

# 屏東縣第65屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國小組

作品名稱：快來！塊來！魔術方塊海！

關 鍵 詞：方塊海、波浪、模型

編號：A5010

# 目 錄

摘要	1
壹、研究動機	2
貳、研究目的	2
參、研究架構	3
肆、研究設備及材料	4
伍、研究過程、結果與討論	5
【研究目的一：探討方塊海的 <b>形成原因</b> 】	5
【研究目的二：創造產生 <b>方塊海的情境</b> 】	10
【研究目的三：製造形成方塊海的 <b>模擬海域</b> 】	17
【研究目的四：研究方塊海出現地點和模擬海域的 <b>異同之處</b> 】	25
陸、研究結論	28
柒、參考文獻	29

# 快來！塊來！魔術方塊海！

## 摘 要

本研究先探討方塊海形成的原因，接著進行方塊海海域模擬，最後將模擬海域數據與實際海域相互比較異同。透過實驗我們發現：

- 一、方塊海為兩道波浪**垂直交匯**，恰巧形成兩組互相正交的波浪，而形成一格一格方塊海奇景。
- 二、兩道垂直波浪的距離太接近(10cm)時，波浪很快就會交匯，無法產生方塊海景象。**波浪距離加大**，波浪交匯位置延後，方塊海形成的**範圍**也隨著**增加**。
- 三、長方形模擬防波堤，距離岸邊20cm 放置，所形成的方塊海範圍較距離岸邊30cm 大。相同的波浪大小到防波堤的**距離越近**，撞擊波會比較明顯，能產生**範圍較大**的方塊海現象。
- 四、方塊海實際地點的環境比例，與我們實驗設計的模擬情境相似。

## 壹、研究動機

自然上課到「變動的大地」單元時，老師除了介紹海岸的各種地形之外，還介紹了一個特別的景觀—方塊海，而且在全世界只有三個地方有這樣特殊的海浪景象：法國南部小島 Île de Ré（雷島）、連江縣馬祖西莒和高雄市林園區汕尾海域「市境之南樹」，都可以觀賞到此世界級奇景。

什麼是「方塊海」？它又是怎麼產生的，怎麼只有在這三個地點才看得到呢？老師課堂中的介紹，引起了我們的好奇心，於是我們開始蒐集方塊海的相關資料，想要試試是否能透過模擬的方式，創造出方塊海的景觀。

## 貳、研究目的

- 一、探討方塊海的**形成原因**。
- 二、創造產生**方塊海的情境**。
- 三、製造形成方塊海的**模擬海域**。
- 四、研究方塊海出現地點和模擬海域的**異同之處**。

### 參、研究架構圖

快來！塊來！魔術方塊海！

一

- 探討方塊海的形成原因

二

- 創造產生方塊海的情境

三

- 製造形成方塊海的模擬海域

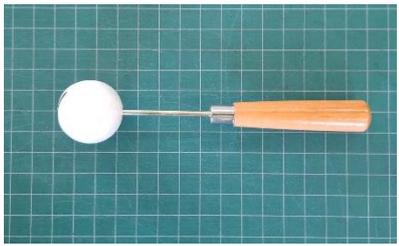
四

- 研究方塊海出現地點和模擬海域的異同之處

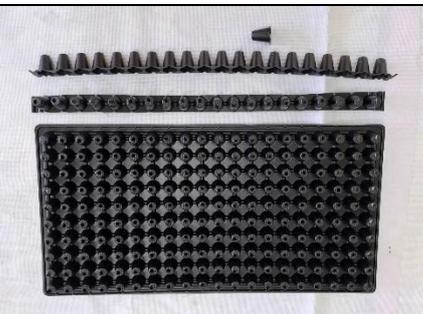
- 實驗討論歸納

## 肆、研究設備及器材

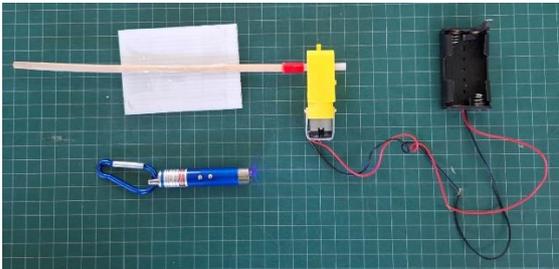
### 一、保麗龍球

		
小顆：直徑 3 公分	中顆：直徑 6 公分	大顆：直徑 8 公分

### 二、水盆裝置

	
木製水盆：長 130 公分，寬 90 公分，深 4 公分	水盆套上黑色塑膠袋和長鐵尺、牙籤標記
	
植物的育苗穴盤(減緩木框邊緣的波浪用)	當作防波堤的塑膠長方體 長 9 公分，寬 6 公分，高 4 公分

### 三、造浪道具和雷射筆

	
鐵尺、塑膠杯與蓋子	減速馬達自製造浪器材和雷射筆

(以上照片皆為組員拍攝)

## 伍、研究過程與結果討論

### 【研究目的一：探討方塊海的形成原因】

#### 一、研究想法

我們對於自然課時，老師所提到全世界只有三個地點會出現方塊海，感到非常有興趣，想更進一步了解方塊海是如何形成的。因此，我們蒐集並探討方塊海相關資料，並做成討論紀錄。

#### 二、研究內容

- (一)上網搜尋相關方塊海的文字與圖片資料
- (二)探討方塊海如何形成

#### 三、搜集方塊海的相關報導資料

利用網路搜尋與查詢，有關方塊海的報導資料，整理如下表：

(一)不用去法國，高雄林園也有方塊海(記者洪臣宏 2020 年 07 月 22 日報導)

資料來源 <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1387873>



法國南部小島雷島、馬祖西莒因「方塊海」爆紅，眼尖民眾發現高雄市林園區汕尾海域也能觀賞到此世界級奇景。林園區愛鄉協會理事長陳俊強表示，站在「市境之南樹」看向大海，運氣好就可以看到約有 8 萬平方公尺的方塊海。

陳理事長也說明，若有兩道波浪以垂直方向交匯，就有可能形成正方形的方塊海，角度稍有偏差則會構成平行四邊形或長方形，但必須沒有風力破壞等許多因素配合，如最近西南季風穩定，出現的機會較高。



林園方塊海奇景 (陳俊強提供)

圖片來源 <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1387873>



圖片來源 <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/138787>

(二)全球罕見，台灣高雄方塊海奇景(正見新聞網 2021 年 01 月 01 日報導)

資料來源 <https://big5.zhengjian.org/node/264501>



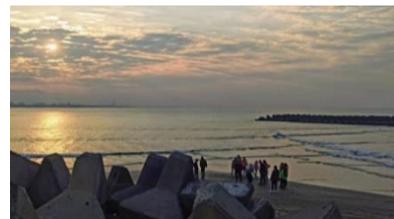
台灣攝影師宋永泰表示，高雄市林園區汕尾有「方塊海」屬於世界級奇景，也叫「格狀海浪」、「交錯海浪」，目前僅有法國南部小島雷島和台灣高雄市汕尾及馬祖西莒可見到「方塊海」獨特景致。

「高雄汕尾美景很多」，他說，除了「方塊海」奇景，還有民眾熱門打卡景點汕尾漁港「市境之南樹」和旁邊的月牙型海灣美景，「在同地區可看到 3 個不同景觀」，會很吸引遊客前往旅遊。

他說，「方塊海」是 2020 年 7 月份在汕尾漁港旁邊海岸發現的，也就在「市境之南樹」旁邊的海邊，遠方有消波塊（台語俗稱肉粽角）。

漁港海岸施設離岸堤，是由消波塊整齊排列堆疊而成。他表示，可御浪聚沙防止泥沙被海水掏空，當兩面浪潮從不同方向，往消波塊打過來互相夾擊，就出現方形格狀的樣子。

「方塊海」會隨著時間、潮汐跑來跑去，他分享「現在看到『方塊海』在這個地方，過一陣子可能變到另外一個地方」



圖片來源 <https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/138787>

(三)世界奇景「方塊海」，美麗景象恐暗藏危機【發現科學】



(台視新聞影音 2021 年 10 月 15 日)

資料來源 [https://www.youtube.com/watch?v=359Kw\\_\\_Eb94&t=8s](https://www.youtube.com/watch?v=359Kw__Eb94&t=8s)

【發現科學】探索科學新知、體驗生活科學，今天的發現科學專題，要帶您看看特殊的方塊海奇景!這是發生在馬祖西莒，因為特殊的地形跟海象，產生了一格格的方塊海，但專家提醒，如果是在開闊的海域上看到這景象，最好別靠近，因為這可能是兩個獨立的氣候系統交會所導致，表面風平浪靜，底下卻可能暗潮洶湧，危機四伏。

海浪在水面上交疊，形成一格又一格的方塊，這是馬祖西莒出現的方塊海，又被譽為上帝轉動的方塊，目前全世界只有臺灣跟法國雷島看得到，到底這樣的景象是怎麼來的？

海浪會朝這個垂直方向射進來，所以在這交界處，就會看到呈現這樣一個，90 度交錯的網格現象，馬祖的昆丘沙灘，位在西莒與蛇島之間，當兩面浪潮從不同方向湧上岸，海浪交匯後，就會形成方塊海奇景，像是在海面上畫出經緯線一樣。

馬祖的方塊海，是位在淺灘上。這樣的景像安全無虞，可是如果相同景象，是出現在較深的海域，就可能是危險的預兆，專家提醒，遇到要趕快撤離，它代表在海面下的狀態是交錯的，是比較複雜的。

如果是在開闊水域上出現方塊海現象，就有可能是兩個獨立的氣候系統交匯，或是兩種不同方向的湧浪系統造成波浪交匯，表面上看起來溫和卻是很難擺脫的激流，歐洲西向單位宇航太中心就指出，近年一部分的沉船事件都是發生在方塊海的區域內，你看它一個方向是往我們的這個左前方，一個方向是往正上方，所以你在這個當中的時候，你會遭受到這個阻力其實非常非常大。

不管你從哪個方向游，你可能都會順著或逆著這個浪，所以就會有危險的狀況容易出現，如果浪直接過來，我們船體前方可以導流，把這個海浪試圖讓船體的兩側流過，但是你既有這個方向的浪，也有垂直方向的浪。垂直過來的浪會直接打在側身，導致船體會搖晃不定，而且不容易逃離方塊海域，儘管波紋獨特，實際上卻是危機四伏，下次若看見方塊海奇景，可千萬記得儘速上岸。

保持安全距離，以免發生危險。



圖片來源 [https://www.youtube.com/watch?v=359Kw\\_\\_Eb94&t=8s](https://www.youtube.com/watch?v=359Kw__Eb94&t=8s)

(四)高雄罕見"方塊海"，專家:留意不穩定氣旋

(華視影音 2022 年 5 月 12 日蔡孟峻、許文男報導)

資料來源 [https://www.youtube.com/watch?v=vaY-QjeRG\\_s](https://www.youtube.com/watch?v=vaY-QjeRG_s)



高雄林園區「市境之南樹」旁的海域，因為外海設有離岸堤，加上人工挖出的月牙灣，導致兩邊的海浪打進來時，海浪交織成格子狀的形狀，就是俗稱的「方塊海」，而且這個奇景，全世界只有在 3 個地方看的到，有民眾特地從外地來，感到非常新奇，但專家表示，如果在其他寬闊的海域，看到方塊海，表示附近有不穩定的氣旋，一定不能下水，以免危險。

美麗的海域上，出現一塊塊的網格波浪，搭配上藍色天空，和大武山襯托，實在好漂亮，這個令人驚艷的奇景，全世界只有 3 個地方看的到，一個是法國南部的雷島，鯨魚燈塔附近，第二個地點是我國馬祖西莒島，再來就是高雄林園區，市境之南樹旁的海域，退潮時更明顯，之所以會形成方塊海，原因就是海岸外有設置離岸堤，離岸堤外若是有挖掘成，像照片中的月牙灣，當海水從兩邊缺口打進來，就會形成繞射波，交織成網格狀，也吸引不少人來這裡觀賞。

民眾說：「你如果要看就只能到這 3 個地方看，那我們高雄就是其中一個，而且全台灣也沒有了。」民眾說：「閒閒的都喜歡來這裡，看到海不錯。」不過如果在外海看到這種景象，可能就要小心，林園愛鄉協會理事長陳俊強說：「(外海的)方塊海域基本上有可能是來自，不同的兩個氣旋會造成我們生命的危險。」成功大學水利及海洋工程系教授董東環說：「這個叫做『交錯海況』(CROSSSEA)的話，一般的船就受不了。」方塊海奇景，不禁讓人讚嘆大自然的鬼斧神工，但美麗的表面下，有的可能是危險激流，提醒民眾如果想要觀看，一定要隨時注意海象，以免發生危險。



圖片來源 [https://www.youtube.com/watch?v=vaY-QjeRG\\_s](https://www.youtube.com/watch?v=vaY-QjeRG_s)

#### 四、結果討論

藉由資料的蒐集，我們發現：

- (一)方塊海出現在岸邊，通常都是因為離岸區域有設置消波塊當作防波堤來保護岸邊，避免岸邊砂石的流失。而防波堤旁的兩側缺口，海浪往岸邊衝入形成垂直交疊，就會出現方塊海的景象。
- (二)方塊海如果出現在大海中，則為兩種不同的氣旋與海流所產生，會造成船隻無法前進，且會造成船身劇烈的搖晃等危險情況，如資料所述，盡量駛離不進入大海中的方塊區域。
- (三)在高雄市林園區的方塊海，我們在市境之南樹旁的海岸都可以看到這樣的景象，不過從市境之南樹往外海看出去時視野最佳，也聽到當地的民眾說：漲潮的時候方塊海的方塊視覺會比較大，退潮的時候方塊海的方塊視覺比較小。

## 【研究目的二：創造產生方塊海的情境】

### 一、實驗說明

我們想透過模擬造浪方式，來觀察方塊海的產生。先利用科展群傑廳搜尋跟海浪有關的相關作品說明書，了解模擬造浪要如何製作，需要準備哪些器材。我們透過自製波浪模擬方塊海產生的情境，探究如何能讓方塊海出現在我們自己設計的水槽之中。

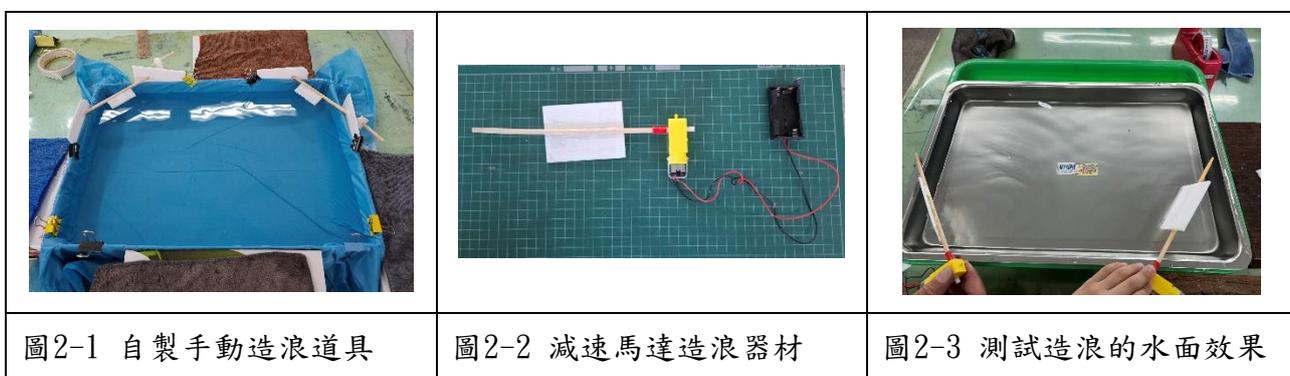
### 二、搜尋科展群傑廳設計造浪的相關器材及改進

#### (一)造浪的水槽器材及造浪工具

一開始受限於創造模擬的情境，所以想法以縮小實驗器材的方式來進行，於是我們先以B4紙箱上蓋鋪上塑膠袋來當作水槽，接著裁剪塑膠PP板(長6公分和寬3公分)，製成手動的造浪工具(如圖2-1)。但是手動的造浪工具，因為架設在水槽的兩個邊上面，手轉動時常常會轉得不是很順暢，而影響造浪的時效性，無法以固定的速度造出波浪來。

#### (二)減速馬達的器材使用

為了能固定造浪速度，因此我們從科展群傑廳以搜尋「海浪」作為關鍵字，參考第59屆國小組地球科學科：「岸」潮洶湧-離岸流的模擬與探討，利用減速馬達製作推浪器的做法。於是我們採買兩個減速馬達(1:120轉)，並將減速馬達串接兩顆1.5V的電池，利用電池座的開關來控制電源的啟動和關閉(如圖2-2)。然後將減速馬達的轉動軸心，套上紅色原子筆的塑膠筆頭外殼，接著以竹筷子當作轉動的旋轉軸心，在竹筷子中間段，以膠帶黏貼一片長6公分和寬3公分的塑膠PP板，透過旋轉拍動水面產生波浪效果。考量造浪的減速馬達轉動速度並不快，製造出來的波浪，波紋間隔距離比較大，和實際海岸邊的海浪速度有點不同，因此我們在竹筷子的另一側，再黏貼一片塑膠PP板，增加塑膠板造浪的力量，使波浪的波紋更清晰(如圖2-3)。



(以上照片皆為組員拍攝)

### (三)造浪器材的整體改進

1. **造浪的水槽**：由於紙箱不夠堅硬，無法承受水的力量，而出現邊緣變形的情況，因此我們到五金行找到不銹鋼方盤(長52cm，寬35cm，深5cm)，來當作造浪的水槽(如圖2-4)。

2. **減速馬達的造浪效果**：我們在不銹鋼水槽測試，發現減速馬達只能帶動水面的波紋，並沒有推動浪的力量，無法產生有高度的波浪，因此我們改用(1)拳頭、(2)塑膠杯蓋和(3)保麗龍球來造浪(如圖2-5、2-6、2-7)，結果發現，利用保麗龍球來推動水製造浪的效果最好，也方便我們觀察方塊海與拍照做紀錄。

#### 3. 整體造浪的改良過程

(1)在不銹鋼方盤測試後發現，製造出來的波浪，很快就會碰上方盤邊緣，而形成反射波，影響方塊海的形成，因此我們覺得需要比較大的水槽，才能使波浪有足夠的時間交匯，而產生方塊海的情境。因此我們請指導老師拜託退休木工老師幫忙製作木製水槽(長150cm，寬100cm，深4cm)(如圖2-8)，並以保麗龍球推動水來作造浪，模擬形成方塊海的景象。

(2)木製水槽完成後，我們繼續進行實驗測試，發現木製水槽邊緣仍是會出現反射波浪，造成方塊海不明顯。因此，為了解決反射波浪會影響實驗結果的狀況，我們到花店裡找到植物的育苗穴盤，將其分隔剪開，盤底靠近水面黏貼於木製水槽的邊緣，成功減少反射波浪的干擾，使實驗結果能夠順利拍照與紀錄。

(3)為了方便觀察與紀錄方塊海出現的位置，我們在木製水槽的周圍黏上有刻度的鐵尺，每間隔10公分再以牙籤作記號。且為了方便拍照記錄，我們在木製水槽底部鋪上黑色垃圾袋，用來減少日光的水面反射。最後我們還利用紅色的雷射筆，紀錄方塊海出現和消失的相關位置(如圖2-9)。

		
<p>圖2-4 不銹鋼端盤的水盆</p>	<p>圖2-5 手握拳造浪</p>	<p>圖2-6 塑膠杯蓋造浪</p>
		
<p>圖2-7 保麗龍球造浪</p>	<p>圖2-8 木製水槽</p>	<p>圖2-9 實驗測試操作</p>

(以上照片皆為組員拍攝)

### 三、方塊海的模擬造浪實驗

#### (一)實驗說明

我們使用木製水槽搭配緩衝波浪回擊的植物塑膠盤底，以及兩顆保麗龍球利用雙手來推動水面進行模擬方塊海的實驗，最後利用紅色的雷射筆紀錄方塊海出現和消失的相關位置，完成實驗記錄。

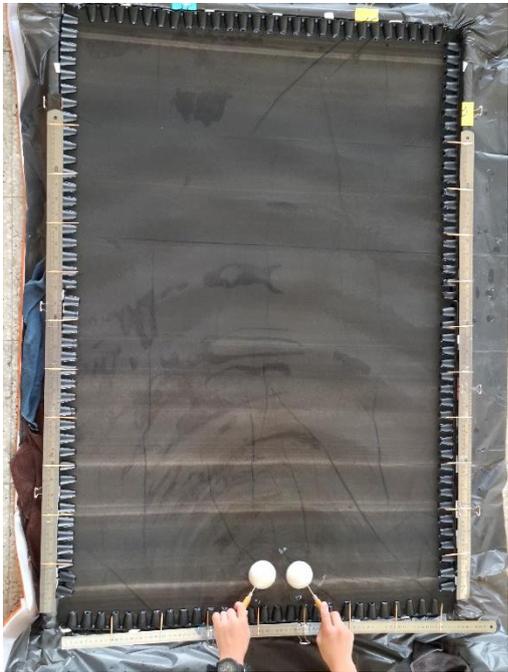
#### (二)實驗操作步驟

1. 兩顆保麗龍球(直徑6公分)分別相距10、20、30、40、50和60公分。
2. 利用雙手拿著保麗龍球，以兩顆球成90度直角的方式推動水面。
3. 使用紅色的雷射筆記錄方塊海出現和消失的相關位置。
4. 拍照紀錄方塊海出現的相關位置，進行資料分析。

(三)實驗記錄與結果

1. 我們將模擬方塊海的實驗記錄與結果做成表格，如表2-1、表2-2和表2-3。

表2-1 兩顆保麗龍球相距10公分和20公分模擬方塊海出現和消失位置記錄表

保麗龍球距離	相距 10 公分	相距 20 公分
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	<p>出現位置距離造浪點(無方塊海) 消失位置距離造浪點(無方塊海)</p>	<p>出現位置距離造浪點 15 公分 消失位置距離造浪點 36 公分</p>

(以上照片皆為組員拍攝)

表2-2 兩顆保麗龍球相距30公分和40公分模擬方塊海出現和消失位置記錄表

保麗龍球距離	相距 30 公分	相距 40 公分
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	<p>出現位置距離造浪點 20 公分 消失位置距離造浪點 45 公分</p>	<p>出現位置距離造浪點 21 公分 消失位置距離造浪點 60 公分</p>

(以上照片皆為組員拍攝)

表2-3 兩顆保麗龍球相距50公分和60公分模擬方塊海出現和消失位置記錄表

保麗龍球距離	相距 50 公分	相距 60 公分
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	<p>出現位置距離造浪點 16 公分 消失位置距離造浪點 90 公分</p>	<p>出現位置距離造浪點 13 公分 消失位置距離造浪點 85 公分</p>

(以上照片皆為組員拍攝)

2. 我們將模擬方塊海出現點和消失點做成統計表(如表2-4)和長條圖(如圖2-10)

表2-4 模擬方塊海出現點和消失點之統計表

兩球相距	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm
出現點距底邊(cm)	0	15	20	21	16	13
消失點距底邊(cm)	0	36	45	60	90	85
方塊海出現距離(cm)	0	21	25	39	74	72

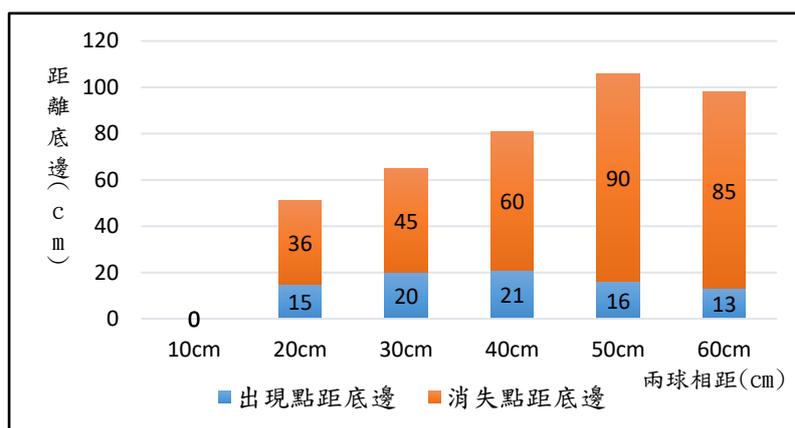


圖2-10 模擬方塊海出現點和消失點長條圖

## 五、結果討論

- (一) 模擬方塊海時，當兩顆保麗龍球太接近(10cm)，兩個垂直的波浪很快就會交匯，然後往自己的方向前進，無法產生方塊海的景象。
- (二) 隨著兩顆保麗龍球的間隔距離加大，兩個垂直方向的波浪交匯時間延後，方塊海形成的範圍也隨著增加，更能清楚的觀察到方塊海方塊的形成。
- (三) 透過模擬方塊海發現兩個垂直的海浪，需要有足夠的距離交匯，如此一來也不會因其他物件產生反射波，才能清楚地呈現方塊的交疊，因為實驗場地限制，水槽無法再加大，為了驗證我們的想法，我們到公園的水池進行了一次測試(如圖2-11、2-12)，在平靜寬敞的水域中，製造兩個垂直方向的波浪，能夠清楚的模擬方塊海景象。



圖2-11 公園水池尺寸



圖2-12 方塊海模擬景象

(以上照片皆為組員拍攝)

### 【研究目的三：製造形成方塊海的模擬海域】

#### 一、實驗說明

從研究問題二，我們利用兩顆保麗龍球在適當的相隔距離條件下，以兩顆球成90度直角方式推動水面就會模擬出方塊海的景象。而在高雄市林園區的市南之樹旁的海域出現方塊海景象，則是因為海上有消波塊組成的防波堤設施，由於這樣的防波堤設施，原先是為了保護岸邊周遭居民生活的安全性，避免因為強勁海浪衝擊海岸線而有岸上砂石迅速流失的情形發生。

因此我們想透過模擬防波堤形狀的擺設方式，來探究是否也能讓方塊海出現在我們自己設計的水槽之中。

#### 二、實驗步驟

(一)我們以塑膠實心長方條來當作防坡堤，並將防坡堤形狀設定為兩種：長方形和菱角箭形。(如圖3-1)

1. 長方形防波堤有：8cm、16cm 和24cm 等三種長度。

2. 菱角箭形防波堤有：16cm 和20cm 等兩種斜邊長度。

(二)接著將塑膠實心長方條放置在木製水槽底邊，其距離底邊的斜邊長度有兩種：20cm 和30cm。(如圖3-2)

(三)利用鐵尺由雙手來推動水面，產生波浪。

(四)利用紅色的雷射筆記錄方塊海出現和消失的相關位置。

(五)將方塊海出現的相關位置作成統計結果。



圖3-1 距離底邊20cm的8cm防波堤

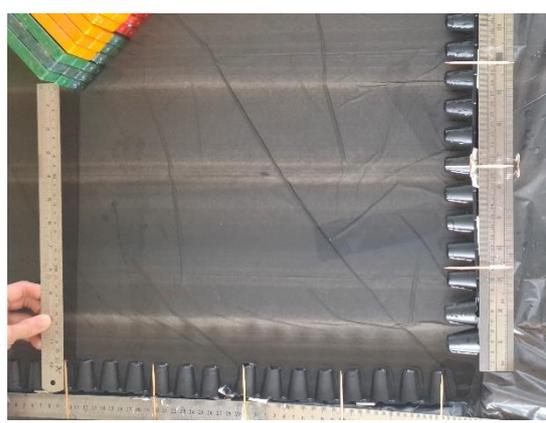


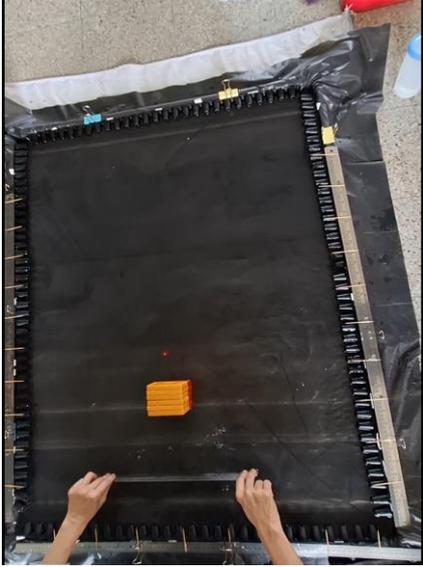
圖3-2 距離底邊30cm的菱角箭形防波堤

(以上照片皆為組員拍攝)

### 三、實驗結果

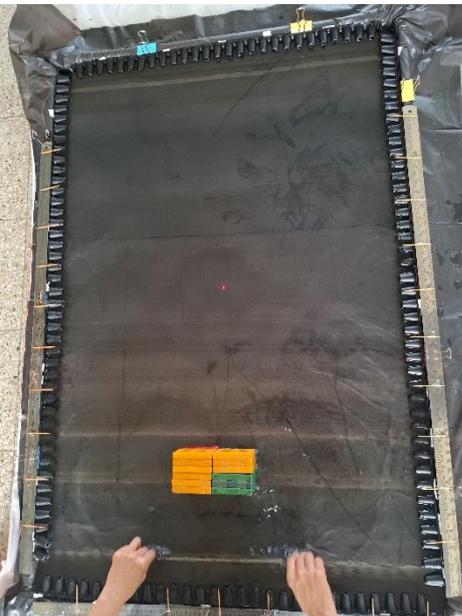
(一)我們將模擬防波堤為長方形的實驗記錄與結果做成表格，如表3-1、表3-2和表3-3。

表3-1 距離木條底邊20公分和30公分的模擬防波堤為8公分長方形的方塊海出現消失位置

木條底邊	距離 20 公分 (長方形防波堤 8 公分)	距離 30 公分 (長方形防波堤 8 公分)
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	出現位置距離防波堤點 15 公分 消失位置距離防波堤點 46 公分	出現位置距離防波堤點 18 公分 消失位置距離防波堤點 36 公分

(以上照片皆為組員拍攝)

表3-2 距離木條底邊20公分和30公分的模擬防波堤為16公分長方形的方塊海出現消失位置

木條底邊	距離 20 公分 (長方形防波堤 16 公分)	距離 30 公分 (長方形防波堤 16 公分)
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	出現位置距離防波堤點 19 公分 消失位置距離防波堤點 45 公分	出現位置距離防波堤點 19 公分 消失位置距離防波堤點 35 公分

(以上照片皆為組員拍攝)

表3-3 距離木條底邊20公分和30公分的模擬防波堤為24公分長方形的方塊海出現消失位置

木條底邊	距離 20 公分 (長方形防波堤 24 公分)	距離 30 公分 (長方形防波堤 24 公分)
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	<p>出現位置距離防波堤點 17 公分 消失位置距離防波堤點 58 公分</p>	<p>出現位置距離防波堤點 20 公分 消失位置距離防波堤點 28 公分</p>

(以上照片皆為組員拍攝)

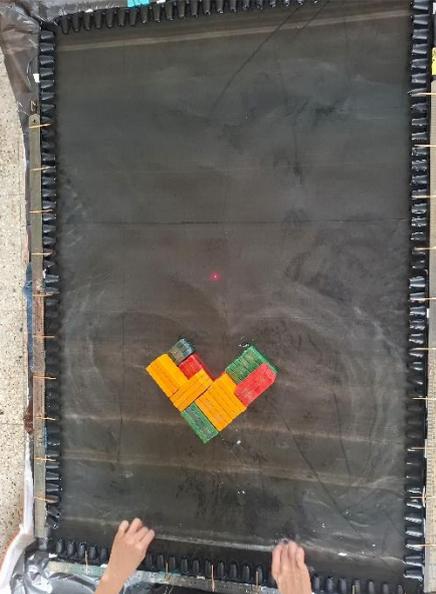
(二)我們將模擬防波堤為菱角箭形的實驗記錄與結果做成表格，如表3-4和表3-5。

表3-4 距離木條底邊20公分和30公分的模擬防波堤斜邊為16公分菱角箭形的方塊海出現和消失位置

木條底邊	距離 20 公分 (菱角箭形防波堤 16 公分)	距離 30 公分 (菱角箭形防波堤 16 公分)
方塊海 出現位置		
拍照記錄 方塊海 消失位置		
紀錄位置	出現位置距離防波堤點 28 公分 消失位置距離防波堤點 58 公分	出現位置距離防波堤點 33 公分 消失位置距離防波堤點 40 公分

(以上照片皆為組員拍攝)

表3-5 距離木條底邊20公分和30公分的模擬防波堤斜邊為20公分菱角箭形的方塊海出現和消失位置

木條底邊	距離 20 公分 (菱角箭形防波堤 20 公分)	距離 30 公分 (菱角箭形防波堤 20 公分)
方塊海 出現位置		
方塊海 消失位置		
紀錄位置	<p>出現位置距離防波堤點 30 公分 消失位置距離防波堤點 38 公分</p>	<p>出現位置距離防波堤點 35 公分 消失位置距離防波堤點 38 公分</p>

(以上照片皆為組員拍攝)

(三)我們將模擬長方形防波堤的方塊海出現點和消失點做成統計表(如表3-6)和長條圖(如圖3-3)。

表3-6 模擬長方形防波堤的方塊海出現點和消失點之統計表

	距20cm 防波堤8cm	距30cm 防波堤8cm	距20cm 防波堤16cm	距30cm 防波堤16cm	距20cm 防波堤24cm	距30cm 防波堤24cm
出現點距海堤	15	18	19	19	17	20
消失點距海堤	46	36	45	35	58	28
方塊海出現距離(cm)	31	18	26	16	41	8

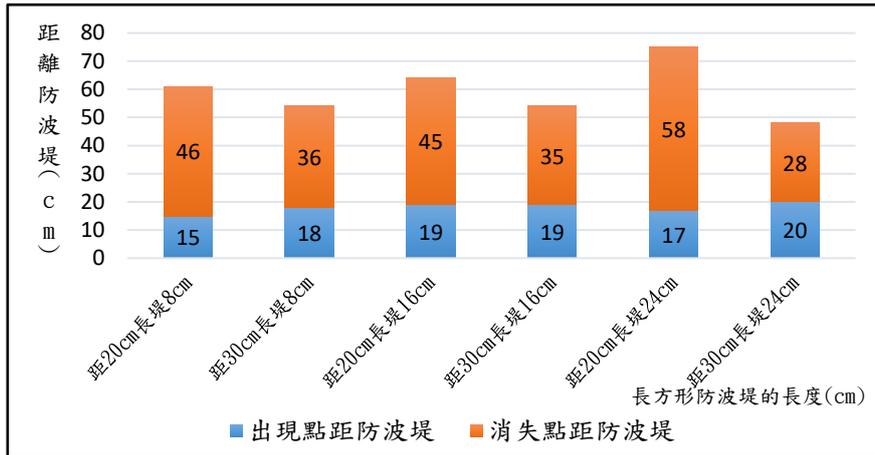


圖3-3 模擬長方形防波堤的方塊海出現點和消失點之長條圖

(四)我們將模擬菱角箭形防波堤的方塊海出現點和消失點做成統計表(如表3-7)和長條圖(如圖3-4)。

表3-7 模擬菱角箭形海堤的方塊海出現點和消失點之統計表

	距20cm 箭形防波堤16cm	距30cm 箭形防波堤16cm	距20cm 箭形防波堤20cm	距30cm 箭形防波堤20cm
出現點距海堤	28	33	30	35
消失點距海堤	58	40	38	38
方塊海出現距離(cm)	30	13	8	3

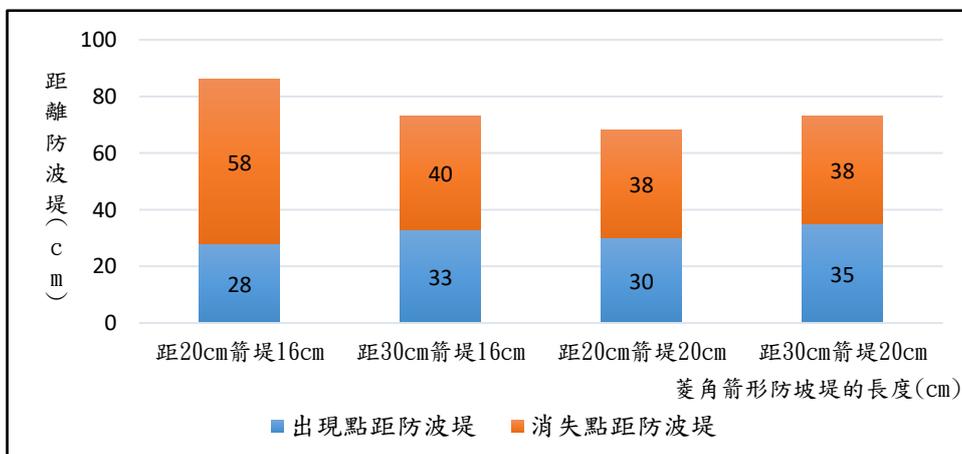


圖3-4 模擬菱角箭形海堤的方塊海出現點和消失點之長條圖

#### 四、結果討論

- (一)在長方形防波堤實驗中，以海堤長度24cm 距離底邊20cm 時，方塊海出現點與消失點的範圍最大，代表方塊海的形成，如研究二的結果一樣，都是兩個不同方向的海浪，兩個垂直浪的距離越大，方塊海出現的景象範圍就越大越明顯。
- (二)相同大小的長方形模擬防波堤，距離底邊木條20cm 放置，所形成的方塊海範圍都大於距離底邊木條30cm，我們觀察發現，相同大小的波浪到防波堤的距離越近，撞擊防波堤後形成的垂直海浪波度，會比較明顯，因此能產生範圍較大的方塊海現象。
- (三)菱角箭形防波堤，以距離底邊木條20cm 和箭堤斜邊長16cm 所形成的方塊海範圍最大。其餘三種箭形防波堤，方塊海出現的範圍並沒有明顯的差異性。

## 【研究目的四：研究方塊海出現地點和模擬海域的異同之處】

### 一、實驗說明

方塊海在高雄市林園區的市南之樹旁的海域與海堤設施之間出現，以及連江縣馬祖西莒島西方的坤坵沙灘與蛇島之間，由於地形與海流的關係，在漲潮時，海浪從不同方向前來交會，恰巧形成兩組互相正交的波浪，而形成一格一格方塊海奇景。

因此我們想透過研究二和研究三的實驗結果，從模擬情境中，依比例計算方塊海的出現與消失點位置，與 Google Map 上的高雄市林園區和連江縣西莒島海域出現的位置是否能相符。

### 二、實驗步驟

- (一)從 Google Map 上搜尋出現方塊海景象的兩個地點：高雄市林園區和連江縣西莒島的衛星雲圖，發現這兩個地點的海域都有一條長方形外型的堤岸，經過我們的討論，以研究三的長方形防波堤數值資料來做模擬海域出現方塊海的計算，並且以研究二的相距長度為依據來對照研究三。
- (二)我們依據研究二的實驗結果，以比率計算方式來驗證研究三長方形防波堤的方塊海出現與消失的位置點。接下來確認所計算出來的答案，是研究三哪一種長方形防波堤的實驗數值。
- (三)接著以步驟(二)的結果，將出現方塊海景象的兩個地點：高雄市林園區和連江縣西莒島，由 Google Map 下載列印在 A4 紙上，我們利用紙張圖面上的比例尺，計算出模擬方塊海的出現點與消失點之海域位置。

### 三、實驗結果

- (一)依據研究二最佳模擬方塊海的數值，計算研究三的模擬方塊海結果。

實驗研究	條件	方塊海出現點	方塊海消失點	備註
研究二 最佳實驗結果	波浪 相距 50cm	16cm	90cm	依據研究二最佳模擬方塊海的數值
研究三 最佳實驗結果	防波堤 24cm	17cm	58cm	依據研究三最佳長方形防波堤模擬方塊海的數值
以研究二波浪 距離，來計算 研究三防波堤 長度方塊海出 現及消失點	防波堤 24cm	7.68cm	43.2cm	依研究二結果，以比率計算研究三防波堤 24cm 數據，發現結果較接近研究三防波堤為 16cm 的數據。
研究三符合的 數據條件	防波堤 16cm	19cm	45cm	因此採用研究三防波堤長度 16cm 的數據比例進行實際海域比對的研究。

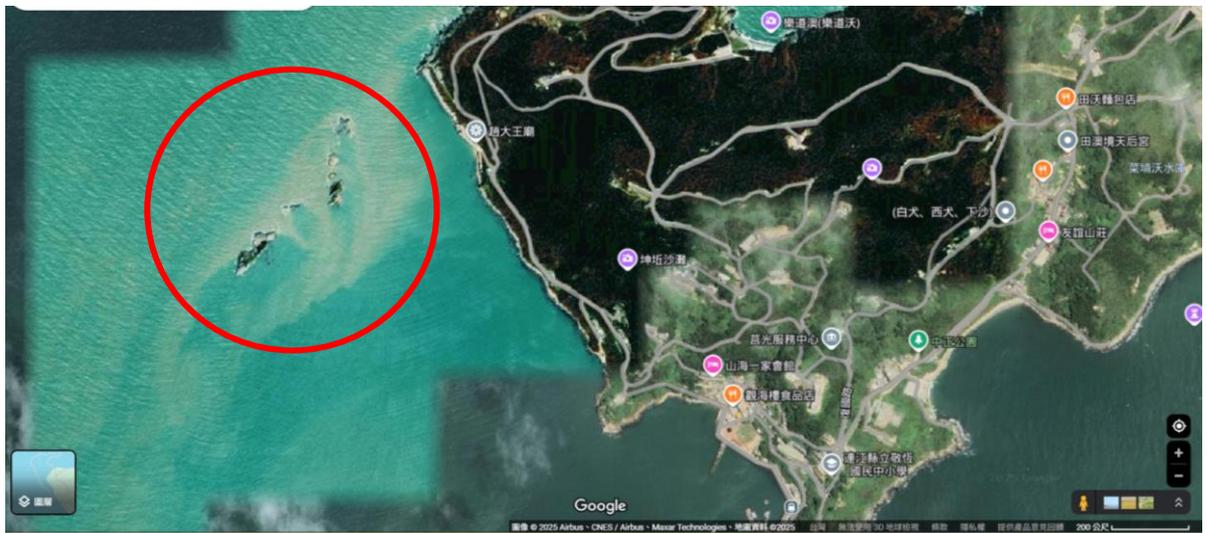
(二)由 Google Map 下載高雄市林園區的衛星雲圖，我們以比率來計算衛星雲圖上模擬方塊海的出現點與消失點。



(以上圖片為 Google Map 擷取)

衛星雲圖 比例尺	防波堤圖上的長度	圖中方塊海出現點 (距離防波堤)	圖中方塊海消失點 (距離防波堤)
1.6cm=100m	1.5cm	1.78cm	4.22cm

(三)由 Google Map 下載連江縣西莒島的衛星雲圖，我們以比率來計算衛星雲圖上模擬方塊海的出現點與消失點。



(以上圖片為 Google Map 擷取)

衛星雲圖 比例尺	突起島圖上的長度	圖中方塊海出現點 (距離突起島)	圖中方塊海消失點 (距離突起島)
1.8cm=200m	4.3cm	5.11cm	12.01cm

#### 四、結果討論

(一)將兩個地點的 A4 紙上，畫出方塊海的出現點位置。

1. 高雄市林園區的模擬方塊海出現點位置(以紅點標示)



(以上圖片為 Google Map 擷取)

2. 連江縣西莒島的模擬方塊海出現點位置(以紅點標示)



(以上圖片為 Google Map 擷取)

(二)我們從(一)計算結果發現：這兩個地點的方塊海出現點位置與模擬 Google Map 圖的方塊出現點位置相符應，從研究一的結果也顯示，實際到過這兩個地點的民眾，都可以用肉眼就可見到方塊海的景象。所以我們實驗所進行的模擬海域環境比例，與實際方塊海出現海域的環境比例相似，我們成功製造了方塊海模擬情境。

## 陸、研究結論

### 一、探討方塊海的**形成原因**

- (一)方塊海出現在岸邊，通常都是因為離岸區域設置消波塊當作離岸堤，離岸堤旁的兩側缺口，海浪往岸邊衝入形成垂直交疊，恰巧形成兩組互相正交的波浪，而形成一格一格方塊海奇景。
- (二)方塊海如果出現在大海中，則為兩種不同的氣旋與海流所產生，會造成船隻無法前進，且會造成船身劇烈的搖晃等危險情況，盡量避免進入大海中的方塊海區域。

### 二、創造產生**方塊海的情境**

- (一)模擬兩個垂直浪的距離太接近(10cm)時，波浪很快就會交匯，再往自己的方向前進，因此無法產生方塊海的景象。
- (二)兩個模擬的垂直波浪距離加大，波浪交匯時間延後，方塊海形成的範圍也隨著增加，更能清楚的觀察到方塊海方塊的形成。
- (三)模擬的過程中發現，兩個垂直的海浪，需要有足夠的距離交匯，也不會因其他物件產生反射波，能清楚地呈現方塊的交疊，在平靜寬敞的水域中，製造兩個垂直方向的波浪，可清楚的模擬方塊海景象。

### 三、製造形成方塊海的**模擬海域**

- (一)相同大小的長方形模擬防波堤，距離底邊木條20cm放置，所形成的方塊海範圍都大於距離底邊木條30cm，相同大小的波浪到防波堤的距離越近，撞擊海堤後形成的垂直海浪波度，會比較明顯，因此能產生範圍較大的方塊海現象。
- (二)菱角箭形防波堤，以距離底邊木條20cm和箭堤斜邊長16cm所形成的方塊海範圍最大。其餘三種箭形防波堤，方塊海出現的範圍並沒有明顯的差異性。

### 四、研究方塊海出現地點和模擬海域的**異同之處**

- (一)方塊海實際地點的環境比例，與我們實驗設計的模擬情境相似。
- (二)想製作方塊海，可以依照研究二和研究三的實驗條件，成功製作方塊海模擬海域。

## 柒、參考文獻

- 一、方塊海。連江縣戶外教育與海洋教育中心。取自：  
<https://www.sea.matsu.edu.tw/squaresea.html>。
- 二、方塊海的成因。取自：<https://masters.tw/214204/square-waves>
- 三、台灣高雄方塊海奇景 全球罕見。取自：  
<https://www.epochtimes.com/b5/20/12/31/n12657616.htm>
- 四、世界級海洋奇景「方塊海」 專家建議陸地上欣賞即可。取自：<https://www.matsu-news.gov.tw/news/article/199378>
- 五、神奇海域景像藏危機 專家：看到方塊海異象「塊」逃啊。取自：  
<https://www.ctwant.com/article/182759/>
- 六、高雄罕見"方塊海" 專家:留意不穩定氣旋。取自：  
<https://tw.news.yahoo.com/%E9%AB%98%E9%9B%84%E7%BD%95%E8%A6%8B-%E6%96%B9%E5%A1%8A%E6%B5%B7-%E5%B0%88%E5%AE%B6-%E7%95%99%E6%84%8F%E4%B8%8D%E7%A9%A9%E5%AE%9A%E6%B0%A3%E6%97%8B-030200028.html>
- 七、張子翊、徐暉閔、蘇楷竣、郭可馨。「岸」潮洶湧-離岸流的模擬與探討。中華民國第59屆中小學科展國小組地球科學科。國立臺灣科學教育館，台北。