

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

第三名

080512

渴霧

學校名稱：臺中市南屯區大新國民小學

作者：	指導老師：
小六 童士維	童進昌
小六 黃惇暉	彭士峯
小六 廖惇培	
小六 李 翰	
小六 黃思唯	

關鍵詞：霧、氣壓、懸浮微粒

~渴霧~

摘要

本研究主要是從 97 年 10 月至 100 年 2 月的實測資料中做資料的統計與分析。主要的研究內容分成兩大方向：其一是比較兩年的天氣變化情形，並嘗試以第二年的資料來檢驗第一年研究發現的正確性；其二是以第一年預測晨霧的四條件為基礎，找出可以提高預測晨霧的其他條件。在 3000 多筆的資料整理中，主要的研究發現大致如下：

- 一、家鄉晚上兩年中的天氣狀況、霧的出現條件及時間變化不大。
- 二、在原有預測隔日早晨有霧的四條件下：晚上 10 點符合溫度介於 $14^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 、相對溼度大於 80%、風速小於 2m/sec、有霧。如果再加入懸浮微粒濃度大於 100 微克/立方公尺的條件後，預測隔日早晨有霧的機率可由原來的 55% 提高至 84%。

壹、研究動機

家鄉經常出現霧，在社會課與自然課的課堂上，老師也經常提到跟霧有關的知識。而家鄉的霧總是變幻莫測，甚至會影響行車安全。因此，使我們更渴望對於霧能有更深一層的了解，希望能掌握家鄉霧出現的時機，提供家鄉居民一個更容易預測晨霧的方法。本研究中，我們繼續以實測數據來加以檢驗去年研究結果的正確性，在第一年的研究中，我們發現影響成霧的條件除了溫度、相對溼度及風速外，還有氣壓與空氣中的凝結核等因素。所以今年我們更針對氣壓與凝結核兩個因素來作討論，並嘗試加入這兩個條件於預測晨霧的條件中，看看是否能再提高預測晨霧的機率。

教材相關單元：南一版六上自然與生活科技第一單元。天氣的變化。

貳、研究目的

- 一、持續的調查研究以檢驗第一年研究結果的正確性
- 二、以第一年預測晨霧的條件為基礎，找出可以提高預測晨霧的其他條件

參、研究設備與器材

乾冰、小蘇打粉、醋、紅蘿蔔、雙氧水、寶特瓶、免洗筷、粉筆灰、氣球、打氣筒、溫度計、風速計、氣壓計、乾溼球溫度計、玻棒、針筒、止血帶、吹風機、250ml 量筒、線香、木箱、照度計、燈泡、電源調節器、抽濾瓶。



備註與圖片說明：

1. 有關家鄉的地形與是否有霧的判定請參閱附錄。
2. 去年五年級的科展研究時，我們找出了在實驗室裡可以製造較佳人造霧的條件，想不到六上的自然課第一單元就碰上了這個人造霧實驗。上課時，老師不但採用了我們的實驗結果當條件，還請我上台充當小老師，指導同學如何成功做出人造霧呢！

肆、研究過程與結果

一、持續的調查研究以檢驗第一年研究結果的正確性

調查時間：自 97 年 10 月至 100 年 2 月。(如表 1-1 所示)

調查方法：於在家期間觀測住家 18：00~22：00 間每隔一個小時的氣溫、相對溼度、風速、氣壓，以及是否有霧出現等，並於隔日早晨(約 6 點左右)觀察是否有霧的出現，此外，並依實際需要下載行政院環保署空氣品質監測站(西屯站)所監測的浮塵微粒濃度的數值。

表 1-1：調查研究的項目與時間

調查項目	調查時間	調查時刻	資料來源
氣溫	97.10~100.02	18：00~22：00	住家實測
相對溼度	97.10~100.02	18：00~22：00	住家實測
風速	97.10~100.02	18：00~22：00	住家實測
晚上是否有霧	97.10~100.02	18：00~22：00	住家實測
早晨是否有霧	97.10~100.02	06：00 左右	住家實測
浮塵微粒	98.01~100.02	18：00~22：00	行政院環保署空氣品質監測站(西屯站)
氣壓	98.07~100.02	18：00~22：00	住家實測

探究一：比較 98、99 年一天中家鄉晚上的天氣變化情形

方法：依實測所得資料，將各時段氣溫、相對溼度、風速加以平均，然後分別算出 98、99 年的年平均後加以比較。

結果：如表 1-2 及圖 1-1、1-2、1-3。

表 1-2：98、99 年家鄉晚上的天氣變化比較

項目	時間	18：00	19：00	20：00	21：00	22：00	平均
氣溫 (°C)	98 年	22.6	21.9	21.7	21.5	21.2	21.8
	99 年	22.5	21.9	21.4	21.3	21.0	21.6
相對溼度 (%)	98 年	78.8	81.1	82.8	82.9	84.3	82.0
	99 年	79.1	81.6	82.5	83.2	83.7	82.0
風速 (m/s)	98 年	1.3	1.0	0.8	0.8	0.7	0.9
	99 年	1.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8

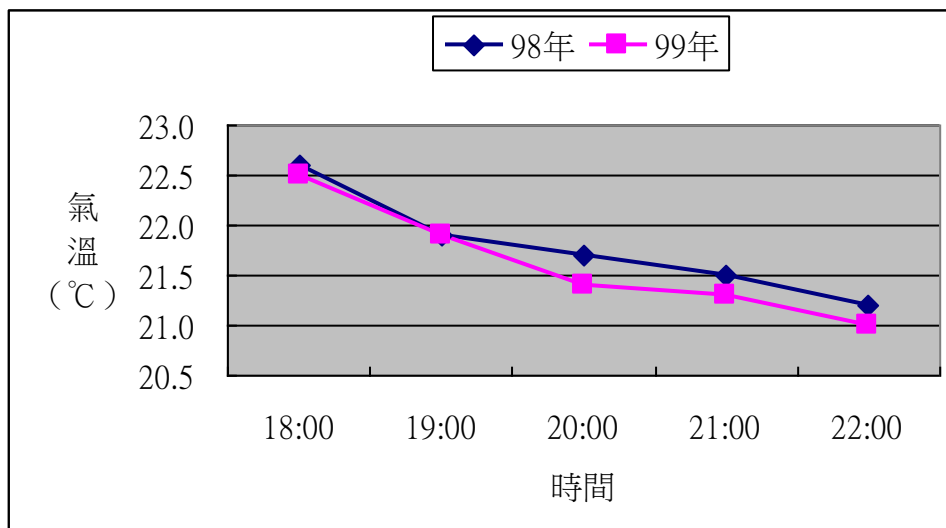


圖 1-1：98、99 年家鄉晚上的氣溫變化比較

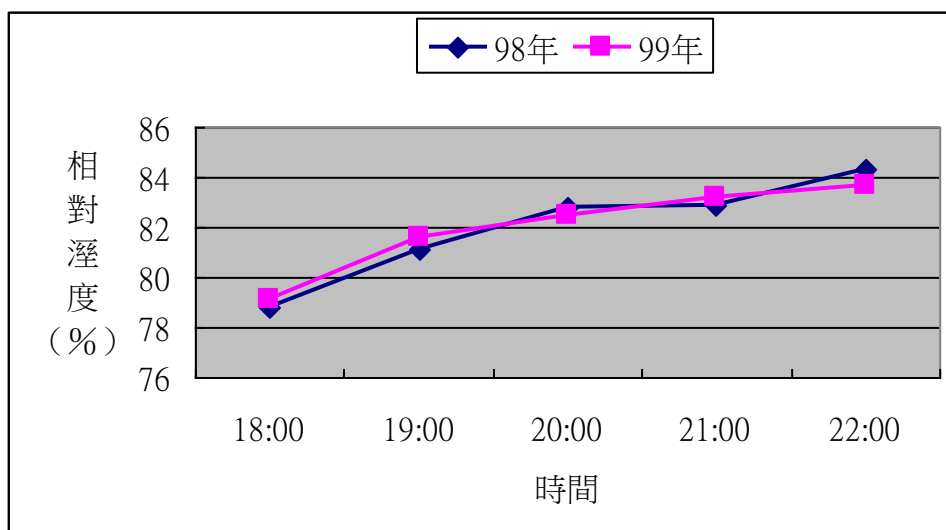


圖 1-2：98、99 年家鄉晚上的相對溼度變化比較

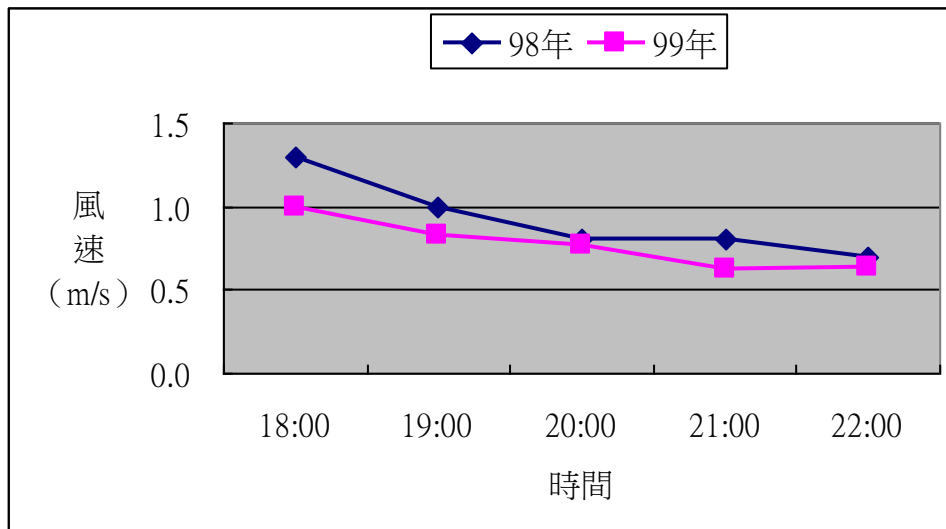


圖 1-3：98、99 年家鄉晚上的風速變化比較

發現：1.98 年與 99 年家鄉晚上的平均氣溫、相對溼度、風速相似，所以兩年的天氣差異不大。
 2.98 年與 99 年家鄉晚上的天氣變化趨勢相似，氣溫會隨時間越晚越低；相對溼度隨時間越來越高；風速隨時間越晚越小。

探究二：比較 98、99 年一年中家鄉晚上天氣變化情形

方法：依實測所得資料，分別算出 98、99 年各月份 18:00~22:00 之晚上平均氣溫、相對溼度、風速，然後加以比較天氣的變化情形。

結果：如表 2-1 及圖 2-1、2-2、2-3。

表 2-1：98、99 年一年中家鄉晚上的天氣變化比較

項目	時間	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
氣溫 (°C)	98 年	12.8	19.0	17.8	20.5	23.9	26.2
	99 年	14.6	17.2	19.4	21.1	24.4	25.0
相對溼度 (%)	98 年	79.5	85.3	84.4	81.4	81.5	83.9
	99 年	83.7	87.8	81.8	83.5	80.4	86.0
風速 (m/s)	98 年	1.6	0.8	1.1	0.7	0.4	0.6
	99 年	0.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.7

項目	時間	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
氣溫 (°C)	98 年	27.5	27.5	28.0	23.5	19.3	15.4
	99 年	27.4	27.1	26.2	22.6	19.2	15.5
相對溼度 (%)	98 年	78.6	84.7	77.5	82.7	82.0	82.2
	99 年	79.7	81.8	83.6	81.6	80.3	74.2
風速 (m/s)	98 年	0.8	0.6	0.5	1.5	1.6	1.1
	99 年	0.7	0.5	0.4	1.8	1.1	1.2

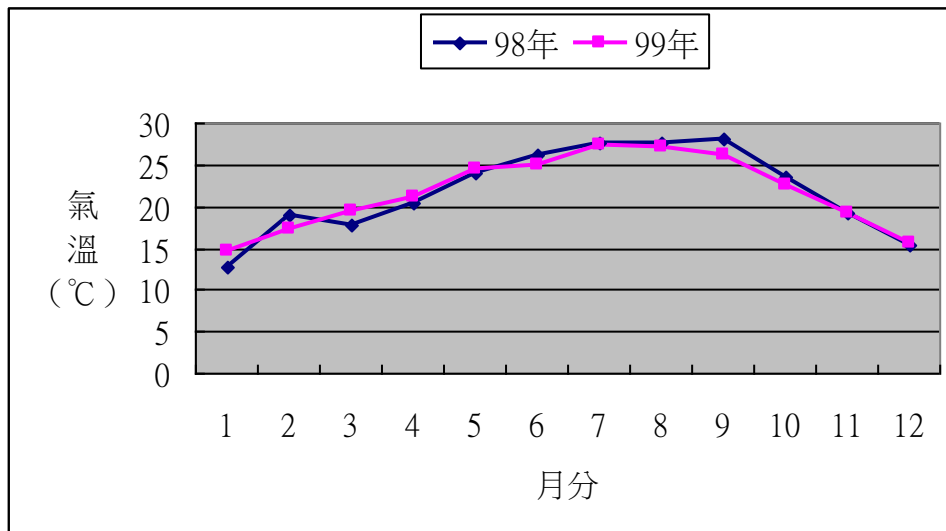


圖 2-1：98、99 年一年中家鄉晚上的氣溫變化比較

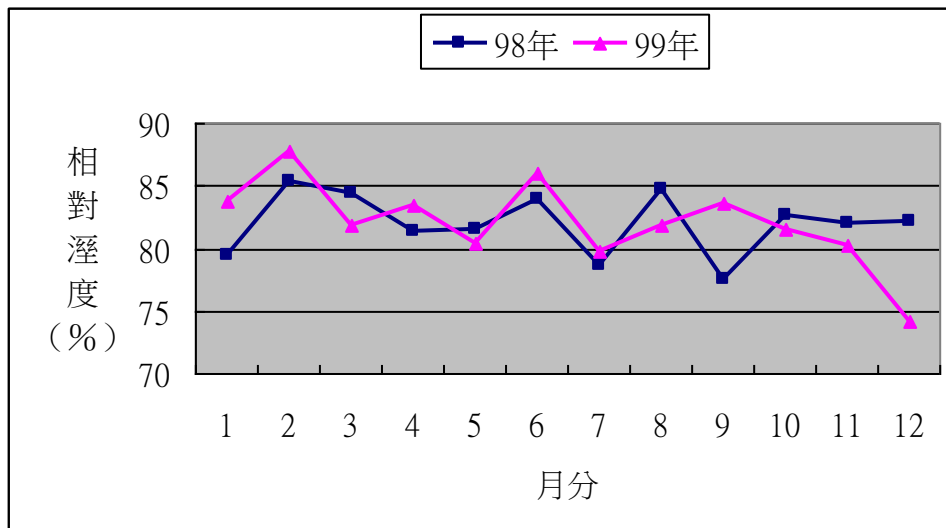


圖 2-2：98、99 年一年中家鄉晚上的相對溼度變化比較

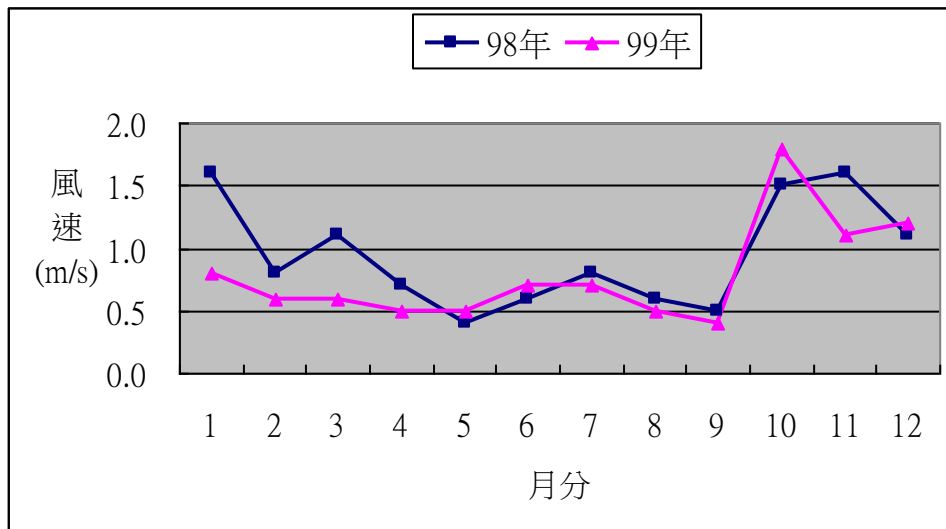


圖 2-3：98、99 年一年中家鄉晚上的風速變化比較

發現：98 年與 99 年在一年中家鄉晚上的天氣變化相似：

1. 氣溫大致仍以夏、秋季較高，冬季較低。
2. 相對溼度的變化多數仍維持在 75% 到 85% 之間。
3. 風速以 10 月到隔年 1 月較大。

探究三：比較 98、99 年一年中家鄉晚上在不同時間出現霧的次數

方法：將調查所得資料，分別統計 98、99 年各時段出現霧的次數。

結果：如表 3-1 及圖 3-1。

表 3-1：98、99 年一年中家鄉晚上不同時間出現霧的次數統計

出現霧的次數	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
98 年	13	11	20	20	30
99 年	8	16	20	23	40

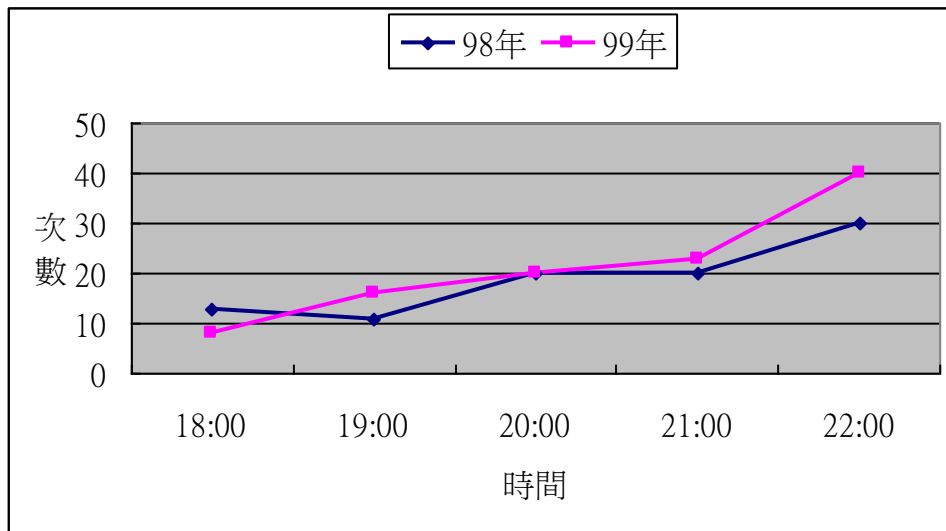


圖 3-1：98、99 年一年中家鄉晚上不同時間出現霧的次數統計

發現：98 年與 99 年家鄉晚上不同時間霧出現次數的趨勢相似：時間越晚出現霧的次數越高。

探究四：持續調查家鄉在不同月份出現霧的次數

方法：將調查所得資料，統計 97.10~100.2 中各月份晚上及早上霧的出現次數。（計算晚上霧的出現次數，若同日中有兩個不同時段以上有霧，則仍以 1 次計。）

結果：如表 4-1 及圖 4-1、4-2。

表 4-1：不同月份出現霧的次數統計

時間	97.10	97.11	97.12	98.01	98.02	98.03	98.04	98.05	98.06	98.07
晚上	1	2	4	5	11	7	6	1	1	0
早晨	4	2	2	2	9	6	9	7	2	0

時間	98.08	98.09	98.10	98.11	98.12	99.01	99.02	99.03	99.04	99.05
晚上	3	1	0	1	5	6	9	10	9	6
早晨	4	2	0	6	4	7	6	5	7	10

時間	99.06	99.07	99.08	99.09	99.10	99.11	99.12	100.01	100.02
晚上	3	1	0	1	1	4	2	2	13
早晨	5	0	2	8	4	3	4	3	13

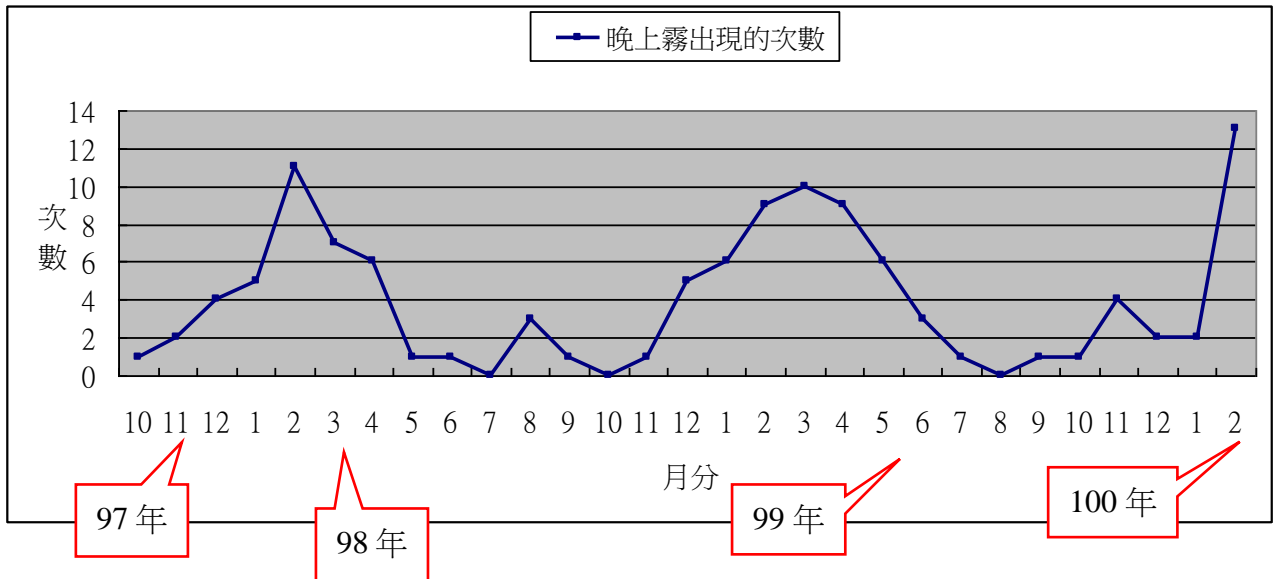


圖 4-1：不同月份晚上出現霧的次數統計

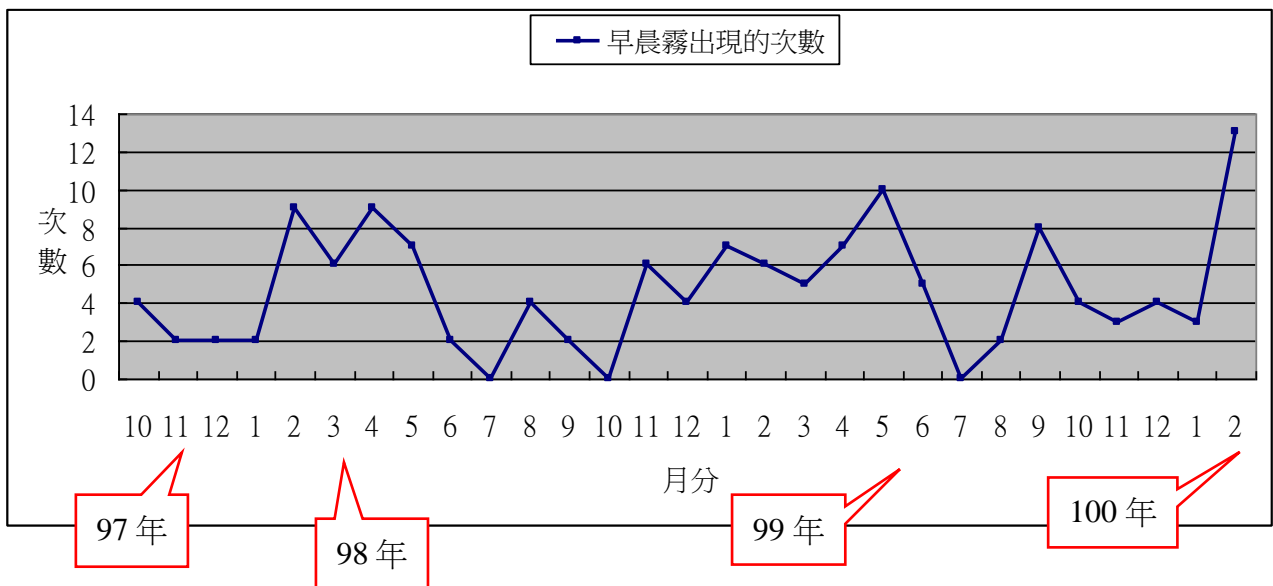


圖 4-2：不同月份早上出現霧的次數統計

發現：97.10-100.02 持續的觀察統計發現，一年中冬末初春晚上出現霧的次數較多；晨霧大致仍以春季較多，與第一年的研究結果相符。

探究五：持續探究家鄉有霧時的氣溫、相對溼度及風速

方法：從第二年實測所得的資料，找出有霧的資料中符合第一年研究有霧的天氣條件：氣溫 15°C-25°C、相對溼度 80%以上及風速 3m/s 以下的百分比。

結果：如表 5-1。

表 5-1：有霧時的天氣條件符合的百分比

有霧時的天氣條件	氣溫 (15°C-25°C)	相對溼度 (80%以上)	風速 (3m/s 以下)
符合的百分比	87%	100%	97%

發現：以第二年實測所得的資料來驗證第一年家鄉有霧的天氣條件，發現符合的百分比氣溫為 87%、相對溼度 100%、風速 97%，所以第一年研究中發現家鄉有霧的天氣條件應是可信的。

探究六：持續探究其他地方有霧時的天氣因素與家鄉有霧時是否相似

方法：利用假日請爸爸帶我去戶外做實地觀測，若遇有霧出現的地方，則記錄其當時的氣溫、相對溼度與風速，再將兩年多來測得的資料與家鄉資料做比較。

結果：如表 6-1。



29°C 的高溫，霧卻不斷的由山谷飄上山頭來 (桃源谷)



馬路上的車輛，很快的就隱沒在濃霧之中 (合歡山)



微風帶來陣陣的山霧，使得山頭若隱若現 (清境農場)

下雨過後出現的霧，顯得格外乾淨 (大雪山)



表 6-1：其他地方出現霧時的氣溫、相對溼度與風速

	時間	時刻	地點	氣溫 (°C)	相對溼度 (%)	風速 (m/s)
第一年	980715	1921	嘉義隙頂	24.8	86.2	0.3
	980715	2000	嘉義梅園樓	23.5	85.5	0.4
	980716	1145	阿里山	23.1	71.7	0.0
	980716	1443	塔塔加遊客服務中心	21.3	71.8	0.1
	981114	1403	南投頭社水庫	20.2	78.2	0.4
	981209	1620	九分二山地震紀念碑	12.8	79.3	0.1
	981227	1610	台北擎天崗	13.0	92.8	0.8
	990123	1510	三義慈濟山	13.1	89.1	1.0
	990124	1540	三峽熊空休閒農場	19.1	84.4	0.0
	990125	1725	桃園虎頭山公園	16.4	77.5	0.0
	990128	1516	三貂角燈塔	18.6	87.3	3.2
第二年	980406	0805	台中文心森林公園	22.0	91.0	0.0
	990423	1825	泰安休息站	26.0	84.7	0.0
	990509	1234	中壢休息站	23.0	91.0	0.0
	990708	1557	台北桃源谷	29.0	81.2	2.4
	990714	1723	太麻里金針山	26.9	74.5	0.2
	990809	1209	南投鳶峰停車場	18.8	75.6	1.2
	990809	1535	合歡山	17.6	70.5	3.5
	990809	1803	清境農場	21.2	84.9	1.1
	990814	1557	桃園角板山	25.0	90.6	0.4
	990815	1407	苗栗南庄	27.0	85.5	0.0
	990815	1606	蓬萊溪生態園區	27.2	91.0	0.1
	990818	1347	大雪山遊客中心	19.9	77.2	0.0
	1000111	1537	新社梅林親水岸度假村	15.0	91.0	0.0

註：有色塊的部分表示是與家鄉有霧時的天氣因素屬相似的地方

發現：從第二年的持續調查中，仍可發現不同地方有霧時與家鄉有霧時的天气條件大致相同。

討論：1.從調查中我們發現溫度高於 25°C 或低於 15°C 的情形下，仍舊有霧的出現，我們推論或許與地形有關，以台北桃源谷的山坡上我們所看到的霧為例，霧就是不斷的由山谷飄往山頭來，因此雖然當時氣溫高達 29°C，但仍舊有濃霧出現。

2.以風速來說，要形成霧的風速不能太大，因為水蒸氣凝結成小水滴需要時間，風速過大小水滴不易凝結，或霧的濃度不大時即被強風吹散，所以不容易觀察到霧。

3.至於相對溼度，有部分未達 80% 以上，應是戶外空曠地較家鄉容易觀察到薄霧所致。

探究七：以預測晨霧的四條件比較兩年中隔日清晨出現霧的機率

方法：以 97.10~98.09 推測出預測隔日出現晨霧的四條件，比較 98.10~99.09 的實測資料中，隔日清晨出現霧的機率。

結果：如表 7-1。

表 7-1：兩年中隔日清晨出現霧的機率比較

晚上 10 點天氣： 1.氣溫介於 14℃~27℃之間。 2.相對溼度在 80%以上。 3.風速在 2m/s 以下。 4.有霧。	隔日清晨有霧的機率		隔日清晨無霧的機率	
	97.10~98.09	98.10~99.09	97.10~98.09	98.10~99.09
時間				
完全符合上述四項條件	52%	53%	48%	47%
任一項不符合上述四項條件	11%	13%	89%	87%

發現：由兩年的比較中發現，以預測隔日清晨有霧的四條件，來計算隔日清晨有霧機率分別是 52%、53%，無霧的機率分別是 48%、47%。因此，出現霧的機率是非常相似的。

討論：除了由實際預測調查之外，為了進一步確認我們研究結果的可信程度，我們比對了第一年及第二年資料。發現隔日清晨出現有霧的機率，竟然非常地相近，也就是以不同的時間點作分析，結果並沒有很大的差異，可見以這四個條件來預測隔日是否有霧應算是不錯的。

二、以第一年預測晨霧的條件為基礎，找出可以提高預測晨霧的其他條件

說明：因為第一年的研究中，我們發現影響大自然形成霧的條件除了溫度、相對溼度及風速外，氣壓與空氣中的凝結核也可能是原因之一。氣壓我們可以以氣壓計實測，而凝結核的部分，因為我們無法實測，所以我們採用離家較近的西屯空氣品質監測站所測得懸浮微粒的數據，再搭配在家鄉的實測資料做分析，期望可以找到提高預測晨霧機率的條件。

探究八：調查家鄉晚上氣壓的變化情形

方法：選取 9901-9912 實測資料中的氣壓數值依一天中不同的時段與一年中不同的月分別加以平均，找出一天及一年中家鄉晚上氣壓的變化情形。

結果：如表 8-1、8-2、圖 8-1、8-2。

表 8-1：一天中家鄉晚上的氣壓變化情形

時間	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	平均
氣壓 (百帕)	974.8	975.1	975.9	975.9	976.3	975.6

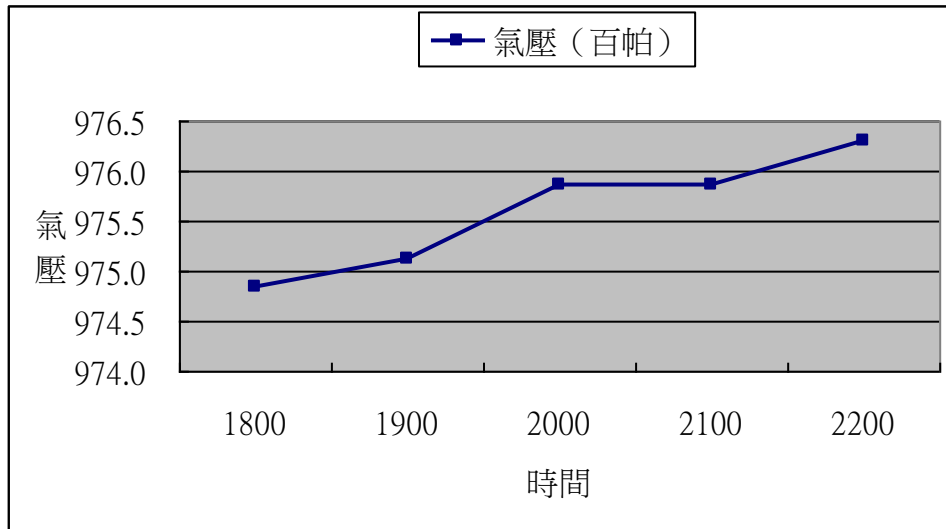


圖 8-1：一天中家鄉晚上的氣壓變化情形

表 8-2：一年中家鄉晚上不同月分的氣壓變化情形

時間	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
氣壓 (百帕)	983.6	980.9	979.9	977.2	971.9	972.2
時間	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
氣壓 (百帕)	971.8	970.3	971.1	973.3	977.3	977.7

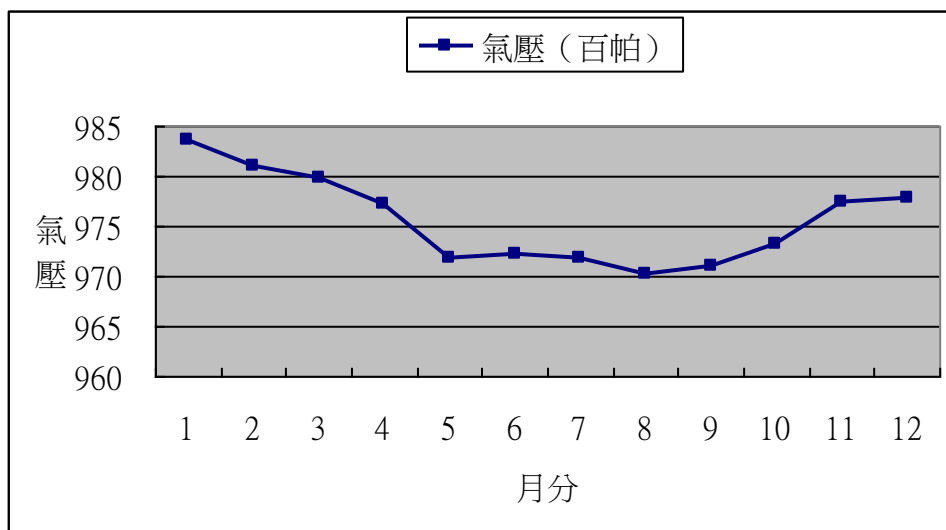


圖 8-2：一年中家鄉晚上的氣壓變化情形

- 發現：1.一天中家鄉晚上的氣壓隨著時間越晚有越高的趨勢。
 2.一年中家鄉晚上的氣壓冬季較夏季高，一年的平均氣壓值約是 975.6 百帕。

探究九：探究家鄉晚上有霧時的氣壓大小

方法：將 9807-9906 的實測資料中，找出有霧時所對應的氣壓值，並作成折線圖加以分析。

結果：如圖 9-1。

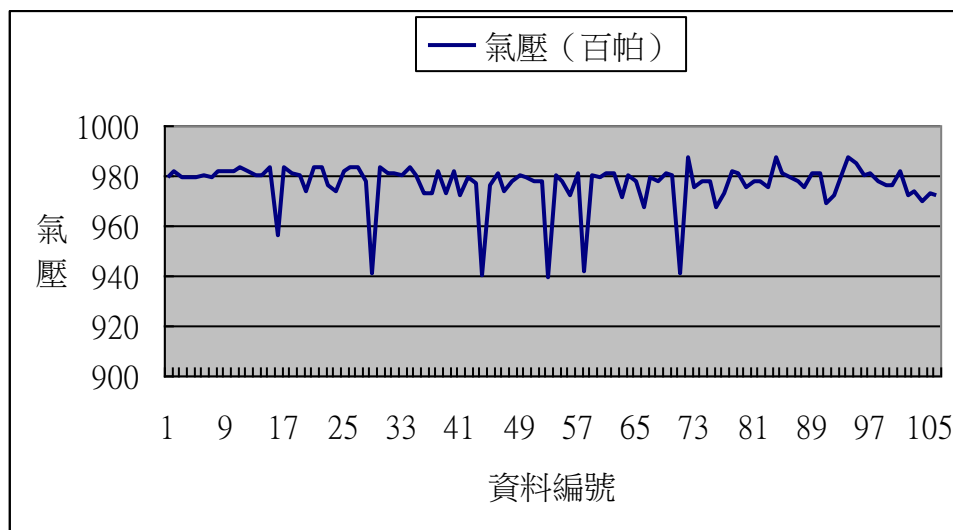


圖 9-1：有霧時的氣壓

發現：家鄉晚上有霧時的氣壓大多界於 970-985 百帕之間。

討論：圖中出現幾筆 940 百帕左右的數據，發現多是颱風期間所產生的霧，因此氣壓就顯得特別的low，但因空氣中大量的水氣，將相對溼度推高至 95% 以上，所以增加了成霧的機會。

探究十：探究家鄉晚上十點的氣壓數值可否成為預測隔日是否有晨霧的條件

方法：1. 從 98.07~99.06 實測資料中找出早晨有霧的前一天晚上 10 點的氣溫與氣壓數值，作出氣溫與氣壓的關係圖。

2. 從關係圖中找出當晚 10 點能影響隔日早晨是否出現霧的可能氣壓範圍。

3. 從可能的氣壓範圍中，再結合第一年預測晨霧的四條件，然後計算隔日早上有霧的機率。

4. 判斷此氣壓範圍可否成為預測晨霧的第五條件。

結果：如表 10-1、圖 10-1。

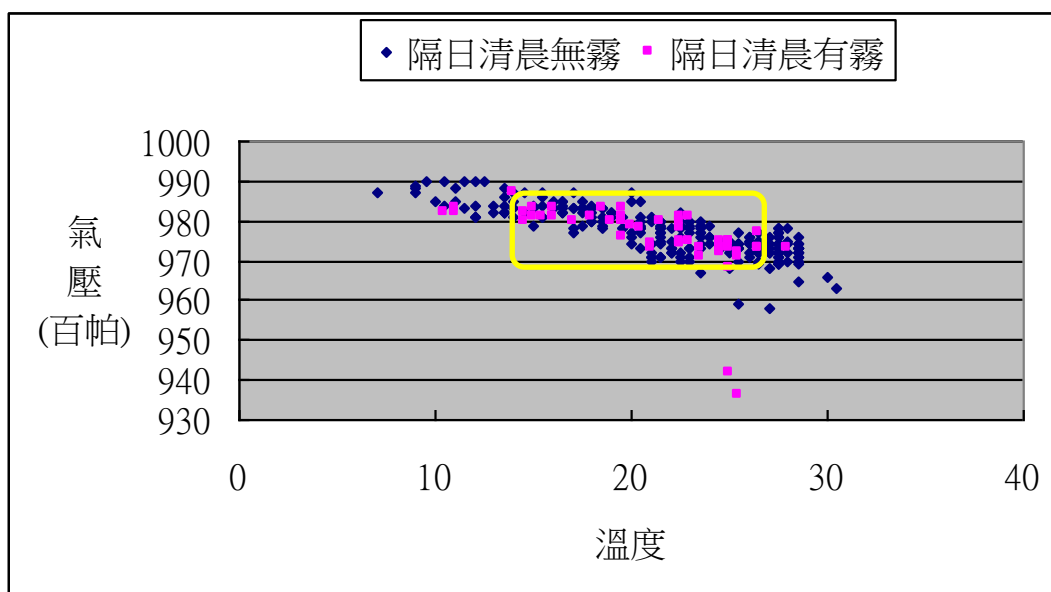


圖 10-1：隔日清晨有霧時，22：00 的溫度與氣壓關係圖。

表 10-1：加入氣壓條件前後的晨霧預測機率比較

晚上 10 點天氣條件：	未加入氣壓條件	加入氣壓條件
1.氣溫介於 14°C ~ 27°C 之間。 2.相對溼度在 80% 以上。 3.風速在 2m/s 以下。 4.有霧。	54%	53%

- 發現：1.當晚 10 點能影響隔日早晨出現霧的可能氣壓條件為 970~985 百帕之間。
 2.加入氣壓條件後計算預測晨霧出現的機率結果並沒有明顯提升，因此，氣壓似乎不適合加入成為預測晨霧的第五條件。

討論：1.原以為氣壓對溫度的關係圖中，氣壓的密集分布會更有利於預測晨霧，但是結果並不如預期。因此，對於這個問題大家討論後，覺得氣壓可能造成的影響，是不是跟氣溫、相對溼度或風速其中之一的影響有相似或者重疊，因此無法提高預測晨霧的機率。所以我們再做了氣壓與氣溫、相對溼度和風速的關係(如圖 10-2、10-3、10-4)。從圖中我們發現，氣壓與溫度有較密切的關係，當氣溫較高時氣壓相對較低，而當氣溫較低時氣壓則相對較高，因此我們假設氣壓與氣溫似乎可看成是雷同的因素，所以對於預測晨霧的機率並不會有明顯的提高。

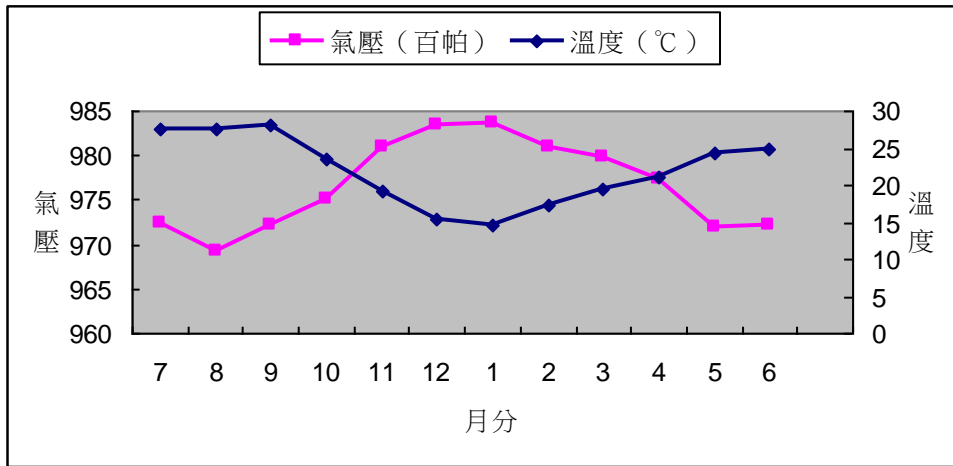


圖 10-2：氣壓與溫度的關係圖

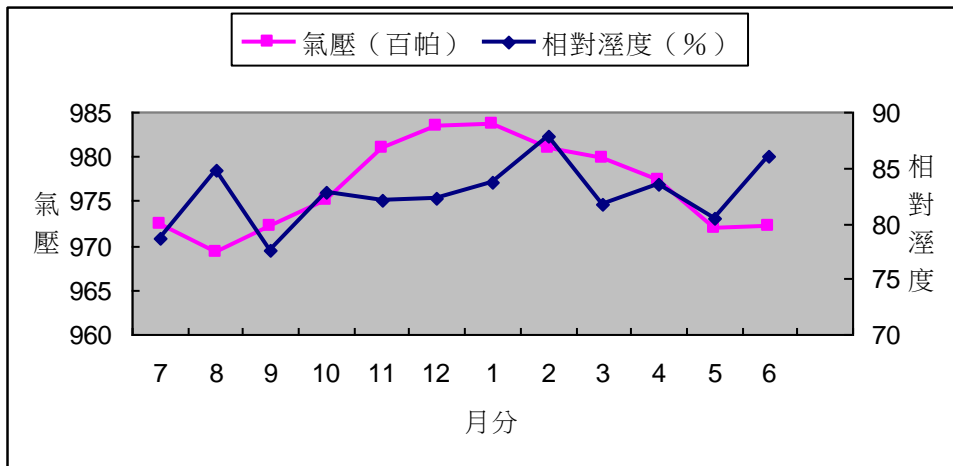


圖 10-3：氣壓與相對溼度的關係圖

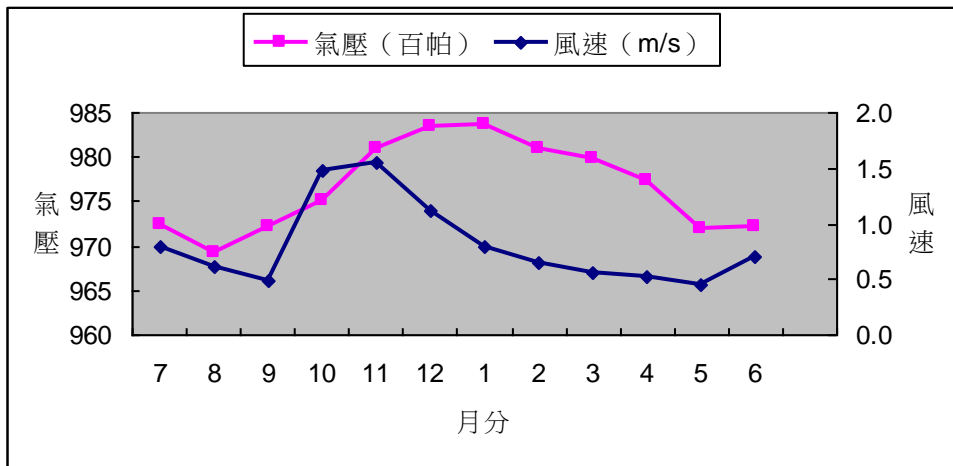


圖 10-4：氣壓與風速的關係圖

2.為了驗證我們的推論是否正確，在預測晨霧的條件中以氣壓(970-985 百帕)取代原有的溫度條件(14-27°C)，重新計算出現晨霧的機率，結果如表 10-2，發現機率是相近的。所以對於氣壓是否適合成為預測晨霧的第五條件，就以能提高原有預測晨霧的機率而言，並沒有幫助。所以我們決定捨棄氣壓成為預測晨霧的第五條件的期待。

表 10-2：以氣壓取代氣溫的晨霧預測機率比較

晚上 10 點天氣條件	隔日早晨出現晨霧的機率
1.氣溫介於 14°C ~ 27°C 之間。 2.相對溼度在 80% 以上。 3.風速在 2m/s 以下。 4.有霧。	54%
1.氣壓介於 970 ~ 985 百帕之間。 2.相對溼度在 80% 以上。 3.風速在 2m/s 以下。 4.有霧。	52%

延伸想法：之前我們利用量筒內溫度的改變，製造出效果不錯的人造霧，那麼如果利用氣壓大小的改變，是否同樣可製造出效果不錯的人造霧呢？

實驗一：改變氣壓大小可以製造人造霧嗎？

- 方法：
- 1.在寶特瓶中加入約 10ml 的水，於瓶口以軟木塞塞住並與打氣筒連接。
 - 2.以打氣筒加壓寶特瓶，使氣壓刻度顯示為 4PSI。
 - 3.瞬間打開軟木塞，出現人造霧後，迅速蓋上寶特瓶瓶蓋，將寶特瓶移至照度箱中測量人造霧的照度。
 - 4.重複 1-3 步驟共三次後，求其照度平均值，然後依次將氣壓刻度調整為 8PSI、12PSI、16PSI。

結果：如圖 10-5。



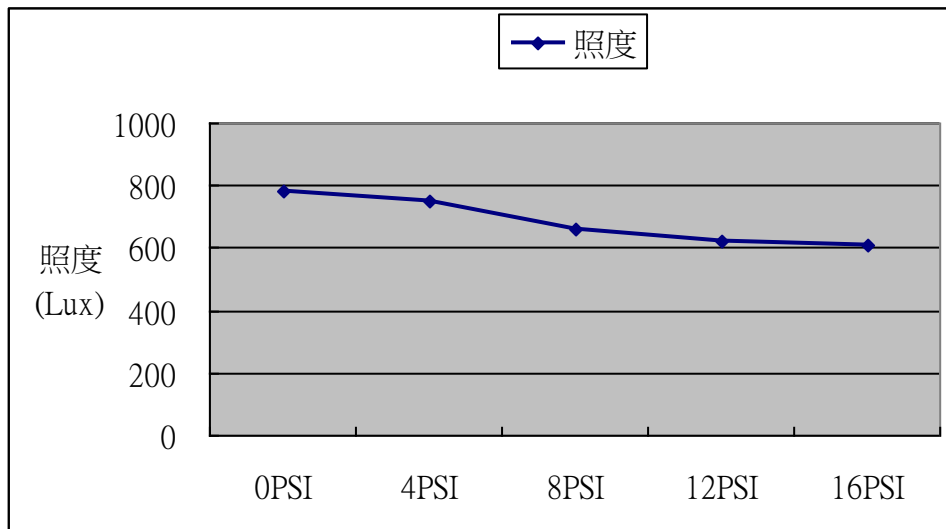
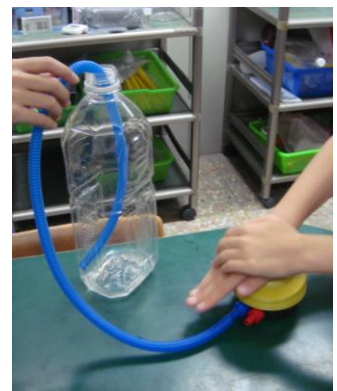


圖 10-5：不同的氣壓大小對人造霧的影響

發現：以打氣筒加壓寶特瓶，當氣壓數值越高，回復常壓後，產生的人造霧效果也越好，但因 16PSI 的壓力彈射出軟木塞的力量太大，較具危險，所以往後實驗我們選擇 12PSI 代替。

討論：1.每次實驗完後，瓶中殘留大量的霧很難完全消散，因此等待下回實驗的時間就會拉長，為了解決這個問題，因此，我們用簡易的打氣筒以管子吹入空氣，可以快速使瓶中的霧完全排出。



2.實驗測試中，我們發現實驗後的寶特瓶都會熱熱的，因此在每一次實驗也特別針對溫度做記錄，如圖 10-6。果如預測，在加壓之後，溫度都會上升，且氣壓值越大氣溫上升的值也越多，我們猜測這和實驗結果出現的人造霧濃淡效果有關。

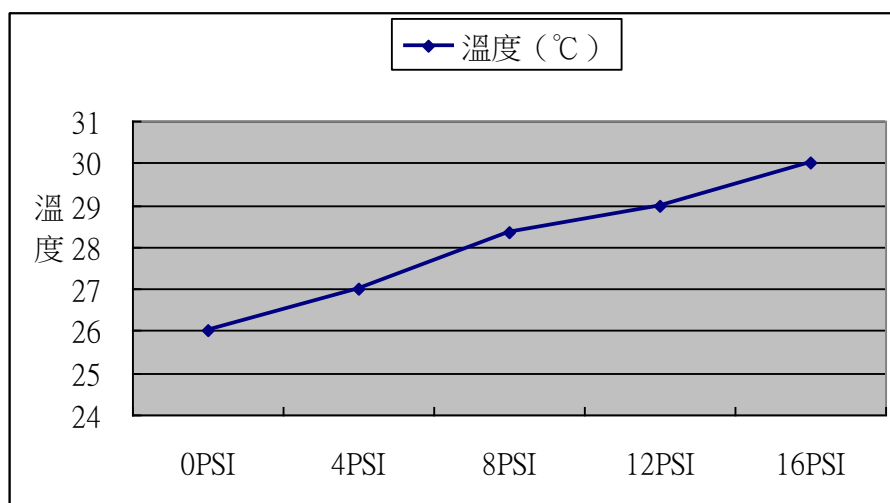


圖 10-6：不同的氣壓大小與增溫的關係

實驗二：改變水量會影響人造霧的效果嗎？

方法：1.在寶特瓶中加入約 20ml 的水，於瓶口以軟木塞塞住並與打氣筒連接。

2.以打氣筒加壓寶特瓶，使氣壓刻度顯示為 12PSI。

3.瞬間打開軟木塞，出現人造霧後，迅速蓋上寶特瓶瓶蓋，將寶特瓶移至照度箱中測量人造霧的照度。

4.重複 1-3 步驟共三次後，求其照度平均值後，將水量調整為 0ml、40ml、60ml、80ml。

結果：如圖 10-7。

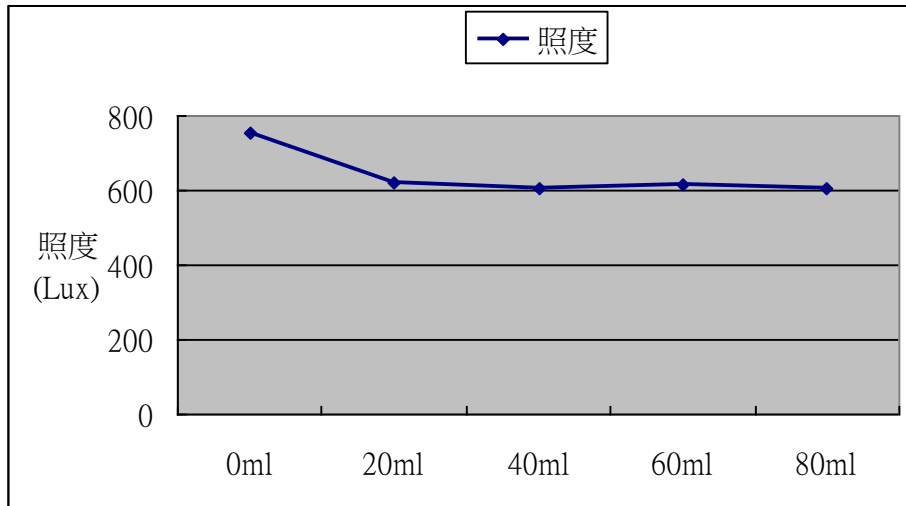


圖 10-7：水量對人造霧的影響 1

發現：除了未加入水的對照組之外，加入水量的多寡對人造霧產生的效果的影响不大。

討論：人造霧的形成是需要水氣凝結，但為什麼我們的實驗顯示水量多寡並不影響，還是我們提供的水氣已經夠多了？因此，我們在 20ml 以下再做實驗探討。結果如圖 10-8，圖中明顯顯示水量 10ml 是較好成霧的條件，而 10ml 約是恰好能覆蓋寶特瓶底部的水量。因此，我們建議如果想要使用加壓的方法製造人造霧，瓶中加入的水量最好是以能覆蓋寶特瓶底部為原則。

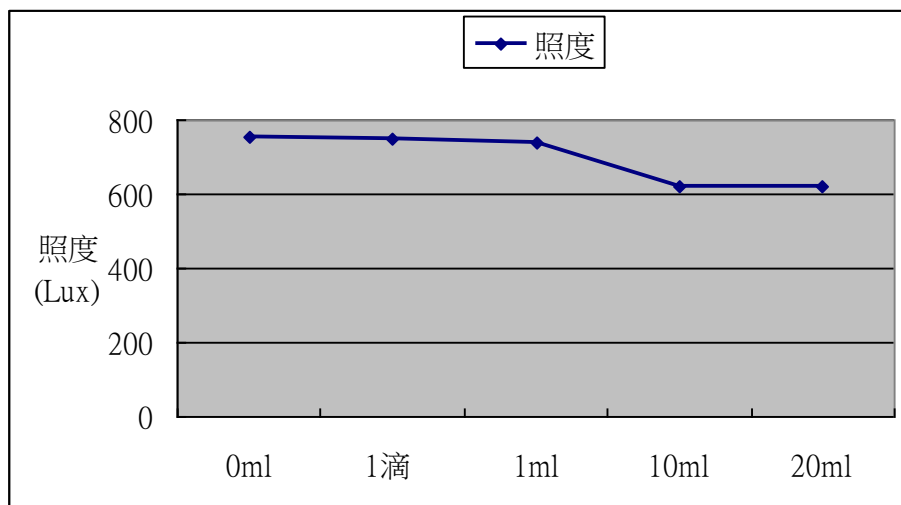


圖 10-8：水量對人造霧的影響 2

探究十一：調查家鄉晚上懸浮微粒濃度的變化情形

方法：將 9901-9912 年西屯空氣品質監測站所測得懸浮微粒的資料依一天中不同的時段與一年中不同的月分別加以平均，找出一天及一年中家鄉晚上懸浮微粒濃度的變化情形。

結果：如表 11-1、圖 11-1、11-2。

表 11-1：一天中家鄉晚上的懸浮微粒濃度變化情形

時間	18：00	19：00	20：00	21：00	22：00	平均
懸浮微粒濃度（微克/立方公尺）	64.4	62.2	62.4	62.8	63.4	63.0

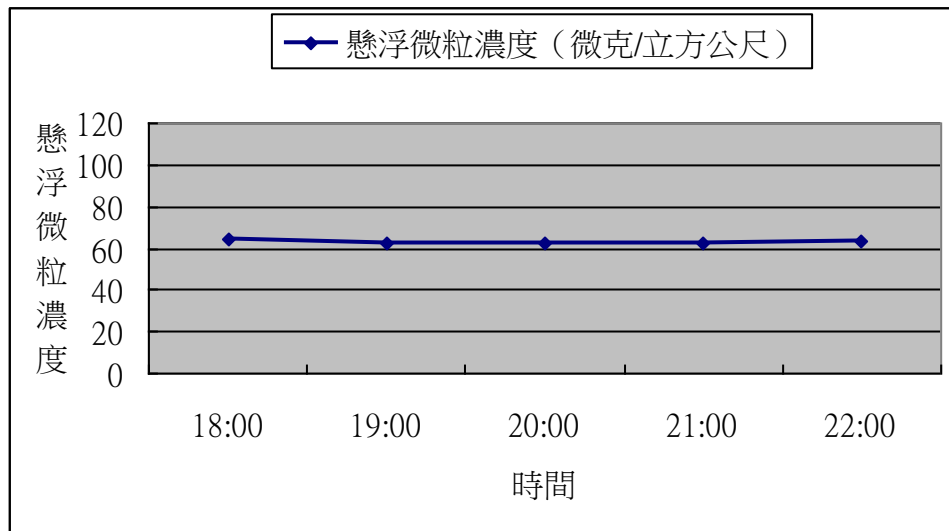


圖 11-1：一天中家鄉晚上的懸浮微粒濃度變化情形

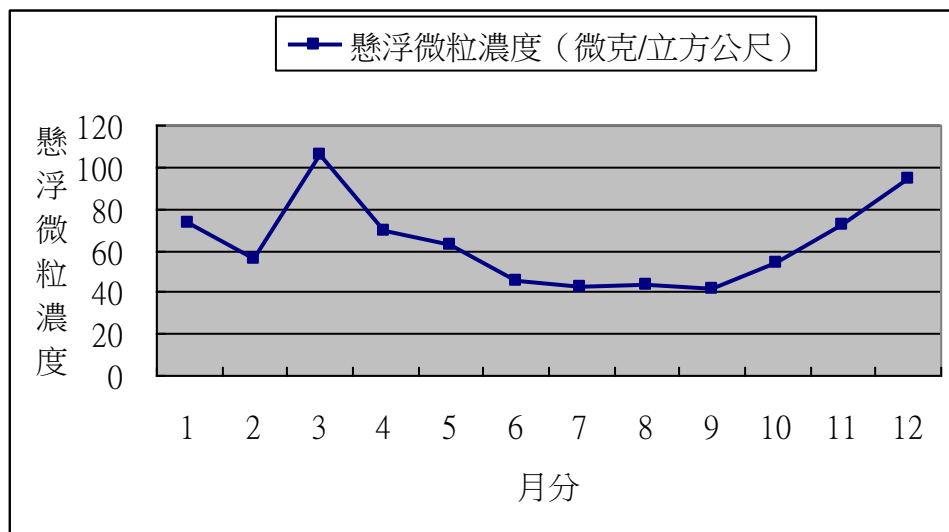


圖 11-2：一年中家鄉晚上的懸浮微粒濃度變化情形

- 發現：
- 1.一天中家鄉晚上的懸浮微粒濃度大致相同，平均濃度約為 63.0 微克/立方公尺。
 - 2.一年中家鄉懸浮微粒的濃度以夏季較低、冬季較高。

探究十二：探究家鄉晚上有霧時的懸浮微粒濃度

方法：從 9801-9906 的資料中，找出有霧時的懸浮微粒濃度，然後作成折線圖加以分析。

結果：如圖 12-1。

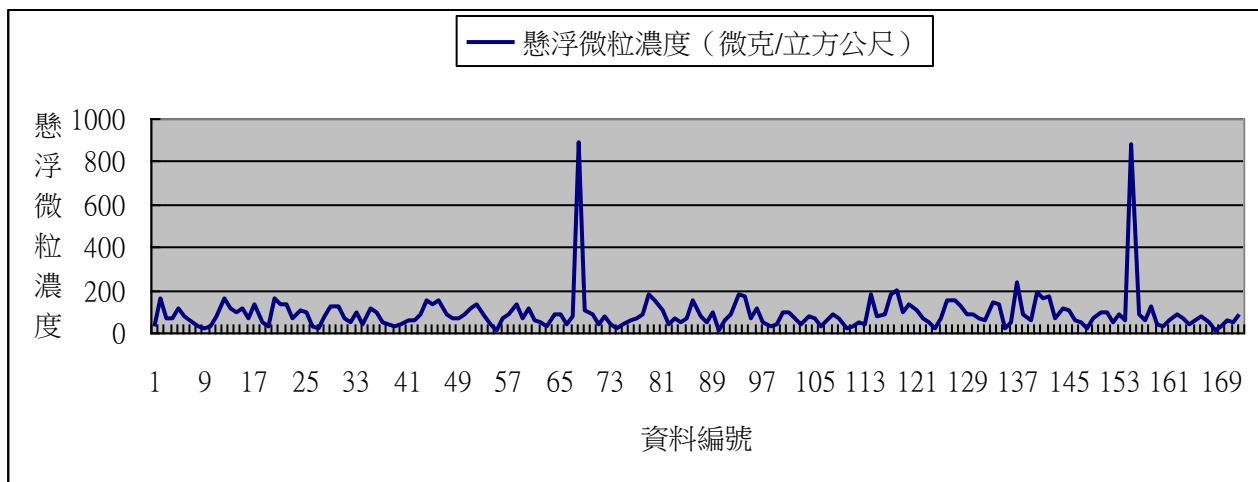


圖 12-1：有霧時的懸浮微粒濃度

發現：有霧時的懸浮微粒濃度多在 200 微克/立方公尺以下。

討論：1. 從懸浮微粒的數據資料中，我們發現多數時刻也都在 200 微克/立方公尺以下，所以這樣的發現對於研究的意義較不大，因此再將懸浮微粒細分為四個區段，然後分別統計在各區段中出現霧百分比，結果如表 12-1。由表中我們即可發現當懸浮微粒濃度越大時，出現霧的機率越大。

表 12-1：懸浮微粒濃度與出現霧的百分比分析

懸浮微粒濃度(微克/立方公尺)	0-50	51-100	101-150	151 以上
出現霧的百分比	6%	9%	15%	33%

2. 去年研究中發現有霧時的天氣狀況為溫度介於 15°C ~ 25°C、相對溼度大於 80%、風速小於 3m/sec，因此特別再討論懸浮微粒的四個區段中，統計符合上述三個條件下出現霧的百分比，如表 12-2。由表中我們再次發現當懸浮微粒濃度越大時，出現霧的機率越大，且機率比單獨只考慮懸浮微粒濃度時還高。

表 12-2：符合有霧時的三條件下，懸浮微粒濃度與出現霧的百分比分析

懸浮微粒濃度(微克/立方公尺)	0-50	51-100	101-150	151 以上
出現霧的百分比	12%	20%	26%	37%

探究十三：探究家鄉晚上十點的懸浮微粒濃度可否成為預測隔日是否有晨霧的第五條件

方法：將 9801-9906 的資料中，找出晚上十點符合預測隔日早晨有霧的四個條件的資料，再依懸浮微粒畫分的四區段中，分別統計隔日出現晨霧的機率。

結果：如表 13-1。

表 13-1：符合預測隔日早晨有霧的四個條件下，懸浮微粒濃度與隔日出現晨霧的機率分析

懸浮微粒濃度(微克/立方公尺)	0-50	51-100	101-150	151 以上
隔日出現晨霧的機率	33%	46%	78%	83%

發現：在符合預測隔日早晨有霧四個條件的資料中，我們發現晚上十點的懸浮微粒濃度越高，隔日出現晨霧的機率越大。

討論：1. 之前的研究發現在符合預測晨霧四個條件中，能預測晨霧的機率約為 52%，因此要加入的第五條件，其加入後預測晨霧的機率必須要能大於 52% 才可以。所以在懸浮微粒的濃度上我們選擇濃度大於 100 微克/立方公尺為第五條件。而加入第五條件後，經再次統計後發現預測晨霧的機率可以由 52% 提高至 80%，符合我們的期待。

2. 以 98.01.01~99.06.30 的實測資料中，發現可用來預測晨霧的五條件後，我們接著再以 99.07~100.02 的實測資料加以實際預測，以檢驗這些用來預測隔日出現晨霧的五條件的正確性。結果發現由實測資料來檢驗預測隔日清晨有霧的條件正確率竟然達 100%，不過，雖然以符合五條件的基礎加以預測的正確率達 100%，但由於條件越嚴苛，需同時符合這些條件的天數就越少，以我們在 99.07~100.02 期間實際預測的 200 多筆實測資料為例，符合五條件也僅僅只有 4 筆。因為符合的資料數太少，為了再次確認這個發現，因此我們將範圍擴大為 97.10-100.02 的所有實測資料，結果發現符合五條件的資料有 19 筆，其中隔日出現晨霧的資料數高達 16 筆，出現霧的機率約 84%。所以，用五條件來預測隔日清晨會出現霧的正確率較高。

3. 為了使預測的條件能更加靈活運用，我們總結兩年多的研究資料，然後依實測資料中晚上 10 點不同的天氣條件，分別統計出隔日早晨出現霧的機率，如圖 13-1 所示。如此，我們即可因手邊持有的資料條件多寡，而對照出隔日早晨出現晨霧的大概機率。而從圖中我們更可以清楚看到如果我們在原有的預測晨霧四條件下，再加入懸浮微粒的濃度大於 100 微克/立方公尺的第五條件之後，那麼隔日早晨有霧的機率就會由原來的 55% 跳升至 84%。

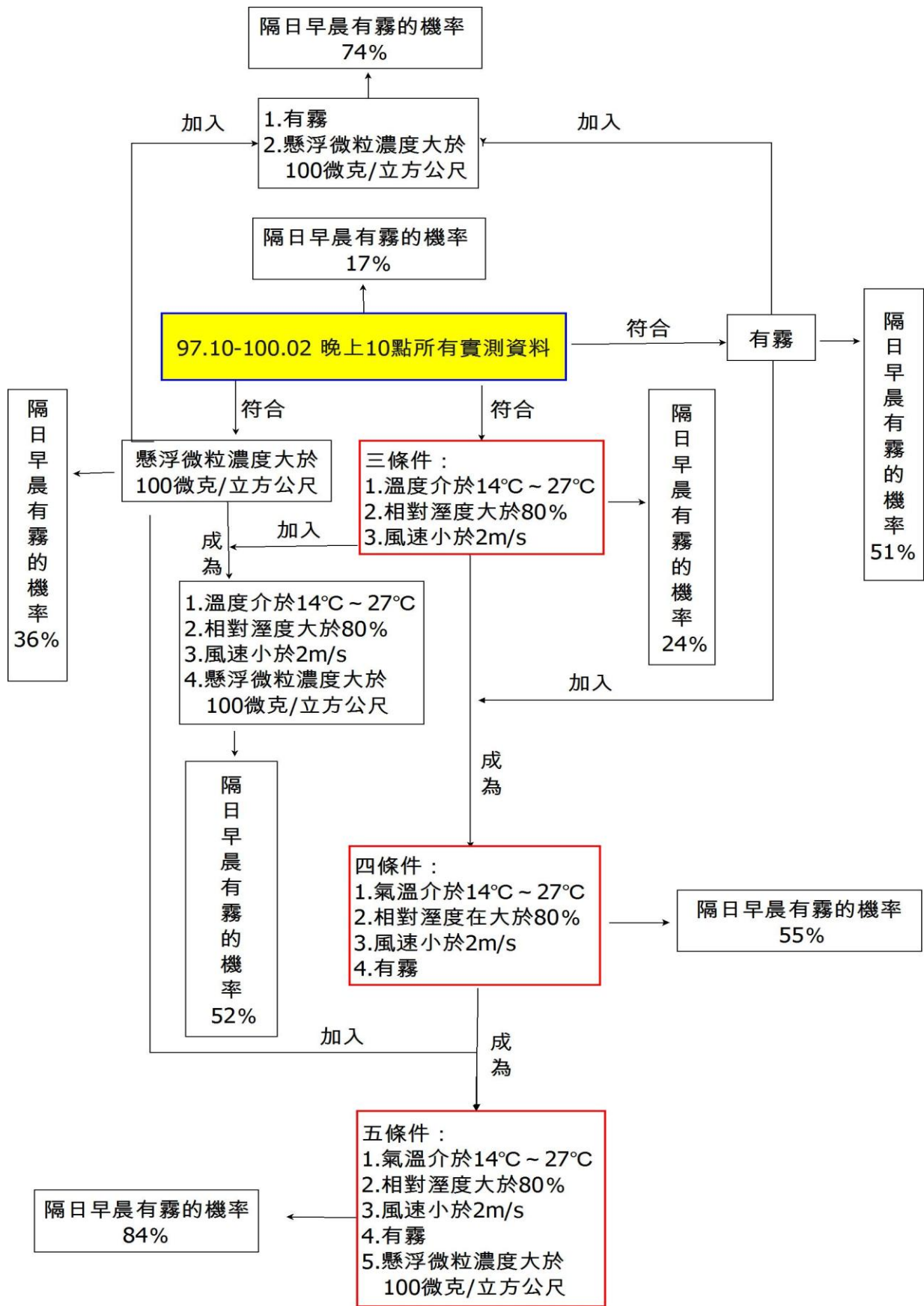


圖 13-1：不同條件下，隔日早晨有霧的機率

延伸想法：空氣中的懸浮微粒種類不少，除了燃燒線香所產生的煙粒之外，我們也燃燒了紙張、免洗筷等都能成功的製造出效果不錯的人造霧，可是一定要經過燃燒才可以嗎？我們決定以教室裡常見的粉筆灰來進行測試。

實驗三：可以以粉筆灰當凝結核製造出效果不錯的人造霧嗎？

方法：1.量筒內裝入 150 cc 約 45°C 的溫水。

2.把粉筆灰裝入簡易打氣筒管壁內，再將粉筆灰打入量筒內。

3.以塑膠袋封住量筒，並在量筒上方以乾冰冷卻 2 分鐘。

結果：量筒內出現了人造霧。

討論：1.這個看似簡單的實驗，花了我們好多的腦力，為了讓粉筆灰

飄在空氣中以當成凝結核，我們嘗試了許多方法，如表 13-2，但製造出的人造霧的效果多數並不如預期，討論其中失敗的原因多為粉筆灰黏於杯壁上或直接掉入水中。



表 13-2：以粉筆灰當凝結核製造人造霧的方法

方法	凝結核的處理方式	結果
方法一	以手將粉筆灰慢慢灑進量筒內。	粉筆灰黏在杯壁上，或直接掉入水中。
方法二	粉筆灰裝入氣球內，再將氣球灌氣後，噴在量筒內。	懸浮在量筒內的粉筆灰的量太少，大部分黏於量筒壁上，幾乎沒出現人造霧。
方法三	將量筒放於較大容器內，並將粉筆灰置於小風扇下方，開啟電扇使粉筆灰飄入量筒內。	粉筆灰大量附著在大型容器內，不易飄入量筒，且不易觀察。
方法四	將粉筆灰裝入氣球內，並將氣球灌氣，以塑膠袋包住，用大頭針刺破氣球，將塑膠袋中的粉筆灰擠壓入量筒內。	粉筆灰大量黏於杯壁上，或直接掉入水中，幾乎沒出現人造霧。
方法五	將粉筆灰裝入氣球內，並將氣球放於量筒內後將氣球灌氣，以塑膠袋封口後，用大頭針刺破氣球。	粉筆灰大量黏於杯壁上，或直接掉入水中，幾乎沒出現人造霧。
方法六	將粉筆灰裝入氣球內，並將氣球放於大型容器內後，將氣球灌氣再以大頭針刺破氣球，然後以針筒抽取容器內 50 cc 含粉筆灰的氣體後，再注入量筒中。	粉筆灰大量黏於杯壁上，幾乎沒出現人造霧。
方法七	將量筒放於大型容器內，將粉筆灰裝入氣球內，並將氣球放於大型容器內後，將氣球灌氣再以大頭針刺破氣球，然後將量筒取出，上方以乾冰冷卻。	開始出現人造霧，但不是很濃。
方法八	把粉筆灰裝入打氣筒管壁內，再打入大型容器內，上方以乾冰冷卻。	出現人造霧，且效果較方法七佳。
方法九	將粉筆灰裝入氣球內，並將氣球放於量筒內後將氣球灌氣，以塑膠袋封口後，用大頭針刺破氣球，上方以乾冰冷卻。	出現人造霧，但不是很濃。

註：量筒內均裝有 150 cc 約 45°C 的溫水；未特別說明均以冷凍舒跑冷卻。

2.經過許多方法後，一直沒有好的人造霧效果，我們猜想是否跟冷卻的溫度有關係，所以改以乾冰來冷卻量筒中的空氣，最後終於成功的製造出人造霧。可見固體的粉筆灰確實可以當成凝結核使用，也就是說不一定要透過燃燒的微粒才能當成凝結核使用。不過，還真得費一番工夫呢！難怪學校教材設計線香來當凝結核，不但做法簡單，效果又好啊！

把粉筆灰灌入氣球。



將氣球置於容器後灌氣，準備刺破。

將氣球放入量筒內灌氣，再刺破。



用小電扇將粉筆灰吹散。

準備將氣球刺破。



將氣球放入塑膠袋內灌氣，再刺破。

延伸想法：環保署監測的污染物中除了懸浮微粒之外，尚有臭氧、一氧化碳等有害人體健康的氣體，這讓我們想到，難道凝結核一定要固體微粒嗎？氣體可不可以也讓水氣附著呢？剛好這學期我們的自然課，老師教我們氧氣和二氧化碳的製造，所以我們決定拿它們來測試看看。

實驗四：氣體可以充當凝結核嗎？

方法：1.將切碎的紅蘿蔔置入抽濾瓶中。

2.加入雙氧水，用兩個針筒以排水集氣法各收集 50ml 的氧氣。

3.將 100ml 氧氣注入放有 150ml，約 45°C 溫水的 250ml 量筒中。

4.上方以冷凍舒跑冷卻 90 秒後，移開舒跑並置於照度箱內測量。

5.重複上述實驗步驟三次，將數值加以平均。

6.以醋酸加小蘇打粉產生二氧化碳氣體，以二氧化碳氣體重複上述實驗。

7.將上述所得的數值與空瓶、線香所做人造霧(依第一年的建議流程)的數值做比較。



結果：如圖 13-2。

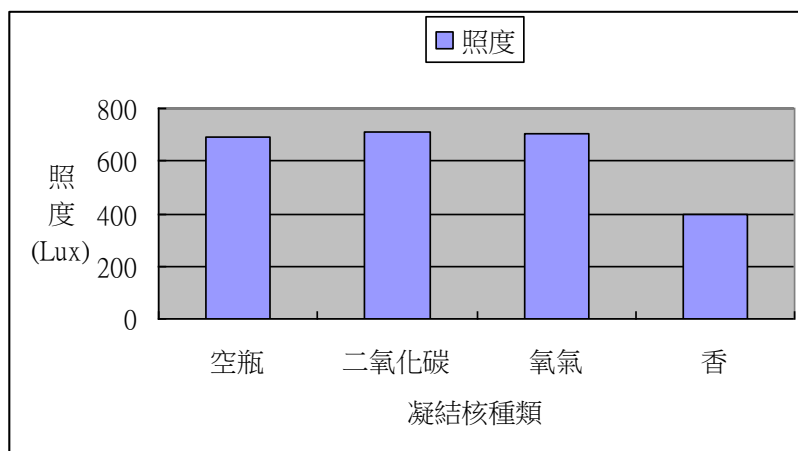


圖 13-2：凝結核種類對人造霧的影響

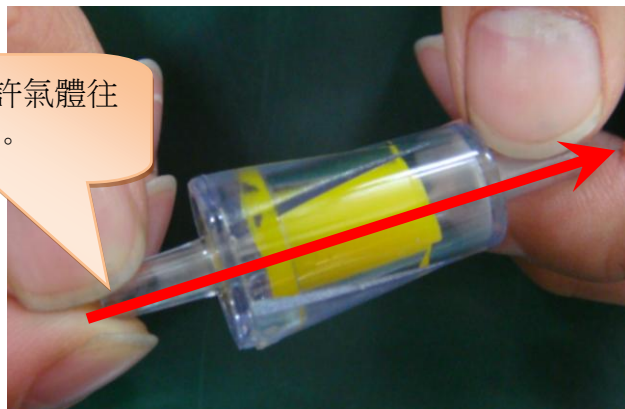
發現：加入氣體並不會產生明顯的人造霧，且與空瓶的數值相當，因此氣體似乎不適合當成凝結核。

討論：1.我們原先想用空的量筒以排水集氣法收集氣體，但是收集完後要密封，使用時再以針筒抽取定量的氣體，如此不但耗時，且收集到的氣體又不容易密封而致外洩，因此我們改以針筒直接收集氣體，以針筒上的刻度直接定量我們的氣體體積。

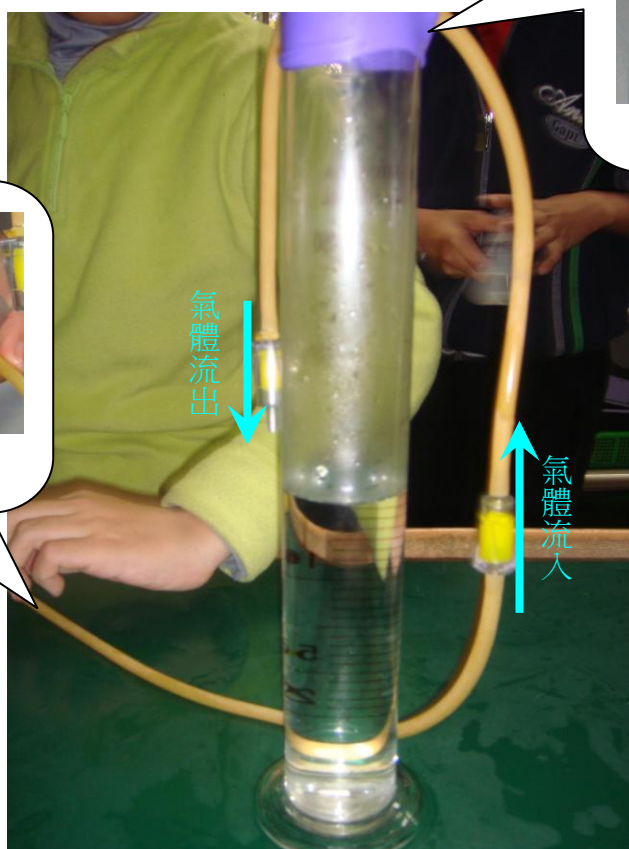
2.因為針筒收集時，需要先將一邊給封起來，才能在收集氣體時不會讓氣體外洩，因此先用橡皮管製成小塞子，先塞住針筒的前端。

3.當氧氣或二氧化碳打入量筒時，氣體容易飄散出去，為了使氣體在量筒內，一定要先將量筒的開口密封，但是如何讓注入氣體後不使瓶內壓力發生太大改變，成了要解決的重要問題之一。經過討論後，我們使用水族館常用的逆止閥，由於逆止閥只能允許氣體或液體往一個方向流通，因此我們可以控制氣體的流向。當注入氣體時，氣體進入量筒中，迫使量筒內原有的氣體往另一個方向流出，而使大部分氧氣或二氧化碳留於量筒內，當針筒抽離時，逆止閥則使氣體不回流出來。

逆止閥：只允許氣體往一個方向流通。



注入氣體



以氣球封口

- 4.使用氣球當封口，主要是我們只要在氣球上剪一個小洞，然後拉大孔隙將止血帶套入，氣球即會因為彈力回復，而使氣球和止血帶間緊密結合，而不致有漏氣的現象。此外氣球本身的彈性也較能使桶內的氣體保持在一定的壓力。
- 5.二氧化碳與氧氣對於成霧似乎沒有什麼影響，但是不是氣體多少影響了成霧效果，為了解決這個問題，因此我們改變氣體的量來探討對於成霧是否有影響，結果如圖13-3，由圖發現氣體量的多少對於成霧並沒有太大影響，也就是說，改變氣體的量依然沒有明顯的人造霧產生，似乎再次說明氣體不適合當凝結核的推論。

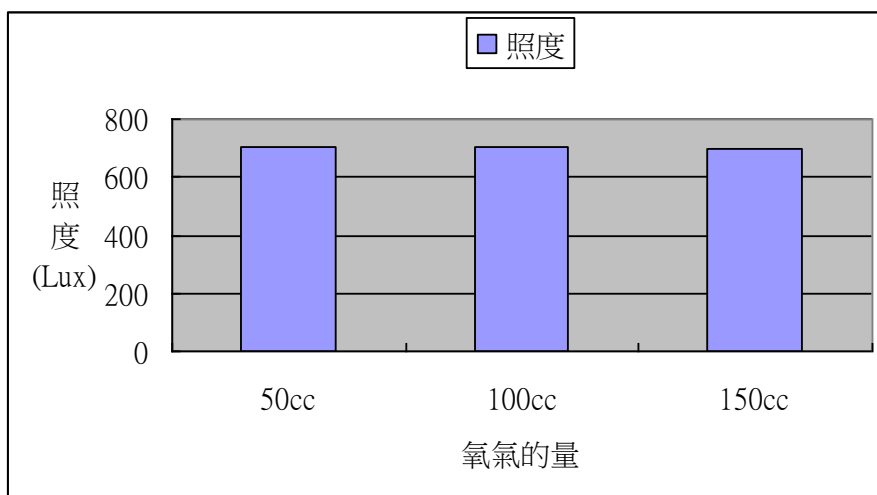
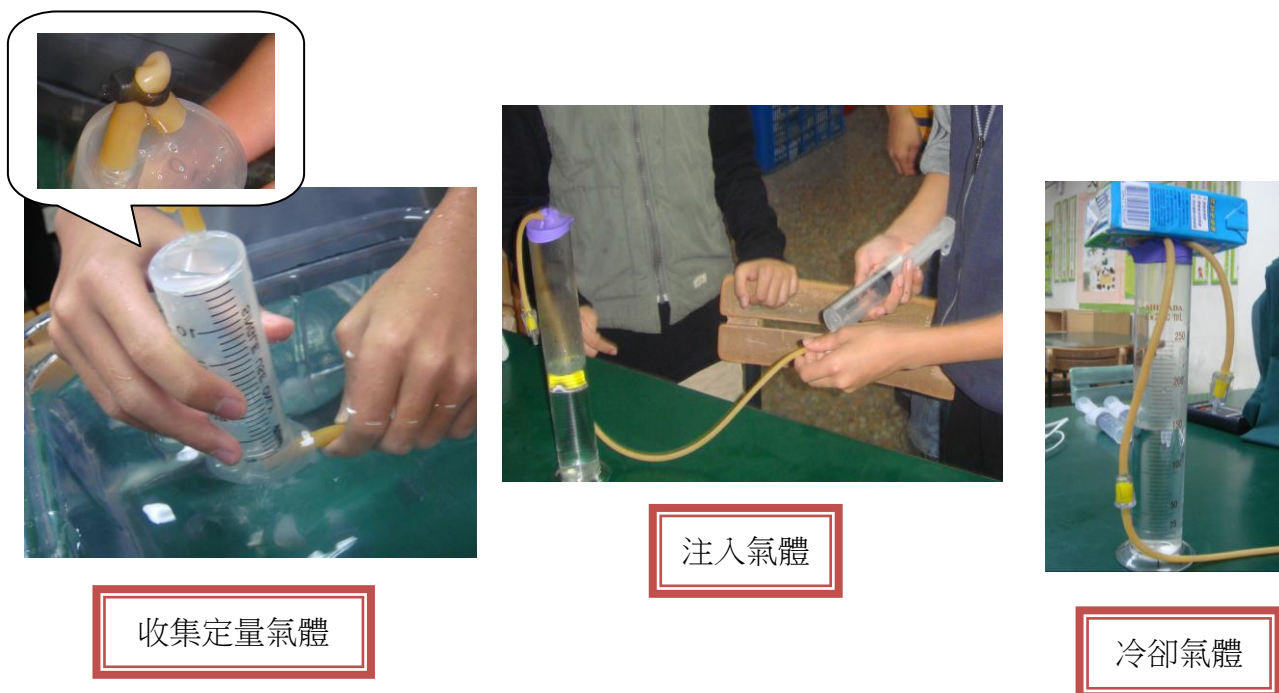


圖 13-3：氣體的量對人造霧的影響



伍、結論

一、99 年與 98 年家鄉晚上的天氣比較：

1. 平均氣溫、相對溼度、風速相似，兩年的天氣差異不大。
2. 晚上的天氣變化趨勢相似：氣溫會隨時間越晚越低；相對溼度隨時間越來越高；風速隨時間越晚越小。
3. 一年中家鄉晚上的天氣變化相似：氣溫大致仍以夏、秋季較高，冬季較低；相對溼度的變化多數仍維持在 75% 到 85% 之間；風速以 10 月到隔年 1 月較大。
4. 晚上各時段霧出現次數的趨勢相似：時間越晚出現霧的次數越高。

二、持續的觀察統計發現：

1. 一年中冬末初春晚上出現霧的次數較多；晨霧大致仍以春季較多，與第一年的結果相符。
2. 以第二年實測的資料來驗證第一年家鄉有霧的天氣條件，發現符合的百分比氣溫為 87%、相對溼度 100%、風速 97%
3. 從第二年的持續調查中，仍可發現不同地方有霧時與家鄉有霧時的天氣條件大致相同。
4. 由第二年的實測資料來檢驗第一年預測隔日清晨有霧的四條件（晚上 10 點符合溫度介於 14°C ~ 27°C、相對溼度大於 80%、風速小於 2m/sec、有霧），發現兩年隔日清晨有霧的機率是差不多的，分別是 52%、53%。

三、關於家鄉晚上氣壓的研究發現：

1. 一天中家鄉晚上的氣壓隨著時間越晚有越高的趨勢。
2. 一年中家鄉晚上的氣壓冬季較夏季高，一年的平均氣壓值約是 975.6 百帕。
3. 家鄉晚上有霧時的氣壓大多界於 970-985 百帕之間。
4. 晚上 10 點能影響隔日早晨出現霧的可能氣壓條件為 970~985 百帕之間。
5. 當以氣壓數值 970~985 百帕加入第一年預測隔日清晨有霧的四條件後，計算隔日有霧出現的機率為 53%，並沒有提升隔日會出現霧的機率，所以不適宜成為預測晨霧的第五條件。

四、以打氣筒加壓寶特瓶，當氣壓數值越高，回復常壓後，產生的人造霧效果也越好。

五、關於家鄉晚上懸浮微粒的研究發現：

1. 一天中家鄉晚上的懸浮微粒濃度大致相同，平均濃度約為 63.0 微克/立方公尺。
2. 一年中家鄉晚上懸浮微粒的濃度以夏季較低、冬季較高。
3. 有霧時的懸浮微粒濃度多在 200 微克/立方公尺以下。
4. 當懸浮微粒濃度越大時，出現霧的機率越大，如果天氣條件符合溫度介於 15°C ~ 25°C、相對溼度大於 80%、風速小於 3m/sec 的狀況下，懸浮微粒濃度越大時，出現霧的機率也越大，且機率比單獨只考慮懸浮微粒濃度時還高。
5. 在符合預測隔日早晨有霧四個條件的資料中，我們發現晚上十點的懸浮微粒濃度越高，隔日出現晨霧的機率越大。
6. 統計所有實測資料後發現：在原有預測隔日早晨有霧的四條件下（晚上 10 點符合溫度介於 14°C ~ 27°C、相對溼度大於 80%、風速小於 2m/sec、有霧），再加入懸浮微粒濃度大於 100 微克/立方公尺的條件後，隔日早晨有霧的機率可由原來的 55% 提高至 84%。

六、以粉筆灰當凝結核也能在量筒內製造出人造霧；研究中發現氣體似乎不適合當凝結核。

陸、參考資料

中央氣象局全球資訊網。 <http://www.cwb.gov.tw/>

行政院環保署-空氣品質監測網。 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/>

臺灣科學教育館。全國中小學科學展覽會。 <http://www.ntsec.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000167>

王光華等譯（民 90）：氣象的奧秘。臺北縣：協和國際多媒體。

高原清（民 70）：科學教授-氣象地理篇。臺北市：故鄉出版社。

蔣德免（民 78）：氣象學編序教本。臺北市：國立編譯館。

【評語】 080512

優點：

1. 能針對天氣現象做長期觀察，分析相關的影響因素，進而做起霧的預測，符合科學探究的基本精神。
2. 題目有趣，內容充實，各項分析條理分明，學生報告態度大方。

缺點：

1. 進行預測所選出的樣本量太少，建議重新分析影響因素，提出更有效的預測方式。
2. 宜善用過去的研究成果，做更多更廣的探究。