

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學科(一)科

最佳團隊合作獎

052312

遠端監控複合式綠能魚菜共生系統

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者：	指導老師：
高一 王語柔	呂雲瑞
高一 陳雨靚	謝東瀛

關鍵詞：單晶矽太陽能板、魚菜共生系統、遠端監控

摘要

本研究將屬於再生能源之太陽能板搭配直流沉水馬達應用於水耕栽培，建立太陽能魚菜共生系統，藉由實驗探討太陽能板應用於精緻農業上之可行性及環境參數對實際魚產與蔬果收穫量的影響。結果顯示只要做好結構的安排設計及有效的能源控制，確實可達到創造出消耗最少的能源而生產出有機無毒食物之生活環境。

但因無法時時守在魚菜共生系統旁，也因環境變動對魚菜生長影響極大，因此我們利用由 Arduino 和 App Inventor 2 結合來建立遠端監控的太陽能魚菜共生系統，透過 App 即時監控水質，當生長條件未達標準時，自動啟動植物生長燈和沉水馬達之運轉，也能透過 App 手動控制，營造出生物適宜的生存環境;同時可在 App 操作介面聲控馬達和植物生長燈之運作，以增加使用便利性。

壹、研究動機

在地球上人口數越來越多的情況下，對於食物以及消耗能源的需求也大為增加，根據聯合國人口基金會的統計，現今世界人口維持在 73.7 億左右，比 1960 年多了 40 億人口，增加了超過一倍的數量，因此人口快速增加所衍生的問題，如糧食、能源、水資源、生態環境等都將成為人類與萬物能否永續生存下去的重要課題。

「魚菜共生」系統不需要土壤、使用很少的水及土地面積，可以在任何氣候條件下生產新鮮的蔬菜和水果，並且其能源的消耗遠遠小於一般傳統農業。一般傳統農業仰賴大量的農作機械，這些機械主要是消耗汽油，由於石油是不可再生能源，未來油價只會更高不會更低；而「魚菜共生」系統僅使用電力，電是可再生能源，我們可以用太陽能發電或風力、水力發電，不用受油價制約且效率更高。此外，魚菜共生系統同時產出魚和蔬菜，較不受地形限制，比起傳統需要在地耕作的農業，它可降低勞動力，是未來永續農作的典範，也是現代人農耕的最佳選擇！

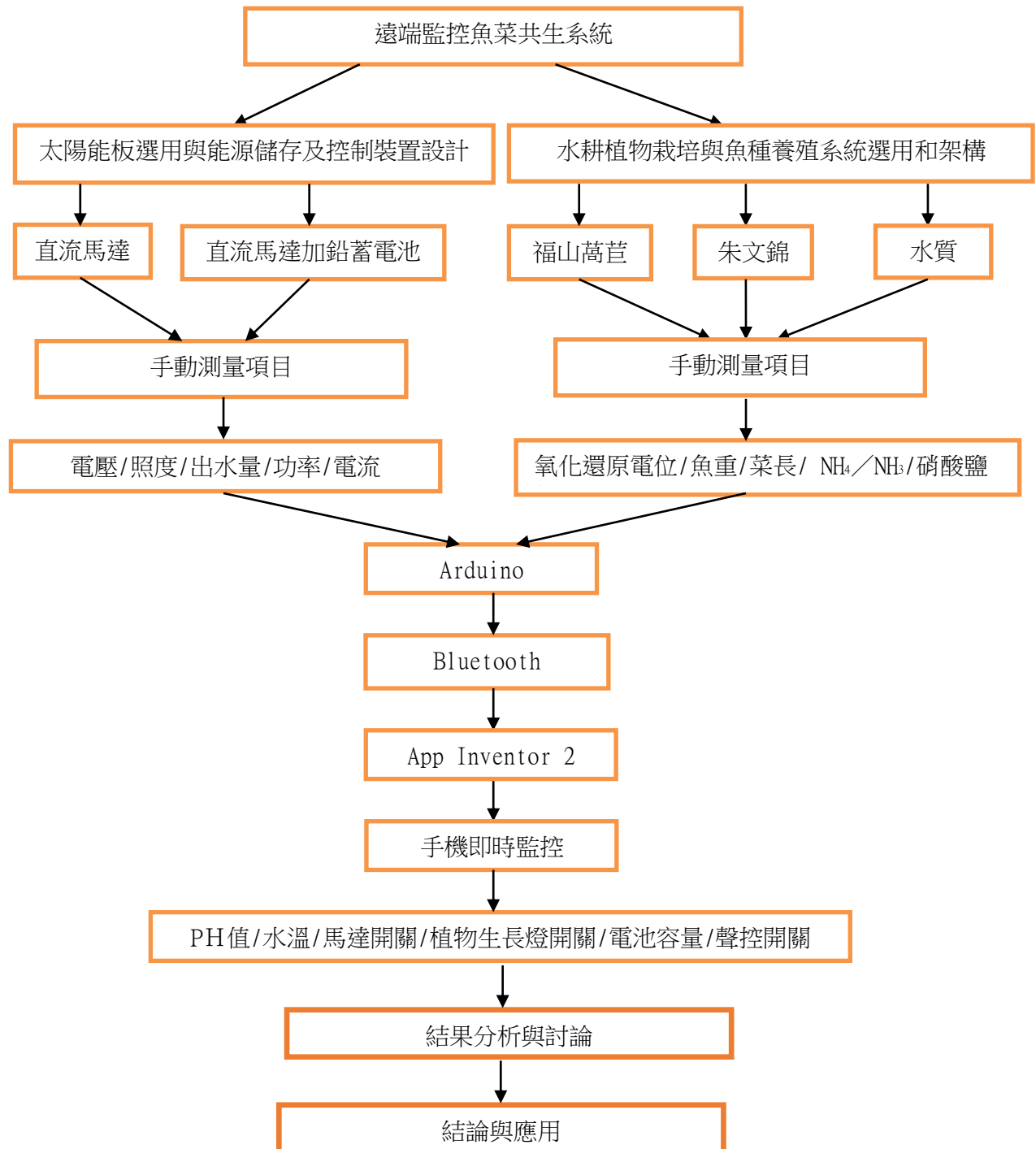
但是魚菜共生系統最重要的是環境變動對生物的影響，生物對環境的變化是相當敏感的，每日檢測植物與魚類生存環境是否適宜，需要耗費不少時間與精力，且若等到檢測出環境出現異常，恐怕已錯過改善其生存環境的黃金時間；再者現代人忙碌，無法隨時在魚菜共生系統旁待命去處理緊急狀況，為了解決上述之問題，我們想利用現今的科技去設計了一套遠端即時監控系統，進行魚菜共生系統的優化與完善。

表（一）魚菜共生系統和 Arduino



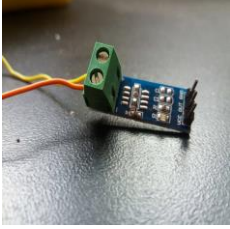
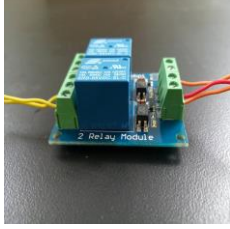
貳、研究目的

魚菜共生系統的創意，是整合漁業養殖以及水耕栽培兩者的需求，創造半封閉式的生態循環系統。如何挑選合適的魚種，搭配相對應的水耕蔬菜，使用太陽能板所產生的電力來提供給魚菜共生系統使用，進而裝設 **Arduino** 各個感測模組，搭配自行寫出的程式，以及 **App** 介面的遠端監控，達到監測和自動化控制的效益，就是本研究所要研究的目的。



圖（一）研究流程圖

叁、研究設備及器材

			
照度計	多孔發泡煉石	數位式三用電表	DC 沉水馬達
			
銨/氨、硝酸鹽、溶 氧量測試劑	PASCO 多道數據截 取介面+三合一感 應器	Arduino UNO	光敏電阻
			
PH 感測器	電壓感測器	繼電器	12V 7Ah 鉛蓄電池
			
水溫感測器 DS18B20	藍芽通訊模組 HC-05	DC 定時器	光伏控制器

表（二）實驗器材設備

肆、研究過程或方法

一、本研究系統架構

(一) 太陽能電池

太陽能電池 (Solar cell) 又稱為光伏電池 (Photo voltaic cell)，其基本構造是運用 P 型與 N 型半導體接合而成的，利用太陽光照射在半導體光電材料上，由太陽輻射提供的能量造成電子流動而直接轉化成電能。太陽能電池將光能變換為電能之轉換率高低決定於太陽能電池之性能與所用材料，目前太陽能電池晶片的轉換效率最高可達 35%，一般平均在 21.8% 左右。大部分太陽能電池所用材料分類與製造太陽能電池之技術與成本考量，通常採用以下材料：

表 (三) 太陽能電池種類

名稱	內容	發電效率
單晶矽	一般使用在大面積電力轉換的發電系統，成本比較高，也是使用時間最長久的太陽能電池類型。其轉換效率為目前所有類型之太陽能電池中最高的，性能也是最穩定	20~25%
多晶矽 (鑄錠晶片)	光電轉換效率雖不如單晶矽高，且剛開始使用的前一、兩年會發生結構劣化問題，這會使得轉換效率降低，但成本比單晶矽低許多，製程上也較為簡單。	10~24%
薄膜型 (非晶矽)	採用濺鍍或印刷方式製作，目前多數量產薄膜太陽板轉換效率仍無法與晶矽太陽電池抗衡，且需安裝較大面積，導致結晶矽大幅度降價，目前業界採用數目越來越少。	7~12%
聚光型 (3 A 5 A 族)	由砷化鎵作長為發電材料其特點為發電效率高，但需要一個精準的追蹤裝置將晶片對準太陽，因此在整體造價上與矽結晶系統相比仍偏高，較不適合用於一般家庭。	35~40%
其他材料	碲化鎘 (Cdte)、二硒化銦 (CuInSe ₂) 及砷化鎵 (GaAs)	10~20%

另外太陽能的利用大致分為兩大類太陽熱能與太陽光電能，前者收集太陽輻射能後，轉變成熟能來利用，如製成熱水、工業製程加熱、製造冷氣、或推動引擎發電，後者則利用太陽電池吸收太陽輻射後，直接轉換成電能。

本實驗所採用的是由二十四個單晶矽太陽能板作為電源，原因是單晶矽性能最為穩定，太陽光電能轉換效率最高，使用時間最長久。

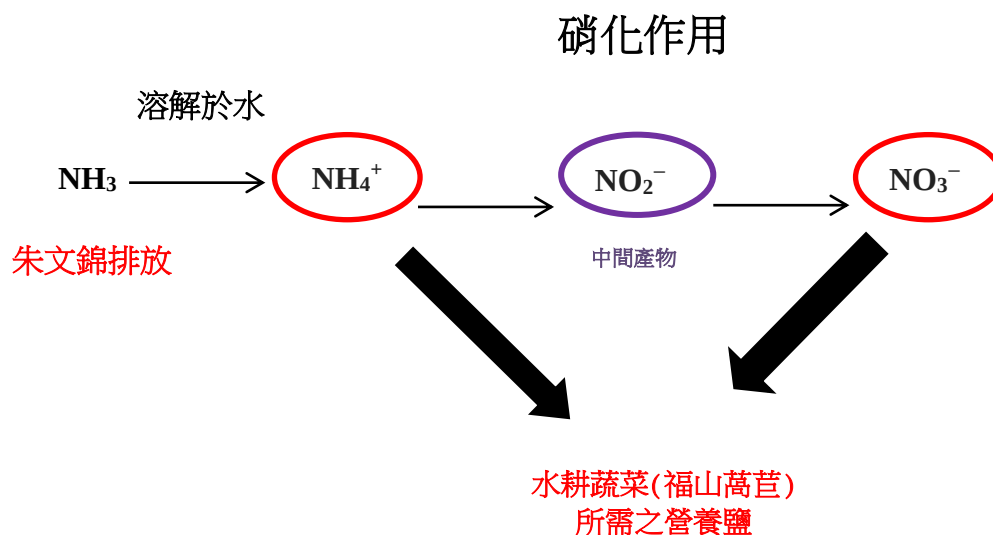
(二) 魚菜共生系統

利用魚的排泄物，經由抽水機送到有硝化作用的蔬菜水耕池，其中對魚類生存環境的有害物，經硝化菌等有益菌的轉化後，供給植物的水根吸收，經光合作用促使植物生長，同時也淨化了水質，循環回魚池供給魚類健康的生長環境，這種利用水循環交換物質的設備，使兩種生物互惠合作生長的方式，稱為魚菜共生系統。

1. 魚種選用(朱文錦)：魚是雜食性魚，成長迅速，在大部分環境內生長良好，耐氣候變化而且對污水的抵抗力較他種魚類強。
2. 水耕植物－福山萵苣(大陸妹)：非常容易種植且生長迅速還能多次收穫，較沒有病蟲害與噴灑農業問題。



圖（二）本研究魚菜共生系統



圖（三）本研究硝化作用原理

(三) 遠端監控系統

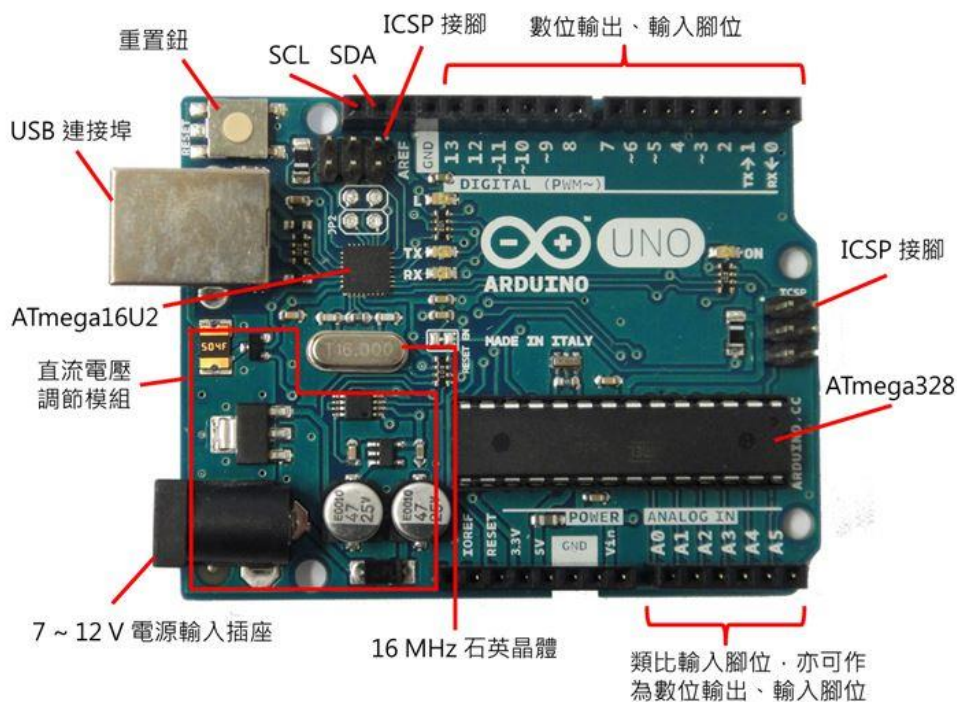
本系統使用 Arduino 搭配 App Inventor 2 做出遠端監控的設備，使系統能達到手機監控，不需手動進行檢測，只需連上藍芽，便可監控水質及鉛蓄電池狀況，並能由手機端連線控制馬達或植物生長燈的啟動或關閉；我們也設計當 PH 值或水溫達不到標準時，系統能自動啟動馬達以增加水循環的功能，利於魚類的生長環境；而當照度不夠時，自動啟動植物生長燈的功能，使蔬菜達到較佳的生長效果，讓系統達到自動化的功效。

1.Arduino 簡介

Arduino 是一塊基於開放原始碼發展出來的 I/O 介面控制版，且具有類似 Java、C 語言的開發環境，讓使用者可以快速使用 Arduino 語言與 Flash 或 Processing...等軟體，做出互動作品，使用者可在 Arduino 板子上接上各種電子裝置，例如 LED 燈、馬達、開關、溫溼度感測器，以及 Wifi、Ethernet、Bluetooth 等各種通訊模組。以下分為硬體及軟體部分介紹：

(1)Arduino 硬體

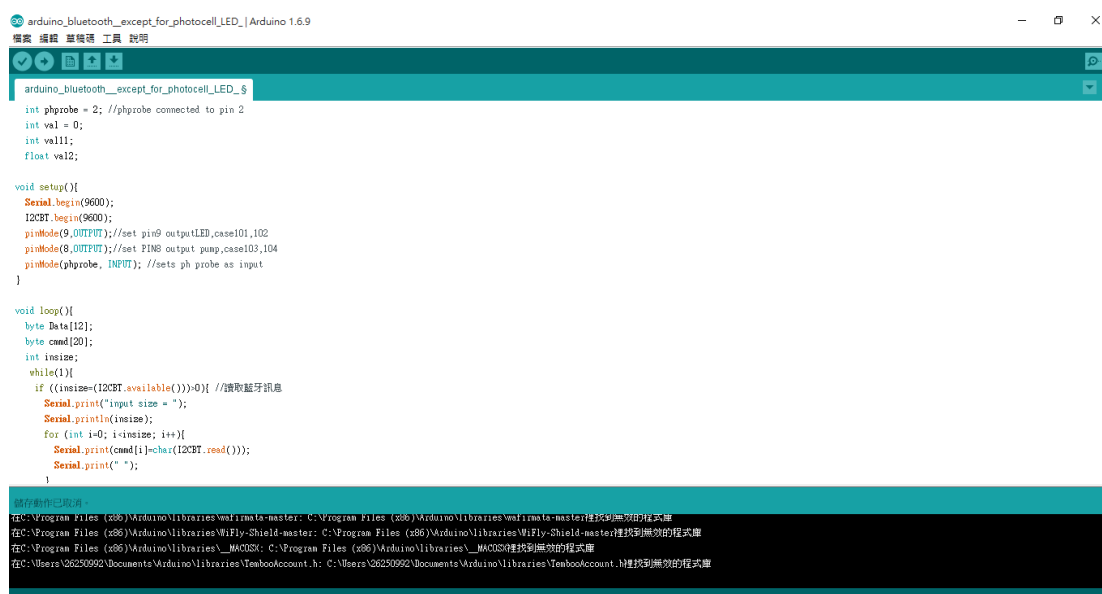
Arduino 具多種硬體版本，本系統選用 Arduino UNO 作為控制版，Arduino UNO 的功能及接腳如圖（四）所示



圖（四）Arduino UNO 簡介圖

(2)Arduino 軟體

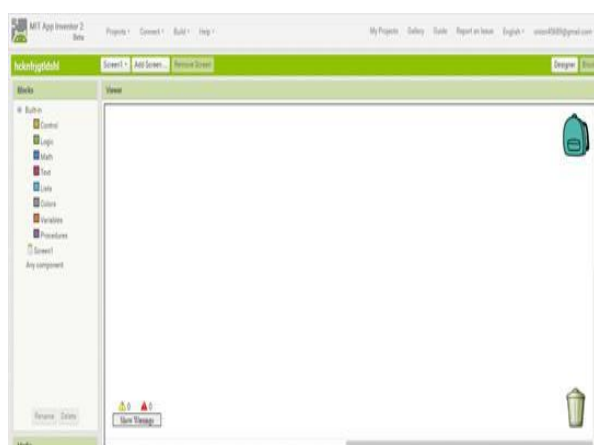
軟體部分則是 Arduino IDE 開發環境，本系統使用 1.6.9 版，可在網路上免費下載，其使用的語法與 C/C++ 相仿，圖（五）為開發環境中的程式碼：



圖（五）Arduino IDE 開發環境

2.MIT App Inventor 2 簡介

MIT App Inventor 2 是一個完全線上開發的 Android 程式環境，為了讓更多人在沒有程式基礎的狀況下，能夠開發 Android 裝置應用程式，而使用樂高積木式的堆疊法來替代複雜的程式碼，讓我們可以免費使用其提供的樂高積木模式來組合程式語法，來引導使用者進入 App 應用程式開發的世界，在 App 程式開發過程中，我們可以使用模擬器或 Android 裝置，來測試應用程式執行的狀況，待完成相關開發作業後，可以下載到任何智慧型手機上，更可以將應用程式，上傳到 Google Play 商店提供大眾下載安裝。



圖（六）App Inventor 2 開發環境

3.模組介紹

監測部分包含測量水中 PH 值、水溫、鉛蓄電池的電壓以及因照度微弱而啟動植物生長燈為主，因馬達和植物生長燈使用的電壓為 12V，因此我們透過繼電器啟動，以下將逐一簡介其功能：

(1) 繼電器

繼電器 (Relay) 是一種可以讓小電力控制大電力的開關。例如，小電壓的電池或者是微控制器，只要用繼電器就可以切換馬達 (motors)、變壓器 (transformers)、電暖爐 (heaters)、燈泡 (bulbs) 等大電流設備的開關。如圖（七）所示

(2) PH 感測器

此感應器為專門為 Arduino 控制器設計的 PH 感測器，板子上裝有電源指示燈、BNC 接頭和 PH2.0 接頭，使用前，PH 感測器探測頭以附有的緩衝液校準。

(3) 水溫感測器 DS18B20

水溫的資料只需要將訊號經過單線串列由 DS18B20 送出，因此從中央處理器到 DS18B20 僅需連接一條線即可，其總有三個腳位（電源、資料、接地），感測範圍-55°C到+125°C。如圖（九）所示

(4) 電壓感測器

此模組基於電阻分壓原理所設計，能使端子介面輸入的電壓縮小 5 倍，Arduino 類比輸入電壓最大為 5V，則電壓感測模組測得的上限電壓為 $5V \times 5 = 25V$ 。

(5) 光敏電阻

又叫光感電阻，是利用半導體的光電效應製成的一種電阻值隨入射光的強弱而改變的電阻器；入射光強，電阻減小；入射光弱，電阻增大，一般用於光的測量、光的控制和光電轉換，可廣泛應用於各種光控電路，如對燈光的控制、調節等場合，也可用於光控開關。如圖（十一）所示

(6) 藍芽通訊模組 HC-05

藍芽為一種無線技術標準，用來讓固定與行動裝置，在短距離間交換資料，以形成個人區域網路，本系統選用 Arduino 的 HC-05 模組，其接腳功能如下：

KEY:AT 模式→要接;自動連線模式→不用接

VCC:正電源→接上 Arduino 5V 電源

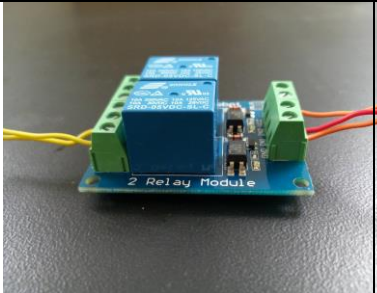
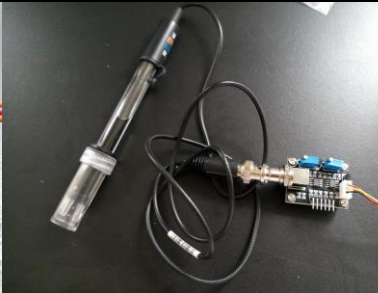
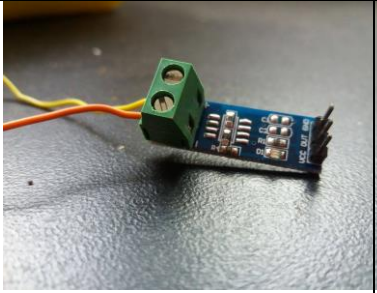
GND:接地→接上 Arduino GND

TXD:傳送→接上 Arduino pin11

RXD:接收→接上 Arduino pin10

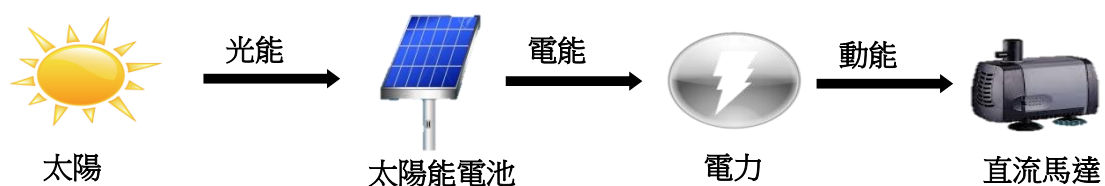
STATE:狀態→不用接，如圖（十二）所示

表（四）Arduino 感測模組

		
圖（七）繼電器	圖（八）PH 感測器	圖（九）水溫感測器
		
圖（十）電壓感測器	圖（十一）光敏電阻	圖（十二）藍芽通訊模組

二、太陽能板之實驗步驟

本研究測量時間以一天早上日出 **8:00** 到日落 **16:00** 為主，且利用二十四個太陽能板連接電路，形成一個太陽能電池，到一個無陰影且較空曠的地區測量，分別記錄單獨直流馬達與馬達加上鉛蓄電池，以每五分鐘測量其一次照度、電壓、電流、紫外線及五秒出水量之關係。



圖（十三）本研究能量轉換模式

(一) 電路接法

表（五）本研究電路設計

DC 沉水馬達	實際裝置
鉛蓄電池	實際裝置
DC 沉水馬達 + 鉛蓄電池	實際裝置

三、魚菜共生系統之實驗步驟

魚菜共生系統分為實驗組與對照組兩部分，我們也加放了遠端監控複合式綠能魚菜共生系統的設計理念。

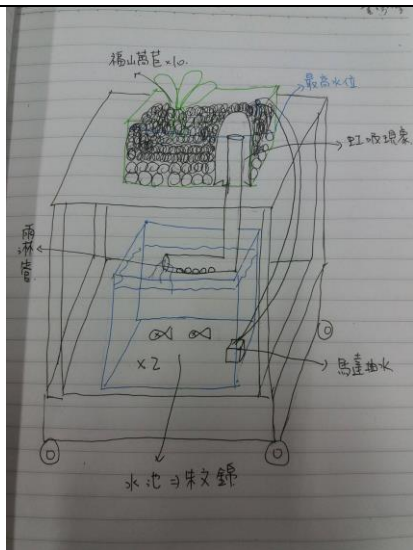
(一)實驗組－魚菜共生系統

此系統由魚池、栽培盤和水循環打氣三部分組成，採用基質栽培法。植物栽培部分，選用福山萵苣（大陸妹）做為測試菜苗，以放置 10 株為基準，水質過濾及植物支撐部份以直徑 0.6cm~1.1cm 之發泡煉石做為介質，發泡煉石為高溫燒結之材質，其密度接近 1 與水相近，放置方法由下往上依序為大→小，如此可增加其緊密性又不致使其無法透氣。

魚池養殖部分放養 5 隻朱文錦進行測量，魚池水為避免影響數據量測誤差而選用純水，本實驗飼料為唯一物質投入，以每日固定約 4g（約 15 顆），一天投餵 2 次，記錄生長狀況。

水循環打氣部分使用 DC12V 3W 馬達搭配單晶矽太陽能電板，為避免菜苗因長時間浸泡水中而加裝一直流定時器，每小時啟動 15 分鐘，如此一來，菜苗一小時內只有 15 分鐘會浸到水，因此消除了爛根的可能性，15 分鐘抽水提升至菜苗種植箱（內置發泡煉石），由菜苗根部吸收、發泡煉石過濾 $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ 和硝酸鹽等植物所需營養鹽，淨化完的水質再流回魚池，形成一個互利共生又環保省能的系統裝置。

表（六）魚菜共生系統

	
圖（十四）自行設計魚菜共生系統	圖（十五）實體魚菜共生系統

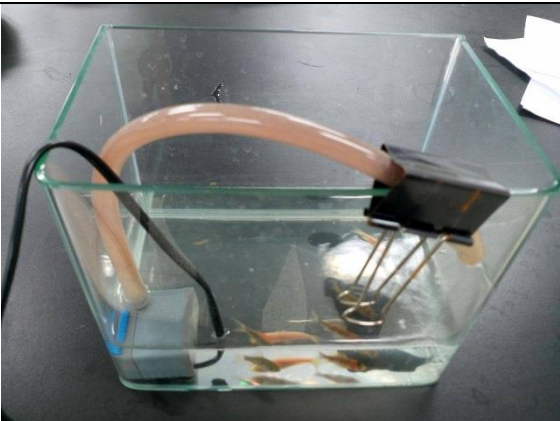
(二)對照組－單獨魚產養殖與水耕種植蔬菜系統

單獨水耕種植蔬菜系統部分，採用長 35cm x 寬 30cm x 高 10cm 之塑膠培植槽，以栽培 10 株菜苗進行測量，植物支撐部份同樣以直徑 0.6cm~1.1cm 之發泡煉石做為介質，其密度接近 1 與水相近，水位維持在根部區域以下，避免爛根，發泡煉石需大量放置於水為以上，避免其沉浮於水中。

單獨魚池養殖部分放養 5 隻朱文錦進行測量，魚池水為避免影響數據量測而選用純水，飼料部分每日以固定約 4g（約 15 顆），一天投餵 2 次，記錄其生長狀況。

水循環打氣部分，使用 12v 6w 之交流沉水馬達將水抽至高處，藉由高低位差產生水珠，增加溶氧量，改善魚類生長環境。

表（七）本研究魚菜共生對照組

	
圖（十六）對照組菜苗	圖（十七）對照組朱文錦

(三)遠端監控複合式綠能魚菜共生系統

我們自行設計的系統操作步驟如下：

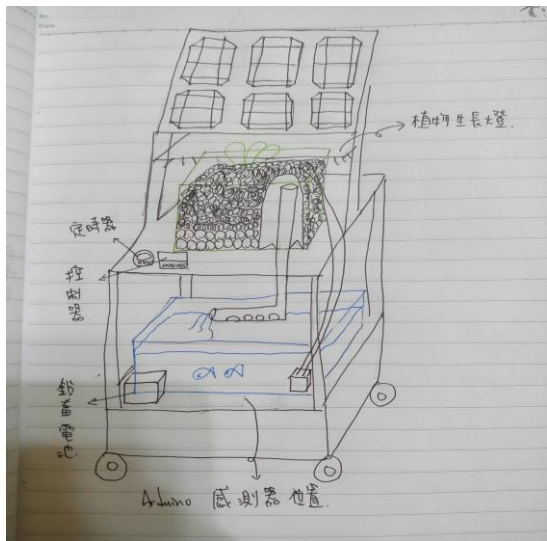
- 1.準備一個雙層架子、三根水管切至適宜的長度、兩個塑膠箱、兩塊土捧、植物生長燈、一個壓克力板、一個大寶特瓶切至 3/4、DC 沉水馬達、太陽能板、鉛蓄電池、一個麵包板、DC 定時器、控制器、Arduino 控制板、感測器（水溫/PH/電壓/光敏電阻）
- 2.將一根水管切 4 個小開口為雨淋管，雙層架子的上盤以及一個塑膠箱裁一個與水管口徑相似的圓形開口，穿過水管，將其他水管接起，製造一個上通植物栽培盤，下通魚池的通道，在植物栽培的水管罩上剪過的寶特瓶，以利虹吸現象，再把另一個塑膠箱擺到

底下為魚池，此為魚菜共生系統。

3.架設太陽能板，將它架在植物栽培盤的兩邊，調整向南 30° ，以增加太陽照射機會。

4.架設壓克力板和植物生長燈，將壓克力板固定在太陽能板下，植物生長燈固定在壓克力板上。

5.接上太陽能板、鉛蓄電池、控制器、定時器、Arduino UNO 和感測模組（水溫/水中 PH 值/鉛蓄電池電壓/照度強弱）。完整的魚菜共生系統如圖（十九）所示。

	
圖（十八）自行設計遠端監控複合式綠能魚菜共生系統	圖（十九）實體遠端監控複合式綠能魚菜共生系統

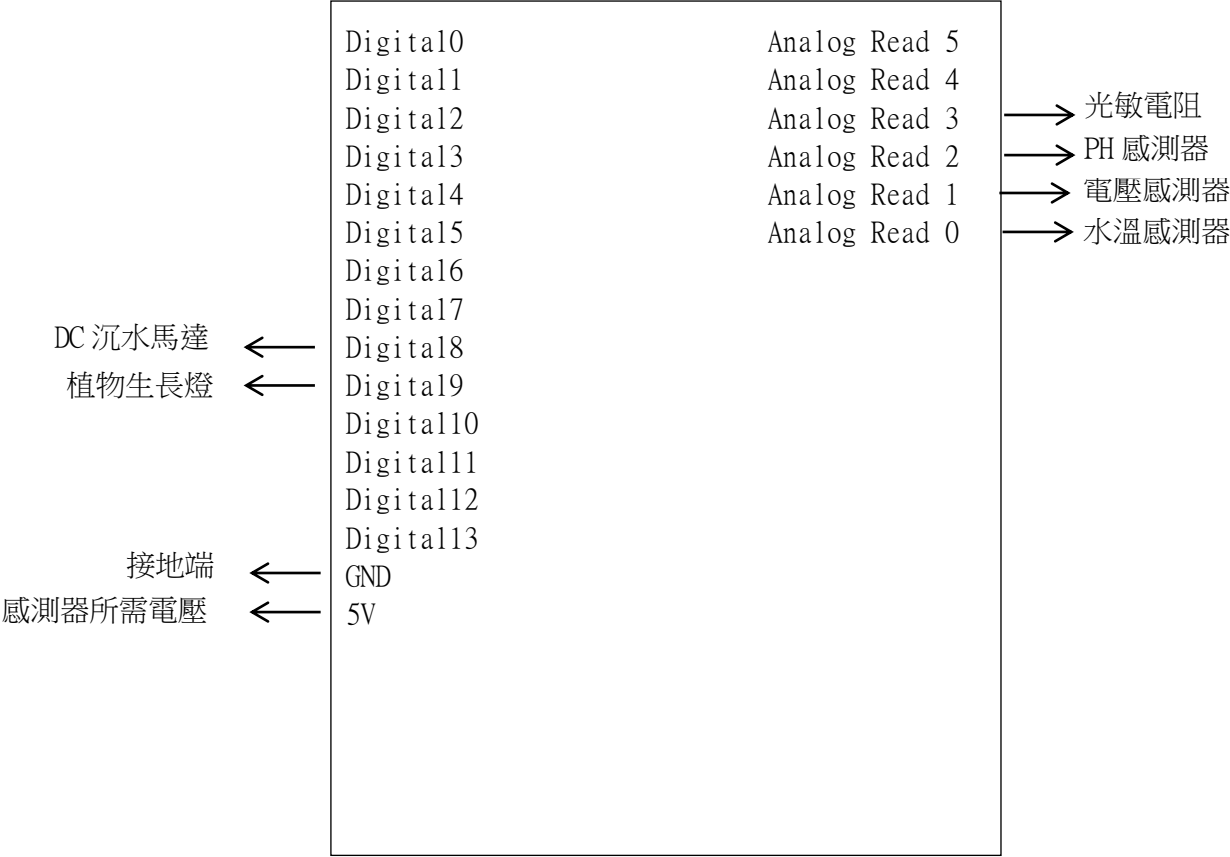
表（八）遠端監控複合式綠能魚菜共生系統

四、遠端監控系統之實驗步驟

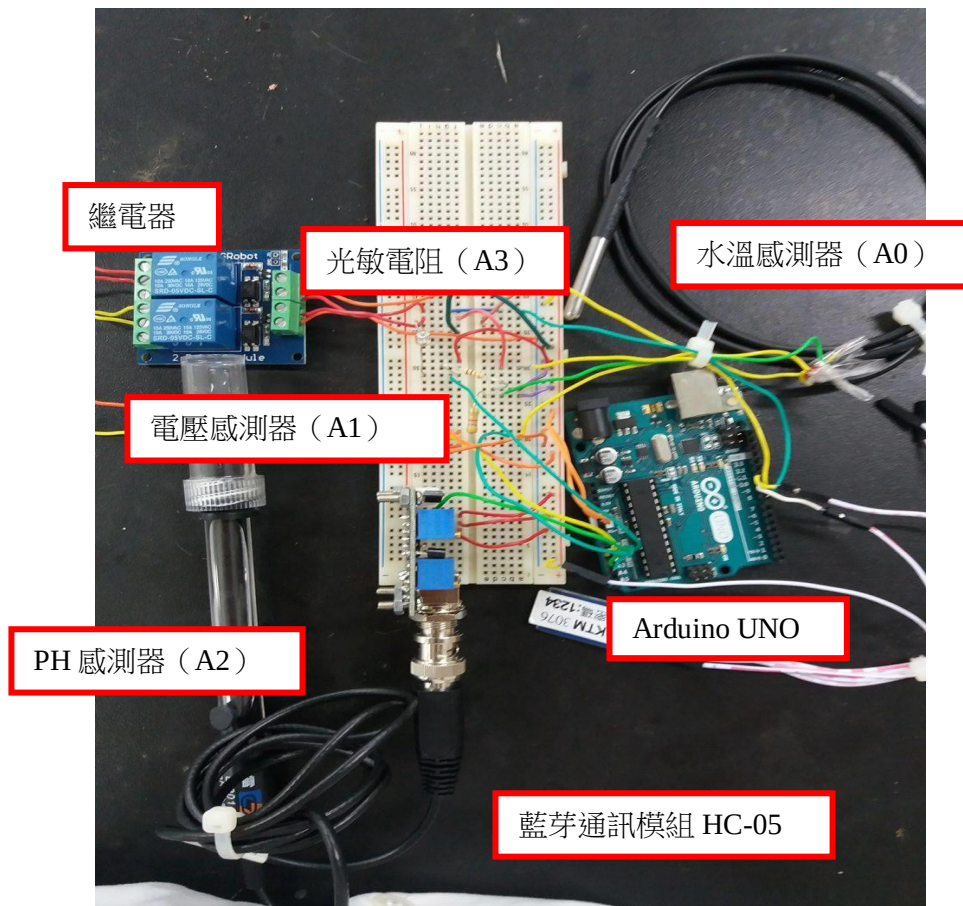
本系統利用 Arduino 藍芽通訊模組傳送資料到 App Inventor 2 讀取，我們裝設光敏電阻、PH 感測器、電壓感測器、水溫感測器，目的是用來測量周遭環境的變化，當照度不足時即可啟動植物生長燈，改善蔬菜的生長環境，水中 PH 值達不到標準則會開啟馬達增加水循環，使魚類有較佳的生長環境，電壓感測可換算得知電池剩餘的容量，程式分為 Arduino 以及 App Inventor 2 兩部分進行。

(一)Arduino 部分

本部分分為實體接腳圖與程式撰寫，接腳圖如圖（二十）和圖（二十一）所示。



圖（二十）腳位接線圖



圖（二十一）實體接線圖

第二部分為程式撰寫，Arduino 程式主要分遠端監控和自動化控制兩部分。遠端監測的數值有水溫、PH 值、電壓，將這些數值透過藍芽通訊模組回傳至手機，以達到監控的目的；而自動化控制部分再配合福山萵苣的生長條件為主，福山萵苣適宜生長的 PH 值範圍為 7.2~7.5，照度為小於 10000Lux，因此，我們將 PH 值小於 7.2 或大於 7.5 時自動啟動馬達增加水循環；當陰雨天，照度不足時可自動開啟植物生長燈；另外，我們也設定可以手動強制控制馬達和植物生長燈開關的程式，以因應突發狀況。

(二)App Inventor 2 程式部分

表（九）App Inventor 2 程式設計

<pre> when Screen1.Initialize do set 植物生長燈聲控.Enabled to false set 植物生長燈開.Enabled to false set 植物生長燈關.Enabled to false set Clock1.TimerEnabled to false set disconnect.Enabled to false set 馬達開.Enabled to false set 馬達關.Enabled to false set 馬達聲控.Enabled to false set BTList.Enabled to true set Screen1.BackgroundColor to #ADD8E6 </pre>	初始化設定是除了 BTList 之外的所有按鈕開關設置為無法點選的狀態。
<pre> when BTList.BeforePicking do set BTList.Elements to BluetoothClient1.AddressesAndNames when BTList.AfterPicking do if call BluetoothClient1.Connect address BTList.Selection then set Clock1.TimerEnabled to true set 馬達開.Enabled to true set 馬達關.Enabled to true set 馬達聲控.Enabled to true set 植物生長燈聲控.Enabled to true set 植物生長燈開.Enabled to true set 植物生長燈關.Enabled to true set BTList.Enabled to false </pre>	在點選 BTList 前會先掃描周圍的藍芽裝置，點選後，選擇將要連結的藍芽裝置且成功連結後，會把所有按鈕開關變成可點選模式，而 BTList 則變成無法點選狀態。
<pre> when 植物生長燈聲控.Click do call 植物生長燈語音識別器1.GetText when 植物生長燈語音識別器1.AfterGettingText do set BluetoothClient1.Secure to call BluetoothClient1.IsDevicePaired address "98:D3:31:90:84:DC" if contains text get(result) or contains text get(result) piece "開" or "open" then call BluetoothClient1.SendText text "e" else if contains text get(result) or contains text get(result) piece "關" or "close" then call BluetoothClient1.SendText text "f" </pre>	當點選植物生長燈聲控按鈕後，會呼叫語音辨識器，當我們說出的語句中有包含“開”或“open”，則會啟動植物生長燈，但如果我們說出的語句中是包含“關”或“close”，則植物生長燈會關閉。

```

when 植物生長燈開 . Click
do
  set BluetoothClient1 . Secure to call BluetoothClient1 . IsDevicePaired
  address "98:D3:31:90:84:DC"
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "e"

when 植物生長燈關 . Click
do
  set BluetoothClient1 . Secure to call BluetoothClient1 . IsDevicePaired
  address "98:D3:31:90:84:DC"
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "f"

when 馬達開 . Click
do
  set BluetoothClient1 . Secure to call BluetoothClient1 . IsDevicePaired
  address "98:D3:31:90:84:DC"
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "g"

when 馬達關 . Click
do
  set BluetoothClient1 . Secure to call BluetoothClient1 . IsDevicePaired
  address "98:D3:31:90:84:DC"
  call BluetoothClient1 . SendText
  text "h"

```

當點選植物生長燈按鈕“開”後，會啟動植物生長燈，而點選植物生長燈按鈕“關”，則會關閉植物生長燈；另外，當點選馬達按鈕“開”後，會啟動馬達運轉，而點選馬達按鈕“關”，則會讓馬達停止運轉。

```

when 馬達聲控 . Click
do
  call 馬達語音識別器2 . GetText

when 馬達語音識別器2 . AfterGettingText
do
  set BluetoothClient1 . Secure to call BluetoothClient1 . IsDevicePaired
  address "98:D3:31:90:84:DC"
  if contains text get result or contains text get result
  piece "開" piece "open"
  then call BluetoothClient1 . SendText
  text "g"
  else if contains text get result or contains text get result
  piece "關" piece "close"
  then call BluetoothClient1 . SendText
  text "h"

```

當點選馬達聲控按鈕後，會呼叫語音辨識器，當我們說出的語句中有包含“開”或“open”，則會啟動馬達；但如果我們說出的語句中是包含“關”或“close”，則馬達會停止運轉。

```

when disconnect . Click
do
  set BTList . Enabled to true
  set 馬達開 . Enabled to false
  set 馬達關 . Enabled to false
  set 馬達聲控 . Enabled to false
  set 植物生長燈開 . Enabled to false
  set 植物生長燈關 . Enabled to false
  set 植物生長燈聲控 . Enabled to false
  set disconnect . Enabled to false
  call BluetoothClient1 . Disconnect

```

當點選 disconnect 則會回到初始化設定。

```

when Clock1 . Timer
do
  call BluetoothClient . Send1ByteNum
  number 255
  if call BluetoothClient . BytesAvailableToReceive
  then
    set global text to call BluetoothClient . ReceiveText
    numberOfBytes 1
    set 接收字元 text to call get global text
    if get global text == "g"
    then
      set global value_A to call BluetoothClient . ReceiveSigned1ByteNum
      255
      set global text to call BluetoothClient . ReceiveSigned1ByteNum
      if get global text <= 0
      then
        set global text to call get global text + 255
      set global value_A to call get global text + get global value_A
      set global text to " "
      set global text to call BluetoothClient . ReceiveText
      numberOfBytes 1
      set 發送字元 text to get global text
      if get global text == "f"
      then
        set global value_A to call BluetoothClient . ReceiveSigned1ByteNum
        255
        set global text to call BluetoothClient . ReceiveSigned1ByteNum
        if get global text <= 0
        then
          set global text to call get global text + 255
        set global value_A to call get global text + get global value_A

```

```

Initialize glo:text to " "
Initialize glo:text to "g"
Initialize glo:value_A to 0
Initialize glo:value_A to 0

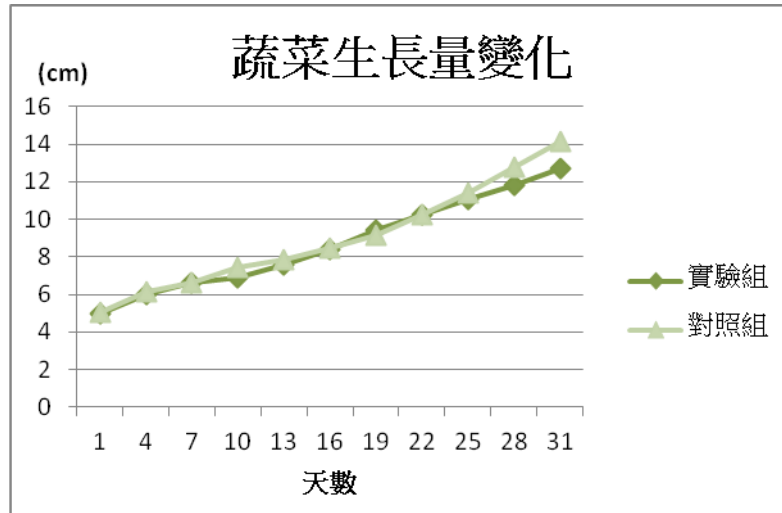
```

設定連結 Arduino 腳位後，可接收各腳位的資料。

伍、研究結果

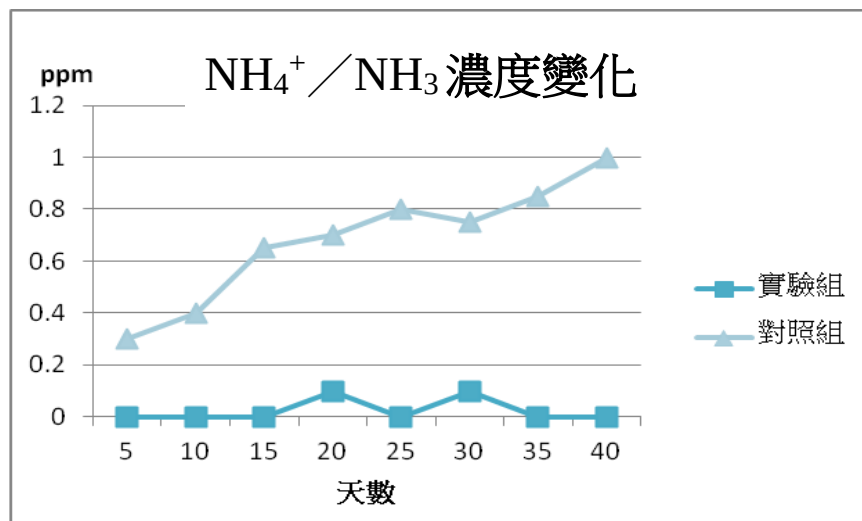
一、魚菜共生系統之探討與分析

魚菜共生系統之探討與分析著重於水質變化與魚菜之生長情形進行探討。



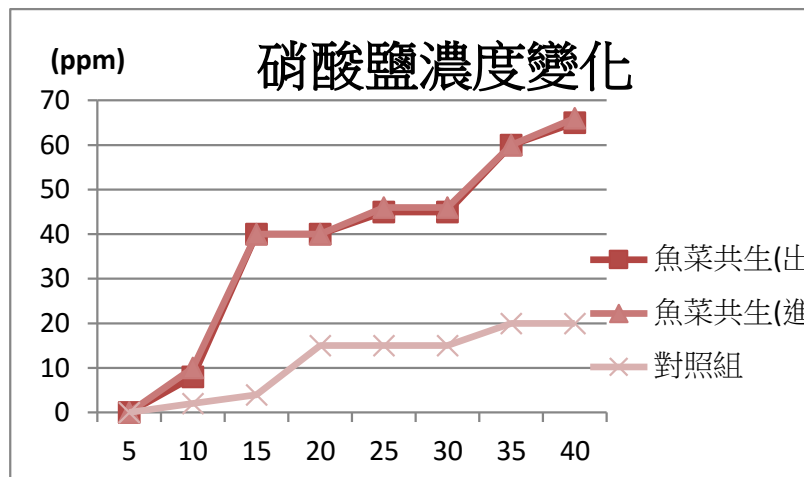
圖（二十二）蔬菜生長量（實驗組、對照組）

由圖（二十二）蔬菜生長量變化曲線圖可知，魚菜共生組之蔬菜高度是隨著實驗天數增長由 5cm~12cm；對照組蔬菜高度則由 5.03cm~約 14cm，生長量與魚菜共生組差異不大。



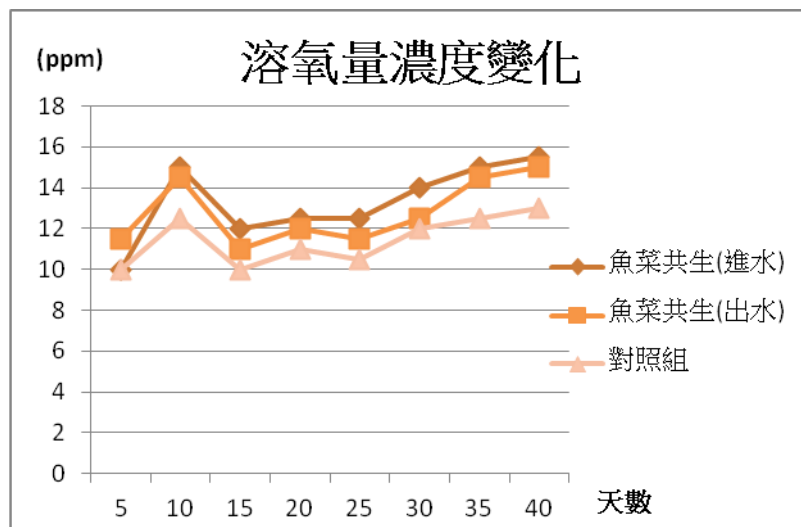
圖（二十三） $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ 濃度變化

對照組的銨/氨濃度大於實驗組（魚菜共生），此現象是因對照組沒有足夠硝化菌使銨／氨轉換成亞硝酸鹽和硝酸鹽，造成大量累積而無法排除，水體呈乳白色，影響魚類生活環境；相反的，實驗組（魚菜共生）因有發泡煉石提供空氣中硝化菌附著，因此能將銨／氨轉化為硝酸鹽與亞硝酸鹽，且菜苗也能吸收銨／氨與硝酸鹽，所以銨/氨的濃度小於對照組，水體也相對較清澈。



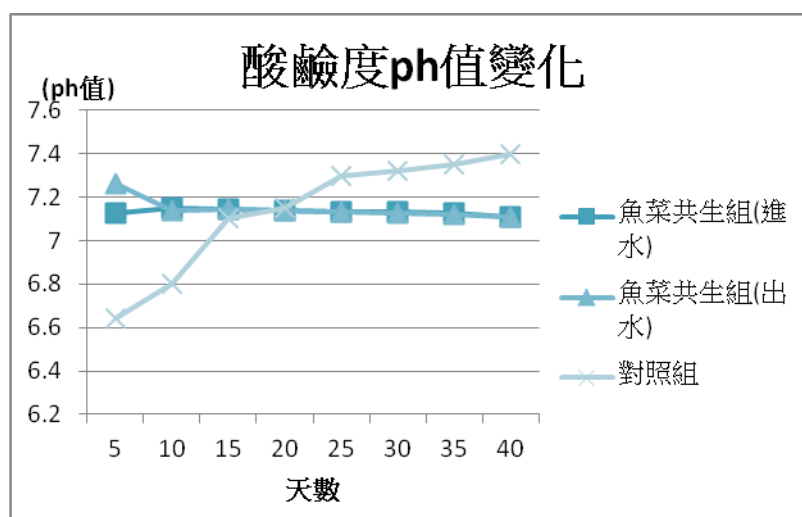
圖（二十四）硝酸鹽濃度變化

由圖（二十四）也可印證硝化菌作用和菜苗吸收確實能減少銨／氨濃度，但是菜苗吸收能力有限，因此硝酸鹽濃度逐漸升高，對魚類生存環境有負面影響，改變魚和菜數量的比例應有所幫助。



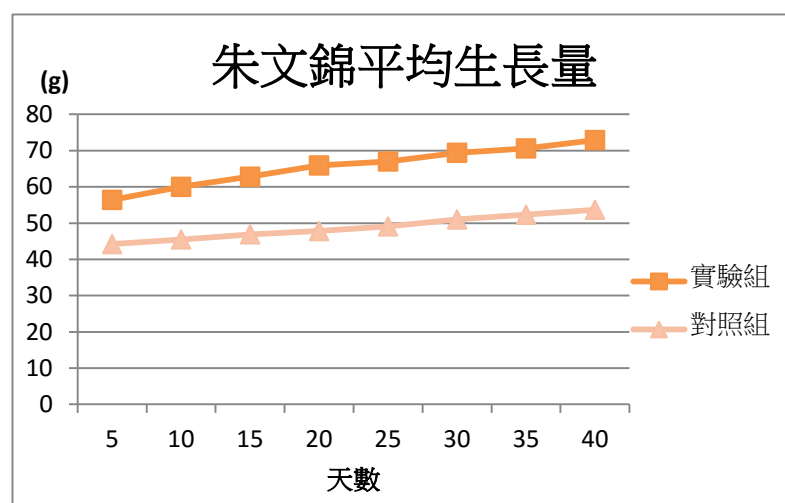
圖（二十五）溶氧量濃度比較（魚菜共生進出水、對照組）

由圖（二十五）溶氧量濃度比較（魚菜共生進出水、對照組）曲線圖顯示，實驗組跟對照組溶氧量濃度差別不大，但魚菜共生組濃度普遍高於對照組。



圖（二十六）酸鹼度 pH 值變化（魚菜共生進出水、對照組）

由圖（二十六）酸鹼度 pH 值變化（魚菜共生進出水、對照組）可知酸鹼度變化在魚菜共生系統中呈現略微下降的趨勢，這是因為隨著銨/氨經過硝化作用轉變成亞硝酸鹽在轉換為硝酸鹽時，pH 值會隨著下降；相反的，對照組因缺乏硝化菌轉化銨／氨，導致其 pH 值因銨／氨的累積而逐漸升高，但是都還在魚群及菜苗生長環境適宜的範圍。



圖（二十七）朱文錦平均生長量（實驗組、對照組）

由圖（二十七）朱文錦平均生長量（實驗組、對照組）可看出魚隻在魚菜共生系統中可正常生長，且平均生長量略高於對照組。

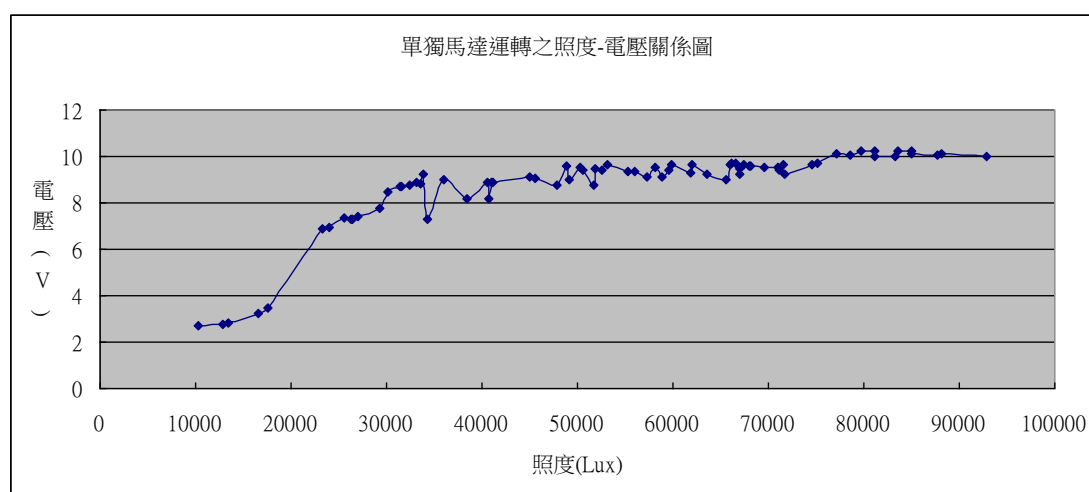
表（十）氧化還原電位(ORP)

組別種類	氧化還原電位（mV）初	氧化還原電位（mV）末
魚菜共生組（進水）	-7.50mV	-8.6mV
魚菜共生組（出水）	-15.5mV	-9.5mV
對照組	20.9mV	-39.5mV

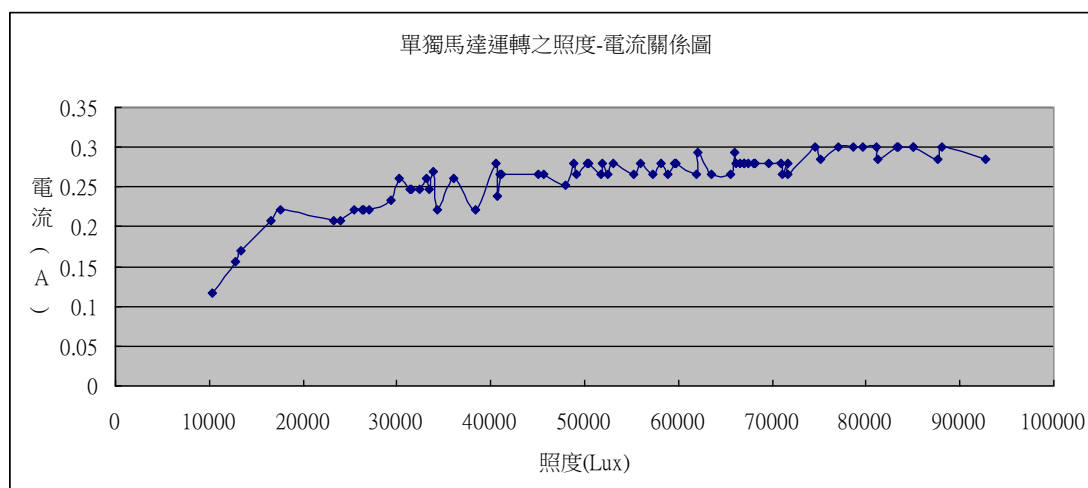
氧化還原電位亦是池底惡化與否的關鍵，當氧化還原電位低時，池底成還原態，會有大量的 NH_3 、 NO_2 等還原態的物質出現，當氧化還原電位高時偏於氧化態，會有大量的 NH_4^+ 產生，此時對魚類所受的緊迫非常的大，甚而會死亡。

二、太陽能板之探討與分析

一開始我們將太陽能板直接連結沉水馬達以進行水循環，但是結果發現太陽光之照度與光照時間會影響到太陽能板之輸出功率。在一天之內照度會有劇烈的變化，晴天時早晨、中午、黃昏的照度由不到 10000Lux 的照度變化到 100000Lux，甚至雲朵飄過造成暫時之遮蔽效應，也使得照度迅速減少連帶使得馬達運轉功率、出水量有很大的差異，極不穩定，而在陰雨天時照度偏低，甚至使得沉水馬達無法運轉進行水循環。

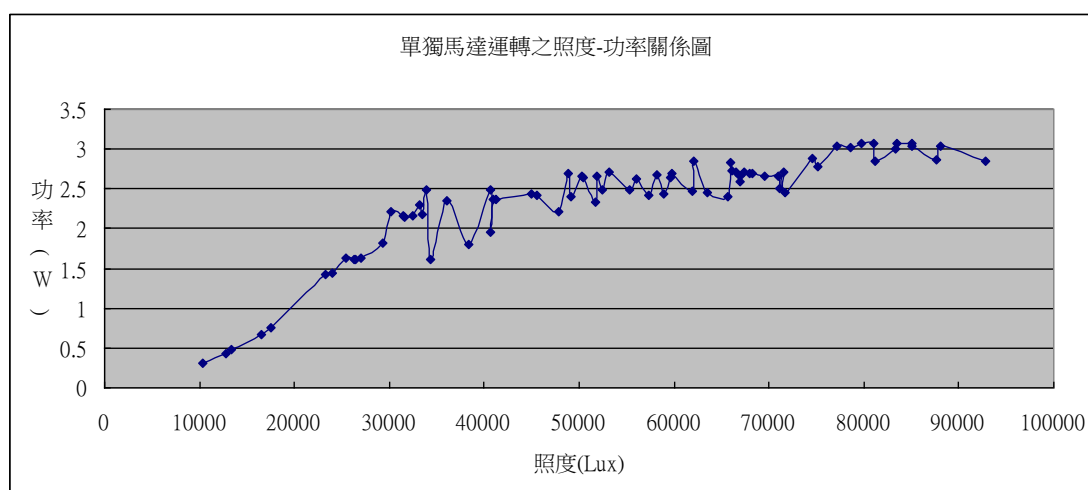


圖（二十八）單獨馬達運轉之照度-電壓關係圖

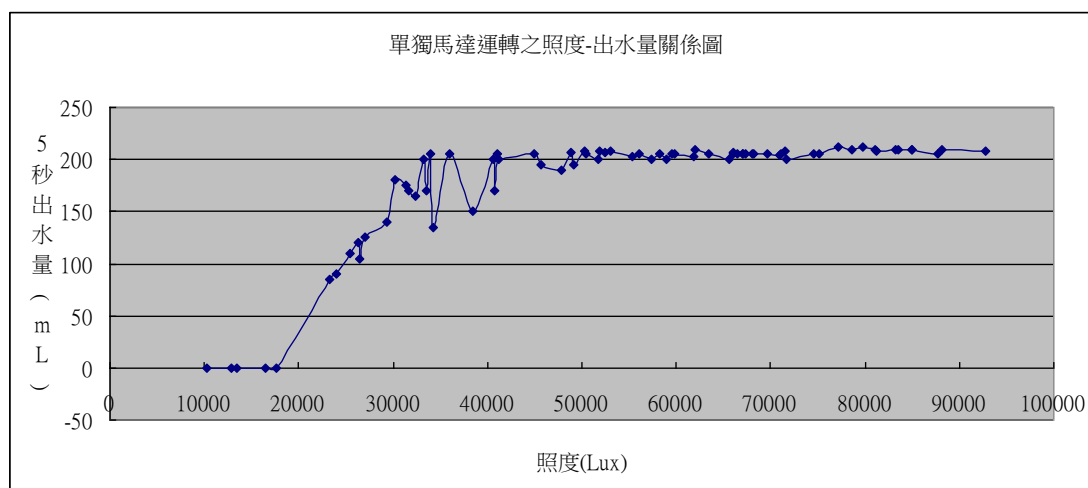


圖（二十九）單獨馬達運轉之照度-電流關係圖

由圖（二十八）、圖（二十九）我們觀察到當照度在 40000Lux 以下時電壓、電流隨照度增加有極大的變化，意味著馬達運轉並不穩定；達到 40000Lux~70000Lux 時，電壓約在 9V、電流約在 0.28A 起伏；當照度達 70000Lux 以上時，電壓約在 10V、電流約在 0.3A 起伏，此時馬達運轉有不錯的效能。

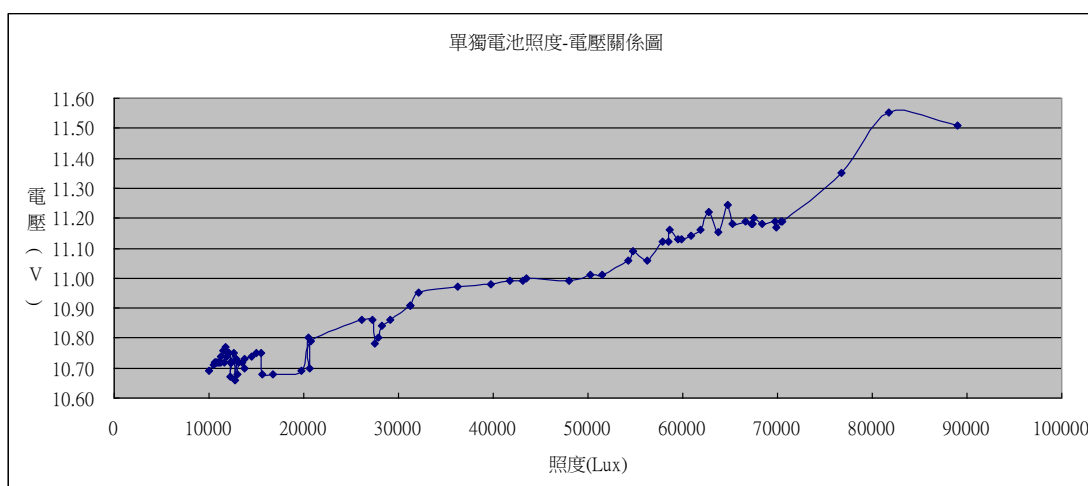


圖（三十）單獨馬達運轉之照度-功率關係圖

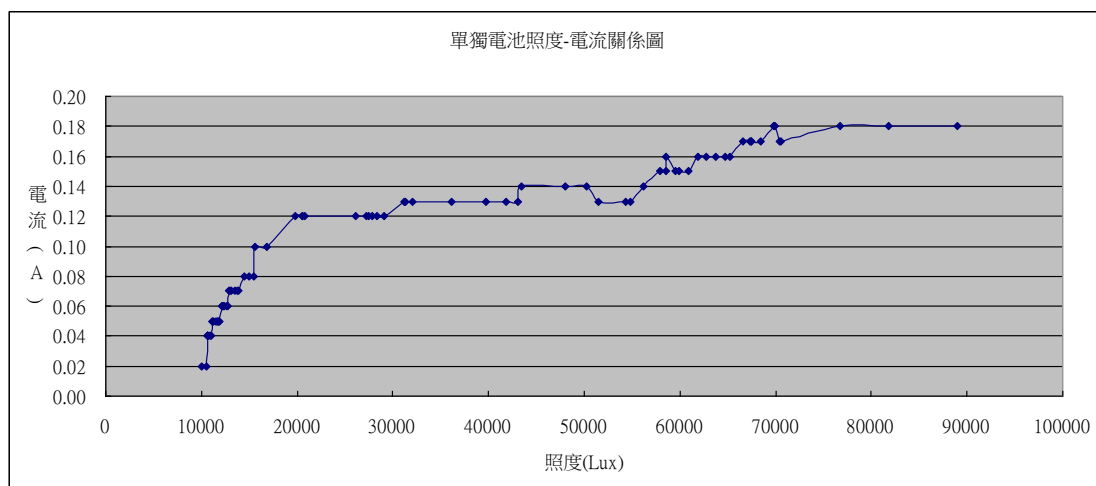


圖（三十一）單獨馬達運轉之照度-出水量關係圖

由圖（三十）、圖（三十一）知當照度在 30000Lux 以下時，馬達功率低於 2W，每 5 秒出水量最多僅 150mL；甚至照度低於 20000Lux 以下時馬達無法運轉，即在陰雨天時若單純只將太陽能板直接連結沉水馬達，會讓馬達無法運轉，這對於我們是一大困擾；當照度在 40000Lux~70000Lux 時，馬達功率約在 2W~2.8W 間變化，每 5 秒出水量介於 150mL~200mL；當照度在 70000Lux 以上時，馬達功率約為 3W，每 5 秒出水量穩定輸出 200mL。於是我們想要將太陽能板連結鉛蓄電池，讓馬達能夠在太陽光照度不足時，讓馬達依然能夠穩定運轉，有足夠的出水量。

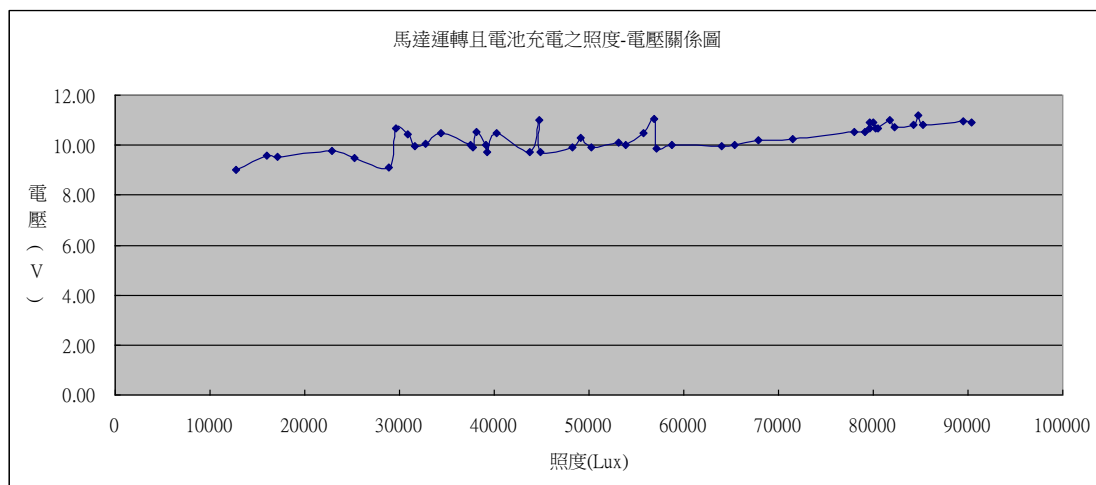


圖（三十二）單獨電池運轉之照度-電壓關係圖

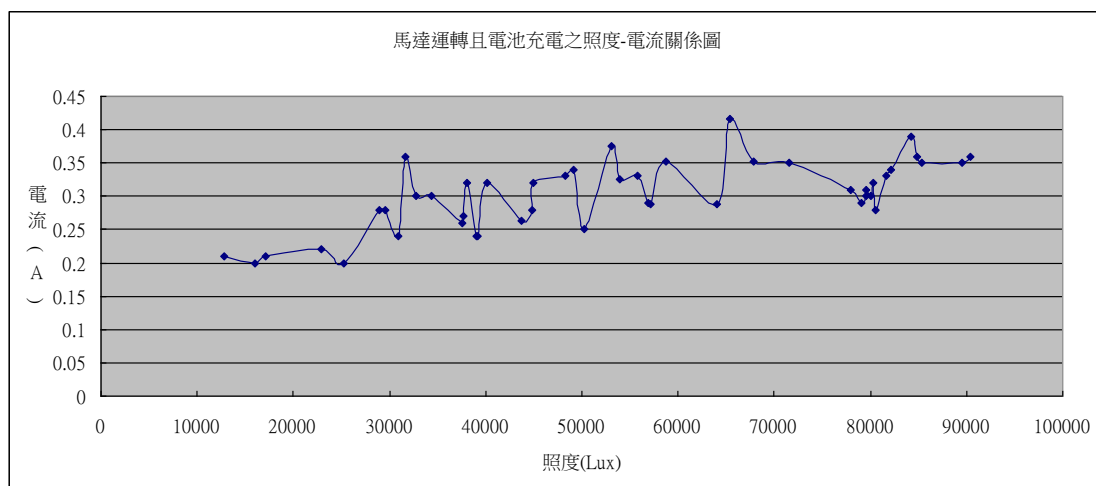


圖（三十三）單獨電池運轉之照度-電流關係圖

我們將太陽能板單獨連結鉛蓄電池，想要了解鉛蓄電池充電時的情況，由圖（三十二）、圖（三十三）可發現到當照度介於 10000Lux~30000 Lux 時，鉛蓄電池充電效率較不理想，電壓在 10.7V 緩慢增加為 10.85V，電流由 0.02A 增加到 0.12A；照度在 30000 Lux~90000Lux 時，電壓由 10.85V 增加為 11.5V，電流維持在 0.12A~0.18A 間。

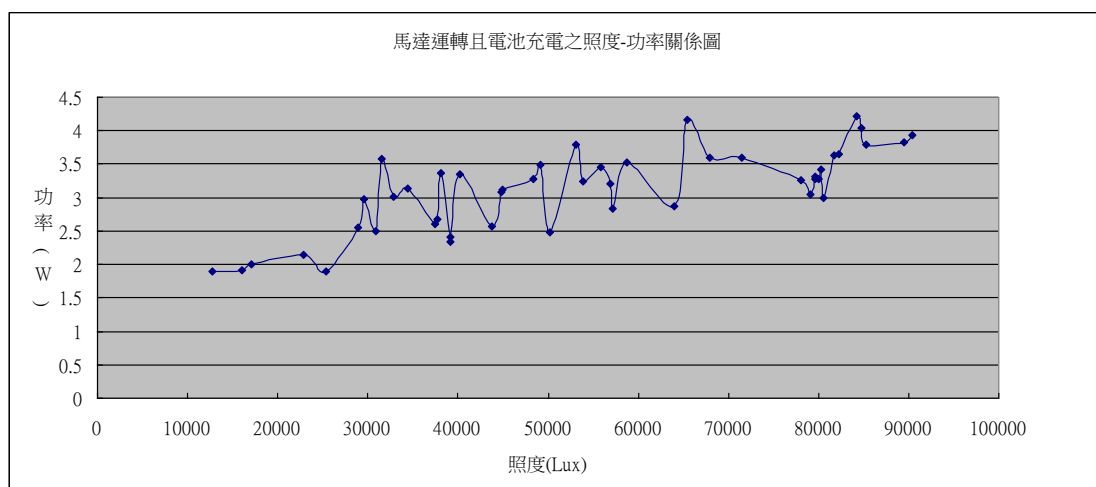


圖（三十四）馬達運轉且電池充電之照度-電壓關係圖

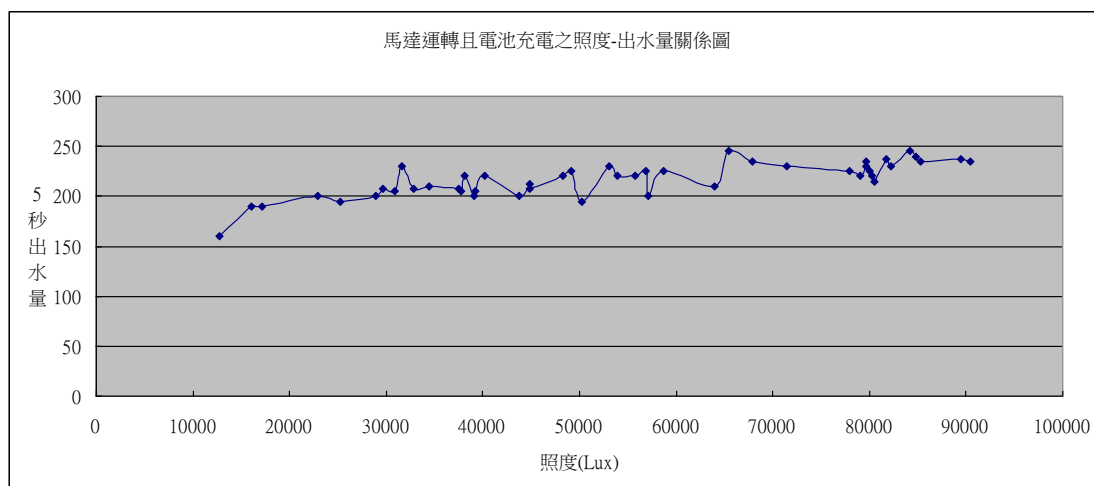


圖（三十五）馬達運轉且電池充電之照度-電流關係圖

我們後來將沉水馬達與鉛蓄電池一同連結太陽能板使用，由圖（三十四）、圖（三十五）可觀察到電壓由 10000Lux 時的 9V 增加到 100000Lux 的 11V，發現到太陽能板的能量同時輸出到馬達與鉛蓄電池，一方面能讓馬達運轉，同時也能對鉛蓄電池充電。原本太陽能板只單獨聯結馬達時，照度在 40000Lux 以下，電壓、電流會隨照度增加有極大的變化，馬達運轉並不穩定，現在則電壓能穩定於 10V 左右，電流多介於 0.25A~0.35A 間。



圖（三十六）馬達運轉且電池充電之照度-功率關係圖



圖（三十七）馬達運轉且電池充電之照度-出水量關係圖

而在輸出功率與出水量表現上，由圖（三十六）、圖（三十七）可發現，當照度在 30000Lux 以下時，功率能維持在 2W 左右，每 5 秒出水量約 200mL；當照度在 30000Lux~70000Lux 時，功率能維持在 3W 左右，每 5 秒出水量約 200mL~225mL 間；而在高照度 70000Lux 以上時，功率更可在 3W 以上，每 5 秒出水量可達 225mL 以上。可見將太陽能板同時連接鉛蓄電池與沉水馬達時，能讓馬達運轉維持穩定電壓的狀態，在太陽光照度不足時，讓馬達依然能夠穩定運轉，有穩定且足夠的出水量。

三、遠端監控系統之研究結果

左圖是我們自行設計的手機操控畫面，當連結上藍芽時，就能看到回傳數值，能方便監控水溫變化數值，而 PH 值過高或過低能即時得知並開啟馬達運轉，電池容量是以回傳的電壓數值換算成電池剩餘容量，植物生長燈及馬達能夠以點選按鈕或聲控控制開啟，經由這些監控，我們就能營造一個適合魚菜生存的環境；而右圖為 Arduino 程式執行的部分畫面。



圖（三十八）自行設計的手機監控畫面



陸、討論

一、太陽能板選用與能源儲存及控制裝置設計

太陽是一切生命的根源，人類的生存不能沒有太陽。目前，雖然石油、煤礦等化石能源尚無立即耗盡的危機，但是因人類過度使用化石能源而排放的二氧化碳卻造成溫室效應，成為地球水溫持續升高的元兇。而我們正好位處亞熱帶，日照條件優良，而日照最烈時，即為太陽能板發電最大，或太陽能冷氣需求最大時，所以太陽能是台灣最值得推廣的再生能源。

（一）本研究使用單晶矽太陽能板

- 1.在電路上加裝充電控制器以防止馬達、鉛蓄電池使用時發生電流逆流的情況。
- 2.將太陽能板向南傾斜 30°擺放，以增加太陽光的直射機會，提升太陽能轉換效率。
- 3.將太陽能板單獨連結沉水馬達時，馬達的運轉狀況容易受到太陽光照度影響有很大差別，當照度低於 30000Lux 時，馬達功率低於 2W，出水量不足，甚至當照度低於 20000Lux，馬達無法運轉。
- 4.將沉水馬達與鉛蓄電池一起聯結太陽能板使用，太陽能板的能量同時輸出到馬達與鉛蓄電池，一方面能讓馬達穩定運轉，尤其在低照度時，仍能維持馬達運轉，進行水循環；同時也能使得電壓不斷增加，對鉛蓄電池持續進行充電。

二、植物水耕栽培與魚種養殖系統選用和建構

植物的生長除了養份的供給要充足以及溫濕度要適當之外，光照之強度與照射的時間長短，更是影響植物產量的最主要因素，由於每天的天氣都陰晴不定，故實驗時需投入較大量時間與心力，在選購太陽能板時需注意其轉換效率及成本問題，才可達到最大的經濟效益。

（一）本研究魚菜共生系統

- 1.因魚菜共生系統中之蔬菜採用水耕栽培，因此菜苗由土耕轉為水耕時，須將菜根清洗乾淨，以免出水水質夾帶過多泥沙，使水質看起來很髒。

改善方法：須將植物根部清洗乾淨

2.發泡煉石沒有壓密、石跟石之間空隙太多，最高水位雖然相同，但水量整體太多，導致菜根部泡爛，且未加裝定時器，水位及水量保持不變。

改善方法：重整發泡煉石，並將植物根部一半固定在最高水位以下，最低水位以上，

並安裝定時器，每 15 分鐘啟動一次馬達。

3.原本放置的菜跟魚放置數量的比例為 1：1 但是結果證明朱文錦的排氮量太高，但是菜吸收量沒那麼高，導致系統中硝酸鹽及亞硝酸鹽濃度增加太快，很快就到臨界值，便無法測量。

改善方法：減少魚隻數量或是增加菜苗量，我們得出魚菜的數量最佳比例調整為

1(魚)：5(菜)

三、遠端即時監控系統

由於每天手動檢測植物與魚類生存環境會耗費不少時間與精力，且若等到檢測出環境出現異常，恐怕已錯過改善的黃金時間，所以我們透過Arduino加裝感測器與App程式設計出遠端監控系統來進行魚菜共生系統的優化，透過智慧型手機，便可輕鬆達到即時監控的效果，營造出生物生長的適宜生存環境，既省時又省電，符合節能環保概念，是值得推廣的產品。

(一) 自動控制部分

- 1.自動啟動植物生長燈：透過 Arduino 與光敏電阻，在陰雨天時能自動開啟植物生長燈，補強照度之不足，增進植物生長。
- 2.自動啟動馬達：透過 Arduino 與 PH 感測器，當 PH 值過高或過低時，能自動開啟馬達運轉，增進水循環，改善水質，建構魚類較佳之生長環境。

(二) App 監控部分

- 1.透過 App 能監測水溫，即時得知水溫變化。
- 2.透過鉛蓄電池電壓之監控能換算顯示出剩餘電池之容量。
- 3.透過 App 能手動控制植物生長燈及馬達之運轉，以因應突發狀況。
- 4.透過 App 能聲控植物生長燈及馬達之運轉，以增加使用的便利性。

柒、結論

一、單晶矽太陽能板及魚菜共生之供電需求：沉水馬達連接太陽能板確實可以取代電力公司之電力。

二、魚菜共生系統：

（一）透過硝化作用確實可以減少對魚類有害之銨／氨濃度，提升生存環境。

（二）本實驗證明使用複合式魚菜共生系統，水耕植物可以達到與土耕對照組差不多的效果，但是魚菜共生系統帶來的效益卻遠高於對照組。

三、遠端監控系統：

（一）能遠距離監測植物與魚類的生長環境，並簡化手動檢測之繁瑣程序，以收省時省力之功效。

（二）即時反映生物生存環境的變化並透過程式設計進行自動化控制，能營造出適合魚菜生長的最佳環境，以降低魚菜的死亡率。

四、其他附加價值：

（一）本系統既可減少二氧化碳排放量，更能產出無毒魚菜之食物，達到節能減碳以及永續發展的效益。

（二）魚菜共生系統價格：1200 元→約為市價的 1/3。

複合式綠能魚菜共生系統：1200 元，單晶矽太陽能板：2400 元(一片 100 元)，鉛蓄電池：500 元，魚菜共生槽：200 元，DC 沉水馬達：380 元，充電控制器：299 元，定時器：150 元，朱文錦(魚種)：一兩 25 元(約 30 隻)，萵苣菜苗：一株 2 元。

加裝遠端監控系統：Arduino UNO+感測模組：2945 元→與市價差不多，但能達到更高效益。

本研究之遠端監控複合式綠能魚菜共生系統未來將可以應用在許多傳統農業上，同時也符合環保愛地球，以及增進人類食用安全與健康的複合效益，且還可以增加生產者之收入，因此實際使用方面其可行性是相當高的。

捌、參考資料及其他

- 一、林勛雄，萵苣栽培與管理。
- 二、丁永良、張明華、張建華、楊菁（1997），魚菜共生系統的研究，中國水產科學。
- 三、柏堂儀器有限公司，DATASTUDIO 科學工作室軟體操作手冊。
- 四、郭浩中、賴芳儀、蔡閔安、郭守義（2012），太陽能光電技術，台灣五南圖書有限公司
- 五、黃秉鈞（1845），生生不息的再生能源，台灣大學機械系，臺北。
- 六、蕭志欣（2010），太陽能電池應用於魚菜共生系統之建構與測試，國立勤益科技大學冷凍空調與能源系碩士班，臺中。
- 七、劉智生、洪儒生，太陽能電池的高效率化，臺灣科技大學化學工程系，臺北。
- 八、鄧文淵，App Inventor 2 專題特訓班。
- 九、趙英傑（2015），超圖解 Arduino 互動設計入門2，臺北。
- 十、程晨（2013），Arduino 互動設計入門與應用，臺北。
- 十一、方煒，本省溫濕度及太陽輻射量與作物之需求，台大農機系，臺北。
- 十二、Arduino 傳兩筆資料到 Android 手機 <http://blog.cavedu.com/programming-language/appinventor/%E9%9B%99a%E8%A8%88%E7%95%ABpart6%E7%BC%9Aarduino-%E5%82%B3%E5%85%A9%E7%AD%86%E8%B3%87%E6%96%99%E5%88%B0-android-%E6%89%8B%E6%A9%9F/>

【評語】 052312

太陽能板搭配直流沉水馬達，結合 Arduino 和 AppInventor2，建立遠端監控的太陽能魚菜共生系統，藉由實驗探討太陽能板應用於精緻農業上之可行性及環境參數對實際魚產與蔬果收穫量的影響。作品考慮能源整合、水資源、遠端監控、自動化及農漁業等元素，有很好的實驗探討，具實用性及整合性。