

# 天文潮與侵台颱風災害之研究\*\*

陳國彥\*

## 一、前言

台灣四周環海，又位於颱風必經之路徑，歷年來受其侵襲而造成生命財產之損失，實屬不可勝計，影響國民生計與國家經濟建設甚鉅。

颱風之閩台方言，稱為風颶，風颶者風節也<sup>(1)</sup>。此詞由來甚久，後人因風取義，以台為音，新制「颶」字。由是「風節」記為「風颶」，後漸轉寫為「颱風」，而成今日通用之正式名詞。

颱風 (Typhoon) 係指發生於東經 105 ~ 150 度，北緯 5 ~ 30 度間，在北太平洋西部及包括南海大部地區所出現之「熱帶氣旋」(Tropical cyclone)

颱風之災害有三：一為狂風，一為暴雨，一為暴潮，後者嚴重影響海岸堤防及護岸之安全，更為海水倒灌之原動力。地球表面之海水，受天體引潮力之作用，並因海底及海岸河口之共振 (Resonance)，地球自轉所生之力等，水位作週期性之變動，稱為潮汐。因其不受氣象因素之作用時，其水位必與天體之位置有關，故稱為天文潮 (Astronomical tide)。由於季節關係，海面因低氣壓或颱風通過，水位因氣壓之低下而上升，同時又由於風之壅積作用，水位亦會升高，此種水位，純因氣象作用而引起，故稱為氣象潮 (Meteorological tide)，又稱為高潮或暴潮 (Storm surge)。此種潮位與當時之天文潮位之差，稱為潮位偏差或暴潮位。低氣壓及颱風在滿潮時造成之潮位偏差稱為異常高潮或異常暴潮 (Extra-ordinary high tide)

台灣之暴潮大部分由颱風，一部分由溫帶低氣壓引起，暴潮之高度與氣壓及風力

---

\*\* A Study of Astronomical Tide and Typhoon Disasters in Taiwan.

\* 文學院地理學系教授。

(1) 林紹豪 (1980)：「颱風詞義考原」氣象彙刊第一期創刊號 PP21 ~ 29。

(2) 和田清夫編 (1970)：「津波，高潮，海洋災害」PP209 ~ 330，共立出版社。

334278

有關外，與海岸地形亦有極大之關係，普通海灣，內海，海峽，淺海域之暴潮位較大，面臨大洋之平直海岸則較小。雖然颱風時發生暴潮未必引起暴潮水災，但如最大偏差與大潮滿潮位同時發生，重疊之後形成最高潮位時，則發生海水泛濫，田舍沖毀等洪患。雖則此種最高暴潮位發生之機率不高，然一旦發生時，事態嚴重至不可收拾。故爲了要防患於未然，有加強研究調查之必要。

在本研究中，將釀成最高暴潮位之原因中，提出天文潮部分加以調查與討論。

## 二、台灣之潮汐現象<sup>(3)(4)</sup>

人類對於潮汐之知識，已有非常悠久之歷史，說文云「江海之水朝生爲潮，夕生爲汐」，故潮汐二字之含義頗爲相似。至於潮汐與其他天體間之關係，至盧肇撰海潮賦時始有進一步之說明，其序文中有「夫朔望前後月行差疾，故晦前三日潮勢漲，朔後三日潮勢極大，望亦如之」，可見當時一般人對於潮汐之漲落與月之盈虧有相當之認識。

海面每日作週期性之漲落稱爲潮汐，當海面上升至最高時，稱爲滿潮或高潮，下降至最低時稱爲乾潮或低潮。由低潮至高潮，即海面逐漸上升時期，稱爲漲潮 (Flood)，由高潮至低潮，即海面逐漸下降時期，稱爲落潮或退潮 (Ebb)，在高低潮之間有一段極短之時間，海面無升降現象時，稱爲停潮或平潮 (Stand)，自第一次高潮至第二次高潮，或自第一次低潮至第二次低潮之時間，稱爲潮汐週期 (Period of tide)。海面上每日有兩次高潮與兩次低潮者，稱爲日雙潮 (Double day tide) 或半日潮 (Semidiurnal tide)；每日僅有一次高潮與低潮者，稱爲日單潮 (Single day tide) 或全日潮 (Diurnal tide)，海面上任何一點發生高潮或低潮之時刻，平均每日約延遲 50 ~ 51 分鐘。

高低潮之潮位 (Tide level) 差，稱爲潮差，潮差每日不同，視月之盈虧而略有增減，在semi-diurnal潮地區，朔望以後，一至三日潮差最大，稱爲大潮 (Spring tide)；上弦或下弦以後一至三日潮差最小，稱爲小潮 (Neap tide)。潮差不僅與太陰之盈虧有關，且對於太陰與地球之距離亦有關係，太陰距離地球最近時潮差大，稱爲近地點潮 (Peri-

(3) 和達清夫監修 (1967)：「海洋の事典」東京堂。

(4) 陳奇珍 (1975)：「海洋物理學概論」PP 186 ~ 284，一文出版社。

gean tide) ；太陰距離地球最遠時潮差小，稱爲遠地點潮 (Apogean tide) ，但太陰距離地球遠近所引起之潮差變化，遠比太陰盈虧所引起之潮差爲小，故潮差之變化與月相之關係比較密切。在全日潮地區，其潮差最大，太陰在赤道附近時，潮差最小；若太陰赤緯最大時適逢朔望之際，則發生最大潮差，故全日潮地區，最大潮差不一定發生在朔望以後。每日所發生之海面升降現象並不規則，相鄰兩高潮或低潮之漲落時刻均不盡相同，此種現象稱爲週日不等或週日差 (Diurnal inequality) ，在週日差最大之地區，可能成爲每日僅有一次高潮與一次低潮之現象。潮汐之變化具有週期性，通常每隔半個月以後所發生之潮汐現象大致相同，例如每月之朔望及上下兩弦所發生之高低潮時間與潮位之變化等均大致相同，每隔半年以後，在相同之陰曆日期所發生之潮汐亦略相同，但上午與下午却相反。潮汐亦受季節之影響，大致一月份之海面最低，八月最高，冬夏較差約爲 30 公分至 50 公分，此即因冬夏季氣壓之差異所發生之變化。

潮汐與洪水位之間爲正相關，當颱風暴雨導致洪水向沿海傾洩時，若此時適值海潮上漲，則潮水欲溯河而上，而洪水却擬順河而下，如此相向逆流之結果，勢將迫使洪水位抬高，引起更大之洪患。

台灣沿海在地形結構上，缺乏三角江與深入海灣，西部諸港只面臨台灣海峽而不向太平洋開口，故潮汐漲落較差不大。沿海諸港口潮汐之升漲以後龍，淡水，馬公，布袋諸港爲最大，故每當颱風侵襲時，後龍地區海水倒灌之機會很高。淡水河潮流經常影響台北大橋水位。若當颱風侵襲時，適逢滿潮，又爲朔望月大潮時，海面特別高漲，暴潮更爲厲害，則河口洪水被阻塞而無法宣洩。反之，若逢上下弦小潮及落潮時，海面特低，暴潮威力減低，而對於洪水外洩具有加速作用。

### 三、天文潮災害之例

在此地球上，受暴潮災害之地區不算少，茲就其中天文潮害之部分敘述如下：

#### 1. 外國之例<sup>(5)</sup>

在外國，此種災害也不乏其例，如孟加拉灣之熱帶氣旋（結構與亞洲之颱風相同

(5)同(註2)。

所引起之暴潮捲走無數生命與財產。此地之海灣以印度半島東岸與中南半島西岸挾成三角灣，氣旋向北移動時，風力推動之海水勢必壅積逐漸堆高。加以恒河三角洲地勢寬濶而低平，平時排水已成困難。

1737年10月7日（陰曆9月14日望月）<sup>(6)</sup>，恒河三角洲賀來地區有一氣旋登陸，高達十餘公尺之暴潮衝向內陸，摧毀漁船數千，估計有15萬人被淹死。同一地區於1864年重演同樣悲劇，一次氣旋捲走5萬人。但最嚴重一次當推1970年11月12日（陰曆10月14日望月），當時之東巴基斯坦，遭受最可怕之一次氣旋襲擊。其實此次氣旋之前已有一次氣旋來襲（10月23日，陰曆為9月23日下弦月），造成局部輕微災害。政府當局對第二次氣旋未曾強調其厲害。12日晚，暴潮沖進該區，居民、房屋、牲畜與樹木悉數被席捲而去，等狂風暴雨衝過，浪潮洩退，政府當局公佈死亡人數達30萬人，全毀房屋235萬棟，只有少數人倖免於難。一說由於此次災害之善後處理不當，引起孟加拉釀成獨立。<sup>(7)</sup>

此次氣旋之中心氣壓為970mb程度，比起侵台颱風之氣壓並非甚低，但位於低緯度之故，風力格外強大，其記錄達每秒53公尺之強度。地形、灣形與望月大潮助長其災害。

## 2. 台灣之例

台灣之暴潮大部係由颱風所引起（亦有部分由其他低氣壓所引起）。如果暴潮遇上滿潮，必然引起災害。黃叔瓚台海使槎錄云<sup>(8)</sup>：「鳳山縣颱風驟雨，澹水數處民田衝陷」（雍正元年7月16～20望月）。余文儀續修台灣府誌云<sup>(9)</sup>：「諸羅，新化二縣洪災，大肚溪一帶村莊，盡行衝淹，賑貸被災貧民，並豁免緩徵水冲田園額賦。」（乾隆13年7月2～3日朔月）。沈茂蔭苗栗縣誌云<sup>(10)</sup>：「大雨水、山頽水溢，海漲暴潮，淹壞民居，多溺死者。」（道光30年6月望月）。

(6) 薛仲三，歐陽頤編（1977）：兩千年中西曆對照表，P348，華世出版社。

(7) 高橋浩一郎（1975）：災害の科學，PP 36～39，NHKブックス。

(8) 台灣文獻叢刊第四種。

(9) 台灣方誌彙刊，卷八。

(10) 台灣方誌彙刊，卷十。

光復後又有，民國 49 年（1960 年）8 月 7～8 日通過北部海上之崔絲颱風，適逢陰曆閏 6 月 15～16 日，正值大潮與漲潮期，海面上升，再加上低氣壓之攝引，西北強風之吹襲，海潮水勢乃大漲，高達 2 公尺，台灣西部沿海、新竹市南寮、香山鄉、台中大安鄉、大甲溪、新化雲林沿海鄉村，普遍被海水侵襲，受災慘重。

衛歐拉颱風<sup>(11)</sup>於 1969 年 7 月 26 日發達成強烈颱風，由呂宋島東北方向，於 7 月 27 日通過巴士海峽向西北進行，此時颱風半徑 300 公里，中心最大風速 62 m/sec，移動速度為 17 km/hr，27 日 14 時最發達，中心氣壓低至 896 mb。由於 7 月 28 日適為陰曆 6 月 15 日大潮時，中南部各地發生之氣象潮偏差均在 1 公尺以上，東港更在 1.5 公尺左右。嘉義縣布袋鎮，東石鄉兩地區發生光復以來最大一次海潮倒灌災害。此次海水倒灌，分析原因如下：

(1) 颱風中心穿過巴士海峽之前，中心氣壓降至 900 mb 以下，27 日午後最低時，正好中心經過恆春附近。由於颱風中心下之海面升高甚多，使颱風中心之海面與沿西南岸之海面相差懸殊，乃增強中心推出長浪之高度。

(2) 由於颱風之走向為西北西之故，等壓線近似海岸走向，海水被強風所帶隨沿岸向北推送，與上述長浪幅合，產生登陸之效果。

(3) 衛歐拉偏北之分向進行時，與海峽形勢造成幅合之形勢，再受澎湖群島之阻碍有利於衝向嘉義沿岸。

(4) 中心最接近高雄、台南沿岸時，正值滿月大潮，乃增加浪潮高度。

此次颱風掠過台灣所造成之災害，主要為嘉義地區沿海因海水倒灌淹沒農田，其中尤以魚塢損失最大。其餘台南、高雄、屏東、台東等沿海，亦發生海水倒灌，房屋冲毀等事情。

同年 9 月 26 日颱風艾爾西通過台灣中部，又適為陰曆 8 月 15 日中秋大潮期，最大風速為 41.7 m/sec，最低氣壓為 935 mb，因此發生未曾有之暴潮，滿潮時，潮位偏差在中部高達 1.34 公尺，最大偏差為 1.9 公尺，幸發生在低潮時，否則災害更鉅。各地災情以中部為嚴重，南部損失較少。台南地區之急水溪堤防破損，海岸堤防

(11) 台灣省氣象局（1969）：「民國 58 年颱風調查報告」氣象學報，第 15 卷，四期，PP 44～51。

冲毀。新化地區海水灌淹農田，魚塭流失，蚵田埋沒亦甚多，全部損失亦在數億元之譜。

去年（1980）9月23日（陰曆8月中秋），台北市人在過中秋時，一山之隔基隆市却猛受低氣壓暴雨與海水倒灌之害。

在台灣，與天文潮共生之水災次數雖不多，但一發就不可收拾，造成猛烈災害。

#### 四、台灣天文潮害之結構

各種自然災害，諸如洪水、颱風、地震、山崩、火山爆發、寒霜、熱浪、海嘯等，以洪水為害最為嚴重。造成洪患之自然因素，不止一種，但其中關係最密切，變化最大者首推颱風。颱風所引發之洪患，固為氣象因素所左右，但尚有天文、地形、海洋等因素參與其間。在本節中，主要討論在台灣之洪患中有關天文潮害之部份。

##### 1. 地形條件

台灣位於亞熱帶地區，四周皆海，全部海岸線長1,500餘公里，台灣本島佔1,200餘公里。平均每平方公里僅得海岸線0.03公里。一般而言，台灣海岸大部屬於上升海岸，但各部份情形各異：①台灣東部，自蘇澳至花蓮間，為中央山脈東測斷層下陷之斷層海岸。②北部海岸亦為上升海岸，位於山岳北端，海岸略有曲折。基隆港外有社寮島為屏障，內有陷落性小灣。淡水河河港有強烈淤塞現象。③西部海岸面臨海底很淺之台灣海峽，腹地為廣大冲積平原，新港以北淺砂平舖，港多淤塞，但潮差較大。新港以南沿岸洲，砂嘴與瀉湖等非常發達。高雄至東港一帶為下沉海岸。④南部海岸以恒春半島為中心，兩側亦為斷層下陷海岸。東部地區為深海巖壁，受巨潮暴潮之危害尚不嚴重，海埔新生地位於西部海岸，因受台灣海峽之影響，且灘地平緩，整個西海岸及各大河口，均可能受巨浪暴潮之影響，尤以淡水河口以及南部之紅毛港附近，受颱風暴潮之機會較高。

##### 2. 氣象條件

台灣因恰好位於颱風路徑之上，故颱風成為威脅台灣最嚴重之自然災害，每年4～11月間常有侵襲，其間尤以7、8、9三月份為最盛。侵台颱風之路徑有七<sup>(12)</sup>

(12)陳國彥(1981)：「侵台颱風之路徑與其強度」，地理研究報告第七期pp 61～74。

(圖一)，其中第一路徑沿北海岸向西北進行，風成浪正好將海水推入淡水河口，與上游豪雨所造成之洪流相遇<sup>(13)(14)(15)</sup>，上下挾攻，如果再遇朔望大潮時，水災將更嚴重；第二種情況為颱風中心經第三路徑穿過台灣南部或巴士海峽向西北進行。第三種情形為颱風中心取第五路徑來自南海，進逼台灣南端，海水亦會被推上岸，即所謂海水倒灌產生，平原與窪地形成一片汪洋。如果再遇天文漲潮時，後果更不勘設想。

幸好颱風經常登陸之台灣東岸，岩壁陡峻、海深，缺向南開口海岸，並且人文上不及西岸發達，故損害不大為不幸中之大幸。

### 3. 天文潮災之機率

天文潮最高潮，通常發生於朔、望大潮期，尤其秋分前後達其極。適值強烈颱風發生時令，倘如氣壓之下降及強勁海風猛吹，恰在上述地形條件下，遇上大潮期之高潮時刻發生，則可惹引異常暴潮。

筆者利用中央氣象局頒布之資料<sup>(16)(17)</sup>，將所有颱風侵台日期由陽曆改為陰曆<sup>(18)</sup>加以統計，以觀察颱風與朔望大潮相遇之機率(表一)。自1897年起至1979年總共發生291次侵台颱風，其中遇上朔望大潮(陰曆朔望與以後三日為準)之機會為78次，故其機率應為27巴仙，由颱風各路徑算，則第一路徑7.2%，第二路徑3.8%，第三路徑6.5%，第四路徑2.4%，第五路徑2.7%，第六路徑2.4%，第七路徑1.7%，(表二)。

由上表中提示，颱風與朔望大潮相遇之機率，以地區而言，如淡水河系統應留意第一類路徑，則颱風中心通過台灣北部或北海岸附近，向西或西北進行時，其機率為7.2%，台灣西部海岸則應留意第二、三、五路徑，其機率各為3.8%，6.5%，2.7%，因颱風由第二路徑衝過台灣中部時曾經給台灣中部西岸帶來嚴重海水倒灌災

(13) 鄧天德(1977)：「台北盆地洪患之地理研究」PP 119~121，中國文化學院博士論文。

(14) Pu Chin-piao (1975)：「近七十六年來侵襲台灣颱風之分析與研究」PP 41~45，中國文化學院碩士論文。

(15) 戚啓勳(1980)：「颱風」PP 75~96，季風出版社。

(16) 中央氣象局(1973)：「八十年代颱風路徑圖」。

(17) 中央氣象局(1978)：「台灣八十年來之颱風」。

(18) 同(註6)。

害。第三、五、六路徑之颱風結構，恰好給台灣西部帶來風成浪；高屏海岸則應留意第三、五、六路徑，其機率各為6.5%，2.7%，2.4%。

由上述可知，颱風之侵襲與朔望大潮相遇之機率雖不高，但災害發生時，損失却頗重。因此，有關此類之予報有更加細心研究之必要。

## 五、結 論

近年來台灣之經濟建設突飛猛進，社會安定，農村繁榮，人口亦隨之相繼增加，因此在有限之國土上，土地利用方式亦有變化，過剩人口為生計所逼，無暇顧及其利用方式。在過去幾十年間，在山坡丘陵地帶，森林被伐；坡地水土失所保育，洪水發生之頻率隨之增加；河灘自然泛濫區之強制使用，海埔地之開發亦助長了洪水之泛濫。水災既經不斷發生，我等應該提高警覺，多加調查與研究，以便防範於未然。

洪患之於台灣，不無宿命之感，每年大小水患，平均約有四次之多。造成洪患之原因，固有很多，有些無法避免，有些則雖無法阻止，却可以事先發出警報，防患於未然，有足夠之防災準備，則可減低損害至於零。本文之用意則在此。

技術上，應該在習慣災區普設檢潮器，觀測海潮位之規律，訂出潮汐表，然後算出朔望大潮之可能潮位與假設常襲颱風路徑與其強度，及估計上游降水強度，再配合地形與海岸之客觀環境，則大致可以推算出漲潮水位之程度，供作洪水警報之用。其中細節容後作業中討論。

## 謝 辭

本研究有賴於師大地理系同事與同學之協助得成，一併謝之。

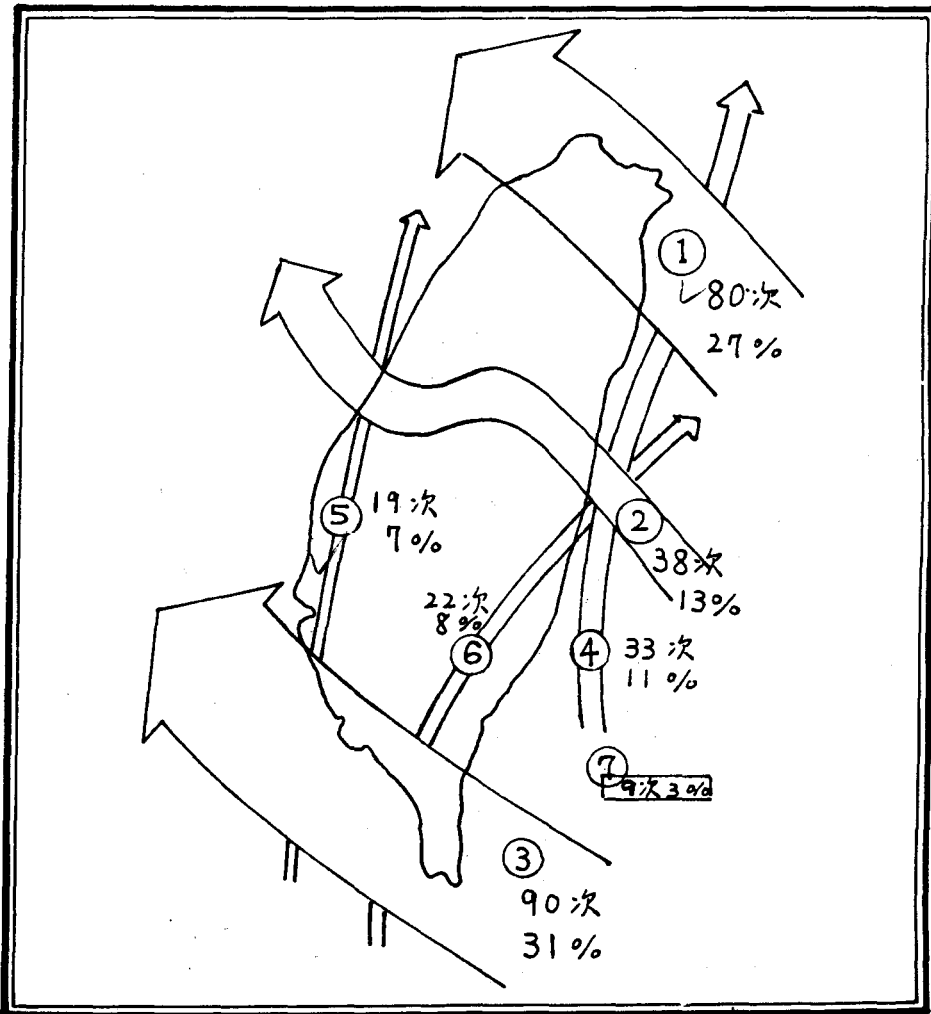


(表一) 侵台颱風大潮次數與颱風路徑(1897~1979)

| 年份   | 次數 | 大潮次數 | 颱風路徑   | 年份   | 次數  | 大潮次數 | 颱風路徑    |
|------|----|------|--------|------|-----|------|---------|
| 1897 | 1  |      |        | 1939 | 3   |      |         |
| 1898 | 4  | 2    | 5.1    | 1940 | 6   | 3    | 1.4.3.  |
| 1899 | 3  | 2    | 5.3    | 1941 | 0   |      |         |
| 1900 | 2  |      |        | 1942 | 5   | 1    | 1       |
| 1901 | 4  | 1    | 1      | 1943 | 2   | 1    | 1       |
| 1902 | 3  |      |        | 1944 | 3   | 1    | 3       |
| 1903 | 6  | 1    | 3      | 1945 | 3   |      |         |
| 1904 | 5  | 1    | 1      | 1946 | 4   | 1    | 1       |
| 1905 | 4  | 2    | 6.2    | 1947 | 4   | 1    | 7       |
| 1906 | 7  | 2    | 5.4    | 1948 | 3   | 1    | 2       |
| 1907 | 2  | 1    | 3      | 1949 | 4   | 1    | 6       |
| 1908 | 2  |      |        | 1950 | 3   | 1    | 4       |
| 1909 | 2  | 1    | 1      | 1951 | 3   |      |         |
| 1910 | 4  |      |        | 1952 | 5   | 1    | 4       |
| 1911 | 4  | 1    | 3      | 1953 | 5   |      |         |
| 1912 | 4  | 1    | 1      | 1954 | 4   |      |         |
| 1913 | 5  | 2    | 1.3    | 1955 | 1   |      |         |
| 1914 | 8  | 2    | 2.1    | 1956 | 5   | 1    | 3       |
| 1915 | 2  |      |        | 1957 | 2   |      |         |
| 1916 | 3  | 1    | 6      | 1958 | 3   | 1    | 1       |
| 1917 | 4  | 2    | 5.4    | 1959 | 7   | 2    | 6.2.    |
| 1918 | 5  |      |        | 1960 | 6   | 4    | 6.7.1.6 |
| 1919 | 4  | 1    | 2.     | 1961 | 6   | 3    | 3.3.1.  |
| 1920 | 3  |      |        | 1962 | 5   | 1    | 3.      |
| 1921 | 4  | 1    | 3      | 1963 | 2   |      |         |
| 1922 | 3  |      |        | 1964 | 0   |      |         |
| 1923 | 6  | 1    | 7      | 1965 | 3   |      |         |
| 1924 | 3  | 1    | 7      | 1966 | 4   | 2    | 1.6.    |
| 1925 | 4  | 1    | 4      | 1967 | 4   | 3    | 2.7.2.  |
| 1926 | 7  | 3    | 1.5.4. | 1968 | 3   | 1    | 3.      |
| 1927 | 6  | 2    | 3.3.   | 1969 | 4   | 2    | 3.2.    |
| 1928 | 3  | 1    | 2.     | 1970 | 1   |      |         |
| 1929 | 5  | 1    | 2.     | 1971 | 4   | 1    | 1       |
| 1930 | 3  | 2    | 4.1.   | 1972 | 1   |      |         |
| 1931 | 3  |      |        | 1973 | 2   | 2    | 5.5.    |
| 1932 | 4  |      |        | 1974 | 3   | 1    | 1.      |
| 1933 | 2  |      |        | 1975 | 3   | 1    | 3.      |
| 1934 | 3  | 1    | 3.     | 1976 | 1   | 1    | 1.      |
| 1935 | 4  |      |        | 1977 | 3   | 2    | 1.5     |
| 1936 | 3  |      |        | 1978 | 3   |      |         |
| 1937 | 1  |      |        | 1979 | 2   |      |         |
| 1938 | 1  | 1    | 3.     | 總數   | 291 | 78   |         |

(表二) 侵台颱風路徑別大潮機率

| 颱風路徑    | 一   | 二   | 三   | 四   | 五   | 六   | 七   |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 大潮次數    | 21  | 11  | 19  | 7   | 8   | 7   | 5   |
| 大潮機率(%) | 7.2 | 3.8 | 6.5 | 2.4 | 2.7 | 2.4 | 1.7 |



(圖一) 侵台颱風路徑分類統計 (1897 ~ 1979)