

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 地球科學科

最佳(鄉土)教材獎

030503

埔里『鋒』『雲』--雲與埔里在地天氣之相關探討

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者： 國一 李冠儀 國一 尤亭云 國一 黃昂婕	指導老師： 蔡永巳
---	------------------

關鍵詞：埔里、冷鋒、雲

摘要

我們這次的研究是針對埔里在地的天氣，以「雲」當主要媒介(當然它同時也是主角)，做較長時間的觀察。在此略述我們這次研究的成果：(1).我們利用二種模式來分析冷鋒與天氣變化的關係，發現不論在溫度、濕度、氣壓、風向和雲系變化方面大都有一定的規則可尋。(2).我們選取卷雲、卷積雲、高積雲、層積雲和巨塊積雲等五種雲類，觀察其出現時與天氣變化的關係；其次，為了能夠預測天氣，我們也對該雲類出現後 3 小時、6 小時和隔天早上的天氣，做進一步的分析探討。(3).我們把實際觀察的數據和中央氣象局鄉鎮天氣預報資料做個比較研究，發現：中央氣象局溫度預報的誤差率約為 10%，溼度預報的誤差率約為-15%，而天氣狀況預報的誤差率約為 31%。

壹、研究動機

自古以來，不論在中國或西方國家，「雲」都是天氣觀測不可或缺的要角。曾幾何時，隨著科技的進步，加上人們過度依賴氣象單位的天氣報導，使得大家逐漸喪失了這種「感知」天氣的能力。近年來中央氣象局基於體貼民意，讓人們對自己本地的天氣更能掌握，推出了鄉鎮天氣預報。但是根據我們在埔里本地的觀測，發現氣象局的預報誤差相當大。基於以上兩個原因，加上我們幾個伙伴都對於「雲」相當有興趣，所以我們就想要來探討埔里的雲和埔里本地的天氣之關係。

貳、研究目的

- 一、探討冷鋒來臨前一天及當日之天氣變化
- 二、探討雲與天氣變化之關係
(主要針對卷雲、卷積雲、高積雲、層積雲、巨塊積雲等五種)
- 三、中央氣象局之鄉鎮天氣預報與實際觀測之比較研究

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、溼度計



(5).機械式溼度計



肆、研究過程與方法

一、了解周圍地形分布情形

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。右圖為埔里地形(主要是針對較高的山頭)分布概況示意圖。



註：「觀察位置」位於東經 120.58、北緯 23.57。

二、儀器校正

本研究所使用的儀器主要有三種：溫度計、溼度計和氣壓計。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作初步校正，再依據日月潭觀測站的數據作進一步的修正；在氣壓計方面，我們是請中央氣象局檢校中心幫我們作校正。

三、了解中央氣象局鄉鎮天氣預報之機制

因埔里本地沒有觀測站，中央氣象局鄉鎮預報的資料主要來自廬山、中寮和日月潭等鄰

近氣象站的觀測資料，再加以推導出來的。我們這次的研究基於一些因素的考量，主要取 9 點、12 點、15 點和 18 點四個時間點來做觀測；如果出現一些特殊天氣狀況，也會增加觀測的時間點。

四、實際觀測方式

(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 $10^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 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 $10^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 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 $10^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 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 $10^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 的區域；
- 為什麼要這樣劃分呢？有如下幾個理由：(1).從地平線至仰角 30° 的視線有些方位會被山頭或建築物擋住；(2).為了要區分哪些可能是在地的地形雲，哪些可能是外地來的雲；(3).主中是我們的主要觀察區，為了更方便、也更精確地觀察，故把主觀察區限定為 $45^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 仰角之間的區域。(4).這樣區分之後，比較易於分工合作。

(二).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，我們更搜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。

(三).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，並上網查詢中央氣象局的氣象資料)，因此小組的分工合作顯得異常重要。就「雲況」的觀察而言：其中一人負責卷雲和高積雲的部分，觀察區域為第四象限；另一人負責層積雲和巨塊積雲的部分，觀察區域為第二及第三象限；而組長本人負責冷鋒與卷積雲的部分，觀察區域為主中和第一象限。其他方面的分工合作與一般科學研究大致相同，在此不再贅述。

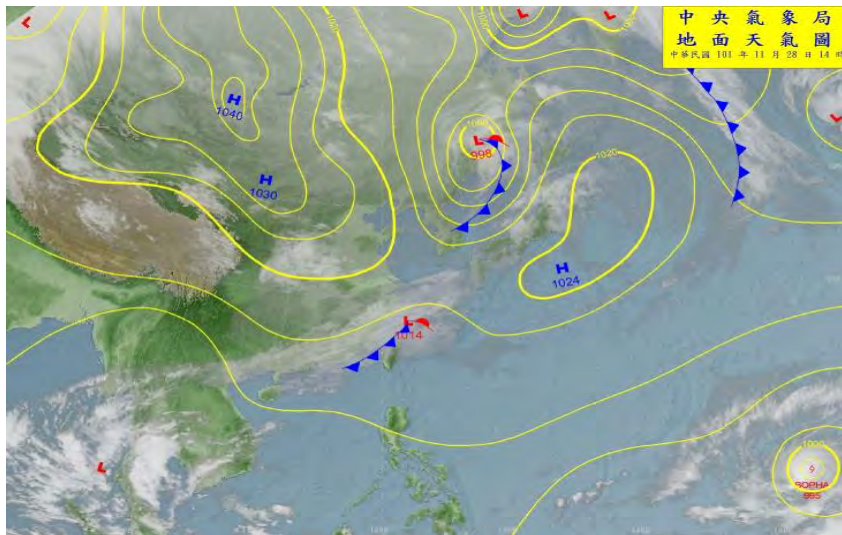
伍、研究結果

一、探討冷鋒來臨前一天及當日之天氣變化

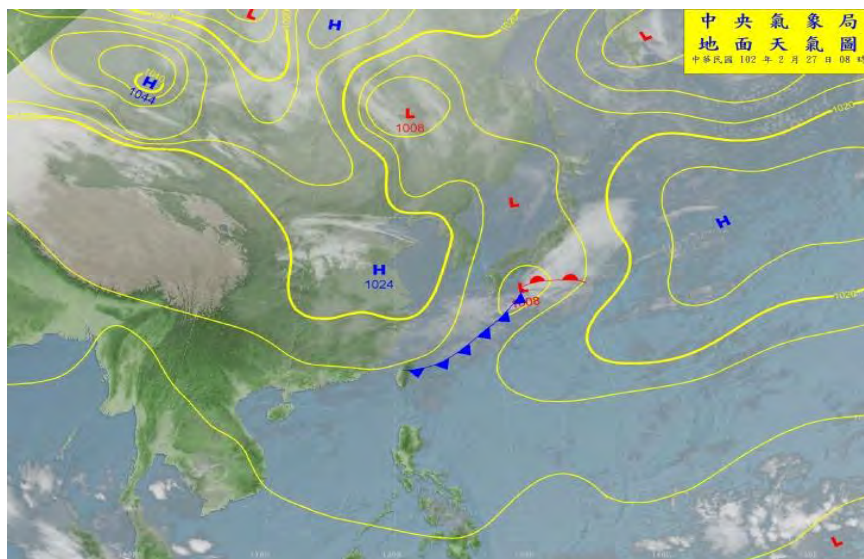
我們這次關於冷鋒與天氣變化的關係，主要限定在冷鋒來臨前一天和鋒面位於臺灣上空的當天。至於二天以前或冷鋒通過臺灣後的時間點，則不是這次研究的重點(我們仍有觀察記錄)。底下我們嘗試用二種模式來分析觀察的結果：

(一).模式一：以地面鋒通過臺灣的部位不同來分析

我們發現天氣狀況會因為地面鋒通過臺灣的部位不同而有所差異；模式一主要針對「地面鋒近中央區段通過臺灣」(範例圖 1)和「地面鋒邊緣區段通過臺灣」(範例圖 2)二種型式來做分析。



地面鋒近中央區段通過臺灣(範例圖 1)



地面鋒邊緣區段通過臺灣(範例圖 2)

1.溫度、溼度、氣壓與風向的觀測

溫度、溼度、氣壓的觀測

項目 編號	溫度平均	濕度平均	氣壓平均	項目 編號	溫度平均	濕度平均	氣壓平均
	(°C)	(%)	(hPa)		(°C)	(%)	(hPa)
1	24.9	72.7	969	1	23.5	79.3	967.5
2	25.4	72.5	971	2	24.4	70.7	967.5
3	23.5	76	971.9	3	22.4	79.3	971
4	22.8	62	970.9	4	21.1	74.3	972.5
5	21.5	79.5	978.8	5	23.4	66	976.9
*6	23.4	57	971.6	*6	23.9	60.7	977
7	22.7	61	969	7	22.4	69.5	972.5
*8	25.1	62.3	967.3	*8	24.6	58	968.6
9	23.9	57	971.6	9	24.5	58.5	966
10	21.5	62.3	974	10	23.3	72.4	970
11	25.3	65.3	965.8	11	24.9	64.8	964.5
12	24.9	62.5	965	12	25.3	57.5	967.5
13	24.9	64	970	13	26	74.3	964.8
14	23.2	55.3	966.3	14	25.9	65.	970
15	25.8	68	963.6	15	23.8	76	966.5

鋒面前一天風向的觀測

風向 位置	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
中、高空	0	0	0	1	1	7	8	3

註 1：打「*」字號的編號為「地面鋒邊緣區段通過臺灣」的類型，其餘為「地面鋒近中央區域通過臺灣」的類型。

註 2：「溫度平均」為當日四次紀錄的平均值，「溼度平均」、「氣壓平均」亦然。

註 3：高空、中空和低空是以雲屬的高、中、低雲族所在的高度來區分。

2.雲系變化

(1).地面鋒近中央區段通過臺灣

常見的雲系變化有二種，如下圖所示：

雲系變化過程一



高積雲 + 卷積雲(鋒面前一天)



高積雲 + 卷雲(鋒面前一天)



高層雲 or 層積雲(鋒面當天)

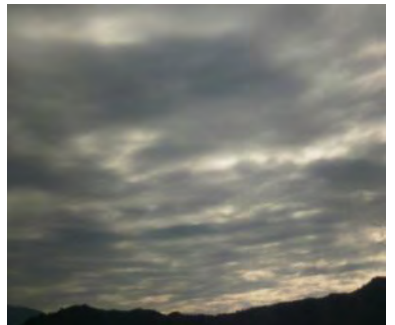
雲系變化過程二



高積雲 + 積雲(鋒面前一天)



高積雲布滿全天(鋒面前一天)



高層雲 or 層積雲(鋒面當天)

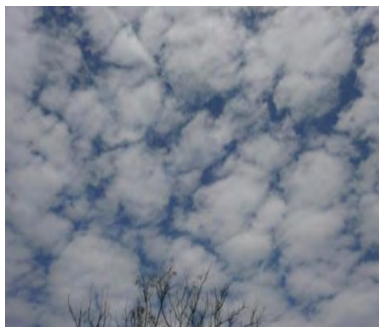
(2).地面鋒邊緣區段通過臺灣

常見的雲系變化如下圖所示：

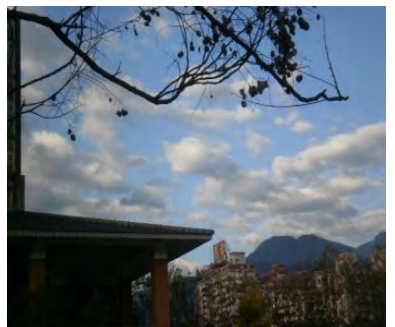
雲系變化過程



積雲 + 碎積雲(鋒面前一天)



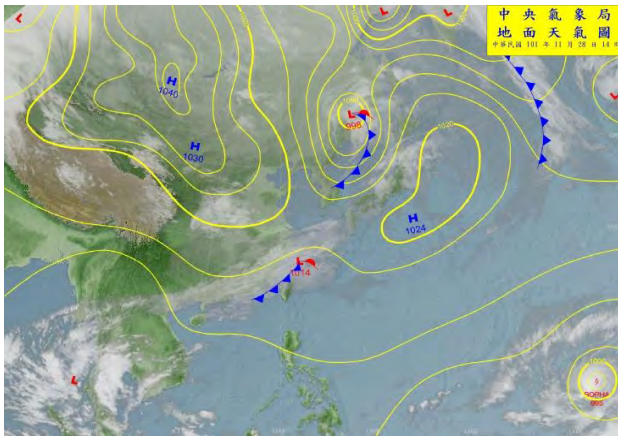
高積雲布滿全天(鋒面前一天)



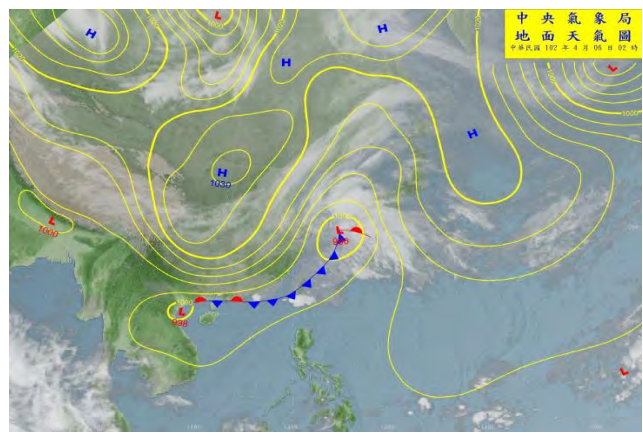
積雲 + 碎積雲(鋒面當天)

(二).模式二：以「單純冷鋒」或「滯留鋒轉冷鋒」二種不同類型來作分析

通過臺灣的冷鋒型態，最常見的有二種：(1).從始至終都是冷鋒型態(範例圖 3)；(2).先在大陸地區形成滯留鋒，再以冷鋒型態通過臺灣(範例圖 4)。底下我們即針對這兩種類型來做分析。



「單純冷鋒」通過臺灣(範例圖 3)



「滯留鋒轉冷鋒」通過臺灣(範例圖 4)

溫度、濕度、氣壓的觀測

項目 編號	溫度平均	濕度平均	氣壓平均	項目 編號	溫度平均	濕度平均	氣壓平均
	(°C)	(%)	(hPa)		(°C)	(%)	(hPa)
1	24.9	72.7	969	1	23.5	79.3	967.5
2	25.4	72.5	971	2	24.4	70.7	967.5
3	23.5	76	971.9	3	22.4	79.3	971
4	22.8	62	970.9	4	21.1	74.3	972.5
#5	21.5	79.5	978.8	#5	23.4	66	976.9
6	23.4	57	971.6	6	23.9	60.7	977
7	22.7	61	969	7	22.4	69.5	972.5
8	25.1	62.3	967.3	8	24.6	58	968.6
#9	23.9	57	971.6	#9	24.5	58.5	966
#10	21.5	62.3	974	#10	23.3	72.4	970
#11	25.3	65.3	965.8	#11	24.9	64.8	964.5
#12	24.9	62.5	965	#12	25.3	57.5	967.5
#13	24.9	64	970	#13	26	74.3	964.8
#14	23.2	55.3	966.3	#14	25.9	65	970
#15	25.8	68	963.6	#15	23.8	76	966.5

鋒面前一天風向的觀測

風向 位置	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北
中、高空	0	0	0	1	1	7	8	3

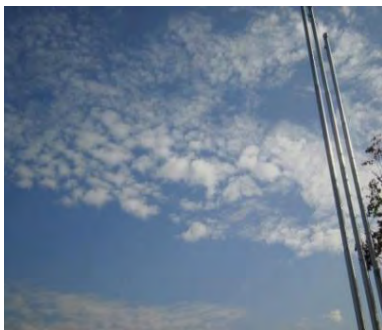
註：打「#」字號的編號為「滯留鋒轉冷鋒」通過臺灣的類型，其餘為「單純冷鋒」通過臺灣的類型。

2. 雲系變化

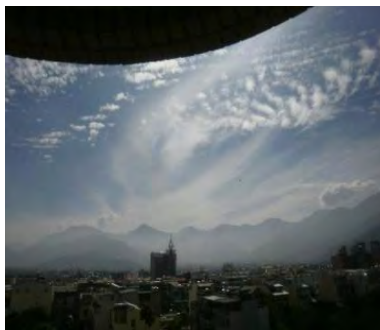
(1). 「單純冷鋒」通過臺灣

常見的雲系變化有二種，如下圖所示：

雲系變化過程一



高積雲 + 卷積雲(鋒面前一天)



高積雲 + 卷雲(鋒面前一天)

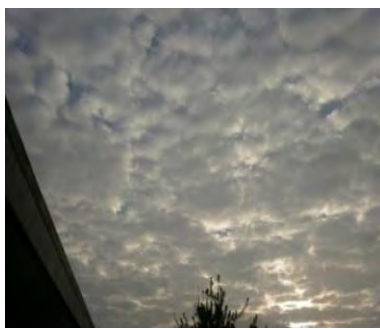


高層雲 or 層積雲(鋒面當天)

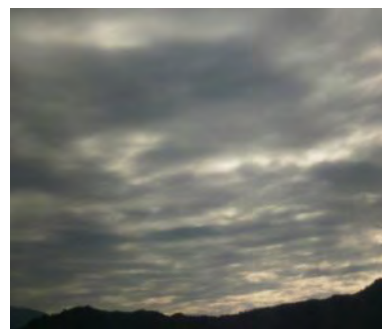
雲系變化過程二



高積雲 + 積雲(鋒面前一天)



高積雲布滿全天(鋒面前一天)

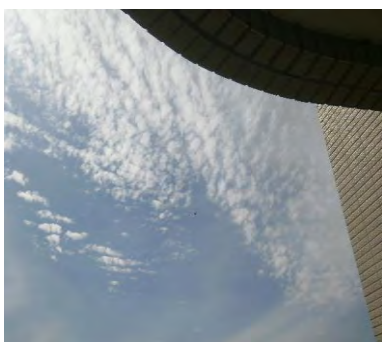


高層雲 or 層積雲(鋒面當天)

(2). 「滯留鋒轉冷鋒」通過臺灣

常見的雲系變化如下圖所示：

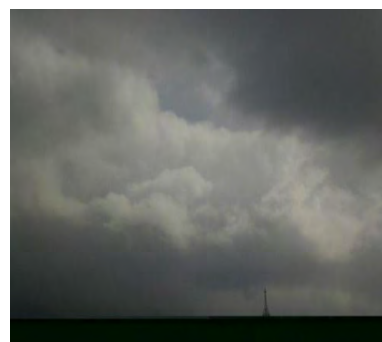
雲系變化過程



卷積雲 + 卷雲(鋒面前一天)



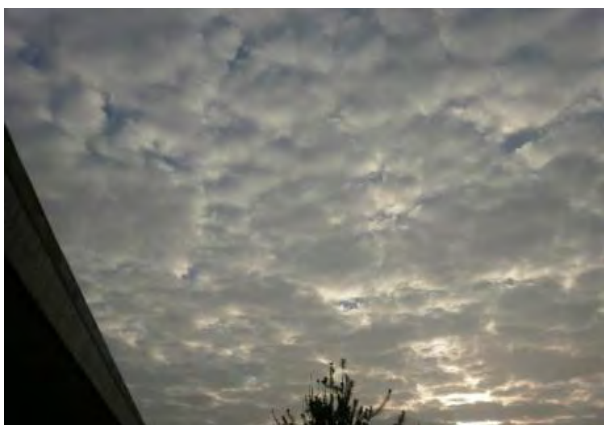
高積雲布滿全天(鋒面前一天)



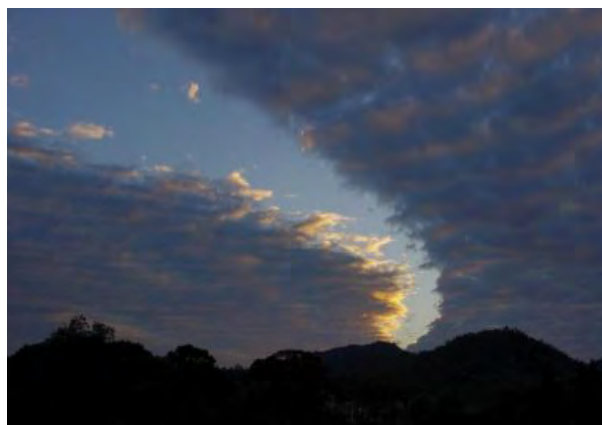
高層雲 or 層積雲(鋒面當天)

【結果】

- 1.溫度變化：若為模式一，「地面鋒近中央區段」通過臺灣時，前一天溫度比冷鋒當日高 1~2°C，「地面鋒邊緣」通過臺灣時則相差不大；若為模式二，「單純冷鋒」通過臺灣時，前一天溫度比冷鋒當日高 1~2°C，「滯留鋒轉冷鋒」通過臺灣時，結果剛好相反，是鋒面當天比鋒面前一天高 1~2°C。
- 2.濕度變化：若為模式一，「地面鋒近中央區段」通過臺灣時，前一天濕度比冷鋒當日高 1~2%，「地面鋒邊緣」通過臺灣時則相差不大；若為模式二，「單純冷鋒」通過臺灣時，前一天濕度比冷鋒當日高 1~2%，「滯留鋒轉冷鋒」通過臺灣時，則是鋒面當天比鋒面前一天高 1~3%。
- 3.氣壓變化：模式一中，二類型的冷鋒氣壓均無明顯差異；模式二中，「單純冷鋒」氣壓變化多為先低後高，「滯留鋒轉冷鋒」則是先高後低。
- 4.風向變化：鋒面前一天以西風居多，其次為西南風。
- 5.雲系變化：若有冷鋒到來，則一至二天之前，大多會出現層狀高積雲(如下二圖所示)，機率約 73%。



蔽光高積雲



波狀高積雲

二、探討雲與天氣變化之關係

(一).卷雲(Cirrus)與天氣變化之關係

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 密卷雲

卷雲：「前 3 小時→出現時→後 3 小時」之溫度變化

溫度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	49	13	7	1	0

卷雲：「前 3 小時→出現時→後 3 小時」之濕度變化

濕度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	19	33	0	13	0

卷雲：「前 3 小時→出現時→後 3 小時」之氣壓變化

氣壓變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	9	26	1	2	20

出現卷雲時風向的觀測

風向 高度	東	東北	北	西北	西	西南	南	東南
中、高空	3	3	1	3	8	10	0	1

卷雲出現時雲量的觀測

雲量	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
次數	38	10	8	4	1	0	0	0	0	0

註：抬頭仰望天空，雲覆蓋天空的部分佔全天空的比例即所謂的「雲量」。雲量和雲的濃密度或種類並沒有關係。雲量從 0 到 10，共分 11 級。0 代表天空完全沒有雲，10 代表天空完全被雲覆蓋。

卷雲：出現時、3 小時後、6 小時後和隔天早上之天氣狀況(機率)

時間 \ 天氣狀況	晴天	多雲	陰天	下雨
出現時的天氣	49%	51%	0%	0%
3 小時後的天氣	35%	58%	5%	2%
6 小時後的天氣	32%	41%	23%	3%
隔天早上的天氣	43%	27%	24%	6%

卷雲出現時主要伴隨的雲類

主要雲類	卷層雲	高積雲	層積雲	層雲	積雲	巨塊積雲
出現次數	10	9	13	4	15	6

【結果】

- 1.溫度：出現卷雲前後，溫度變化以持續上升居多。
- 2.濕度：出現卷雲前後，濕度變化以持續下降居多。
- 3.氣壓：出現卷雲前後，氣壓變化以持續下降居多。
- 4.中、高空風向：出現卷雲時，以西南風居多，其次為西風。
- 5.雲量：出現卷雲時，其雲量大多介於 0~1 之間。
6. 24 小時內的天氣變化：出現卷雲當時的天氣狀況以晴天和多雲為主，機率約各佔 50%；3 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 58%；6 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 41%；隔日早上的天氣狀況以晴天為主，機率約為 43%。
- 7.主要伴隨雲類：出現卷雲時，主要伴隨的雲類為積雲，其次為層積雲。

(二).卷積雲(Cirrocumulus)與天氣變化的關係

卷積雲(如下面圖 3、圖 4 所示)也是屬於高雲族，它幾乎全由小冰晶所組成的高雲，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)。

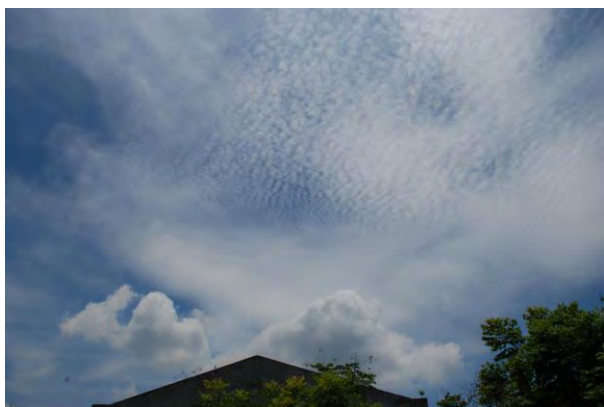


圖 3 卷積雲

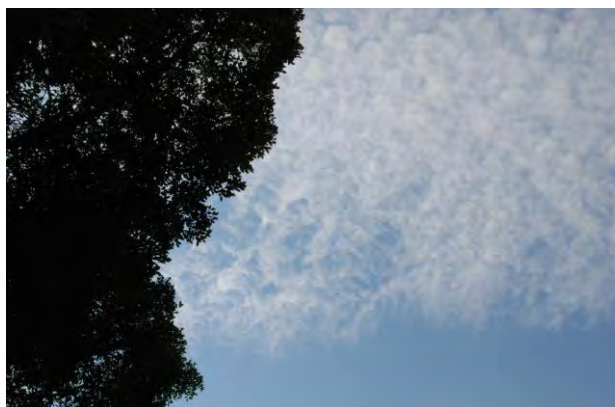


圖 4 多孔卷積雲

卷積雲：「前3小時→出現時→後3小時」之溫度變化

溫度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	15	12	5	0	0

卷積雲：「前3小時→出現時→後3小時」之濕度變化

濕度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	10	16	0	3	0

卷積雲：「前3小時→出現時→後3小時」之氣壓變化

氣壓變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	5	11	0	0	8

出現卷積雲時風向的觀測

風向 高度	東	東北	北	西北	西	西南	南	東南
中、高空	0	1	0	4	10	7	1	0

卷積雲出現時雲量的觀測

雲量	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
次數	30	4	0	0	0	0	0	0	0	0

卷積雲：出現時、3小時後、6小時後和隔天早上之天氣狀況(機率)

天氣狀況 時間	晴天	多雲	陰天	下雨
出現時的天氣	50%	47%	3%	0%
3小時後的天氣	20%	68%	0%	12%
6小時後的天氣	13%	67%	20%	0%
隔天早上的天氣	31%	19%	34%	16%

卷積雲出現時主要伴隨的雲類

主要雲類	卷雲	卷層雲	高積雲	高層雲	積雲	巨塊積雲
出現次數	4	3	7	4	6	2

【結果】

- 1.溫度：出現卷積雲前後，溫度變化以持續上升居多。
- 2.濕度：出現卷積雲前後，濕度變化大多為持續下降。
- 3.氣壓：出現卷積雲前後，氣壓變化大多為持續下降。

- 4.中、高空風向：出現卷積雲時，以西風居多，其次為西南風。
- 5.雲量：出現卷積雲時，其雲量大多介於 0~1 之間。
6. 24 小時內的天氣變化：出現卷積雲當時的天氣狀況以晴天或多雲為主，機率約各佔 50%；3 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 68%；6 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 67%；隔日早上的天氣狀況以陰天為主，機率約為 34%。
- 7.主要伴隨的雲類：出現卷積雲時，主要伴隨的雲類為高積雲，其次為積雲。

(三).高積雲(Alto cumulus)與天氣變化之關係

高積雲(如下面圖 5 所示)屬於中雲族，雲底高度在 2000~6000m 之間。高積雲所在的高度通常在熱氣流(太陽加熱地表所產生的局部上升氣流)的影響範圍之上，因此熱氣流對於高積雲的形成過程並不像積雲那麼重要。一般而言，高積雲頂部往往覆蓋一個穩定的「逆溫層」，所以雲層會往水平方向發展。若高積雲所在之處的上方氣流的移動速度或方向與下方氣流不一樣，介於這兩種切變氣流之間的區域便會產生波動，在波峰處空氣上升，形成雲朵，在波谷處空氣下沉，無雲產生；若上下兩層都有波狀運動產生，而波動方向又不一致，就會形成如棋盤狀的高積雲。此外有一些特殊的高積雲，像莢狀(如下面圖 6 所示)或堡狀高積雲，其外形和形成方式都和一般的高積雲稍有不同。

註：在對流層大氣中，一般而言大氣溫度隨高度增加而降低；而「逆溫層」正好相反，其溫度隨高度增加而上升。



圖 5 高積雲

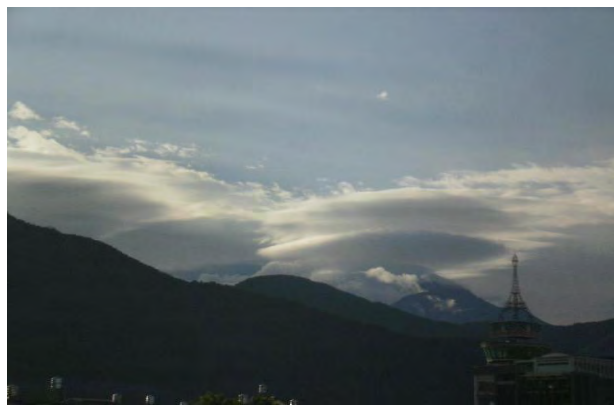


圖 6 荚狀高積雲
(3/27 大地震前 3 小時，震央上方)

高積雲：「前 3 小時→出現時→後 3 小時」之溫度變化

溫度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	51	28	17	1	0

高積雲：「前 3 小時→出現時→後 3 小時」之濕度變化

濕度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	26	50	4	11	0

高積雲：「前 3 小時→出現時→後 3 小時」之氣壓變化

氣壓變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	18	37	1	5	26

高積雲出現時風向的觀測

風向 高度	東	東南	東北	西	西南	西北	南	北
中、高空	0	3	0	27	26	12	1	1

高積雲出現時雲量的觀測

雲量	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
次數	25	34	20	12	10	9	4	1	2	5

高積雲：出現時、3 小時後、6 小時後和隔天早上的天氣變化(機率)

時間 天氣狀況	晴天	多雲	陰天	下雨
出現時的天氣	19%	64%	12%	2%
3 小時後的天氣	28%	39%	25%	3%
6 小時後的天氣	13%	48%	34%	4%
隔天早上的天氣	36%	24%	27%	11%

高積雲出現時主要伴隨雲類

主要雲類	卷雲	卷積雲	卷層雲	高層雲	層積雲	層雲	積雲	巨塊積雲	碎積雲	單獨出現
出現次數	2	5	1	16	9	10	26	2	1	3

【結果】

- 1.溫度：出現高積雲前後，溫度變化以持續上升為主。
- 2.濕度：出現高積雲前後，濕度變化以持續下降為主。
- 3.氣壓：出現高積雲前後，氣壓變化以持續下降為主。
- 4.中、高空風向：出現高積雲時，以西風居多，其次為西南風。
- 5.雲量：出現高積雲時，其雲量大多介於 1~2 之間。
6. 24 小時內的天氣變化：高積雲出現時的天氣狀況以多雲為主，機率約為 64%；3 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 39%；6 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 48%；隔天早上的天氣狀況以晴天居多，機率約為 36%。
- 7.主要伴隨雲類：高積雲出現時主要伴隨的雲類為積雲，其次為高層雲。

(四).層積雲(Stratocumulus)與天氣變化的關係

層積雲(如下面圖 7、圖 8 所示)屬於低雲族(雲底高度低於 2000m)，是介於層雲和積雲之間的一種雲。若積雲上升的過程遇到逆溫層，便有機會形成層積雲；此外，它也可以由穩定且平坦的層雲發展而來。

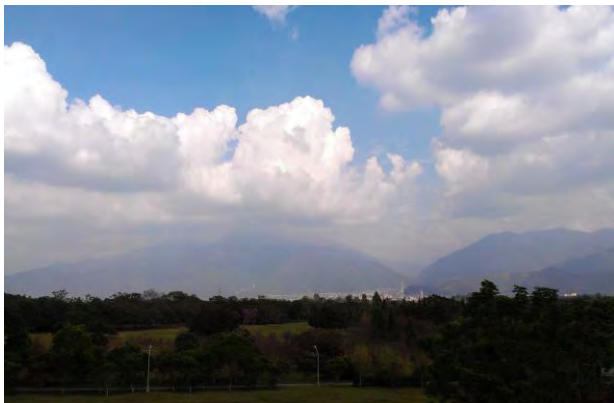


圖 7 層積雲(1)

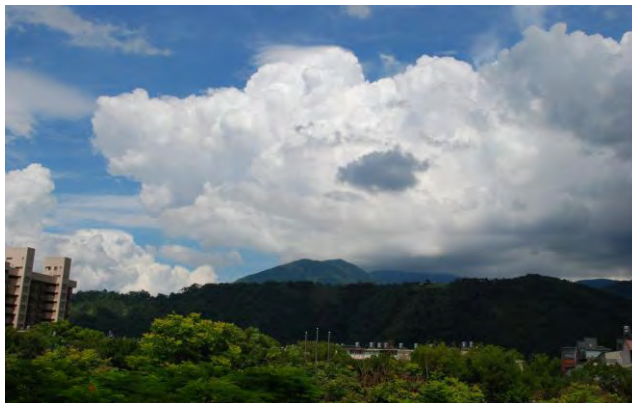


圖 8 層積雲(2)

層積雲：「3 小時前→出現時→3 小時後」的溫度變化

溫度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	27	7	39	6	0

層積雲：「3 小時前→出現時→3 小時後」的溼度變化

溼度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	9	20	6	35	0

層積雲：「3 小時前、出現當時、3 小時後」氣壓變化

氣壓變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	5	19	2	5	15

層積雲出現時風向的觀測

風向 高度	東	東北	東南	西	西北	西南	南	北
中、高空	1	2	4	21	8	21	2	1

層積雲出現時雲量的觀測

雲量	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10
次數	37	44	18	13	14	9	9	5	5	1	2

層積雲：出現時、3 小時後、6 小時後和隔天早上之天氣狀況(機率)

時間	天氣狀況			
	晴天	多雲	陰天	下雨
出現時的天氣	18%	43%	34%	5%
3 小時後的天氣	15%	39%	39%	7%
6 小時後的天氣	14%	33%	47%	6%
隔天早上的天氣	42%	29%	24%	5%

層積雲出現時主要伴隨的雲類

主要雲類	卷雲	卷層雲	巨塊積雲	濃積雲	積雲	高積雲	高層雲	層雲	單獨出現
出現次數	2	6	5	1	28	16	9	11	4

【結果】

- 1.溫度：出現層積雲前後，溫度變化以先高後低居多。
- 2.濕度：出現層積雲前後，濕度變化以先低後高居多。
- 3.氣壓：出現層積雲前後，氣壓變化以持續下降居多。
- 4.中、高空風向：出現層積雲時，以西風或西南風為主(出現機率大致相同)。
- 5.雲量：出現層積雲時，其雲量大多介於 1~2 之間。
6. 24 小時內的天氣變化：出現層積雲當時的天氣狀況以多雲為主，機率約為 43%； 3 小時後的天氣狀況以多雲和陰天為主，機率各為 39%； 6 小時後的天氣狀況以陰天為主，機率約為 47%；隔日早上的天氣狀況以晴天為主，機率約為 42%。
- 7.主要伴隨雲類：層積雲出現時，主要伴隨的雲類為積雲，其次為高積雲。

(五).巨塊積雲(Giant Cumulus)與天氣變化之關係

巨塊積雲是積雲的一種(如下面圖 9、圖 10 所示)，它在垂直方向的發展極為旺盛，由字面上可知它是一種龐大的雲塊，在夏天的藍天中很常見到它美麗的身影。

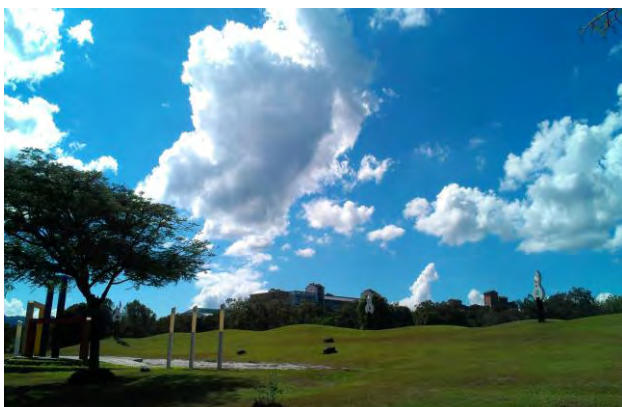


圖 9 巨塊積雲(1)

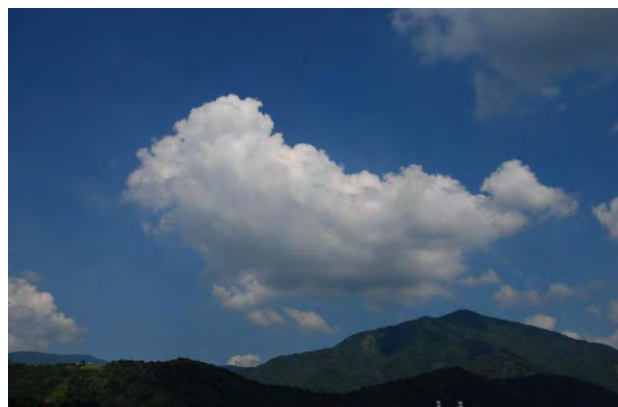


圖 10 巨塊積雲(2)

巨塊積雲：「3 小時前→出現時→3 小時後」之溫度變化

溫度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	7	4	13	0	0

巨塊積雲：「3 小時前→出現時→3 小時後」之濕度變化

濕度變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	1	7	2	13	0

巨塊積雲：「3 小時前→出現時→3 小時後」之氣壓變化

氣壓變化	持續上升	持續下降	先高後低	先低後高	維持不變
次數	1	9	0	0	3

巨塊積雲出現時風向的觀測

風向 高度	東	東北	東南	西	西北	西南	南	北
中、高空	0	0	1	9	4	11	1	0

巨塊積雲出現時雲量的觀測

雲量	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
次數	15	8	4	6	1	0	0	0	0	0

巨塊積雲：出現時、3 小時後、6 小時後和隔天早上之天氣狀況(機率)

時間 \ 天氣狀況	晴天	多雲	陰天	下雨
出現時的天氣	41%	54%	5%	0%
3 小時後的天氣	24%	55%	13%	8%
6 小時後的天氣	18%	55%	23%	5%
隔天早上的天氣	46%	35%	14%	5%

巨塊積雲出現時主要伴隨的雲類

主要雲類	卷雲	高積雲	層積雲	積雲	濃積雲	單獨出現
出現次數	3	3	9	19	3	0

【結果】

- 1.溫度：出現巨塊積雲前後，溫度變化以先高後低居多。
- 2.濕度：出現巨塊積雲前後，濕度變化大多為先低後高。
- 3.氣壓：出現巨塊積雲前後，氣壓變化大多為持續下降。
- 4.中、高空風向：出現巨塊積雲時，以西南風居多，其次為西風。
- 5.雲量：出現巨塊積雲時，其雲量大多介於 0~1 之間。
6. 24 小時內的天氣變化：出現巨塊積雲當時的天氣狀況以多雲為主，機率約為 54%；

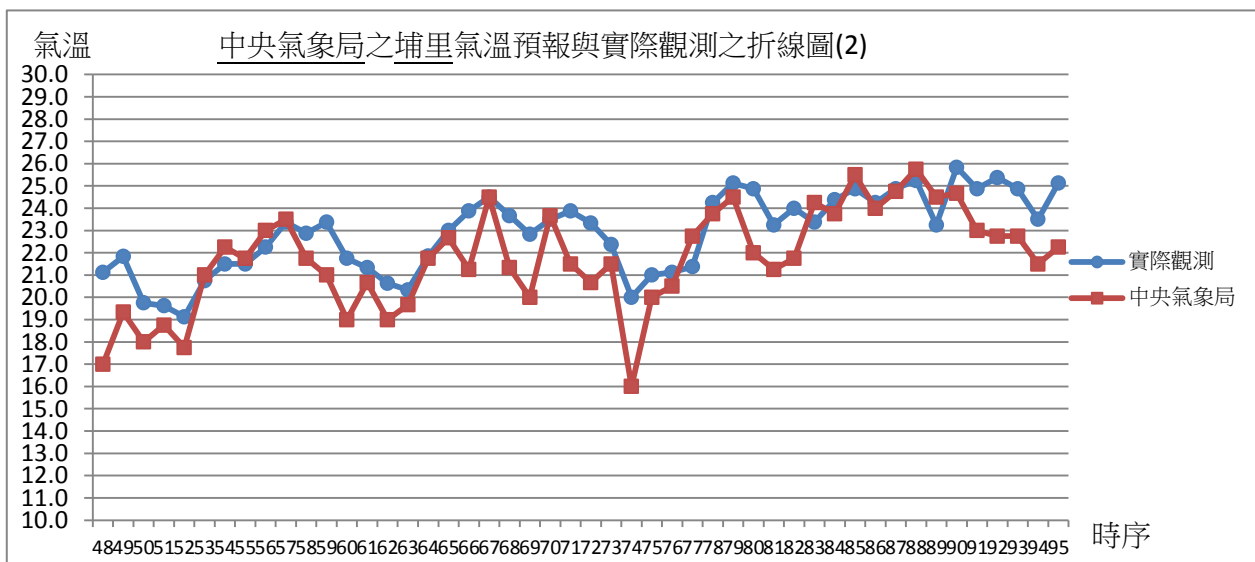
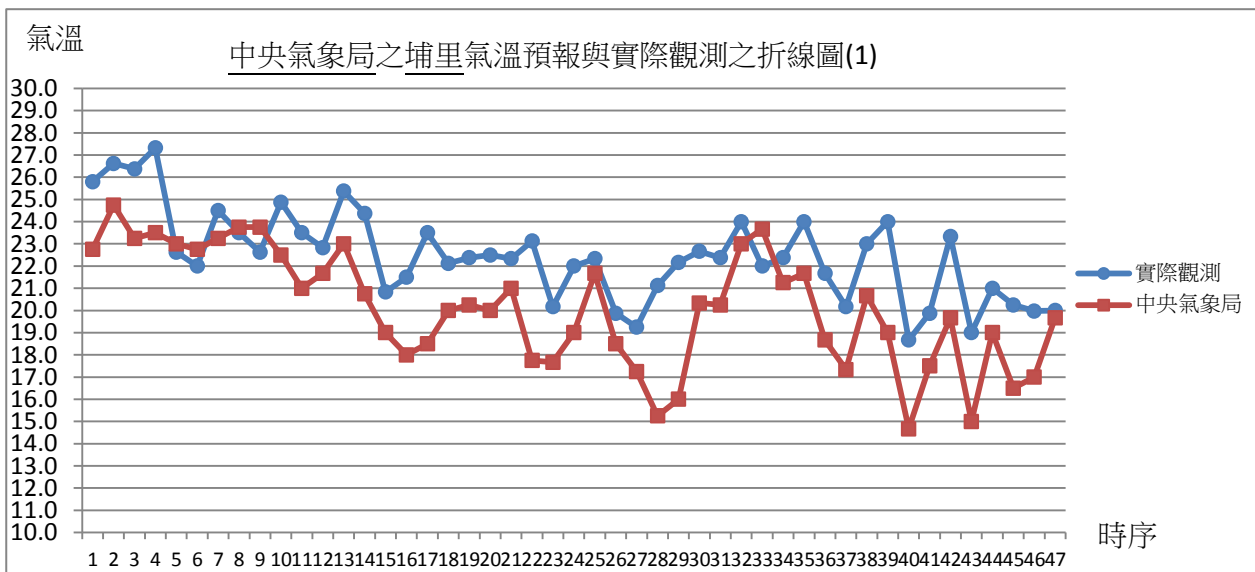
3 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 55%；6 小時後的天氣狀況以多雲為主，機率約為 55%；隔日早上的天氣狀況以晴天為主，機率約為 46%。

7.主要伴隨雲類：巨塊積雲出現時，主要伴隨的雲類為積雲，其次為層積雲。

三、中央氣象局之鄉鎮天氣預報與實際觀測之比較研究

(一).氣溫的比較研究

底下根據中央氣象局的預報數據和我們實際觀測的數據做出折線圖，再經分析比較後得出結果。



註 1：溫度誤差率 = $\left[\frac{\text{實際觀測數據} - \text{氣象局數據}}{\text{氣象局數據}} \right] \times 100\%$ 。

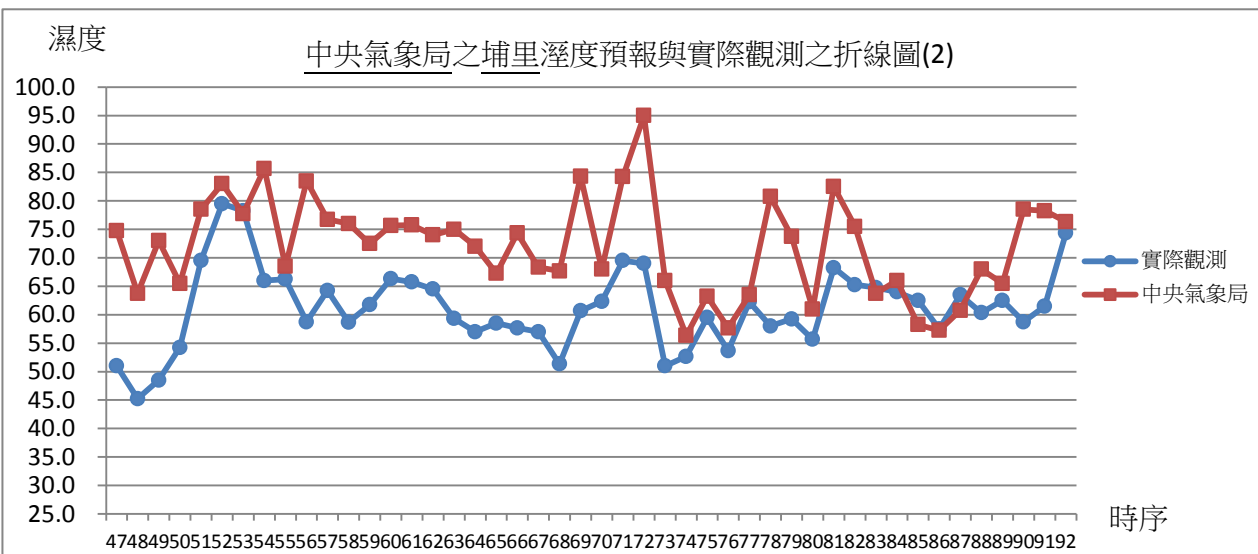
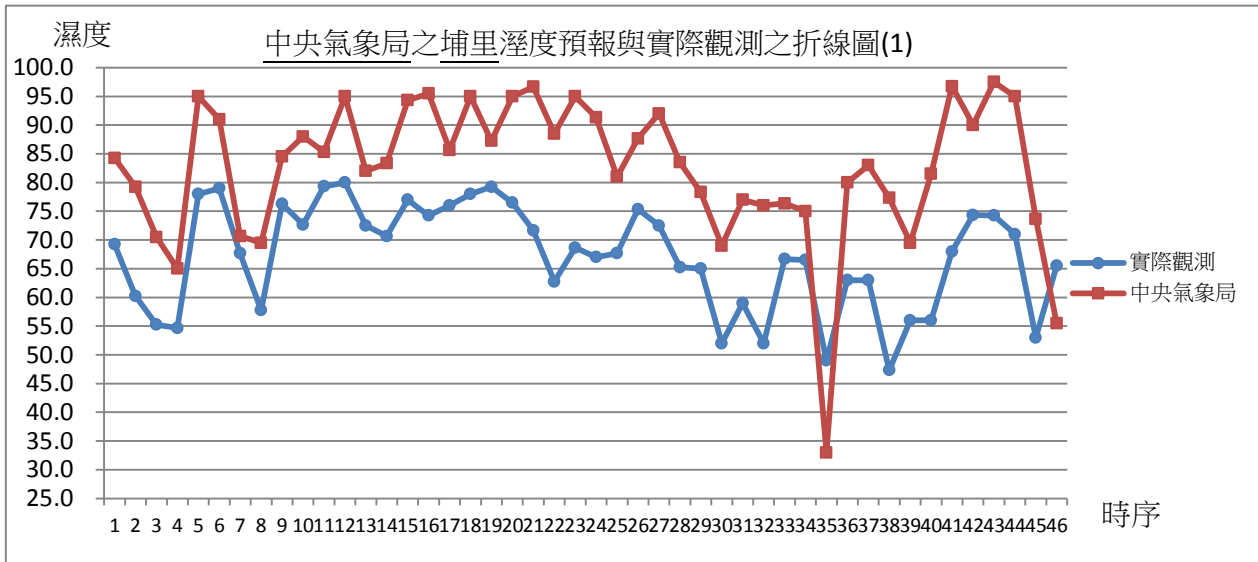
註 2：在上面的二張折線圖中，橫坐標的阿拉伯數字 1 代表上表中第一天觀測的平均值，2 代表第二天觀測的平均值，其餘以此類推。

【結果】

- 1.實際觀測氣溫大多比中央氣象局的預報數據來得高。
- 2.將中央氣象局的預報數據與實際觀測相比較，溫度平均誤差值為 1.73°C，平均誤差率為 10%。
- 3.若發生以下其中一種情況時，實際觀測溫度反而很有可能比中央氣象局的預報數據來得低：(1).高層雲單獨出現且布滿全天時；(2).層積雲或積雲單獨出現時；(3).層積雲和積雲一起出現時；(4).天空晴朗無雲時。

(二).濕度的比較研究

底下根據中央氣象局的預報數據和我們實際觀測的數據做出折線圖，再經分析比較後得出結果。



註 1：濕度誤差率 = $\left[\frac{\text{實際觀測數據} - \text{氣象局數據}}{\text{氣象局數據}} \right] \times 100\%$

註 2：在上面的二張折線圖中，橫坐標的阿拉伯數字 1 代表上表中第一天觀測的平均值，2

代表第二天觀測的平均值，其餘以此類推。

【結果】

1. 實際觀測濕度大多比中央氣象局預報的數據來得低。
2. 將中央氣象局的預報數據與實際觀測相比較，濕度平均誤差值為-12.90，平均誤差率為-15%。
3. 若發生以下其中一種情況時，實際觀測濕度反而很有可能比中央氣象局的預報數據來得高：(1). 高層雲、層積雲或積雲單獨出現時；(2). 層積雲和積雲一起出現時；(3). 卷層雲雲量佔天空的一半以上時。

(三). 風向的比較研究

底下我們以表格的方式呈現出我們比較研究的結果：

中央氣象局之埔里風向預報與實際觀測之比較表

	預報或實際觀測的風向		
氣象局的預報	偏東 6 次、偏北 2 次、偏西 49 次、偏南 6 次 東北 4 次、西北 5 次、西南 17 次、東南 3 次	預報與實際觀測較一致者 64 次	預報與實際觀測較不一致者 28 次
實際觀測的結果	偏東 2 次、偏北 1 次、偏西 34 次、偏南 2 次 東北 2 次、西北 15 次、西南 33 次、東南 3 次		

註：本研究主要以觀察中、高空的風向為主，而中央氣象局的風向預測是以地面附近為主，所以在此不計算氣象局風向預測的誤差率。

【結果】

中、高空實測風向與氣象局風向預報大致相同的約有 7 成，差異較大的約有 3 成。

(四). 天氣狀況的比較研究

底下我們以表格的方式呈現出我們比較研究的結果：

中央氣象局之埔里天氣預報與實際觀測之比較

	預報或實際觀測的天氣狀況		
氣象局預報	晴天 116 次、多雲 130 次、陰天 3 次、下雨 103 次	預報與實際觀測較一致 242 次	預報與實際觀測較不一致 110 次
實際觀測	晴天 107 次、多雲 105 次、陰天 90 次、下雨 50 次		

中央氣象局之降雨預報與實際觀測之比較

氣象局的預報	預報降雨 103 次	預報不降雨 249 次	降雨機率 50% 以上，50 次	降雨機率 50% 以下，53 次
實際觀測的結果	降雨 47 次、 不降雨 61 次	降雨 6 次、 不降雨 243 次	降雨 20 次、 不降雨 30 次	降雨 20 次、 不降雨 33 次

【結果】

- 1.中央氣象局的預報與實際觀測差異較大的共出現 110 次，誤差率約為 31%。
- 2.中央氣象局對於降雨機率的預報：預報降雨機率 50%以上的 50 次中，有 30 次沒有下雨；預報降雨機率 50%以下的 53 次中，有 20 次有下雨。

陸、結論

現在，我們把「伍、研究結果」中「結果」的部分，以表格的方式再做個歸納、整理，當作我們的結論。

(一).探討冷鋒來臨前一天及當日之天氣變化

我們研究的結論如下表所示：

分析模式 天氣變化	模式一		模式二	
	地面鋒「近中央區段」通過臺灣	地面鋒「近邊緣區段」通過臺灣	「單純冷鋒」通過臺灣	「滯留鋒轉冷鋒」通過臺灣
溫度變化	鋒面前一天較高，約高出 1~2°C	無明顯變化	鋒面前一天較高，約高出 1~2°C	鋒面前一天較低，約低 1~2°C
濕度變化	鋒面前一天較高，約高出 1~2%	無明顯變化	鋒面前一天較高，約高出 1~2%	鋒面前一天較低，約低 1~3%
氣壓變化	無明顯變化	無明顯變化	大多為先低後高	大多為先高後低
風向變化	鋒面前一天以西風居多	鋒面前一天以西風居多	鋒面前一天以西風居多	鋒面前一天以西風居多
雲系變化	常見的雲系變化有二種： (1).高積雲+卷積雲→高積雲+卷雲→高層雲或層積雲。 (2).高積雲+積雲→高積雲布滿全天→高層雲或層積雲。	常見的雲系變化如下： (1).積雲+碎積雲→高積雲布滿全天→積雲+碎積雲。	常見的雲系變化有二種： (1).高積雲+卷積雲→高積雲+卷雲→高層雲或層積雲。 (2).高積雲+積雲→高積雲布滿全天→高層雲或層積雲。	常見的雲系變化如下： 卷積雲+卷雲→高積雲布滿全天→高層雲或層積雲。

(二).探討雲與天氣變化之關係

我們研究的結論如下表所示：

雲類 天氣變化	卷雲	卷積雲	高積雲	層積雲	巨塊積雲
溫度變化	以持續上升居多	以持續上升居多	以持續上升居多	以先高後低居多	以先高後低居多
濕度變化	以持續下降居多	以持續下降居多	以持續下降居多	以先低後高居多	以先低後高居多
氣壓變化	以持續下降居多	以持續下降居多	以維持不變居多	以持續下降居多	以持續下降居多
中、高空風向變化	以西南風居多，其次為西風	以西風居多，其次為西南風	以西風居多，其次為西南風	以西風和西南風居多，機率大致相同	以西南風居多，其次為西風
出現時雲量	大多介於 0~1 之間	大多介於 0~1 之間	大多介於 1~2 之間	大多介於 1~2 之間	大多介於 0~1 之間
出現時主要伴隨的雲類	主要為積雲，其次為層積雲	主要為高積雲，其次為積雲	主要為積雲，其次為高層雲	主要為積雲，其次為高積雲	主要為積雲，其次為層積雲
當時的天氣	以晴天或多雲為主 (各約 50%)	以晴天或多雲為主 (各約 50%)	以多雲為主 (約 64%)	以多雲為主 (約 43%)	以多雲為主 (約 54%)
3 小時後的天氣	以多雲為主 (約 58%)	以多雲為主 (約 68%)	以多雲為主 (約 39%)	以多雲或陰天為主 (各約 39%)	以多雲為主 (約 55%)
6 小時後的天氣	以多雲為主 (約 41%)	以多雲為主 (約 67%)	以多雲為主 (約 48%)	以陰天為主 (約 47%)	以多雲為主 (約 55%)
隔日早上的天氣	以晴天為主 (約 43%)	以陰天為主 (約 34%)	以晴天為主 (約 36%)	以晴天為主 (約 42%)	以晴天為主 (約 46%)

註：上表中底色淺藍色的部分為 24 小時內天氣變化的觀測，藉由這些資料，相信對「雲與天氣變化」的預測有一定的助益。

深入探討 1 關於卷雲出現後 6 小時的天氣(針對當天)，我們發現一個 ALD 法則「A(Amount)、L(Length)、D(Duration)分別代表雲的數量、長度和維持時間」：今以 $A_0=1$ 、 L_0 = 一個象限的橫幅、 $D_0=1$ 小時為標準值，若 A、L、D 中任一數值大於此標準值，則 6 小時後的天氣大多為多雲，甚至陰天或下雨。反之，若 A、L、D 中三個數值均小於標準值，則 6 小時後的天氣大多為晴天。符合 ALD 法則的機率大於 9 成。

深入探討 2 冷鋒來臨前一至二天，天空大多會出現層狀高積雲，機率約 73%。

深入探討 3 出現高積雲時的天氣若為晴天，隔天早上出現晴天的機率很高(約 62%)；反之，若出現高積雲時的天氣為多雲，隔天早上出現晴天的機率就不高(約 30.8%)。

深入探討 4 出現層積雲時，天氣狀況若為陰天，6 小時後的天氣大多是多雲或陰天，機率約 92%；若 6 小時後為陰天，則隔天也大多為多雲或陰天，機率約 63%。

深入探討 5 出現巨塊積雲時的天氣若為多雲，6 小時內大多會維持多雲(少部分轉成陰天)，這約有 82%的機率；若巨塊積雲出現時的天氣為晴天，隔天早上出現晴天的機率約 63%。

(三).中央氣象局之鄉鎮天氣預報與實際觀測之比較研究：

我們的結論如下：

1.氣溫的比較研究：

- (1).實際觀測氣溫大多比中央氣象局的數據來的高。
- (2).將中央氣象局的預報數據與實際觀測相比較，平均誤差值為 1.73℃，平均誤差率為 10%。
- (3).若發生以下其中一種情況時，實際觀測溫度反而很有可能比中央氣象局的預報數據來得低：(1).高層雲單獨出現且布滿全天時；(2).層積雲或積雲單獨出現時；(3).層積雲和積雲一起出現時；(4).天空晴朗無雲時。

2.濕度的比較研究：

- (1).實際觀測濕度大多比中央氣象局的數據來的低。
- (2).將中央氣象局的預報數據與實際觀測相比較，平均誤差值為 -12.90，平均誤差率為 -15%。
- (3).若發生以下其中一種情況時，實際觀測濕度反而很有可能比中央氣象局的預報數據來得高：(1).高層雲、層積雲或積雲單獨出現時；(2).層積雲和積雲一起出現時；(3).卷層雲雲量佔天空的一半以上時。

3.風向的比較研究：

中、高空實測風向與氣象局風向預報大致相同的約有 7 成，差異較大的約有 3 成。

4.天氣狀況的比較研究：

- (1).中央氣象局的預報與實際觀測差異較大的共出現 110 次，誤差率約為 31%。
- (2).中央氣象局對於降雨機率的預報：預報降雨機率 50%以上的 50 次中，有 30 次沒有下雨；預報降雨機率 50%以下的 53 次中，有 20 次有下雨。

柒、討論與未來展望

1. 本次研究為何在研究目的二中只選擇卷雲等五種雲類？原因如下：(1). 由於研究時間有限，為確保研究的品質，只好對於雲類有所取捨；(2). 此五種雲類特徵比較明確，易於觀察。
2. 臺灣在天氣方面有許多俗諺，但與雲有關的卻不多，在此舉出幾個：「烏雲接日，明朝不如今日」、「早看東南，晚看西北」、「日沒胭脂紅，無雨也有風」。在大陸地區關於雲與天氣的俗諺就比較多，在此舉出幾個和本研究相關的：(1). 「天上勾勾雲，地上雨淋淋」(卷雲)、(2). 「魚鱗天，不雨也風顛」(卷積雲)、(3). 「天上鯉魚斑，明天曬穀不用翻」(透光高積雲)；就實際觀測而言，前二者關於卷雲和卷積雲的俗諺並不適用於埔里，第三個關於透光高積雲的部分，大致上適用，但也有少數情況不適用。這就如氣象學者任立渝先生所說的：「天氣諺語具有地域性、時間性和氣候性的特色，所以某一地區的諺語不一定能應用於其它地區。」
3. 我們這次研究中關於風向的觀測，主要是藉由觀測雲的移動方向來判斷風向。為什麼要用這樣的方法呢？原因是我們大部分時間都花在雲的觀察上面，而雲的移動方向正是我們觀察的項目之一。其次，我們從眾多關於「雲」的文獻資料中得知，在長期的觀測中，中、高雲類對於天氣較具有指示性，尤其是中雲；這是因為 3000~5000 公尺之間正是對流層中下部天氣最活躍的層次，天氣反應明顯。我們對於風向的觀測以中空(中雲族所在高度)為主，而中央氣象局的風向預報以低空為主，因此我們就無法計算氣象局風向預測的誤差率，這部分留待以後再研究。
4. 未來展望：
 - (1). 102 年 3 月 27 日早上 10 點 03 分在埔里附近發生規模 6.3 的大地震，使埔里居民受到不小的驚嚇。在地震前三個小時，震央上方的天空出現了不尋常的莢狀高積雲。雲可以預測地震嗎？有一位叫作壽仲造的中國科學家對於「地震雲」很有研究，他曾於 2003 年 12 月 25 日成功地預測伊朗即將發生大地震，結果隔天地震真的發生了！我們拍攝到的特殊莢狀雲似乎和地震有關係，值得研究。
 - (2). 這次我們的研究橫跨秋天、冬天和春天，所觀察的雲也只限在這三個季節之內。其實，夏天有一種很獨特的雲，叫作「積雨雲」，它有個「雲中之王」的稱號，十分值得觀察。此外，像卷層雲、高層雲、層雲、雨層雲等等，雖然觀測的難度較高，若能克服技術上的問題，也是相當值得研究的。

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。

【評語】 030503

1. 能對生活周遭環境相關議題進行探討，值得鼓勵。
2. 長時間詳實記錄觀測結果。
3. 能統計歸納觀測資料，找出規律性。
4. 可惜未考慮鋒面移動速度日照強度，地形因素等對雲發展的影響。