

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

031731

揭開神祕的面紗---路竹地區輻射霧的簡易預報

學校名稱：高雄縣立路竹高級中學

作者：	指導老師：
國二 林伊晨	陳光榮
國二 劉懿誼	林烈毅
國二 蔡宜璇	
國二 謝琳伊	

關 鍵 詞：路竹地區、輻射霧、預報

揭開神秘的面紗——路竹地區輻射霧的簡易預報

摘 要

路竹地區每到冬春交替的早晨，經常會瀰漫濃濃的霧。感覺前一天的氣溫較高，濃霧出現機會比較大。但事實是否如此呢？我們蒐集了每日最高溫、每日溫差、每日夜間相對濕度、每日夜間露點差、每日風速風向分析隔日起霧的情形的關係，嘗試建立路竹地區輻射霧的簡易預報模式，結果如下：

- 一、每日最高溫 22°C 以上時，翌日凌晨出現輻射霧的機會約為 82%，高溫日（高於 30°C ），無預期濃霧出現。低於 15°C ，為冷鋒籠罩日，翌日不可能起霧。每日最高溫約出係於午後 1-3 時，冷鋒日則不一定。
- 二、每日 22 時相對溼 71% 以上時，翌日起霧或下雨的機率約為 82%。每日 0 時相對溼度 71% 時，當日起霧或下雨的機率約為 77%。
- 三、每日 22 時、24 時氣溫露點差達 5°C 以上，翌日不起霧機率極高。每日 22 時可得 $y = 834.3x + 2268.6$ 之關係式。（ y = 翌日清晨平均最低能見度 x = 每日 22 時氣溫露點差）。每日 0 時可得 $y = 1125.4x + 1292.9$ 之關係式（ y = 當日清晨平均最低能見度 x = 當日 0 時氣溫露點差），以此作為預報模式標準式，22 時 $R^2 = 0.9724$ ，0 時 $R^2 = 0.9823$ ，應屬統計高可信範圍。
- 四、每日 0 時風速小於 12 kt 時，風向為偏北東風系，才有可能起霧。濃霧日之 0 時風速必小於 5kt，風向為偏北東風系。

揭開神祕的面紗——路竹地區輻射霧的簡易預報

壹、研究動機：

路竹地區每到冬春交替的早晨，經常會瀰漫濃濃的霧。上學途中，視線不清，導致交通危險性提高。我們感覺：如果當天的氣溫較高，隔天濃霧出現的機會也比較大。但事實是否如此呢？霧的濃淡又與哪些氣象因素有關呢？我們蒐集了一些資料，歸納起霧情形與氣象因素的關係，嘗試建立簡單的預報模式。

貳、研究目的：

- 一、分析每日最高溫與翌日清晨起霧情形的關係。
- 二、分析每日溫差與翌日清晨起霧情形的關係。
- 三、分析每日夜間相對溼度與翌日清晨起霧情形的關係。
- 四、分析每日夜間氣溫露點差與翌日清晨起霧情形的關係。
- 五、分析每日 24 時風速風向與翌日清晨起霧情形關係。
- 六、建立路竹地區輻射霧的簡易預報模式。

參、研究背景分析

- 一、研究地區：路竹地區地屬嘉南平原南端，西臨台灣海峽，北以二仁溪接台南縣市平原，東以大岡山與新化丘陵接壤，地形約由東向西逐漸低下，海拔大約在二十公尺，大岡山高約 312 公尺，最冷月均溫 18.5℃，年雨量約 1900 公釐，十二月至三月風向大多為偏北風系。
- 二、研究尺度的限制：目前中央氣象局於西南部海岸平原的官方觀測站，僅有台南、高雄兩站。此二官方測站按 WMO 的作業，作地面觀測，提供中央氣象局做即時預報、或長期預報統計歸納之分析，依據其網站顯示極少有霧的即時預報(除非確定是濃霧)。而輻射霧屬較小尺度的局部氣象，僅極少數單位（如：空軍）依特殊需要，做即時臨時需要（起降考量）的預報。
- 三、霧的濃度與能見度測量的討論：霧的濃度通常以能見度表示。能見度的測量大多還是以人工目測為主，規範性、客觀性相對較差。大氣透射儀是通過光束透過兩固定點之間的大氣柱直接測量氣柱透射率，以此來推算能見度的值。這種方法要求光束通過足夠長的大氣柱測量的可靠性受光源及其他硬體系統工作穩定性的影響。一般只適用於測量中等以下能見度的情形，而在雨、霧等低能見度的氣象，會因水氣吸收等複雜條件造成較大誤差。
- 四、起霧時刻的統計：從圖 0-1 每日起霧時刻與最低能見度統計圖，我們發現起霧日起霧時刻集中夜間 11 時至凌晨 3 時及清晨 4 時半至 6 時半此二時段，尤其 0 時起霧情形較多。此一觀察結果，雖不在本研究目的，但可作為預報模式的時間參考。而我們採用「有霧」乃以空軍預報手冊之能見度 5000 公尺界定，「濃霧」則參酌嘉義前人研究之定義：能見度 200 公尺以下。

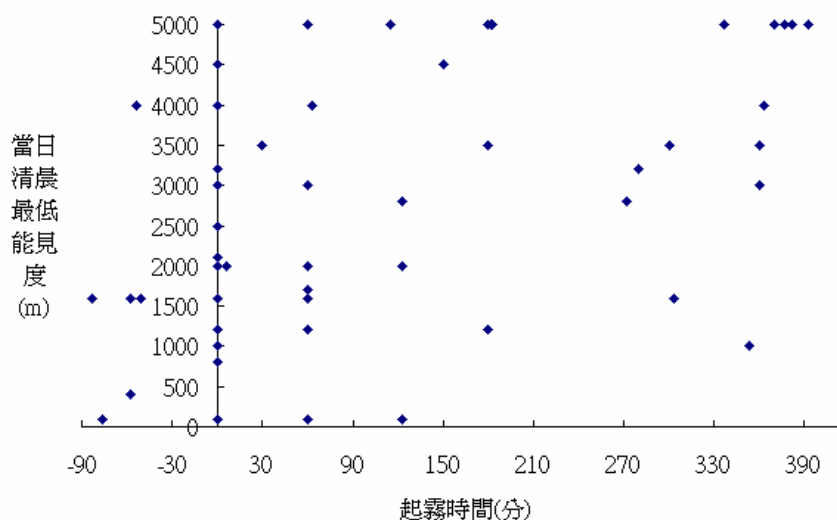


圖 0-1 每日起霧時刻與最低能見度統計圖

肆、研究步驟：

- 一、建立本校地面簡易觀測站，就每日最高溫、最低溫、霧起時刻、濕度變化、自製大氣透射儀與路竹科學園區地面觀測資料比對。
- 二、以路竹科學園區地面觀測資料，就每日最高溫、最低溫，起霧時刻、起霧日 0 時風向、風速與能見度（霧的大小）做比較。
- 三、嘗試以前項之研究結果，作綜合研判，歸納路竹地區冬季清晨輻射霧的簡易預報模式。

伍、研究結果與討論：

- 一、我們將每日最高溫及翌日清晨最低能見度作圖

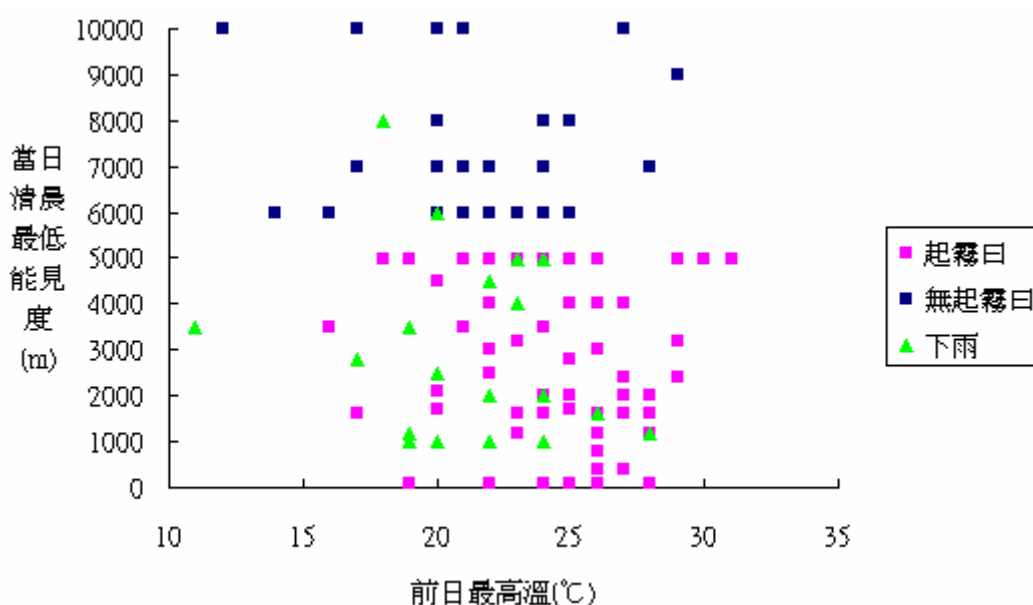


圖 1-1 每日最高溫與翌日清晨最低能見度關係圖

討論：

1. 就圖 1-1 觀察，我們約略可看出每日最高溫 22°C 以上時，翌日凌晨出現輻射霧的機會約為 82% (起霧或下雨日 68 天，無起霧日 15 天)，此一結果與前人在嘉義的研究大致吻合。本區與嘉義位於嘉南平原北南兩端，此觀測印證前人之研究成果，也對此次觀測者給於衷心的感謝。
2. 本來預測每日白天最高溫（約出現於午後 2 時左右）愈高，理論上隔日清晨輻射冷卻效果愈佳。而溫差越大，產生輻射霧甚或濃霧的機會越大。就圖 1-1 觀察，並未印證此一論點，本組推論高溫日（高於 30°C 度），全台氣溫高漲，反未突顯嘉南平原輻射冷卻的效果。且空氣中水氣絕對量與凝結量與霧的形成有關，也可能是影響觀測結果的因素。
3. 每日最高溫低於 15°C ，為較強冷鋒籠罩日，白天日照不足，水氣蒸發較少，東有中央山脈阻隔，空氣中水氣含量不足，輻射冷卻又不明顯，以此點預測隔日之起霧，就圖 1-1 觀察，準確率達 100%。 22°C 以下雨日多為冷鋒的鋒面雨。前一日最高溫 25°C 以上的下雨日多出現時三月中下旬、及十二月初，推論已不屬鋒面雨，應可視為降低溫度所凝結之水滴，合併成雨，故統計上我們仍將之視為「起霧日」。

二、分析每日溫差與起霧日最低能見度的關係。

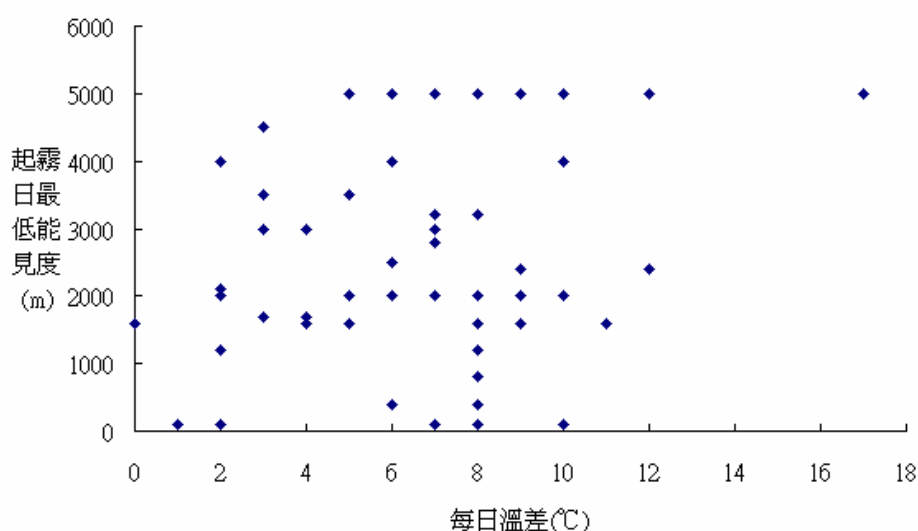


圖 2-1 每日溫差與清晨能見度關係圖

討論：

1. 「每日溫差」的概念，我們定義為每日最高溫與翌日清晨最低溫的差值。冷鋒過境日最低溫約出現冷空氣籠罩本區時，不一定在清晨時刻，溫差亦不大。無起霧日，清晨最低溫約出現凌晨 5、6 點。在研究過程中，我們一直就起霧日最低溫有不同的見解。最後以起霧時刻前的最低溫作為每日最低溫的設定。因為起霧後，由於水氣凝結成水滴會放出潛熱，氣溫會略為上升，觀測值也大致如此。
2. 本來預測每日溫差愈大，理論上隔日輻射冷卻效果越大，產生輻射霧甚或濃霧的機會越大。就圖 2-1 觀察，並未印證此一論點，如前第一項討論 2、3 條對每日最高溫討論。能見度的大小，或與前一天蒸發水氣量、凝結水滴的絕對量與冷卻速度有關，有待進一步探討。

三、分析前一日夜間相對溼度與當日起霧情形的關係。

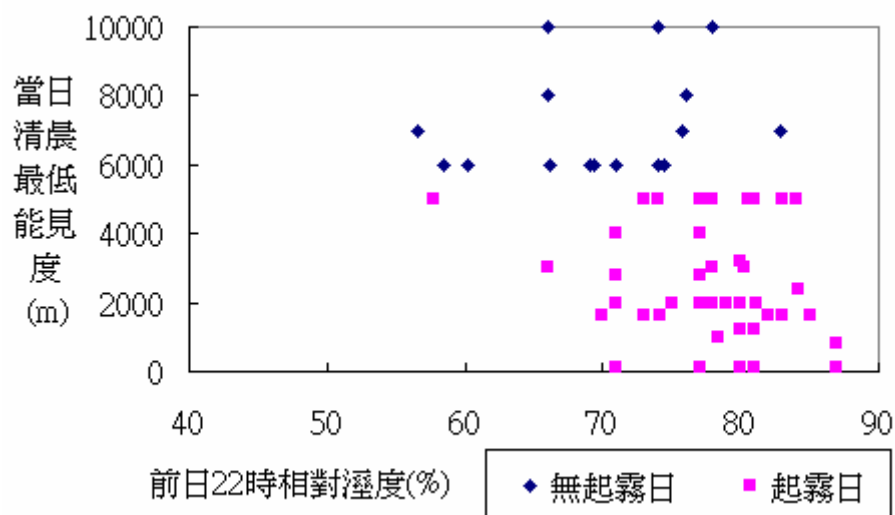


圖 3-1 每日 22 時相對溼度與翌日清晨最低能見度關係圖

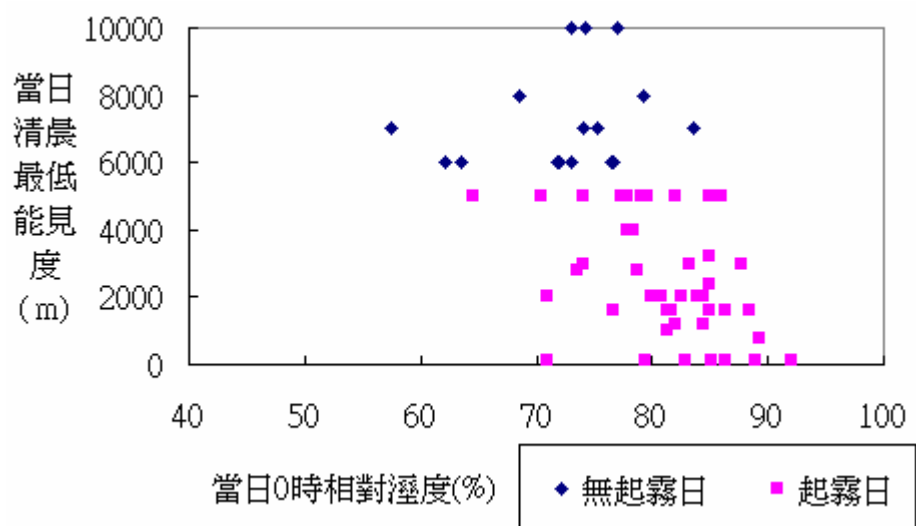


圖 3-2 每日 0 時相對溼度與當日清晨最低能見度關係圖

討論：

1. 觀察圖 3-1 每日 22 時相對溼度與翌日清晨最低能見度統計圖，我們發現相對溼度 71% 以上時，翌日起霧或下雨的機率約為 82% (起霧或下雨日 41 天，無起霧日 9 天)。再觀察圖 3-2 每日 0 時相對溼度與當日清晨最低能見度統計圖，我們發現相對溼度 71% 時，當日起霧或下雨的機率約為 77% (起霧或下雨日 46 天，無起霧日 14 天)。
2. 路科觀測老師提供的資料沒有相對溼度，此一部份資料完全仰賴本組簡易氣象站的溼度感應器及鄰近之國小地面觀測坪的資料。統計資料並不完整，可能影響上述起霧機率的準確性，是此項研究仍需加油的部分。
3. 就學理而言，相對溼度代表氣塊中水氣達飽和的程度，相對溼度越高代表氣塊中水氣量越接近飽和，凝結水滴的機會越大。所以，我們建議採用每日 22 時及 24 時相對溼度 71% ，作為預報翌日有霧的預報標準。

四、分析每日夜間氣溫露點差與翌日起霧情形的關係。

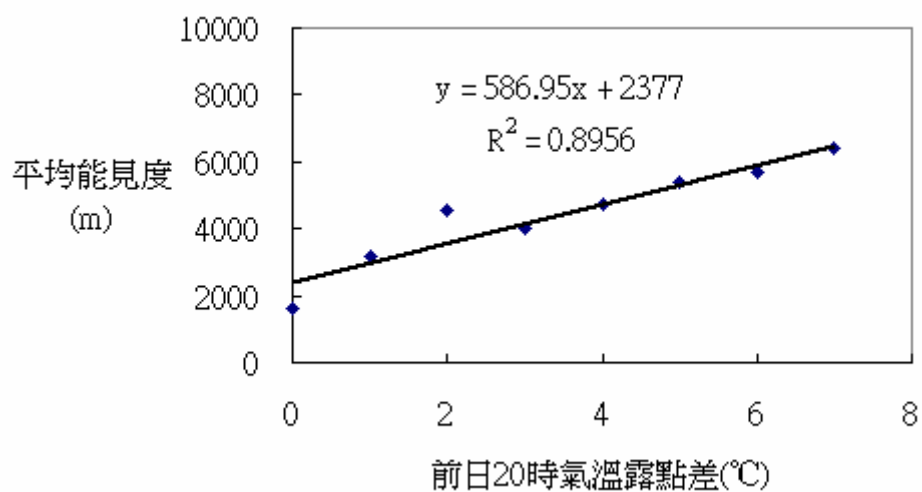


圖 4-1 每日 20 時氣溫露點差及翌日清晨平均能見度關係圖

表 4-1 每日 20 時氣溫露點差及翌日清平均能見度關係表

氣溫露點差°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8
平均能見度 m	1600	3183	4523	3984	4719	5375	5667	6400	9500

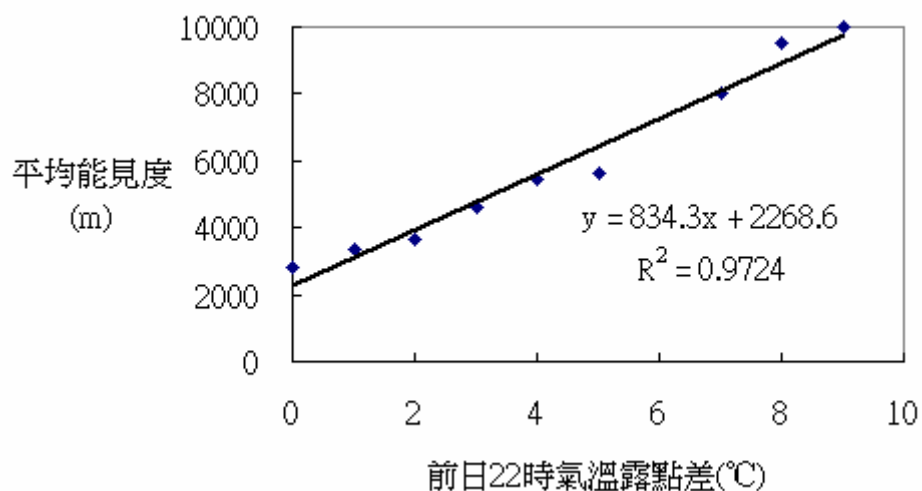


圖 4-2 每日 22 時氣溫露點差及翌日清晨平均能見度關係圖

表 4-2 每日 22 時氣溫露點差及翌日清晨平均能見度關係表

氣溫露點差°C	0	1	2	3	4	5	7	8	9
平均能見度 m	2800	3375	3639	4593	5450	5600	8000	9500	9999

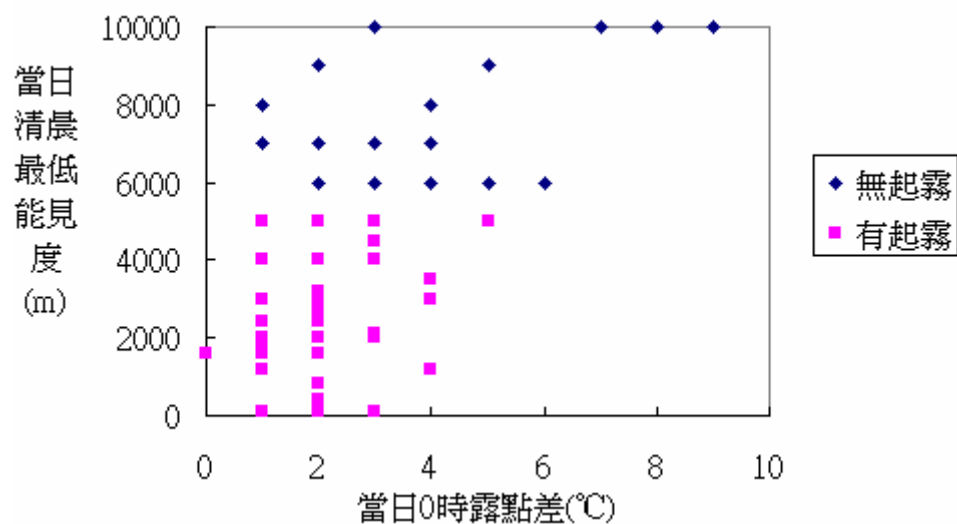


圖 4-3-0 每日 0 時氣溫露點差及當日清晨最低能見度統計圖

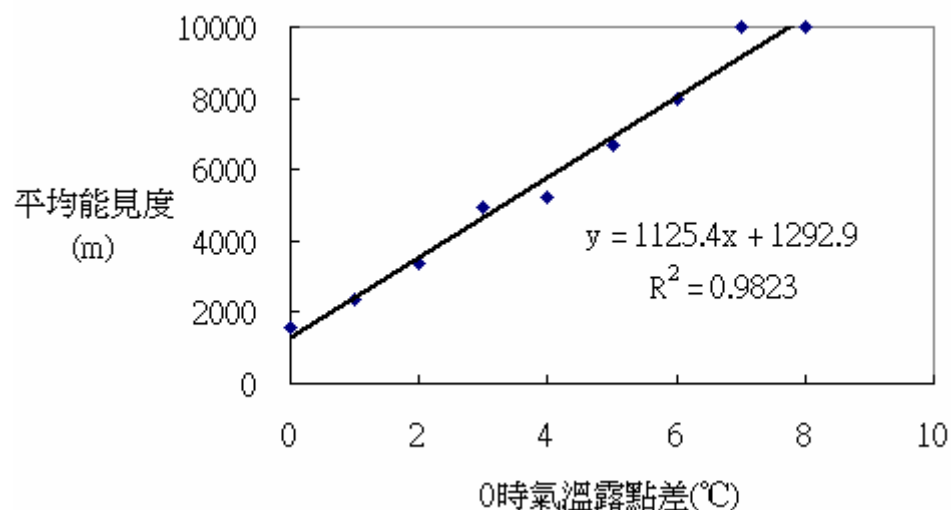


圖 4-3 每日 0 時氣溫露點差及當日清晨平均能見度關係圖

表 4-3 每日 0 時氣溫露點差及當日清晨平均能見度關係表

氣溫露點差°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8
平均能見度 m	1600	2357	3362	4941	5225	6667	8000	9999	9999

討論：

1. 我們取每日 20 時、22 時、24 時氣溫與當時露點差（簡稱氣溫露點差）及隔日清晨平均最低能見度統計，作表 4-1、4-2、4-3。依表做圖 4-1、4-2、4-3，並計算回歸線性函數。就三圖相關係數 R^2 討論，大致呈現隨時間遞增的關係，代表愈近起霧時刻，此一預報模式準確可信度的遞增。起霧與否，可以此三時刻的氣溫露點差觀測作預報，而較準確的預報可以每日 22 時或 24 時(即翌日 0 時)氣溫與當時露點差來觀察。(22 時 $R^2=0.9724$ ，24 時 $R^2=0.9823$ 就統計分析而言並無太

大差別。)

2. 就學理而言，露點溫度即代表該氣塊在水氣量不變的情形，降低溫度使之水氣量達到飽和時的氣溫。故氣溫露點差可以視為是否達飽和的難易程度。
3. 就圖 4-3-0 統計每日 24 時氣溫露點差及當日清晨最低能見度關係，就觀測值發現，當日 0 時氣溫露點差達 5℃ 以上，當天不起霧的機率接近 100%。濃霧日是否當日 0 時露點氣溫差較低，就圖 4-3-0 及原始資料比對，並未顯出此點，我們推論應與凝結水滴之絕對量有關。
4. 我們取每日 22 時氣溫露點差與平均最低能見度統計作表 4-2。依表 4-2 作圖 4-2，我們可得 $y = 834.3x + 2268.6$ 之關係式。每日 24 時氣溫露點差與平均最低能見度統計作表 4-3。依表 4-3 作圖 4-3，我們可得 $y = 1125.4x + 1292.9$ 之關係式，原本我們以為氣溫露點差僅為降溫趨勢的考量因素，經過統計，我們把設定氣溫露點差與平均最低能見度趨近線性關係，以此作為預報模式標準式，得 22 時 $R^2 = 0.9724$ ，24 時 $R^2 = 0.9823$ ，應屬統計高可信範圍。

五、分析每日 24 時風速風向與翌日清晨起霧情形關係

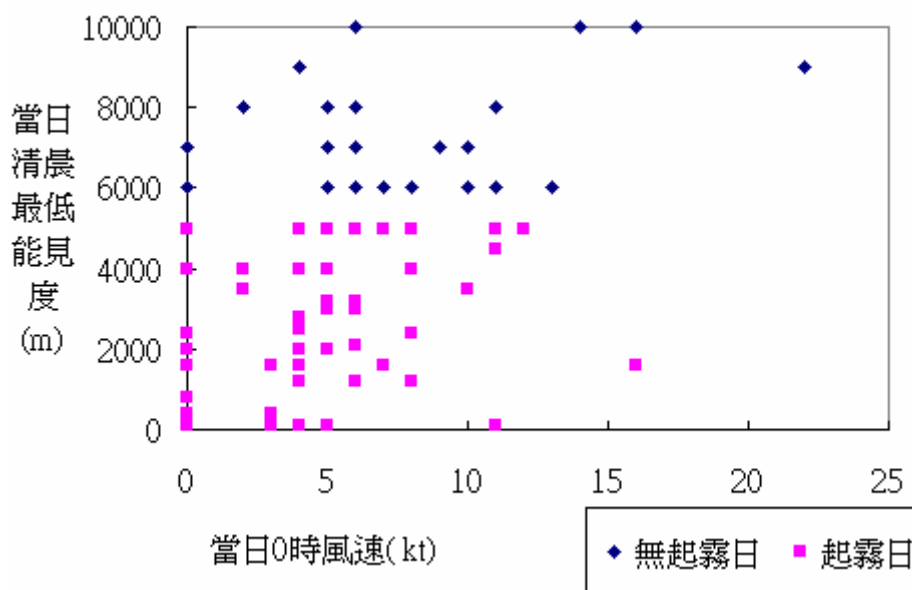


圖 5-1 每日 24 時風速風向與翌日起霧情形統計圖

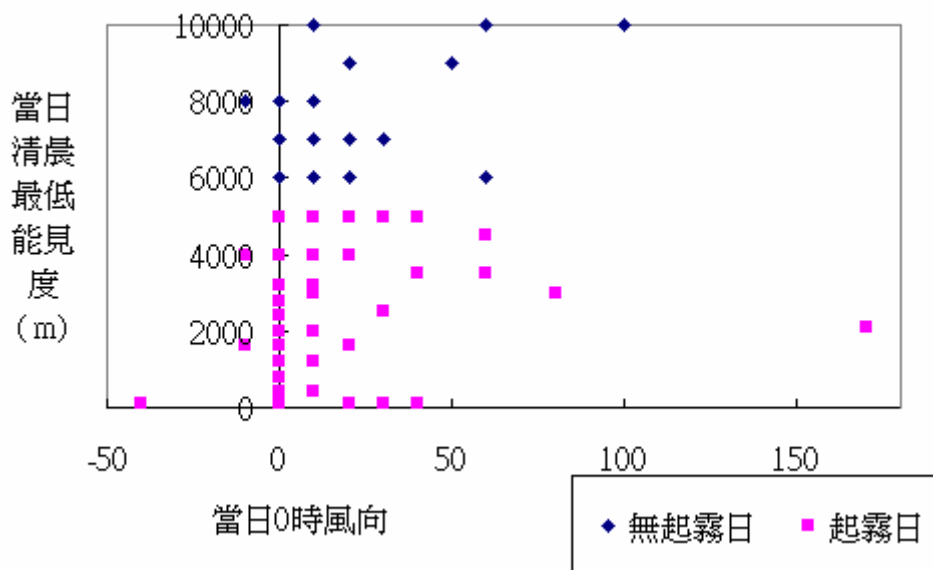


圖 5-2 每日 24 時的風向與翌日清晨起霧情形統計圖

討論：

1. 就圖 5-1 觀察，我們約略可看出起霧日 0 時風速小於 12 kt ($1\text{kt}=0.515\text{ m/s}$) 時。濃霧日 0 時風速小於 5 kt 此一結果與前人在嘉義的研究大致吻合。因為風速大，地面空氣之水滴（即霧滴）易為風帶走，越不利形成霧。如圖 5-1 之 0 時風速 16 kt 之觀測日，有待更多資料在比對。
2. 依圖 5-2 觀察，起霧日 0 時風向多為北偏東風系，此與冬季冷鋒來臨日風向近似，而依路竹鄉志紀錄本區本段時間統計亦如此。就統計資料而言，本組看不出起霧日與 0 時風向的相關性。（計量採以北為 0，順時針 360 度之系統統計）。

六、建立輻射霧的簡易預報模式。

1. 自製大氣折射儀：把光感應器、溫度感應器、溼度感應器接至 DATA 處理部。溫度感應器及溼度感應器至置百葉箱外收集數據，裝置如附圖 6-2、6-3。讓雷射光（如圖 6-1）通過霧區，到達光感應器，連接電腦自動判讀發射區及儲存資料。以 10 分鐘為單位平均數據。整合資料，找出每日的溫度、溼度、折光度的最高、最低值。以乾濕球溫度計人工校準相對溼度資料。
2. 以人工目視能見度與簡單自製大氣折射儀之觀測數值比對。
3. 能見度與折射值比對，期能建立自動觀霧濃度（定量）。就前五項溫度、相對溼度、露點與風向風速討論之設定。每日選定 22 時及 0 時作當日能見度之預報。

討論：

1. 本實驗前段十二月、一月以本校簡易器材監測霧的大小，監視器未能準確釐清背景光源之亮度，最後不得不放棄。最後以路科之老師十二月至三月之觀測值作為討論依據，觀測日整理資料，如附錄，樣本數據可能太少，導致歸納誤差較大，實在是本研究進一步研究之處。然而，預報模式的建立，可做為明年、後年……輻射霧季預報的參考，並參酌實際的資料建立，再修正此一預報模式。
2. 傳統上，能見度的測量，以人工在一定距離目視目標物是否清晰判斷測定，此法難免有主觀之嫌，本次研究前期嘗試以自製光學折射儀定量霧的大小，即定量比

對能見度。我們將發射器及接收器之間的空氣柱視為一均勻溶液，此一前提是否成立，尚待進一步討論。又儀器接發兩端的距離（即測量的基底長），以我們所購置雷射發射光源所能準確接收的 20 公尺設定，是否合宜，仍有討論的空間。

3. 溼度感應器在元月底故障，所以相對溼度部分採用鄰近之國小地面觀測坪的資料。而路竹科學園區資料未對溼度施測，故此次實驗相對溼度作預報分析的樣本更少。在學理上，相對溼度可由乾濕球溫度計測量查表得之（露點亦由此可計算出），故前項之氣溫露點差，可視為相對溼度的因子來作分析。
4. 實驗過程中，我們一直就感覺「能見度」與「起霧總水滴量」的計算，存在一微妙的關係。「起霧區間」的各點的能見度變化，可否用電腦運算「微積分」，算出起霧區間時「總水滴量」。而總凝結出的總水滴量，與前一天的「有效蒸發量」及「輻射冷卻率」（降溫除以降溫時間）應有一定的關係。此一構想，涉及更多變因的考量，也關係多及複雜的數值分析，現階段已超出我們的時間與能力。提供作為學弟妹或有心人後續研究的構想。

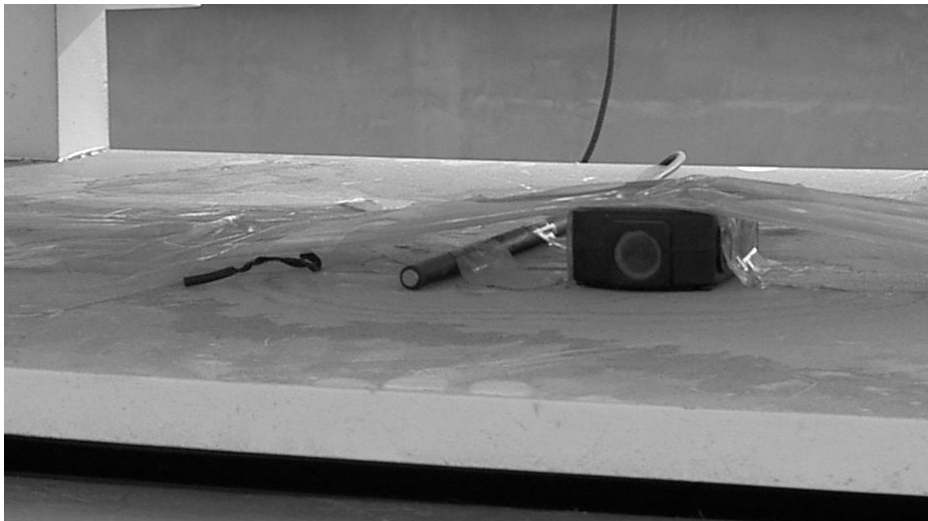


圖 5-1 自製大氣折射儀之發射器



圖 5-2、5-3 自製大氣折射儀之接收器；百葉箱內有電腦、溫度、溼度感應器。

陸、結論：

由資料分析，我們整理出簡易預報模式為：

- 一、每日最高溫 22°C 以上時，翌日凌晨出現輻射霧的機會約為 82%，高溫日（高於 30°C ），並無預期的濃霧出現。低於 15°C ，為冷鋒籠罩日，翌日不可能起霧。每日最高溫約出係於午後 1-3 時，冷鋒日則不一定。
- 二、每日 22 時相對溼 71% 以上時，翌日起霧或下雨的機率約為 82%。每日 0 時相對溼度 71% 時，當日起霧或下雨的機率約為 77%。
- 三、每日 22 時、24 時氣溫露點差達 5°C 以上，翌日不起霧機率極高。每日 22 時可得 $y = 834.3x + 2268.6$ 之關係式。（ y = 翌日清晨平均最低能見度 x = 每日 22 時氣溫露點差）。每日 0 時可得 $y = 1125.4x + 1292.9$ 之關係式（ y = 當日清晨平均最低能見度 x = 當日 0 時氣溫露點差），以此作為預報模式標準式，22 時 $R^2 = 0.9724$ ，0 時 $R^2 = 0.9823$ ，應屬統計高可信範圍。
- 四、每日 0 時風速小於 12 kt 時，風向為偏北東風系，才有可能起霧。濃霧日之 0 時風速必小於 5kt，風向為偏北東風系。

柒、參考文獻

- 一、李通藝《高中 基礎地球科學》台中市 康熙出版社 2006 年試用版 p88-91、
- 二、〈大氣能見度〉天氣在線-氣象小辭典 94.12.21.
<http://www.t7online.com/feature/visibility.shtml>
- 三、《若隱若現,朦朧之美—冬春之交，嘉義地區輻射霧之研究》
中華民國第 42 屆中小學科學展覽會 國中組 地球科學科第一名 2000
- 四、戚啓勳《大氣科學》台北市 大中華出版社 P132-133、266-267 1993
- 五、石萬壽《路竹鄉志》高雄縣 路竹鄉公所 p37-42 1985
- 六、路竹科學園區某老師九十五年十二至三月地面氣象實測資料，台大大氣所宋博士指導。
- 七、郭重吉《國中 自然與生活科技第三冊》台南市 南一書局 p88-91 2005

評語

031731 揭開神祕的面紗---路竹地區輻射霧的簡易預報

如再加入當地(路竹)的地形和霧的成因是否有相關性的探討將更完美。