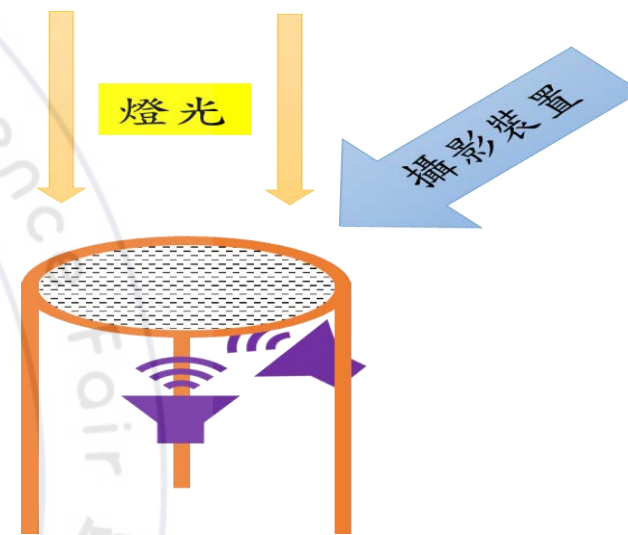
研究方法與分析方法



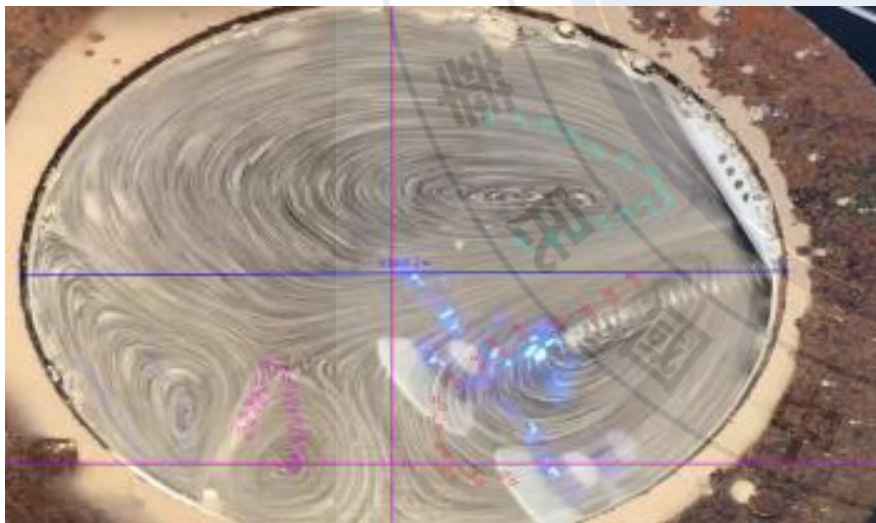
圖六 實驗設置(單音頻)



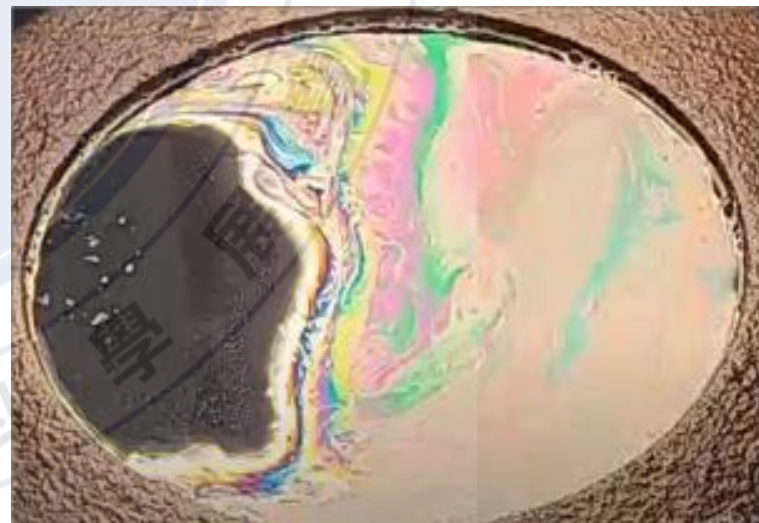
圖七 實驗設置(雙音頻180度)



圖八 實驗設置(雙音頻90度)



圖九 Tracker分析

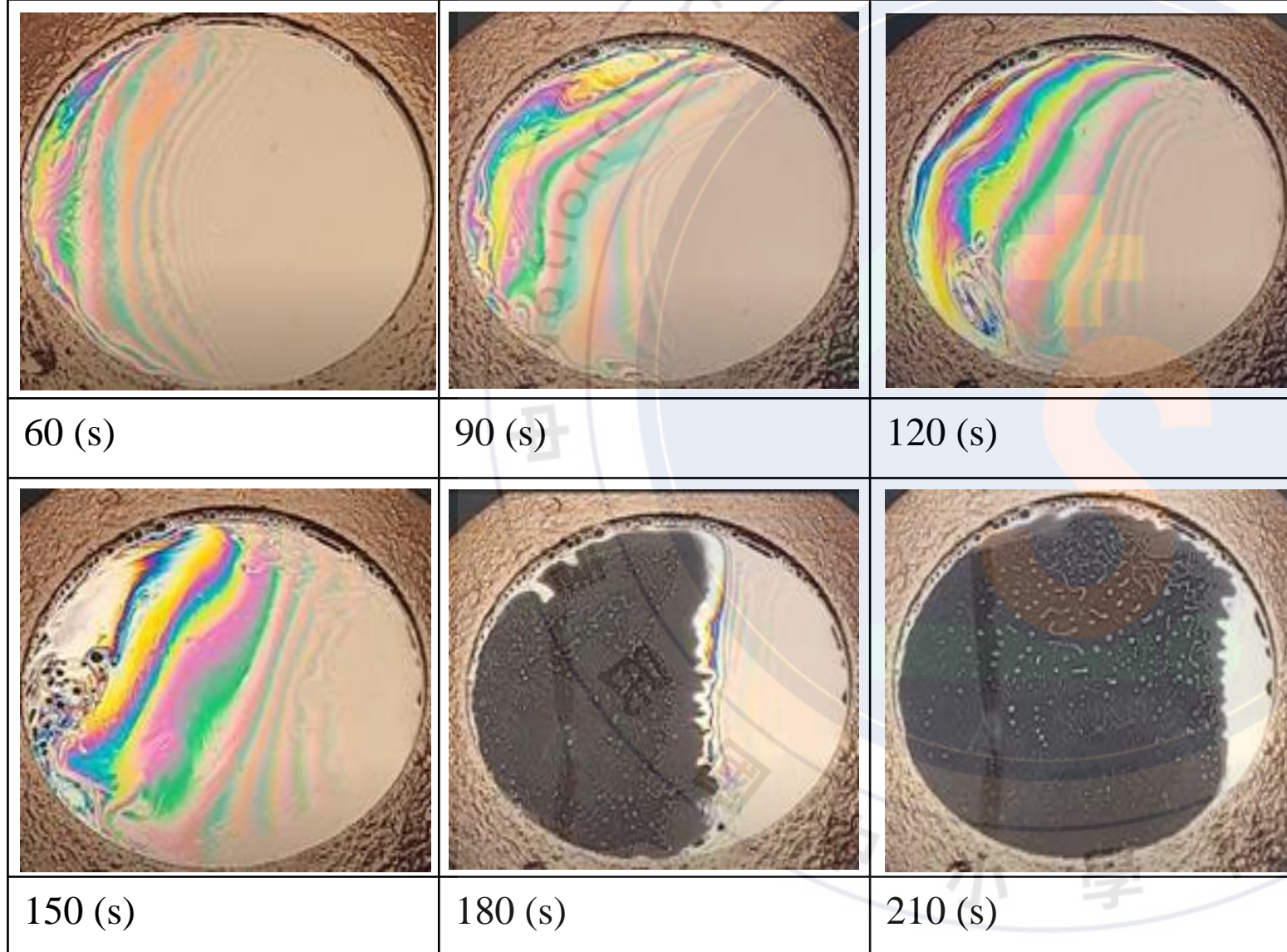


圖十 Image J分析

研究結果與討論

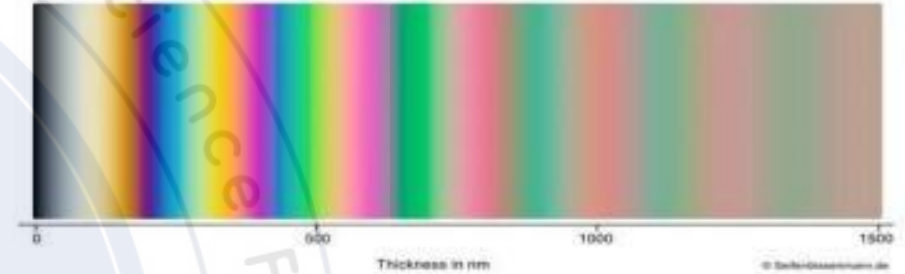
一、濃度與陰離子界面活性劑破碎時間之關係，以1:5(體積比)為例

表一 濃度與陰離子界面活性劑破碎時間之關係



The colors of a soap film

assuming sunlight with normal angle of incidence.



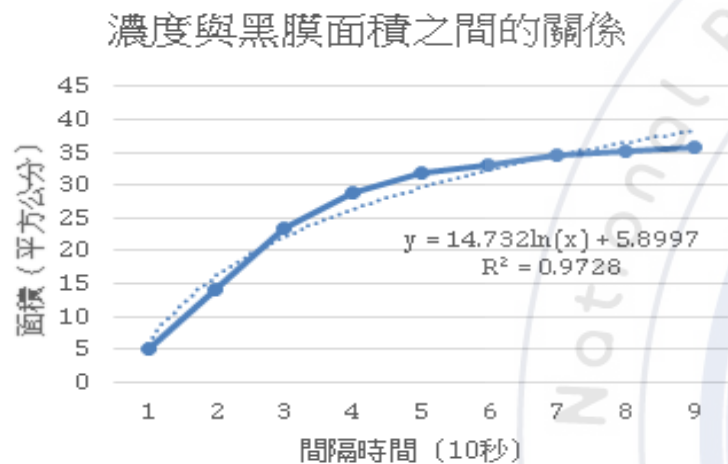
圖十一 顏色和泡膜厚度對照表

表二 濃度與陰離子界面活性劑破碎時間之關係

濃度	第一 次	第二 次	第三 次	第四 次	第五 次	平均 (s)
1 : 1	301	394	298	330	313	327.2
1 : 2	192	205	212	223	274	221.2
1 : 3	218	249	301	285	302	271
1 : 4	203	281	270	174	227	231
1 : 5	178	202	252	224	233	217.8

研究結果與討論

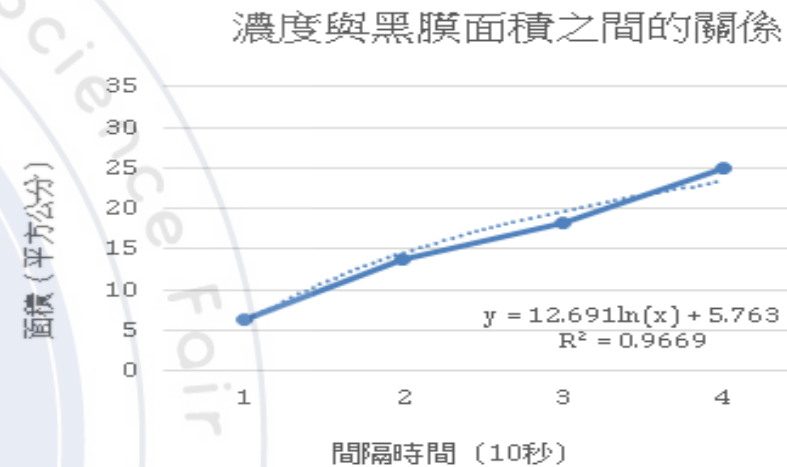
二、比較泡水濃度對陰離子界面活性劑黑膜面積影響之探究



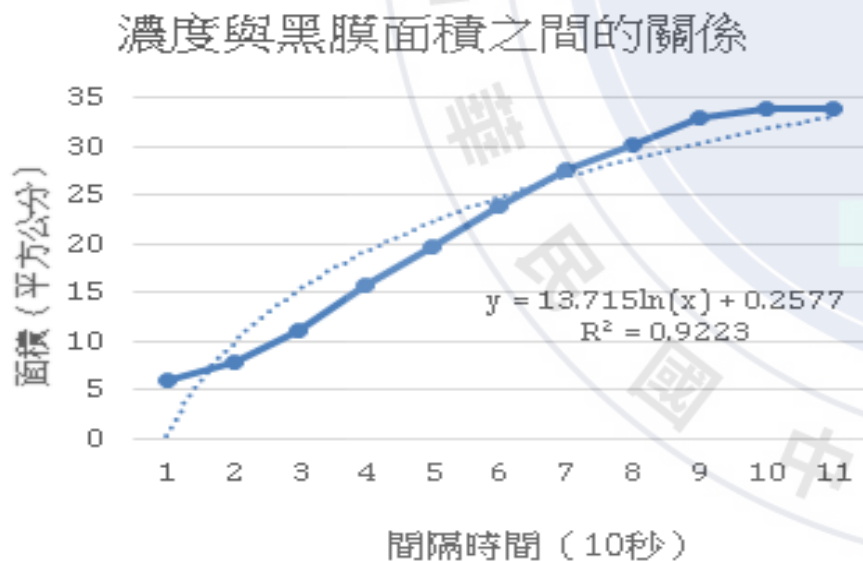
圖十二 濃度 (1:1) 與黑膜面積的關係



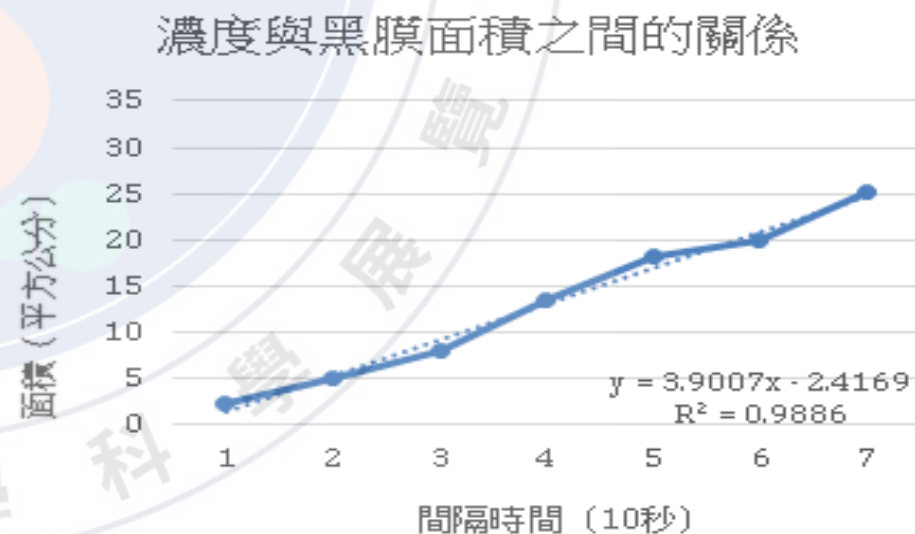
圖十三 濃度 (1:2) 與黑膜面積的關係



圖十四 濃度 (1:3) 與黑膜面積的關係



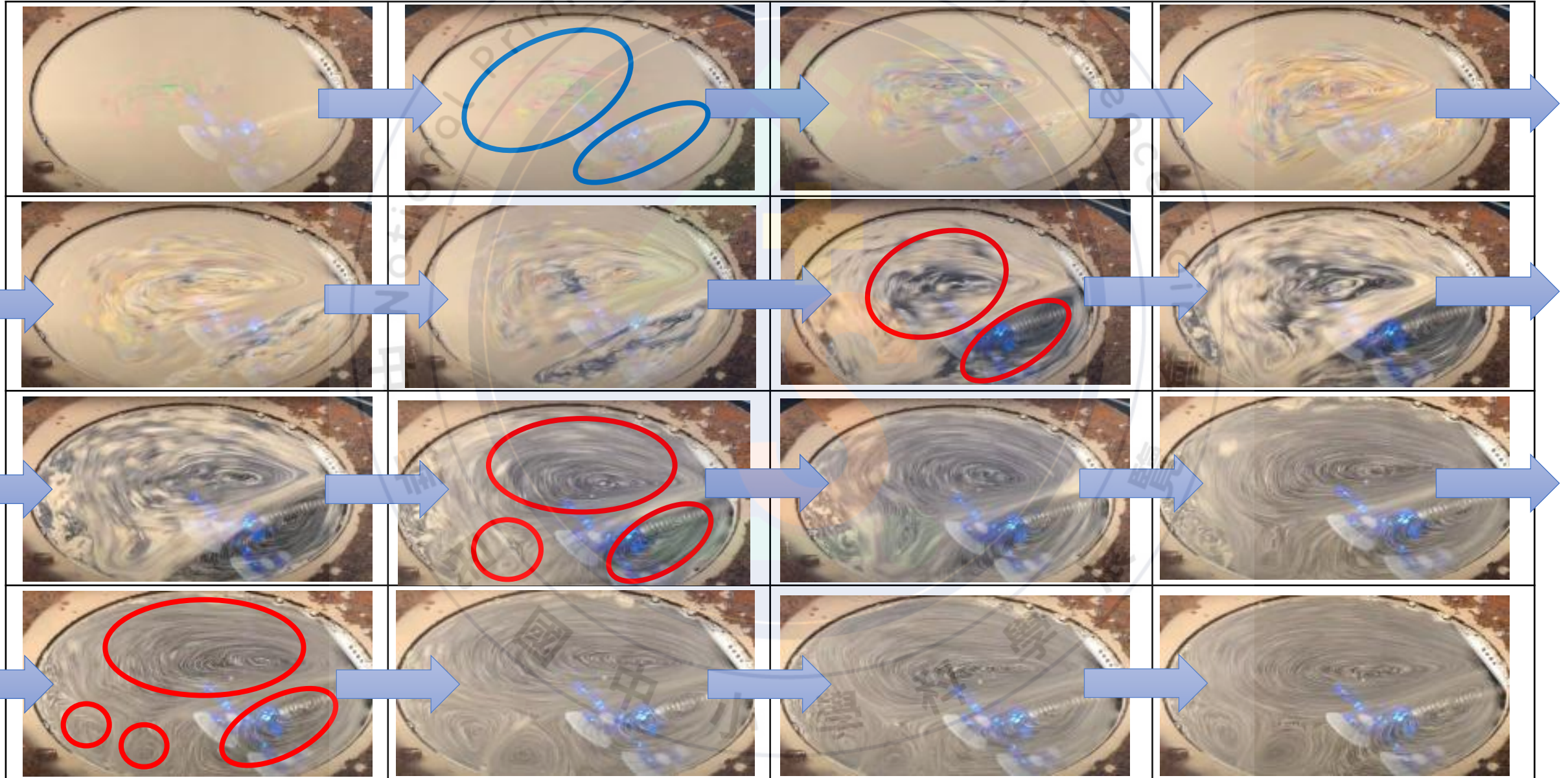
圖十五 濃度 (1:4) 與黑膜面積的關係



圖十六 濃度 (1:5) 與黑膜面積的關係

研究結果與討論

表三 雙音頻180度變化



研究結果與討論

表四 單、雙音頻各時期膜態



聲音頻率(300Hz)與渦流速率之關係

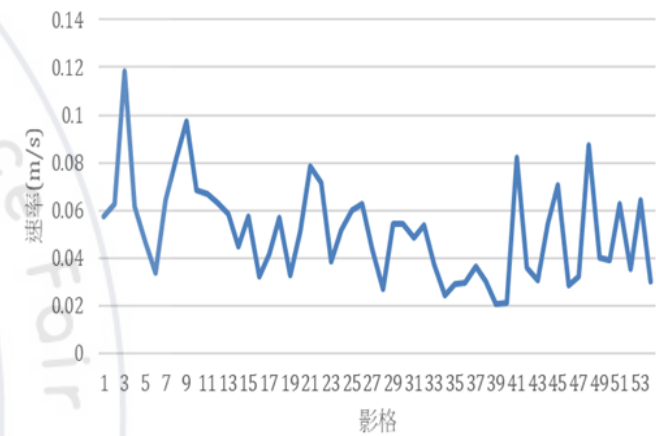


圖17 頻率(300Hz)與渦流速率之關係

條件縱波與大小渦流速率之關係

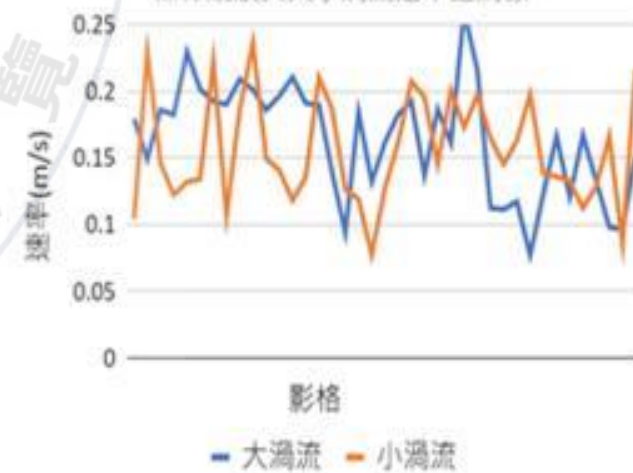











圖18 頻率(300Hz)與大小渦流速率之關係

研究結果與討論

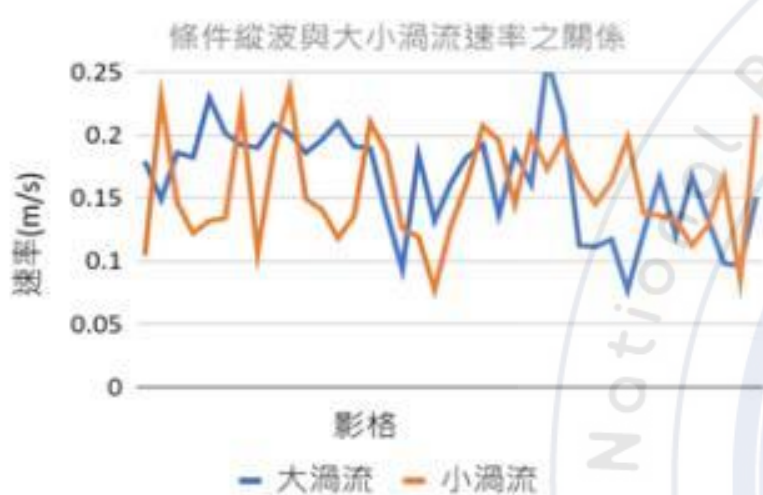
三、單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間影響之探究

表五 單、雙音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜渦流方向與數量及黑膜持續時間影響之探究

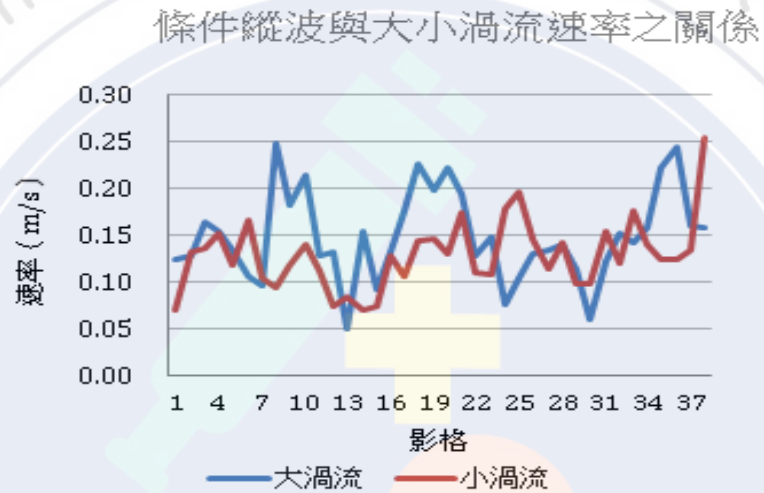
單音頻 (30.4s)			
雙音頻 90度 (1.2s)			
雙音頻 180度 (9.6s)			

研究結果與討論

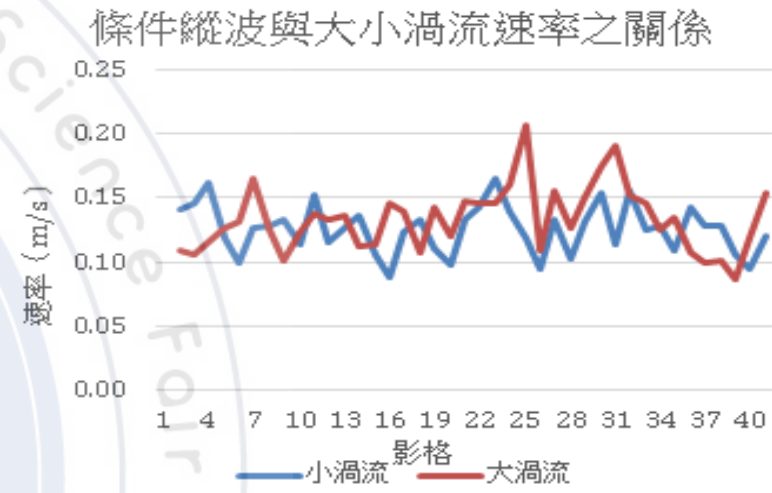
四、條件縱波對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之關係



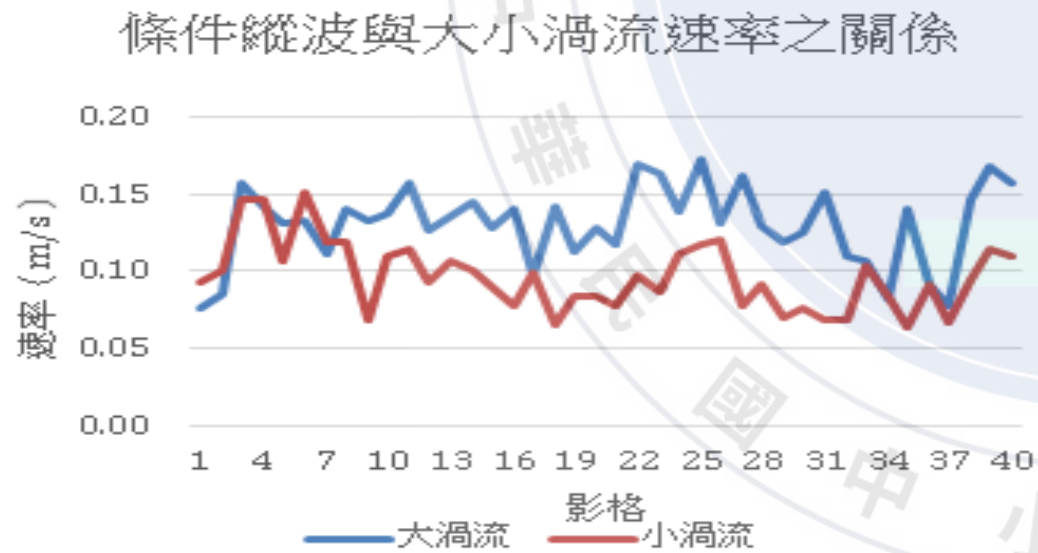
圖十九 條件縱波(300Hz)與大小渦流速率之關係



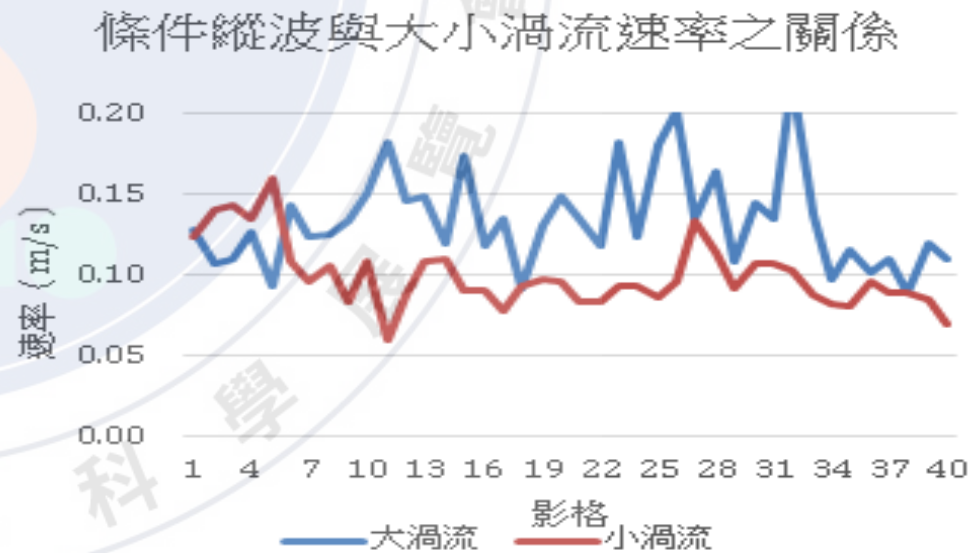
圖二十 條件縱波(400Hz)與大小渦流速率之關係



圖二十一 條件縱波(500Hz)與大小渦流速率之關係



圖二十二 條件縱波(600Hz)與大小渦流速率之關係

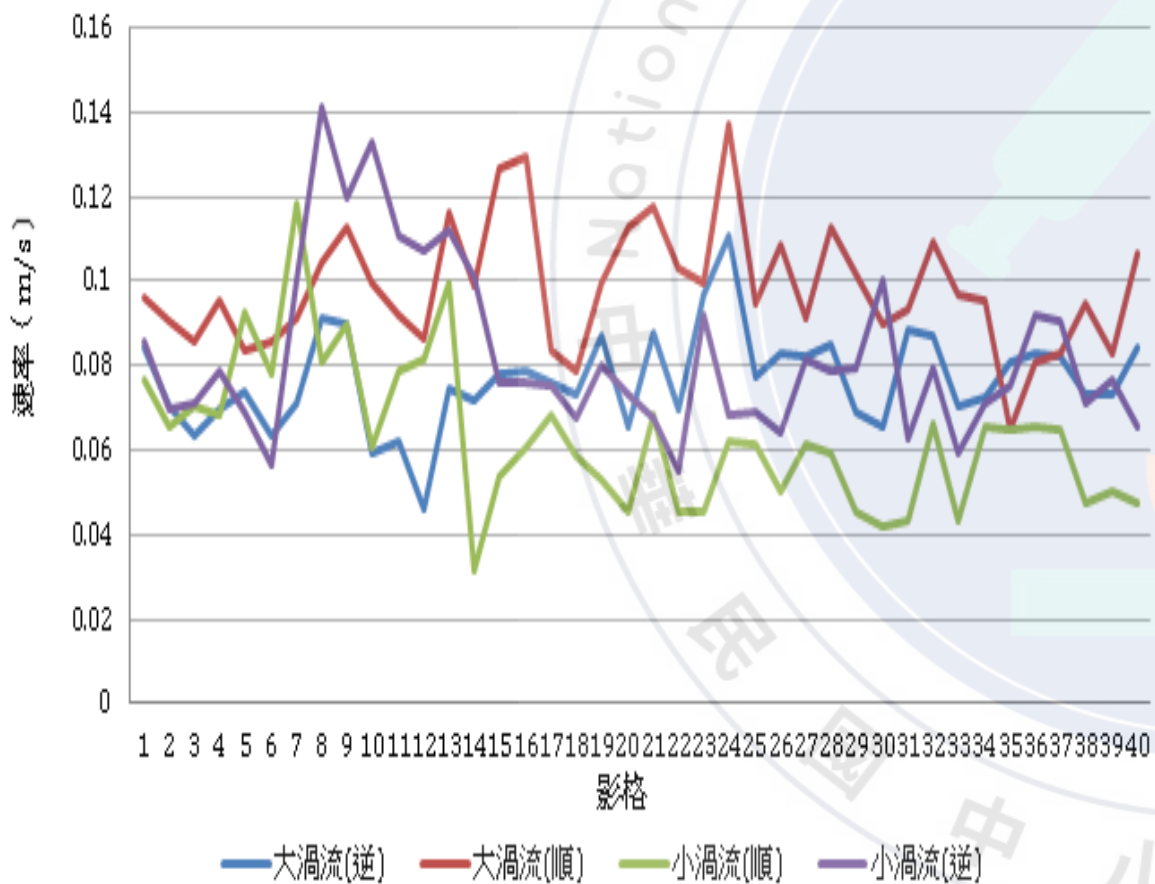


圖二十三 條件縱波(700Hz)與大小渦流速率之關係

研究結果與討論

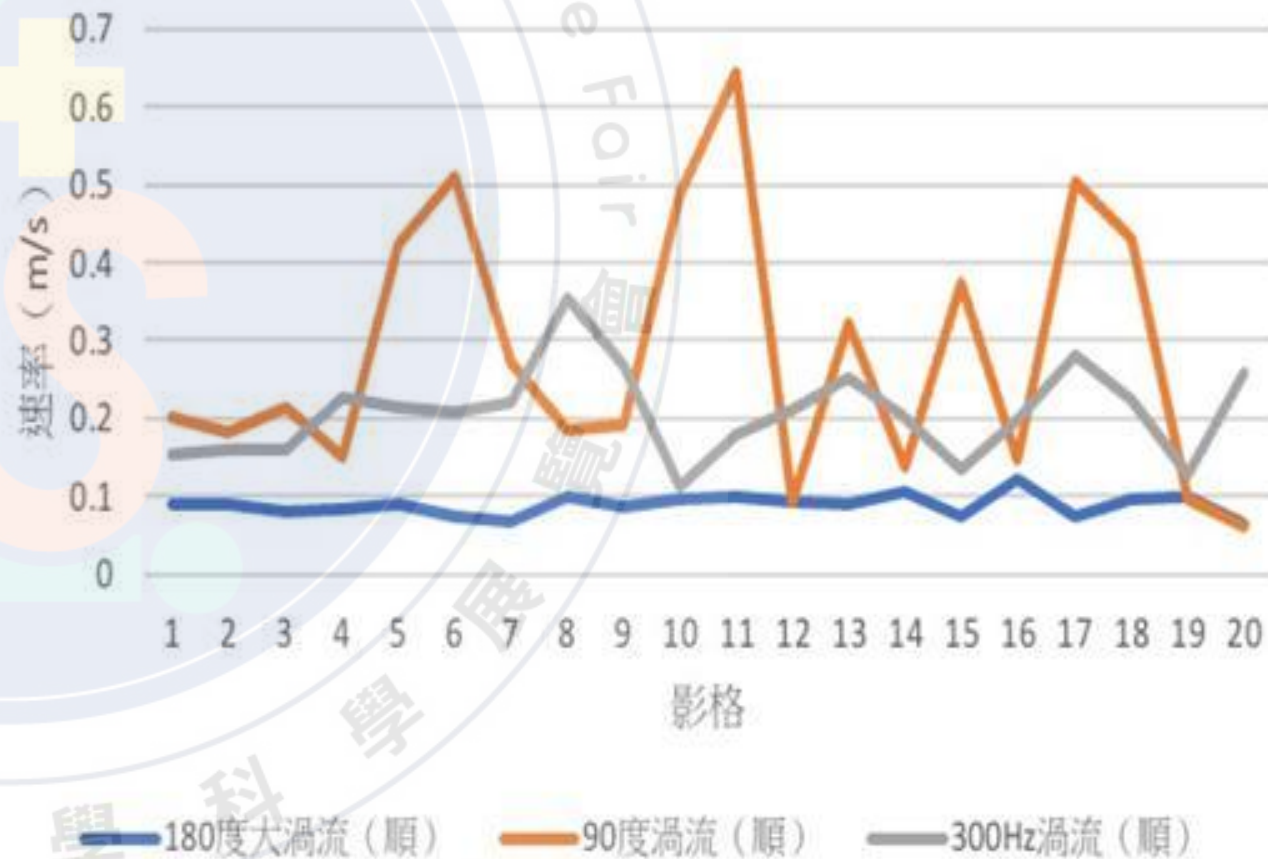
五、兩種相同音頻干擾泡膜對陰離子界面活性劑泡膜速率影響之探究

雙音頻與渦流速率之關係



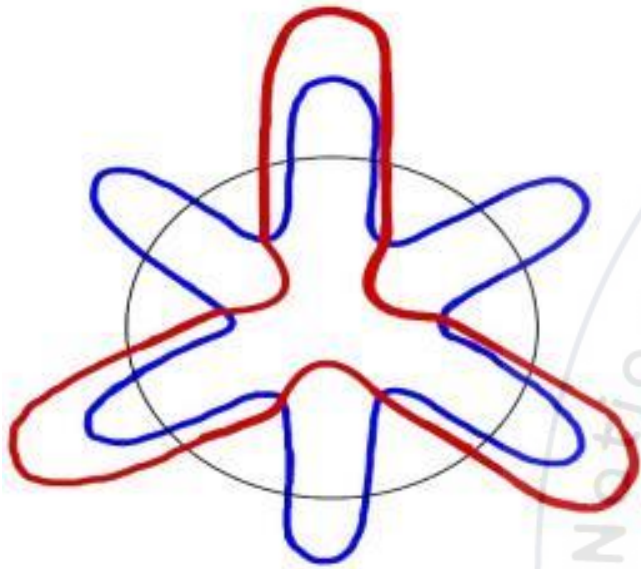
圖二十四 條件縱波(300Hz)與大小渦流速率之關係

雙音頻180度、90度、單音頻300Hz比較

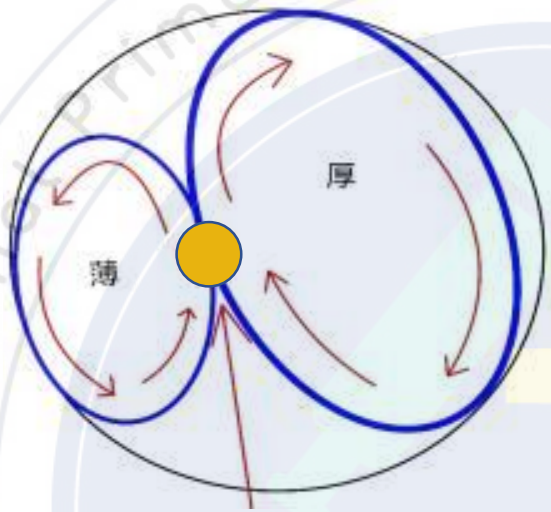


圖二十五 條件縱波(300Hz)與大小渦流速率之關係

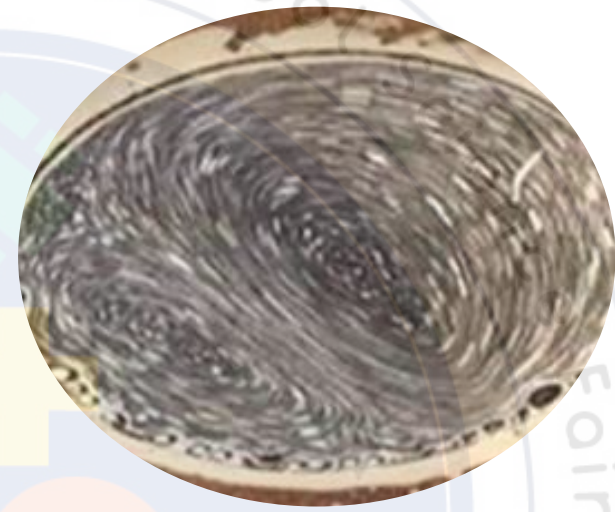
結論



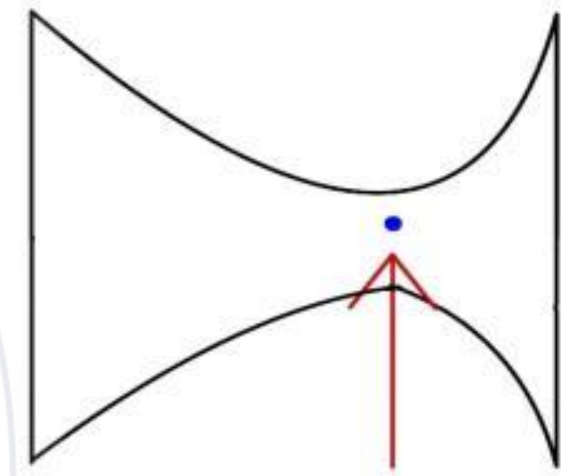
圖二十六 圓駐波



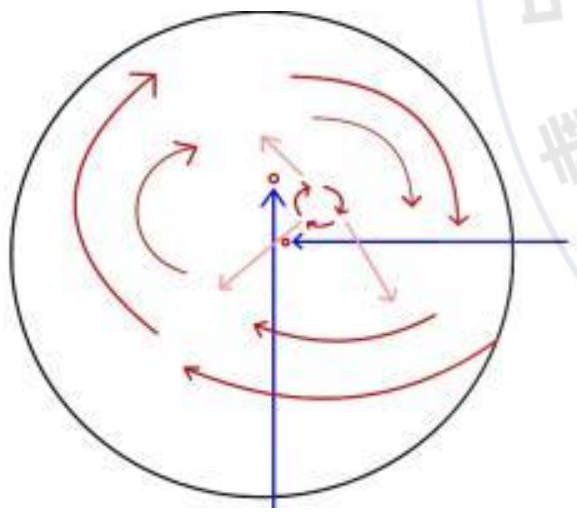
圖二十七 單音頻膜態模擬圖



圖二十八 實際單音頻膜態



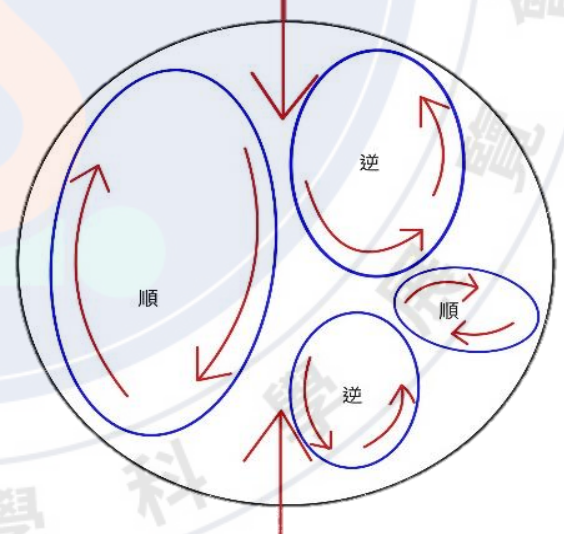
圖二十九 單音頻膜態模擬圖



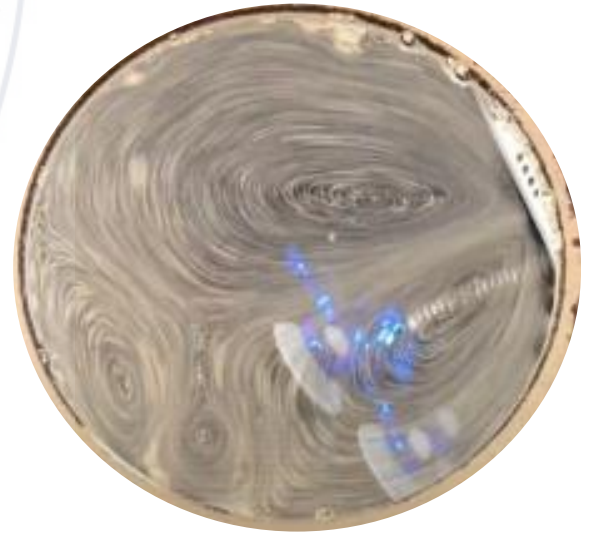
圖三十 雙音頻90度膜態模擬圖



圖三十一 實際雙音頻90度膜態



圖三十二 雙音頻180度膜態模擬圖



圖三十三 實際雙音頻180度膜態

未來展望與參考資料



圖三十五 木星大紅斑

圖三十四 未來展望

張怡立（2019）。看見聲音-聲音對皂膜影響。中華民國第五十九屆科學展覽會高中組物理科。查詢日期：2021,01,25。檢自

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHsF2019-051814.pdf>

呂伊庭，鄭惟允，洪家琪（2009）。膜上的波扭。中華民國第49屆中小學科學展覽會。查詢日期：2022,03,01。檢自

<https://www.ntsec.edu.tw/Att.ashx?id=4690>