

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

080506

詭譎多變的離岸流

學校名稱：苗栗縣頭份鎮六合國民小學

作者： 小五 曹奕柔 小五 丘沛巧 小五 孫嘉君	指導老師： 翁俊隆 周夢詩
---	-----------------------------

關鍵詞：離岸流、沿岸流、激浪帶

摘要

本研究是探討詭譎多變的離岸流，透過文獻蒐集來理解離岸流的種類與成因，做為現場觀察的對照依據，經實地觀察詢問居民耆老讓我們發現海浪沖擊到海灘時會遇到阻礙物而潰散，大量海水必須回到海裡，因地形因素和後續海浪推擠會沿著與沙灘平行的方向移動~沿岸流，最後匯集成一道或數道的強大水流退回海中，若不去注意其現象，就會增加潛在危險。

為了更進一步了解，離岸流造成原因是否如我們晤談與文獻中所獲知的，我們透過設計模擬不同海岸地形架構物，觀察及驗證不同海岸地形形成的狀態與強弱，預測離岸流發生的路徑及可能行，結果我們觀察到模擬沙灘、沙洲地形所產生的離岸流現象特別明顯，因此前往這樣的海邊潛在危險，要非常注意自身的安全。

壹、研究動機

111年11月27日下午，新聞報導在苗栗縣竹南鎮龍鳳漁港的風跡沙灘，有一位戲水的移工突然被海水帶離海岸，幸經附近的海巡署龍鳳安檢所進行搜救工作，最終，在假日之森外海找到了這位漂流的外籍移工。經專家判斷事件發生的原因是當地的「海灘離岸流」所致，加上當時正值退潮時間，海水加速倒流才產生這宗意外。記得老師常告誡我們不要到海邊戲水，因為有很多我們陌生潛在的危險。此事件正好與南一版五上自然第一單元「太陽」課程中所提及潮汐的變化(與季節的變化沒有關係)，以及地球自轉影響海水流動的方向內容相吻合，為了解答我們內心的疑惑-「離岸流」，於是對這個議題展開了進一步的探討。

我們藉由實際觀察龍鳳漁港的地形、文獻探討及模擬海岸的結構等方式，知道什麼是離岸流(rip current)以及導致離岸流的各種地形與成因，未來當我們到某一開放海域時，我們就可以推斷離岸流可能位於何處，避免進入該區域遊憩，萬一若遇到離岸流時，知道如何從了解離岸流知識中，可以如何自救，以減少不幸事件的發生。

貳、研究目的

- 一、透過文獻探討了解海水潮汐變化與離岸流的原因。
- 二、實地訪查了解龍鳳漁港海水潮汐和離岸流發生的概況。
- 三、實際製作模型與實驗驗證在不同海岸條件下離岸流發生的情況。
- 四、提出避免身陷離岸流危險的較佳方式。



參、研究設備及器材

 <p>小水槽(長、寬、高： 72cm、33cm、19cm)</p>	 <p>大水槽(長、寬、高： 140cm、82cm、30cm)</p>	 <p>磚塊圖片(長、寬、高： 20cm、10cm、5cm)</p>
 <p>小模型完整圖形</p>	 <p>大模型完整圖形</p>	 <p>寶特瓶數個</p>
 <p>海水</p>	 <p>一般水</p>	 <p>九龍公道杯</p>
 <p>塑膠管</p>	 <p>海砂</p>	 <p>小石子</p>
 <p>保麗龍箱</p>	 <p>保麗龍球</p>	 <p>鐵鑽</p>
 <p>桌子和椅子</p>	 <p>垃圾袋</p>	 <p>養生膠帶</p>

肆、研究過程

一、研究架構：

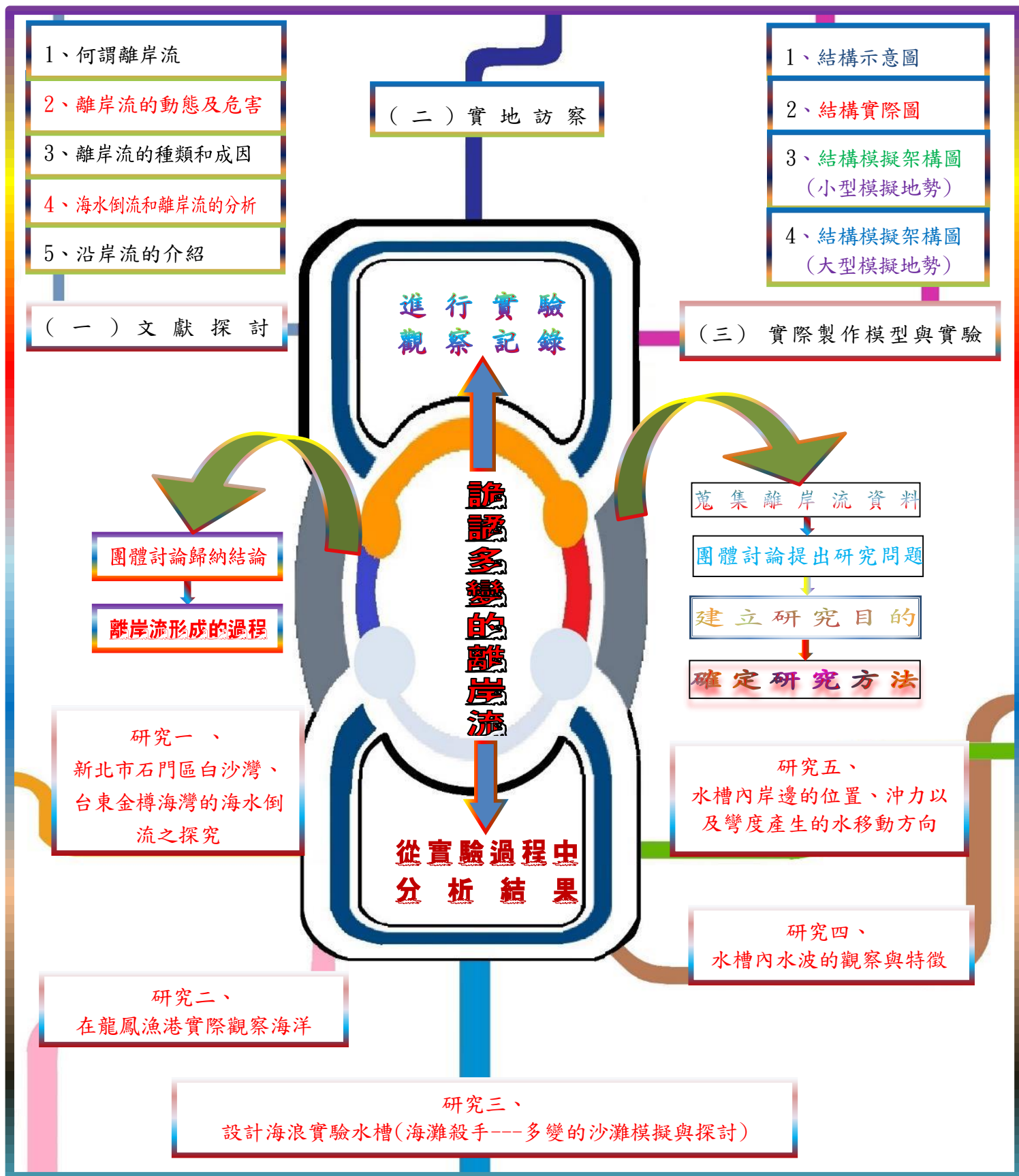


圖1 實驗流程圖

二、研究方法(進行實驗觀察記錄)

(一) 文獻探討

1、何謂離岸流

近岸流的流動方向與碎波區底床地形及波浪行進入射的角度都有密切的關係，依流動方向可區分為沿岸流、向岸流及離岸流（裂流）。流動方向與海岸線平行的水流稱為沿岸流，與海岸線垂直流向海岸線的稱為向岸流，垂直流向外海的則稱為離岸流或裂流。離岸流（Rip Current）又稱為「裂流」，當大量的海水因為風和潮汐作用等因素，不斷的被推向海岸上時，這些海浪因為遇到阻礙（陸地）而潰散，大量海水需要尋找退路，但由於受到後浪推擠，這些海水初期會沿著與沙灘平行的方向移動，緊接會匯集成一道或數道的水流退回大海。而往海的方向跑回去的海水，形成一股有力的水流，將人遠遠帶離岸邊，這就是所謂的「離岸流」(Rip current)。離岸流是較深層的水流，顏色比較深，從高空可以望得清楚一點。如下圖所示。



圖片來源：引自 [吃人的海:海邊游泳要認識的殺手「離岸流」](#)

地形對海水的流動有一定的影響，離岸流是由岸邊流回海中的水匯集所形成，如果是變化程度低的地形，像是岩岸或礁岸，地勢相對較低的溝渠就容易匯集回流的海水，而變化程度較高的沙岸，離岸流的位置是會改變的，因為沙地會被水流掏空又填滿，比較不容易判斷。

離岸流是任何天氣條件下都可能發生，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。離岸流流速大多在每秒0.3—1米，最快可達每秒3米，其長度可達30—100米甚至更長，流向幾乎與岸線垂直，即使是善游泳者都可能被迅速拖拽入深水，引起溺水。

專家以及多國官方建議，如果遇上離岸流，應保持冷靜，離岸流只會把人帶離海岸，不會把人卷到海底，吸足氣，人體就會漂浮了。遇到離岸流強勁時不要與之對抗或逆流遊回岸邊，應保持鎮定，用最省力的踩水或漂浮、呼叫或揮手尋求救援。沒有得到救援時，要「隨波逐流」，然後順著離岸流的水流方向，沿著海岸平行的方向游離，脫離裂流後再轉向遊回岸邊。

2、離岸流的動態及危害：

2012年8月4日上午10點45分，[南韓釜山](#)著名的「海雲臺海水浴場」在第5瞭望台和第7瞭望台之間發生了一起海水向外流的巨大事件，導致143名遊客遭到暗流沖到外海，據警方推測發生原因可能是水面下扭曲且不規則的陡坡所導致的離岸流，當時海面上風平浪靜，根本看不出有暗流作怪，如圖2-1和圖2-2所示。



圖 2-1



圖 2-2

圖片取自 [百科知識~離岸流](#)

Klein (2003) 對巴西南部海灘所做的海灘災害調查，離岸流 (rip current) 因子佔了78%，也就是說離岸流是造成海灘意外的主因；據美國 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 統計，美國每年平均有 100 人死於離岸流帶來的災害；在「自然災害與地球科學系統」期刊 (NHES) 中，曾報導澳洲每年也有超過20人死於離岸流，比起火山和洪水造成的平均人命損失還要多，據澳洲一個救生組織研究，四分之一的澳洲成年人一生中至少會遇到一次離岸流，在英國，據統計每年超過二千人遇上離岸流而需要救援，過往亦發生過致命意外，可知離岸流是海邊致命的隱形殺手。

在臺灣，新北市福隆地區在2003年至2006年間，發生了6起致死的溺水案件，這些意外大多發生在平坦的海灘上，他們都不是因為被大浪捲走致死，溺水的主因是這些不懂判斷狀況的戲水遊客在不知不覺中被海流拉向外海，而導致意外發生，近年來，臺南的漁光島也發生多起溺水意外，溺水意外是因為離岸流所致，海流以每秒0.5到1.5公尺的速度將人拉回到海中，這是將人從海岸帶到海中最危險的情況之一。

目前，美國、澳洲、英國和韓國等國家已經展開了大量的海灘監測、現場警示和逃生策略優化等研究工作，在某些地區，救生員會在海水中添加有色液體，讓公眾能夠觀察到海水的流動方向，美國的大氣與海洋管理局會對全國的海灘進行預警報告，西班牙和韓國等國家則利用氣象和海洋數據對熱門濱海旅遊地點的海灘進行風險預警，一些學者指出，臺灣政府可以考慮參考這種做法。

3、離岸流的種類和成因：

根據文獻，離岸流分成三大類型，由於不同的物理驅動機制，每個類別進一步分為兩種類型，總共有六種根本不同的裂流類型：

- (1) 剪切不穩定裂流
- (2) 閃裂流，它們在時間和空間上都是瞬態的，發生在沿岸均勻的海灘上
- (3) 渠道裂流
- (4) 集中裂流，它們發生在相對固定的位置，並由衝浪區和內陸架區形態的自然沿岸變化所迫使的水動力過程驅動，邊界控制的
- (5) 偏轉裂流
- (6) 陰影裂縫，它們流向剛性橫向邊界，例如自然岬角或人為結構。

整理如下圖

分析架構的表單

基本型的離岸流

混和型的離岸流

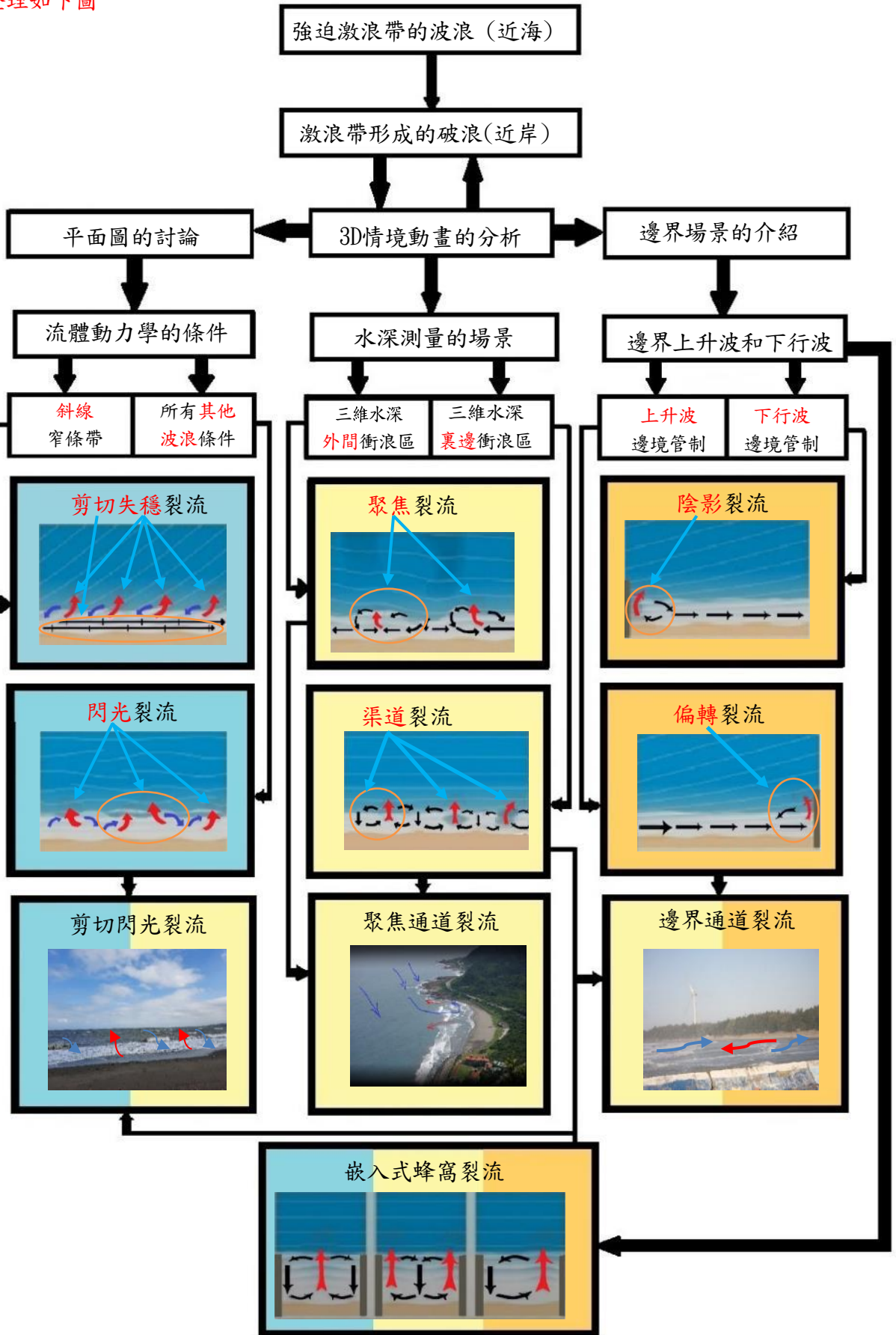


圖3(裂流的分析圖表) 翻譯自 Earth-Science Reviews Volume 163, December 2016, Pages 1-21

4、海水倒流和離岸流的分析：

根據文獻的探討和分析，我們了解到離岸流（Rip current）發生在海底較深且長的區域，因此那些顏色稍深、看似乎靜無波的帶狀海面可能是離岸流發生的地方，這是一個需要警惕的信號，如圖4所示，其縱向長度可達61至762公尺，寬度一般不超過9公尺，但其流速可高達每秒2公尺以上，它能夠迅速將人帶離海岸，使其漂流到海洋中心，對於在海灘上戲水遊玩的人來說，辨別這種現象非常重要。

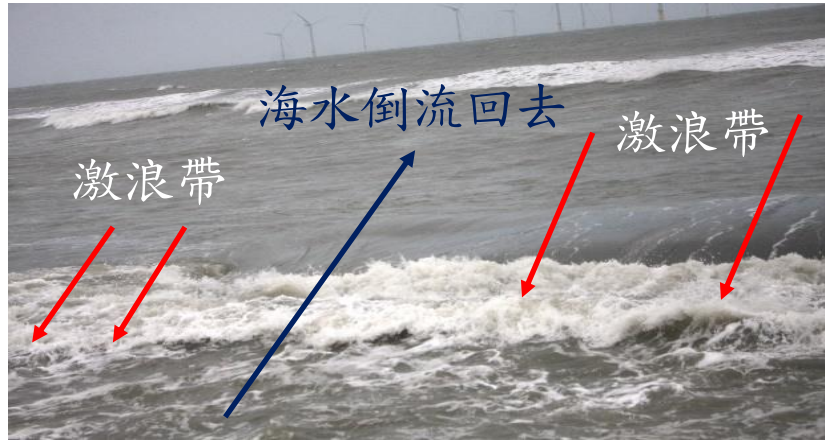


圖4(不太容易發現有海水倒流的地方)

海水倒流易引起離岸流，然海水倒流現象最容易發生在每次海浪達到最高點後約一小時左右出現，如圖4所示，漲潮結束後，海灘逐漸變寬，但這也是離岸流現象最容易發生的時候，每天都有兩次漲潮和退潮時間，根據圖5，在六、七、八月份，我們觀察到每天漲退潮的時間差異很大，這也是海水倒流和溺水事件最為頻繁發生時段。

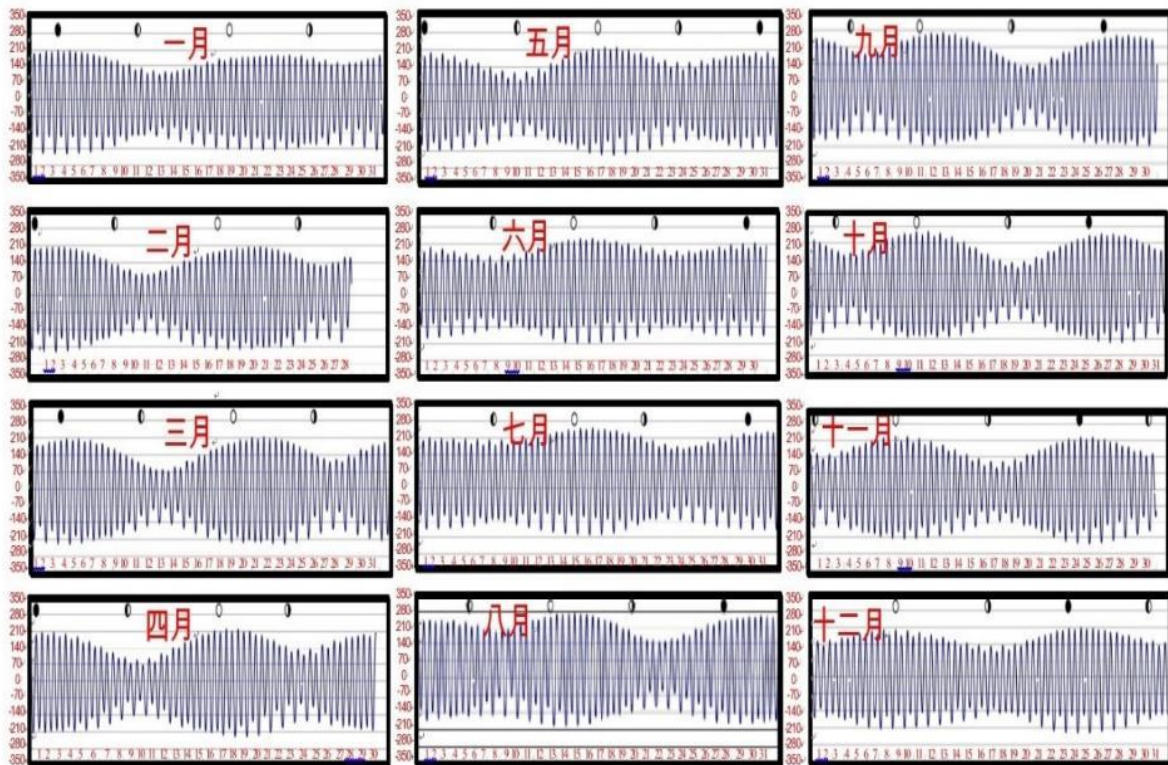


圖5(2022年外埔預報潮位時序圖)

5、沿岸流 (longshore current) 的介紹：

當波浪衝向岸邊時，有時波峰並不一定與海岸線平行，這種夾角現象會使得波浪形成一股沿著岸邊行進的海流，如圖6所示，這種海流會以一波一波的形式推動著水流沿岸移動。



圖6(沿岸流所形成的照片)

當海浪衝擊到海灘時會分散成碎浪，當這些碎浪往回流回海中時，後面的海浪卻持續湧向海灘，由於這些海水無法順利往回流，它們只能沿著海岸線的方向移動，形成沿岸流，當這些海水積聚足夠且遇到合適的地形（例如激浪帶的缺口），它們會匯集成一股強大的水流，回流至海的中央，如圖7所示。

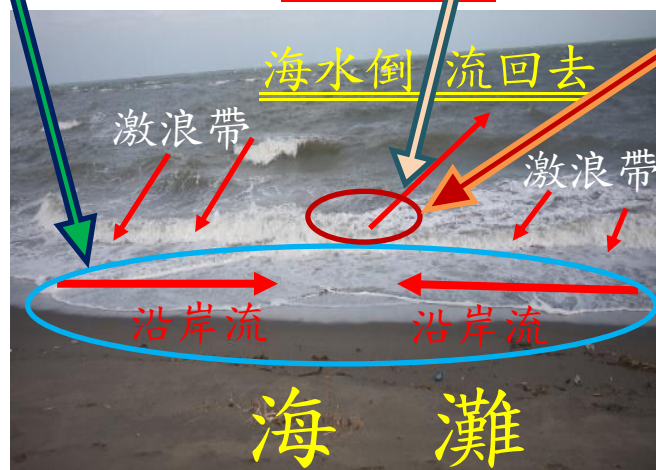


圖7(激浪帶的缺口中發生海水倒流的現象)

一般情況下，由於地形的擠壓作用，海岸線會形成一系列連續的海浪，並在海浪打到岸上時產生白沫，覆蓋整個海岸線，然而，有時你可能會注意到海岸線的兩側有波浪和白沫，但特定區域卻看起來平靜無浪，這可能意味著該區域存在著「離岸流」(Rip Current)，圖8-1和圖8-2展示了海水往外流的示意圖，當沿岸流匯合時，海水會形成快速向外流的情況，其流速非常快且流域狹窄，呈現出蕈狀的流速分佈。



圖8-1：往海洋外察覺海水往外流的照片。

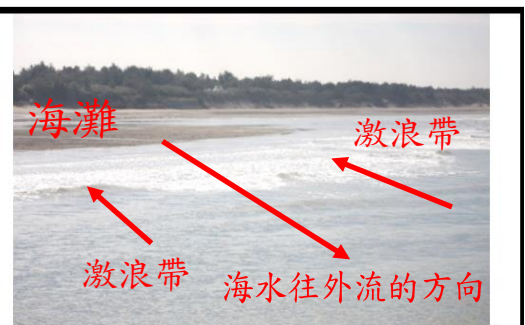


圖8-2：由外海往內看到海水往外流的照片。

(二) 實地訪察：

當詢問店家有關龍鳳漁港海水倒流事件的情況時，他們對此一問三不知，他們只知道來這裡的人主要是為了遊玩和購買海鮮，有時還有外國遊客特別對當地的美食感興趣，然而對於龍鳳漁港海邊發生的事件，他們並不清楚。



圖9 實際詢問店家龍鳳漁港的海水倒流的岸件

於是，我們決定親自前往海邊進行觀察，幸運的是我們遇到一位經常到海邊遊玩的遊客，他對海水倒流的發生位置非常了解，引起了我們的好奇心，接著我們前往龍鳳漁港的海洋驛站（海巡署龍鳳安檢所），當我們向胡隊員詢問時，他清楚地解釋了龍鳳漁港海水倒流現象與季節無關，而與海浪衝擊地形有關，他指出來到這裡的大部分遊客都會聚集在浪濤相對較低的沙灘一側，這些地方看似平靜，卻是變化多端的危險區域，於是我們前去一探究竟，詳情可參考圖10。



詢問來海灘遊玩的路人

有嚴防長浪及離岸流的提醒

詢問巡守隊隊員

海洋驛站的胡隊員介紹海水倒流產生的情境和發生的地點

海灘看似很淺的地方

激浪帶的海水冲刷進來

最後海水還是倒流回去海中

圖10 訪問當地人和巡守隊員實際狀況以及實際場景

我們親自前往龍鳳漁港進行探訪，首先，我們來到海灘邊，目睹了許多激浪帶的巨浪不斷湧上岸，海水沖刷著沙灘，在觀察過程中，意外地發現了一個雙旋渦的現象，仔細觀察後我們看到海水正在倒流回海洋中央，這一場景讓我們意識到海水潮汐的變化，如圖11所示。

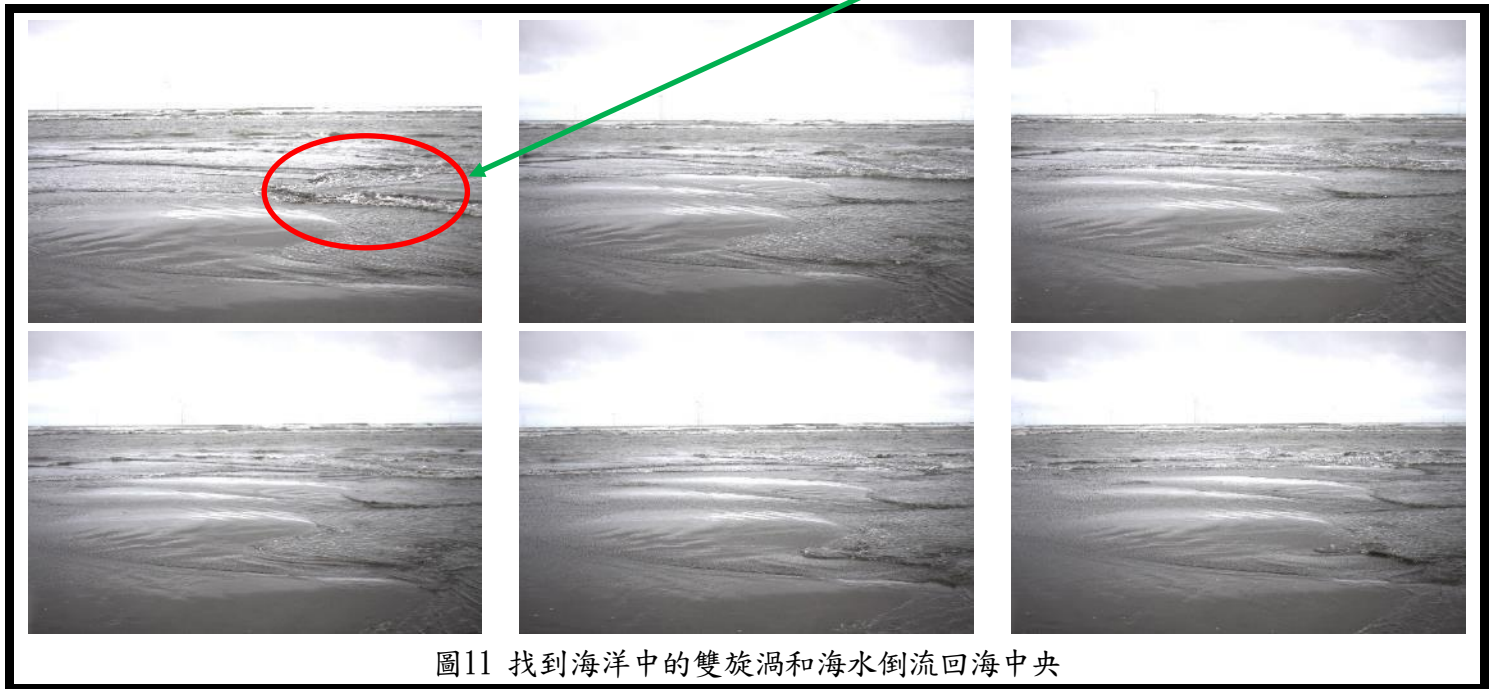


圖11 找到海洋中的雙旋渦和海水倒流回海中央

隨後，我們使用樹枝標記了漲潮前的位置，並親自體驗海水的漲潮和倒流情況，我們面向海面，感受著海水的流向，我們注意到，當浪濤向著我們的腳衝來時，前方的腳被海水激流擊中，而後方卻感覺空虛，有時我們甚至感覺腳底下陷，海水似乎從各個方向迅速衝擊而來，這種情況很容易被海水帶離岸邊，無法擺脫危險，於是我們開始收集海砂，製作實際模型，並利用寶特瓶收集海水進行實驗，最終，我們觀察到海水在一小時後漲至海邊，與我們之前用樹枝標記的漲潮前位置相差25公尺，這引發了我們對這些現象的許多疑問，我們希望能證明這些詭譎多變的離岸流是如何形成的，相關觀察結果可參見圖12。



在岸邊觀察海浪流向的變化

實際感受海水漲潮和回流的情境

動手採集海砂去做實際模型

利用樹枝定位漲潮前的位置

面向海感受海水的流向

利用寶特瓶收集海水回去做實驗

圖12 實際體驗海洋中一個角

(三) 實際製作模型與實驗：

設計水槽實驗，利用簡化模型來探討造成離岸流的影響因素

從【圖13】結構示意圖和【圖14】結構實際圖的整理，我們就實際的製作如

【圖15、圖16】結構模擬架構來證明做實驗。

結構示意圖

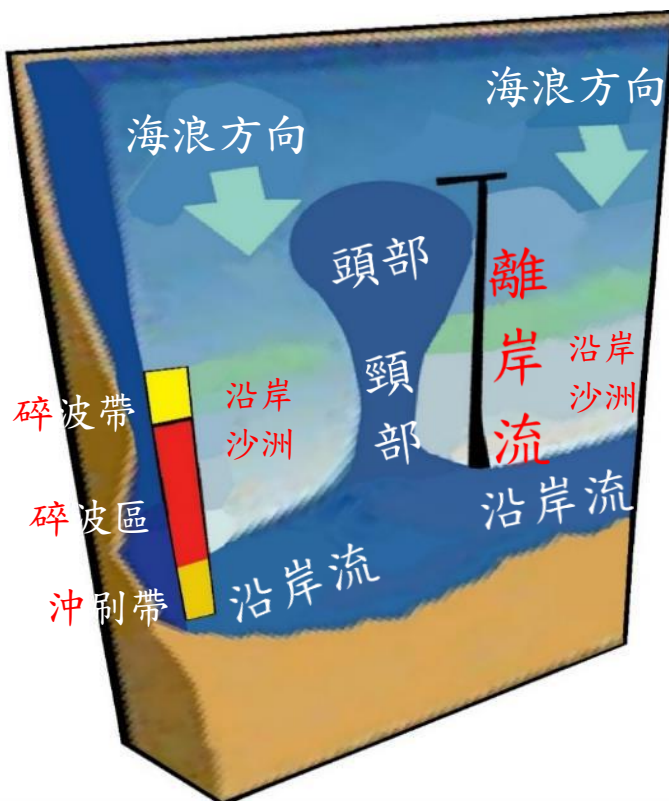


圖 13

結構實際圖



圖14

結構模擬架構圖 (小型模擬地勢)



圖15

尺寸大小長72公分寬33公分高19公分

結構模擬架構圖 (大型模擬地勢)

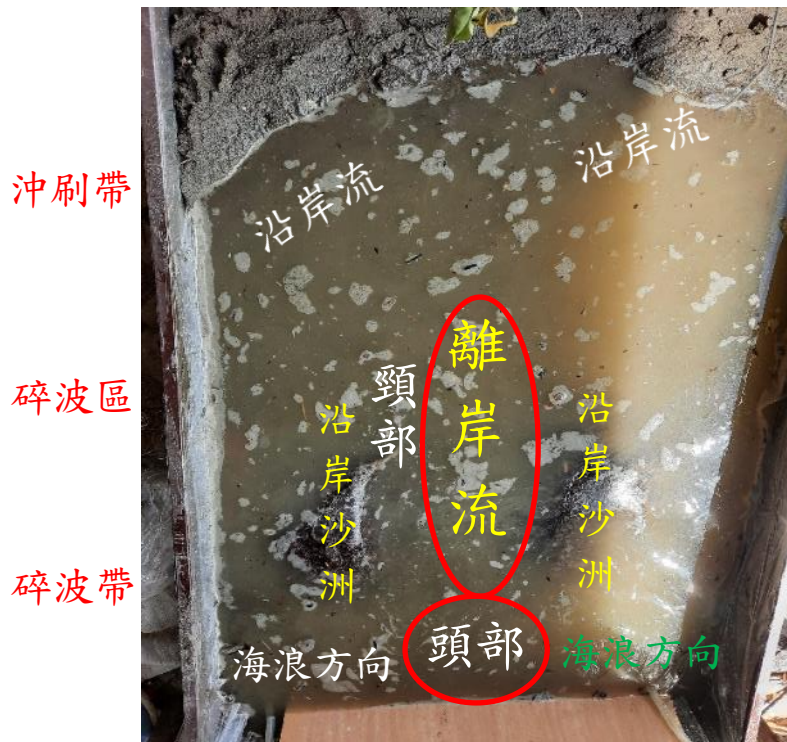


圖16

尺寸大小長140公分寬82公分高30公分

三、研究步驟(從實驗過程中分析結果)

(一) 研究一、新北市石門區白沙灣、台東金樽海灣的海水倒流之探究：

【實驗方法】透過網路圖片和Google Map，我們擷取了新北市石門區白沙灣和台東金樽海灣的市區道路分布圖和衛星圖像，圖17-1、圖17-2和圖17-3展示了新北市石門區白沙灣的場景圖片，而圖18-1、圖18-2和圖18-3則展示了台東金樽海灣的場景圖片。

【實驗結果】

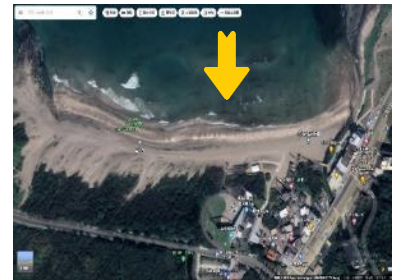
新北市石門區



實際圖片(圖17-1)



【Google Map】市區道路分布圖(圖17-2)



【Google Map】衛星圖像擷取(圖17-3)

在觀察新北市石門區白沙灣的海水倒流現象時，我們注意到黃色箭頭所指示的位置是海水倒流發生的地方

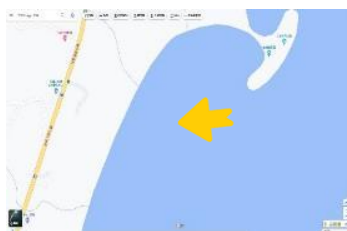
從Google地圖的市區道路分布圖中提取出新北市石門區白沙灣的位置，並且黃色箭頭指示了海水倒流的位置

從Google的衛星圖像中提取出新北市石門區白沙灣的位置，並且黃色箭頭指示了海水倒流的位置，觀察到有長條的白色碎浪，由於有大量回流的海水存在，形成了斷裂的樣貌，該處海底顏色較深，暗示著可能是沿岸沙洲的缺口

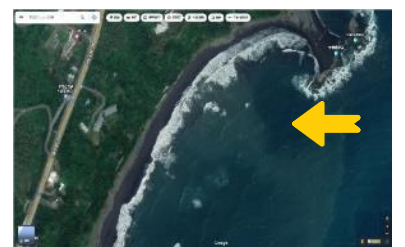
台東金樽海灣



實際圖片(圖18-1)



【Google Map】市區道路分布圖(圖18-2)



【Google Map】衛星圖像擷取(圖18-3)

在觀察台東金樽海灣的海水倒流時，我們注意到黃色箭頭所指示的位置是海水倒流發生的地方

從Google地圖的市區道路分布圖中提取出台東金樽海灣的位置，並且黃色箭頭指示了海水倒流的位置

從Google的衛星圖像中提取出台東金樽海灣的位置，並且黃色箭頭指示了海水倒流的位置，觀察到有長條的白色碎浪，這是由於有大量回流的海水存在而形成的斷裂現象，同時該處海底顏色較深，暗示著可能是沿岸沙洲的缺口

(二) 研究二、在龍鳳漁港實際觀察海洋：

【實驗方法】實地觀察龍鳳漁港的場景（2022年12月16日(農曆十一月廿三)、2023年1月7日(農曆十二月十六)、2023年2月24日(農曆二月初五)）以及利用Google Map擷取市區道路分布圖和衛星畫面。

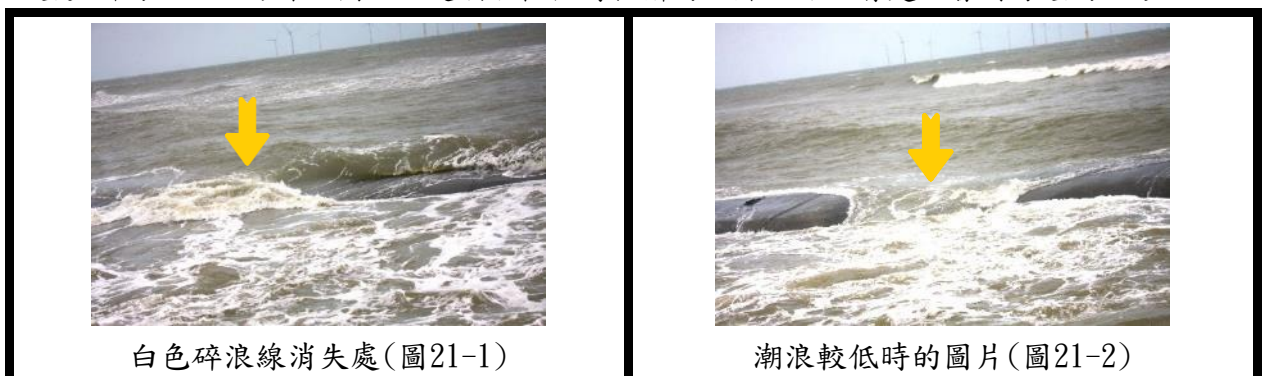
【實驗結果】在龍鳳漁港觀察海洋潮流的過程中，我們可以看到圖19-1中的海灣，黃色箭頭指示出海水流向不同方向的位置，海面上形成的長條狀白色碎浪是由於海水多次變化而產生的斷裂痕跡，我們可以透過圖19-2和圖19-3（這些是從Google地圖的市區道路分布圖和衛星圖像中擷取的）來觀察到出現海水倒流的位置所在處，從圖片上看到海底顏色較深的地方表示那裡是沿岸沙洲的缺口。



我們在龍鳳漁港旁觀察到了一些情況，在圖20-1中，我們可以看到黃色箭頭指示了海水在離岸邊產生變化的位置，另外在圖20-2和圖20-3是從Google地圖的市區道路分布圖和衛星圖像中提取的圖片，展示了該位置的樣貌。



在觀察龍鳳漁港海水變化的過程中，我們可以注意到在圖21-1中白色碎浪線消失的位置，黃色箭頭所指示的地方則表示海水倒流的位置，從這張圖中可以清楚地看到海灣外側的峽角處也容易發生離岸流，該區域的海水流量變化非常特殊，這也意味著該處可能是海底沙洲的缺口，另外，圖21-2是潮浪較低時拍攝的照片，可以清楚地看到海底的地形。



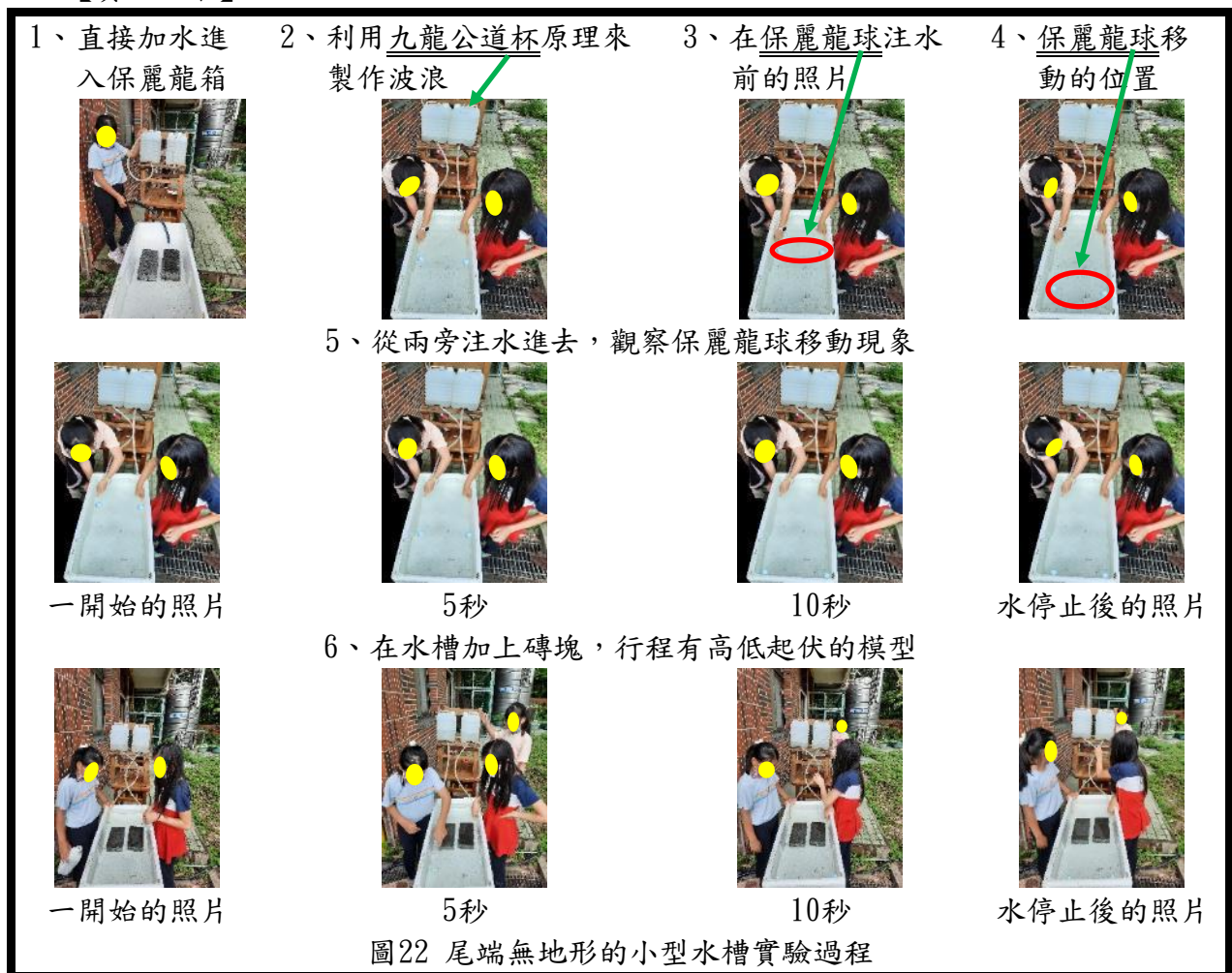
(三) 研究三、設計海浪實驗水槽(海灘殺手---多變的沙灘模擬與探討)：

【實驗方法】

根據圖22、圖23、圖25、圖26和圖27所呈現的模擬結果，我們能夠驗證實驗的結果，這些表格描述了海浪實驗水槽的設計過程，我們使用了兩個不同尺寸的水槽進行實驗，其中小型水槽的尺寸為72cm×33cm×19cm，大型水槽的尺寸為140cm×82cm×30cm。

在進行實驗之前，我們運用了九龍公道杯原理來製造波浪效應，首先，在保麗龍球前注入水進行試驗，我們觀察並記錄了不同的情況，詳細結果可參考圖22，透過這些實驗和相關數據，我們能夠證明實驗結果的準確性，這些表格提供了實驗過程中所觀察到的波浪現象及其特徵。

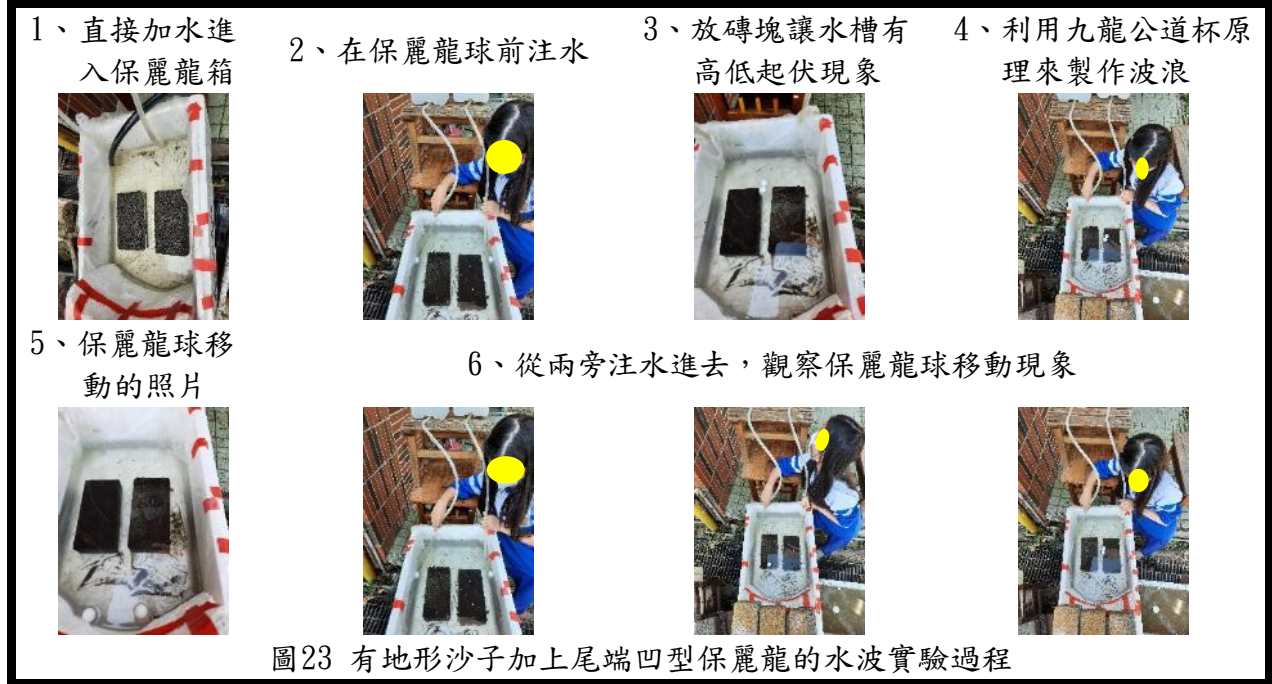
【實驗結果】



根據圖22的結果顯示，保麗龍球在水流作用下只會被沖擊到一定距離後停止移動，並不會繼續移動，在平坦無起伏的實驗中，當保麗龍球放在水面上時，無法明確看出水流的方向，它只會順著水面流動，然而，當在水槽中引入高低起伏的變化，例如放置磚塊，水面就會呈現波動的情形，但最終保麗龍球仍會停留在尾端位置，只有輕微的偏移，並沒有往回流的情況。

這種現象類似於海底地形的變化，如突出的礁石或淺灘，造成水流交匯的情況，當不同方向的水流交會時，可能會產生剪切失穩現象，進而形成強大的撕裂波浪，因此，我們利用了一個凹型的保麗龍模型放置在實驗的尾端，以觀察是否會出現其他變化，詳細的實驗結果可參考圖23，透過這些實驗，我們將進一步驗證和證明這些現象的存在。

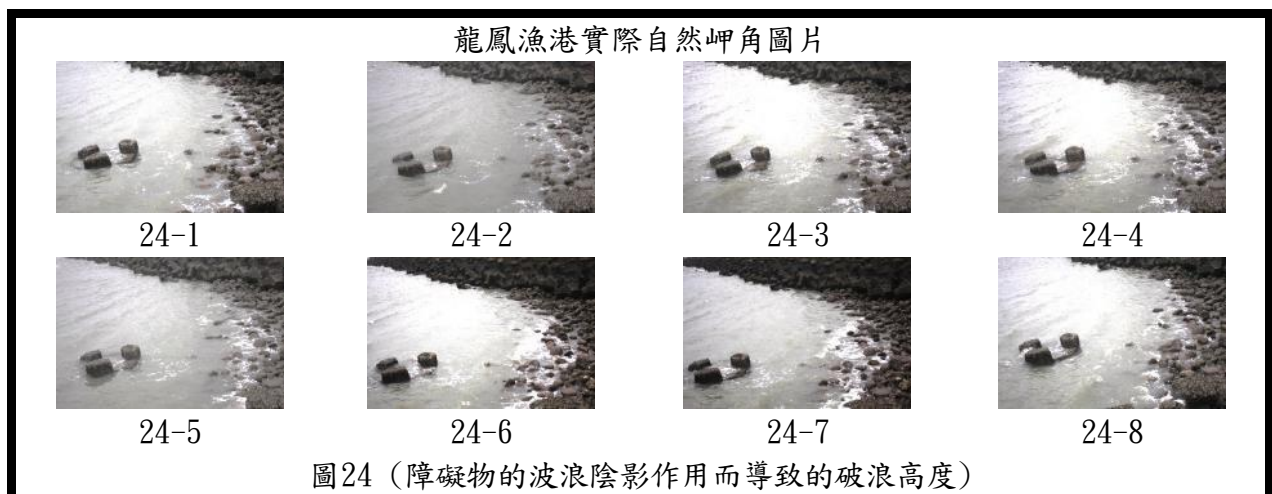
【實驗結果】



根據圖23的結果，清楚地觀察到凹型保麗龍的存在會導致保麗龍球出現旋轉現象，並引起上層水流的回流，類似離岸流的現象，這表示尾端存在地形的改變，且符合我們所期望的結果。

通常情況下，這種現象受到剛性橫向邊界的影響，如自然岬角或人造結構（例如碼頭），這些邊界形成了阻礙水流的障礙物，當水流與這些邊界交互作用時，會產生劇烈的變化，形成裂縫波浪，這種現象通常發生在固定的空間和時間範圍內，受到逆流的影响，並出現在對面邊界的一側，它們由沿岸變化驅動，在障礙物的波浪陰影作用下產生破浪的高度。

更詳細的觀察結果可參考圖24，這些實驗結果進一步證明了我們研究的現象存在性及其與地形變化之間的關聯性。



我們進行了一系列使用真實海沙進行的實驗，實驗結果詳細列在圖25中。

【實驗結果】

小型水槽模擬海灘製作與實驗過程

1、利用土做模擬地形



2、利用土和沙模擬海底地形



3、把水沖進水槽的照片



4、利用九龍公道杯原理來製作波浪



5、我們發現從兩旁的水往前流動後，會形成水往回流的方式，由保麗龍球移動現象觀察



一開始



5秒



10秒



15秒

圖25 小型水槽製作過程

根據圖25的觀察結果，可以明顯看到在沙灘地形下，保麗龍球受到水流的影響而產生不同的移動方向，當左側的水流較為強勁時，保麗龍球會向右側移動，最終形成一個倒流的現象，這說明地形的變化會對水流產生影響，並導致水流在不同方向上的反向流動。

根據圖26，我們進行了大型地形模型的實驗，以模擬真實海洋中的地形變化，透過這種地形架構方式，我們觀察到不同地形對水流的影響，實驗結果顯示，當水流遇到地形障礙時，會發生複雜的流動模式，形成波浪和湍流現象，這證明了地形對水流行為的重要性，並揭示了地形對海洋動態的影響。

1、用垃圾袋和養生膠帶來防止漏水



2、將貼好的物品固定在支架上



3、利用土和沙模擬海底地形



4、利用九龍公道杯製作波浪（相隔70cm）



5、未注水進去前的水槽



6、從兩旁注水進去的水槽



7、我們發現從兩旁的水往前流動後，會形成水波往回流的動態(如圖所示)



8、保麗龍球流動的圖片

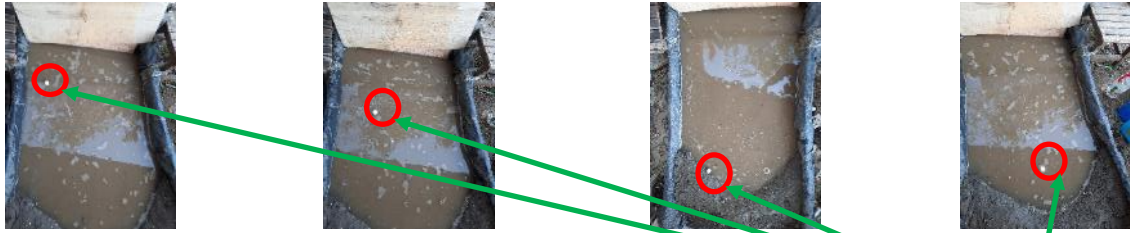


圖26 (大模型水槽製作與實驗過程)

透過觀察圖26的實驗結果，可以清楚地看到在大型水槽中的實驗中，保麗龍球的移動過程呈現出明顯的特徵，這結果讓我們更加清楚地觀察到水波的回流狀況，並能夠進一步了解水流與地形的互動關係，這項實驗結果進一步支持了我們對於海洋動態中回流現象的認識。

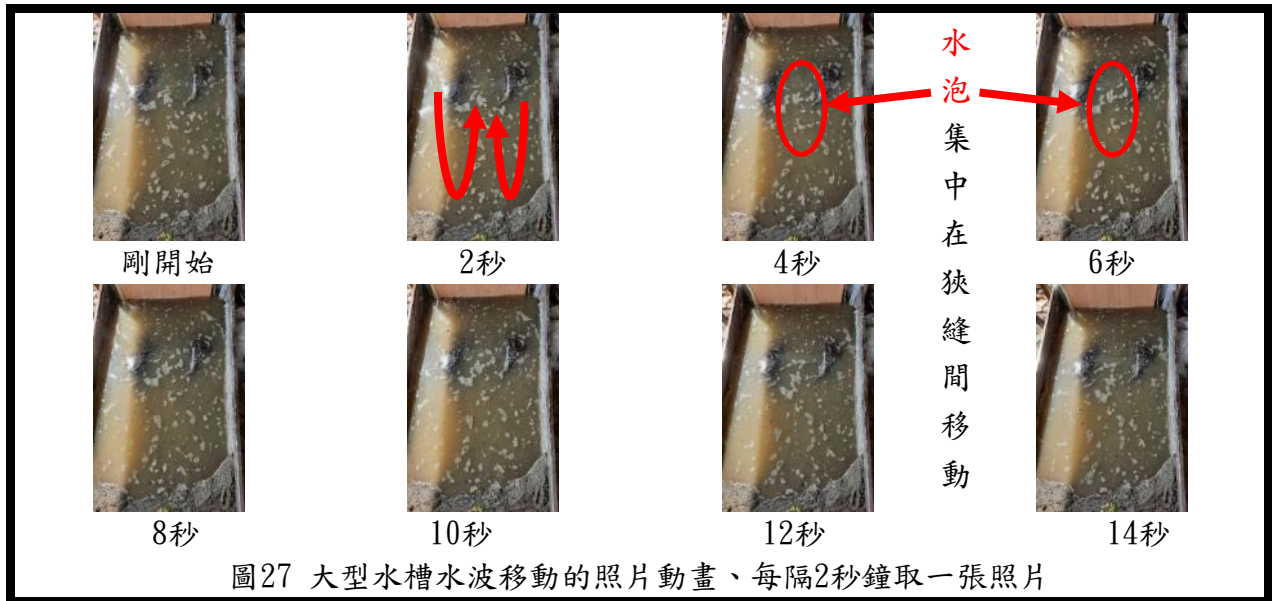


圖27 大型水槽水波移動的照片動畫、每隔2秒鐘取一張照片

透過觀察圖27的圖片，我們清楚地看到水波浪從兩側向前移動，當遇到高度較高的沙灘時，水波會回流至中央地勢較低的區域，形成離岸流現象，這種現象稱為短尺度渦度，其特點是空間尺度小且變化迅速，當短尺度渦度產生時，可能會形成閃光裂縫，同時引起沿岸波浪的形成，這些波浪可能會在沿岸地區移動，形成漩渦，進而影響衝浪區域的水流，由於閃光裂縫和沿岸波浪的形成通常是突然的，這些現象在圖28有所呈現。

龍鳳漁港實際短尺度渦度產生圖片

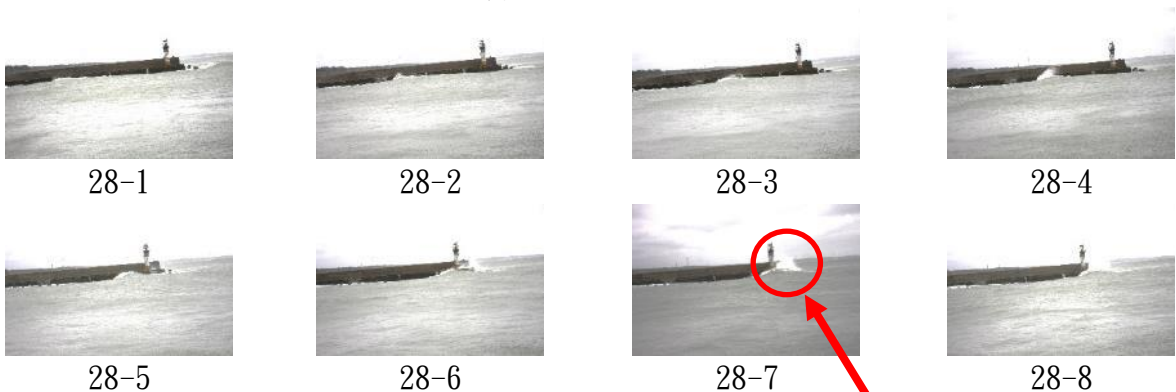


圖28 (障礙物的波浪陰影作用而導致的破浪高度)

(四) 研究四、水槽內水波的觀察與特徵：

【實驗方法】我們進行了一項實驗，使用了沙子製作的海灣模型和九龍公道杯，海灣模型是一個大水槽，尺寸為140cm×82cm×30cm，而九龍公道杯的高度則為70cm，詳細資料如圖29所示。

【實驗結果】

當沿岸流流經下波側邊界時，水流會經歷劇烈的轉向，形成一個旋轉的水流區域，我們稱之為偏轉撕裂區，這個偏轉撕裂區通常位於固定的位置，受到下波側邊界的影響，因此相對穩定，除此之外，偏轉撕裂區也可能受到潮汐和海浪等自然因素的影響，因此在不同時間可能會出現不同的強度和位置，我們實驗中觀察到了水槽內水波的特徵以及產生離岸流的現象，當水波進入海灣之前，若波浪與模型海岸幾乎垂直，直線海岸邊緣會產生「漏波」現象，而當水波進入海灣之前，水波前緣會呈現「弓型」的形狀，如下圖所示。



當波浪進入沙灘之前，我們觀察到水波的前緣呈現出弓型的形狀



當波浪與模型海岸幾乎垂直時，我們觀察到在岸邊產生了漏波現象



水波會往中間低處前進，類似海洋上層回流

水波往中間
低處前進



實際海灘場景圖片

測深控制的裂縫指的是海底深度和形狀的變化影響了裂縫波浪的產生和位置，當海底的形狀和深度發生變化時，水流的運動也會受到影響，進而形成不同類型的裂縫波浪，觀察水槽中的水波特徵，我們可以看到模型海岸上的漏波和凹岸上的反射波，特別是當波浪進入模型海岸後，它們才會呈現出彎曲成「門字型」的現象，如下圖所示。



海灣模型大水槽



實際海灘場景圖片

當破浪的沿岸變化引起波浪時，波浪會發生折射現象，受到高度和破浪角的強制性影響，並突破近海測深的正常情況，這種裂縫波浪通常在一個相對較小的區域內集中產生，形成高速水流，能夠快速將泳客或衝浪者帶往深海，反射波在兩側匯集形成一個長方形區域，然後再集中成為一個「中央凸起」，這個「中央凸起」的位置和強度可代表著離岸流的程度，如下圖所示。



圖29 水槽內水波和實際海岸特徵的研究

從圖29可以觀察到離岸流產生的多個因素，這些因素導致了水的回流現象，此外，我們也可以清楚地觀察到水波的變化，然而對於潛在的危險地點，我們無法得到清晰的觀察。

(五) 研究五、水槽內岸邊的位置、沖力以及彎度產生的水移動方向

1、水槽的水波位置改變對水移動方向之影響

【實驗方法】透過改變九龍公道杯注水口的位置，將其向右移動10公分和20公分，我們可以控制波浪進入人工海灣的位置，這樣做可以觀察到保麗龍球在起跑點移動時的方向和位置的變化，在這個實驗中，水深維持在7公分的情況下，根據圖30所示的結果來觀察。

【實驗結果】

根據實驗結果顯示，當我們在水箱的右側進行注水時，水波的衝擊位置對水的移動方向有著明顯的影響，在這種情況下，我們觀察到水的移動方向會朝著水箱的右側移動，如下圖所示。



開始注水時照片



5秒後的照片



水停止後的照片

根據實驗結果顯示，在將注水口向左移動10公分後進行注水，對水的移動方向影響不大，我們觀察到水的移動方向的頂點仍然與原始的移動位置相同，如下圖所示。



向右移動10公分注水時照片



5秒後的照片



水停止後的照片

根據實驗結果顯示，在將注水口向左移動20公分後進行注水，觀察到保麗龍球的移動位置向右偏移，這顯示水的移動方向也往右移動，同時在沿岸形成了向右的流動現象，下圖清楚顯示了這一情況。



向右移動20公分注水時照片



5秒後的照片



水停止後的照片

圖30 水槽的注水位置改變對水移動方向之影響

通道裂縫是指在河口或河道中，由於水流通道的形狀、尺寸、底部摩擦等因素的變化而形成的類似裂痕的流體現象，這些裂痕會向下傳播，通常導致水流速度和水位的變化，通道裂縫有時也稱為孔隙水通道裂縫，主要是由於不同材質的岩石或土壤被流體侵蝕而形成，從表33的結果中，我們觀察到水流的移動方向對於保麗龍球的移動方向有明顯的影響，從上方的圖片中清楚可見，當水流向右移動時，保麗龍球會向前移動，最終回流到原點，而當九龍公道杯的出水口向左移動時，保麗龍球的移動方向也會有所改變，因此水流衝擊方向的改變對於物體的移動方向具有重要影響，這是我們需要注意的一點，也是水文學和工程學等領域具有重要研究價值的議題，詳細結果請參考表圖31。

龍鳳漁港實際通道裂縫產生動畫圖片



31-1



31-2



31-3



31-4



31-5



31-6



31-7

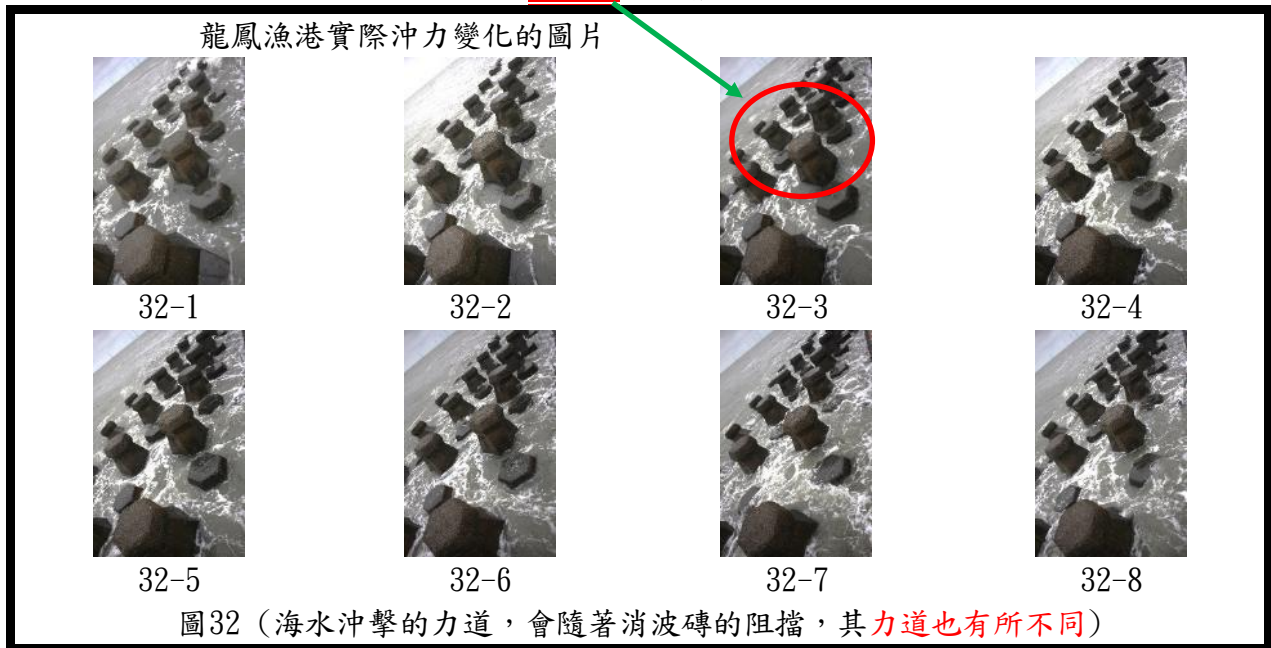


31-8

圖31 (海水的衝擊方向的改變會影響到物體被移動的方向)

2、水波沖力對離岸流之影響：

龍鳳漁港堤防旁的海水沖擊力道會受到消波磚的阻擋而產生不同的效應，根據圖32所示的資料，我們觀察到海水的移動力道受到消波磚的影響而有所變化。



【實驗方法】我們進行了一項實驗，通過調整九龍公道杯的注水高度，改變了實驗結果的呈現方式，我們將注水高度提高了28公分，以控制波浪進入人工海灣時的沖擊力度，在這個實驗中，我們觀察到保麗龍球在起跑處前進進行了實驗，詳細結果可以參考圖33。

【實驗結果】

比較九龍公道杯高度為50公分和注水高度提高28公分時的位置，我們觀察到它們之間的差異不大，然而值得注意的是，當九龍公道杯高度提高時，保麗龍球的移動速度加快了，這一結果可以在下圖中清楚地看到。



未提高時：剛開始的照片



5秒



10秒



提高28公分：剛開始的照片



5秒



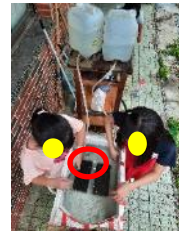
10秒



提高28公分的九龍公道杯



原本未提高的照片



提高後的照片

注水完後兩者相差的比較照片

圖33 公道杯的注水高度提高

根據圖33的資料，將九龍公道杯高度提高28公分後，與原始高度進行比較，我們觀察到保麗龍球的移動速率加快，且水的回流狀況更為明顯，這顯示激浪帶的沖力增強，離岸流現象也更加顯著，不過，兩種情況下都存在水的回流現象，若左側水管的沖力較強，最終保麗龍球會更顯著地向左側移動。

3、水槽內岸邊的深度對水移動方向之影響

【實驗方法】透過在大型水槽中使用沙子建立小型凹岸，我們進行了一系列實驗，在每個實驗中，我們錄製了30秒的影片，並從中擷取了6張照片，這些照片分別展示了不同時間點的情況，起初，水深為1、5和7公分，隨後水位上升至3、7和9公分，透過觀察實驗結果，我們得出了一些結論，具體呈現在圖34中。

【實驗結果】

使用大水槽進行模型海岸的實驗可以方便地調整水深，進而觀察對水流移動方向的影響，我們發現，當模型海岸旁的水深較淺時，保麗龍球容易被推上岸或停留在原處，而當水深發生變化時，水流的速度也相應變化，然而水流速度在深度方向上變化過大，可能導致水流發生剪切失穩，形成渦流或流線的紊亂現象，這種情況下可能會產生撕裂波浪，就像下圖所示。



模型海岸邊【最深處】
水深的高度 7→ 9cm



模型海岸邊【中度深】
水深的高度 5→ 7cm



模型海岸邊【最淺處】
水深的高度 1→ 3cm

錄影 2 秒的時間長度，擷取 6 張單張相片，可以分析出保麗龍球行走的路徑和方向。



剛開始



2秒時



4秒時



6秒時



8秒時

保麗龍球
倒流回去



10秒時

圖34 水槽內保麗龍球移動位置的研究

從圖34的圖片中可以觀察到在水淺的區域，保麗龍球的移動距離較短，且水流的移動方向不太明顯，相反地，在水深的區域，保麗龍球的移動距離較長，且水流的移動方向非常明顯，我們可以透過圖35中的實景圖來進一步觀察這種現象，在水深的地方，水流速度較快，而在水淺的地方，水流速度較慢。

龍鳳漁港實際沙灘的深淺海水流速的圖片



35-1



35-2



35-3



35-4

圖35 (海水的深淺流速不太相同)

4、海底沙洲對水波移動之影響

【實驗方法】在水槽的沙灘上放置了長度約0.7cm的小石子，以模擬和觀察海底沙洲對離岸流的影響，實驗結果如圖36所示。

【實驗結果】

在水槽的沙灘上布置了小石子，進行了實驗以觀察它們對水流的影響，實驗結果顯示，小石子沙灘具有減弱水流方向的效果，觀察到水流的強度明顯減弱，同時保麗龍球很容易被沖上岸或停留在岸邊，這些小石子展現出顯著的消波效果，而凸形沙洲則能夠減緩水流的方向並改變原本的水流位置，以下圖片顯示了這些現象。



小石子具有明顯消波效果



小石子能減緩水移動大小



水移動時的位置



實際凸形沙洲圖片

保麗龍球在水面上的流動受到水流的沖擊力影響，而實驗結果顯示海底沙洲的高度對水流的方向有很大的影響，隨著沙洲高度的增加，水流的移動方向變化減弱，這種影響在保麗龍球的運動過程中表現得非常明顯，水流的強度明顯減弱，使保麗龍球更容易被沖上岸或停留在岸邊，以下圖片展示了這些現象。



剛開始時的照片



遇到沙洲高度越高的狀況



保麗龍球的移動過程具有明顯變弱的效果

圖36 海底沙洲對水波移動之影響

根據圖36的圖形，可以觀察到水流的方向會隨著地形的改變而產生不同的流動模式，在水槽中，兩側的反射波會漸漸匯集形成一個長方形區域，這個區域會影響水流的強度和位置。

5、離岸流的流速探討：

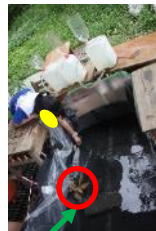
【實驗方法】在水槽的放置橫放小磚頭來實驗，用水的深度來探討離岸流的流速，實驗結果如圖37所示。

【實驗結果】

從下圖中，我們發現到水上的葉子移動速度會跟水深有很大的關聯，如下表所呈現的數字中，看得很清楚。



模型的架構圖



從起始點出沖水實驗



葉子移動的最後圖片

水深	實驗一		實驗二		實驗三		平均數字	
	時間	速度	時間	速度	時間	速度	時間	速度
10公分	11		15		12			
5公分	25	4	27		22			

長度50X2=100公分(單位：公分/秒)

圖37 離岸流的流速探討

從圖37中，我們發現到水的深度會影響到離岸流的速度，因此在水很深的地方碰到離岸流時，無法控制到自己生存的位置，導致自己溺水的事件出現，從研究三到研究五的觀察結果，我們可以清楚地了解這些因素的存在及其對水流行為的影響，特別是凹型沙洲所引起的水流變化，會沿著海岸方向傳遞，形成緣波傳遞的現象，也是無法控制的危機。


伍、研究結果與討論

回流和離岸流之間的區別在於海水流動的方向，當水體湧上海灘時，上層海水持續上溯運動而下層海水迅速向外海流動，這下層向外海流動的水流稱為**回流**。水體被推擠而轉向沿著海岸線流動，直到出現缺口再流回海中，這局部流向外海的水流稱為離岸流。又因這離岸水流發生在波浪行進方向的缺口處，所以也稱為裂流。因此，當波浪在碎波區的碎波強度強弱不一時，便容易產生離岸流，通常在沿岸海底的低處或人造結構（如防波堤或碼頭）附近形成。它的**寬度、長度和方向取決於地形**，離岸流越遠，力量越弱，它不僅可以帶走海底的沉積物（如沙、石頭、貝殼等），還會導致沿海地形的改變，我們可以通過潮汐漲退的圖表（如表4所示）更清楚地了解這種情況。


這種海流會迅速將人帶離海岸，往外海漂流，當人們試圖對抗時，由於體力耗盡和疲勞，很容易發生溺水意外，如果有風的話，最好順著風的方向游泳，這樣可以保護生命，這種現象經常發生在固定沙洲之間，持續時間從幾分鐘到幾個星期都有可能出現，且往往在沒有明顯的徵兆，**退潮時是離岸流最強烈的時候**，這也是人們最容易忽視的問題。

圖38顯示了六種不同的衝浪區裂縫波浪類型：

1、固定式裂縫波浪：固定式裂縫波浪是指在特定位置持續在同一段時間內的**裂縫波浪**。




2、突發式裂縫波浪：突發式裂縫波浪是指突然出現且能夠**迅速**將游泳者或衝浪者帶離岸邊的**裂縫波浪**。



3、地形裂縫波浪：地形裂縫波浪是受**海底地形**影響形成的**裂縫波浪**。



4、流體力學裂縫波浪：流體力學裂縫波浪是由**浪花破裂**和**水流**結合形成的**裂縫波浪**。



5、瓶頸式裂縫波浪：瓶頸式裂縫波浪是**兩個沙洲**靠近形成一個**狹窄**的通道，使水流急速流向海洋而形成的**裂縫波浪**。



6、裂縫波浪的來源：裂縫波浪的來源是由**兩條長岸流**匯合形成的**裂縫波浪**。



圖 38 六種不同的衝浪區裂縫波浪類型圖片解說

(一)根據模擬實驗的結果，我們發現海洋中離岸流形成的因素非常複雜，但可以歸納為以下幾個重要因素：

- 1、地形的起伏：地形的變化會影響離岸流的形成。
- 2、水沖擊的方向：水沖擊的方向也會對離岸流產生影響。
- 3、水沖擊時的速度：水沖擊的速度會對離岸流的形成和強度產生影響。
- 4、深度對水可移動的改變：水的深度變化也會對離岸流產生影響，深度的改變可能會改變水的移動性。
- 5、潮汐的變化：潮汐的變化會影響海水沖過來的方向、位置和高度，進而影響離岸流的形成。

這些因素綜合起來，對於離岸流的形成和特徵產生重要的影響。

(二)如何避免身陷海水倒流的最佳方式：

- 1、海灘戲水發生意外主要因素之一是上層海水倒流，這種情況需要具有足夠的力量才能克服激浪帶的衝擊力，通常發生在波浪較強的時段，例如有強風、滿月時的大潮或外海有颶風不斷拍打海浪等情況，從圖39-1的結構示意圖和圖39-2的實際圖中，我們可以看到供給部、頸部和頭部的位置，供給部是海水倒流的來源，主要是由沿岸流提供；頸部的流域狹窄（典型的上層海水倒流頸部僅有約3公尺寬），流速非常快（大約每秒0.5-2.5公尺），超過一般人游泳的速度，這是上層海水倒流速度最快的地方；而頭部則因海水繞過沙洲或碼頭，流域變得開闊且流速減慢，也是最好的逃脫區域。

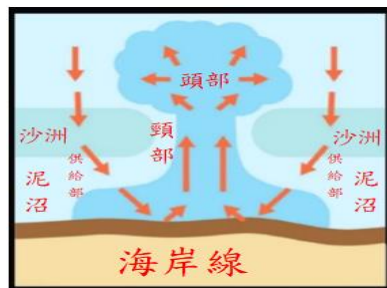


圖39-1海洋邊場景結構示意圖 圖39-2海洋邊場景結構實際圖

- 2、在海邊戲水游泳時，我們通常會選擇看似平靜無浪花的海域，然而，事實上，這些表面平靜的海面下，有時正發生著危險的海水倒流現象！這種情況是海岸線上最致命的危險之一，會突然出現，將不知情的游泳者捲入其中，造成致命的危險，這是所有戲水的遊客都應該警惕的情況！海水的逆流對於在海岸邊戲水的人可能帶來威脅或危險，如圖40所示。

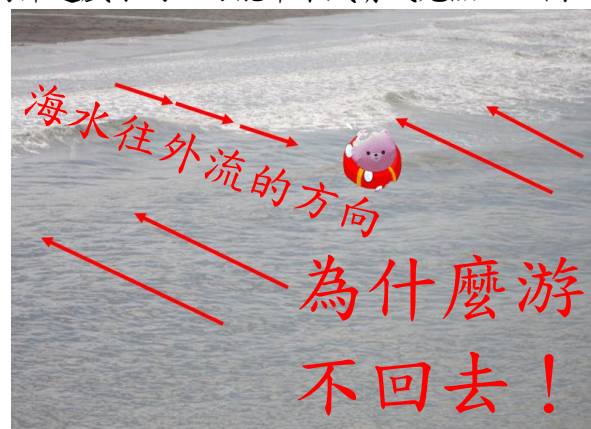


圖40(在海岸戲水者，可能帶來的危害或危險)

- 3、當遇到海水倒流現象時，要先保持冷靜，使自己保持漂浮並尋求救援，這種現象會將你帶離海岸，但不會將你拖入海底，因此，在遭遇這種情況時（如圖41所示），請冷靜下來，不要驚

慌，採取最省力的方法，讓自己能夠漂浮在海面上等待救援，如果附近有救生人員，請立即揮手求救並等待救援，切勿使用游泳的方式應對，因為這樣做更加危險，容易被海水淹沒。

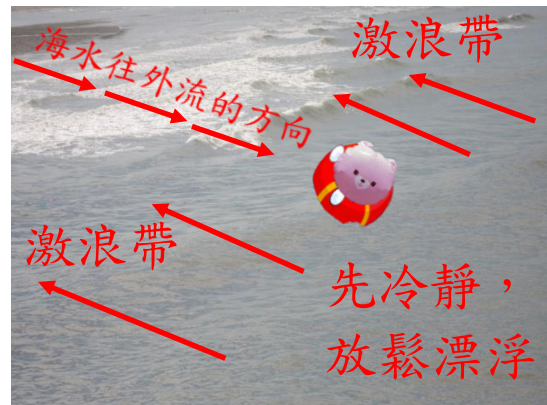


圖41(先冷靜，最省力的方法就是保持身體漂浮在海上，等待救援)

- 4、對於游泳能力較好且體力充足的人來說，可以嘗試游向海流兩側有海浪的區域，以逃離海水倒流的海洋區域，這樣做可以讓海浪推動你往海灘的方向前進，或者自己慢慢游回海灘（如圖42所示）。

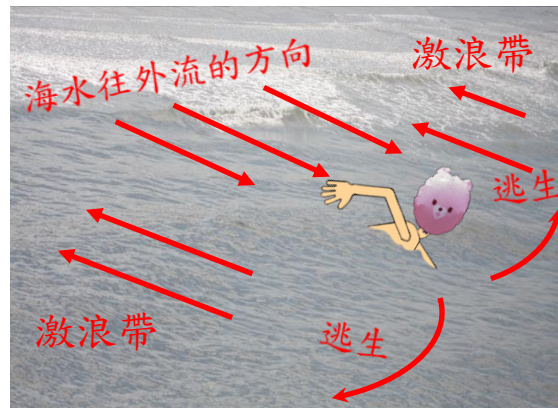


圖42(往海流兩邊有海浪的地方游，游到脫離海水倒流海洋中的區域)

- 5、通常情況下，上層海水倒流會在海岸附近的特定位置停留，持續時間可能從幾分鐘到幾周不等，這意味著它可能會突然出現或消失，因此在計劃前往海灘玩水時，除了必須在有救生員和管理的合法區域內玩耍外，還應密切觀察海水的冲刷情況，選擇安全的海域和學會如何自救在遭遇上層海水倒流時非常重要，萬一不小心遇到這種情況，要記住「一不二要」的原則，這樣才能安全脫離危險，具體而言：

- (1)絕對不要用體力對抗上層海水倒流的沖力。
- (2)需要大聲呼喊或揮手求救，以引起他人的注意。
- (3)利用上層海水倒流幅度狹窄的特點，沿著與陸地平行的方向稍微游出一段距離，這樣就能成功脫離倒流區域，然後游回海岸。

如果無法逃脫，選擇漂浮或踩水的游泳姿勢，等待救援的到來。

- 6、離岸流是海灘主要的災害因素，在海灘戲水時，泳者應該如何避免陷入這種危機呢？首先，泳者需要具備相關知識，能夠觀察海洋上碎浪線之間的變化情況，同時，也要注意陸岬和堤防可能產生的危險，並了解退潮時海水倒流的速度會較快的事實。

如果在沙灘上無法觀察到這些現象，最好遵從警示牌的指示，海灘標示為「危險海域」等警告標誌，遊客應盡量避免下水游泳，即使沒有相關危險警告的標誌，也應該在有救生員的地方游泳，不要冒然下水，因為離岸流是相當普遍的現象，隨時隨地都可能發生，為了安全起見，在海灘戲水之前，應檢查相關的救生器材，對於不太會游泳的人，一定要攜帶救生衣。

當海水遇到退潮時（即潮汐漲到最高點後開始退潮），需要特別注意在接下來的一個小時內，離岸流的速度最強，也就是最危險的時間，強大的拉力會因退潮將海水往外帶得更遠，因此要格外小心注意！

陸、結論

我們經過觀察實驗裡發現，離岸流通常會在離岸邊一段距離的位置出現，在不同條件下出現的並不一樣，實驗過程中，水底有障礙物時，看到水流的方向會很清楚，而且尾端有凹型的地形，會產生水回流的情形，形成類似離岸流的狀況，這跟水裡面的物質沒有多大的差別，所以可以知道海邊的離岸流跟當地的地形、潮汐、波浪、風向、海水深淺的關係比較密切，因此我們更了解到海邊不見得到處都會遇到離岸流的現象，而且海水較深或波浪較大時；出現的位置會較靠近岸邊，值得注意的是如果設置離岸潛堤，其距離會更遠處才發生，顯示設置離岸潛堤有阻擋海水倒流到海中央的效果。

我們發現海洋中會出現很多大浪，一直往海岸衝擊過去形成激浪帶，碰到沙灘後，部分海水會下層自動流回海中(指的是回流現象)，無法流回海中的，會沿著海岸邊一直往旁邊流過去，形成沿岸流現象，匯集的力量夠大時，會衝擊到激浪帶，而形成一個缺口，造成海水上層的離岸流形成，如圖43所示。

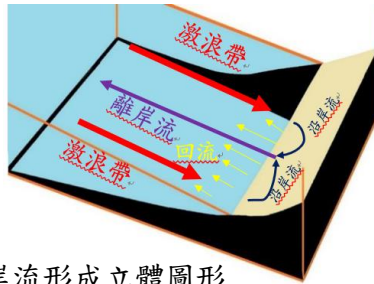


圖43 離岸流形成立體圖形

根據我們的研究結果，可以歸納出以下結論：

- 一、離岸流主要是由於海浪撞擊海岸後受到陸地阻礙而分散開來，大量的海水需要找到返回海中的路徑，同時受到後續海浪的推擠，這些海水會沿著與沙灘平行的方向移動，最終匯集成強大的水流回到海中，當海岸地形出現凹陷缺口時，會對水流產生影響，造成離岸流現象，當波浪與海岸夾角越小，離岸流的強度越明顯；而波浪較小時，離岸流現象較不明顯；波浪較大時，離岸流的水流更強。
- 二、我們的研究表明，設置離岸潛堤的海岸保護工程會對離岸流的出現位置產生影響，當海岸沙灘上存在離岸潛堤時，離岸流通常會在離岸邊較遠的位置出現，然而當海水較深且沙灘坡度較大時，離岸流的水流可能較強，需要進一步觀察以確定這種影響程度，以避免人們被帶離海岸，是否能完全避免離岸流的出現，以及無法回到岸邊的情況，仍需進一步探討。
- 三、根據我們的實驗條件裡，明顯的離岸流位置大約在離海灘很近的範圍內，如果注意到波浪較大或海水較深時，離岸流出現的位置會更靠近海岸，因此當戲水時離開岸邊一段距離時，應特別注意是否會被帶到海中央而面臨危險，要留意海水已淹到膝蓋時，應向岸邊走去，切勿奔跑，因為奔跑容易陷入海沙中，也不應等到海水漲到腰部才察覺，那時已經來不及，隨時有可能突然淹到肩膀，這些是避免發生意外的重要事項。
- 四、我們進行了實地探訪、觀察和實驗，結果顯示在龍鳳漁港的風跡沙灘常常會發生離岸流現象，特別是在夏季和颱風來臨前後，因此在該地區進行活動的人們來說，就必須格外小心上面所描述的情況。

柒、參考資料

- 一、揭密!海中潛伏巨獸「離岸流」(臺灣海洋教育中心海洋防災科普宣導動畫)。
- 二、[東森新聞HD] 恐怖「離岸流」 捲泳客離岸邊 害溺斃。/如果出現這種浪，遠離水域。
<https://www.youtube.com/watch?v=PTJxsqr3bV0>
- 三、潮汐 - 維基百科，自由的百科全書 (wikipedia.org)
- 四、看似平靜海浪 暗藏"離岸流"危機 | 中視新聞 20160704
- 五、B. Castelle, T. Scott, R.W. Brander^a, R. J. McCarroll (2016). Rip current types, circulation and hazard. Earth-Science Reviews Volume 163, December 2016, Pages 1-21
- 六、DJI Stories - 「ドローンによる海岸レスキューと監視」
- 七、Rip Current at Ajirohama beach, Niigata, Japan.
- 八、The Grip of Rip Currents (June 2012)
- 九、吃人的海:海邊游泳要認識的殺手「離岸流」
- 十、百科知識~離岸流

【評語】 080506

研究題目貼近生活，概念非常好，能以自製簡易模型進行實驗室內探討，並於野外考察結果進行比較。研究報告文獻回顧完整，精神可嘉。在口頭報告時展示與作品相關原理的理解，不過對於解釋實驗結果與結論關係稍嫌薄弱。

作品海報

摘要

本研究是探討前請多變的離岸流，透過文獻蒐集來理解離岸流的種類與成因，做為現場觀察的對照依據。經當地觀察團居民耆老中，讓我們發現海狗衝到海岸時會遇到阻礙物而洩散，大量海水必須回到海裡，因地形因素和後續波浪推擠會沿著與沙灘平行的方向移動-沿岸流，最後匯集成一環或數道的強大水流返回海中，若不注意其現象，就會增加潛在危險。

為了更進一步了解，離岸流造成原因是否如我們所讀與文獻中所獲知的，我們透過設計模擬不同海岸地形障礙物，觀察及驗證不同海岸地形的形成狀態與強弱，預測離岸流發生的路徑及可能性，結果我們觀察到複雜沙灘、沙洲地形所產生的離岸流現象特別明顯，若前往這樣的海邊就與非常注意自身的安全。

壹、研究動機

111年11月27日下午，新聞報導在苗栗縣竹南鎮龍鳳漁港的風暴沙灘，有一位戲水的移工突然被海水奪離海岸，幸經附近的海巡警備風安檢所進行搜救工作，最終，在假日之旅外面找到了這位瀕逝的外籍移工。經專家判斷事件發生的原因是當地的「海離離岸流」所致，加上當時正值退潮時間，海水加速回流才產生這意外，記得老師常告誡我們不要到海邊戲水，因為有很多我們習以為常的危險，此事件正好與第一版五上自然第一單元「太陽」課程中所提及潮汐的變化(與季節的變化沒有關係)以及地球自轉影響海水流動的方向內容相吻合，為了了解我們內心的疑惑--「離岸流」，於是對這個議題展開了進一步的探討。

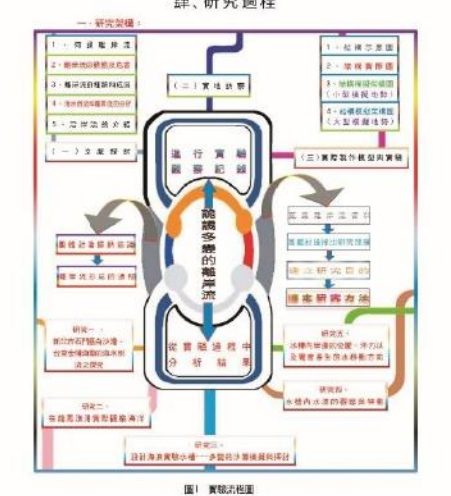
我們藉由實際觀察龍鳳漁港的地形、文獻探討及模擬海岸的結構等方式，知道什麼是離岸流(rip current)以及導致離岸流的各種地形與成因，未來當我們到某一開放海域時，我們就可以推測離岸流可能位於何處，避免進入該區域遊玩，萬一若遇到離岸流時，知道如何從了解離岸流知識中，可以如何自救，以減少不幸事件的發生。

貳、研究目的

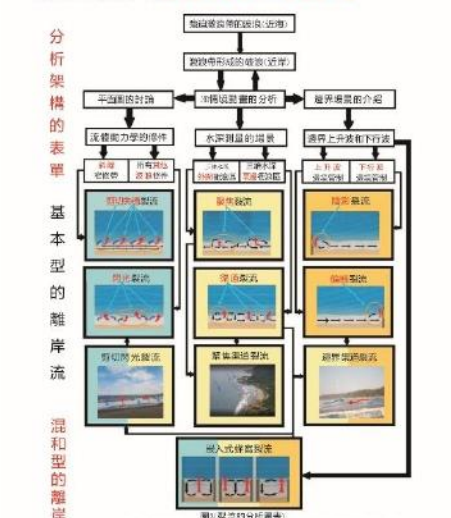
- 一、透過文獻探討了解海水潮汐變化與離岸流的原因。
- 二、實地訪查了解龍鳳漁港海水潮汐和離岸流發生的情況。
- 三、實際製作模型與實驗驗證在不同海岸條件下離岸流發生的情況。
- 四、提出避免身陷離岸流危險的救護方式。

參、研究設備及器材(詳如說明書所示)

肆、研究過程



- 二、研究方法(進行實驗觀察紀錄)
- (一) 文獻探討
- 1、何謂離岸流(詳如說明書所示)
 - 2、離岸流的動態及危害(詳如說明書所示)
 - 3、離岸流的種類和成因(詳如說明書所示)，整理如下圖：



- 4、海水倒流和離岸流的分析(詳如說明書所示)
- 5、沿岸流(longshore current)的介紹(詳如說明書所示)
- (二) 實地訪察(詳如說明書所示)
- (三) 實際製作模型與實驗(詳如說明書所示)

三、研究步驟(從實驗過程中分析結果)

(一) 研究一、探究新北市石門區白沙灣、台東金樽海灣的海水倒流；【探究方法】

透過網路圖片和Google Map，我們錄取了新北市石門區白沙灣和台東金樽海灣的市區道路分布圖和衛星畫像。圖17-1、圖17-2和圖17-3展示了新北市石門區白沙灣的場景圖片，而圖18-1、圖18-2和圖18-3則展示了台東金樽海灣的場景圖片



(二) 研究二、觀察龍鳳漁港實際場景；【觀察方法】

實地觀察龍鳳漁港的場景(2022年12月16日(農曆十一月廿三)、2023年1月7日(農曆十二月十六)、2023年2月24日(農曆二月初五))以及利用Google Map錄取市區道路分布圖和衛星畫面。【觀察結果】

在龍鳳漁港觀察海洋潮流的過程中，我們可以看到圖19-1中的海灣，黃色箭頭指示出海水流向不同方向的位置，海面上形成的長條狀白色碎浪是由於海水多次變化而產生的斷裂交錯，我們可以透過圖19-2和圖19-3(這些是從Google地圖的市區道路分布圖和衛星圖像中擷取的)來觀察到出現海水倒流的位置所在處，從圖片上看到海底顏色較深的地方表示那裡是沿岸沙洲的缺口。



我們在龍鳳漁港觀察到了一些情況，在圖20-1中，我們可以看到黃色箭頭指示了海水在離岸處產生變化的位置，另外在圖20-2和圖20-3是從Google地圖的市區道路分布圖和衛星圖像中擷取的圖片，展示了該位置的樣貌。

在觀察龍鳳漁港海水變化的過程中，我們可以注意到在圖21-1中白色碎浪消失的位置，黃色箭頭所指示的地方則表示海水倒流的位置，從這張圖中可以清楚地看到海灣外側的缺口處也容易發生離岸流，該區域的海水流量變化非常特殊，這也意味著該處可能是海底沙洲的缺口，另外，圖21-2是潮漲較低時拍攝的照片，可以清楚地看到海底的地形。

(三) 研究三、設計海浪實驗水櫃--多變的沙灘模型與探討；【實驗方法】

根據圖22、圖23、圖25、圖26和圖27所呈現的模擬結果，我們能夠驗證實驗的結果。這些表格描述了海浪實驗水櫃的設計過程。我們使用了兩個不同尺寸的水櫃進行實驗。其中小型水櫃的尺寸為72cm×33cm×19cm，大型水櫃的尺寸為140cm×82cm×30cm。



在進行實驗之前，我們選用了九龍公仔球原理來製造波設效應，首先，在保麗龍球前注入水進行試驗，我們觀察並記錄了不同的情況，詳細結果可參考圖22；透過這些實驗和相關數據，我們能夠證明實驗結果的準確性，這些表格提供了實驗過程中所觀察到的波浪現象及其特徵。

【實驗結果】

根據圖22的結果顯示，保麗龍球在水流作用下只會被沖擊到一定距離後停止移動，並不會繼續移動，在平坦無起伏的實驗中，當保麗龍球放在水面上時，無法明確看出水流的方向，它只會隨著水流流動，然而，當在水櫃中引入高低起伏的變化，例如放置磚塊，水面就會呈現波動的情形，但最終保麗龍球仍會停留在尾端位置，只有輕微的偏移，並沒有往回流的情況。

這種現象類似於海底地形的變化，如突出的礁石或淺灘，造成水流交匯的情況，當不同方向的水流交匯時，可能會產生剪切失穩現象，進而形成強大的橫向波浪，因此，我們利用了一個凹型的保麗龍模型放置在實驗的尾端，以觀察是否會出現其他變化，詳細的實驗結果可參考圖23，透過這些實驗，我們將進一步驗證和證明這些現象的存在。



【實驗結果】

根據圖23的結果，清楚地觀察到凹型保麗龍的存在會導致保麗龍球出現旋轉現象，並引起上層水流的回流，類似離岸流的現象，這表示地形存在於地形的改變，且符合我們所期望的結果。

通常情況下，這種現象受到側向邊界的影響，如自然轉角或人造結構(例如橋樑)。這些邊界形成了阻礙水流的障礙物，當水流與這些邊界相互作用時，會產生劇烈的變化，形成裂縫波浪，這種現象通常發生在固定的空間和時間範圍內，受到逆流的影響，並出現在對面邊界的一側，它們由沿岸變化驅動，在障礙物的波浪陰影作用下產生橫浪的高度。

更詳細的觀察結果可參考圖24，這些實驗結果進一步證明了我們研究的現象存在性及其與地形變化之間的關聯性。



我們進行了一系列使用真實海沙進行的實驗，實驗結果詳細列在圖25中。

【實驗結果】

根據圖25的觀察結果，可以明顯看到在沙灘地形下，保麗龍球受到水流影響而產生不同的移動方向，當左側的水流較為強勁時，保麗龍球會向右側移動，最終形成一個回流現象，這說明地形的變化會對水流產生影響，並導致水流在不同方向上的反向流動。



圖25 小型水槽中水流情形

根據圖26，我們進行了大型地形模型的實驗，以模擬真實海洋中的地形變化，透過這種地形架構方式，我們觀察到不同地形對水流影響，實驗結果顯示，當水流遇到地形障礙時，會發生複雜的流動模式，形成回流和回流現象，這證明了地形對水流行為的重要性，並揭示了地形對海洋動態的影響。

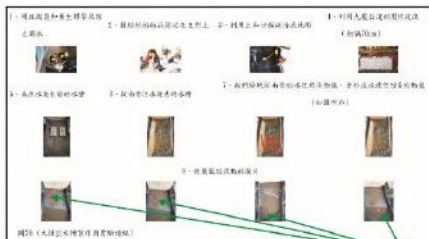


圖26 大型水槽地形模型

透過觀察圖26的實驗結果，可以清楚地看到在大型水槽中的實驗中，**保麗龍球**的移動過程呈現出明顯的特徵，這讓我們更加清楚地觀察到水流的回流狀況，並能進一步了解水流與地形的互動關係，這項實驗結果進一步支持了我們對於海洋動態中回流現象的認識。

透過觀察圖27的圖片，我們清楚地看到水波從兩側向前移動，當遇到高度較高的沙灘時，水波會回流至中央地勢較低的區域，形成回流現象，這種現象稱為短尺度回流，其特點是空間尺度小且變化迅速，當短尺度回流產生時，可能會形成閃光裂縫，同時引起沿岸波浪的形成，這些波浪可能會在沿岸地區移動，形成漩渦，進而影響衝浪區域的水流，由於閃光裂縫和沿岸波浪的形成通常是突然的，這些現象在圖28有所呈現。

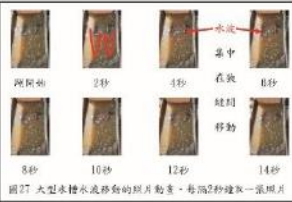


圖27 大型水槽水流移動的照片動畫，每兩秒鐘拍一張照片

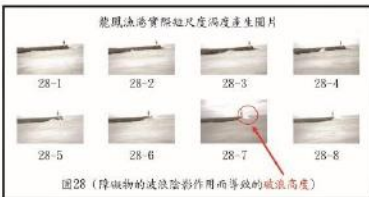


圖28 (障礙物的波浪陰影作用而導致的回流高度)

(四)研究四：水槽內水波特數的觀察：

【實驗方法】

我們進行了一項實驗，使用了沙子製作的海洋模型和九龍公道杯，海洋模型是一個大水槽，尺寸為140cm×82cm×30cm，而九龍公道杯的高度則為70cm，詳細資料如圖29所示。

【實驗結果】



圖29 水槽內水波和實際海岸特徵的研究

從圖29可以觀察到離岸流產生的多個因素，這些因素導致了水的回流現象，此外，我們也可以清楚地觀察到水波的變化，然而對於潛在的危險地點，我們無法得到清晰的觀察。

(五)研究五：水槽內岸邊的位置、沖力以及彎度產生的水移動方向

1. 水槽的水波位置改變對水移動方向之影響

【實驗方法】

透過改變九龍公道杯注水口的位置，將其向左右移動10公分和20公分，我們可以控制波浪進入人工海灣的位置，這樣做可以觀察到保麗龍球在起跑點移動時的方向和位置的變化，在這個實驗中，水深維持在7公分的情況下，根據圖30所示的結果來觀察。

【實驗結果】



圖30 水槽的注水位置改變對水移動方向之影響

透過與維多利亞河口模型進行比較，由於水流速度的影響，尺寸、在岸邊附近產生的變化會形成不同的回流模式，這些回流會向下移動，並導致水流速度的變化，這些回流會導致水流速度的變化，主要是由於不同高度的地形和流速的變化而形成的，從圖31的圖片中，我們觀察到水流的移動方向對於在離岸流區域的移動方向有明顯的影響，在圖中可以看到，當水流向右移動時，在離岸流區域會向前移動，最終導致回流，而當水流向左移動時，在離岸流區域會向後移動，最終導致回流，因此水流速度的變化對於回流的移動方向具有非常重要的影響，這些實驗結果與文獻中提到的水流速度對回流移動方向具有非常重要的影響，這些實驗結果與文獻中提到的水流速度對回流移動方向具有非常重要的影響，這些實驗結果與文獻中提到的水流速度對回流移動方向具有非常重要的影響。

圖31 (海水的衝擊方向的改變會影響到物體被移動的方向)

2. 水波沖力對離岸流之影響：

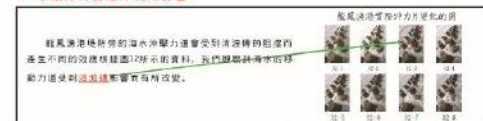


圖32 (海水沖擊的力道，會隨著波浪的風速，其力道也有所不同)

【實驗方法】

我們進行了一項實驗，透過調整九龍公道杯的注水高度，改變了實驗結果的呈現方式，我們將注水高度提高了28公分，以控制波浪進入人工海灣時的沖擊力，在這個實驗中，我們觀察到保麗龍球在起跑處前進了實驗，詳細結果可以參考圖33。

【實驗結果】



圖33 公道杯的注水高度提高

根據圖33的資料，將九龍公道杯高度提高28公分後，與原來高度進行比較，我們觀察到保麗龍球的移動速率加快，且水的回流狀況更為明顯，這顯示波浪帶的沖力增強，離岸流現象也更加顯著，不過，兩種情況下都存在水的回流現象，若在側水管的沖力較強，最終保麗龍球會更顯著地向左側移動。

3. 水槽內岸邊的深度對水移動方向之影響

【實驗方法】

透過在大型水槽中使用沙子建立小型凹岸，我們進行了一系列實驗，在每個實驗中，我們錄製了30秒的影片，並從中擷取了6張照片，這些照片分別展示了不同時間點的情況，起初，水深為1、5和7公分，隨後水位上升至 3、7和9公分，透過觀察實驗結果，我們得出了一些結論，具體呈現在圖34中。

【實驗結果】



圖34 水槽內保麗龍球移動位置的研究

從圖34的圖片中可以觀察到在水深的區域，保麗龍球的移動距離較短，且水流的移動方向不太明顯，相反地，在水深的區域，保麗龍球的移動距離較長，且水流的移動方向非常明顯，我們可以透過圖35中的實景圖來進一步觀察這種現象，而在水深的地方，水流速度較慢，在水淺的地方，水流速度較快。



圖35 (海水的深淺流速不太相同)

4. 海底沙洲對水流移動之影響

【實驗方法】

在水槽的沙灘上放置了長度約 0.7cm 的小石子，以模擬和觀察海底沙洲對離岸流之影響，實驗結果如圖 36 所示。

【實驗結果】

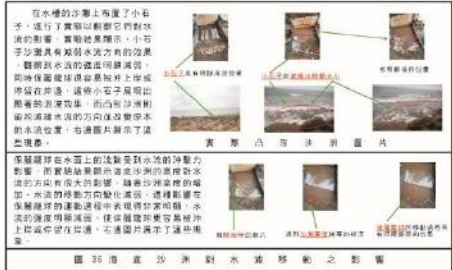


圖 36 海底沙洲對水流移動之影響

根據圖 36 的圖形，可以觀察到水流的方向會隨著地形的改變而產生不同的流動模式，在水槽中，兩側的反射波會漸漸匯集形成一個長方形區域，這個區域會影響水流的強度和位置。

5. 離岸流的流速探討

我們利用以上的實驗條件來證明離岸流與地形和水的深度，會影響到水面上流速的變化結果。

【實驗方法】

在水槽的放置橫放小標頭來實驗，用水的深度和夾角來探討離岸流的流速，實驗結果如圖 37 所示。

【實驗結果】

從圖 37 中，我們發現到水的深度和地形阻礙的角度會影響到離岸流的流速，因此在水很深的地方離岸流時，很難控制自己生存的位置。導致自己產生溺水的事件，從研究三到研究五的觀察結果，就可以很清楚的了解這些因素的存在及其對水流行為的影響，特別是凹型沙洲所引起的水流變化，會沿著海岸方向傳遞，形成波浪傳遞的現象，也是無法控制的危機。

水深	夾角	第一實驗		第二實驗		第三實驗		第四實驗	
		距離時間	水流速度	距離時間	水流速度	距離時間	水流速度	距離時間	水流速度
10 公分	離岸 30 度	5.2152	19	5.5958	20	5	19	3.2822	
10 公分	離岸 45 度	9.0998	15	6.6057	12	9.3333	12.667	7.8847	
5 公分	離岸 45 度	25	4	37	3.7037	22	4.6455	24.967	4.8041

長度 0.7X7=4.9 公分單位 (公分/秒)

圖 37 離岸流的流速探討

伍、研究結果與討論

回流和離岸流之間的區別在於水流的方向。當水體湧上海灘時，上層海水持續上溯運動而下層海水迅速向外海流動，這下層向外海流動的水流稱為回流，水體被推擠而轉向沿著海岸線流動，直到出現缺口再流回海中。這股回流向外海的水流稱為離岸流，又因這股離岸水流發生在液流行進方向的缺口處，所以也稱為裂流。因此，當波浪在碎波區的碎波強度強弱不一時，便容易產生離岸流，通常在沿岸海底的低處或人造結構（如防波堤或碼頭）附近形成，它的寬度、高度和方向取決於地形，離岸流越強，力量越弱，它不僅可以帶走海底的沉積物（如沙、石頭、貝殼等），還會導致沿海地形的改變，我們可以透過潮汐的漲退圖表中（如圖 5 所示）更清楚地了解這種情況。

這種海流會迅速將人帶離海岸，往外海漂流，當人們試圖對抗時，由於體力耗盡和疲勞，很容易發生溺水意外，如果有風的話，最好順著風的方向游泳，這樣可以保護生命，這種現象經常發生在固定沙洲之間，持續時間從幾分鐘到幾個星期都有可能出現，且往往在沒有明顯的徵兆，退潮時是離岸流最強烈的時候，這也是人們最容易忽視的問題。

(一) 根據模擬實驗的結果，我們發現海洋中離岸流形成的因素非常複雜，但可以歸納為以下幾個重要因素：

- 1、地形的起伏：地形的變化會影響離岸流的形成。
- 2、水沖擊的方向：水沖擊的方向也會對離岸流產生影響。
- 3、水沖擊的速度：水沖擊的速度會對離岸流的形成和強度產生影響。
- 4、深度對水可移動的改變：水的深度變化也會對離岸流產生影響，深度的改變可能改變水的移動性。
- 5、潮汐的變化：潮汐的變化會影響海水沖過來的方向、位置和高度，進而影響離岸流的形成。

這些因素綜合起來，對於離岸流的形成和特徵產生重要的影響。

(二) 如何避免身陷海水倒流的危險方式：

1、在海邊戲水游泳時，我們通常會選擇看似平靜無浪花的海域，然而，事實上，這些表面平靜的海面下，有時正發生著危險的海水倒流現象！這種情況是海岸線上最致命的危險之一，會突然出現，將不知情的游泳者捲入其中，造成致命的危險，這是所有戲水的遊客都應該警惕的情況！海水的流速對於在海邊戲水的人可能帶來威脅或危險，如圖 39 所示。

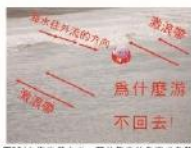


圖 39 在海邊戲水，可能帶來的威脅或危險

2. 當遇到海水倒流現象時，要先保持冷靜，使自己保持漂浮並尋求救援。

這種現象會將你帶離海岸，但不會將你捲入海底，因此，在遭遇這種情況時（如圖 40 所示），請冷靜下來，不要驚慌，採取最省力的方法，讓自己能夠漂浮在海面上等待救援。如果附近有救生人員，請立即揮手求救並等待救援，切勿使用游泳的方式應對，因為這樣做更加危險，容易被海水淹沒。



圖 40 在海邊，保持冷靜漂浮在海面上，等待救援



圖 41 往海流而過有海流的地方時，遇到離岸流海水倒流海洋中的區域

3、對於游泳能力較好且體力充足的人來說，可以嘗試沿著海流兩側有海浪的區域，以避開海水倒流的海洋區域。這樣做可以讓海浪推動你往海灘的方向前進，或者自己慢慢游回海灘（如圖 41 所示）。

4、海邊戲水發生意外主要因素之一是上層海水倒流，這種情況需要具有足夠的力量才能克服激浪帶來的衝擊力，通常發生在波浪較強烈的時段，例如在強風、滿月時的大潮或外海有颶風不斷拍打海浪等情況，從圖 42-1 的結構示意圖和圖 42-2 的實際圖中，我們可以看到供給部、頸部和頸部的位置，供給部是海水倒流的來源，主要是由沿岸流提供；頸部的流域狹窄（典型的層海水倒流頸部僅有約 3 公尺寬），流速非常快（大約每秒 0.5-2.5 公尺），超過一般人游泳的速度。這是上層海水倒流速度最快的地方；而頸部則因海水繞過沙洲或碼頭，流域變得開闊且流速減慢，也是最好的逃脫區域。

5. 通常情況下，上層海水倒流會在海岸附近的特圖 41（往海流兩邊有海流的地方游，游到離離岸流海洋中的區域）固定位置停留，持續時間可能從幾分鐘到幾小時不等，這意味著它可能會突然出現或消失，因此在計劃前往海灘玩水時，除了必須在有救生員和管理的合法區域內玩耍外，還應密切觀察海水的沖刺情況，選擇安全的海域和學會如何自救在遭遇上層海水倒流時非常重要，萬一不小心遇到這種情況，要記住「一不二要」的原則，這樣才能安全脫離危險，具體而言：



圖 42 1 海洋邊海流結構示意圖 圖 42 2 海洋邊海流結構

(1) 絕對不要用力對抗上層海水倒流的沖力。
(2) 需要大聲呼喊或揮手求救，以引起他人的注意。
(3) 利用上層海水倒流速度較慢的特點，沿著與陸地平行的方向稍微游出一段距離，這樣就能成功脫離倒流區域，然後游回海岸。

如果無法逃脫，選擇漂浮或踩水的游泳姿勢，等待救援的到來。離岸流是海邊主要的災害因素，在海邊戲水時，泳者應該如何避開陷入這種危機呢？首先，泳者需要具備相關知識，能夠觀察海洋上碎浪線之間的變化情況，同時，也要注意陸地和堤防可能產生的危險，並了解退潮時海水倒流的速度會較快的事實。如果在沙灘上無法觀察到這些現象，最好從從警示牌的指示，海灘標示為「危險海域」等警告標誌，遊客應盡量避開下水游泳，即使沒有相關危險警告的標誌，也應該在有效救生員的地方游泳，不要冒然下水，因為離岸流是相當普遍的現象，隨時隨地都可能發生，為了安全起見，在海邊戲水之前，應檢查相關的救生器材，對於不太會游泳的人，一定要攜帶救生衣。

當海水遇到退潮時（即潮汐漲到最高點後開始退潮），需要特別注意在接下來的一個小時內，離岸流的流速最強，也就是最危險的時間，強大的拉力會因退潮將海水往外海帶得更遠因此要格外小心注意！

陸、結論

我們經過觀察實驗發現，離岸流通常會在離岸線一段距離的位置出現，在不同條件下出現的並不一樣，實驗過程中，水底有障礙物時，看到水流的方向會很複雜，而且尾端有凹型的地形，會產生水回流的情形，形成類似離岸流的狀況，這種水裡面的物質沒有多大的差別，所以可以知道海邊離岸流跟當地地形、潮汐、波浪、風向、海水深度關係比較密切，因此我們更了解到海邊不見得到處都會遇到離岸流的現象，而且海水較深或波浪較大時，出現的位置會較靠近岸邊，值得注意的是如果設置離岸流堤，其距離會更遠處才發生，顯示設置離岸流堤有阻擋海水倒流到海中央的效果。

我們發現海洋中會出現很多大浪，一直往海岸衝擊去形成激浪帶，碰到沙灘後，部分海水會下層自動回流海中（指的是回流現象），無法回流海中的，會沿著海岸邊一直往旁邊流過去，形成沿岸流現象，匯集的力量夠大時，會衝擊到激浪帶，而形成一個缺口，造成水面上層的離岸流形成，如圖 43 所示。

根據我們的研究結果，可以歸納出以下結論：

一、離岸流主要是由於沿波峰撞擊海岸後受到陸地阻礙而分散開來，大量的海水需要找到退回海中的路徑，同時受到後浪海流的推擠，這些海水會沿著與沙灘平行的方向移動，最終匯集成強大的水流回到海中，當海岸地形出現凹缺缺口時，會對水流產生影響，造成離岸流現象，當波浪與海岸夾角越小時，離岸流的強度越明顯；而波浪較小時，離岸流現象較不明顯；波浪較大時，離岸流的水流更強。

二、我們的研究表明，設置離岸流堤的海岸保護工程會對離岸流的出現位置產生影響，當海岸沙灘上存在離岸流時，離岸流通常會在離岸線較遠的位置出現，然而當海水較深且沙灘坡度較大時，離岸流的水流可能較強，需要進一步觀察以確定這種影響程度，以避開人們被捲離海岸，是否完全對離岸流的出現，以及無法回到岸邊的情況，仍需進一步探討。

三、根據我們的實驗條件，明顯的離岸流位置大約在離海邊很近的範圍內，如果注意到波浪較大或海水較深時，離岸流出現的位置會靠近海岸，因此當戲水時離開岸邊一段距離時，應特別注意是否會被帶到海中央而面臨危險，要避開海水已淹到膝蓋時，應向岸邊退去，切勿爭強，因為奔向岸邊時人淹到沙中，也不應等到海水深到腰部才察覺，那時已經來不及，隨時有可能被沖到岸邊，這些是海邊發生意外的主要事項。

四、我們進行了實地探討、觀察和實驗，結果顯示在離風浪大的風沙灘對常常發生離岸流現象，特別是在夏季和颶風來臨前後，因此在該地區進行活動的人們來說，務必須格外小心上面所描述的情況。

柒、參考資料（詳如說明書所示）