

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

第三名

030501

天氣密碼－雲與天氣預測之研究

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者： 國二 李冠儀 國二 盧奕帆 國一 劉郁青	指導老師： 蔡永已 喬緯中
---	-----------------------------

關鍵詞：雲、冷鋒、天氣預測

摘要

我們對天氣的研究前後共進行了二年，在本年段中仍以「雲」作為主角來探討埔里在地的天氣，並進一步對天氣的預測做更詳細的分析。在此略述我們這二年研究的成果：(1).我們發現同屬於高雲族的卷雲和卷積雲大都對 6 小時後的天氣有高度的指示性，尤其，我們還發現卷雲的 AL 法則，能預測劇烈的天氣變化；(2).我們發現可以利用高雲族和層狀高積雲來預測冷鋒鋒面何時到來，而且，我們也發現層狀高積雲出現的次數和冷鋒來臨前後的溫度差具有高度的負相關—亦即我們可以藉由層狀高積雲的觀測，事先做好禦寒的準備；(3).我們發現若能結合日月潭氣象站的氣壓、濕度和埔里當地的濕度資料，再經過詳細統計分析，可以對埔里地區的短期天氣做有效的預測。

壹、研究動機

埔里是雲的故鄉，而我們幾個從小看雲長大的孩子，充滿著對雲的喜愛與好奇心。因此，藉由科展的機緣，展開對雲與天氣的觀察研究。在古代，「雲」曾經是氣象觀測中不可或缺的角色，但隨著科技的進步，人們逐漸只能依賴氣象單位所提供的天氣資訊，喪失了解讀「雲」、判別「風」、預測天氣的感知能力。因此，我們也希望藉由這次的研究，找回人們喪失已久的能力。事實上，這是我們第二年的研究，在前一年的研究中，我們對雲與天氣的相關性已有了初步的斬獲；而且，我們也發現中央氣象局對於埔里所做的預報並不十分準確。因此，在本年度中，我們將挑戰較高難度的研究—關於埔里地區雲與天氣預測的探討。

貳、研究目的

我們希望藉由這次的研究找出預測天氣的「關鍵要素」(這些關鍵要素我們稱之為「天氣密碼」)，研究目的如下所示：

一、卷雲與天氣預測之探討

二、卷積雲與天氣預測之探討

三、冷鋒與天氣變化之探討

四、當天下午天氣預測之研究(由當天早上預測當天下午)

五、隔天早上天氣預測之研究(由當天預測隔天早上)

說明：(1).前三個研究目的是以「雲」來作為天氣預測的主要工具；(2).後二個研究目的主要針對短期天氣的預測，資料來源方面，除了我們自己的觀測資料之外，也採用日月潭氣象站的測站資料(因為氣象站與埔里的直線距離才 11.1km)。

參、研究器材與設備

(1).電子式溫度計



(2).酒精溫度計



(3).機械式氣壓計



(4).電子式溫度、濕度計



(5).機械式濕度計



(6).風速、風量計



(7).日月潭氣象站①



(8).日月潭氣象站②



(9).日月潭氣象站③



肆、研究過程與方法

一、前置作業

(一).確保「雲」觀察的正確性

世界氣象組織(WMO)所出版的《國際雲圖》把雲的高度、外型分為四族十屬，若再細分則雲的種類不下百種以上，要確實掌握這上百種的雲是一件不簡單的事情。為了確保觀察的正確性(減少誤判的情形發生)，我們以主要的雲屬種類為主，再細分下去的變型和附屬雲則僅作參考。此外，我們更蒐集了許多關於雲的圖鑑和資料，以便於觀察。若遇到較難判斷的雲種，則會詢問臨近觀測站的人員，或向指導老師請教。如果這樣還判斷不出來的話，我們會先拍照起來(有些會加以文字敘述)，再向其他氣象人員或相關專家學者請教。

(二).了解觀察位置附近的地形分布

地形往往對雲有相當程度的影響，例如有時水氣遇到高山會被抬升而形成地形雲，而有些外來的雲則會被高山阻擋而進不來觀察區。埔里屬於盆地地形，四周被群山圍繞，因此要在埔里觀察雲，了解地形分布的概況應列為首要功課。右圖為埔里附近地形分布概況示意圖(主要是針對較高的山頭)。

註：「觀察位置」位於東經 120.58、北緯 23.57。



(三).儀器校正

本研究所使用的儀器主要有三種：溫度計、濕度計和氣壓計，有時會動用到風速、風向計。由於經費有限，我們沒有辦法買到很高檔、精密度很高的儀器，但是這些儀器經過校正之後也有相當的準確度。在溫度計和濕度計方面，我們先依據使用說明書來做初步校正，再依據日月潭氣象站的數據做進一步的修正；在氣壓計方面，我們是請中央氣象局檢校中心幫我們做校正。

二、研究過程與方法

(一).劃分觀察區域

我們把天空劃分為五個觀察區域：

- (1).主中：正上方天空，仰角 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的區域；
- (2).第一象限：水平方位由正東至正北之間的區域，垂直方位為仰角 45° 以下的區域；
- (3).第二象限：水平方位由正北至正西之間的區域，垂直方位為仰角 45° 以下的區域；
- (4).第三象限：水平方位由正西至正南之間的區域，垂直方位為仰角 45° 以下的區域；
- (5).第四象限：水平方位由正南至正東之間的區域，垂直方位為仰角 45° 以下的區域；

為什麼要這樣劃分呢？因為(1).對於雲況的估算會比較精確；(2).比較易於分工合作：由於「雲況」的觀察有時並不容易，加上觀察時間的限制(我們必須在有限的時間內記錄氣溫、濕度、氣壓、風向和雲況)，因此小組的分工合作顯得異常重要。區域劃分後，我們就可以在最短的時間內做最精密的觀察。

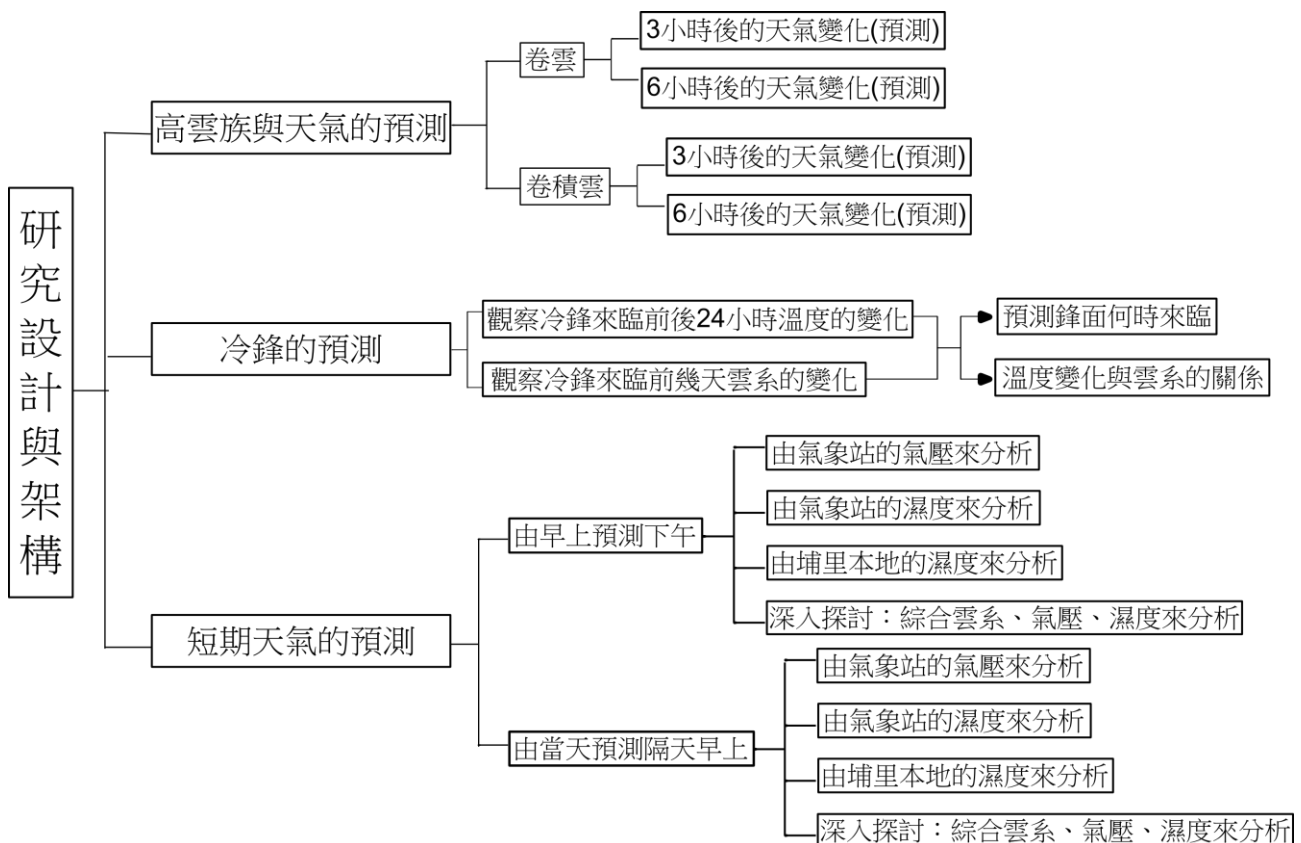
(二).觀察時間點的安排與資料的蒐集、分析

觀察時間點的安排：(1).埔里本地的溫度、濕度：從上午 7 點至下午 6 點，每整點觀察一次；(2).雲況的觀察：每天 9 點、12 點、15 點、18 點各觀察一次。此外，我們會利用每天中午午休時間和下午放學時間，上網蒐集日月潭氣象站、中央氣象局、香港天文台等氣象單位的資料，並做初步的分析(二年下來我們大約分析了 7 萬筆氣象資料)。

(三).研究設計與架構

本研究的重點在於地方性天氣的預測，我們有三大研究主軸：(1).高雲族與天氣的預測：由相關文獻資料得知，中、高雲族對於天氣預測具有較高的指示性，尤其是高雲族，所以我們選取卷雲和卷積雲作為我們研究的對象。為什麼刪去同樣是高雲族的卷層雲呢？原因是卷層雲出現的次數太少，其次是卷層雲有時易和薄的高層雲混淆。(2).冷鋒的預測：冷鋒過境常帶來劇烈的天氣變化，因此對於鋒面的預測是一件很重要的事情。關於冷鋒鋒面的預測，我們是利用鋒面前幾天的雲系變化來作預測。(3).短期天氣預測：天氣預測是一件很困難的事情，尤其在設備及人手不足的情況下。所以我們先從短期天氣預測下手。首先我們由早上的天氣預測下午的天氣，其次我們由當天預測隔天早上的天氣。天氣的層面很廣，如下雨、雷電、晴、多雲、陰天、霧……等等，而我們這次的研究只針對「晴(雲量 0~4)、多雲(雲量 5~8)、陰天(雲量 9~10)」作深入探討，最主要原因是這三個天氣現象比較容易做數量分析。

為了使大家更清楚我們的研究設計與架構，我們再以底下的流程圖呈現：



伍、研究結果

底下我們依據五個研究目的依序呈現我們研究的結果，然而，有一點要在此先說明一下，限於篇幅，關於短期天氣預測的部分(第四和第五個研究目的)，我們只就第二年段作詳細分析，第一年段的研究結果請參考附錄一。

一、卷雲(Cirrus)與天氣預測之探討

卷雲屬於高雲族(雲底高於 6000m)，它的外觀很特殊，大多呈現絲縷狀結構(如下面圖 1、圖 2 所示)，因此很少會被錯認。卷雲的厚度通常不怎麼厚，加上它大多由冰晶所構成的，所以看起來相當潔白、明亮。雖然卷雲經常出現於晴空中，但是它也常是天氣即將變壞的前兆。

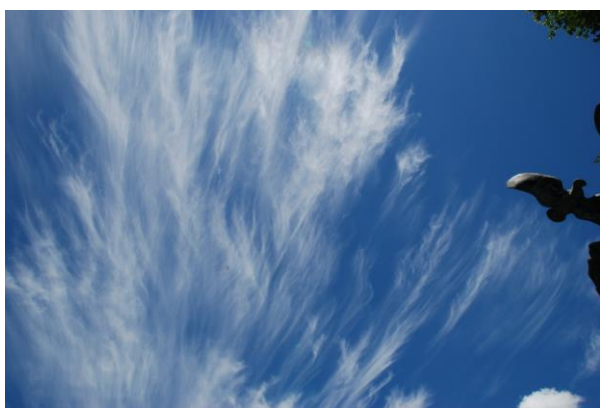


圖 1 卷雲

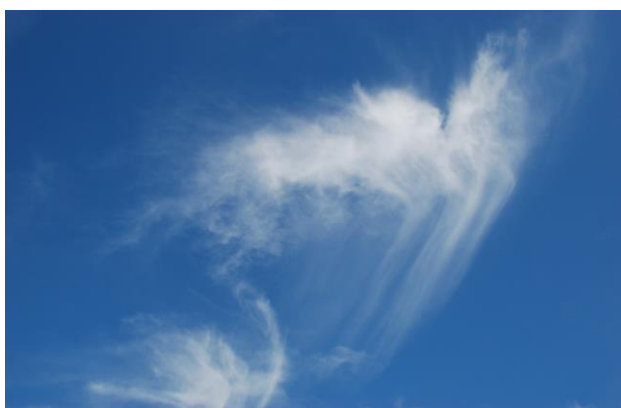
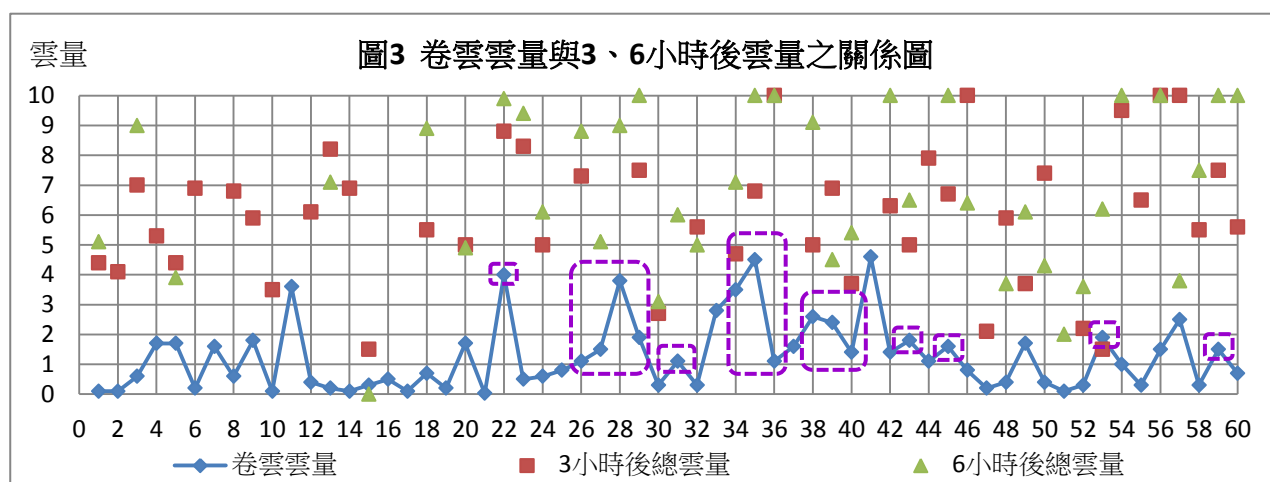


圖 2 鉤狀卷雲



註：圖 3 中的橫坐標所標示的數字，為有卷雲出現的日期代碼。(2012/11/13~2014/6/9)

【結果】

- 1.出現卷雲 3 小時後，雲量大多會增加，機率約 84%。
- 2.出現卷雲 6 小時後，雲量大多會增加，機率約 90%。
- 3.若卷雲雲量 0.5 以上，3 小時後雲量大多會增加，機率約 83%。
- 4.若卷雲雲量 0.5 以上，6 小時後雲量大多會增加，機率約 93%。
- 5.若卷雲雲量(A)1 以上，6 小時後雲量大多會增加，機率約 96%。

- 6.若卷雲長度(L)大於一個象限的橫幅時，6 小時後雲量大多會增加，機率約 100%。
- 7.卷雲 AL 法則(圖 3 中有加框框的部分)：若一個象限的橫幅長度以 L_0 代表，當卷雲出現時，雲量(A) ≥ 1 ，且長度(L) $\geq L_0$ 時，6 小時後雲量會增加很多(雲量增加 3 以上的機率約 94%，雲量增加 4 以上的機率約 81%)。(請參考附錄二)
- 8.當卷雲出現時，若符合 AL 法則、且有濃積雲發展，則 6 小時後幾乎都會下雨，機率約 83%。

二、卷積雲(Cirrocumulus)與天氣預測之探討

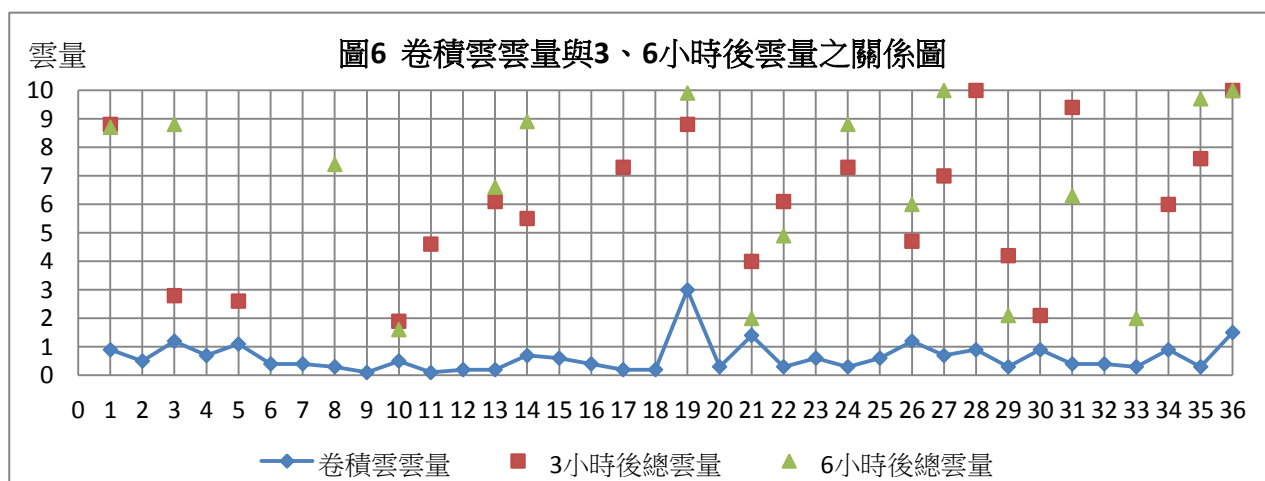
卷積雲(如下面圖 4、圖 5 所示)屬於高雲族，幾乎全由小冰晶所組成，因此看起來很潔白、明亮。它們小塊狀結構若布滿大面積時，很像是細小的魚鱗，即俗稱的「魚鱗天」。卷積雲的塊狀結構代表該處有些對流或波動，不過我們目前對這些對流和波動的動力細節所知不多(王寶貫，1997)。



圖 4 卷積雲



圖 5 多孔卷積雲



註：圖 6 中的橫坐標所標示的數字，為有卷積雲出現的日期代碼。(2012/11/22~2014/5/18)

【結果】

- 1.出現卷積雲 3 小時後，雲量大多會增加，機率約 72%。
- 2.出現卷積雲 6 小時後，雲量大多會增加，機率約 94%。
- 3.卷積雲雲量若在 0.1~0.5 之間，總雲量 6 小時後會增加至多雲，機率約 78%。

4.卷積雲雲量若在 0.5 以上，總雲量 6 小時後會增加至陰天，機率約 67%。

三、冷鋒與天氣變化之探討

表 1 冷鋒來臨當天與前幾天的雲系變化

來臨日期	雲 系 變 化
2012/11/23 (08:00) (-2.2)	11/21：一整天為陰雨天(以高層雲為主)→高積雲(1.7)。 11/22：高層雲、波狀高積雲(1.5)、卷積雲→高層雲、層積雲、卷積雲。 11/23：一整天都是陰雨天(高層雲)。
2012/11/28 (14:00) (+1.8)	11/26：蔽光、波狀高積雲(5.5)→陰雨天。 11/27：一整天為陰雨天。 11/28：一整天為陰雨天。
2012/12/2 (02:00) (+0.4)	11/30：接連著上一個鋒面，一整天為陰雨天。 12/1：一整天為陰雨天。 12/2：一整天為陰雨天。
2012/12/27 (14:00) (-0.8)	12/24：高積雲(4.6)→陰天。 12/25：高積雲(9.1)、積雲→高積雲(6.8)、積雲。 12/26：高積雲(5.2)、積雲、卷積雲→高積雲(2.1)、積雲。 12/27：蔽光、層狀高積雲(9.4)→陰雨天。
2013/1/8 (08:00) (-3.2)	1/6：積雲→積雲、高積雲(1.6)。 1/7：高積雲(3.8)、層積雲、積雲→陰天[以高積雲(3.3)、層積雲為主]。 1/8：一整天為陰雨天。
2013/2/5 (02:00) (-0.8)	2/3：陰天→多雲，卷層雲(4.0)、卷雲。 2/4：較厚的卷層雲(6.9)、卷雲→陰天(以高層雲、較厚的卷層雲為主)。 2/5：較厚的卷層雲、蔽光高積雲(1.6)、卷積雲→陰天。
2013/2/18 (20:00) (-1.6)	2/16：巨塊積雲→高積雲(5.5)、層積雲。 2/17：積雲→高積雲(8.2)、積雲。 2/18：積雲、卷雲→高積雲(3.4)、層積雲。
2013/2/27 (08:00) (-0.8)	2/25：卷層雲、卷積雲、卷雲→卷層雲、層積雲。 2/26：高積雲(9.1)、層積雲→陰天(以層積雲為主)。 2/27：陰天(以層積雲為主)。
2013/3/2 (02:00) (-2.3)	2/28：巨塊積雲→層積雲、巨塊積雲。 3/1：高積雲(3.6)、高層雲、層積雲→層積雲、高積雲(1.1)。 3/2：一整天為陰雨天。
2013/3/13 (20:00) (-0.9)	3/11：積雲→巨塊積雲、積雲。 3/12：積雲→層積雲、積雲。 3/13：層積雲、卷積雲、蔽光高積雲(0.3)→陰天。
2013/3/18 (14:00) (-2.3)	3/16：層積雲、巨塊積雲→層積雲。 3/17：卷層雲→卷層雲、層積雲。 3/18：一整天以陰天為主。

2013/3/20 (14:00) (-1.5)	3/18：陰天(以層積雲為主)。 3/19：卷層雲、層積雲→卷層雲、層積雲、卷積雲。 3/20：層積雲、高積雲(1.7)→卷雲、高積雲(1.6)。
2013/3/31 (02:00) (-1.0)	3/29：層積雲、卷層雲、卷雲→陰天(以層積雲為主)。 3/30：高積雲(4.6)、層積雲→陰天。 3/31：一整天以陰雨天為主。
2013/4/6 (02:00) (-0.3)	4/4：一整天以陰雨天為主。 4/5：一整天以陰雨天為主。 4/6：一整天以陰雨天為主。
2013/4/25 (08:00) (-2.6)	4/23：一整天以陰天為主。 4/24：一整天以陰天為主。 4/25：一整天以陰天為主。
2013/11/2 (02:00) (-2.5)	10/31：卷層雲(3.9)、卷雲→卷層雲(5.2)、卷雲。 11/1：卷層雲(2.5)、卷雲、高積雲(0.2)→卷層雲。 11/2：一整天以陰雨天為主。
2013/11/25 (02:00) (-2.8)	11/23：積雲→積雲。 11/24：層狀高積雲(最多到 4.0 以上)→蔽光高積雲(3.0)、高層雲。 11/25：一整天以陰雨天為主。
2013/12/9 (08:00) (-1.3)	12/7：大量高積雲(5.5)、巨塊積雲→高積雲、高層雲、積雲。 12/8：積雲、高積雲(1.0)→蔽光、漏光高積雲(6.0)。 12/9：高積雲、灰白雲層→卷雲、卷積雲、高積雲(0.8)
2013/12/16 (20:00) (-3.4)	12/12：陰天→高積雲(5.4)、高層雲。 12/13：陰天→高層雲、高積雲(2.6)。 12/14：層狀、漏光高積雲(4.5)→高層雲。 12/15：高層雲、蔽光、漏光高積雲(4.6)→陰天(以高層雲為主)。 12/16：高積雲(1.2)、卷積雲、卷雲→高層雲、卷雲、高積雲。
2014/1/8 (14:00) (-1.6)	1/6：高積雲(8.0)、高層雲→高積雲(4.2)、積雲。 1/7：巨塊積雲、高積雲(0.3)→漏光、波狀高積雲(7.3)。 1/8：漏光高積雲(2.7)、積雲→濃積雲、巨塊積雲。
2014/2/17 (20:00) (+0.5)	2/15：高積雲(0.9)、灰白雲層→陰天(以灰白雲層為主)。 2/16：漏光、波狀高積雲(4.4)、高層雲。 2/17：積雲→巨塊積雲。
2014/3/2 (08:00) (-0.7)	2/28：積雲、巨塊積雲→灰白雲層、濃積雲。 3/1：陰天[以灰白雲層、蔽光高積雲(0.3)為主]→陰天。 3/2：陰天(以高層雲為主)→陰天[以高層雲、蔽光高積雲(0.6)為主]。
2014/3/4 (08:00) (+2.0)	3/2：陰天(以高層雲為主)→陰天[以高層雲、蔽光高積雲(0.6)為主]。 3/3：一整天為陰雨天。 3/4：陰天[以灰白雲層、漏光高積雲(1.3)為主]→高層雲。
2014/3/8 (08:00)	3/5：層狀高積雲(3.4)、高層雲→層狀高積雲(4.5)、層積雲、濃積雲。 3/6：一整天為陰雨天。

(+0.1)	3/7：一整天為陰雨天。 3/8：一整天為陰雨天。
2014/3/13 (02:00) (-1.4)	3/11：陰天[以高層雲、高積雲(0.5)為主]→陰天(以高層雲為主)。 3/12：一整天為陰天。 3/13：一整天為陰雨天。
2014/3/20 (08:00) (-2.2)	3/18：卷層雲→陰天(以高層雲為主)。 3/19：卷層雲、積雲→卷層雲(較厚)、高層雲。 3/20：卷層雲、積雲→卷層雲(較厚)。

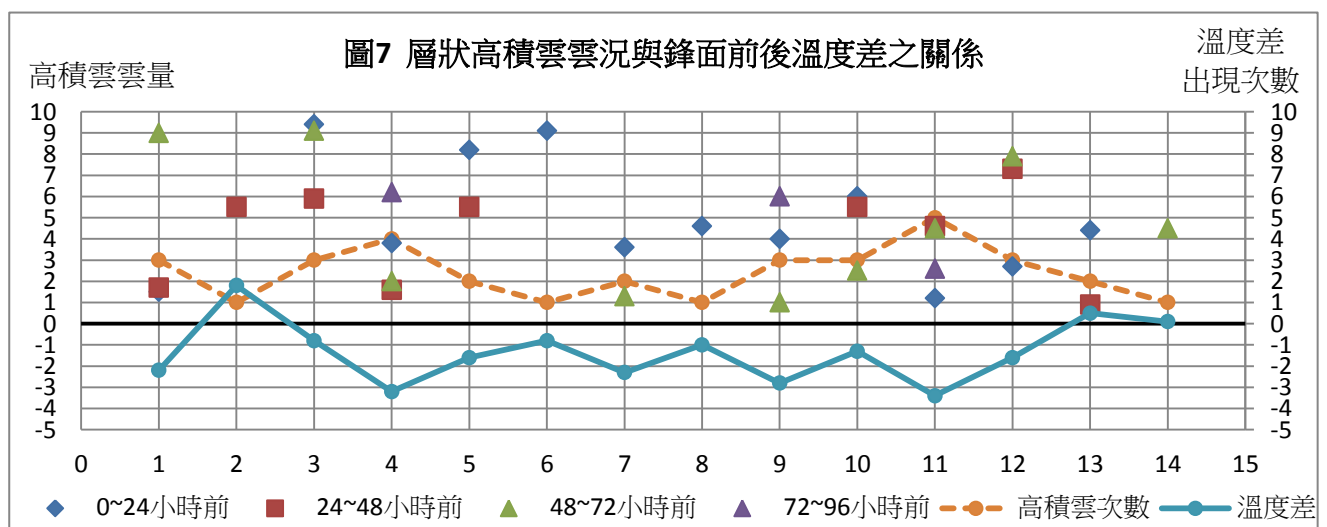
註 1：上表中的日期欄說明：(1).上一個括號內所標示的時間，為鋒面到達臺灣的時間；(2).
下一個括號內的數字表示溫度變化，是指鋒面到達前、後各 24 小時平均溫度的差。
註 2：上表中的雲系變化，只列出每天上午和下午的主要雲況，詳細雲況請看原始觀測資料。

【結果】

- 1.來到臺灣的冷鋒，主要出現在 11 月底到隔年 4 月底這 5 個月期間。
- 2.在 11 月底到 4 月底這期間，若先出現高雲族，24 小時內再出現大量高積雲(雲量大於 4)，則接下來一天之內幾乎都會有鋒面來到臺灣。
- 3.在 11 月底到 4 月底這期間，若連續二天都出現大量的卷層雲(雲量大於 4)，則接下來一天之內幾乎都會有鋒面來到臺灣。
- 4.在 11 月底到 4 月底這期間，若連續二天以上有大量的層狀高積雲(雲量大於 4)出現，等到高積雲雲量驟減時，接下來一天之內鋒面非常可能來到臺灣，機率約 83%。

【深入探討】

- 1.如下圖 7 和下表 2 所示，我們發現冷鋒來臨前幾天(5 天之內)層狀高積雲出現的次數和冷鋒來臨前後的溫度差，似乎有密切的相關性：我們後來利用統計分析(Pearson 積差相關法)，得知層狀高積雲出現的次數和冷鋒來臨前後的溫度差有高度的負相關，相關係數 $r = -0.75$ 。



註 1：圖 7 中的橫座標所標示的數字，為冷鋒來臨前有出現層狀高積雲的日期代碼。

註 2：圖 7 中的「0~24 小時前」表示冷鋒來臨前 24 小時的高積雲雲量，其餘的 24~48 小時前、48~72 小時前、72~96 小時前等均以此類推。

表 2 冷鋒鋒面來臨前 4 天層狀高積雲出現的狀況與溫度差

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0~24 小時前	1.5		9.4	3.8	8.2	9.1	3.6	4.6	4	6	1.2	2.7	4.4	
24~48 小時前	1.7	5.5	5.9	1.6	5.5					5.5	4.6	7.3	0.9	
48~72 小時前	9		9.1	2			1.3		1	2.5	4.5	7.9		4.5
72~96 小時前				6.2					6		2.6			
溫度差	-2.2	1.8	-0.8	-3.2	-1.6	-0.8	-2.3	-1.0	-2.8	-1.3	-3.4	-1.6	0.5	0.1

註：第 11 次為 2013 年 12 月 16 日，事實上，在冷鋒來臨前有連續五天出現層狀高積雲，96~120 小時前這時段的高積雲雲量為 5.4。

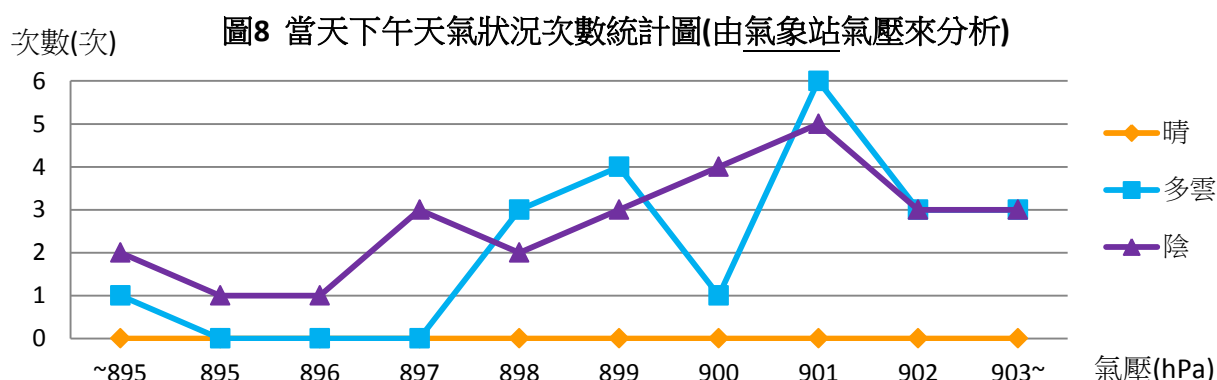
四、當天下午天氣預測之研究

底下我們分三階段來探討如何預測當天下午的天氣，第一階段從 2013/8/1 到 2013/10/13，第二階段從 2013/10/14 到 2014/1/31，第三階段從 2014/2/1 到 2014/5/2。為何要這樣分段呢？原因是：(1).10/14 之前不管是早上或下午出現晴天的頻率都非常低，10/14~1/31 不管是早上或下午出現晴天的頻率就突然增加許多，2/1~5/2 出現晴天的頻率又降低許多；(2).10/14 之前氣壓都不高，10/14~1/31 氣壓明顯高出許多，而且氣壓低於 900hPa 的次數非常少，2/1~5/2 氣壓低於 900hPa 的次數卻又增加許多。

(一).2013/8/1~2013/10/13(第一階段)

1.氣壓與當天下午天氣之探討

此處的氣壓是指日月潭氣象站的「測站氣壓」(當天 1 點~10 點氣壓的平均值)。



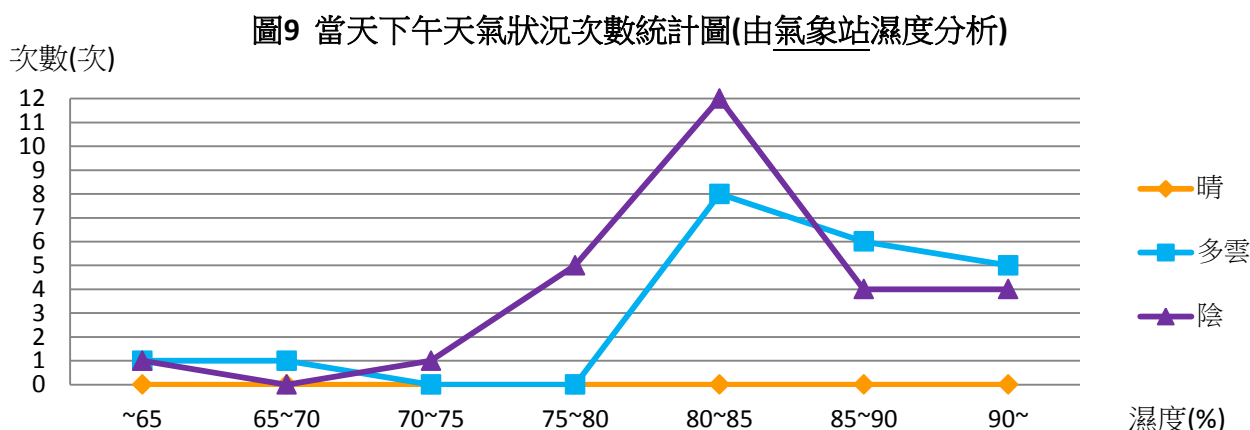
註1：此階段中，氣壓小於895hPa的只有二次，一次886hPa、一次887hPa，這二次氣壓之所以會這麼低，是因為颱風暴風圈正籠罩臺灣上空。

【結果】

- (1).此階段中，下午沒有出現過晴天；而下午出現多雲和陰天的機率比大約 1：1.3。
- (2).出現多雲的規則：氣壓小於 898hPa 時，下午出現多雲的機率非常低；898hPa 以上時，下午出現多雲和陰天的機率各半。
- (3).出現陰天的規則：氣壓小於 898hPa 時，下午出現陰天的機率高達 88%。

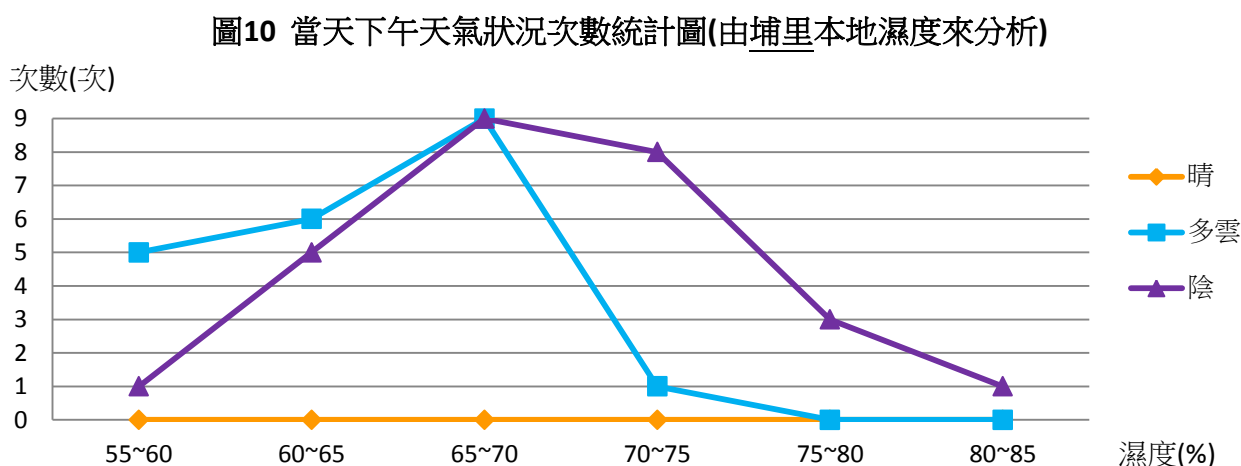
2.濕度與當天下午天氣之探討

圖 9 的濕度是指日月潭氣象站的「測站濕度」(當天 1 點~10 點濕度的平均值)；圖 10 的濕度則是我們在埔里本地所測到的濕度(當天 7 點~12 點濕度的平均值)。



【結果】

- (1).出現多雲的判斷：濕度85%以上時，下午天氣以多雲為主，機率約58%。
- (2).出現陰天的判斷：濕度小於85%時，下午天氣以陰天為主，機率約66%；尤其，濕度小於80%時，下午出現陰天的機率高達78%。



【結果】

若根據我們在埔里本地所測得的濕度來分析，結果如下：

- (1).出現多雲的判斷：濕度小於70%時，下午天氣以多雲為主，機率約57%；濕度小於65%時，出現多雲的機率約65%。
- (2).出現陰天的判斷：濕度70%以上時，下午天氣以陰天為主，機率約92%；下午出現陰天的極大值落在濕度70~75%之間，機率約89%。
- (3).濕度在60~70%之間時，下午多雲和陰天出現的機率大致相等。

第一階段深入探討

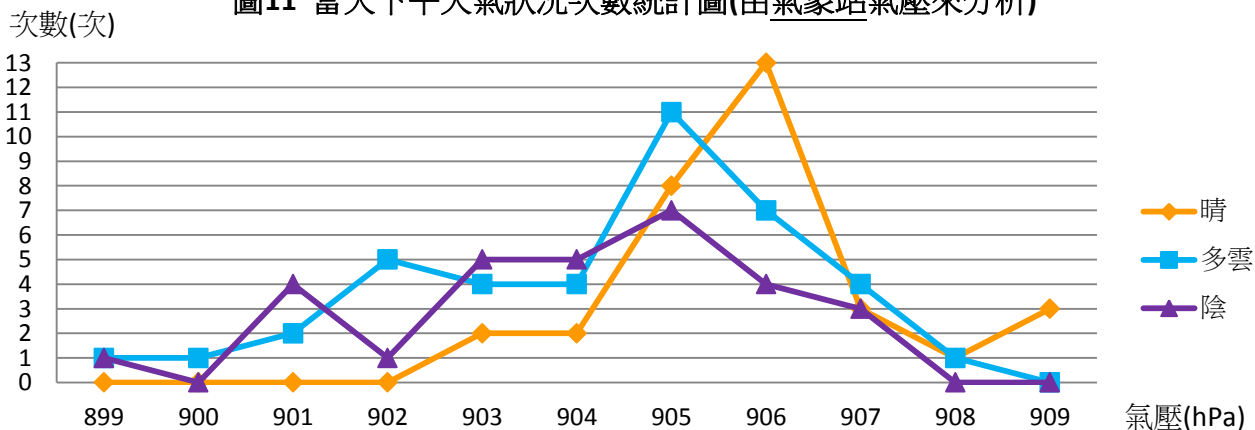
(1).結合氣壓和埔里濕度：發現氣壓小於 903hPa、且埔里濕度在 70%以上時，下午出現陰天的機率可提高至 100%。

(二). 2013/10/14~2014/1/31(第二階段)

1.氣壓與當天下午天氣之探討

此處的氣壓是指日月潭氣象站的「測站氣壓」(當天 1 點~10 點氣壓的平均值)。

圖11 當天下午天氣狀況次數統計圖(由氣象站氣壓來分析)



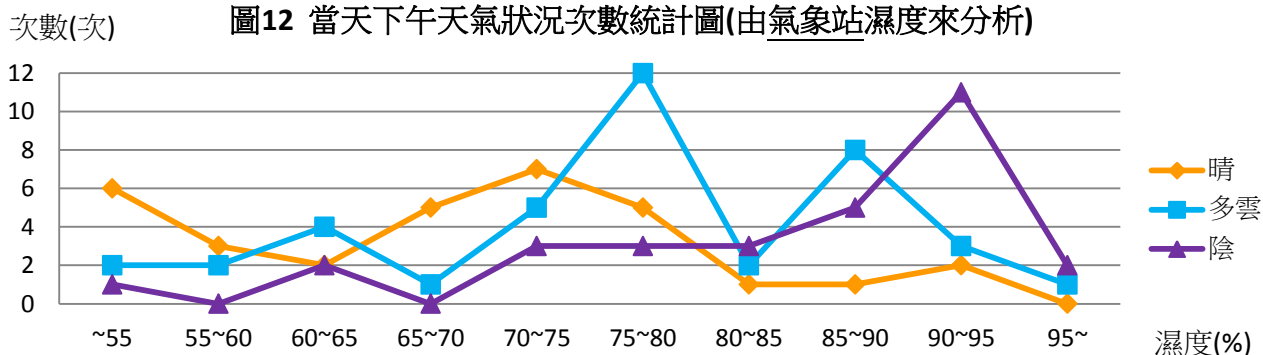
【結果】

- (1).此階段中，當天下午出現晴天、多雲和陰天的比例約1.1：1.3：1。
- (2).出現晴天的規則：氣壓小於903hPa時，下午出現晴天的機率為0。氣壓906hPa以上時，下午以晴天為主，機率約51%；尤其，當氣壓在908hPa以上時，出現晴天的機率約80%。
- (3).出現多雲的規則：氣壓小於903hPa時，下午天氣以多雲居多，機率約60%。
- (4).出現陰天的規則：氣壓小於902hPa時，下午天氣以陰天為主，機率約56%。

2.濕度與當天下午天氣之探討

圖 12 的濕度是指日月潭氣象站的「測站濕度」(當天 1 點~10 點濕度的平均值)；圖 13 的濕度則是我們在埔里本地所測到的濕度(當天 7 點~12 點濕度的平均值)。

圖12 當天下午天氣狀況次數統計圖(由氣象站濕度來分析)



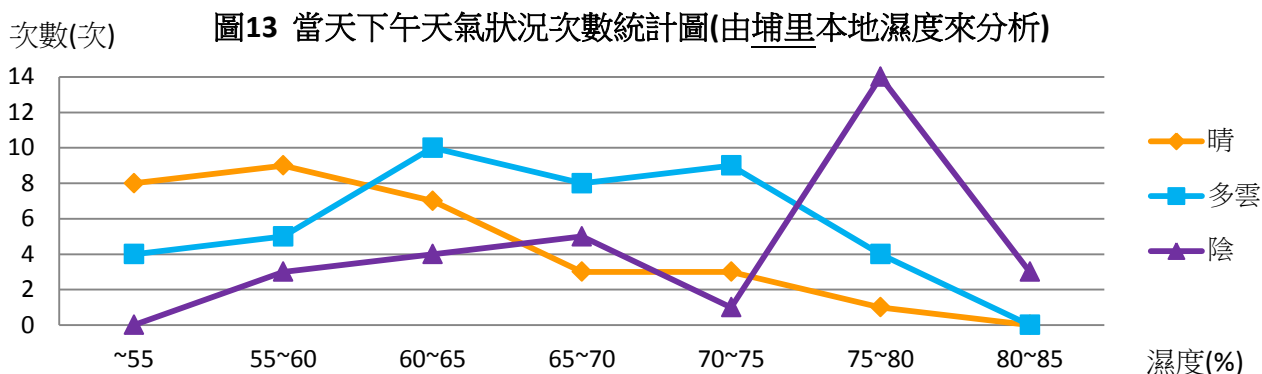
【結果】

- (1).出現晴天的規則：濕度小於 75%時，下午的天氣以晴天為主，機率約 53%；尤其濕度小於

55%時，下午出現晴天的機率可提高至 67%。

(2).出現多雲的規則：當濕度在 75~90%之間時，下午天氣以多雲居多，機率約 55%。

(3).出現陰天的規則：濕度 80%以上時，下午天氣以陰天為主，機率約 54%；當濕度 90%以上時，出現陰天的機率約 68%。



【結果】

若根據我們在埔里本地所測得的濕度來分析，結果如下：

(1).出現晴天的規則：濕度小於70%時，下午天氣以晴天為主，機率約41%；當濕度小於60%時，機率約59%。

(2).出現多雲的規則：當濕度在60~75%之間時，以多雲居多，機率約54%。

(3).出現陰天的規則：濕度75%以上時，下午天氣以陰天為主，機率約77%。

第二階段深入探討

(1).氣壓 906hPa 以上、且氣象站濕度小於 70%時，下午出現晴天的機率可提高至 83%。

(2).當氣壓在 906hPa 以上、且埔里濕度小於 60%時，下午出現晴天的機率可提高至 79%。

(3).當氣象站濕度在 75%~90%之間、且埔里濕度在 65%~75%之間時，下午出現多雲的機率可提高至 71%。

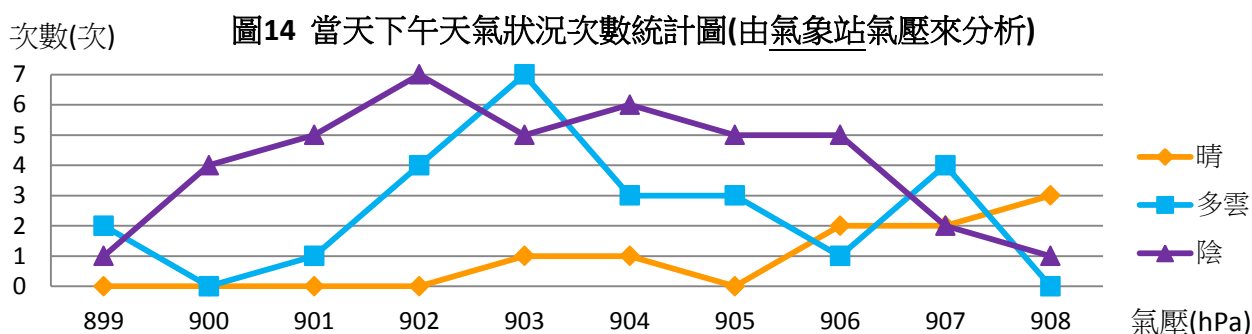
(4).當氣象站濕度 90%以上、且氣壓小於 906hPa 時，下午出現陰天的機率可提高至 80%。

(5).當埔里濕度 75%以上、且氣壓小於 904hPa 時，下午出現陰天的機率可提高至 88%。

(三).2014/2/1~2014/5/2(第三階段)

1.氣壓與當天下午天氣之探討

此處的氣壓是指日月潭氣象站的「測站氣壓」(當天 1 點~10 點氣壓的平均值)。

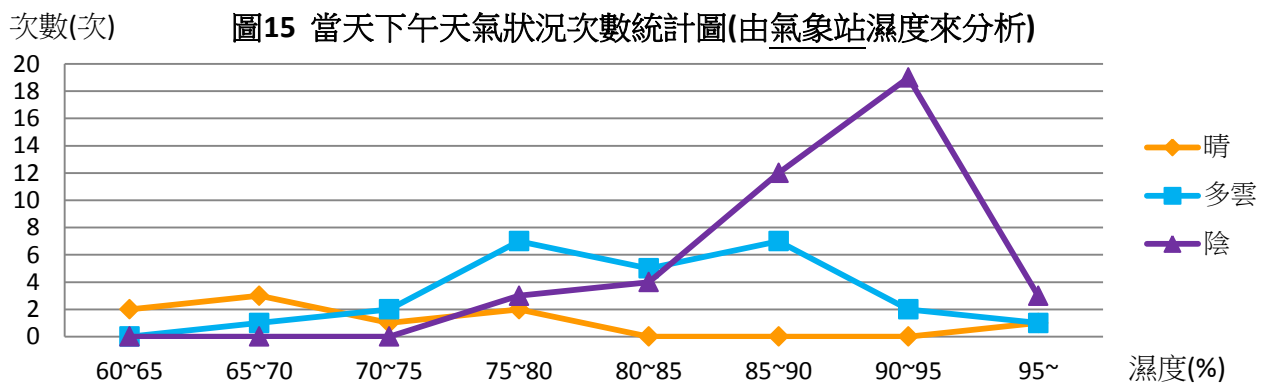


【結果】

- (1).此階段中，當天下午出現晴天、多雲、陰天的比例約為 1：2.8：4.6。
- (2).出現晴天的規則：氣壓小於 906hPa 時，下午出現晴天的機率接近 0；氣壓 907hPa 以上時，天氣以晴天為主，機率約 42%；氣壓達 908hPa 時，出現晴天的機率約 75%。
- (3).出現多雲的規則：無明顯規則。
- (4).出現陰天的規則：氣壓小於 907hPa 時，下午天氣以陰天為主，機率約 65%；氣壓小於 902 hPa 時，下午出現陰天的機率約 80%。

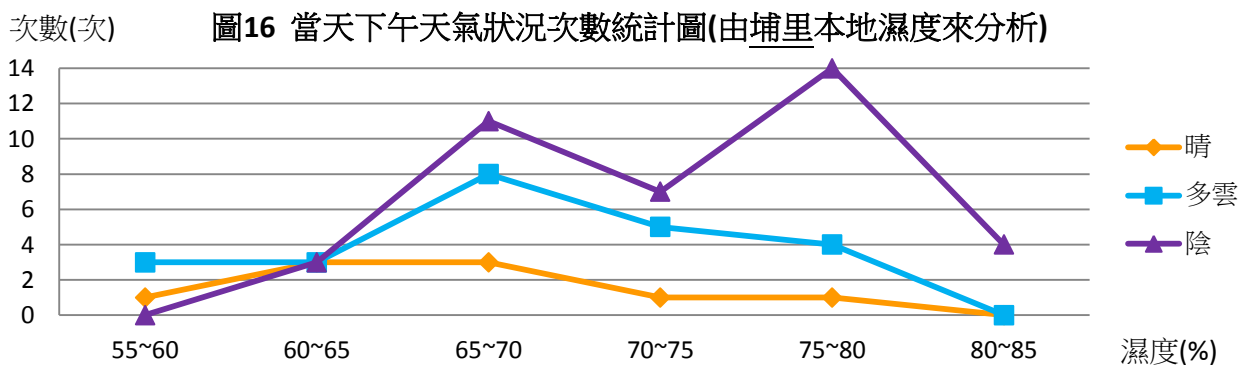
2.濕度與當天下午天氣之探討

圖 15 的濕度是指日月潭氣象站的「測站濕度」(當天 1 點~10 點濕度的平均值)；圖 16 的濕度則是我們在埔里本地所測到的濕度(當天 7 點~12 點濕度的平均值)。



【結果】

- (1).出現晴天的規則：濕度80%以上時，下午出現晴天的機率接近0；濕度小於80%時，下午天氣以晴天為主，機率約47%；濕度小於70%時，出現晴天的機率約83%。
- (2).出現多雲的規則：濕度小於65%時，下午出現多雲的機率為0。其餘無明顯規則。
- (3).出現陰天的規則：濕度小於75%時，下午出現陰天的機率為0；濕度80%以上時，下午天氣以陰天為主，機率約70%；尤其當濕度90%以上時，下午出現陰天的機率高達91%。



【結果】

若根據我們在埔里本地所測得的濕度來分析，結果如下：

- (1).出現晴天的規則：濕度小於65%時，下午天氣以晴天為主，機率為75%。濕度75%以上時，下午出現晴天的機率接近0。

- (2).出現多雲的規則：濕度 80%以上時，下午出現多雲的機率為 0。其餘規則不明顯。
- (3).出現陰天的規則：濕度 65%以上時，下午天氣以陰天為主，機率約 62%；濕度 75%以上時，下午出現陰天的機率約 81%；尤其，濕度 80%以上時，下午出現陰天的機率為 100%。

第三階段深入探討

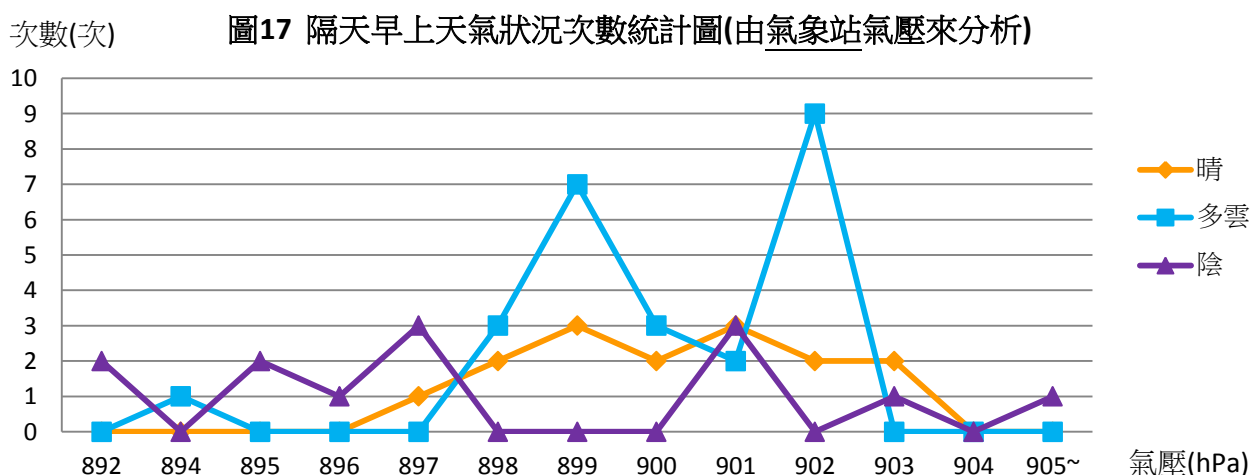
- (1).當氣壓 907hPa 以上、且氣象站濕度小於 70%時，下午出現晴天的機率為 100%。
- (2).當氣壓 904hPa 以上、且氣象站濕度小於 75%時，下午出現晴天的機率約 83%。
- (3).當氣壓 907hPa 以上、且氣象站濕度在 70%~90%之間時，下午出現多雲的機率約 80%。
- (4).當氣壓在 902~905hPa 之間、且氣象站濕度在 75%~85%之間時，下午出現多雲的機率約 80%。
- (5).當氣象站濕度 85%以上、且埔里濕度 75%以上時，下午出現陰天的機率約 86%。
- (6).氣壓小於 907hPa、且埔里濕度 65%以上時，當天下午出現陰天的機率約 78%。

五、隔天早上天氣預測之研究

關於隔天早上天氣的預測，和當天下午天氣預測一樣，我們也是分三階段來探討。然而在氣象站氣壓和濕度方面我們改取當天 7 點~21 點氣壓(氣象站濕度)的平均值，埔里濕度亦改取當天 7 點~18 點埔里本地濕度的平均值。

(一).2013/8/1~2013/10/13(第一階段)

1.氣壓與隔天早上天氣之探討



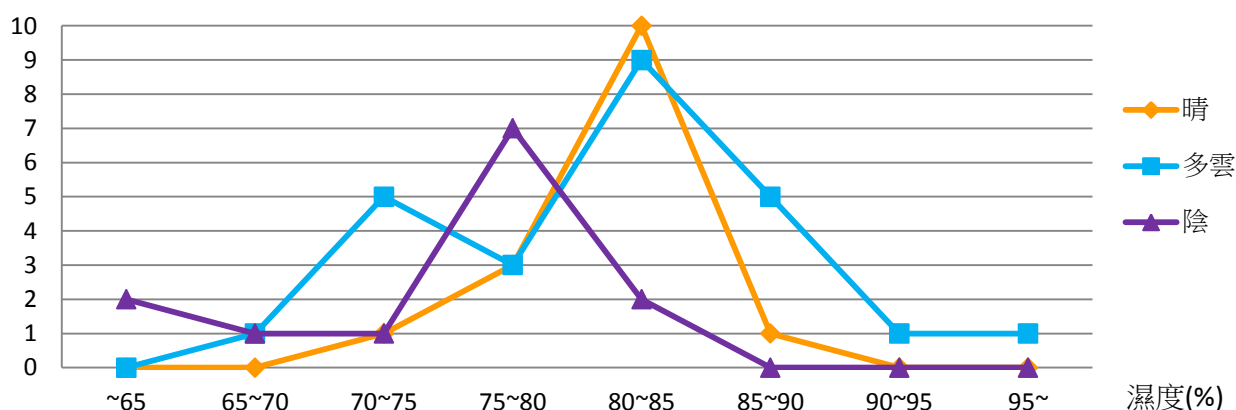
【結果】

- (1).此階段中，隔天早上出現晴天、多雲和陰天的比例約1.2：1.9：1。
- (2).出現晴天的規則：氣壓小於897hPa時，隔天早上出現晴天的機率為0。
- (3).出現多雲的規則：氣壓小於898hPa時，隔天早上出現多雲的機率接近0；氣壓898~902hPa之間時，隔天早上天氣以多雲為主，機率約62%。
- (4).出現陰天的規則：氣壓小於898hPa時，隔天早上天氣以陰天為主，機率約80%。

2.濕度與隔天早上天氣之探討

次數(次)

圖18 隔天早上天氣狀況次數統計圖(由氣象站濕度來分析)

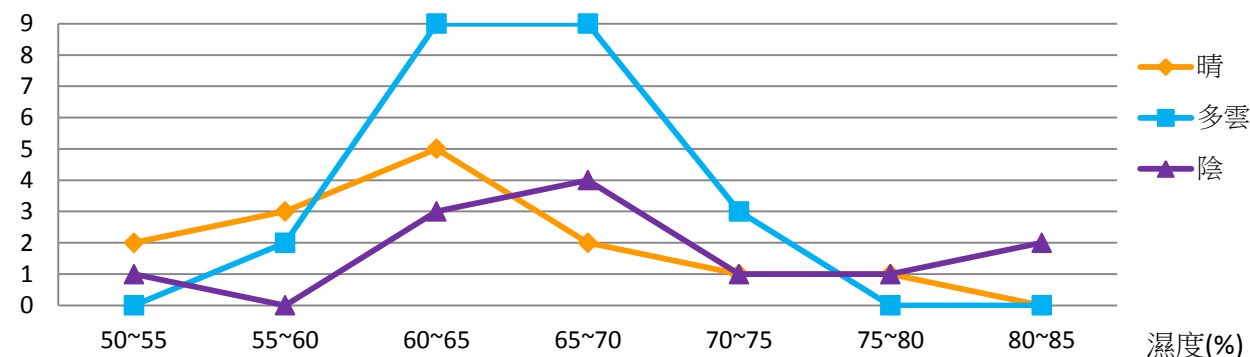


【結果】

- (1).出現晴天的規則：濕度85%以上時，隔天早上出現晴天的機率明顯減少；濕度90%以上時，隔天早上出現晴天的機率為0。
- (2).出現多雲的規則：濕度80%以上時，隔天早上天氣以多雲居多，機率約55%；當濕度85%以上時，出現多雲的機率約88%。而隔天早上出現多雲有兩個高峰值，分別是濕度在70~75%時，機率為71%，濕度在85~90%時，機率為83%。
- (3).出現陰天的規則：濕度85%以上時，隔天早上出現陰天的機率為0。

次數(次)

圖19 隔天早上天氣狀況次數統計圖(由埔里本地濕度來分析)



【結果】

若根據我們在埔里本地所測得的濕度來分析，結果如下：

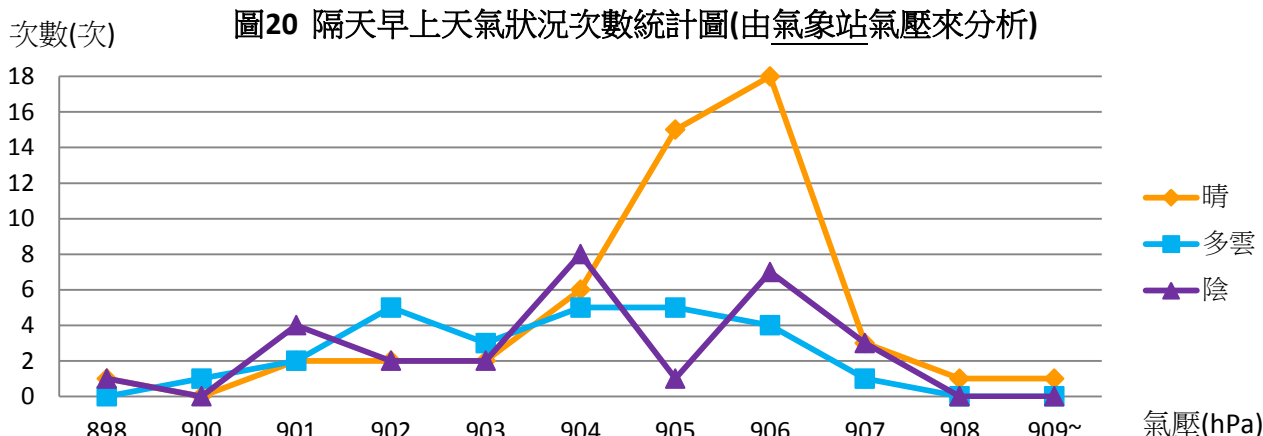
- (1).出現晴天的規則：濕度小於60%時，隔天早上天氣以晴天為主，機率約63%。
- (2).出現多雲的規則：當濕度在60~75%之間時，隔天早上天氣以多雲為主，機率約57%。
- (3).出現陰天的規則：濕度75%以上時，隔天早上天氣以陰天為主，機率約75%。

第一階段深入探討

- (1).當氣壓在 898hPa 以上、且埔里濕度小於 60%時，隔天早上出現晴天的機率約 71%。
- (2).當氣壓在 898~902hPa 之間、且埔里濕度在 60~75%之間時，隔早出現多雲的機率約 73%。

(二). 2013/10/14~2014/1/31(第二階段)

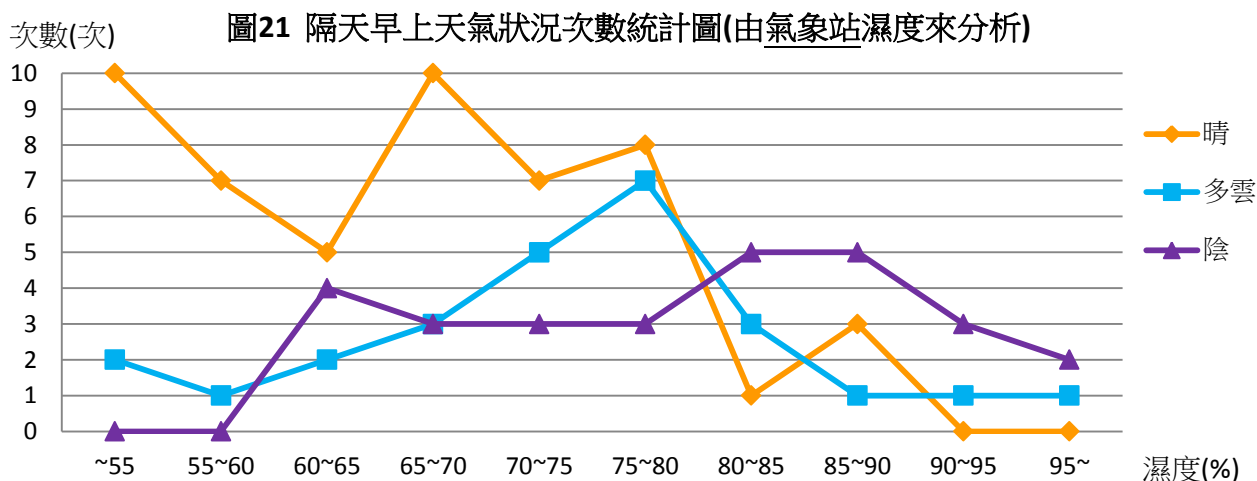
1.氣壓與隔天早上天氣之探討



【結果】

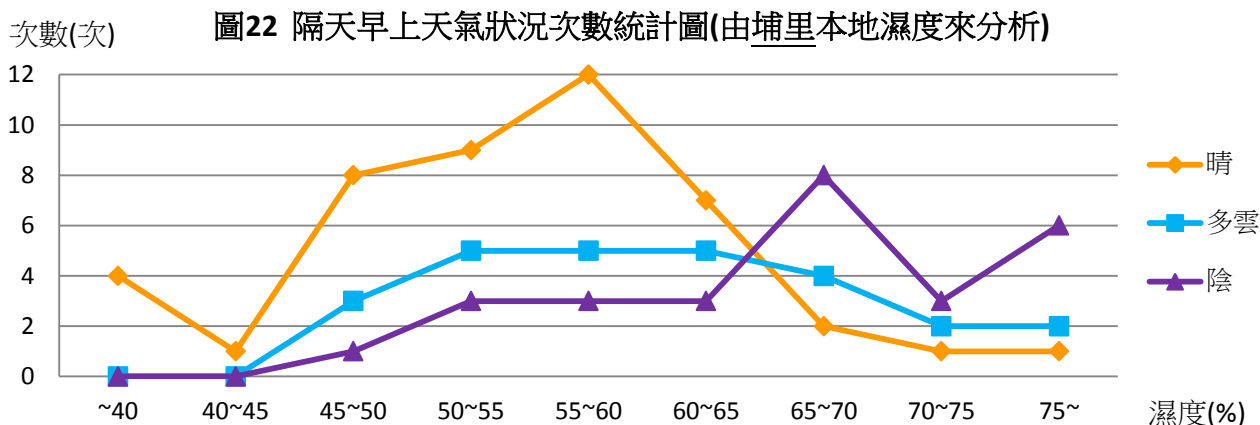
- (1).在此階段，隔天早上出現晴天、多雲和陰天的機率比約為2：1：1.1。
- (2).此階段中，氣壓低於900hPa的次數非常少。
- (3).出現晴天的判斷：當氣壓在905hPa以上時，隔天早上天氣以晴天居多，機率約為64%；氣壓剛好在905hPa時，是出現晴天的最高值，機率約71%。
- (4).出現多雲的判斷：氣壓在902~903hPa之間時，隔天早上天氣以多雲為主，機率約50%。氣壓在902hPa時，多雲有一個極大值，機率約56%。
- (5).出現陰天的判斷：當氣壓小於902hPa時，隔天早上出現陰天的機率較大，約45%。氣壓在901hPa時，陰天有一個極大值，機率約50%。

2.濕度與隔天早上天氣之探討



【結果】

- (1).出現晴天的判斷：濕度小於90%時，隔天早上天氣以晴天為主，機率約52%；濕度小於65%時，機率約71%；濕度小於60%時，機率約為85%。出現晴天的極大值落在濕度55~60%之間，機率為88%。
- (2).出現多雲的判斷：無明顯規則。
- (3).出現陰天的判斷：濕度80%以上，隔天早上天氣以陰天居多，機率約60%；濕度90%以上時，機率約71%；濕度出現陰天的極大值落在90~95%之間，機率為75%。



【結果】

若根據我們在埔里本地所測得的濕度來分析，結果如下：

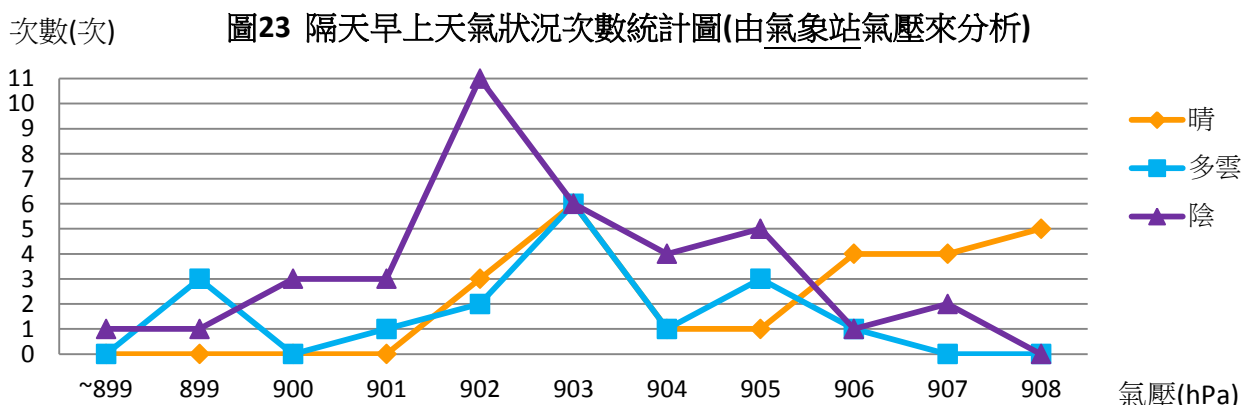
- (1).出現晴天的判斷：濕度小於65%時，隔天早上天氣以晴天為主，機率約59%；隨著濕度愈低，出現晴天的機率愈高；濕度小於50%時，出現晴天的機率約76%；濕度小於45%時，出現晴天的機率為100%。
- (2).出現多雲的判斷：濕度小於45%時，隔天早上出現多雲的機率為0。
- (3).出現陰天的判斷：濕度65%以上時，隔天早上天氣以陰天為主，機率約59%；濕度75%以上時，機率可提高至67%；濕度小於45%時，出現陰天的機率為0。

第二階段深入探討

- (1).當氣壓 905hPa 以上、且埔里濕度小於 50%時，隔天早上出現晴天的機率可提高至 91%。
- (2).當氣壓小於 902hPa、且埔里濕度 65%以上時，隔天早上出現陰天的機率可提高至 83%。
- (3).當氣象站濕度 80%以上、且埔里濕度 65%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 72%。

(三). 2014/2/1~2014/5/2(第三階段)

1.氣壓與隔天早上天氣之探討



【結果】

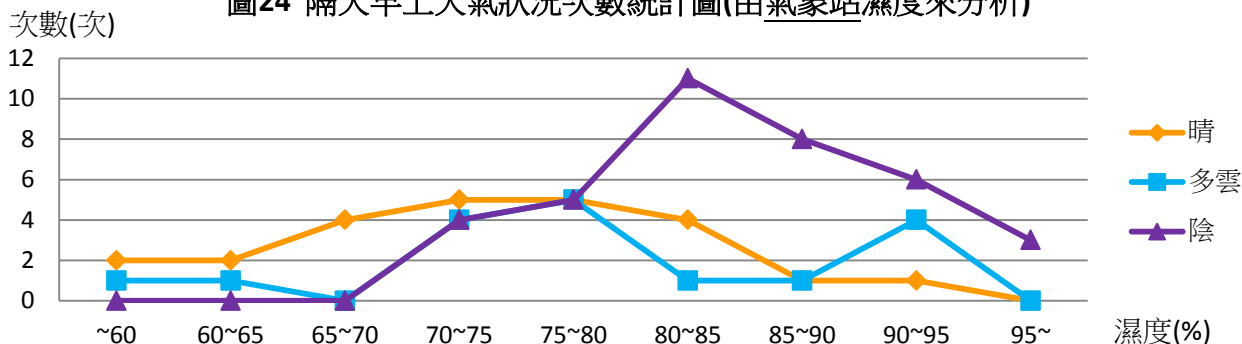
- (1).此階段中，隔天早上出現晴天、多雲和陰天的機率比約為1.4：1：2.2。
- (2).出現晴天的規則：氣壓903hPa以上時，隔天早上天氣以晴天為主，機率約44%；氣壓906hPa以上時，出現晴天的機率為76%。氣壓小於903hPa時，出現晴天的機率為0。

(3).出現多雲的規則：氣壓小於 900hPa 時，隔天早上天氣以多雲為主，機率約 60%。氣壓 907hPa 以上時，隔天早上出現多雲的機率為 0。

(4).出現陰天的規則：氣壓小於 906hPa 時，隔天早上天氣以陰天居多，機率約 61%；氣壓小於 903hPa 時，機率約 75%。

2.濕度與隔天早上天氣之探討

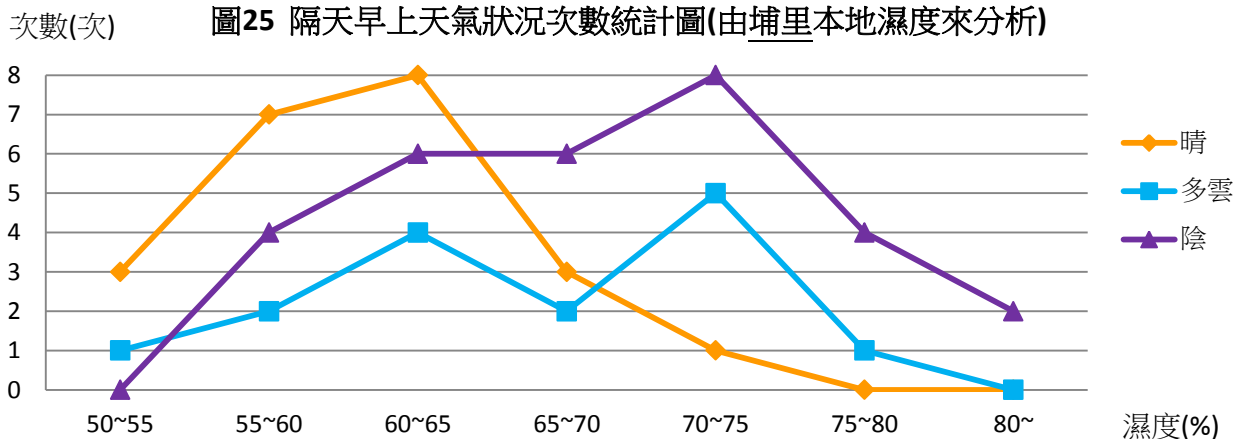
圖24 隔天早上天氣狀況次數統計圖(由氣象站濕度來分析)



【結果】

- (1).出現晴天的規則：濕度小於90%時，隔天早上天氣以晴天為主，機率約40%；濕度小於70%時，出現晴天的機率為71%；濕度90%以上時，出現晴天的機率為0。
- (2).出現多雲的規則：無明顯規則。
- (3).出現陰天的規則：當濕度80%以上時，隔天早上天氣以陰天居多，機率約73%；當濕度小於70%時，出現陰天的機率為0。

圖25 隔天早上天氣狀況次數統計圖(由埔里本地濕度來分析)



【結果】

若根據我們在埔里本地所測得的濕度來分析，結果如下：

- (1).出現晴天的規則：濕度小於75%時，隔天早上天氣以晴天為主，機率約39%；濕度小於65%時，出現晴天的機率約67%；濕度75%以上時，出現晴天的機率為0。
- (2).出現多雲的規則：濕度小於60%或75%以上時，隔天早上出現多雲的機率很低。
- (3).出現陰天的規則：濕度65%以上時，隔天早上天氣以陰天居多，機率約63%；濕度75%以上時，機率約86%。

第三階段深入探討

- (1).氣壓 906hPa 以上、且氣象站濕度小於 85%時，隔天早上出現晴天的機率約 93%。
- (2).氣壓 902hPa 以上、且氣象站濕度小於 70%時，隔天早上出現晴天的機率約 89%。
- (3).氣壓小於 903hPa、且氣象站濕度 70%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 77%。
- (4).氣壓小於 906hPa、且氣象站濕度 80%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 76%。

陸、結論

底下我們依照五個研究目的，依序呈現我們的結論。不過，在最後我們也將第一年段和第二年段天氣預測的結果，再做個分析比較。

一、卷雲與天氣預測之探討

- 1.出現卷雲時，不管 3 或 6 小時後，雲量大多會增加，但是以 6 小時後較明顯。
- 2.卷雲 AL 法則：若一個象限的橫幅長度以 L_0 代表，當卷雲出現時，雲量(A) ≥ 1 、且長度(L) $\geq L_0$ 時，6 小時後雲量會增加很多(雲量增加 3 以上的機率約 93%，雲量增加 4 以上的機率約 81%)。
- 3.當卷雲出現時，若符合 AL 法則、且有濃積雲發展，則 6 小時後幾乎都會下雨，機率約 83%。

二、卷積雲與天氣預測之探討

- 1.出現卷積雲時，不管 3 或 6 小時後，雲量大多會增加，但是以 6 小時後較明顯。
- 2.卷積雲雲量若在 0.1~0.5 之間，總雲量 6 小時後會增加至多雲，機率約 78%。
- 3.卷積雲雲量若在 0.5 以上，總雲量 6 小時後會增加至陰天，機率約 67%。

三、冷鋒與天氣變化之探討

- 1.我們發現有三個方法可以預測冷鋒鋒面的到來：(1).若先出現高雲族，24 小時內再出現大量高積雲(雲量大於 4)，則接下來一天之內幾乎都會有鋒面來到臺灣；(2).若連續二天都出現大量的卷層雲(雲量大於 4)，則接下來一天之內幾乎都會有鋒面來到臺灣；(3).若連續二天以上有大量的層狀高積雲(雲量大於 4)出現，等到高積

雲雲量驟減時，接著一天之內鋒面非常可能來到臺灣，機率約 83%。

- 2.我們發現冷鋒來臨前幾天(5 天之內)層狀高積雲出現的次數和冷鋒來臨前後的溫度差，似乎有密切的相關性：我們後來利用統計分析(Pearson 積差相關法)，得知層狀高積雲出現的次數和冷鋒來臨前後的溫度差有高度的負相關，相關係數 $r = -0.75$ 。

四、當天下午天氣預測之研究

我們曾經嘗試過許多方法來預測埔里地區的短期天氣，例如氣溫、風向、埔里氣壓、氣象資料圖形分析、連續性雲系變化等等，結果都沒有想像中的理想(有些問題來自器材本身)。不過，幸運的是，我們終於發現從「氣象站氣壓」、「氣象站濕度」和「埔里濕度」下手，可以對埔里天氣做有效的預測。

(一).第一階段(2013/8/1~2013/10/13)

本階段我們研究的結論如下表所示：

初步分析	因為此階段中出現晴天的機率為 0，所以只要能判斷出多雲和陰天，即可預測天氣。其次，因為 <u>氣象站</u> 濕度對於天氣預測出現反常現象，所以只採用 <u>氣象站</u> 氣壓和 <u>埔里</u> 濕度。
進階探討	在判別多雲和陰天方面，因為陰天比較好判斷，所以我們從陰天下手。以下有幾個規則對於預測陰天的成效非常顯著：(1).氣壓小於 898hPa 時，下午出現陰天的機率約 88%；(2). <u>埔里</u> 濕度 70%以上時，下午出現陰天的機率約 92%；(3).當氣壓小於 903hPa、且 <u>埔里</u> 濕度在 70%以上時，下午出現陰天的機率可提高至 100%。

(二).第二階段(2013/10/14~2014/1/31)

本階段我們研究的結論如下表所示：

初步分析	在此階段中，以 <u>埔里</u> 濕度預測天氣的效果最好，所以我們先從此下手。其基本規則如下：(1).濕度 75%以上時，下午天氣以陰天為主；(2).濕度在 60%~75%之間時，天氣以多雲為主；(3).濕度小於 60%時，天氣以晴天為主。
進階探討	以下有幾個規則對於預測天氣的成效非常顯著：(1).當氣壓在 906hPa 以上、且 <u>氣象站</u> 濕度小於 70%時，下午出現晴天的機率約 83%；(2).當氣壓在 906hPa 以上、且 <u>埔里</u> 濕度小於 60%時，下午出現晴天的機率約 79%；(3).當 <u>氣象站</u> 濕度在 75%~90%時之間、且 <u>埔里</u> 濕度在 65%~75%之間時，下午出現多雲的機率約 71%；(4).當 <u>氣象站</u> 濕度 90%以上、且氣壓小於 906hPa 時，下午出現陰天的機率約 80%；(5).當 <u>埔里</u> 濕度 75%以上、且氣壓小於 904hPa 時，下午出現陰天的機率約 88%。

雲系探討	在第一階段和第二階段這期間，早上常有濃積雲發展，我們發現濃積雲發展的情況和下午天氣變化有一定的相關性： (1).若濃積雲在 12 點以前尚未發展至天頂，且濃積雲只在一或二個象限發展，下午平均雲量會小於 2.5，機率約 71%。 (2).若濃積雲在 12 點以前已發展至天頂，下午平均雲量會大於 4(以多雲居多，其次是陰天)，機率約 94%。 註：若濃積雲在 12 點以前已發展至天頂，但是只在一或二個象限發展時，下午雲量通常會有較大的變化(雲量增加 3 以上)，機率為 100%。
------	--

(三).第三階段(2014/2/1~2014/5/2)

本階段我們研究的結論如下表所示：

初步分析	在此階段中，以 <u>氣象站</u> 濕度預測天氣的效果最好，所以我們先從此下手。其基本規則如下：(1).濕度 85%以上時，下午天氣以陰天為主；(2).濕度在 75%~85%之間時，下午天氣以多雲為主；(3).濕度小於 75%時，下午天氣以晴天為主。
進階探討	以下有幾個規則對於天氣預測的成效非常顯著：(1).當氣壓在 907hPa 以上、且<u>氣象站</u>濕度小於 70%時，當天下午出現晴天的機率為 100%；(2).當氣壓在 904hPa 以上、且<u>氣象站</u>濕度小於 75%時，當天下午出現晴天的機率約 83%；(3).當氣壓在 907hPa 以上、且<u>氣象站</u>濕度在 70~90%之間時，當天下午出現多雲的機率約 80%；(4).當氣壓在 902~905hPa 之間、且<u>氣象站</u>濕度在 75~85%之間時，當天下午出現多雲的機率約 80%；(5).當<u>氣象站</u>濕度在 85%以上、且<u>埔里</u>濕度 75%以上時，當天下午出現陰天的機率約 86%；(6).當氣壓小於 907hPa、且<u>埔里</u>濕度 65%以上時，當天下午出現陰天的機率約 78%。

五、隔天早上天氣預測之研究

(一).第一階段(2013/8/1~2013/10/13)

本階段我們研究的結論如下表所示：

初步分析	在此階段中，以 <u>埔里</u> 濕度預測天氣的效果最好，所以我們先從此下手。其基本規則如下：(1).濕度 75%以上時，隔天早上天氣以陰天為主；(2).濕度 60%~75%之間時，隔天早上天氣以多雲為主；(3).濕度小於 60%時，隔天早上天氣以晴天為主。
進階探討	以下有幾個規則對於預測天氣的成效非常顯著：(1).當氣壓在 898hPa 以上、且<u>埔里</u>濕度小於 60%時，隔天早上出現晴天的機率約 71%；(2).當氣壓在 898~902 hPa 之間、且<u>埔里</u>濕度在 60~75%之間時，隔天早上出現多雲的機率約 73%。

(二).第二階段(2013/10/14~2014/1/31)

本階段我們研究的結論如下表所示：

初步分析	在此階段中， <u>氣象站</u> 濕度和 <u>埔里</u> 濕度預測天氣的效果都不錯，所以我們同時從這二個向度下手。 <u>氣象站</u> 濕度的基本規則如下：(1).濕度 80%以上時，隔天早上天氣以陰天為主；(2).濕度小於 80%時，隔天早上天氣以晴天為主。 <u>埔里</u> 濕度的規則如下：(1).濕度 65%以上時，隔天早上天氣以陰天為主；(2).濕度小於 65%時，隔天早上天氣以晴天為主。
進階探討	以下有幾個規則對於預測天氣的成效非常顯著：(1).當氣壓 905hPa 以上、且 <u>埔里</u> 濕度小於 50%時，隔天早上出現晴天的機率約 91%；(2).當 <u>氣象站</u> 濕度小於 60%時，隔天早上出現晴天的機率約 85%；(3).當 <u>埔里</u> 濕度小於 50%時，隔天早上出現晴天的機率約 76%；(4).當氣壓小於 902hPa、且 <u>埔里</u> 濕度 65%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 83%；(5).當 <u>氣象站</u> 濕度 80%以上、且 <u>埔里</u> 濕度 65%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 72%。

(三).第三階段(2014/2/1~2014/5/2)

本階段我們研究的結論如下表所示：

初步分析	在此階段中，以 <u>氣象站</u> 氣壓對天氣預測的效果最好，所以我們先從此下手。其基本規則如下：(1).氣壓 906hPa 以上時，隔天早上天氣以晴天為主；(2).氣壓小於 906hPa 時，隔天早上天氣以陰天為主。
進階探討	以下有幾個規則對於天氣預測的成效非常顯著：(1).當氣壓在 906hPa 以上、且 <u>氣象站</u> 濕度小於 85%時，隔天早上出現晴天的機率約 93%；(2).當氣壓在 902hPa 以上、且 <u>氣象站</u> 濕度小於 70%時，隔天早上出現晴天的機率約 89%；(3).當 <u>埔里</u> 濕度在 75%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 86%；(4).當氣壓小於 903hPa、且 <u>氣象站</u> 濕度 70%以上時，隔天早上出現陰天的機率約 77%。

六、第一年段和第二年段天氣預測結果之分析比較

關於第一年段的研究結果請參閱附錄。有一點要先說明的，我們的天氣紀錄起始於 101 年 11 月 5 日，所以第一年段無第一階段的天氣預測結果。兩個年段天氣預測結果的分析比較如下：

(一).當天下午天氣的預測

關於兩個年段當天下午天氣的預測，我們分析比較的結果如下表所示：

比較 階段	分 析 比 較
第二階段	1.晴天的預測：(1).氣壓小於 903hPa 時，兩個年段出現晴天的機率均接近 0；(2).<u>氣象站</u>濕度小於 75%時，兩個年段下午的天氣均以晴天居多，且出現機率兩個年段相差不大；(3).<u>埔里</u>濕度小於 60%時，兩個年段下午的天氣均以晴天居多，且出現機率兩個年段大致相同。 2.多雲的預測：(1).氣壓 908hPa 以上時，兩個年段出現多雲的機率都非常低；(2).<u>氣象站</u>濕度方面，兩個年段的規則不大一致；(3).<u>埔里</u>濕度 80%以上時，兩個年段下午出現多雲的機率均為 0。 3.陰天的預測：(1).氣壓小於 902hPa 時，兩個年段下午均以陰天居多；(2).<u>氣象站</u>濕度 80%以上時，兩個年段下午均以陰天居多；(3).<u>埔里</u>濕度 75%以上時，兩個年段下午出現陰天的機率都非常高；尤其，濕度 80%以上時，出現陰天的機率都是 100%。<u>埔里</u>濕度小於 55%時，兩個年段下午出現陰天的機率均為 0。
第三階段	1.晴天的預測：(1).氣壓方面，兩個年段規則不太相同；(2).<u>氣象站</u>濕度小於 80%時，兩個年段下午均以晴天為主；(3).<u>埔里</u>濕度小於 65%時，兩個年段下午均以晴天為主；<u>埔里</u>濕度 75%以上時，兩個年段下午出現晴天的機率均為 0。 2.多雲的預測：(1).氣壓方面，兩個年段均無明顯規則；(2).<u>氣象站</u>濕度方面，兩個年段均無明顯規則；(3).<u>埔里</u>濕度 80%以上時，兩個年段下午出現多雲的機率均為 0。 3.陰天的預測：(1).氣壓小於 904hPa 時，兩個年段下午均以陰天為主，且機率值很接近；(2).<u>氣象站</u>濕度小於 70%時，兩個年段出現陰天的機率均為 0；(3).<u>埔里</u>濕度方面，兩個年段規則不太相同。

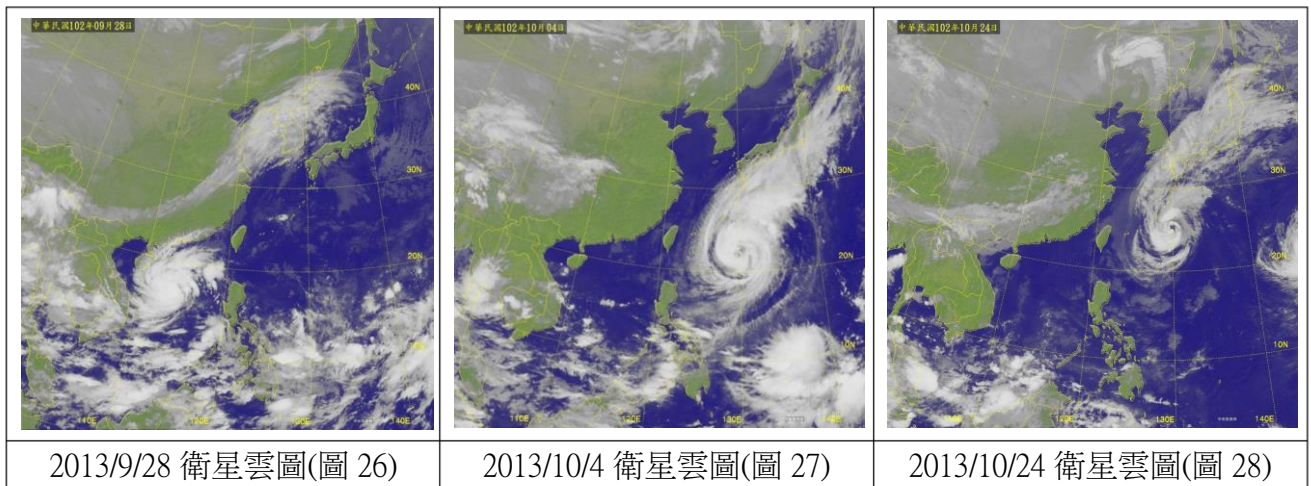
(二).隔天早上天氣的預測

關於兩個年段隔天早上天氣的預測，我們分析比較的結果如下表所示：

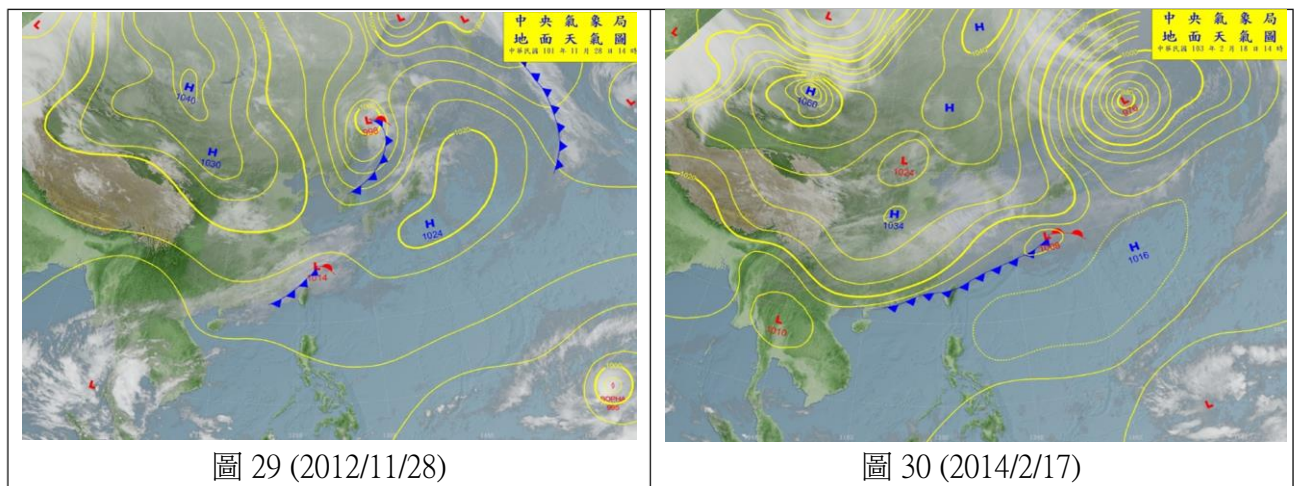
比較 階段	分 析 比 較
第二階段	1.晴天的預測：(1).氣壓 905hPa 以上時，兩個年段隔天早上天氣均以晴天居多；(2).<u>氣象站</u>濕度小於 90%時，兩個年段隔天早上天氣均以晴天居多，且機率值很接近；(3).<u>埔里</u>濕度小於 65%時，兩個年段隔天早上天氣均以晴天居多，且隨著濕度愈低出現晴天的機率也愈高。 2.多雲的預測：兩年段的規則不大一致。 3.陰天的預測：(1).氣壓小於 905hPa 時，兩個年段隔天早上天氣均以陰天為主；氣壓 908hPa 以上時，兩個年段隔天早上出現陰天的機率都非常低；(2).<u>氣象站</u>濕度 80%以上時，兩個年段隔天早上天氣均以陰天為主，且機率相差不大；(3).<u>埔里</u>濕度 65%以上時，兩個年段隔天早上天氣均以陰天為主；<u>埔里</u>濕度小於 50%時，兩個年段隔天早上出現陰天的機率都非常低。
第三階段	1.晴天的預測：(1).氣壓 904hPa 以上時，兩個年段隔天早上均以晴天居多，且機率值很接近；(2).<u>氣象站</u>濕度小於 85%時，兩個年段均以晴天居多；(3).<u>埔里</u>濕度小於 70%時，兩個年段均以晴天居多，且機率值很接近。 2.多雲的預測：(1).氣壓方面，兩個年段均無明顯規則；(2).<u>氣象站</u>濕度方面，兩個年段規則不太相同；(3).<u>埔里</u>濕度方面，兩個年段規則不太相同。 3.陰天的預測：(1).氣壓小於 906hPa 時，兩個年段均以陰天為主；(2).<u>氣象站</u>濕度 75%以上時，兩個年段均以陰天為主，且機率值很接近；(3).<u>埔里</u>濕度 60%以上時，兩個年段均以陰天居多，且機率相差不大。

柒、討論與未來展望

- 1.我們發現當颱風靠近臺灣時，有時會造成反常的天氣現象：例如 2013/9/28(圖 26)、2013/10/4(圖 27)和 2013/10/24(圖 28)這三次颱風，照我們的預測，隔天早上應該是以出現多雲為主，但結果都是晴天；經由反覆地探討之後，我們認為 9/28 和 10/24 這二天是水氣被颱風帶走，10/4 這一天則是颱風外圍的下沉氣流所造成的。



- 2.照道理冷鋒鋒面通過後溫度應該會下降，可是我們發現有五次冷鋒過境後溫度卻上升？我們的解釋如下：(1).低氣壓中心太靠近臺灣且鋒線很短：例如 2012/11/28(圖 29)、2012/12/2、2013/3/4 和 2014/3/8 這四次。雖然 2013/12/16 這一次冷鋒，低氣壓中心也很靠近臺灣，但溫度卻下降，原因是後面有一強烈冷氣團。(2).鋒面前一、二天之內有強烈冷氣團通過，例如 2014/2/17 這一次冷鋒(圖 30)。



- 3.在第一階段中，關於預測當天下午的天氣，若根據氣象站的資料，有一些不太合理的地方：①濕度 85%以上時，下午多雲出現的機率大於陰天；②濕度小於 85%時，下午陰天出現的機率大於多雲。

我們的解釋：①濕度 85%以上時，多雲有 11 次、陰天有 8 次；可是我們發現出現多雲的 11 次當中，有 7 次埔里濕度小於 65%；若由埔里濕度來看這幾天本來出現多雲的機率就會大於陰天。②濕度小於 85%時，多雲有 10 次、陰天有 19 次；可是我們發

現陰天的 19 次當中，氣壓 897hPa 以下的有 5 次，埔里濕度 70%以上的有 8 次，照我們的分析，這幾天原本就會以陰天為主。

- 4.在第一階段中，關於預測隔天早上的天氣，由氣象站的濕度資料所分析出來的結果，有一些地方不太合理：①濕度低時(70%以下)，沒有出現晴天，反而出現多雲和陰天；②濕度高時(85%以上)，沒有出現陰天，反而出現晴天和多雲。

我們的解釋：①氣象站濕度 70%以下的這幾次，氣壓都在 899hPa 以下；而在氣壓分析中，氣壓 899hPa 以下時出現晴天的機率僅有 25%。②氣象站濕度 85%以上的這幾次，埔里濕度大多在 60%~70%之間，以埔里濕度的分析來說，天氣是以多雲為主。

- 5.照理說，冷鋒來臨時，通常會產生鋒面逆溫；所以，此時若出現層狀高積雲是比較可以理解的(逆溫層通常是產生層狀高積雲的主要條件)。可是，我們發現有非常多次的冷鋒，在鋒面來臨前幾天就出現了層狀高積雲，而且其中有些還連續出現好幾天！這表示冷鋒來臨前，2000~6000m 之間的高空形成了逆溫層。那到底是什麼機制形成這樣的逆溫層？我們目前並沒有很好的解釋或找到相關的文獻資料。這問題可以留待以後再探究。

捌、參考資料

1.中央氣象局

<http://www.cwb.gov.tw/>

2.香港天文台

<http://www.met.org.hk/>

- 3.游丕若(2002)。雲的奧秘—圖鑑篇。新北市：人人出版有限公司。
- 4.游丕若(2002)。雲的奧秘—臺灣篇。新北市：人人出版有限公司。
- 5.游丕若(2003)。雲—天空裡的名字。新北市：人人出版有限公司。
- 6.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。
- 7.黃郁婷譯(2011)。雲圖鑑。臺中市：晨星出版有限公司。
- 8.王寶貫(1997)。雲物理學。臺北市：渤海堂文化事業有限公司。
- 9.任立渝(2001)。透視氣象—了解天氣的入門書。臺北市：如田傳播有限公司。
- 10.劉昭民(2001)。台灣的氣象與氣候。臺北市：常民文化事業有限公司。
- 11.劉廣英(2013)。風起雲湧—氣象與作戰。臺北市：黎明文化事業有限公司。
- 12.呂建穎(2013)。利用光達衛星 CALIPSO 研究高空卷雲分佈。國立中央大學物理學系生物物理碩士班碩士論文。
- 13.盧孟明(2010)。洞燭機先—從天氣到短期氣候預測。科學發展月刊，450，56-65。

玖、附錄

《附錄一》

關於第一年段天氣預測資料分析，如下所示：

一、當天下午天氣的預測

(一).第二階段(2012/11/8~2013/1/31)

當天下午天氣狀況次數統計表(由氣象站氣壓來分析)

	901	902	903	904	905	906	907	908
晴(22)	0	1	0	4	5	2	4	6
多雲(20)	0	2	1	4	3	4	6	0
陰(42)	1	4	9	14	8	5	1	0

當天下午天氣狀況次數統計表(由氣象站濕度來分析)

	~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~95	95~
晴(22)	2	0	3	6	5	4	2	0
多雲(20)	0	3	1	5	2	2	4	3
陰(42)	0	0	0	3	4	10	11	14

當天下午天氣狀況次數統計表(由埔里濕度來分析)

	~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~
晴(20)	5	4	2	7	2	0	0	0
多雲(20)	1	0	7	6	2	4	0	0
陰(37)	0	0	0	5	14	5	10	3

(二).第三階段(2013/2/1~2013/5/2)

當天下午天氣狀況次數統計表(由氣象站氣壓來分析)

	~900	900	901	902	903	904	905	906	907	908
晴(20)	0	1	0	1	3	4	3	3	4	1
多雲(26)	0	0	2	2	7	2	3	4	2	4
陰(35)	6	2	4	6	3	5	4	2	3	0

當天下午天氣狀況次數統計表(由氣象站濕度來分析)

	~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~95	95~
晴(20)	2	0	1	0	4	4	6	2	1
多雲(26)	0	1	1	0	2	4	7	10	1
陰(35)	0	0	0	1	2	5	4	9	14

當天下午天氣狀況次數統計表(由埔里濕度來分析)

	~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
晴(20)	2		1	9	4	4	0	0	0
多雲(25)	0		2	4	7	7	3	1	1
陰(29)	0		0	3	5	7	7	4	3

註：此階段中，我們在埔里從沒測到過 45~50%這區段的溼度。

二、隔天早上天氣的預測

(一).第二階段(2012/11/8~2013/1/31)

隔天早上天氣狀況次數統計表(由氣象站氣壓來分析)

	~902	902	903	904	905	906	907	908	909
晴(29)	1	0	5	6	5	4	4	2	2
多雲(18)	0	1	1	6	3	3	3	1	0
陰(37)	0	4	14	9	5	2	2	1	0

隔天早上天氣狀況次數統計表(由氣象站濕度來分析)

	~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~95	95~
晴(29)	1	4	3	6	4	1	5	2	3
多雲(18)	0	0	1	3	3	5	2	4	0
陰(37)	0	0	1	2	5	8	5	7	9

隔天早上天氣狀況次數統計表(由埔里濕度來分析)

	~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~
晴(27)	1	2	6	6	4	5	1	2
多雲(15)	0	0	1	2	6	3	2	1
陰(36)	0	0	1	5	5	7	9	8

(二).第三階段(2013/2/1~2013/5/2)

隔天早上天氣狀況次數統計表(由氣象站氣壓來分析)

	~900	900	901	902	903	904	905	906	907	908~
晴(27)	0	0	2	0	5	4	5	4	6	1
多雲(18)	0	0	3	2	2	6	0	1	4	0
陰(38)	5	3	4	10	5	3	2	3	1	2

隔天早上天氣狀況次數統計表(由氣象站濕度來分析)

	~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90	90~95	95~
晴(27)	2	2	0	9	6	6	0	1	1
多雲(18)	0	3	2	2	3	3	5	0	0
陰(38)	1	0	2	1	3	8	8	6	9

隔天早上天氣狀況次數統計表(由埔里濕度來分析)

	~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
晴(26)	3	3	10	5	4	0	1	0
多雲(17)	0	1	3	6	4	1	1	1
陰(33)	0	3	2	5	8	11	2	2

《附錄二》

卷雲出現時天空中的總雲量

日期 代碼	1		2	3	4	5	6	7		8	9	10	
日期	2012/11/13		11/15	11/16	11/19	11/25	12/17	2013/1/4		1/21	1/22	1/31	
出現時 總雲量	4.1		5.8	3.1	6.4	4.6	2.1	5.5		5.2	3.8	0.9	
日期 代碼	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
日期	2/2	2/3	2/4	2/11	2/24	2/25	2/28	3/13	3/20	3/22	3/23	3/27	3/29
出現時 總雲量	7.5	6.6	7.1	5.4	3.4		4.6	1.5	2.8	1.7	2.0	5.0	5.7
日期 代碼	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
日期	5/5	5/10	5/14	5/26	5/27	5/30	5/31	6/2	6/3	6/6	6/7	6/11	6/16
出現時 總雲量	3.3	5.8	2.9	2.1	4.2	6.1	0.4	<2	0.7	6.0	6.4	5.6	7
日期 代碼	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
日期	7/1	7/2	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/14	7/15	9/30	10/4	10/31	11/1
出現時 總雲量	4.1	3.1	3.8	2.3		6.3	2.5	6.8	2.6	6.9	5.0	4.8	2.4
日期 代碼	50	51		52	53	54	55	56	57	58	59	60	
日期	12/16	2014/2/22		3/28	5/11	5/12	5/17	5/18	6/1	6/2	6/7	6/9	
出現時 總雲量	4.1	0.4		0.9	5.0	5.0	3.8	5~6	1.9	4~5	6.5	2.3	

【評語】 030501

優點：

能觀測與分析當地的氣象參數，且歸納出一些初步結果，具實用價值。 研究日誌清楚完整。

缺點：

僅初步歸納氣候參數數據結果，未探討數據呈現的結果與天氣變化的物理關係。

建議改進事項：

本研究分析日月潭測站地面氣壓資料，因測站海拔高，地面氣壓和海平面氣壓有很大的差異，建議採用海平面氣壓資料。