

# 建築物建置太陽能光電最佳化 設計模型之研究

計畫編號：

執行方式：委託研究 協同研究 自行研究

執行單位：內政部建築研究所

研究主持人：何明錦

協同主持人：歐文生

研究員：施文和 黃國倉

研究助理：施孟亨 劉桂宏

內政部建築研究所 協同研究報告

中華民國 96 年 12 月

# 建築物建置太陽能光電最佳化 設計模型之研究

計畫編號：

執行方式：委託研究 協同研究 自行研究

執行單位：內政部建築研究所

研究主持人：何明錦

協同主持人：歐文生

研究員：施文和 黃國倉

研究助理：施孟亨 林國榮

內政部建築研究所 協同研究報告

中華民國 96 年 12 月

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

九十六年度

## 目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 前言	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究方法與進行步驟	3
第二章 太陽能設計用標準日射量解析	19
第一節 氣象測站說明	19
第二節 氣象數據解析	21
第三節 台灣日射量分布之檢討	27
第三章 日射量地理分布與發電潛能解析	29
第一節 各地發電量預測	29
第二節 地理分布之發電潛能與策略	31
第四章 太陽能設計用動態模擬解析製作	39
第一節 太陽能設計用標準氣象年資料庫	39
第二節 發電效益動態解析軟體之開發	44
第五章 結論與建議	47
第一節 結論	47
第二節 建議	48
附錄一	49

建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究

附錄二	81
參考文獻	93

表次

表 2-1	台灣日射量資料庫	16
表 3-1	台灣各地發電量推估表	24
表 4-1	原始中選月年份與 WS 值	34
表 4-2	經調整後之中選月年份與 WS 值	34
表 4-3	各月水平全天空日射量之每日平均值	34
表 4-4	各月平均氣溫	35
表 4-5	各月平均相對濕度	35
表 4-6	各月份逐年之 WS 值一覽表	38

# 建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究

## 圖次

圖 1-1 研究流程圖 . . . . .	12
圖 2-1 本研究之中央氣象局測站分布圖 . . . . .	14
圖 2-2 各測站全年日射量分布圖 . . . . .	17
圖 2-3 台北全年日射量分布圖 . . . . .	18
圖 2-4 台中全年日射量分布圖 . . . . .	19
圖 2-5 高雄全年日射量分布圖 . . . . .	20
圖 2-6 台灣全年日射量分布圖 . . . . .	28
圖 3-1 北部地區月平均日射量變化圖 . . . . .	25
圖 3-2 北部地區四季月平均日射量變化 . . . . .	28
圖 3-3 中部地區月平均日射量變化圖 . . . . .	29
圖 3-4 中部地區四季月平均日射量變化 . . . . .	29
圖 3-5 南部地區月平均日射量變化圖 . . . . .	29
圖 3-6 南部地區四季月平均日射量變化 . . . . .	30
圖 3-7 東部地區月平均日射量變化圖 . . . . .	30
圖 3-8 東部地區四季月平均日射量變化 . . . . .	30
圖 3-9 外島地區月平均日射量變化圖 . . . . .	31
圖 3-10 外島地區四季月平均日射量變化 . . . . .	31
圖 3-11 高海拔地區月平均日射量變化圖 . . . . .	31
圖 3-12 高海拔地區四季月平均日射量變化 . . . . .	32
圖 4-1 原始各月水平全天空日射量之日平均值 . . . . .	36
圖 4-2 調整後各月水平全天空日射量之日平均值 . . . . .	36

圖 4-3	各月平均氣溫折線圖	37
圖 4-4	各月平均相對濕度折線圖	37
圖 4-5	太陽能光電動態解析程式主畫面	39
圖 4-6	動態解析結果輸出畫面	40

## 摘 要

關鍵詞：太陽能建築、標準氣象年、綠建築

### 一、研究緣起

我國行政院於 1996 成立「永續發展委員會」以來，「綠建築政策」是國家施政重點，也是政府「挑戰 2008 國家發展重點計畫」之一環。從 1995 年草創期的「建築外殼耗能評估指標」到 1999 年的「綠建築評估體系」，乃至於 2000 年的公有建築物的「綠建築標章認證審查」制度實施，每年節省國家能資源，在電力方面達兩億六千度，在水資源方面達一千萬公噸，可謂成果豐碩（林憲德，2006）。這些優異成效的背後，歸功於我國的建築節能法令立足於本土氣象基礎，掌握區域氣候特性，提出適切可行的科學技術，所以成效自然立竿見影。

國際上對於 BIPV 設計的根本構想，最重要的是建築生命週期能源消費評估觀念。亦即從評估建築物能源的合理使用量出發，尋求誘導式設計之最佳化策略。簡言之「BIPV 設計的先決條件是為了節約能源(Low-energy design, the prerequisite to BIPV)」。真正智慧化及科技化的建築，其本質在於追求節約能源設計，而日射量則是建築物節能計畫裡最重要的一環

本研究基於協助我國發展整合型太陽能建築（Building Integrated Photovoltaic, BIPV）之所需，特別投入關於「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型」之研究，以探討我國不同地域之風土條件在太陽能光電利用上的潛能與策略。

### 二、研究方法及過程

今年度本研究主要工作有二，首先必須再次確認上年度建立之日射量資料庫的準確性。第二是根據資料庫數據挑選北中南三個主要都會區的測站來進行日射量動態模擬分析，茲分別說明如下：

## 建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究

### (一) 去年度之日射量資料庫：

鑑於去年度所初步建立資料庫之日射量數據侷限於 1997~2002 年 (1993~1996 年的日射量數據短缺嚴重)，本年度擬增加氣象數據收集年份至 2006 年，可以讓日射量資料庫的統計範圍成為完整十年份 (1997~2006 年)。關於日射量資料品質問題，本研究進行定性定量兩道程序的確認。

在定量上，檢視原始檔案，去除不合理數據 (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否剔除；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。) ，接著進行月平均日射量統計。

在定性上，將根據其他相關氣象參數 (如雲量、日照時數和最高、最低溫度差距等) 的雙因子變異數分析和相關係數計算，以確保 Eppley PSP 數據品質，利於展開後續動態解析作業。

### (二) 在動態解析方面：

本研究採用美國再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory, NREL)於 1995 年所公布的方法 (Sandia Method)，製作標準氣象年(TMY)格式。針對我國三大城市 (台北、台中、高雄) 進行全年日射量逐時數據動態模擬解析。

### 三、重要發現

本研究「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究」得到以下幾項結論：

#### 1. 本研究建立太陽能設計用標準日射量資料庫

本研究收集中央氣象局氣象數據，初步建立了台灣地區 1997~2006 十年間之日射量數據。27 個測候站數據整理成月平均日射量與年平均日射量兩種格式，可以提供建築師設計太陽能發電之參考依據。

#### 2. 本研究建立太陽能設計用動態模擬軟體

本研究建立了三大城市之「太陽能設計用標準氣象年」資料庫，並且據以製作太陽能設計用動態模擬軟體。這個動態模擬軟體可以讓設計者預估不同方位角與高度角設置太陽能光電系統後之發電效益，以作為設計階段及運轉最適化的效益評估。

#### 3. 本研究提出我國各地理分區特徵與發電潛能關連分析

本研究將 27 個測站區分為六個地理特徵，據以分析各區之年日射量變動特徵與發電量，提出六大分區之日射量潛能、季節優勢與發電策略，可以作為建築物建置太陽能光電最佳化設計的效益評估。

#### 四、主要建議事項

根據研究發現，本研究則提出以下之建議事項：

##### 建議一

擴大太陽能設計用動態模擬之樣本城市，以利 BIPV 發展。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：

本研究建立了台灣本島西半部三大城市（台北、台中及高雄）之太陽能設計用標準氣象年資料庫，為了與過去建築外殼耗能標準氣象年資料庫銜接，亟待增加新竹、台南、花蓮及台東等四個地區之樣本資料庫，以利全國各地對於發展 BIPV 之預測模擬與效益評估。

##### 建議二

進行建築外殼節能法令（Envload）與本研究太陽能的標準氣象年的整合，落實永續建築發展政策。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經建會、經濟部、內政部

我國節能法令 Envload 的標準氣象年格式與本研究太陽能的標準氣象年格式相通，同為太陽輻射帶來的熱負荷與輻射能的標準化研究，因此應當一體積極展開整合與應用。

##### 建議三

本研究之建築物建置太陽能光電最佳化設計模型的具體成果，亟待建置於建築研究所網站，以方便設計界及民眾使用。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經建會、經濟部、內政部

本研究建立 27 個測站的日射量數據，分別有年平均日射量與月平均日射量兩種格式，相關圖表製作方式淺顯易懂，建議發行專題報告或建置於建築研所網頁，以方便設計界或一般民眾參考使用。此外本研究提出六大分區之日射量潛能、季節優勢與發電策略，可以作為建築物建置太陽能光電最佳化設計的效益評估之一。

#### 建議四

本研究顯示，我國近十年來日射量之月平均分布與全年日射量的變動特徵，亟待進一步進行相關再生能源利用、節約能源等教育宣導等工作。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：經建會、經濟部、內政部、教育部

本研究根據中央氣象局氣象數據解析結果顯示，我國近十年來日射量之月平均分布與全年日射量的變動特徵，這個結果期待讓設計者及使用者在建置太陽能光電設備或 BIPV 發展的參考。

# 建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究

## 第一章 緒 論

### 第一節 前言

回顧100年間人類文明使用能源的歷史，人類正在消耗地球累積50萬年的有限能源(化石燃料)。能源使用雖然釋放了極大的生產力，但同時也敲響了能源枯竭的警鐘。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，所以適合被用來取代舊有化石燃料的乾淨能源之一。

太陽能的利用可分為熱能與光能兩種能量形式，其中又以光電能量轉換的應用比重佔最大，此方式是利用特殊的半導體材料，製造出太陽電池，太陽電池經由光線照射後，把光能直接轉換成電能。近年來，由於半導體工業的蓬勃發展，使得製作太陽電池的技術快速進步，製造成本亦逐漸降低，預計在未來的電力結構中必然占有一席重要地位。

太陽能產業的發展，以德日發展較為先進，美英亦不遑多讓。德國的太陽能發展起步甚早，尤其在 2000 年實施再生能源法 (Renewable Energies Laws，德文縮寫為 EEG) 舉足輕重，促使太陽能科技產業蓬勃發展。位於亞洲地區的日本，1989 年由政府率先建立規範制度，接著在 1994 年開始實施獎助辦法，每戶 3 千瓦的「與市電並聯型太陽電池發電系統」，政府補助 50% (逐年遞減)。據統計，從 1994 年裝置戶數 539 戶，發電量 1.8 百萬瓦，到 1999 年的裝置戶數已超過 18000 戶，總發電量也超過 60 百萬瓦，到了 2003 年時，裝置的戶數達到十萬戶，總發電量達 100 百萬瓦。在美國 1984 年的 Carrisa Plain，設立了 3000 kW 之集中型系統，奠定了里程碑。1997 年克林頓總統宣佈了太陽能百萬屋頂計畫，預計到 2010 年在國內建造 100 萬座太陽能屋頂，該計畫完成後每年可以減少排放的二氧化碳

相當於 85 萬輛汽車的排放量。此外位於我國南邊臨邦的菲律賓，由西班牙政府與英國的太陽能公司（BP Solar）和菲律賓政府三方簽署協議，斥資四千八百萬美元，在菲律賓南部地區一百五十個村落建構太陽能電源計畫。由此可見國際間對於太陽能產業發展之重視。

## 第二節 研究目的

我國行政院於 1996 成立「永續發展委員會」以來，「綠建築政策」是國家施政重點，也是政府「挑戰 2008 國家發展重點計畫」之一環。從 1995 年草創期的「建築外殼耗能評估指標」到 1999 年的「綠建築評估體系」，乃至於 2000 年的公有建築物的「綠建築標章認證審查」制度實施，每年節省國家能資源，在電力方面達兩億六千度，在水資源方面達一千萬公噸，可謂成果豐碩（林憲德，2006）。這些優異成效的背後，歸功於我國的建築節能法令立足於本土氣象基礎，掌握區域氣候特性，提出適切可行的科學技術，所以成效自然立竿見影。

國際上對於 BIPV 設計的根本構想，最重要的是建築生命週期能源消費評估觀念。亦即從評估建築物能源的合理使用量出發，尋求誘導式設計之最佳化策略。簡言之「BIPV 的先決條件是節約能源設計（Low-energy design, the prerequisite to BIPV）」。真正智慧化及科技化的建築，其本質在於追求節約能源設計，而日射量則是建築物節能計畫裡最重要的一環

本研究基於協助我國發展整合型太陽能建築（Building Integrated Photovoltaic, BIPV）之所需，特別投入關於「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型」之研究，以探討我國不同地域之風土條件在太陽能光電利用上的潛能與策略。

### 第三節 研究方法與進行步驟

#### 一、研究構想說明

「本土氣象」議題研究，在先進國家被視為一切研究的基礎，產官學界無不竭力投入對於該國氣象的研究，以作為後續各項研究發展的基礎。因此本研究鑑於日射量之應用層面的差異性，在空調設計有所謂「空調設計用日射量」研究，在建築耗能解析有所謂「建築外殼耗能解析用日射量」研究，同理在太陽能光電設計上也應有「太陽能設計用日射量」之專門研究才是。以下就這三種不同用途的日射量解析應用觀念分述如下：

##### (一)「空調設計用日射量」：

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，選用最大設備容量才不會發生負載不足的現象。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。其方法是從乾球溫度、露點溫度及水平日射量等長期(通常為十年)逐時氣象資料中，選定2.5%或1.0%危險率之最大值為設計值。

##### (二)「建築外殼耗能解析用日射量」：

由於空調設計用氣象資料是為了掌握最大設備量設計的氣象條件，因此這些數據不能適用於耗能解析上。因為最大氣象條件所得的最大負荷量並不能完全視為全年耗能量。所以「外殼耗能解析用日射量」是以「標準氣象年」的觀念來評估耗能量，因為耗能量是由長期的自然氣象逐時逐日所累積的結果，因此在耗能解析上，需要建立一套全年8760小時的氣象資料以作為解析的基準。

##### (三)「太陽能設計用日射量」：

太陽能設計用日射量與建築外殼耗能解析用日射量對於日射量的評估相當類似。在全部27個測站，根據氣象局日射計所觀測記錄到的數據進行全天空水平月平均日射量的統計。基於BIPV所需，必須能推算不同方位、不同高度的日射量變化與發電效益，本研究擬採用「標準氣象年 (Typical meteorological year, TMY)」的觀念來評估發電量，強調各項氣象因子應如同自然氣候所具有的同時性與相關連性。BIPV的發展需求，同時也要考慮非最佳角度的發電效益，必須有各方位垂直面的直達及擴散日射量才便於利用。因此也必需獨立建立一套適合太陽能設計用的氣象數據集以作為解析的基礎。

所謂「標準氣象年」格式製作，先進國家開發一套「典型的 (或稱標準的)」氣象資料檔，來代表當地全年中各項氣象要素的逐時、逐日、逐月變動。亦即採用一「典型的」一年 8760 小時的氣溫、濕度、日射量、雲量、風速等逐時氣象數據構成的「氣象年」來代表當地長期氣象的「典型」變化情形。其各項氣象數值都由當地過去的實測的逐時數據來組成，因此各氣象值之間具有同時發生的關連性。以此「氣象年」資料進行工程上的解析可確保氣象變化的合理性及信賴性。這種「氣象年」在美國以 WYEC (Weather Year for Energy Calculation)，TRY (Test Reference Year)，TMY (Typical Meteorology Year) 為代表，在日本則以「標準氣象資料平均年」為代表，在台灣則以林憲德教授的「平均氣象年 AYWD (Average Year of Weather Data)」為代表。

標準氣象年之製作是由各月份的氣象要素中依權重選取出具代表性的「中選月」，再將十二個「中選月」連結成一個氣象年。此由來自不同年份之各月份所組成的氣象年謂之「平均氣象年」或稱「標準氣象年」。標準氣象年是由逐時的氣象數據所組成一年份之假想氣象年(8760 小時)，實際上此一年份並不存在，然其意義在於能夠以一年的假想氣象數據來代表長期間的氣象變化，剔除極端、異常氣候之數據，以此一標準氣象年進行太陽能光電效益的研究，將能更具當地氣候之代表性，確保分析結果的信賴度。

本研究以台北、台中、高雄三地為對象，並從三地 1997-2006 年，一共十年之原始逐時氣象資料為作為篩選中選月份之資料庫。最終成果將組成台灣台北、台中、高雄地區各一年份的逐時標準氣象年，依此分別代表台灣地區 1997-2006 年間北、中、南地區之標準日射量。

## 二、研究方法：

今年度本研究主要工作有二，首先必須再次確認上年度建立之日射量資料庫的準確性。第二是根據資料庫數據挑選北中南三個主要都會區的測站來進行日射量動態模擬分析，茲分別說明如下：

### (一) 上年度之日射量資料庫：

鑑於上年度所初步建立資料庫之日射量數據侷限於 1997~2002 年（1993~1996 年的日射量數據短缺嚴重），本年度擬增加氣象數據收集年份至 2006 年，可以讓日射量資料庫的統計範圍成為完整十年份（1997~2006 年）。關於日射量資料品質問題，日射量數據解析在最理想的狀況下，是於當地藉由精準的儀器實測而得。而且地面測候站應符合世界氣象組織（WMO）及世界輻射中心（World Radiation Center, WRC）推動的 BSRN（Baseline of Solar Radiation Network）氣象觀測規範，目前亞洲僅有日本的 Tateno 測候站在 1996 年申請加入並獲得認證。由此可見整個亞洲大多數的氣象單位，包括台灣中央氣象局之氣象觀測數據存在著品質問題（例如 2003 年台大林博雄教授指出中央氣象局在 1982~2000 年日射量數據有明顯低估問題，但是經過校驗以後的日射觀測數據系統，依舊純在不明因素，無法克服）。因此國內外學者常希望能由其他可靠的氣象參數來推算或檢驗日射量數據。在 1924 年 Angstrom 曾提出利用大氣外全天空日射量  $Q_0$  與日照率  $n/N$  來推算全天空日射量（Angstrom, 1924）。1977 年日本學者吉田氏也根據日本、琉球附近的日射量數據統計出推算日射量之回歸方程式（吉田作松，1977）。1986 年林憲德教授根據台灣實測數據改

寫吉田氏公式，發展出適用台灣的推算式(林憲德、蘇瑞泉，1986)。1994 年中央氣象局之「台灣近百年之氣候變化評估報告」中，也選用日照時數代替地面太陽輻射量，用來間接說明地表太陽能輻射變化情況(中央氣象局，1994)。2002 美國密西根州立大學 Dr. Joe Ritchie 在探討台中農試所氣象站資料中，也曾以當地最低溫參數來間接檢定太陽輻射累積量。另一方面中央氣象局檢校中心 ( Meteorological Instruments Center, MIC ) 也經常進行觀測儀器之校檢，為提昇氣象數據之品質而努力。

由於本研究採用了中央氣象局 Precision Spectral Pyranometer ( 簡稱為 Eppley PSP ) 資料來探討台灣日射量議題，因此基於確保日射量資料的品質，必須進行定性定量兩道程序的確認。

在定量上，檢視原始檔案，去除不合理數據 ( 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否剔除；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。 )，接著進行月平均日射量統計。

在定性上，將根據其他相關氣象參數 ( 如雲量、日照時數和最高、最低溫度差距等 ) 的雙因子變異數分析和相關係數計算，以確保 Eppley PSP 數據品質，利於展開後續動態解析作業。

## (二) 在動態解析方面：

本研究採用美國再生能源實驗室 (National Renewable Energy Laboratory, NREL) 於 1995 年所公布的方法 (Sandia Method)，製作標準氣象年 (TMY) 格式。針對我國三大城市 (台北、台中、高雄) 進行全年日射量逐時數據動態模擬解析。

### 1. 所謂的「標準氣象年」

所謂「標準氣象年」，本質上是一筆由多種氣象要素所組成的全

年 8760 小時的氣象資料，也就是一筆全年的逐時氣象資料，以供建築物全年熱負荷電腦解析程式使用。同時，這種電腦解析出來的建築耗能量，必須具備長期平均的代表性，以使建築設計者對其建築物的長期熱特性做正確的評估。

因此一般而言，「標準氣象年」資料的意義應有如下兩點：

- (1) 具長期氣候代表性，可以代表長期氣候的平均年變動狀態。
- (2) 具建築物年熱負荷 (Annual Heat Load) 代表性，可供模擬出建築物耗能量的一般平均狀態。

而由以上可知，「標準氣象年」的功用當有如下兩點：

- (1) 它具有全年 8760 小時的逐時氣象資料，可供大型熱負荷電腦解析程式使用，以計算建築物的全年熱負荷及設備量。
- (2) 因其具有氣候代表性，可供其他建築物理方面的各種後繼研究。如度時 (Degree-Hours)、焓時 (Enthalpy-Hours) 等，便可由「標準氣象年」推定出大致不差的資料，而未必要從長期資料統計。

關於「氣象年」的組成，一般可分為兩類。一種為真實的一年氣象資料所構成。它是由長期氣象資料中，找出具氣候或能源計算值代表性的全年資料，而成為一個「氣象年」。另一種則由各月份氣象要素中選取出具代表性的「平均月」，再將十二個「平均月」連結成一個「氣象年」。換句話說，這一類的「氣象年」並非真有這樣的一年資料，而是人為製作的一種平均狀況。雖然它是一人為的氣象資料，但它也必須符合上述「長期氣候代表性」和「年熱負荷代表性」之原則。本研究所採用的「標準氣象年」是屬於第二類的人造「氣象年」。各國「平均氣象年」資料的統計方法簡介

## 2. 各國「標準氣象年」資料的統計介紹

世界各先進國大多均建立氣象資料的系統，而類似「平均氣象年」的資料在美國便有 Test reference Year (T.R.Y)，Weather Year for Energy Calculation (W.Y.E.C)，Typical Meteorology Year (T.M.Y) 和

加州地區專用的 CTZ 等等，在日本則有「標準氣象資料平均年」，在南非也有類似的設計用氣象年資料等等。

根據成功大學林憲德教授的資料，其中較具代表性的作法，包括美國的 TRY、WYEC，日本的標準氣象資料平均年，以及南非的作法來比較，節錄於下：

#### (1) Weather Year for Energy Calculation (WYEC) 的作法

WYEC 的完成是在美國冷凍空調學會 (ASHARE) 的支持下所促成，主要在於以電腦模擬商業建築物的逐時熱負荷時，提供一筆可代表某地區氣候狀況的全年逐時資料，其著眼點在於長期氣候的代表性上。WYEC 的組成，乃是由長達 30 年 (1941~1970 年) 的長期氣候資料中，選出各月份的代表月，而後將十二個代表月串接為逐一時的全年氣象資料。目前已完成的 WYEC 有全美 22 個主要城市。

各代表月的選取方式，第一步為由 30 年月平均溫度中，選出各月一個或數個最靠近各月份 30 年平均值的準代表月。第二步，為了使選出的代表月更接近於長期平均狀況，故而必須將各月份代表月的逐時資料，抽換其中數小時至數日的資料，以不同年度的同月份資料代替之，而使月平均值愈逼近 30 年長期平均值，以月平均溫度的調整為例。

然而實際的調整及代表月的選定，並非以單一的指標進行，當由第一步中選出幾個「準代表月」後，必須同時在參照日射量的調整狀況，做最後的決選。例如，對某一成是而言，3 月份選出 1962 年及 1964 年兩年度，此時對 1962 年來說，溫度資料需要代換 2 日，日射量的偏差已再可行範圍之中。故最後的「代表月」便選定 1964 年的 3 月，使各主要氣象要素的誤差量平均化。

當各月分的「中選月」選定後，再將 12 個「中選月」聯結，即可成為一個「氣象年」。而在月分與月分聯結點上，有時會有一些不自然、急遽的變化，這時便需要調整前後數小時的資料，使得各個氣象要素皆能平緩的遞變，符合一般氣候狀況的變化。

#### (2) Test Reference Year (TRY) 的作法

TRY 也是一比 8760 小時的全年逐時資料，供電腦城市精密計算之用，為美國海洋大氣管理局（NOAA）所發展。但 TRY 與 WYEC 不同的是，TRY 不經過人為地重組、抽換、連接氣象資料而成，而是原原本本的選取一整年 8760 小時資料之實際氣象資料。製作的著眼點在於避免氣候的極端狀況。主要用於建築空調系統耗能的比較上，它未必具有長期氣候代表性，較不適用於年度耗能的預估上。TRY 的組成是由 1948~1975 年資料中，選初一最無極端狀況的年度，而這年度的全年逐時資料便是 TRY，目前全美有 60 個站的資料。

TRY 選取的方式是以固定的順序，由長期資料中，逐步除去含有極端月平均溫度的年份，直至僅剩一年為止。作法上，先按能源比較上的重要性，決定各極端月的順序。例如，最炎熱的七月及最寒冷的一月，在熱負荷計算上是最重要的。然後以七月及一月為準，將所有月份按照月份寒、暖相間的順序排好。左右兩行分別代表月平均溫度的兩種極端，即左行為由最炎熱的七月順序排列至最涼爽的四月，而右行即最涼爽的七月至最溫暖的四月，一般對熱負荷計算而言，左行的重要性應大於右行。

所以選取的第一步，先將 24 個極端月分，分別登記於左、右兩行中，順序為由左行上端開始，在登記右行。只要有登記的年度便將其去除。第一次登記完畢後，若所剩的年度不只一個，便再做第二次登記，由左行次炎熱的七月開始，向下登記，直到僅剩一年為止。而最後僅存的一年便是 TRY。

### （3）南非設計用氣象年的作法

南非所發展出的氣象年資料，其組成大致與 WYEC 相類似，也是選取各月份的「代表月」，而後再將各「代表月」連結而成。但是選取的方式確有所差異。

其選取「代表月」的方式，第一步，將約 20 年期間的月平均溫度，以月份來分，按照各月平均溫度與長期平均值的偏差大小，來排定順序。第二步，再將月平均日最高及日最低溫度按偏差排序，比較這些順序，去除偏差過大的月分，留下約 5 個月。第三步，將準代表

月的月平均相對濕度排序，再與前者相較，兩者綜合偏差最小的，便是最後的代表月。南非的氣象站並非每站均有日射量資料，倘若在日射量資料可獲取的狀況下，最後代表月的選取，必須再參照日射量的偏差，方可決定。

12 個代表月、選定後，便加以聯結成「氣象年」，而在聯結點上並不加任何調整，其製作者 Wentzel 博士認為自然氣候有時也會有一些狀況，並不會造成太大的誤差。故南非的「氣象年」採不調整的方式聯結。

#### (4) 日本「標準氣象資料平均年」的作法

日本「標準氣象資料平均年」乃是由日本空調和衛生工學會的標準氣象資料委員會所開發完成的。「平均年」的功用及組成均與美國的 WYEC 類似，但平均月的選擇方式，則有所不同。它採雙重的選擇方式，第一階段，先以氣候的長期代表性為主要來判斷。第二階段，再以熱負荷計算觀點來做最後的選取。

第一階段的作法，是以溫度、絕對濕度及日射量為選取要素，先求取三要素逐月平均值與 10 年長期平均值的偏差，以三者同時小於標準偏差者為「候選月」，這「候選月」可能有兩個或數個。如果沒有三者皆符合者，則以溫度及日射量同時符合者為「候選月」。

第二階段的作法，是將三要素的偏差對於熱負荷計算上所佔的比重，轉化為一個單一標準的數值指標。這個數值指標的意義在熱負荷計算上，便是該月的氣候狀況與平均狀況偏離的綜合指標。故而在由前面所選的數個「候選月」中，選取出數值指標最接近於零（亦即最接近平均值）的月份，做為最後中選的「平均月」。

「平均月」選取完畢後，便將各「平均月」接續成一個完整全年資料的「平均年」。接續時在聯結點的前後二日中，尋找兩個月資料最靠近的點，調整此點前後數小時資料，使其接點呈現十分平滑的情況。

總括上述，以日本的「標準氣象資料平均年」的作法，最為詳盡且嚴謹。其原因如下：

- (1) 在氣象選取因子上，歐美、南非的作法均以溫度為主。然實際上，濕度及日射量對氣候代表性的影響亦極大。故而以三要素兼顧的日本作法較合理。
- (2) 歐美、南非的作法未顧及能源計算代表性之特性，而日本的作法以熱負的數值指標來掌握之。一般而言，「氣象年」是用於能源消耗估算上，一筆有利的資料，假使在能源代表性上不能兼及，則在資料的使用上，無形中便增加了許多的限制。
- (3) 在「平均月」的接續方法上，歐美及南非的「氣象年」有的完全不顧及接續點附近氣候變化的平滑與否，而強行以一點接續；有的對於接續雖有考慮，但作者所收集到的文獻中卻交代不清，相反地，日本的作法對於接續點的處理有嚴謹而明確的交代。這種接續點氣候要素不平滑的現象，會使此處氣象數據變化呈現不合自然的矛盾。雖然這種矛盾不會造成能源計算上嚴重的誤差，但也許會使得「標準氣象年」在其他領域研究應用上發生困惑。

基於上述理由，本研究決定採用日本「標準氣象資料平均年」的作法，做為本研究的基準進行下面「標準氣象年」的製作。

### 3. 氣象資料之整理

理論上，在具備長期逐時實測的條件下，可以直接採用算術平均法獲得標準年（或典型年）的逐時氣象計算參數。當氣象資料不齊全時，則需對原始資料進行整理、缺漏資料之補齊作業，所要補齊的氣象要素為日射量與雲量。在進行標準氣象年之中選月篩選之前，必須首先針對原始氣象資料進行資料分析，包括不合理數據之重建與缺漏資料之補建等工作，以增加將來篩選中選月份時統計上之完整性。日射量補建作業，擬採以日照率（實際日照時數/最大可照時間）來估算全天空日射量(林憲德、蘇瑞泉,1986)，所使用之公式如下：

$$Q'=(a_0+a_1\times(n/N)+a_2\times\sin\alpha)\times Ra \dots\dots\dots(\text{式 } 1)$$

其中  $Q'$ ：全天空日射量( $\text{MJ}/\text{m}^2\text{hr}$ )

$a_0$ - $a_2$ ：回歸係數

$R_a$ ：大氣圈外水平全天空日射量( $\text{cal}/\text{cm}^2\text{hr}$ )

$n/N$ ：日照率

$\alpha$ ：太陽高度角

此外於雲量部分，原始的雲量紀錄是約三小時才記錄一筆，故亦需針對雲量進行補建。雲量的補建方法區分為日間與夜間來進行。日間由於具有日射量故，以全天空水平面日射量與外太空之水平面日射量依來反推雲量。本研究採用 Budyko 氏之迴歸式(顏俊士,1974)，可由大氣圈外的日射量與地面實測的日射量之公式(如下式 2)反推出來。

$$Q' = R_a \times (1 - 0.37C - 0.38C^2) \dots \dots \dots (\text{式 2})$$

其中  $Q'$ ：地面日射量( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$R_a$ ：大氣圈外的日射量( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$C$ ：雲量

至於夜間雲量之推估，因為夜間無日射量數據，無法以(式 2)的方法推算雲量，所以夜間雲量的估計僅能採用數值方法。且因同時必須顧慮到該估計點前後雲量變化的趨勢，故解決方法為取估計點前後各三筆雲量實測數據以五次最小平方法之曲線擬合方式來補齊。

#### 4. 中選月篩選過程

本研究採用美國再生能源實驗室(National Renewable Energy Laboratory, NREL)於 1995 年所公布的方法 (Sandia Method)，來製作標準氣象年。決定中選月的方法是將各氣象要素按對太陽能光電發電效益之影響程度而賦予不同之權重後，逐月進行對長期氣象資料之累積分佈函數分析以求得最具長期氣候代表性之中選月。實務上中選月

的篩選是由 WS(Weighted Sum)指標所決定，而 WS 指標是由 FS 統計量(Finkelstein & Schafer statistics 1971)經氣象要素加權後而來。篩選的過程其實即在計算各氣象要素各年逐月之 FS 及 WS 值，並以具最小 WS 值之月份為中選月份。

FS 統計量採用累積分佈函數 CDF (Cumulative Distribution Function)作計算。累積分佈函數為一統計用語是機率分佈函數 (Probability Distribution Function)的累積值，其意義為將所有樣本重新升冪排序後，該單一樣本值以下的所有樣本個數佔總樣本個數的百分比。其實質之意義在於比較各月份之逐時單一氣象要素對長期氣候的偏差程度，意即單一氣象要素長期氣候代表性之檢定，其值愈小表示該月愈能代表該氣象要素長期氣候之平均狀態，其計算公式如(式 3)。本研究為考量選出之北、中、南三氣候區全年具氣候同步之變化以符合南北氣候分佈之合理性，在計算長期氣候之 CDF( $\delta_{iL}$ )時，以台北、台中、高雄三地之九年逐時氣候同時計算，作為 FS 偏差值之計算依據。亦即將來三地區所選出的中選月皆來自同一年份，以避免三地氣候獨自變動所產生之不合理現象。

$$FS_w = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (|\delta_{iS} - \delta_{iL}|) \dots\dots\dots (式 3)$$

$\delta_{iS}$ ：該氣象要素之各月累積分佈函數(short-term monthly-CDF)

$\delta_{iL}$ ：該氣象要素之各月長期累積分佈函數(long-term monthly CDF)

n：該月份的總小時數

w：各氣象要素

WS 指標則是綜合了各氣象變數之 FS 值(Finkelstein & Schafer statistics 1971)乘以權重係數後之總合，其計算公式如(式 4)。以 WS

值作為決定最終中選月的原因在於各氣象要素間彼此對於太陽能光電發電效益影響程度不盡相同所致。本研究於進行挑選中選月過程採用日射量、乾球溫度、相對濕度等三種氣象要素，並分別以 60%, 20% 與 20% 之全權重加權來計算各原始月份之 WS 值。權重之決定考量各氣象要素對於太陽能光電發電效益之影響程度而定義，目前國際上尚無有關權重值之相關研究，故本研究以經驗訂定上述之值作為挑選中選月份之依據。

$$WS = \sum w_i \times FS_w \dots\dots\dots (式 4)$$

wi：各氣象要素的權重係數

### 5.各中選月份之連結

依上述方法所選出的氣象年稱為平均氣象年，所選出的各月不見得是出自同一年份，在由不同年份所組成的連續月間會有氣象數據突然變化 之不合理的現象。為了將此一現象合理化，故需要做連結之修正。連結的方法以內差法進行，兩個月份的連結取 m 月最後一天的 18 時至 m+1 月第一日的 6 時，一共 12 小時作為連結區間，連結方法以漸進比例內插於兩月的數值之間。如圖 2，整個連結的區間完全落在無日射量的夜間，可將對於建築熱負荷之影響可減至最小，而此 12 小時之連結區間足以提供連結後氣象之和緩變化，以解決氣象劇烈變動之問題。

乾球溫度、相對濕度與雲量等氣象要素的連結公式如(式 5)，另外，日射量因連接區間位於晚上，其值皆為 0，故不需作連結。

$$D_n = (1 - (n/12))D_m + (n/12)D_{(m+1)} \dots\dots\dots (式 5)$$

其中 Dn：連結區間內第 n 小時的連結值

Dm：前一月之氣象值

$D(m+1)$ ：後一月之氣象值

$(n/12)$ ：為時序上各小時的漸變係數( $n=0\sim 12$ )

## 6. 水平全天日射量之直散分離

本研究在三大城市進行的動態解析，必須分解水平面的直達日射與擴散日射，由氣象局所取得的日射量資料為水平面全天日射量，其中包括直達日射量及擴散日射量，是一總合的觀測量值。然而在未來進行太陽能利用效率計算時，由於直達日射量具有方向性，為了得以計算在不同方位、任意角度下之總日射量，則勢必要將水平面全天日射量分開計算其直達日射與擴散日射的部分。此即進行日射量直散分離處理的必要性。

日射量的直散分離過程中，根據 Bouguer 與 Berlage 之公式，水平面全天日射量三種日射量有如以下(式 6)至(式 10)之關係公式如下：

$$I_{th} = I_{dn} \cdot \sinh + I_{sh} \dots \dots \dots (\text{式 } 6)$$

$$I_{dn} = I_o \cdot P_{csh} \dots \dots \dots (\text{式 } 7)$$

$$I_{sh} = 0.5 \cdot I_o \cdot \sinh \cdot (1 - P_{csh}) / (1 - 1.4 \ln P) \dots \dots (\text{式 } 8)$$

$$I_{th} = I_o \cdot \sinh \cdot \left( P^{csh} + \frac{0.5 \cdot (1 - P^{csh})}{1 - 1.4 \cdot \ln P} \right) \dots \dots (\text{式 } 9)$$

$$I_o = 116.4 + 3.8 \cdot \sin(2\pi \cdot (89 + Y) / 365) \dots \dots \dots (\text{式 } 10)$$

其中  $I_{th}$ ：水平面全天日射量(kcal/m<sup>2</sup>.hr)

$h$ ：太陽高度角(rad)

$I_{dn}$ ：法線面直達日射量(kcal/m<sup>2</sup>.hr)

$I_{sh}$ ：擴散日射量(kcal/m<sup>2</sup>.hr)

$I_o$ ：大氣圈外日射量(kcal/m<sup>2</sup>.hr)

P：大氣透過率

Y：一年中之第幾天

其中  $I_0$  與  $h$  均可由其他關係式求出，故僅需要求得大氣透過率 (P)，即可進行日射量的直散分離。由於由氣象站所取得的數據中並無大氣透過率的觀測值，故本研究擬以將式 6 至式 8 聯立後整理如式 9，在以兩兩逼近法求得大氣透過率，以計算法線面直達日射量與擴散日射量之值。以上述過程求出近似 P 值之後，再代入式 7 與式 8 中，求出逐時的法線面直達日射量 ( $I_{dn}$ ) 與水平面擴散日射量 ( $I_{sh}$ ) 而完成日射量的分離。而大氣圈外之日射量則可以式 10 求得。

三、研究步驟：

本研究進行步驟分為資料收集、研究執行及成果彙整等三階段工作，整個研究流程如下所示：

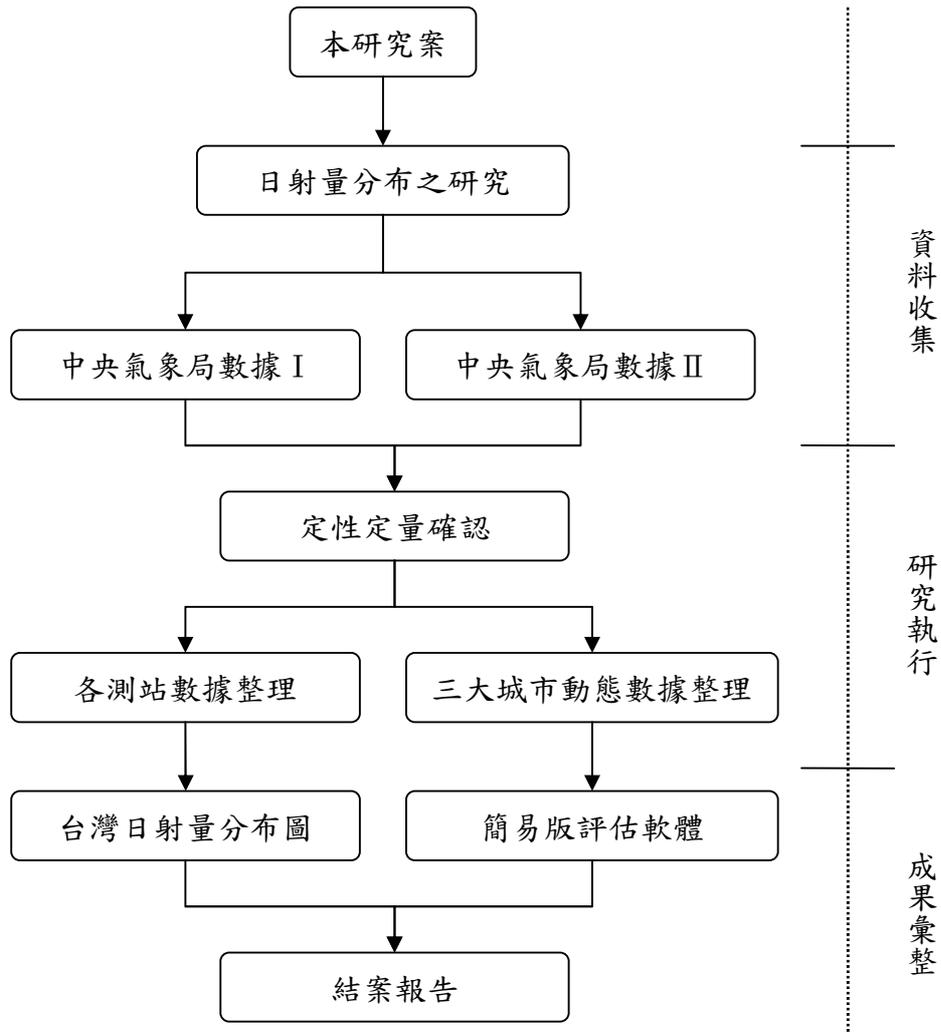


圖 1-1 研究流程圖



## 第二章 太陽能設計用標準日射量解析

### 第一節 氣象測站說明

本研究之氣象資料取自中央氣象局地面測站之長期監測數據。在去年度（2006 年）曾參考 TMY2(Typical Meteorological Years, TMY2)格式而初步建立台灣標準日射量資料庫。茲將去年度選站及原始數據品質說明如下：

去年度所收集中央氣象局氣象資料，統計期間為 1993 至 2002 年間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。測候站選取以地面一級測站（觀測項目較為齊全）且為了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，計挑選出 27 個測站（圖 2-1）。其中屬於離島地區測候站的金門與馬祖兩站，由於測站設立期間較晚（2004 年設站），以兩年份數據解析（數據為 2004~2005 年）。

今年度研究計畫希望確認及提昇這個資料庫的準確性，特別採購 2003 年至 2006 年氣象數據以補充資料庫（去年氣象資料中，在 1996 年以前之氣象數據缺漏甚多）。此外在資料精度方面，因此今年特別逐筆檢視日射量異常數據方式，根據其他氣象參數以剔除不合理日射量數據，以提昇日射量資料品質。

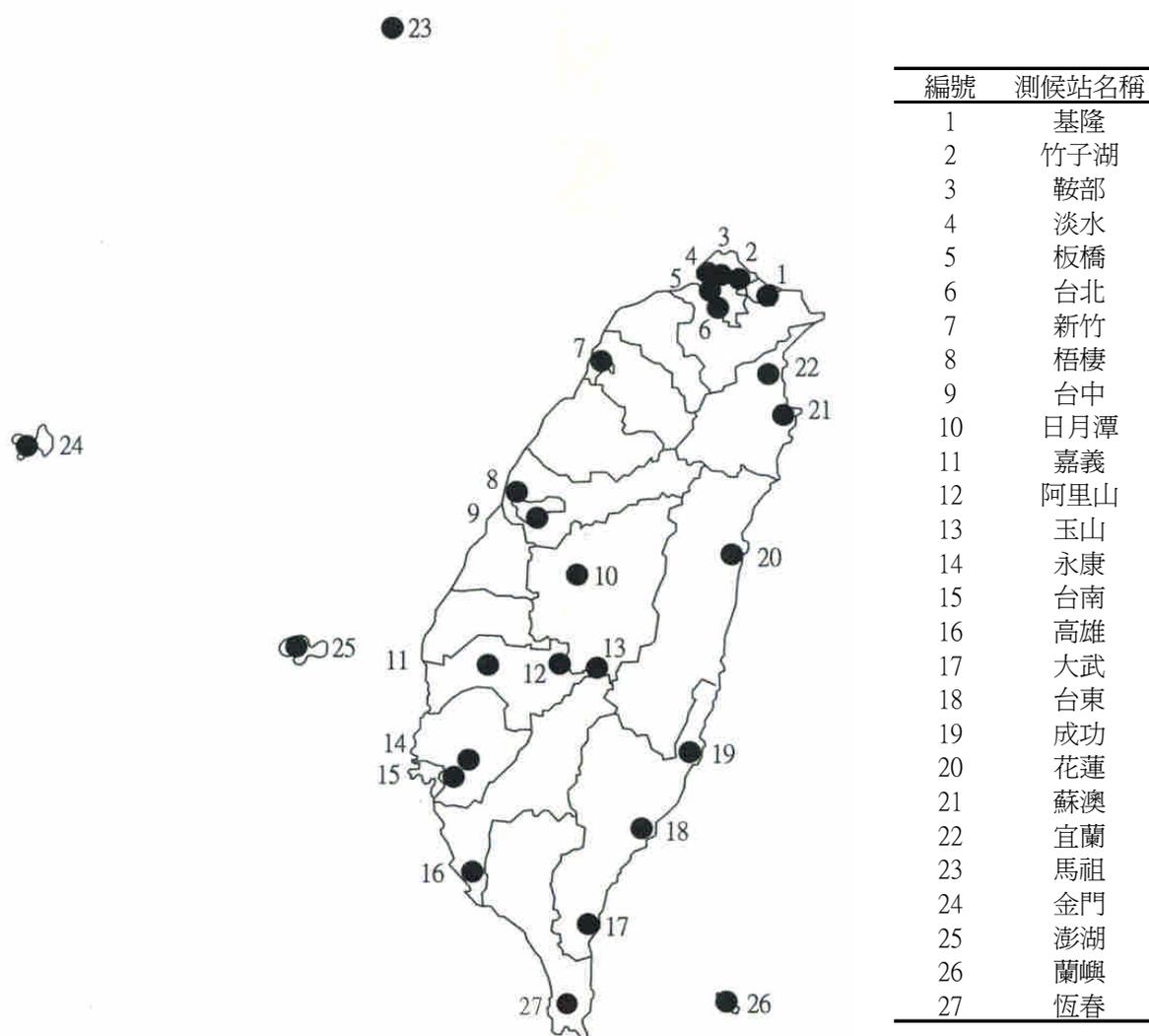


圖 2-1 本研究之中央氣象局測站分布圖

## 第二節 氣象數據解析

本研究根據去年建立之日射量資料庫架構，而修正二十七個測站的日射量數據，詳細數據如表 2-1 所示。此外本研究也根據日射量大小及參考我國地形圖繪製日射量分佈圖，如圖 2-1 所示。

台灣的日射量在海拔五百公尺以下的區域，大致上呈現從東北往西南遞增，換言之從東北角的基隆地區的  $2.2 \text{ kWh/m}^2$  日往嘉南平原一直到屏東恆春地區  $4.2 \text{ kWh/m}^2$  日而增加。其中阿里山及玉山的測站數據顯示也有  $3.3 \text{ kWh/m}^2$  日以上的水準，這是因為海拔 2000 公尺以上的山區，雲層低於測站的機率很高，日照輻射較少受到雲層吸收的影響所致。

完成上述二十七個測站統計後，具體成果整理方式以方便建築師或設計者直接使用為考量，製作成淺顯易懂的圖表方式呈現。樣本測站的編排順序，根據中央氣象局測站制式編號方式排列，並將全年月平均日射量圖（單位為  $\text{kJ/m}^2$  日）以及年平均日射量圖（單位為  $\text{kWh/m}^2$  日）分別整理如圖 2-2 及圖 2-3~2-5 所示（節錄台北、台中及高雄三站），並將全部二十七個測站數據詳細製圖收於附錄，俾供參考。

表 2-1 台灣日射量資料庫

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

第二章 太陽能設計用標準日射量解析

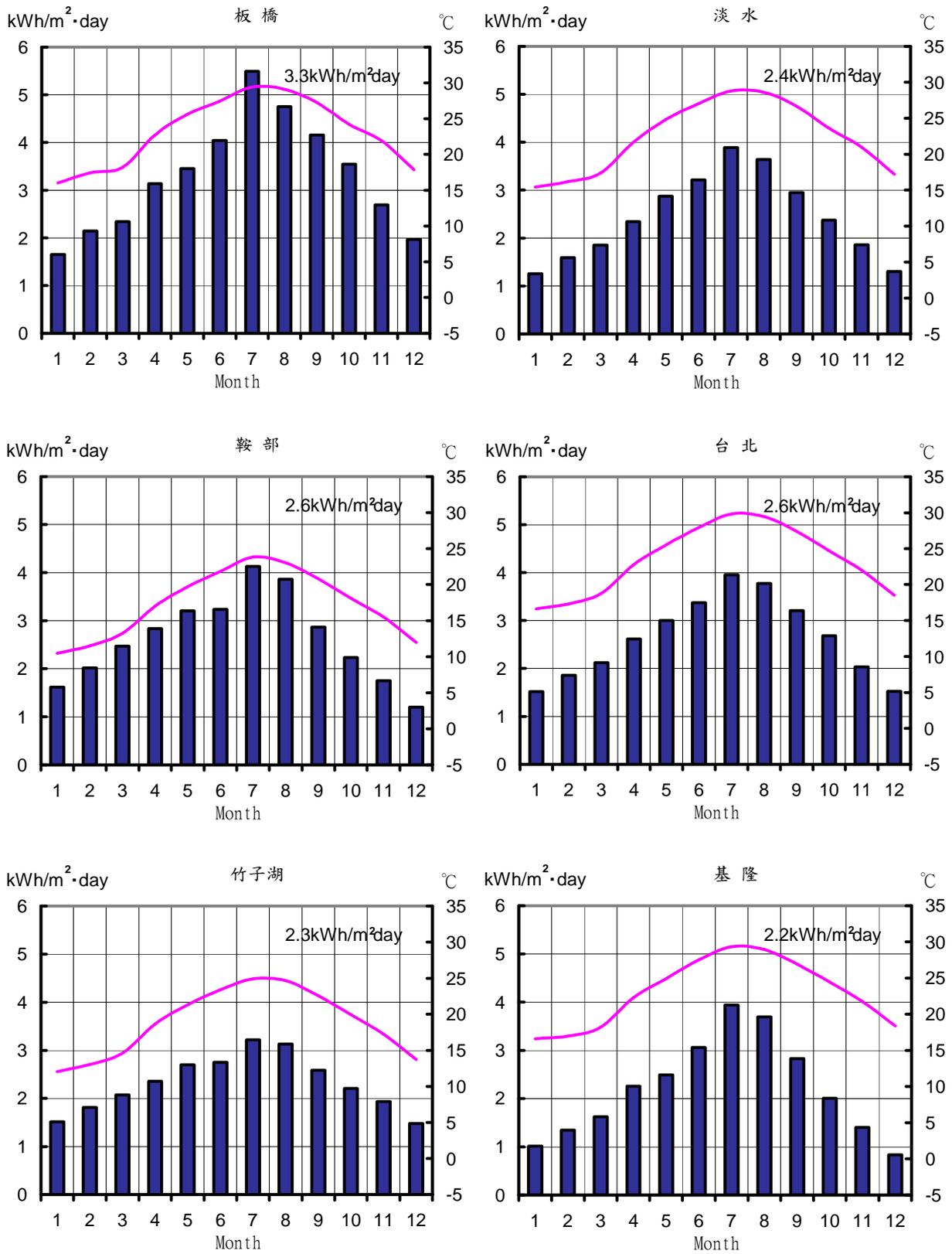
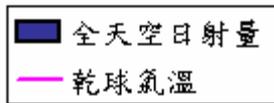


圖 2-2 各測站全年日射量分布圖 (單位： $\text{kWh/m}^2 \text{ day}$ )

# 建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究



台北

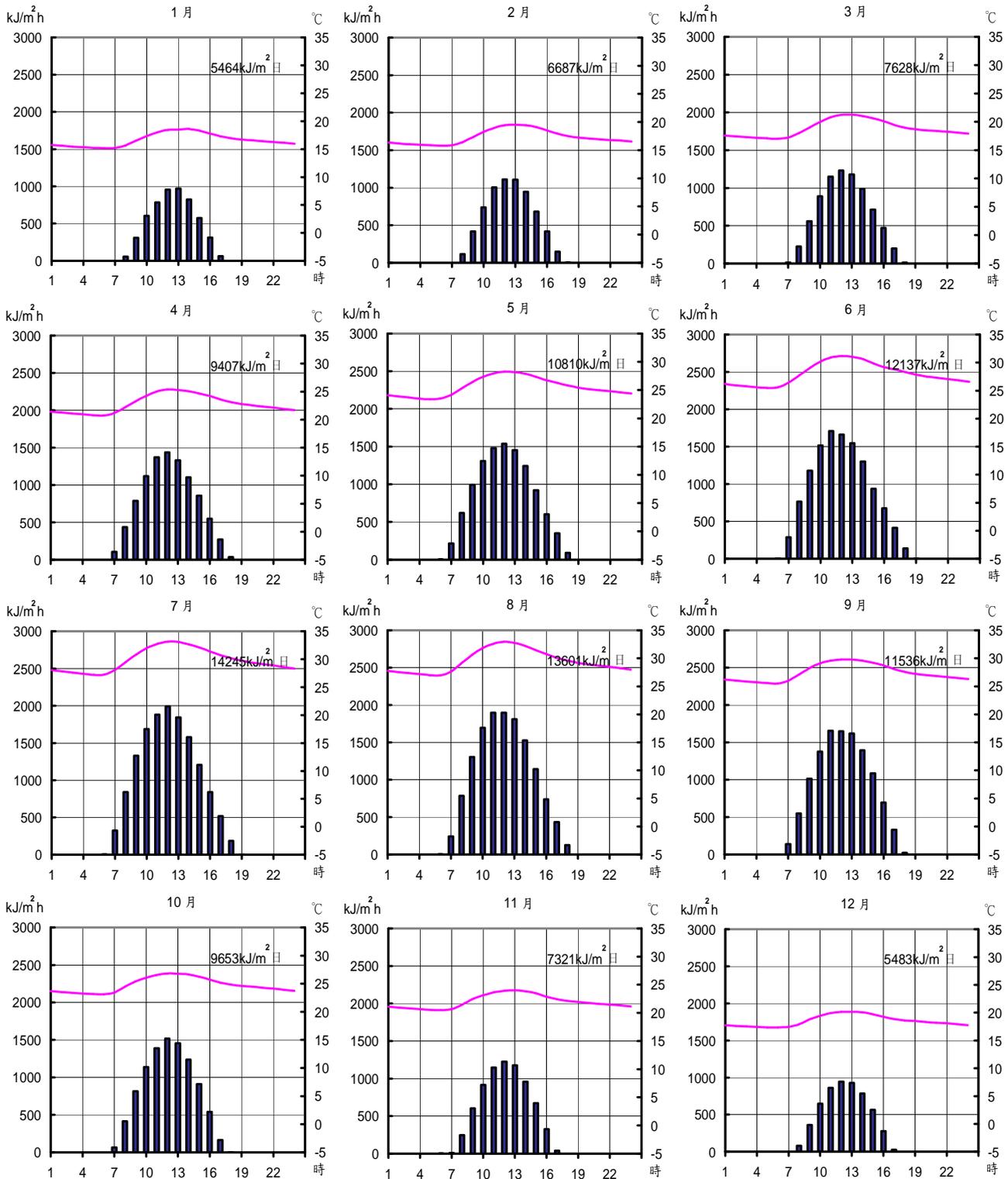


圖 2-3 台北全年日射量分布圖 (單位: kWh/m<sup>2</sup> day)

## 第二章 太陽能設計用標準日射量解析

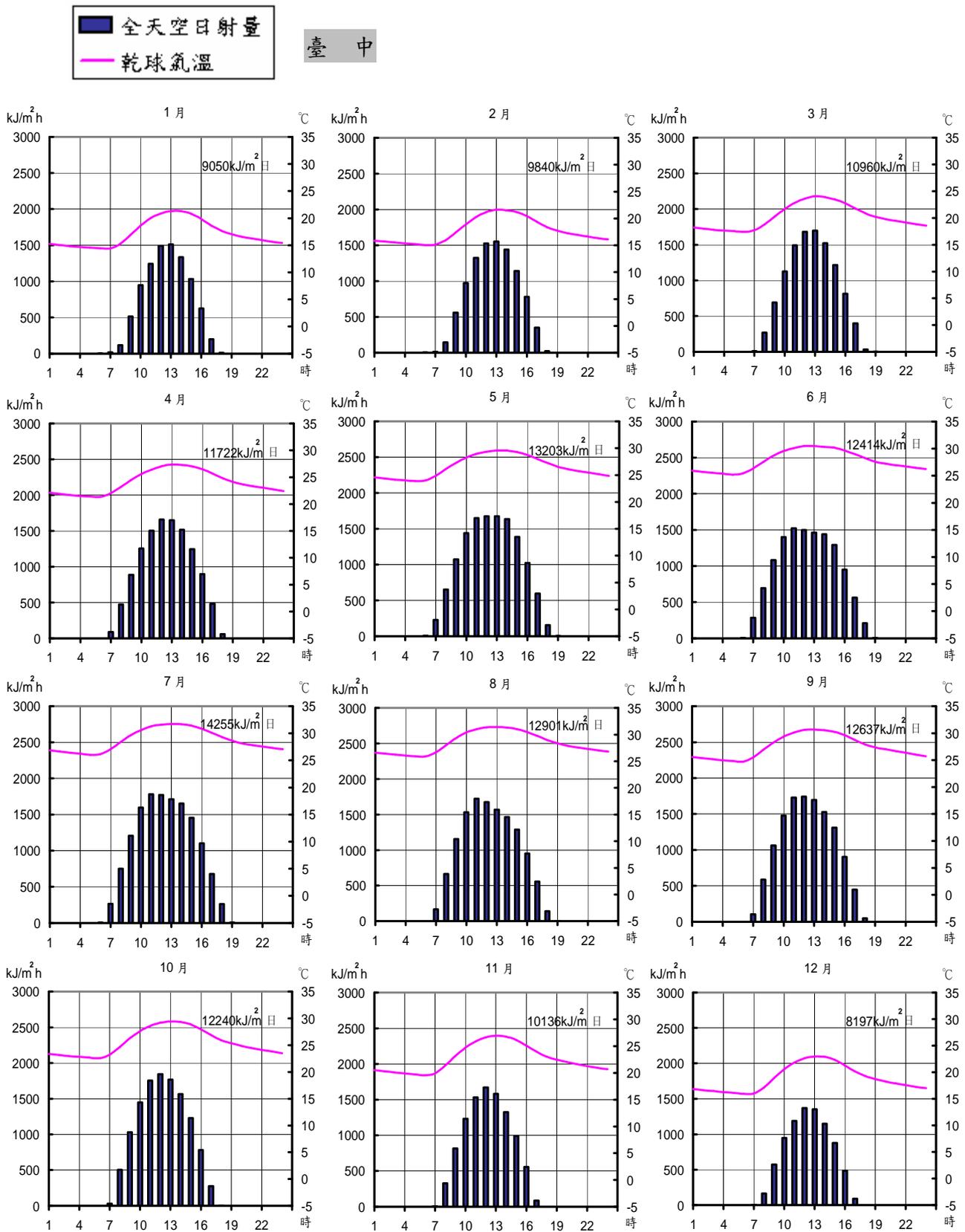


圖 2-4 台中全年日射量分布圖 (單位: kWh/m<sup>2</sup> day)

建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究

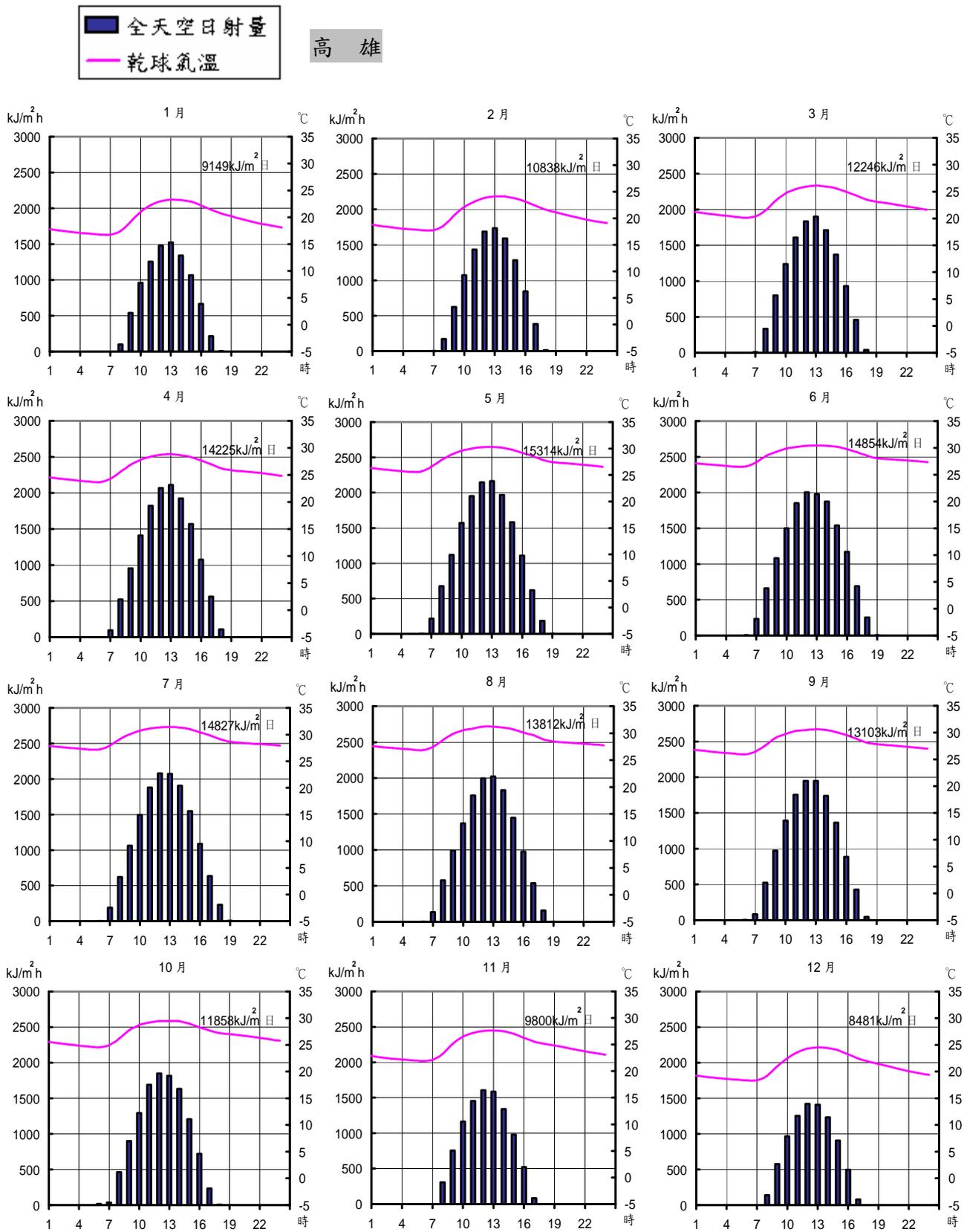


圖 2-5 高雄全年日射量分布圖 (單位: kWh/m<sup>2</sup> day)

### 第三節 台灣日射量分布之檢討

#### 3-1 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，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（圖 2-6）。

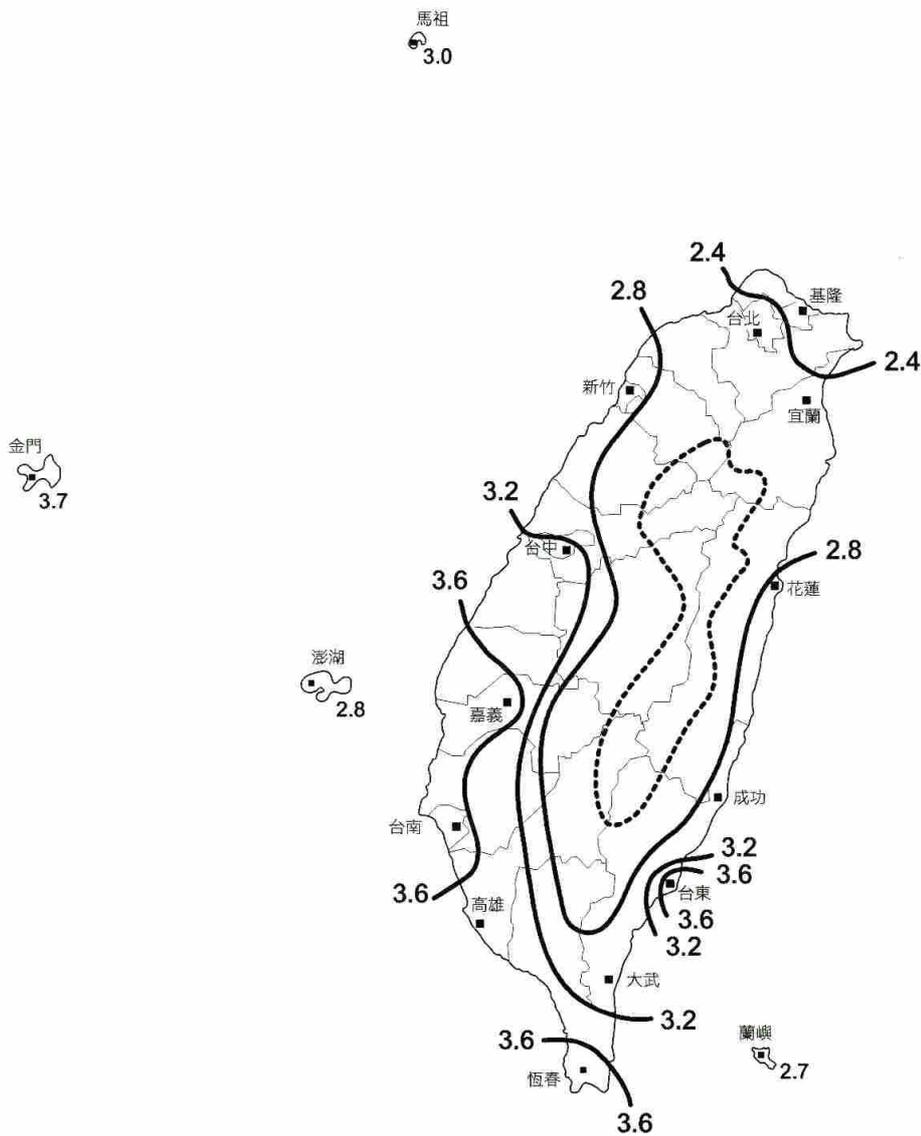


圖 2-6 台灣全年日射量分布圖（單位：kWh/m<sup>2</sup> day）

台灣日射量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，且繪製時難免在測點稀少地區介入某種程度的揣測，同時，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的分佈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。

## 第三章 日射量地理分布與發電潛能解析

### 第一節 各地發電量預測

本研究進行「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型」之研究，根據日射量數據推估發電量，讓設計者可以在建置太陽能光電設備前預測發電量，因此採用日射量換算發電量公式（Deo Prasad, 2005）如下所示：

$$Q_{pv} = \eta \times I_{tot,rad} \times A_{pv} \dots\dots\dots (式 11)$$

其中  $Q_{pv}$  = 發電量 (kWh)

$\eta$  = 綜合設計係數

$I_{tot,rad}$  = 總日射量 (kWh/m<sup>2</sup>)

$A_{pv}$  = 光電板面積 (m<sup>2</sup>)

此外也採用日本建築學會推薦的概算公式（2001）如下：

$$\text{發電量} = \text{日射量} \times \text{修正係數} \times \text{變換效率} \dots\dots\dots (式 12)$$

其中變換效率由太陽電池產品設計生產階段所決定，而日射量才是本研究探討影響發電量的重點所在。

綜上兩式，本研究試著概估每日發電量，其中從日射量到實際發電量之修正折減係數部分，是依據「太陽能建築 guide book」，所述概略值，暫時以 0.7 代入計算後得出，每 kW 容量光電板於每天的發電量，如表 3-1 所示。這個發電量預測可以提供作為太陽能設置單位在預估發電量時參考。

表 3-1 台灣各地發電量推估表

城市	海拔高度 (公尺)	年平均日射量 (kJ/m <sup>2</sup> day)	年平均日射量 (kWh/m <sup>2</sup> day)	預估發電量 kW/(kWh/日)
臺北縣 (板橋站)	9.7	11,814	3.3	2.3
臺北縣 (淡水)	19.0	8,748	2.4	1.7
臺北市 (鞍部)	825.8	9,425	2.6	1.8
臺北市 (臺北)	5.3	9,498	2.6	1.8
臺北市 (竹子湖)	607.1	8,334	2.3	1.6
基隆市 (基隆)	26.7	7,943	2.2	1.5
花蓮縣 (花蓮)	16.0	10,489	2.9	2.0
宜蘭縣 (蘇澳)	24.9	9,697	2.7	1.9
宜蘭縣 (宜蘭)	7.2	9,486	2.6	1.8
金門縣 (金門)	47.9	13,206	3.7	2.6
澎湖縣 (澎湖)	10.7	10,148	2.8	2.0
台南市 (台南)	13.8	13,905	3.9	2.7
臺南縣 (永康)	8.1	11,821	3.3	2.3
高雄市 (高雄)	2.3	12,376	3.4	2.4
嘉義市 (嘉義)	26.9	13,388	3.7	2.6
臺中市 (臺中)	34.0	11,463	3.2	2.2
嘉義縣 (阿里山)	2413.4	11,942	3.3	2.3
臺東縣 (大武)	8.1	11,253	3.1	2.2
嘉義縣 (玉山)	3844.8	12,527	3.5	2.4
新竹縣 (新竹)	34.0	10,593	2.9	2.1
屏東縣 (恆春)	22.1	16,840	4.7	3.3
臺東縣 (成功)	33.5	11,236	3.1	2.2
臺東縣 (蘭嶼)	324.0	9,702	2.7	1.9
南投縣 (日月潭)	1014.8	10,368	2.9	2.0
臺東縣 (臺東)	9.0	14,705	4.1	2.9
臺中縣 (梧棲)	31.7	10,227	2.8	2.0
連江縣 (馬祖)	97.8	10,679	3.0	2.1

## 第二節 地理分布之發電潛能與策略

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 $2.2\text{kWh}/\text{m}^2$ 往嘉南平原的 $3.7\text{kWh}/\text{m}^2$ 一直到恆春半島 $4.7\text{kWh}/\text{m}^2$ 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。

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 $3.0\text{kWh}/\text{m}^2\text{day}$ 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。以下就各分區測候站數據意義作討論。

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（海拔超過五百公尺以上）等六個測候站分區，各分區的日射量特徵分述如下：

1. 北部：北部地區分別有板橋、淡水、台北、基隆、蘇澳、新竹及宜蘭等七個測候站，其月平均日射量曲線變化趨勢呈現山形（圖3-1）。意即日射量在夏季的七、八月份特別顯著達到高峰。七個站的日射量高峰值約介於 $13,112\text{--}19,754\text{kJ}/\text{m}^2\text{day}$ 之間，最大值出現在七月份板橋測候站。以季節來看，北部地區四季之平均日射量分別為 $2.6$ 、 $4.0$ 、 $2.6$ 及 $1.5\text{kWh}/\text{m}^2\text{day}$ （圖3-2），其中以夏季日射量最強，若以日射量大於 $3.0\text{kWh}/\text{m}^2\text{day}$ 為基準，則以夏季最具有發電潛能，可利用於舒緩夏季尖峰用電負載。整體而言北部地區年平均日射量約為 $9,682\text{kJ}/\text{m}^2\text{day}$ ，推算發電量為 $1.9\text{kWh}/\text{kW}/\text{day}$ 。
2. 中部：中部地區有二個測候站，其月平均日射量曲線變化趨勢呈現丘陵形（圖3-3），日射量變動幅度明顯小於北部地區。台中及梧棲年平均日射量為 $11,463$ 及 $10,227\text{kJ}/\text{m}^2\text{day}$ 。中部地區以季節來

看，四季之平均日射量分別為3.2、3.7、2.9及2.3kWh/m<sup>2</sup>day（圖3-4），其中以春、夏兩季日射總量大於3.0 kWh/m<sup>2</sup>day，較具有發電潛力，可利用於舒緩春夏季節尖峰用電負載。整體而言中部地區年平均日射量約為10,845kJ/m<sup>2</sup>day，推算其平均發電量為2.1 kWh/kW/day大於北部分區的1.9 kWh/kW/day。

3. 南部：南部地區分別有嘉義、永康、台南、高雄及恆春等五個測候站，其月平均日射量曲線變化趨勢與中部地區相仿，呈現丘陵形，但有雙峰現象（圖3-5），大約在五月及八月為整年日射量高峰。南部地區以季節來看，四季之平均日射量分別為4.2、4.3、3.7及3.0kWh/m<sup>2</sup>day（圖3-6），全年均極具發電潛能，其中春夏日射量高於秋冬，整體而言南部地區年平均日射量約為13,666kJ/m<sup>2</sup>day，推算發電量為2.7 kWh/kW/day。其中本區測候站在夏季常出現日射量明顯下降的情形，推測原因可能跟當地雲量變化有關，這現象在《台灣各地之日射量估計問題》文獻中也出現相同結果（顏俊士，1974）。
4. 東部：東部地區分別有花蓮、成功、台東及大武等四個測候站，其月平均日射量曲線變化趨勢與北部地區相仿，呈現山形趨勢（圖3-7）。東部地區の日射量在七至九月份達到最高峰，四個站の日射量高峰值介於15,865-17,905kJ/m<sup>2</sup>day之間，最大值21,326kJ/m<sup>2</sup>day出現在七月份台東測候站。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<sup>2</sup>day之譜。東部地區以季節來看，四季之平均日射量分別為3.3、4.7、3.2及2.1kWh/m<sup>2</sup>day（圖3-8），顯示具有春夏秋三季發電潛能較高的特徵。整體而言東部地區年平均日射量達11,921kJ/m<sup>2</sup>day，大於北部地區的9,682kJ/m<sup>2</sup>day，但小於南部地區的13,666kJ/m<sup>2</sup>day，推算東部地區平均發電量為2.3 kWh/kW/day。
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，其中日射量的變化曲線來看，金門與馬祖兩站的趨勢線相仿，另外澎湖與蘭嶼兩站的趨勢線也是相仿（圖3-9）。在年平均日射量

方面，金門約為 $13,206\text{kWh/m}^2\text{day}$ 大於馬祖的 $10,679\text{kWh/m}^2\text{day}$ ，推算發電量分別為 $3.7$ 及 $3.0\text{kWh/kW/day}$ 。值得注意的是金門的日射量除了冬季（12~2月）以外，一直都維持在 $10,400\text{kJ/m}^2\text{day}$ 以上的水準，其年平均日射量與本島的嘉義相當，具有高度太陽能發電潛能。在澎湖與蘭嶼方面，兩站的日射量變化也很類似，年平均日射量分別為 $10,148$ 及 $9,702\text{kJ/m}^2\text{day}$ ，推算發電量分別為 $2.0$ 及 $1.9\text{kWh/kW/day}$ 。整體而言，外島地區的金門、馬祖、澎湖及蘭嶼年平均日射量，分別為 $3.7$ 、 $3.0$ 、 $2.8$ 及 $2.7\text{kWh/m}^2\text{day}$ ，以金門馬祖日射量較強。季節因素在外島地區的發電潛能特性上，金門以春夏秋三季的日射量皆可以達到 $3.0\text{kWh/m}^2\text{day}$ 以上，冬天則明顯下降至 $2.6\text{kWh/m}^2\text{day}$ ；馬祖及蘭嶼的日射量只有夏季可以高於 $3.0\text{kWh/m}^2\text{day}$ ；澎湖的日射量則在春夏兩季都有 $3.0\text{kWh/m}^2\text{day}$ 以上水準（圖3-10）。

6. 高海拔：海拔500公尺以上之測候站計有竹子湖、鞍部、日月潭、阿里山及玉山等五個測候站。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，日射量受到雲層吸收影響的程度較低，因此呈現日射量高且月平均變動不大的特徵。日月潭的標高為1015公尺，屬於中部的高海拔地區，可能跟廣大水體有關，其月平均日射量變動亦呈現起伏不大的特徵（圖3-11）。竹子湖與鞍部的標高分別為607及826公尺，從低雲層吸收日射量的觀點而言，與平野地區的測候站差異不大，因此其年平均日射量變化與北部地區相仿（圖3-11）。整體而言，阿里山及玉山的年平均日射量分別為 $11,941$ 及 $12,527\text{kJ/m}^2\text{day}$ ，推算發電量分別為 $2.3$ 及 $2.4\text{kWh/kW/day}$ 。日月潭年平均日射量約為 $10,368\text{kJ/m}^2\text{day}$ ，推算發電量為 $2.0\text{kWh/kW/day}$ 。竹子湖與鞍部的年平均日射量分別為 $8,334$ 及 $9,425\text{kJ/m}^2\text{day}$ ，推算發電量分別為 $1.6$ 及 $1.8\text{kWh/kW/day}$ （圖3-12）。從發電效益而言，阿里山及玉山一年四季的日射量均大於 $3.0\text{kWh/m}^2\text{day}$ ；鞍部、竹子湖及日月潭三處，則僅有夏季的日射量可以達到 $3.0\text{kWh/m}^2\text{day}$ 以上水準。

以上是本研究對於中央氣象局一級測候站資料的分類解析，得到有關於台灣日射量氣候特徵。中部及南部地區的測候站之月平均變化呈現丘陵形。當月平均日射量變化曲線呈現丘陵形，意謂著太陽能系統的發電量變動同樣呈現較為平緩變動的趨勢，可能有利於著重設計全年發電負載的太陽能系統。北部及東北部地區的測候站之月平均變化呈現山形。當月平均日射量變化曲線呈現山形特徵，則太陽能系統的發電量變動同樣呈現較為巨幅變動的趨勢，也由於這個氣候特徵，或許在考慮針對紓解夏季尖峰負載而設計的太陽能設備便能發揮功效。高海拔地區的日射量具有日射量大且月平均變動不大的特徵。另外在外島的金門及馬祖，其年平均日射量約相當於台灣本島的嘉義及台南，是具有發電潛力的區域。

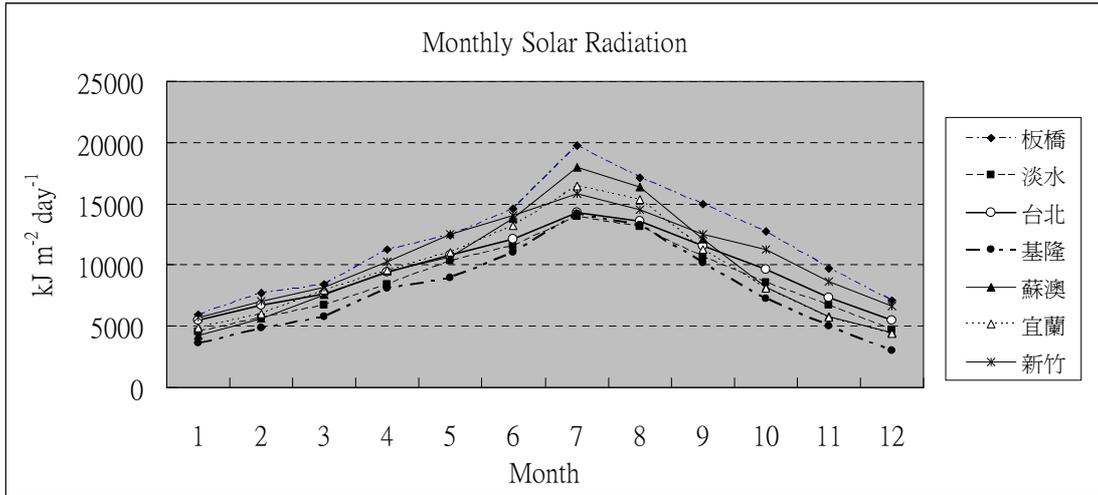


圖 3-1 北部地區月平均日射量變化圖

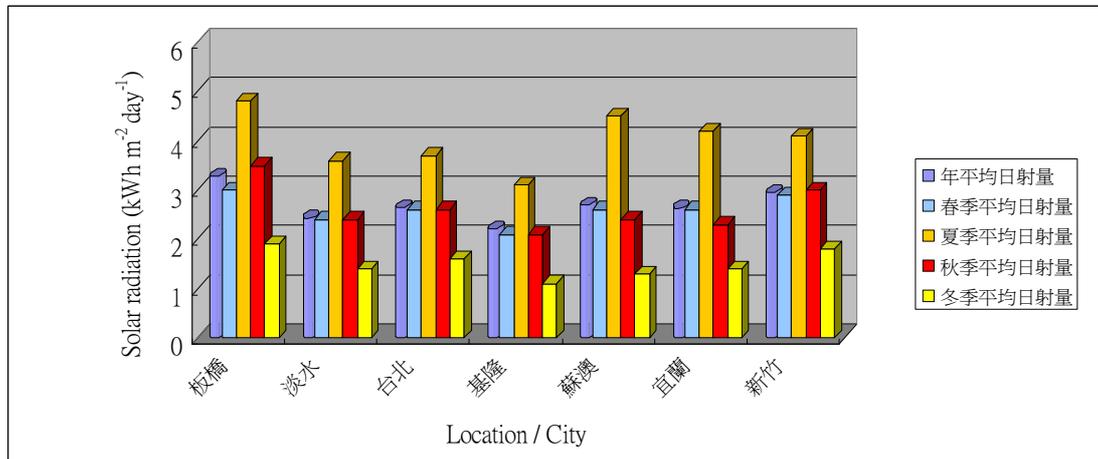


圖 3-2 北部地區四季月平均日射量變化圖

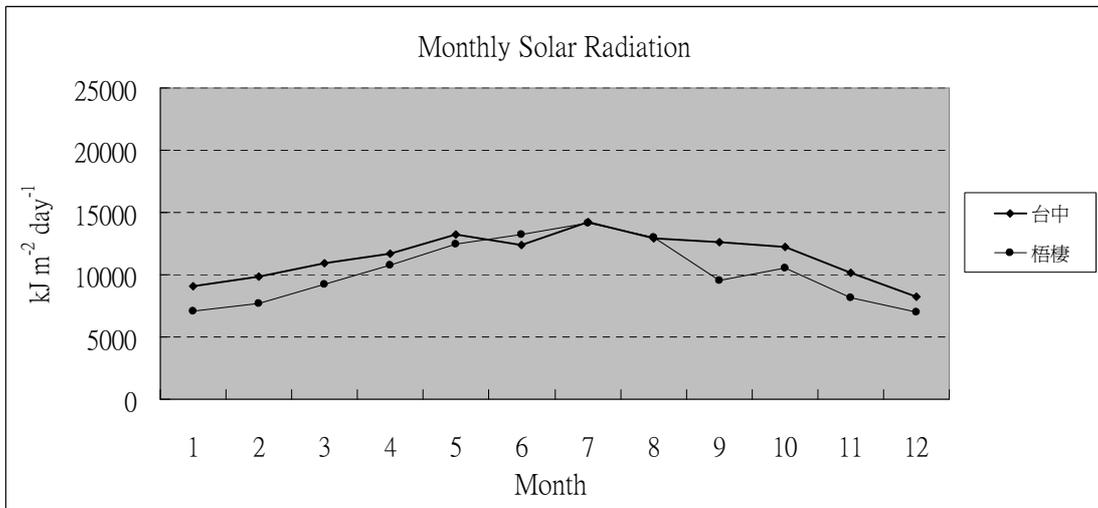


圖 3-3 中部地區月平均日射量變化圖

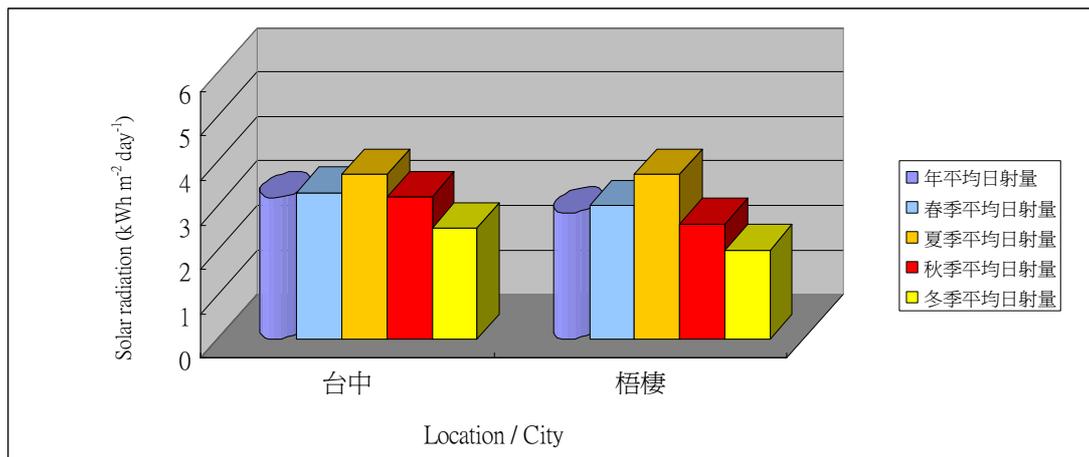


圖 3-4 中部地區四季月平均日射量變化圖

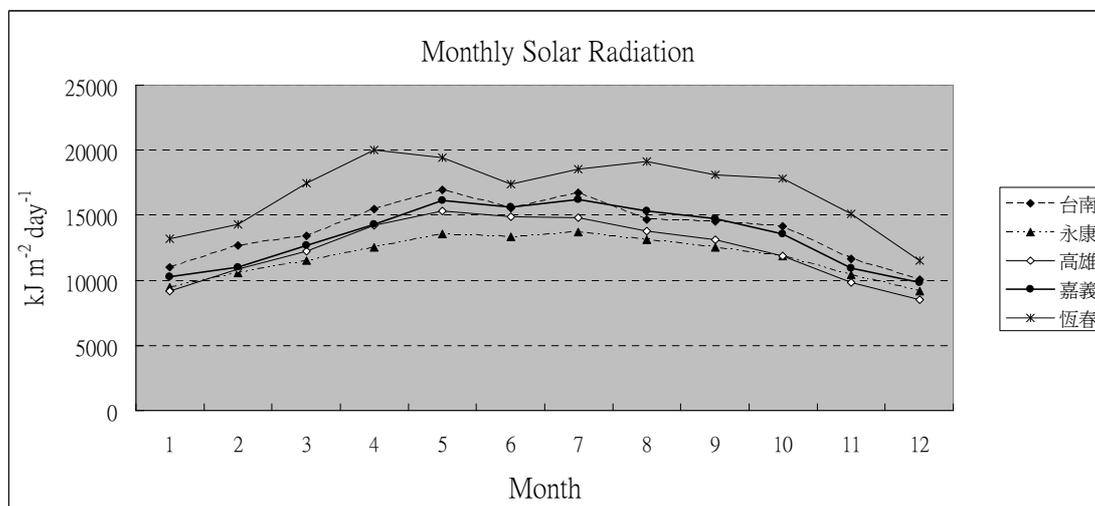


圖 3-5 南部地區月平均日射量變化圖

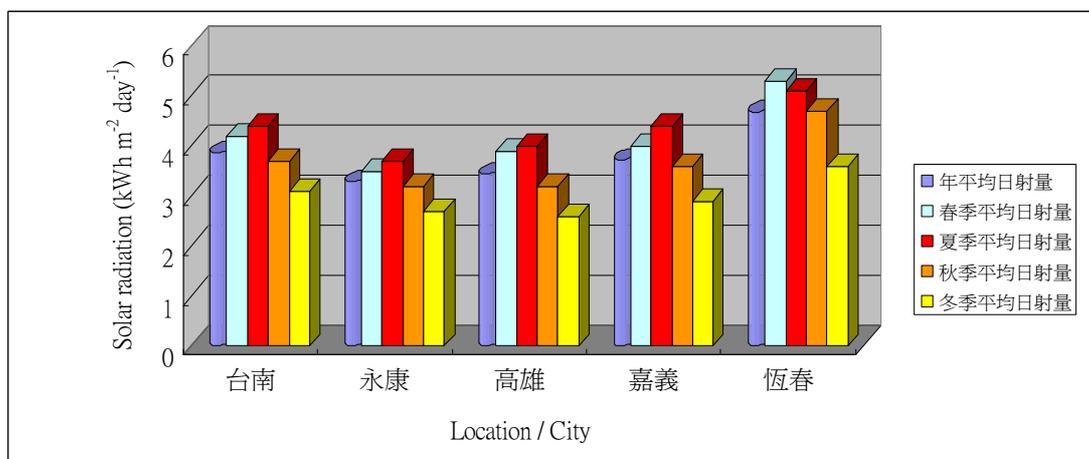


圖 3-6 南部地區四季月平均日射量變化圖

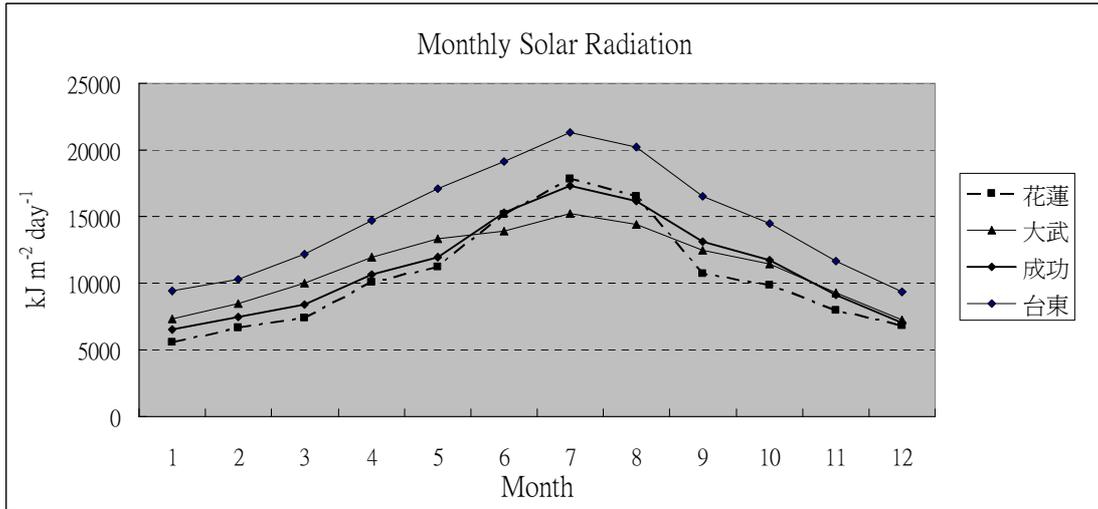


圖 3-7 東部地區月平均日射量變化圖

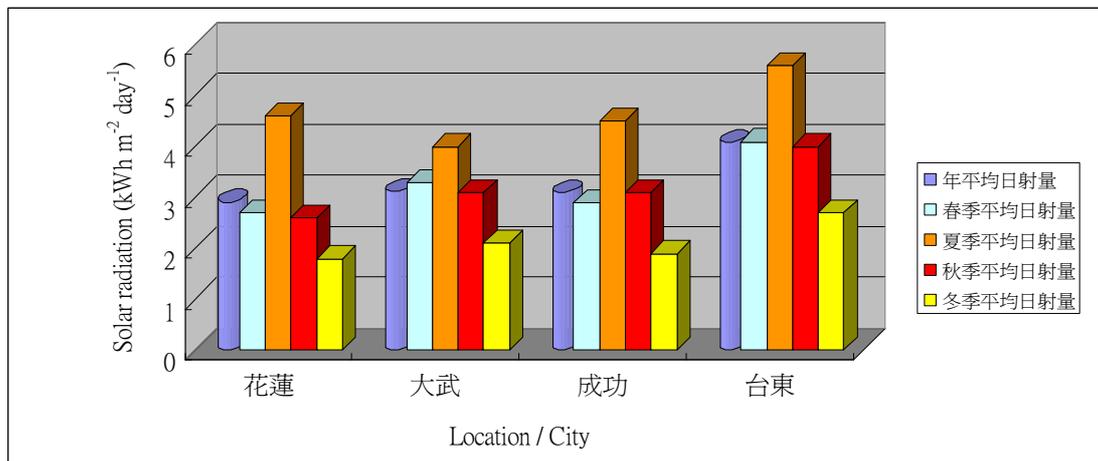


圖 3-8 東部地區四季月平均日射量變化圖

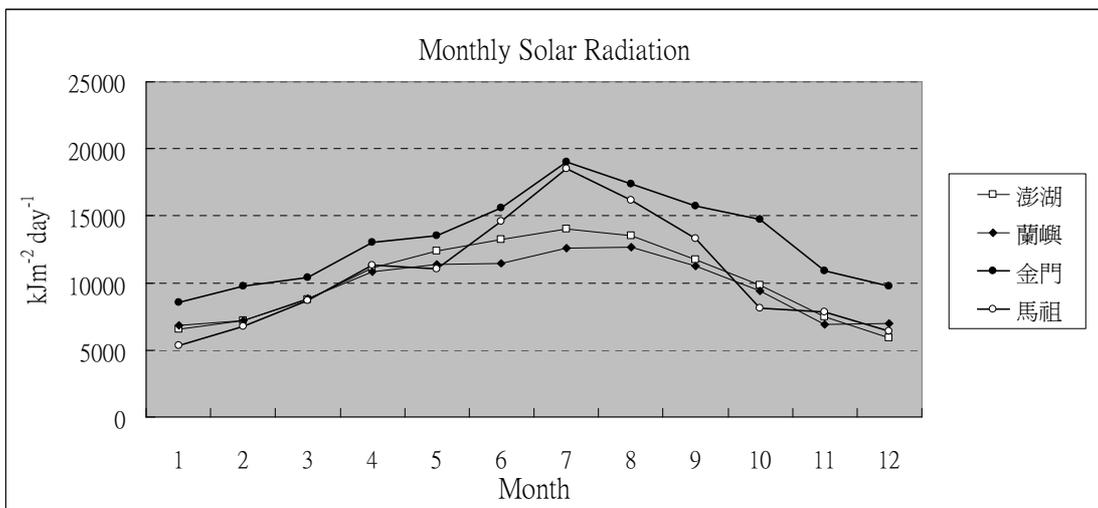


圖 3-9 外島地區月平均日射量變化圖

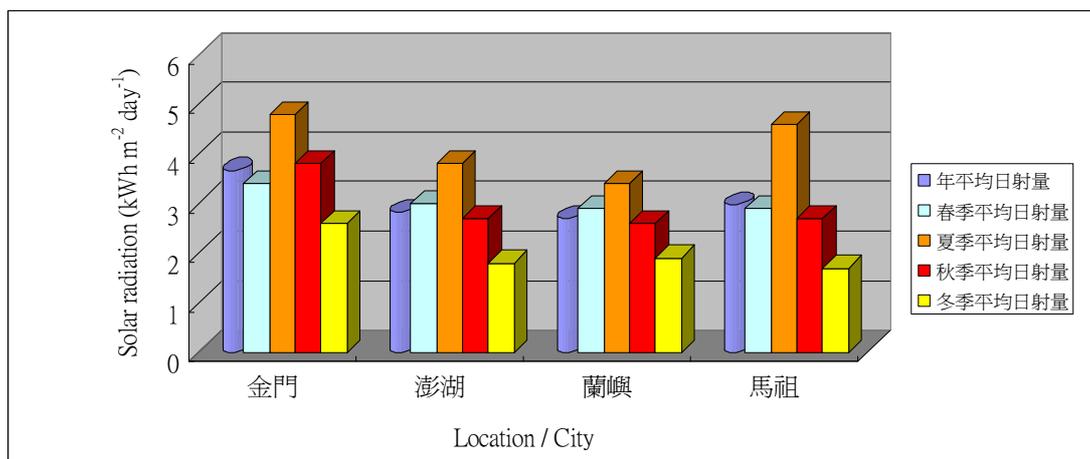


圖 3-10 外島地區四季月平均日射量變化圖

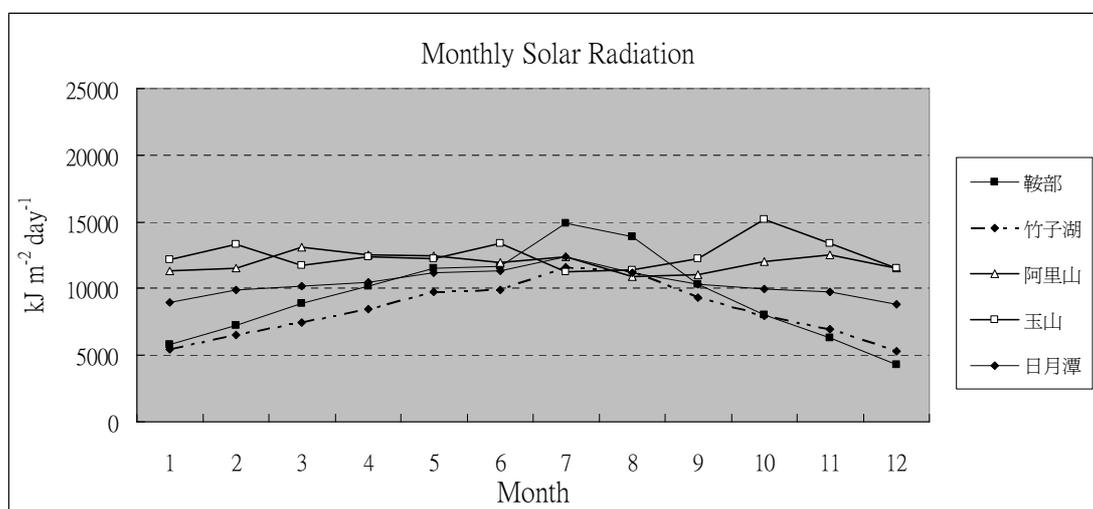


圖 3-11 高海拔地區月平均日射量變化圖

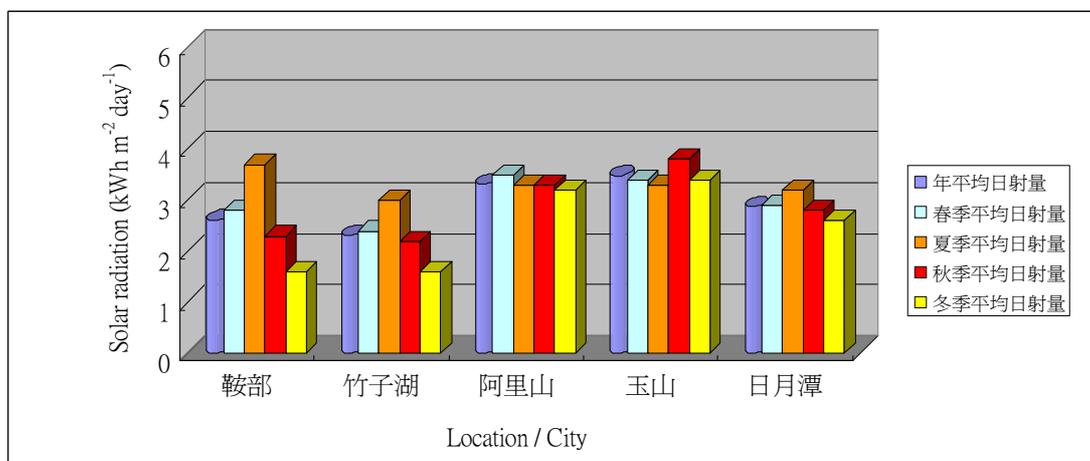


圖 3-12 高海拔地區四季月平均日射量變化圖

## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究」得到以下幾項結論：

#### 1. 本研究建立太陽能設計用標準日射量資料庫

本研究收集中央氣象局氣象數據，初步建立了台灣地區1997~2006十年間之日射量數據。27個測候站數據整理成月平均日射量與年平均日射量兩種格式，可以提供建築師設計太陽能發電之參考依據。

#### 2. 本研究建立太陽能設計用動態模擬軟體

本研究建立了三大城市之「太陽能設計用標準氣象年」資料庫，並且據以製作太陽能設計用動態模擬軟體。這個動態模擬軟體可以讓設計者預估不同方位角與高度角設置太陽能光電系統後之發電效益，以作為設計階段及運轉最適化的效益評估。

#### 3. 本研究提出我國各地理分區特徵與發電潛能關連分析

本研究將27個測站區分為六個地理特徵，據以分析各區之年日射量變動特徵與發電量，提出六大分區之日射量潛能、季節優勢與發電策略，可以作為建築物建置太陽能光電最佳化設計的效益評估。

## 第二節 建議

### 一、擴大建立太陽能設計用動態模擬之樣本城市，以利 BIPV 發展。

本研究建立了台灣本島西半部三大城市（台北、台中及高雄）之太陽能設計用標準氣象年資料庫，為了與過去建築外殼耗能標準氣象年資料庫銜接，亟待增加新竹、台南、花蓮及台東等四個地區之樣本資料庫。

### 二、進行建築外殼節能法令（Envload）與本研究太陽能的標準氣象年的整合，落實永續建築發展政策。

我國節能法令 Envload 的標準氣象年格式與本研究太陽能的標準氣象年格式相通，同為太陽輻射帶來的熱負荷與輻射能的標準化研究，因此應當一體積極展開整合與應用。

### 三、本研究之具體成果，亟待建置於建築研究所網站，以方便設計界及民眾使用。

本研究建立 27 個測站的日射量數據，分別有年平均日射量與月平均日射量兩種格式，相關圖表製作方式淺顯易懂，建議發行專題報告或建置於建築研所網頁，以方便設計界或一般民眾參考使用。此外本研究提出六大分區之日射量潛能、季節優勢與發電策略，可以作為建築物建置太陽能光電最佳化設計的效益評估之一。

### 四、本研究建立之日射量資料庫，亟待進一步進行相關太陽能再生能源利用、節約能源等教育宣導工作。

本研究根據中央氣象局氣象數據解析結果顯示，我國近十年來日射量之月平均分布與全年日射量的變動特徵，這個結果期待透過宣導教育方式，讓設計者及使用者在建置太陽能光電設備或 BIPV 發展的參考。

## 第四章 動態模擬日射量之分析

### 第一節 太陽能設計用標準氣象年資料庫

太陽能計算用標準氣象年各月所選中之年份，選取中選月時所用到之氣象要素計有乾球溫度、相對濕度與日射量，經過上述三種氣象要素 FS 值計算後，分別以 20%，20%，60% 之權重加權後，取最小之 WS 值作為決定中選月份，以組成一年份之 8760 小時之逐時標準氣象年，其原始所挑選出之中選月份如表 4-1 所示。

然而由圖 4-1 之全年各月日射量之曲線分佈檢視之，在六月份原本所選中的 2000 年份之日射量平均值有驟降低估之現象，以及十二月份之值有突然陡升之情形，此乃因為受到其他氣象要素權重之影響。以太陽能效益計算上首重日射量數據而言，為了顧及計算結果之代表性，故本研究擬重新檢視此兩個月份在各年度之 WS 值，並重新檢討考量日射量全年變動之合理性後，決定六月份以 WS 值位於第四順位之 2006 年份以及十二月份以排序第二順位的 2001 年份作為調整後的中選月份（表 4-6），如此可改進原始選中月份日射量變動過遽之情形。

調整後之中選月年份一覽表如表 4-2 所示，所對應的全年日射量折線圖則如圖 4-2 所示。台北、台中與高雄三地之標準氣象年各氣象要素之平均值統計如表 4-3 至表 4-5 所示。其中，表 4-3 之日射量部分其意義為各月每日之白天全天空水平日射量的平均值，其單位為  $\text{Wh/m}^2.\text{day}$ 。

表 4-1 原始中選月年份與 WS 值

月份	年份	WS 值	月份	年份	WS 值
1	2000	0.0587	7	2005	0.0608
2	2001	0.0806	8	2004	0.0803
3	2006	0.0718	9	2002	0.0557
4	2005	0.0648	10	2002	0.0716
5	2006	0.0791	11	1999	0.0908
6	2000	0.0578	12	2006	0.0542

表 4-2 經調整後之中選月年份與 WS 值

月份	年份	WS 值	月份	年份	WS 值
1	2000	0.0587	7	2005	0.0608
2	2001	0.0806	8	2004	0.0803
3	2006	0.0718	9	2002	0.0557
4	2005	0.0648	10	2002	0.0716
5	2006	0.0791	11	1999	0.0908
6	2006	0.0795*	12	2001	0.0646**

註：六月份取第四順位之 WS 值；十二月份取第二順位之 WS 值

表 4-3 各月水平全天空日射量之每日平均值(單位 Wh/m<sup>2</sup>.day)

年份	月	台北	台中	高雄
2000	1	170.1	221.2	221.1
2001	2	207.6	268.2	282.8
2006	3	277.3	392.5	377.3
2005	4	306.5	369.1	410.2
2006	5	284.0	384.5	412.1
2006	6	335.5	373.2	424.8
2005	7	406.7	463.5	473.1
2004	8	404.9	357.1	421.0
2002	9	289.2	274.3	302.9
2002	10	305.0	263.2	318.3
1999	11	149.3	224.1	230.4
2001	12	170.9	204.0	208.7

表 4-4 各月平均氣溫(單位：度 C)

年份	月	台北	台中	高雄
2000	1	16.99	17.49	19.53
2001	2	18.06	18.68	20.98
2006	3	18.72	19.70	22.67
2005	4	22.99	23.75	26.01
2006	5	25.54	26.08	28.17
2006	6	27.98	27.12	28.63
2005	7	29.78	28.84	29.25
2004	8	29.41	28.30	29.14
2002	9	27.11	27.33	28.12
2002	10	25.05	25.58	27.25
1999	11	21.11	22.46	24.46
2001	12	18.38	18.72	21.03

表 4-5 各月平均相對濕度(單位：%)

年份	月	台北	台中	高雄
2000	1	78.68	74.74	74.40
2001	2	78.62	75.42	74.57
2006	3	76.54	77.11	71.39
2005	4	74.29	76.39	73.83
2006	5	78.65	80.97	76.95
2006	6	75.57	80.77	79.90
2005	7	73.90	76.38	79.32
2004	8	73.47	74.67	76.23
2002	9	74.88	73.39	78.41
2002	10	74.31	72.87	74.52
1999	11	77.84	70.44	72.71
2001	12	77.08	73.64	72.88

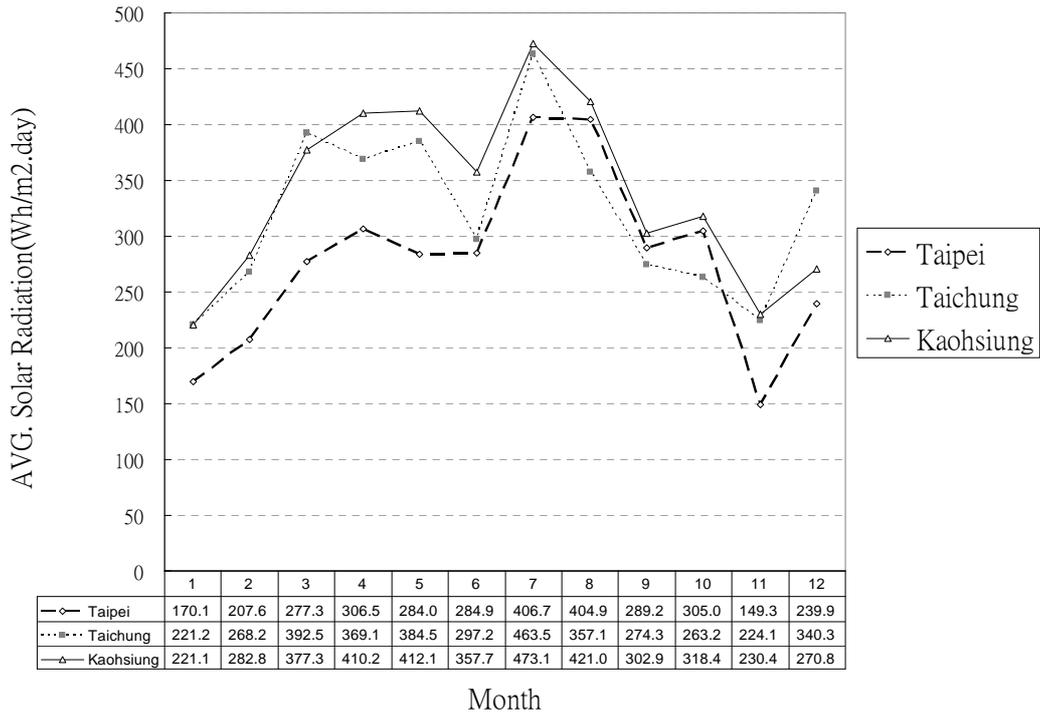


圖 4-1 原始各月水平全天空日射量之日平均值折線圖  
(單位 Wh/m<sup>2</sup>.day)

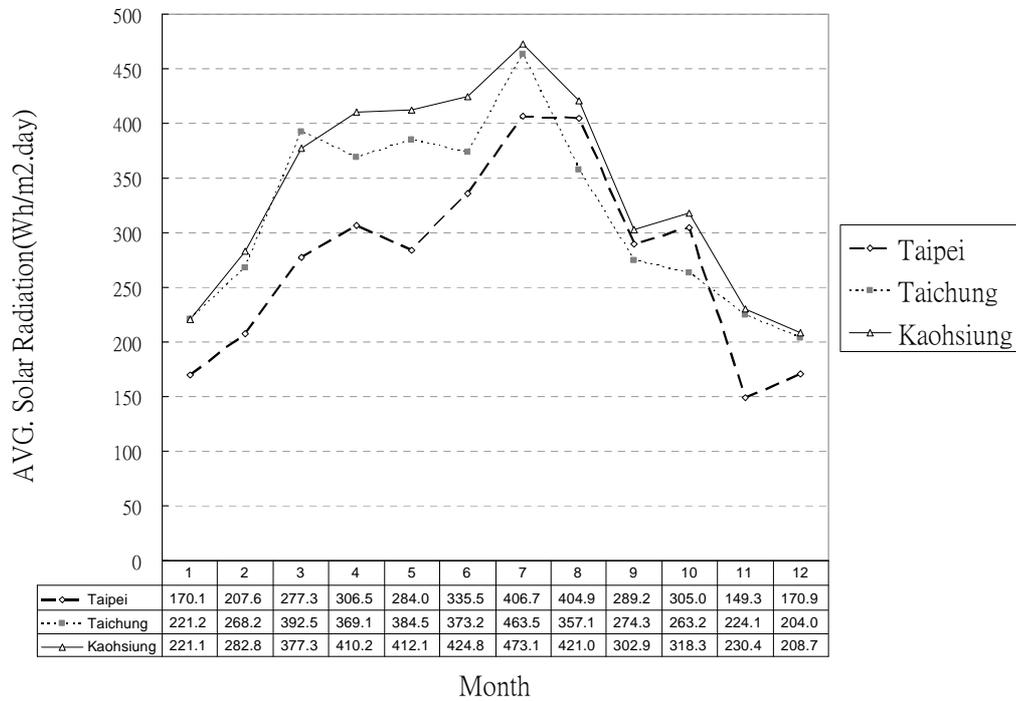


圖 4-2 調整後各月水平全天空日射量之每日平均值折線圖  
(單位 Wh/m<sup>2</sup>.day)

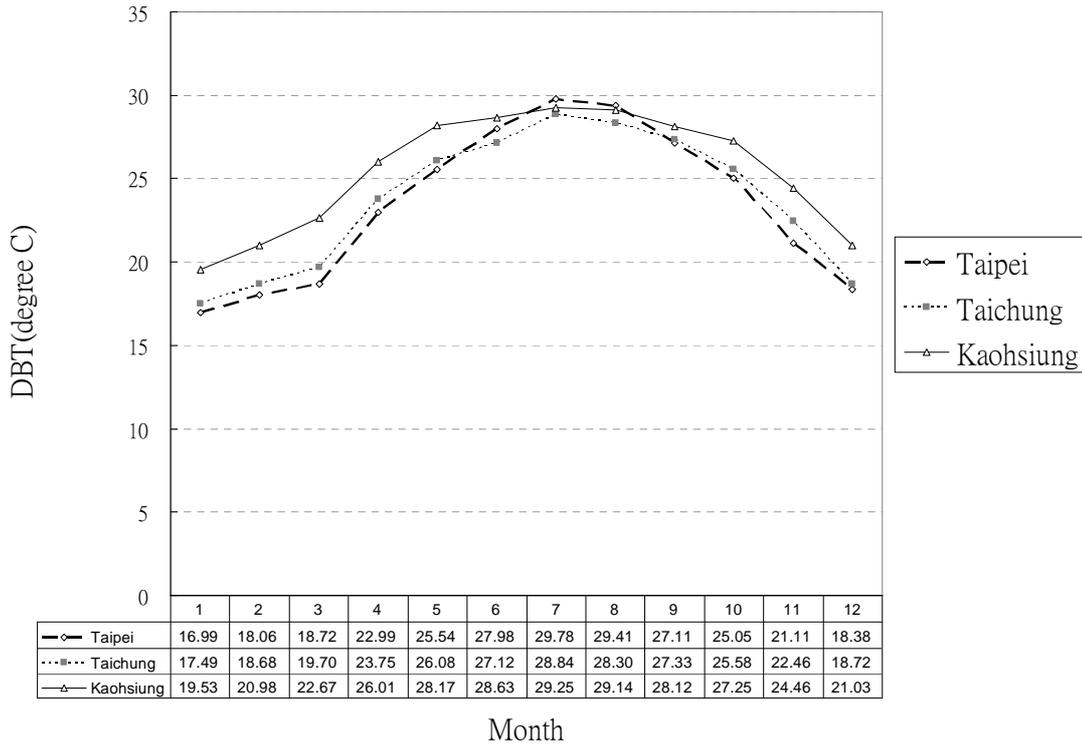


圖 4-3 各月平均氣溫折線圖(單位：度 C)

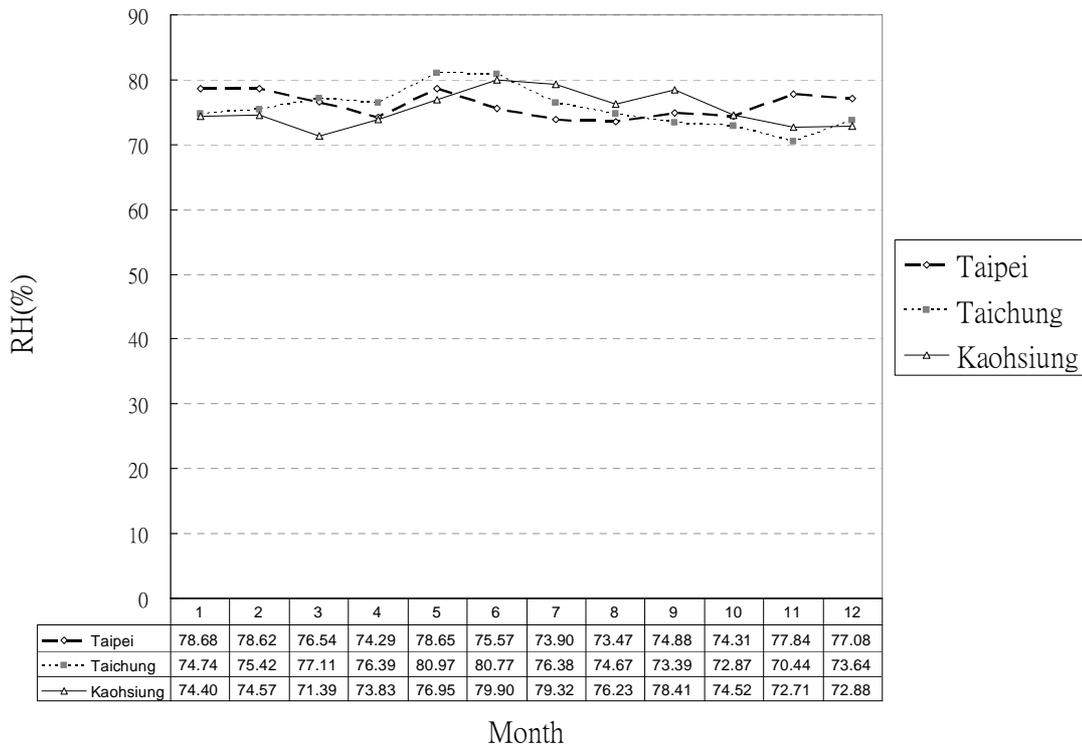


圖 4-4 各月平均相對濕度折線圖(單位：%)

表 4-6 各月份逐年之 WS 值一覽表(按 WS 值由小至大排序)

月	年份	WS 值	月	年份	WS 值	月	年份	WS 值	月	年份	WS 值
1	2000	0.0587	4	2005	0.0648	7	2005	0.0608	10	2002	0.0716
1	2001	0.0886	4	2003	0.0783	7	2006	0.0654	10	2005	0.0733
1	2002	0.0916	4	1999	0.0870	7	2002	0.0901	10	2001	0.0906
1	1998	0.1114	4	2006	0.0878	7	2004	0.0907	10	1999	0.1270
1	2004	0.1130	4	1998	0.1070	7	2001	0.0933	10	2006	0.1298
1	2006	0.1147	4	2002	0.1141	7	2000	0.1003	10	2003	0.1345
1	1999	0.1182	4	2001	0.1205	7	1998	0.1046	10	2000	0.1494
1	2005	0.1261	4	2004	0.1274	7	1999	0.1817	10	1998	0.1526
1	2003	0.2905	4	2000	0.1402	7	2003	0.2327	10	2004	0.2489
2	2001	0.0806	5	2006	0.0791	8	2004	0.0803	11	1999	0.0908
2	2006	0.1119	5	2003	0.0912	8	2003	0.0805	11	2003	0.0944
2	2004	0.1151	5	2002	0.0986	8	1998	0.0813	11	2006	0.0962
2	2002	0.1196	5	1998	0.0997	8	2002	0.0821	11	2004	0.0963
2	1999	0.1390	5	2000	0.0999	8	2005	0.0841	11	2005	0.0985
2	2005	0.1552	5	2005	0.1041	8	2006	0.0942	11	1998	0.1317
2	1998	0.1564	5	2001	0.1186	8	2001	0.1032	11	2002	0.1449
2	2000	0.1666	5	2004	0.1350	8	1999	0.1060	11	2000	0.1529
2	2003	0.2538	5	1999	0.1662	8	2000	0.1796	11	2001	0.1813
3	2006	0.0718	6	2000	0.0578	9	2002	0.0557	12	2006	0.0542
3	2000	0.0830	6	2001	0.0646	9	2006	0.0669	12	2001	0.0646
3	1998	0.0976	6	1999	0.0729	9	2004	0.0708	12	2004	0.0802
3	2004	0.1084	6	2006	0.0795	9	1998	0.0741	12	2002	0.0845
3	2001	0.1206	6	2005	0.0886	9	1999	0.0853	12	1999	0.1255
3	2005	0.1429	6	2003	0.0943	9	2000	0.1017	12	2005	0.1360
3	2002	0.1480	6	1998	0.0990	9	2003	0.1113	12	2000	0.1634
3	1999	0.1563	6	2002	0.1022	9	2005	0.1562	12	1998	0.1672
3	2003	0.1879	6	2004	0.1703	9	2001	0.1959	12	2003	0.1749

## 第二節 發電效益動態解析軟體之開發

本研究建立了台北、台中、高雄三地區之太陽能光電計算用逐時之一年份標準氣象年資料，各地包含 8760 小時之逐時氣象數據，包括乾球溫度、相對濕度、水平全天日射量、直達日射量與擴散日射量等數據，可作為太陽能光電效益計算使用。除此之外，為了使用上

之方便性，本研究另外以 Visual Foxpro 作為軟體之開發環境，建置簡易之獨立評估軟體，使得使用者可輕易進行台灣北、中、南三氣候區之太陽光電效益評估，其計算之最小間距為一小時，故可做全年 8760 小時之動態解析計算。軟體的功能利用本研究所建立之標準氣象年作為基底氣象資料庫，可按照使用者所輸入之地點、計算期間，自動挑選日射量數據進行氣象數據之逐時動態運算，包括計算水平面之日射量，同時也可計算不同高度角、方位角之日射量，據此日射量即可估算太陽光電版發電效益。

在程式的計算邏輯上如以下所述。水平面之太陽能光電版逐時發電量，以目前工業上之太陽能光電版效率，依經驗約略為水平面全天空日射量的 0.7 倍。意即  $300\text{W}/\text{m}^2$  之水平面全天空日射量對位於水平面之太陽光電版而言，每小時每平方米約略產生 0.21 kWh 之發電量（如式 11 及 12）。不同高度角與方位角的日射量則根據直散分離公式來換算。

執行程式後之初始畫面如圖 4-5 所示。

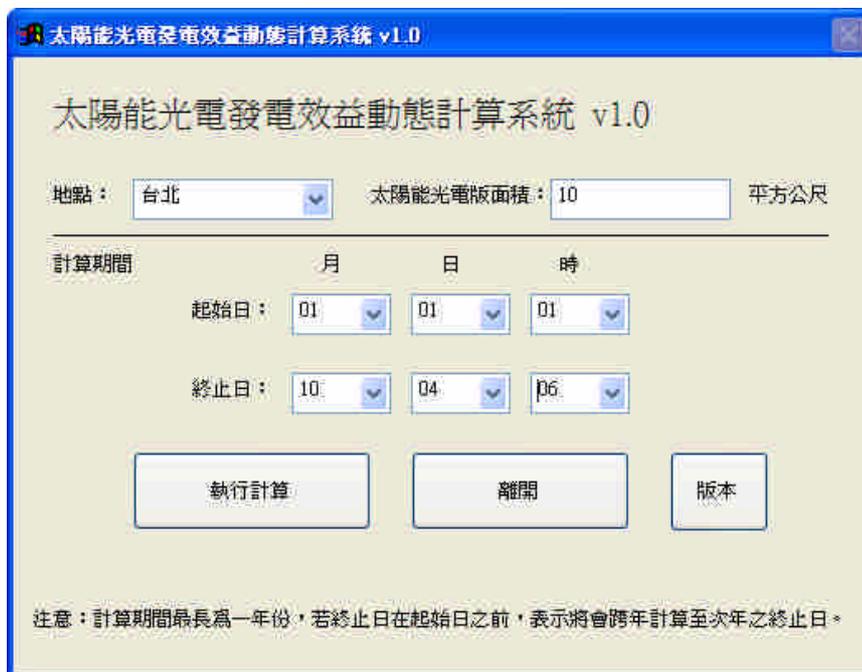


圖 4-5 太陽能光電動態解析程式主畫面

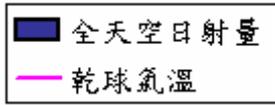
首先依據所欲評估之地點，輸入場址、設置容量、設置面積等基本資料。台灣北、中、南區分別依照台北、台中、高雄選取輸入。第二步驟輸入所裝設太陽能光電版之總面積，其次決定動態計算之起始時間日期以及計算終止之時間日期，完成基本資料輸入後，按執行計算後，程式將自動計算總共小時數、累積日射量以及此期間之發電量如圖 4-6 所示。需要注意的是，由於程式是以本研究所建立之太陽能光電計算用之標準氣象年為基礎氣象參考資料，其計算期間最長為一年份，若所輸入之終止日期在起始日期之前，程式將自動跨年計算至次年之終止日。意即假設所輸入之終止日為 3 月 2 日 17 時，而起始日為 10 月 5 日 18 時，則程式將計算 10/5,18 時至 12/31,24 時以及 1/1,1 時至 3/2,17 時之總發電量。



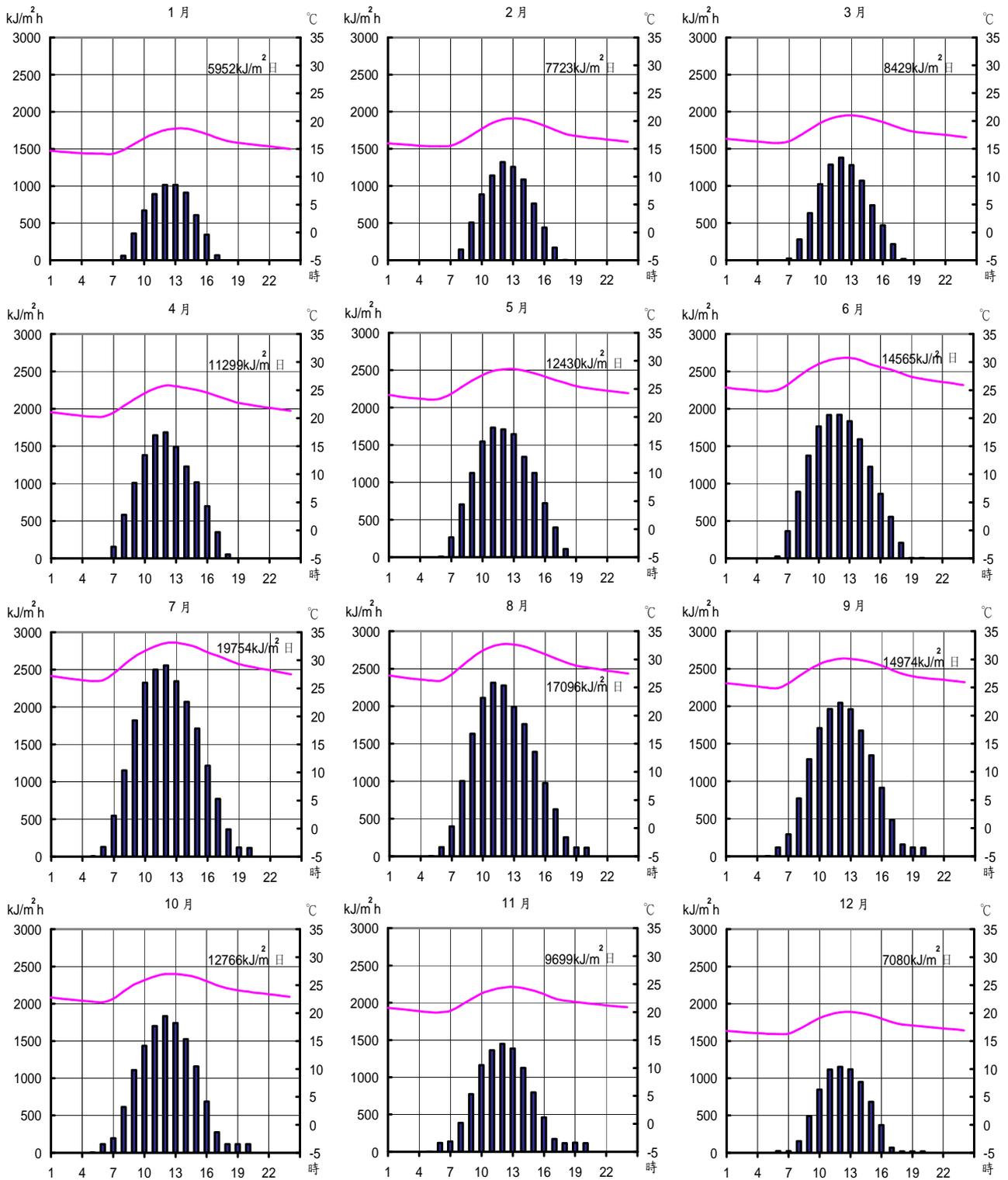
圖 4-6 動態解析結果輸出畫面

本章節由於截稿匆促，使得動態模擬解析軟體製作尚未完整呈現，將於期末簡報時補充之，請審查委員諒察。

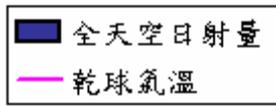
附錄



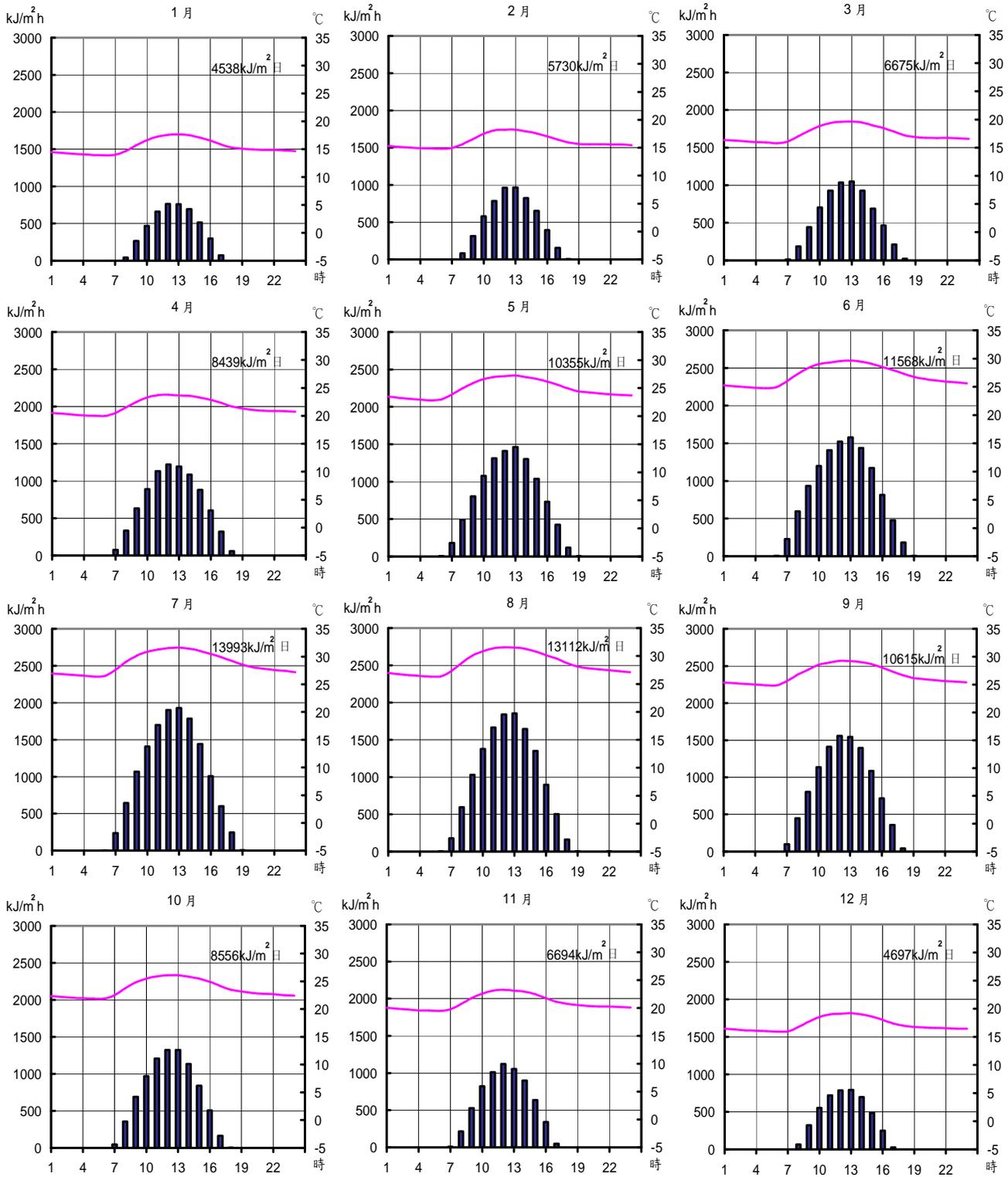
板橋

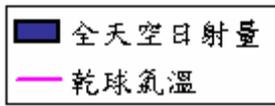


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

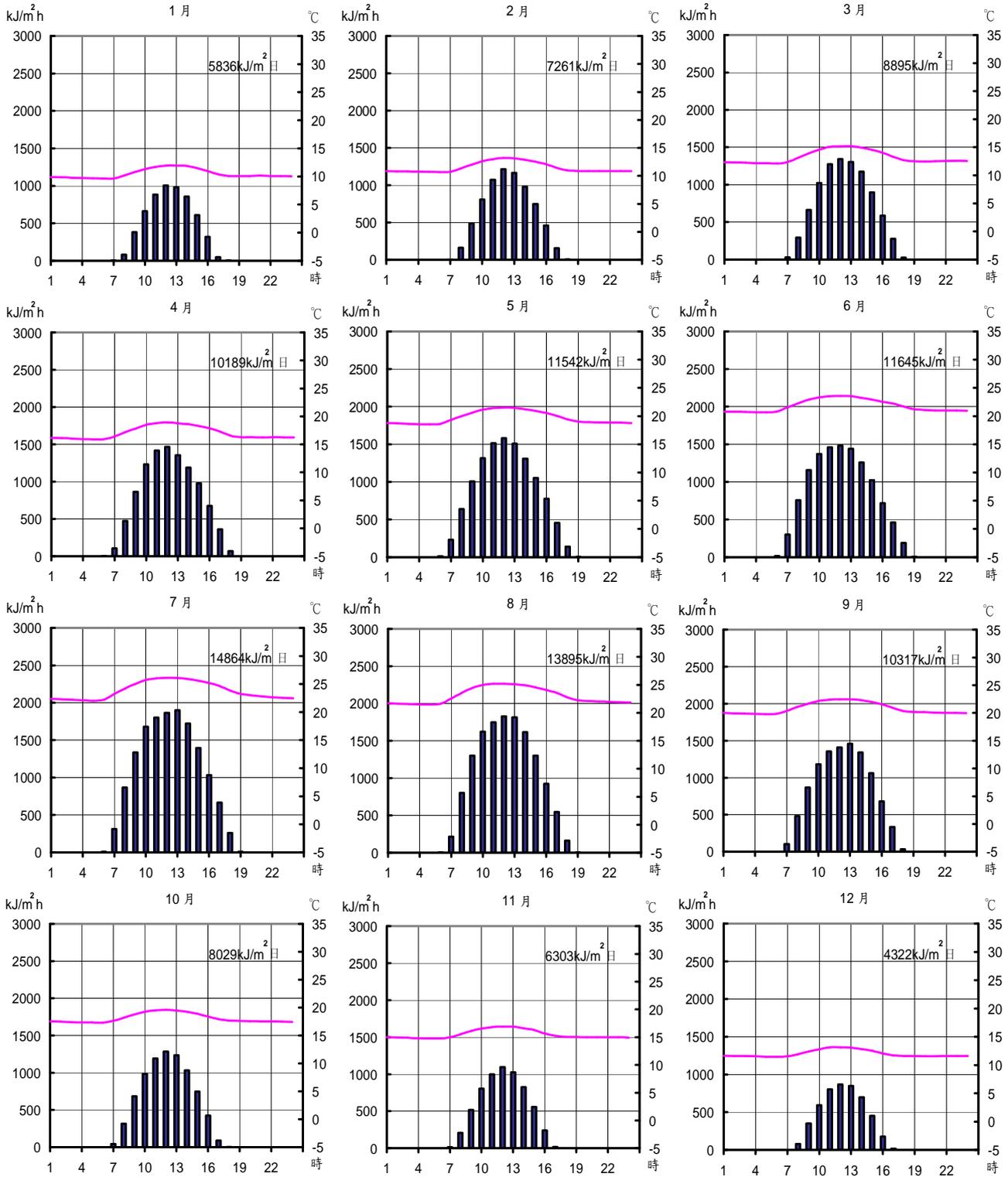


淡水

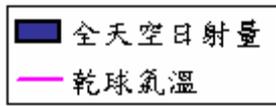




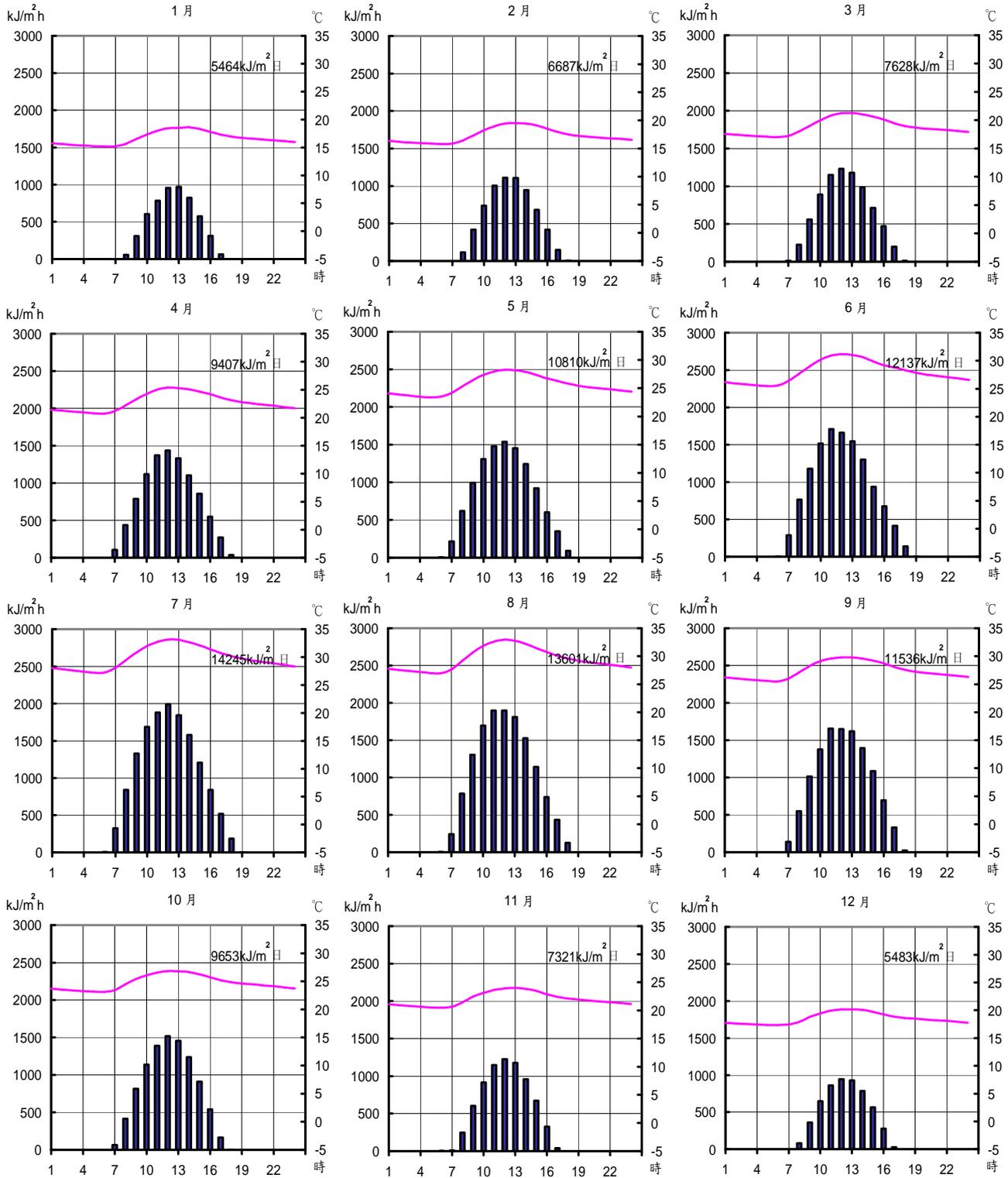
鞍 部

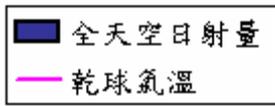


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

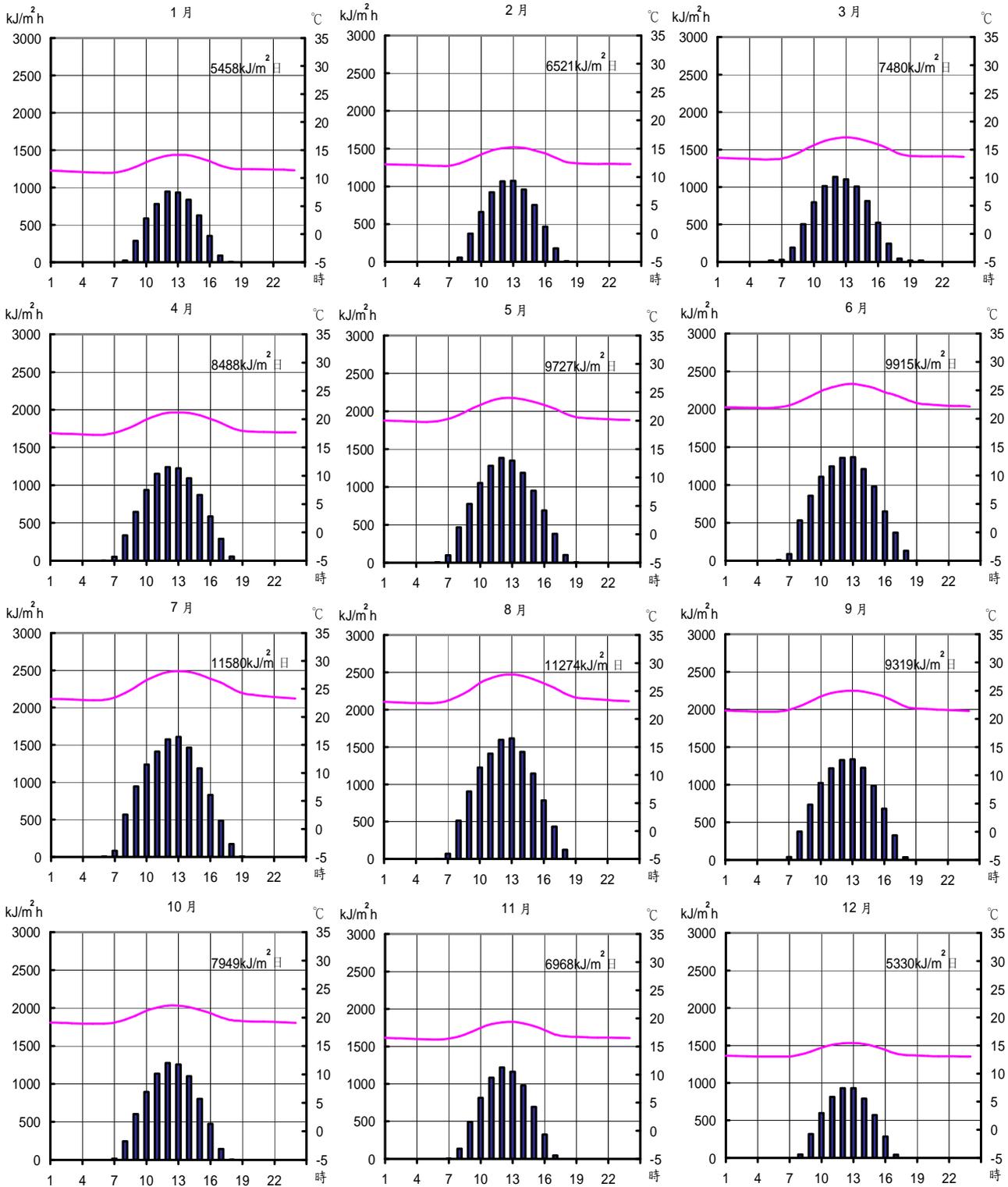


台北

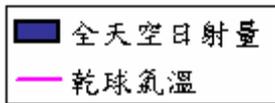




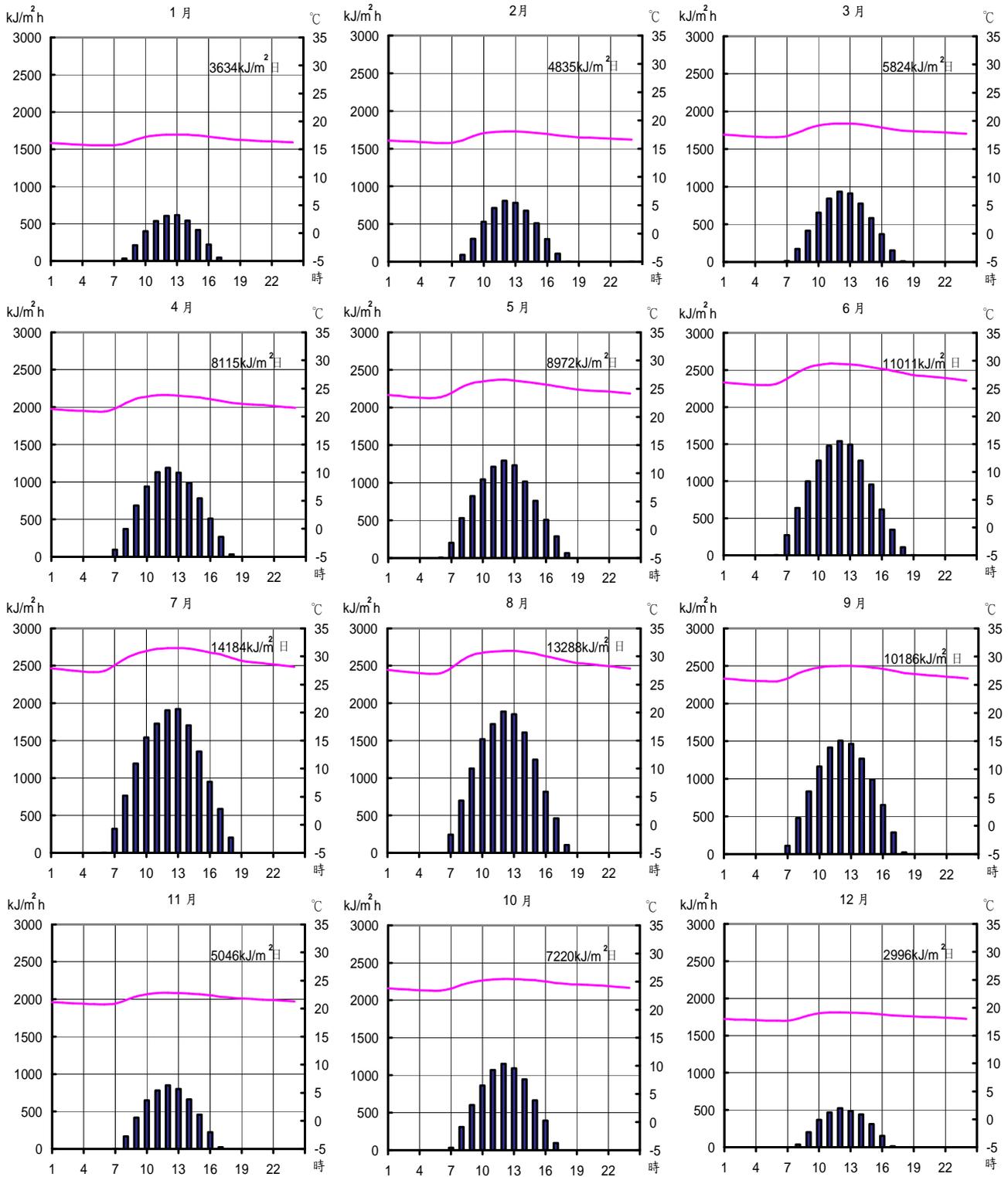
竹子湖

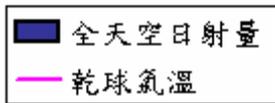


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

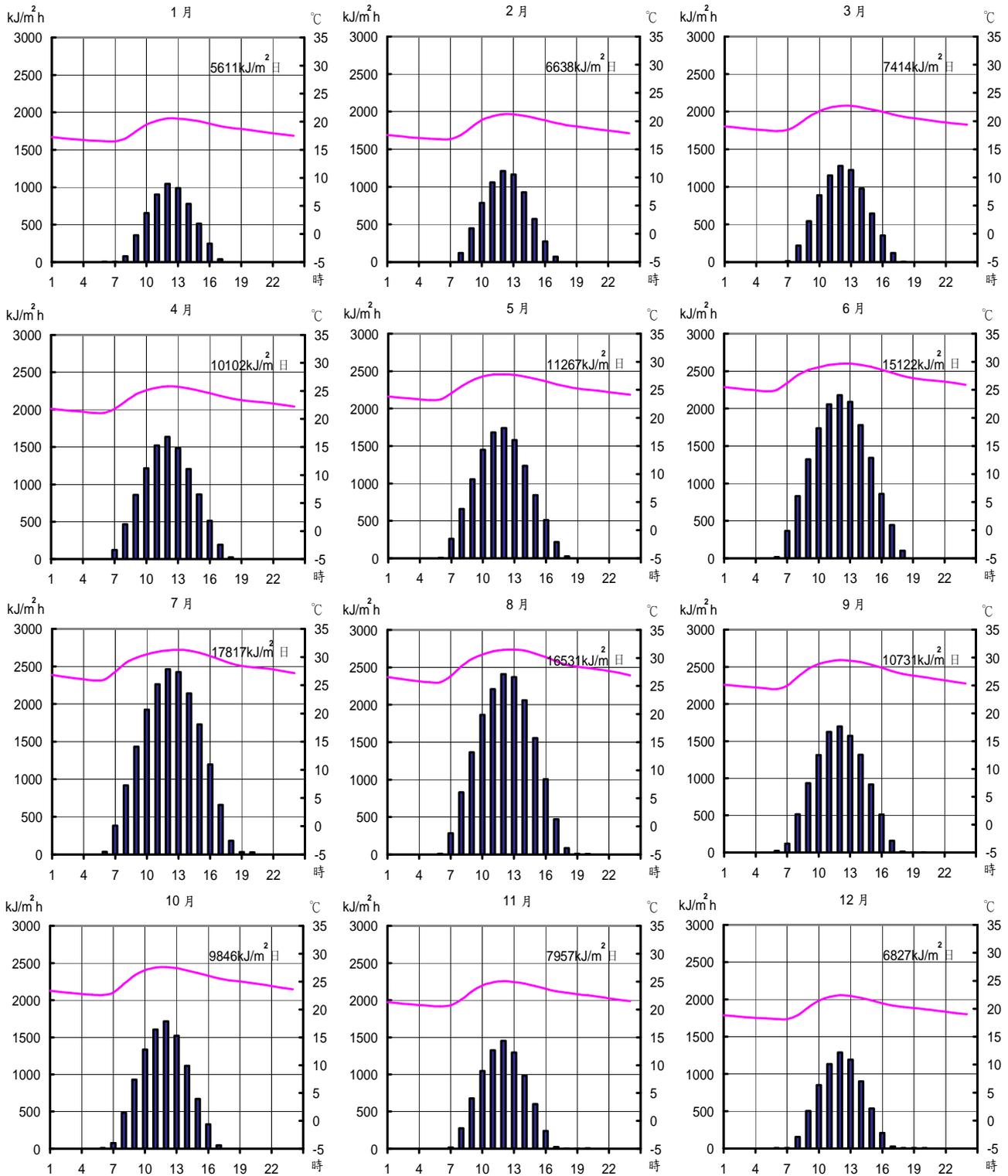


基隆

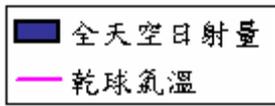




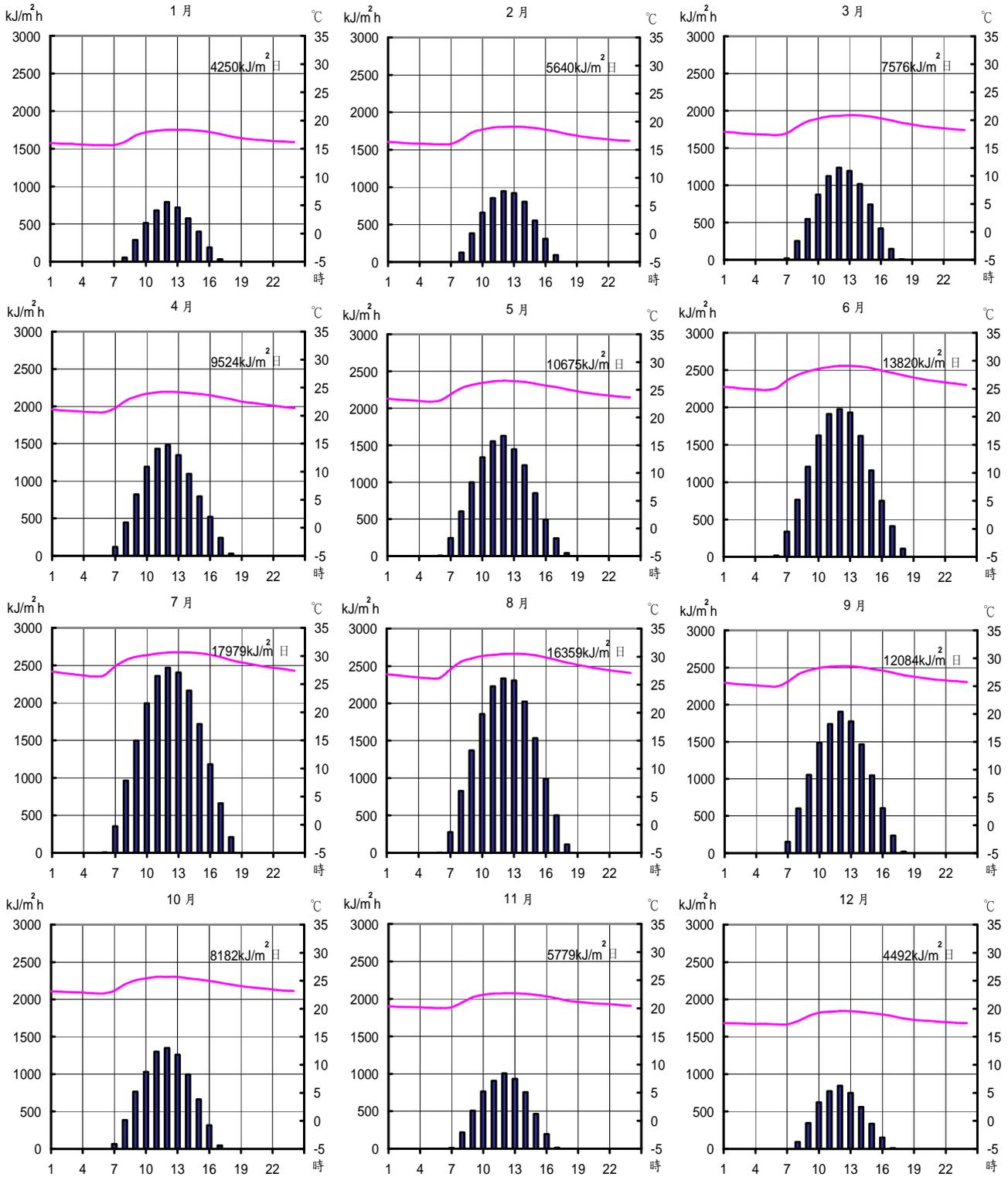
花蓮

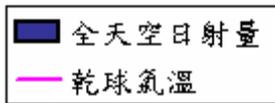


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

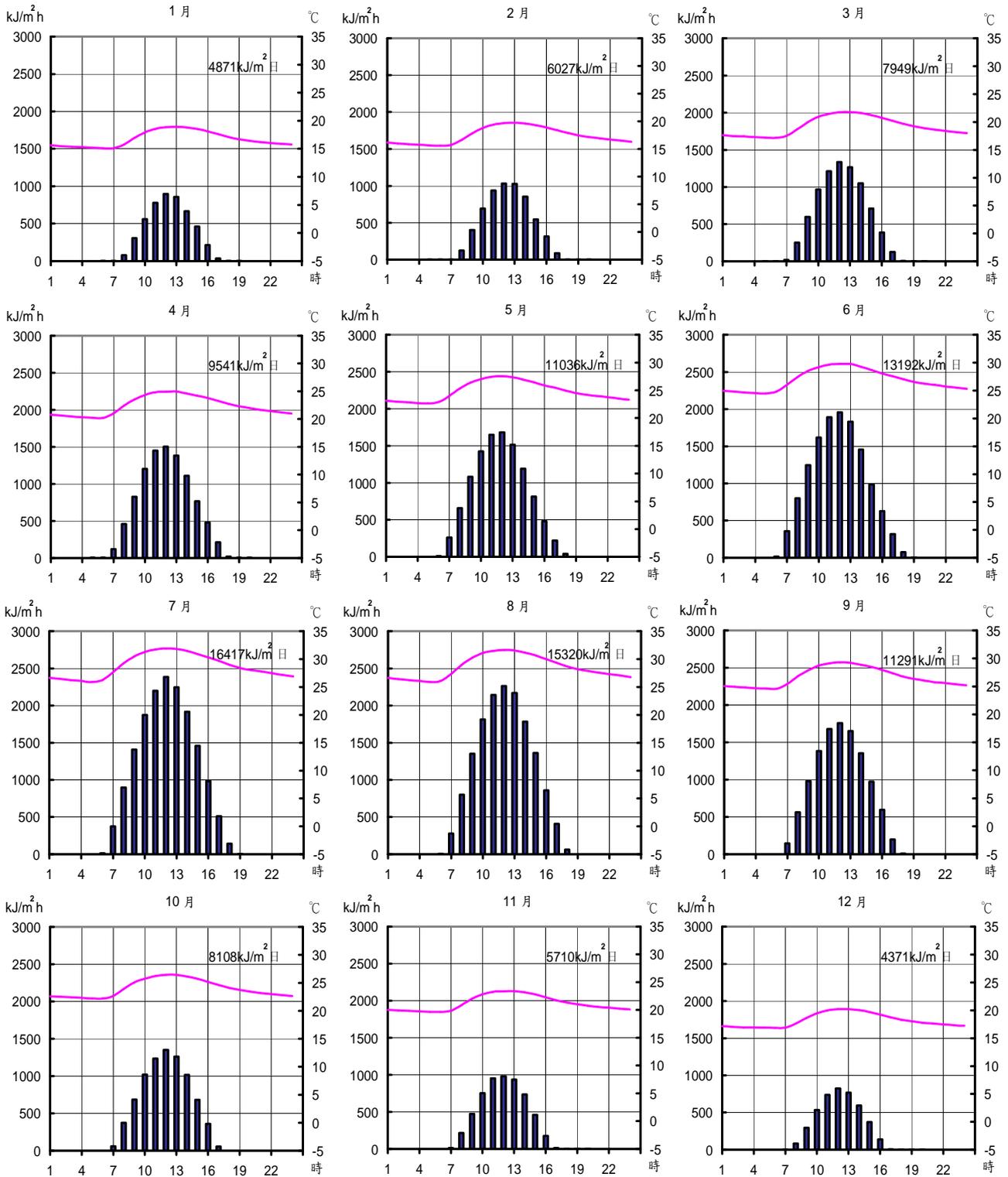


蘇 澳

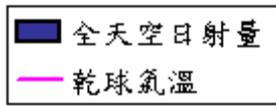




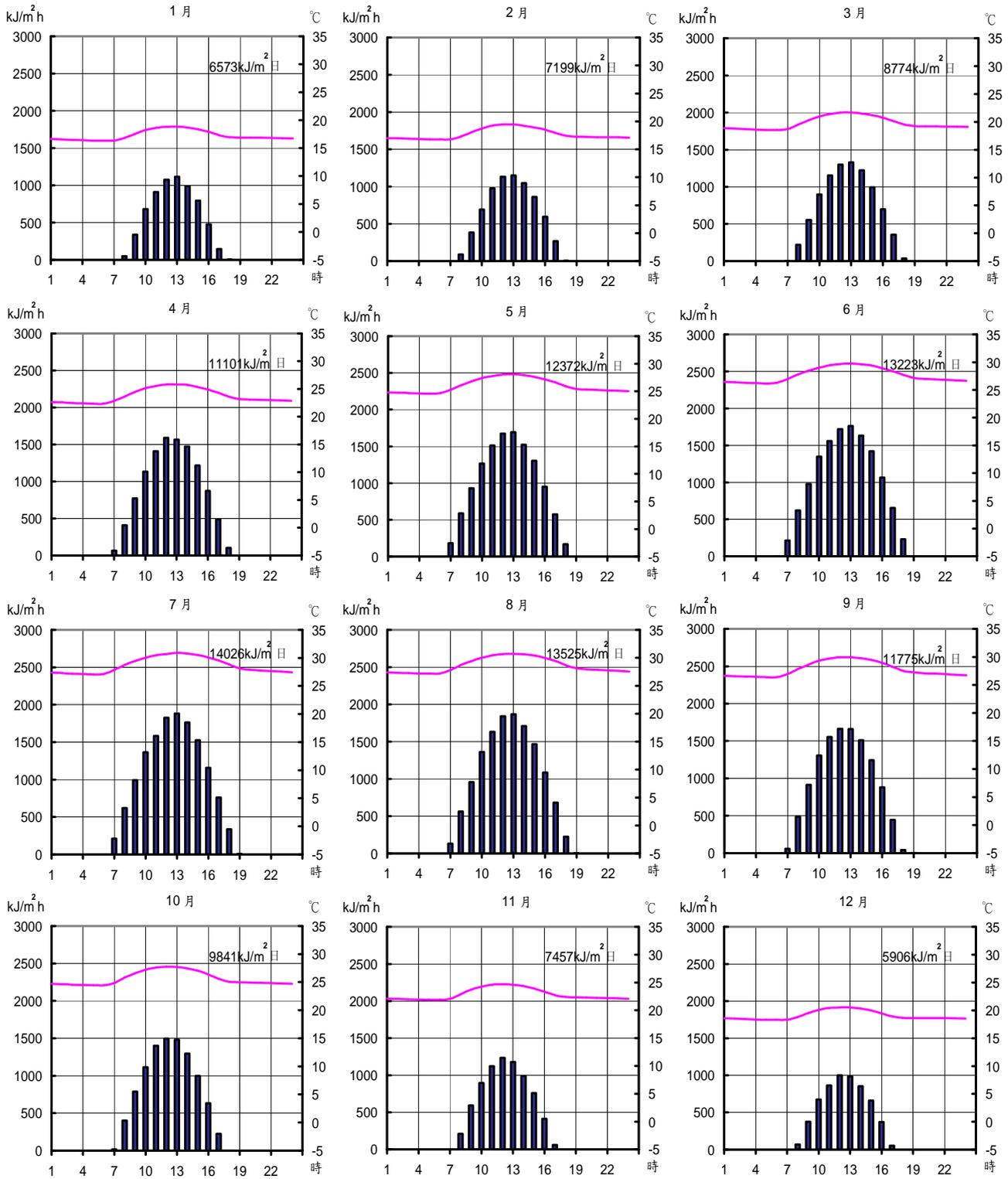
宜蘭

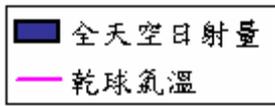


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

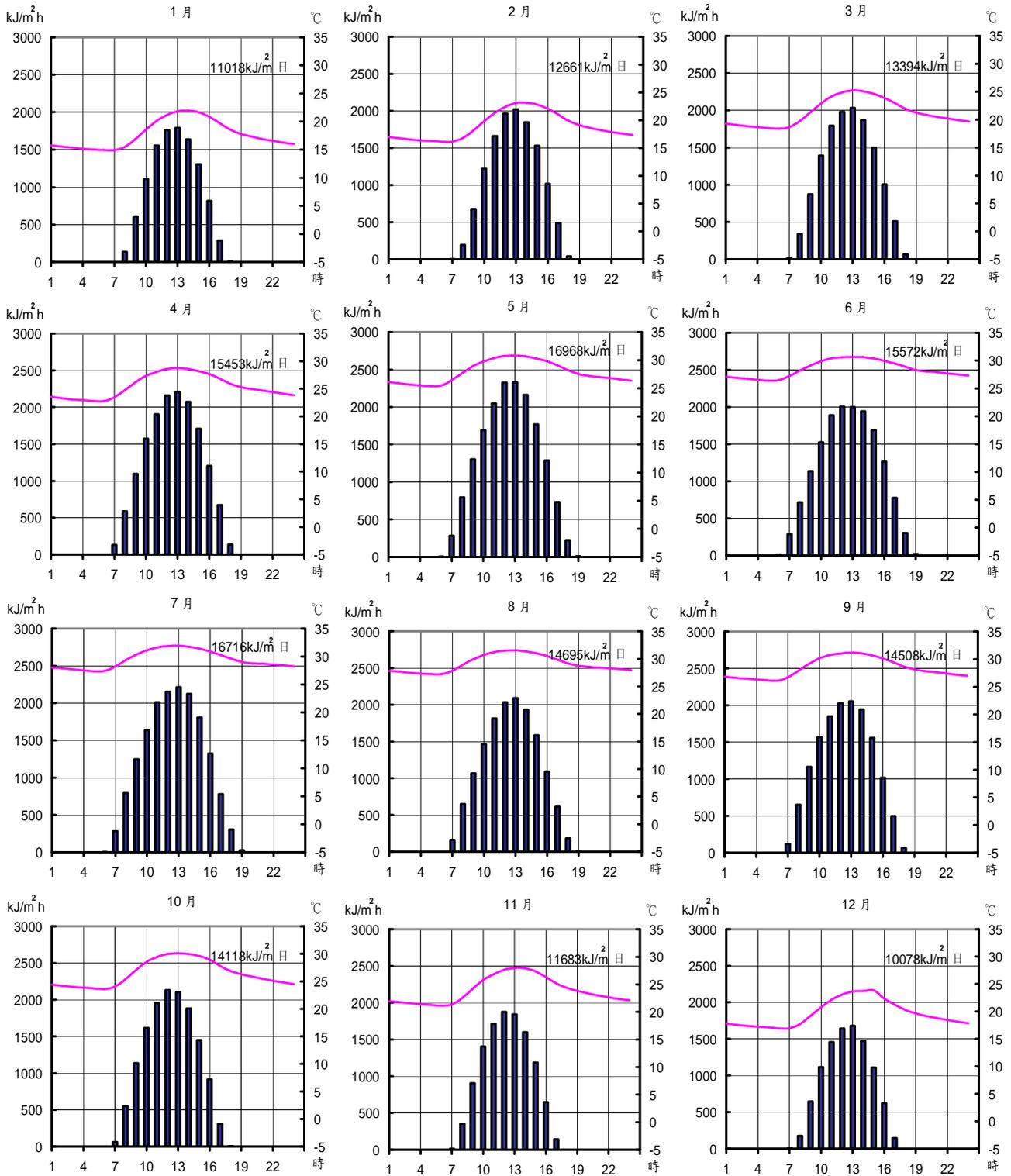


澎湖

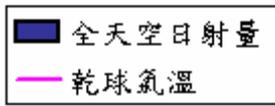




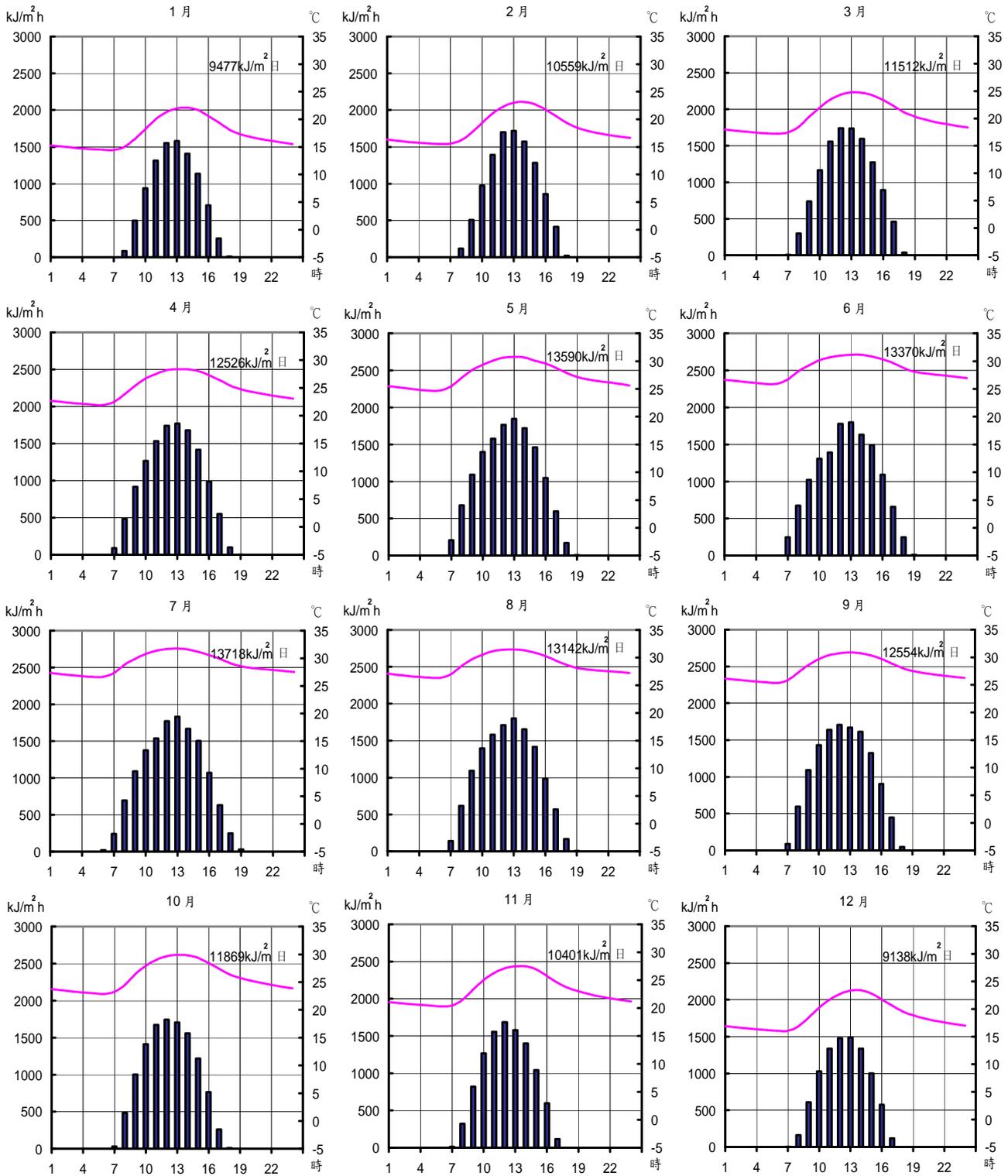
台南市

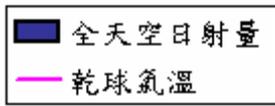


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

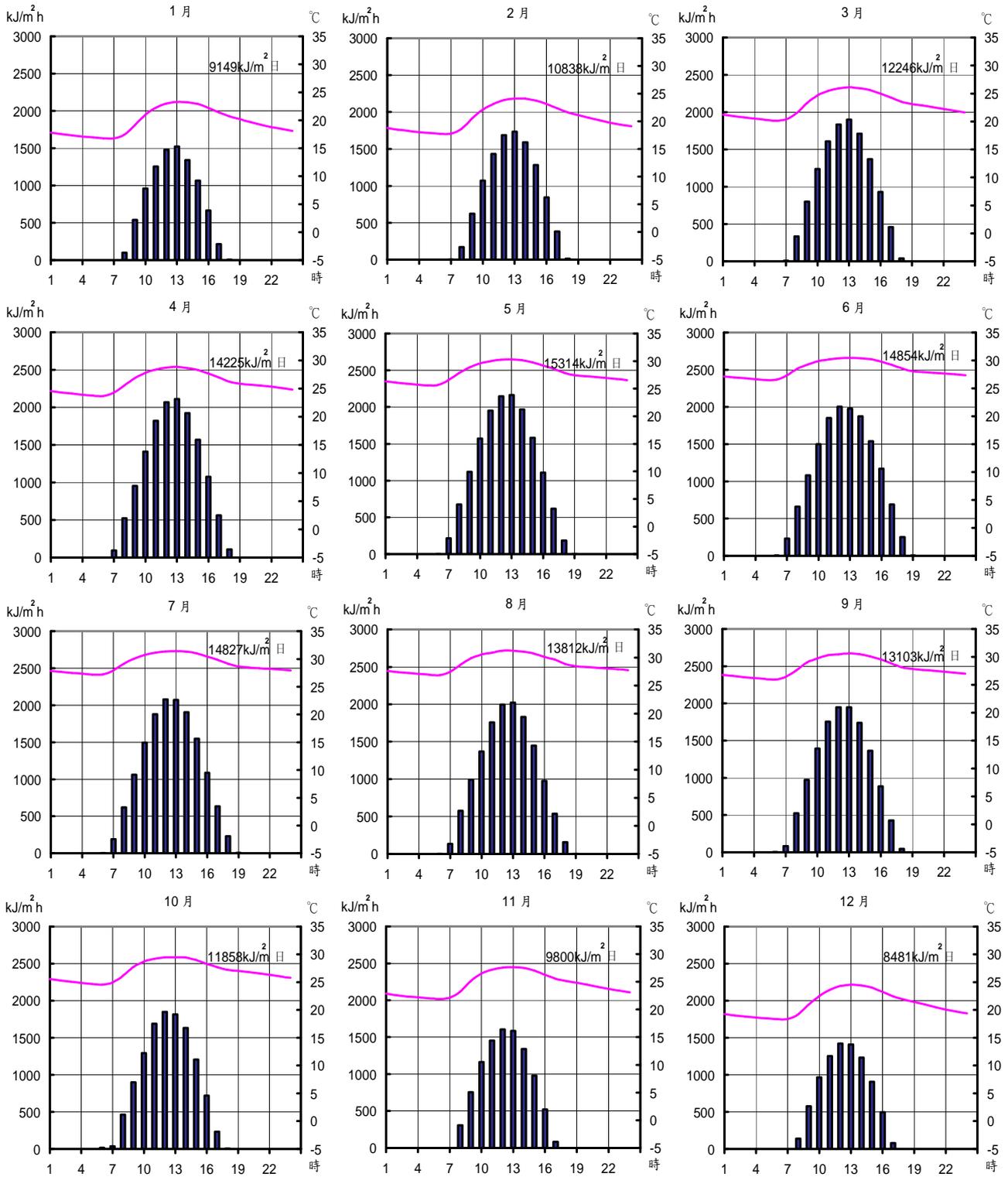


永康

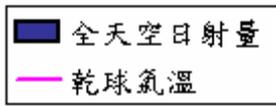




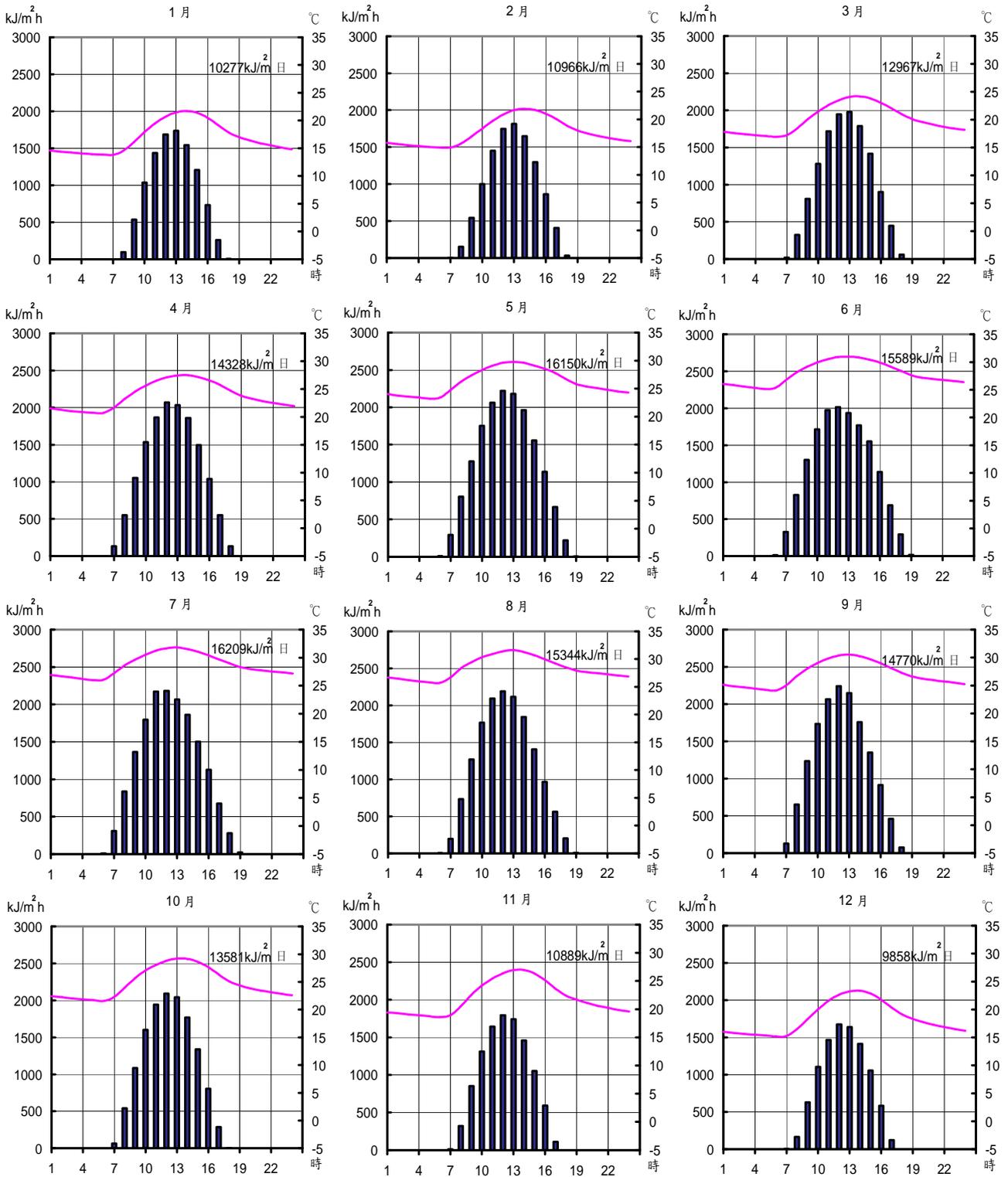
高雄

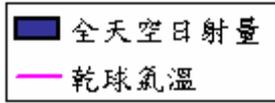


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

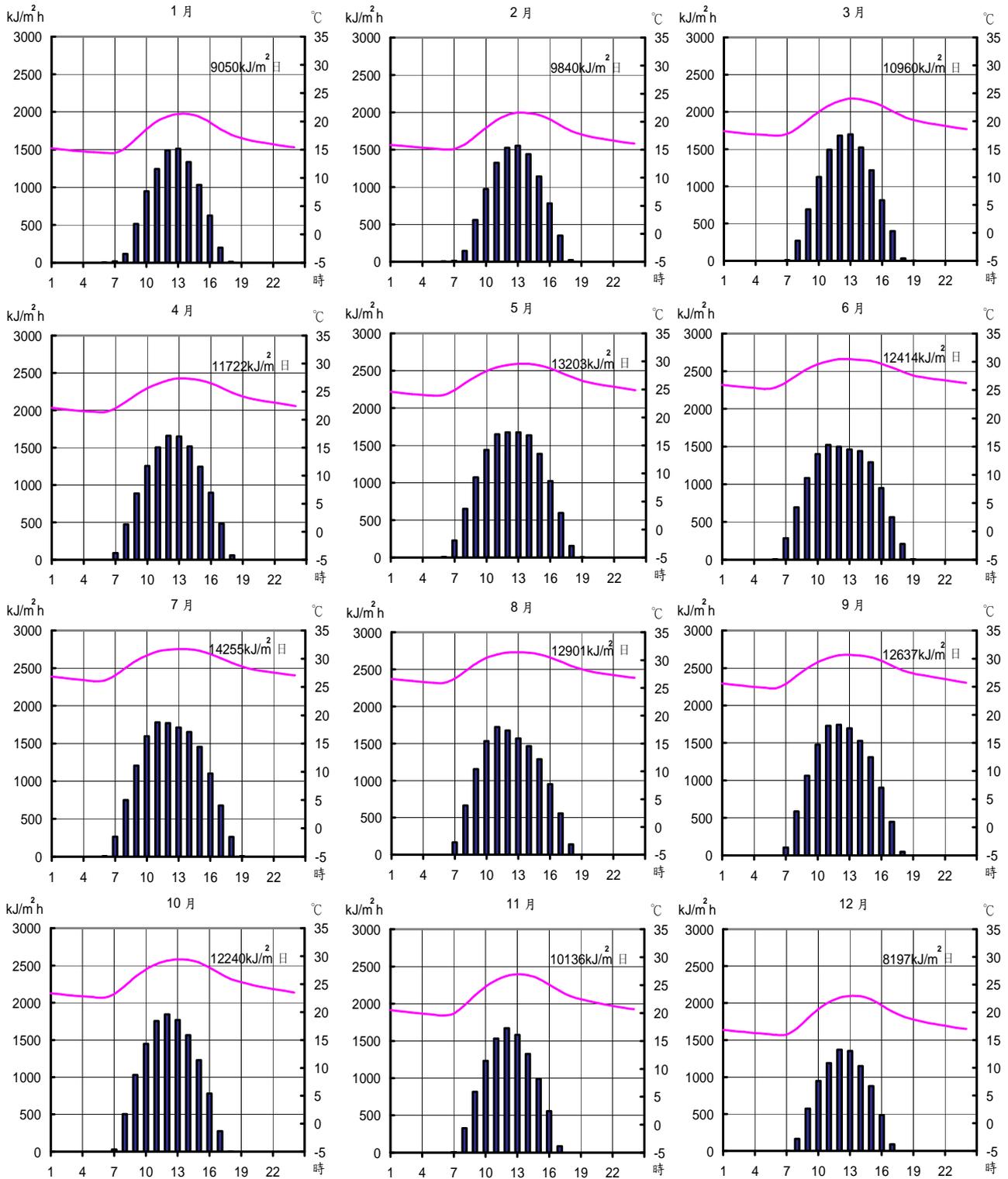


嘉義

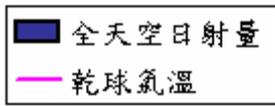




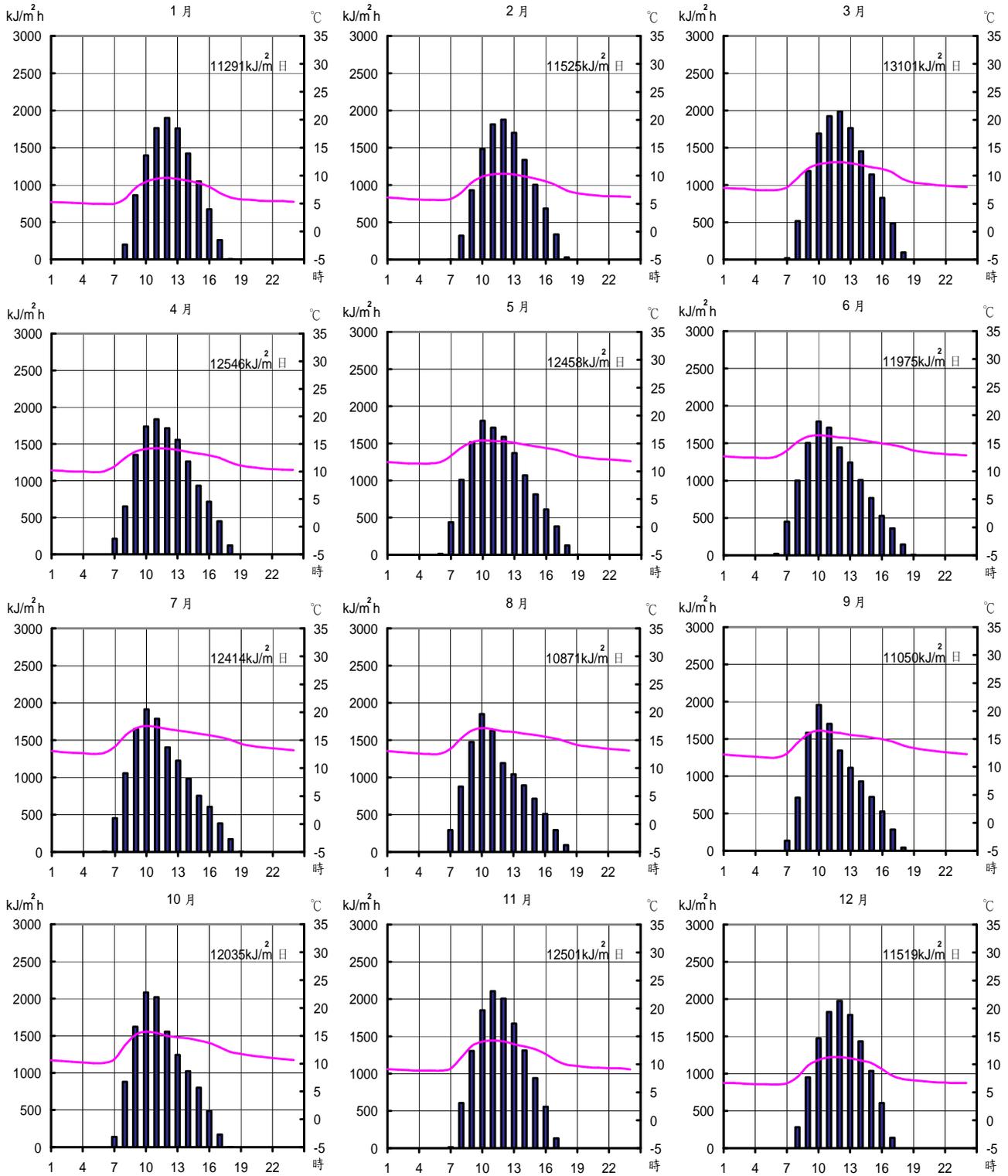
臺 中

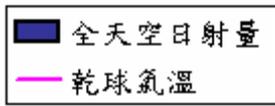


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

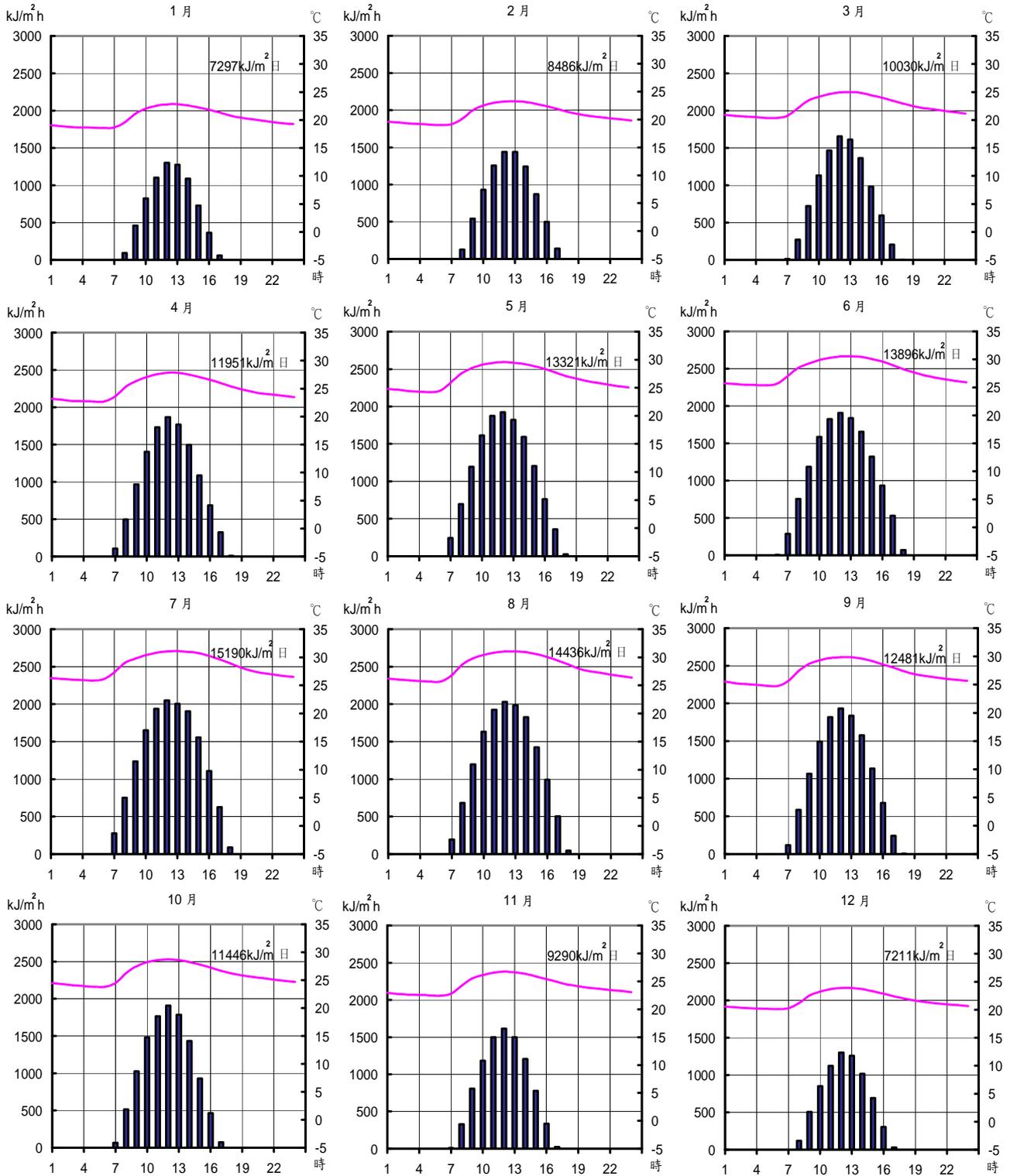


阿里山

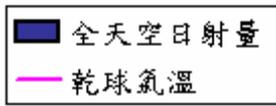




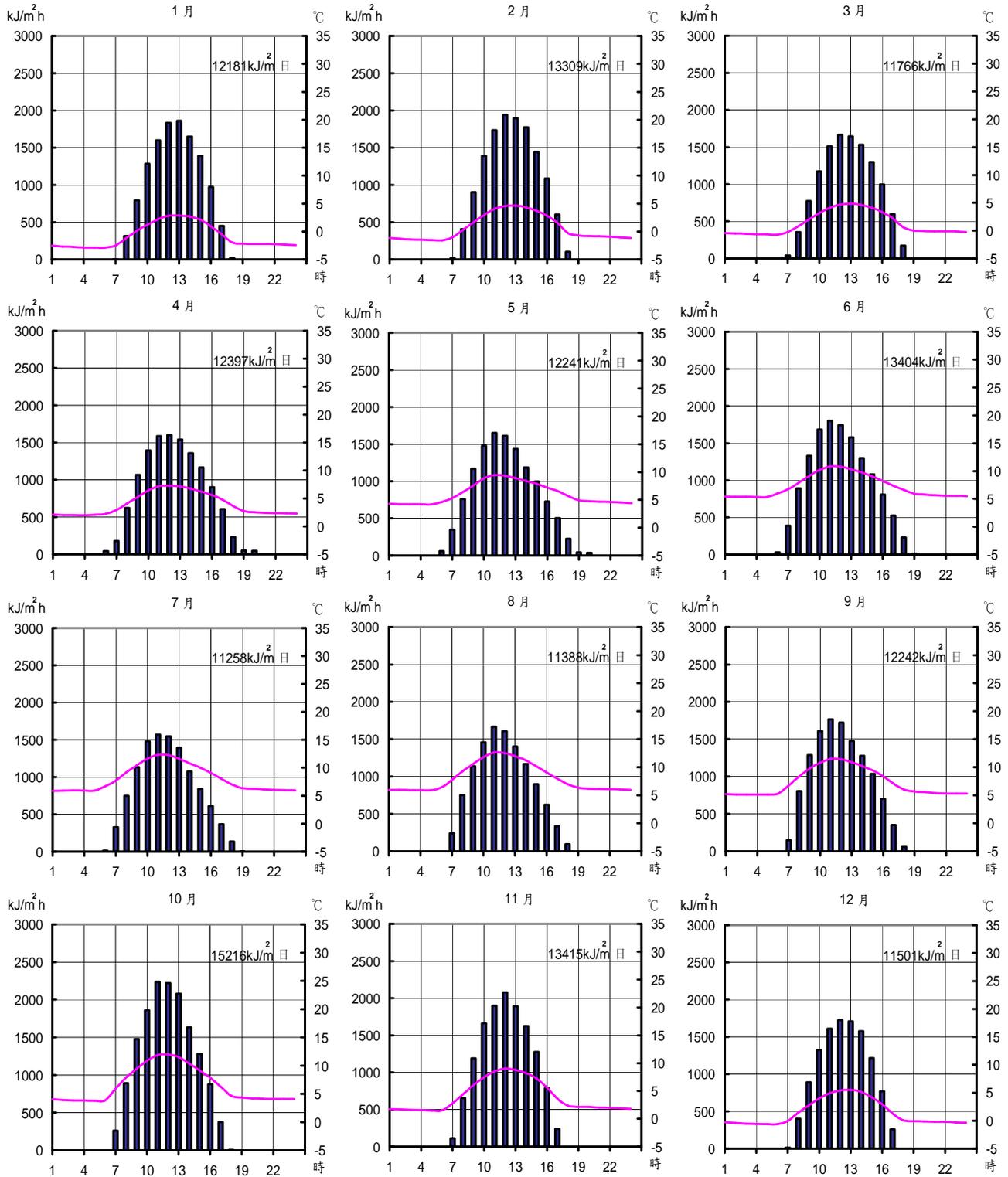
大武

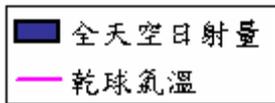


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

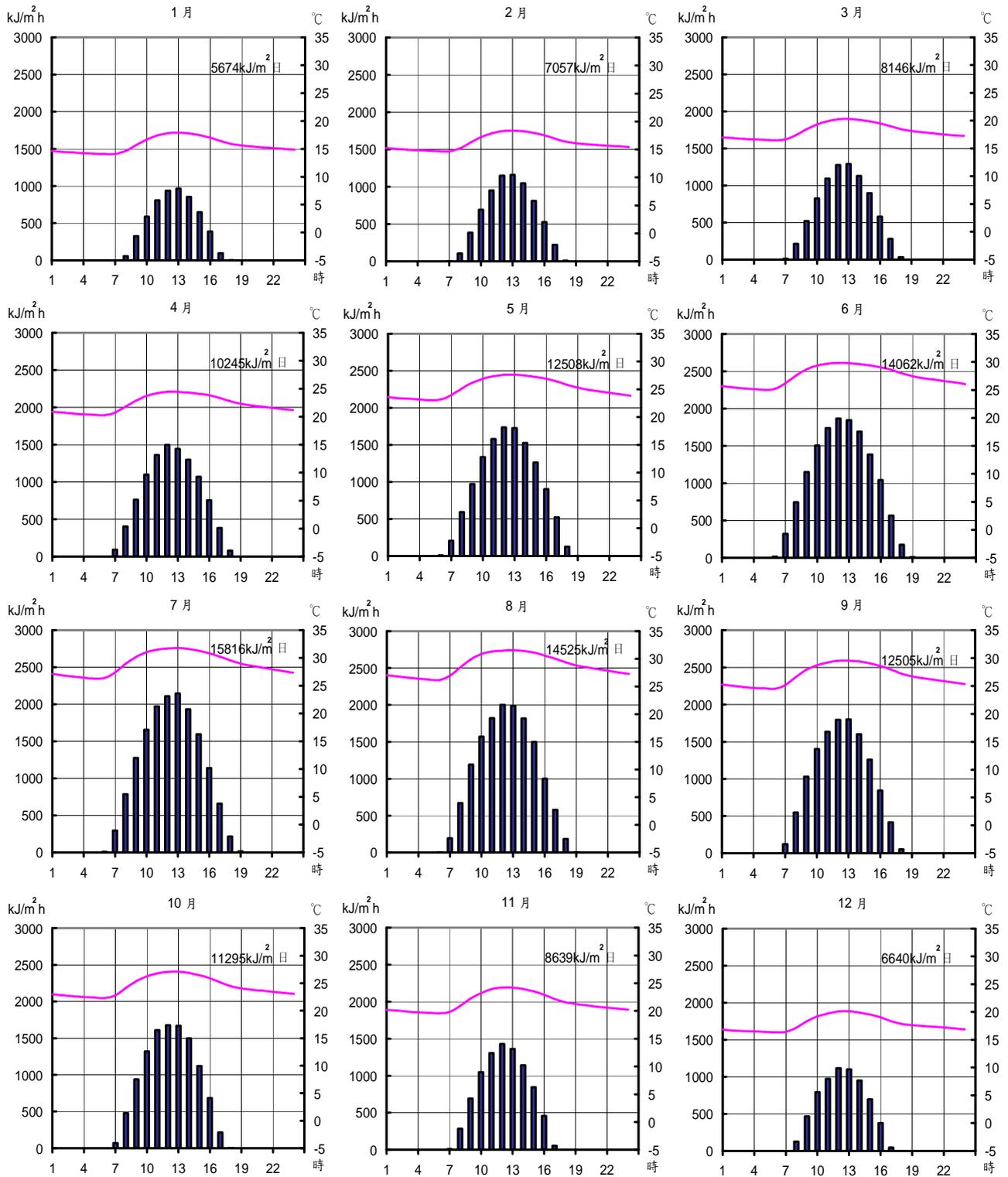


玉山

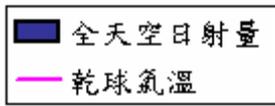




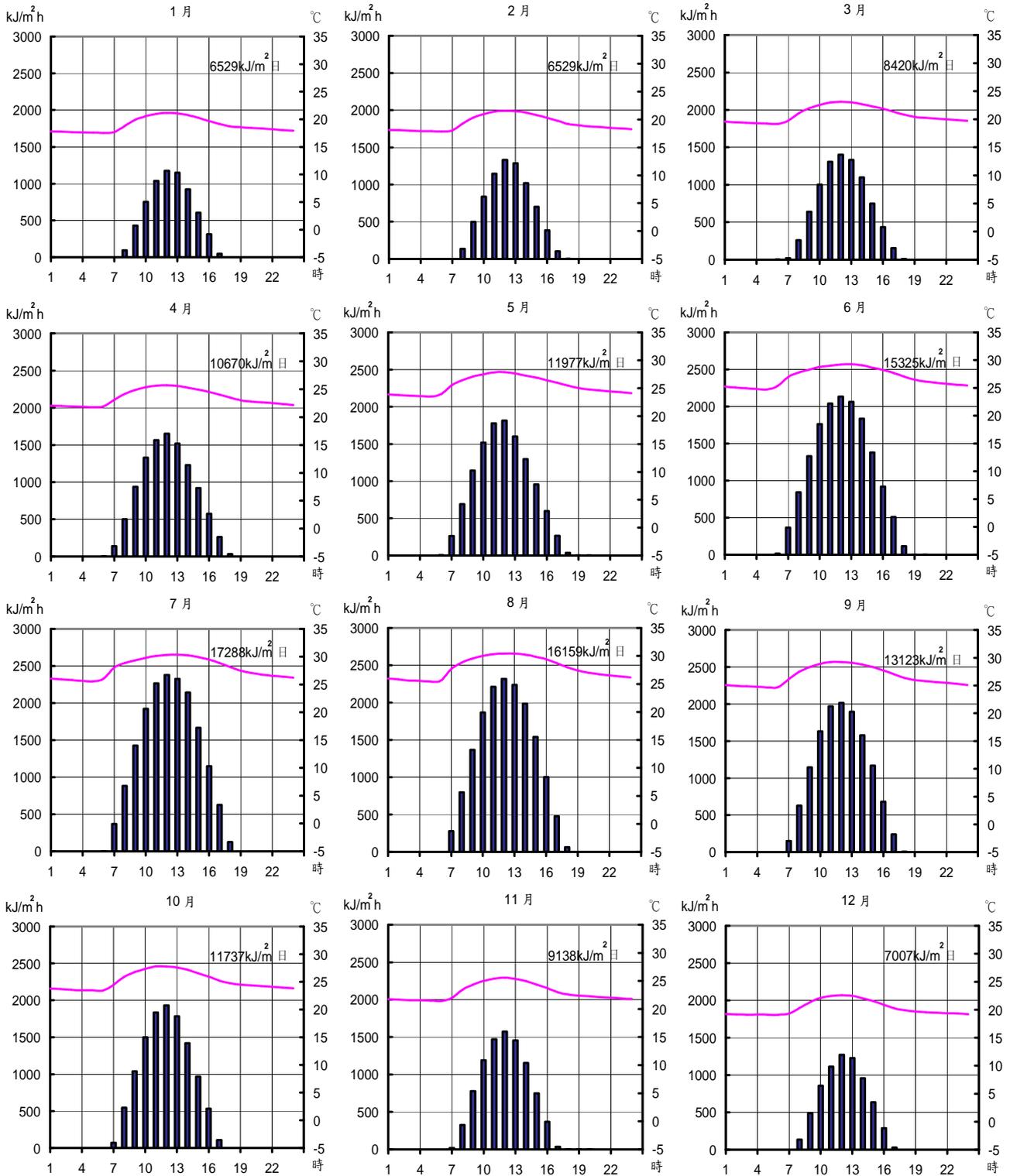
新竹

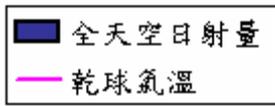


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

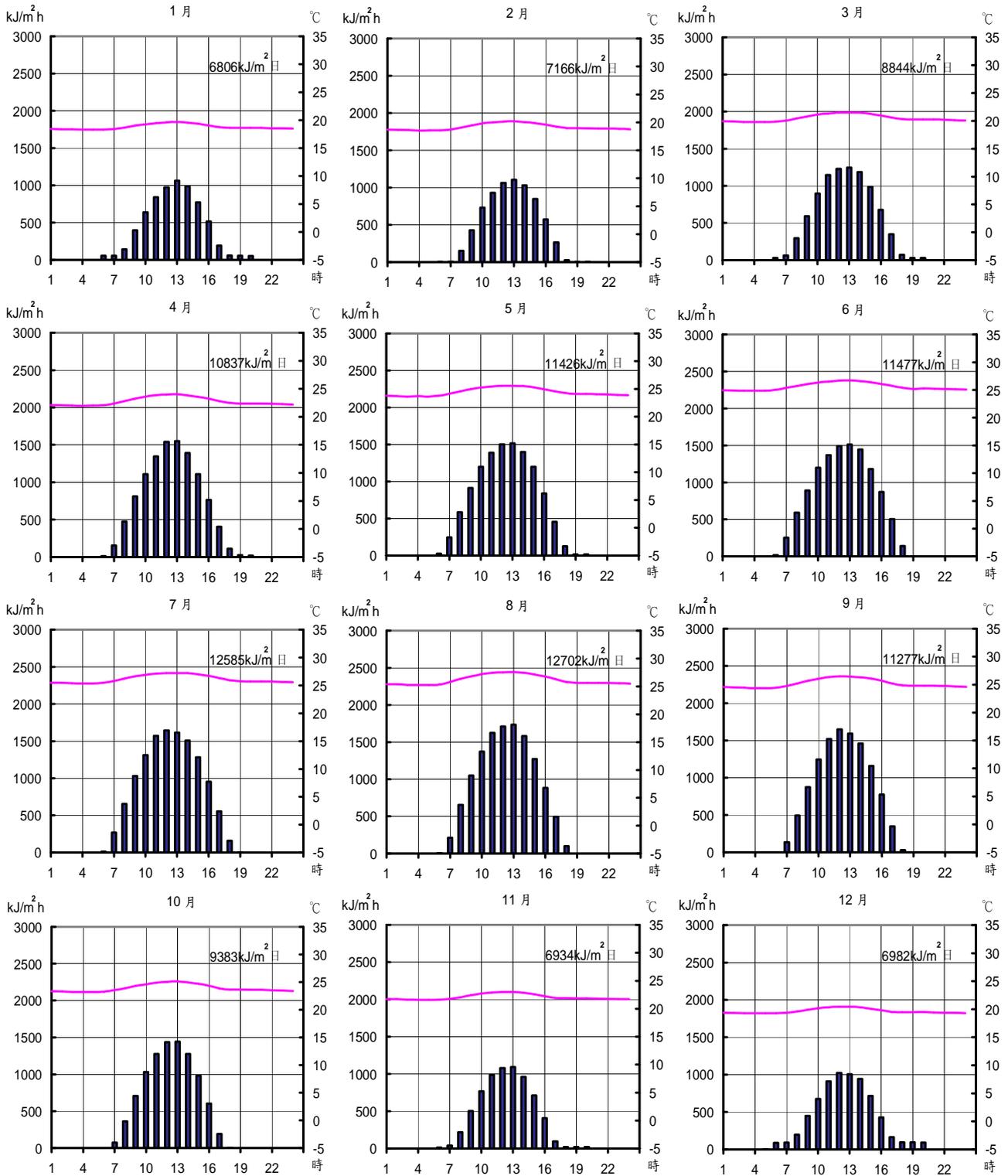


成功

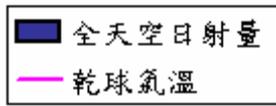




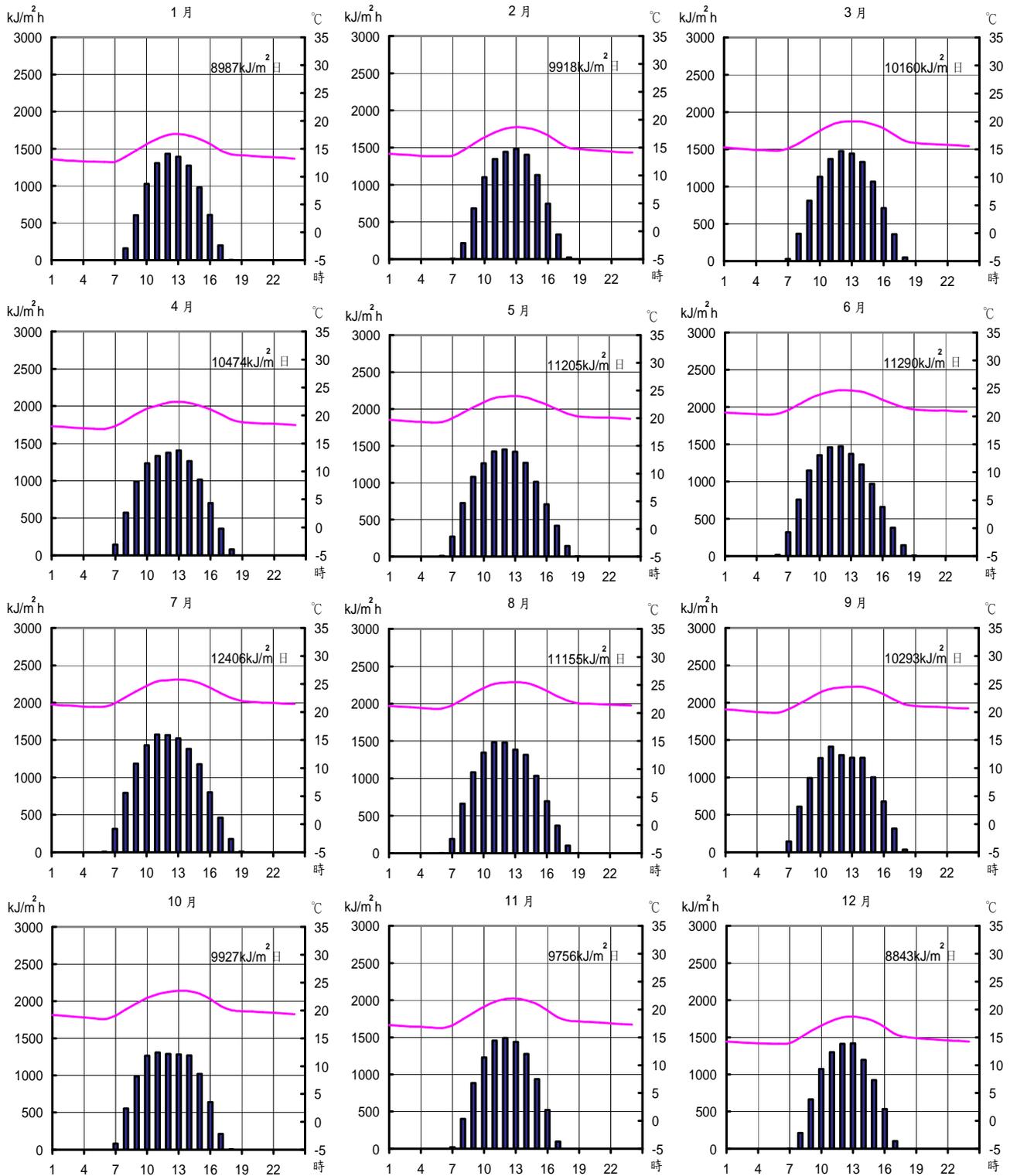
蘭 嶼

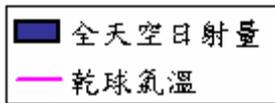


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

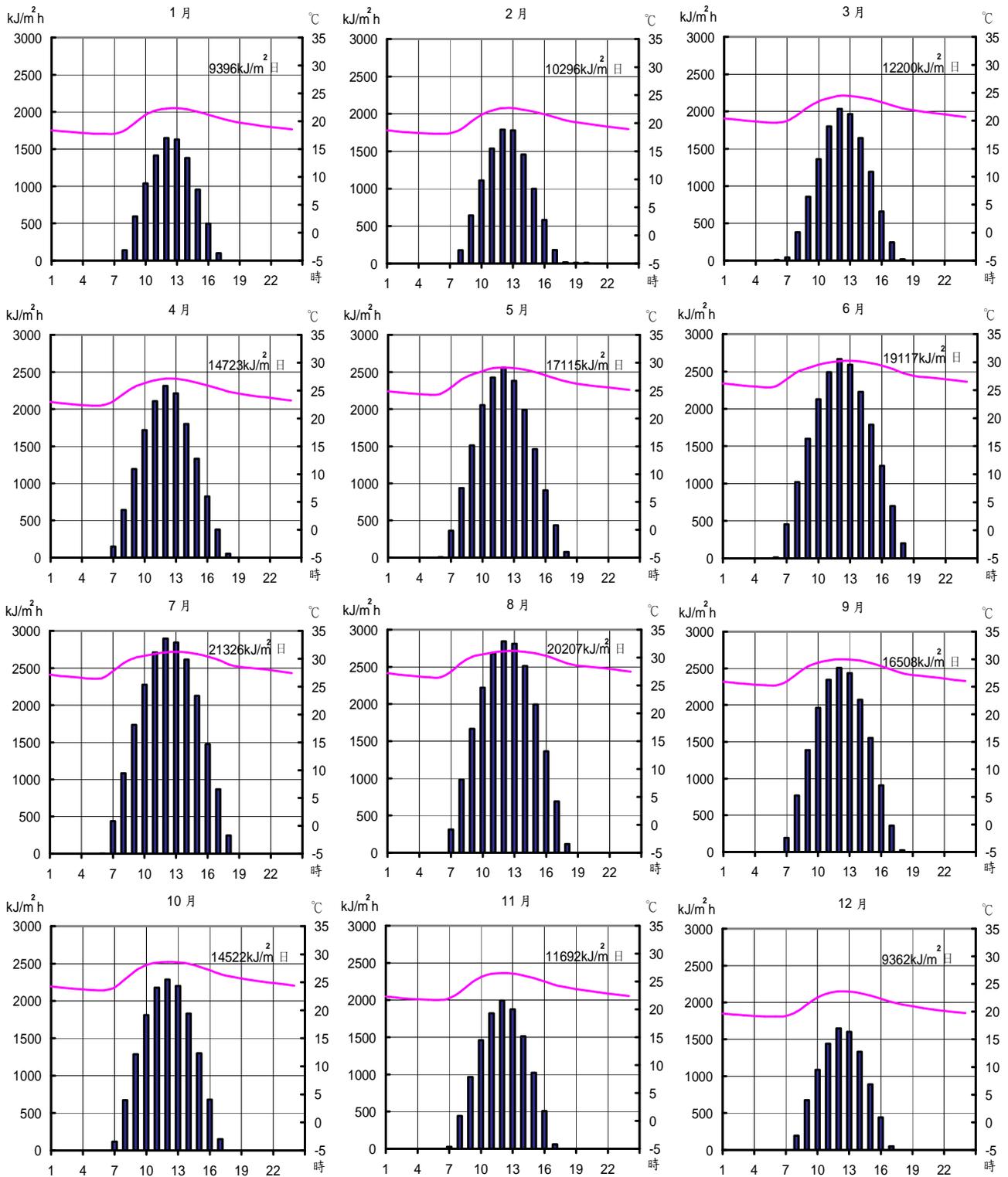


日月潭

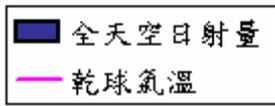




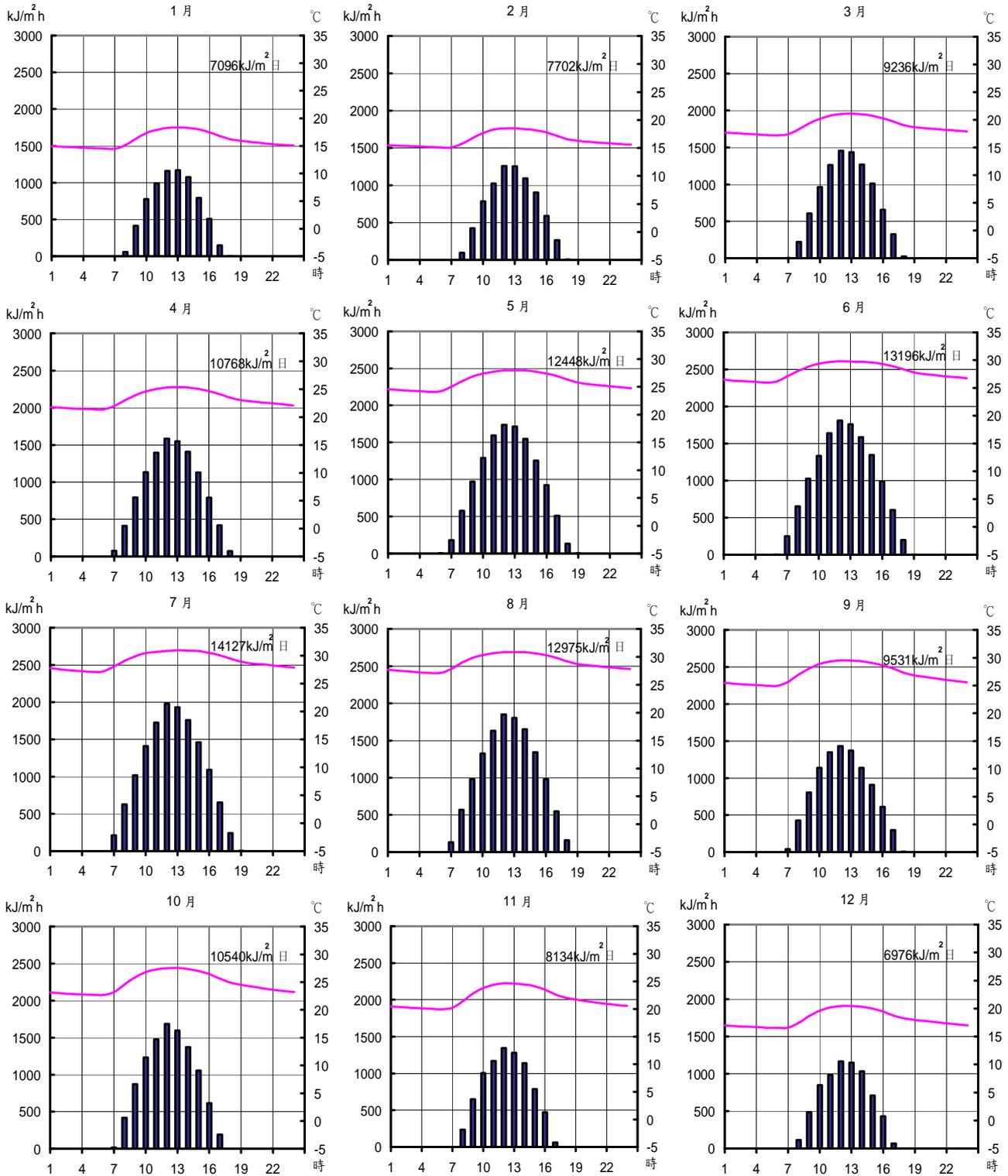
臺 東

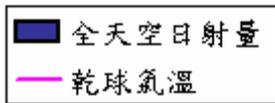


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

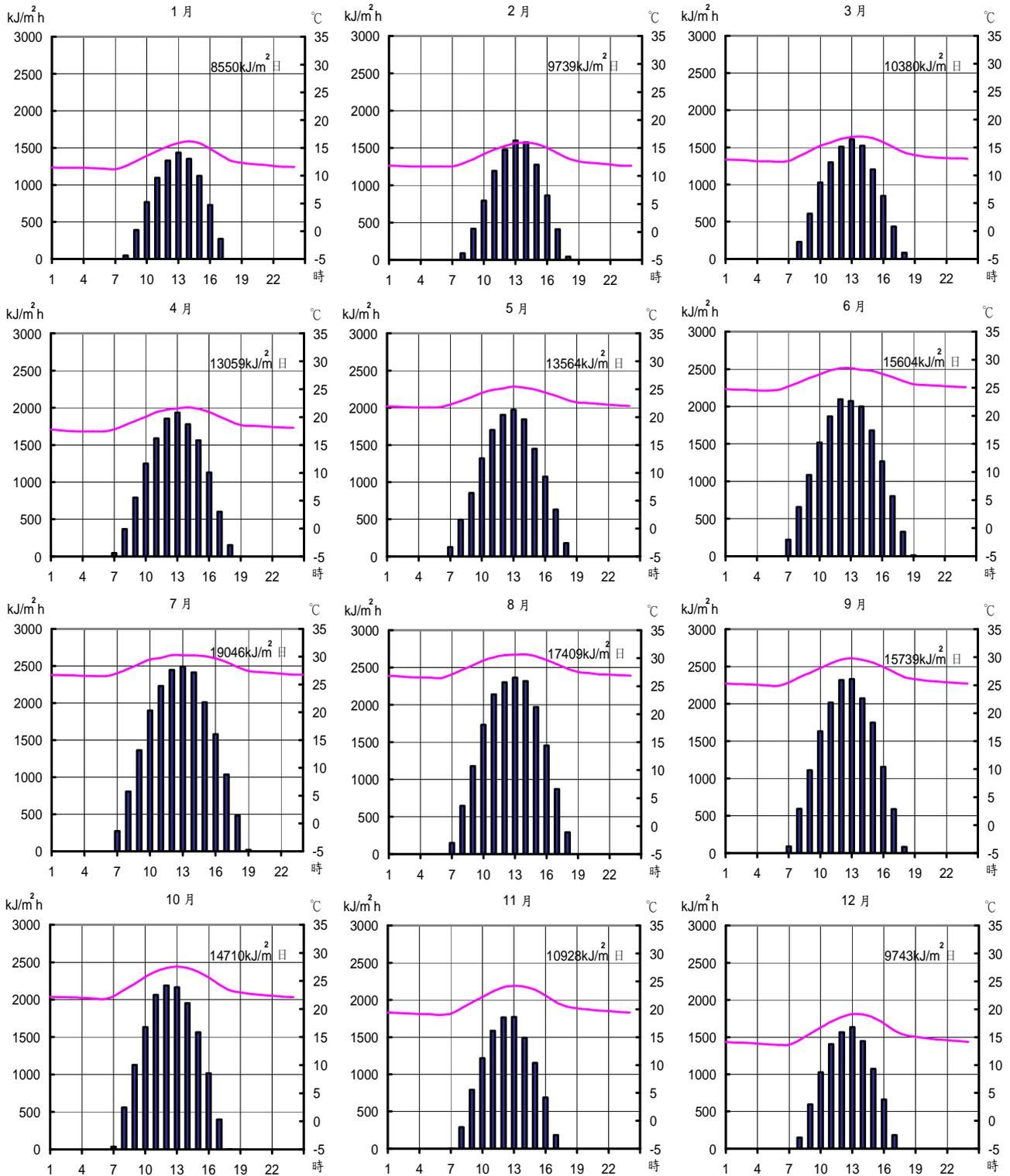


梧棲

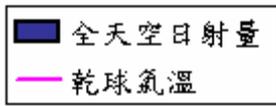




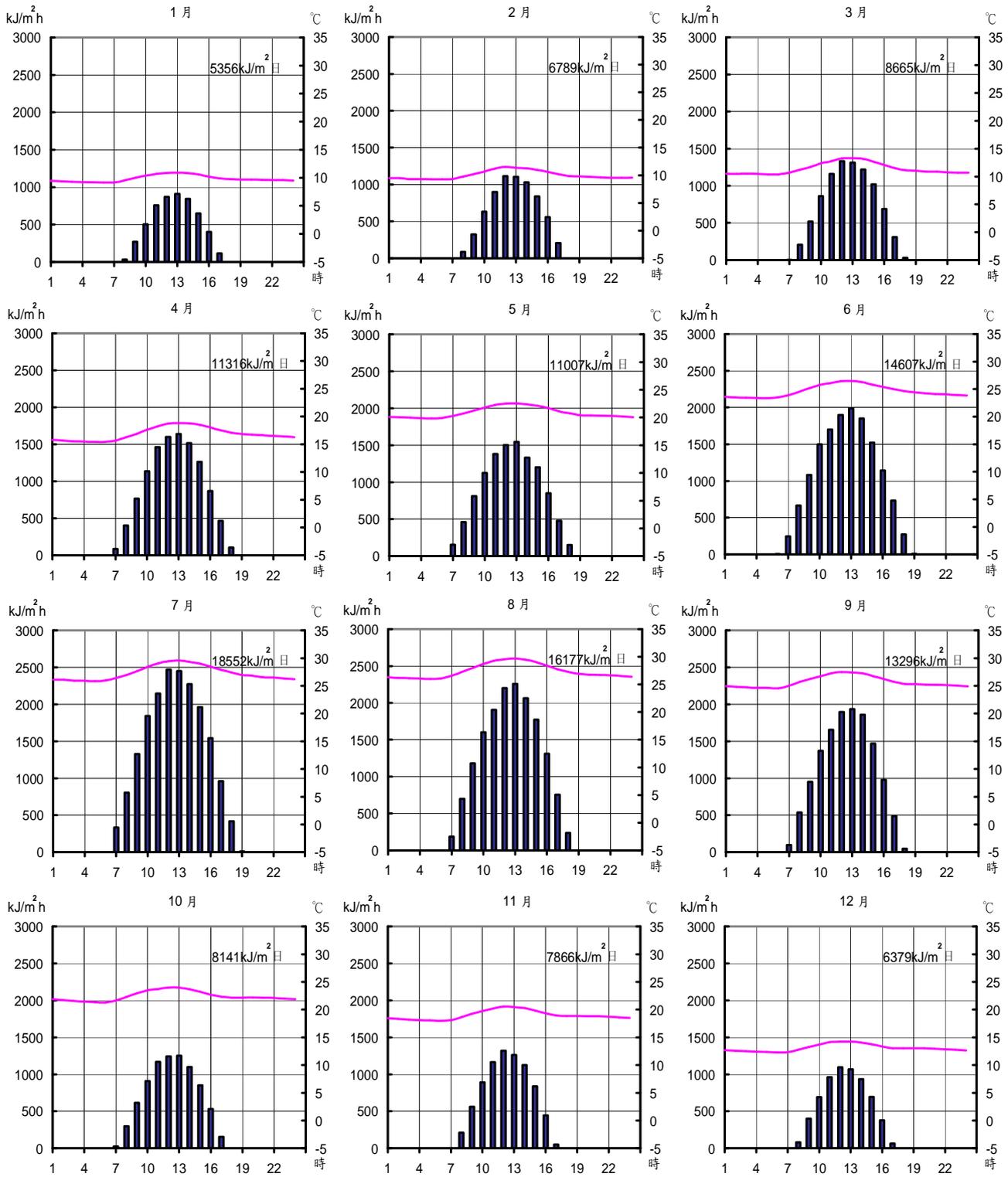
金門

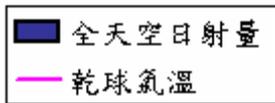


# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究

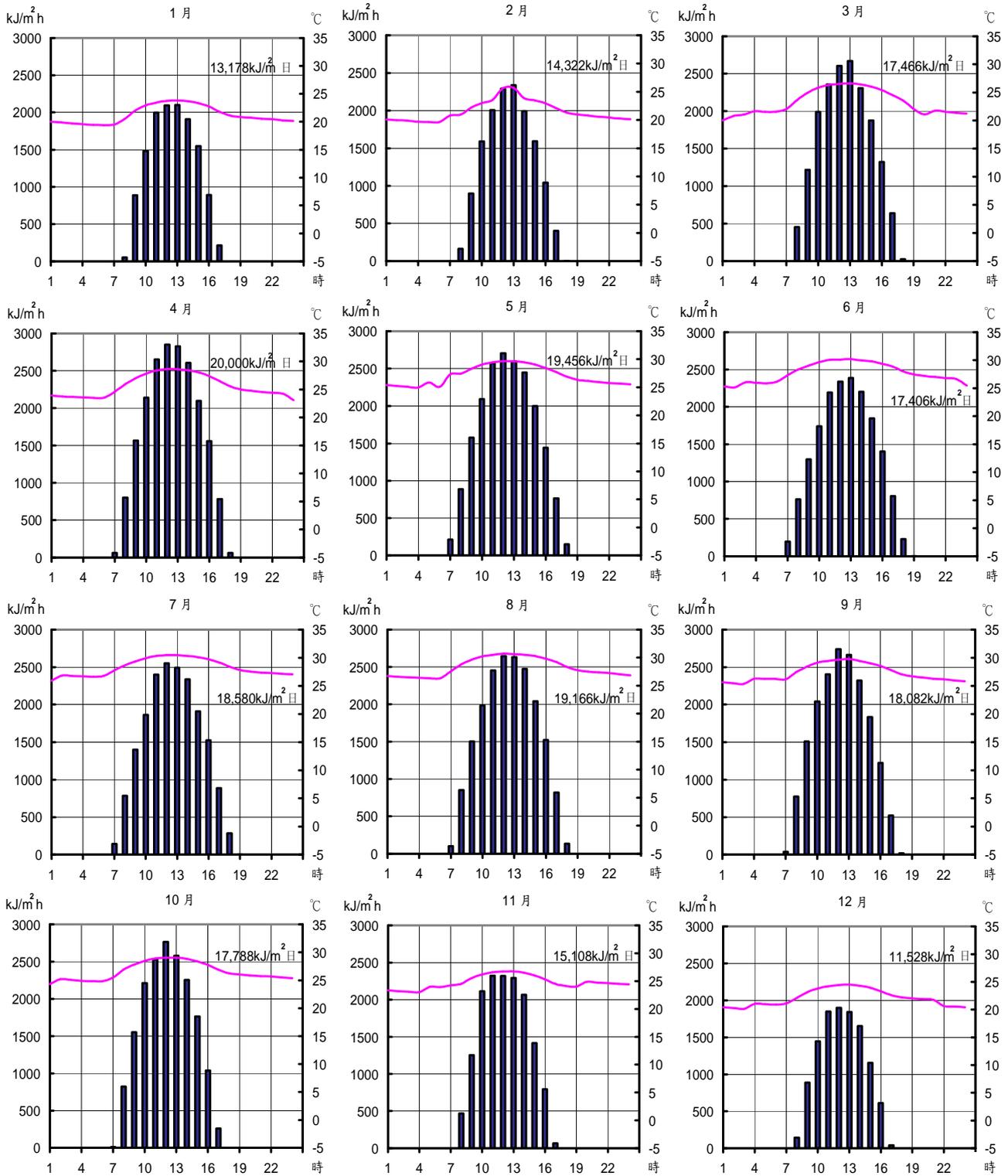


馬 祖

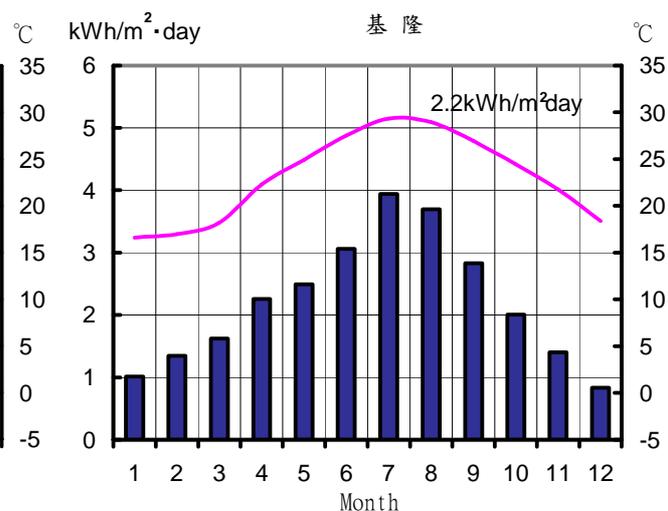
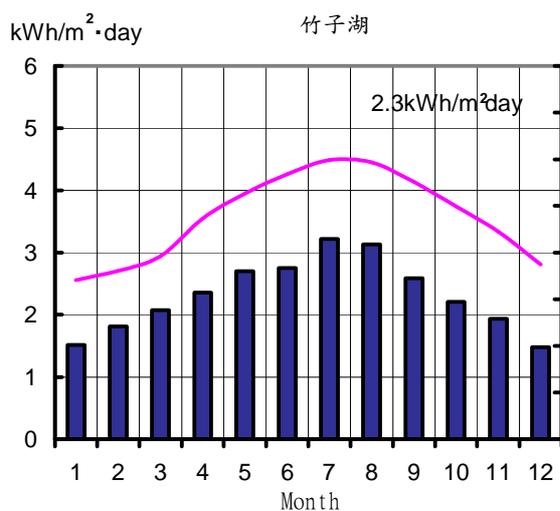
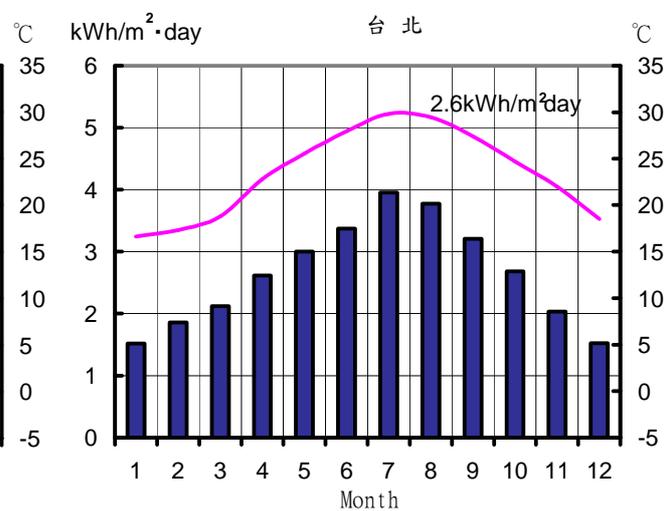
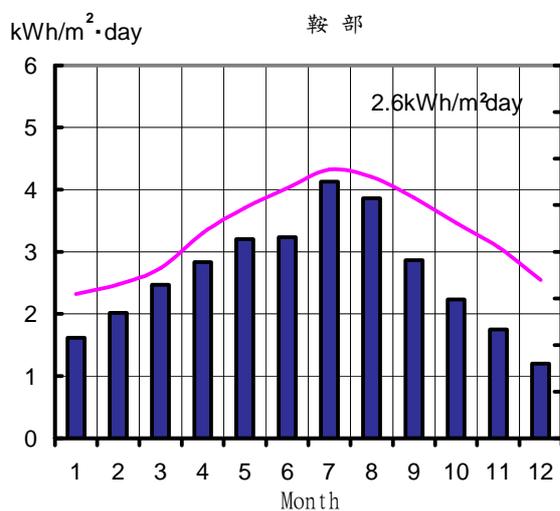
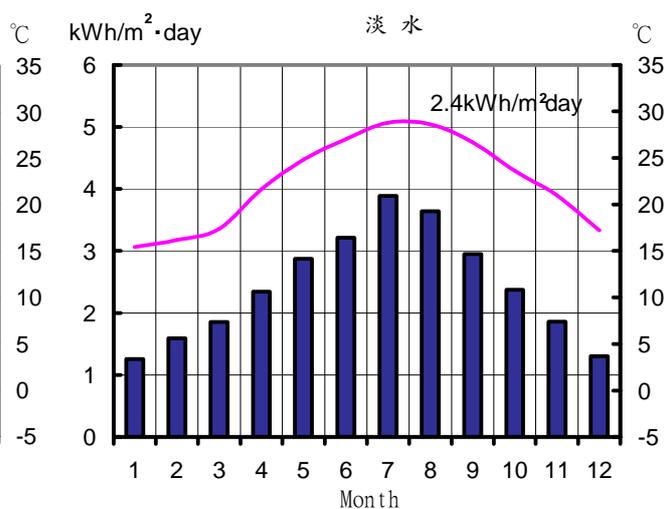
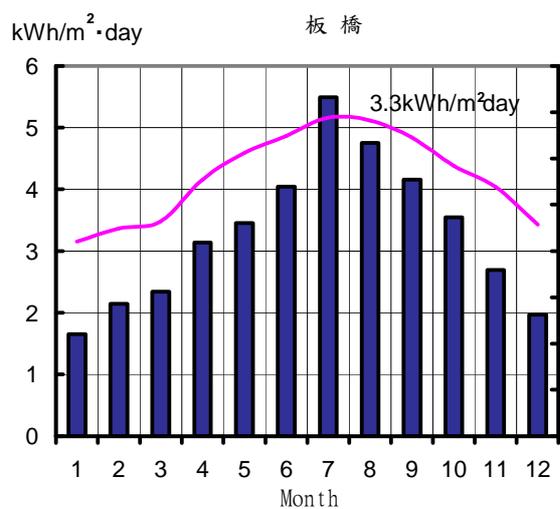


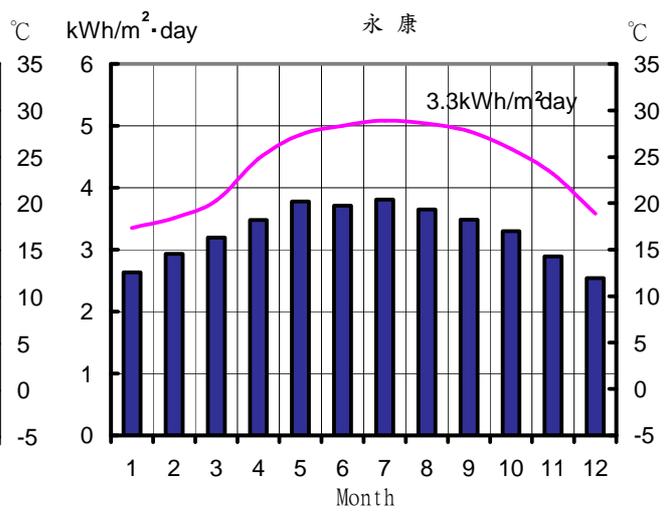
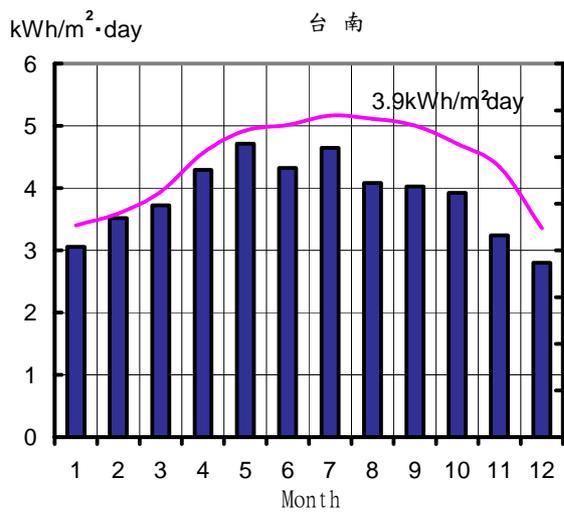
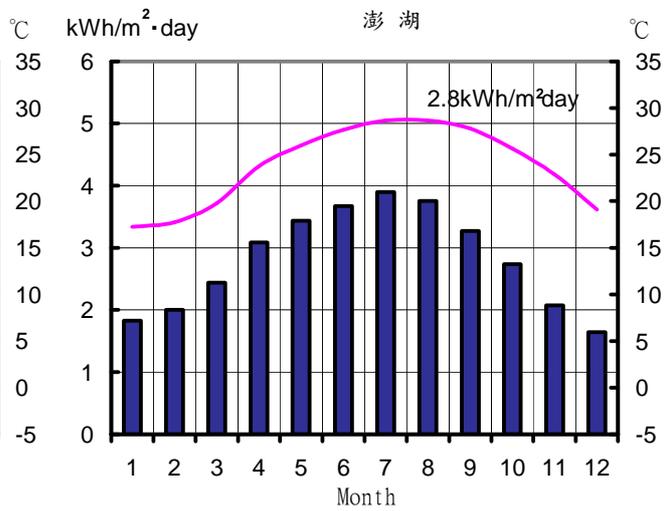
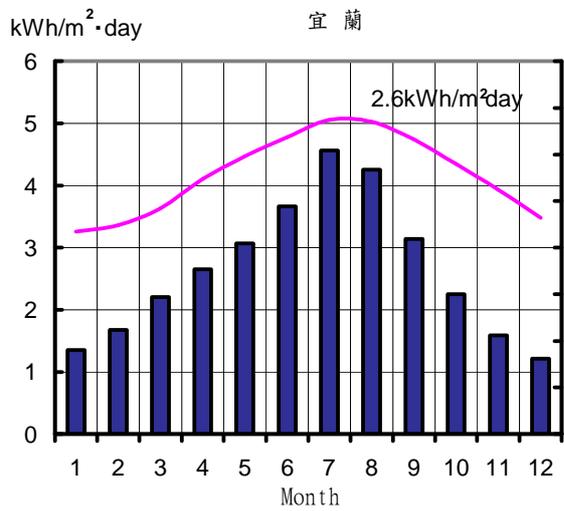
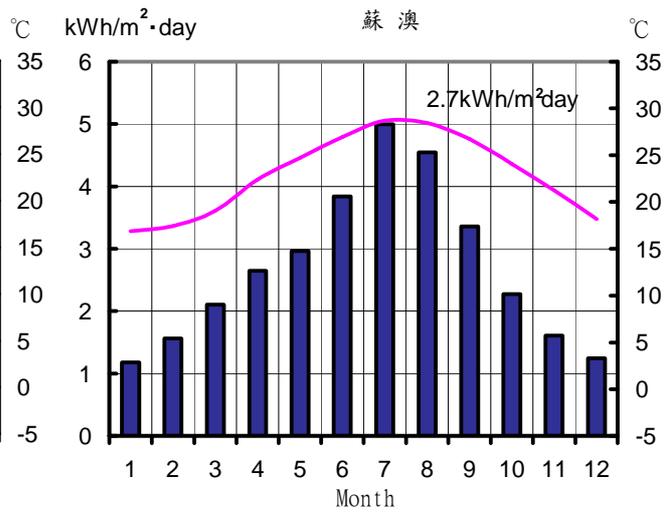
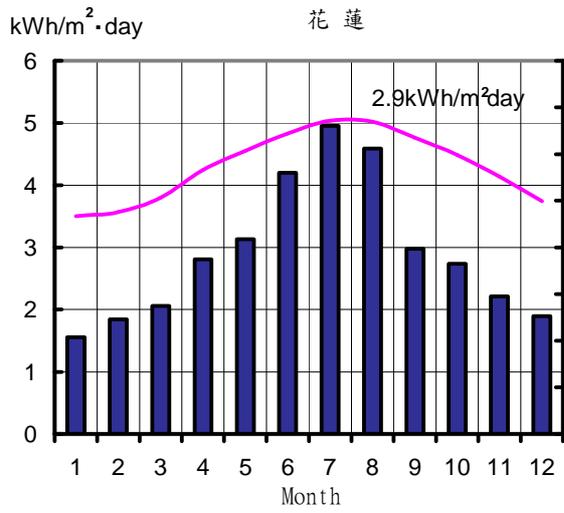


恆春

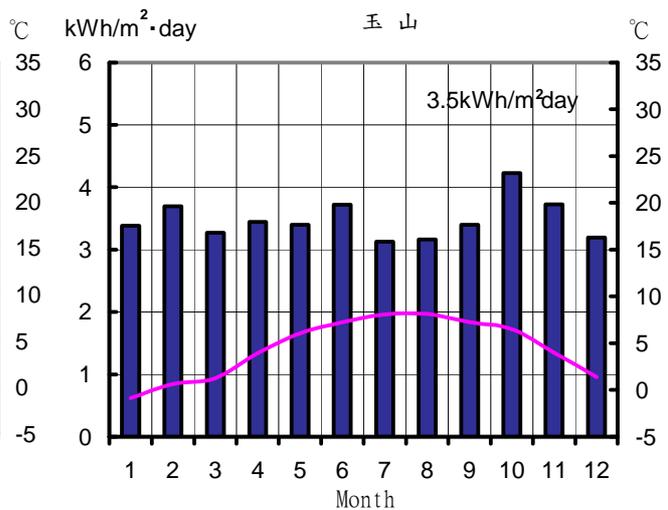
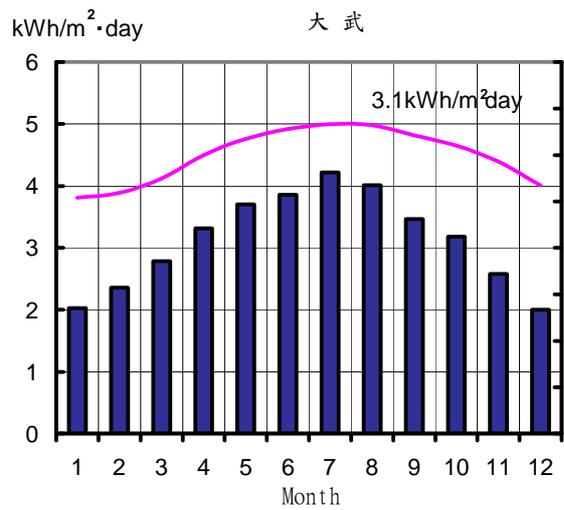
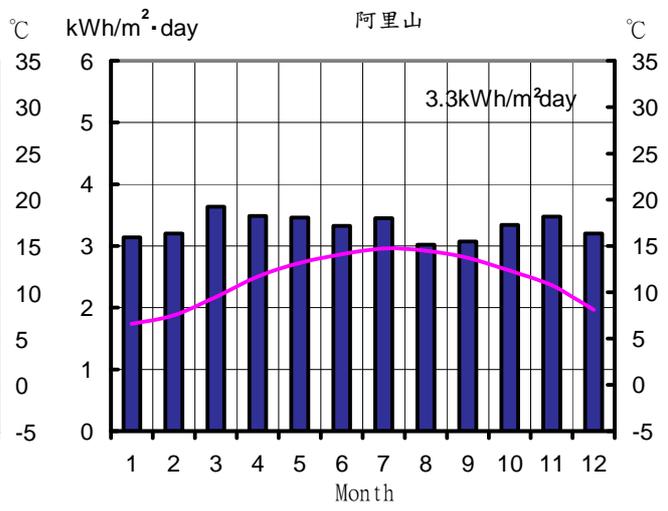
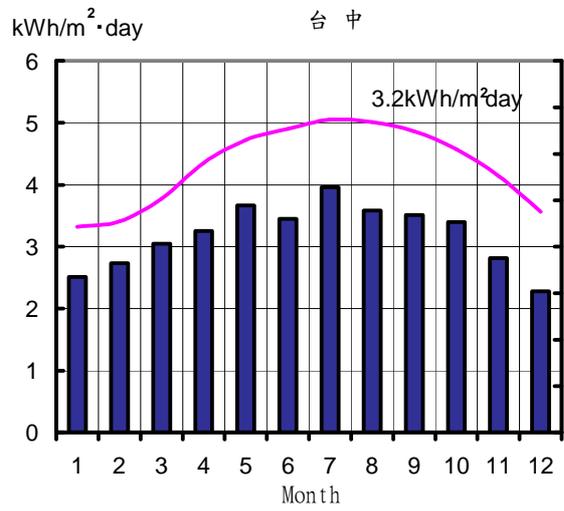
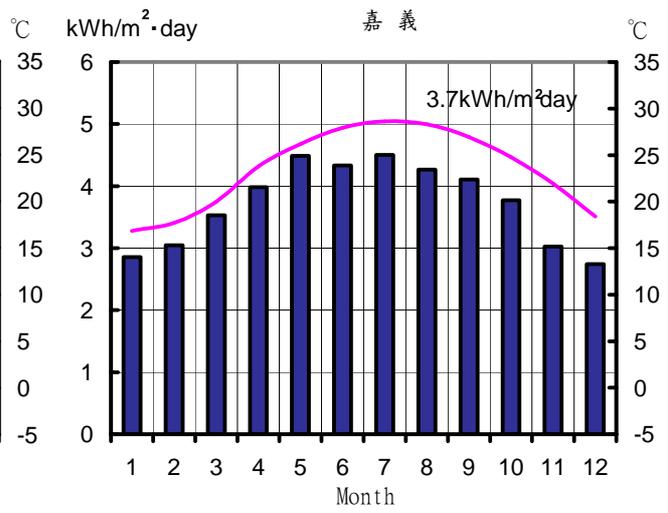
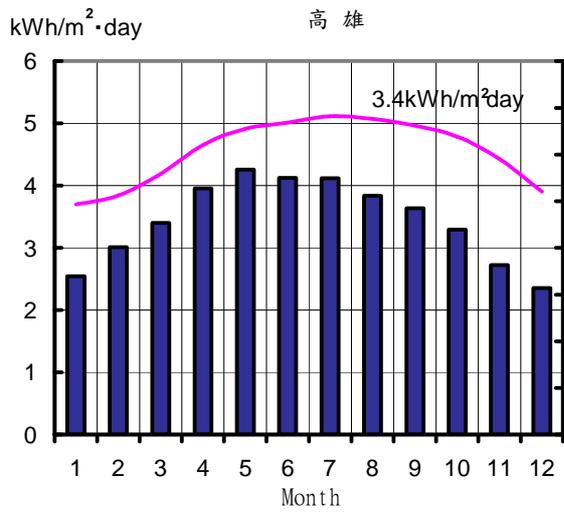


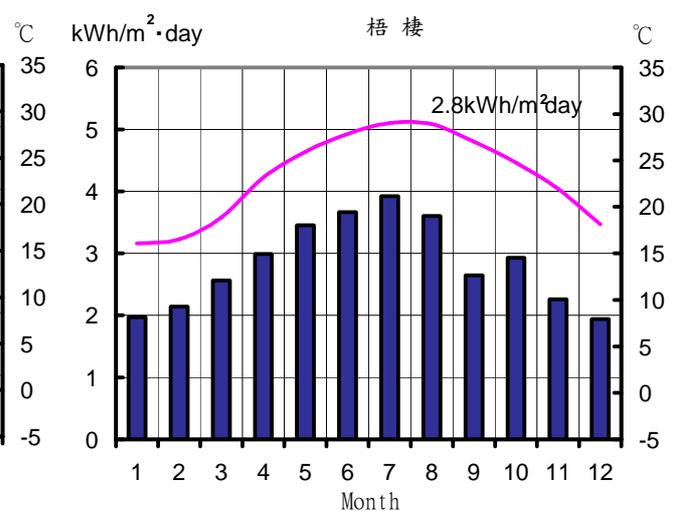
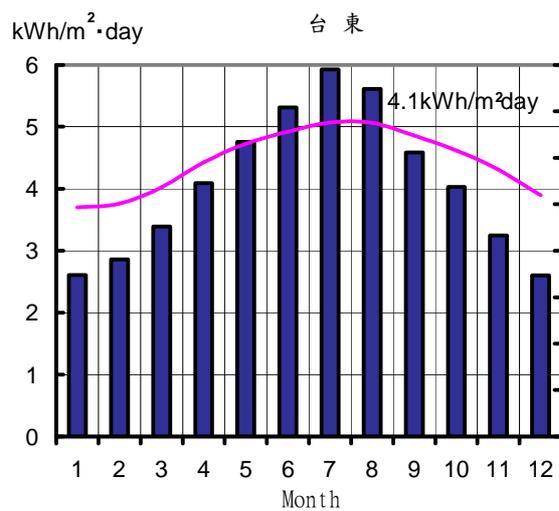
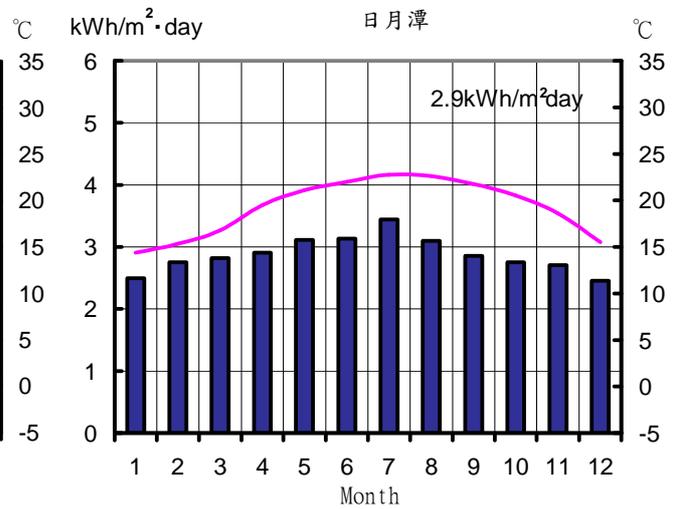
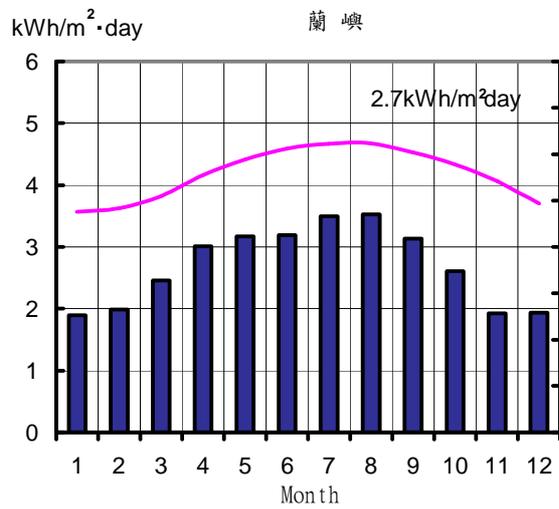
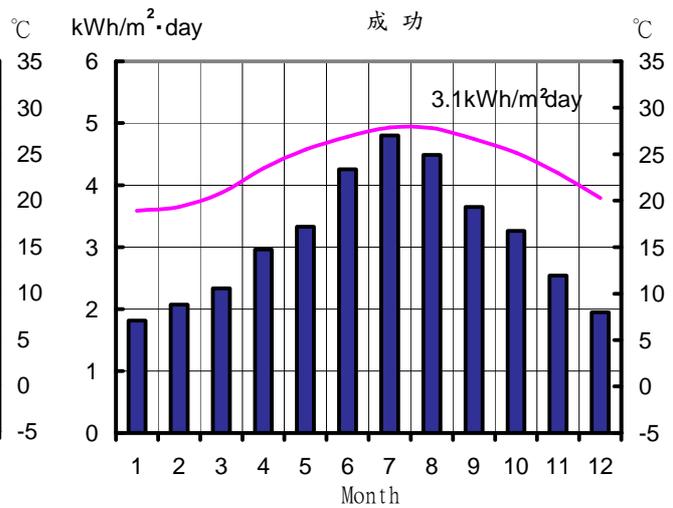
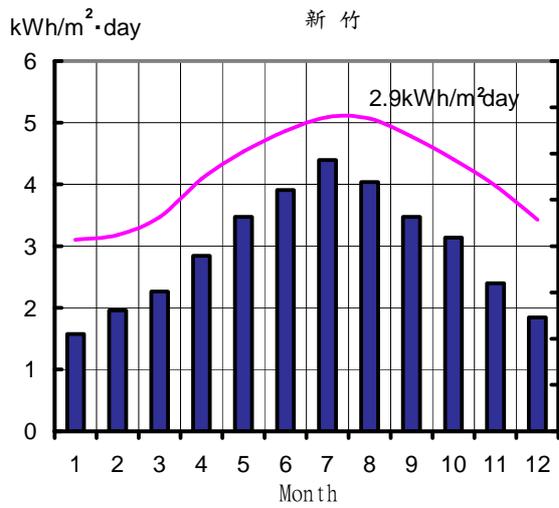
# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究



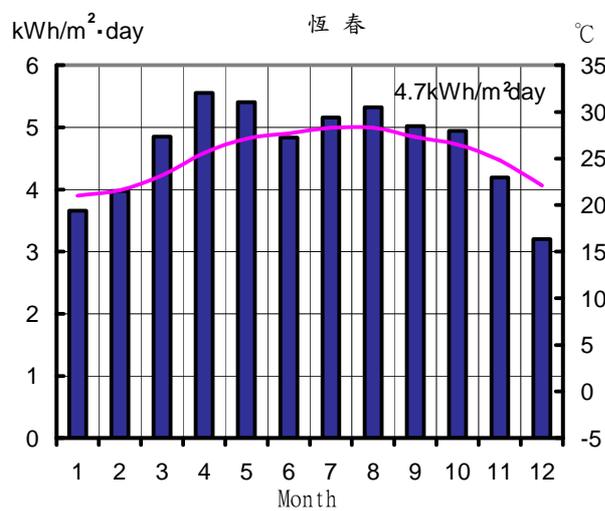
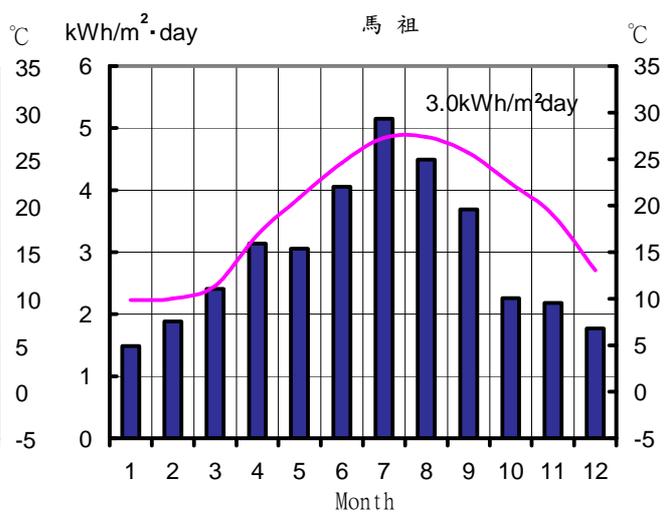
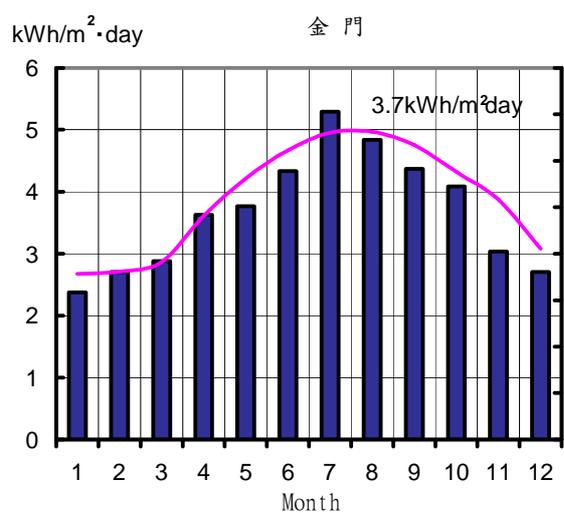


建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究





# 建築物建置太陽光電最佳化設計模型之研究



## 內政部建築研究所 期初開會通知單

受文者：歐助理教授文生

發文日期：中華民國 96 年 02 月 27 日

發文字號：建研環字第 0960001404 號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：無

附件：會議記錄乙份

開會事由：本所 96 年度「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究」、「建築物生命週期 CO<sub>2</sub> 排放量評估之研究（二）-建築空調設備 CO<sub>2</sub> 排放量解析」、及「辦公室照明設計節能參考手冊之研究」研究計畫期初審查會議

開會時間：96 年 02 月 14 日（星期三）下午 14 時 30 分

開會地點：本所簡報室（台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓）

主持人：李主任秘書玉生

聯絡人及電話：蔡介峰（06）3300504 轉 2101

機關團體：行政院公共工程委員會、行政院環保署廢棄物管理處、內政部營建署、經濟部能源局、交通部公路總局、中華民國建築師公會全國聯合會、財團法人台灣營建研究院、財團法人工業技術研究院能源與環境研究所

正本：內政部營建署、中華民國建築師公會全國聯合會、台北市冷凍空調技師公會、台灣區照明燈具輸出業同業公會、經濟部能源局、林組長之瑛、周教授家鵬、施教授陽正、許總經理銘嘉、陳教授建富、游教授志雲、蔡教授尤溪、鄭教授政利

副本：林教授憲德、周教授鼎金、歐助理教授文生、本所所長室、葉副所長世文、李主任秘書玉生、毛組長犖、陳組長建忠、葉組長祥海、陳組長瑞鈴、環境控制組、性能實驗中心、施簡任研究員文和、蔡助理研究員介峰、王國防訓儲研究員佑萱（均含附件）

## 期初審查意見回覆表

2007年02月14日

編號	審查意見	辦理情形
1	<p>台灣區照明燈具輸出業同業公會（宋顧問福生）</p> <p>1. 建議執行單位能建立完整資料庫數據，俾供業界參考依據。</p>	<p>感謝委員指正</p> <p>1. 今年將賡續執行太陽能設計用標準日射量資料庫的更新與數據準確度的提升。</p>
2	<p>許總經理銘嘉（書面意見）</p> <p>1. 以目前太陽能電池之發電效率仍屬偏低的狀況下，如果非常明顯的去標示設置效率，恐引起大部分使用者或業者怯步，而降低設置意願。</p> <p>2. 建議日射量的表示，儘量採取較大的寬容度，避免因太過狹窄的表示，造成太多的使用限制，以降低未來推動的阻力。</p> <p>3. 對於本案將太陽能設計用標準日射量給予去蕪存菁，使之更趨正確，表示贊同。</p>	<p>1. 目前的科技水準，關於太陽能電池的發電效率的確在10%左右，這個事實應讓使用者及設置單位認知。</p> <p>2. 台灣日射量的氣候特徵及發電策略將會是本研究的結果，期能有助於我國發展BIPV之參考。</p> <p>3. 感謝委員支持。</p>

3	<p>陳教授建富</p> <p>1. 計畫方向為延續前面計畫，更細緻之數據可以更進一步到實用階段。</p>	<p>1. 感謝委員支持意見。</p> <p>2. 本研究期待將日射量數據達到實用階段。</p>
4	<p>本所陳組長瑞鈴</p> <p>1. 太陽能板發電效率除了方位以外，角度亦是一重要因素，請執行單位亦一併納入比較分析。</p>	<p>1. 本研究今年度將進行日射量動態解析，預計可以做到8個方位及水平面全天空日射量之直射散射分離。</p>
5	<p>本所李主任秘書玉生</p> <p>1. 德國刻正推動太陽城計畫，它的日照量、發電效益跟台灣或美國情形為何？請執行單位納入比較。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p>

## 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 期中開會通知單

受文者：歐助理教授文生

發文日期：中華民國 96 年 08 月 10 日

發文字號：建研環字第 0960004934 號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：無

附件：會議記錄乙份

開會事由：本所 96 年度「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究」、「建築物生命週期 CO<sub>2</sub> 排放量評估之研究（二）-建築空調設備 CO<sub>2</sub> 排放量解析」、及「辦公室照明設計節能參考手冊之研究」研究計畫期中審查會議

開會時間：96 年 07 月 25 日（星期三）下午 14 時 30 分

開會地點：本所簡報室（台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓）

主持人：葉副所長世文

聯絡人及電話：蔡介峰（06）3300504 轉 2101

機關團體：行政院公共工程委員會、行政院環保署廢棄物管理處、內政部營建署、經濟部能源局、交通部公路總局、中華民國建築師公會全國聯合會、財團法人台灣營建研究院、財團法人工業技術研究院能源與環境研究所

正本：經濟部能源局、內政部營建署、中華民國建築師公會全國聯合會、台灣省建築材料商業同業公會聯合會、台灣區照明燈具輸出業同業公會、林組長之瑛、周教授家鵬、陳教授建富、游教授志雲、楊教授冠雄、蔡教授尤溪、鄭教授政利、蕭教授弘清

副本：林教授憲德、周教授鼎金、歐助理教授文生、本所所長室、葉副所長世文、李主任秘書玉生、毛組長榮、陳組長建忠、王組長榮進、陳組長瑞鈴、環境控制組、性能實驗中心、施簡任研究員文和、蔡助理研究員介峰、王國防訓儲研究員佑萱（均含附件）

### 期中審查意見回覆表

2007年07月25日

編號	審查意見	辦理情形
1	<p>台灣區照明燈具輸出業同業公會（宋專員福生）</p> <p>1. 太陽能標準日射量資料庫，對於業者使用應用將有助相當助益，可提高光電廠家生產太陽能燈具之計算正確性。</p>	<p>1. 感謝委員支持。</p>
2	<p>楊教授冠雄</p> <p>1. 本計畫以氣象局長期測試資料進行驗證，具長期參考價值。於進行日射量資料庫建立時，建議儘可能分離出直射量(Direct Insolation)及漫射量(Diffuse Insolation)兩部份，對於後續太陽能之應用上將具顯著貢獻。</p>	<p>1. 遵照辦理。本研究下半年計畫將進行三大都市之日射量直射量(Direct Insolation)及漫射量(Diffuse Insolation)的分解工作。</p>
3	<p>蔡教授尤溪</p> <p>1. 建議分析光電系統發電效率與光頻譜之關聯，以了解太陽能光電實際之發電能力。</p>	<p>1. 感謝委員意見。 2. 基於今年的研究計畫定位在進行日射量氣象數據整理分析，以及三大都市日射量之動態解析，因此不會進行關於發電效率之研究。</p>

4	<p>蕭教授弘清</p> <p>1. 太陽光電與太陽熱電不同，太陽光電與波長關係密切，所以傳統認為亞洲或台灣地區之光電應該會比高緯度地區來得適合太陽光電，就是光電/熱電之錯覺所致，事實上以大陸昆明/大理之光電均因紫外線而成為推動太陽光電成功之案例。所以建議除了統計分析日射能量外，可考慮研究不同波長之光電效益影響。</p>	<p>1. 感謝委員意見</p> <p>2. 今年的計畫焦點在進行氣象數據整理分析，以及日射量之動態模擬，不會進行關於發電效率之研究。</p>
5		

## 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 期末開會通知單

受文者：歐助理教授文生

發文日期：中華民國 96 年 11 月 29 日

發文字號：建研環字第 0960007441 號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：無

附件：會議記錄乙份

開會事由：本所 96 年度「建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究」、「建築物生命週期 CO<sub>2</sub> 排放量評估之研究（二）-建築空調設備 CO<sub>2</sub> 排放量解析」、及「辦公室照明設計節能參考手冊之研究」研究計畫期末審查會議

開會時間：96 年 11 月 22 日（星期四）上午 9 時 30 分

開會地點：本所簡報室（台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓）

主持人：何副所長明錦

聯絡人及電話：蔡介峰（06）3300504 轉 2101

機關團體：行政院公共工程委員會、行政院環保署廢棄物管理處、內政部營建署、經濟部能源局、交通部公路總局、中華民國建築師公會全國聯合會、財團法人台灣營建研究院、財團法人工業技術研究院能源與環境研究所

正本：經濟部能源局、內政部營建署、中華民國建築師公會全國聯合會、台灣省建築材料商業同業公會聯合會、台灣區照明燈具輸出業同業公會、李助理教授訓谷、林組長之瑛、周教授家鵬、陳教授建富、梁教授從主、游教授志雲、楊教授冠雄、蔡教授尤溪、鄭教授政利、蕭教授弘清（依姓氏筆劃排序）、本所所長室、葉副所長世文、李主任秘書玉生

副本：林教授憲德、周教授鼎金、歐助理教授文生、陳組長瑞鈴、環境控制組、性能實驗中心、施簡任研究員文和、蔡助理研究員介峰、楊國防訓儲研究員閔隆（均含附件）

## 期末審查意見回覆表

2007 年 11 月 22 日

編號	審查意見	辦理情形
1	<p>台灣省建築材料商業同業公會聯合會（王總幹事榮吉）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 太陽能動態模擬動態軟體可否解析建築物因地區、用途使用、目的之區別，求出最佳化設計及效益？</li> <li>2. 為落實永續建築發展的目的，建築物建置太陽能光電。除建築設計之建築師，應含各領域專業技師，以達到整合與最佳之應用。</li> </ol>	<p>感謝委員指正</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究動態解析是根據標準日射量資料庫而來，因此可以預測一年 365 天來自不同方位及高度角日射量並推估發電量。</li> <li>2. BIPV 的發展確實要整合諸多專業領域的技師。本研究的成果在於提供建築師設計發電量的預測評估。</li> </ol>
2	<p>台灣區照明燈具輸出業同業公會（宋專員福生）</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立北中南東部及離島之氣象資料庫，並將整年度之日射量變化，製成應用軟體，為建築設計提供完整之計算服務，相當難得之成果，建議貴所能將此成果除了在網站上讓相關業者能夠順利取得應用外，更希望能夠對建築師及相關業者做教育</li> </ol>	<p>感謝委員支持意見。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究成果將會建置於建研所網站。</li> </ol>

	訓練，以達到最高效果。	
3	<p>林組長之瑛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究提供建築物建置太陽能光電用標準日射量資料庫，補足我國基礎研究數據資料之不足，原則支持。</li> <li>2. 本案係依據 BIPV 設計基本構想，其先決條件仍為節約能源，因此，建請針對日射量與節約能源之關聯性，提出說明與建議。</li> <li>3. 本研究結論建議，有關發電潛能關聯性分析部分，稍嫌空泛，建請補充案例，以具體數據說明地理分區、日射量、發電潛能之投入產出效益，可使本研究成果更具體。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員支持意見。</li> <li>2. 遵照辦理將在本文中補充說明日射量對於環境熱負荷以及節約能源之說明。</li> <li>3. 本文根據中央氣象局十年間氣象數據來討論六大區域之日射量特徵與台灣日射量分布，並以日射量來推估發電量。這兩項研究主軸旨在從源頭（太陽輻射量）來看待太陽光電版之光電投入產出效益。至於在案例上的印證，猶待後續長期追蹤記錄，何況很多案例的數據幾乎無法取得。</li> </ol>
4	<p>楊教授冠雄</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本計畫已建立良好之太陽能日照量資料，對於推動太陽能及建築物應用太陽能（BIPV）進行節約能源之設計，具有貢獻。後續可進一步加強此方面之應用分析。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員支持，的確 BIPV 應用分析上還有許多議題值得賡續研究。</li> </ol>
5	<p>蔡教授尤溪</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案研究成果內容應已完成預定目標。</li> <li>2. 太陽能光墊板設置經常考</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 感謝委員支持後續研究。</li> </ol>

建築物建置太陽能光電最佳化設計模型之研究

	<p>慮緯度效應，安裝時水平傾斜度影響收集效率，未來研究可進一步考量此因素。</p> <p>3. 國外 BIPV 系統常將太陽能光電板作為遮蔭之一部分，以減少空調負荷，請於成果報告書中或未來研究中能多加敘述此一觀念。</p> <p>4. 建議未來以一實例作驗證。</p>	<p>3. BIPV 系統常設計成遮陽兼具發電雙重功能。本研究會在本文中加強補充敘述。</p> <p>4. 感謝支持後續研究。</p>
6	<p>李教授訓谷</p> <p>1. 研究成果對於太陽能設計用標準氣象年資料庫之建置相當完整，值得肯定。</p> <p>2. 對於「日射量動態解析軟體」之研發部分，建議參考世界各國所發展之相關軟體的功能，增加如設置方位、光電板種類、光電板效率等功能。</p>	<p>1. 感謝委員支持</p> <p>2. 日射量動態解析軟體目前為第一代雛形，具備 16 個方位及垂直及水平高度角的預測。關於增加光電板效率、種類之參數，因為目前研究已到最後結案階段，這部分議題猶待後續研究。</p>
7	<p>梁教授從主</p> <p>1. 建立太陽能日射量資料庫，可協助太陽能光電系統之設置與推廣。</p> <p>2. 建議此資料可結合工研院太電中心之各地發電資料，提昇資料庫之應用效益。</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 本研究非常期待結合工研院太電中心之各地發電資料，以提升資料庫之應用效益。</p>
8	<p>蕭教授弘清</p> <p>1. 本研究在推廣太陽能光電節能實務上極具參考價值</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p>

## 參考文獻

1. 林憲德、蘇瑞泉，1986a，〈台灣地區月平均日射量分佈之研究〉，《氣象學報》，33卷4期：99。
2. 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。
3. 林憲德，1994，《現代人類的居住環境》：15-20，胡氏圖書，台北。
4. 中央氣象局，1994，《台灣地區近百年氣候之變化》，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
5. 林憲德、蘇瑞泉，1986b，〈台灣地區月平均日射量分佈之研究〉，《氣象學報》，33卷4期：100。
6. 林博雄，2003a，《中央氣象局測站之地表全天空輻射量的校驗與分析》，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告：1-2。
7. 林博雄，2003b，《中央氣象局測站之地表全天空輻射量的校驗與分析》，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告：26-28。
8. 林憲德、張思源，1987,04,〈建築空調耗能分析用平均氣象年資料之研究〉，國科會計畫編號 NSC75-0410-E006-33，pp.3，台南。
9. 林憲德，1988,02，〈建築省能設計用氣象資料之應用研究〉，經濟部能源委員會研究計畫報告，計畫編號 76213，pp.104-105，台北。
10. 太陽光電資訊網，2005，<http://www.pvproject.com.tw>
11. 黃瑞隆，2002、08, "各式氣象年在建築與空調系統能源分析上的應用比較"，〈冷凍與空調〉，第16期，pp.108-114，台北。
12. 何明錦、歐文生、陳建富，2006，《台灣太陽能設計用標準日射量與相關檢測規範之研究》，內政部建築研究所協同研究報告。
13. 顏俊士，1974，〈台灣各地日射量估計〉，《大氣科學》，1期：72-80。
14. 林憲德、蘇瑞泉，1986c，〈台灣地區月平均日射量分佈之研究〉，《氣象學報》，33卷4期：104。
15. NASA, 2005，<http://www.visibleearth.nasa.gov/>

- 16.NREL, 2006 , <http://www.nrel.gov/>
- 17.Budyko, Yefinova, Lubenok, Strokhina, 1962, The Heat Balance of the Surface of the Earth. *Soviet Geography* Vol. 3, No. 5
- 18.Ångström, A., 1924, Solar and Extraterrestrial Radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 50, 121-125.
- 19.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.
- 20.William M., Ken U.,1995,06, < User's Manual for Typical Meteorological Years >, NREL,USA.
- 21.吉田作松，1977，《エネルギーシステムの研究（気象調査）》，日本気象協会報告書，東京。
- 22.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。