

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

第三名

080512

海水結晶亮晶晶 Part II—探討雲林縣沿岸海水
變化與凝結核之關係

學校名稱：雲林縣斗六市斗六國民小學

作者： 小五 丁于庭 小五 詹雲晰 小五 馬若恩 小五 陳恩胤	指導老師： 黃玫婷 丁崇祺
---	-----------------------------

關鍵詞：凝結核、海水結晶、離岸沙洲

摘要

從凝結核數量對海水結晶的實驗中，凝結核在低濃度、足夠的時間結晶時，凝結核越多，結晶會因互相吸引而越大且數量越少。我們利用此結果與雲林縣沿岸的海水樣本進行比較與分析，結論如下：

1. 鹽度較低的海水中，硫酸鎂晶體更易分辨。當觀察到硫酸鎂結晶時，可推斷該地區的海水鹽度較低。
2. 四湖三條崙海水的結晶時間最短，平均電導率也是第一名，故兩者數值具高度正相關。
3. 在口湖臨海園與四湖三條崙以外地點，電導率和結晶大小之間有高度相關。推測臨海園和三條崙所在的瀉湖可能被統汕洲和外傘頂洲包覆，海水不易受外界變化影響。儘管結晶大小受多種因素影響，但可以推測其海水電導率和 pH 值的大致趨勢。
4. 沿岸海水 pH 值偏低，不利於台西牡蠣的養殖。

壹、前言

一、研究動機：

去年科展我們針對海水成分與比例，探討影響海水結晶的關係。進行海水的結晶觀察中，發現真實海水的結晶是浮在海水上再開始慢慢結晶。但我們依海水鹽類前三名配置出模擬海水，卻是由側邊開始結晶，兩種結晶方式有很大的差別。實驗完我們認為可能是凝結核影響海水結晶的位置。另外，當初是在台西的夢幻海灘取海水樣本，會不會是在不同地點海水結晶的情況也有所不同。所以這次實驗，我們首先試著將模擬海水增加凝結核，看是否能變成真實海水結晶的情形，再來是由結晶的情形來瞭解雲林縣沿岸海水的變化。

二、研究目的：

- (一)研究凝結核數量與不同容器（蒸發皿、培養皿）對模擬海水結晶的影響。
- (二)選擇雲林縣沿岸北到南六個地點，進行觀察並每月（11月-隔年2月）收集海水樣本。分析海水樣本中的電導率、pH值、鹽度和比重，並利用凝結核與海水結晶大小的關係來探討沿岸海水的狀態。

三、實驗原理：

在上一次科學展覽中，我們進行了實驗並發現，使用海水鹽類前三比例配方來模擬海水結晶時，晶體從邊緣開始結晶（如圖 1）。如果混合氯化鈉、氯化鎂和硫酸鎂，由於氯化鎂和硫酸鎂本身的吸水性，導致食鹽的結晶位置與真實海水的結晶位置相同，也會從海水上方向開始結晶。然而，真實海水中含有的氯化鎂和硫酸鎂比例並不像混合實驗時那麼高，理論上它應該會像模擬海水一樣從邊緣開始結晶。但在縮時攝影的影片中結果，卻是從表面開始結晶，這讓我們認為結晶方式可能與凝結核有關，也就是海水與模擬海水之間的差異可能與浮在真實海水中的藻類、藻類遺骸或其他雜質有關。因此，接下來我們將**使用顏料作為凝結核**，來觀察模擬海水結晶位置的變化，發展之前在科展所做的實驗，觀察結晶的位置是否與凝結核有關。



圖 1 模擬海水與真實海水的比較(來源：雲林縣第 62 屆科展：海水結晶亮晶晶-探討海水結晶與成分中氯化鎂、氯化鈉與硫酸鎂兩兩結晶的影響)

晶體的成長：

本次研究主要是探究海水結晶的過程。晶體的形成主要是利用物質三相變化而產生的。針對海水結晶晶體，從液相生長為晶體需要經歷三個階段：

- (1) 基質達到過飽和階段：由於溫度或濃度的局部變化，此階段粒子仍以散亂的方式排列。
- (2) 成核階段：形成結晶微顆粒的作用稱之為成核作用。
- (3) 生長階段：結晶微顆粒的表面逐漸沉積更多的固體，最終生長成為大型的晶體顆粒。

在成核階段，又可進一步區分為「均勻成核作用」和「不均勻成核作用」。

在本實驗中，想探討凝結核與晶體結晶的關係，而容器形狀或是凝結核的數量可能都會影響到結晶的形式。像懸浮微粒（雜質）或容器壁上凹凸不平等等，都會效地降低了晶體表面能成核時的難度，而在這些具有不均勻性的地方形成晶核。

研究地點介紹：

接下來我們將研究雲林縣海水的各項數值對海水結晶的影響。因此，我們計劃在雲林縣沿岸的六個地點，在不同的月份收集海水樣本進行實驗結晶。這些地點按照由南到北的順序為：東石、口湖、四湖、台西、麥寮和大城。我們將選擇濁水溪、六輕、離岸沙洲的統汕洲和外傘頂洲以及鰲鼓溼地作為參考依據，以選擇樣本收集的地點。

表 1 樣本調查地點說明

編號	鄉鎮位置	參考點名稱	GPS 位置
A	嘉義縣東石鄉	鰲鼓溼地北堤	23°51'95.8"N 120°13'00.6"E
B	雲林縣口湖鄉	口湖臨海園	23°34'19.5"N 120°08'34.9"E
C	雲林縣四湖鄉	三條崙海水浴場	23°39'38.4"N 120°09'10.3"E
D	雲林縣台西鄉	台西夢幻沙灘	23°44'22.7"N 120°10'33.6"E
E	雲林縣麥寮鄉	許厝寮濕地	23°49'16.4"N 120°12'56.4"E
F	彰化縣大城鄉	大城下海墘抽水站	23°52'06.2"N 120°16'41.9"E



鰲鼓溼地：鰲鼓濕地原為台糖公司在東石的防風林地，北港溪、六腳大排兩溪流在此匯集，多樣的生態環境及棲地型態，給予動植物絕佳的生存環境，促成當地極其豐富的濕地生態。

統汕洲：台西以南之統汕洲，表面被薄層沙丘覆蓋，低潮時寬達 1200 公尺，漲潮時，常不及其半。統汕洲向南延伸，連接外傘頂洲。

六輕：位於台灣雲林縣麥寮鄉的煉油廠，坐落於麥寮沿岸的雲林離島式基礎工業區，由台塑集團投資開發與經營。其為台灣第 6 座輕油裂解廠因而得名，也是台灣第一座民營煉油廠。

濁水溪：濁水溪，舊名螺溪，下游段稱為西螺溪，位於台灣中部，屬於中央管河川，全長約 186.6 公里，是台灣最長的河川，下游為彰化縣與雲林縣的界河。

田野調查海水參數解釋：

(1) pH酸鹼值：

海水的pH值是一個用來測量海水酸鹼度的指標，通常被歸類為弱鹼性，海洋委員會海洋保育署水質監測pH標準值為「7.5至8.5」。海水的pH值會受到季節和地區等多種因素的影響而有所不同，例如，在夏季，海水表層的二氧化碳含量和氫離子濃度會因為溫度上升和光合作用的影響而下降，進而導致pH值上升，使其更加鹼性。在冬季，pH值通常會下降。因此，在評估海水的pH值時，需要綜合考慮多種因素，以確保其準確性。

(2) EC電導率($\mu\text{S}/\text{cm}$)：

海水電導率是一種用來測量在截面積為1平方公分、長度為1公分的海水水柱中通過電流的電量的指標。一般而言，海水的電導率約為 50,000~55,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。高電導率可能表示海水中含有較多的離子或導電物質，可能含有腐蝕或會生成水垢的物質，而低電導率則表示海水中離子或導電物質含量較少。因此，電導率可作為判斷海水污染的指標之一。

(3) 比重S.G.：

比重 (Specific Gravity)，又稱為相對密度，是一種物質密度的無單位表示，是指物質密度與在相同條件下（通常指4°C）純水密度的比值。比重在海洋科學中常用來表示海水的密度，自然海水的比重介於1.022至1.023之間，因此可以通過比重的測量來推算海水中的鹽度和溶氧量等物理化學性質。比重的變化也可以作為參考，用來判斷海水中的其他物理化學性質的變化，例如因為雨水或排水而導致的比重下降等。

(4) 鹽度 Salinity (psu) :

相對鹽度，是指海水的電導率與標準海水的電導率之比，透過相對鹽度的變化可以觀察海水中所有溶質的總濃度變化，看是否受到附近河川或是降雨的影響，而讓某些數值偏低。

貳、研究器材與材料



圖 3 自製觀察箱(側面) (正上方)



圖 4 六個地點各四次海水樣本

圖 5 電導率與鹽度計

圖 6 觀察盒與光度計

參、研究過程與結果

一、研究架構：

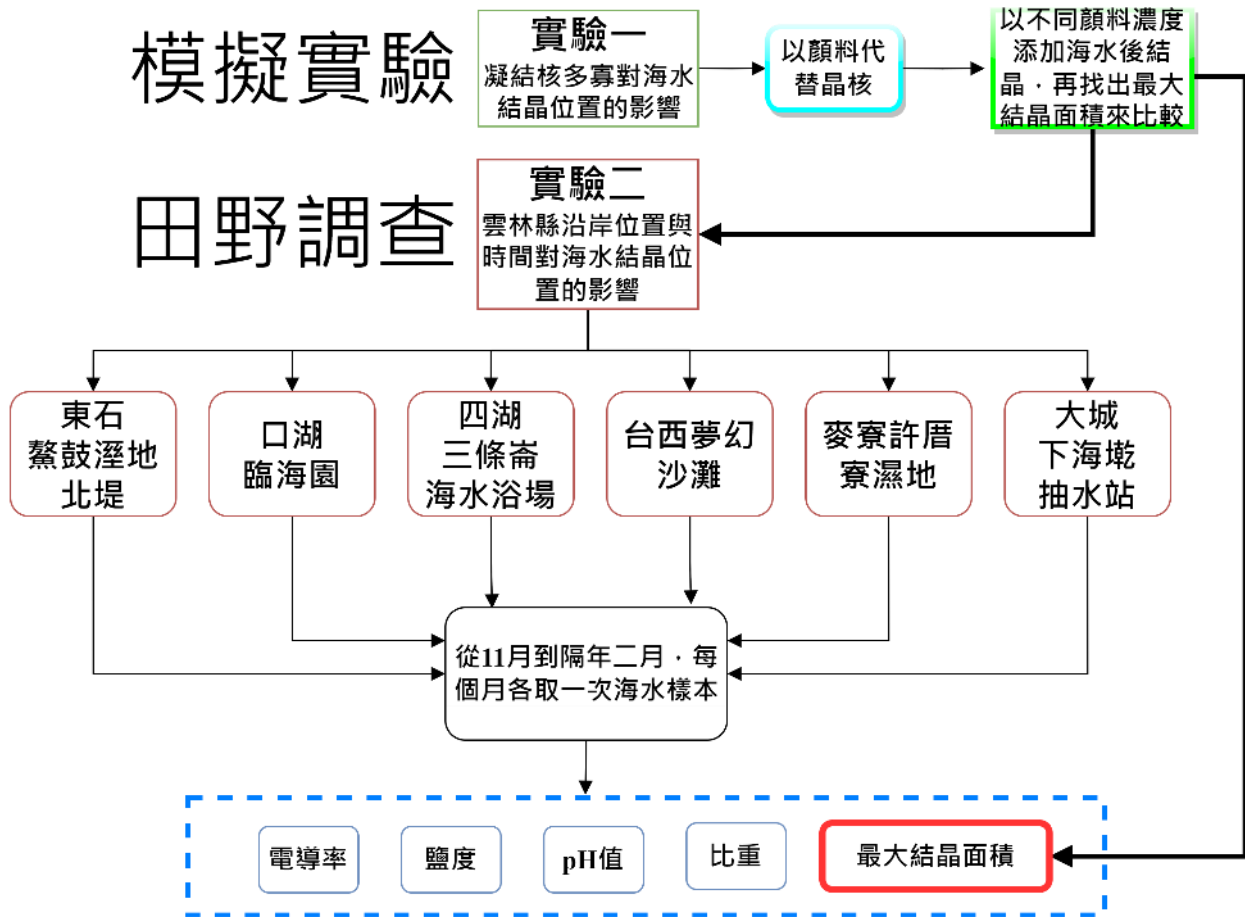


圖 7 研究架構圖

二、研究方法：配置不同顏料濃度溶液甲~戊（清水透光率167lux）






實驗一：以顏料模擬凝結核對海水結晶的影響

步驟：

首先以顏料當作懸浮粒子

1. 以黃色顏料配置溶液，分別配置濃度比1：0.5：0.25：0.125：0.0625五種不同懸浮粒子數溶液。配置如下表2，再各取50ml溶液以自製光度計利用透光率去推算凝結核的比例。

表2 配置不同顏料濃度溶液甲~戊（清水透光率167lux）

編號	溶液甲	溶液乙	溶液丙	溶液丁	溶液戊
配置方式	1小匙黃色顏料加水至500ml	取250ml溶液甲加水至500ml	取250ml溶液乙加水至500ml	取250ml溶液丙加水至500ml	取250ml溶液丁加水至500ml
狀態					
與溶液甲的濃度比	1	0.5	0.25	0.125	0.0625
透光率(lux)	22	37	63	107	151

2. 以海水含量前三的氯化鈉、氯化鎂和硫酸鎂模擬海水。每升海水中含有約 27.213 克氯化鈉、3.807 克氯化鎂和 1.658 克硫酸鎂，重量比約為 16.41：2.30：1，所以取 65.6 克氯化鈉、9.2 克氯化鎂和 4 克硫酸鎂，加入 1 升水中混合均勻。
3. 取 35 毫升模擬海水，加入甲~戊五種不同濃度溶液各 5 毫升，並各混合蒸餾水 5 毫升。
4. 將混合液放置蒸發皿中，放入控溫箱固定 35°C 至結晶完成，最後使用 Ic measure 程式計算最大結晶的面積（取四個最大結晶平均）。
5. 取 14 毫升模擬海水，加入甲~戊五種不同濃度溶液各 2 毫升，並各混合蒸餾水 2 毫升。
6. 將混合液放置在培養皿中，加熱至 35°C，直到溶液蒸發並結晶完成。使用 Ic measure 程式計算最大結晶的面積。
(註：因上次科展評審老師建議使用培養皿進行結晶實驗會更理想，所以我們想比較使用培養皿和蒸發皿的結晶差異。)
7. 最後比較培養皿和蒸發皿的結晶情況，並判斷凝結核和結晶的位置關係。

實驗二：雲林縣沿岸位置與時間對海水結晶的影響

步驟：

1. 利用鰲鼓溼地、離岸沙洲的統汕洲、六輕和濁水溪這四個地點選擇嘉義縣東石鄉、雲林縣口湖鄉、四湖鄉、台西鄉、麥寮鄉及彰化大城鄉這六個鄉鎮海邊作觀察地點的參考。
2. 在這六個位置分別在 11 月、12 月、隔年 1 月和 2 月這四個時段收集海水樣本，並記錄當天的天氣狀況、周遭環境和水溫。
3. 取海水樣本，並測量電導率、pH 值、鹽度和比重，並記錄數據。
4. 每次取 20 毫升不同的海水樣本於培養皿中，利用結晶觀察箱在 35°C 下等待結晶完成。
(去年科展我們發現氯化鎂接近 35°C 才會結晶，所以設定溫度 35°C。)
5. 觀察樣本中的結晶，並使用 Ic measure 軟體計算四個最大結晶的平均面積。
6. 從 11 月開始的東北季風增強，此時大陸沿岸流的強度會大於黑潮支流。因此，在 11 月到 2 月期間，整個海水的流向會以向南為主。根據實驗二中所得數據，將電導率、pH 值、鹽度和比重與實驗一的結果相比較，以樣本結晶的大小來判斷海水的變化。



圖 8 實際樣本分析

三、研究結果與討論

實驗一：凝結核多寡對海水結晶位置的影響

1. 研究結果：

表3 凝結核多寡與模擬海水結晶時間與狀態關係表(培養皿)

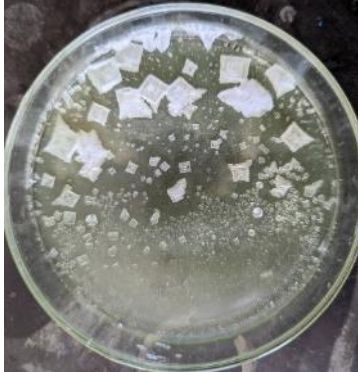
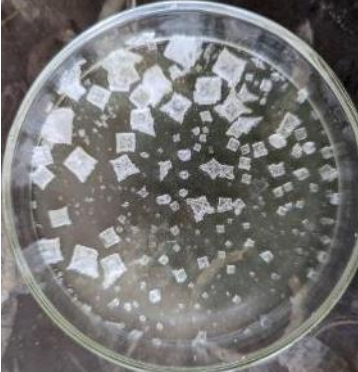

編號	甲	乙	丙
濃度倍率	1	0.5	0.25
結晶狀態			
最大晶體面積(cm ²)	1.42 cm ²	0.68 cm ²	0.91 cm ²

表3 凝結核多寡與模擬海水結晶時間與狀態關係表(培養皿)(續)

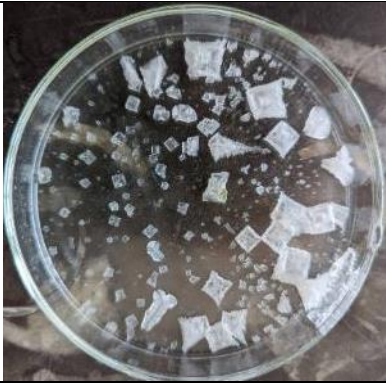

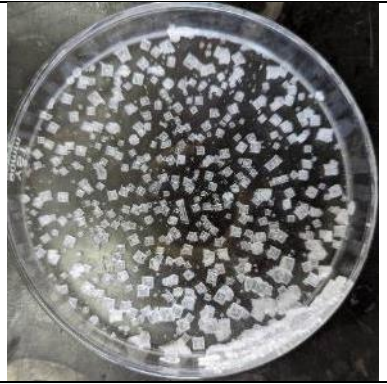






編號	丁	戊	空白試液(無添加顏料)
濃度倍率	0.125	0.0625	0
結晶狀態			
最大晶體面積(cm ²)	0.86 cm ²	0.54 cm ²	0.13 cm ²

表4 凝結核多寡與模擬海水結晶時間與狀態關係表(蒸發皿)

編號	甲	乙	丙
濃度倍率	1	0.5	0.25
結晶狀態			
編號	丁	戊	空白試液(無添加顏料)
濃度倍率	0.125	0.0625	0
結晶狀態			

2. 研究討論：

以顏料當作凝結核加入蒸發皿中時，我們發現凝結核越少，越容易從旁邊開始結晶，類似上次科展觀察到由外往內結晶的現象。因此，從蒸發皿的實驗結果來看，的確是凝結核的影響造成此變化。我們猜測重力可能是其中的原因。在凝結核濃度較高時，我們也發現蒸發皿底部會產生薄薄的一層硫酸鎂與氯化鎂，在外往內的過程中，容易在硫酸鎂與氯化鎂結晶邊緣處產生結晶，進而形成由外往內結晶的現象。

不過，當我們改用平底的培養皿時，情況就變得不太一樣了，結晶就變得更像上一次科展真實海水的結晶方式。在這種情況下，結晶從模擬海水表面形成，並浮在液體上方。根據我們的模擬結果，最大結晶面積如下圖 9 所示。

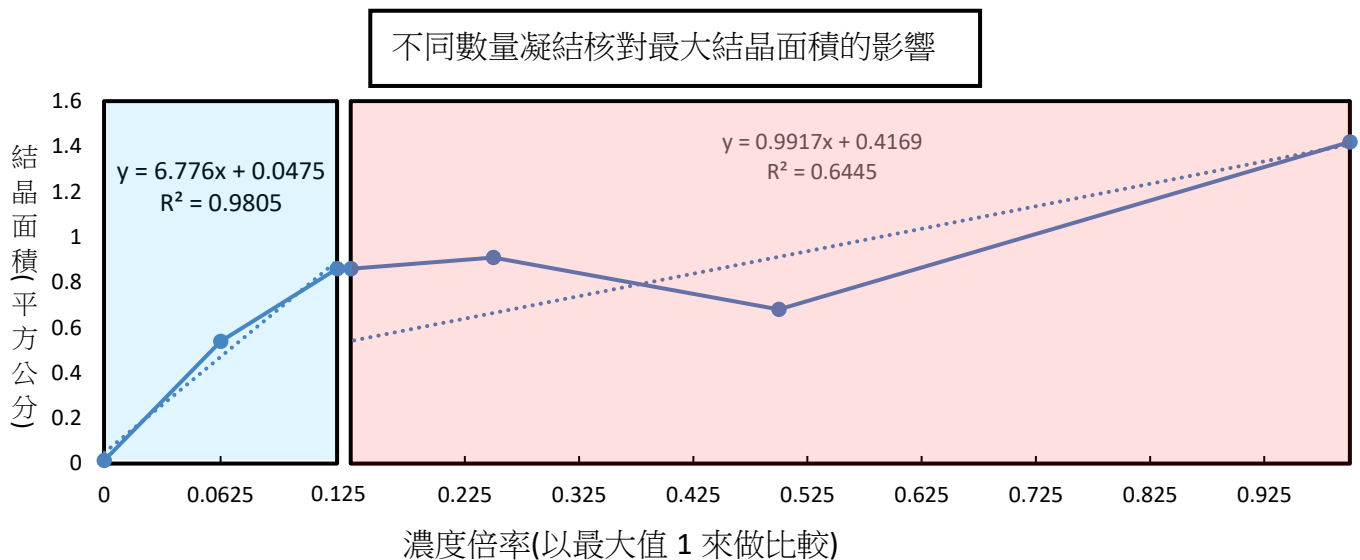


圖 9 不同凝結核數量比對結晶大小影響圖

我們發現，當顆粒數量增多時，如果顏料濃度過高，將會阻礙結晶的正常生長，進而限制結晶的大小和數量，對最大結晶大小產生影響。然而，當濃度較低時，結晶大小就會明顯受到凝結核數量的影響。換句話說，濃度較低時（圖 9 藍色區），凝結核越多結晶就越容易變大且數量越少。跟實際化學結晶，凝結核越多，結晶越小數量越多不同，推測是當凝結核越多時，彼此反而會受到吸引的現象（去年科展也有發現吸引的現象）而讓結晶變大。

另外，為了模擬真實海水的結晶方式並排除蒸發皿的影響，我們之後都會使用培養皿進行結晶實驗。

實驗二：雲林縣沿岸位置與時間對海水結晶的影響

1. 研究結果：

地點A：鰲鼓溼地北堤

表 5 取樣地點 A 鰲鼓溼地北堤說明表

地點A：鰲鼓溼地北堤	GPS：23°31'10.6"N 120°07'48.3"E	地點附近描述
<p>Google 地形圖</p>		<p>A點位置為北港溪出口，外海由外傘頂洲與統汕洲包覆，地處鰲鼓溼地，具有豐富的生態，每次都會遇到許多釣魚和賞鳥的人，12月那次我們還用望遠鏡看到黑面琵鷺。</p> <p>到北堤取水需要先走上堤防，走過大小石頭才到海邊，冬天風大，雖然距離不長但幾乎要蹲著走才能到海邊取水。</p> <p>岸邊總是有很多垃圾和漂流木，水沒什麼味道，第二次去的時候，外海多了很像蚵架的東西。</p>

表 6 地點 A 鰲鼓溼地北堤取樣紀錄表

取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	<p>時間：2022.11.27 水溫：25.7°C</p> 		
	<p>時間：2022.12.18 水溫：14.1°C</p> 		
	<p>時間：2023.01.15 水溫：20.8°C</p> 		

表 6 地點 A 鰲鼓溼地北堤取樣紀錄表(續)

取樣時間、風向、水溫與地點照片		周遭環境照片		
		時間：2023.02.19 水溫：21.5°C		
				

表 7 不同時間取樣(地點 A 鰲鼓溼地)結晶狀態表







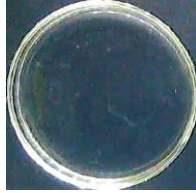
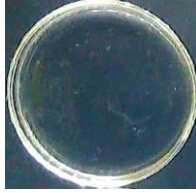
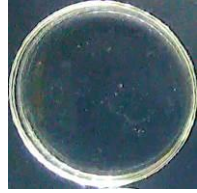
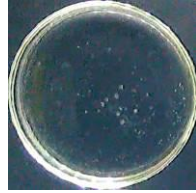
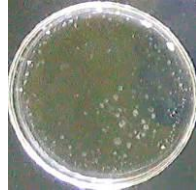
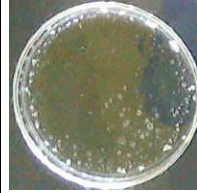
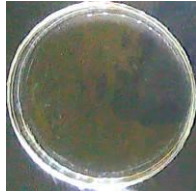
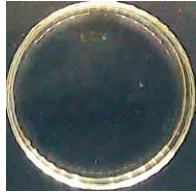
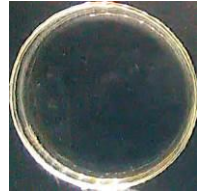
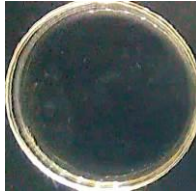
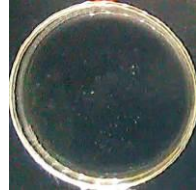
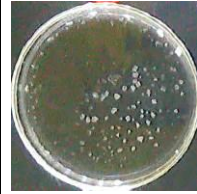
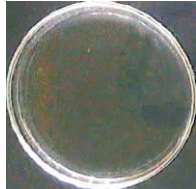
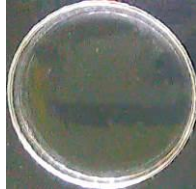
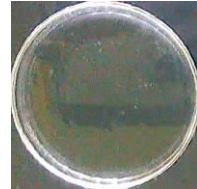



時間	0 Hr	6 Hr	12 Hr	18 Hr	24 Hr	30 Hr
2022 11.27						
2022 12.18						
2023 01.15						
2023 02.19						

表 8 取樣地點 A 鰲鼓溼地水溫、pH 值、電導率、鹽度與比重紀錄表

取樣時間	取樣水溫 (°C)	酸鹼值 pH 值	電導率 (μ S/cm)	比重 S.G.	鹽度 Salinity (psu)
2022.11.27	25.7	7.98	53700	1.024	3.32
2022.12.18	14.1	7.50	48800	1.022	2.99
2023.01.15	20.8	7.79	52800	1.024	3.24
2023.02.19	21.5	7.37	56100	1.026	3.45

地點B：口湖臨海園

表9 取樣地點B 口湖臨海園說明表

地點B：口湖臨海園	GPS：23°34'19.5"N 120°08'34.9"E	地點附近描述
<p>Google 地形圖</p>		<p>箔子寮漁港南方，口湖臨海園旁，外海被統汕洲包圍。 第一次去臨海園附近找取水地點花了很久時間，整個海岸水泥化，有一個大斜坡可以往下走取海水，但海水是咖啡色泡沫狀而且很臭，於是我們改往港口，可以沿著階梯往下走取海水。 12月風大氣溫低，階梯濕滑，媽媽還滑倒受傷了。2月是開學第一週去，港口除了原本的垃圾，還多了很多鞭炮，水不太乾淨，我們用取水器取海水。</p>

表10 地點B口湖臨海園取樣紀錄表

取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	<p>時間：2022.11.27 水溫：26.8°C</p> 		
	<p>時間：2022.12.18 水溫：15.5°C</p> 		
	<p>時間：2023.01.15 水溫：21.5°C</p> 		
	<p>時間：2023.02.19 水溫：19.8°C</p> 		

表 11 不同時間取樣(地點 B 口湖臨海園)結晶狀態表

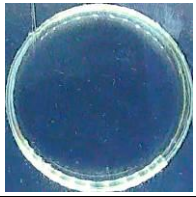


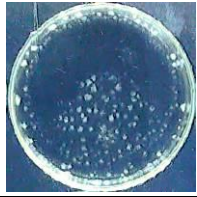


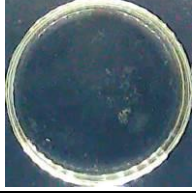
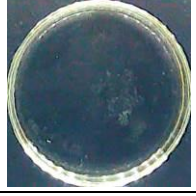
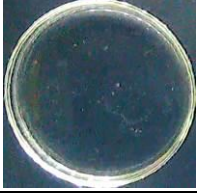
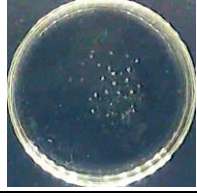
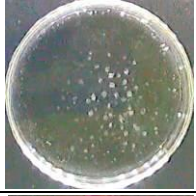
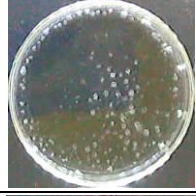
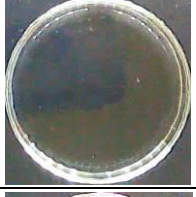
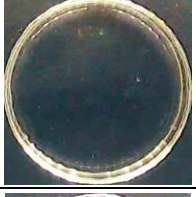
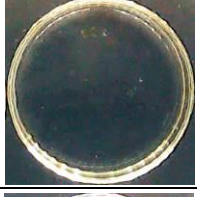
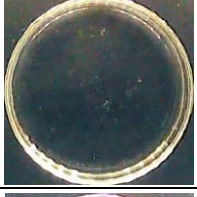
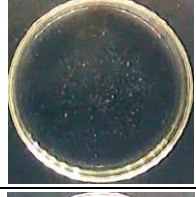

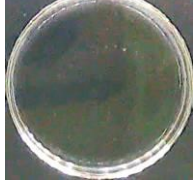



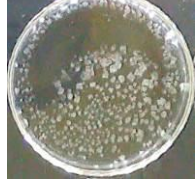
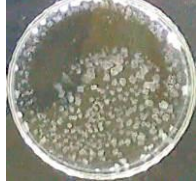
時間	0 Hr	6 Hr	12 Hr	18 Hr	24 Hr	30 Hr
2022 11.27						
2022 12.18						
2023 01.15						
2023 02.19						

表 12 取樣地點 B 口湖臨海園水溫、pH 值、電導率、鹽度與比重紀錄表

取樣時間	取樣水溫 (°C)	酸鹼值 pH 值	電導率 (μ S/cm)	比重 S.G.	鹽度 Salinity (psu)
2022.11.27	26.8	7.29	48600	1.022	2.99
2022.12.18	15.5	7.08	44100	1.020	2.70
2023.01.15	21.5	7.72	55100	1.025	3.38
2023.02.19	19.8	7.42	54700	1.025	3.36

地點 C：四湖三條崙海水浴場

表13 取樣地點C三條崙海水浴場說明表

地點C：三條崙海水浴場	GPS：23°39'38.4"N 120°09'10.3"E	地點附近描述
Google 地形圖	 <p style="text-align: center;">三條崙海水浴場</p>	<p>三條崙海水浴場位於雲林縣四湖鄉三條崙，是雲林、嘉義地區唯一的海水浴場，鄰近三條崙海清宮。</p> <p>三條崙海灘的水雖然較混濁，但生態還算豐富，第二次取水時，因為退潮的關係，所以原本的取水點變成一片泥濘的沙灘，需要越過一個坡地才能取到海水。</p> <p>12月風大沙灘泥濘，幾乎沒有辦法走過海灘，每走一步鞋子就陷進去泥沙裡面，好不容易取到水，水也都是泥沙。</p>

表14 地點C三條崙海水浴場取樣紀錄表

取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	<p style="text-align: center;">時間：2022.11.27 水溫：26.3°C</p> 		
	<p style="text-align: center;">時間：2022.12.18 水溫：15.0°C</p> 		
	<p style="text-align: center;">時間：2023.01.15 水溫：18.6°C</p> 		
	<p style="text-align: center;">時間：2023.02.19 水溫：22.1°C</p> 		

表 15 不同時間取樣(地點 C 三條崙海水浴場)結晶狀態表

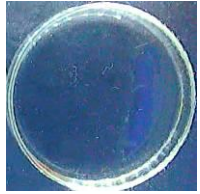
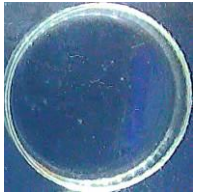
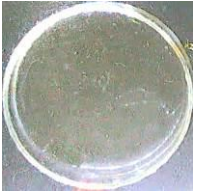
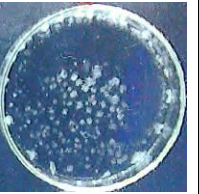
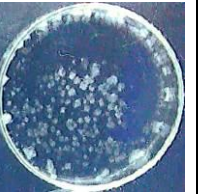
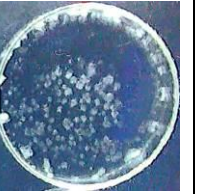
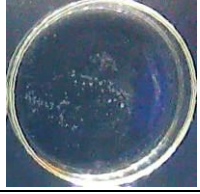
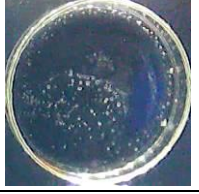
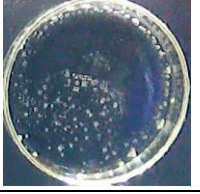


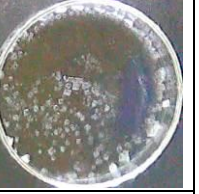
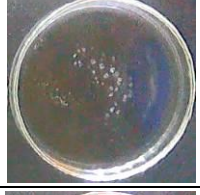
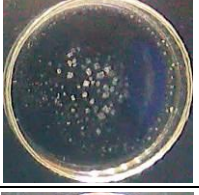
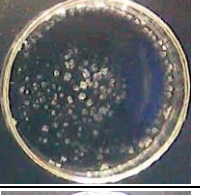


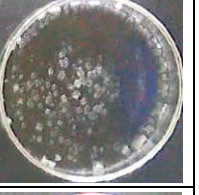

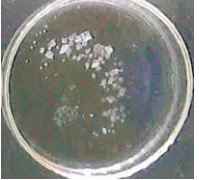




時間	0 Hr	6 Hr	12 Hr	18 Hr	24 Hr	30 Hr
2022 11.27						
2022 12.18						
2023 01.15						
2023 02.19						

表 16 取樣地點 C 三條崙海水浴場水溫、pH 值、電導率、鹽度與比重紀錄表

取樣時間	取樣水溫 (°C)	酸鹼值 pH 值	電導率 (μ S/cm)	比重 S.G.	鹽度 Salinity (psu)
2022.11.27	26.3	7.67	55600	1.025	3.39
2022.12.18	15.0	7.59	55100	1.025	3.37
2023.01.15	18.6	7.77	56500	1.025	3.47
2023.02.19	22.1	7.48	56500	1.026	3.47

地點D：台西夢幻沙灘

表17 取樣地點D：台西夢幻沙灘說明表

地點C：台西夢幻海灘	GPS：23°44'22.7"N 120°10'33.6"E	地點附近描述
Google 地形圖		<p>位處台西鄉，為新虎尾溪與施厝寮大排水溝出水口匯集處，鄰近雲林離島式基礎建設，也就是太陽能發電廠。</p> <p>11月第一次去，我們爬上消波塊取水，每撈一點海水，就有波浪打上來，幸好海巡署人員及時出現，告訴我們旁邊有沙灘。為了之後取水方便，我們改到沙灘重新取水。12月那天的風非常大，原本的海灘就像沙塵暴的沙漠，為了安全，媽媽讓我在一旁等，她自己到海邊取水，拿回來的海水有些泥沙沉澱在瓶子底部。</p>

表18 地點D：台西夢幻沙灘取樣紀錄表

取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	時間：2022.11.27		水溫：25.3°C
			
	時間：2022.12.18		水溫：15.9°C
			
	時間：2023.01.15		水溫：19.6°C
			
	時間：2023.02.19		水溫：19.3°C
			

表 19 不同時間取樣(地點 D：台西夢幻沙灘)結晶狀態表

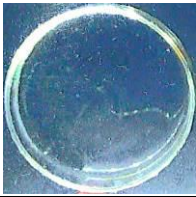
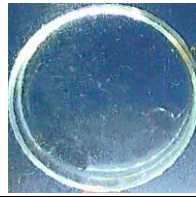


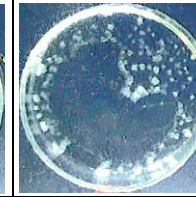
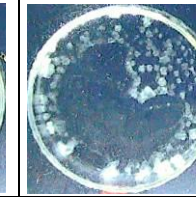


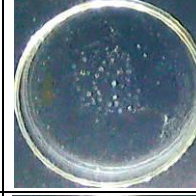
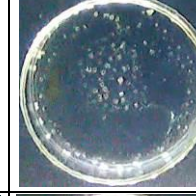
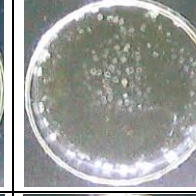
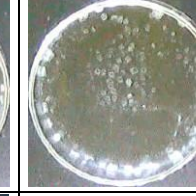
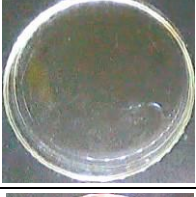
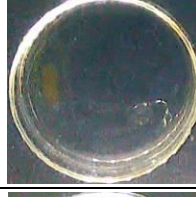
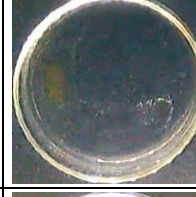
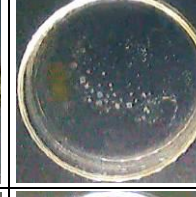
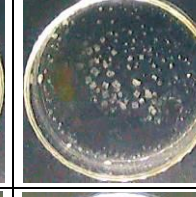
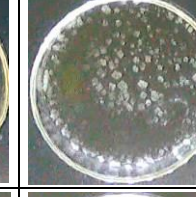

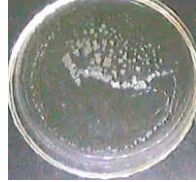

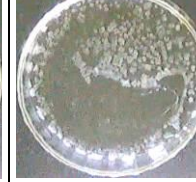

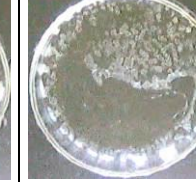
時間	0 Hr	6 Hr	12 Hr	18 Hr	24 Hr	30 Hr
2022 11.27						
2022 12.18						
2023 01.15						
2023 02.19						

表 20 取樣地點 D：台西夢幻沙灘水溫、pH 值、電導率、鹽度與比重紀錄表

取樣時間	取樣水溫 (°C)	酸鹼值 pH 值	電導率 (μ S/cm)	比重 S.G.	鹽度 Salinity (psu)
2022.11.27	25.3	7.66	55700	1.026	3.41
2022.12.18	15.9	6.88	50500	1.023	3.09
2023.01.15	19.6	7.71	55900	1.025	3.43
2023.02.19	19.3	7.35	55500	1.025	3.41

地點E：麥寮許厝寮濕地

表21 取樣地點E許厝寮濕地說明表

地點E：許厝寮濕地	GPS：23°49'16.4"N 120°12'56.4"E	地點附近描述
Google 地形圖		<p>許厝寮位於六輕附近。我們原本認為，由於六輕冒出的煙霧，該地區的水質會很差。但令人意外的是，在那裡的沙灘上，生態狀況還算不錯。我們看到許多小螃蟹，甚至還發現了一隻小寄居蟹。這隻小螃蟹的貝殼不是垃圾，而是真正的海螺殼，這讓我感到驚訝。</p> <p>雖然水質觀測顯示該地區的海水比較乾淨，但在隔月的採樣中，我們發現有大量的風吹沙，這使得採樣變得困難許多。</p>

表22 地點E許厝寮濕地取樣紀錄表

取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	<p>時間：2022.11.27 水溫：27.1°C</p> 		
	<p>時間：2022.12.18 水溫：13.4°C</p> 		
	<p>時間：2023.01.15 水溫：20.8°C</p> 		
	<p>時間：2023.02.19 水溫：19.9°C</p> 		

表 23 不同時間取樣(地點 E：許厝寮濕地)結晶狀態表

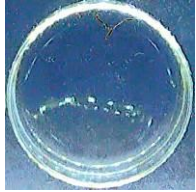
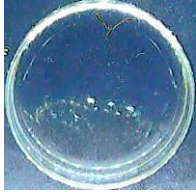

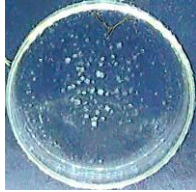
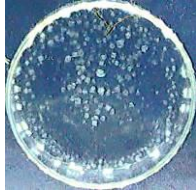





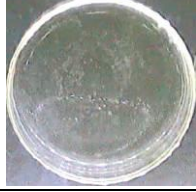




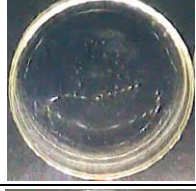
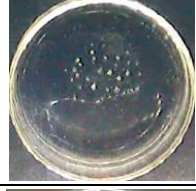





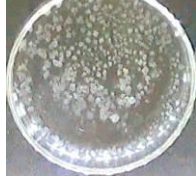
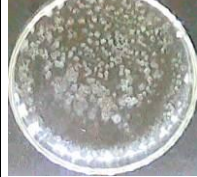
時間	0 Hr	6 Hr	12 Hr	18 Hr	24 Hr	30 Hr
2022 11.27						
2022 12.18						
2023 01.15						
2023 02.19						

表 24 取樣地點(E：許厝寮濕地) 水溫、pH 值、電導率、鹽度與比重紀錄表

取樣時間	取樣水溫 (°C)	酸鹼值 pH 值	電導率 (μ S/cm)	比重 S.G.	鹽度 Salinity (psu)
2022.11.27	27.1	7.18	49000	1.022	2.99
2022.12.18	13.4	7.21	51100	1.023	3.13
2023.01.15	20.8	7.42	59200	1.027	3.64
2023.02.19	19.9	7.01	55300	1.025	3.39

地點F：大城鄉下海墘抽水站

表25 取樣地點(F：大城鄉下海墘抽水站)說明表

地點E：大城鄉下海墘抽水站	GPS：23°52'06.2"N 120°16'41.9"E	地點附近描述
<p>Google 地形圖</p>		<p>來到彰化縣南端，位於濁水溪北側的採集地點距離下海墘抽水站不到 100 公尺，但多次採樣時都發現空氣汙染嚴重，瀰漫著奇怪的氣味。同時，採集海水時也發現當地的土壤是黏性土壤，但發現附近垃圾與汙染情況嚴重，土壤中還有玻璃等雜物，使得採樣時容易受傷。此外，還發現海堤上有一些家禽已經死亡。</p>

表26 地點(F：大城鄉下海墘抽水站)取樣紀錄表

取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	<p>時間：2022.11.27 水溫：28.1°C</p> 		
	<p>時間：2022.12.18 水溫：12.4°C</p> 		
	<p>時間：2023.01.15 水溫：20.1°C</p> 		

表26 地點(F：大城鄉下海墘抽水站)取樣紀錄表(續)





取樣時間、風向、水溫與地點照片	周遭環境照片		
	時間：2023.02.19 水溫：18.5°C		
			

表 27 不同時間取樣(F：大城鄉下海墘抽水站)結晶狀態表






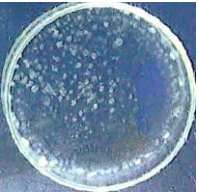
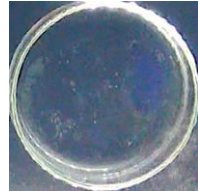
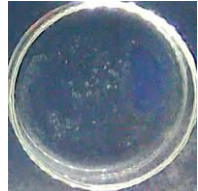
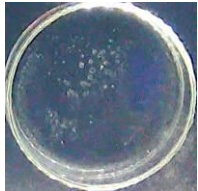
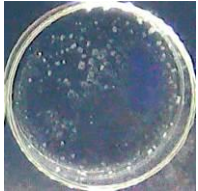

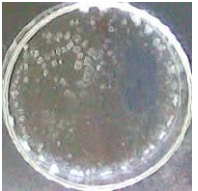

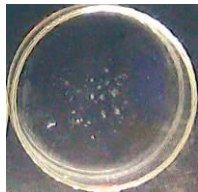
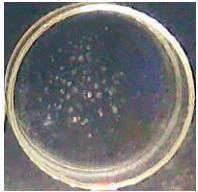
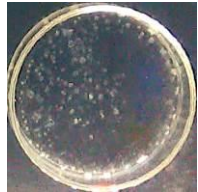
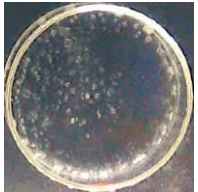
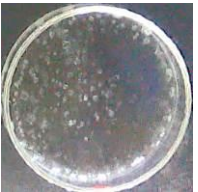

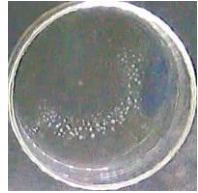
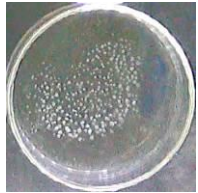
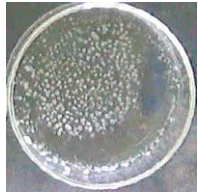

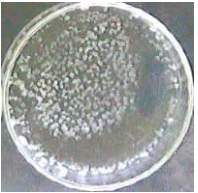
時間	0 Hr	6 Hr	12 Hr	18 Hr	24 Hr	30 Hr
2022 11.27						
2022 12.18						
2023 01.15						
2023 02.19						

表 28 取樣地點(F：大城鄉下海墘抽水站)水溫、pH 值、電導率、鹽度與比重紀錄表

取樣時間	取樣水溫 (°C)	酸鹼值 pH 值	電導率 (μ S/cm)	比重 S.G.	鹽度 Salinity (psu)
2022.11.27	28.1	6.89	37100	1.016	2.20
2022.12.18	12.4	7.43	43300	1.020	2.63
2023.01.15	20.1	7.45	40800	1.018	2.43
2023.02.19	18.5	6.85	49700	1.023	3.04

2. 結果討論：

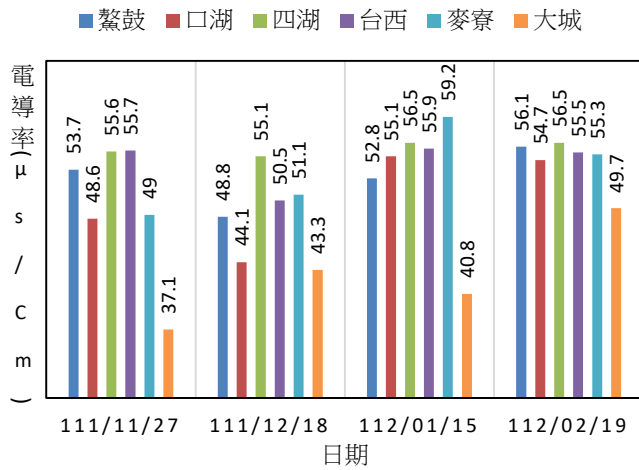


圖 10 雲林縣海邊六個地點電導率對時間變化圖

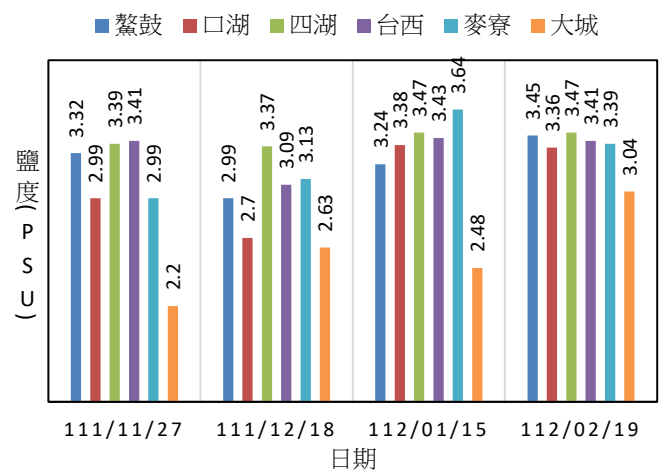


圖 11 雲林縣海邊六個地點鹽度對時間變化圖

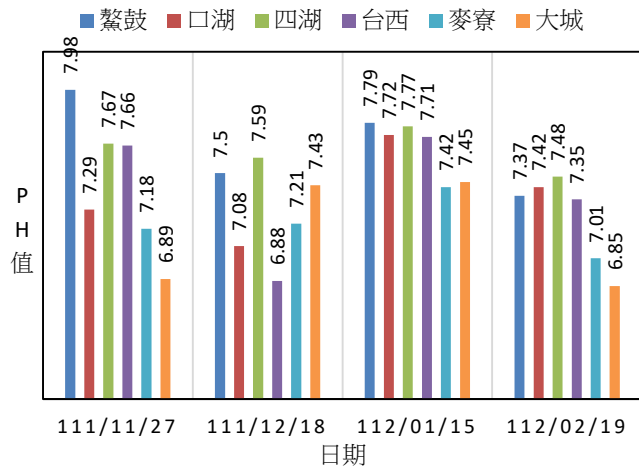


圖 12 雲林縣海邊六個地點酸鹼值對時間變化圖

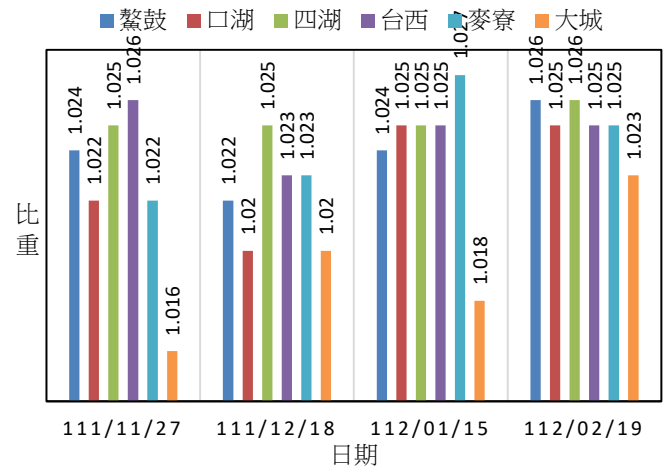


圖 13 雲林縣海邊六個地點比重對時間變化圖

其中我們可以發現電導率、比重與鹽度的變化趨勢相同，而圖 10 至圖 13 是從去年 11 月到今年 2 月不同地點的各種數值變化圖，接下來會以此結果探討各種問題。

利用實驗一的結果可以推測其凝結核多寡，將各地點不同時間的結晶利用程式 IC measure 來計算面積大小，取最大顆粒前四名的平均，來做其他數值的比較。

表 29 雲林沿岸在不同時間的結晶情形

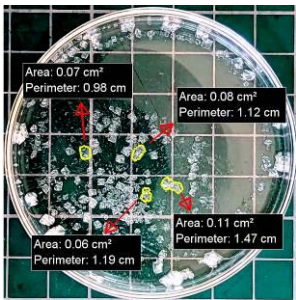
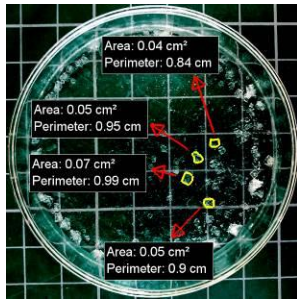
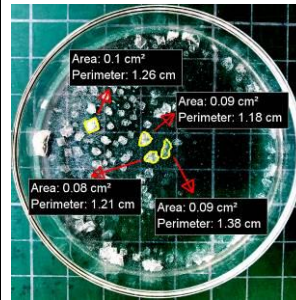
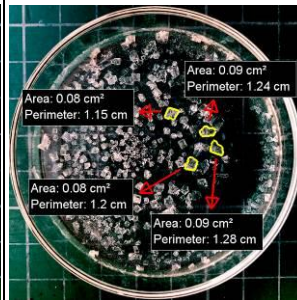
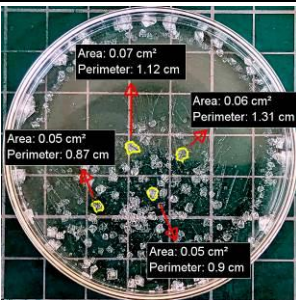
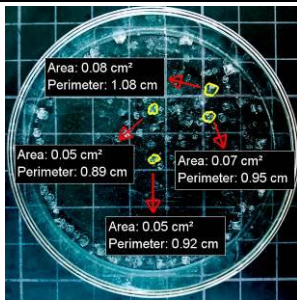
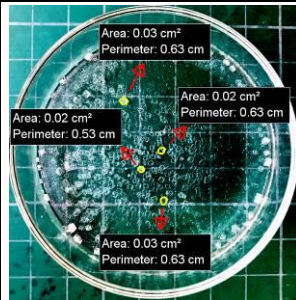
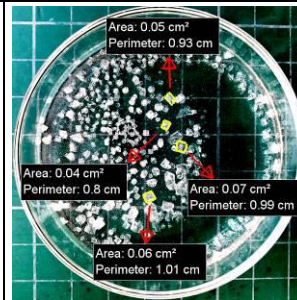
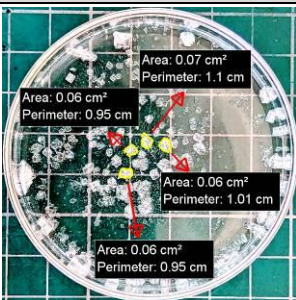
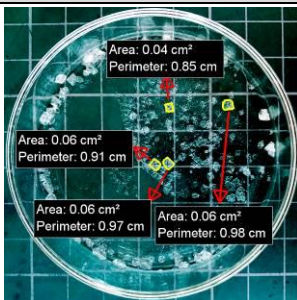
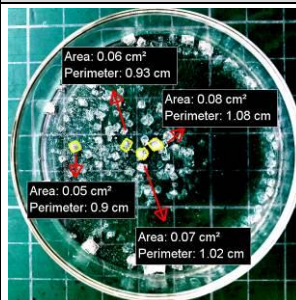
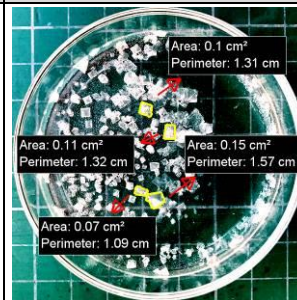
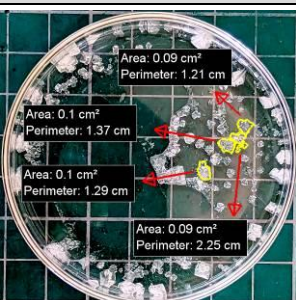
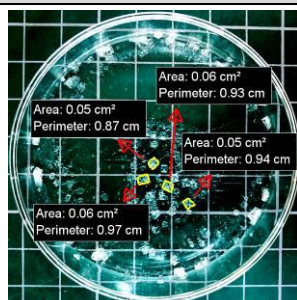
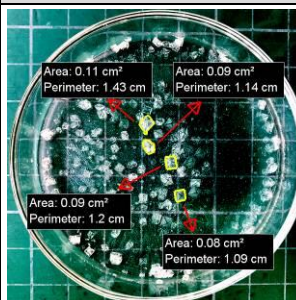
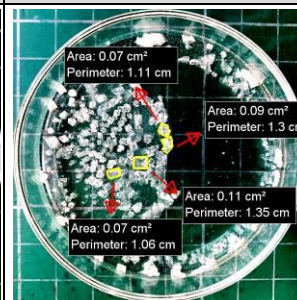
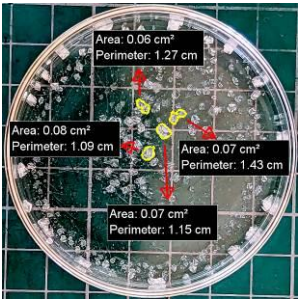
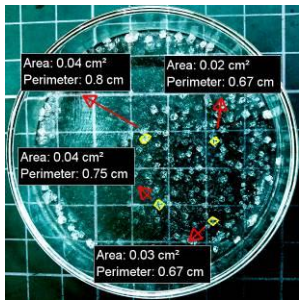
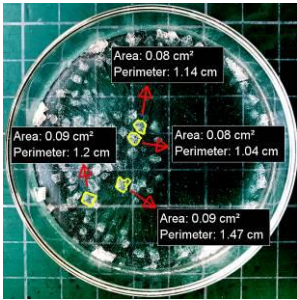
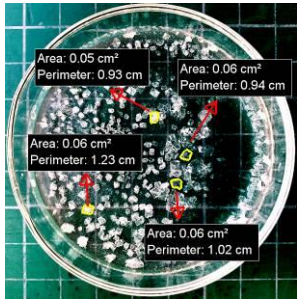
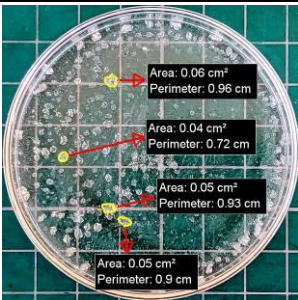
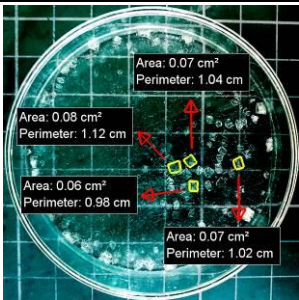
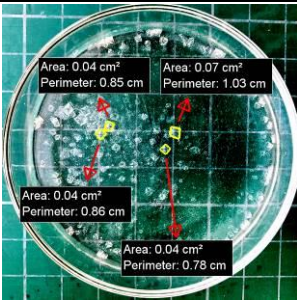
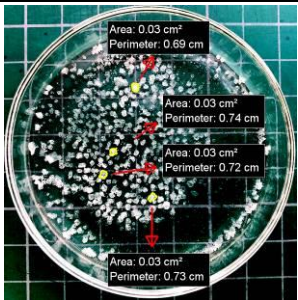
時間 地點	2022.11.27	2022.12.18	2023.01.15	2023.02.19
A：鰲鼓 溼地北堤				
最大顆粒 大小(cm ²)	0.08	0.05	0.09	0.08
B：口湖 臨海園				
最大顆粒 大小(cm ²)	0.06	0.06	0.03	0.06
C：三條 崙海水浴 場				
最大顆粒 大小(cm ²)	0.06	0.06	0.07	0.11
D：台西 夢幻沙灘				
最大顆粒 大小(cm ²)	0.10	0.06	0.09	0.09

表 29 各地點在不同時間的結晶情形(續)

時間 地點	2022.11.27	2022.12.18	2023.01.15	2023.02.19
E：麥寮許厝寮濕地				
最大顆粒大小(cm ²)	0.07	0.03	0.08	0.06
F：大城鄉下海墘抽水站				
最大顆粒大小(cm ²)	0.05	0.07	0.05	0.03

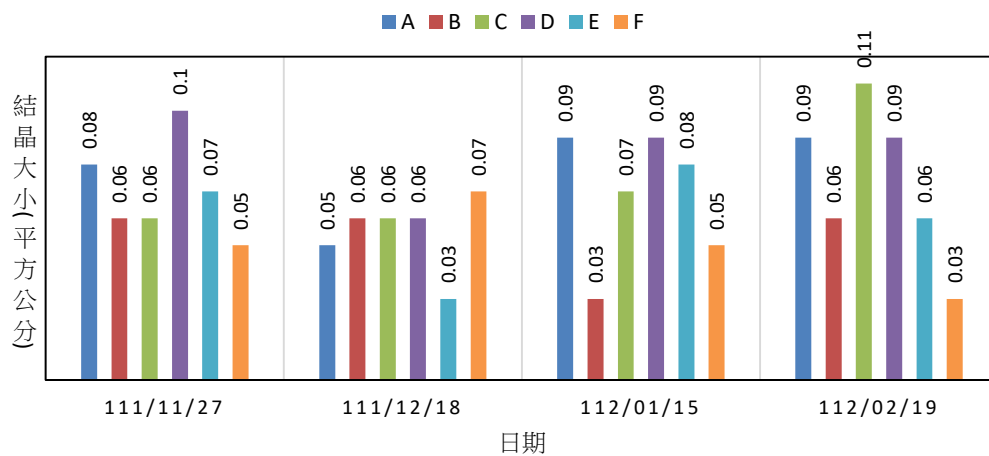


圖 14 雲林縣海邊六個地點結晶大小對時間變化圖

接下來會將結晶大小的趨勢對照海水樣本各趨勢比較，在最後討論來說明，看是否與實驗一結果趨向一致。

肆、結論與建議

一、結論：

1. 我們從實驗一探討凝結核的數量對海水結晶來看，利用顏料模擬，針對容器與凝結核的數量兩個方向來做探討，發現結果整理如下：

(1) 容器方面：

表 30 海水在蒸發皿與培養皿結晶比較表

容器種類	結晶方式	容器底部
蒸發皿	凝結核少時會從邊緣開始結晶	底部明顯出現一層薄薄透明結晶
培養皿	從液體表面開始結晶	底部無明顯薄層結晶

凝結核的多寡的確會影響是從邊緣或是液體表面開始結晶，而容器的選擇則是會影響薄層結晶的出現，或許未來可以探討容器形狀與結晶之間的關係。

(2) 凝結核方面：

實驗發現，使用顏料作為凝結核時，一開始結晶較小且數量較多。然而，因為我們讓它們有足夠的時間成長，又因為結晶之間存在吸引力而互相吸引結合，因此最終結果是凝結核數量越多，結晶就越大且結晶數量越少。

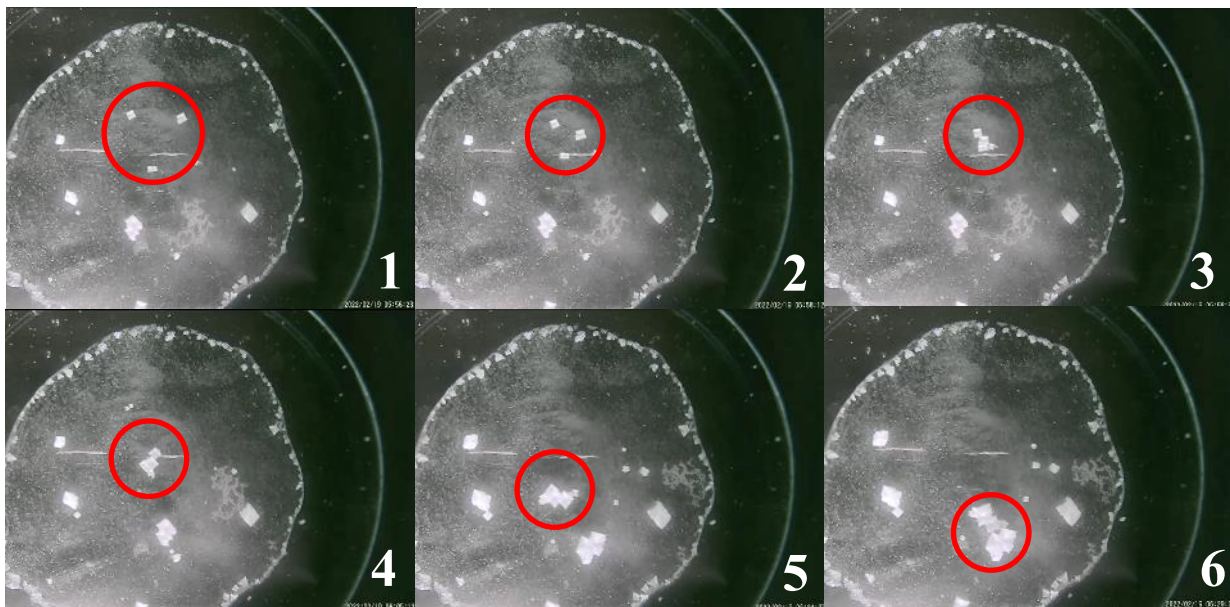


圖 15 晶體之間吸引力顯示圖

(來源：雲林縣第 62 屆科展：海水結晶亮晶晶-探討海水結晶與成分中氯化鎂、氯化鈉與硫酸鎂兩兩結晶的影響)

從雲林海岸線沿岸六個地點的海水樣本中發現，最早結晶的四個樣本都來自位於 C 地點的三條崙漁港。這表示三條崙漁港的海水樣本中凝結核的數量最多。此外，我們注意到三條崙漁港的平均電導率在六個地點中排名第一，所以**電導率應該與凝結核的數量有正相關。**

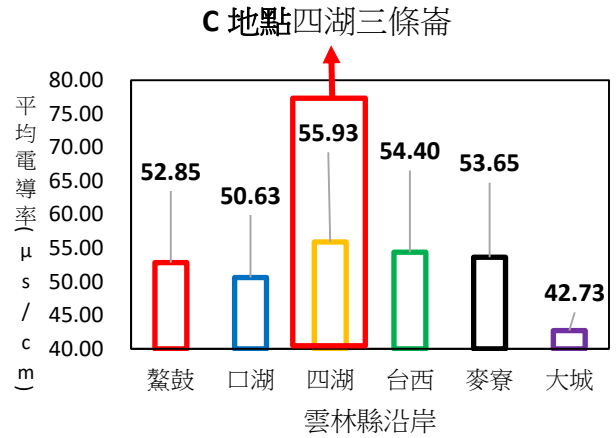


圖 16 六個地點的平均電導率

當電導率高，可以確定其含金屬離子的懸浮物更多；但電導率低時，卻有可能受到不導電的粒子（類似藻類遺骸或難溶於水的碳酸鈣等等）影響而讓結晶時間加速，就像大城下海墘雖然電導率最低，觀察結晶時間卻不是最晚。

- 從實驗中觀察，除了受到其他外在因素影響，可以看出電導率、鹽度與比重都呈現正相關，主要是因為它們都是描述海水中含鹽量的指標。海水中含鹽量越高，這些指標的值也就越高。因此，我們將結晶大小趨勢與這些參數進行比較，如下表 31：

表 31 雲林縣沿岸結晶大小趨勢與電導率、pH 值比較表

地點	結晶顆粒大小趨勢				電導率趨勢				相似度	pH 值趨勢				相似度
	111 11/27	111 12/18	112 01/15	112 02/19	111 11/27	111 12/18	112 01/15	112 02/19		111 11/27	111 12/18	112 01/15	112 02/19	
A：嘉義鰲鼓溼地	↓	↑	→		↓	↑	↑		67%	↓	↑	↑		67%
B：口湖臨海園	→	↓	↑		↓	↑	→		0%	↓	↑	↓		0%
C：四湖三條崙	→	↑	↑		↓	↑	↓		33%	↓	↑	↓		33%
D：台西夢幻海灘	↓	↑	↓		↓	↑	↓		100%	↓	↑	↓		100%
E：麥寮許厝寮	↓	↑	↓		↑	↑	↓		67%	→	↑	↓		67%
F：大城下海墘	↑	↓	↓		↑	↓	↑		67%	↑	→	↓		67%

註：電導率、pH 值與與左側結晶顆粒大小趨勢(三個變化趨勢)若完全相同，則相似度即為 100%。

可以發現除了口湖臨海園與四湖三條崙，其餘地點有高度相關，可以推測其他地區主要是靠懸浮粒子以及鹽類來當作凝結核，而從鰲鼓溼地、臨海園、三條崙這裡屬於較多的藻類生長，另外臨海園、三條崙被統汕洲與外傘頂洲形成的潟湖包覆住，造成海水

受外界的變化不那麼即時。雖然海水結晶大小影響成因很多，但在特定地點已經可以高度推測其海水電導率與 pH 值的趨勢了。



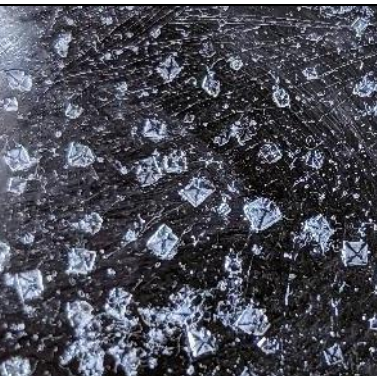
3. 從 pH 值中發現，雲林縣沿岸海水的 pH 值皆偏低，甚至像台西夢幻沙灘、大城鄉下海墘一帶的 pH 值還小於 7 呈現酸性。我們比對 88 年 7 月至 91 年 6 月的調查，夢幻沙灘的 pH 值介於 8.17-8.35 (黃閔裕, 徐捷, 許益誠, & 葉信利, 2019)，顯示近年來沿岸海水有酸化趨勢，這樣的水質對牡蠣受精卵孵化有顯著的負面影響 (黃閔裕, 徐捷, 許益誠, & 葉信利, 2019)，也不利於牡蠣外殼（碳酸鈣）的生成，進而影響到蚵農的收穫。

二、問題與建議：

1. 為什麼有些海水的結晶底層出現一條一條的結晶狀？

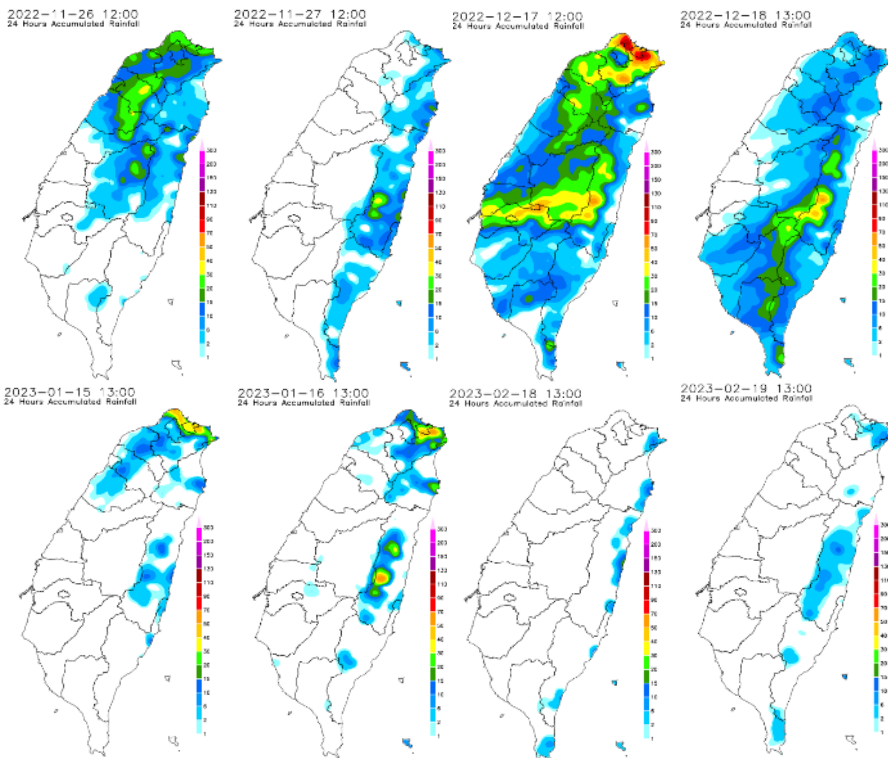
我們發現在 2022.11.27 的海水的結晶中，底部出現跟我們上次科展做的硫酸鎂的結晶是一樣的，但為什麼有的地點有，有的地點沒有呢？

表 32 不同地點產生的絲狀結晶狀態表

地點	B 口湖臨海園	E 麥寮許厝寮	F 大城下海墘
絲狀結晶			

我們發現口湖臨海園、麥寮許厝寮濕地與彰化大城鄉下海墘抽水站這三個地方都有一個相同的特點：海水鹽度較低。海水中含有大量的溶解化學物質，其中包括硫酸鎂。當海水中的水分蒸發時，水中的溶質濃度會逐漸增加，直到達到一定濃度時，這些溶質會開始結晶形成沉澱。在海水中，硫酸鎂是一種容易結晶的物質。因此，在海水鹽度較低的地方，硫酸鎂的濃度相對較低，更容易在結晶過程中析出形成晶體。此外，海水中其他鹽類如氯化鈉等的結晶也會干擾和掩蓋硫酸鎂的晶體形成和觀察。因此，在海水鹽度較低的情況下，海水中其他鹽類的濃度也會降低，使得硫酸鎂的晶體更容易被觀察到和分辨出來。因此，當觀察到硫酸鎂的晶體時，就可以推斷該地區的海水鹽度較低。

2. 降雨時，對沿岸海水的電導率的趨勢有沒有影響？



我們認為當天與前一天的降雨可能會影響沿岸海水的鹽度以及電導率。從 NCDR 天氣與氣候監測網中可以發現，取樣本的四天中，只有 12/18 的前一天有降雨，照理說那天海水樣本的電導率皆會有下降的情形，所以我們觀察不同地點的電導率的趨勢變化。

圖 17 六個地點的取樣本當日與前一日的降雨情形(資料來源：NCDR 天氣與氣候監測網)

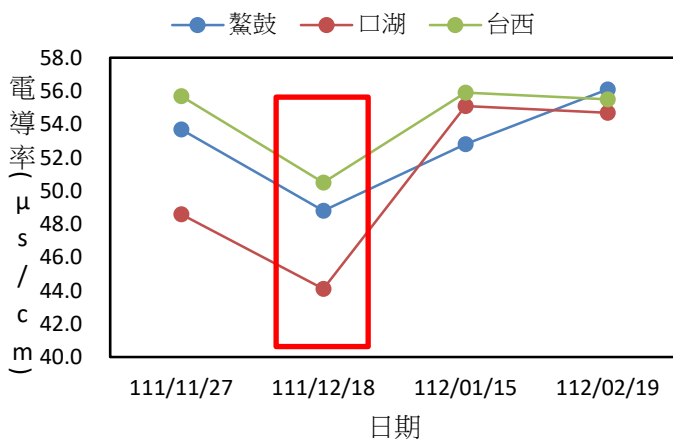


圖 18 受降雨影響地區的電導率趨勢圖

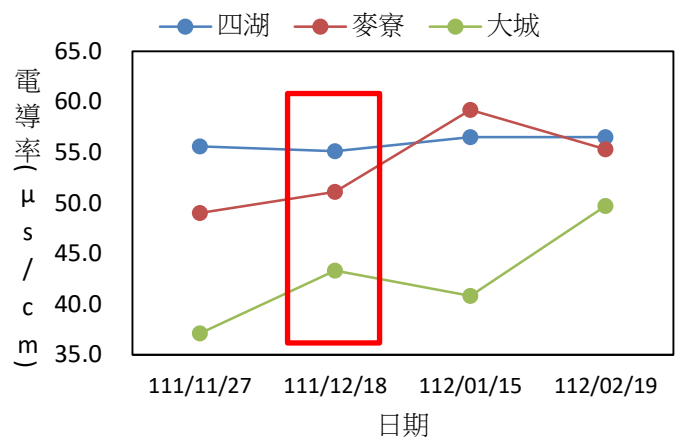


圖 19 不受降雨影響地區的電導率趨勢圖

其中鰲鼓、口湖、台西採樣點主要是在河川出海口附近，在 12/18 電導率有明顯下降，但卻發現麥寮、大城、四湖沒有明顯下降，於是針對這三個地方的地形來做探討。



圖 20 不受降雨影響地區的地形圖(資料來源：google map)

可以發現四湖三條崙不在任何河川出海口附近（如上頁圖 20），所以不受河川出水的影響。而麥寮許厝寮是受到地形的影響，雖然沿岸流往南，但受到海埔新生地的阻擋。大城下水墘檢測點則是在濁水溪的北側，而雲林縣冬天的沿岸流主要是往西南流動，加上地形的障礙，使得較未流入檢測點，因而讓這三個地點在降雨時，其電導率、鹽度、比重均無明顯下降。也就是說沿岸流方向與地形會影響該地電導率的趨勢變化。

3. 離岸沙洲對海水的影響為何？

對於統汕洲與外傘頂洲形成的潟湖，探討離岸沙洲對南北岸兩處（鰲鼓濕地沿岸與口湖臨海園沿岸）的影響，可以發現鰲鼓濕地沿岸和口湖臨海園沿岸的 pH 值和電導度有所不同，但這些差異並不明顯。然而，鰲鼓濕地沿岸鹽度值都高於口湖臨海園沿岸，顯示鰲鼓濕地沿岸的水體中含有較高的溶解固體和鹽類。

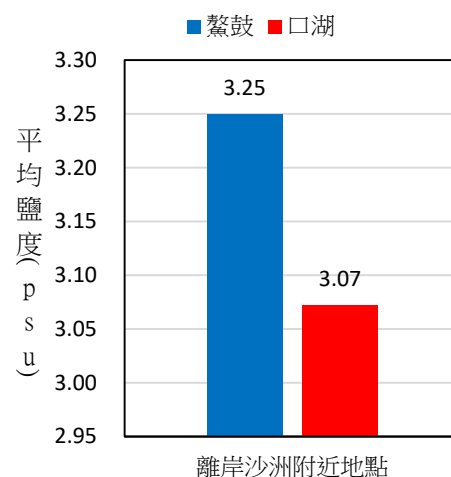


圖 21 離岸沙洲附近地點的平均鹽度比較

伍、參考資料

1. 丁于庭, 馬若恩, 陳恩胤, & 詹雲晰. (2022). 海水結晶亮晶晶. 雲林縣第 62 屆科展.
2. 江文山, 蕭士俊, 盧韋勳, 唐宏結, & 黃國書. (2019). 雲嘉海岸(外傘頂洲)侵退防治先期規劃研究.
3. 國家災害防救科技中心氣象組. 雨量監測. 擷取自 NCDR 天氣與氣候監測網:
https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_page_rain
4. 張瑞津, 石再添, & 陳翰霖. (1998). 台灣西南部嘉南平原的海岸變遷研究. 師大地理研究報告, 83-105.
5. 黃閔裕, 徐捷, 許益誠, & 葉信利. (2019). 水中酸鹼值對牡蠣人工附著基之研發. fisheries research institute annual report, 32.
6. 黃福銘, & 周昱翰. (2003). 台灣西部台西沿岸養殖區域之水質調查研究. 海水繁養殖研究, 1(2), 35-48.
7. 葉名倉. (2008 年 12 月 11 日). 晶體的生長(crystal growth). 擷取自 科學 on line:
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=3425>

【評語】 080512

此為一延續性研究。前期研究探討海水結晶的過程，藉由實驗模擬結晶並觀察晶型與位置，說明凝結核可能的影響。本期研究，採取不同區域的海水樣品，進行海水結晶試驗，觀察並探討結晶的面積與可能影響機制。研究目的明確，且清楚表達研究成果。海報呈現清晰的圖表與實驗過程。此研究過程有繁重的野外採樣工作，以及大量的室內樣品分析，詳實論證凝結核非只是實驗室的觀察，也是大自然海水的結晶過程，令人讚賞。

作品海報

海水結晶亮晶晶Part II

—探討雲林縣沿岸海水變化與凝結核之關係

摘要

凝結核數量對海水結晶的實驗中，凝結核在低濃度、足夠的時間結晶時，凝結核越多，結晶會因互相吸引而越大且數量越少。利用此結果與雲林縣沿岸海水樣本進行比較與分析，結論如下：

1. 鹽度較低的海水中，硫酸鎂晶體更易分辨。當觀察到其結晶時，即可推斷該地區的海水鹽度較低。
2. 四湖三條崙海水的結晶時間最短，平均電導率也最高，故兩者具高度正相關。
3. 口湖臨海園與四湖三條崙以外地點，電導率和結晶大小之間有高度相關。推測臨海園和三條崙所在潟湖可能被統汕洲和外傘頂洲包覆，海水不易受外界變化影響。儘管結晶大小受多種因素影響，但可推測其海水電導率和pH值的大致趨勢。
4. 沿岸海水pH值偏低，不利於台西牡蠣的養殖。

研究架構圖

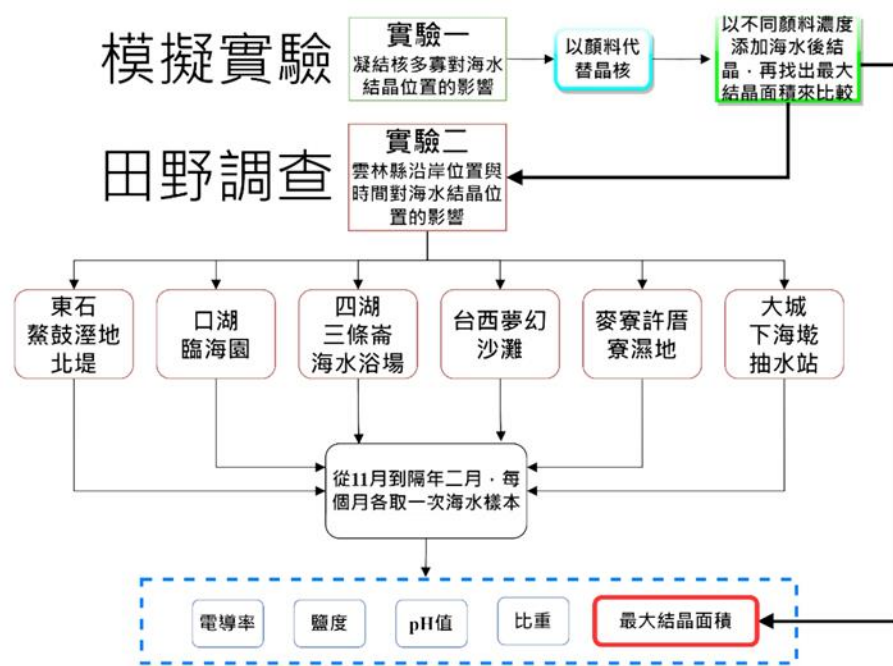


圖1 研究架構圖

研究器材

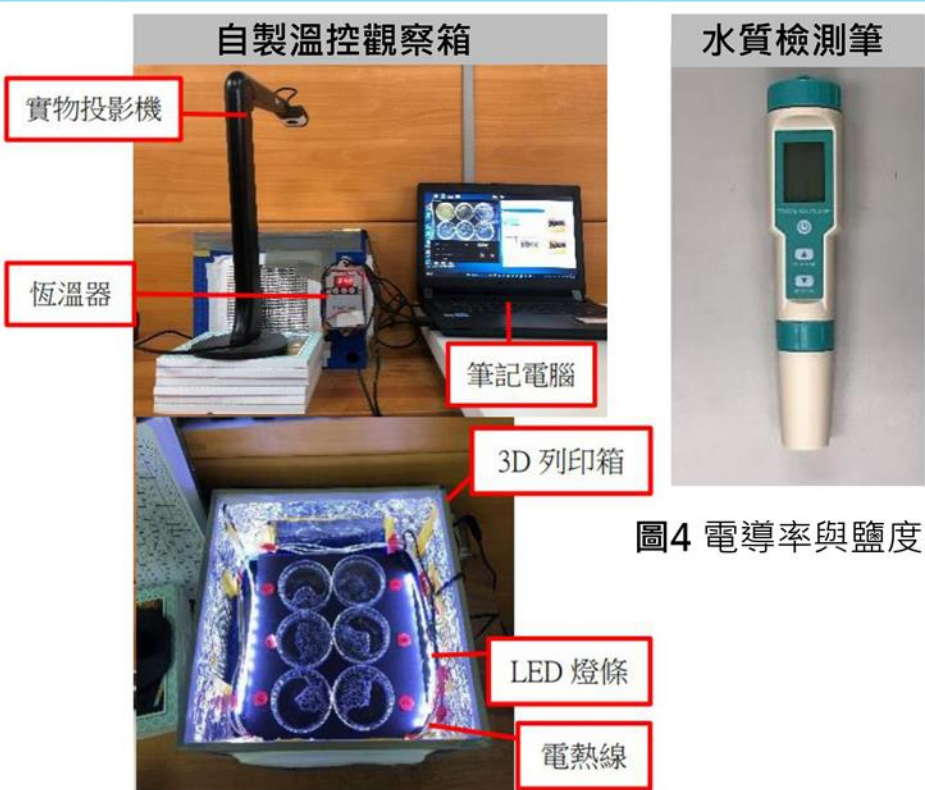


圖4 電導率與鹽度計

研究原理

海水結晶晶體，從液態生長為晶體需要經歷三個階段：

1. 基質達到過飽和階段：由於溫度或濃度的局部變化，此階段粒子仍以散亂的方式排列。
2. 成核階段：形成結晶微顆粒的作用稱之為成核作用。
3. 生長階段：結晶微顆粒的表面逐漸沉積更多的固體，最終生長成為大型的晶體顆粒。

下圖是去年我們做的科展

發現：真實海水與模擬海水的結晶不同

推測：可能和實驗容器形狀或凝結核數量有關



圖6 (左)模擬海水與(右)真實海水的比較 (來源：雲林縣第62屆科展：海水結晶亮晶晶-探討海水結晶與成分中氯化鎂、氯化鈉與硫酸鎂兩兩結晶的影響)

研究方法

1. 利用顏料模擬結晶核，配置模擬海水，在不同容器觀察結晶的狀態。
2. 為研究雲林縣海水的各項數值(pH值、電導率、鹽度、比重)對海水結晶大小的影響。因此，我們計劃在雲林縣沿岸的六個地點，在不同的月份收集海水樣本進行實驗結晶。這些地點由南到北的順序為：東石、口湖、四湖、台西、麥寮與大城。我們選擇濁水溪、六輕、離岸沙洲的統汕洲和外傘頂洲以及鰲鼓溼地作為參考依據，以選擇樣本收集的地點。

表1 樣本調查地點說明

編號	鄉鎮位置	參考點名稱	GPS位置
A	嘉義縣東石鄉	鰲鼓溼地北堤	23°51'95.7"N 120°13'01.3"E
B	雲林縣口湖鄉	口湖臨海園	23°34'19.5"N 120°08'34.9"E
C	雲林縣四湖鄉	三條崙海水浴場	23°39'38.4"N 120°09'10.3"E
D	雲林縣台西鄉	台西夢幻沙灘	23°44'22.7"N 120°10'33.6"E
E	雲林縣麥寮鄉	許厝寮漁港	23°49'16.4"N 120°12'56.4"E
F	彰化縣大城鄉	下海墘抽水站	23°52'06.2"N 120°16'41.9"E

研究地點



鰲鼓溼地

圖7 取海水樣本所在地

實驗一 凝結核多寡對模擬海水結晶位置的影響

表2 配置不同顏料濃度：溶液甲~戊 (清水透光167 lux)






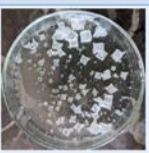
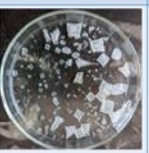
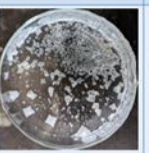

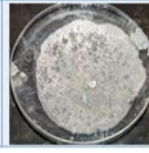


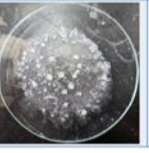

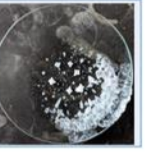
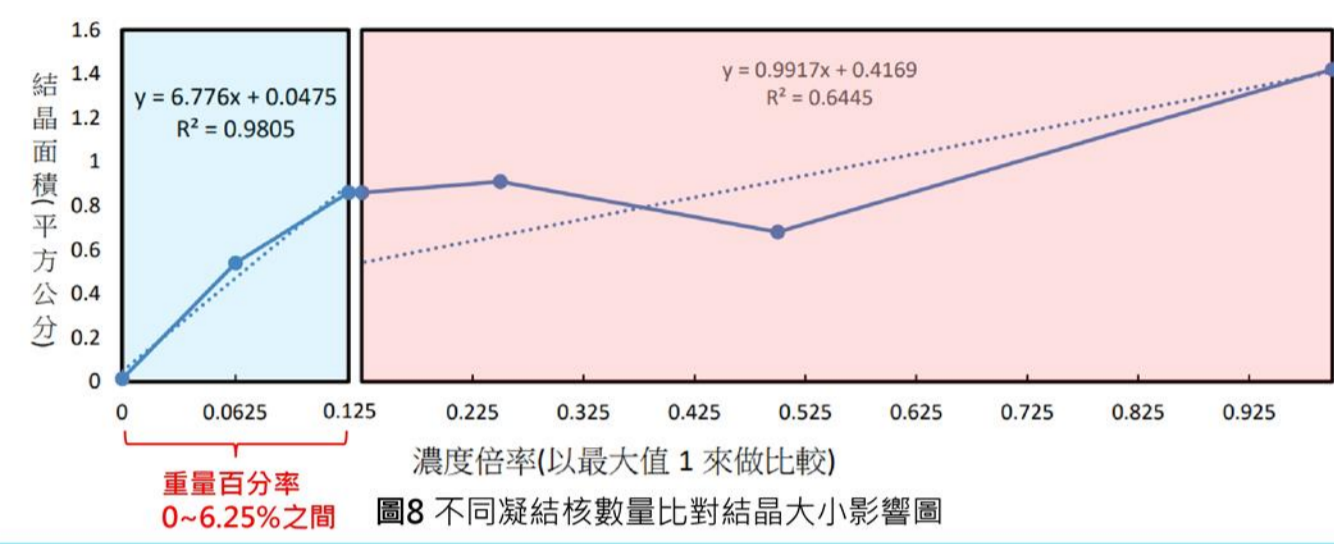
編號	溶液甲	溶液乙	溶液丙	溶液丁	溶液戊
配置方式	1小匙黃色顏料加水至500 ml	取250 ml 溶液甲加水至500 ml	取250 ml 溶液乙加水至500 ml	取250 ml 溶液丙加水至500 ml	取250 ml 溶液丁加水至500 ml
狀態					
與溶液甲的濃度比	1	0.5	0.25	0.125	0.0625
透光 (lux)	22	37	63	107	151

表3 凝結核多寡與模擬海水結晶時間與狀態關係表

容器	編號	甲	乙	丙	丁	戊	無顏料
培養皿	濃度倍率	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0
	結晶狀態						
	晶體面積	1.42 cm ²	0.68 cm ²	0.91 cm ²	0.86 cm ²	0.54 cm ²	0.13 cm ²
蒸發皿	結晶狀態						



- 顏料濃度過高，阻礙結晶的生長，限制結晶的大小和數量，影響最大結晶的大小。
- 顏料濃度低，結晶大小受凝結核數量的影響。
 - ①圖8藍色區，凝結核越多結晶易變大且數量越少。
 - ②實際結晶，凝結核越多結晶越小且數量越多。
- 推測：凝結核越多，彼此受到吸引而讓結晶變大。
- 為了模擬真實海水的結晶方式，並排除蒸發皿的影響，之後皆使用培養皿進行結晶實驗。

圖8 不同凝結核數量比對結晶大小影響圖

實驗二 雲林縣沿岸位置與時間對海水結晶的影響

六個地點樣本結晶時同步攝影，從開始結晶計算時間，每6個小時截圖一次，而左側照片則為當天現場拍攝環境。

表4 不同時間取樣(地點A東石鰲鼓溼地)結晶狀態表


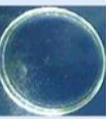
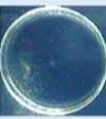
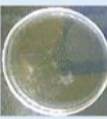


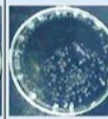

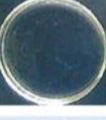
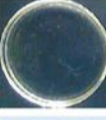
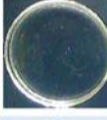
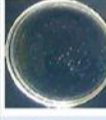
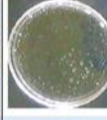
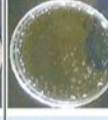

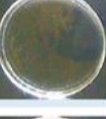












A：東石鰲鼓		0	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr
111 11 27							
111 12 19							
112 01 15							
112 02 19							

表5 不同時間取樣(地點B口湖臨海園)結晶狀態表


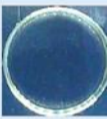

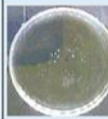
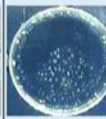
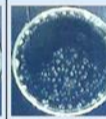
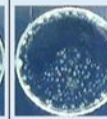

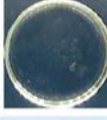
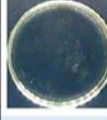
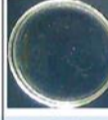
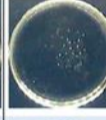
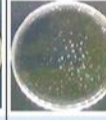
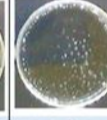

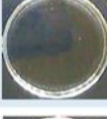











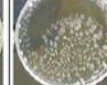
B：口湖臨海園		0	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr
111 11 27							
111 12 19							
112 01 15							
112 02 19							

表6 不同時間取樣(地點C四湖三條崙海水浴場)結晶狀態表


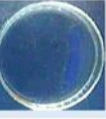
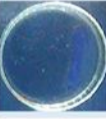
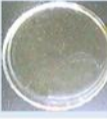























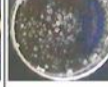
C：四湖三條崙		0	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr
111 11 27							
111 12 19							
112 01 15							
112 02 19							

表7 不同時間取樣(地點D台西夢幻海灘)結晶狀態表







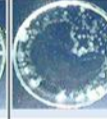






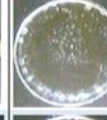














D：台西夢幻		0	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr
111 11 27							
111 12 19							
112 01 15							
112 02 19							

表8 不同時間取樣(地點E麥寮許厝寮濕地)結晶狀態表














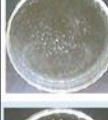

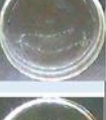
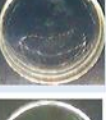


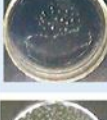














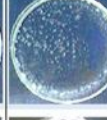


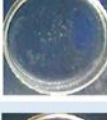






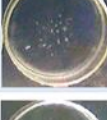











E：麥寮許厝寮		0	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr
111 11 27							
111 12 19							
112 01 15							
112 02 19							

表9 不同時間取樣(地點F大城下海墘抽水站)結晶狀態表

F：大城下海墘		0	6hr	12hr	18hr	24hr	30hr
111 11 27							
111 12 19							
112 01 15							
112 02 19							

利用程式 IC measure 計算結晶面積大小，將圖12與圖9-11進行比較。

表10 雲林沿岸海水在不同時間的結晶

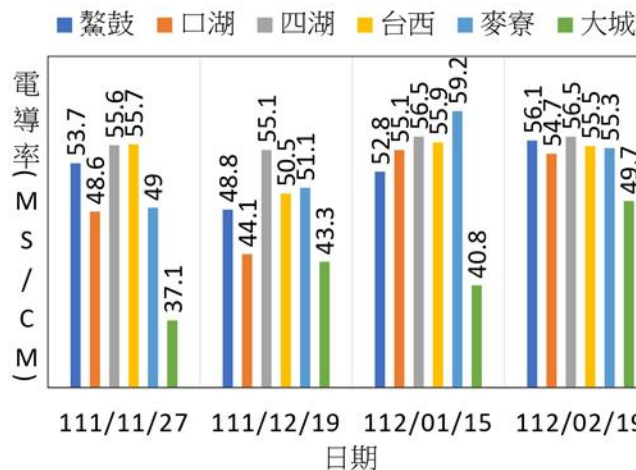
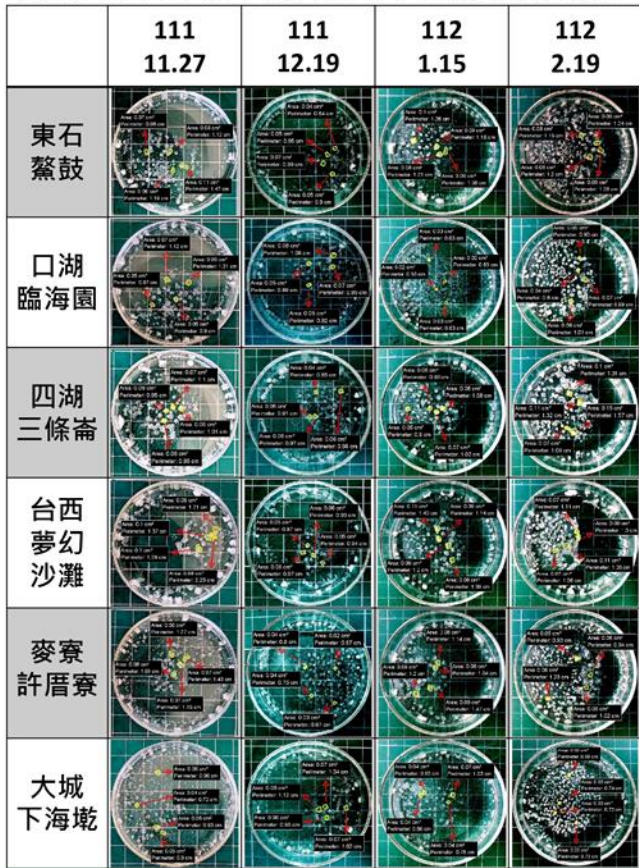


圖9 雲林縣海水電導率對時間變化圖

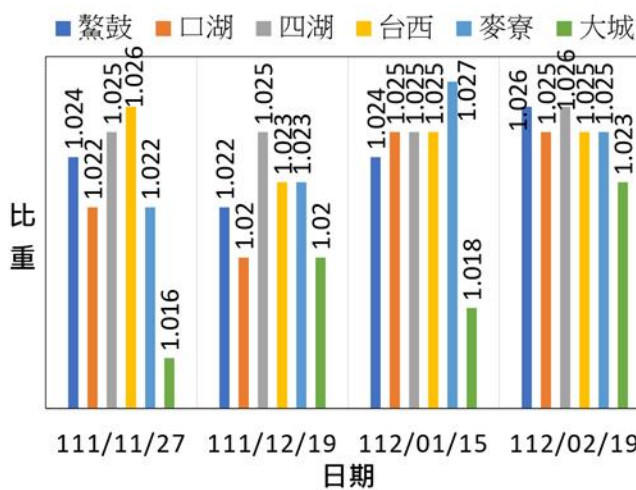


圖11 雲林縣海水比重對時間變化圖

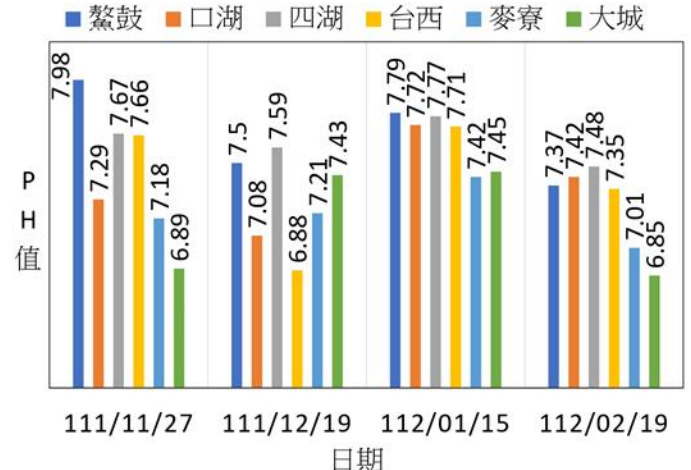


圖10 雲林縣海水pH值對時間變化圖

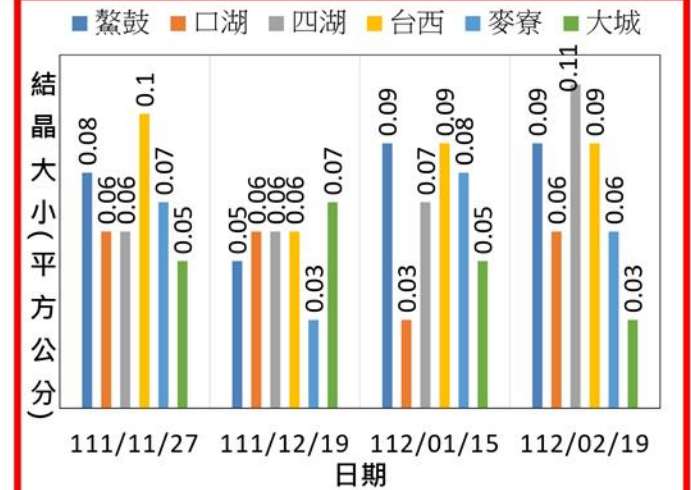


圖12 雲林縣海水結晶大小對時間變化圖

結論

1. 實驗一利用顏料模擬結晶核，研究凝結核數量對海水結晶的影響，結果如下

①容器：表11 蒸發皿與蒸發皿海水結晶狀態比較表

容器種類	結晶方式	容器底部
蒸發皿	從邊緣開始結晶	底部出現一層薄薄結晶
培養皿	從液體表面開始結晶	底部無明顯薄層結晶

②凝結核：

結晶間存在吸引力，當足夠時間成長時，濃度低(重量百分率6.25%以下)，凝結核數量越多，結晶越大且結晶數越少。樣本中，三條崙漁港最早結晶。表示三條崙凝結核數量最多，且平均電導率排名第一，故推測電導率與凝結核數量有正相關。

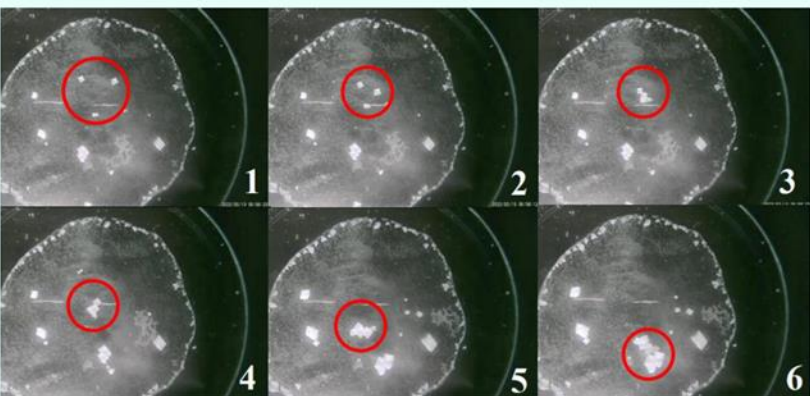


圖13 晶體間吸引力顯示圖

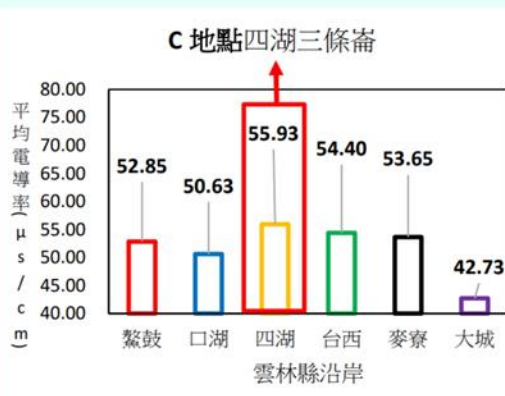


圖14 六個地點平均電導率

2. 電導率、鹽度與比重都呈現正相關，因為都是描述海水中含鹽量的指標。海水中含鹽量越高，這些值也越高。因此，將結晶大小趨勢與其電導率與pH值進行比較。

表12 雲林縣沿岸結晶大小趨勢與電導率、pH值比較表

地點	結晶顆粒大小趨勢				電導率趨勢				相似度	pH值趨勢				相似度
	11/27	11/29	01/15	02/19	11/27	11/29	01/15	02/19		11/27	11/29	01/15	02/19	
A: 鰲鼓溼地	↓	↑	→	→	↓	↑	↑	↑	67%	↓	↓	↑	↑	67%
B: 臨海園	→	↓	↑	→	↓	↑	→	→	0%	↓	↓	↑	↓	0%
C: 三條崙	→	↑	↑	→	↓	↑	↓	↓	33%	↓	↓	↑	↓	33%
D: 夢幻海灘	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	100%	↓	↓	↑	↓	100%
E: 許厝寮	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	67%	→	→	↑	↓	67%
F: 下海墘	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	67%	↑	→	→	↓	67%

影響海水結晶大小成因很多，但特定地點可高度推測其海水電導率與pH值的趨勢。

3. 雲林縣沿岸海水的pH值皆偏低，夢幻沙灘、下海墘一帶的pH值甚至小於7呈酸性。比對88年7月至91年6月的調查，夢幻沙灘pH值介於8.17-8.35(黃閔裕等, 2019)，顯示近年沿岸海水有酸化趨勢，此水質對牡蠣受精卵孵化有顯著負面影響(黃福銘等, 2003)，也不利於牡蠣外殼生成，進而影響蚵農的收穫。

問題與討論

1. 有些海水結晶底部出現絲狀？

硫酸鎂易結晶且受其他鹽類干擾。若觀察到硫酸鎂結晶，可推斷該區海水鹽度較低。

表13 不同地點產生的絲狀結晶表

地點	B口湖臨海園	E麥寮許厝寮	F大城鄉下海墘
絲狀結晶			

2. 降雨對沿岸海水電導率的影響？

取海水111/12/18前一日有降雨，推測因地形及沿岸流方向，三條崙、許厝寮和下海墘的電導率不受降雨影響。

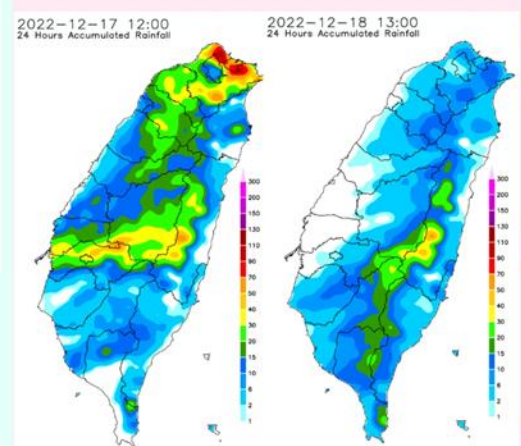


圖15 12/18取樣本當日與前一日之降雨情形(資料來源：NCDR天氣與氣候監測網)



圖16 不受降雨影響地區的地形圖(來源：google map)

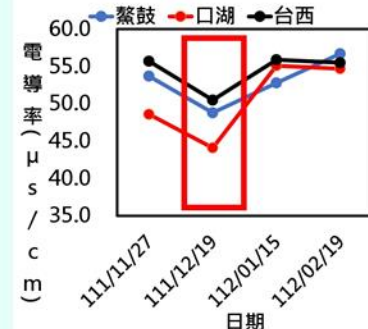


圖17 降雨影響地區之電導率趨勢圖

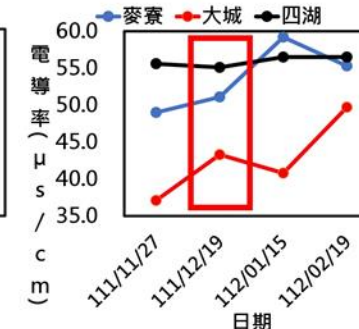


圖18 不受降雨影響地區之電導率趨勢圖

3. 離岸沙洲對海水的影響？

鰲鼓濕地的鹽度值較臨海園沿岸高，可能是因為離岸沙洲影響海水的流動和鹽度，這顯示鰲鼓沿岸的水體中含有較高的溶解固體和鹽類。

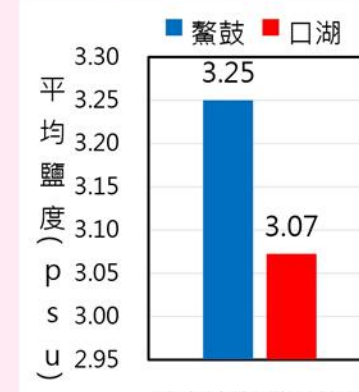


圖19 離岸沙洲附近地點的平均鹽度比較

參考文獻

- 丁于庭, 馬若恩, 陳恩胤, & 詹雲晰. (2022). 海水結晶亮晶晶. 雲林縣第62屆科展.
- 江文山, 蕭士俊, 盧韋勳, 唐宏結, & 黃國書. (2019). 雲嘉海岸(外傘頂洲)侵退防治先期規劃研究.
- 國家災害防救科技中心氣象組. 雨量監測. 擷取自 NCDR天氣與氣候監測網: https://watch.ncdr.nat.gov.tw/watch_page_rain
- 張瑞津, 石再添, & 陳翰霖. (1998). 台灣西南部嘉南平原的海岸變遷研究. 師大地理研究報告, 83-105.
- 黃閔裕, 徐傑, 許益誠, & 葉信利. (2019). 水中酸鹼值對牡蠣人工附著基之研發. fisheries research institute annual report, 32.
- 黃福銘, & 周昱翰. (2003). 台灣西部台西沿岸養殖區域之水質調查研究. 海水繁殖研究, 1(2), 35-48.
- 葉名倉. (2008年12月11日). 晶體的生長(crystal growth). 擷取自 科學on line: <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=3425>