

TYPHOON

一、大氣環境條件

1.1 科氏力 (Coriolis Force)

- 定義：地球自轉所產生的虛擬力
- 影響：
 - * 北半球造成順時針偏向
 - * 南半球造成逆時針偏向
 - * 赤道附近科氏力接近零，故颱風不會在赤道形成
- 數學表達： $F_c = 2\Omega \sin(\varphi)$
 - * Ω ：地球角速度
 - * φ ：緯度

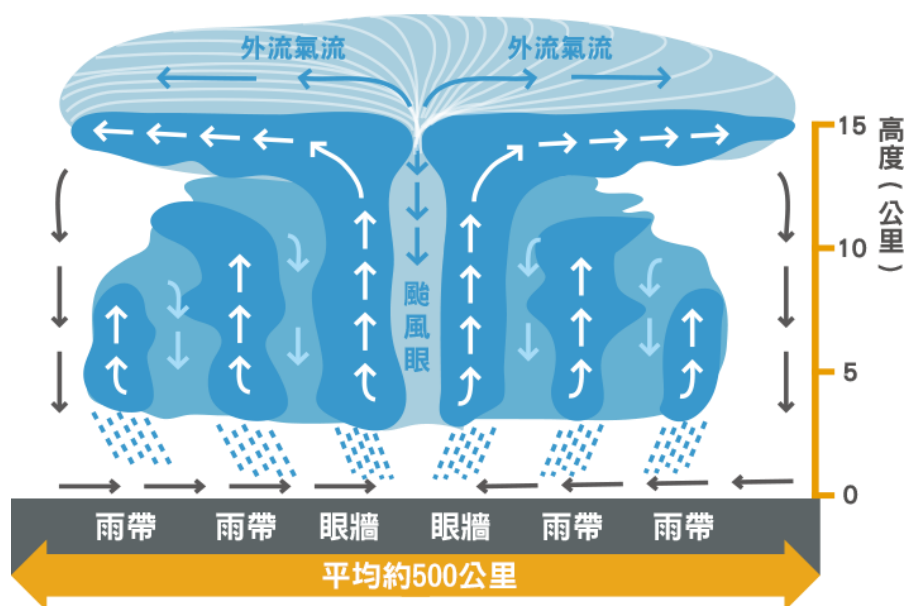
1.2 必要條件

1. 海溫條件

- 表層海水溫度需高於 26.5°C
- 溫暖海水深度至少需達 50 公尺
- 原理：提供足夠潛熱能量維持對流系統

2. 大氣垂直結構

- 對流層具有適當的溫度遞減率*
- 大氣垂直風切小於 12.5 m/s *
- 高空輻散、低空輻合的環境



3. 濕度條件

- 相對濕度需達 75% 以上
- 中層大氣具有足夠水氣

- 有利於深對流發展(定義：垂直厚度具有和均質大氣高度同樣量級的對流系統。)*

二、形成機制詳解

2.1 初始擾動

1. 波動理論

- 東風波動 (Easterly Wave)
- 季風槽 (Monsoon Trough)
- 中尺度對流系統 (MCS)

2. 渦度累積

- 正渦度匯聚
- 低層氣旋性環流增強
- CISK 理論 (Conditional Instability of the Second Kind)

2.2 發展階段

1. 熱力循環

- WISHE 理論 (Wind-Induced Surface Heat Exchange)
- 海氣交互作用
- 潛熱釋放與動能轉換

2. 角動量守恆

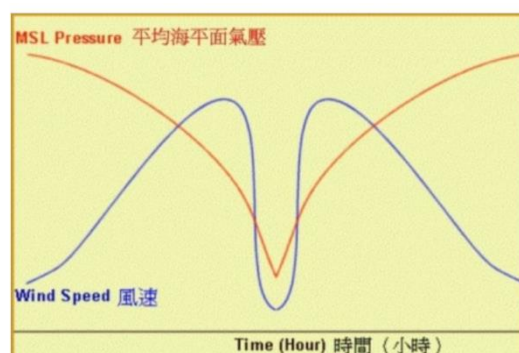
- 旋轉速度增加
- 氣壓梯度力增強
- 風場結構形成

三、颱風結構解析

3.1 水平結構

1. 主要區域劃分

- 颱風眼 (Eye)
- * 直徑：20-50 公里
- * 特徵：下沉氣流、晴朗少雲
- * 氣壓：中心最低氣壓區



圖二：颱風風眼移動路徑上途經一個地點的平均海平面氣壓和風速

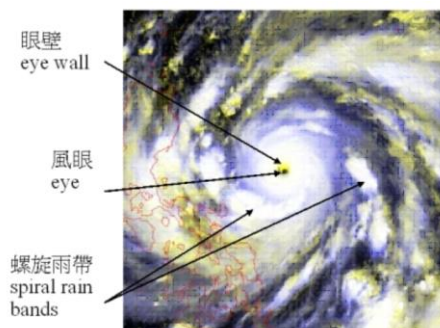
- 眼牆 (Eyewall)
- * 位置：環繞颱風眼
- * 特徵：最強上升氣流區
- * 風速：最大風速出現區域

- 螺旋雨帶 (Spiral Rainbands)

* 排列：由內向外螺旋排列

* 功能：水氣輸送通道

* 特徵：間歇性強降雨區



圖一：熱帶氣旋的雲系 (以上衛星雲圖接收自日本氣象廳地球同步氣象衛星GMS-5)

什麼叫颱風眼？其形狀及大小為何？

颱風眼為颱風環流中氣壓最低之處，其形狀大部分呈圓形、橢圓形、卵形和多邊形等形狀，其平均直徑約為 45 公里左右，最小的為 10 至 20 公里，大的可達 100 至 150 公里，即使是同一颱風，於不同時刻，其眼的直徑也不同，在大多數情況下，颱風眼的大小有隨颱風的增強而逐漸縮小的趨勢。在此區域內既無狂風亦無暴雨，天上僅有薄雲，能見天日或星斗。當颱風眼通過某地時，常被誤認為颱風已過去，實則此時係在颱風眼內，約 20 至 30 分鐘後，狂風暴雨又會再度出現，颱風眼經過前與經過後的風向恰恰相反。

為什麼颱風有眼？

颱風眼的形成，係由於颱風內的風是反時針方向吹動，使中心空氣發生旋轉，而旋轉時所造成之離心力，與向中心旋轉吹入之風力互相平衡抵消，而使強風不能再向中心聚合，因此形成颱風中心數 10 公里範圍內的無風現象，而且因為有空氣下沉增溫現象，導致雲消雨散而成為颱風眼（如圖 3）。

行進中颱風的風是前半部大或是後半部大？

颱風暴風範圍內的風速並非均勻分布，如以象限劃分，一般而言在北半球行進中的颱風其右前方象限的風最大，因該象限颱風環流風向與導引氣流風向相同。以向西行進之颱風而言，右前方象限吹東北風與夏季西太平洋的東北信風合併而增強了風速，至於右後方及左前方象限則是偏南的風與偏西的風，因與東北信風有抵消作用，風勢較小，在左後方象限的風最小，因該象限吹西南風恰與西太平洋的東北信風相反，抵消最多，所以一般而言，颱風前半部風力大於後半部。圖 4 為颱風在 900hPa 等壓面上平均風速分布示意圖（圖中距離單位為浬，風速單位為浬/時）。

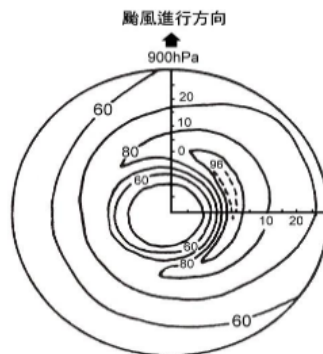


圖 4 颱風在 900hPa 等壓面上內平均風速分布示意圖。
（取自 Shea and Gray, 1973）

颱風行進的速度是指什麼而言？

颱風的運動情形好比一個旋轉中的陀螺，陀螺的軸就好像颱風的中心，陀螺的圓盤就代表颱風的範圍，陀螺的旋轉也可以代表颱風的風（參閱圖 7）。若陀螺旋轉時並不是固定在一個地點旋轉，此時陀螺的軸是會移動的，同時陀螺的圓盤也是繼續旋轉著，隨軸一同移動；颱風的情形也相仿，整個颱風圍繞著中心一併移動。所以說，颱風的行進速度就是指颱風中心的移動速度。

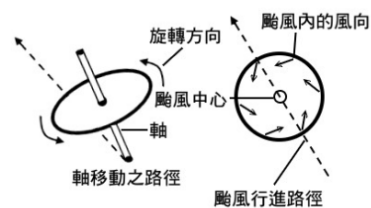


圖 7 颱風與陀螺的比較示例。

2. 風場分布

- 梯度風平衡
- 最大風速半徑（RMW）
- 切向風與徑向風分量

3.2 垂直結構

1. 低層（地表-850hPa）

- 摩擦層特徵

- 邊界層噴流
- 輻合氣流

2. 中層 (850-400hPa)

- 主要對流區
- 潛熱釋放層
- 次級環流發展

3. 高層 (400-100hPa)

- 輻散層
- 外流層結構
- 反氣旋環流

3.3 溫度結構

1. 暖心結構

- 形成機制
- 溫度分布特徵
- 與強度關係

2. 垂直溫度剖面

- 對流層結構
- 逆溫層特徵
- 穩定度分析

四、能量收支

4.1 能量來源

1. 海洋熱含量

- 潛熱通量
- 感熱通量
- 海氣交換過程

2. 大氣環境能量

- 可用位能轉換
- 動能轉換
- 角動量傳輸

4.2 能量轉換

1. 熱機理論

- 卡諾循環類比
- 效率分析
- 最大潛在強度

2. 能量守恆

- 動能收支
- 位能轉換
- 熱力平衡

五、監測與觀測

5.1 遙測技術

1. 衛星觀測

- 可見光影像
- 紅外線影像
- 微波影像解析

2. 雷達觀測

- 都卜勒雷達
- 雙偏極化雷達
- 風場重建

5.2 飛機觀測

1. 下投式探空儀

- 溫度剖面
- 濕度分布
- 風場測量

2. 機載雷達

- 三維結構掃描
- 降水粒子特徵
- 風場測量

六、數值模擬

6.1 物理過程參數化

- 雲微物理過程
- 邊界層過程
- 輻射過程

- 地表過程

6.2 模式應用

- 路徑預報
- 強度預報
- 結構演變模擬

七、效應

1. 藤原效應

「藤原效應」是什麼？

如果兩個颱風靠近至 1,000 公里左右時，它們將相互繞著相連的軸線做環狀反時鐘方向旋轉，旋轉中心的位置，由 2 個颱風的相對質量及颱風環流的強度來決定。旋轉時通常較小的一個走得快些，較大的一個走得慢些，有時 2 颱風亦可能逐漸合而為一。此種雙颱風交互作用現象係由日本氣象學家藤原先生最早開始研究，故稱為藤原效應，圖 9 顯示藤原效應雲系圖。

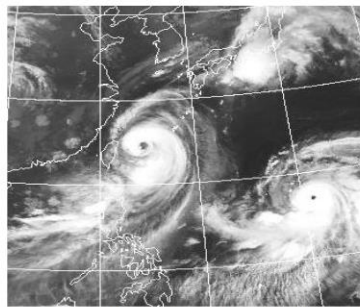


圖 9 雙颱風產生反時鐘方向相互旋轉之藤原效應雲系圖。

2. 共伴效應

臺灣從 9 月開始進入秋季，大陸冷高壓環流形成，使東北季風盛行，常為臺灣北部、東北部帶來降雨，若此時有颱風在巴士海峽附近，則颱風外圍環流的暖空氣與東北季風的冷空氣在臺灣東北部外海合流，產生共伴效應。在迎風面的東北部易有較長時間的豪大雨。

3. 引進西南風

何謂颱風引進的西南氣流？

在中央氣象署發布的颱風警報中，常可見到「颱風引進西南氣流，將對某些地區帶來局部性豪雨，請注意防範。」的警告，甚至在颱風警報解除後，仍會一再警告。其原因係當颱風通過臺灣時，其南方吹的是西南風，如颱風走向適當再加上天氣型式的配合，常引進強盛的西南氣流，此種暖溼的氣流受中央山脈阻擋，抬升至適當高度後，其挾帶之水氣易凝結而降雨，以致常在中、南部地區產生豪雨，造成嚴重災害。例如民國 70 年艾妮絲颱風和民國 93 年敏督利颱風，皆是在引進強烈西南氣流後，造成了嘉南地區的 93 水災及中南部地區的 72 水災。

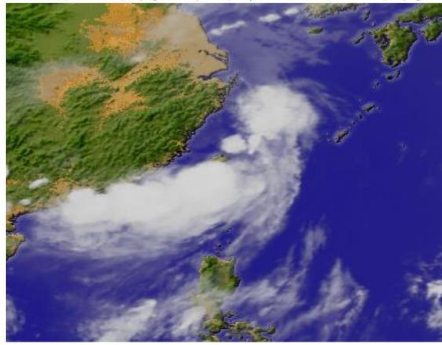


圖 13 敏督利颱風所引發西南氣流之衛星雲圖。

4. 焚風

何謂火燒風？

火燒風是民間諺語，在氣象學上稱為焚風，在臺東和臺中一帶常有發生。此種風因為溫度甚高，可較附近地區高出 6、7 度之多，而且非常乾燥，常使農作物因溫度突然升高、溼度下降而發生枯萎現象，以致發生損害。

焚風發生的原因，係由於暖溼的空氣受山嶺之阻擋，被迫上升而冷卻（每上升 100 公尺氣溫就下降 0.65°C ），水氣凝結成雲雨，降在迎風面的山坡上。待空氣越過山嶺後，因所含水氣已減少而變成乾燥空氣，再因下降後，因壓力增加而溫度再增（每下降 100 公尺氣溫就上升 1°C ），明顯比鄰近的空氣溫度為高，稱為焚風。

根據上述原因，當颱風在臺灣北部通過時，強勁之西風遇中央山脈之阻擋，被迫上升再下降，常在臺東一帶發生焚風；如颱風通過臺灣南部時，東風越過中央山脈而下降，則常在臺中一帶發生焚風。

八、徵兆

颱風來襲前會有什麼預兆？

在颱風將到的前 2、3 天，可以由若干現象來研判颱風正逐漸接近中，茲說明如下：

- (1) 高雲出現：在颱風最外緣是卷雲，白色羽毛狀或馬尾狀甚高之雲，當此種雲在某方向出現，並漸漸增厚而成為較密之卷層雲，此時即顯示可能有一颱風正漸漸接近。
- (2) 雷雨停止：臺灣夏季，山地及盆地區域每日下午常有雷雨發生，如雷雨突然停止，即表示可能有颱風接近中。
- (3) 能見度良好：颱風來臨前 2、3 天，能見度轉好，遠處山樹皆能清晰可見。
- (4) 海、陸風不明顯：平時日間風自海上吹向陸地，夜間自陸地吹向海上，稱為海風與陸風，但在颱風來臨前數日，此現象便不明顯。
- (5) 長浪：臺灣近海，因夏季風力溫和，海浪亦較平穩，但遠處有颱風時，波浪將趨洶湧，漸次傳至臺灣沿海，而有長浪現象。東部沿海一帶居民，都有此種經驗。
- (6) 海鳴：颱風漸接近，長浪亦漸大漸高且撞擊海岸山崖發出吼聲，東部沿岸亦常可聞，之後約 3 小時後颱風就會來臨。
- (7) 驟雨忽停忽落：當高雲出現後，雲層漸密漸低，常有驟雨忽落忽停，這也是颱風接近的預兆。
- (8) 風向轉變：臺灣夏季常吹西南風，也較和緩，但如轉變為東北風時，即表示颱風已漸接近，並已開始受到颱風邊緣的影響，此後風速並將逐漸增強。
- (9) 特殊晚霞：颱風來襲前 1、2 日，當日落時，常在西方地平線下發出數條放射狀紅藍相間的美麗光芒，發射至天頂再收斂於東方與太陽對稱之處，此種現象稱為反暮光。
- (10) 氣壓降低：根據以上諸現象，如果再發現氣壓逐漸降低，顯示將進入颱風邊緣了。

九、其他

何謂「西北颱」？

臺灣北部、東北部及西部地區的民眾對「西北颱」特別敏感，甚至談颱色變，乃因「西北颱」常為這些地區帶來嚴重的風災與水患。

所謂「西北颱」係指颱風從臺灣東方海面向西北方進行，中心通過基隆與彭佳嶼之間海面時，臺灣北部及西部地區多吹西北風，此時，因受地形影響，北部及中部地區之雨勢特別大，又因風向幾與海岸線垂直，使積水不易渲洩，甚至引起海水倒灌，故此種路徑的颱風災情最為嚴重，由於吹的是西北風故稱為「西北颱」。民國 52 年葛樂禮颱風、74 年尼爾森颱風、86 年的溫妮颱風及 93 年的艾利颱風，就是典型的實例。

天氣圖常用符號

H	高氣壓	L	低氣壓
	冷鋒		暖鋒
	滯留鋒	TD	熱帶性低氣壓
	輕度颱風		中度至重度颱風

風速
風向
溫度 25
現在天氣
露點 24.5
低雲狀
高雲狀
中雲狀
雲量
過去天氣
風速(短羽 5 哩/時・長羽 10 哩/時)
霧 = 毛毛雨, 雨・雪 *
陣雨 ▽ 雷雨 K 閃電 <

思考題目

1. 分析颱風強度與海溫關係
2. 討論氣候變遷對颱風結構的影響
3. 探討颱風眼牆更替過程
4. 研究颱風強度快速變化機制