

# 太空與海洋世界 — 太空部份 —

朱延祥

國立中央大學太空科學研究所

研究室：科學四館818室，分機：65764

E-mail: [yhchu@jupiter.ss.ncu.edu.tw](mailto:yhchu@jupiter.ss.ncu.edu.tw)

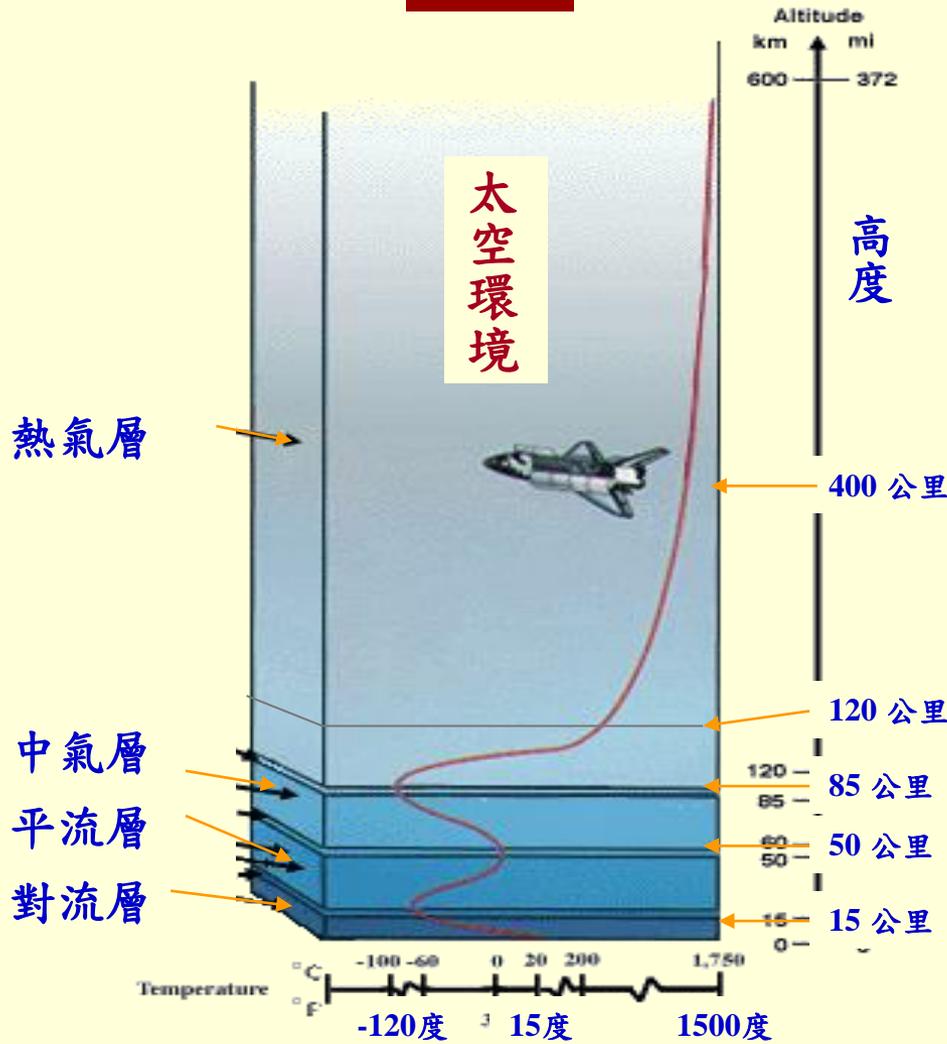
第三週(105年5月5日)

# 地球高層大氣與太空環境的結構

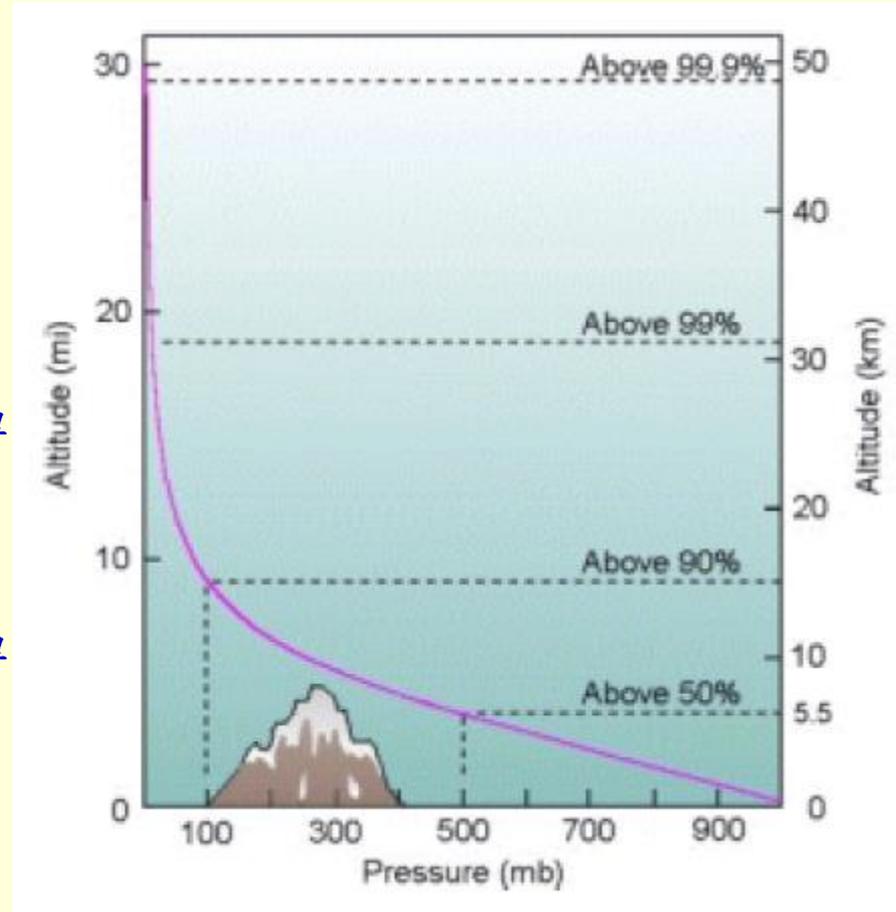
- 行星際空間介質 (Inter-Planetary Medium)
  - \* 太陽風 (Solar Wind) 與 太陽磁場
- 磁層 (Magnetosphere)
  - \* 極光 (Aurora)
- 電離層 (Ionosphere)
  - \* 短波電波傳播 (Short Wave Propagation)
- 中層大氣 (Middle Atmosphere)
  - \* 地球溫度最低處：中氣層頂 (Mesopause)

# 地球大氣溫度與密度的垂直分布

## 溫度

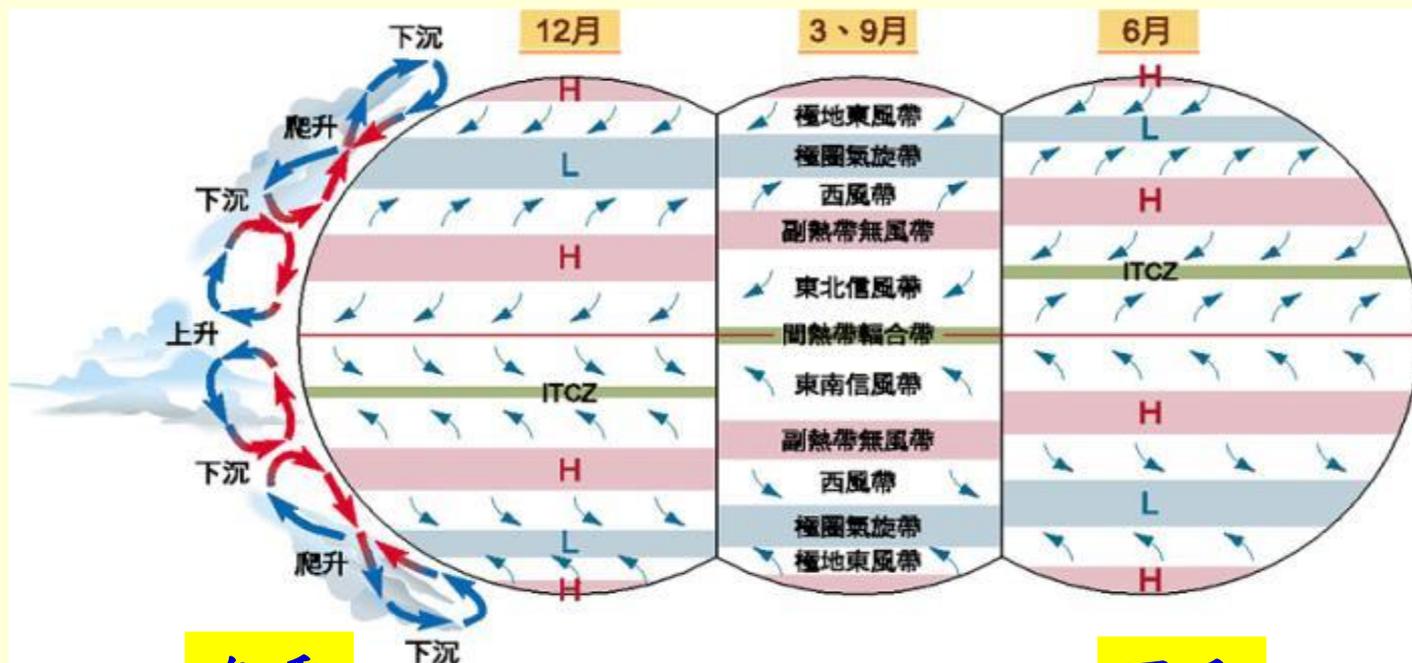


## 密度



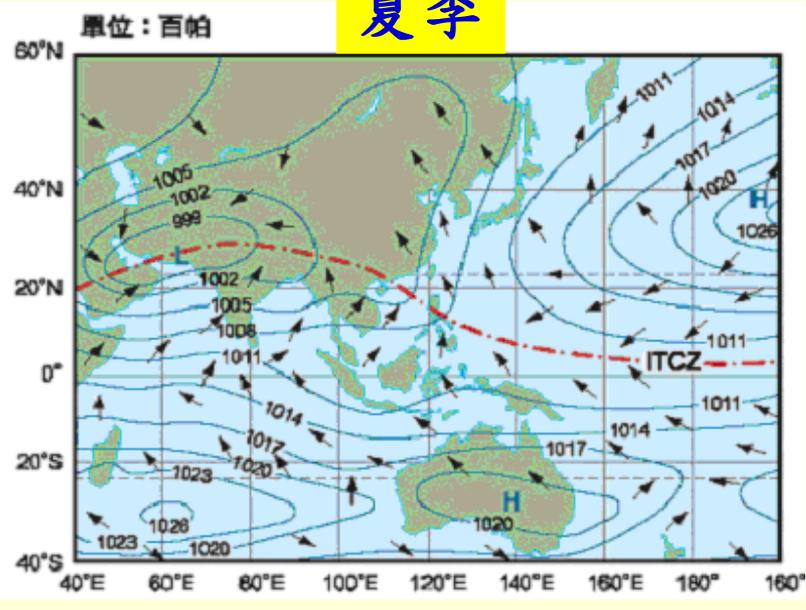
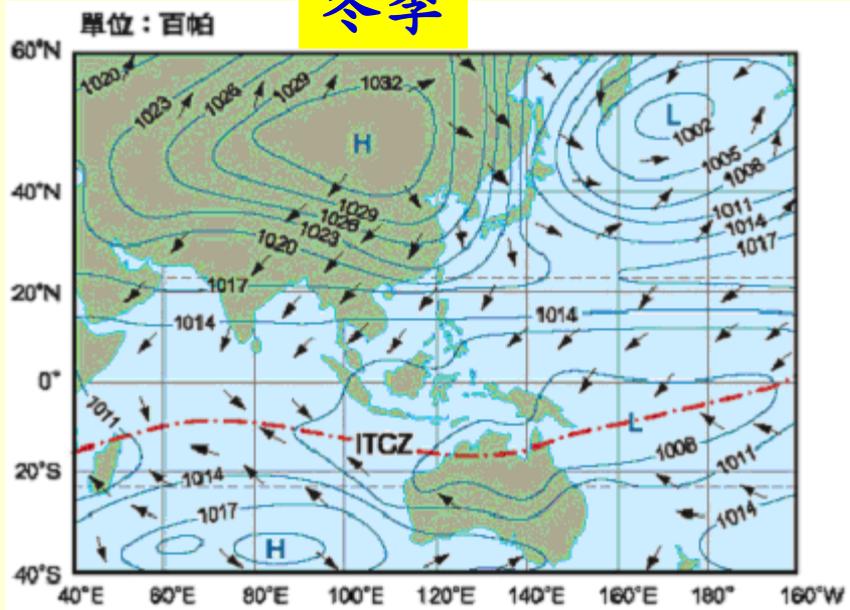
溫度(C)

# 對流層風場—溫度與海陸分布

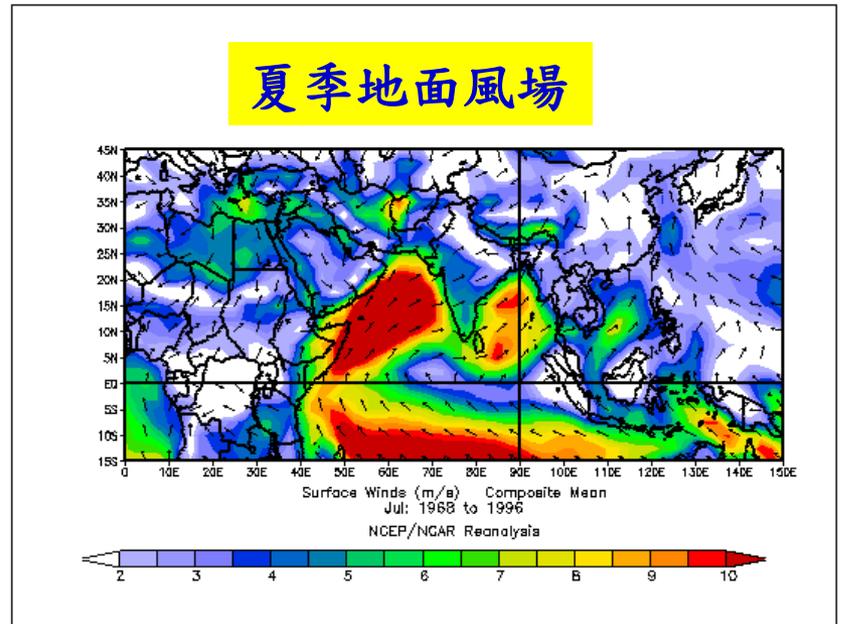
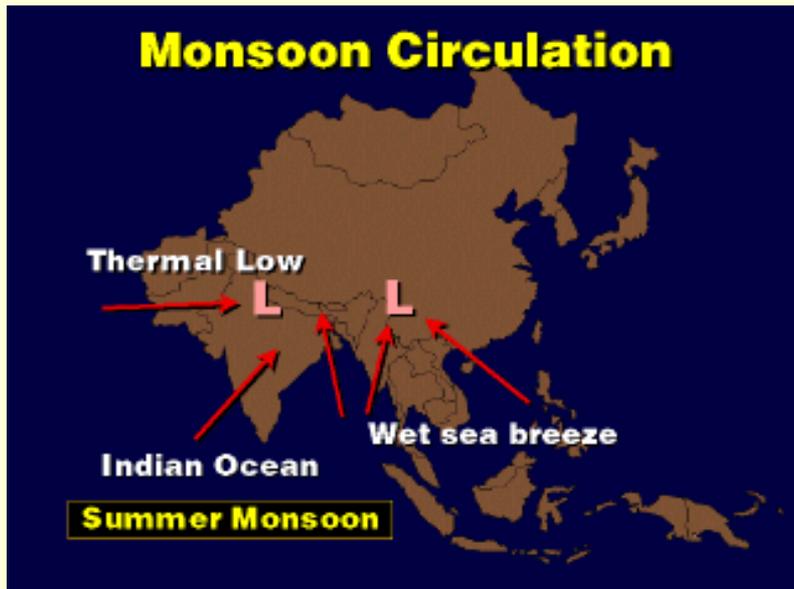
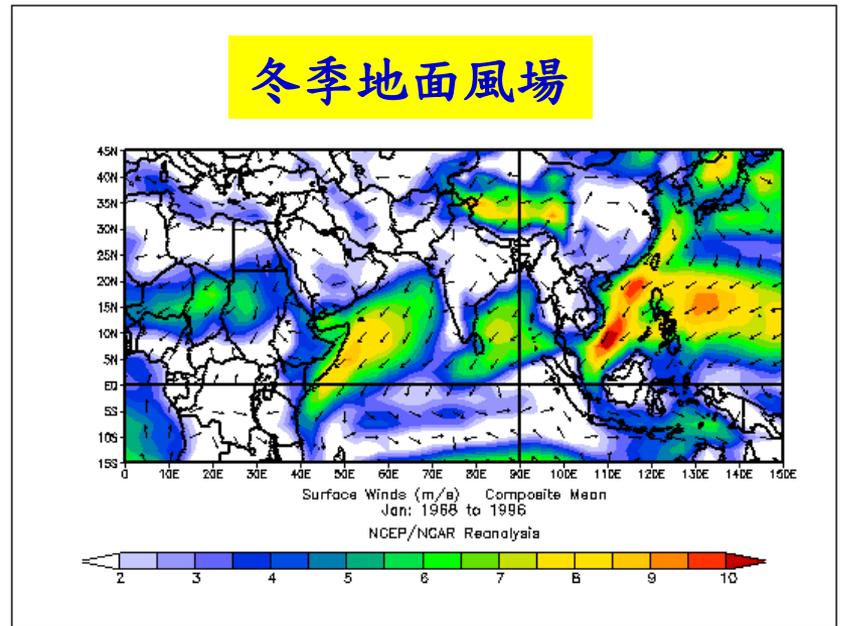


冬季

夏季



# 季風成因—海陸分布



# 中氣層加熱機制

- (1) 太陽紫外線輻射(242 and 310 nm)的臭氧吸收作用
- (2) 臭氧光解(photolysis)過程所產生的激發態氧原子O(D)的放射光子作用
- (3) 氧原子的再結合作用與氫原子和臭氧結合所釋放的化學能
- (4) 大氣重力波與潮汐能量的輸入<sup>2</sup>
- (5) 大氣垂直運動的絕熱壓縮過程

2

# 中氣層冷卻機制

二氧化碳(CO<sub>2</sub>)，一氧化氮(NO)，氧原子(O)等的輻射冷卻作用。其中以CO<sub>2</sub>的輻射冷卻扮演主要的角色。

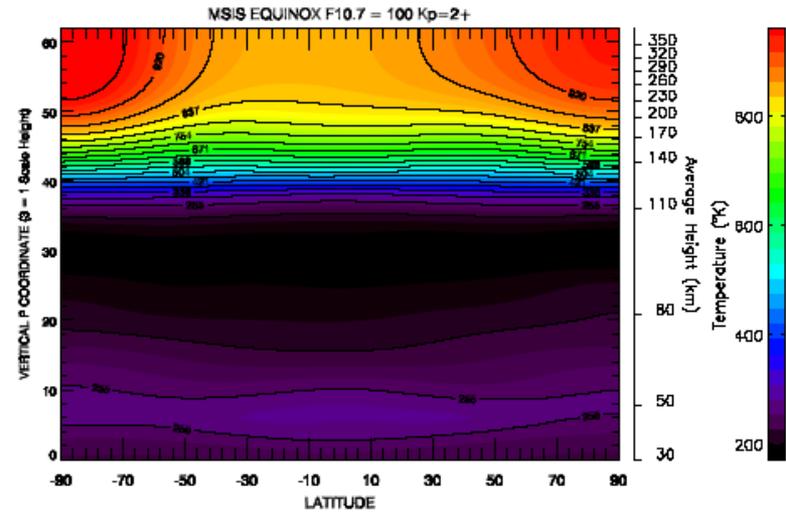
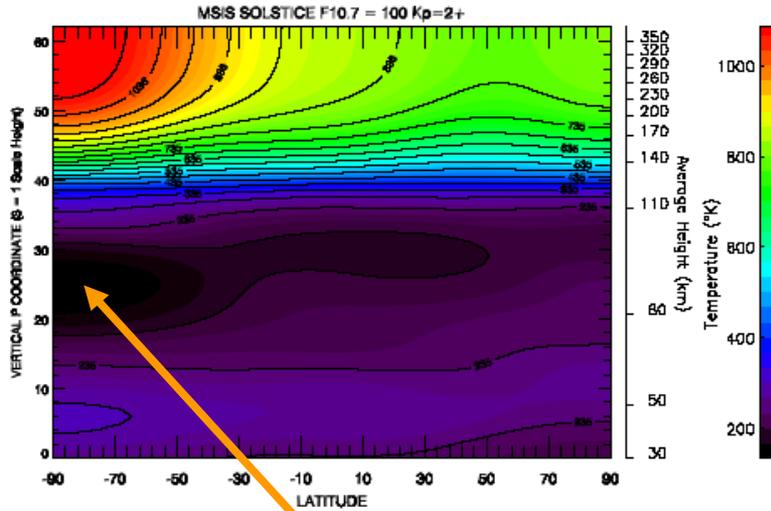
# 中氣層全球溫度的分布

夏季

冬季

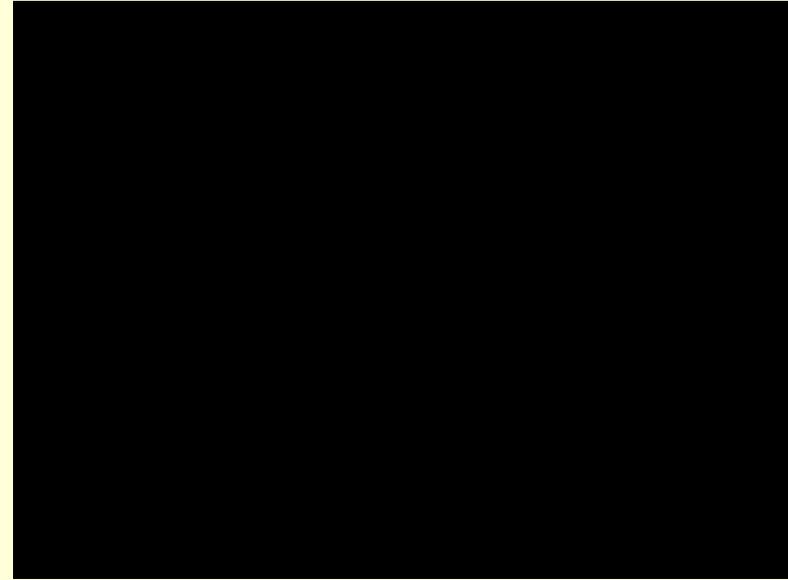
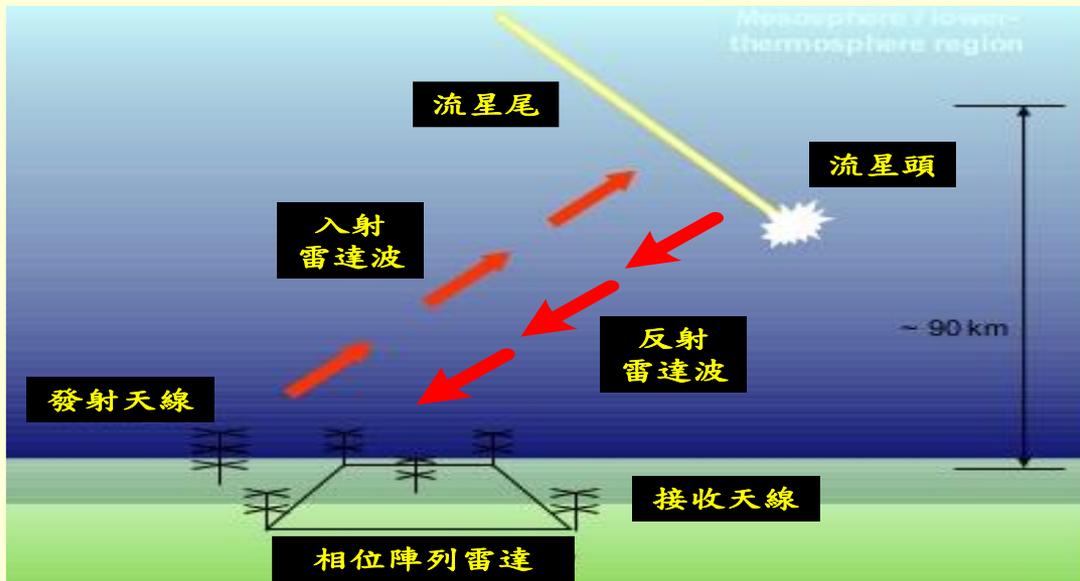
春季

秋季



全球溫度最低處(-120°C)  
夏季的北極上空

# 中氣層風場的觀測 -流星尾的觀測法-

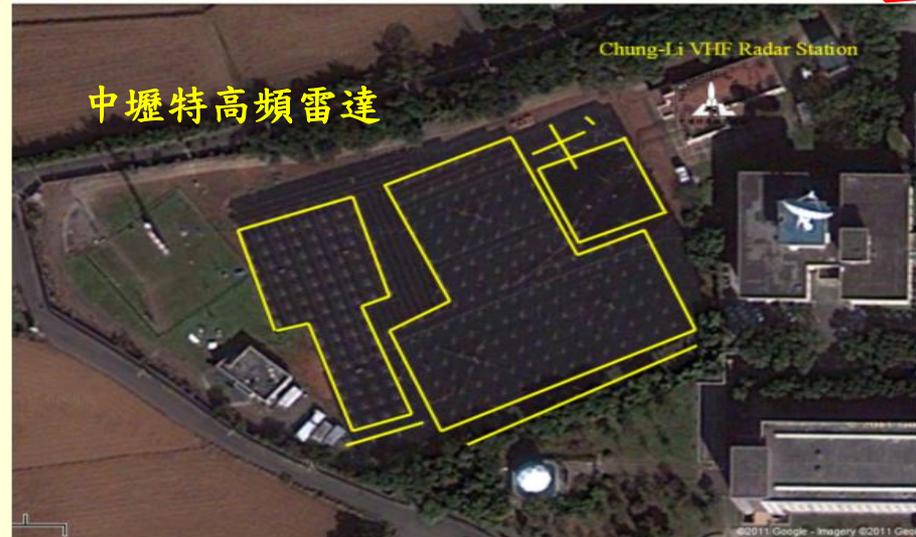
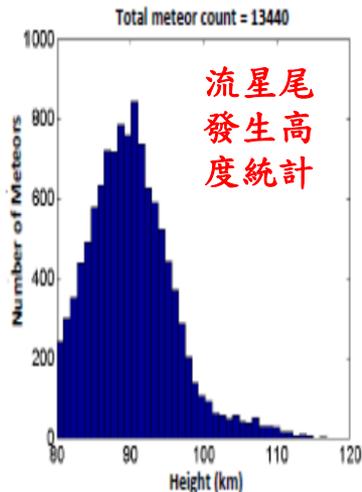
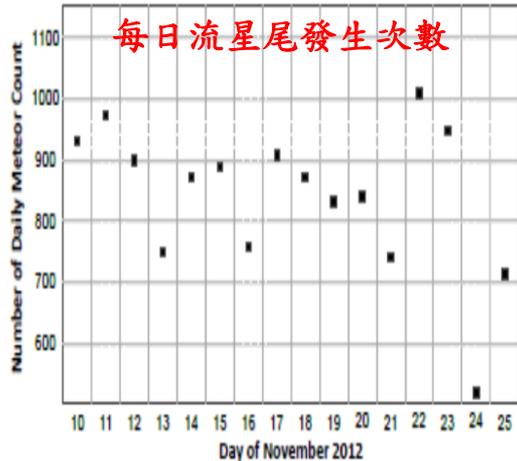
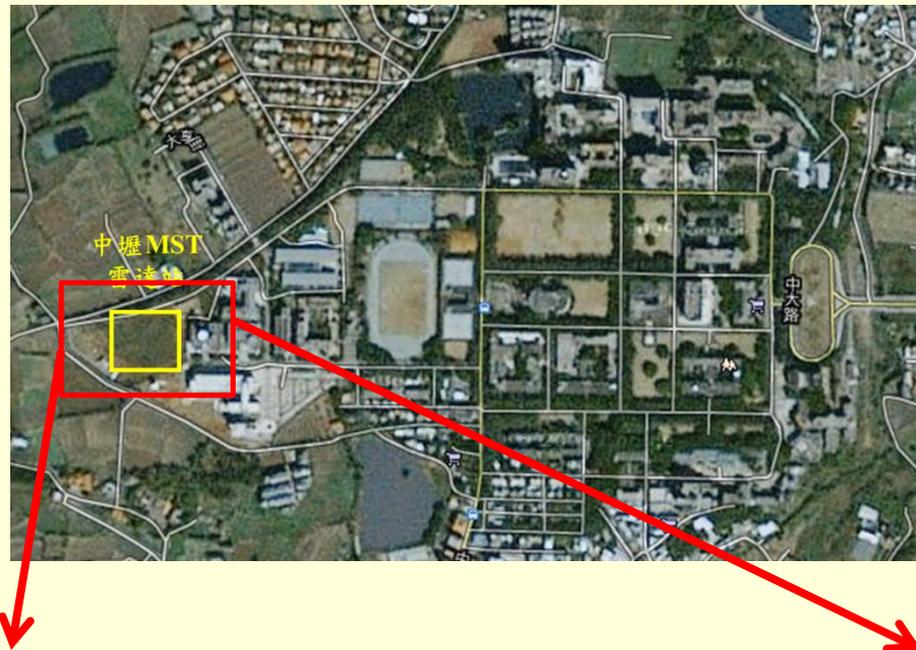
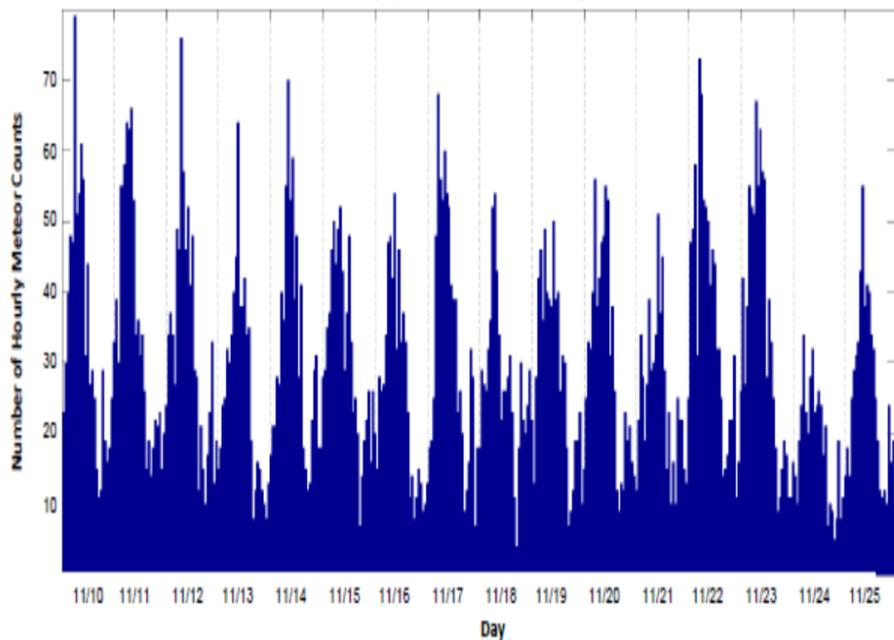


當彗星留存在公轉軌道中的殘骸(灰塵，冰晶，小石塊等)因地球重力作用進入地球大氣中後，因為與地球大氣分子磨擦生熱，彗星殘骸因而解離形成高溫電漿(由離子與自由電子所組成)尾，其中的電漿密度空間不均勻分布會反射或散射入射雷達波，被雷達接收天線所接收，可以得到流星尾回波的都卜勒頻率偏移，因而可算出流星尾的移動速度，進而得到大氣風場速度與方向。



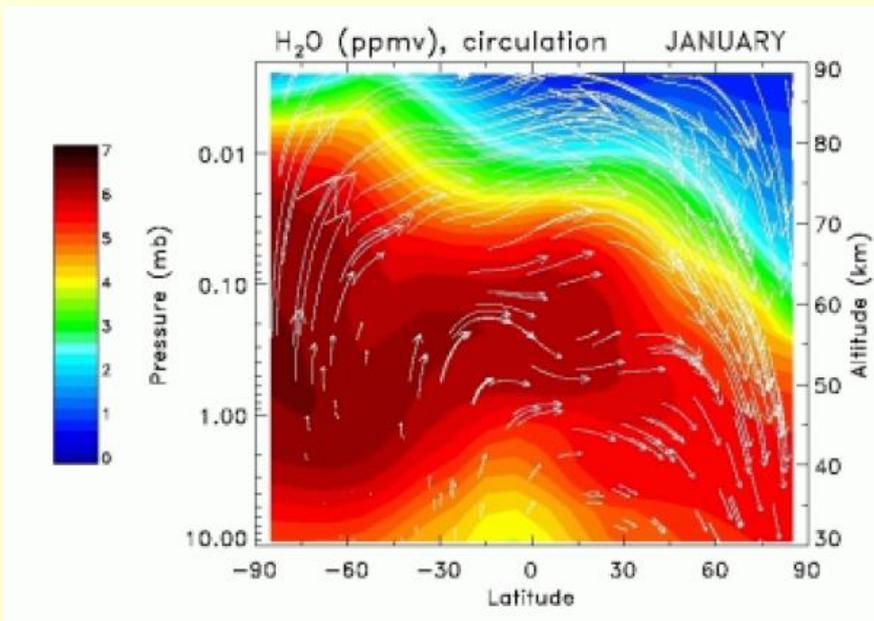
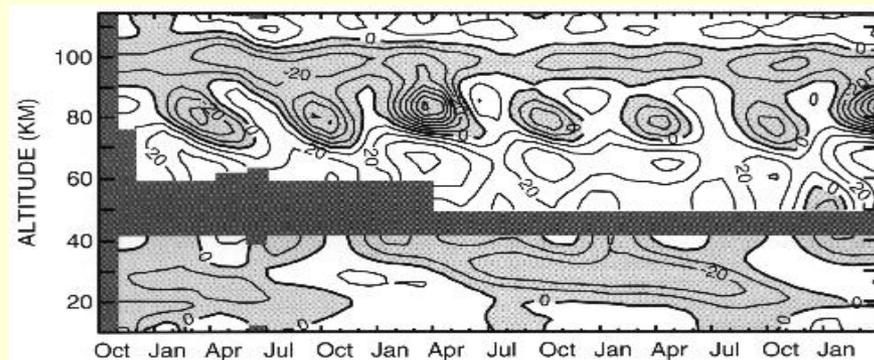
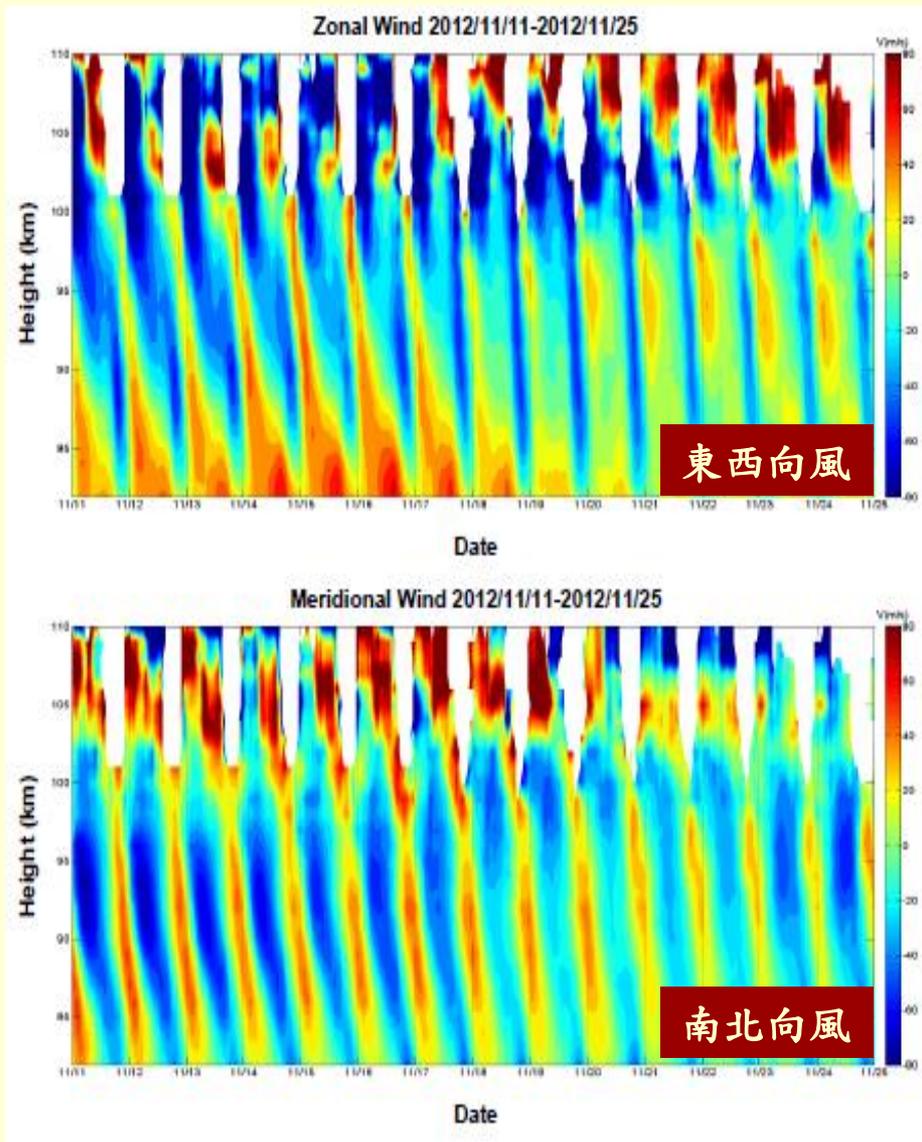
# 中壢特高頻雷達站

流星尾發生次數日變化



# 中層大氣風場的特性-大氣潮汐現象

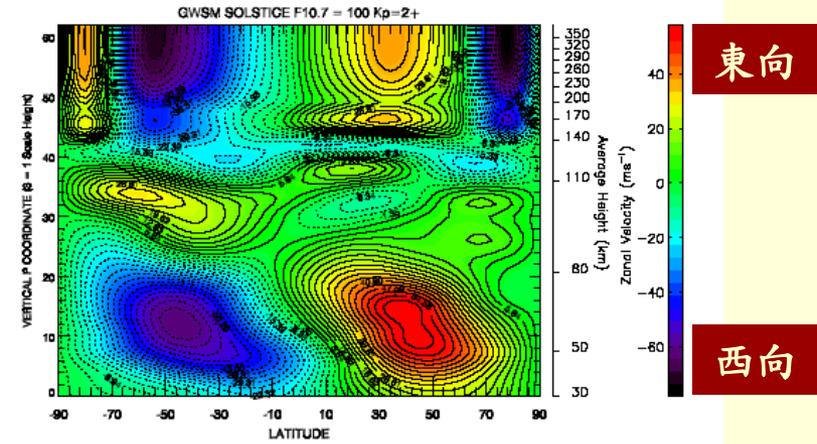
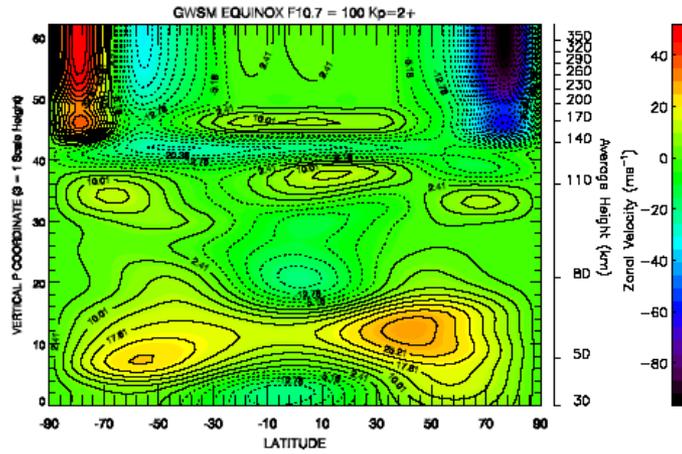
## 台灣地區中氣層風系的變化



**Figure I-31** Zonal mean H<sub>2</sub>O volume mixing ratio (ppm). Superimposed are the winter hemisphere Brewer-Dobson circulation and the summer to winter mesospheric circulation (arrows), NASA [2000].

# 中氣層風系結構

## 東西向風



東向

西向

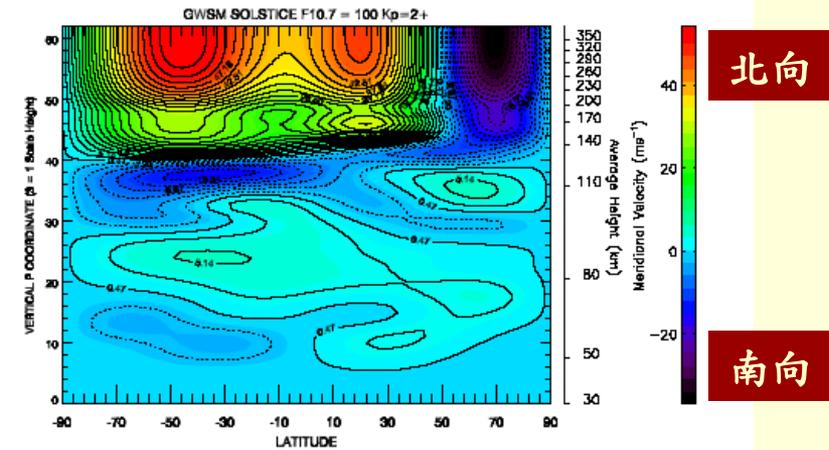
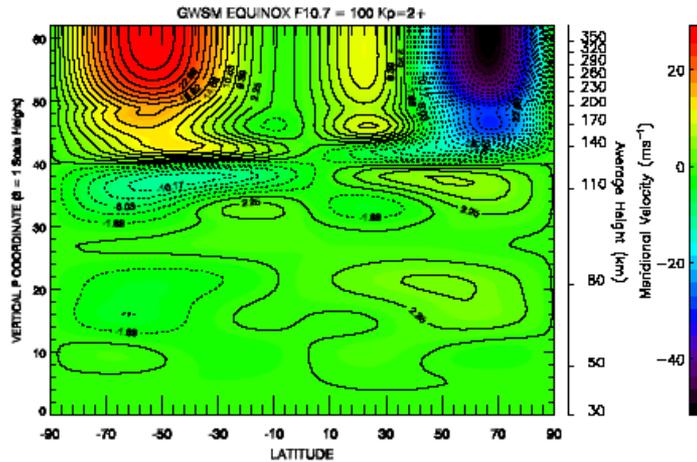
春天

秋天

## 南北向風

夏天

冬天



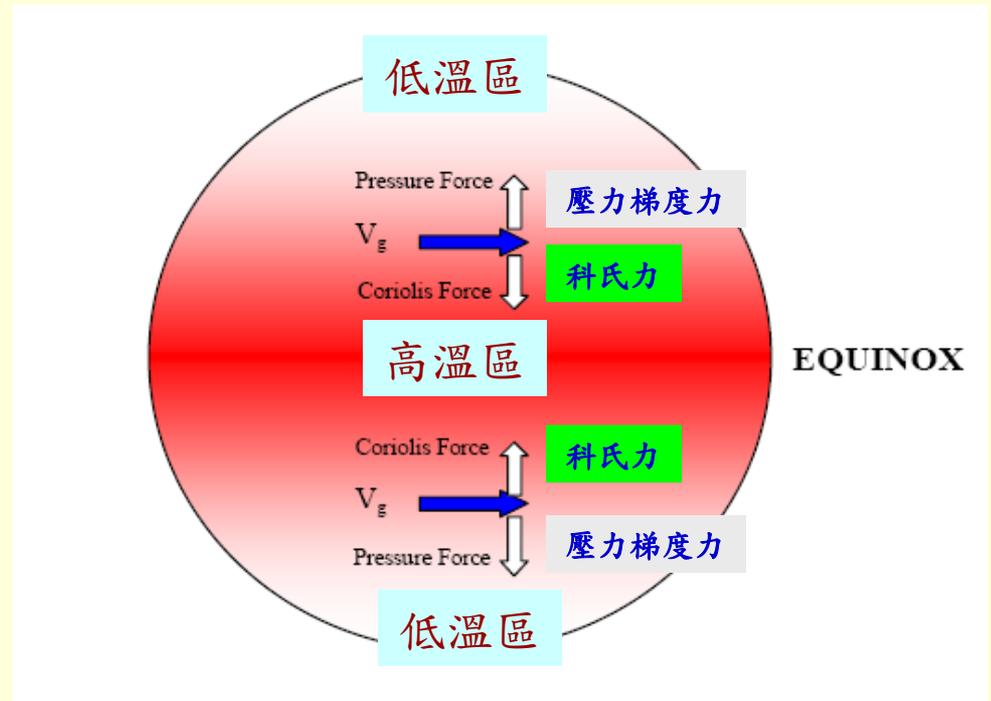
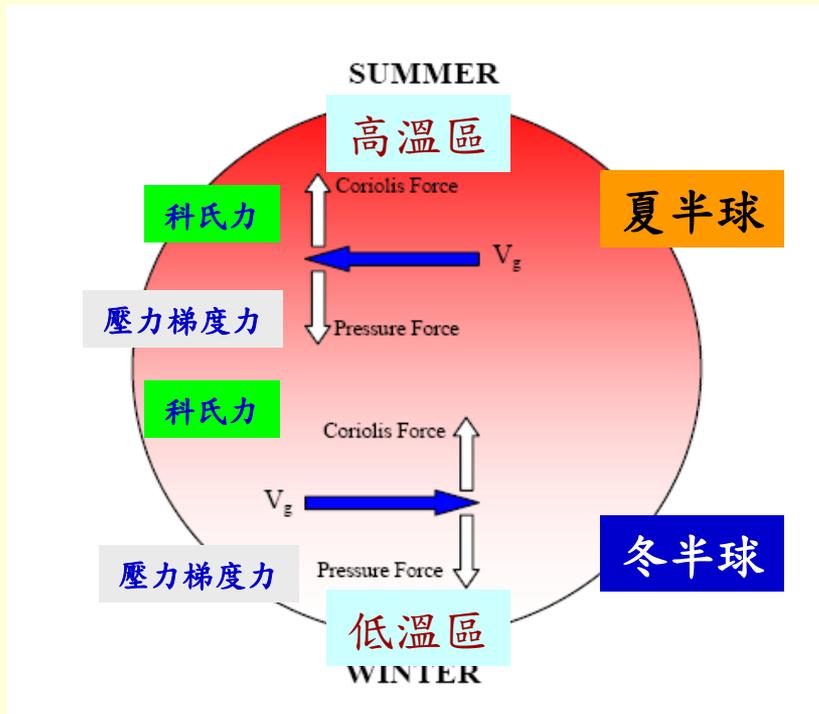
北向

南向

# 影響中層大氣平均風系季節變化的物理原因 (壓力梯度力與科氏力的平衡)

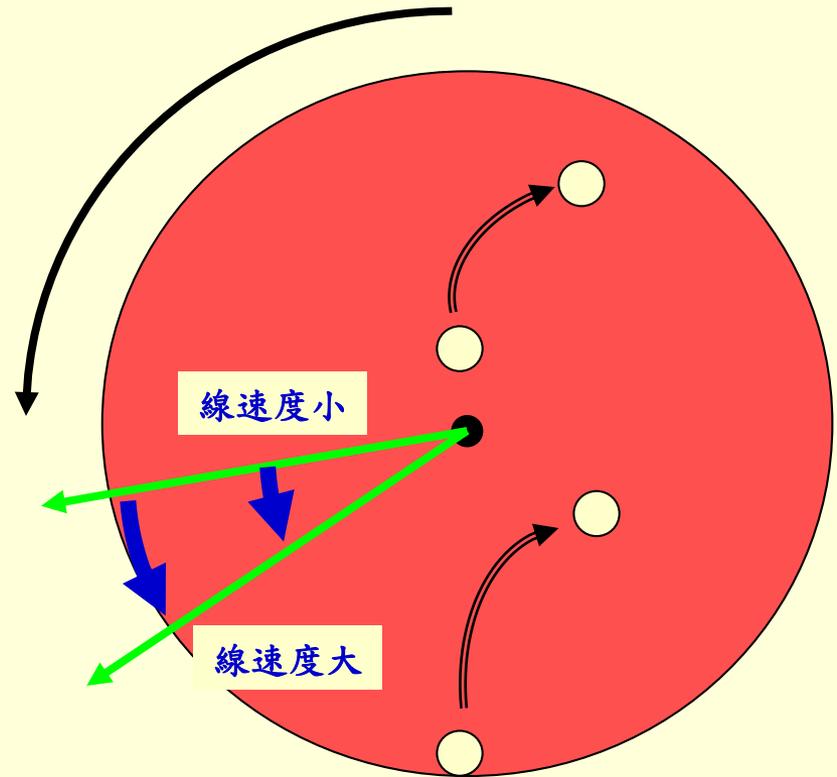
冬夏季

春秋季



# 科氏力的實驗

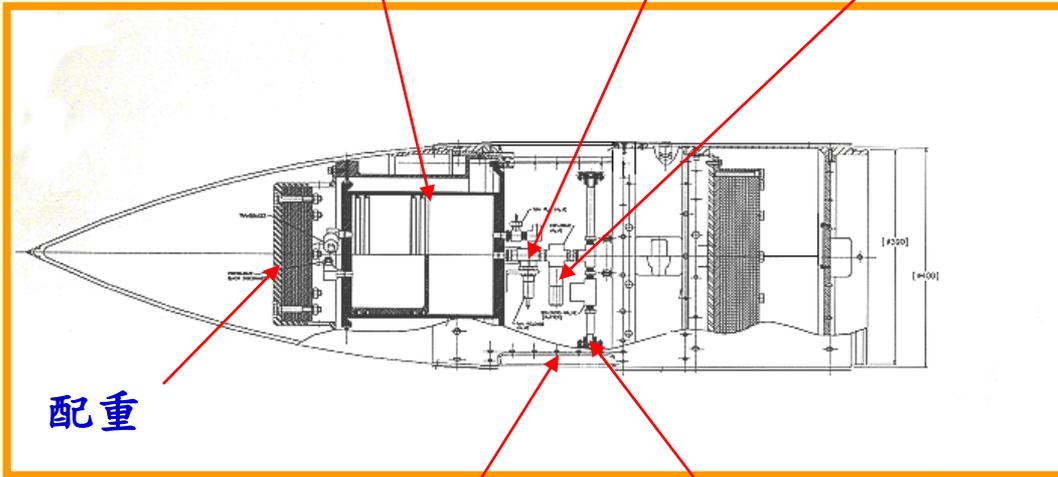
科氏力實驗影片



# 中氣層風場的量測 —探空火箭實驗—

## 我國探空三號火箭

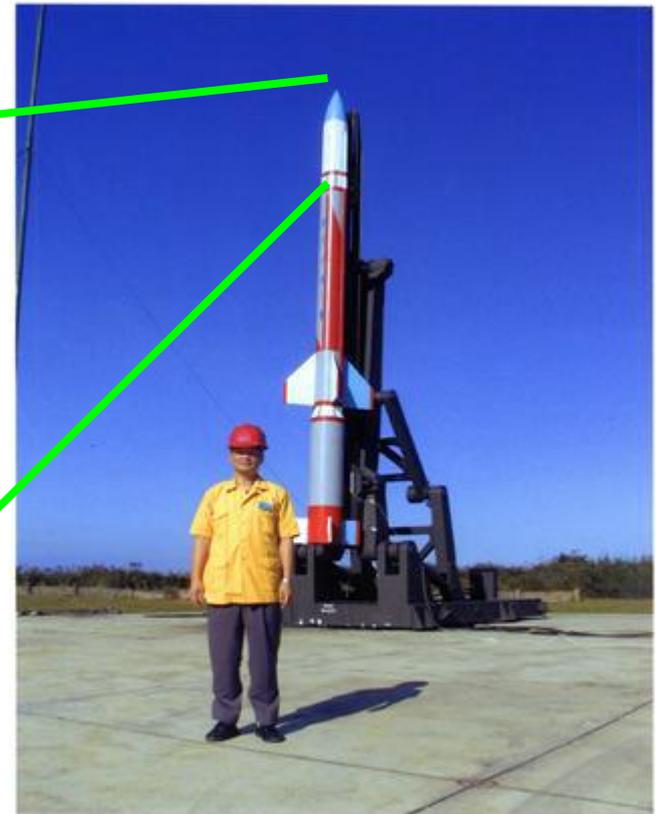
TMA科學酬載 爆衝閥 調節閥



配重

側窗

TMA噴嘴

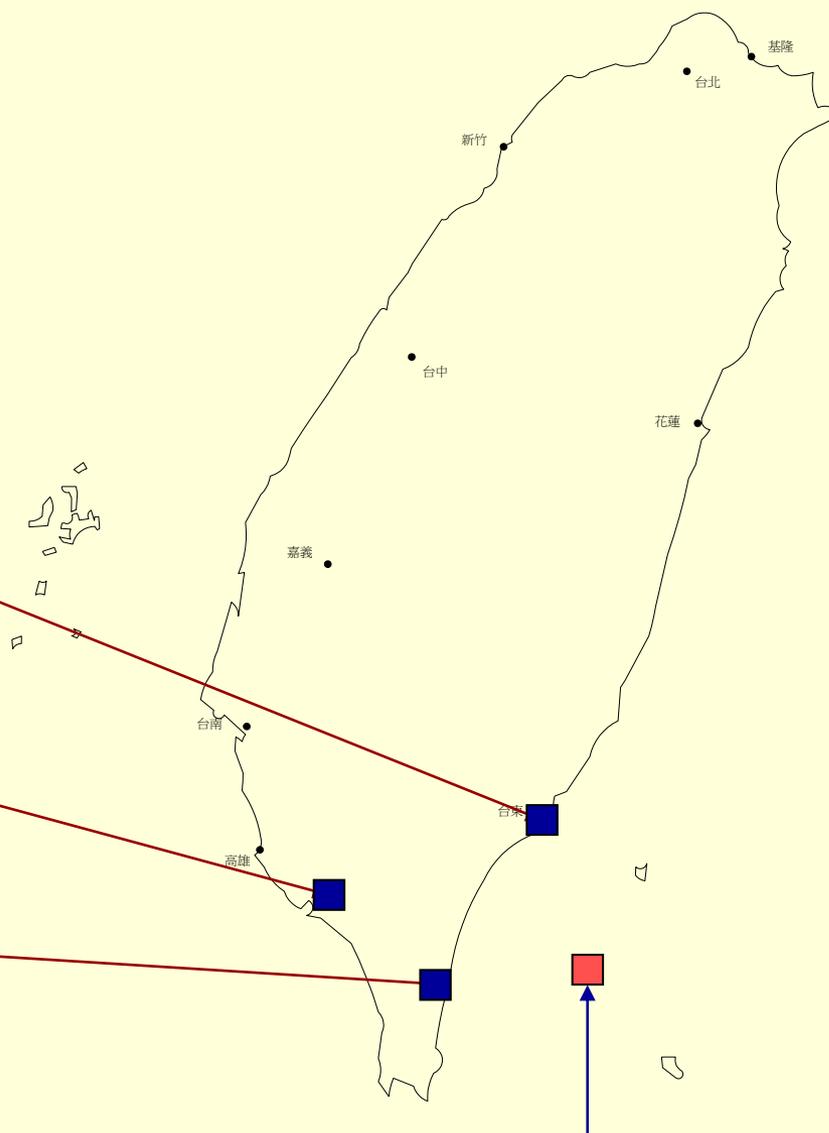


# 地面照相設備設置地點

1、台東成功商業水  
產學校

2、高雄鳥松鄉樹德  
技術學院

3、屏東九鵬發射場



TMA 預定釋放地

# 位於台東成功TMA攝影追蹤站

數位照相機  
Kodak DSC  
Pro 14n

CCD攝影機

數位攝影機

不斷電系統

個人電腦

連絡電話



# 探空火箭三號發射實況 (成功站)

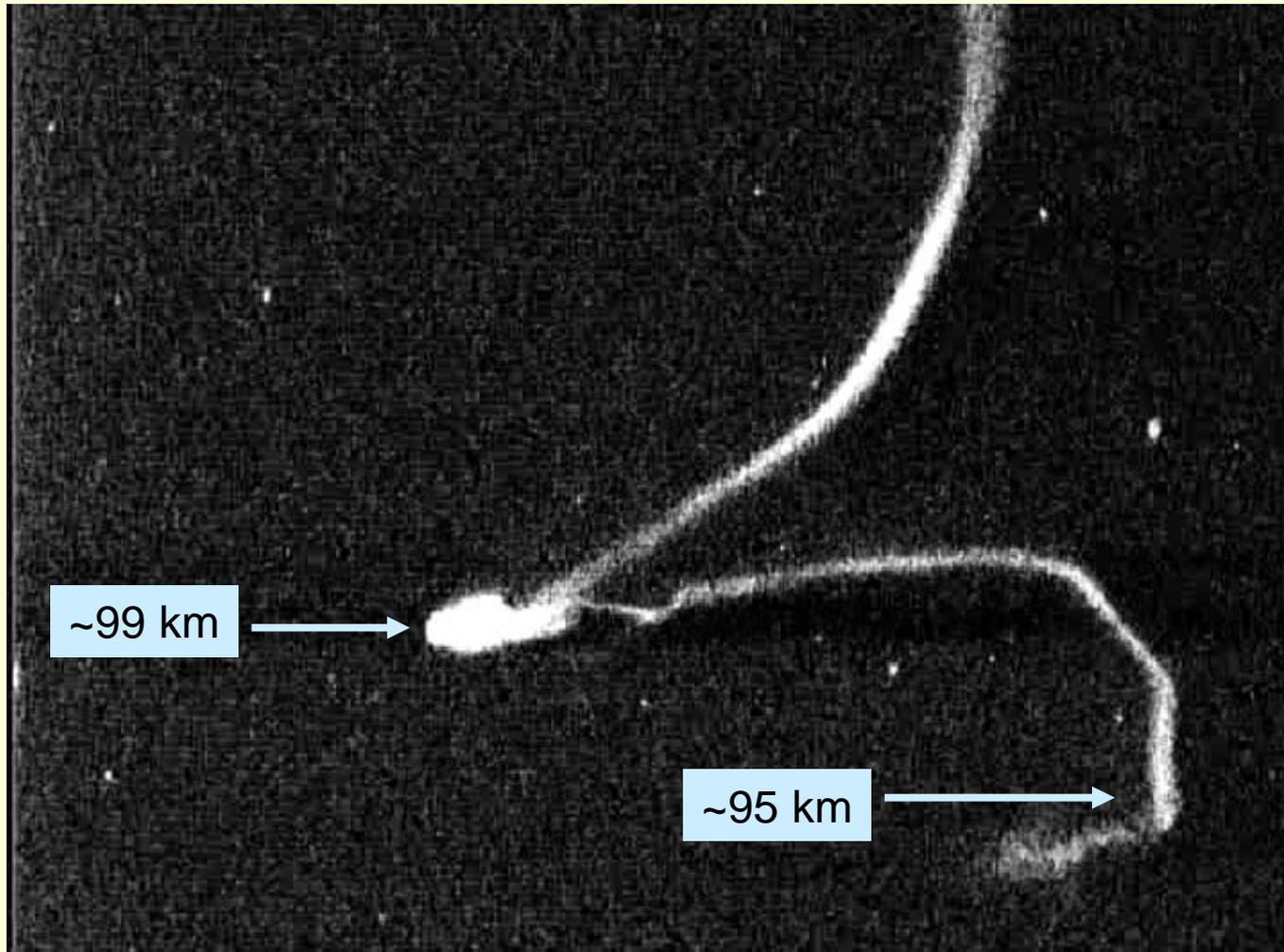


# 探空火箭三號發射實況 (成功站)



# TMA 火焰軌跡高解析圖

(TMA 釋放後 54 秒，攝於台東成功站)

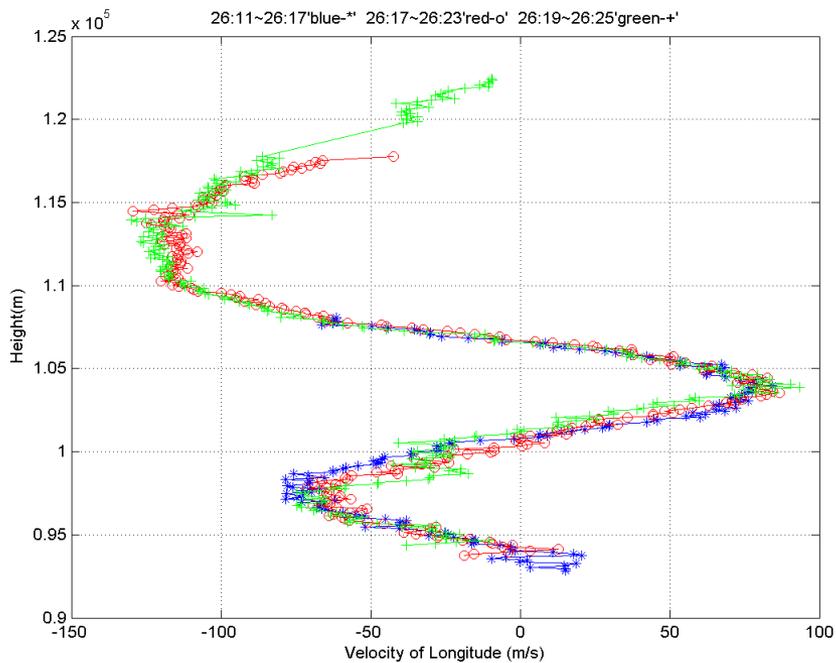


# 實驗結果—風切不穩定所激發之渦流現象

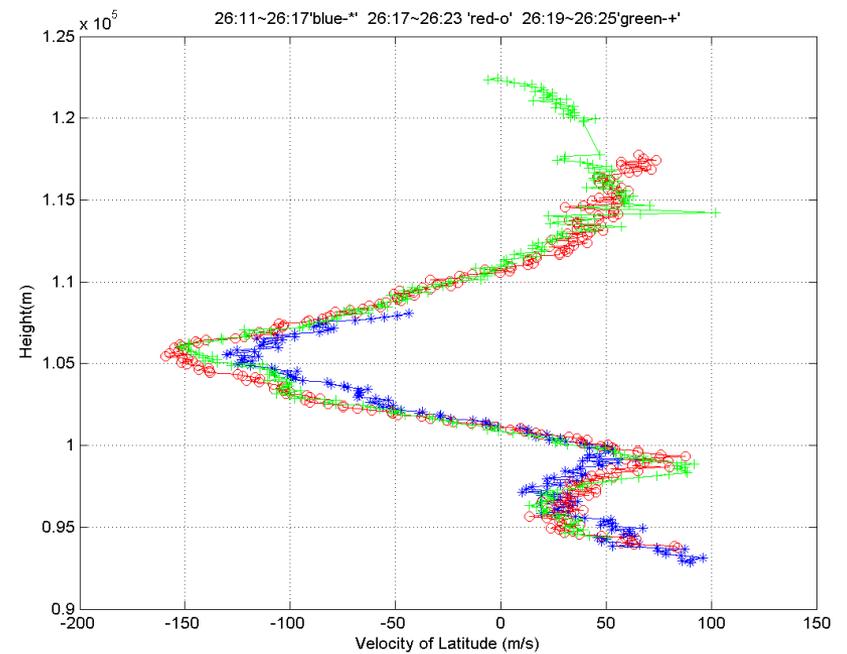


# 中氣層風場觀測結果

## 南北向風

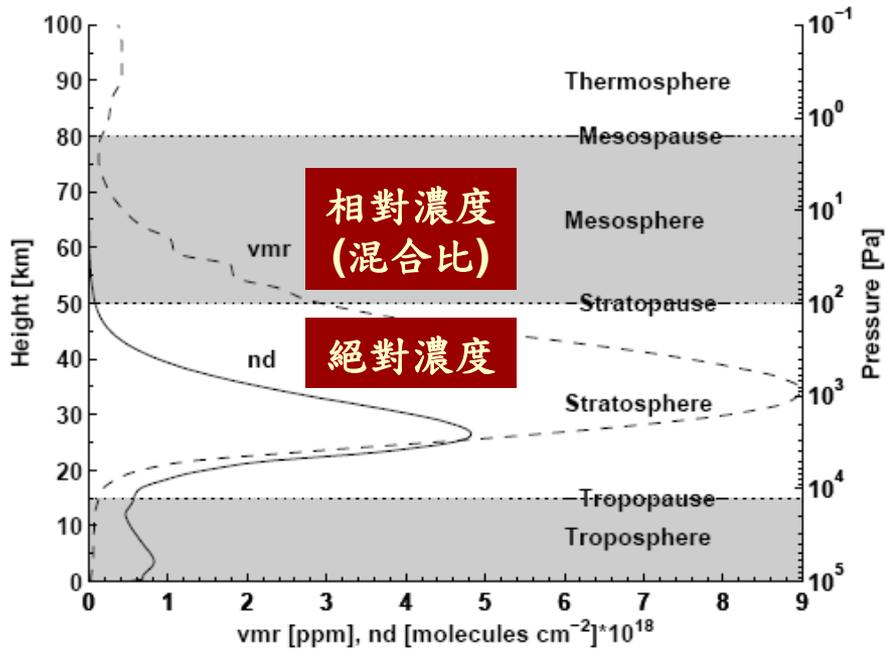


## 東西向風

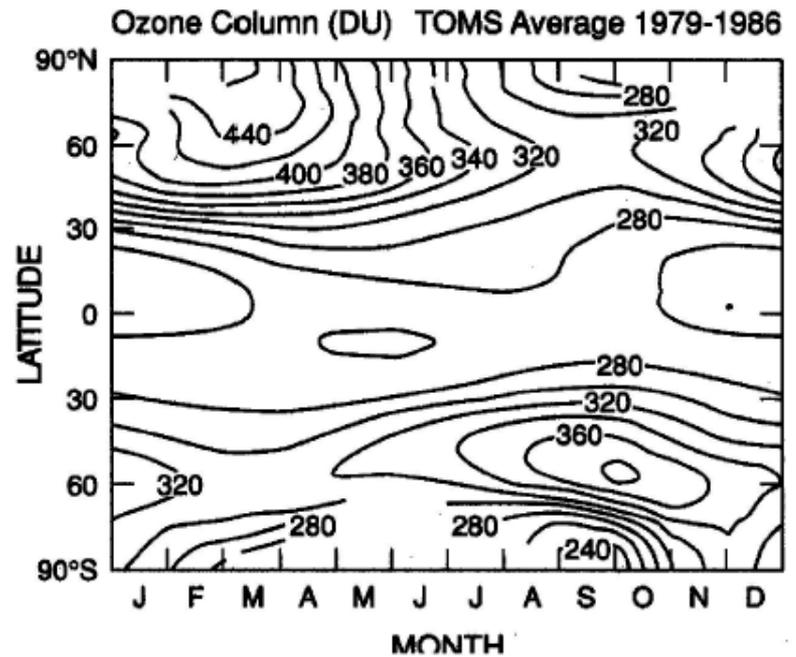


# 臭氧濃度在中層大氣中的分布

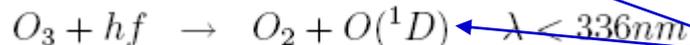
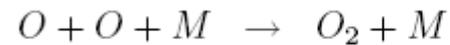
## 垂直分布



## 緯度—時間分布



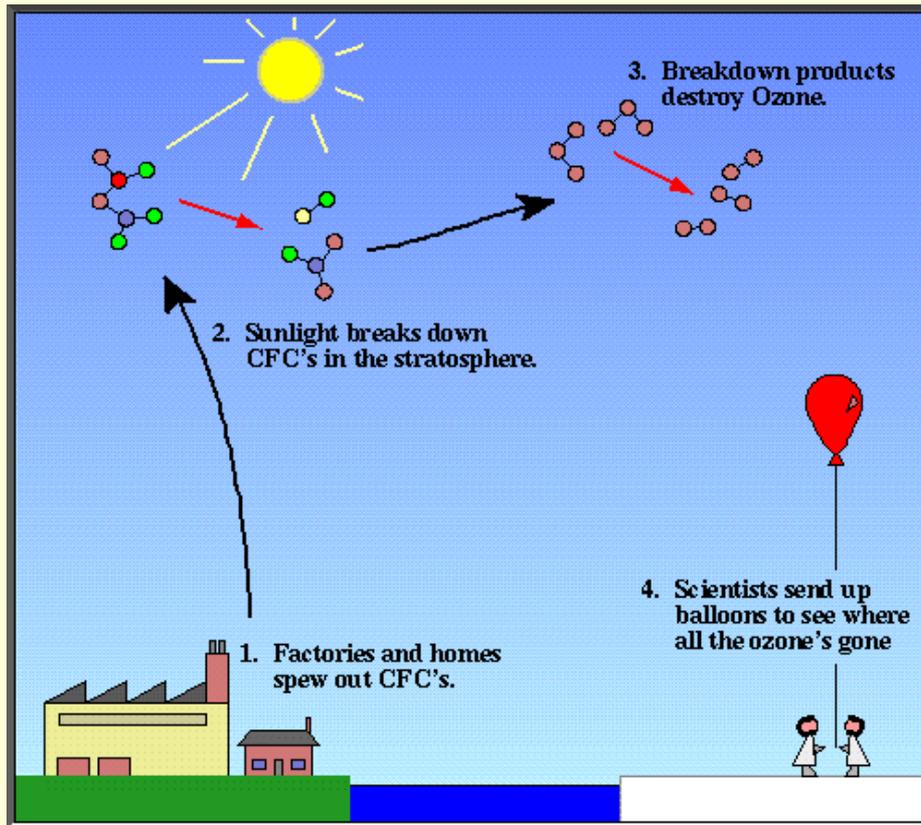
## 臭氧的化學反應式



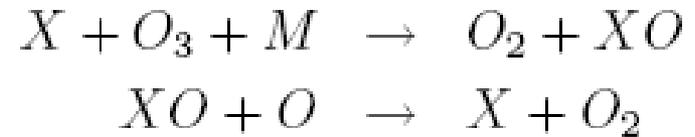
控制臭氧產生化學反應式

控制臭氧消失化學反應式

# 極區臭氧洞(Ozone Hole)的形成 (人類釋放大量氟氯碳化物的結果)



## 臭氧耗竭的反應式



其中X為溴(Br)，氯(Cl)，NO與HO中的任何一種，而M為大氣中第三者氣體分子

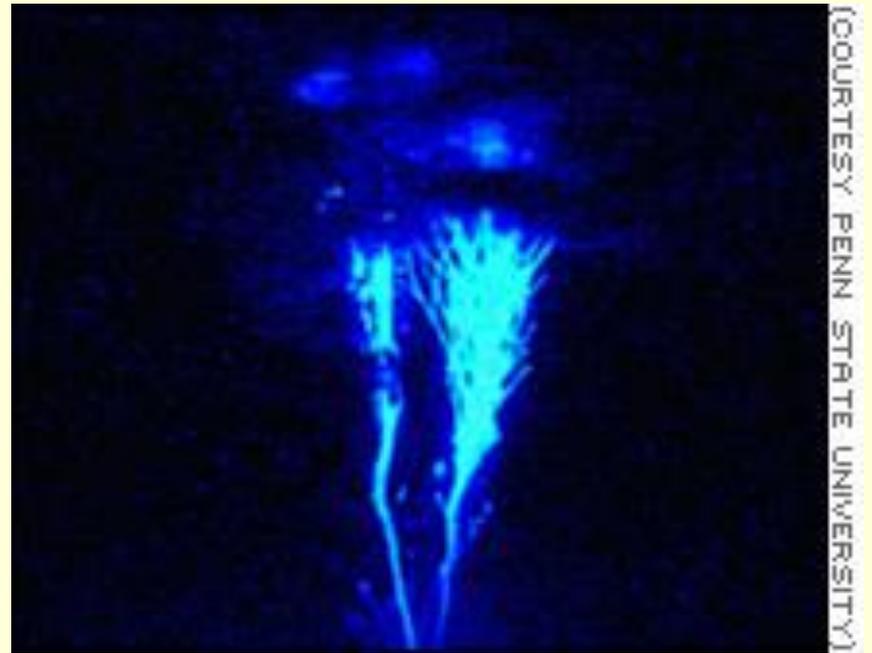
# 高空閃電現象

## 紅色精靈(Red Sprite)與藍色噴流(Blue Jet)

紅色精靈



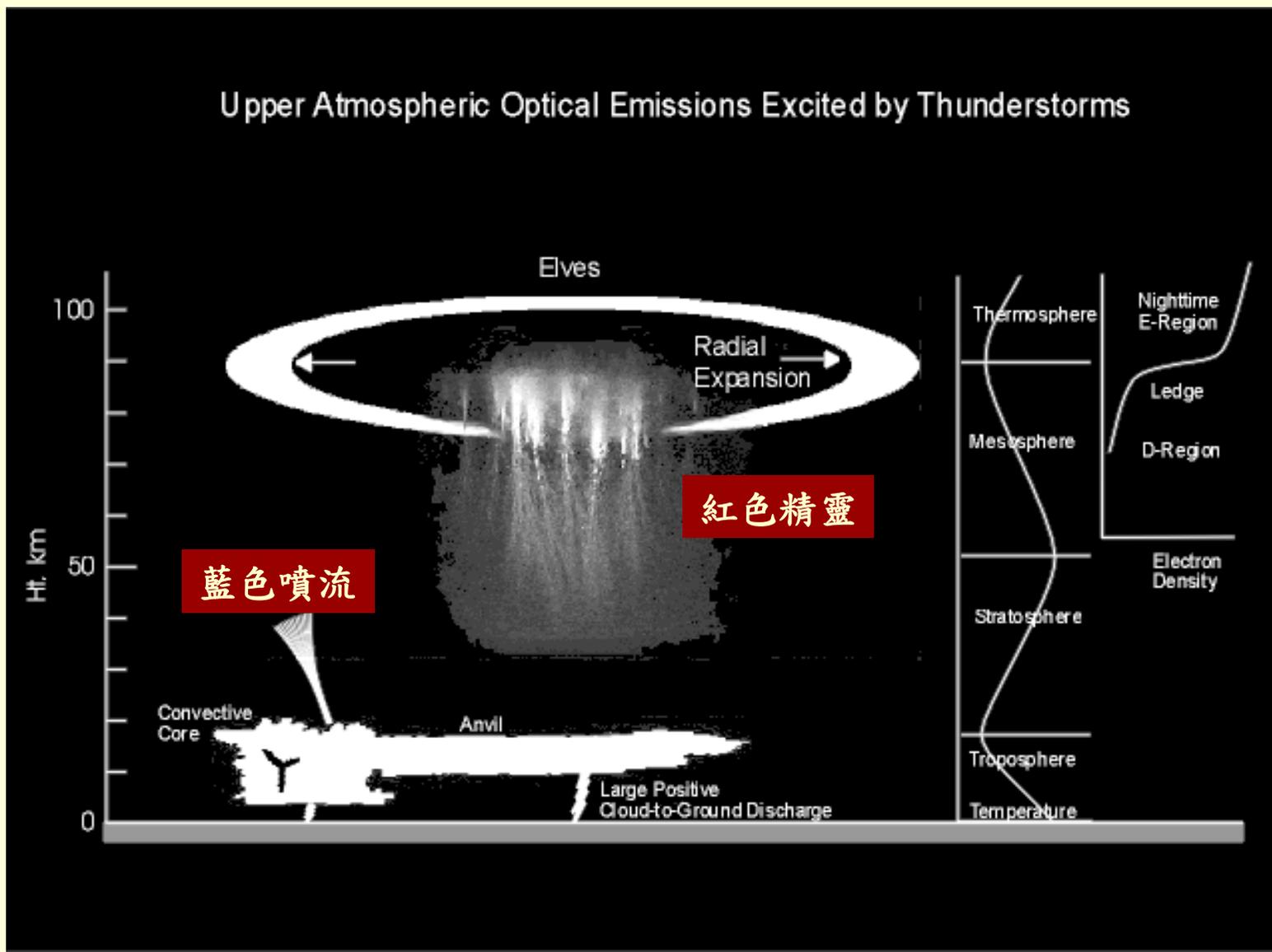
藍色噴流



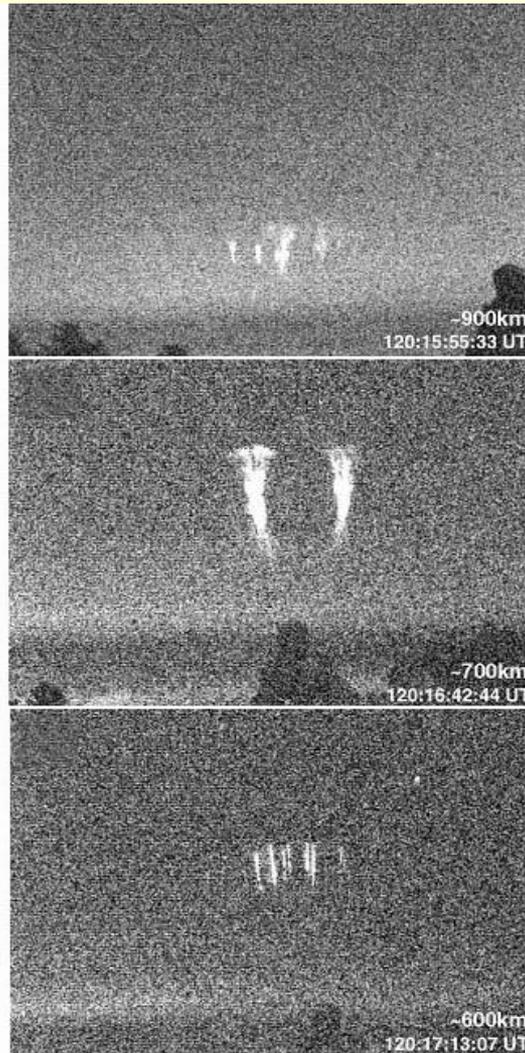
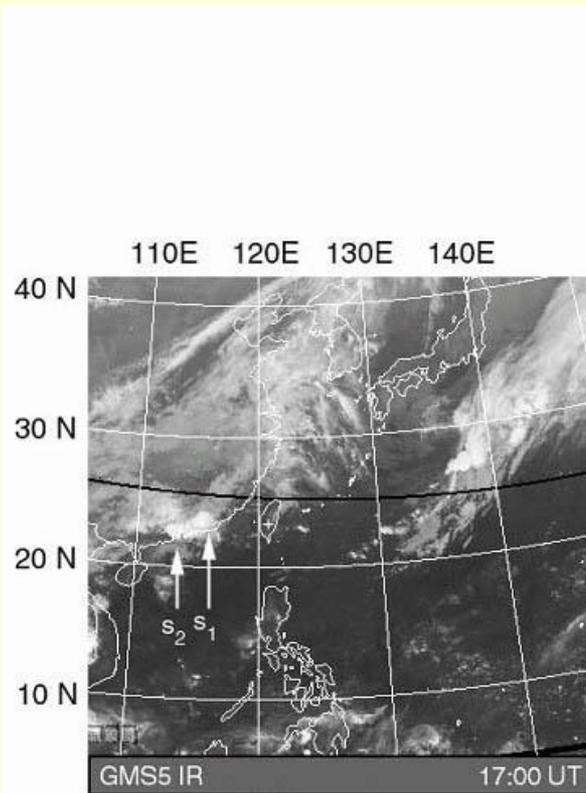
# 紅色精靈與藍色噴流發生的實況記錄



# 高空閃電所伴生的Red Sprite 和 Blue Jet 與雷雨雲關係示意圖

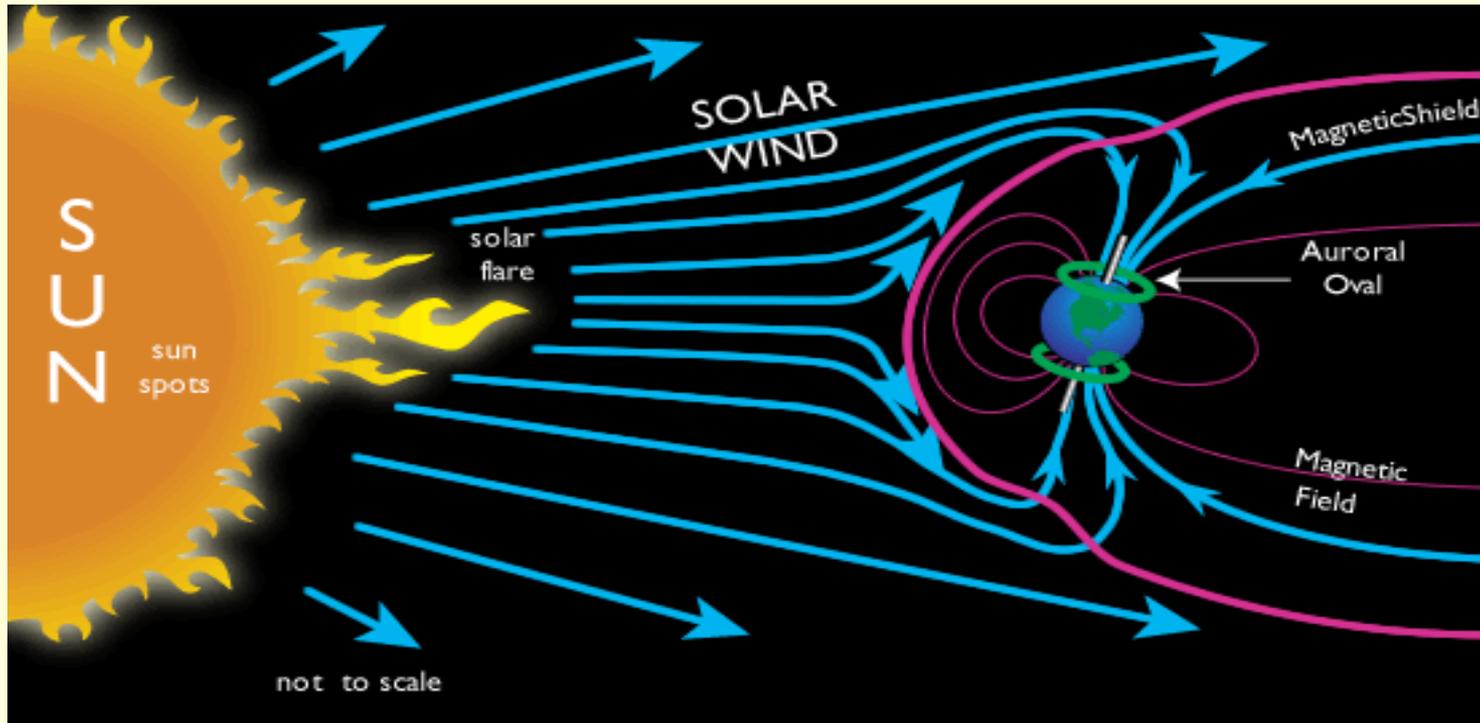


# 我國對高空閃電的觀測結果



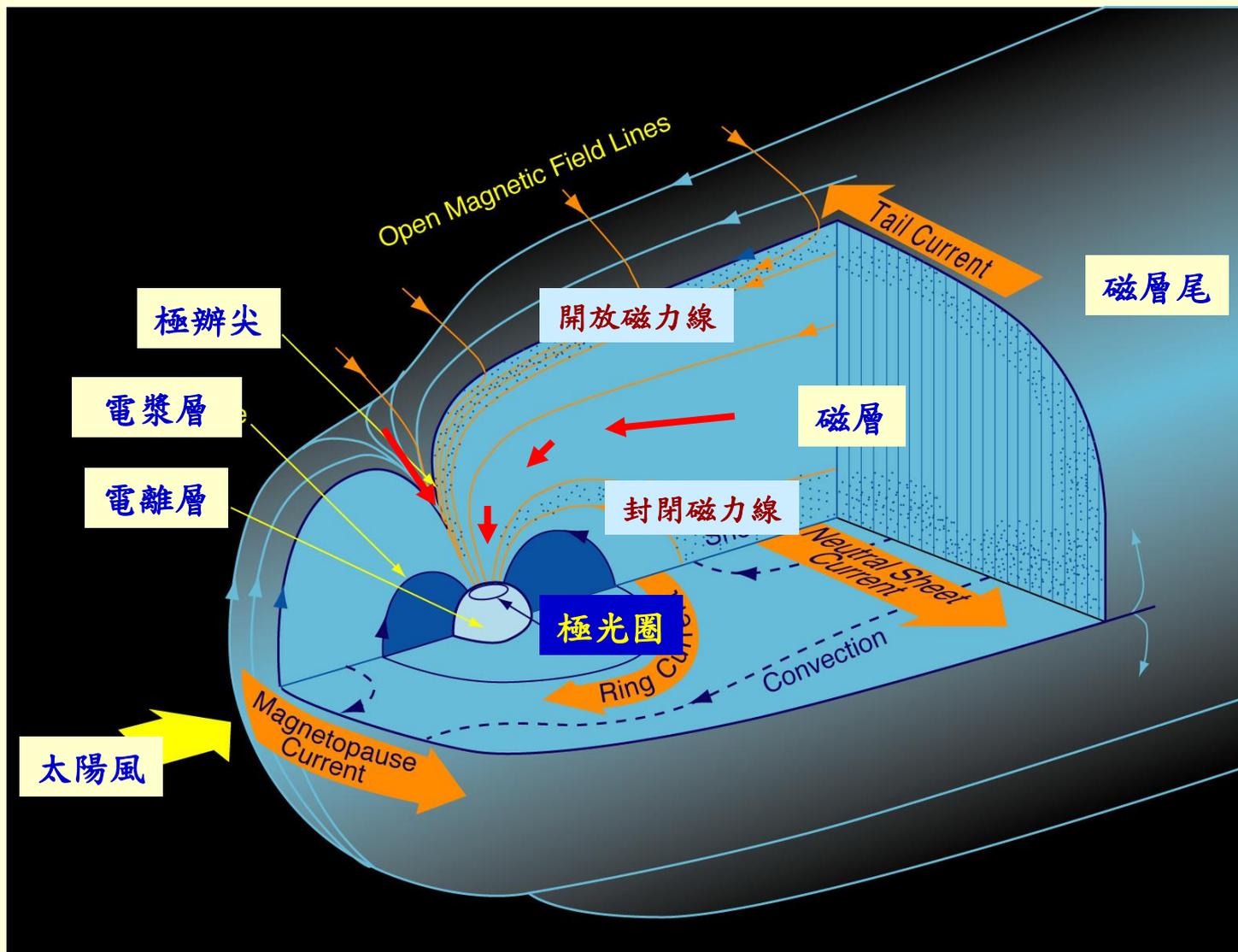
- 2001年5月1日凌晨，成功大學物理系紅色精靈團隊從阿里山氣象站往大陸廣東方向，以高感度的CCD攝影機拍攝得40個紅色精靈的影像。
- 這些影像是在亞洲大陸所捕捉到的第一批紅色精靈。

# 極光的成因

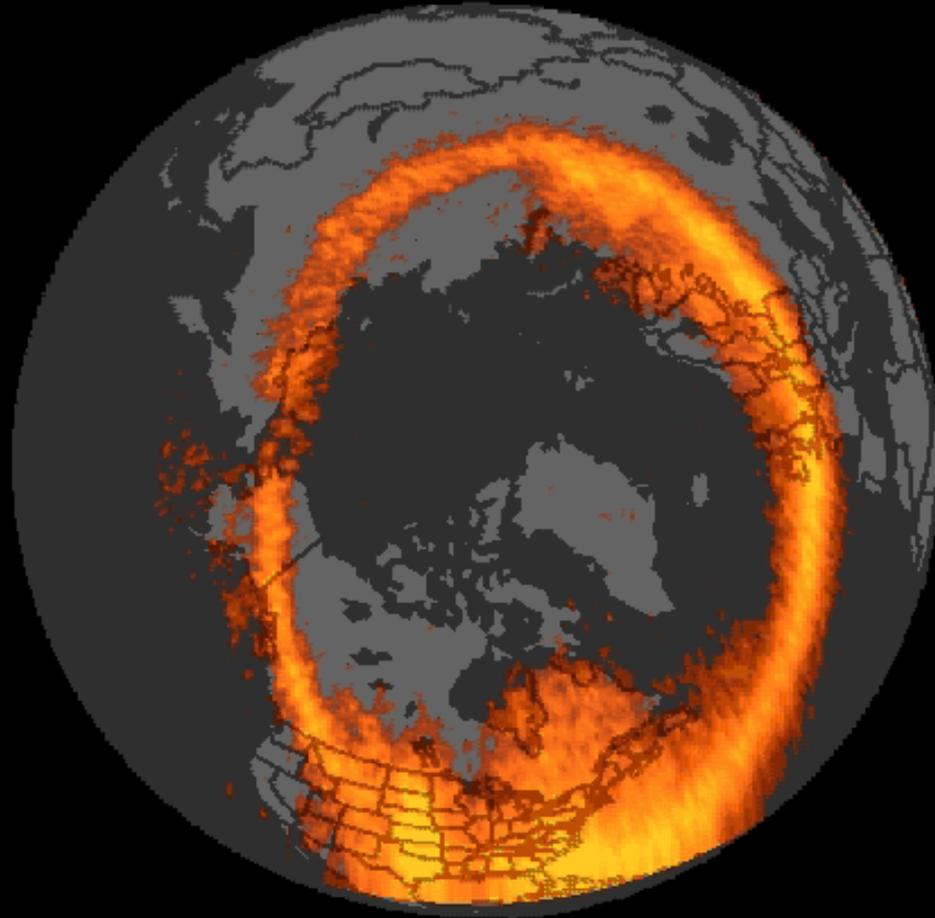


當從太陽表面“吹送”出來的太陽風到達地球時，太陽風中的高能量帶電粒子，會順著地磁的磁力線方向往兩極方向移動，這些帶電粒子到了電離層，與大氣中氣體原子碰撞放電，就會發出瑰麗的極光。由於高層大氣中，氧原子含量較高，因此我們看到的極光多為綠白色，也就是氧原子被電離之後發出的光顏色，而偶爾看到像閃電那樣的紫紅色，則是氮原子電離後發光的顏色。而除了地球之外，天文學家們觀察到其他行星也有極光的現象，例如木星與土星。

# 為何極光只發生在高緯度地區



# 極光冠 (極光橢圓圈)



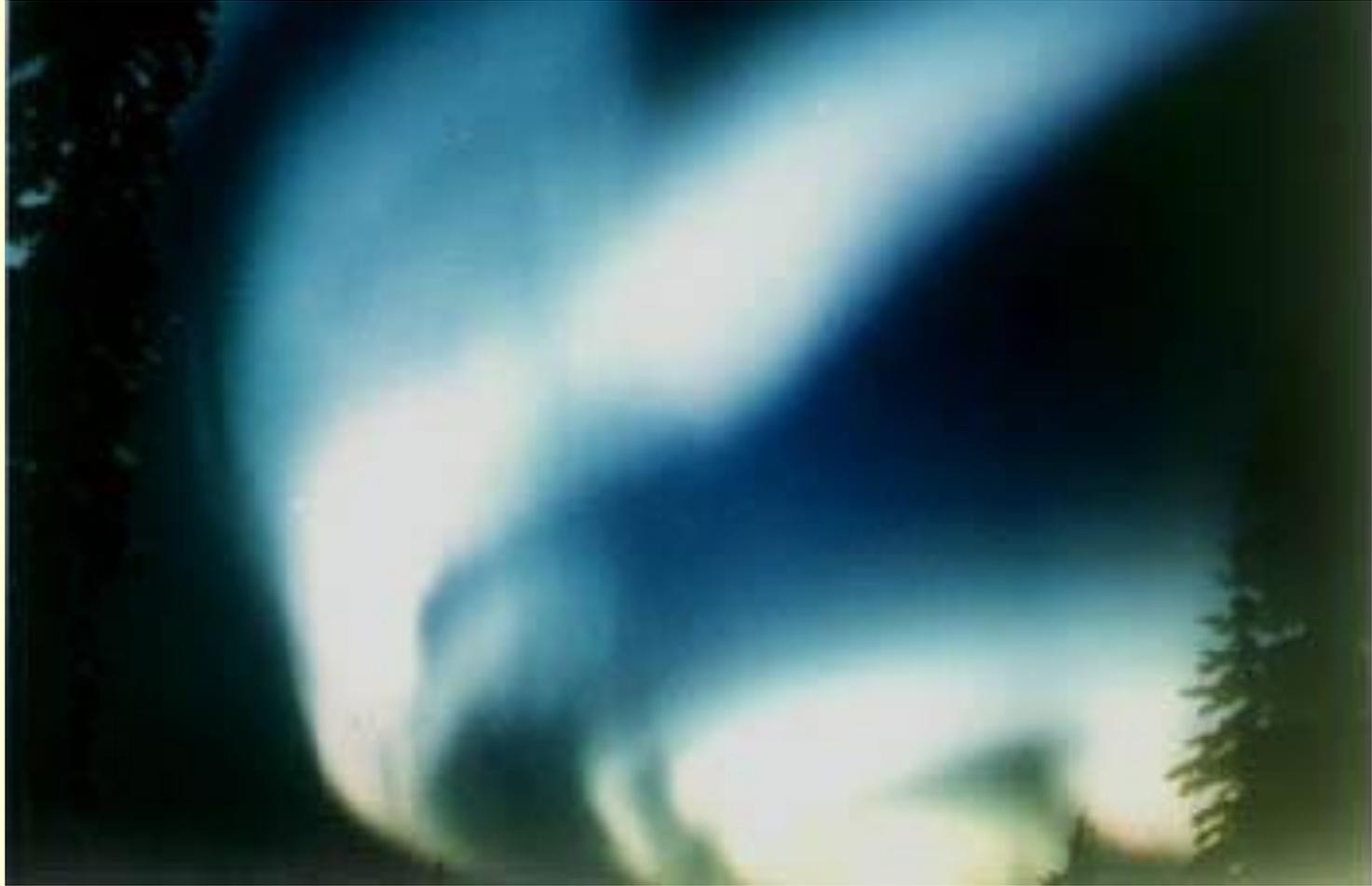
**16 JUL 2000, 00:01**

# 綠色極光



氧原子的色彩

# 藍色極光



氮離子的色彩

# 極光特性

極光一般在大约離磁極 $25^{\circ}$ — $30^{\circ}$ 的範圍內出現，這個區域稱為**極光區**(Auroral Region)。在地磁緯度 $45^{\circ}$ — $60^{\circ}$ 之間的區域稱為弱極光區，地磁緯度低於 $45^{\circ}$ 的區域稱為微極光區。

極光發生的高度範圍，一般在離地100到300公里之間，最大發光處的高度約在110公里左右，下邊界的高度，有時可在100公里以下，正常的最高邊界約在300公里左右，在極端情況下，往上可達1000公里以上。

根據近年來關於極光分布情況的研究，極光區的形狀不是以地磁極為中心的圓環狀，而是更像卵形。故極光區亦稱**極光橢圓圈**(Auroral Oval)。

極光的光譜線範圍約為310—670奈米，其中最重要的譜線是557.7奈米的氧原子綠線，稱為**極光綠線**。

一般來說，極光的型態可分為弧狀極光、帶狀極光、幕狀極光、放射狀極光等四種。在北半球出現的稱為北極光，在南半球出現的則稱為南極光。

# 極光種類

片狀極光



弧(帶)狀極光



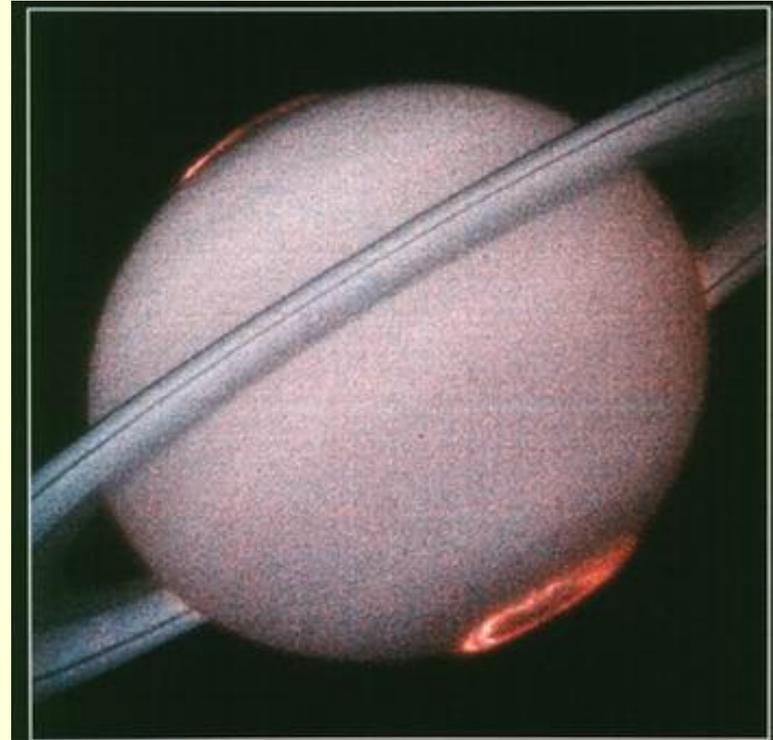
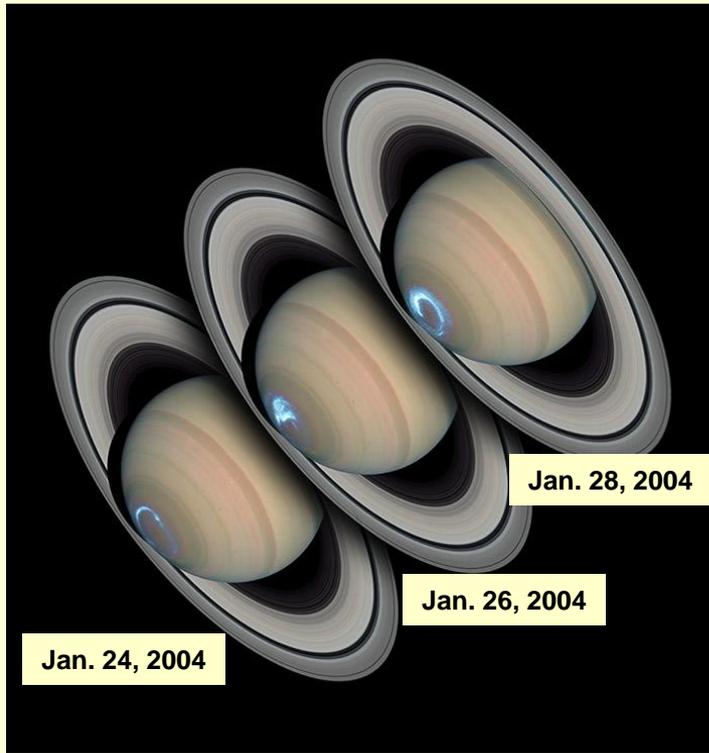
擴散狀極光



幕狀極光

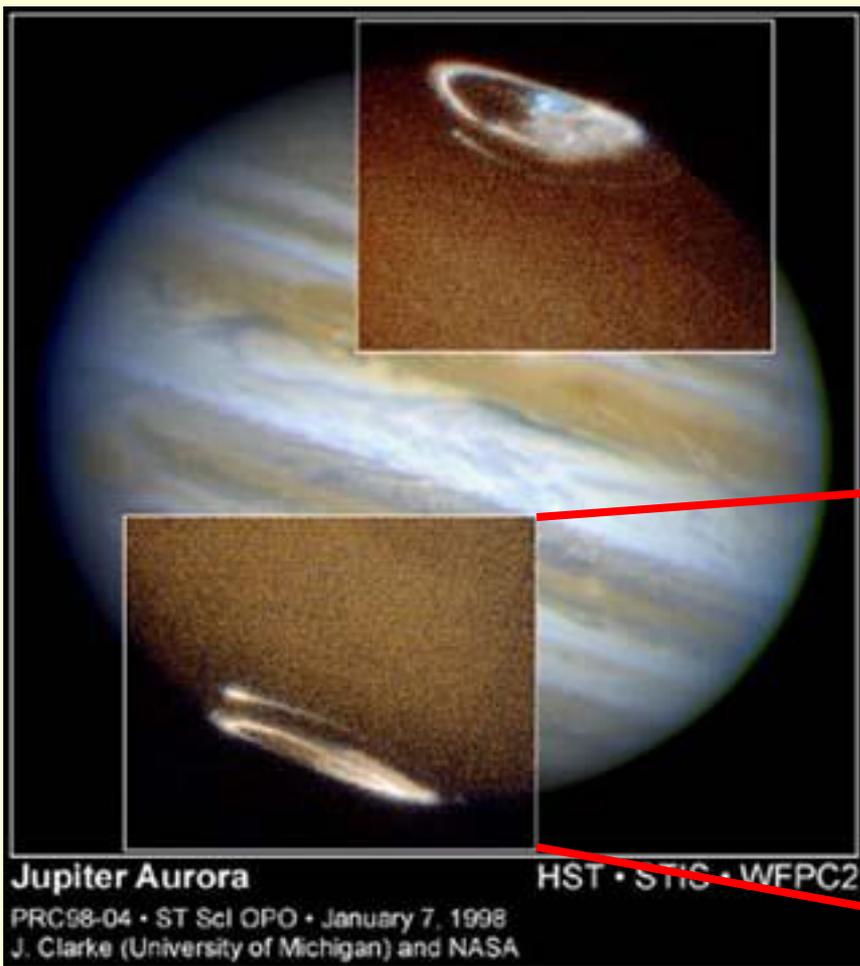


# 土星上的極光 (卡西尼太空船所拍攝)



土星極光每天都在變化，有時能伴隨土星自轉而運動，有時却又保持靜止。它有時發亮能持續好幾天，不像地球極光那樣只能持續幾分鐘到幾十分鐘。與地球或木星極光尤為不同的是，土星極光在這顆行星的晝夜交替之際顯得尤其明亮，有時會成為一個螺旋形。由此研究人員認為，影響土星極光的因素與地球和木星的不完全相同

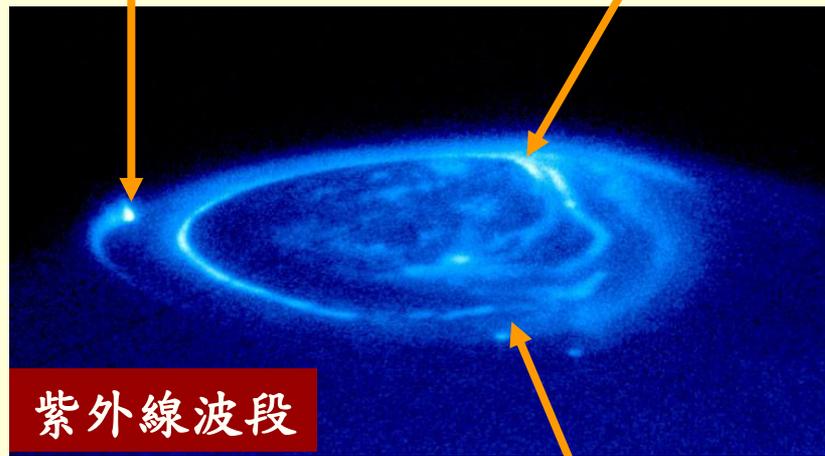
# 木星上的極光 (卡西尼太空船所拍攝)



木星極光形狀與空間分布，會受到衛星磁場的影響而改變。

木衛一(IO)衛星

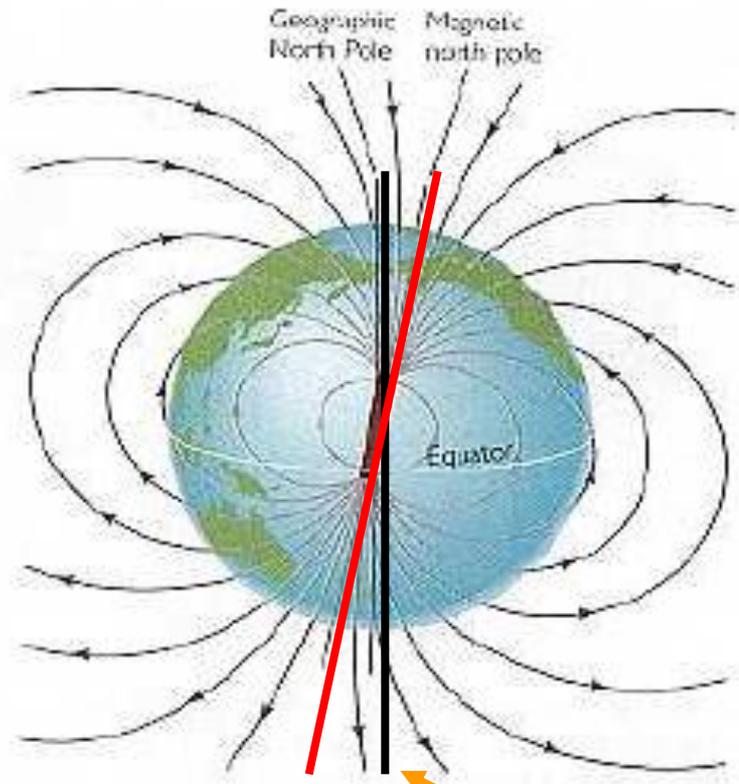
木衛二(Europa)



紫外線波段

木衛三(Ganymede)

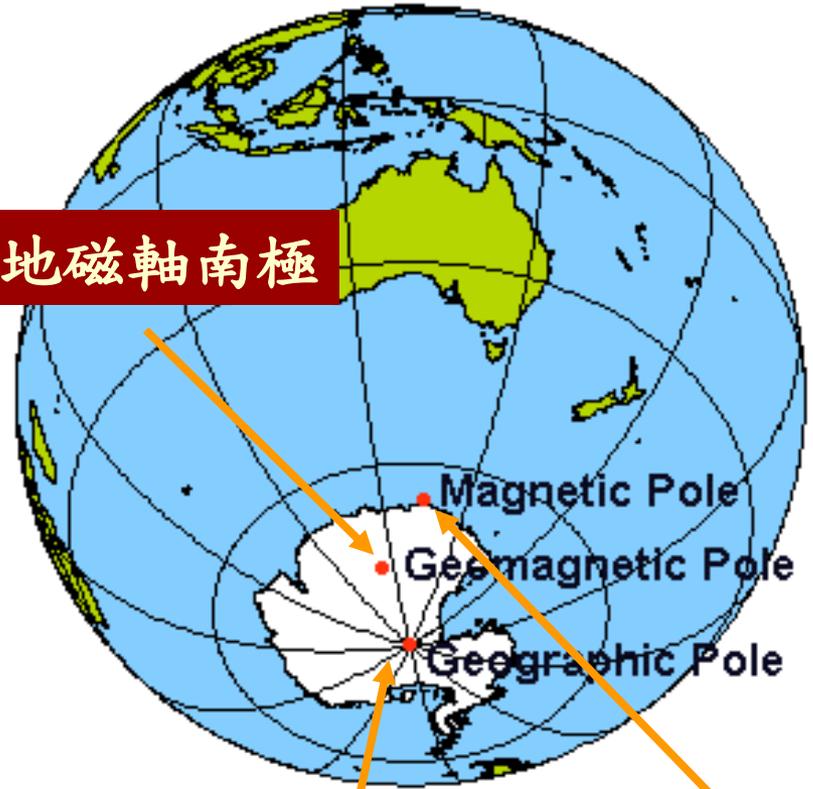
# 地球自轉軸與地磁北極與南極



地磁軸

地球自轉軸

地磁軸南極

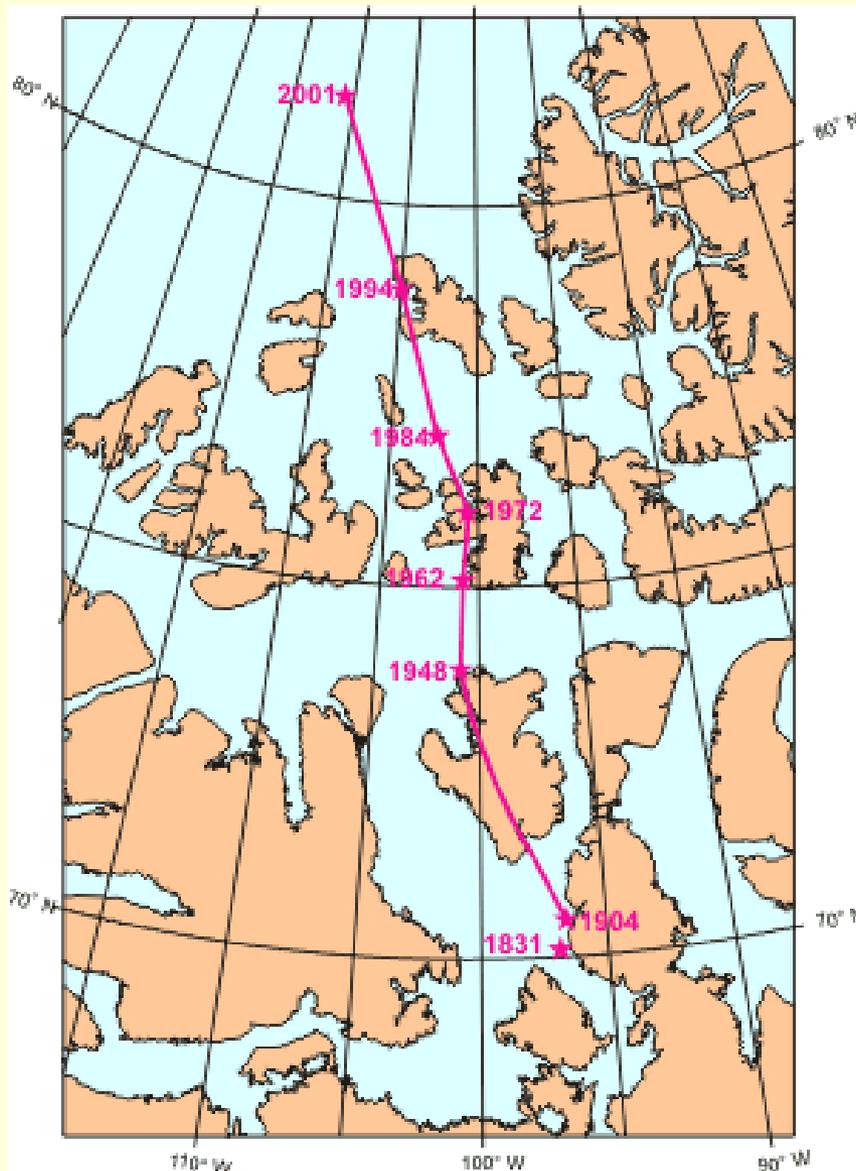


地理南極

地磁南極

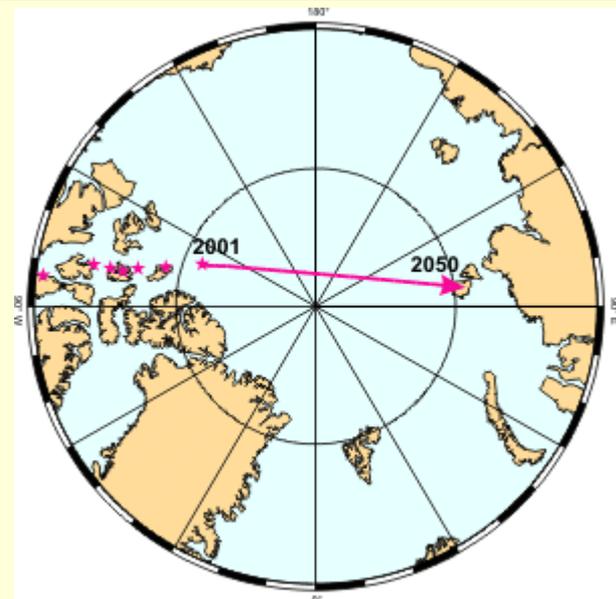
地球磁場的產生，主要是位於固態地核(5000°C)外圍的高溫鐵金屬流體，因對流作用向上升的過程中，由於科式力的作用，使得鐵流體產生向西的繞地球運動移動，因而產生地球磁場。

# 地球磁極的變遷

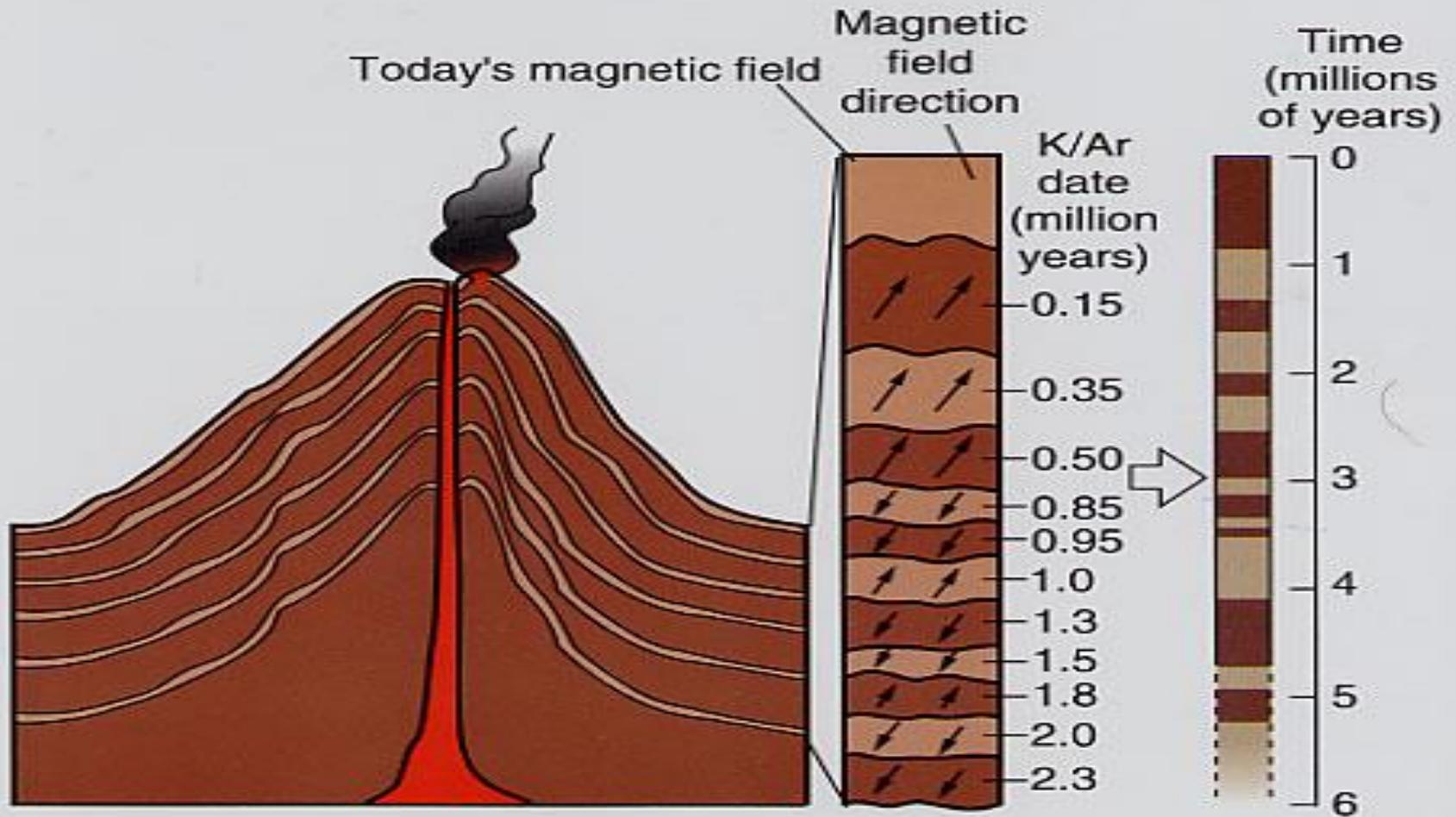


年	緯度(°N)	經度(°W)
2001	81.3	110.8
2002	81.6	111.6
2003	82.0	112.4
2004	82.3	113.4
2005	82.7	114.4

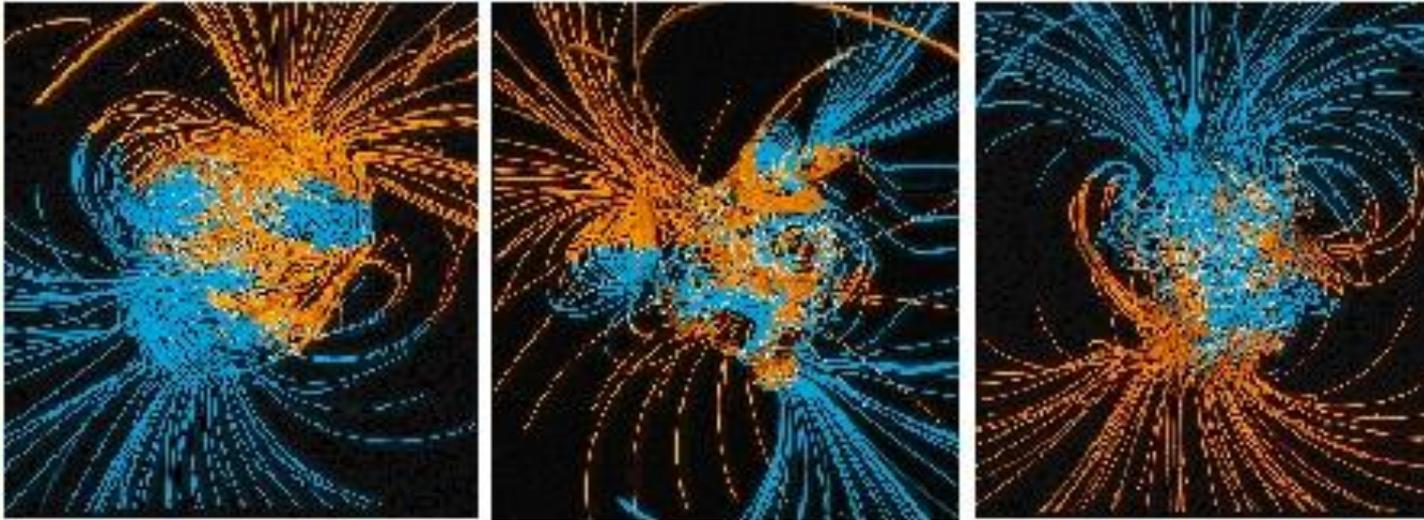
## 地球磁極位置的預測



# 地磁反轉的證據 (火山熔岩的證據)



# 地球磁極的反轉



<https://websites.pmc.ucsc.edu/~glatz/geodynamo.html>

藍色-指向地心  
黃色-遠離地心

科學家相信地磁反轉機制，係與地核金屬流體繞地心運動的混沌 (Chaotic) 效應有關。發生過程中會有多個地磁極散佈在地其表面。地磁反轉的紀錄可追溯到3.3億年以前，到目前為止已發生過400次以上的地磁反轉現象。地磁反轉發生的間隔時間，由少於10萬年，到數百萬年不等，平均而言，大約每隔70萬年會發生一次地磁反轉。但最近200萬年的地磁紀錄顯示，大約每20萬年會發生一次地磁反轉。然而上次的地磁反轉係發生於78萬年前。最近數十年的地磁監測顯示，地磁強度在某些地區正在迅速降低，磁極位置也在改變中。此是否暗示為地磁反轉的先兆，仍有待確認。

## 習題一

請想一想，若沒有地球磁場，會對地球造成什麼影響(包括地球環境，生態，動物，與人類等等)？

## 習題二

大氣懸浮微粒中直徑小於PM2.5的粒子，會對人類帶來嚴重的疾病，屬於第一級致癌物。請問PM2.5的含意是什麼，PM2.5粒子進入人體後造成人體疾病的機制為何？

## 習題三

請指出下述科學報導中錯誤部分。

“科學家證實，仙后座A在收縮過程中，核心會生成放射性同位素鈦44，而鈦44會向外輻射出大量的高能量X射線，將核心外層氣體以每秒50萬公里的速度吹散，形成一般認知中的超新星爆炸。NuSTAR（核光譜望遠鏡陣列）則拍下人類史上第一組輻射圖像。”  
(台灣醒報—民國103年2月21日)