

目 錄

第一階段 研究訓練階段

- 一、 近二年學校獨立研究課程之規劃……………2
- 二、 學校如何提供該生獨立研究訓練……………4

第二階段 獨立研究階段

- 一、 研究動機……………5
- 二、 擬定正式計畫、研究問題及工作進度表……………6
- 三、 彙整相關文獻……………9
- 四、 資料分析……………16
- 五、 研究結果與討論……………21
- 六、 評鑑與檢討……………23
- 七、 參考資料……………26

第一階段 研究訓練階段

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

近二年，獨立研究已發展成本校資優生的必修課程，並由輔導室負責規劃課程，其具體內容如下：

1. 上課時段

國一：每週一下午第五節彈性課程時間。

國二：每週三下午第五節彈性課程時間。

國三：每週三下午第五節彈性課程時間。

2. 上課地點

國一：資優教室。

國二：生物實驗室、理化實驗室、電腦教室、圖書館、資源教室、語文藝術教室。

國三：資優教室。

3. 核心能力

(1) 國一

在老師的引導下：

能學會發現問題並積極蒐集相關資料。

能學會擬定架構與分析資料。

能統整研究資料與撰寫報告。

(2) 國二

資優生自己選定數學、自然與生活科技、人文社會中感興趣的主題，依據發現問題、資料蒐集、分析、統整、撰寫報告之能力，完成獨立研究報告。

(3) 國三

發現問題、資料蒐集、分析、統整、撰寫報告之經驗傳承。根據獨立研究主題，培養高中科學班人才。

4. 上課方式

針對資優生的類別及特殊需要，將其學習經驗加以系統化

組織。

採分組教學，以安排適當的學習課程及活動，俾利資優生學習，獨立研究強調學生經由引導後，能根據自己的興趣，選擇研究主題，擬定研究計畫，並以適切的研究方法，進行資料蒐集、分析與解釋，以培養其獨立研究的能力。

每週安排一節，邀請校內各領域教師指導資優生。

安排兩次校外專家學者蒞校指導。

配合校慶舉辦成果發表。

5. 檢核機制

每位資優生必須完成獨立研究作品，並在期末進行成果報告，期間，校方也積極鼓勵資優生將其作品參與獨立研作競賽。

二、學校如何提供該生獨立研究訓練

本組成員包含一位國一數理資優生及兩位國一普通班學生，數理資優生參與學校資優課程，而兩位普通生則由指導老師於每週討論時協助增能，校方指導及協助方式如下：

1. 指導學生訂定研究主題與資料蒐集

指導學生從日常生活或各領域的學習內容中，覺察自己較感興趣的主題，接著訓練學生自行訂定題目，與教師討論並確認題目後，著手進行資料蒐集與研讀討論資料內容。

2. 指導學生擬定研究架構與分析資料

首先引導學生思考研究動機，進而訂出研究目的以及待答問題，並討論以何種研究法進行研究，最後歸納研究心得，並能將各項討論過程系統記錄。

3. 指導學生統整研究資料與撰寫報告

指導學生能依獨立研究之摘要、主題、工作進度、研究問題、尋找資源、研究發現、擬定正式計畫及研究問題、提出研究結果，以及對整個研究的評鑑與檢討，作一系統地撰寫，提出完整研究報告。

4. 提供行政支援

場地支援

校方於每日課後或假日，提供教室、討論室、實驗室，協助研究團隊進行獨立研究。

設備支援

因應獨立研究主題，提供必要實驗設備、模型與電腦等研究器材，以方便研究團隊進行獨立研究。

經費支援

專款支付校外專家學者蒞校演講獨立研究相關主題之演講費與差旅費。

第二階段 獨立研究階段

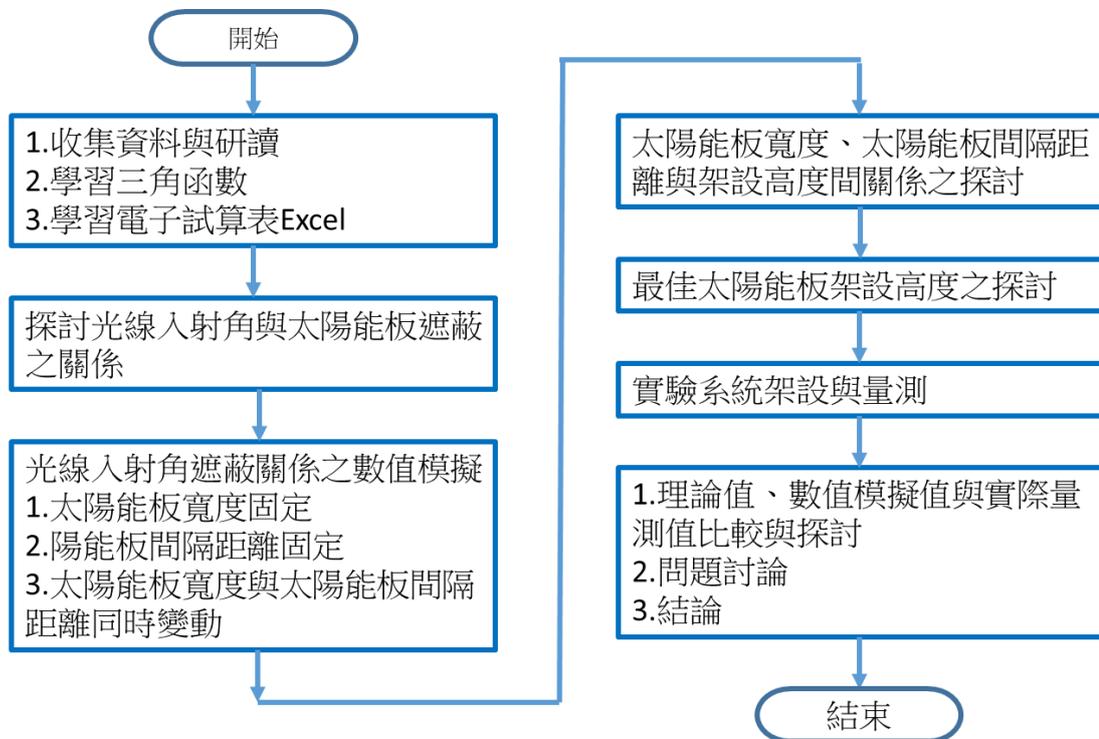
一、研究動機

隨著太陽能源科技的發展以及對環境品質的要求越來越高，彰化到處各地都看到太陽能發電系統的架設，小的從幾十瓦的太陽能路燈，到數十千瓦的校舍屋頂，乃至彰濱的 100 百萬瓦[1]。隨著可合法裝置太陽能發電的屋頂越來越小，農地或魚塭上架設太陽能發電系統變為必要考量。目前台灣已有多處農地或魚塭上架設太陽能發電系統，但延伸出“與農爭地”的問題。探究其根本原因在於架設太陽能板會遮住陽光，使太陽能板下方無法進行農業生產，僅太陽能板間隔中才有機會進行農業生產，大大降低可種植面積[2]-[4]。

所以，本研究想探討如何架設太陽能板，達到同時可同時兼具太陽能發電與農業生產。本研究主要使用電子試算表 Excel 以數值計算方式來探討在不同太陽能板寬度與間隔距離下，其架設高度為多少，才能確保能地上每個地方之累積日照量均一致，使農業生產成為可行。

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

2.1 擬定正式計畫



2.2 研究問題:

1. 探討太陽照射角度與太陽能板遮蔽之關係。
2. 探討太陽能板寬度、間隔距離與架設高度對累積日照量的影響。
3. 探討如何求得太陽能板最佳架設高度，確保可兼顧太陽能發電與農業生產。

2.3 工作進度表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
題目發想	■	■													
資料與文獻 收集	■	■	■	■	■	■									
光線入射角 遮蔽關係之 探討			■	■	■	■	■	■	■						
光線入射角 遮蔽關係之 數值模擬						■	■	■	■	■	■	■			
光線入射角 遮蔽關係之 實驗量測												■	■		
問題探究與 討論													■	■	
報告撰寫														■	■

2.4 實驗設備

<p>照度計</p>	
<p>鐵架</p>	
<p>木板</p>	

<p>游標卡尺</p>	
<p>指南針</p>	

三、彙整相關文獻：

隨著能源轉型的必要發展，世界各國均投入相當多的人力與資源進行綠電的建置與發展。其中又以太陽能發電最為普及，累計至 2018 年，裝置容量已超過 500GW，並快速繼續增加，單單 2018 年一年就新架設約 100GW 的容量，如圖 1 所示[5]。100GW 有多大？若以台灣核一廠 0.66GW 發電機組來算，2018 年一年全世界的太陽發電裝置容量約等於 151 座核一廠 0.66MW 發電機組。而台灣 2016 年太陽發電裝置容量約 1.2GW，預計到 2025 年會成長到 20GW[6]。

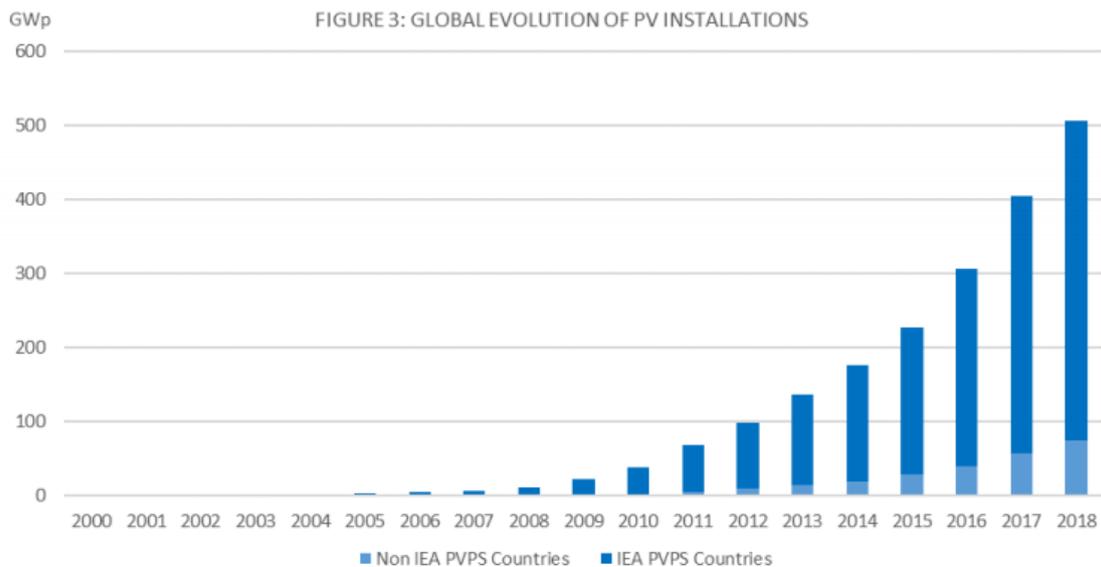


圖 1 全球太陽能發電系統裝置容量歷史圖

隨著可合法裝置太陽能發電的屋頂越來越小，農地或魚塭上架設太陽能發電系統變為必要考量。台灣農委會於 2013 年 10 月修訂〈申請農業用地作農業設施容許使用審查辦法〉，特定農業區與一般農業區的農業生產設施可以申設附屬的綠能設施，許多農地上紛紛搭起一塊塊的太陽能板。日本農林水產省則早在同年 3 月底發布農地可利用支柱裝設太陽能板的「一時轉用許可」，期待藉由「農電共享 (Solar sharing)」，讓佔了日本農地 8% 休耕地能夠獲得有效利用、貢獻農村經濟[2]。

目前台灣已有多處農地或魚塭上架設太陽能發電系統，但延伸出“與農爭地”的問題。探究其根本原因在於架設太陽能板會遮住陽光，嚴重影響靠陽光進行光合作用的植物生長。這看似一場零和遊戲，魚與熊掌不可兼得。然亞利桑那大學 (University of Arizona) 葛瑞格·巴倫-蓋佛 (Greg Barron-Gafford) 教授領導的一項研究指出，有一些共生關係可以為太陽能產業和農業都帶來利益[3]。

農試所鳳山分所指出，光電溫室上方具有遮蔽，會影響葉菜類生長，因此選擇光需求相對較低的蔬菜種類及品種相當重要。

高度也是必須考量的重點，農試所合作的光電溫室高度達 6 公尺，由於實驗的光電溫室高度足夠，光線進入後沒有明顯的陰影處，因此對作物影響不大，太陽能板遮蔽率 40%及 30%也無太大差異[4]。

但相對一般溫室高度不會超過 3 公尺，在空曠的農田中，6 公尺高的溫室真的太高了，受風面積大，很容易被強風或颱風所吹垮。故本研究想探討太陽能板寬度、間隔距離與架設高度對累積日照量的影響，期能在盡可能壓低太陽能板架設高度，使光電溫室變為可行。

如下圖所示為本研究太陽能架設之示意圖，其中太陽能板的寬度為 L_s ，太陽能板的架設間距為 L_d 。而太陽能板正下方會是日累積日照量最低的地方，而太陽能板間隔中間會是日累積日照量最高的地方。也就是說太陽能板正下方的農作物會因日照不足而生長不好，甚至無法耕種。相反的，太陽能板間隔中間就無此問題。所以本研究要探討如何架設太陽能板，使太陽能板正下方與太陽能板間隔中間的日累積日照量是相同的，進而解決太陽能發電與農地耕種無法並存之問題。

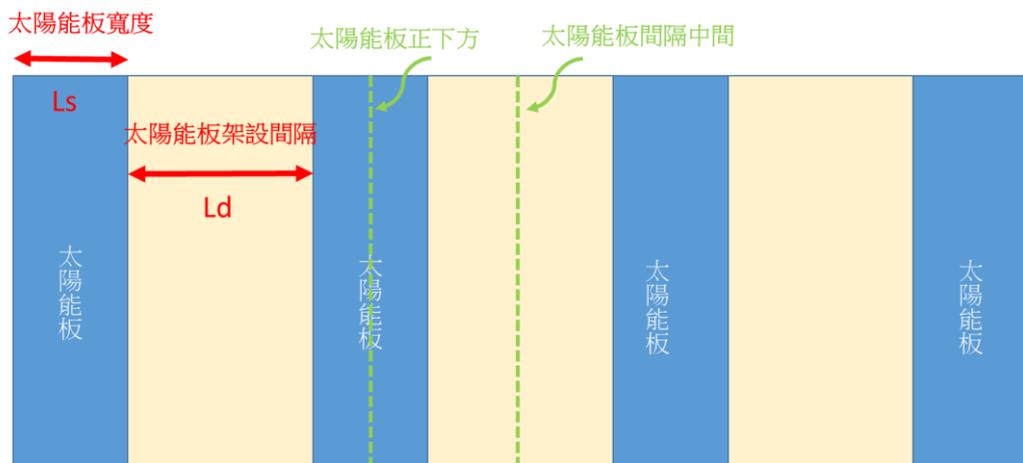


圖 2 本研究太陽能架設之示意圖

圖 3 為太陽能板架設的方式，其架設高度為 H ，A 點為太陽能板中間，B 點為太陽能板中間正下方。從圖可看出，當太陽光與直線 AB 夾角介於 0 度（即太陽在太陽能板正上方）與 θ_1 度時，太陽能板中間正下方 B 點處，無陽光照射。

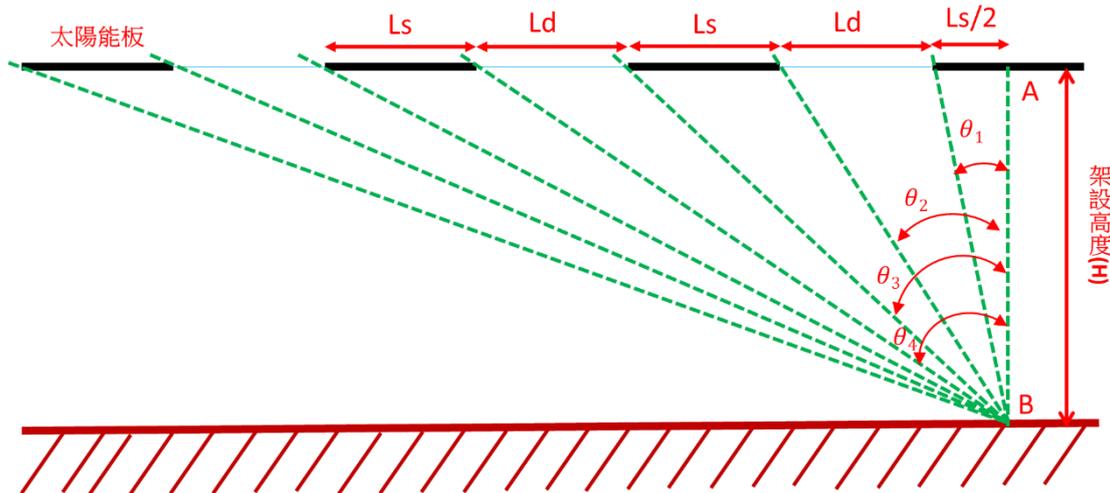


圖 3 太陽能板架設的方式

當太陽光與直線 AB 夾角等於 θ_1 度時，太陽能板中間正下方 B 點處開始會照到陽光，如圖 4(a) 所示。而當太陽光與直線 AB 夾角等於 θ_2 度時，太陽能板中間正下方 B 點處開始不會照到陽光，如圖 4(b) 所示。也就是，太陽光與直線 AB 夾角於 $[\theta_1, \theta_2]$ 區間時，太陽能板中間正下方 B 點處會有陽光照射。觀察圖 4(a) 中之藍色三角形可看出，其可使用三角函數正切 \tan 關係來描述太陽能板的寬度為 L_s 、太陽能板的架設間距為 L_d 、太陽能板架設高度 H 與角度之關係 θ_1 如下式所示：

$$\tan(\theta_1) = \frac{L_s/2}{H} \quad (1)$$

觀察圖 4(b) 中之藍色三角形可看出，其可使用三角函數正切 \tan 關係來描述太陽能板的寬度為 L_s 、太陽能板的架設間距為 L_d 、太陽能板架設高度 H 與角度之關係 θ_2 如下式所示：

$$\tan(\theta_2) = \frac{\frac{L_s+L_d}{2}}{H} \quad (2)$$

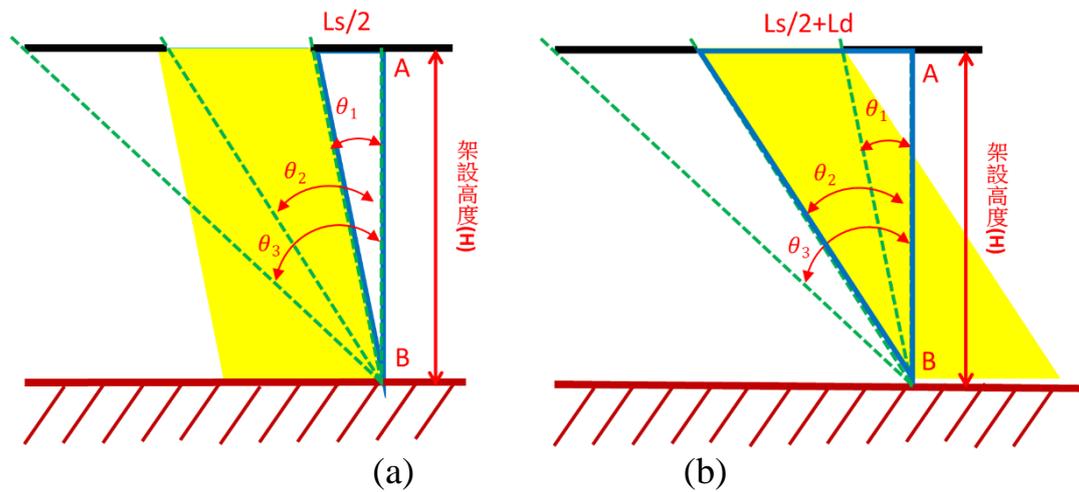
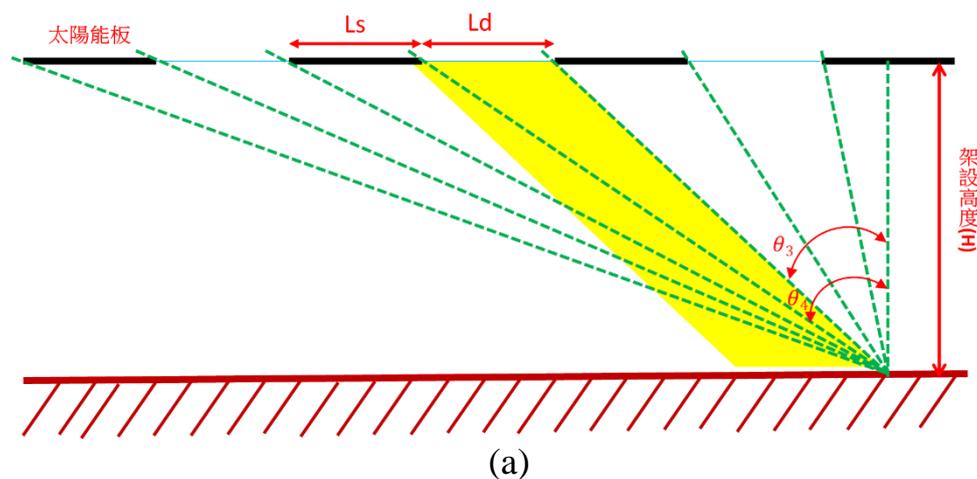


圖 4 太陽光與直線 AB 夾角等於 θ_1 度(a)與 θ_2 度(b)時之照射情形
 同理，當太陽光與直線 AB 夾角等於 θ_3 度時，太陽能板中間正下方 B 點處開始會照到陽光，如圖 5(a)所示。而當太陽光與直線 AB 夾角等於 θ_4 度時，太陽能板中間正下方 B 點處開始不會照到陽光，如圖 5(b)所示。也就是，太陽光與直線 AB 夾角於 $[\theta_3, \theta_4]$ 區間時，太陽能板中間正下方 B 點處會有陽光照射。觀察圖 5(a)與 5(b)中之藍色三角形可看出，太陽能板的寬度為 L_s 、太陽能板的架設間距為 L_d 、太陽能板架設高度 H 與角度之關係 θ_3 與 θ_4 如下式所示：

$$\tan(\theta_3) = \frac{\frac{L_s}{2} + L_d + L_s}{H}, \quad (3)$$

$$\tan(\theta_4) = \frac{\frac{L_s}{2} + L_d + L_s + L_d}{H} \quad (4)$$



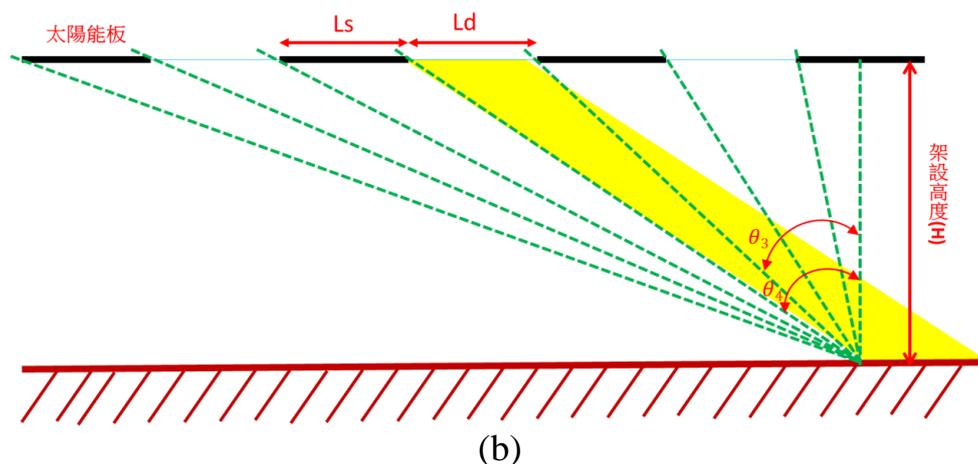


圖 5 太陽光與直線 AB 夾角等於 θ_3 度(a)與 θ_3 度(b)時之照射情形

依此類推可整理出，當太陽光與直線 AB 夾角介於 θ_{2k-1} 度與 θ_{2k} 度時($k \in N$)，太陽能板中間正下方 B 點處，有陽光照射。當太陽光與直線 AB 夾角介於 θ_{2k} 度與 θ_{2k+1} 度時($k \in N$)，太陽能板中間正下方 B 點處，無陽光照射，如圖 6 所示。

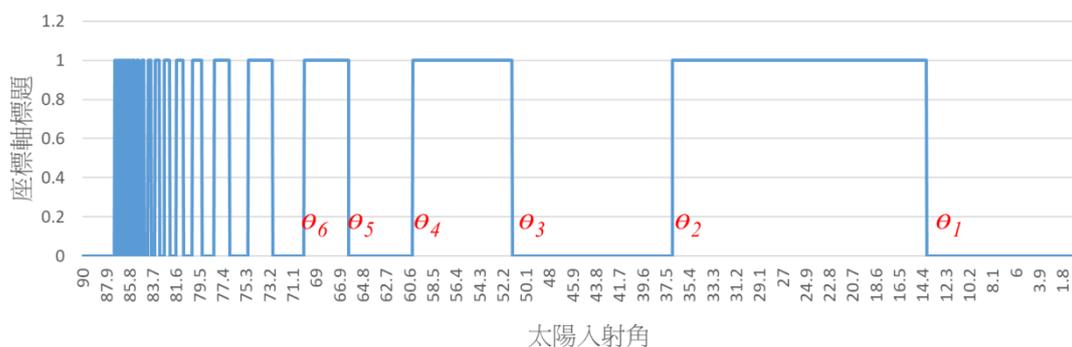


圖 6 太陽能板中間正下方 B 點陽光照射情形
(1 表有照射到，0 表無照射到)

已有一些文獻探討光線入射角對太陽能發電效率之影響[7]，可得知太陽的實際照度 L_{act} 表示為：

$$L_{act} = L_0 \cdot \cos(\theta_{EW}) \cos(\theta_{SN}) \quad (5)$$

其中， L_0 為太陽直射時(也就是夏至中午時)之照度、 θ_{EW} 為東西向太陽入射角、 θ_{SN} 為南北向太陽入射角。

所以太陽能板中間正下方 B 點處之日照量會如圖 7 所示。同理，重複一遍上述的探討可以得出太陽能板間隔中間正下方之日照量會如

圖 8 所示。如此，只要將圖 7 與圖 8 的日照量累積起來，就可分別得出太陽能板中間正下方與太陽能板間隔中間正下方之日累積日照量。依據此數據即可探討太陽能板面向正南方架設情況下，如何求得太陽能板最佳架設高度。

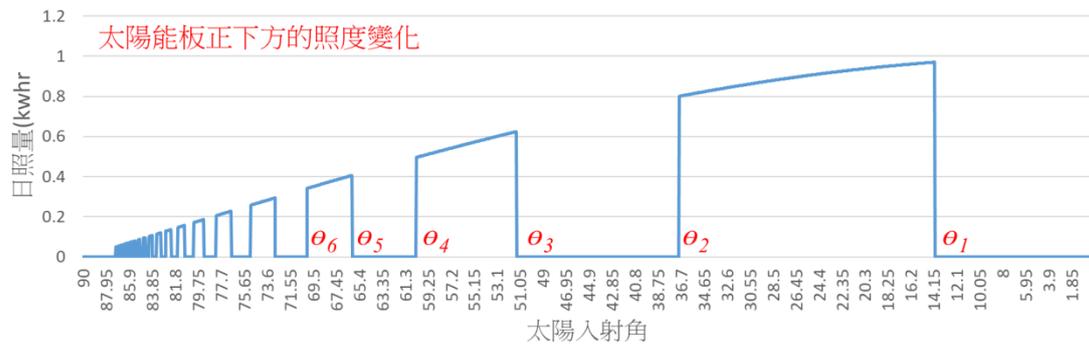


圖 7 太陽能板中間正下方 B 點處之日照量



圖 8 太陽能板間隔中間正下方之日照量

四、資料分析

為方便計算，我們使用電子試算表 Excel 來計算。首先，依據前面的介紹，算出不同架設高度下的 θ_1 、 θ_2 、 \dots ，如下圖所示。圖中的算式 $\text{ATAN}(\text{SUM}(\$A\$8:\$A10)/(\text{G\$7})) * 180 / 3.141596$ 說明如下：
 ATAN 為反正切函數 \tan^{-1} ，用以求出 $\text{SUM}(\$A\$8:\$A10)/(\text{G\$7})$ 之正切角，其中 $\text{SUM}(\$A\$8:\$A10)$ 為太陽在東西向之投影距離， $\text{G\$7}$ 為太陽能板架設高度。最後乘上 $180 / 3.141596$ 是將徑度量轉為度度量。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1											
2		架設方位角		180 度							
3		太陽能板寬度(cm)		100 公分							
4		太陽能板架設間隔(cm)		200 公分							
5											
6										不同架設高度	
7				20	40	60	80	100	120	140	160
8	Ls/2	50	1	68.19851787	51.34014	39.80553	32.00535	26.56502	22.61984	19.6538	17.35401
9	Ld	200	2	85.42598774	80.90964	76.50419	72.25525	68.19852	64.35893	60.75111	57.3807
10	Ls	100	3	86.72941969	83.48011	80.27234	77.11122	74.05453	71.07528	68.19852	65.43276
11		200	4	87.91734107	85.84027	83.77408	81.72402	79.69507	77.6919	75.71882	73.77973
12		100	5	88.23751499	86.47845	84.72601	82.98341	81.25375	79.54001	77.84498	76.17127

圖 8 角度 Excel 試算表

接著，利用太陽能照度與角度的關係，我們就可以得出不同太陽仰角在不同架設高度下之照度，如下圖所示。

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
127	6.25	0	0.108867	0.108867	0	0.108867	0	0.108867	0.108867	0	0.108867	0.108867
128	6.3	0	0.109734	0.109734	0	0.109734	0	0.109734	0.109734	0	0.109734	0
129	6.35	0	0.110602	0.110602	0	0.110602	0	0.110602	0.110602	0	0.110602	0
130	6.4	0	0.111469	0.111469	0	0.111469	0	0.111469	0.111469	0	0.111469	0
131	6.45	0	0.112336	0.112336	0	0.112336	0	0.112336	0.112336	0.112336	0.112336	0
132	6.5	0	0.113203	0.113203	0	0.113203	0	0.113203	0.113203	0.113203	0.113203	0
133	6.55	0	0.11407	0.11407	0.11407	0.11407	0	0.11407	0	0.11407	0.11407	0
134	6.6	0	0.114937	0.114937	0.114937	0.114937	0	0.114937	0	0.114937	0.114937	0
135	6.65	0	0.115804	0.115804	0.115804	0.115804	0	0.115804	0	0.115804	0.115804	0.115804
136	6.7	0	0.116671	0.116671	0.116671	0.116671	0	0.116671	0	0.116671	0.116671	0.116671
137	6.75	0	0.117537	0.117537	0.117537	0.117537	0	0.117537	0	0.117537	0	0.117537
138	6.8	0	0.118404	0.118404	0.118404	0.118404	0	0.118404	0	0.118404	0	0.118404
139	6.85	0	0.11927	0	0.11927	0.11927	0.11927	0.11927	0	0.11927	0	0.11927
140	6.9	0	0.120137	0	0.120137	0.120137	0.120137	0.120137	0	0.120137	0	0.120137
141	6.95	0	0.121003	0	0.121003	0.121003	0.121003	0.121003	0	0.121003	0	0.121003
142	7	0	0.121869	0	0.121869	0.121869	0.121869	0.121869	0	0.121869	0	0.121869
143	7.05	0	0.122735	0	0.122735	0.122735	0.122735	0.122735	0.122735	0.122735	0	0.122735

圖 9 不同太陽仰角在不同架設高度下之照度

最後，我們將每角度的日照量累積起來，即可得出日累積發電量，如下圖所示。因為太陽每小時走 15 度，而在我們的電子試算表中，其角度間隔為 0.05 度。故在算式中乘上 0.05/15 是將其轉為度 (1kWh)。

	太陽仰角	計算式	D	E	F	G	H	I	J
1796	89.7	0.999986292	0.999986	0.999986	0.999986	0.999986	0.999986	0.999986	0.999986
1797	89.75	0.999990481	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999	0.99999
1798	89.8	0.999993908	0.999994	0.999994	0.999994	0.999994	0.999994	0.999994	0.999994
1799	89.85	0.999996573	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997
1800	89.9	0.999998477	0.999998	0.999998	0.999998	0.999998	0.999998	0.999998	0.999998
1801	89.95	0.999999619	1	1	1	1	1	1	1
1802	90	1	1	1	1	1	1	1	1
1803									
1804	累積日照	3.76358319	3.612407	3.416353	3.220608	3.04927	2.913756	2.806859	2.7319

圖 10 日累積日照量 Excel 試算表

接下來我們來探討三個情境：固定太陽能板寬度 100cm 不同太陽能板架設間隔之比較、固定太陽能板架設間隔 100cm 不同太陽能板寬度之比較、不同太陽能板寬度與太陽能板架設間隔之比較。

固定太陽能板寬度 100cm 不同太陽能板架設間隔比較之實驗安排如下表所示，實驗結果如表 1 所示。由實驗結果可以看出，當太陽能板間隔距離越大，其平均累積日照量越高，且其所需架設高度越高。

表 1 固定太陽能板寬度 100cm 不同太陽能板架設間隔之比較

	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4
太陽能板寬度(Ls)	100 cm	100 cm	100 cm	100 cm
太陽能板間隔距離(Ld)	100 cm	200 cm	300 cm	500 cm
求得之日累積日照量	1.9 kWhr	2.55 kWhr	2.87 kWhr	3.18 kWhr
求得之最佳架設高度	200 cm	240 cm	320 cm	520 cm

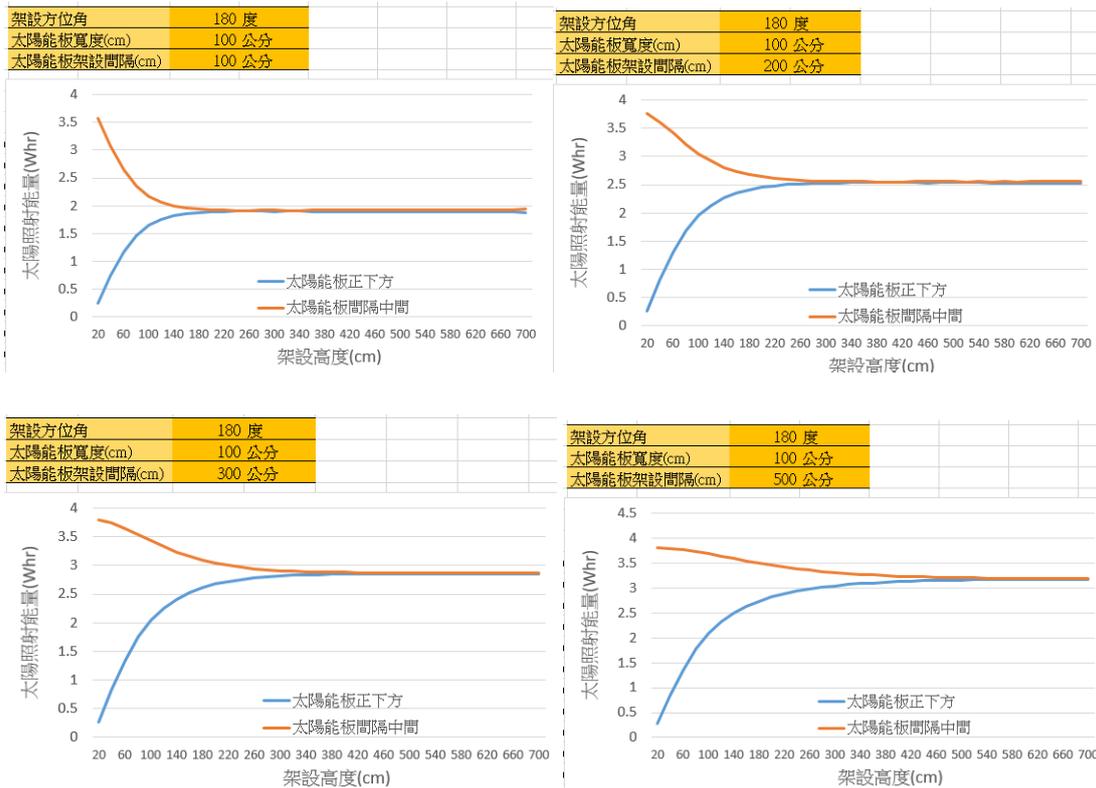


圖 11 固定太陽能板寬度 100cm 不同太陽能板架設間隔之模擬

不同太陽能板寬度與太陽能板架設間隔比較之實驗安排如下表所示，實驗結果如表 2 所示。由實驗結果可以看出，當太陽能板寬度越大，其平均累積日照量越低，且其所需架設高度越高。

表 2 固定太陽能板架設間隔 100cm 不同太陽能板寬度之比較

	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4
太陽能板寬度(Ls)	50 cm	100 cm	200 cm	300 cm
太陽能板間隔距離(Ld)	100 cm	100 cm	100 cm	100 cm
求得之日累積日照量	2.55 kWhr	1.9 kWhr	1.3 kWhr	0.96 kWhr
求得之最佳架設高度	100 cm	200 cm	230 cm	360 cm

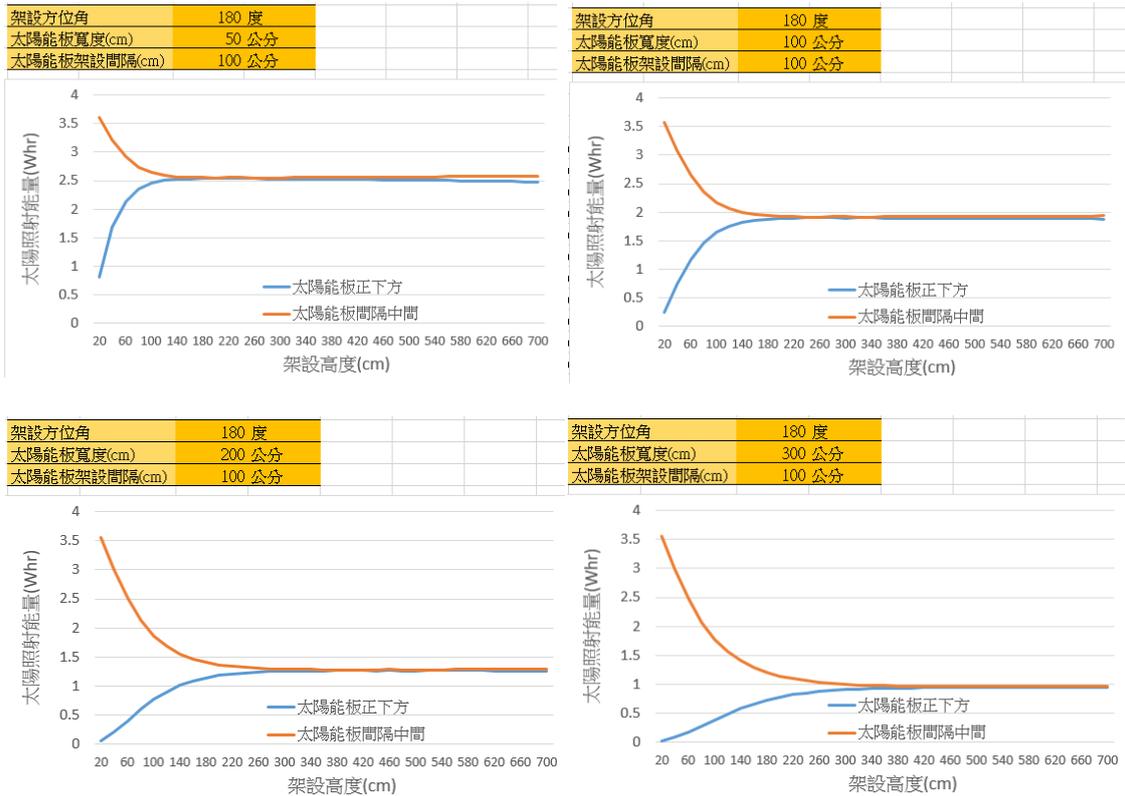


圖 12 固定太陽能板架設間隔 100cm 不同太陽能板寬度之模擬

固定太陽能板寬度與太陽能板架設間隔一致下比較之實驗安排如下表所示，實驗結果如表 3 所示。由實驗結果可以看出，當太陽能板與間隔距離越大，其平均累積日照量一樣，但且其所需架設高度越高。

表 3 不同太陽能板寬度與太陽能板架設間隔之比較

	實驗 1	實驗 2	實驗 3	實驗 4
太陽能板寬度(Ls)	100 cm	200 cm	300 cm	500 cm
太陽能板間隔距離(Ld)	100 cm	200 cm	300 cm	500 cm
求得之日累積日照量	1.9 kWhr	1.9 kWhr	1.9 kWhr	1.9 kWhr
求得之最佳架設高度	200 cm	400 cm	600 cm	>700 cm

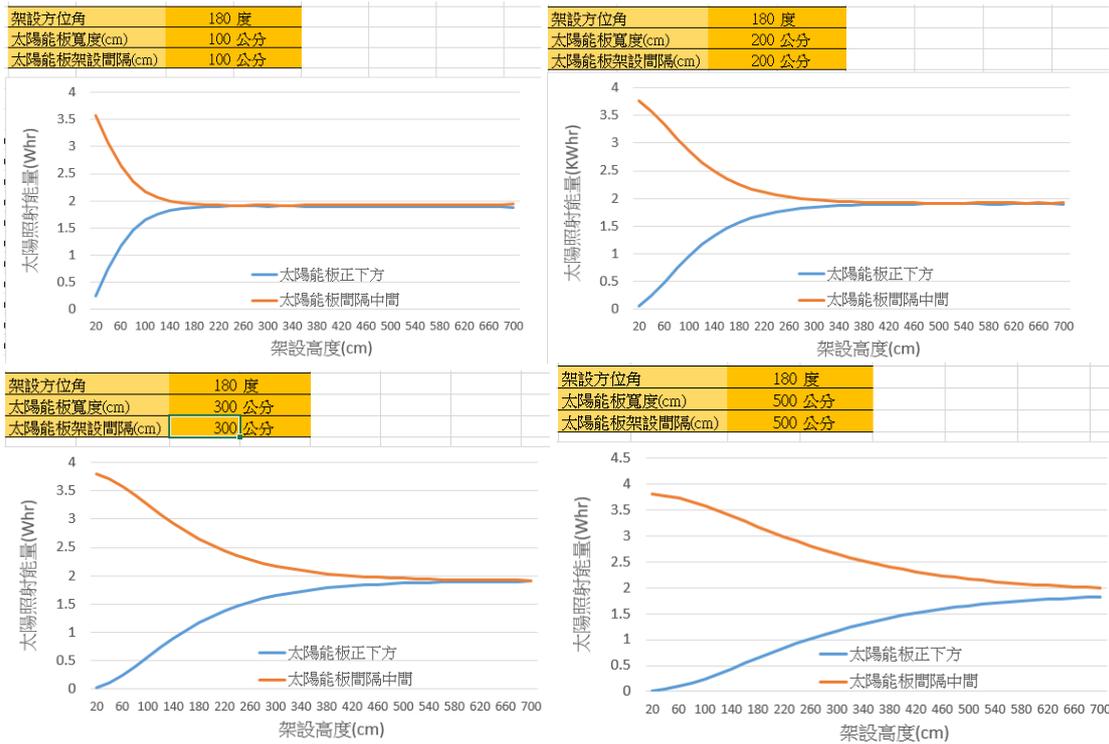


圖 13 不同太陽能板寬度與太陽能板架設間隔之模擬

圖 14 為本研究實驗設置之照片，我們使用 30 公分寬的長型木板模擬太陽能板的遮蔽現象，間隔距離也是 30 公分。



圖 14 本研究實驗設置之照片

圖 15 為 11/10(日)從 9:25 開始，每隔 5 分鐘紀錄一筆日照量，直到 17:25 為止之實驗結果。我們也從中央氣象局網站，查詢當天的基本天文資料[8]，如下所示。

日出時刻	方位角	太陽過中天	仰角	日沒時刻	方位角
06:09	108	11:42	49S	17:14	252

首先，太陽過中天時間與日沒時間分別為 11:42 與 17:14。比對實驗紀錄確實可發現在 11:42 附近時太陽日照量最大，而過 17:14 時，日照量已低於 10。

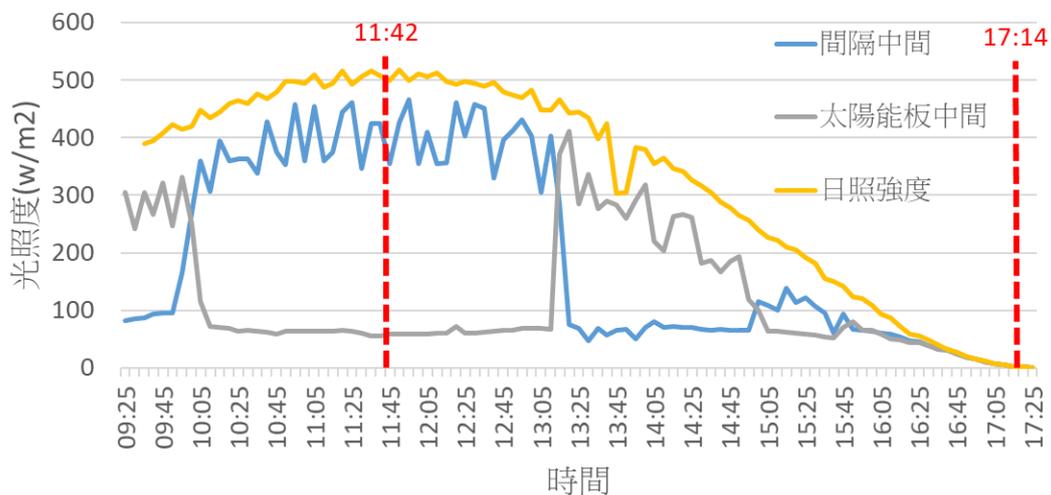


圖 15 實驗量測結果

五、研究結果與討論

結果 1：太陽能發電與農事生產是可以並存的，只要依據太陽能板寬度與太陽能板間隔距離適當架設其高度。

結果 2：當太陽能板間隔距離固定時，太陽能板寬度越大，其平均累積日照量越低，且其所需架設高度越高。當太陽能板寬度固定時，太陽能板間隔距離越大，其平均累積日照量越高，且其所需架設高度越高。

結果 3：太陽能板寬度與太陽能板間隔距離之和越大，其所需架設高度越高。

結果 4：太陽能板寬度與太陽能板間隔距離之比例可用來決定日累積日照量。

問題 1：為什麼實際量測之太陽能板遮蔽下方之光照度不為 0，和數值計算結果不一樣？

檢討：在數值模擬時，沒有考量太陽光的漫射，故在太陽遮蔽處的照度為 0，實際上在太陽能板遮蔽之陰影處還會有漫射光，不會全黑。我們將太陽能板遮蔽下方之照度值除以太陽下之日照強度可得下圖，可看出在 15 點前，其比值約為 10%，與文獻指出漫射光約占 10%相當接近。

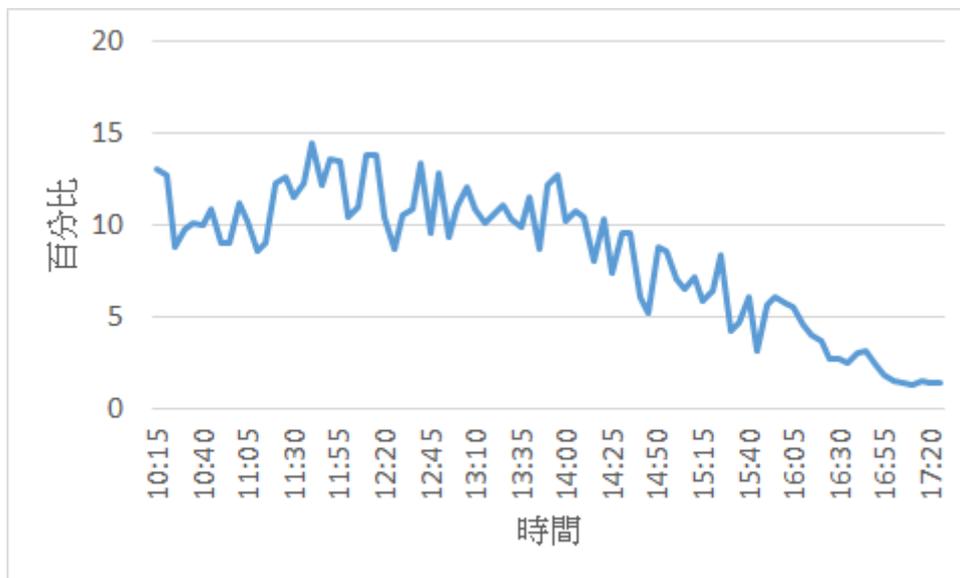


圖 16 太陽能板遮蔽下方之照度值與太陽下之日照強度之比量測結果

問題 2：為什麼沒被太陽能板遮蔽到之光照度比在太陽底下之日照強度數值相對小？

檢討：我們在搭建實驗設備時是使用鐵網置物架，其是由直徑約 3.8mm 之鐵條間隔 20mm 所構成，如圖 17 所示。又因光感測元件受光面為直徑 16mm 之圓形，故會因鐵條的陰影使量測值變小。



圖 17 使用之鐵網置物架

問題 3：為什麼實際量測之光照度數值跳動大，而在量太陽底下之日照強度數值相對波動小？

檢討：我們在搭建實驗設備時是使用鐵網置物架，其是由直徑約 3.8mm 之鐵條間隔 20mm 所構成，如圖 17 所示。又因光感測元件受光面為直徑 16mm 之圓形，故會因鐵條的陰影使量測值跳動大。

問題 4：將本研究成果實際應用至農業生產時，耕種的植物影響大嗎？

檢討：可試種較適應低光環境的萵苣、菠菜、茼蒿、不結球白菜等蔬菜作物[9]。

六、評鑑與檢討

(1) 尋找研究動機的出發點

發覺問題：

農地種電與農業生產真的無法並存嗎?為什麼?

解決方法：

上網找尋相關文獻資料。

網址	內容摘要
https://www.newsmarket.com.tw/blog/72368/	日本農林水產省發布農地可利用支柱裝設太陽能板的「一時轉用許可」，期待藉由「農電共享 (Solar sharing)」，貢獻農村經濟。
https://reurl.cc/zyK69k	亞利桑那大學 (University of Arizona) 葛瑞格·巴倫-蓋佛 (Greg Barron-Gafford) 教授領導的一項研究指出，有一些共生關係可以為太陽能產業和農業都帶來利益。
https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article&sub_theme=article&id=1909	農試所鳳山分所指出，「高度」也是必須考量的重點，農試所合作的光電溫室高度達 6 公尺，由於實驗的光電溫室高度足夠，光線進入後沒有明顯的陰影處，因此對作物影響不大，太陽能板遮蔽率 40%及 30%也無太大差異。

(二)擬定正式計畫及研究問題的困難及解決方法

發覺問題：

閱讀文獻資料後，了解到日照量與植物生長與水質有很直接關係。適當安排太陽能板架設寬度、架設間距與架設高度有其必要性。草擬研究計畫時面臨下列問題：1、實驗設備要如何取得或製作。2、實驗場地如何尋覓。

解決方法：

本研究需各種不同的太陽能板架設寬度、架設間距與架設高度，故需大量的太陽能板與大面積無遮蔽物的平坦土地，這個問題不易解

決。與老師討論的解決方式是採用電腦數值計算的方式為主，因為太陽光是直線且平行的光源，用三角函數即可探討。辛苦的是我們還要上三角函數的數學課。

(三)彙整相關文獻資料

發覺問題：

在尋找及研讀農地種電的文章與網路資料時發現，支持與反對意見非常多元，且矛盾地方也有，這造成我們相當困擾。

解決方法：

與老師討論後，老師建議盡可能採用學術機構與官方機構的資料，民間廠商的資料不採用，且聚焦在如何達到太陽能發電與農事生產是可以並存的文章上。

(四)整理統計資料與資料分析

發覺問題：

本研究需要進行的運算有很多數據，而且實驗的數據也很多，應該如何進行數據處理與圖形化呈現？

解決方法：

學習使用 Excel 軟體來進行數據的運算與統計圖，進行數據處理與圖形化呈現。

(五)提出研究成果與討論

發覺問題：

覺得說明書的寫作很難，應該如何簡潔且準確描述一件實驗或觀念？

解決方法：

觀摩前幾屆相關的說明書，模仿它們的寫作，並由指導老師和家長協助，提供修改意見。

未來可改善：

1. 目前僅探討太陽能板面向正南方的情況，未來可拓展到太陽能板面向任意方位角均可。
2. 目前人工量測很不便利，未來可研製一自動量測系統，不僅可大幅增進量測時之便利性，也可大幅降低人工操作儀器之誤差。
3. 目前的實測數據是用木板等比例縮小進行實驗的，未來可用實際的太陽能板來進行實驗。

七、參考文獻：

- [1] 全台最大地面太陽能電廠完工！台電彰濱年發電 3.4 億度可供 4 萬家庭
<https://www.bnext.com.tw/article/55058/taipower-100-mw-solar-power-plant-in--changhua>
- [2] <https://www.newsmarket.com.tw/blog/72368/>
- [3] <https://reurl.cc/zyK69k>
- [4] https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article&sub_theme=article&id=1909
- [5] <https://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/pvps-report-a-snapshot-of-global-photovoltaics-markets-2019>
- [6] <https://www.ey.gov.tw/File/3B2B1097239AF08?A=C> 行政院綠能科技產業創新推動方案
- [7] 真的是 23.5 度嗎？—以天文及氣象資料探討固定型太陽能板最佳架設傾斜角，第 59 屆中小學科學展覽會
<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-030506.pdf>
- [8] 中央氣象局-天文星象
https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/astronomy_day.html

[9] 太陽光電溫室栽培之候選作物

[https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article
&sub_theme=article&id=1161&fb_comment_id=10552181479142](https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article&sub_theme=article&id=1161&fb_comment_id=10552181479142)

38