

投稿類別:地球科學類

篇名:

暴潮的威力-颱風路徑對暴潮的影響

學生:

吳玟誼。瑞祥高中。高三 1 班

李敏豐。瑞祥高中。高三 2 班

指導老師:

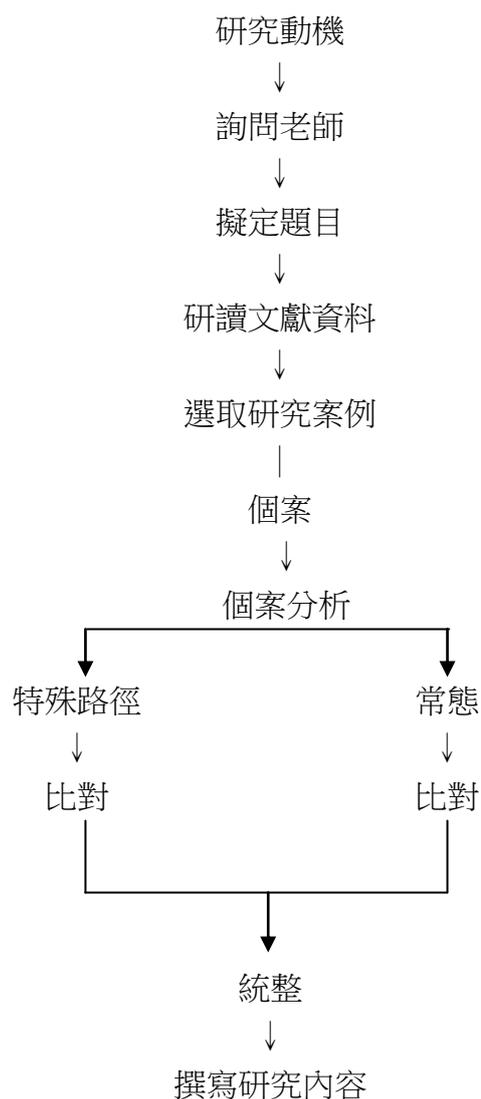
梁育儒老師

壹●前言

一、研究動機:

台灣是個正處於颱風要道上的國家，自夏至秋，皆有不少颱風自台灣上空飛越而過，留下滿目瘡痍。每每在颱風過境之時，都會有新聞報導有關「觀浪」的消息，由於此類的新聞，讓我們萌生探究的念頭，再加上每次颱風沿海地區引發淹水的因素大多是因海水倒灌再加上豪雨，因此我們想藉此了解颱風與海水面高度的關係。經一系列的文獻查詢，發現此現象實與颱風產生的暴潮有極大的關聯，再者，我們發現颱風路徑對暴潮大小的影響極巨，因此引導我們探討此專題。

二、研究方法:



三、研究目的:

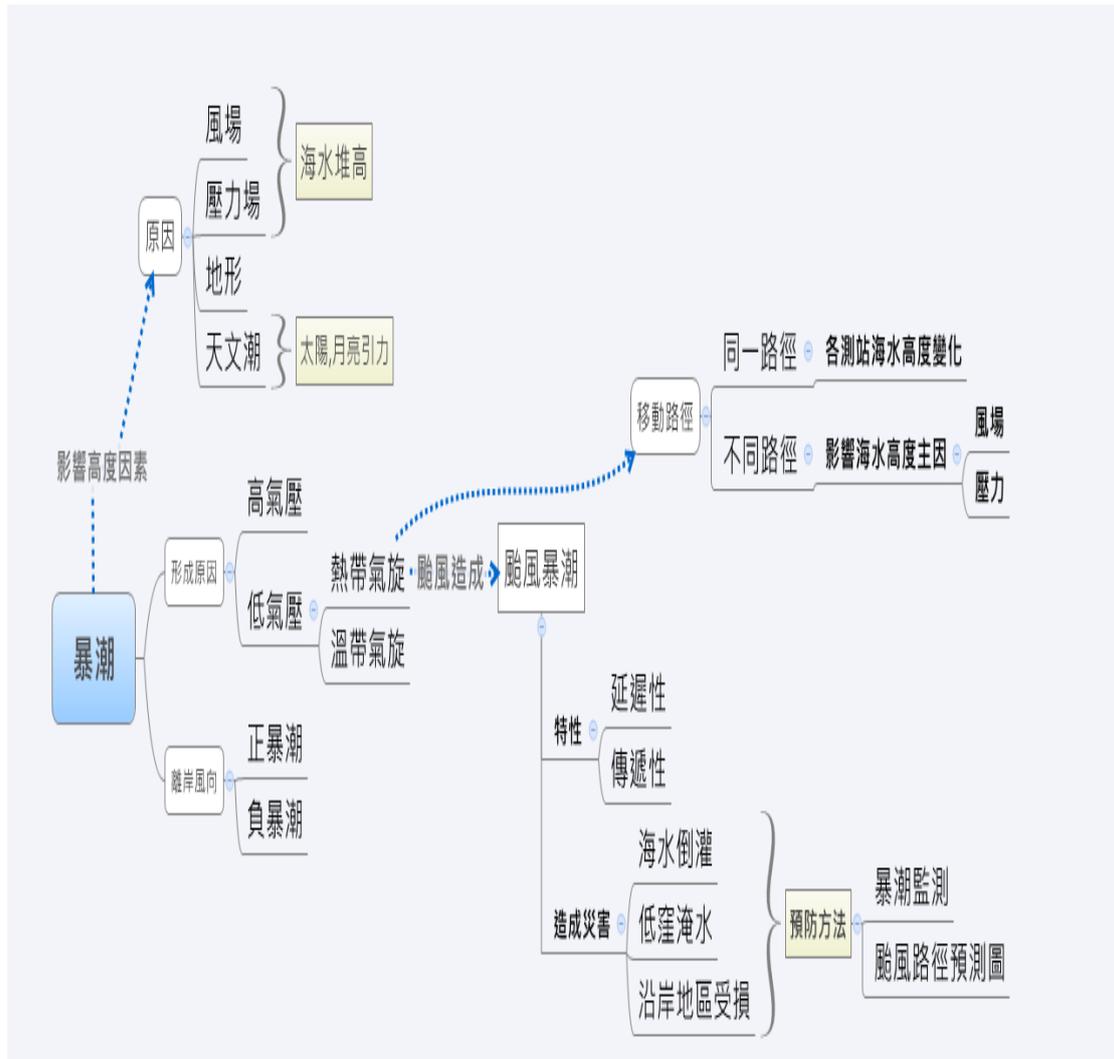
希望能藉由此次的專題研究，更加深入了解影響颱風暴潮的諸多原因，才能再明白台灣在颱風季節面臨了什麼嚴苛的考驗，再加上，希望能透過此次研究更充分了解我們所處環境面臨的種種困境及其現象。

四、研究動機:

身處於這變化萬千的地球，不同的生命型態源於氣象多樣的起落。身處台灣，颱風必然是個重要的力量，帶來悲痛與欣喜，是家破人亡的悲慟與水庫擁有豐沛雨量的歡愉交織而成的神秘產物。或許正因如此讓我們想輕輕撩起這海上嬌客的神秘面紗。

對颱風而言，台灣只不過是讓他傾瀉大部分威力的暫時逆旅，而颱風這介過客，沒有達達的馬蹄聲，為之替代的是悲劇的更迭，在暴潮、土石流、洪水……下交錯迴盪，切切實實的「美麗的錯誤」。Kerry Emanuel 的《颱風》一書寫到「暴潮是伴隨颱風而來，最具毀滅性卻又令人著迷的現象之一，通常是指在接近最大風速時海平面突然上升，上升範圍可從僅數公分到 13 公尺¹。在歷史上暴潮一直是颱風最致命的一面，奪走的人命遠遠超過強風所導致的傷亡。」難道這毀滅性的災害正是由暴潮所推衍而出的嗎？這段文獻使我們渴望探索暴潮的大千世界，一窺暴潮百轉千迴的秘密。

五、暴潮心智圖



¹ 《颱風 Divine Wind : The History and Science of Hurricanes》 Kerry Emanuel 天下文化 2007 頁 197

貳●正文

一、颱風暴潮概述

(一) 1. 「颱風暴潮」定義:由於颱風引起的氣壓與風場變化而產生水位異常變化的現象,包括因颱風中心之低氣壓所引起的水位上升以及作用於水體表面之風剪應力所產生的水位上升。(見圖 a)

2. 「暴潮偏差」定義:

公式:

$$\Delta H = H - H_0 \quad (\Delta H: \text{暴潮偏差}、H: \text{實際觀測水位}、H_0: \text{調和分析潮位})$$

暴潮偏差是由實際測得的海水位值扣掉月球、太陽等星體間作用力所引起的天文潮潮位(即“調和分析潮位”)得來的值,如此一來,暴潮偏差就會是只受到風場或低氣壓等氣象因素而來得潮水位。

3. 「暴潮強度」定義:

公式

$$\Delta S = (\text{暴潮偏差} \Delta H - \text{平均} \Delta H) / \text{標準差}$$

接著將暴潮的強度做明確的定義,許多論文報告及下面的路徑探討都是建立在著個定義基礎上。

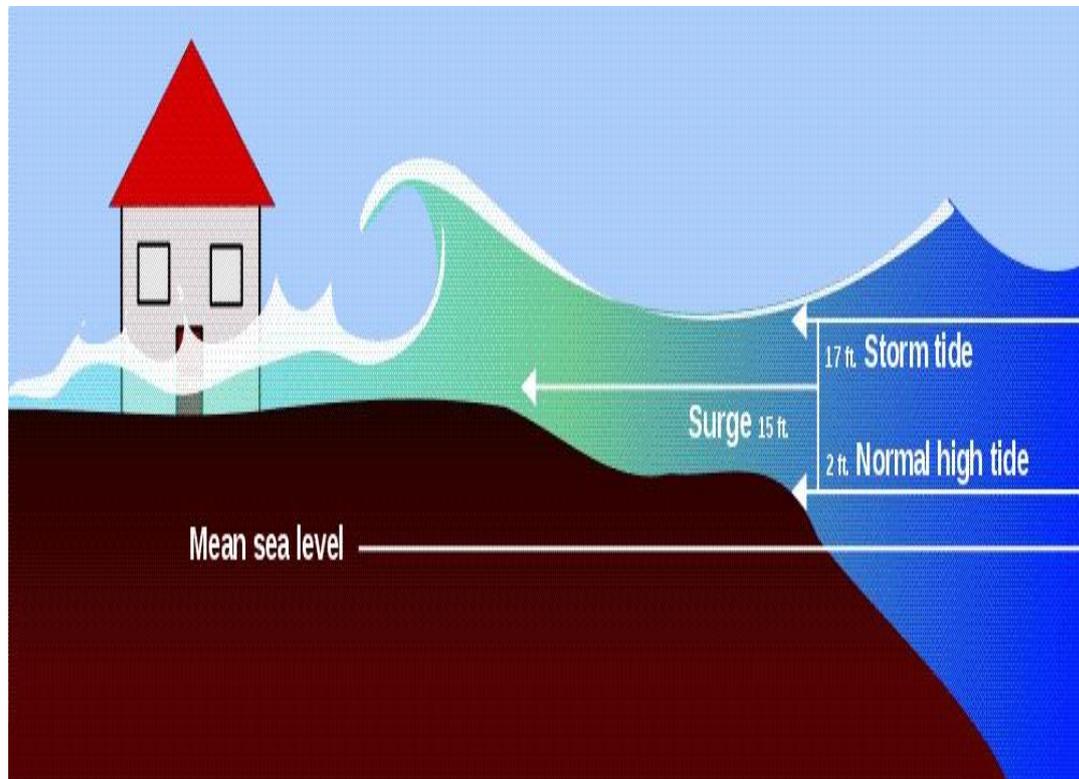


圖 a(圖片來源: 科技部高瞻自然科學教學資源平台²)

²科技部高瞻自然科學教學資源平台, <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=17864>

(二). 颱風暴潮形成因素:

一般而言，影響颱風暴潮海水高度變化的原因與熱帶氣旋行徑的速度、強度、最大暴風半徑、風場半徑、其路徑角度，以及其地理因素(包括海岸物理特徵、海底深度等)有關，但是主要影響海水高度變化的因素是颱風的風場效應及其低氣壓中心兩項而已。

(三). 颱風暴潮的特性:

颱風暴潮的特性有兩種，一是空間傳遞性，二是時間延遲性。以鳳凰颱風為例，這顆颱風是屬於第三號路徑的穿越性颱風，當其靠近台灣海峽時，它的風力所造成的潮流將由北到南(台中港→麥寮港→東石港)，以及另一條由南而來(永安港→將軍港→東石港)，兩條最後都匯於東石港。如此暴潮在空間中的傳遞性，是為「空間傳遞性」。(見圖 b)

如上述所說，正因為東石港的暴潮潮流是最後被傳遞的，其最大暴潮強度與最低氣壓值時間並不一致，且其之間的延遲時數最久，而最南北兩端的台中港與永安港延遲時數最短，如此稱為暴潮的「時間延遲性」。

註:由於氣壓由中央氣象局所提供較易取得，且陣風資料(風場)較不齊全，因此這裡以最低氣壓值為主做討論。

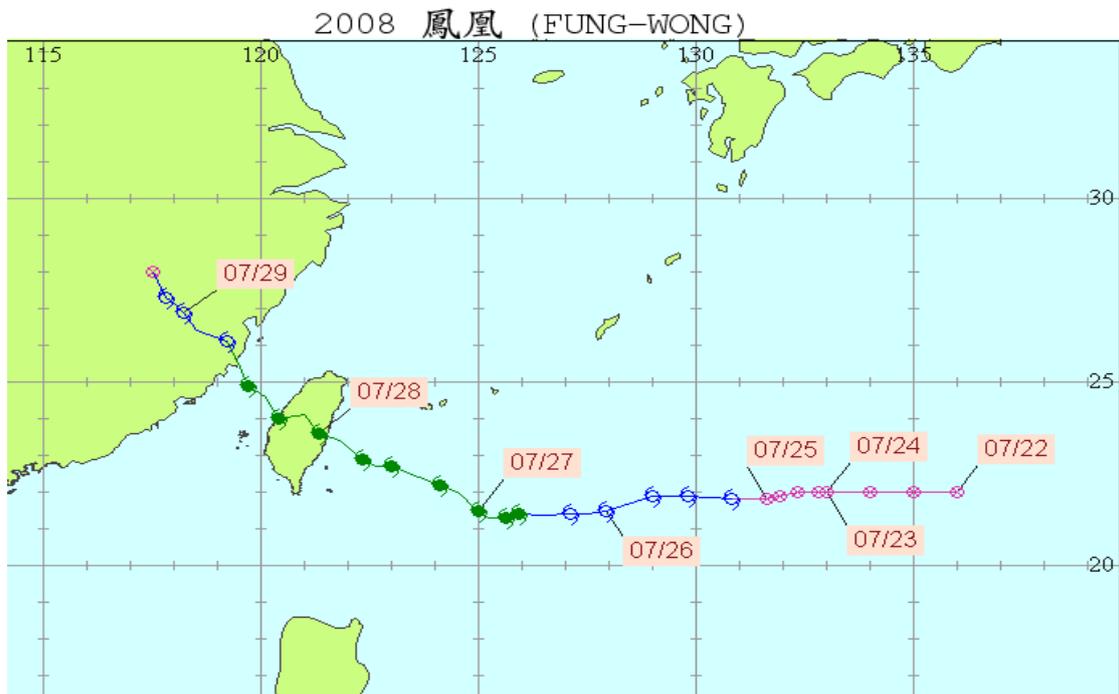


圖 b(圖片來源:中央氣象局)³

二、同路徑下個因素對颱風暴潮的影響

由上一張可知，可影響颱風暴潮的因素有風力、氣壓、地形、距離……，

³http://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/ntdb/pageControl/typhoon?year=2008&num=200808&name=FUNG-WONG&from_warning=true

節將討論影響颱風暴潮最顯著的兩個因素---風力與氣壓，而其它因素西望能在未來能有進一步的機會進行深入討論。

(一)風力對颱風暴潮的影響

當颱風來臨時，颱風之強風會在海面造成一股推力，稱之為風剪力，此剪力會造成海水堆積，此海堆積即為颱風暴潮。因此可知颱風暴潮的其中一個成因便是風剪力。由於風剪力的不確定性大，因此並沒有一個統一的公式，但如將颱風暴潮的其餘因素扣除，並固定風場之大小風向的話，可得以下實驗結果：若以木長型水箱作為海洋，忽略水與木箱底部之摩擦力可得一公式：

$$h=0.00035V^2L/H$$

h:以英尺為單位的高度改變量 V:以英里/小時為單位的風速

L:以英里為單位的水池長度 H:以英尺為單位的平均水深⁴

由此公式可發現水隨風力快速上升，大約是風速的平方，水面高度亦隨波浪距離增長而增高，除此之外還可見平均水深愈小，就會產生愈大的潮差變化。

除上述以外，另外發現台灣東部的測候站受南風影響較大，西部測站則在西風的影響下颱風暴潮較為明顯，而南部測站則因同時受東西風的影響不無明顯規則。

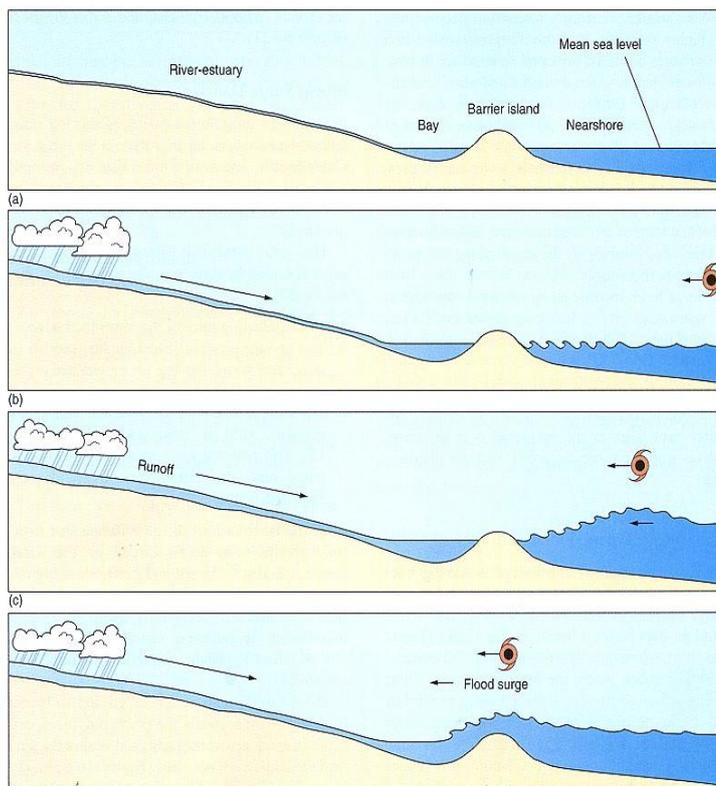


圖 c(維基百科)

(二) 氣壓對颱風暴潮的影響

當颱風接近時因劇烈氣壓變化而引發颱風暴潮，此類在颱風眼中心產生最大的影響力，其變化公式為：氣壓每下降 1 百帕，海面上升 1 公分，此現象稱為「倒轉氣壓效應」⁵。因氣壓相較於其它因素較為單純，此因素之影響力居個因素之冠，因此從各文獻中很容易找出數個可用之公式，如欲知氣壓使海水升高多少，可用以下公式：

$$S_p = 0.991 \Delta p$$

S_p 為氣壓使海水位升高之數值 ΔP 為 1013-測站之氣壓值
我們也可以用以下的公式算出氣壓下降對海水位變化之百分比：

$$S_p / S_{max} \times 100\%$$

其中 S_{max} 為此地產生之最大暴潮

如以較生活化的方式解釋暴潮，就如同在一個裝了水的水杯上，騰空用吸管用力的吸氣，此時吸管鄭如同台風中心之低氣壓區，而我們也可以發現水杯中的水位有明顯的上升，這便是颱風暴潮受氣壓影響的簡易說明。

三、距離對暴潮的影響

綜觀颱風的結構，我們可知氣壓和風力會隨著距離的改變而有所變化，因此不管路徑相同與否，各地區之暴潮差皆會有所不同，在氣壓方面，由以下公式可知，颱風得位置與測站之間之距離對氣壓產生的暴潮之影響力有很大的影響(見以下公式)。氣壓下降對海水位變化之百分比：

$$S_p / S_{max} \times 100\%$$

S_p 與測站氣壓值大小有密切關係

再討論距離對風力的影響，風力對暴潮的影響會因距離而形成一影響之最大值。再由各文獻的分析結果可發現：風力對最大暴潮的影響可分為兩部分，當颱風到達風剪力對暴潮之影響力的距離前氣壓與暴潮變化呈現鄭比的關係，而當距離超越臨界點時，暴潮與氣壓就為指數關係。因此可知當產生最大暴潮偏差之主要影響力大多為氣壓急遽變化所造成，而風剪力所引發水位變化量在臨界也成正比關係，當大於此距離時則成乘幕關係。

如果以簡單的壓力和風力解釋，即為壓力變化所造成的海水面上升可影響的範圍比起風場來的較廣，且影響較劇。但因上述皆為扣除其餘因素所推算出之結果，如果其他影響因素皆加入考慮，則就會與上述有所出入，更需要進一步的探討，才能真正找出更趨於事實的推算結果。

四、路徑對暴潮的影響

由於暴潮受到氣壓、風場、地形、距離..... 的影響，因此在不同的路徑下暴潮偏差就會有所不同，此段落就以此為主題加以討論。

⁵ 颱風暴潮數值推算準確度提升之研究，邱銘達、高家俊、馮智源、江俊儒，第 28 屆海洋工程研討會論文集，國立中山大學，頁 255

颱風路徑為二、三、四類穿臺型颱風，最大暴潮偏差皆出現於颱風中心附近，最大影響原因則是氣壓。第一、五、七、八、九型颱風最大暴潮則顯現於各颱風的路徑上。而第六類颱風最大暴潮則大多出現於北部。⁶

因氣壓與風力所影響的大小會因位置與距離有所不同，由氣壓造成的有第二、三、四類路徑的颱風，它們的最大暴潮多發生於颱風中心附近；由風力主要引發而成的為第一、五、七、八、九類路徑，最大暴潮大多發生於颱風所經過的海域；而剩下的第六類路徑則不管受氣壓與風場的影響，都會在北部發生此路徑的最大暴潮。⁷

除文獻上的探究，我們利用中央氣象局提供的各測站颱風相關資料，統整分析後亦發現在相同的路徑下，所產生最大暴潮偏差的位置大同小異，其他的不同處大多是因距離、位置、海底和陸上地形所造成的。因此「路徑」可說是除了風力和氣壓外最重要的因素了。

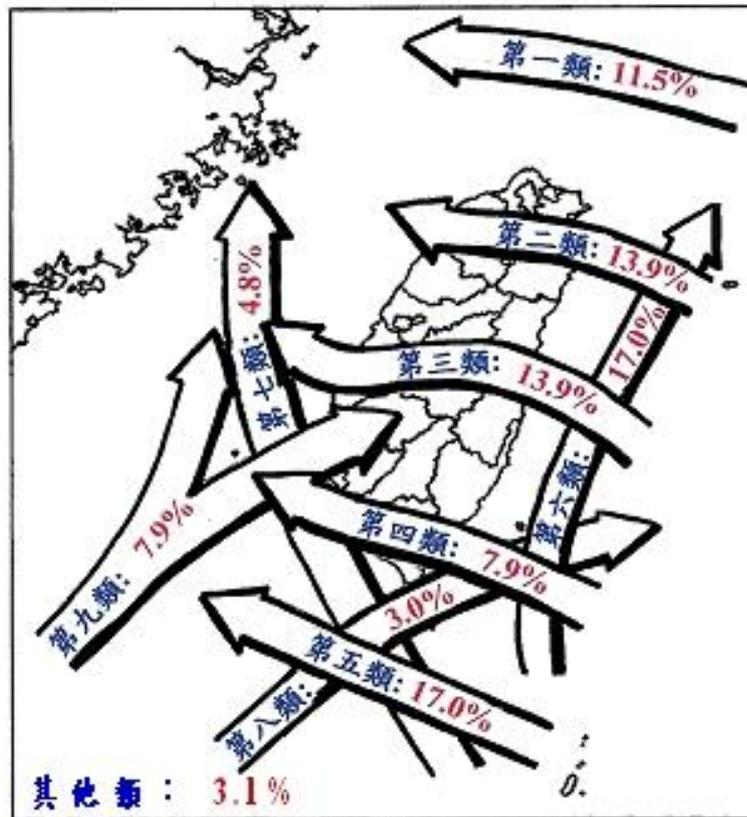


圖 d 颱風路徑分類⁸(圖片來源:中央氣象局)

參●結論

暴潮為一種由強烈大氣擾動及氣壓急遽變化下引起的異常水位。其中可分為 一、高壓系統產生氣旋所引起之暴潮 二、低壓系統下氣壓場與風場所

⁶ 颱風暴潮特性分析，成功大學水利及海洋研究所，吳誌翰，頁 64

⁷ 颱風暴潮特性分析，成功大學水利及海洋研究所，吳誌翰，頁 64

⁸ <http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/planning/>，中央氣象局，颱風特輯

產生的暴潮，此種暴潮主要受颱風低壓與風速對水面造成影響。

當颱風過境時，風速與氣壓下降造成水位異常變化，此種因颱風所引發與平常水位異常之水位變化稱為暴潮偏差。當颱風中心靠近時，會造成水位波動，此現象稱為前驅湧。而當颱風中心通過時，因為低氣壓而引起水位上升稱為最大暴潮偏差。颱風通過後之波動則稱為餘湧⁹。

而可發現路徑、距離與颱風暴潮有相當緊密的關係。距離與各因素對颱風暴潮的影響甚劇，可從各影響力公式看出。路徑則對於最大暴潮偏差出現於和測站(地區)較具影響力。但因由路徑影響暴潮的額外因素過於複雜，我們所能使用的文獻資料略顯不足，期待未來能就這方面發展將現下所無法了解的知識、理論、公式加以研究、參透。

肆●引註資料

(一)期刊論文

1. 颱風暴潮特性分析，成功大學，吳誌翰
2. 颱風期間波浪、暴潮資料統計及複潮分析，成功大學，張煥盟
3. 豈知潮無信 探討臺灣西南海域颱風暴潮關係，第五十一屆科展，國立嘉義女子高級中學，劉宛昕、莊玉瑄
4. 台灣海域天文潮與颱風暴潮之特性與模擬，成功大學，邱銘達
5. 颱風引發暴潮之相關氣象分析，高雄海洋科技大學，張家治
6. 《颱風 Divine Wind：The History and Science of Hurricanes》Kerry Emanuel，吳俊傑、金棣，天下文化
7. 颱風暴潮數值推算準確度提升之研究，邱銘達、高家俊、馮智源、江俊儒，第 28 屆海洋工程研討會論文集，國立中山大學
8. 個測站之數據統計

(二)網站

1. 維基百科,
2. Seafair
3. 中央氣象局網站
4. 碩博士論文網
5. 科技部高瞻自然科學教學資源平台

⁹颱風期間波浪、暴潮資料統計及複潮分析，成功大學，張煥盟