

塑鋼窗與金屬窗 隔熱測試比較研究



委託單位：南亞塑膠工業股份有限公司

執行單位：中華綠建築協會

計畫主持人：韓選棠 教授

研究助理：徐嘉宏 博士生

中 華 民 國 九 十 八 年 九 月

摘要

- 根據試驗結果，得知塑鋼窗框較鋁窗框材料隔熱佳，且最大的隔熱差異有達 4.3 倍。
- 在本研究模擬的住宅建築單元空間下，顯示出裝設塑鋼窗的房間比裝設鋁金屬窗的房間每天節電要超過近 7 度。
- 並根據計算推估得知，使用塑鋼窗較使用鋁金屬窗，約可節省 28.1%的空調運轉支出。
- 如以夏季四個月（6 月~9 月）的來計算，總用電量 843 度時，每度電 3.6 元，則可節省約 3,035 元的電費支出。
- 使用塑鋼窗除具節電效益外，在短短的四個月中更能減少 527 公斤的碳排放量，達到具體節能減碳之實踐。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
表目錄.....	IV
圖目錄.....	V
壹.緒論.....	1
1.1.研究緣起與目的.....	1
1.1.1.研究緣起.....	1
1.1.2.研究目的.....	2
1.2.研究範圍與內容.....	3
1.2.1.研究範圍.....	3
1.2.2.研究內容.....	3
1.3.研究方法與流程.....	5
1.3.1.研究方法.....	5
1.3.2.研究流程.....	6
貳.測試試材及設備.....	7
2.1.測試試材.....	7
2.1.1.塑鋼窗.....	8
2.1.2.鋁金屬窗.....	8
2.2.實驗設備.....	9
2.2.1.實驗器材特性.....	9
2.2.2.試驗儀器校正.....	10

參.實驗條件與位置.....	13
3.1.實驗條件.....	13
3.1.1.室內-溫度及濕度資料讀取設定	13
3.1.2.室外-溫度及濕度資料讀取設定	13
3.2.實驗位置.....	14
3.2.1.綠房子 2 樓塑鋼窗.....	14
3.2.2.綠房子 3 樓金屬窗.....	15
肆.研究結果.....	16
4.1.密閉空間下實測結果.....	16
4.1.1.塑鋼窗框實測結果.....	16
4.1.2.鋁金屬窗框實測結果.....	20
4.1.3.實測結果綜合分析.....	23
4.2.開放空間下實測結果.....	34
4.2.1.塑鋼窗框實測結果.....	34
4.2.2.鋁金屬窗框實測結果.....	39
4.2.3.實測結果綜合分析.....	43
4.3.其它物理環境計測結果.....	54
4.4.節能效益模擬推估.....	84
伍.結論與建議.....	89
5.1.結論.....	89
5.2.建議.....	91

表目錄

表 1 2008 年台灣各部門電力能源消耗分配表(單位：百萬度).....	2
表 2 實驗器材特性說明表.....	9
表 3 室內理想熱焓差對照表.....	86
表 4 每立方公尺需處理單位熱量.....	87
表 5 塑鋼窗框與鋁窗框隔熱比較表.....	89

圖目錄

圖 1 2001 年 1 月~2009 年 7 月台灣油價月平均趨勢圖(台幣/公升).....	1
圖 2 建築外殼各部位耗能位置及比例，窗戶佔 35~40%耗能量.....	2
圖 3 本計畫研究地點-台大綠房子外觀圖.....	3
圖 4 試驗空間類型一：密閉空間下現場試驗情形.....	4
圖 5 試驗空間類型二：開放空間下現場試驗情形.....	5
圖 6 研究流程圖.....	6
圖 7 窗戶測點相對位置圖.....	7
圖 8 窗戶測點現場位置圖.....	8
圖 9 現場實測塑鋼窗外觀.....	8
圖 10 現場實測鋁金屬窗實景.....	9
圖 11 儀器安裝及測試畫面.....	11
圖 12 資料記錄器設定畫面(一).....	11
圖 13 資料記錄器設定畫面(二).....	12
圖 14 資料記錄器校驗完成畫面.....	12
圖 15 綠房子周邊微氣候物理環境資料擷取畫面.....	13
圖 16 二樓塑鋼窗實驗外測點位置.....	14
圖 17 三樓鋁金屬窗實驗外測點位置.....	15
圖 18 20090731 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	16
圖 19 20090801 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	17
圖 20 20090801 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	17
圖 21 20090825 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	18
圖 22 20090826 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	18
圖 23 20090827 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	19

圖 24	20090828	塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	19
圖 25	20090731	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	20
圖 26	20090801	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	21
圖 27	20090802	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	21
圖 28	20090825	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	21
圖 29	20090826	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	22
圖 30	20090827	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	22
圖 31	20090828	鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖	23
圖 32	20090731	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	27
圖 33	20090801	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	28
圖 34	20090802	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	29
圖 35	20090825	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	30
圖 36	20090826	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	31
圖 37	20090827	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	32
圖 38	20090828	塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	33
圖 39	20090814	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	34
圖 40	20090815	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	35
圖 41	20090816	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	35
圖 42	20090817	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	36
圖 43	20090821	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	37
圖 44	20090822	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	37
圖 45	20090814	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	38
圖 46	20090824	塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖.....	38
圖 47	20090814	鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	39
圖 48	20090815	鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	39
圖 49	20090816	鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	40

圖 50	20090817 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	40
圖 51	20090821 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	41
圖 52	20090822 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	41
圖 53	20090823 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	42
圖 54	20090824 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖	42
圖 55	20090814 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	46
圖 56	20090815 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	47
圖 57	20090816 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	48
圖 58	20090817 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	49
圖 59	20090821 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	50
圖 60	20090822 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	51
圖 61	20090823 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	52
圖 62	20090824 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖	53
圖 63	2009 年 7 月 31 日溼度變化圖	54
圖 64	2009 年 7 月 31 日風速變化圖	54
圖 65	2009 年 7 月 31 日風向變化圖	55
圖 66	2009 年 7 月 31 日壓力變化圖	55
圖 67	2009 年 7 月 31 日日射量變化圖	55
圖 68	2009 年 8 月 1 日溼度變化圖	56
圖 69	2009 年 8 月 1 日風速變化圖	56
圖 70	2009 年 8 月 1 日風向變化圖	56
圖 71	2009 年 8 月 1 日壓力變化圖	57
圖 72	2009 年 8 月 1 日日射量變化圖	57
圖 73	2009 年 8 月 2 日溼度變化圖	58
圖 74	2009 年 8 月 2 日風速變化圖	58
圖 75	2009 年 8 月 2 日風向變化圖	59

圖 76 2009 年 8 月 2 日壓力變化圖	59
圖 77 2009 年 8 月 2 日日射量變化圖	59
圖 78 2009 年 8 月 14 日溼度變化圖	60
圖 79 2009 年 8 月 14 日風速變化圖	60
圖 80 2009 年 8 月 14 日風向變化圖	61
圖 81 2009 年 8 月 14 日壓力變化圖	61
圖 82 2009 年 8 月 14 日日射量變化圖	61
圖 83 2009 年 8 月 15 日溼度變化圖	62
圖 84 2009 年 8 月 15 日風速變化圖	62
圖 85 2009 年 8 月 15 日風向變化圖	63
圖 86 2009 年 8 月 15 日壓力變化圖	63
圖 87 2009 年 8 月 15 日日射量變化圖	63
圖 88 2009 年 8 月 16 日溼度變化圖	64
圖 89 2009 年 8 月 16 日風速變化圖	64
圖 90 2009 年 8 月 16 日風向變化圖	65
圖 91 2009 年 8 月 16 日壓力變化圖	65
圖 92 2009 年 8 月 16 日日射量變化圖	65
圖 93 2009 年 8 月 17 日溼度變化圖	66
圖 94 2009 年 8 月 17 日風速變化圖	66
圖 95 2009 年 8 月 17 日風向變化圖	67
圖 96 2009 年 8 月 17 日壓力變化圖	67
圖 97 2009 年 8 月 17 日日射量變化圖	67
圖 98 2009 年 8 月 21 日溼度變化圖	68
圖 99 2009 年 8 月 21 日風速變化圖	68
圖 100 2009 年 8 月 21 日風向變化圖	69
圖 101 2009 年 8 月 21 日壓力變化圖	69

圖 102 2009 年 8 月 21 日日射量變化圖.....	69
圖 103 2009 年 8 月 22 日溼度變化圖.....	70
圖 104 2009 年 8 月 22 日風速變化圖.....	70
圖 105 2009 年 8 月 22 日風向變化圖.....	71
圖 106 2009 年 8 月 22 日壓力變化圖.....	71
圖 107 2009 年 8 月 22 日日射量變化圖.....	71
圖 108 2009 年 8 月 23 日溼度變化圖.....	72
圖 109 2009 年 8 月 23 日風速變化圖.....	72
圖 110 2009 年 8 月 23 日風向變化圖.....	73
圖 111 2009 年 8 月 23 日壓力變化圖.....	73
圖 112 2009 年 8 月 23 日日射量變化圖.....	73
圖 113 2009 年 8 月 24 日溼度變化圖.....	74
圖 114 2009 年 8 月 24 日風速變化圖.....	74
圖 115 2009 年 8 月 24 日風向變化圖.....	75
圖 116 2009 年 8 月 24 日壓力變化圖.....	75
圖 117 2009 年 8 月 24 日日射量變化圖.....	75
圖 118 2009 年 8 月 25 日溼度變化圖.....	76
圖 119 2009 年 8 月 25 日風速變化圖.....	76
圖 120 2009 年 8 月 25 日風向變化圖.....	77
圖 121 2009 年 8 月 25 日壓力變化圖.....	77
圖 122 2009 年 8 月 25 日日射量變化圖.....	77
圖 123 2009 年 8 月 26 日溼度變化圖.....	78
圖 124 2009 年 8 月 26 日風速變化圖.....	78
圖 125 2009 年 8 月 26 日風向變化圖.....	79
圖 126 2009 年 8 月 26 日壓力變化圖.....	79
圖 127 2009 年 8 月 26 日日射量變化圖.....	79

圖 128 2009 年 8 月 27 日溼度變化圖.....	80
圖 129 2009 年 8 月 27 日風速變化圖.....	80
圖 130 2009 年 8 月 27 日風向變化圖.....	81
圖 131 2009 年 8 月 27 日壓力變化圖.....	81
圖 132 2009 年 8 月 27 日日射量變化圖.....	81
圖 133 2009 年 8 月 28 日溼度變化圖.....	82
圖 134 2009 年 8 月 28 日風速變化圖.....	82
圖 135 2009 年 8 月 28 日風向變化圖.....	83
圖 136 2009 年 8 月 28 日壓力變化圖.....	83
圖 137 2009 年 8 月 28 日日射量變化圖.....	83
圖 138 評估方式說明簡圖.....	84
圖 139 節能效益計算步驟流程圖.....	84
圖 140 2009 年 8 月 28 日室內外溫度變化圖.....	85
圖 141 2009 年 8 月 28 日室內外濕度變化圖.....	86

壹.緒論

1.1.研究緣起與目的

1.1.1.研究緣起

窗戶的設計應用，在建築體中除了扮演自然採光的重要角色外，也是熱能由戶外傳遞到室內最快的位置。因此，從節能減碳的角度而言，一樘好窗組扮演著關鍵角色，不但要具有氣密和隔音功能外，於夏季時更要有降低太陽輻射熱直接侵入室內的功效；在冬季時，又能保持室內溫度，達到冬暖夏涼。相對的也因此可節省大量冷氣和暖氣所耗用的能源，減低電力成本支出及減少碳排放。

隨著石化燃油費的日益高漲（圖 1），根據經濟部能源局 2008 能源統計年報資料顯示，全國電力消費量中僅住宅部門就佔 17.91%（表 1）。其中窗戶的散熱損失是牆體散熱損失的 5~6 倍，門窗部位的耗能量佔建築物總耗能量 35~40%（圖 2）。而單單從門窗窗框進入室內熱傳量又佔整樘門窗的 25%。故本計畫將從實測中瞭解塑鋼窗框與金屬窗框的隔熱性能。

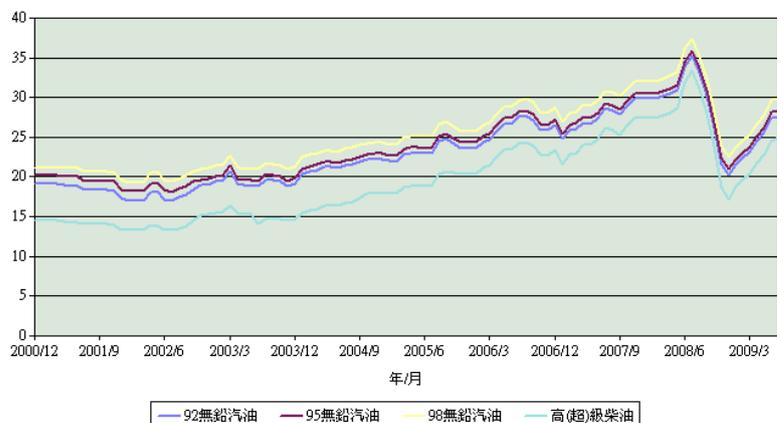


圖 1 2001 年 1 月~2009 年 7 月台灣油價月平均趨勢圖(台幣/公升)

表 1 2008 年台灣各部門電力能源消耗分配表(單位：百萬度)

	部 門						
	能源部門自用	工業	運輸	農業	服務	住宅	損耗
小計	19,705.2	117,067.2	1,100.6	2,600.3	46,647.6	42686.958	8584.16
合計	229,807.9						

1.1.2.研究目的

國外在建築物外殼節能技術上的設計與應用已十分成熟，根據研究顯示，一般建築外殼構造主要耗能部位有：外牆、窗戶、屋頂和地板（圖 2），其中前兩項佔整棟建築耗能量高於 70%，突顯出窗戶與牆板在節能上的重要性。後者建築牆板可藉由各式節能隔熱牆進行施做得以克服能耗問題；但前者窗組部分在國內仍多是使用金屬鋁窗，以致建築耗能問題遲遲無法克服為其主因。

故本研究目的在於透過「台大綠房子」實例，於現場安裝完成之「塑鋼窗」和「鋁金屬窗」進行窗框隔熱試驗，分析兩不同窗框材料的隔熱差異性，並藉由量測結果推估建築整體節能效益。

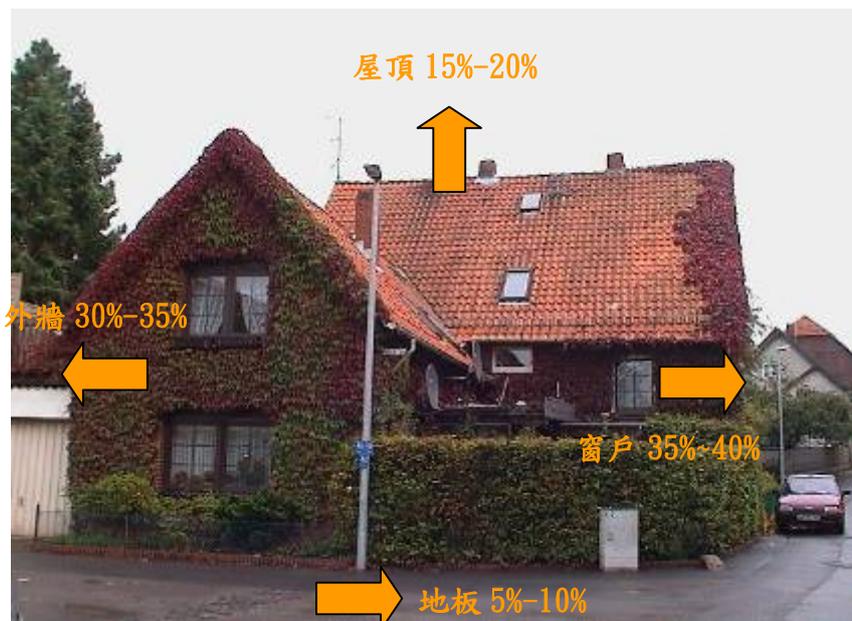


圖 2 建築外殼各部位耗能位置及比例，窗戶佔 35~40%耗能量

1.2.研究範圍與內容

1.2.1.研究範圍

本研究重點在於探討建築物應用之塑鋼窗與金屬窗的「窗框」部位之內外表面溫差。選定之研究範圍以單幢型建物-台大綠房子（圖 3）為試驗標的，並以現場安裝於二樓的塑鋼窗戶及三樓的鋁金屬窗戶為主要測試對象。



圖 3 本計畫研究地點-台大綠房子外觀圖

1.2.2.研究內容

研究內容旨在於探討兩種不同窗框構材：塑鋼窗材質及鋁金屬材質所組成的窗戶，當其安裝於建物外牆並在同一大氣環境條件下，兩者邊框的內外表面溫差變化情形。

試驗空間分以下二種型式進行試驗作業：

1.密閉空間下作業：

分別位於綠房子 2F 的塑鋼窗框與 3F 的鋁金屬窗框，為避免試驗過程中受外環境干擾因素的影響試驗精確度，本作業在試驗儀器安裝完成後，於窗戶室內側利用隔熱捲簾進行封閉(圖 4)；室外側則不做任何遮蔽設施，讓窗戶完全顯露於大氣環境中，始進行一系列之溫度量測試驗。



圖 4 試驗空間類型一：密閉空間下現場試驗情形

2.開放空間下作業：

考量窗戶為一實際安裝於建築外牆的設施物，為能求得窗戶邊框在室內環境常溫下變化情形，故另增加此一量測作業。開放空間係指將封閉設施移除(圖 5)，此時窗戶邊框內側與室內常溫環境共存，窗戶室外側則與上述第一種密閉空間試驗相同顯露於大氣環境中，進行 2F 塑鋼窗框與 3F 鋁金屬窗框的試驗。



圖 5 試驗空間類型二：開放空間下現場試驗情形

1.3.研究方法與流程

1.3.1.研究方法

本研究採現場環境實測方式進行試驗，研究期程選擇在台灣炎熱的夏季 8~9 月作為試驗期。

現場實際進行量測之窗組，分別位於台大綠房子 2 樓及 3 樓。兩窗戶除在材料分別為塑鋼與鋁金屬有不同外；在窗戶開口、形式及方位則為相同。試驗過程主要在於量測(1)塑鋼窗室外表面溫度與室內表面溫度差、(2)室外溫度與室內平均溫度差以及(3)室外與室內的相對溼度。

1.3.2.研究流程

實驗流程主要分為三個階段，分別為前置作業、實驗計測及後續作業。前置作業主要的工作項目有：儀器選用、校正、設定、架設及運轉測試等五步驟；實驗計測期程前後共計約 2 個月，包括靜態試驗、動態試驗及試驗資料彙整分析與撰寫報告（圖 6）。

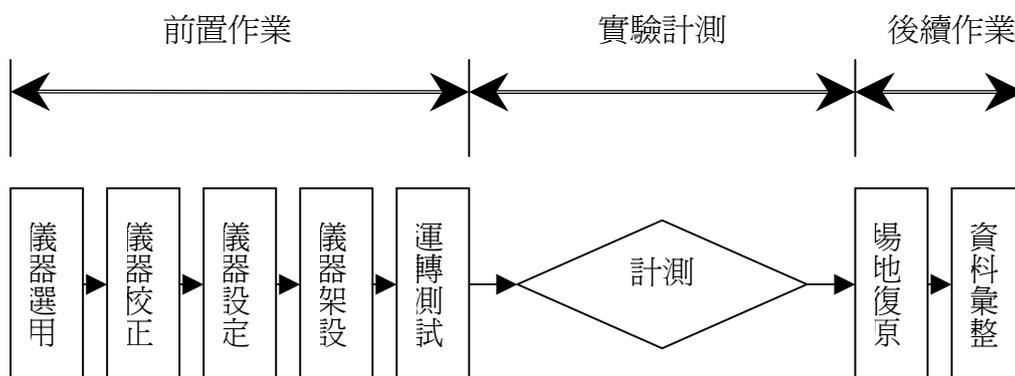


圖 6 研究流程圖

貳.測試試材及設備

2.1.測試試材

本次試驗對象為南亞塑鋼窗及他牌鋁窗，測試中所用的塑鋼門窗試材由南亞公司提供。

試驗過程所使用的窗扇尺寸為：110*155cm，測點安置於窗框內外兩側表面，距窗戶底框 90 公分處(圖 7)，詳細測點位置詳圖 7。

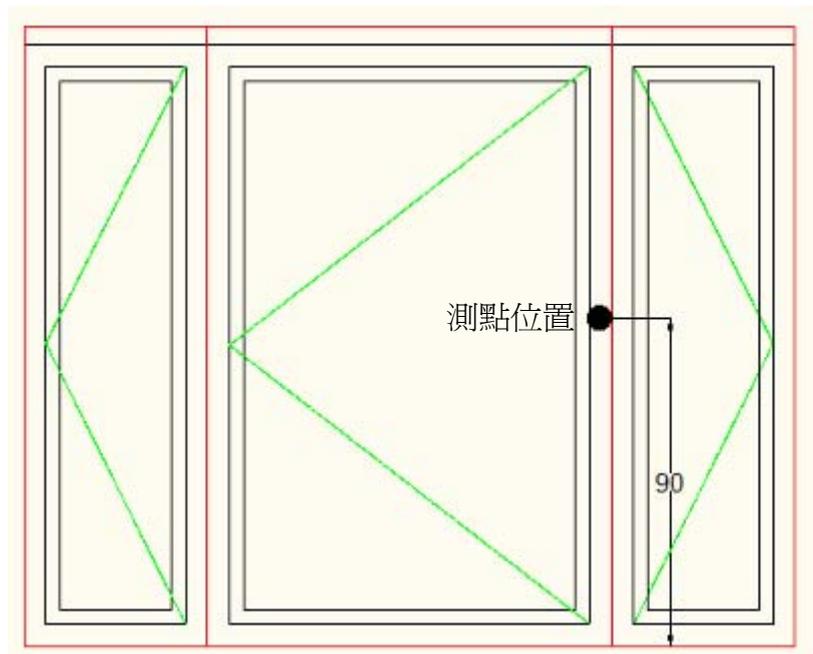


圖 7 窗戶測點相對位置圖



圖 8 窗戶測點現場位置圖

2.1.1. 塑鋼窗

塑鋼窗位在綠房子二樓，窗戶為一白色角窗型式（圖 9），窗戶外側無其它遮蔽設施。



圖 9 現場實測塑鋼窗外觀

2.1.2. 鋁金屬窗

金屬鋁窗位在綠房子三樓，窗戶同為一白色角窗型式（圖 10），窗戶方位、大小與二樓窗戶格式相同，窗戶外側亦無其它遮蔽物。



圖 10 現場實測鋁金屬窗實景

2.2.實驗設備

溫度的量測則以熱電偶線進行量測工作，並輔以資料紀錄器記錄溫度的變化，溼度的量測主要以數位式溫溼度計進行量測，其型號與本實驗的相關特性簡述如下：

2.2.1.實驗器材特性

表 2 實驗器材特性說明表



HOBO U12-外接記錄器

規格：

- 精確度：2.5%
- 操作溫度：-20~70°C
- 操作範圍：-20~70°C
- 溫度範圍：-20~70°C
- 記錄範圍：0~50°C
- 濕氣範圍：0~95%RH



熱電偶線 Thermocouple

規格：

- 量測精度： $2\mu\text{V}$
- 應用實驗：室內溫度梯度、CNS 之 K 值量測



數位式溫溼度計 TES-1360

規格：

- 測量項目：溫、溼度
- 測量範圍：
溼度：10% ~ 95% RH
溫度： -20°C ~ 60°C
- 量測精度：
溼度 0.1% RH
溫度 0.1°C
- 應用實驗：室內外溼度

2.2.2. 試驗儀器校正

步驟一：

儀器安裝並測試 ONSET 資料記錄器與電腦連線情形。



圖 11 儀器安裝及測試畫面

步驟二：

檢視並設定 ONSET 資料記錄器的時間及取樣頻率。

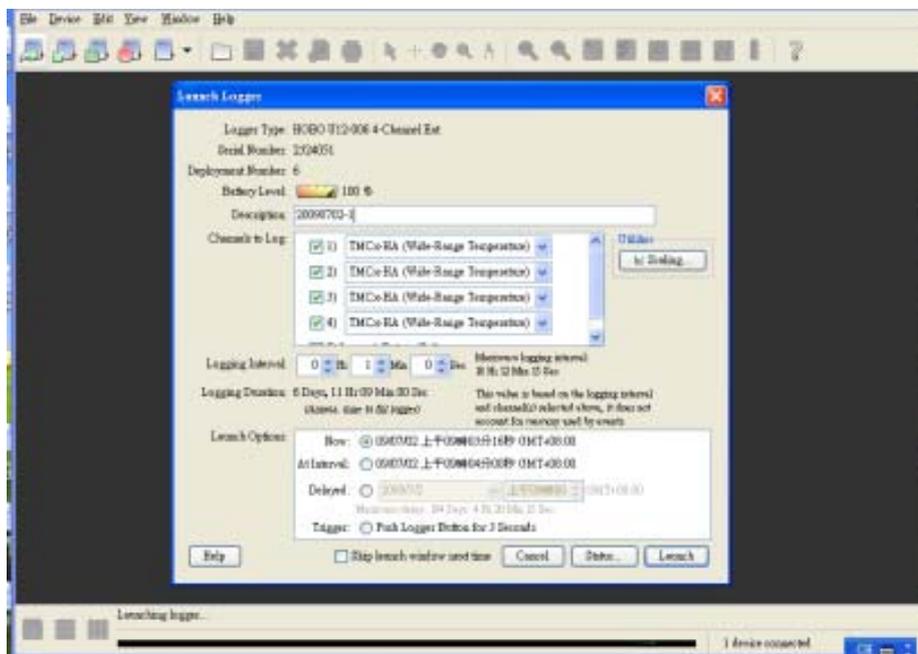


圖 12 資料記錄器設定畫面(一)

步驟三：

設定 ONSET 資料記錄器在試驗過程中的溫度取樣單位值。

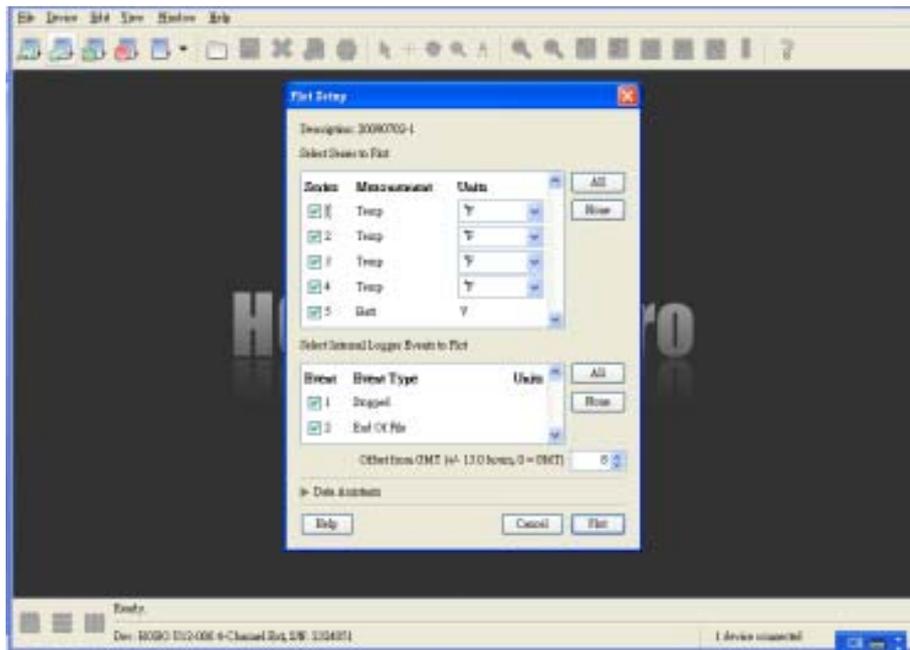


圖 13 資料記錄器設定畫面(二)

步驟四：

ONSET 資料記錄器校驗完成顯示畫面。

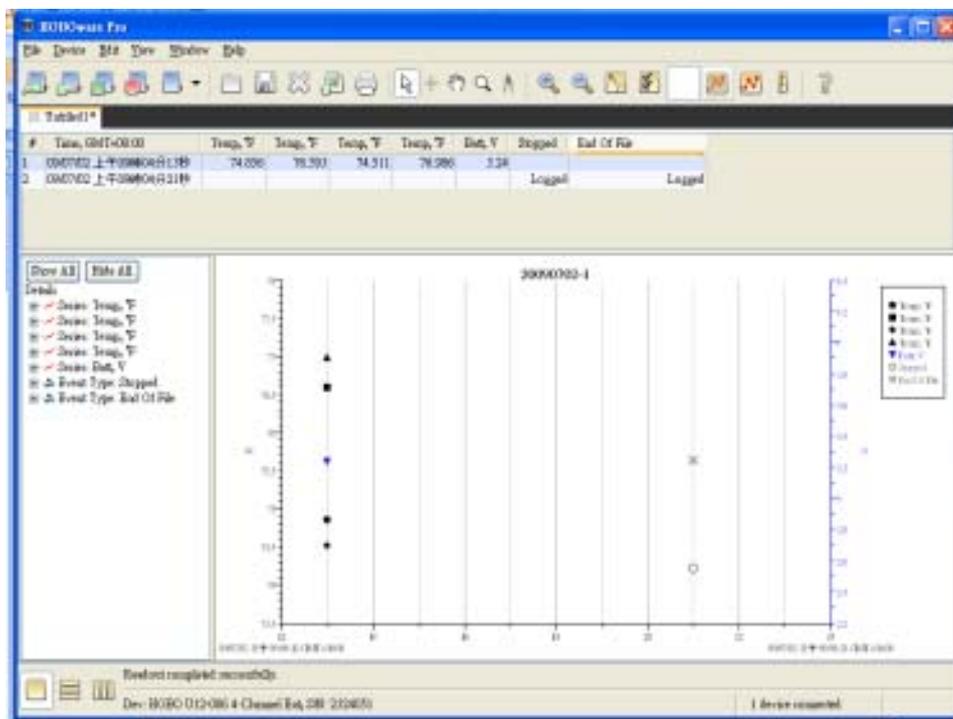


圖 14 資料記錄器校驗完成畫面

參.實驗條件與位置

3.1.實驗條件

3.1.1.室內-溫度及濕度資料讀取設定

試驗過程擷取的資料設定以每 60 秒鐘讀取 1 次，並同步輸出至記錄器進行紀錄。於室內側進行記錄的項目有：窗框內表面溫度、溫度及溼度。

3.1.2.室外-溫度及濕度資料讀取設定

試驗過程擷取的資料設定以每 60 秒鐘讀取 1 次，並同步輸出至記錄器進行紀錄，而有關於大氣溫濕度及日輻射量等則以台灣大學校園內監測站資料為基準，如此更能精確綠房子周邊微氣候環境的變化。於室外側擷取的項目有：窗框外表面溫度、大氣溫度、相對溼度、風速、風向、日降雨量、大氣壓力、日輻射量，資料擷取畫面如圖 15 所示。

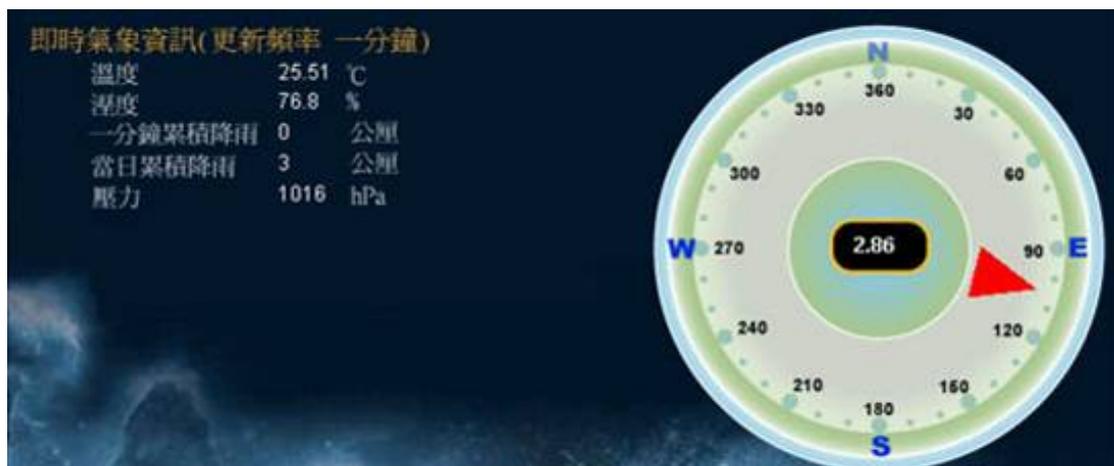


圖 15 綠房子周邊微氣候物理環境資料擷取畫面

3.2.實驗位置

3.2.1.綠房子 2 樓塑鋼窗

測點安裝及位置：

在二樓西北向的塑鋼窗戶（圖 16），以探討節能功效為主，故在量測室內外溫度及濕度時，並不考慮風速的影響下進行，因此必須將測試空間設置為無風狀態，另外，為了降低輻射熱的干擾，玻璃透光開口處以鋁箔遮蔽。



圖 16 二樓塑鋼窗實驗外測點位置

3.2.2.綠房子 3 樓金屬窗

測點安裝及位置：

安裝在三樓西北向的金屬窗（圖 17），亦主要量測室內外溫度及濕度，並不考慮風速的影響，另外，爲了降低輻射熱的干擾，玻璃透光開口處以鋁箔遮蔽。



圖 17 三樓鋁金屬窗實驗外測點位置

肆.研究結果

4.1.密閉空間下實測結果

本項試驗重點在求窗框溫差變化的隔熱差異試驗，因此選擇炎熱天候狀況的條件下進行之，試驗過程中有設置隔熱捲簾進行不必要之溫度干擾，故謂在密閉空間下之試驗。試驗日期分成兩段，第一段實驗日期為 98 年 7 月 31 日至 98 年 8 月 2 日，第二段實驗日期為 98 年 8 月 25 日至 98 年 8 月 28 日。

4.1.1.塑鋼窗框實測結果

1.第一段實驗日期：98 年 7 月 31 日至 98 年 8 月 2 日

(1) 實驗日期：98 年 7 月 31 日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 18。

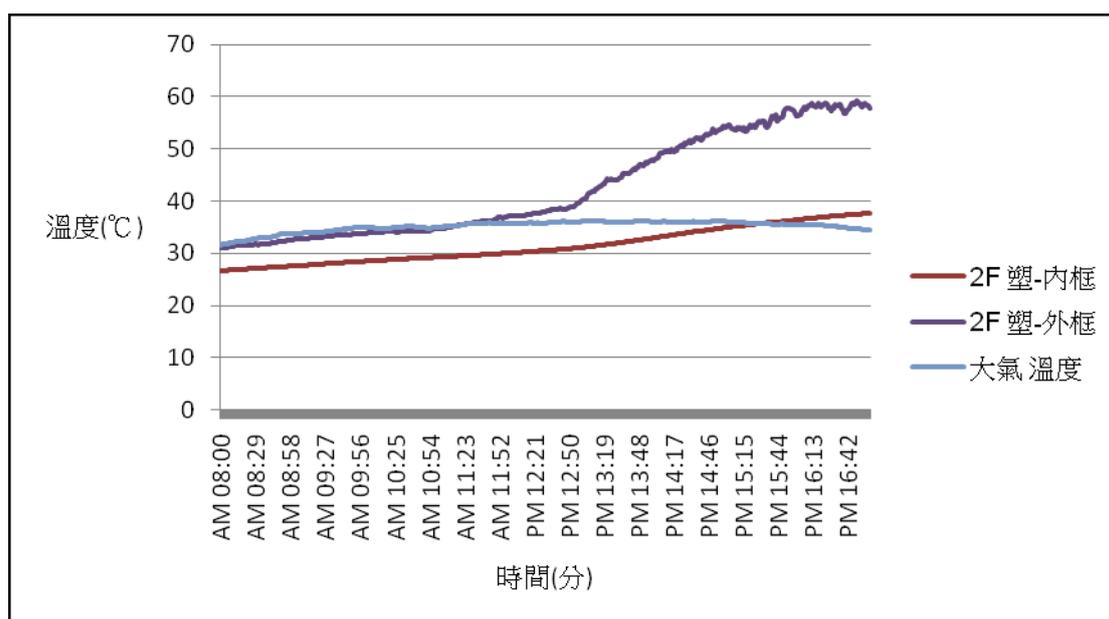


圖 18 20090731 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98 年 8 月 1 日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 19。

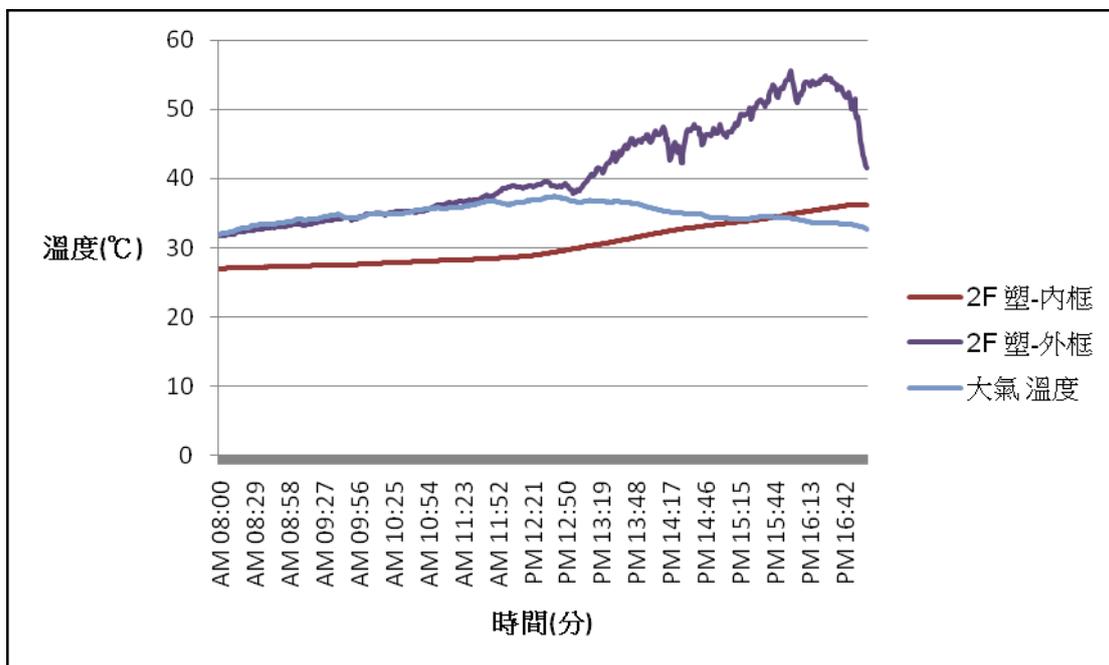


圖 19 20090801 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 2 日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 20。

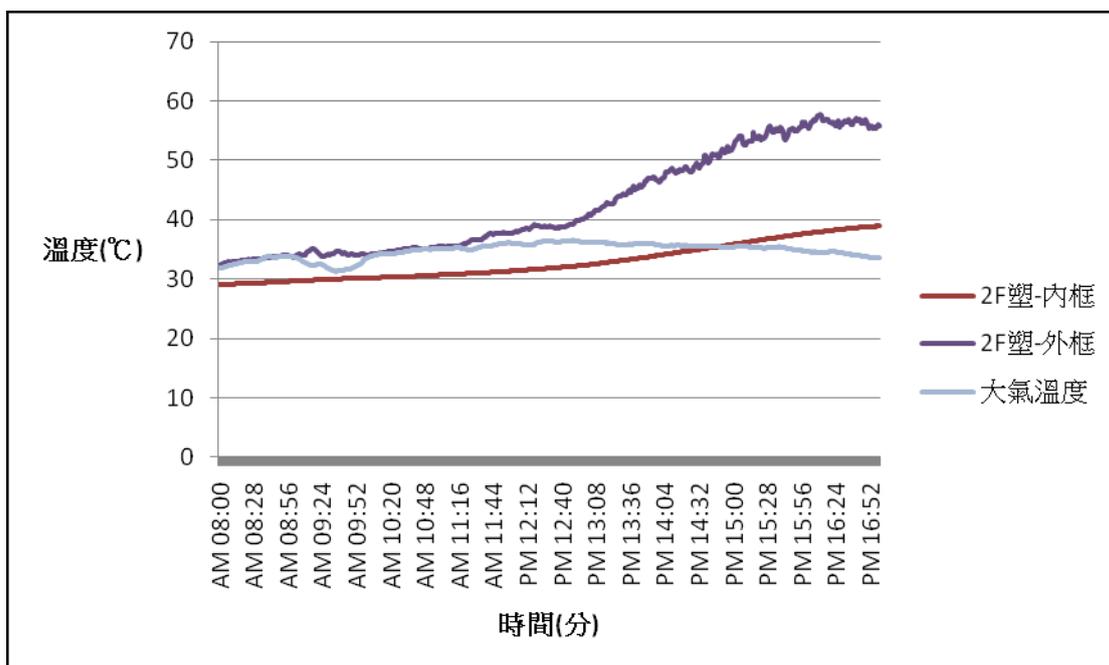


圖 20 20090801 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

2.第二段實驗日期：98年8月25日至98年8月28日

(1) 實驗日期：98年8月25日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 21。

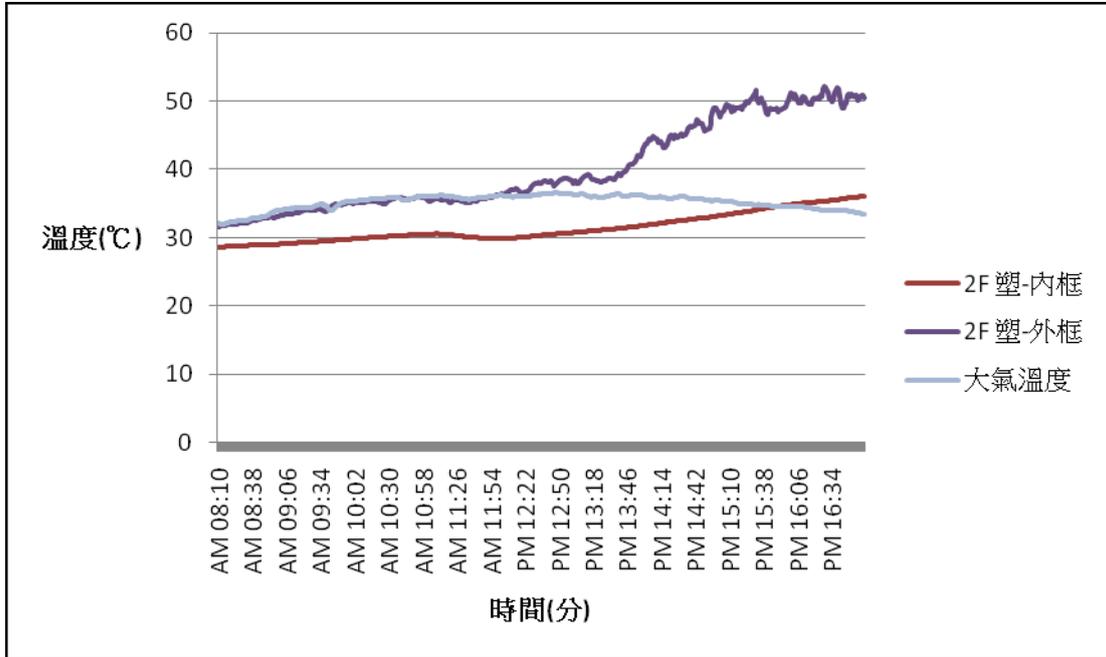


圖 21 20090825 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98年8月26日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 22。

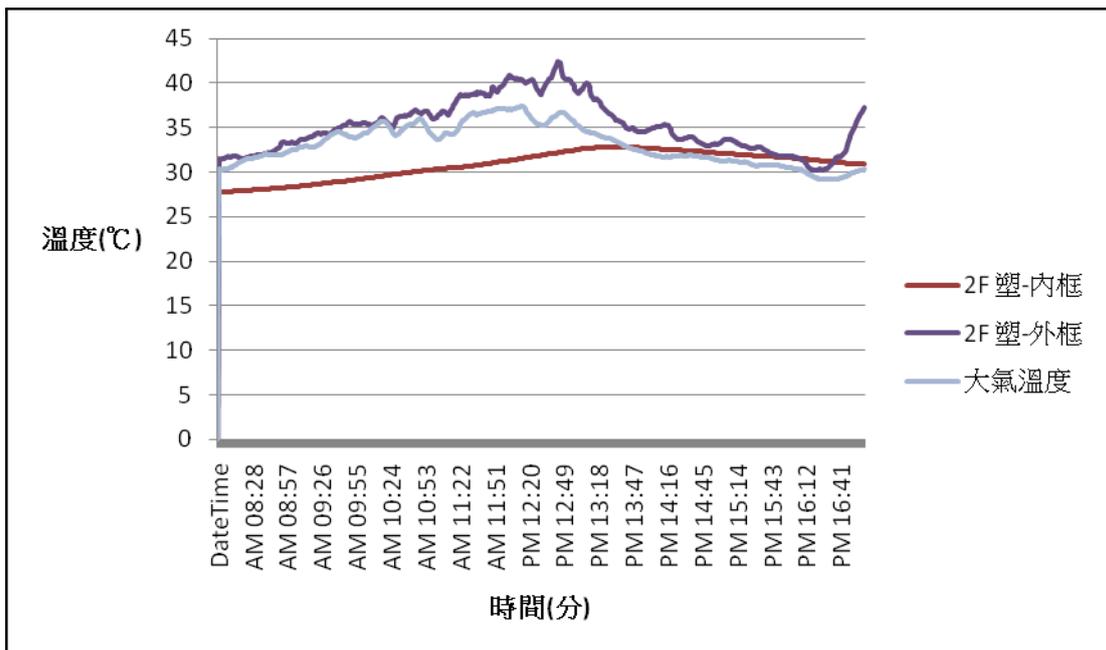


圖 22 20090826 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98年8月27日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 23。

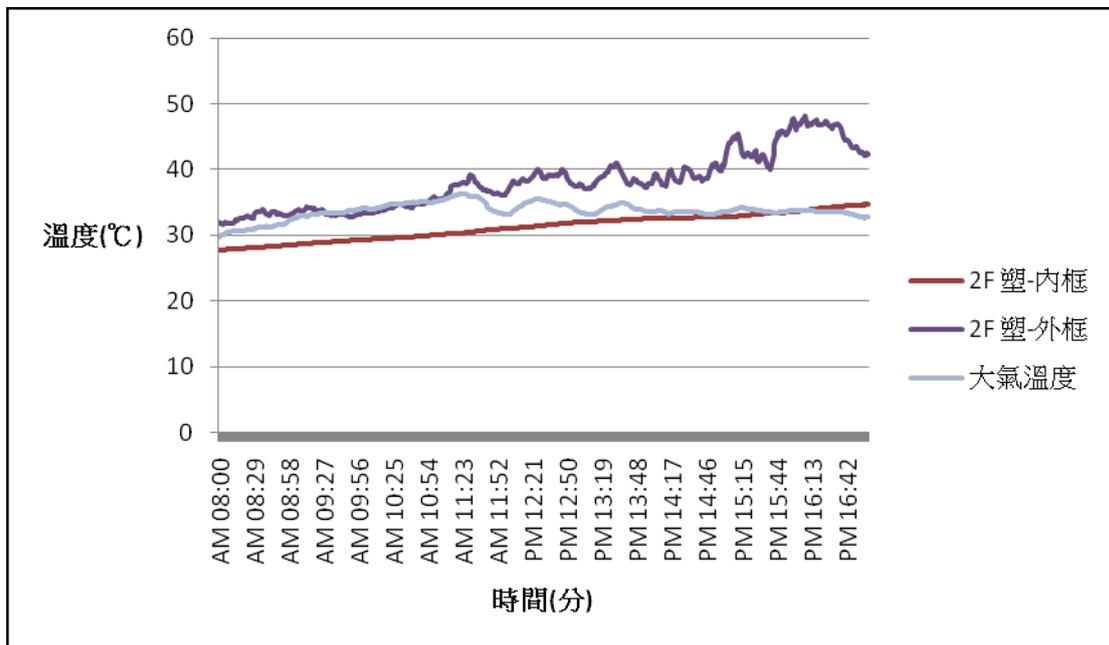


圖 23 20090827 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(4) 實驗日期：98年8月28日，塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 24。

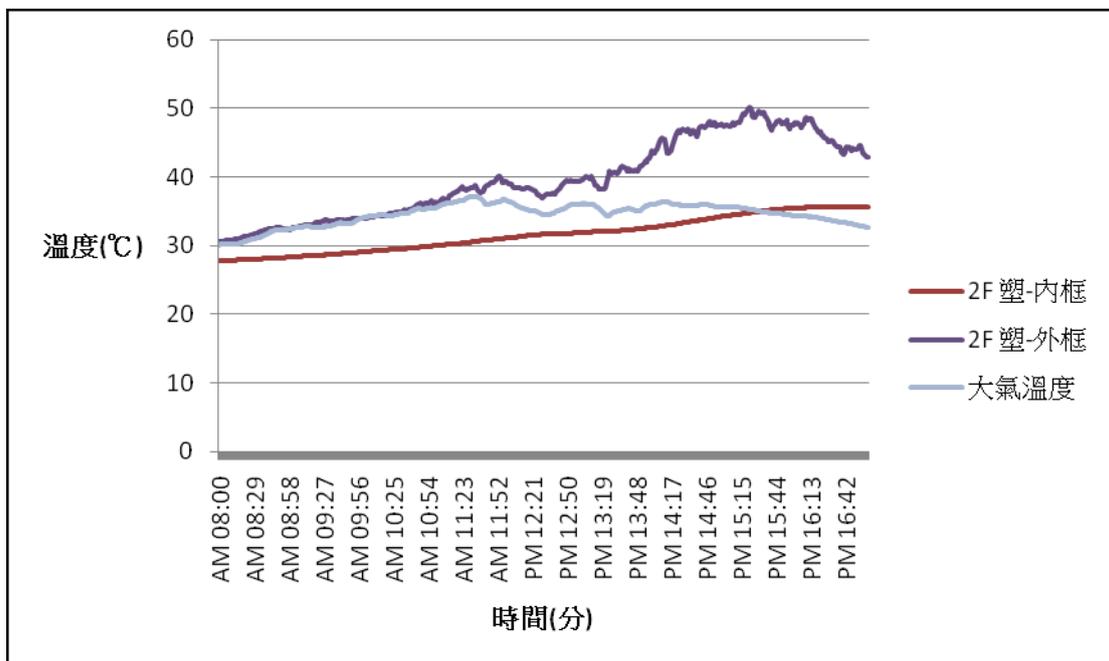


圖 24 20090828 塑鋼窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

4.1.2.鋁金屬窗框實測結果

1.第一段實驗日期：98年7月31日至98年8月2日

(1) 實驗日期：98年7月31日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 25。

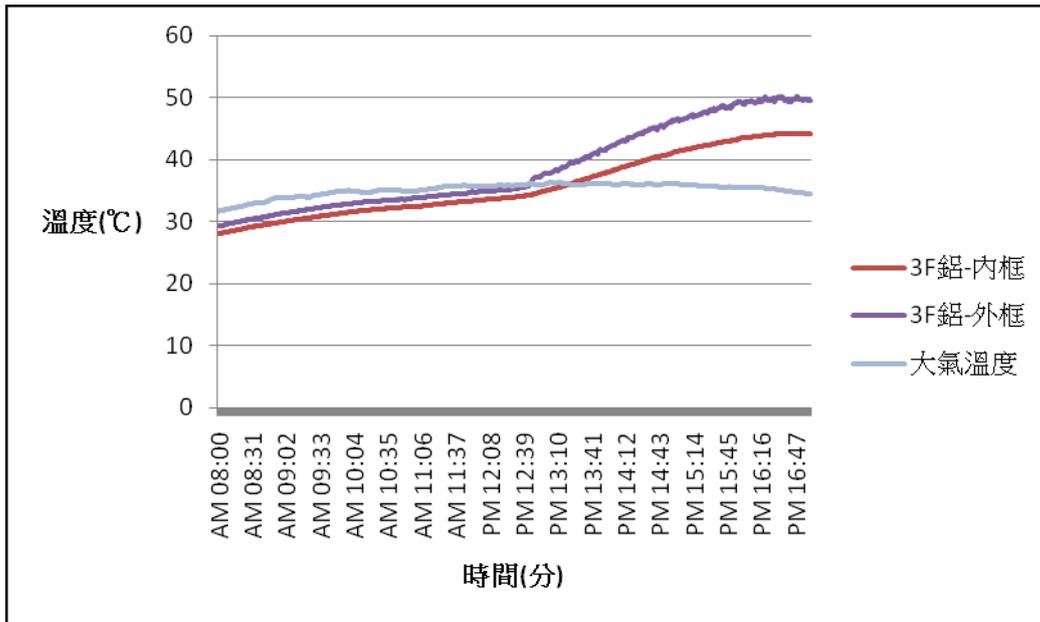


圖 25 20090731 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98年8月1日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 26。

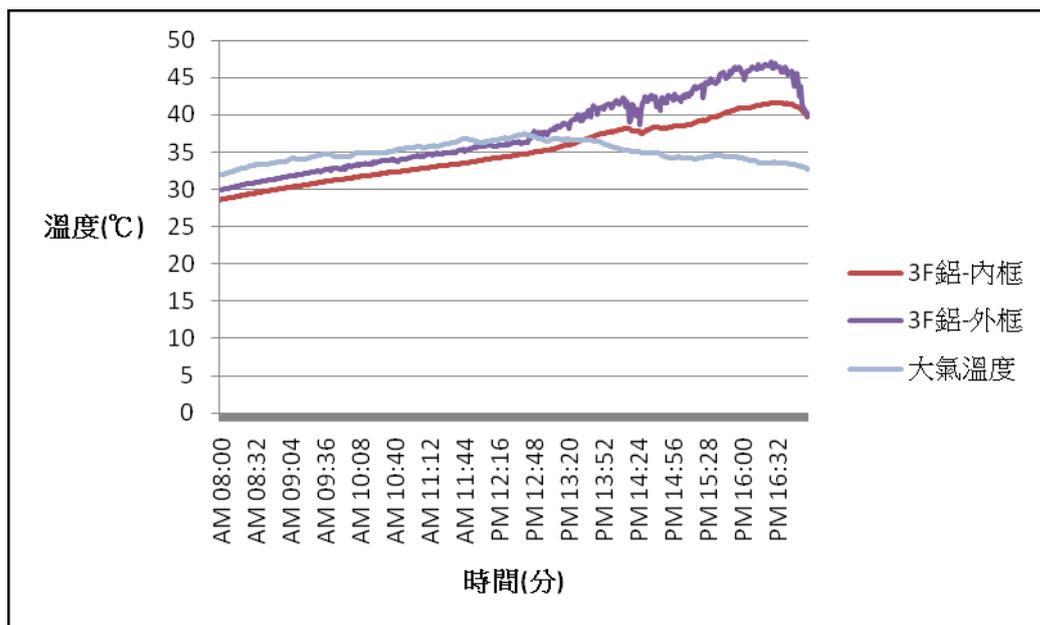


圖 26 20090801 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 2 日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 27。

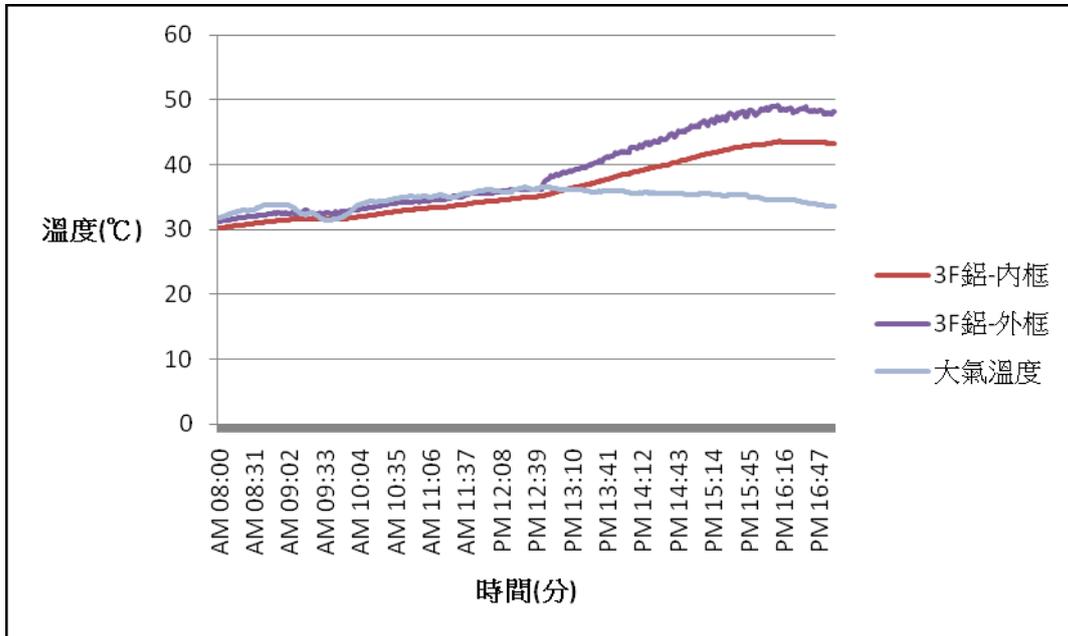


圖 27 20090802 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

2.第二段實驗日期：98 年 8 月 25 日至 98 年 8 月 28 日

(1) 實驗日期：98 年 8 月 25 日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 28。

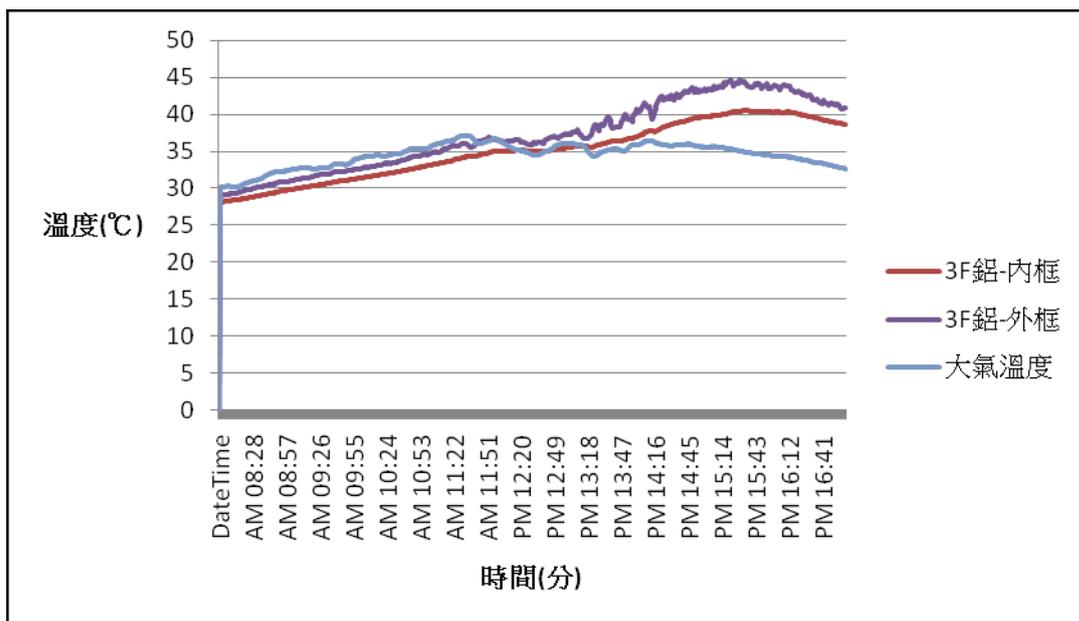


圖 28 20090825 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98 年 8 月 26 日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 29。

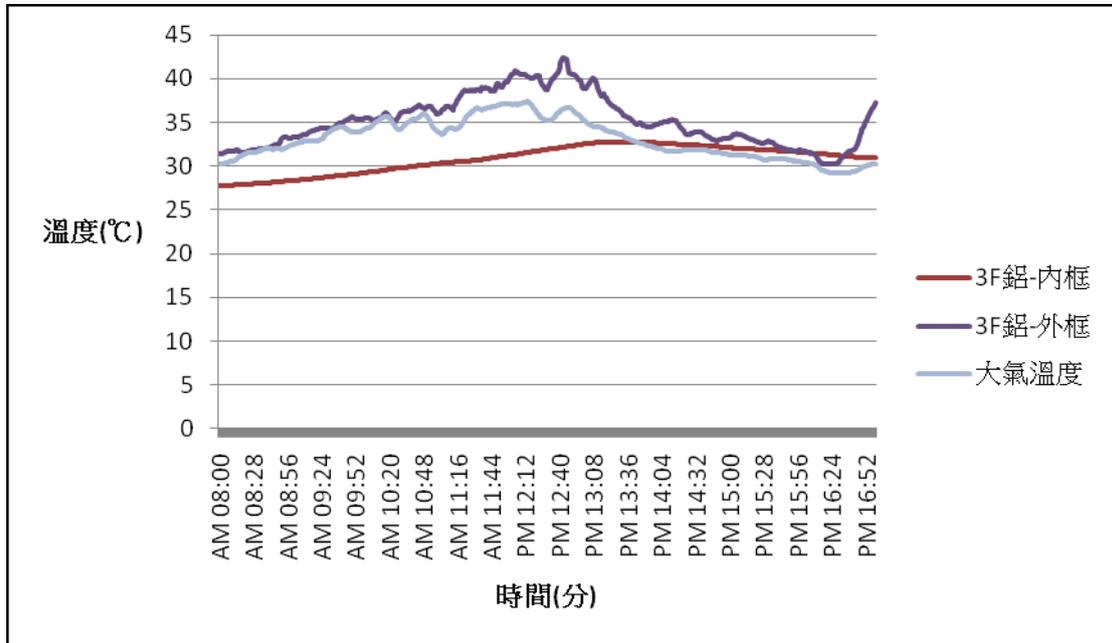


圖 29 20090826 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 27 日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室內外溫度變化，詳圖 30。

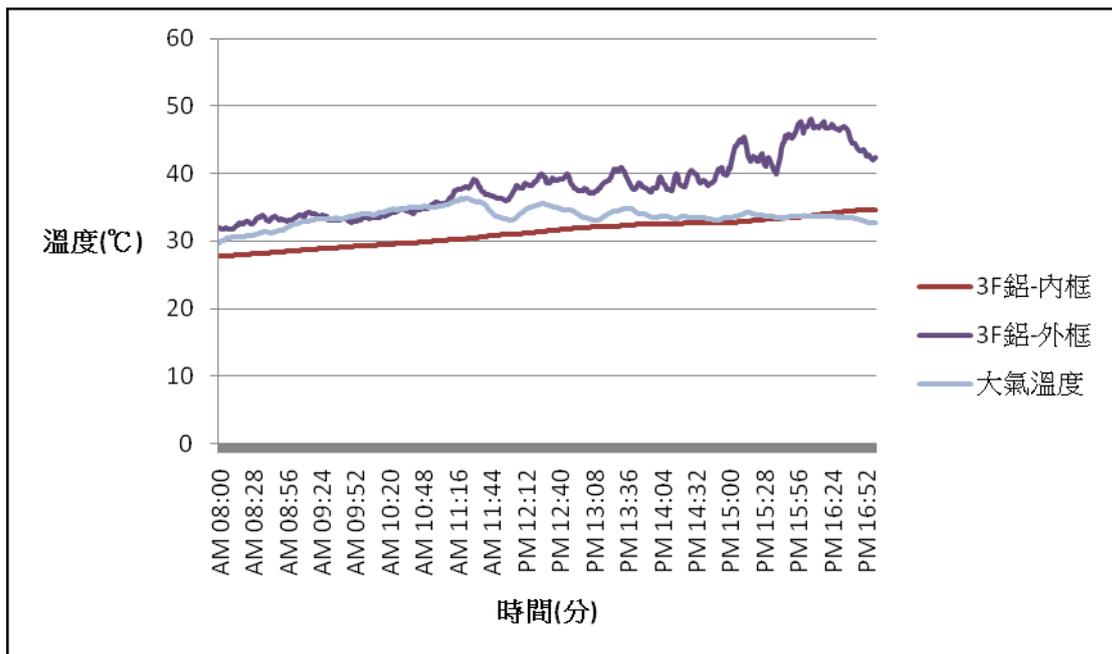


圖 30 20090827 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

(4) 實驗日期：98 年 8 月 28 日，鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 31。

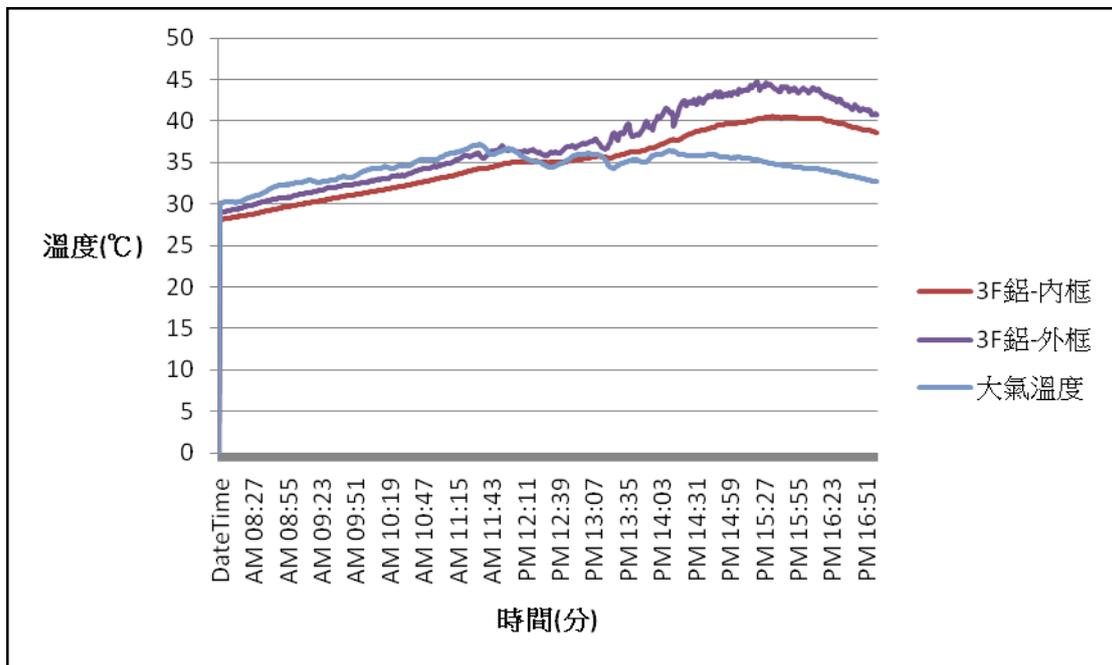


圖 31 20090828 鋁金屬窗在密閉空間下，內外框材表面溫度變化圖

4.1.3.實測結果綜合分析

在封閉空間並以鋁箔紙包覆玻璃避免輻射熱直接進入實驗空間影響量測溫度下，塑鋼窗框與鋁窗窗框內外材料表面溫差經實測後，結果說明如下：

塑鋼窗框與鋁窗窗框內外材料表面溫差經實測後，結果說明如下：

- 圖 32，試驗日期 20090731，量測結果可知，2009 年 7 月 31 日下午 16 時 50 分，當室外大氣溫度為 34.65°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 59.32°C，塑鋼窗框內表面溫度為 37.21°C，鋁窗框外表面溫度為 49.79°C，鋁窗框內表面溫度為 44.20°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 22.11°C**，**鋁窗框內外表面溫差達 5.59°C**，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.96 倍。

- 圖 33，試驗日期 20090801，量測結果可知，2009 年 8 月 01 日下午 15 時 57 分，當室外大氣溫度為 34.26°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 55.64°C，塑鋼窗框內表面溫度為 34.86°C，鋁窗框外表面溫度為 46.35°C，鋁窗框內表面溫度為 40.92°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 20.78°C，鋁窗框內外表面溫差達 5.43°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.83 倍。**
- 圖 34，試驗日期 20090802，量測結果可知，2009 年 8 月 02 日下午 16 時 11 分，當室外大氣溫度為 34.49°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 57.79°C，塑鋼窗框內表面溫度為 37.95°C，鋁窗框外表面溫度為 49.11°C，鋁窗框內表面溫度為 43.53°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 19.84°C，鋁窗框內外表面溫差達 5.53°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.59 倍。**
- 圖 35，試驗日期 20090825，量測結果可知，2009 年 8 月 25 日下午 16 時 28 分，當室外大氣溫度為 34.06°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 52.24°C，塑鋼窗框內表面溫度為 35.34°C，鋁窗框外表面溫度為 45.81°C，鋁窗框內表面溫度為 40.54°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 16.9°C，鋁窗框內外表面溫差達 5.27°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.2 倍。**
- 圖 36，試驗日期 20090826，量測結果可知，2009 年 8 月 26 日下午 12 時 43 分，當室外大氣溫度為 36.49°C 時，塑鋼窗框外表面

溫度為 42.42°C，塑鋼窗框內表面溫度為 32.18°C，鋁窗框外表面溫度為 38.62°C，鋁窗框內表面溫度為 36.23°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 10.24°C，鋁窗框內外表面溫差達 2.39°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 4.3 倍。**

- 圖 37，試驗日期 20090827，量測結果可知，2009 年 8 月 27 日下午 16 時 07 分，當室外大氣溫度為 33.71°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 48.11°C，塑鋼窗框內表面溫度為 33.76°C，鋁窗框外表面溫度為 42.21°C，鋁窗框內表面溫度為 38.09°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 14.35°C，鋁窗框內外表面溫差達 4.12°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.48 倍。**
- 圖 38，試驗日期 20090828，量測結果可知，2009 年 8 月 28 日下午 15 時 31 分，當室外大氣溫度為 35.31°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 50.20°C，塑鋼窗框內表面溫度為 34.76°C，鋁窗框外表面溫度為 44.72°C，鋁窗框內表面溫度為 40.23°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 15.44°C，鋁窗框內外表面溫差達 4.49°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.44 倍。**

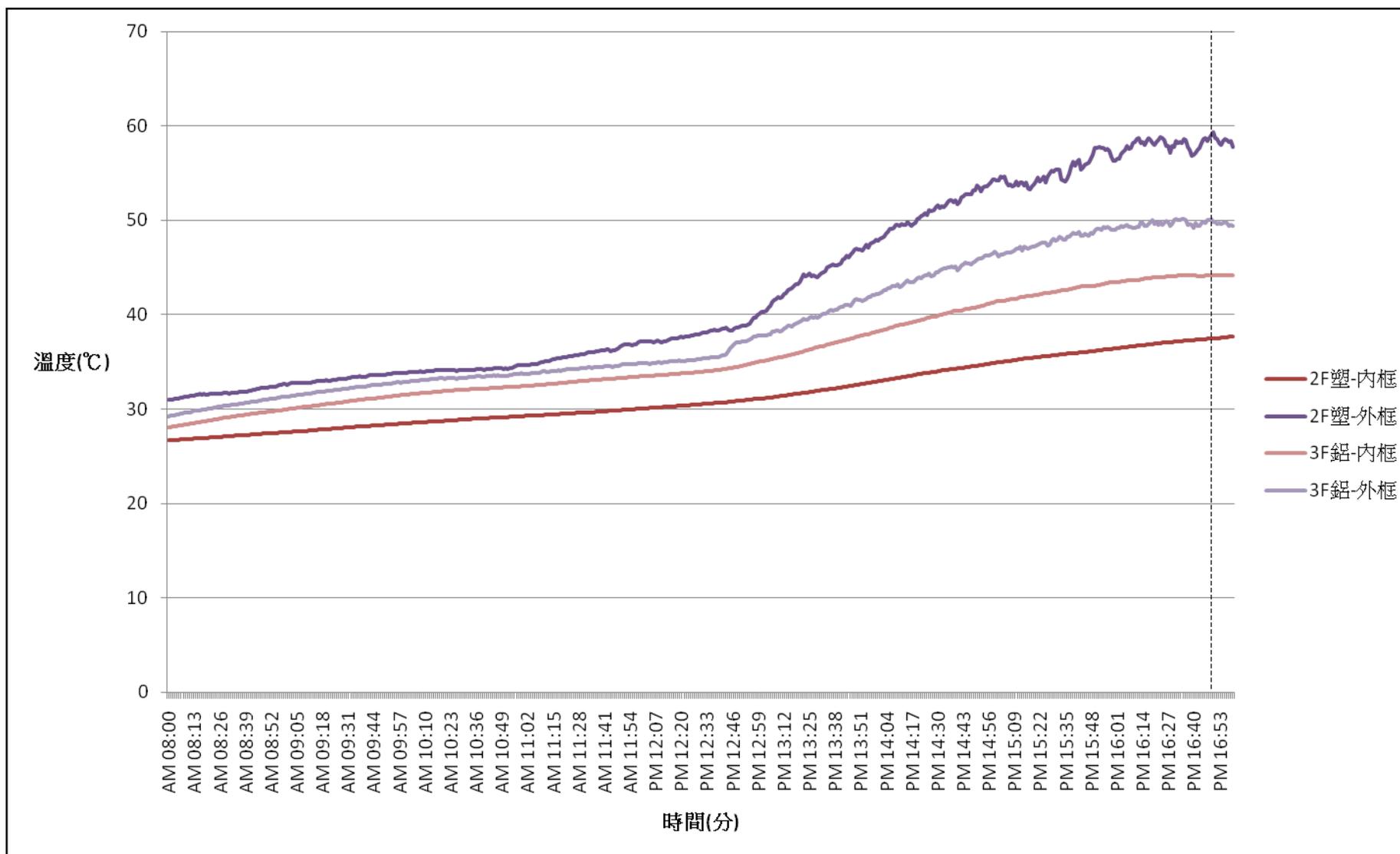


圖 32 20090731 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

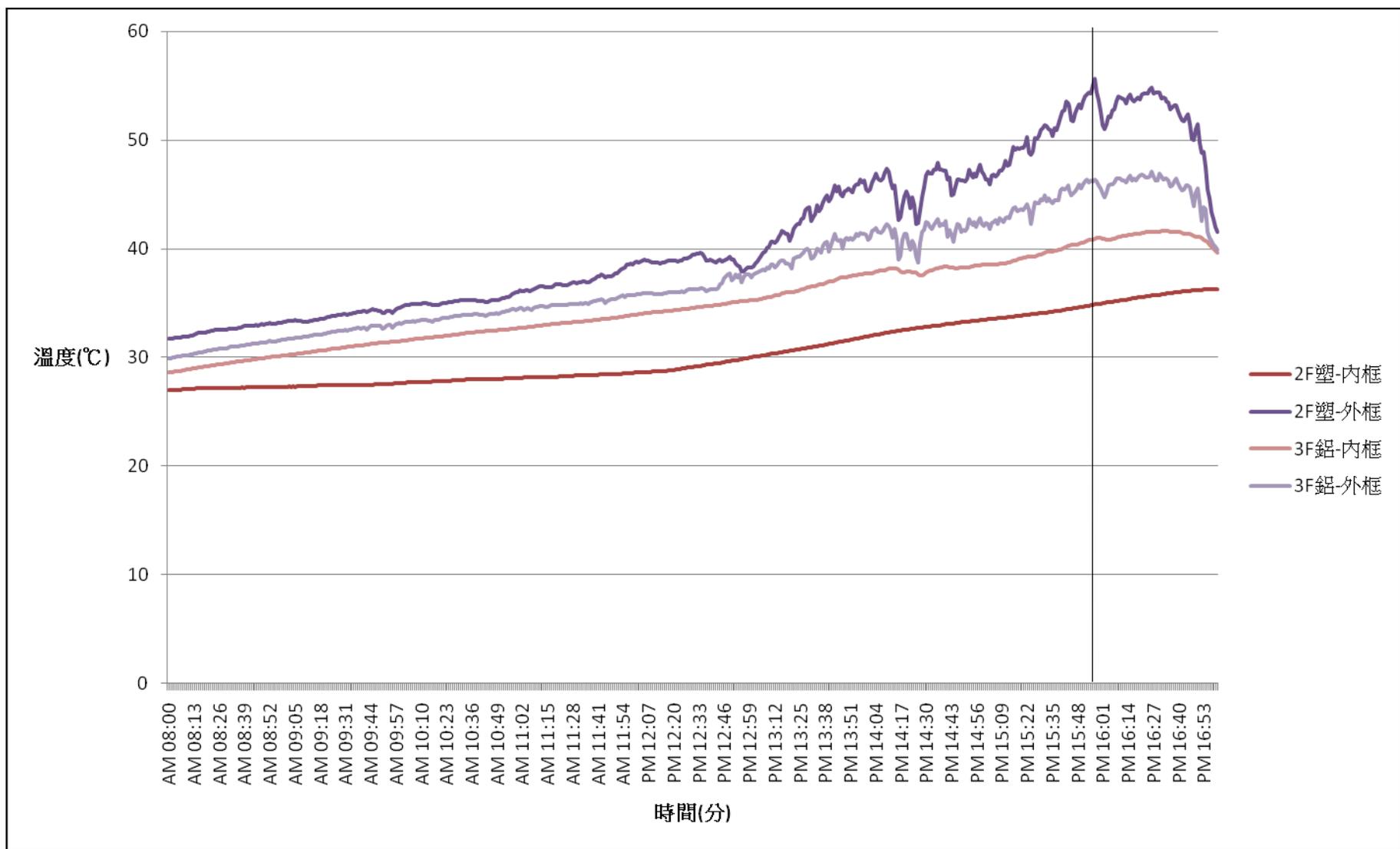


圖 33 20090801 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

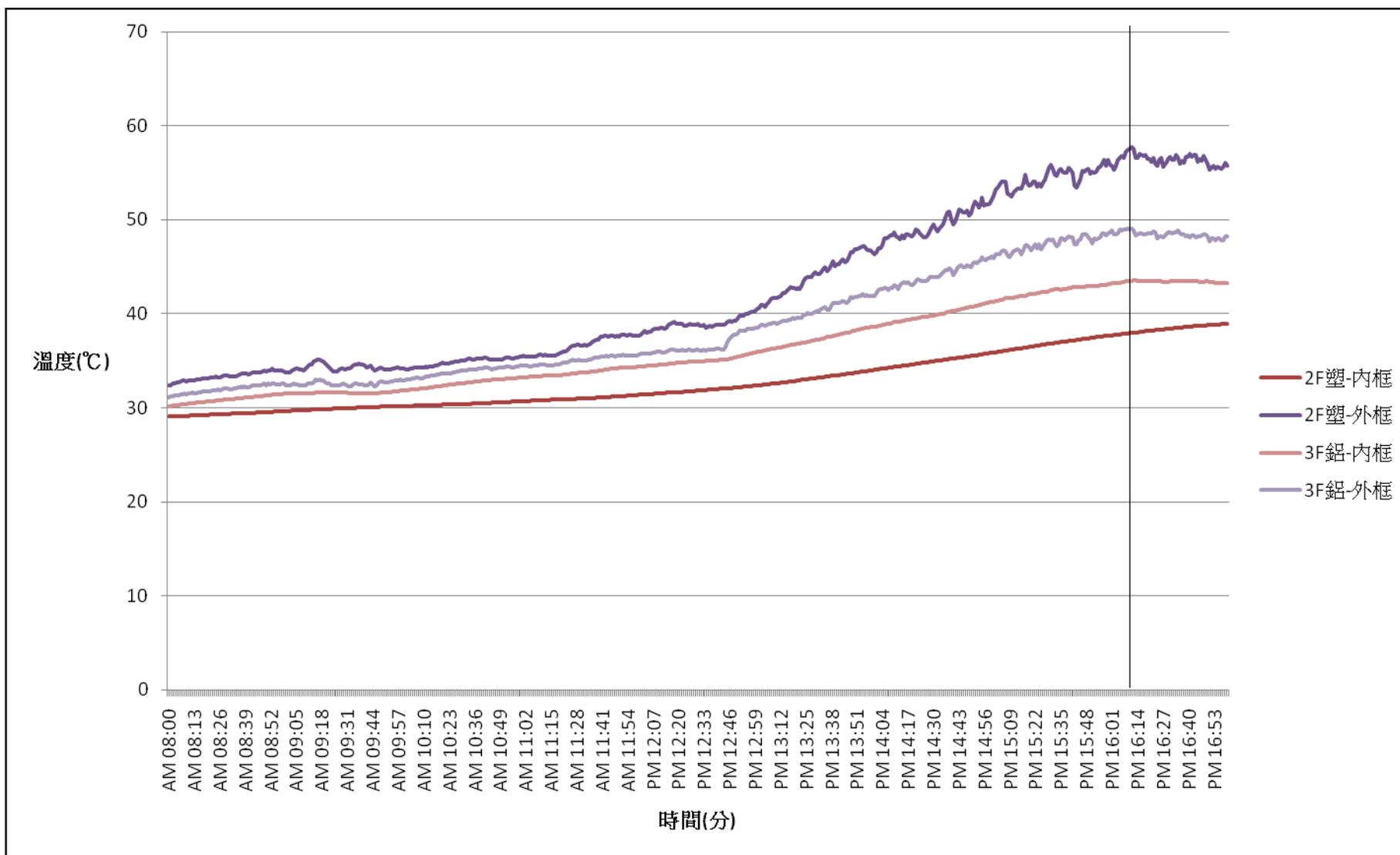


圖 34 20090802 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

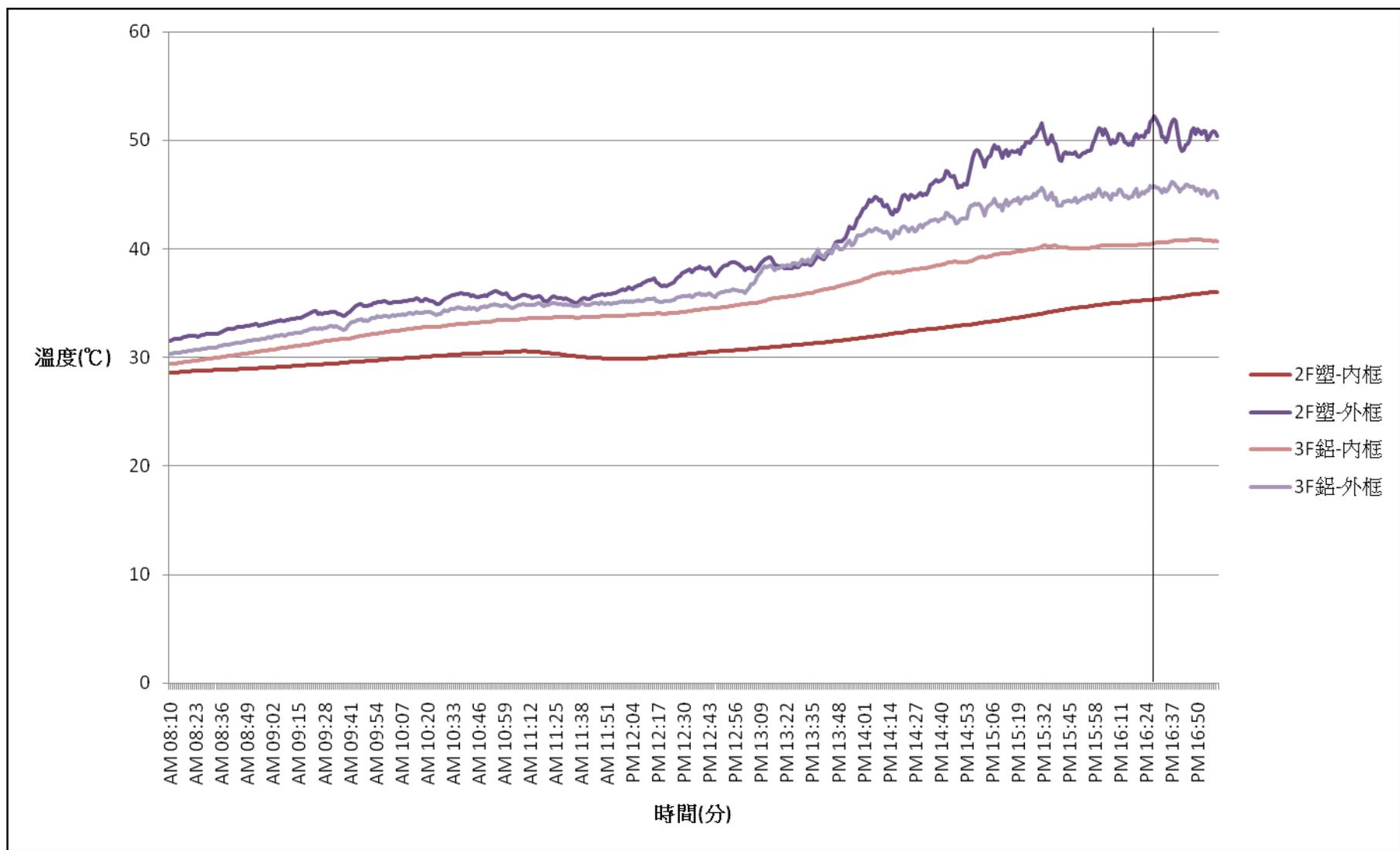


圖 35 20090825 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

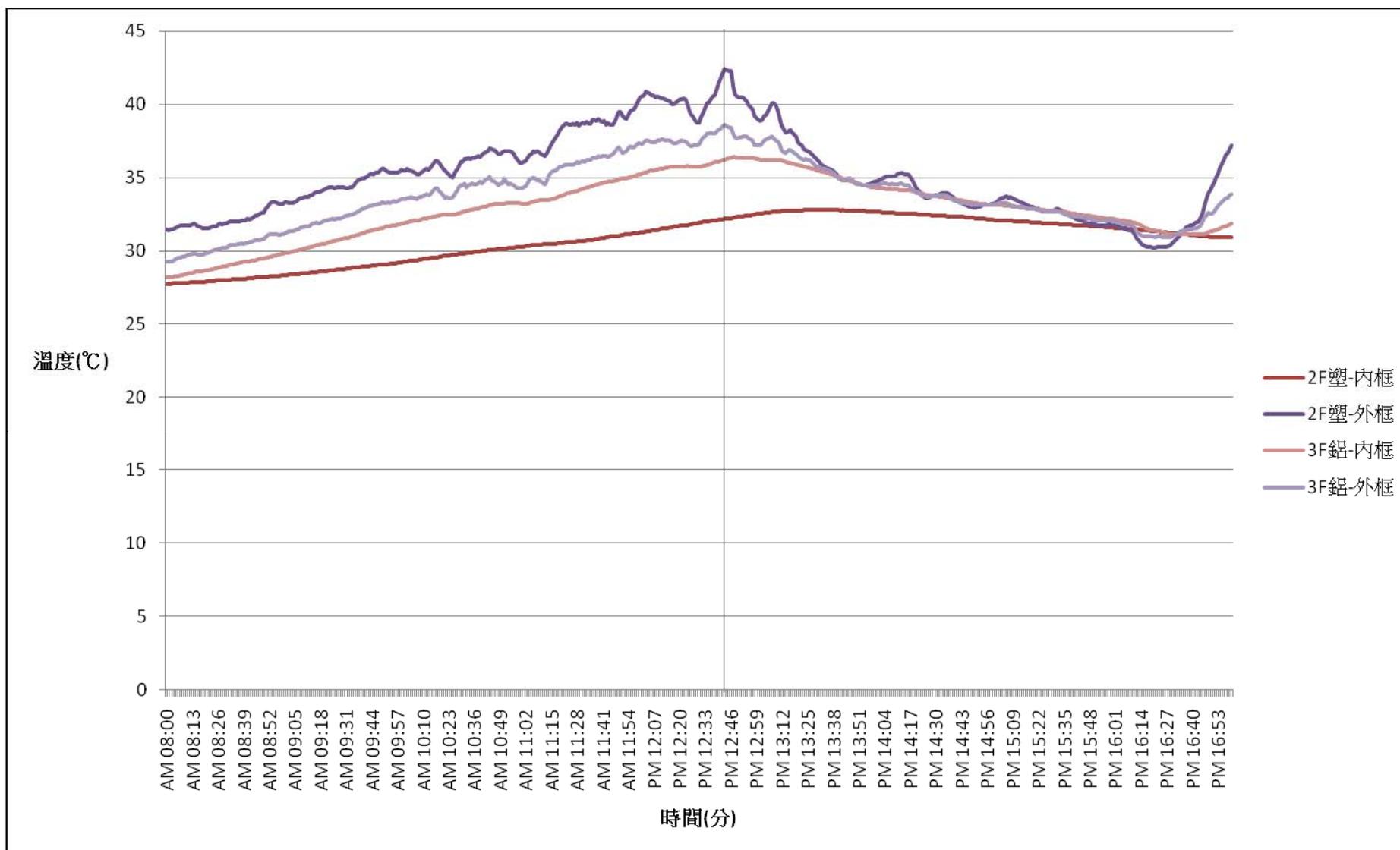


圖 36 20090826 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

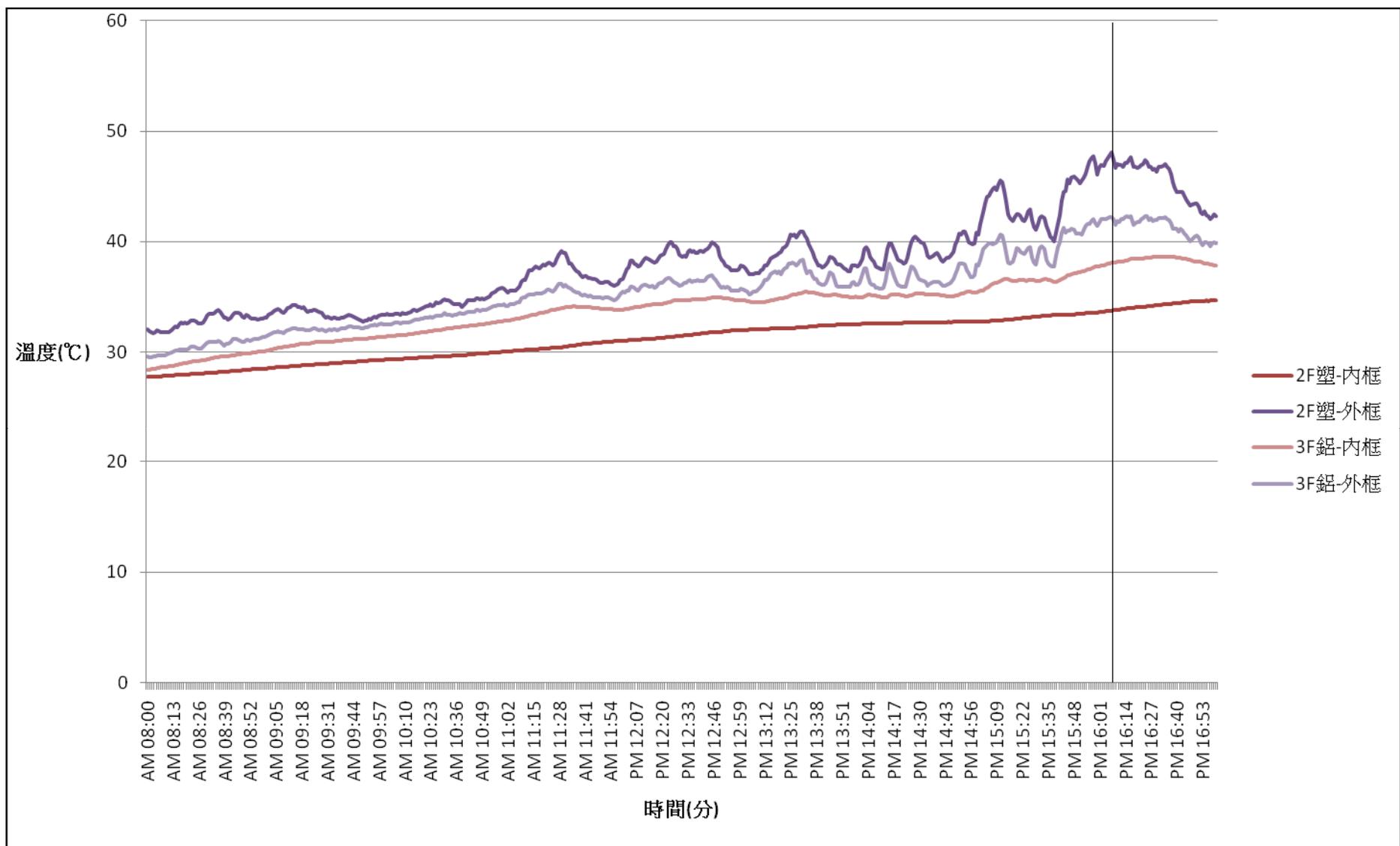


圖 37 20090827 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

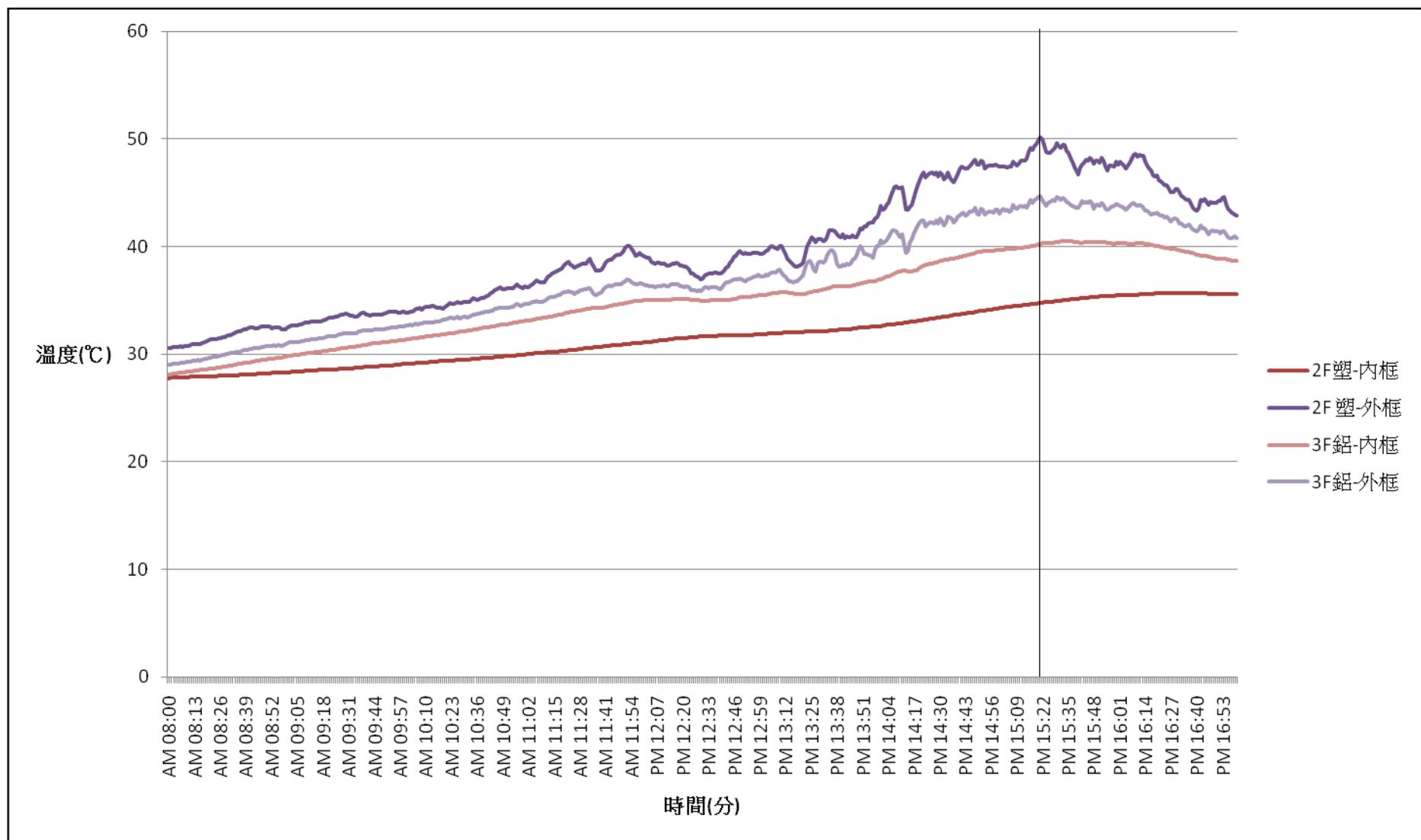


圖 38 20090828 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

4.2.開放空間下實測結果

本項試驗過程同樣因考量到雨天及颱風等天候因素不適宜進行試驗，故亦分成兩階段進行試驗，第一段實驗日期為 98 年 8 月 14 日至 98 年 8 月 17 日，第二段實驗日期為 98 年 8 月 21 日至 98 年 8 月 24 日。

4.2.1.塑鋼窗框實測結果

1.第一段實驗日期：98 年 8 月 14 日至 98 年 8 月 17 日

(1) 實驗日期：98 年 8 月 14 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 39。

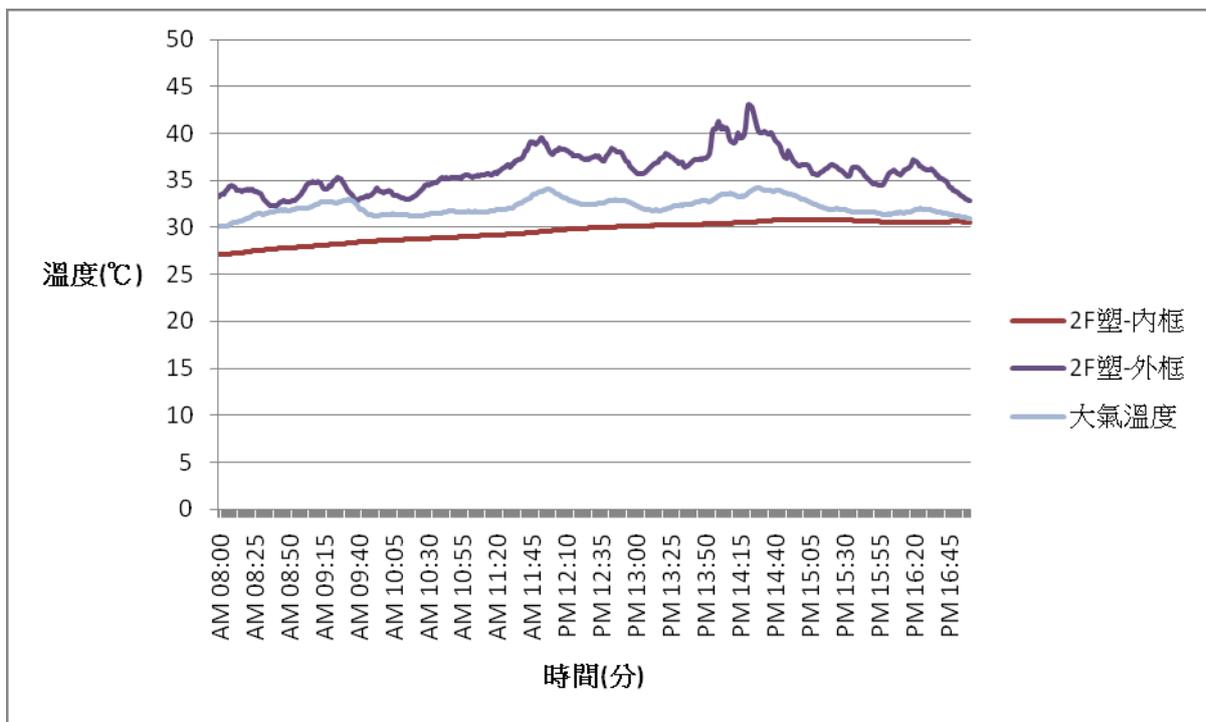


圖 39 20090814 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98 年 8 月 15 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 40。

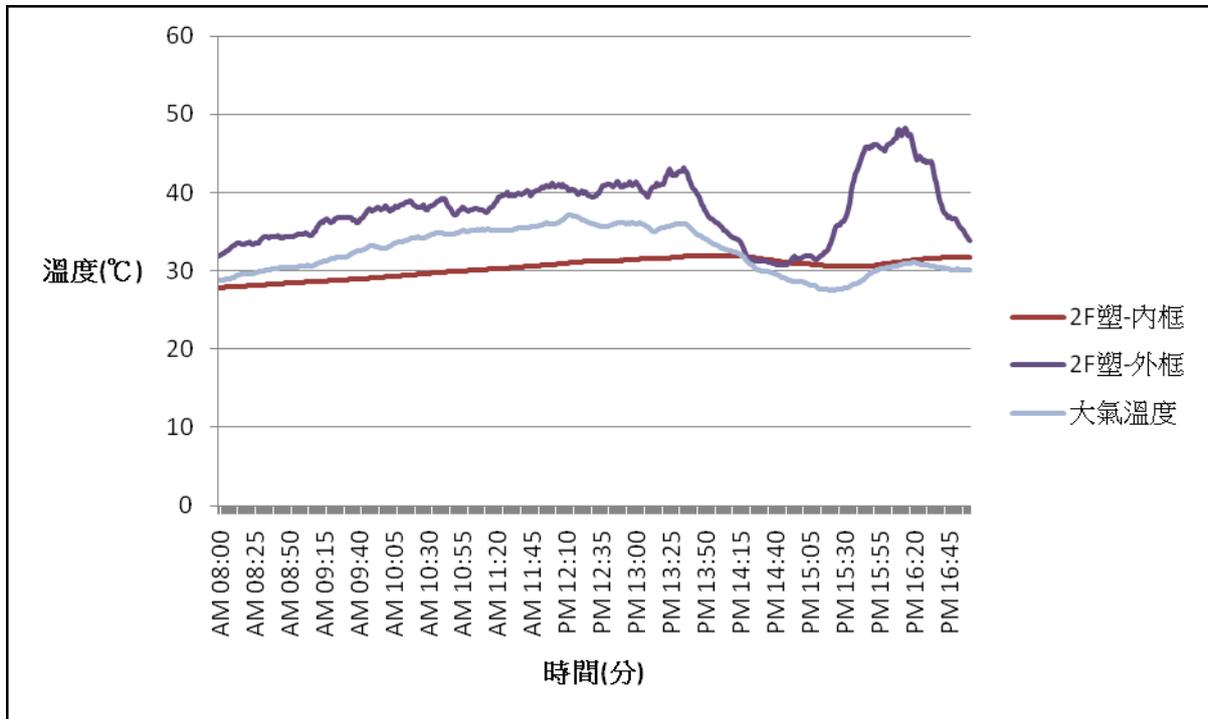


圖 40 20090815 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 16 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 41。

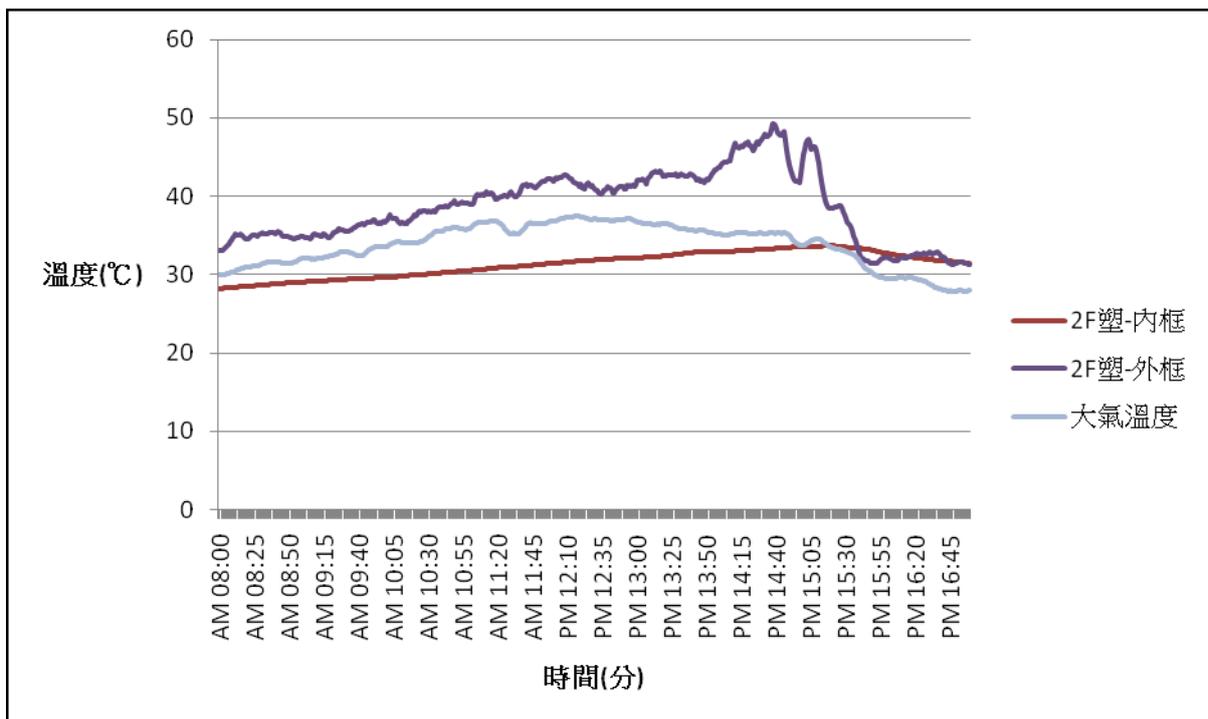


圖 41 20090816 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(4) 實驗日期：98 年 8 月 17 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 42。

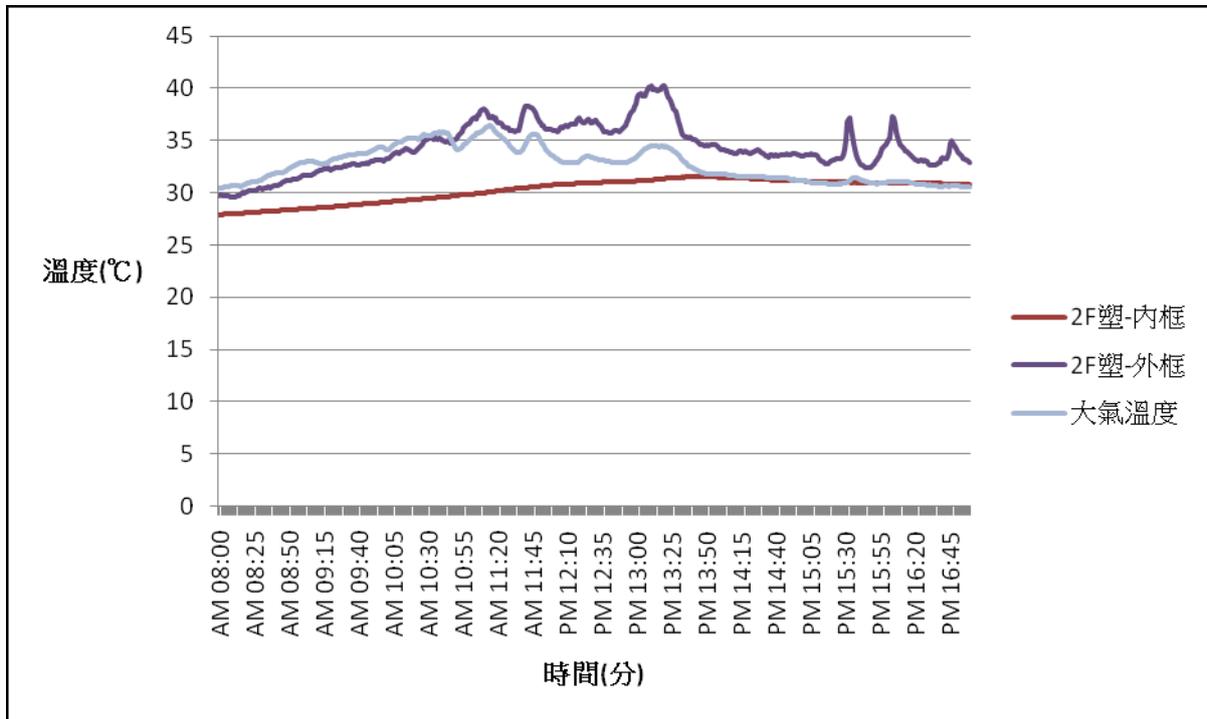


圖 42 20090817 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

2.第二段實驗日期：98 年 8 月 21 日至 98 年 8 月 24 日

(1) 實驗日期：98 年 8 月 21 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳次頁圖 43。

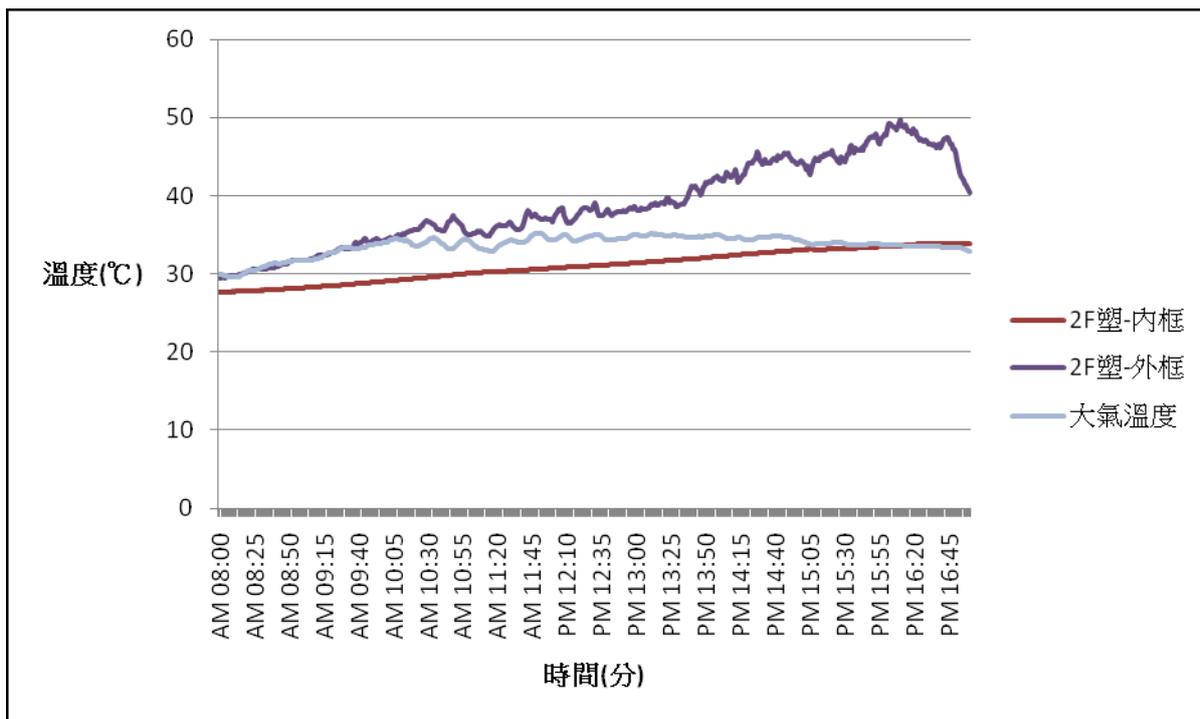


圖 43 20090821 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98年8月22日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖44。

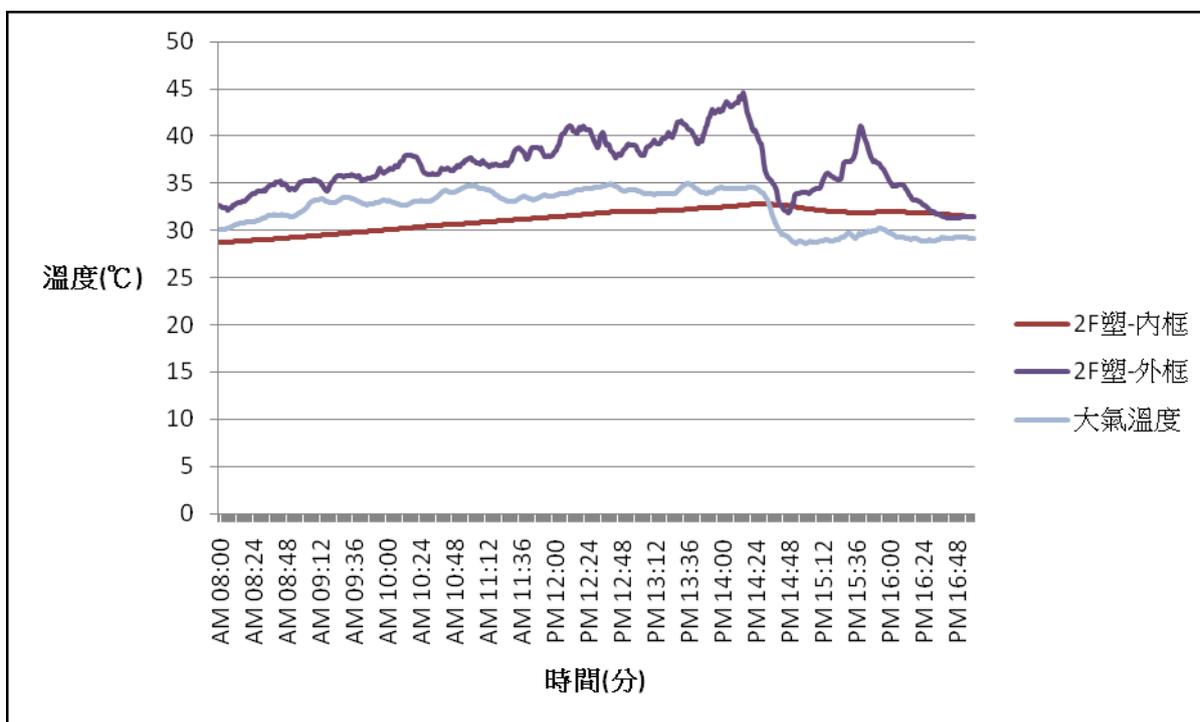


圖 44 20090822 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 23 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 45。

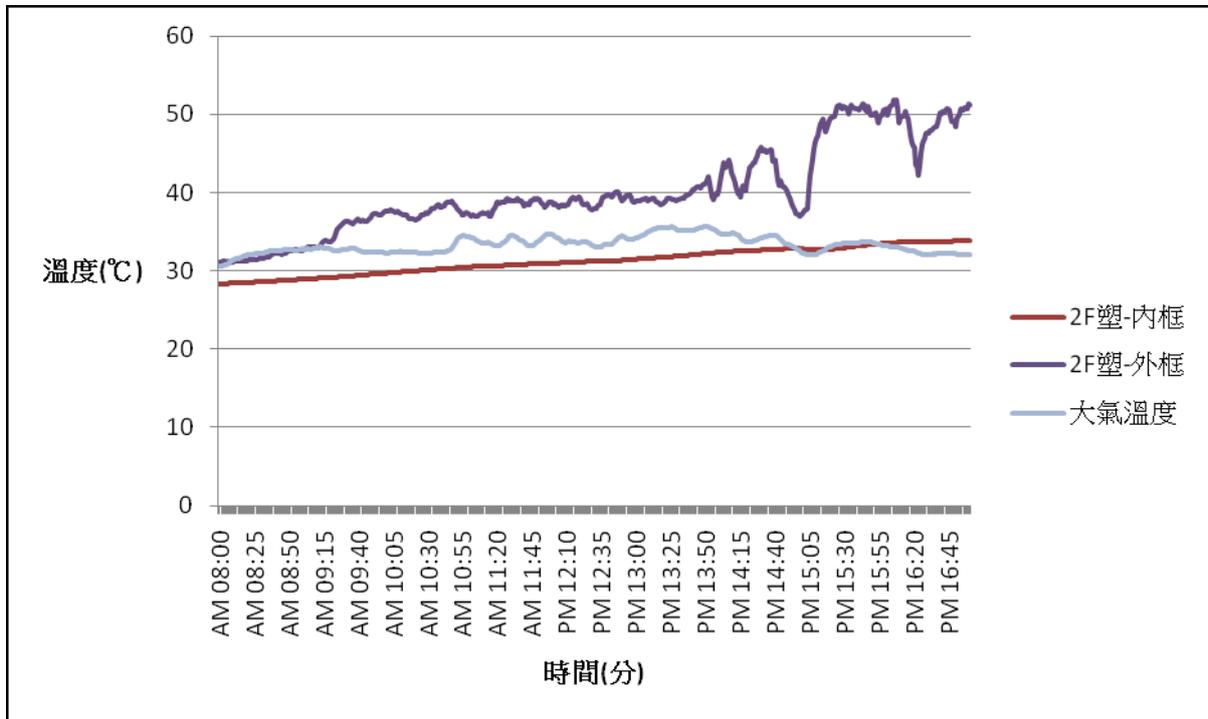


圖 45 20090814 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(4) 實驗日期：98 年 8 月 24 日，塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 46。

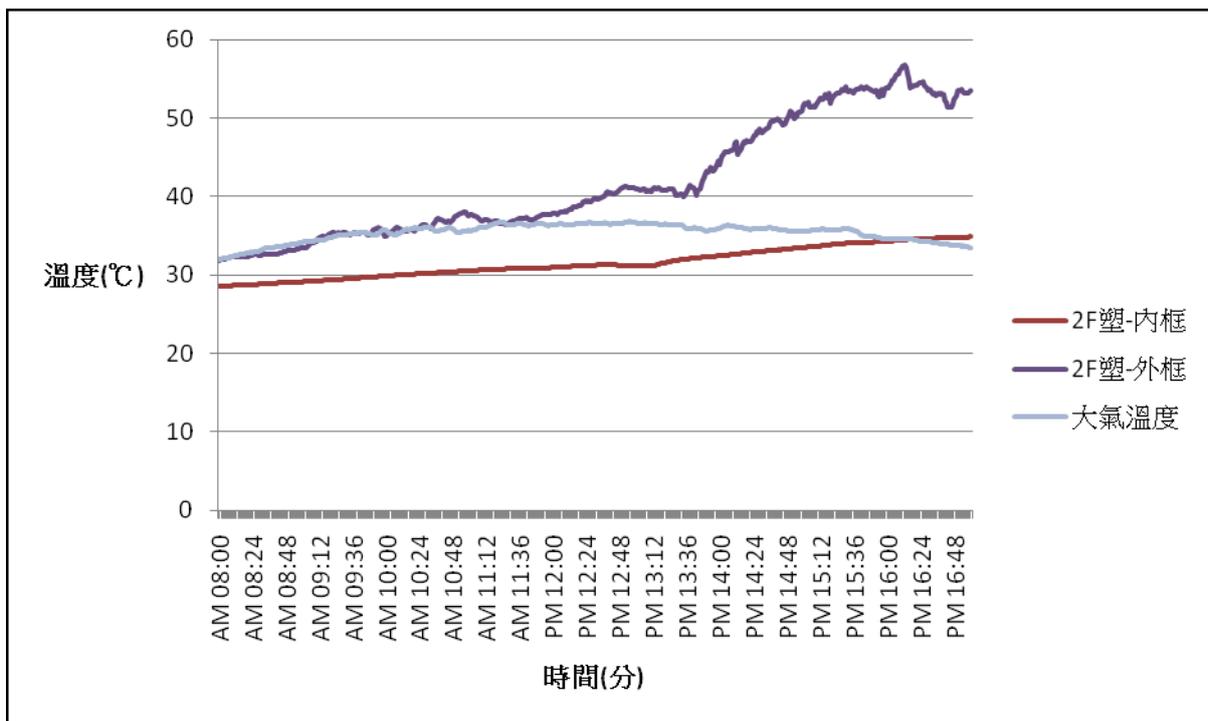


圖 46 20090824 塑鋼窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

4.2.2. 鋁金屬窗框實測結果

1. 第一段實驗日期：98年8月14日至98年8月17日

(1) 實驗日期：98年8月14日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖47。

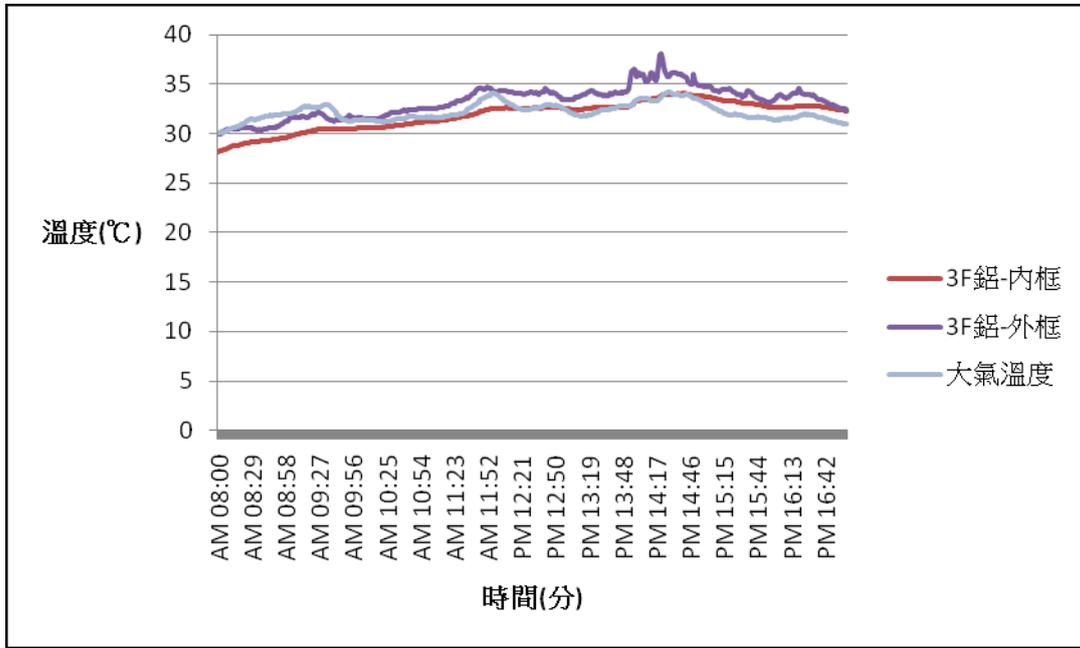


圖 47 20090814 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98年8月15日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖48。

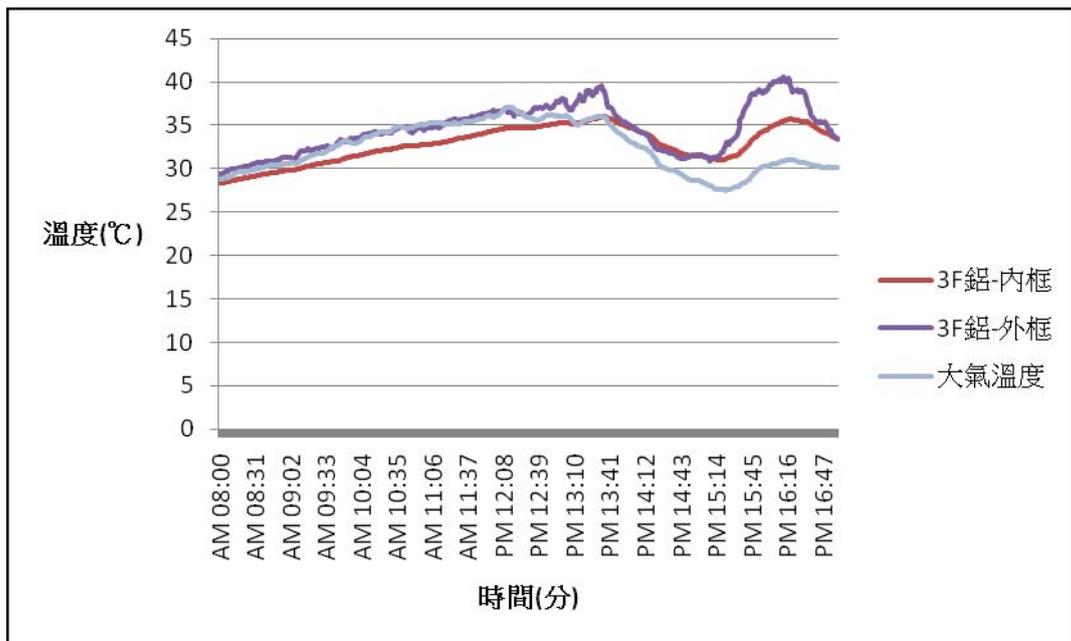


圖 48 20090815 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 16 日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 49。

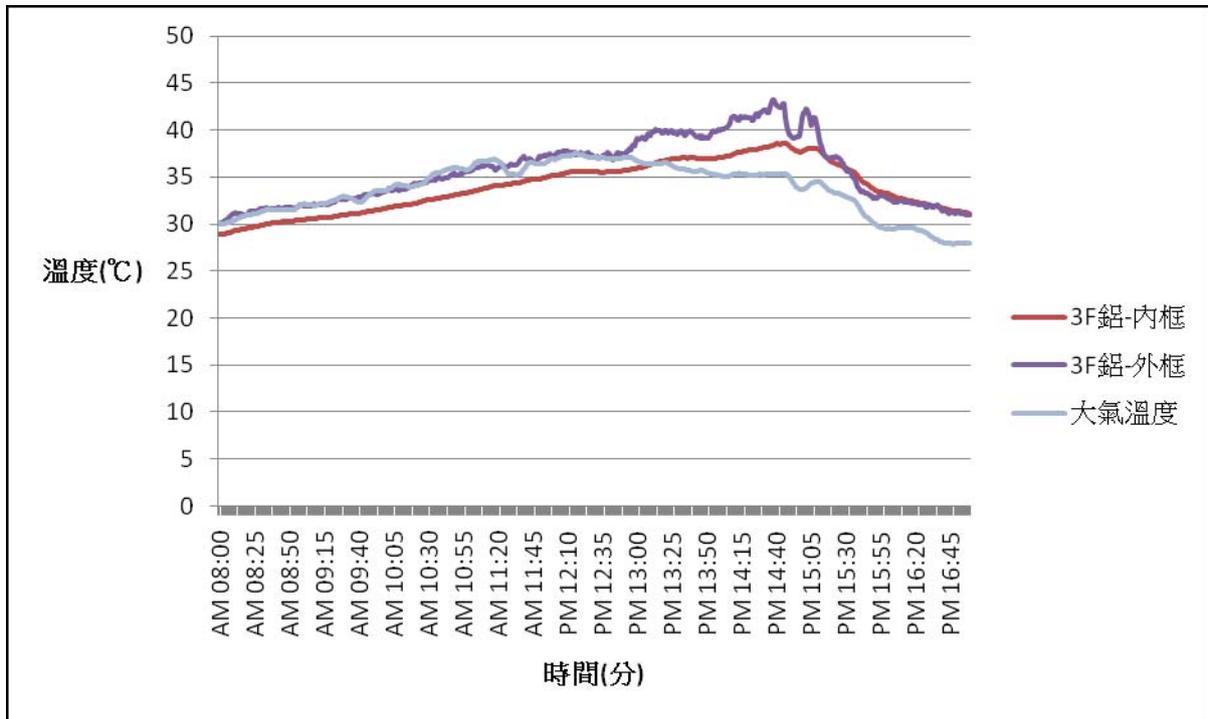


圖 49 20090816 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(4) 實驗日期：98 年 8 月 17 日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 50。

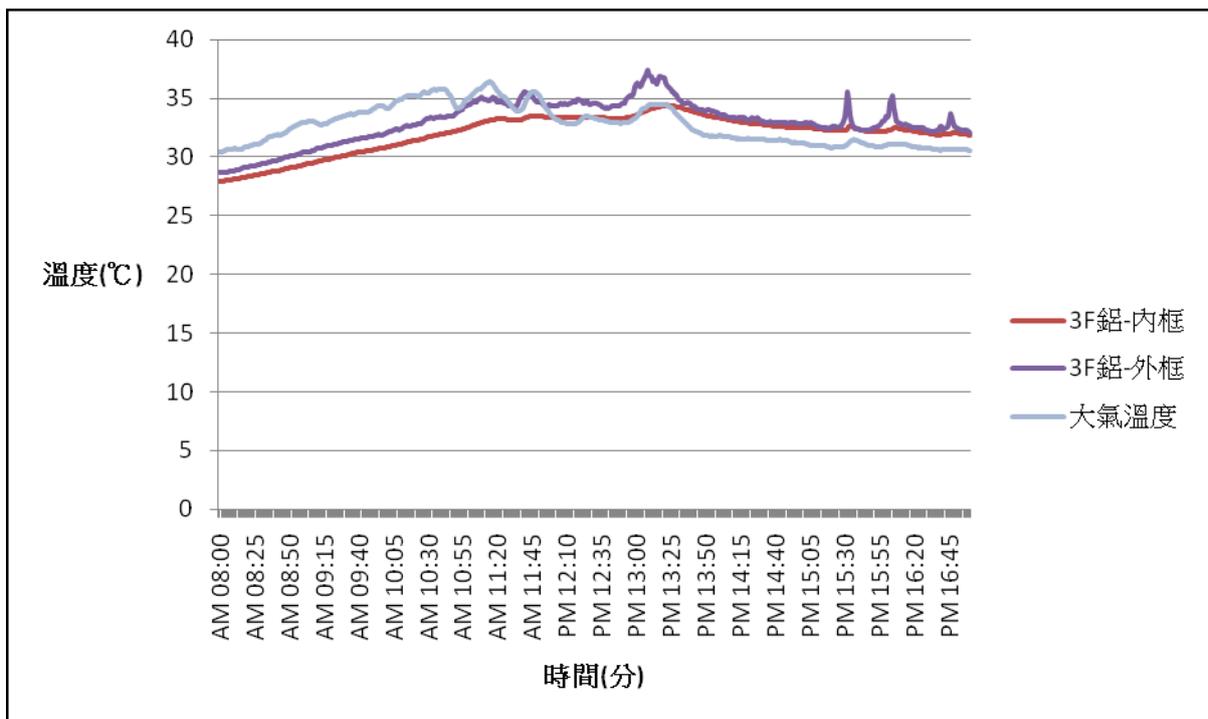


圖 50 20090817 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

2.第二段實驗日期：98年8月21日至98年8月24日

(1) 實驗日期：98年8月21日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 51。

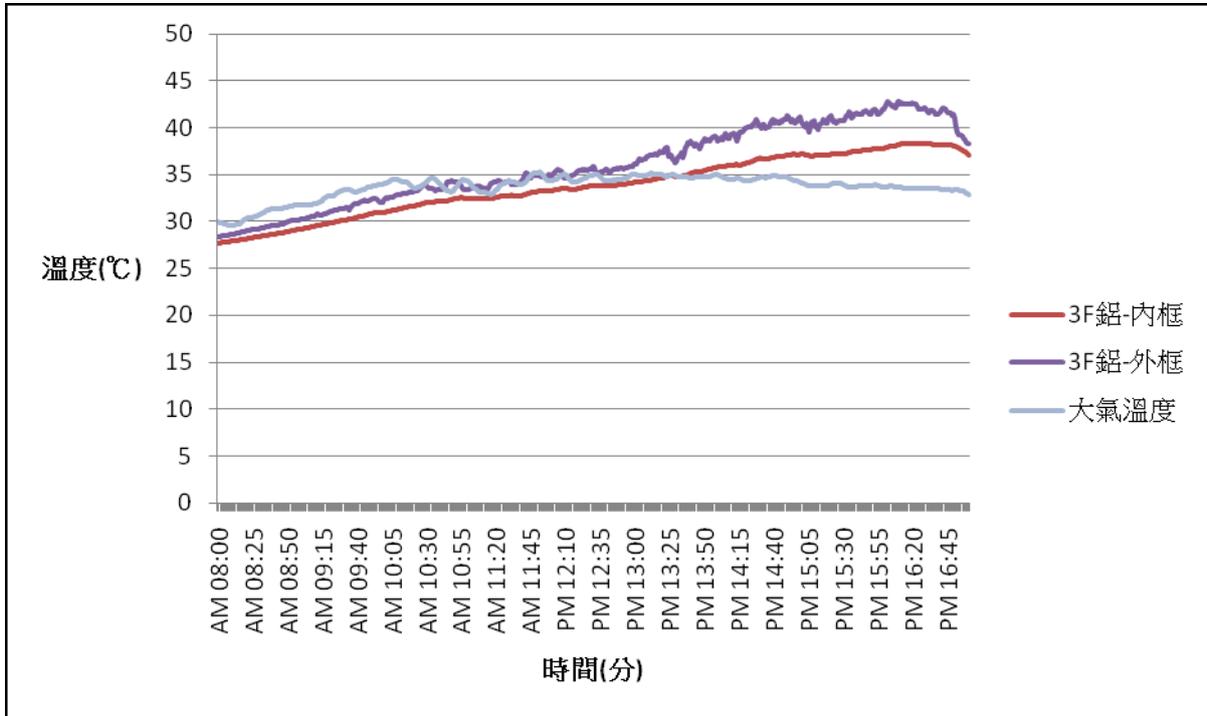


圖 51 20090821 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(2) 實驗日期：98年8月22日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 52。

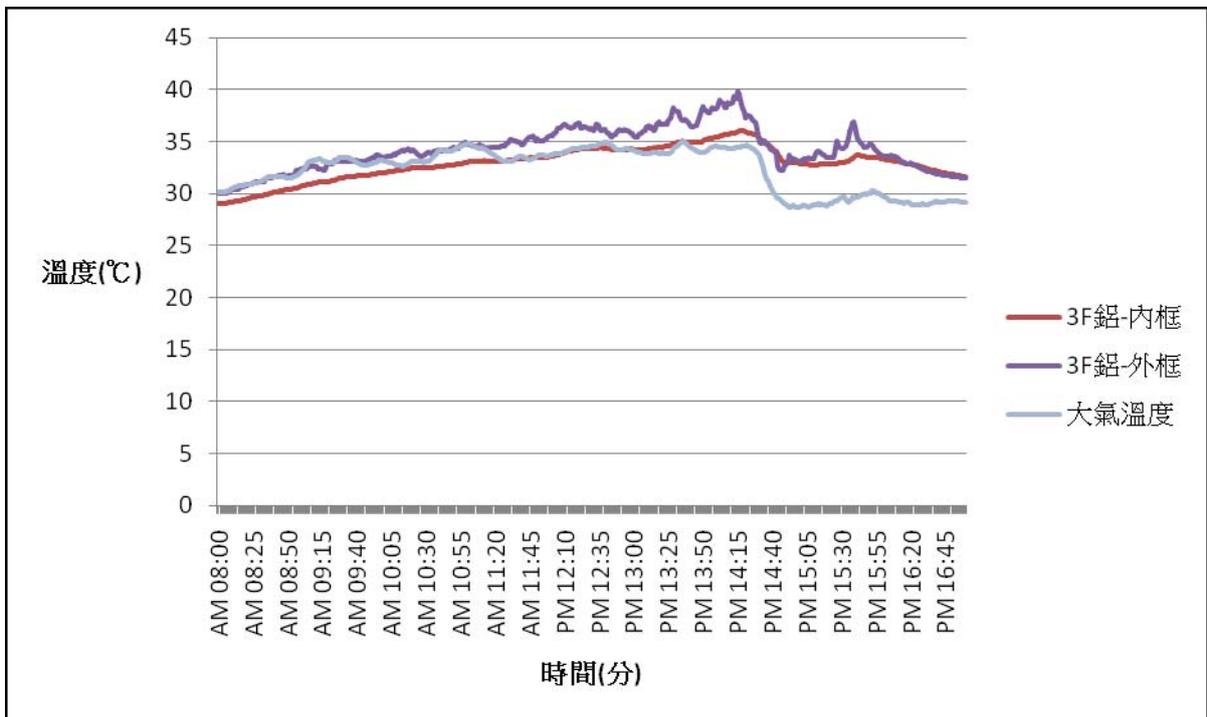


圖 52 20090822 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(3) 實驗日期：98 年 8 月 23 日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 53。

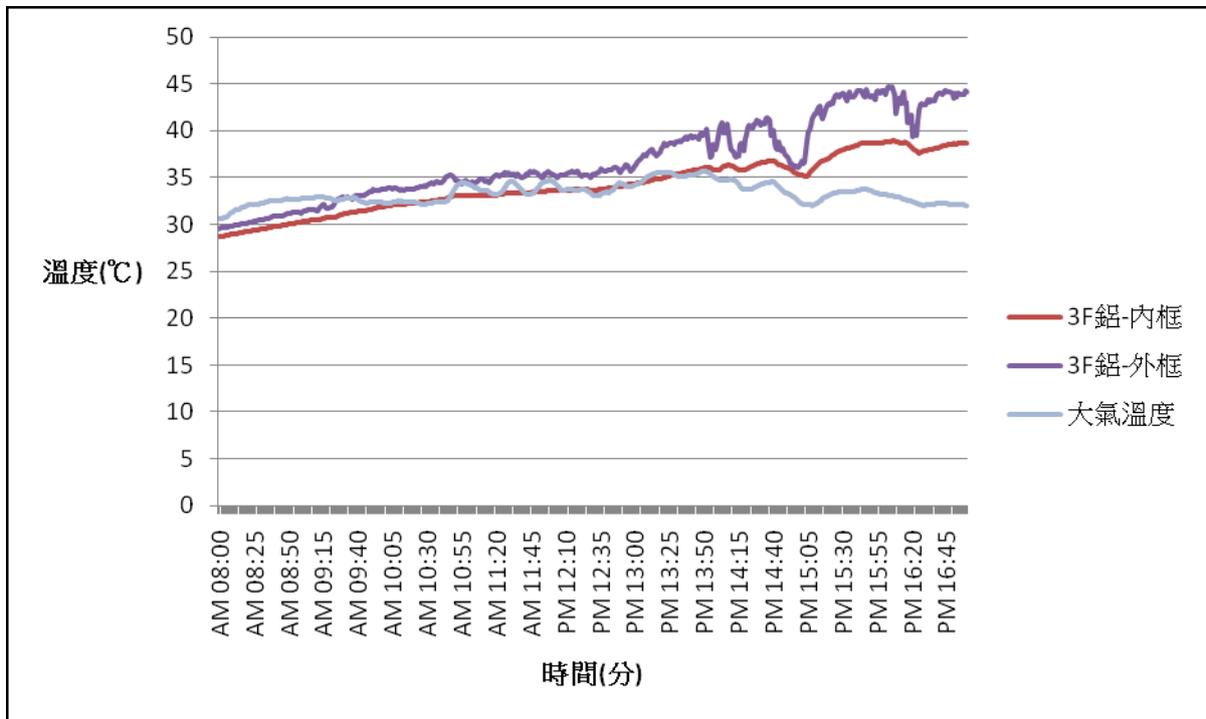


圖 53 20090823 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

(4) 實驗日期：98 年 8 月 24 日，鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度及室外大氣溫度變化，詳圖 54。

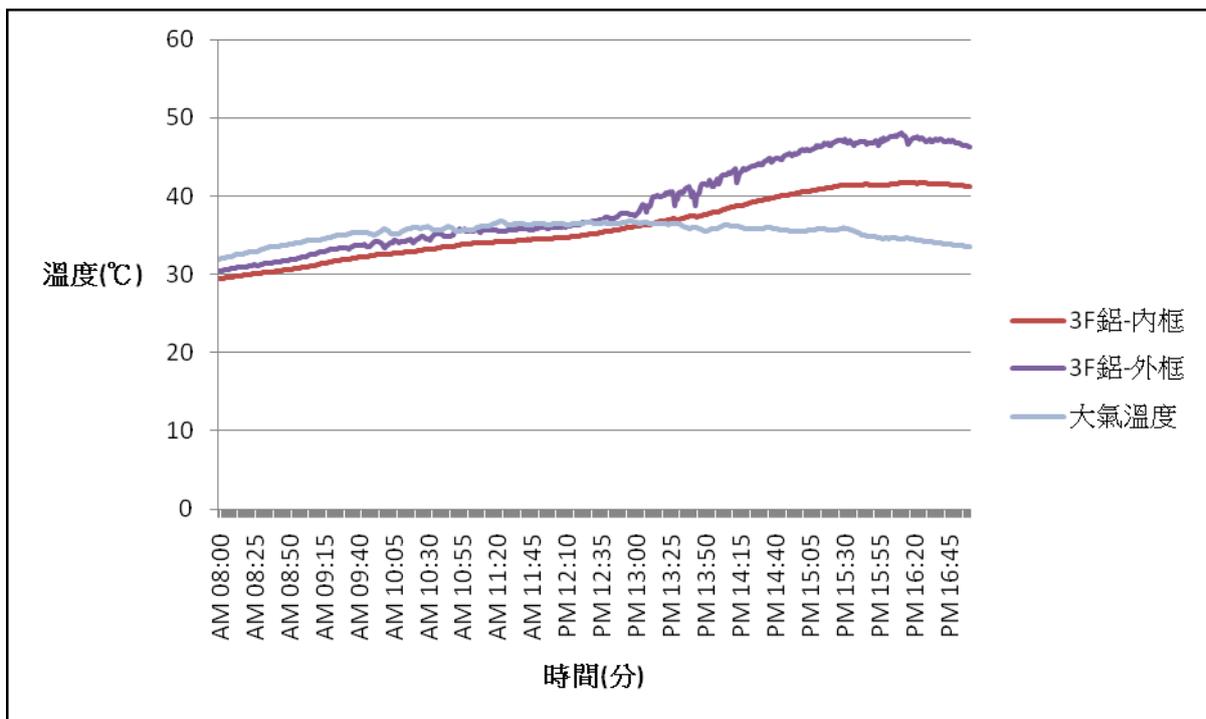


圖 54 20090824 鋁金屬窗在開放空間下，內外框材表面溫度變化圖

4.2.3.實測結果綜合分析

- 圖 55，試驗日期 20090814，量測結果可知，2009 年 8 月 14 日下午 14 時 21 分，當室外大氣溫度為 33.66°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 43.07°C，塑鋼窗框內表面溫度為 30.55°C，鋁窗框外表面溫度為 38.09°C，鋁窗框內表面溫度為 33.81°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 12.52°C，鋁窗框內外表面溫差達 4.28°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 2.93 倍。**
- 圖 56，試驗日期 20090815，量測結果可知，2009 年 8 月 15 日下午 16 時 14 分，當室外大氣溫度為 30.93°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 48.17°C，塑鋼窗框內表面溫度為 31.23°C，鋁窗框外表面溫度為 40.26°C，鋁窗框內表面溫度為 35.56°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 16.94°C，鋁窗框內外表面溫差達 4.70°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.60 倍。**
- 圖 57，試驗日期 20090816，量測結果可知，2009 年 8 月 16 日下午 14 時 38 分，當室外大氣溫度為 35.30°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 49.28°C，塑鋼窗框內表面溫度為 33.31°C，鋁窗框外表面溫度為 43.19°C，鋁窗框內表面溫度為 38.37°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 15.97°C，鋁窗框內外表面溫差達 4.82°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.28 倍。**
- 圖 58，試驗日期 20090817，量測結果可知，2009 年 8 月 17 日下午 13 時 11 分，當室外大氣溫度為 34.48°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 40.29

°C，塑鋼窗框內表面溫度為 31.20°C，鋁窗框外表面溫度為 36.91°C，鋁窗框內表面溫度為 34.12°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 9.09°C**，鋁窗框內外表面溫差達 2.79°C，顯示出**塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳**，從數據可知隔熱效果相差近 3.26 倍。

- 圖 59，試驗日期 20090821，量測結果可知，2009 年 8 月 21 日下午 16 時 10 分，當室外大氣溫度為 33.64°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 49.65°C，塑鋼窗框內表面溫度為 33.63°C，鋁窗框外表面溫度為 42.80°C，鋁窗框內表面溫度為 38.20°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 16.02°C**，鋁窗框內外表面溫差達 4.60°C，顯示出**塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳**，從數據可知隔熱效果相差近 3.48 倍。
- 圖 60，試驗日期 20090822，量測結果可知，2009 年 8 月 22 日下午 14 時 15 分，當室外大氣溫度為 34.43°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 44.60°C，塑鋼窗框內表面溫度為 32.67°C，鋁窗框外表面溫度為 39.83°C，鋁窗框內表面溫度為 35.96°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 11.93°C**，鋁窗框內外表面溫差達 3.87°C，顯示出**塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳**，從數據可知隔熱效果相差近 3.08 倍。
- 圖 61，試驗日期 20090823，量測結果可知，2009 年 8 月 23 日下午 16 時 05 分，當室外大氣溫度為 33.07°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 51.92°C，塑鋼窗框內表面溫度為 33.57°C，鋁窗框外表面溫度為 44.53°C，鋁窗框內表面溫度為 38.87°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 18.35°C**，鋁窗框內外表面溫差達 5.66°C，顯示出**塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳**，從數據可知隔熱效果相差近 3.24 倍。
- 圖 62，試驗日期 20090824，量測結果可知，2009 年 8 月 24 日下午 16 時 12 分，當室外大氣溫度為 34.58°C 時，塑鋼窗框外表面溫度為 56.78

°C，塑鋼窗框內表面溫度為 34.49°C，鋁窗框外表面溫度為 47.81°C，鋁窗框內表面溫度為 41.74°C，由此可知，**塑鋼窗框內外表面溫差達 22.29°C**，鋁窗框內外表面溫差達 6.07°C，顯示出塑鋼窗框隔熱效果較鋁窗框佳，從數據可知隔熱效果相差近 3.67 倍。

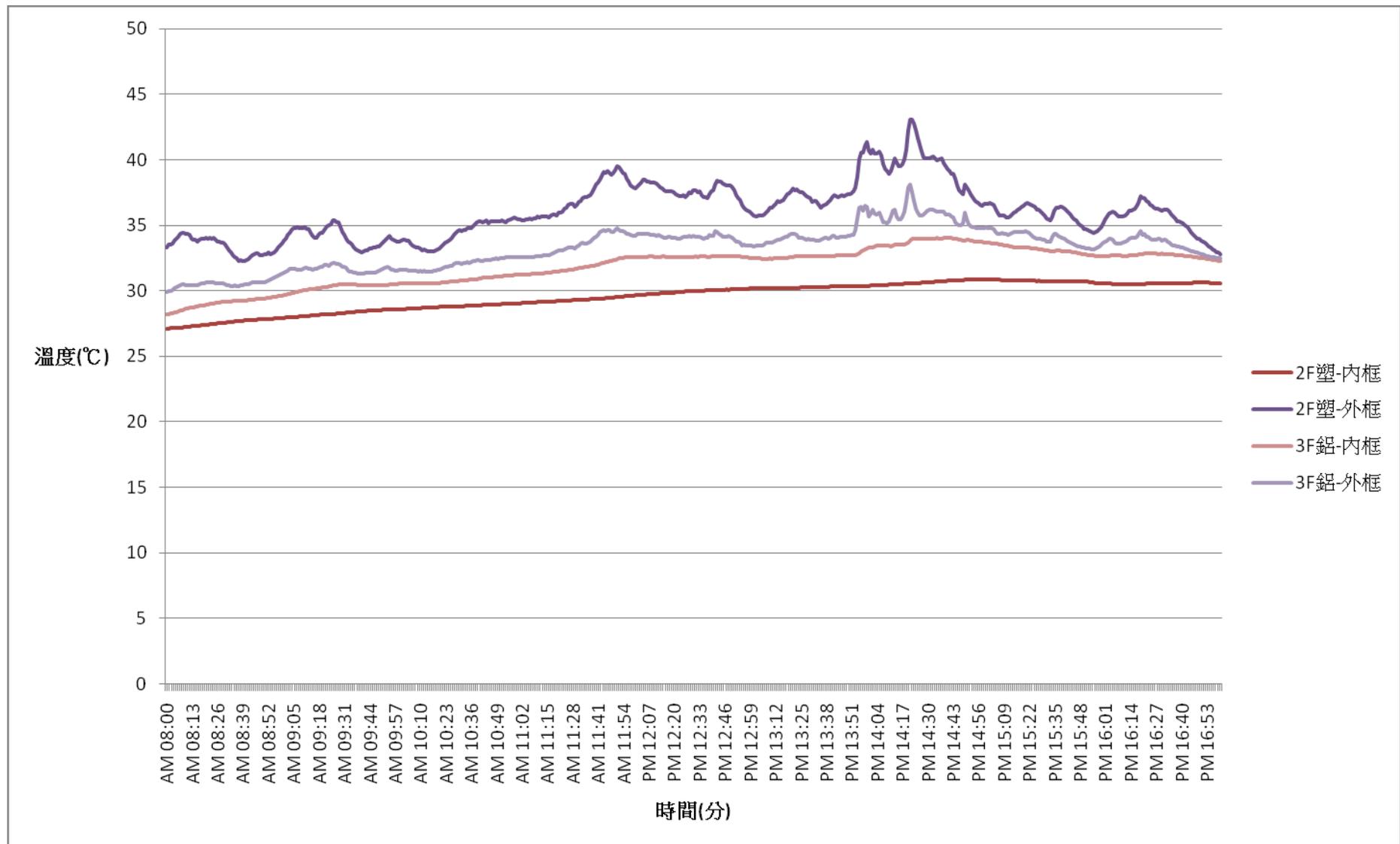


圖 55 20090814 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖



圖 56 20090815 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

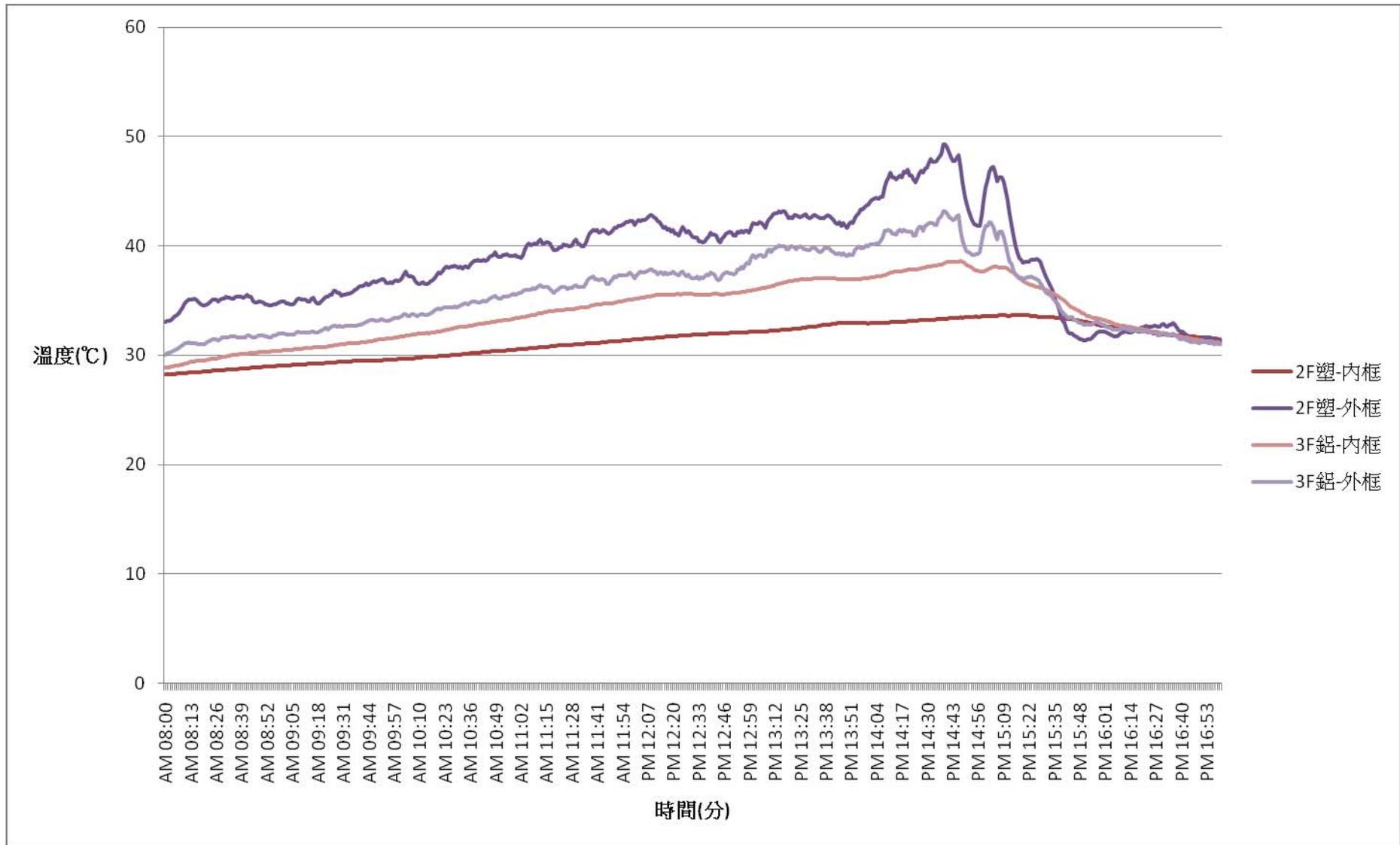


圖 57 20090816 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

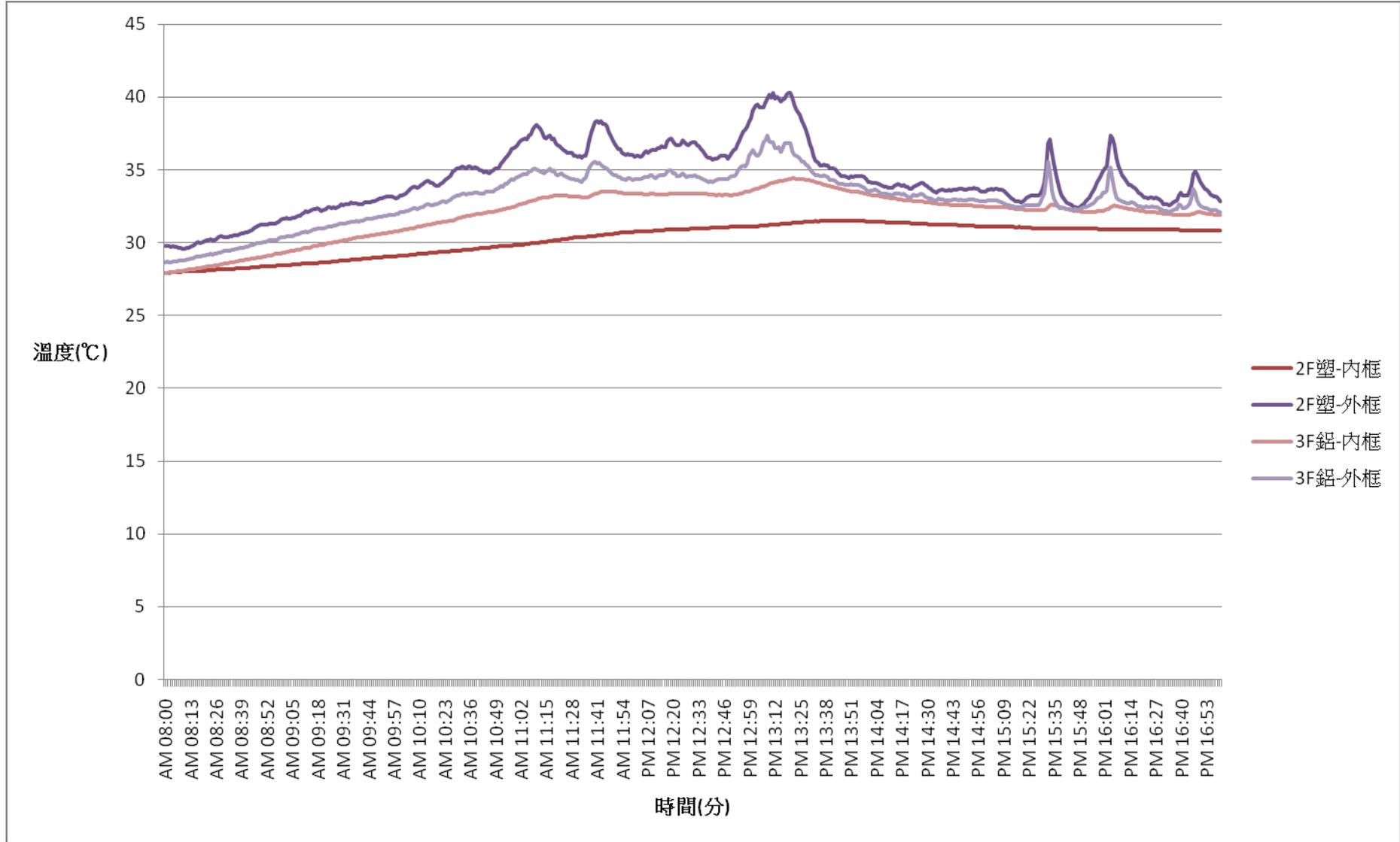


圖 58 20090817 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

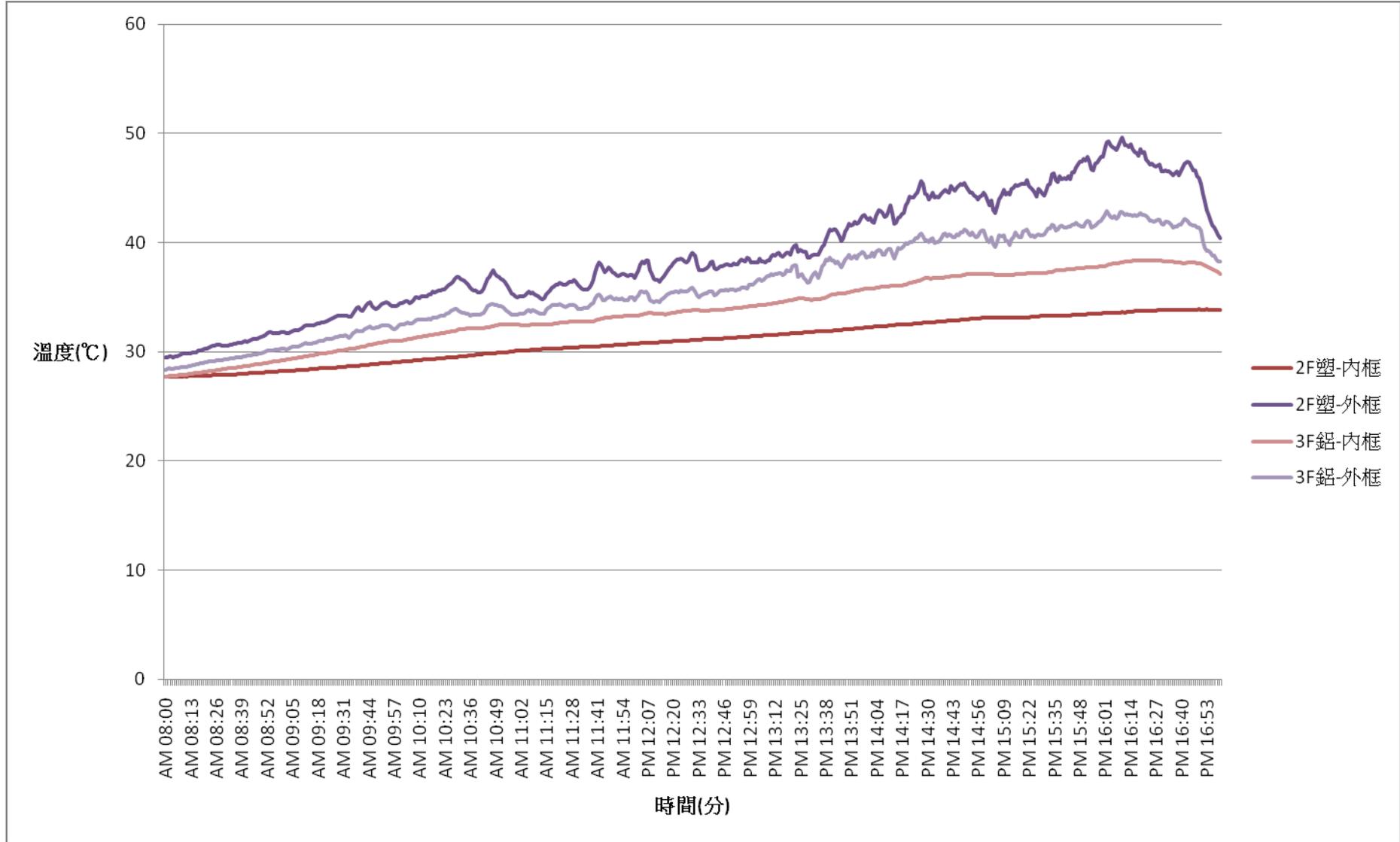


圖 59 20090821 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

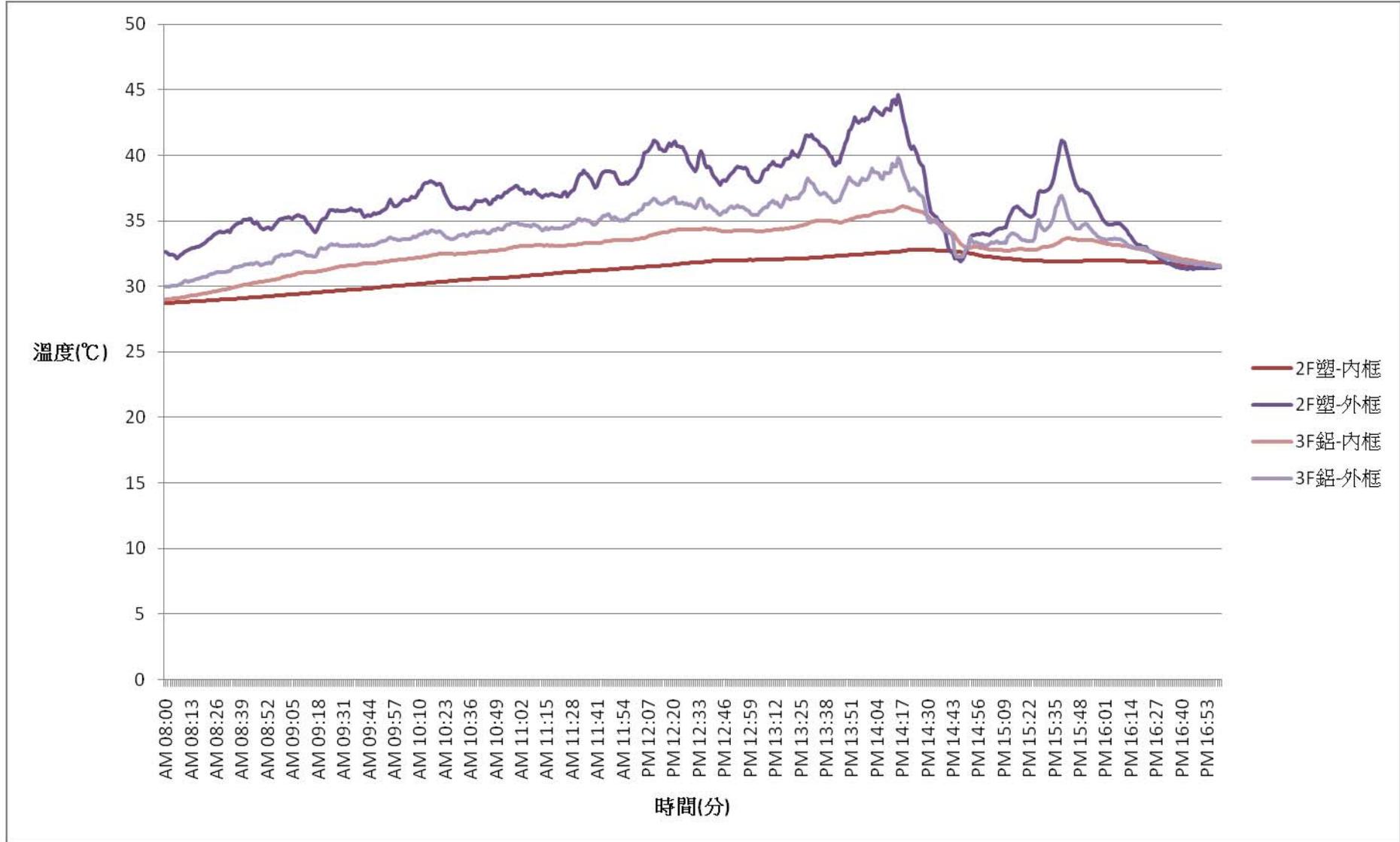


圖 60 20090822 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

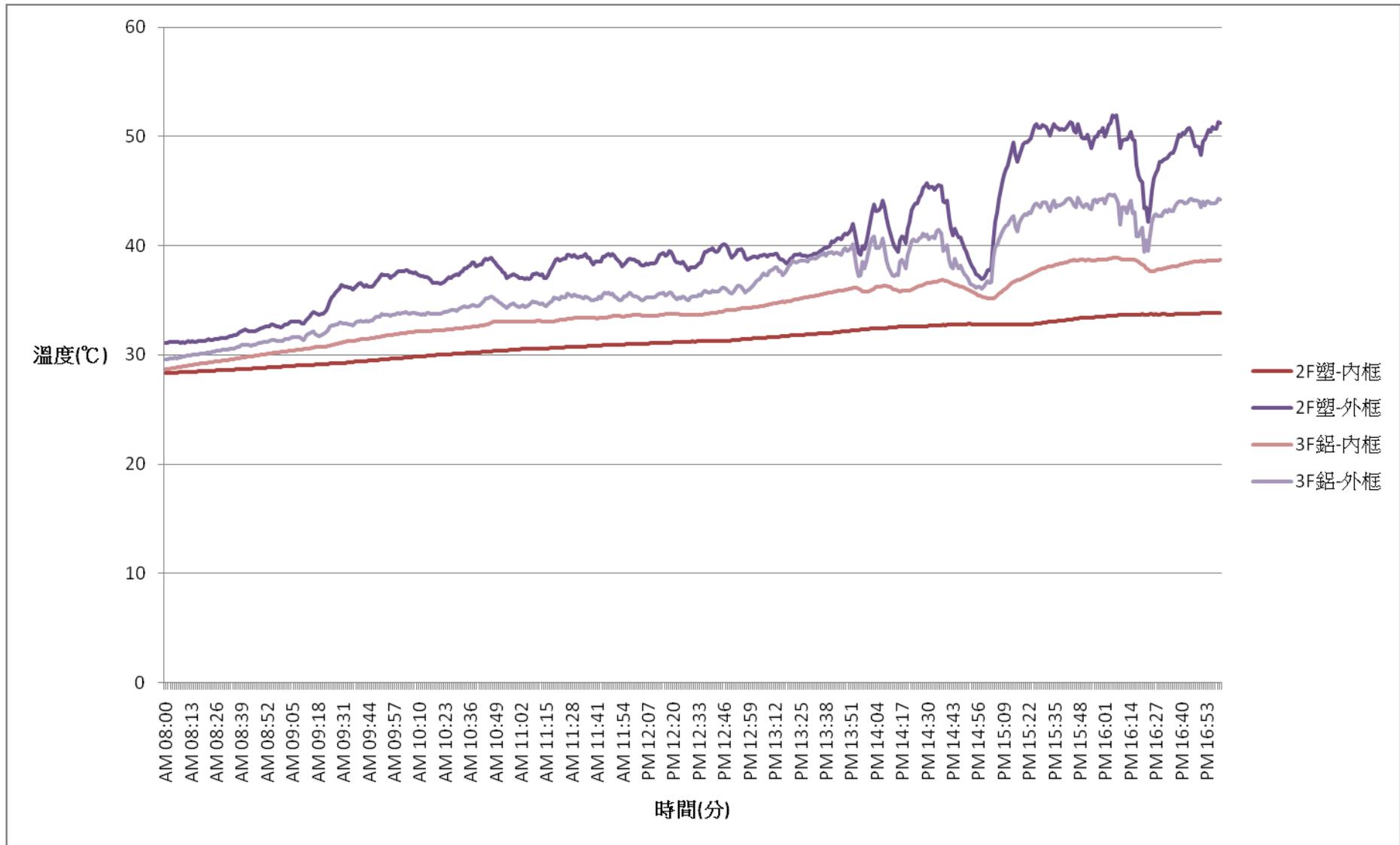


圖 61 20090823 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

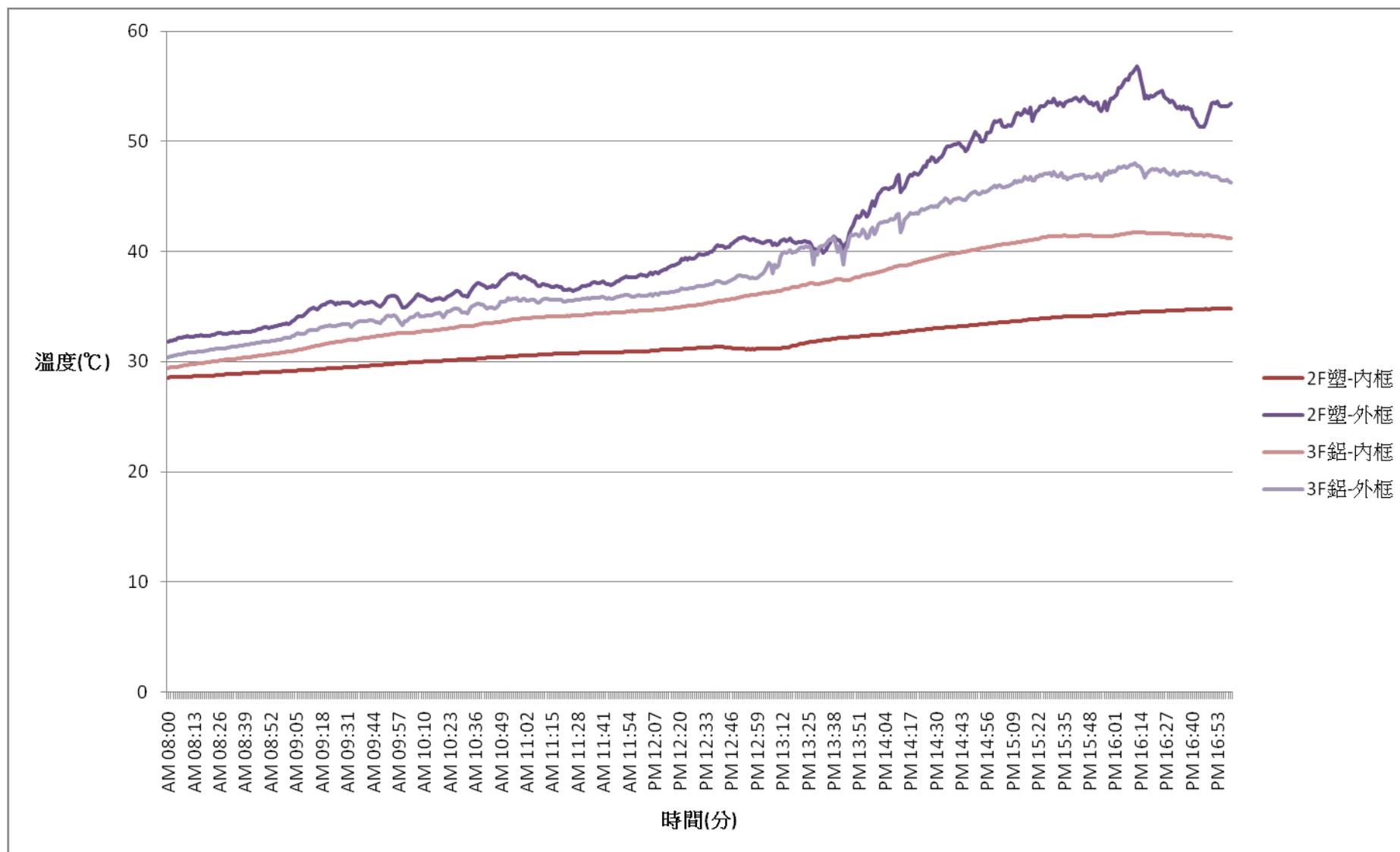


圖 62 20090824 塑鋼窗框與鋁金屬窗框內外表面溫度變化圖

4.3.其它物理環境計測結果

研究期間計測的其它物理環境資料，包含有：濕度、風速、風向、雨量、大氣壓力、太陽輻射等資料。以下，以試驗日期為基準，分別將物理環境資料整理成圖示。

● 2009 年 7 月 31 日物理環境資料

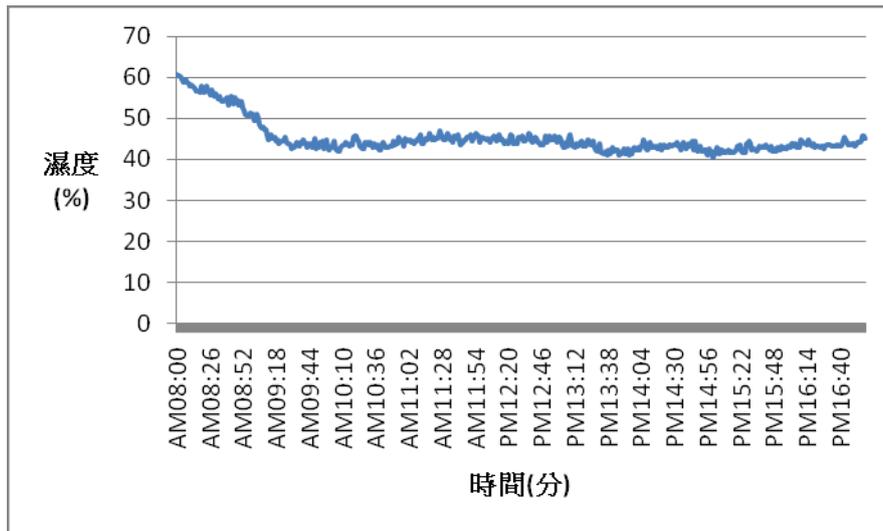


圖 63 2009 年 7 月 31 日溼度變化圖

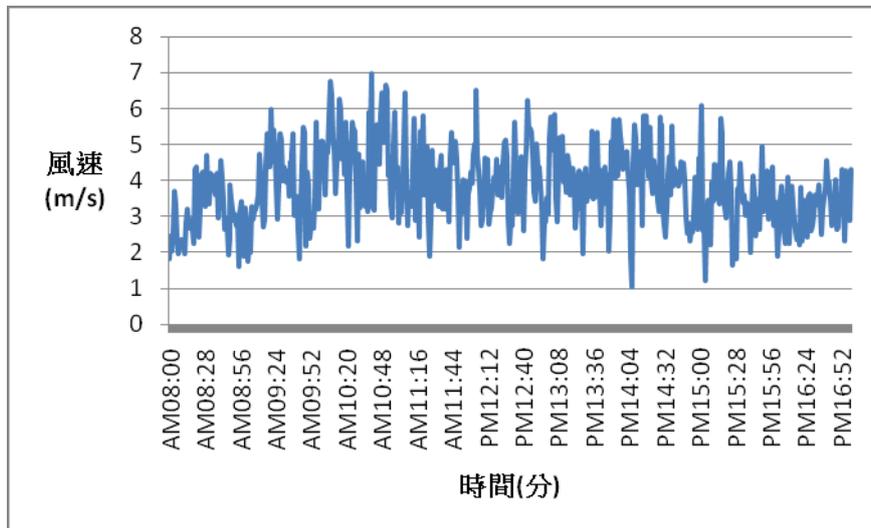


圖 64 2009 年 7 月 31 日風速變化圖

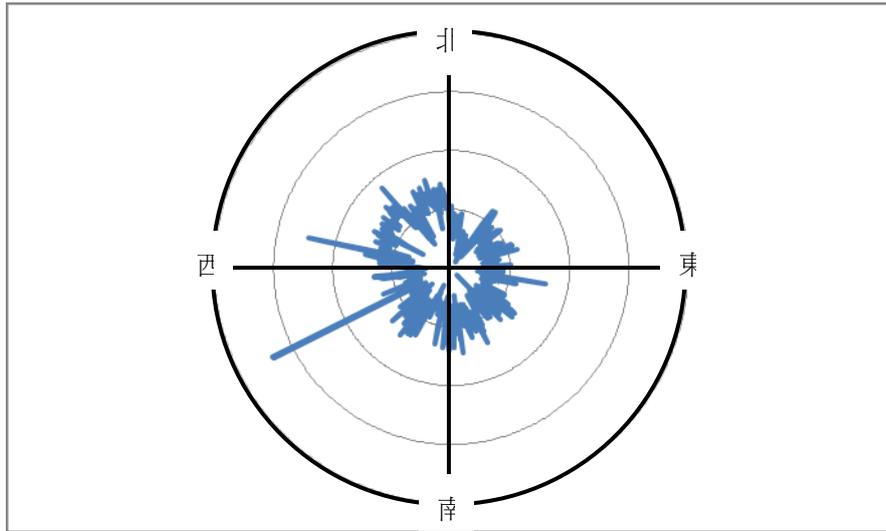


圖 65 2009 年 7 月 31 日風向變化圖

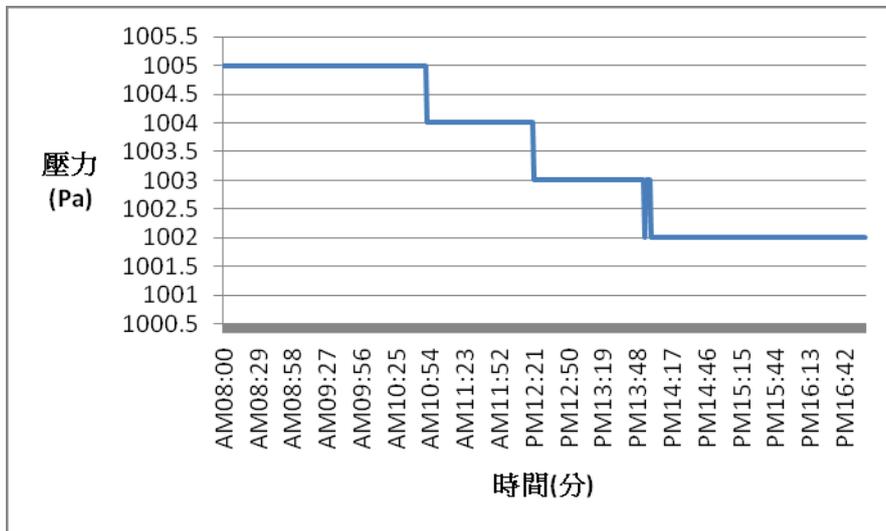


圖 66 2009 年 7 月 31 日壓力變化圖

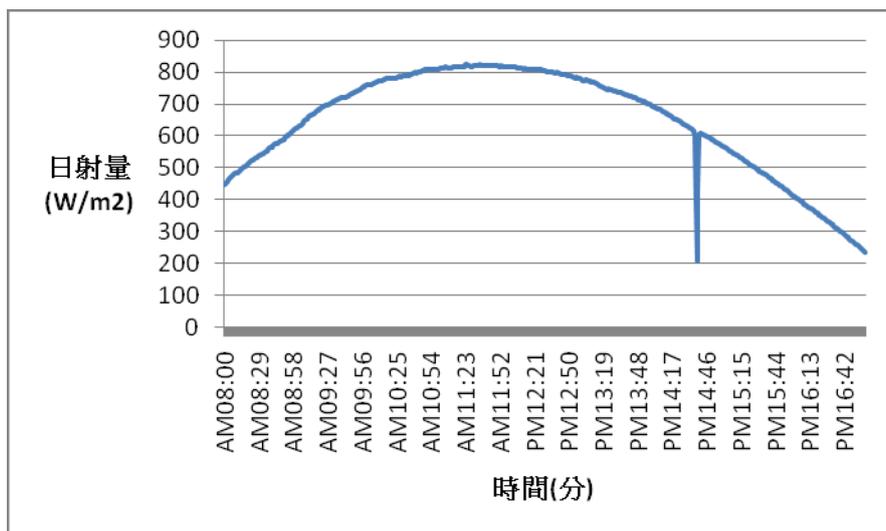


圖 67 2009 年 7 月 31 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 1 日物理環境資料

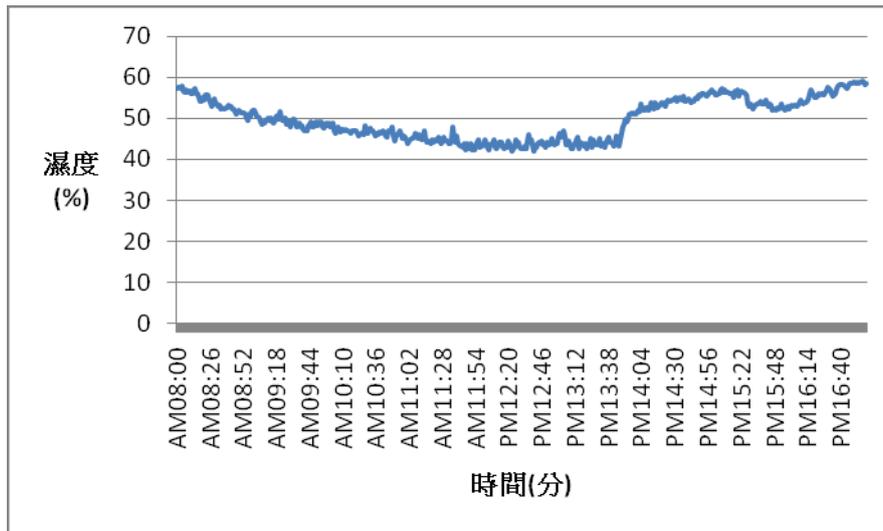


圖 68 2009 年 8 月 1 日溼度變化圖

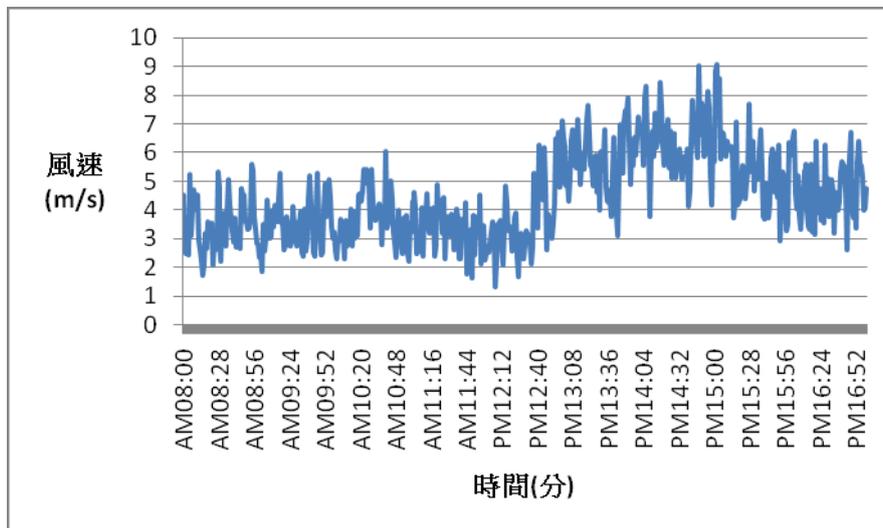


圖 69 2009 年 8 月 1 日風速變化圖

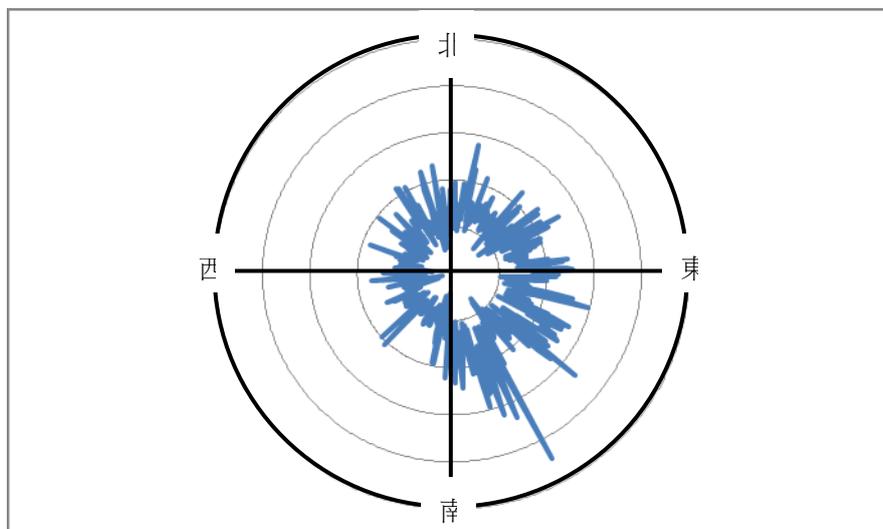


圖 70 2009 年 8 月 1 日風向變化圖

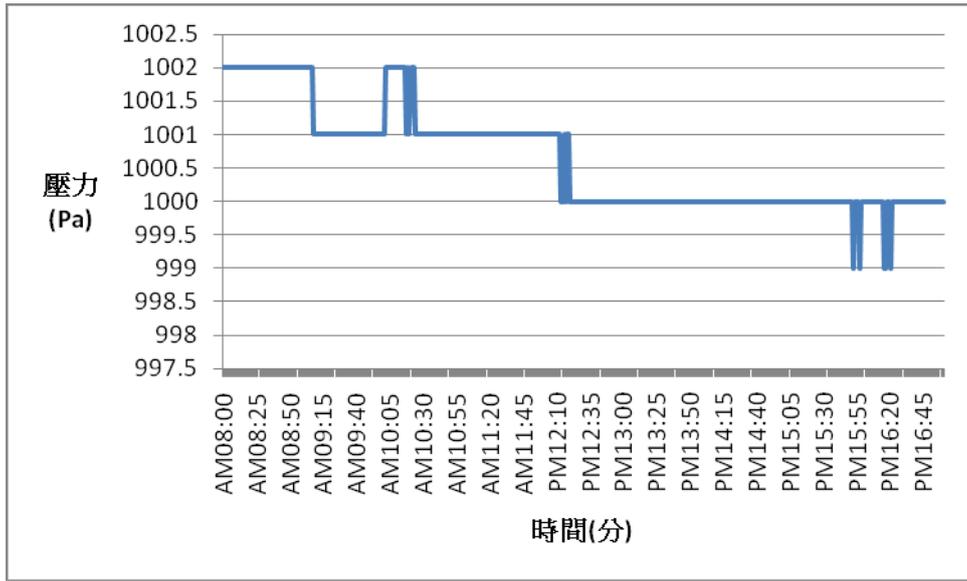


圖 71 2009 年 8 月 1 日壓力變化圖

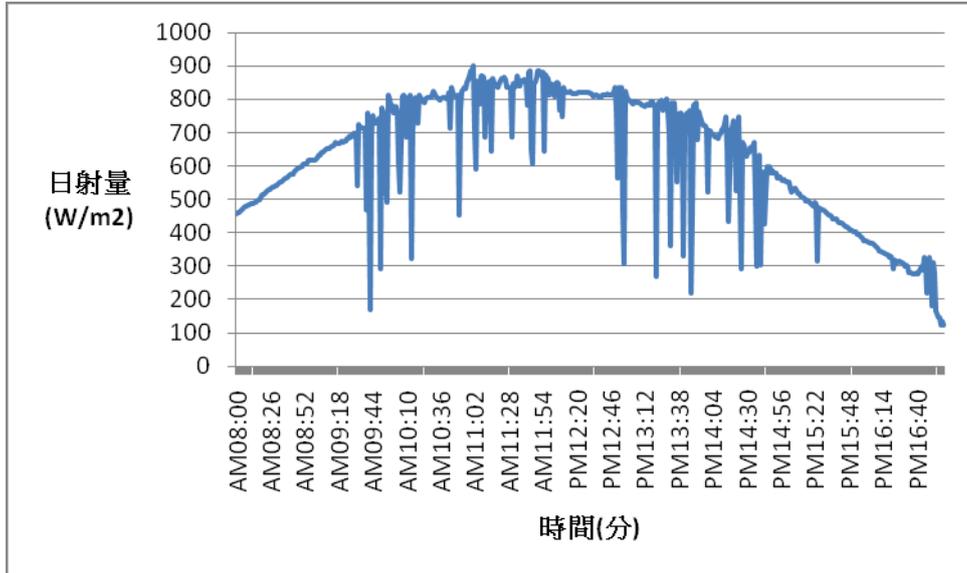


圖 72 2009 年 8 月 1 日日射量變化圖

● 2009年8月1日物理環境資料

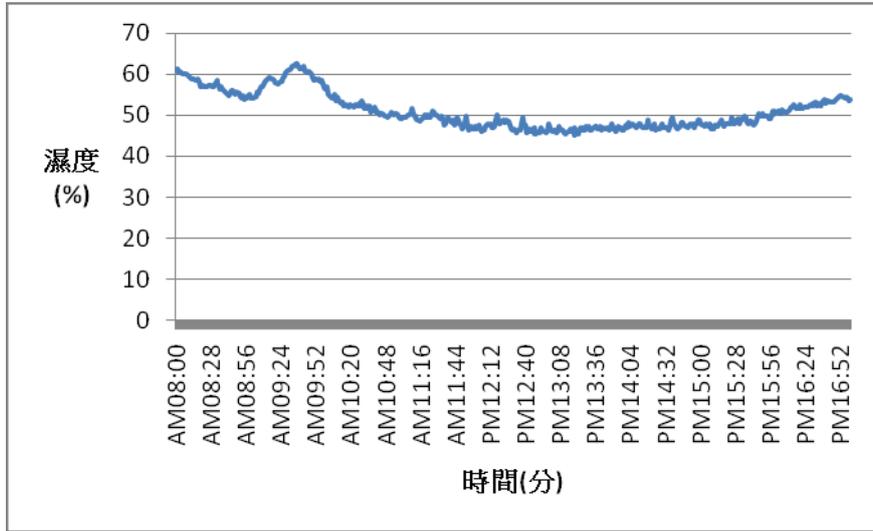


圖 73 2009年8月2日溼度變化圖

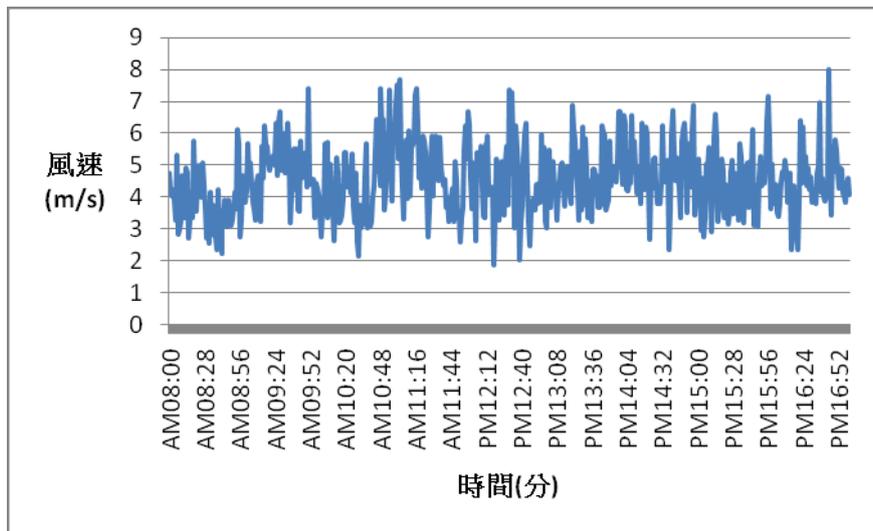


圖 74 2009年8月2日風速變化圖

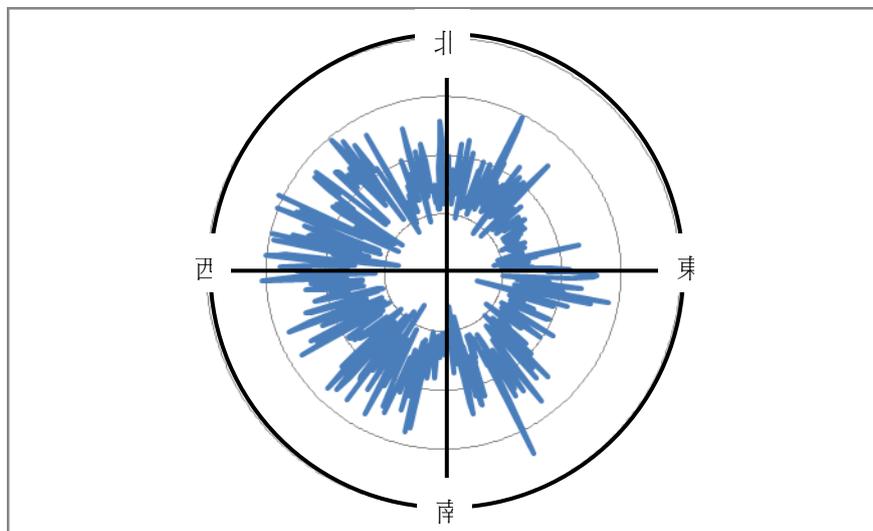


圖 75 2009 年 8 月 2 日風向變化圖

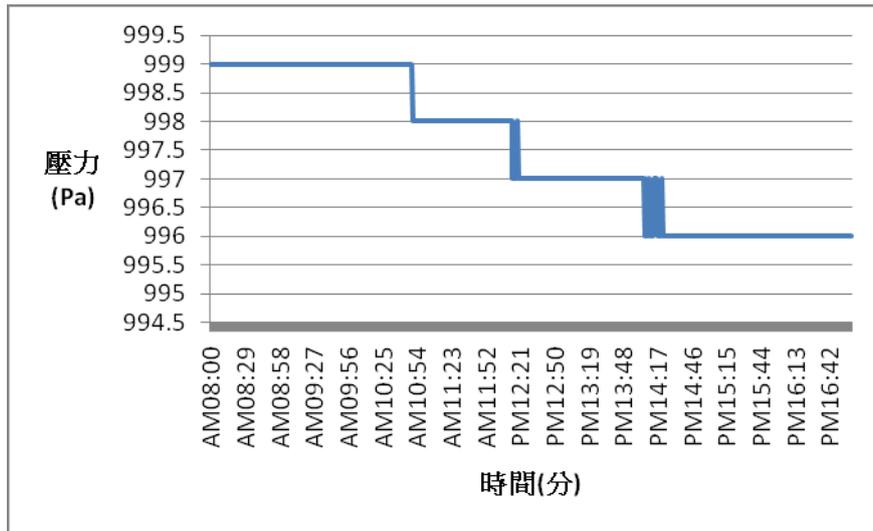


圖 76 2009 年 8 月 2 日壓力變化圖

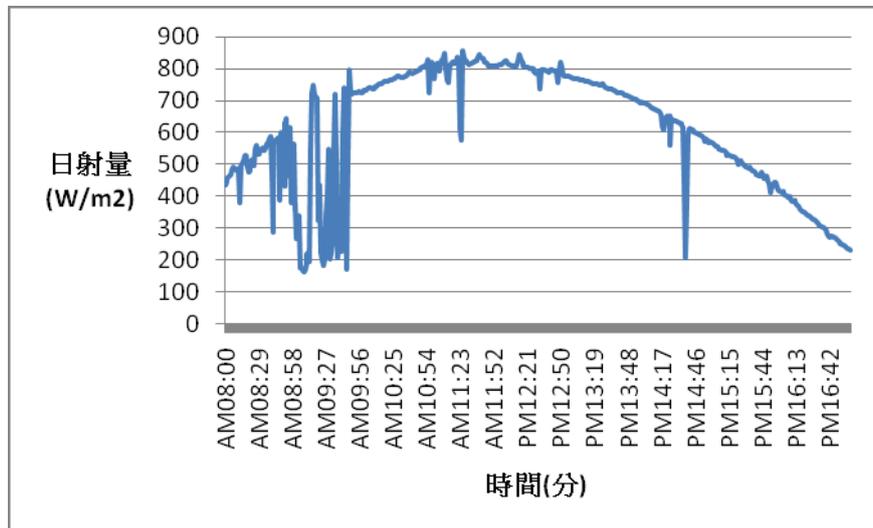


圖 77 2009 年 8 月 2 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 14 日物理環境資料

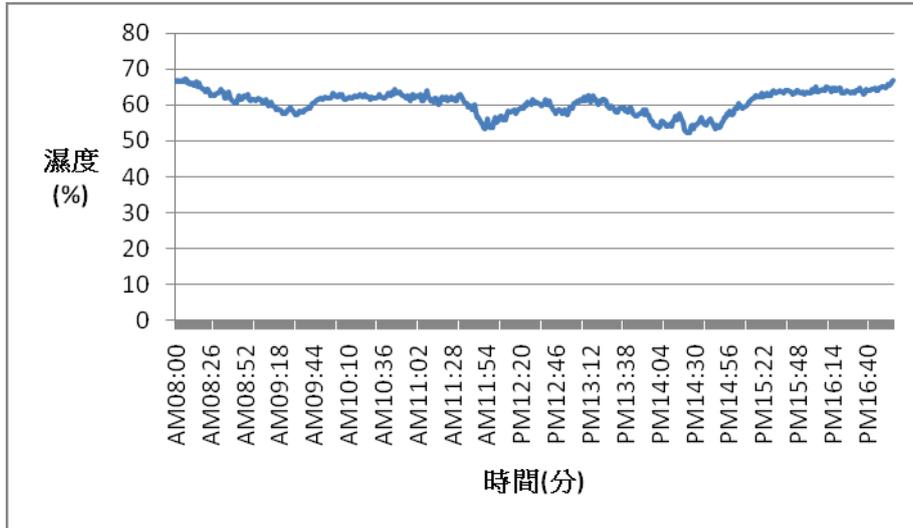


圖 78 2009 年 8 月 14 日溼度變化圖

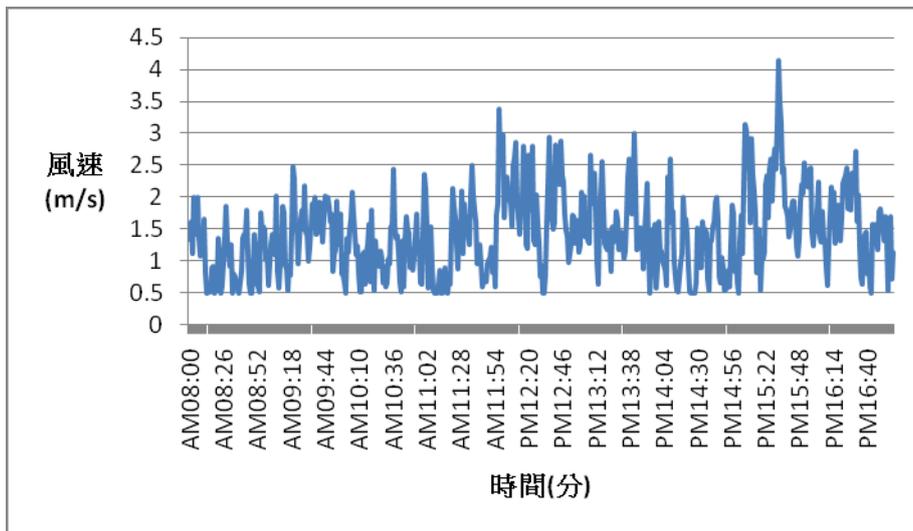


圖 79 2009 年 8 月 14 日風速變化圖

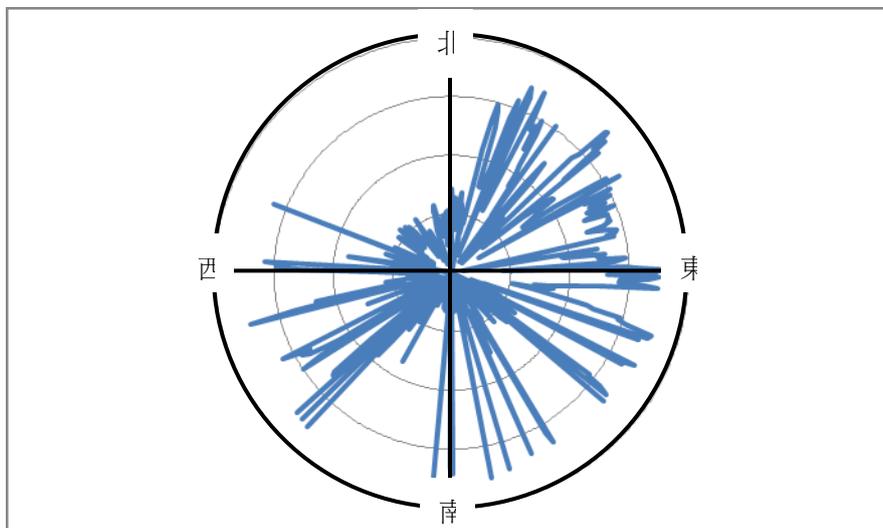


圖 80 2009 年 8 月 14 日風向變化圖

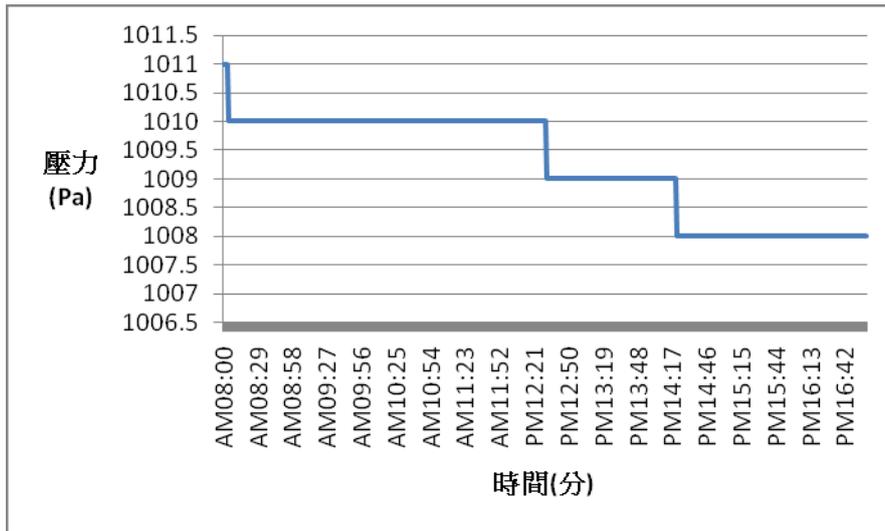


圖 81 2009 年 8 月 14 日壓力變化圖

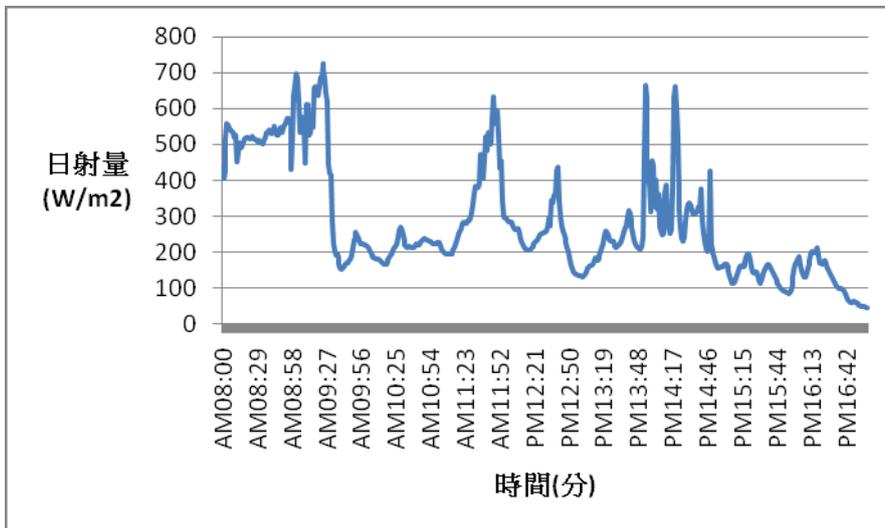


圖 82 2009 年 8 月 14 日日射量變化圖

● 2009年8月15日物理環境資料



圖 83 2009年8月15日溼度變化圖

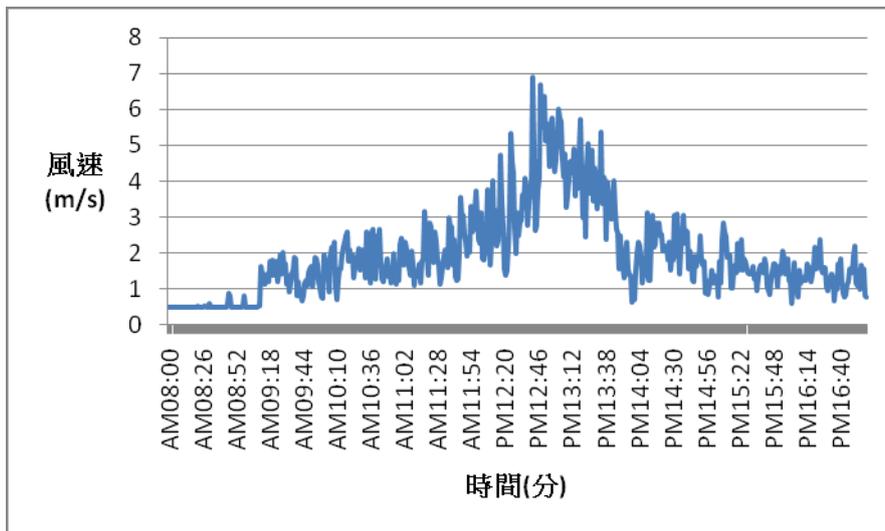


圖 84 2009年8月15日風速變化圖

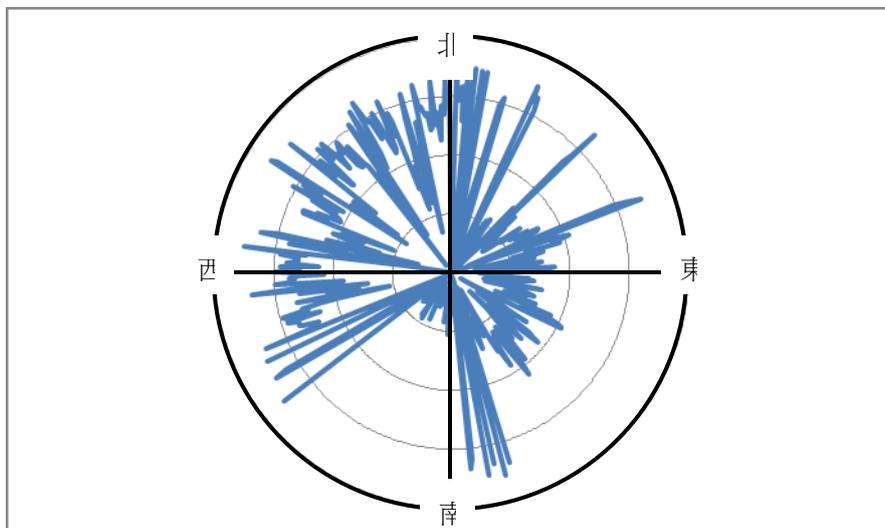


圖 85 2009 年 8 月 15 日風向變化圖

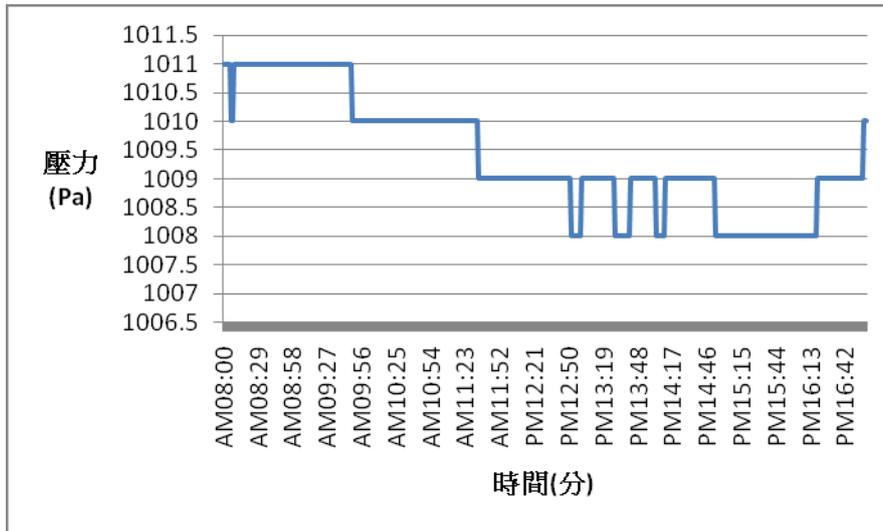


圖 86 2009 年 8 月 15 日壓力變化圖



圖 87 2009 年 8 月 15 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 16 日物理環境資料



圖 88 2009 年 8 月 16 日溼度變化圖

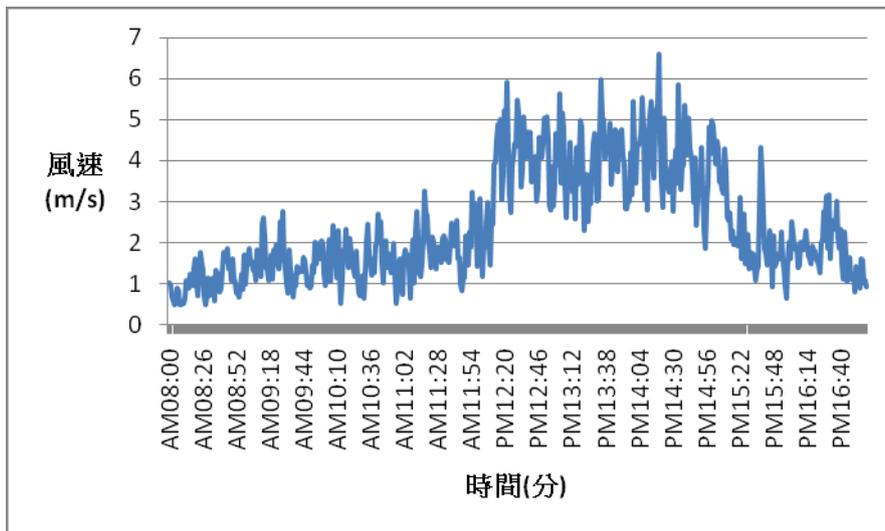


圖 89 2009 年 8 月 16 日風速變化圖

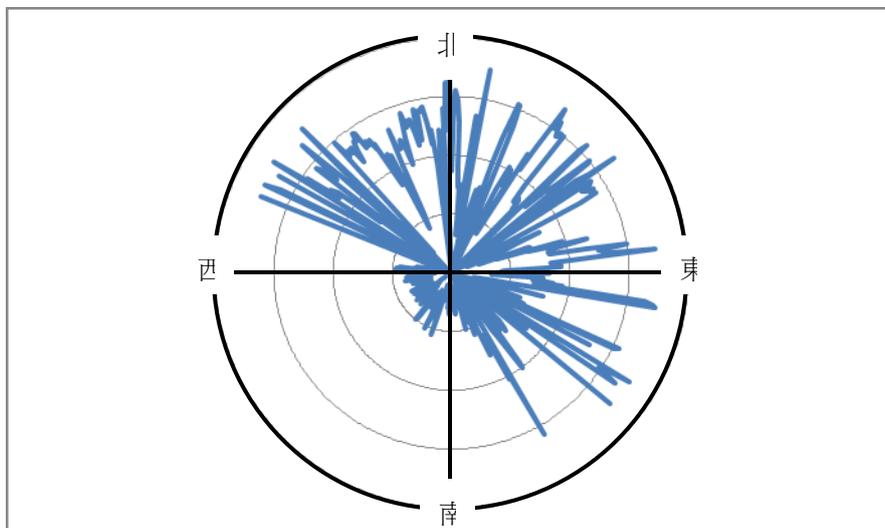


圖 90 2009 年 8 月 16 日風向變化圖

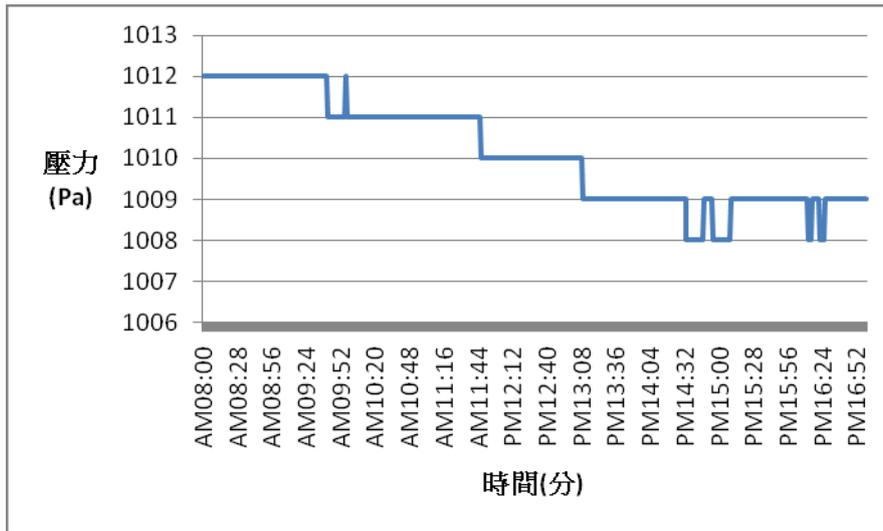


圖 91 2009 年 8 月 16 日壓力變化圖



圖 92 2009 年 8 月 16 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 17 日物理環境資料



圖 93 2009 年 8 月 17 日溼度變化圖

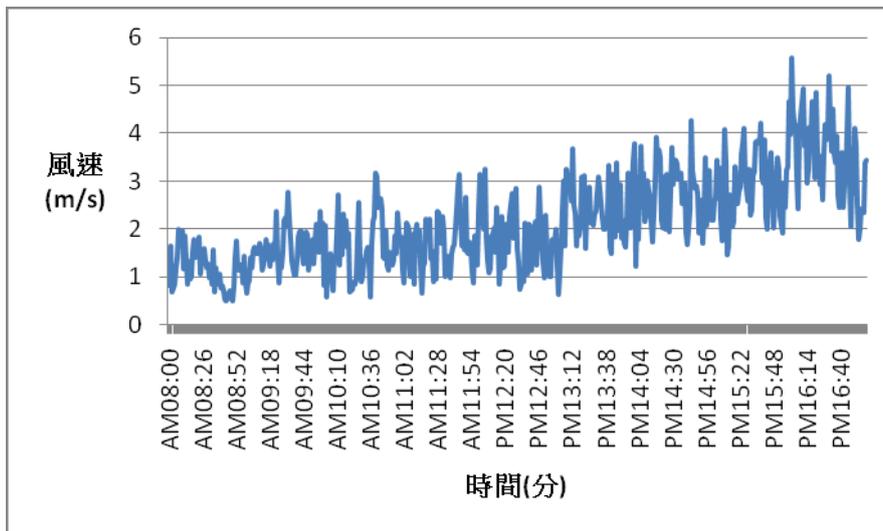


圖 94 2009 年 8 月 17 日風速變化圖

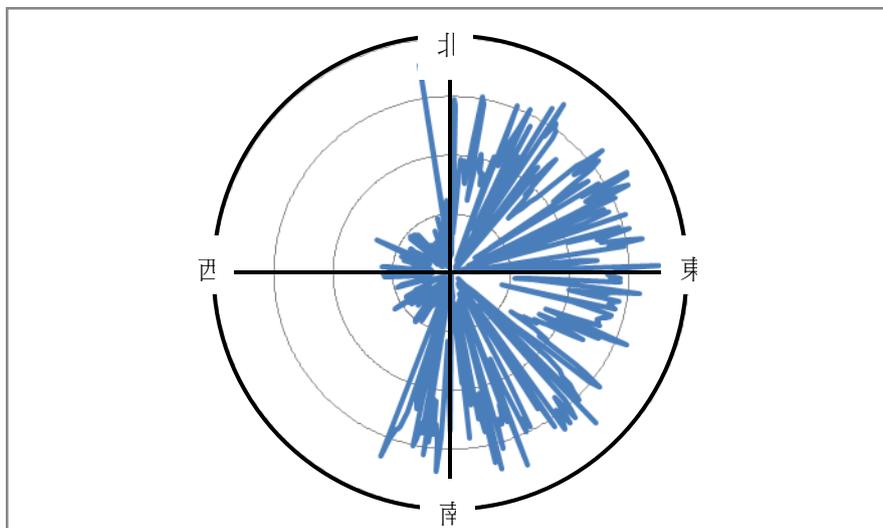


圖 95 2009 年 8 月 17 日風向變化圖

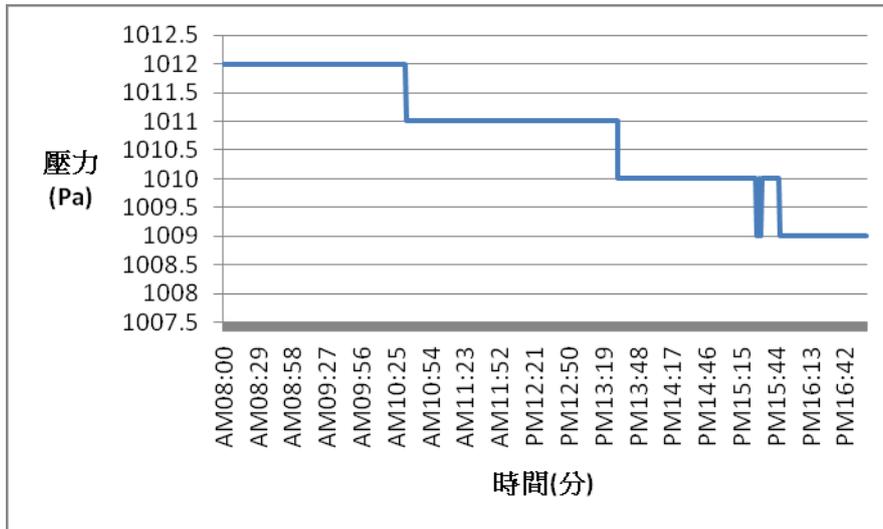


圖 96 2009 年 8 月 17 日壓力變化圖

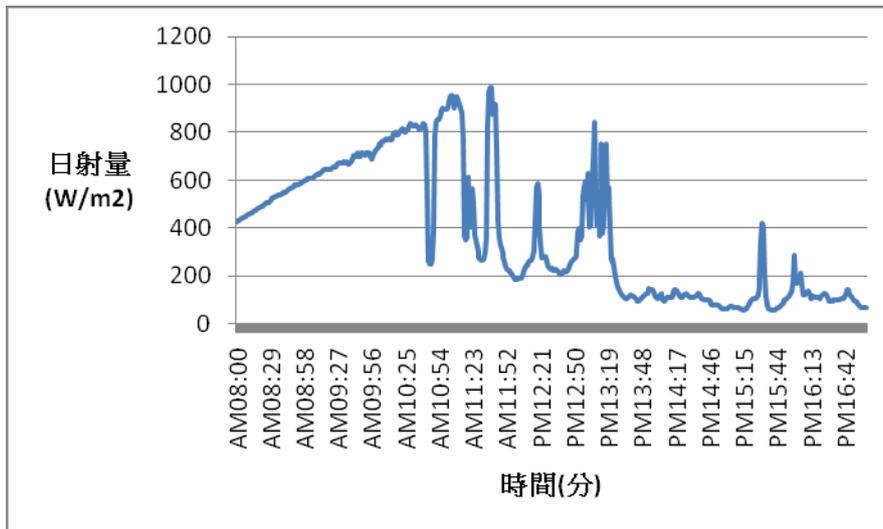


圖 97 2009 年 8 月 17 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 21 日物理環境資料

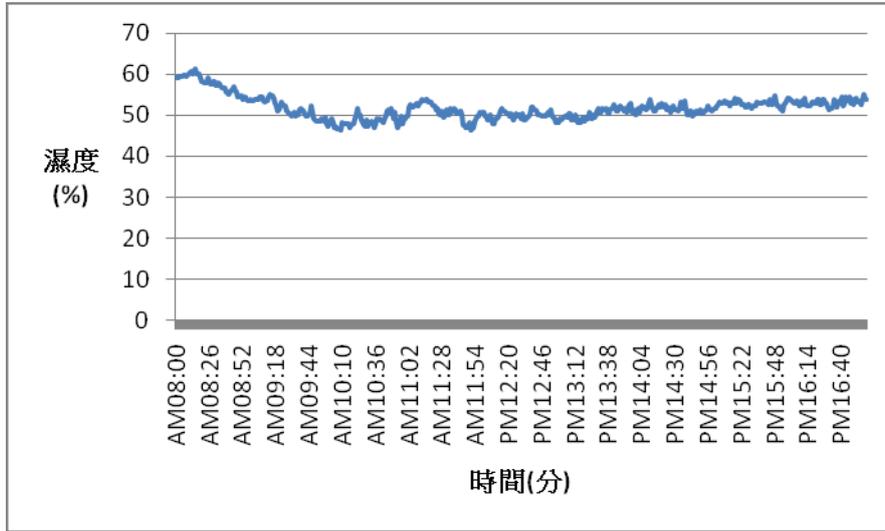


圖 98 2009 年 8 月 21 日溼度變化圖

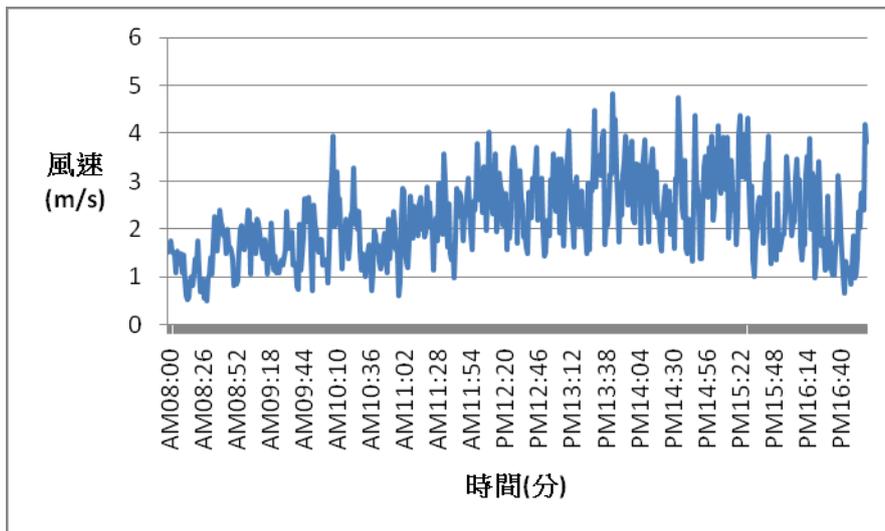


圖 99 2009 年 8 月 21 日風速變化圖

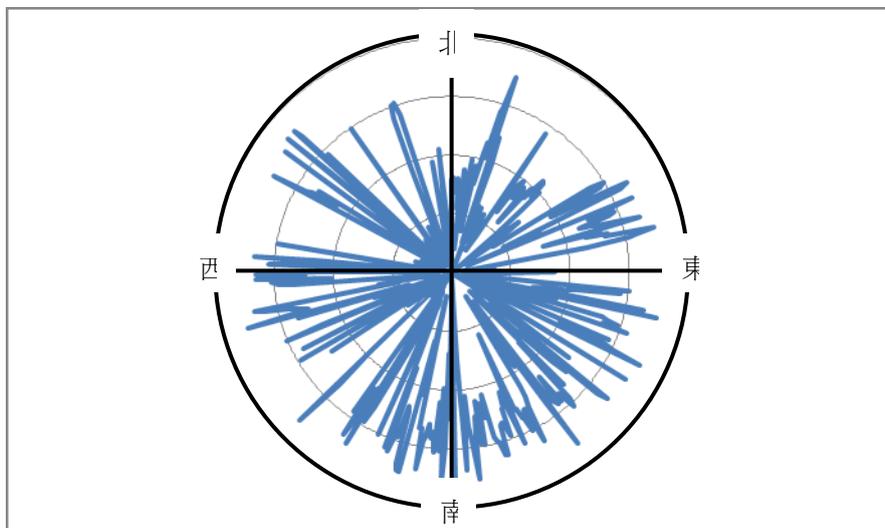


圖 100 2009 年 8 月 21 日風向變化圖

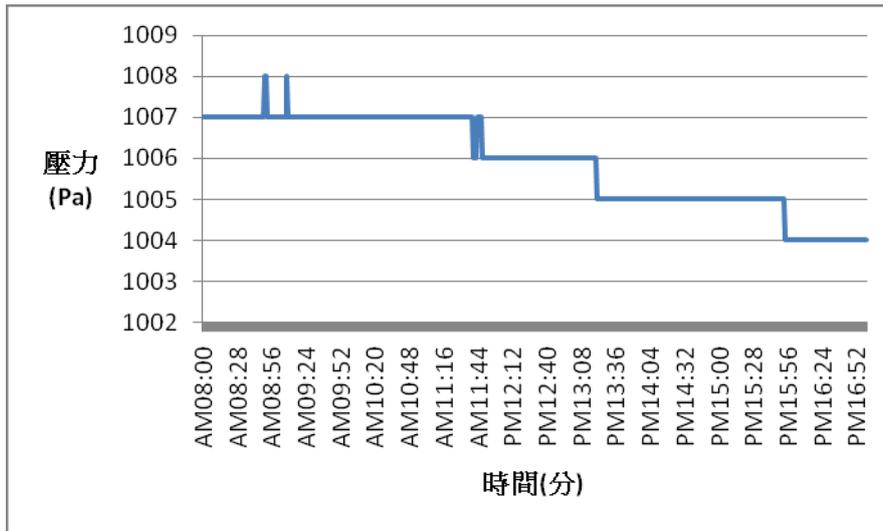


圖 101 2009 年 8 月 21 日壓力變化圖

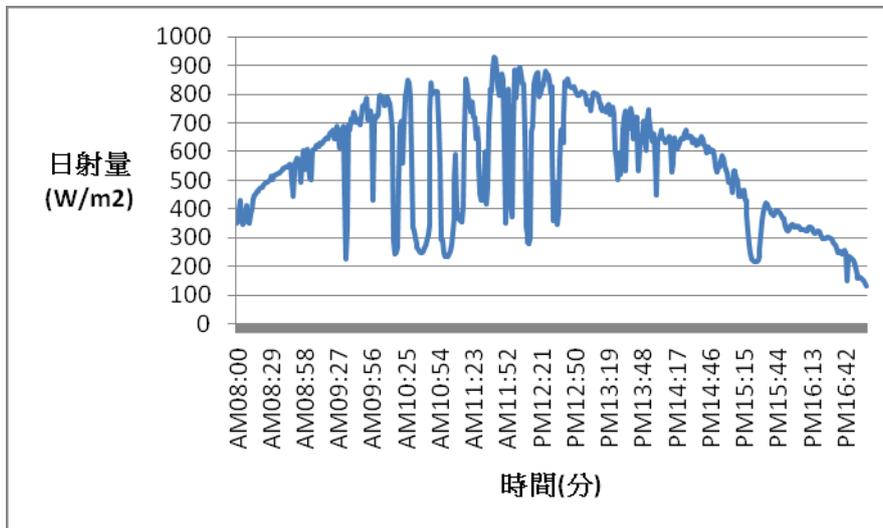


圖 102 2009 年 8 月 21 日日射量變化圖

● 2009年8月22日物理環境資料

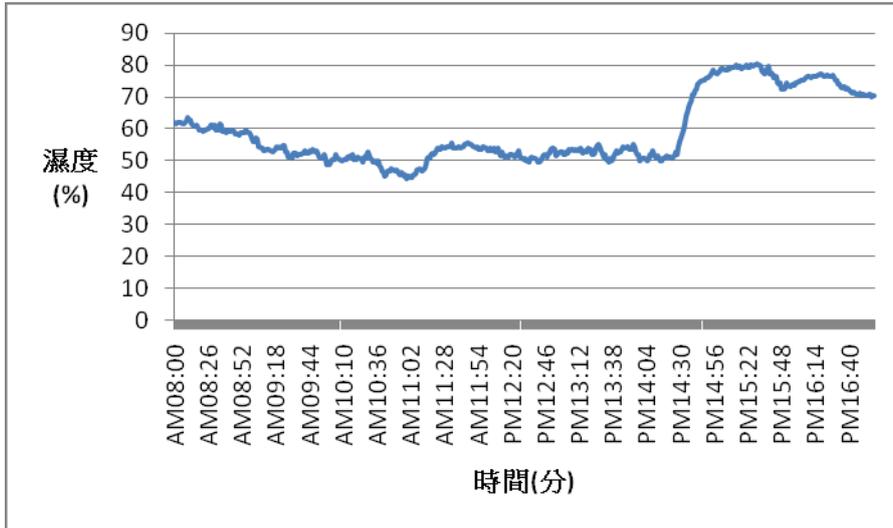


圖 103 2009年8月22日溼度變化圖

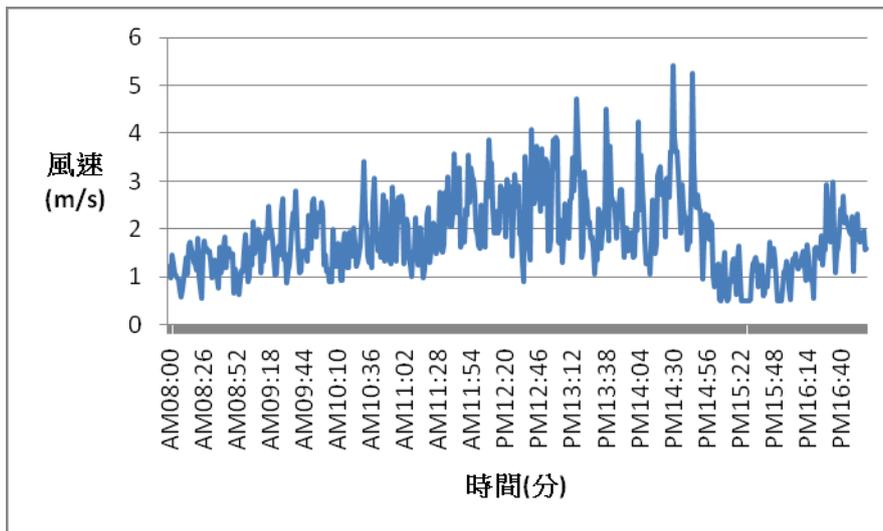


圖 104 2009年8月22日風速變化圖

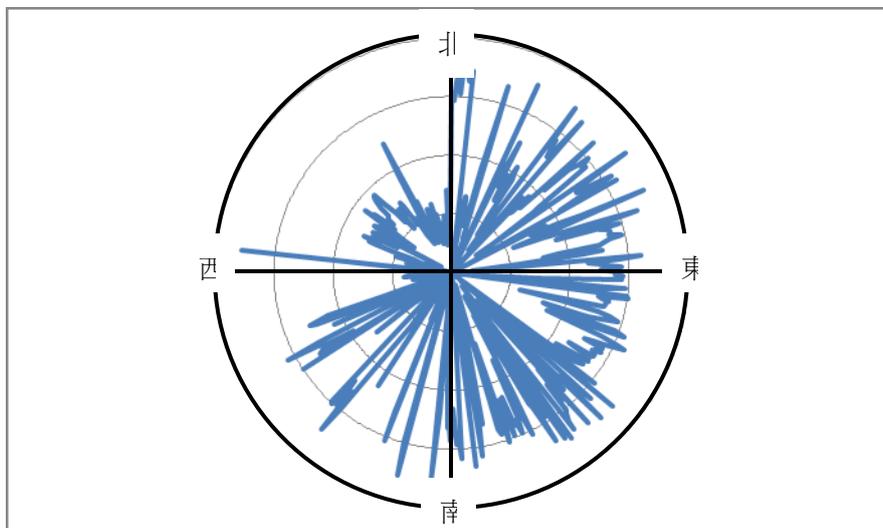


圖 105 2009 年 8 月 22 日風向變化圖

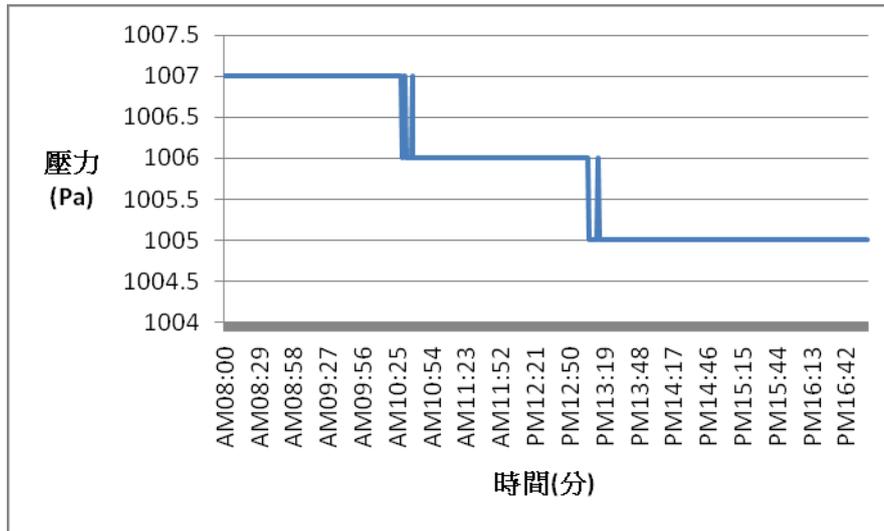


圖 106 2009 年 8 月 22 日壓力變化圖

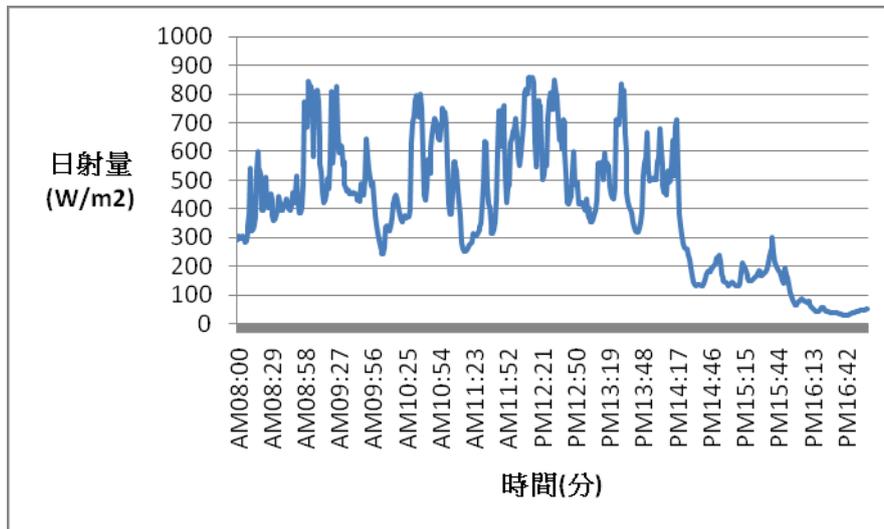


圖 107 2009 年 8 月 22 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 23 日物理環境資料



圖 108 2009 年 8 月 23 日溼度變化圖

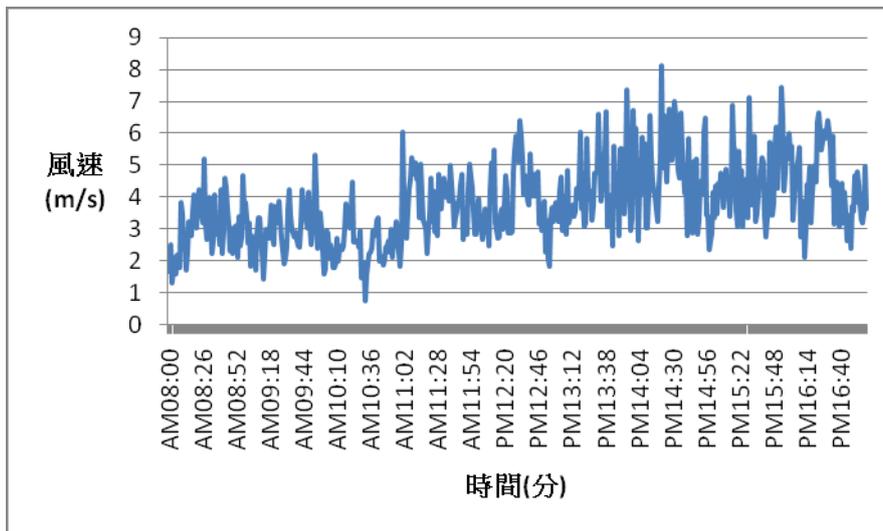


圖 109 2009 年 8 月 23 日風速變化圖

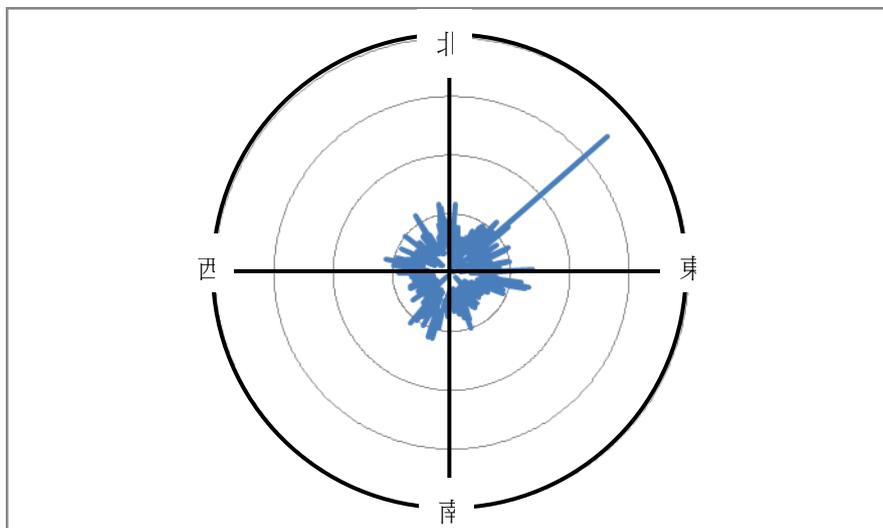


圖 110 2009 年 8 月 23 日風向變化圖

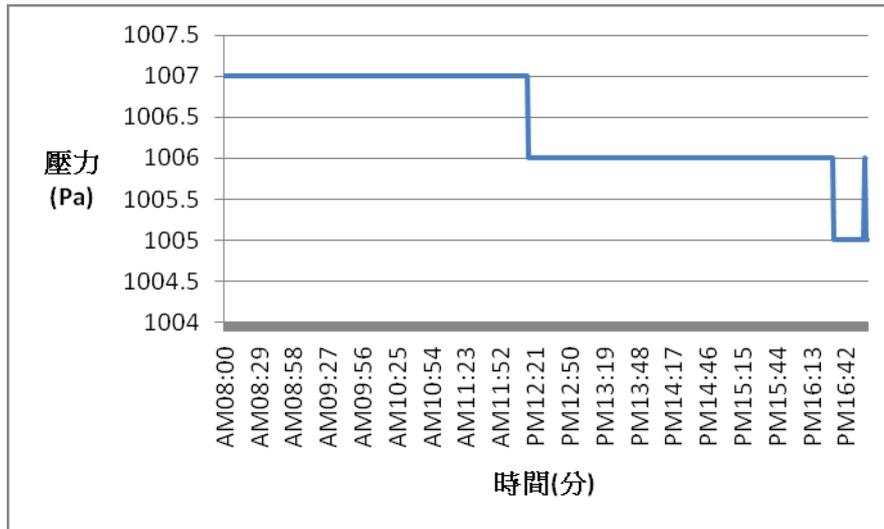


圖 111 2009 年 8 月 23 日壓力變化圖

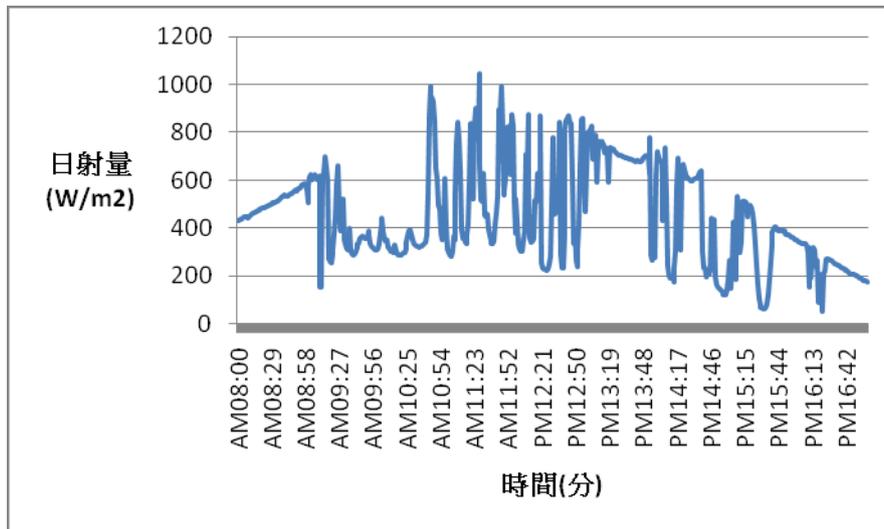


圖 112 2009 年 8 月 23 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 24 日物理環境資料

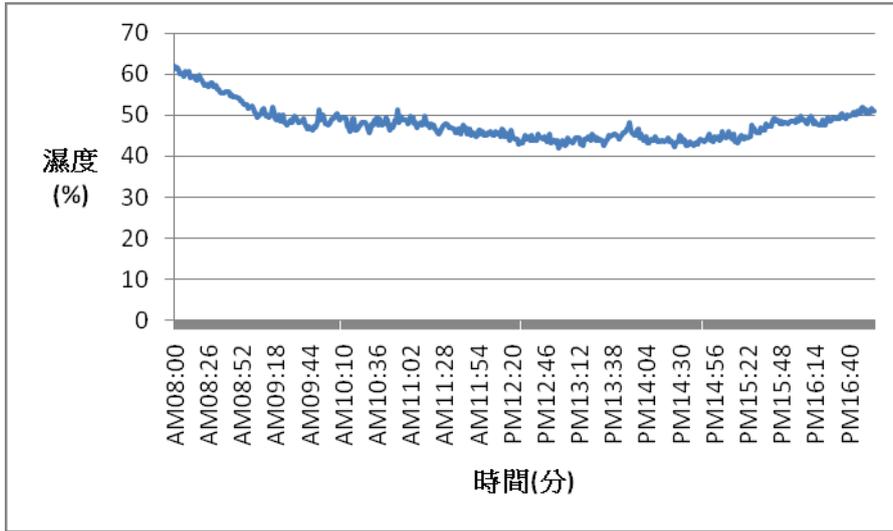


圖 113 2009 年 8 月 24 日溼度變化圖

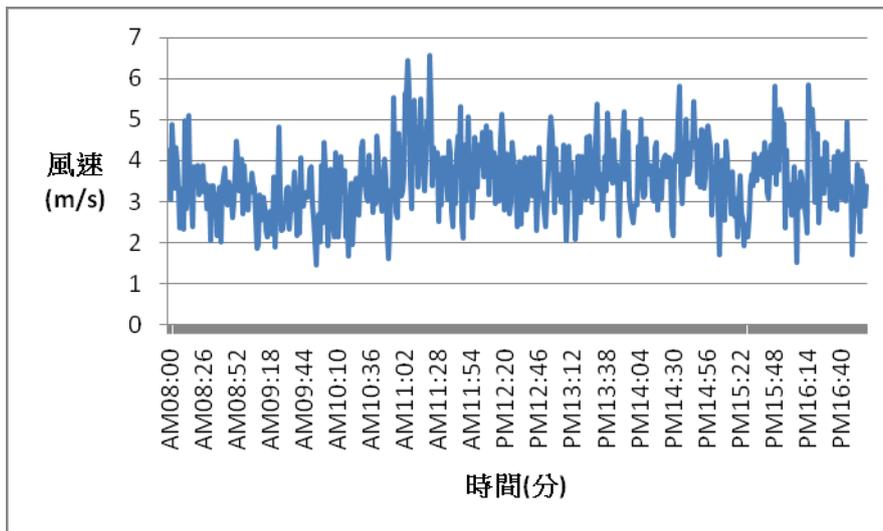


圖 114 2009 年 8 月 24 日風速變化圖

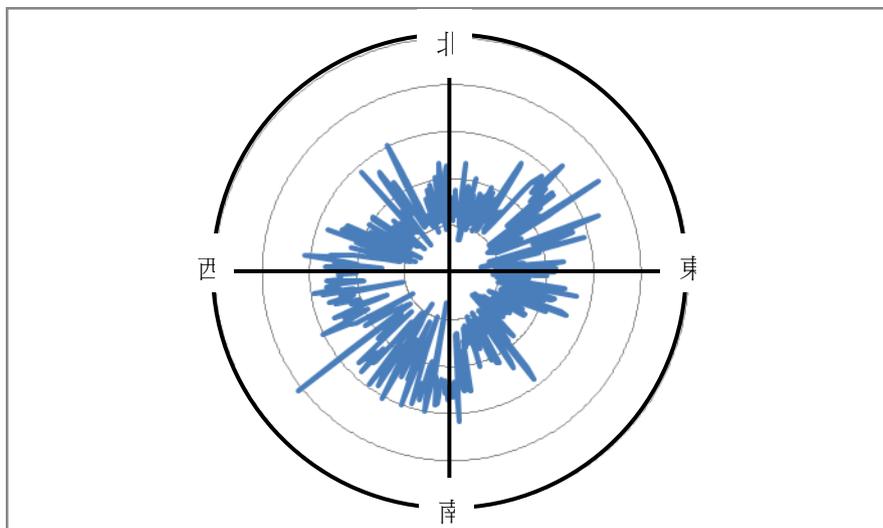


圖 115 2009 年 8 月 24 日風向變化圖

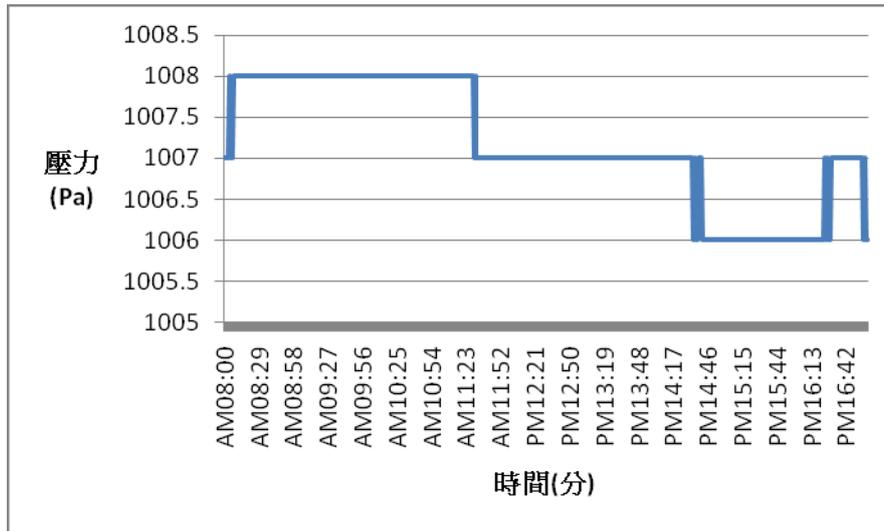


圖 116 2009 年 8 月 24 日壓力變化圖

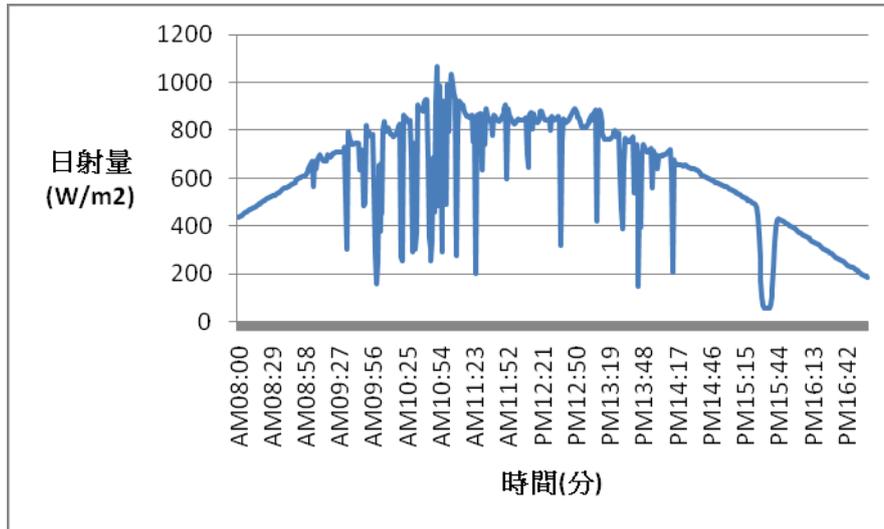


圖 117 2009 年 8 月 24 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 25 日物理環境資料

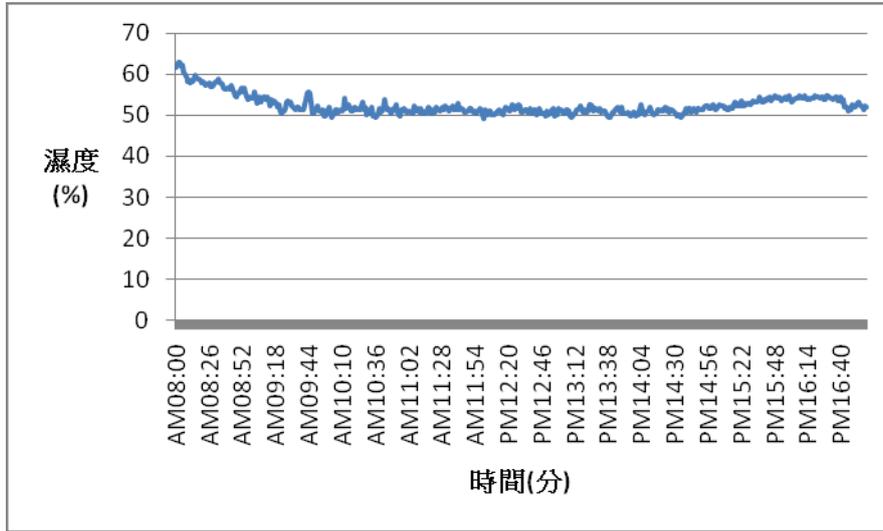


圖 118 2009 年 8 月 25 日溼度變化圖

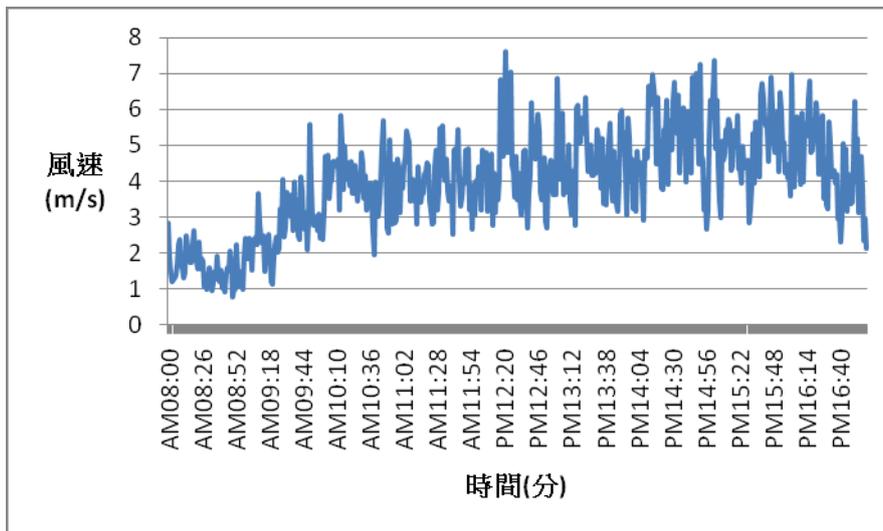


圖 119 2009 年 8 月 25 日風速變化圖

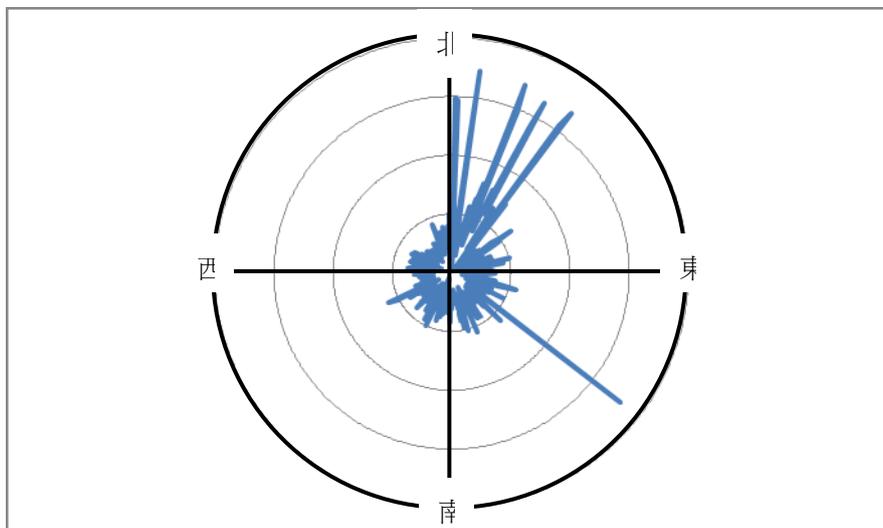


圖 120 2009 年 8 月 25 日風向變化圖

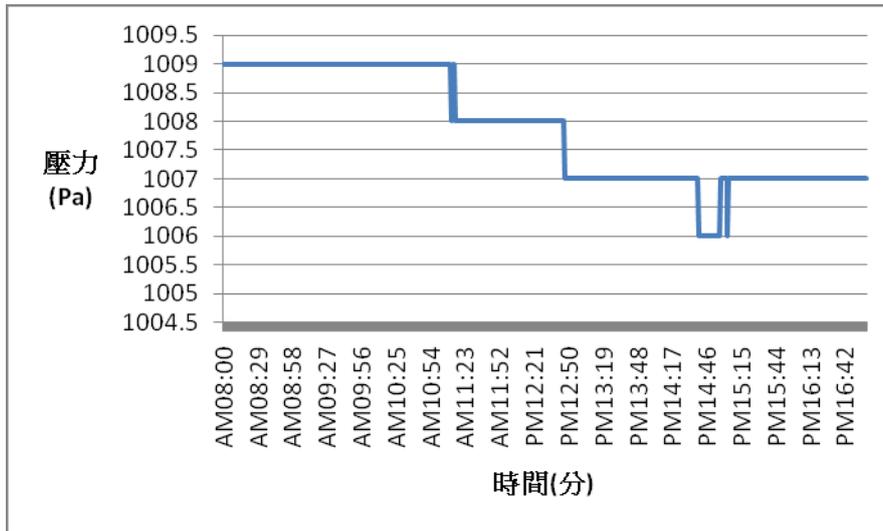


圖 121 2009 年 8 月 25 日壓力變化圖

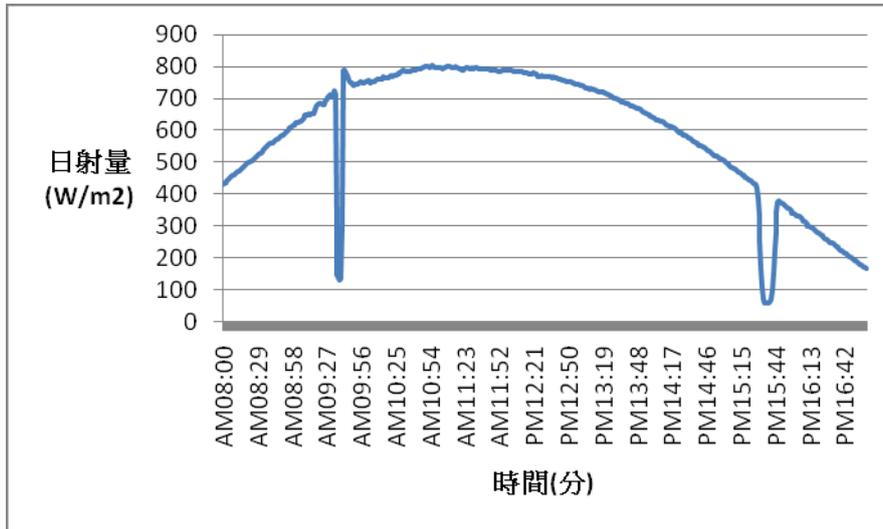


圖 122 2009 年 8 月 25 日日射量變化圖

● 2009年8月26日物理環境資料

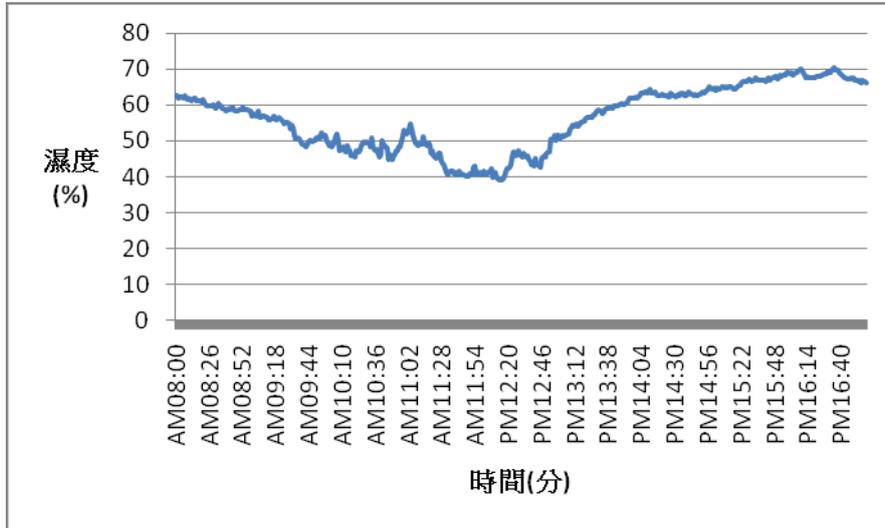


圖 123 2009年8月26日溼度變化圖

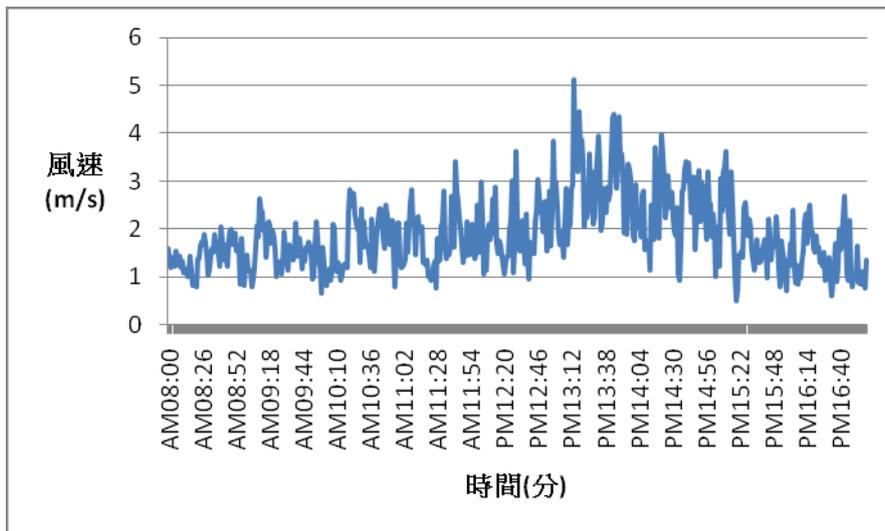


圖 124 2009年8月26日風速變化圖

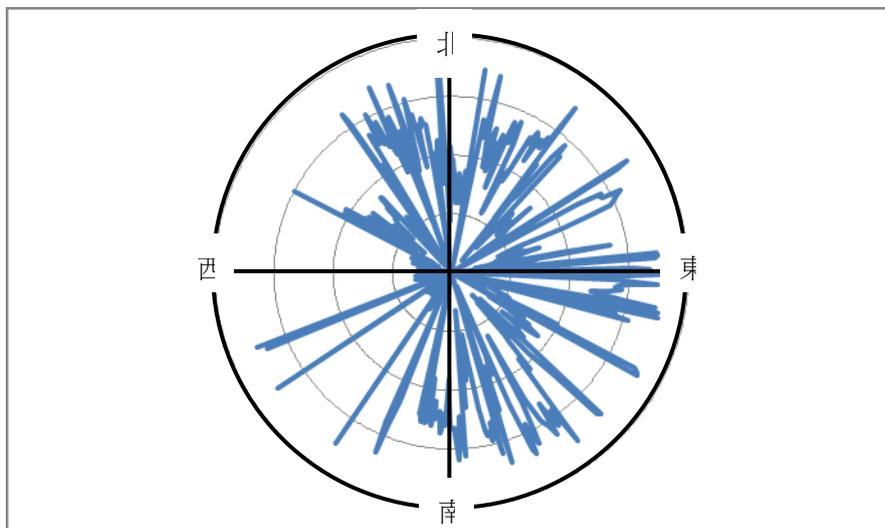


圖 125 2009 年 8 月 26 日風向變化圖

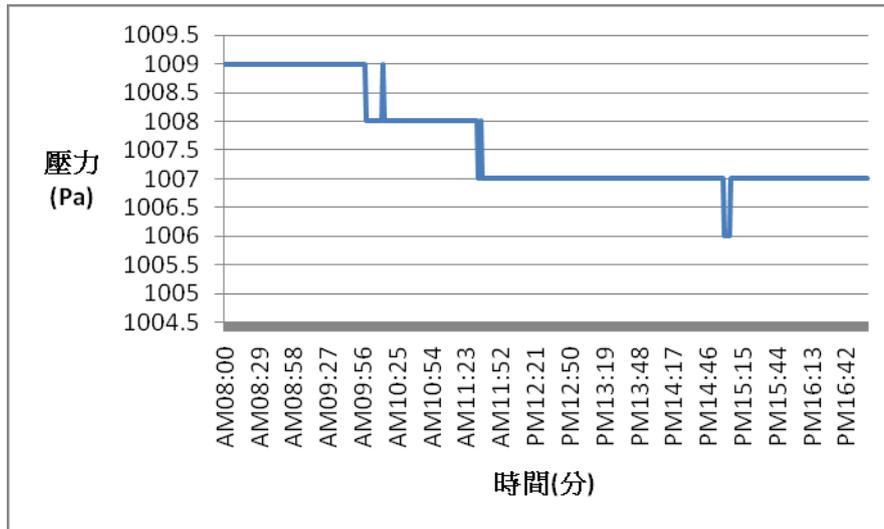


圖 126 2009 年 8 月 26 日壓力變化圖



圖 127 2009 年 8 月 26 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 27 日物理環境資料

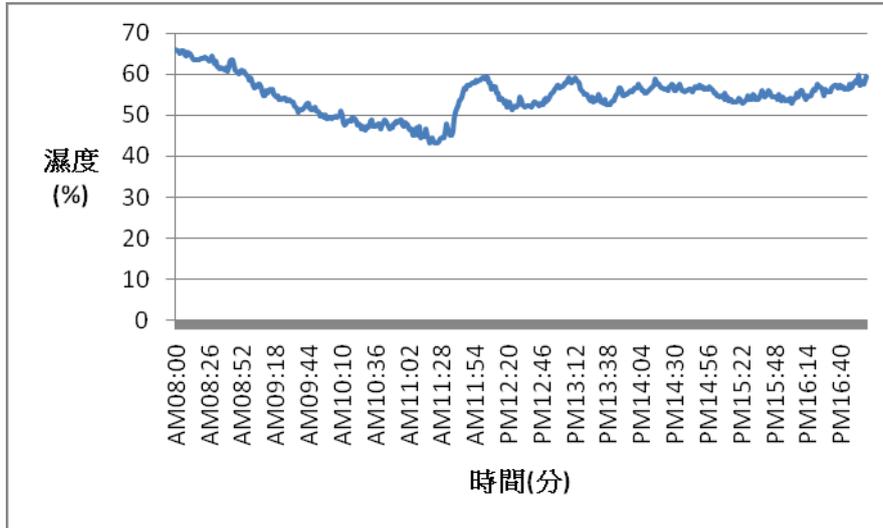


圖 128 2009 年 8 月 27 日溼度變化圖

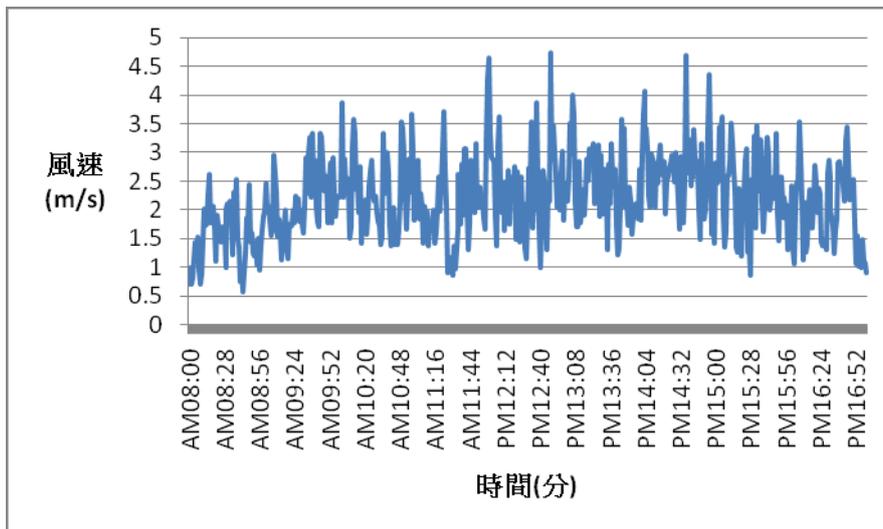


圖 129 2009 年 8 月 27 日風速變化圖

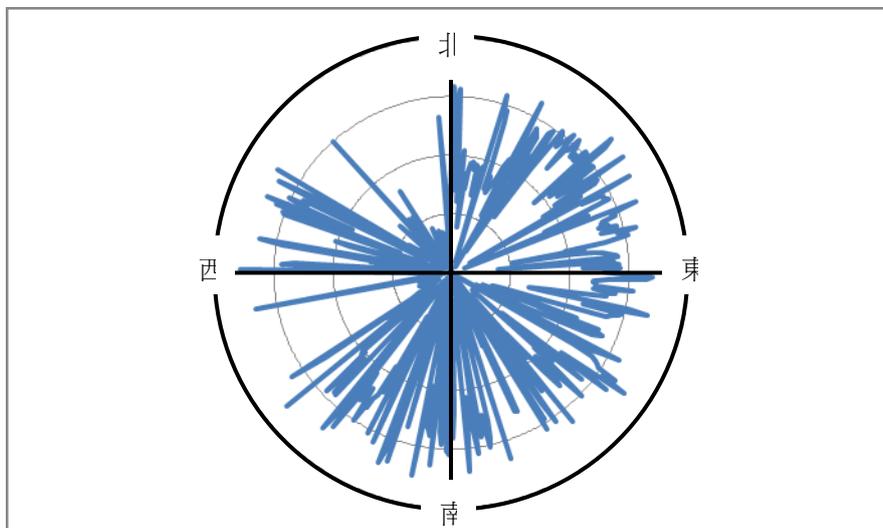


圖 130 2009 年 8 月 27 日風向變化圖

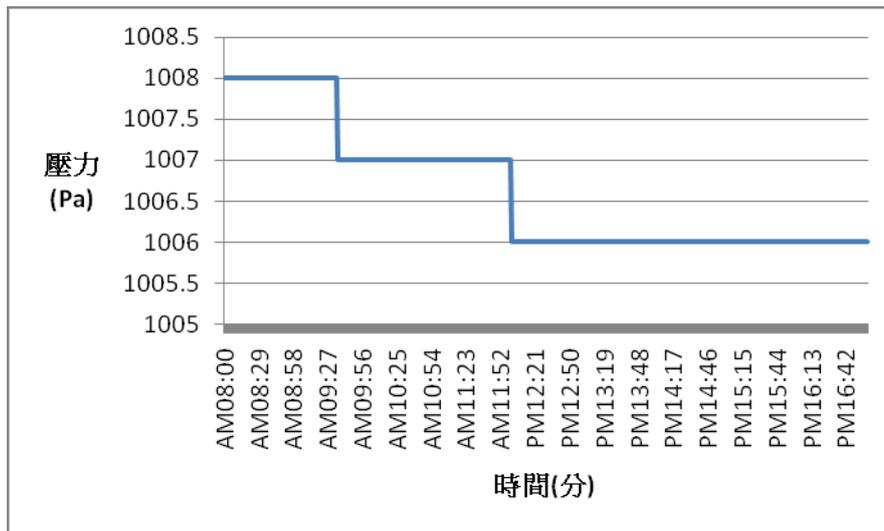


圖 131 2009 年 8 月 27 日壓力變化圖

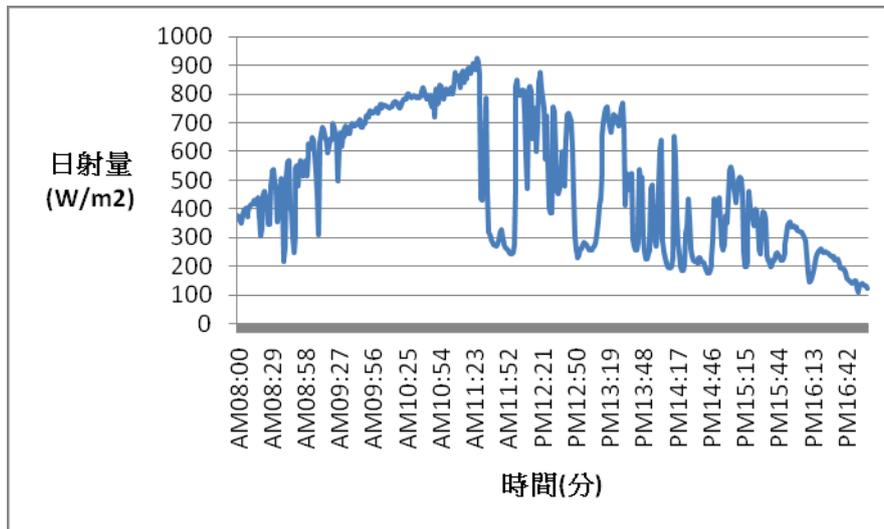


圖 132 2009 年 8 月 27 日日射量變化圖

● 2009 年 8 月 28 日物理環境資料

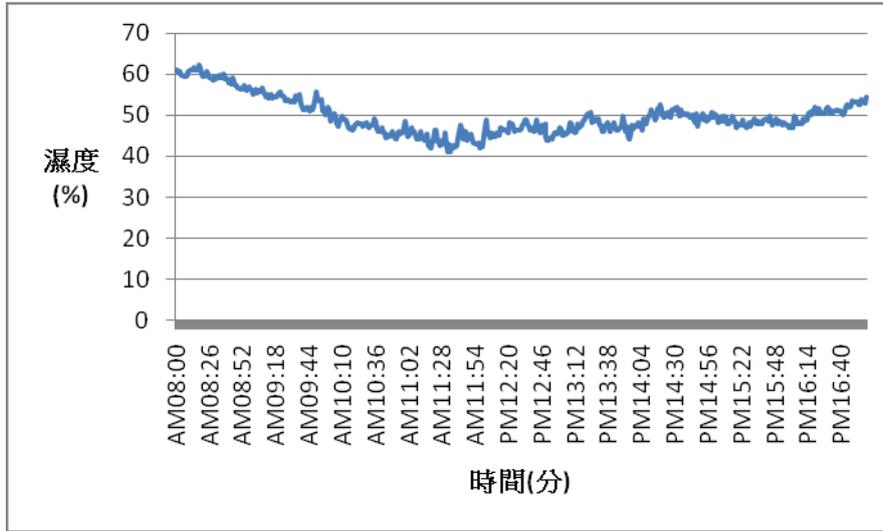


圖 133 2009 年 8 月 28 日溼度變化圖

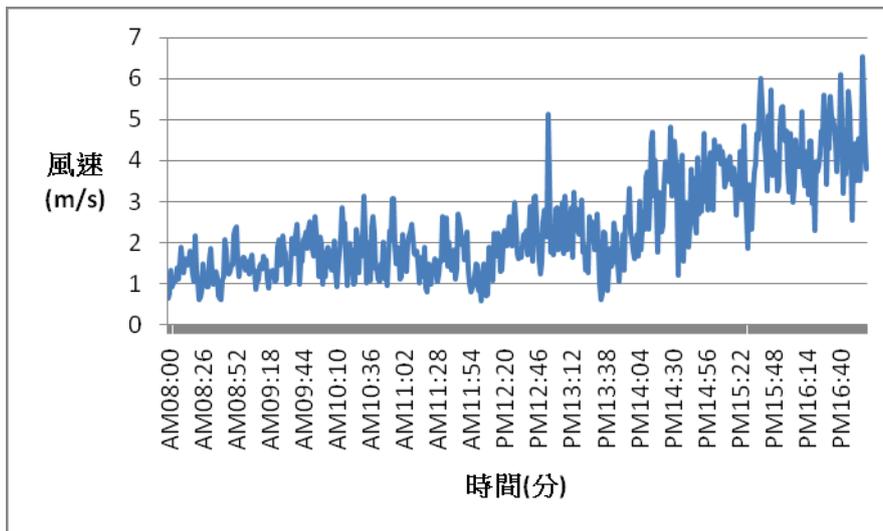


圖 134 2009 年 8 月 28 日風速變化圖

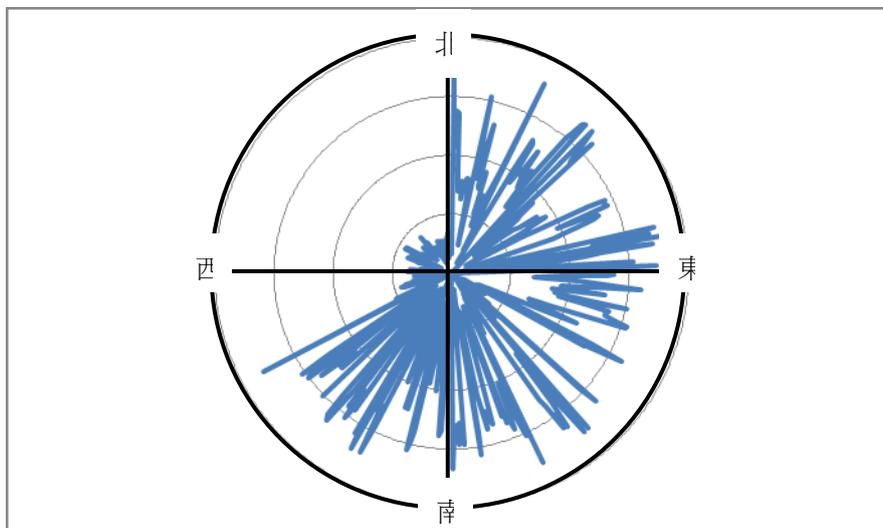


圖 135 2009 年 8 月 28 日風向變化圖

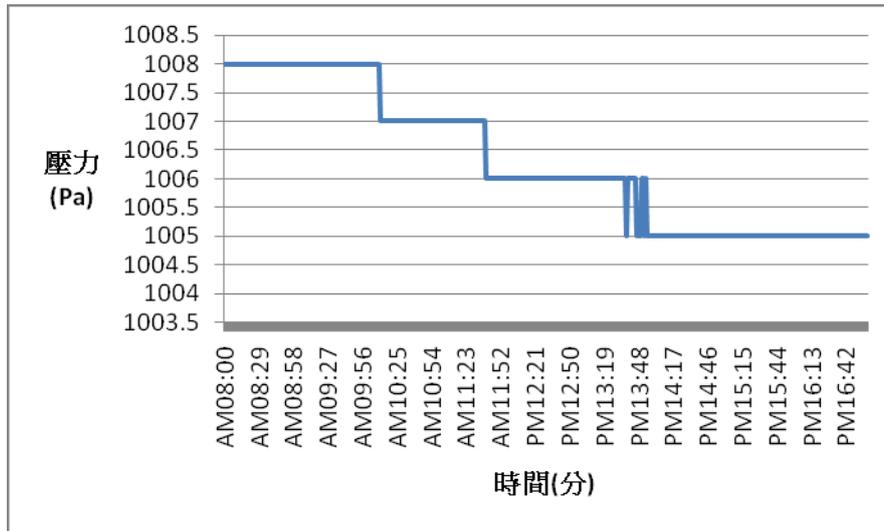


圖 136 2009 年 8 月 28 日壓力變化圖

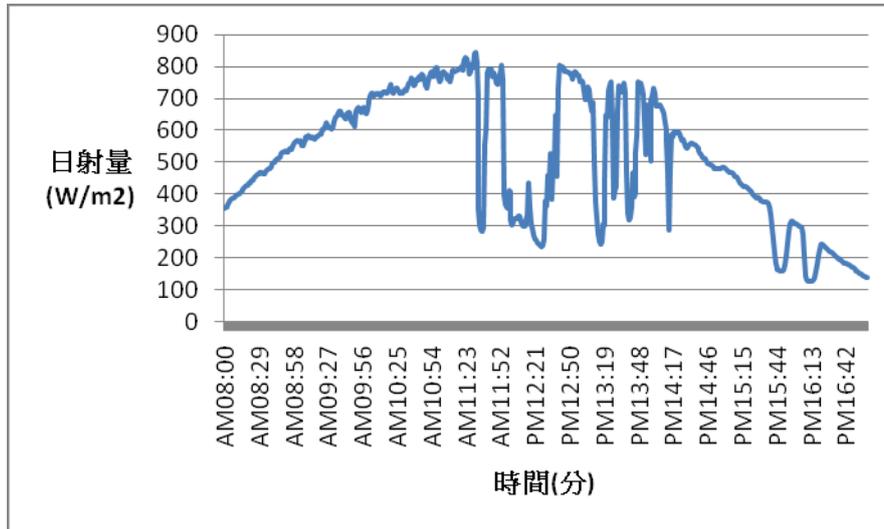


圖 137 2009 年 8 月 28 日日射量變化圖

4.4. 節能效益模擬推估

本節旨在於了解在測試的密閉空間中，就實驗結果，進行推估 2F 塑鋼窗較 3F 鋁框窗，可節省多少空調電力消耗（圖 138）。

推估值選擇在溫度高於攝氏 30 度時之數值進行比較，推估當室內溫、溼度要降至人體舒適溫、溼度時，所需處理的熱量為何。

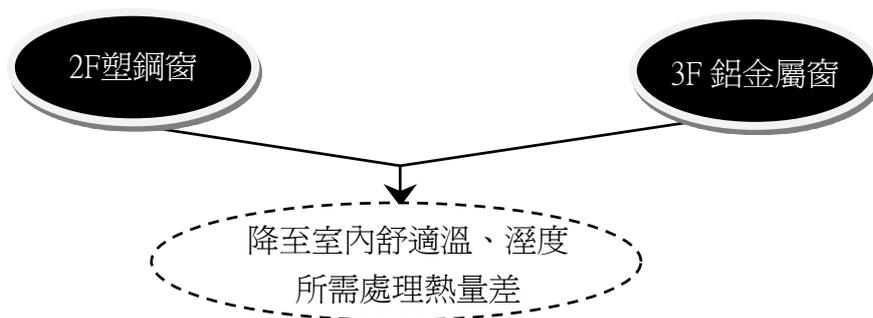


圖 138 評估方式說明簡圖

計算上，為了瞭解每單位空間中降低溫度需處理的熱量，因此將溫溼度的數值轉換為熱焓，計算一公斤空氣中所含之熱量大小，以及一立方公尺空氣中所含的熱量大小。推估計算步驟如圖 139 所示。選擇某時刻數值為基準，再設定人體舒適熱焓，並計算選出時刻的室內熱焓與理想熱焓差異，將此差異換算為每立方公尺需處理的熱量，即能瞭解使用塑鋼窗及鋁金屬窗的耗電差異，進而得知其節能效益。

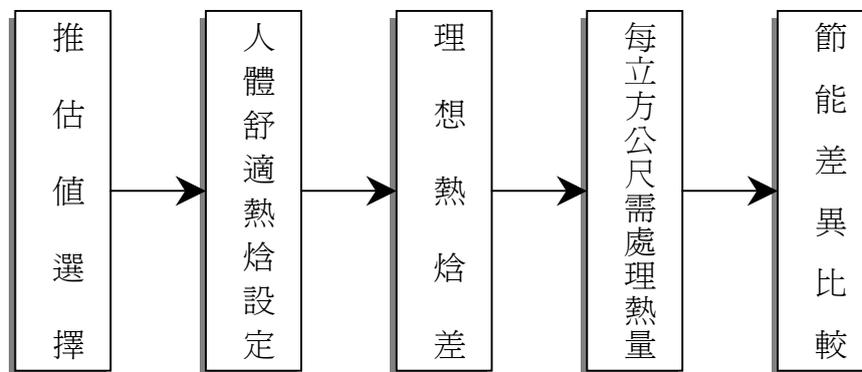


圖 139 節能效益計算步驟流程圖

1.推估值選擇

經由測試後的數值資料比對得知，98年8月28日下午14:30的測試數值為溫差差異較大之一日，因此，在節能效益的推估上選擇當天為計算基準。8月28日當天經實測後得知，室外大氣溫度 35.8°C ，室外相對溼度 51.5% ；2F塑鋼窗的室內溫度為 27.7°C ，室內相對溼度為 65.2% ；3F鋁金屬窗的室內溫度為 29.9°C ，室內相對溼度為 63.4% 。當天溫度和濕度分別整理如圖140和圖141。

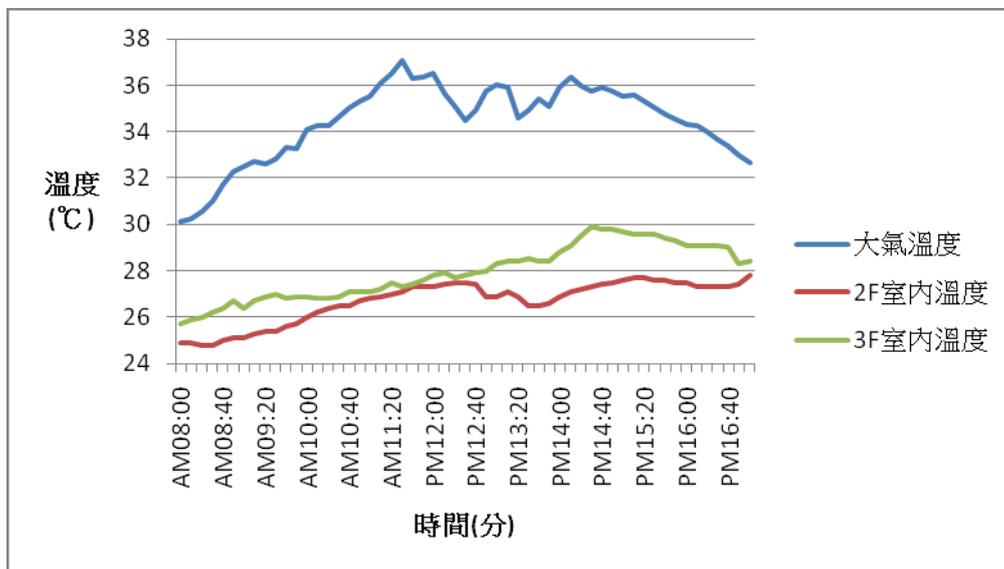


圖 140 2009年8月28日室內外溫度變化圖

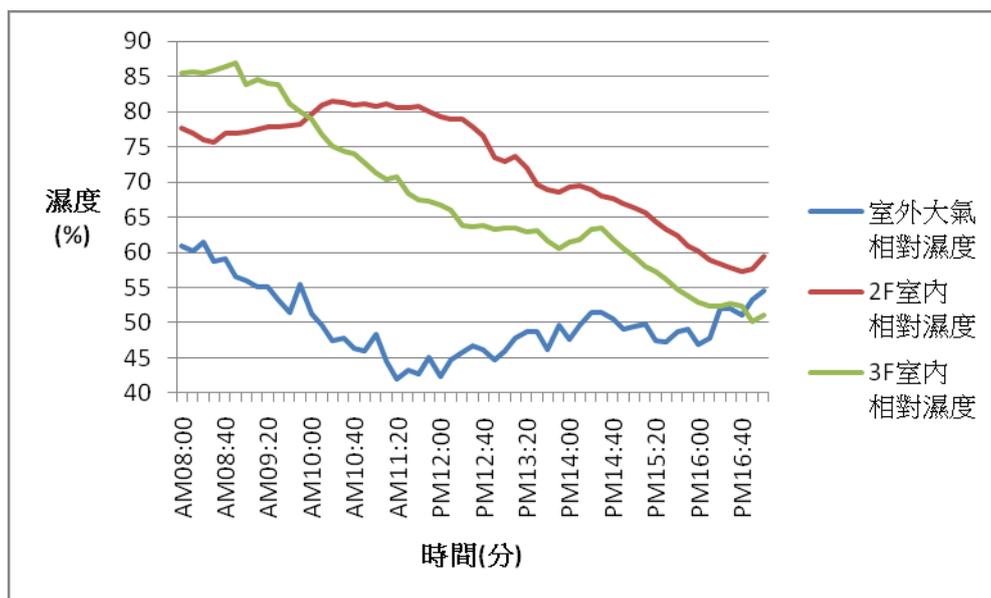


圖 141 2009 年 8 月 28 日室內外濕度變化圖

2.人體舒適熱焓設定

依據與台灣鄰近國家－日本所訂室內舒適溫溼度環境報告指出，人體室內舒適熱環境，溫度介於 17~28℃，溼度介於 40~70%之間。本測試將人體室內舒適溫度設定為 25℃、溼度為 50%作為假設計算基準，將此溫、溼度換算成熱焓時，則理想熱焓為 12.0 kcal/kg’。

3.理想熱焓差

計算前述該時段室內熱焓與理想熱焓差值，如表 3 所示，2F 室內熱焓要下降至理想熱焓需處理熱量為 3.9 kcal/kg’；3F 室內熱焓要下降至理想熱焓需處理熱量為 5.5 kcal/kg’。

表 3 室內理想熱焓差對照表

項 目	溫度 [°C]	相對溼度 [%]	熱焓 [kcal/kg’]	
2F	室外	35.8	51.5	20.3
	室內	27.7	65.2	15.9
	室內理想	25.0	50.0	12.0
	原室內熱焓降至室內理想熱焓差		3.9	
3F	室外	35.8	51.5	20.3
	室內	29.9	63.4	17.5
	室內理想	25.0	50.0	12.0
	原室內熱焓降至室內理想熱焓差		5.5	

註：熱焓代表每一公斤空氣降至舒適溫溼度所必須處理的熱量。

4.每立方公尺需處理熱量

從次頁表 4 中的計算結果可以知道，2F 室內空間要下降至舒適溫溼度環境時，每立方公尺需處理的熱量為 4.6kcal；3F 室內空間要下降至舒適溫溼度環境時，每立方公尺需處理的熱量為 6.4kcal。

表 4 每立方公尺需處理單位熱量

項 目	計 算
2F (使用塑鋼窗)	當室內 27.7°C 降至 25°C，溼度 65.2% 降至 50% 時，將每公斤空氣需處理熱量轉為每立方公尺需處理熱量。 $3.9 \text{ kcal/kg} \times 1.173 \text{ kg/m}^3 = 4.6 \text{ kcal/ m}^3$
3F (使用金屬窗)	當室內 29.9°C 降至 25°C，溼度 63.4 % 降至 50% 時，將每公斤空氣需處理熱量轉為每立方公尺需處理熱量。 $5.5 \text{ kcal/kg} \times 1.165 \text{ kg/m}^3 = 6.4 \text{ kcal/ m}^3$
備註	a. 當溫度為 28°C 時，密度為 1.173 kg/m ³ 。 b. 當溫度為 30°C 時，密度為 1.165 kg/m ³ 。

5. 節能差異比較

當室內溫濕度要降至人體舒適溫溼度環境時，使用塑鋼窗的 2F 室內空間與使用金屬窗的 3F 室內空間，兩空間的耗能差異，比較結果如下：

2F/3F：

$$4.6 / 6.4 \times 100\% = 71.9\%$$

從上式計算結果可知，使用塑鋼窗可較使用鋁框窗，約可節省 28.1% 的空調運轉支出。

6. 節能效益模擬

條件假設：住宅建築室內面積 100m²，室內高度為 3m，夏季 6 月~9 月（共計四個月=122 天）每天皆使用空調，每天使用 8 小時，共計 976 小時，若把鋁框窗改用塑鋼窗，則每立方公尺空間約可節省 1.8kcal 的空調耗能量。

整體可節省空調耗電量及費用計算推估如下：

$$1.8 \text{ kcal/m}^3 \times 100 \text{ m}^2 \times 3\text{m} = 540 \text{ kcal}$$

$$540 \text{ kcal} \times 976 \text{ hr} \times 1.16/1000 = 843 \text{ kw} \cdot \text{hr}[\text{度}]$$

$$843 \times 3.6 \text{ 元} = 3,035 \text{ 元}$$

就本建築案例之模擬結果得知：夏天季節可幫助節省約 843 多度的用電量，若每度電以 3.6 元計算，則在夏季的四個月時間約可節省 3,035 元。

根據台電資料顯示，每消耗一度電約排放 0.625 公斤的二氧化碳，因此，從上式計算得結果得知 843 度電共可減少 527 公斤的碳排放量。

伍.結論與建議

本研究針對門窗的窗框部位之隔熱性能進行實測、分析與比較，最後並以模擬方式計算推估節能效益，以瞭解塑鋼窗框和鋁金屬窗框材料實際應用於建築物時之特性。希望在此研究基礎上，提供產、官、學界及消費者更進一步認識塑鋼窗之隔熱優異性。

5.1.結論

- 塑鋼窗框隔熱效果佳

在封閉空間下根據試驗結果，得知塑鋼窗框較鋁窗框材料隔熱佳，其中有一天的隔熱值最大差異達 4.3 倍，各試驗數據比較結果，整理如表 5。

表 5 塑鋼窗框與鋁窗框隔熱比較表

	塑鋼窗框			鋁窗框			兩窗隔熱 相差倍數
	外表面溫度	內表面溫度	內外表面 溫差	外表面溫度	內表面溫度	內外表面 溫差	
2009年7月31 日16時50分	59.32°C	37.21°C	22.11°C	49.79°C	44.20°C	5.59°C	3.96 倍
2009年8月01 日15時57分	55.64°C	34.86°C	20.78°C	46.35°C	40.92°C	5.43°C	3.83 倍
2009年8月02 日16時11分	57.79°C	37.95°C	19.84°C	49.11°C	43.53°C	5.53°C	3.59 倍
2009年8月25 日16時28分	52.24°C	35.34°C	16.9°C	45.81°C	40.54°C	5.27°C	3.2 倍
2009年8月26 日12時43分	42.42°C	32.18°C	10.24°C	38.62°C	36.23°C	2.39°C	4.3 倍
2009年8月27 日16時07分	48.11°C	33.76°C	14.35°C	42.21°C	38.09°C	4.12°C	3.48 倍
2009年8月28 日15時31分	50.20°C	34.76°C	15.44°C	44.72°C	40.23°C	4.49°C	3.44 倍
2009年8月14	43.07°C	30.55°C	12.52°C	38.09°C	33.81°C	4.28°C	2.93 倍

日 14 時 21 分							
2009 年 8 月 15 日 16 時 14 分	48.17°C	31.23°C	16.94°C	40.26°C	35.56°C	4.70°C	3.60 倍
2009 年 8 月 16 日 14 時 38 分	49.28°C	33.31°C	15.97°C	43.19°C	38.37°C	4.82°C	3.28 倍
2009 年 8 月 17 日 13 時 11 分	40.29°C	31.20°C	9.09°C	36.91°C	34.12°C	2.79°C	3.26 倍
2009 年 8 月 21 日 16 時 10 分	49.65°C	33.63°C	16.02°C	42.80°C	38.20°C	4.60°C	3.48 倍
2009 年 8 月 22 日 14 時 15 分	44.60°C	32.67°C	11.93°C	39.83°C	35.96°C	3.87°C	3.08 倍
2009 年 8 月 23 日 16 時 05 分	51.92°C	33.57°C	18.35°C	44.53°C	38.87°C	5.66°C	3.24 倍
2009 年 8 月 24 日 16 時 12 分	56.78°C	34.49°C	22.29°C	47.81°C	41.74°C	6.07°C	3.67 倍

● 塑鋼窗具節能效益

從材質參數比較得知，PVC 材料的導熱係數為 0.14，而鋁合金則為 175。也就是說，在同等條件下，就材質導熱能力而言，鋁材是 PVC 材料的 1250 倍。當然，如果將 PVC 製成門窗，進行能耗比較，因為受室內散失熱量，以及屋面、地面、牆壁和玻璃等建材之隔熱效益的差別，而會影響整體建築能耗。但根據本研究結果顯示，假設在一普通住宅建築單元空間下，裝設塑鋼窗的房間比裝設鋁金屬窗的房間每天節電要超過近 7 度。

並根據計算推估得知，使用塑鋼窗較使用鋁金屬窗，約可節省 28.1% 的空調運轉支出。如以一般 100m² 的建築單元推估計算可知，在夏季 6 月~9 月的四個月中，每天用電 8 小時的情況下，用電量為 843 度，若每度電以 3.6 元換算，則可節省約 3,035 元。

因此，據研究資料表明，塑鋼窗戶的隔熱性能優於鋁金屬窗，甚至幫助使用者節省荷包。從研究結果亦知因使用塑鋼窗之故，更能減

少碳排放量，因而達到名目其實從自家做起之具體節能減碳之實踐。

5.2.建議

- 本計畫是在單幢型建築物條件下進行試驗，不受周邊任何遮蔽物干擾，因此建議日後在深入研究時，應納入是否有遮蔽設施物或鄰房陰影等關係之環境變因考量。
- 窗框的選材關係到一扇窗戶的隔熱節能效益，對整體建築物而言更是主要斷熱單元，本研究雖顯示塑鋼窗優於金屬窗，但建築物的其它構造亦具有直接或間接的節能關係，因此在考量整幢建築物節能設計時，除採用塑鋼窗為設計手法之一外，更應納入其它節能設計手法，方能達到永續綠建築之真正目的。
- 窗戶係由窗框及玻璃兩大元件組成，因此除了窗框隔熱性能要加以外，玻璃亦為隔熱關鍵之一，故建議選用塑鋼窗框時亦可視需要搭選不同隔熱效益的玻璃，將更能有效達到建築節能目的。
- 台灣常見的單幢型 R.C.建築物非常多，舊建築物改建案也日益增加，如果將塑鋼窗安裝在外牆隔熱差的 R.C.建築物時，整體節能差異或許會較本研究成果更為顯著。因此，建議未來可針對台灣常見的單幢型 R.C.建築延續本計畫模式進行研究，更能有助於舊建築窗戶部位更新選購之參考依據。