

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計 畫 : 綠活校園之負離子濃度的時空分佈研究-以中華大學為 *
* 名 稱 : 例 *
* ***** *

執行計畫學生：汪黛穎
學生計畫編號：NSC 98-2815-C-216-018-H
研究期間：98年07月01日至99年02月28日止，計8個月
指導教授：朱達仁

處理方式：本計畫可公開查詢

執行單位：中華大學休閒遊憩規劃與管理學系

中華民國 99年03月11日

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* 計畫 *
* : 綠活校園之負離子濃度的時空分布研究-以中華大學為例 *
* 名稱 *

執行計畫學生：汪黛穎
學生計畫編號：NSC98-2815-C-216-018-H
研究期間：98年7月1日至99年2月底止，計8個月
指導教授：朱達仁

處理方式(請勾選)：立即公開查詢
涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可
公開查詢

執行單位：中華大學休閒遊憩規劃與管理學系

中華民國 99年 2月 27日

摘 要

關鍵字：負離子、校園環境、綠活空間規劃

研究證實環境中負離子濃度偏低、正離子濃度偏高時，容易感到疲倦、頭疼；反之，空氣中負離子濃度較高時，則有提升呼吸效率、增加血液中的含氧量，增強記憶力、提高決策正確率等益處，故負離子濃度為環境健康指標之一。校園為師長教學研究、學生學習成長及活動最重要的場所，高健康品質的校園環境，有助於研究、學習，提升學術品質、增進學習效能。

負離子的生成與消失，與周遭的環境有密切的關係，如地形、地物、溫度、溼度、時間、陽光、空調、通風等皆為影響因子。本研究以就讀之校園（中華大學），遴選四個月份、八種不同性質之空間型態，及月週期變化、日週期變化、教室上課前後、冷氣開啟前後、不同水源距離，進行負離子濃度、環境因子之調查、相關性分析，藉以了解校園之負離子濃度的時空分布情況，並比較不同環境條件下負離子濃度之差異，了解負離子濃度與環境因子的相關性。

在空間分布方面，校園內之負離子濃度以游泳池最高，草坪最低。相似型態空間之成對比較，樹林之負離子濃度高於草坪；游泳池之負離子濃度高於鴨子湖；活動中心之負離子濃度高於運動場；M 棟廣場與停車場之負離子濃度則無差異。不同水源距離之負離子濃度比較，距離水源 1 公尺之負離子濃度才有顯著差異。

在時間分布方面，月週期之負離子濃度平均為 821ions/cm³，最高為 1865ions/cm³，最低為 185ions/cm³，負離子濃度與綜合的天氣資料（晴陰雨結合氣溫）相關性顯著；溫度較高時，正離子濃度多半高於負離子濃度；早上之負離子濃度高於中午、晚上，室內之負離子濃度高於戶外。日週期之負離子濃度以室內早上十點半為最高。上課前後、冷氣開啟前後之負離子濃度無顯著差異。

在負離子濃度與環境因子之相關性方面，月週期資料中負離子濃度與溫度、室內或戶外之相關性最顯著，日週期資料中負離子濃度僅與室內或戶外之相關性達顯著。校園負離子濃度與環境因子相關性達顯著者，依序為室內與戶外、水源、溫度、絕對照度。

本研究之成果，可作為學生選擇學習環境的參考，以遠離、或減少在品質不良的學習空間；亦可應用於校園學習空間之管理；及作為綠活校園規劃的參考。

目錄

第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 研究流程.....	1
1.4 研究範圍.....	2
第二章 文獻回顧.....	4
2.1 負離子的定義.....	4
2.2 負離子對人體健康的影響.....	4
2.3 造成負離子濃度變化之影響條件.....	6
2.4 中華大學之綠活校園規劃.....	7
第三章 研究方法.....	8
3.1 文獻回顧法.....	8
3.2 實驗法.....	8
3.3 資料處理.....	9
第四章 結果與討論.....	10
4.1 負離子濃度之空間分布.....	10
4.1.1 校園內不同空間型態之負離子濃度分布.....	10
1.校園內不同環境空間之單因子ANOVA分析.....	10
2.校園內不同環境空間之成對樣本T檢定.....	10
4.1.2 不同水源距離之負離子濃度比較.....	11
1.距人造水幕不同距離之負離子濃度比較.....	11
2.距蓮蓬頭不同距離之負離子濃度比較.....	11
4.2 負離子濃度之時間分布.....	12
4.2.1 負離子濃度之月週期變化.....	12
1.月週期負離子濃度與天氣之相關性.....	12
2.月週期負離子濃度與正離子濃度、溫度之相關.....	13
3.月週期室內、戶外負離子濃度之比較.....	13
4.月週期室內、戶外與早、中、晚負離子濃度之比較.....	14
4.2.2 負離子濃度之日週期變化.....	14
4.2.3 上課前後對負離子濃度的影響.....	15
1.教室經上課干擾後對負離子濃度的影響.....	15
2.教室冷氣開啟前後對負離子濃度的影響.....	15
4.3 負離子濃度與環境因子之相關性.....	16
4.3.1 月週期負離子濃度與環境因子相關性分析.....	16

4.3.2 日週期負離子濃度與環境因子相關性分析.....	17
4.3.3 校園內各樣點負離子濃度與環境因子相關性分析.....	17
4.4 討論.....	17
第五章 結論與建議.....	19
5.1 結論.....	19
5.2 建議.....	19
誌謝.....	20
參考文獻.....	21

第一章 緒論

1.1 研究動機

隨著國內密集的都市及工業區的發展，汽車及工廠的廢氣排放與所帶來的環境污染，空氣中的污染物質如灰塵、病毒、細菌等生物懸浮物，大多為帶有正電荷的正離子，帶有負電荷的空氣負離子，可與之中和成為無電荷後沈降，達到淨化空氣的目的。此外，國外學者雅格勞博士提到的「空氣中的維他命」指的就是負離子，而相關負離子對人體的健康研究近年來也陸續被發表。中華大學景觀優美，有樹林、生態池、水景步道、噴泉、草坪等多元綠活元素，曾入圍十大生態校園，並入選教育部 92 年大專院校創意校園營造計畫前十名。校園規劃設計大多著重工程效果及美觀，因此本研究冀以負離子濃度在校園時空變化之研究，從健康概念來審視校園的環境品質，作為健康校園規劃的參考。

1.2 研究目的

國內外已有相當多的研究經證實負離子對人體健康的好處，為瞭解校園負離子的分布情況，以利健康校園之規劃、管理，本研究以中華大學為對象，探討問題如下：(1) 中華大學校園負離子濃度之時空分布；(2) 比較不同空間型態之負離子濃度差異；(3) 了解負離子濃度與環境因子的相關性。因此，本研究之目的旨在透過收集負離子應用之相關文獻，並進行中華大學負離子濃度之調查，研判創造負離子環境的要素，期望為建立健康校園之設計、規劃、管理注入新力。

1.3 研究流程

本研究之研究流程如圖 1-1 所示，首先擬定研究計畫，進而進行文獻回顧；確立研究方法後，逐月進行研究、調查；數據收集完成後，進行數據之統計及分作工作，作成結論；針對結論作建議事項。

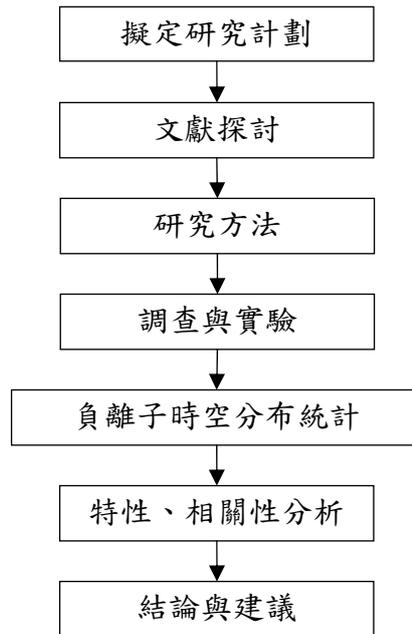


圖 1-1 研究流程圖

1.4 研究範圍

本研究之範圍以中華大學校園為母體，依空間性質之考量，挑選出八處具代表性的樣點來做調查，空間性質如表 1-1 所述，研究位置如圖 1-2 所述。

表 1-1 樣點空間性質之類別

樣	點	空間性質
1.樹林-林間小徑		樹林步道
2.草坪-大門口與中華湖之間		草皮，邊緣有行道樹，旁有水池
3.M棟廣場		不透水之水泥鋪面，周邊為建築
4.空曠的汽車停車場		柏油鋪面，一側為水溝另一側為樹林
5.鴨子湖		距人造水幕五公尺
6.游泳池		室內溫水游泳池
7.運動場		中央有草皮，一側有樹林
8.活動中心		室內、空調的大型活動空間

第二章 文獻回顧

2.1 負離子的定義

空氣中帶電的分子稱為離子，其中帶正電的稱為正離子或陽離子，帶負電的稱為負離子或陰離子。自然環境中的海濱、樹林、鄉間、花園等空氣新鮮潔淨地區，負離子含量相對較多，對人體健康有正面效應。諾貝爾物理獎得主菲利浦·萊納德（Philip Lenard）博士發現，當河水由高山上衝瀉而下，擊打到瀑潭周圍的岩石或水面時，激起大量的水花，就可能產生許多負離子，這些負離子會吸納空氣中的塵埃、惡臭等細小的污染物，隨後附著在樹木、岩石或溶入潭水中，因此達到淨化空氣的作用，這種大自然的自淨作用又稱為「萊納德效應」（Lenard, 1892）。

大自然中負離子生成場所與狀況約分為五大類（劉福勳，周蕙怡，2005；劉福勳、周勁言、蕭文魁，2004；劉福勳，周勁言，2005）：

1. 水源區：以瀑布為例，瀑布是水從高處落到低處所形成的，在落下的同時，水粒子會和岩石產生激烈的碰撞而破碎。藉著這個飛散而破碎的水粒子使得周圍的空氣帶有電，飛散的水粒子中有電子飛入，形成負離子，相反的，成為瀑布流動的水會失去電子，所以富含水氣的空氣就含有大量的負離子。淋浴、噴泉、溫泉、澡堂亦有類似的情況。
2. 森林區：植物根部吸取水分、礦物質、其他的營養素，輸送至葉子和果實中，而水分或礦物質的移動就會產生電。葉子釋出水分和芬多精等成份的同時也釋出負離子，因此森林中存在著很多負離子。
3. 陽光：早上覺得神清氣爽，這是因為先前較暗的地方由於陽光的照射，空氣中生成微弱的電流刺激所造成的。冰冷的空氣分子在接收了此電流的激發後，產生了豐富的負離子，使人有清涼舒適感。
4. 輻射物質：自然界的地表中所含有的輻射性物質，同樣也能成為負離子的發生源，物質所輻射出來的會以附加或失去電子的現象，將電子釋放到空氣中，激發空氣中的分子形成帶有負電的負離子。
5. 雷：是帶電的雲所產生的放電現象。電流約有四十萬安培，而激發周圍空氣中的分子形成負離子。

2.2 負離子對人體健康的影響

美國東南家禽研究實驗室提到：高濃度的負離子能直接殺死空氣中的微生物的 (Seo, Mitchell, Holt, and Gast, 2001)。另有研究顯示：帶負電的空氣離子，在適度的集中之後，可以增加生物組織的抵抗力，並減少某些化學物質的危害 (Valeria, Adriana, and Carmen, 1998)。空氣中的負離子可以提升人體呼吸效率，繼而增加血液中的含氧量，消除大部分空氣中的病菌、並減少空氣中的懸浮微

粒，對於事件記憶的時間之延長、決策判斷的正確率之提升等都有相當之效益 (Baron, 1987)。

北海道大學名譽教授阿岸祐幸博士指出，「負離子的世界是還原→合成→復甦，具有促進包含人類在內的動植物健全成長的作用。」這句話闡明了現代人對負離子功效的無限期望。許多的研究指出負離子對於人體健康有正面的影響，具有放鬆心情、降低緊張的效益，並有效改善病患焦慮狀態及減低緊張的心情，而充滿正離子的環境則會導致生病，如表 2-1。呼吸空氣中某種程度的負離子量是維持生命活動所必需的(Charry and Kvet, 1987)。同時 Kondrashova 等人 (2000) 指出在中東國家，因乾燥高溫的沙漠環境而形成高濃度的正離子，長時間在此環境下的人會造成名為 sharaf 或 hamsin 的症狀，當中有 30% 的人受頭痛、倦怠與呼吸困難之苦，經由吸入空氣負離子，可以治療及減緩症狀。「疲勞」是十分常見的症狀，當人感到疲勞時在生理上無法維持原有的體力，而在心理上會顯出煩躁及不悅。Iwama (2004) 研究指出，暴露在空氣負離子濃度 1000 ions/cm^3 ，30 立方公尺的室內環境中，具有放鬆心情、降低緊張的效益，並有效改善病患焦慮狀態及減低緊張的心情。

在一般的環境中負離子濃度約為 $1,000 \text{ ions/cm}^3$ ，正離子濃度約為 $1,200 \text{ ions/cm}^3$ ，正負離子濃度比約為 1.2:1，當發生特殊大氣現象時比值則為降至 0.9 (Hawkins, 1978)。顏麗鳳(2004)調查森林區和瀑布區中空氣負離子濃度，對於台灣六個森林區的空氣負離子平均濃度在 $2,800-22,000 \text{ ions/cm}^3$ 之間，正負離子濃度比值約為 0.9-1.22，其中以檜木林所量測到的空氣負離子濃度為最高，依序為檜木雜林、竹林、混合林、杉木林。而瀑布區的空氣負離子平均濃度在 $9,430-44,130 \text{ ions/cm}^3$ 之間，正負離子濃度比值約為 0.0005-0.25。當環境中的正負離子濃度發生異常會使人生病，在一般密閉的辦公室，空氣中的負離子濃度約為 390 ions/cm^3 ($25.3^\circ\text{C} / \text{RH}:56.6\%$)。當室內的負離子濃度減少為 20 ions/cm^3 ，正離子濃度降低至 34 ions/cm^3 ，會造成精神不佳和疲倦感，若增加環境中的負離子濃度，除了能改善精神狀態，亦可有效降低並迅速恢復因操作電腦而造成的壓迫感(Nakane et al., 2002)。

表 2-1 正負離子對人體生理健康反應之比較

負離子的影響	正離子的影響
活性酸素消失。	活性酸素增加。
產生弱鹼性還原作用，消除體內酸性	體內酸性化加劇。
中和乳酸，消除疲勞。	細胞及肌肉組織乳酸增加。
細胞活化，自然免疫力增強。	過酸化脂質高引致動脈硬化。
身體舒適自如。	自律神經不協調。
恆常性機能提高。	賀爾蒙平衡失調。
血液淨化，血流通暢。	血液混濁，血流不暢。
延緩老化。	加速老化。
改善失眠和皮膚乾燥等症狀。	引起失眠和皮膚乾燥等症狀。

資料來源：劉福勳、周蕙怡（2005）。

2.3 造成負離子濃度變化之影響條件

室外環境中由於大氣現象的干擾，負離子濃度的削減比室內來的大，室內環境中負離子濃度的削減則相對緩慢。空氣中的負離子濃度會隨著時間、地點或地形而有所不同。影響負離子濃度多寡的條件有三點(劉福勳、周蕙怡，2005；劉福勳，2005)。

1. 距離：負離子量的多寡與距離瀑布正面遠近和風向、風速有絕對的關係，距離瀑布越近負離子越多，迎風面較側面多，正面風速越強瞬間負離子量越多，無風時負離子量最低。
2. 相對溼度：濕度增加有助於負離子的生成，但有文獻探討梅雨季節負離子是否會增多，指出因負離子與空氣中極小的水分子結合時最穩定，但是溼度過高時水分子束之間互相結合變成大的集團，反而造成正離子的增加。因此在下大雨或梅雨季節等濕度超過 80%時，會造成正離子增加。
3. 溫度：負離子量會隨著夜晚的來到，溫度的下降而呈現明顯階段性增加，且於午夜之後到天量之前達到最大值，但恆溫下有助於穩定負離子的數量。空氣中負離子減少的主要原因(蕭登元、郭乃文、吳聲耀，2004)。
4. 與正離子的再結合：負離子會與正離子結合，形成電氣中和而失去離子的性質。
5. 擴散作用：空氣負離子從離子濃度高往濃度低的方向擴散；且小而輕的離子會比大而重的離子擴散的速度快。
6. 吸附：小型微粒子(灰塵、水蒸氣等)會被空氣離子吸附，讓離子密度下降，且降低移動度。
7. 電場的作用：外在電場會導致帶電離子中和。從以上負離子產生因素與環境分布的探討後，可以得知空氣中正、負離子的平衡受環境影響甚大。

2.4 中華大學之綠活校園規劃

中華大學景觀優美，有樹林、生態池、水景步道、噴泉、草坪等多元綠活元素，入圍十大生態校園，入選教育部 92 年大專院校創意校園營造計畫前十名，是一所十分重視校園環境品質的學校。校園內的綠活規劃相當多，並設置導覽地圖、環境設施解說圖，動、植物解說牌、警告標誌等，希望能夠提供學子健康與優質之學習環境。

第三章 研究方法

3.1 文獻回顧法

本研究收集負離子的相關文獻及中華大學校園環境資訊，作系統的分類與分析；文獻回顧法是學術研究的首要工作，也是形成研究主題、發展研究方向與架構的重要依據。有鑑於此，本研究將以文獻回顧法，將過去相關資料，做一回顧與整理。

3.2 實驗法

本研究以 AL-950、GPS 衛星定位系統、濕度、溫度、照度、風速等測量儀器進行中華大學校園負離子濃度、環境因子之時空分布調查。由於母體空間型態太複雜，所以選取八個具有代表性的樣點來進行調查，在每個樣點又各取二個樣本，以增加數據的代表性。

AL-950 為負離子測量儀器，具有攜帶方便、測量範圍大、操作簡單等優點，適合用來做單一時段多點測量。負離子濃度空間分布之研究，實驗時間從 2009 年 10 月到 2010 年 1 月，每月調查一次，每次測量時間為下午一點以後、四點以前的三小時內，減少陽光、溫度變化等影響；不同水源距離的影響，以人造水幕（水幕規模：寬 2.15m、高 3.84m、流量 10.56l/sec）、蓮蓬頭為水源，測量位置分別為距離水源一、三、五公尺。負離子濃度時間分布之研究，實驗時間為 2009 年 12 月到 2010 年 1 月，進行月週期變化、日週期變化、教室上課前後、冷氣開啟前後等量測。量測項目包含負離子濃度、正離子濃度、環境因子，每個測量點進行兩次的測量，再取其平均值進行分析。

AL-950 所測得之數據無法記錄在電腦中，必須透過肉眼判讀其跳動的數據加以記錄。為了提高準確性，本研究每次測量時，儀器歸零完畢後，測量十秒、數值穩定後，才開始進行數據紀錄。每次量測時間為二十秒，量測後隨即紀錄，本次觀察所得之最大值，重複進行二次，並加以平均。

預定之工作進度如表 3.1 之時程表，參閱如下。

表 3.1 工作進度表

工作項目 \ 月次	98年7月	98年8月	98年9月	98年10月	98年11月	98年12月	99年1月	99年2月	備註
擬定研究計劃	■								
相關論文、文獻收集	■	■	■						
調查與實驗				■	■	■	■		
分析負離子時空分布					■	■	■		
資料分析						■	■		
結論與建議							■	■	
撰寫報告								■	
預定進度累計百分比	20%	30%	35%	45%	60%	70%	80%	100%	

3.3 資料處理

本研究調查的資料處理，採用 SPSS for Window 12.0 之統計套裝軟體程式，進行統計分析工作，擬使用描述統計中之平均數、標準差，來描述中華大學校園負離子濃度、正離子濃度之時空分布情況；用 T 檢定或單因子變異數分析來比較不同環境空間下的負離子濃度差異；負離子濃度與環境因子之相關性，以皮爾森相關檢驗兩者之相關性。

第四章 結果與討論

4.1 負離子濃度之空間分布

4.1.1 校園內不同空間型態之負離子濃度分布

本實驗對校園內不同空間型態選定之實驗對象，共分為植被環境、水域環境、鋪面廣場、運動場所等四大類，每大類再選兩小類，合計為樹林、草坪、鴨子湖、游泳池、M 棟廣場、停車場、運動場、活動中心等八種，不同空間型態之負離子濃度分布如表 4-1 所示，其中以游泳池最高，負離子濃度達 $1245\text{ions}/\text{cm}^3$ ，以草坪最低，負離子濃度為 $391\text{ions}/\text{cm}^3$ 。八種不同空間型態之負離子濃度以單因子 ANOVA 比較之；四類內部之兩型相似之空間，則以成對樣本 T 檢定比較之，分述如下。

1. 校園內不同環境空間之單因子 ANOVA 分析

以單因子 ANOVA 分析之結果顯示，顯著性為 0.0003，達到非常顯著之水準，事後檢定結果顯示游泳池的負離子濃度皆高於樹林、草坪、鴨子湖、M 棟廣場、停車場、運動場等。

2. 校園內不同環境空間之成對樣本 T 檢定

a. 樹林與草坪不同植被環境之負離子濃度之比較

樹林負離子濃度之平均值為 $569\text{ions}/\text{cm}^3$ ，草坪負離子濃度之平均值為 $391\text{ions}/\text{cm}^3$ ，經成對樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.039，顯示樹林與草坪之負離子濃度有顯著差異，樹林之負離子濃度高於草坪。

b. 鴨子湖與游泳池不同水域環境負離子濃度之比較

鴨子湖負離子濃度的平均值是 $460\text{ions}/\text{cm}^3$ ，游泳池負離子濃度的平均值是 $1245\text{ions}/\text{cm}^3$ ，經成對樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.029，顯示鴨子湖與游泳池之負離子濃度有顯著差異，游泳池之負離子濃度高於鴨子湖。

c. M 棟廣場與停車場不同廣場環境之負離子濃度之比較

M 棟廣場負離子濃度的平均值是 $473\text{ions}/\text{cm}^3$ ，停車場負離子濃度的平均值是 $428\text{ions}/\text{cm}^3$ ，經成對樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.430，顯示 M 棟廣場與停車場之負離子濃度無顯著差異。

d. 運動場與活動中心不同運動空間之負離子濃度之比較

運動場負離子濃度的平均值是 $438\text{ions}/\text{cm}^3$ ，活動中心負離子濃度的平均值是 $730\text{ions}/\text{cm}^3$ ，經成對樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.003，顯示運動場與活動中心之負離子濃度有顯著差異，活動中心之負離子濃度高於運動場。

表 4-1 不同空間型態之負離子濃度單因子 ANOVA 分析表

NAI 濃度 空間型態		NAI 平均 (ions/cm ³)	F 檢定	顯著性	事後檢定 Tukey HSD	盒形圖
植被環境	1 樹林	596	6.20	0.0003	4>1 4>2 4>3 4>5 4>6 4>7	
	2 草坪	391				
水域環境	3 鴨子湖	460				
	4 游泳池	1245				
鋪面廣場	5 M 棟廣場	473				
	6 停車場	428				
運動場所	7 運動場	438				
	8 活動中心	730				

4.1.2 不同水源距離之負離子濃度比較

1. 距人造水幕不同距離之負離子濃度比較

不同水源距離之負離子濃度分析如表 4-2 所示，經單因子 ANOVA 分析，顯著性為 0.001，顯示不同水源距離之負離子濃度有顯著差異，一公尺之負離子濃度遠高於三公尺、五公尺。

表 4-2 不同人造水幕距離之負離子濃度單因子 ANOVA 分析表

NAI 濃度 與水源距離		NAI 平均 值 (ions/cm ³)	F 檢定	顯著性	事後檢定 Tukey HSD	盒形圖
1	一公尺	4178	32.5	0.001	1>2 1>3	
2	三公尺	535				
3	五公尺	441				

2. 距蓮蓬頭不同距離之負離子濃度比較

在浴室蓮蓬頭沖水環境下，不同水源距離之負離子濃度如表 4-3 所示，經單因子 ANOVA 分析的結果，顯著性為 0.001，顯示不同水源距離之負離子濃度有顯著差異，一公尺之負離子濃度遠高於三公尺、五公尺。

表 4-3 不同蓮蓬頭距離之負離子濃度單因子 ANOVA 分析表

NAI 濃度 與水源距離		NAI 平均 值 (ions/cm ³)	F 檢定	顯著性	事後檢定 Tukey HSD	盒形圖
1	一公尺	1698	18.22	0.021	1>2 1>3	
2	三公尺	595				
3	五公尺	500				

4.2 負離子濃度之時間分布

4.2.1 負離子濃度之月週期變化

月週期之負離子濃度測量時間為 2009 年 12 月 1 日至 12 月 31 日，每日測量早、中、晚各三次，每次室內、戶外各一點，共計 186 個樣次，如圖 4-1 所示。一個月內負離子濃度平均為 821ions/cm³，最高為 1865ions/cm³，最低為 185ions/cm³。

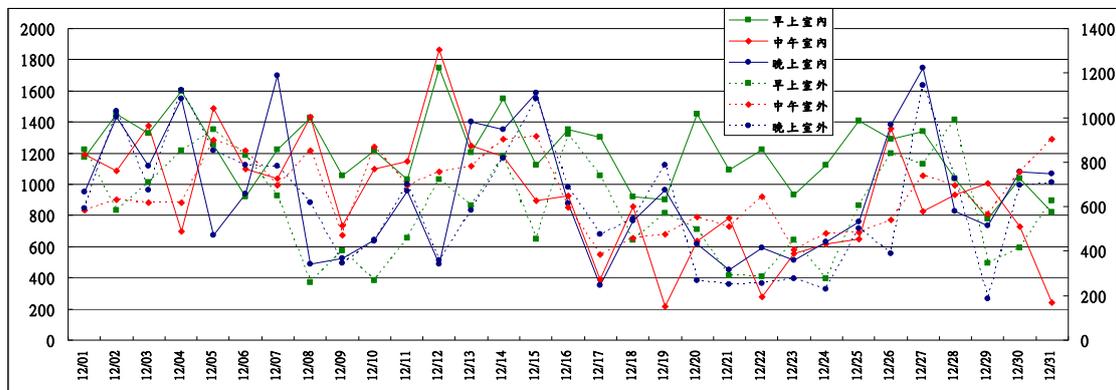


圖 4-1 負離子濃度之月週期時空分布

1. 月週期負離子濃度與天氣之相關性

由圖 4-2 可發現雨天或溫度較高的晴天負離子濃度較高，陰天無雨時負離子濃度較低，進行天氣(晴陰雨天)與負離子之相關性分析，呈現不顯著；但晴陰雨天如與溫度相結合成為複合溫度效應之天氣(晴陰雨天)資料，與負離子濃度之相關性則可達到顯著之相關。

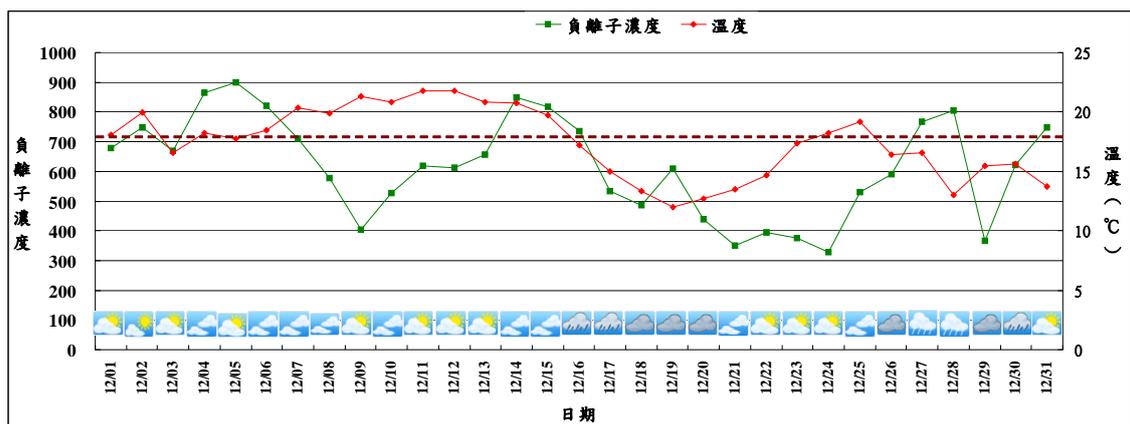


圖4-2綜合負離子濃度與天氣之月週期時序圖

2.月週期負離子濃度與正離子濃度、溫度之相關

由圖 4-3 可看出，溫度較高、溫度上升時，正離子濃度多半高於負離子濃度，以正負離子比與溫度進行相關性分析，相關係數為-0.504，顯著性達顯著水準。

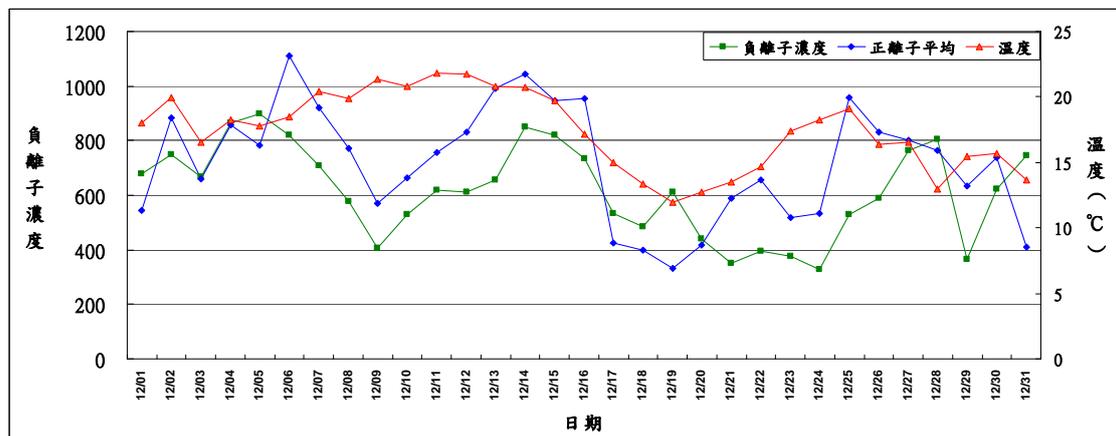


圖 4-3 綜合負離子濃度與正離子濃度之月週期時序圖

3.月週期室內、戶外負離子濃度之比較

室內、戶外之負離子濃度分布如圖 4-4 所示，戶外負離子濃度之平均為 $1022\text{ions}/\text{cm}^3$ ，室內負離子濃度之平均為 $621\text{ions}/\text{cm}^3$ ，經獨立樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.000008，顯示室內、戶外之負離子濃度有顯著差異，室內之負離子濃度高於戶外。

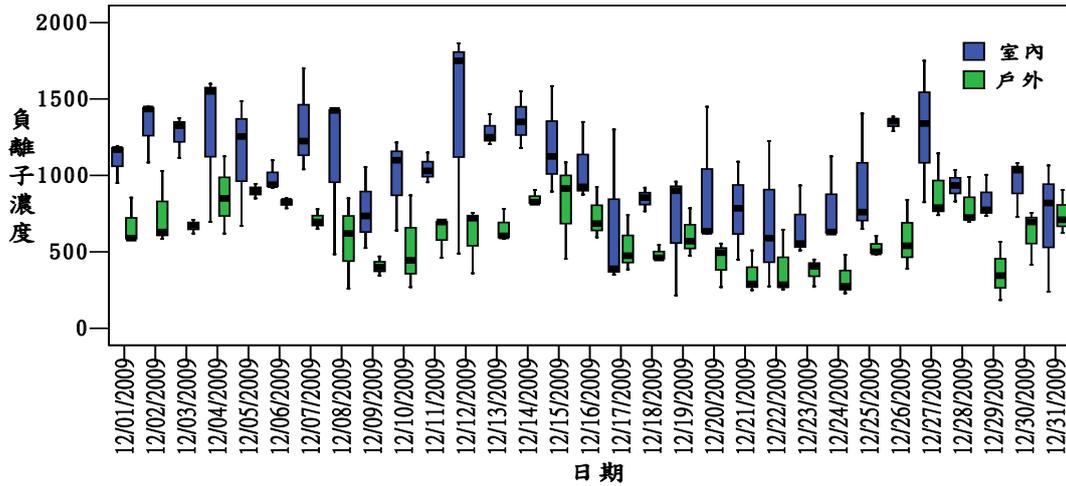


圖 4-4 月週期室內、戶外負離子濃度時序圖

4.月週期室內、戶外與早、中、晚負離子濃度之比較

室內、戶外與早、中、晚之負離子濃度分布如表 4-4 所示，經多因子 ANOVA 分析，顯著性為 0.000023，差異性達到顯著之水準。由事後檢定得知，早上之負離子濃度高於中午、晚上，室內之負離子濃度高於戶外。

表4-4 月週期之負離子濃度時空分布

空間型態 \ 時序	時序			金形圖
	早	中	晚	
室內	1203	922	940	
戶外	597	656	610	

4.2.2 負離子濃度之日週期變化

日週期中室內與戶外之負離子濃度分布如圖 4-5 所示，室內負離子濃度之平均為 779ions/cm³，戶外負離子濃度之平均為 607ions/cm³。一日內負離子濃度平均為 687ions/cm³，最高為 1540ions/cm³，出現在室內早上十點半，最低為 285ions/cm³，出現在室外早上七點半。室內與戶外之負離子濃度經成對樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.003，顯示室內與戶外之負離子濃度有顯著差異，室內之負離子濃度高於戶外。

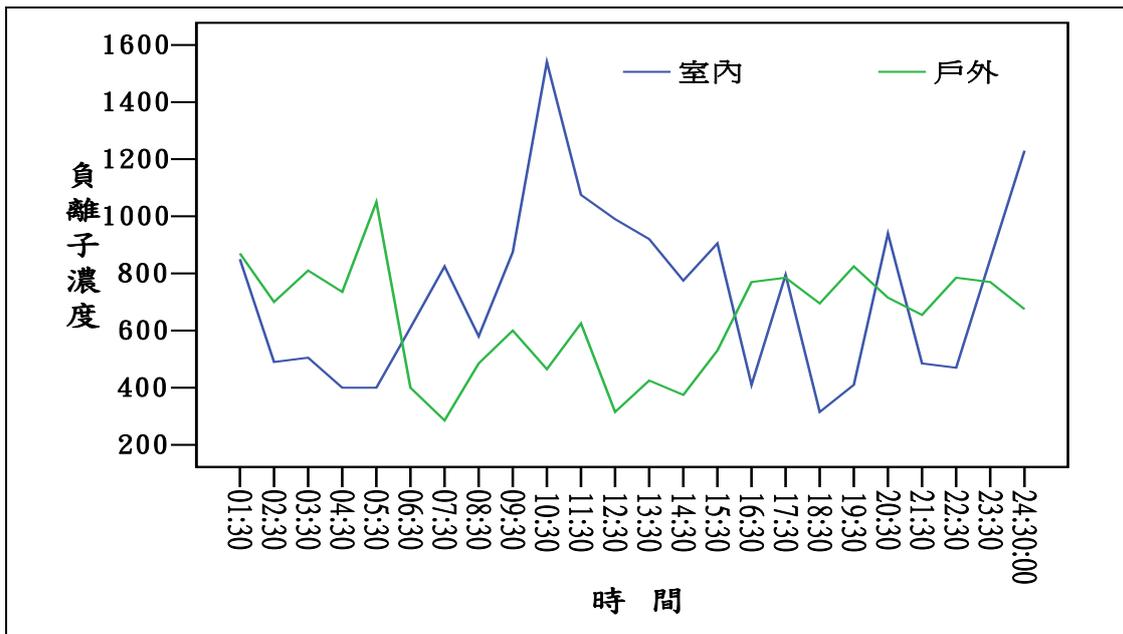


圖 4-5 日週變化室內外之負離子濃度折線圖

4.2.3 上課前後對負離子濃度的影響

1. 教室經上課干擾後對負離子濃度的影響

上課前後室內負離子濃度的分布如表 4-5 所示，經成對樣本 T 檢定，顯著性為 0.72，顯示上課前後之負離子濃度無顯著差異。

表 4-5 教室上課前後之負離子濃度比較表

上課前後 教室別	上課前 NAI (ions/cm ³)	上課後 NAI (ions/cm ³)	盒形圖
F207 教室	647	629	
I213 教室	746	565	
M413 教室	610	687	

2. 教室冷氣開啟前後對負離子濃度的影響

冷氣開啟一至兩小時後之負離子濃度的平均值是 687ions/cm³，冷氣未開啟前之負離子濃度的平均值是 581ions/cm³，經獨立樣本 T 檢定的結果，顯著性為 0.369，顯示冷氣開啟前後之負離子濃度無顯著差異。

4.3 負離子濃度與環境因子之相關性

4.3.1 月週期負離子濃度與環境因子相關性分析

月週期負離子濃度與環境因子相關分析如表 4-6 所示，結果顯示整體的資料與環境因子間相關性達顯著者較多，個別資料與環境因子間相關性達顯著者較少，整體的資料與正離子濃度、溫度、相對濕度、絕對照度、風速、冷/暖、室內與戶外等環境因子之相關性皆達顯著水準。從個別環境因子與不同層次型態之負離子濃度的相關性來看，正離子濃度與負離子濃度相關性達顯著之頻度最高，12 筆資料中共有 10 筆（83.3%）達顯著水準，其次為溫度有 8 筆（66.7%），再其次依序為氣溫之冷/暖有 7 筆（58.3%），室內或戶外、絕對照度、絕對濕度皆為 4 筆（33.3%），風速有 3 筆（25.0%），晴陰雨、開窗與否、開燈與否等則皆未達到顯著之相關性。其中，冷/暖乃從溫度資料、18°C 為界切割而來，兩者之相關性結果也相似；室內或戶外雖僅 4 筆達顯著相關，但另 8 筆乃因資料切割後、僅存室內或戶外之其一，無從比較，在可分析的資料中已全數達到顯著相關，且相關係數皆相當高。

表 4-6 月週期負離子濃度與環境因子之相關性分析

環境因子 負離子資料	正離子 濃度	溫度	相對 濕度	絕對 照度	風速	冷/暖 ¹	晴陰雨	室內或 戶外	開窗 與否	開燈 與否
整體資料	0.69**	0.44**	0.16*	-0.26**	-0.20**	0.37**	-0.37	0.55**	-0.12	-0.14
早上室內	-0.29	0.42*	0.81	0.27	-	0.49**	-0.20	-	0.06	0.10
中午室內	0.76**	0.65**	-0.12	0.64**	-	0.54**	-0.32	-	0.23	-
晚上室內	0.77**	0.30	-0.15	-0.07	-	0.33	0.03	-	0.01	-
早上戶外	0.28	0.15	-0.35	-0.05	0.49**	-0.12	0.29	-	-	-
中午戶外	0.52**	0.32	-0.04	-0.02	-0.10	0.32	-0.18	-	-	-
晚上戶外	0.68**	0.13	-0.36*	-	0.16	0.12	0.09	-	-	-
室內	0.70**	0.40**	0.06	0.01	0.04	0.38**	-0.14	-	-0.12	-0.14
戶外	0.42**	0.21*	-0.27**	0.01	0.21*	0.11	0.09	-	-	-
早上	0.57**	0.56**	0.32*	-0.54**	-0.16	0.39**	0.04	0.80**	0.05	0.10
中午	0.75**	0.46**	0.09	-0.27*	-0.28	0.42**	-0.23	0.42**	0.23	-
晚上	0.77**	0.40**	-0.08	0.20	-0.14	0.37**	0.05	0.44**	0.01	-

註：冷/暖¹以溫度 18°C 來區分冷暖。

-為資料型態無法進行分析因而資料從缺。

*表示在顯著水準為 0.05 時(雙尾)，相關顯著。

**表示在顯著水準為 0.01 時(雙尾)，相關顯著。

4.3.2 日週期負離子濃度與環境因子相關性分析

日週期負離子濃度與環境因子相關分析如表 4-7 所示，結果顯示日週期資料與正離子濃度、室內或戶外等環境因子之相關性達顯著水準。

表 4-7 日週期變化負離子濃度與環境因子之相關性分析

環境因子 負離子濃度	正離子 濃度	溫度	相對 濕度	絕對 照度	風速	室內或 戶外	開窗 與否	電燈 與否
日週期	0.466**	0.174	-0.139	-0.076	-0.099	0.344**	-0.055	-0.218

註：*表示在顯著水準為 0.05 時 (雙尾)，相關顯著。

**表示在顯著水準為 0.01 時 (雙尾)，相關顯著。

4.3.3 校園內各樣點負離子濃度與環境因子相關性分析

校園內各樣點負離子濃度與環境因子相關性分析如表 4-8 所示，結果顯示整體的資料與環境因子間相關性達顯著者較多，個別資料與環境因子間相關性達顯著者較少，全部資料與溫度、絕對照度、室內與戶外、水源等環境因子之相關性皆達顯著水準。從個別環境因子與不同空間型態之負離子濃度的相關性來看，室內或戶外相關性最高，共有 2 筆資料達顯著水準，其次為溫度、絕對照度、水源，各為 1 筆。

表 4-8 校園負離子濃度與環境因子之相關性分析

環境因子 負離子濃度	正離子 濃度	溫度	相對 濕度	絕對 照度	風速	室內或 戶外	陰影處	陽光 直射	水源
整體資料	0.40	0.49**	0.27	-0.35**	-0.15	0.69**	0.26	-0.19	0.52**
植被環境	0.38	0.39	-0.32	0.09	0.45	-	0.12	0.37	-
水域環境	0.52	0.63	0.32	-0.43	-0.41	0.85**	-	-	0.36
鋪面廣場	0.62	0.09	0.37	-0.09	0.60	-	0.34	-0.34	-
運動場所	0.36	0.39	0.08	-0.45	-0.23	0.60	0.33	-0.33	-

註：*表示在顯著水準為 0.05 時 (雙尾)，相關顯著。

**表示在顯著水準為 0.01 時 (雙尾)，相關顯著。

4.4 討論

1. 月週期負離子濃度與環境因子相關分析

月週期負離子濃度與環境因子相關分析中，與負離子濃度相關性較強之環境因子，應為溫度、室內或戶外，正離子濃度因與負離子間有共生關係，應排除在評比之外。

太陽 (晴天) 之影響，部分效應來自光合作用 (章志攀、俞益武、張明如、杜晴洲、陳建新、毛鳳成，2008)，故應結合溫度效應，因為氣溫過低時，縱使

有陽光，光合作用亦不明顯，而低溫設定值的高低會隨當地之植物群落而改變。

2. 日週期負離子濃度與環境因子相關分析

負離子濃度與溫度之相關，在多數的分析中皆相關顯著，在日週期資料中則呈現相關性不顯著、相關係數低的現象，大概為日週期資料之溫差小、影響不明顯之故。

3. 光合作用的影響，也反應在負離子濃度日週期變化上，負離子濃度一日之最高點常出現在早上七至十一點（章志攀等，2008；郭嵐、金荷仙、鄭九森，2009；洪丹琴、章錦河，2009），本實驗則出現於十點半。負離子濃度來自光合作用的部分，當日高峰的時間點會受季節、地理位置、當日天氣等相關因素之影響。

4. 水源影響

靜態水源對負離子影響不明顯，小型的動態水源也僅近距離才有明顯差異，與相關研究相似（郭嵐等，2009），惟小型水源相較於瀑布，其影響距離更短，瀑布在五公尺內皆有明顯差異，小型人造水幕影響範圍僅一公尺。

5. 綠活校園

樹林之負離子濃度高於草坪（郭嵐等，2009）、動態水源高於靜態水源，綠活校園之規劃、設計可多植樹林；水域空間則設計成動態水域環境，可增加濕度及負離子濃度（陳佳瀛、宋永昌、陶康華、倪軍，2006）。

第五章 結論與建議

5.1 結論

在空間分布方面，校園內之負離子濃度以游泳池最高，草坪最低。相似型態空間之成對比較，樹林之負離子濃度高於草坪；游泳池之負離子濃度高於鴨子湖；活動中心之負離子濃度高於運動場；M 棟廣場與停車場之負離子濃度則無差異。不同水源距離之負離子濃度比較，無論水源類別為人造水幕或蓮蓬頭，一致呈現距離水源 1 公尺之負離子濃度遠高於距離 3、5 公尺。

在時間分布方面，月週期之負離子濃度平均為 $821\text{ions}/\text{cm}^3$ ，最高為 $1865\text{ions}/\text{cm}^3$ ，最低為 $185\text{ions}/\text{cm}^3$ 。綜合的天氣資料（晴陰雨結合氣溫）與負離子濃度相關性顯著，獨立的晴陰雨資料則與負離子濃度相關性不顯著；溫度較高、溫度上升時，正離子濃度多半高於負離子濃度；早上之負離子濃度高於中午、晚上，室內之負離子濃度高於戶外。日週期之負離子濃度平均為 $687\text{ions}/\text{cm}^3$ ，最高為 $1540\text{ions}/\text{cm}^3$ ，出現在室內早上十點半。上課前後之負離子濃度無顯著差異；冷氣開啟前後之負離子濃度無顯著差異。

在負離子濃度與環境因子之相關性方面，月週期資料中負離子濃度與溫度、室內或戶外之相關性最顯著，日週期資料中負離子濃度僅與室內或戶外之相關性達顯著。校園負離子濃度與環境因子相關性達顯著者，依序為室內與戶外、水源、溫度、絕對照度。

5.2 建議

對照本實驗之負離子濃度與氣象局之當地氣壓變化圖，似乎存在著一定程度關聯，唯本實驗並未進行氣壓量測，無法進行此項之相關性分析，建議相關研究可將氣壓因素納入。人對環境感受的愉悅程度與空氣負離子濃度的相關性，也是值得探討的議題，以進一步了解空氣負離子的價值性。

誌謝

本研究部分經費受國科會贊助（大專生專題研究計劃編號：NSC98-2815-C-216-018-H）得以順利完成，同時感謝朱達仁老師的指導，使學生在執行計畫過程中獲益良多，以及許多專家協助，謹此致謝。

參考文獻

1. Baron R. A. , “Effects of negative ions on cognitive performance” , *Journal of Applied Psychology*, 72(1) : 131(7), 1987.
2. Charry, J.M., and Kvet, R., “Air Ions: Physical and Biological Aspects”, Boca Raton, FL: CRC Press, 1987.
3. Hawkins, L.H., and Barker, T., “Air ions and human performance”, *Ergonomics*, 21(4) : 273-278, 1978.
4. Iwama, H., “Negative air ions created by water shearing improve erythrocyte deformability and aerobic metabolism”, *Indoor Air*, 14(4):293-297, 2004.
5. Kondrashova, M.N., Grigorenko, E.V., Tikhonov, A.N., Sirota, T.V., Temnov, A.V., Stavrovskaja, I.G., Kosyakova, N.I., Lange, N.V., and Tikhonov, V.P., “The primary physico-chemical mechanism for the beneficial/medical effects of negative air ions”, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 28(1) : 203-237, 2000.
6. Lenard, P., “Über die Elektrizität der Wasserfälle”, *Annalen der Physik*, 46 : 584-636,1892.
7. Nakane, H., Asami, O., Yamada, Y., and Ohira, H., “Effect of negative air ions on computer operation”, *Anxiety and Salivary Chromogranin. A-Like Immunoreactivity*, *International Journal of Psychophysiology*, 46 : 85-89,2002.
8. Seo, K. H., Mitchell, B. W., Holt, P. S., and Gast, R. K. , “Bactericidal effects of negative air ions on airborne and surface *Salmonella enteritidis* from an artificially generated aerosol” , *Journal of Food Protection*: 64(1) : 113–116,2001.
9. Valeria, L., Adriana, O., and Carmen, I. , “Action of the negative air ions in moderate concentration on laboratory animals treated with Zinc and Thyram” , *CEJOEM*, 4(1) : 59-65,1998.
10. 洪丹琴、章錦河，「浙江林學院東湖校區空氣負離子濃度變化特徵」，*亞熱帶資源與環境學報*，4(1)：71-77，2009。
11. 郭嵐、金荷仙、鄭九淼，「西胡景區植物群落空氣負離子濃度及空氣質量變化」，*林業科技開發*，23(2)：40-44，2009。
12. 陳佳瀛、宋永昌、陶康華、倪軍，「上海城市綠地空氣負離子研究」，*生態環境*，15(5)：1024-1028，2006。
13. 章志攀、俞益武、張明如、杜晴洲、陳建新、毛鳳成，「天目山空氣負離子濃度變化及其與環境因子的關係」，*浙江林學院學報* 25(4)：481-485，2008。
14. 劉福勳，「負離子與環境之關係」，*台灣月刊*，267號，2005年。
15. 劉福勳、周勁言，「大學校園負離子現況之探討」，*休閒教育與休閒趨勢研討*

- 會，育達商業技術學院，2005 年。
16. 劉福勳、周勁言、蕭文魁，「森林浴步道規劃準則之探討」，休閒遊憩與健康效益研討會，2004 年。
 17. 劉福勳、周蕙怡，「負離子與陽光照射關係之初探」，休閒教育與休閒趨勢研討會，育達商業技術學院，2005 年。
 18. 蕭登元、郭乃文、吳聲耀，「森林遊憩區之負離子特性探討」，休閒遊憩與健康效益研討會，2004 年。
 19. 顏麗鳳，「利用水滴破碎產生空氣負離子之研究」，臺灣大學環境工程學研究所碩士論文，2003 年。