

臺灣紫外線指數分析探討

陳圭宏 羅如惠
中央氣象局

摘 要

過度曝曬太陽光的紫外線，是皮膚癌、眼睛疾病(白內障)的重要原因，過度曝曬也會降低免疫系統能力。所以進一步瞭解紫外線情況，有效避開強紫外線的照射，可以享受安全陽光的好處及樂趣。紫外線指數(UVI)是根據紫外線各波長對皮膚曬傷引起紅斑的權重函數積分而得。氣象局自 1998 年 4 月開始有紫外線指數觀測，並逐年各地增設觀測站，目前已有 19 個紫外線指數觀測站。

分析臺灣紫外線指數(UVI)的分布，比較因緯度不同、東西部及平地高山 UVI 的差異。結果 1 月份由北至南，UVI 強度隨緯度減少而依序增強清楚，7 月份則分為兩組，緯度較低的南部 UVI 比中北部強。取緯度相近的東西部觀測站，1 月東部花蓮 UVI 明顯比西部的臺中 UVI 弱，但東部臺東 UVI 卻比西部高雄 UVI 強，7 月份東部花蓮 UVI 大幅度增強到和臺東相等，甚至比緯度較低的高雄 UVI 強。1 月份平地高山 UVI 強度，隨海拔高度增加而增強明顯，但 7 月份，中低海拔的日月潭 UVI 強度，和嘉義相近，顯示不出高山 UVI 強度的特徵，而高海拔的玉山 UVI，非常突出的比其他觀測站強很多，全年的 UVI 中數強度都達極強級(UVI=8~10)以上。

選取 8 個代表站，檢定臺灣 UVI 強度趨勢，結果臺中、高雄、臺東等 3 站通過 5%有意義水平負趨勢的檢定，嘉義通過 10%有意義水平負趨勢檢定，其他臺北、花蓮、恆春和玉山 4 站都無顯著趨勢。

關鍵字：紫外線指數(UVI)、紅斑、極強級

一、前言

1985年英國南極觀測站的科學家法曼(Joseph C. Farman)等人發現南極哈利灣(Halley Bay)上空，自1970年代至1980年代期間，臭氧含量呈大量減少趨勢，再經過人造衛星觀測資料的驗證，南極上空於9月時，臭氧量忽然急劇消失，有如南極上空出現一個巨大的臭氧洞。當時已經知道平流層臭氧最大的功用是吸收太陽輻射的紫外線，使地面生物免遭受紫外線強輻射的襲擊，相當於地面生物的保護層。科學家也知道，氟氯碳化物(CFCs)於平流層受紫外線照射分解出氯原子，會很強勢的和臭氧成連鎖反應，不斷催化臭氧反應成氧分子。由於國際社

會體認到氟氯碳化物(CFCs)對臭氧層的嚴重破壞性，以及臭氧層對地球生態環境的重要性，於是聯合國環境規劃署(UNEP)於1987年召集會員國簽訂限制氟氯碳化物(CFCs)生產的「蒙特婁議定書」(Montreal Protocol)，以保護臭氧層。後來再經幾次締約國會議，於1992年超過100個國家同意1996年前，全面禁用氟氯碳化物(CFCs)。

由於氟氯碳化物約有百年時間尺度的生命期，雖然氟氯碳化物停止生產，仍有很大的氟氯碳化物存在於大氣中，繼續影響著臭氧層，而且醫學證實過度曝曬紫外線，會導致皮膚癌、白內障、免疫系統減弱等疾病，所以引起各國對紫外變化的重視。於是世界衛生組織(WHO)、世界氣象組織(WMO)

及國際非離子輻射保護協會(ICNIRP)於1995年設計並公布紫外線指數(UVI),以做為監測紫外線輻射強度的共同標準。紫外線指數(UVI)是根據國際照明委員會(CIE)發展的紫外線輻射,不同波長對皮膚曬傷引起紅斑的曬紅權重函數積分計算,其權重函數曲線公式如下:

$$E(\lambda)=1 \quad 250\text{nm}<\lambda<328\text{nm}$$

$$E(\lambda)=10^{0.094(298-\lambda)} \quad 250\text{nm}<\lambda<328\text{nm}$$

$$E(\lambda)=10^{0.015(139-\lambda)} \quad 328\text{nm}<\lambda<400\text{nm}$$

$E(\lambda)$ 紫外線波長的輻射能量

$$\lambda \text{ 紫外線波長} \quad \text{nm}=10^{-9}\text{m}$$

由輻射儀器感應的紫外線輻射能量積分曬紅權重函數,再乘以40即為紫外線指數(UVI)。世界衛生組織(WHO)將UVI分為5級,分別為弱(Low, 0~2)、中(Moderate, 3~5)、強(High, 6~7)、極強(Very High, 8~10)及過量(Extreme, 11⁺),並用5個顏色綠、黃、橘、紅、紫分別代表各個強度級別。一般紫外線指數達強級(UVI=6~7)於戶外活動時必須做防止曬傷的措施,如:儘量處於遮陰處,避免直接日曬,穿長袖高領衣服,戴寬邊帽、塗防曬乳液...等措施。

目前在美國觀測紫外線指數(UVI)最普遍的儀器是SOLAR LIGHT 501型紫外線輻射儀,因為此套輻射儀器有安裝簡單、容易操作、價格及維護相對便宜等優點,可以用簡單的程式,直接轉換紫外線輻射能量為紫外線指數。本局亦採用此型輻射儀器觀測各地的紫外線指數。自1998年起先在臺北、臺中、嘉義、高雄、臺東及花蓮等6站設紫外線指數觀測儀器,接著每年視預算編列情況,陸續在各氣象站增設紫外線指數觀測點,截至2009年12月共有19站作業中。

二、資料處理

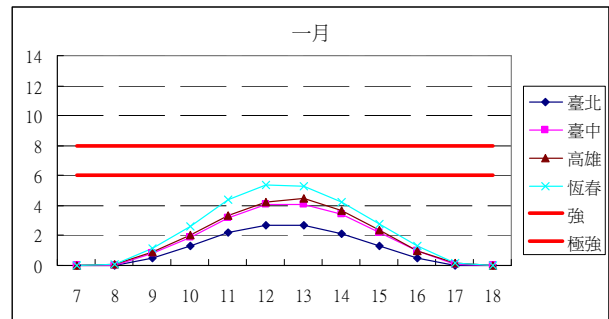
本報告之紫外線指數(UVI)每日、逐時資料,取自氣象局第二組第三科。自1998年開始有觀測資料的氣象站有臺北、臺中、嘉義、高雄、臺東及花蓮等6站,1999年增加新竹、日月潭、恆春、宜蘭及澎湖等5站,2000年再增加玉山及龍洞兩站,但龍洞觀測站於2009年初撤站,沒有繼續觀測。以後每年視

預算編列情況再陸續增加臺南、成功、金門、馬祖、基隆、蘭嶼及鞍部,目前有19站正常作業中。

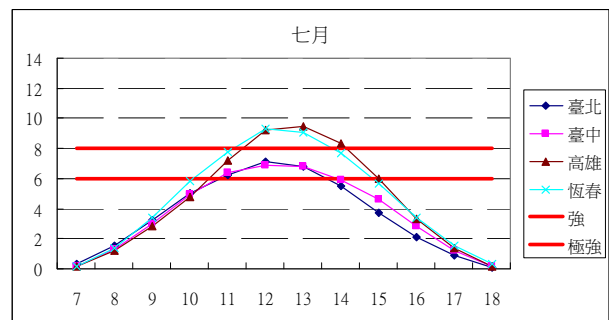
因為紫外線指數值的分布,隨地區、季節變化大,非屬常態分布,所以使用中數值討論平均狀態。本報告中數值、百分位值的計算,直接呼叫IMSL統計軟體的LETTR副程式。

三、結果與討論

紫外線是太陽光譜裏的一小部份,平流層臭氧會吸收絕大部分的紫外線,所以太陽光的強弱和臭氧層直接影響進入對流層紫外線的強弱。因觀測期間內太陽輻射強度可假設為不變,而臺灣上空之臭氧全量值,雖有季節波動,但幅度不大,且沒有顯著性趨勢,所以影響臺灣紫外線指數強弱的因素,主要為太陽照射角度、雲量和塵埃等。另外,太陽光到達地面後,地表的反射(雪、沙灘、海面)也會增強紫外線的強度。太陽照射角度又可分為每天日出日落的角度變化,每年春夏秋冬太陽直射緯度不同的變化;雲量的多寡和天氣變化有關;而塵埃和空氣污染有關。

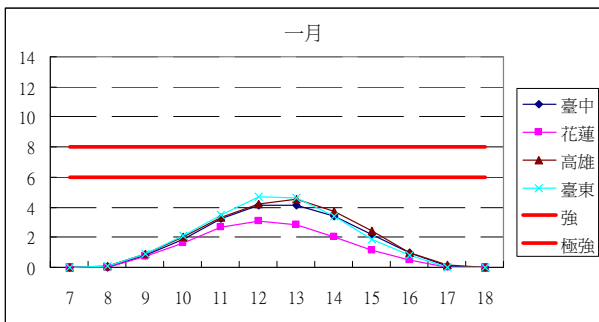


圖一、比較不同緯度,1月份逐時UVI中數圖

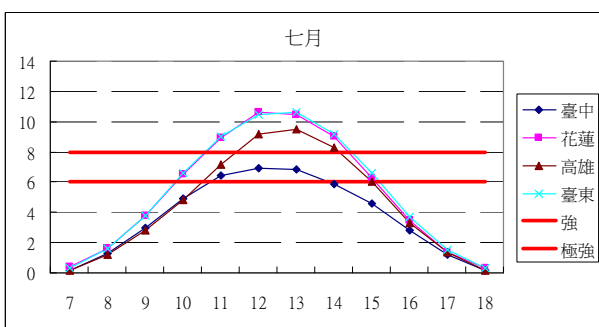


圖二、比較不同緯度,7月份逐時UVI中數圖

圖一取臺北、臺中、高雄、恆春等4個由北到南緯度不同的觀測站，1月份逐時UVI中數圖。共同特徵是8時以後，開始有UVI值，然後逐漸增強至中午12時、13時達最強，但仍都小於強級(UVI<6)，接著漸漸減弱至17時，太陽下山，UVI恢復零值。比較4站中午最強時的UVI中數值，從臺北、臺中、高雄、恆春依序增強，相當於1月UVI中數值由北至南逐漸增強，UVI隨緯度的減少而增大。圖二同圖一，但為7月份，UVI曲線有如圖一的放大圖，UVI中數值自7時開始大於零，一樣至中午達最強，此時臺北和臺中已達強級(UVI>6)，高雄、恆春達極強級(UVI>8)，中午過後，UVI隨時間減弱至太陽下山。圖二UVI中數值隨緯度的變化分成兩組，臺北、臺中幾乎重疊，而南部的高雄、恆春也幾乎重疊，南部的UVI中數值明顯比中北部強。圖三、圖四比較臺灣西部和東部緯度相差不大的觀測站，臺中、花蓮、高雄、臺東等4站的逐時UVI值。



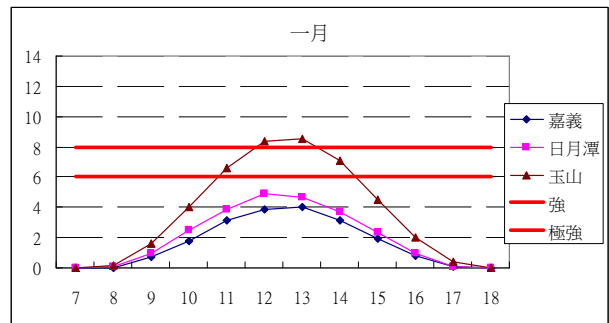
圖三、比較臺灣東西部，1月份逐時UVI中數圖



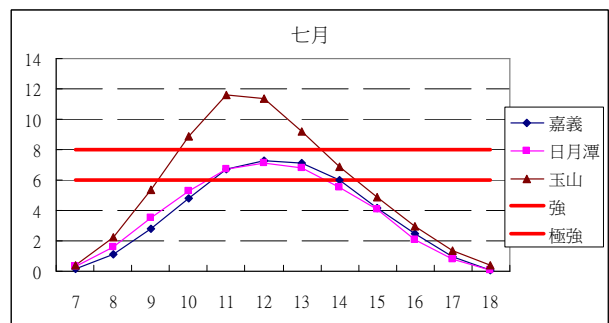
圖四、比較臺灣東西部，7月份逐時UVI中數圖

圖三顯示，1月份東部花蓮逐時UVI中數值明顯小於西部的臺中，但東部臺東的逐時UVI中數值卻略大於西部的高雄。花蓮UVI小，認為是由於1月份東北季風盛行，迎風面的花蓮容易雲量偏多所致。至

於西部高雄UVI中數值略小於東部臺東，可能是高雄工商業發展，都市化比臺東明顯，空氣中的塵埃較多，阻擋或散射了部分的紫外線，稍減弱了UVI值。圖四為7月份東西部逐時UVI中數值的比較，東部花蓮和臺東的UVI中數值幾乎重疊，而且高於西部臺中、高雄的UVI中數值。花蓮由1月最小UVI值，跳到7月和臺東一樣強度的高值，甚至比緯度較低的高雄UVI值強，很特別。花蓮、臺東UVI中數值自11時到14時達極強級(UVI>8)，所以夏季東部地區紫外線很強，持續時間長，做戶外活動，要特別注意防曬措施。



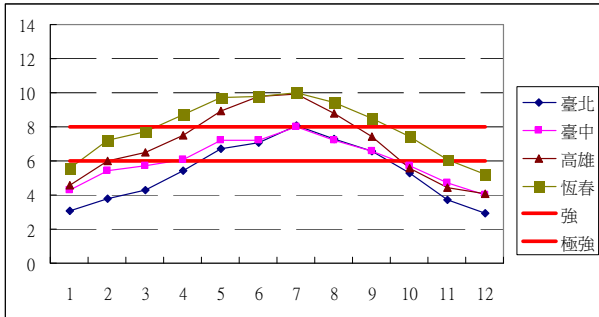
圖五、比較臺灣平地高山，1月份逐時UVI中數日變化圖



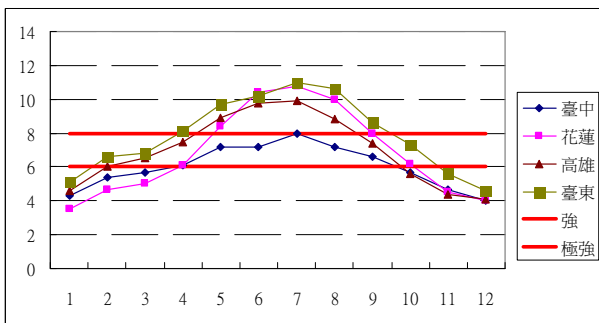
圖六、比較臺灣平地高山，7月份逐時UVI中數日變化圖

圖五、圖六則取臺灣緯度相差不大的平地高山觀測站嘉義(海拔27公尺)、日月潭(海拔1015公尺)、玉山(海拔3845公尺)做UVI中數值的比較。圖五顯示，1月份逐時UVI中數值以平地觀測站嘉義最弱、其次為日月潭，玉山最強。明顯依海拔高度增加而增強。又1月份幾乎所有觀測站之逐時UVI中數值都沒有達到強級(UVI>6)，惟有玉山站於11時就達強級，中午的12時、13時更達到極強級(UVI>8)的強度，14時再稍減弱為強級，顯示高海拔的玉山觀測站，其UVI值比平地強許多。圖六為7月份逐時UVI

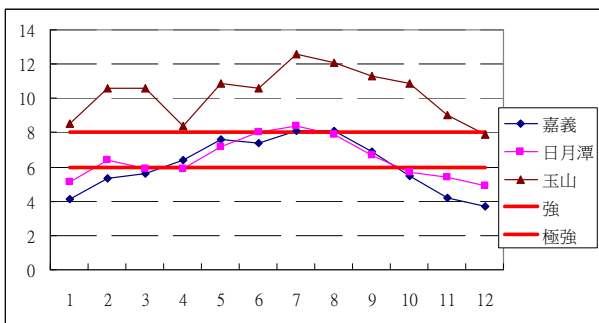
中數值也明顯顯示出玉山的UVI值比平地強許多，甚至於11時就達最強值，11時、12時UVI中數都已達最強的過量級(UVI>11)。倒是7月份日月潭逐時UVI中數和嘉義幾乎一樣，沒有突顯日月潭高山觀測站的特徵。



圖七、比較不同緯度，各月份UVI中數變化圖



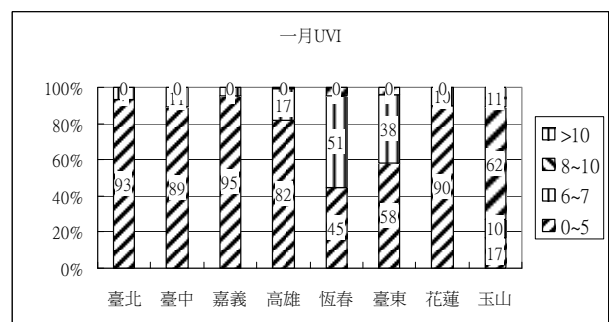
圖八、比較臺灣東西部，各月份UVI中數變化圖



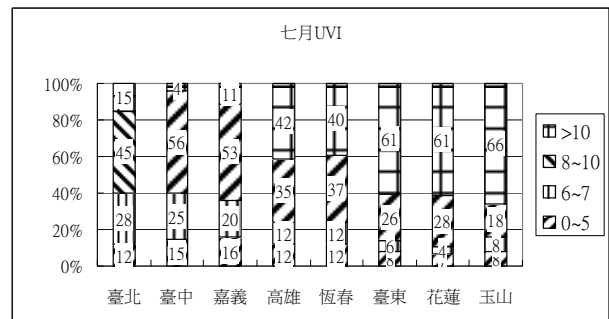
圖九、比較臺灣平地高山，各月份UVI中數變化圖

圖七至圖九是取每日最大UVI值(絕大部分是中午的UVI值)，整理為每個月份的中數值，仍依緯度、東西部及平地高山之特性，討論UVI各地隨季節變化的情形。圖七顯示，1月至5月UVI強度由北向南增強，6月、7月則分為兩組，臺北、臺中幾乎重疊在強級範圍，高雄、恆春則重疊在極強級範圍。臺北、臺中UVI中數相同延伸到9月，10月才稍微分開，11月、12月臺北和恆春恢復到最低和最高的強度。臺

中和高雄則糾纏在一起，不易分辨。圖八顯示，1月至3月UVI中數值強度由花蓮、臺中、高雄、臺東順序增強排列，花蓮從5月起增強幅度突然大增，至6月、7月、8月夏天季節強度幾乎和臺東一樣，形成東部夏季的UVI中數值明顯比西部地區強很多，進入10月後，花蓮的UVI中數值，又恢復和臺中、高雄差不多，但臺東還是維持相對較強UVI中數值。圖九顯示，1月至3月及11月、12月之UVI中數值依海拔高度增高而增強，4月至10月嘉義和日月潭UVI中數值互相糾纏在一起，強度幾乎相同。玉山的UVI中數值明顯高於其他觀測站，而且除了12月外，其他月份都是在極強級以上，7月至9月更是大於11的過量級。



圖十、1月UVI各級強度百分比圖



圖十一、7月UVI各級強度百分比圖

圖十顯示環島7個觀測站和玉山站1月份UVI值，各分級強度的百分比。高雄以北的觀測站，中級強度以下占絕大部分，臺北、嘉義、花蓮占90%以上，臺中、高雄占80%以上。恆春中級以下強度迅速減少為45%，玉山更是只有17%而已。恆春1月份UVI達強級以上強度超過50%的機會，所以冬季1月份在恆春近中午的戶外活動，仍需有適當的防曬措施。玉山強級以上強度有83%，甚至過量級也有11%，顯示高海拔的玉山站1月份之UVI值還是相當強，所以

登玉山，防曬裝備是必要的，以免曬傷。圖十一顯示，7月份UVI中級以下頻率大幅減少，臺北、臺中、嘉義、高雄、恆春都降到20%以下，臺東、花蓮、玉山更是10%以下，每個地區都有出現過量級的機會，以玉山達66%最多。東部的花蓮、臺東也都有61%的機率，甚至高雄、恆春也有40%以上的機會，所以夏季臺灣各地中午的紫外線都很強，絕對要避免直接日曬。

紫外線指數(UVI)的趨勢分析，因為UVI的觀測資料最多只有12年，樣本數太少，迴歸直線斜率分析容易受到兩端點的影響，造成失真，所以採用Mann-Kendall趨勢檢定法，此法的觀念是計算時間序列，排序後面的數大於排序前面的數夠多，則正趨勢有意義；反之，太少，則負趨勢有意義。其公式如下：

時間序列 X_1, X_2, \dots, X_n n 個樣本

$$T = r / (\sigma^2)^{1/2}$$

$$r = (4P / n(n-1)) - 1$$

$$\sigma^2 = 2(2n+5) / (9n(n-1))$$

P 代表 X_i, X_j 中當 $j > i$ 且 $X_j > X_i$ 個數

T 近似標準常態分布

則 $|T| > 1.645$ 通過10%有意義水平檢定

$|T| > 1.96$ 通過5%有意義水平檢定

T 大於零是正趨勢， T 小於零是負趨勢

取最早設立的6個觀測站，有12年資料，再增取兩個較特別的觀測站，最南端的恆春站(11年)和高海拔玉山站(10年)資料做趨勢檢定分析。又因為每年的UVI值以夏季(6月至8月)最強，所以取每年夏季每天最大UVI值，再計算中數值成時間序列，表一顯示，臺中、高雄、臺東之 T 值小於-1.96，表示這3站之UVI中數值，負趨勢通過5%有意義水平檢定；嘉義 T 值小於-1.645，但大於-1.96，通過負趨勢10%有意義水平檢定；臺北、恆春、花蓮和玉山無顯著趨勢。

表一、Mann-Kendall趨勢檢定數值

觀測站	T值	觀測站	T值
臺北	0.55	臺東	-2.33
臺中	-2.06	花蓮	-1.10
嘉義	-1.92	恆春	-0.14
高雄	-2.74	玉山	1.23

四、結論

分析臺灣地區之紫外線指數(UVI)強度變化，太陽照射角度是最主要的分量，不管由每日逐時UVI中數值(中午最強)及每年逐月UVI中數值(夏季最強)，皆顯示UVI中數值強度隨太陽照射角度的變化。

本文主要分析臺灣UVI，比較南北因緯度不同、東西部及平地高山的差異。結果顯示，1月份UVI從臺北至恆春，由北到南依序增強，即1月份UVI隨緯度的減少而增強，但7月份分為兩組，臺北、臺中幾乎相等，高雄、恆春幾乎相等，但仍顯示出較低緯度的南部UVI比中北部UVI強。

1月份東部花蓮UVI明顯比緯度相近的西部臺中弱，但東部的臺東卻比緯度相近的西部高雄UVI強，可能原因是花蓮冬季東北季風盛行，花蓮雲量容易偏多，而高雄都市化較臺東明顯，空氣污染的成份較多，阻擋或散射部份的紫外線所致。7月份東部花蓮UVI大幅增強為和臺東相同，超越臺中、高雄的UVI強度，是比較特別的現象。

1月份平地高山UVI值，依海拔高度(嘉義、日月潭、玉山)增加而增強明顯，尤其高海拔的玉山站UVI值非常突出的比其他站強很多。平地站1月份UVI中數值都在強級(UVI<6)以下，但玉山於中午達極強級(UVI>8)以上。7月份玉山UVI中數值更是超過過量級(UVI>11)，所以任何季節登玉山，防曬裝備是有必要的；7月嘉義和日月潭之UVI中數值很相近，顯示不出日月潭較低海拔的高山UVI特徵。

取6個有12年資料的觀測站(臺北、臺中、嘉義、高雄、臺東、花蓮)和最南端的恆春(11年)及高海拔的玉山站(10年)，用Mann-Kendall趨勢檢定法檢查UVI的趨勢，結果臺中、高雄、臺東3站負趨勢通過5%有意義水平的檢定，嘉義負趨勢通過10%有意義水平的檢定，臺北、恆春、花蓮及玉山無顯著趨勢。

參考文獻：

林清洲、張修武，1995：台灣地區紫外輻射之研究，行政院國家科學委員會，NSC84-2111-M-052-012

柳中明、劉銘龍、陳正平，1998：紫外線指數之監測、預估與教育宣導，行政院環境保護署，EPA-87-FA04-0311
A Guide to the UV Index, EPA(United States Environmental Protection Agency)

INTERSUN, The global UV project, A guide and compendium, Radiation and Environmental Health Unit, Protection of Human Environment, World Health Organization..
IMSL, FORTRAN subroutines for statistical analysis.