

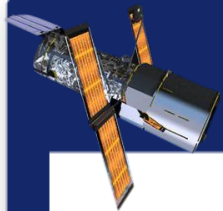
# 第七章 天然災害

7-1 颱風與颱風災害

7-2 洪水

7-3 地震災害

7-4 山崩與土石流



## ❖ 7-1 颱風與颱風災害

- 颱風的成因與結構
- 侵臺颱風與災害
- 颱風災害預防

## ❖ 7-2 洪水

- 臺灣的降雨分布
- 洪水災害

## ❖ 7-3 地震災害

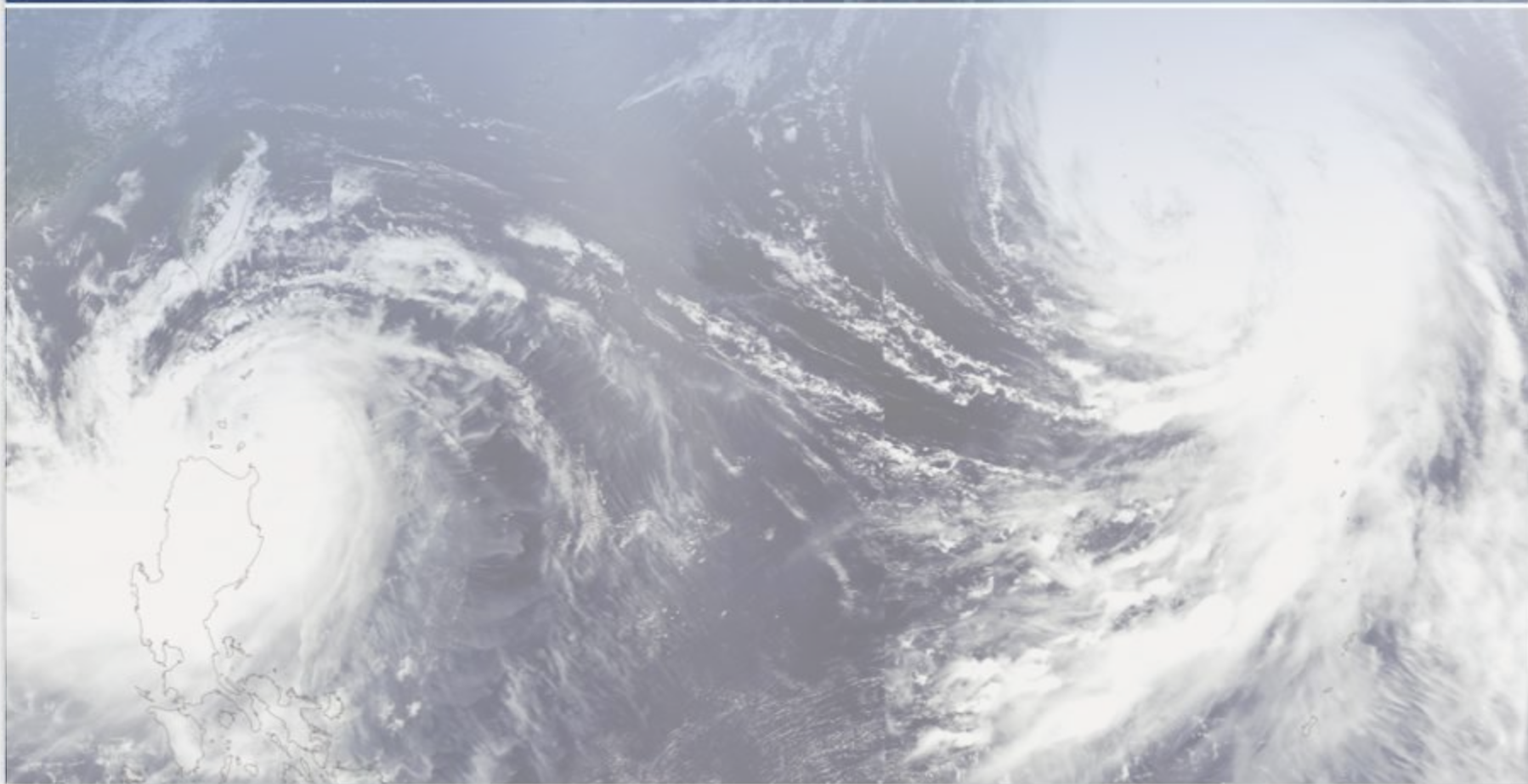
- 世界地震災害
- 臺灣地震災害

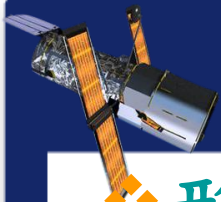
## ❖ 7-4 山崩與土石流

- 山崩與土石流的成因
- 山崩與土石流的危險區域

7-1

# 颱風與颱風災害

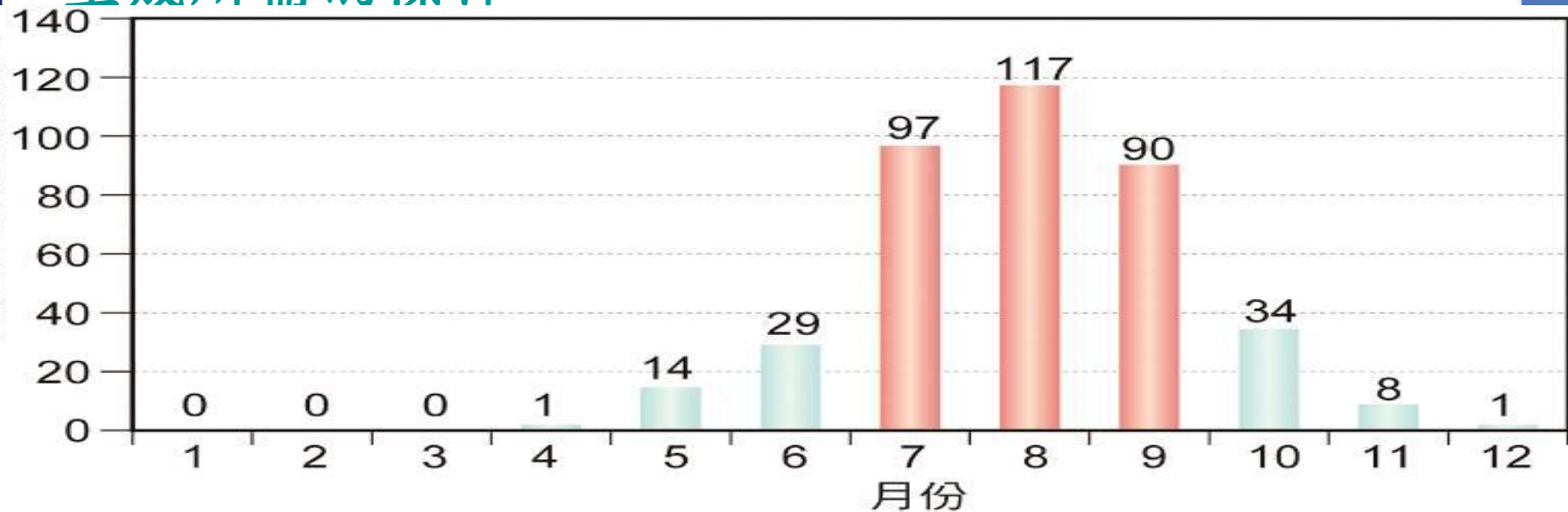


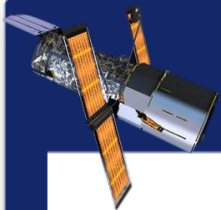


# 颱風概述

- ❖ 形成於熱帶海洋上強烈的低氣壓系統
- ❖ 暴風半徑數百公里；生命期約一週左右
- ❖ 從衛星雲圖上看，大致呈螺旋狀
  - 相對的，鋒面雲系呈帶狀。
- ❖ 熱帶氣旋主要集中在夏季/初秋時節生成，這時海洋儲存熱能量較大，比較能夠提供熱帶氣旋生成所需的條件。

累積侵臺颱風數量

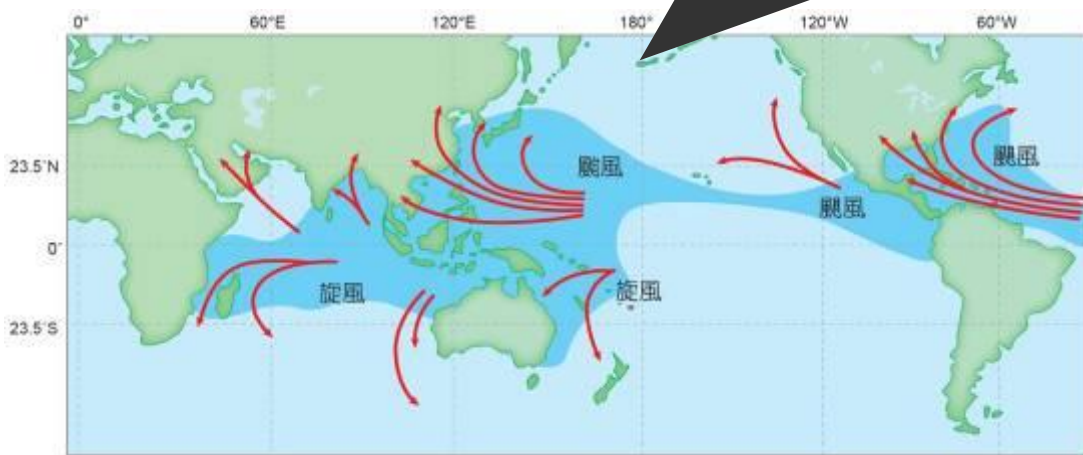




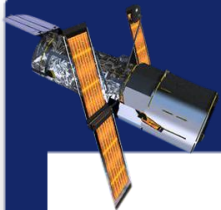
# 颱風的成因

- ❖ 熱帶溫暖的洋面，海溫大於 $26^{\circ}\text{C}$ ，才能有足夠的水氣蒸發，這是颱風能量的來源。
- ❖ 緯度大於 $5^{\circ}$ ，科氏力才夠強，才能導引熱帶對流四周的空氣旋轉。
- ❖ 維持近地表有低層環流。
- ❖ 高低層大氣之間有垂直發展。

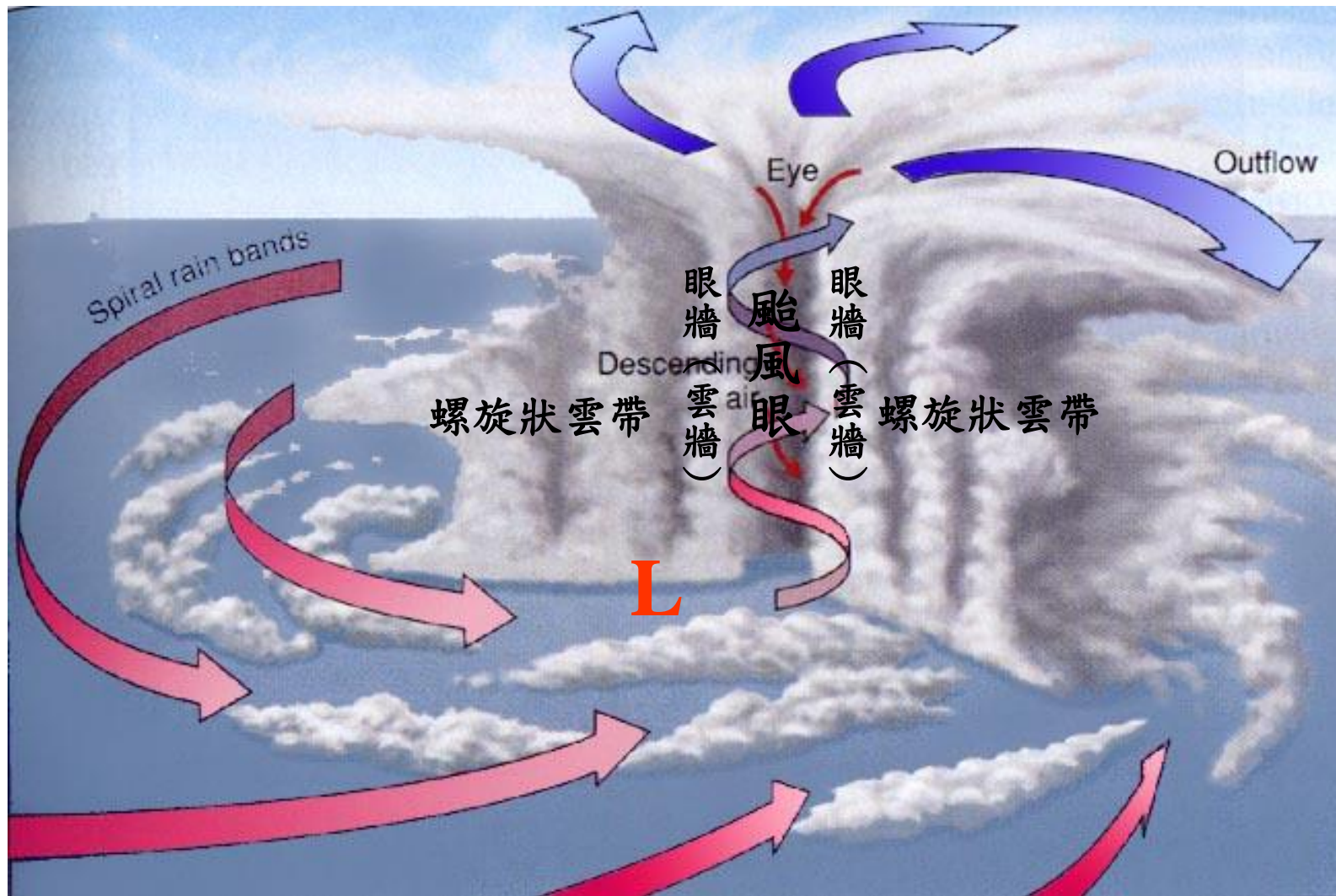
西北太平洋海溫較高，形成颱風頻率也比較多，每年平均約有27個颱風生成。



- 深藍色表示海溫大於 $26^{\circ}\text{C}$ 以上的區域，紅色箭頭則為颱風主要生成處及其行進的方向。圖中的文字表示颱風在不同地區的名稱。



# 颱風的立體結構

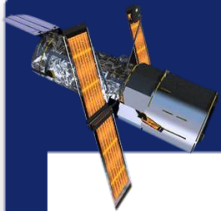


目錄

▲上一頁

▼下一頁

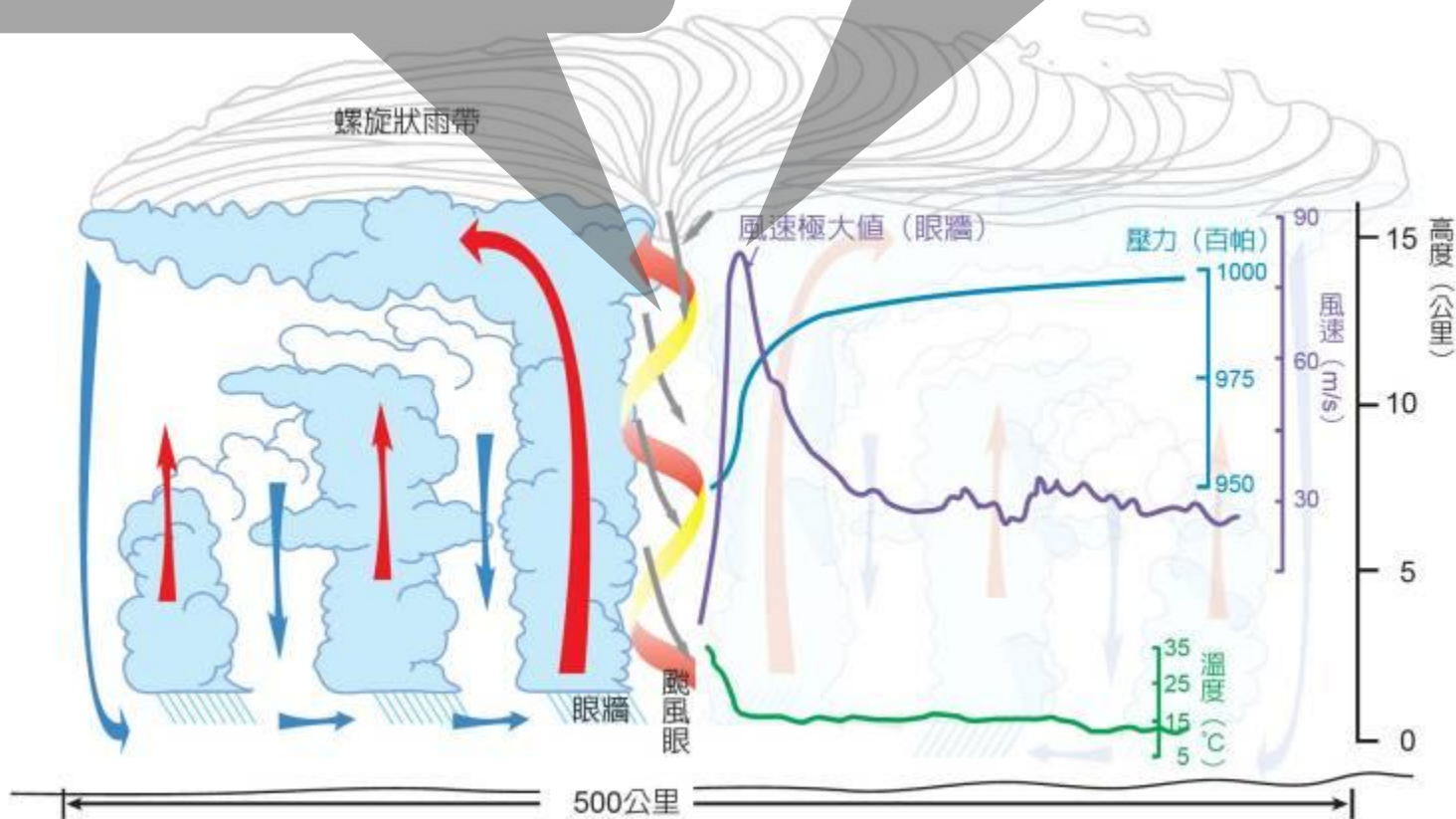
離開



# 颱風的立體結構

颱風眼  
風速微弱，雨量稀少，有微弱  
下沉氣流，氣溫偏高。

眼牆  
高聳的對流雲，上升運動旺盛，  
風速達到最強，雨勢也最大。

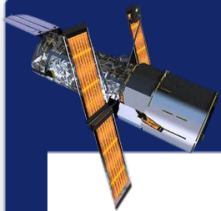


目錄

▲上一頁

▼下一頁

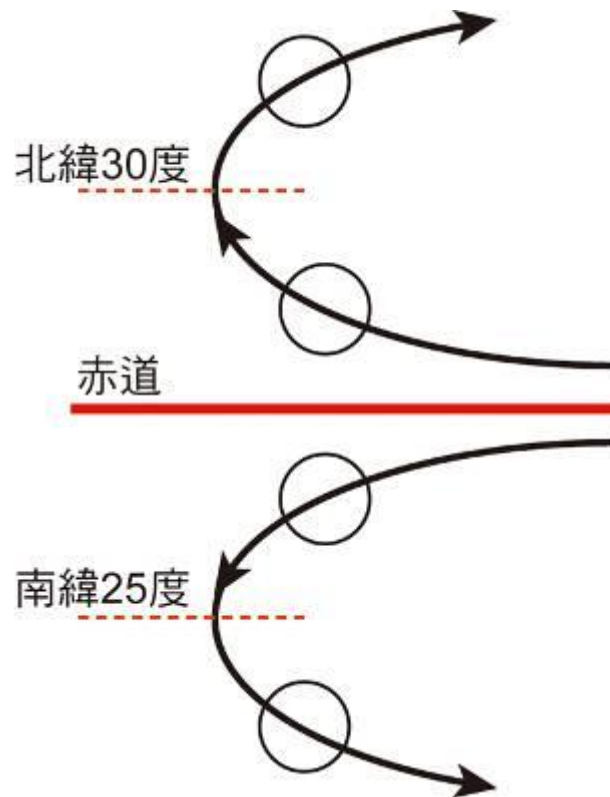
離開



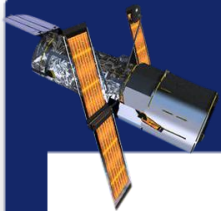
# 影響颱風路徑的原因

## ❖ 熱帶氣旋會受到環境氣流的導引而移動

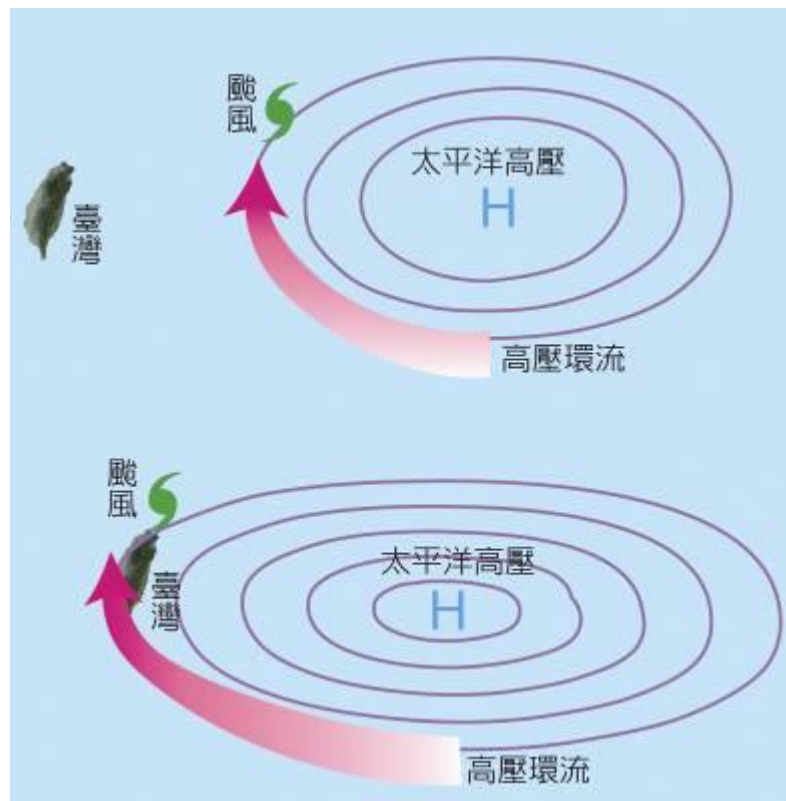
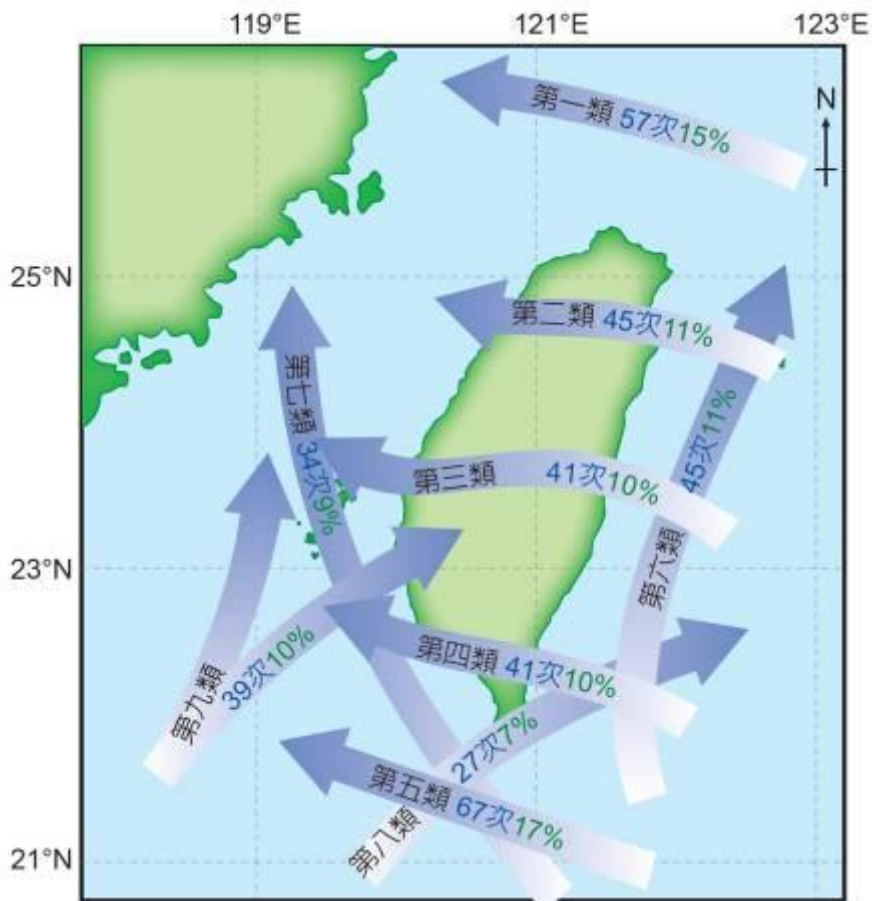
- 在北太平洋生成的颱風，主要受到**太平洋副熱帶高壓環流**所導引。
- 當颱風到達臺灣或菲律賓附近，已在太平洋高壓的西側邊緣，同時可能受到其他中緯度天氣系統的影響，路徑因此變化多端。

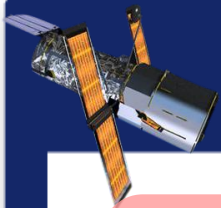






# 侵臺颱風的路徑

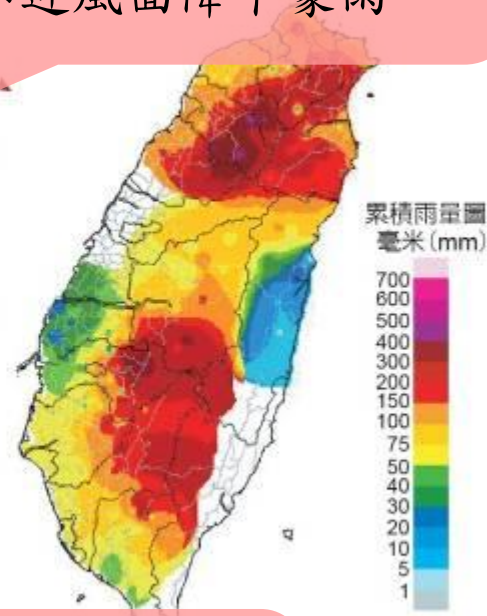
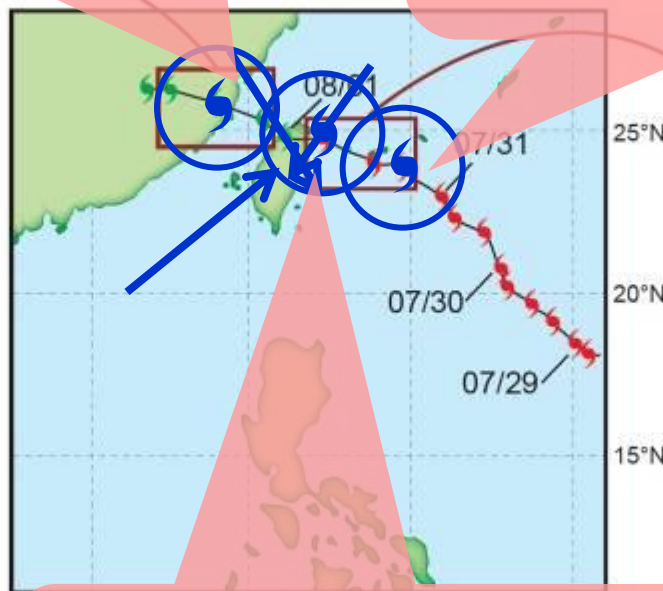
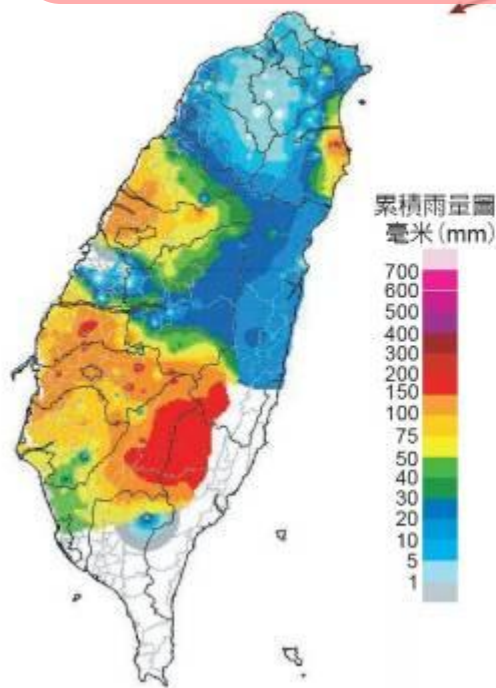




# 西北颱——以1996年的 賀伯颱風為例

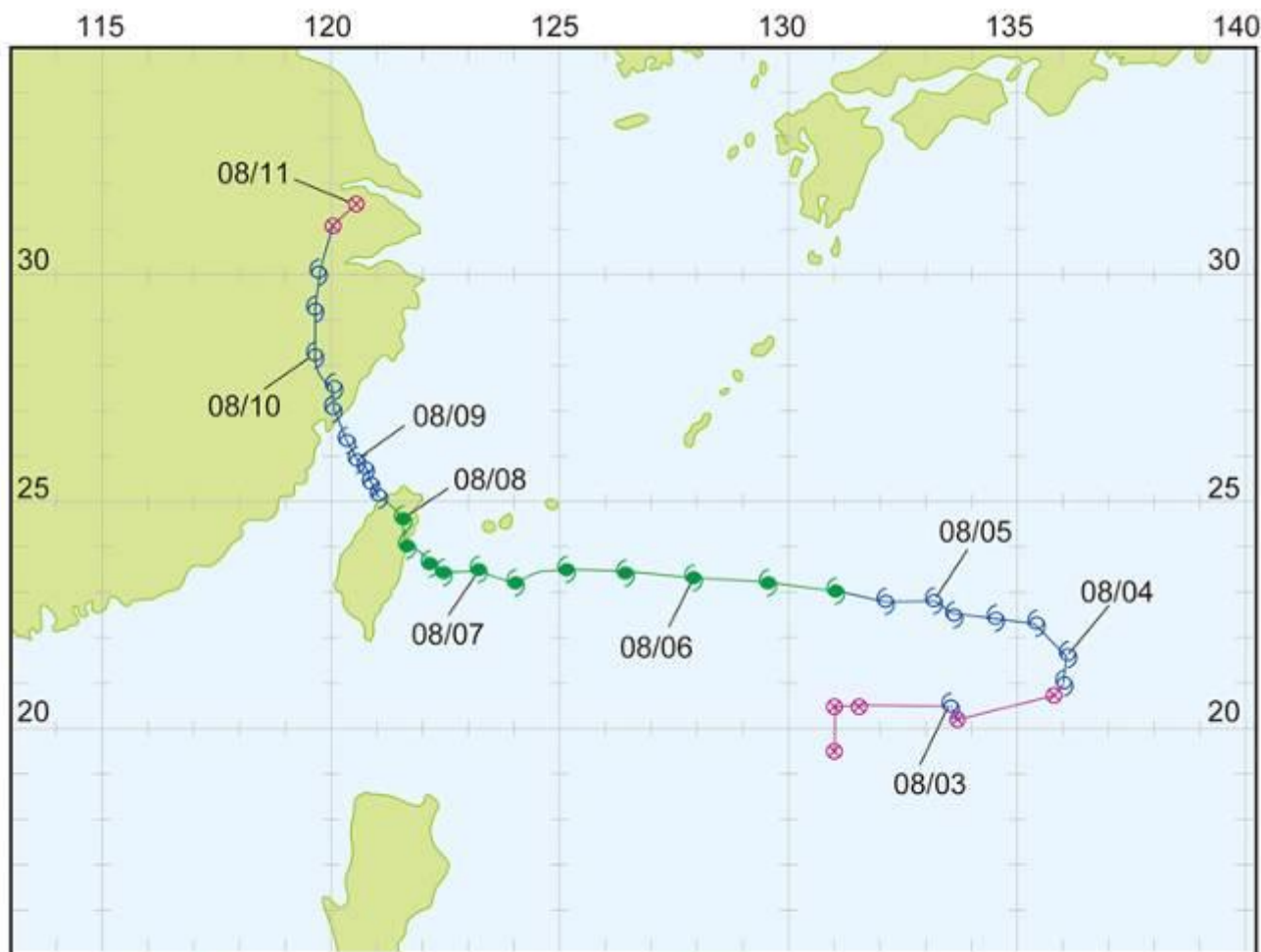
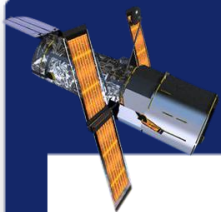
4. 在臺灣西部時，容易引起西南風，使中南部地區降下豪雨，同時背風面的東部發生焚風。

- 1. 颱風未穿過中央山脈，強度難減弱。
- 2. 位於臺灣東部時，引起東北風，東部迎風面降下豪雨。



3. 在臺灣北部時，容易引起西北風，從臺北盆地開口灌入，引起盆地內降下豪雨，且洪水不易宣洩。

# 西南氣流——以2009年的莫拉克颱風為例



- 強烈颱風 ( $V_{max} \geq 51.0\text{m/s}$ )
- 中度颱風 ( $V_{max} : 32.7 \sim 50.9\text{m/s}$ )
- 輕度颱風 ( $V_{max} 17.2 \sim 32.6\text{m/s}$ )
- ◇ 熱帶氣旋 ( $V_{max} < 17.2\text{m/s}$ )

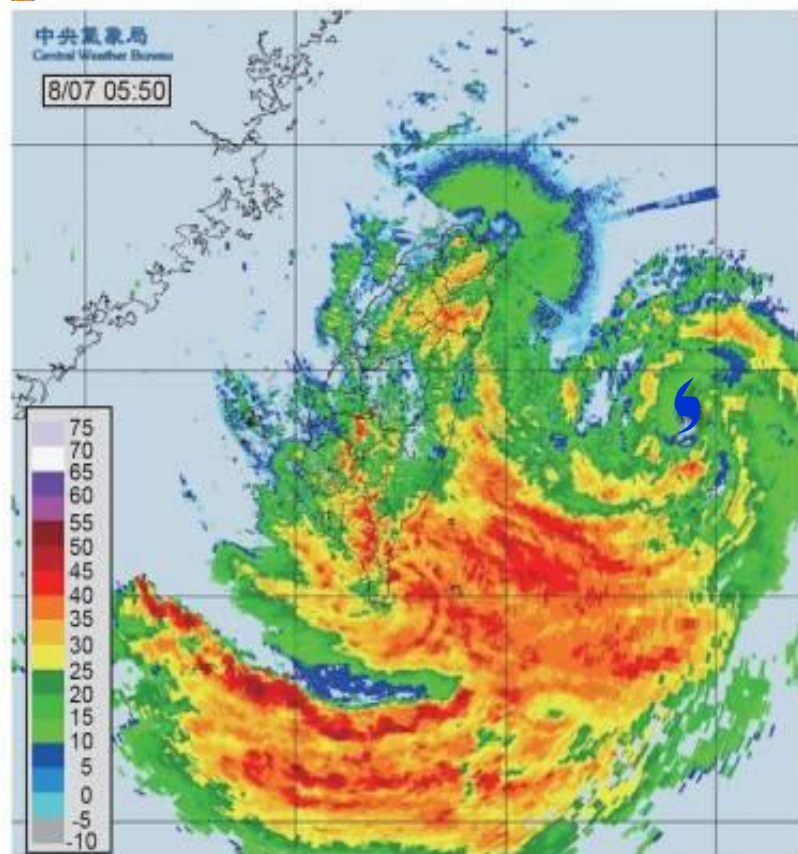
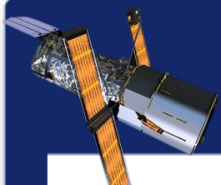
目錄

▲ 上一頁

▼ 下一頁

離開

# 西南氣流——以2009年的莫拉克颱風為例



8/06 18:00至8/09 18:00

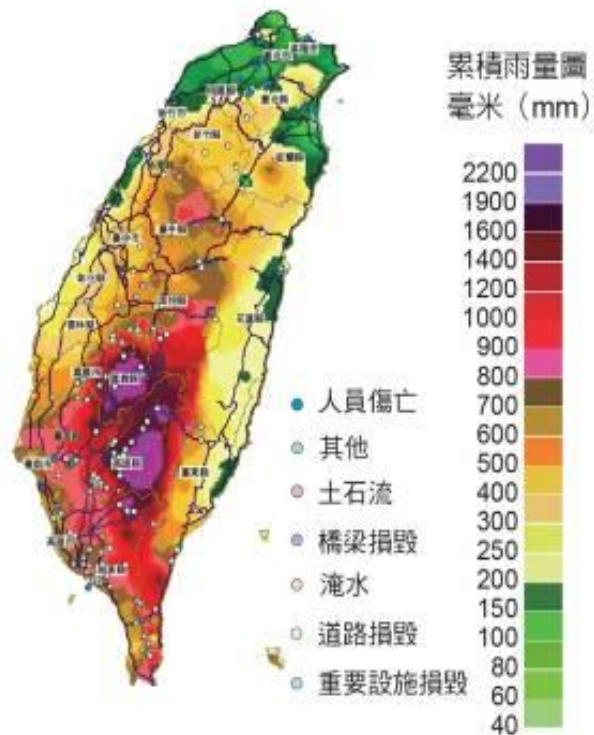
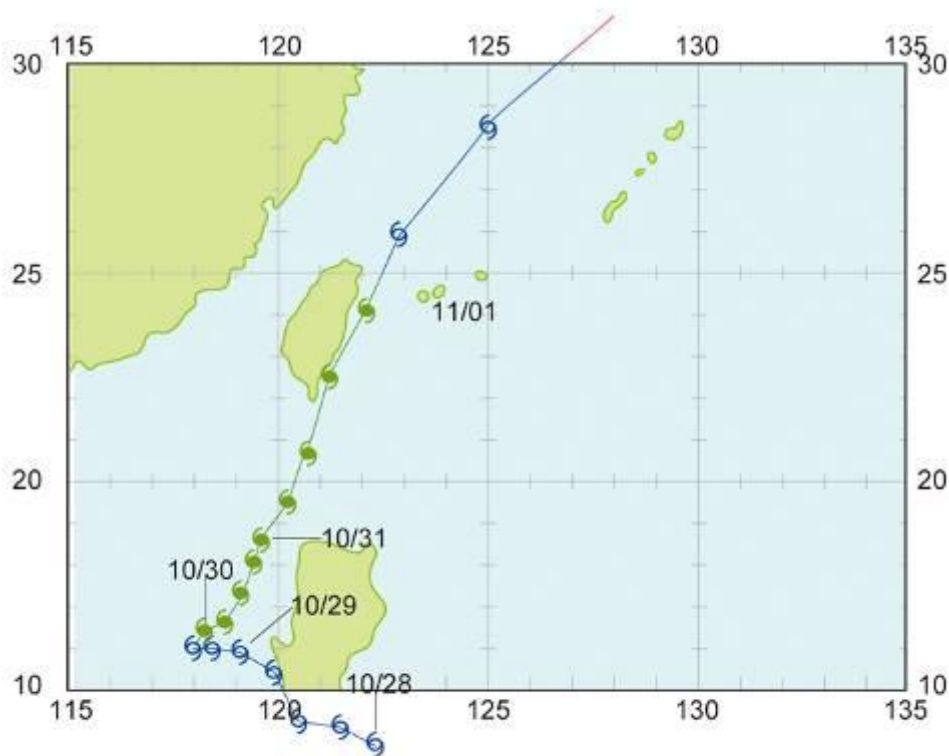
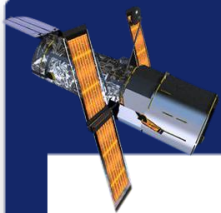


圖 7-6 2009 年莫拉克颱風侵臺，颱風外圍環流與夏季季風槽內的西南氣流結合，導致季風水氣大量提供給颱風發展，颱風環流、西南氣流與臺灣地形共同影響，使得南臺灣降下超大豪雨，累積雨量居然超過 2,000 毫米（臺灣全區年平均雨量是 2,500 毫米），造成巨大的洪水，淹沒平原，更引發土石流，掩埋山區部落，造成慘重災情。左圖為雷達回波圖，不同顏色表示回波的強弱與降水大小有關，右圖是全臺累積 72 小時的雨量分布圖。

# 共伴效應——以2000年的象神颱風為例



● 中度颱風 ( $V_{\max}$  : 32.7~50.9m/s)  
○ 輕度颱風 ( $V_{\max}$  17.2~32.6m/s)



GMS5 紅外線雲圖 10/31 00:00

目錄

▲ 上一頁

▼ 下一頁

離開

# 共伴效應——以2000年的象神颱風為例

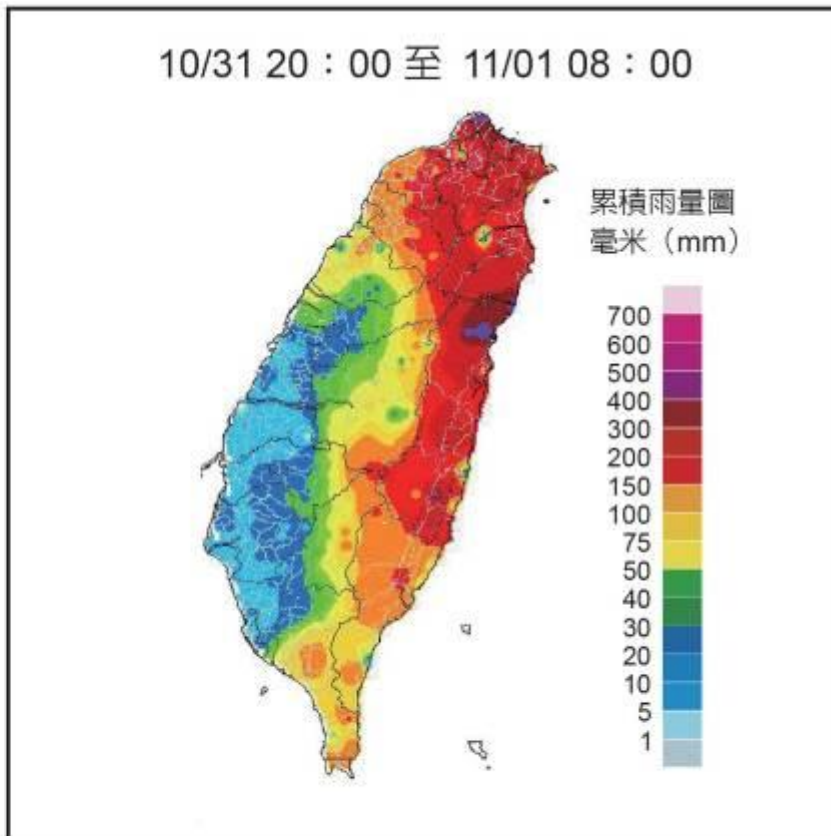
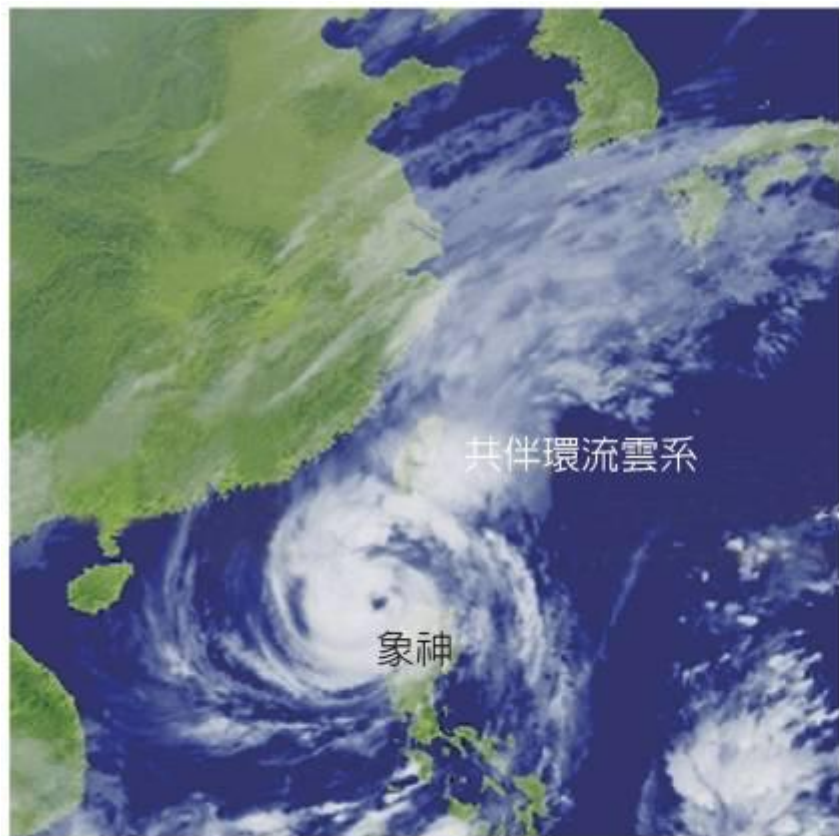
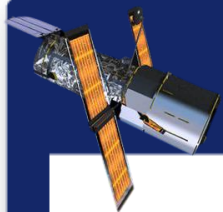


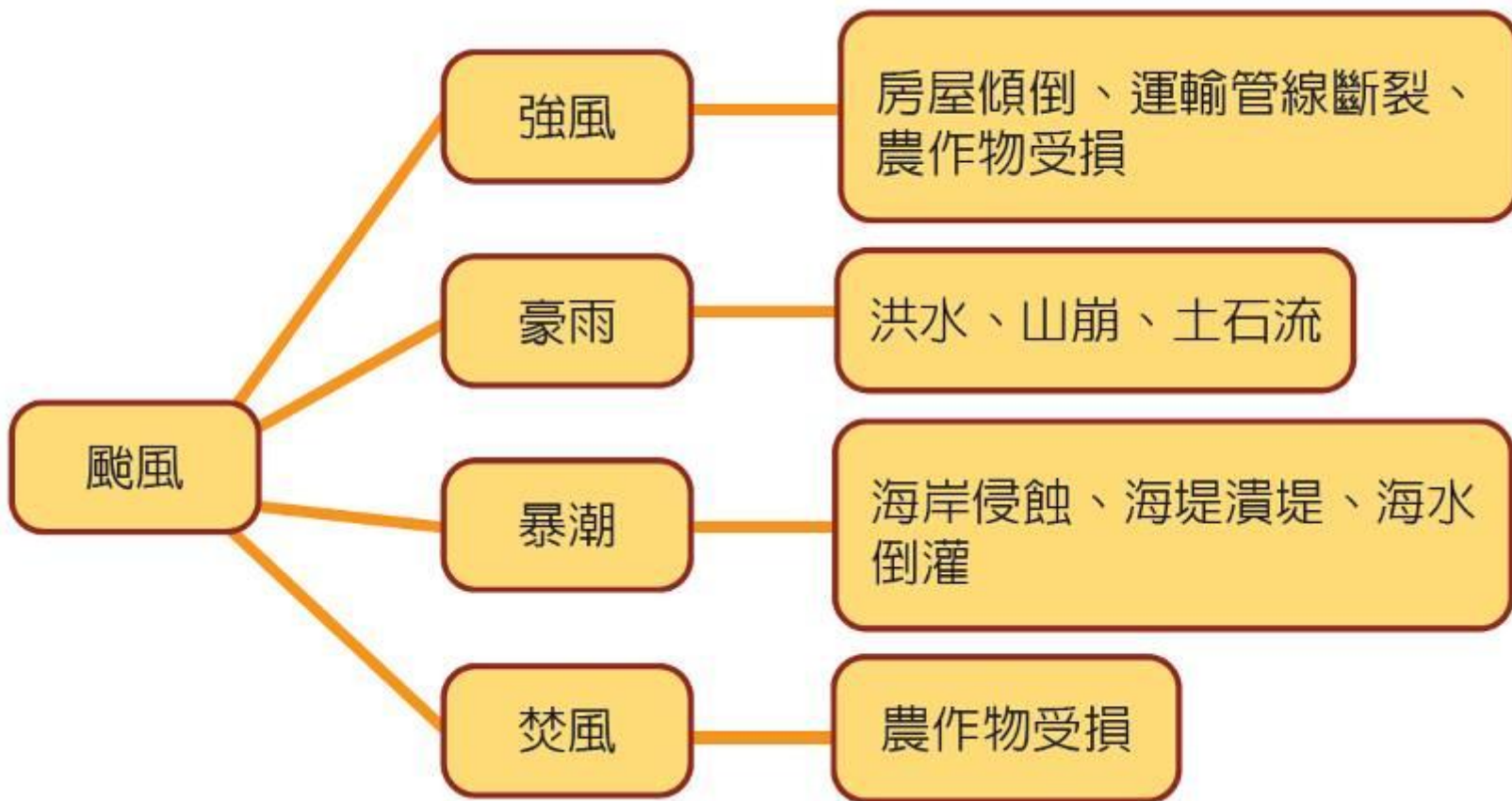
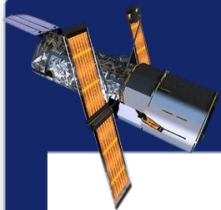
圖 7-7 2000 年象神颱風與東北季風的共伴雲系，因氣流受山脈抬升，造成臺灣北部和東部降下豪雨。左圖為紅外線衛星雲圖，右圖是全臺累積 12 小時的雨量分布圖。

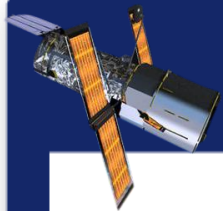
目錄

▲上一頁

▼下一頁

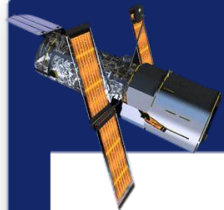
離開





- ❖ 地質較不穩定，山崩土石流容易發生處，應遵循規劃好的逃生路徑及庇護所，在足夠的時間內撤離。
- ❖ 河川附近，需要特別注意堤防或橋梁等危險地區，隨時防備河岸沖毀的危險。
- ❖ 都會或低窪排水不易地區，須注意淹水造成的災害。
- ❖ 靠近海岸的地區，須小心大浪及可能發生海水倒灌的情形。



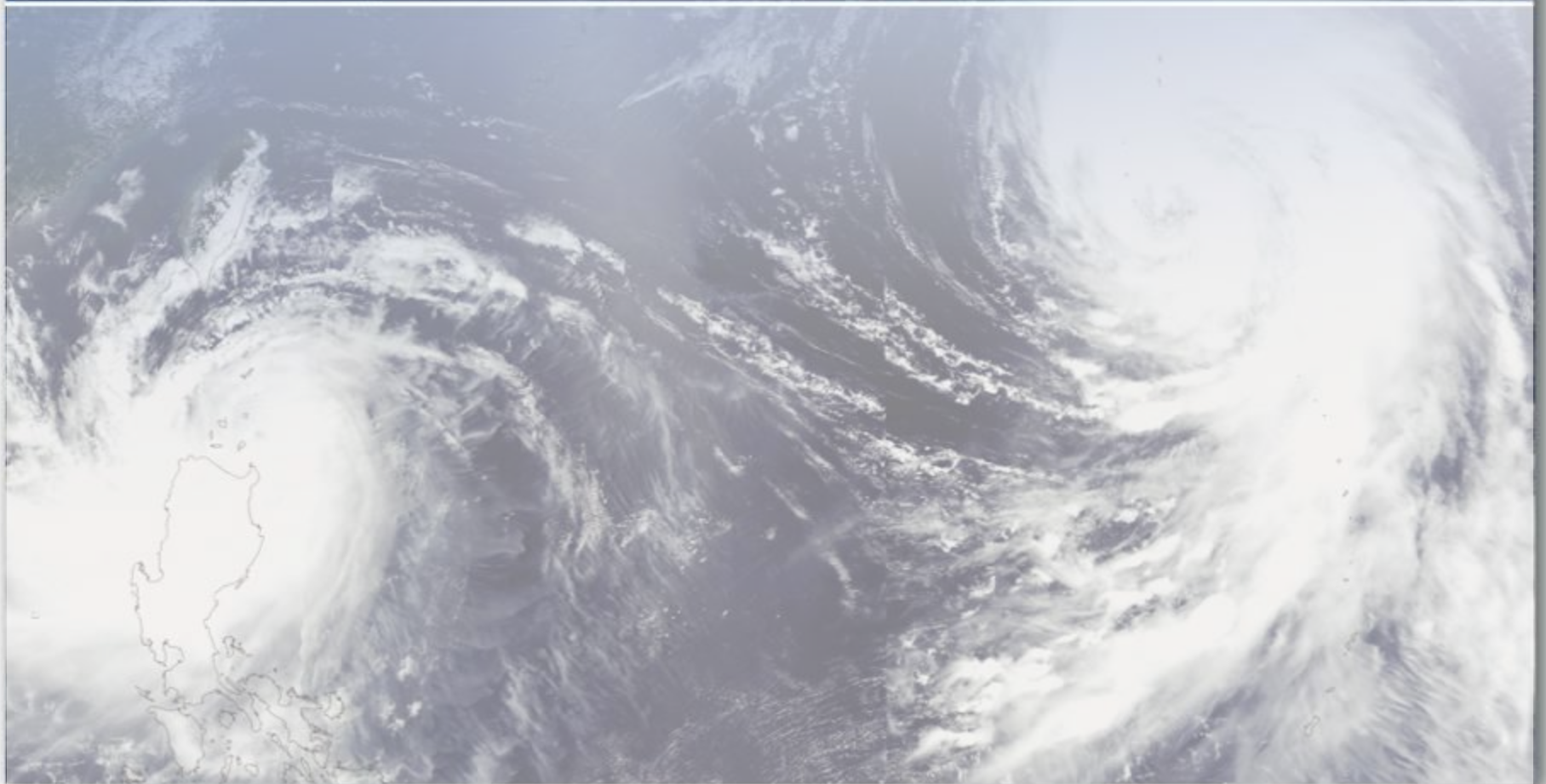


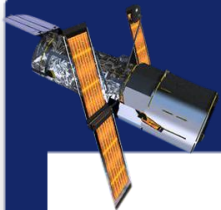
# 堤防或橋梁等地區 應隨時防備河岸被沖毀的危險



圖 7-9 2009 年，莫拉克颱風摧毀高雄甲仙鄉的牽手橋。(a) 未被摧毀前，(b) 摧毀後。

# 7-2 洪水





❖ 2005年8月29日，卡崔娜颶風（Katrina）襲擊紐奧良，豪雨使堤防潰堤，造成嚴重淹水。此照片攝於2005.9.11。

- <http://www.photolib.noaa.gov/htmls/wea02628.htm>

- ❖ 民國38年至79年的年平均降雨量達2,515毫米，惟降雨量時空分布極不均勻。
- ❖ 約78%的雨量集中於每年5月至9月間的豐水期，枯水期則常有缺水窘境。

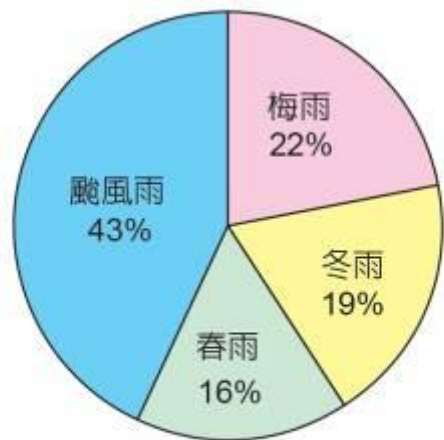
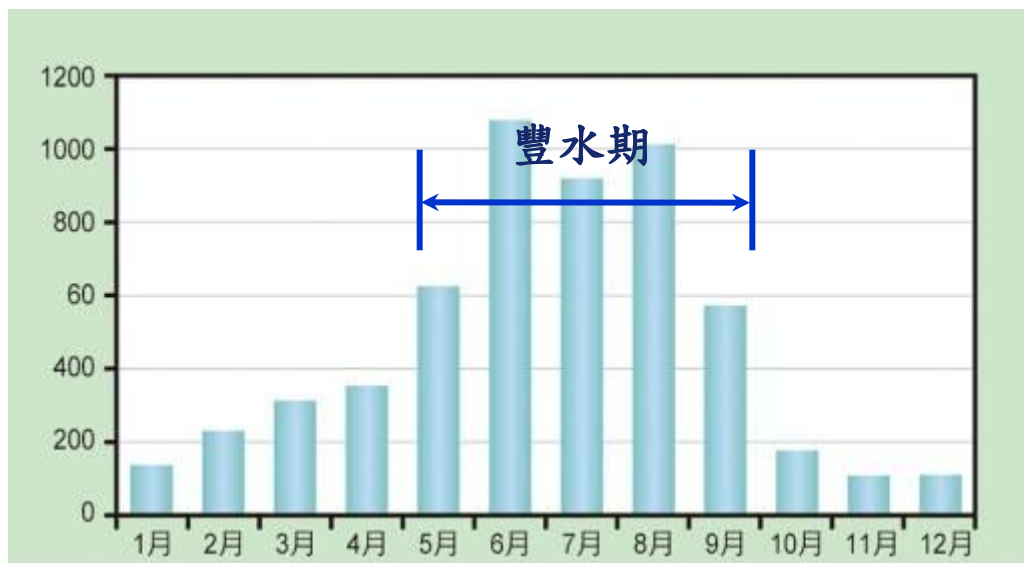
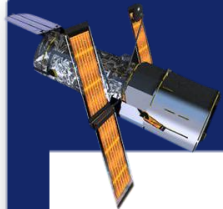
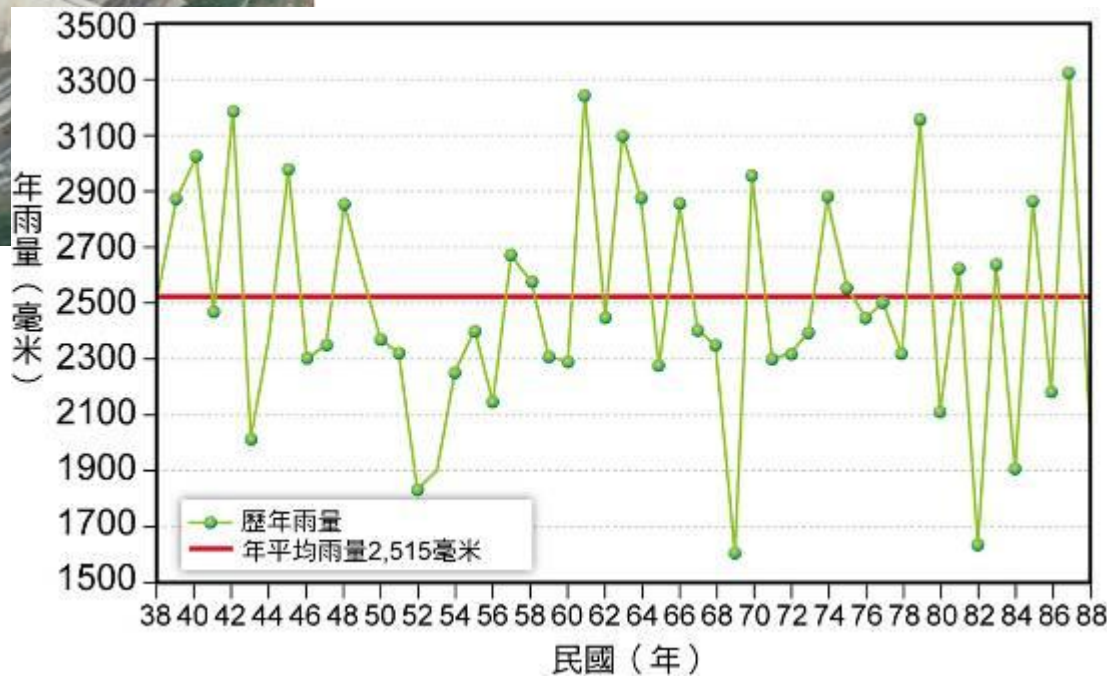


圖 7-10 臺灣地區不同季節的雨量比例，其中颱風雨包括颱風和雷陣雨。





# 臺灣地區歷年的年降雨量變化

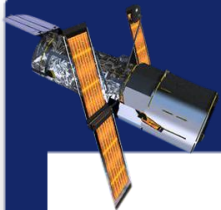


目錄

▲上一頁

▼下一頁

離開



## ❖ 南部區域的豐、枯水期逕流量比例高達10比1

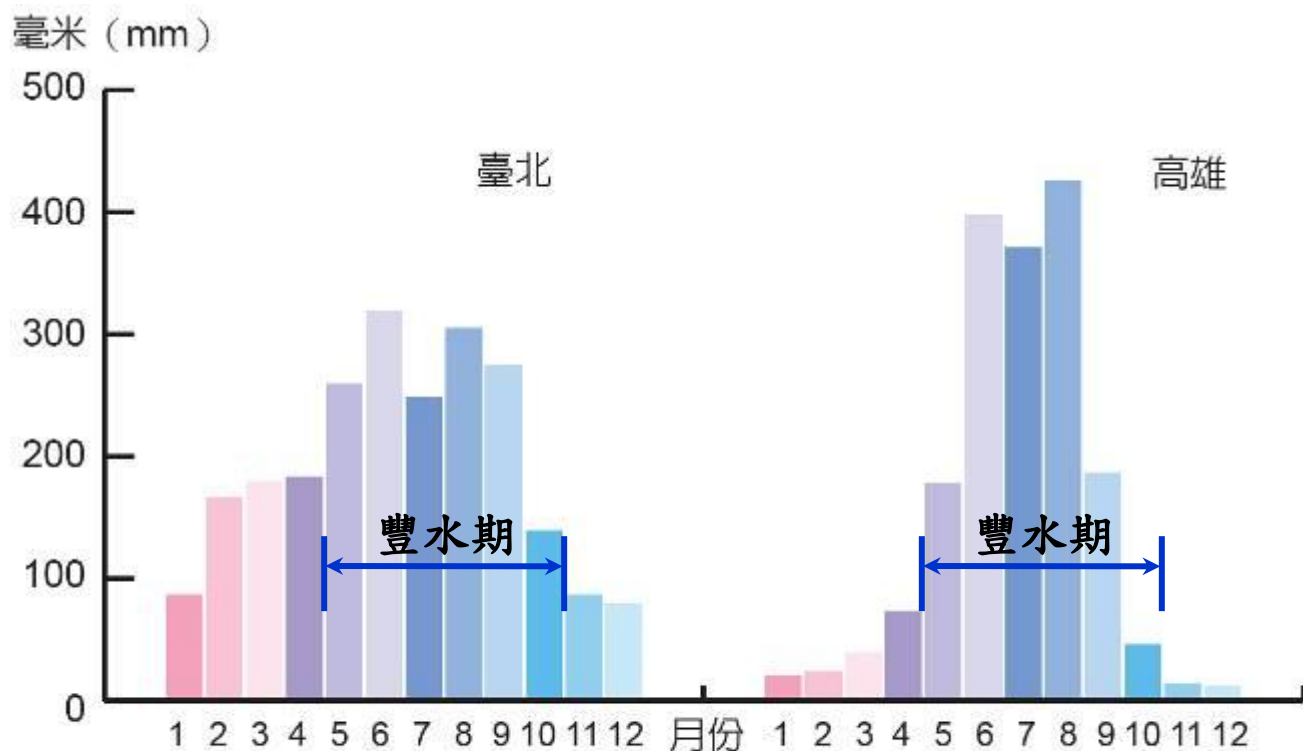
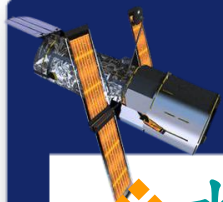


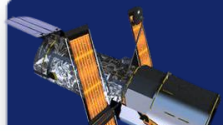
圖 7-12 1971 年～2000 年，臺北與高雄的月平均降雨量統計。高雄的降雨集中在春夏兩季，且該月份降雨強度常較臺北大。



- ❖ 水量在短時間內大量增加，原有的排水系統不足以容納，即溢流而出，氾濫成災。
- ❖ 水量暴增的原因包括
  - 豪雨、高山雪融、暴潮、海嘯以及上游水庫的洩洪、潰壩等。

## 臺灣發生洪水的因素

- ❖ 降水集中、總雨量驚人。
- ❖ 河道陡急、水流移動快速，無法蓄積大量水量。
- ❖ 上游集水區地質脆弱，山地開墾水土保持不佳，表土沖蝕量明顯，洪水挾帶大量泥沙往河川下游快速移動，造成河道及水庫淤積。



# 納莉颱風造成臺北市淹水

目錄

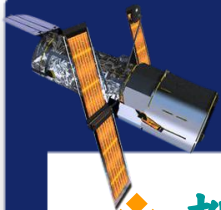
▲上一頁

▼下一頁

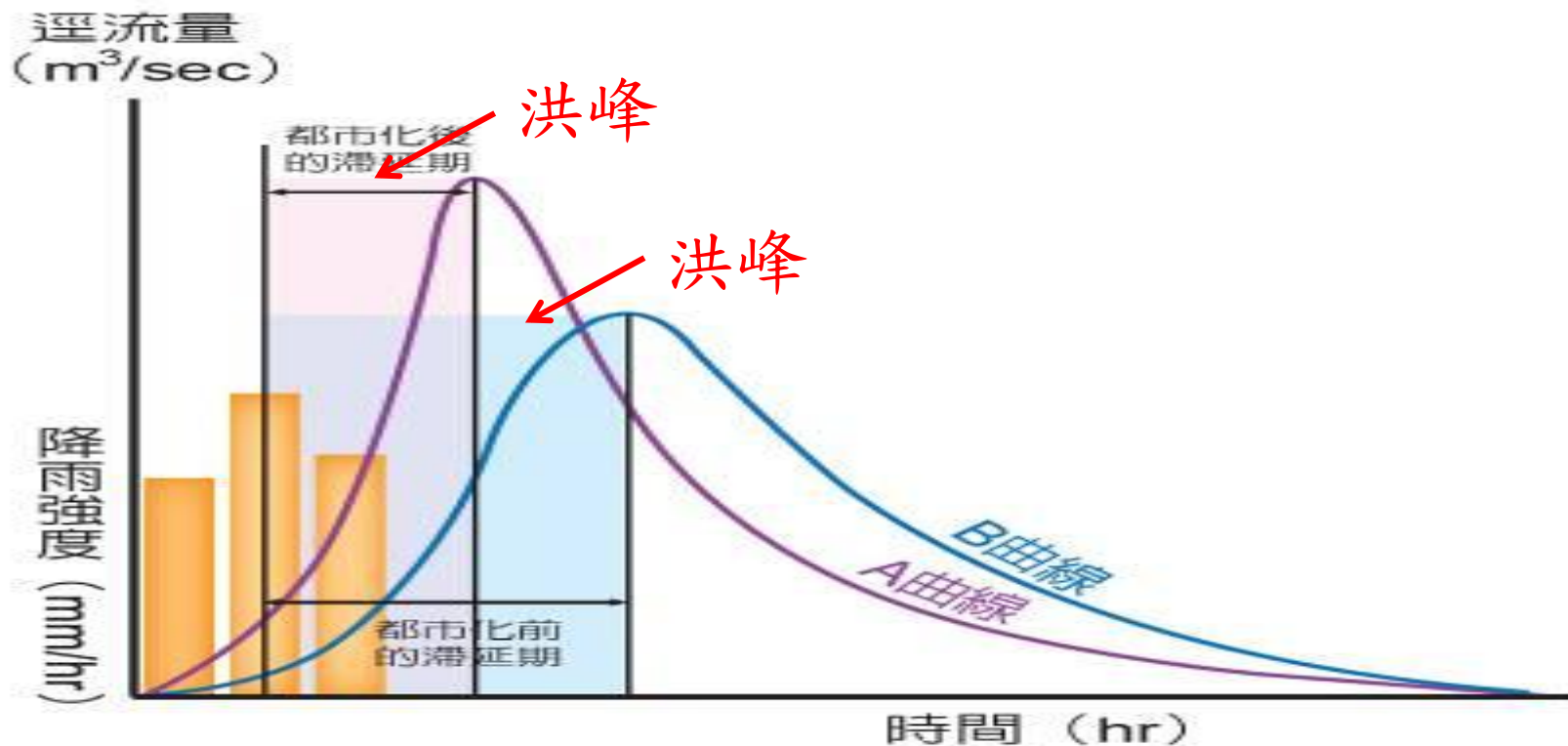
離開

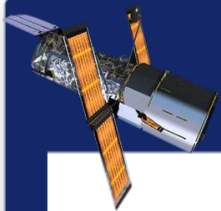






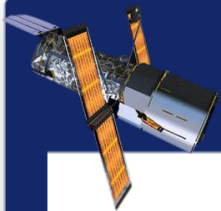
- ❖ 都市化使綠地消失，降雨無法入滲到地下，也是使地面逕流量增加的重要因素。
- ❖ 都市化使洪峰發生時間縮短、洪峰流量增加。
- ❖ 與水爭地，使溼地、窪地失去防洪排水的功能。





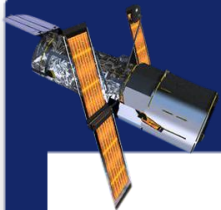
- ❖ 河流侵蝕，地基被破壞，使河岸房屋倒塌。
- ❖ 2009年的八八水災中，知本的金帥飯店因路基被掏空而倒入知本溪。





- ❖ 河流侵蝕，河流直接沖擊橋墩帶走河床上的砂石，使橋墩裸露，影響橋梁安全。
- ❖ 2000年碧利斯颱風侵臺，致使影響橋梁安全。高屏溪溪水暴漲，沖毀了高屏大橋橋墩，造成橋面塌陷。

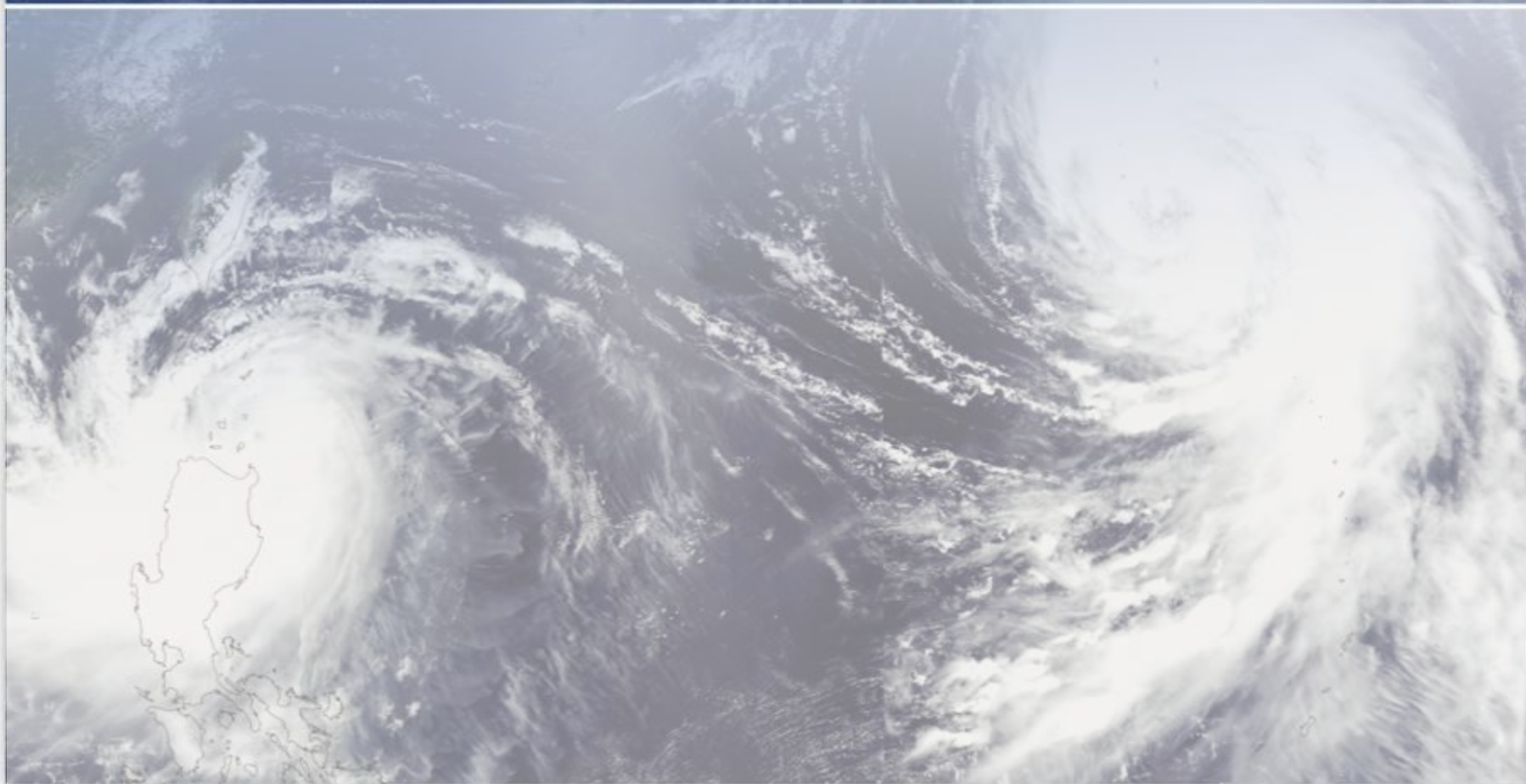


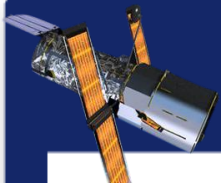


- ❖ 綜合治水：結合工程手段及土地管理，更納入環境及生態保護，達到全方位治水。
  - 工程處理包括：
    - 上游的土地保育、水庫蓄洪。
    - 中游的河川疏浚、分洪設置。
    - 下游的堤防束洪及抽水排洪。
  - 洪災管理：
    - 長期推動洪水平原管理，合理經營河川地等洪氾區。
    - 短期則注重洪災預警，並建立有效率的防救災應變措施。

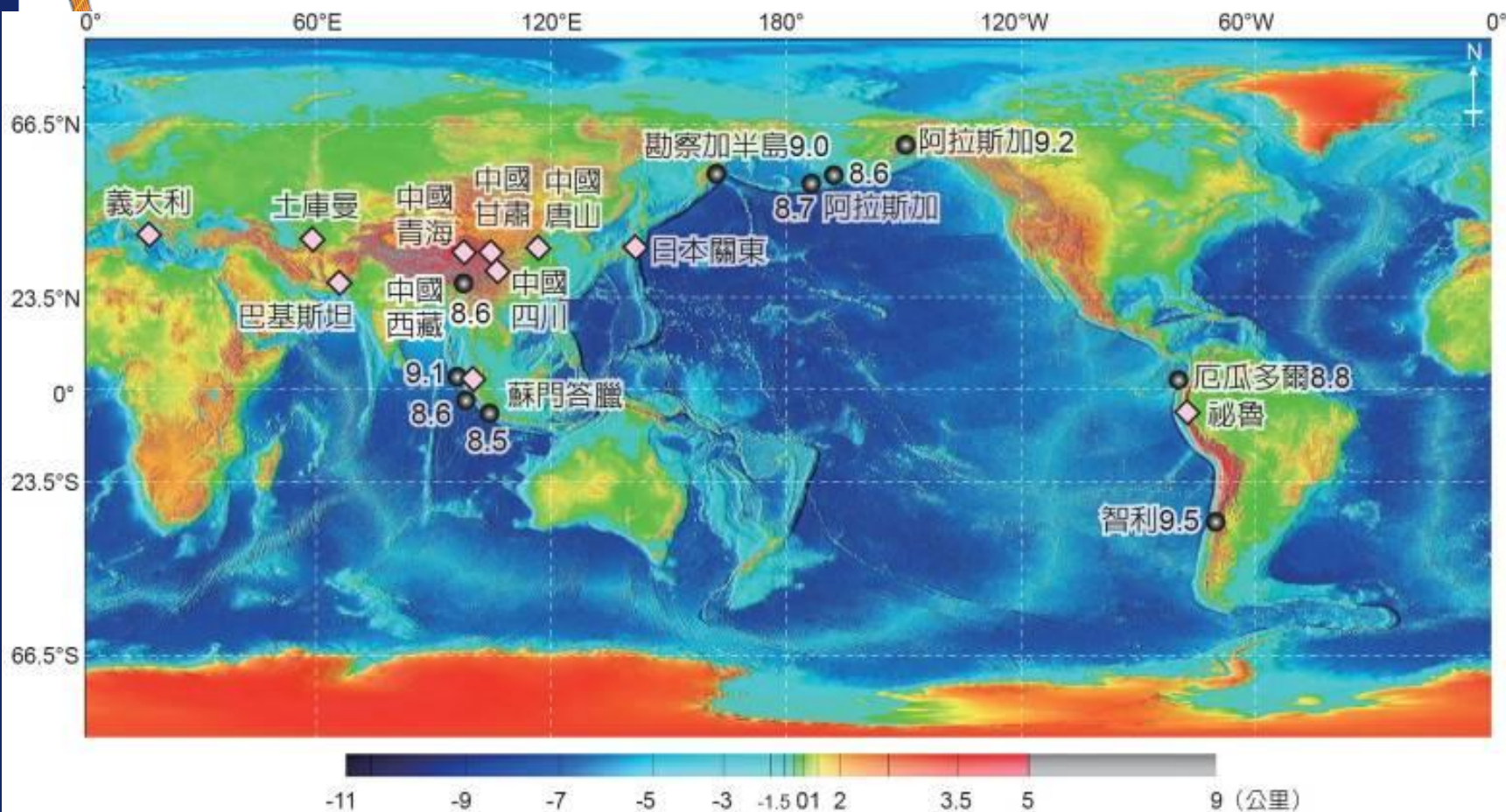
7-3

# 地震災害





# 近百年十大地震 與十大災害地震的分布



● 十大地震：規模大於8.0的大地震常發生在環太平洋地震帶。

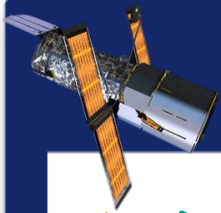
◆ 十大災害地震：巨大災害地震常位於歐亞地震帶，特別是中國大陸。

目錄

▲ 上一頁

▼ 下一頁

離開



## ❖ 直接災害

- 震波衝擊、土壤液化、地面斷裂、山崩地陷與海嘯。

## ❖ 間接災害

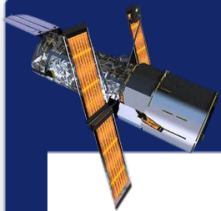
- 火災、水災。

## ❖ 海嘯發生主要是

- 在海底發生規模7.5 以上的淺源地震，鼓起海水；
- 海底火山爆發；
- 大規模的海底山崩。

(1990 年以後的統計資料)

規模	每年次數	每年能量 ( $10^{15}$ J)
> 8.0	1	100
7.0~7.9	17	190
6.0~6.9	134	45
5.0~5.9	1319	14
4.0~4.9	13,000	4
3.0~3.9	130,000	1
2.0~2.9	13,000,000	0.4



## ❖ 海嘯發生時會引起長週期水波

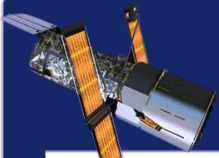
- 波高在數十公分至數公尺之間；
- 波長500～650公里；
- 以約500～1000公里／時的波速向四周傳播。

❖ 當長波抵達海岸時，會因為海床變淺，使海水向陸地方向湧高數公尺到數十公尺，造成破壞。

❖ 臺灣較確實的海嘯記載為1867年基隆外海地震（規模7.0，極可能與金山斷層延伸入海有關）所引起的海嘯。

❖ 由海岸沖積層開挖研究，世界級海嘯約500年一次，是跟地震相關的超大天然災害。





- ❖ 2004年12月26日印尼蘇門答臘外海的巽他海溝（印度洋板塊隱沒於緬甸板塊之下）
- ❖ 規模 9.1 的大地震；震源深度 30 公里
- ❖ 引發 1,200 公里長的大斷裂，鼓起數公尺高的海水，造成南亞大海嘯，淹沒大範圍的海岸，造成超過 28 萬人死亡。

2004 Sumatra Earthquake 000 min

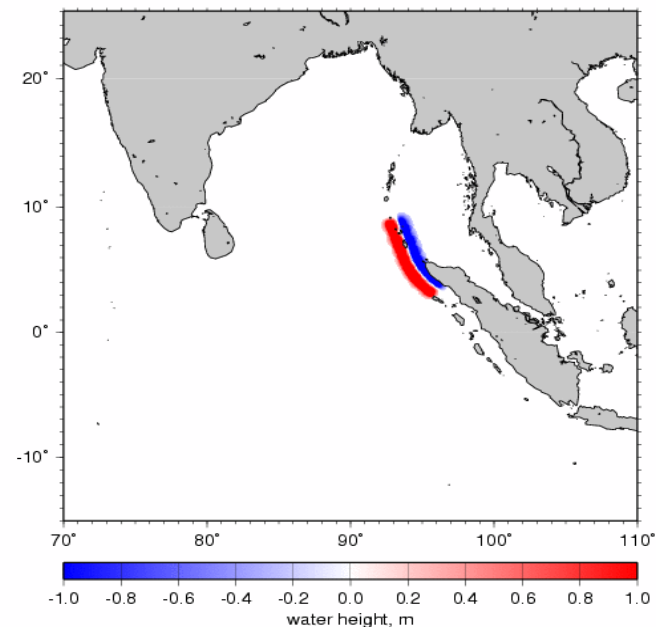
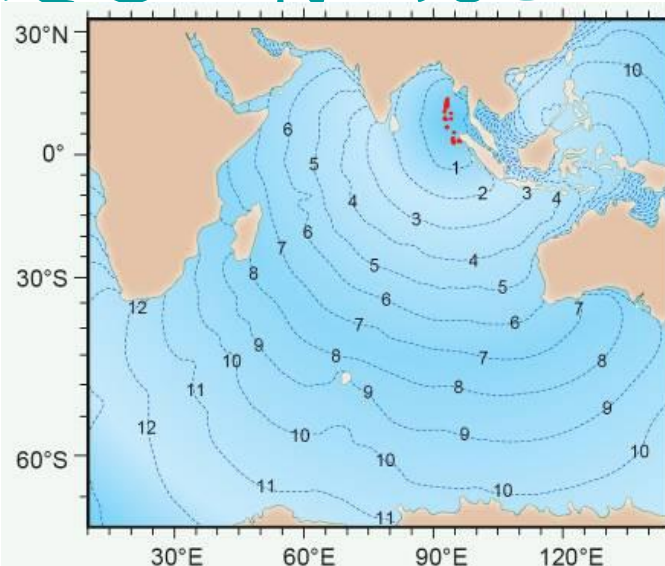
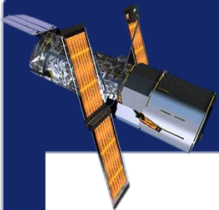


圖 7-30 2004 年南亞海嘯在印度洋傳播的情形，圖上曲線代表等時線（單位：小時）。



按此觀看動畫

日本311海嘯

目錄

▲上一頁

▼下一頁

離開



圖 7-31 斯里蘭卡 Kalutara 海岸在南亞海嘯發生前後的變化。(a)2004 年 1 月海嘯發生前，(b)2004 年 12 月 26 日海嘯發生時，波谷先到達，海水後退約 400 公尺。



圖 7-32 印尼亞齊市遭受南亞海嘯嚴重侵襲破壞的 (a) 前 (b) 後情形。

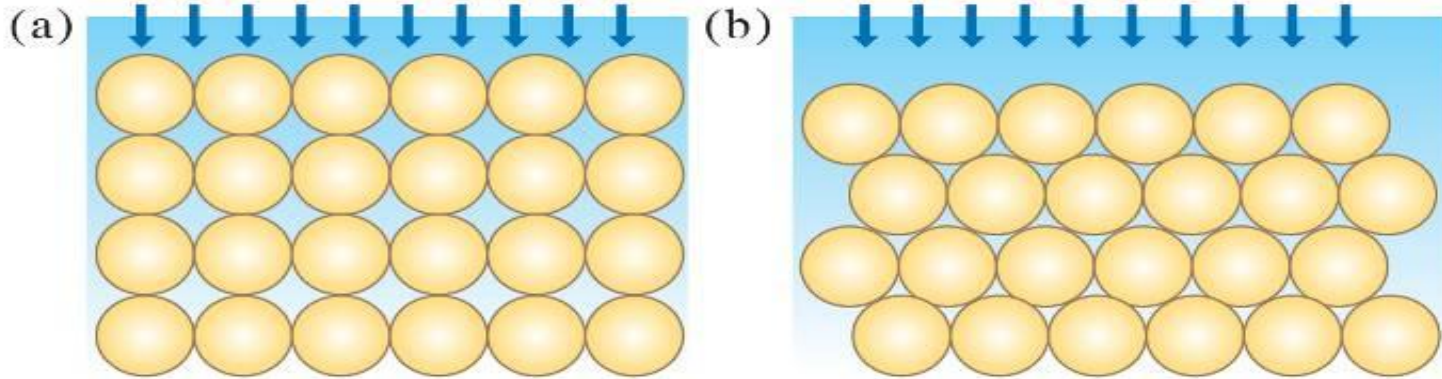
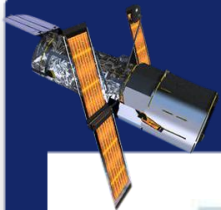


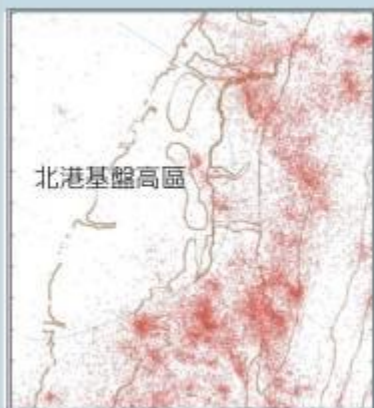
圖 7-18 土壤液化示意圖。(a) 土壤液化發生在含飽和地下水的砂土地區，地震前地下水填滿沙粒間的空隙。地震搖晃使砂土層變形，上下層的沙粒彼此脫離，並漂浮在地下水中，攪和在一起形成像泥漿一樣的狀態。(b) 重力持續下壓，沙粒重新緊密排列，地下水受壓不得不找尋縫隙逃逸，形成地下水夾帶砂土噴出地表的噴砂現象。



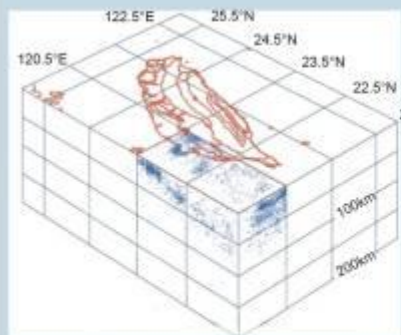
圖 7-19 集集地震在臺中港發生土壤液化、警衛亭傾倒（紅圈）。



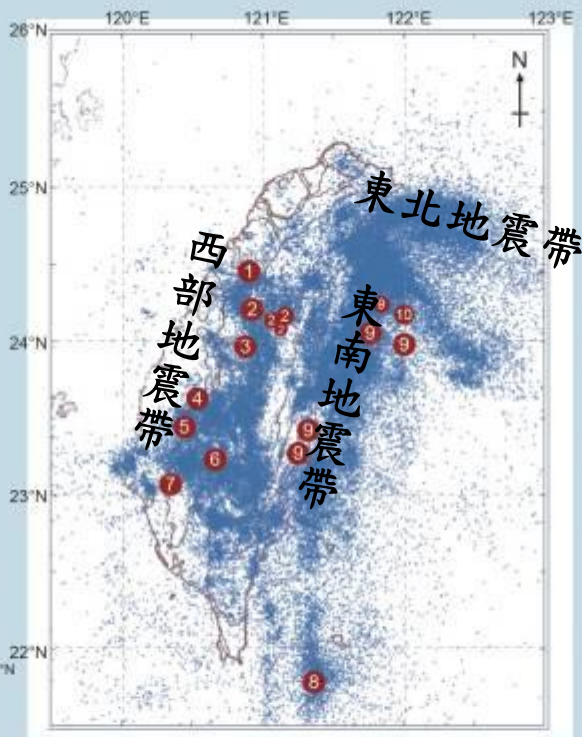
# 臺灣的地震災害



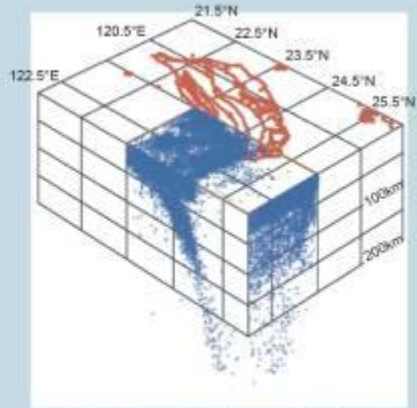
西部地震帶：沿北港基盤高區外緣，呈半圓弧狀分布。



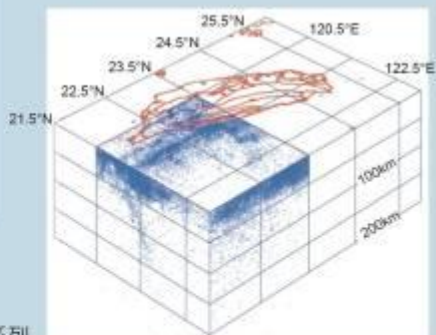
西南地區：屬於西部地震帶的一部分，地震分布向北沿著北港基盤高區。



- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| ① 1935年新竹－臺中地震 | ⑥ 1964年白河地震     |
| ② 1916年南投地震系列  | ⑦ 1946年新化地震     |
| ③ 1999年集集地震    | ⑧ 1959年恆春地震     |
| ④ 1906年梅山地震    | ⑨ 1951年花東縱谷地震系列 |
| ⑤ 1941年中埔地震    | ⑩ 1986年花蓮地震     |



東北地震帶：菲律賓海板塊沿北偏東10°走向，傾角45°向下隱沒至300公里深。



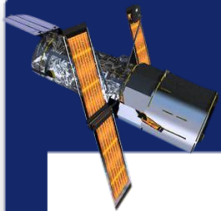
東南地震帶：歐亞板塊的南中國海盆向東隱沒，菲律賓海板塊則攜帶海岸山脈朝西北衝上。

目錄

▲上一頁

▼下一頁

離開



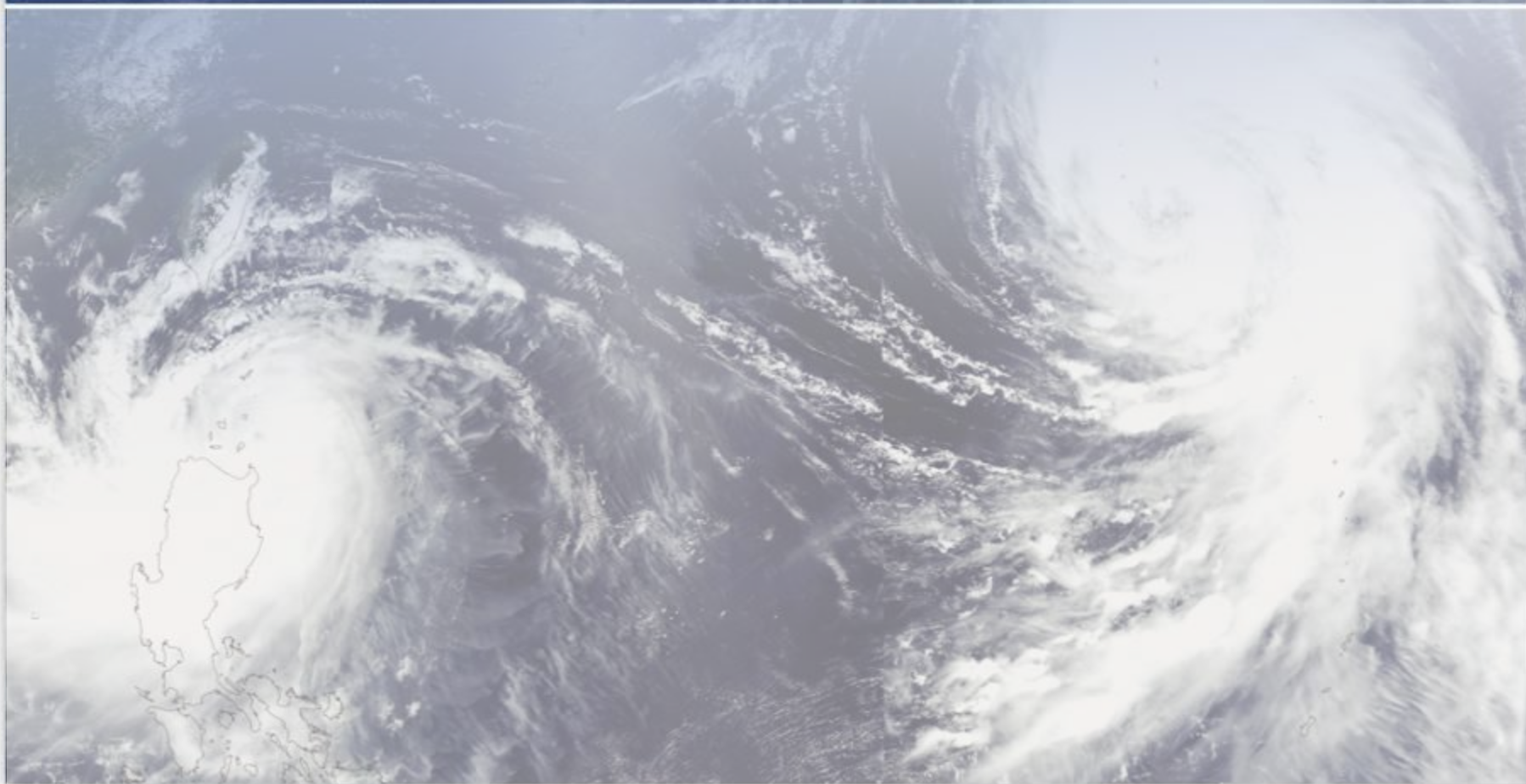
❖ 根據中央地質調查所的定義，過去10萬年以來曾經活動過，未來可能再度活動的斷層，稱為活動斷層。

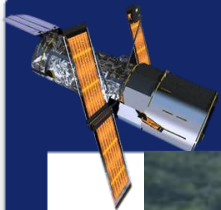
◎ 圖 7-21 臺灣近百年四大災情最嚴重的地震。  
(a)1906 年梅山地震觸發梅山斷層，並造成地面裂開，(b)1935 年新竹-臺中地震觸發獅潭及屯子腳斷層，造成舊山線鐵路損壞，即為現今三義的龍騰斷橋，  
(c)1964 年白河地震，使得關子嶺溫泉湧出口改道，另造成新的湧出口，(d)1999 年集集地震觸發車籠埔斷層，造成地面隆起、房屋損壞。



7-4

# 山崩與土石流





# 山崩與土石流



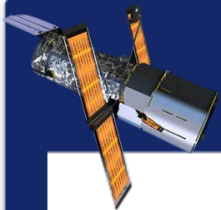
2010年4月25日下午3點多，國道三號南下3.1公里、瑪東系統交流道附近，突然發生大量土石崩落，估計約20萬公噸重、五六層樓高的土方，掩蓋國道三號約200公尺。

目錄

▲上一頁

▼下一頁

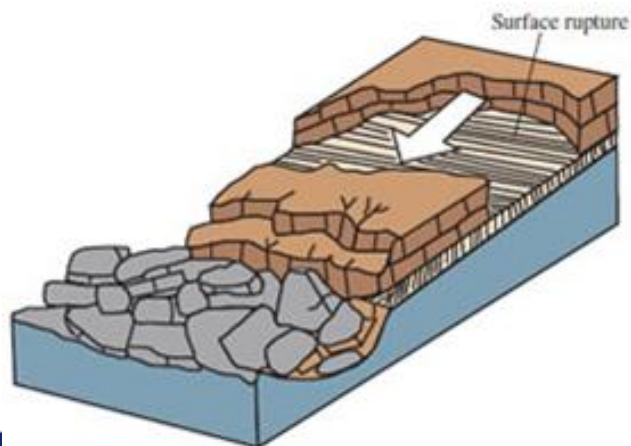
離開



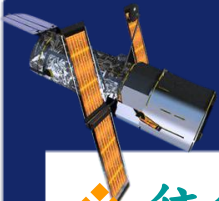
❖ 土壤或岩石受**重力**向下移動的現象，稱為**山崩**。

## 山崩的滑動

❖ 1997年，溫妮颱風的豪雨，誘發岩層滑動，造成汐止林肯大郡的房屋傾倒。







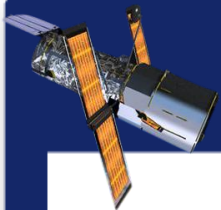
# 1997年汐止的林肯大郡

- ❖ 往往發生於砂頁岩互層的岩層，岩層沿著頁岩層滑動。
- ❖ 滑動的岩塊因體積龐大，加上移動速度快、衝擊力量大，常造成極大的災害。



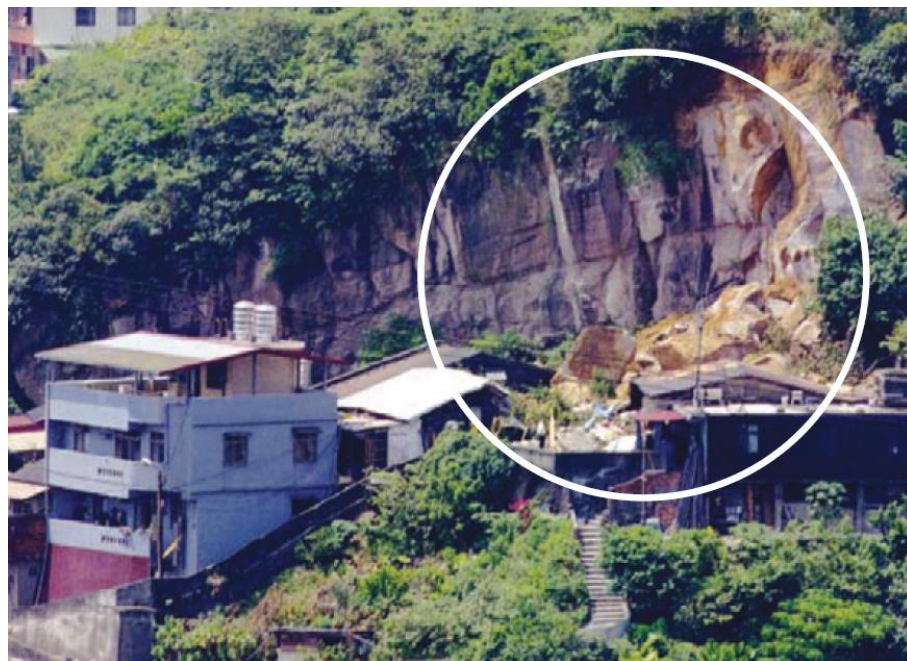
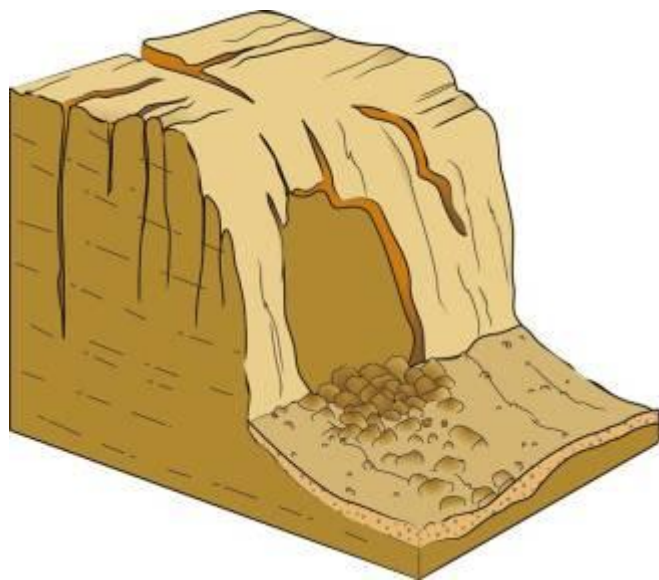
5 颶風來襲帶來豪雨，堆土增後的壓力大增，地層開始滑動，可能由底下的滑動面先行滑動，衝入房屋地下室內，帶動上方地層滑動，衝破堆土牆，撞擊在公寓的一、二樓上，使樑柱折斷，上方樓層下壓傾斜，造成嚴重傷亡。

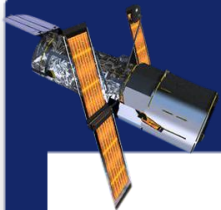
繪圖/王其偉



# 山崩的墜落（落石）

- ❖ 在陡峭的山壁上，鬆動的石塊可能因重力的作用，快速崩落，形成落石。





## ❖ 高強度、長時間的降雨

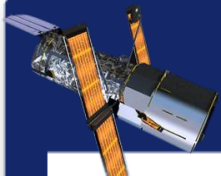
- 地表逕流以及滲入地底的地下水，使岩層的層面富含水分，岩層內部因摩擦力減少，因而增加山崩和土石流的機會。
- 水會增加土體的重量。

## ❖ 斷層密布、岩層富含破裂面或破裂帶，加上侵蝕作用快速，容易促成山崩的發生。

## ❖ 地震

## ❖ 人為的不當開發

- 挖掉坡角。
- 增加坡頂重量。
- 減少植被，水土保持不良。



# 地震誘發山崩



❖ 2001年，薩爾瓦多發生一場地震誘發山崩，並摧毀城鎮的一部分。



## 921地震前後的衛星影像



## 汶川地震形成的堰塞湖

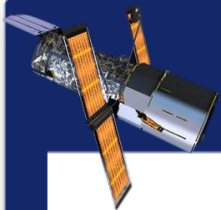


目錄

▲上一頁

▼下一頁

離開



目錄

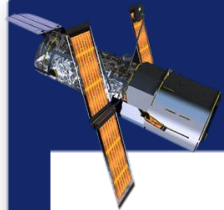
▲上一頁

▼下一頁

離開

## ❖ 草嶺地區歷次的山崩概況

山崩時間	滑動體積	天然壩壩高	堰塞湖潰堤時間	山崩誘因
1862.06.06	?	不詳	1898	地震 (規模估計6~7)
1941.12.17	>100,000,000	70公尺	1951.05.18	地震 (規模7.1)
1942.08.10	>150,000,000	170公尺		豪雨
1979.08.15	>5,000,000	90公尺	1979.08.24	颱風豪雨
1999.09.21	>120,000,000	50公尺		地震 (規模7.3)



- ❖ 基於地質條件與氣象條件的地域性，山崩常具原地復發性。
- ❖ 曾發生山崩地區的地形特徵
  - 山上有**漏斗狀**的崩塌地形。
  - 發生過土石流的野溪，在下游可以看到明顯的**扇狀堆積區**。
  - 發生過落石的陡坡，在坡腳處常可發現過去墜落的堆積物。

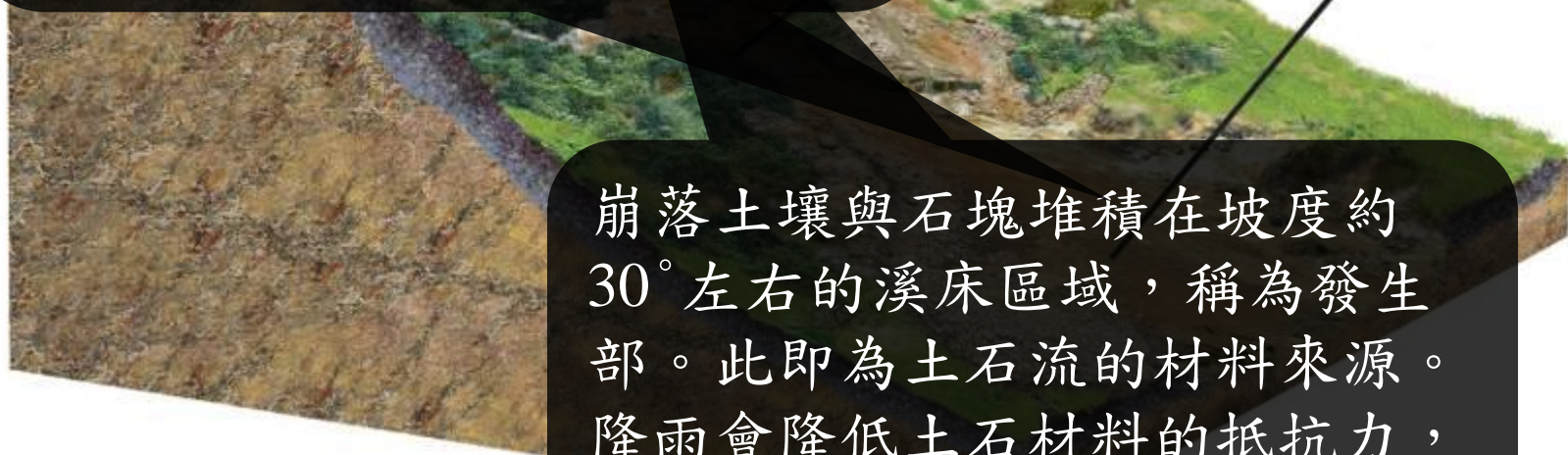
# 百寶箱7-8 土石流溪流的 地形特徵

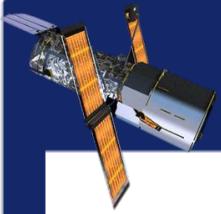
隨著溝谷坡度趨緩，土壤與石塊移動的能力漸次降低，直到溝谷坡度在 $10^{\circ}$ 到 $30^{\circ}$ 之間。坡度緩於 $10^{\circ}$ 左右，土石流便開始減速直至停止而堆積，成為堆積部，因常呈扇狀，故又稱為扇狀堆積區。

崩落土壤與石塊堆積在坡度約 $30^{\circ}$ 左右的溪床區域，稱為發生部。此即為土石流的材料來源。降雨會降低土石材料的抵抗力，引發其往下游移動。

流動部

堆積部





# 誘發土石流發生的條件

- ❖ 溪谷有足夠的鬆散土石
- ❖ 溪谷坡度大
- ❖ 足夠的降水

- 觀察降雨量，可判斷是否會發土石流、發布警報。



(a)高雄縣甲仙鄉小林村原貌。



(b)2009年，八八水災造成小林村被土石掩埋。



## ❖ 土石流潛勢溪流

- 溪床坡度大於 $10^{\circ}$ 以上。
- 其上游的集水面積大於3公頃者。
- 溪流下游出口或溢流點處有住戶三戶以上或有重要橋梁、道路須保護者，亦列為調查範圍。

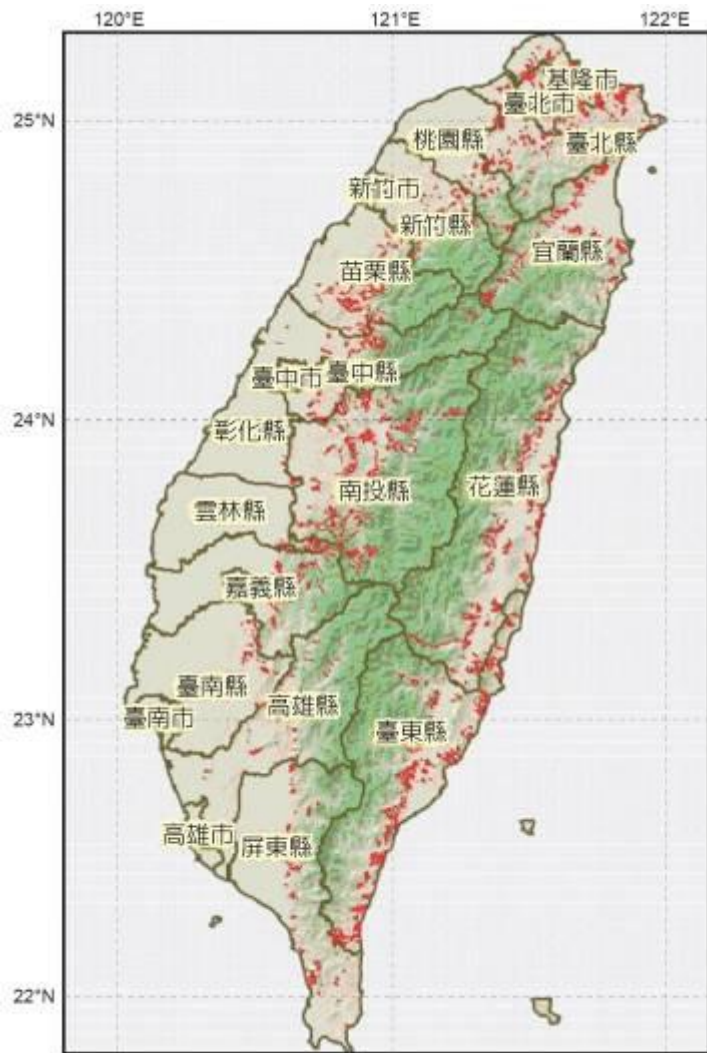
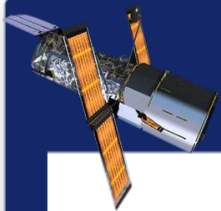
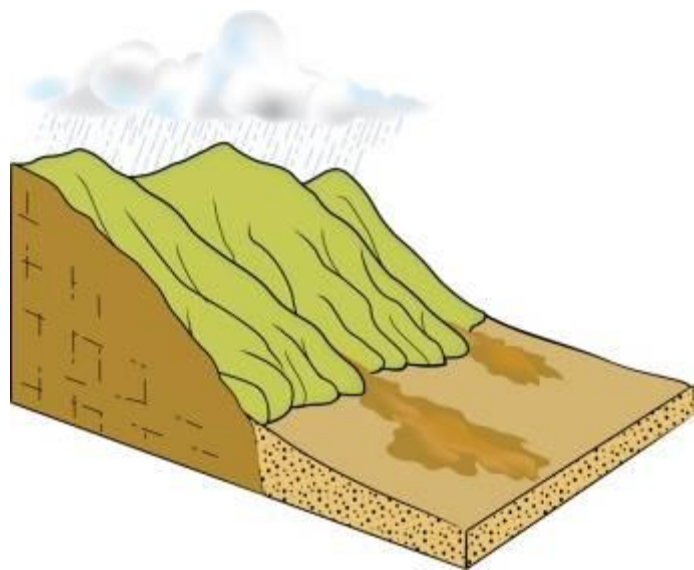


圖 7-29 土石流潛勢溪流分布圖（紅色分布）。



- ❖ 當颱風等劇烈天氣發生時，根據中央氣象局所提供的氣象資料，可以研判土石流災害發生的可能性，並發布土石流警戒區預報。
- ❖ 地方政府可依據當地狀況，發布疏散避難警報，撤離危險區域居民。



# The End

