

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

(鄉土)教材獎

080505

「岸」潮洶湧-離岸流的模擬與探討

學校名稱：臺中市西區大同國民小學

作者： 小五 張子翊 小五 徐暉閔 小五 蘇楷竣 小五 郭可馨	指導老師： 陳映均 呂意仁
---	---------------------

關鍵詞：離岸流、海浪

摘要

本研究藉由資料蒐集了解離岸流的成因與影響，並透過設計海浪實驗水槽，模擬離岸流發生的情形，研究發現：(1)沙岸因海浪捲落岸邊砂石而形成海底沙洲，海面出現碎浪進而形成一股強烈的離岸流。(2)不規則海岸會形成更多的碎浪，因而離岸流較單一內彎型海岸更強。但不規則海岸形成離岸流的時間較長，顯示離岸流會因海岸形狀而有不同的發生週期。(3)海岸傾斜角度會影響離岸流的形成(4)海浪大小若能將沙灘上的砂石捲入海底，形成水下沙洲，會增加離岸流的強度，但海浪過大反而較不容易出現離岸流。(5)可知海浪週期過慢，離岸流出現的機率較會降低。(6)從模擬實驗中發現，我們在海水浴場戲時，只要離開岸邊一段距離就應多加注意是否有岸流的出現，以免發生危險。

壹、研究動機

2018年九月，南方澳內埤海灘接連傳出溺水意外！當地居民稱風景雖美，卻潛藏著看不見的危機，當地人都知道，這裡只能在沙灘玩，不能去玩水，甚至有網友稱這裡為「恐怖情人灣」，。為何當地人不會在這玩水，因為這裡屬於危險的陡降型海灘，海岸和沙灘之間落差有時高達十公尺，常有意外發生，但除了高落差的因素，是否亦潛藏其他因素，或許離岸流是重要的原因。因此，我們對離岸流的原理一直抱持強烈的好奇心，希望透過實驗進了解離岸流形成的原理，並設計海岸模型模擬海岸以探究影響離岸流的因素。

貳、研究目的

本實驗希望透過對離岸流成因理論了解的基礎下，並透過實驗的方式，進行以下的研究:

- 1、探討岸灘產生離岸流的原因
- 2、設計造浪器，進行海浪模擬
- 3、探討不同堆積物(沙岸、碎石岸及礁岩岸)對離岸流發生的影響
- 4、探討不同海岸形狀對離岸流發生的影響
- 5、探討岸灘下切深度對離岸流發生的影響
- 6、探討不同海浪強度對離岸流發生的影響
- 7、探討不同海浪週期對離岸流發生的影響
- 8、台灣海灣各地離岸流之觀察

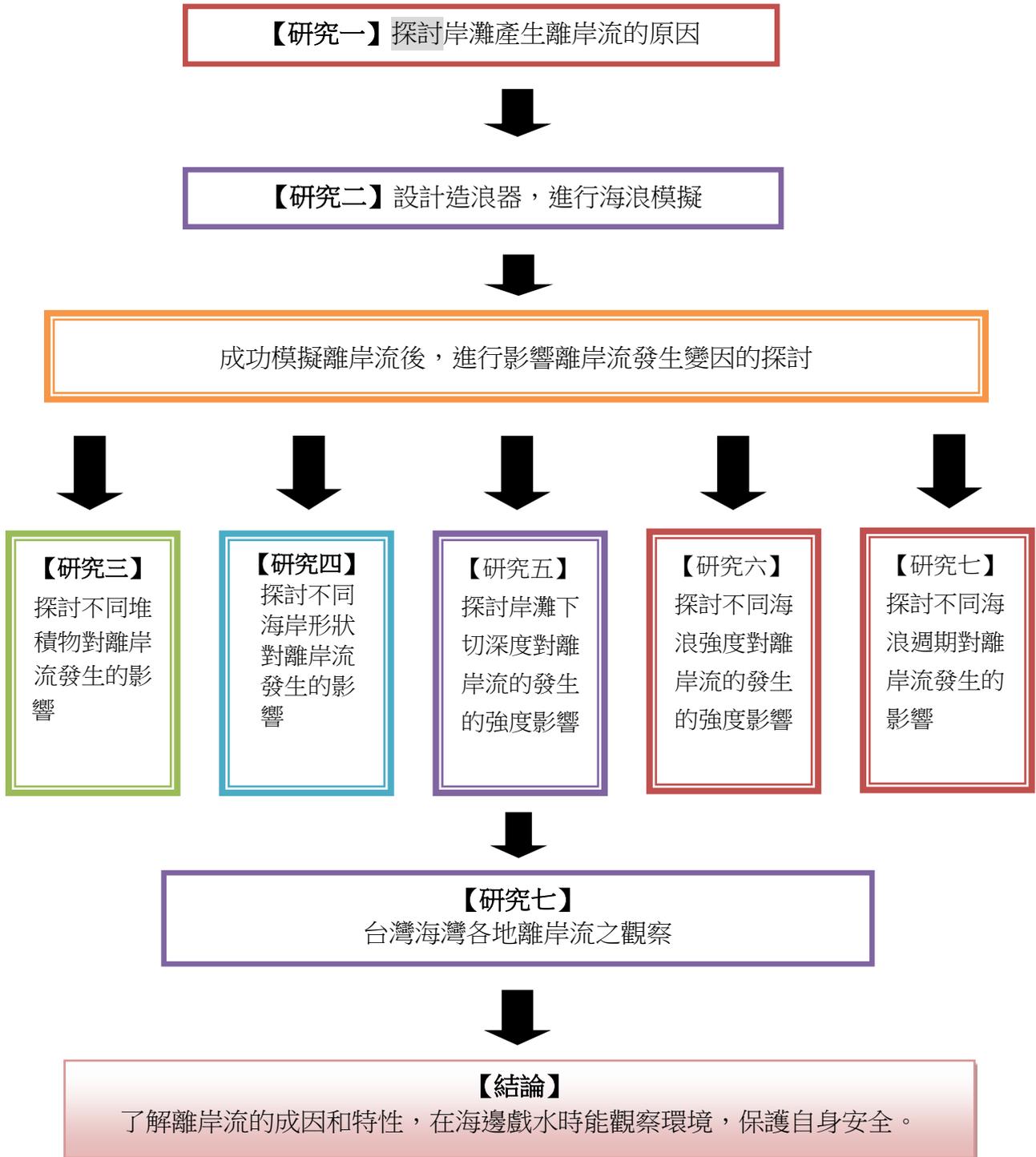
參、研究設備及器材



壓克力箱 長 95cm×寬 66cm×高 9cm	細沙	碎石沙	珊瑚砂
馬達兩個	壓克力板	滑輪兩個	塑膠棒
熱熔膠	輪軸	量角器	海報紙
保麗龍球 (當漂浮物用)	壓克力板	直尺	水桶

肆、研究過程與方法

依據研究目的及預定進行的研究步驟，形成研究架構流程圖：



【研究方法一】探討造浪器原理

經過文獻探討後，我們了解目前人自造浪的造浪方式有三種，分別為真空提升式、機械推板式和空氣壓縮式。其中，真空提升式主要運用於 2 公尺以上的人工大浪，械推板式和空氣壓縮式則是製造穩定持續型海浪。此外，透過資料搜尋，我們發現日本大和博物館的造浪機、成功大學造浪機都使用機械推板進行造浪，並進行相關海洋研究。因此，我們希望藉由六年級簡單機械單元的輪軸原理，設計機械推板結構，以製造出穩定的人造浪。

為了更了解機械推板結構，我們前往中興大學海洋研究所，希望近距離觀察造浪機的結構。參觀過後，我們深入了解造浪機是運用電動機帶動置於水中的推板，使其前後移動，並可透過改變電動機的轉動頻率和幅度，就可以改變波浪和大小和長短。而其中會遇到到的問題是必須克服水的浮力和作用力，因此電動機的扭力和推板的重量都是設計上的重點。

【研究方法二】離岸流測試方法

經由文獻探討後，我們採用漂浮物流動情形和水下沙洲變化情形二種方式檢視離岸流生成的情形。

- (一) 漂浮物流動情形測量方式：將 5 顆保麗龍球至於平直海岸前端 3 公分水面。錄影 120 秒後，使用 Vedio physics 軟體分析保麗龍球路徑，並記錄保麗龍球的離岸距離。
- (二) 水下沙洲變化情形：岸灘地型分為中間、左側和右側，造浪測試前先用木片插入繪製原始地形；造浪測試後，再將用木片插入繪製實驗後地形，比較實驗前後地形的變化。

		
木片插入繪製原始地形	測量岸灘最高點高度	比較實驗前後地形圖

伍、研究結果

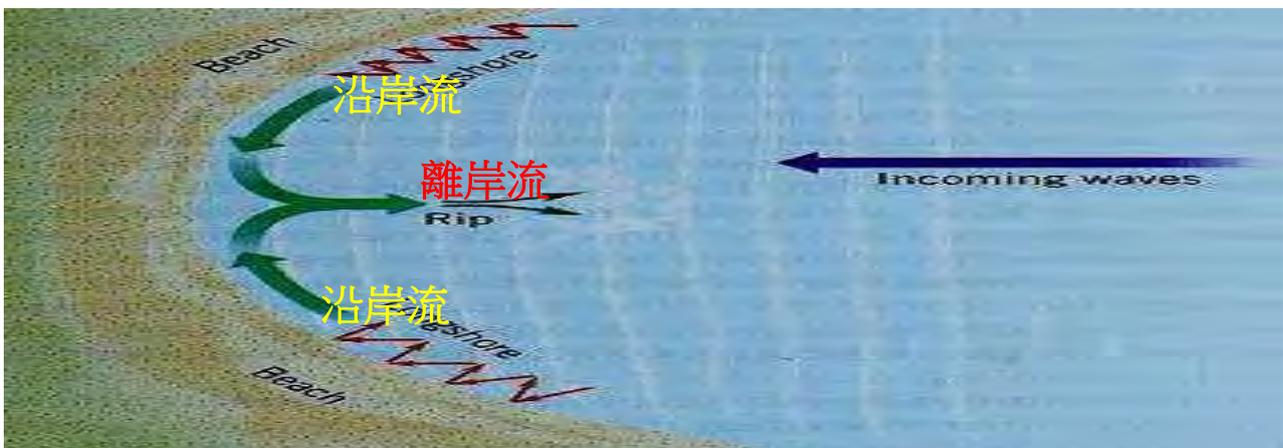
【研究一】探討離岸流形成的原因

一、文獻探討

(一) 離岸流的形成

綜覽相關研究資料後，我們歸納如下：離岸流（Rip Current）又稱為「裂流」，發生於海浪衝擊向海岸時，因為遇到陸地阻礙而發生潰散；大量海水需要尋找退路，但受到後方海浪推擠，這些海水起初會沿著與岸灘平行的方向移動，緊接會匯集成一道或數道的水流退回大海。其中沿岸流(Longshore currents)是造成離岸流形成的主要因素之一。沿岸流的主要是因波浪撲向海岸時，波峰線未完全與海岸平行而產生，而主要發生位置侷限於激浪帶以內。如前所述，當波浪行進時，波峰與波谷間的水平均會隨波傳方向流動，這股海水在進入激浪帶後，會因波浪破碎波高降低，一部份會造成水位抬升，另一部份則沿著海岸流動形成沿岸流。在激浪帶內，亂流運動強烈，海底沈積容易被攪起，因此水色混濁，這些被攪起之沈積物會隨沿岸流移動。當沿岸流匯合時，海水將形成離岸運動流回外海，這種離岸海流速度很快（可高每秒 2 公尺）、流幅狹窄（在其頸往往僅 10 至 100 呎寬），流速分佈呈現蕈狀，即海洋工程學上稱離岸流，亦有人稱為離岸激流(Rip tide)。

離岸流一般在人毫無防備的情況下突然出現，而且是任何天氣條件下也可能發生，和颱風時產生的巨浪不一樣，離岸流並不引人注目，直到人身陷其中才會發覺。根據維基百科上的資料，離岸流流速大多在每秒 0.5-1 公尺，最快可達每秒 2.5 公尺，其長度可延伸 30-100 公尺甚至更長，流向幾乎與岸線垂直，可將強壯的游泳者迅速拖拽入深水，引起溺水。



圖片出處：<http://w3.oc.ntu.edu.tw/chap9/chap9.htm>

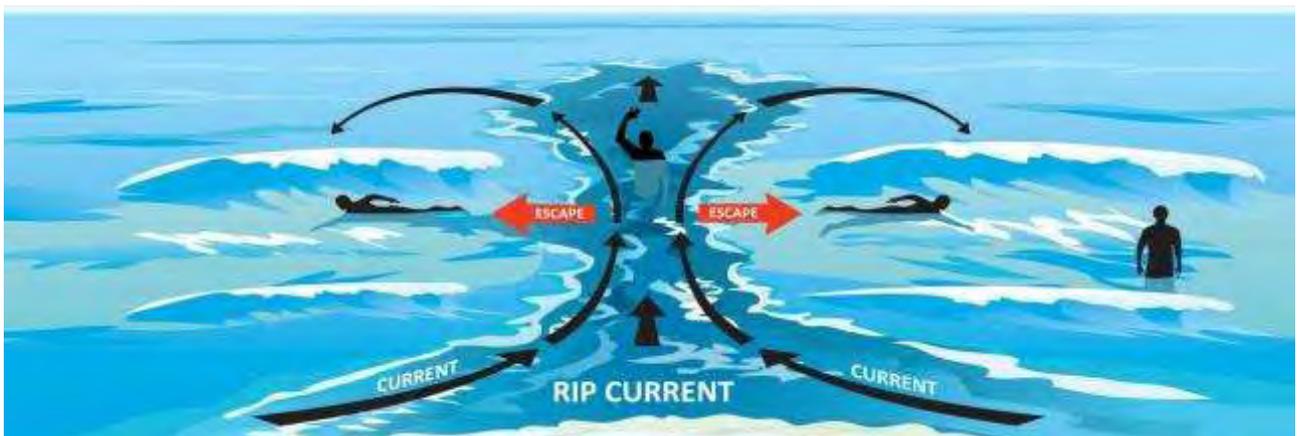


圖片出處：<https://www.weather.gov/safety/ripcurrent-science>

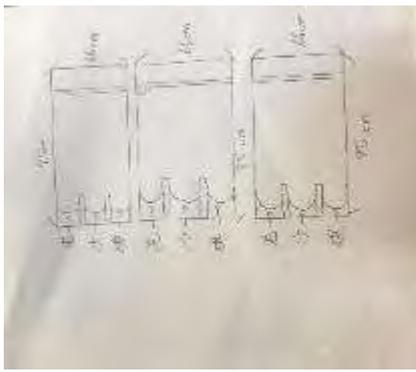
(二) 離岸流的危害與戲水安全

離岸流會將泳客拉離海邊，可能帶離海岸好遠一段距。因此泳客可能會驚慌，最後溺水。離岸流最強的時候是退潮，所以到海邊玩水一定要先查詢潮汐狀況，並在下水前一定要先觀察海象。但若不幸被海流帶出外時應如何應變呢？首先就是要保冷靜。離岸只會把人帶離海岸，不捲到底。基本的水母飄便能自救，不要直接往岸上游，去對抗海流。若是在離岸流發生處戲水，自救的方法就是沿著海岸線方向游，直到出離岸流的影響範圍，再由入射角度游回到岸邊。

所以，到海邊戲水時應先觀察地形與海面狀況，若發現有類似兩側是海浪，中間出現相對平靜無的區域應該避免在此處戲水。許多資料顯示「離岸流」是到海邊戲水時最大的安全威脅，每年約有一百人喪生於這種海流。而離岸流的危險因子有：水深（Water Depth）、碎浪（Breaking Waves）、潮汐變化、近岸水流、地形的效應等。



【研究二】設計海浪實驗水槽



繪製設計圖



製作大型壓克力盒



裁切保麗龍球



製作推浪器



裁切推浪器長度



連接減速馬達



繪製方格紙



使用砂石鋪設海灘



實際進行造浪實驗



【研究三】探討不同堆積物(沙岸、岩岸及礁石岸)對離岸流發生的影響

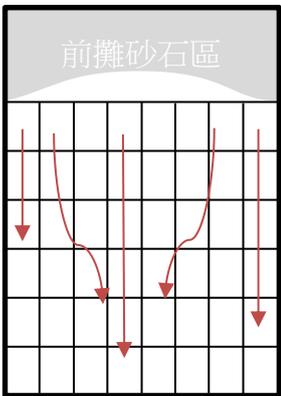
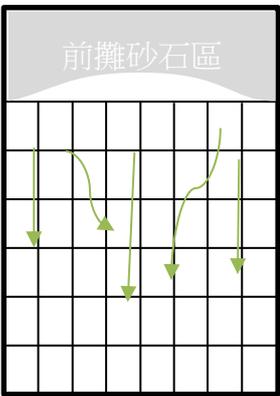
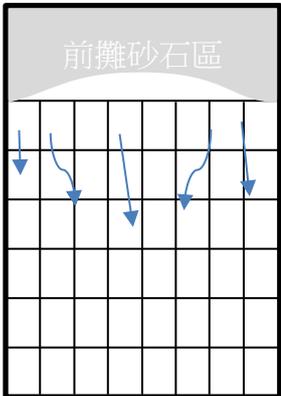
一、實驗方法

(三) 以細沙(粒徑 1mm)、碎石沙(5mm)、珊瑚沙(10mm)分別鋪設平直海岸，水深 5 公分，使用造浪器進行實驗。

(四) 將 5 顆保麗龍球至於平直海岸前端 3 公分水面。

(五) 錄影 120 秒後，使用 Vedio physics 軟體分析保麗龍球路徑，並記錄保麗龍球的離岸距離。

二、實驗結果

堆積物	細沙(粒徑 1mm)	碎石沙(5mm)	珊瑚沙(10mm)
實驗結果			
平均離岸距離	11.2 公分	8.4 公分	3.8 公分
路徑圖			
水下沙洲變化情形	左	左	左
	中	中	中
	右	右	右

1. 不同堆積物所形成的岸灘類型皆會出現離岸流，離岸流出現於平直岸灘中央位置。
2. 沙岸所形成的離岸流強度較強，能將水面漂浮物帶離岸邊的距離最遠。
3. 沙岸、碎石沙因多次海浪拍打將岸灘底部的砂石帶上岸邊，在水面下形成陡坡；珊瑚沙岸無此情形。

【研究四】探討不同海岸形狀對離岸流發生的影響

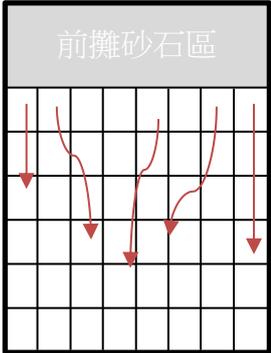
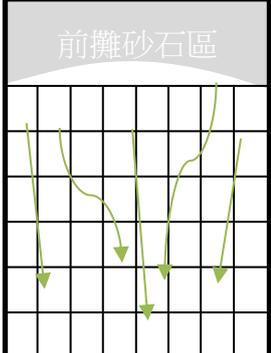
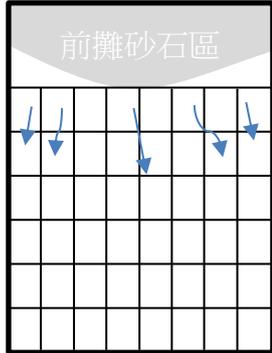
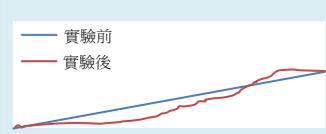
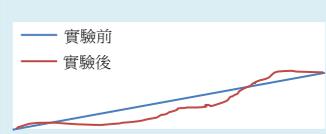
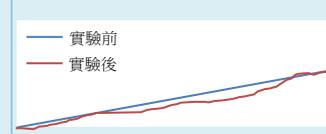
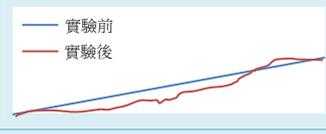
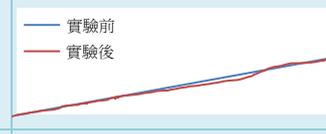
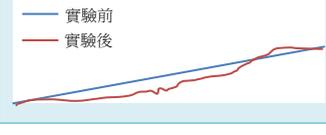
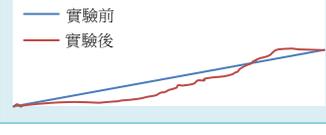
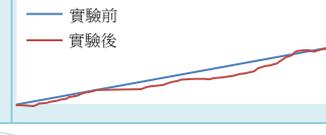
一、實驗方法

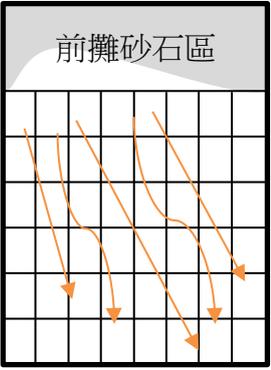
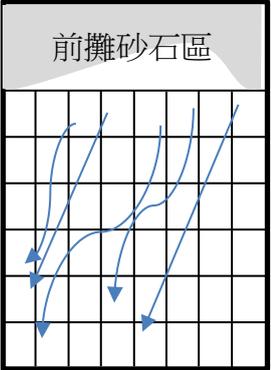
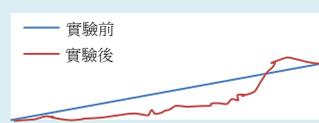
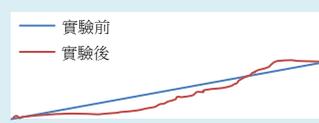
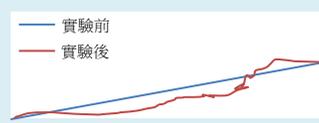
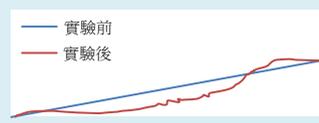
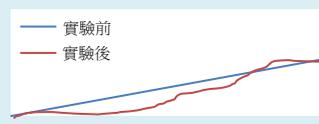
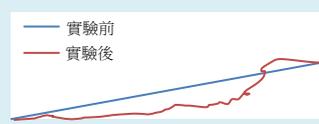
(一) 以細沙(粒徑 1mm)分別鋪設平直海岸、外彎扇形海岸、內灣扇形海岸、不規則海岸，水深 5 公分，使用造浪器進行實驗。

(二) 將 5 顆保麗龍球至於平直海岸前端 3 公分水面。

(三) 錄影 120 秒後，使用 Vedio physics 軟體分析保麗龍球路徑，並記錄保麗龍球的離岸距離。

二、實驗結果

海岸形狀	平直海岸		內灣扇形海岸		外彎扇形海岸	
實驗結果	平直海岸		內灣扇形海岸		外彎扇形海岸	
平均離岸距離	10.9 公分		13.2 公分		2.6 公分	
路徑圖	 <p>前灘砂石區</p>		 <p>前灘砂石區</p>		 <p>前灘砂石區</p>	
水下沙洲變化情形	左		左		左	
	中		中		中	
	右		右		右	
發生時間	52 秒		34 秒			

海岸形狀	左側內彎型海岸	右側內彎型海岸		
實驗結果				
平均離岸距離	14.7 公分	15.3 公分		
路徑圖	 <p>前灘砂石區</p>	 <p>前灘砂石區</p>		
水下沙洲變化情形	左	 <p>— 實驗前 — 實驗後</p>	左	 <p>— 實驗前 — 實驗後</p>
	中	 <p>— 實驗前 — 實驗後</p>	中	 <p>— 實驗前 — 實驗後</p>
	右	 <p>— 實驗前 — 實驗後</p>	右	 <p>— 實驗前 — 實驗後</p>
發生時間	54 秒	56 秒		

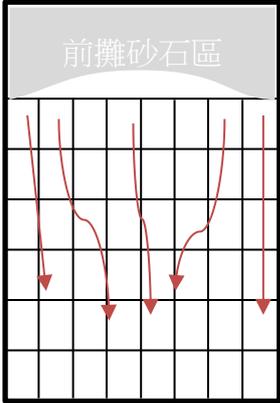
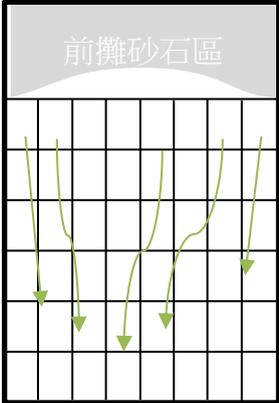
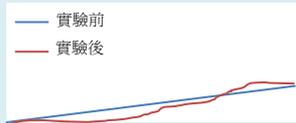
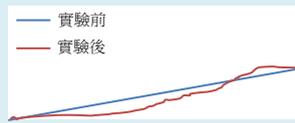
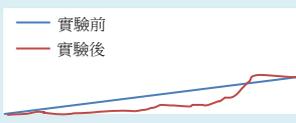
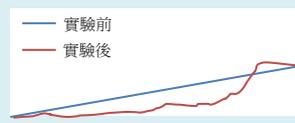
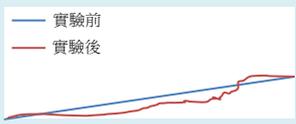
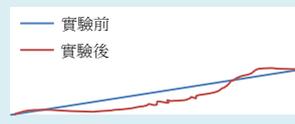
1. 平直海岸、內灣扇形海岸、不規則海岸都可以發現離岸流的產生；外灣扇形海岸無離岸流產生。
2. 內灣扇形海岸左右側的反射波會造成離岸流的強度增加，將漂浮物帶離到更遠的地方。
3. 內彎型海岸形成離岸流的時間最短；不規則海岸形成離岸流的時間最長。
4. 左側內彎型海岸和右側內彎型海岸一開始產生的碎波最多，一開始漂浮物並沒有明顯被帶離海岸邊，直到平均至 55 秒左右後形成一股強烈的離岸流，將漂浮物快速帶離岸邊。
5. 左側內彎型海岸離岸流方向向右；右側內彎型海岸離岸流方向向左。

【研究五】 探討岸灘傾斜角度對離岸流發生的影響

一、實驗方法

- (一) 以細沙鋪設平直海岸，傾斜角度 10 度、20 度、30 度、40 度，水深 5 公分，使用造浪器進行實驗。
- (二) 將 5 顆保麗龍球至於平直海岸前端 3 公分水面。
- (三) 錄影 120 秒後，使用 Vedio physics 軟體分析保麗龍球路徑，並記錄保麗龍球的離岸距離。

二、實驗結果

傾斜角度 實驗結果	30 度		40 度	
平均離岸距離	11.2 公分		13.9 公分	
路徑圖				
水下沙洲 變化情形	左		左	
	中		中	
	右		右	

傾斜角度	50 度		60 度	
實驗結果	5.1 公分		3 公分	
平均離岸距離	5.1 公分		3 公分	
路徑圖				
水下沙洲 變化情形	左		左	
	中		中	
	右		右	

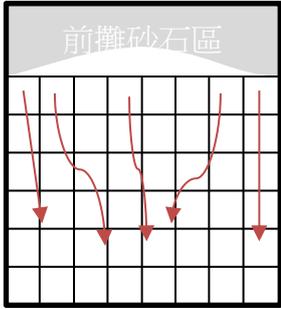
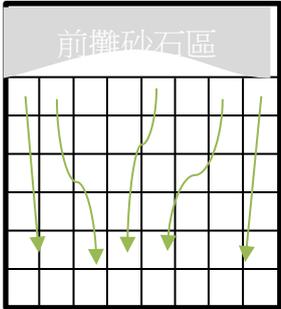
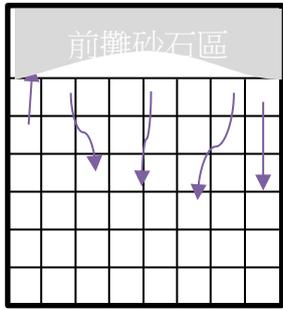
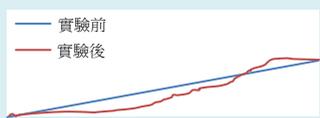
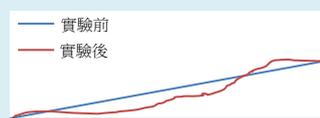
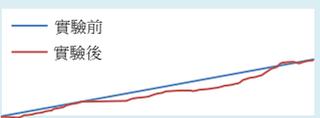
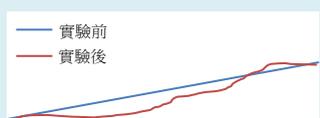
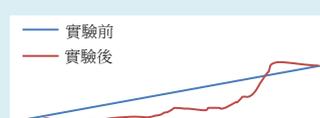
1. 傾斜角度 30 度、40 度都有離岸流產生，漂浮物被帶往遠處；傾斜角度 50 度、60 度離岸流的情形不明顯，且兩側漂浮物直接被海浪帶至岸上。
2. 研究結果顯示，傾斜角度 40 度時，產生的離岸流較強；但越傾斜較度，離岸流則有減弱的情形。
3. 研究結果顯示，傾斜角度 40 度時，水面下海灘明顯凹陷，形成明顯的水下沙洲(underwater sandbar)。

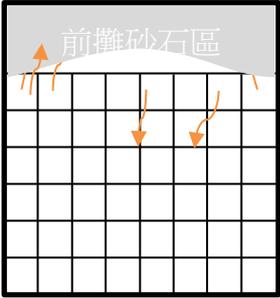
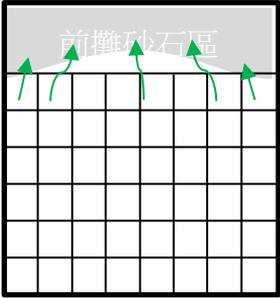
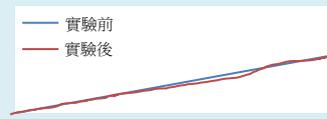
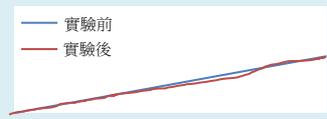
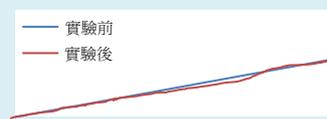
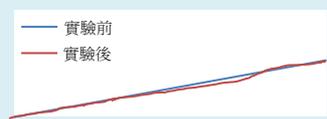
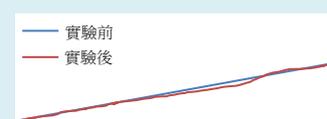
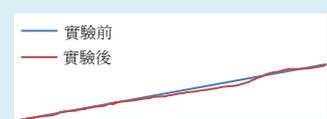
【研究六】 探討不同海浪強度對離岸流發生的影響

一、實驗方法

- (一) 以細沙鋪設平直海岸，傾斜角度 10 度，水深 5 公分，使用造浪器進行實驗。
- (二) 為改變海浪強度改為手動造浪，依序推動 1 格、2 格、3 格、4 格、5 格方格紙長度進行造浪。
- (三) 將 5 顆保麗龍球至於平直海岸前端 3 公分水面。
- (四) 錄影 120 秒後，使用 Vedio physics 軟體分析保麗龍球路徑，並記錄保麗龍球離岸距離。

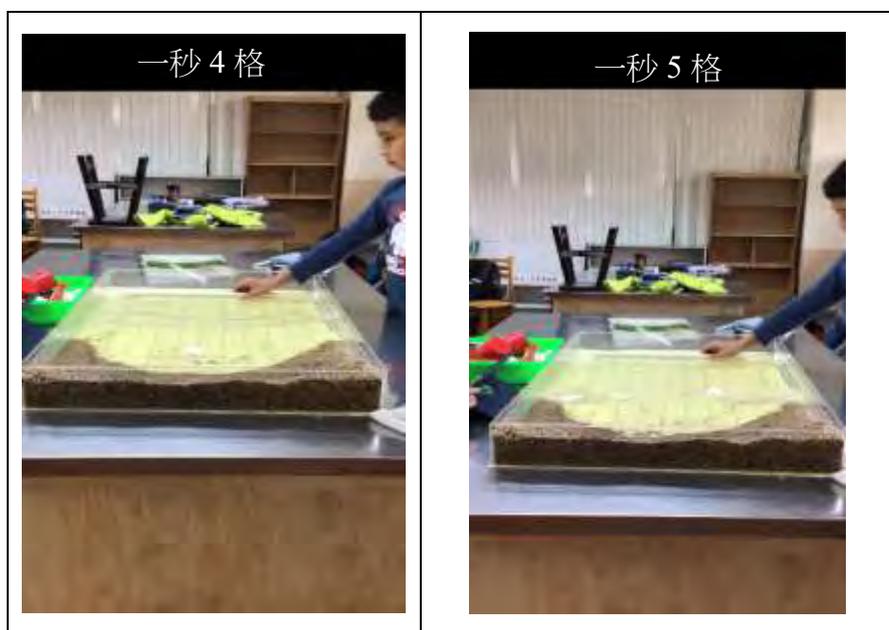
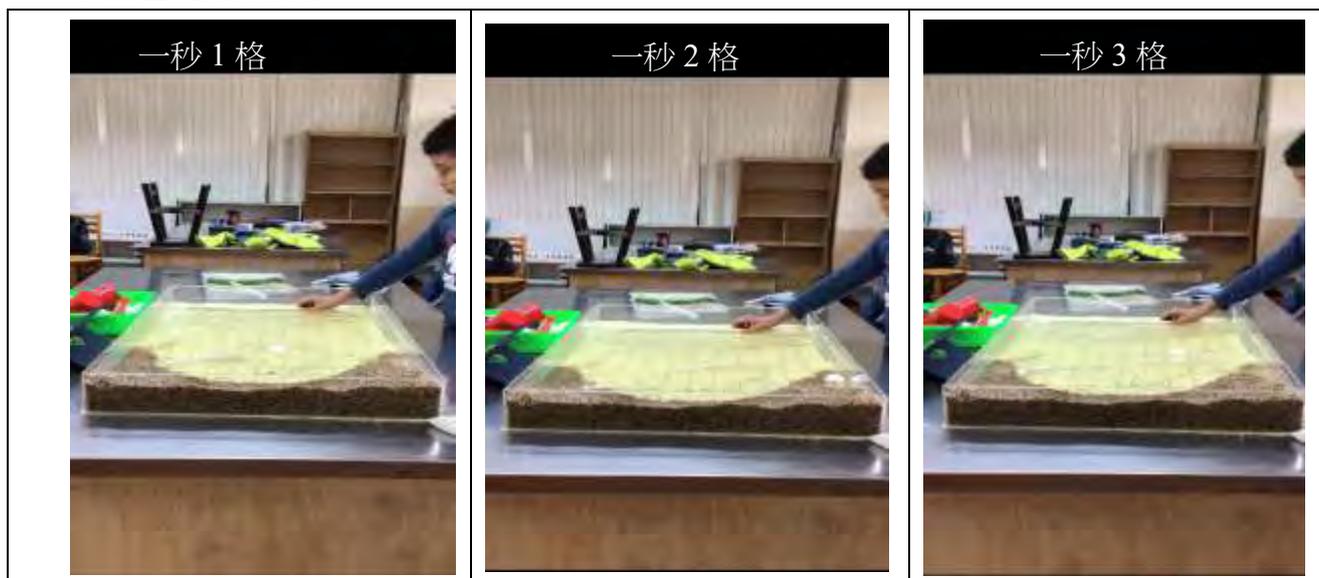
二、實驗結果

海浪強度		1 格	2 格	3 格
實驗結果				
平均離岸距離		12.2 公分	14.5 公分	5.1 公分
路徑圖				
水下沙洲變化情形	左			
	中			
	右			

海浪強度	4 格		5 格	
實驗結果	4 格		5 格	
平均離岸距離	1.2 公分		-2.5 公分	
路徑圖				
水下沙洲 變化情形	左		左	
	中		中	
	右		右	

1. 造浪強度 1 格、2 格、3 格時產生的碎浪較多；造浪強度 4 格以上較無碎浪。
2. 造浪強度 1 格、2 格、3 格都有離岸流產生，其中造浪強度 2 格形成的離岸流強度最強，將漂浮物帶離海岸最遠，水面下出現明顯的水下沙洲(underwater sandbar)。
3. 造浪強度 4 格以上，幾次大浪就已將漂浮物冲上岸邊，無明顯的離岸流產生。

4. 手動造浪操作情形



【研究七】 探討不同海浪週期對離岸流發生的影響

三、實驗方法

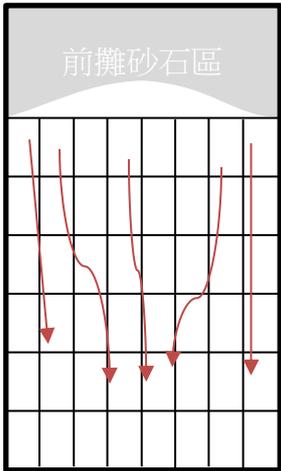
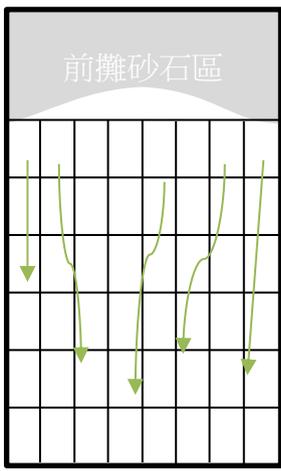
(五) 以細沙鋪設平直海岸，傾斜角度 10 度，水深 5 公分，使用造浪器進行實驗。

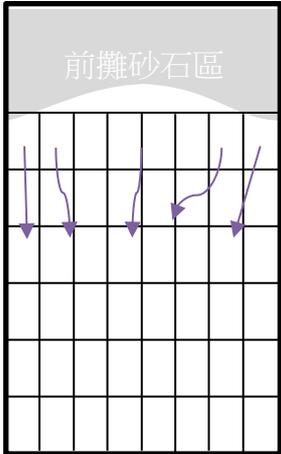
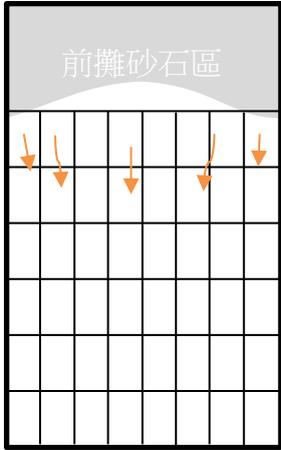
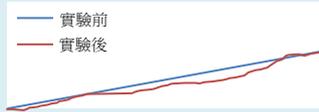
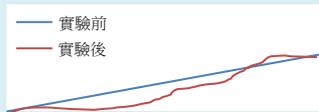
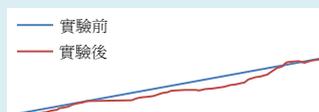
(六) 為改變海浪週期改為手動造浪，依序 1 秒、2 秒、3 秒、4 秒推動 2 格方格紙長度進行造浪。

(七) 將 5 顆保麗龍球至於平直海岸前端 3 公分水面。

(八) 錄影 120 秒後，使用 Vedio physics 軟體分析保麗龍球路徑，並記錄保麗龍球的離岸距離。

四、實驗結果

海浪週期		1 秒	2 秒
實驗結果			
平均離岸距離		11.2 公分	11.9 公分
路徑圖			
水下沙洲 變化情形	左		
	中		
	右		

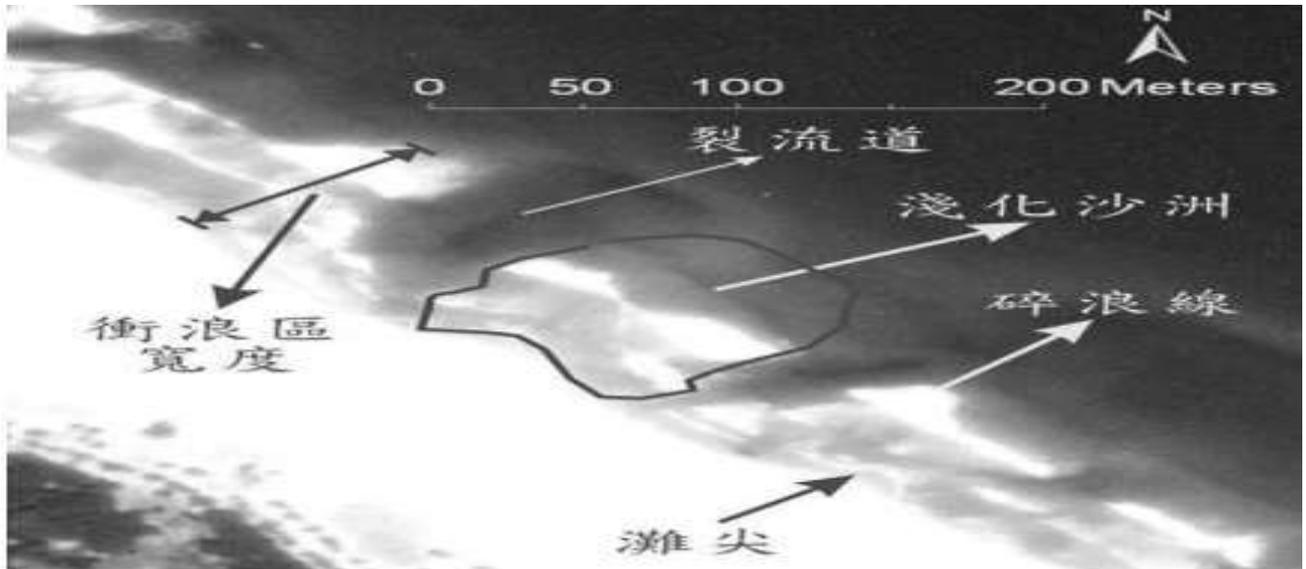
海浪週期	3 秒		4 秒	
實驗結果	3 秒		4 秒	
平均離岸距離	4.1 公分		0.4 公分	
路徑圖				
水下沙洲 變化情形	左		左	
	中		中	
	右		右	

1. 造浪週期 1 秒、2 秒時產生的碎浪較多，造浪週期 4 秒幾乎無碎浪。
2. 造浪週期 1 秒、2 秒都有離岸流產生；造浪週期 3 秒，離岸流不明顯；造浪週期 4 秒，漂浮物僅在原地晃動。

【研究八】台灣海灣各地離岸流之觀察

(一) 研究方法：

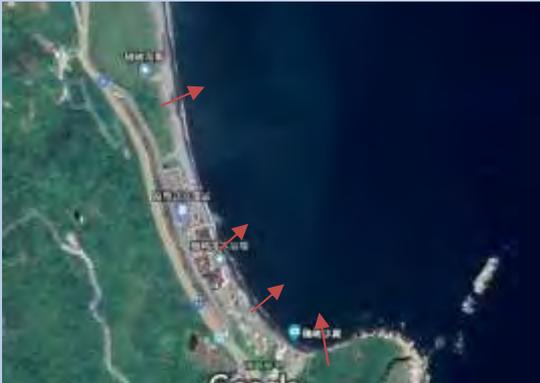
由下圖可知，沙岸系統中大多數即是因為水下沙洲造成的海底地形抬升，而形成碎浪。普遍所見的沙洲，都因沿岸流的關係呈現與海岸線平行的條狀沙洲。換句話說，碎浪會形成一條白色水花的「浪裂線」。此外，這就表示，浪裂線不連續的地方，也就是水下沙洲不連續且水深較深的地方，通常這就是離岸流的發生處。因此，我們透過 GOOGLE EARTH 衛星圖照片分析台灣沿岸地區，離岸流發生的情形。



(二) 研究結果：

我們找出了各段海岸有離岸流的地方，並指出離岸流發生的海岸地形，經過整理，如下所示： 海岸地區

地區	GOOGLE 影像展示	說明
福隆海水浴場		離岸流的分布是位在圖中左上方的沙灘、河口地區。
白沙灣海水浴場		離岸流的分布是位在沙灘段以及圖中右側的岬角旁邊。

<p>金山海水浴場</p>		<p>到離岸流的分布是位在沙灘和堤防旁邊。</p>
<p>翡翠灣海水浴場</p>		<p>離岸流的分布主要分布在沙灘地區。</p>
<p>內埤海水浴場</p>		<p>離岸流的分布是位在沙灘段以及圖中右側的岬角旁邊。</p>
<p>磯崎海水浴場</p>		<p>到離岸流的分布是位在沙灘段以及圖中右側的岬角旁邊。</p>

竹圍海水浴場		可發現旗津海域離岸流分布在北側岬角，以及沙灘地區。
通霄海水浴場		可以看到離岸流分布在漁港出口北側堤防、沙灘和河口地區。
馬沙溝海水浴場		離岸流主要分布在沙灘。

1. 離岸流多存在於沙岸地區，與模擬海岸實驗相符。
2. 浪花斷掉的地方，其實就是代表水域較深的部分，所以我們其實可以從浪花的分布看出海邊哪些地方水比較深，哪邊水比較淺，水比較深的地方，就是離岸流的分布區。
3. 海灣兩側的岬角旁也會產生離岸流，波浪入射後形成沿岸流，沿岸流變會往兩旁的陸岬流動，最後再沿著陸岬以離岸的方式流向外海，從我們蒐集的圖片中，白沙灣、馬沙溝海水浴場等地區即擁有這一類型的離岸流。
4. 人工結構物也會導致離岸流的產生。

陸、 研究結論

- 一、由文獻可知，離岸流的成因主要是海浪沖擊岸時，因為遇到阻礙（陸地）而潰散，大量海水必須尋找回到裡路徑，但由於受後續浪推擠這些的海水初期會沿著與沙灘平行的方向移動，最後匯集成一道或數的強大水流退回海中，這過程反覆出現發生形成離岸流。
- 二、由【研究三】發現，沙岸最容易發生離岸流，呼應相關文獻中說明沙岸的波浪在向岸的過程，會因為海底坡度逐漸升高（海下沙洲），而出現波浪淺化現象形成捲浪。隨著捲浪向岸行進，頂部前傾的情形會越來越明顯，直到底部無法支撐頂部重量而塌陷，即形成碎浪。大量的碎浪集結再一起，就會形成一股強烈的離岸流。
- 三、由【研究四】可知內彎型海岸容易引發離岸流，然而實際自然環境中，海岸的形狀並不會出現非單一內彎型。因此，我們進一步將海岸模擬成不規則的波浪型，研究結過發現不規則海岸會形成更多的碎浪，因而離岸流較單一內彎型海岸更強。此外，我們進一步測量離岸流發生的時間，實驗結果發現，內彎型海岸最短；不規則海岸形成離岸流的時間較長，顯示離岸流會因海岸形狀而有不同的發生週期。
- 四、由【研究五】可知海岸傾斜角度會影響離岸流的形成，研究結果發現傾斜角度30度，海浪持續拍打會在水面下形成明顯的水下沙洲，而使碎浪增加，進一步增強離岸流的強度。
- 五、由【研究六】可知海浪大小若能將沙灘上的砂石捲入海底，形成水下沙洲，會增加離岸流的強度，但海浪過大反而較不容易出現離岸流。此結果呼應文獻，多數離岸流造成的溺水案例都是出現在一般適合戲水的天氣，所以容易被民眾忽略離岸流的危險性。
- 六、由【研究七】可知海浪週期過慢，離岸流出現的機率較會降低。
- 七、由【研究八】google衛星圖的分析，離岸流幾乎存在於沙岸地區，如果只是純岩岸地區則看不出有離岸流的存在，我們認為在岩岸地區不易形成水下沙洲，所以不容易形成海流。
- 八、從模擬實驗中發現，離岸流發生的位置距離前灘位大約5cm-15cm的區域。因此，我們在海水浴場戲時，只要離開岸邊一段距離就應多加注意是否有岸流的出現，以免發生危險。
- 九、台灣沿岸的人工結構物也會導致離岸流的產生，例如金山海水浴場、烏石港等，都有突堤，而這些突堤雖然感覺起來有受到波浪遮蔽是很安全的，但是實際上卻有離岸流的存在，會容易被大眾忽略，值得更進一步探討。

柒、參考資料

- 一、陳彥廷、魏可欣、秦千賀、蘇于蓁(2014) 海流玄機—探討不同海岸對離岸流的影響/中華民國第54屆中小學科學展覽會/國立台灣科學教育館。
- 二、江宗翰、吳旻芯、徐秉均、黃智遠、羅子祐、王濬呈(2015)撲朔迷「離」—離岸流模擬觀察與離岸流警報器設計之研究/中華民國第55屆中小學科學展覽會/國立台灣科學教育館。
- 三、林雪美、黃翊翔、沈淑敏(2009)，台灣東北部福隆海灘類型和裂流分布之長期變動研究，地理 研究，50:47-66。
- 四、林雪美、黃翊翔、沈淑敏(2011)，台灣北部福隆海灘類型和裂流分布之短期變動研究，地理學 報，61:57-80。
- 五、黃翊翔、林雪美(2009)，小心海灘隱形殺手！--淺談裂流--，國立臺灣科學教育館科學研習月 刊，第48期。
- 六、BBC新聞中心—吃人的海：海邊游泳要認識的殺手「離岸流」
<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-45110012>
- 七、中央氣象局數位科普網—海灘殺手—離岸流
<https://pweb.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/kids/marine/188-%E6%B5%B7%E7%81%98%E6%AE%BA%E6%89%8B%E2%80%94%E9%9B%A2%E5%B2%B8%E6%B5%81>
- 八、海洋學教材
<http://w3.oc.ntu.edu.tw/chap9/chap9.htm>

【評語】 080505

能自製造浪器以探討區域性影響離岸流的相關變因(如：在不同岸邊海岸地形)。因為各海水浴場之沙的結構或許有所不同，建議可以使用各海水浴場之實地的沙來鋪成實驗的沙洲，所得之結果更能佐證實地觀察之結果，此外實驗方法的設計著重在水表面的離岸流，實驗結果的縱剖面底部地形皆有變但未能清楚分析說明離岸流的垂直結構變化有些可惜。實驗結果以手繪方式記錄，雖可以示意實驗結果，但也可以用照相方式同時記錄，再將示意圖繪製於照片上，更能凸顯實驗結果紀錄的精準度。

摘要

本研究藉由資料蒐集了解離岸流的成因與影響，並透過設計海浪實驗水槽，模擬離岸流發生的情形，研究發現：(1)沙岸因海浪捲落岸邊砂石而形成海底沙洲，海面出現碎浪進而形成一股強烈的離岸流。(2)不規則海岸會形成更多的碎浪，因而離岸流較單一內彎型海岸更強。但不規則海岸形成離岸流的時間較長，顯示離岸流會因海岸形狀而有不同的發生頻率。(3)海岸傾斜角度會影響離岸流的形成(4)海浪大小若能將沙灘上的砂石捲入海底，形成水下沙洲，會增加離岸流的強度，但海浪過大反而較不容易出現離岸流。(5)可知海浪頻率過慢，離岸流出現的機率較會降低。(6)從模擬實驗中發現，我們在海浴場戲水時，只要離開岸邊一段距離就應多加注意是否有岸流的出現，以免發生危險。

壹、研究動機

2018年九月，南方澳內埤海灘接連傳出溺水意外！當地居民稱風景雖美，卻潛藏著看不見的危機，當地人都知道，這裡只能在沙灘玩，不能去玩水，甚至有網友稱這裡為「恐怖情人灣」。為何當地人不會在這玩水，因為這裡屬於危險的陡降型海灘，海岸和沙灘之間落差有時高達十公尺，常有意外發生，但除了高落差的因素，是否亦潛藏其他因素，或許離岸流是重要的原因。因此，我們對離岸流的原理一直抱持強烈的好奇心，希望透過實驗進了解離岸流形成的原理，並設計海岸模型模擬海岸以探究影響離岸流的因素。

貳、研究目的

本實驗希望透過對離岸流成因理論了解的基礎下，並透過實驗的方式，進行以下的研究：

- 1、探討岸灘產生離岸流的原因
- 2、設計造浪器，進行海浪模擬
- 3、探討不同堆積物(沙岸、碎石岸及礁岩岸)對離岸流發生的影響
- 4、探討不同海岸形狀對離岸流發生的影響
- 5、探討岸灘下切深度對離岸流發生的影響
- 6、探討不同海浪強度對離岸流發生的影響
- 7、探討不同海浪週期對離岸流發生的影響
- 8、台灣海灣各地離岸流之觀察

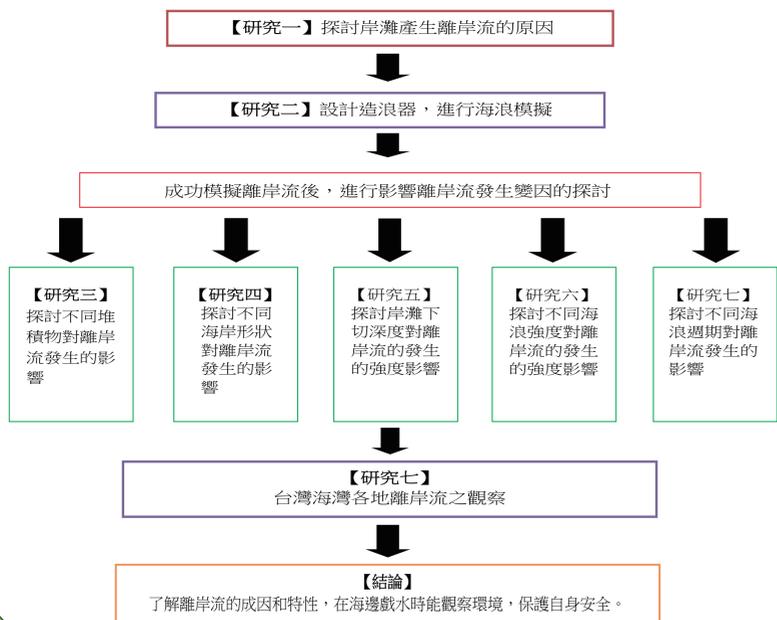
參、研究設備與器材



壓克力箱 長 95cm×寬 66cm×高 9cm	細沙	碎石沙	珊瑚砂
馬達兩個	壓克力板	滑輪兩個	塑膠棒
熱熔膠	輪軸	量角器	海報紙
保護龍球 (當漂浮物用)	壓克力板	直尺	水桶

肆、研究過程與方法

依據研究目的及預定進行的研究步驟，形成研究架構流程圖：



伍、研究結果

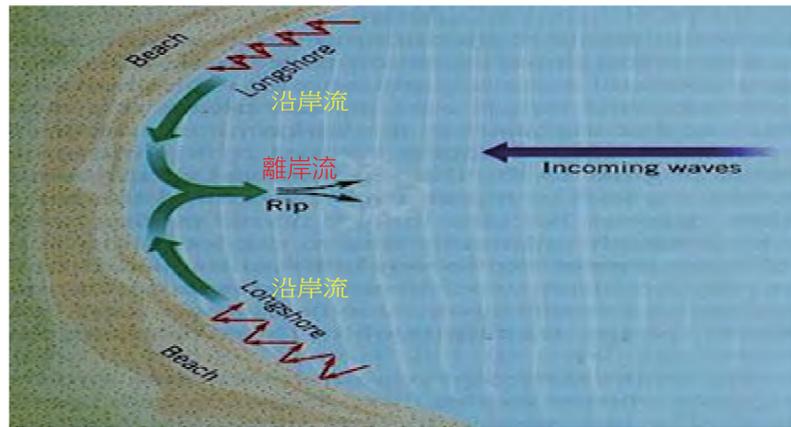
【研究一】探討離岸流形成的原因

一、文獻探討

(一) 離岸流的形成

綜覽相關研究資料後，我們歸納如下：離岸流 (Rip Current) 又稱為「裂流」，發生於海浪衝擊向海岸時，因為遇到陸地阻礙而發生潰散；大量海水需要尋找退路，但受到後方海浪推擠，這些海水起初會沿著與岸灘平行的方向移動，緊接會匯集成一道或數道的水流退回大海。其中沿岸流(Longshore currents)是造成離岸流形成的主要因素之一。沿岸流的主要是因波浪撲向海岸時，波峰線未完全與海岸平行而產生，而主要發生位置侷限於激浪帶以內。如前所述，當波浪行進時，波峰與波谷間的水平均會隨波傳方向流動，這股海水在進入激浪帶後，會因波浪破碎波高降低，一部份會造成水位抬升，另一部份則沿著海岸流動形成沿岸流。在激浪帶內，亂流運動強烈，海底沈積容易被攪起，因此水色混濁，這些被攪起之沈積物會隨沿岸流移動。當沿岸流匯合時，海水將形成離岸運動流回外海，這種離岸海流速度很快（可高每秒2公尺）、流幅狹窄（在其頸往往僅10至100呎寬），流速分佈呈現蕈狀，即海洋工程學上稱離岸流，亦有人稱為離岸激流(Rip tide)。

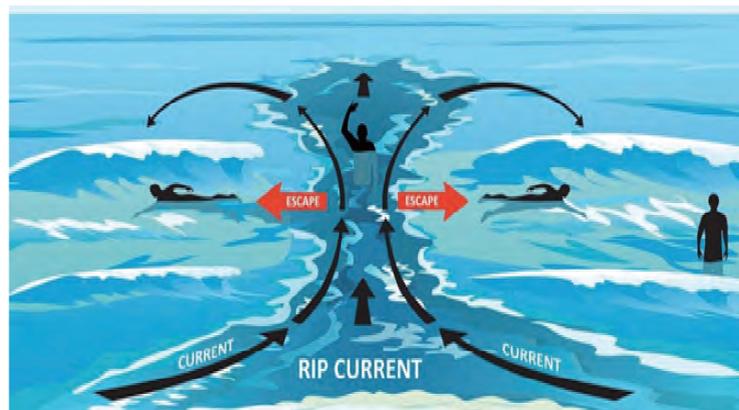
離岸流一般在人毫無防備的情況下突然出現，而且是任何天氣條件下也可能發生，和颱風時產生的巨浪不一樣，離岸流並不引人注目，直到人身陷其中才會發覺。根據維基百科上的資料，離岸流流速大多在每秒0.5-1公尺，最快可達每秒2.5公尺，其長度可延伸30-100公尺甚至更長，流向幾乎與岸線垂直，可將強壯的游泳者迅速拖拽入深水，引起溺水。



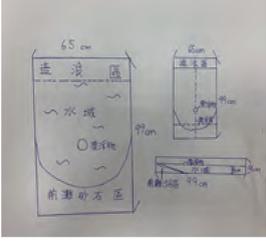
(三) 離岸流的危害與戲水安全

離岸流會將泳客拉離海邊，可能帶離海岸好遠一段距離。因此泳客可能會驚慌，最後溺水。離岸流最強的時候是退潮，所以到海邊玩水一定要先查詢潮汐狀況，並在下水前一定要先觀察海象。但若不幸被海流帶出外時應如何應變呢？首先就是要保冷靜。離岸只會把人帶離海岸，不捲到底。基本的水母飄便能自救，不要直接往岸上游，去對抗海流。若是在離岸流發生處戲水，自救的方法就是沿著海岸線方向游，直到出離岸流的影響範圍，再由入射角度游回到岸邊。

所以，到海邊戲水時應先觀察地形與海面狀況，若發現有類似兩側是海浪，中間出現相對平靜無的區域應該避免在此處戲水。許多資料顯示「離岸流」是到海邊戲水時最大的安全威脅，每年約有一百人喪生於這種海流。而離岸流的危險因子有：水深 (Water Depth)、碎浪 (Breaking Waves)、潮汐變化、近岸水流、地形的效應等。



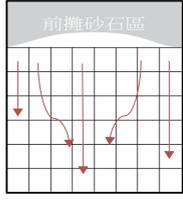
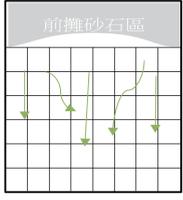
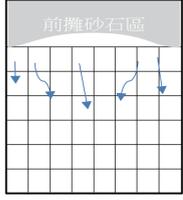
【研究二】設計海浪實驗水槽

		
繪製設計圖	製作大型壓克力盒	裁切保護龍球
		
製作推浪器	裁切推浪器長度	連接減速馬達
		
繪製方格紙	使用砂石鋪設海灘	實際進行造浪實驗



【研究三】探討不同堆積物(沙岸、岩岸及礁石岸)對離岸流發生的影響

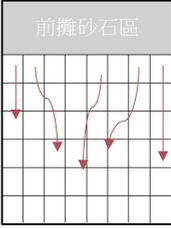
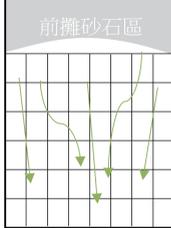
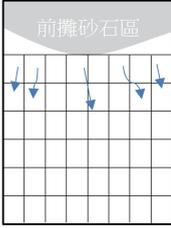
●實驗結果

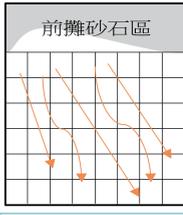
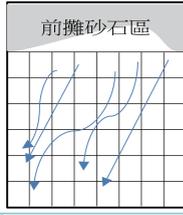
堆積物	細沙(粒徑 1mm)	碎石沙(5mm)	珊瑚沙(10mm)
實驗結果			
平均離岸距離	11.2 公分	8.4 公分	3.8 公分
路徑圖			
水下沙洲	左	左	左
變化情形	中	中	中
	右	右	右

1. 不同堆積物所形成的岸灘類型皆會出現離岸流，離岸流出現於平直岸灘中央位置。
2. 沙岸所形成的離岸流強度較強，能將水面漂浮物帶離岸邊的距離最遠。
3. 沙岸因多次海浪拍打將岸灘底部的砂石帶上岸邊，在水面下形成陡坡；而碎石沙和珊瑚沙岸無此情形。

【研究四】探討不同海岸形狀對離岸流發生的影響

●實驗結果

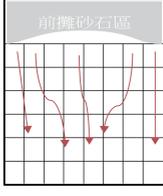
海岸形狀	平直海岸	內灣扇形海岸	外灣扇形海岸
實驗結果			
平均離岸距離	10.9 公分	13.2 公分	2.6 公分
路徑圖			
水下沙洲	左	左	左
變化情形	中	中	中
	右	右	右
發生時間	52 秒	34 秒	

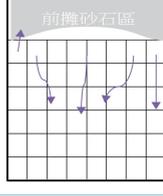
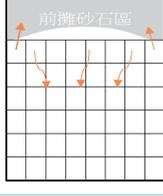
海岸形狀	左側內彎型海岸	右側內彎型海岸
實驗結果		
平均離岸距離	14.7 公分	15.3 公分
路徑圖		
水下沙洲	左	左
變化情形	中	中
	右	右
發生時間	54 秒	56 秒

1. 平直海岸、內灣扇形海岸、不規則海岸都可以發現離岸流的產生；外灣扇形海岸無離岸流產生。
2. 內灣扇形海岸左右側的反射波會造成離岸流的強度增加，將漂浮物帶離到更遠的地方。
3. 內彎型海岸形成離岸流的時間最短；不規則海岸形成離岸流的時間最長。
4. 左側內彎型海岸和右側內彎型海岸一開始產生的碎波最多，一開始漂浮物並沒有明顯被帶離海岸邊，直到平均至55秒左右後形成一股強烈的離岸流，將漂浮物快速帶離岸邊。
5. 左側內彎型海岸離岸流方向向右；右側內彎型海岸離岸流方向向左。

【研究五】探討岸灘傾斜角度對離岸流發生的影響

●實驗結果

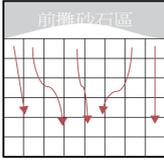
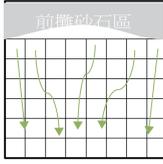
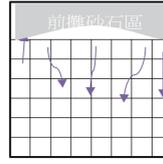
傾斜角度	30 度	40 度
實驗結果		
平均離岸距離	11.2 公分	13.9 公分
路徑圖		
水下沙洲	左	左
變化情形	中	中
	右	右

傾斜角度	50 度	60 度
實驗結果		
平均離岸距離	5.1 公分	3 公分
路徑圖		
水下沙洲	左	左
變化情形	中	中
	右	右

1. 傾斜角度30度、40度都有離岸流產生，漂浮物被帶往遠處；傾斜角度50度、60度離岸流的情形不明顯，且兩側漂浮物直接被海浪帶至岸上。
2. 研究結果顯示，傾斜角度40度時，產生的離岸流較強；但越傾斜較度，離岸流則有減弱的情形。
3. 研究結果顯示，傾斜角度40度時，水面下海灘明顯凹陷，形成明顯的水下沙洲(underwater sandbar)。

【研究六】探討不同海浪強度對離岸流發生的影響

●實驗結果

海浪強度	1 格	2 格	3 格
實驗結果			
平均離岸距離	12.2 公分	14.5 公分	5.1 公分
路徑圖			
水下沙洲	左	左	左
變化情形	中	中	中
	右	右	右

海浪強度	4 格	5 格
實驗結果		
平均離岸距離	1.2 公分	-2.5 公分
路徑圖		
水下沙洲 變化情形	左 	左
	中 	中
	右 	右

- 造浪強度1格、2格、3格時產生的碎浪較多；造浪強度4格以上較無碎浪。
- 造浪強度1格、2格、3格都有離岸流產生，其中造浪強度2格形成的離岸流強度最強，將漂浮物帶離海岸最遠，水面下出現明顯的水下沙洲(underwater sandbar)。
- 造浪強度4格以上，幾次大浪就已將漂浮物沖上岸邊，無明顯的離岸流產生。

【研究七】探討不同海浪頻率對離岸流發生的影響

三、實驗方法

●實驗結果

海浪頻率	1 秒	2 秒
實驗結果		
平均離岸距離	11.2 公分	11.9 公分
路徑圖		
水下沙洲 變化情形	左 	左
	中 	中
	右 	右

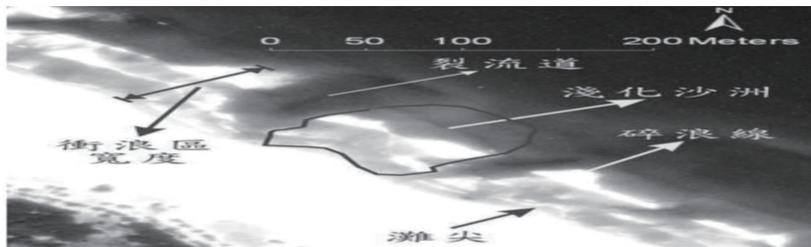
海浪頻率	3 秒	4 秒
實驗結果		
平均離岸距離	4.1 公分	0.4 公分
路徑圖		
水下沙洲 變化情形	左 	左
	中 	中
	右 	右

- 造浪頻率1秒、2秒時產生的碎浪較多，造浪頻率4秒幾乎無碎浪。
- 造浪頻率1秒、2秒都有離岸流產生；造浪頻率3秒，離岸流不明顯；造浪頻率4秒，漂浮物僅在原地晃動。

【研究八】台灣海灣各地離岸流之觀察

(一) 研究方法：

由下圖可知，沙岸系統中大多數即是因為水下沙洲造成的海底地形抬升，而形成碎浪。普遍所見的沙洲，都因沿岸流的關係呈現與海岸線平行的條狀沙洲。換句話說，碎浪會形成一條白色水花的「浪裂線」。此外，這就表示，浪裂線不連續的地方，也就是水下沙洲不連續且水深較深的地方，通常這就是離岸流的發生處。因此，我們透過GOOGLE EARTH衛星圖照片分析台灣沿岸地區，離岸流發生的情形。



(二) 研究結果：

我們找出了各段海岸有離岸流的地方，並指出離岸流發生的海岸地形，經過整理，如下所示：

地區	GOOGLE 影像展示	說明
福隆海水浴場		離岸流的分布是位在圖中左上方的沙灘段、河口地區。
白沙灣海水浴場		離岸流的分布是位在沙灘段以及圖中右側的岬角旁邊。

金山海水浴場		到離岸流的分布是位在沙灘段和堤防旁邊。
翡翠灣海水浴場		離岸流的分布主要分布在沙灘段。
內埤海水浴場		離岸流的分布是位在沙灘段以及圖中右側的岬角旁邊。
磯崎海水浴場		到離岸流的分布是位在沙灘段以及圖中右側的岬角旁邊。
竹圍海水浴場		可發現該處海域離岸流分布在北側岬角，以及沙灘地區。
豬霄海水浴場		可以看到離岸流分布在漁港出口北側堤防、沙灘和河口地區。
馬沙溝海水浴場		離岸流主要分布在沙灘段。

- 離岸流多存在於沙岸地區，與模擬海岸實驗相符。
- 浪花斷掉的地方，其實就是代表水域較深的部分，所以我們其實可以從浪花的分布看出海邊哪些地方水比較深，哪邊水比較淺，水比較深的地方，就是離岸流的分布區。
- 海灣兩側的岬角旁也會產生離岸流，波浪入射後形成沿岸流，沿岸流變會往兩旁的陸岬流動，最後再沿著陸岬以離岸的方式流向外海，從我們蒐集的圖片中，白沙灣、馬沙溝海水浴場等地區即擁有這一類型的離岸流。
- 人工結構物也會導致離岸流的產生。

陸、結論

- 離岸流的成因主要是海浪沖擊岸時，因為遇到阻礙(陸地)而潰散，大量海水必須尋找到回到裡路徑，但由於受後續浪推擠這些的海水初期會沿著與沙灘平行的方向移動，最後匯集成一道或數的強大水流退回海中，這過程循環發生形成離岸流。
- 由【研究三】發現，沙岸最容易發生離岸流，呼應相關文獻中說明沙岸的波浪在向岸的過程，會因為海底坡度逐漸升高(水下沙洲)，而出現波浪淺化現象形成捲浪。隨著捲浪向岸行進，頂部前傾的情形會越來越明顯，直到底部無法支撐頂部重量而塌陷，即形成碎浪。大量的碎浪集結再一起，就會形成一股強烈的離岸流。
- 由【研究四】可知內彎型海岸容易引發離岸流，然而實際自然環境中，海岸的形狀並不會出現非單一內彎型。因此，我們進一步將海岸模擬成不規則的波浪型，研究結過發現不規則海岸會形成更多的碎浪，因而離岸流較單一內彎型海岸更強。此外，我們進一步測量離岸流發生的時間，實驗結果發現，內彎型海岸最短；不規則海岸形成離岸流的時間較長，顯示離岸流會因海岸形狀而有不同的發生頻率。
- 由【研究五】可知海岸傾斜角度會影響離岸流的形成，研究結果發現傾斜角度30度，海浪持續拍打會在水面下形成明顯的水下沙洲，而使碎浪增加，進一步增強離岸流的強度。
- 由【研究六】可知海浪大小若能將沙灘上的砂石捲入海底，形成水下沙洲，會增加離岸流的強度，但海浪過大反而較不容易出現離岸流。此結果呼應文獻，多數離岸流造成的溺水案例都是出現在一般適合戲水的天氣，所以容易被民眾忽略離岸流的危險性。
- 由【研究七】可知海浪頻率過慢，離岸流出現的機率較會降低。
- 由【研究八】google衛星圖的分析，離岸流幾乎存在於沙岸地區，如果只是純岩岸地區則看不出有離岸流的存在，我們認為在岩岸地區波浪是直接打到岸上再反彈回去的，所以不容易形成海流。
- 從模擬實驗中發現，離岸流發生的位置距離前灘位大約5cm-15cm的區域。因此，我們在海水浴場戲時，只要離開岸邊一段距離就應多加注意是否有岸流的出現，以免發生危險。
- 台灣沿岸的人工結構物也會導致離岸流的產生，例如金山海水浴場等，這些突堤雖然感覺起來有受到波浪遮蔽是很安全的，但是實際上卻有離岸流的存在，會容易被大眾忽略，值得更進一步探討。