

2024仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱： 水哥追光隊

作品名稱： 離岸生態浮台太陽能追日系統的發電研究

科學概念1：（請用50-150字說明）太陽能追日系統設計及應用：四顆10mm光敏電阻各串接1KΩ電阻以杜邦線接Arduino擴充板A1~A4腳位，太陽能板正負極以杜邦線各接5V及接地腳位，可依太陽的東昇西落之不同光照強度，程式驅動水平軸及垂直軸的伺服馬達轉動不同角度而形成追日系統；太陽能板儲電後以紅外線遙控器驅動多色光LED燈亮。

科學概念2：（請用50-150字說明）浮力：智高大灰底板加雙層pp板+四支雙多多瓶或保特瓶，可組合成總平均密度小於水且能互相銜接的生態浮台及太陽能追日及發電系統浮台。
生態浮台設計：模擬沿海白天吹海風的集水網集水實驗、植栽區植栽實驗、農業型或觀景型的生態浮台可加裝紅外線遙控夜間照明系統以及可模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計。

決賽成果報告書內文

(最多 10 頁)

1. 發想動機：

最近我與伙伴們熱烈討論網站搜尋到的『好山好水的東部花蓮種電』相關新聞報導：「淨土上的光電角力賽！花東種電...YouTube•鏡」、「砍樹種電 花蓮鳳林鎮成「光電板森林」...。1-4

不止花蓮，尤其台灣西部地區1253公頃地層下陷、不利耕種區域，已經陸續落入綠電開發商手上。

現在，世界各國為對抗氣候變遷，努力發展再生能源，並以 2050 年淨零排放作為目標！我們覺得：臺灣寸土寸金，實在不利於佔用大量土地空間的太陽能農場的開發，我們想要創新設計西部離岸生態浮台的太陽能追日系統發電為主題，為我們在未來地球的綠能研究目標提出一些想法與作法。

老師說，這是一項困難卻很有意義的挑戰，要搜集及研究的資料不少、要解決的難題也很多，不怕就來玩吧！

2. 作品創意性：

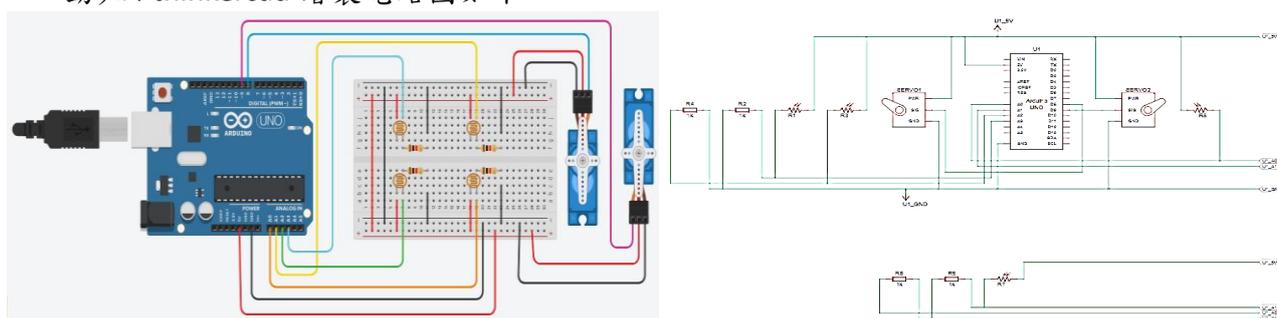
我們以 STEM 的精神，整合積木、美工、生活科技、自然科學的電機、光電效應和業界量產便宜的 Arduino UNO 板、光敏電阻、伺服馬達...等，做資訊電機電腦程式的學習及應用。

也融入國中自然生物、物理浮力、簡單機械、光電能量轉換、電流磁效應等科學概念，自組實作裝置，適合應用在國中環境永續議題、自然領域、生活科技 STEM 與資訊之跨科多元實作課程的應用。

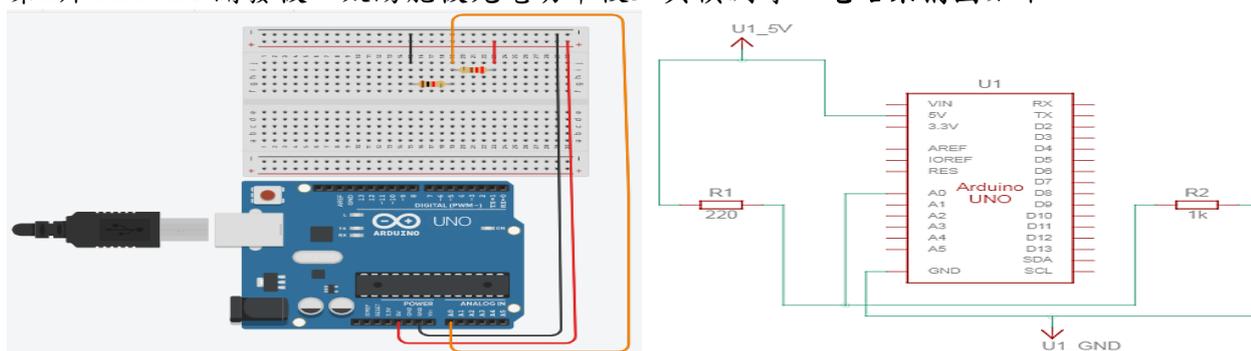
國中很多實驗大部份都只有照本宣科做簡單且傳統的定性實驗比較，定量、多元整合的實驗鮮少看到，希望本作品能努力做到創新有實用議題的實驗難題，也為綠能盡一點心力。

3. 硬體及電路架構圖：

第1片 Arduino 開發板：照射雙軸太陽能追日系統的設計(垂直軸及水平軸的伺服馬達作動)以 thinkercad 繪製電路圖如下：



第2片 Arduino 開發板：太陽能板光電功率校正與偵測等，電路架構圖如下：



4. 作品成果報告：(可透過圖表或照片說明之)

(一) 太陽能板光電功率校正與偵測

1. 理論上，應測量太陽能電池板的開路電壓(V_{oc} ：外電路為『斷路』時，太陽能電池板的輸出電壓)及短路電流(I_{sc} ：外電路為『短路』時，太陽能電池的輸出電流)，以求出太陽能電池板的最大功率(P_m ：太陽能電池產生電壓與電流乘積最大值)。
2. 但是，測量短路電流恐損害偵測系統，故我們決定，為安全起見，還是將太陽能電池板與 $330\ \Omega$ 電阻串聯，測量比較各照射太陽能板不同角度下，太陽能電池板負載的電流乘電壓=電功率為佳。
3. 光照太陽能板接二極體再輸入升壓模組後輸出至進行充電，再以電錶偵測不同時間下，光照後儲電做比較，因此，必須先以 Auduino UNO 測量待測電阻的電流、電壓和程式確認偵測數值的正確性及誤差大小：
4. 測量電流、電壓校正電路的程式確認

<pre>int Rs = 330; //已知電阻 float AnalogValue; float Voltage_Value; float Current_of_Loop; float RDUT; void setup() { Serial.begin(9600); } void loop() { AnalogValue=analogRead(A0); Voltage_Value=AnalogValue*5/1023; Current_of_Loop =Voltage_Value/Rs;</pre>	<pre>RDUT=(5 - Voltage_Value)/Current_of_Loop; Serial.print(AnalogValue); Serial.print("\t"); Serial.print(Voltage_Value, 5); Serial.print("\t"); Serial.print(Current_of_Loop, 6); Serial.print("\t"); Serial.print(RDUT); Serial.println(" ohm"); delay(3000); }</pre>
--	---

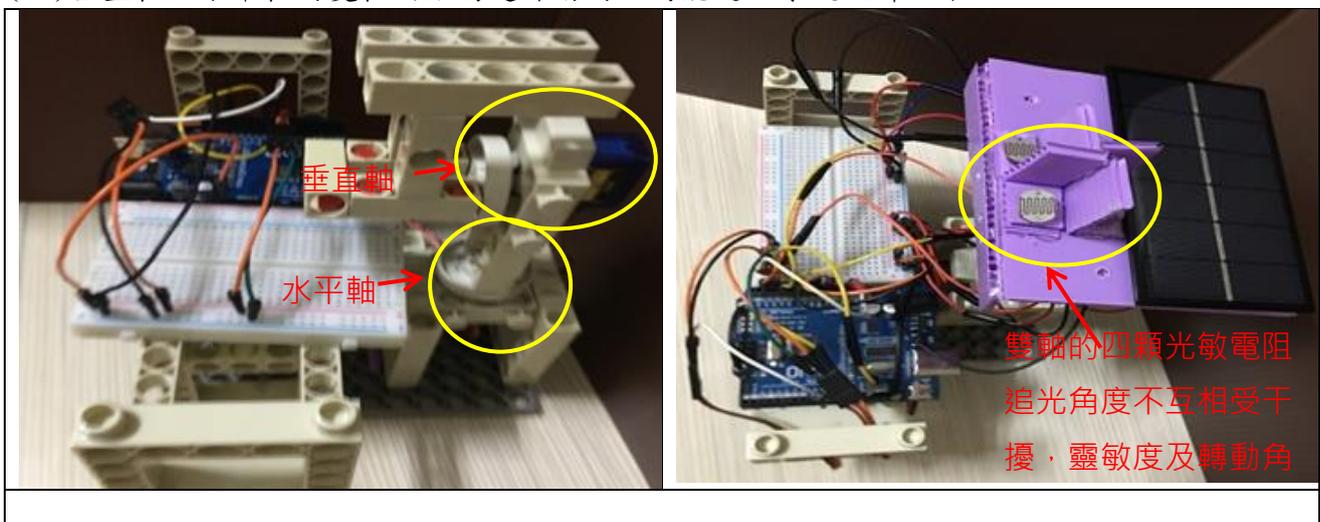
5. 依序下載序列埠視窗讀數至 Excel 檔編列序號，並算出平均值及標準差。

表一、 $R_s = 330\ \Omega$ ，待測電阻設為 $R_1=100$ 、 330 、 $1000\ \Omega$ 做高低電阻的偏差%校正比較

編號	R_s	R_{DUT}	A_0	V_{R_s}	I	R	V_{RDUT}	偏差
單位	Ω	Ω	NA	V	A	Ω	V	%
1	330	100	783.7	3.8304	0.01161	100.765	1.16960	0.7 %
2	330	330	509.00	2.48778	0.00754	333.240	2.51222	0.98%
3	330	1000	251.95	1.23143	0.00373	1009.91	3.76857	0.99%

校正測量待測電流及電壓，回推待測電阻與標示電阻的比較，其偏差率均低於 1 % 以下，可證明這樣的測量方式可以比較測量太陽能板負載 $330\ \Omega$ 下的電流，再以 $V_{R_1} = 5 - V_{R_s}$ ，可以測量照射太陽能板不同角度的待測太陽能板負載 $330\ \Omega$ 下的光電功率。

(二) 垂直軸及水平軸的雙軸伺服馬達作動的太陽能追日系統設計如下：



1. 接線說明：伺服馬達垂直軸與水平軸轉動：伺服馬達紅線接到 +5v，黑線接到 GND，水平軸訊號線接到 pin 8 左手邊的光敏電阻一支腳接到 5V，另一支腳串接一顆 1k 電阻接到

analog pin 2 右手邊的光敏電阻一支腳接到 5V，另一支腳串接一顆 1k 電阻接到 analog pin 3；垂直軸訊號線接到 pin 9 左手邊的光敏電阻一支腳接到 5V，另一支腳串接一顆 1k 電阻接到 analog pin 0 右手邊的光敏電阻一支腳接到 5V，另一支腳串接一顆 1k 電阻接到 analog pin

2. 程式確認：

<pre>#include <Servo.h> Servo S1, S2; int AR1, AR2, AR3, AR4; ////右上為2 右下為1 左上為3 左下為4 int SR1 = 90, SR2 = 90; int XH = 15; int XV = 15; int a=-1;//水平反應方向 int b=1;//垂直反應方向 void setup() { Serial.begin(9600); S1.attach(8);//水平 S2.attach(9);//垂直 doServo(); } void loop() { getLight(); // delay(5000); if(a*(AR3-AR2)>XH){ SR1++; if(SR1>160){ SR1--; } }else if(a*(AR2-AR3)>XH){ SR1--; if(SR1<30){ SR1++; } } // S1.write(SR1);</pre>	<pre>if(a*(AR4-AR1)>XH){ SR1++; if(SR1>160){ SR1--; } }else if(a*(AR1-AR4)>XH){ SR1--; if(SR1<30){ SR1++; } } S1.write(SR1); //////////////////////////////////// if(b*(AR1-AR2)>XV){ SR2++; if(SR2>130){ SR2--; } }else if(b*(AR2-AR1)>XV){ SR2--; if(SR2<50){ SR2++; } } //S2.write(SR2); if(b*(AR4-AR3)>XV){ SR2++; if(SR2>130){ SR2--; } }</pre>	<pre>}else if(b*(AR3-AR4)>XV){ SR2--; if(SR2<50){ SR2++; } } S2.write(SR2); } void getLight(){ AR1 = analogRead(A1); AR2 = analogRead(A4); AR3 = analogRead(A2); AR4 = analogRead(A3); Serial.print("AR1:"); Serial.print(AR1); Serial.print(" AR2:"); Serial.print(AR2); Serial.print(" AR3:"); Serial.print(AR3); Serial.print(" AR4:"); Serial.println(AR4); delay(8); } void doServo(){ S1.write(SR1); S2.write(SR2); }</pre>
--	--	---

3. 模擬照射雙軸太陽能追日系統負載發電的電功率比較

(1) 模擬夏至的東昇西落不同照射角度下，負載電壓、電流及電功率大小比較

太陽能板仰角(°)	30°	50°	70°	90°
均電壓 V (V)	2.972±0.153	3.059±0.011	3.249±0.020	3.304±0.112
平均電流 I (A)	0.006±0.0005	0.006±0.00003	0.005±0.0001	0.005±0.0003
平均電功率 P (w)	0.0182±0.00051	0.0180±0.00004	0.0172±0.00009	0.0169±0.0004
太陽能板仰角(°)	110°	130°	150°	
平均電壓 V (V)	3.281±0.142	3.050±0.110	3.104±0.145	
平均電流 I (A)	0.005±0.0004	0.006±0.0003	0.006±0.0004	
平均電功率 P (w)	0.0171±0.0005	0.0180±0.0004	0.0178±0.0005	

(2) 模擬春秋分的東昇西落不同照射角度下，負載電壓、電流及電功率大小比較

太陽能板仰角(°)	30°	50°	70°	90°
平均電壓 V (V)	2.984±0.059	3.108±0.171	3.068±0.197	3.123±0.199
平均電流 I (A)	0.006±0.0002	0.006±0.0005	0.006±0.0006	0.006±0.0006
平均電功率 P (w)	0.0182±0.00019	0.0178±0.00065	0.0179±0.0008	0.0176±0.0008

太陽能板仰角(°)	110°	130°	150°
平均電壓 V (V)	3.032±0.125	3.065±0.173	3.051±0.108
平均電流 I (A)	0.006±0.0004	0.006±0.0005	0.006±0.0003
平均電功率 P (w)	0.0180±0.00045	0.0179±0.0007	0.0180±0.0004

(3)模擬冬至的東昇西落不同照射角度下，負載電壓、電流及電功率大小比較

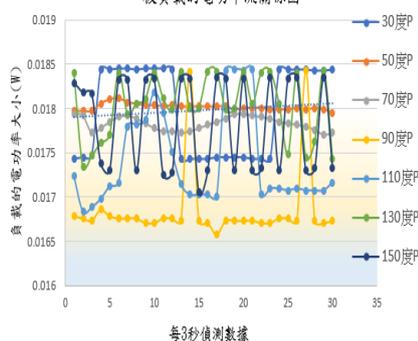
太陽能板仰角(°)	30°	50°	70°	90°
平均電壓 V (V)	2.967±0.026	2.981±0.054	3.030±0.093	3.021±0.115
平均電流 I (A)	0.006±0.0001	0.006±0.0002	0.006±0.0003	0.006±0.0003
平均電功率 P (w)	0.0183±0.0001	0.0182±0.0002	0.0181±0.0003	0.0184±0.0004

太陽能板仰角(°)	110°	130°	150°
平均電壓 V (V)	3.095±0.121	2.983±0.083	3.040±0.106
平均電流 I (A)	0.005±0.0004	0.006±0.0003	0.006±0.0003
平均電功率 P (w)	0.0178±0.0004	0.0182±0.0003	0.0180±0.0004

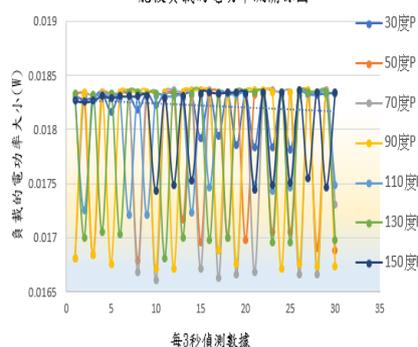
3. 比較太陽能板每20度角度變化的電功率比較(選擇其中的5個不同照射角度圖)：



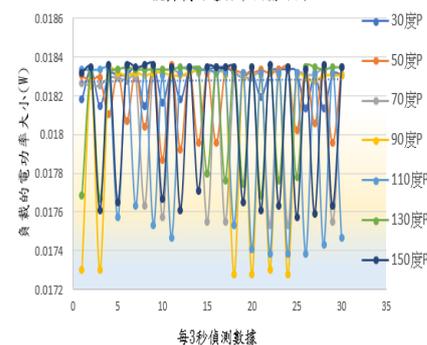
模擬雙軸太陽能追日系統在夏至不同仰角光照下太陽能板負載的電功率流關係圖



模擬雙軸太陽能追日系統在春秋分不同仰角光照下太陽能板負載的電功率流關係圖



模擬雙軸太陽能追日系統在冬至不同仰角光照下太陽能板負載的電功率流關係圖



(三)可銜接連動的浮台設計

1. 自製浮台：智高大灰底板加雙層 pp 板為基本浮台，經實驗測量，可平穩的承載109顆彈珠(17.86克/顆*109顆=1946.74克)，再各加裝了四組雙多多瓶及四個保特瓶，使各漂浮板塊間可互相銜接且增加排開液重的浮力：

浮台名稱	智高大灰底板加雙層 pp 板+雙多多瓶	智高大灰底板加雙層 pp 板+保特瓶
側拍圖		
浮台功能性	可置放植栽的生態浮台	可置放太陽能追日系統的浮台

2. 浮台漂移穩定度的比較：智慧型手機下載 phyphox 之 App 軟體，操作 GPS 及不含重力之加速度後上傳 Excel 數據至雲端信箱、積木重錘、長直尺、計時器、魔帶、回收板擦機 L 型鐵板架(定錨用)

(1) 漂浮板塊漂移的位置 GPS 比較(GPS 原始數據選其中 S01 示例)

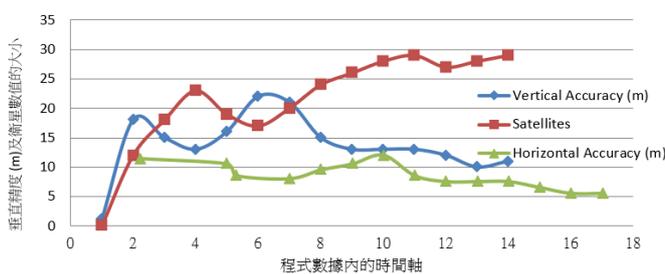
Time (s)	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Altitude WGS84 (m)	Speed (m/s)	Direction (°)	Distance (km)	Horizontal Accuracy (m)	Vertical Accuracy (m)	Satellites
1.941924	24.24721	120.7283	217.3859	237	0.54	0	0.006382	20	37	11
2.489065	24.24727	120.7283	241.386	261	0.26	0	0.011749	15.5	30	17
3.495395	24.24731	120.7283	232.3862	252	0.12	0	0.018598	13.5	26	20
4.489731	24.24726	120.7283	236.386	256	0.06	0	0.021476	13.5	24	20
5.492227	24.24723	120.7284	237.3859	257	0.18	0	0.022426	11	22	20
6.503197	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	9.5	19	20
7.495206	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	9.5	19	20
8.500005	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	9.5	19	21
9.501325	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	9.5	19	22
10.49987	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	8	16	22
11.49935	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	7	14	22
12.50063	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	7.5	15	21
13.50363	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	0.022426	7	14	21
14.51087	24.24724	120.7284	232.3859	252	0	#NUM!	NaN	7.5	15	20

(2) 漂浮板塊漂移的位置 GPS S01 示例名稱說明及數據分析

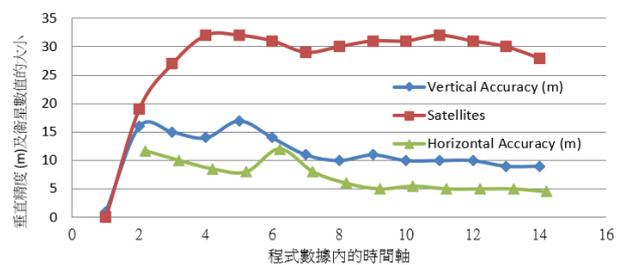
項目	Latitude (°) 緯度	Longitude (°) 經度	Altitude (m) 高度	Altitude WGS84 海拔高度 WGS84 (m)	Speed (m/s) 速度	Direction (°) 方向	Distance (km) 距離	Horizontal Accuracy (m) 水平精度	Vertical Accuracy (m) 垂直精度	Satellites 衛星
數據	0	0	24.0001	24	0→0.54	0	0.016044	如下比較分析圖示		
最大與最小的差或變化值										

GPS 可由衛星的航行得原始位置數據作圖如下：

無定錨下 phyphox 感測器測定 GPS 數值的比較

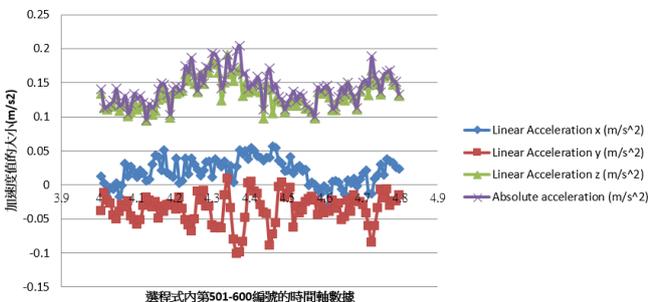


定錨下 phyphox 感測器測定 GPS 數值的比較

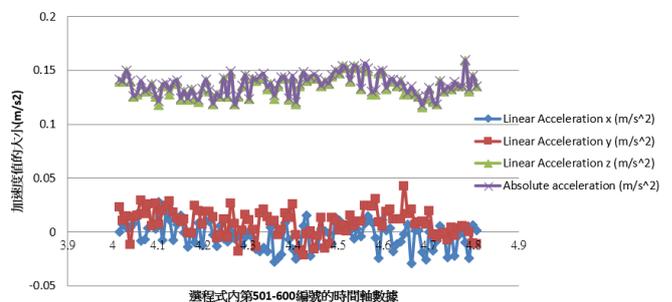


(3) 不含重力之加速度的原始數據每次測量有1800多筆數據，依操作的時間及扣除手機按壓開始的誤差，我們均選取程式數據內第501到600中的100個數據做比較，結果有定錨下的穩定度比無定錨的為佳如下比較圖示。

無定錨下 phyphox 感測器測定不含重力之加速度值的比較



定錨下 phyphox 感測器測定不含重力之加速度值的比較



二、生態浮台的設計與研究

(1) 生態浮台的設計



生態浮台（三面集水網加毛細作用及四座水撲滿）

生態浮台加夜間紅外線遙控照明系統

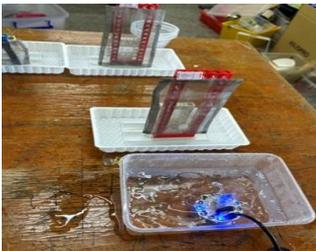
生態浮台植栽區加礫石

再加水草即完成生態浮台設計

(2) 模擬沿海白天吹海風的集水網實驗

不銹鋼網規格	40目		80目		120目		150目	
微風定時吹1分鐘的集水量(g)	44.10	55.77	43.75	55.62	42.02	53.86	47.35	59.76
	11.67		11.87		11.84		12.41	
微風定時吹2分鐘的集水量(g)	44.10	65.44	43.75	65.58	42.02	64.49	47.35	71.66
	21.34		21.83		22.47		24.31	
微風定時吹3分鐘的集水量(g)	44.10	76.93	43.75	76.62	42.02	75.08	47.35	82.68
	32.83		32.87		33.06		35.33	

(3) 模擬離岸生態浮台的植栽實驗



模擬海風吹向浮板塊上的集水網集水實驗



模擬白天海風吹向生態浮板夾帶水氣的實驗材料



超音波霧化器模擬白天吹向生態浮板植栽夾帶水氣的海風實驗



生態浮台植栽區再加入一包長效型植物營養袋



植栽盆下有透水孔 方便植物根部於下方吸水

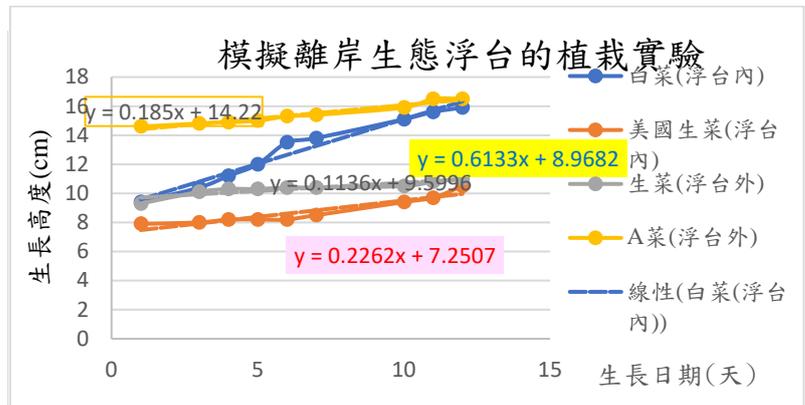
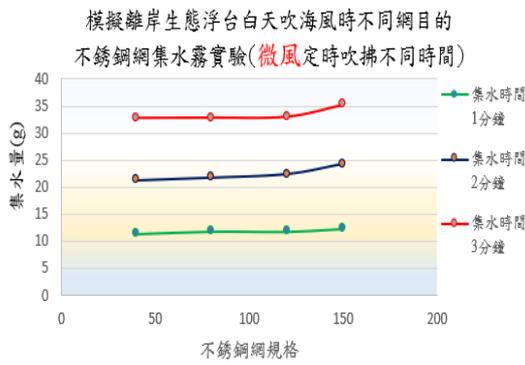


準備開始量測植物生長高度實驗



生態浮台內左側白菜及生菜植栽 浮台外為對照組

植栽		浮台的實驗組		浮台外的對照組	
種類		白菜	美國生菜	台式生菜	A菜
每槽4株的平均生長高度(cm)	第一天	9.4	7.9	9.3	14.6
	第三天	10.4	8.0	10.1	14.8
	第四天	11.2	8.2	10.3	14.9
	第五天	12.0	8.2	10.3	15
	第六天	13.5	8.2	10.4	15.3
	第七天	13.8	8.5	10.4	15.4
	第十天	15.1	9.4	10.5	15.9
	第十一天	15.6	9.7	10.8	16.5
第十二天		15.9	10.5	11	16.5
平均高度(cm)		12.99	8.73	10.34	15.43
生長高度差(cm) (最大值-最小值)		6.5	2.6	1.7	1.9



我們就以超音波霧化器每天定時十分鐘微風風扇吹向生態浮板集水網植栽面，模擬白天吹向浮板塊夾帶水氣的海風，使集水網集水液滴透過棉布的毛細現象，讓水毛細滲透至植栽的底部保持濕潤性。使植栽水份不虞饋乏。

由植栽圖示的線性方程式斜率可知，生長高度變化：浮台內的的白菜 > 美國生菜 > 浮台外的 A 菜 > 台式生菜，因此，每天以超音波霧化器模擬白天吹向生態浮板植栽夾帶水氣的海風實驗算是可行的。

(4) 農業型或觀景型的生態植栽製作流程及說明如下：



1. 回收無毒口罩加礫石水草處理成縮小軟質盆栽(底部可滲水)
2. 小型植栽可放置4個軟質口罩盆栽中型植栽則放2個
3. 農業型生態浮台之人參果植栽(白天自然光)
4. 農業型生態浮台好采頭植栽



5. 景觀型生態浮台左右麗格海棠不同顏色之植栽
6. 景觀型生態浮台左吊鐘花右大岩桐之植栽
7. 景觀型生態浮台左直式吊鐘花右達摩鳳梨之植栽
8. 景觀型生態浮台左乳斑椒草右白玉之植栽

(5) 農業型或觀景型的生態浮台可加裝紅外線遙控夜間照明系統



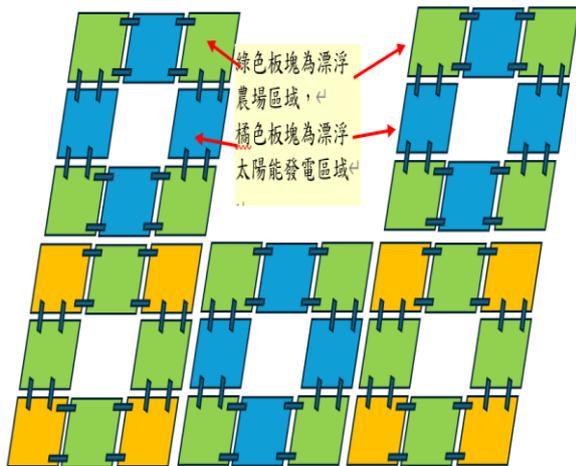


除此四種色光以外，此遙控器可設定為十六色光或連續性變光或閃光之設計。

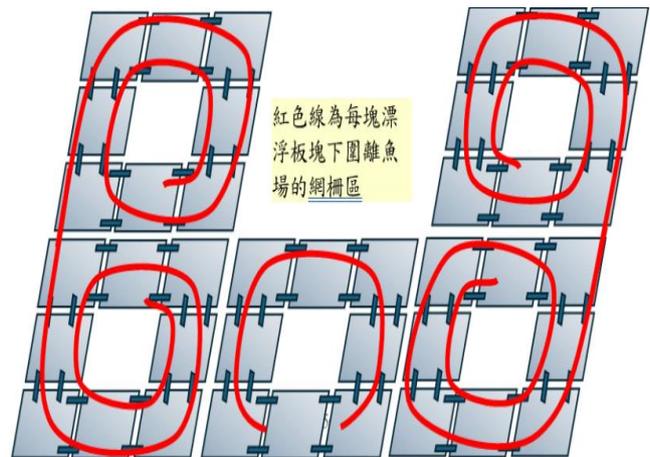
三、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

(一)魚滬設計構思的草圖及實作如下：

1. 40個漂浮板塊間以銜接器交接，使板塊能連動增加板塊漂移的穩定度，20個綠色板塊為漂浮農場區域，20個橘色板塊為漂浮太陽能發電區域，如左下圖一。
2. 每個漂浮板塊下共同圍離魚場的網柵區如紅色標示線區，如右下圖二。
3. 實際製作縮小型連動浮台下魚滬模型及迴游實驗的通道如下圖三~五。



圖一



圖二



圖三



圖四



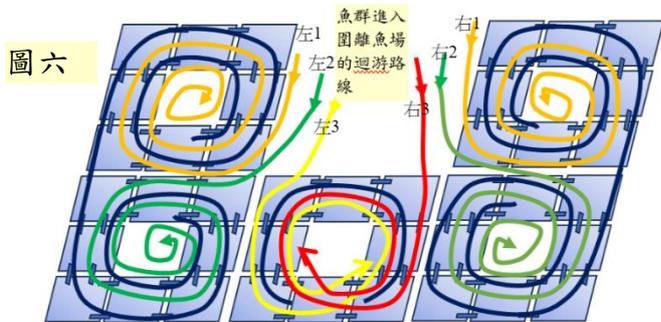
圖五

縮小型生態農業20個及太陽能追日系統20個漂浮板塊下方為魚滬模型

魚滬模型(BE區圍籬包邊)

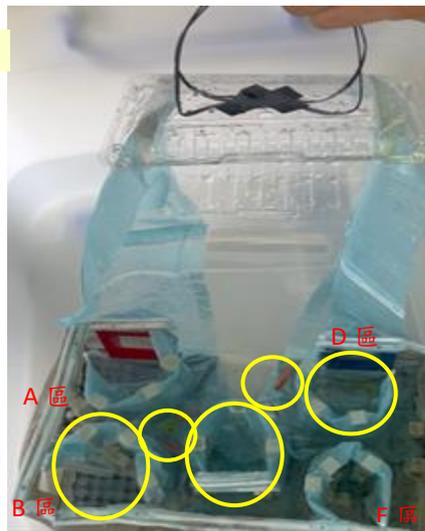
自製小型魚埠及孔雀魚實際迴游實驗的通道

4. 魚群因每日漲潮2次進入圍離魚場的迴游路線設計(模擬澎湖七美的石滬功能)，每日退潮時間，可開放農民(或觀光人潮)沿著安全板塊步道進入靠近白色區域捕魚如左下圖六。
5. 模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計，實際自製魚滬支架、魚滬圍籬、迴游通道等如右下圖七、魚群實際迴游位置圖示如圖八至十。



圖六

圖七



圖八



圖九



圖十

同一批孔雀魚，即使它們已進入魚滬很多次了，一放至迴游通道口，它們還是會隨機沿著迴游通道(左右各三條通道)進入A-E區的圍籠中，即使進行迴游實驗高達十次，每隻魚還是活力十足！

(二) 引流魚群由魚滬通道進入魚滬的前置作業及進行十次的迴游實驗觀測



先放一袋水置於小水族箱內使水溫與箱內水溫相同



與水族箱內水溫相同的水倒至孔雀魚暫時迴游盒中



以補魚網將孔雀魚移至暫時迴游盒中



小型魚滬進行孔雀魚迴游入魚滬的十次觀測實驗

十隻孔雀魚每次進入各區的圍離魚場的迴游路線實驗(統計魚隻數量)

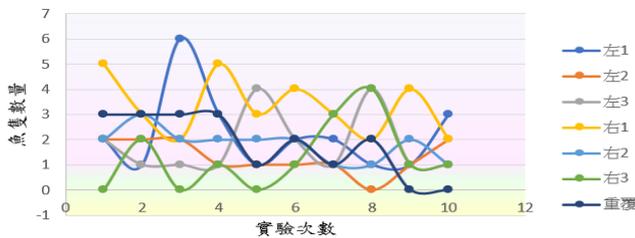
迴游路線	左1	左2	左3	右1	右2	右3	合計(隻)	備註	
實驗次數	1	2	2	2	5	2	0	13	重覆3隻
	2	1	2	1	3	3	2	13	重覆3隻
	3	6	2	1	2	2	0	13	重覆3隻
	4	3	1	1	5	2	1	13	重覆3隻
	5	1	1	4	3	2	0	11	重覆1隻
	6	2	1	2	4	2	1	12	重覆2隻
	7	2	1	1	3	1	3	11	重覆1隻
	8	1	0	4	2	1	4	12	重覆2隻
	9	1	1	1	4	2	1	10	恰總計10隻
	10	3	2	1	2	1	1	10	恰總計10隻
合計	22	13	18	33	18	13	118		

十隻孔雀魚每次經由迴游路線進入各小型圍離魚場區的實驗(統計魚隻數量)

圍離魚場	A區	B區	C區	D區	E區	合計(隻)	備註	
2	1	2	2	2	5	2	13	重覆3隻
	2	4	3	1	3	2	13	重覆3隻
	3	5	2	1	2	3	13	重覆3隻
	4	3	1	2	5	2	13	重覆3隻
	5	2	1	2	4	2	11	重覆1隻
	6	2	2	3	3	2	12	重覆2隻

	7	1	1	5	2	2	11	重覆1隻
	8	1	0	8	2	1	12	重覆2隻
	9	1	1	4	2	2	10	恰總計10隻
	10	3	2	1	2	2	10	恰總計10隻
合計	24	15	29	30	20	20	118	

十隻孔雀魚每次進入魚埤模型各區的圍離魚場的迴游路線實驗



十隻孔雀魚每次經由迴游路線進入各小型圍籬魚場區的實驗



(三)結論

離岸水面式太陽能板的下方除了可設浮板或浮桶，使浮台可隨水位上下的浮體外，位置可有錨定，不必擔心被風吹跑。如左圖荷蘭、葡萄牙聯手打造能「追日」的飄浮太陽能發電廠，發電量大幅提高 40%。

但為何不與生態的農漁業或觀光結合？飄浮太陽能發電，加上如澎湖七美的「雙心石滬」、建在水上的「漂浮農場」、浮板步道，發電、種菜、捕魚兼觀光及環境教育，一舉五得，既綠能、經濟又能同時環境教育，豈不美哉！



111年11月28日 追日的飄浮太陽能發電廠
<https://buzzorange.com/techorange/2022/11/28/floating-solar-panels-follow-sun/>

5.參考文獻：

1.網站資料

- ¹<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews> 花蓮新光兆豐農場及周邊共3家業者申請太陽光電開發案，總面積超過600公頃，如完工將是全國最大的太陽能光電園區 自由時報2022年2月22日
- ²<https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews> 花蓮鳳林鎮申請中及已核准光電案估計超過2000公頃 自由時報2023年3月4日
- ³https://www.youtube.com/watch?v=Xrjws8_JjsY 淨土上的光電角力賽！花東種電怎求共好 | YouTube · 鏡新聞2023年4月29日
新新聞 <https://new7.storm.mg/article>
- ⁴<https://new7.storm.mg/article/4300572> 種電攻勢 花蓮平地造林 林上祚 (美聯社) 112年5月3日.....
- 國中自然第五冊第3章 功與機械應用、跨科教材能量轉換及能源 第4章 電 翰林文教事業
- 國中自然第五冊第7章 太空和地球 翰林文教事業
- 國中自然第六冊 第2章電與磁 翰林文教事業
- 熊晉樑 2023仰望盃 science2集光隊 綠能大作戰~光電轉一轉
- 清大普物實驗室-運用 arduino 進行 RLC 實驗測量 國立清華大學物理系普物實驗室 戴明鳳教授 跨領域科學教育中心科普團隊
- 林芯蜜(2023) 染敏奈米銀格柵-導電薄膜的修飾與發電的研究 中華民國第63屆中小學科學展覽會，臺中市
- 段奕鳴等(2019)探網取霧—影響捕霧網集水特性之探討與應用 中華民國第59屆中小學科學展覽會，新竹市