

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 地球科學科

030510

離岸生態浮台的追日系統研究

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者：  國二 蔡秉融  國二 熊晉樑  國二 莊銘洳	指導老師：  賴月琴  楊鍾鳴
---	-----------------------------

關鍵詞： App 軟體 phyphox 之 GPS 及不含重力之  
加速度、生態浮台、追日系統

# 離岸生態浮台的追日系統研究

## 摘要

全世界為對抗氣候變遷，努力發展再生能源；臺灣寸土寸金，實在不利於佔用大量土地的太陽能農場開發！我們以 phyphox App 軟體之 GPS 及不含重力之加速度，比較出有無定錨下，浮板塊漂移的穩定度外，也設計出依太陽的東昇西落之不同光照仰角，讓程式驅動水平軸及垂直軸伺服馬達轉動的雙軸追日系統，並成功的設計四季東昇西落定點軌道裝置，可比較出有雙軸追日的發電總功率為無追日的夏至達1.4252倍、春秋分1.3619倍、冬至1.2654 倍。

最後，我們引用澎湖魚滬的概念，創新設計縮小版的生態浮台，希望能模擬整合西部離岸的漂浮太陽能發電與農漁業生態或觀光產業，綠能、發展經濟又能兼顧環境教育，豈不美哉！

## 壹、前言

### 研究動機

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、砍樹種電 花蓮鳳林鎮成「光電板森林」的環保議題…，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。<sup>1-5</sup>



112年6月19日中央社記者張祈攝

相片1

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，要搜集及研究的時間不少、要解決的難題也很多，那就來研究看看吧！

## 目的

- 一、浮台的設計與漂移穩定度的比較
- 二、生態浮台的設計與研究
- 三、照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率比較
- 四、單軸太陽能板追日系統的設計
- 五、雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究
- 六、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

# 文獻回顧

## 一、浮台的設計與漂移穩定度的比較

(一)參考文獻【楊芷芄等(2019)自求多浮~浮屋多重機能性的研究 中華民國第59屆中小學科學展覽會】

1. 浮屋設計：上半部巴洛克球連接多面向太陽能板四片光生電，下半部用圓筒形的對稱船艙加水提昇浮屋的穩定度。
2. 穩定度測試：App 軟體 Vibrometer 及 MobizenScreen Recorder 螢幕畫面錄影程式，記錄比較加速度值的變化。

(二)我們的浮台構想

1. 平臺式的浮台上能放置追日系統發電、生態農場植栽、發展觀光的生態景觀設計；浮台下為兼顧魚民生計的魚埤設計。
2. 我們的穩定度量測：phyphox App 軟體之 GPS 及不含重力之加速度，比較出有無定錨下，浮板塊 漂移的穩定度。

## 二、生態浮台的設計與研究

(一)參考網頁

2022/10/20 孟加拉1年平均淹10月! 造"漂浮農場"拚生計

1. 受到氣候變遷影響，名列7的高風險國家孟加拉，遭遇水患襲擊，從每年約五個月，增加到1年8到10個月，於是在水面上人工打造出可以種植蔬菜的「漂浮農場」。

(二)參考網頁

因應氣候變遷 21種原生蔬菜報到

1. 農試所針對氣候變遷7種情境，耐溼、耐鹽、耐熱、高營養、耐乾旱、耐陰與耐寒等，各選出3種原生蔬菜做對應，共21種，分別是莧菜、葉用黃麻、黃秋葵、角菜、明日葉、茼蒿、蕹菜（空心菜）、茭白筍、落葵、藤三七、葉用甘藷、紫蘇葉、馬齒莧、青箱、非洲芥藍、溝菜蕨、山蘇花、山芹菜、辣木、香椿與赤道櫻草。
2. 台灣每遇颱風過後，市場葉菜類幾乎缺貨，蕹菜（空心菜）卻能一枝獨秀…。
3. 造成土地鹽化有三種情況，包括（半）乾旱、灌溉鹽化或海水入侵。

(三)參考文獻【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】

1. 研究動機看到捕霧網架設在雲霧繚繞的山坡上的照片，了解缺乏水資源的地區會用「捕霧網」收集霧氣。
2. 使用超音波霧化器搭配風扇模擬霧氣放置捕霧網集水。

(四)我們的生態浮台構想

1. 對稱雨撲滿集水系統：儲存自然雨水、集水道的滴罐及棉布毛細作用，使植栽不乾旱。
2. 三面不銹鋼集水網捕捉離岸白天吹海風的水氣。
3. 多色燈條的夜間照明及可配合不同植物需照不同波長色光增進生長。
4. 集水網集霧植栽實驗(選一般的普通菜苗及可耐鹽的空心菜、莧菜、山蘇花等做比較)。

## 三、照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率及追日系統的設計與發電研究

(一)參考文獻【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】

1. 以 Arduino C 語言程式取代三用電錶偵測照光時導電膜的電阻變化與光敏電阻串接的 $1K\Omega$  電阻電壓分壓變化。
2. 藉由資訊軟體程式，創新準確且快速的偵測整合光照、電阻、電壓的儀器設計及偵測方法，善用 ArduinoUNO 開發板提高實驗測量技術的新方向。

(二) 參考網頁

使用 arduino UN 伺服馬達 servo 光敏電阻 LSR 製作一個太陽能追日系統 作者: 科技咖啡館

(三)我們的設計

1. 無追日單面太陽能板：以杜邦線接 Arduino 擴充板 A<sub>0</sub>腳位，太陽能板正負極以杜邦線各接5V 及接地腳位，模擬太陽的東昇西落之不同光照仰角，負載光電功率的發電效能比較
2. 以二~四顆10mm 光敏電阻各串接 $1K\Omega$  電阻，並以杜邦線接 Arduino 擴充板 A<sub>0</sub>~A<sub>1</sub>腳位或 A<sub>1</sub>~A<sub>4</sub>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仰角，讓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雙軸的追日系統的發電效能比較。

四、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

(一)參考網頁 追日的飄浮太陽能發電廠

1. 懸浮在水上的太陽能發電廠可以讓太陽能電池板比陸上同類產品保持更低的溫度，維持一定的發電效率。
2. 荷蘭、葡萄牙聯手打造能「追日」的飄浮太陽能發電廠，合併漂浮太陽能技術與追日系統這兩種技術，與靜態陸地裝置相比，Proteus 可以將發電量提高多達 40%。

(二)參考網頁

澎湖石滬 - 維基百科

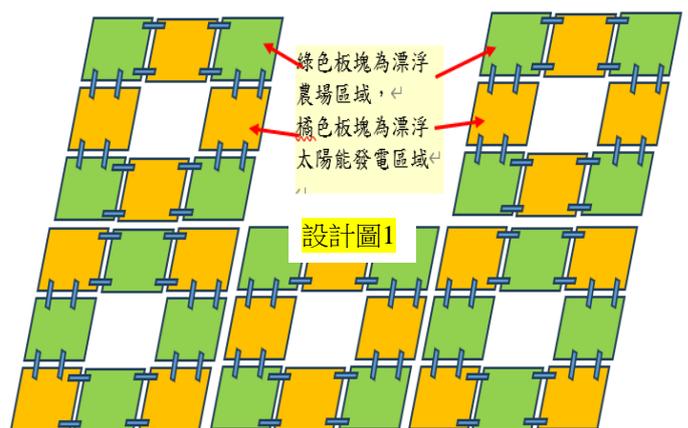
1. 澎湖石滬群為臺灣澎湖縣一種利用潮汐的傳統陷阱式漁法。
2. 石滬在潮間帶堆砌兩道長圓弧形堤岸，從淺水處一路延長至深水處，在深水處盡頭向內做成彎鉤狀。漲潮時，魚群順著海水進入石滬覓食海藻；退潮後，因石堤已高於海面，魚迴游至捲曲處而被困於滬內，這是澎湖最重要的一項潮間帶漁撈活動。

(三)我們的設計

1. 交錯串接20個綠色生態浮台(漂浮農場板塊)及20個橘色追日系統浮台(漂浮太陽能發電板塊)。
2. 40個板塊下的五區圍籬魚滬設計，模擬整合西部離岸的漂浮太陽能發電與農漁業生態或觀光產業。



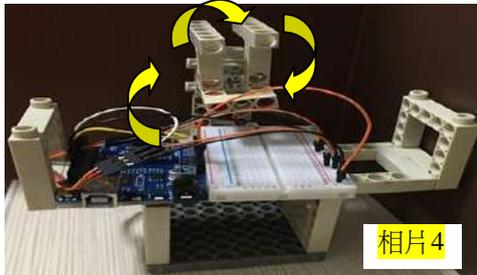
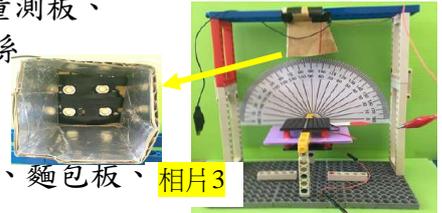
111年11月28日 追日的飄浮太陽能發電廠



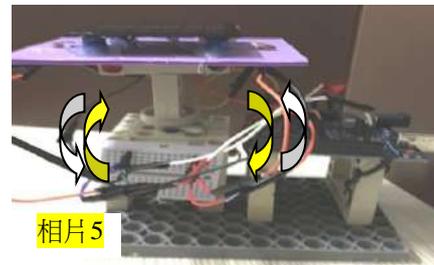
我們構思的縮小模型圖：40個漂浮板塊間以銜接器交接及定錨，使板塊能連動增加板塊漂移的穩定度

## 貳、研究設備及器材

- 研究一、自製浮台：A 小布丁杯加雙層 p 板、B 中布丁杯加雙層 pp 板、C 大圓頂杯加雙層 pp 板、D 型智高長方積木加雙層 pp 板  
砝碼、彈珠、電子秤、夾鏈袋、回收塑膠盒、置物箱、自組打波器、phyphox 之 App 軟體，魔帶、鐵板架(定錨用)
- 研究二、自製生態浮台：D 型漂浮板塊每邊加裝四組雙多多瓶、40 目、80、120、150 目不銹鋼集水網、外線遙控照明燈條系統、礫石、水草、植物營養袋、各型觀景植栽及菜葉類植物、超音波霧化器、回收塑膠容器、量杯、計時器、直尺、風扇、白菜、生菜及 A 菜、空心菜、莧菜、山蘇花等、計時器、直尺
- 研究三、模擬太陽光的光照設計：自製 0~180° 刻度板的角度量測板、四顆 3W 鋁基板 2\*2 陣列排列的白光 LED 光源及無追光系統(太陽能板、熱熔膠槍及熱熔膠條、雙層 PP 板等製成可手調角度的太陽能板發電裝置如右圖裝置  
330 Ω、100Ω、1kΩ 三種已知電阻、Arduino UNO 板、麵包板、**相片3**  
杜邦線、Arduino 程式設計、筆電
- 研究四、單軸太陽能板追日系統的設計，如下簡圖



相片4



相片5

自製垂直軸的伺服馬達作動材料及裝置

太陽能水平軸的伺服馬達作動材料及裝置

10 mm 光敏電阻、1KΩ 一般電阻、SG90 角度伺服機、雙層 PP 板、小刀、鑿子及螺絲起子、熱熔膠、魔帶、杜邦線、麵包板、智高積木零件、Arduino UNO 板，以及 2 顆光敏電阻追光的 Arduino 程式設計

- 研究五、雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究

需 4 顆 10 mm 光敏電阻、4 顆 1KΩ 一般電阻、2 個 SG90 角度伺服機、其餘裝置與研究四相似，以及 4 顆光敏電阻追光的 Arduino 程式設計

- 研究六、自製魚滬支架、自製小型生態浮台及追日系統浮台如下圖左(pp 板共黃及綠二色、剪刀、釘書機及釘書針、直尺、回收無病毒乾淨口罩的不織布及邊材、智高小灰底板、長方塊、連接器等積木、40 目不銹鋼鐵網、雙面膠、泡棉膠、熱溶膠  
自製魚滬圍籬、暫時迴游盒和通道、大置物箱、小水族箱、補魚網、孔雀魚



相片6 縮小型生態農業20個及 太陽能追日系統20



相片7 個漂浮板塊下方為魚滬模型魚滬模 型(BE 區圍籬包邊)

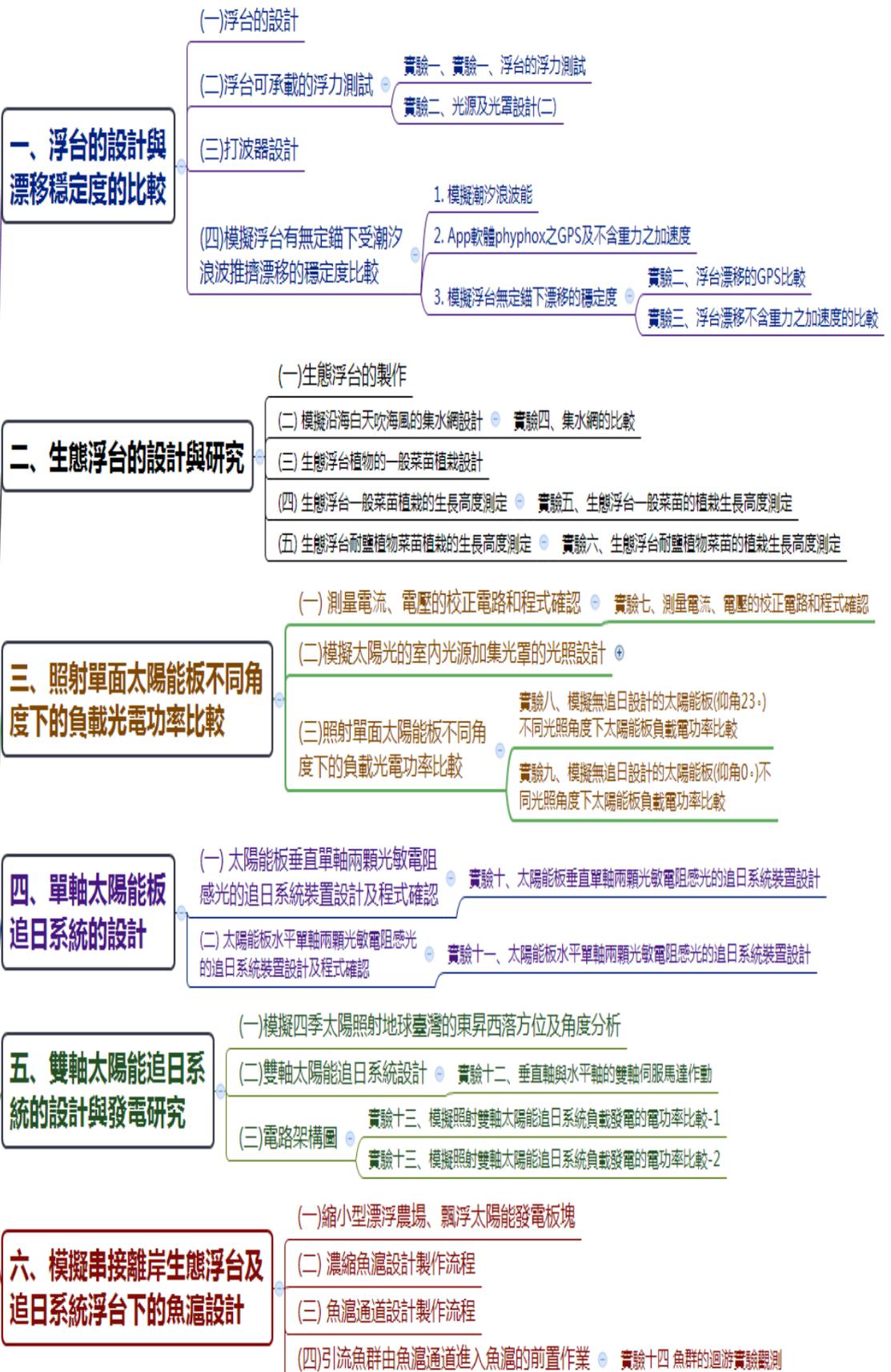


相片8 自製小型魚埠及孔雀魚 迴游實驗的通道

# 參、研究架構

## 離岸生態浮台的追日系統研究

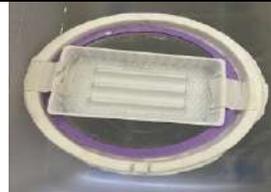
心智圖1



## 肆、研究過程或方法

### 【研究一】浮台的設計與漂移穩定度的比較

#### (一) 浮台的設計

浮台編號	A 小布丁杯加雙層 p 板	B 中布丁杯加雙層 pp 板	C 大圓頂杯加雙層 pp 板	D 型智高長方積木加雙層 pp 板
側視圖 相片 9-12				
俯視圖 相片 13-16				
(上方固定同規格的蛋卷盒可置放手機測漂移的穩定度比較)				
在水面漂浮的情形 相片 17-20				
浮台結構可很平穩的漂浮於水面				

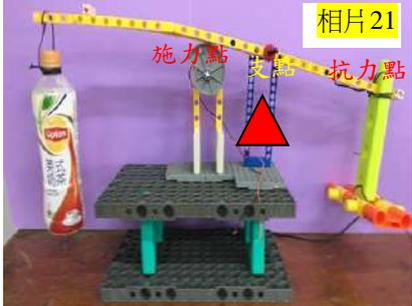
#### (二)、浮台可承載的浮力測試

##### 實驗一、浮台的浮力測試

##### 實驗步驟

1. 準備大置物箱，內裝1/4的水量高度備用。
2. 取10顆彈珠置於電子天秤上稱重後平均。
3. 依序置放各浮台，小心平均置放彈珠於塑膠蛋捲盒上，只有 C 大圓頂杯加雙層 pp 板則應先置放2顆大砝碼於杯內，避免只放彈珠於塑膠蛋捲盒上，重心太高而不穩。

#### (三) 打波器設計

		
支點在抗力點及施力點之間	施力點在支點及抗力點之間	第二代打波器直接抽掉握把，讓重錘因重力而落下

#### (四)、模擬浮台有無定錨下受潮汐浪波推擠漂移的穩定度比較

##### 1. 模擬潮汐浪波能

我們以等20cm高放下約207克的積木重錘之位能  $U = mgh = 0.2 * 9.8 * 0.2 \div 0.4$  焦耳的能量撞

擊水面一次，使水波在置物箱內來回反射的條件相同(控制變因)

## 2. App 軟體 phyphox 之 GPS 及不含重力之加速度(手機圖示如下)



(截圖來源目錄)

截圖相片24

## 3. 模擬浮台無定錨下漂移的穩定度

### 實驗二、浮台漂移的 GPS 比較

#### 實驗步驟：

1. 手機以夾鏈袋包裹防水，然後置放在浮台的回收空盒上。
2. 以手持長直尺穩住浮台的空盒一端，按下手機 App 軟體 phyphox 之 GPS 的「▶」執行鍵，倒數計時5秒後，放下重錘。
3. 再計時10秒後，按下手機的「||」停止鍵，然後匯出數據，數據格式選「Excel」，數據匯出至 Email 信箱，再下載至電腦檔案，打開電腦，於 Microsoft 的 Excel 軟體中分析數據並繪製圖形比較。

### 實驗三、浮台漂移不含重力之加速度的比較

#### 實驗步驟：

同實驗二步驟1-3操作，只需將 phyphox 的 GPS，改為「不含重力之加速度」之操作頁面。

## 【研究二】生態浮台的設計與研究

(一) (選用 D 型漂浮板塊+雙多多瓶底座增加排開液重的浮力)：總圖及細部說明如下圖示。生態浮台的製作

1 回收塑膠容器製作模擬四座水撲滿置於生態農場板塊對稱四方角落的上方

2 以扇形條模型西卡紙製作可包覆完整容器底座的水撲滿

3 以西卡紙製作2cm 三角形長柱做為水撲滿容器底座支撐架

4 智高大灰底板上安置對稱的四座水撲滿



相片25

5 生態浮台加上三面40目不銹鋼集水網圍籬，集水網的一端連接已去漿洗滌乾淨的棉布條(毛細現象引水)

6 廢竹材加工成集水道、木心板當隔板

7 四座水撲滿分別接塑膠彎管各引水至各竹管集水道及棉花棒滴水器

8 生態浮台植栽區加礫石、水草；可加裝夜間紅外線遙控照明系統即完成生態浮台設計



相片26



相片27



相片28



相片29

除此四種色光外，共有十六色光可配合植物生長所需的色光波長或連續性變光或閃光之設計。

## (二) 模擬沿海白天吹海風的集水網設計

### 實驗四、集水網的比較

控制變因：等距離、等水量的超音波霧化器、等面積大小的不銹鋼網集水網風扇吹拂集水網的角度及距離

操縱變因：1. 不同目的不銹鋼網集水網

2. 不同風力條件吹拂水霧

3. 同風力吹拂水霧的時間(每次只能探究一個操縱變因)

應變變因：不銹鋼網前後實驗增加的質量(g)

### 實驗步驟

1. 以直尺量測同長寬規格的各目不銹鋼金屬網，並用剪刀減下備用。
2. 戴好工具手套後，以尖嘴鉗將金屬網的邊，折出回字型折邊後，再以可撕貼膠帶黏貼折邊。
3. 智高五孔正方形積木與長方型積木塊接成L型，然後以膠帶黏貼短邊於塑膠盒上；積木塊長邊貼上40目不銹鋼金屬網組合為集水網實驗組，圖示如右。
4. 其它各目的不銹鋼網同步驟3的方式製作成集水網實驗組，量出未集水前的各實驗組質量。
5. 將水量倒入已標示刻度的塑膠容器中至定水位線，再將超音波霧化器置入，待霧化器噴出水霧後，以第一段風強度吹向集水網，計時1分鐘，量集水網實驗組集水後增加的質量。
6. 同步驟5，集水時間改為計時2分鐘或3分鐘。
7. 同步驟4~6，風扇強度改為第二段風或第三段風，集水時間設定1~3分鐘，記錄各集水前後的質量。
8. 同步驟4~7，將40目改為80目、120目或150目不銹鋼集水網，集水時間設定為1~3分鐘，記錄模擬白天海風吹向生態浮板夾帶水氣的各集水網集水前後的質量變化。



相片30

## (三) 生態浮台的一般菜苗植栽設計



相片31



相片32



相片33



相片34

1 生態浮台植栽區再加入一包長效型植物營養袋

2 植栽盆下有透水孔方便植物根部於下方吸水

3 準備開始量測植物生長高度實驗

4 生態浮台內左側白菜及生菜植栽 浮台外為對照組

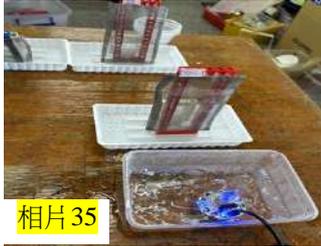
(四) 生態浮台植栽的生長高度測定

實驗五、生態浮台一般菜苗的植栽生長高度測定

實驗步驟

1. 選40目的不銹鋼集水網同實驗四的實驗步驟操作超音波霧化器及風扇。
2. 每天定時以超音波霧化器設定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，讓水毛細滲透至植栽的底部，使植栽水份不虞饋乏。

實驗圖示說明如下：



相片35

模擬海風吹向浮板塊上的集水網集水實驗



相片36

模擬白天海風吹向生態浮板夾帶水氣的實驗材料



相片37

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



相片38

實驗六、生態浮台耐鹽植物菜苗的植栽生長高度測定

1. 依參考文獻選了空心菜、莧菜、山蘇植栽，並做了兩種高度計、80目不銹鋼集水網架，實驗裝置及說明如下圖示。
2. 配製0.4M的鹽水以模擬在海水場域中白天吹的海風備用。
3. 其餘同實驗五之步驟1-2操作之。



相片39

空心菜(A-F)



相片40

紅莧菜(A-F)或綠莧菜(A-F)



相片41

山蘇(A-D)

左一 A、左二 B 有隔不銹鋼網吹清水霧氣實驗組；左三 C、右三 D 有隔不銹鋼網吹鹽水霧氣實驗組；右二 E、右一 F 無隔不銹鋼網吹清水霧氣對照組



相片42

配合植物不同株高的高度計



相片43

空心菜植栽(由左至右為 A-F)模擬吹海風前準備



相片44

超音波霧化器置入清水或鹽水槽中模擬吹海風實驗及對照組



相片45

空心菜植栽模擬吹海風實驗



相片46

綠莧菜植栽模擬吹海風實驗



相片47

山蘇植栽模擬吹海風實驗



12天後空心菜植栽組



12天後紅莧菜植栽組



12天後綠莧菜植栽組



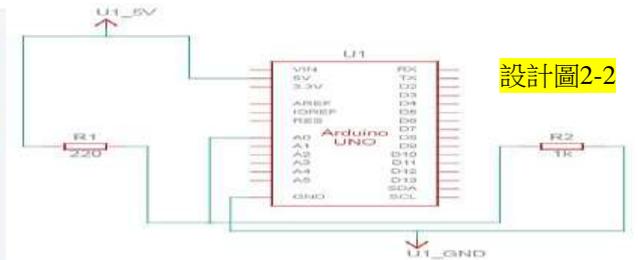
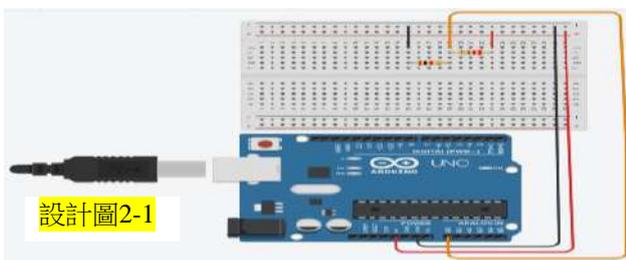
12天後山蘇菜植栽組

### 【研究三】照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率比較

(一) 測量電流、電壓的校正電路和程式確認

實驗七、測量電流、電壓的校正電路

以 thinkercad 繪製電路架構圖如下：



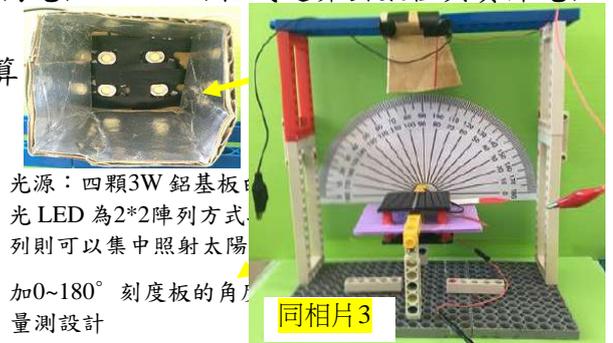
校正步驟：

1. 選用三種已知電阻值330 Ω、100Ω、1kΩ做校正，先用330Ω為  $R_2$ 、100 Ω為未知電阻( $R_I$ )，由程式運算出數值與實際電阻做對照並校正。
2. 由控制程式指令 analogRead(A0)可讀取到的 A0輸入的信號數值、電壓值  $V$ 、 $I$  和  $R_I$  值
3. 重覆步驟1-2，將已知電阻  $R$ 換成同規格的330Ω或高電阻1kΩ，由程式運算出數值與實際電阻做對照並校正。
4. 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。

(二) 模擬太陽光的室內光源加集光罩的光照設計

步驟：

1. 以回收紙板內貼白色亮光紙製作成底為4\*4cm<sup>2</sup>正方形，高為6cm的截角梯形集光罩。
2. 四顆3W 白光 LED 鋁基板以2\*2陣列方式排列成面光源。燈架固定、轉動太陽能板的設計
3. 製作可向下俯照太陽能板的智高積木架。
4. 將太陽能板以熱熔膠固定於雙層 PP 板上，接3孔短條積木，再連結可旋轉鈕積木，接中短條積木再接於小灰底板上成太陽能板角架後備用。



光源：四顆3W 鋁基板白光 LED 為2\*2陣列方式排列則可以集中照射太陽加0~180° 刻度板的角測量設計

5. 太陽能 pp 板製作成可手調角度的發電裝置，下方放置偵測發電量 Arduino UNO 板、麵包板及接線的空間。
6. 網站下載0~180° 刻度角度板，放大列印適合觀測尺寸，加一個紙製指針置於可調式的太陽能 pp 板上，如上頁完成圖示。

### (三)照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率比較

#### 實驗八、模擬無追日設計的太陽能板(仰角23°)不同光照角度下太陽能板負載電功率比較

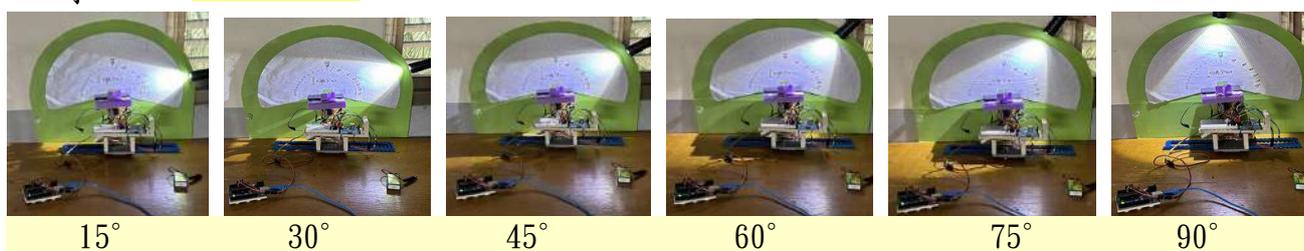
##### 實驗步驟：

1. 將太陽能板的+極接紅色杜邦線，插入一塊小麵包板後串接100 Ω電阻，再接至 Arduino 的 5 V 腳位。
2. 太陽能板的-極接黑色杜邦線，再接至 Arduino 的 GND 腳位。
3. 麵包板上100 Ω電阻一端(靠近太陽能板+極端)插孔接 A<sub>0</sub>腳位， 100 Ω電阻另一端插孔接 GND 腳位。
4. 太陽能板調整23° 仰角後固定不動，調整光源角度直射太陽能板，Arduino 程式設計如實驗一，記錄電腦序列埠視窗每3秒讀取一組 A<sub>0</sub>、V、I、R 值，共20組數據後，將數據貼於電腦的 Excell 檔中運算，求各值的平均值及標準差，再記錄電壓及電流平均值。
5. 改變太陽能板仰角依序為28°、33°、38°、43° 或48°，同步驟4操作記錄之。
6. 以電腦的 Excell 檔畫出單片太陽能板在負載100Ω電阻下，每5度角度變化的電功率大小。

#### 實驗九、模擬無追日設計的太陽能板(仰角0°)不同光照角度下太陽能板負載電功率比較

##### 步驟：

1. 與第一代同，太陽能板呈水平仰角0° 固定，增半圓形加0~180° 刻度板的角度量測背板的設計，可使光源呈定點夾角的等距照射。
2. 同實驗八步驟1-3。
3. 太陽能板呈水平固定不動，以強光手電筒定點角度照射太陽能板夾角呈15°、30°、45°、60° 或75°、90°，記錄單片太陽能板在負載100Ω電阻下，每15度角度變化的電功率大小。  
相片52-1~52-6



## 【研究四】單軸太陽能板追日系統的設計

### (一)單軸垂直感光的追日系統裝置設計及程式確認

#### 實驗十、單軸垂直感光的追日系統裝置設計

##### 組裝實驗步驟：

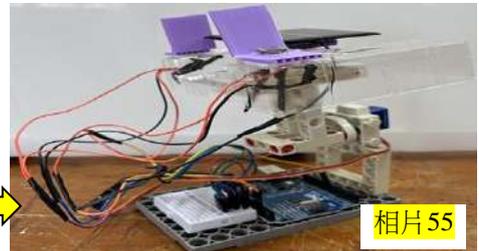
1. 切割雙層 PP 板固定成 L 型備用。
2. L 型 PP 板折彎處兩端各鑽2個洞(10 mm 光敏電阻待穿過針腳的預留孔)，中間也鑽間距2 cm 的2個洞(魔帶與積木固定的預留孔)，PP 板兩側短邊也各鑽2個洞(魔帶與積木固定的預留孔)。
3. 光敏電阻與1K $\Omega$  串接處加1條黃色杜邦線，光敏電阻另1支針腳與紅色杜邦線串接，1K $\Omega$  的另1支針腳與黑色杜邦線串接；另1組光敏電阻與1K $\Omega$  也串線處理，將黃色杜邦線改為橘色的。
4. SG90 角度伺服機以智高積木固定，使 SG90 伺服機可以垂直向的轉動；轉臂處也安裝短軸、接鍵積木成工字部，工字部上面平條端再以熱熔膠固定步驟1~3已製備的 L 型太陽能 PP 板。
5. 每個光敏電阻紅色線及太陽能板+端接線均插於小麵包板上串接後，再用一條紅色線插於 Arduino 的5V 腳位上，一般電阻接黑色線及太陽能板-端接線均插於小麵包板上串接後，再用一條黑色或藍色線插於 Arduino 的 GND 腳位上。
6. 組裝圖示如下：



相片 53



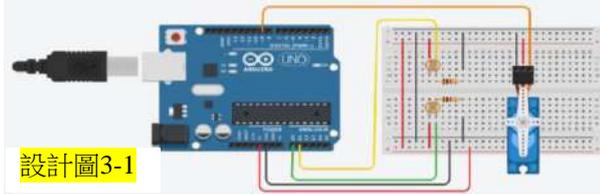
相片 54



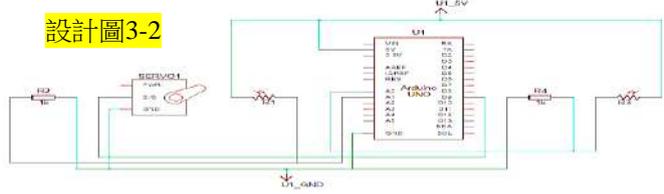
相片 55

垂直軸追日系統支架 第一代 L 型太陽能 PP 板 光敏電阻 L 型單面迎光第二代單型太陽能蓋板

##### 7. 電路架構圖：



設計圖 3-1



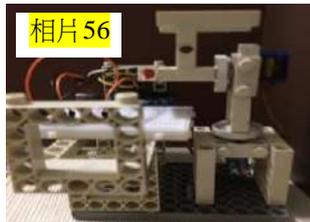
設計圖 3-2

8. 伺服馬達垂直軸轉動說明：伺服馬達紅線接到 +5v，黑線接到 GND，訊號線接到 pin 9；左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 1。

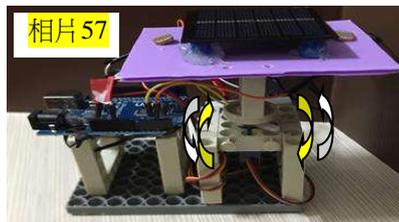
### (二)單軸水平感光的追日系統裝置設計及程式確認

#### 實驗十一、單軸水平感光的追日系統裝置設計

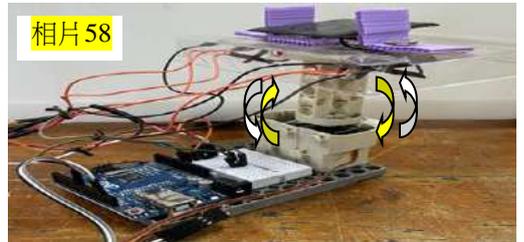
詳細組裝實驗步驟與實驗十組裝馬達方向不一，其餘大致相同，簡易圖示如下：



相片 56



相片 57



相片 58

水平軸追日系統支架 第一代平板型太陽能 PP 板 光敏電阻 L 型單面迎光第二代單型太陽能蓋板

##### 簡易接線說明：

1. 電路架構圖：與垂直單軸兩顆光敏電阻感光的追日系統圖示一樣，只是接的腳位不同，伺服馬達訊號線接到 pin 8，一顆光敏電阻接到 analog pin 2，另一支腳串接 1k 電阻接到 analog pin 3。

## 【研究五】雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究

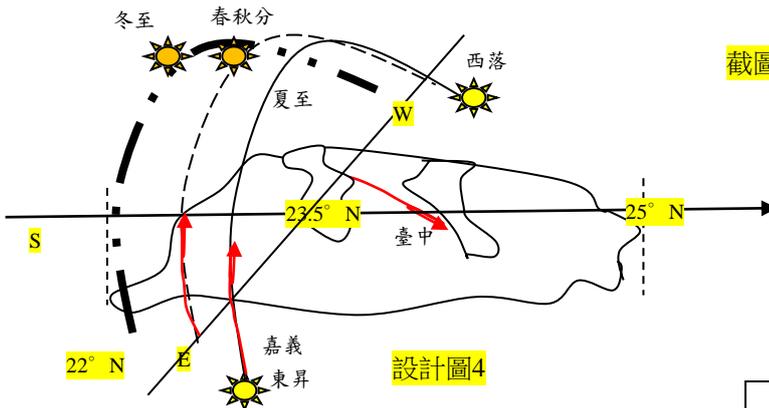
### (一) 模擬四季太陽照射地球臺灣的東昇西落方位及角度分析

1. 臺灣地理位置及四季天體運行的探究理論說明：太陽東昇西落的天體運行現象，加上在不同季節，太陽光照射地處北半球不同緯度的臺灣天頂角不同，需比較光源入射太陽能板各角度變化的光電功率

2. 臺灣的絕對位置

臺灣位處東經120度至122度，北緯22度至25度 右圖二  
維基百科/澎金馬 如右圖一

3. 臺灣島四方位與四季東昇西落圖如下圖三(自繪圖示)

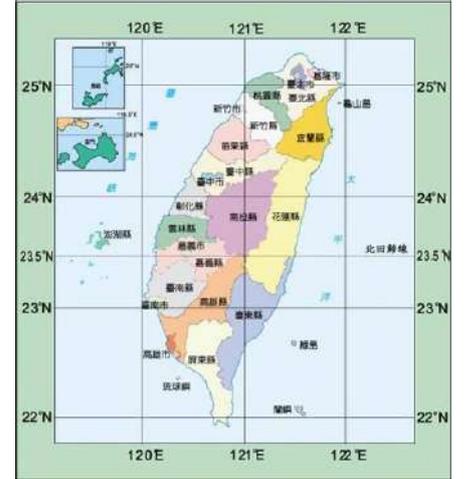


圖一

截圖相片59

圖二

截圖相片60



4. 臺灣島的太陽東昇西落方位及角度

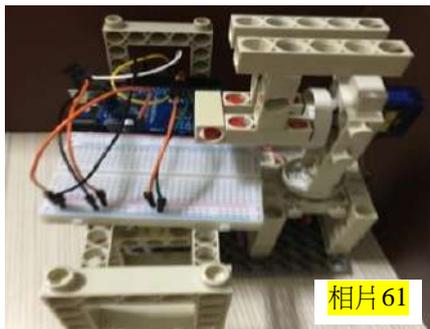
由圖三可得知臺中地處北半球北回歸線附近，與北回歸線通過的嘉義相差約 $1^\circ$ 以內。所以，嘉義與臺中的正午天頂角及光區方位推測比較如右表一：

東昇西落的季節		夏至	春秋分	冬至
嘉義	天頂角( $^\circ$ )	0	23.5	47
	光區方位東昇	東偏北	東	東偏南
	光區方位西落	西偏北	西	西偏南
臺中	天頂角( $^\circ$ )	$< 1$	$< 24.5$	$< 48$
	光區方位東昇	東偏北	近東	東偏南
	光區方位西落	西偏北	近西	西偏南

### (二) 雙軸太陽能追日系統設計

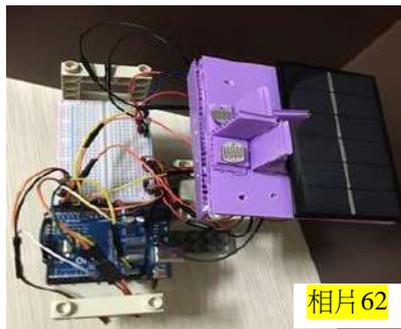
#### 實驗十二、垂直軸與水平軸的雙軸伺服馬達作動

詳細組裝實驗步驟與實驗十、十一大致相同，圖示如下：



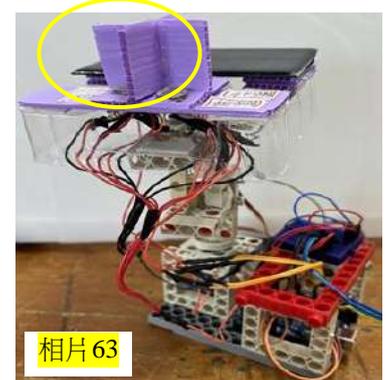
相片61

雙軸追日系統支架



相片62

第一代平板型太陽能PP板

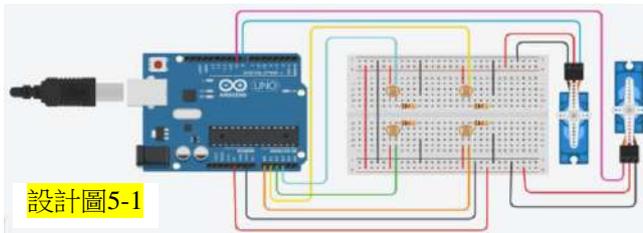


相片63

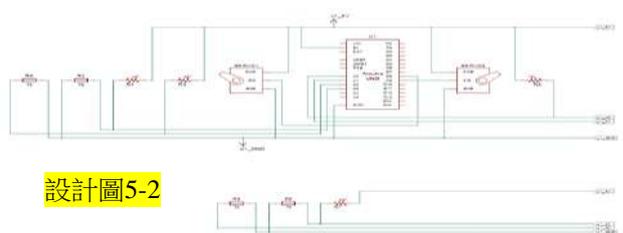
彙整線材簡縮面積之第二代單型太陽能盖板

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 1。

### (三) 電路架構圖：



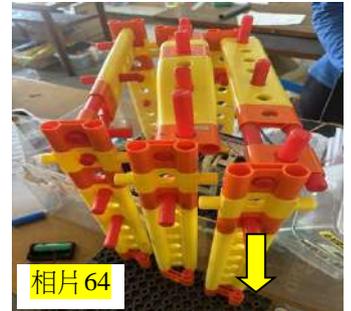
設計圖5-1



設計圖5-2

實驗十三、模擬照射雙軸太陽能追日系統負載發電的電功率比較-1

1. 將太陽能板的+極接紅色杜邦線，插入一塊小麵包板後串接330 Ω電阻，再接至 Arduino 的5 V 腳位；麵包板上330 Ω電阻一端(靠近太陽能板+極端)插孔接一條黃色杜邦線插至 A0腳位；太陽能板的-極接黑色杜邦線，再接至 GND 腳位(偵測系統)。
2. 以智高積木裝設三條平行軌道，分別模擬夏至、春秋分及冬至路線，並等距設置7個偵測定位點，使光源照射角度改變似太陽能板仰角依序為30°、50°、70°、90°、110°(西70°)、130°(西50°)、150°(西30°)如右上圖。
3. Arduino 程式設計如實驗一，記錄電腦序列埠視窗每3秒讀取一組，A0、V<sub>RS</sub>、I、R 值，讀取一分鐘共20組數據後，將數據貼於電腦的 Excell 檔中運算，求各值的平均值及標準差，再記錄電壓、電流及電阻平均值及標準差，以電腦的 Excell 檔畫出單片太陽能板在負載330Ω電阻下，約每20度角度變化的電功率比較，追光圖示如右。



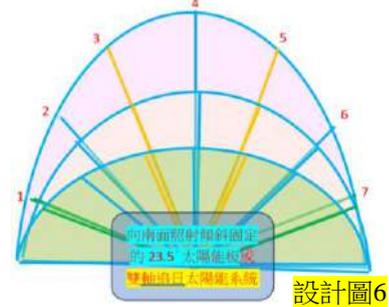
相片64



相片65

實驗十三、模擬照射雙軸太陽能追日系統負載發電的電功率比較-2

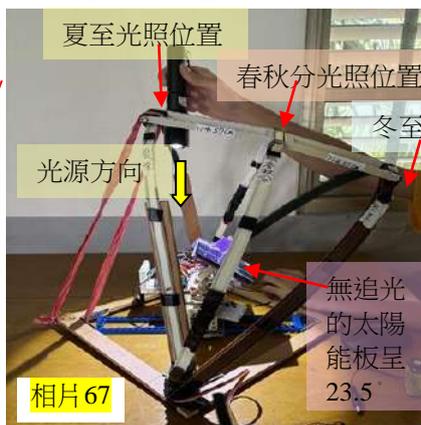
1. 同上，唯修正東升西落的夏至、春秋分、冬至四季各七個照光定位點示意圖如右上圖(模擬在北半球北緯23.5。北回歸線經過的嘉義)最外圍最遠粉紅色照光定位區為天頂角47°、仰角43°的冬至；中間米黃色照光定位區為天頂角23.5°、仰角66.5°的春分或秋分；最前面綠色照光定位區為天頂角0°、仰角90°的夏至。



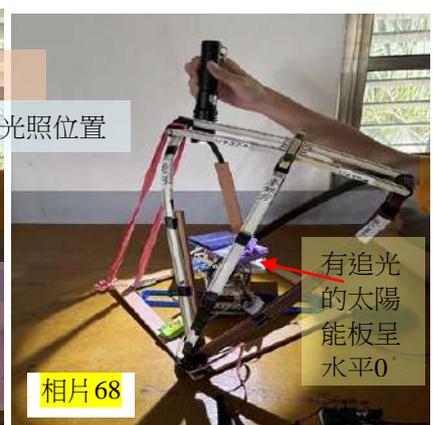
設計圖6



相片66



相片67



相片68

2. 以半徑10公分的半圓為計，夏至的天頂與春秋分的天頂向南約2倍 sinθ 的距離，因此

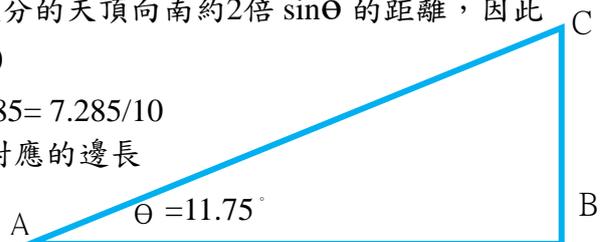
$$\cos\theta = \cos 11.75^\circ = AB/AC = 0.6849 = 6.85/10$$

$$\sin\theta = \sin 11.75^\circ = BC/AC = (10^2 - 6.85^2)^{1/2} = 7.285 = 7.285/10$$

$$2 BC = 7.285 * 2 = 14.57 \text{ 公分} = \text{相當於 } \sin 23.5^\circ \text{ 對應的邊長}$$

同理，春秋分的天頂與冬至的天頂則再偏南

約2倍 sinθ 的距離，以此類推。

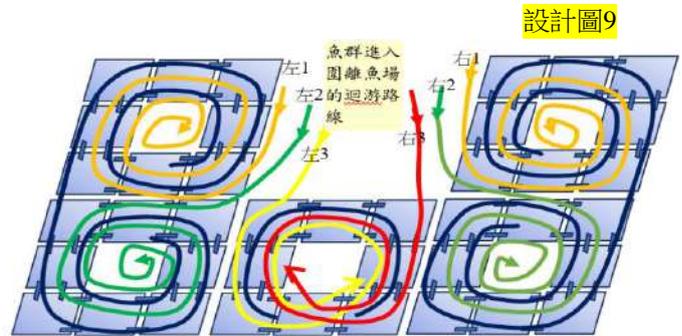
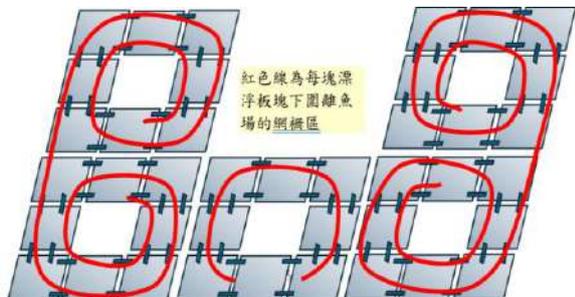


設計圖7

**【研究六】 模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計**

設計想法：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動外，加上錨定及漂浮板塊間以銜接器交接均可增加浮台的穩定度，所有板塊的下方若以不銹鋼網格支架做圍離魚場，就像澎湖七美的「雙心石滬」一樣，可圍捕魚獲，兼顧農漁民的生計，豈不美哉！

(一)縮小型漂浮農場、飄浮太陽能發電板塊如摘要設計圖，圍離魚場的網柵及模擬魚場迴游路線的魚滬示意圖如下：**設計圖8**

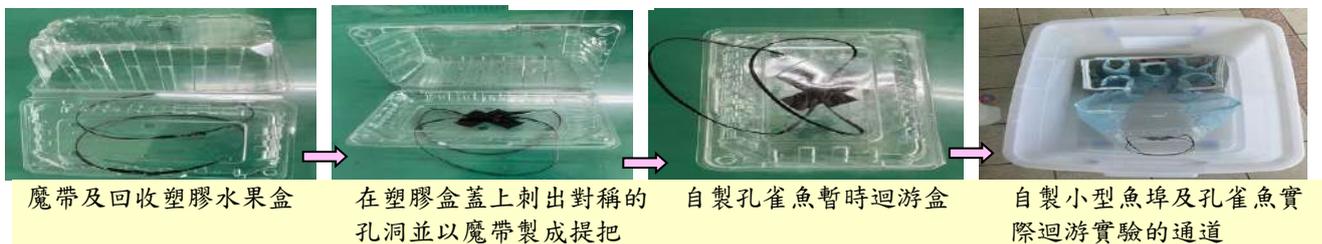


**(二) 實驗十四 魚群的迴游實驗觀測**

1. 魚滬設計製作流程圖示說明：**相片 69-76**



2. 魚滬通道設計製作流程圖示說明：**相片 77-80**



3. 引流魚群由魚滬通道進入魚滬的前置作業 **相片 81-84**



# 伍、研究結果與討論

## 一、浮台的設計與漂移穩定度的比較

### (一)綜合說明

1. 手機下載 App 軟體 phyphox 程式，選擇「位置(GPS)」，由衛星的航行得原始位置數據 (Position 板塊漂移的經緯度及 Movement 中的速度與時間作圖)；「不含重力之加速度」，原始數據可由加速儀獲得加速度與時間的作圖。
2. 我們發現布丁杯或大圓頂杯置中可使板塊較不易傾斜，尤其杯內裝一些水，使重心維持在板塊的中間且較低處則可很平穩的漂浮於水面。
3. D 型的浮台結構，與水接觸面積大且重量很平均，故可很平穩的漂浮於水面。
4. 浮台可承載的浮力大小為：C 型大圓頂杯加 pp 板 > 2171.08 gw、D 型智高長方積木加 pp 板 > 1946.78 gw、B 型中布丁杯加 p 板 > 364.44 gw、A 型小布丁杯加 p 板 > 339.34 gw。四種浮台可承載的浮力大小為 C 型大圓頂杯加 pp 板略 > D 型智高長方積木加 pp 板 >> B 型中布丁杯加 p 板 > A 型小布丁杯加 p 板。
5. 雖然 C 型可承載的浮力最大，但製作加工不易，我們決定採用 D 型智高長方積木加雙層 pp 板作為後續擴充裝置的浮台。

### (二)實驗數據及圖示

#### 1. 實驗一、浮台的浮力測試

表二、漂浮板塊載物重的浮力大小比較 相片 85-88

漂浮板塊	A 小布丁杯加 雙層 p 板	B 中布丁杯加 雙層 pp 板	C 大圓頂杯加 雙層 pp 板	D 型智高長方積木 加雙層 pp 板
載物圖示				
可載物重(g)	339.34	364.44	2171.08	1946.78
備註	每顆彈珠平均為 17.86 克，總數量再將大小砝碼與彈珠重加總			

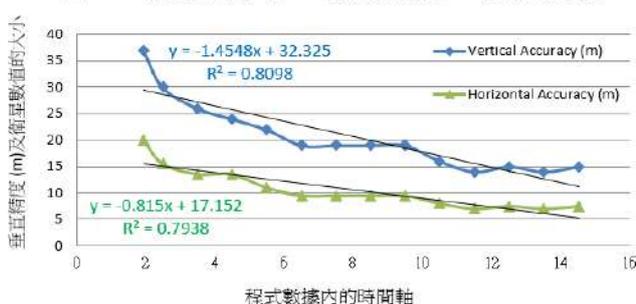
#### 2. 實驗二、浮台漂移的 GPS 比較

表三、漂浮板塊漂移的位置 GPS 比較(GPS 原始數據選其中 S01 示例)

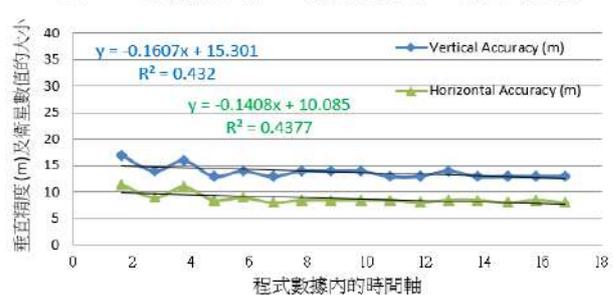
Time (s)	Latitude (°) 緯度	Longitude (°) 經度	Altitude (m) 高度	Altitude WGS84 (m) 海拔高度	Speed (m/s) 速度	Direction (°) 方向	Distance (km) 距離	Horizontal Accuracy (m) 水平精度	Vertical Accuracy (m) 垂直精度	Satellites 衛星
1.941924	24.24721	120.7283	217.3859	237	0.54	0	0.006382	20	37	11
2.489065	24.24727	120.7283	241.386	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
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

GPS 可得以衛星的航行得原始位置數據作圖如下：

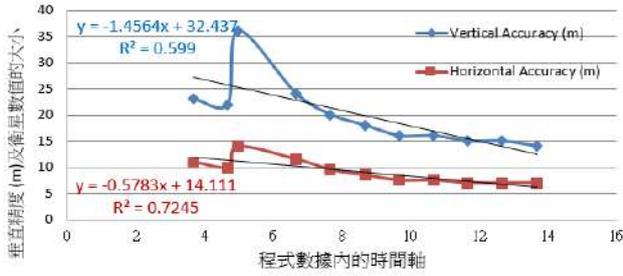
圖一、S 無定錨下 phyphox 感測器測定 GPS 數值的比較



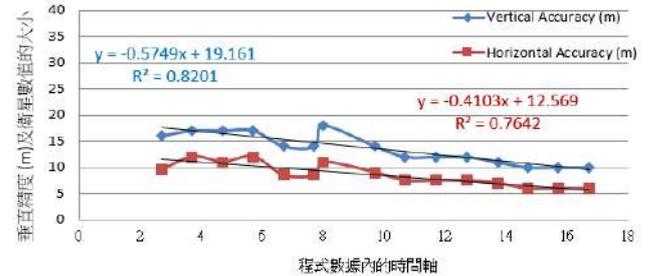
圖二、S 定錨下 phyphox 感測器測定 GPS 數值的比較



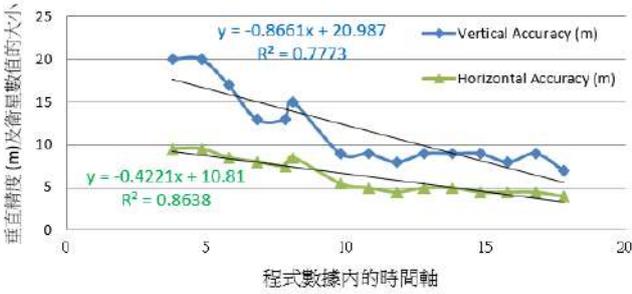
圖三、M 無定錨下phyphox感測器測定GPS數值的比較



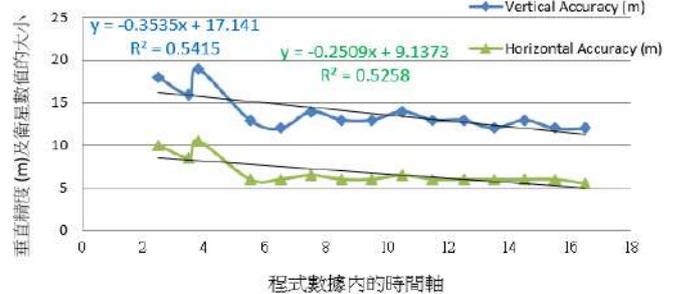
圖四、M 定錨下phyphox感測器測定GPS數值的比較



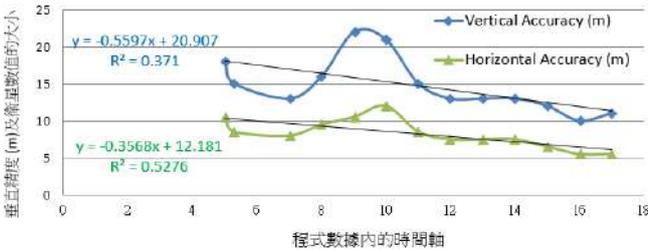
圖五、L 無定錨下phyphox感測器測定GPS數值的比較



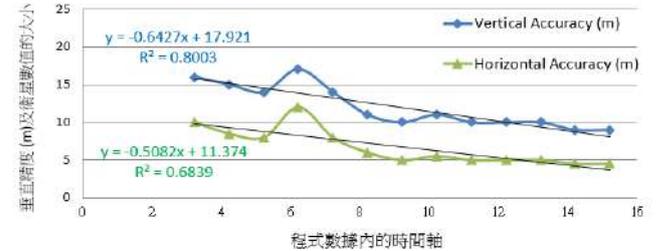
圖六、L 定錨下phyphox感測器測定GPS數值的比較



圖七、XL 無定錨下phyphox感測器測定GPS數值的比較



圖八、XL 定錨下phyphox感測器測定GPS數值的比較



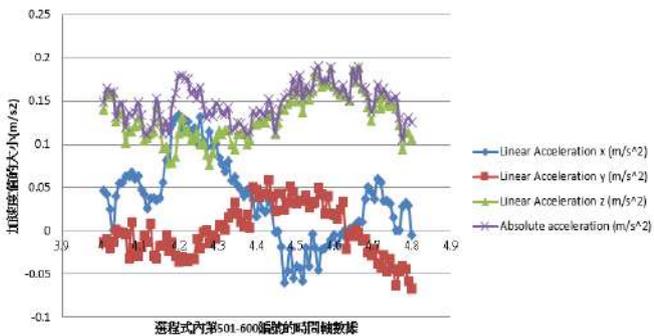
表四、不同漂浮板塊種類在有無定錨下，漂移的GPS位置比較

浮台種類	XL 無定錨	XL 定錨下	L 無定錨	L 定錨下	M 無定錨	M 定錨	S 無定錨	S 定錨
Vertical Accuracy (m) 垂直精度	$y = -0.5597x + 20.907$ $R^2 = 0.371$	$y = -0.6427x + 17.921$ $R^2 = 0.8003$	$y = -0.8661x + 20.987$ $R^2 = 0.7773$	$y = -0.3535x + 17.141$ $R^2 = 0.5415$	$y = -1.4564x + 32.437$ $R^2 = 0.599$	$y = -0.5749x + 19.161$ $R^2 = 0.8201$	$y = -1.4548x + 32.325$ $R^2 = 0.8098$	$y = -0.1607x + 15.301$ $R^2 = 0.432$
Horizontal Accuracy (m) 水平精度	$y = -0.3568x + 12.181$ $R^2 = 0.5276$	$y = -0.5082x + 11.374$ $R^2 = 0.6839$	$y = -0.4221x + 10.81$ $R^2 = 0.8638$	$y = -0.2509x + 9.1373$ $R^2 = 0.5258$	$y = -0.5783x + 14.111$ $R^2 = 0.7245$	$y = -0.4103x + 12.569$ $R^2 = 0.7642$	$y = -0.815x + 17.152$ $R^2 = 0.7938$	$y = -0.1408x + 10.085$ $R^2 = 0.4377$

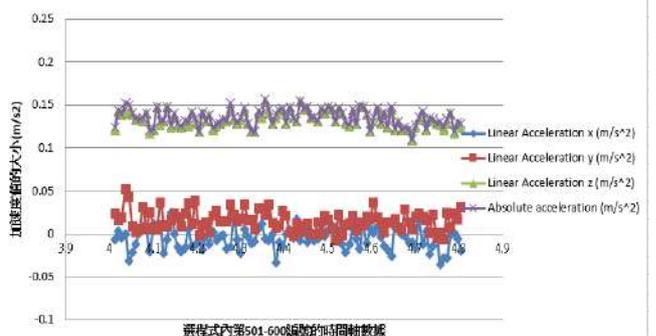
### 3. 實驗三、浮台漂移不含重力之加速度的比較

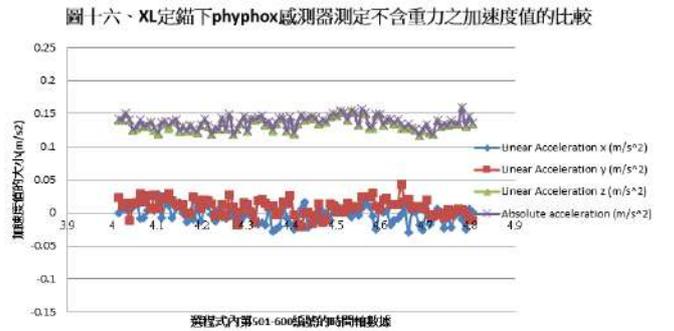
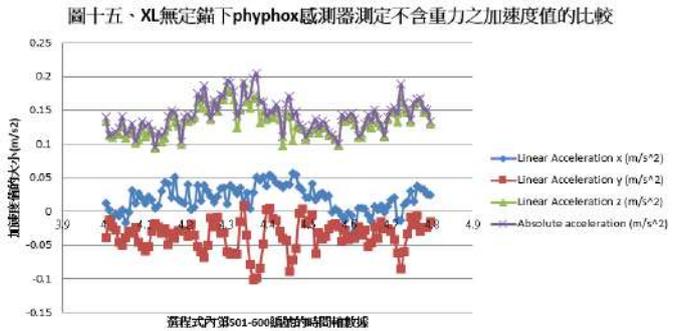
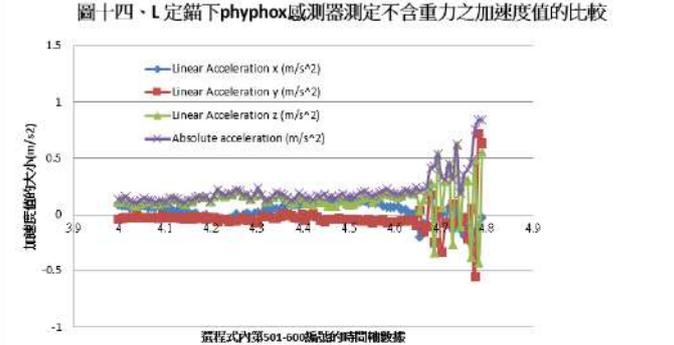
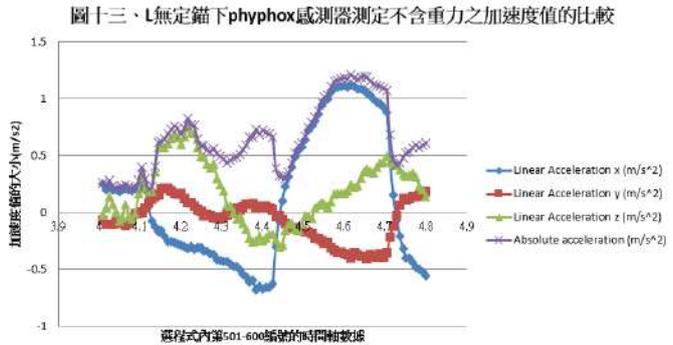
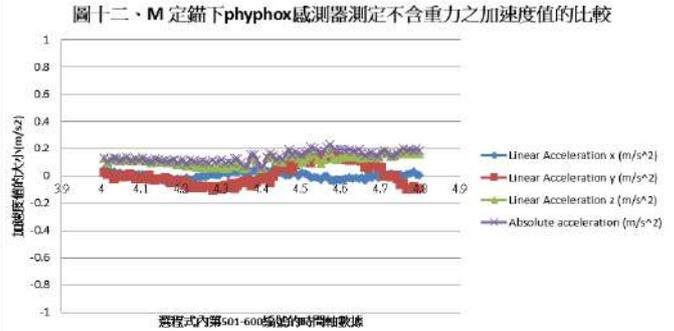
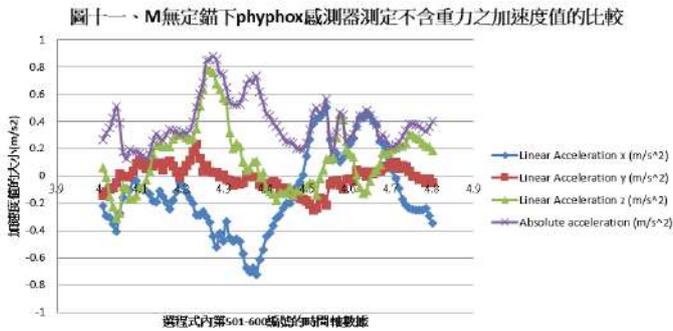
不含重力之加速度的原始數據有1800多筆數據，依操作的時間及扣除手機按壓開始的誤差，最保險也能代表漂浮板塊有無定錨下的加速度值，所以，我們均選取程式數據內第501到600中的100個數據做比較，果然，不管漂浮板塊由s(小布丁杯 pp板)至xL(D型長方型 pp板)，有有定錨下的穩定度均比無定錨的為佳。(以下的每個圖的數據都很長，如可查原始實驗記錄本)

圖九、S 無定錨下phyphox感測器測定不含重力之加速度值的比較



圖十、S 定錨下phyphox感測器測定不含重力之加速度值的比較





由加速度值的大小及圖示數值點的變化幅度可知，穩定度 XL 浮台 > S 浮台 > M 浮台 > L 浮台，而且有定錨的浮台漂移的穩定性均較佳。

### (三) 增加浮力及未來可銜接方便的浮台設計

1. 為模擬縮小板的生態浮台及雙軸太陽能追日發電系統的漂移穩定性，我們選用 D 型漂浮板塊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：



相片 89



相片 90

板塊名稱：D 型漂浮板塊+雙多多瓶

D 型漂浮板塊+保特瓶

2. 浮台的設計與漂移穩定度的比較結果令人滿意，所以，可以放心的繼續進行後續浮台上漂浮農場或漂浮太陽能追日系統的設計、浮台下則為模擬魚埠的設計研究了。

## 二、生態浮台的設計與研究

### (一) 模擬沿海白天吹海風的集水網設計

1. 實驗四、模擬離岸生態浮台白天吹海風時不同網目的不銹鋼網集水霧實驗

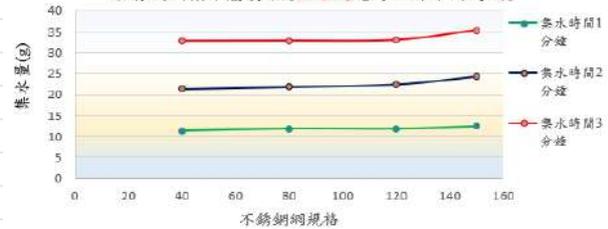
表五-1~五-3、第二次模擬離岸生態浮台白天吹海風時不同網目的不銹鋼網集水霧實驗

不銹鋼網規格	40目	80目	120目	150目				
1級風定時吹1分鐘的集水量(g)	44.1	55.77	43.75	55.62	42.02	53.86	47.35	59.76
	11.67		11.87		11.84		12.41	
1級風定時吹2分鐘的集水量(g)	44.1	65.44	43.75	65.58	42.02	64.49	47.35	71.66
	21.34		21.83		22.47		24.31	
1級風定時吹3分鐘的集水量(g)	44.1	76.93	43.75	76.62	42.02	75.08	47.35	82.68
	32.83		32.87		33.06		35.33	

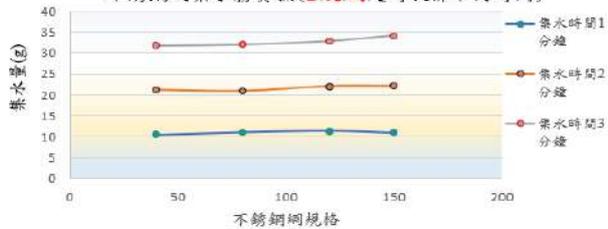
不銹鋼網規格	40目	80目	120目	150目				
2級風定時吹1分鐘的集水量(g)	49.74	60.23	45.92	56.98	44.78	56.17	44.14	55.09
	10.49		11.06		11.39		10.95	
2級風定時吹2分鐘的集水量(g)	49.74	70.96	45.92	66.89	44.78	66.82	44.14	66.22
	21.22		20.97		22.04		22.08	
2級風定時吹3分鐘的集水量(g)	49.74	85.18	45.92	78.03	44.78	77.69	44.14	78.31
	31.84		32.11		32.91		34.17	

不銹鋼網規格	40目	80目	120目	150目				
3級風定時吹1分鐘的集水量(g)	47.73	60.95	47.51	61.54	45.18	59.75	44.78	59.83
	13.22		14.03		14.57		15.05	
3級風定時吹2分鐘的集水量(g)	47.73	74.52	47.51	75.45	45.18	74.26	44.78	74.82
	26.79		27.94		29.08		30.04	
3級風定時吹3分鐘的集水量(g)	47.73	88.47	47.41	89.89	45.18	88.99	44.78	90.33
	40.74		42.38		43.81		46.55	

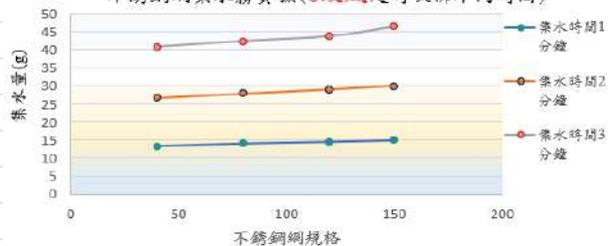
圖十七、模擬離岸生態浮台白天吹海風時不同網目的不銹鋼網集水霧實驗(1級風定時吹拂不同時間)



圖十八、模擬離岸生態浮台白天吹海風時不同網目的不銹鋼網集水霧實驗(2級風定時吹拂不同時間)



圖十九、模擬離岸生態浮台白天吹海風時不同網目的不銹鋼網集水霧實驗(3級風定時吹拂不同時間)

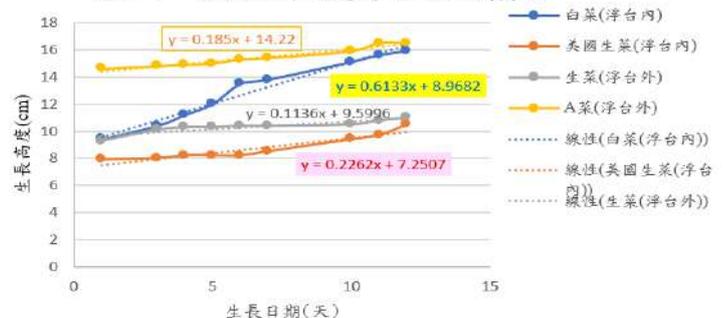


2. 模擬離岸生態浮台白天吹海風時的不銹鋼網集水霧實驗第一次因為在不同天的中午進行實驗，未能將等距離、等水量…等控制變因完全控制相同，以致於數據集水網集水質量變化誤差太大。因此，我們特地規劃完整的操作時間，將本實驗在同一天同一場合，一口氣全部測量完畢，發現實驗數據結果較為合理。
3. 因此實驗五的生態浮台及植物的植栽生長高度測定，我們就以超音波霧化器每天定時十分鐘微風風扇吹向生態浮板集水網植栽面，模擬白天吹向浮板塊夾帶水氣的海風，使集水網集水液滴透過棉布的毛細現象，讓水毛細滲透至植栽的底部保持濕潤性。使植栽水份不虞饋乏。
4. 生態浮台植物的植栽設計  
農業型或觀景型的生態浮台可加裝紅外線遙控夜間照明系統(燈條光源向外為夜間景觀照明用，燈條光源由上向下或向內則為可配合各植物生長所需的光波長而使用特定)
5. 實驗五、生態浮台及植物的植栽生長高度測定

表六、模擬離岸生態浮台的一般菜苗植栽實驗(每槽4株，以下是平均高度)

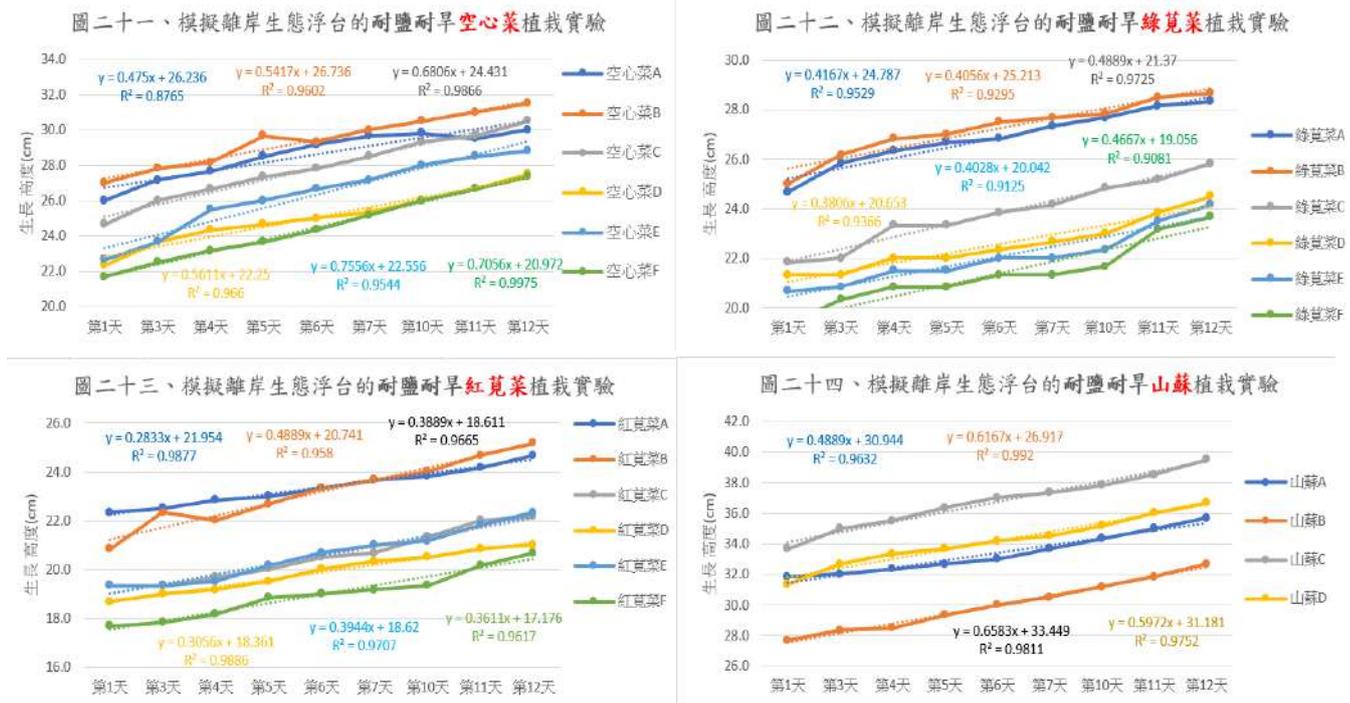
生長日期(天)	白菜(浮台內)	美國生菜(浮台內)	生菜(浮台外)	A菜(浮台外)
1.0	9.4	7.9	9.3	14.6
3.0	10.4	8.0	10.1	14.8
4.0	11.2	8.2	10.3	14.9
5.0	12.0	8.2	10.3	15.0
6.0	13.5	8.2	10.4	15.3
7.0	13.8	8.5	10.4	15.4
10.0	15.1	9.4	10.5	15.9
11.0	15.6	9.7	10.8	16.5
12.0	15.9	10.5	11.0	16.5
平均高度(cm)	13.0	8.7	10.3	15.4
生長高度差(cm)	6.5	2.6	1.7	1.9

圖二十、模擬離岸生態浮台的植栽實驗



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。

6. 實驗六、生態浮台耐鹽植物菜苗的植栽生長高度測定 表七-1~七-4如附件一



表七-5、模擬離岸生態浮台的耐鹽耐旱植物的植栽實驗生長的趨勢線方程式的比較

植栽	網內的實驗組(清水)		網內的實驗組(模擬海水)		網台外的對照組(清水)	
種類	空心菜 A	空心菜 B	空心菜 C	空心菜 D	空心菜 E	空心菜 F
生長的趨勢線方程式	$y = 0.475x + 26.236$	$y = 0.5417x + 26.736$	$y = 0.6806x + 24.431$	$y = 0.5611x + 22.25$	$y = 0.7556x + 22.556$	$y = 0.7056x + 20.972$
R 平方值	$R^2 = 0.8765$	$R^2 = 0.9602$	$R^2 = 0.9866$	$R^2 = 0.966$	$R^2 = 0.9544$	$R^2 = 0.9975$
種類	綠萵菜 A	綠萵菜 B	綠萵菜 C	綠萵菜 D	綠萵菜 E	綠萵菜 F
生長的趨勢線方程式	$y = 0.4167x + 24.787$	$y = 0.4056x + 25.213$	$y = 0.4889x + 21.37$	$y = 0.3806x + 20.653$	$y = 0.4028x + 20.042$	$y = 0.4667x + 19.056$
R 平方值	$R^2 = 0.9529$	$R^2 = 0.9295$	$R^2 = 0.9725$	$R^2 = 0.9366$	$R^2 = 0.9125$	$R^2 = 0.9081$
種類	紅萵菜 A	紅萵菜 B	紅萵菜 C	紅萵菜 D	紅萵菜 E	紅萵菜 F
生長的趨勢線方程式	$y = 0.2833x + 21.954$	$y = 0.4889x + 20.741$	$y = 0.3889x + 18.611$	$y = 0.3056x + 18.361$	$y = 0.3944x + 18.62$	$y = 0.3611x + 17.176$
R 平方值	$R^2 = 0.9877$	$R^2 = 0.958$	$R^2 = 0.9665$	$R^2 = 0.9886$	$R^2 = 0.9707$	$R^2 = 0.9617$
植栽	網內的實驗組(模擬海水)			網台外的對照組(模擬海水)		
種類	山蘇 A		山蘇 B	山蘇 C		山蘇 D
生長的趨勢線方程式	$y = 0.4889x + 30.944$		$y = 0.6167x + 26.917$	$y = 0.6583x + 33.449$		$y = 0.5972x + 31.181$
R 平方值	$R^2 = 0.9632$		$R^2 = 0.992$	$R^2 = 0.9811$		$R^2 = 0.9752$

由植栽圖示的線性方程式斜率可知，生長高度變化：

空心菜無網隔板吹清水霧氣的〉有網隔板吹海水霧氣的〉有網隔板吹清水霧氣的，因所有植栽均有塑膠凹槽可集所有的水氣，因此，每槽的植栽均淹在水或鹽水中，其中12天後C槽及D槽的空心菜均已萎縮凋亡，證明空心菜為耐水卻不耐鹽的植物。

綠萵菜及紅萵菜則生長情形差異不大，而且每株植物都生長正常，可見綠萵菜及紅萵菜均屬耐水耐鹽的植物。

山蘇的生長情形也差異不大，但我們發現無網隔板吹海水霧氣的山蘇葉子呈現較多部份捲曲的現象，推測植物的內部細胞有部份細胞質及細胞壁的質壁分離的現象，所以有隔網板的生長環境為佳。

### 三、照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率比較

(一) 實驗七測量電流、電壓校正電路的程式確認如附件二

表八、 $R_s = 330\Omega$ ，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	$R_s$	$R_{DUT}$	$A_0$	$V_{RS}$	I	R	$V_{RDUT}$	偏差
單位	$\Omega$	$\Omega$	NA	V	A	$\Omega$	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%

(1) 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。

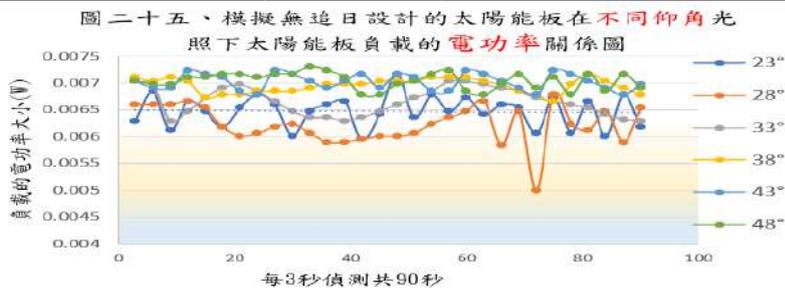
(二) 實驗八、模擬無追日設計的太陽能板負載發電功率比較

表九-1縮版、模擬無追日設計的太陽能板(仰角 $23^\circ$ )不同光照角度下，太陽能板負載功率大小

仰角 $23^\circ$ 偵測數據	$A_0$	V	I	R	P
90秒的平均值	383.6667	1.875204	0.005683	550.0567	0.0064
90秒的標準差	4.95555	0.024221	7.33E-05	11.31861	0.000299
平均值±標準差	383.7±4.96	1.875±0.02	0.0057±0.0001	550.06±11.32	0.00640±0.0003

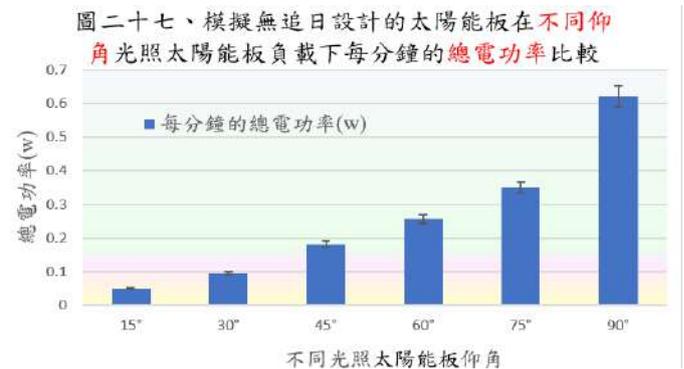
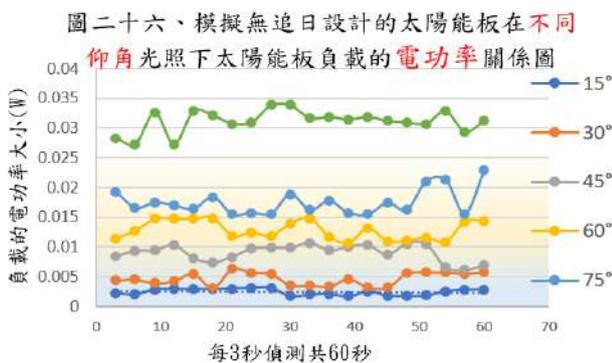
表九-1~九-6縮版 (表九-1~九-6如附件三)

光源照射仰角( $^\circ$ )	23	28	33	38	43	48
每3秒測1次，共90秒的平均電功率 P (w)	0.00640±0.0003	0.00615±0.00036	0.00659±0.00026	0.00690±0.00013	0.00698±0.00015	0.00700±0.00015



由圖示可知，在太陽能板仰角 $23^\circ \sim 48^\circ$ 的不同光照角度下，負載電功率大小變化差異不大。推測是上方光源照射太陽能板的距離因角度不同而有差異，以及四顆3W白光LED鋁基板以 $2 \times 2$ 陣列方式排列成面光源照射小塊的太陽能板所致。

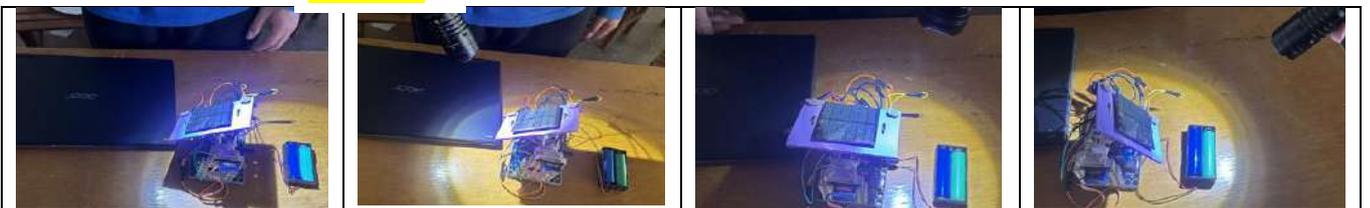
實驗九、模擬無追日設計的太陽能板(仰角 $0^\circ$ )不同光照角度下太陽能板負載電功率比較(表十-1~十-6如附件四)



(三) 垂直單軸追日設計的太陽能板負載發電功率比較

1. 太陽能板垂直單軸兩顆光敏電阻感光的追日系統裝置設計及程式確認：如附件五。

2. 程式作動相片圖： [相片91-94](#)



3. 臺灣夏至東昇光區方位東偏北、西落則不是西偏南的 $180^\circ$  就是西偏北，所以若用光敏電阻感光追日，以程式控制垂直軸的伺服馬達轉動太陽能板單軸轉動實際操作運轉可行！

(四)實驗十、水平單軸兩顆光敏電阻感光的追日系統裝置設計及程式確認：如附件六。

以程式控制水平軸的伺服馬達轉動太陽能板單軸轉動實際操作運轉可行！

### 五、雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究

#### (一)雙軸太陽能追日系統的設計

1. 一年四季，地處北半球的臺灣臺中夏至東昇光區方位東偏北、西落則是西偏北，何況還有其他季節，所以，只用單片太陽能板，便能追著太陽直射的角度跑，沒有垂直與水平雙軌並用應該很難做到！那就以模擬東西南北的四顆光敏電阻感光追日，以程式控制轉動太陽能板雙軸轉動測試。

2. 垂直軸與水平軸的雙軸伺服馬達追光程式確認：如附件七。

3. 程式作動相片圖：[相片95-99](#)



4. 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)。

5. 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功率為佳。

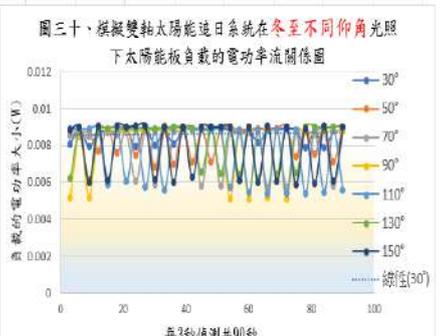
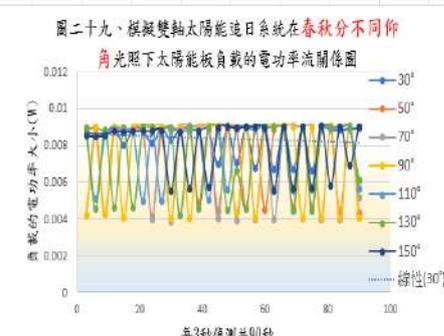
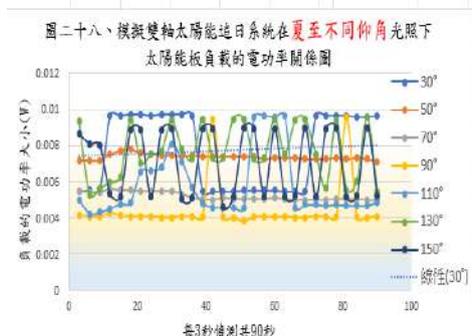
6. 實驗十一、模擬照射雙軸太陽能追日系統負載發電的電功率比較(第一代設計)

表11-1縮版、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

夏至位置1光源偵測數據	$A_0$	V	I	R	P
90秒的平均值	400.400	1.957	0.006	518.194	0.008677386
90秒的標準差	31.31	0.15	0.0005	67.01	0.00211
平均值±標準差	400.40±31.31	1.957±0.15	0.006±0.0005	518.194±67.01	0.0182±0.00051

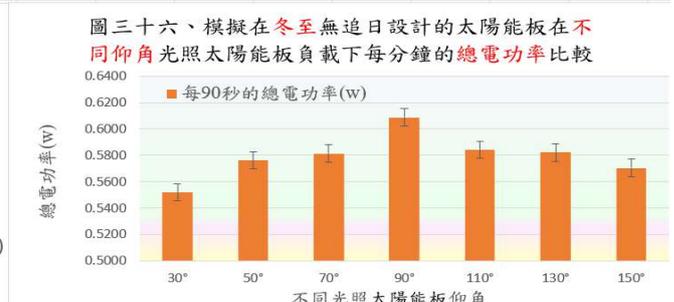
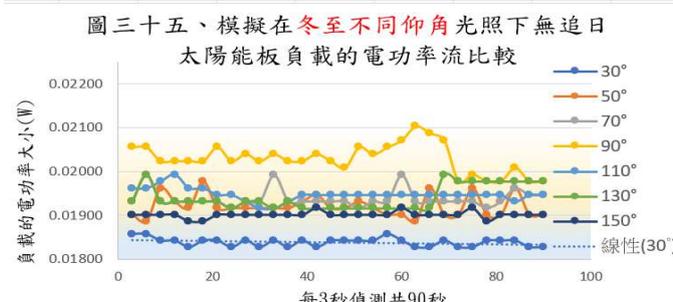
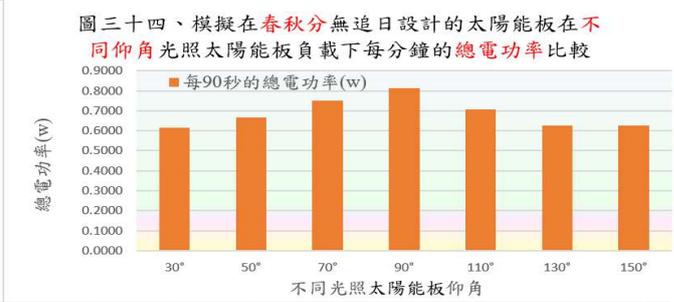
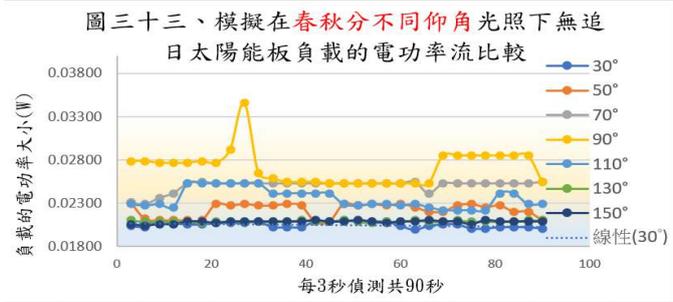
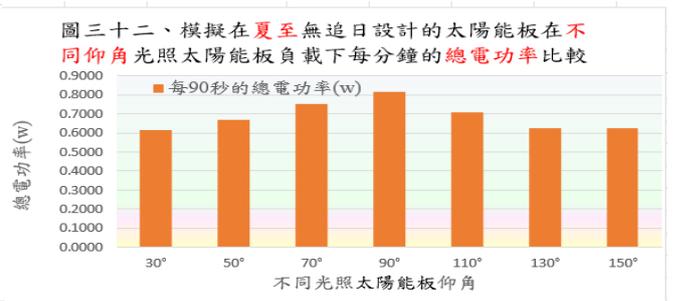
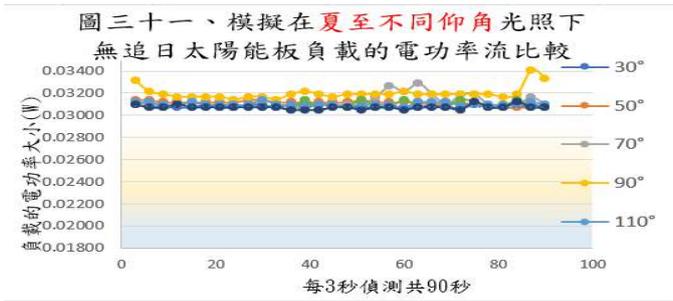
表11-1~11-7縮版 (表11-1~11-7如附件八)

夏至光源照射位置	1	2	3	4	5	6	7
每3秒測1次，共90秒的平均電功率 P (w)	0.0182±0.00051	0.0180±0.00004	0.0172±0.00009	0.0169±0.0004	0.0171±0.0005	0.0180±0.0004	0.0178±0.0005

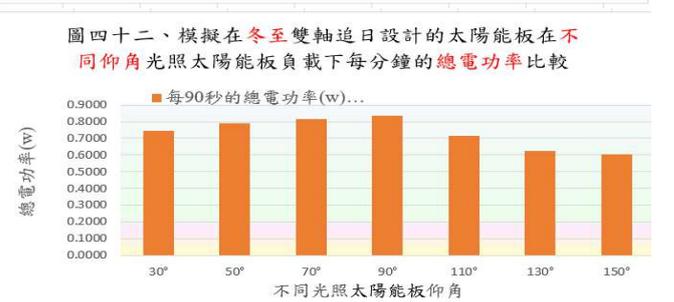
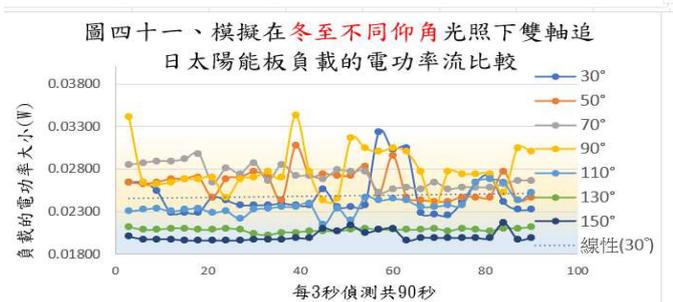
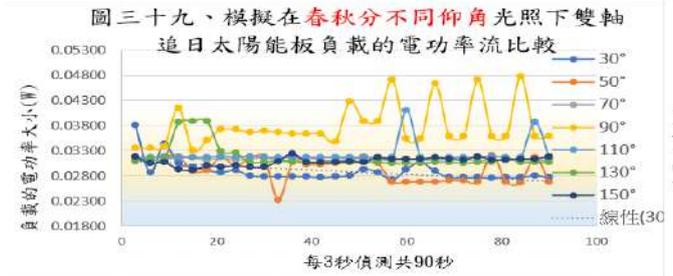
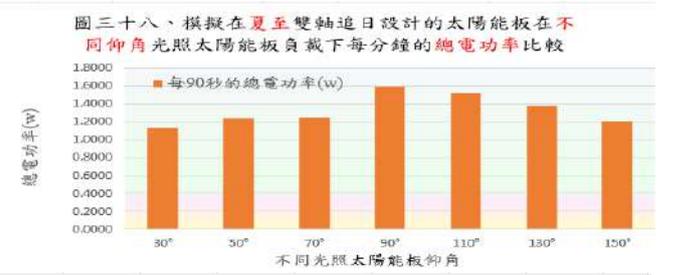
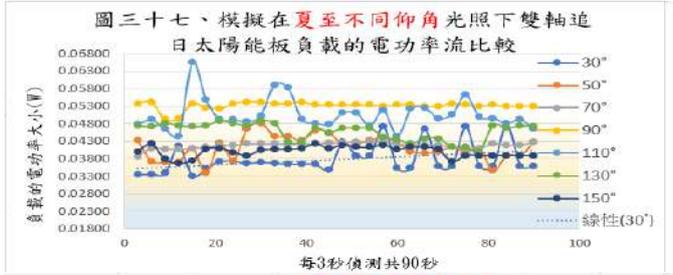


以 xy 散佈圖繪製電流及電壓的 IV 關係圖，不管模擬夏至、春秋分或冬至，各個不同照射的仰角，其線性方程式的趨勢線最小平方差的和  $R^2 \approx 1$ ，都顯示偵測數據誤差極小；而由模擬四季照射我們設計的雙軸太陽能追光系統負載發電功率關係圖中顯示確實有不錯的追光效果，但不同的偵測季節及位置應有電功率大小不同的區別，應改進光源照射遠近及角度的設計為佳。

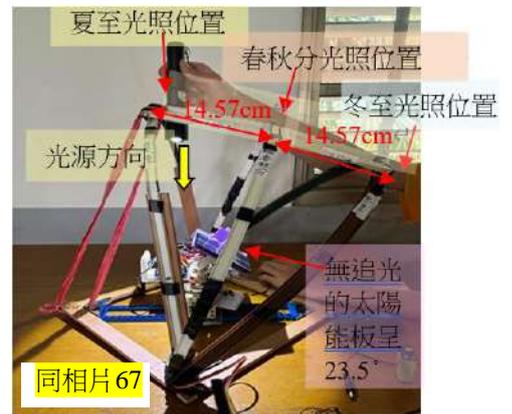
實驗十二、模擬四季照射固定朝南仰角 $23.5^\circ$  太陽能板負載發電的電功率的比較(無追日)  
表12-1~12-7如附件九



實驗十三、模擬四季照射北半球北緯 $23.5^\circ$  北回歸線經過的嘉義不同天頂角及仰角、不同偏南遠近照射雙軸追日太陽能系統負載發電的電功率的比較 (表13-1~13-7如附件十)

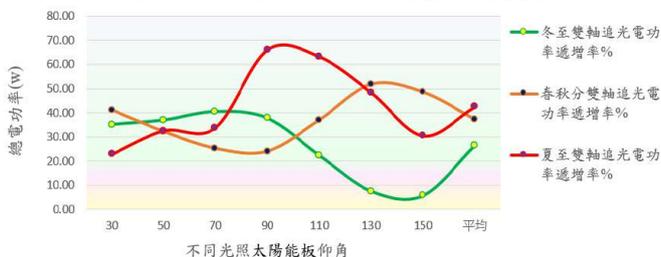


我們成功的修正設計模擬東升西落夏至天頂角 $0^{\circ}$ 至不同天頂角 $23.5^{\circ}$ 春秋分，對映14.57cm 間距；天頂角 $23.5^{\circ} * 2 = 47^{\circ}$ 的冬至，對映 $14.57 * 2 = 29.14$  cm 間距離，可明顯的比較出雙軸追光的太陽能系統確實有不錯的追光效果。

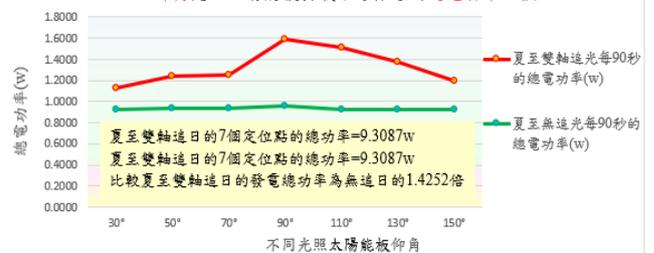


不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	平均遞增率%
冬至無追光每90秒的總電功率(w)	0.5517	0.5761	0.5814	0.6087	0.5842	0.5820	0.5704	26.49
冬至雙軸追光每90秒的總電功率(w)	0.7453	0.7885	0.8161	0.8379	0.7144	0.6255	0.6027	
冬至雙軸追光電功率遞增率%	35.10	36.87	40.37	37.65	22.27	7.48	5.67	
不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	平均遞增率%
春秋分無追光每90秒的總電功率(w)	0.6152	0.6663	0.7502	0.8139	0.7058	0.6270	0.6247	37.06
春秋分雙軸追光每90秒的總電功率(w)	0.8678	0.8806	0.9389	1.0090	0.9664	0.9513	0.9273	
春秋分雙軸追光電功率遞增率%	41.06	32.16	25.15	23.97	36.93	51.73	48.44	
不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	平均遞增率%
夏至無追光每90秒的總電功率(w)	0.9241	0.9342	0.9369	0.9592	0.9301	0.9255	0.9216	42.40
夏至雙軸追光每90秒的總電功率(w)	1.1348	1.2380	1.2533	1.5919	1.5172	1.3723	1.2014	
夏至雙軸追光電功率遞增率%	22.80	32.51	33.76	65.96	63.12	48.28	30.36	

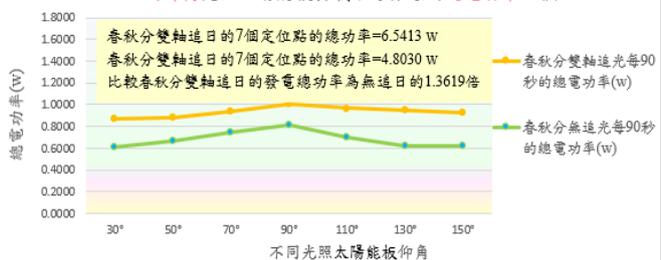
圖四十三、模擬在四季雙軸追日及無追日設計的太陽能板在不同仰角光照太陽能板負載下每90秒的總電功率的遞增率比較



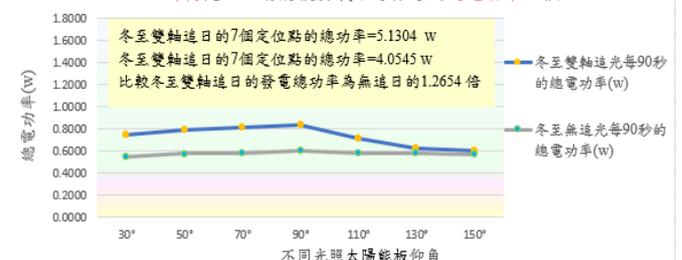
圖四十四、模擬在夏至雙軸追日及無追日設計的太陽能板在不同仰角光照太陽能板負載下每分鐘的總電功率比較



圖四十五、模擬在春秋分雙軸追日及無追日設計的太陽能板在不同仰角光照太陽能板負載下每分鐘的總電功率比較



圖四十六、模擬在冬至雙軸追日及無追日設計的太陽能板在不同仰角光照太陽能板負載下每分鐘的總電功率比較



## 六、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

(一) 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

相片 100-103

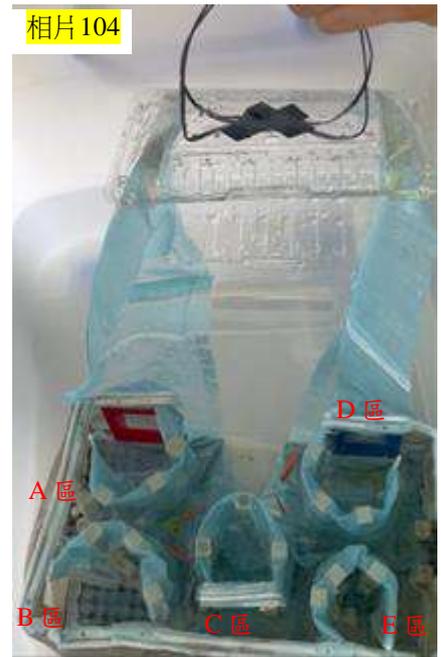


1. 孔雀魚由迴游通道開始進入入魚滬時會自然沿圍籬的屏障而進入其中，也會集體迴游進入不同路線的通道中
2. 同一批孔雀魚，即使它們已進入魚滬很多次了，一放至迴游通道口，它們還是會隨機沿著迴游通道(左右各三條通道)進入A-E區的圍籬中，即使進行迴游實驗高達十次，每隻魚還是活力十足！

(二)離岸生態浮台及追日系統的漂浮板塊下縮小版的魚滬設計實驗

表十-1 十隻孔雀魚每次進入各區的圍籬魚場的迴游路線實驗(統計魚隻數量)

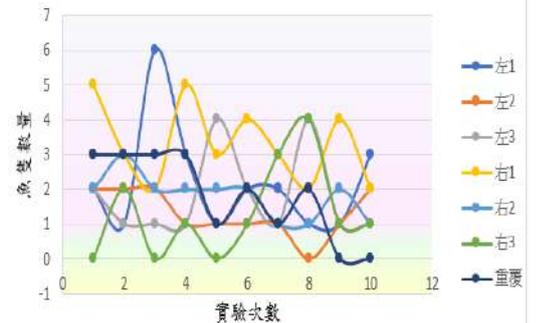
迴游路線	左1	左2	左3	右1	右2	右3	合計(隻)	備註	
實驗次數	1	2	2	5	2	0	13	重覆3隻	
	2	1	2	1	3	3	2	13	重覆3隻
	3	6	2	1	2	2	0	13	重覆3隻
	4	3	1	1	5	2	1	13	重覆3隻
	5	1	1	4	3	2	0	11	重覆1隻
	6	2	1	2	4	2	1	12	重覆2隻
	7	2	1	1	3	1	3	11	重覆1隻
	8	1	0	4	2	1	4	12	重覆2隻
	9	1	1	1	4	2	1	10	恰總計10隻
	10	3	2	1	2	1	1	10	恰總計10隻
合計	22	13	18	33	18	13	118		



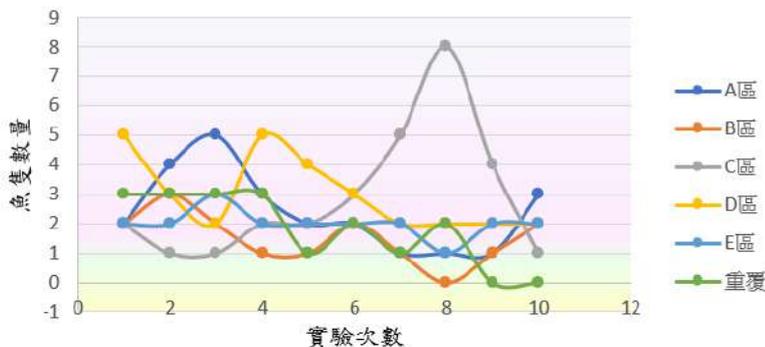
表十-2 十隻孔雀魚每次經由迴游路線進入各小型圍籬魚場區的實驗(統計魚隻數量)

圍籬魚場	A區	B區	C區	D區	E區	合計(隻)	2	
2	1	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	118		

圖四十七、十隻孔雀魚每次進入魚埠模型各區的圍籬魚場的迴游路線實驗



圖四十八、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



1.由十次的實驗統計10隻孔雀魚每次進入各區的圍籬魚場的迴游路線實驗分布可知，右1橘黃色路線高於左1藍色路線，也高於另外4條路線，每條路線魚均有經過。

2.孔雀魚每次經由迴游路線進入各小型圍籬魚場區2的分佈實驗顯示，發現魚有集體迴游的傾向，所以，魚隻有時會集中在某一圍籬區，其中以C區及D區居多。

## 陸、結論

1. 浮台的平均密度只要小於水的密度，就可以成為浮體；浮體排開液重愈多，浮力就愈大；浮台以 phyphox App 軟體之 GPS 及不含重力之加速度，可以成功的比較出有無定錨下，浮板塊漂移的穩定度。
2. 設計智高長方積木加雙層 pp 板的 D 型漂浮板塊每邊加裝四組雙多多瓶或保特瓶，可模擬各漂浮板塊間互相銜接且增加排開液重的浮力，而且製作成生態浮台或太陽能追日系統的浮台，在定錨下漂移的穩定度也佳。
3. 模擬沿海白天吹不同風力的海風，不銹鋼網集水網目的集水效果均不錯，不同網目的集水量差異不大，顯示只要達到40目以上的不銹鋼網均有不錯的集水效果。
4. 以超音波霧化器每天定時十分鐘模擬海風吹向生態浮台集水網植栽面，植栽生長高度的線性方程式斜率明顯比浮台外為佳。而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則更有利於植栽的生長或夜間景觀照明用。
5. 綠萹菜、紅萹菜及山蘇為耐鹽植物，可離岸植栽，在充滿水氣夾帶鹽份的海風吹拂下，也較不用擔心，有隔不銹鋼集水網則更佳，空心菜則不宜，所以，離岸植栽的植物需有選擇性。
6. 以 Arduino 程式校正測量待測電阻的電流及電壓準確度相當不錯，不僅成功的取代傳統的三用電錶偵測時數字跳動的問題，也相當節省偵測的時間，再者由電腦的序列埠視窗數據可直接貼到 Excel 運算及繪製圖形也相當迅速及方便，有利於我們大量且快速量測及運算太陽能板負載下發電的電功率。
7. 我們已成功的設計單軸、雙軸追日系統裝置，以程式控制單軸或雙軸的伺服馬達轉動太陽能板轉動實際操作運轉可行！
8. 我們成功的設計模擬四季東升西落的照光裝置(相片67)，可明顯的比較出夏至雙軸追日的發電總功率為無追日夏至的1.4252倍、春秋分雙軸追日的發電總功率為無追日春秋分的1.3619倍、冬至雙軸追日的發電總功率為無追日冬至的1.2654 倍。
9. 我們也成功的設計漂浮板塊下縮小版的魚滬設計，除了三面不銹鋼圍網可讓魚滬下沉至水面下、魚滬圍籬包覆柔軟透氣的不織布，使魚隻迴游多次也不傷魚體，實驗也發現魚群有隨機且集體迴游的傾向。
10. 我們創新構思設計的離岸生態浮台追日系統及魚滬設計，希望能整合西部離岸的漂浮太陽能發電、水上的漂浮農場「每日退潮時間，可開放農漁民(或觀光人潮)沿著安全的浮板步道進入生態區採集、觀光或靠近白色區域捕魚，既解決能源問題、發展經濟、同時兼顧環境教育豈不美哉！

## 柒、參考資料及其他

### 1. 網站資料

- <sup>1</sup>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
- <sup>2</sup> 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
- <sup>3</sup>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
- <sup>4</sup>種樹 vs 種電1 / 憂心花蓮鳳林鎮成光電板森林 中央社記者張祈 112年6月19日
- <sup>5</sup>追日的飄浮太陽能發電廠111年11月28日

### 2. 歷屆科展作品

- (1) 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
  - (2) 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
  - (3) 楊芷芃等(2019)自求多浮~浮屋多重機能性的研究 中華民國第59屆中小學科學展覽會，臺中市
3. 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
  4. 國中自然第4章 電 翰林文教事業
  5. 國中自然第五冊第7章 太空和地球 翰林文教事業
  6. 國中第六冊 第二章電與磁 翰林文教事業

附件一、實驗六、生態浮台耐鹽植物菜苗的植栽生長高度測定 表七-1~七-4

植栽	網內的實驗組(清水)		網內的實驗組(模擬海水)		網台外的對照組(清水)		
	空心菜A	空心菜B	空心菜C	空心菜D	空心菜E	空心菜F	
生長高度(cm) 每次量測最高的三株取平均值	第一天	29.0	29.5	29.0	22.5	22.5	24.0
		27.0	26.5	22.0	22.0	24.5	22.5
	平均	22.0	25.0	23.0	22.5	21.0	18.5
		26.0	27.0	24.7	22.3	22.7	21.7
	第三天	30.0	30.0	30.0	24.0	26.0	25.0
		27.5	27.0	24.5	23.5	22.5	22.5
	平均	24.0	26.5	23.5	23.5	22.5	20.0
		27.2	27.8	26.0	23.7	23.7	22.5
	第四天	30.5	30.0	30.5	24.5	27.5	25.5
		27.5	27.5	25.5	24.5	25.5	23.0
	平均	25.0	27.0	24.0	24.0	23.5	21.0
		27.7	28.2	26.7	24.3	25.5	23.2
第五天	31.0	31.5	31.0	25.0	28.0	25.5	
	28.5	28.0	26.0	24.5	26.0	23.5	
平均	26.0	29.5	25.0	24.5	24.0	22.0	
	28.5	29.7	27.3	24.7	26.0	23.7	
第六天	32.0	32.0	31.5	25.5	28.5	25.5	
	28.5	28.5	26.5	24.5	26.5	25.0	
平均	27.0	27.5	25.5	25.0	25.0	22.5	
	29.2	29.3	27.8	25.0	26.7	24.3	
第七天	32.0	33.0	32.0	26.0	29.0	25.5	
	29.0	29.0	27.0	25.5	26.0	26.0	
平均	28.0	28.0	26.5	24.5	26.5	24.0	
	29.7	30.0	28.5	25.3	27.2	25.2	
第十天	32.5	28.5	33.0	27.0	30.0	27.0	
	29.0	33.0	28.0	26.0	27.0	26.0	
平均	28.0	30.0	27.0	25.0	27.0	25.0	
	29.8	30.5	29.3	26.0	28.0	26.0	
第十一天	33.0	33.5	33.5	27.5	30.5	26.5	
	27.5	31.0	28.0	26.5	28.0	27.5	
平均	28.0	28.5	27.5	26.0	27.0	26.0	
	29.5	31.0	29.7	26.7	28.5	26.7	
第十二天	33.5	34.5	33.5	27.5	30.5	27.0	
	28.0	31.0	29.0	28.0	28.5	28.0	
平均	28.5	29.0	29.0	27.0	27.5	27.0	
	30.0	31.5	30.5	27.5	28.8	27.3	

植栽	網內的實驗組(清水)		網內的實驗組(模擬海水)		網台外的對照組(清水)		
	綠萼菜A	綠萼菜B	綠萼菜C	綠萼菜D	綠萼菜E	綠萼菜F	
生長高度(cm) 每次量測最高的三株取平均值	第一天	26.0	25.5	21.5	22.0	21.0	21.0
		25.0	26.0	22.5	22.0	21.0	20.0
	平均	23.0	23.5	21.5	20.0	20.0	17.0
		24.7	25.0	21.8	21.3	20.7	19.3
	第三天	26.0	26.0	22.5	22.0	21.5	21.5
		26.0	27.0	22.5	22.0	20.0	20.0
	平均	25.5	25.5	21.0	20.0	21.0	19.5
		25.8	26.2	22.0	21.3	20.8	20.3
	第四天	26.5	27.0	23.5	22.5	21.5	21.5
		26.5	27.5	23.5	22.5	22.0	21.0
	平均	26.0	26.0	23.0	21.0	21.0	20.0
		26.3	26.8	23.3	22.0	21.5	20.8
第五天	26.5	27.5	23.5	22.5	21.5	21.5	
	26.5	27.5	23.5	22.5	21.0	21.0	
平均	27.0	26.0	23.0	21.0	22.0	20.0	
	26.7	27.0	23.3	22.0	21.5	20.8	
第六天	27.0	27.5	24.0	23.0	21.5	21.5	
	27.0	27.0	24.0	22.5	22.5	21.5	
平均	26.5	28.0	23.5	21.5	22.0	21.0	
	26.8	27.5	23.8	22.3	22.0	21.3	
第七天	27.0	28.0	24.5	23.5	22.0	21.5	
	27.5	27.5	24.0	22.0	22.5	21.5	
平均	27.5	27.5	24.0	22.5	21.5	21.0	
	27.3	27.7	24.2	22.7	22.0	21.3	
第十天	27.5	27.5	24.5	24.0	22.0	22.0	
	27.5	28.0	25.0	22.0	23.0	21.0	
平均	28.0	28.0	25.0	23.0	22.0	22.0	
	27.7	27.8	24.8	23.0	22.3	21.7	
第十一天	28.5	28.0	25.0	24.5	23.5	23.5	
	28.0	28.5	25.5	23.0	24.0	22.0	
平均	28.0	29.0	25.0	24.0	23.0	24.0	
	28.2	28.5	25.2	23.8	23.5	23.2	
第十二天	28.5	28.5	25.5	25.0	24.5	24.5	
	28.0	28.5	26.0	24.5	24.0	24.5	
平均	28.5	29.0	26.0	24.0	24.0	22.0	
	28.3	28.7	25.8	24.5	24.2	23.7	

植栽	網內的實驗組(清水)		網內的實驗組(模擬海水)		網台外的對照組(清水)		
	紅莧菜A	紅莧菜B	紅莧菜C	紅莧菜D	紅莧菜E	紅莧菜F	
生長高度(cm) 每次量測最高的三株取平均值	第一天	23.0	22.0	20.0	18.0	21.0	18.0
		23.0	21.0	18.0	19.0	18.0	18.0
	平均	21.0	19.5	20.0	19.0	19.0	17.0
		22.3	20.8	19.3	18.7	19.3	17.7
	第三天	23.0	23.5	20.0	18.0	21.0	18.5
		23.0	23.5	20.0	19.5	18.0	18.0
	平均	21.5	20.0	18.0	19.5	19.0	17.0
		22.5	22.3	19.3	19.0	19.3	17.8
	第四天	23.5	23.5	20.5	18.5	21.5	18.5
		23.0	22.5	20.0	19.5	18.0	18.5
	平均	22.0	20.0	18.5	19.5	19.0	17.5
		22.8	22.0	19.7	19.2	19.5	18.2
第五天	23.5	24.0	20.5	18.5	22.0	19.5	
	23.5	23.5	20.5	19.5	20.0	19.0	
平均	22.0	20.5	19.0	20.5	18.5	18.0	
	23.0	22.7	20.0	19.5	20.2	18.8	
第六天	24.0	24.5	21.0	20.5	22.5	19.5	
	23.5	24.0	20.5	20.0	21.0	19.0	
平均	22.5	21.5	20.0	19.5	18.5	18.5	
	23.3	23.3	20.5	20.0	20.7	19.0	
第七天	24.0	24.5	21.0	20.0	22.5	19.0	
	24.5	24.5	20.5	21.0	21.5	19.0	
平均	22.5	22.0	20.5	20.0	19.0	19.5	
	23.7	23.7	20.7	20.3	21.0	19.2	
第十天	24.5	25.0	22.0	20.0	22.5	19.0	
	24.0	25.0	21.0	21.5	22.0	20.0	
平均	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	19.0	
	23.8	24.0	21.3	20.5	21.2	19.3	
第十一天	25.0	25.5	22.5	21.5	23.0	20.0	
	24.0	26.0	22.0	20.5	22.5	19.5	
平均	23.5	22.5	21.5	20.5	20.0	21.0	
	24.2	24.7	22.0	20.8	21.8	20.2	
第十二天	26.0	26.0	22.5	21.5	23.5	20.5	
	24.5	26.5	22.5	20.5	22.5	20.0	
平均	23.5	23.0	21.5	21.0	21.0	21.5	
	24.7	25.2	22.2	21.0	22.3	20.7	

植栽	網內的實驗組(模擬海水)		網台外的對照組(模擬海水)		
	山蘇A	山蘇B	山蘇C	山蘇D	
生長高度(cm) 每次量測最高的三株取平均值	第一天	34.5	29.0	35.0	31.0
		30.5	27.0	33.0	30.0
	平均	30.5	27.0	33.0	33.0
		31.8	27.7	33.7	31.3
	第三天	34.5	29.0	37.0	34.0
		30.5	29.0	35.0	33.0
	平均	31.0	27.0	33.0	31.0
		32.0	28.3	35.0	32.7
	第四天	35.0	29.5	37.0	35.0
		31.0	29.0	35.5	33.5
	平均	31.0	27.0	34.0	31.5
		32.3	28.5	35.5	33.3
第五天	35.0	29.5	38.0	35.0	
	31.5	28.5	37.0	34.0	
平均	31.5	30.0	34.0	32.0	
	32.7	29.3	36.3	33.7	
第六天	35.5	30.0	38.5	35.5	
	32.0	30.5	37.5	34.5	
平均	31.5	29.5	35.0	32.5	
	33.0	30.0	37.0	34.2	
第七天	36.0	30.5	39.0	35.5	
	33.0	31.0	38.0	35.0	
平均	32.0	30.0	35.0	33.0	
	33.7	30.5	37.3	34.5	
第十天	36.5	30.5	39.0	34.0	
	34.0	31.0	38.5	35.5	
平均	32.5	32.0	36.0	36.0	
	34.3	31.2	37.8	35.2	
第十一天	37.0	31.0	40.0	35.5	
	35.0	32.0	39.5	36.0	
平均	33.0	32.5	36.0	36.5	
	35.0	31.8	38.5	36.0	
第十二天	37.5	32.0	41.5	36.0	
	35.5	33.0	39.5	36.5	
平均	34.0	33.0	37.5	37.5	
	35.7	32.7	39.5	36.7	

附件二 實驗七、測量電流、電壓校正電路的程式確認

```
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;
    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); }

```

附件三表九-1~九-6模擬無追日設計的太陽能板在不同仰角光照下太陽能板負載的電功率比較

23度	串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω以上					28度	串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω以上				
每3秒偵測數據	A0	V	I	R	P	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P
3	382	1.86706	0.005658	553.74	0.00630	3	387	1.8915	0.005732	542.33	0.00660
6	391	1.91105	0.005791	533.40	0.00685	6	387	1.8915	0.005732	542.33	0.00660
9	379	1.85239	0.005613	560.74	0.00612	9	387	1.8915	0.005732	542.33	0.00660
12	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666	12	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666
15	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647	15	386	1.88661	0.005717	544.59	0.00654
18	380	1.85728	0.005628	558.39	0.00618	18	380	1.85728	0.005628	558.39	0.00618
21	386	1.88661	0.005717	544.59	0.00654	21	377	1.84262	0.005584	565.46	0.00600
24	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	24	378	1.84751	0.005599	563.1	0.00606
27	387	1.89150	0.005732	542.33	0.00660	27	380	1.85728	0.005628	558.39	0.00618
30	377	1.84262	0.005584	565.46	0.00600	30	381	1.86217	0.005643	556.06	0.00624
33	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647	33	378	1.84751	0.005599	563.1	0.00606
36	387	1.89150	0.005732	542.33	0.00660	36	375	1.83284	0.005554	570.24	0.00589
39	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666	39	375	1.83284	0.005554	570.24	0.00589
42	376	1.83773	0.005569	567.85	0.00595	42	376	1.83773	0.005569	567.85	0.00595
45	384	1.87683	0.005687	549.14	0.00641	45	377	1.84262	0.005584	565.46	0.00600
48	396	1.93548	0.005865	522.50	0.00717	48	377	1.84262	0.005584	565.46	0.00600
51	383	1.87195	0.005673	551.44	0.00635	51	378	1.84751	0.005599	563.1	0.00606
54	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	54	381	1.86217	0.005643	556.06	0.00624
57	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647	57	383	1.87195	0.005673	551.44	0.00635
60	389	1.90127	0.005761	537.84	0.00672	60	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647
63	384	1.87683	0.005687	549.14	0.00641	63	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666
66	387	1.89150	0.005732	542.33	0.00660	66	374	1.82796	0.005539	572.65	0.00584
69	386	1.88661	0.005717	544.59	0.00654	69	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647
72	378	1.84751	0.005599	563.1	0.00606	72	358	1.74976	0.005302	612.99	0.00499
75	389	1.90127	0.005761	537.84	0.00672	75	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
78	378	1.84751	0.005599	563.1	0.00606	78	381	1.86217	0.005643	556.06	0.00624
81	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666	81	379	1.85239	0.005613	560.74	0.00612
84	377	1.84262	0.005584	565.46	0.00600	84	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647
87	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	87	375	1.83284	0.005554	570.24	0.00589
90	380	1.85728	0.005628	558.39	0.00618	90	386	1.88661	0.005717	544.59	0.00654
平均值	383.667	1.87520	0.005683	550.06	0.00640	平均值	379.22	1.853	0.006	560.73	0.00615
標準差	4.96	0.02	0.0001	11.32	0.00030	標準差	6.37	0.03	0.0001	15.19	0.00036
平均值±標準差	383.7±4.96	1.875±0.02	0.0057±0.0001	550.06±11.32	0.00640±0.0003	平均值±標準差	379.22±6.37	1.853±0.03	0.006±0.0001	560.73±15.19	0.00615±0.00036

43度	串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω以上					48度	串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω以上				
每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P
3	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	3	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
6	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	6	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
9	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	9	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
12	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	12	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
15	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717	15	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
18	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710	18	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
21	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685	21	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
24	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	24	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
27	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	27	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
30	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717	30	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
33	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	33	398	1.94526	0.005895	518.22	0.00730
36	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	36	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724
39	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	39	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
42	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717	42	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
45	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	45	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
48	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717	48	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
51	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710	51	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
54	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685	54	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
57	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685	57	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724
60	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	60	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685
63	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717	63	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
66	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	66	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
69	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	69	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
72	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	72	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691
75	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	75	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
78	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717	78	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
81	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	81	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
84	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	84	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685
87	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	87	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
90	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697	90	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691
平均值	393.111	1.92136	0.005822	528.80	0.00698	平均值	393.444	1.92299	0.005827	528.07	0.00700
標準差	2.35	0.01	0.0000	5.12	0.00015	標準差	2.39	0.01	0.00004	5.20	0.00015
平均值±標準差	393.11±2.35	1.921±0.01	0.0058±0.0000	528.80±5.12	0.00698±0.00015	平均值±標準差	393.44±2.39	1.923±0.01	0.0058±0.0000	528.07±5.20	0.00700±0.00015

33度						38度					
串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω以上						串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω以上					
每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P
3	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	3	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
6	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697	6	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
9	382	1.86706	0.005658	553.74	0.00630	9	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
12	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647	12	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
15	389	1.90127	0.005761	537.84	0.00672	15	389	1.90127	0.005761	537.84	0.00672
18	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	18	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
21	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697	21	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
24	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685	24	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685
27	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666	27	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685
30	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647	30	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685
33	383	1.87195	0.005673	551.44	0.00635	33	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691
36	383	1.87195	0.005673	551.44	0.00635	36	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
39	382	1.86706	0.005658	553.74	0.00630	39	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
42	383	1.87195	0.005673	551.44	0.00635	42	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
45	385	1.88172	0.005702	546.86	0.00647	45	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
48	387	1.8915	0.005732	542.33	0.00660	48	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
51	389	1.90127	0.005761	537.84	0.00672	51	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
54	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685	54	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
57	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	57	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
60	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704	60	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710
63	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697	63	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
66	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691	66	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
69	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685	69	391	1.91105	0.005791	533.4	0.00685
72	389	1.90127	0.005761	537.84	0.00672	72	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
75	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666	75	388	1.89638	0.005747	540.08	0.00666
78	387	1.8915	0.005732	542.33	0.00660	78	393	1.92082	0.005821	529.01	0.00697
81	386	1.88661	0.005717	544.59	0.00654	81	396	1.93548	0.005865	522.5	0.00717
84	384	1.87683	0.005687	549.14	0.00641	84	394	1.92571	0.005835	526.83	0.00704
87	381	1.86217	0.005643	549.06	0.00632	87	392	1.91593	0.005806	531.2	0.00691
90	382	1.86706	0.005658	553.74	0.00630	90	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678
平均值	386.67	1.890	0.006	542.38	0.00659	平均值	391.889	1.91539	0.005804	531.47	0.00690
標準差	4.26	0.02	0.0001	9.24	0.00026	標準差	2.09	0.01	0.00003	4.59	0.00013
平均值±標準差	386.7±4.26	1.890±0.02	0.0057±0.0001	542.38±9.24	0.00659±0.00026	平均值±標準差	391.89±2.09	1.915±0.01	0.0058±0.00003	531.47±4.59	0.00690±0.00013

附件四 表十-1~十-6模擬無追日設計的太陽能板(仰角0°)不同光照角度下，太陽能板負載功率大小

仰角15度						仰角30度						仰角45度					
每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R
1	285	1.39296	0.00422	854.53	0.002271	1	345	1.6862	0.00511	648.52	0.00438	1	414	2.02346	0.00613	485.43	0.008435
2	277	1.35386	0.0041	888.74	0.002062	2	349	1.7058	0.005169	637.31	0.00457	2	426	2.08211	0.00631	462.46	0.009374
3	305	1.49071	0.00452	776.85	0.002861	3	335	1.6373	0.004962	677.73	0.00396	3	427	2.087	0.00632	460.61	0.009456
4	307	1.50049	0.00455	769.64	0.002925	4	343	1.6764	0.00508	654.23	0.0043	4	437	2.13587	0.00647	442.52	0.010309
5	307	1.50049	0.00455	769.64	0.002925	5	368	1.7986	0.00545	587.36	0.00551	5	410	2.00391	0.00607	493.39	0.008139
6	306	1.4956	0.00453	773.24	0.002893	6	313	1.5298	0.004636	748.56	0.00313	6	400	1.95503	0.00592	513.97	0.007437
7	310	1.51515	0.00459	759.00	0.003025	7	383	1.872	0.005673	551.44	0.00635	7	413	2.01857	0.00612	487.41	0.00836
8	312	1.52493	0.00462	752.02	0.003092	8	371	1.8133	0.005495	579.95	0.00567	8	430	2.10166	0.00637	455.09	0.009706
9	311	1.52004	0.00461	755.50	0.003058	9	367	1.7937	0.005436	589.86	0.00545	9	432	2.11144	0.0064	451.46	0.009875
10	264	1.29032	0.00391	948.75	0.001755	10	326	1.5934	0.004828	705.55	0.0036	10	432	2.11144	0.0064	451.46	0.009875
11	275	1.34409	0.00407	897.60	0.002013	11	325	1.5885	0.004814	708.74	0.00356	11	441	2.15543	0.00653	435.51	0.010668
12	280	1.36852	0.00415	875.68	0.002139	12	320	1.564	0.004739	724.97	0.00337	12	427	2.087	0.00632	460.61	0.009456
13	262	1.28055	0.00388	958.51	0.001711	13	351	1.7155	0.005199	631.79	0.00466	13	434	2.12121	0.00643	447.86	0.010047
14	295	1.44184	0.00437	814.37	0.002553	14	316	1.5445	0.00468	738.32	0.00323	14	437	2.13587	0.00647	442.52	0.010309
15	268	1.30987	0.00397	929.66	0.001846	15	315	1.5396	0.004665	741.71	0.0032	15	418	2.04301	0.00619	477.63	0.008739
16	265	1.29521	0.00393	943.92	0.001777	16	369	1.8035	0.005465	584.88	0.00556	16	440	2.15054	0.00652	437.25	0.010577
17	269	1.31476	0.00398	924.98	0.001869	17	372	1.8182	0.00551	577.50	0.00572	17	439	2.14565	0.0065	439	0.010487
18	295	1.44184	0.00437	814.37	0.002553	18	372	1.8182	0.00551	577.50	0.00572	18	387	1.8915	0.00573	542.33	0.006597
19	302	1.47605	0.00447	787.85	0.002765	19	368	1.7986	0.00545	587.36	0.00551	19	380	1.85728	0.00563	558.39	0.006178
20	305	1.49071	0.00452	776.85	0.002861	20	372	1.8182	0.00551	577.50	0.00572	20	392	1.91593	0.00581	531.2	0.00691
平均值	290.00	1.42	0.004	838.59	0.0024	平均值	349.00	1.71	0.005	641.54	0.0047	平均值	420.80	2.06	0.006	473.81	0.0090
標準差	18.2555	0.0892	0.0003	75.0009	0.0005	標準差	23.4094	0.1144	0.0003	66.5015	0.0011	標準差	18.563	0.0907	0.0003	36.9543	0.0014
平均±標準差	290.00±18.2	1.42±0.09	0.004±0.0003	838.59±75.22	0.0024±0.0005	平均±標準差	349.00±23.4	1.71±0.11	0.005±0.0003	641.54±66.5	0.0047±0.0011	平均±標準差	420.80±18.2	2.06±0.09	0.006±0.0003	473.81±36.95	0.0090±0.0014

仰角60度						仰角75度						仰角90度					
每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R
1	449	2.19453	0.00665	421.87	0.011416	1	514	2.51222	0.00761	326.79	0.019313	1	564	2.7566	0.00835	268.56	0.028295
2	462	2.25806	0.00684	400.71	0.012725	2	495	2.41935	0.00733	352	0.016629	2	559	2.73216	0.00828	273.92	0.027251
3	480	2.34604	0.00711	373.31	0.014744	3	501	2.44868	0.00742	343.83	0.017439	3	583	2.84946	0.00864	249.06	0.0326
4	480	2.34604	0.00711	373.31	0.014744	4	498	2.43402	0.00738	347.89	0.01703	4	559	2.73216	0.00828	273.92	0.027251
5	480	2.34604	0.00711	373.31	0.014744	5	493	2.40958	0.0073	354.77	0.016366	5	584	2.85435	0.00865	248.07	0.032843
6	481	2.35093	0.00712	371.85	0.014863	6	508	2.48289	0.00752	334.55	0.018427	6	581	2.83969	0.00861	251.05	0.03212
7	454	2.21896	0.00672	413.59	0.011905	7	486	2.37537	0.0072	364.63	0.015474	7	575	2.81036	0.00852	257.11	0.030719
8	459	2.2434	0.0068	405.49	0.012412	8	488	2.38514	0.00723	361.78	0.015725	8	576	2.81525	0.00853	256.09	0.030949
9	454	2.21896	0.00672	413.59	0.011905	9	487	2.38025	0.00721	363.2	0.015599	9	588	2.8739	0.00871	244.13	0.033832
10	473	2.31183	0.00701	383.72	0.013928	10	511	2.49756	0.00757	330.65	0.018865	10	588	2.8739	0.00871	244.13	0.033832
11	481	2.35093	0.00712	371.85	0.014863	11	492	2.40469	0.00729	356.16	0.016236	11	579	2.82991	0.00858	253.06	0.031646
12	452	2.20919	0.0067	416.88	0.011707	12	503	2.45846	0.00745	341.15	0.017717	12	580	2.8348	0.00859	252.05	0.031883
13	441	2.15543	0.00653	435.51	0.010668	13	488	2.38514	0.00723	361.78	0.015725	13	578	2.82502	0.00856	254.07	0.031412
14	466	2.27761	0.0069	394.44	0.013152	14	486	2.37537	0.0072	364.63	0.015474	14	580	2.8348	0.00859	252.05	0.031883
15	444	2.17009	0.00658	430.34	0.010943	15	501	2.44868	0.00742	343.83	0.017439	15	577	2.82014	0.00855	255.08	0.031179
16	445	2.17498	0.00659	428.63	0.011036	16	492	2.40469	0.00729	356.16	0.016236	16	576	2.81525	0.00853	256.09	0.030949
17	451	2.2043	0.00668	418.54	0.011609	17	525	2.56598	0.00778	313.03	0.021034	17	575	2.81036	0.00852	257.11	0.030719
18	443	2.1652	0.00656	432.05	0.010851	18	527	2.57576	0.00781	310.59	0.021361	18	584	2.85435	0.00865	248.07	0.032843
19	476	2.32649	0.00705	379.22	0.014273	19	487	2.38025	0.00721	363.2	0.015599	19	569	2.78104	0.00843	263.3	0.029374
20	477	2.33138	0.00707	377.74	0.014389	20	536	2.61975	0.00794	299.83	0.02289	20	577	2.82014	0.00855	255.08	0.031179
平均值	462.40	2.26	0.007	400.80	0.0128	平均值	500.90	2.45	0.007	344.52	0.0175	平均值	576.60	2.82	0.009	255.60	0.0311
標準差	#####	0.0726	0.0002	23.4720	0.0016	標準差	14.9557	0.0731	0.0002	19.6072	0.0022	標準差	8.2806	0.0405	0.0001	8.5165	0.0019
平均=標準差	462.40±14	2.26±0.07	0.007±0.0002	400.80±23.47	0.0128±0.0016	平均=標準差	500.90±14	2.45±0.07	0.007±0.0002	344.52±19.61	0.0175±0.0022	平均=標準差	576.60±8.28	2.82±0.04	0.009±0.0001	255.60±8.52	0.0311±0.0019
				0.2569						0.3506							0.6228

附件五、太陽能板垂直單軸兩顆光敏電阻感光的追日系統裝置設計及程式確認：

<pre>#include &lt;Servo.h&gt; Servo S2; int AR0, AR1; ////上為0 下為1 int SR2 = 70; int XV = 6; int b=1;//垂直反應方向  void setup() {   Serial.begin(9600);   S2.attach(9);//垂直   doServo(); }  void loop() {   getLight(); }</pre>	<pre>// delay(5000); if(b*(AR0-AR1)&gt;XV){   SR2++;   if(SR2&gt;120){     SR2--;   } }else if(b*(AR1-AR0)&gt;XV){   SR2--;   if(SR2&lt;20){     SR2++;   } } S2.write(SR2); Serial.println(SR2); }</pre>	<pre>void getLight(){   AR0 = analogRead(A0);   AR1 = analogRead(A1);   Serial.print(" AR0:");   Serial.print(AR0);   Serial.print(" AR1:");   Serial.println(AR1);    delay(10); }  void doServo(){   S2.write(SR2); }</pre>
--	---	---

附件六、水平單軸兩顆光敏電阻感光的追日系統裝置設計及程式確認

<pre>#include &lt;Servo.h&gt; Servo S2; int AR0, AR1; ////上為0 下為1 int SR2 = 90; int XV = 15; int b=-1;//水平  void setup() {   Serial.begin(9600);   S2.attach(9);//水平   doServo(); }  void loop() {   getLight(); }</pre>	<pre>getLight(); // delay(5000); if(b*(AR0-AR1)&gt;XV){   SR2++;   if(SR2&gt;130){     SR2--;   } }else if(b*(AR1-AR0)&gt;XV){   SR2--;   if(SR2&lt;50){     SR2++;   } } }</pre>	<pre>S2.write(SR2); void getLight(){   AR0 = analogRead(A0);   AR1 = analogRead(A1);   Serial.print(" AR0:");   Serial.print(AR0);   Serial.print(" AR1:");   Serial.println(AR1);   delay(8); }  void doServo(){   S2.write(SR2); }</pre>
--	---	--

附件七、垂直軸與水平軸的雙軸伺服馬達追光程式確認：

<pre> #include &lt;Servo.h&gt; 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)&gt;XH){     SR1++;     if(SR1&gt;160){       SR1--;     }   }else if(a*(AR2-AR3)&gt;XH){     SR1--;     if(SR1&lt;30){       SR1++;     }   }   // S1.write(SR1); </pre>	<pre>     if(a*(AR4-AR1)&gt;XH){       SR1++;       if(SR1&gt;160){         SR1--;       }     }else if(a*(AR1-AR4)&gt;XH){       SR1--;       if(SR1&lt;30){         SR1++;       }     }   }   S1.write(SR1);    //////////////////////////////////////   if(b*(AR1-AR2)&gt;XV){     SR2++;     if(SR2&gt;130){       SR2--;     }   }else if(b*(AR2-AR1)&gt;XV){     SR2--;     if(SR2&lt;50){       SR2++;     }   }   //S2.write(SR2);   if(b*(AR4-AR3)&gt;XV){     SR2++;     if(SR2&gt;130){       SR2--;     }   } </pre>	<pre> }else if(b*(AR3-AR4)&gt;XV){   SR2--;   if(SR2&lt;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>
---	---	--

附件八

表11-1~11-7、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比較

夏至位置1光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =400Ω~600Ω間						夏至位置2光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω~600Ω間						夏至位置3光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =500Ω~700Ω間						夏至位置4光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =400Ω~700Ω間					
每3秒偵測數據	A0	V	I	R	P	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P <sub>RDUT</sub>	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P <sub>RDUT</sub>	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P <sub>RDUT</sub>
3	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	3	396	1.93548	0.00587	522.50	0.00717	3	367	1.79374	0.00544	589.86	0.00545	3	339	1.65689	0.00502	665.84	0.00412
6	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	6	396	1.93548	0.00587	522.50	0.00717	6	366	1.78886	0.00542	592.38	0.00540	6	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
9	369	1.80352	0.005465	584.88	0.00556	9	396	1.93548	0.00587	522.50	0.00717	9	366	1.78886	0.00542	592.38	0.00540	9	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
12	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	12	401	1.95992	0.00594	511.87	0.00750	12	369	1.80352	0.00547	584.88	0.00556	12	342	1.67155	0.00507	657.11	0.00425
15	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	15	404	1.97458	0.00598	505.62	0.00771	15	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	15	339	1.65689	0.00502	665.84	0.00412
18	430	2.10166	0.006369	455.09	0.00971	18	405	1.97947	0.006	503.56	0.00778	18	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	18	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
21	430	2.10166	0.006369	455.09	0.00971	21	402	1.96481	0.00595	509.78	0.00757	21	367	1.79374	0.00544	589.86	0.00545	21	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
24	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	24	401	1.95992	0.00594	511.87	0.00750	24	367	1.79374	0.00544	589.86	0.00545	24	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
27	430	2.10166	0.006369	455.09	0.00971	27	400	1.95503	0.00592	513.97	0.00744	27	367	1.79374	0.00544	589.86	0.00545	27	336	1.64223	0.00498	674.73	0.00400
30	430	2.10166	0.006369	455.09	0.00971	30	400	1.95503	0.00592	513.97	0.00744	30	367	1.79374	0.00544	589.86	0.00545	30	336	1.64223	0.00498	674.73	0.00400
33	430	2.10166	0.006369	455.09	0.00971	33	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	33	364	1.77908	0.00539	597.45	0.00530	33	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
36	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	36	400	1.95503	0.00592	513.97	0.00744	36	360	1.75953	0.00533	607.75	0.00509	36	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
39	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	39	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	39	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	39	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
42	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	42	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	42	358	1.74976	0.0053	612.99	0.00499	42	427	2.087	0.00632	460.61	0.00946
45	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	45	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	45	360	1.75953	0.00533	607.75	0.00509	45	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
48	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	48	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	48	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	48	336	1.64223	0.00498	674.73	0.00400
51	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	51	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	51	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	51	331	1.61779	0.0049	683.93	0.00379
54	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	54	399	1.95015	0.00591	516.09	0.00737	54	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	54	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
57	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	57	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	57	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	57	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
60	368	1.79863	0.00545	587.36	0.00551	60	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	60	360	1.75953	0.00533	607.75	0.00509	60	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
63	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	63	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	63	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	63	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
66	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	66	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	66	358	1.74976	0.0053	612.99	0.00499	66	336	1.64223	0.00498	674.73	0.00400
69	367	1.79374	0.005436	589.86	0.00545	69	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	69	358	1.74976	0.0053	612.99	0.00499	69	336	1.64223	0.00498	674.73	0.00400
72	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	72	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	72	358	1.74976	0.0053	612.99	0.00499	72	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
75	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	75	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	75	358	1.74976	0.0053	612.99	0.00499	75	338	1.652	0.00501	668.79	0.00408
78	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	78	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	78	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	78	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
81	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	81	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	81	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	81	429	2.09189	0.00639	458.76	0.00954
84	428	2.09189	0.006339	458.76	0.00954	84	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	84	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504	84	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
87	428	2.09189	0.006339	458.76	0.00954	87	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	87	358	1.74976	0.0053	612.99	0.00499	87	336	1.64223	0.00498	674.73	0.00400
90	429	2.09677	0.006354	456.92	0.00962	90	395	1.9306	0.00585	524.66	0.00710	90	357	1.74487	0.00529	615.63	0.00495	90	337	1.64712	0.00499	671.75	0.00404
平均值	400.400	1.957	0.006	518.194	0.008677	平均值	398.700	1.949	0.006	516.753	0.00724	平均值	361.733	1.768	0.005	603.372	0.00501	平均值	343.200	1.677	0.005	657.142	0.00465
標準差	31.31	0.15	0.0005	67.01	0.00211	標準差	2.28	0.01	0.00003	4.81	0.00015	標準差	4.13	0.02	0.00001	10.58	0.00021	標準差	22.98	0.11	0.0001	53.91	0.00138
平均值±標準差	400.40±31.31	1.957±0.15	0.006±0.0005	518.194±67.01	0.008677±0.00211	平均值±標準差	398.70±2.28	1.949±0.01	0.006±0.00003	516.75±4.81	0.00724±0.00015	平均值±標準差	361.73±4.13	1.768±0.02	0.005±0.00001	603.37±10.58	0.00501±0.00021	平均值±標準差	343.20±22.98	1.677±0.11	0.005±0.0001	657.14±53.91	0.00465±0.00138
					0.23094					0.22050													0.13230

夏至位置5光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =400Ω~700Ω間						夏至位置6光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =400Ω~600Ω間						夏至位置7光源 串接太陽能板發電時的電阻R <sub>1</sub> =400Ω~700Ω間					
每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P <sub>RDUT</sub>	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P <sub>RDUT</sub>	每3秒偵測數據	A0	VRs	I	R	P <sub>RDUT</sub>
3	358	1.74976	0.005302	612.99	0.00499	3	425	2.07722	0.0063	464.33	0.00929	3	417	2.03812	0.00618	479.57	0.00866
6	341	1.66667	0.005051	660.00	0.00421	6	363	1.77419	0.00538	600.00	0.00525	6	409	1.99902	0.00606	495.40	0.00807
9	343	1.67644	0.00508	654.23	0.00430	9	369	1.80352	0.00547	584.88	0.00556	9	408	1.99413	0.00604	497.43	0.00799
12	347	1.69599	0.005139	642.88	0.00447	12	376	1.83773	0.00557	567.85	0.00595	12	365	1.78397	0.00541	594.90	0.00535
15	353	1.72532	0.005228	626.35	0.00475	15	381	1.86217	0.00564	556.06	0.00624	15	361	1.76442	0.00535	605.15	0.00514
18	355	1.73509	0.005258	620.96	0.00485	18	426	2.08211	0.00631	462.46	0.00937	18	419	2.0479	0.00621	475.70	0.00882
21	386	1.88661	0.005717	544.59	0.00654	21	394	1.92571	0.00584	526.83	0.00704	21	419	2.0479	0.00621	475.70	0.00882
24	387	1.8915	0.005732	542.33	0.00660	24	401	1.95992	0.00594	511.87	0.00750	24	361	1.76442	0.00535	605.15	0.00514
27	390	1.90616	0.005776	535.62	0.00678	27	404	1.97458	0.00598	505.62	0.00771	27	419	2.0479	0.00621	475.70	0.00882
30	409	1.99902	0.006058	495.40	0.00807	30	426	2.08211	0.00631	462.46	0.00937	30	420	2.05279	0.00622	473.79	0.00889
33	395	1.9306	0.005885	524.66	0.00710	33	405	1.97947	0.006	503.56	0.00778	33	359	1.75464	0.00532	610.36	0.00504
36	371	1.81329	0.005495	579.95	0.00567	36	397	1.94037	0.00588	520.35	0.00724	36	360	1.75953	0.00533	607.75	0.00509
39	354	1.73021	0.005243	623.64	0.00480	39	427	2.087	0.00632	460.61	0.00946	39	420	2.05279	0.00622	473.79	0.00889
42	349	1.70577	0.005169	637.31	0.00457	42	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	42	420	2.05279	0.00622	473.79	0.00889
45	349	1.70577	0.005169	637.31	0.00457	45	398	1.94526	0.0059	518.22	0.00730	45	350	1.71065	0.00518	634.54	0.00461
48	349	1.70577	0.005169	637.31	0.00457	48	427										

附件九

模擬四季照射固定朝南仰角23.5° 太陽能板負載發電的電功率的比較(無追日)

表12-1~12-7無追日夏至

無追日 夏至1					夏至位置2光源					夏至位置3光源					夏至位置4光源								
串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間								
每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R
1	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	1	578	2.82502	0.00856	254.07	0.03141	1	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	1	585	2.85924	0.008664	247.08	0.03309
2	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	2	578	2.82502	0.00856	254.07	0.03141	2	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	2	581	2.83969	0.008605	251.05	0.03212
3	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	3	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	3	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	3	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
4	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	4	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	4	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	4	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
5	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	5	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	5	577	2.82014	0.00855	255.08	0.0311792	5	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
6	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	6	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	6	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	6	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
7	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	7	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	7	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	7	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
8	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	8	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	8	575	2.81036	0.00852	257.11	0.0307188	8	578	2.82502	0.008561	254.07	0.03141
9	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	9	578	2.82502	0.00856	254.07	0.03141	9	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	9	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
10	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	10	578	2.82502	0.00856	254.07	0.03141	10	575	2.81036	0.00852	257.11	0.0307188	10	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
11	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	11	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	11	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	11	578	2.82502	0.008561	254.07	0.03141
12	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	12	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	12	575	2.81036	0.00852	257.11	0.0307188	12	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
13	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	13	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	13	575	2.81036	0.00852	257.11	0.0307188	13	581	2.83969	0.008605	251.05	0.03212
14	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	14	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	14	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	14	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
15	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	15	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	15	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	15	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
16	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	16	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	16	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	16	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
17	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	17	578	2.82502	0.00856	254.07	0.03141	17	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	17	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
18	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	18	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	18	579	2.82991	0.008575	253.06	0.0316462	18	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
19	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	19	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	19	583	2.84946	0.00864	249.06	0.0326003	19	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
20	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	20	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	20	581	2.83969	0.00861	251.05	0.0321205	20	581	2.83969	0.008605	251.05	0.03212
21	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	21	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	21	584	2.85435	0.00865	248.07	0.0328428	21	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
22	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	22	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	22	580	2.8348	0.00859	252.05	0.0318829	22	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
23	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	23	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	23	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	23	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
24	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	24	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	24	580	2.8348	0.00859	252.05	0.0318829	24	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
25	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	25	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	25	580	2.8348	0.00859	252.05	0.0318829	25	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
26	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	26	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	26	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	26	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
27	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	27	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	27	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	27	579	2.82991	0.008575	253.06	0.03165
28	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	28	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	28	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	28	580	2.8348	0.00859	252.05	0.03188
29	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	29	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	29	579	2.82991	0.008575	253.06	0.0316462	29	589	2.87879	0.008724	243.16	0.03408
30	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	30	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	30	576	2.81525	0.00853	256.09	0.0309486	30	586	2.86413	0.008679	246.09	0.03333
平均值	575.367	2.812	0.009	256.736	0.031	平均值	576.833	2.819	0.009	255.249	0.031	平均值	577.200	2.821	0.009	254.883	0.031	平均值	580.367	2.837	0.009	251.693	0.032
標準差	0.49	0.002	0.00001	0.50	0.0001	標準差	0.83	0.004	0.00001	0.84	0.0002	標準差	2.40	0.012	0.00004	2.41	0.0006	標準差	2.33	0.011	0.00003	2.31	0.0006
平均±標準差	575.37±0.49	2.81±0.002	0.009±0.00001	256.74±0.50	0.03±0.0001	平均±標準差	576.83±0.83	2.82±0.004	0.009±0.00001	255.25±0.84	0.03±0.0002	平均±標準差	577.20±2.40	2.82±0.012	0.009±0.00004	254.88±2.41	0.03±0.0006	平均±標準差	580.37±2.33	2.84±0.011	0.009±0.00003	251.69±2.31	0.03±0.0006
0.92409					0.93423					0.9369165					0.95922								

夏至位置5光源					夏至位置6光源					夏至位置7光源													
串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間													
每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R
1	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	1	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	1	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	1	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095
2	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	2	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	2	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	2	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
3	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	3	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	3	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	3	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
4	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	4	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	4	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	4	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095
5	577	2.82014	0.00855	255.08	0.03118	5	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	5	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	5	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
6	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	6	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	6	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	6	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
7	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	7	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	7	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	7	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
8	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	8	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	8	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	8	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
9	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	9	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	9	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	9	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
10	578	2.82502	0.00856	254.07	0.03141	10	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	10	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	10	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
11	576	2.81525	0.00853	256.09	0.03095	11	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	11	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072	11	575	2.81036	0.00852	257.11	0.03072
12	576	2.81525	0.00853	256.09																			

附件十、模擬四季照射北半球北緯23.5°北回歸線經過的嘉義不同天頂角及仰角、不同偏南遠近照射雙軸追日太陽能系統負載發電的電功率的比較

表13-1~13-7以夏至追日為例

雙軸追日 夏至1						夏至2						夏至位置3光源						夏至位置4光源					
夏至位置1光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間						夏至位置2光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間						夏至位置3光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間						夏至位置4光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					
每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R
1	587	2.86901	0.00869	245.11	0.03358	1	621	3.03519	0.0092	213.62	0.04313	1	606	2.96188	0.00898	227.08	0.038633	1	651	3.18182	0.00964	188.57	0.05369
2	587	2.86901	0.00869	245.11	0.03358	2	601	2.93744	0.0089	231.71	0.03724	2	614	3.00098	0.00909	219.82	0.040969	2	652	3.18671	0.00966	187.78	0.05408
3	588	2.8739	0.00871	244.13	0.03383	3	600	2.93255	0.00889	232.65	0.03696	3	613	2.99609	0.00908	220.72	0.040669	3	639	3.12317	0.00946	198.31	0.04919
4	616	3.01075	0.00912	218.04	0.04157	4	600	2.93255	0.00889	232.65	0.03696	4	613	2.99609	0.00908	220.73	0.040668	4	640	3.12805	0.00948	197.48	0.04955
5	585	2.85924	0.00866	247.08	0.03309	5	614	3.00098	0.00909	219.82	0.04097	5	614	3.00098	0.00909	219.82	0.040969	5	651	3.18182	0.00964	188.57	0.05369
6	593	2.89834	0.00878	239.29	0.03511	6	588	2.8739	0.00871	244.13	0.03383	6	615	3.00587	0.00911	218.93	0.04127	6	648	3.16716	0.0096	190.97	0.05253
7	601	2.93744	0.0089	231.71	0.03724	7	619	3.02542	0.00917	215.38	0.0425	7	617	3.01564	0.00914	217.15	0.041879	7	647	3.16227	0.00958	191.78	0.05214
8	601	2.93744	0.0089	231.71	0.03724	8	602	2.94233	0.00892	230.78	0.03751	8	617	3.01564	0.00914	217.16	0.041877	8	651	3.18182	0.00964	188.57	0.05369
9	599	2.92766	0.00887	233.59	0.03669	9	631	3.08407	0.00935	205.01	0.0464	9	618	3.02053	0.00915	216.26	0.042188	9	652	3.18671	0.00966	187.78	0.05408
10	600	2.93255	0.00889	232.65	0.03696	10	636	3.1085	0.00942	200.8	0.04812	10	618	3.02053	0.00915	216.27	0.042186	10	652	3.18671	0.00966	187.78	0.05408
11	599	2.92766	0.00887	233.59	0.03669	11	625	3.05474	0.00926	210.14	0.04441	11	618	3.02053	0.00915	216.28	0.042184	11	651	3.18182	0.00964	188.57	0.05369
12	598	2.92278	0.00886	235.0	0.03642	12	625	3.05474	0.00926	210.14	0.04441	12	618	3.02053	0.00915	216.29	0.042182	12	651	3.18182	0.00964	188.57	0.05369
13	598	2.92278	0.00886	235.0	0.03642	13	621	3.03519	0.0092	213.62	0.04313	13	618	3.02053	0.00915	216.3	0.04218	13	652	3.18671	0.00966	187.78	0.05408
14	598	2.92278	0.00886	235.0	0.03642	14	630	3.07918	0.00933	205.86	0.04606	14	618	3.02053	0.00915	216.26	0.042188	14	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
15	592	2.89345	0.00877	240.25	0.03485	15	628	3.0694	0.0093	207.56	0.04539	15	619	3.02542	0.00917	215.37	0.0425	15	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
16	620	3.0303	0.00918	214.5	0.04281	16	617	3.01564	0.00914	217.15	0.04188	16	619	3.02542	0.00917	215.38	0.042498	16	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
17	607	2.96676	0.00899	226.16	0.03892	17	618	3.02053	0.00915	216.26	0.04218	17	620	3.0303	0.00918	214.5	0.04281	17	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
18	607	2.96676	0.00899	226.16	0.03892	18	621	3.03519	0.0092	213.62	0.04313	18	620	3.0303	0.00918	214.51	0.042808	18	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
19	633	3.09384	0.00938	203.32	0.04708	19	624	3.04985	0.00924	211.01	0.04408	19	620	3.0303	0.00918	214.52	0.042806	19	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
20	594	2.90323	0.0088	238.33	0.03537	20	619	3.02542	0.00917	215.38	0.0425	20	618	3.02053	0.00915	216.26	0.042188	20	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
21	594	2.90323	0.0088	238.33	0.03537	21	611	2.98631	0.00905	222.52	0.04008	21	617	3.01564	0.00914	217.13	0.041883	21	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
22	631	3.08407	0.00935	205.01	0.0464	22	609	2.97654	0.00902	224.33	0.03949	22	617	3.01564	0.00914	217.14	0.041881	22	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
23	596	2.913	0.00883	236.43	0.03589	23	611	2.98631	0.00905	222.52	0.04008	23	617	3.01564	0.00914	217.15	0.041879	23	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
24	596	2.913	0.00883	236.43	0.03589	24	615	3.00587	0.00911	218.93	0.04127	24	615	3.00587	0.00911	218.93	0.04127	24	651	3.18182	0.00964	188.57	0.05369
25	633	3.09384	0.00938	203.32	0.04708	25	611	2.98631	0.00905	222.52	0.04008	25	614	3.00098	0.00909	219.81	0.040971	25	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
26	596	2.913	0.00883	236.43	0.03589	26	614	3.00098	0.00909	219.82	0.04097	26	614	3.00098	0.00909	219.82	0.040969	26	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
27	596	2.913	0.00883	236.43	0.03589	27	591	2.88856	0.00875	241.22	0.03459	27	618	3.02053	0.00915	216.26	0.042188	27	650	3.17693	0.00963	189.37	0.0533
28	635	3.10362	0.00941	201.64	0.04777	28	607	2.96676	0.00899	226.16	0.03892	28	617	3.01564	0.00914	217.14	0.041881	28	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
29	596	2.913	0.00883	236.43	0.03589	29	607	2.96676	0.00899	226.16	0.03892	29	617	3.01564	0.00914	217.15	0.041879	29	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
30	596	2.913	0.00883	236.43	0.03589	30	620	3.0303	0.00918	214.5	0.04281	30	620	3.0303	0.00918	214.5	0.04281	30	649	3.17204	0.00961	190.17	0.05291
平均值	602.40	2.944	0.009	230.707	0.038	平均值	614.53	3.004	0.009	219.532	0.041	平均值	616.63	3.014	0.009	217.488	0.042	平均值	649.37	3.174	0.010	189.887	0.053
標準差	14.32	0.07	0.0002	12.97	0.004	標準差	11.56	0.06	0.0002	10.43	0.003	標準差	2.91	0.01	0.00004	2.60	0.001	標準差	2.94	0.01	0.00004	2.38	0.001
平均±標準差	62.40±14.32	2.94±0.07	0.009±0.0002	230.71±12.97	0.038±0.004	平均±標準差	614.53±11.56	3.00±0.06	0.009±0.0002	219.53±10.43	0.041±0.003	平均±標準差	616.63±2.91	3.01±0.01	0.009±0.00004	217.49±2.60	0.042±0.001	平均±標準差	649.37±2.94	3.17±0.01	0.010±0.0001	189.89±2.38	0.053±0.001
				1.13475						1.23798							1.253266						1.59189

夏至位置5光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間						夏至位置6光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間						夏至位置7光源 串接太陽能板發電時的電阻R1=200Ω~300Ω間					
每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R	每3秒偵測數據	A <sub>0</sub>	V	I	R	P=V <sup>2</sup> /R
1	635	3.10362	0.00941	201.64	0.04777	1	634	3.09873	0.00939	202.48	0.04742	1	611	2.98631	0.00905	222.52	0.04008
2	639	3.12317	0.00946	198.31	0.04919	2	633	3.09384	0.00938	203.33	0.04708	2	618	3.02053	0.00915	216.26	0.04219
3	631	3.08407	0.00935	205.01	0.0464	3	636	3.1085	0.00942	200.8	0.04812	3	603	2.94721	0.00893	229.85	0.03779
4	625	3.05474	0.00926	210.14	0.04441	4	634	3.09873	0.00939	202.48	0.04742	4	599	2.92766	0.00887	233.59	0.03669
5	678	3.31378	0.01004	167.92	0.0654	5	633	3.09384	0.00938	203.32	0.04708	5	602	2.94233	0.00892	230.78	0.03751
6	654	3.19648	0.00969	186.19	0.05488	6	634	3.09873	0.00939	202.48	0.04742	6	613	2.99609	0.00908	220.72	0.04067
7	639	3.12317	0.00946	198.31	0.04919	7	638	3.11828	0.00945	199.14	0.04883	7	614	3.00098	0.00909	219.82	0.04097
8	639	3.12317	0.00946	198.31	0.04919	8	636	3.1085	0.00942	200.8	0.04812	8	610	2.98143	0.00904	223.43	0.03978
9	637	3.11339	0.00944	199.97	0.04847	9	634	3.09873	0.00939	202.48	0.04742	9	607	2.96676	0.00899	226.16	0.03892
10	642	3.13783	0.00951	195.84	0.05028	10	638	3.11828	0.00945	199.14	0.04883	10	612	2.9912	0.00906	221.62	0.04037
11	664	3.24536	0.00983	178.42	0.05903	11	636	3.1085	0.00942	200.8	0.04812	11	613	2.99609	0.00908	220.72	0.04067
12	662	3.23558	0.00981	179.95	0.05818	12	620	3.0303	0.00918	214.5	0.04281	12	613	2.99609	0.00908	220.72	0.04067
13	639	3.12317	0.00946	198.31	0.04919	13	620	3.0303	0.00918	214.51	0.04281	13	614	3.00098	0.00909	219.82	0.04097
14	636	3.1085	0.00942	200.8	0.04812	14	632	3.08895	0.00936	204.16	0.04674	14	618	3.02053	0.00915	216.26	0.04219
15	635	3.10362	0.00941	201.64	0.04777	15	628	3.0694	0.0093	207.56	0.04539	15	614	3.00098	0.00909	219.82	0.04097
16	644	3.14761	0.00954	194.21	0.05101	16	632	3.08895	0.00936	204.16	0.04674						

## **【評語】 030510**

本研究以簡易的工具設計研製生態浮台的追日系統，展示基本的性能，可用於日照方向改變的浮台。本研究特別強調於追日浮台的應用展示，研究項目繁多，未來宜對於追日發電效能，做更具體的分析與討論。

## 作品簡報



# 離岸生態浮台的追日系統研究

# 摘要

全世界為對抗氣候變遷，努力發展再生能源；臺灣寸土寸金，實在不利於佔用大量土地的太陽能農場開發！我們以phyphox App軟體之GPS及不含重力之加速度，比較出有無定錨下，浮板塊漂移的穩定度外，也設計出依太陽的東昇西落之不同光照仰角，讓程式驅動水平軸及垂直軸伺服馬達轉動的雙軸追日系統，並成功的設計四季東昇西落定點軌道裝置，可比較出有雙軸追日的發電總功率為無追日的夏至達1.4252倍、春秋分1.3619倍、冬至1.2654倍。

最後，我們引用澎湖魚滬的概念，創新設計縮小版的生態浮台，希望能模擬整合西部離岸的漂浮太陽能發電與農漁業生態或觀光產業，綠能、發展經濟又能兼顧環境教育，豈不美哉！

# 研究動機

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、砍樹種電 花蓮鳳林鎮成「光電板森林」的環保議題...」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。1-9

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，要搜集及研究的時間不少、要解決的難題也很多，那就來研究看看吧！



112年6月19日中央社記者張祈攝

# 研究目的

- 一、浮台的設計與漂移穩定度的比較
- 二、生態浮台的設計與研究
- 三、照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率比較
- 四、單軸太陽能板追日系統的設計
- 五、雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究
- 六、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

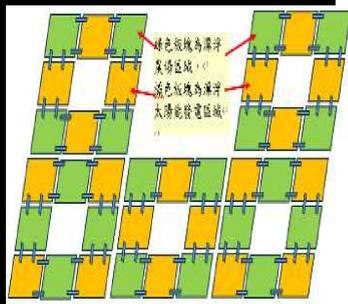
# 文獻回顧

## 模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

111年11月28日 荷蘭、葡萄牙聯手打造能「追日」的飄浮太陽能發電廠



我們構思的縮小模型圖：40個漂浮板塊間以銜接器交接及定錨，使板塊能連動增加板塊漂移的穩定度



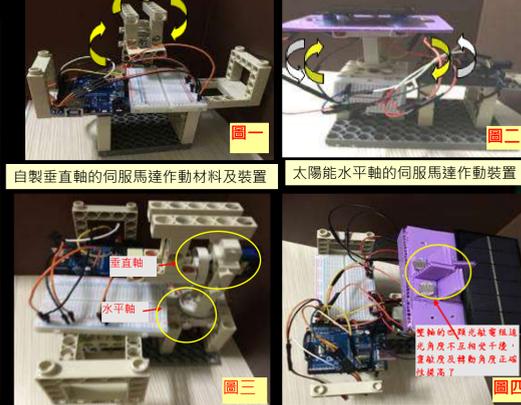
# 研究設備器材

- 一、浮台的設計與漂移穩定度的比較
  - 自製浮台：A小布丁杯加雙層pp板、B中布丁杯加雙層pp板、C大圓頂杯加雙層pp板、D型智高長方積木加雙層pp板
  - 砝碼、彈珠、電子秤、夾鏈袋、回收塑膠盒、置物箱、自組打波器、phyphox之App軟體、魔帶、鐵板架(定錨用)
- 二、生態浮台的設計與研究
  - 自製生態浮台：D型漂浮板塊每邊加裝四組雙多瓶、40目、80、120、150目不銹鋼集水網、外線遙控照明燈條系統、礫石、水草、植物營養袋、各型觀景植栽及菜葉類植物、超音波霧化器、回收塑膠容器、量杯、計時器、直尺、風扇、白菜、生菜及A菜、空心菜、莧菜、山蘇花等、計時器、直尺
- 三、照射單軸太陽能板追日系統的設計及負載光電功率研究
  - (一)模擬太陽光的光照設計：自製0~180°刻度板的角度量測板、四顆3W鋁基板2\*2陣列排列的白光LED光源及無追光系統(太陽能板、熱熔膠槍及熱熔膠條、雙層PP板等製成可手調角度的太陽能板發電裝置如下圖裝置)
  - (二)測量電流、電壓的校正電路和程式確認
    - 330Ω、100Ω、1kΩ三種已知電阻、Arduino UNO板、麵包板、杜邦線、偵測太陽能板負載電流及電壓的Arduino程式設計、筆電

四、單軸太陽能板追日系統的設計  
每個裝置各需2顆10mm光敏電阻、2顆1KΩ一般電阻、SG90角度伺服機、雙層PP板、小刀、鑷子及螺絲起子、熱熔膠、魔帶、杜邦線、麵包板、智高積木零件、Arduino UNO板、雙光敏電阻追光的Arduino程式設計如右圖二、圖三裝置

六、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計  
(一)自製魚滬支架：如右圖六裝置四pp板共黃及綠二色、剪刀、釘書機及釘書針、直尺、回收無毒乾淨口罩的不織布及邊材、智高小灰底板、長方塊、連接器等積木、40目不銹鋼鐵網、雙面膠、泡棉膠、熱溶膠  
(二)自製魚滬圍籬、迴游通道、魔帶、回收塑膠水果盒、鑷子、自製孔雀魚暫時迴游盒、投影片、回收無毒乾淨口罩的不織布及邊材、大置物箱、小水族箱、補魚網、孔雀魚

五、雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究  
裝置需4顆10mm光敏電阻、4顆1KΩ一般電阻、2個SG90角度伺服機、雙層PP板、小刀、鑷子及螺絲起子、熱熔膠、魔帶、杜邦線、麵包板、智高積木零件、Arduino UNO板、4顆光敏電阻追光的Arduino程式設計如右圖四、圖五裝置



自製垂直軸的伺服馬達作動材料及裝置

太陽能水平軸的伺服馬達作動裝置

圖一

圖二

圖三

圖四

# 研究過程與方法

## 研究一、浮台的設計與漂移穩定度的比較

(一)浮台的設計

1.為了能承載手機操作phyphox程式及後續的生態浮台及太陽能追日系統浮台設計，我們必需使浮台不傾斜且能增加排開液重的浮力大小。

浮台編號	A小布丁杯加雙層pp板	B中布丁杯加雙層pp板	C大圓頂杯加雙層pp板	D型智高長方積木加雙層pp板
側視圖				
俯視圖				
在水面漂浮的情形				

(上方固定同規格的雞蛋盒可置放手機測漂移的穩定度比較)

浮台結構可很平穩的漂浮於水面

## 打波器設計



活動式握把

(二)、浮台可承載的浮力測試

實驗一、浮台的浮力測試 表一、漂浮板塊載物重的浮力大小比較

漂浮板塊	A小布丁杯加雙層pp板	B中布丁杯加雙層pp板	C大圓頂杯加雙層pp板	D型智高長方積木加雙層pp板
載物圖示				
可載物重(g)	339.34	364.44	2171.08	1946.78
備註	每顆彈珠平均為17.86克，總數量再將大小砝碼與彈珠重加總			

## (三)、模擬浮台有無定錨下受潮汐波浪推擠漂移的穩定度比較

1. 模擬潮汐波浪能  
我們以等20cm高放於約207克的積木重錘之位能 $U=mgh=0.2*9.8*0.2=0.4$ 焦耳的能量撞擊水面一次，水波在置物箱內來回反射的條件相同(控制變因)
2. App軟體phyphox之GPS及不含重力之加速度(手機圖示如下)



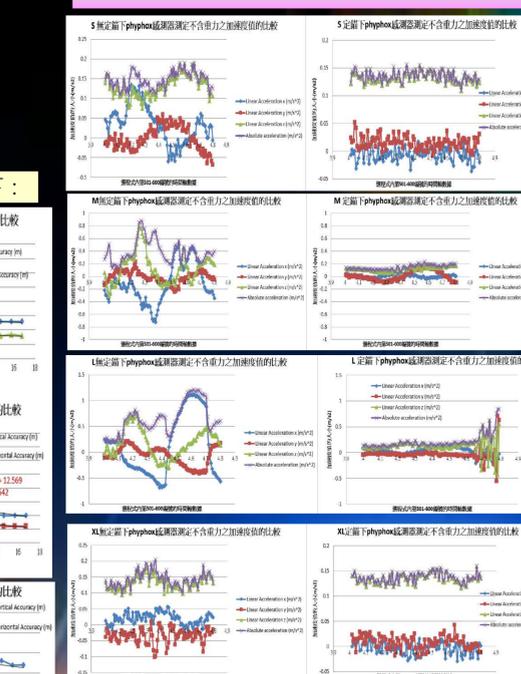
(截圖自網站)

## 組織架構



## 離岸生態浮台的追日系統研究

## 實驗三、浮台漂移不含重力之加速度的比較



## 結果與討論

1. 手機下載App軟體phyphox程式，由其原始感測器中，選擇「位置(GPS)」，可得由衛星的航行得原始位置數據(Position 板塊漂移的經緯度及Movement中的速度與時間作圖)；「不含重力之加速度」，原始數據可由速度儀獲得加速度與時間的作圖。
2. 不含重力之加速度的原始數據有1800多筆數據，依操作的時間及扣除手機按壓開始的誤差，最保險也能代表漂浮板塊有無定錨下的加速度值，所以，我們均選取程式數據內第501到600中的100個數據做比較，由加速度的大小及圖示數據點的變化幅度可知，不管漂浮板塊由s(小布丁杯pp板)至xL(D型大型pp板)，有有定錨下的穩定度均比無定錨的為佳。
3. C型可承載的浮力最大，但製作加工不易，若需觀測水生生物等特殊功能，可將觀測儀安置於其中，但要製作加工生態浮台或再於智高長方積木銜接太陽能追日系統，我們決定採用D型智高長方積木加雙層pp板作為後續擴充裝置的浮台。

## 結果與討論

1. 布丁杯或大圓頂杯置中可使板塊較不易傾斜，尤其杯內裝一些水，使重心維持在板塊的中間且較低處則可很平穩的漂浮於水面。
2. D型的浮台結構，與水接觸面積大且重量很平均，故可很平穩的漂浮於水面。

# 研究二、生態浮台的設計與研究

## (一) 生態浮台的製作(選用D型漂浮板塊+雙多多瓶底座)：總圖及細部說明：

- 1 回收塑膠容器製作模擬四座水撲滿置於生態農場板塊對稱四方角落的上方
- 2 以扇形條型西卡紙製作可包覆完整容器底座的水撲滿
- 3 以西卡紙製作2cm三角形長柱做為水撲滿容器底座支撐架
- 4 智高大灰底板上安置對稱的四座水撲滿
- 5 生態浮台上加三四十目不銹鋼集水網圍籬，集水網的一端連接已去藥洗淨的棉布條(毛細現象引水)
- 6 廢竹材加工成集水道，木心板當隔板
- 7 四座水撲滿分別接塑膠管各引水至各竹管集水道及棉花棒滴水器
- 8 生態浮台植栽區加礫石、水草；可加裝夜間紅外線遙控照明系統即完成生態浮台設計

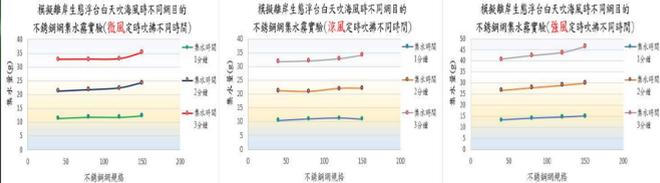
## (二) 農業型或觀景型的生態浮台可加裝紅外線遙控夜間照明系統示例



除此四種色光外，共有十六色光可配合植物生長所需的色光波長或連續性變光或閃光之設計。

## (二) 模擬沿海白天吹海風的集水網設計

### 實驗四、集水網的比較



### 結果與討論

1. 以超音波霧化器每天定時十分鐘微風扇吹向生態浮台集水網植栽面，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，讓水滲透至植栽的底部保持濕潤性，可使植栽水份不虞匱乏。
2. 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(燈條光源向外為夜間景觀照明用，燈條光源由上向下或向內則為可配合各植物生長所需的光波長而使用特定)

## (三) 生態浮台植物的一般菜苗植栽設計

- 1 生態浮台植栽區再加入一包長效型植物營養液
- 2 植栽盆下有透氣孔方便使植物根部於下方吸水
- 3 準備開始量測植物生長高度
- 4 生態浮台內左側白菜及生菜植栽，浮台外為對照組

## (四) 生態浮台一般菜苗植栽的生長高度測定

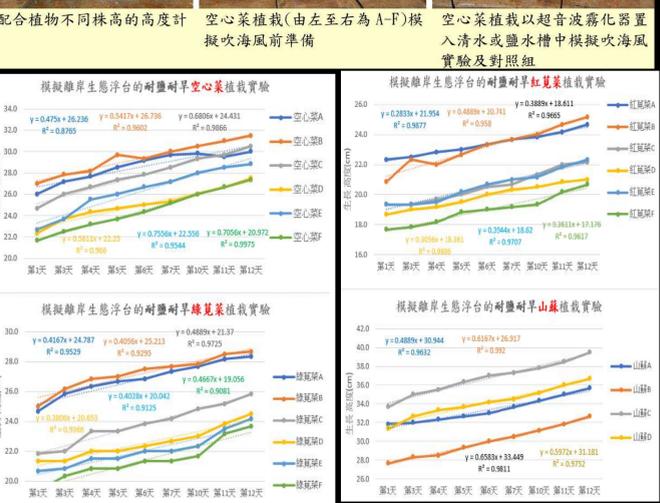
### 實驗五、生態浮台及植物的植栽生長高度測定



## (五) 生態浮台耐鹽植物菜苗植栽的生長高度測定

### 實驗六、生態浮台耐鹽植物菜苗的植栽生長高度測定

配合植物不同株高的高度計 空心菜植栽(由左至右為A-F)模擬擬吹海風前準備



表六-5、模擬離岸生態浮台的耐鹽耐旱植物的植栽實驗生長的趨勢線方程式的比較

植栽種類	網內的實驗組(清水)	網內的實驗組(模擬海水)	網台外的對照組(清水)
空心菜 A-F	$y = 0.475x + 26.236$ $R^2 = 0.8765$	$y = 0.5417x + 26.736$ $R^2 = 0.8866$	$y = 0.6806x + 24.431$ $R^2 = 0.9975$
綠莧菜 A-F	$y = 0.4167x + 24.787$ $R^2 = 0.9295$	$y = 0.4056x + 25.213$ $R^2 = 0.9295$	$y = 0.4667x + 20.972$ $R^2 = 0.9081$
紅莧菜 A-F	$y = 0.2833x + 21.954$ $R^2 = 0.9877$	$y = 0.4889x + 20.741$ $R^2 = 0.958$	$y = 0.3611x + 17.176$ $R^2 = 0.9617$
山蘇 A-D	$y = 0.4889x + 30.944$ $R^2 = 0.9632$	$y = 0.6167x + 26.917$ $R^2 = 0.992$	$y = 0.5972x + 31.181$ $R^2 = 0.9752$

### 結果與討論

1. 由植栽圖的線性方程式斜率可知，生長高度變化：
2. 空心菜無網隔板吹清水霧氣的(有網隔板吹海水霧氣的)有網隔板吹清水霧氣的，因所有植栽均有塑膠凹槽可集所有的水氣，因此，每槽的植栽均淹在水或鹽水中，其中12天後C槽及D槽的空心菜均已萎縮死亡，證明空心菜為耐水卻不耐鹽的植物。
3. 綠莧菜及紅莧菜則生長情形差異不大，而且每株植物都生長正常，可見綠莧菜及紅莧菜均屬耐水耐鹽的植物。
4. 山蘇的生長情形也差異不大，但我們發現無網隔板吹海水霧氣的山蘇葉子呈現較多部份捲曲的現象，推測植物的內部細胞有部份細胞質及細胞壁的質壁分離的現象，所以有網隔板的生長環境為佳。

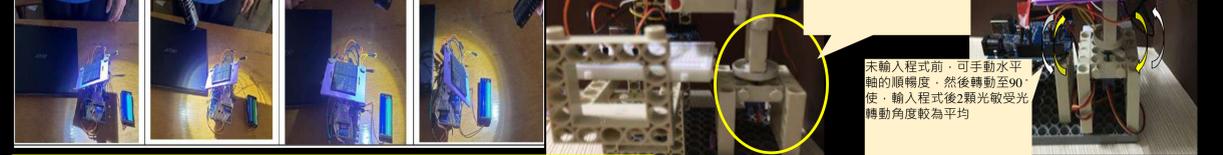
# 研究三、照射單面太陽能板不同角度下的負載光電功率比較

光源：四顆3W鋁基板白光LED為2\*2陣列方式排列則可以集中照射太陽能板

加0-180°刻度的板的角度量測設計

## 研究四、單軸太陽能板追日系統的設計

### 垂直單軸兩顆光敏電阻感光的追日系統程式作動相片圖：

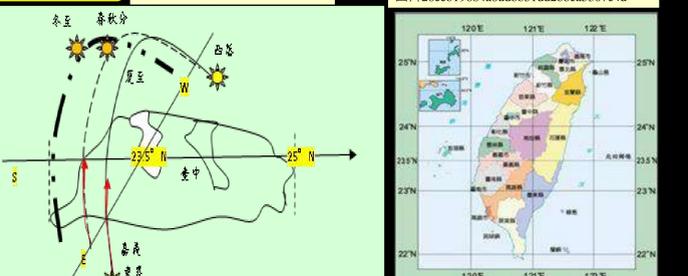


## 研究五、雙軸太陽能追日系統的設計與發電研究

### 模擬四季太陽照射地球臺灣的東昇西落方位及角度分析

臺中地處北半球北回歸線附近，與北回歸線通過的嘉義相差約1°以內。所以，嘉義與臺中的正午天頂角及光區方位推測比較如下表

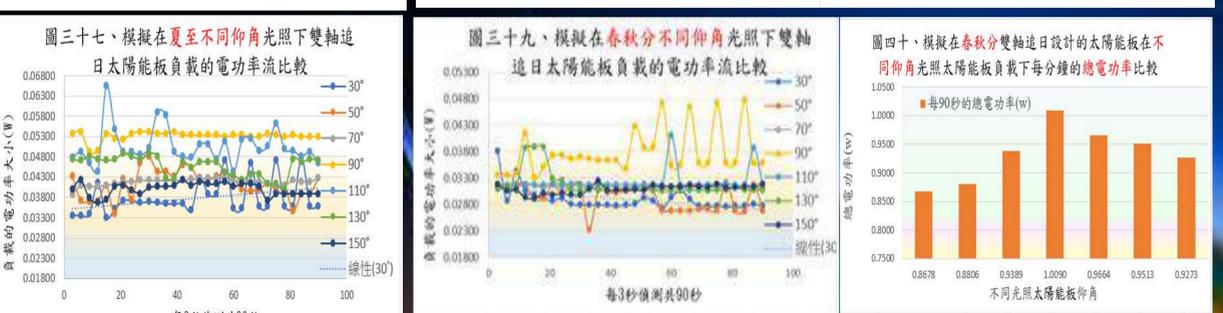
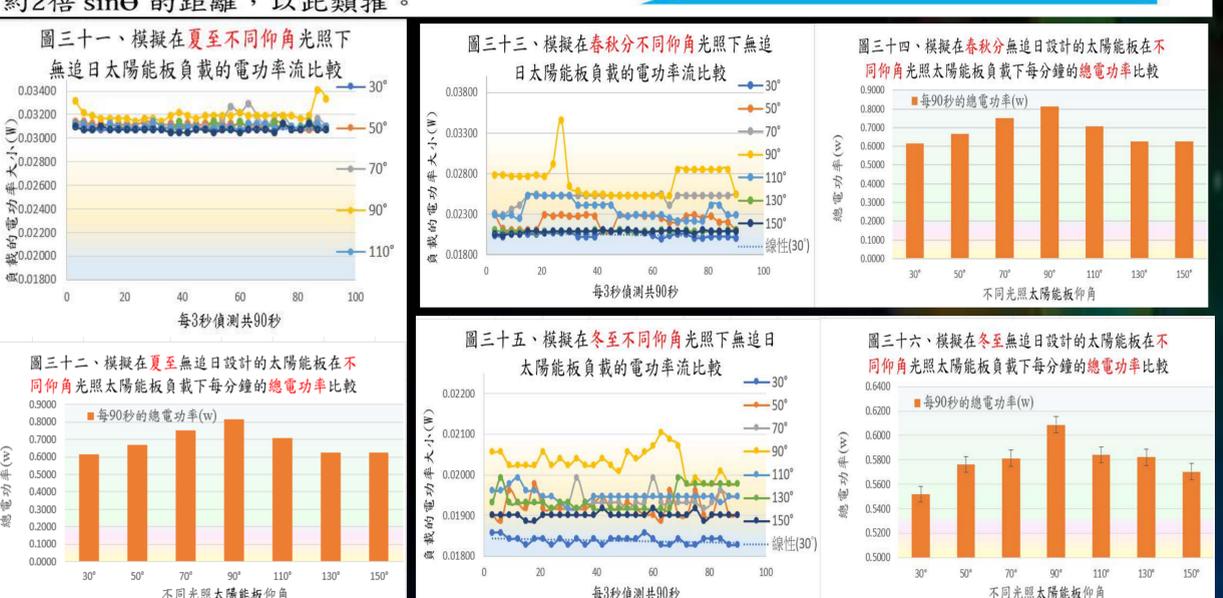
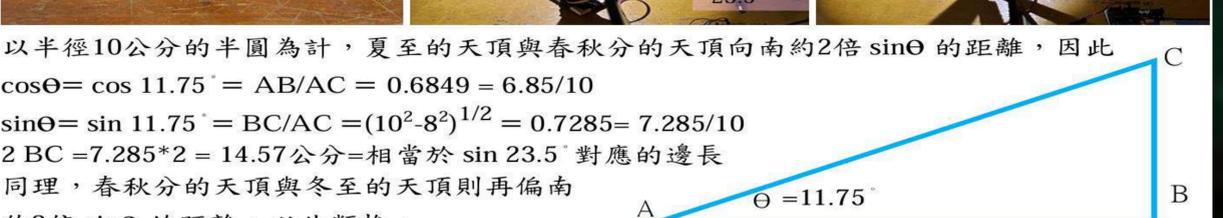
	東昇西落的季節	夏至	春秋分	冬至
嘉義	天頂角(°)	0	23.5	47
	光區方位東昇	東偏北	東	東偏南
	光區方位西落	西偏北	西	西偏南
臺中	天頂角(°)	< 1	< 24.5	< 48
	光區方位東昇	東偏北	近東	東偏南
	光區方位西落	西偏北	近西	西偏南



### 垂直軸與水平軸的雙軸伺服馬達作動

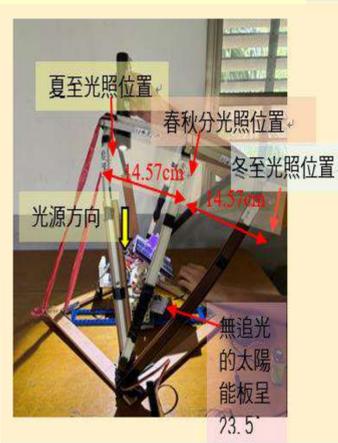
雙軸追日系統支架 第一代平板型太陽能PP板 彙整線材簡縮面積之第二代單型太陽能蓋板

模擬四季照射北半球北緯23.5°。北回歸線經過的嘉義不同天頂角及仰角、不同偏南遠近照射無追日太陽能系統負載發電的電功率的比較



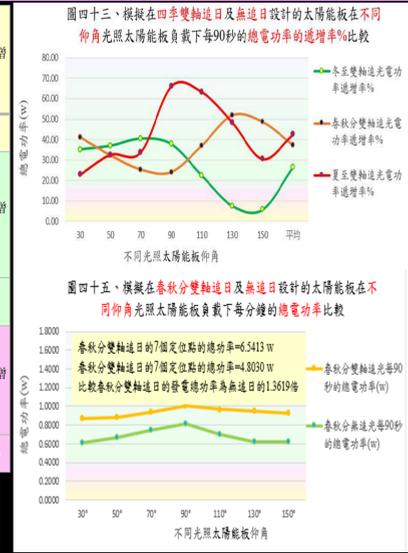
# 模擬四季照射北半球北緯23.5。北回歸線經過的嘉義不同天頂角及仰角、不同偏南遠近照射雙軸追日太陽能系統負載發電的電功率的比較

## 四季定位光源軌道設計



不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	平均遞增率%
冬至無追光每90秒的總電功率(w)	0.5517	0.5761	0.5814	0.6087	0.5842	0.5820	0.5704	26.49
冬至雙軸追光每90秒的總電功率(w)	0.7453	0.7885	0.8161	0.8379	0.7144	0.6255	0.6027	
冬至雙軸追光電功率遞增率%	35.10	36.87	40.37	37.65	22.27	7.48	5.67	37.06
不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	
春秋分無追光每90秒的總電功率(w)	0.6152	0.6663	0.7502	0.8139	0.7058	0.6270	0.6247	42.40
春秋分雙軸追光每90秒的總電功率(w)	0.8678	0.8806	0.9389	1.0090	0.9664	0.9513	0.9273	
春秋分雙軸追光電功率遞增率%	41.06	32.16	25.15	23.97	36.93	51.73	48.44	37.06
不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	
夏至無追光每90秒的總電功率(w)	0.9241	0.9342	0.9369	0.9592	0.9301	0.9255	0.9216	26.49
夏至雙軸追光每90秒的總電功率(w)	1.1348	1.2380	1.2533	1.5919	1.5172	1.3723	1.2014	
夏至雙軸追光電功率遞增率%	22.80	32.51	33.76	65.96	63.12	48.28	30.36	42.40
不同光照仰角	30	50	70	90	110	130	150	

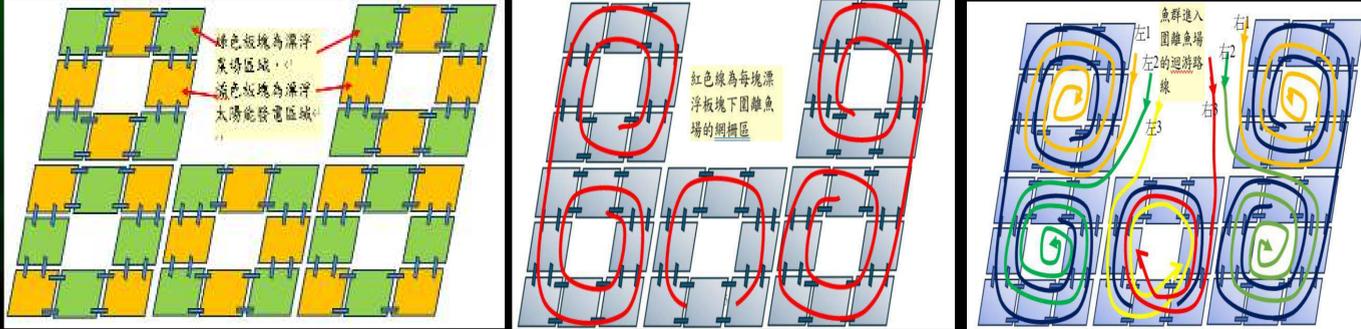
我們成功的修正設計模擬東升西落夏至天頂角0°至不同天頂角23.5°春秋分，對映14.57cm間距；天頂角23.5°\*2=47°的冬至，對映14.57\*2=29.14 cm間距離，可明顯的比較出雙軸追光的太陽能系統確實有不錯的追光效果。



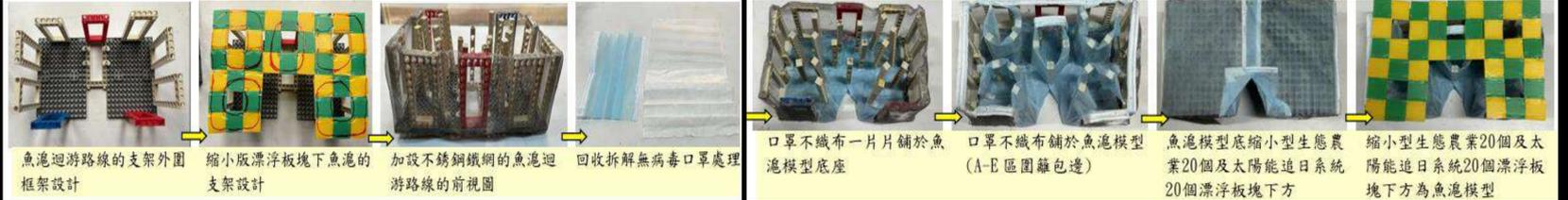
## 研究六、模擬串接離岸生態浮台及追日系統浮台下的魚滬設計

設計想法：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動外，加上錨定及漂浮板塊間以銜接器交接均可增加浮台的穩定度，所有板塊的下方若以不銹鋼格柵架做圍籠魚場，就像澎湖七美的「雙心石滬」一樣，可圍捕魚獲，兼顧農漁民的生計，豈不美哉！

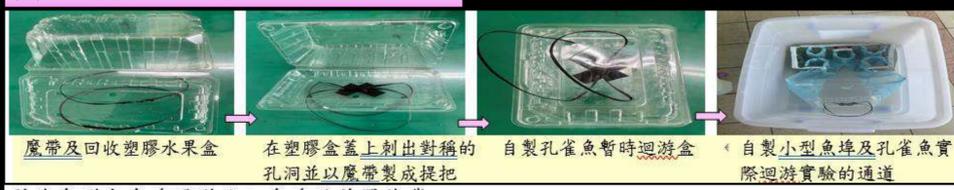
(一)我們構思的縮小型漂浮農場、飄浮太陽能發電板塊如摘要設計圖、圍籠魚場的網柵及模擬魚場迴游路線的魚滬示意圖如下：



(二)魚滬設計製作流程以圖示說明如下：



(三)魚滬通道設計製作流程以圖示說明如下

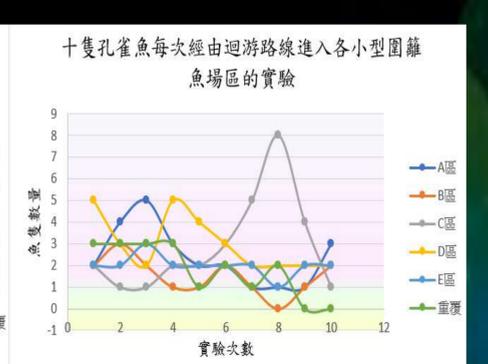
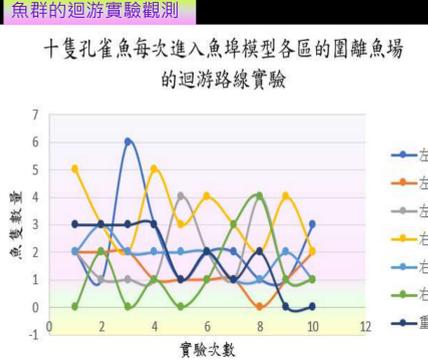


(四)引流魚群由魚滬通道進入魚滬的前置作業及進行十次的迴游實驗觀測



十隻孔雀魚每次進入各區的圍籠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
1	2	2	2	5	2	0	13	重複3隻
2	1	2	1	3	3	2	13	重複3隻
3	6	2	1	2	2	0	13	重複3隻
4	3	1	1	5	2	1	13	重複3隻
5	1	1	1	4	3	2	11	重複1隻
6	2	1	2	4	2	1	12	重複2隻
7	2	1	1	3	1	3	11	重複1隻
8	1	0	4	2	1	4	12	重複2隻
9	1	1	1	4	2	1	10	重複1隻
10	3	2	1	2	1	1	10	重複1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籠魚場區的實驗(統計魚隻數量)

圍籠魚場	A區	B區	C區	D區	E區	合計(隻)	備註
1	2	2	2	5	2	13	重複3隻
2	4	2	1	3	2	13	重複3隻
3	5	2	1	2	3	13	重複3隻
4	3	1	1	5	2	13	重複3隻
5	2	1	2	4	2	11	重複1隻
6	2	2	3	3	2	12	重複2隻
7	1	1	5	2	2	11	重複1隻
8	1	0	8	2	1	12	重複2隻
9	1	1	4	2	2	10	重複1隻
10	3	2	1	2	2	10	重複1隻
合計	24	15	29	30	20	118	

## 結論與應用

- 浮台的平均密度只要小於水的密度，就可以成為浮體；浮體排開液重愈多浮力就愈大；浮台以phyphox App軟體之GPS及不含重力之加速度，可以成功的比較出有無定錨下，浮板塊漂移的穩定度。
- 設計智高長方積木加雙層pp板的D型漂浮板塊每邊加裝四組雙多瓶或保特瓶，可模擬各漂浮板塊間互相銜接且增加排開液重的浮力，而且製作成生態浮台或太陽能追日系統的浮台，在定錨下漂移的穩定度也佳。
- 模擬沿海白天吹不同風力的海風，不銹鋼網集水網目的集水效果均不錯，不同網目的集水量差異不大，顯示只要達到40目以上的不銹鋼網均有不錯的集水效果。
- 以超音波霧化器每天定時十分鐘模擬海風吹向生態浮台集水網植栽面，植栽生長高度的線性方程式斜率明顯比浮台外為佳。而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則更有利於植栽的生長或夜間景觀照明用。
- 綠萹菜、紅萹菜及山蘇為耐鹽植物，可離岸植栽，在充滿水氣夾帶鹽份的海風吹拂下，也較不用擔心，有隔不銹鋼集水網則更佳，空心菜則不宜，所以，離岸植栽的植物需有選擇性。
- 以Arduino程式校正測量待測電阻的電流及電壓準確度相當不錯，不僅成功的取代傳統的三用電錶偵測時數字跳動的問題，也相當節省偵測的時間，再者由電腦的序列埠視窗數據可直接貼到Excel運算及繪製圖形也相當迅速及方便，有利於我們大量且快速量測及運算太陽能板負載下發電的電功率。
- 我們已成功的設計單軸、雙軸追日系統裝置，以程式控制單軸或雙軸的伺服馬達轉動太陽能板轉動實際操作運轉可行！
- 我們成功的設計模擬四季東升西落的照光裝置(相片67)，可明顯的比較出夏至雙軸追日的發電總功率為無追日夏至的1.4252倍、春秋分雙軸追日的發電總功率為無追日春秋分的1.3619倍、冬至雙軸追日的發電總功率為無追日冬至的1.2654倍。
- 我們也成功的設計漂浮板塊下縮小版的魚滬設計，除了三面不銹鋼圍網可讓魚滬下沉至水面下、魚滬圍籠覆蓋柔軟透氣的不織布，使魚隻迴游多次也不傷魚體，實驗也發現魚群有隨機且集體迴游的傾向。
- 我們創新構思設計的離岸生態浮台追日系統及魚滬設計，希望能整合西部離岸的漂浮太陽能發電、水上的漂浮農場「每日退潮時間，可開放農漁民(或觀光人潮)沿著安全的浮板步道進入生態區採集、觀光或靠近白色區域捕魚，既解決能源問題、發展經濟、同時兼顧環境教育豈不美哉！

## 參考文獻

- 網站資料
  - 花蓮新光兆豐農場及周邊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
  - 花蓮鳳林鎮申請中及已核准電案估計超過2000公頃自由時報2023年3月4日
  - 淨土上的光電角力賽！花東種電怎共好！YouTube，鏡新聞2023年4月29日
  - 4種樹vs種電1/憂心花蓮鳳林鎮成光電板森林 中央社記者張祈 112年6月19日
  - 追日的飄浮太陽能發電廠111年11月28日
- 歷屆科展作品
  - 林芯靈(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59屆中小學科學展覽會，新竹市
  - 楊芷芃等(2019)自求多浮-浮屋多重機能性的研究 中華民國59屆中小學科學展覽會，臺中市
  - 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
  - 國中自然第四冊第7章 太空和地球 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
  - 國中第六冊 第二章電與磁 翰林文教事業