

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

台灣日射量分布之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2221-E-041-021-
執行期間：97年08月01日至98年07月31日
執行單位：嘉南藥理科技大學休閒保健管理系

計畫主持人：歐文生

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 98 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告
 期中進度報告

台灣日射量分布之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-041-021-

執行期間：97 年 08 月 01 日至 98 年 07 月 31 日

計畫主持人：歐文生

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

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：嘉南藥理科技大學

中 華 民 國 98 年 10 月 27 日

台灣日射量分布之研究

歐文生

摘要

根據研究顯示，人類已知的石油儲存剩餘40多年、天然氣60餘年、煤大約200年存量。因此，開發再生能源以取代舊有化石燃料已是刻不容緩的國際研究議題。

本研究根據建築物結合太陽能光電（Building Integrated Photovoltaic, BIPV）案例發現，光電系統之發電量不如預期，除了系統效率問題外，其原因可能是預估發電量時，根據的日射量數據有誤所致，而且國內對於台灣日射量一直有「日射量充足」與「日射量不足」之爭。有鑑於此，本研究以中央氣象局之日射量與相關氣象實測資料作分析，求出可信賴的各測候站的日射量數據，呈現我國日射量地理分布之氣候特徵（Climatic Characteristics）及發電潛力。

關鍵詞：太陽能建築、日射量、綠建築

Solar Radiation Distribution in Taiwan

Wen-Sheng Ou

ABSTRACT

From the full scale data of PV system, we find the efficiency of generate electricity is not well. Therefore, this research uses the solar radiation data from Central Weather Bureau to analyze the climate characteristics of Taiwan. Use the convenience of the data on the environmental plan for the architecture. Besides, we label the solar radiation data in the Taiwan map and architecture can use it conveniently. It can also benefit the solar building of development.

This research wants to divides several areas from the 27 first degree weather stations in Taiwan, to analyze the characteristic of solar radiation. Finally, we want to compare the annual average solar radiation data of Taiwan with other countries.

KEY WORDS: Solar building, Solar radiation, Green building

一、研究動機與目的

根據研究顯示，人類已知的石油儲存剩餘40多年、天然氣60餘年、煤大約200年存量。因此，開發再生能源以取代舊有化石燃料已是刻不容緩的國際研究議題。由於太陽能具有無污染、無公害，且具有取之不盡、用之不竭特性，先進國家無不積極投入研發。

本研究根據建築物結合太陽能光電 (Building Integrated Photovoltaic, BIPV) 案例發現，光電系統之發電量不如預期，除了系統效率問題外，其原因可能是預估發電量時，根據的日射量數據有誤所致，而且國內對於台灣日射量一直有「日射量充足」與「日射量不足」之爭。有鑑於此，本研究以中央氣象局之日射量與相關氣象實測資料作分析，求出可信賴的各測候站之日射量數據，呈現我國日射量地理分布之氣候特徵 (Climatic Characteristics) 及發電潛力。

二、文獻回顧

2-1 建築日射量環境計畫

在建築環境計畫中，日射量數據是重要的考量因子之一。例如建築物外部遮陽計畫、建築物空調熱負荷計算、建築物日照計畫以及太陽能系統評估等方面。如果沒有當地的日射量資料，則無法合理地將研究結果量化，以求客觀的計畫。臺灣的建築界針對本地日射量做過定量化的解析研究，以「空調設計用日射量」及「建築外殼耗能指標 (Envload)」最為著名，並達到普遍使用階段。其中「空調設計用日射量」是以較嚴苛的氣象資料 (自長期氣象中選出最嚴苛的一天24小時的氣象資料) 來設計，選用最大設備容量設置 (一般選用此氣象資料的方法以美國冷凍空調學會 (ASHRAE) 之技術顧問委員會 (Technical Advisory Committee, TAC) 所提的方法最普遍)。而「外殼耗能解析用日射量」則是以「標準氣象年 (Typical Meteorology Year, TMY)」格式製作，且為了反映太陽輻射量是由長期的自然氣象逐時逐日所累積的結果，針對氣候的能源收支解析，建立一套全年8760小時的氣象資料以作為解析的基礎。至於專為台灣使用的「太陽能設計用日射量」，過去建築界沒有定量化的解析，因此本研究乃投入基礎研究。

2-2 日射量觀測與論述

在日射量觀測方面，由於受到氣象參數變化的多樣性、隨機性及觀測器材的妥善率等因素影響，數據之品質管制相當不易。國內以中央氣象局 (Central Weather Bureau, CWB) 的地面一級測候站之觀測項目最齊全、測站分布最多、設備堪稱精良、資料年限最長，而且數據取得便利等因素，因此其氣象數據最為各界廣泛引用。至於其他公有機構及民營氣象站 (例如農委會、林試所、水利署、台鹽、台糖等) 之數據，一般來說，限於設站需求或測候站總數及觀測項目多寡，其氣象資料在研究應用上受到侷限，較難作為解釋大尺度之氣候特徵。

在日射量論述方面，曾有部分學者利用外國的日射量數據做為國內的依據，由於國內外雲量、濕度等氣象條件迥異，使得這些替代性的日射量數據與本地的實際情況發生誤差，更導致誤用此數據的研究結果產生偏差或誤解 (包括設計發電量的高估現象)。關於本土日射現象的研究，國內學者曾有「日射量不足」及「日射量充足」之兩極看法。例如持日射量不足的論點有「台灣的日射量明顯低於同緯度地區」(張鏡湖, 1986)、「台灣只是氣溫高而非日射量高的地區」(林憲德, 1994) 等論述。持日射量充足的論點有「我國日射量遠

比日本及美國大部分地區為佳」(黃秉鈞, 1997);「亞熱帶的台灣地區, 陽光充足, 日射量大」(艾和昌, 2003);「南台灣的陽光含金量極高」、「在台灣的屏東地區, 太陽能的發電量足足比德國及日本高出50%」(江懷德, 2005);「台灣地處熱帶及亞熱帶地區, 日照豐沛、緯度適中, 相較於世界其他國家, 發展太陽光電具有相對優勢」(工研院太陽光電研究中心, 2006)等論述。至於國外文獻中, 對於台灣地區の日射量研究顯示, 台灣與同緯度地區比較, 日射量偏低的想法。例如: 美國太空總署對於地球日照輻射的研究顯示, 長江中下游及台灣地區, 明顯是個日射量較低的區域(圖1)(NASA, 2005); 美國著名的國家再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory, NREL)繪製的地球全天空水平輻射量分布圖及中國日射量輻射分布圖(圖2、圖3)(NREL, 2006), 均顯示台灣年平均日射量(約介於3.0~4.5kWh/m²/day), 明顯低於同緯度地區的結果。

三、研究方法

3-1 氣象測候站

本研究之氣象資料來源來自中央氣象局, 資料年份為1997至2006年, 氣象資料內容為逐時全項地面氣象要素, 觀測項目包括: 溫度、全天空日射量、日照率、雲量、濕度、風速、風向、...等三十餘項氣象要素。樣本測候站選取以地面一級測站且兼顧全國不同區域氣象變動的特性, 測站均布於台灣北、中、南、東及外島區域, 共計挑選出27個測候站(圖4)。

3-2 日射量數據

本研究為了提高數據精確度, 採逐筆檢視原始日射量氣象資料並剔除矛盾數據。全天空水平日射量數據矛盾之情形主要有二, 第一: 日射量的有無與晝夜之關係, 例如日出以後, 卻無記錄到日射量或是日落以後, 仍記錄到日射量, 這時須進一步檢視雲量再確認該筆數據是否不合理而應予剔除; 第二: 日射量與雲量之關係, 例如白天雲量大, 且日射量也大或是白天雲量少, 而日射量仍低的矛盾現象。

四、台灣日射量分布與發電潛力

4-1 台灣各地日射量及其分布區之繪製

本研究初步建立了27個測候站的日射量資料庫(表1), 此外為了方便建築師或設計者直接使用, 根據日射量大小及參考我國地形圖繪製日射量分布圖, 如圖5所示, 其中分布圖使用上存在著下列限制, 使用者應當留意:

1. 本分布圖的測點有限, 也參考前人研究(林憲德, 1986及1987)而繪製, 因此難免在測點稀少地區介入某種程度的揣測, 本研究所採用的日射量數據在統計、修正過程中存在著未知因素而產生誤差。因此本分布圖較適於處理巨視觀點上對於各地理區的相對比較, 至於處理微氣候等微視觀點上的定量研究時, 則較不恰當。
2. 本分布圖上的數據較具長期平均值特性, 與每年實測值之間較有差異。同時由於統計期間不盡相同, 因此各測站點間難免具有一些誤差。希望將來採用更多、更新、更長期的可信資料, 重新繪製此分布圖。
3. 由於測點多分布於平野地區, 所以測點稀少的山區分布狀況不得不藉助於其他相關資料(如地形)來揣測, 因此山區的數據誤差可能較平野地區大。

4-2 台灣日射量特徵與發電潛能

台灣的日射量分布情形，整體而言在海拔五百公尺以下的區域，大致上呈現由東北往西南方向遞增的現象。換言之從東北角的基隆地區的年平均日射量每日 2.2kWh/m^2 往嘉南平原一直到恆春地區的 4.7kWh/m^2 而增加。另外，在東海岸狹長帶狀平地之日射量，呈現從花蓮每日 2.9kWh/m^2 一路往南方向遞增直到台東，之後的大武日射量便逐漸下降。台東是東部地區具有最高日射量的地方，年平均日射量達到每日 4.1kWh/m^2 之譜。

本研究關於發電潛能以日射量強度及季節性兩大因素來討論。在日射量強度方面，本文以日射量強度高於 $3.0\text{kWh/m}^2/\text{ay}$ 視為發電量較佳的區段。在季節性方面，以北半球通用的天文季節及氣候季節來劃分四季（亦即春季為3~5月，夏季為6~8月，秋季為9~11月，冬季為12~2月），這是著眼在季節特性與台灣用電尖峰兩者的同時性考慮。

關於我國日射量氣候特徵，本研究從測候站所在區域來劃分討論，約略分為北部、中部、南部、東部、外島及高海拔（海拔500m以上）等六個區域來討論各區日射量特徵發電潛力，茲分述如下：

1. 北部：北部地區分別有板橋、淡水、台北、基隆、蘇澳、宜蘭及新竹等七個測候站，北部地區年平均日射量約為 $2.7\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。北部地區月平均日射量變動呈現夏季大幅攀高的趨勢，夏季日射量約為 $4.0\text{kWh/m}^2/\text{day}$ ，明顯高於春、秋及冬季的 2.6 、 2.6 及 $1.5\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。由於這個氣候特徵，本區具有針對紓解夏季尖峰負載而設計的太陽能光電系統的潛能。
2. 中部：中部地區只有二個測候站，分別是台中及梧棲。中部地區的月平均日射量變動幅度明顯小於北部地區，但年平均日射量以 3.0 大於北部的 $2.7\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。中部地區的四季月平均日射量分別為 3.2 、 3.7 、 2.9 及 $2.3\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。就發電效益而言，中部地區在春秋兩季的發電量較佳。
3. 南部：南部地區分別有台南、永康、高雄、嘉義及恆春等五個測候站，年平均日射量為 $3.8\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。南部地區的四季月平均日射量分別為 4.2 、 4.3 、 3.7 及 $3.0\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。月平均日射量在四季均有 $3.0\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 以上的水準，因此有利於設計全年發電負載的太陽能系統。
4. 東部：東部地區分別有花蓮、大武、成功及台東等四個測候站，年平均日射量約為 $3.3\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。東部地區的四季月平均日射量分別為 3.3 、 4.7 、 3.2 及 $2.1\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。除了冬季日射量明顯較低以外，其他三季的發電效果屬於優良。
5. 外島：外島地區分別有澎湖、蘭嶼、金門及馬祖等四個測候站，年平均日射量分別為 2.8 、 2.7 、 3.7 及 $3.0\text{kWh/m}^2/\text{day}$ ，季節性的日射量變化如表4所示。就發電效益而言，金門地區除了冬季日射量明顯較低以外，其他三季的發電效果屬於優良，馬祖及蘭嶼則是夏季較好，澎湖則是春秋兩季較佳。
6. 高海拔：高海拔地區分別有鞍部、竹子湖、阿里山、玉山及日月潭等五個測候站，年平均日射量分別為 2.6 、 2.3 、 3.3 、 3.5 及 $2.9\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 。其中阿里山及玉山同屬高山氣候，高度高於2000公尺以上的測候站，受雲層吸收影響更低，因此呈現日射量高且月平均變動不大的特徵，具有全年發電潛能。鞍部、竹子湖及日月潭則是夏季較有發電潛能。

五、結論

本研究的成果可歸納如下：

1. 本研究對於台灣本島之日射量分布情形，在海拔五百公尺以下的區域，大致上呈現由東

北往西南方向遞增的現象。年平均日射量強度從東北角的基隆地區 $2.2\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 往嘉南平原一直到恆春地區的 $4.7\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 而增加。另外，在東海岸狹長帶狀平地之日射量，呈現從花蓮 $2.9\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 一路往南方向遞增直到台東的 $4.1\text{kWh/m}^2/\text{day}$ ，之後的大武日射量便逐漸下降。

2. 從季節性發電潛能而言，台灣北部地區之日射量明顯只有在夏季可以超過 $3.0\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 以上的水準，因此可能有利於針對紓解夏季尖峰負載而設計的太陽能系統；台灣南部地區之日射量特徵是春夏秋冬之日射量都很高，年平均日射量達到 $3.8\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 的水準，因此一整年都適合太陽能發電利用；台灣中部及東部地區之日射量分別是 3.0 及 $3.3\text{kWh/m}^2/\text{day}$ ，但以春夏秋三季較具發電潛能；外島部分，金門馬祖的年平均日射量分別達到 3.7 及 $3.0\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 的水準，具有太陽能發電潛能。而澎湖及蘭嶼的年平均日射量分別只有 2.8 及 $2.7\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 的水準，太陽能發電潛能則偏重在春夏兩季；台灣高海拔地區的阿里山及玉山年平均日射量達到 3.3 及 $3.5\text{kWh/m}^2/\text{day}$ 的水準，具有太陽能發電潛能。

謝誌

本研究承國科會對本研究計畫之經費補助(計畫編號:97-2221-E-041-021)，特此致謝。

參考文獻

1. 張鏡湖，1986，〈台灣地區全年太陽輻射之分佈〉，《中國地理學會會刊》，14期：5-16。
2. 林憲德，1994，《現代人類的居住環境》：15-20，胡氏圖書，台北。
3. 黃秉鈞，1997，〈我國太陽能發展的現況與展望〉，《光訊》，68期。
4. 艾和昌，2003，〈光起電生—太陽能發電系統〉，8月號，《能源報導》，經濟部。
5. 江懷德，2005，〈我國太陽能發展的現況與展望〉，《今週刊》，465期。
6. 工研院太陽光電研究中心，2006，〈打造陽光台灣，推動科技與生活結合的和諧環境〉，《太陽房子》。
7. 何明錦、歐文生，2007《建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究》，內政部建築研究所研究報告。
8. 林憲德、蘇瑞泉，1986，〈台灣地區月平均日射量分佈之研究〉，《氣象學報》，33卷4期：100。
9. 林憲德，1987，《建築省能設計用氣象資料之應用研究》，76年度經濟部能源委員會委託研究報告。
10. NASA, 2005, <http://www.visibleearth.nasa.gov/>
11. NREL, 2006, <http://www.nrel.gov/>
12. Deo Prasad & Mark Snow, 2005, *Designing with Solar Power*, image, Australia.
13. Beate G. Liepert and George J. Kukla, 1997, Decline in Global Solar Radiation with Increased Horizontal Visibility in Germany between 1964 and 1990, *Journal of Climate*: Vol. 10, No. 9: 2391-2401.
14. 日本建築學會，2001，《ソーラ建築ガイドブック》：108-121，彰國社出版，東京。

表 1 台灣日射量資料庫

編號	站號	測站所在	海拔高度 (公尺)	經度	緯度	年平均日射量 (kJ/m ² day)	年平均 日射量 (kWh/m ² day)
1	466880	臺北縣 (板橋站)	9.7	121°26' 02" E	24°59' 58" N	11,814	3.3
2	466900	臺北縣 (淡水)	19.0	121°26' 24" E	25°09' 56" N	8,748	2.4
3	466910	臺北市 (鞍部)	825.8	121°31' 12.66" E	25°11' 11.45" N	9,425	2.6
4	466920	臺北市 (臺北)	5.3	121°30' 24.15" E	25°02' 22.62" N	9,498	2.6
5	466930	臺北市 (竹子湖)	607.1	121°32' 10.58" E	25°09' 53.95" N	8,334	2.3
6	466940	基隆市 (基隆)	26.7	121°43' 55.66" E	25°08' 05.18" N	7,943	2.2
7	466990	花蓮縣 (花蓮)	16.0	121°36' 17.98" E	23°58' 37.10" N	10,489	2.9
8	467060	宜蘭縣 (蘇澳)	24.9	121°51' 51.93" E	24°36' 06.24" N	9,697	2.7
9	467080	宜蘭縣 (宜蘭)	7.2	121°44' 52.55" E	24°45' 56.04" N	9,486	2.6
10	467110	金門縣 (金門)	47.9	118°17' 21.4" E	24°24' 26.6" N	13,206	3.7
11	467350	澎湖縣 (澎湖)	10.7	119°33' 18.71" E	23°34' 01.84" N	10,148	2.8
12	467410	台南市 (台南)	13.8	120°11' 49.18" E	22°59' 42.81" N	13,905	3.9
13	467420	臺南縣 (永康)	8.1	120°13' 43" E	23°02' 22" N	11,821	3.3
14	467440	高雄市 (高雄)	2.3	120°18' 28.92" E	22°34' 04.40" N	12,376	3.4
15	467480	嘉義市 (嘉義)	26.9	120°25' 28.21" E	23°29' 51.81" N	13,388	3.7
16	467490	臺中市 (臺中)	34.0	120°40' 33.31" E	24°08' 50.98" N	11,463	3.2
17	467530	嘉義縣 (阿里山)	2413.4	120°48' 18.39" E	23°30' 37.42" N	11,942	3.3
18	467540	臺東縣 (大武)	8.1	120°53' 44.48" E	22°21' 27.26" N	11,253	3.1
19	467550	嘉義縣 (玉山)	3844.8	120°57' 06.26" E	23°29' 21.49" N	12,527	3.5
20	467571	新竹縣 (新竹)	34.0	121°00' 22" E	24°49' 48" N	10,593	2.9
21	B2Q810	屏東縣 (恆春)	22.1	120°44' 16.99" E	22°00' 19.56" N	16,840	4.7
22	467610	臺東縣 (成功)	33.5	121°21' 55.36" E	23°05' 57.17" N	11,236	3.1
23	467620	臺東縣 (蘭嶼)	324.0	121°33' 02.10" E	22°02' 19.38" N	9,702	2.7
24	467650	南投縣 (日月潭)	1014.8	120°53' 59.62" E	23°52' 58.78" N	10,368	2.9
25	467660	臺東縣 (臺東)	9.0	121°08' 47.55" E	22°45' 14.51" N	14,705	4.1
26	467770	臺中縣 (梧棲)	31.7	120°30' 54.24" E	24°15' 31.44" N	10,227	2.8
27	467990	連江縣 (馬祖)	97.8	119°55' 23.4" E	26°10' 10.1" N	10,679	3.0

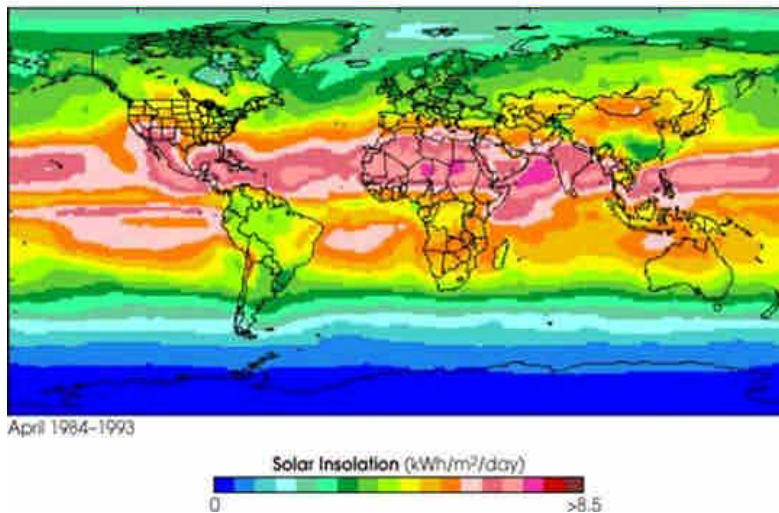


圖1 全球日射量分布圖 NASA觀測1984~1993年一月及四月平均地面日射量分布，顯示台灣及中國東南熱濕氣候是日射量明顯較少區域（其他月份也有類似傾向）資料來源：
<http://visibleearth.nasa.gov/>

Estimated Global Horizontal Solar Radiation
1985 to 1988 Annual Average

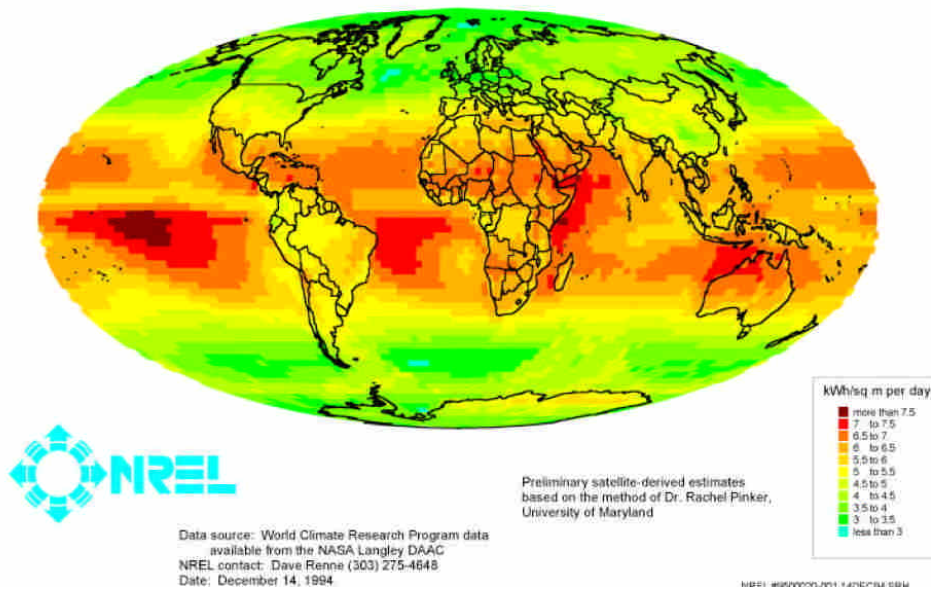


圖2 全球日射量分布圖

NREL觀測1985~1988年地表水平日射量分布，也顯示台灣及中國長江流域是同緯度日射量明顯較少區域。圖片來源：NREL (<http://www.nrel.gov/>)

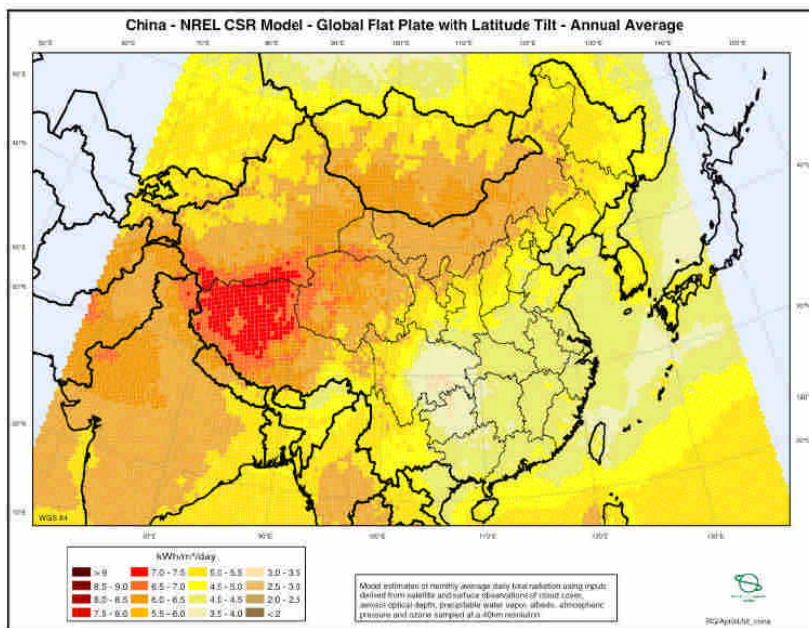
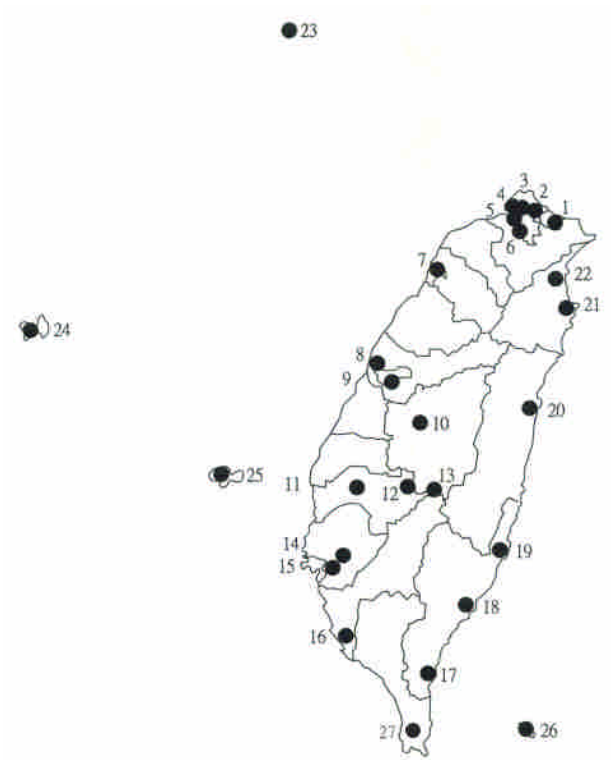


圖3 中國日射量分布圖

NREL觀測中國及鄰近區域地表水平日射量分布，顯示台灣是日射量明顯較少的區域。圖片來源：NREL (<http://www.nrel.gov/>)



編號	站號	測站所在
1	466880	臺北縣 (板橋站)
2	466900	臺北縣 (淡水)
3	466910	臺北市 (鞍部)
4	466920	臺北市 (臺北)
5	466930	臺北市 (竹子湖)
6	466940	基隆市 (基隆)
7	466990	花蓮縣 (花蓮)
8	467060	宜蘭縣 (蘇澳)
9	467080	宜蘭縣 (宜蘭)
10	467110	金門縣 (金門)
11	467350	澎湖縣 (澎湖)
12	467410	台南市 (台南)
13	467420	臺南縣 (永康)
14	467440	高雄市 (高雄)
15	467480	嘉義市 (嘉義)
16	467490	臺中市 (臺中)
17	467530	嘉義縣 (阿里山)
18	467540	臺東縣 (大武)
19	467550	嘉義縣 (玉山)
20	467571	新竹縣 (新竹)
21	B2Q810	屏東縣 (恆春)
22	467610	臺東縣 (成功)
23	467620	臺東縣 (蘭嶼)
24	467650	南投縣 (日月潭)
25	467660	臺東縣 (臺東)
26	467770	臺中縣 (梧棲)
27	467990	連江縣 (馬祖)

圖 4 本研究收集的氣象測候站分布圖

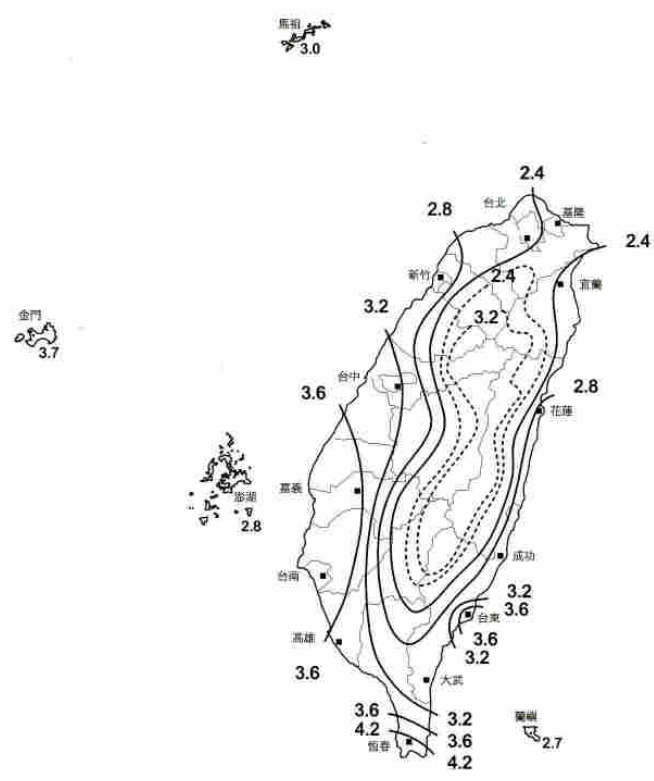


圖 5 台灣年平均日射量分布圖

本圖適用於海拔高度 500m 以下之平野地區，虛線部分之日射量為臆測值，內外圈虛線約符合海拔高度 2000m 及 1500m 之等高線。

國外差旅心得報告

參加會議：第七屆都市氣候國際研討會

The 7th International Conference on Urban Climate (ICUC-7)

Yokohama Japan

June, 29 ~ July, 3

地點：日本 橫濱

時間：2009年6月29日~7月3日

出席者：嘉南藥理科技大學 歐文生助理教授

出席國際會議心得報告

此行主要目的，在於藉由參加第七屆都市氣候國際研討會，收集各國發表者關於進行該國都市氣候資料之研究方法、研究步驟以及研究成果等具體數據，作為未來本土氣象資料研究之參考。同時在研討會現場感受國際論文發表之氣氛及發表者應具備之素養與台風。整體而言，出席國際研討會將明顯有助於提升個人之國際視野，除了增廣見聞、開拓研究視野之外，結識國際都市氣候研究領域之先進學者，為此行最大之收穫，也為將來學術成果參與國際研討會作學習準備。

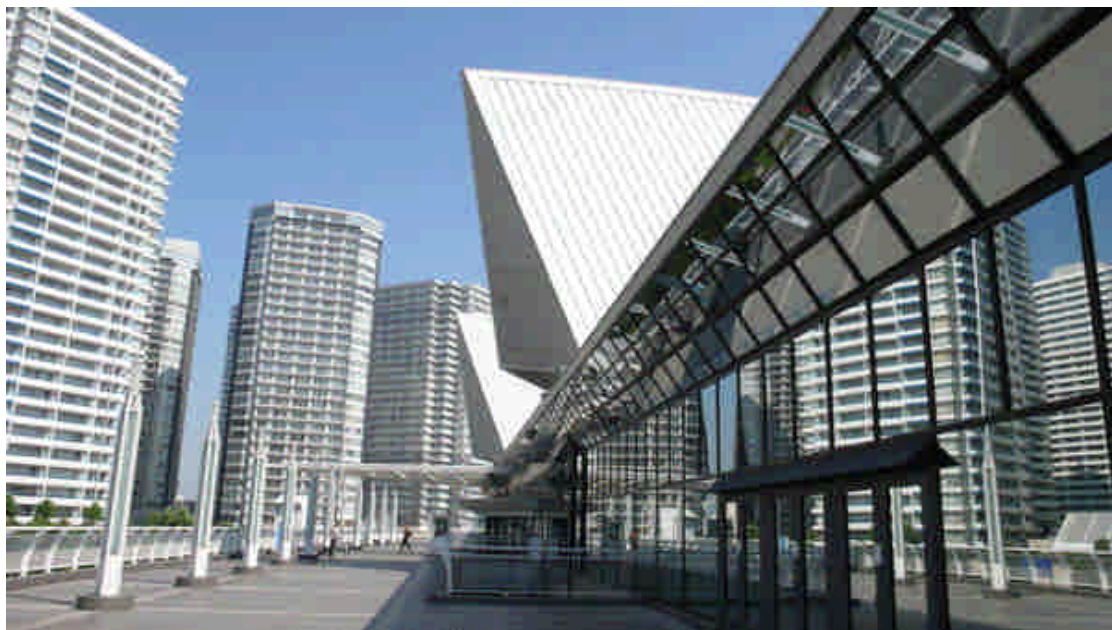


圖 1 第七屆都市氣候研討會橫濱會場建築外觀



圖 2 第七屆都市氣候研討會會場入口



圖 3 第七屆都市氣候研討會大會註冊報到區