

國立臺灣大學生物資源暨農學院森林環境暨資源學系



碩士論文

School of Forestry and Resource Conservation

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

溪頭自然教育園區旅遊氣候指數之研究

A Study of the Tourism Climate Index of

Xitou Nature Education Area

游舒婷

Yu, Shu-Ting

指導教授：邱祈榮 博士

Advisor: Chiou, Chyi-Rong, Ph.D.

中華民國 103 年 7 月

July, 2014



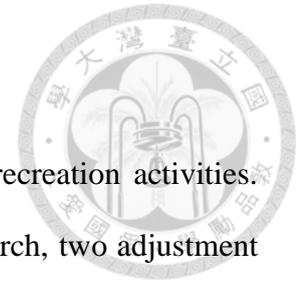
摘要

氣候為影響戶外休憩活動的重要因子之一，氣候的舒適與否亦可能對於遊客量造成影響，本研究係以溪頭自然教育園區為例，藉由 Mieczkowski (1985) 所提出結合 7 種主要氣候因子的「旅遊氣候指數 (TCI)」，於研究中嘗試將 TCI 進行 2 項微調，首先，為避免過愈高估濕度對於熱舒適度所造成的影響，利用「生理平衡溫度」取代「有效溫度」進行計算，其次則是以逐日資料計算溪頭地區於 1990~2012 年間的舒適度指數，並經比較以逐日資料計算可獲得更準確的 TCI。

於 1990~2012 年間，平均 TCI 最高之月份為 10 月，最低則為 1 月，氣溫及雨量為主要影響溪頭地區 TCI 之氣候因子，於年與年間的比較可發現，冬季受熱舒適度影響較大，春季及夏季則受降雨指標的影響，秋季則受熱舒適度及降雨指標的影響。溪頭地區各季的 TCI 平均皆在 50 以上為可接受等級，顯示一年四季皆相當適合從事旅遊活動。秋季為一年中 TCI 最高的季節，顯著高於夏季、春季及冬季，於 TCI 的季節分布分類上屬於秋季舒適型。此外，於研究中對於氣候變化進行初步模擬，結果顯示，將均溫分別調升 0.5°C、1°C、2°C 後，各季之 TCI 值皆呈現上升的趨勢，於 TCI 的季節分布上皆屬於秋季舒適型。

【關鍵詞】 旅遊舒適度、氣候、旅遊氣候指數 (TCI)、溪頭自然教育園區、生理平衡溫度 (PET)

Abstract



Climate is one of the important factors influencing outdoor recreation activities. Climate comfort can also affect the amount of tourists. In this research, two adjustment were made to Mieczkowski's "Tourism Climate Index" (TCI), which summarizes and combines seven climate variables. First, to prevent overestimate the effect of humidity, the thermal comfort is not measured by the "effective temperature," but instead by the "Physiologically Equivalent Temperature" (PET). Second, daily data is used to evaluate the climate comfort of Xitou Nature education area from 1990-2012. The results show that calculating by daily data is more appropriate.

From 1990 to 2012, the highest TCI's monthly average is in October and the lowest is in January. The main climate variables affect the TCI value in Xitou are temperature and precipitation. In the comparison between years, winter has greater impact by thermal comfort index, spring and summer are influenced by precipitation index, and autumn is affected by both thermal comfort and precipitation index. In conclusion, the TCI average of each season are above 50 (means Acceptable) show that Xitou is quite suitable for tourism activities all year around. TCI values in autumn are significantly higher than in summer, spring and winter. The comfort type of seasonal distribute of Xitou is "autumn peak." In addition, a preliminary simulation of climate change were made in this study, the average temperature were escalated 0.5°C , 1°C and 2°C . The results show that in each season, TCI values are on an upward trend, and the comfort type of seasonal distribute are "autumn peak."

【Keywords】 Travel comfort, Climate, Tourism Comfort Index(TCI), Xitou Nature Education Area, Physiologically Equivalent Temperature(PET)

目錄



摘要	i
Abstract.....	ii
圖目錄	v
表目錄	vi
壹、前言	1
一、研究動機	1
二、研究目的	3
三、研究流程	4
貳、文獻回顧	5
一、旅遊與氣候	5
二、旅遊氣候指數簡介	7
三、TCI 的應用：氣候變遷對於旅遊業的影響	9
參、研究方法	10
一、研究地點與材料	10
(一) 研究地點	10
(二) 研究材料	11
二、TCI 值計算	11
(一) 各項次指標內容與評價方法	12
(二) 旅遊氣候指數(TCI)計算與分級	16
(三) TCI 值計算方法調整	18
三、統計分析	19
肆、結果與討論	20
一、溪頭自然教育園區氣候情況分析	20

(一) 溪頭自然教育園區氣溫之分析	21
(二) 溪頭自然教育園區降雨量之分析	24
二、TCI 值之敘述統計結果.....	28
(一) 以日資料轉換之 TCI 值計算結果.....	28
(二) 以月資料轉換之 TCI 值計算結果.....	33
三、變異數分析	36
四、氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響.....	38
五、綜合討論	40
(一) 利用月、日資料轉換 TCI 值各次指標之比較.....	40
(二) 不同季節影響溪頭自然教育園區之 TCI 次指標.....	44
(三) 日照指標	47
伍、結論	48
一、溪頭自然教育園區的氣候情況	48
(一) 氣溫	48
(二) 降雨量	48
二、溪頭自然教育園區的 TCI 值.....	49
(一) 以日資料轉換之 TCI 值敘述性統計結果.....	49
(二) 以月資料轉換之 TCI 值敘述性統計結果.....	49
(三) 以日資料及月資料轉換之 TCI 值比較.....	50
(四) 氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響.....	51
三、不同季節影響溪頭自然教育園區 TCI 之次指標.....	52
四、日照指標	52
陸、建議	53
柒、參考文獻	55

圖目錄



圖 1 研究流程圖.....	4
圖 2 風寒指數評價圖.....	14
圖 3 1990~2012 年溪頭月均溫度及降雨量圖	20
圖 4 1990~2012 年溪頭自然教育園區年均溫趨勢圖	21
圖 5 1990~2012 年溪頭自然教育園區春季季均溫圖	22
圖 6 1990~2012 年溪頭自然教育園區夏季季均溫圖	22
圖 7 1990~2012 年溪頭自然教育園區秋季季均溫圖	23
圖 8 1990~2012 年溪頭自然教育園區冬季季均溫圖	23
圖 9 1990~2012 年溪頭自然教育園區年降雨量趨勢圖	24
圖 10 1990~2012 年溪頭自然教育園區各季降雨量百分比圖	25
圖 11 1990~2012 年溪頭自然教育園區春季降雨量圖	26
圖 12 1990~2012 年溪頭自然教育園區夏季降雨量圖	26
圖 13 1990~2012 年溪頭自然教育園區秋季降雨量圖	27
圖 14 1990~2012 年溪頭自然教育園區冬季降雨量圖	27
圖 15 1990~2012 年間各月份 TCI 值次數分布及百分比 (以日資料轉換)	28
圖 16 1990~2012 年各月份 TCI 平均值分布圖 (以日資料轉換)	30
圖 17 1990~2012 年各季 TCI 平均值分布圖 (以日資料轉換)	31
圖 18 1990~2012 年間各月份 TCI 值次數分布及百分比 (以月資料轉換)	33
圖 19 1990~2012 年各季 TCI 平均值分布圖 (以月資料轉換)	35
圖 20 氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響	39
圖 21 以月 (日) 平均進行轉換之 TCI 值次指標比較圖	41
圖 22 以月 (日) 總和資料轉換之 TCI 值次指標計算結果	42

表目錄



表 1 熱舒適度指標.....	12
表 2 降雨指標.....	13
表 3 日照指標.....	14
表 4 風指標.....	15
表 5 TCI 指標分級評價表.....	16
表 6 旅遊舒適季節分類表.....	17
表 7 1990~2012 年各月份 TCI 值（以日資料轉換）.....	29
表 8 1990~2012 年各季 TCI 值（以日資料轉換）.....	32
表 9 1990~2012 年季 TCI 及各次指標平均值（以日資料轉換）.....	32
表 10 1990~2012 年各月份 TCI 值（以月資料轉換）.....	34
表 11 1990~2012 年季 TCI 及各次指標平均值（以月資料轉換）.....	35
表 12 1990~2012 年季 TCI 值及其次指標之平均與變異數分析.....	36
表 13 1990~2012 年各月份 TCI 值之平均與變異數分析.....	37
表 14 氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響.....	38
表 15 氣溫上升時 TCI 值上升之天數.....	39
表 16 氣溫上升時 TCI 值下降之天數.....	39
表 17 以月、日資料進行的 TCI 值轉換結果比較—以 2009 年 10 月為例.....	43
表 18 1990~2012 年間春季 TCI 值變動較大之年份.....	44
表 19 1990~2012 年間夏季 TCI 值變動較大之年份.....	45
表 20 1990~2012 年間秋季 TCI 值變動較大之年份.....	46
表 21 1990~2012 年間冬季 TCI 值變動較大之年份.....	47

壹、前言



一、研究動機

自周休二日實施以來，加以國民生活水準不斷地提高，對於觀光與休閒活動也日益重視，而近年來由於生態旅遊的提倡，森林戶外休憩與登山健行等相關的遊憩需求也因此提升（邱祈榮等，2005）。

依據交通部觀光局（2012）的調查報告，99-101 年間自然賞景活動，包括觀賞自然景觀、森林步道健行、登山、觀賞動植物等，為民眾旅遊時最喜歡的遊憩活動，佔有約 4 成的比率，戶外休閒活動直接地受到天候狀況的影響，遊客對於氣候情形的改變是高度敏感的（Maddison, 2001; Bigano *et al.*, 2006），同時，氣候的舒適與否亦影響遊客的旅遊意願及旅遊地點的選擇（Scott *et al.*, 2004）。

雖然氣候雖並非影響旅客出遊的唯一因子，但旅客出遊確實會受到氣候因素的影響，例如春天時賞櫻、夏天時戲水、秋天時賞楓及冬季的降雪等皆是因季節不同而產生的旅遊偏好。而隨著氣候變遷，旅遊業亦會受到影響，如歐洲由於全球的暖化使氣溫上升，造成積雪期的縮短（Harrison *et al.*, 2001），使得以滑雪為觀光特色的地區受到影響。此外，極端的氣候事件亦會使遊客量產生波動，例如颱風季節出現的極端降雨、強風所造成道路的中斷等事件，都可能直接或間接對旅遊業造成損失。

「氣候舒適」是指人們無須借助任何消暑避寒措施，就能保證生理過程正常進行的氣候條件（孫根年、馬麗君，2007）。然而舒適為一抽象的概念，平時民眾由氣象預報所獲得的氣溫及降雨機率預測等資訊，並不足以代表旅遊目的地的舒適度感受，倘能更進一步的透過氣溫、雨量、濕度...等氣象因子將「舒適」此一抽象的概念量化為數值來做為衡量的指標，便能讓民眾很直觀的了解舒適的概念，對於以觀光收入為重要經濟來源的地區，經營者可以藉由指標擬定經營管理策略促進非尖峰時期的觀光，甚至是降低尖峰時期的遊客量，以維持觀光地的旅遊品質，消

費者亦可藉由指標計畫出遊的時程以及地點(de Freitas *et al.*, 2008)。

溪頭自然教育園區為中臺灣著名的觀光景點之一，園區內除神木、大學池、天空走廊等特殊景點以外，生態資源亦相當豐富，由於涼爽的氣候及便利的交通，使得本園區成為著名的避暑勝地，遊客絡繹不絕。因此本研究以溪頭自然教育園區為例，建立溪頭地區之旅遊舒適度指數，並進一步分析比較一年中溪頭地區之旅遊舒適度變化及影響舒適度指數變化之因子，以做為經營管理之參考。



二、研究目的

氣候對於戶外休閒活動的影響甚大，為達到園區永續經營，藉由了解各季節旅遊氣候指數的變化趨勢，可供業者做為擬定經營策略的參考，如於淡季時，辦理活動吸引人潮等。

此外，隨著氣候的變遷，旅遊的氣候資源及最適旅遊季節分布的改變，會對於觀光收益造成影響，倘能透過旅遊氣候指數能夠讓經營者了解未來氣候可能的變化，提早擬定適當的經營管理策略。

因此，本研究將以溪頭自然教育園區為例，建立其 1990~2012 年間旅遊舒適度指數，研究目的如下：

- (一) 回顧旅遊與氣候之相關研究文獻，介紹旅遊氣候指數之發展及其應用。
- (二) 對於研究期間 1990~2012 年間，溪頭的氣溫、降雨量等進行敘述統計分析，並據以計算旅遊氣候指數，瞭解其長期的變化趨勢。
- (三) 針對 1990~2012 年間的旅遊氣候指數進行季節差異、變異數分析等統計分析與討論，並據以提出結論與建議。



三、研究流程

本研究之研究流程如圖 1，主要可分為下列五大部分，首先為確認研究主題，接著進行旅遊氣候指數相關文獻之蒐集與探討，再根據文獻回顧之結果確認適用於溪頭自然教育園區之旅遊氣候指數值之計算方式，並針對計算之結果進行統計與分析，最後再依據前揭統計分析結果提出結論與建議。

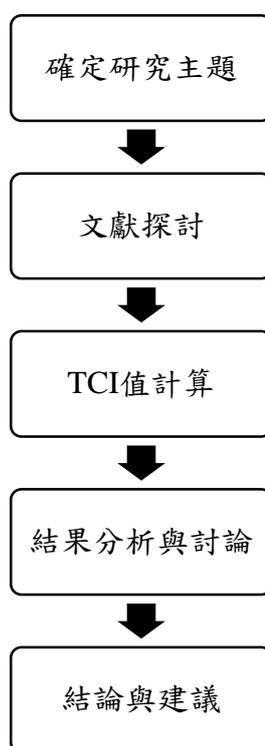


圖 1 研究流程圖

貳、文獻回顧

本研究係以溪頭自然教育園區為例，藉由旅遊氣候指數建立溪頭自然教育園區近 20 年之旅遊氣候指數，並做進一步之分析，因此本部分分別就旅遊與氣候之關係、旅遊氣候指數之發展及應用等相關研究與文獻進行回顧。



一、旅遊與氣候

氣象和氣候對於遊客選擇旅遊目的地與出遊時間扮演了重要的角色之一 (Hamiton and Lou, 2005 ; Bigano *et al.*, 2005)，例如 Kozak (2002) 於西班牙的 Mallorca 島以及土耳其針對德國及英國的遊客所做的調查發現，「享受好天氣」為遊客旅遊的重要動機；Eugenio-Martin and Campos-Soria (2010) 對歐盟家庭所做的調查發現，居住於氣候較為舒適地區的居民（如：南歐地區），較傾向於從事國內旅遊，到國外旅遊的比例較低。

雖然 Bulter (2001) 指出，遊客旅遊並不是僅受到氣候的影響，因此僅利用遊客數量來衡量旅遊舒適度是不恰當的。事實上，經過觀察後發現，尖峰需求確實會在氣候合適時發生 (de Freitas, 1990)，如：Mintel International Group (1991) 調查結果顯示 73% 的英國人旅遊的主要原因為「享受好天氣」；當熱感受為人體舒適的情況時，遊客到訪的人數將會增加 (Lin, 2009)；加拿大 (Ontario Ministry of Tourism and Recreation, 2002) 的調查指出「避寒」為旅遊的最主要動機；Gössling *et al.* 在坦尚尼亞進行的研究結果，有 53% 的遊客認為氣候為選擇目的地的極重要或重要因素，但亦有約 30% 的遊客認為氣候並非選擇目的地的重要因素之一，推測可能是由於拜訪朋友或親戚等社會因素，抑或是這些遊客認為位處熱帶坦尚尼亞無論在任何季節都是適合旅遊的 (Scott *et al.*, 2008)。

而由於旅遊休憩等戶外活動皆與季節、氣候有著密切的關係，因此亦會受到氣候變遷的影響，在國外已由相關研季將氣候和戶外休閒活動連結，以瞭解氣候

變遷或極端氣候於不同季節對於旅遊地的潛在衝擊 (Elsasser and Burki, 2002 ; Burki *et al.*, 2003 ; Scott *et al.*, 2004 ; Amelung and Miner, 2006)。

旅遊業及旅遊地對於氣候的改變是相當敏感的，氣候變遷除了對於旅遊地的氣候條件造成改變外，亦會對於旅遊地的天然資源造成影響 (Becken and Hay, 2007)，以溫帶地區而言，滑雪活動即是對於氣候變遷相當敏感的產業，當氣溫每升高 1°C，將使得雪線上升 150m (Beniston, 2003)，對於位於德國低海拔山區的黑森林來說，滑雪等冬季觀光活動將會因氣候變遷而遭受損失 (Zebisch *et al.*, 2005)；反觀氣候變遷對於黑森林夏季觀光的影響，由與氣溫的上升，將對於其舒適度有正面的影響，適合從事戶外活動的時期更長，而使其夏季的觀光業發展更加蓬勃。(Endler *et al.*, 2010)



二、旅遊氣候指數簡介

由於氣候是影響一個地區旅遊業發展的重要因子之一，因此亦有學者針對旅遊與氣候間的關係進行研究。

在 1950 及 1960 年代旅遊業蓬勃發展以前，生物氣象學的舒適度研究多是針對研究區域內的居民進行評估。然而，隨著國際旅遊業的成長，新的評估方法亦開始發展，自 1960 年代便有學者開始發展並應用旅遊舒適度的指標，對於會對旅遊體驗造成影響的氣候因子依照不同的方式對各因子做出評價，且依其重要程度決定其比重。如：針對加拿大西北部領土旅遊和休閒活動進行的評估方式 (Crowe, 1976) 等，然而前揭研究仍僅限於地域性而非全球的評估應用。

有些旅遊氣候指數的評估為單因子的 (Becker, 1998)，然而旅遊的氣候會受到多因子的交互影響，於國際旅遊上，遊客對於欲前往的旅遊國家的氣候並不熟悉，倘若僅由氣象預報上得知氣溫、雨量等單一的氣象因子，而非其綜合之效應，並無法真實的反應旅遊地的氣候狀態，因此，在過去的 30 年，亦有許多學者提出綜合多因子的旅遊氣候指數評估 (e.g. Mieczkowski, 1985; Harlfinger, 1991; Morgan *et al.*, 2000)，其中以 Mieczkowski 針對從事踏青、登山健行等戶外活動時提出的「旅遊氣候指數」(Tourism Climate Index, TCI) 最具代表性，且受到後續許多研究的採用。

TCI 為一綜合多因子的指標，目的為對於世界的旅遊氣候做出一個有系統且亦於應用的評價，特別是針對國際旅遊，期能藉由此評價方式，將氣候因子做出綜合性的衡量，且統合為單一且能反映客觀事實的指標。

於 TCI 指標的建構上，首先必須決定其組成的次指標，且為利於後續的應用，資料取得的方便性，亦為重要的因素之一，因此在 TCI 指標中，選用的氣象因子包括氣溫、濕度、降雨量、日照時數及風速，皆為基本的氣象資料；其次則是在 TCI 中各項次指標的分級及權重的決定，在 TCI 的分級上，以最適狀態 5 分為設計的原則，並依序遞減至 0 或更低，各變數並依其對旅遊舒適度的感受予以不同的權

重，其中熱舒適度結合氣溫及濕度，於衡量上為所有次指標中較為複雜的，且因其對於旅遊的季節具有決定性的影響，特別是在中高緯度地區的旅遊，因此在所有次指標中占有最高的比重。





三、TCI 的應用：氣候變遷對於旅遊業的影響

地中海在世界上為著名的旅遊勝地，由於其宜人的氣候，每年吸引約 1 億的旅客造訪，觀光收益將近 1000 億美金 (Mather *et al.*, 2005)，其中多數的國際旅客是來自於西歐和北歐。地中海的旅遊業受到季節的影響性很大，舉例來說，於 1990 年代前期，西班牙的旅遊旺季 8 月較平均旅客消費多 50%，在旅遊淡季的 12 月則較平均旅客消費少 30%。

Amelung and Miner (2006) 利用 TCI 配合全球氣候模型 (Global Climate Model, GCM) 模擬未來氣候變遷之氣候情境下地中海地區的最適旅遊季節的變化，其研究結果發現，由於暖化的影響，地中海地區最適旅遊季節將由夏季轉為春季及秋季；而原為地中海地區夏季主要國際旅客來源的西歐和北歐，則因暖化的影響使得夏季的旅遊舒適度提升，因此可能使得其前往地中海地區旅遊的意願降低，進而對於地中海地區的旅遊業造成影響。本研究結果和 Berrittella *et al.*, 2006；Bigano *et al.*, 2005；Hamilton, 2004；Lise & Tol, 2003，等研究指出由於氣候變遷所造成的氣溫升高，將會使得居住於英國、得過及荷蘭等地的遊客，減少前往較溫暖國家旅遊的次數之結果呈現同樣的見解。

Scott *et al.*(2004)結合 TCI 與氣候變遷情境於北美洲之研究結果發現，由於暖化的影響，使得美國北部地區及加拿大冬天的旅遊舒適度上升，將可能使得美國南部地區的旅遊業受到負面的影響，而更南方的墨西哥亦可能因旅遊舒適度的下降而喪失國際旅遊的競爭力；但在美國北部及加拿大，卻由於冬季的氣候較從前溫暖，變得更適宜觀光，反而增加國際旅客到訪的意願，而對於旅遊業產生正面的影響。

參、研究方法

本研究以溪頭自然教育園區為例，透過 Mieczkowski (1985) 所提出的 TCI 建立溪頭自然教育園區 1990~2012 年間的旅遊氣候指數，並以 Excel 2013 及統計軟體 SPSS 19.0 進行資料整理以及進一步的統計分析，以下分為三大部分陳述研究方法，第一部分為研究地點與材料介紹，第二部分為 TCI 值內容及各項次指標計算方法說明，第三部分為資料分析方法介紹。

一、研究地點與材料

(一) 研究地點

溪頭自然教育園區隸屬於台灣大學實驗林管理處，其位於南投縣鹿谷鄉鳳凰谷山麓，因位於北勢溪源頭而得名，主要範圍之海拔介於 800~2,000m 之間，為一三面環山的凹谷地形，佔地 2700 公頃，日據時代被日本東京大學農學部選為附屬演習林，於 1970 年規劃設置為溪頭森林遊樂區，為了推廣戶外教學與環境教育，現更名為溪頭自然教育園區，以國民自然生態保育之推廣為目標之「自然教育」為經營宗旨，除提供本校森林學系與各系、所及國內外相關院、系師生從事各項訓練、教學實習、觀摩，充分發揮教育之功能。園區內有豐富的生態資源，且步道系統及各項硬體設施完善，每年吸引 100 萬以上的遊客造訪。

依溪頭測候站之觀測資料結果，溪頭的年均溫為 16.6°C，月均溫介於 11.0~20.8°C，全年雨量豐沛，平均年降雨量為 2,635.18mm，依桑士偉 (Thorntwaite) 之氣候分類屬溫暖重濕氣候型，氣候宜人，特別是在夏季，常吸引眾多遊客到溪頭避暑。(溪頭自然自然教育園區，2014)



(二) 研究材料

目前臺灣共有 28 個農業氣象站，依據裝設儀器的不同，分為使用自動觀測系統的一級站，及採用傳統自計式觀測儀器的二級站。至目前為止，共完成 17 個一級農業氣象站、11 個二級農業氣象站的建置。(交通部中央氣象局，2014)

本研究使用溪頭自然教育園區內的一級農業氣象站(代號 U2H48) 1990 年 1 月至 2012 年 9 月之逐日氣象資料為基礎包含氣溫、濕度、雨量、日照時數以及風速等資料進行統計與分析。

二、TCI 值計算

Mieczkowski (1985) 所提出旅遊氣候指數 (TCI) 為一綜合多因子的指標，目的為對於氣候的舒適度做出有系統的評估，其包括(1)日間熱舒適度指標(日最高溫(°C)及最低相對濕度(%))、(2)日熱舒適度指標(日均溫(°C)及日均相對濕度(%))、(3)降雨(總雨量(mm))、(4)日照(總日照時數(hr))以及(5)風(平均風速)等次指標，各項次指標均以月為單位進行計算，而 TCI 指數之計算公式如下：

$$TCI = 2 * (4CI_d + CI_a + 2P + 2S + W) \quad (1)$$

式中 CI_d : 日間熱舒適度指標、 CI_a : 日熱舒適度指標、 P : 降雨、 S : 日照與 W : 風，而各次指標滿分為 5，因此 TCI 值最高為 100。

此外，為考量高溫日照所造成的間接輻射的效應，倘若氣溫超過皮膚表面的溫度(33°C)，溫度介於 33°C~36°C 時，TCI 總分扣 10 分；溫度 > 36°C，TCI 總分扣 20 分。



(一) 各項次指標內容與評價方法

下列分別介紹 TCI 中各項次指標之內容及評價方法：

1. 熱舒適度指標 (CI_d, CI_a)：

Mieczkowski (1985) 以「有效溫度 (Effective Temperature, ET)」衡量熱舒適度，其又可分為日間熱舒適度指標(CI_d)以及日熱舒適度指標(CI_a)兩項，CI_d 是指介於 12:00-16:00 之間遊客較常在外活動之時間，其以「最高溫」及「最低相對濕度」計算，而 CI_a 則是指整日之平均熱舒適度，因此利用「日均溫」以及「日均相對濕度」計算而成，且由於前者發生的時間為大多數遊客在外活動之時間，較能代表遊客旅遊的體驗，因此佔有較高的 40%的比重，後者則佔 10%的比重。

表 1 熱舒適度指標

評分	有效溫度(°C)
5.0	20 – 27
4.5	19 – 20 27 – 28
4.0	18 – 19 28 – 29
3.5	17 – 18 29 – 30
3.0	15 – 17 30 – 31
2.5	10 – 15 31 – 32
2.0	5 – 10 32 – 33
1.5	0 – 5 33 – 34
1.0	-5 – 0 34 – 35
0.5	35 – 36
0.0	-10 – -5
-1.0	-15 – -10
-2.0	-20 – -15
-3.0	< -20

(Mieczkowski, 1985)



2. 降雨指標 (P) :

降雨方面採用總降雨量作為衡量的標準。雖然無論是降雨量的多寡抑或是降雨的時間分布長短都對於遊客的氣候舒適度會造成影響，然而綿綿細雨比其集中性的大雨對遊客的舒適度影響更大，因此 Mieczkowski (1985) 曾考慮使用平均降雨量 $>1\text{mm}$ 的天數、白天 (09:00-21:00) 的降雨時間百分比做為衡量的標準，但此二者的資料較難取得，因此最終仍採用總降雨量作為衡量的標準 (表 2)，而降雨在 TCI 中占 20% 之比重。

表 2 降雨指標

評分 (rates)	平均每月降雨量
5.0	0.0-14.9mm
4.5	15.0-29.9mm
4.0	30.0-44.9mm
3.5	45.0-59.9mm
3.0	60.0-74.9mm
2.5	75.0-89.9mm
2.0	90.0-104.9mm
1.5	105.0-119.9mm
1.0	120.0-134.9mm
0.5	135.0-149.9mm
0.0	150.0-210.0mm
-1.0	$>210.0\text{mm}$

(Mieczkowski 1985)

3. 日照指標 (S) :

適度的紫外線對於人體有益，因此日照在旅遊舒適度上被視為正因子。雖然有人認為溫暖但多雲不應被視為不舒適，且不同地區之居民對於日照所帶來之感受亦不盡相同 (Lin et al., 2011)，因此日照在舒適度上不應被視為明確的正因子。但一般來說，日照仍被認為是正因子，在 TCI 中日照和降雨一樣佔有 20% 的權重，當日照的時間越長，評價越高 (表 3)。

表 3 日照指標

評分 (rates)	月平均每日日照時數
5.0	> 10hr
4.5	9hr-9hr59min
4.0	8hr-8hr59min
3.5	7hr-7hr59min
3.0	6hr-6hr59min
2.5	5hr-5hr59min
2.0	4hr-4hr59min
1.5	3hr-3hr59min
1.0	2hr-2hr59min
0.5	1hr-1hr59min
0.0	< 1hr

(Mieczkowski 1985)

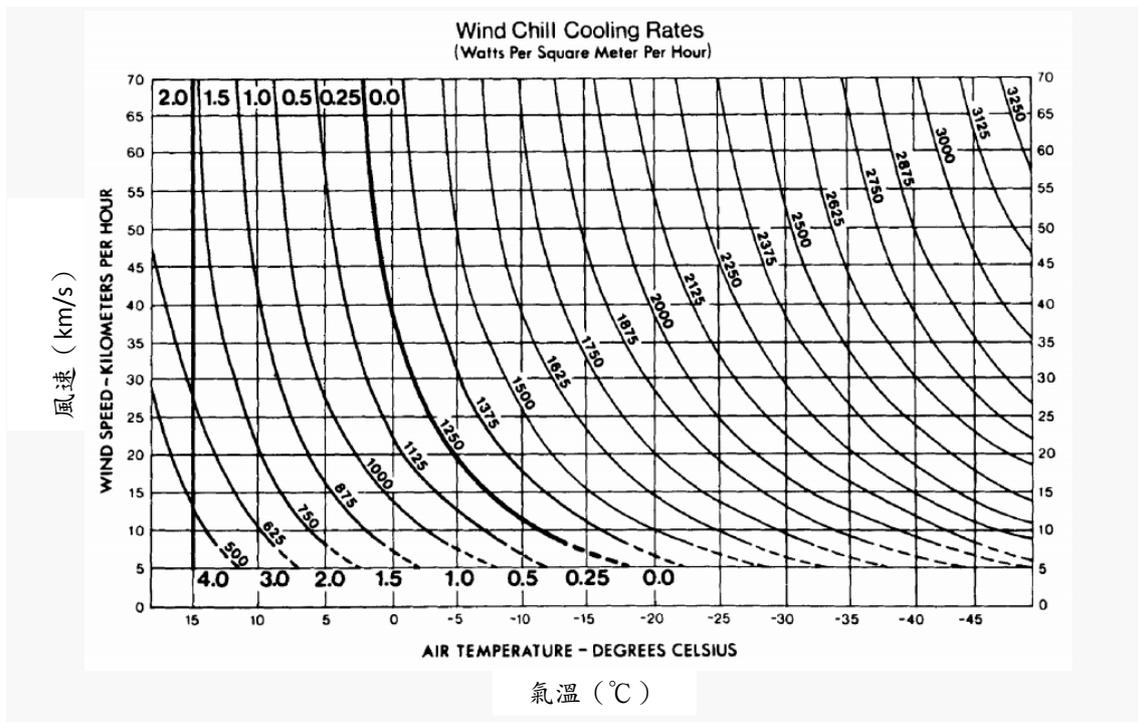


圖 2 風寒指數評價圖

(Mieczkowski 1985)



4.風指標 (W)：

在地區性的旅遊舒適度研究中，由於風速的變化不大，所以常會將風視為常數而忽略其影響。但由於風可以藉由擾動帶走熱以及蒸發冷卻，因此在 TCI 中仍將風的影響納入考慮，佔 10% 的比重。

而根據溫度的不同，風所造成的影響也不同，因此風指標在 TCI 的評價上較為複雜。其中在低溫情況下，風會帶走皮膚表面的熱而使得寒冷的感覺加劇，而當溫度介於 24-33°C 時，風會使體表降溫，恢復蒸散降溫的效用，但溫度 > 33°C 時，風會增加熱對流，使得體表的熱負擔更大。因此在評價上利用溫度以及風速來做為評分的依據 (表 4)，月平均日最高溫介於 15°C-24°C 時，採用一般系統(Normal system)；介於 24-33°C 時採用信風系統(Trade wind system)；在溫度 > 33°C 時，採用熱氣候系統(Hot climate system)；在溫度 < 15°C 時，則利用風寒指數評價圖來做為評價的依據。

表 4 風指標

風速 (km/h)	Normal system	Trade wind system	Hot climate system
<2.88	5.0	2.0	2.0
2.88-5.75	4.5	2.5	1.5
5.76-9.03	4.0	3.0	1.0
9.04-12.23	3.5	4.0	0.5
12.24-19.79	3.0	5.0	0
19.80-24.29	2.5	4.0	0
24.30-28.79	2.0	3.0	0
28.80-38.52	1.0	2.0	0
> 38.52	0	0	0

(Mieczkowski 1985)



(二) 旅遊氣候指數(TCI)計算與分級

在 TCI 值的計算上，依據氣象資料的月平均（熱舒適度指標(CId、CIa)、風(W)及日照(S)指標）及月總和（降雨(P)指標）之值，再根據表 1 給予評分。最後依據式(1)計算出來之 TCI 值最高為 100，高於 60 即為舒適(表 5)。

根據 TCI 值於一年之變化，可再依其季節分布分類為七種類型(Amelung and Viner, 2006)如表 6，倘全年皆高於 80 分為全年舒適型，全年皆低於 40 分則為全年不舒適型，夏季或冬季最高則為夏季舒適型與冬季舒適型，倘春季或秋季為最高，而另一季節為次高則為春秋季舒適型，倘非次高時，則為春季舒適與秋季舒適，此種依 TCI 值季節分布的分類，可作為遊客前往旅遊地區季節選擇之參考。

表 5 TCI 指標分級評價表

TCI	敘述性分類	
90—100	Ideal	完美
80—89	Excellent	極佳
70—79	Very good	非常舒適
60—69	Good	舒適
50—59	Acceptable	可接受
40—49	Marginal	普通
30—39	Unfavourable	不舒適
20—29	Very Unfavourable	非常不舒適
10—19	extremely unfavorable	極端不舒適
9—-9	impossible	不適旅遊
-10—-20	impossible	不適旅遊

(Mieczkowski 1985)

表 6 旅遊舒適季節分類表

	全年	春季	夏季	秋季	冬季
全年舒適型	≥ 80				
全年不舒適型	≤ 40				
夏季舒適型	TCI 最高				
冬季舒適型				TCI 最高	
春秋季舒適型	TCI 最高或次高		TCI 最高或次高		
春季舒適型	TCI 最高		TCI 非次高		
秋季舒適型	TCI 非次高		TCI 最高		

(Amelung and Viner, 2006)



(三) TCI 值計算方法調整

在本研究中，將嘗試於 TCI 值的計算上進行兩個部分的微調：

1. 由於「有效溫度」過於高估濕度對於溫度所造成之影響(Farajzadeh and Matzarakis, 2009)，因此本研究利用「生理平衡溫度(Physiologically Equivalent Temperature, PET)」(Matzarakis, 2006)取代「有效溫度」進行計算，PET 為利用氣溫、濕度、風速及太陽輻射等影響人體對溫度感受之變數計算而成(Matzarakis *et al.*, 1999)，本研究利用 RayMan 軟體(Matzarakis *et al.*, 2005)進行計算溪頭地區之 PET。
2. Mieczkowski(1985)所提出之 TCI 係將逐日氣象資料轉換為月平均(熱舒適度、風及日照指標)或月總和(降雨指標)後直接做轉換後給予評價，本研究參考 Perch-Nielsen *et al.* (2008) 中的做法，加入以逐日氣象資料轉換為日平均(熱舒適度、風及日照指標)或日總和(降雨指標)後直接進行逐日 TCI 值評價的轉換，再進行每月 TCI 平均的計算，以避免如颱風或梅雨季節帶來的日豪雨量對於月評價結果所造成的影響。
此外，為便於後續討論檢視調整後之結果，於 TCI 值敘述性統計結果部分呈現以月資料及日資料評價的兩種結果。



三、統計分析

(一) 溪頭自然教育園區氣候情況分析

以敘述性統計分析 1990~2012 年間主要影響溪頭自然教育園區舒適度的每日氣溫及降雨量資料，分析各年、各季的氣溫及降雨量變化趨勢。

(二) 敘述統計 (Descriptive Statistics)

以敘述性統計分析所計算之 TCI 值，計算溪頭自然教育園區 1990~2012 年間的每月及每季 TCI 值之平均以及指標評價分級，並分析溪頭地區各月與季之 TCI 值分布特性以及瞭解各月份之 TCI 值組成。

(三) 變異數分析 (Analysis of Variance)

變異數分析 (ANOVA) 部分，本研究針對 1990~2012 年間各月及各季之 TCI 值進行分析，為簡化變數數量，於次指標部分僅針對各季進行分析，檢視各季間是否有顯著差異，若有顯著性差異再利用 Tukey 事後比較法分析，區分在那個季節較適合前往溪頭地區旅遊。

(四) 模擬氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響

藉由改變氣候因子，初步模擬未來氣候變遷的情境下，對於溪頭自然教育園區旅遊氣候指數的影響，由於降雨量的調整除須考慮年降雨量的增加，亦須考慮年中降雨日數的改變，影響的因子較為複雜，因此於本研究中僅針對氣溫進行調整。

由於溪頭地區區於 1990~2012 年間的氣溫呈現上升的的趨勢，於研究中將均溫分別調升 0.5°C、1°C、2°C 再進行 TCI 的計算，以瞭解氣溫上升於各季節對於溪頭自然教育園區旅遊氣候指數所造成的影響。

肆、結果與討論



下列結果共分為四大部分，首先為 1990~2012 年間溪頭自然教育園區氣候情況，包括氣溫和降雨量進行敘述性統計及迴歸分析，第二部分為分以月資料、日資料轉換 TCI 值之敘述性統計結果，第三部分為變異數分析結果，第四部份為討論，本研究為簡化變數數量，且因溪頭地區每月之 TCI 與季節分布具相似性，因此於討論部分將一年區分為四季進行。

一、溪頭自然教育園區氣候情況分析

於本研究研究期間 1990~2012 年間，溪頭地區之年均溫為 16.8°C ，經轉換為後，溪頭地區之 PET 年平均為 13.3°C ，其中又以 1 月之平均 7.4°C 最低，7 月 17.9°C 最高；溪頭地區平均年降雨量為 2,225mm，降雨量主要集中於春季至初秋的 4-9 月，10-3 月則為乾季降雨量較少（圖 3）。

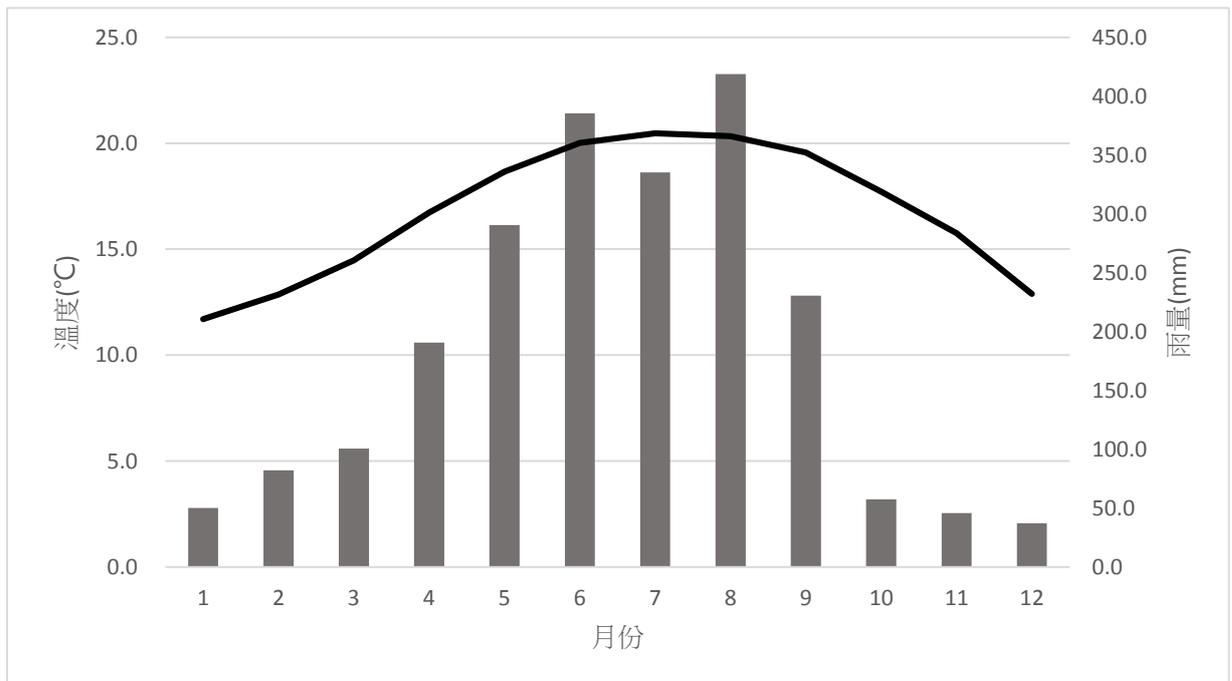


圖 3 1990~2012 年溪頭月均溫度及降雨量圖



(一) 溪頭自然教育園區氣溫之分析

1. 年均溫

於 1990~2012 年間，溪頭自然教育園區的各年度的年均溫約介於 16°C 至 18°C，其中以 2002 年及 2006 年的年均溫 18.2°C 為最高，2004 年的 15.6°C 為最低（圖 4）。

整體而言，溪頭自然教育園區的年均溫於 1990 年至 2012 年間，呈現上升的趨勢。

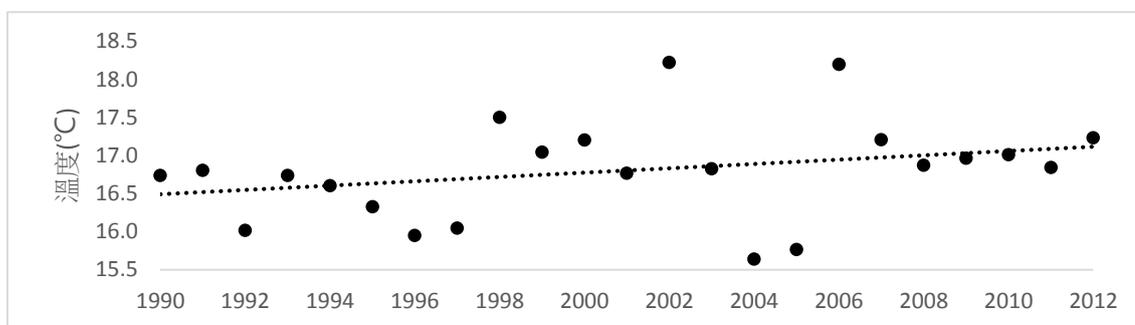


圖 4 1990~2012 年溪頭自然教育園區年均溫趨勢圖

2. 季均溫

於 1990~2012 年間，溪頭自然教育園區的春季季均溫約介於 15°C-18°C，其中以 2002 年的 18.1°C 為最高，2005 年的 14.9°C 為最低（圖 5）；夏季季均溫除 2004 年的 18.8°C 為最低以外，其餘年度多介於 20°C-21°C 之間（圖 6）；秋季季均溫則多介於 17°C-18°C 之間（圖 7）；冬季為溪頭一年中最寒冷的季節，除 2006 年的季均溫 14.3°C 為最高以外，其餘年度多介於 11°C-13°C（圖 8）。

倘針對各年度各季均溫進行線性迴歸分析，可看出溪頭自然教育園區自 1990 年以來，各季季均溫均是呈現上升的趨勢（圖 5~圖 8）。

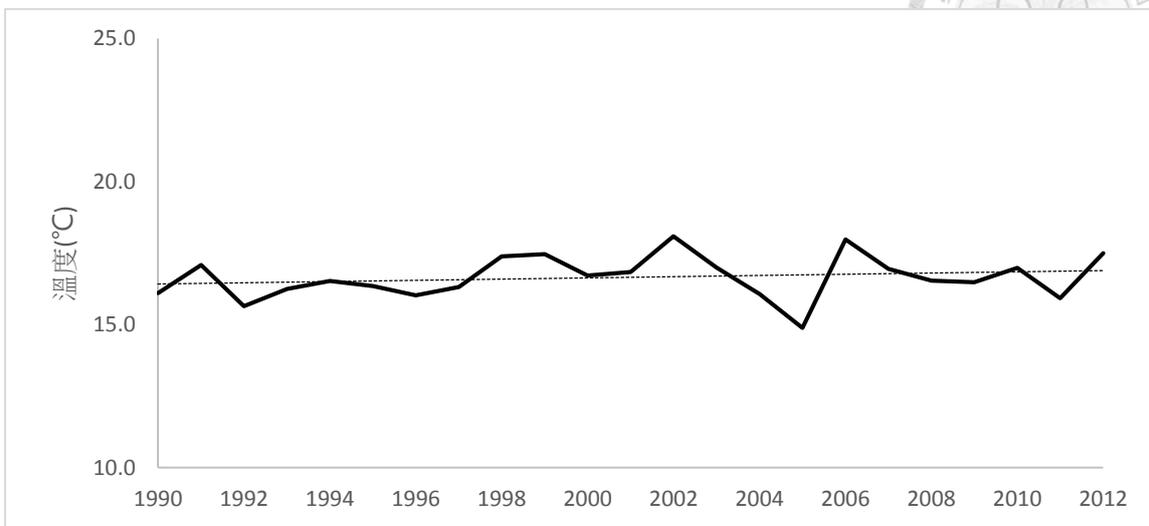


圖 5 1990~2012 年溪頭自然教育園區春季季均溫圖

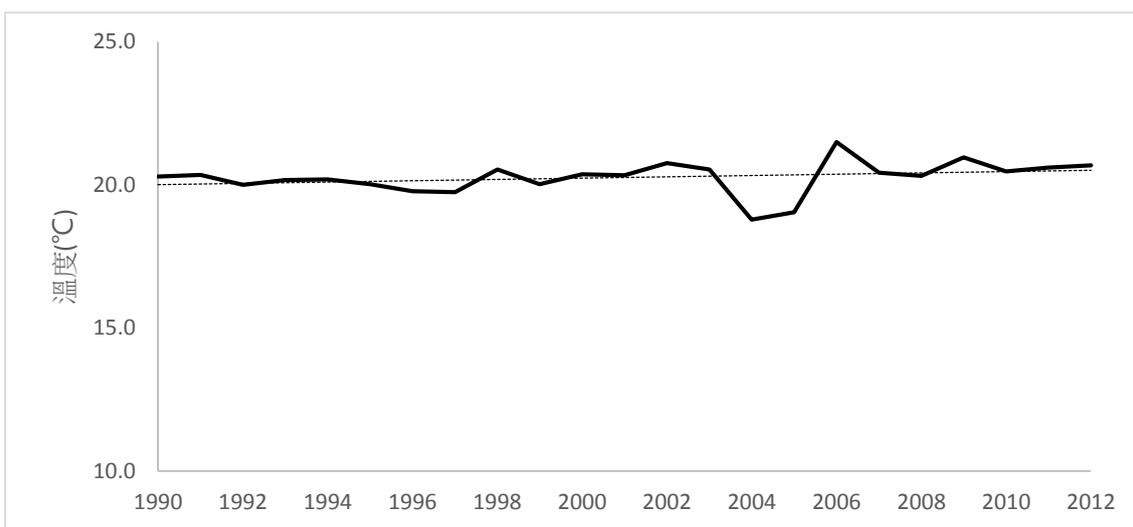


圖 6 1990~2012 年溪頭自然教育園區夏季季均溫圖

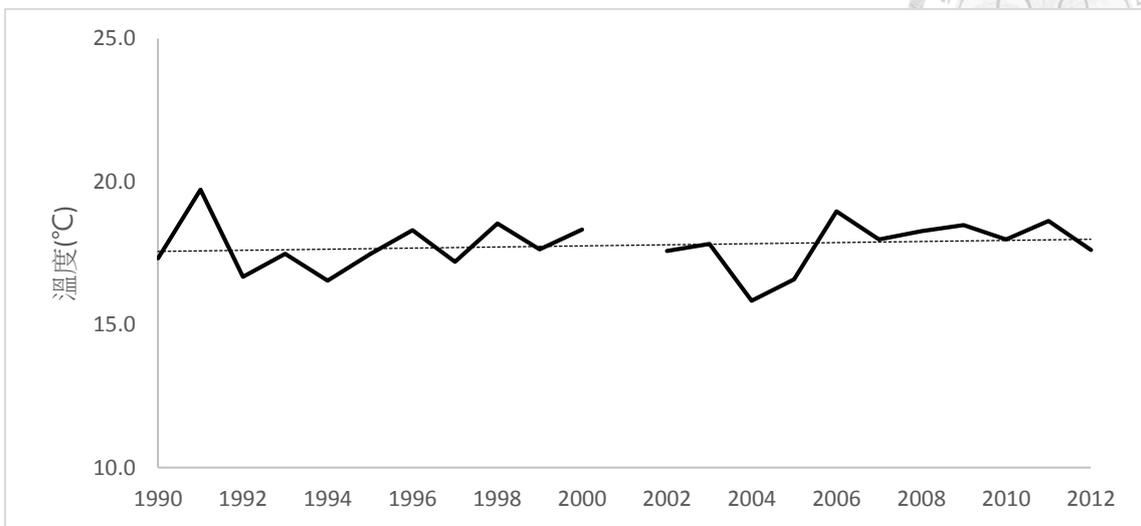


圖 7 1990~2012 年溪頭自然教育園區秋季季均溫圖

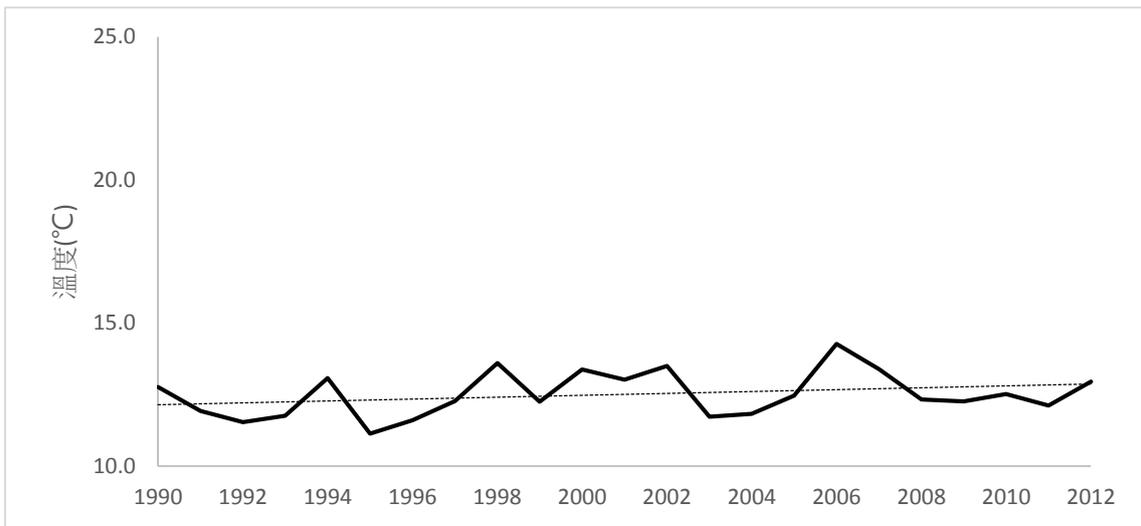


圖 8 1990~2012 年溪頭自然教育園區冬季季均溫圖



(二) 溪頭自然教育園區降雨量之分析

1. 年降雨量

溪頭自然教育園區於 1990~2012 年間，平均年降雨量為 2,225mm，其中以 1991 年年降雨量僅 1,225.1mm 為最低，遠低於平均值，而 2008 年的年降雨量高達 3,778.5mm，為研究期間降雨量最高的一年，總的而言，於 22 年間，溪頭自然教育園區的年降雨量值，相差達 3 倍之多，年間變動相當地大，且呈現 15.8mm 上升的趨勢。(圖 9)

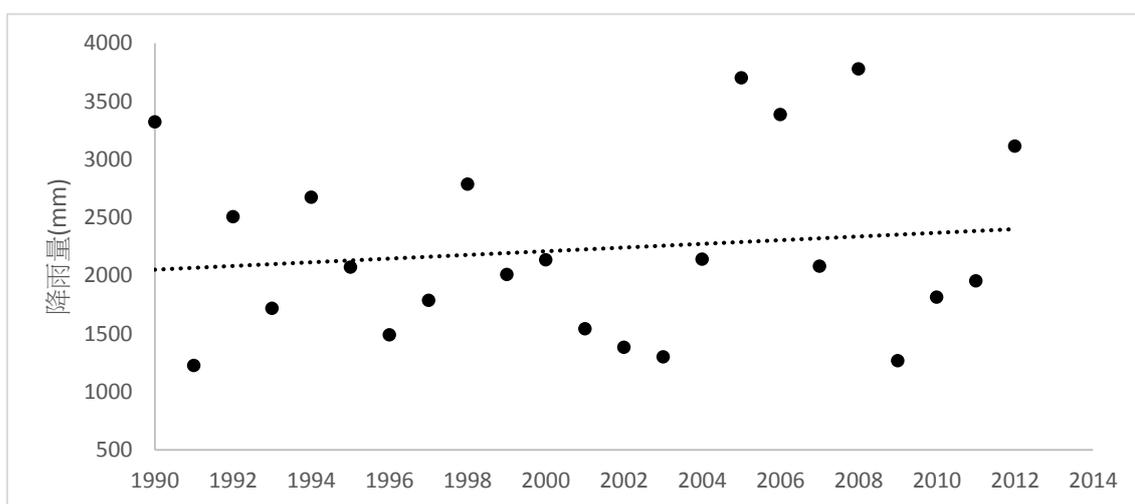


圖 9 1990~2012 年溪頭自然教育園區年降雨量趨勢圖

2. 季降雨量

溪頭自然教育園區一年中各季節的降雨時空分布極為不均（圖 10），以 1990~2012 年間的降雨量資料為例，降雨量多集中於夏季，平均為 1139.3mm，佔年總降雨量的 51%，而以冬季為一年中降雨量最少的季節，降雨量平均為 169.9mm，佔年總降雨量的 7%；而春季及秋季的降雨量平均為 581.8mm 及 349.2mm，分別佔年總降雨量的 26% 及 16%。

整體而言，年度間各季的降雨量變動相當地大，以秋季為例，降雨量最少的 1991 年為 119.5mm，最多的 2008 年為 1944mm，相差達 16 倍之多。倘針對各年度各季降雨量進行線性迴歸分析，可看出溪頭自然教育園區自 1990 年以來，夏季及秋季的季降雨量呈現上升的趨勢，而春季及冬季的降雨量則是呈現下降的趨勢。（圖 11~圖 14）

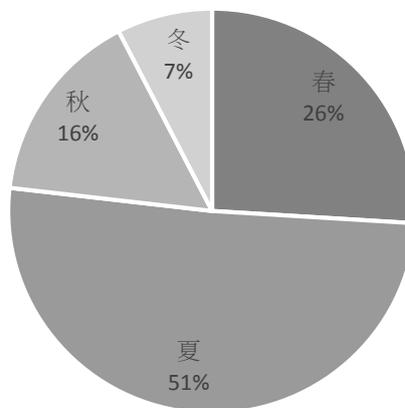


圖 10 1990~2012 年溪頭自然園區各季降雨量百分比圖

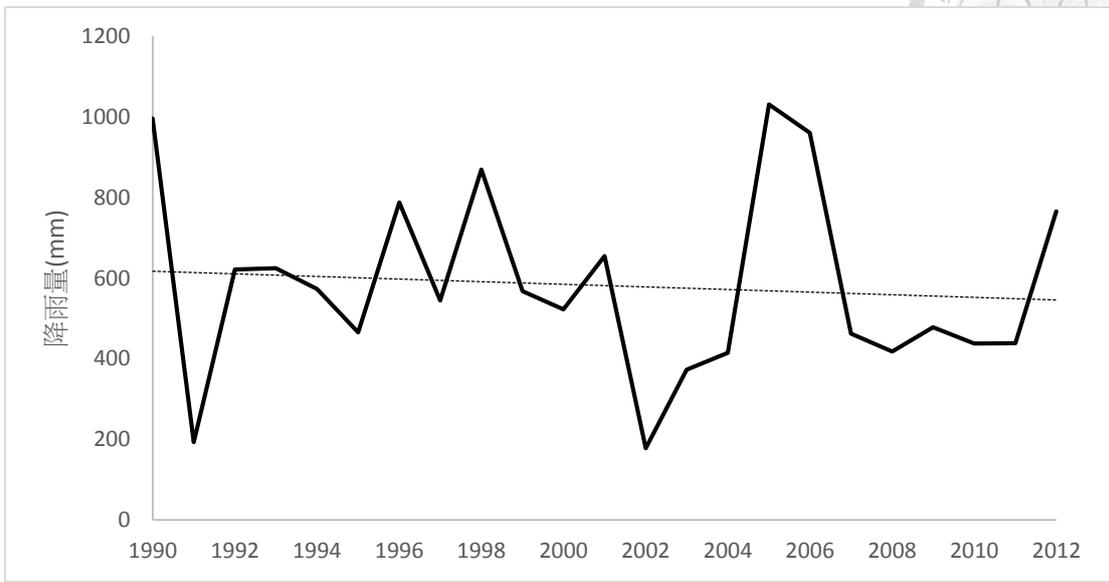


圖 11 1990~2012 年溪頭自然教育園區春季降雨量圖

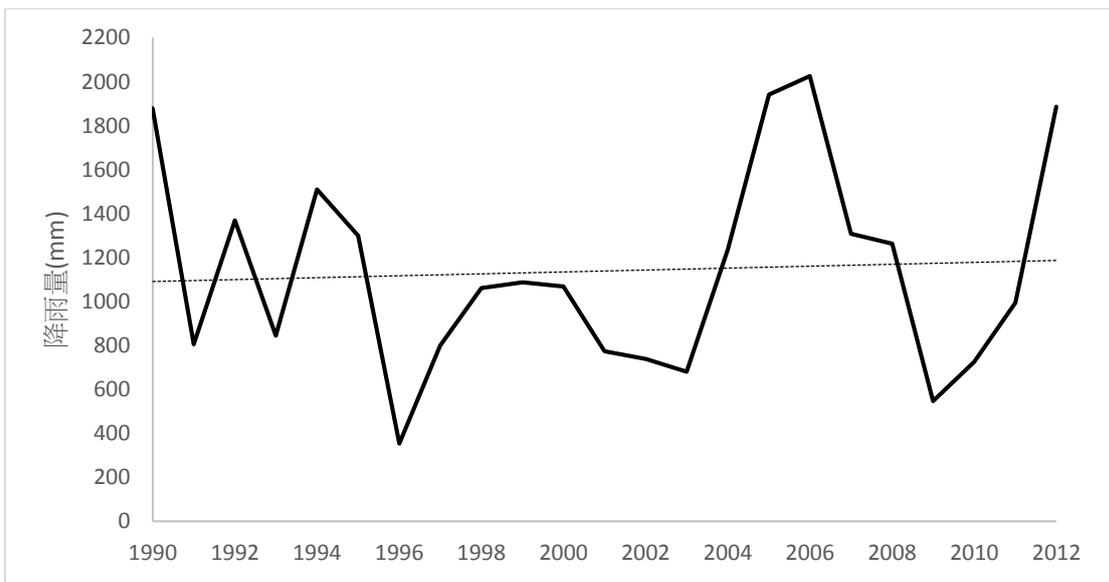


圖 12 1990~2012 年溪頭自然教育園區夏季降雨量圖

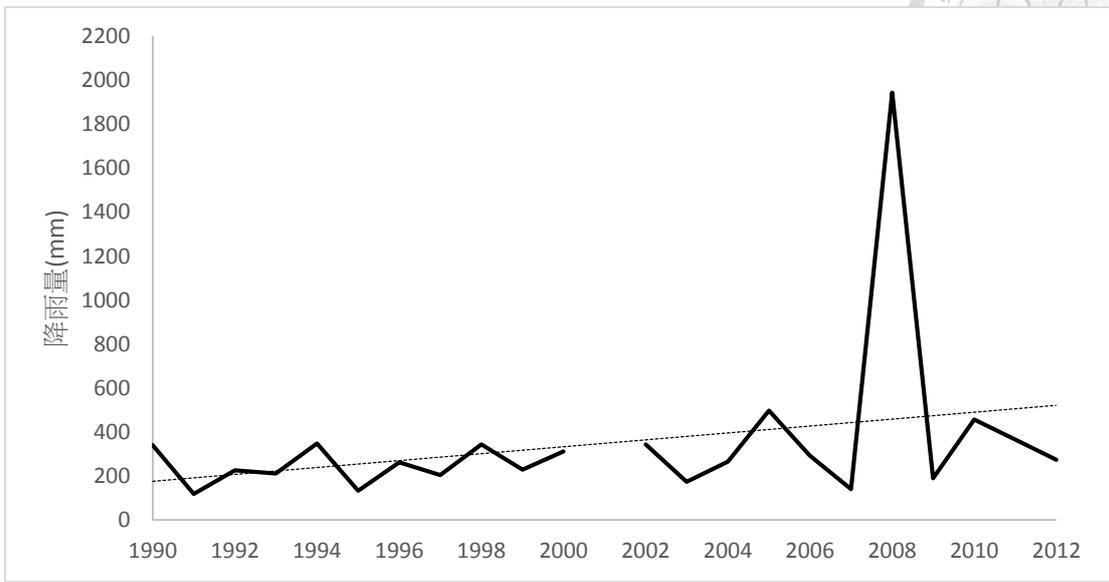


圖 13 1990~2012 年溪頭自然教育園區秋季降雨量圖

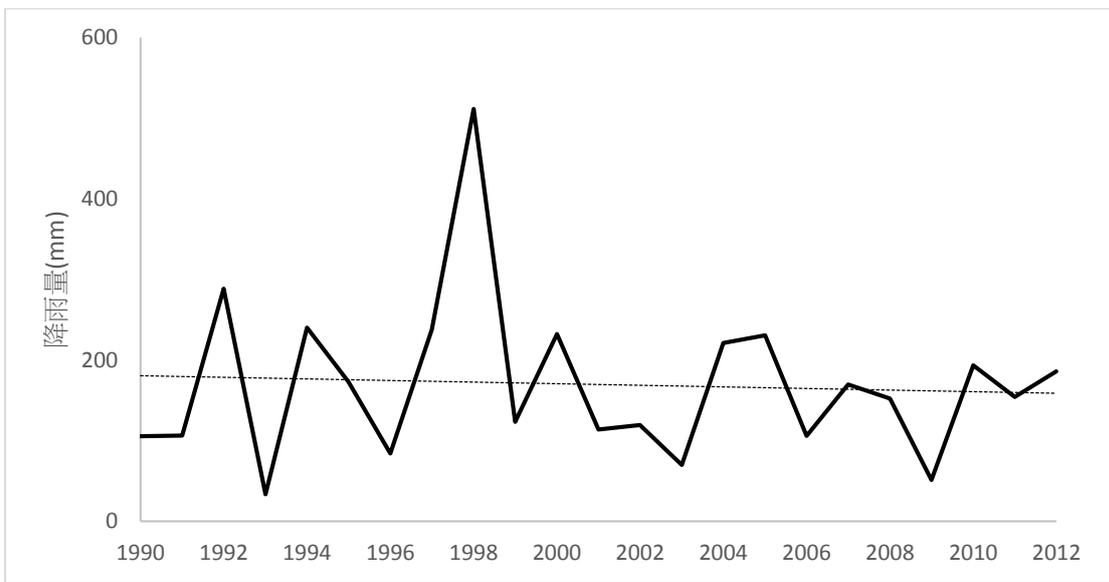


圖 14 1990~2012 年溪頭自然教育園區冬季降雨量圖



二、TCI 值之敘述統計結果

(一) 以日資料轉換之 TCI 值計算結果

經計算後 1990~2012 年間各月份之 TCI 值結果如表 7，扣除因颱風災害造成溪頭氣象站觀測儀器毀損，因此無法獲取資料計算之闕漏值，有效資料共計有 262 筆。

TCI 計算結果中，1998 年 2 月之值最低僅 47.2，最高為 2009 年 10 月之值達 75.2。至 1990~2012 年之各月平均 TCI 值則以 10 月最高，為 67.6，最低則為 1 月之 55.7。

由圖 15 可見，1990~2012 年間，各月的 TCI 值多介於 Acceptable (50-59) 至 good (60-69) 之間，分別出現 92 次及 124 次，各佔有效資料筆數的 35.1% 及 47.3%，少有出現 very good(70-79)，分別為 5 次及 41 次，佔 15.6%；至於 Marginal (40-49) 則僅出現 5 次，佔 1.9%。整體而言，溪頭自然教育園區之 TCI 值平均雖然不高，但於研究期間內各月之 TCI 值月平均幾乎皆介於或高於 50-59 (Acceptable)，表示溪頭地區為一年四季皆適合旅遊之地區。

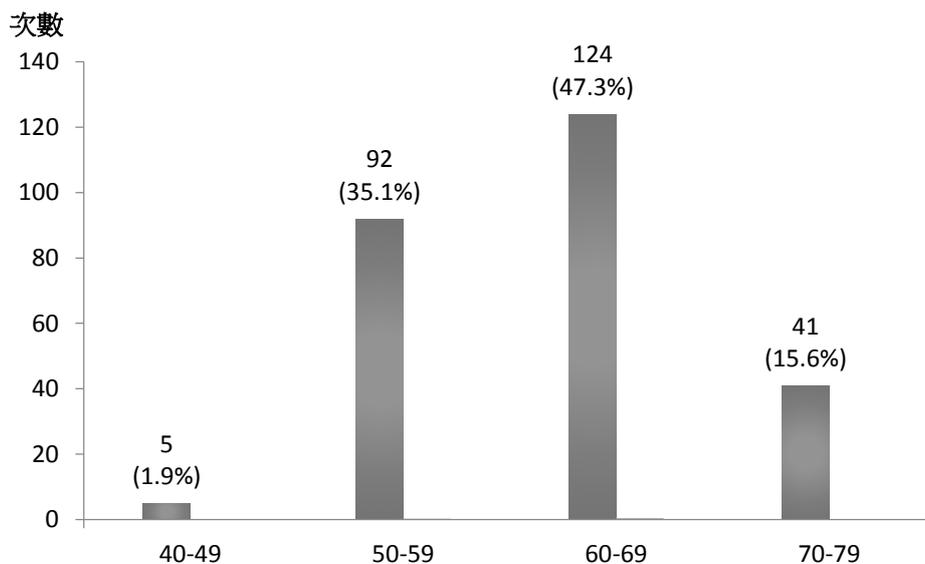


圖 15 1990~2012 年間各月份 TCI 值次數分布及百分比 (以日資料轉換)

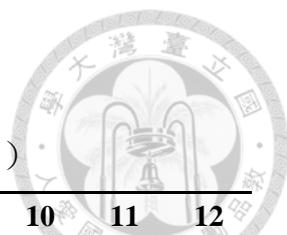


表 7 1990~2012 年各月份 TCI 值 (以日資料轉換)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1990	54.0	56.4	54.3	52.3	60.9	55.2	72.8	65.9	64.3	66.3	65.1	58.6
1991	56.0	55.5	61.4	65.8	68.0	63.4	69.7	69.5	65.3			57.2
1992	49.8	49.0	57.5	55.6		65.1	71.2	58.9	61.9	68.3	63.5	58.6
1993	49.8	59.8	56.0	58.7	62.4	64.6	68.4	69.3	72.4	65.3	63.8	60.5
1994	52.5	49.8	54.7	66.6	55.5	66.1	62.9	61.5	66.5	60.2	62.5	58.3
1995	53.5	48.7	52.8	66.0	57.5	69.7	60.9	63.0	68.9	74.7	62.9	58.1
1996	58.6	56.9	66.5	53.0	49.2	69.2		56.9	67.8	66.2	70.2	58.3
1997	53.1	48.6	58.1	57.8	58.5	53.9	64.3		59.2	65.6	63.8	54.4
1998	53.6	47.2	57.4	64.0	54.6	58.0	73.1	62.9	66.6	62.7	70.5	58.8
1999	55.8	58.2	63.2	58.2	53.7	64.5	57.6	60.0	63.6	66.0	57.7	51.1
2000	53.7	55.4	56.0	55.2	59.1	64.8	64.8	59.8	66.6	65.4	66.7	58.4
2001	53.5	61.8	59.1	52.5	56.7	57.0	65.7					
2002					49.7	70.8	66.8	69.4	64.4	69.2	69.3	59.8
2003	55.6	63.6	60.4	63.9	69.0	64.7	74.1	68.7	70.8	66.7	68.8	60.1
2004	51.9	55.6	56.4	58.5	60.7	56.0	62.2	65.0	60.8	58.4	68.0	58.3
2005	56.9	58.7	47.7	58.6	53.5	54.8	67.1	58.2	71.1	61.9	63.3	60.3
2006	64.7	69.4	57.8	61.2	57.7	60.6	66.3	65.6	69.4	73.1	64.2	61.8
2007	61.5	66.0	61.8	56.8	64.0	54.0	70.4	62.7	72.1	70.6	66.9	64.2
2008	57.3	51.4	60.8	58.5	62.3	68.0	64.0	74.2	62.1	73.4	64.2	60.5
2009	59.5	68.1	59.9	53.1	68.1	63.1	71.7	71.6	72.5	75.2	69.4	57.8
2010	56.5	59.7	65.9	58.2	66.1	59.5	69.8	65.0	64.4	72.3	69.4	67.1
2011	57.9	68.3	60.8	70.0	64.6	69.1	61.7	63.5	70.8	66.8	61.7	54.2
2012	54.6	57.1	65.9	56.3	60.5	57.6	67.8	60.0	70.5	69.1	59.6	58.3
月平均	55.7	57.5	58.8	59.1	60.1	62.1	67.0	64.6	66.9	67.6	65.3	58.9

溪頭地區於 1990~2012 年間 TCI 月平均值於 6~11 月較高（圖 16），而由各月份 TCI 次指標可以發現，影響溪頭地區 TCI 值變動之主要次指標為熱舒適度 (Cla、CId) 及降雨 (P) 指標，日照 (S) 及風 (W) 於各月份間之變動較小。

倘再將一年區分為春 (3~5 月)、夏 (6~8 月)、秋 (9~11 月)、冬 (12~2 月) 四季比較可發現(圖 17、表 8、表 9)，於一年中夏季之熱舒適度部分雖較高，但因夏季之降雨量亦高於其他季節(圖 17、表 9)，導致夏季於降雨指標部分評價甚低，然秋季除風指標居於第三高外，其餘之各項次指標均居於次高，使溪頭地區 TCI 值最高出現於秋季，其餘依序為夏季、春季、冬季，因此依據旅遊季節舒適分類 (表 6)，溪頭自然教育園區屬於秋季舒適型之旅遊氣候型。

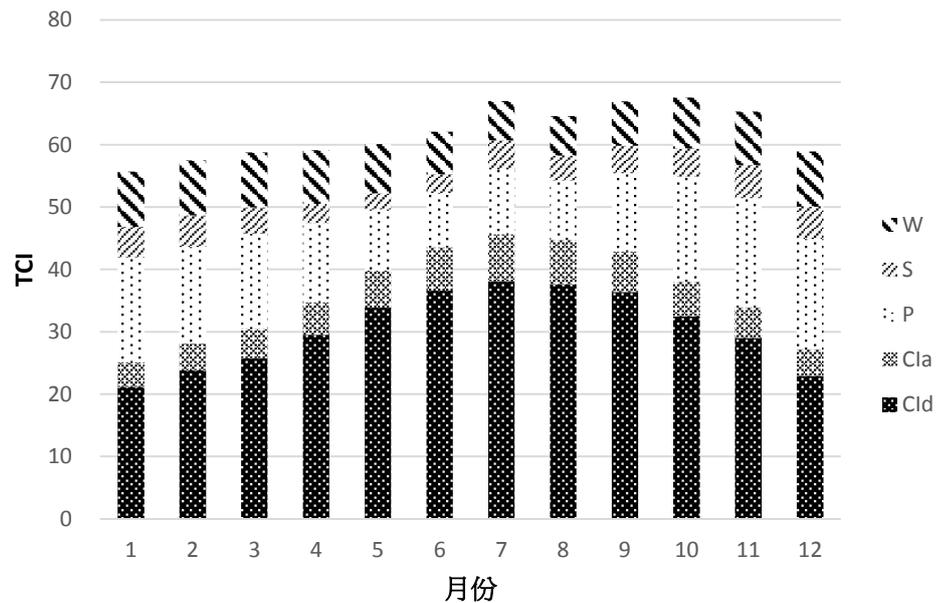


圖 16 1990~2012 年各月份 TCI 平均值分布圖 (以日資料轉換)

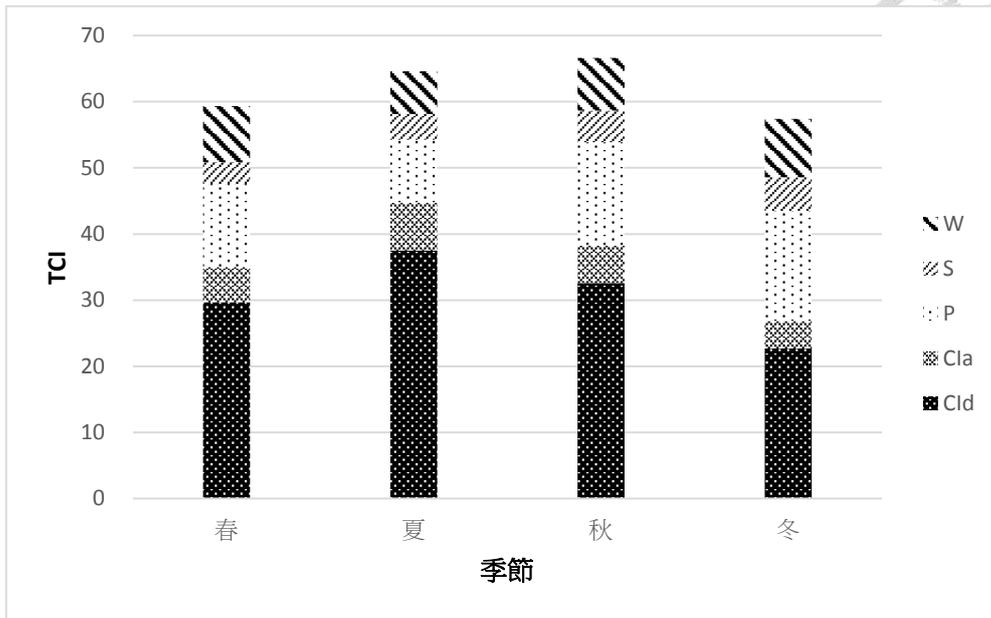


圖 17 1990~2012 年各季 TCI 平均值分布圖 (以日資料轉換)



表 8 1990~2012 年各季 TCI 值 (以日資料轉換)

	春	夏	秋	冬
1990	55.9	64.8	65.2	56.6
1991	65.1	67.6	65.3	56.3
1992	56.5	65.1	64.6	52.6
1993	59.0	67.5	67.1	58.8
1994	58.9	63.5	63.0	53.6
1995	58.6	64.5	68.9	53.4
1996	56.2	65.1	68.0	58.0
1997	58.1	59.6	62.9	52.1
1998	58.6	64.7	67.0	53.4
1999	57.8	60.7	62.4	54.3
2000	56.8	63.1	66.2	55.8
2001	56.1	61.3		57.4
2002	49.7	68.7	67.7	59.8
2003	64.4	69.2	68.7	59.8
2004	58.5	61.1	62.4	55.2
2005	53.2	60.1	65.4	58.6
2006	58.8	64.2	68.9	65.2
2007	60.9	62.5	69.9	63.8
2008	60.6	68.8	66.7	56.5
2009	60.3	69.6	72.4	61.6
2010	63.4	64.8	68.7	61.1
2011	65.1	64.7	66.4	59.9
2012	60.9	61.9	66.5	56.6
季平均	59.3	64.6	66.6	57.4

表 9 1990~2012 年季 TCI 及各次指標平均值 (以日資料轉換)

	Cld	Cla	P	S	W	TCI
春	3.7	2.6	3.1	0.8	4.2	59.3
夏	4.7	3.6	2.4	1.0	3.2	64.6
秋	4.1	2.8	3.9	1.2	4.0	66.6
冬	2.8	2.1	4.2	1.3	4.4	57.4



(二) 以月資料轉換之 TCI 值計算結果

以月資料轉換之 TCI 值計算結果如表 10，於 1990~2012 年研究期間內，其中 1994 年 2 月、1998 年 2 月及 2005 年 3 月之值最低僅 33，2009 年 10 月之值達 81 為最高，各月之 TCI 平均值以 10 月 64.3 最高，最低則為 4 月的 47.6。

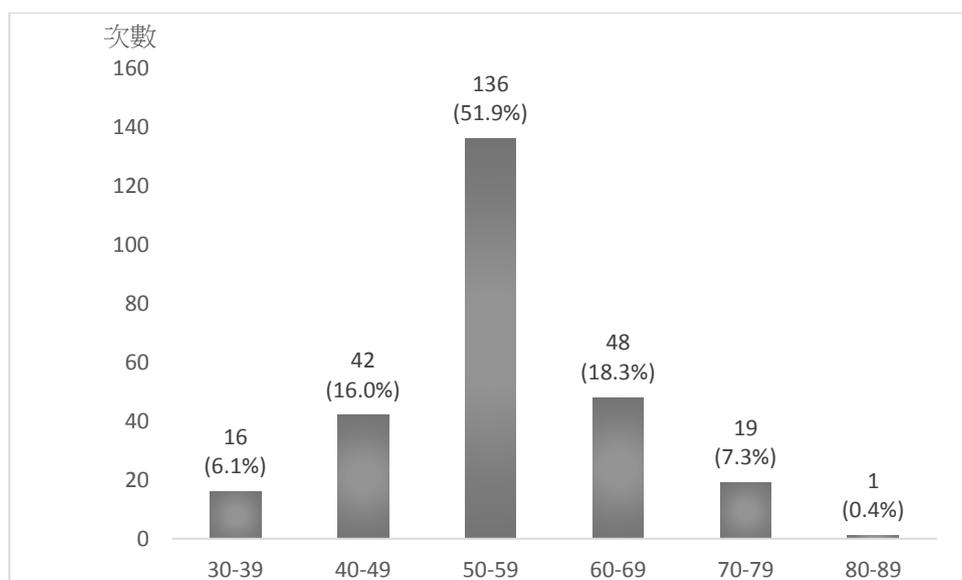


圖 18 1990~2012 年間各月份 TCI 值次數分布及百分比 (以月資料轉換)

由圖 18 可見，1990~2012 年間，以月資料轉換之 TCI 值，各月的 TCI 值多介於 Acceptable (50-59)，共出現 136 次，佔有效資料筆數的 51.9%；Good (60-69) 及 Marginal (40-49) 次之，分別出現 48 次、42 次，分別佔 18.3% 及 16.0%；至 unfavorable (30-39) 及 very good (70-79) 分別出現 16 次及 19 次，各佔 6.1% 及 7.3%；而 Excellent (80-89) 更僅出現 1 次，佔 0.4%。

表 10 1990~2012 年各月份 TCI 值 (以月資料轉換)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1990	55	51	49	42	46	51	72	55	53	58	64	59
1991	59	53	58	64	63	56	58	58	65			53
1992	51	35	40	40		57	60	55	51	68	61	59
1993	54	59	41	42	47	58	58	58	67	68	56	59
1994	51	33	47	60	45	56	56	53	63	38	65	56
1995	54	43	39	56	46	58	58	57	67	74	64	59
1996	57	55	64	34	40	58		55	57	66	72	59
1997	53	33	40	48	46	51	57		46	62	64	55
1998	39	33	38	48	49	56	70	56	51	46	72	58
1999	57	59	60	54	42	61	56	51	57	62	60	45
2000	57	45	50	38	47	56	56	56	59	55	58	51
2001	45	59	46	36	47	51	56					
2002					51	71	59	59	55	68	68	49
2003	53	63	58	50	55	56	74	56	72	62	68	59
2004	55	49	54	48	51	46	53	51	51	55	68	45
2005	55	39	33	54	46	49	55	51	57	48	62	59
2006	59	72	40	53	53	54	58	58	64	79	54	55
2007	49	64	58	36	55	53	59	56	69	76	64	63
2008	51	51	60	42	51	70	58	73	55	71	56	57
2009	61	66	38	37	65	59	60	68	66	81	70	57
2010	53	54	62	42	55	55	57	57	58	78	69	63
2011	48	67	55	74	55	57	57	56	74	66	50	53
2012	47	52	66	50	55	54	57	54	67	70	42	57
總計	52.9	51.6	49.8	47.6	50.5	56.2	59.3	56.8	60.2	64.3	62.2	55.9

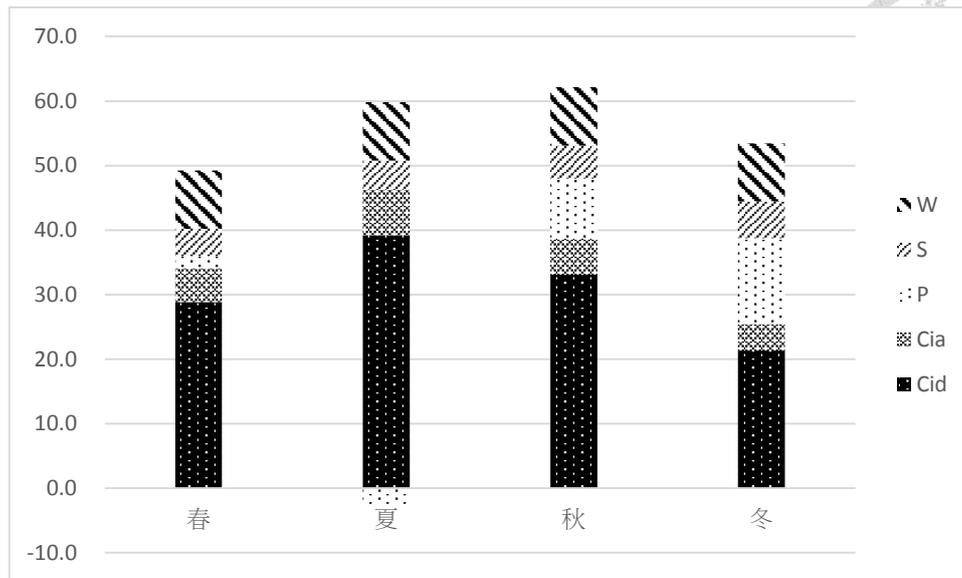


圖 19 1990~2012 年各季 TCI 平均值分布圖 (以月資料轉換)

倘將以月資料轉換的 TCI 及其各次指標區分為一年四季來看(圖 19、表 11)，可發現雖然夏季為一年中熱舒適度最佳的月份，然而由於夏季的降雨量較多，使得夏季的降雨指標之評價為負值，而使得 TCI 的評價降低；而秋天除風指標為最高外，其餘指標皆居於次高，為一年中 TCI 值最高的季節，依據旅遊季節舒適分類(表 6)，溪頭自然教育園區屬於秋季舒適型之旅遊氣候型，和以日資料轉換的 TCI 值呈現相同的結果。

表 11 1990~2012 年季 TCI 及各次指標平均值 (以月資料轉換)

	Cid	Cia	P	S	W	TCI
春	28.8	5.2	1.9	4.2	9.1	49.3
夏	39.2	7.1	-2.4	4.5	9.0	57.4
秋	33.1	5.6	9.3	5.1	9.1	62.2
冬	21.3	4.1	13.3	5.7	9.0	53.5



三、變異數分析

根據以日氣象資料進行轉換之 TCI 及其次指標的變異數分析結果(表 12),不同季節之 TCI 及各次指標值皆達顯著水準,再依 Tukey 事後比較分析結果,溪頭地區之 TCI 值,秋季顯著高於夏季、春季及冬季,且各季節間皆有顯著差異。

各項次指標方面,日熱舒適度(CIa)及日間熱舒適度(CId)兩項,夏季皆顯著的高於秋季、春季及冬季,且各季節間皆有顯著差異;降雨(P)舒適指標,冬季顯著的高於秋季、春季及夏季,各季節間皆有顯著差異;日照(S)項中,秋季及冬季顯著高於夏季、春季,秋、冬二季間則無顯著差異;風(W)項中,冬季顯著高於春季、秋季、夏季,且各季節間皆有顯著差異。

表 12 1990~2012 年季 TCI 值及其次指標之平均與變異數分析

季節	8CId	2CIa	4P	4S	2W	TCI
春	29.7 ^{1c2}	5.3 ^c	12.6 ^c	3.3 ^c	8.4 ^b	59.3 ^c
夏	37.5 ^a	7.2 ^a	9.5 ^d	3.9 ^b	6.5 ^d	64.6 ^b
秋	32.6 ^b	5.6 ^b	15.6 ^b	4.8 ^a	8.0 ^c	66.6 ^a
冬	22.7 ^d	4.2 ^d	16.7 ^a	5.0 ^a	8.8 ^a	57.4 ^d
F 值	1715.54 ^{**}	2590.72 ^{**}	231.44 ^{**}	53.18 ^{**}	844.77 ^{**}	156.04 ^{**}

註：¹平均值；²事後比較(Tukey)之同質子集；**P<0.01

而倘針對 1990~2012 年間各月份之 TCI 值進行變異數分析，各月份之 TCI 值達顯著水準，再依 Tukey 事後比較分析結果（表 13），於春季的 3~5 月，於月份間的舒適度無顯著差異；於夏季的 6-8 月，7 月顯著高於 6 月，而 7 月與 8 月間及 6 月與 8 月間則無顯著差異；於秋季的 9~11 月，於月份間的舒適度無顯著差異；12 月顯著高於 1 月，而 12 月與 2 月間及 1 月與 2 月間，則無顯著差異。

表 13 1990~2012 年各月份 TCI 值之平均與變異數分析

月 份	1 ^{1f}	2 ^{ef}	3 ^e	4 ^e	5 ^{de}	6 ^{cd}	7 ^{ab}	8 ^{bc}	9 ^{ab}	10 ^a	11 ^{ab}	12 ^e
TCI	55.7	57.5	58.8	59.1	60.1	62.1	67.0	64.6	66.9	67.6	65.3	58.9

註：¹事後比較（Tukey）之同質子集

F 值=42.817 P<0.01



四、氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響

於表 14 及圖 20 中，以 TCI 為對照組，呈現將 1990~2012 年間的日均溫分別調升 0.5°C、1°C、2°C 再進行逐日 TCI 的計算的結果，並以 TCI+0.5、TCI+1、TCI+2 分別表示。

氣溫為影響熱舒適度指標評價的因子之一，計算結果顯示，當研究期間之日均溫增加 0.5°C~2°C 時，各季節之 TCI 值平均皆呈現上升的趨勢，於均溫上升 2°C 時，春季至冬季的 TCI 值分別增加 5.3、1.2、4.3 及 3.8，以春季的 TCI 值升高最多。於 TCI 的季節分布上，仍皆呈現秋季高於夏季、春季、冬季，依據旅遊季節舒適分類（表 6）屬於秋季舒適型之旅遊氣候型，和原本的 TCI 值，呈現同樣的結果。

當氣溫上升時，春季、秋季及冬季的 TCI 值增加的日數亦隨之上升，至夏季則於溫度上升 1°C 時 TCI 值增加的日數上升，於氣溫上升 2°C 時，則呈現下降（表 15）；而 TCI 值降低的日數，則於各季皆隨其氣溫上升而增加（表 16）。

當 PET 介於 -20°C~20°C 時，熱舒適度的評價隨 PET 上升而提升，而當 PET 介於 20°C~27°C 時，熱舒適度的評價不變，至溫度介於 27°C~36°C 時，熱舒適度的評價隨 PET 上升而下降（表 1），倘將評價的標準與當氣溫上升時 TCI 值改變的日數做對照可發現，原先熱舒適度較佳的夏季，於氣溫上升 2°C 時，可能是由於其氣溫達評價上升的臨界點 27°C，所以 TCI 值上升的天數較氣溫升高 1°C 時減少；而原先熱舒適度評價較差的冬季，TCI 值上升的天數隨氣溫升高有明顯的增加，而隨 TCI 下降的天數，則僅有於氣溫上升 2°C 時的 3 天。

表 14 氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響

	TCI	TCI+0.5	TCI+1	TCI+2
春	59.3	61.1	62.4	64.6
夏	64.6	65.3	65.7	65.8
秋	66.6	67.7	68.9	70.9
冬	57.4	58.0	59.0	61.2



表 15 氣溫上升時 TCI 值上升之天數

	TCI+0.5	TCI+1	TCI+2
春	1039	1532	1808
夏	1068	1614	1469
秋	831	1456	1763
冬	441	984	1566

表 16 氣溫上升時 TCI 值下降之天數

	TCI+0.5	TCI+1	TCI+2
春	16	34	83
夏	188	266	479
秋	28	49	110
冬	0	0	3

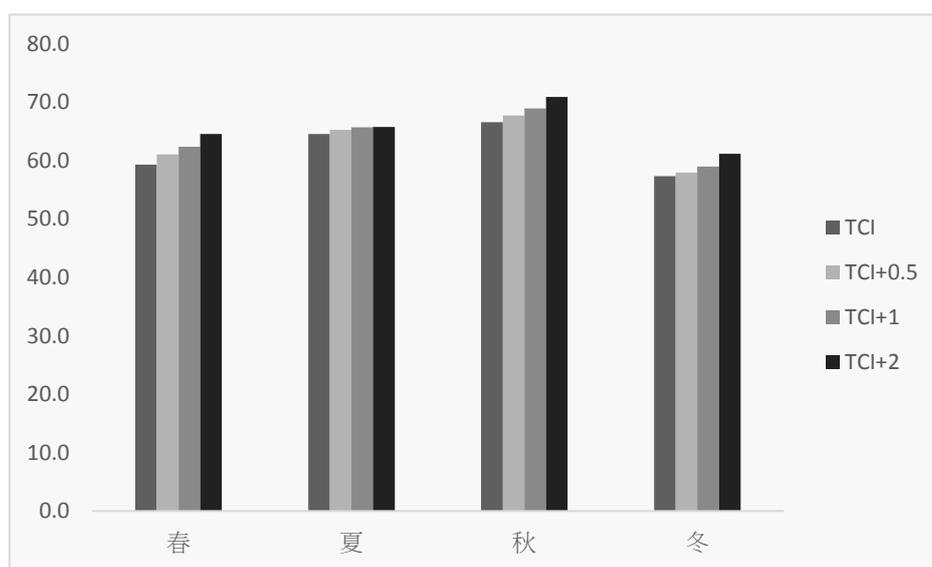


圖 20 氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響



五、綜合討論

(一) 利用月、日資料轉換 TCI 值各次指標之比較

本部份針對由月資料及日資料(於圖 21~圖 22 皆以 m 表示以月資料轉換,以 d 表示由日資料轉換)進行轉換的 TCI 值之各季、各次指標值進行討論,以了解何種資料轉換方式,較適合作為建立溪頭自然教育園區之 TCI 指標計算之方式。

以下首先依各次指標值係由月(日)平均(熱舒適度、風及日照指標)或月(日)總和(降雨指標)進行 TCI 值轉換,分為 2 類進行討論,再進行以日、月資料進行 TCI 值轉換結果的差異討論。

1. 以月(日)平均進行轉換之 TCI 值次指標：

由圖 21 可看出,以月(日)平均進行轉換之 TCI 值次指標,包括熱舒適度、風及日照指標,以月資料或日資料進行次指標的評價,其差距不大,介於 0~2.5 之間。

2. 以月(日)總和進行轉換之 TCI 值次指標：

1990~2012 年間溪頭自然教育園區的平均年降雨量高達 2225mm,其中 4~9 月,也就是主要春季與夏季之降雨量即佔 1908.5mm,達全年降雨量之 85.8%。春季有因梅雨所帶來連綿不斷的降雨,每年的夏季,則是颱風襲台的高峰期,颱風常會夾帶著強而集中的豪雨,常對台灣地區造成災害,如:2001 年的桃芝颱風及 2004 年的敏督利颱風,除了對溪頭帶來了大量的降雨,也破壞了溪頭的硬體設施。

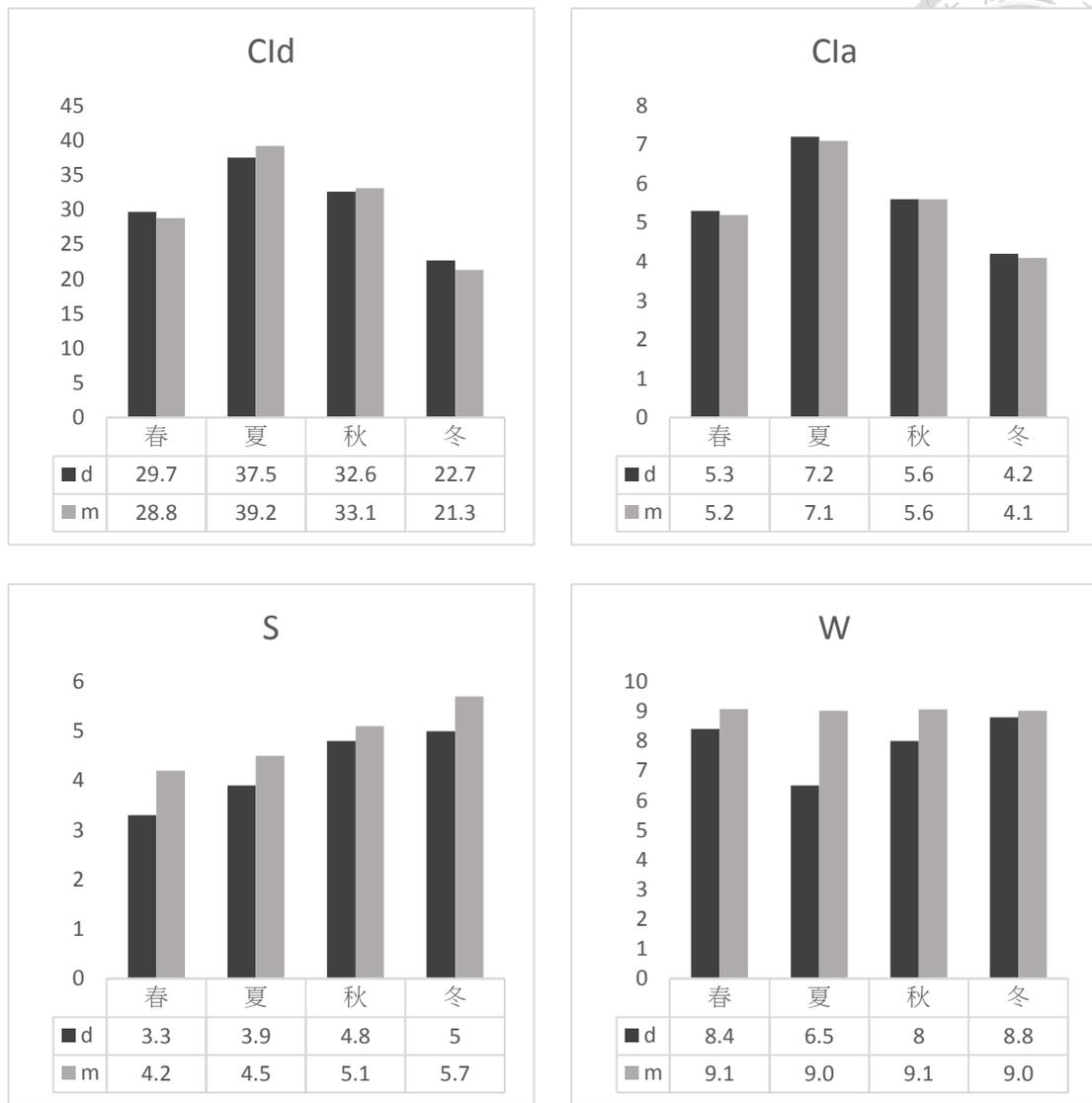


圖 21 以月（日）平均進行轉換之 TCI 值次指標比較圖

降雨指標為 TCI 值中唯一以月（日）平均進行轉換之次指標，由圖 22 可看出，以月（日）總和進行次指標的評價，其差距較以月（日）平均進行轉換的次指標為大，介於 3.4 至 11.9 之間，其中秋、冬兩季的差距分別為 6.3 及 3.4，和春、夏兩季差距分別為 10.7 及 11.9 相較為小，推測其差距的成因主要係由於集中的降雨所造成。

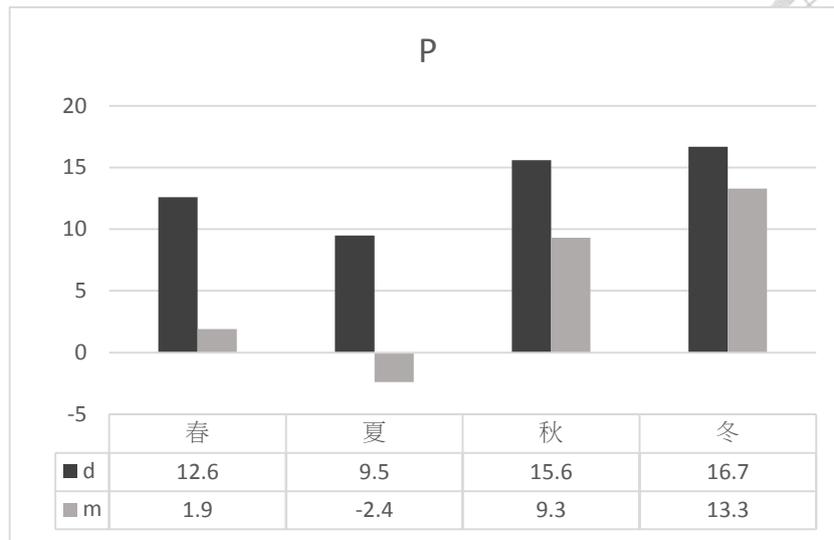


圖 22 以月（日）總和資料轉換之 TCI 值次指標計算結果

由於 Mieczkowski (1985) 所提出的 TCI 所採用的是月總降雨量來做為評價的標準，倘應用於降雨較多且集中的地區，可能會受到月份內連續多日的惡劣天氣影響，而無法反映真實的舒適度狀況，如：春天的梅雨或夏天時颱風所帶來的集中降雨常使得 P 項的單月評價下降至 0（月總雨量 $\geq 150\text{mm}$ ），使得 TCI 的整體評價因此而降低。

舉例來說，以月資料轉換之 TCI 指標，冬季為溪頭的乾季，很少有降雨事件的發生，2002 年 12 月（TCI=42）降雨量為 119.5mm，然而全月降雨天數只有 8 天，且有 80mm 集中於 19~21 日，但降雨指標(P)指標因為集中的降雨而只有 1.5；1998 年 1 月（TCI=39）總降雨量為 138.5mm，但全月降雨天數只有 8 天，且其中 117mm 的降雨集中於 14~15 日，降雨指標(P)指標也因此僅 0.5。

集中降雨影響整體評價的情形也常在夏天發生，如 2001 年 7 月(TCI=56) 重創溪頭的桃芝颱風，在一天內便降下了 177.5mm 的降雨，但實際上該年 7 月降雨 $< 1\text{mm}$ 的天數有 20 天，也因此雖然多數日感受可能並不差，但 TCI 的整體評價卻不高。

另於 1990~2012 年間計有 10 個年份之夏季其值低於 0 以下，倘以日資料

轉為 P 次指標，單日評價低於 0 以下（即日總雨量 $\geq 5\text{mm}$ ）的天數僅 713 日，因此，倘參考 Perch-Nielsen *et.al.* (2008) 將逐日降雨量直接進行逐日 P 次指標值評價的轉換，將可避免日豪雨量等集中降雨部分對於評價結果所造成的影響，獲得更貼近實際感受的旅遊氣候指數，此種修正亦和 Mieczkowski (1985) 曾考慮使用平均降雨量 $> 1\text{mm}$ 的天數作為 P 次指標衡量方法的想法一致。

3. 以日、月資料進行轉換結果的差異

由圖 15 及圖 18 可見，由日資料進行轉換的 TCI 值其結果分布於 40-79 之間，較以月資料進行轉換 TCI 值其資料分布於 30-89 之間為集中，其差異係由於以月資料進行轉換時，易受少數幾日的天氣狀況，使其月平均受到影響，或因將月氣象資料進行平均的過程，將原本皆為較不舒適情況的氣象狀況，變為舒適，而產生較為極端的值，比起以日資料進行的 TCI 值轉換，較為不精準。

以 2009 年 10 月為例，該月份無論是以日資料或是月資料進行 TCI 值之轉換，皆為本研究期間最高的月份，經檢視其各項次指標，除 P 次指標均為 4.5 以外，其餘各項次指標均有所差異，致其計算之結果有所不同。

表 17 以月、日資料進行的 TCI 值轉換結果比較—以 2009 年 10 月為例

	CI _d	CI _a	P	S	W	TCI
日	4.7	3.6	4.5	1.3	3.5	75.2
月	5	3.5	4.5	1.5	5	81

註：以日資料轉換之次指標值，以四捨五入取至小數點第 1 位。



(二) 不同季節影響溪頭自然教育園區之 TCI 次指標

各季節在溫度及雨量等氣候狀況上不盡相同，因此對於各季節 TCI 造成不同的影響，而年與年間的氣候狀況亦不盡相同。

本部分以日資料轉換之 TCI 值進行討論，1990~2012 年間溪頭地區各季之 TCI 值與各次指標比例如表 9，以下針對不同季節以及該季節變動較大之年度（±1.5 標準差）進行討論，以瞭解影響 TCI 變動的主要因子為何。

1. 春季

熱舒適度（CIa 及 CIb 項）佔春季 TCI 值的 59.0%，每年 5 月是台灣的梅雨季節，常有連綿不斷的細雨（1990~2012 年 5 月雨量平均為 293.35mm），使得春天降雨指標評價較低，於加權後最高為 20 的降雨指標(4P)中僅獲得 12.6。經檢視與其他年份 TCI 值差距較大的年份，降雨舒適度為造成春季 TCI 值變動主要原因（表 18），1991 年及 2011 年的降雨指標(4P)分別為 16.2 及 15.0，較春季平均的 12.6 高出許多，而 2002 年雖其其餘次指標和其餘年度相較差異不大，但其降雨指標(4P)僅為 3.3，使得該年的整體 TCI 評價較低。

而 2005 年春季則是因其除風指標(2W)9.0 較其他年份之平均 8.4 略高，其餘舒適度次標均較往年為低，使得整體的 TCI 值評價較往年為低。

表 18 1990~2012 年間春季 TCI 值變動較大之年份

	8CIb	2CIa	4P	4S	2W	TCI
1991	30.5	5.5	<u>16.2</u>	4.9	8.0	65.1
2011	33.1	6.1	<u>15.0</u>	2.3	8.6	65.1
2002	29.4	7.0	<u>3.3</u>	0.0	10.0	49.7
2005	26.6	4.8	10.0	2.8	9.0	53.2
平均值 ¹	29.7	5.3	12.6	3.3	8.4	59.3(3.7) ²

註：¹1990~2012 年間平均值；²1990~2012 年間標準差



2.夏季

在夏季時，溪頭自然教育園區於夏季時溪頭熱舒適度條件佳，熱舒適度的評價（含 CId 及 CIa）為一年中最佳的季節，於加權後最高 50 的熱舒適度指標中，平均獲得 44.7；而於降雨方面，由於夏季為溪頭降雨的高峰期，午後雷陣雨及颱風為溪頭帶來了豐沛的雨量，於 1990~2012 年間，夏季的平均降雨量為 1139.3mm，占全年總降雨量的 51.2%，降雨指標(4P)的評價平均 9.5 為一年中最低的季節。

經檢視與其他年份 TCI 值差距較大的年份，降雨指標為造成夏季 TCI 值變動主要原因（表 19），2003 年及 2009 年之降雨指標（4P）分別為 12.1、13.7，較其他年份的平均值 9.5 為佳；而 1997 年除日照及風指標較其他年份之值略高外，熱舒適度（含 8CId 及 2CIa）42.9 亦較其他年份平均 44.7 為低，而其降雨指標僅 5.4，則是其整體 TCI 評價較其他年份為低的主因。

表 19 1990~2012 年間夏季 TCI 值變動較大之年份

	8CId	2CIa	4P	4S	2W	TCI
2003	38.7	7.6	<u>12.1</u>	5	5.8	69.2
2009	38.7	9.2	<u>13.7</u>	3	5	69.6
1997	36.4	6.5	<u>5.4</u>	4.1	7.2	59.6
平均值 ¹	37.5	7.2	9.5	3.9	6.5	64.6(3.0) ²

註：¹1990~2012 年間平均值；²1990~2012 年間標準差



3.秋季

秋季為一年中 TCI 評價最高的季節，5 項次指標當中除風指標 (W) 位於第三高外，其他 4 項皆為次高。

經檢視與其他年份 TCI 值差距較大的年份，其中，2009 年秋季 (表 20)，該年除熱舒適度 (含 8CI_d 及 2CI_a) 43.5 較其他年份平均 38.2 為佳，且進入 10 月後無秋颱所帶來的降雨，使得降雨指標(4P)16.8 亦較其他年份之平均 15.6 為高，因而使 2009 年 TCI 值較高；而較其他年份 TCI 值平均為低的 1999 年及 2004 年亦是由於其熱舒適度平均皆為 34.0 較其他年份為低所造成。

表 20 1990~2012 年間秋季 TCI 值變動較大之年份

	8CI _d	2CI _a	4P	4S	2W	TCI
2009	<u>36.2</u>	7.3	<u>16.8</u>	5.2	6.9	72.4
1999	<u>28.7</u>	5.3	15.9	4	8.5	62.4
2004	<u>29.1</u>	4.9	15.7	3.9	8.8	62.4
平均值 ¹	32.6	5.6	15.6	4.8	8.0	66.6(2.6) ²

註：¹1990~2012 年間平均值；²1990~2012 年間標準差

4.冬季

溪頭自然教育園區之冬季氣候較為寒冷，熱舒適度評價亦較差，於加權後最高 50 的熱舒適度 (含 8CI_d 及 2CI_a) 指標中，平均獲得 26.9，為一年中熱舒適度評價最差的季節，但由於冬季為乾季，沒有颱風亦沒有梅雨，較少發生降雨事件影響旅遊，1990~2012 年間冬季的平均降雨量為 169.9mm，僅佔全年降雨量的 7.6%，降雨指標(2P)在冬季獲得 16.7 的評價，為一年中降雨指標最佳的季節。

而冬季平均值較其他年度高的 2006 年及 2007 年(表 21)，均是由於該年的熱舒適度分別為 34.1 及 31.7 (含 CId 及 CIa) 較其他年份之平均值 26.9 為佳，且降雨指標亦也較舒適，使得 TCI 值較其他年份的冬季平均高出許多。

表 21 1990~2012 年間冬季 TCI 值變動較大之年份

	8CId	2CIa	4P	4S	2W	TCI
2006	<u>29.5</u>	4.6	17.6	4.9	8.6	65.2
2007	<u>27.3</u>	4.4	17.2	6.1	8.8	63.8
平均值 ¹	22.7	4.2	16.7	5	8.8	57.4(3.5) ²

註：¹1990~2012 年間平均值；²1990~2012 年間標準差

(三) 日照指標

日照在 TCI 中佔了 20%的比例，以日照時間的長度進行評價，但溪頭自然教育園區於日照指標所得的評價都相當地低，於滿分 5 分中，分別僅獲得春季 0.8、夏季 1.0、秋季 1.2、冬季 1.3，經加權後為春季 3.3、夏季 3.9、秋季 4.8、冬季 5 (表 9)，即每日平均的日照時間少於 4 小時，而其中冬季的日照指標 1.3 為一年最高的季節，和一般所認知冬天的日照時間較短有所不同，推測其原因可能是由於冬季降雨較少，使得其日照時間較長。

此外，溪頭自然教育園區位於谷地，三面環山，陽光較晚才能照射到，且溪頭在午後容易起霧，造成日照的時間減短，亦可能為溪頭地區全年的日照評價皆不高的原因。

伍、結論



一、溪頭自然教育園區的氣候情況

(一) 氣溫

於本研究期間 1990~2012 年間，溪頭地區的年均溫為 16.8°C，且年均溫自 1990 年以來，以每年 0.013°C 的趨勢往上升。而於各季的季均溫，春季為 16.6°C、夏季為 20.3°C、秋季為 17.7°C、冬季為 12.5°C，且四季的季均溫皆是呈現上升的趨勢。

(二) 降雨量

溪頭自然教育園區的平均年降雨量為 2,225mm，降雨量主要集中於春季至初秋的 4 月~9 月，10 月~3 月為溪頭的乾季，降雨量較少；年與年間的年降雨量值相差最多達 3 倍之多，年間變動相當地大，自 1990 年以來，以每年約 15.8mm 的趨勢往上升。

而於各季的季降雨量，春季為 581.8mm、夏季為 1139.3mm、秋季為 349.2mm、冬季為 169.9mm，其中夏季的降雨量佔年總降雨量的 51%，為一年中降雨量最多的季節。至降雨量的趨勢方面，於夏季與秋季，分以年降雨量 4.38mm 及 15.68mm 的趨勢往上增加，而於春季與冬季，則分以 3.27mm 及 0.98mm 的趨勢往下減少。

整體而言，溪頭自然教育園區的氣候以夏季及秋季的氣溫條件較為舒適，然夏季為降雨量較多的季節，會影響戶外遊憩活動的進行；而春季為稍有寒意且潮濕的季節，冬季的氣候則較為乾冷。



二、溪頭自然教育園區的 TCI 值

本研究係以溪頭自然教育園區為例，藉由 Mieczkowski (1985) 所提出 TCI 建立溪頭地區之旅遊舒適度指數，並進一步分析比較一年中溪頭地區之旅遊舒適度變化及影響舒適度指數變化之因子，以做為經營管理之參考。

於本研究中，嘗試將 TCI 值的計算上進行兩個部分的微調，其一為為避免「有效溫度」過於高估濕度對於溫度所造成之影響 (Farajzadeh and Matzarakis, 2009)，利用「生理平衡溫度 (Physiologically Equivalent Temperature, PET)」(Matzarakis, 2006) 取代「有效溫度」進行計算；其二為嘗試將原本以月氣象資料轉換後給予評價的 TCI，修正為以逐日氣象資料轉換為 TCI 後再按月計算其月平均值，以避免如颱風或梅雨季節帶來的日豪雨量對於月評價結果所造成的影響，並加以討論何種方式較適合作為建立溪頭自然教育園區之旅遊氣候指數。

(一) 以日資料轉換之 TCI 值敘述性統計結果

1990~2012 年間，溪頭的 TCI 值多介於 50-69 間(82.4%)，在評價上屬於可接受 (Acceptable) 到舒適 (Good) 的範圍，平均 TCI 最高為秋季，其餘依序為夏季、春季、冬季，於 TCI 的季節分布則屬於秋季舒適型之型態。

(二) 以月資料轉換之 TCI 值敘述性統計結果

於 1990~2012 年間，溪頭的 TCI 值 50-59 (Acceptable)，佔 51.9%，其次為 60-69 (Good) 及 40-49 (Marginal)，分佔 18.3% 及 16.0%，一年中平均值最高的為秋季，其餘依序為夏季、春季、冬季，於 TCI 的季節分布上，亦是屬於秋季舒適型的型態。



(三) 以日資料及月資料轉換之 TCI 值比較

溪頭自然教育園區於 1990~2012 年間以日或月氣象資料進行轉換之 TCI 值，皆多介於或高於 50-59 (Acceptable) 以上，分別為 98% 及 77.9%，且各季的 TCI 平均幾乎在 50 以上（除以月資料進行轉換的春季 TCI 為 48.3 外），顯示溪頭自然教育園區為一年四季皆相當適合從事旅遊活動的地點。

於 TCI 的季節分布上，皆屬於秋季舒適型的型態，秋季除熱舒適度情況良好，且開始進入台灣中南部的乾季，颱風襲台的次數也逐漸減少，旅遊舒適度情況最佳，為溪頭自然教育園區最適宜旅遊的季節。

經比較以日或月資料進行轉換之 TCI 值各項次指標後發現，對於以月（日）平均進行轉換之 TCI 值次指標，其差異不大，但對於以月（日）總和進行轉換之 TCI 值次指標，於易發生單日高降雨量事件的季節，如春季的梅雨、夏季的午後雷陣雨及常發生於夏季及秋季的颱風，則於不同的資料轉換方式會造成差距。

此外，以日資料進行轉換的 TCI 值其結果較以月資料進行轉換 TCI 值其資料分布為集中，其差異係由於以月資料進行轉換時，易受少數幾日的天氣狀況，使其月平均受到影響，且可能由於將月氣象資料進行平均的過程，將原本皆為較不舒適情況的氣象狀況，變為舒適，而產生較極端的值。

因此倘將 TCI 應用於溪頭自然教育園區，可藉由將傳統的 TCI 轉換方式修正為將逐日氣象資料轉換為 TCI 後再按計算其月平均，則可對降雨指標部分進行修正，避免集中降雨事件或因月氣象資料進行平均時所造成的影響，以獲得更精準之旅遊氣候指數。



(四) 氣溫上升對於 TCI 值計算結果之影響

將 1990~2012 年間的日均溫分別調升 0.5°C 、 1°C 、 2°C 再進行逐日 TCI 的計算的結果顯示，各季節之 TCI 值隨著氣溫的升高而呈現上升的趨勢。其中，以春季的 TCI 值升高最多。而於 TCI 的季節分布上，於氣溫上升後，仍皆屬於秋季舒適型的型態。

當氣溫上升時，各季 TCI 值上升及下降的日數，除夏季於氣溫上升 2°C 時，TCI 值上升的日數為下降外，均呈現隨氣溫上升的趨勢。熱舒適度評價較佳的夏季，於氣溫上升 2°C 時，可能是由於其達熱舒適度評價的臨界點 $\text{PET}=27^{\circ}\text{C}$ ，使得 TCI 值上升的日數減少；而熱舒適度較差的冬季，TCI 值上升的天數隨氣溫升高增加，且 TCI 值下降的天數僅有 3 天。



三、不同季節影響溪頭自然教育園區 TCI 之次指標

各季節在溫度及雨量等氣候狀況上不盡相同，因此對於各季節 TCI 造成不同的影響，而於年與年間的氣候狀況亦不盡相同。在春季及夏季，為溪頭自然教育園區的雨季，降雨指標的評價較低，熱舒適度佔其 TCI 指數相當高的比重，秋季為一年中 TCI 評價最高的季節，5 項次指標當中除風 (W) 位於第三高外，其他 4 項皆為次高，熱舒適度及降雨指標等兩項次指標為秋季 TCI 中最主要之兩個次指標，而在冬季由於氣候較為寒冷，熱舒適度評價亦較差，在 TCI 的整體評價中所佔比重較輕，但由於冬季為溪頭自然教育園區之乾季，沒有颱風亦沒有梅雨，較少發生降雨事件影響旅遊，使得降雨指標在冬季 TCI 評價中所佔的比重較其他季節為高。

而經檢視 1990~2012 年間各季 TCI 值變動較大之年份，熱舒適度為造成冬季 TCI 值變動主要原因，降雨指標則為影響春季及夏季 TCI 值變動的主要原因，而秋季 TCI 值變動則是受熱舒適度或降雨指標的影響。

四、日照指標

日照指標在 TCI 中佔了 20% 的比例，但溪頭自然教育園區一年四季於日照指標所得的評價都相當地低，於滿分 5 分鐘，最高的冬季亦僅獲得 1.3，即每日的日照時間少於 4 小時，推測可能是由於溪頭位於谷地，三面環山，陽光較晚才能照射到，且溪頭在午後容易起霧，造成日照的時間減短，而使得全年的日照評價皆不高。

陸、建議



由於氣候是影響旅遊地發展的重要因子之一，隨著氣候情況的改變，旅遊地的舒適條件及旅遊資源亦受到一定程度之影響，如能透過了解旅遊氣候指數與旅客流量間的關係，將可作為未來經營管理上擬訂經營策略的參考，以下依據本研究結果提供相關建議，期能提供經營管理單位及未來研究者作為參考。

- 一、TCI 為針對踏青、登山活動等戶外休閒活動提出的旅遊氣候指標，其權重為作者主觀之認定，倘未來欲使評價更為客觀，亦可結合問卷調查以求計契合遊客的實際感受。
- 二、本研究發現，倘採用傳統 TCI 以月資料轉換為 TCI 值，易受颱風所帶來之短暫且集中大量降雨，會使降雨指標 (P) 大幅降低，使得和秋季相比，雖然夏天有較好的熱舒適度條件，惟常因颱風帶來的季中降雨影響整體的旅遊氣候指數，但於該月份中大多日數其實是相當適合旅遊的，因此未來若應用 TCI 於台灣地區，建議可採用以日氣象資料進行 TCI 值的轉換，以修正集中降雨所造成之影響，對降雨指標部分進行調整，避免如颱風等短期集中雨勢影響全月份，獲得更精確之旅遊氣候指數。
- 三、本研究僅針對 1990~2012 年間的氣象資料進行旅遊氣候指數的建立，並未將未來氣候情境的模擬納入研究，由於隨著氣候的改變，旅遊地的舒適條件及旅遊資源也會受到一定程度的影響，而遊客的流量除旅遊氣候指數外亦會受到天災前後（如：地震、颱風等）、平日、假日型態（如：單日休假、周休二日、連續假期等）、特殊物候（如：賞櫻、賞楓、賞雪）等因素的影響。因此，若能

瞭解各因子與旅客流量的關係，將可作為經營管理上擬訂策略的參考。

四、本研究係以溪頭自然教育園區為例建立旅遊氣候指數，而未來亦可將本模式套用於具有類似條件之戶外休憩場域，如林務局的森林遊樂區、平地森林園區及觀光局之國家風景區等，並結合各場域氣象資料及遊客流量等資料，建立各場域之遊客流量模式，瞭解其遊客數量於一年之中及年與年間的變動情形，並據以擬定相關經營策略，發展特色觀光，或辦理活動以平衡淡旺季之人潮(如：澎湖縣的花火節、臺東縣的熱氣球節均有效帶動當地的觀光人次)，除可提升場域的經營效益，亦可帶動周邊地區的發展。

柒、參考文獻



交通部中央氣象局 (2014)。農業氣象觀測。2014年7月7日取自
http://www.cwb.gov.tw/V7/eservice/docs/overview/observation/metro/agr_metro.htm。

交通部觀光局行政資訊系統(2012)。中華民國101年國人旅遊狀況調查。2014年6月25日，取自 <http://admin.taiwan.net.tw/statistics/market.aspx?no=133>。

邱祈榮、林鴻忠、王筱萱 (2005) 林美石磐步道暑期遊客滿意度之研究。臺灣大學生物資源暨農學院實驗林研究報告 19:281-291。

孫根年、馬麗君 (2007) 西安旅游氣候舒適度與客流量年內變化相關性分析。旅遊學刊 7(22): 34-39。

溪頭自然教育園區(2014)。2014年4月23日取自 <http://www.exfo.ntu.edu.tw/sitou/cht/>

溪頭自然教育園區多媒體導覽系統(2014)。2014年4月23日取自
<http://www.exfo.ntu.edu.tw/0ceducation/chi-tou/about.html>。

Amelung, B., D. Viner (2006) Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index. *Journal of Sustainable Tourism*. 14:349-366. DOI: 10.2167/jost549.0.

Becken, S., J. Hay (2007) *Tourism and climate change – risks and opportunities*. Channel View, Clevedon, UK.

Beniston, M. (2003) Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climate Change* 59: 5-31.

Berritella, M., A. Bigano, R. Rosan, R.S.J. Tol (2006) A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism. *Tourism management* 27:913-924

Bigano, A., D. Maddison, J.M. Hamilton , R.S.J.Tol (2006) The impact of climate on holiday destination choice. *Climatic Change* 76:389-406.

Bigano, A., J.M. Hamilton, R.S.J. Tol(2005) The impacts of climate on holiday destination choice. *Fundazione Eni Enrico Mattei. Working papers* 04.05.

Burki, R., H. Elsasser and B. Albergg (2003) Climate change – impacts on the tourism industry in mountain areas. 1st International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, Tunisia, 9-11 April.

Butler, R. (2001) Seasonality in tourism: issues and implications. In: Baum T, Lundtorps (eds) *Seasonality in tourism in tourism. Advances in tourism research series.* Pergamon, New York.

Crowe, R.B. (1976) *A Climate Classification of Northwest Territories for Recreation and Tourism.* Environment Canada, Toronto.

de Freitas, C.R. (1990) Recreation climate assessment. *International Journal of Climatology* 10: 89-103.

de Freitas, C.R., D. Scott and G. McBoyle (2008) A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. *International Journal of Biometeorology* 52(5): 399-407.

Elsasser, H., R. Burki (2002) Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research* 20(3): 253-257.

Endler, C., K. Oehler, Andrea Matzarakis (2010) Vertical gradient of climate change and climate tourism conditions in the Black Forest. *International Journal of Biometeorology* 54:45-61. DOI: 10.1007/s00484-009-0251-2.

Eugenio-Martin, J.L. and J.A. Campos-Soria (2010) Climate in the region of origin and destination choice in outbound tourism demand. *Tourism Management* 31:744-753. DOI: 10.1016/j.tourman.2009.07.015.

Farajzadeh, H., and A. Matzarakis (2009) Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. *Meteorological Applications* 16:545-555. DOI: 10.1002/met.155.

Gossling, S., P. Peeters, J. Ceron, G. Dubois, T. Patterson and R. Richardson (2005) The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics* 54:417-434. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2004.10.006.

Hamilton, J., M. Lau (2005) The role of climate information in tourist destination choice decision making. In: Gossling S, CM Hall(eds) *Tourism and global environmental change*. Routledge, London, p 229-250.

Hamilton, J.M. (2004) Climate and destinations choice of German tourists. *Fundazione Eni Enrico Mattei. Working papers* 21.04.

Harlfinger, O., (1991) Holiday biometeorology: a study of Palma de Majorca, Spain. *GeoJournal* 25:377-381.

Harrison, S.J., S.J. Winterbottom, and R.C. Johnson (2001) Climate Change and changing snowfall Patterns in Scotland. *Scottish Executive Central Research Unit Report No.14* Edinburgh: The Stationery office.

Kozak, M. (2002) Comparative analysis of tourist motivations by nationality and destinations. *Tourism Management* 23:221-232. DOI: Pii S0261-5177(01)00090-5.

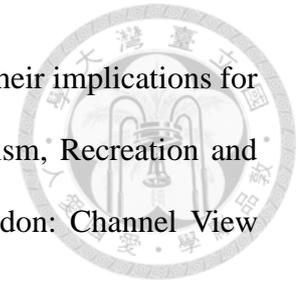
Lin, T.P. (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment* 44:2017-2026.

Lin, T.P., R. de Dear, R. L. Hwang (2011) Effect of thermal adaptation on seasonal outdoor thermal comfort. *International Journal of Climatology* 31:302-312.

Lise, W., R.S.J. Tol (2002) Impacts of climate on tourist demand. *Climate Change* 55:429-449

Maddison, D. (2001) In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists. *Climatic \ Change* 49:193-208.

Mather, S., D. Viner, G. Todd (2005) Climate and Policy changes: Their implications for international tourism. In C.M. Hall and J. Higham (eds) *Tourism, Recreation and Climate Change: International Perspectives* (pp 63-85). Clevedon: Channel View Publications.



Matzarakis, A., F. Rutz and H. Mayer (2006) Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology* 51:323-334. DOI: 10.1007/s00484-006-0061-8.

Matzarakis, A., F. Rutz, (2005) Application of RayMan for tourism and climate investigations. *Annalen der Meteorologie* 41(2):631-636.

Matzarakis, A., H. Mayer, M. G. Iziomon (1999) Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology* 43:76-84.

Mieczkowski, Z.,(1985) The tourism climatic index: A method of evaluating world climates for tourism. *The Canadian Geographer* 29(3): 220-233.

Mintel International Group (1991). Special report -Holidays. *Leisure Intelligence*, Mintel International Group, London.

Morgan, R., E Gatell, R. Junyent, A. Micallef, E. Ozhan, A. Williams. (2000) An improved user-based beach climate index. *Journal of Coastal Conservation* 6:41-50.

Perch-Nielsen, S.L., B. Amelung, et al. (2010) Future climate resources for tourism in Europe based on the daily Tourism Climatic Index. *Climatic Change* 103(3-4): 363-381.

O. M. o. T. a. Recreation (2002). *If the future were now: impacts of aging in the Canadian market on tourism in Ontario*. O. M. o. T. a. Recreation. Toronto.

Scott, D., S. Gössling, C. R. de Freitas (2008). "Preferred climates for tourism: case studies from Canada, New Zealand and Sweden. *Climate Research* 38:61-73.

Scott, D., G. McBoyle and M. Schwartzentruber (2004) Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America. *Climate Research* 27:105-117.

Zebisch, M., T.Grothmann, D. Schroter, C.Hasse, U. Fritsch, W. Cramer (2005) Climate change in Germany – vulnerability and adaptation of climate sensitive sectors. *Climate Change 10/05 Umweltbundesamt, Dessau.*

