

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 地球科學科

最佳(鄉土)教材獎

080508

「颱風」客～追！追！追！

學校名稱：臺北市內湖區明湖國民小學

作者： 小六 黃筠茜 小六 呂映儒	指導老師： 吳慧娟 陳妍妙
-------------------------	---------------------

關鍵詞：颱風模擬器、地形效應、雙颱風

# 作品名稱：「颱風」客～追！追！追！

## 摘要

我們以水流渦模擬颱風進行不同路徑的侵台實驗，以**量化方式**記錄**漩渦生成時**和**侵台前**暴風範圍變化。我們也利用兩個水流渦模擬雙颱風形成，實驗在不同距離及強度變化下，漩渦之間的相互影響。透過實驗我們有下列發現：

- 一、路徑 2、3、4 颱風受到臺灣地形破壞較嚴重。
- 二、路徑 1、6、7 颱風受到臺灣地形破壞程度較輕微。
- 三、路徑 5、8、9 颱風受到臺灣地形影響居於上列兩者之間。
- 四、颱風的氣流切入角愈大，受到地形破壞情形愈嚴重。
- 五、沒通過臺灣的颱風，離台愈遠，受到破壞的情況較不嚴重。
- 六、兩漩渦相距 15 公分時無法產生相互影響。
- 七、兩漩渦相距 10 公分時，兩漩渦會以質量中心產生逆時針互繞，小的漩渦最後被併入大的漩渦中。

## 壹、 研究動機

在六年級自然科第一單元「天氣的變化」，我們學到了颱風的知識，讓我們對臺灣常發生的颱風有一些基本的認識。在這時候，鄰近的國家－菲律賓也因為海燕颱風造成重大傷亡及財物損失。我們因此想到--臺灣是一個四面環海常面臨颱風危害的海島。我們不能阻止颱風發生，但如果我們可以透過簡單的實驗，模擬颱風從不同路徑侵襲臺灣的可能變化，並且使用具體的數字來表現強度變化，相信可以讓大家「對於颱風可能產生的危害」有一些初步的瞭解和幫助。我們也常在氣象報導中，聽過「雙颱風」效應的介紹，我們也期望可以利用水流渦模擬出雙颱風的效果，試著探討它可能的變化。我們想知道—

「從不同的方向來的颱風對臺灣的影響有沒有不一樣？」、

「氣象報導中曾聽過的雙颱風效應，在什麼狀況下才會發生呢？」、

「除了難以看懂的氣象圖，可不可以有小朋友就可以操作的實驗來幫助我們瞭解這些颱風現象呢？」

這些疑惑使我們產生了以「**颱風**」為主題，進行科展研究的動機。

## 貳、 研究目的

我們在參考歷屆科展作品的過程中，以「**颱風**」為關鍵字在科展群傑廳進行搜尋，可以找到大約三十個**颱風相關研究**。研究者的**年級**分佈如下：

表一：進行颱風研究學生年級分配

進行颱風研究學生	研究件數
高中生	15
國中生	10
<b>國小生</b>	<b>5</b>

當我們在參考這些作品並且觀察他們的研究方法時，有下列發現：

表二：進行颱風研究所採用的**颱風模擬方式**

颱風模擬方式	件數
紙上談兵	21
抽水馬達	3
紙蛇	2
水孔	2
線香	1
電動打蛋器	1

我們發現，過去颱風大都是哥哥姐姐們才會做的主題，很少小學生以颱風為主題進行研究。我們同時也注意到大部份颱風為題科展研究都缺少實驗數據證明，而只是紙上談兵引述理論。有一些研究實驗是以產生水流渦模擬颱風的方式進行實驗。但即使產生水流渦的方式不一樣，卻具有一個共同的缺點，那就是——「水流渦沒辦法移動及改變強度」。所以，我們的實驗希望可以改進以前的缺點，達到下列研究目的：

- 一、設計出可以移動及控制水流渦強度的颱風模擬器（水流渦產生器）。
- 二、進行不同路徑颱風侵台實驗，透過實測數據進一步分析、比較不同路徑下颱風受臺灣地形破壞程度。
- 三、利用水流渦模擬雙颱風發生狀況，探討雙颱風可能產生交互影響的原因。

## 參、研究設備及器材

### 一、颱風模擬器

- 1.強力磁鐵
- 2.電腦風扇
- 3.萬用變壓器(3V~12V)、調光器
- 4.熱熔膠
- 5.攪拌子
- 6.圓桶、大寵物箱（方形水槽）
- 7.支撐架
- 8.地形模型

		
風扇,軸心黏 強力磁鐵	調光器	大圓桶
		
攪拌子	大圓桶支撐架	臺灣模型

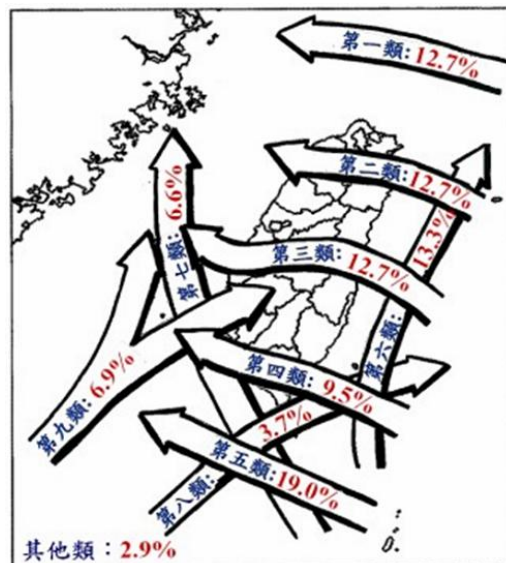
### 二、記錄分析工具

- 1.照相機
- 2.腳架
- 3.30 公分長尺
- 4.電腦軟體：Excel、光影魔術手、Flash MX

## 肆、研究過程或方法

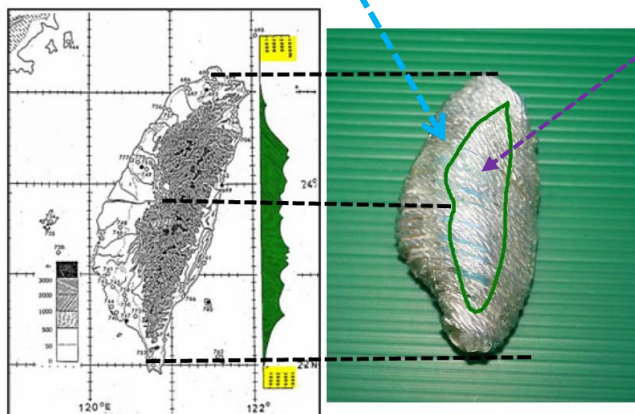
### 一、資料蒐集及實驗材料準備

1.颱風行經路徑：颱風侵台路徑分為如圖一的九種路徑，本研究將以這九種路徑進行颱風侵台模擬。



圖一：颱風侵台路線（颱風百問）

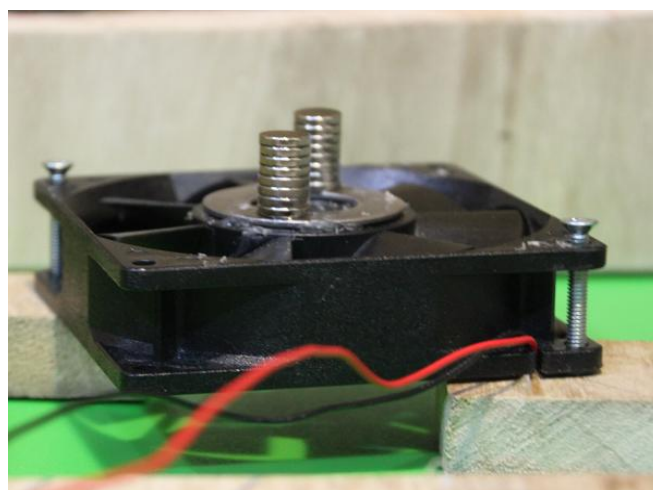
2.臺灣地形模型：利用形狀像臺灣的**白色鵝卵石**，參考圖二的臺灣地形圖，加上**泡棉**製作臺灣地形模型。



圖二：臺灣地形圖及臺灣地形模型

### 3.颱風模擬器設計過程：

我們的颱風模擬器在設計時**經歷很多次的失敗**，經過不斷的改善終於成功。我們利用電腦風扇，在中央軸心使用強力磁鐵（**為避免強磁直接影響軸心馬達影響運轉，我們使用不銹鋼圓墊及鋁片隔在強磁和軸心之間**），分別在軸心直徑兩端黏上**N極**和**S極**。將電腦風扇接上可調整電壓的萬用變壓器後，就可以使它產生不同轉速。風扇上的強磁可以利用超距力磁力，緊緊吸引大圓桶中的攪拌子，使它即使放入水中，也能隔著圓桶被風扇的強磁吸引，跟著旋轉產生漩渦。透過調整電腦風扇電壓便可以攪拌子產生的水流渦有不同的轉速。只要移動風扇，也可以使水流渦跟著移動。



圖三：實驗用電腦風扇

表三：颱風模擬器設計發展歷程

<p>第一階段 線香颱風模擬器</p> <p>1.雲團明顯程度 ★☆☆☆☆</p> <p>2.強度控制 ☆☆☆☆☆</p> <p>3.雲團高度 ☆☆☆☆☆</p> <p>4.可移動性 ☆☆☆☆☆</p>	
<p>第二階段 乾冰颱風模擬器</p> <p>1.雲團明顯程度 ★★☆☆☆</p> <p>2.強度控制 ★★★★★☆</p> <p>3.雲團高度 ☆☆☆☆☆</p> <p>4.可移動性 ★★☆☆☆</p>	
<p>第三階段 方槽颱風模擬器</p> <p>1.雲團明顯程度 ★★★★★★</p> <p>2.強度控制 ★★★★★★</p> <p>3.雲團高度 ★★★★★★</p> <p>4.可移動性 ★★★★★☆</p> <p>備註:</p> <p>1, 漩渦移動很容易遭到破壞不穩定。</p> <p>2. 但固定位置就還好。</p>	
<p>第四階段 圓桶颱風模擬器</p> <p>1.雲團明顯程度 ★★★★★★</p> <p>2.強度控制 ★★★★★★</p> <p>3.雲團高度 ★★★★★★</p> <p>4.可移動性 ★★★★★★</p>	

第五階段 圓桶颱風模擬器(加上支架)

- 1.雲團明顯程度 ★★★★★
- 2.強度控制 ★★★★★
- 3.雲團高度 ★★★★★
- 4.可移動性 ★★★★★

備註:

- 1. 拍側面照會因圓桶曲面略有變形
- 2. 圓桶底部面積小
- 3. 漩渦即使移動仍可保持穩定



我們設計使用圓桶颱風模擬器及方槽颱風模擬器進行本研究的實驗。下表是我們的颱風模擬器與之前其他颱風研究所採用的模擬器的比較。我們可以發現本研究所使用的模擬器具有之前其他研究所沒有的可移動性及可以控制強度兩項重要的特性。

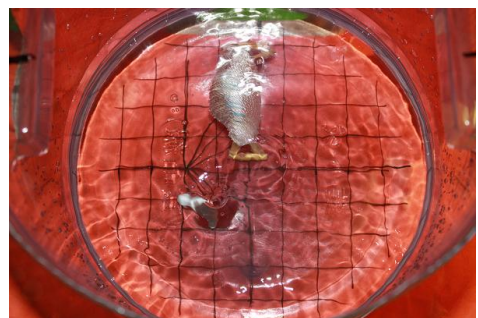
	漩渦形成	雲團高度	強度控制	自由移動
圓桶颱風模擬器（本實驗）	清楚	清楚	可控制	可以自由移動
方槽颱風模擬器（本實驗）	清楚	清楚	可控制	可以自由移動
小水孔颱風模擬器	中等	普通	不可控制	無法自由移動
電動打蛋器颱風模擬器	清楚	無	不可控制	無法自由移動
抽水馬達颱風模擬器一	清楚	佳	可控制	無法自由移動
抽水馬達颱風模擬器二	清楚	清楚	可控制	無法自由移動

表四：本研究颱風模擬器與之前其他研究模擬器性能比較一覽表

二、名詞釋疑

1. 颱風座標定位：我們在直徑為 25 公分的圓桶底部左右方向及上下方向各畫了十個格子。以四個象限座標記錄的方式記錄颱風的位置。

2. 暴風範圍：閱讀了「蒲福風級是依據根據風對地面物體或海面的影響程度而定出的風力等級」的相關介紹後，我們經由討論興起——以「水流渦所產生明顯波紋的格數」來定義實驗所探討的「暴風範圍」大小。



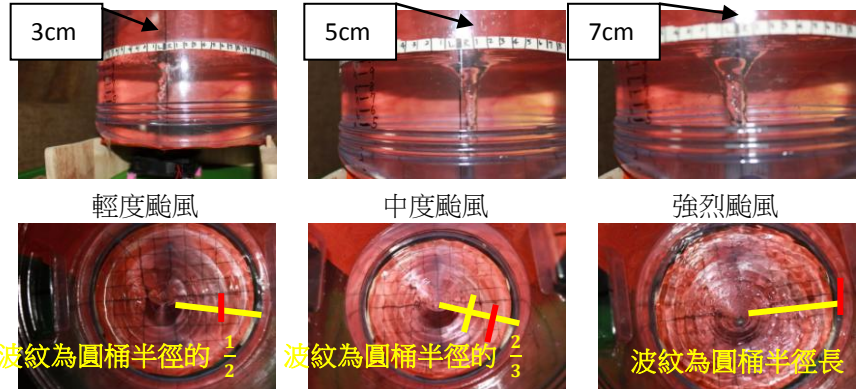
圖四：圓桶底部座標格線示意圖

**3.暴風範圍計算方式：**利用六上數學課所學習到的不規則圖形的面積計算方式。佔滿一格的以1格計，不滿一格的以半格計，算出漩渦在不同定點所產生的暴風範圍。

**4.颱風等級：**我們實際測試發現，將萬用變壓器調整到 9V 以上時，強磁超距力沒辦法克服攪拌子快速旋轉產生的強烈離心力而使攪拌子脫離強磁吸引。調整到 4.5V 以下，產生的水流渦又太過微弱難以觀測，所以我們分別以 6V 搭配（調光器最強），以及 7.5V 搭配（調光器中級），7.5V 搭配（調光器最強）三種電壓變化，來定義實驗中的**輕度颱風**、**中度颱風**和**強烈颱風**。

表五：颱風等級及電壓對應表

颱風等級	電壓及調光器變化
輕度颱風	6V (最強)
中度颱風	7.5V(中級)
強烈颱風	7.5V (最強)



### 三、實驗過程：

#### 1 · 實驗一：不同路徑及強度的颱風侵台實驗

- (1).圓桶注入約 6.5 公分高的水並且放入臺灣模型。
- (2).拍攝起點漩渦。
- (3).拍攝終點漩渦。
- (4).同一路徑重覆拍攝以得到清楚相片。
- (5).使用 FLASH MX 軟體，畫出圓形尺規。
- (6).將相片利用 flash mx 套上尺規後，列印相片計數暴風範圍格數。
- (7).將資料輸入 EXCEL。

一開始我們無法拍出清楚的相片，後來發現等天色暗一點，關上電燈，並且在水槽下方墊色紙。利用單眼相機並開啟閃光燈就可以拍出漩渦波紋清楚的相片。

#### 2 · 實驗二：雙颱風模擬實驗

- (1).在方槽中放入兩個攪拌子，方槽下放兩個風扇。
- (2).調整風扇使他們分別吸住對應的攪拌子。
- (3).從相距 15CM 開始進行實驗（水槽寬度限制下風扇能相距最遠的距離），找出可以產生雙颱風效應的有效距離。
- (4).依據(3)中所找出的有效距離開始進行雙颱風模擬實驗。
- (5).調整兩邊風扇的電壓強度，拍攝漩渦左強右弱右強左弱的相片。
- (6).透過相片發現雙颱風模擬實驗中漩渦的變化情形。



圖五：實驗記錄相片



## 伍、研究結果

### 一、實驗結果一：不同路徑及強度的颱風侵台實驗

我們透過測量起點和終點漩渦的暴風範圍值，並計算終暴風範圍除以起點暴風範圍，得到「**暴風範圍比**」的數值，代表漩渦強度受到阻礙後，還留存的強度，也可以間接算出被耗損的程度。我們也從拍攝相片中進一步利用量角器量出每條路徑的漩渦流向（與路徑成 90 度，類似圓周與半徑的角度關係）和臺灣模型南北縱線的夾角，稱為**氣流切入角(單位:度)**，我們也記錄了**路徑終點離台距離 (單位：格)**。下列我們將透過實驗一得到這些數值，並且在未來討論時探討他們之間的相互關係。

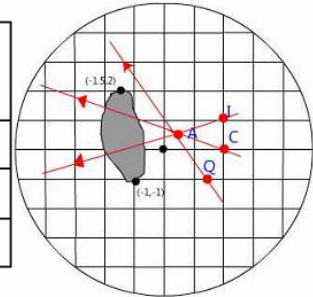
#### 1. 輕度颱風實驗（電壓 6V，調光器最強）

(1).輕颱實驗一：我們進行一系列如圖八相片的實驗，實測數點暴風範圍如下表六，模擬路線圖如下圖右：

表六：輕颱實驗一記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
Q	13	A	9	0.692307692	1	30	1.4
C	30	A	9	0.3	2	25	
I	28	A	9	0.321428571	3	10	

輕颱實驗一模擬路徑示意圖



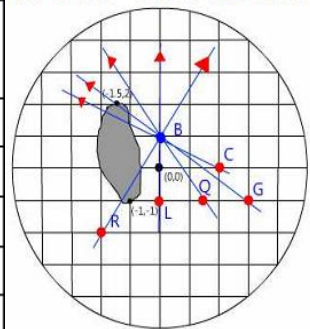
從表六中可以發現，路徑 1 受到損耗較少，路徑二和路徑三比較多。

(2)輕颱實驗二：臺灣位置北(-1.5,2)南(-1,-1)，實測數個點的暴風範圍如下表

表七：輕颱實驗二記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
C	30	B	8	0.266666667	2	30	
G	35	B	8	0.228571429	2	40	
Q	13	B	8	0.615384615	1	60	0.9
L	10	B	8	0.8	6	x	0.9
R	18	B	8	0.444444444	8	50	

輕颱實驗二模擬路徑示意圖



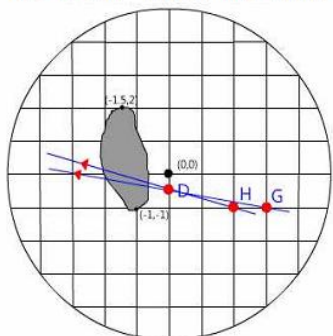
路徑一受到耗損較少，路徑二受到耗損比較多！

(3)輕颱實驗三：臺灣位置北(-1.5,2)南(-1,-1)，實測數個點的暴風範圍如表八：

表八：輕颱實驗三記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角
H	32	D	6	0.1875	4	20
G	35	D	6	0.171428571	4	27

輕颱實驗三模擬路徑示意圖



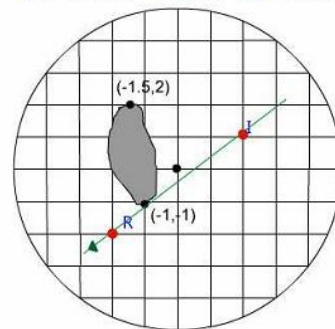
從表八中可以發現，雖然兩條路線都是路徑四的模擬。但暴風範圍比有一些小差距，我們發現它們的氣流切入角也有些差異。氣流切入角大的，暴風範圍恰好比較小。

(4)輕颱實驗四：臺灣位置北(-1.5,2)南(-1,-1)，實測相關記錄如表九

表九：輕颱實驗四記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角
I	28	R	18	0.642857143	8	30

輕颱實驗四模擬路徑示意圖



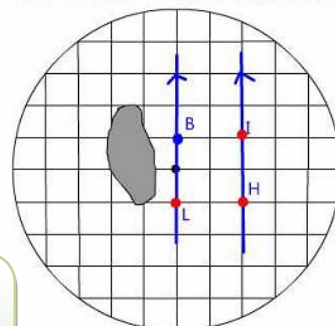
從表九中發現，路徑八的漩渦受到耗損程度大約是 36%。  
( $1-0.642857143$  大約為 36%)

(5)輕颱實驗五：臺灣位置北(-1.5,2)南(-1,-1)，實測數點的相關記錄如下表：

表十：輕颱實驗五記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
L	10	B	8	0.8	6	x	0.9
H	32	I	28	0.875	6	x	2.8

輕颱實驗五模擬路徑示意圖



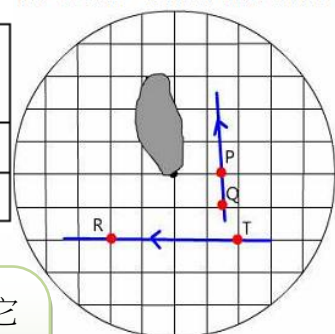
從表十中可以發現，兩條路線都是路徑六的模擬。雖然暴風範圍比測量出來差不多，但仍有一點差距。我們發現暴風範圍比大的路線，離台距離也比較遠。我們猜測它們應該有關連性。

(6) 輕颱實驗六：臺灣位置北(-0.5, 3)南(0, 0),實測數個點的相關記錄如下表：

表十一：輕颱實驗六記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
Q	13	P	9.5	0.730769231	6	x	1.5
T	23	R	18	0.782608696	5	x	2.8

輕颱實驗六模擬路徑示意圖



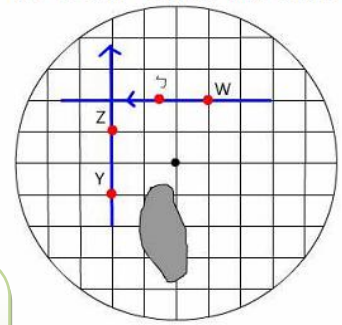
在表十一中，我們發現兩條路線分別是路徑六和路徑五的模擬。它們的共同點是都沒有直接越過臺灣模型。它們的暴風範圍比都顯示出它們受到臺灣地的影響不大。不過，我們有和輕颱實驗五一樣的發現：離台距離較遠似乎測到的暴風範圍比較大，耗損程度較小。

(7)輕颱實驗七：臺灣位置北(-0.5,-0.5)南(0,-3.5)，實測數個點的相關記錄如下表：

表十二：輕颱實驗七記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
Y	15.5	z	12	0.774193548	7	x	1
W	16	ㄅ	12	0.75	1	x	2.8

輕颱實驗七模擬路徑示意圖



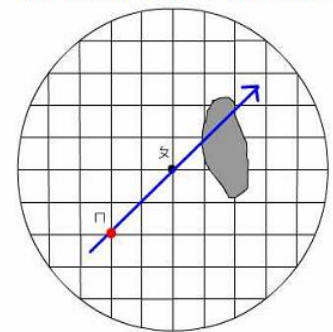
從表十二中，我們發現路徑七和路徑一受到臺灣地形影響都不大。測量出來的暴風範圍比都大於 70%。不過，離台距離和暴風範圍比的關係與輕颱實驗五和輕颱實驗七有些不同。**難道是路徑不同，不可以一起比較嗎？**

(8)輕颱實驗八：臺灣位置北(1.5,2.3)南(2,-1)，實測數個點的相關記錄如下表：

表十三：輕颱實驗八記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
π	11.5	ㄨ	5.5	0.47826087	9	48	1.4

輕颱實驗八模擬路徑示意圖



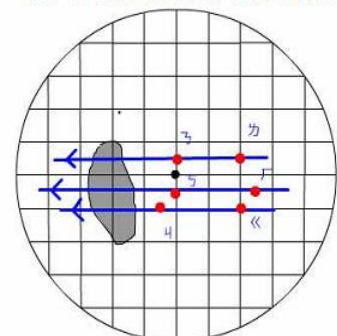
從表十三中，我們可以發現**穿越臺灣**的路徑九，暴風範圍竟被破壞 50%以上。

(9)輕颱實驗九：臺灣位置北(-2,1)南(-2,-2)，實測數個點的相關記錄如下表：

表十四：輕颱實驗九記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑類	氣流 切入角	離台 距離
ㄉ	16	ㄋ	10	0.625	2	8	1.8
厂	17.5	ㄎ	6	0.342857143	3	8	1.5
《	23	ㄣ	15.5	0.673913043	4	8	1.2

輕颱實驗九模擬路徑示意圖



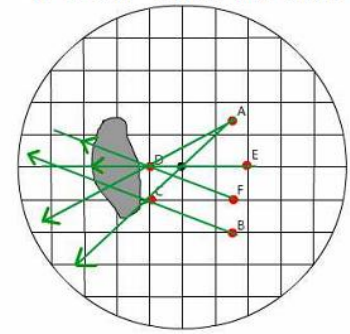
從表十四中可以發現，中間的路徑三模擬受到臺灣地形破壞程度最明顯。我們推測這有可能是**由於我們製作的模型中間較南北兩端還要高的原因**。

(10)中颱實驗一：臺灣位置北(-2,1.5)南(-2,-1.5)，實測數個點的相關記錄如下表：

中颱實驗一模擬路徑示意圖

表十五：中颱實驗一記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角
E	30	D	11	0.366666667	3	10
A	31	D	11	0.35483871	3	20
F	33	D	11	0.333333333	3	30
A	31	C	17.5	0.564516129	4	35
B	29	C	17.5	0.603448276	4	30



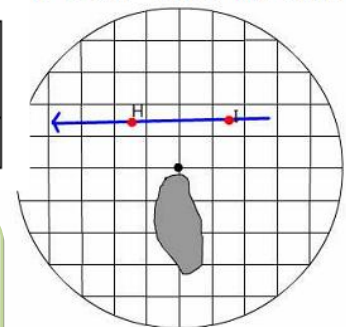
在表十五中，我們做的五條實驗路線分別是路徑三和路徑四的模擬。我們發現在路徑三的實驗中，**氣流切入角愈大，得到的暴風範圍比愈小**。這種狀況在路徑四的模擬中也同時存在。這個結果**和輕颱實驗三的結果相似**。

(11)中颱實驗二：臺灣位置北(0,0)南(0,-3)，實測數個點的相關記錄如下表：

表十六：中颱實驗二記錄表

中颱實驗二模擬路徑示意圖

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角	離台 距離
I	45.5	H	45	0.989010989	1	8	1.7



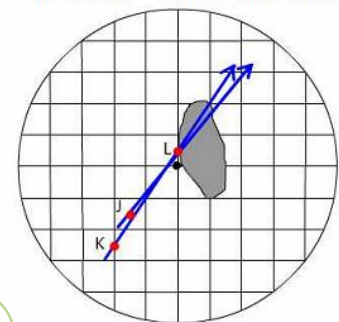
從表十六中，我們發現實驗中的路徑一模擬，暴風範圍並沒有受到太大的耗損。(耗損程度小於 2%)

(12)中颱實驗三：臺灣位置北(0.5,2)南(1,-1),實測數個點的相關記錄如下表:

中颱實驗三模擬路徑示意圖

表十七：中颱實驗三記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角
K	24	L	16	0.666666667	9	50
J	29.5	L	16	0.542372881	9	42



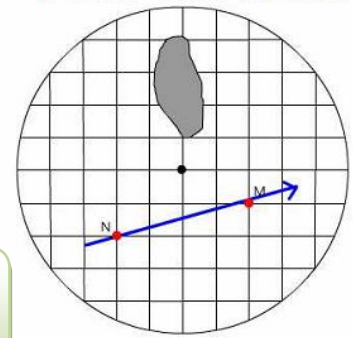
從表十七中我們發現這兩條**路徑九**模擬實驗中，暴風範圍幾乎都耗損了一半。不過氣流切入角與暴風範圍的關係與前幾個實驗有些不同。我們認為是由於模型的中央山脈偏右側。而路徑九為由西南方而來，經過模型邊緣即產生明顯耗損，所以**和氣流切入角關係不明確**。

(13)中颱實驗四：臺灣位置北(0,4)南(0, 1)，實測數個點的相關記錄如下表：

中颱實驗四模擬路徑示意圖

表十八：中颱實驗四記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角
N	24	M	21	0.875	8	7



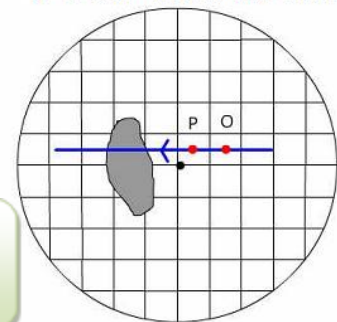
從表十八中可以發現，路徑八的模擬中，暴風範圍受到耗損的程度很小不到 13%。

(14)中颱實驗五：臺灣位置北(-1.5,1.5)南(-1, -1.5)，實測數個點的相關記錄如下表：

中颱實驗五模擬路徑示意圖

表十九：中颱實驗五記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角
O	10	P	5.5	0.55	2	5



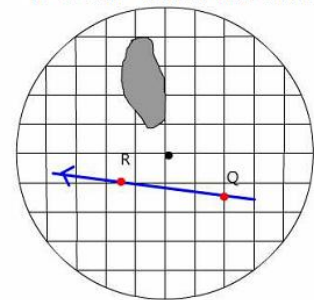
從表十九中可以發現路徑二模擬越過臺灣，暴風範圍受到地形耗損了 45%，幾乎減弱一半強度。

(15)中颱實驗六：臺灣位置北(-1,4)南(-0.5, 1.8)，實測數點的相關記錄如下表：

中颱實驗六模擬路徑示意圖

表二十：中颱實驗六記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流切 入角	離台 距離
Q	18.5	R	16	0.864864865	5	25	2.23



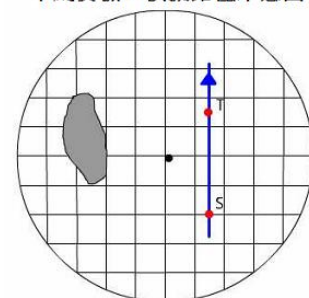
從表二十中發現，路徑五因未直接越過臺灣，暴風範圍受到耗損程度也很小。小於 14%。

(16)中颱實驗七：臺灣位置北(-2.5,3)南(-2.5, -1),實測數點的相關記錄如下表：

中颱實驗七模擬路徑示意圖

表二十一：中颱實驗七記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角	離台 距離
S	18	T	16	0.888888889	6	x	2.5



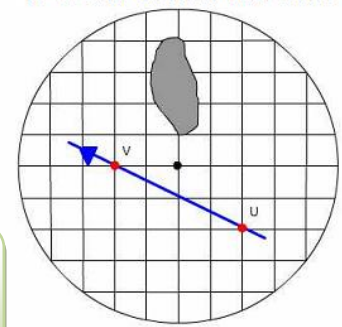
從表二十一中可以發現，路徑六模擬也因沒有越過臺灣，所以暴風範圍受到耗損程度很小。小於 12%。

(17)中颱實驗八：臺灣位置北(0,4)南(0,1)，實測數點的相關記錄如下表：

表二十二：中颱實驗八記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角	離台 距離
U	16.5	V	14	0.848484848	5	34	2.15

中颱實驗八模擬路徑示意圖



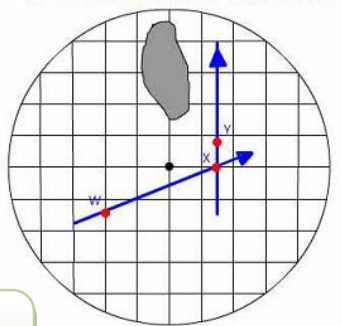
從表二十二中可以發現，和前兩個實驗一樣，路徑五模擬暴風範圍耗損程度小，小於 16%。

(18)中颱實驗九：臺灣位置北(0,4.5)南(0,1.5)，實測數個點的相關記錄如下表：

表二十三：中颱實驗九記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角	離台 距離
W	16.5	X	14	0.848484848	8	20	2.1
X	14	Y	9	0.642857143	6	x	1

中颱實驗九模擬路徑示意圖



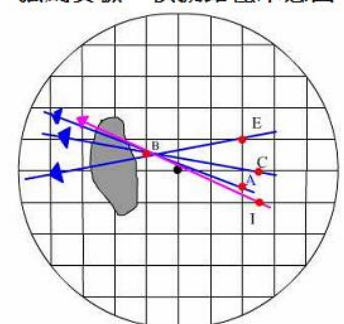
路徑六和路徑八暴風範圍受到破壞不大，離台距離遠的路徑八測量的暴風範圍較大。

(19)強颱實驗一：臺灣位置北(-2,1.8)南(-1.5,-1.2)，實測數個點的相關記錄如下表：

表二十四：強颱實驗一記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑別	氣流 切入角
E	21	B	9.5	0.452380952	3	2
C	39.5	B	9.5	0.240506329	2	16
A	41	B	9.5	0.231707317	2	25
I	42	B	9.5	0.226190476	2	30

強颱實驗一模擬路徑示意圖



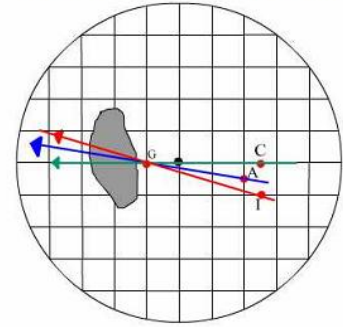
在表二十四中，我們進行路徑二和路徑三的模擬。我們發現在路徑三的實驗中，氣流切入角愈大，暴風範圍比愈小。與前幾個實驗的研究有相同發現。

(20)強颱風實驗二：臺灣位置北(-2,1.8)南(-1.5, -1.2)，實測數個點的相關記錄如下：

強颱風實驗二模擬路徑示意圖

表二十五：強颱風實驗二記錄表

起點	起點暴風	終點	終點暴風	終點/起點	路徑別	氣流切入角
C	39.5	G	13	0.329113924	3	7
A	41	G	13	0.317073171	3	16
I	42	G	13	0.30952381	3	22



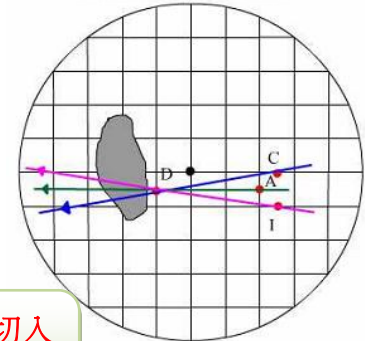
從表二十五中我們發現，同是路徑三的模擬實驗，氣流切入角愈大，暴風範圍比愈小。

(21)強颱風實驗三：臺灣位置北(-2,2)南(-1.5, -1.5)，實測數個點的暴風範圍如下表

強颱風實驗三模擬路徑示意圖

表二十六：強颱風實驗三記錄表

起點	起點暴風	終點	終點暴風	終點/起點	路徑別	氣流切入角
C	39.5	D	12	0.303797468	4	4
A	41	D	12	0.292682927	4	7
I	42	D	12	0.285714286	4	15



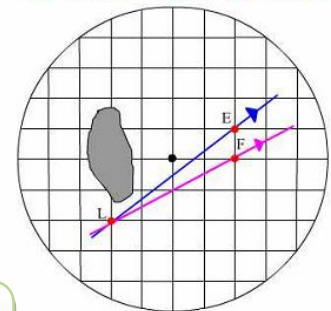
從表二十六中我們發現，同是路徑四的模擬實驗，也具有氣流切入角愈大，暴風範圍比愈小的結果。

(22)強颱風實驗四：臺灣位置北(-2,2)南(-1.5, -1.5)

強颱風實驗四模擬路徑示意圖

表二十七：強颱風實驗四記錄表

起點	起點暴風	終點	終點暴風	終點/起點	路徑別	氣流切入角
L	34.5	E	21	0.608695652	8	30
L	34.5	F	22	0.637681159	8	22



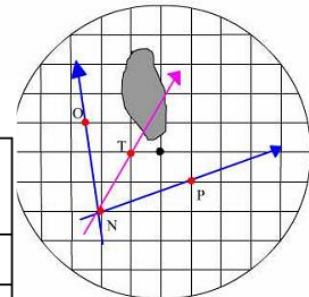
從表二十七中我們發現，路徑八的模擬實驗，也具有氣流切入角愈大，暴風範圍比愈小的結果。

強颱風實驗五模擬路徑示意圖

(23)強颱風實驗五：臺灣位置北(-0.5,3.5)南(-0.5, 0.5)

表二十八：強颱風實驗五記錄表

起點	起點暴風	終點	終點暴風	終點/起點	路徑別	氣流切入角	離台距離
N	21	P	17	0.80952381	8	12	
N	21	T	12	0.571428571	9	50	
N	21	O	18	0.857142857	7	x	1.5



從表二十八中可以發現，路徑九因為**越過臺灣**所以暴風範圍**受到臺灣地形耗損程度比起沒通過臺灣的路徑八和路徑七都還要大**。

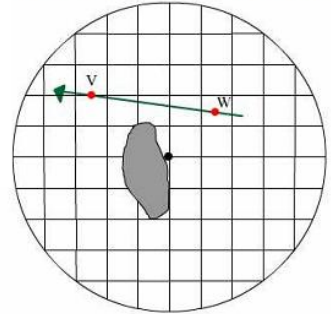
(24)強颱風實驗六：臺灣位置北(-1,1)南(-0.5, -2)，實測數個點的相關記錄如下表：

表二十八：強颱風實驗六記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑 別	氣流 切入角	離台 距離
W	10	V	8	0.8	1	13	1.8

從表二十八中可以發現，沒有直接越過臺灣的路徑一受到臺灣地形的影響程度不大，大約 20%。

強颱風實驗六模擬路徑示意圖



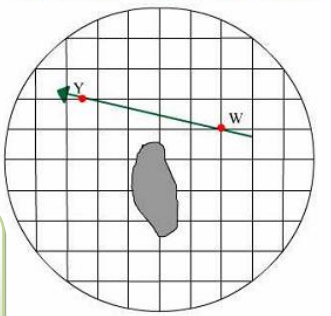
(25)強颱風實驗七：臺灣位置北(0,0.5)南(0, -2.5)，實測數個點的暴風範圍如下表

表二十九：強颱風實驗七記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑 別	氣流切 入角	離台 距離
X	8.5	Y	7.5	0.882352941	1	22	2.12

從表二十九中可以發現，和強颱風實驗六有類似的結果——那就是未直接越過臺灣的路徑一受到臺灣地形的破壞不大，大約 12%。

強颱風實驗七模擬路徑示意圖



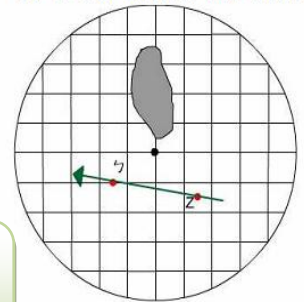
(26)強颱風實驗八：臺灣位置北(0,3.5)南(0, 0.5)，實測數個點的暴風範圍如下表：

表三十：強颱風實驗八記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑 別	氣流 切入角	離台 距離
Z	23.5	ㄅ	18	0.765957447	5	18	2.69

從表三十中可以發現，路徑五模擬因為沒有直接越過臺灣所以受到臺灣地形的影響程度不大，大約 24%。

強颱風實驗八模擬路徑示意圖

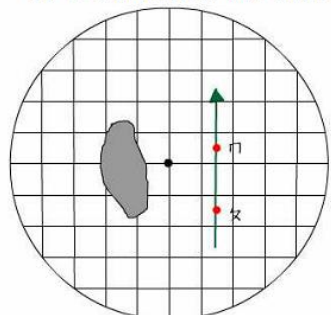


(27)強颱風實驗九：臺灣位置北(-1.5,1.5)南(-1, -1.5)，實測數個點的相關記錄如下表：

表三十一：強颱風實驗九記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑 別	氣流 切入角	離台 距離
ㄅ	22	ㄇ	18	0.818181818	6	x	2.3

強颱風實驗九模擬路徑示意圖





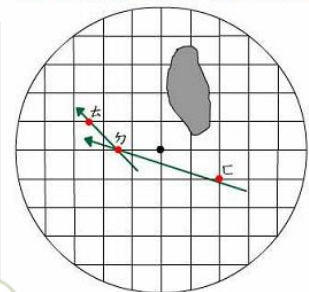
從表三十一中可以發現，從臺灣東部海面穿過的路徑六，受到臺灣地形的影響不大，耗損程度小於 18%。

(28)強颱風實驗十：臺灣位置北(1,3.5)南(1, 0.5)，實測數個點的相關記錄如下表：

表三十二：強颱風實驗十記錄表

起點	起點 暴風	終點	終點 暴風	終點/起點	路徑 別	氣流切 入角	離台 距離
ㄗ	23.5	ㄉ	22	0.936170213	7	x	2.5
ㄉ	22	ㄊ	21	0.954545455	7	x	3.33

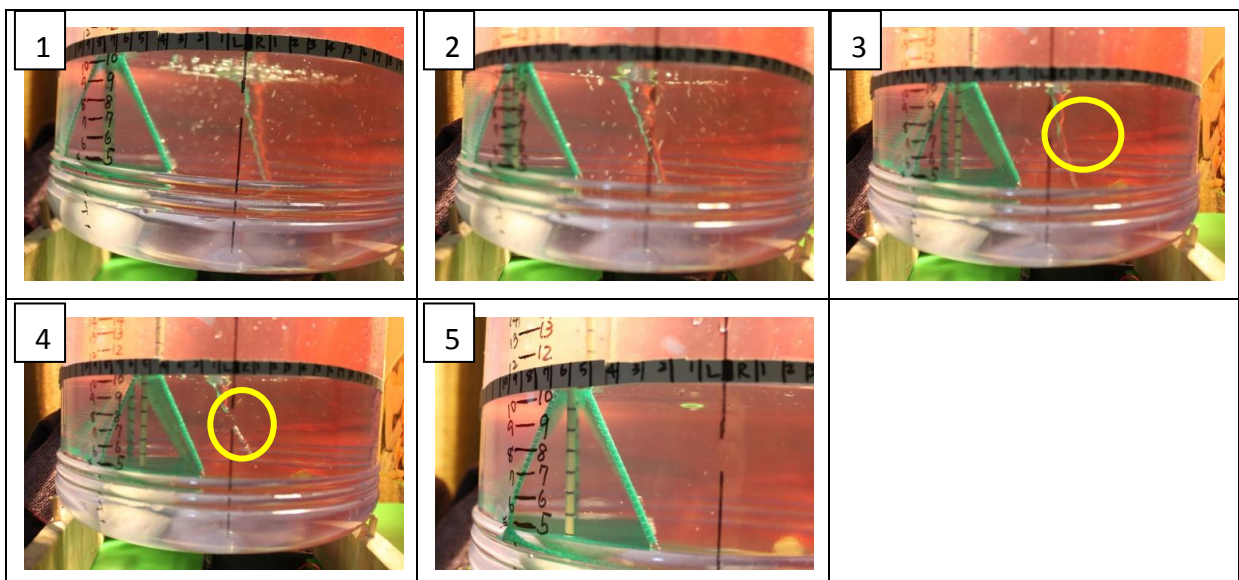
強颱風實驗十模擬路徑示意圖



從表三十二中可以發現，兩條路徑七都耗損大約不到 10% 的強度。如果把兩條路徑合併成一條，那麼從ㄗ出發到ㄊ點，耗損程度大約只有 10%。 $0.936170213 \times 0.954545455 = 0.8936\dots$

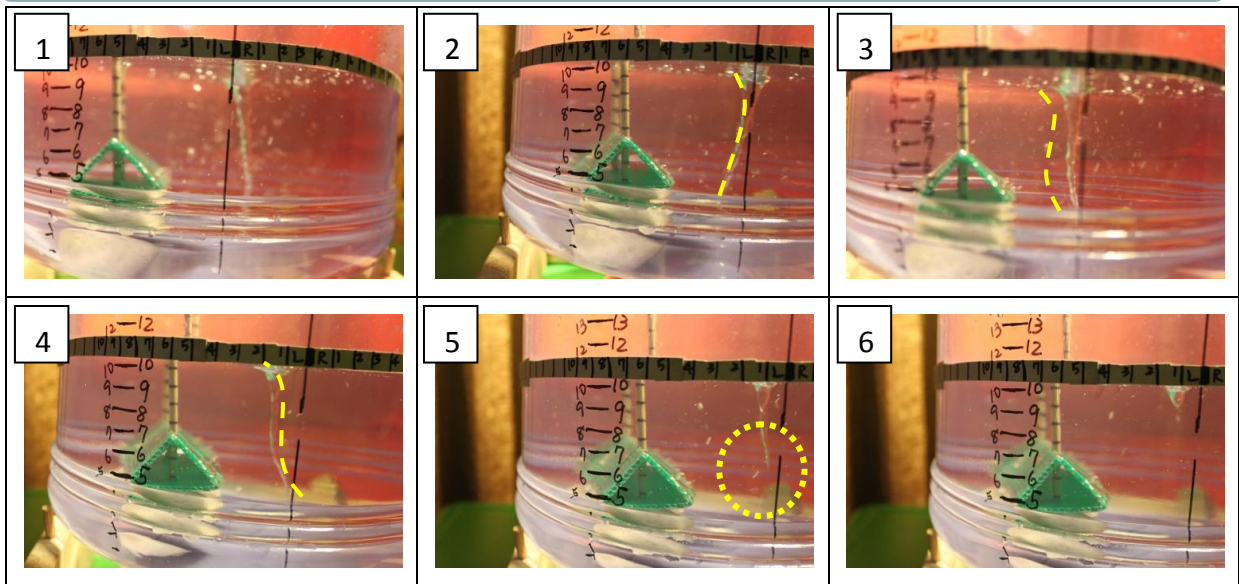
(29)實驗一延伸探討：在輕颱風實驗九中，我們測量出三條看似平行，但分別從臺灣北中南橫跨過的路徑，發現中間的耗損程度最大，那時我們推論原因如下：我們認為可能是由於我們製作的模型中間較南北兩端還要高的原因。所以在延伸探討中，我們將進一步利用實驗討論模型高度與漩渦的可能關係。

探討一：高山模型與漩渦的關係（高山模型高度約 10 公分，水高 10 公分）。



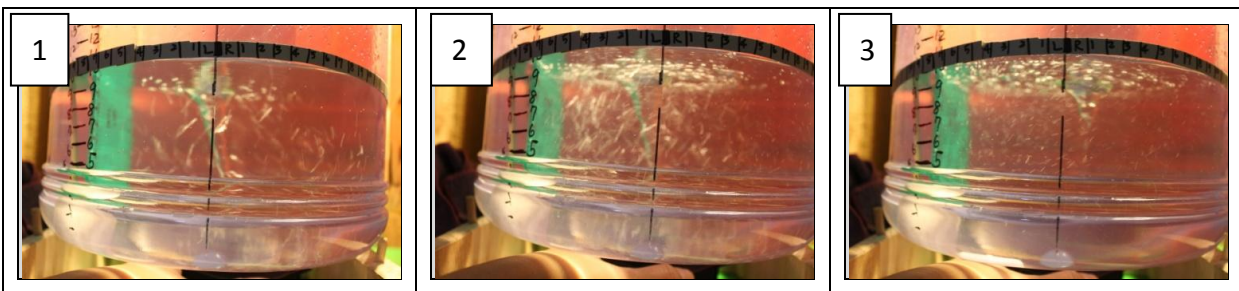
我們發現漩渦靠近大山模型時，漩渦有順著大山坡度左傾的現象（想要越過模型的傾向），但還沒跨越，從 3 號圖可以發現到，漩渦中的氣柱開始產生不規則扭曲，到了 4 號圖可以發現氣柱中間斷裂，然後漩渦就整個漸漸消失了（但攪拌子仍不停旋轉中）。

### 探討二：小山模型與漩渦的關係（小山模型高度約 6 公分，水高約 10 公分）



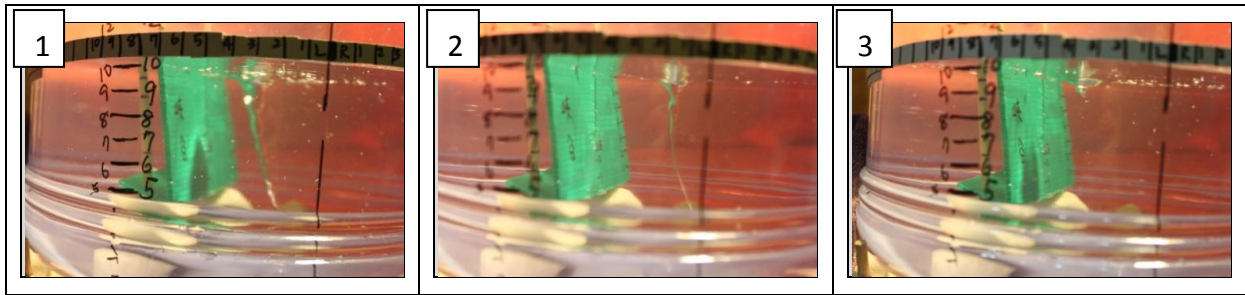
在漩渦靠近小山模型實驗中，我們發現下列很有趣的現象。當我們把風扇往左移動時，從圖 2 中可以發現，漩渦氣柱下端已跟著左移，但漩渦頂端似乎仍有慣性留在原來位置。沒多久漩渦上方也漸漸移過來(圖 3)。但之後，氣柱下方卻有被往外推的傾向(圖 4)，我們認為是漩渦底部先被遇到小山底部的水流反推回來而破壞結構，所以從圖 5 氣柱下方先斷裂的相片中可以得到證實。

### 探討三：高原模型與漩渦的關係（高原模型高度約 10 公分，水高約 10 公分）



在漩渦靠近高原模型實驗中，我們發現漩渦即使一開始結構很強勁，但當靠近高原模型時，大量**氣泡**產生。我們認為這是強勁漩渦遇到高原被**從上到下**阻擋而反射回來的水流表現。我們也可以從圖 3 發現，**漩渦頂端**被高原模型阻擋減弱後，氣柱也跟著變弱。**最後導致漩渦消失，但攪拌子卻仍不停旋轉中。高原地形有效減弱漩渦強度。**

#### 探討四：峽谷模型與漩渦的關係（峽谷模型高度 10 公分，谷深 4 公分，水高約 10 公分）



在漩渦靠近峽谷模型實驗中，我們發現當漩渦靠近峽谷時，漩渦從頂端到氣柱都有變弱變細的傾勢。而且它和高原模型實驗中不同的是，**並沒有大量氣泡產生**。我們認為峽谷中間開口使得漩渦水流可以流過去，不是全面受到阻擋的。但即使如此，**峽谷地形還是有效減弱了漩渦的強度**。

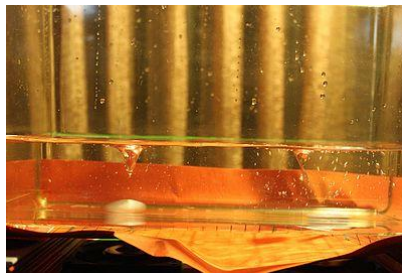
### 二、實驗結果二：雙颱風擬實驗

我們將兩個一樣的電腦風扇放在方形水槽下吸引兩個一樣的攪拌子。我們藉由改變風扇的距離和風扇的電壓這兩項變因進行實驗，看看兩個同時存在的水漩渦受到距離和漩渦強度的影響情形。

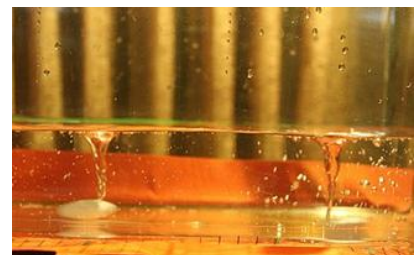
#### 1. 風扇距離 15 公分（在水槽限制下，兩風扇軸心可相距最遠距離）



兩個攪拌子相距 15 公分



兩邊電腦風扇相同強度



相隔兩三分鐘，漩渦更加明顯穩定，不會互相干擾。



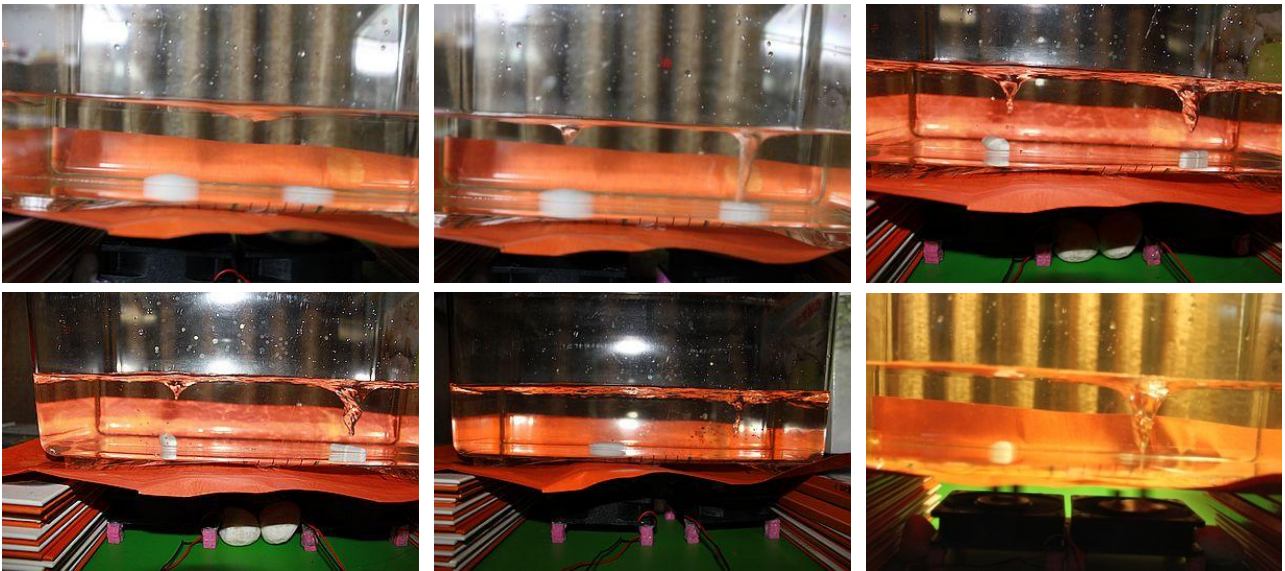
兩漩渦沒有互相干擾。

雙漩渦在相距 **15 公分** (水槽限制下風扇相距最遠距離) 的狀況下，**並沒有對彼此產生影響**。

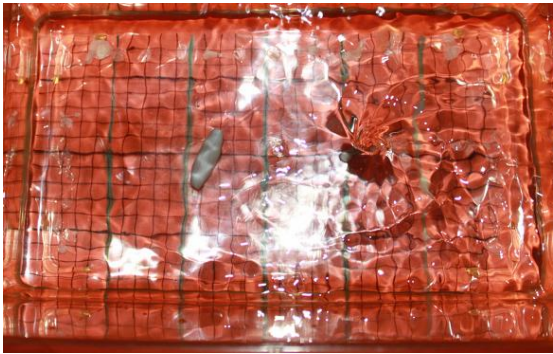
#### 2. 風扇相距 10 公分

##### (1). 右強左弱雙颱風強度影響實驗

我們將電腦風扇左邊變壓器調到 6v，右邊調到 7.5v，希望造成右漩渦強左漩渦弱的情形。我們在這種颱風強度條件下觀察到下列情形：



俯視相片如下：



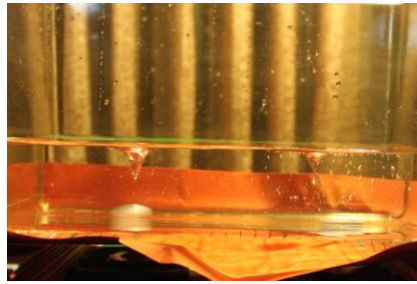
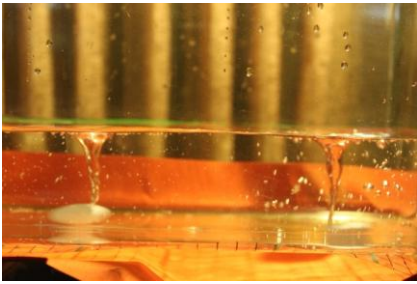
從左邊俯視相片中發現：左漩渦很很弱不明顯；右漩渦卻仍明顯。我們認為，左弱右強漩渦在相距 10 公分的情形下，**一開始兩漩渦有互相干擾的狀況，但最後左弱漩渦消失，右強漩渦卻變得更強。**

**(2).右強左弱雙颱風漩渦旋轉方向實驗**——我們發現從下往上拍水面時，藉由底部橘色紙張的反射加上相機開啟閃光燈拍攝，可以幫助我們清楚拍到水流渦的位置及移動，所以下面的相片我們就從這個角度拍攝。



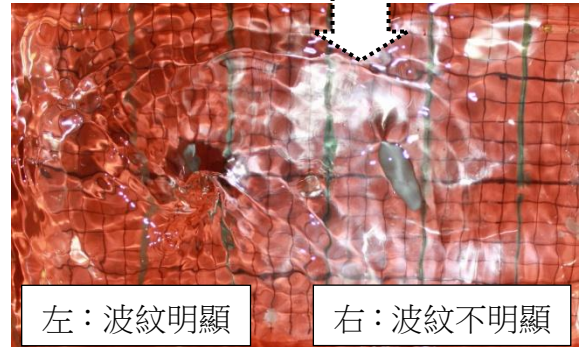
從側面往上拍攝的相片中，可以發現兩漩渦先是互繞，而且左弱漩渦繞得遠，右強漩渦只在原位置處小幅度繞著。最後左弱漩渦消失不見，右強漩渦停止繞圈而且變穩定。

**(3).左強右弱雙颱風強度影響實驗**——我們將兩電腦風扇左邊變壓器設定在 7.5v，右邊調弱到 6v，希望造成右邊漩渦弱左邊漩渦強的情形。我們在這種狀況下觀察到下列的情形。



俯視角度拍攝相片如下

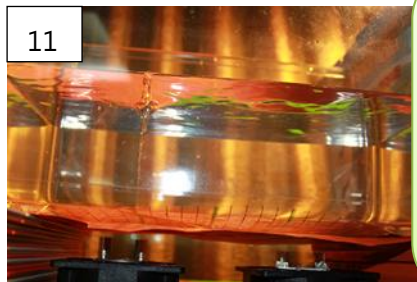
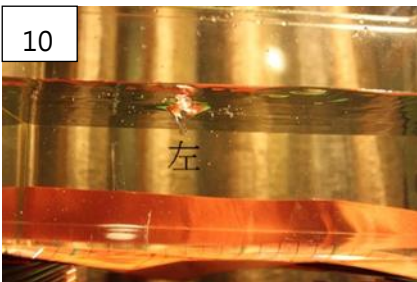
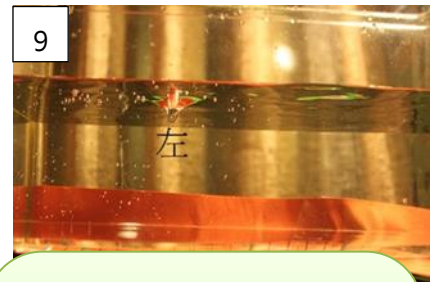
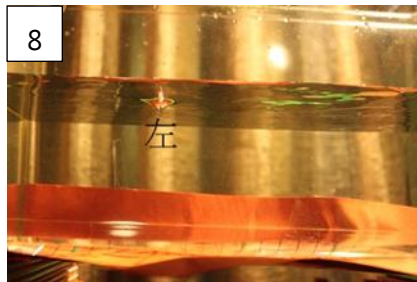
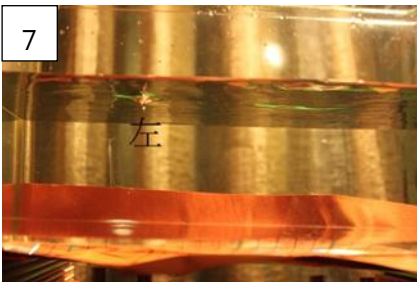
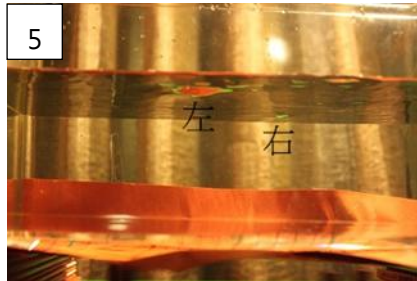
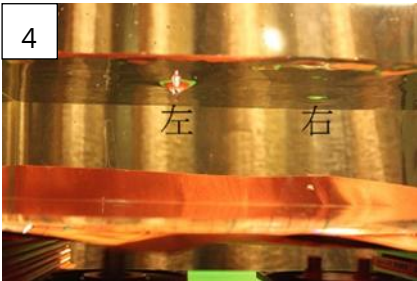
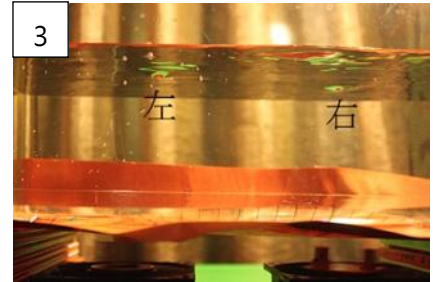
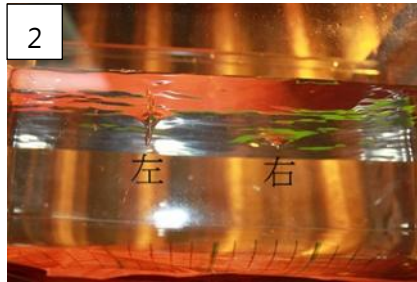
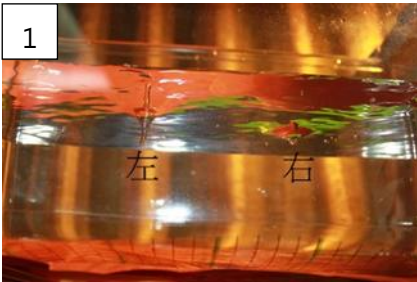
在漩渦相距 10 公分時，一開始兩邊漩渦受到干擾都變弱，一段時間後左漩渦變穩定，右漩渦則幾乎消失不見，即使這時候右邊攪拌子仍然不停旋轉中。



左：波紋明顯

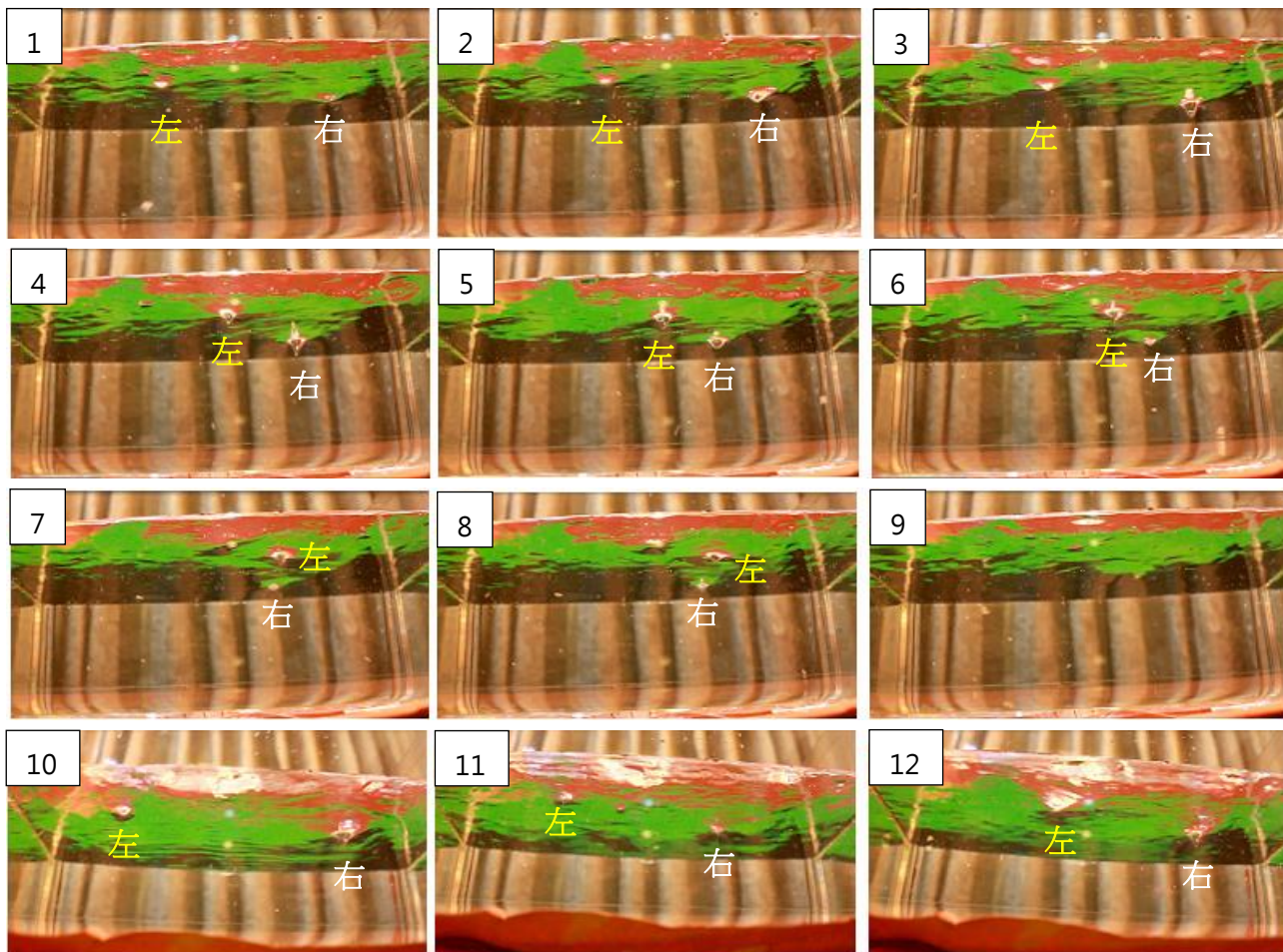
右：波紋不明顯

(4).左強右弱雙龍漩渦旋轉方向實驗——我們由仰視角度來記錄漩渦的運動狀況如下：



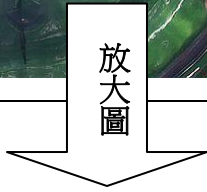
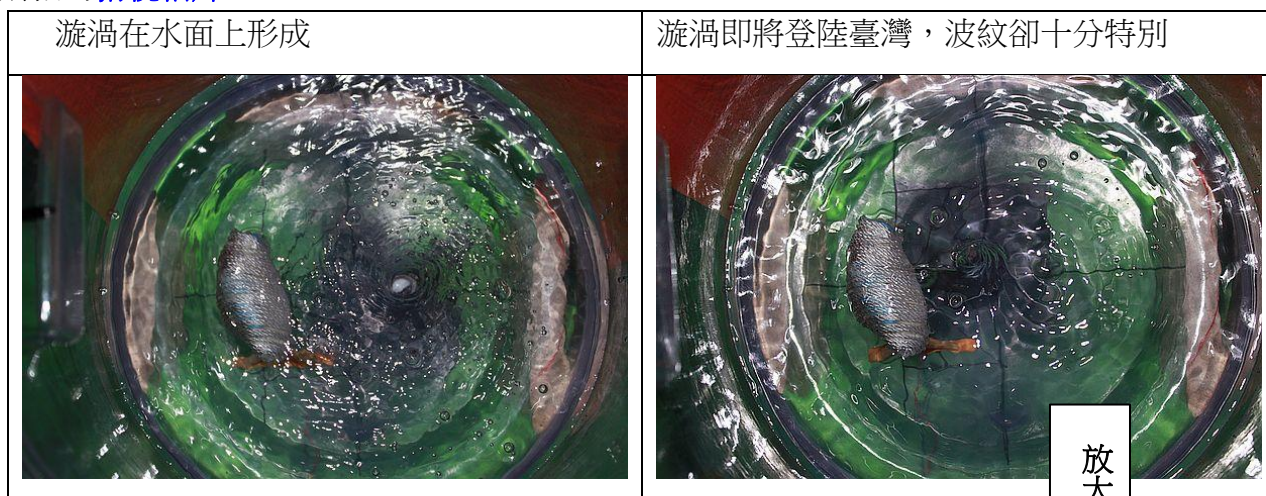
兩漩渦起初互相干擾變弱並呈現逆時針互繞（俯視）。左強漩渦繞圈小，右弱漩渦繞圈大。停止互繞後，左強漩渦變定而且強度更強，右弱漩渦則消失了。

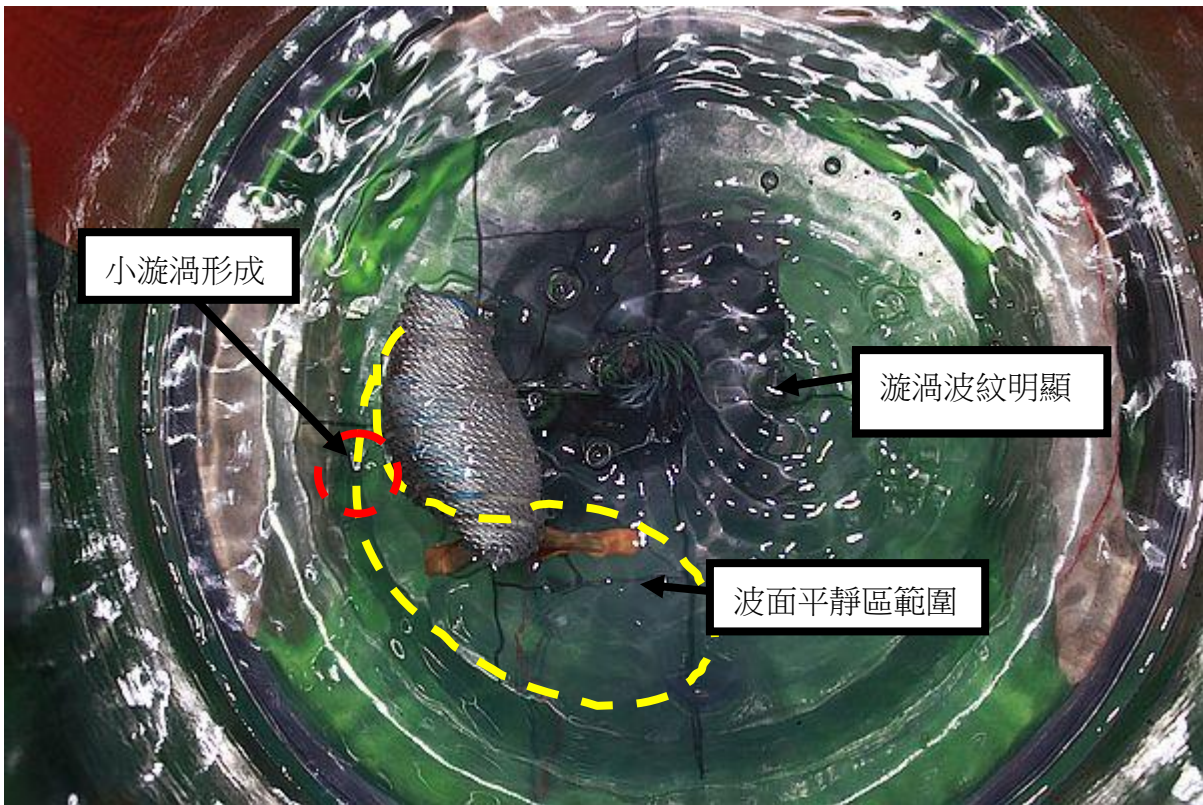
(5).左右等強雙颱風實驗—我們在左右強度相同漩渦相距10公分時，進行雙颱風實驗。如同下列相片所呈現的。我們發現左右強度相同的漩渦會不斷以逆時針方向互繞，互繞的旋轉中心也幾乎是兩漩渦中心點的中間點。



### 三、補充說明

進行本研究的實驗時，我們總共拍攝三千多張相片。有些是因拍不清楚而反覆重拍的，也有些是我們明明觀察到了結果，卻來不及拍的慢半拍畫面。除此之外，在這些相片中我們也發現了一些有趣的現象。例如：我們在模擬颱風以「路徑二」路線行進侵台的漩渦變化時所拍的俯視相片。





在同一實驗中我們所拍攝的側視角度相片如下：



## 陸、討論

### 一、實驗一討論：

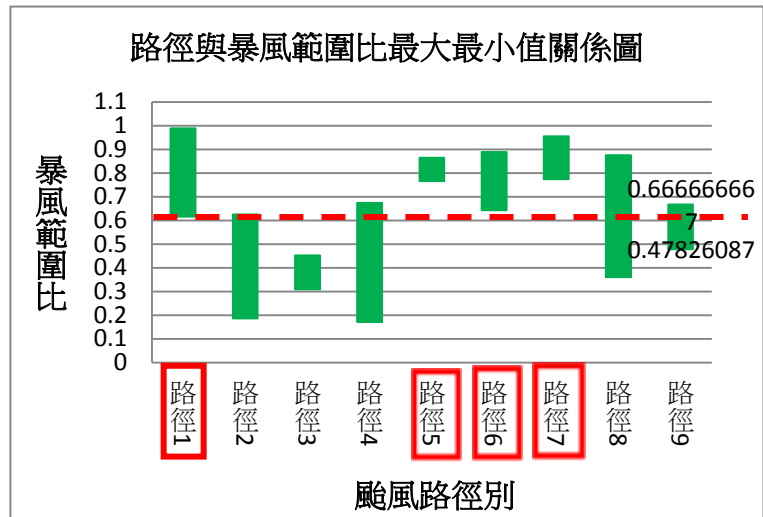
#### 1. 哪一種路徑颱風最不容易受到臺灣地形破壞？

#### (1). 研究中的發現：

表三十三：實驗一中暴風範圍比  
最大值與最小值總表

路徑別	最大	最小
路徑1	0.989011	0.615385
路徑2	0.625	0.185714
路徑3	0.452381	0.309524
路徑4	0.673913	0.171429
路徑5	0.864865	0.765957
路徑6	0.888889	0.642857
路徑7	0.954545	0.774194
路徑8	0.875	0.361111
路徑9	0.666667	0.478261

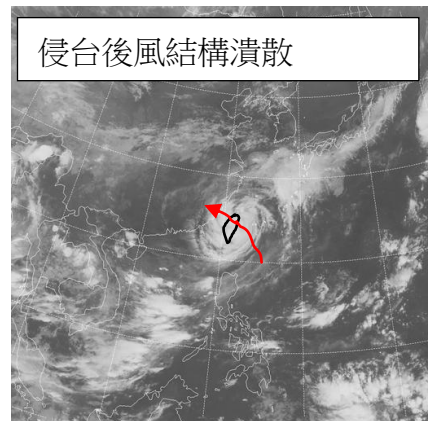
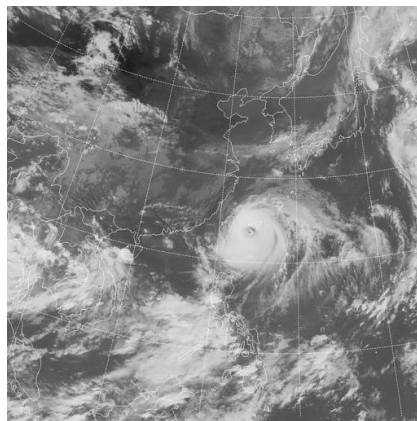
根據表三十三的資料繪製如下長條



我們可以發現路徑二、三、四颱風受到臺灣破壞程度大；沒有越過臺灣的路徑一、五、六、七颱風，受到臺灣破壞程度最小。

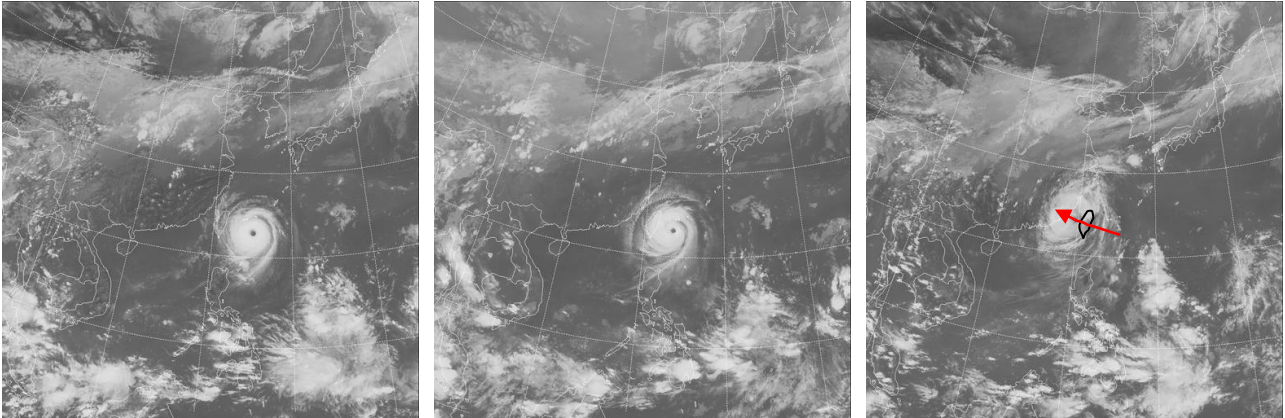
(2). 歷史颱風的證明：我們從中央氣象局網站，找出下列不同路徑的颱風衛星圖，進一步探討它們在行進路線中的強度變化，我們有如下發現：

(A). 2008年辛樂克颱風，路徑二（路徑越過臺灣，強度明顯受到臺灣地形破壞）

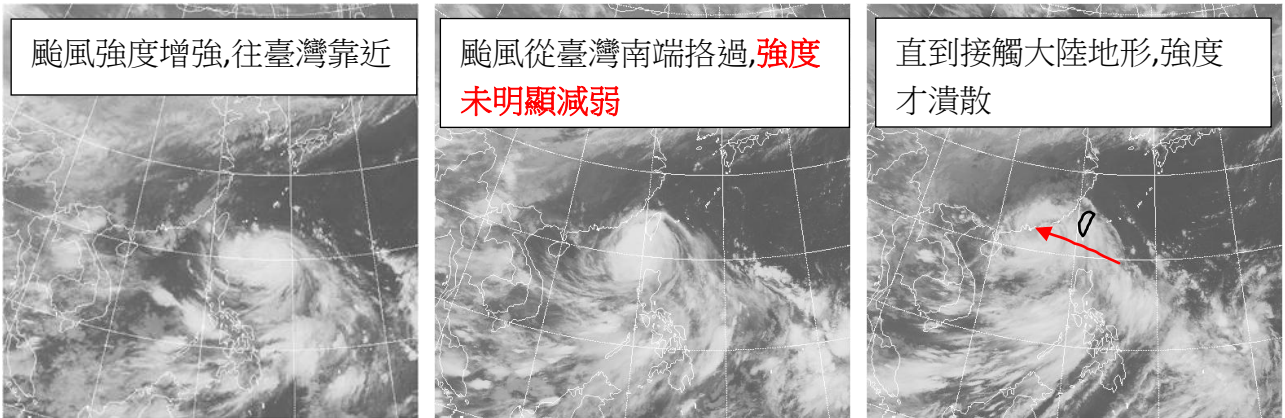




**(B).2005 年龍王颱風，路徑三（路徑從臺灣中部穿越，強度明顯受到臺灣地形減弱）**



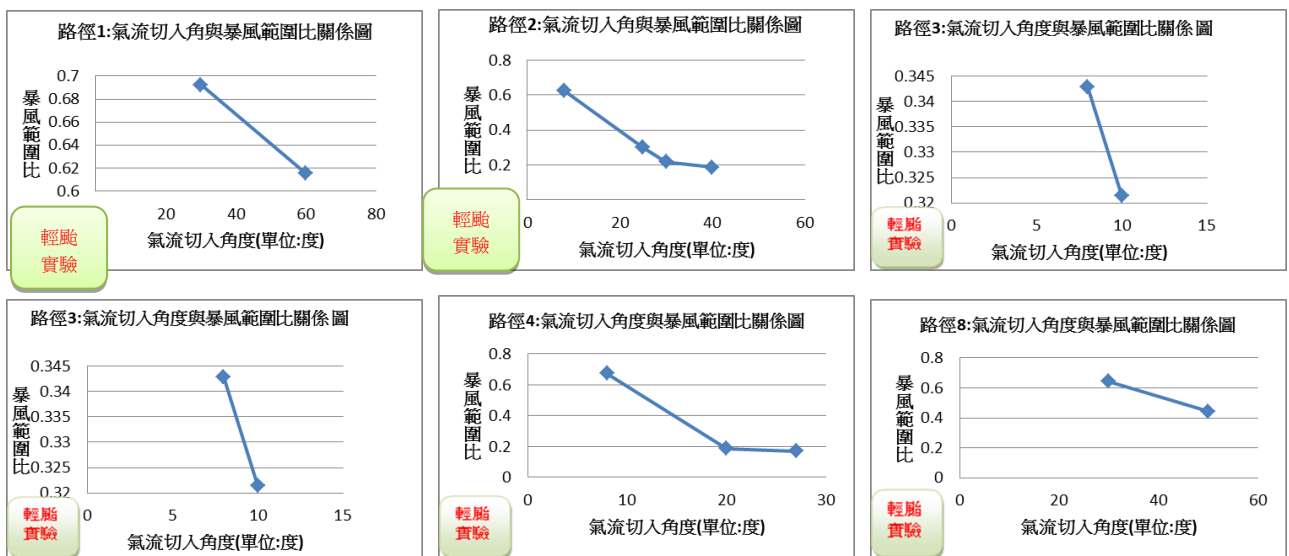
**(C).2003 年杜鵑颱風，路徑五（強度受臺灣地形影響不大，直到接觸大陸地形才潰散）**

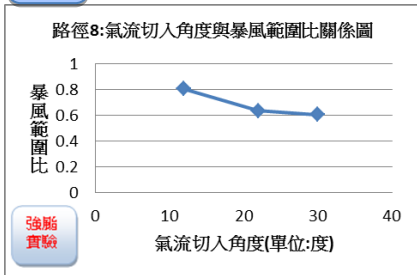
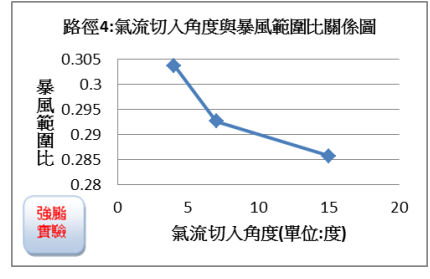
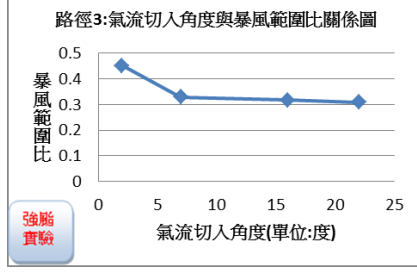
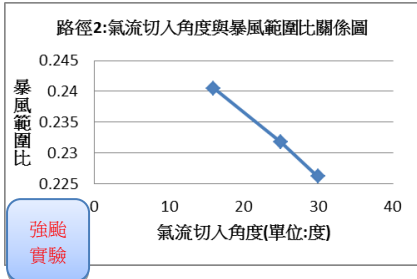
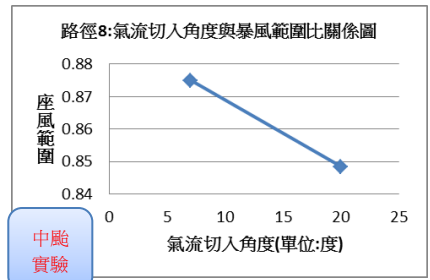
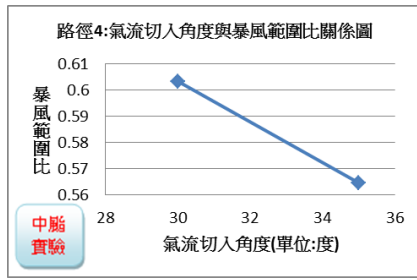
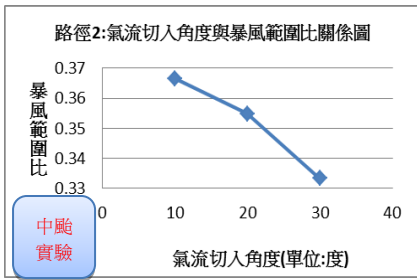


從辛樂克、龍王和杜鵑颱風衛星雲圖所呈現出侵台前後雲團大小的變化，我們同樣可以發現路徑越過臺灣的颱風(辛樂克、龍王)強度會因為受到臺灣地形阻擋而明顯減弱。未撈過臺灣的颱風(杜鵑)，強度受到臺灣地形破壞的程度小了很多。

**2. 路徑沒越過臺灣的颱風，強度可能受到哪些因素影響？**

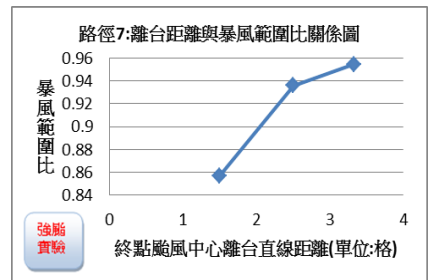
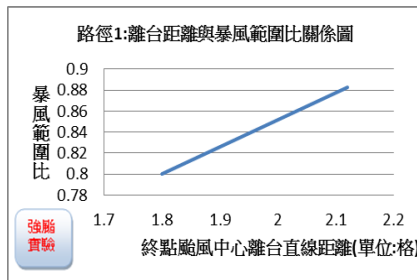
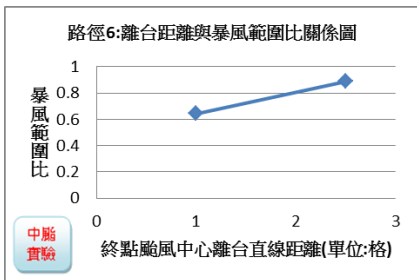
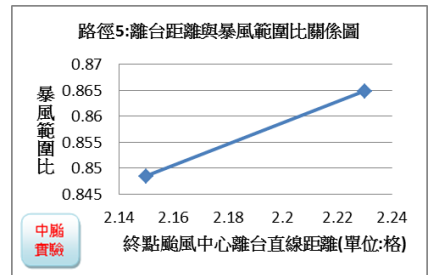
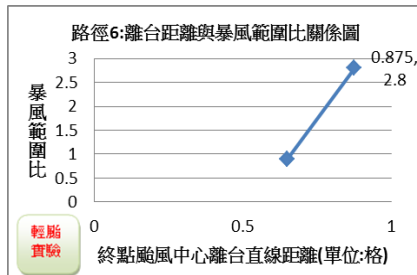
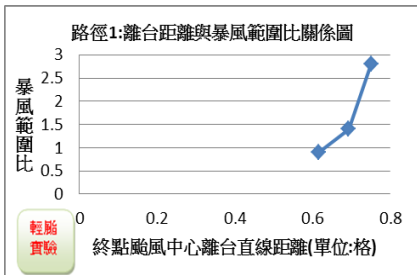
**(1). 氣流切入角和暴風範圍比的關係**





共同發現:不管在何種強度下，實驗證明——氣流切入角愈大，暴風範圍比愈小。也代表會遭受到臺灣地形的破壞程度愈明顯。

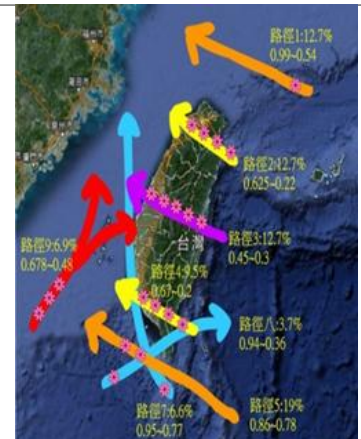
## (2).離台距離和暴風範圍比的關係



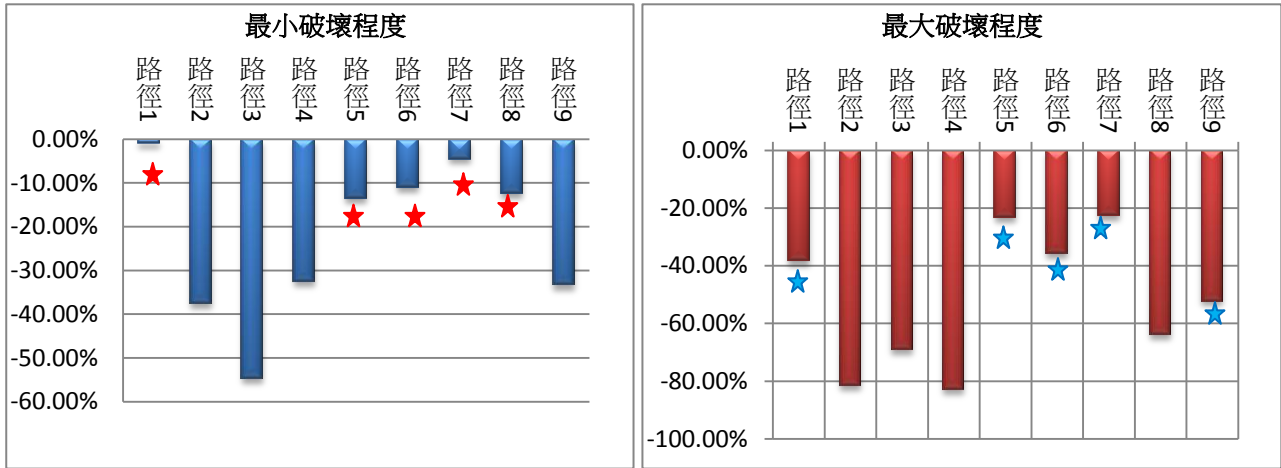
共同發現：經實驗證明，路徑沒直接越過臺灣的颱風離台距離愈遠，暴風範圍比就愈大，也代表遭受到臺灣地形的破壞程度愈不明顯。

## (3).各路徑可能受到臺灣地形破壞的情況分析

我們發現每條路徑受到臺灣地形的破壞程度並不是固定的數值，而是落在一定的範圍中。如果以最小破壞程度來分析，那麼最不容易被破壞的路徑分別是路徑一、七、六、八、五。如果



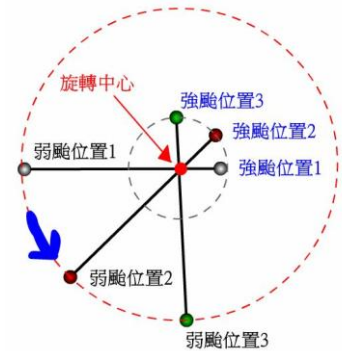
從最大破壞程度來分，排序有一點不一樣，分別是路徑七、五、六、九、一。除了路徑九和八之，其餘四條路徑幾乎可以證實是最不容易受到臺灣地形破壞的路徑。我們認為路徑九的差異在於它通過臺灣和中國大陸之間的臺灣海峽，又可區分為登陸臺灣和沒登陸臺灣兩條路線，所以有沒有登陸臺灣也影響它受破壞的程度。在最大破壞程度中路徑八雖沒在前五名，但也是第六名，差一點就進榜了。



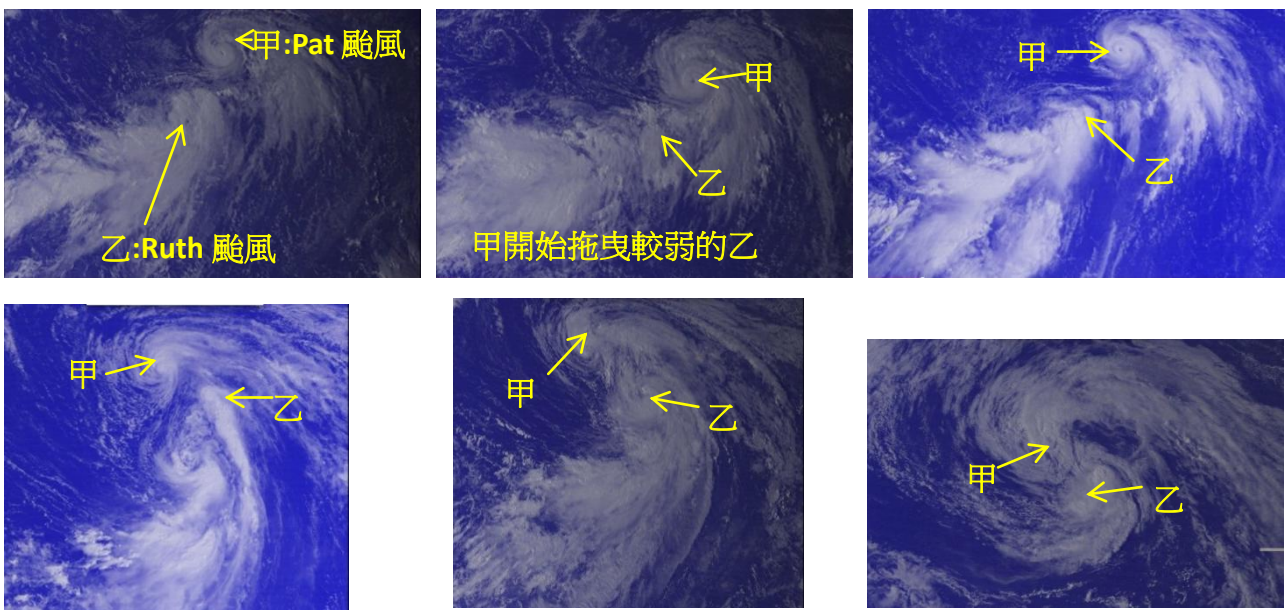
## 二、實驗二雙颱風模擬實驗討論：

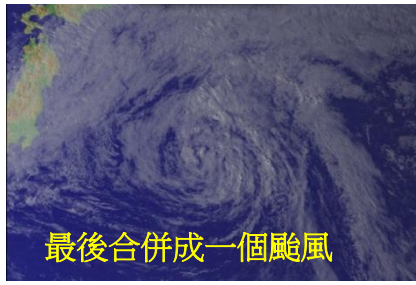
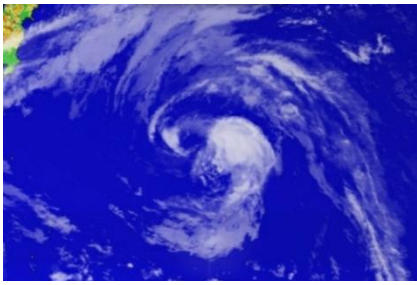
### 1. 研究中的發現：

我們從在雙颱風模擬實驗結果中有下列發現：(1).兩漩渦距離 15 公分時並不會有相互影響。(2).兩漩渦距離 10cm 時，強弱不同的漩渦會有如右圖的互繞狀況。兩漩渦互繞的中心點離強漩渦較近。(3).互繞一段時間後弱漩渦不見強漩渦變得更強。(4).如果兩漩渦一樣強，會不斷以雙漩渦中心的中間點為軸心互繞，也不會有合併現象發生。



### 2. 歷史颱風的證明：我們進一步以 1994 年的 Pat 和 Ruth 雙颱風影響為例，探討如下：





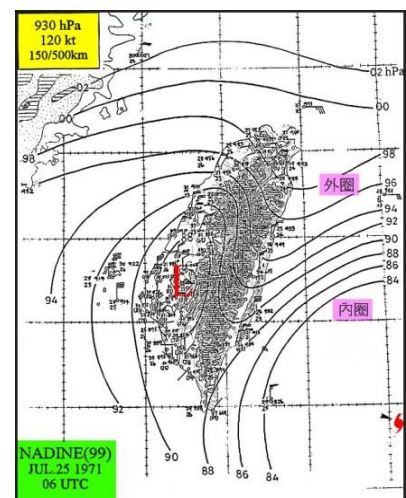
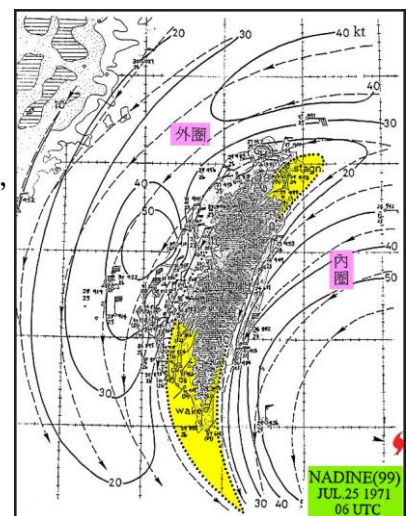
透過 Pat 和 Ruth 雙颱風產生藤原效應影響的佐證，我們在實驗二中所發現的結果，恰好驗證了藤原效應中的幾項特點，那就是——**距離太遠，並不會產生相互影響的藤原效應，產生藤原效應的雙颱風會以彼此質量中心點互繞，並可能發生合併現象的證明。**

三、補充討論：對於 p. 22 補充說明中所發現的**特殊波紋現象**，我們討論後發現如下的訊息：

**訊息一：** 在俯視相片中，有一個繞過臺灣的**三角扇形的平靜區域**，水紋不明顯。經由我們上網查中央氣象局網站的解釋，我們發現那應是原本**颱風過山**後所形成的**尾流**。而至於側面水面下凹處，就是**噴流**。也是**即將形成颱風副中心的意思**。

**訊息二：** 在側視角度相片中，**快速上升氣泡類似熱帶性低氣壓氣柱中空氣會往上流動的原理**，也可以推論即將形成漩渦，形成本實驗的模擬颱風。當漩渦要登陸臺灣地形模型時，漩渦氣柱要向臺灣上方跨越的趨勢，而且在臺灣另一側，也有快速上升氣泡，所以可以推論這是即將產生漩渦的線索，也就是會在臺灣另一側產生颱風副中心的意思。

**訊息三：** 右圖取自中央氣象局網站，以 1971 年娜定颱風為例，介紹颱風經臺灣地形阻擋，可能產生噴流和尾流。右上圖中，下面**狹長三角黃色區域**就是尾流。至於右下圖臺灣左側有低壓等壓線（L），就是颱風副中心形成。這份資料為我們的研究找到證據——原來我們在 P. 22 中所發現的現象，是因為模擬颱風「分裂過山」，所以才會造成部份平靜的尾流區域。也因形成颱風副中心，而形成該實驗中側面圖中所看到的臺灣左側水面凹處。



## 柒、研究結論

我們從本研究實驗中，發現下列結論：

- (一) 未直登陸臺灣的路徑一、六、七颱風強度受到臺灣地形影響而減弱的程度最小。
- (二) 直接登陸臺灣的路徑二、三、四颱風受到中央山脈的阻擋使得減弱程度最明顯。
- (三) 撈過臺灣南北端，受到中央山脈阻擋的路徑五、八、九颱風受到臺灣地形影響而減弱的程度居於上列(一)(二)之間。
- (四) 同一路徑行進的颱風，氣流切入角愈大受到臺灣地形破壞程度愈大。
- (五) 沒有直接登陸臺灣的颱風，離台距離愈遠，颱風強度受臺灣地形影響破壞程度愈小。
- (六) 縱貫臺灣的中央山脈確實對消滅颱風的強度有很大的貢獻。
- (七) 高山模型及高原模型會徹底破壞模擬颱風強度，小山模型雖會破壞颱風強度，但也有可能有部份氣流越過小山模型。
- (八) 峽谷地型雖然看似可讓漩渦通過，但仍具有破壞漩渦的效果。推論狹窄通道並不利於颱風通過，所以可證實路徑九颱風即便沒穿越臺灣地形，也可能由於受到臺灣與中國大陸兩塊陸地夾擊而造成強度破壞。
- (九) 兩個颱風距離太遠時，並不會產生相互影響的藤原效應。
- (十) 兩個颱風在一定距離內，強的颱風與弱的颱風會產生逆時針互繞，強的颱風繞的位置離原來颱風中心近，弱的颱風則繞比較遠，最後弱的颱風會消失，強的颱風會變得更強。

從我們的研究結論中，可以發現要判斷颱風對臺灣的殺傷力，不是只管它的路徑就好，還必須注意它登陸臺灣的角度，因為中央山脈南北縱貫臺灣，它的高度並不是固定不變。

## 研究限制

在現實遭遇颱風所可能產生的狀況並不像我們實驗所設定的這麼單純，因為真實的颱風還會受到週圍的洋流或者不同的氣團所影響。我們的實驗只是單純的設定不同強度水流渦以不同路徑及角度侵襲臺灣的暴風範圍測試。也受限於容器限制，容器壁與水流渦之間會產生水流動，有時也會影響漩渦的強度。但**因為**漩渦有**攪拌子**受電腦風扇磁力驅使有**強烈旋轉動力**，相對風扇強烈旋轉力，週遭的水流影響相對輕微，雖會稍微減弱漩渦強度但不至於造成太大的影響，影響判斷。至於漩渦大小與臺灣模型的比例雖然未必符合現實狀況，但本研究針對漩渦**生成時**及**登陸前**的暴風範圍**比**(**比值**)進行探討，模型比例問題在暴風範圍比的分子分母間已消弱影響效應。

$$\text{暴風範圍比} = \frac{\text{終點暴風範圍} (\text{模型比例影響})}{\text{起點暴風範圍} (\text{模型比例影響})}$$

省思

在我們的研究中，透過實際的水漩渦實驗以及相片記錄分析，我們對以前認為難理解的颱風知識有了進一步的瞭解。正在我們進行這個研究的時候，海燕颱風造成菲律賓很大的傷害，我們從海燕颱風行進路線發現，菲律賓雖然有高山，但只侷限在一些小島，而不是像我們臺灣的中央山脈縱貫臺灣南北阻隔東西岸。海燕颱風生成的時候就是個強度驚人的強颱，而在行經菲律賓時又沒有經過高山的阻擋，等於是強度完全沒有減弱的情形下，直接用最猛烈的攻勢侵襲菲律賓，造成的傷亡令人訝異。

當我們的研究告一段落，我們心中有了一絲感動，幸好我們是生長在美麗的寶島，中央山脈縱貫這片土地默默的守候著住在這塊土地上的老百姓。幸好有它的存在，大部份來自西北太平洋的颱風都必須跟它硬碰硬，等到花了好大的力氣越過中央山脈後，強度也減弱很多了。

## 捌、參考資料

- 1 · 會旋轉的煙霧。2012.12.1，取自YOUTUBE：<http://www.youtube.com/watch?v=7BrdSGvWSxs>
- 2 · 颱風百問。中央氣象局。<http://www.cwb.gov.tw/V6/education/encyclopedia/ty000.htm>
- 3 · 張凱翔。2002。臺灣地形對颱風路徑的影響。
- 4 · 臺灣2002 年國際科展展覽會作品。地球與太空科學科。  
<http://science.ntsec.edu.tw/ezfiles/4/1004/attach/11/2002041.pdf>
- 5 · 颱風資料庫（中央氣象局）<http://rdc28.cwb.gov.tw/>
- 6 · 認識颱風的形成。2012。阿信老師的教室  
[http://axinteacher.blogspot.tw/2011/10/blog-post\\_12.html](http://axinteacher.blogspot.tw/2011/10/blog-post_12.html)
- 7 · 科學玩具－流體力學－漩渦產生器。2012。科學玩具柑仔店。  
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!lEuTLXWFERs3eYDAO7jiVVmubQ--/article?mid=5268>
- 8 · 氣象知識。中央氣象局。[http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/me\\_all.htm](http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/me_all.htm)
- 9 · 藤原效應。2012。臺灣颱風資訊中心。<http://typhoon.ws/learn/dictionary/19/teng>
- 10 · 蒲福風級。2012。交通部中央氣象局。  
<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/me016.htm>
- 11 · 藤原效應。2013.1.2，取自 YOUTUBE：<http://www.youtube.com/watch?v=5EP65hv9hlw>

## 【評語】 080508

### 優點：

1. 能參考前人研究，找出不同的研究方向，並設計出更符合實際情形的實驗工具，在工具製作上創意極佳。
2. 能針對主題做有系統的研究，且實驗結果能和實際颱風變化情形做印證。

### 建議：

1. 若能把前人的相關研究結果列出，並說明本研究與前人研究之不同會更好
2. 實驗器材規模太小，對所產生的實驗結果的準確度會有一定程度的影響，可考慮將颱風模擬器的大圓桶再放大規模，這樣在颱風路徑的行進會有較足夠的時間及空間去看清變化。
3. 水漩渦及颱風的氣流漩渦在遇到阻礙時，是否會有相同的變化，可以再做探討。