
第 六 章

熱 帶 氣 象

6-1 熱帶天氣的特性

6-3 熱帶氣旋——颱風

6-2 熱帶擾動

熱帶氣象和中、高緯度氣象大異其趣，主要是上章所述的氣團、鋒面、溫帶氣旋等不再在熱帶地區穿梭活動。所以本章首先要說明熱帶天氣的一般特性。

其次將介紹熱帶所獨有的幾種擾動系統。熱帶大氣雖較中、高緯度單純少變化，但由於水汽含量特高，稍有擾動便易形成暴雨等惡劣天氣，因此熱帶擾動可說是熱帶天氣變化的主角，其中又以東風波最為習見。

熱帶氣旋由熱帶擾動發展而成，備受矚目；屬於熱帶氣旋之一的颱風影響臺灣地區尤深，我們自應對它有一正確而較深入的認識。

6-1 熱帶天氣的特性

習慣上熱帶是指南、北回歸線之間的地區，雖然簡單明瞭，卻和氣象意義不盡符合。

熱帶的範圍應該在南、北半球副熱帶反氣旋之間的地區。我們先從它的中央說起。

6-1.1 間熱帶輻合區

圖 4-9 中的行星風系把間熱帶輻合區 (ITCZ) 正好繪在赤道位置。事實上 ITCZ 隨時、空都有變動，大致在南北緯 15° 之間徘徊，而且在亞洲南部深受季風環流干擾，如圖 6-1 及圖 6-2。

圖 6-2 是採取四年夏季衛星雲圖資料，根據雲量平均而得的綜合雲圖。太平洋上的 ITCZ 平均位置一目瞭然，但逐日雲圖上的雲帶不會像這樣清楚而連續不斷裂。

一般人印象中，認為熱帶所有地區永遠潮濕多雨，其實除了地形雨和季風雨之外，只有 ITCZ 才有較豐雨量。ITCZ 位置既有季節性的南北擺動，致使部分接近赤道地區一年中有極為明顯的兩次雨季，其他時間則為當地之乾季。

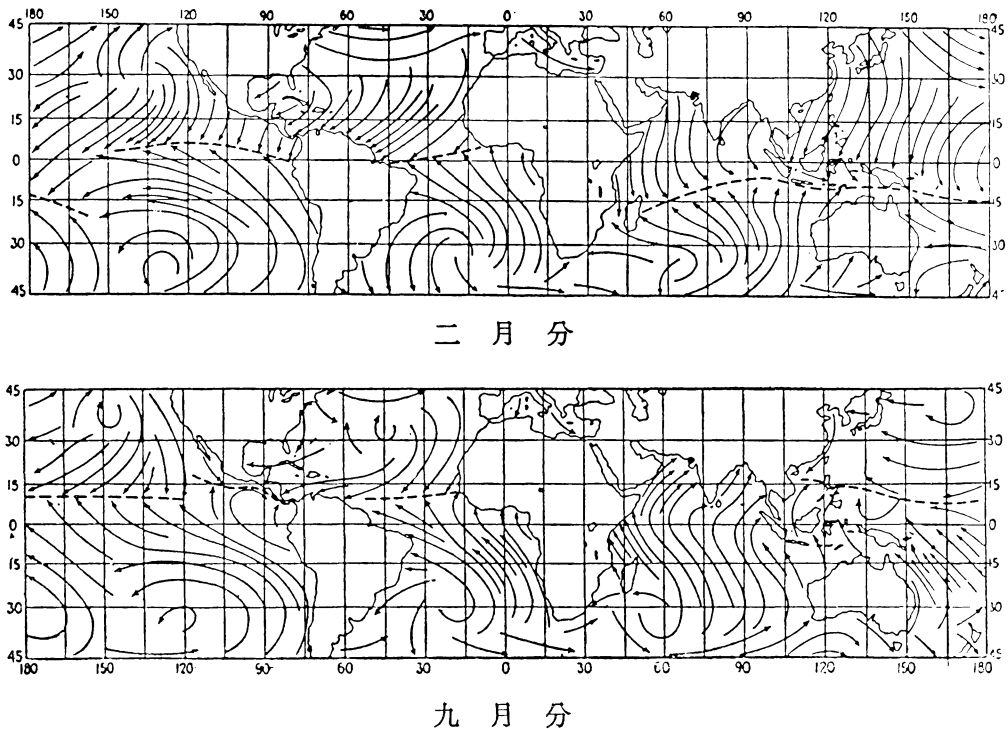


圖 6-1 間熱帶輻合區在二月分、九月分的平均位置，分別達到南、北極限。

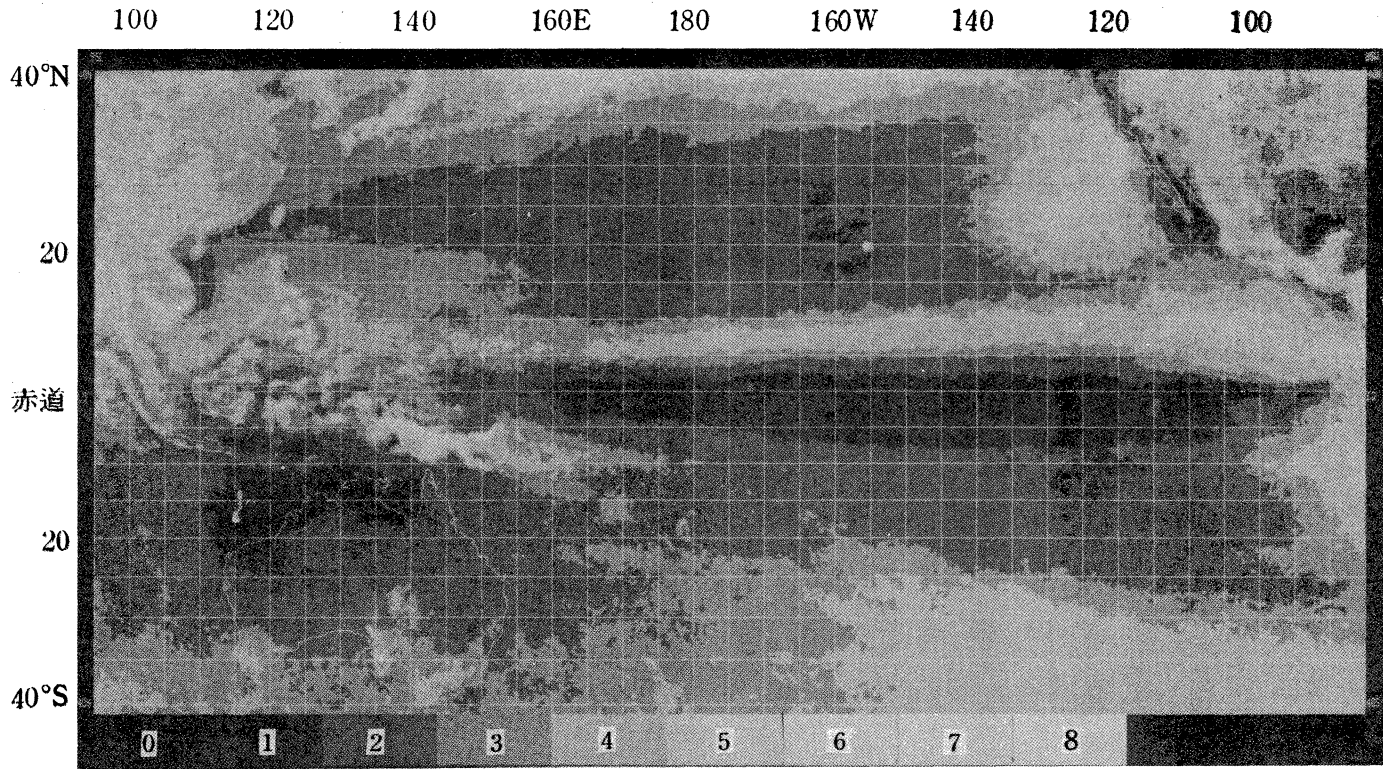


圖 6-2 綜合衛星雲圖上顯示間熱帶輻合區在北半球夏季的平均位置。黑白色級表示八分雲量，自碧空 (0/8) 到密雲 (8/8)。

根據衛星觀測顯示，即使是 ITCZ 也非不間斷的雲蔽區域，只有在輻合強盛、空氣不穩度較大的情形下，才有大量積雨雲形成所謂的雲簇。在有利條件下(6-3.2節)，這種雲簇便可能發展成熱帶擾動，甚或形成颱風。

就整體而言，ITCZ 屬弱低壓槽，為氣流輻合帶，但風速微弱，風向不定，故航海者昔稱赤道無風帶，以別於有利帆船航行的信風帶。

6-1.2 信風帶

從 ITCZ 到副熱帶高壓脊之間的洋面是全球風向最恆定，少變化的信風帶。它的特性是離海面約 2,000 公尺以上有一下沉逆溫層，使高空的空氣乾燥而穩定，以致低空溫度、濕度雖高，對流雲生成以後卻受制於逆溫層，不能繼續向上發展。這種偏布海上的信風積雲就是信風帶的天氣特徵，代表炎熱、和風、偶有小陣雨的熱帶天氣常態。當然遇地形擡升或擾動發生（見 6-2.1 節）時另當別論，例如夏威夷羣島的夏威夷島因有高山聳立，東麓向風面年雨量高達八、九千公釐，而背風面則不足二百公釐。圖 6-2 中的白亮小點就是夏威夷島永遠存在的地形雲。

信風空氣經過暖洋面長途跋涉抵達大洋西部時，會變性而較不穩定，積雲發展較盛，雨量較豐。然以北太平洋西部地區而論，屬於 mT 的信風氣團仍比屬於 mE 的季風氣團溫、濕的程度為低。夏季當太平洋高壓向西伸展時，臺灣的天氣便屬信風型，此時風向東南，晴朗，少雷雨，與西南季風控制下的天氣類型顯然不同。此因亞洲的夏季西南季風來自南半球，氣流越赤道後受科氏力影響而偏右，故成西南風。這種氣流內水汽含量高且濕度層深厚，稍遇地形就易形成陣雨、雷暴。

6-1.3 熱帶氣象要素

本節分別就氣壓、氣溫、風及降水等氣象要素描述熱帶的天氣特性。

一、氣壓

熱帶內氣壓梯度普遍很小，氣壓系統不明顯，即使有天氣擾動，天

圖上也只顯示弱槽而已，往往日變化比系統移行所引起的氣壓變化還要大，所以分析很難準確，颱風當然是唯一例外。

又因低緯度科氏力微弱，所以不能應用地轉風關係，亦即在熱帶地區風向不一定和等壓線平行。總之，中、高緯度利用氣壓場分析移動性系統的觀念和方法，並不適用於熱帶地區。

二、氣溫

熱帶地區因氣溫也十分均勻，更無四季之分，日變化較年變化尤為顯著。例如午後一場陣雨便可使氣溫驟降。雖然如此，ITCZ 通常都屬最暖地區，也就是熱赤道的位置，隨季節南北擺動。所以赤道附近測站一年中可有兩個氣溫最高點，但溫差不大。

三、風

由於熱帶的氣壓和氣溫場十分均勻，無法據以分析熱帶擾動，風場的重要性便相對突出。熱帶天氣擾動現象大多能從氣流圖上風的輻合找到解釋。但除了擾動區和 ITCZ 之外，風向的恆定性應是熱帶天氣特性之一。

四、降水

熱帶地區的降水型態可從前述 ITCZ 擺動性質推知。圖 6-3 是平均年雨量隨緯度變化的曲線。假定一年內雨量高峯在 8°N 到 4°S 間徘徊，

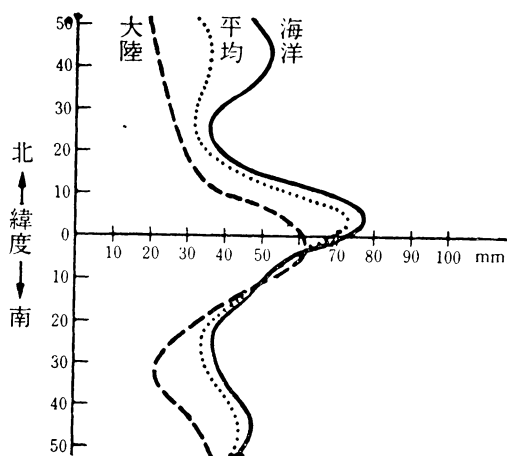


圖 6-3 平均年雨量隨緯度變化的曲線

可知熱帶降水可分三個基本型態：

(一)ITCZ 附近：全年多雨，有兩個最高點（雨季）。

(二)信風帶：夏季多雨，只有一個最高點。

(三)副熱帶高壓脊：全年乾燥。

但季風雨不能納入以上任何理想型態，它的雨季來臨時間和雨期長短與很多因素有關，其中以地理位置、地形、高空環流三者最為重要。

習題 6-1

1. 臺灣的夏季常在那兩種氣團控制下？氣流各從何處而來？那種氣團的天氣比較穩定？
 2. 從圖 6-2 看，夏季北太平洋西部的副熱帶高壓大約位於北緯多少度？（以高壓帶中心長軸為準）
 3. 熱帶地區內何處最乾燥？何處雨最多？
 4. 關島（13°N, 144°E）和斐濟羣島的蘇瓦（18°S, 178°E）分別位於兩半球副熱帶高壓的邊緣，它們的降水型態屬那一型？雨量最高各在那一個月分內？
-

6-2 熱帶擾動

相對於中緯度而言，熱帶地區的氣壓與氣溫變化很小，但仍有很多擾動系統存在。以 6-4 圖的氣流圖（以分析氣流線為重點的圖）為例，除了明顯的颱風外，還有東風波、極地槽、風切線等都會產生惡劣天氣，並有發展為颱風的潛在可能，所以它們都是熱帶天氣分析的重點。不過極地槽和風切線涉及高空與地面系統的重疊，中緯度與低緯度系統的遞變，問題相當複雜，所以本節僅討論東風波和季風低壓兩種擾動。

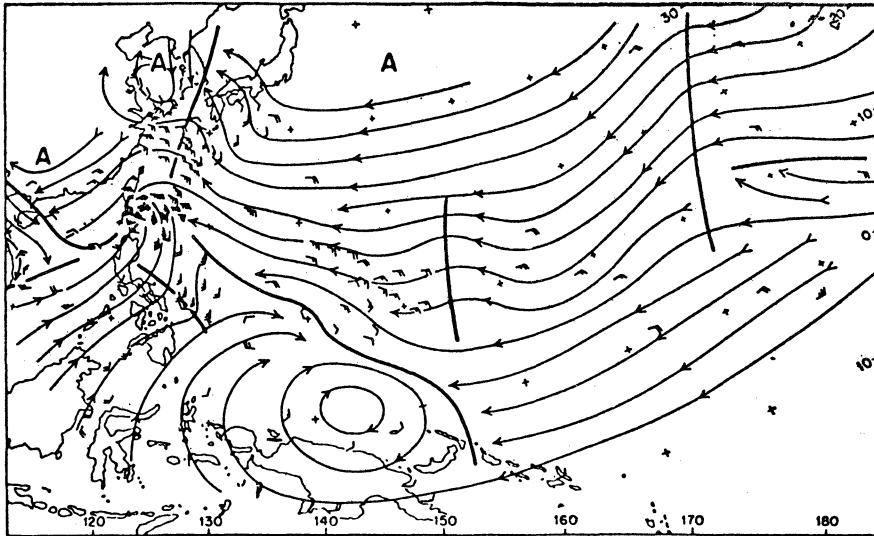


圖 6-4 熱帶地區氣流圖一例，其中有程度不等的各種擾動，如臺灣東南方的颱風，太平洋中部的東風波等。

6-2.1 東風波

一、定義

東風波是信風帶深厚東風層內最常見的波狀擾動，它們在副熱帶高壓靠赤道一邊形成，隨主要氣流自東向西移動。速度相當規則，每天約移動 500 公里。

二、天氣模式

圖 6-5 是東風波的典型例子，槽的前方（西側）吹東北風，地面輻散，空氣下沉，屬標準的信風型晴朗天氣。槽線處吹東風，槽後方（東側）吹東南風，都有地面輻合，因此空氣上升，信風逆溫層被破壞無遺，濕氣層深厚，造成大量雲雨的惡劣天氣。沿圖 6-5 中 AB 線的縱剖面上天氣分布如圖 6-6 所示。東風波槽線經過後，天氣轉劣，多陣雨、雷暴，不出一天左右，又雨過天晴，恢復信風型的雲淡風輕天氣。

三、發生區域

東風波在北大西洋以及北太平洋的 ITCZ 內常接踵而生，造成晴雨

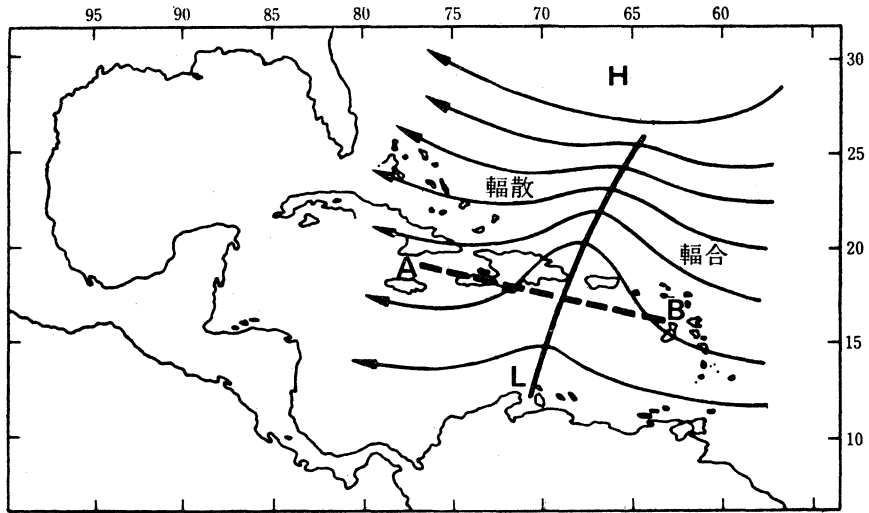


圖 6-5 典型東風波的模式，氣流線向北拱起，槽線上及槽後輻合區有惡劣天氣。

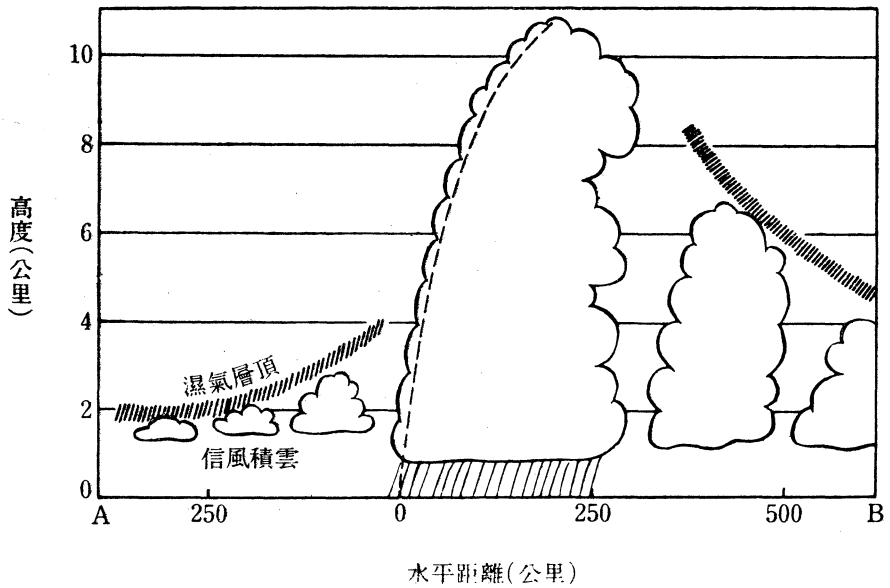


圖 6-6 東風波槽前、槽後的天氣分布示意圖。

相間的天氣變化，略似西風帶內氣旋波的移行，但東風波加深發展的機會很小。

由圖 6-7 可知南半球發生東風波的範圍遠較北半球為小。北太平洋西部接近亞洲地區，也因為完全被季風控制而罕見東風波出現。

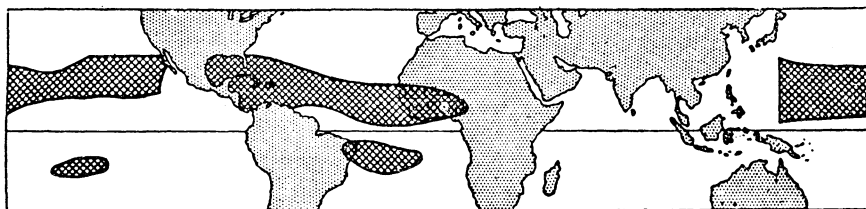


圖 6-7 東風波常見區域

6-2.2 季風低壓

亞洲地區的熱帶擾動，常以封閉低壓的形式隨當地盛行氣流移動。但在印度半島、中南半島上經常有如圖 6-8 所示的所謂季風低壓存在。

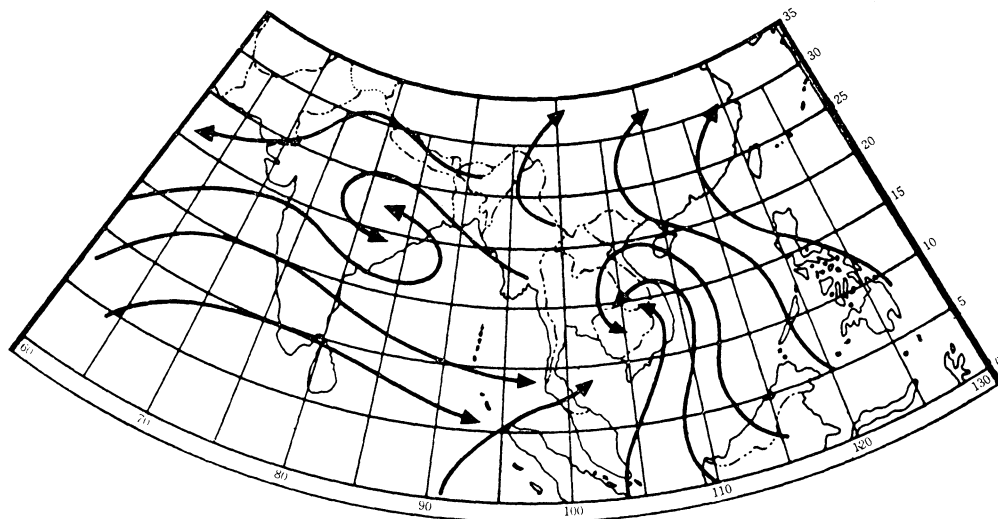


圖 6-8 夏季南亞陸地上的滯留性季風低壓，以三千公尺高度上的氣流線表示。

這種低壓在西南季風和其他風系相遇的輻合帶上形成後，大部分都向西移動。因為季風低壓的涵蓋範圍很大，所以是兩大半島夏季雨量的主要來源。如果配合向風坡的有利地形，降水更豐，世界雨量最高的乞拉朋吉平均年雨量 10,820 公釐和絕對最高年雨量 26,470 公釐的紀錄（大部分都在夏季降下），就是在這種情形下造成的。

至於中南半島以東的南海上，季風輻合帶都併入 ITCZ，因為此處的西南季風就是從南印度洋越赤道北上的東南信風（見圖 6-1 或 6-4）。可

是在這種輻合帶上所生成的低壓中心，雖然範圍遠小於季風低壓，環流也不顯著，但因其挾帶大量水汽，遇地形擡升後可降下驚人的豪雨。民國四十八年釀成臺灣中部空前巨災的「八七」水災，就是這種小型熱帶低壓帶來的。（參閱圖 6-16）

習題 6-2

1. 東風波爲什麼很少進入亞洲地區海域？（參看圖 6-7 菲律賓以東）
 2. 季風低壓和東風波都是熱帶擾動，它們之間有那幾點不同？
-
-

6-3 熱帶氣旋—颱風

6-3.1 概述

一、名稱

熱帶氣旋是學術名詞，指發生在熱帶地區的氣旋式環流（低壓中心）而言。但在世界各地都有地域性的名稱，例如東亞稱颱風，北美稱颶風，印度洋稱旋風，澳洲稱威烈威烈或牛眼，菲律賓稱碧瑤等等。爲方便計，本書內不論地域，不分強度，一律稱爲颱風。

二、強度區分

颱風強度和範圍極不一致，我國現行颱風警報中所用分類法係按中心附近最大風速分類，並說明其暴風半徑範圍。

（一）中心附近最大風速

1. 輕度颱風——17.2~32.6 公尺／秒（或 34~63 浬／時*）
2. 中度颱風——32.7~50.9 公尺／秒（或 64~99 浬／時）
3. 強烈颱風——51.0~66.9 公尺／秒（或 100~129 浬／時）

4 超級颱風——67 公尺／秒（或 130 哩／時）以上

* 1 哩／時 = 0.52 公尺／秒

輕度颱風在國際間稱為**熱帶風暴**（T.S.）。另有一個名詞**熱帶低壓**（T.D.）則指未達輕度颱風標準，而已具環流型態的熱帶擾動而言。

（二）暴風半徑

指自中心向外到風速為 15.6 公尺／秒（或 30 哩／時，即七級風的平均風速）處的距離。實際上暴風圈並不對稱，如無地形阻擋，通常以第一象限（假設颱風進行方向為 Y 軸）內的風勢最強，稱為最危險象限。

三、源地

颱風生成源地限於熱帶洋面八個地區，如圖 6-9 所示。從圖 6-9 和圖 6-10 可發現它們有兩個共同特性：

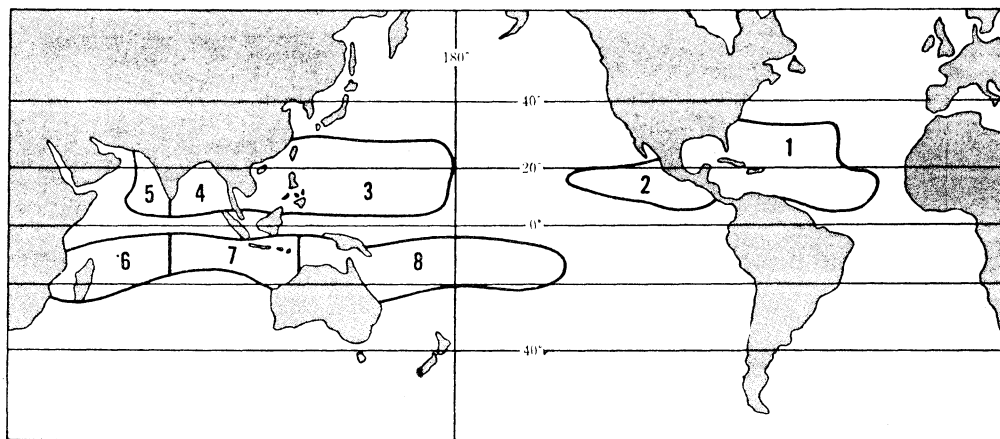


圖 6-9 颱風生成源地

（一）赤道附近（南北緯 5° 以內）不可能發生，顯示科氏力的必要性。

（二）洋面溫度至少在 26.5°C 以上，才能提供足夠能量（水汽潛熱）和峻急直減率（不穩度）。

根據統計，所有源地中以北太平洋西部的發生頻率最高，平均每年發生颱風 22.7 次，北大西洋至墨西哥灣海面次之。

四、移動路徑

熱帶氣旋生成後的平均路徑也在圖 6-10 中繪出。仍以西太平洋為例，颱風路徑約可分為兩類：

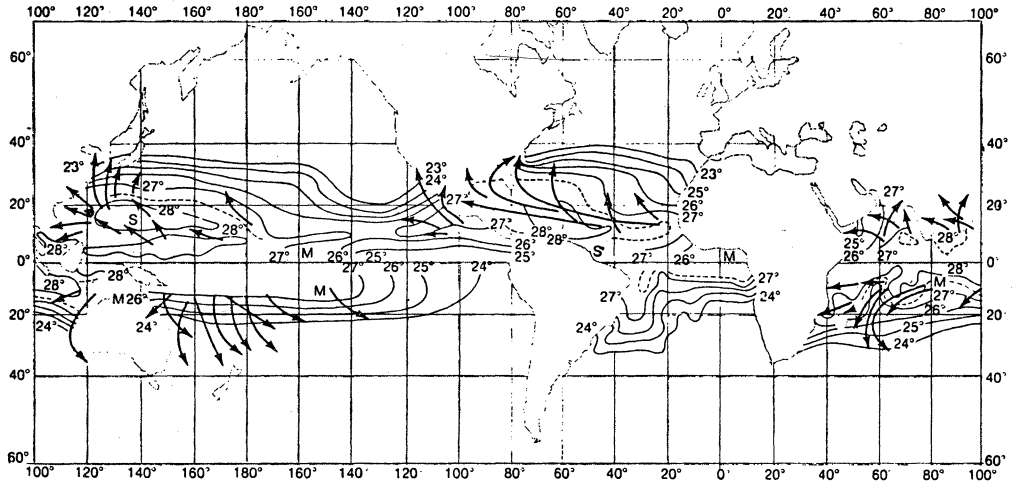


圖 6-10 颱風生成源地及平均路徑，細線是海面等溫線，北半球用九月分(S)平均，南半球用三月分(M)平均，代表夏季。

(一)自源地逕向西行，穿越菲律賓羣島，然後漸轉西北，經南海後消失於華南或中南半島陸地，整個軌跡近似一直線。

(二)自源地先向西行，漸轉西北，在北回歸線附近轉向後，改為向東北進入高緯度，整個軌跡呈拋物線形。

一般而言，颱風常沿著半永久性的副熱帶高壓南緣移動，而在高壓帶西緣轉向北上，此後向東北加速移去。

圖 6-10 中的平均路徑顯示臺灣正當颱風路徑要衝，但須注意個別颱風路徑差異極大。例如圖 6-11 中共有 32 個颱風，雖然都在八月分出現，其路徑卻各自為政，可見颱風實際行徑完全依當時地面到高空的氣象因素而定，不能一概而論。不過從紊亂中仍可看出拋物線的形狀來，它們的頂點大致就是太平洋副熱帶高壓的西端。

近年因觀測技術日精，發現颱風實際軌跡線並非平滑的曲線，而在其左右作振盪跳動，這種現象更增加颱風預測的困難性。

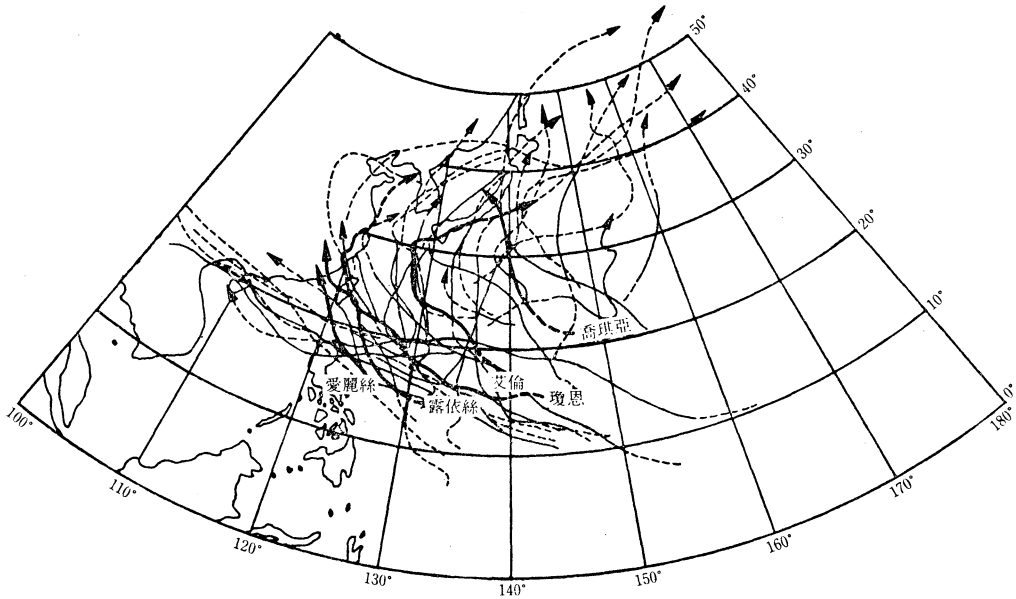


圖 6-11 歷年八月分的颱風路徑

五、災害

颱風能源來自水汽凝結所釋放的熱量。據計算一個強烈颱風每天可產生 24×10^{11} 瓩時的能量（按民國七十年臺灣全年發電量僅 4.12×10^{10} 瓩時），其破壞力之大，當可想見。

颱風的災害可分暴潮、豪雨、暴風三方面來說：

（一）暴潮

世界上最大的災禍，莫過於隨颱風俱來，高可一、二十公尺的長浪、海嘯或激浪。孟加拉灣每有旋風來襲，浪潮湧上恆河三角洲低地，所捲去的生命輒以萬計。所幸臺灣地形不致引起這種災害，但西部海岸有時仍不免有「海水倒灌」現象為害。

（二）豪雨

臺灣的高山對暴風和豪雨都有很大影響。颱風環流遇地形擡升後使雨量大為增加。故對臺灣而言，颱風最大的災害應屬洪氾和積水。例如民國五十二年葛樂禮颱風掠過，大漢溪上游白石山區曾創下二十四小時內1,248公釐雨量的世界紀錄，使下游的臺北盆地災情慘重。

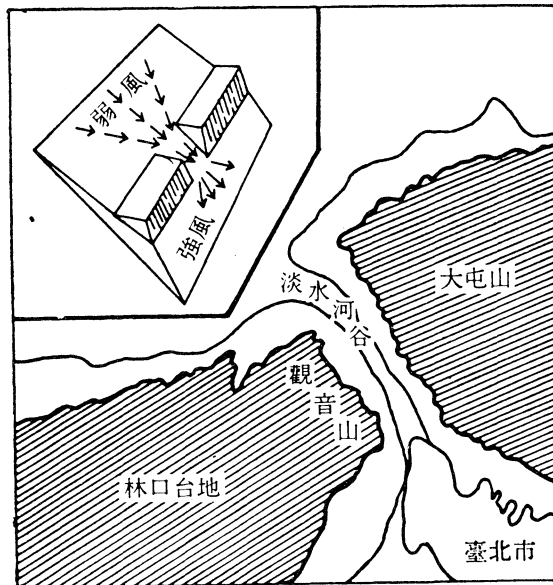


圖 6-12 峽谷作用使風速增強

(三) 暴風

颱風登陸後，風速一般都會減小，但特殊地形亦可使風速增大。例如淡水河的峽谷作用如遇西北風吹入，就會因輻合而增強（見圖 6-12）。民國五十一年艾米颱風曾創臺北市最大風速紀錄 53 公尺／秒，較原測得中心最大風速數值為大。

民國六十年的賽洛瑪颱風侵襲高雄港時，瞬間最大風速 56.2 公尺／秒，港區、工廠、電力、水利設施受到嚴重摧毀，損失逾新臺幣 200 億元之鉅。所以加強防颱措施，以減少颱風對我國經濟建設的損害，是臺灣地區不可忽視的重要問題。另一方面，颱風也不是有百害而無一利的，它所帶來的豐富雨澤若不過量，常使酷暑亢旱頓告解除，農村作物復甦，都市水源無虞。

6-3.2 生成和發展

一、颱風成因

熱帶洋面在 ITCZ、風切線上隨時都有東風波擾動，有時高空低壓槽也常誘發地面擾動，颱風均由這些擾動發展而成。但能發展成爲颱風，具有完整風系的擾動卻寥寥無幾。據氣象衛星觀測統計，熱帶擾動能進一步

茁長成爲颱風，具有完整生命史的比例，約僅及十分之一。可見颱風生成的充分條件一定多而複雜，除了 6-3.1 小節內已提及的必要條件外，大氣科學家對完善的理論仍在尋求中。

以下簡述已被接受的主要成因：

(一)擾動區密集、聳峙的熱塔所釋出凝結潛熱是颱風的能源。所謂熱塔乃指個別的活躍積雨雲。

(二)雲簇區通風作用很小（垂直風切要小），以保持熱量集中而不逸散，從而建立一個暖心系統。

(三)對流胞和颱風兩種環流的尺度大小懸殊。如果兩者交互作用在在有利於大尺度風系的組織（地面輻合、垂直上升、高空輻散的配合）和增強，並能維持相當時間，颱風便可形成。

(四)一旦中心氣壓下降，氣旋風系隨之增強，地面水平輻合便帶進更多外圍空氣激烈上升而培育成更多熱塔。於是氣壓續降，相互間建立起反饋循環。

(五)這種循環有一極限，當整個範圍都被積雨雲所充塞時，暖心系統停止增溫，氣壓不再降低，颱風便無法繼續增強。

二、生命史

熱帶氣旋的生命史可分爲四個時期：1. 初生期，2. 發育期，3. 成熟期，4. 衰老期。

上述成因的(三)、(四)、(五)條相當於前面三個時期。當颱風登陸或進入中緯西風帶後，水汽來源切斷，強度迅速減弱，但環流和雲雨尚可維持一段時期，是爲衰老期。事實上，任何時期的颱風一經登陸，或生成環境轉趨不利，都會迅速消失。

6-3.3 典型結構

熱帶氣旋的環流大致呈圓形，有很多螺線形雲帶（由無數對流雲組成）繞進中心。天氣分布相當對稱，和溫帶氣旋之具有鋒系結構不同。尤其特殊的是氣旋中心有一**颱風眼**，使衛星雲圖中的颱風看來好像一個甜甜圈

餅，如圖 6-13。

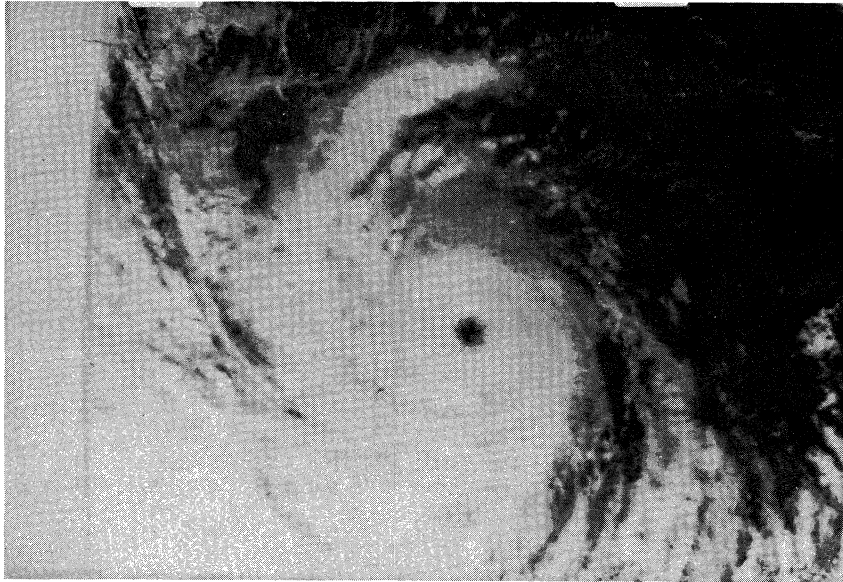


圖 6-13 衛星在 1400 公里高處俯瞰颱風，颱風眼和繞向中心的螺旋雲帶清晰可辨。

一、垂直結構

經過颱風眼的任何縱剖面，如圖 6-14，說明熱塔集中近中心處，在眼的四周形成高聳環立的眼牆（或稱雲牆），那裏不但降水最強，也是上升運動和風速最強的地方。上升空氣竄升到對流層頂高度後，向外輻散，呈反氣旋式流出，在距中心四、五百公里以外地區下沉，完成一個循環。

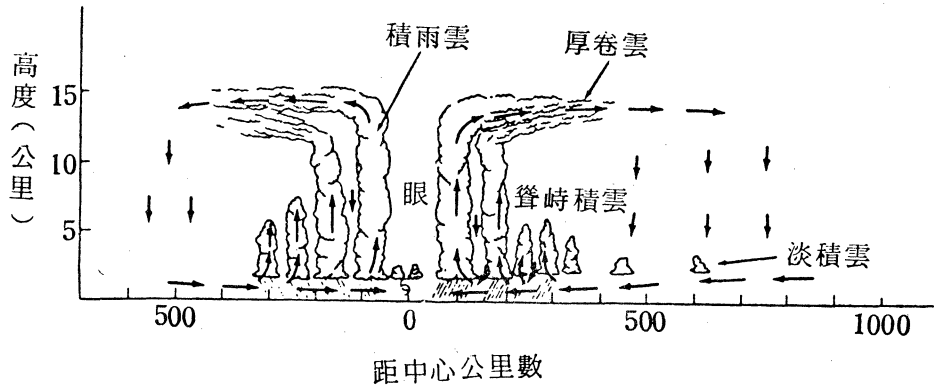


圖 6-14 颱風縱剖面圖

圖 6-15 是一個實際颱風縱剖面上的溫度分布，說明它確實是暖心結構，越強烈的颱風，其中心氣溫也越高。

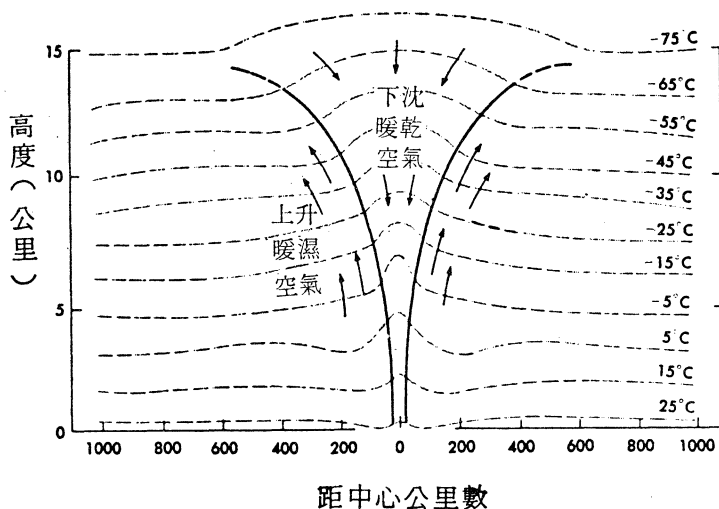


圖 6-15 颱風縱剖面上溫度分布示意圖

二、颱風眼

從實際觀測知道各高度上最強的風速都出現在眼牆區域，然而眼牆以內卻突然變為微風的颱風眼。因有高空下沈的乾暖空氣，眼區內不但風靜、雨止，雲層也裂開甚至出現陽光。

颱風眼的直徑大小不一，平均在 20~40 公里之間，並隨時改變其形狀和大小。

6-3.4 侵襲臺灣的颱風

根據統計，西太平洋每年平均發生颱風 22.7 次，侵襲臺灣（包括從近海通過）者，每年平均 3.5 次，其中 78% 都在七、八、九月分內，所以我們通常稱此三個月為臺灣的颱風季，而以八月分出現頻率尤高。

一、侵襲臺灣颱風的特性

臺灣地形特殊，中央山脈縱列，平均約高三千公尺，無論水平或垂直尺度均足影響颱風的運動。又因臺灣地理位置居於海陸邊緣，兼受太平洋

高壓和秋後大陸冷高壓的影響，使颱風的路徑、強度和天氣都顯得複雜而多變。以下是我國氣象學家研究結果的要點：

(一)中央山脈影響

1. 破壞颱風完整環流，風場型式複雜。例如當颱風在東岸登陸之前，實際觀測到的最大風速不只一處而有很多中心。

2. 誘生背風面副低壓中心。例如颱風由東移近時，常在新竹或臺南以西出現一個副低壓中心，並可取代原來颱風位置，使路徑呈突然折向現象，形同跳躍。

3. 一般而言，威力較弱的熱帶低壓無法通過中央山脈。例如圖 6-16 就是在民國四十八年引起「八七」水災的熱帶低壓；遇中央山脈受阻而傾注豪雨在中、南部地區，旋即解體。颱風級環流雖也受山脈破壞，但越山後多能重建威力，或如上述由副中心接力再向前行。

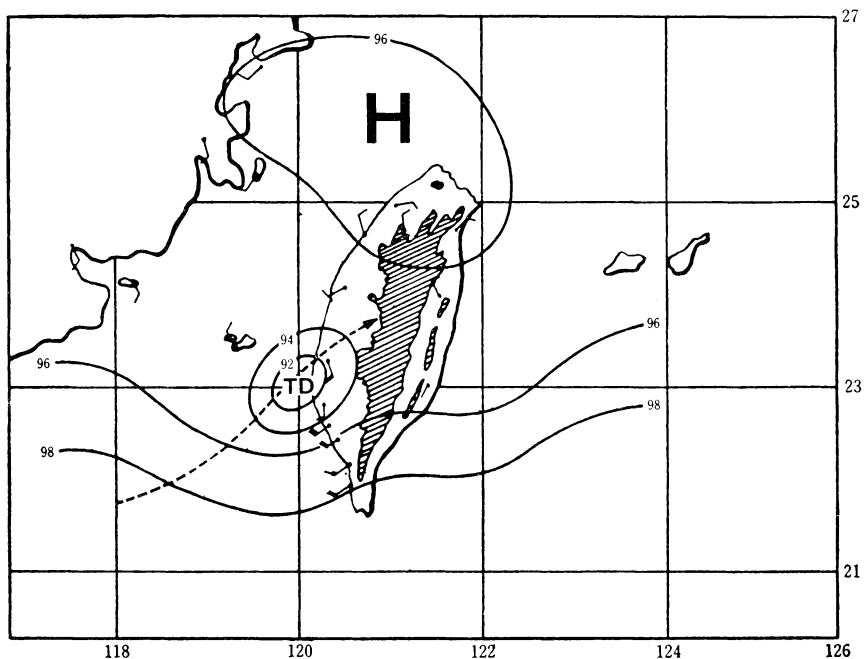


圖 6-16 弱環流不能通過中央山脈之例
(民國四十八年八月七日的小型熱帶低壓)

(二)大陸高壓影響

秋後颱風行近臺灣時，如遇大陸高壓增強南下，可有如下兩項影響：

1. 路徑迅速向東北移去，突然折回東南，或改向西南前進，均有可能（如圖 6-17 內之 a,b,c）。也可能在原地趑趄不前，徘徊繞圈，例如民國五十八年十月初的芙勞西颱風，流連臺灣東方海上十餘日不去，使本省東、北部受害匪淺。

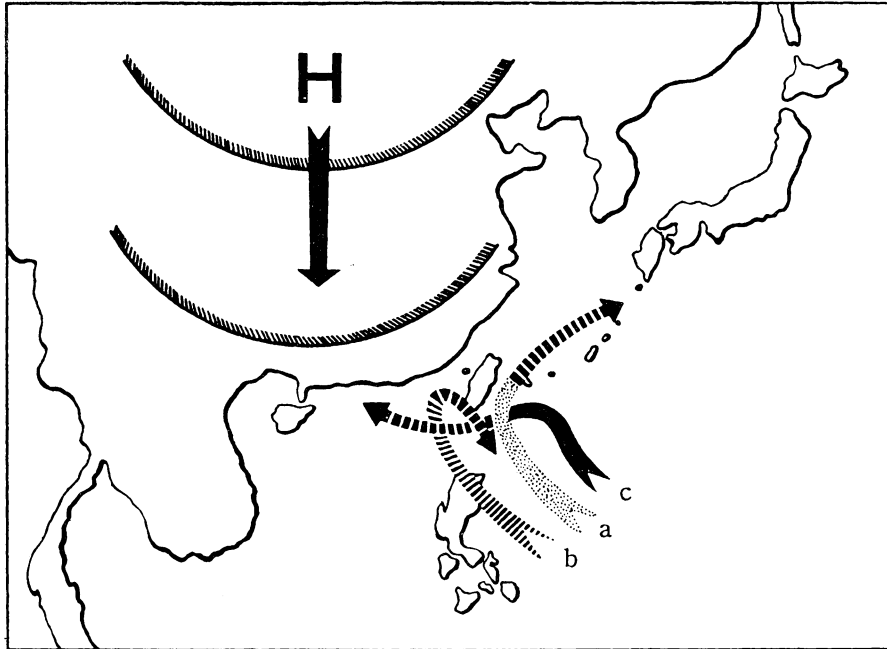


圖 6-17 大陸冷性高壓南下對颱風路徑之影響
a.急轉東北 b.折返東南 c.改向西進。

2. 颱風本身強度雖大致不變，但氣壓梯度增強的結果每使臺灣東部及北部天氣現象轉劇，降雨時間延長而且範圍擴大。

二、颱風警報

臺灣除十二月到三月之間從無颱風侵襲紀錄之外，其他各月都有可能。政府為保護民眾，減輕災害，在預測颱風有來襲可能時，由中央氣象局統一發布警報。

(一)海上警報：預測二十四小時內暴風圈（風速 15.6 公尺／秒以上的風力範圍）有侵襲臺灣近海（海岸線外 100 公里以內）可能時發布。

(二)海上及陸上警報：預測十八小時內有侵襲臺灣陸地可能時發布。

防颱措施中最重要的一項依據是颱風路徑預報。近年來因有雷達、衛星、電腦等提供迅捷準確的資訊，已使預報準確率大為提高，但有待發展之處尚多，所以颱風和地震一樣，仍是我國臺灣地區地球科學研究重要課題之一。

習題 6-3

1. 試述「強烈颱風」的定義。
 2. 試列出熱帶氣旋生成源地各在熱帶洋面那八個地區？
 3. 根據實驗所得風壓與風速關係的公式如下： $p=0.124v^2$ ，式中單位採 MKS 制。試以此計算賽洛瑪颱風侵襲高雄港時，建築物承受的最大風壓有多少公斤／公尺²？
 4. 颱風的暖心系統是怎樣建立起來的？
 5. 為什麼颱風將臨之前，天空反而特別晴朗少雲？
 6. 簡述颱風路徑和太平洋副熱帶高壓位置的關係。
-
-