

森林林相與瀑布區之空氣正負離子特性探討

吳致呈¹、顏麗鳳²

摘要

空氣中存在的離子大約在 1 百多年前被發現，並且認為與生命的活動息息相關。而且在現代的生活環境中，空氣離子的濃度更間接的顯示環境中空氣污染的程度。關於空氣離子中的負離子，Yates et al. (1986) 的研究指出暴露於空氣負離子中將會增加血中的含氧量，並使心跳速率降低。Tomoo Ryushi et al. (1998) 等人更指出空氣負離子對於人體運動後的心血管與內分泌系統的恢復有所助益，並加速恢復的速度。本研究的結果展示不同森林區與瀑布區的空氣離子特性，可以作為推廣登山健行運動有益健康的量化數據。此外空氣負離子對登山運動疲勞與精神的恢復，也能作為登山家的參考。

本研究主要針對四種不同林相的森林區與瀑布區的空氣正負離子進行採樣，並探討其特性，以建立自然環境中的基本數據。由於瀑布區具有 Lenard effect 產生空氣離子的機制，因此林相的影響可以忽略。比較四種林相與瀑布區中空氣正負離子濃度的特性，顯示瀑布區遠高於檜木林與檜木雜林區，前三者更遠高於竹林與杉木林區。其中瀑布區的平均空氣負離子濃度達 44,130 ions/cm³，檜木林與檜木雜林分別為 22,040 ions/cm³ 與 13,760 ions/cm³，竹林與杉木林分別為 7,430 ions/cm³ 與 2,870 ions/cm³。站在空氣負離子對健康效益增進，以及對運動期間與恢復期的助益。處於空氣負離子濃度較高的瀑布區與檜木林區，相對於竹林以及杉木林區，具有較高的生理健康效益。此外在深入不同林區與地形的登山運動，也可依此作為休息地點的參考，以加速運動生理疲勞的恢復。

關鍵詞：空氣負離子、空氣正離子、森林區、瀑布區、林相、運動恢復、生理健康

1 國立台灣大學環境工程學研究所博士候選人

2 國立台灣大學環境工程學研究所碩士班

Characteristics of Positive and Negative Air Ions by Forest and Waterfall Zones

Chih-Cheng Wu¹、Li-Huang Yen²

ABSTRACT

Air ions were not understood until the end of the 19th century. Many investigators have studied the relationships between air ions and the living body, and showed that a certain amount of negative air ions (NAI) in inhaled air is necessary for normal vital activity. In addition, the concentrations of air ions are dependent on the level of air pollution. Investigations conducted from the physiological and psychological standpoints have shown that performance efficiency and mental state (Tomoo Ryushi et al., 1998). Yates et al. (1986) displayed that the oxygen content of blood was increased, while heart rate was decreased, by exposure to negative air ions. The results of this study showed the characteristics of air ions regarding forest and waterfall zones, which can be a quantitative data involving in the promotion of mountaineering. The beneficial effect of recovery after exercises by negative air ions inhalation is also good information for mountaineer. The experiments of this study were conducted by sampling four kinds of forest zones and one waterfall nearby. The results showed that the average NAI concentration of waterfall nearby was 44,130 ions/cm³, the highest than forest zones. The average NAI concentrations of the woods of the Chinese juniper, the mixed Chinese juniper, the bamboo and the fir were 22040, 13760, 7430, and 2870 ions/cm³, respectively. Considering the beneficial effects of NAI inhalation, the waterfall nearby is the best location to release-stress during hiking and climbing, and the forest zone of the Chinese juniper is the second one.

Key words : negative air ion, positive air ion, forest zone, waterfall zone, recovery after exercise, physiological health

1 Candidate of Ph.D. degree, Graduate Institute of Environmental Engineering, National Taiwan University
71, Chou-Shan Rd., Taipei, 106, Taiwan, R.O.C.

2 Postgraduate of master degree, Graduate Institute of Environmental Engineering, National Taiwan University
71, Chou-Shan Rd., Taipei, 106, Taiwan, R.O.C.

一、前言

在二十世紀針對空氣離子的研究中，有實驗數據指出在呼吸的空氣中含有某種程度的負離子氣體量，是一般維持生命活動的必需物質(Charry J. M. and Kvet R., 1987)。空氣負離子在乾淨的自然空氣中具有較高的濃度，而空氣負離子的濃度與放電、水或水滴的移動、放射性物質的衰減等自然物理化學機制有關。在一些自然風景區空氣負離子的濃度可以達到每毫升數千至數萬個。另一方面，在污染的空氣中，或是在在密閉的空調環境、汽車或飛機內、接近電視機與電腦螢幕，都會使空氣負離子降至數十個或偵測不到。

在運動期間，自律神經系統(autonomic nervous system)會調整心血管與內分泌系統的功能，致使心跳加快、血壓升高、呼吸加快，以適度調整運動的壓力(adaption to exercise-related stress)。在運動結束後的恢復期，則進行相反的機制。Tomoo Ryushi et al. (1998)指出空氣負離子對於人體運動後的心血管與內分泌系統的恢復，有所助益。並有研究指出站在生理學(physiological)與心理學的(psychological)角度，空氣負離子皆顯示對健康具有良好的效益(Hawkins and Baker, 1978)。暴露在空氣負離子的環境中，將會改善精神狀態(Tom et al., 1981)。Yates et al.並指出暴露於空氣負離子中將會增加血中的含氧量，並使心跳速率降低。其中在空氣負離子暴露下的心跳速率與運動自覺(perceived exertion)，顯著的低於暴露於空氣正離子中的環境。

在自然的環境中由於宇宙射線、紫外光或天氣的變化，自然的大氣中即存在空氣負離子。然而由於人為活動的影響，會造成大氣環境中離子的增加與減少，例如：室內環境中如果抽煙或點蠟燭則會使室內環境中背景的離子數目下降。此外，室內的裝潢與人為的通風也會消耗離子。而電流的傳輸線則可能產生離子，電視的顯示器則會消耗離子(Frost, 2001)。在大氣中帶電離子的數量會隨著天氣等因素而變化(Tammet, 1997)。一般情況下，空氣中正負離子兩者約 $\sim 200 - 3000 \text{ ions/cm}^3$ 。打雷閃電與下雨的天氣，帶負電的離子會升高至 14000 ions/cm^3 左右，正離子會升高至 7000 ions/cm^3 左右。在一般正常狀況下，於海平面高度，正負離子的比值約為 $1.1 - 1.3$ ，當壞天氣時大約降至 0.9 。如果在室內吸一根菸的話大約會使室內空氣中的總離子數大約降至 $\sim 10 - 100 \text{ ions/cm}^3$ (Pontiga, 1997)。

由於離子團有非常多的機會可以和空氣中的物質進行碰撞與反應。因此離子會因有機物質的存在而被反應掉，或經由擴散帶電與電場帶電的方式而附著在粒狀物上。離子的濃度越高則離子存在的時間越短暫，如果離子濃度低則生命週期較長。空氣中離子的生命週期和空氣中溼度、溫度、揮發性有機物的濃度與粒狀物的濃度有很大的關係。一般自然產生，在乾淨空氣下的空氣離子其生命週期大約為 $100 - 1000$ 秒(Krueger, 1976)。

許多的研究指出空氣負離子對於人體健康上有正面的影響，而充滿單純正離子的環境則會導致人體生病。Kondrashova et al. (2000)指出在中東國家乾燥高溫的沙漠地區會形

成高濃度正離子的環境，長時間在該環境下的人會造成名為 sharaf 或 hamsin 的症狀，經由吸入負離子空氣可以加以治療。Stavrovskaya et al. (1998)對高血壓、支氣管疾病的病人，使用吸入負離子的治療，每天半小時，進行 1-3 星期，可以改善支氣管疾病的症狀，並降低及穩定體內的血清素(serotonin)。Krueger et al. (1979) 指出負離子經由微生物、動物及人體的實驗顯示負離子，在醫療上具有其價值。Kornbluch 有效的使用負離子對燒燙傷病患進行療護。目前對於負離子對生物體的影響機制仍然無法清楚的瞭解，然而 Kosenko et al. (1997) 提出兩種可能的機制，其一、經由空氣負離子對體內血清素濃度的影響，進而造成一連串效應；其二則是空氣負離子所形成的過氧化氫與體內的轉化酶反應所形成的效應。

二、研究方法

本研究利用空氣離子偵測器(Ion counter, ANDES, ITC-201A, Japan, 如圖 1 所示)，針對不同林相之森林區與瀑布區量測其空氣正負離子濃度。並同時偵測與空氣正負離子相關之環境因子，包含溫度、溼度之連續監測。所有參數之採樣時間，設定為十分鐘連續採樣，分別記錄空氣正離子或空氣負離子之濃度、溫度與相對濕度。偵測器每 0.5 秒擷取一筆資料，每一個採樣點以 1,200 筆資料進行分析。離子偵測器之採樣，以腳架支撐遠離地面 1.5 公尺，並與四周之林木，保持 3 公尺以上之距離，以避免地面效應與不均勻擴散之影響。此外離子偵測器放置於不受風向或其它環境條件干擾之採樣點，以降低非控制環境因子之影響。

由於人為活動所排放之空氣污染物，會干擾自然環境中空氣正負離子的濃度。因此採樣地點之選擇，以遠離人類活動之山區，並避免空氣污染物擴散所影響的區域為主要之考量。選擇之採樣地點分別為台北縣烏來哈盆越嶺路線中之森林區與宜蘭縣太平山原始森林區。另外瀑布區之空氣離子特性探討，則選擇烏來山區一個中型瀑布進行採樣。其中烏來哈盆森林區與瀑布區之採樣時間為 2003 年 12 月 2 日，氣候狀況晴朗，平均採樣溫度約為 16°C，此次採樣針對竹林與杉木林之空氣正負離子濃度進行監測。而太平山原始森林區之採樣時間為 2003 年 12 月 10 日，分別針對檜木雜林和檜木林進行空氣正負離子之採樣。採樣之時間與地點，如下表 1 所示。



圖 1 離子偵測儀

表 1 採樣時間與地點

日期	採樣地點	林相
2003 年 12 月 2 日	台北縣烏來福山哈盆森林	竹林與杉木林
2003 年 12 月 2 日	台北縣烏來福山森林	瀑布區
2003 年 12 月 10 日	宜蘭縣太平山原始森林	檜木雜林與檜木林

三、結果與討論

不同林相與瀑布區空氣離子的產生量與特性，是本研究探討的要點。不同林相間產生空氣正負離子的機制可能跟植物與大氣的生物作用有關。而瀑布區域產生空氣正負離子的機制，則與水滴的破碎有關。下列將依序針對烏來哈盆森林區中的竹林、杉木林與太平山原始森林內的檜木雜林、檜木林，還有瀑布區之正負空氣離子濃度、相對濕度，以及溫度相關特性進行探討。

(1) 竹林 -- 烏來哈盆森林區

於台北縣哈盆越嶺路線中一處遠離人為污染源的竹林，量測竹林內空氣每立方公分中正負離子的離子濃度。結果顯示最大空氣負離子濃度為 $13,900 \text{ ions/cm}^3$ ，最小值為 $4,310 \text{ ions/cm}^3$ ，平均值為 $7,430 \text{ ions/cm}^3$ 。平均相對濕度約為 70%、平均溫度 15.5°C （表 2 紀錄竹林之空氣正負離子濃度、溫度與相對濕度），此外空氣正離子的濃度最大為 $9,850 \text{ ions/cm}^3$ 、濃度最小值為 $5,240 \text{ ions/cm}^3$ 、平均值約為 $7,220 \text{ ions/cm}^3$ 。此資料顯示空氣負離子最大與最小濃度的變異，接近 $10,000 \text{ ions/cm}^3$ ，比空氣正離子的變異（約為 $4,600 \text{ ions/cm}^3$ ）高出兩倍。由此顯示竹林中空氣正離子濃度的穩定性，比空氣負離子濃度的穩定性高。在此監測的條件下，空氣正離子與負離子的平均濃度兩者的比值接近 1，顯示空氣正離子與負離子的濃度水準相當。

圖 2 為空氣負離子與溼度對時間的變化圖，由其趨勢可發現空氣負離子濃度與相對濕度之間呈現正相關。當相對濕度上升時空氣負離子濃度也跟著增加；反之相對濕度下降則空氣負離子濃度也隨之遞減。因此隨機取 50 筆資料做相對濕度與空氣負離子之線性回歸關係之分析(如下圖 3 所示)。結果顯示在相對溼度界於 60% 至 80% R.H. 的乾淨大氣條件下，空氣負離子與相對溼度具有線性相關的特性， R^2 約為 0.78。此外大氣溫度與空氣負離子濃度則無明顯相關變化的關係。圖 4 為空氣正離子與相對濕度隨時間

的變化關係，此圖顯示相對濕度與空氣正離子濃度之關係並沒有明顯的關聯性，然而有可能相對濕度或其它的因子直接或間接的影響空氣正離子的濃度。此外空氣正離子濃度的變異比空氣負離子來的小的原因，也有可能是較不受溼度影響的關係。而溫度對空氣正離子則同樣無顯著的影響。根據測量所得之數據可知，竹林內空氣每立方公分中正負離子濃度的比值為 0.97，比一般地面上正負空氣離子之比值 1.1-1.3，來的小，顯示竹林內空氣負離子濃度比正離子濃度具有些微的提高。

表 2 竹林之空氣正負離子濃度、溫度與相對溫度之關係

空氣離子種類	數值種類	濃度 (ions/cm ³)	溫度(°C)	相對溼度(%)
正離子	最大值	9,850	16.0	74
	最小值	5,240	14.0	66
	平均值	7,220	15.0	70
負離子	最大值	13,900	17.0	80
	最小值	4,310	15.0	61
	平均值	7,430	15.5	70

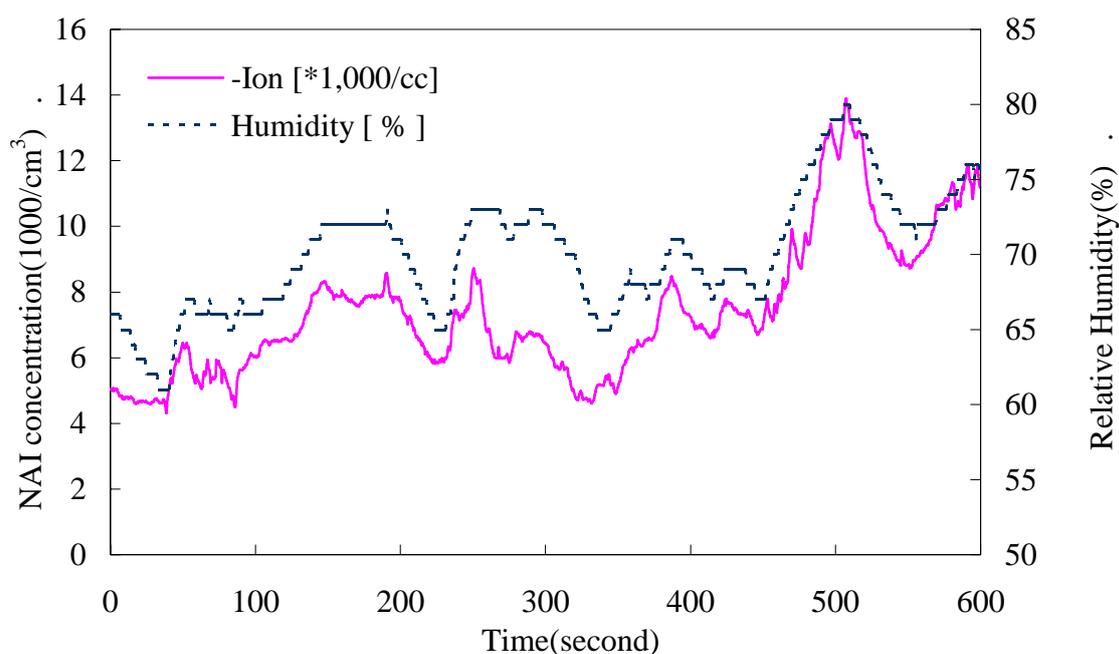


圖 2 竹林中空氣負離子濃度與相對濕度之時間變化趨勢

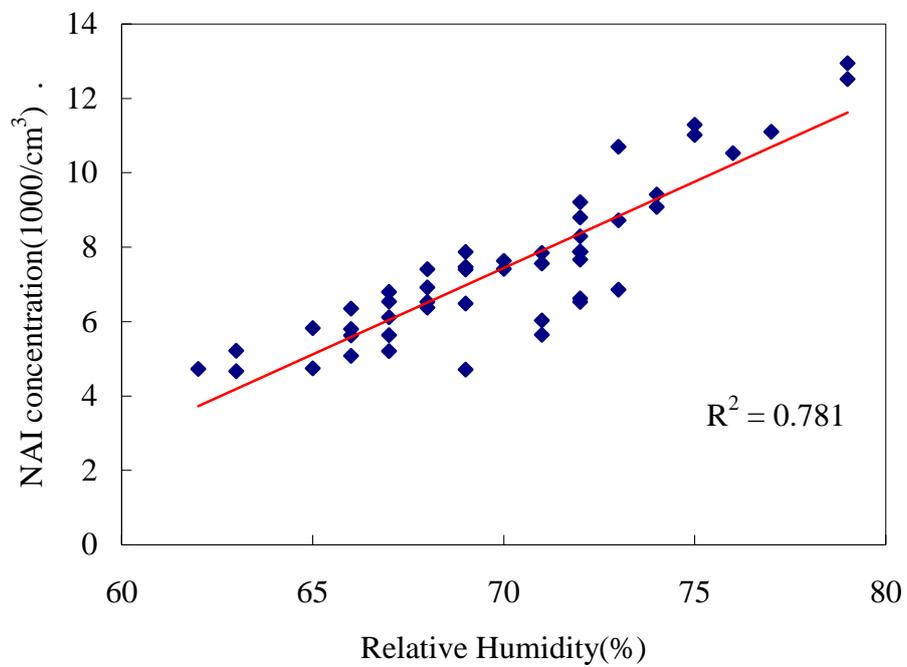


圖 3 竹林中空氣負離子濃度與相對溼度之線性回歸關係

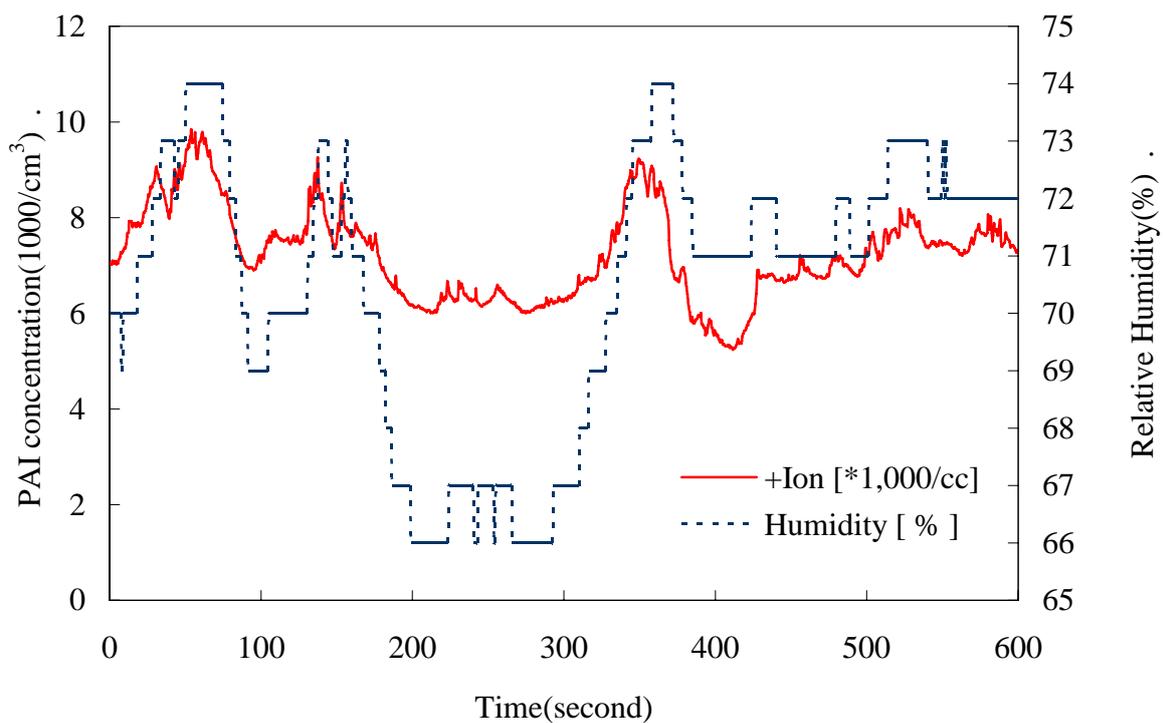


圖 4 竹林中空氣正離子濃度與相對濕度隨時間變化之趨勢

(2) 杉木林 -- 烏來哈盆森林區

表 3 為杉木林中空氣正負離子濃度、溫度與相對溫度之監測資料。空氣負離子濃度的最大值為 4,250 ions/cm³、最小值 950 ions/cm³、平均值為 2,870 ions/cm³，溫度與相對濕度的平均值分別為 17.0°C、51% R.H.。空氣正離子濃度最大為 5,410 ions/cm³、最小 1,790 ions/cm³、平均值大為 3,510 ions/cm³。由空氣正負離子最大值與最小值的變異量而言，同樣顯示出空氣負離子比空氣正離子在大氣中，具有較不穩定的現象。圖 5 為空氣負離子與相對濕度之關係圖，此圖中空氣負離子濃度和相對濕度的相關性不大(R²為 0.18)。相對濕度降低或升高時，負離子濃度大小並沒有隨之下降或增加，可能是因為相對濕度低於 60%，因此在低相對濕度下，對於空氣負離子濃度的變化並沒有直接的影響。圖 6 為空氣正離子和相對濕度隨時間之關係圖，顯示空氣正離子濃度和相對濕度在杉木林中的相對關係。從空氣正離子與空氣負離子之平均濃度計算其比值為 1.22，顯示在杉木林中空氣正離子的濃度比負離子來的高。而且與竹林比較，杉木林中的空氣正負離子濃度較竹林中空氣正負離子濃度低。空氣負離子濃度相差約 4,000 ions/cm³。空氣正離子相差約 3,500 ions/cm³。由此顯示在杉木林中，有空氣正負離子濃度偏低，與空氣正離子濃度比例偏高的現象。

表 3 杉木林之空氣正負離子濃度、溫度與相對溫度之關係

空氣離子種類	數值種類	濃度 (ions/cm ³)	溫度(°C)	相對溼度(%)
正離子	最大值	5,410	17.0	69
	最小值	1,790	16.0	56
	平均值	3,510	16.0	60
負離子	最大值	4,250	20.0	57
	最小值	950	17.0	46
	平均值	2,870	17.0	51

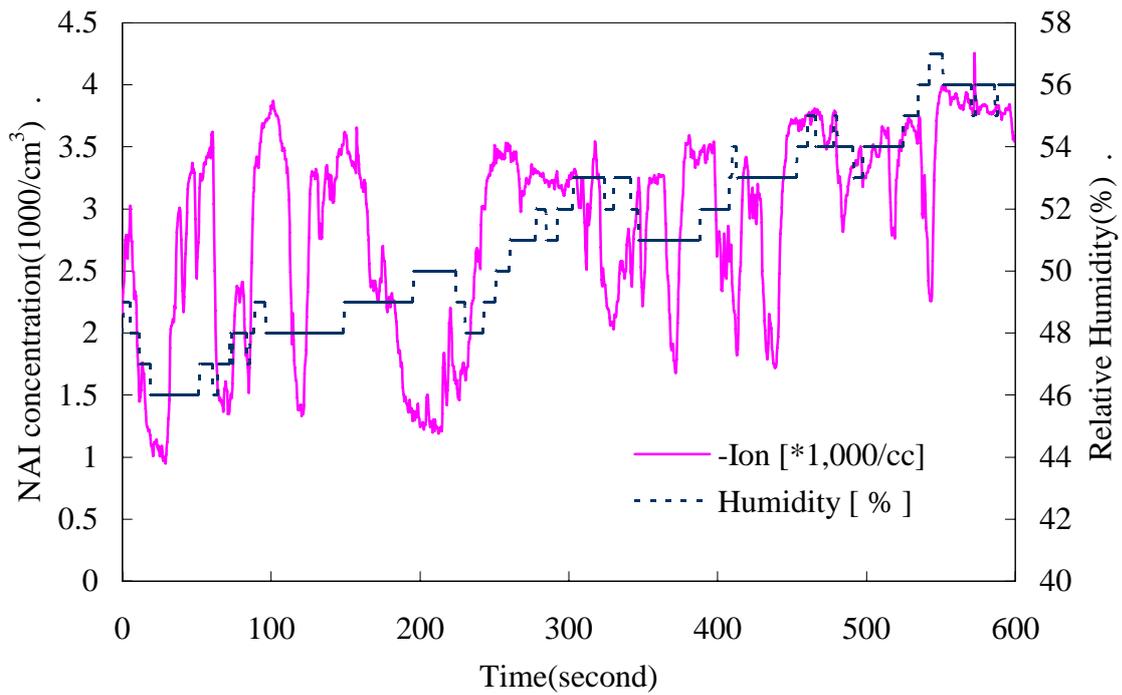


圖 5 杉木林之負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

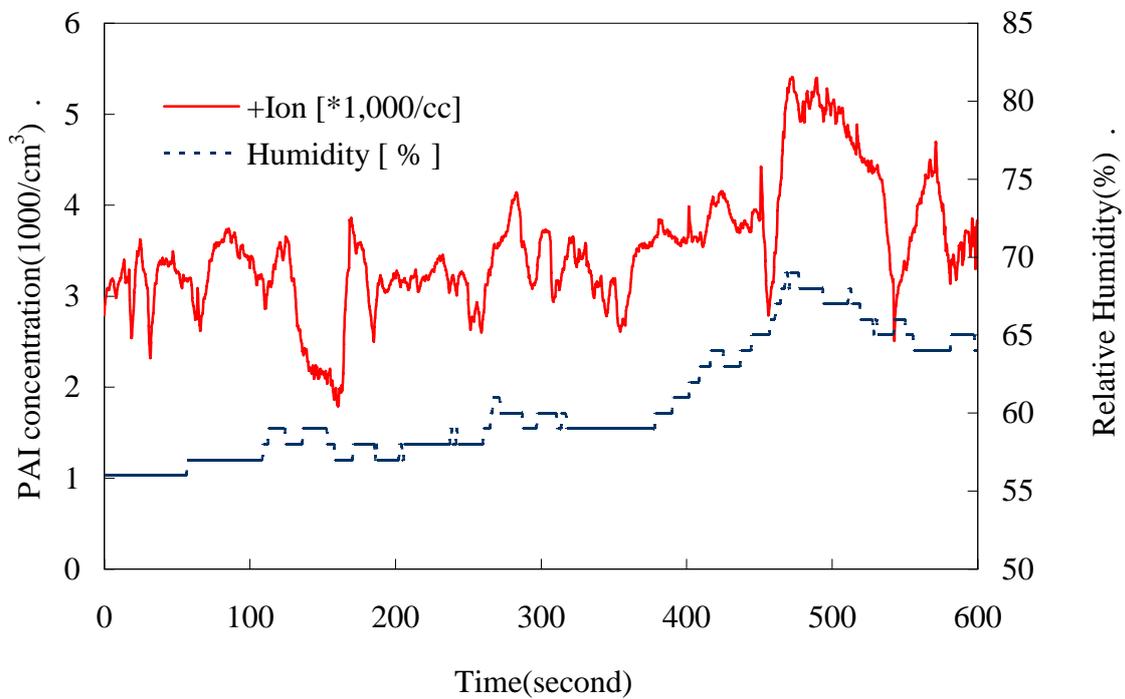


圖 6 杉木林之正離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

(3) 檜木雜林 -- 太平山森林區

宜蘭縣太平山海拔接近 2,000 公尺，此山區中包含原始的檜木雜林與檜木森林區。太平山區的採樣地點，皆遠離道路與人為活動的干擾區域。由於檜木雜林與檜木林中的樹木茂密，此外也由於海拔的關係，採樣之檜木雜林為無直接日照的情況，其平均溫度也較低，約為 11.0°C 左右，其相對濕度約為 63% R.H。最大空氣負離子濃度高達 31,000 ions/cm³、最小濃度值為 2,710 ions/cm³、平均值為 13,760 ions/cm³。表 4 為檜木雜林正負離子濃度、溫度與相對溫度之各項數值。空氣正離子濃度最大為 19,270 ions/cm³、最小 12,240 ions/cm³、平均值為 14,450 ions/cm³。計算空氣正負離子最大值與最小值的變異量，同樣顯示出空氣負離子比空氣正離子在大氣中較不穩定的現象。圖 7 為檜木雜林之負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係圖，隨著相對濕度增加，則空氣負離子濃度隨之增加，反之亦同。因此負離子濃度與相對濕度呈現相當良好的線性關係(其 R² 為 0.88)。而從空氣正離子濃度與相對濕度隨時間變化的曲線來看(圖 8)，其相關性則相當低(R² 為 0.01)。從空氣正離子與空氣負離子之平均濃度計算其比值為 1.05 顯示在檜木雜林中空氣正離子的濃度比負離子來的高。此外與竹林比較，檜木雜林中的空氣正負離子濃度較竹林中空氣正負離子濃度高出許多。空氣負離子濃度相差約 5,000 ions/cm³。空氣正離子相差約 7,000 ions/cm³。由此顯示檜木雜林中的空氣負離子與正離子濃度，遠高於竹林與杉木林中的濃度。

表 4 檜木雜林之正負離子濃度、溫度與相對溫度之關係

空氣離子種類	數值種類	濃度 (ions/cm ³)	溫度(°C)	相對溼度(%)
正離子	最大值	19,270	11.0	82
	最小值	12,240	10.0	73
	平均值	14,450	11.0	77
負離子	最大值	31,000	15.0	75
	最小值	2,710	11.0	49
	平均值	13,760	11.7	63

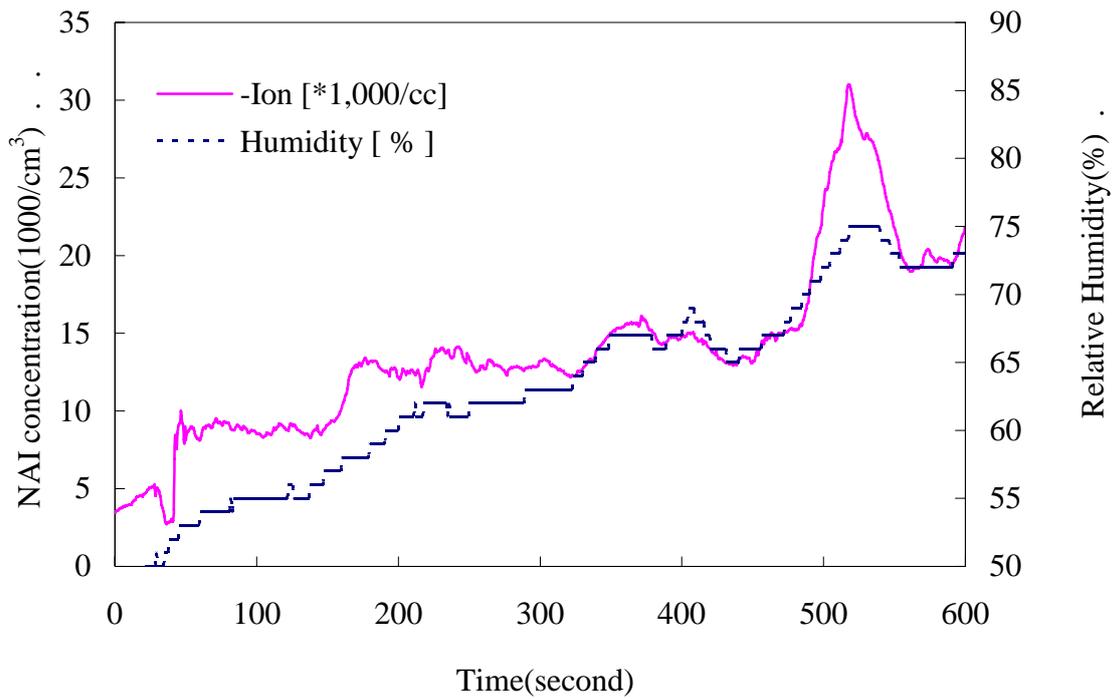


圖 7 檜木雜林之負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

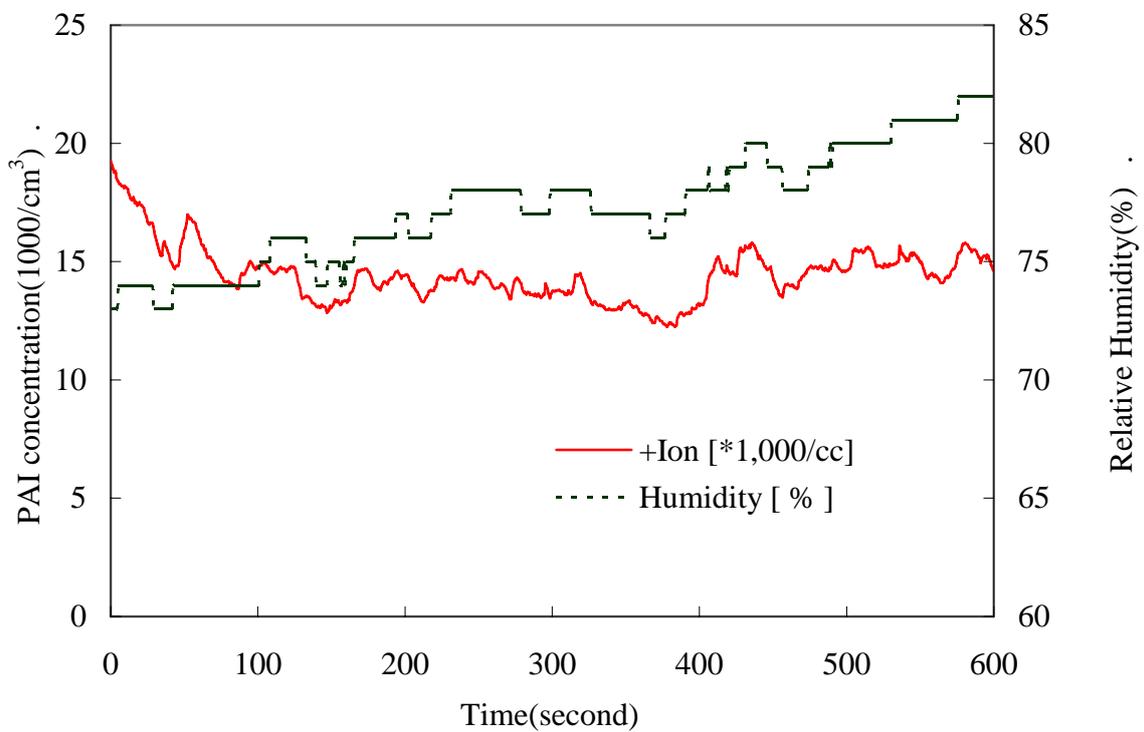


圖 8 檜木雜林之正離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

(4) 檜木林 -- 太平山森林區

檜木林與檜木雜林的差異在於，檜木雜林的林相包含檜木之外的中大型樹木。在環境條件方面，檜木林的相對濕度較檜木雜林高，大部分皆高於 80% R.H.。同樣在無直接日照之條件下，其平均溫度為 11.0°C，平均相對濕度為 84%。最大空氣負離子濃度高達 28,890 ions/cm³、最小濃度值為 13,750 ions/cm³、平均值為 22,040 ions/cm³。表 5 為檜木林正負離子濃度、溫度與相對濕度之各項數值。空氣正離子濃度最大為 20,910 ions/cm³、最小 14,220 ions/cm³、平均值為 17,020 ions/cm³。計算空氣正負離子最大值與最小值的變異量，同樣顯示出空氣負離子比空氣正離子在大氣中較不穩定。圖 9 為太平山原始森林區檜木林之負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係，其中隨機任取 50 筆數值做線性回歸，發現其負離子濃度與相對濕度之相關性良好，空氣負離子濃度隨著相對濕度之上升或下降而呈現正相關變化(其R²為 0.84)。而空氣正離子與相對濕度的關係如圖 10 所示。計算檜木林大氣中空氣正負離子平均濃度的比值為 0.77，由此顯示此一區域中的平均空氣負離子濃度，高出空氣正離子 23%。比較四種林相中空氣正負離子濃度的特性，顯示檜木林高於檜木雜林遠高於竹林與杉木林(檜木林 > 檜木雜林 >> 竹林 > 杉木林)。在空氣正負離子平均濃度的比值方面，顯示檜木林低於竹林低於檜木雜林低於杉木林(檜木林 < 竹林 < 檜木雜林 < 杉木林)。本研究所探討不同林相中空氣正負離子的特性，其影響的因子並不只是，不同的樹木本身與大氣間的作用所造成的離子特性狀態。在整個林相中，包含中大型樹木，地上植被，土壤與微生物的環境等等。因此這樣的空氣離子特性，更代表著該林相所處的環境，與大氣間作用下的整體性質。與多研究指出空氣負離子與人體健康的關係，如果以空氣負離子濃度為考量的話，則以檜木林對人體健康的效益最大，杉木林最低。

表 5 檜木林之正負離子濃度、溫度與相對濕度之關係

空氣離子種類	數值種類	濃度 (ions/cm ³)	溫度(°C)	相對溼度(%)
正離子	最大值	20,910	11.0	86
	最小值	14,220	11.0	83
	平均值	17,020	11.0	84
負離子	最大值	28,890	11.0	89
	最小值	13,750	10.0	78
	平均值	22,040	11.0	84

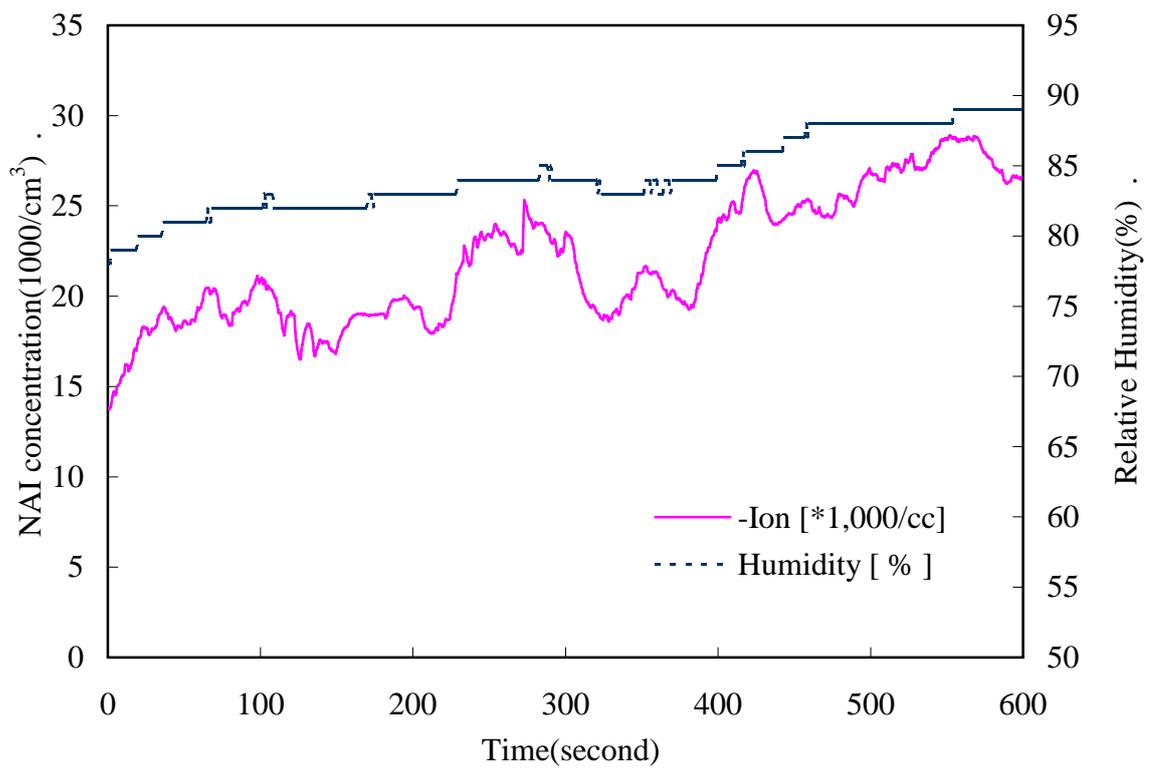


圖 9 太平山原始森林區檜木林之負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

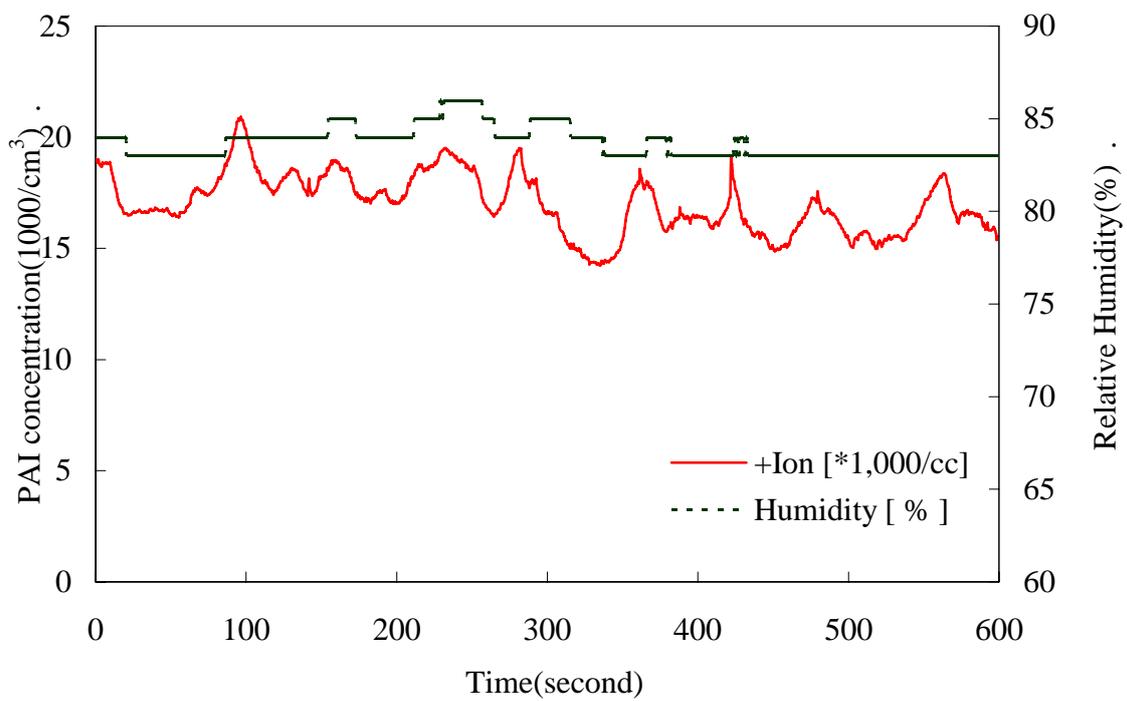


圖 10 太平山原始森林區檜木林之正離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

(5) 瀑布區 -- 烏來山區

採樣地點為烏來山區中一座小型瀑布，瀑布高度約 10m。在氣候晴朗下距離瀑布 20m 處以空氣離子偵測儀進行測量。結果指出最大空氣負離子濃度為 76,450 ions/cm³、最小濃度值為 4,800 ions/cm³、平均值為 44,130 ions/cm³。表 6 為瀑布區正負離子濃度、溫度與相對溫度之各項數值。空氣正離子濃度最大為 16,050 ions/cm³、最小 3,740 ions/cm³、平均值為 11,190 ions/cm³。計算空氣正負離子最大值與最小值的變異量，顯示出空氣負離子比空氣正離子較不穩定。而且與前面各種林相的離子濃度變異幅度比較，瀑布區的空氣正負離子濃度的最大值與最小值，相差極大。這樣的現象說明，空氣正負離子概素的被大量生成，並且在瀑布區的環境中快速的衰減消失。圖 11 為烏來小瀑布之空氣負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係，顯示相對濕度對空氣負離子濃度並沒有直接的影響。圖 12 為烏來小瀑布之空氣正離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係，顯示瀑布區空氣正離子濃度與相對濕度具有良好的的相關性，此一現象與森林區有所差異。計算空氣正離子與負離子平均濃度的比值為 0.25，由此顯示瀑布區的平均空氣負離子濃度遠高於空氣正離子濃度(高出 4 倍)。如果以平均空氣負離子濃度進行比較，可以發現瀑布區產生的空氣負離子量最多，比檜木林高出兩倍，比檜木雜林高出 3.2 倍，比竹林高出 5.9 倍，比杉木林高出 15 倍。可是在空氣離子濃度的變化上則顯示出最不穩定。如果以累計的空氣負離子量來估算的話，瀑布區仍然是具有接受空氣負離子量最多的地點。

表 6 烏來小瀑布之正負離子濃度、溫度與相對溫度之關係

空氣離子種類	數值種類	濃度 (ions/cm ³)	溫度(°C)	相對溼度(%)
正離子	最大值	16,050	16.0	74
	最小值	3,740	15.0	60
	平均值	11,190	15.5	70
負離子	最大值	76,450	21.0	69
	最小值	4,800	16.0	57
	平均值	44,130	16.7	65

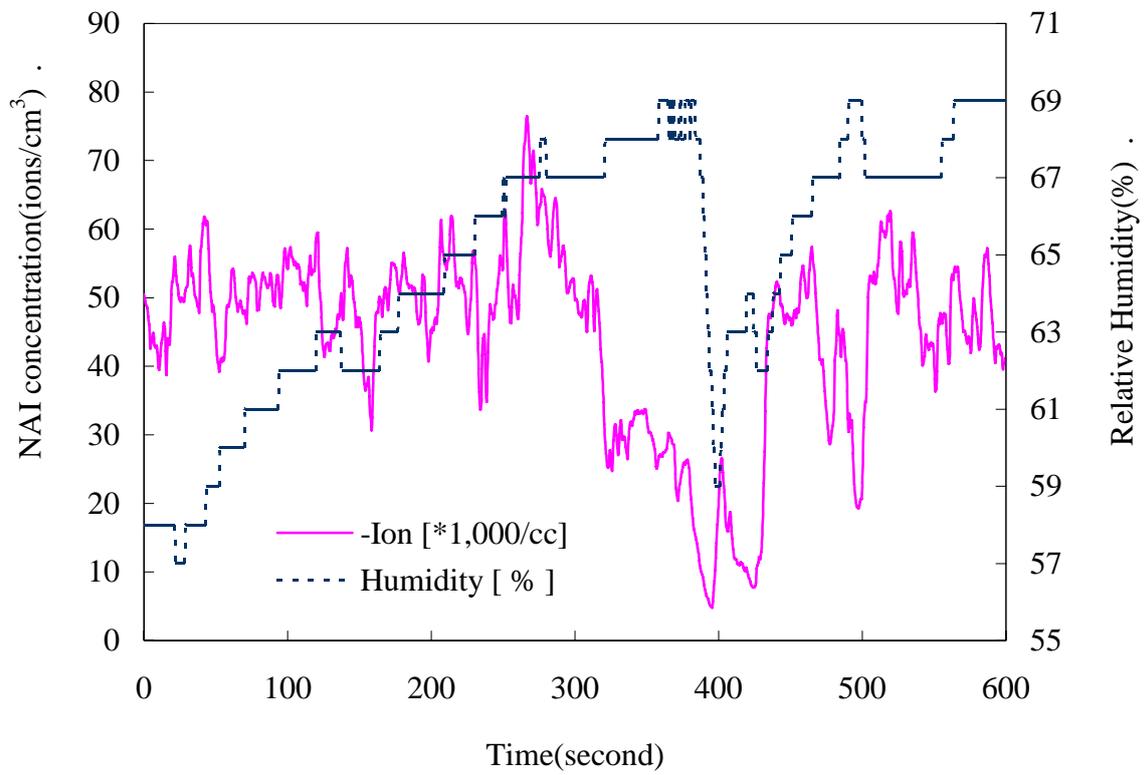


圖 11 烏來小瀑布之負離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

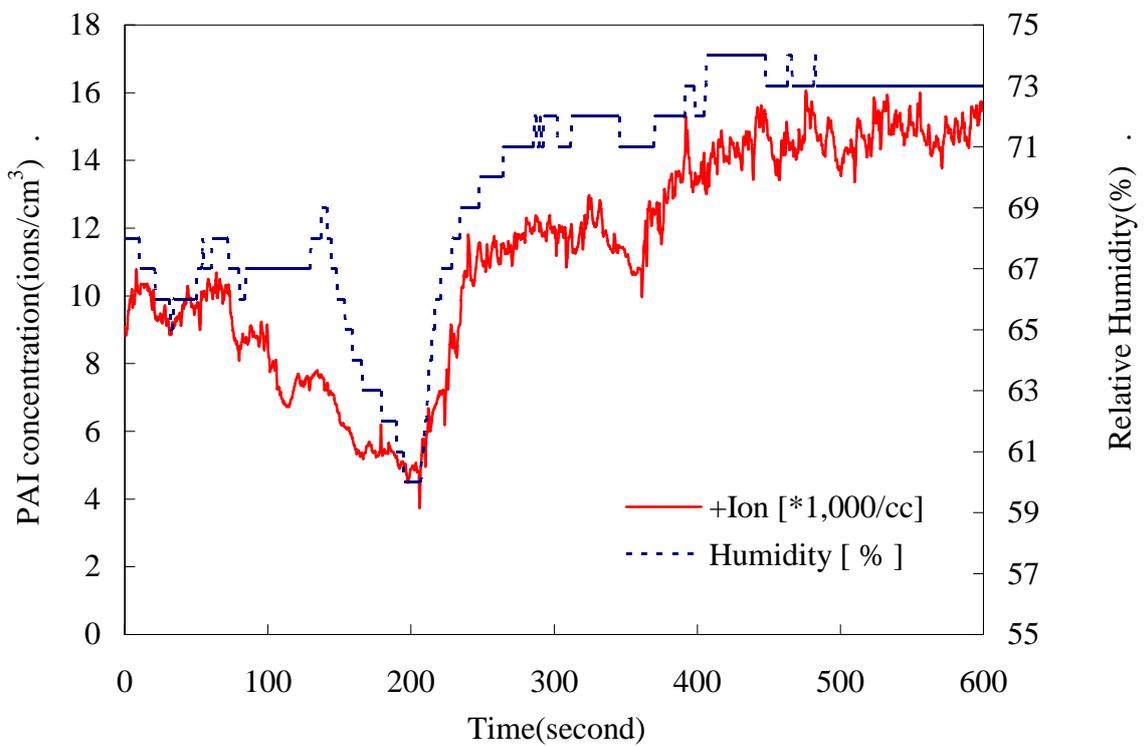


圖 12 烏來小瀑布之正離子濃度與相對濕度隨時間變化之關係

四、結論

本研究主要針對四種不同林相的森林區與瀑布區的空氣正負離子進行採樣，並探討其特性。以期望建立這些自然環境中的基本數據，並進而進行更多後續的相關研究。比較四種林相與瀑布區中空氣正負離子濃度的特性，顯示瀑布區遠高於檜木林區，前兩者更遠高於竹林與杉木林區(瀑布區 >> 檜木林 > 檜木雜林 >> 竹林 > 杉木林)。在空氣正負離子平均濃度的比值方面，顯示瀑布區低於檜木林區，並低於竹林、檜木雜林與杉木林區(檜木林 < 竹林 < 檜木雜林 < 杉木林)。站在空氣負離子對健康的效益，以及對運動期間與運動恢復期的助益。處於空氣負離子濃度較高的瀑布區與檜木林區，遠對竹林以及杉木林區，具有較高的生理健康效益。此外在深入不同林區與地形的登山運動，也可依此作為休息地點的參考，以加速運動生理疲勞的恢復。

五、參考文獻

1. Yates et al., "Air ions: past problems and future directions", *Environ Int*, vol.12, p.p.99-108, 1986
2. Tomoo Ryushi and Ichirou Kita, "The effect of exposure to negative air ions on the recovery of physiological responses after moderate endurance exercise", *Int J Biometeorol*, vol. 41, p.p.132-136, 1998
3. Charry J. M. et al., "Air ions: physical and biological aspects", Boca Raton, FL, CRC Press, 1987
4. Frost, C., Stacy, D. L., "Applications of Negative Air Ionization for Removal of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Particulate Matter", *Second NSF International Conference on Indoor Air Health*, p.p.346-352, 2001.
5. Kondrashova, N., Marie, et al. "The primary physico-chemical mechanism for the beneficial biological /medical effects of negative air ion", *IEEE Transactions on plasma science*, vol.28, no.1, p.p.230-237, 2000.
6. Kosenko, E. A., et al., "The stimulatory effect of negative air ions and hydrogen peroxide on the activity of superoxide dismutase", *FEB Letters* 410, p.p.309-312, 1997.
7. Krueger, A. P., et al., "Biological impact of small ions", *Science*, vol.193, p.p.1209-1213,1976.
8. Pontiga, F., Soria, C., Castellaanos, A., "Electrical and Chemical Model of Negative Corona in Oxygen at Atmospheric Pressure", *J. Electrostatics*, vol. 40&41, p.p.115-120, 1997.
9. Tammet, "Geophysics, Astronomy, and Acoustics, Atmospheric Electricity, B. Air Ions", *CRC Handbook of Chemistry & Physics*, vol.14, p.p.30-32, 1997.