

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

第二名

030506

團團云雲_氣團與雲況變化之相關探討

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者：	指導老師：
國一 蔡妍誼	蔡永已
國一 李芊妤	喬緯中

關鍵詞：雲、氣團、鋒面

摘要

這是一個關於氣團與鋒面的研究。根據我們對於 5 個年度的觀雲資料所做的分析，得出以下幾個重要結論：在動態冷氣團方面：(1).若搭配較高的濕度，大部分會產生蔽光高積雲或滿天的灰白雲(高積、高層混合雲)，且和距離無關；(2).冷氣團的移動方式與層狀高積雲的形成有相當密切的關係；(3).雲的分布方式由風向決定，而不是冷氣團的移動方向。若冷氣團處於停滯狀態，對雲況的發展比較沒有影響力。在冷鋒鋒面方面：(1).鋒前以高雲族為主：①溫度有機會出現較大的降幅、②鋒線大多會以左端通過台灣、③降雨區域不會太大；(2).鋒前以中雲族為主：①鋒線大多會以中段附近通過台灣、②會帶來較大範圍的降雨(雨勢不會很大)。

壹、研究動機

為什麼要做「雲」科展呢？記得從小時候開始，就對雲特別好奇，不管是躺在廣闊的草地上，徜徉於潺潺的溪流邊，更或者是騎著鐵馬馳騁於鄉間的小路上，總習慣仰望天空中的雲，看著它的舒卷自如，看著它的變幻莫測，看著它的陰晴不定。這種愜意的感覺，總令人久久不能忘懷。於是，雲就這樣成為我童年最美好的回憶。上了國中後，我和班上同學報名了科展。幾經考量，最後還是決定做與「雲」相關的研究。希望藉由這次的科展，能對雲有更深入的了解。

貳、研究目的

我們這次的研究，首先探討冷氣團的移動對雲況的變化有什麼影響，其次，當冷氣團往南移動和暖氣團相碰撞時所形成的鋒面也會一併研究。我們有二個研究目的：

一、冷氣團與雲況變化之相關探討

二、冷鋒鋒面與雲況變化之相關探討

參、研究器材與設備

若純粹就觀察雲而言，並不需要特別的器材，原則上只要一張紙、一支筆、一台相機，再加上一副墨鏡，這樣就可以了。不過，有一點卻必須相當講究，那就是「場地」(觀察地點)。你必須找到一個寬廣的場地，四周沒有高大的遮蔽物，讓你儘可能地飽覽整個天空。當然，這場地也必須具備安全性與便利性(能快速到達)。能同時具備以上三個條件的，就只有我們學

校的操場(圖 1)了。

在觀察完之後，若要進行更深入的分析，這時候就需要一台筆電了。我們通常會藉由網路查詢相關的氣象資料，再和實際觀察的雲況加以比較、分析。

此外，如果觀察地點附近有較具規模的氣象站，更可以善加利用。像日月潭氣象站(圖 2)距離埔里並不遠，我們曾專程前去拜訪過，並多次請求站內氣象工作人員的協助，真的十分感謝。



圖 1 我們在觀測地點進行雲況的觀察



圖 2 日月潭氣象站

肆、研究過程或方法

在我們之前，學校的學長姊已做過四次雲的研究，這期間，不管是雲況的觀察方式，或者是研究雲的方法都不斷地在演進當中。底下先說明研究方法的演進過程，然後再針對本次的研究架構加以說明

(一).研究方法的演進

1.雲量的計算

雲量的測量有「十分量」及「八分量」兩種。什麼是十分量呢？十分量就是將整個視野所及的天空（全天）分為十等分，然後再觀測被雲層所遮蔽的部份佔全天多少比例。學長姊一開始採用十分量來記錄雲況，我們到現在也採用十分量，這一點倒是沒有改變，這中間唯一有改變的是天空的劃分方式。

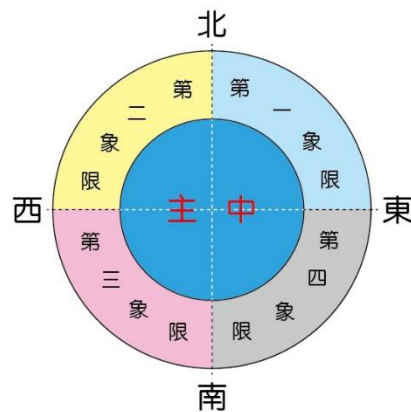


圖3 天空劃分圖

學長姊把天空劃分為「主中」、「第一象限」、「第二象限」、「第三象限」和「第四象限」等五個觀察區域(圖 3)—在垂直方向,除了主中是仰角 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 的區域之外,其餘第一至第四象限均為仰角 $10^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的區域。當初學長姊為什麼要這樣劃分呢?主要是為了更精確地記錄雲況。不過,今年我們並沒有採用這個方式,因為這當中牽涉到「觀察時間不夠」和「事後雲量還要多一道轉換手續」二個問題。

2. 觀測的時間點

在觀測時間點方面,學長姊一開始採用的是每天的 0900、1200、1500 和 1800 等四個時段,不過,我們這一次採用的是 0800、1100、1400 和 1700 等四個時段。為什麼要改變呢?有二個原因:(1).我們的研究常常要搭配探空斜溫圖,而探空氣球施放的時間是每天早上 8 點;(2).秋末以後,一直到春初,1800 時天色已經有點昏暗,很難觀測雲況。

3. 雲類的判斷

世界氣象組織(WMO)所出版的《國際雲圖集》把雲依照高度和外型分作四族十屬,各雲屬又細分為「主要種類」、「變型」、「副型」和「附屬雲」,這些雲類加起來起碼有數百種以上。若就實際觀察而言,雲的種類尚不只如此,因為這中間還存在著許多變化。我們的研究是建立在正確的雲況觀察之上,若雲況觀察錯誤,後面做再多的分析,都失去了意義。因此,學會如何正確地觀察雲是我們最重要的課題。

我們現在以卷積雲和高積雲為例,來說明判斷的方法:(1).外觀:卷積雲的雲塊比較小,類似國王鯖魚的鱗片(圖 5);高積雲的雲塊比較大,類似鯉魚的鱗片(圖 6)。(2).雲高:這邊的雲高指的是雲底高度。雲底高度是判斷雲的種類最重要的依據。我們通常會使用以下三個方法來判斷雲高:①山頭參照法:就是以觀測地點附近的山頭為參考,來判斷雲的高度;如圖 4 所示(紅色星號所標記之處就是我們的觀測地點),我們通常會使用大尖山和水社山來區別層積雲和高積雲。②手指判斷法:一指可以遮住的為卷積雲,雲塊大小介於一到三指之間的



圖4 埔里附近較高的山頭

為高積雲，大於三指的則為層積雲。③使用衛星雲圖：若遇到比較難判斷的雲類時通常要藉助衛星雲圖來定位它的高度，不過這前提是雲層不能太厚，為什麼？因衛星雲圖所顯示的是「雲頂」高度。怎麼使用衛星雲圖呢？我們最常利用中央氣象局的紅外線衛星雲圖來判斷雲高，優點是每隔 10 分鐘就會有一張圖，缺點是解析度不夠；此外，必要的時候也會利用 NASA 的 Terra 衛星來判斷雲高，優點是解析度高，缺點是一天只有一個時間點(約 10:40 左右)可以參考。關於衛星雲圖的使用方式，底下還會做更詳細的說明。(3).陰影：高積雲的雲底通常會有陰影，卷積雲的雲底則沒有。(4).維持時間長短：高積雲在天空中維持的時間較卷積雲久。(5).斜溫圖：由穩定層、各層大氣的溼度、氣塊舉升線等方面來綜合研判—關於斜溫圖的使用方式，底下還會做更詳細的說明。(6).詢問指導老師或附近的氣象站觀測人員。若是以上的方法都還是判斷不出來，我們會把相關的影像或資料留存，日後再慢慢查證。



圖 5 波狀卷積雲

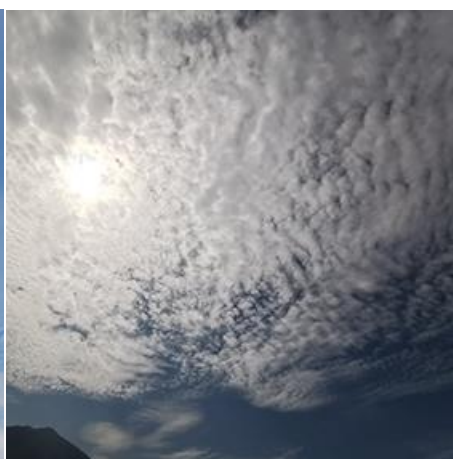


圖 6 2021-05-10-0910
棉球狀高積雲(東南方)

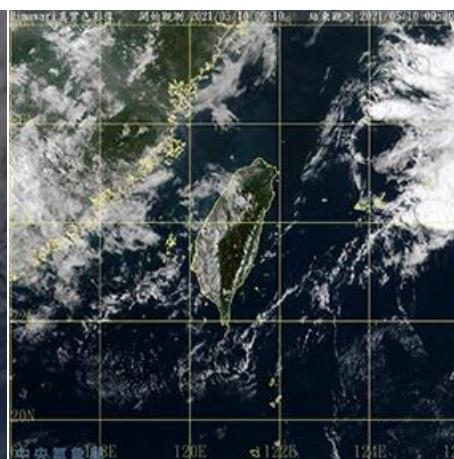


圖 7 2021-05-10-0910
真實色衛星雲圖

4.斜溫圖的運用

使用太空熱力圖最主要的目的，在於利用探空資料所繪製出來的曲線來決定大氣中未能直接量測之氣象因子，藉以了解大氣的垂直分布狀態及穩定度情形，作為輔助天氣預報之用。在眾多熱力圖中又以斜溫圖(SkewT-LogP 圖)最為氣象學界所採用。埔里沒有探空測站，所以只能藉助附近的探空測站來了解上方大氣的狀況。距離埔里最近的測站有「花蓮」、「馬公」、「台北」三個(圖 8)，那倒底要採用哪一個測站呢？(1).在夏、秋二季：馬公測站的探空氣球大多可以飛到台灣中部上空，所以這時我們會採用馬公測站的資料。(2).在冬、春二季：①在穩定層方面：根據學長姊的研究〈61 屆科展-層狀高積雲與天氣變化之探討〉，發現逆溫層(或

強穩定層)通常是一種大範圍的存在，所以穩定層採用哪個測站都可以，問題並不大。②在濕度方面：由於受到東北季風的影響，情況變得有點複雜，要採用哪個測站，完全要看當天的風向才能決定—若是馬公和台北測站，原則上我們不會採用 2000 公尺以下的資料，因為它們的探空氣球飛來中部上空時，大多已超過 2000 公尺；若是花蓮測站，原則上我們不會採用 3000 公尺以下的資料，因為它和埔里中間隔著中央山脈。



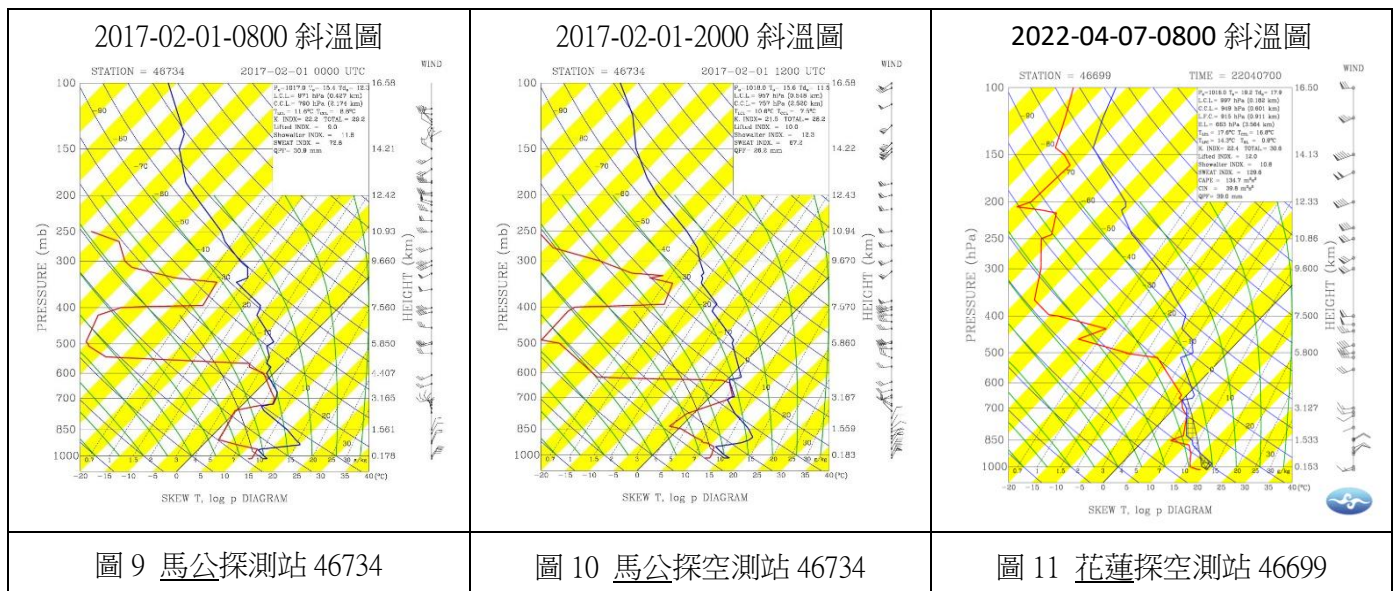
圖8 馬公、花蓮、台北測站位置圖

關於大氣濕度的分析方面，因為我們拿不到原始探空資料，所以無法得知大氣的實際濕度，所以只能退而求其次，利用露點曲線和溫度曲線之間的距離來作為濕度高低的判斷依據。那麼，我們倒底是如何界定濕度的大小呢？我們以 2017-2-1 這一天的雲況(這一天出現極大量的 ACS)為例來說明：(1).由圖 9 得知：①.0800 時 ACS 所在的高度應該在 3150 ~ 4400m 之間(Terra 衛星所顯示的高度為 3150~4800m)；②.ACS 所在高度的平均濕度相當高。(2).2017-2-1 當天早上的雲況是透光 ACS8，在這麼高的濕度下為什麼只出現最薄的 ACS？是受到低層大氣太乾燥的影響嗎？確實如此。請看圖 10，ACS 所在區域大多飽和，而大氣低層的濕度和 0800 時一樣乾燥，結果 1700 時只出現漏光 ACS(根據觀察經驗，在飽和的情況下大多會出現蔽光 ACS)。所以，不管是早上 8 點或下午 5 點，兩者同樣都因為低層大氣太乾燥，雲況被降了一個等級。(3).根據以上的分析，我們斷定 0800 時 ACS 所在高度的濕度應該是濕度高的底限——因為濕度若再低一點，恐怕就看不到雲朵了。因此，我們訂定 0800 時 3150~4400m 的中點處濕度為「濕度高的底限」。若此時斜溫圖上溫度曲線和露點曲線的間距以 W 表示，則「濕度中上的底限」我們定為「濕度高底限」×3 (意思是 $W \times 3$)，「濕度中等的底限」為 $W \times 6$ ，「濕度低的底限」為 $W \times 9$ ，比「濕度低」更乾燥的則稱之為「十分乾燥」。

註 1：為了記錄上的方便，我們把成片的、且雲量大於 4 的高積雲，稱作 ACS。

註 2：除了濕度高之外，濕度中上、濕度中等和濕度低都是配合實際觀察到的雲況加以定義的一濕度若是「中上」，仍可以產生 ACS，只是較難產生大面積的蔽光 ACS；濕度若是「中等」，最多產生高積雲，無法形成「層狀」高積雲；濕度低時，雲量大都很少；到了「十分乾燥」時，基本上都是萬里晴空。

註 3：2017-02-01 那一天，台北測站的探空斜溫圖型態和馬公測站十分類似。當天 0800 時，日月潭氣象站(海拔 1017.5 公尺)所測到的相對濕度為 55%。



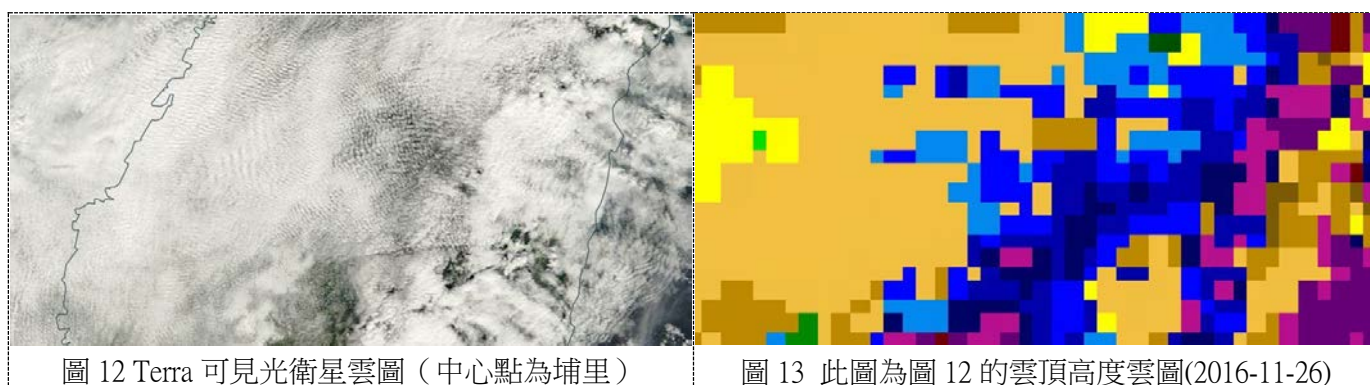
5. 衛星雲圖的運用

觀察雲是由下往上看，衛星雲圖是由上往下看，所以若要對雲有較全面的了解，最好二個都要兼顧。平時我們會由中央氣象局的可見光雲圖來判斷雲層的厚度，由紅外線雲圖來判斷雲頂的高度。但是衛星雲圖有其使用上的限制，首先是雲層不能太厚(因為雲是以「雲底高度」來分類的)；其次，雲層也不可以太薄，因為氣象局的衛星雲圖解析度不夠高，所以稍為薄一點的雲就照不出來，例如 2021-05-10 這一天——當天早上 09：10 時總雲量是 8(蔽光高積雲 3、棉球狀高積雲 2、絮狀高積雲 2、波狀高積雲 1)，其中棉球狀高積雲大多集中在東南方(圖 6)，可是在衛星雲圖上埔里東南方根本看不到什麼雲況(圖 7)！說老實話，當我們第一次發現這種現象時，真的有被嚇到！因為這種高積雲的厚度並不薄啊！可見得氣象局的衛星雲圖解析度真的不夠高。

所以，必要的時候，我們也會採用美國國家航空暨太空總署(NASA)的高解析度衛星雲圖(主要是用 NASA 的 Terra 衛星)。Terra 是一顆繞極衛星，飛行高度約 720 公里，每天分別約於 10：40 與 20：40 通過台灣上空。我們採用的是 10：40 這一個時間點。

有些雲類很難判斷，例如很高的高積雲和卷積雲，不過，藉由 Terra 衛星的協助，就變得容易多了。我們現在舉一個例子來說明：2016-11-26 這一天早上的雲很高，若根據外形來判斷，似乎是高積雲，但是又很像卷積雲，這時我們只好請出 Terra 衛星雲圖(圖 12、圖 13)了一圖 12 是可見光雲圖，它的正中心是埔里所在的位置，由此圖可以大致看出雲朵的外形；

接著我們轉換成有雲頂高度的圖層(圖 13)，馬上就判斷出在埔里左上方的區塊是以高積雲為主，右下方的區塊是以卷積雲為主，埔里剛好位於 45° 角的區分線上。



註 1: 圖 13 的雲頂高度可以用色塊棒 來判斷。黃色為 4800~5600 m，往右的色塊依序加 800m，往左則依序減 800m；由此圖我們可以很輕易地辨別卷積雲和高積雲。

(二). 本次研究的研究架構(圖 14)

我們這次的研究主要針對「冷氣團與雲況變化」和「冷鋒鋒面與雲況變化」二個面向來探討：(1). 在冷氣團方面：又分別針對「移動性冷氣團」與「停滯性冷氣團」加以探討；而「移動性冷氣團」又分別以「固定時間」(當天早上 0800 時)和「連續追蹤」(當天 0800~1700 時)二種方式加以探討。(2). 在冷鋒鋒面方面：我們發現在眾多的雲況當中，以高雲族(主要是卷雲和卷層雲)和中雲族和冷鋒鋒面有較大的關聯性，所以我們就由此切入來進行深入探討。

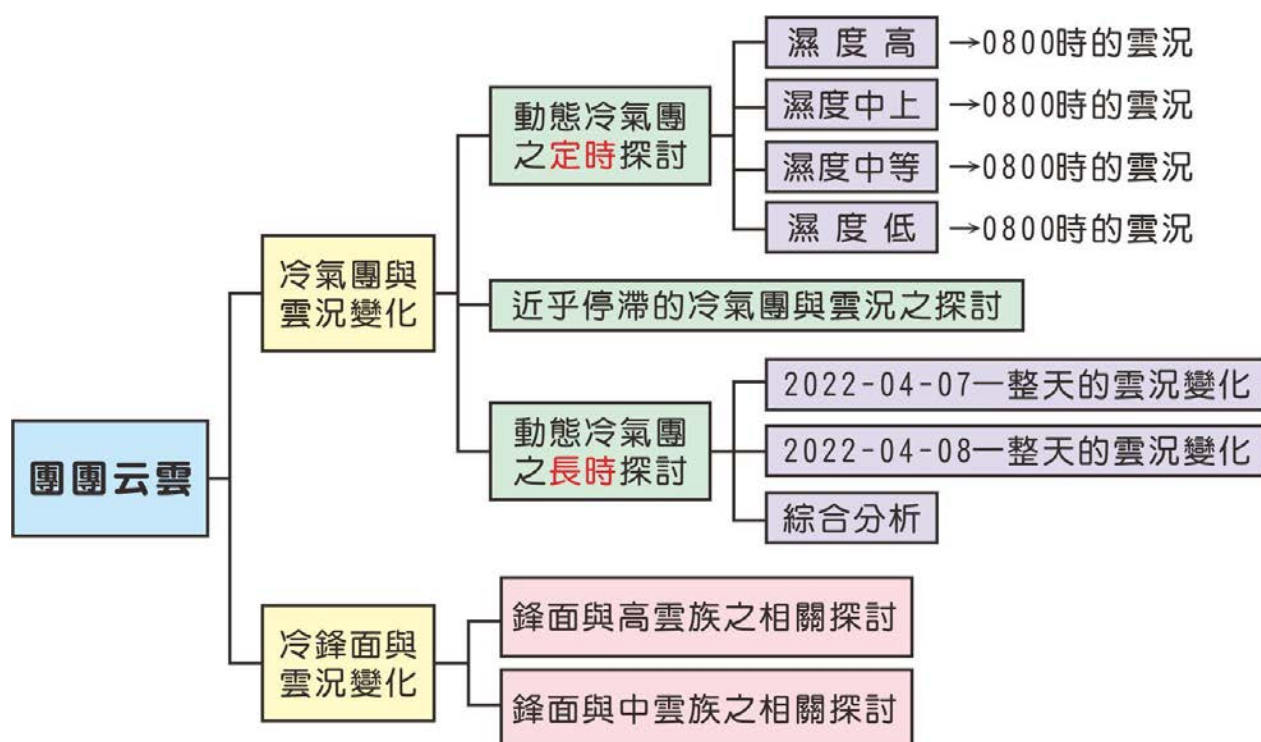


圖 14 本次研究之研究架構圖

伍、研究結果與討論

底下根據我們的二個研究目的，依序呈現我們的研究結果，並針對某些特殊情況作深入的探討。

一、冷氣團與雲況變化之相關探討

「氣團」是什麼呢？你可以將空氣想像成海綿，如果我們把海綿放在乾布上，它會一直保持乾燥；假使把它放在溼布上，便會吸收水分而變溼，「氣團」也是同樣的道理。當空氣停留在大片地面或海面上一段時間後，它每一高度層的溫度、溼度等物理性質會漸趨一致，並且範圍也會越來越擴大，我們將這一個範圍廣大的空氣體稱為「氣團」。氣團依其發源地緯度的高低，以及發源地是大陸或海洋，可分為熱帶海洋氣團、極地大陸氣團和赤道氣團；如果再依氣團本身溫度高低，又可分為冷氣團和暖氣團（[中央氣象局科普網](#)）。

雖然氣團有二種類型，但是我們這次的研究主要是針對冷氣團，探討它和天氣變化之間的關係，尤其是雲況的變化。關於冷氣團對我們天氣的影響，雖然在這次研究期間我們總共蒐集到超過 100 筆資料，但是到最後只保留 27 筆資料(表 1~表 5)！為什麼？因為我們為了讓研究更加嚴謹，做了一些條件上的限制：(1).冷氣團到底有沒有真的對台灣的天氣造成影響，一律以中央氣象局的氣象報告為準；(2).因為我們想把冷氣團對台灣天氣的影響單純化，所以舉凡受到「颱風、低氣壓、鋒面、華南雲雨區東移和南方雲系北移」等影響的，都予以刪除。(3).當天必須有做雲況的觀察紀錄；(4).超過 2000km 的冷氣團不列入分析，因為真的太遠了。

在表 1~表 5 的分析中我們採用了幾個自訂的名詞，在此有必要先解釋一下。首先，在穩定層的分析當中，我們使用了「**強穩定層**」這個名詞，這是什麼意思？一般而言，若空氣塊的溫度比周遭環境高，此時空氣塊就可以往上升，這種情況稱為不穩定；反之，若空氣塊的溫度比周遭環境低，此時空氣塊就無法往上升，這種情況稱為穩定。因為**逆溫層**（在此層大氣中，氣溫會隨著高度上升而上升）是穩定層的極端狀態，所以我們把探空圖中溫度曲線接近逆溫層的大氣層，稱作「**強穩定層**」。其次，關於濕度方面的自訂名詞請參閱 P.5 的說明。

【結果】

底下為了對冷氣團與雲況變化之關係作更詳細的剖析，我們試著從以下三個面向來探討：

(1).動態冷氣團與雲況關係之定時探討(針對當天 0800 時)、(2).近乎停滯的冷氣團與雲況之相

關探討(針對當天 0800 時)、(3).動態冷氣團與雲況關係之連續性探討(針對當天 0800~1700 時)。

(一).動態冷氣團與雲況關係之定時探討(針對當天 0800 時)

動態冷氣團指的是「移動中的冷氣團」。定時方面，我們是取每天的 0800 這個時間點來分析，為什麼？主要是為了配合探空斜溫圖的緣故。在這一部分，我們又分作四個小主題來探討：(1).在濕度高的情況下所呈現的雲況、(2).在濕度中上的情況下所呈現的雲況、(3).在濕度中等的情況下所呈現的雲況、(4).在濕度低(含十分乾燥)的情況下所呈現的雲況。

1.在濕度高的情況下所呈現的雲況

關於濕度方面，在此必須先做二點說明：(1).濕度高低的界定，請參閱 P.5；(2).若是出現層狀雲(主要針對中雲族)，則會採用逆溫層(或穩定層)下方 1000m 內的濕度—例如 2022-04-07 這一天，我們是取 2800~3600 公尺這一層高度的濕度(圖 11、表 1)。

由表 1 得知：在冷氣團的影響下，若再加上大氣濕度高，則當天早上 0800 的雲況只會出現「蔽光層狀高積雲(蔽光 ACS)」和「滿天的灰白雲」這二種類型，沒有例外，符合這條條件的總共有 10 筆資料(參考圖 15~18、27、29)。在蔽光 ACS 部分，若有伴隨部分漏光 ACS 的話，在此也併入蔽光 ACS，因為我們的重點是在雲的厚度。在灰白雲部分，雖然從下往上看這灰白一片似乎以高層雲為主，但是根據我們長期的觀雲經驗，其實有很大的比例是「高積、高層混合雲」—就以這次的研究來說：(1).2021-11-23 這一天，從衛星雲圖上可以很明看出雲頂有許多高積雲的波狀結構；(2).2021-12-27 這一天，從衛星雲圖上可以很明看出雲頂有許多高積雲的波狀結構；(3).2022-01-07 這一天，從衛星雲圖上可以很明看出雲頂有許多積狀結構。

最後，我們更進一步發現在濕度高的情況下的雲況表現，似乎和冷氣團與台灣的距離遠近無多大關係(本研究限 2000km 以內)(參考表 1)—例如 2021-11-29 這一天的冷氣團距離台北約 2000km，出現蔽光 ACS10，而 2022-01-15 這一天的冷氣團距離台北約 600km，也出現蔽光 ACS6；同樣的方法，在灰白雲的部分可以比對 2022-02-22 和 2022-01-12 這二天。

圖 15 2021-11-29 當天早上 0800 的雲況

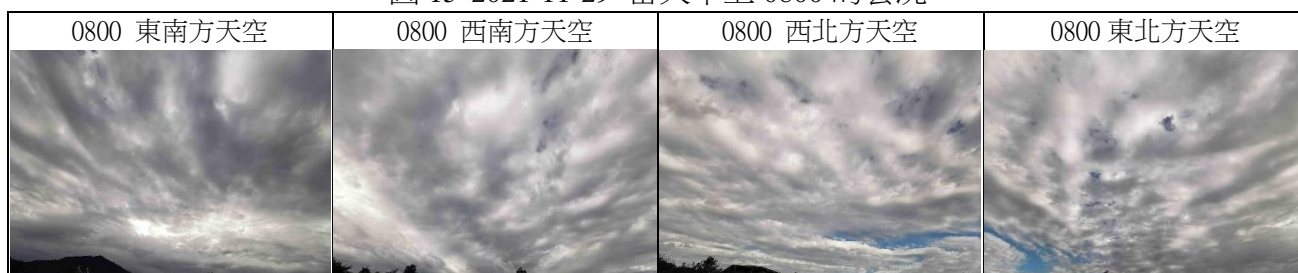


圖 16 2022-01-12 當天早上 0800 的雲況



圖 17 2022-01-13 當天早上 0800 的雲況



圖 18 真實色彩衛星雲圖(埔里位於雲圖的正中央)

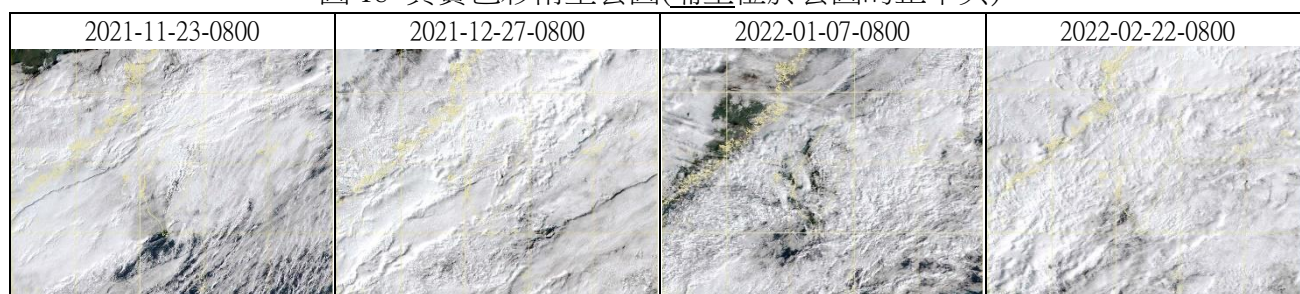


表 1 動態冷氣團+濕度高的情況下所呈現的雲況

日 期	雲 況 及 相 關 天 氣 狀 況 之 說 明
2021-11-23 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1030 百帕；②位於江西，距離台北 808 公里；③向東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(採用台北測站)：①穩定層：約 5100~5400m 有一連續穩定層(逆溫+強穩)。②濕度：約 1500~5100m 均達飽和，日月潭 99%。(氣象局：大陸冷高壓前緣的冷平流雲系持續南下影響台灣) (3).當天的雲況變化：霧茫茫的天空→霧茫茫的天空→灰白雲 10→灰白雲 10
2021-11-29 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1032 百帕；②位於日本東京附近，距離台北約 2000 公里；③向東北東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(採用花蓮測站)：①穩定層：約 4200~5600m 有一穩定層。②濕度：約 1500~5500m 大多達飽和，埔里 95%，日月潭 93%。(氣象局：東北季風減弱) (3).當天主要雲況變化：ACS10(大片狀，以蔽光為主)→ACS9.8→ACS9→ACS10
2021-12-27 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1042 百帕；②位於湖南，距離台北約 955 公里；③向東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2400~5300m 有一連續穩定層(穩+強穩)。②濕度：約 3200 以下大多達飽和，3200~5300m 濕度中上，日月潭 99%。(氣象局：今日持續受大陸冷氣團東移影響) (3).當天主要雲況變化：灰暗雲 10→灰白雲 10→灰白雲 10→灰白雲 10
2022-01-07 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1040 百帕；②位於天津，距離台北約 1794 公里；③向東南緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 3300~5400m 有一連續穩定層(穩+逆)。②濕度：約 2300~3300m 濕度低，約 3300~3900m 達飽和，日月潭 90%。 (3).當天主要雲況變化：灰白雲 10→灰白雲 10→灰白雲 9.8→灰白雲 10 (氣象局：受東北季風影響)
2022-01-12 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1028 百帕；②位於浙江，距離台北約 437 公里；③向東南緩慢移動，時速約 15km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：3500~4300m 有一大逆溫層，約 4300~4900m 有一強穩定層。②濕度：約 1700~3500m 濕度高，日月潭 88%。(氣象局：受強烈大陸冷氣團影響) (3).當天主要雲況變化：灰白雲 10→灰白雲 10→灰白雲 10→蓬鬆積狀雲 9.8

2022-01-13 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1034 百帕；②位於河南，距離台北約 1167 公里；③向東南東緩慢移動，時速約 25km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：3100~3800m 有穩定層，5300~5600m 有一強穩定層。②濕度：2400~3100m 濕度高，5300~5600m 達飽和，日月潭 91%。 (3).當天主要雲況變化：蔽光 ACS9.5→積雲 2→積雲 2→□ (氣象局：受強烈大陸冷氣團影響)
2022-01-15 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1026 百帕；②位於浙江，距離台北約 600 公里；③向東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：3600~3800m 有一大逆溫層，3800~5400m 有一穩定層。②濕度：2400m 以下大多飽和，2400~3600m 濕度高，日月潭 84%。 (3).當天主要雲況變化：以蔽光 ACS 為主 6→無雲→以高積雲為主 4→□ (氣象局：受強烈大陸冷氣團影響)
2022-02-22 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1022 百帕；②位於天津，距離台北約 1979 公里；③向東南緩慢移動，時速約 15km/hr。 (2).斜溫圖分析(花蓮)：①穩定層：約 2800~5800m 有一連續穩定層(逆+穩)。②濕度：約 2800~3200m 達飽和，約 3200~5800m 濕度高。 (3).當天主要雲況變化：灰白雲 10→灰白雲 10→灰白雲 10→灰白雲 10 (氣象局：受大陸冷氣團影響)
2022-04-07 合歡山 87%	(1).高壓中心：①1022 百帕；②位於江蘇，距離台北約 720 公里；③向東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(花蓮)：①穩定層：約 3600~3800m 有一逆溫層。②濕度：約 2800~3600m 濕度高。 (3).當天主要雲況變化：蔽光 ACS8→灰白雲 10→棉球狀蔽光 ACS10→□ (氣象局：受東北季風增強影響)
2022-04-08 合歡山 100%	(1).高壓中心：①1022 百帕；②位於黃海，距離台北約 836 公里；③向東北緩慢移動，時速約 25km/hr。 (2).斜溫圖分析(花蓮)：①穩定層：約 2400~4500m 有一連續穩定層(強穩+穩定+逆溫)。②濕度：約 2400~4400 均達飽和。 (3).當天主要雲況變化：大棉球狀蔽光 ACS10→大棉絮狀 ACS7→積雲 7(以濃積雲為主)→濃積雲 2 (氣象局：東北季風減弱，環境場轉為偏東風)

註 4：雲況說明：(1).雲況變化取自四個時段(0800→1100→1400→1700)；(2).雲況變化只取該時段的主要雲況。

註 5：表 1 中關於斜溫圖的部分，我們只分析 2000~6000m 這區間的濕度和穩定層。為什麼？有二個原因：(1).探空氣球飛來中部上空時大多已超過了 2000m；(2).在研究期間很少出現發展高度大於 6000m 的直展雲族；(3).來自外地的高雲族和本地大氣的濕度關聯性較小。

註 6：大氣的穩定度大致可分為以下三個類型：(1).絕對穩定度：空氣塊一直保持在原來的高度，其條件為：環境直減率<溼絕熱直減率。(2).絕對不穩定度：空氣塊會持續往上升，其條件為：環境直減率>乾絕熱直減率。(3).條件不穩定度：空氣塊的穩定度視其本身飽和或不飽和而定(若飽和，則不穩定；若不飽和，則穩定)。

2.在濕度中上的情況下所呈現的雲況

若大氣濕度比濕度高略低一些，我們稱之為「濕度中上」。在冷氣團的影響下，這時會出現什麼樣的雲況呢？由表 2 得知：在這種情況下，雖然仍以層狀高積雲(ACS)為主，但是已無法形成大面積的蔽光 ACS。2021-11-02 這一天雖然有層狀高積雲(圖 19)，但是蔽光高積雲的雲量只佔 2，第二多的是棉球狀高積雲；2021-11-04 這一天是滿天的棉球狀 ACS(圖 20)；2021-12-30 這一天則是雲塊比較大的絮狀 ACS9.8(圖 21)。可見得在濕度中上的情況下，雖然還能夠形成 ACS，但是雲的厚度變薄了，且雲塊之間間隙也變大了。

圖 19 2021-11-02 當天早上 0800 的雲況



圖 20 2021-11-04 當天早上 0800 的雲況



圖 21 2021-12-30 當天早上 0800 的雲況



表 2 動態冷氣團+濕度中上的情況下所呈現的雲況

日 期	雲 況 及 相 關 天 氣 狀 況 之 說 明
2021-11-02	(1).高壓中心說明：①氣壓值：1028 百帕；②位置：位於<u>黃海</u>，距<u>台北</u>約 1378 公里；③移動方式與速度：向東南緩慢移動，時速約 15 km/hr。 (2).斜溫圖分析(花蓮)：①穩定層：約 2700~3300m 有一連續穩定層(逆溫+強穩定+逆溫)。②濕度：約 2700~3300m 濕度中上，<u>埔里</u>(440m)84%，<u>日月潭</u>(1017.5m)88%。 (3).當天主要雲況變化：ACS6(蔽光 2+棉球 2+波狀 0.5+其他 1.5)→濃積雲 1.5→積雲 7→積雲 2 (4).溫度變化(最高溫)：前一天 20.7℃→當天 26.3℃→後一天 26.6℃ *說明：<u>埔里</u>測站和<u>日月潭</u>測站是取當日早上 8 點的相對濕度。(氣象局：受東北季風影響)
2021-11-04	(1).高壓中心：①1024 百帕；②位於<u>東海南部海面</u>，距離<u>台北</u>約 570 公里；③向東南東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(馬公)：①穩定層：約 2000~3900m 有一穩定層，約 5400~6700m 有一連續穩定層(逆溫+穩定)。②濕度：約 4400~5400m 濕度中上，5400m 達飽和，<u>日月潭</u> 97%。 (3).當天主要雲況變化：棉球狀 ACS10 →高積雲 4，積雲 4→鬆散的積雲 10→□ (4).溫度變化(最高溫)：前一天 26.3℃→當天 26.6℃→後一天 28.4℃ (氣象局：東北季風減弱)
2021-12-30	(1).高壓中心：①1034 百帕；②位於<u>湖北</u>，距離<u>台北</u>約 990 公里；③向東緩慢移動，時速約 20km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 3100~4400m 有一連續穩定層(逆溫+強穩)。②濕度：約 3000m 達飽和，約 2400~3000m 濕度中上，約 3200m 以上十分乾燥，<u>日月潭</u> 71%。 (3).當天主要雲況變化：大絮狀 ACS9.8→大絮狀 ACS9.8→蔽光+大棉球+波狀 9.5→大棉球 ACS9.5 (4).溫度變化(最高溫)：前一天 13.4℃→當天 10℃→後一天 9.1℃ (氣象局：東北季風增強)

3.在濕度中等的情況下所呈現的雲況

當濕度略低於「濕度中上」時，我們稱之為「濕度中等」。在濕度中等的情況下，大多只會出現一些零星的積雲和高積雲，例如 2021-11-15(圖 22)和 2021-11-24(圖 23)這二天。若在大氣條件較差時更可能出現「無雲」的情況，例如 2022-02-11 這一天——這一天雖然在 2800~3800m 濕度中等，但是出現較大的對流抑制能(CIN 值 330.5)，所以當天早上 0800 時就沒有出現任何雲朵。

表 3 動態冷氣團+濕度中等的情況下所呈現的雲況

日 期	雲 況 及 相 關 天 氣 狀 況 之 說 明
2021-11-15	(1).高壓中心：①1024 百帕；②位於浙江海面，距離台北約 570 公里；③向東北東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(採用花蓮測站)：①穩定層：約 2400~2500m 有一逆溫層，約 3100~4400m 有一連續穩定層(逆溫+強穩)。②濕度：約 3100m 濕度中等，日月潭 82%。(氣象局：大陸冷高壓東移減弱) (3).當天主要雲況變化：高積雲 2、蓬鬆雲 2、卷雲 1→不規則高積雲 7→高積雲 8→不規則高積雲 2
2021-11-24	(1).高壓中心：①1024 百帕；②位於江西，距離台北約 570 公里；③向東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2500~3400m 有一連續穩定層(強+穩+逆)，約 3700~3900m 有一逆溫層。②濕度：約 1500~3100m 濕度中等，日月潭 99%。(氣象局：受東北季風影響) (3).當天主要雲況變化：零散的積狀雲 1→暗灰積雲 9.5→高積雲 5→灰雲布滿天空
2022-02-11	(1).高壓中心：①1028；②位於黃海南部，距離台北約 1037 公里；③向東北東緩慢移動，時速約 15km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 3800~4000m 有一大逆溫層，4000~5200m 有一強穩定層。②濕度：2800~3800m 濕度中等，今天的 CIN 值 330.5，日月潭 72%。 (3).當天主要雲況變化：無雲→無雲→極少量積雲→□(氣象局：東北季風減弱)

圖 22 2021-11-15 當天早上 0800 的雲況



圖 23 2021-11-24 當天早上 0800 的雲況



4.在濕度低(含十分乾燥)的情況下所呈現的雲況

如表 4 所示，在「濕度低」或「十分乾燥」的情況時，當天早上 0800 時幾乎都是一種無雲的狀態，如果有雲，也是極少量。這其實是預料中的事，因為巧婦難為無米之炊—沒有水氣，當然就無法形成雲。

【小結論】

在冷氣團緩緩移動的前提下，綜合以上 1~4 的討論，我們得出以下幾個小結論：(1).在濕度高的情況下只會產生「蔽光 ACS」和「滿天的灰白雲」(大多是高積、高層混合雲)二種雲況；(2).若要形成層狀高積雲，大氣的濕度至少要「中上」以上。(3).大氣濕度中等時，大多只會出現一些零星的積雲和高積雲；(4).在大氣濕度低的情況下，幾乎都是晴空萬里。

表 4 動態冷氣團+濕度低(含十分乾燥)的情況下所呈現的雲況

日 期	雲 況 及 相 關 天 氣 狀 況 之 說 明
2021-12-07	(1).高壓中心：①1036 百帕；②位於山東，距離台北約 1900 公里；③向東緩慢移動，時速約 20km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2400~2600m 有一逆溫層，約 3400~3800m 有一強穩定層。②濕度：約 2400m 以上十分乾燥，日月潭 60%。 (3).當天的雲況變化：無雲→無雲→極少量積雲→□ (氣象局：東北季風稍微增強)
2021-12-08	(1).高壓中心：①1034 百帕；②位於吉林，距離台北約 1566 公里；③向東緩慢移動，時速約 25km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2500~3200m 有一連續穩定層(穩+逆+穩)，約 3800~4500m 有一強穩定層。②濕度：約 1600~5600m 十分乾燥，日月潭 61%。 (3).當天的雲況變化：無雲→無雲→無雲→□ (氣象局：受東北季風影響)
2021-12-09	(1).高壓中心：①1032 百帕；②位於湖北，距離台北約 1473 公里；③向東緩慢移動，時速約 20km/hr。 (2).斜溫圖分析(馬公)：①穩定層：約 3000~3900m 有一穩定層，約 5000~5200m 有一逆溫層。②濕度：1700m 以上十分乾燥，日月潭 92%。 (3).當天的雲況變化：無雲→極少量積雲→積雲 2→□ (氣象局：東北季風減弱)
2022-01-02	(1).高壓中心：①1040 百帕；②位於河北，距離台北約 1878 公里；③向東南緩慢移動，時速約 25km/hr。 (2).斜溫圖分析(馬公)：①穩定層：約 2500~3800m 有一連續穩定層(逆+強穩)。②濕度：約 1500~2500m 濕度低，約 2500m 以上十分乾燥，日月潭 59%。 (3).當天主要雲況變化：無雲→無雲→濃積雲 2→卷雲 1 (氣象局：受東北季風影響)
2022-01-04	(1).高壓中心：①1034 百帕；②位於瀋陽附近，距離台北約 1820 公里；③向東南東緩慢移動，時速約 20km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2900~3500m 有一連續穩定層(強穩+逆)，約 3900~4300m 有一強穩定層。②濕度：約 1600m 以上十分乾燥，日月潭 65%，合歡山 20%。 (3).當天主要雲況變化：無雲→無雲→無雲→□ (4).溫度變化(最高溫)：前一天 12.5°C→當天 13.9°C→後一天 14.7°C (氣象局：東北季風減弱)
2022-01-14	(1).高壓中心：①1030 百帕；②位於江蘇，距離台北約 340 公里；③向東緩慢移動，時速約 15 km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：3100~3500m 有一大逆溫層。②濕度：2400m 以上十分乾燥，日月潭 71%。 (3).當天主要雲況變化：無雲→少量積雲→積雲 1→無雲 (氣象局：受強烈大陸冷氣團影響)
2022-02-16	(1).高壓中心：①1030 百帕；②位於山東，距離台北 1236 約公里；③向東南東緩慢移動。 (2).斜溫圖分析(花蓮)：①穩定層：約 3700~3900m 有一逆溫層。②濕度：約 2800~3800m 十分乾燥，日月潭 73%。 (3).當天主要雲況變化：以積雲為主 0.1→以積雲為主 0.5→以積雲為主 1→□ (氣象局：受東北季風影響)

(二).近乎停滯的冷氣團與雲況之相關探討(針對當天 0800 時)

所謂的「近乎停滯」是指「冷氣團幾乎沒有移動」的意思。在近乎停滯的狀態下，除了「濕度低仍然是無雲」之外，其餘似乎看不出有什麼規則。不過這邊有一個非常有趣的現象值得探討：2021-12-06 和 2022-01-08 這二天的大氣濕度都非常高，而且有逆溫層，依照之前的討論，在這種情況下應該會出現「蔽光 ACS」或者是「滿天的灰白雲」，可是這二天連層狀高積雲都沒出現，更何況是「蔽光 ACS」或「滿天的灰白雲」？這是否又再一次地印證了「冷氣團的移動對高積雲層狀結構的形成具有關鍵性的影響」！其次，為什麼 2022-01-08 這一天在溫度不是很高(當天埔里最高溫只有 22.4°C)，且 CAPE 值很小的情況下，竟然會出現一整天的濃積雲？這種情況在冬天很少見，可以留待以後再做深入研究。

表 5 近乎停滯的冷氣團與雲況之探討(針對當天 0800 時)

日 期	雲 況 及 相 關 天 氣 狀 況 之 說 明
2021-11-11	(1).高壓中心：①1024 百帕；②位於浙江，距離台北約 418 公里；③幾乎沒移動，時速約 0 km/hr。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2400~3400m 有一連續穩定層(逆溫+穩定+逆溫)。②濕度：約 1500m 以上十分乾燥，埔里 84%，日月潭 81%。 (3).當天主要雲況變化：無雲→無雲→無雲→鬆散的積狀雲 (氣象局：受東北風影響)
2021-11-19	(1).高壓中心：①1020 百帕；②位於台灣北方，距離台北約 944 公里；③近似滯留。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 2500~2700m 有一逆溫層，約 1500~2600m 有一逆溫層。②濕度：約 2600~2800m 濕度高，日月潭 91%，合歡山 100%。 (3).當天主要雲況變化：鬆散的雲 8→極少量積雲→積雲 1→無雲 (氣象局：東北季風減弱)
2021-12-06	(1).高壓中心：①1030 百帕；②位於遼寧，距離台北約 1291 公里；③近似滯留。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 3800~4400m 有一續穩定層(逆+穩+逆)。②濕度：2800~3800m 濕度中上，魚池(海拔 671m)76%，日月潭 64%。 (3).當天的雲況變化：無雲→無雲→無雲→絲狀雲 1(可能是卷雲)
2022-01-08	(1).高壓中心：①1030 百帕；②位於湖北，距離台北約 779 公里；③幾乎沒移動。 (2).斜溫圖分析(台北)：①穩定層：約 3900~4300m 有一逆溫層。②濕度：約 3100~4200m 濕度高，日月潭 73%，合歡山 100%。 (3).當天主要雲況變化：濃積雲 6→濃積雲 4→濃積雲 4→濃積雲 3 (氣象局：受東北季風影響)中

(三).動態冷氣團與雲況關係之連續性探討(針對當天 0800~1700 時)

關於移動中的冷氣團與雲況的關係，上文已針對該天早上 0800 時做了一個定時的探討，底下即將對冷氣團的移動與雲況的關係，做一個連續性的、長時的追蹤探討。我們這部分嘗試舉 2022-04-07 和 2022-04-08 這二個實例來剖析、說明。表面上看起來是二天，但是我們都只針對 1022 百帕這個冷氣團，所以也可以視作同一個案例。底下先分別說明，再合併探討。

1.2022-04-07 這一天

關於這一天的冷氣團與雲況簡要說明如下：(1).冷氣團中心(1022 百帕，位於江蘇)的移動(圖 24~26)：0800→1400 往東南東移動約 217 公里、1400→2000 往東移動約 43 公里。(2).雲況說明：實際觀測如表 6 所示；衛星雲圖如圖 28 所示。(3).彭佳嶼風向：90°→110°→50°→60°。

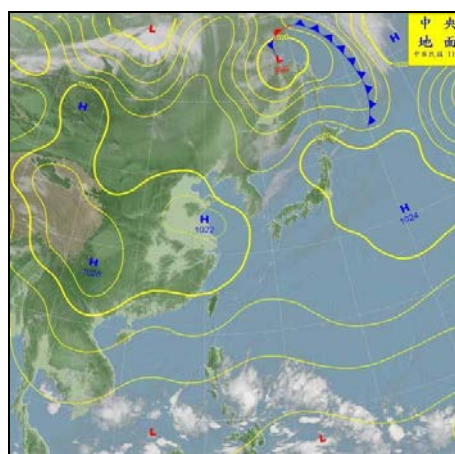


圖 24 2022-04-07-0800 地面天氣圖



圖 25 2022-04-07-1400 地面天氣圖

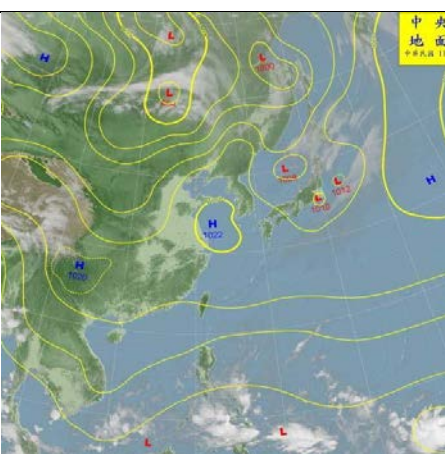


圖 26 2022-04-07-2000 地面天氣圖

表 6 2022-04-07 當天雲況記錄與其他相關說明(參考圖 27)

觀測時間	雲 況 記 錄 與 其 他 相 關 說 明
0800	總雲量 10：蔽光 ACS8(密集的大魚鱗狀)、其他 2(應該是較低的層雲)。濕度：合歡山 87%。
1100	總雲量 10：灰白雲布滿天空(應該以蔽光 ACS 為主)(長條狀)。濕度：合歡山 91%。
1400	總雲量 10：蔽光 ACS10(棉球狀)，下層有鬆散的積狀雲 2。濕度：合歡山 100%。

圖 27 2022-04-07 當天 0800~1400 的雲況

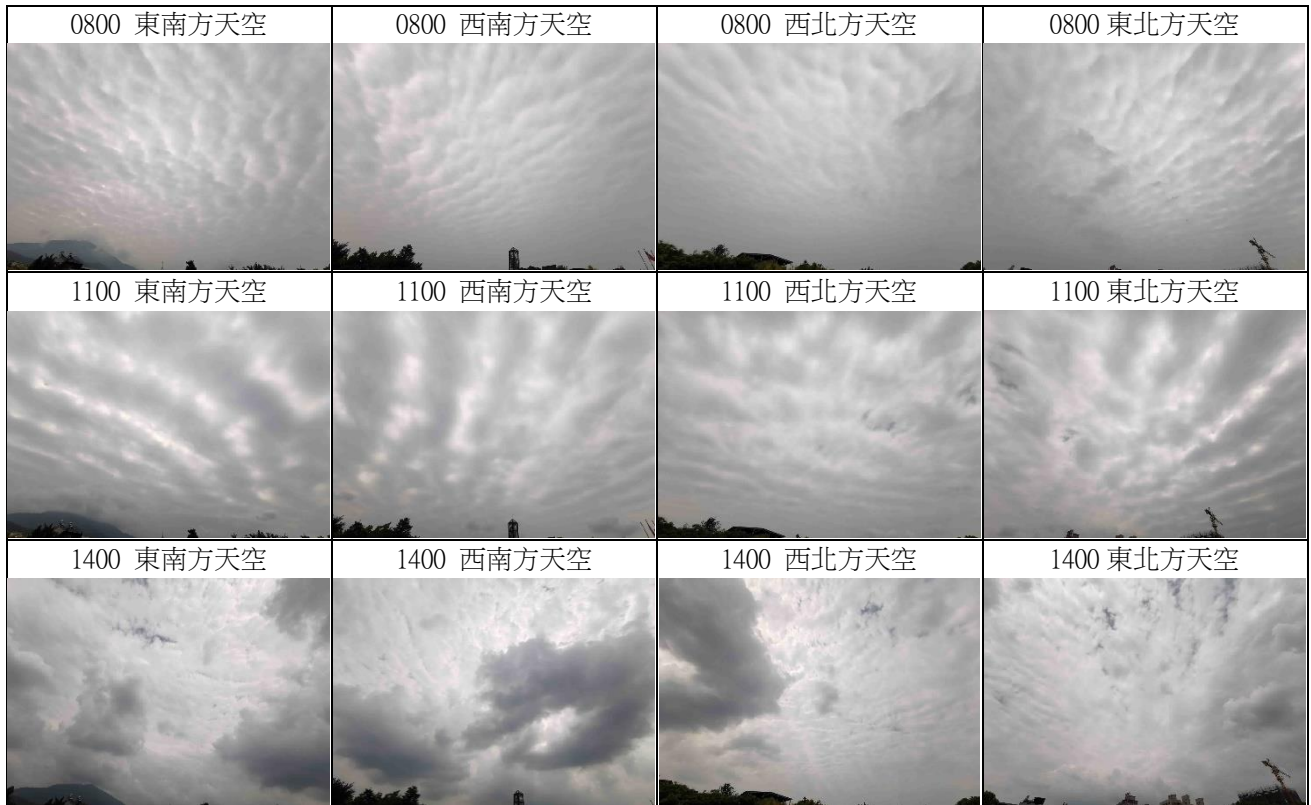
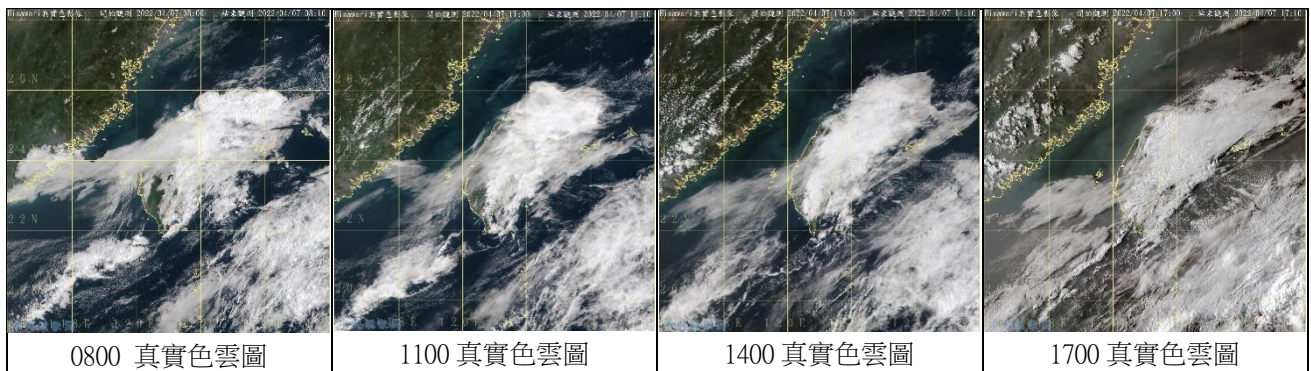


圖 28 2022-04-07 當天的真實色衛星雲圖



2.2022-04-08 這一天

關於這一天的冷氣團與雲況簡要說明如下：(1).冷氣團中心(1022 百帕，位於黃海)的移動(圖 30~32)：①0800→1400 往東北方移動約 170 公里、②1400→2000 往東北東方移動約 1460 公里；(2).雲況：實際觀察紀錄如表 7 所示；衛星雲圖如圖 33、34 所示。(4).彭佳嶼風向：80°→80°→90°→140°。

圖 29 2022-04-08 當天 0800~1400 的雲況

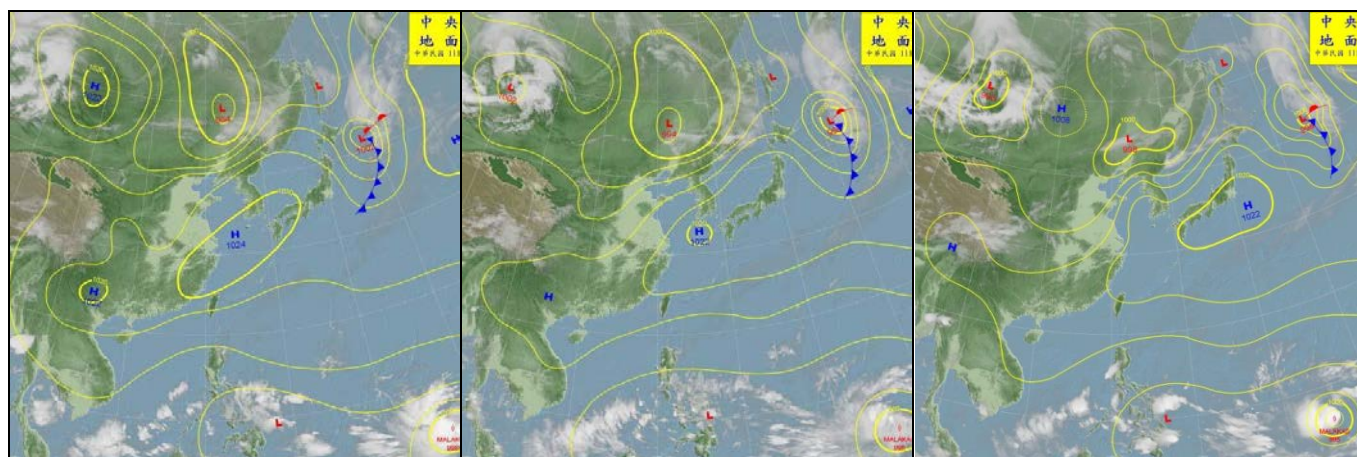
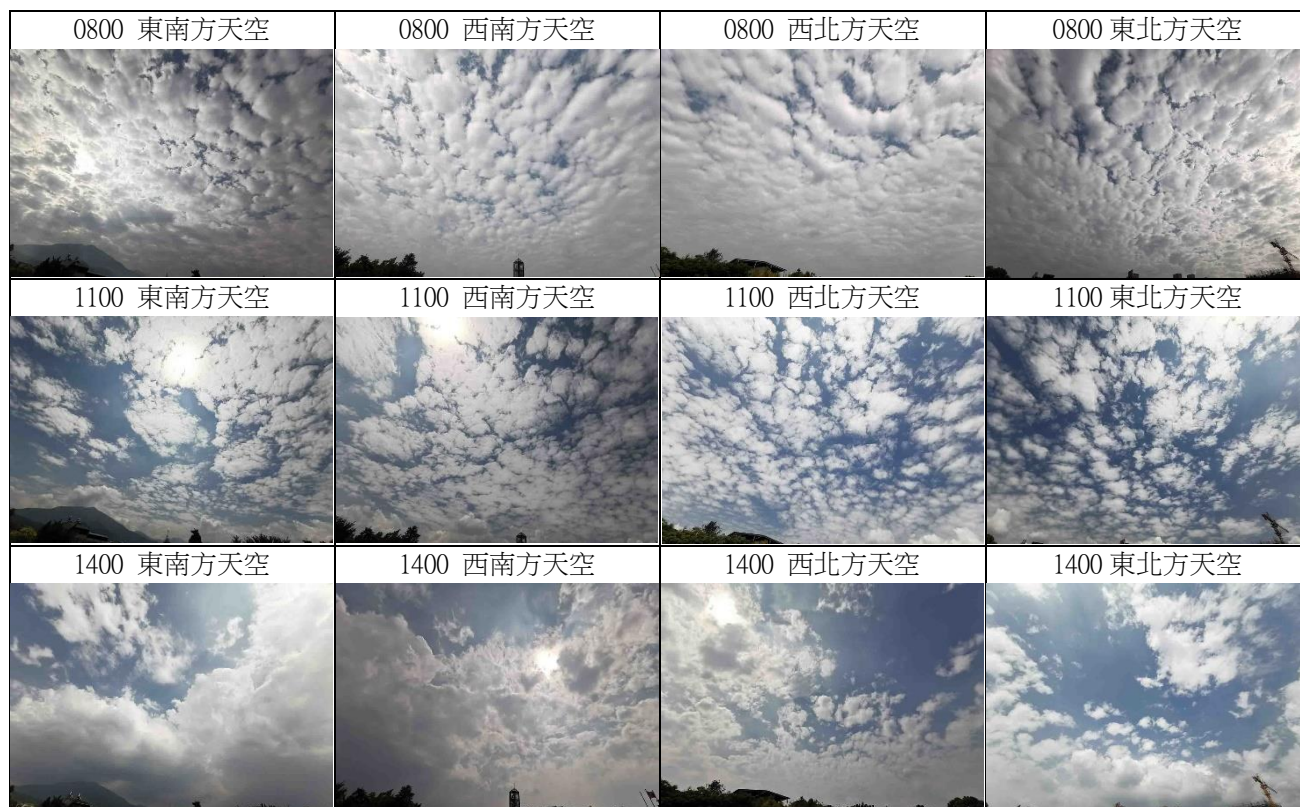


圖 30 2022-04-08-0800 地面天氣圖

圖 31 2022-04-08-1400 地面天氣圖

圖 32 2022-04-08-2000 地面天氣圖

圖 33 2022-04-08 當天的色調強化紅外線衛星雲圖

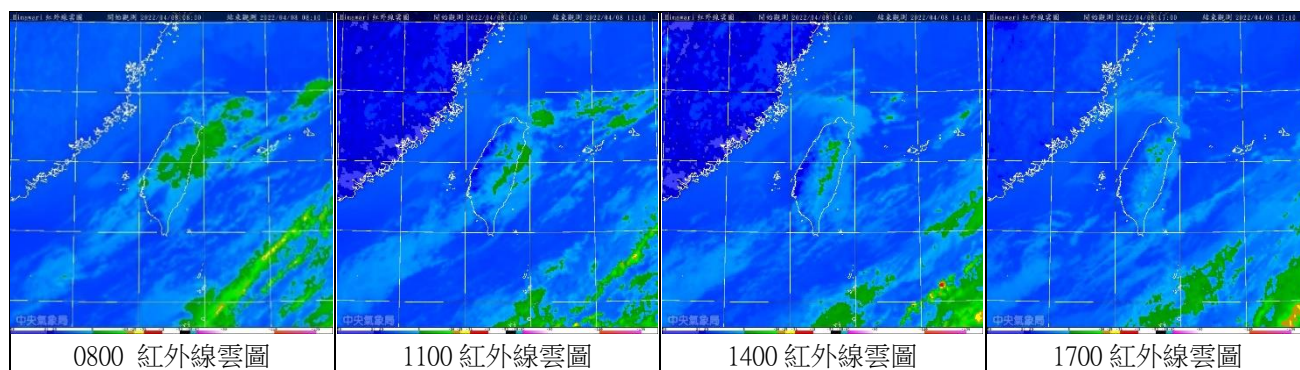


圖 34 2022-04-08 當天的真實色衛星雲圖

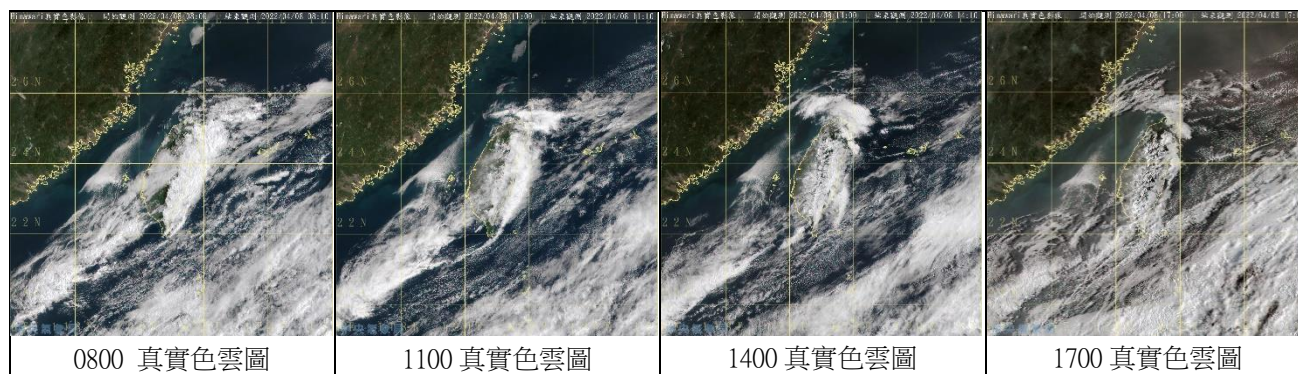


表 7 2022-04-08 當天雲況記錄與其他相關說明(參考圖 29)

觀測時間	雲況記錄與其他相關說明
0800	總雲量 10：大棉球狀漏光 ACS10(雲層厚，但雲塊間有縫隙，會漏光)。濕度：合歡山 100%。
1100	總雲量 10：大棉絮狀 ACS7，積雲 2(北方和西南方有濃積雲在發展)。濕度：合歡山 100%。
1400	總雲量 8：積雲 7(以濃積雲為主，南方的濃積雲已發展至主中)，棉球狀高積雲 1(在西北方)。濕度：合歡山 100%。
1700	總雲量 4：濃積雲 2，鬆散的灰白雲 2。濕度：合歡山 100%。

【綜合探討】

以上已分別對 2022-04-07 和 2022-04-08 這二天的冷氣團與雲況做了初步的說明，現在再合併起來探討：(1). 冷氣團的移動方式對於雲況的影響：①這二天的冷氣團在 0800~1400 這段時間內的移動速度並沒有差很多(2022-04-07 約 36km/hr，2022-04-08 約 28 km/hr)，可是前者的蔽光高積雲都能被維持住，後者卻從一開始就產生不了蔽光 ACS—0800 只產生漏光 ACS(比蔽光 ACS 降了一個等級)，而且在 1100 時也只產生絮狀 ACS(比漏光 ACS 又降了一個等級)，接著在 1400 時，連 ACS 也不見了，轉成了積雲！而這中間最大的差別是，前者幾乎以和台灣等距的方式移動，後者則往東北方移動，遠離台灣。所以，這就說明了冷氣團的移動方式對於維持高積雲的層狀結構具有決定性的影響。②2022-04-08 這一天的 1400~1700 期間冷氣團加速遠離台灣，這時的雲況幾乎都以濃積雲為主，這是不是說明了「在冬天如果雲況突然由 ACS 轉成濃積雲時，表示冷氣團正快速離我們而去」？這可以留待以後再作深入探討。(2). 風向對於雲況分布的影響：①在 2022-04-07 這一天：0800~1100 時低空的風向主要是吹偏東風，所以雲況主要分布在東部及東部外海；1100 之後轉為偏東北風，所以東北部外海的雲況就明顯增加很多；②2022-04-08 這一天：0800~1400 時低空的風向主要是吹偏東風，所以雲況主要分布在東部及東部外海；1400 之後轉為偏東南風，所以從雲圖上很明顯看出台東及台東外海的雲量增加很多；③綜合以上①、②的分析得知風向與雲況的分布有著密切的關係，其次，雖然

2022-04-07 這一天 0800~1100 時冷氣團是向東移動，而 2022-04-08 這一天 0800~1100 時冷氣團是向東北方遠離台灣，可是因為二者這段時間都是以偏東風為主，所以雲況的分布範圍就有點類似，這就進一步說明了「雲的分布方式是由風向決定，而不是冷氣團的移動方向」。

二、冷鋒鋒面與雲況變化之相關探討

當冷氣團遇到暖氣團，會發生什麼事？在氣象學上，兩個氣團交會時會產生帶狀的界面，稱為「鋒面」。鋒面帶短的數百公里，長的有幾千公里，由地面至高空逐漸隨高度變寬，並因冷熱空氣的升降而呈現傾斜狀態，冷空氣位在下方，暖空氣位於上方。當冷氣團勢力增強時便會向暖氣團推擠，就像冷氣團的士兵戰勝暖氣團士兵一樣，冷氣團前進而暖氣團後退，此時冷空氣將鋒面往暖空氣方向推動，稱為「冷鋒」，當這種鋒面過境後，地面氣溫會降低變冷。冷鋒移動有快慢之分，跑得慢的冷鋒，暖空氣上升較慢、較平穩，而出現層狀雲，降雨相對緩和；跑得快的冷鋒，暖空氣受冷空氣猛烈衝擊快速上升，如果暖空氣又飽含水氣，容易造成濃厚的積雨雲，這時地面就會下起雷電交加的大風雨。(中央氣象局科普網)

關於冷鋒鋒面與雲況的探討方面，我們主要針對來自大陸的冷鋒(也就是說台灣低壓所形成的鋒面不列入這次的研究)。下表 8、9 所列出的鋒面橫跨 2012 年等 6 個年度，雖然實際上出現的鋒面次數比表中所列出的還要多，但是我們秉持著「鋒面必須來自大陸」、「鋒面必須有碰觸台灣」和「必須有實際的雲況觀測資料」等三個原則，所以最後只篩選出 25 筆資料(因為版面不夠用的關係，部分資料沒有列出)。我們發現就所有的雲況當中，以高雲族和中雲族對於冷鋒鋒面的到來具有較好的預測性，所以底下我們由此切入來進行深入探討。

(一).鋒面與高雲族(卷雲或卷層雲)之相關探討

前陣子(03/17)在追「鋒面」時，發現鋒面來臨前竟然出現大量的卷雲和卷層雲，令我們十分訝異，覺得應該會出現不尋常的天氣現象，畢竟在冬天和春天出現這麼大量的高雲族並不常見。果不其然，在當天晚上 10 點時響起了今年第一聲春雷，接著雨下了一個小時左右。於是，我們就把歷年鋒前出現大量高雲族的實例找出來分析，並試著找出鋒面和高雲族之間的關聯性。原本鋒面前出現高雲族的例子並不少，但是要連續二天以上出現大量高雲族，且剛好有雲況觀察紀錄的，目前手頭上只有四筆資料(表 8)。經過縝密地分析、探討後，得到以下幾個結論：

- 1.鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，溫度有很大的機會出現較大的降幅。

在二天內，2014-03-20 下降了 9.6°C，2017-02-23 下降了 10.2°C。為什麼溫度會下降這麼多？解釋的部分請看 P.28 的綜合深入探討。就現代氣象學的角度來說，鋒面後溫度下降的幅度最主要是由背後推動的那個冷高壓決定。關於冷高壓中心 H 的大小，2014-03-20 和 2017-02-23 均為 1040hPa(取當天最大值)，因為它們背後的高壓勢力強大，所以溫度降幅也就比較大。

- 2.鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，接下來的冷鋒鋒線均會以接近左端(或以左端邊緣)通過台灣。

2013-02-05、2014-03-20 和 2017-02-23 這三天的鋒線是以左端邊緣通過台灣(圖 35)，而 2022-03-18 這一天是以接近左端通過台灣(圖 35)。為什麼？是巧合嗎？應該不是，因為機率是 100%。我們的解釋如下：若鋒前都以高雲族為主，表示這個鋒面已發展出較強的對流雲系(圖 36)，同時也說明了這個鋒面不會以中段(或靠 L 處)通過台灣！為什麼？因為如果是這樣子的話，鋒面來臨之前一定會出現許多中雲族，可是這邊的主角是高雲族而不是中雲族。

- 3.鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，降雨區域應該不會太大(會以北部和東部為主)(圖 37)，但是可能會出現較大的雷陣雨。

我們分二部分來解釋：(1).降雨區域：①為什麼降雨區域不會太大？因為是以鋒線左端過台灣的緣故—主體結構的雲系並沒被帶進來；②為什麼降雨區域會侷限在北部和東北部？因為鋒後的冷氣團一開始會帶來東北風，後來隨著冷氣團的東移，風向會轉為偏東風，所以降雨區域才會集中在北部和東北部。(2).降雨形態：因為鋒面帶來了部分較強的對流雲系(圖 36)，所以很有可能在局部地區出現較強的雷陣雨。比較有趣的是，2017-02-23 和 2022-03-18 埔里上空的第一聲春雷就是在這種天氣形態下發生的。

圖 35 地面天氣圖(2013-02-05 等四天)

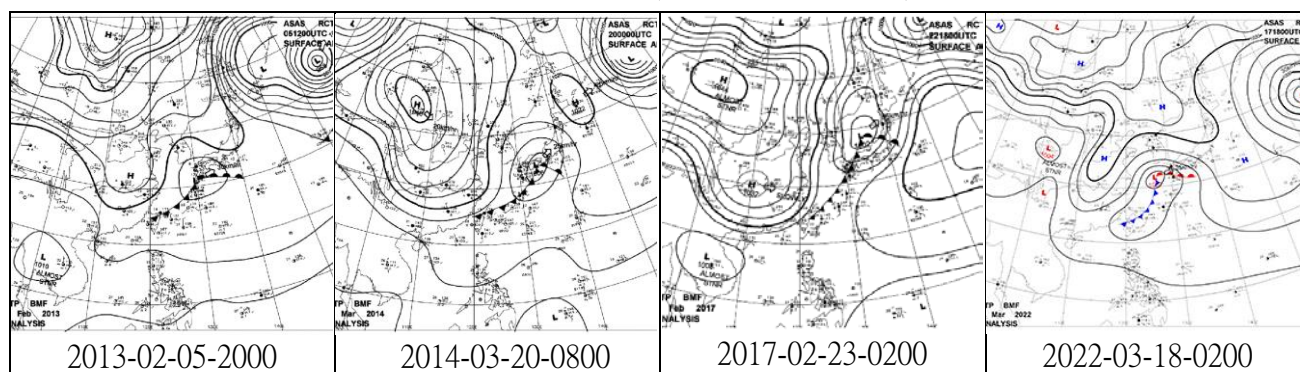


圖 36 色調強化衛星雲圖(2013-02-05 等 4 天)

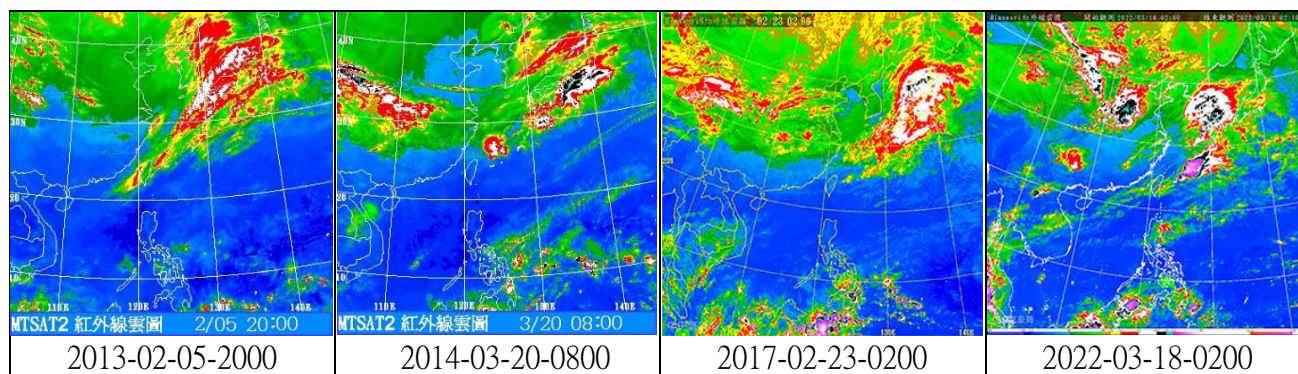


圖 37 當日累積雨量圖(2013-02-05 等 4 天)

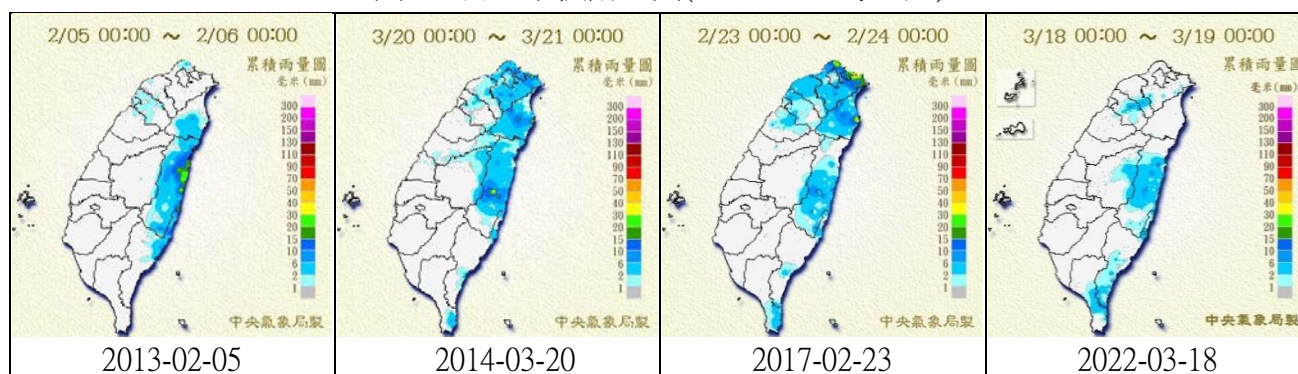


表 8 鋒面前以高雲族(卷雲或卷層雲)為主

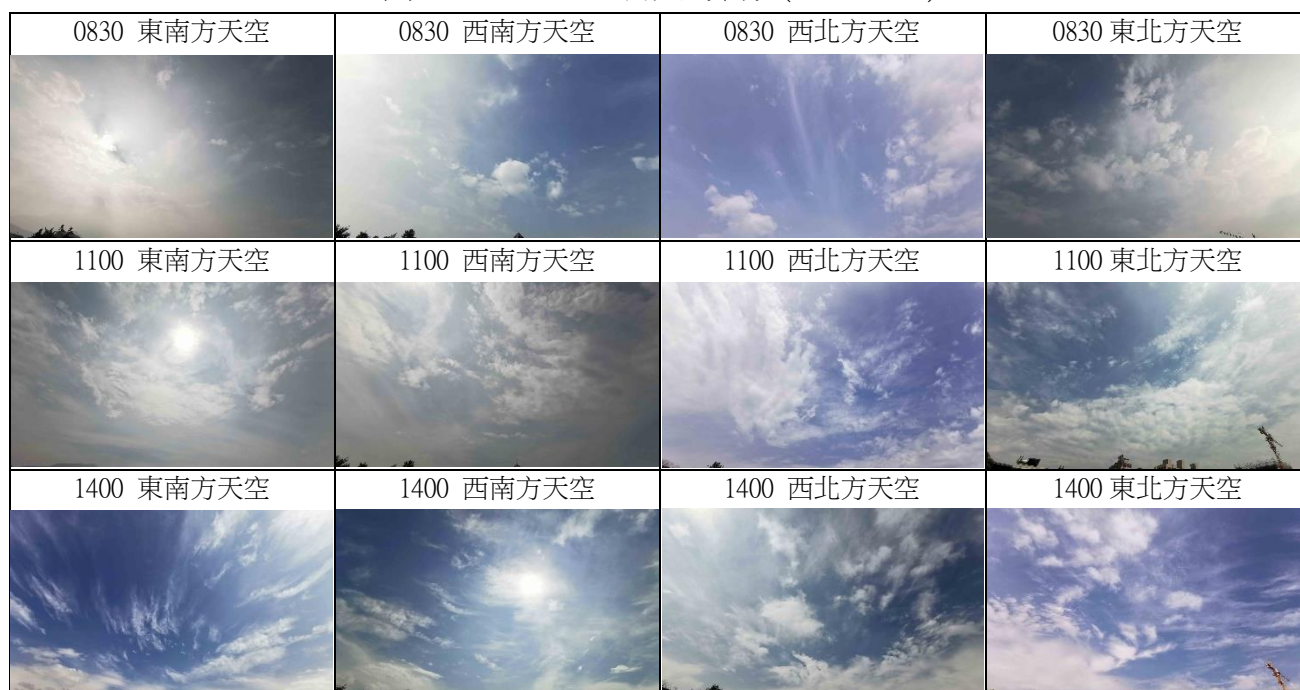
接觸時間	相關天氣變化之說明(雲況、鋒面、溫度)
2013-02-05 (2000 接觸) (H-1028 百帕) (溫差-4.3°C)	02/03：高層雲 5.1→淺灰色雲 10→卷層雲 4.3→卷層雲 4.5。 02/04：卷層雲 7.1→卷層雲 4.1→白、霧的雲 3.6→高層雲 5.1。 02/05：卷層雲 3.6→□→淺灰色雲+雜亂雲 10 →灰白雲 10。(當天大氣的水氣含量：濕度中上) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 27.1°C→鋒面當天 22.8°C→鋒面後一天 23.6°C (日月潭測站) *鋒面說明：(1).低壓中心 L 位於台灣東北方 1360km 海面，鋒線長度中等，以鋒線左端邊緣通過台灣；(2).02/05(0800)時，沿著鋒面後方有一大片強對流雲系；(3).鋒面快碰觸台灣前 12 小時走得很慢；(4).02/05(0800)時，左側冷鋒線有夾帶一小段滯留鋒面，然而到 2000 時那滯留鋒面卻又不見了。
2014-03-20 (0800 接觸) (H-1040 百帕) (溫差-9.6°C)	03/17：灰白雲 10→灰白雲 10(以卷層雲為主)→以卷層雲為主→□。 03/18：卷層雲→卷層雲→高層雲 6.7→高層雲 6.7。 03/19：卷層雲 5.5→霧霧的雲層 5.1→卷層雲 3.0→□。 03/20：卷層雲→卷層雲 3.8→卷層雲 3.8→□。(當天大氣的水氣含量：十分乾燥) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 25.3°C→鋒面當天 24.4°C→鋒面後一天 15.7°C (日月潭測站) *鋒面說明：低壓中心 L 位於台灣東北方 1500km 海面，鋒線長度中等，以鋒線左端邊緣通過台灣。 〈其他說明〉03/19(0800)時，沿著鋒面後方有一大片強對流雲系
2017-02-23 (0200 接觸) (H-1040 百帕) (溫差-10.2°C)	02/20：蓬鬆的雲團→ACS8→ACS4→以 ACS 為主。 02/21：無雲→卷雲 3.2(1200)→卷雲 5、卷層 3→灰白雲 10(很高的高積雲或卷層雲)。 02/22：高積雲 7.7→灰濛濛的雲 10(下小雨，第一聲春雷)→灰濛濛的雲 10→高層雲 8.4。 02/23：極少量積雲→極少量積雲→積雲 2.2→□。(當天大氣的水氣含量：十分乾燥) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 22.2°C→鋒面當天 26.8°C→鋒面後一天 16.6°C (埔里測站) *鋒面說明：(1).低壓中心在日本西方海面，鋒線很長，以鋒線左端邊緣掃過台灣；(2).鋒面碰觸台灣前 6 小時，移動速度很慢；(3).關於 02/22 早上 1100 時的「灰濛濛的雲」，根據 NASA 的高解析度衛星雲圖，可以判斷出埔里以北應該以高雲族為主，埔里以南以中雲族為主。

2022-03-18 (0200 接觸) (H-1024 百帕) (溫差-2.6°C)	03/15：無雲→無雲→積雲 2→□。
	03/16：少量卷雲→卷雲 4→以卷層雲為主→灰白雲佈滿天空。
	03/17：積狀雲(雲塊很大、分散、不規則)→高積雲 4→卷雲 5→薄卷雲和卷層雲 8。
	說明：鋒面接近中，鋒前在 <u>台灣海峽</u> 上有小範圍的對流系統出現，也帶有閃電訊號。 2200 響起了今年第一聲春雷 ，接著下雨，但只下了一小時左右。
	03/18(當天)：鬆散的積狀雲→□→□→□。(當天大氣的水氣含量：十分乾燥)
	*溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 28.9°C→鋒面當天 26.3°C→鋒面後一天 27.4°C (埔里測站)
	*鋒面說明：L 位於 <u>台灣</u> 東北方 780km 海面，鋒線長度中等，以 <u>接近左端</u> 通過台灣。

圖 38 2022-03-16 當天的雲況(0800~1400)



圖 39 2022-03-17 當天的雲況(0830~1400)



(二).鋒面與中雲族(高積雲或高層雲)之相關探討

根據我們的觀察，鋒面來臨之前，天空最常見的雲就是高層雲和高積雲。所以，我們接著就要來探討鋒面和中雲族之間的關係。表 9 所列出來的資料就是鋒面前出現中雲族的 6 個實例。才 6 個？也許有人會質疑說你們不是才說鋒面前最常出現中雲族嗎？是的，沒錯，請聽我們慢慢解釋。表 9 是有經過篩選的！篩選條件有五個：(1).鋒面必須真的有通過台灣；(2).鋒面系統不能太複雜；(3).鋒面來臨之前，必須出現大量且連續的中雲族；(4).必須有實際的觀雲紀錄；(5).排除颱風、低氣壓等特殊天氣現象的影響。經過重重把關，最後只篩選出這 6 個實例。我們針對這 6 個實例做了十分詳盡的剖析、探討，得到以下二個小結論：

- 1.若鋒面來臨之前出現大量且連續的中雲族，那麼接下來冷鋒的鋒線大多會以接近中段的方式通過台灣。

關於北半球的鋒面，大多會從低壓中心向西延伸出冷鋒，向東延伸出暖鋒。我們這次的研究主要針對西側延伸出來的冷鋒，並將這一段鋒面再分成左、中、右三段。若要判斷接下來的鋒線會以哪個區段通過台灣，最好的方法就是「看鋒面前一天的雲況」。我們現在針對這 6 個實例來說明：(1).以正中段通過台灣：鋒面前一天的雲況大多會以高層雲，或者是「高積、高層混合雲(灰白雲)」為主，例如 2014-03-12 這一天(表 9、圖 40)。(2).以中段稍偏左通過台灣：①鋒面前一天大多是高層雲和高積雲交錯出現的雲況，即使以高層雲為主，雲量也會比較少，且無法持續一整天，例如 2012-11-23 和 2017-03-31 這二天(表 9、圖 40)；②前一天的傍晚才出現比較多的高層雲，例如 2012-11-26 這一天(表 9、圖 40) (這一天的雲況很特殊，底下有做進一步的探討)。(3).以正左段(左段的中間)通過台灣：鋒面前一天以高積雲為主，但是通常無法持續一整天，例如 2016-12-22 這一天(表 9、圖 40)。(4).以左段偏左(左端)通過台灣：鋒面前一天只會出現短暫的高積雲，例如 2014-01-08 這一天(表 9、圖 40)。

- 2.若鋒面來臨之前出現大量且連續的中雲族，那麼接下來下雨的區域大都會十分廣大，不過很少出現較強的對流雨勢。

首先，解釋為什麼雨勢會比較小。這其實很容易回答，因為「鋒面之前是以中雲族」為主，並不是卷雲或卷層雲。什麼意思？如果鋒前是以高雲族為主，那表示這次的鋒面有較強的對流雲系，對流至高空的水氣通常會提前幾天被強勁的西風吹來台灣。所以，鋒前以中雲族為主，就表示鋒面本身的對流雲系並不強(圖 42)，當然就不會較大的雷雨。其次，解釋為什麼

兩區分布會比較廣？這個就要用鋒線通過台灣的方式來解釋了。前面有講過「鋒面前以中雲族為主」的鋒面，大多會以鋒線中段附近通過台灣(只有 2014-01-08 和 2016-12-22 這二天例外，下面會做深入探討)，這就表示鋒面本體挾帶的較多水氣的主要雲系會通過台灣，於是就帶來較大面積的降雨。其實，我們如果拿「鋒面前以高雲族為主的降雨區」(圖 37)和「鋒面前以中雲族為主的降雨區」(圖 41)來作比較，就會發現二者差異真的滿大的。

表 9 鋒面前以中雲族(高積雲或高層雲)為主

接觸時間	相關天氣變化之說明(雲況、鋒面、溫度)
2012-11-23 (0200 接觸) (H-1038 百帕) (溫降-4.1°C)	11/20：高層雲 8.7→高層雲 10→高積雲 9.3→高積雲 9。(1400 鋒面誕生，由江西延伸至廣西，滯留鋒) 11/21：高層雲 7.7(雨)→高層雲 or 層雲 10(雨)→高層雲 8.6→積雲 3.8。 11/22：高層雲 5.0(雨)→高層雲 8.0→層積雲 3.1→□。 (0800：有二道鋒面：①由台灣海峽延伸至廣西，滯留鋒；②由日本南方海面→台灣東部海面，冷鋒) 11/23：高層雲 9.7→高層雲 10(雨)→高層雲 10(雨)→□。 (0200：二條冷鋒相接，左邊那一條以正右段碰觸台灣，0800 時再以中段稍偏左通過台灣) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 19.7°C→鋒面當天 21.0°C→鋒面後一天 16.9°C (日月潭測站)。
2012-11-26 (0200 接觸) (溫降-7.5°C)	11/25：積雲 2.6+卷雲 2.3→積雲 3.8+卷雲 1.2→積雲 3.3+高層雲 0.7→高層雲 3.6+高雲族 1.2。 (0200：鋒面誕生，安徽→貴州，滯留鋒；0800：江西→貴州，滯留鋒；1400：江西→雲南，滯留鋒；2000：東海→廣東西部，冷鋒，以中段偏右接近台灣。) 11/26：高積雲 5.8→淺灰色雲 10(雨)→淺灰色雲 10(雨)→淺灰色雲 10(雨)。 (0200：南韓南方海面→廣東，鋒線以中間稍偏左碰觸台灣。) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 23.6°C→鋒面當天 22.9°C→鋒面後一天 16.1°C (日月潭測站)
2014-01-08 (1400 接觸) (溫降-5.7°C)	01/07：無雲→無雲→高積雲 7.4→□。(0800：鋒面誕生，L 在安徽，鋒面向西南延伸至湖南，冷鋒) (1400：浙江→廣西，冷鋒；2000：浙江→廣東，冷鋒) 01/08：無雲→高積雲 2.7→濃積雲 1.3→□。(0200：浙江→廣東，冷鋒) (0800：東海→廣東，冷鋒，以中段接近台灣；1400：南韓南方海面→廣東，冷鋒，以左端通過台灣) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 20.6°C→鋒面當天 21.5°C→鋒面後一天 15.8°C (日月潭測站)
2014-03-12 (2000 接觸) (溫降-3.3°C)	03/10：霧霧的雲層 2.7→灰白雲層佈全天 10→灰白雲層佈全天 10→灰白雲層佈全天 10。 (0800：鋒面誕生，鋒面由廣東延伸至廣西，滯留鋒) 03/11：高層雲 7.7→高層雲 6.7→灰白雲佈滿天空 10→高層雲 6.7。 (0800：鋒面位於廣東，很小的滯留鋒；1400：福建→廣東西部，滯留鋒；2000 時的鋒面與 1400 差不多) 03/12：淺灰雲佈滿全天 10→高層雲 10→高層雲 10→淺灰雲佈滿全天 10。 (0200：福建→廣東西部，滯留鋒；1400：L 形成，位於浙江，鋒面延伸至江西，冷鋒+小段滯留鋒) (0800：浙江→江西，冷鋒+小段滯留鋒；1400：錢塘江口→廣東西部，冷鋒+小段滯留鋒，以正中段接近台灣；2000：日本西南海域→廣西，冷鋒+小段滯留鋒，以正中段通過台灣) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 16.2°C→鋒面當天 21.2°C→鋒面後一天 17.9°C (日月潭測站)
2016-12-22 (0200 接觸) (溫降-3.4°C)	12/21：高積雲 9→卷積雲 0.9→高積雲 6.2→高積雲 8.7。 (0800：鋒面誕生，低壓中心在安徽，向西南延伸至廣東，冷鋒形態；1400：東海→廣東，冷鋒形態，以中段偏左接近台灣；2000：南韓左側→福建，冷鋒形態，以左端接近台灣。) 12/22：高層雲 9.5→高積雲 8→高積雲 6.4→高積雲 1。 (0200：南韓右側→廣東，冷鋒形態，以正左段碰觸台灣；0800：日本海西側→台北，冷鋒形態，鋒線移向東北，改以左端碰觸台灣；1400：日本海東側→台灣南部，冷鋒，以左端通過台灣。) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 25.2°C→鋒面當天 21.8°C→鋒面後一天 23.2°C (埔里測站)

2017-03-31 (1100 接觸) (溫降-7.1°C)	03/30：卷雲 1+卷層雲 1+卷積雲 1→絮狀 ACS9 →ACS9.8→高層雲 10。(1400：鋒面誕生，低壓中心在江西，鋒面延伸至貴州，冷鋒+小段滯留鋒；2000：江西→廣西，冷鋒+小段滯留鋒，L 端面對台灣) 03/31：積雲 2.5→總雲量 3.5(積雲+卷雲+高積雲)→ACS9.8→ACS9.8。 (0200：東海→廣東西部，冷鋒+小段滯留鋒，正中段面對台灣；0800：日本南端→廣東西部，冷鋒+小段滯留鋒，中段偏左接近台灣；1400：日本南端→廣東西部，冷鋒+小段滯留鋒，中段偏左通過台灣) *溫度變化(最高溫)：鋒面前一天 26.8°C→鋒面當天 28.0°C→鋒面後一天 20.9°C (埔里測站)
---------------------------------------	--

【深入探討 1】2012-11-26 和 2014-01-08 這二天雖然有鋒面到，可以前一天的雲況並不是以中雲族為主啊？

答：(1).關於 2012-11-26 這一次鋒面：參考表 9，這一次鋒面誕生於 2012-11-25-0200，從安徽向西南延伸至貴州一帶，屬於滯留鋒形態；從 0800~1400 期間鋒面以右端接近台灣，並沒有帶來太多的雲(只帶來少數的卷雲)；接著 1400~2000 期間，滯留鋒轉成冷鋒鋒面，並以中段偏右接近台灣(圖 40)，所以 1400 時之後高層雲才會不斷地增加(可惜的是，1700 時之後天色漸暗，無法繼續觀察雲況)。總之，這次的鋒面是碰觸台灣前 6 小時才以中段接近台灣，因此高層雲才會來得比較晚。(2).關於 2014-01-08 這一次鋒面：參考表 9，這一次鋒面誕生於 2014-01-07-0800 時，低壓中心在安徽，向西南延伸至湖南一帶，屬於冷鋒形態；之後，從 1400 時(圖 41)一直到隔天的 0800 時，鋒面均以中段接近台灣，因此 7 日當天 1400 時天空才會出現那麼多的層狀高積雲。這再次說明了，當鋒面以中間段接近台灣時，會出現大量的中雲族；不過，這個鋒面有點奇怪，當它以中段很靠近台灣時，又突然向東北方移動，改以左端通過(圖 40)！

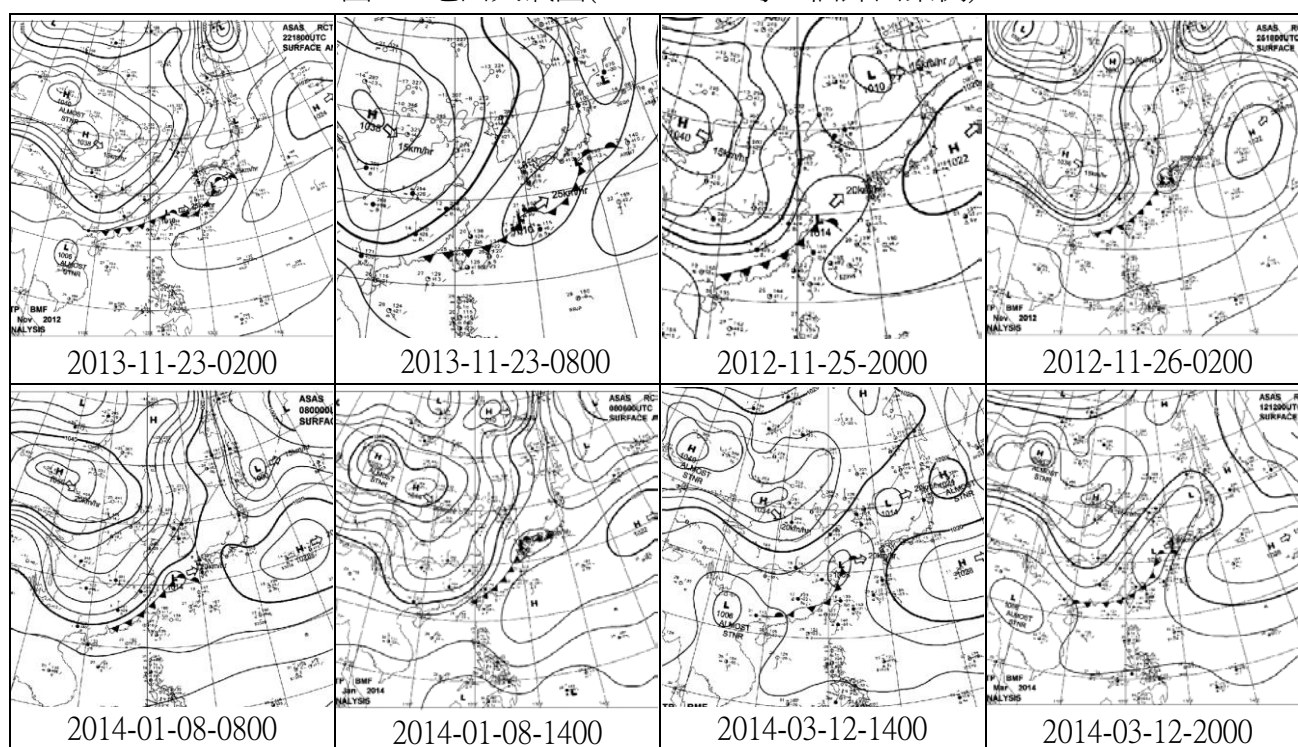
【深入探討 2】同樣鋒面來臨前都有出現大量的中雲族，但是為什麼 2014-01-08 和 2016-12-22 這二天的雨區分布卻沒有那麼廣大？

答：(1).2014-01-08：參考圖 40、41，這一次鋒面是以鋒線接近左端的方式通過台灣，以這種方式通過台灣的話，鋒面主體結構的雲系並沒被帶進來，所以雨只會下在北部和東半部(主要是受到風向的影響)。(2).2016-12-22：參考圖 40、41，這一次鋒面是以鋒線正左段(左段的正中)的方式碰觸台灣，不過真正要通過時，又改成以左端通過，所以雨區分布會和 2014-01-08 很類似。然而為什麼 2016-12-22 這一次的雨下得比較多？原因是：2014-01-08 這一次鋒面通過台灣時移動得比較快，而且走到台灣中部時，鋒線就直接往東北方移動，並沒有完全掃過台灣；而 2016-12-22 這一次鋒面則移動得比較慢，而且是完整地掃過台灣，所以才會落下比較多的雨量。

【深入探討 3】可以單從雲況的變化判斷出鋒面已經到來嗎？

答：雖然冷氣團和暖氣團本身都是性質較均一的高氣壓，但是在冷暖氣團的交界處，卻因為複雜且特殊的物理特性，導致低壓系統與鋒面的生成；其次，在鋒面前緣也常伴隨著劇烈的風向與風速的改變。因此，鋒區與鋒面前緣在雲況上也就會有較不一樣的表現。不過，若要單從雲況的變化來判斷鋒面是否已經到來，還需要幾個條件配合：(1).鋒面前緣的水氣量不能太高：因為這樣通常會形成一整片的雲層，無法顯示雲況變化的差異性，例如 2014-03-12 這一天；(2).鋒面前緣的水氣量不能太低：因為這樣天空的雲量都很少，也看不出雲況有什麼差異性，例如 2014-01-08；(3).鋒面碰觸台灣的時間最好在中午左右：因為這樣比較方便我們觀察雲況前後的差異性，例如 2017-03-31。我們現在就以 2017-03-31 這一天來說明：鋒面到來(鋒面於這一天的 1100 時左右碰觸台灣)前一天的傍晚出現大量的層狀高積雲，照道理今天早上鋒面更靠近台灣，應該出現更多的中雲族，結果剛好相反，0800 時出現少量積雲，1100 時天空的雲況很紊亂，有積雲、卷雲和高積雲(圖 43)，到了 1400 之後又出現了大量的層狀高積雲；很明顯地，0800 時之前以大量的 ACS 為主，1400 時之後也以大量的 ACS 為主，所以在 0800~1400 時的特殊雲況，就是鋒面(鋒區)來到了台灣所呈現出來的。

圖 40 地面天氣圖(2012-11-23 等 6 個鋒面案例)



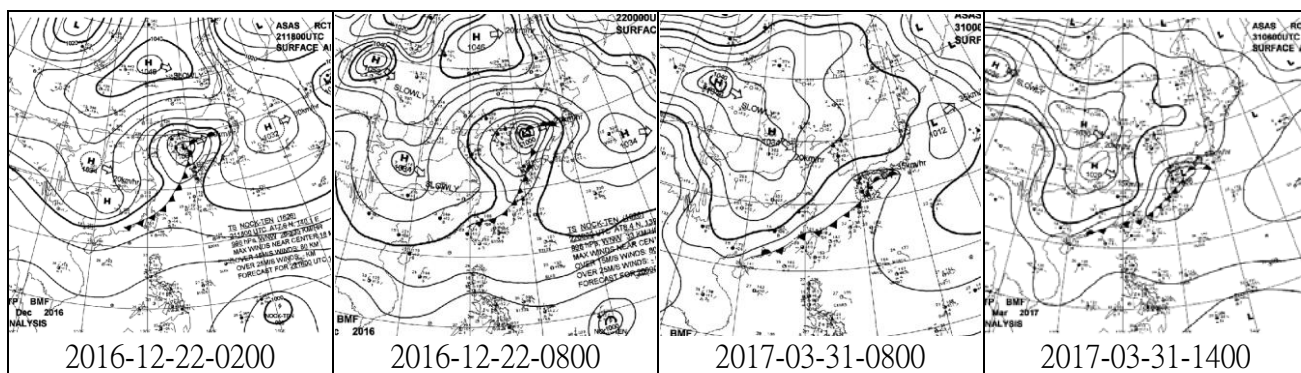


圖 41 當日累積雨量圖(2012-11-23 等 6 天)+地面天氣圖(2016-01-07 等 2 天)

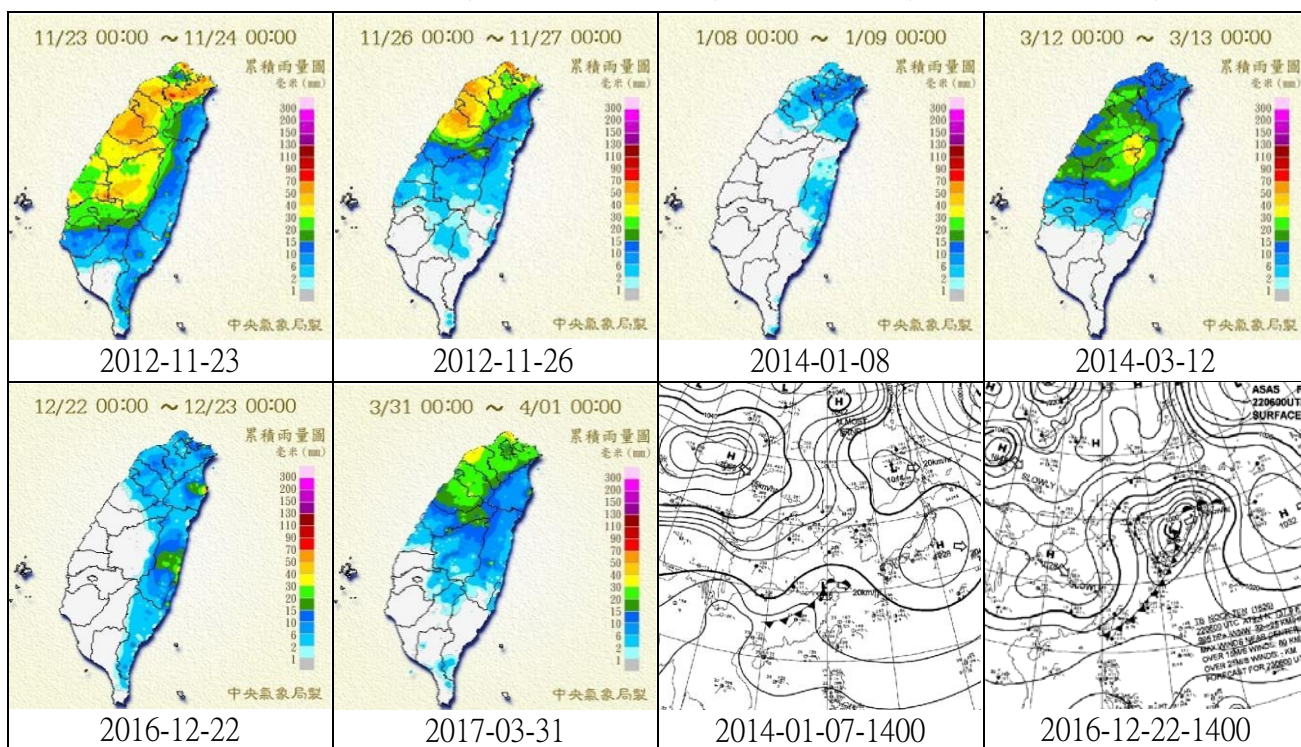


圖 42 色調強化衛星雲圖(2012-11-23 等 6 天)

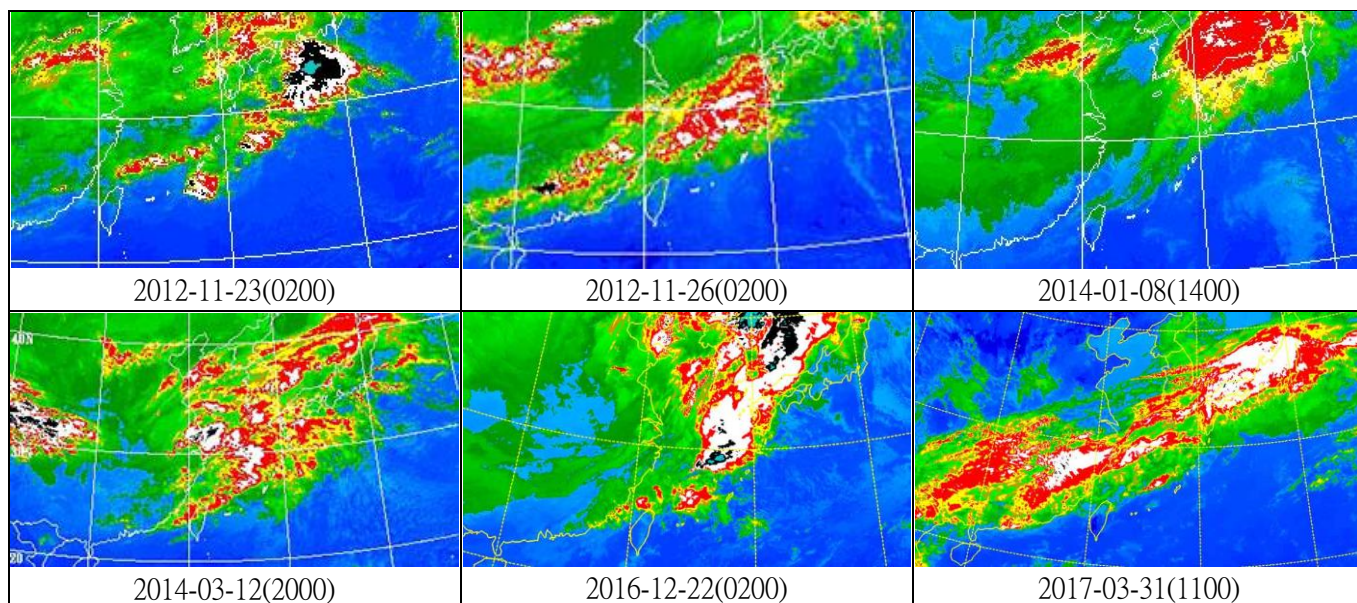


圖 43 2017-03-31 當天 1200 時的雲況



【綜合探討】我們發現「鋒前以高雲族為主」和「鋒前以中雲族為主」都曾經導致溫度有較大的降幅，這中間有什麼規則性可循嗎？

答：確實有一定的規律。如果就「鋒前以中雲族或高雲族為主」而言，我們找到以下二個規則：(1).連續多天出現大量的高雲族：最典型的例子就是 2014-03-20 這一天，這一次鋒面在二天之內溫度降幅最高達-9.6℃；為什麼？我們的解釋如下：鋒面前連續出現大量的卷雲或卷層雲，這表示背後推動這次冷鋒鋒面的冷氣團是個非常強大的冷氣團，所以才會形成這麼旺盛的對流雲系(圖 36)，讓強勁的高空風把它帶來台灣。(2).鋒面來臨前一天高雲族和中雲族交錯出現：例如 2017-02-23、2012-11-26 和 2017-03-31 這三天，其二天之內溫度最大降幅分別為-10.2℃、-7.5℃ 和-7.1℃，這三天有一個共同的特色就是鋒面來臨前一天高雲族和中雲族交錯出現。其中 2017-02-23 這一天的前一天(2017-02-22)高雲族和中雲族的量都很大，所以溫度降幅也最大；2012-11-26 和 2017-03-31 這二天，鋒前以中雲族為主，間雜部分高雲族，所以降溫幅度沒有那麼大；關於「鋒面來臨前一天高雲族和中雲族交錯出現」導致溫度降幅較大的道理，我們的解釋如下：鋒前出現高雲族導致降溫的原因已解釋過，不再贅述；至於鋒前出現大量的中雲族，猶如之前解釋的，表示鋒面那時以主結構部分(冷氣團威力較強大的部分)接近台灣(2012-11-25 這一天是以鋒線中段偏右接近台灣，2017-03-30 這一天也是)；總之，由高雲族的到來得知後面有較強大的冷氣團，而中雲族的到來表示鋒面是以主結構接近台灣，二者的加乘效導致溫度有較大的降幅。

陸、結論

底下依照二個研究目的，依序呈現我們的結論：

一、冷氣團與雲況變化之相關探討

(一).動態冷氣團與雲況關係之定時探討(針對當天 0800 時)

- 1.在冷氣團的影響下，若再加上大氣濕度高，則當天早上 0800 的雲況只會出現「蔽光層狀高積雲(蔽光 ACS)」和「滿天的灰白雲」(高積、高層混合雲)這二種類型。
- 2.在濕度高的情況下的雲況表現，似乎和冷氣團與台灣的距離遠近無多大關係(本研究限 2000km 以內)。
- 3.在濕度中上的情況下，雲況雖然仍以層狀高積雲(ACS)為主，但是已無法形成大面積的蔽光 ACS—雲的厚度變薄了，雲塊之間的間隙也變大了。
- 4.在濕度中等的情況下，大多只會出現一些零星的積雲和高積雲，若在大氣條件較差時更可能出現「無雲」的情況
- 5.在「濕度低」或「十分乾燥」的情況時，當天早上 0800 時幾乎都是一種無雲的狀態，如果有雲，也是極少量。

(二).近乎停滯的冷氣團與雲況之相關探討(針對當天 0800 時)

- 1.在近乎停滯的狀態下，除了「濕度低仍然是無雲」之外，其餘似乎看不出有什麼規則。
- 2.在冷氣團處於近乎停滯的狀態下，有時大氣濕度非常高，而且有逆溫層，可是連層狀高積雲都沒出現，更何況是「蔽光 ACS」或「滿天的灰白雲」？這又再一次地印證了「冷氣團的移動對高積雲層狀結構的形成具有關鍵性的影響」！

(三).動態冷氣團與雲況關係之連續性探討(針對當天 0800~1700 時)

- 1.冷氣團的移動方式對於維持高積雲的層狀結構具有決定性的影響。
- 2.雲的分布方式是由風向決定，而不是冷氣團的移動方向。

二、冷鋒鋒面與雲況變化之相關探討

(一).鋒面與高雲族(卷雲或卷層雲)之相關探討

- 1.鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，溫度有很大的機會出現較大的降幅。
- 2.鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，接下來的冷鋒鋒線均會以接近左端

(或以左端邊緣)通過台灣。

- 3.鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，降雨區域應該不會太大(會以北部和東部為主)，但是可能會出現較大的雷陣雨。

(二).鋒面與中雲族(高積雲或高層雲)之相關探討

- 1.若鋒面來臨之前出現大量且連續的中雲族，那麼接下來冷鋒的鋒線大多會以接近中段的方式通過台灣。
- 2.若鋒面來臨之前出現大量且連續的中雲族，那麼接下來下雨的區域大都會十分廣大，不過很少出現較強的對流雨勢。
- 3.不論是「連續多天出現大量的高雲族」，或者是「鋒面來臨前一天高雲族和中雲族交錯出現」，氣溫都有可能出現較大的降幅，

柒、未來展望

關於這次的研究，我們覺得有三個方向未來可以再做深入探討：(1).在冷氣團處於停滯狀態下，明明大氣濕度不低，可是為什麼天空的雲量卻非常少？(2).在冷氣團處於停滯狀態下，當天的氣溫不是很高，且 CAPE 值也很小，竟然會出現一整天的濃積雲！這種情況在冬天很少見。(3).關於「單純從雲況的變化來判斷鋒面是否已經到達台灣」這部分，若以後能蒐集到更多實例，應該可以找出更好的規則。

捌、參考資料

- 1.黃靜雅譯(2012)。看雲趣—漫遊雲的科學、神話與趣聞。臺北市：遠流出版有限公司。
- 2.吳怡文譯(2020)。愛上雲的技術。新北市：有方文化有限公司。
- 3.廖英賀、嚴靖皓、余彥霆(2021)。層狀高積雲與天氣變化之探討。第 61 屆全國科展。地球科學科。
- 4.中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>
- 5.大氣水文研究資料庫 <https://dbar.pccu.edu.tw/Default.aspx>
- 6.NASA 高解析度衛星雲圖 <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>
- 7.世界氣象組織 <https://cloudatlas.wmo.int/zh-hans/home.html>

【評語】 030506

本研究著重雲的觀察，並綜整過去數年的觀察數據，詳盡分析歸納出雲屬變化與天氣系統位置的關聯性，自主性很高，也能利用衛星影像、探空資料輔助判讀，基礎大氣科學背景紮實。惟有多個自行定義概念或名詞，須定義清楚或量化表示。

作品簡報

團團云雲-

氣團與雲況變化之相關探討

組別：國中組

科別：地球科學

摘要

我們對於5個年度的觀雲資料所做的分析，得出以下幾個重要結論：

- (1).冷氣團的移動方式與層狀高積雲的形成有相當密切的關係。
- (2).若冷氣團處於停滯狀態，對雲況的發展比較沒有影響力。
- (3).鋒前以高雲族為主：①溫度有機會出現較大的降幅、②鋒線大多會以左端通過台灣、③降雨區域不會太大。
- (4).鋒前以中雲族為主：①鋒線大多會以中段附近通過台灣、②會帶來較大範圍的降雨(雨勢不會很大)。

壹、研究動機

貳、研究目的

一、冷氣團與雲況變化之相關探討

二、冷鋒鋒面與雲況變化之相關探討

參、研究器材與設備

肆、研究過程或方法

1.雲量的計算：

- (1).八分量&十分量；(2).天空劃分方式



圖1 在觀測地點的觀察方式



圖2 日月潭氣象站

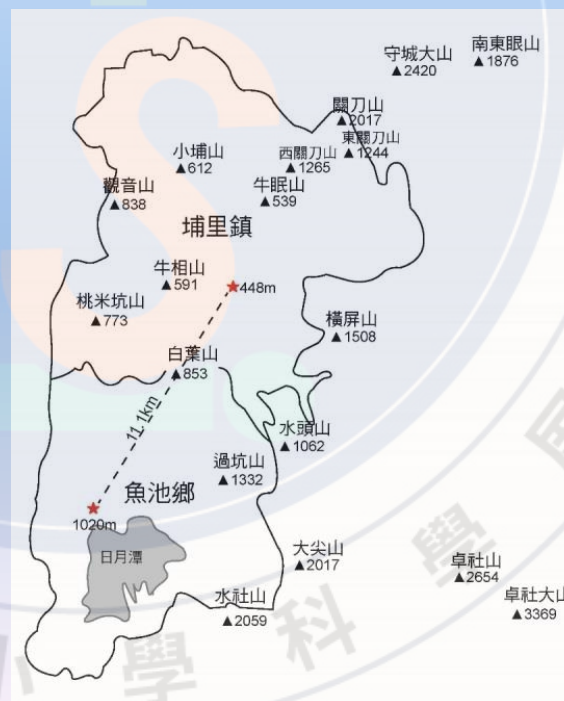


圖4 埔里附近較高的山頭

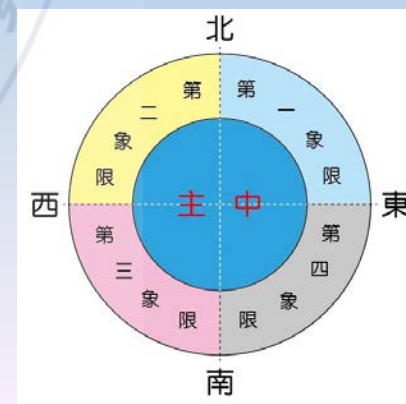


圖3 天空劃分圖

2.觀測的時間點：

3.雲類的判斷：

以卷積雲和高積雲為例，來說明判斷的方法：

(1).外觀；(2).雲高：①山頭參照法(圖4)、②.手指判斷法；③.衛星雲圖；(3).陰影；(4).維持時間長短；(5).斜溫圖；(6).詢問專業人士。

4.斜溫圖的運用：

(1).選擇哪一個探空測站？

①.最接近埔里的探空測站：馬公、花蓮、台北(圖5)；②.由探空氣球所受的風向來決定。

(2).如何決定濕度的量值大小？

①.濕度的界定：參考圖8~10，以斜溫圖上溫度和露點曲線的間距W表示濕度高，「濕度中上的底限」為 $W \times 3$ ，其餘以此類推。

②.若是出現層狀雲(主要針對中雲族)，則會採用逆溫層(或穩定層)下方1000m內的濕度。

(3).什麼是「強穩定層」？ ➡ 指接近逆溫層的穩定層

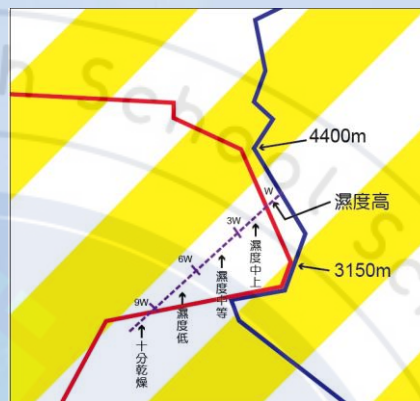


圖8 濕度高低的界定

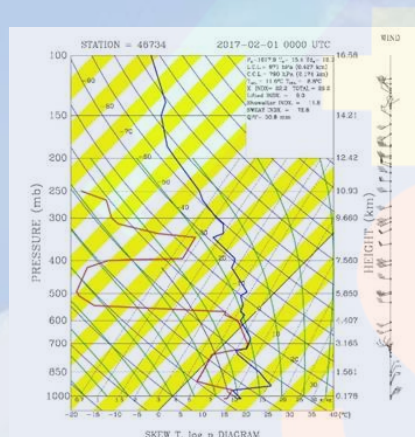


圖9 2017-02-01-0800

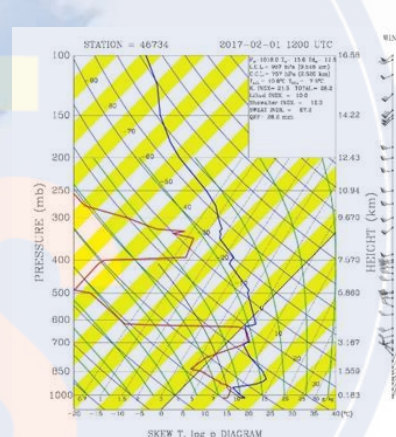


圖10 2017-02-01-2000

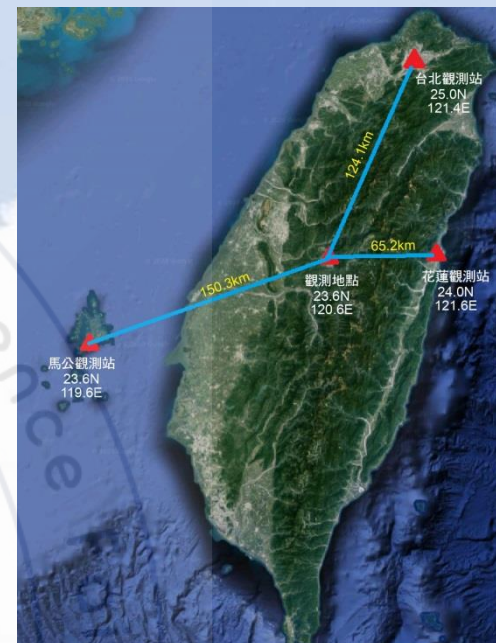


圖5 馬公、花蓮和台北測站位置圖

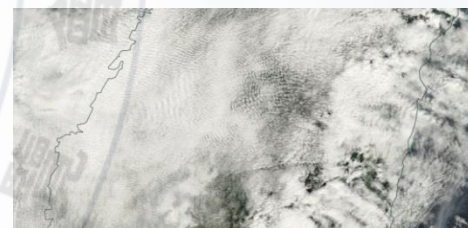


圖6 Terra的衛星雲圖(2016-11-26)



圖7 此圖為圖6的雲頂高度圖

5. 衛星雲圖的運用：

(1). 觀察雲是由下往上看，衛星雲圖是由上往下看，所以若要對雲有較全面的了解，最好二者都要兼顧。

(2). 衛星雲圖使用上的限制：①雲層不能太厚：因為雲是以「雲底所在高度」來分類的；②雲層也不可以太薄，因為可能會照不出來，例如2021-05-10這一天(圖11~12)。

(3). 藉由Terra衛星來辨別卷積雲和很高的高積雲(圖6、7)

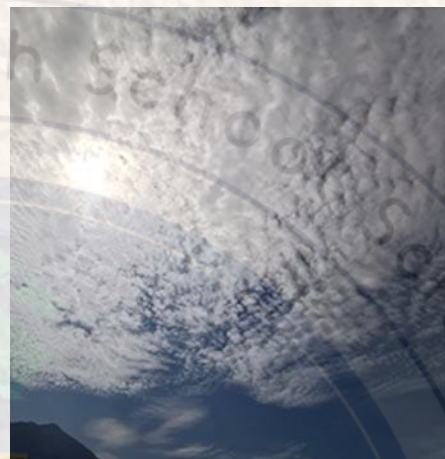


圖11 2021-05-10-0910
棉球狀高積雲(東南方)

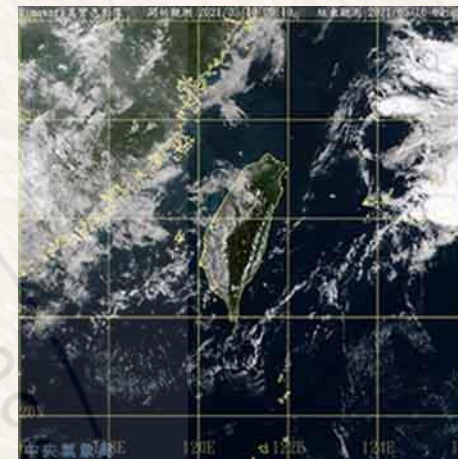


圖12 2021-05-10-0910
真實色彩衛星雲圖

6. 本次研究的研究架構圖：如圖13所示

伍、研究結果與討論

結果

一、冷氣團與雲況變化之相關探討

(一). 動態冷氣團與雲況關係之定時探討 (針對當天0800時)

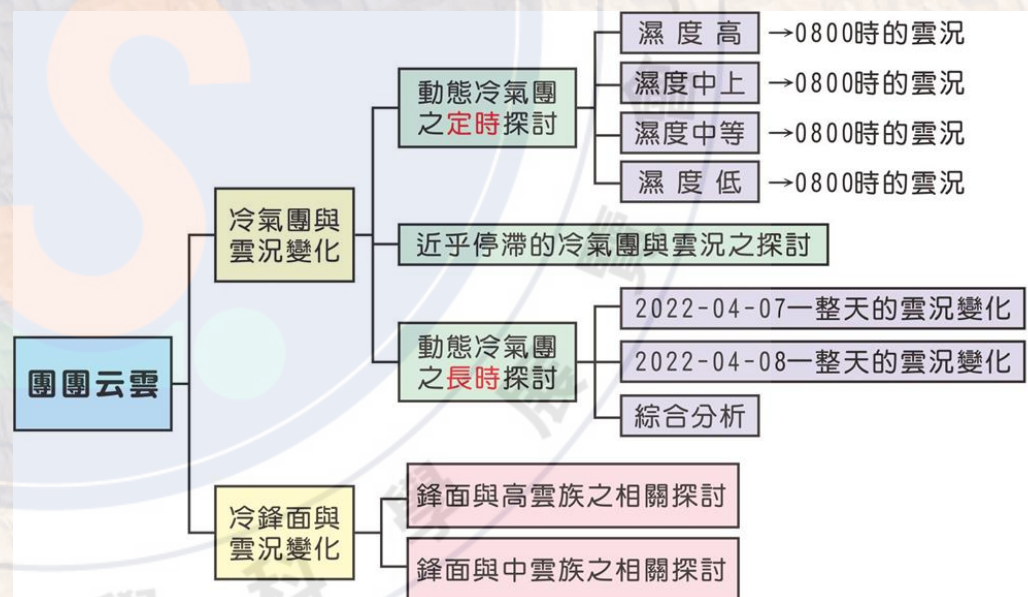


圖13 本次研究之研究架構圖

1.在濕度高的情況下所呈現的雲況

動態冷氣團指的是「移動中的冷氣團」；而定時方面，我們是取每天的0800這個時間點來分析。結果如表1所示。

表1 動態冷氣團+濕度高的情況下所呈現的雲況

2021-11-23：霧茫茫天空→霧茫茫天空→灰白雲10→灰白雲10
2021-11-29：ACS10(以蔽光為主)→ACS9.8→ACS9→ACS10
2021-12-27：灰暗雲10→灰白雲10→灰白雲10→灰白雲10
2022-01-07：灰白雲10→灰白雲10→灰白雲9.8→灰白雲10
2022-01-12：灰白雲10→灰白雲10→灰白雲10→蓬鬆積狀雲9.8
2022-01-13：蔽光ACS9.5→積雲2→積雲2→□
2022-01-15：以蔽光ACS為主6→無雲→以高積雲為主4→□
2022-02-22：灰白雲10→灰白雲10→灰白雲10→灰白雲10
2022-04-07：蔽光ACS8→灰白雲10→棉球狀蔽光ACS10→□
2022-04-08：大棉球狀蔽光ACS10→大棉絮狀ACS7→積雲7(以濃積雲為主)→濃積雲2

【小結論】(參考表1和圖14~17)

1.在冷氣團的影響下，若再加上大氣濕度高，則當天早上0800的雲況只會出現「蔽光層狀高積雲(蔽光ACS)」和「滿天的灰白雲」(高積、高層混合雲)這二種類型。

2.在濕度高的情況下的雲況表現，似乎和冷氣團與台灣的距離遠近無多大關係。

圖14 2021-11-29 當天早上0800的雲況



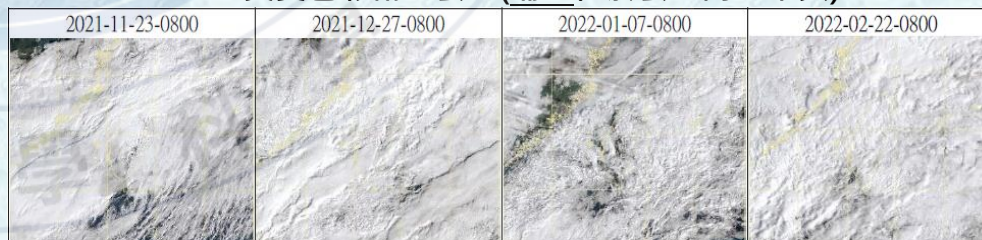
圖15 2022-01-12 當天早上0800的雲況



圖16 2022-01-13 當天早上0800的雲況



圖17 真實色彩衛星雲圖(埔里位於雲圖的正中央)



2.在濕度中上的情況下所呈現的雲況

表2 動態冷氣團+濕度中上的情況下所呈現的雲況

2021-11-02：ACS6(蔽光2+棉球2+其他2)→濃積雲1.5→積雲7→積雲2
2021-11-04：棉球狀ACS10→高積雲4，積雲4→鬆散的積雲10→□
2021-12-30：大絮狀ACS9.8→大絮狀ACS9.8→蔽光+大棉球+波狀9.5→大棉球ACS9.5

【小結論】(參考表2和圖18~20)

在濕度中上的情況下，雲況雖然仍以層狀高積雲為主，但是已無法形成大面積的蔽光ACS一雲的厚度變薄了，雲塊之間間隙也變大了。

圖18 2021-11-02 當天早上0800的雲況



圖19 2021-11-04 當天早上0800的雲況

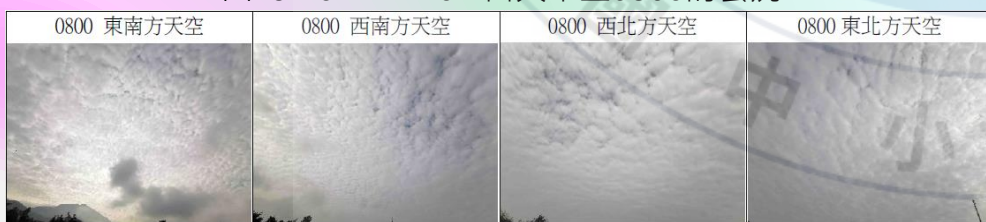


圖20 2021-12-30 當天早上0800的雲況



3.在濕度中等的情況下所呈現的雲況

表3 動態冷氣團+濕度中等的情況下所呈現的雲況

2021-11-15：高積雲2、蓬鬆雲2、卷雲1→不規則高積雲7→高積雲8→不規則高積雲2
2021-11-24：零散積狀雲1→積雲9.5→高積雲5→灰雲布滿天空
2021-2-11：無雲→無雲→極少量積雲→□

【小結論】(參考表3和圖21~22)

在濕度中等的情況下，大多只會出現一些零星的積雲和高積雲，例如2021-11-15(圖21)和2021-11-24(圖22)這二天。若在大氣條件較差時更可能出現「無雲」的情況。

圖21 2021-11-15 當天早上0800的雲況



圖22 2021-11-24 當天早上0800的雲況



4.在濕度低(含十分乾燥)的情況下所呈現的雲況

在濕度低(含十分乾燥)的情況下，當天早上0800時幾乎都是一種無雲的狀態，如果有雲，也是極少量。

(二).近乎停滯的冷氣團與雲況之相關探討 (針對當天0800時)

表4 近乎停滯的冷氣團與雲況之探討(針對當天0800時)

2021-11-11：無雲→無雲→無雲→鬆散的積狀雲
2021-11-19：鬆散的雲8→極少量積雲→積雲1→無雲
2021-12-06：無雲→無雲→無雲→絲狀雲1(可能是卷雲)
2022-01-08：濃積雲6→濃積雲4→濃積雲4→濃積雲3

(1).在近乎停滯的狀態下，除了「濕度低仍然是無雲」之外，其餘看不出有什麼規則。

(2).再一次地印證了「冷氣團的移動對高積雲層狀結構的形成具有關鍵性的影響」！

(三).動態冷氣團與雲況關係之連續性探討 (針對當天0800~1700時)

1.2022-04-07這一天

(1).冷氣團中心(1022百帕，位於江蘇)的移動(圖23~25)：0800→1400往東南東移動約217公里、1400→2000往東移動約43公里。(2).雲況說明：實際觀測如表5所示；衛星雲圖如圖26所示。

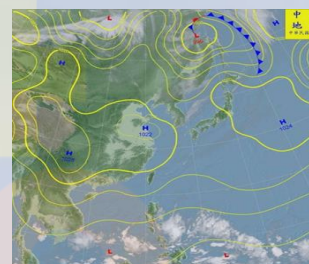


圖23 0800時



圖24 1400時

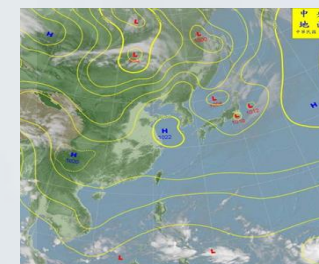


圖25 2000時

圖26 2022-04-07 當天的真實色衛星雲圖

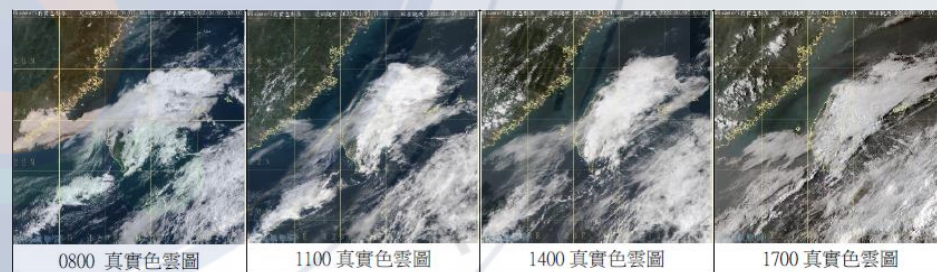


表5 2022-04-07當天的雲況紀錄(參考圖27)

0800：蔽光ACS8(密集的大魚鱗狀)、其他2(應該是較低的層雲)。
1100：灰白雲布滿天空(應該以蔽光ACS為主)(長條狀)。
1400：蔽光ACS10(棉球狀)，下層有鬆散的積狀雲2。

圖27 2022-04-07 當天0800~1400的雲況

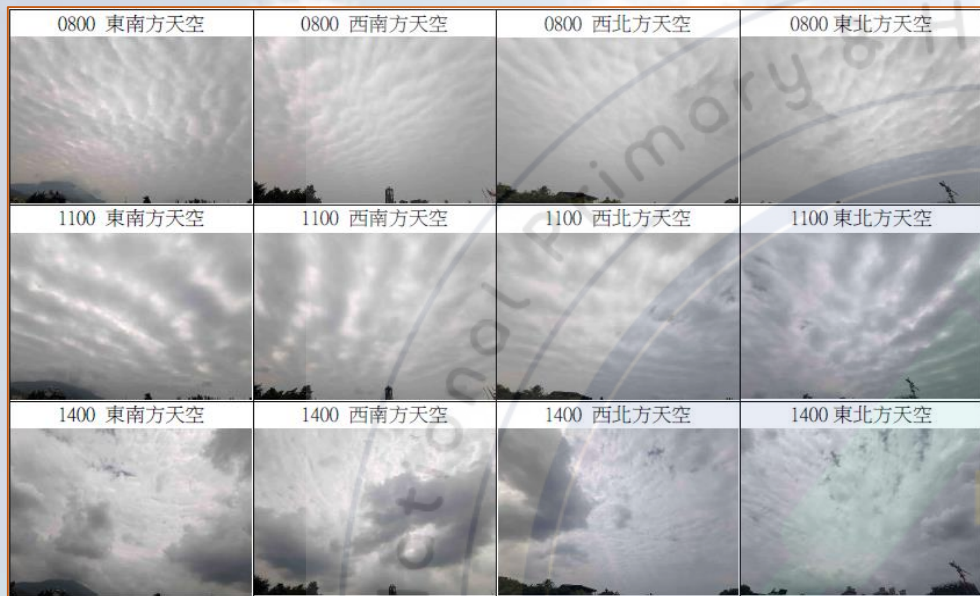
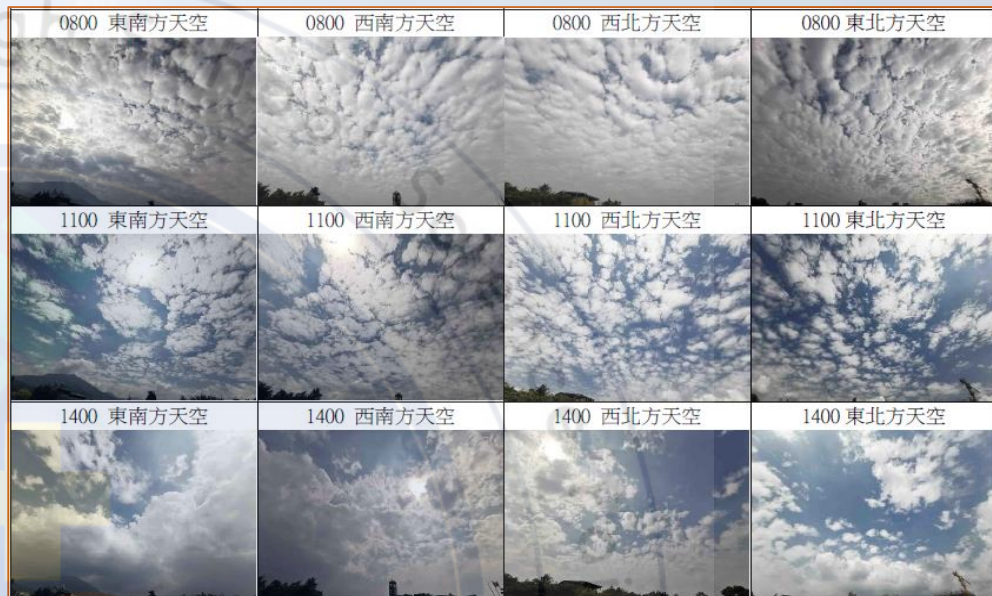


圖31 2022-04-08 當天0800~1400的雲況



2.2022-04-08這一天

(1).冷氣團中心的移動(圖28~30)：①0800→1400 往東北方移動約170公里、②1400→2000：往東北東方移動約1460公里；(2).雲況：實際觀察紀錄如表6所示；衛星雲圖如圖32、33所示。

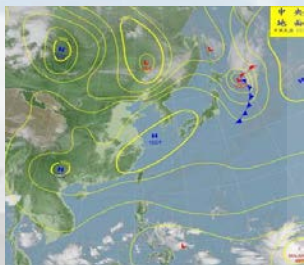


圖28 0800時



圖29 1400時

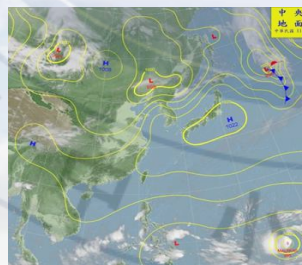


圖30 2000時

圖32 2022-04-08 當天的色調強化紅外線衛星雲圖

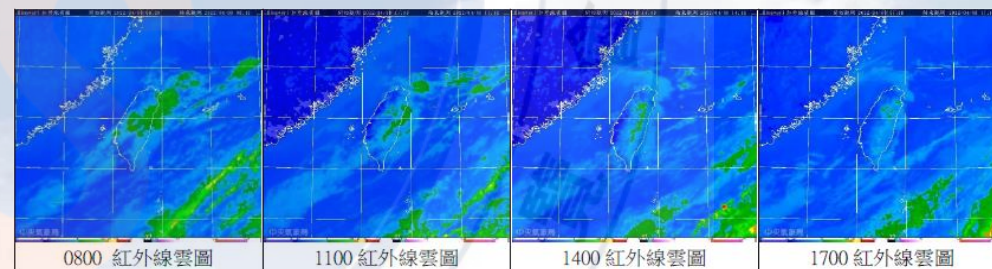
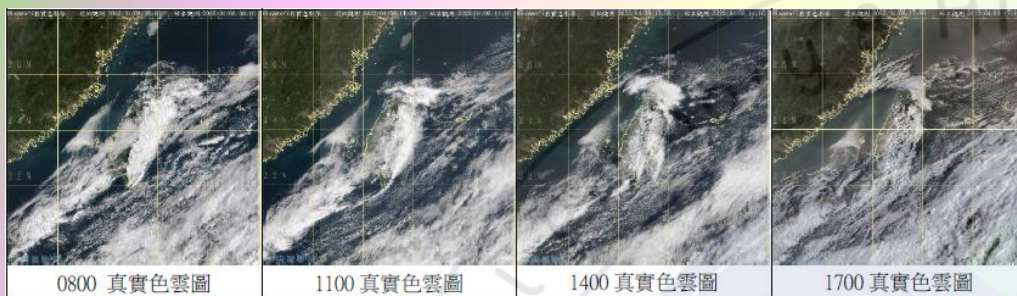


表6 2022-04-08當天的雲況紀錄(參考圖31)

0800 ：大棉球狀漏光ACS10(雲層厚，但雲塊間有縫隙，會漏光)。 濕度： <u>合歡山</u> 100%。
1100 ：大棉絮狀ACS7，積雲2。濕度： <u>合歡山</u> 100%。
1400 ：積雲7(以濃積雲為主，南方的濃積雲已發展至主中)，棉球狀高積雲1(在西北方)。濕度： <u>合歡山</u> 100%。
1700 ：總雲量4：濃積雲2，鬆散的灰白雲2。濕度： <u>合歡山</u> 100%。

圖33 2022-04-08 當天的真實色彩衛星雲圖



【綜合探討】

現在將2022-04-07和2022-04-08這二天合併起來探討：(1).冷氣團的移動方式對於雲況的影響：比較這二天的冷氣團在0800~1400這段時間內的移動方式與雲況，得知「**冷氣團的移動方式對於維持高積雲的層狀結構具有決定性的影響**」。(2).風向對雲況分布的影響：比較這二天的冷氣團在0800~1100這段時間內的移動方式與雲況分布，得知「**雲的分布方式是由風向決定，而不是冷氣團的移動方向**」

二、冷鋒鋒面與雲況變化之相關探討

(一).鋒面與高雲族(卷雲或卷層雲)之相關探討

表7 鋒面前以高雲族(卷雲或卷層雲)為主

2013/02/03：高層雲5.1→淺灰色雲10→卷層雲4.3→卷層雲4.5。
02/04：卷層雲7.1→卷層雲4.1→白、霧的雲3.6→高層雲5.1。
02/05(2000接觸)：卷層雲3.6→□→淺灰色雲10→灰白雲10。
03/17：灰白雲10→灰白雲10(以卷層雲為主)→以卷層雲為主→□
03/18：卷層雲→卷層雲→高層雲6.7→高層雲6.7。
03/19：卷層雲5.5→霧霧的雲層5.1→卷層雲3.0→□。
2014/03/20(0800接觸)：卷層雲→卷層雲3.8→卷層雲3.8→□。
2017/02/20：蓬鬆的雲團→ACS8→ACS4→以ACS為主。
02/21：無雲→卷雲3.2→卷雲+卷層8→灰白雲10(高積雲或卷層雲)
02/22：高積雲7.7→灰濛濛的雲10→灰濛濛的雲10→高層雲8.4。
02/23(0200接觸)：極少量積雲→極少量積雲→積雲2.2→□。
2022/03/15：無雲→無雲→積雲2→□。
03/16：少量卷雲→卷雲4→以卷層雲為主→灰白雲佈滿天空。
03/17：大積狀雲→高積雲4→卷雲5→薄卷雲和卷層雲8。
03/18(0200接觸)

圖34 地面天氣圖(2013-02-05等4天)

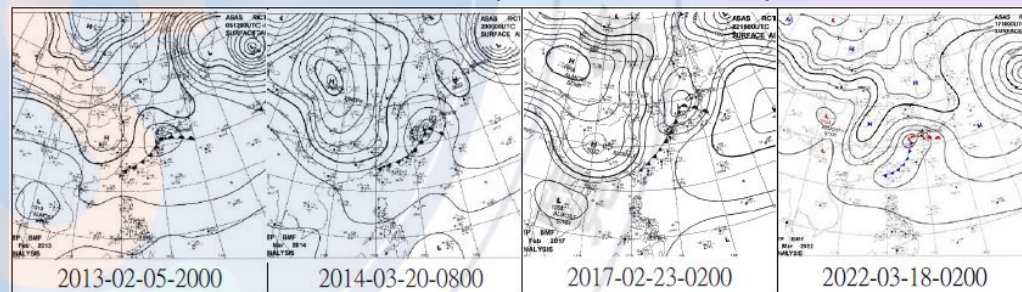


圖35 色調強化衛星雲圖(2013-02-05等4天)

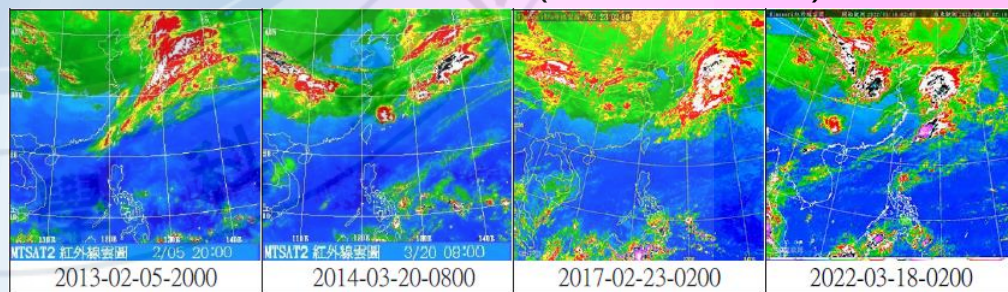


圖36 2022-03-16 當天的雲況(0800~1400)



圖37 2022-03-17 當天的雲況(0830~1400)

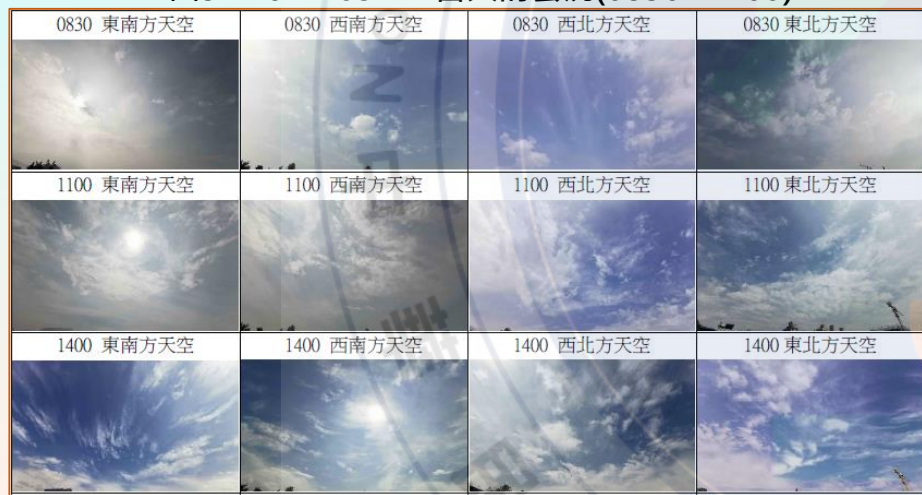
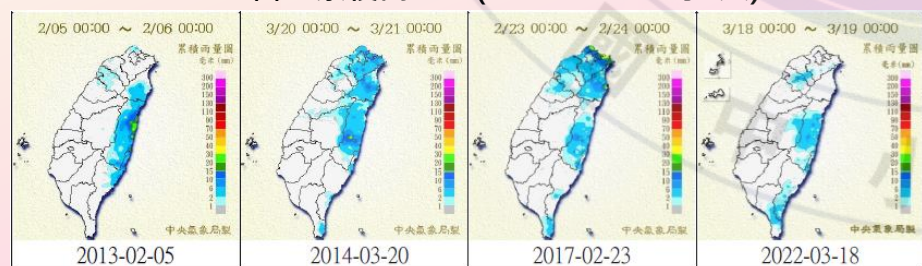


圖38 當日累積雨量圖(2013-02-05等4天)



【小結論】

1. 鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，溫度有很大的機會出現較大的降幅。
2. 鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，接下來的冷鋒鋒線均會以接近左端(或以左端邊緣)通過台灣。
3. 鋒面前連續二天以上出現大量的卷雲或卷層雲時，降雨區域通常不會太大(會以北部和東部為主)(圖38)，但是可能會出現較大的雷陣雨。

(二).鋒面與中雲族之相關探討

圖39 地面天氣圖(2012-11-23等6個鋒面案例)

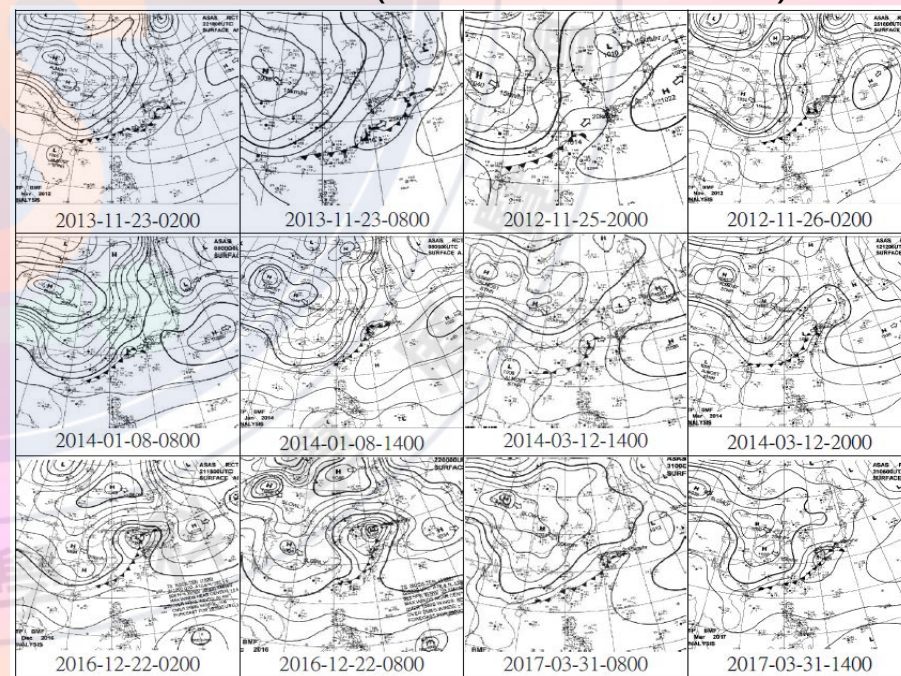


圖40 累積雨量圖(2012-11-23等6天)+地面天氣圖(2016-01-07等2天)

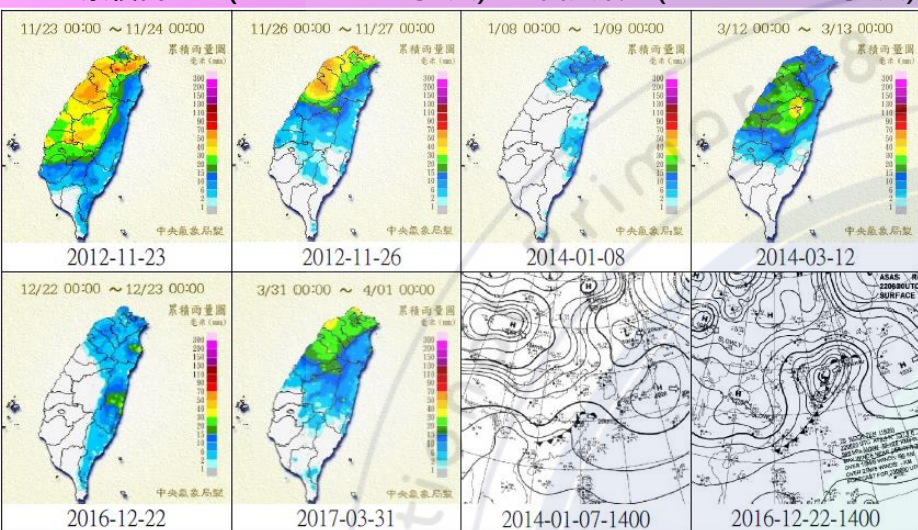
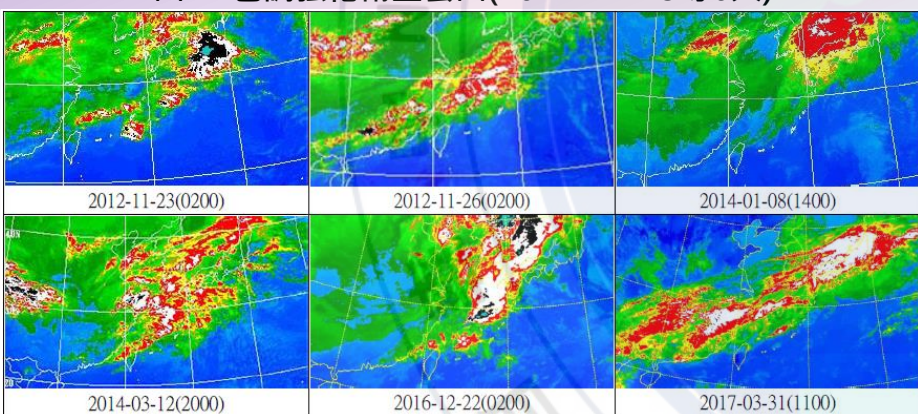


圖41 色調強化衛星雲圖(2012-11-23等6天)



【小結論】

若鋒面來臨之前出現大量且連續的中雲族時：(1). 接下來冷鋒的鋒線大多會以接近中段的方式通過台灣。(2). 接下來下雨的區域大都會十分廣大(圖40)，不過很少出現較強的對流雨勢。

表8 鋒面前以中雲族(高積雲或高層雲)為主

11/20：高層雲8.7→高層雲10→高積雲9.3→高積雲9。(1400鋒面誕生)
11/21：高層雲7.7(雨)→高層雲or層雲10(雨)→高層雲8.6→積雲3.8。
11/22：高層雲5.0(雨)→高層雲8.0→層積雲3.1→□。
2012/11/23(0200接觸)：高層雲9.7→高層雲10→高層雲10→□。
11/25：積雲2.6→積雲3.8→積雲3.3→高層雲3.6。(0200：鋒面誕生)
2012/11/26(0200接觸)：高積雲5.8→淺灰色雲10(雨)→□→□。
2014/01/07：無雲→無雲→高積雲7.4→□。(0800：鋒面誕生，冷鋒)
01/08(1400接觸)：無雲→高積雲2.7→濃積雲1.3→□。
2014/03/10：霧霧的雲層2.7→灰白雲10→灰白雲10→灰白雲10。 (0800：鋒面誕生，鋒面由廣東延伸至廣西，滯留鋒)
03/11：高層雲7.7→高層雲6.7→灰白雲佈滿天空10→高層雲6.7。
03/12：淺灰雲佈滿全天10→高層雲10→高層雲10→淺灰雲佈滿全天10 (2000接觸)
12/21：高積雲9→卷積雲0.9→高積雲6.2→高積雲8.7。(0800鋒面誕生)
2016/12/22(0200接觸)：高層雲9.5→高積雲8→高積雲6.4→高積雲1。
03/30：卷雲1+卷層雲1+卷積雲1→絮狀ACS9→ACS9.8→高層雲10。 (1400：鋒面誕生，低壓中心在江西，鋒面延伸至貴州)
2017/03/31(1100接觸)：積雲2.5→總雲量3.5→ACS9.8→ACS9.8。

陸、結論

一、冷氣團與雲況變化之相關探討

(一). 動態冷氣團與雲況關係之定時探討

1. 若大氣濕度高 ➡ 只會出現蔽光層狀高積雲和「滿天的灰白雲」(高積、高層混合雲)這二種類型。

2.若濕度中上 ➡ 雲況雖然仍以層狀高積雲為主，但是已無法形成大面積的蔽光高積雲—雲的厚度變薄了，雲塊之間的間隙也變大了。

3.若濕度中等 ➡ 大多只會出現一些零星的積雲和高積雲，若在大氣條件較差時更可能出現「無雲」的情況。

4.若濕度低 ➡ 幾乎都是一種無雲的狀態，如果有雲，也是極少量。

(二).近乎停滯的冷氣團與雲況之相關探討

1.除了「濕度低仍然是無雲」之外，其餘似乎看不出有什麼規則。

2.再一次地印證了「冷氣團的移動對高積雲層狀結構的形成具有關鍵性的影響」！

(三).動態冷氣團與雲況關係之連續性探討

1.冷氣團的移動方式對於維持高積雲的層狀結構具有決定性的影響。

2.雲的分布方式是由風向決定，而不是冷氣團的移動方向。

二、冷鋒鋒面與雲況變化之相關探討

(一).鋒面與高雲族(卷雲或卷層雲)之相關探討

鋒面前出現連續且大量的卷雲或卷層雲時：

(1).溫度有很大的機會出現較大的降幅。(2).接下來的冷鋒鋒線均會以接近左端(或以左端邊緣)通過台灣。(3).降雨區域通常不會太大(會以北部和東部為主)，但是可能會出現較大的雷陣雨。

(二).鋒面與中雲族之相關探討

1.若鋒面來臨之前出現大量且連續的中雲族時：

(1).接下來冷鋒的鋒線大多會以接近中段的方式通過台灣。(2).下雨的區域大都會十分廣大，不過很少出現較強的對流雨勢。

2.不論是「連續多天出現大量的高雲族」，或者是「鋒面來臨前一天高雲族和中雲族交錯出現」，氣溫都有可能出現較大的降幅

柒、參考資料

1.中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>

2.大氣水文研究資料庫 <https://dbar.pccu.edu.tw/>