

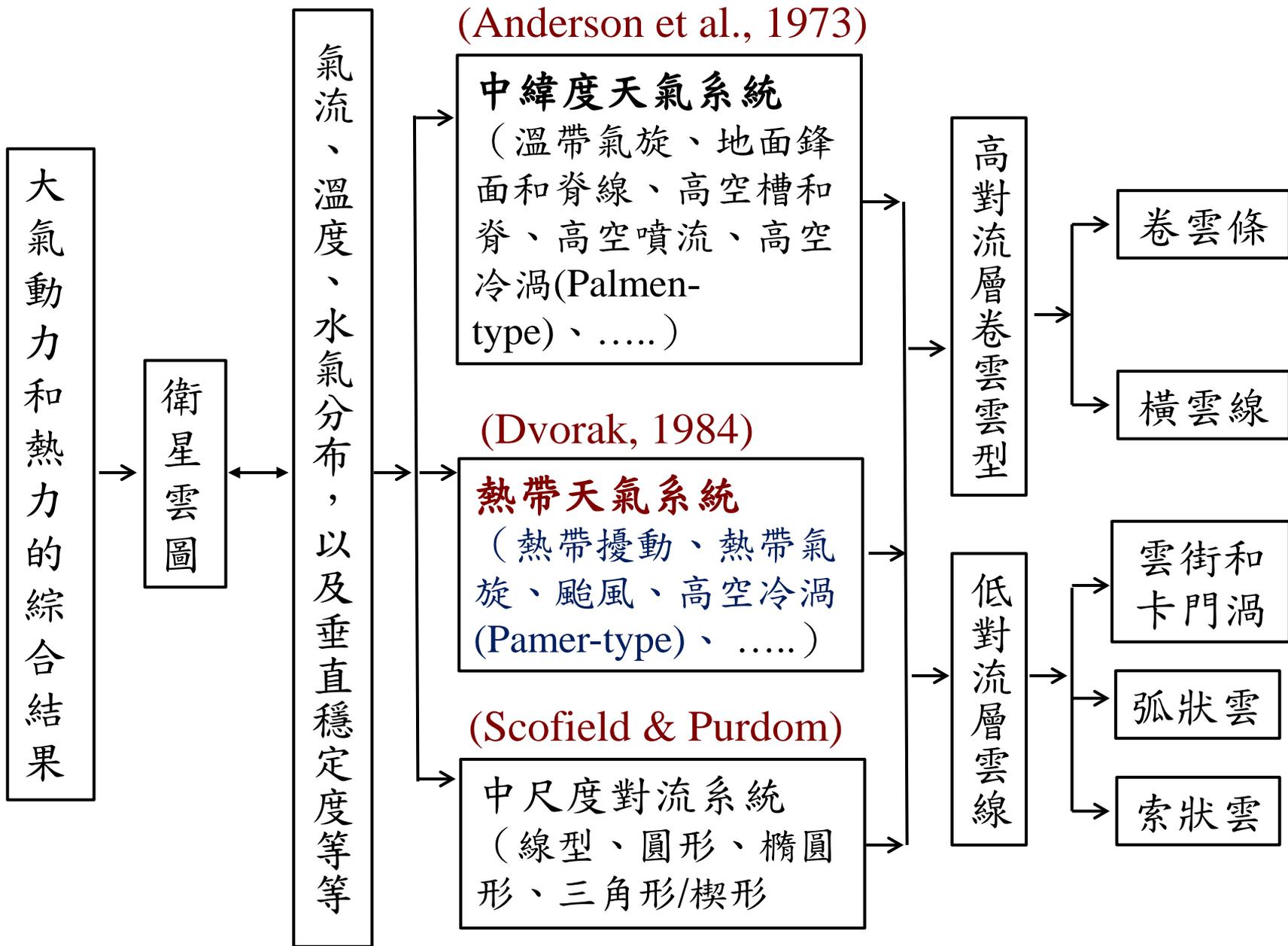
伴隨鋒面過境台灣南方近海 索狀雲之初步分析

紀水上^{1,2} 劉清煌²

¹中央大學大氣科學系；

²中國文化大學大氣科學系

2015年9月15日



高對流層卷雲雲型

與高空氣流平行

卷雲條

與高空氣流垂直

橫雲線

可代表高空輻散場，因此在劇烈天氣分析和預報扮演相當重要角色

- Lenz et al., 2009
- 紀水上，2014：卷雲雲型研析及其在劇烈天氣分析與預報之應用。103年天氣分析與預報研討會。

低對流層雲線

雲街和卡門渦

弧狀雲

索狀雲

Arc cloud:

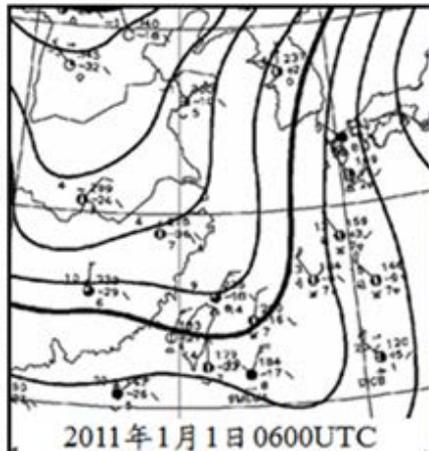
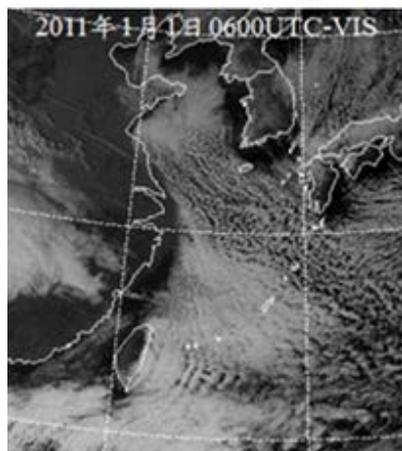
- Fujita, 1955 & 1959
- Goff, 1976
- Purdom, 1973 ←從衛星雲圖發現此種雲型的第一人
- Seitter, 1983
- Wakimoto, 1982

Rope cloud:

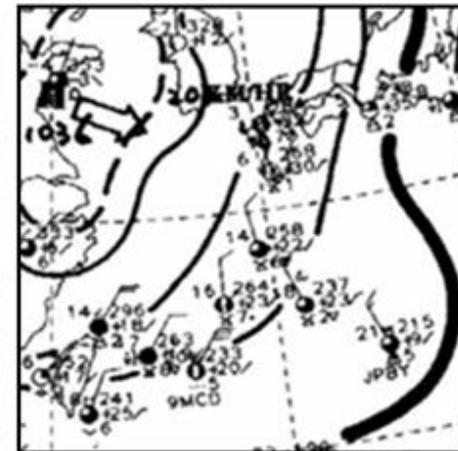
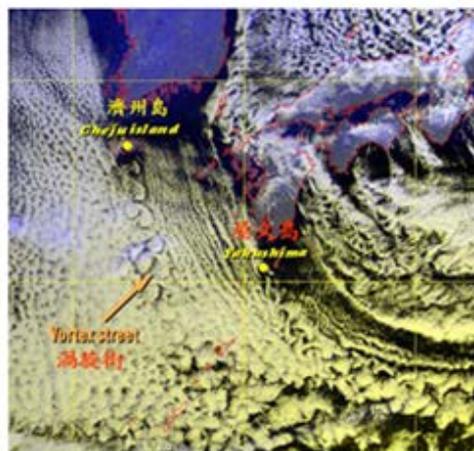
- Seitter and Muench, 1985 ← DMSP衛星雲圖
- Shaughnessy and Mann, 1973 ← DMSP衛星雲圖
- Woods, 1983 ← GOES衛星雲圖
- Obana, 1983 ← GMS衛星雲圖
- Ito, 2002 ← GMS衛星雲圖

衛星雲圖中常見之低層狹窄雲帶

雲街/雲線/胞狀雲



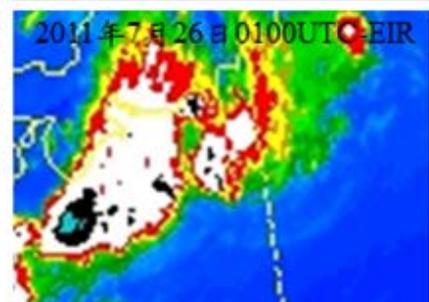
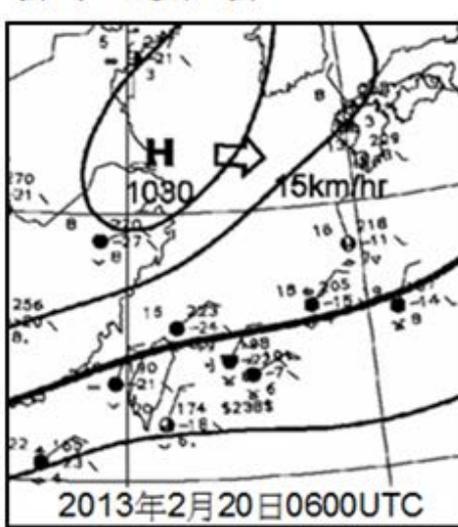
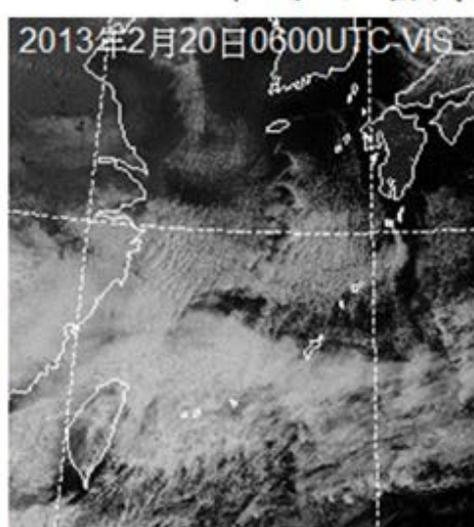
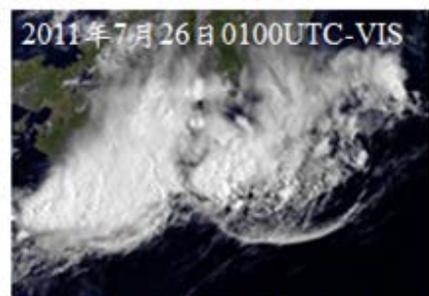
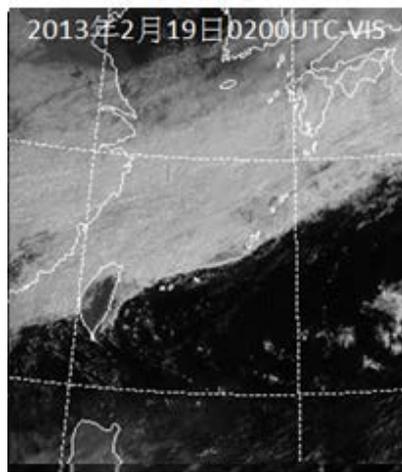
卡門渦/雲街/雲線/胞狀雲



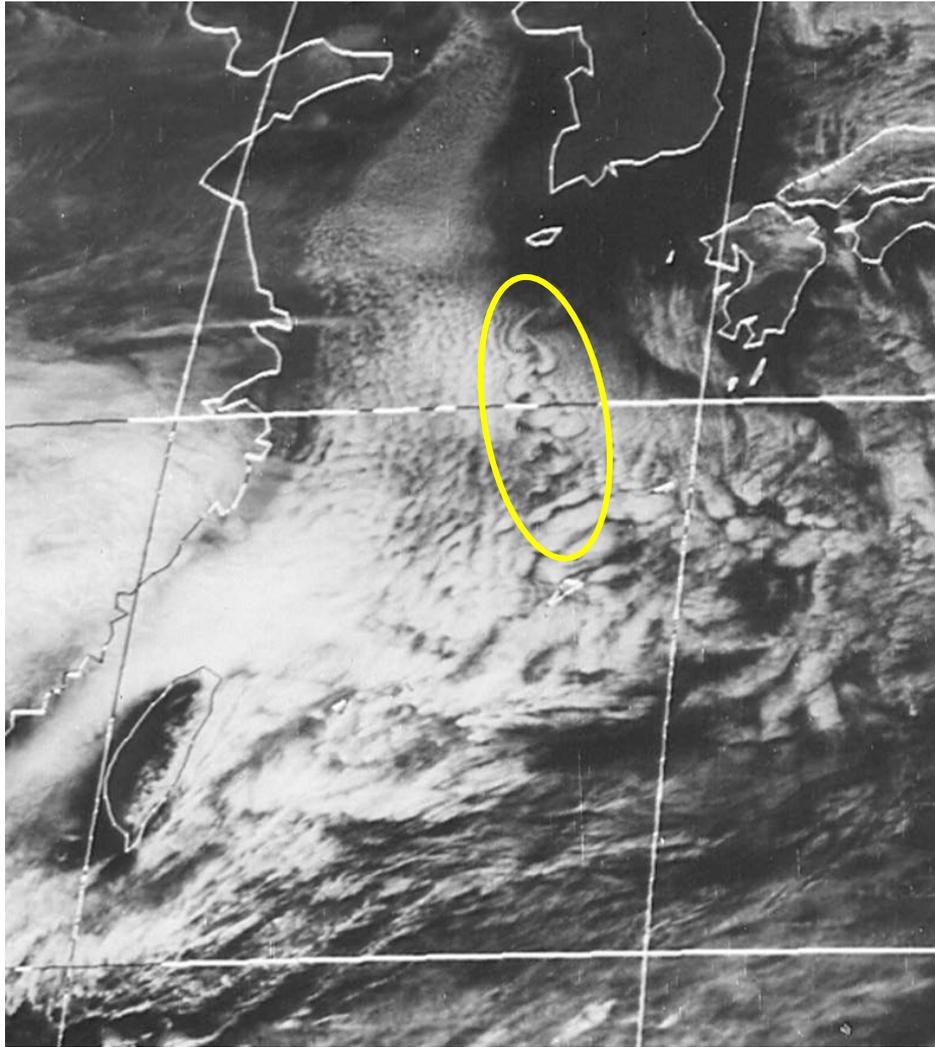
索狀雲

弧狀雲

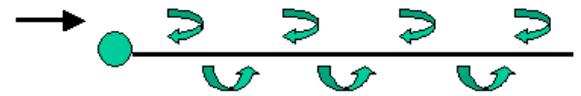
卡門渦/雲街/雲線/胞狀雲



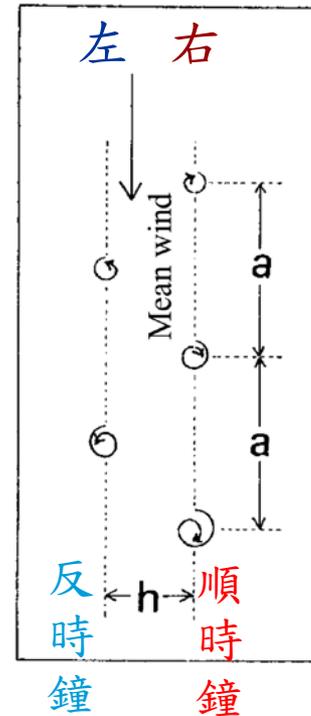
渦旋街 (Vortex streets)



卡門渦列：



流體緊挨剛體圓柱流動時，在其尾流區中經過柱軸的主導流線兩側，常會出現呈規則間隔排列的兩列渦旋。



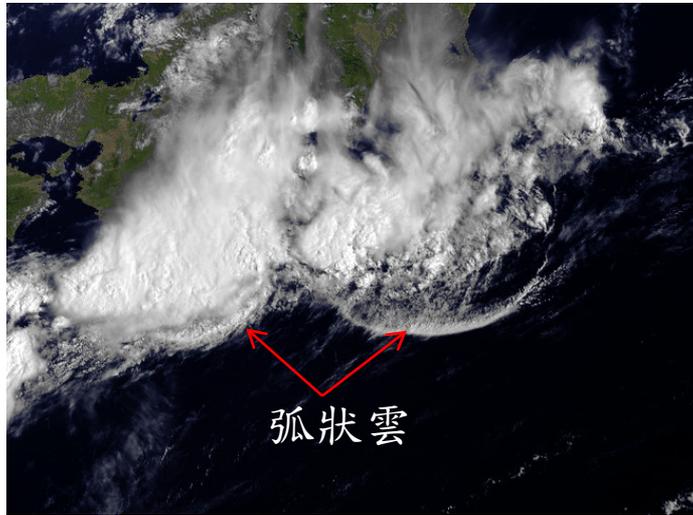
h: 渦街間的距離

a: 同一渦街兩相鄰渦旋的距離。

$$0.28 < h/a < 0.52$$

低層持續風在 5-12.5m/s。小於 5m/s，渦旋通常不會發生；若大於 12.5m/s 則將破碎。

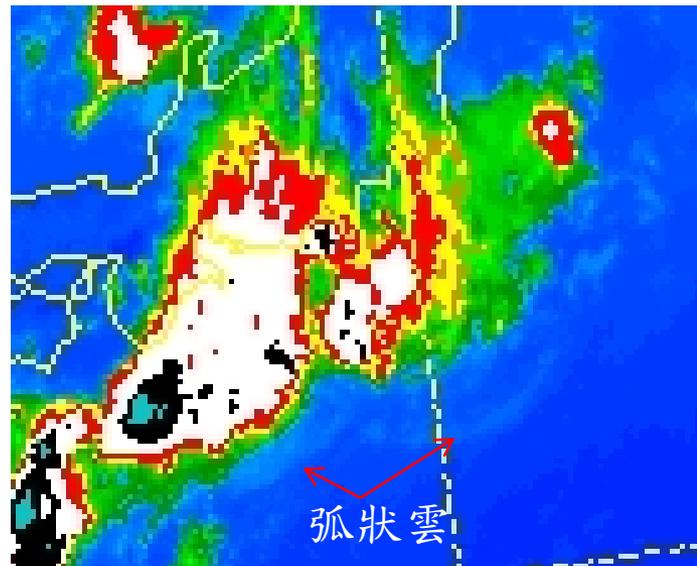
弧狀雲 (arc cloud)



可見光



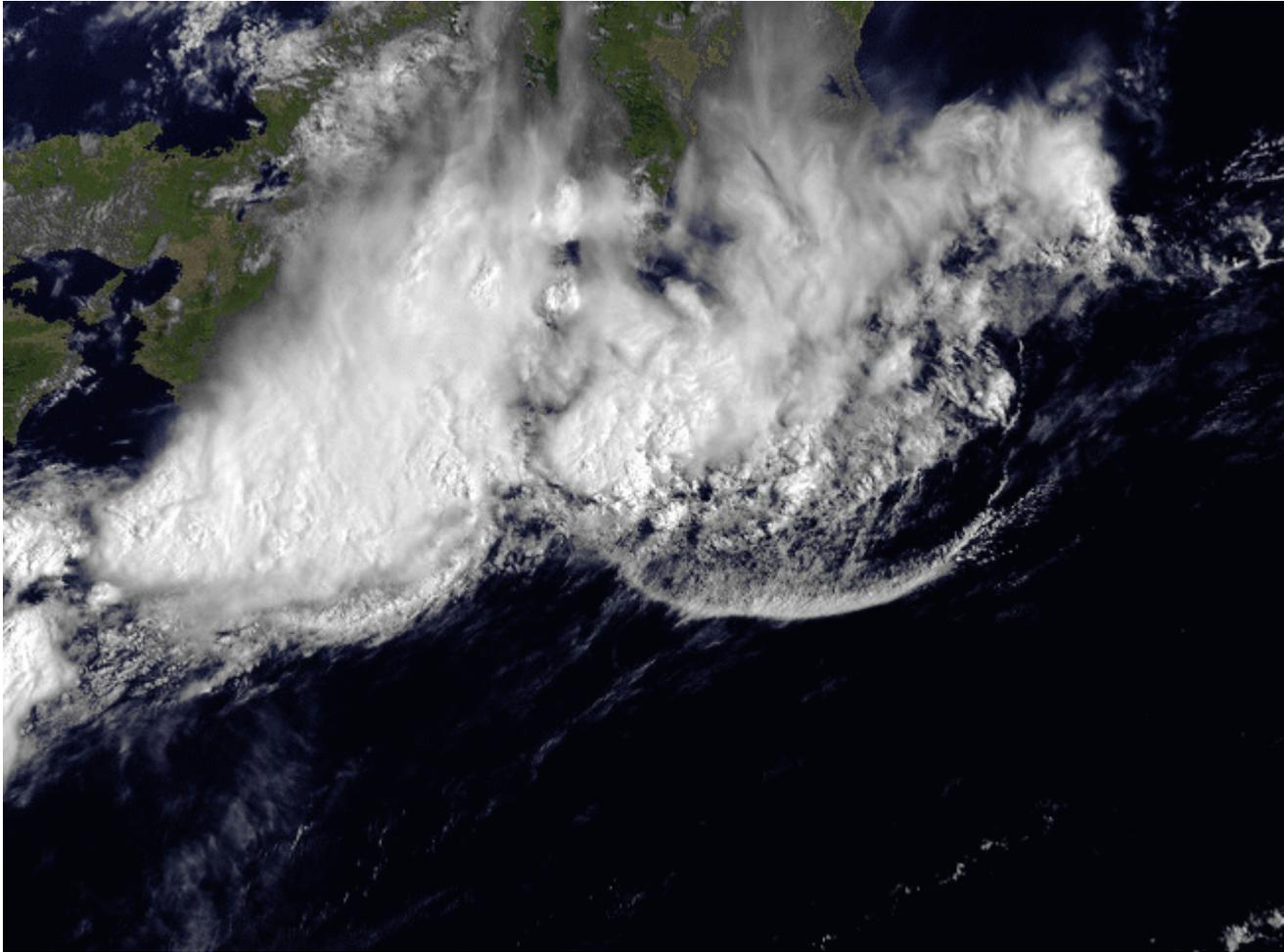
紅外線



紅外線色調強化雲圖

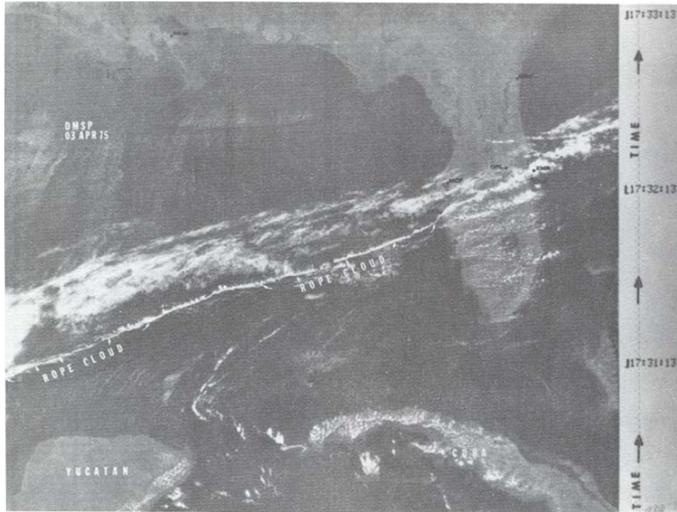
2011年7月26日0100 UTC衛星雲圖

弧形線 (Arc line) / 弧狀雲 (Arc cloud) 動畫：2011
年7月26日 0000-0550UTC之5分鐘間距

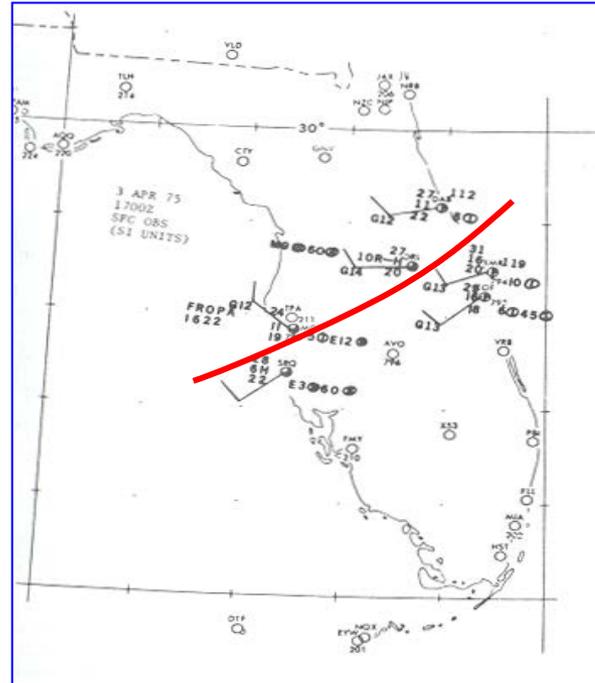


From: www.jma-net.go.jp/msc/gallery/

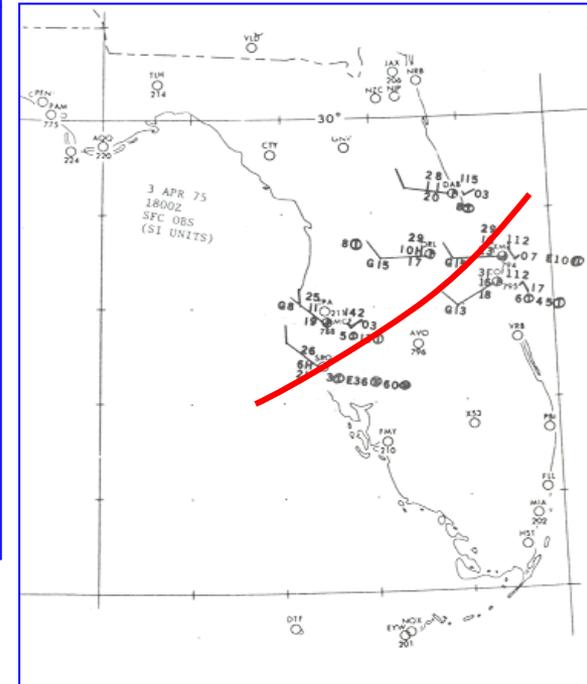
索雲線與冷鋒



1975年4月3日之DMSP
可見光雲圖



1975年4月3日1700
UTC之地面分析

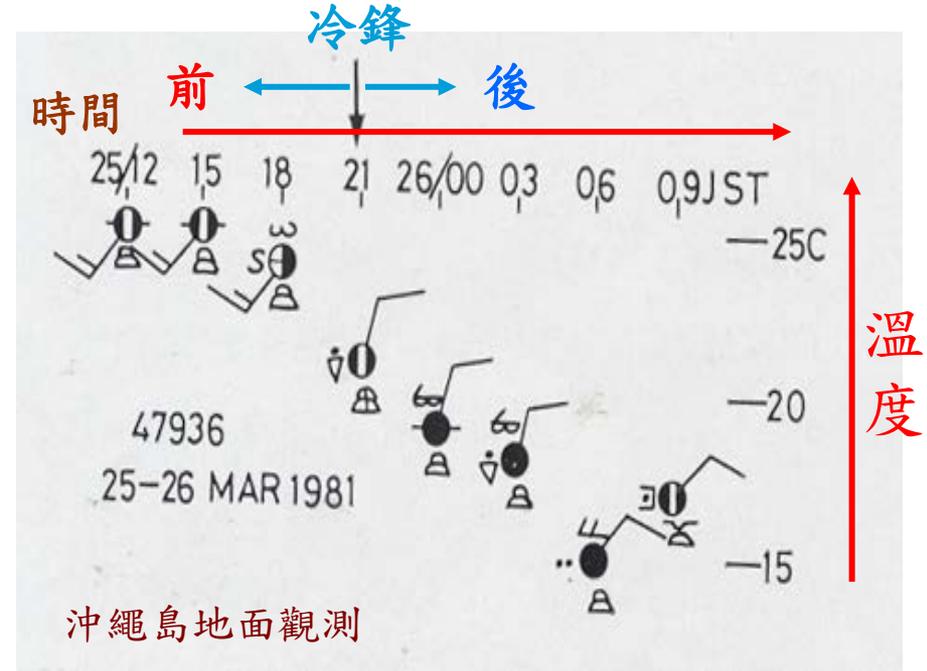


1975年4月3日1800
UTC之地面分析

From: Seitter, K.L. & Muench, H.S., 1985

索雲線與冷鋒

另一個索狀雲和鋒面（由地面風場觀測）的例子



(a) 1981年3月26日0000UTC可見光雲圖

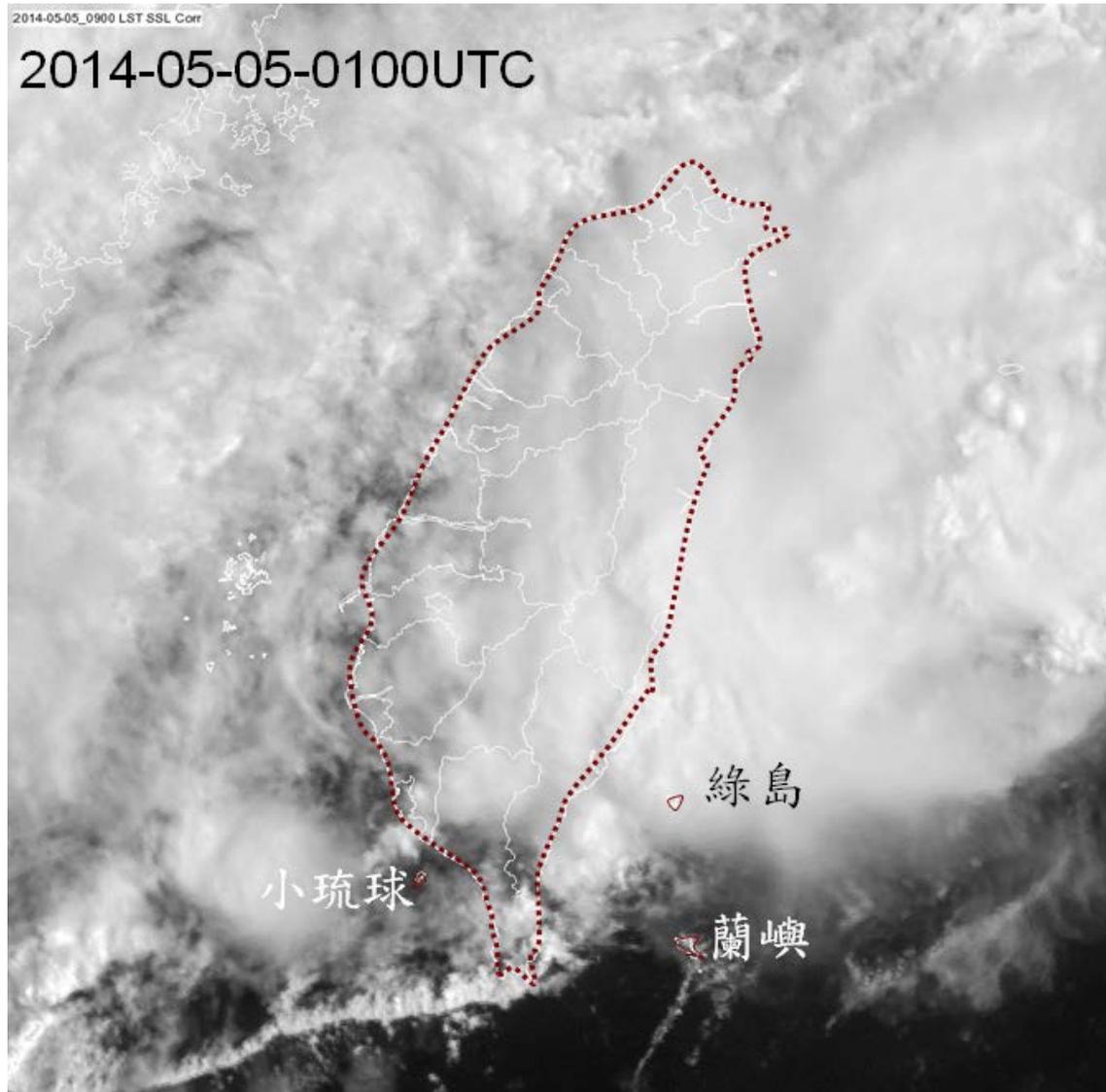
(b) 1981年3月25-26日地面觀測

1981年3月26日0000UTC可見光雲圖（左）和1981年3月25-26日地面觀測（右）。

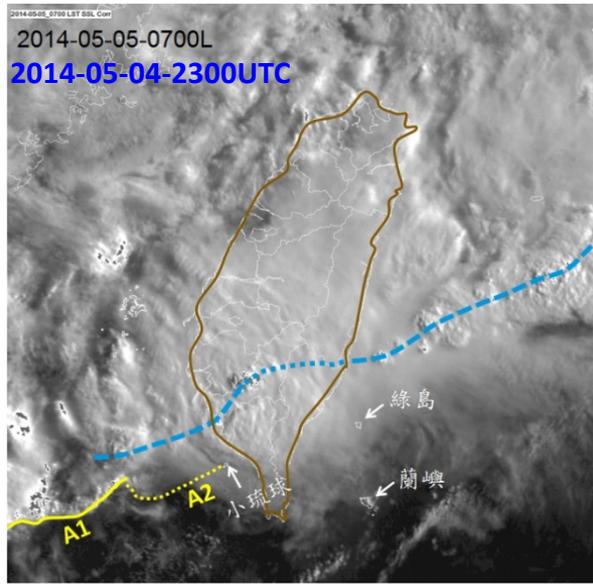
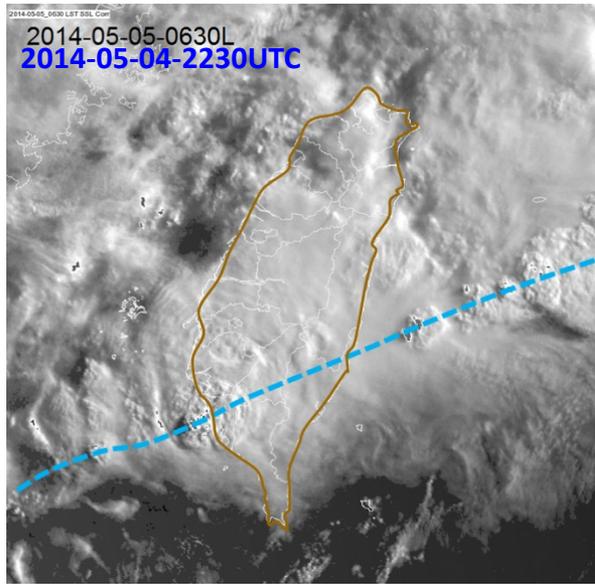
From: Obana, R., 1983

二、個案描述

2014年5月5日個案

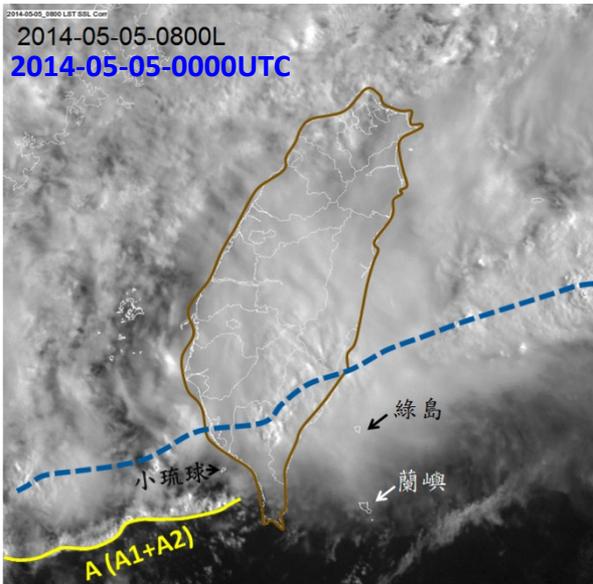
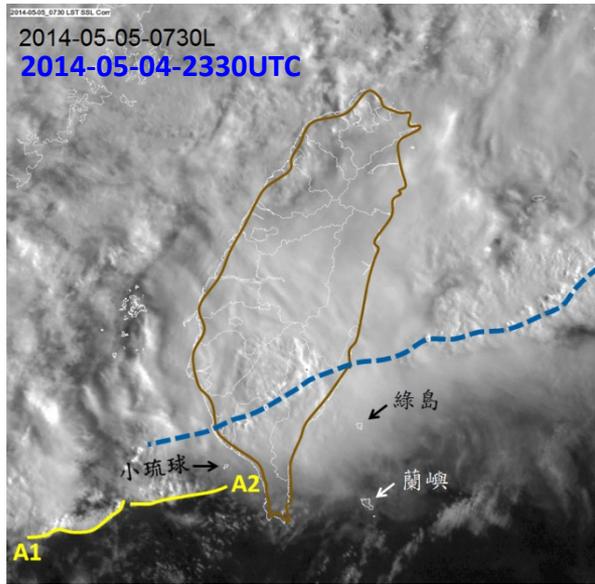


2014其5月5日0230UTC解析度1公里之可見光雲圖



東北向西南
伸展之藍色
粗虛線為深
對流軸

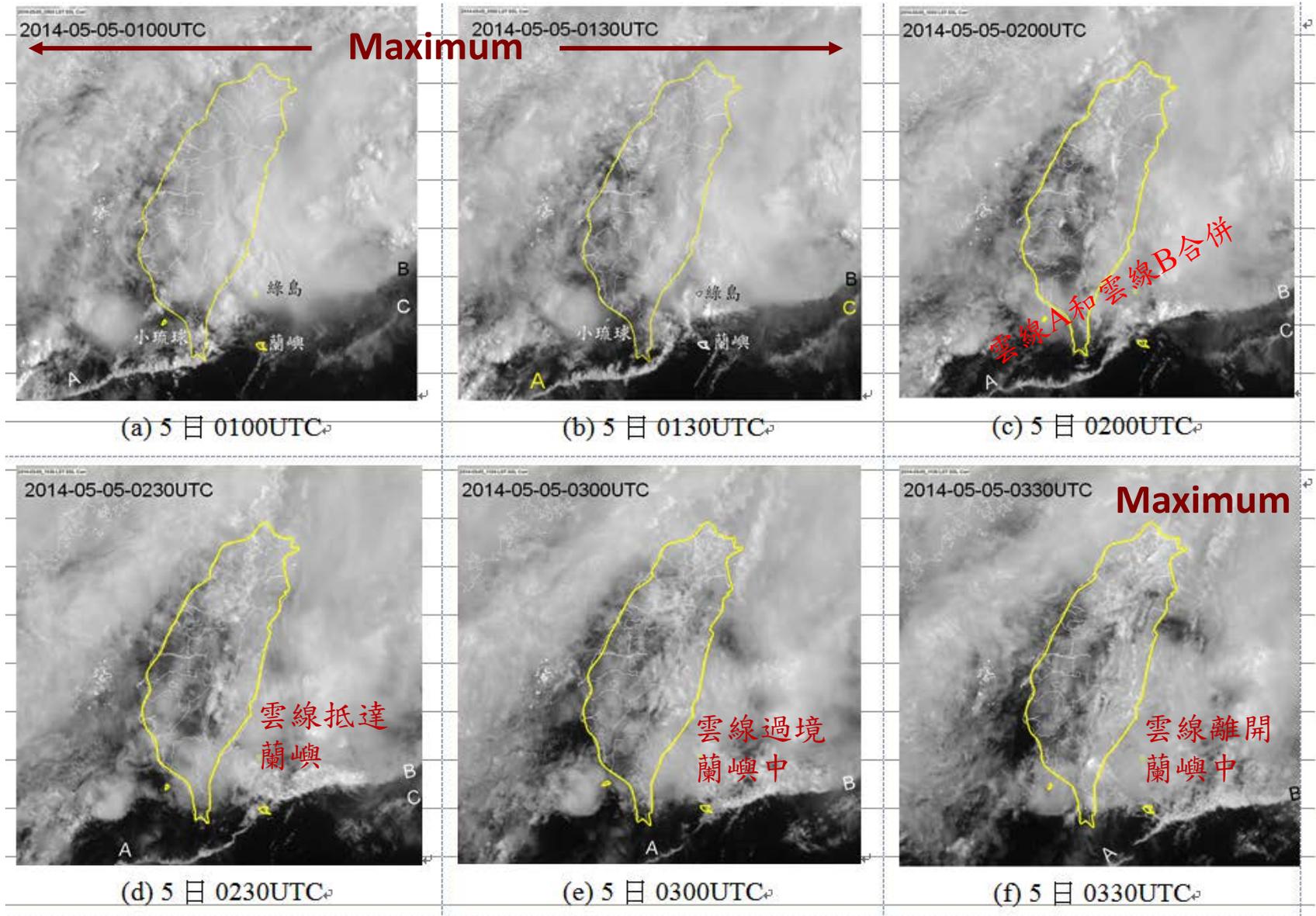
雲線在小琉球



標有英文字
母之黃色實
線及黃色虛
線為索雲線

雲線過
境小琉
球

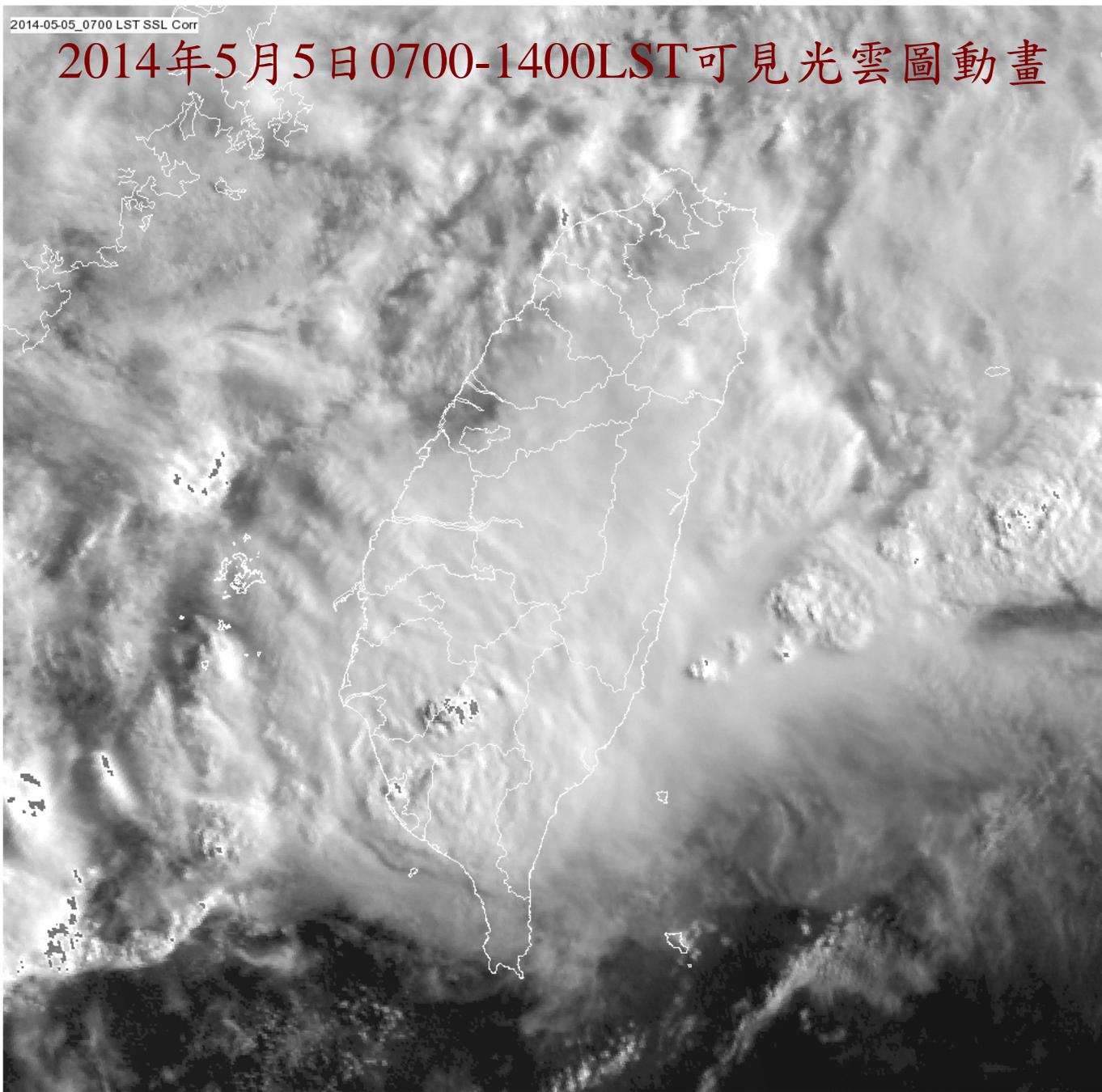
2014年5月4日2230UTC至5日0000UTC半小時間距之1公里解析度之可見光雲圖。



2014年5月4日2300UTC至5月5日0330UTC半小時間距之1公里解析度之可見光雲圖。

2014-05-05_0700 LST SSL Corr

2014年5月5日0700-1400LST可見光雲圖動畫



小 結

雲線A2：4日2300UTC過境**小琉球**。

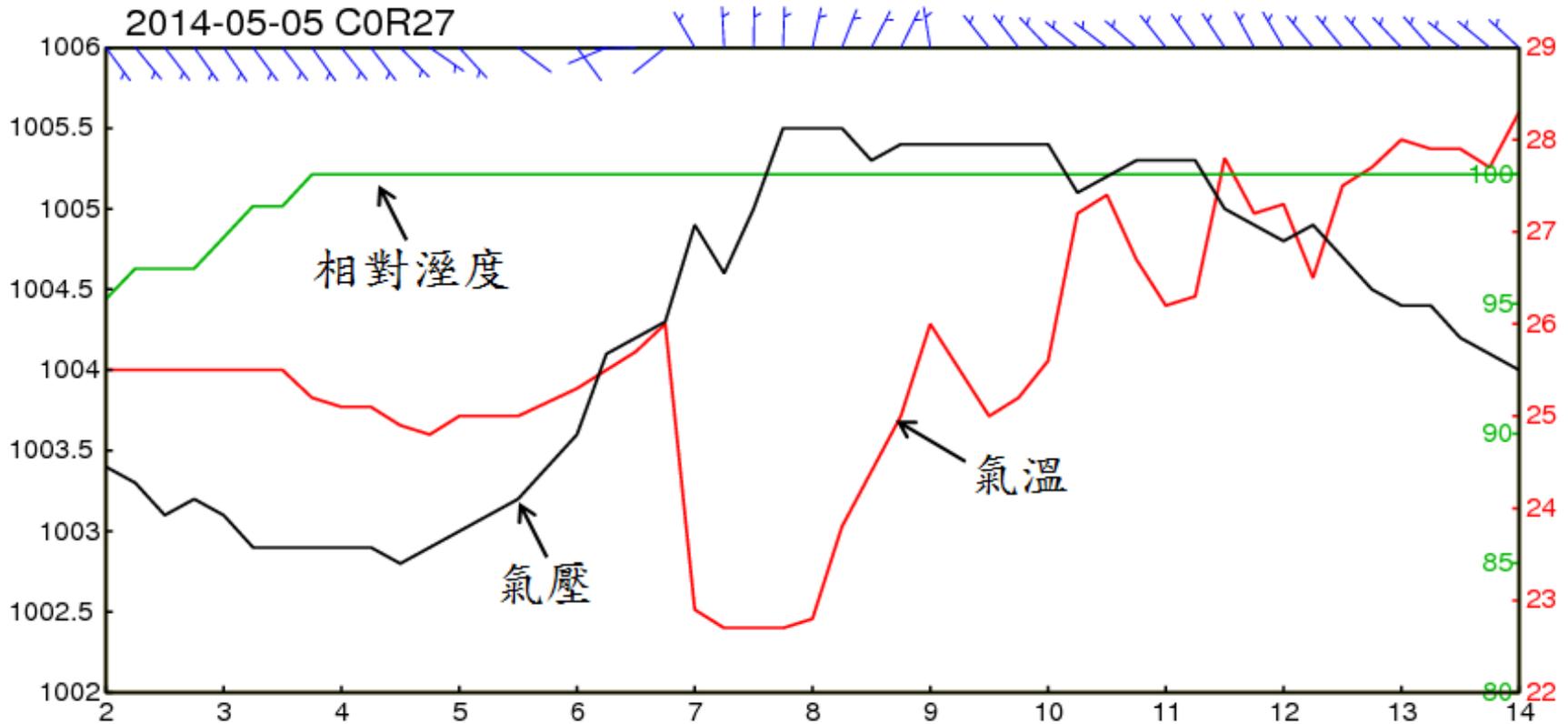
雲線A：於5日0100-0130UTC達最強。之後開始減弱，於0200UTC併入雲線B，0230-0300UTC過境**蘭嶼**。

雲線B：似於4日2300UTC~5日0000UTC就已存在（在**綠島**），由於在其後方有具組織的MCSs存在，其卷雲砧模糊了此雲帶。由於MCSs向東移動，而索雲線向南傳播，逐漸脫離雲線B因逐漸遠離雲帶而漸漸清晰，於0200UTC後與前述雲線A合併，0230~0300UTC進入蘭嶼，0330UTC離開蘭嶼。雲線過境蘭嶼後繼續南移並加強，約於0330-0400UTC達最強，之後開始減弱。

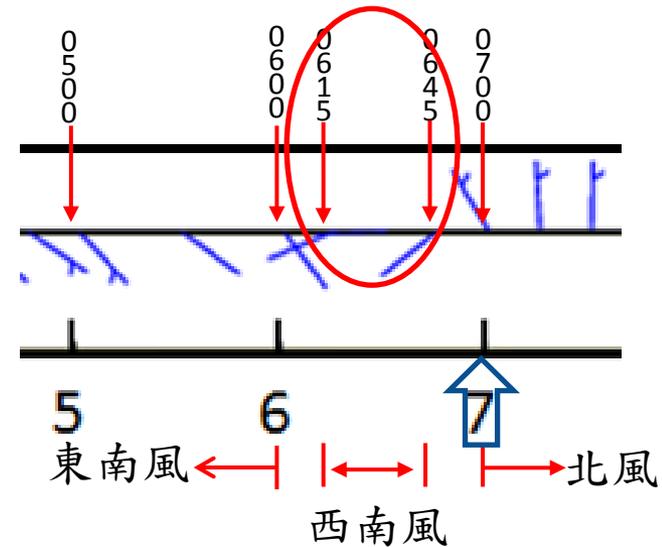
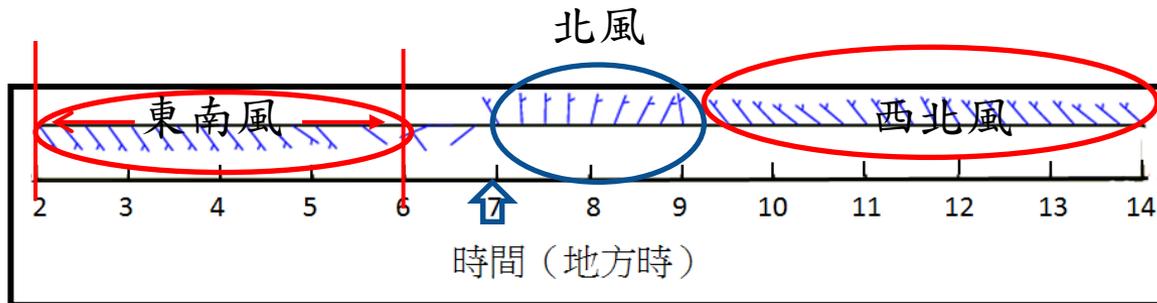
三、地面觀測

小琉球氣象站地面觀測

2014年5月5日 0200-1400LST

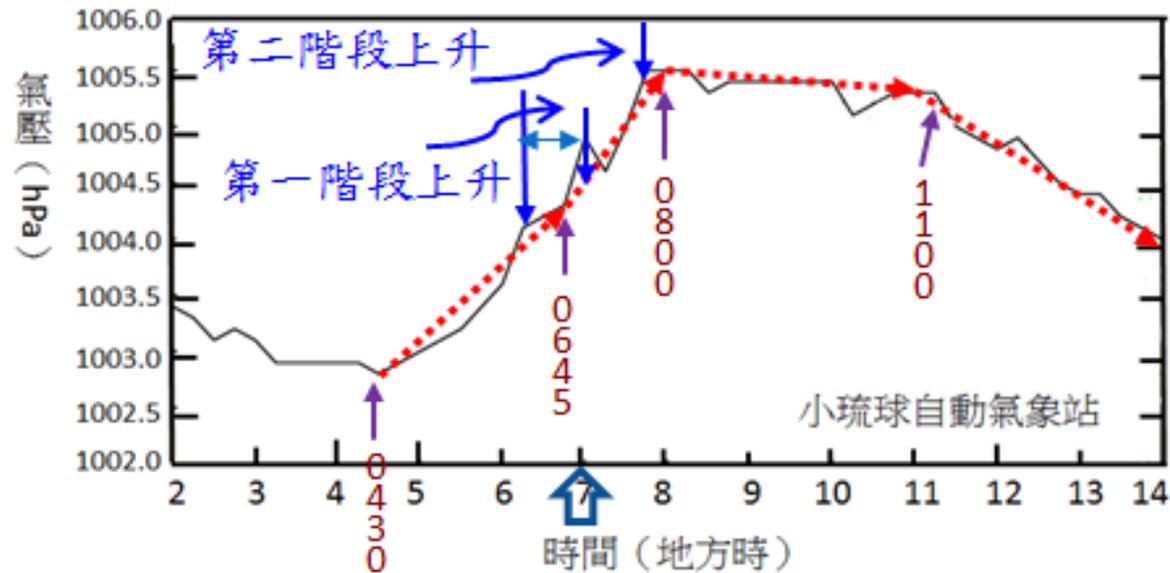


小琉球地面風場觀測 (5月5日02-14LST, 15分鐘間距)



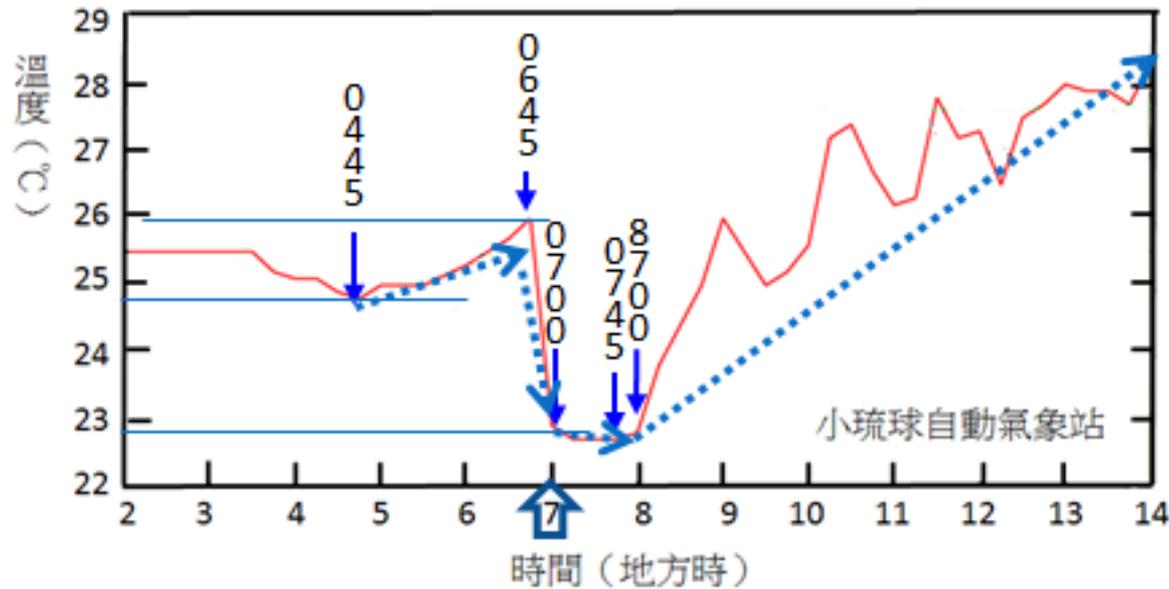
- 衛星雲圖顯示，索雲線於上午7時已過境小琉球
- 在6時前風向均為東南風，6時15-45分轉為西南風，7時風向驟轉為北風。
- 隨著索雲線向東南移，風向轉為北至西北風。
- 因四周有些樹叢，所以風速一般偏弱（在5Kts以下），然而在鋒面過境前後風向變化明顯。

小琉球地面氣壓觀測



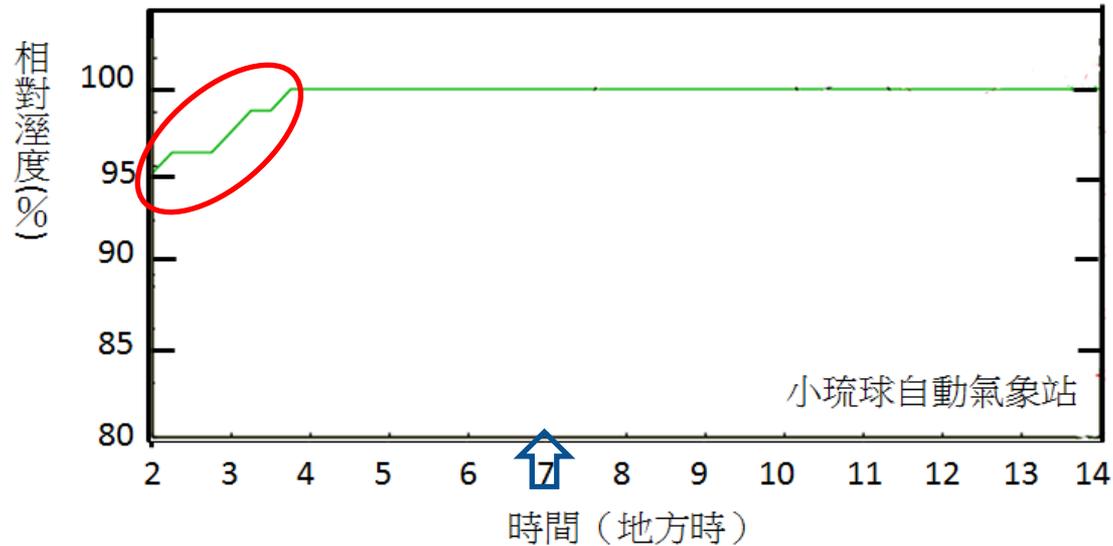
- 0430 (1002.9hPa) →0645 (1004.3 hPa) ; 平均上升 0.7hPa/h。
- 0645快速上升→0800 (1005.6hPa) , 約上升1hPa/h。
- 鋒後的高壓強度持續約3小時, 至11時後才下降。
- 在鋒面 (索狀雲) 過境期間, 氣壓呈現兩階段 (6時15分至7時及7時至7時45分) 上升。

小琉球地面氣溫觀測



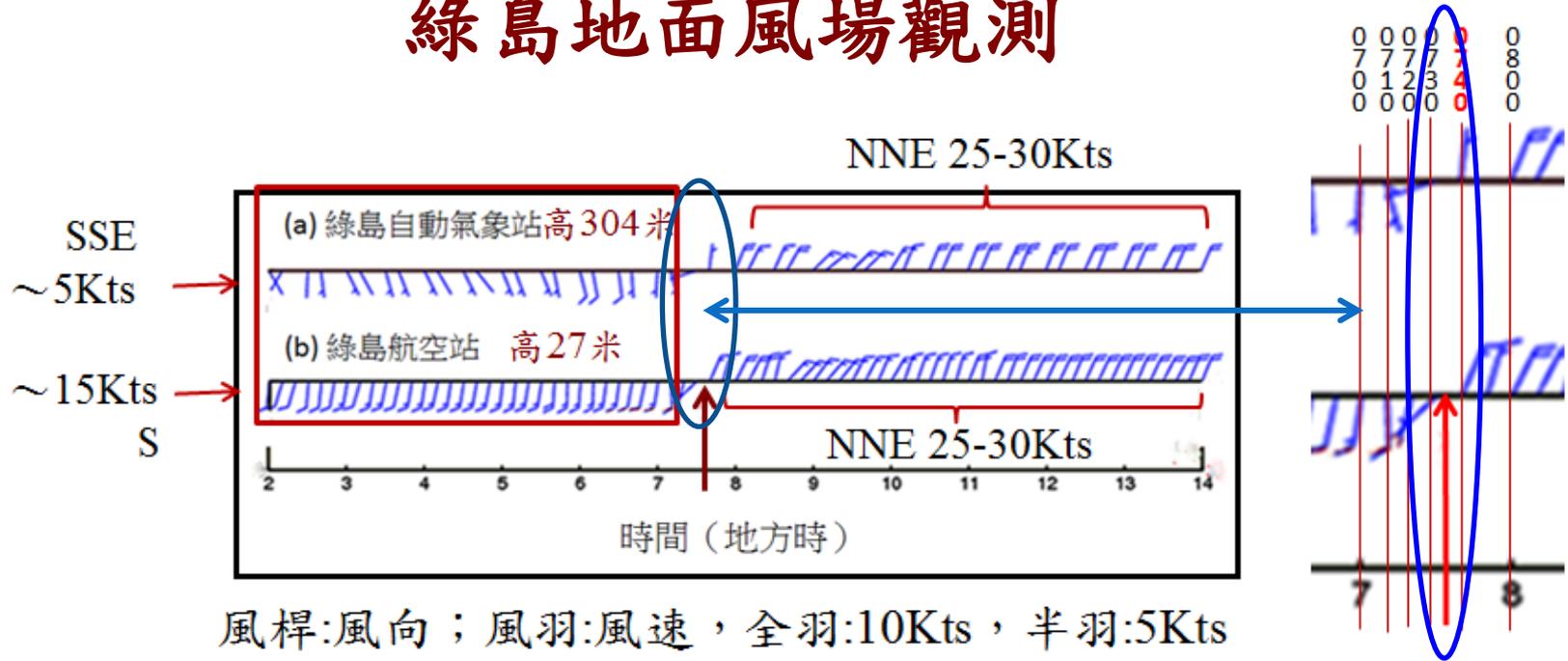
- 索狀雲形成並抵達小琉球前2.5小時分開始上升，自4時45分的 24.8°C 上升至6時45分達 26.0°C 最高（2小時增加 1.2°C ， $0.6^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ），
- 之後快速降低，在短短15分鐘（7時）下降 3.1°C （ 26.0°C 降至 22.9°C ），此時正是索雲線過境。
- 之後緩慢下降，於7時15-45分達 22.7°C 為最低。之後快速上升。

小琉球地面相對溼度觀測



不論鋒前或鋒後均很潮濕，僅在鋒面抵達3小時以前，相對溼度稍低，但尚為95%以上，之後則達100%。

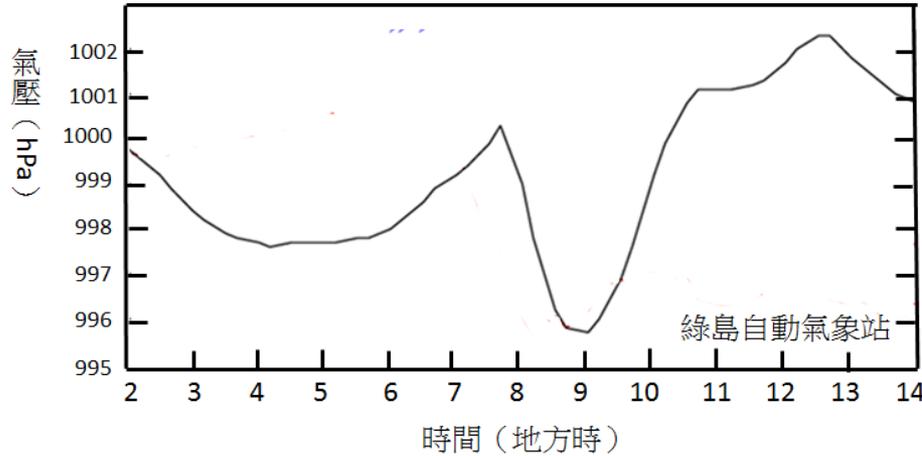
綠島地面風場觀測



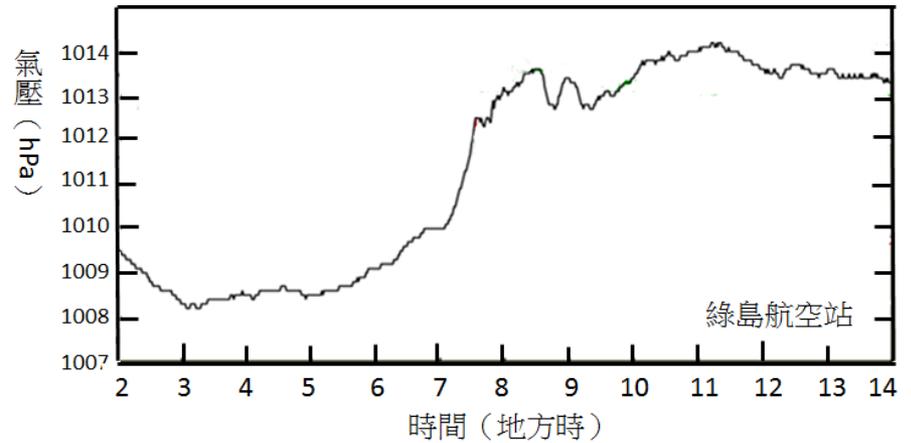
- 不論是氣象站（上）或航空站（下），在7時30分前後，風向均急劇變化，風向由偏南風（轉為西南風，7時40分後急轉為北北東風。
- 在索雲線過境航空站約為15Kts，氣象站僅約為5Kts，此是否顯示南來的暖溼空氣厚度很薄的緣故。
- 不論低層（航空站：高27米）或高層（氣象站：高度304米），在雲線後方的風向均為東北至北北東風，且風速也相當，均為25-30Kts，顯示有較深厚的冷空氣。

綠島地面氣壓觀測

綠島自動氣象站

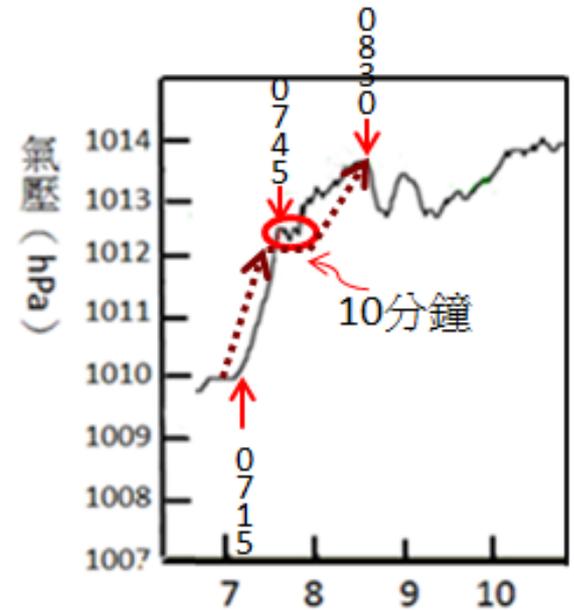
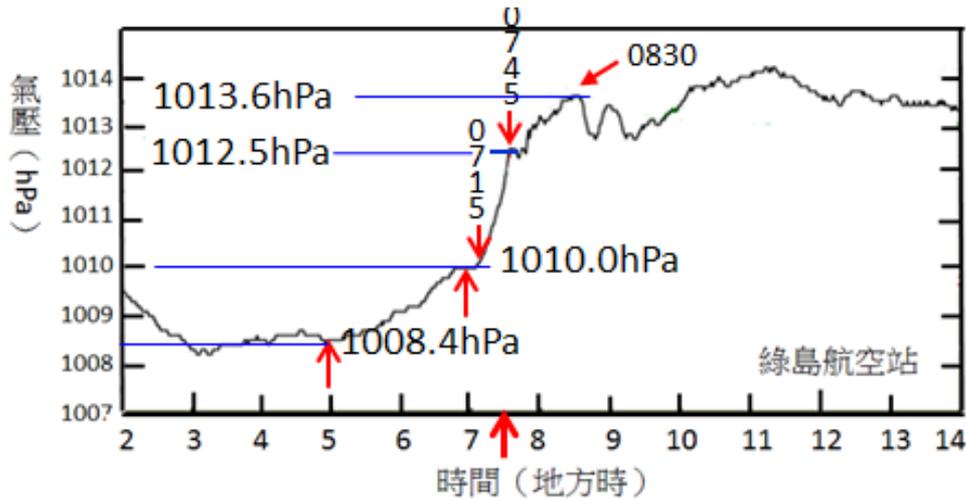


綠島航空站



航空站的時間解析度較氣象站高，較能顯示小尺度的擾動。

綠島航空站氣壓觀測

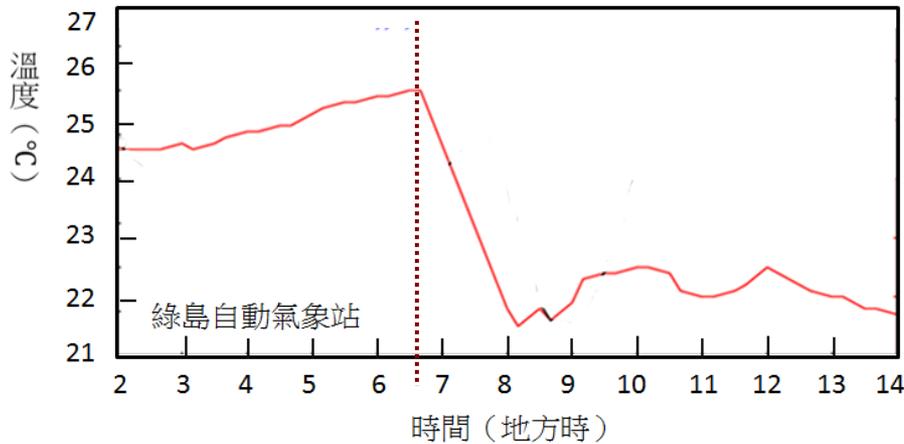


- 在雲線抵達前2-3小時就緩慢上升（5時：1008.4hPa→7時：1010.0hPa...2.6hPa/2h）；
- 雲線抵達前半小時至抵達時急遽上升（7時15分1010.0hPa→7時45分1012.5hPa... 2.5hPa/0.5h）；
- 在過境期間，氣壓強度（1012.5hPa）維持10於分鐘，之後再度上升至1013.6hPa（40分鐘上升1.1hPa）。由此顯示，在雲線過境前後短時間內，氣壓有兩階段的上升。

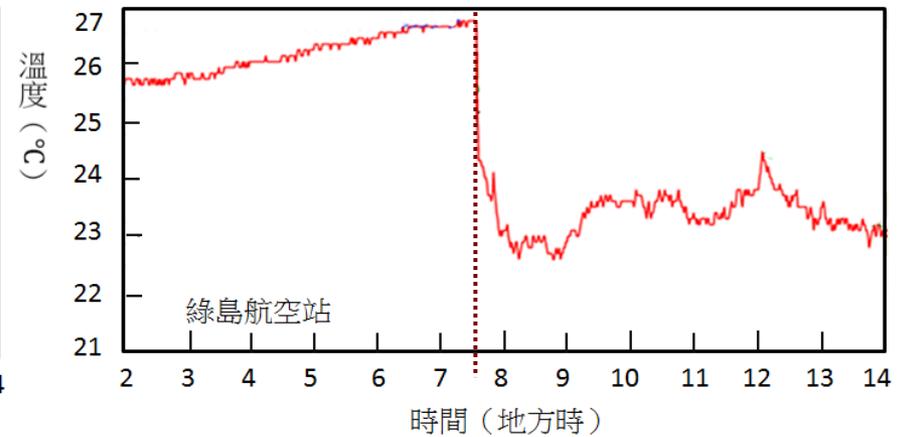
雲線過境前後短時間內，氣壓有兩階段的上升

綠島地面氣溫觀測

綠島自動氣象站

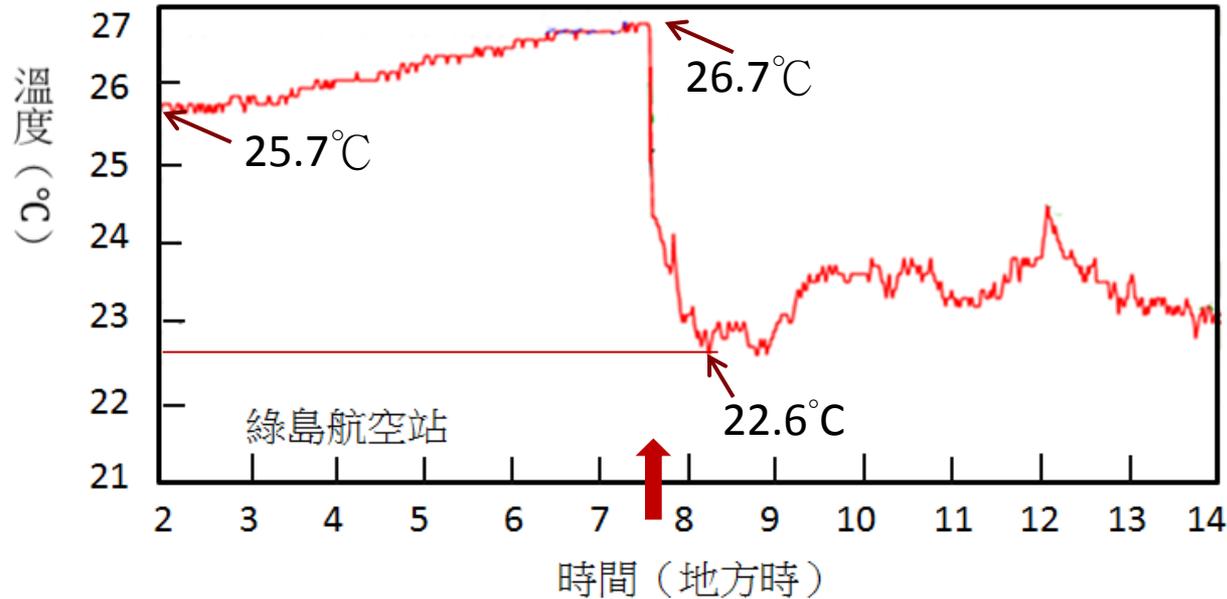


綠島航空站



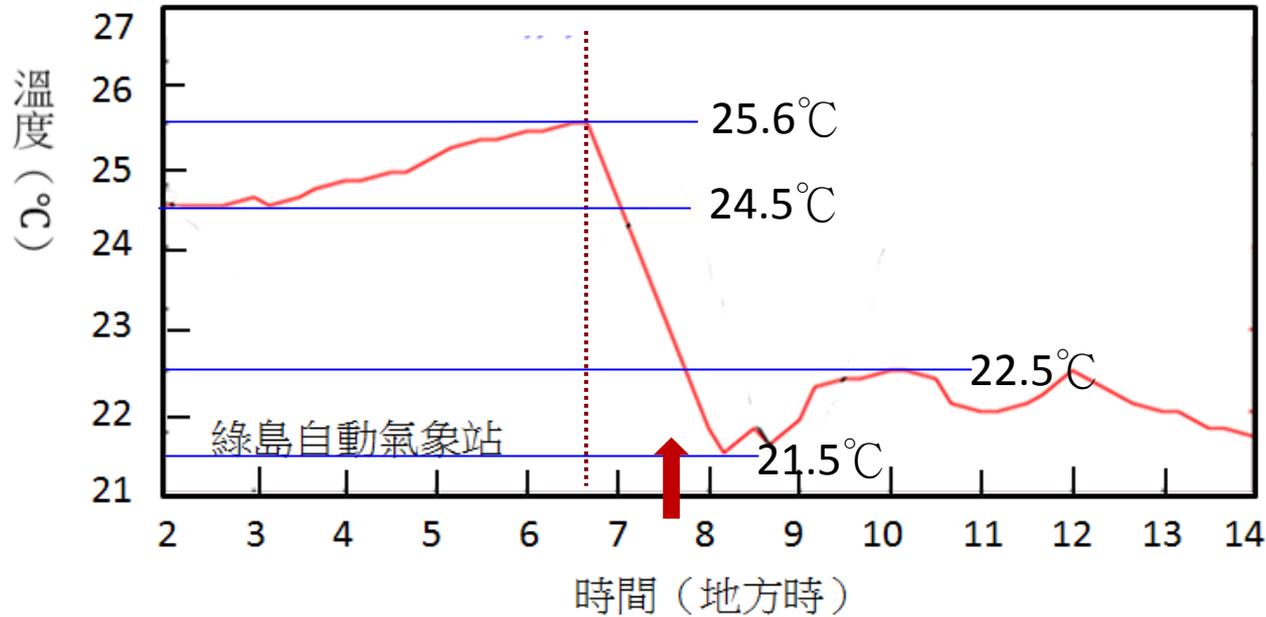
- 氣象站與航空站的溫度變化相當一致，唯航空站（右圖）的溫度較高且有較細節的變化，此因氣象站高度較高及航空站的資料時間解析度較高之故。
- 氣象站溫度最高時刻（6時30分）較航空站者早一小時（7時30分），顯示比近地面稍高的高空冷空氣越過冷鋒，顯然不利於冷鋒強度的維持，冷鋒也因此變窄、變薄。
- 一般而言，溫度在過境後遠比過境前為低。

綠島航空站氣溫觀測



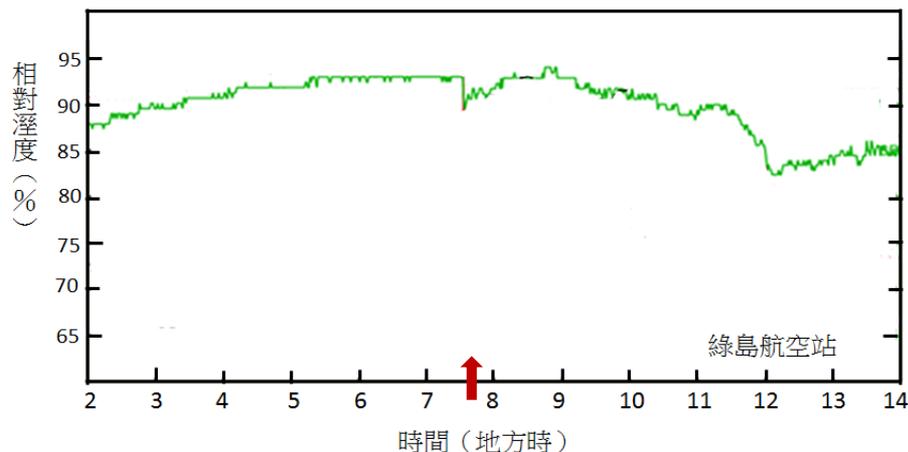
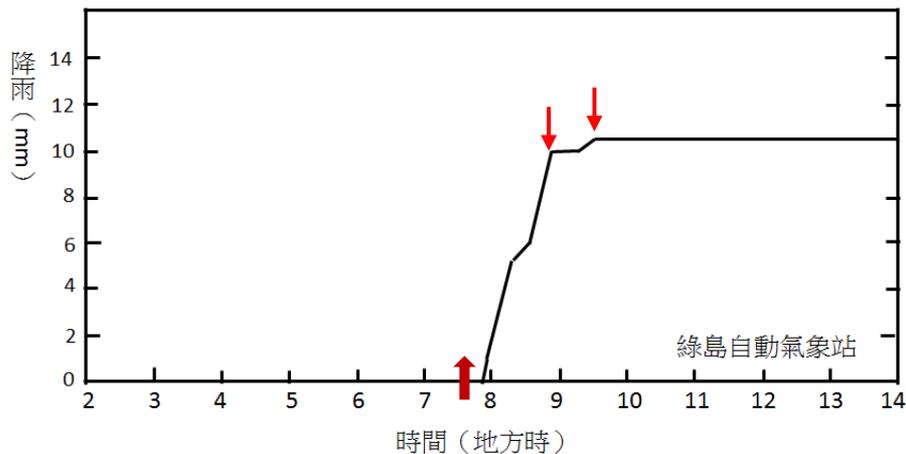
- 在索狀雲過境前，從抵達前6小時的 25.7°C 至抵達前一刻增加至 26.7°C （6小時增加 1.0°C ）；
- 索狀雲過境前後，溫度驟降，40分降 4.1°C （7時30分之 26.7°C 降至8時10分之 22.6°C ；1小時降 6.15°C ）
- 索狀雲過境期間溫度降至最低後有短時間的跳動後緩升，約在 23.5°C 。

綠島自動氣象站氣溫觀測



從抵達前6小時的 24.5°C 至抵達前一小時增加至 25.6°C （5小時增加 1.1°C ）。索狀雲過境前後，溫度由 25.6°C 降至 21.5°C （1時40分降 4.1°C ；1小時降 2.4°C ）。過境後亦有短時間的跳動後上升，約在 22.5°C ，約比較低的航空站低 1.0°C 。

綠島地面相對溼度和降雨觀測



2014-05-05 C0S730

00 23.7 0.0 mm	01 24.4 0.0 mm	02 24.5 0.0 mm	03 24.6 0.0 mm	04 24.8 0.0 mm	05 25.1 0.0 mm
06 25.4 0.0 mm	07 25.6 0.0 mm	08 21.8 1.0 mm	09 21.9 10.0 mm	10 22.5 10.5 mm	11 22.0 10.5 mm
12 22.5 10.5 mm	13 22.0 10.5 mm	14 21.7 10.5 mm	15 21.4 10.5 mm	16 21.3 10.5 mm	17 21.4 10.5 mm
18 21.6 10.5 mm	19 21.4 10.5 mm	20 21.8 10.5 mm	21 22.0 10.5 mm	22 21.6 10.5 mm	23 21.5 10.5 mm

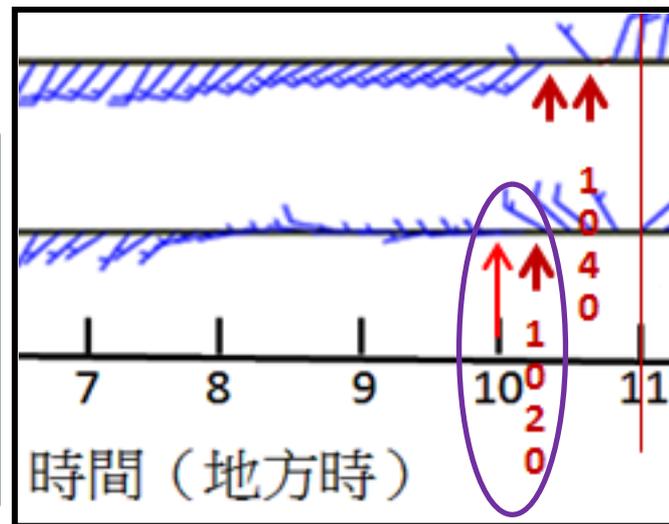
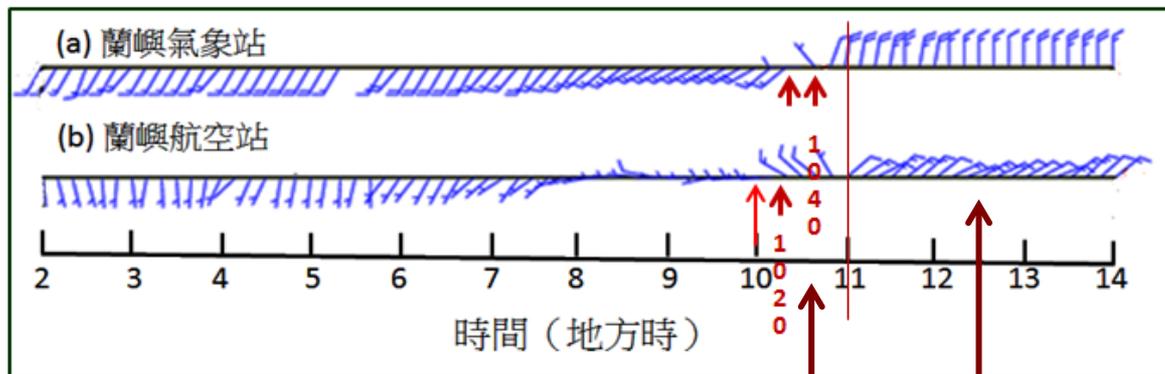
Temperature
Relative humidity
Dew point temperature
Rainfall: 10.5mm

Tmin= 21.2 Tmax= 25.7

Wind speed: half barb: 2.5m/s; full barb: 5m/s

- 相對溼度觀測（右圖）顯示，不論索狀雲前方或是後方，溼度均在88~94%左右，離索狀雲越近，相對溼度越大。
- 降雨方面（左圖），索狀雲前無降雨紀錄，降雨在索狀雲過境期間至過後的3小時內，最大在過境後的1小時，為10.0mm，其它時間分別為1.0mm和0.5mm。

蘭嶼航空站風場觀測

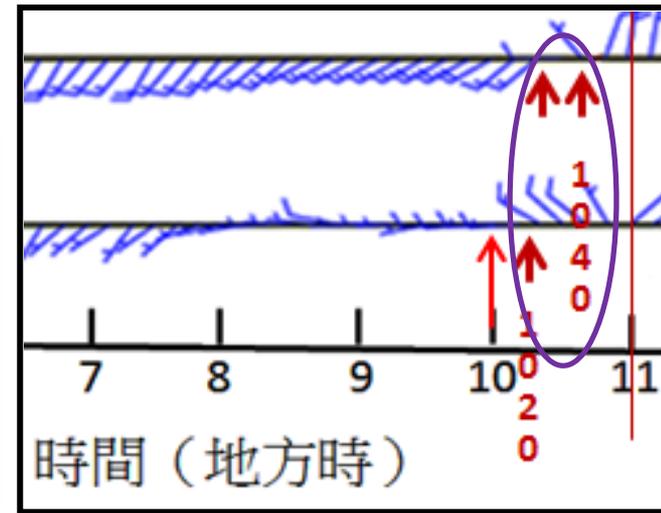
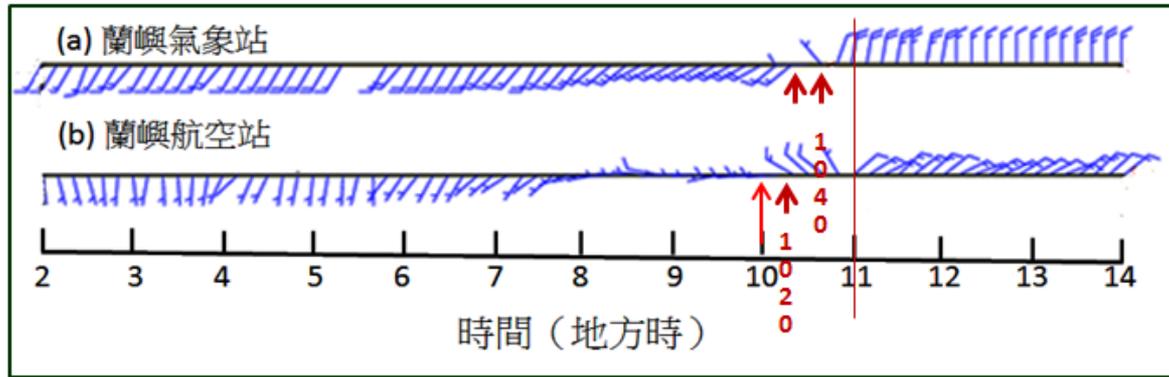


西北風10Kts
(約50分鐘) 東北風15Kts

(下圖)：

- 風向由10時的西風轉至10時20分的西北風，由此推斷，雲線B在10時10分~20分過境蘭嶼航空站是合理的。
- 在雲線過境前風速不強，約為5Kts，雲線過後，風速增加至10-15Kts，風向也由短暫（約50分鐘）的西北風（風速約10Kts）轉為東北風，風速也增強（風速約15Kts）。

蘭嶼氣象站地面風場觀測

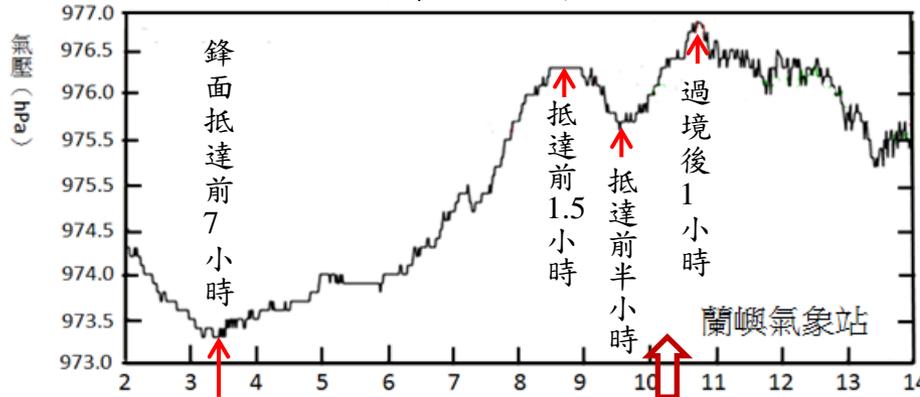


蘭嶼氣象站風場 (上圖) :

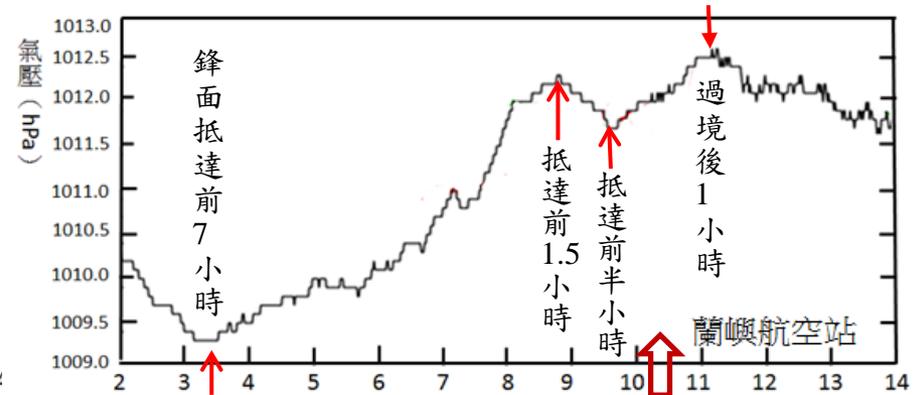
- 風向由10時20分的西南風轉至10時40分的西北風，因此，雲線在10時30分過境蘭嶼氣象站是合理的，顯然鋒面通過航空站稍早於氣象站10~20分，此乃因氣象站較航空站高約320米。
- 鋒前和鋒後風速均強，唯鋒後 (15-25Kts) 較鋒前 (15-20Kts) 稍強。至於風向的變化不像航空站那麼複雜，僅由南南西/西南 (鋒前) 轉為北北東/北風 (鋒後)。
- 由上分析顯示，較高的氣象站 (海拔高度324米) 比較低的航空站 (海拔高度4米) 風速較大且風向變化較單純，顯然地形效應在此扮有部分角色。

蘭嶼地面氣壓觀測

蘭嶼氣象站



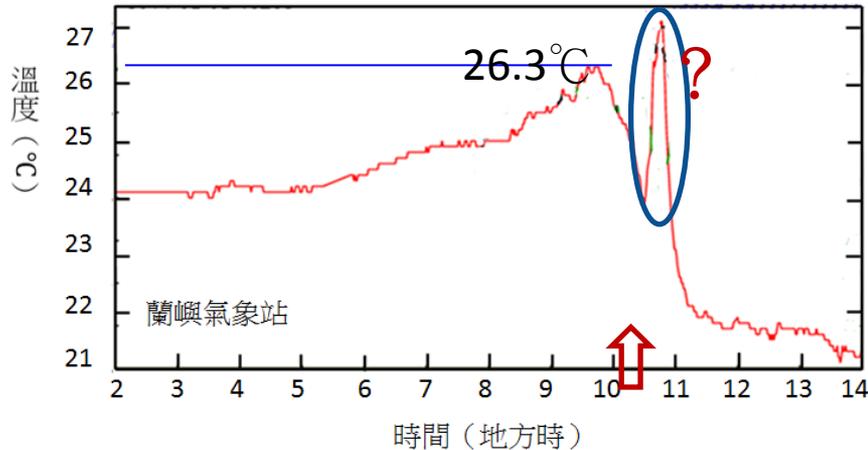
蘭嶼航空站



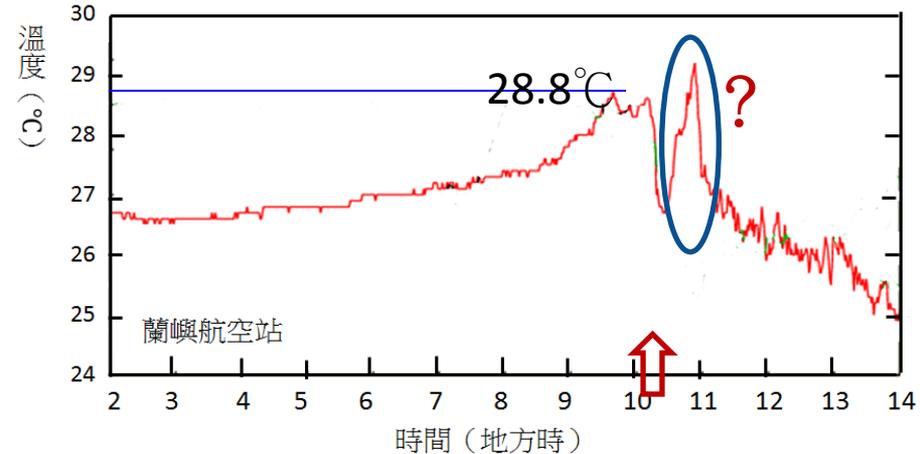
- 航空站（右圖）和氣象站（左圖）兩地之氣壓變化趨勢是十分一致。
- 氣壓由在鋒面抵達前7小時（約在深夜3時30分）的最低，隨著接近蘭嶼而增強，至鋒面抵達前約1.5小時分達相對最高，之後開始下降，至鋒面抵達前約半小時達相對最低後上升，鋒面過境後上升；
- 過境後1小時達最高後緩慢下降。一般而言，氣壓在鋒面過境後比抵達前要高。
- 此兩處的氣壓變化，在鋒面過境期間均顯示兩階段的上升。

蘭嶼地面氣溫觀測

蘭嶼氣象站



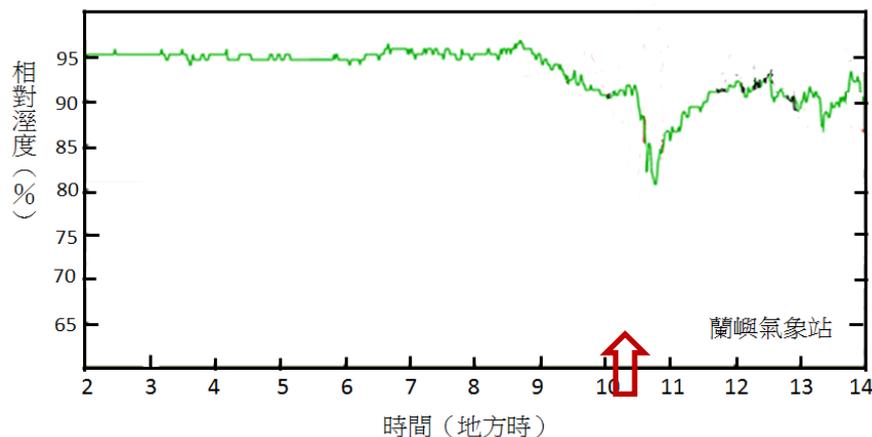
蘭嶼航空站



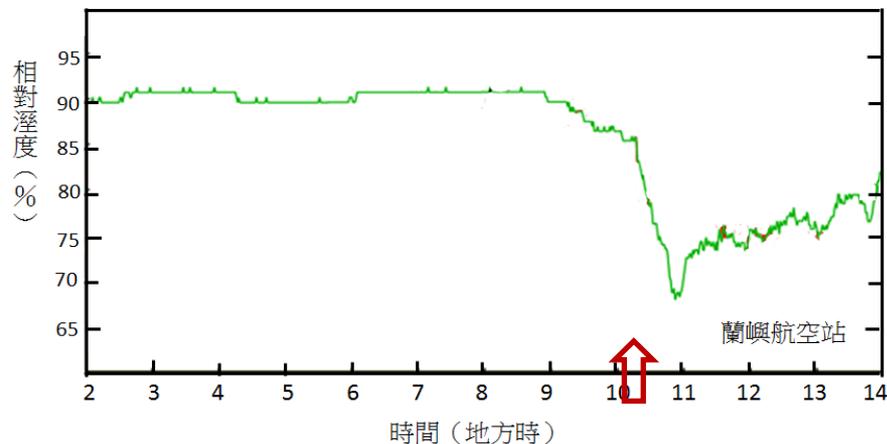
- 兩處的溫度變化趨勢也和氣壓變化者一致。不論蘭嶼氣象站（左圖）或蘭嶼航空站（右圖），溫度隨著鋒面的到達而增加，至鋒面抵達前約半小時達最高（航空站：28.8°C；氣象站：26.3°C）後快速降低；
- 在鋒面過境期間，航空站的溫度從9時50分的28.8°C降至10時30分的26.8°C（40分中降2°C）；氣象站也在9時50分達相對最高的26.3°C降至10時30分的24.0°C（40分中降2.3°C）。
- 之後，又快速上升，在11時達最高，航空站為29.2°C，氣象站約為27°C。之後就快速降低，唯氣象站比航空站降的較快。
- 在鋒面過境後約半小時，兩站的溫度卻遽增且達最高，此與一般鋒面過境後的溫度變化不同，為何如此尚無足夠資料來解釋。

蘭嶼地面相對溼度觀測

蘭嶼氣象站



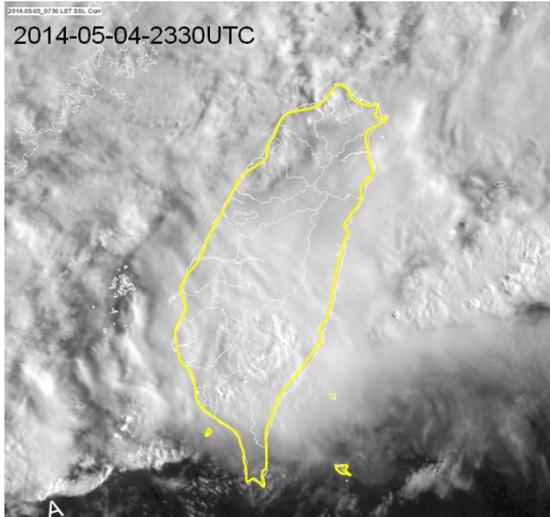
蘭嶼航空站



- 相對溼度也顯示兩處變化趨勢也類似，但氣象站者較航空站為溼。
- 在索狀雲抵達前1小時，兩站的溼度即開始降低，至過境後半小時降至最低，航空站降約20%（90%-70%）比氣象站15%（95%-80%）為大。
- 相對溼度最低的時刻與溫度最高的時刻一致。兩地鋒前較鋒後為溼，氣象站也較航空站為溼。

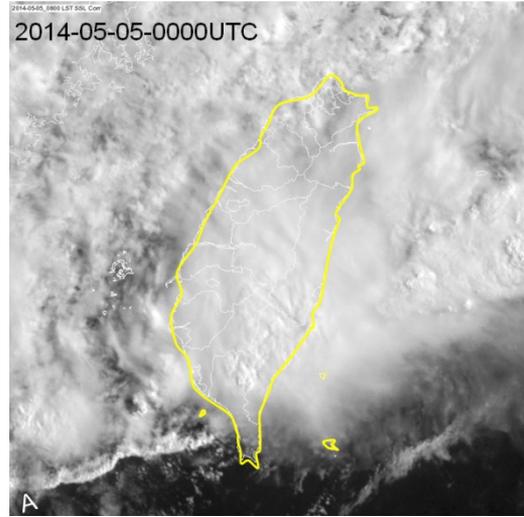
四、討論

索狀雲-A



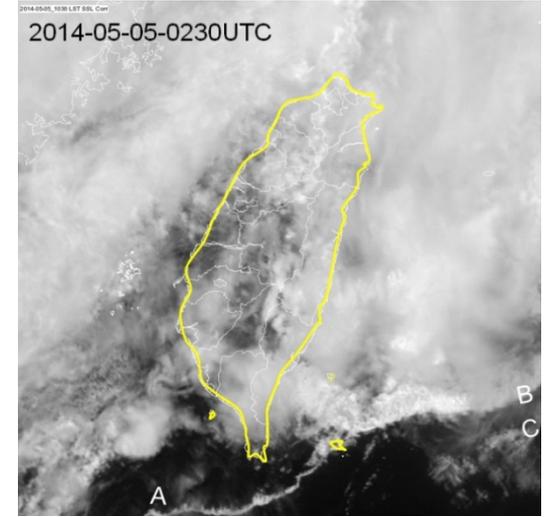
4日 2300UTC

索狀雲-B



5日 0000UTC

索狀雲-A+B



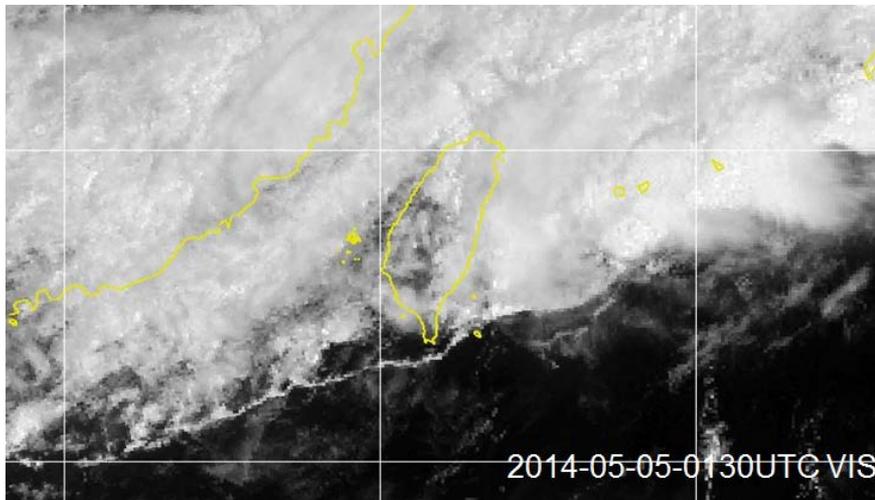
5日 0230UTC

- 索狀雲-A、索狀雲-B和索狀雲-A+B分別於4日2300UTC、5日0000 UTC和0230UTC通過小琉球、綠島和蘭嶼。
- 三個氣象站觀測均指出，在索狀雲過境期間的天氣現象為：**風向劇變、氣壓驟升、溫度劇降**，此與**冷鋒過境相同**。因此，**索狀雲的位置就是冷鋒所在**。
- 由於索狀雲僅數公里寬，因此它是**唯一可精確指出冷鋒位置的指標**。

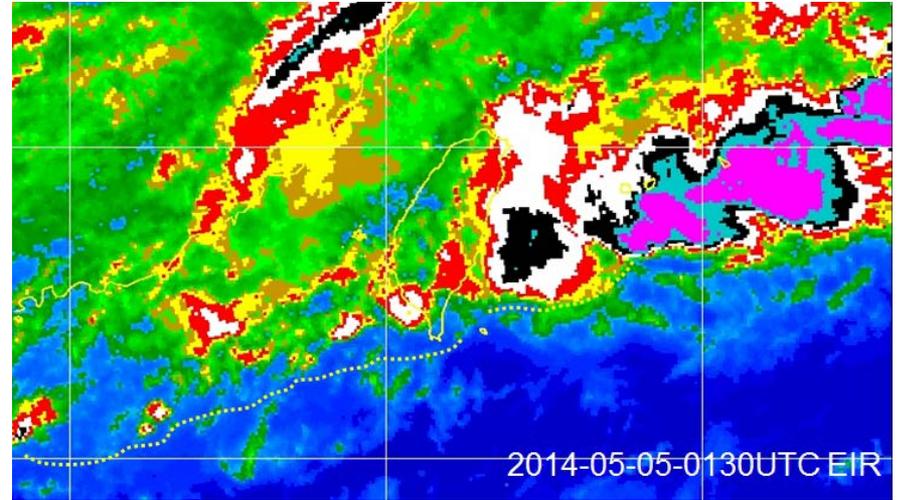
索狀雲的位置就是冷鋒所在；是唯一可精確指出冷鋒位置的指標。

索狀雲是一狹而淺的雲系

狹長的索狀雲在可見光雲圖（見左圖）清晰可見，但在紅外線衛星雲圖（見右圖）則幾乎無法辨識，因此不能指出其雲頂高度。因此，它是**狹而淺的雲系**。



(a) 可見光雲圖



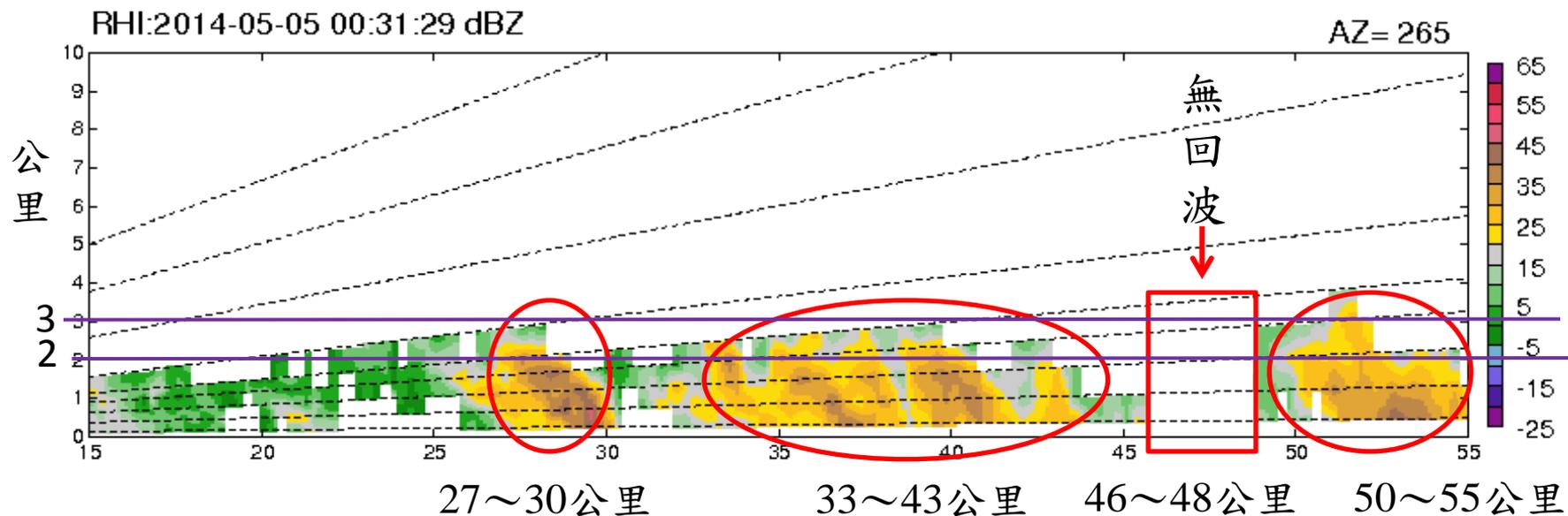
(b) 紅外線色調強化雲圖

圖b中之點線為描繪圖a中之索狀雲

2014年5月5日0130UTC之MTSAT 衛星雲圖

雷達之RHI回波可指示雲回波高度

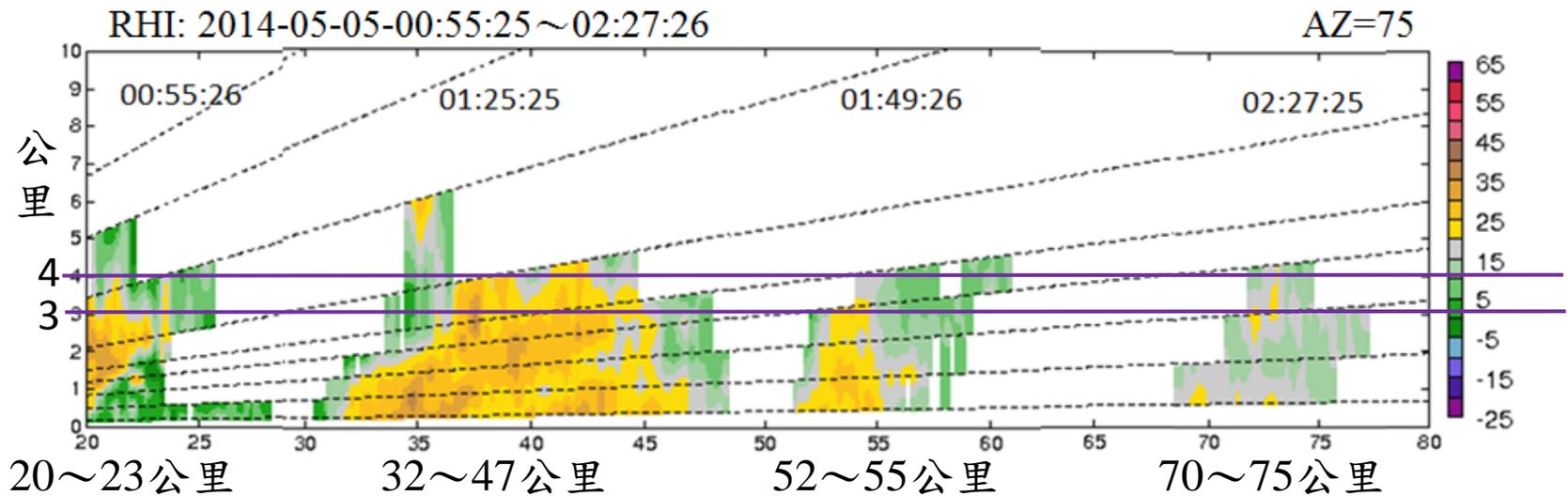
索狀雲-A



方位角265度之RHI回波 (2014年5月5日003129UTC)

在墾丁西方~55公里範圍內。除46~48公里間無回波外，其餘各區均有強度不等的回波，較強者在27~30公里、33~43公里和50~55公里處。其回波高度約在2~3公里。

索狀雲-A+B



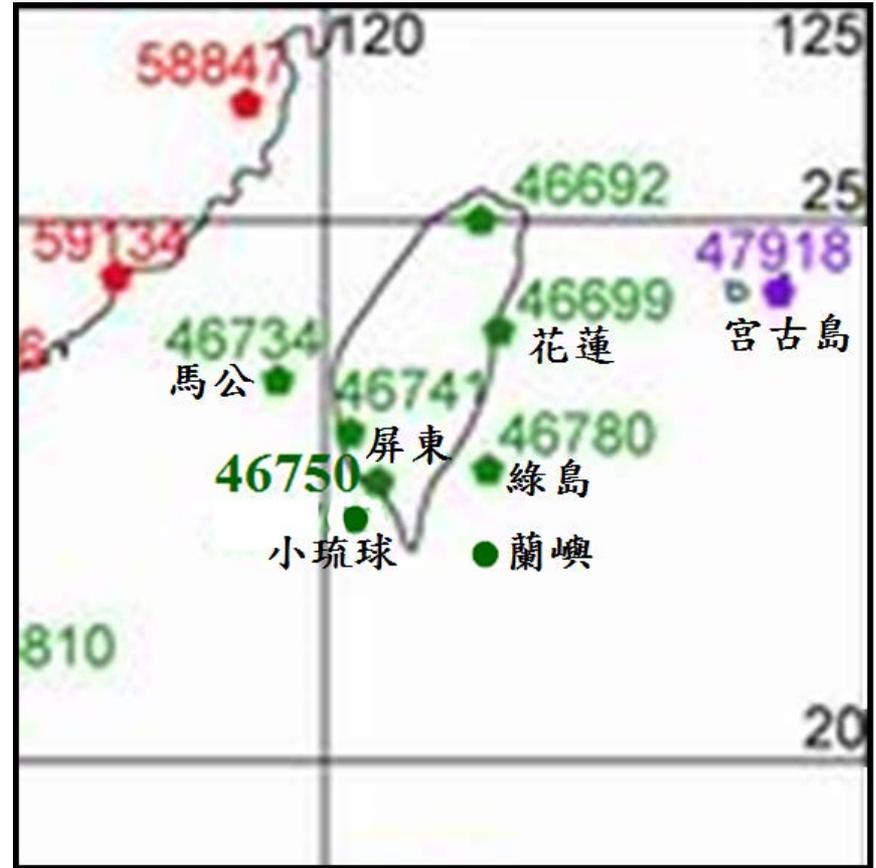
方位角75度在2014年5月5日005526 UTC、012525UTC、
014926UTC和022725 UTC 4次觀測之RHI回波

4次觀測的回波，分別在雷達站至東北東方20~23公里（005526 UTC）、32~47公里（012525UTC）、52~55公里（014926UTC）和70~75公里（022725UTC）處，其回波高度約在3~4公里。

顯然，東西兩側索雲線之對流特性是有不同，東側比西側強，在東側者可能與其他系統產生交互作用而發展。

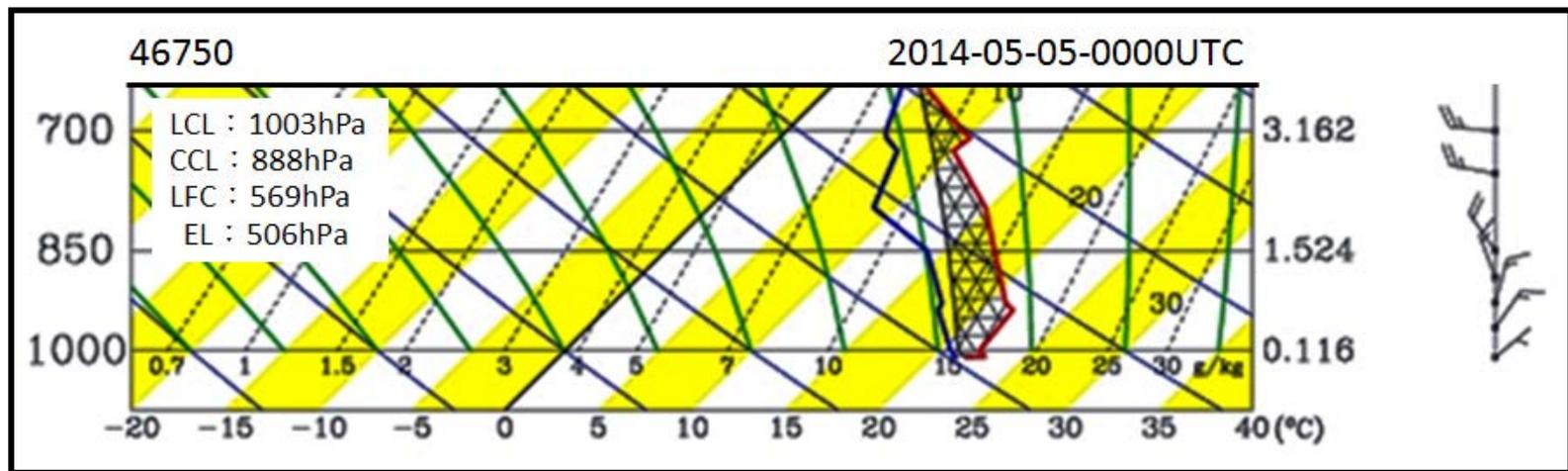
台灣東西兩側索狀雲的結構有異，西側較淺，其強度最強時的回波頂高度約為2～3公里；東側較強，最強時的回波頂高度約為3～4公里。

- 探空資料指示大氣之水氣垂直分布。
- 雖然索狀雲-A通過的小琉球時雖無高空觀測，但在其北北東方約40公里處的屏東探空站（46750）。此距離及雲帶的移動速度（移速 $\sim 8.3\text{m/s}$ ）估計，為雲帶過境（4日2300UTC）後約2小時，因此5日0000UTC之屏東探空和馬公探空可做為鋒面（索狀雲）過境小琉球之鋒區和鋒後大氣垂直變化。



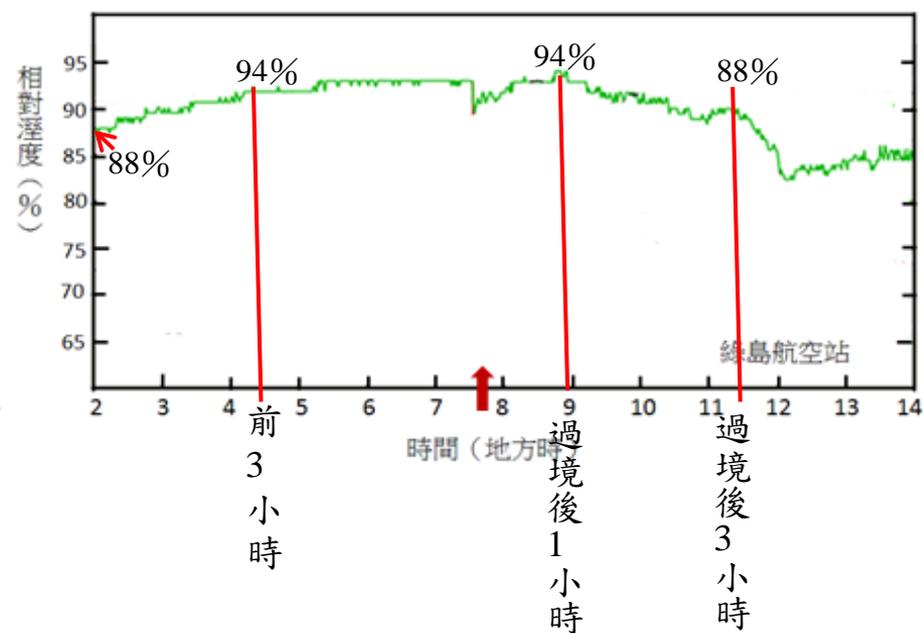
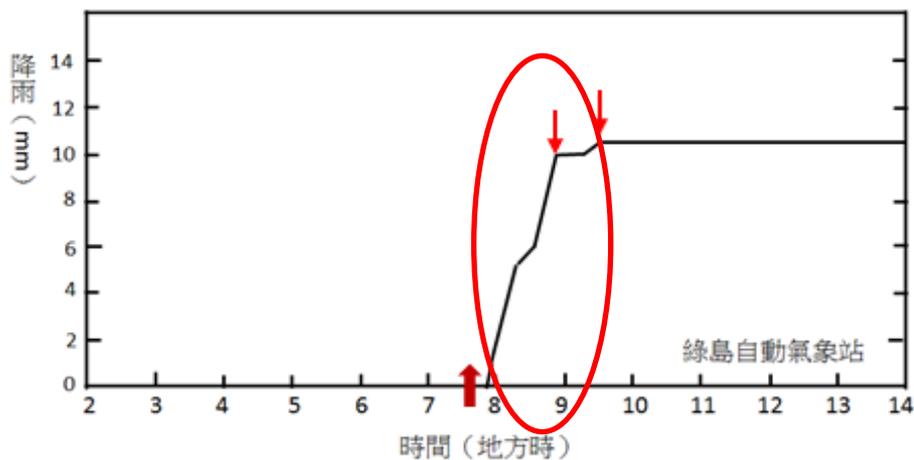
而5日0000UTC之綠島探空和花蓮探空（見圖18）可做為鋒面（索狀雲）過境綠島之鋒區和鋒後大氣垂直變化。

- 小琉球氣象站相對溼度顯示，在雲線-A抵達小琉球前5小時前，近地面相對溼度已達95%，且急速增加，至抵達測站前約3小時（5日4時）已達飽和，且直至過境後9小時仍達飽和。換言之，在鋒前約100公里至鋒後至少300公里達100%的相對溼度，此似與陳和紀（1978）分析梅雨季鋒面影響台灣南部的範圍（鋒前200~至鋒後500公里）相當。
- 屏東探空顯示，LCL在1003hPa，即在鋒前（區）近低層就達飽和，顯示此索狀雲的形成只要小量的抬升即可。LCL以上呈現明顯的沉降逆溫，相對濕度隨高度急速減少，因此雲系發展不高。

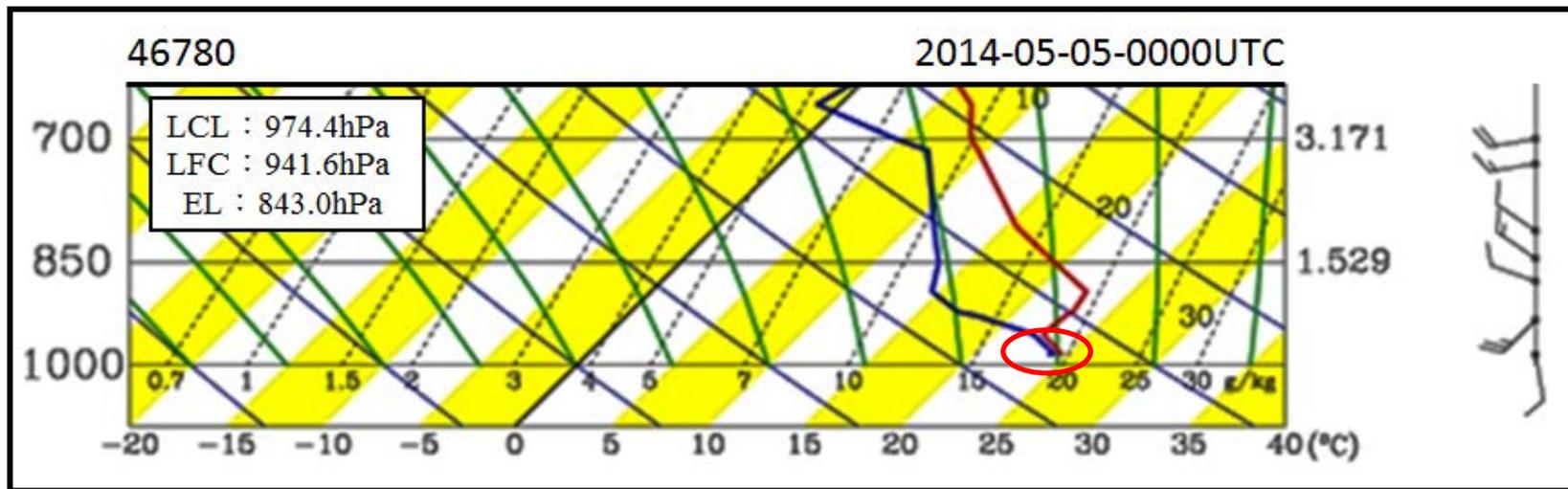


2014年5月5日0000UTC之屏東（鋒區）探空觀測。

- 索雲線-B從抵達綠島前6小時，綠島航空站之相對溼度約為88%，隨著雲線的接近而增加，至抵達前3小時達94%，持續至過境後1小時，之後緩慢下降，至過境後3小時尚在88%以上，在過境4小時後降至85%且持續至鋒後6小時。
- 綠島氣象站之降雨觀測顯示，鋒前無降雨紀錄，降雨在過境期間至過後的3小時內，最大在過境後的1小時，為10.0mm，其它時間分別為1.0mm和0.5mm。顯然，降雨發生在雲線至雲線後方100公里內，最大發生在30公里內。



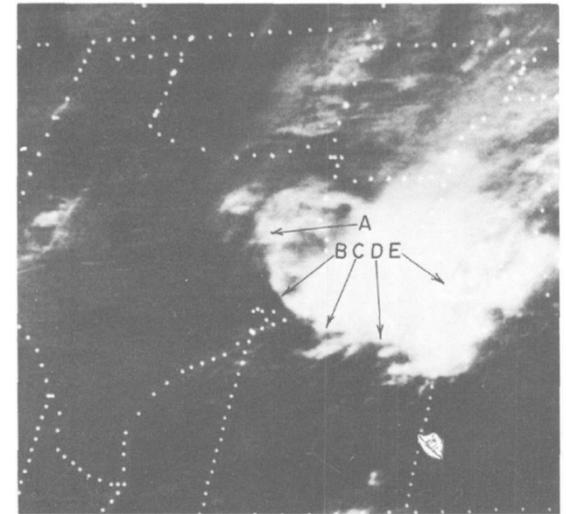
綠島探空資料顯示，985hPa~950hPa溫度露點差約為0.5°C以下，及相當潮濕（95%以上）。950hPa以上為沈降逆溫，顯然相對濕度隨高度急速減少、混合比隨高度之遞減率變大。由探空曲線觀測獲得舉升凝結面（LCL）974hPa、自由對流面（LFC）941hPa和平衡面（EL）843hPa。一氣塊從地面抵達941hPa的LFC，但對流將被EL抑制，顯然激發的對流的高度不會太高。



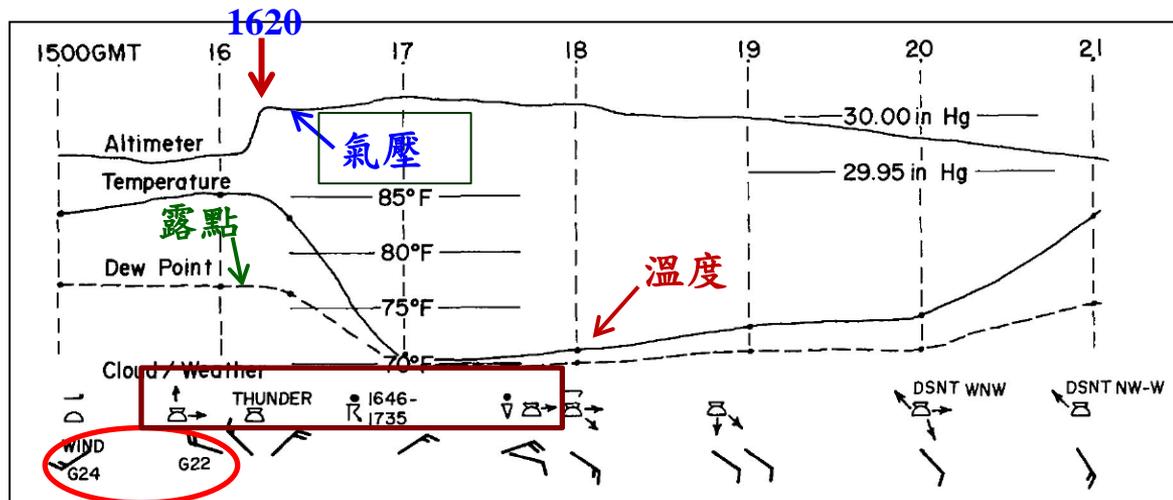
綠島（鋒區）

中尺度高壓與弧狀雲

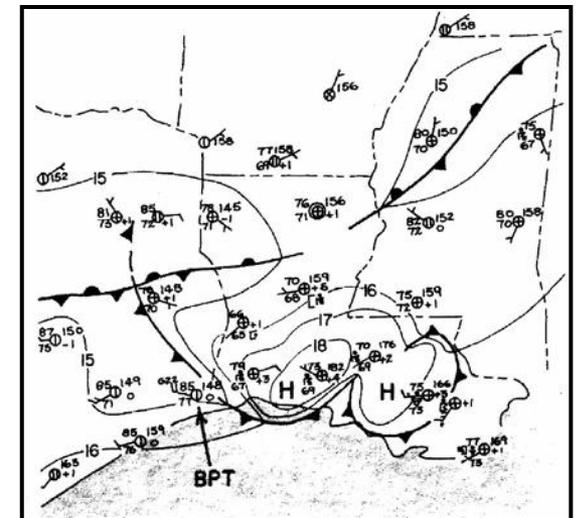
Purdom (1973) 分析1972年7月30日清晨一由雷暴引發之清晰中尺度高壓 (meso-Highs) 個案，該中尺度高壓外邊界，在衛星雲圖可顯現為弧狀雲。該外流邊界/弧狀雲於7月30日1620UTC通過德州博蒙特 (Beaumont, Tx.)，在其過境時的地面觀測顯現為：**風向改變、降溫下降及氣壓陡升的現象。**



1972年7月30日1609UTC之ATS可見光衛星雲圖。

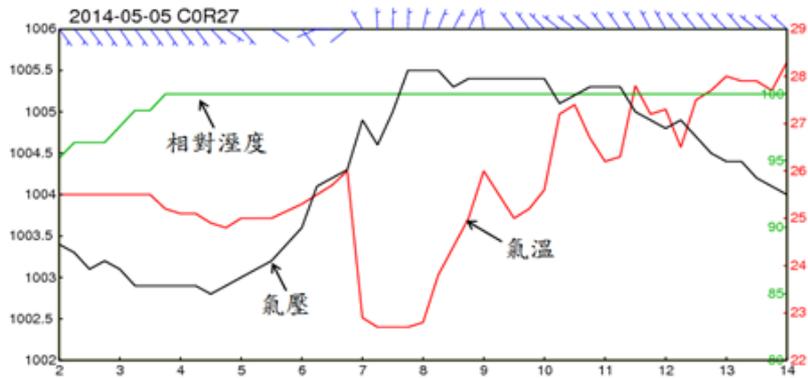


1972年7月30日1500-2100 UTC德州博蒙特 (Beaumont, Tx.) 地面觀測剖面。(摘自Purdom, 1973)。

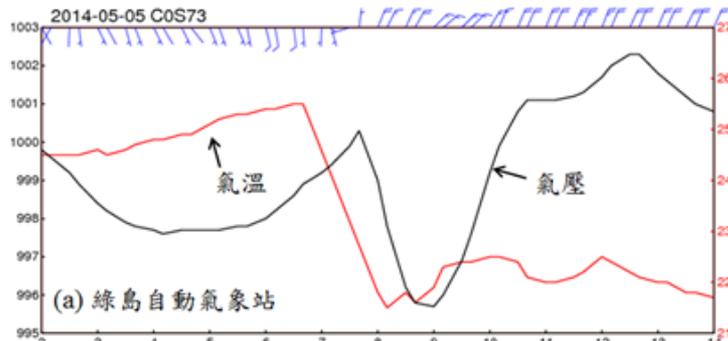


1972年7月30日1600UTC之地面分析。

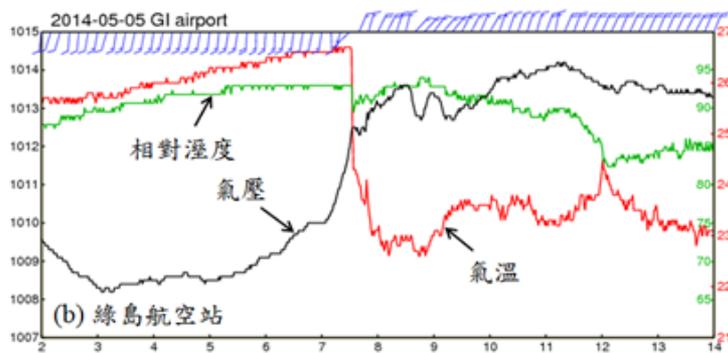
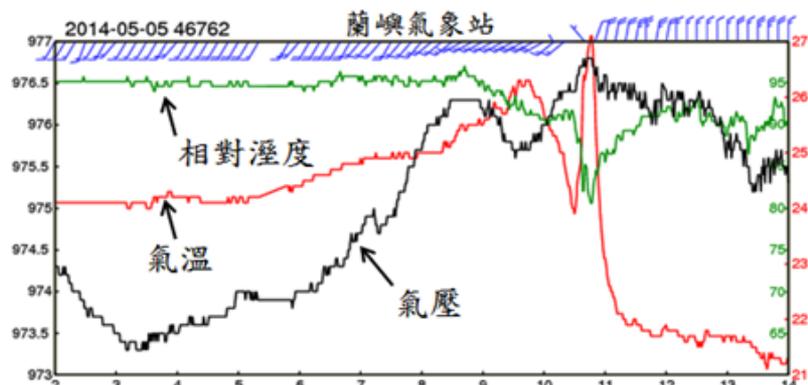
小琉球



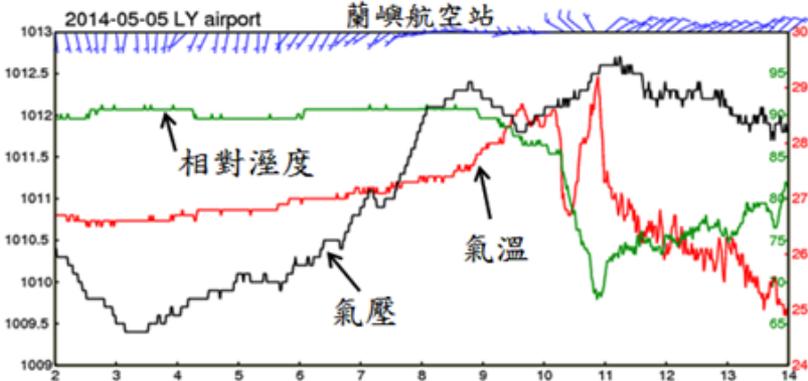
綠島



(a) 綠島自動氣象站

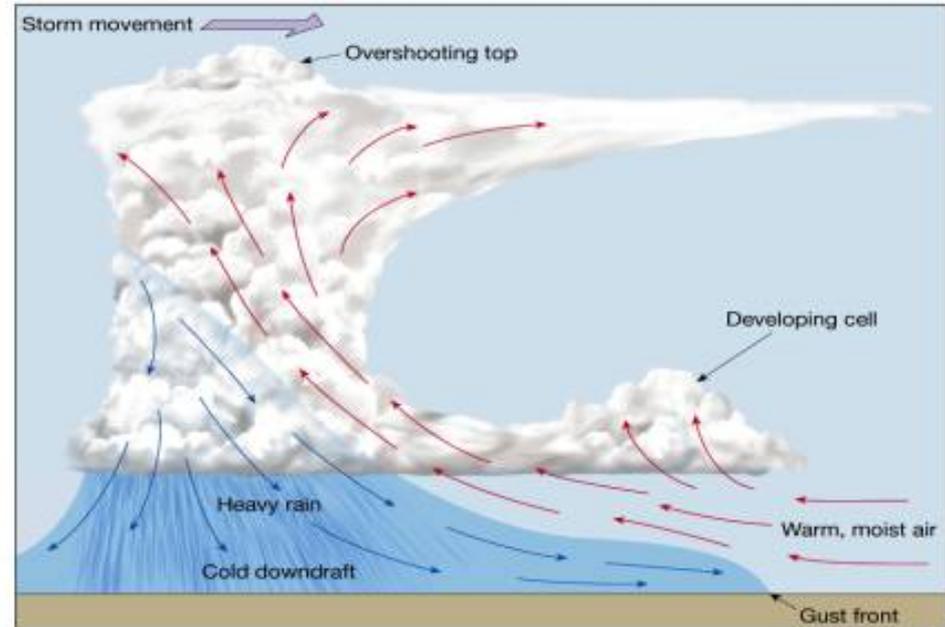
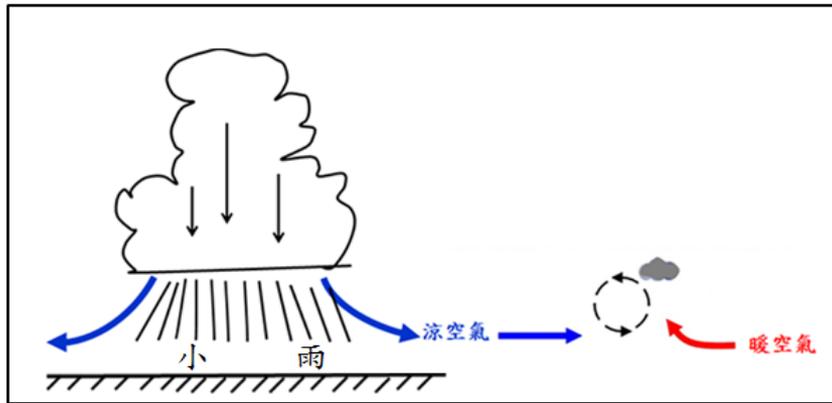


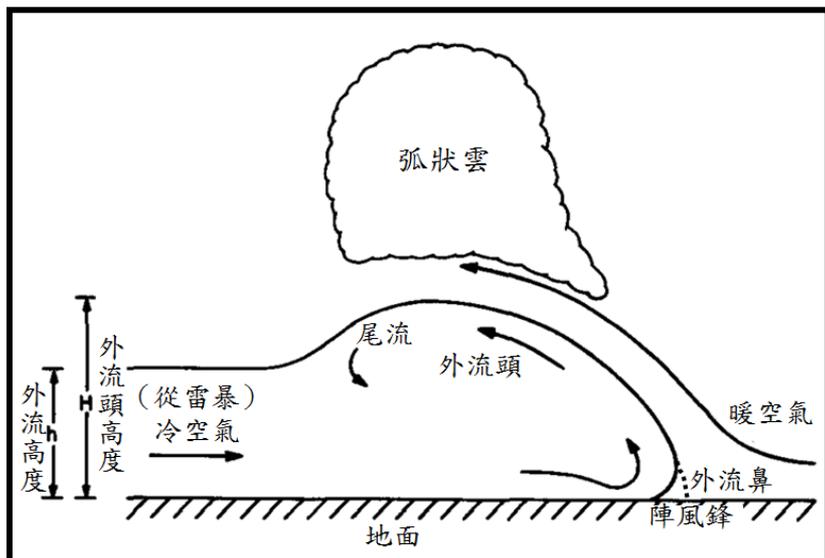
(b) 綠島航空站



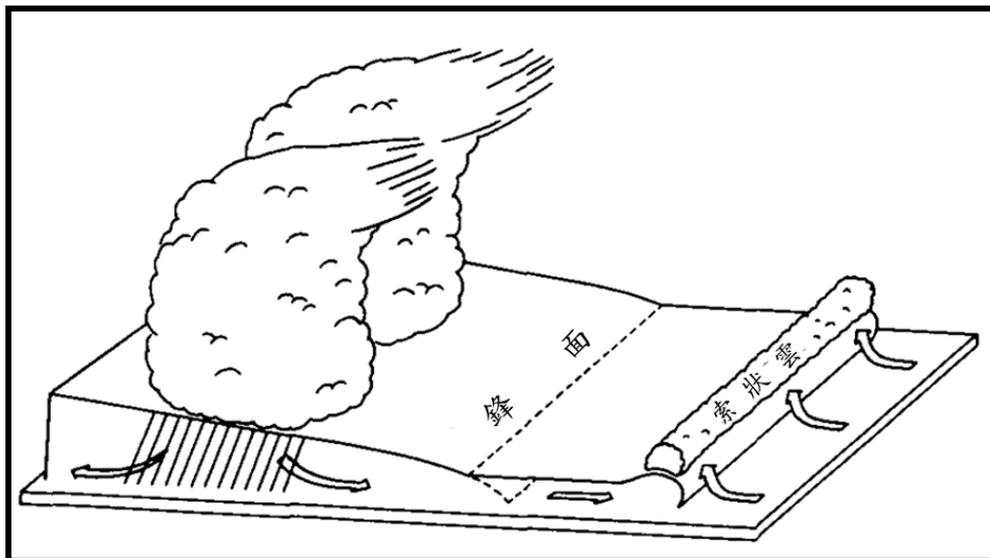
三個氣象站觀測均指出，在索狀雲過境期間的天氣現象為：**風向劇變、氣壓驟升、溫度劇降**。

索狀雲和弧狀雲兩者都因冷空氣下降產生密度流抬升前方的低層暖溼空氣而形成，唯索狀雲為冷鋒抬升，厚度淺，而弧狀雲與雷暴引發的中尺度高壓有關。顯然弧狀雲下衝流可能比造成索狀雲者強。

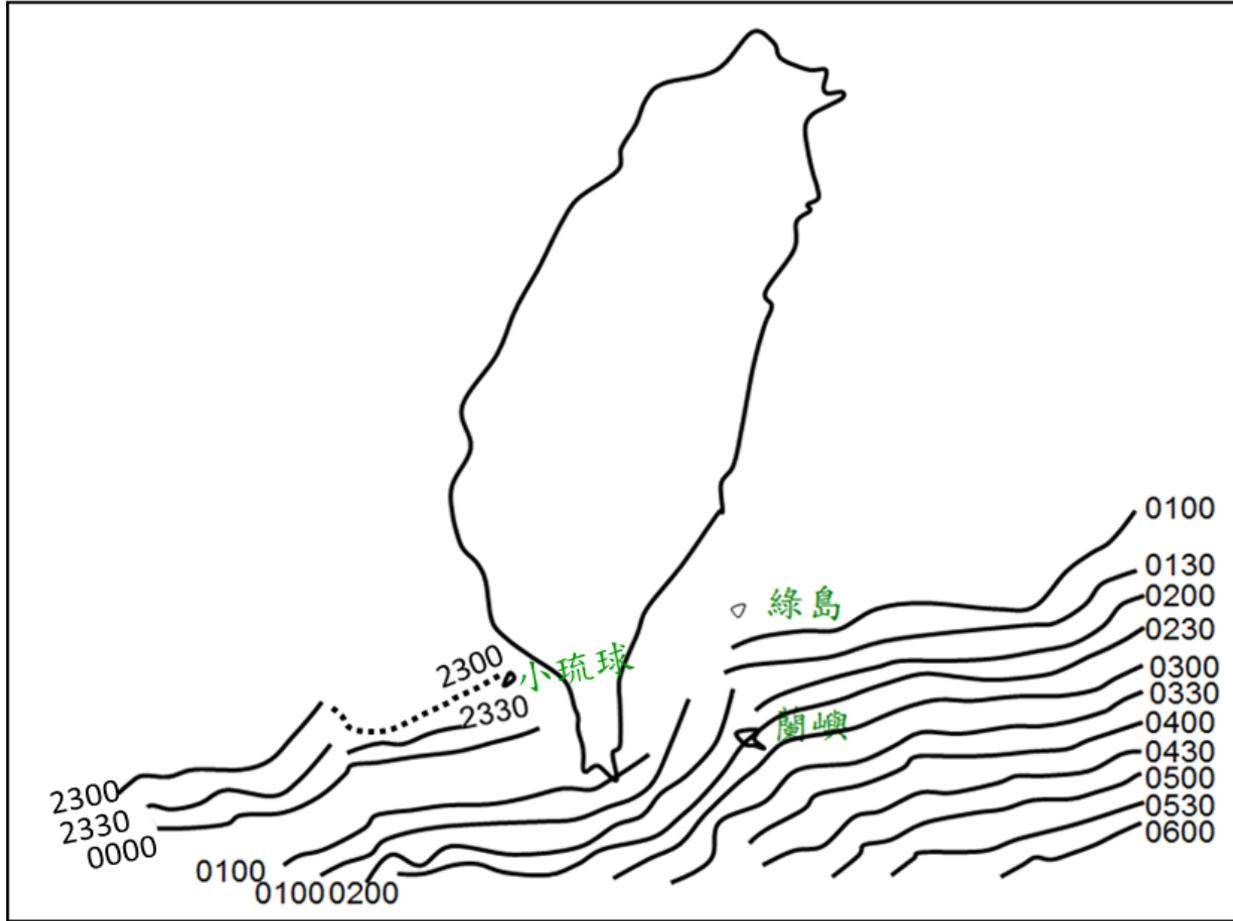




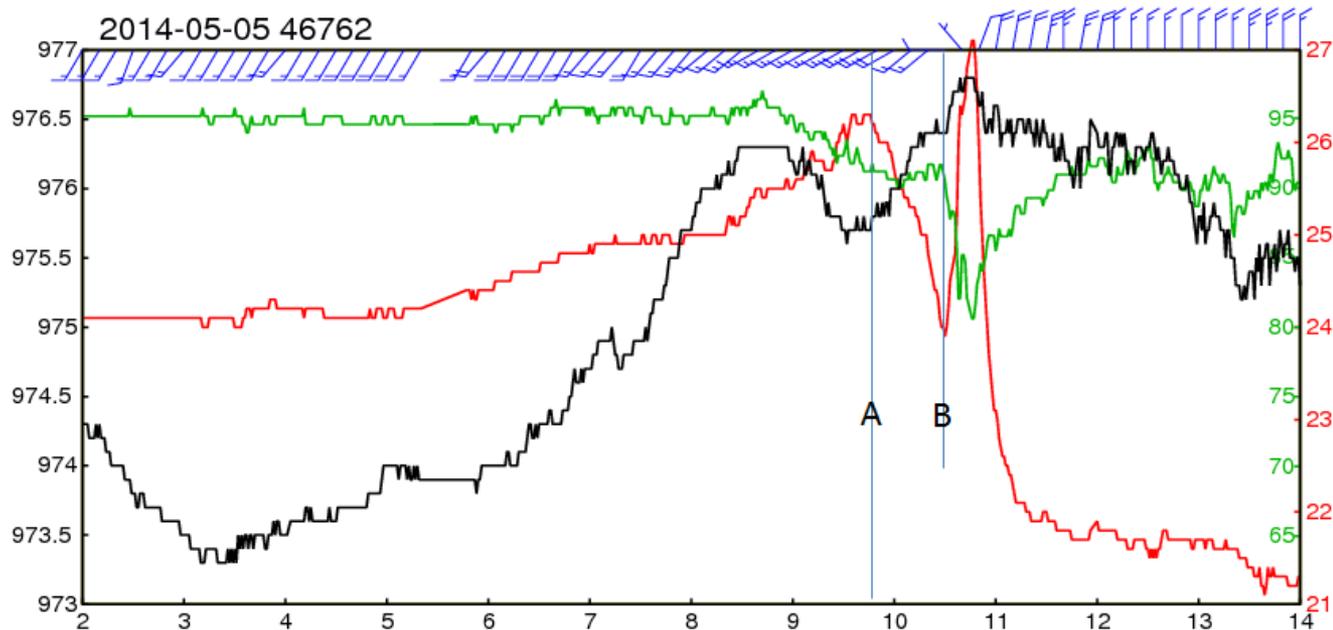
雷暴外流邊界和陣風鋒垂直結構示意圖（摘自Goff, 1976）。



索狀雲形成機制概念模式（摘自Seitter and Muench, 1985）。



索狀雲運動軌跡 (2014年5月4日2300UTC至5日0630UTC)



2014年5月5日02-14時蘭嶼氣象站地面觀測資料，橫軸為時間(小時)，縱軸黑色為氣壓(hPa)、紅色為溫度(C)，圖上方藍色為風場。開始降溫(A)到升溫(B)兩點間的壓力差計算密度流速度。

- 利用Seitter (1983) 的密度流 (density current) 速度方程：

$$V = k * (dP / \text{密度})^{0.5}$$
 (Seitter 1983), $k = 2^{0.5} = 1.414$, $dP \sim 0.5 \text{ hPa} = 50 \text{ pa}$, 密度 ~ 1.2 , 得到 $V = 9.1 \text{ m/s}$ 。
- 該值似乎比實際風及追蹤雲線軌跡 (8.3m/s) 大些。測站的風速是10分鐘的平均，軌跡速度也是較長時間的平均，因此由密度流方程算出果稍大些似乎合理。

總結-1

本文利用衛星雲圖、雷達回波，高時間解析度地面觀測，以及探空資料，對2014年5月5日過境台灣南端近海之狹而淺的索狀雲進行分析。獲得之初步結果如下：

1. 索狀雲過境期間，風向劇變、氣壓驟增及溫度劇降的特徵，此與冷鋒過境者相同，因此索狀雲為確定鋒面相當好的指標。
2. 在索狀雲過境期間，氣壓具有兩階段上升的特性，此與雷暴陣風鋒面過境期間所顯現的現象相似。
3. 索狀雲之移動速度，由衛星雲圖軌跡求得為8.3米/秒，密度流公式計算而得之密度流速度為9.1m/s。密度流速度比實際風速及雲線軌跡速度大些。測站的風速是10分鐘的平均，軌跡速度是較長時間的平均，因此由密度流方程算出結果稍大些似乎合理。

總結-2

4. 台灣東西兩側索狀雲的結構有異，西側較淺，其強度最強時的回波頂高度約為2~3公里；東側較強，最強時的回波頂高度約為3~4公里。
5. 降水從寬廣冷鋒雲帶降下產生冷池，下衝流向外擴散抬升前方淺薄的暖溼空氣形成索狀雲。
6. 就索狀雲形成機制觀之，其形成機制非常類似弧狀雲的形成過程，兩者都因密度流而成。索狀雲因冷鋒抬升而成，而弧狀雲則由陣風鋒抬升，因此弧狀雲似乎比索狀雲者強。

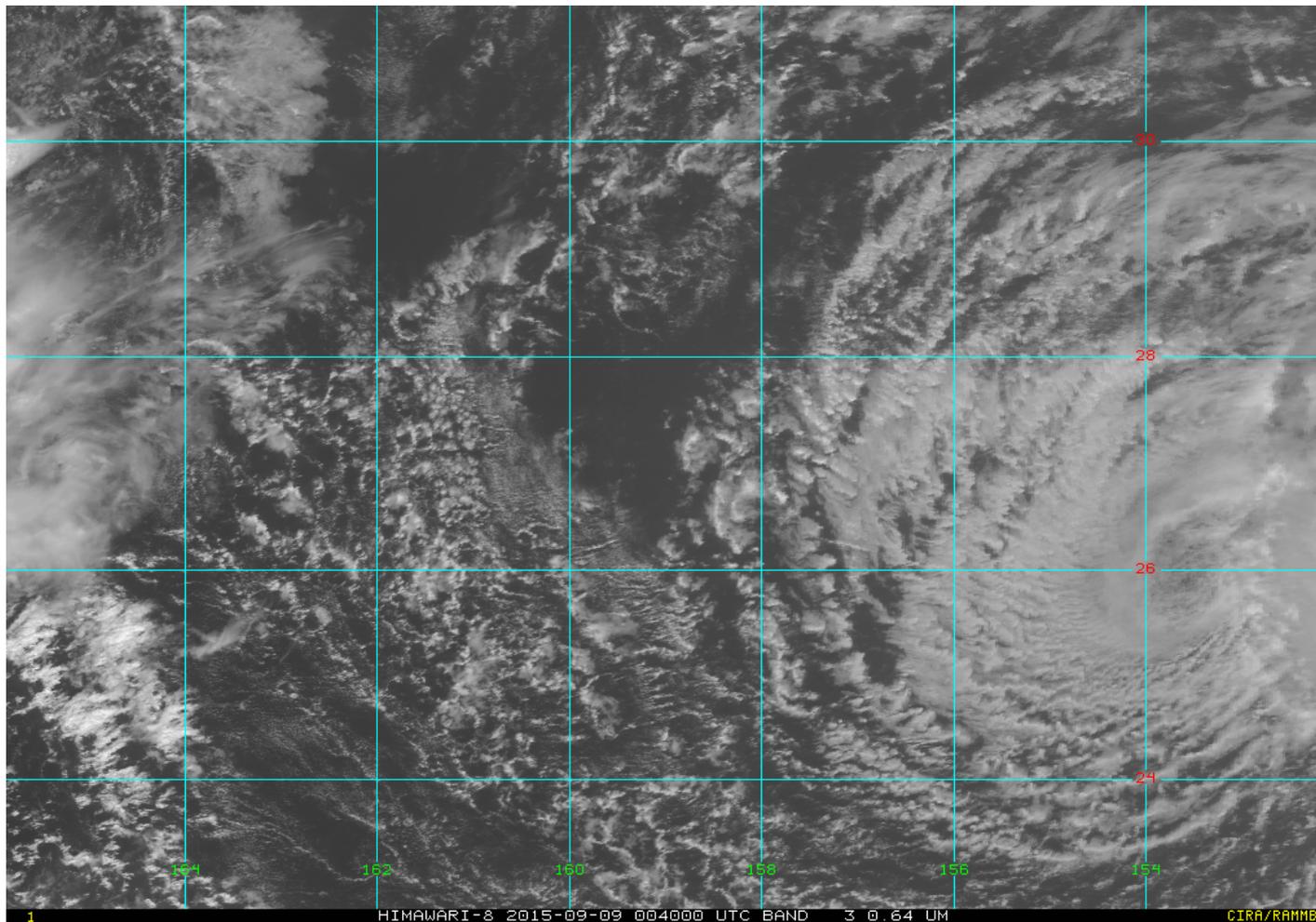
建 議

台灣地形複雜，暖季期間經常有尺度小但產生豪大雨的事件發生，僅用單一資訊，例如僅利用模式或雷達等等，除無法解析此種天氣系統之形成與演變外，更無法對此種尺等系統造成的天氣做出更好的預報。因此，結合各種資料，特別是高時空解析度的衛星資料、雷達資料及短時距的地面觀測等是必要的。

謝謝聆聽

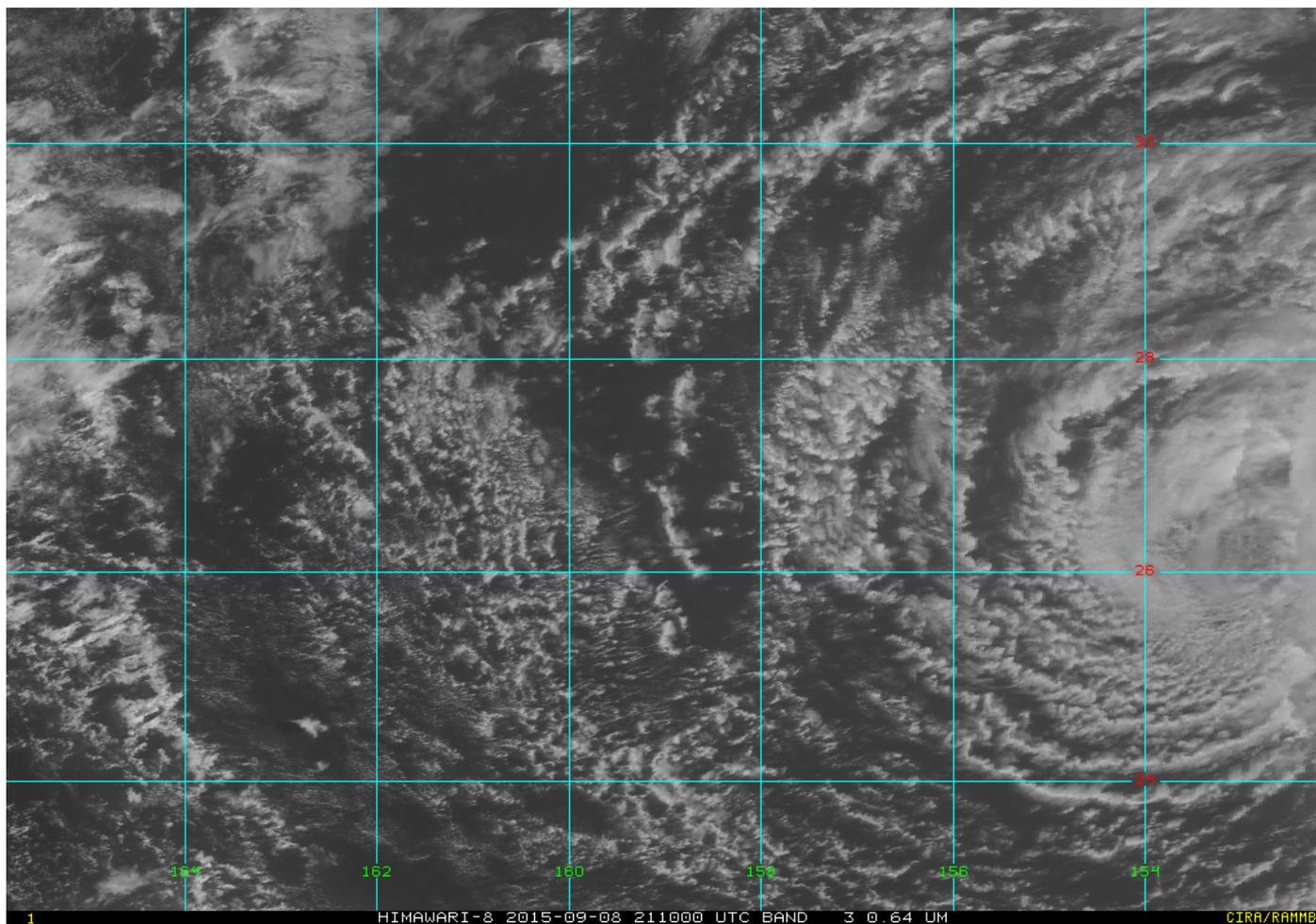
敬請指教

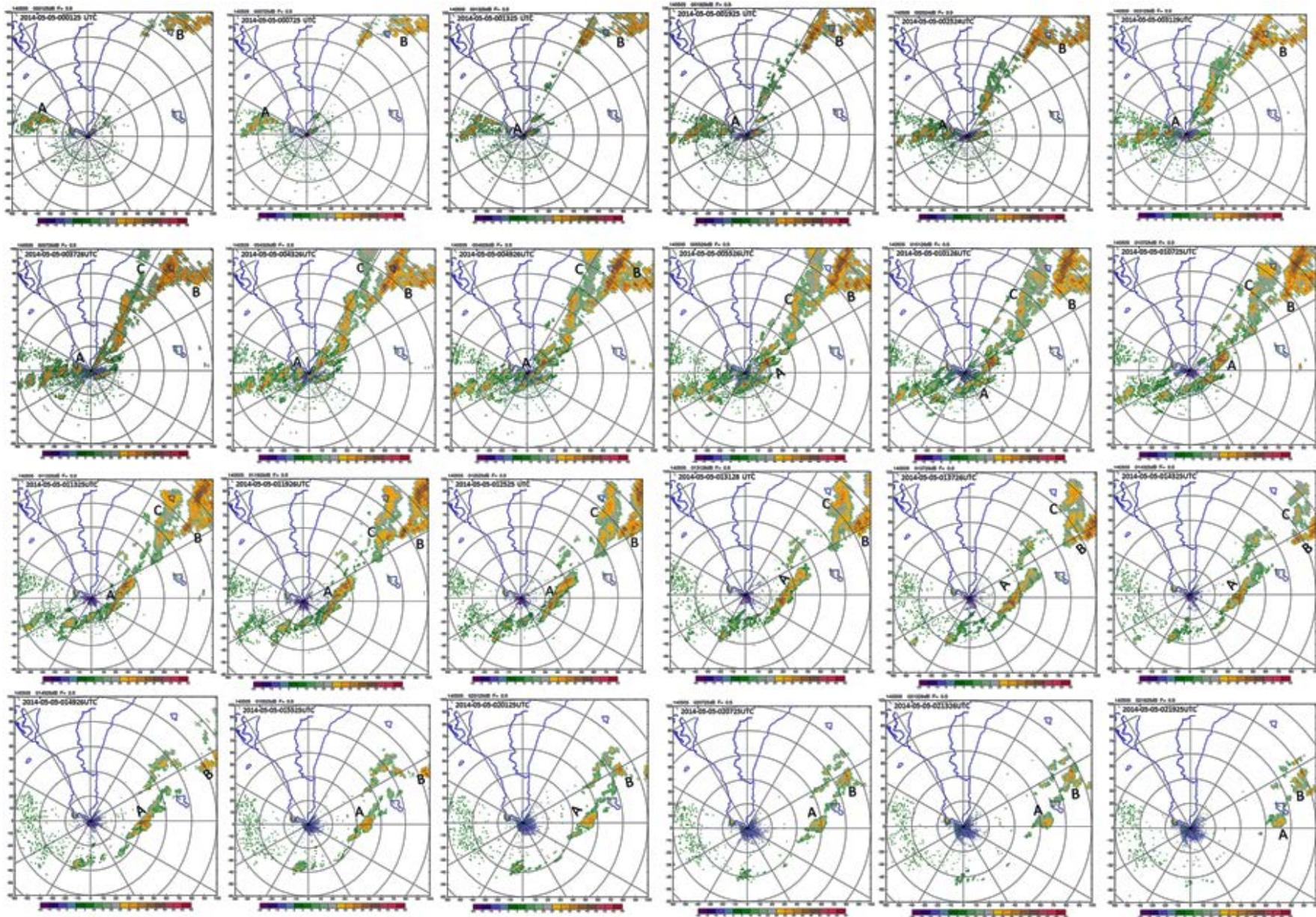
Himawari-8 Imagery (Floater 1 Band 3 : 0.64 μm , 0.5 km)



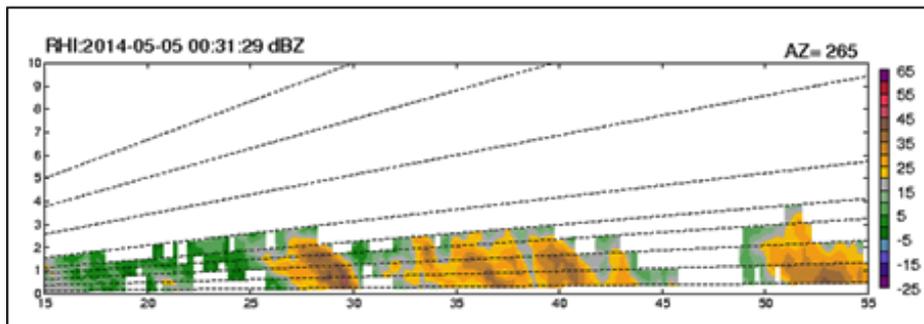
2015年9月9日可見光雲圖

2015年9月8日2110UTC~9日1200UTC之10分鐘間距
Himawari-8可見光雲圖動畫 (10 Minute Floater 1 Band 3 :
0.64 μm , 0.5 km)

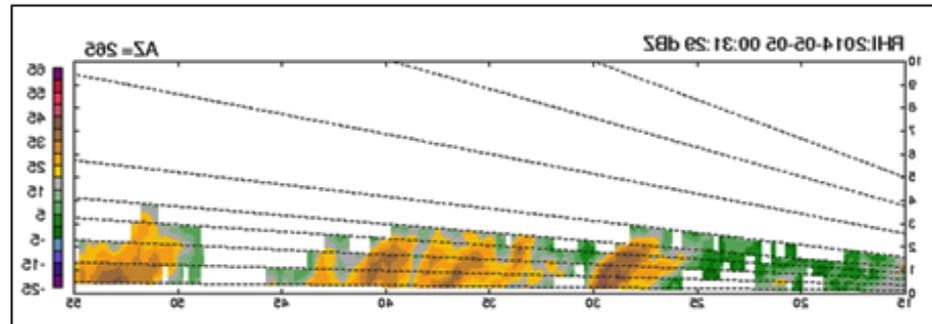




2015年5月5日000125UTC- 025524UTC 墾丁氣象雷達0.5度6分鐘間距之PPI的回波圖。

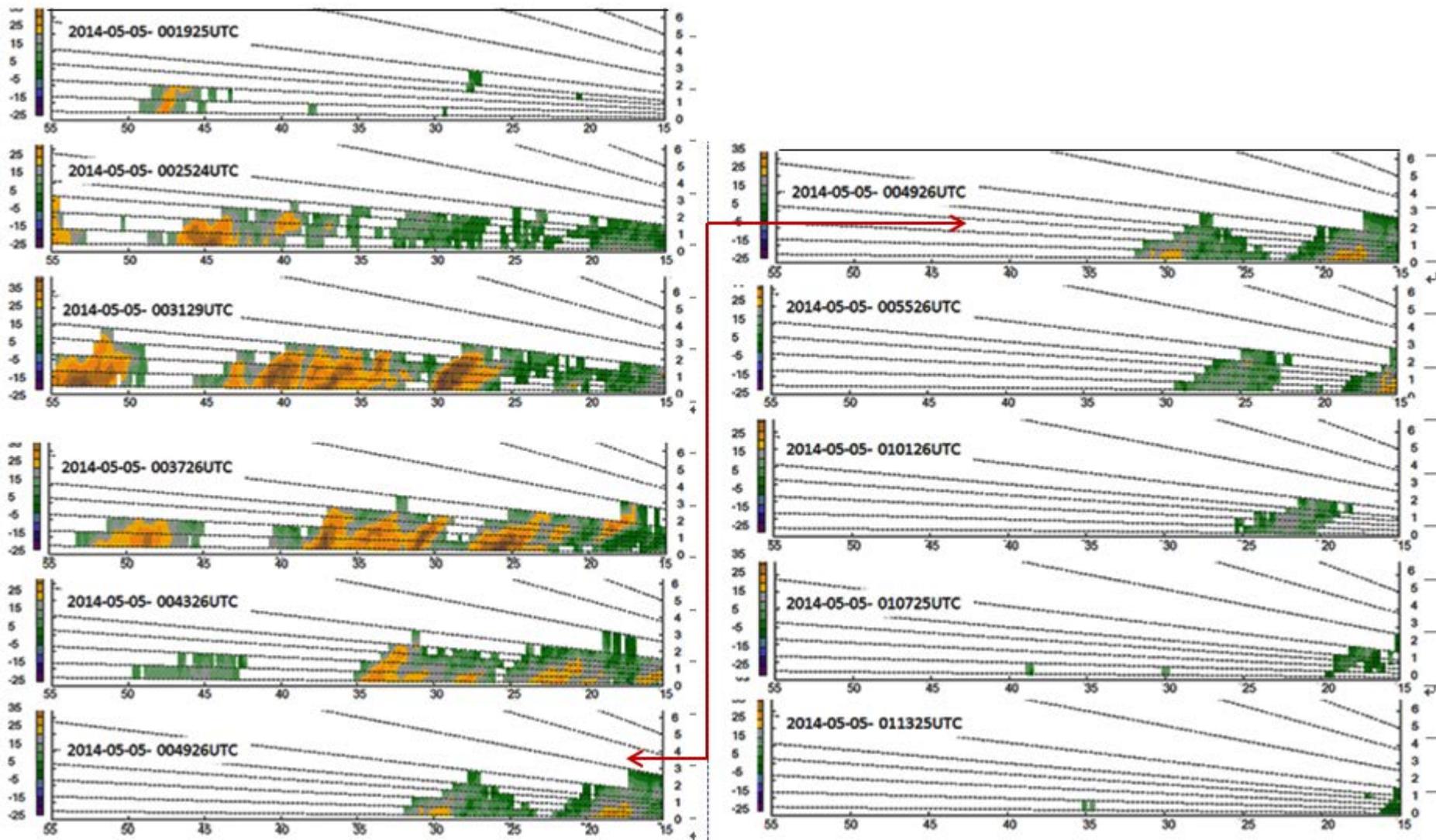


(a) 方位角265度

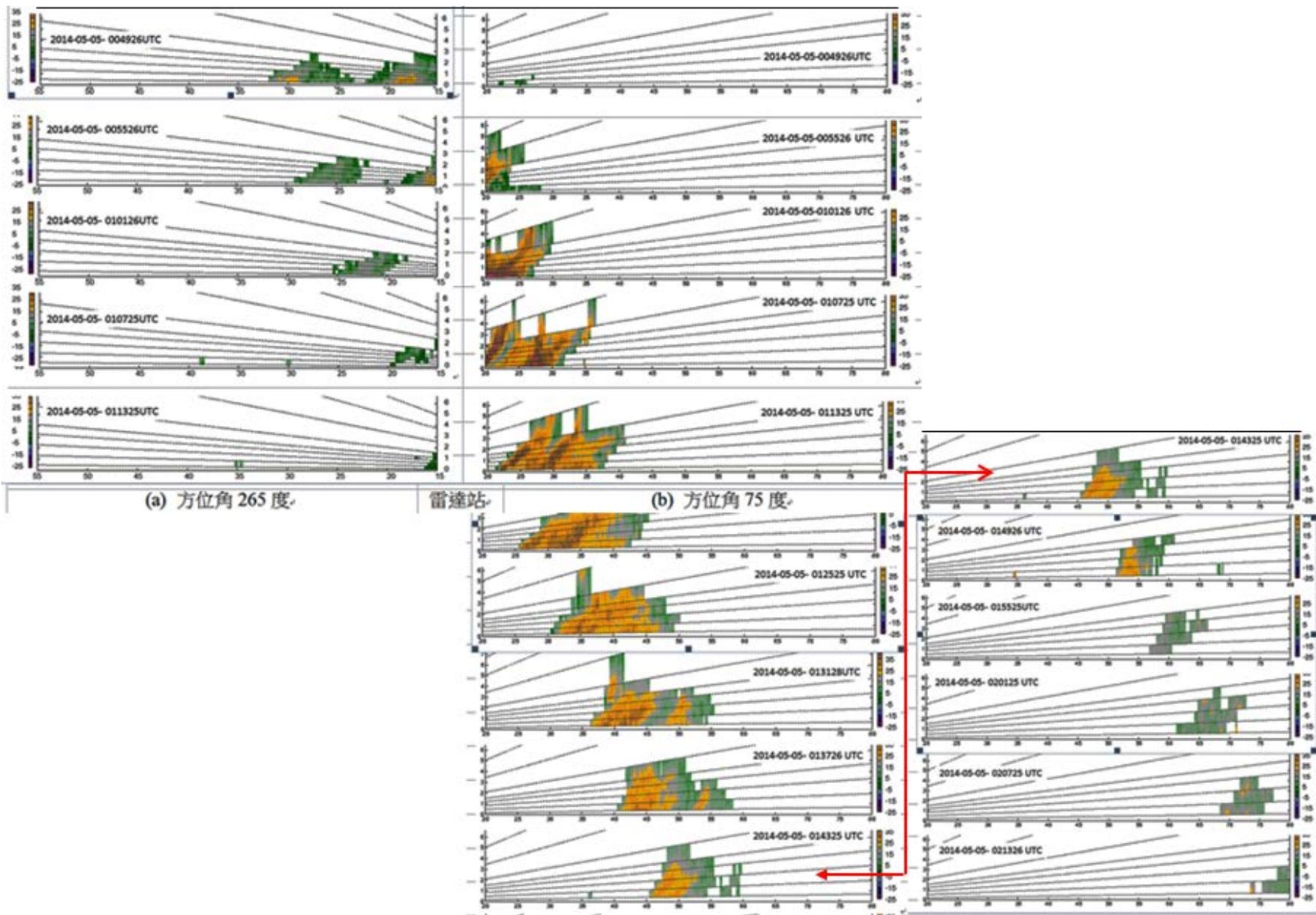


(b) 經由水平翻轉之圖(a)

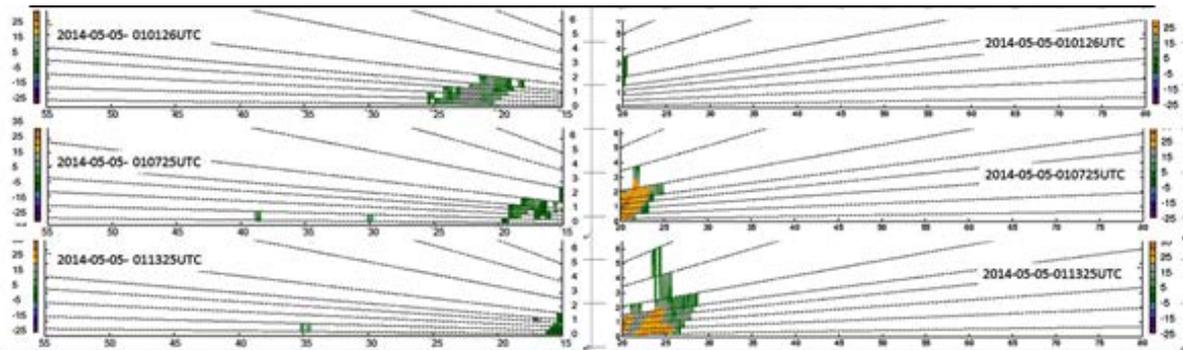
方位角265度 (a) 及經由水平翻轉之RHI回波 (b) 圖例 (時間：2014年5月5日003129 UTC)。



經由水平翻轉方位角265度之RHI回波（時間：2014年5月5日003736~011325 UTC）。



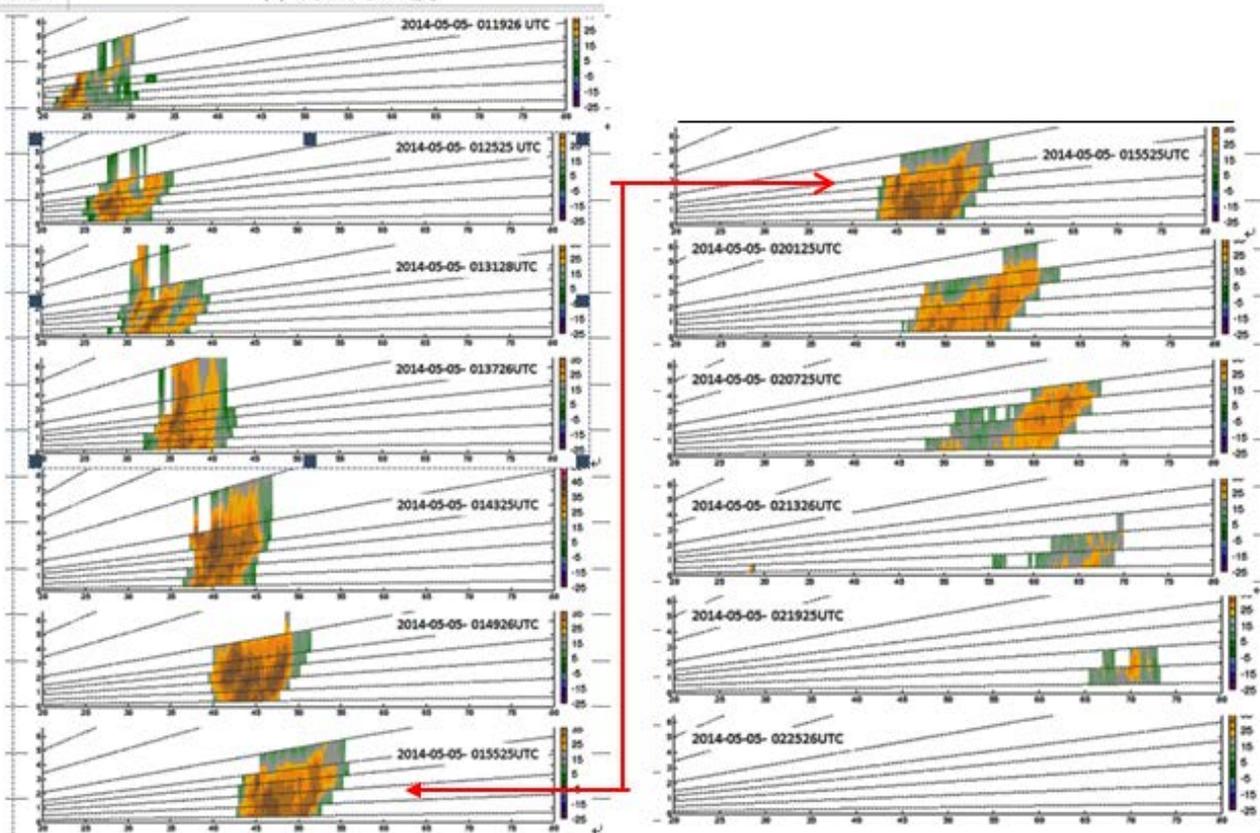
(a) 經由水平翻轉方位角265度和 (b) 方位角75度之6分鐘間距之RHI回波（時間：2014年5月5日003736～011325 UTC）。



(a) 方位角 265 度

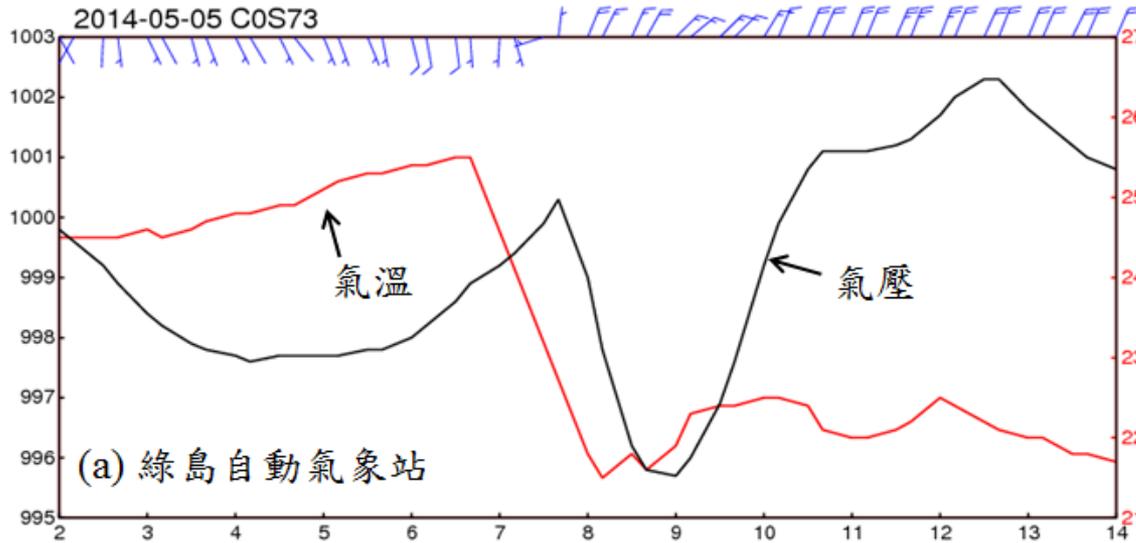
雷達站

(b) 方位角 90 度



綠島氣象站和航空站地面觀測 2014年5月5日 0200-1400LST

綠島氣象站

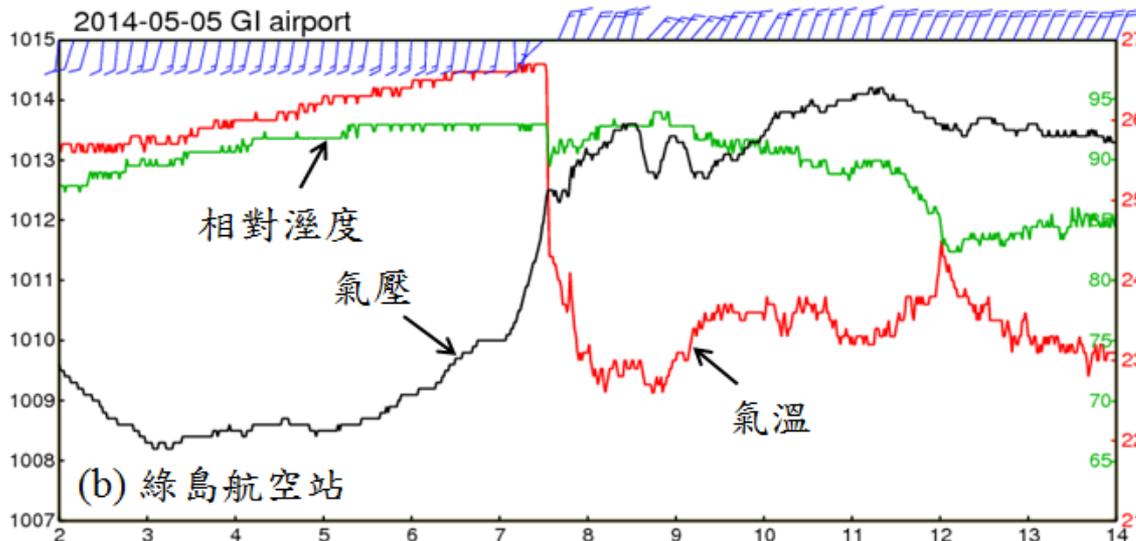


黑：氣壓
紅：氣溫
綠：相對溼度

風桿：風向

風羽：風速，
全長：10Kts，
半羽：5Kts

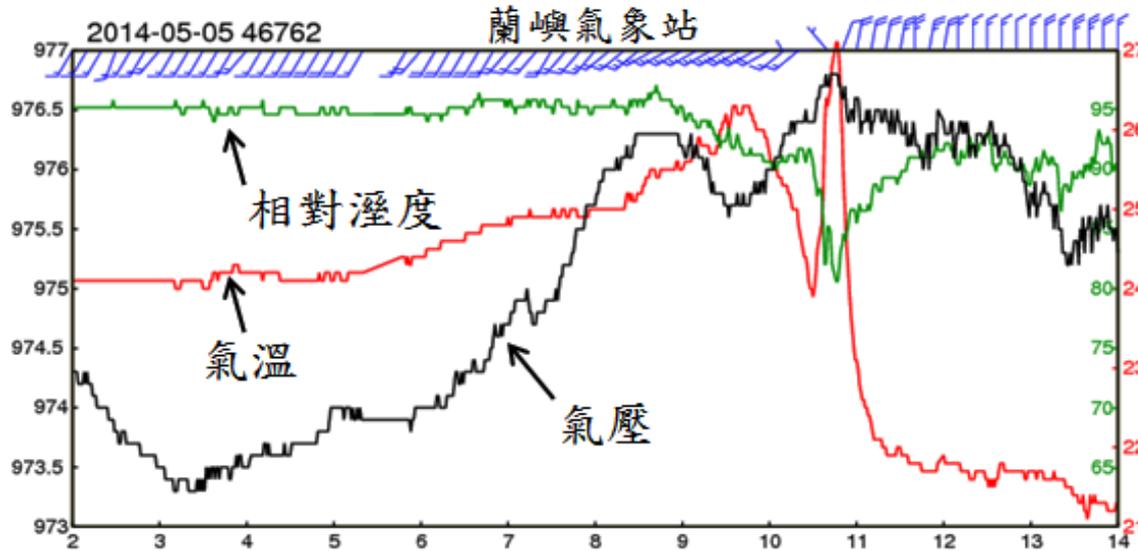
綠島航空站



蘭嶼氣象站和航空站地面觀測

2014年5月5日 0200-1400LST

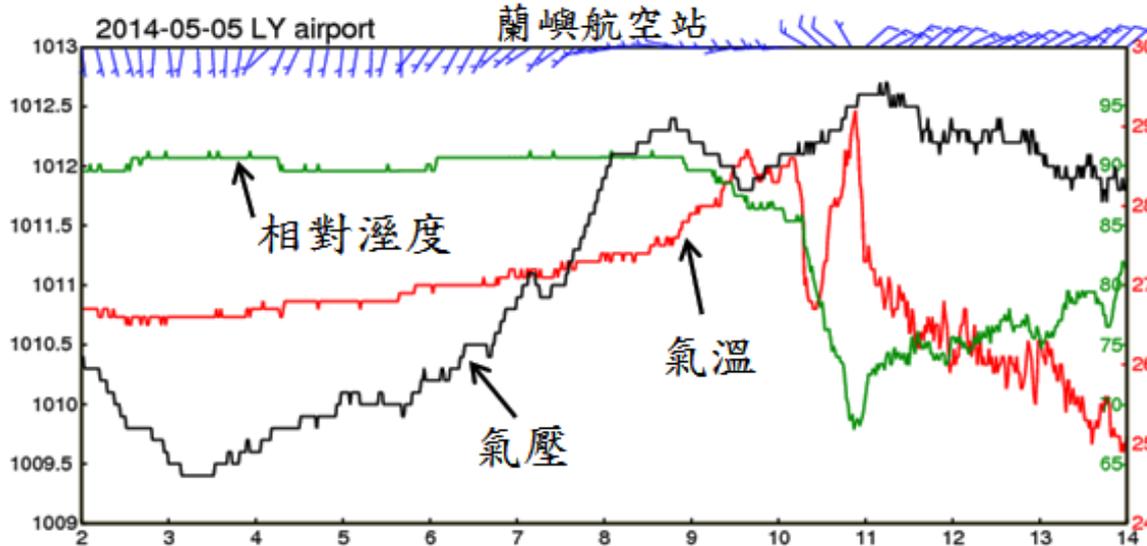
蘭嶼氣象站



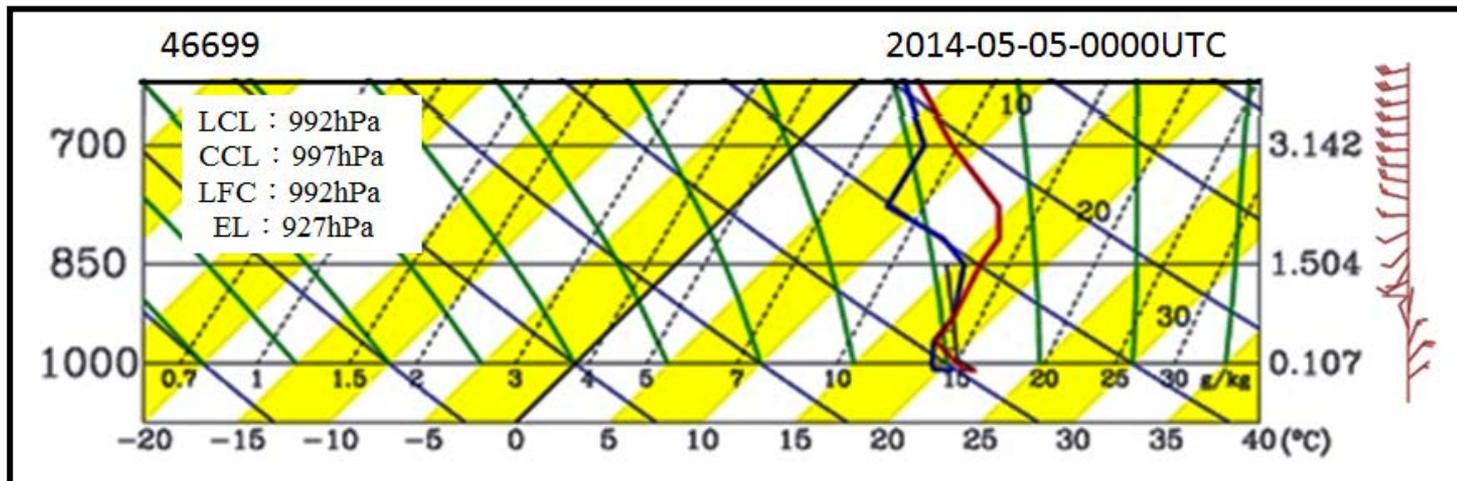
黑：氣壓
 紅：氣溫
 綠：相對溼度

風桿：風向
 風羽：風速，
 全長：10Kts，
 半羽：5Kts

蘭嶼航空站

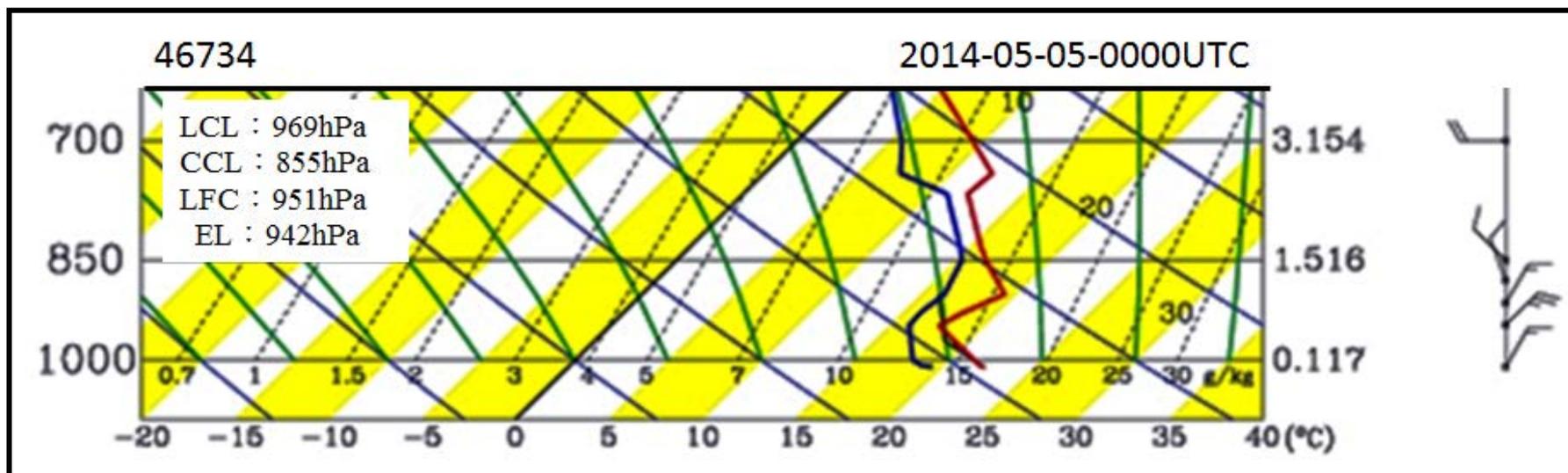


花蓮探空（圖18b）顯示，在970~920hPa溫度及露點均無變化，也可以說有鋒面逆溫但甚為微弱；在920~810hPa溫度無變化，但露點在920~850hPa降低不大，850~810hPa降低較大，也可以說有下沈逆溫但也甚為微弱。與綠島探站比較，在600hPa以下，花蓮探空站（鋒後）均遠較前者（鋒區）為低，也就是說鋒後也深厚的冷空氣，平均而言，鋒後比鋒區冷約7-8°C。風隨高度分布顯示，風向從地面之東北風至850hPa隨高度逆轉為西南風，顯然在850hPa以下有明顯的冷平流。940hPa以下為東北風和西北風的北向風，900hPa轉為西風，在該高度之上微弱順轉，轉為西南風，至780hPa轉為西風，之上至760hPa為西北西風，之後為偏西風，因此在風切線在780hPa。



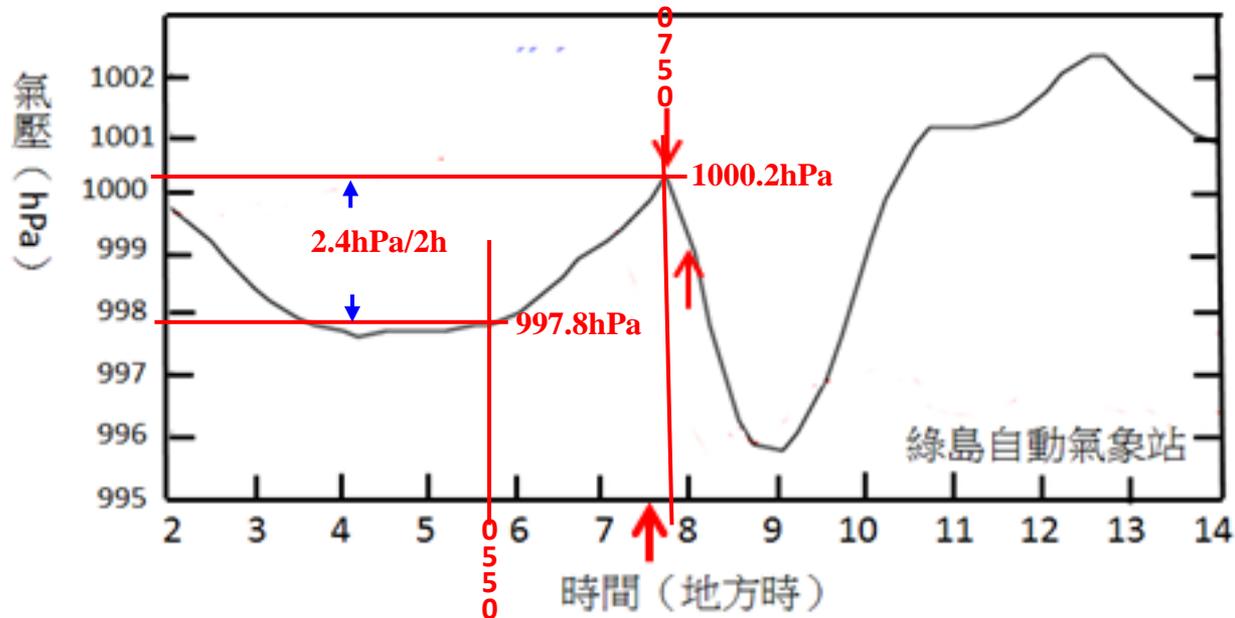
（鋒後）

- 馬公探空顯示，除近地面外，鋒區和鋒後氣溫相當均約為 17°C 。
- 一般而言，在 750hPa 以下，鋒後之溫度較鋒區為低。至 950hPa 鋒區仍維持在 17°C ，而鋒後降至 13°C 。之後，屏東探空站溫度隨高度降低，而馬公探空站隨高度增加，至 900hPa 達 16°C ，形成鋒面逆溫，但其溫度尚比鋒區為低，顯然鋒後深厚的冷空氣，從近地面至 $900\sim 950\text{hPa}$ 鋒面逆溫。
- 平均而言，鋒後比鋒區冷約 3°C 。



2014年5月5日0000UTC馬公（鋒後）探空觀測。

綠島自動氣象站氣壓觀測



- 在雲線抵達前的氣壓變化與航空站類似，2小時就快速上升（2小時上升2.4hPa：5時50分的997.8hPa→7時50分的1000.2hPa）；
- 雲線剛過境時氣壓陡降，過境後1小時降至最低後驟升。雲線後方氣壓均在1000hPa以上，高於過境前。