

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

佳作

040506

海洋中漂渺不定的旅行者-漂沙

學校名稱：國立鳳山高級中學

<p>作者：</p> <p>高二 林士浩</p> <p>高二 李維哲</p> <p>高二 甘迪</p> <p>高二 莊上毅</p>	<p>指導老師：</p> <p>張怡萍</p> <p>謝曜隆</p>
---	------------------------------------

關鍵詞： 漂沙、沿岸流、波浪

摘要

海岸周遭的變化隨著日月星辰的徒行而改變著，海灘上的波浪與沙子也隨之受到改變，在不同的速率侵蝕堆積下，產生了不少的新生地，同時也可能造就新的海岸風貌；無論是人為或是自然而生成，都對人類的活動產生些不同的影響。

本實驗使用了大型的玻璃水槽，在其中放置沙子，改變其擺設角度，或是進一步的控制其中之水量，使用自製起波器，讓沙子在水中模擬海岸的變化，觀察其中漂沙的演變以及模擬新生地形成之初的演變過程。

然而，新生地的形成範圍之廣，海岸工程也不免是門浩大的學問，自然與人為各有其利弊，在只有一個地球與有限的沙灘土地上，種種的可能性有待我們去探討與深入研究，所謂世界景觀無奇不有，但這也要有心人去發現才得以窺知全貌。

壹、研究動機：

從我們有記憶以來至今，「海埔新生地」這個名詞都不時的在課堂中提起，常提及的「外傘頂洲」也頗具盛名，我們不禁好奇起來，到底它是如何去形成的？爲什麼它的形成對我們會有如此深的影響，在沙灘中，又是存在多少的玄機和奧秘。這次，我們決定從「漂沙」著手進行，控制些許變因，看看究竟它有多麼奧妙的現象。

貳、文獻探討：

在實驗前，我們尋找了一些與漂沙及海埔新生地相關的資料來幫助我們瞭解我們的實驗基礎和變因。

一、海岸漂沙：

1.海岸漂沙特性：

海岸漂沙包含波、潮、流以及豐力所帶動底質的移動現象。波浪未碎波時，波動所產生的水流運動包括水粒子在海床往復運動之流場、沙漣附近之渦流（vortex）、非線性波出現單一方向流動之漂浮流（drift current）等。波浪碎波後，由於輻射應力（radiation stress）之推進在碎波帶附近所產生之近岸流（nearshore current），隨著海岸移動之水流稱爲沿岸流（longshore current），垂直海岸而向岸之流動稱爲向岸流（onshore current），離岸方向之流動者爲離岸流（offshore current）或裂流（rip current）。另外，在碎波帶內之水流上層海水向岸流動，而下層海水則向外海流動。如圖 2-1 所示，稱爲回流（return flow）。這些波浪所衍生的海水流動均爲海岸漂沙的主要驅動力。

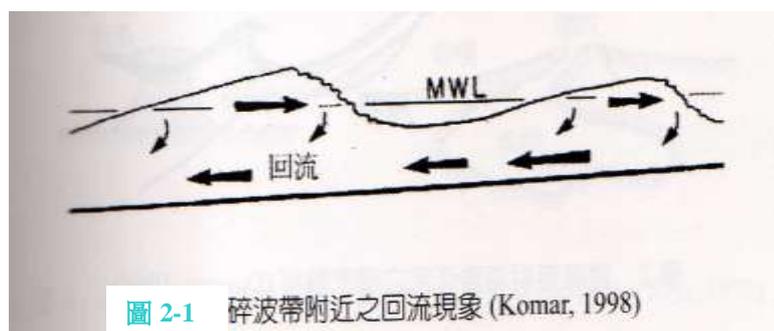


圖 2-1 碎波帶附近之回流現象 (Komar, 1998)

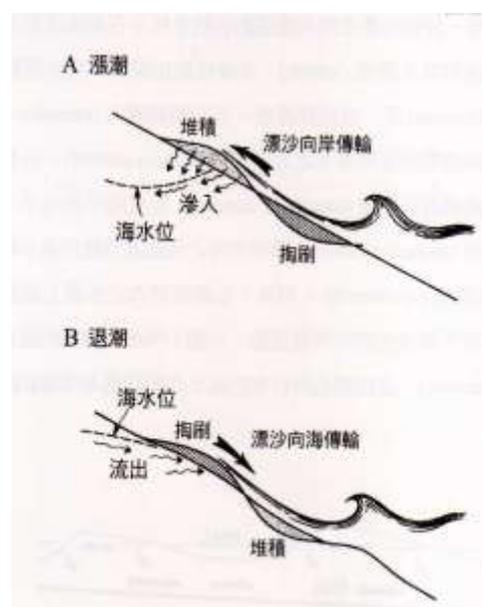


圖 2-2 漲退潮對海灘作用之搬運機制 (Duncan, 1964)

海岸漂沙移動的優勢方向和漂沙量隨時空的改變將引起海岸地形的變化。例如向、離岸漂沙的移動將在海床出現沙洲（sand bar）或沙谷（sand trough），而在海灘之淤積則出現平台（berm）。沿岸漂沙長期作用結果可能形成新月形砂洲、灣月形海灘、砂嘴（sand spit）、繫岸砂洲（tombolo）和離岸砂洲（off shore sand barrier）等地形，如圖 2-3 所示。另外，海岸漂沙的運移也會造成河口以及港灣的淤塞，使航運淤淺或洪水難以宣洩，在海岸結構物附近則造成海岸地形之侵淤現象。

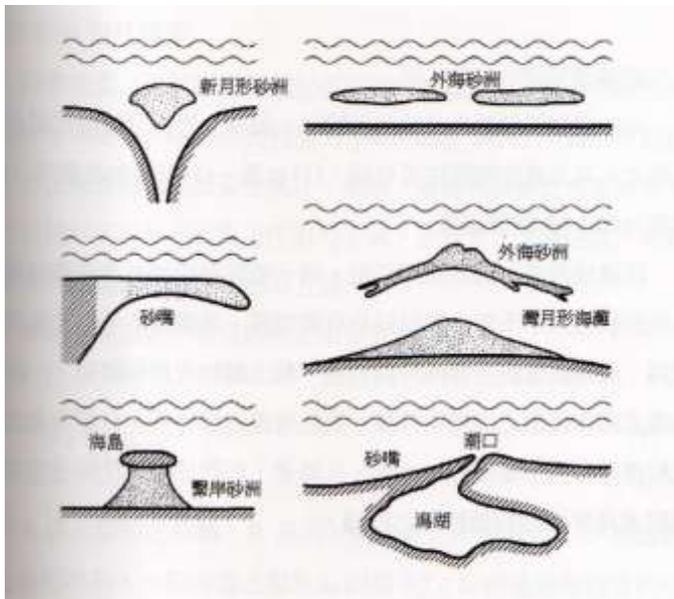


圖 2-3 海岸漂沙堆積成砂嘴、繫岸砂洲及外海砂洲 (Van Rijn, 1998)

海岸漂沙為波、潮、流與海床沉積物之互動現象，學理上稱為兩相流（two-phase flow）。水流與底質間之動力分析為解析兩相流之重要關鍵。由於兩者交互作用之物理現象相當複雜，理論分析殊屬不易。只能借助水流流速、底質運動特性計算輸沙濃度估算漂沙量。

2. 海岸漂沙的物理性質：

海岸漂沙的沙源來自於河川輸沙、海岸、岩石受碰撞或風化後之沙土，其主要的物理性包括：(1)比重、(2)形狀和孔隙率、(3)粒徑分布、(4)沉降速度。

經過波浪或水流的長期作用，同一地點海岸地區之海灘底質，呈現形狀和大小不同之顆粒以及有機物質，其礦物成分及比重均有差異。海灘底質的主要成分為石英、黏土礦或被類碎屑。一般從海灘或海床表面之沉積物採樣，烘乾後進行篩分析，分析海灘底質之粒徑分布、主要成分、比重、孔隙率、形狀係數及沉降速度等作為描述海岸漂沙物理特性之依據。

3. 漂沙收支平衡與海岸地形變遷：

海岸漂沙總量可從垂直及平行於海岸方向之漂沙運移情形推估其漂沙收支平衡（budget balance of littoral sediment），漂沙收支平衡的概念提供漂沙質量守恆之準則。垂直海岸的漂沙包括集水區沖蝕之輸砂量、水庫、攔河堰及攔砂壩之輸砂堆積量、河口輸砂量、河床堆積量及河川採砂量、自河川上、中、下游之輸砂收支、海崖崩塌、海灘及砂丘堆積或侵蝕、

波、潮、流所衍生之方向、離岸輸砂以及養灘、填土和抽砂等。平行於海岸之輸砂包含沿岸漂沙之輸入和輸出、飛砂移動、流入海溝或航道之沿岸漂沙等。

二、沿岸漂沙：

1.沿海漂沙量：

沿岸漂沙量係由於波浪從平行海岸方向斜向入射，當波浪碎波時由於輻射應力之推動而產生近岸流，而平行海岸的方向稱為沿岸流。沿岸流能將土沙搬運並沿著海岸平行方向輸送，所輸送的土沙量稱為沿岸漂沙稱為沿岸漂沙量。

從沿岸流流速剖面分布型式，可以了解沿岸漂沙包含碎波帶內外成掃流狀態之底床載及懸浮在水中之懸浮載之成分。沿岸漂沙之推算方式有三：（1）由海岸結構的攔截推估沿岸量，如突堤、導流體、防波堤或離岸堤等；（2）由單位寬度之波浪能量通率推估沿岸漂沙量；（3）由沿岸流分布推估沿岸漂沙量。這三種方法簡述如下：（1）海岸結構物的興建如同在河川中上游築壩，將上游側之沿岸漂沙阻斷，形成堆積性沙灘，於下游側則出現海岸侵蝕。從長期的海岸地形變化資料加以分析，可以推估漂沙卓越方向之沿岸漂沙量。

台中港為人工港，為使東北方向之波浪所帶來之沿岸漂沙不會造成航道之淤塞，北防波堤不斷延長，以攔截由北向南運送之沿岸漂沙。

三、近岸流

1.沿岸流：

波浪在近岸區碎波後，碎波帶附近因輻射應力之變化而產生不同水位之波揚與波降，此種因水位高低所產生的流動稱為近岸流，如圖 2-4 所示。其中水流沿海海岸平行方向流動者稱為沿岸流。

沿岸流在海岸工程規劃和設計上相當重要，例如沿岸漂沙受沿岸流之傳送，可使附近港口淤塞；又如港灣防波堤之興建，改變原來海岸的沿岸流系統，而使上游海岸堆積而下游海岸侵蝕。本節將以輻射應力之觀念，由動量方程式解析沿岸流分布特性，並針對 Longuet-Higgins(1970)所提出沿岸流分佈的理論解析予以精簡說明。

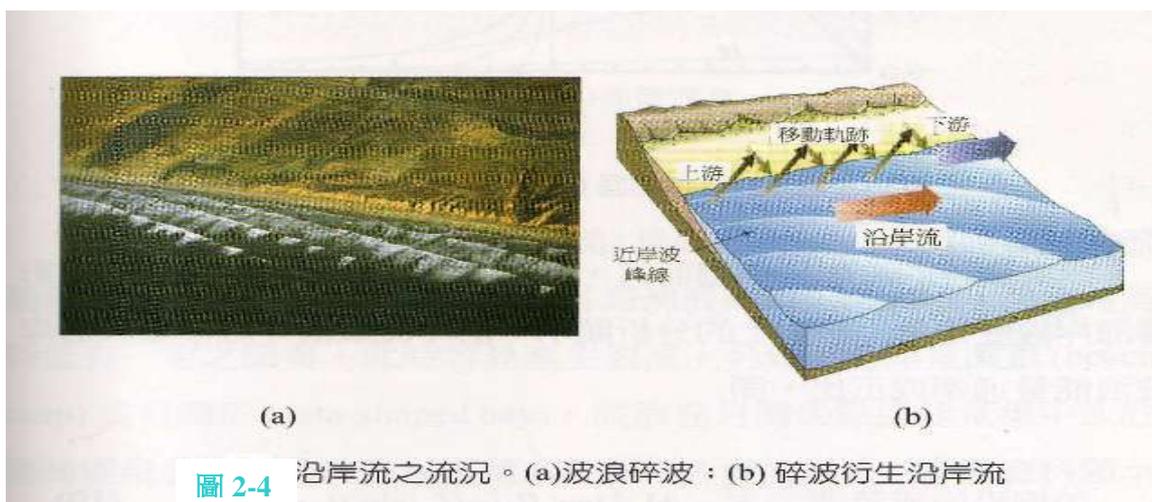


圖 2-4 沿岸流之流況。(a)波浪碎波；(b)碎波衍生沿岸流

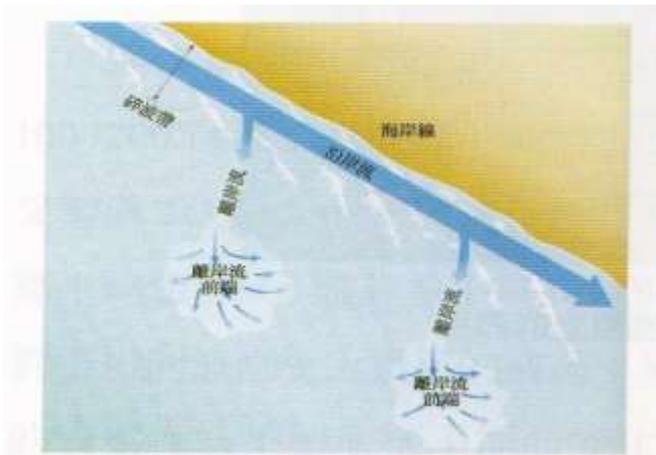


圖 2-5 波浪在近岸產生的沿岸流示意圖

3. 波浪產生的沿岸水流

當波浪斜向進入近岸產生碎波，碎波的波浪會造成沿岸方向的推力分量，而此沿岸推力就會引起沿岸方向的水流流動如圖 2-5 所示，此種水流稱為沿岸流(longshore current)。若地形有些有外凸時，這種沿岸流會因地形導出向外的離岸水流，稱為裂流或離岸流(rip current)。

四、新生地成因

河水在上游時坡度大水流急會產生侵蝕作用，當攜帶砂石的河水流到下游、出海口等地流速較緩，就開始沈積下來，久了之後就形成海埔、河埔新生地。台灣西部海岸有沙礫隨著海流移動，這就是『漂沙』。在一處海岸，如果移入的沙比移出的沙多，就造成沙的沈積，這多餘的沙就形成海埔新生地的原料。接下來，藉著海浪作用或是因為地殼隆起，使堆積的沙高出海面，就是海埔新生地了。

五、台灣的海埔新生地

↓ (表 3-1) 台灣海埔新生地分布

名稱	地理位置	開發面積	用途	形成原因
台西海埔新生地	雲林縣 臺西鄉	大約 482 公頃(790 公頃)	觀光	
新興海埔新生地	雲林縣 臺西鄉	大約 375 公頃	53%漁塭	
海豐海埔新生地	雲林縣 麥寮鄉	755 公頃		天然
麥寮海埔新生地	雲林縣 麥寮鄉	2000 公頃	石化工業	
外傘頂洲	嘉義東石東西方海上約十四公里處	100 餘公頃		天然
南星計畫	高雄大林蒲海岸	50 公頃	防洪	人工



↑ (圖 3-7) 台灣海埔新生地分布圖

小結：天然海埔新生地的形成實際上與漂沙量多寡具有的相關性，所以在這樣的資料下，我們決定著手進行漂沙的研究，來幫助我們更加瞭解海埔新生地的生成。

參、研究目的：

1. 改變推波角度後觀察其變化。
2. 以不同的波速控制觀察漂沙的量。
3. 以沙灘的堆起角度觀察其變化。
4. 模擬海岸受到波浪產生的影響之變化。
5. 對照台灣海岸與漂沙之影響。

肆、研究設備及器材：

1.透明壓克力板(400*500*2 mm)	一塊
2.砂子 (洗淨約 25 kg)	
3.布 (60*48 cm)	兩大塊
4.鋁條 (65cm*2、50cm*2、35cm*2、25cm*5、30cm*3)	14 條
5.壓克力水槽(144*88*30 cm)	一個
6.自製馬達造波器	一組
7.魔鬼粘貼	6 公尺
8.過濾海綿	3 公尺
9.電子天秤	一台
10.乾燥箱	一台

伍、研究過程或方法：

一、馬達(製波器)拆裝的過程：



← (圖 6-1) 一開始在平台上固定我們的馬達當作動力來源。



← (圖 6-2) 用螺絲及螺帽鎖住，後以白膠加強固定作用。



← (圖 6-3) 馬達放置且帶動前端控制盤。



← (圖 6-4) 以水管及鐵絲再加以固定，以確保達最大的馬力。

二、平台的選取與製作：



←（圖 6-5）以兩塊木板當做平台，前面再以壓克力板推水。



←（圖 6-6）但因為木板重量過重，我們改以鋁條架裝固定試驗。



←（圖 6-7）選用較輕的壓克力板，但因在推水過程中會受水的反作用力而彎曲，故以鋁條固定使硬度增加。



←（圖 6-8）結束後與壓克力板結合，固定至它不動為止，以達到有最大水波的產生。

三、水槽模擬的架設：



← (圖 6-9) 將 25 公斤的沙子洗淨為細砂，放置水槽一旁，成沙灘狀。



← (圖 6-10) 購置兩塊白色的布，可透水但不可透沙子，均作撈沙用。



← (圖 6-11) 測試製波板斜 45 度角至於水槽邊。



← (圖 6-12) 測試漂沙情形。

四、測試推波的狀況：



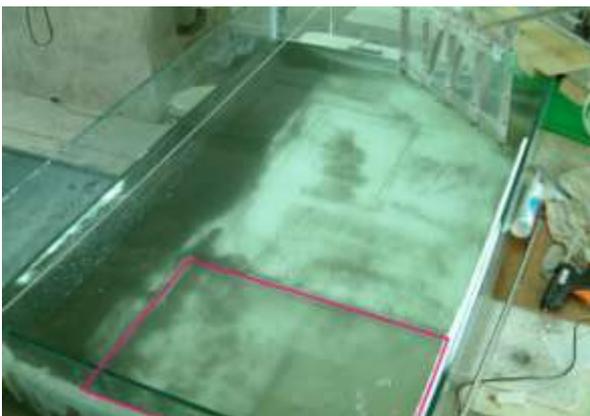
←（圖 6-13）因一開始推波器啟動後波浪過於複雜，與實際海岸有些落差，故以過濾海綿做消波用途，以達模擬真實情形。



←（圖 6-14）做兩塊布以磨鬼粘貼相黏，推波模擬停止後，得以拉起沙子測量其重量。



←（圖 6-15）黏貼於水缸底部，在推波的過程中觀察其撈沙。



←（圖 6-16）我們決定收集漂沙的框框區域。（60*48 cm）

五、撈沙的步驟：



←（圖 6-17）將之前的撈沙布於推波結束後拿起。



←（圖 6-18）將撈起後的沙子送進乾燥箱烘乾。



←（圖 6-19）烘乾結束後測量其重量並紀錄。

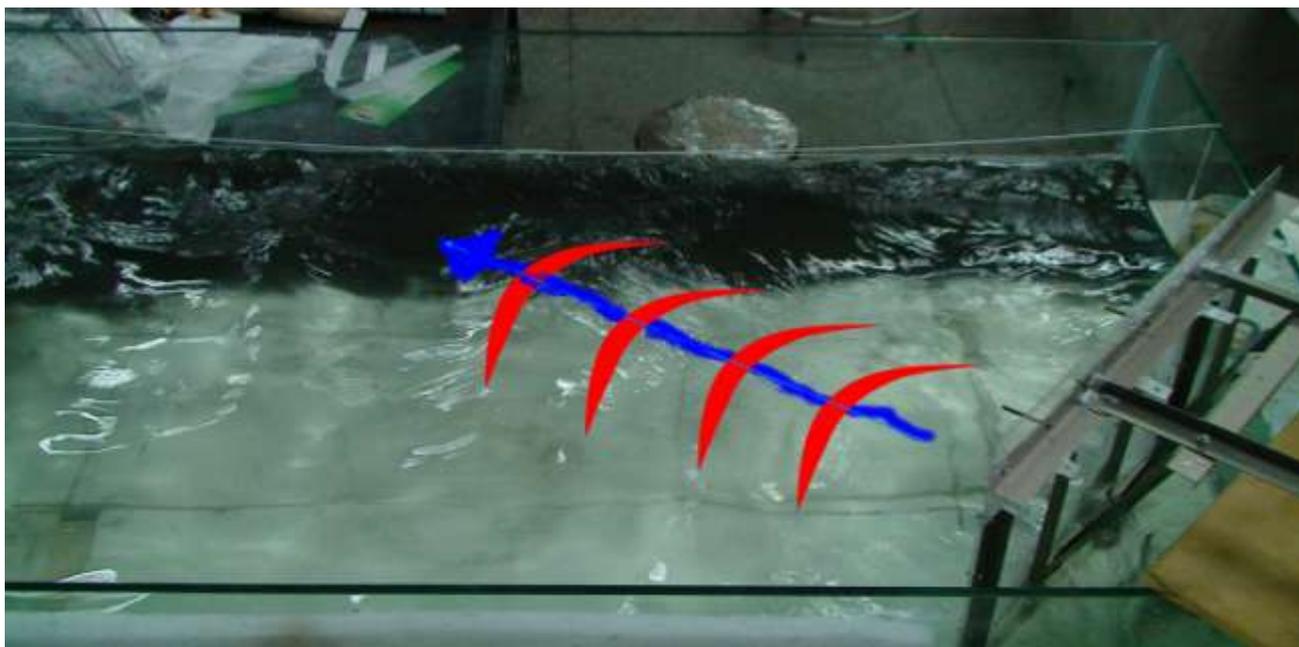


←（圖 6-20）將沙子倒回，不改變其缸內沙子的總質量。

六、研究原理：

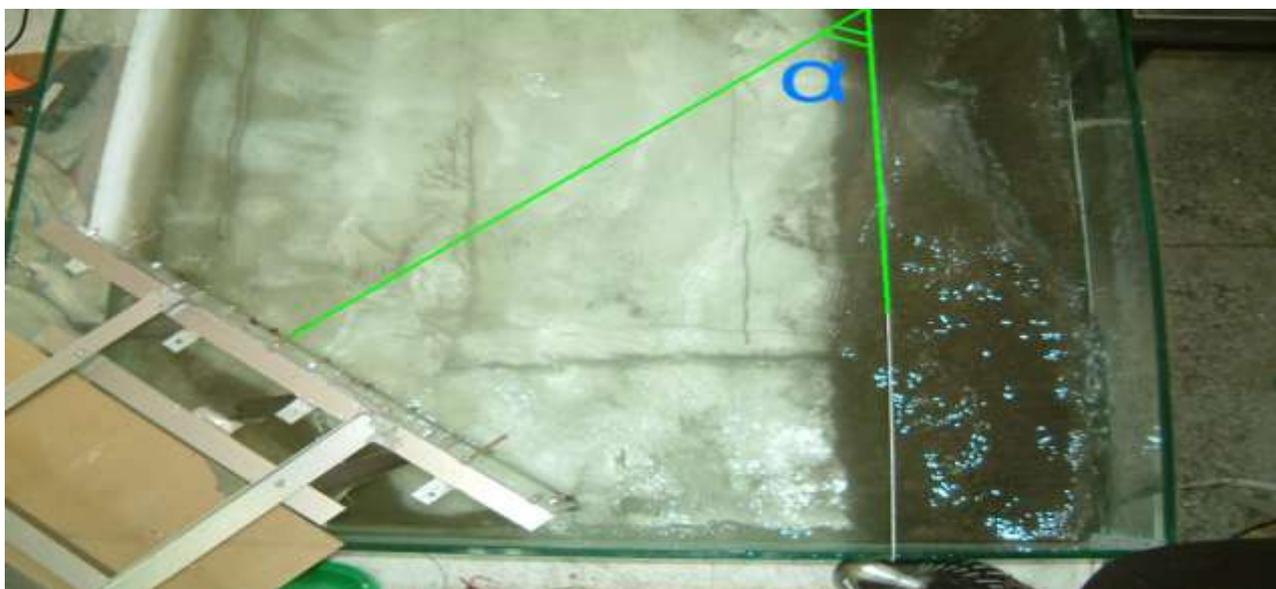
(一) 水中的繞射：經過湖邊時，如湖面水波，樹梢上滴上了一滴水，頓時泛起的陣陣漣漪，且向四面擴散開來。倘若今天有一整面阻擋物在前，那水波的行徑方式又會有什麼樣子的變化呢？

所謂的「繞射」是波(無論是水波、聲波、光波、電磁波)的一種特性，若在波的行進路徑中放置了障礙物，波形將會在此障礙物邊緣附近產生一些變化，波的傳遞方向將不再只有原來的行進方向，在障礙物缺角邊緣的波會向四周擴散，有一部份波的能量會傳遞至障礙物後方的區域，只是傳遞至障礙物後方波的能量會迅速遞減，這就是波的繞射現象所致。在我們模擬的實驗中，就產生了很明顯海浪繞射的現象，如下圖 6-21。



↑ (圖 6-21) 波的前進

(二) 推波的角度 α 定義：如下圖



↑ (圖 6-22) 推波的角度 α 定義

七、實驗一：改變推波角度後觀察其變化。

(一) 實驗步驟

1. 於水槽上鋪上一層砂，模擬一海灘，其為個斜坡，並黏兩條棉線至於上方及後方，分別當作寬度與高度的基準線，使因重複操作的實驗誤差降低。
2. 水槽兩鄰邊貼上過濾海綿，以減低推波時的過多複雜波形的出現。
3. 固定變因總砂量約 25 公斤、堆沙角度約 30 度、推波速度及水量，改變其推波的角度，與沙灘平行面分別為 45 度與 30 度。(如圖 6-22)
4. 整沙及鋪上撈沙布後，以 10 分鐘為一段落推波，分別測量多次取 5 次算出平均值，觀察其漂沙之情形。
5. 將撈沙布撈起後，放入乾燥器烘乾，檢測其重量並紀錄之。

(此過程記錄於〈五〉撈沙的過程)

(二) 實驗照圖



↑ (圖 6-23) 放置推波的情形



↑ (圖 6-24) 兩條基準線

八、實驗二：以不同的波速控制觀察漂沙的量。

(一) 實驗步驟

1. 依實驗一之模型同樣觀察其漂沙的變化情形。
2. 固定變因總砂量約 25 公斤、堆沙角度約 30 度、推波角度 45 度及水量，改變其推波的速度，分別為 14π cm/s 與 11π cm/s。
3. 推波器作來回的簡諧運動 (S.H.M.)，由公式計算其速度最大值約為 14π cm/s，取其最大速度 14π cm/s 與 11π cm/s 測之。
4. 整沙及鋪上撈沙布後，以 10 分鐘為一段落推波，分別測量多次取 5 次算出平均值，觀察其漂沙之情形。
5. 將撈沙布撈起後，放入乾燥器烘乾，檢測其重量並紀錄之。

(二) 實驗照圖



↑ (圖 6-25) 14π cm/s 速度表



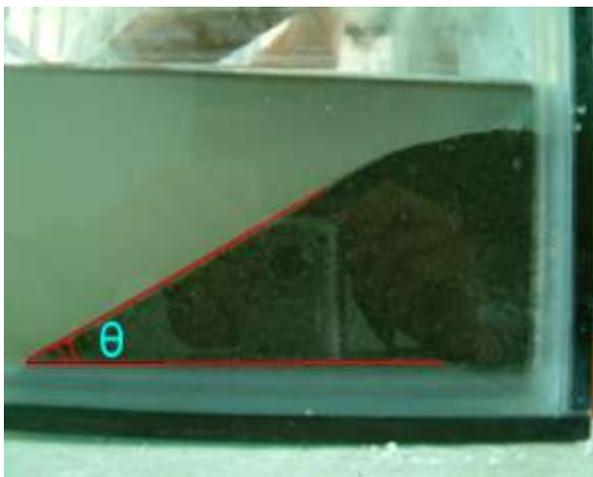
↑ (圖 6-26) 11π cm/s 速度表

九、實驗三：以沙灘的堆起角度觀察其變化。

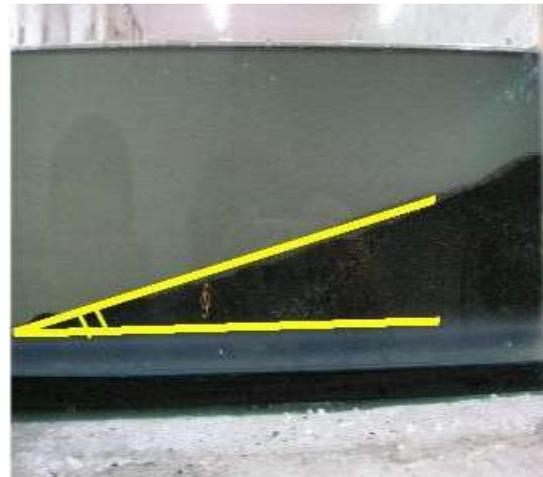
(一) 實驗步驟

1. 依實驗一之模型同樣觀察其漂沙的變化情形。
2. 固定變因總砂量約 25 公斤、推波速度、推波角度 45 度及水量，改變其堆沙的角度，分別為 30 度與 15 度。
3. 另拉兩條基準線已便做 15 度之堆沙角度，以達到確實數據。
4. 整沙及鋪上撈沙布後，以 10 分鐘為一段落推波，分別測量多次取 5 次算出平均值，觀察其漂沙之情形。
5. 將撈沙布撈起後，放入乾燥器烘乾，檢測其重量並紀錄之。

(二) 實驗照圖



↑ (圖 6-27) 堆沙角度 $\theta = 30$ 度



↑ (圖 6-28) 堆沙角度 $\phi = 15$ 度



← (圖 6-29) 另設兩條之基準線以製作 15 度角堆砂。

十、實驗四：推波的時間的影響。

(一) 實驗步驟

1. 依實驗一之模型同樣觀察其漂沙的變化情形。
2. 固定變因總砂量約 25 公斤、推波速度、堆沙角度 45 度、推波角度 45 度及水量，改變其推波的時間，分別以推 5 分、10 分及 15 分。
3. 整沙及鋪上撈沙布後，以 5 分鐘為一段落推波，三段式撈沙，分別測量多次取 5 次算出平均值，觀察其漂沙之情形。
4. 將撈沙布撈起後，放入乾燥器烘乾，檢測其重量並紀錄之。

(二) 實驗照圖



↑ (圖 6-30) 沙子集中處



↑ (圖 6-31) 漂沙分布情形

十一、實驗五：台灣附近的海岸漂沙及其影響的對照。

在構思完前四個實驗之後，我們想前往現實中的海岸觀察與其之間的關係，因此我們上網找了些台灣附近的海岸來觀察與漂沙之間的關係，因此我們尋找了下列三個例子：

- (一) 台中港的淤沙
- (二) 新竹港南海岸
- (三) 大武漁港變砂港

陸、研究結果：

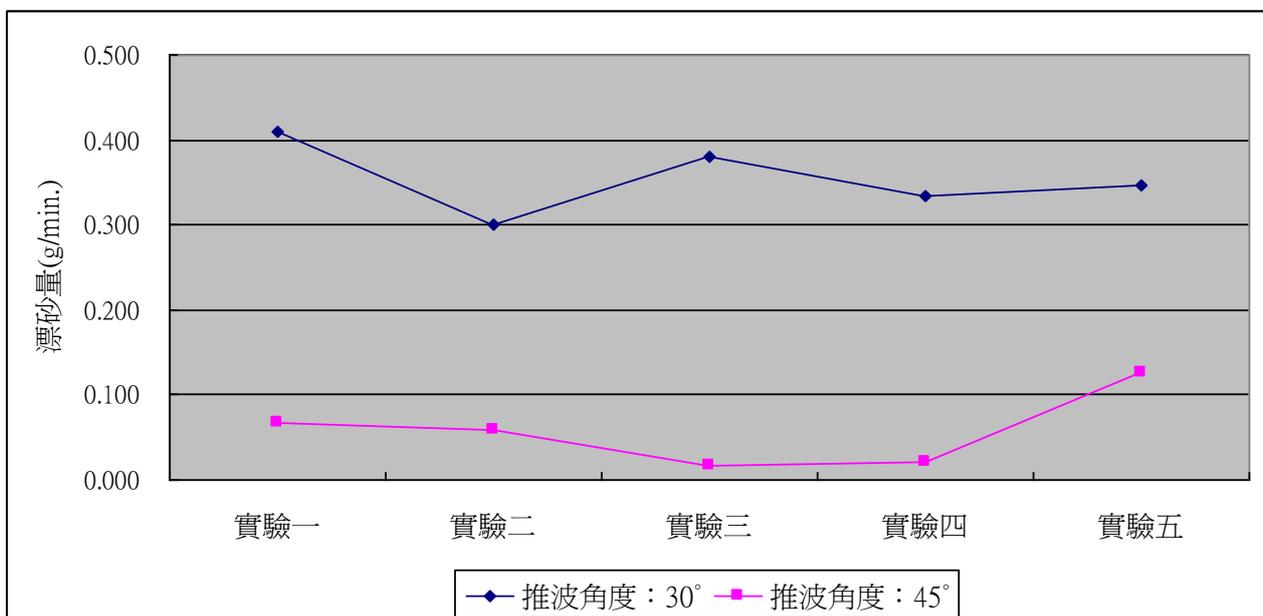
一、實驗一：改變推波角度後觀察其變化：

※對照組：總砂量約 25 公斤、堆沙角度 30 度、推波速度 14π cm/s、推波角度 45 度、水量 135 升及推波時間 10 分鐘。

(一) 實驗一結果 (表 7-1) ↓

(單位：g/min)

實驗變因	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四	實驗五	平均
對照組 (推波角度 45°)	0.068	0.059	0.016	0.021	0.126	0.058
推波角度 30°	0.410	0.300	0.380	0.335	0.347	0.354



(二) 實驗分析

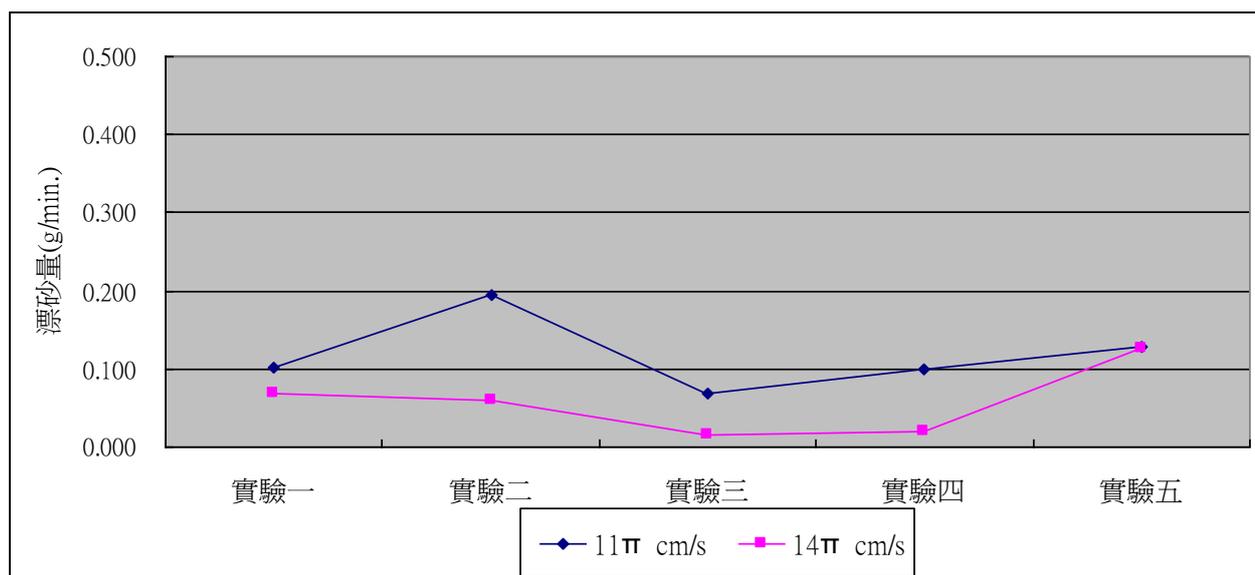
在實驗一中，隨著推波角度與對照組的比較，入射波為 45 度的時候，漂沙量比入射波為 30 度時的量少。因此，從本實驗的結果，可推論「入射波角度較小，產生平行於沿岸的沿岸流強度較強，漂沙量會較多」。

二、實驗二：以不同的波速控制觀察漂沙的量：

(一) 實驗二結果 (表 7-2) ↓

(單位：g/min)

實驗變因	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四	實驗五	平均
對照組 (14π cm/s)	0.068	0.059	0.016	0.021	0.126	0.058
11π cm/s	0.101	0.195	0.068	0.100	0.128	0.118



(二) 實驗分析

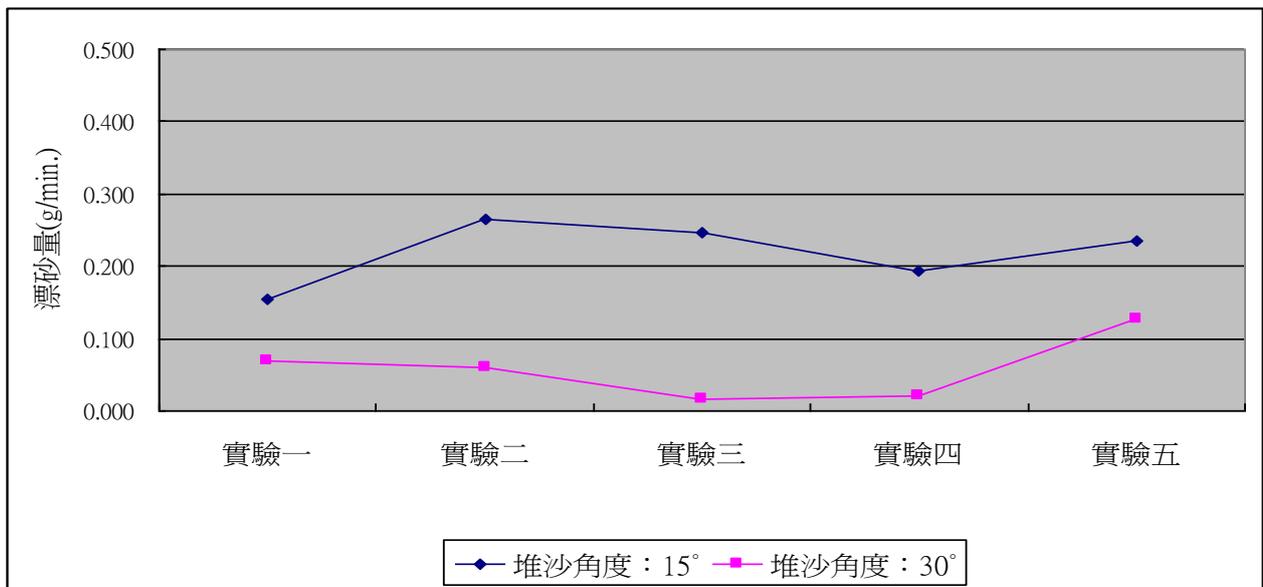
在實驗二中，隨著速度的變化與否，在與對照組速度最大值之下比較，進而發現波前進的愈慢，而可收集到較多的漂沙量。因此，從本實驗的結果，可推論「速度若較慢，漂沙量會較多。」

三、實驗三：以沙灘的堆起角度觀察其變化：

(一) 實驗三結果 (表 7-3) ↓

(單位：g/min)

實驗變因	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四	實驗五	平均
對照組 (堆沙角度 30°)	0.068	0.059	0.016	0.021	0.126	0.058
堆沙角度 15°	0.155	0.264	0.247	0.194	0.234	0.219



(二) 實驗分析

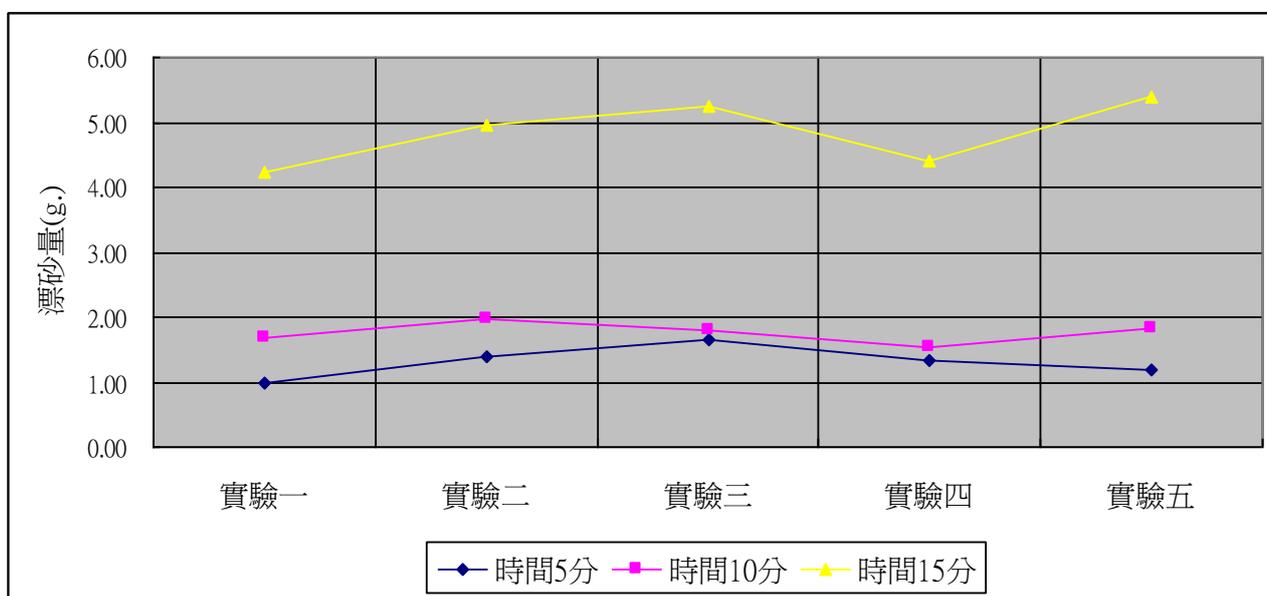
在實驗三中，隨著堆沙角度的改變，我們另拉了兩條的基準線，做出 15 度的堆沙角度，得到與對照組不同的數據，觀察到當堆沙角度較小時，漂沙量會有增多的現象。因此，從本實驗的結果，可推論「堆沙角度愈低，波浪打向沿岸產生的底流較強，漂沙量會較多。」

四、實驗四：推波的時間的影響：

(一) 實驗四結果 (表 7-4) ↓

(單位：g)

實驗 變因	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四	實驗五	平均
5分	0.99	1.39	1.64	1.32	1.19	1.31
10分	1.67	1.98	1.80	1.53	1.83	1.76
15分	4.22	4.95	5.26	4.42	5.38	4.85



(二) 實驗分析

在實驗四中，與前三項實驗較不相同，我們以時間來當做改變的因素，在同一個狀況下，分別於五分、十分及十五分做測量，由圖表中發現，沙量依舊是依照時間的多寡而有遞增的沙量。

五、實驗五：台灣附近的海岸漂沙及其影響的對照。

我們從許多資料中尋找台灣附近海岸環境受到漂沙影響的港口，在文獻中看到漂沙的利用或是漂沙所造成的影響，我們可以看到漂沙可以是災害但是也可以是幫助我們國土增加的海埔新生地，成為我們利用的新資源。

以下將介紹四個地區的漂沙情形。

(一) 台中港的淤沙：

台中港北防波堤與北防沙堤間，淤沙量自 921 大地震以來倍增，不但淹沒濱海遊憩區，還危及梧棲漁港與台中港。港務局決定自明年起，重啟清除淤積作業，並在南防波堤與石化專業區間海域，填出 270 公頃的新生地，未來將更進一步的研究淤沙生質利用的可行性。

台中港務局在台中港北側淤沙區興建擋沙牆，將梧棲漁港北側濱海遊憩區旁的積沙運往填築。港務局很早就利用積下的飛沙，做為填補新生地用，利用舊有南海堤鼎型塊及消波塊圍起一道平台，再填土成為新生地，將「沙害」利用成「沙金」，成為國家建設重要資源。（節自：中時電子報）



↑(圖 6-32) 台中港照圖



↑(圖 6-33) 港南海岸照圖

(二) 新竹港南海岸：

新竹港南海岸位於新竹市西北方，北與新竹漁港新竹垃圾處理廠事業性海堤相鄰，南至客雅溪口。近年來港南海岸侵蝕情形日益惡化，其主要原因在於本區海岸因北邊漁港防波堤攔阻砂源，且在高潮及颱風期間，近岸沙灘上受波浪侵襲使灘線向內陸移動之故。

由於新竹漁港外廓防波堤攔阻漁港北側頭前溪及鳳山溪之輸砂及減緩沿岸漂沙活動，致使港南海岸日益侵蝕。漂沙現象之水理機制甚為複雜，於進行海岸保護規劃時，應對計畫區鄰近之海域漂沙特性及歷年之地形變化詳予蒐集、比較分析後，再進行改善規劃作業。

依據計畫區海岸漂沙之活動範圍及海岸特性各項指標結果，詳如表 6-1 所示。由表可知，不同迴歸週期之碎波水深可達約為 8.6~11.6m，沿岸流漂沙界限水深達 12.6~17.1m，且颱風期間漂沙活動範圍遠較季風期為大。

項目	入射波向	代表波浪		碎波波高	碎波水深	漂砂移動界限水深		沿岸流漂砂界限水深	海灘縱斷面特性
		波高	週期			(m)			
		H_s	T			H_b	h_b		
冬季	N	1.27	5.28	1.21	1.59	5.36	2.71	2.41	侵蝕型 (31.61)
夏季	WSW	0.83	4.95	0.85	1.10	3.17	1.54	1.66	侵蝕型 (21.51)
50年迴歸期	NNE	9.10	12.7	8.57	11.56	67.21	41.71	17.1	侵蝕型 (134.78)
10年迴歸期	NNE	6.60	10.8	6.34	8.57	46.01	27.89	12.6	侵蝕型 (111.74)

↑ (表6-1) 計畫區海岸漂沙特性一覽表

(節自：孫君偉、張欽森。港南海岸生態工法之研究)

(三) 大武漁港變砂港：

台東縣大武漁港這半年漂沙嚴重，船道變成沙灘，兩輛挖土機直接開進港嘴海面上，不停的挖砂，半年來大武漁港內堆滿了十幾萬立方公尺的砂石。台東縣大武漁港外海是東部重要漁場，早年漁港船進船出盛極一時；不過這幾年漂沙嚴重，今年情況加劇，漁船出入的港嘴已經變成沙灘，年初至今已有兩艘船強行進出，撞的支離破碎。

台東縣政府僱用挖土機清理河道，以及港內砂石，挖土機直接開到河道上挖砂，淤積的情況可想而知，怪手不停的挖，但是港嘴的砂石似乎是「取之不盡」，只要南風吹起，剛清除的河道又堆滿了砂石，目前砂石堆滿了大武漁港。而港內已經找不到空地擺放挖起來的砂石，「漁港變砂港，也算是台灣奇蹟」。(節自：大紀元時報)

在上述的幾個港口中，我們發現其實漂沙對於港口是一項非常重要的影響因素，關於漂沙的處理，端看各相關單位的因應方式。

柒、討論：

- 一、在實驗一中，我們很明顯的發現到，當推波角度越小時，其帶動漂沙量越多。而事實上，當推波角度較小時，產生平行於沿岸的沿岸流強度較強，進而造成漂沙量較多。因此，從本實驗的結果，可推論「入射波角度較小，產生平行於沿岸的沿岸流強度較強，漂沙量會較多」。
- 二、在實驗二中，隨著速度的變化與否，在與對照組速度最大值之下比較，進而發現波前進的愈慢，而可收集到較多的漂沙量，我們推測波速愈慢，波所盪起的振幅將愈小，故打到水槽必所反射的波能量也較小，較不會減低原本波所具有的能量，換句話說，當波愈強，及波速愈快時，打回的波大部分將與原波的能量相抗衡。因此，從本實驗的結果，可推論「速度若較慢，漂沙量會較多。」
- 三、在實驗三中，隨著堆沙角度的改變，我們另拉了兩條的基準線，做出 15 度的堆沙角度，得到與對照組不同的數據，觀察到當堆沙角度較小時，漂沙量會有增多的現象。推測其原因在於當波浪打向沿岸產生沿岸流時，會在沿岸底面則產生一回轉之流動，也就是所謂的底流。而當堆沙角度較小，相對的水深會較深，進而造成底流的強度會較強。因此，從本實驗的結果，可推論「堆沙角度愈低，波浪打向沿岸產生的底流較強，漂沙量會較多。」
- 四、在實驗四中，與前三項實驗較不相同，我們以時間來當做改變的因素，在同一個狀況下，分別於五分、十分及十五分做測量，由圖表中發現，沙量依舊是依照時間的多寡而有遞增的沙量，而然，五分與十分的曲線相對於十分與十五分的較來的接近。推測在剛起波推水時，短短的五分鐘內波的行進還尙未能完全克服水與沙子間的摩擦力，隨著時間的增加，整片沙灘對波的阻力漸漸愈趨近於零，漂沙量也在十五分的時候迅速增加，故在整個系統完全進入平衡後，將有較明顯的沙量產生。
- 五、在研究中，我們發現港口淤積究竟該如何解決？又或是該如何來利用？對於我們這樣海島型的國家，是一項非常重要的課題。近年來，海岸環境備受人為的破壞，我們人類究竟扮演著怎樣的角​​色值得深思。生態工法，是目前在建設工程上很在意的一件事，我們在處理自然環境的漂沙問題時，是否也考慮過這樣的問題呢？政府利用人工的方式無論是養灘或是將淤沙轉為海埔新生地，進而利用其成為我們可利用的海岸空間，這些都讓我們將漂沙變成對我們有益的資源。

捌、結論：

- 一、我們從實驗一可以推知「當推波的角度越小時，其帶動的漂沙量越大。」
- 二、我們從實驗二可以推知「速度若較慢，漂沙量會較多。」
- 三、我們從實驗三可以推知「堆沙角度愈低，愈接近於平面，漂沙量會較多。」
- 四、我們從實驗四可以推知「推波時間越長，漂沙量會較多。」
- 五、在實驗五中的台灣實例中，看到漂沙與現實的關係，大多集中在港口淤沙的例子。在海港淤沙的現象形成過程中，結合了我們在實驗一至四中關於漂沙形成的種種變因，進而造成港口淤積，因而有海埔新生地的形成。政府也積極的利用挖沙、鋪沙等等方法來彌補自然環境中的不足，將“沙害”而轉為“沙金”，進而達到海埔的穩定。沙灘為天然消波體，利用工程手法在受侵蝕之海岸補給砂源造灘，稱為人工養灘。一般利用浚渫或挖掘土砂，以船隻、車輛或幫浦等人為方法，利用風力、波浪、水流等自然力造成海灘，改善或維護海灘免受侵蝕，使沿岸輸砂量供需達到平衡狀態，以達到海灘穩定之目的，應用人工養灘時必須先瞭解漂沙之優勢方向，以減緩沙土的流失，同時創造親水性之海岸空間。
- 六、因為時間有限，我們無法真的實際走訪這所有的港口，這也將成為本研究未來的展望，希望未來，我們真的走訪實地，勘查漂沙實例，並加以模擬其形成原因並加以改進方式，讓本研究的成果可以對漂沙研究上更有貢獻。

玖、參考資料及其他：

1. 水村和正。海岸海洋工程學。臺北市國立編譯館。
2. 林柏青。碎波帶漂沙與波動特性研究。土木工程研究所
3. 林柏青、林受勳、徐如娟。臺灣地區港灣近岸海域漂沙調查。交通部運輸研究所
4. 李啓維。47屆中小學科學展覽會「不可不『堤防』」。國立鳳山高級中學
5. 林意楨（淡江大學水資源及環境工程系副教授）。與海爭地不可不慎。取自：
<http://study.nmmba.gov.tw/upload/Resource/conserv1095.htm>
6. 內政部營建署新生地開發局。新生地定義與規劃利用。取自：
<http://www.lrb.gov.tw/land/index.aspx?&chapterid=8>
7. 維基百科。填海。取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A1%AB%E6%B5%B7>
8. 高雄市政府。填海造陸。取自：
[http://w2.khcc.gov.tw/Hougmaogang/home02.aspx?ID=\\$1011&IDK=2&EXEC=L](http://w2.khcc.gov.tw/Hougmaogang/home02.aspx?ID=$1011&IDK=2&EXEC=L)
9. 張守生。北部灣沿海城市填海。取自：http://news.xinhuanet.com/newscenter/2005-04/12/content_2819516.htm
10. 高雄市莊敬國民小學。填海造路闢大地—南星計畫。取自：
<http://www.jjps.kh.edu.tw/chen5767/5/html/class04/class04-c16.htm>
11. 高雄市環境保護局。大林蒲填海計畫(南星計畫)。取自：
http://depweb.ksepb.gov.tw/4/nw03_dalinpou.htm
12. 施至柔。繞射光學元件簡介。國家實驗研究院。取自：
<http://www.itrc.org.tw/Publication/Newsletter/no74/p12.php>
13. 許泰文。海岸漂砂對海岸地形變遷的影響。財團法人中興工程科技研究發展基金會
14. 許泰文、林銘崇。近岸流。財團法人中興工程科技研究發展基金會
15. 歐善惠、張憲國。永不寧靜的海面—波浪。財團法人中興工程科技研究發展基金會
16. 孫君偉、張欽森。港南海岸生態工法之研究。中華顧問
17. 黃清和、蔡立宏、林東廷。生態型海岸保護工法研究。建國科大學報
18. 中央社記者盧太城。大紀元時報2008年6月3日報導。奇景 大武漁港變砂港。取自：
<http://tw.epochtimes.com/bt/8/6/3/n2141352.htm>

【評語】 040506

能透過數據分析模擬平台。

參數選擇有討論的空間。

與實際漂沙的情況可再加強探討。