

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

第三名

030819

3D 清川綠能監測浮島

學校名稱：臺北市立大安國民中學

作者： 國二 吳政紘	指導老師： 溫立翔
-------------------	------------------

關鍵詞：太陽能、水質、智慧型感控

3D 清川綠能監測浮島

摘要

台灣近幾十年來由於工業以及都市不斷的建設和擴張，工業廢水量大增，帶來了河川、水庫污染問題；而「水」卻又是我們人生活中不可或缺的資源「水是地球上的任何生物、生命體的必需物質，由此得知河川、水庫淨化與水質監測之重要，處理水質污染已是刻不容緩的事。由於『布袋蓮』具有廢水處理的功能，此乃由於其對水中之物質，具有強烈的吸收能力。基於此點，我們就利用布袋蓮的特別性加以運用，以處理河川廢水中的重金屬。

因此，決定製作一座利用太陽能供電模組，具有嵌入式智慧型感控功能，且可自行移動的『3D 清川綠能監測浮島』，利用水生植物淨化水質的功能，達到淨化河川、水庫與遠端監測水質的效果。得一兩全其美的方法，為這次研究之目的。

一、研究動機

為了解決河川與水庫的水質污染問題，本研究希望整合各種現成的 IT 產品，運用『太陽能供電』、『水生植物淨化水質』、『氣泡自動供給活化水質』、『智慧型感控』、『遠端監控』、『太陽能板追日』等技術，一方面利用水生植物特殊的淨化河川水質的功能，使用乾淨的太陽能模組，除了可以啟動氣泡自動供給活化水質，透過『智慧型感控』程式的判別，隨時移動到河川或水庫污染嚴重的區域做淨化水質處理，並即時監測河川、水庫 PH 水質，提供遠端手動遙控浮島的行動路徑，以達到全天候運轉之河川、水庫生態環境保護的目標。

浮島功能簡介：

- (1.) 浮島的主控電腦採用輕薄短小的『Arduino Mega 2560 微處理器』取代，將整個機體的重量降到最低。
- (2.) 浮島配備四旋翼，除了可以透過動力馬達航行於河流中，必要時可讓整座浮島升空，快速移動到河川或水庫的任何位置。四旋翼同時配合 CDD 攝影鏡頭及無線 ZigBee 通訊模組，可遙控飛行至『遠端定點感測設備』位置，透過無線通訊的方式，讀取定點感測設備的資料帶回浮島，擴大浮島監測距離，將功能提升成為『移動式遠端監測系統』。

- (3.) 浮島的通訊長距離 Zigbee 模組：

平台	XBee S2 2mW Zigbee	備註
性能		
無線射頻通訊速率	250 Kbps	
戶內通訊距離	133 ft (40 米)	
戶外通訊距離	400 ft (120 米)	
發送功率	1.25mW(+1 dBm) / 2mw(+3 dBm)	
接收靈敏度	-96 dBm	
特點		
通訊埠	3.3V CMOS UART	
配置方式	API 或 AT 命令	
工作頻率	2.4GHz	
通訊速率	1200 bps ~ 1M bps	目前採用 19200 bps

資料來源：（參考資料十一）

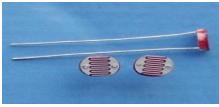
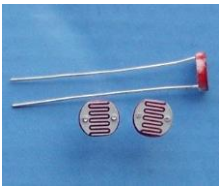
二、研究目的及方法

為了能夠造出一部可以電力自給自足、全天候運轉且又可以清除河川污染的智慧型浮島，所以將實驗劃分成幾個不同的功能進行：

- (1.) 水質 PH 監測
- (2.) 太陽能板發電
- (3.) 充電電池蓄電儲能
- (4.) 智慧型感控
- (5.) 氣泡打氣機自動供氧
- (6.) 遠端監控
- (7.) 太陽能板追日

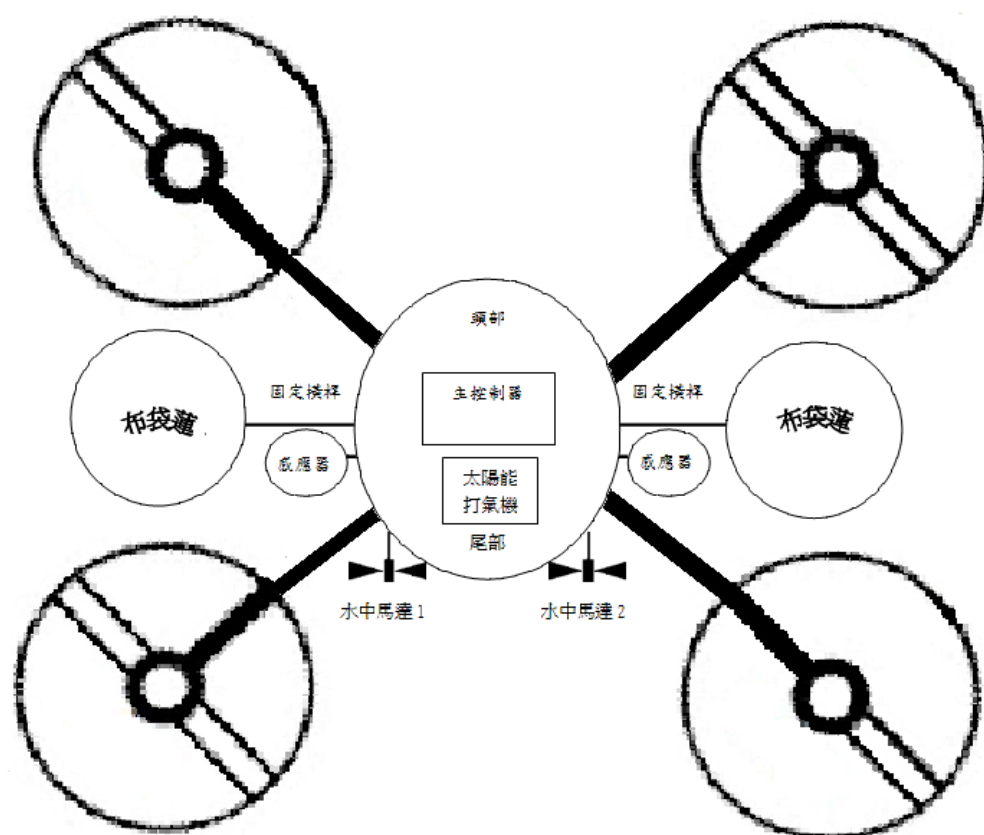
三、研究設備及器材

項次	設備及器材	數量	相片	備註
1	保麗龍盒	1		3D 清川綠能監測浮島的本體
2	主控電腦 (Arduino Mega 2560)	1		3D 清川綠能監測浮島的主控電腦
3	四路繼電器	3		切換開關： (1) 左側水中馬達 (2) 右側水中馬達 (3) 太陽能打氣機
4	Zigbee 通訊模組	2		XBee S2 2mW Zigbee
5	四旋翼	1		3D 飛行機體零件
6	氣泡打氣機	1		提供水中的溶氧

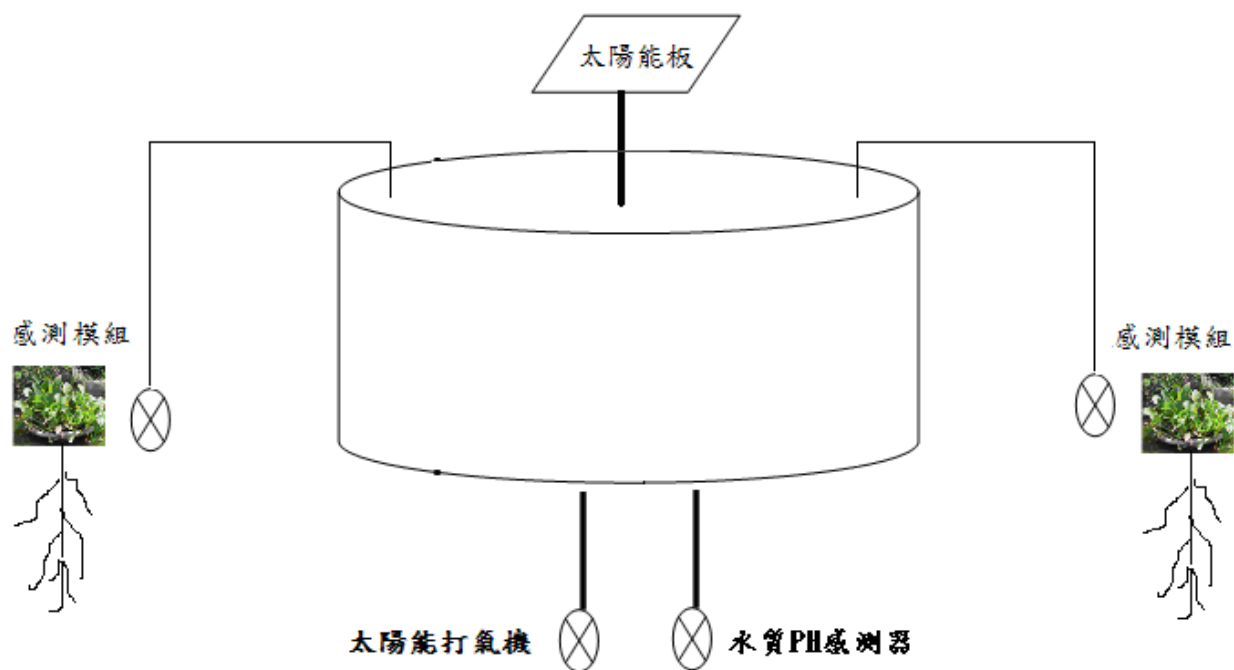
7	水中馬達	2		3D 清川綠能監測浮島的主要動力馬達
8	太陽能板	3		搭配太陽能追日系統
9	低自放電充電電池	3		搭配太陽能追日系統
10	水質 PH 感測器	1		監測水質 PH 值
11	水質濁度感測模組	2		使用光敏電阻感測
12	布袋蓮	1		利用發達地下莖的根部效應，達到淨化水質的效果
13	三用電錶	1		電力量測工具
14	追日系統-光敏感應器	4		感應光線強度
15	伺服馬達	2		控制太陽能板追日移動、旋轉所需的機械動作

16	二極體	3		允許電流由單一方向流過，防止 充電電池對太陽能板逆向放電
17	無線攝影機	1		遠端視訊監控

俯視圖



側視圖



四、相關資料

水生植物淨化水質的功能（參考資料一、二、三、四）

- （a.）布袋蓮因為具有相當高的繁殖生長及適應能力，在廢水處理上布袋蓮可以抑制藻類的生長，同時降低水面的擾動；根部可以降低水平流速有助於顆粒的沈降，藉由布袋蓮對營養鹽作同化，去除水中的營養鹽，同時也會吸附污染物並提供生物膜生長等等。
- （b.）植物能去除污染物是因為具有根面效應。也就是植物可藉由將氧氣傳輸至根部，使得附近土壤成為好氧區，而其他區域的土壤成為厭氧區。再由根部附近的微生物進行同化作用及異化作用，進行硝化及脫硝作用及磷的化學沉澱，此一輪養至根部而形成根部好氧區的功能，我們稱之為根部效應。此效應會促使溼地中的營養鹽物質去除，而能達到淨化水質的效果。
- （c.）一般水生植物都有將氧傳輸至根部的能力。水生植物的地下莖相當發達，所以有較大的空間來傳導空氣，將氧氣傳至根部，形成圍繞根部土壤的好氧區。因此若水生植物的地下莖數目越多，則土壤好氧區的形成越多，而所提供的氧氣也增加許多，也更能利於硝化作用的產生，微生物的同化作用及化學氧化還原反應的形成。所以，水生植物根區會影響傳輸氧氣的效率，也將會影響到硝化反應的發生，因此影響水中氨氮的去除效果。

水質標準（參考資料五）

當水中含有懸浮物質，就會造成混濁度，使光線通過時產生干擾。在水質上，我們可以濁度來表現水質的混濁程度。基本上，濁度是一個水樣之光學性質，水質中有懸浮物質存在時，可散射光線，其散射強度與懸浮物質之量及性質有關。會造成混濁度的懸浮物質，種類相當多，諸如黏粒、粉粒(silt)、有機物、浮游生物、微生物等，其大小從小的膠狀分子，(1~100 奈米)到大而分散的懸浮物質不等。

在河川上游，降雨時，許多土壤因沖蝕作用而進入河川，土壤的礦物質部分及有機質部分均會導致水體中濁度的增加；河川中下游，常有工業廢水及都市廢水流入，廢水中的各類有機物或無機污染質，亦均無可避免地會增加河川之濁度，尤其在有機物流入河川後，會促進細菌與其他微生物的生長，更增加了混濁度，此外，農田施肥後之排水或養豬廢水流入河川中，會使河川中氮，磷成分增加，造成優氧化，刺激藻類大量生長，其結果是水中濁度的增加。由上述可知，引起水中濁度增加的物質，將影響環境工程上淨化程序是否合適，增加工程上的難度。

水質溶氧標準（參考資料六）

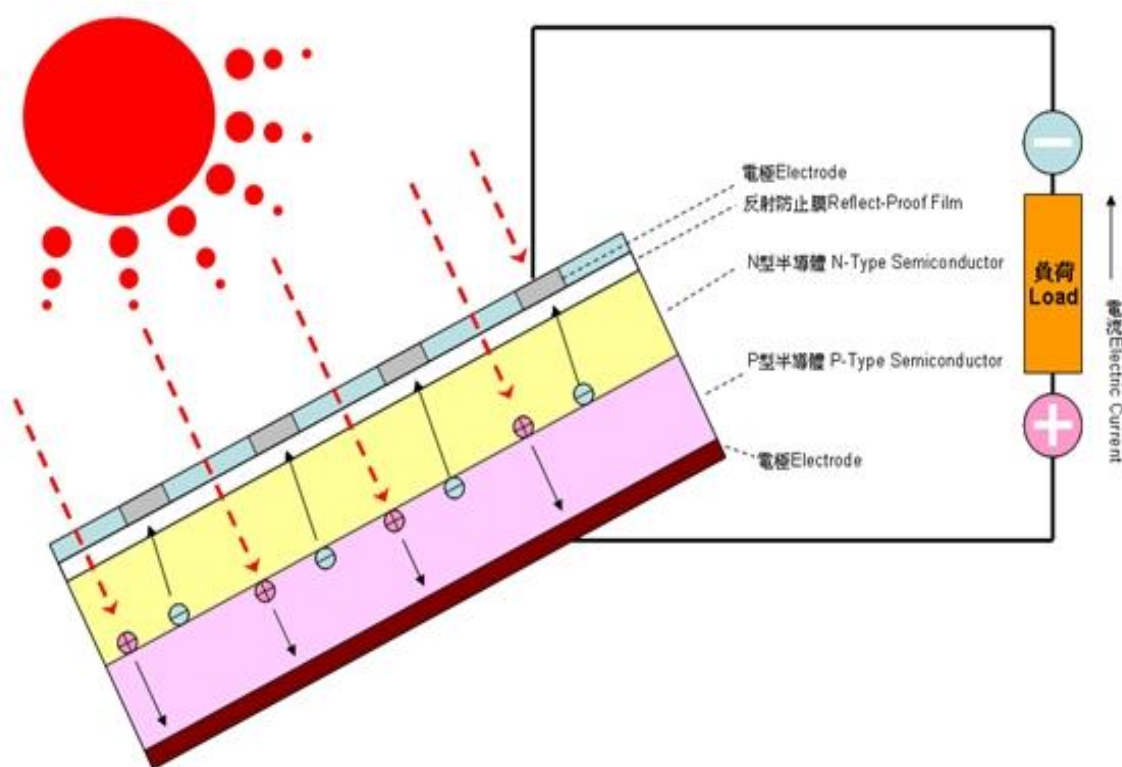
水中的氧可能來自大氣的溶解，以及水生植物的光合作用。氧在水中的溶解度有限，在 20°C 的純水中飽和溶解氧僅有 9.2mg/l，實際水中的溶氧，因受種種因素的控制，非但不能達到飽和，甚至污染的水，由於有機物的為細菌所分解，需要耗用水中的溶氧，

而使水中造成缺氧對於河川的自淨作用，魚類的生長，水的利用影響極大，為水污染方面的一項重要的指標。

一般認為溶氧是判斷河川污染指標最重要的指標參數，而且專家學者一致給溶氧最重要之評點。於公共給水水源方面，水中含有較高溶氧，表示水質純淨，並有助於氨氮之硝化作用，以減少消毒之加氯量。一般水體須保持一定的水準，以提供魚類及其他水中生物良好的存活和生長環境。若水溶氧低於 3.0mg/L 會對大部份魚類有害。所以溶氧一般最好能維持在 5.0mg/L 以上，以利魚類生長。此外水中溶氧太低，會使水環境成厭氣狀況，而發生臭味。

太陽能發電原理（參考資料十）

太陽能發電就是光照射到材料上所造成的「光起電力」行為，利用太陽電池上的矽晶吸收 $0.4\mu\text{m}\sim 1.1\mu\text{m}$ 波長的太陽光，透過 P 型半導體與 N 型半導體使其產生電子(負極)與電洞(正極)，同時分離電子與電洞產生壓降，再經由導線傳輸到負載，以達成發電。



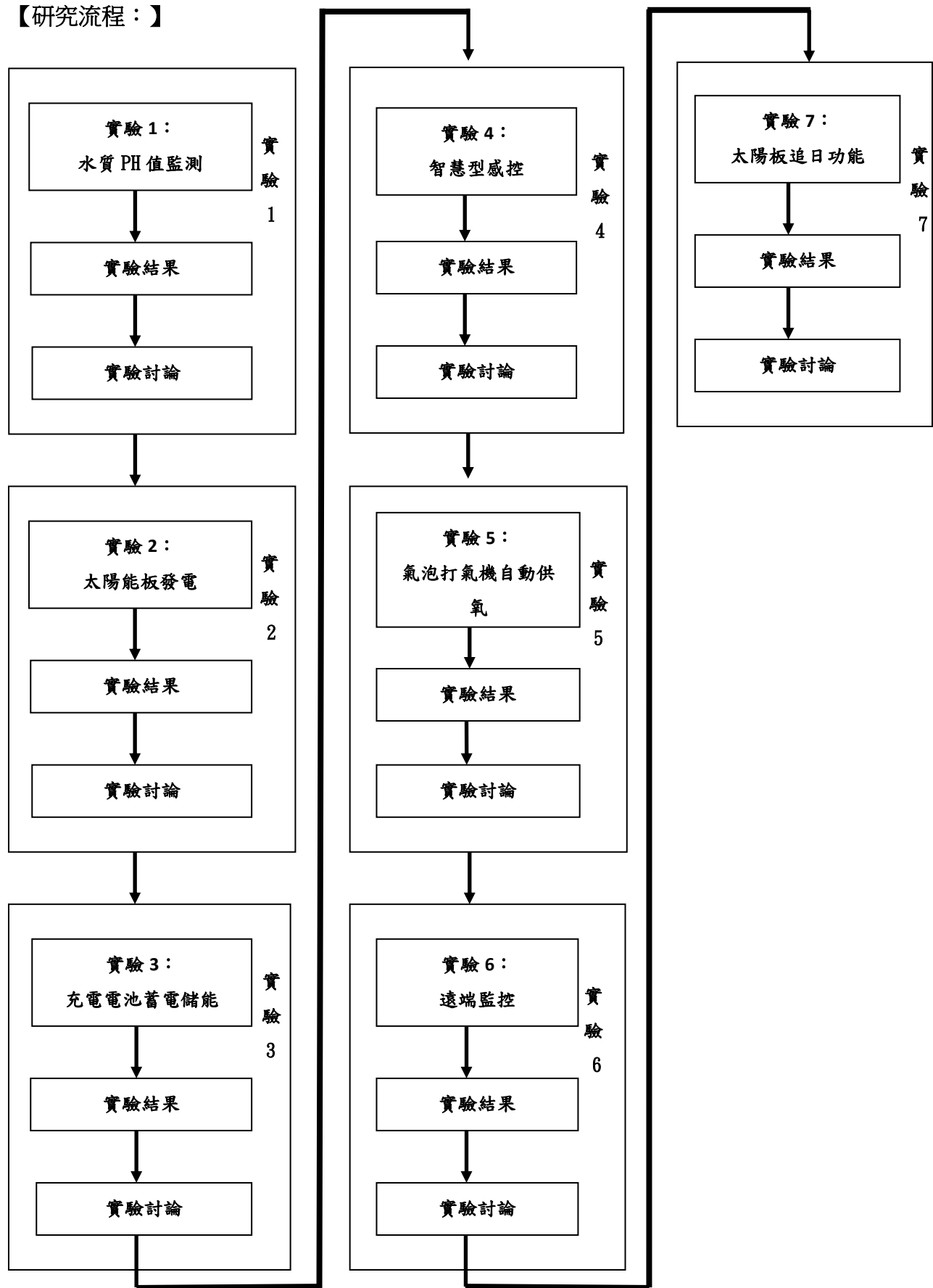
太陽能電池，大致上可分晶圓與薄膜兩大型。目前主流的太陽能電池為單晶矽，轉換效能約 17%。至於次世代的薄膜太陽能，據了解，將會是未來開發的重點方向。單晶矽與薄膜式太陽能電池主要差異在於室內轉換效能，單晶矽太陽能電池在室內使用時，轉換效能將衰減到室外的十分之一，但薄膜式太陽能電池，室內與室外的轉換效能差異並不大。主要因素在於光譜，室外光為全波段，室內光缺少了紅外線光譜，單晶矽太陽能少了紅外線光譜時，轉換效能就大為退化，但薄膜式太陽能並不會有此問題，因此室內與室外的轉換效能差異並不大。但目前薄膜式太陽能電池轉換效能只有約 5%，且生產成本仍高於單晶矽，因此目前太陽能電池主流仍為單晶矽的天下。

低自放充電電池（參考資料九）

所謂的低放電充電電池是相較於一般的充電電池而來的.首先,充電電池在閒置的過程中,電力會逐漸消失在空氣中一般的充電電池在放置半年後將會只剩下 85%的電力,且在之後急速下降,於一年後消耗殆盡.這其實是相當不方便且不環保的.後來廠商就發明一種低放電的充電電池,這種充電電池可以大幅降低閒置時的自放電率,因此可以存放較久的時間而電量也不會白白浪費。

五、研究過程及方法

【研究流程：】



【實驗1：水質PH監測】

實驗目的：實驗3D清川綠能監測浮島具備水質PH質監測功能

實驗器材：Arduino Mega 2560主機、水質PH感測器、蒸餾水、鄰苯二甲酸氫鉀 緩衝劑、混合磷酸鹽 緩衝劑、四硼酸鈉緩衝劑

實驗步驟：3D清川綠能監測浮島裝置水質PH感測器

步驟1：使用蒸餾水、鄰苯二甲酸氫鉀 緩衝劑、混合磷酸鹽 緩衝劑、四硼酸鈉緩衝劑調製各為250ml。

溶液類別	蒸餾水	鄰苯二甲酸氫鉀 緩衝劑	混合磷酸鹽 緩衝劑	四硼酸鈉 緩衝劑
PH值	7	4.003	6.864	9.182
溶液容量	250ml	250ml	250ml	250ml

步驟2：將水質PH感測器連接上Arduino Mega 2560主機後，水質PH感測器的感應電極分別置入蒸餾水、鄰苯二甲酸氫鉀、混合磷酸鹽、四硼酸鈉四種溶液中，讀取Arduino Mega 2560主機的量測數據。

步驟3：將Arduino Mega 2560主機的量測數據帶入水質PH感測器的量測公式：
$$\text{PH值} = 3.5 * (\text{Arduino Mega 2560主機的量測數據}) * 5 / 1024$$

實驗結果：

溶液類別	蒸餾水	鄰苯二甲酸氫鉀	混合磷酸鹽	四硼酸鈉
量測數據	410	234	401	537
公式換算出PH值	7.01	3.999	6.853	9.177
實際PH值	7	4.003	6.864	9.182
誤差值	1%	00.4%	00.7%	0.5%

實驗討論：

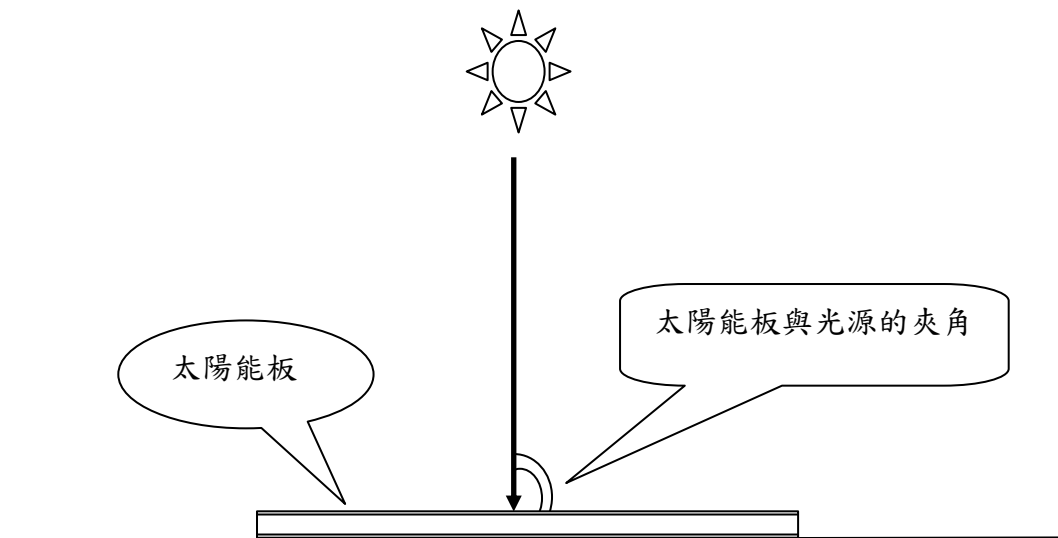
主機上的水質PH感測器可以讀取不同水質的PH值，誤差值在1%內。

【實驗2：太陽能板發電】

實驗目的：探討太陽照射角度對太陽能板發電的影響

實驗器材：太陽能板、量角器、三用電錶

實驗步驟：將太陽能光源照射在太陽能板上，用三用電表量取太陽能板的輸出電壓並記錄下來，依序調整太陽能板與太陽的角度為 0° 、 30° 、 45° 、 75° 、 90° ，分別記錄下太陽能板的輸出電流。



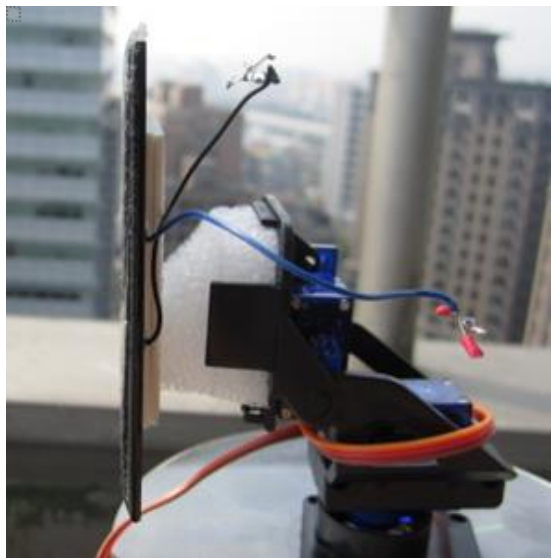
實驗結果：

太陽能板傾斜角度	0°	30°	45°	75°	90°
太陽能板輸出電壓(V)	0	0.678	1.405	1.638	1.697

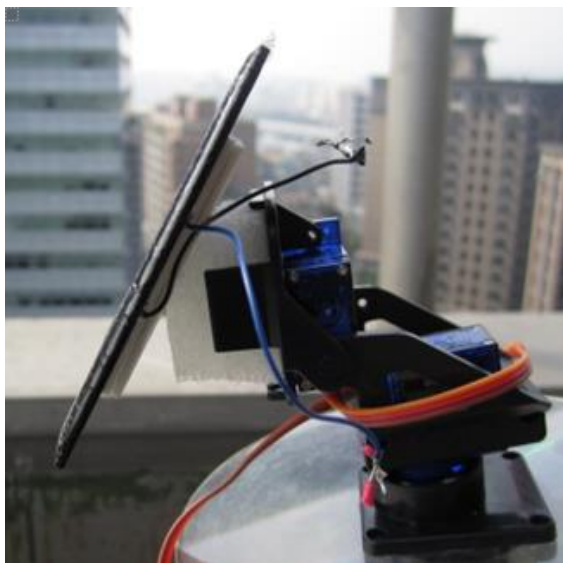
實驗討論：

太陽能板經由太陽照射後，產生出來的電能受日照的角度影響很大，發電量由小到大依序為： $0^{\circ} < 30^{\circ} < 45^{\circ} < 75^{\circ} < 90^{\circ}$

0度



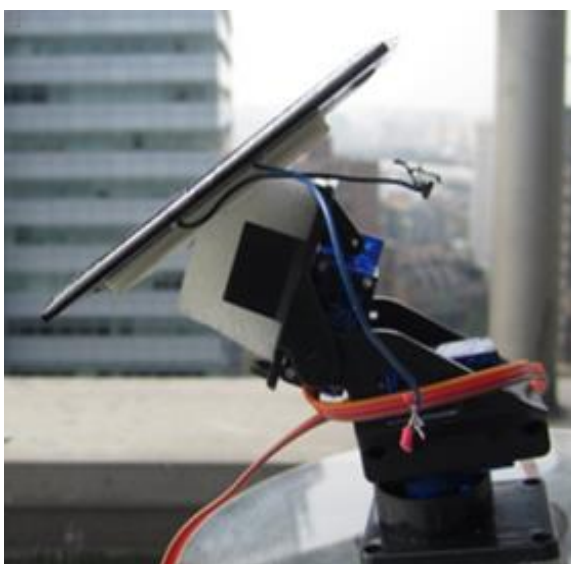
30度



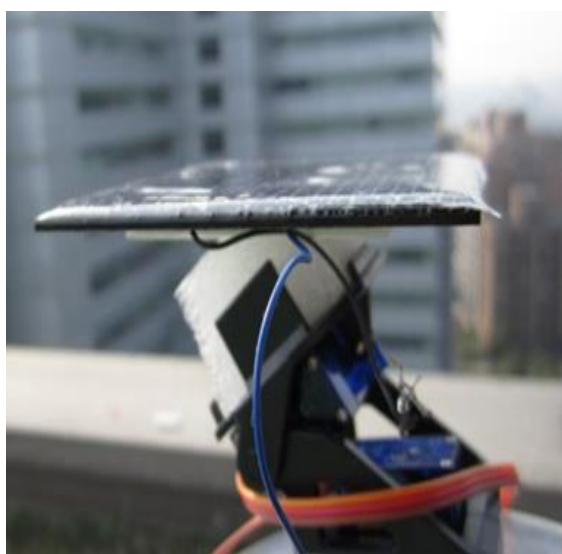
45度



75度



90度



【實驗3：充電電池蓄電儲能】

實驗目的：實驗充電電池可以接受太陽能板充電儲能

實驗器材：太陽能板、充電電池、三用電錶

實驗步驟：

步驟1：充電電池未接太陽能板，用三用電錶量取充電電池的輸出端電壓並記錄。

步驟2：充電電池接上太陽能板，在太陽光下照射1小時，用三用電錶量取充電電池的輸出端電壓並記錄。

步驟3：充電電池接上太陽能板，在太陽光下照射2小時，用三用電錶量取充電電池的輸出端電壓並記錄。

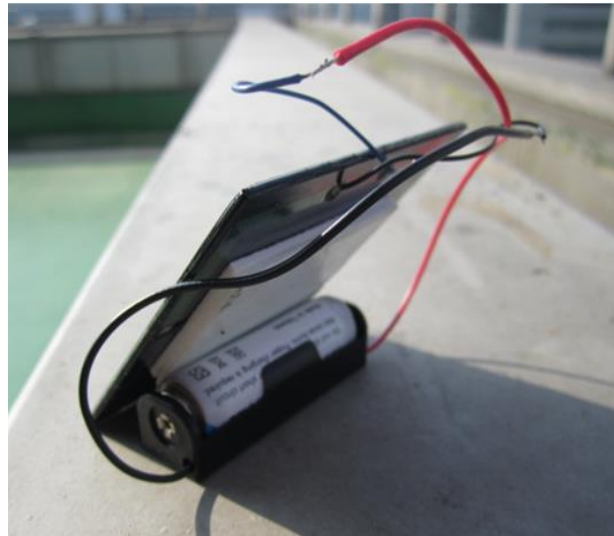
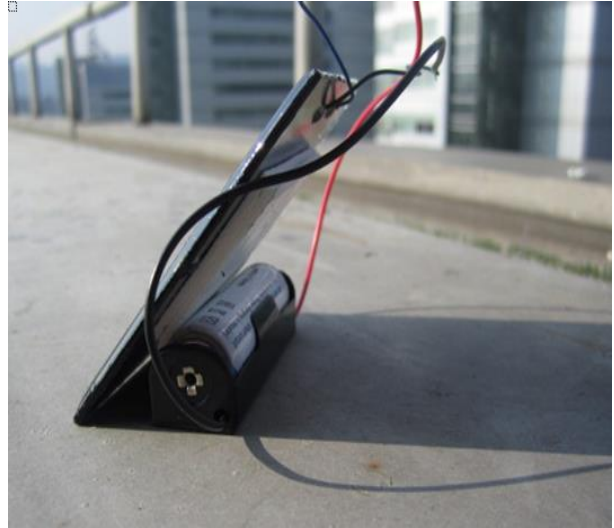
步驟4：充電電池接上太陽能板，在太陽光下照射3小時，用三用電錶量取充電電池的輸出端電壓並記錄。

實驗結果：

太陽能照射時間	未接太陽能板	接太陽能板 太陽光照射 1小時	接太陽能板 太陽光照射 2小時	接太陽能板 太陽光照射 3小時
量測充電電池電壓 (V)	1.256	1.351	1.373	1.404

實驗討論：

充電電池接太陽能板後，隨著太陽能照射的時間增長，電壓逐漸上升，代表充電電池具備儲能功能，且能量隨著太陽能板吸收太陽能後轉換為電能的時間加長而逐漸提升。



【實驗4：智慧型感控】

實驗目的：實驗3D清川綠能監測浮島具備智慧型感控，導引主體移動並能判別啟動氣泡打氣機

實驗器材：Arduino Mega 2560主機、光源感應器、馬達、扇葉、氣泡打氣機、充電電池、二極體

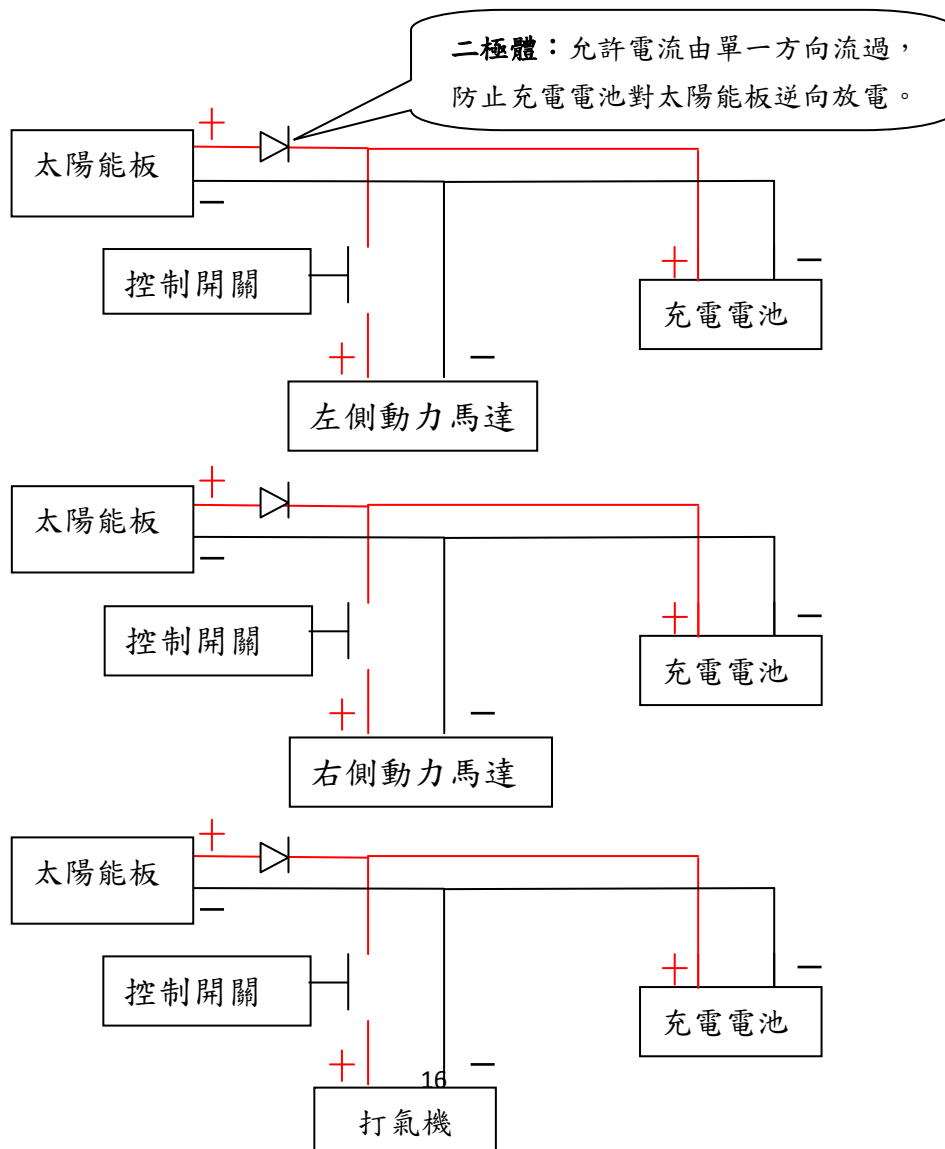
實驗步驟：3D清川綠能監測浮島兩側裝置光源感應器（模擬水質濁度感應器）

步驟1：用黑色紙板遮住左邊光源感應器（模擬左邊呈現水質濁度反應偏高、右邊呈水質濁度反應正常），觀察左右2顆動力馬達的動作。

步驟2：用黑色紙板遮住右邊光源感應器（模擬左邊呈現水質濁度反應正常、右邊呈水質濁度反應偏高），觀察左右2顆動力馬達的動作。

步驟3：用黑色紙板遮住左右2邊光源感應器（模擬左邊呈現水質濁度反應偏高、右邊呈水質濁度反應偏高），觀察左右2顆動力馬達的動作。

接線方式：



實驗結果：

步驟1：用黑色紙板遮住左邊光源感應器（左邊呈現水質濁度偏高、右邊呈水質濁度正常）

觀察結果：左邊馬達停止，右邊馬達開始運轉10秒後，左右2顆馬達同時運轉，直到移除黑色紙板。3D清川綠能監測浮島判別左邊污染嚴重，所以控制馬達向左移動。

步驟2：用黑色紙板遮住右邊光源感應器（左邊呈現水質濁度正常、右邊呈水質濁度偏高）

觀察結果：右邊馬達停止，左邊馬達開始運轉10秒後，左右2顆馬達同時運轉，直到移除黑色紙板。3D清川綠能監測浮島判別右邊污染嚴重，所以控制馬達向右移動。

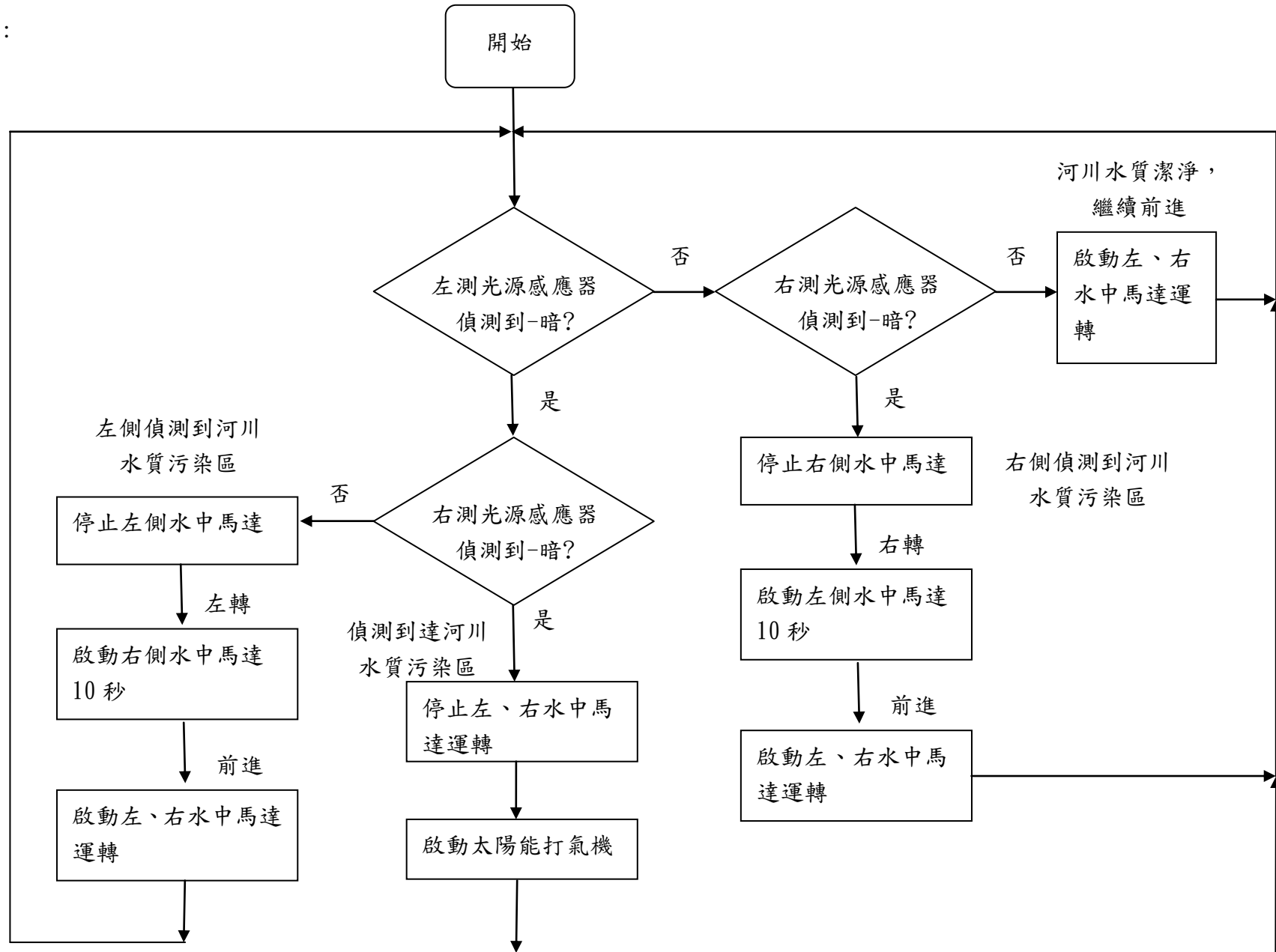
步驟3：用黑色紙板遮住左右2邊光源感應器（左邊呈現水質濁度偏高、右邊呈水質濁度偏高）

觀察結果：左右2顆動力馬達停止運轉，太陽能打氣機啟動運轉。3D清川綠能監測浮島判別目前處在河川污染嚴重處，停止移動，水中活氧打氣機運轉輸送氧氣，同時『布袋蓮』的根系也在清除水體中的氮、磷元素，發揮淨化水質的功能。

實驗討論：

主機上的人工智慧程式可以讀取外部光源感應器的訊號，做出正確的判別，再將結果控制馬達輸出動作。

判斷邏輯：



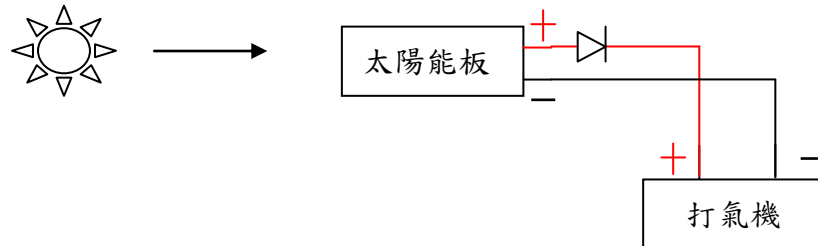
【實驗4：氣泡打氣機自動供氧】

實驗目的：實驗在有太陽照射時，可以直接啟動太陽能氣泡打氣機，沒有太陽照射時，則由充電電池供電給太陽能氣泡打氣機

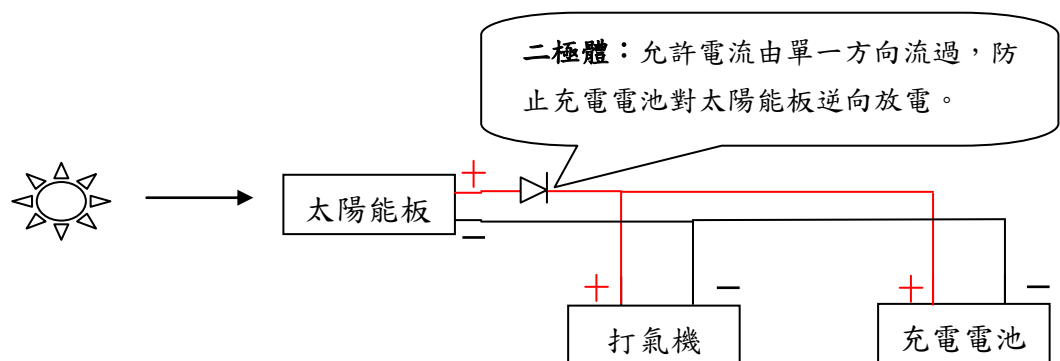
實驗器材：太陽能板、太陽能氣泡打氣機、充電電池、二極體

實驗步驟：

步驟 1：將太陽能板、太陽能氣泡打氣機如下圖並聯一起，並利用太陽光照射太陽能板，觀察打氣機是否運作。遮住太陽能板，觀察打氣機是否運作。



步驟 2：將太陽能板、太陽能氣泡打氣機、充電電池如下圖並聯一起，並利用太陽光照射太陽能板，觀察打氣機是否運作。再遮住太陽能板，觀察打氣機是否運作。



實驗結果：

步驟1：以太陽光照射太陽能板時，太陽能打氣機正常運作。若遮住太陽能板，則太陽能打氣機停止運作。

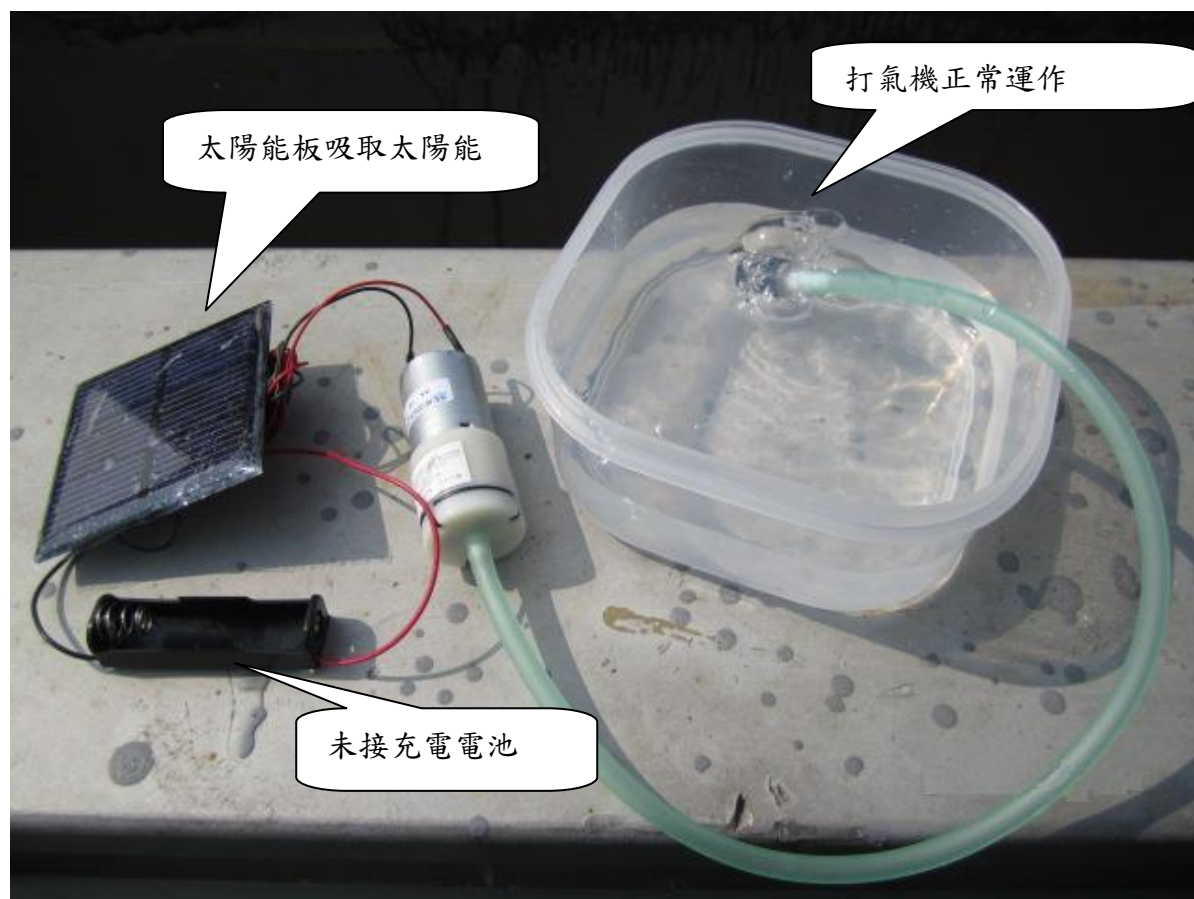
步驟2：以太陽光照射太陽能板時，充電電池如下圖並聯，太陽能打氣機正常運作。若遮住太陽能板，則太陽能打氣機一樣正常運作。

實驗討論：

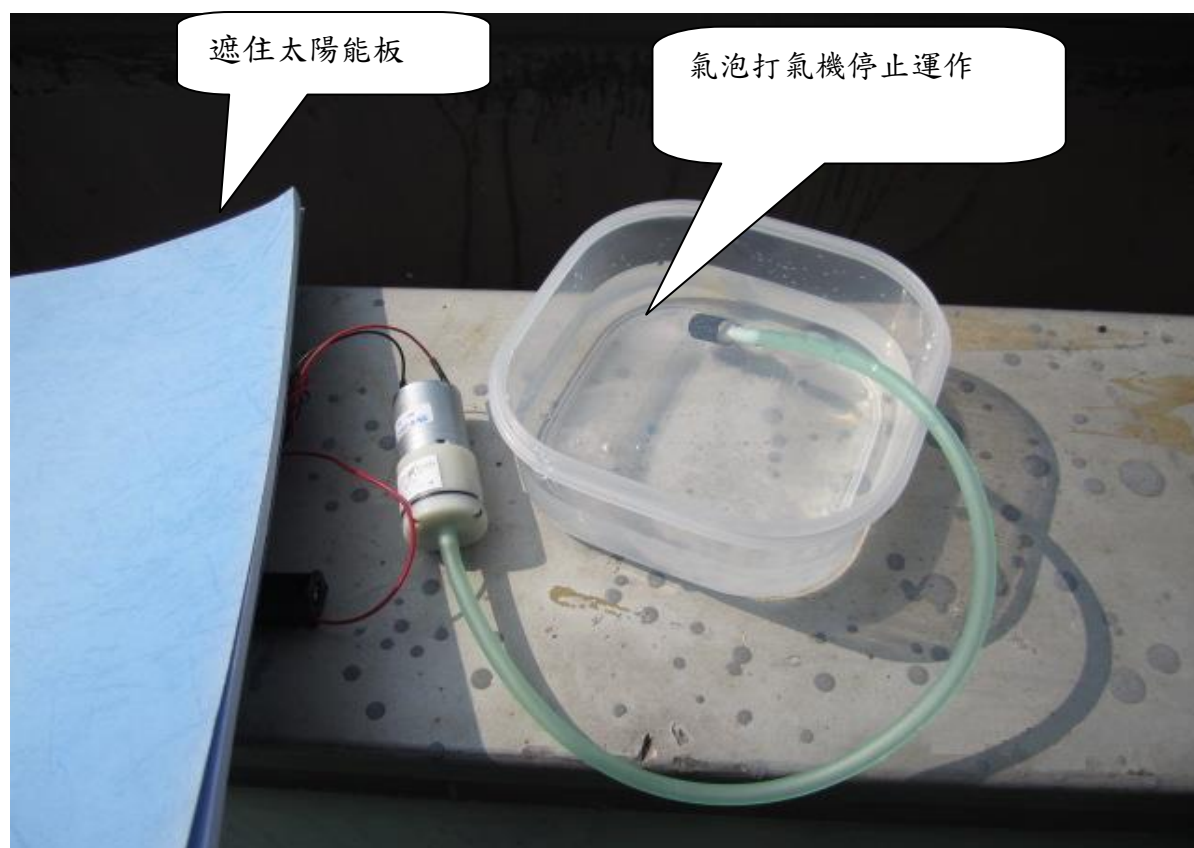
氣泡打氣機依賴太陽能板提供電力來運轉，一旦遮住太陽能板如同失去太陽能動力，太陽能打氣機即馬上停止運作。

併上充電電池後，若是氣泡打氣機失去太陽能動力（遮住太陽能板），會由充電電池持續輸出電能，最後結果是氣泡打氣機依然正常運作。

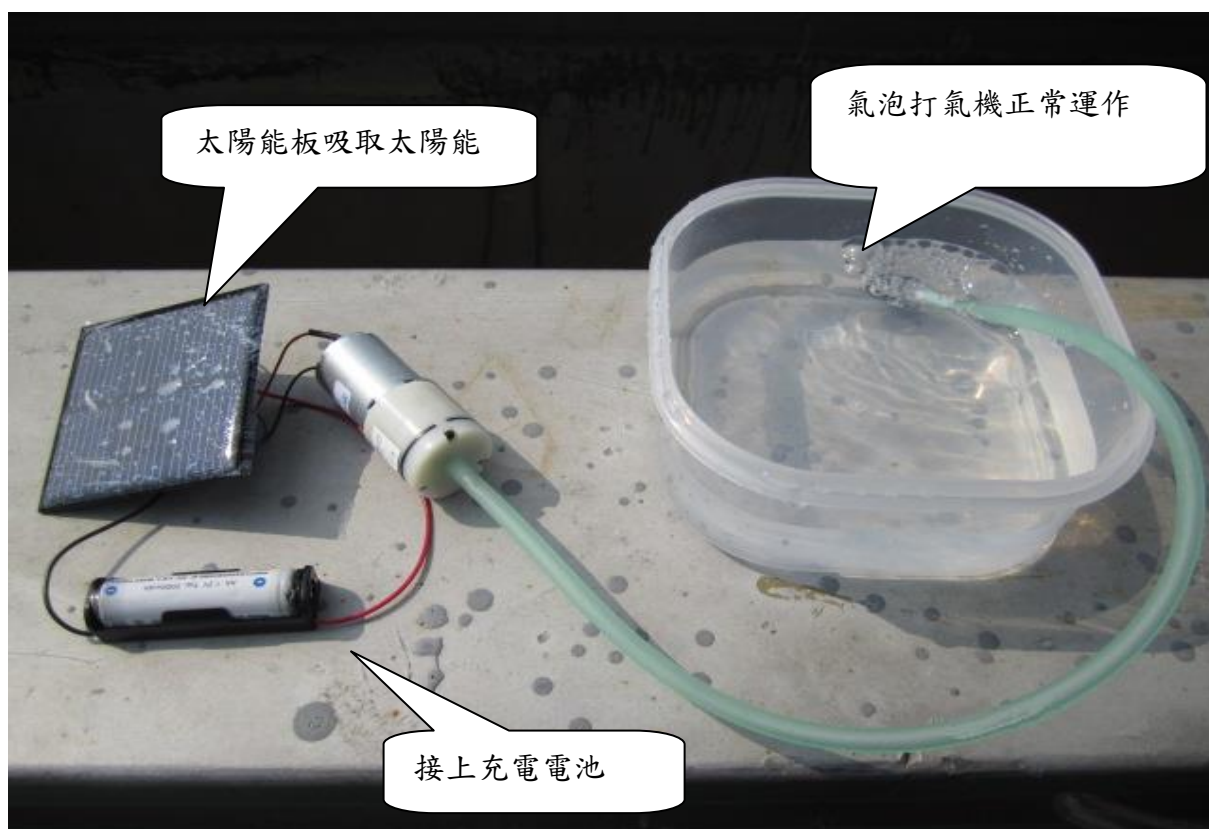
以太陽光照射太陽能板時，氣泡打氣機正常運作



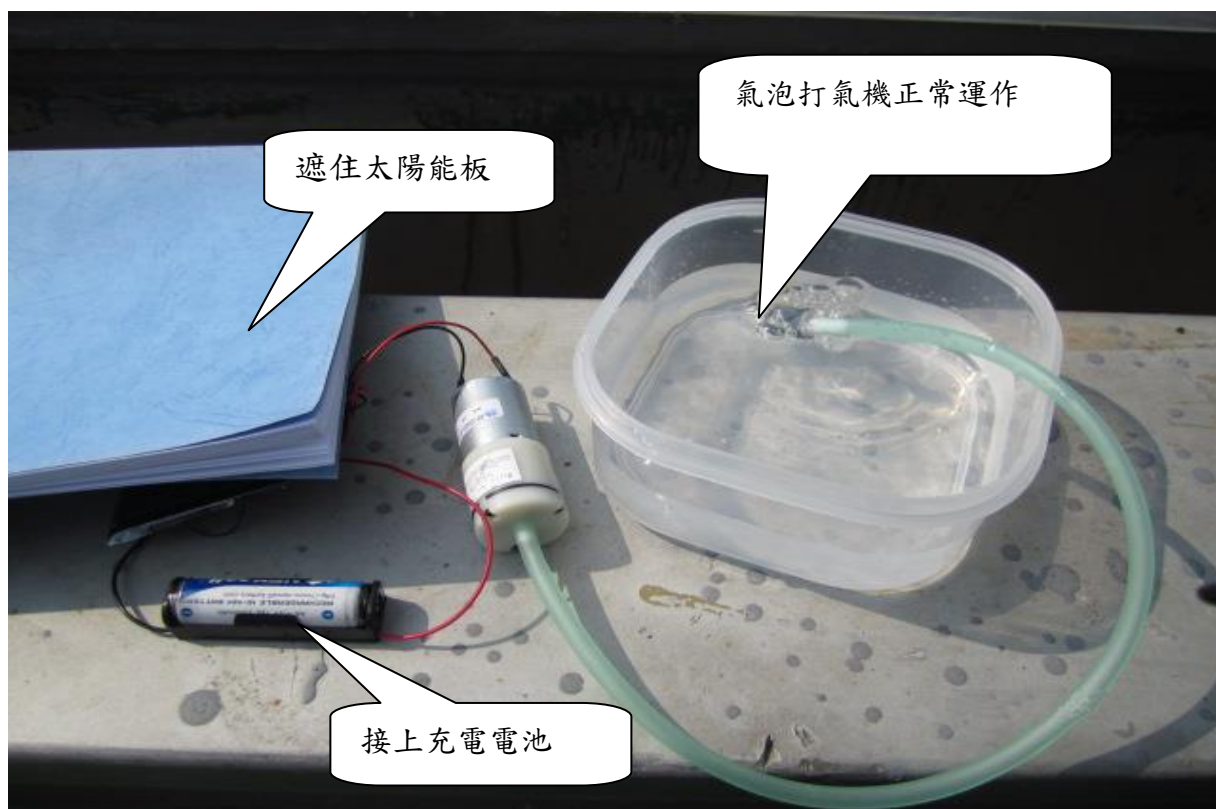
遮住太陽能板，則氣泡打氣機停止



以太陽光照射太陽能板時，並聯上充電電池，太陽能打氣機正常運作



遮住太陽能板，並聯上充電電池，氣泡打氣機正常運作



【實驗5：遠端監控】

實驗目的：實驗可以在遠端透過Zigbee無線通訊，遙控3D清川綠能監測浮島移動並監測水質PH值。

實驗器材：筆記型電腦、主機、氣泡打氣機、水質PH感測器、馬達、扇葉、無線攝影機、無線影像接收器

實驗步驟：

步驟1：開啟筆記型電腦並與主機做Zigbee無線連線。

步驟2：執行Zigbee控制程式，操作程式中的前進、左轉、右轉、啟動打氣，觀察『3D清川綠能監測浮島』的動作。

步驟3：觀察『遠端視訊』及水質PH值是否可即時傳回筆記型電腦。

實驗結果：

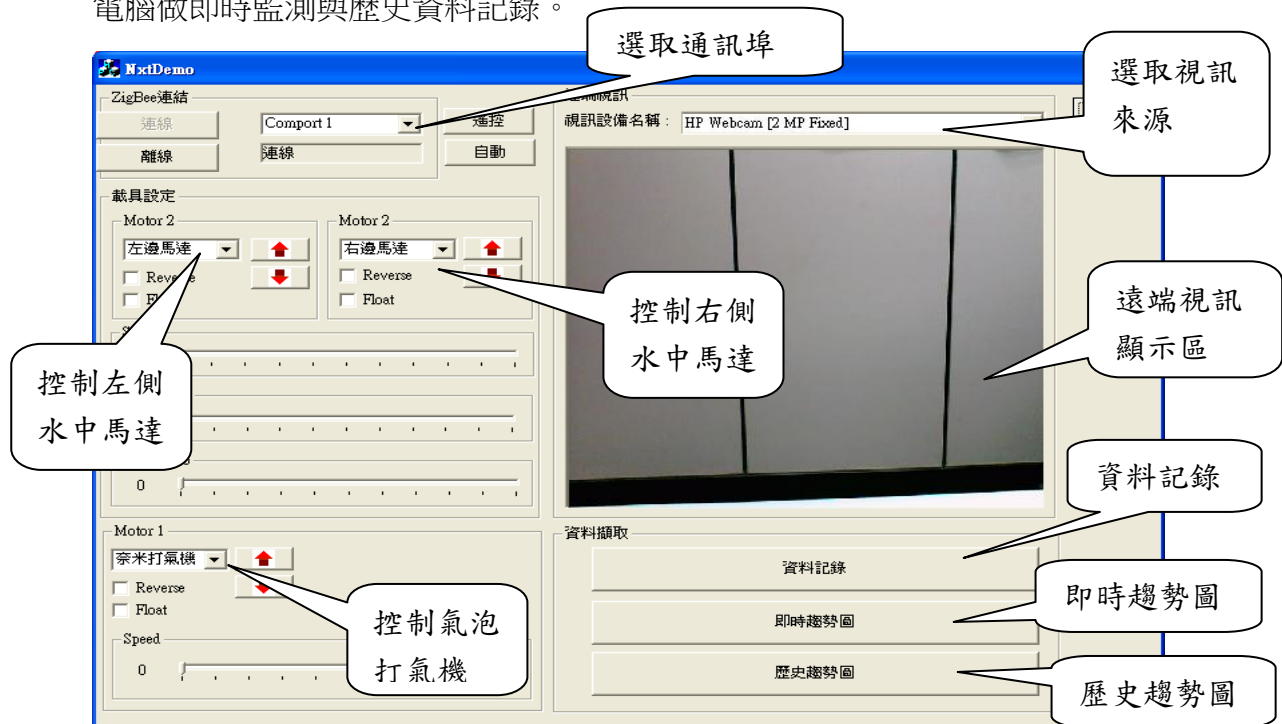
步驟1：筆記型電腦與『3D清川綠能監測浮島』Zigbee無線通訊連線正常。

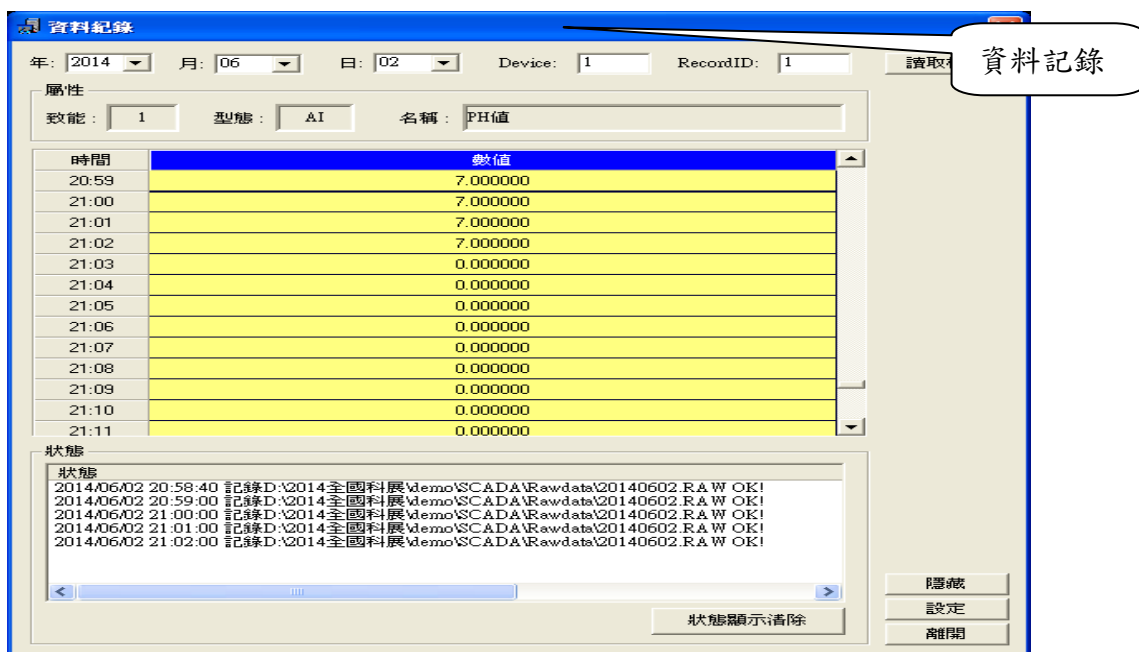
步驟2：『3D清川綠能監測浮島』會隨著Zigbee控制程式的命令前進、左轉、右轉、啟動打氣。

步驟3：『遠端視訊』、『左側光源感測值』、『右側光源感測值』及『水質PH值』可即時傳回筆記型電腦。

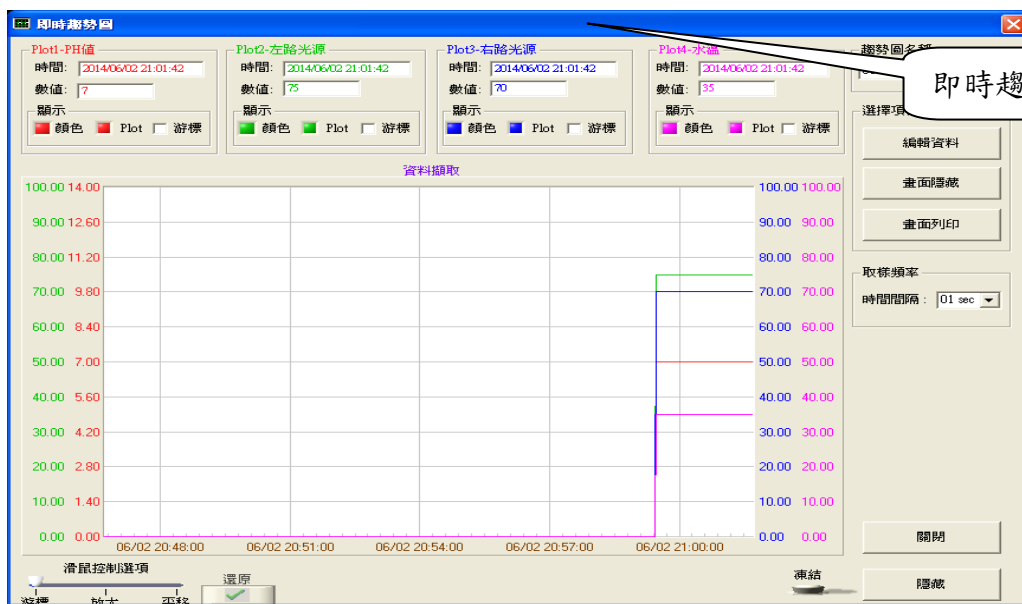
實驗討論：

因為『3D清川綠能監測浮島』具備Zigbee無線通訊功能，可由遠端的筆記型電腦做無線遙控等動作並將『左側光源感測值』、『右側光源感測值』及『水質PH值』傳回電腦做即時監測與歷史資料記錄。

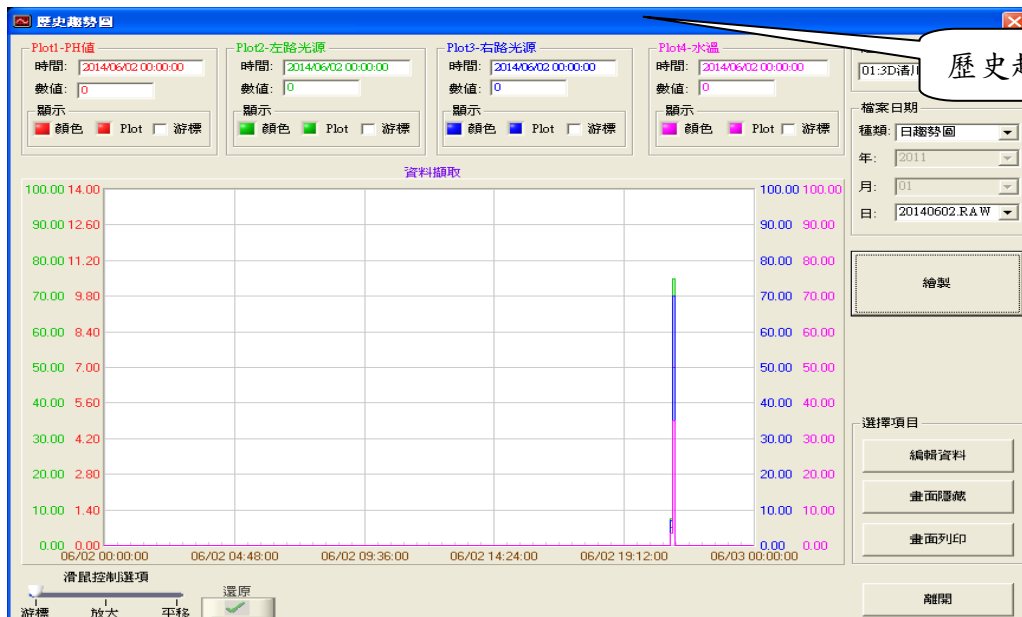




資料記錄



即時趨勢圖



歷史趨勢圖

【實驗6：太陽能板追日】

實驗目的：實驗3D清川綠能監測浮島的太陽能板可以跟隨太陽的位置移動角度

實驗器材：太陽能板、光敏感應器、伺服馬達、燈光

實驗步驟：

步驟1：燈光模擬太陽照射在太陽能板上。

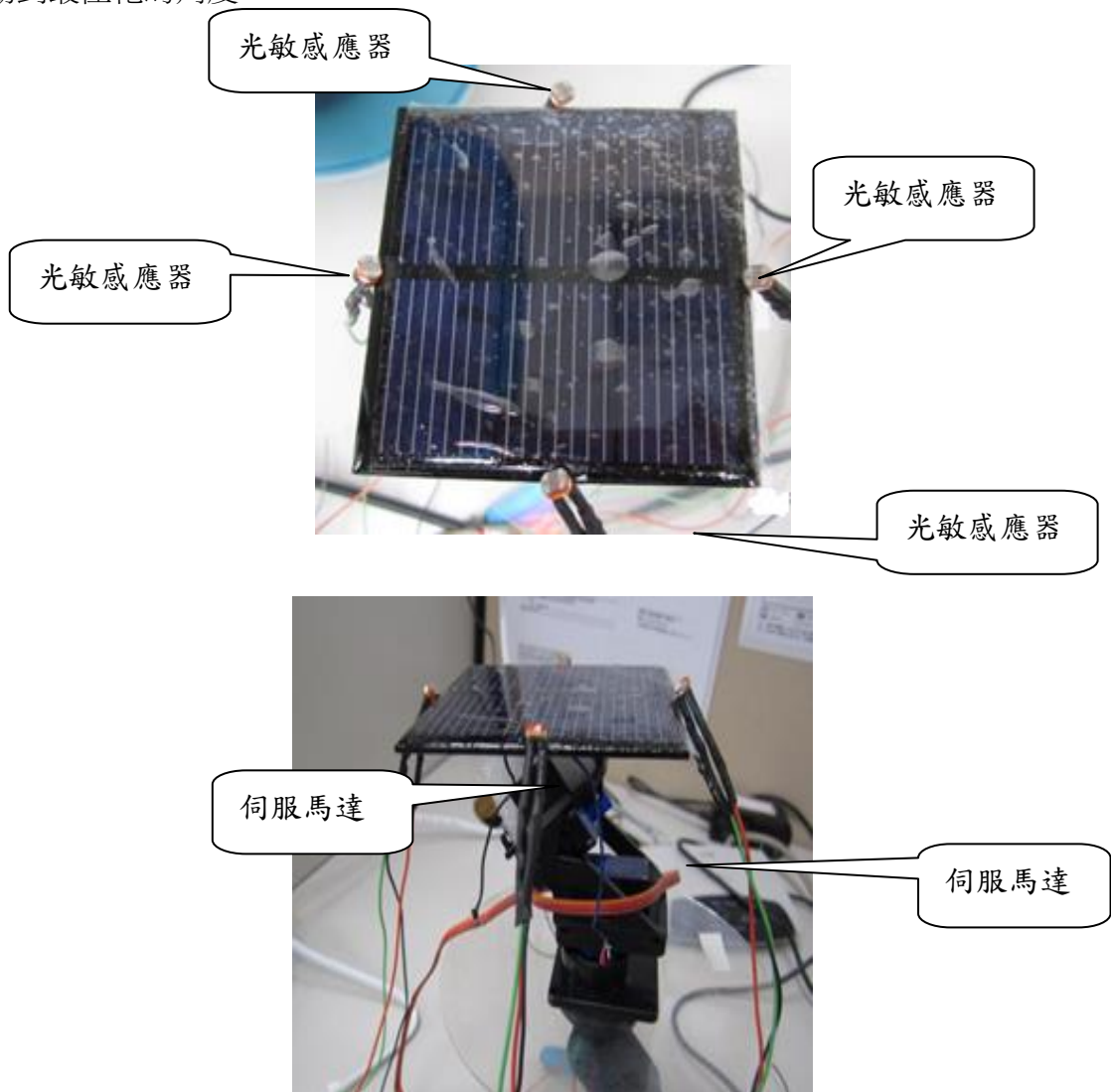
步驟2：移動燈光位置，觀察太陽能板的動作。

實驗結果：

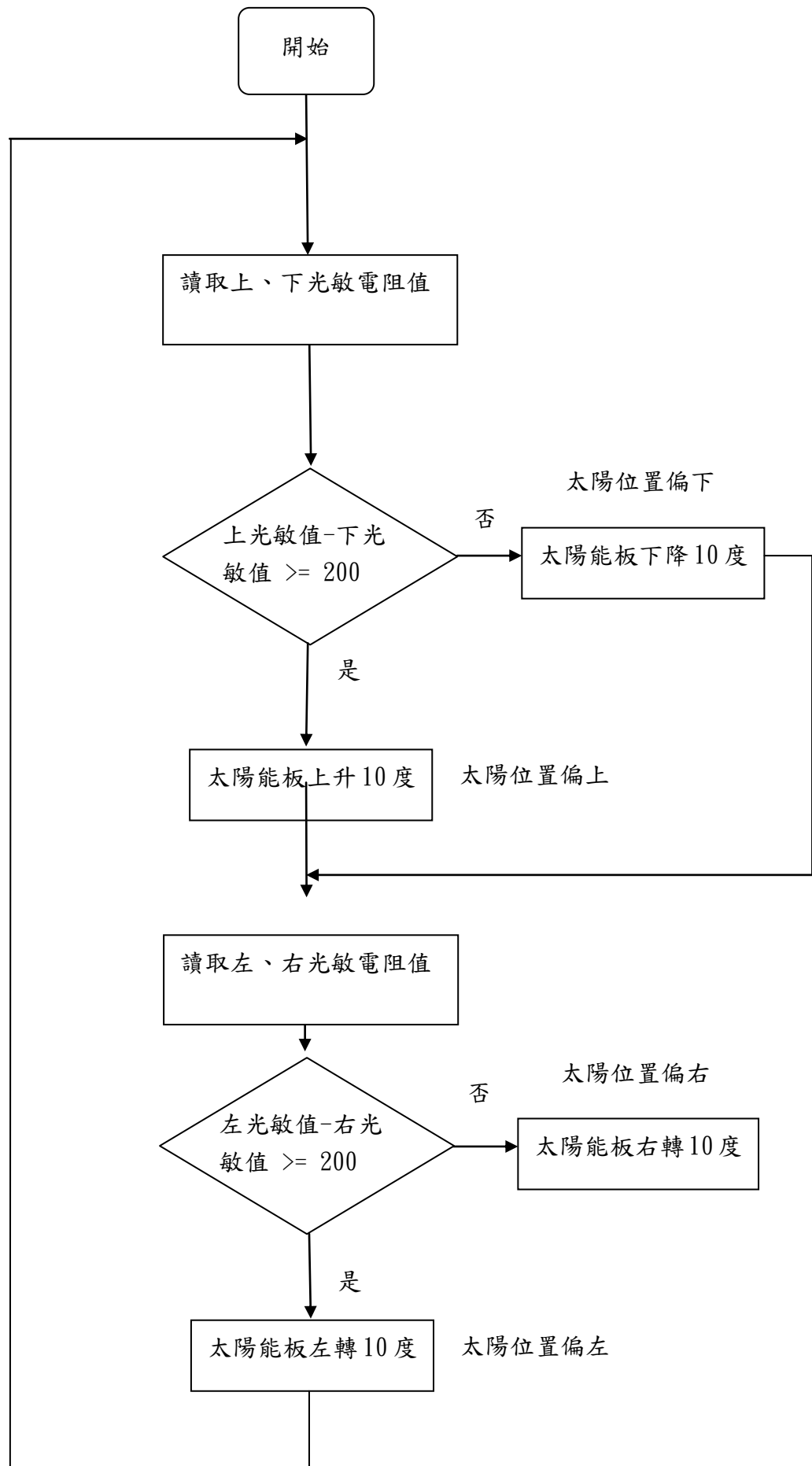
太陽能板可以跟隨太陽的位置移動角度。

實驗討論：

太陽能板四周的光敏感應器會感應太陽光源的變化，將訊號傳給控制器控制太陽能板移動到最佳化的角度。



判斷邏輯：



六、研究結果與討論

『3D 清川綠能監測浮島』的用途非常廣泛，本次實驗是利用水生植物淨化水質的功能，達到河川淨化的目的，並且同時使用自然無污染的太陽再生能源，配合太陽能板及儲能設備，可以達到全天候運轉的除污設備，加上本身具備人工智慧的處理，可以自動偵測及移動至河川、水庫的污染區域再加以處理，未來若能再配置 GPRS 數據機，將可以把河川測量到的 PH 值等數據傳回中心的雲端資料庫做二度統計分析，若能廣泛部署在台灣所有的河川流域，『3D 清川綠能監測浮島』將真正成為一套移動式的水資源淨化處理及遠端偵測系統。

1. 『3D 清川綠能監測浮島』具備水質 PH 值監測功能：

溶液類別	蒸餾水	鄰苯二甲酸氫鉀	混合磷酸鹽	四硼酸鈉
量測數據	410	234	401	537
公式換算出PH值	7.01	3.999	6.853	9.177
實際PH值	7	4.003	6.864	9.182
誤差值	1%	00.4%	00.7%	0.5%

2. 『3D 清川綠能監測浮島』具備太陽轉換成能量功能：

太陽能板傾斜角度	0 ⁰	30 ⁰	45 ⁰	75 ⁰	90 ⁰
太陽能板輸出電壓(V)	0	0.678	1.405	1.638	1.697

太陽能照射時間	未接太陽能板	接太陽能板 太陽光照射 1小時	接太陽能板 太陽光照射 2小時	接太陽能板 太陽光照射 3小時
量測充電電池電壓 (V)	1.256	1.351	1.373	1.404

七、結論

機器人應用這個科技領域尚在發展之中，很多國家甚至將它視為未來的明星產業。雖然機器人沒有明確的定義，本次研究我由學習的角度出發，結合國中生活科技與理化課程的基本知識，衍生出不同的想法，把創新思考與實用性做結合。Arduino Mega 2560 是相對低價且容易入門的學習工具，其多樣、可重複使用、親和的程式等特性剛好是本次研究所需要且其他套件所不及。這次研究利用 Arduino Mega 2560 取代樂高 NXT 作為核心的工具，利用感知元件的感知數據，進而完成規劃中的動作。所有的研究過程中，重複的發現問題／解決問題階段，以達到學習的成效，擴大創新學習範疇。往後亦可將本次研究產物衍生至更多不同場域的使用，例如：核電廠、水庫、地下滯洪池、高樓層建築等，擴大本研究的使用範圍。

八、參考資料

- (一) 吳翊豪 (2009)。六種植物吸收重金屬之植生復育法研究。朝陽科技大學環境工程與管理系碩士論文，未出版，台中市。
- (二) 李黃允 (2001)。以二階段人工濕地去除生活污水中之營養鹽。國立中山大學環境工程研究所碩士論文，未出版，高雄市。
- (三) 王素蘭 (無日期)。溼地植物淨化污水效能之研究。2013 年 6 月 20 日取自 <http://webmail.ysps.tp.edu.tw/~93813/reasearch/plants.htm>
- (四) 周祐賢、陳泰位 (2002)。布袋蓮吸取重金屬的研究。中華民國第42屆中小學科學展覽會。2013年10月10日，取自：
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/42/pdf/e/3/040703.pdf>
- (五) 水資源管理與自來水工程 (無日期)。高雄市：中山大學環工所。2014 年 1 月 15 日取自：http://www2.nsysu.edu.tw/IEE/lou/part_2/lesson_5/ch5_con.htm
- (六) 水質項目說明 (無日期)。台北市：環保署。2014 年 1 月 20 取自：
<http://www.id-water.com.tw/01-7.htm>
- (七) 中華太陽能聯誼會 (2014)。認識太陽能-電池太陽能之作用原理。2014 年 5 月 20 取自：
<http://www.solar-i.com/know.html>
- (八) 中華太陽能聯誼會 (2014)。認識太陽能電池-太陽能電池分類。2014 年 5 月 20 取自：
<http://www.solar-i.com/know.html>
- (九) 什麼是低自放電充電電池？ (2007)。台北市：Yahoo!奇摩知識家。2014 年 3 月 18 取自：
<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1507102910051>
- (十) *Principles of Solar Power*. Retrieved March 20, 2014, from
<http://www.gc-solar.com/cht/principles-of-solar-power.html>
- (十一) *RF modules utilizing the ZigBee PRO Feature Set*. Retrieved March 29, 2014, from
<http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/zigbee-mesh-module/xbee-zb-module#specs>

【評語】 030819

1. 利用遙控飛行器監控大面積之水域之水質 pH，水溫等數據。
2. 整合多種科技，可以應用於蒐集大面積，不方便到達地域的局部資訊。
3. 實作能力整合性強。