

# 第六屆旺宏科學獎

## 成果報告書

參賽編號：SA 6-162

作品名稱：光芒濕色－尋找光之散射與相對濕度的關係

姓名：陳昱超

關鍵字：散射、相對濕度、Pixel Value

## 《摘要》

<p style="text-align: center;"><b>研究動機</b></p>	<p>平時太陽發出令人睜不開眼睛的亮白色，但是到了黃昏時光線變得柔和，顏色也從亮白色轉變成黃紅色，這就是大家耳熟能詳的「夕陽」。此現象主要發生在太陽仰角較低時，太陽光所需穿越的大氣厚度較厚，相對穿越的水氣也增加，甚至在下雨的前一天黃昏，不只夕陽變紅，連天空也呈現一片紅色，這就是古人說的「朝紅風，晚紅雨」。因而推測<b>大氣中的水氣量</b>與所見太陽顏色及下雨前一天黃昏的天空顏色，也就是<b>紅光與其他色光相對強弱</b>有所關聯，因此產生研究之動機。</p>
<p style="text-align: center;"><b>研究目的</b></p>	<p>利用自製的溼度控制盒模擬在不同溼度下的環境，在不考慮塵埃量、壓力、距離、入射角等等的影響下，利用綠光與紅光雷射筆，將發出的光穿過溼度控制盒再由光譜儀紀錄分析綠光與紅光其強度，並運用電腦軟體量化求出比值，再以其比值與相對溼度作出關係圖，研究是否有關聯性或者是函數關係，以證明「<b>大氣中之相對溼度對入射的不同波長色光有一定程度的影響</b>」。</p>
<p style="text-align: center;"><b>研究流程</b></p>	<p>一、控制適當的相對溼度 二、拍攝通過溼度控制盒(經過鏡面反射)的雷射光 三、分析綠光與紅光雷射的強度 四、探討其和相對溼度的關係</p>
<p style="text-align: center;"><b>討論</b></p>	<p>一、用 Pixel Value 求綠紅光強度之原因 二、綠紅光和相對溼度的關係     1. 綠光分析     2. 紅光分析     3. 綠紅光之像素比(強度比)(Pixel Value)之分析</p>
<p style="text-align: center;"><b>結論與 應用推廣</b></p>	<p>一、<b>通過的光強度與溼度的關係 X' 正比於 B</b>  (B 是光可在水氣中穿透的比率) 二、可以修正恆星的表面溫度 三、在分析恆星等天體時之各色光強度時可做部分校正 四、天文攝影方面可以藉此修正恆星顏色，得到更準確的相片</p>
<p style="text-align: center;"><b>檢討</b></p>	<p>一、數據處理方面 二、實驗方面 三、儀器製作與設計方面</p>
<p style="text-align: center;"><b>實驗 一</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>第一次實驗與數據處理</b></p>

## 《目錄》

壹、	研究動機 .....	1
貳、	研究目的 .....	1
參、	研究設備及器材 .....	2
肆、	研究流程 .....	3
一、	控制溼度.....	4
二、	拍攝通過溼度控制盒(經過鏡面反射)的雷射光.....	5
三、	分析紅光與綠光雷射的強度.....	6
四、	討論其和相對溼度的關係.....	7
伍、	討論 .....	10
一、	用Pixel Value 求紅綠光強度之原因 .....	10
二、	紅綠光和相對溼度的關係.....	10
陸、	結論與應用推廣 .....	12
一、	結論.....	12
二、	推廣.....	13
柒、	檢討 .....	13
一、	數據處理方面： .....	13
二、	實驗方面： .....	13
三、	儀器製作與設計方面： .....	13
捌、	參考資料 .....	14
玖、	實驗 一 .....	15

# 《光芒「濕」色》

## 壹、 研究動機

平時太陽發出令人睜不開眼睛的亮白色，但是到了黃昏時光線變得柔和，顏色也從亮白色轉變成黃紅色，這就是大家耳熟能詳的「夕陽」。此現象主要發生在太陽仰角較低時，太陽光所需穿越的大氣厚度較厚，相對穿越的水氣也增加，甚至在下雨的前一天黃昏，不只夕陽變紅，連天空也呈現一片紅色，這就是古人說的「朝紅風，晚紅雨」。因而推測大氣中的水氣量與所見太陽顏色及下雨前一天黃昏的天空顏色，也就是紅光與其他色光相對強弱有所關聯，因此產生研究之動機。

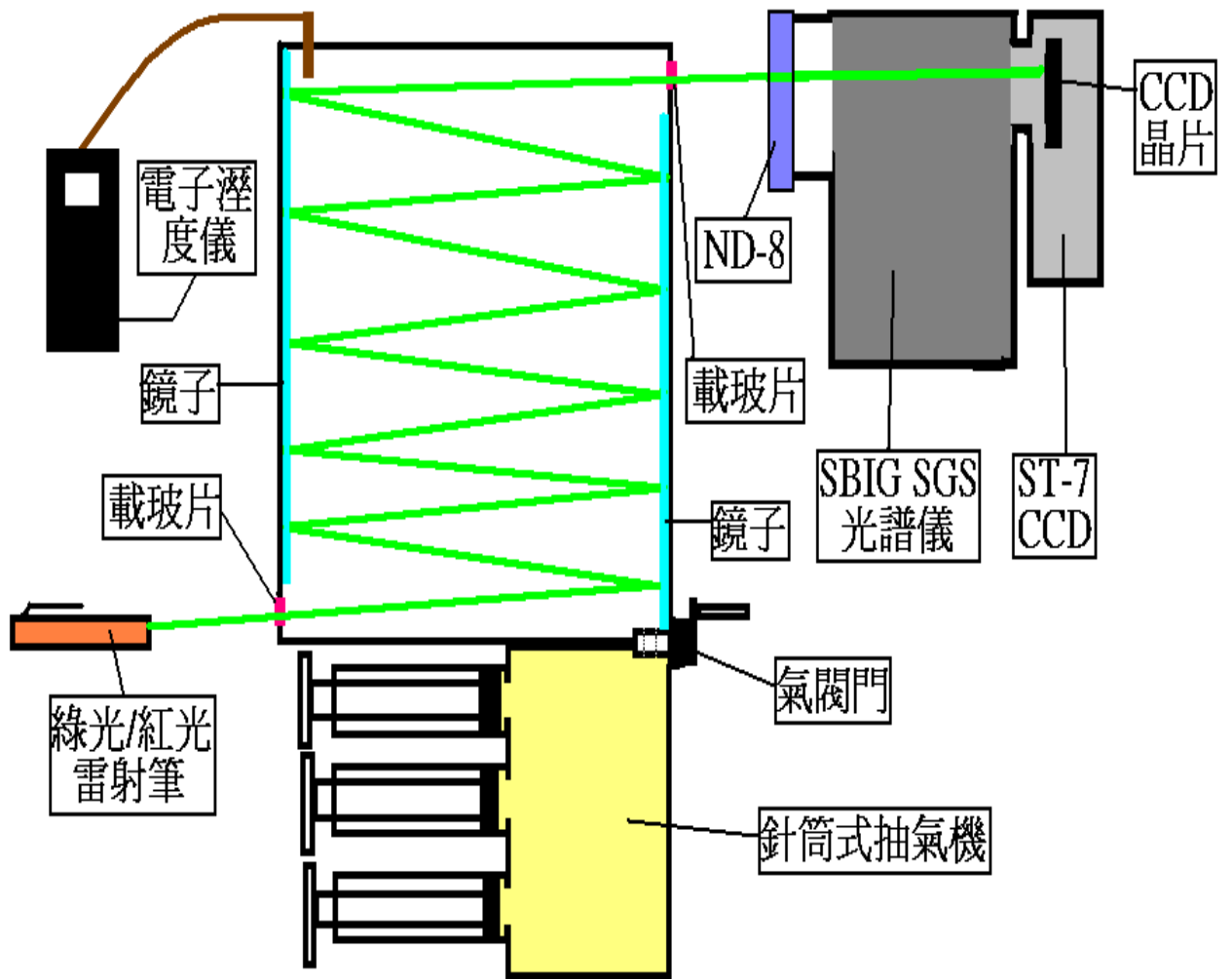


\* 此相片攝於民國九十六年一月三十日於淡水海邊

## 貳、 研究目的

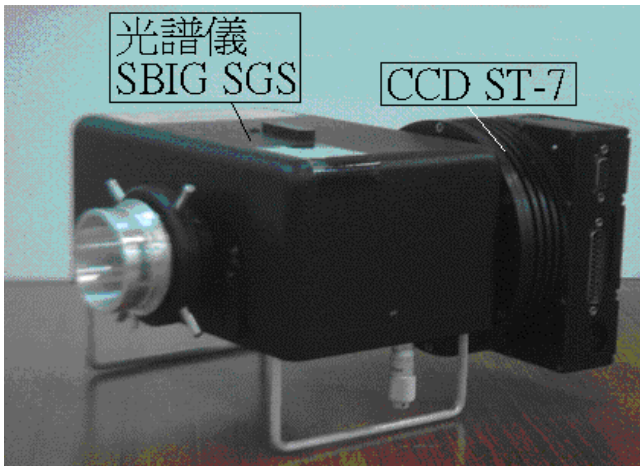
利用自製的溼度控制盒模擬在不同溼度下的環境，在不考慮塵埃量、壓力、距離、入射角等等的影響下，利用紅光與綠光雷射筆，將發出的光穿過溼度控制盒再由光譜儀紀錄分析綠光與紅光其強度，並運用電腦軟體量化求出比值，再以其比值與相對溼度作出關係圖，研究是否有關聯性或者是函數關係，以證明「大氣中之相對溼度對入射的不同波長色光有一定程度的影響」。

參、研究設備及器材

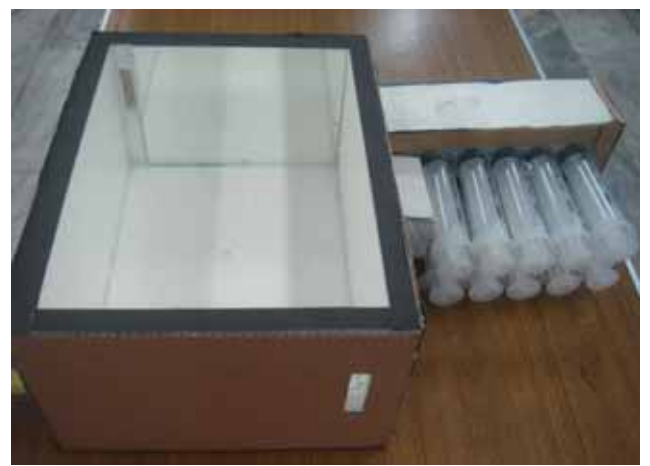


一、分光器材：光譜儀 (SBIG SGS)

二、攝影器材：SBIG ST-7 CCD



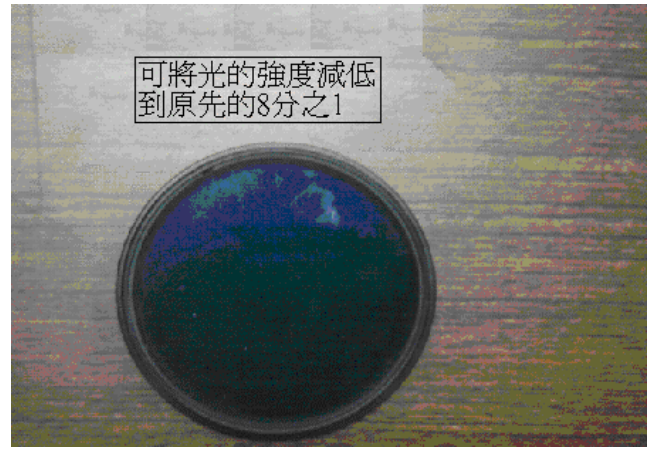
三、溼度控制與測量：溼度控制盒



四、溼度控制與測量：電子溼度儀



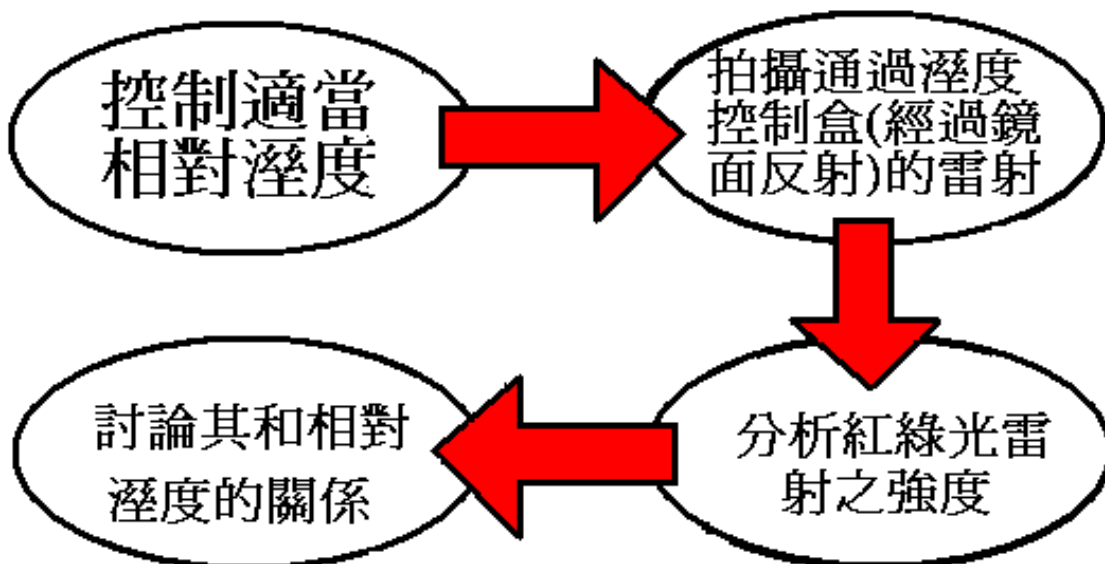
五、減光鏡：ND8



六、光源：綠光與紅光雷射筆

七、應用軟體：Microsoft Word、Microsoft Excel、小畫家、SBIG CCDsoft、SBIG Spectra

肆、 研究流程





## 一、控制溼度

### 提升相對溼度

Step1 將氣閥打開，並將針筒栓全部拔下

Step2 用瓦斯爐將水燒開，藉此製造濕氣

Step3 將溼度控制盒放在鍋子的上方，將針筒朝下以便接收蒸氣來提高相對溼度

Step4 用溼度儀觀察相對溼度上升的情形，為了避免鏡面大量結霧而影響實驗結果，只將相對溼度提升到 95%



### 降低相對溼度

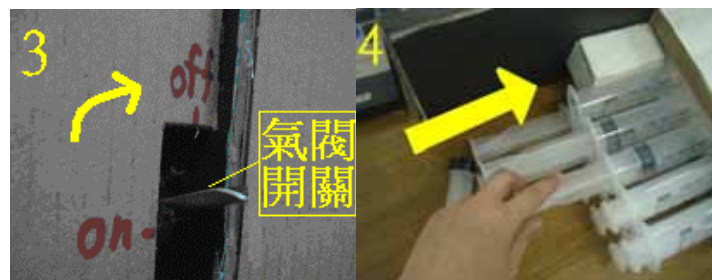
Step1 將氣閥打開，拉針筒栓但不要全部拔出。其目的是要將整體容積增加使其內部水分子間隔加大，能夠容納更多水氣，因此該空間下能到達飽和溼度的水氣量增加。由相對溼度定義可得知：

$$\text{相對溼度} = \frac{\text{現在的水氣量}}{\text{到達飽和溼度的水氣量}}$$

因此到達飽和溼度的水氣量增加，相對溼度也會隨著降低。

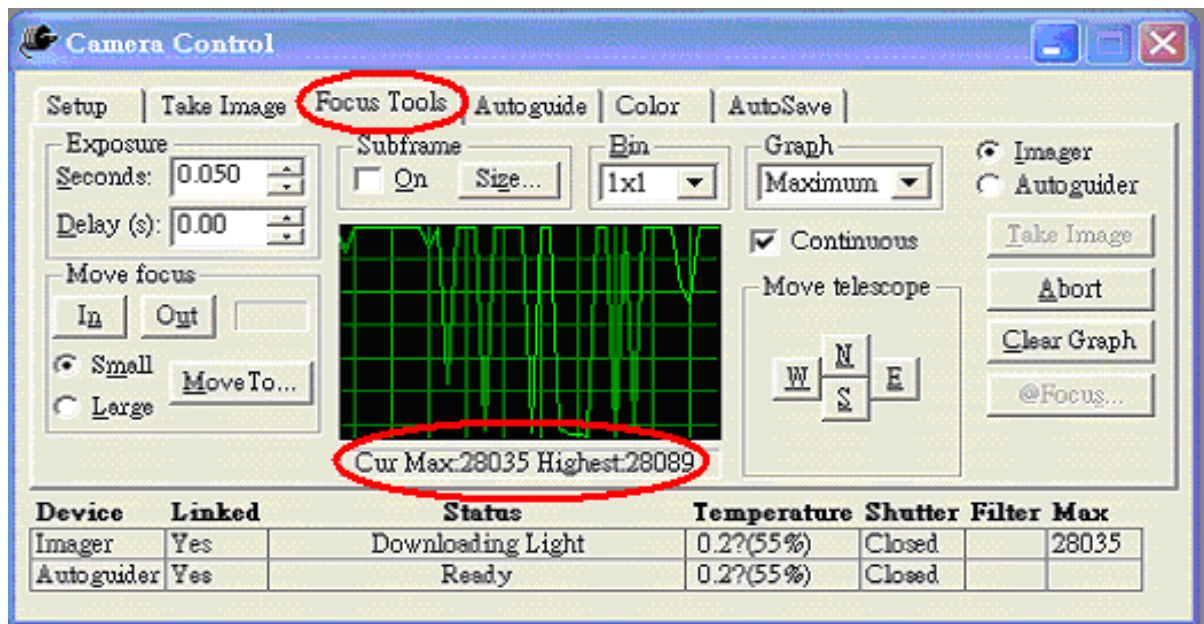
Step2 待平衡後，先將氣閥關閉，接著拔起一個針筒栓，再將其他針筒栓推回去，然後將拔起來的針筒栓輕輕塞回去卡緊。將氣閥關閉是為了不要讓大盒子內部和外面水氣有所流通；先拔起一個針筒栓是為方便推進去的針筒栓可以排出針筒內部空氣。

Step3 把氣閥打開，重複 Step1



## 二、拍攝通過溼度控制盒(經過鏡面反射)的雷射光

將雷射光筆固定在經緯儀上，射入溼度控制盒，經過鏡面多次反射（為了在小空間中能讓光跑長距離）後射出，再用 SBIG CCDsoft 裡面的 Focus tool 拍攝，觀察其表示的強度（Cur Max），微調經緯儀進而找到最大值當基準



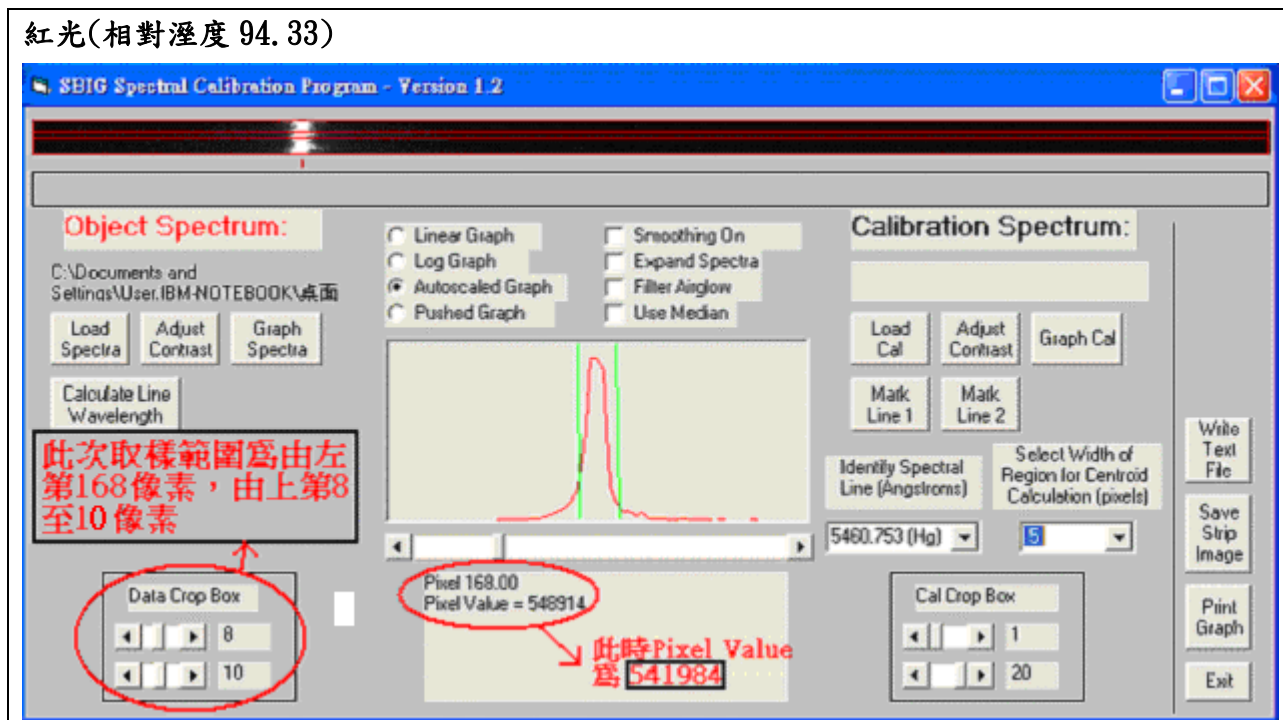
Highest 為 Cur Max 最大值，將範圍控制在 Highest 值附近



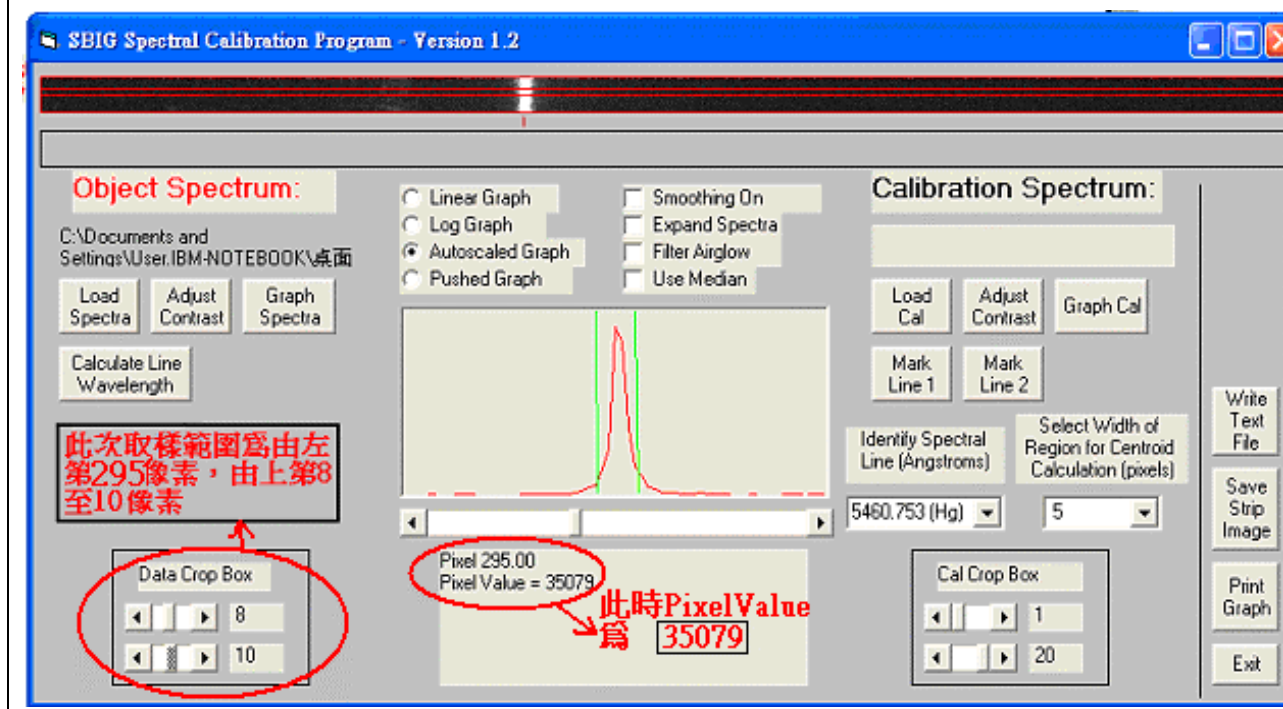
### 三、分析紅光與綠光雷射的強度

1. 把拍攝到的光譜用 SBIG Spectra 找到該光譜的最大強度

以下是範例：












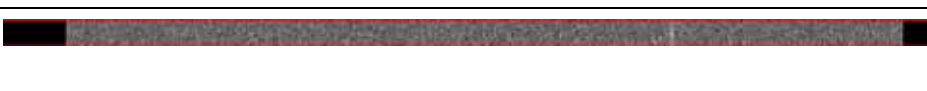
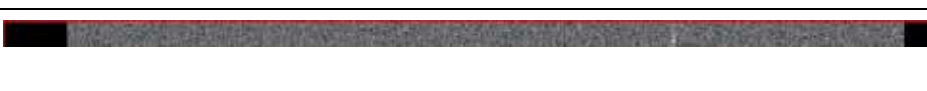


綠光(相對溼度 94.25)

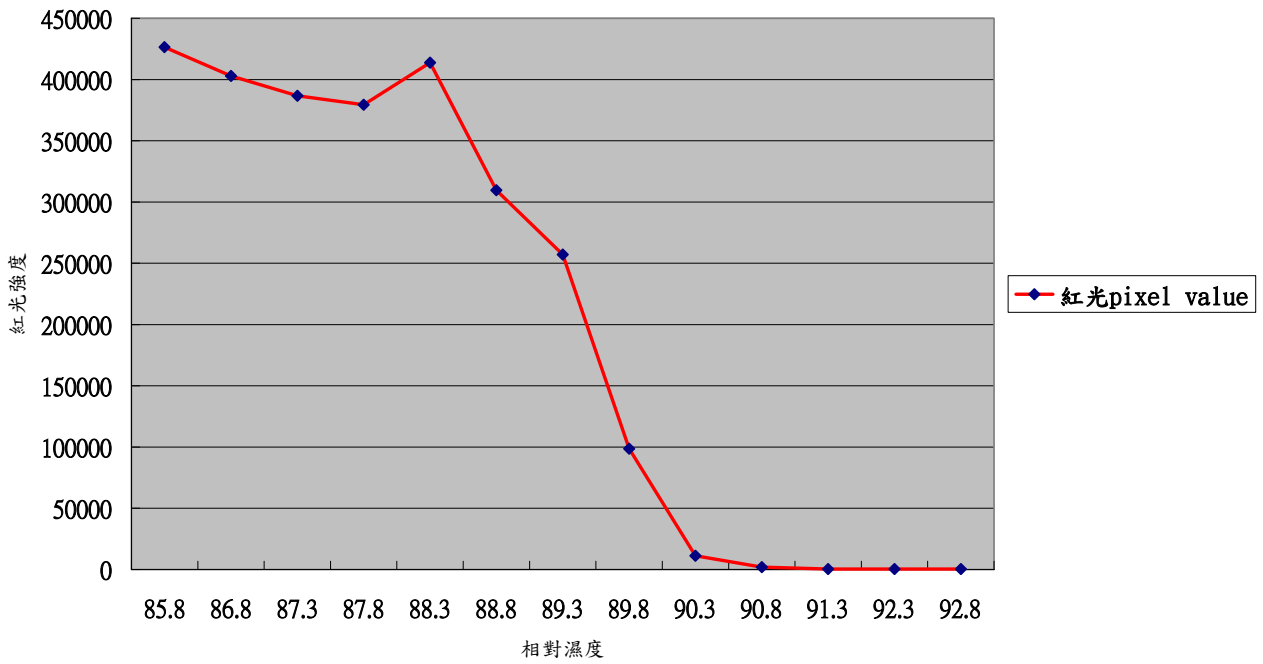


#### 四、討論其和相對濕度的關係

##### 1. 紅光光譜之 Pixel Value

相對溼度	Pixel	紅光光譜
85.8	426484	
86.8	402933	
87.3	386706	
87.8	379547	
88.3	413729	
88.8	309746	
89.3	257164	
89.8	98566	
90.3	11243	
90.8	1949	
91.3	417	
92.3	322	
92.8	306	

紅光pixel value



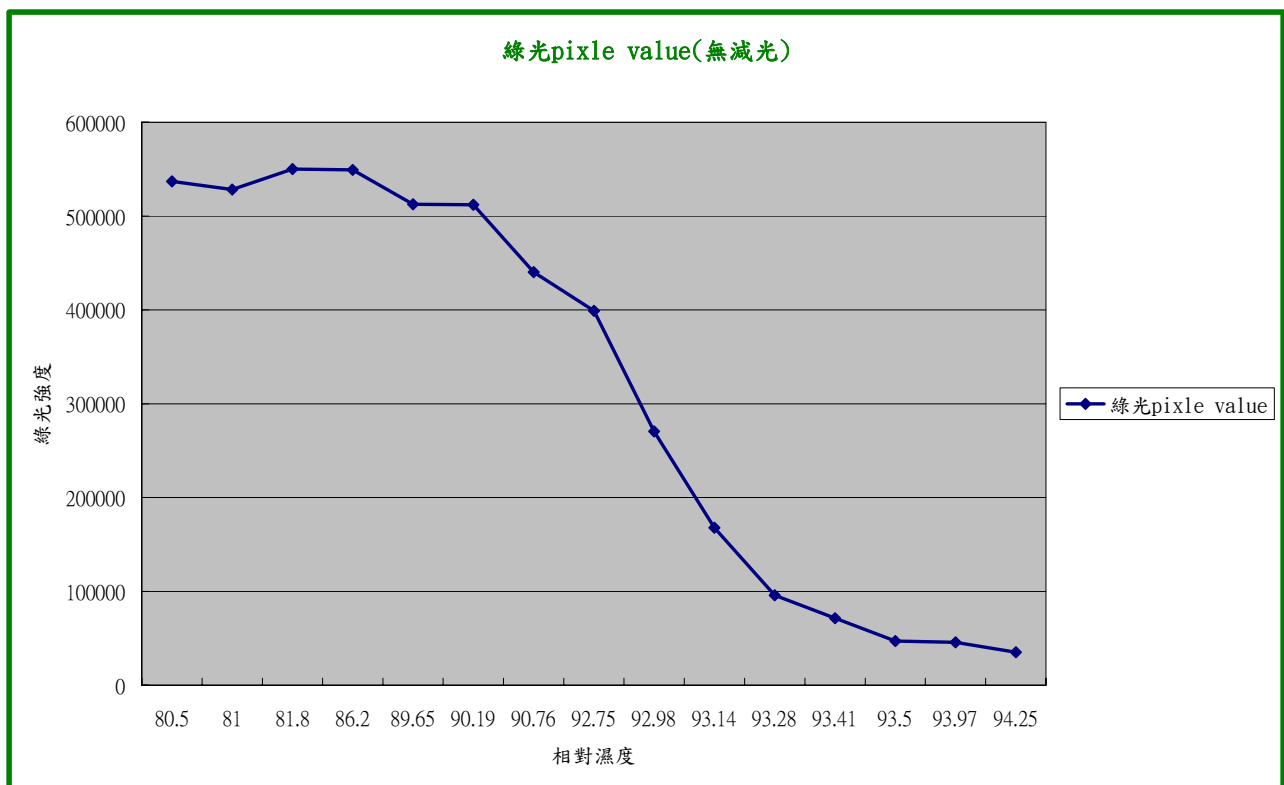
2. 綠光光譜之Pixel Value

相對溼度	Pixel	綠光光譜
75.00	557230	
75.49	554954	
76.00	551557	
76.50	553347	
77.00	553991	
78.50	554093	
78.80	553699	
79.50	550632	
80.00	546721	
80.50	536994	
81.00	528316	
81.80	549957	

86.20	550544	
89.65	512474	
90.19	512148	
90.76	440270	
92.75	398914	
92.98	270409	
93.14	167830	
93.28	95901	
93.41	71278	
93.50	47024	
93.97	45561	
94.25	35079	

\* 紅綠光強度單位(pixel value) 和 CCD 光電效應之電流強度成正比

\*



## 伍、討論

### 一、用 Pixel Value 求紅綠光強度之原因

1. 由於拍攝時是利用 CCD，其原理為光電效應，即入射光量愈強所產生電流也增強
2. 所以若要知道紅綠光強度只要換算其電流強度即可，因此可以發現紅綠光之強度單位也就是其像素值(Pixel Value)正比於電流強度

### 二、紅綠光和相對溼度的關係

入射光減弱的原因主要有二：

1. 在高溼度下因鏡面結霧形成漫反射
2. 空氣中的水氣造成光線的漫射

故作以下之假設：

令光譜儀所測得的入射光強度為  $X'$ 、發光源的強度為  $X$ 、鏡面結霧造成光線強度損失的比率為  $A$ 、反射次數為  $n$ (本次實驗  $n=10$ )、光線在該溼度的空氣中所能穿行之比率為  $B$

可得關係式

$$X' = (1 - A)^n XB \quad \text{且} \quad 0 \leq A \leq 1 \quad 0 \leq B \leq 1$$

整理可得

$$\sqrt[n]{\frac{X'}{XB}} = 1 - A \quad \text{--- ①}$$

分析實驗數據並嘗試可能的函數關係後，我們得到一函數

$$\sqrt[10]{(1 + RH\%)^{2/3} X'}$$

在溼度低的環境下，該函數值趨向一大於 1 之常數  $k$ ，同時鏡面結霧的現象亦不明顯( $A \doteq 0$ )，依此假設

$$k(1 - A)$$

再合併①式，並帶入  $n=10$ ，得到

$$\sqrt[10]{(1 + RH\%)^{2/3} X'} = k(1 - A) = k \sqrt[10]{\frac{X'}{XB}}$$

消去  $X'$ ，整理即得到

$$B = \frac{k^{10}}{(1 + RH\%)^{2/3} X}$$

接著，我們比較綠光兩次實驗的差異(有無加裝鎳鉻鏡 ND8)，發現無鎳鉻鏡時  $k=3.9870$  (此為在 30 毫瓦的綠光雷射下所得)

加裝鍍鉻鏡後

$$k' = 3.2328$$

可知  $k$  與光的強度有關，為求證  $k$  對強度的因次關係，做了下列嘗試

$$k \propto X^m$$

再帶入  $k$ 、 $k'$

$$\frac{3.987}{3.2328} = \left(\frac{X}{X'}\right)^m = 8^m$$

取對數後得到

$$\log_8 \frac{3.987}{3.2328} = m = 0.1$$

由此可知同一波長的條件下

$$B = \frac{k^{10}}{(1+RH\%)^{2/3} X} \propto \frac{(X^{0.1})^{10}}{(1+RH\%)^{2/3} X} = \frac{1}{(1+RH\%)^{2/3}}$$

為求證不同的色光（即不同的波長）對  $B$  值的影響，我們經由拍攝的紅光光譜求得紅光的  $k$  值為 3.8776（此為在 5 毫瓦的紅光雷射下所得），並嘗試比較紅光的  $k$  值（以下稱為  $k_r$ ）、綠光的  $k$  值（以下稱為  $k_g$ ），進而找出  $k$  與波長  $\lambda$  的函數關係。

因  $k \propto X^{0.1}$ ，所以首先必須得到同強度下的  $k_r$ 、 $k_g$ ，在此我們以強度 30 毫瓦做基準，

將前述的  $k_r$  值加以換算為  $k_r'$

$$\frac{k_r'}{k_r} = \left(\frac{30}{5}\right)^{0.1} = 6^{0.1} = 1.196$$

$$k_r' = 1.196 \cdot k_r = 4.6376$$

並假設

$$k \propto \lambda^n$$

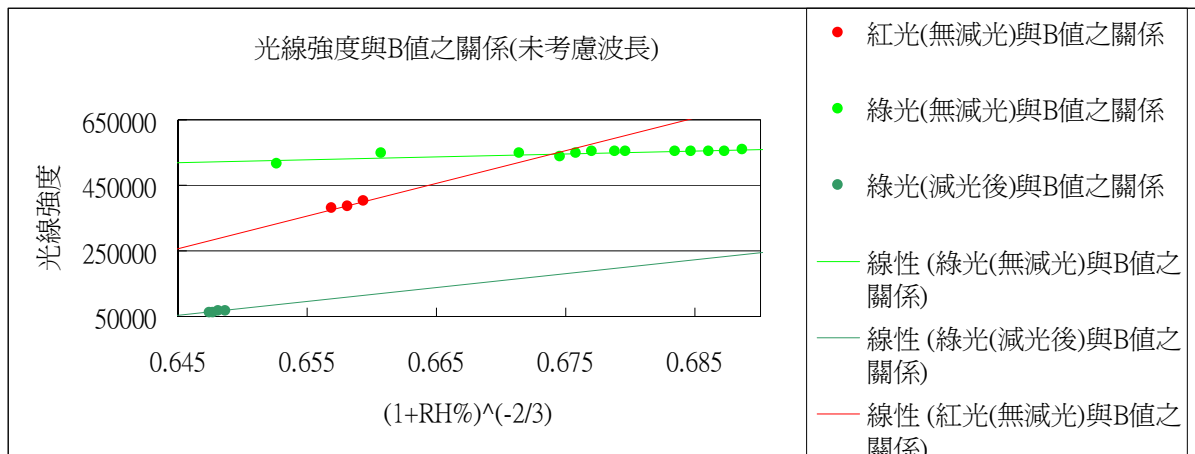
$$\frac{k_r'}{k_g} = \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_g}\right)^n = 1.1632 = \left(\frac{6500}{5320}\right)^n = (1.222)^n$$

取對數後可得  $n = 0.75$

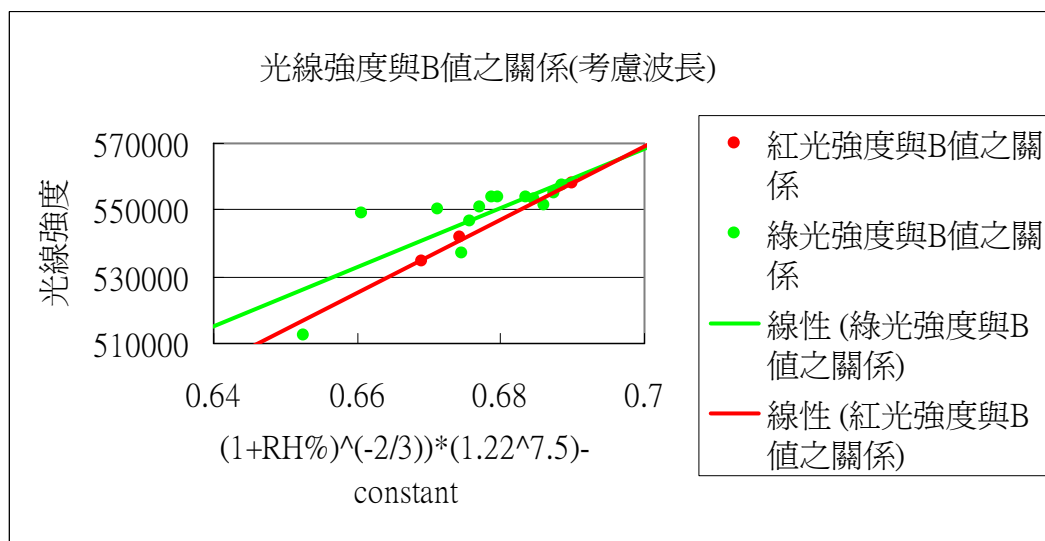
由此可知

$$B \propto \frac{(\lambda^{0.75})^{10}}{(1+RH\%)^{2/3}} = \frac{\lambda^{7.5}}{(1+RH\%)^{2/3}}$$





由圖可知 紅光斜率最大 而減光前後的綠光斜率較接近



考慮波長後並平移後 紅光與綠光的斜率較接近

## 陸、 結論與應用推廣

### 一、 結論

1. 根據上述關係可以導出在相對溼度高的情形下：

**通過的光強度與溼度的關係 X' 正比於 B**

(B 是光可在水氣中穿透的比率)

2. 由於波長越短，散射率越大，所以藍光的 Pixel Value 在相對溼度相同的環境下理應比綠光的低，而在溼度高的環境減弱的比率也應該比綠光劇烈

3. 所以可以發現夕陽之所以變紅是因為綠光和藍光強度減弱而紅光強度變化不大所以比較起來紅光較強，所以看起來就像紅色一樣。

## 二、推廣

### 1. 可以修正恆星的表面溫度：

(1) 可以從拍攝到的光譜中分析各色光何者最強，根據**韋恩定律**，將拍到的最強光對應到該波長，可以用**最強光波長 = 0.29 除以 T**而得到該星之溫度，但若我們是從地球上拍攝，恆星的光勢必要通過富含水氣的大氣層，又短波長的光散射強，故紅光相較於其他色光會偏強，使算出的溫度偏低。我們可以用實驗中得到的散射比率對拍攝到的光引入一個修正項，就可以得到較準確的溫度了。

(2) 可以利用**B濾光鏡**(B濾光鏡註：透光範圍以波長4400Å為中心有效透過帶寬是980Å，相當於藍色光)、**V濾光鏡**(V濾光鏡註：透光範圍以波長4400Å為中心有效透過帶寬是980Å，相當於綠色光)，用這兩種濾鏡加裝在儀器上觀測天體，得到天體在這兩個波段的星等，如此可得知天體分別在藍色光與綠色光的輻射情形。如果再拿B星等減V星等，就可以得到**色指數(Color index)**的量。**天體的色指數越少，色溫度就越高**，我們也可以查表得到正確溫度，同樣的在得到的光引入一個修正項，便能得到更正確的溫度。

## 柒、檢討

### 一、數據處理方面：

1. 此次是用 Microsoft Excel 做數據處理，但是在處理上有諸多不便之處。可以用像是 Mathematical 之類更高階的數學軟體做數據的比對及分析。
2. 在用 SBIG Spectra 取 Pixel Value 時可以將像素範圍再縮小以求得更精確的數值。

### 二、實驗方面：

1. 初期由於還掌握不大住微調光譜儀的技巧，以致於花了不少時間在微調上，不過這些經驗的累積相信在下次再有任何有使用到光譜儀的實驗會對我們更加有所幫助。
2. 此次實驗並沒有探討到紅綠光 Pixel Value 和塵埃量的關係，但是也因為實驗是在密閉的空間中進行，因此塵埃量當作固定，並不會對實驗影響太大，但如果應用推廣到開放環境下，塵埃量勢必會影響許多，因此還可以再做進一步的探討。
3. 這次只有討論紅光和綠光之間的關係，並沒有討論藍光，因藍光雷射昂貴，危險性又遠高於前兩者，因此不作藍光的 Pixel Value 值和相對濕度的關係。

### 三、儀器製作與設計方面：

1. 實驗儀器無論在切割，組裝與黏合方面是以手工的方式，若下次再做實驗儀器，**切割方面可以用機器以減少誤差**。

2. 溼度降低的同時，因空間增大，內部系統壓力變小，導致再拉動針筒栓時不甚容易，可以在加裝一個氣閥在溼度控制器上，將內外壓力平衡。
3. 使用現成的針筒來改變溼度，雖然用了 10 支但由於每一支的內部容積小，使得操作一次的效果不顯著，未來可以設計一個大的圓柱形容氣與活塞組合成的系統來控制溼度改變。
4. 到後半段，我們發現，將氣閥關上，濕度變化比實驗初期氣閥關上時大(雖然只是很細微的變化)推測是因為容器上有細縫使得外部相對溼度低的空氣受到壓力作用被擠入箱子平衡，希望將來可以找到密封性更好的材料與接著劑。
5. 實驗中由於光譜儀極為敏銳，雖然放在平坦的桌面上做實驗，但我們認為若是將光譜儀、光源和溼度控制器加裝可以微調角度的底座且固定一個厚實的平面(如厚的木板上)會更增加所拍出數據的精確性。

## 捌、參考資料
















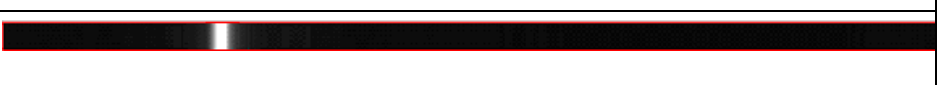
天文觀測網第九期：

[www.sec.ntnu.edu.tw/astro/observe9\\_1\\_6.htm](http://www.sec.ntnu.edu.tw/astro/observe9_1_6.htm)

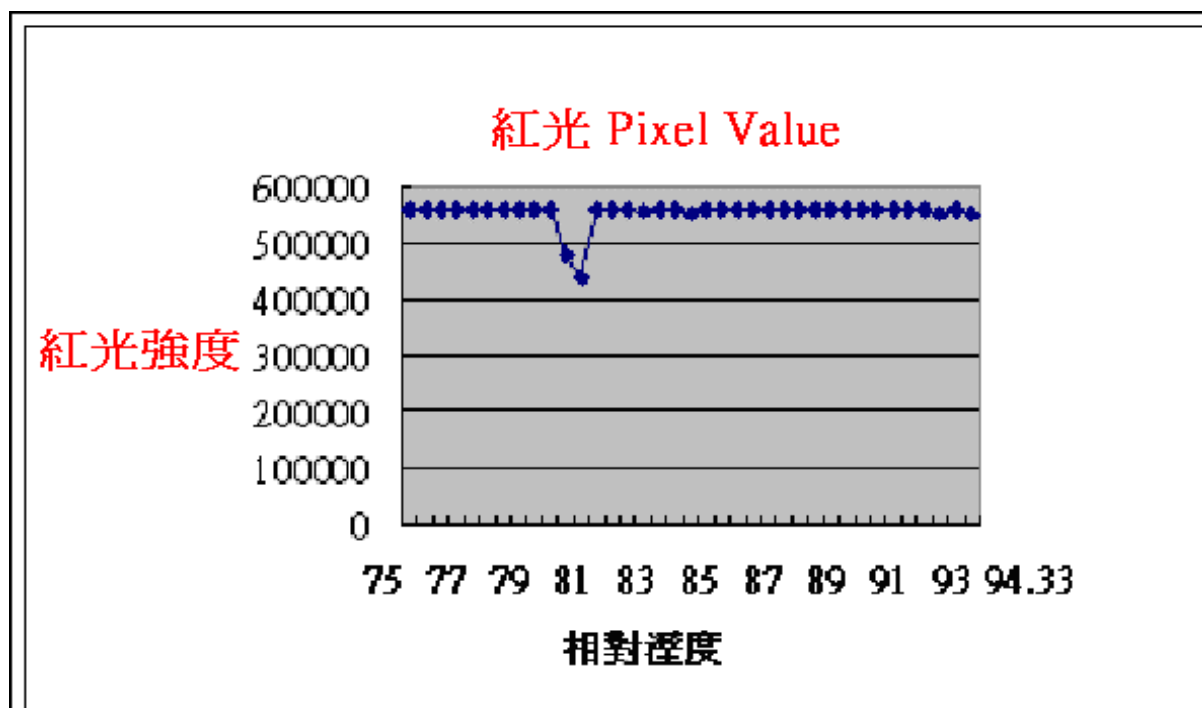
# 玖、實驗一

## 研究結果

### 一、紅光光譜之Pixel Value

相對溼度	Pixel	紅光光譜
75.0	558368	
75.5	558502	
76.0	558468	
76.5	558576	
76.9	558768	
77.4	558422	
77.8	557696	
78.3	558256	
79.0	558518	
79.5	557856	
80.0	477864	
80.3	436360	
81.0	559192	
81.5	558593	
82.0	558913	
82.5	554371	

83.0	558592	[REDACTED]
83.5	558798	[REDACTED]
84.0	549526	[REDACTED]
84.4	558148	[REDACTED]
85.0	558735	[REDACTED]
85.4	557490	[REDACTED]
86.0	558096	[REDACTED]
86.5	558230	[REDACTED]
87.0	558105	[REDACTED]
87.5	558537	[REDACTED]
88.1	558361	[REDACTED]
88.6	558833	[REDACTED]
89.1	558335	[REDACTED]
89.6	558322	[REDACTED]
91.3	558926	[REDACTED]
91.8	558566	[REDACTED]
91.8	558519	[REDACTED]
92.4	558402	[REDACTED]
93.3	547994	[REDACTED]
93.7	558102	[REDACTED]
94.3	548914	[REDACTED]




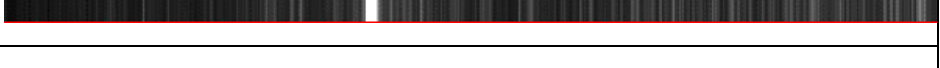
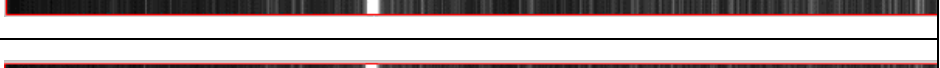
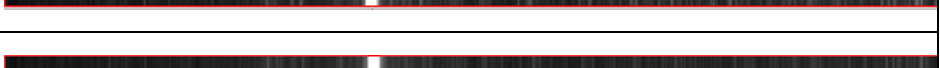
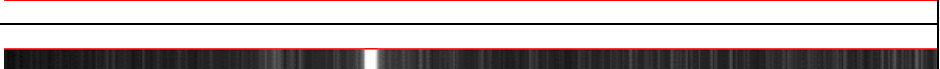
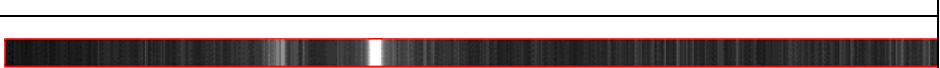




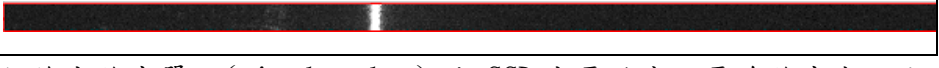
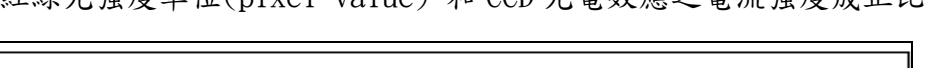


\* 從上圖可看出紅光 Pixel Value 變化量不大，呈一平坦曲線。但是有兩個數據下降許多，因光譜儀極靈敏，可能為實驗誤差，不排除做修正。

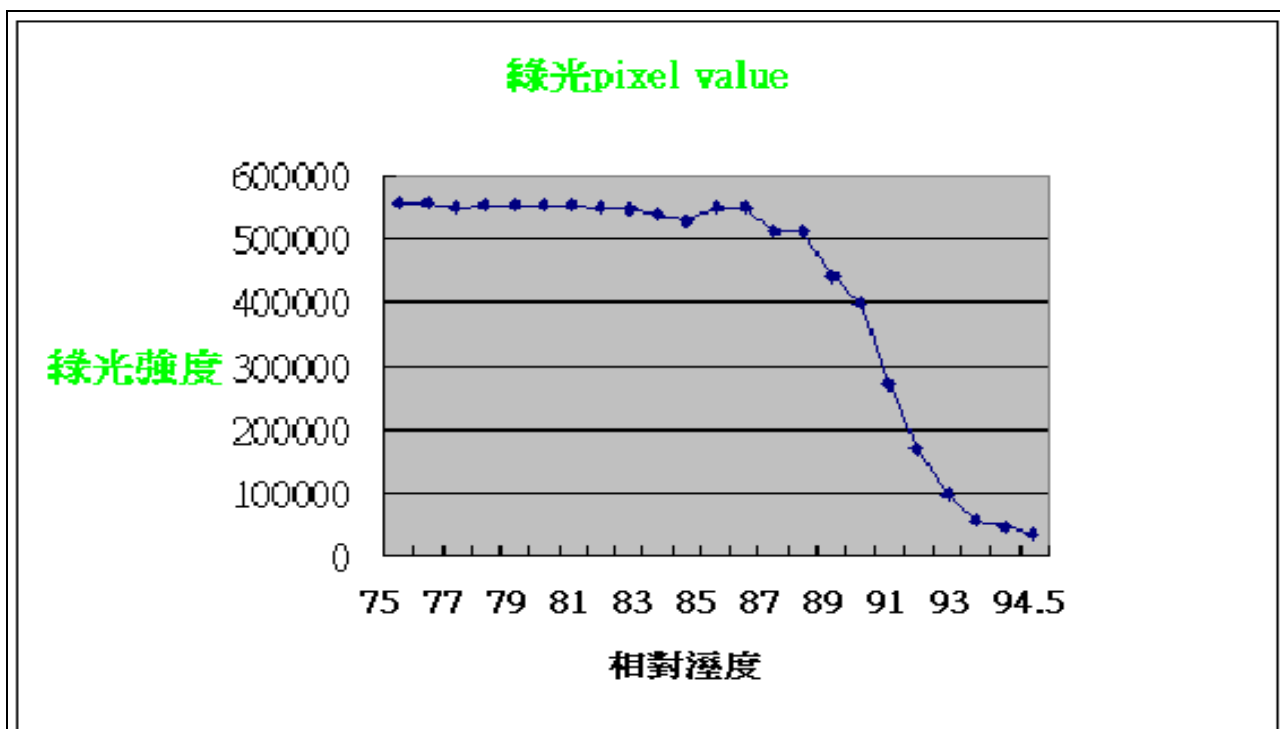
## 二、綠光光譜之 Pixel Value

相對溼度	Pixel	綠光光譜
75.00	557230	
75.49	554954	
76.00	551557	
76.50	553347	
77.00	553991	
78.50	554093	
78.80	553699	
79.50	550632	
80.00	546721	
80.50	536994	



81.00	528316	
81.80	549957	
86.20	550544	
89.65	512474	
90.19	512148	
90.76	440270	
92.75	398914	
92.98	270409	
93.14	167830	
93.28	95901	
93.41	71278	
93.50	47024	
93.97	45561	
94.25	35079	

\*紅綠光強度單位(pixel value) 和 CCD 光電效應之電流強度成正比



\*可以從上圖明顯發現到在相對濕度高的環境下綠光 Pixel Value 大大降低，由此可知道綠

光強度受相對溼度影響比紅光來的顯著。

## 討論

### 三、用 Pixel Value 求紅綠光強度之原因

1. 由於拍攝時是利用 CCD，其原理為光電效應，即入射光量愈強所產生電流也增強
2. 所以若要知道紅綠光強度只要換算其電流強度即可，因此可以發現紅綠光之強度單位也就是其像素值(Pixel Value)正比於電流強度

### 四、紅綠光和相對溼度的關係

#### (一)綠光分析：

1. 我們所能得到的 Pixel Value 是經過潮濕的空氣所散射加以漫反射後所剩餘的光的強度，先討論綠光，假設兩項變因獨立：鏡面水氣的漫反射和通過潮濕空氣所散射掉的量，為表達此兩項變因，我們設 A 為鏡面在該溼度下因水氣漫反射的比率、B 是光可在水氣中穿透的比率。令原光強度為 X，光譜儀測得強度為 X'，又從實驗當中可得反射次數 n = 10，我們假設下列函數：

$$[X(1-A)^n] B = X' \quad (n=\text{反射次數}, 0 < B < 1) \quad \text{可整理得：}$$

$$(X' / X B)^{(1/10)} = (1-A)$$

2. 再由觀測到的數據可以發現到當溼度在 RH% < 92% 時可得：

$$\{X' [1 + (1 - RH\%)^2]\}^{(1/10)} = \text{Constant}$$

也就是說， $[1 + (1 - RH\%)^2]$  相當於上式推導的  $(X B)^{-1}$ ，Constant 則為

$k(1-A)$ ，k 為比例常數，溼度低時 A 趨近於零，可得 k，並代入算出不同溼度時的 k A 值，又發現 k A 為中間值時，光的強度對溼度的變化最劇烈，所以嘗試了這個關係。

3. 無減光：

$$(10/kA) \{-\text{Log}_{1.49} 1.49^{-3.733} + 1 - (RH - 92.31)/0.83\} = \text{Constant} \quad 92\% < RH\% < 93.14\%$$

$$(1/kA) \{83.92 + \text{Log}_{1.49} [1.49^{-3.733} + 1 - (RH - 92.31)/0.83]\} = \text{Constant} \quad RH\% \geq 93.14\%$$

$$0.80 < \text{Constant} < 1.16$$

藉由上面的式子，能將幾個誤差的數據刪除，並整理出表格：

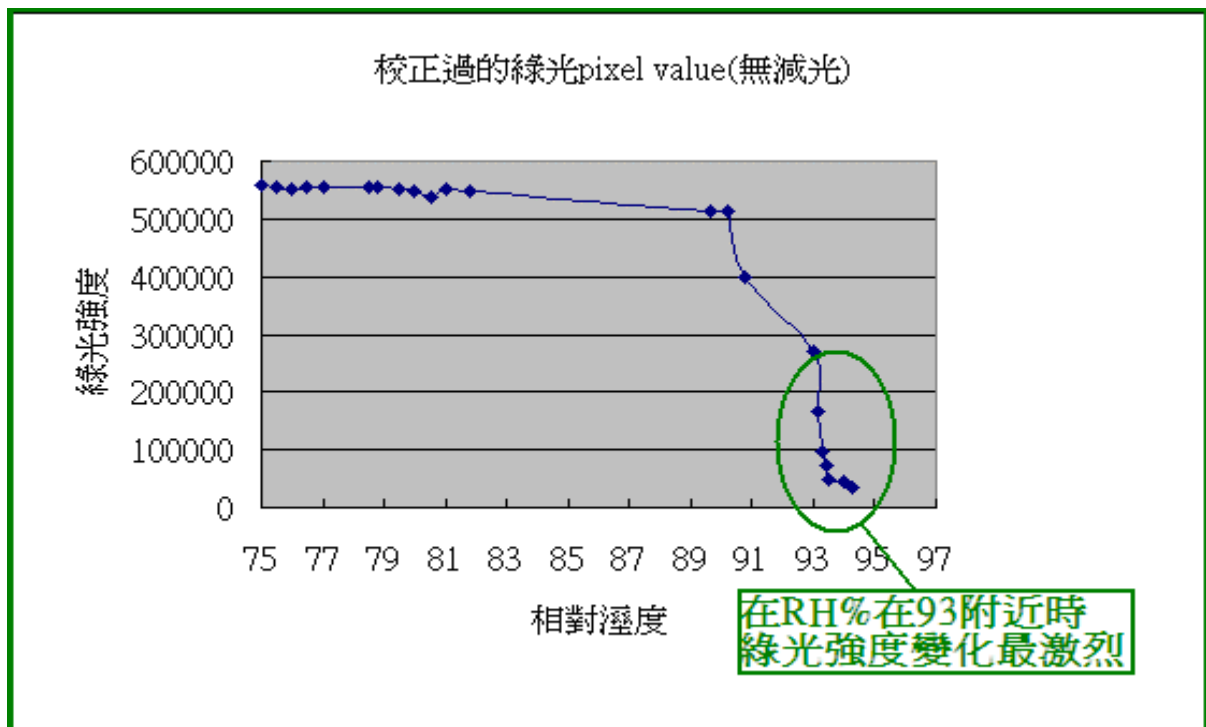
(1) 下表是未修正的綠光對於相對溼度分析表(無減光)：

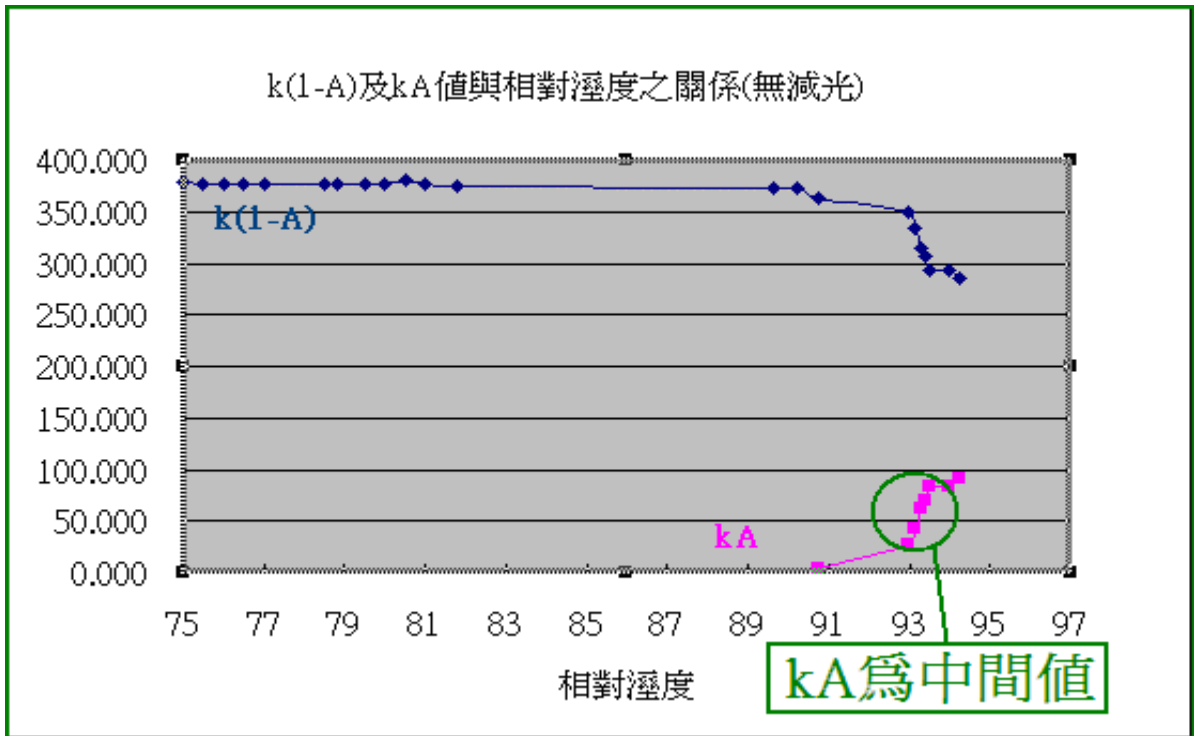
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	相對溼度	綠光強度	強度/溼度變化	1/XB值	k(1-A)值	kA值	Constant	平均k值
2	75	557230	0	1.063	377.7777			376.4488
3	75.49	554954	1	1.060	377.5368			
4	76	551557	0	1.058	377.2169			
5	76.5	553347	0	1.055	377.2544			
6	77	553991	0	1.053	377.215			
7	78.5	554093	0	1.046	376.9821			
8	78.8	553699	0	1.045	376.9091			
9	79.5	550632	1	1.042	376.5945			
10	80	546721	2	1.040	376.2529			
11	80.5	536994	2	1.038	380.8323			
12	81	528316	-3	1.036	374.8259			
13	81.8	549957	0	1.033	376.2254			
14	86.2	549122	0	1.019	375.6524			
15	89.65	512474	1	1.011	372.7605			
16	90.19	512148	0	1.010	372.6967			
17	90.76	440270	13	1.009	367.0634	9.385412	-2.98	
18	92.75	398914	2	1.005	363.342	13.10684	0.80	
19	92.98	270409	56	1.005	349.4746	26.97425	0.90	
20	93.14	167830	64	1.005	333.1892	43.25969	0.97	
21	93.28	95901	51	1.005	315.0489	61.39993	1.61	
22	93.41	71278	19	1.004	305.8326	70.61627	1.16	
23	93.5	47024	27	1.004	293.3696	83.07928	1.00	
24	93.97	45561	0	1.004	292.4267	84.0222	1.00	
25	94.25	35079	4	1.003	284.8709	91.57796	0.93	

(2) 刪去上表綠色圈圈裡的數據後得到下列修正後的綠光對於相對溼度分析表(無減光)：

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	相對溼度	綠光強度	強度/溼度變化	1/XB值	k(1-A)值	kA值	Constant	平均k值
2	75	557230	0	1.063	377.778			376.449
3	75.49	554954	1	1.060	377.537			
4	76	551557	0	1.058	377.217			
5	76.5	553347	0	1.055	377.254			
6	77	553991	0	1.053	377.215			
7	78.5	554093	0	1.046	376.982			
8	78.8	553699	0	1.045	376.909			
9	79.5	550632	1	1.042	376.594			
10	80	546721	2	1.040	376.253			
11	80.5	536994	2	1.038	380.832			
12	81	549957	0	1.033	376.225			
13	81.8	549122	0	1.019	375.652			
14	89.65	512474	1	1.011	372.761			
15	90.19	512148	0	1.010	372.697			
16	90.76	398914	2	1.005	363.342	3.106845	0.80	
17	92.98	270409	56	1.005	349.475	26.97425	0.90	
18	93.14	167830	64	1.005	333.189	43.25969	0.97	
19	93.28	95901	51	1.005	315.049	61.39993	1.61	
20	93.41	71278	19	1.004	305.833	70.61627	1.16	
21	93.5	47024	27	1.004	293.370	83.07928	1.00	
22	93.97	45561	0	1.004	292.427	84.0222	1.00	
23	94.25	35079	4	1.003	284.8709	91.57796	0.93	

\* 藉由上面表格我們可以畫出折線圖表達一些關係





由上圖可以知道 $k(1-A)$ 及 $kA$ 與相對濕度的關係，藉由比對校正後的綠光Pixel Value 與相對濕度的關係圖後可發現當 $kA$ 為中間值時大約在RH%93附近時，光的強度對濕度的變化最劇烈

4. 同時，為了探討是否把入射光量減少後還能有同樣趨勢的曲線，用兩個ND8將原來的光減少至1/64後，再做一次實驗。

5. 用ND8\*2(將原來的光減少至1/64)減光後：

$$(10/kA)\{-\text{Log}_{1.49}[1.49^{-3.733} + 1 - (RH - 91.97)/0.62]\} = \text{Constant}$$

$$92\% \leq RH\% \leq 92.59\%$$

$$(1/kA)\{74.66 + \text{Log}_{1.49}[1.49^{-3.733} + 1 - (RH - 91.97)/0.62]\} = \text{Constant}$$

$$RH\% \geq 92.59\%$$

$$0.93 < \text{Constant} < 1.15$$

6. 減光後：

(1)下表是未修正的綠光對於相對溼度分析表(減光後)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	相對溼度	綠光強度	強度/溼度變化	1/XB值	k(1-A)值	kA值	Constant	平均k值
2	89.92	94667		1.010	314.82			
3	89.94	94280	194	1.010	314.69			
4	91.1	69522	213	1.008	305.18			302.6888
5	91.4	66957	85	1.007	304.02			1.041665
6	91.62	65210	79	1.007	303.20			0.180899
7	91.84	62852	107	1.007	302.08			
8	91.97	61577	98	1.006	301.45			
9	92.18	57683	185	1.006	299.48	3.21	0.938	
10	92.28	49342	834	1.006	294.84	7.85	1.024	
11	92.47	31646	931	1.006	282.02	20.67	1.055	
12	92.61	17467	1013	1.005	265.74	36.95	1.115	
13	92.75	6924	753	1.005	242.25	60.44	1.155	
14	92.9	4329	173	1.005	231.13	71.56	1.010	
15	93.1	3867	23	1.005	228.53	74.16	0.995	

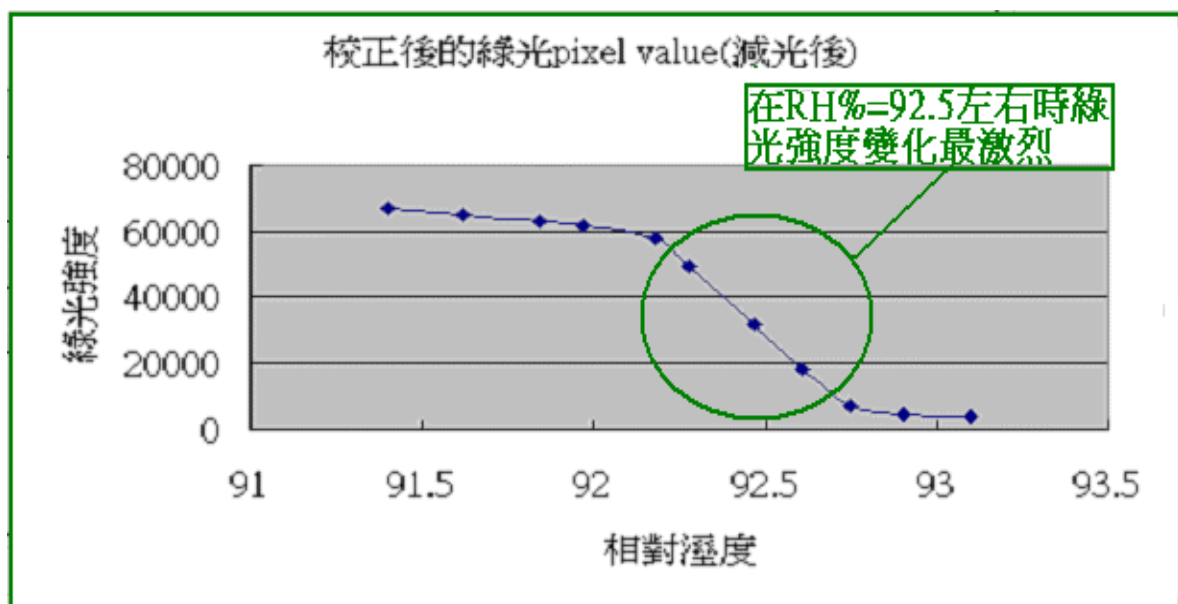
1.由於 C2 C3 強度/溼度變化量過高，予與刪除

2.因為 E1 E2 k(1-A)值偏離了，故刪去

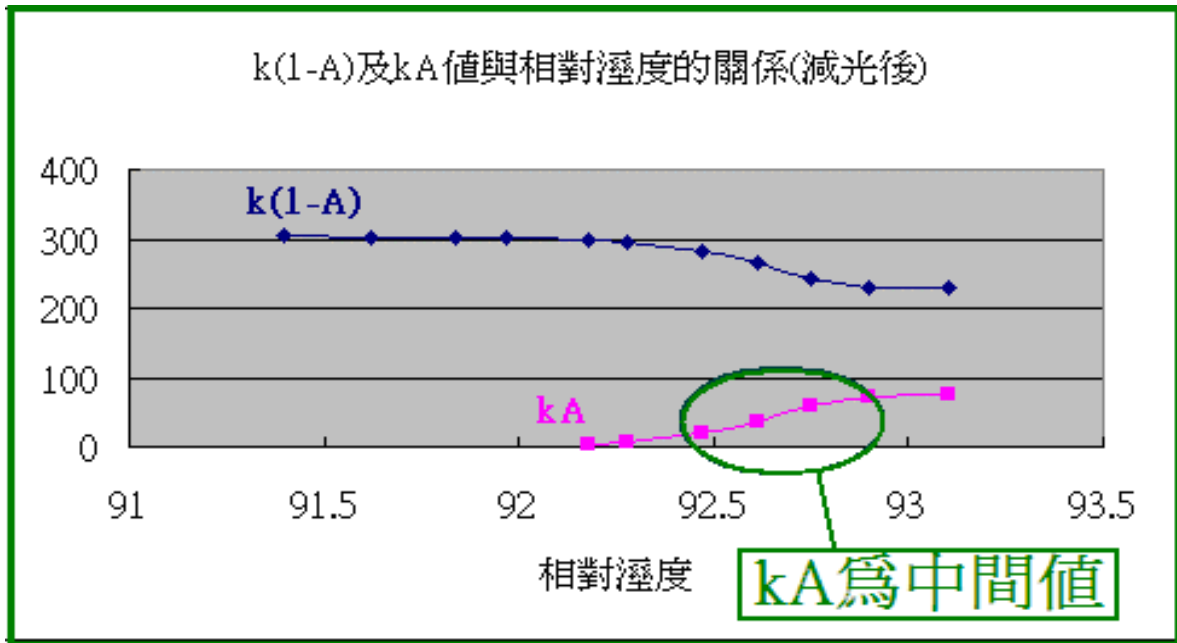
(2)下表是已修正的綠光對於相對溼度分析表(減光後)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	相對溼度	綠光強度	強度/溼度變化	1/XB值	k(1-A)值	kA值	Constant	平均k值
2	91.4	66957	85	1.007	304.02			302.689
3	91.62	65210	79	1.007	303.2			
4	91.84	62852	107	1.007	302.08			
5	91.97	61577	98	1.006	301.45			
6	92.18	57683	185	1.006	299.48	3.21	0.938	
7	92.28	49342	834	1.006	294.84	7.85	1.024	
8	92.47	31646	931	1.006	282.02	20.67	1.055	
9	92.61	17467	1013	1.005	265.74	36.95	1.115	
10	92.75	6924	753	1.005	242.25	60.44	1.155	
11	92.9	4329	173	1.005	231.13	71.56	1.01	
12	93.1	3867	23	1.005	228.53	74.16	0.995	

\* 藉由上面表格我們可以畫出折線圖表達一些關係







由上圖可以知道  $k(1-A)$  及  $kA$  與相對濕度的關係，藉由比對校正後的綠光 Pixel Value 與相對濕度的關係圖後可發現 **當  $kA$  為中間值時大約在 RH% 92.5 附近，光的強度對濕度的變化最劇烈**

7. 比較減光前後的綠光 Pixel Value (均已校正) 可以發現減光後的強度變化對相對濕度變化的斜率 (取絕對值後) 比減光前還來的小，也就是說綠光強度變化沒那麼劇烈，而且畫圖出來的曲線減光後比減光前還要漂亮，推測應該是光譜儀靈敏度很高，所以對未減光的綠光所讀取出來誤差的波動應該會比減光後的範圍來得大。
8. 此外，未減光前的  $kA$  中間值比減光後的還要大，表示當相對濕度由高逐漸降低時，減光前之綠光強度開始劇烈變化的時間比減光後的還要早進行。

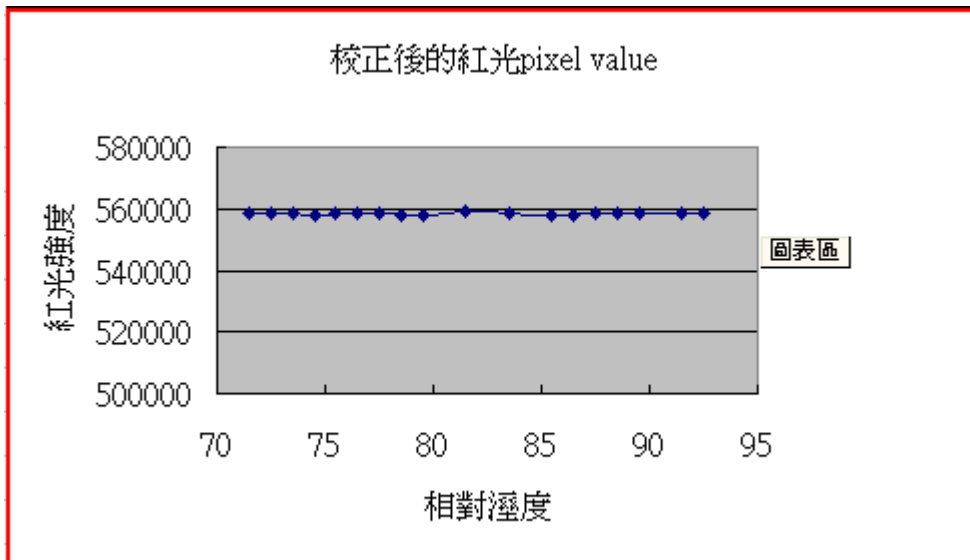
(二)紅光分析：

1. 由之前在肆、研究結果那邊紅光 Pixel Value 對相對濕度的作圖可以發現有兩個數據偏離了應有強度，因此做了一些修正。

下表是修正後的紅光 Pixel Value 對相對濕度的作圖。

	A	B
1	相對溼度	紅光強度
2	71.5	558503.5
3	72.5	558273.5
4	73.5	558718
5	74.5	558052.5
6	75.5	558435
7	76.5	558522
8	77.5	558595
9	78.5	557976
10	79.5	558187
11	81.5	558892.5
12	83.5	558695
13	85.5	558112.5
14	86.5	558163
15	87.5	558321
16	88.5	558597
17	89.5	558328.5
18	91.5	558670.3
19	92.5	558402

畫成折線圖如下



2. 可以發現修正後的紅光 Pixel Value 呈一平坦曲線，因此可以視為常數

(三)綠紅光之像素比(強度比)(Pixel Value)之分析：

1. 因為紅光視為常數，所以綠紅光之比和綠光之強度成正比
2. 也就是說，任何色光與紅光的比理應和該色光之強度呈正比