

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 物理科

040110

不『溶液』的華爾滋

學校名稱：花蓮縣私立四維高級中學

作者：	指導老師：
高二 林家宏	胡育豪
高二 鄭咸威	
高二 黃郁勛	

關鍵詞：太白粉溶液、驅策振動、震盪分類

## 摘要：

太白粉溶液這類的黏稠液體受到外來驅動而產生溶液表面波或整體震盪；其圖形看似紊亂，但實際上是亂中有序的！我們使用訊號產生器連接喇叭並將溶液倒入固定於喇叭上的燒杯，利用攝影機拍攝溶液波動圖形，並使用 Windows movie Maker 來分析影片。探討不同初始條件下(Ex：濃度、深度)改變訊號源(驅動源)之頻率，發現相同濃度下波動種類隨溶液深度上升而增加也越複雜，但相同深度不同濃度下，則無太大關聯，於濃度Ⅲ 有較多波動現象。發現溶液具有分層的現象；發現溶液擁有記憶效應。當  $f=5\sim 15$  時，一定頻率下的電壓值會愈來愈低；但當  $f > 15$  時，一定頻率下的電壓值會增加。

## 壹、研究動機：

在一次電腦課時，無意間於 YOUTUBE 網站上看到一個有趣的影片：一種濃稠的白色液體受到外來的震動源，而產生具生命般的「跳舞現象」，且看似因為濃度不同、溶液深度等不同的關係，而產生不同的舞步，時而產生同心圓波動，時而隨著節奏跳起不規則震盪。高一物理課中的實驗課，曾經操作過水波槽，而這兩種水波的表現類似，這一一產生的現象，興起了我們著手於研究這種神秘「溶液舞動」的想法。

## 貳、研究目的：

一、太白粉溶液不同濃度下沈澱量之比較：

(一) 探討不同濃度下溶液分層現象沈澱的最大高度。

二、觀察溶液在外加微弱驅動下的液體波動圖形現象：

(一) 溶液振動現象之分類

(二) 探討不同濃度下，外加微弱驅動頻率與溶液振動現象波紋之關係




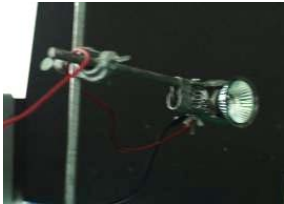
(三) 探討不同濃度下，溶液深度與溶液振動現象波紋之關係



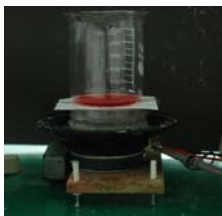

三、探討溶液圖形的臨界值，與各項產生之物理條件。

(一)找到不同頻率下的波動臨界值、彈跳臨界值

(二)探討各頻率不同電壓值所產生之圖形

## 參、研究設備及器材：

儀器、器材	圖形	儀器、器材	圖形
示波器 (可測量之電壓範圍 0~10V) (可顯示最小時間單位 ns)		訊號產生器 (輸出訊號電壓 2 V) (輸出波形：正弦)	
直流電源供應器 (電壓範圍 0~15V)		石英燈 (20 W)	

儀器、器材	圖形	儀器、器材	圖形
電子天平 (最小單位: 0.1g)		攝影機 (sony 每秒 33 張) 相機	
儀器、器材	圖形	儀器、器材	圖形
喇叭及震動臺		喇叭電壓放大器 (使用低頻放大)	
儀器、器材	儀器、器材	儀器、器材	儀器、器材
鐵架組三組	燒杯 (250~1000ml)	刮勺	Movie Maker 軟體
平面反射鏡			

## 肆、研究過程及方法：

### 一、實驗一：

#### (一)太白粉溶液調製：

- 1、使用電子天秤量測太白粉 50g，並倒入 250mL 燒杯中，並將 100g 的水加入燒杯，以鐵製刮勺攪拌至溶液呈均勻狀，調製出濃度等級 I 之溶液。
- 2、分別改變太白粉質量為 70g、90g、110g、130g，重複上述步驟，調製出濃度等級 II、III、IV、V 之溶液。
- 3、分別將裝有上述五種不同濃度之溶液的燒杯靜置於桌面上，使其自然沉澱 30 分鐘後，量測其沉澱量之高度 h，並做不同分層比例之高度 h 與濃度 m 關係圖。

### 二、實驗二：

#### (一)器材製作：

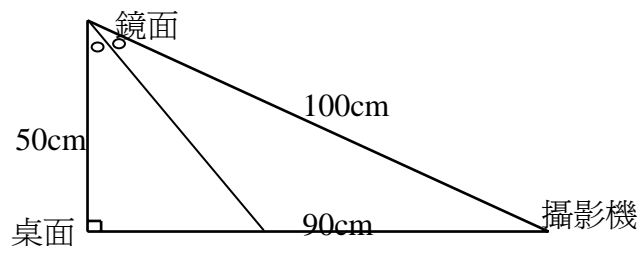
1. 喇叭及振動平臺：以四個釘子固定底座，以熱融膠黏合柱狀壓克力物體及光碟片於喇叭上，完成製作振動平臺。

#### (二)儀器架設：

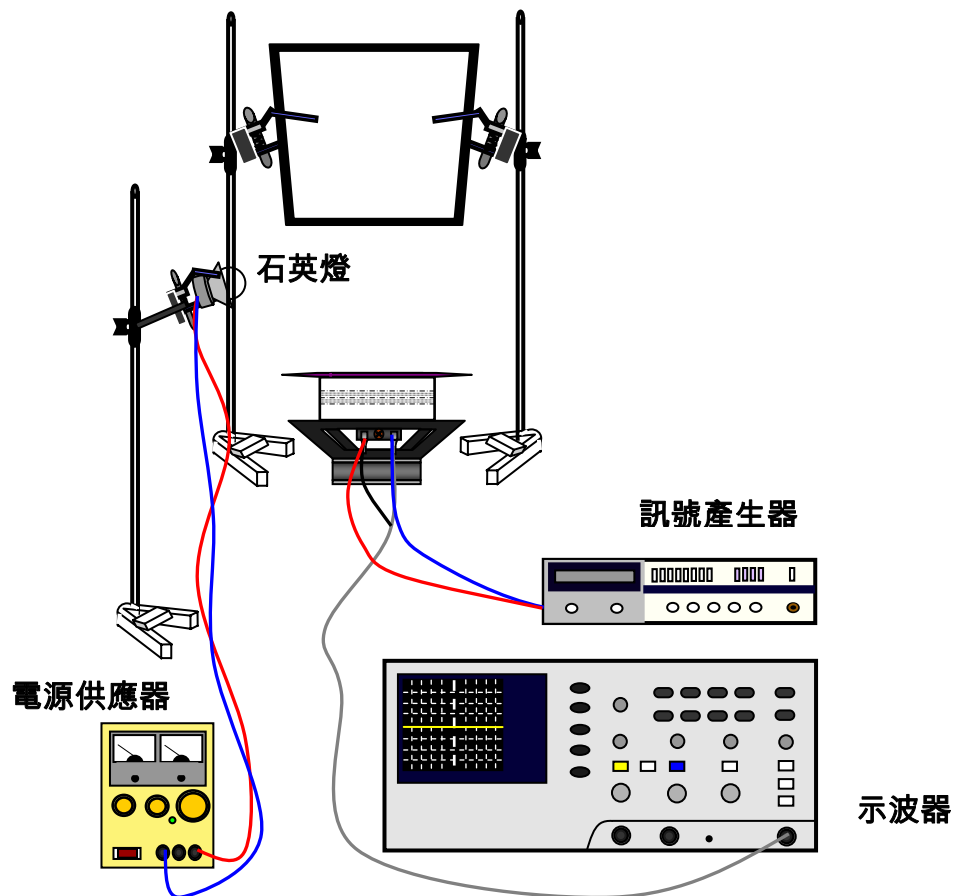
1. 以鱷魚夾連接線連結訊號產生器與喇叭，同時再將訊號傳輸至示波器。
2. 於喇叭兩側的鐵架上固定一平面反射鏡，並使鏡子與鐵架夾 60 度角，且反射面向下以反射燒杯中溶液波動圖形。(如圖 (1-1))
3. 固定攝影機與地面夾仰角 30 度，並將鏡頭對向鏡子反射面，以拍攝鏡中反射之溶液表面。
4. 將石英燈以鱷魚夾連接線連結至電源供應器上，調整石英燈照射角度，使喇叭上燒杯中的溶液波形能清楚呈獻於攝影機上。(如圖 (1-2))
5. 開啓各項儀器電源，調整示波器顯示範圍適當，並將訊號產生器電壓旋扭固定，

測量時之頻率範圍由 5Hz~30Hz，最後調整電源供應器上電壓旋扭，使石英燈能產生適當亮度，且溫度不置於影響溶液。

圖（1-1）



圖（1-2）



(三)實驗分析：

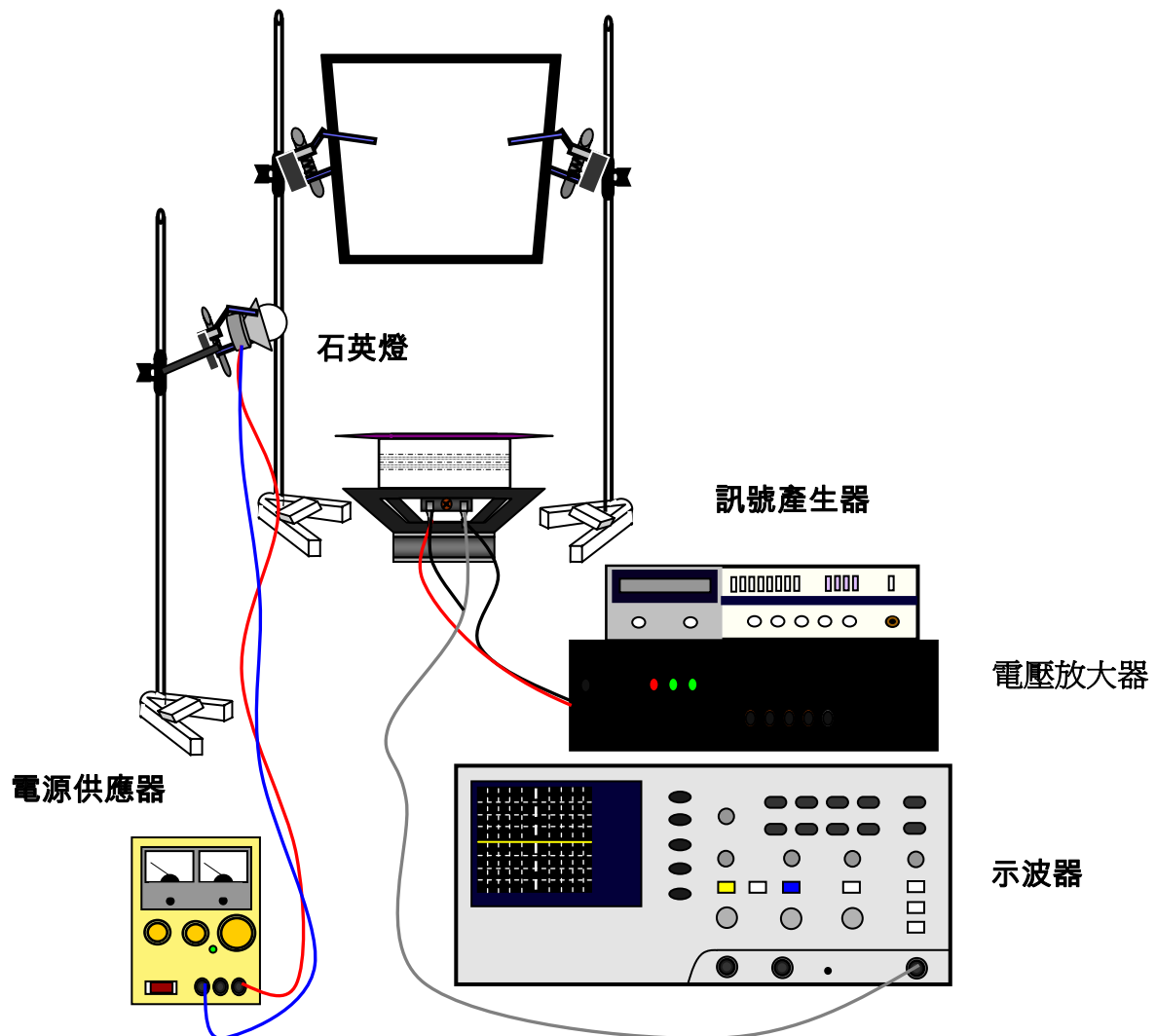
1. 拍攝時，並固定溫度在 25 度；我們使用訊號產生器改變頻率，並觀察不同頻率時，溶液產生之不同圖形，予以記錄，並用 Windows Movie Maker 來分析，分析法為用此軟體播放，並滑動滾輪細看每間隔 0.03 秒之每張圖的溶液波動圖形變化，再記下每個圖形存在的頻率，並使用 Microsoft Office Excel 2003 來製圖做比較。
2. 改變溶液深度，重複上述步驟；改變溶液濃度，再重複上述步驟。

三、實驗三：

(一)儀器架設：

承實驗二，並加入電壓放大器，將訊號產生器接上鱷魚夾並連於電壓放大器，在電壓放大器用上述方法接於喇叭，如圖(2)所示。

圖(2)



(二)實驗分析：拍攝時，把要測量的頻率訂為5Hz~50Hz、間隔為5Hz，在固定頻率加大給喇叭的電壓值，直到同心圓圖形出現破碎圖形，並記錄下當時電壓值(A)；繼續加大給予的電壓值，直到出現彈跳狀態，並在次記錄當時電壓值，再用Microsoft Office Excel 2003來製圖做比較。

## 伍、研究結果：

實驗一：

(一)太白粉溶液沉澱現象的照片：(如圖(3))



圖(3-1)濃度一的分層現象



圖(3-2)全濃度的分層現象

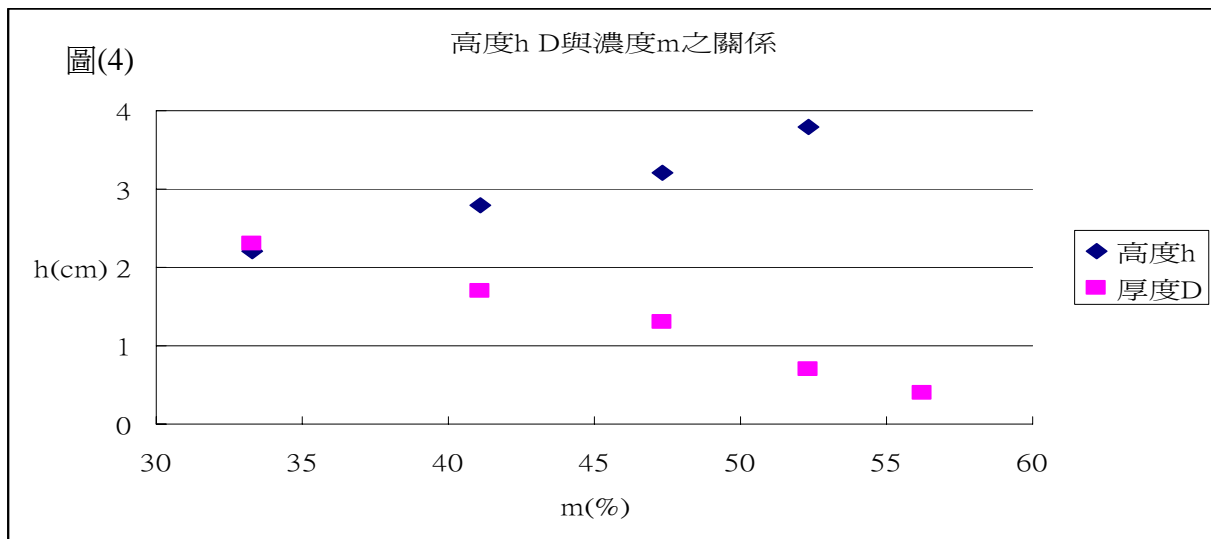
(二)太白粉溶液其濃度與沈澱總量之關係。

1. 共製作五種不同濃度下之太白粉溶液，發現其均會產生分層之現象：分為下方白色沉澱層與上方半透明水層。
2. 不同等級濃度的太白粉與水之質量數值與其重量百分濃度 $m$ 如下表(1)所示，其後並標示不同濃度等級其30分鐘後沈澱量之高度 $h$ 與上層水層厚度 $D$ 。

溶液濃度等級 (m)	太白粉質量 (g)	水質量(g)	重量百分濃度(%)	沈澱量高度 $h$ (cm)	水層厚度 $D$ (cm)
I	50	100	33.3	2.2	2.3
II	70	100	41.1	2.8	1.7
III	90	100	47.3	3.2	1.3
IV	110	100	52.3	3.8	0.7
V	130	100	56.2	4.1	0.4

表(1)

3. 高度 $h$ 與濃度等級 $m$ 之關係圖、厚度 $D$ 與濃度等級 $m$ 之關係圖：(如圖(4))  
於等級三時：



#### 一、實驗二：

##### (一) 振動現象分類：

1. 第一類：無圖形，外加驅動後並無產生明顯紋路或圖形。(如圖(5-1))
2. 第二類：同心圓振動，外加驅動後產生明顯同心圓波紋。(如圖(5-2))
3. 第三類：低振幅波浪，外加驅動後產生明顯不規則波動，圖形微小但可明確判斷其非同心圓。(如圖(5-3))
4. 第四類：一點震盪，外加驅動後產生明顯單點震盪，震盪點則不僅於中心。(如圖(5-4))
5. 第五類：兩點震盪，外加驅動後產生明顯雙點震盪。(如圖(5-5))
6. 第六類：四點震盪，外加驅動後產生明顯四點震盪，次序為三點彈起時中間一點陷下，並交錯循環。(如圖(5-6))
7. 第七類：六點震盪，外加驅動後產生明顯六點震盪，震盪點依序排列成2乘3之圖形，若設震盪點從左至右依序為1、2、3，那麼當第一行點1及點3與第二行點2彈起時，另外三點陷下，並交錯循環。(如圖(5-7))
8. 第八類：九點震盪，外加驅動後產生明顯九點震盪，震盪點依序排列成3乘3之圖形，次序為震盪點呈X形連線彈起時，其餘四點陷下，並交錯循環。(如圖(5-8))
9. 第九類：波浪震盪，外加驅動後產生明顯波浪震盪，震盪點呈長條形，排列形為依不同濃度而有差異，震盪狀況為間隔一起一落，從杯壁一端至另一端。(如圖(5-9))
10. 第十類：八點震盪，外加驅動後產生八點震盪，震盪點依序排列成2乘4之圖形，若設震盪點從左至右依序為1、2、3、4，那麼第一行的點1



及點 3 與第二行的點 2 及點 4 彈起時，其餘四點陷下，並作交錯循環。  
(如圖 (5-10))

11. 第十一類：彈跳形，外加驅動後液體呈不規則狀跳動，時而濺出杯外。(如圖 (5-11))

12. 第十二類：過渡點狀波動圖形，繼彈跳形後，液體不在彈出杯外，而只是呈不規則圓圈狀起伏。(如圖 5-12))

13. 第十三類：直排四點震盪，外加驅動後產生明顯直排四點震盪，震盪之四點，依序排列，若設震盪點從左至右依序為 1、2、3、4，當 1、3 點彈起時，2、4 點陷下，並做交錯循環。如 (圖(5-12))

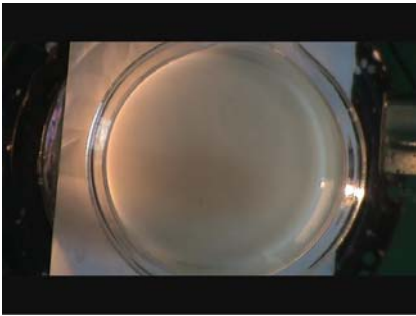
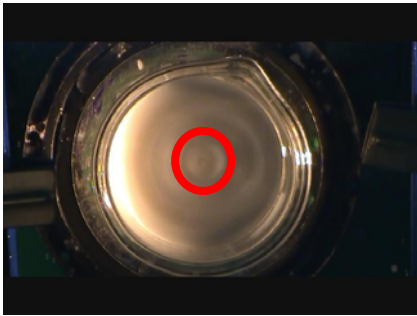
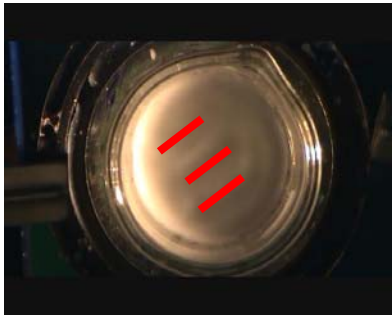
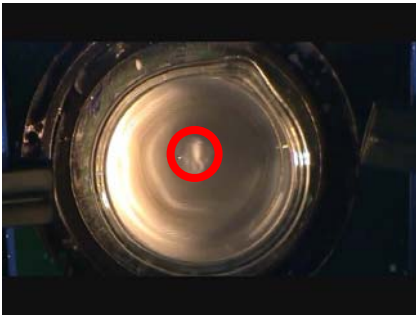
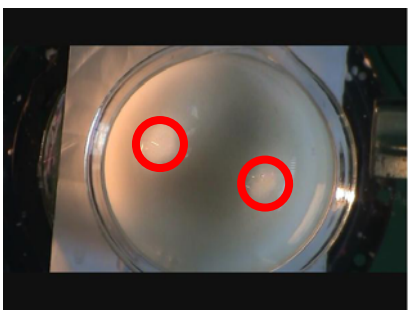
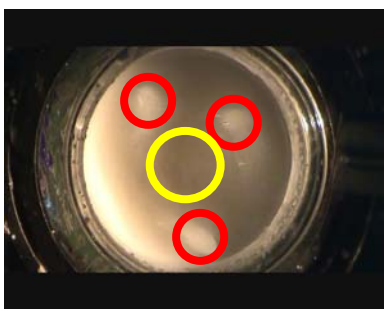
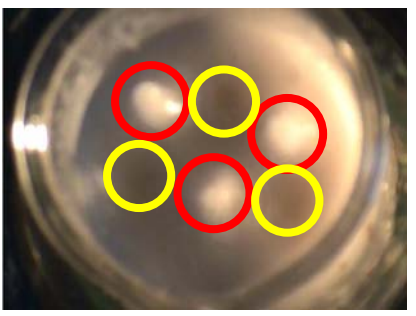
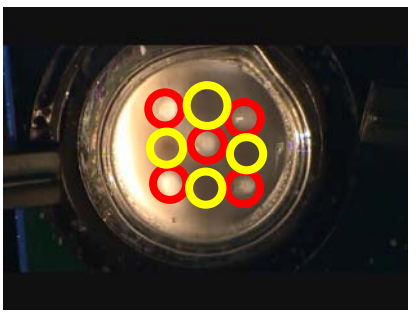

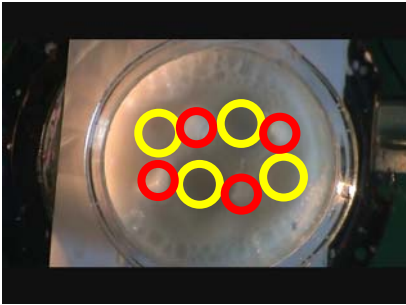


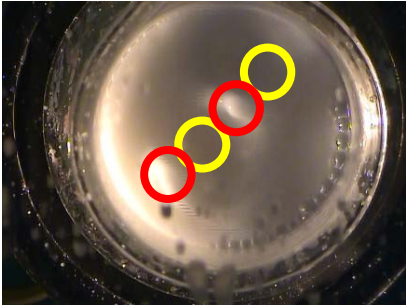
圖 (5-1)	圖 (5-2)	圖 (5-3)
		
圖 (5-4)	圖 (5-5)	圖 (5-6)
		
圖 (5-7)	圖 (5-8)	圖 (5-9)
		



圖 (5-10)	圖 (5-11)	圖 (5-12)
		
(圖(5-12))		
		

(二) 分析相同濃度等級溶液，不同深度 $d$  隨外加振動頻率 $f$  其振動現象變化：

1. 頻率 $f$  -深度 $d$  圖：(如圖 (6))

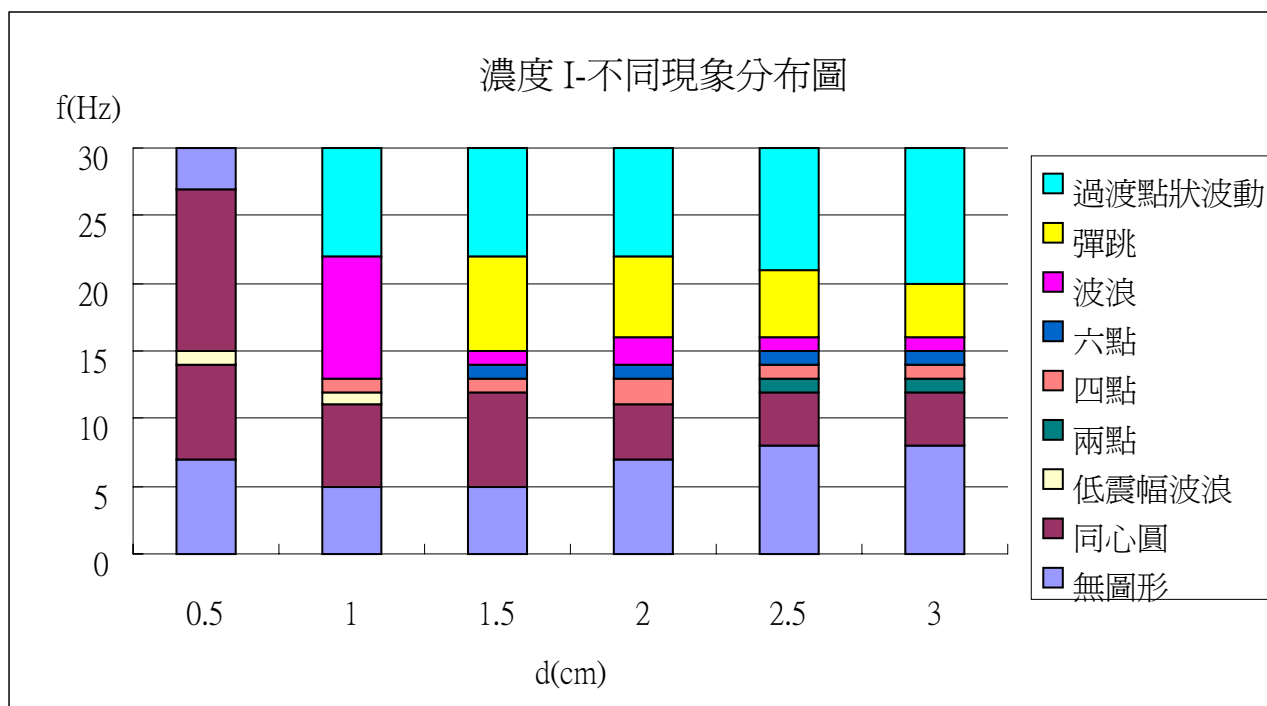
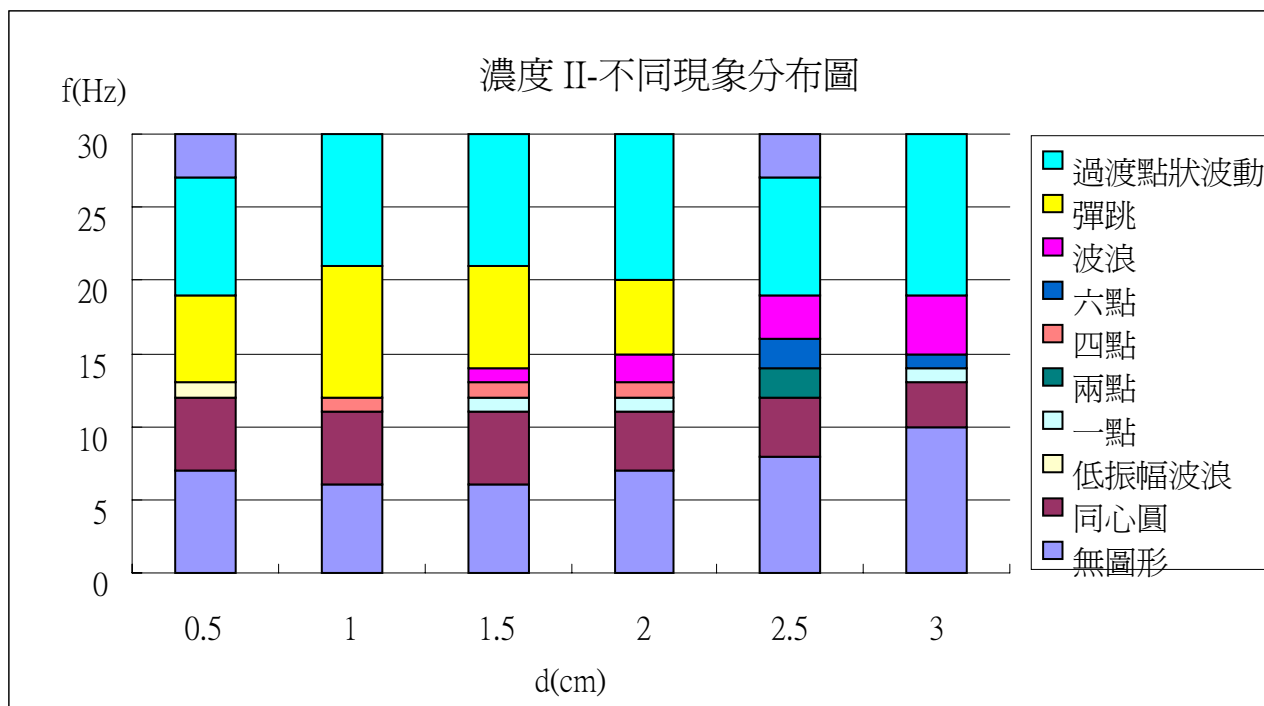
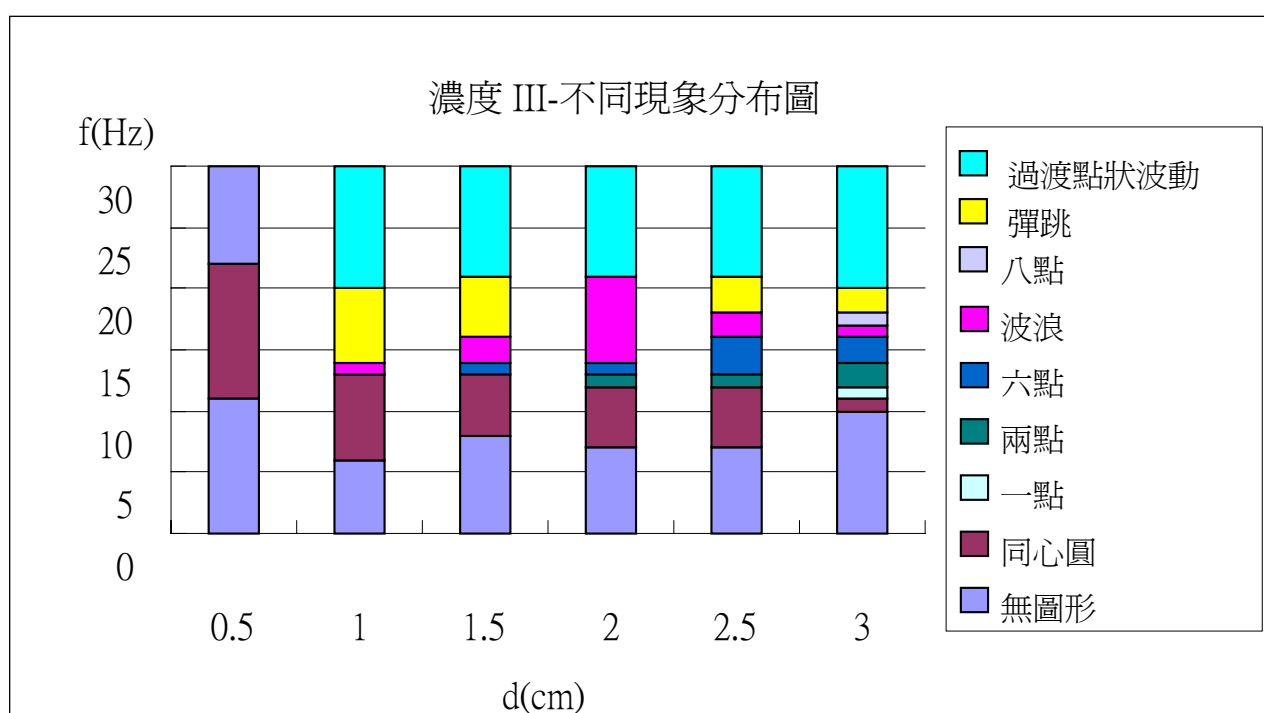


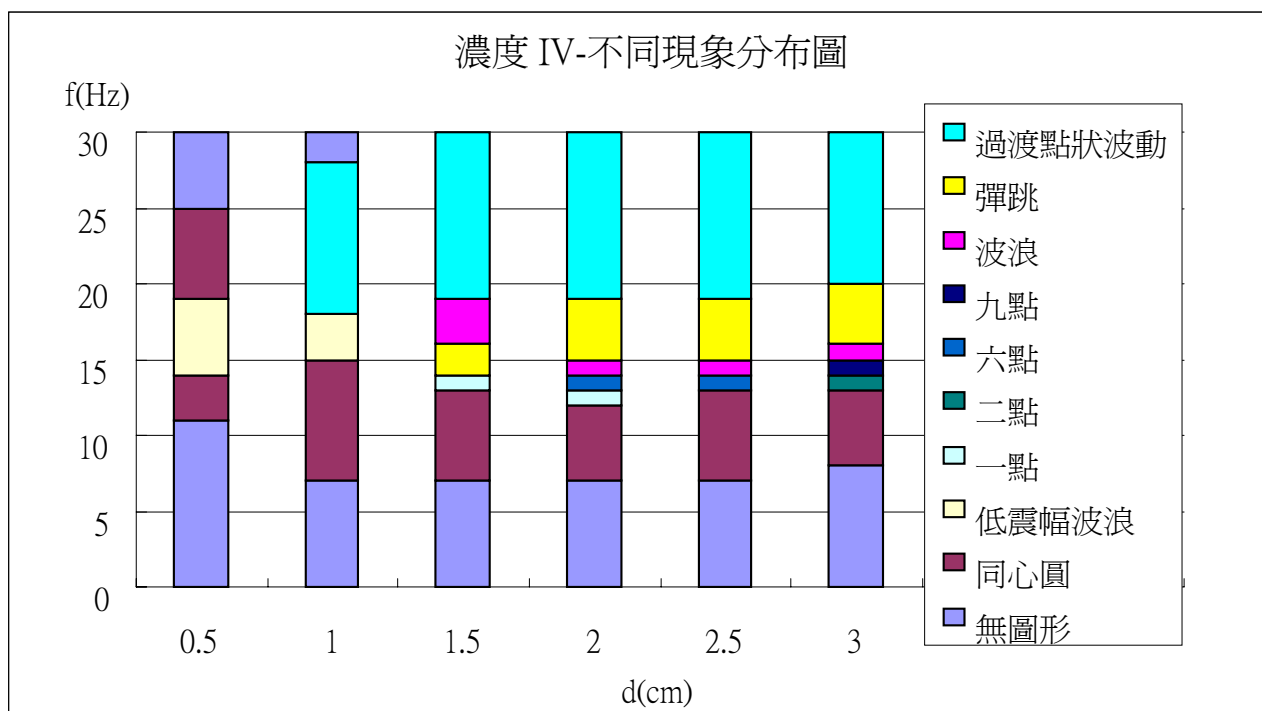
圖 (6-1) 為濃度等級 I 之不同深度下頻率與現象圖形關係，在 2.5cm 與 3cm 的圖形出現最多種。



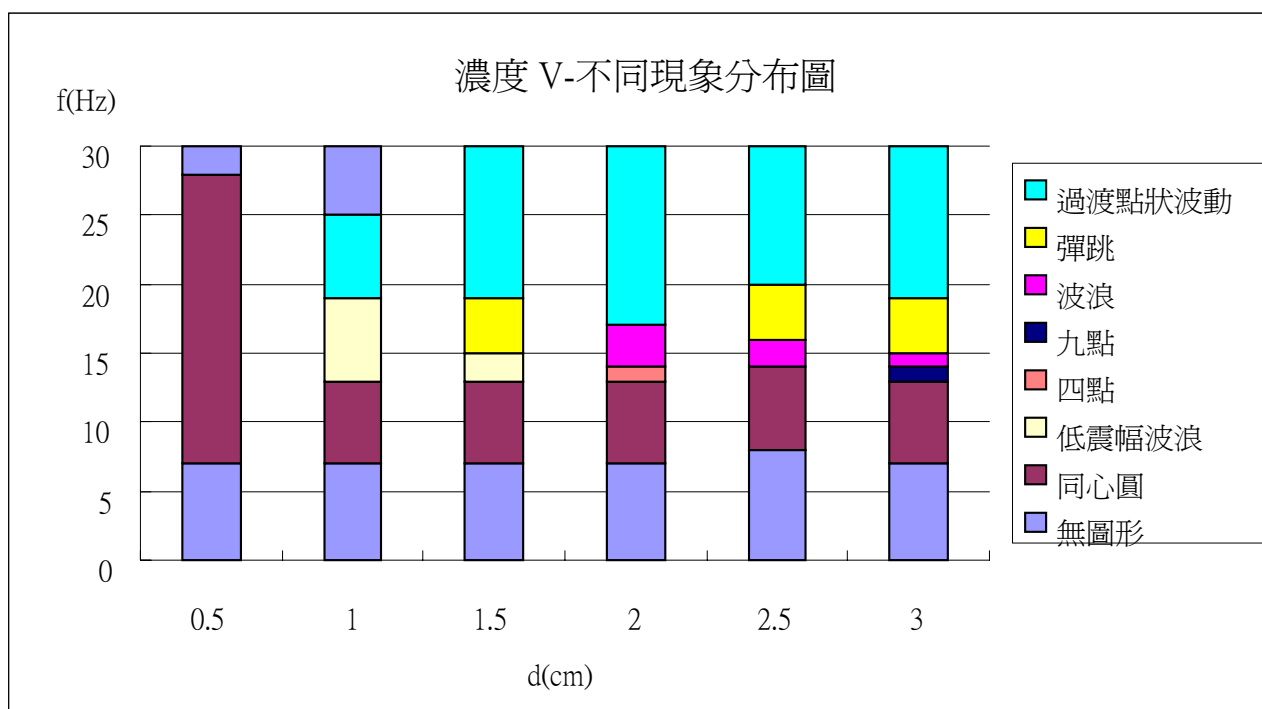
圖(6-2)為濃度等級 II 之不同深度下頻率與現象圖形關係，彈跳現象出現在深度較淺的溶液。



圖(6-3)為濃度等級 III 之不同深度下頻率與現象圖形關係，深度 3cm 時溶液的圖形變化最為複雜。



圖（6-4）為濃度等級 IV 之不同深度下頻率與現象圖形關係，深度 3cm 時，出現九點震盪的現象，彈跳圖形隨著深度增加有成長的趨向。



圖（6-5）為濃度等級 V 之不同深度下頻率與現象圖形關係，深度 3cm 時，出現九點震盪的現象。

(三) 分析相同深度  $d$ ，不同濃度等級溶液隨外加振動頻率  $f$  其振動現象變化：

1. 頻率  $f$  - 深度  $d$  圖：(如圖 (7))

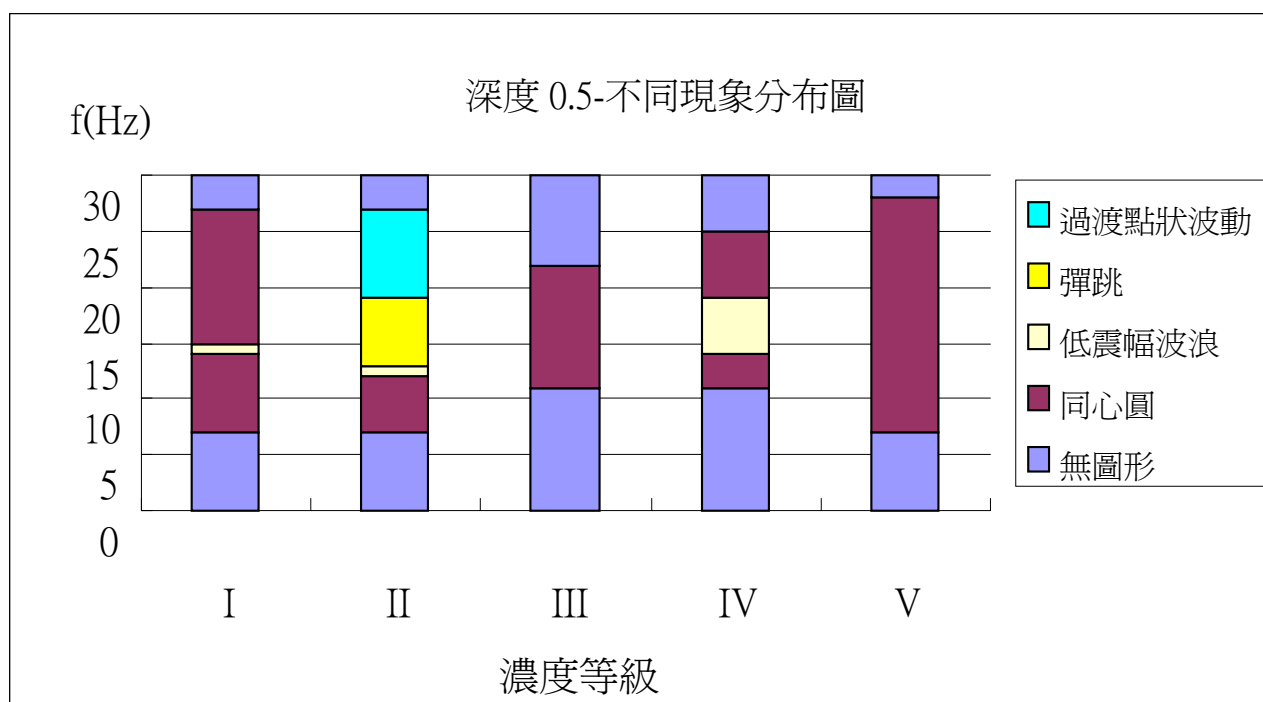


圖 (7-1) 為深度 0.5cm 之不同濃度下頻率與現象關係圖，在濃度等級 I 與 IV 時，有出現兩個區塊的同心圓。

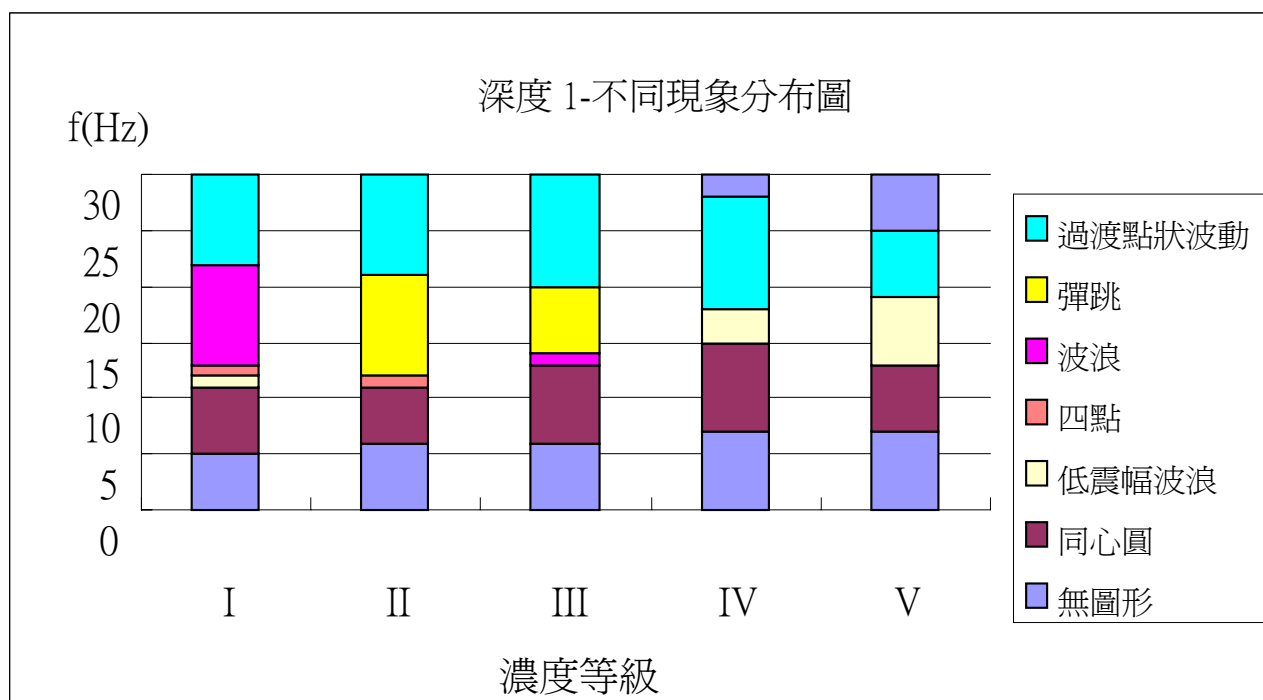
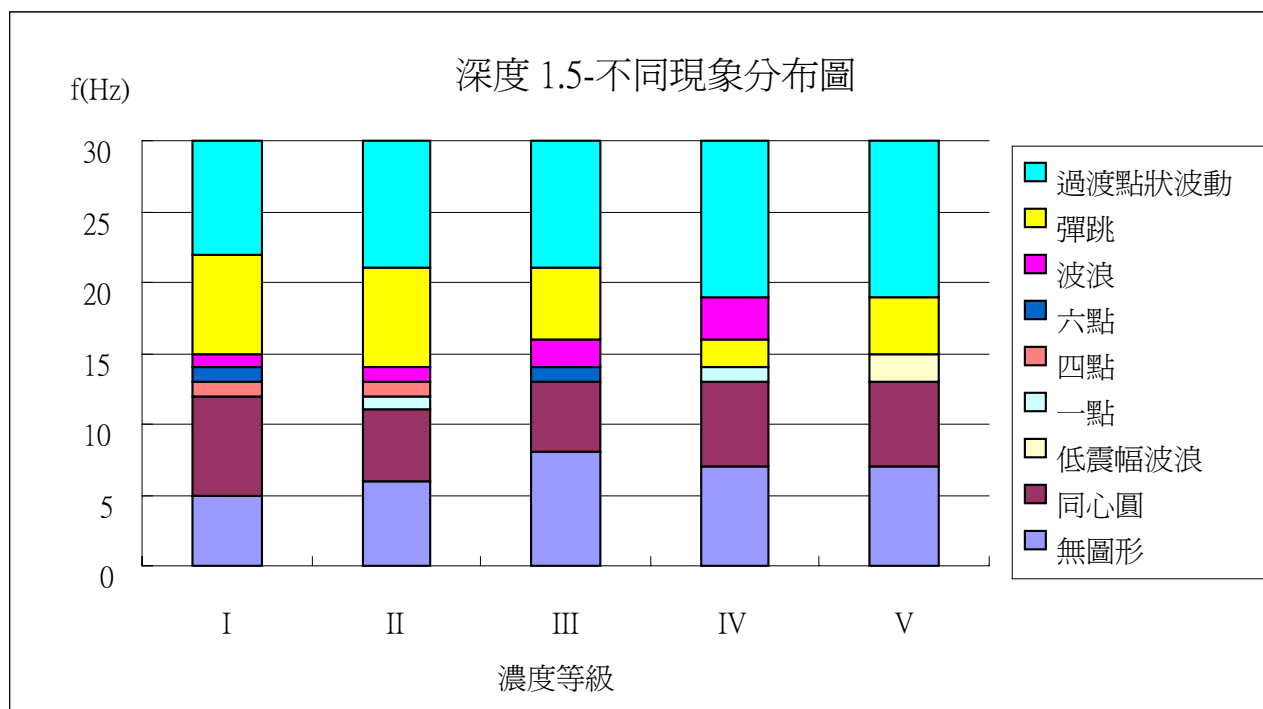
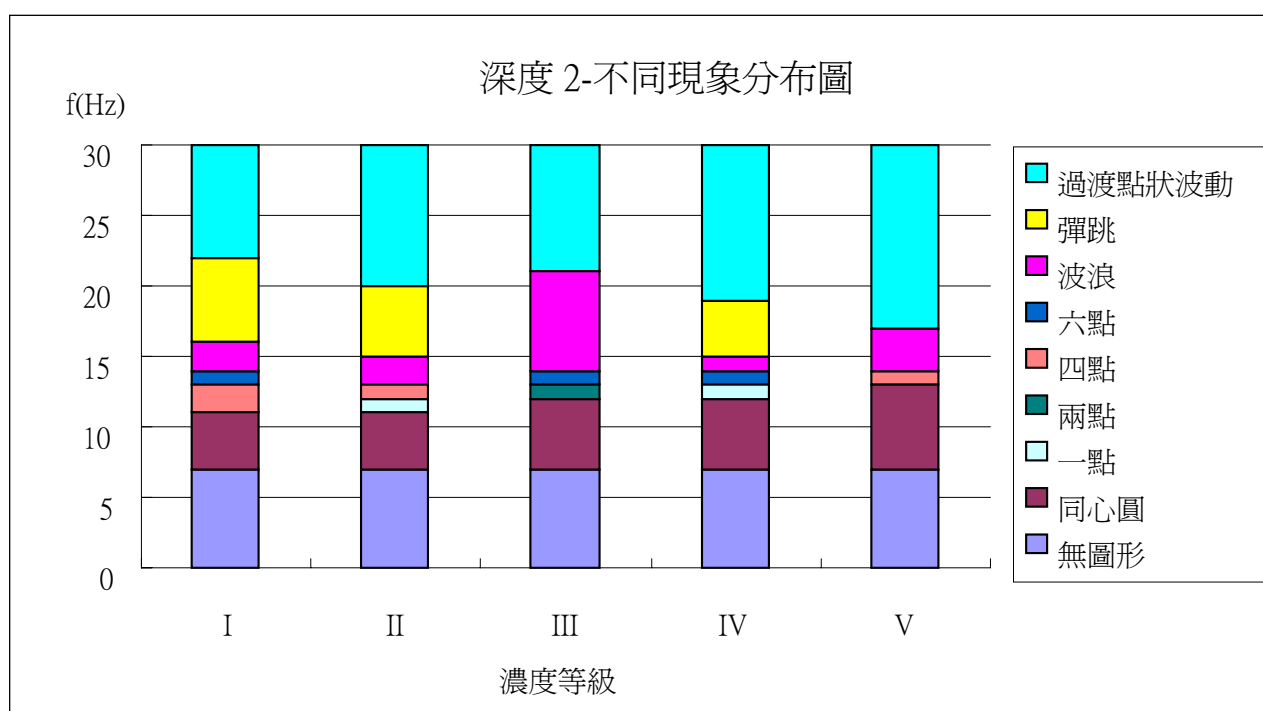


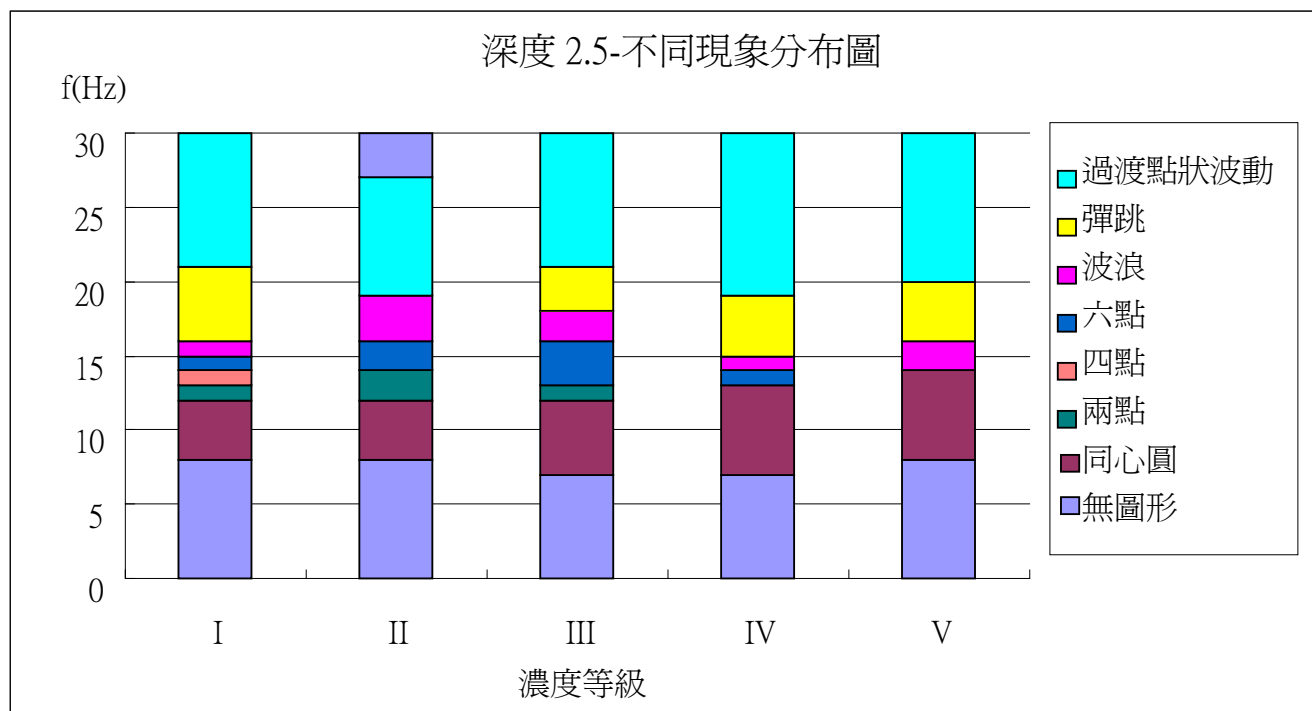
圖 (7-2) 為深度 1cm 之不同濃度下頻率與現象關係圖，濃度等級較低的溶液，圖形變化較多。



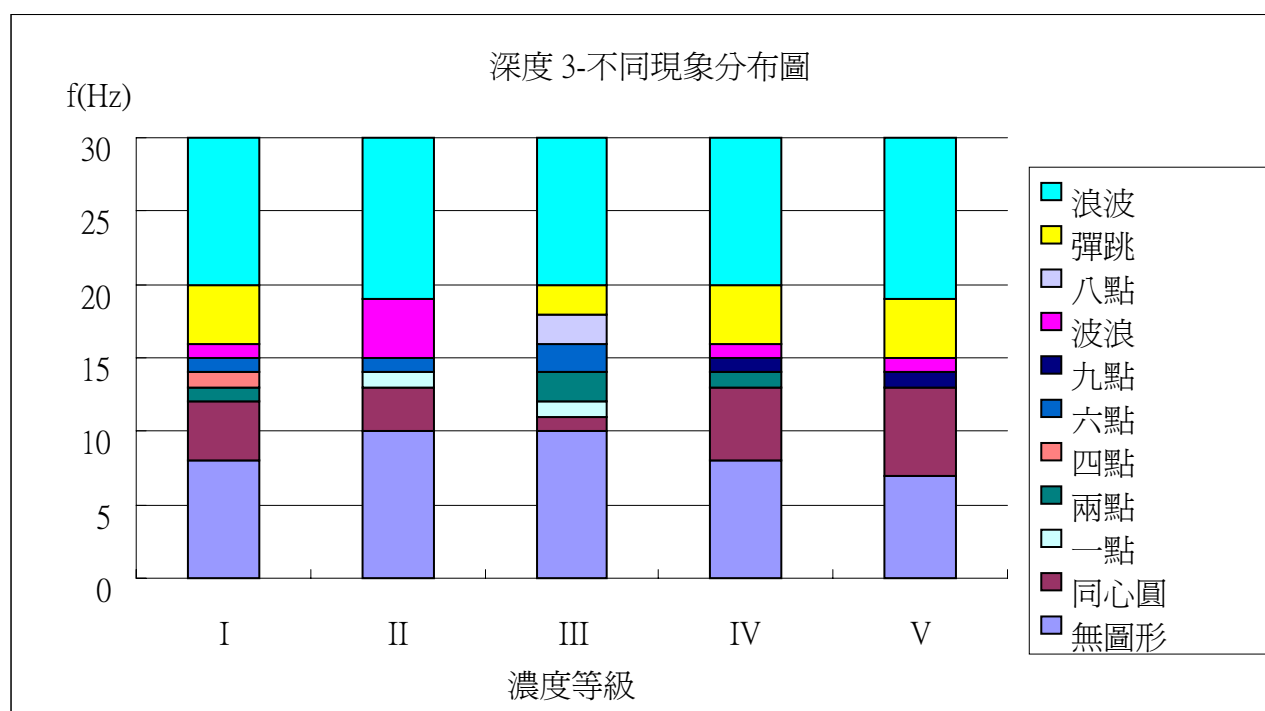
圖（7-3）為深度 1.5cm 之不同濃度下頻率與現象關係圖，彈跳的圖形有遞減的趨勢，但是在濃度等級 V 的時候有增加的現象。



圖（7-4）為深度 2cm 之不同濃度下頻率與現象關係圖，濃度等級 III 時，波浪的範圍較其它濃度大。

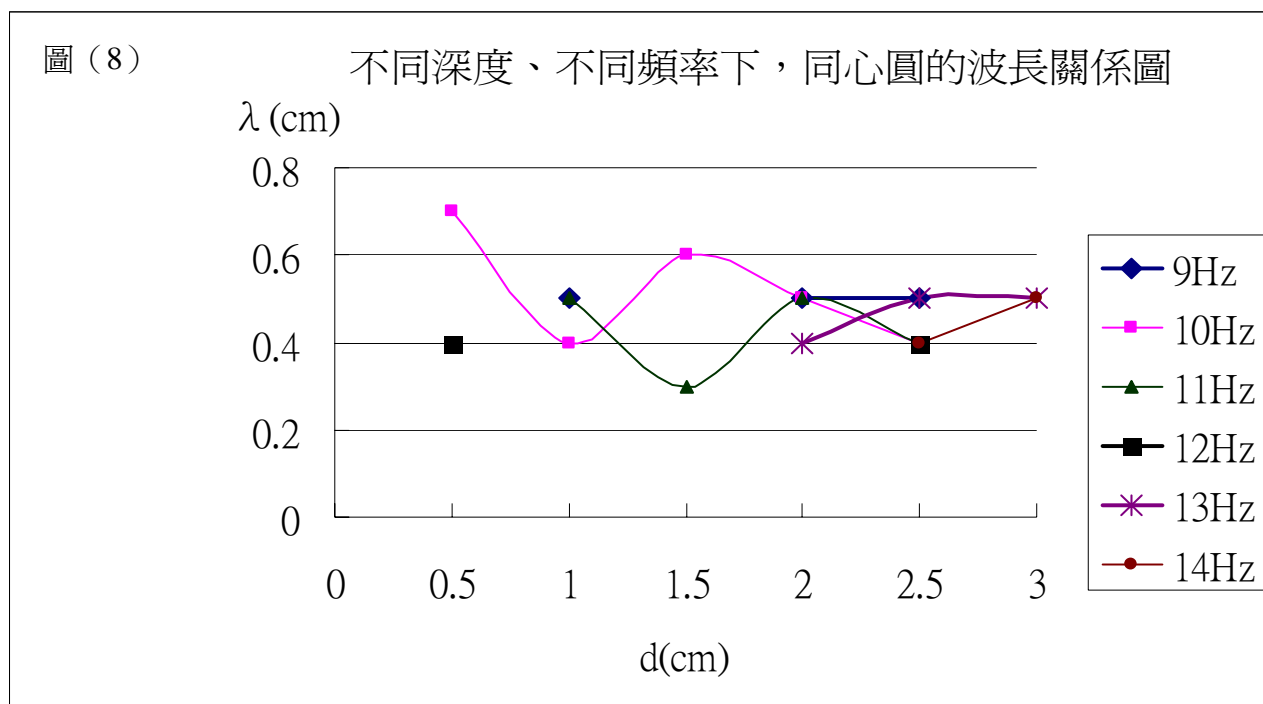


圖（7-5）為深度 2.5cm 之不同濃度下頻率與現象關係圖，濃度等級較低的溶液所變化的圖形較多。



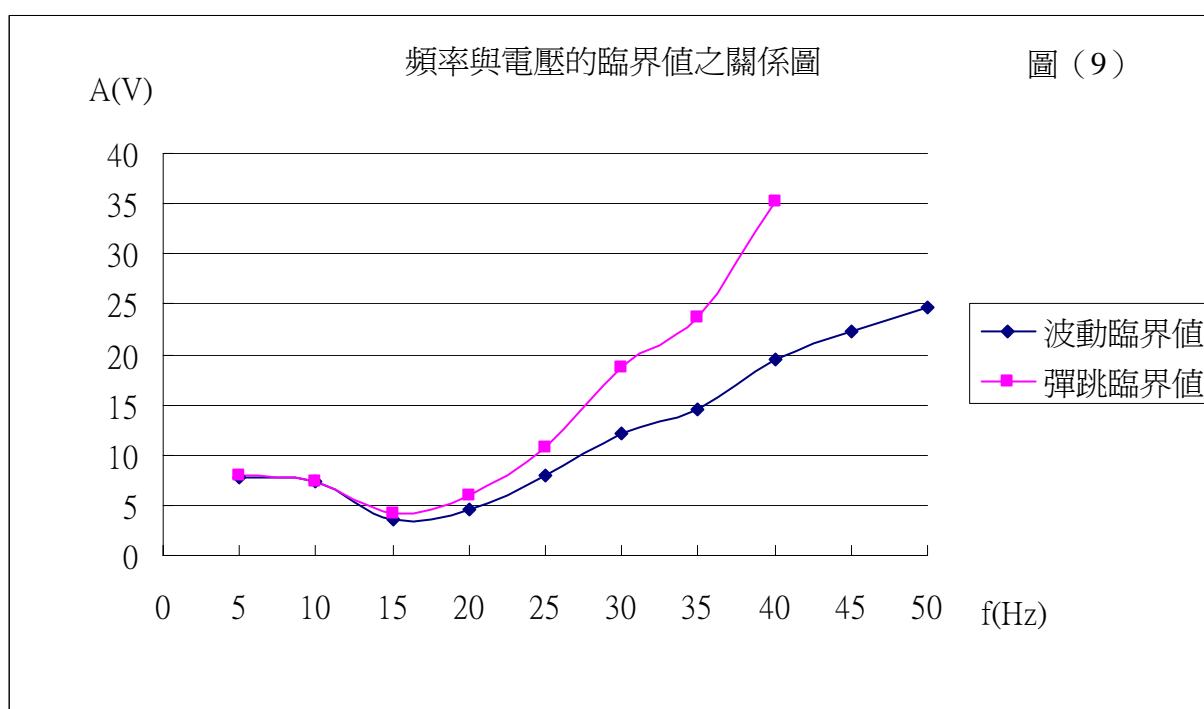
圖（7-6）為深度 3cm 之不同濃度下頻率與現象關係圖，只有在濃度等級 III 時才出現八點震盪，只有在濃度等級 IV 與 V 時才出現九點震盪的圖形。

(四) 分析相同濃度等級溶液，其同心圓振動波長 $\lambda$ 和深度 $d$ 之關係：(如圖(8))



## 二、實驗三：

(一) 分析達到振動臨界值之各項參數：(如圖(9))



圖(9)為外加驅動頻率與電壓的臨界值之關係圖，波動臨界值為該頻率下波動現象出現的電壓值，彈跳臨界值為該頻率下彈跳現象出現的電壓值。波動臨界值為同心圓變至波動現象的臨界值；彈跳臨界值為圖形變為彈跳現象時，該頻率下的電壓值。



## 陸、討論

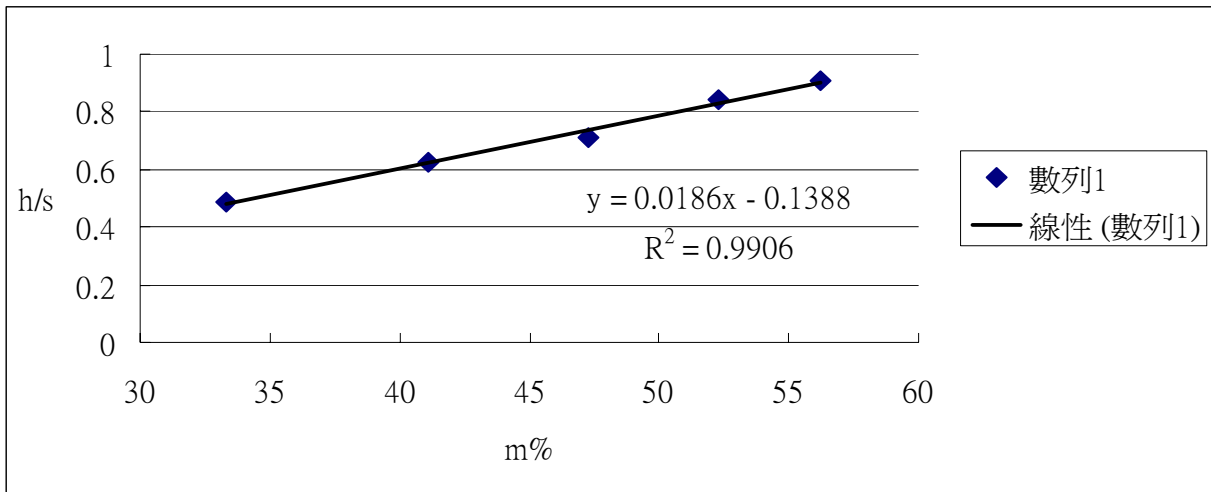
### 一、實驗一：

(一)因爲在照片上，可看出濃度Ⅲ 溶液之水層較其他溶液的清澈，因此我們將五杯溶液各取出2滴並置於載玻片，加入1滴水製成玻片組，並用顯微鏡觀察，其圖如(圖(10))

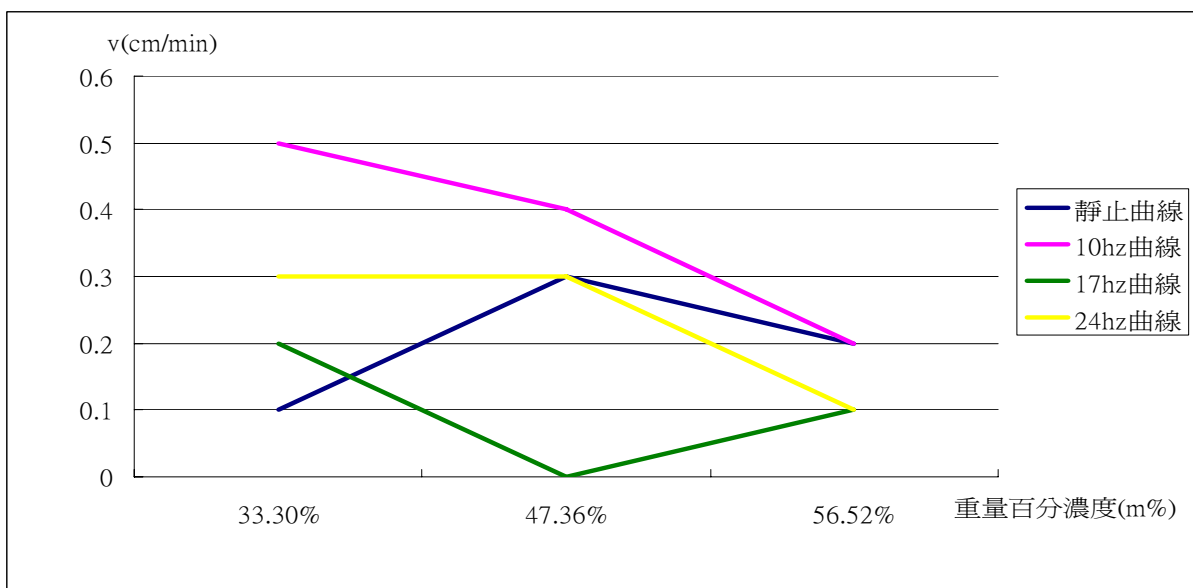


圖(10-1)濃度 I 圖(10-2) 濃度 II 圖(10-3) 濃度 III 圖(10-4) 濃度 IV 圖(10-5) 濃度 V

(二)我們計算沉澱量高度/溶液總高(h/s)，並與重量百分濃度(m%)呈線性關係，我們將其與沉澱速率圖做比較。如圖(11)



圖(11-1)隨著 m% 上升，h/s 就會跟著上升。



圖(11-2)10Hz 時，33.30%的溶液其沉澱較快；17Hz 時，47.36%的溶液，沒有分層現象。而 56.52% 的溶液，不容易受到驅動影響。

## 二、實驗二：

(一)由於溶液有彈跳形、同心圓、波浪形等不同現象，因此我們將圖形分為三大類：

1. 分層狀態：無圖形、同心圓、低振幅波浪
2. 波動現象：點震盪、波浪形、過渡點狀波動
3. 彈跳現象：彈跳形

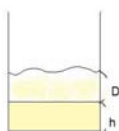
(二)分類圖形所含的意義：

1. 波動現象的圖形正好位於不同頻率與電壓的圖形變化臨界值之關係圖中波動臨界值與彈跳臨界值之間

2. 彈跳現象位於彈跳臨界值之上

(三)溶液在不同現象時的側面圖

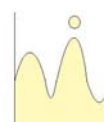
1. 當溶液為分層狀態時其側面圖 如圖(12-1)
2. 當溶液為波動現象時其側面圖 如圖(12-2)
3. 當溶液為彈跳現象時其側面圖 如圖(12-3)



圖(12-1)



圖(12-2)



圖(12-3)

## 三、實驗三：

(一)在  $f=17\text{Hz}$  時，喇叭的振幅最大。

(二)起始電壓不同的狀況下，溶液的圖形有不同的變化。

四、濃度 V 的圖形起始頻率變化不大。我們討論可能是因為濃度 V 的水層變化不大及高度最低。

五、當深度為 3cm 時，濃度 III、IV、V 會產生八點震盪或九點震盪的圖形。因此我們討論深度為 3cm 時，濃度越大才能夠產生八點震盪或九點震盪等圖形。

## 柒、結論

一、驅動有黏度的液體就會產生出圖形，而圖形的變化會依傳入的驅動大小而改變。

二、除了濃度 III 深度 3cm 之溶液外，其餘濃度皆遵守“若圖形出現一點震盪就會產生四點震盪；若產生二點震盪就會產生六點震盪，且一點震盪及二點震盪與不會在同一濃度、深度下出現，四點震盪及六點震盪亦然”。

三、從溶液觀察到的所有圖形，皆具對稱性。

四、溶液跳動的最大主因是振動平台的振幅，其次為溶液的深度。

五、電壓臨界值的圖形會因為不同的喇叭而有所改變。

六、溶液具有延遲效應。

## 捌、未來延伸

- 一、尋找濃度和黏度之關係。
- 二、尋找黏度和溶液之關係。
- 三、探討各種波動現象之臨界值。
- 四、探討各種波動現象其頻率和其他物理量之關係。
- 五、探討力的變化會使溶液改變成類似固體的狀態。

## 玖、參考資料

- |                                                                                                                                              |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 一、流體力學概論                                                                                                                                     | 王鴻烈、林沐謙等人編著/高力圖書有限公司出版     |
| 二、大學普物課本                                                                                                                                     | 賴俊豪、廖顯文等人編著/全華科技圖書股份有限公司出版 |
| 三、高三選修物理                                                                                                                                     | 龍騰出版社                      |
| 四、高一普通物理                                                                                                                                     | 龍騰出版社                      |
| 五、 <a href="http://www.youtube.com/watch?v=3zoTKXXNQIU&amp;feature=fvwrel">http://www.youtube.com/watch?v=3zoTKXXNQIU&amp;feature=fvwrel</a> | youtube－濃稠溶液舞動影片           |

## 【評語】 040110

作品以簡單的震動來激發液態系統的振動譜圖，對較佳頻率的探討亦能揭示激發頻率的關鍵性。但作品較少對探討物理主因的討論，且實驗裝置似乎較不穩固易受干擾，使得駐波圖譜較不清晰。