

更新台灣地區土地利用型態對 MM5 模擬之影響

曹嘉宏¹ 林沛練¹

國立中央大學 大氣物理研究所¹

摘要

土地利用型態(land use type)是模式在預報近地面層與土壤層間的水汽、熱量等氣象參數的分布及通量最重要的參數之一。在MM5的模擬中，邊界層的發展、海陸風的分布、熱島效應等邊界層內的許多大氣特性是否能被解析出來，都仰賴於模式是否能把握住近地面層的熱量分布。土地利用型態中的各項參數如反照率、土壤濕度、粗糙度是決定熱量分布的重要依據，所以正確的土地利用型態可以使模式對於邊界層內的預報更為準確。

本研究是使用台灣地區高解析度的土地利用型態資料取代MM5舊有的USGS資料，藉由土地利用型態的更新，討論不同的土地利用型態對於模式地影響，期望能使台灣地區的中小尺度天氣模擬能更加準確。

一、前言

近幾十年來，台灣地區在經濟上的蓬勃發展，不僅使台灣人民越來越富裕，也帶動台灣地區許多都市的繁榮，例如台北、台中、高雄三大都會區的開發，都造就了廣大都市群落的成長，這些成長造成了台灣地區的都市地區不論在位置與範圍上都有了很大的改變，而由都市地區所造成的熱島效應等再再都影響到台灣地區的天氣型態的改變。除了都市地區以外，農業的轉型，山坡地的開發等也都造成台灣地區土地利用型態(Land-Use Type)的改變，這些變化都會影響到台灣地區局部區域的溫度場、環流等天氣要素的改變。

在模式中地表作用要能正確的被作用，取決於兩個重要的部分，一個是土地利用型態分布的準確與否，一個則是良好的參數化。當氣象模擬模式在進行大氣模擬實，土地利用型態是模式在預報近地面層與土壤層間的水汽、熱量等氣象參數的分布及通量很重要的參數，大氣中的邊界層的發展、海陸風的分布、熱島效應等邊界層內的許多大氣特性是否能被解析出來，都仰賴於模式是否能把握住近地面層的熱量分布，其中，各種土地利用型態的所包含的物理參數數值對於天氣模擬的結果有很大的敏感度。

Chen and Dudhia (2001a) 表示地表能量的收支與土壤濕度之間的關係很敏感。土壤濕度會影響到地表收支能量分布時，潛熱通量與可感熱通量的分配比重，在較乾燥的季節，土壤濕度正負 $0.1(\text{m}^3/\text{m}^3)$ 的誤差對於通量會有大於 10% 的影響。

在香港地區，Lam(2006)等人對於土地利用型態的六種參數量值做敏感度的測試，其中包括了粗糙度(roughness length, z_0)、熱慣量(thermal inertia, λT)、有效土壤濕度(soil moisture availability, M)、反照率

(albedo, α)、熱容量(surface heat capacity, C)、發散率(surface emissivity, ϵ)。在該研究的測試結果中發現，相較於其他五種參數值而言，土壤濕度對於模是在進行氣象模擬時的影響最大。較低的可用土壤濕度會降低大氣中的溼度，降低地表能量分配在潛熱通量的比重，便且進而改變邊界層內空氣的熱容量。這樣的機制會使白天的溫度較高，海陸風環流較強，而使得向岸風符合增強。當進行化學模式模擬時，可以增加污染物留在香港地區的機會。

在都市地區的模擬發現，模式在都市地區溫度的表現會比實際觀測還要來的高。Nielsen-Gammon (2002b) 曾藉由每天輸入不同的soil moisture都市溫度模擬過高的問題，雖然這個方法可以得到很好的結果，但輸入值須每天更新且無一致性。Cheng and Byun(2006)等人藉由更新土地利用資料，並且針對土地利用型態中的都市型態重新定義，將都市分成都市區、住宅區、住宅森林區，得到與觀測值相當接近的模擬。

目前MM5所使用的土地利用型態資料USGS(U. S. Geological Survey)所提供之 24 類(表三)全球土地利用分布。此資料最新的一次更新是在 1990 年，但其中部分資料來源是 1970s 完成的(Cheng and Byun, 2006)。以台灣地區來說，這樣的土地利用型態已經無法再有效的反映台灣地區的地表狀態(圖 1-1)，導致模式無法精準的反映出台灣地區的近地面層的大氣結構特色。

由前人的研究部分可知，土地利用型態不同會造成大氣模式的模擬結果有很大的差異。所以本篇最主要的動機是比較不同的土地利用型態 CTCI & USGS之差異，討論使用不同土地利用型態對於模式在模擬大氣時的影響。其次，則嘗試著改變MM5中的植被參數設定，討論模擬結果是否有所改善。

二、資料來源

CTCI(中鼎公司) landuse, 是由中鼎公司利用內政部出版的 1/25000 航照圖(1999~2001), 將其數位化成台灣地區的土地利用型態資料, 該資料網格為世界橫麥卡脫投影座標系統(Universal Trans-Verse Mercator Projection Grid System)。在CTCI的分類中, 將台灣分成 16 種不同的地表型態(表四), 分類的方式是先將空照圖分成一公里見方的小方塊, 在判定在方塊中這 16 類地表形態各所占的比例。

將CTCI轉成USGS格式時, 首先將CTCI的 16 種分類分別歸類到USGS的 8 種類別(圖一), 再依照USGS網格點框出上下 15 秒距離範圍, 在計算這範圍內各類所占的比例大小, 以最大比例者為該點的分類類別。其中有一例外, 該點的第二大比例者為都市, 且比例超過 30%, 則該格點判定為都市型態。此外的CTCI的 16 種為‘其他’類別, 這是空照圖上無法判定的部分, 占 37331 筆資料中的 1001 筆, 當中有 603 筆以第二大比例且比重超過 30%的類型取代, 剩下 398 筆則是按照原USGS所分類的類型而不另作取代的過程。(戴, 2006)

三、Landuse差異比較

圖二所示為CTCI土地利用型態、USGS土地利用型態, 不論是在都市地區、山區森林地、旱/濕作物農地, 台灣地區的土地利用分布較接近於CTCI地土地利用型態分布, 而反觀USGS不論在分布位置還是面積大小都有很明顯的出入, 以下就各種土地利用型態中較明顯差異的幾種型態來分析CTCI與USGS的空間分布差異。圖三顯示為都市地區(Urban and Built-Up Land)的水平分布, 在USGS中的都市只有台北、嘉義、台南、高雄、屏東等地, 而且都市所涵蓋的大小都有低估的現象, 在CTCI中則可看出台北、台中、高雄等地不僅中心都市有反應出來, 還可以看到三大都會區地鄰近都市分布, 此外, 嘉南平原上的彰化、雲林、嘉義、台南等地, 蘭陽平原上的宜蘭、羅東, 花東縱谷上的花蓮、台東以及其他零星都市地皆可解析出來。圖四為旱田的分布圖, USGS中的旱地主要集中在宜蘭、南投、高雄及北屏東一帶, 花東縱谷、台中、嘉南平原則有部分零星分布。CTCI中的旱田則是主要分布在花東縱谷以及雲嘉南高雄一帶, 台中、南投及台灣北部則是有零星分布。水田(圖五)的部分在USGS中幾乎占了全台灣 2/3 的範圍, 除了恆春半島、宜蘭、花蓮、台

東等地以外, 其他的區域幾乎都是分布著水田, CTCI中則是以台灣西半部沿海地區、蘭陽平原、花東縱谷為較集中的地區。灌木/草地混合型(圖六), 可以看到USGS中幾乎沒有此種分類的分布, 而CTCI中將原本判定為農場、果園一類的區域歸納為此類, 可以看到在中部以及中南部地區的平地與山區接鄰的地方有大量的果園農場的分布。森林的部分因為CTCI並沒有將森林地區針對常綠針葉林、常綠闊葉林、落葉針葉林、落葉闊葉林等作仔細區分, 故一概歸類為混合林, 圖七為包括上述四種加上混合林區域的比較。在USGS中的森林主要分布在苗栗、新竹、恆春半島、中央山脈與海岸山脈等地, 但是阿里山山脈、玉山山脈、雪山山脈等地則多為水田而非森林類型, 這與實際分布差異甚大, 而CTCI的森林區大略占了全台地 2/3 區域包括了五台灣五大山脈以及恆春半島。

比較CTCI與USGS的土地利用情形可以發現, USGS不論在都市、農田、森林等型態的分布上, 都不及CTCI的準確, 在模式中將原USGS的土地利用型態更新為CTCI地土地利用型態是較正確的選擇。

四、模式設定與實驗設計

本次研究使用的氣象模式為中尺度模式MM5v3 (Fifth-generation Pennsylvania State University/National Center for Atmospheric Research (PSU/NCAR) Mesoscale Model-Version 3, Grell et al. 1994)。積雲參數化使用Grell積雲參數化法(Grell, 1994), 邊界層參數化是使用MRF(Hong and Pan, 1996), 土溫參數化是使用五層土溫參數化, 輻射參數化是考慮有雲的狀況, 另外允許模式中有淺對流的發生。各層網格的參數化設定如表一所示。

除參數化的部分外, 為了更正確的反應台灣地形高度, 另外將台灣地區的地形高度增加 1.2 倍, 最高點為玉山及雪山地區, 約 3600 公尺。水平方向的槽狀網格設定為四層, 分別是 61x61(81km), 67x67(27km), 73x82(9km), 109x157(3km), 垂直層分布為 23 層。空間上的分佈如圖八所示。

為了比較出兩種土地利用參數的差異, 本次研究中分別設定了T、NT、TF、NTF四組設定(表二)。此四種設定在上述設定中的物理參數化、地形、槽狀網格皆選用同樣的設定, 不同的部分只有土地利用型態與FDPA的有無。T、NT分別表示使用USGS與CTCI的土地利用型態, 而無四維資料同化(FDDA); TF、NTF也分別表示使用USGS與CTCI的土地利用型態, 不同的部分是多做了無四維資料同化(FDDA)。

五、實驗結果

在CTCI與USGS兩種土地利用型態的比較中，有加入四維同化全球再分析資料的結果較好，而無作資料同化的結果則是比較無法抓到模式模擬期間真實大氣的天氣型態，故此以有加入四維資料同化的NTF與TF兩個實驗做比較。

圖九~十五分別為預報 72~82 小時的台灣地區溫度分布圖，分別代表了當地時間 5 月 12 日 08 時、10 時、12 時、14 時、16 時、18 時。在圖九中，08 時是太陽剛要開始加熱地面的時候，可以看到在USGS (FNLTf)的模擬中只有台北地區加熱較快，溫度達到 32 度，其他平原地區則是只有約 27~28 度的溫度，在CTCI的部分則是不只台北地區，台中、高雄及其附近的鄰近都市都開始出現比郊區高溫的情形。到了 10 時(圖十)，USGS中台北以外的都市如台中、嘉義、台南、高雄等地開始出現較郊區高溫的情況，高雄屏東一帶的旱作地形也開始除漸加溫，在USGS中則是可以看到大台北地區整個都會區已經突破 33 度，台中、高雄也可使看到主要都市與鄰近都會區的溫度也達到 33 度以上，此外，台灣中部到中南部平原區上的較零散的都市分布也造成平原區的溫度較USGS來的高。

中午 12 時(圖十一)，CTCI的結果中，北部地區的高溫區已經包括了台北、桃園、新竹，台北地區更是出現超過 35 度的高溫，苗栗地區也出現了溫度的高值，中南部地區各都市也都超過 33 度，其中值得注意的一點是除了都市地表以外，在中南部靠近山區的部分也是溫度高值的分布區，對照土地利用型態分布圖(圖十

二)可以發現其分布區域約略與灌木/草地混合的分布位置相似。而USGS的溫度值較低，只有台北、台中、台南三個都市有較明顯的高溫，此外南投、高雄一帶的旱作物分布地也有出現溫度略高於其他郊區地區的情形。花東縱谷地區也在此時出現CTCI比USGS高溫的現象，但因面積小，故不明顯。

到了下午，加熱的效果就沒有中午 12 點那麼強，相較起 12 時的高溫，下午 14 時(圖十二)USGS與CTCI都略比 12 時的時候低，高溫的範圍也開始減小，USGS中的高溫分布一樣還是以台北、台中的都市地表以及南部高雄一帶的旱作區為主，嘉南平原只剩下較接近山區的地方有相對的高溫區。CTCI則是除了範圍大小與溫度高值的部分略低於 12 時，其高溫區的分布圖與 12 時相差不大。

傍晚到晚上的時間，16 時(圖十三)、18 時(圖十四)，可以看到在太陽加熱的效應減小之後USGS與

CTCI的溫度分布開始慢慢轉成比較一致的狀態，在 16 時、18 時尚可看到兩個模擬中的白天高溫區還殘留在空氣中，此時CTCI還是略比USGS高溫(約 1 度)

13 號凌晨 2 時(圖十五)，兩個模擬實驗的白天受地表加熱的高溫地區都已經冷卻下來，不論在空間上的分佈還是溫度值的部分都有很高的相似度。顯示在不同的土地利用型態中，受到太陽加熱的影響較大，移除掉加熱的效應之後，則兩者的模擬差異較小。

在單獨測站部分，分成台北、宜蘭、嘉義三個站來討論。台北站的部分因為Landuse更新前後，台北站都是在都市地區，所以CTCI與USGS所呈現的結果皆是高估。不過CTCI中都市的範圍較大，反應在溫度上的結果使得CTCI略比USGS來的高溫。由能量分布也可以看出更新前後的差異不大。

宜蘭站則是由草地變更為都市和濕作物混合。沒有因為都市的關係造成最高溫上揚的情形。推測可能是都市較小而分散以及附近都是濕作物，導致能量沒有偏重在SHF，所以土地利用型態的改變對宜蘭站的溫度影響不大。

以溫度來說，土地利用影響最大的為嘉義站。嘉義站是由高土壤濕度濕作物型態更新成較乾燥的旱作物與都市型態。能量分布在USGS時是大多分給了LHF，而CTCI則是SHF，導致更新後溫度的表現上，嘉義地區的模擬有過高的情況出現。

以相關係數來看，各測站的模擬皆有達到 0.9 以上，溫度的趨勢抓的相當不錯。但是RMSE方面顯示，更新成正確的landuse資料反而造成誤差變大。

六、參考書目

Lam J. S. L., A. K. H. Lau and J. C. H. Fung, 2006:

Application of refined land-use categories for high resolution mesoscale atmospheric modeling.

Boundary-Layer Meteorology, 119, 263 - 288

Cheng F.-Y., and D. W. BYUN, 2006: A study to

understand effects of land use and land cover data differences on simulated atmospheric conditions for the Houston-Galveston metropolitan area during a high pollution episode. PART I:

meteorological simulations. *Submitted to journal*

Chen, F., and Dudhia, J., 2001: Coupling an advanced land surface-hydrology model with the Penn State-NCAR MM5 modeling system. Part I: Model implementation and sensitivity. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 569-585.

Nielsen-Gammon, John W., 2002b: Meteorological

modeling for the August 2000 Houston- Galveston ozone episode: PBL Characteristics, nudging procedure and performance evaluation. Report to the Technical Analysis Division, Texas Natural Resource Conservation Commission, February 28, 2002, 109 pp.

戴利卉, 洪景山, 莊秉潔, 蔡徵霖, 倪佩貞.: WRF模式中台灣地區土地利用型態更新與個案研究。95年天氣分析與預報研討會論文集編, P.2-43, 中央氣象局, 95年10月18-20日, 台北。

張能富, 曾威霖, 2005: 地表能量平衡處理大氣穩定度方法與實例, <http://www.aqmc.org.tw/>

參數化	D1	D2	D3	D4
微物理	mix	mix	mix	mix
積雲	Grell	Grell	None	None
邊界層	MRF	MRF	MRF	MRF
輻射	Cloud	cloud	cloud	cloud
淺對流	Yes	Yes	Yes	Yes
土溫	Five layer	Five layer	Five layer	Five layer

表 各層 DOMAIN 的物理參數化列表

	T	NT	TF	NTF
Landuse	USGS	CTCI	USGS	CTCI
FDDA	X	X	D1,D2	D1,D2

表二 T、NT、TF、NTF 四種實驗設定

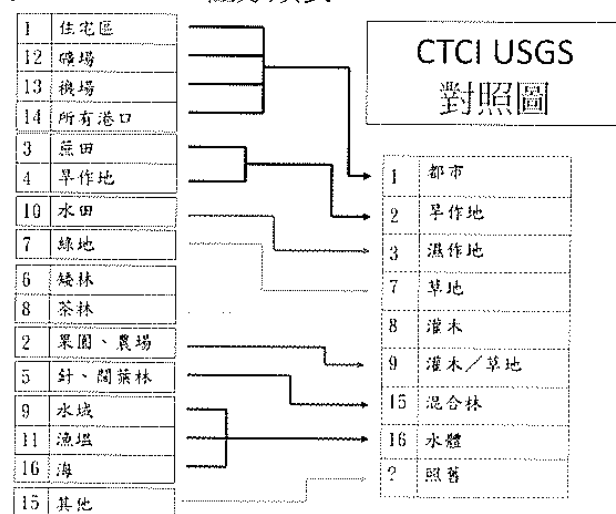
1	都市	13	常綠闊葉林
2	旱作物	14	常綠針葉林
3	濕作物	15	混合林
4	旱&濕混合	16	水體
5	作物&草地	17	草地&沼澤
6	作物&樹林	18	樹林&沼澤
7	草地	19	
8	灌木	20	草地&凍原

9	灌木&草地	21	樹林&凍原
10	平原	22	混合凍原
11	闊葉林	23	赤土
12	針葉林	24	雪

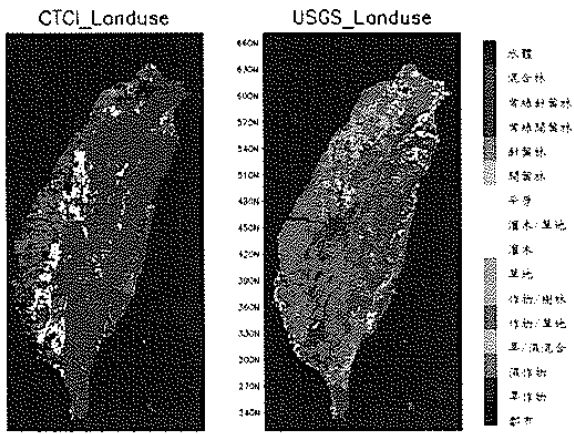
表三 USGS 24 種分類表

1	住宅區、建築區	9	水域
2	果園、農場	10	水田
3	蔗田	11	魚池、漁塭
4	旱作地	12	機場
5	針、闊葉林	13	礦場
6	矮林	14	港口
7	綠地	15	海
8	茶林	16	其他

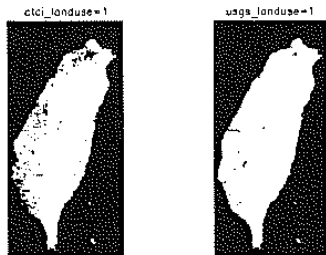
表四 CICT 16 種分類表



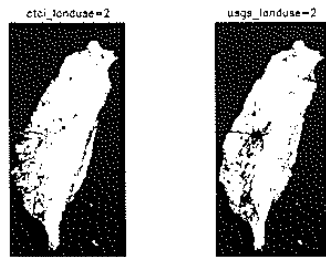
圖一 CTCI & USGS 對照圖



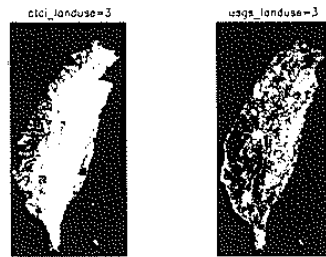
圖二 CTCI & USGS土地利用分布比較



圖三 CTCI & USGS 都市分布比較比較



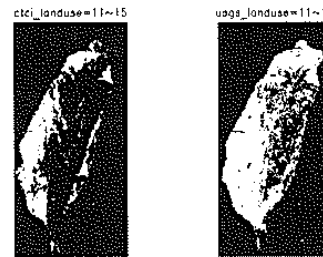
圖四 CTCI & USGS旱田分布比較



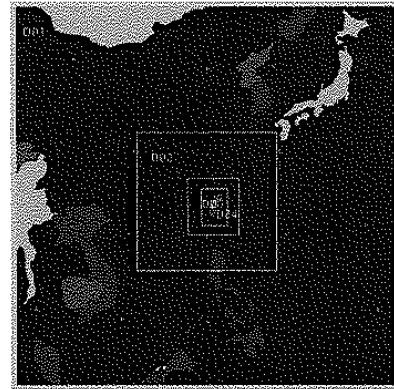
圖五 CTCI & USGS水田分布比較



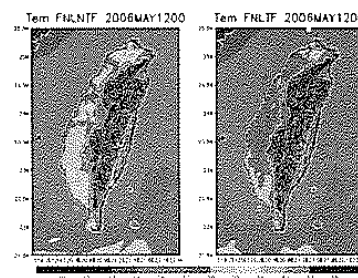
圖六 CTCI & USGS灌木/草地分布比較



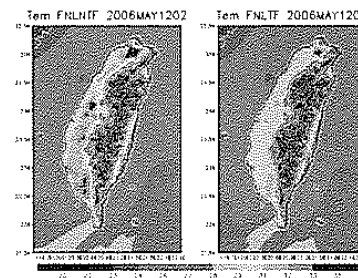
圖七 CTCI & USGS混合林分布比較



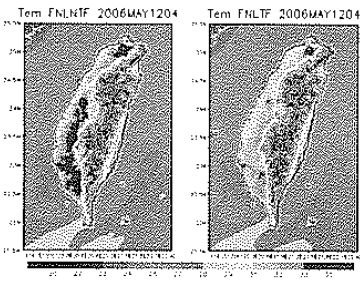
圖八 Domain設定



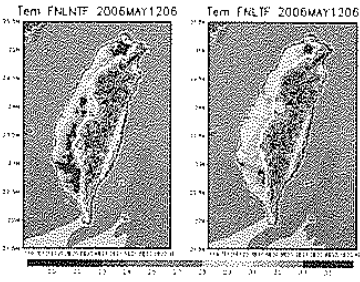
圖九 12日 08:00 溫度分布圖



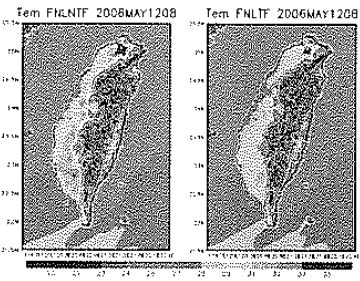
圖十 12日 10:00 溫度分布圖



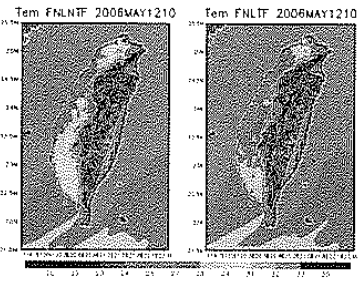
圖十一 12日 12:00 溫度分布圖



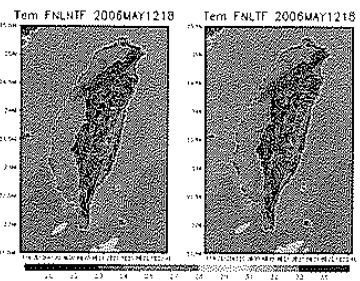
圖十二 12日 14:00 溫度分布圖



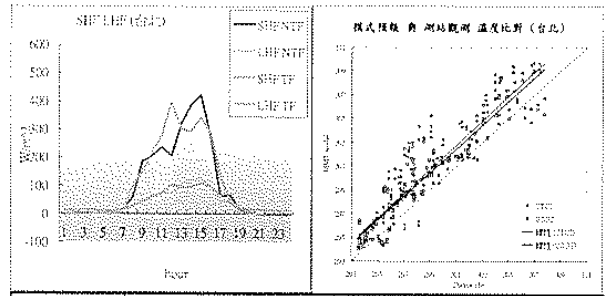
圖十三 12日 16:00 溫度分布圖



圖十四 12日 18:00 溫度分布圖

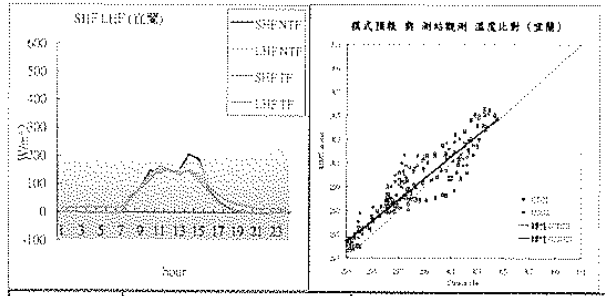


圖十五 13日 02:00 溫度分布圖



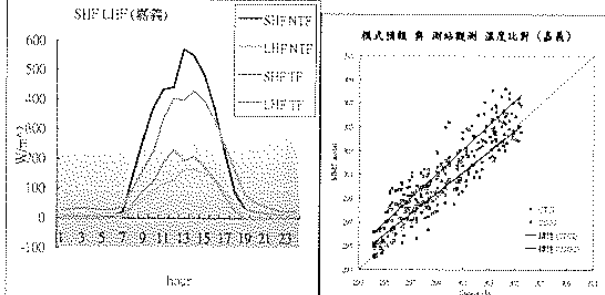
台北	RMSE	相關系數
NTF	2.3171	0.9237
TF	2.1587	0.9190

圖十六 台北站觀測與模擬結果



宜蘭	RMSE	相關系數
NTF	1.4987	0.9245
TF	1.1420	0.9299

圖十六 宜蘭站觀測與模擬結果



嘉義	RMSE	相關系數
NTF	2.4165	0.9384
TF	1.2324	0.9331

圖十六 嘉義站觀測與模擬結果