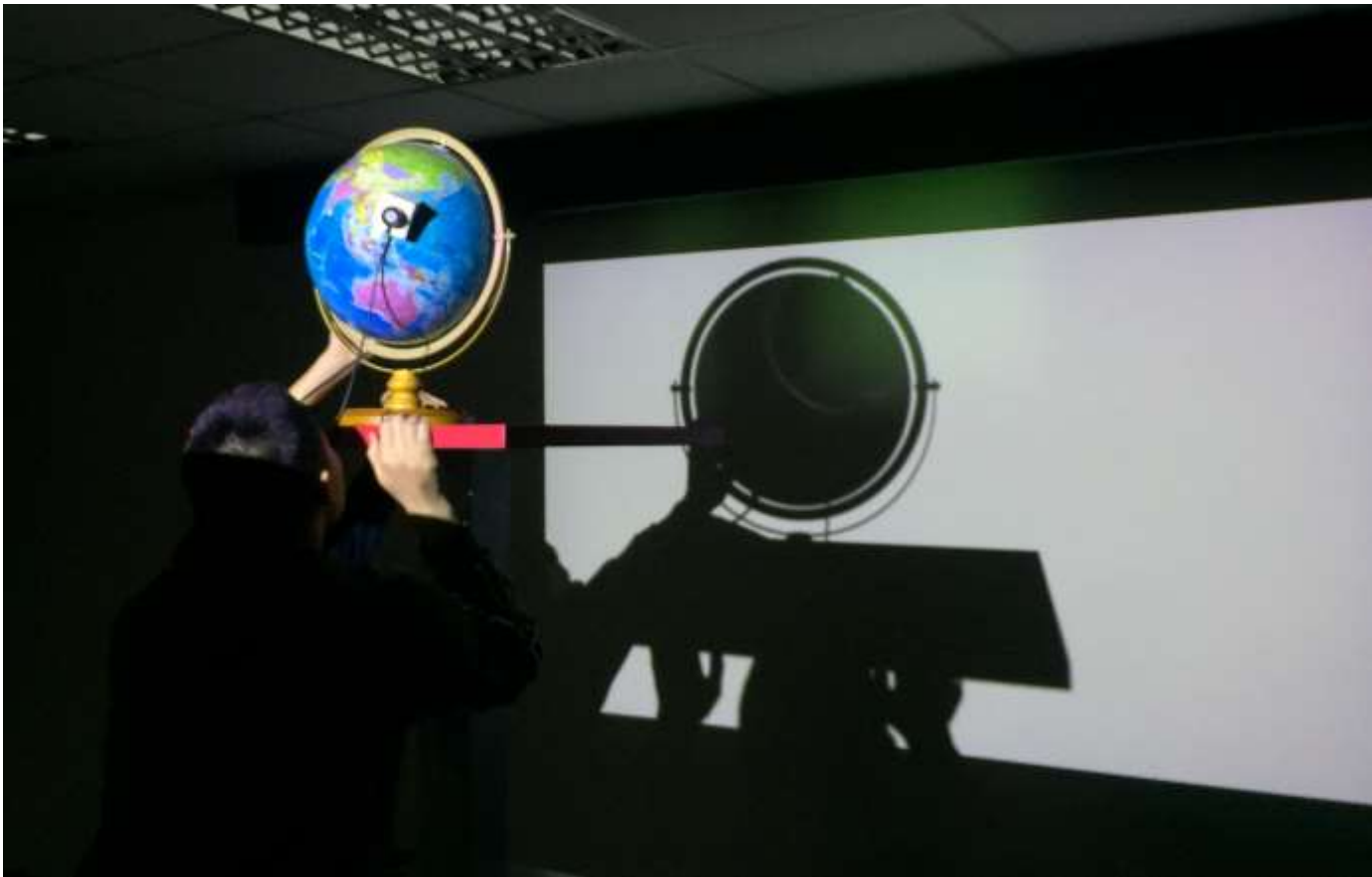


真的是23.5度嗎？



報告內容

1. 研究動機
2. 探究方式
3. 相關文獻與理論探討
4. 資料取得與計算
5. 大氣質量
6. 經典氣象年之全日空輻射量
7. 實際架設與量測
8. 研究結果與討論
9. 後續改善
10. 未來發展

研究動機(1/4)

- 一般認為“太陽能發電系統,傾斜23.5度發電效率最好”
- 上網查詢

網址	內容摘要
http://www.tec.url.tw/solarview.php?id=34	台灣的緯度在北緯22~25度之間，傾斜25度時可以使冬天太陽光直射在集熱板上，該角度可以達到最佳的集熱(或發電)效果。
http://www.hengs.com/solar-product%20qa.html#03	以並聯系統而言一般採用當地緯度作為適當傾斜角度
http://mypaper.pchome.com.tw/fanyoungchi/post/1321242230	以台灣地理位置而言，裝設角度以23.5度較合適

研究動機(2/4)

生活週遭，看到不同的太陽能架設角度



研究動機(3/4)

業者	內容摘要
A業者，已有超過10年經驗	以前有架設 23.5度 ，甚至有一個是 34.5度 ，但近幾年都安裝在 10度 左右， 甚至有些小於8度 ，從發電情況來看，感覺有比 23.5度 好。另一原因是受風面小，比較安全。
B業者，已有約5年經驗	以我的經驗，角度由好至差依序是 15度 左右、 23度 左右、 10度 左右。
C業者，已有約8年經驗	雖然工研院跟我們說 23.5度 ，但我們公司架設是以 12度 為主，若建築物朝北會架到接近 0度

研究動機(4/4)

- 先前科展結論是30-40度

(九) 實驗討論：

2. 我們思考造成實驗結果的原因之後，推測這是因為春季的中午太陽高度角多半介於 50°到 60°之間，所以將太陽能板旋轉至 30°到 40°時，陽光入射角剛好可以接近 90°。而且陽光入射角接近 90°時，多半是發生在一天中陽光照度較強的時間，對於平均發電量的影響較大。
3. 比較一天中不同時間的電功率可以發現：只要太陽不被雲遮住，任何時間的電功率都可以達到一個基礎的量值，但是仍以中午的電功率最大。
4. 根據我們查到的文獻建議，應將太陽能板仰角設定為 23.5 度〈因為台灣位於北迴歸線上，而北回歸線緯度為北緯 23.5 度〉，但是根據我們的實驗發現，卻是將太陽能板仰角設定為 30°到 40°時最佳，這除了可能和我們的實驗地點的緯度〈北緯 25 度〉有關之外，最主要就是和太陽高度角的變化有關。

研究動機(4/4)

- 探討太陽能發電系統,最好的傾斜角度

真的是23.5度嗎?

探究方式

- 主要以**太陽運行軌跡**來探討日照角度，並據此算出發電功率
- 並進一步考量**大氣質量**與**氣象資料**
- **架設**不同傾斜角太陽能板，**實測**發電量之大小，探討太陽能板最佳傾斜角。

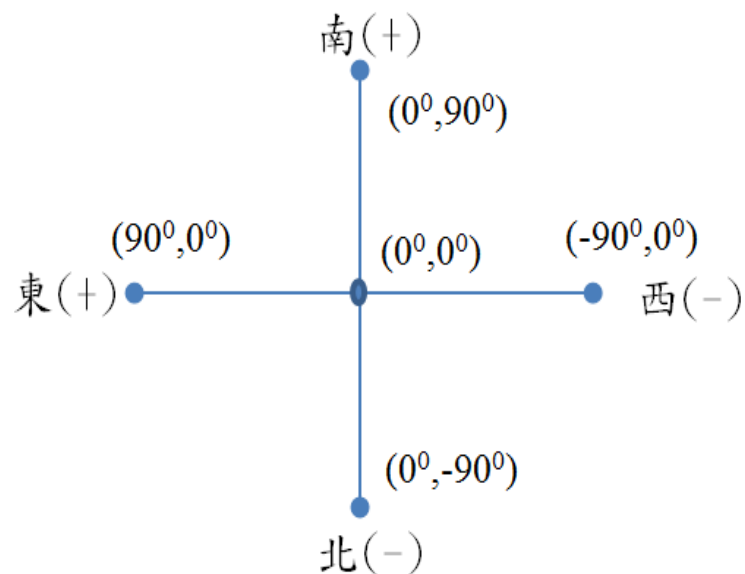
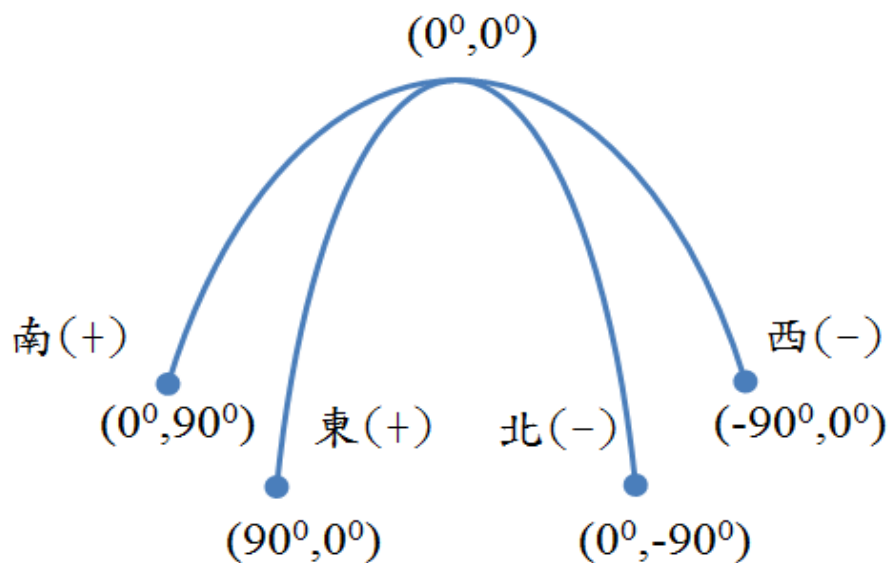
	探討方式	情境說明
數值計算	太陽1年運行軌跡	理想
	太陽1年運行軌跡 + 大氣質量	萬里無雲
	太陽1年運行軌跡 + 經典氣象年資料	考量晴雨氣候
實際量測	實際系統架設7,15,23與31度	實際

相關文獻探討-追日系統

- 太陽能發電系統之架設方式，其可分為**追日型**與**固定型**。
- **追日型**長久以來有**兩大問題**為人所詬病：
第一，**機構容易毀損、維護不易**。
第二**價格昂貴**。
- 追日型已退出主流商業市場，目前僅見於示範系統或一些特殊應用。
- 所以本研究對象為**固定型**太陽能發電系統。

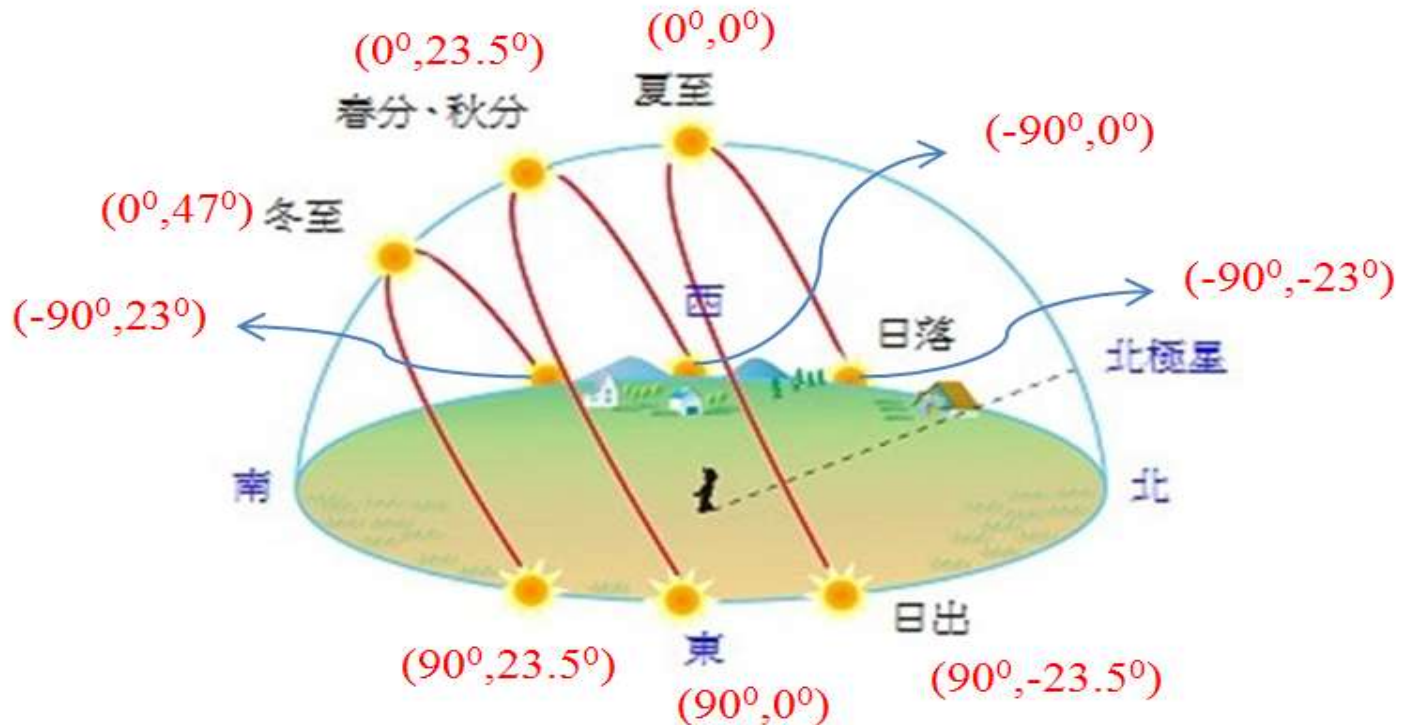
理論探討(1/3)

- 在描述太陽運行軌跡方面，我們使用東西向太陽入射角 θ_{EW} 與南北向太陽入射角 θ_{SN} 來表示太陽的位置 $(\theta_{EW}, \theta_{SN})$ ，如左下圖所示，而右下圖為從天球外所看之座標平投影圖。
- 每天太陽東昇西落，故每天東西向入射角 θ_{EW} 從 90° 變化至 -90° ，而南北向入射角 θ_{SN} 會隨季節不同而改變。



理論探討(2/3)

- 在春分、夏至、秋分與冬至於日出、中天與日落時之太陽入射角座標。



理論探討(3/3)

- 太陽能板每平方公尺在傾斜角 θ_{Solar} 下所接收之有效日射量 L 可表示為：
$$L = 1000 \cdot \cos(\theta_{EW}) \cos(\theta_{Solar} - \theta_{SN})$$
- 若太陽能板的面積為 A ，轉換效率為 η ，則太陽能板發電量 P 可表示為：
$$P = 1000 \cdot A \cdot \eta \cdot \cos(\theta_{EW}) \cos(\theta_{Solar} - \theta_{SN})$$
- 而太陽能最大發電功率 P_{max} 可表示為 $1000 \cdot A \cdot \eta$ ，
故太陽能板發電量 P 可表示為：

$$P = P_{max} \cdot \cos(\theta_{EW}) \cos(\theta_{Solar} - \theta_{SN})$$

資料取得與運算(1/3)

中央氣象局-天文星象的資料

臺中						
date	日出時刻	方位角	過中天	仰角	日沒時刻	方位角
2018-01-01	06:40	115	12:01	43S	17:21	245
2018-01-02	06:41	115	12:01	43S	17:22	245
2018-01-03	06:41	115	12:02	43S	17:22	245
2018-01-04	06:41	115	12:02	43S	17:23	245
2018-01-05	06:42	115	12:03	43S	17:24	246
2018-01-06	06:42	114	12:03	43S	17:24	246
2018-01-07	06:42	114	12:03	43S	17:25	246
2018-01-08	06:42	114	12:04	44S	17:26	246
2018-01-09	06:42	114	12:04	44S	17:26	246
2018-01-10	06:42	114	12:05	44S	17:27	246
2018-01-11	06:42	114	12:05	44S	17:28	246
2018-01-12	06:42	113	12:05	44S	17:29	247
2018-01-13	06:43	113	12:06	44S	17:29	247
2018-01-14	06:43	113	12:06	45S	17:30	247
2018-01-15	06:43	113	12:07	45S	17:31	247
2018-01-16	06:42	113	12:07	45S	17:32	247
2018-01-17	06:42	113	12:07	45S	17:32	248
2018-01-18	06:42	112	12:08	45S	17:33	248

資料取得與運算(2/3)

EXCEL 試算表

date	日出時刻	方位角	過中天	仰角	日沒時刻	方位角
2018-01-21	06:42	112	12:08	46S	17:35	249

90°-46°

一月

台中彰化

太陽能板最大功率0.26KW													
	06:42	07:08	08:08	09:08	10:08	11:08	12:08	13:08	14:08	15:08	16:08	17:08	17:35
東西入射角	88.00 (90)	82.82	66.26	49.69	33.13	16.56	0.00	-16.56	-33.13	-49.69	-66.26	-82.82	-88.00 (-90)
南北入射角	20.50	22.37	26.70	31.02	35.35	39.67	44.00	39.67	35.35	31.02	26.70	22.37	20.43
架設角度	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
預估功率	0.01	0.03	0.10	0.15	0.19	0.21	0.21	0.21	0.19	0.15	0.10	0.03	0.01
預估總功率							1.595						

=H5-23.5

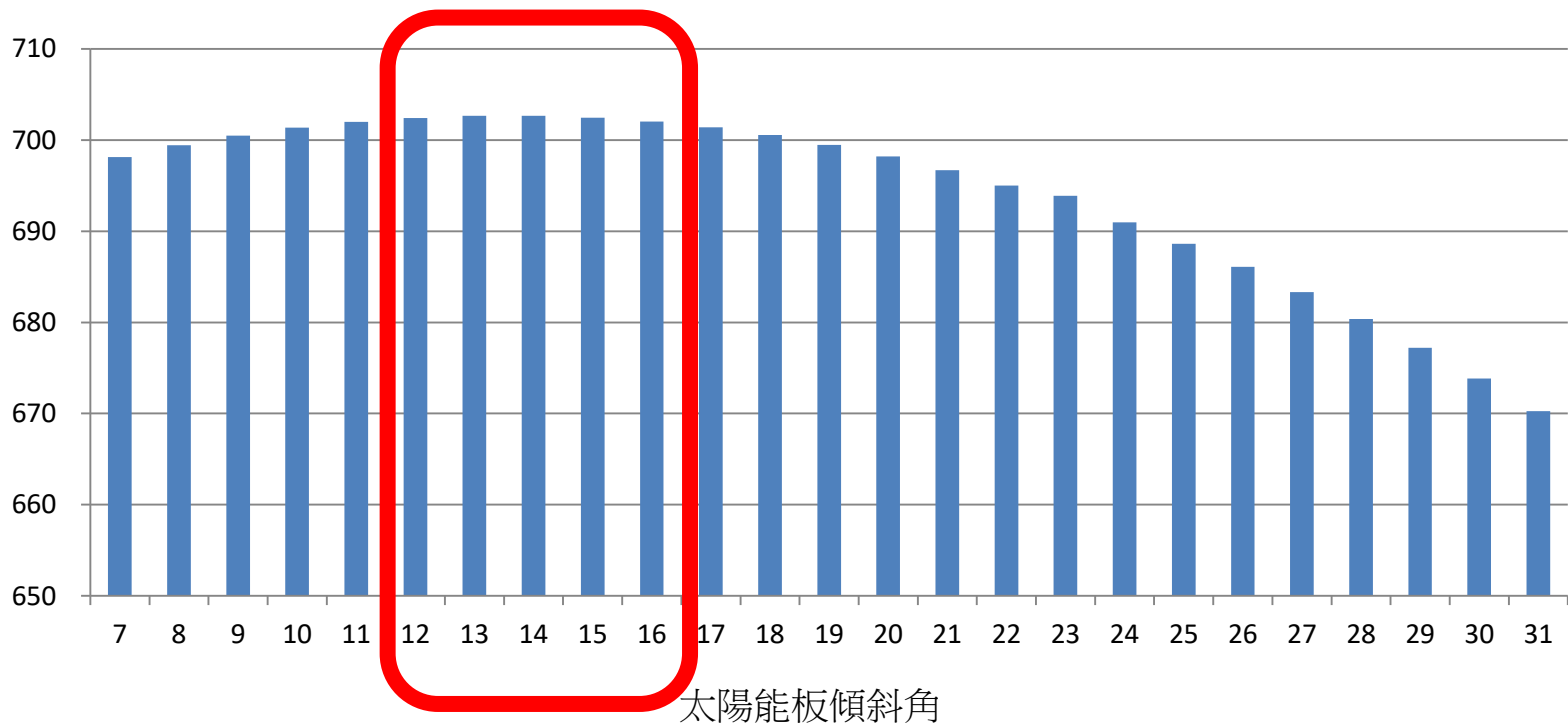
=C4-(90/326)*60

=F5+(23.5/326)*60

=0.26*COS(DADIUS(I4))*COS(DADIUS(I6-I5))

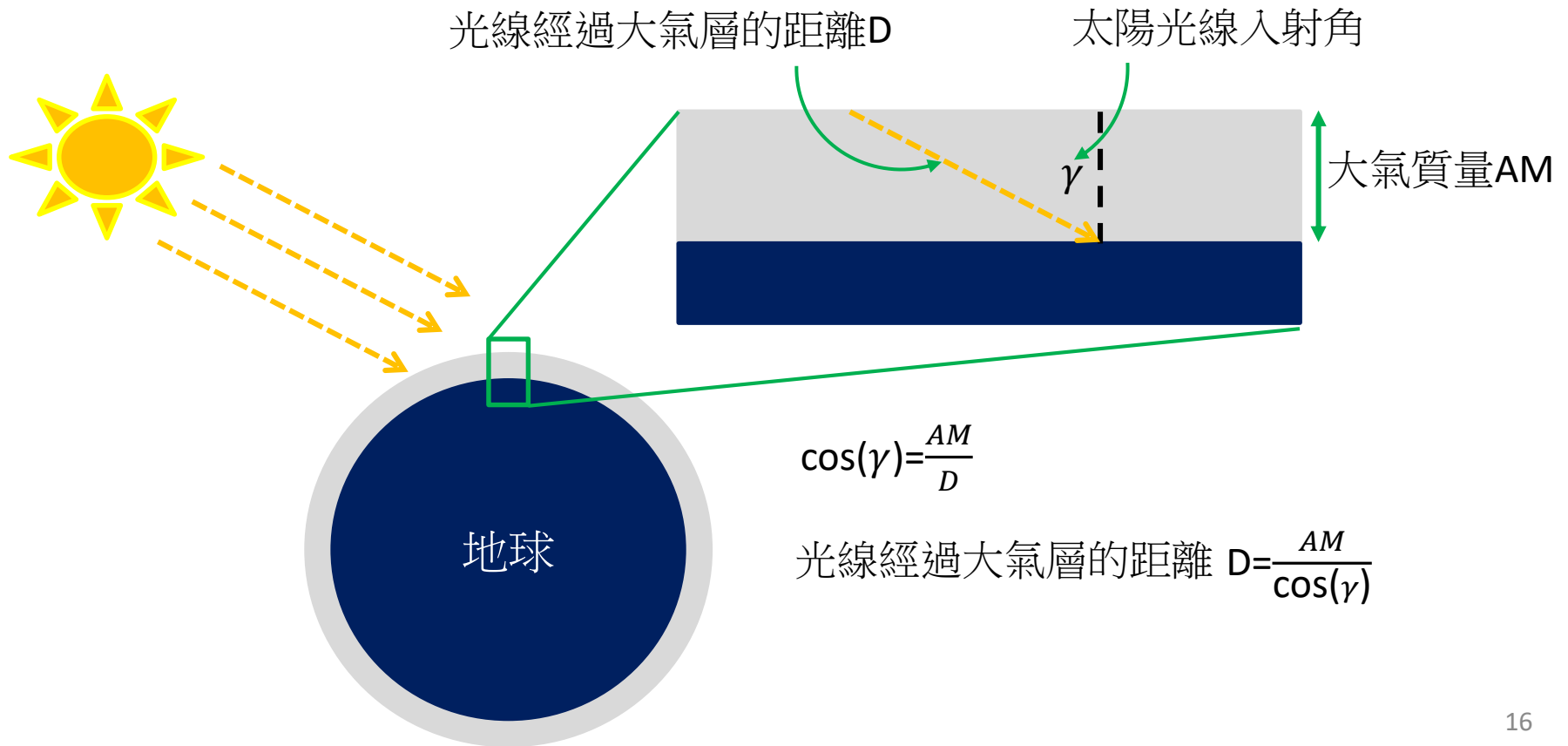
資料取得與運算(3/3)

- 太陽能板傾斜角 7° - 31° 整年發電量
- 太陽能板傾斜 23.5° 不會有最高的發電量
- 太陽能板傾斜約 12° - 16° ，會有較高的發電量



大氣質量(1/3)

若考量大氣質量，日照量衰減 $\cos(\gamma)$



大氣質量(2/3)

date	日出時刻	方位角	過中天	仰角	日沒時刻	方位角
2018-01-21	06:42	112	12:08	46S	17:35	249

一月

太陽能板最大
功率0.26KW

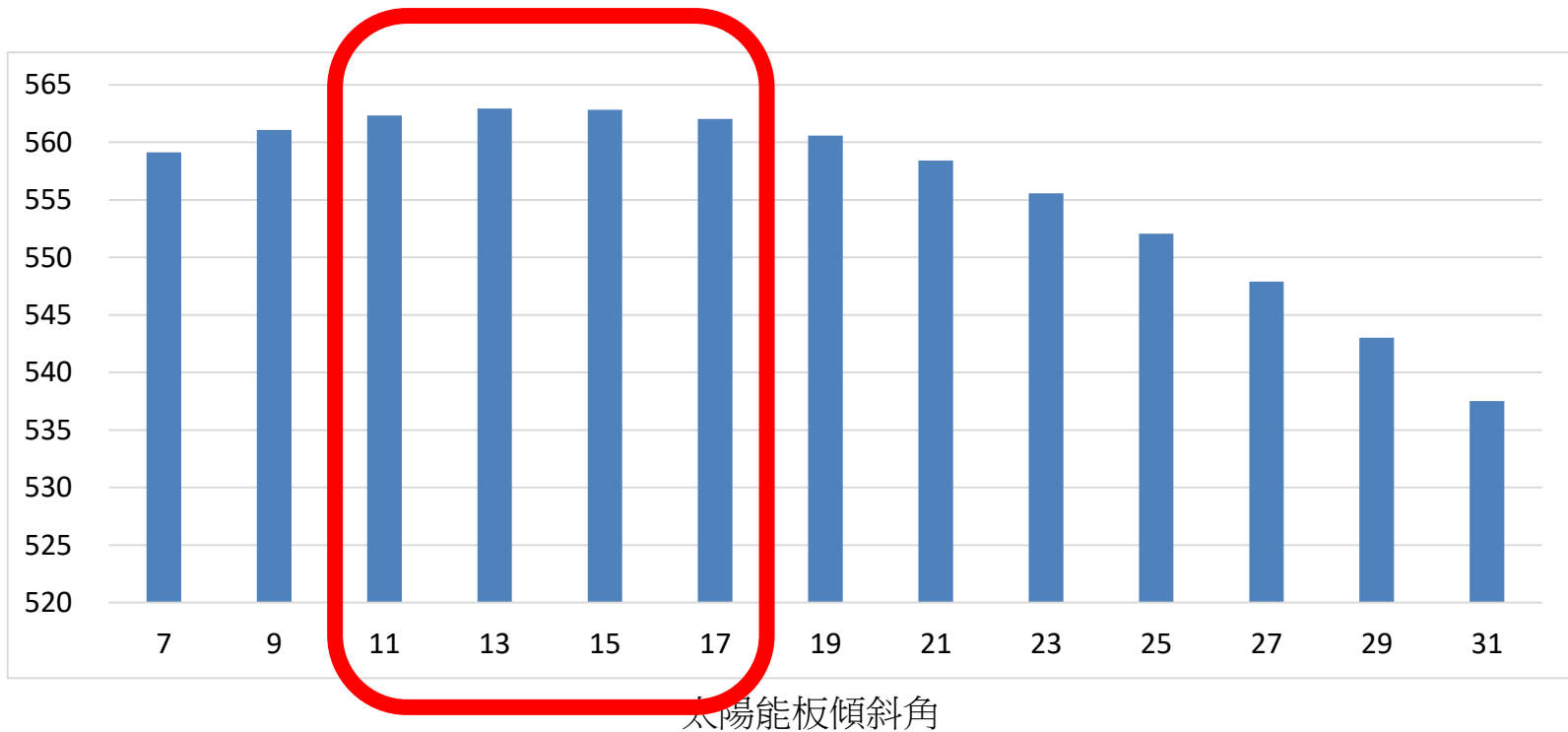
台中彰化

	06:42	07:08	08:08	09:08	10:08	11:08	12:08	13:08	14:08	15:08	16:08	17:08	17:35
東西向角度	88.00 (90)	82.82	66.26	49.69	33.13	16.56	0.00	-16.56	-33.13	-49.69	-66.26	-82.82	-88.00 (-90)
南北向角度	20.50	22.37	26.70	31.02	35.35	39.67	44.00	39.67	35.35	31.02	26.70	22.37	20.43
架設角度	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
預估功率	0.01	0.03	0.10	0.15	0.19	0.21	0.21	0.21	0.19	0.15	0.10	0.03	0.01
預估總功率	1.595												

$$=0.26 * \text{COS}(\text{DADIUS}(I4)) * \text{COS}(\text{DADIUS}(I6-I5)) * \text{COS}(\text{DADIUS}(\text{MAX}(\text{ABS}(I4), I5)))$$

大氣質量(3/3)

- 太陽能板傾斜 23.5° 不會有最高的發電量
- 太陽能板傾斜約 11° - 17° ，會有較高的發電量



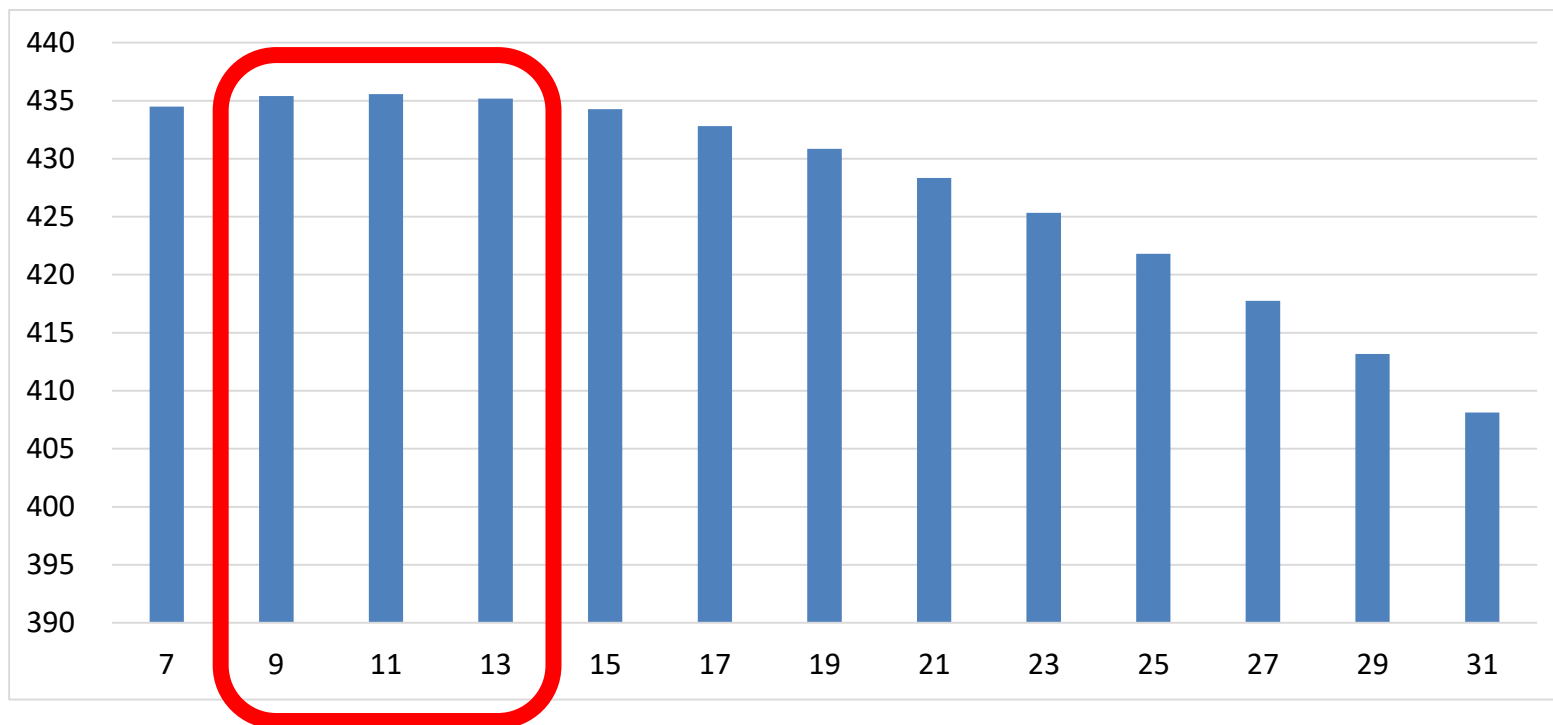
經典氣象年之全日空輻射量(1/2)

- 經典氣象年之全日空輻射量(MJ/m²)

測站名稱	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
馬祖	5.90	7.65	9.34	8.04	13.54	14.28	18.04	16.74	11.83	10.16	6.63	5.76
彭佳嶼	6.93	8.64	8.27	10.58	15.26	16.93	20.38	18.53	14.80	12.47	8.29	7.09
鞍部	5.83	7.45	9.12	13.51	14.52	13.05	16.63	14.20	13.45	9.42	8.25	5.25
淡水	5.35	8.80	8.84	10.72	13.88	13.21	18.68	17.20	13.11	10.72	7.38	6.12
竹子湖	4.85	6.34	7.61	6.40	9.76	9.52	10.32	10.53	9.75	5.88	6.08	5.32
基隆	5.58	7.91	9.18	11.57	11.92	14.01	20.32	17.80	11.30	7.60	5.74	4.42
臺北	6.12	9.61	9.55	8.01	11.16	12.82	15.69	15.18	13.26	8.84	9.43	8.35
板橋	7.14	8.40	10.05	9.78	14.56	13.13	20.27	18.23	15.56	8.67	10.03	6.48
新竹	6.35	7.49	8.13	10.38	13.34	15.87	18.05	18.04	15.46	11.71	8.95	7.70
宜蘭	4.79	7.92	8.91	11.24	12.94	15.28	19.97	15.73	12.59	9.03	7.06	5.92
蘇澳	4.87	6.94	9.87	9.74	12.51	17.34	19.22	19.01	12.98	10.49	7.41	5.50
金門	7.82	9.92	12.82	13.17	14.55	16.25	20.90	17.81	15.56	13.10	11.26	8.74
梧棲	8.50	11.04	10.42	11.42	14.04	13.29	17.36	14.27	14.66	13.92	9.24	9.14
臺中	9.77	11.60	12.02	13.73	17.07	16.40	17.05	13.89	15.79	15.59	12.18	11.16
花蓮	6.23	9.13	9.91	9.94	13.46	15.67	19.92	15.86	12.36	11.52	8.48	5.30

經典氣象年之全日空輻射量(2/2)

- 將台中的資料帶入，得出結果如下圖。
- 太陽能板傾斜 23.5° 不會有最高的發電量，應該傾斜約 9° - 13° 。



太陽能板傾斜角

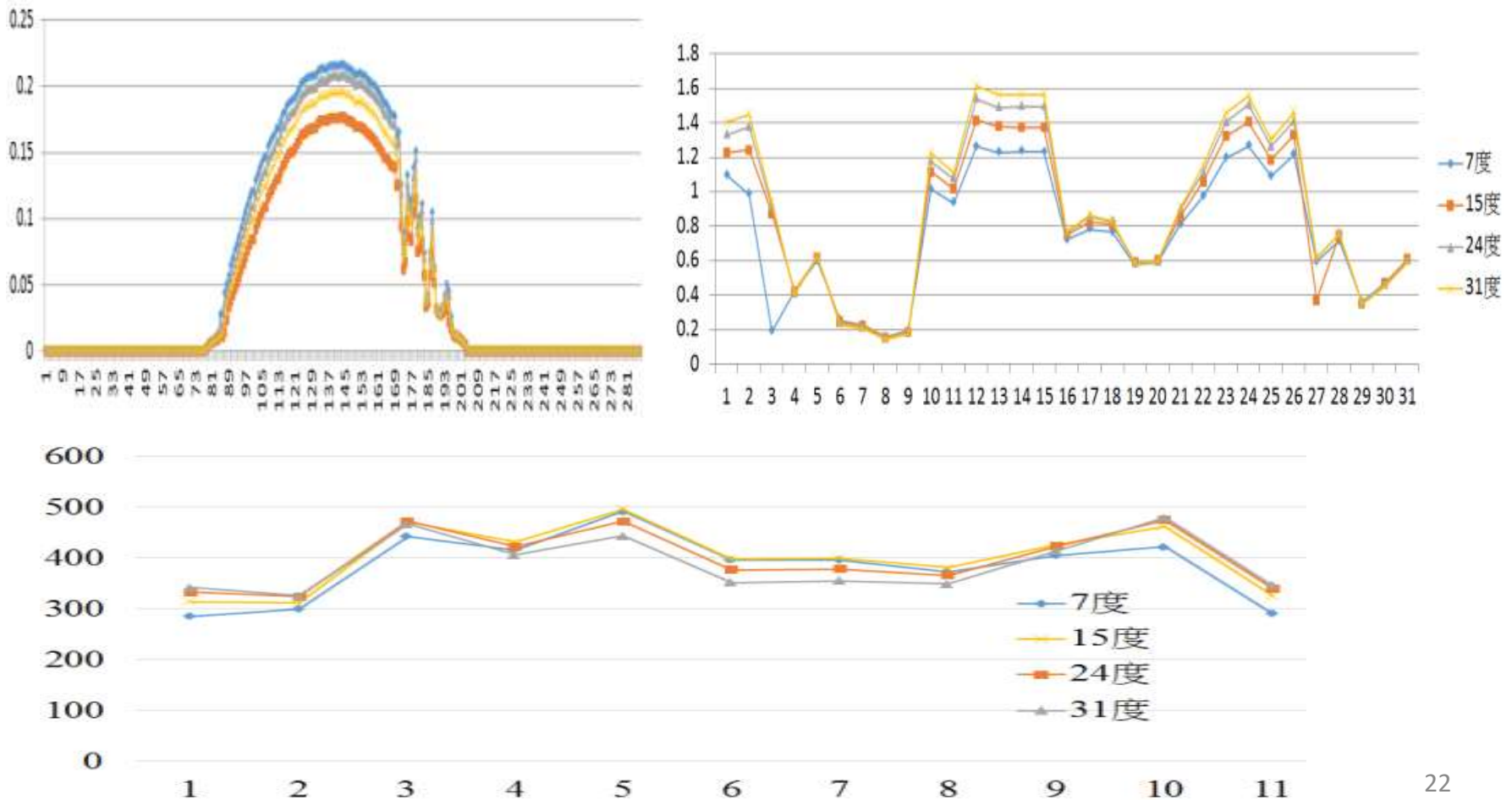
實際架設與量測(1/3)

- 實際架設4塊太陽能板，其傾斜角度分別為： 7° 、 15° 、 24° 與 31° 。



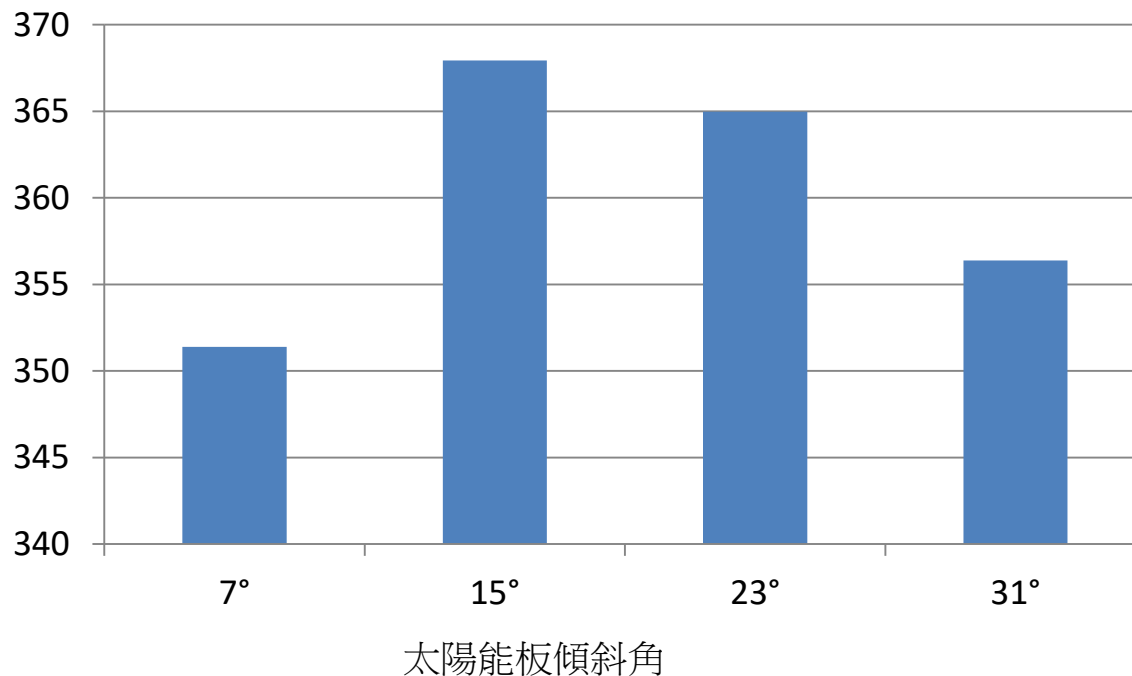
實際架設與量測(2/3)

- 2018年1月1日，1月份與整年的發電量曲線



實際架設與量測(3/3)

- 最後，我們分別將太陽能板傾斜 7° 、 15° 、 24° 與 31° 在2018年(缺12月份)的發電量累計，可得出其發電量分別為351.4 kWh、367.9 kWh、365.0 kWh、356.4 kWh，如圖所示，可算出太陽能板架設 15° 的發電量比架設 24° 多出0.8%發電量。



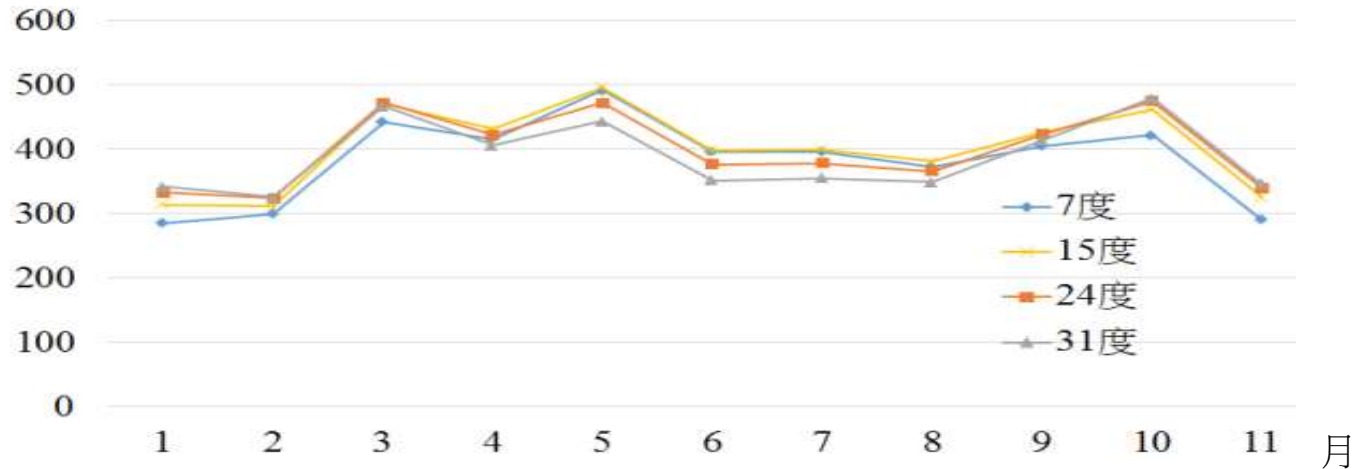
研究結果與討論(1/4)

	探討方式	最佳角度	是否為23.5度
數值計算	太陽1年運行軌跡	12-16	否
	太陽1年運行軌跡 + 大氣質量	11-17	否
	太陽1年運行軌跡 + 經典氣象年資料	9-13	否
實際量測	實際系統架設 7,15,23與31度	15	否

- **結論：**
綜合數值計算結果與實際量測結果，“太陽能發電系統架設的最佳傾斜角為**23.5°**”是有疑慮。至少在本研究所獲得數據中，它是不成立的!

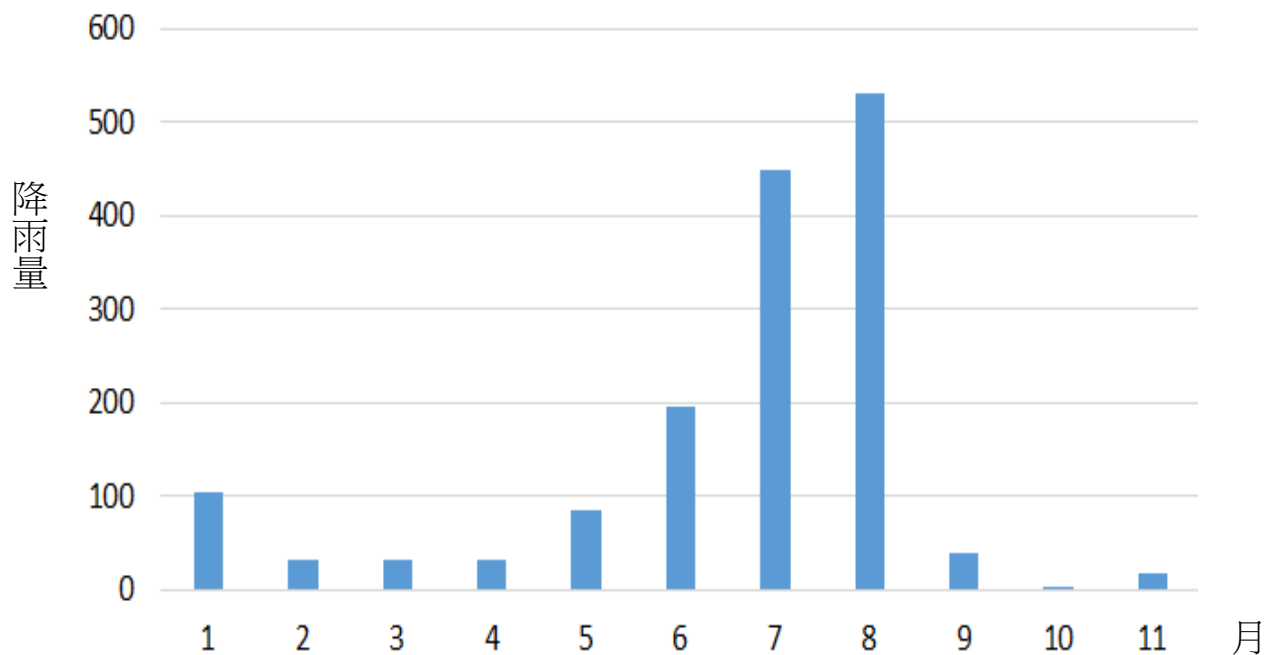
研究結果與討論(2/4)

- 討論1:
理論上夏天太陽日射量明顯大於其他季節，為何整體量測資料顯示7、8月之發電量較5月與10月低？



研究結果與討論(3/4)

- 探討：找出2018年之降雨資料，如下圖所示，可看出在7、8月之降雨量明顯高於其他月份。此說明，7、8月之發電量較低之原因在於受氣候（陰雨天多）之影響。



研究結果與討論(4/4)

- 討論2：
為何之前科展的實測數據指出最佳傾斜角約30-40度，和我們的研究數據不同？

(九) 實驗討論：

2. 我們思考造成實驗結果的原因之後，推測這是因為春季的中午太陽高度角多半介於50°到60°之間，所以將太陽能板旋轉至30°到40°時，陽光入射角剛好可以接近90°。而且陽光入射角接近90°時，多半是發生在一天中陽光照度較強的時間，對於平均發電量的影響較大。
3. 比較一天中不同時間的電功率可以發現：只要太陽不被雲遮住，任何時間的電功率都可以達到一個基礎的量值，但是仍以中午的電功率最大。
4. 根據我們查到的文獻建議，應將太陽能板仰角設定為23.5度（因為台灣位於北迴歸線上，而北回歸線緯度為北緯23.5度），但是根據我們的實驗發現，卻是將太陽能板仰角設定為30°到40°時最佳，這除了可能和我們的實驗地點的緯度（北緯25度）有關之外，最主要就是和太陽高度角的變化有關。

研究結果與討論(4/4)

- 探討：因該實驗是量測1天24小時短周期的發電量，又加上是在冬季或春季作實地量測，此時太陽的仰角均偏低，所以才有此結果。而本研究是以一整年長周期的總發電量來判斷，故不同。

(八) 實驗結果：

- 在春季時，將小太陽能板（開路電壓 0.5 伏特，短路電流 150 毫安培）擺放在戶外可照到陽光的地方，調整板面傾斜角度為 0°~90° 時，皆可以達到一定的發電量（0.6 毫瓦）以上，但是 0°~60° 明顯優於 90°。

電量平均 (mW)	傾斜 0°	傾斜 30°	傾斜 60°	傾斜 90°
2/27 實驗	0.716	0.704	0.694	0.667
2/29 實驗	0.740	0.736	0.725	0.689

當天太陽仰角57度
南北向入射角33度

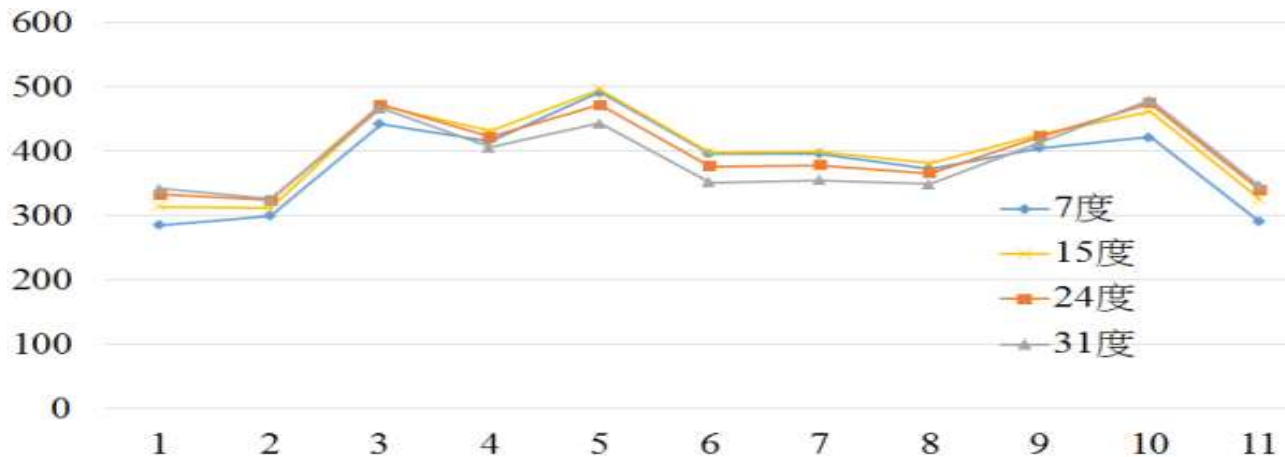
- 在春季時，將大太陽能板（最大發電量為 10 瓦）擺放在戶外可照到陽光的地方，調整板面傾斜角度為 0°~60° 時，皆可以達到一定的發電量（1 瓦）以上，但是 20°~50° 普遍且明顯優於 0° 和 60°。

電量平均 (mW)	傾斜 0°	傾斜 10°	傾斜 20°	傾斜 30°	傾斜 40°	傾斜 50°	傾斜 60°
3/5 實驗	1241	1263	1280	1289	1290	1287	1277
3/6 實驗	1230	1245	1256	1261	1263	1263	1255

當天太陽仰角59度
南北向入射角31度

後續改善(1/6)

- 改善1：
補足12月太陽能發電資料，完成2018整年之發電資料。

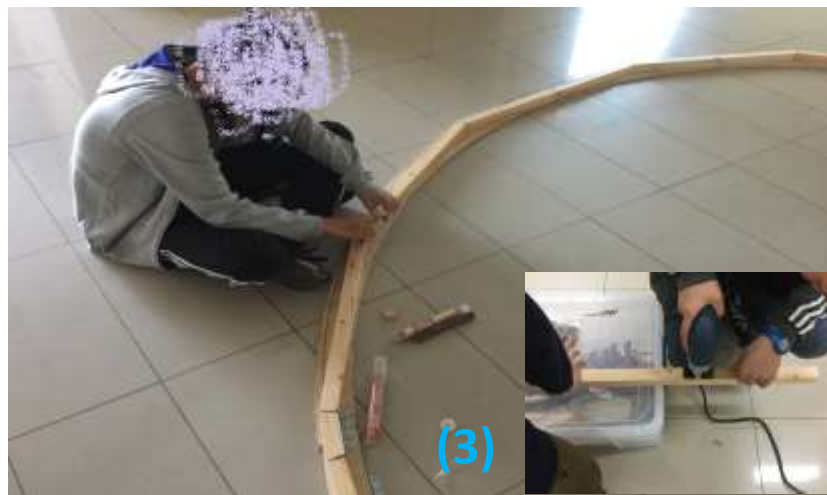


後續改善(2/6)

- 改善2：

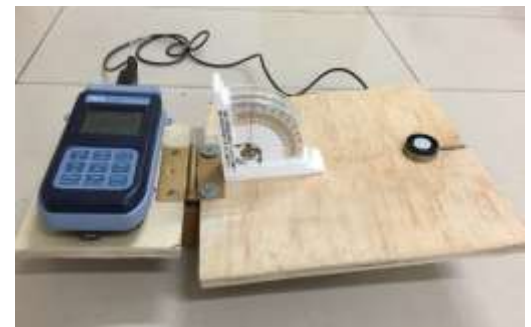
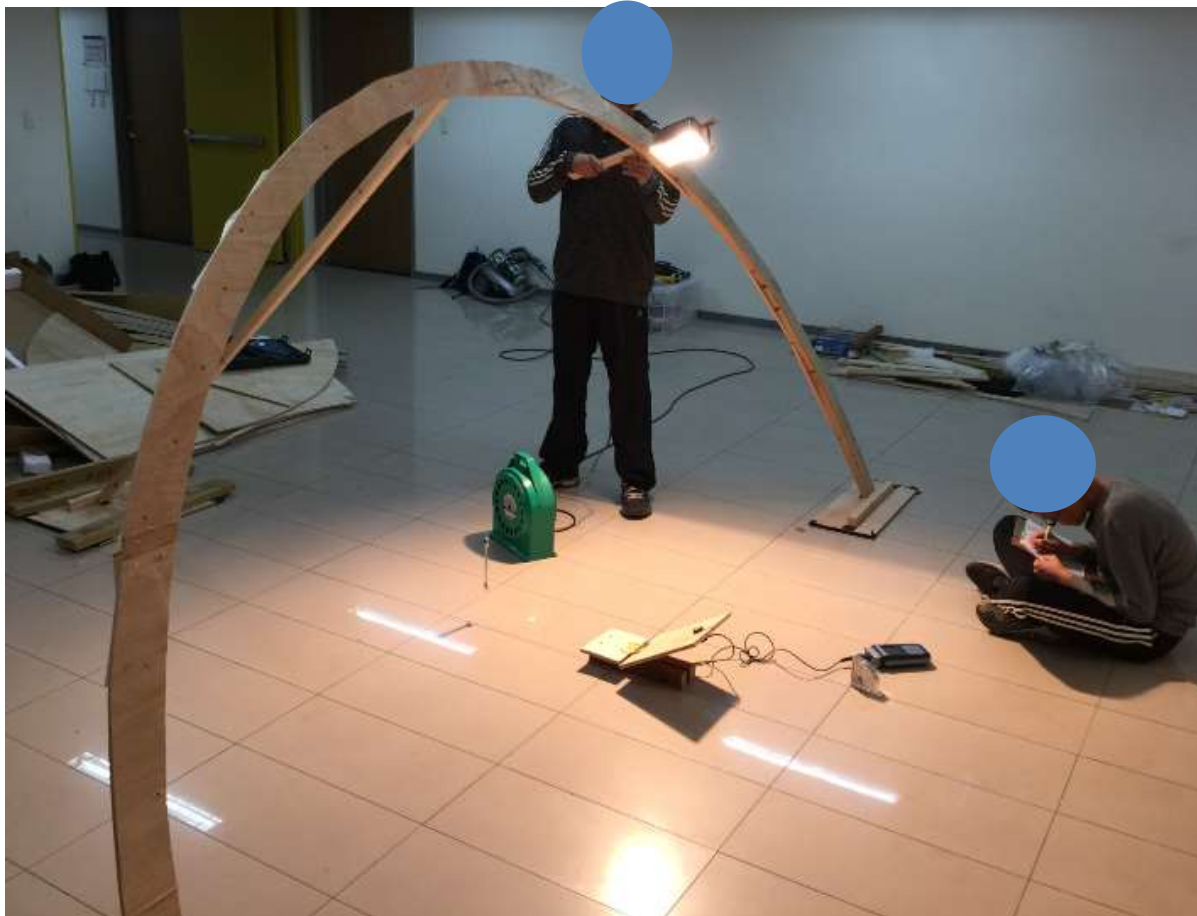
製作太陽運行軌跡實驗系統，便於更深入研究探討太陽運行軌跡對太陽能發電系統之影響

製作過程



後續改善(3/6)

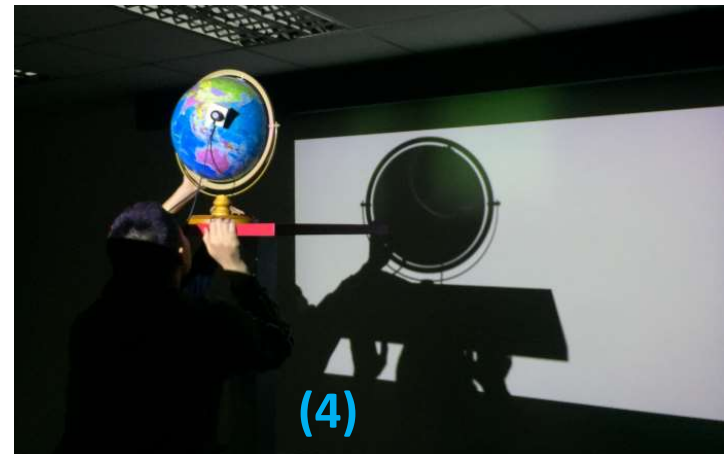
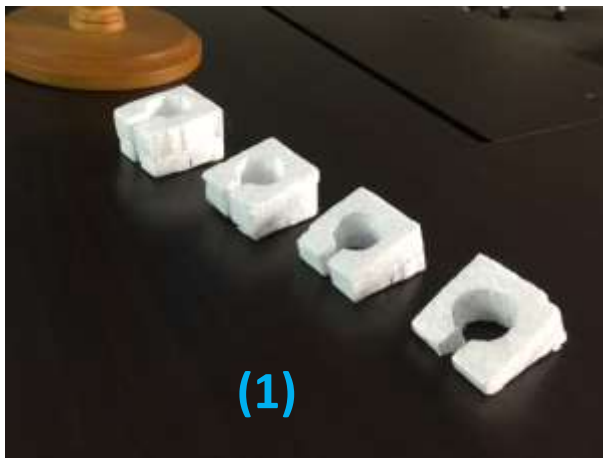
實驗量測過程



後續改善(4/6)

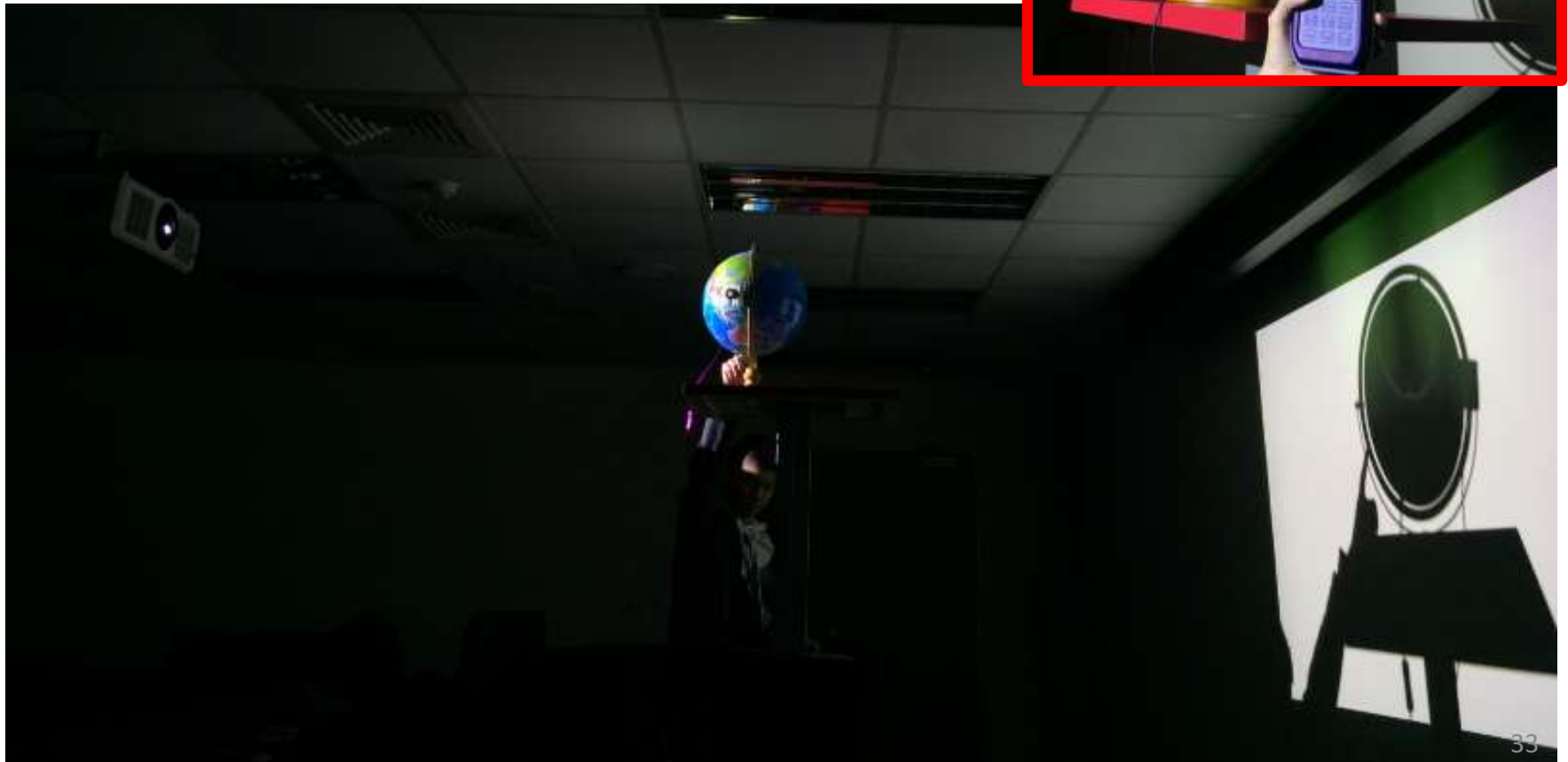
- 改善3：
改良太陽運行軌跡實驗系統，並驗證所採用日射量公式之正確性。

製作過程



後續改善(5/6)

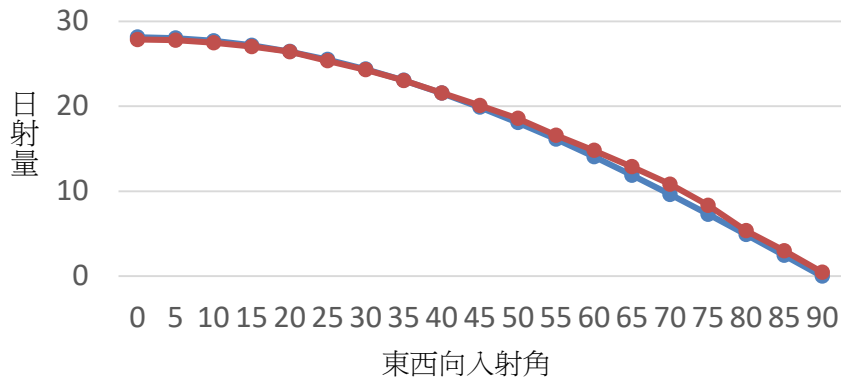
實驗量測過程



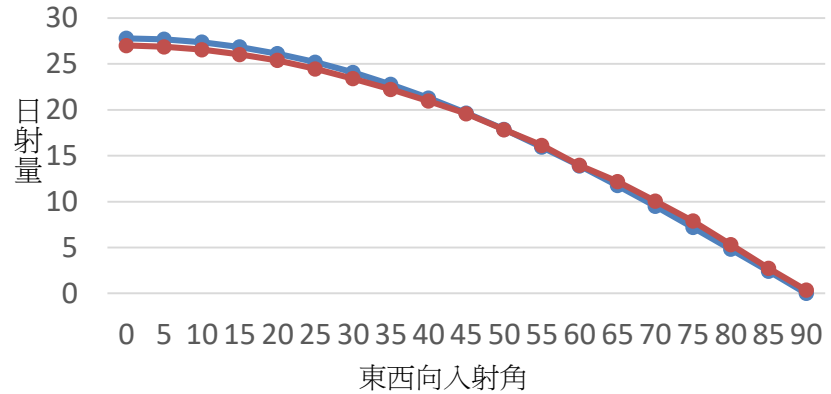
後續改善(6/6)

- 實驗比較(紅色為實驗量測值，藍色為公式計算值)
- 證明所採用之日射量公式是正確可適用於本研究

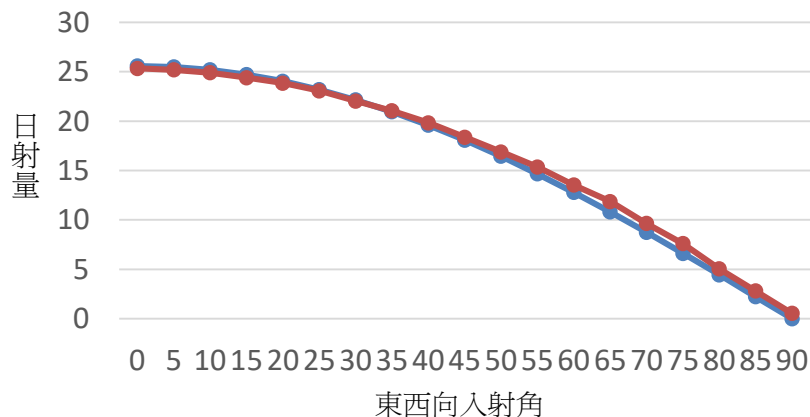
南北入射角5



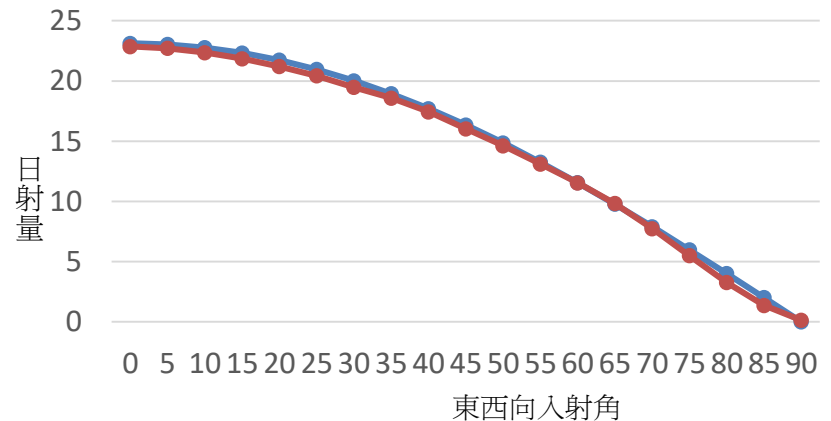
南北入射角15



仰角25



南北入射角35



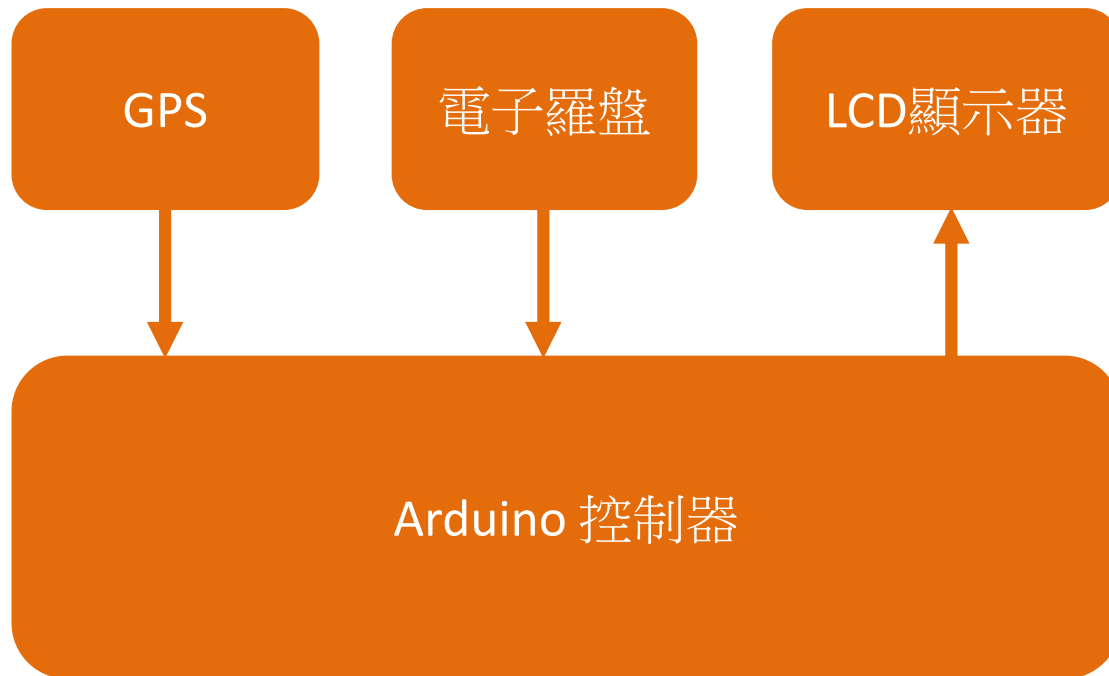
未來發展(1/2)

- 礙於設備數量，我們只進行4個不同太陽能板傾斜角度的量測。模擬數據與實測數據都證明傾斜角15度的發電量高於23.5度。但不能說傾斜角15度就是在彰化的最佳角度。未來應架設更多的不同太陽能板傾斜角度來探討最佳傾斜角。
- 目前的實測僅在彰化進行1年，未來應在更多地方進行實驗，也應該持續進行更長的實測，如此準確度會更高。
- 目前本實驗僅進行正南方之探討，未來可進行任何方位角之探討。

未來發展(2/2)

- 研製最佳傾斜角測定儀

獲得所在位置緯度 獲得所在位置方向 顯示最佳傾斜角度



報告完畢

謝謝委員老師聆聽

實驗設備(1/3)

1. 太陽能發電板(260W)*4 塊

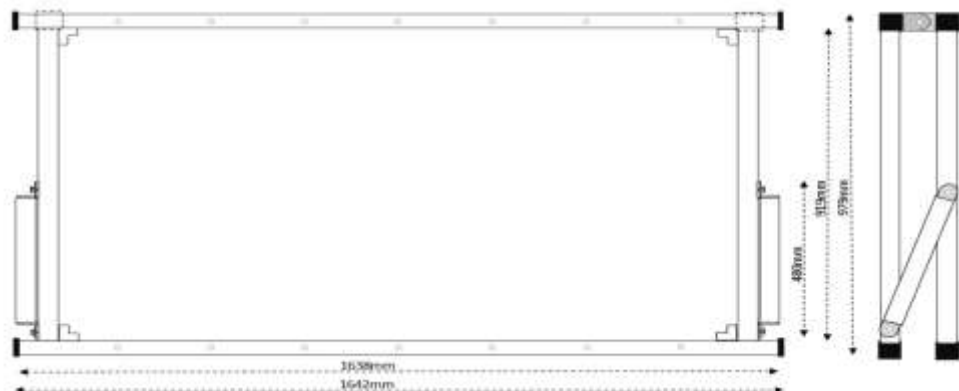


變頻器+電力紀錄器 *4 組

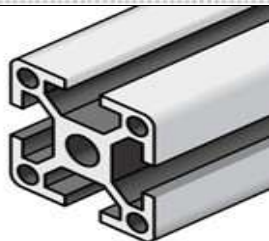
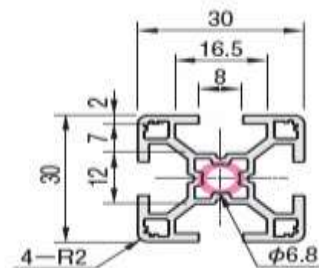


實驗設備(2/3)

2. 可調角度太陽能腳架*4 組



NFSL6-3030
HFSL6-3030
(輕量型)
HFSLB6-3030
(輕量型, 黑色陽極處理)



鋁擠型 3030 系列
1638mm * 16 支
919mm * 16 支
400mm * 8 支



直角連接支撐架
48 個



鋁擠型 3030 系列
角度調整連接塊
8 個



鋁擠型用預裝螺帽
M6 200 個























SUS 六角螺栓
M6*8mm *60 支



SUS 內六角螺栓
M6*10mm *150 支
SUS 內六角螺栓
M8*20mm 16 支

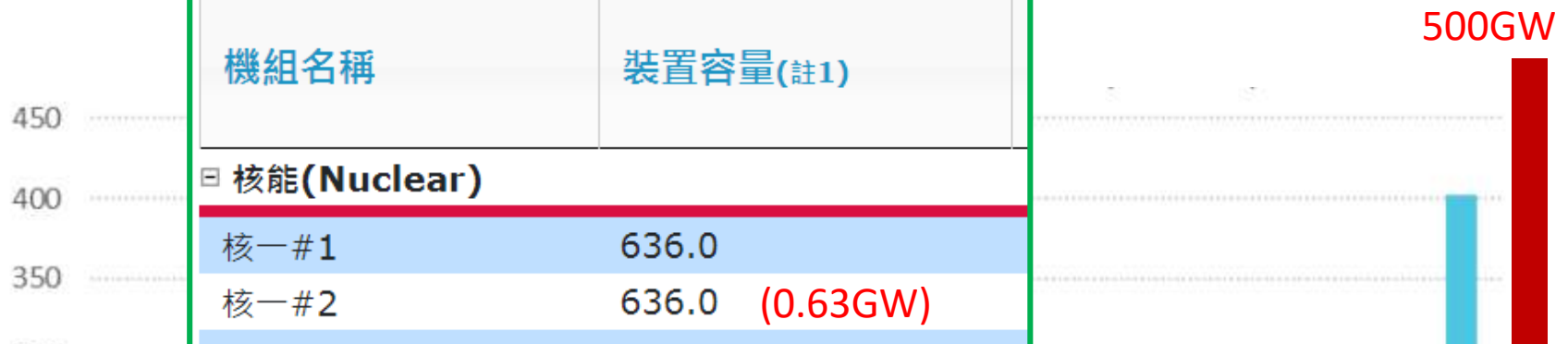
實驗設備(3/3)

3. 太陽能板組裝及清潔工具			
帶鋸機	捲尺	角度量測器	沙包
			
電鑽	內六角扳手	扳手組	棘輪扳手
			
指南針(手機)	電表	尖嘴鉗	老虎鉗
			
C 型萬力鉗	香檳槌	剪刀	起子組
			
掃把	畚斗	水桶	拖把
			

- 公式推導

相關文獻探討-太陽能發電趨勢

機組名稱	裝置容量(註1)
☐ 核能(Nuclear)	
核一#1	636.0
核一#2	636.0 (0.63GW)



若能架設最佳傾斜角，只要多出0.5%的發電量

全球會多出2.5GW，約2個核一廠發電量

GWp

