

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生活與應用科學科(2)(環保與民生)

組 別：國中組

作品名稱：海底情聲---海水鹽度及酸鹼度變化對聲波傳遞的影響

關 鍵 詞：酸度、鹽度、聲波（最多三個）

編 號：



摘要

隨著工業的發展，海洋污染越來越嚴重，海水酸化及鹽化對生物的影響也日益增加，因此我們希望透過研究海水的變化以了解生物面臨的問題。

實驗中我們使用分貝檢測儀來測定聲波在不同酸度或鹽度的環境中的變化，將不同頻率的聲波放入調配好的海水，並用分貝檢測儀測量其能量變化。由實驗可知，當海水鹽度上升和海水 pH 值下降酸化的時候，聲音強度的下降會減弱而使得降噪效果變差，進而影響海洋生物在海水中的聽覺和生活。

如今這個諸多污染的摩登時代，許多生物有健康方面的危機，希望藉由此實驗，能夠更深入地了解地球面臨的處境。

壹、研究動機




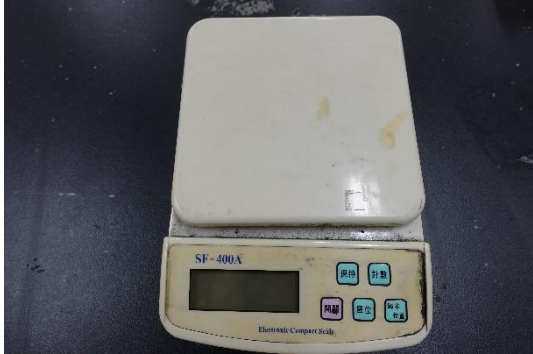
猶記，曾經去過海生館，看見清澈透明的海水中生活的生物；但到了海邊，發現海水不如海生館乾淨，但海中生物依然生龍活虎，因此，我們想知道當海水有不同程度變化時，對其海水與生物的影響。

貳、研究目的

- 一、探討聲音分貝數和聲音強度的關係
- 二、測量在正常鹽度的海水中不同距離對聲音強度的影響
- 三、測量在不同鹽度之下，各式頻率音頻其距離對降噪比例的影響
- 四、測量在海水酸化之下，各式頻率音頻其距離對降噪比例的影響

參、研究設備及器材

- 一、實驗儀器：分貝測量儀、pH 測量計、音響、箱子

	
分貝測量儀	pH 測量計
	
藍芽播放器	電子秤

二、實驗材料：過濾棉、熱熔膠、電子秤、鹽巴、檸檬酸、水



過濾棉



熱熔膠



防水袋



鹽巴

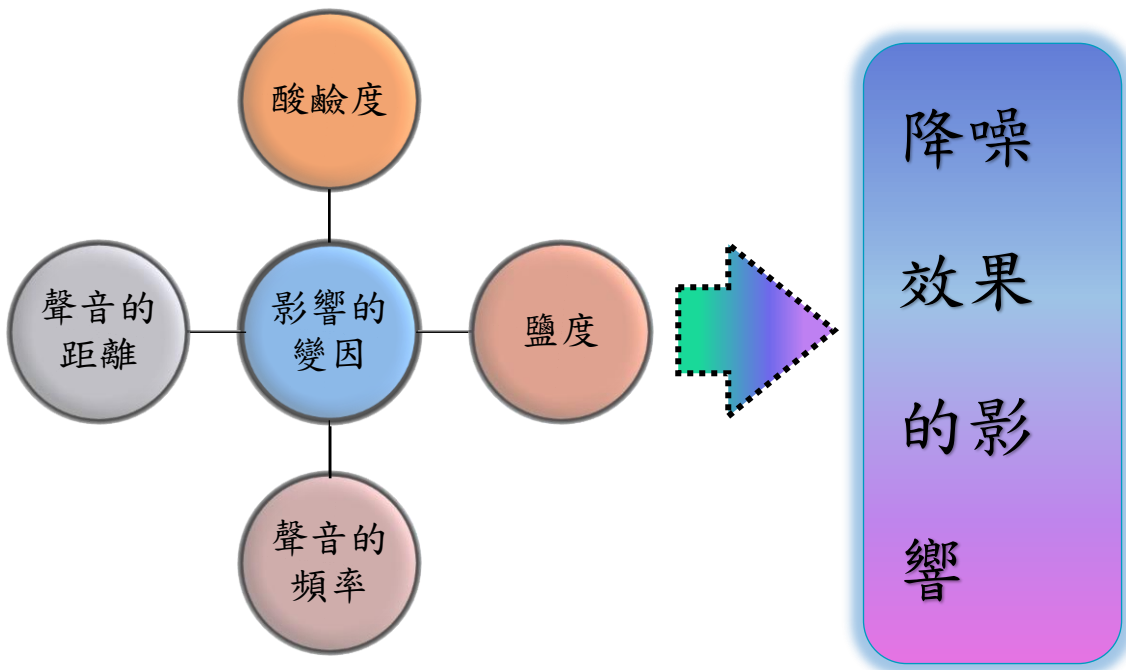


檸檬酸




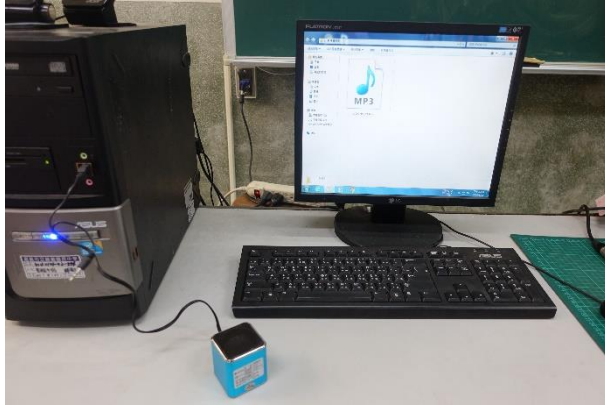






水

肆、 研究過程或方法



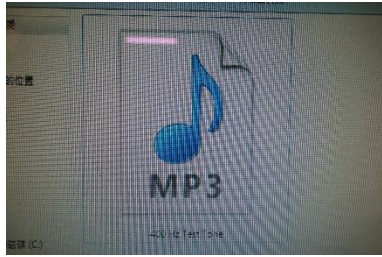
一、 實驗標準流程

	
將壓克力箱旁邊貼上吸音海綿	在箱中裝入 36 公升的水
	
加入食鹽調整鹽度	利用電腦將所要測量頻率音頻裝入播放器

	
<p>將播放器放入隔水袋當中</p>	<p>將分貝計裝入隔水袋當中</p>
	
<p>兩邊機器調整好距離，測量分貝數</p>	<p>調整距離依次測量，每個距離測量五次</p>

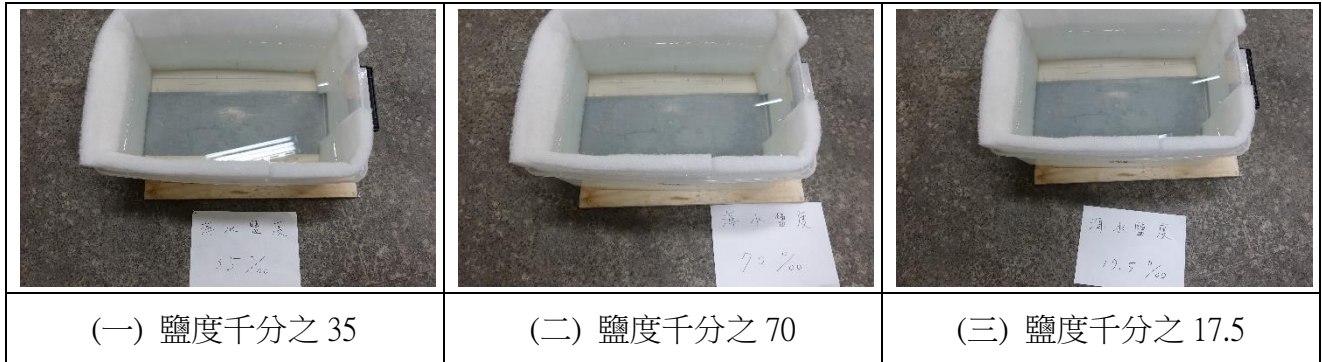
二、量測不同聲音頻率的降噪影響

本次實驗我們使用了 200HZ、400HZ、1000HZ、7000HZ、14000HZ 五種不同的單音頻譜來測量，測量不同頻率在水中的降噪情況。

		
<p>200HZ</p>	<p>400HZ</p>	<p>1000HZ</p>
		
<p>7000 HZ</p>	<p>14000HZ</p>	<p>藍芽播放器</p>

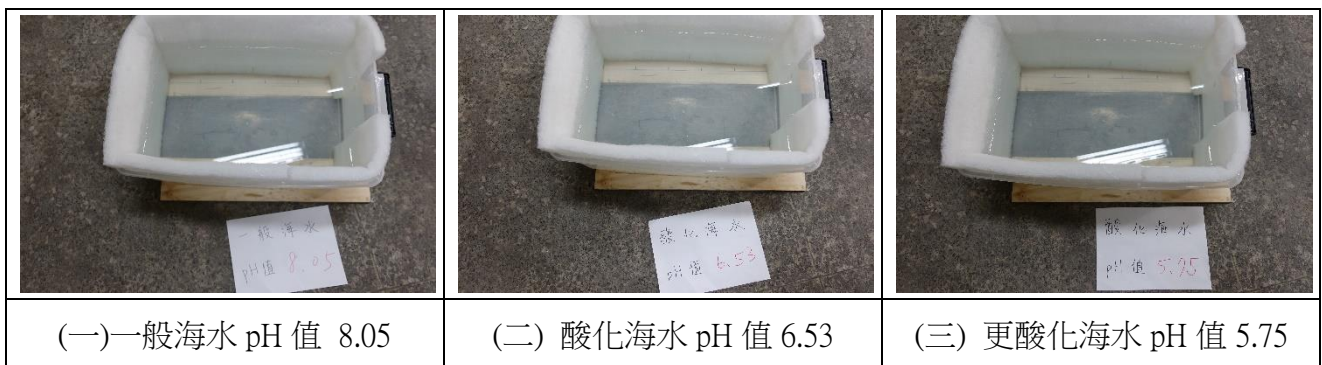
三、測量不同鹽度的海水對於聲音降噪的影響

分別測量三種不同鹽度的海水對於聲音降噪的影響，我們所使用的海水鹽度為：(1)一般海水鹽度千分之 35、鹽度較高的海水鹽度千分之 70、鹽度較淡的海水鹽度千分之 17.5



四、測量酸化海水對於不同聲音頻率的降噪影響

測量一般海水和酸化海水對於聲音降噪的影響，在本實驗中我們分別測量三種不同的海水：(1)一般海水 pH 值 8.05、酸化海水 pH 值 6.53、更酸化海水 pH 值 5.75。



伍、研究結果

一、分析聲音分貝數和聲音強度的關係

(一)在此科展當中，我們要先了解聲音強度和一般我們形容聲音大小聲的分貝數兩者有何差別；首先是聲音強度的定義：

聲音強度：是指在接收聲波的物體表面上，每單位面積在每秒內所得到的能量，其單位為 W/m^2 ；正常人耳可聽到的最小聲音強度約為 $10^{-12}W/m^2$ ，最大約可高達 $10^2W/m^2$ 。此數值可以表示出聲音在當下的強度為多少，但顯然意見的，隨著聲音的傳遞聲音強度一定會越來越小

然而人耳可聽到聲音的強度範圍很廣，其數量級相差甚大，因此在形容聲音大小聲的時候，會使用聲音強度的比值以對數關係表示之。以 $I_0=10^{-12}W/m^2$ 作為聲音強度的參考標準，

分貝的定義如右： $dB=10 \log (I/I_0)$

式中 I 為待測聲音的強度。依據此定義，強度為 $10^{-12}W/m^2$ 的聲音，其分貝數為 0。聲音強度每增加 10 倍，其響度即增加 10 分貝，因此 120 分貝的聲音強度為 $1 W/m^2$ 。

(二)舉例說明

拿本實驗的例子來說，我們要是測量到了分貝數 87.94dB，代表

$87.94=10 \log (I/I_0)$ 其中 $I_0=10^{-12}$ ，

$I/I_0=e^{87.94}$ 而 $I=I_0 \cdot e^{87.94}=0.000622 W/m^2$

(三)背景聲音

在一般的環境當中，不可能都是完全的寂靜無聲，而是會有一些外在的聲音，這些在本實驗中我們稱為背景噪音，在本實驗中為了要了解真正發生源傳遞聲音的情況，我們首先先去測量本實驗當中的背景噪音，測量如下所示：

測量次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
背景噪音 dB	39.1	39.6	39.8	40.3	38.7

測量出來在沒有外部的其他聲音下，本實驗場地的背景噪音為 39.5dB；而在計算聲音強度時，我們要探討的真實聲音強度=測量得到的聲音強度－背景噪音的聲音強度

舉例說明

分貝數 73.18 的聲音，其聲音強度為 $2.0797 \cdot 10^{-5} W/m^2$

但背景噪音分貝數為 39.5 分貝其聲音強度為 $8.91 \cdot 10^{-9} W/m^2$

真正的聲音強度為 $2.0797 \cdot 10^{-5} W/m^2 - 8.91 \cdot 10^{-9} W/m^2$

(四)在本實驗中，我們分別去找不同海水在不同距離下的真實聲音強度，進而對比其在不同水中聲音傳播的情形，也計算出各組聲音的降噪比率：

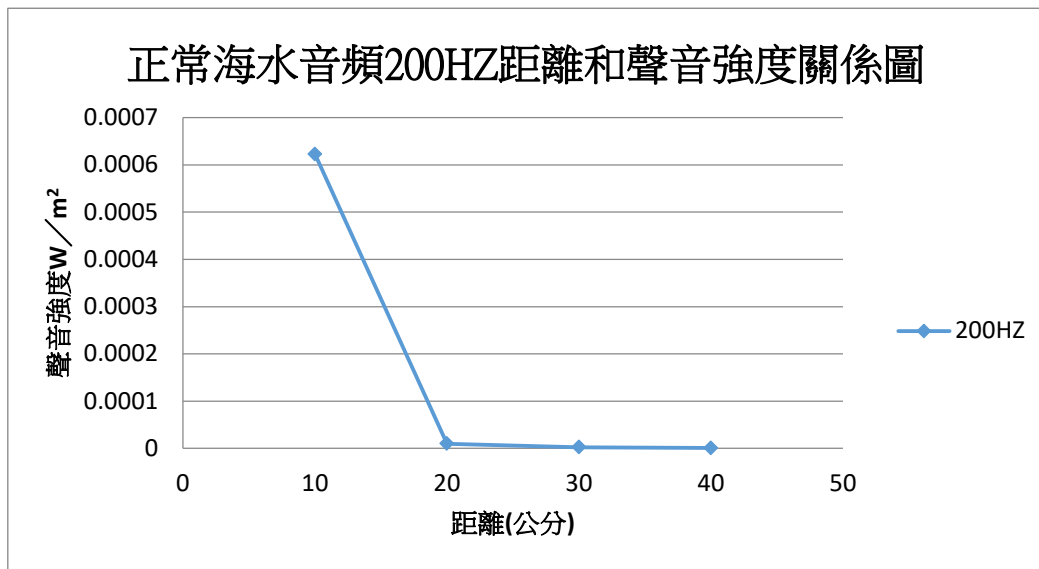
$$\text{降噪比率} = \frac{(10 \text{ 公分處聲音強度} - \text{所測得聲音強度})}{10 \text{ 公分處聲音強度}}$$

進而觀察各組不同聲音的降噪情形。

二、測量距離對於降低噪音的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> ◆海水的鹽度(3.5%) ◆海水的酸鹼度(PH8.05) ◆聲音的頻率(200HZ) 	◆測量聲音的距離	◆降低噪音的效果

在此實驗中，我們拿一個邊長 50 公分的壓克力箱子盛裝海水，並在底下放置每 10 公分刻畫一個間距的木板輔助我們測量，然後分別測量距離 10 公分、20 公分、30 公分和 40 公分處的聲分貝數(dB)，並將所測的分貝數(dB)換算成聲音強度(W/m²)，並計算出真實聲音強度，觀察 200Hz 頻率聲音的聲音強度和距離關係圖我們可以得到以下的關係圖



從上列圖形我們可以發現到隨著距離的拉遠聲音強度會大幅度的減少，一開始會快速的下降之後再慢慢減少，而分貝數關係圖和聲音強度如下所示：

距離	10	20	30	40
分貝數(dB)	87.94	70.02	64.06	58.64
真實聲音強度(W/m ²)	6.22 × 10 ⁻⁴	1.004 × 10 ⁻⁵	2.538 × 10 ⁻⁶	7.222 × 10 ⁻⁷

可以發現從聲音強度來看能量下降不少，但是國中所學分貝數的變化有限然後我們去計算降噪的比率，計算方式為

$$\text{降噪比率} = \frac{(\text{10 公分處聲音強度} - \text{所測得聲音強度})}{\text{10 公分處聲音強度}}$$

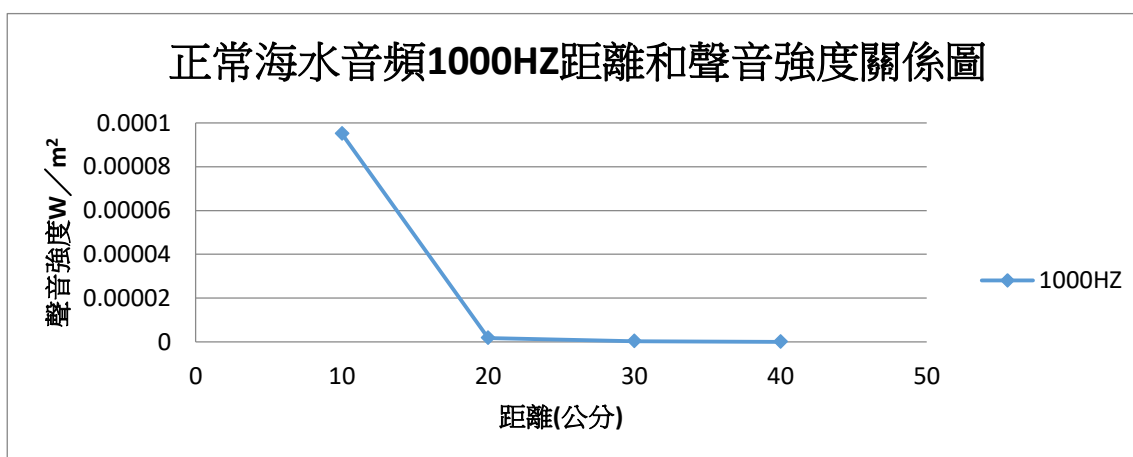
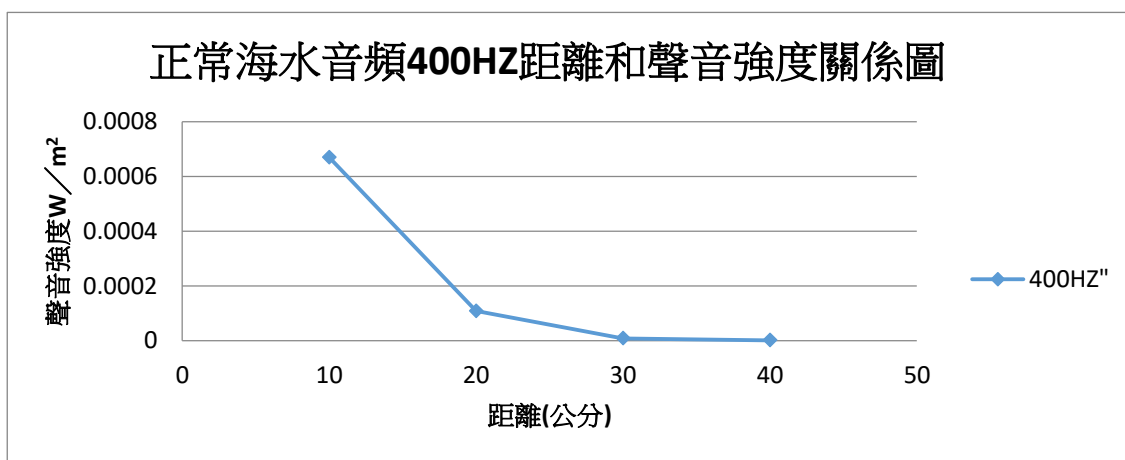
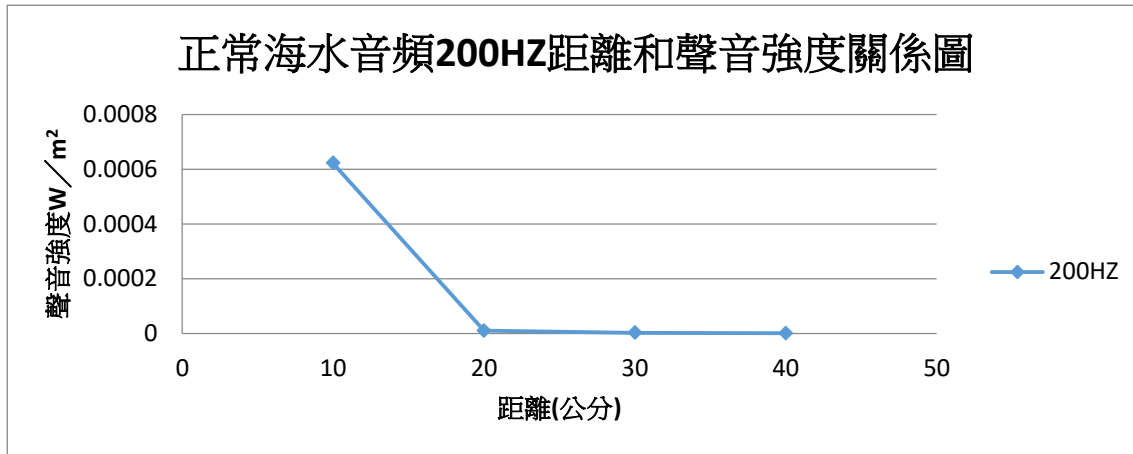
可得降噪比率

距離	10	20	30	40
分貝數(dB)	87.94	70.02	64.06	58.64
真實聲音強度(W/m ²)	6.22 × 10 ⁻⁴	1.004 × 10 ⁻⁵	2.538 × 10 ⁻⁶	7.222 × 10 ⁻⁷
降噪比率		98.39%	99.59%	99.88%

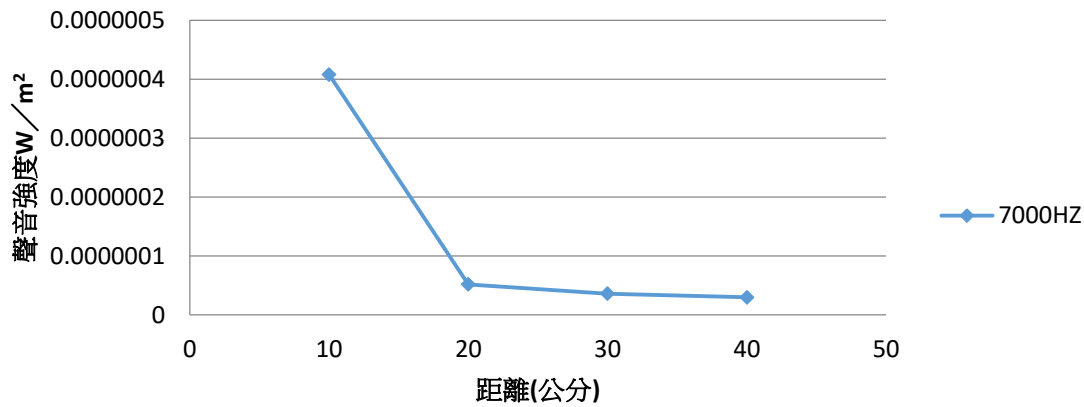
三、不同種類頻率的聲音對於降低噪音的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> ◆海水的鹽度(3.5%) ◆海水的酸鹼度(PH8.05) ◆測量聲音的距離(間隔 10 公分) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆聲音的頻率 	<ul style="list-style-type: none"> ◆降低噪音的效果

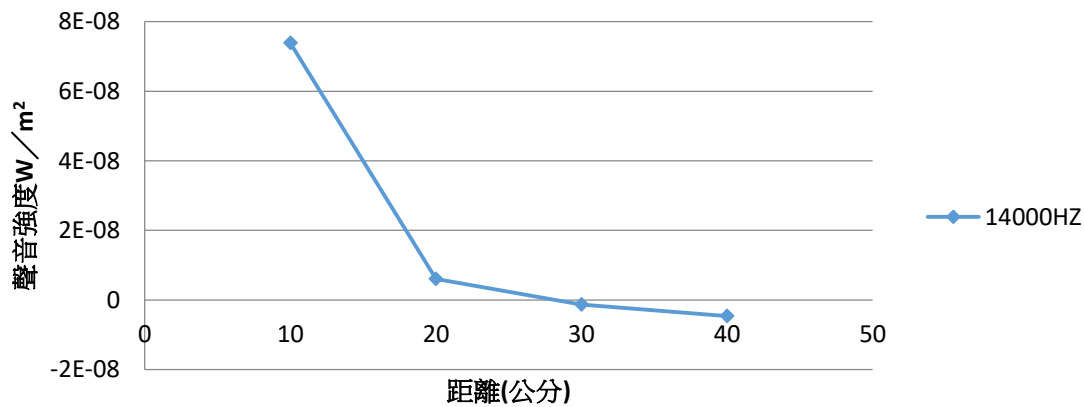
由第二個實驗結果我們分別去測量 200 HZ、400HZ、1000HZ、7000HZ、14000HZ 五種聲音頻率距離和聲音強度的關係圖



正常海水音頻7000HZ距離和聲音強度關係圖



正常海水音頻14000HZ距離和聲音強度關係圖



從上面圖中可以看出隨著距離拉遠聲音強度會逐漸減少，其降噪比率如下表所示：

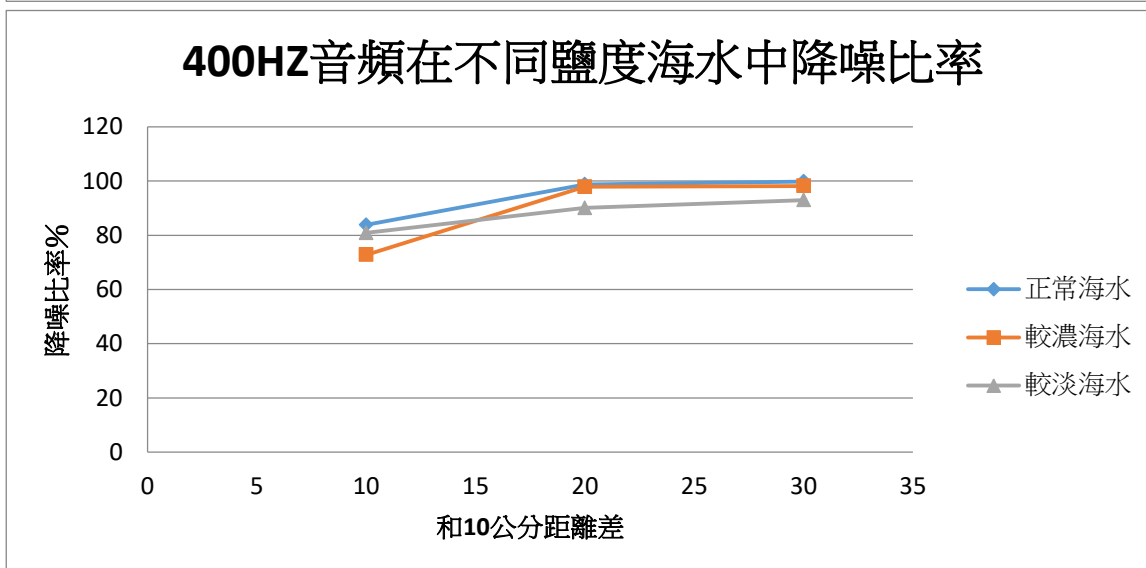
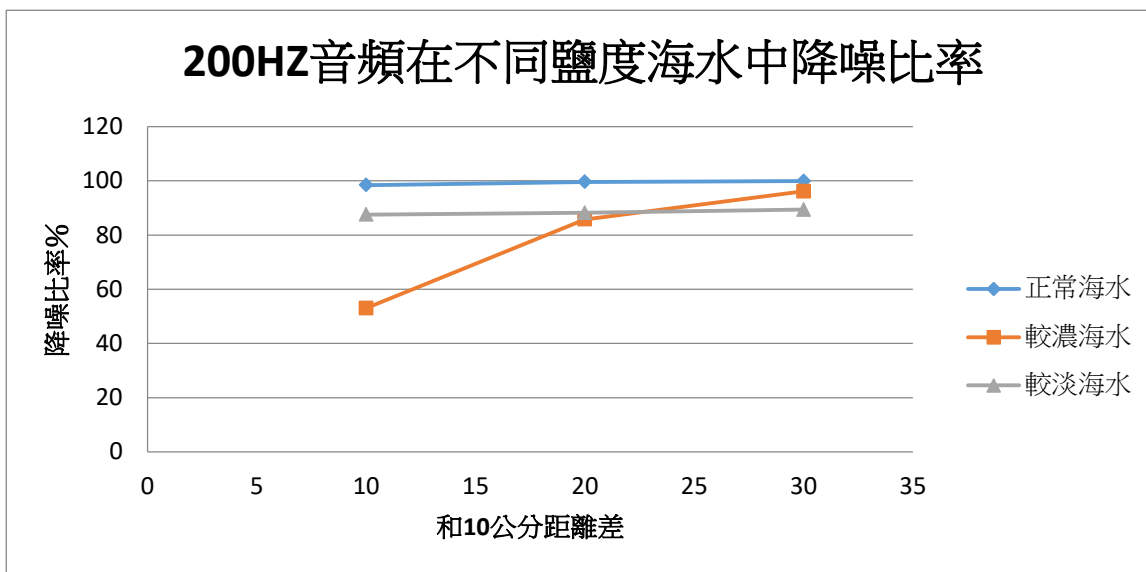
	200 HZ	400HZ	1000HZ	7000HZ	14000HZ
相差 10 公分	98.39%	83.78%	98.16%	87.28%	91.76%
相差 20 公分	99.59%	98.76%	99.7%	91.13%	101.75%
相差 30 公分	99.88%	99.79%	99.95%	92.69%	106.24%

由表中可以發現，頻率較高的音頻(7000 HZ)，其降低噪音的效果較差，表示高頻率的聲音在海水當中可以傳播較遠的距離，但也可以發現到 14000HZ 的高音頻率有很奇怪的數據，原因是因為在此頻率中聲音的分貝數(聲音強度)和背景噪音(平均值 39.5 分貝)的聲音分貝數(聲音強度)相差無幾，表示其聲音分貝數受到背景噪音很大的影響，故之後 14000HZ 的音頻我們只做參考而不去分析。

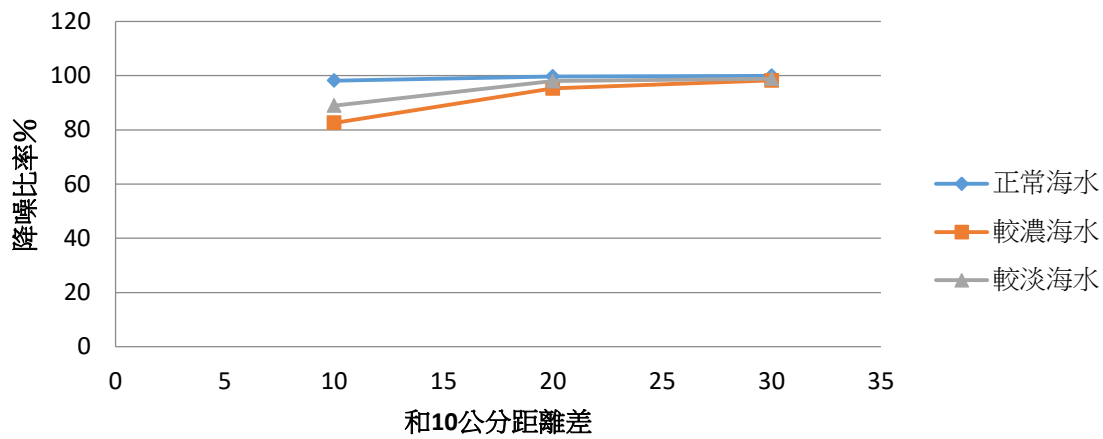
四、不同鹽度的海水對於降低噪音的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> ◆聲音的頻率 ◆海水的酸鹼度(PH8.05) ◆測量聲音的距離(間隔 10 公分) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆海水的鹽度 	<ul style="list-style-type: none"> ◆降低噪音的效果

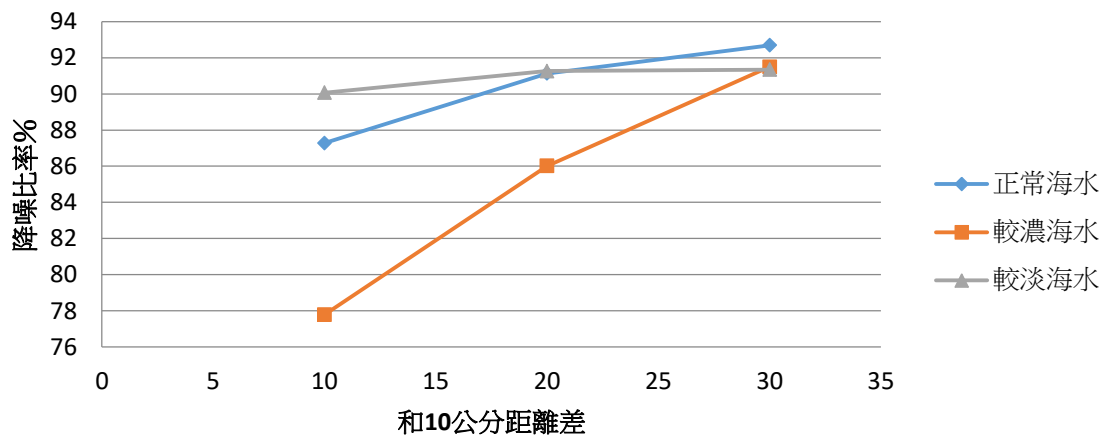
在本實驗中我們改變海水的鹽度，正常海水的鹽度為千分之 35，於是我們分別調配了千分之 35、千分之 70 和千分之 17.5(2 倍濃度和 0.5 倍濃度)的海水，進而觀測不同鹽度下的海水，其聲音強度改變的情況，關係圖如下所示：



1000HZ音頻在不同鹽度海水中降噪比率



7000HZ音頻在不同鹽度海水中降噪比率



由圖可以發現，當海水變淡或是變濃之時，聲波在海水當中降低噪音的效果會減弱，進而使得更多的聲音可以傳播出去，而在原本的海水當中，不論何種頻率的聲波都有較佳的降噪效果，進而分析計算其降噪的效果：

海水濃度千分之 70 降噪比率

	200 HZ	400HZ	1000HZ	7000HZ
相差 10 公分	53.01%	72.8%	82.57%	77.78%
相差 20 公分	85.74%	97.85%	95.25%	86.01%
相差 30 公分	96.11%	98.18%	98.23%	91.49%

海水濃度千分之 17.5 降噪比率

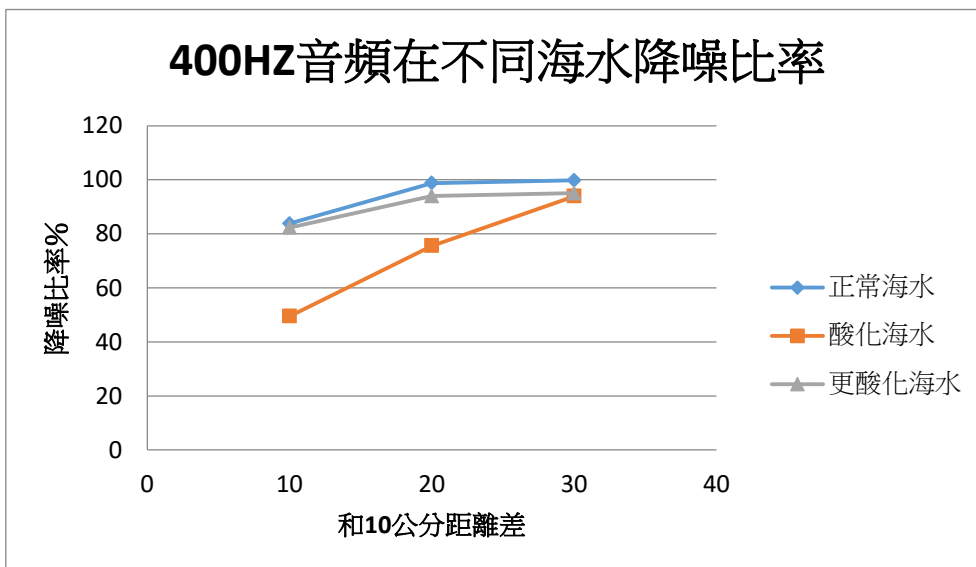
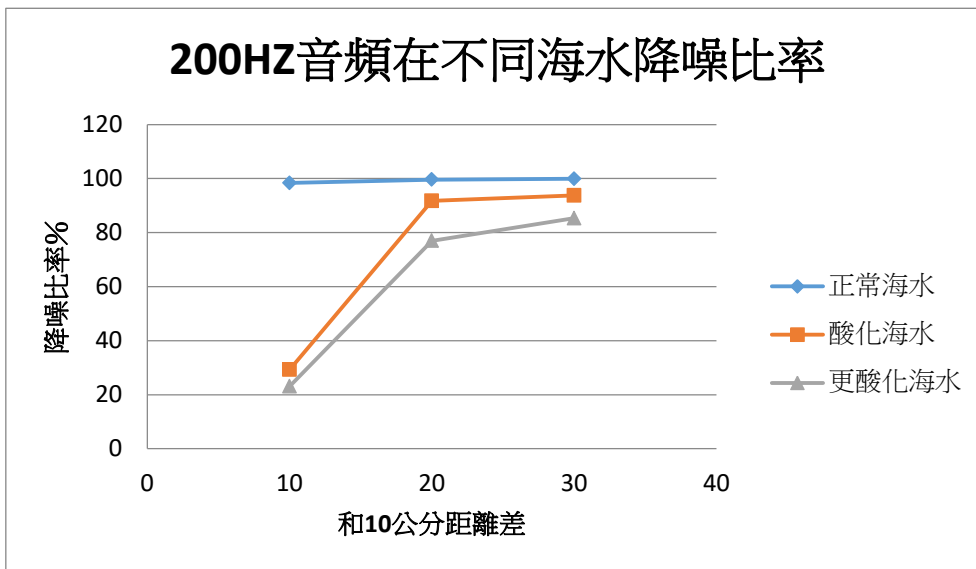
	200 HZ	400HZ	1000HZ	7000HZ
相差 10 公分	87.53%	80.86%	88.93%	90.07%
相差 20 公分	88.2%	90.05%	97.97%	91.26%
相差 30 公分	89.38%	92.96%	98.88%	91.35%

可以發現到在較低頻率中聲音降噪音效果較差。

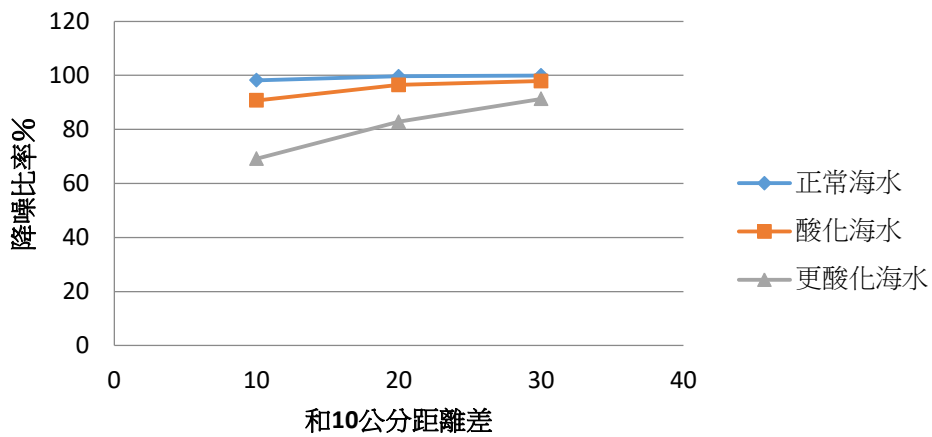
五、不同酸度的海水對於降低噪音的影響

控制變因	操縱變因	應變變因
<ul style="list-style-type: none"> ◆聲音的頻率 ◆海水的鹽度(3.5%) ◆測量聲音的距離(間隔 10 公分) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆海水的酸鹼度 	<ul style="list-style-type: none"> ◆降低噪音的效果

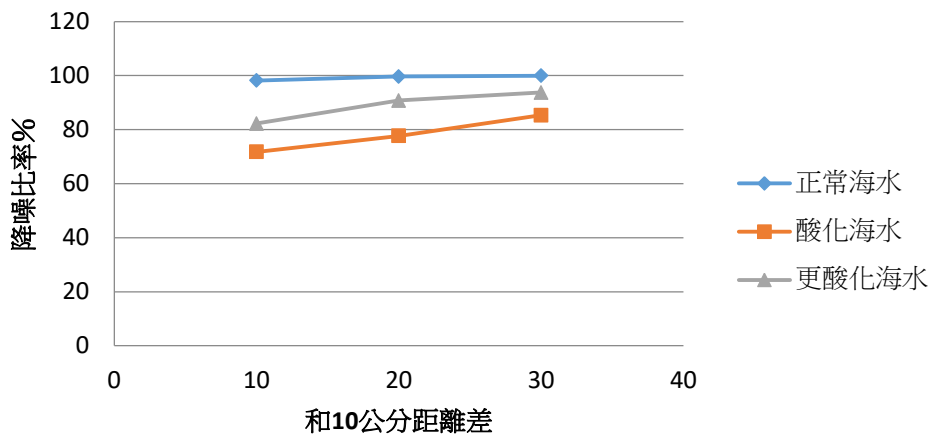
因為平時常聽說會有下酸雨的現象，我們就想說要是改變海水的酸鹼度，是否會對於海水的降噪能力產生了改變?於是我們在海水中加入了檸檬酸(弱酸)來改變海水中的酸鹼度；原先海水酸鹼度為 PH8.05，分別加入檸檬酸使海水變成 PH6.53 和 PH5.75 兩種酸化情形，進而去觀察不同頻率的聲音在此類海水當中降噪的效果



1000HZ音頻在不同海水降噪比率



7000HZ音頻在不同海水降噪比率



進而去計算其降噪的效果

酸化海水 PH6.53 降噪比率

	200 HZ	400HZ	1000HZ	7000HZ
相差 10 公分	29.21%	49.47%	90.7%	71.78%
相差 20 公分	91.76%	75.53%	96.45%	77.66%
相差 30 公分	93.72%	93.9%	97.89%	85.33%

酸化海水 PH5.75 降噪比率

	200 HZ	400HZ	1000HZ	7000HZ
相差 10 公分	23.09%	82.29%	69.17%	82.25%
相差 20 公分	76.99%	93.97%	82.85%	90.78%
相差 30 公分	85.35%	95.07%	91.3%	93.75%

由上面圖表可以發現到當海水變酸之後，整體的降低噪音的效果會有下降的現象，特別在低頻率的音頻當中降低的比例更為明顯，表示低頻率的聲音在酸化後的海水當中聲音下降的效果更差，而在高頻部分降噪效果改變較不明顯。

陸、討論

一、在做本實驗的時候，查詢相關海洋議題，發現到說其實除了一般的海洋垃圾汙染，人類也製造了另一個海底垃圾—噪音，部分船隻航行的時候甚至會產生 130 分貝的噪音；在本實驗中，我們要來探討這些在海洋當中的許許多多聲音，和海水的鹽度和海水的酸鹼度是否會有相關聯的特性，也想要去了解人類所製造出來許多的聲音，對於海豚是否會造成溝通上的困難(海豚會在海中發聲互相聯絡同伴)。

二、在實驗的第一階段，我們測量不同距離下聲音強度之間的變化情形，我們發現到雖然一開始聲音強度下降得非常迅速，但是當距離接下來慢慢拉遠時，聲音的強度減慢變得十分的趨緩，甚至下降的非常的緩慢，這也是令我們擔憂的部分，代表聲音會持續傳播更長的一段距離，但礙於實驗裝置我們無法探得。

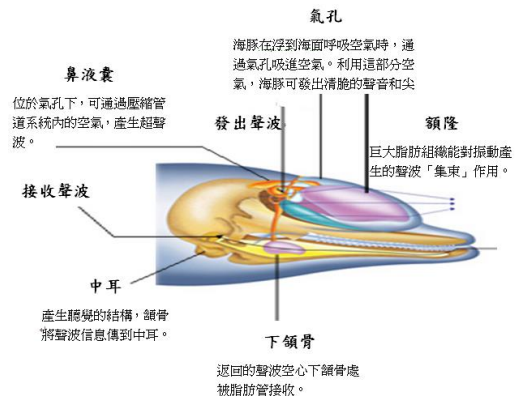
三、在往下實驗之前，我們由文獻去研究海豚發聲和互相溝通的相關機制，海豚發出的聲音大致分為三類：調頻的口哨聲，脈衝式的聲音，和啁啾聲。海豚一般用口哨聲和脈衝式的聲音來進行溝通，而啁啾聲具有指向性，用來作回聲定位。海豚藉由發出聲響，用聽覺器官接收回聲來探測周圍環境，尋找食物，聯絡夥伴。海豚發出的聲音頻率可高達 200kHz，由此可知海豚發出聲音頻段非常廣泛且聲波對於海豚有十分重要的意義。

每日頭條

首頁 健康 娛樂 時尚 遊戲 3C 親子 文化 歷史 動漫

海洋中的噪音太大，海豚簡化了自己的說話方式

2018-10-28 由 伊奇心日報 發表于 資訊



四、接下來的實驗當中，我們分別利用了 5 種不同高低頻率的單音，藉由這些單頻率的聲音來觀測不同頻率的聲波在海水當中傳遞的情形，其降噪比率如下所示：

	200 HZ	400HZ	1000HZ	7000HZ	14000HZ
相差 10 公分	98.39%	83.78%	98.16%	87.28%	91.76%
相差 20 公分	99.59%	98.76%	99.7%	91.13%	101.75%
相差 30 公分	99.88%	99.79%	99.95%	92.69%	106.24%

從上表我們可以發現低頻率的聲音初始降噪效果較佳，高頻率的聲音初始降噪效果較不好，表示較高頻率的聲音聲音強度下降得比較緩慢，但是不論是低頻率還是高頻率的聲音，在一段距離後聲音強度下降的幅度都趨緩，表示聲音可以傳遞的更遠而不會消散；從這我們可以得知一個情況，在水中短距離要傳遞聲音，高頻效果比低頻效果為佳，又可得知另外一個情況，就是不論高低頻率的聲音，除了初始下降強度後都能維持一個強度傳遞一段距離。

五、在上一點當中，我們發現到 14000HZ 頻率的聲音數據非常的怪異，後來發現其聲音強度很接近背景噪音的聲音強度，應是我們的發聲儀器沒有辦法強力的撥放較高頻率的聲音所導致，所以之後 14000HZ 頻率的聲音數據我們只列出，並不列入本實驗的探討(誤差值過大)。

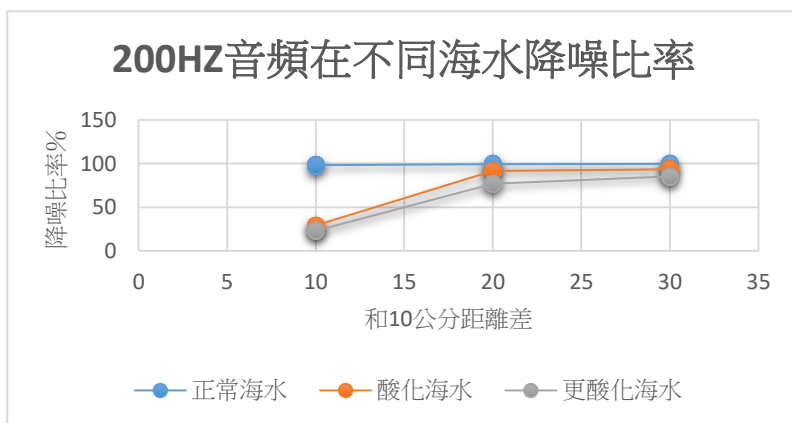
六、接下來我們改換了不同濃度的海水，一般海水的鹽度為千分之 35，而在海洋中會因為洋流、降雨、日曬、融冰等等影響了鹽度的高低，於是我們分別將海水鹽度調整到了千分之 70 和千分之 17.5，即為一般海水鹽度的兩倍濃度和 0.5 倍濃度，進而去探討鹽度的高低對於聲音強度的影響；在此實驗中發現到當鹽度提高時，會使得聲音強度下降得較為減慢，而鹽度下降沒有太大的變化；這表示了一但海水鹽度上升，在海水當中傳播聲音將更為容易，這代表著兩件事情：(1)海豚在高鹽度的地方更容易和別的海豚聯絡(2)海水噪音的影響將會更為劇烈。

七、在科展製作的同時，我們又找到了另外一個人類對於海洋的污染—海水酸化，由於溫室效應和人類活動所排放出來的二氧化碳，會使得比以往更多的二氧化碳跑到海洋當中，據研究顯示，推估自工業革命以來，全球海洋表水的 pH 值已經下降了 0.1 (對應 H^+ 離子濃度約增加了 30%)，表示人類活動



的確卻造成了海洋的酸化，而一般海水偏向鹼性，pH 為 8.1，海洋的酸化短時間不可能使得海洋變成完全的酸性，而是會降低其鹼性；接下來我們將降低海水的鹼性並使其變成酸性，觀測酸化海水對於海豚發聲傳遞和聽音有何種影響。

八、在酸化實驗中，可以很明顯的發現當海水酸化之後，聲音變得更加容易傳遞且聲音強度下降得更少，表示酸化後的海水會使得聲音更加容易傳播出去；但是這樣對於海豚可不是一件好事；第一，聲音下降的減慢表示海豚會聽到更大的聲音和回聲，進而使得海豚會造成方位和距離上的誤判；第二是降噪效果變差表示在海水當中會有更多的噪音，進而干擾了海豚在海中的聽覺。



柒、結論

從本實驗當中，我們發現到說在說中測量聲音強度時，當距離拉遠時聲音強度一開始會大幅度的下降，但之後聲音強度下降會取緩而將聲音傳播出去；而且在低頻的聲音聲音強度下降得比較快而較高頻率聲音強度下降得比較緩慢；當我們改變海水使其鹽度變化時，我們發現到鹽度上升會使得聲音強度下降趨緩，即降噪程度下降；而海水酸化之後也會使得聲音強度下降趨緩，表示在此類海水當中聲音可以傳遞較遠，也會造成海水當中的背景噪音更為強烈。

藉由這一次科展，我們也得知許多人類對於海洋的汙染情況，現實比我們所知道的更為嚴重，以前我們只知道人類製造的垃圾會到海中變成海洋垃圾，但藉由此實驗所得資料，我們也發現了海洋當中還有噪音汙染和海水酸化問題，藉由此次科展也印證了海水改變會讓噪音汙染更加的嚴重，也激發了我們想要保護海洋的心，接下來我們想要探討的是，如何減少這類的汙染，乾淨我們的海洋。

捌、參考資料及其他

- 1.別讓噪音汙染海洋 <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=7138>
- 2.逐漸酸化的海洋—科學月刊 <https://pansci.asia/archives/90334>
- 3.分貝的定義 https://www.nani.com.tw/nani/slearn/slphy/phy_b/phy_b_19.jsp
- 4.聲音和噪音 https://www.epd.gov.hk/epd/noise_education/web/CHI_EPD_HTML/m1/intro_5.html
- 5.克里克的奧秘—海豚回聲定位系統
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/senior/0401/040109.pdf>