

中華民國第 64 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學科(二)

組 別：國小組

作品名稱：

「鹽」值擔當 水生生態池的永續經營

關 鍵 詞：鹽值、水生生態池、永續

編 號：

目錄

壹、研究動機	1
貳、研究目的	1
參、名詞解釋	2
肆、研究設備與器材	2
伍、研究過程、方法及研究結果	3
子題一：水生生態池植物-不同感測數據比較	4
子題二：水生生態池植物-水流流動研究	11
子題三：水生生態池植物-改善機制比較	14
子題四：水生生態池-水中鹽值監控船	19
子題五：水生生態池-水面與水位監控研究	21
陸、討論	28
柒、結論	29
捌、參考資料	30

「鹽」值擔當 水生生態池的永續經營

摘要

本研究透過開發板 Micro:bit 和 Esp32 以及 AI 辨識技術，創建了一套自動監控和調整水流的系統，有效監測並管理學校新建的水生生態池，實現其永續經營。設計理念希望水生生態池「生生不息」，研究過程中找出現有的水生植物的相互影響，發現了不同水生植物影響水中的鹽值程度不同，最後設計出一個平衡系統與監控機制，讓學校的水生生態池可以長久存續。

關鍵字:鹽值、水生生態池、永續

壹、研究動機

這次 74 屆校慶活動，最重要的不是大隊接力，也不是同學跳健康操，而是剛完工的新工程「生態池」，學校原本的生態池已經沉沒多年，當我們剛進到校門口時，就只看到深褐色的柵欄牽著像是童軍繩的繩子把整個生態池圍起來，不能進去，從外面看起來就是像是鬼屋一樣黑漆漆的，裡面有很多植物已經無法生存，我們詢問老師，為什麼生態池當時會無法運作的原因，老師就告訴我們，那時候的生態池裡面有很多水生植物，但是水位越來越低，加上水生植物吸收走生態池原本的水，導致枯竭。因此我們想要藉著生態池剛重生的這段時間，研究一套可以讓水生池長久經營的方法。我們學校新建造的生態池，水是採用循環方式，生態池的最底部有一根水管是用來抽水的，回收的水會經過過濾系統之後再重新流出來，而水生植物的種類也有許多，但是如果沒有好好管控的話，就會造成生態池的生態不平衡，所以我們設計一個可以輕鬆地掌握生態池的健康的機器。

貳、研究目的

利用先進的 Micro:bit 和 Esp32 開發板結合 AI 技術，本研究對水生植物在生態池中的生長環境進行了深入分析，發現了現有的水生植物中，有產生較多的鹽分，因此嘗試開發出智能監控系統，以達到水質優化和生態平衡。

研究子題

- 子題一：水生生態池植物-不同感測數據比較
- 子題二：水生生態池植物-水流流動研究
- 子題三：水生生態池植物-改善機制比較
- 子題四：水生生態池-水中鹽值監控船
- 子題五：水生生態池-水面與水位監控研究

參、名詞解釋

一、pH 值

PH 值就是酸鹼值，pH 值的標度為 0~14，中性為 7，數字越大，鹼性越強，數字越小，酸性越強。pH 測量範圍：0.01-14.00pH、解析度：0.01pH、精度：±0.05pH

二、溶氧飽和度 (Dissolved Oxygen Saturation)

是指水中的溶解氧含量與飽和溶解氧之比值，通常以百分比表示。水中的溶解氧主要來自大氣中的氧氣，而飽和溶解氧則是達到自然平衡時溶入水中的最大溶氧量。不同氣壓和不同鹽度的水，其飽和溶氧值也會有所不同。例如，在 1 大氣壓下，鹽度為 0 的 15°C 清澈水中，其飽和溶氧值約為 10 毫克/升；而在水溫 34°C 時，其飽和溶氧值約為 7 毫克/升。

此外，溶氧 (Dissolved Oxygen, DO) 是指溶解於水中的氧氣其濃度單位通常以毫克/升 (mg/L) 表示。氧氣是生物新陳代謝所需的基本元素，因此在水域水質管理中，溶氧量被視為判斷水質優劣的主要指標。一般而言，溶氧濃度越高，代表水質狀況越好。

本研究使用溶氧計測量。溶氧值的表示方式通常有 2 種：以 ppm (每百萬) 表示或以 **% Sat** (飽和百分比) 表示。PPM 表示一百萬份中含有多少份的溶質。具體來說，如果一個溶液中的濃度為 1 ppm，這意味著每百萬份溶液中有 1 份的溶質。

三、鹽值

測量的常見單位是「毫西門子/mS/cm」，有時也可以用「ppt (parts per thousand)」或「ppm (parts per million)」來表示。

毫西門子 (mS/cm) 是一種導電度的單位，表示水中溶解固體的濃度。通常，水中的導電度越高，其中的鹽分濃度就越高。

ppt (parts per thousand) 表示千分之一的比例，用於描述溶解固體在水中的濃度，即每千份水中有多少份溶解固體。ppm (parts per million) 也是表示溶解固體濃度的單位，表示每百萬份水中有多少份溶解固體。這些單位通常用於描述水中鹽分或其他溶解固體的濃度，對於生態池的水質監測和管理非常重要。

肆、研究設備與器材

一、工具：鉗子、直尺、剪刀、熱熔膠槍

二、材料：USB 連接線、快乾膠、木板、壓克力片、PLA 材料、鐵絲、膠條和溶氧量試劑

三、設備：3D 列印機、雷射切割機、電腦、平板電腦

四、器材：Micro:bit、Esp32 開發板、水質檢測筆、行動電源、馬達、架子、泵浦

伍、研究過程、方法及研究結果

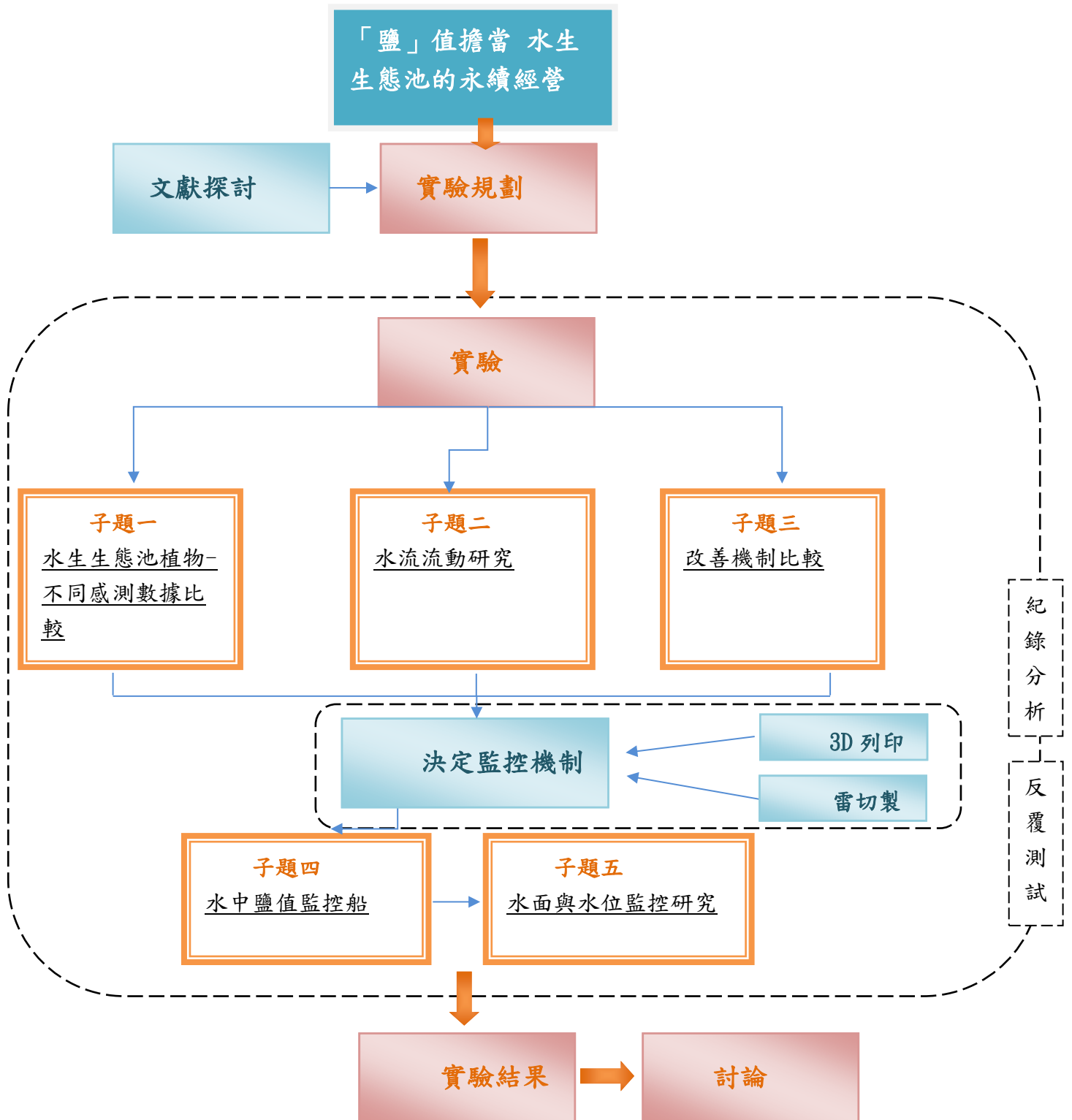


圖 1: 研究流程圖

子題一：水生生態池植物-不同感測數據比較

(一) 實驗目的：我們想要研究現有的水生植物對生態池的影響，因此分別測試了溫度、溶氧量、PH 值與鹽值，從中發現水生植物對水生池的影響。

(二) 實驗對象：

我們取目前水生池中的植物作為觀察對象，包括以下幾種水生植物

1.大萍 2.圓葉節節菜 3.睡蓮 4.萍蓬草 5.水薄荷 6.輪傘沙草 7.大安水蓑衣 8.小莎草

另外為了有對照組，我們增加兩盆包括 9.純水及 10.相同花盆重量的土+水

(三) 實驗流程

1.取相同重量(包含塑膠盆及土重 650 克)的 8 種植物，放在相同水位的水盆中

2.利用水質檢測筆檢測溫度、PH 值、溶氧量及鹽值。

3.每次測試三個數據後平均紀錄下來，每個數據隔 3 分鐘。

溶氧量測試說明:

1. 先用第一個測試杯裝入 10~15ml 之測試水。



圖 2:一般自來水

2. 依序加入 1 號測試劑和 2 號測試劑各 5 滴於水樣中，不搖動試水。此步驟後會有淡黃色沉澱物產生。



圖 3: 加入 1 號測試劑和 2 號測試劑各 5 滴於水中

3. 立刻利用第二個測試杯取一滿杯的試水，並沿第一個測試杯的杯壁追加至剛好滿杯（總容量約 27.5ml），這個步驟的重要注意事項是，確定倒進測試杯時沒有氣泡產生。然後小心的將杯蓋蓋好，以防止試水再接觸到空氣。

4. 靜置試水 10 分鐘，讓沈澱物下降至杯底，同時沉澱物會因化學反應而變成淡褐色。

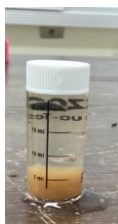


圖 4: 靜置試水

5. 10 分鐘後，將杯蓋打開，並將沉澱物上水層的液體倒掉，使總容積只剩 10~15ml。需注意，不要將沉澱物也傾倒出來。



圖 5: 靜置試水 10 分鐘

6. 立刻滴加 3 號測試劑 5 滴，搖動 30 秒，使沉澱物溶解，若未完全溶解，請再追加 1 滴。



圖 6: 滴加 3 號測試劑 5 滴，搖動 30 秒



圖 8:實驗現場為學校教室屋簷下

我們將實驗數據整理成統計圖如下:

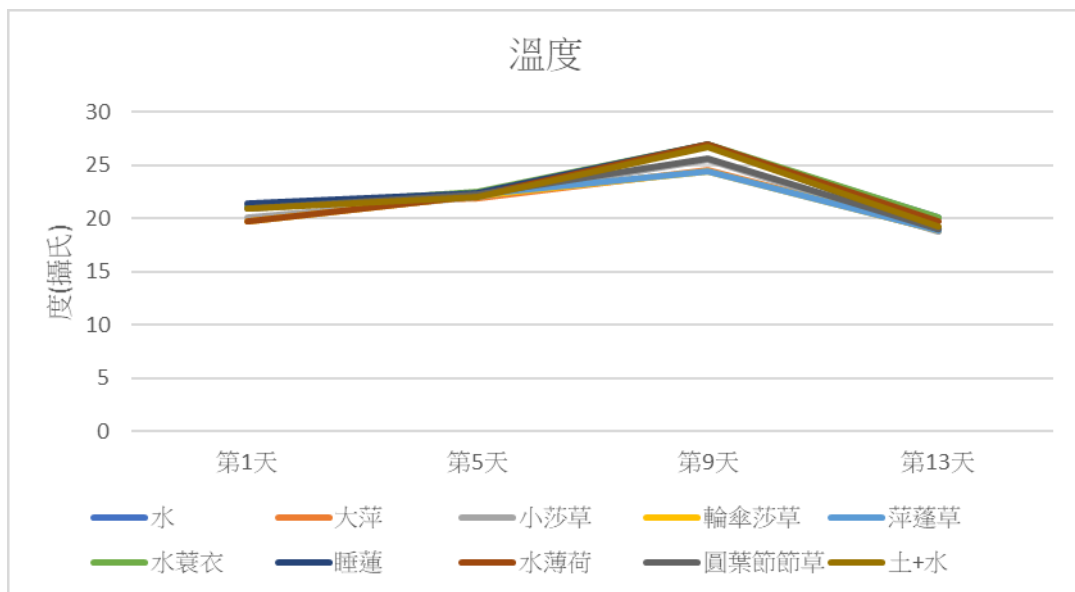


圖 9: 各種水生植物的實驗溫度

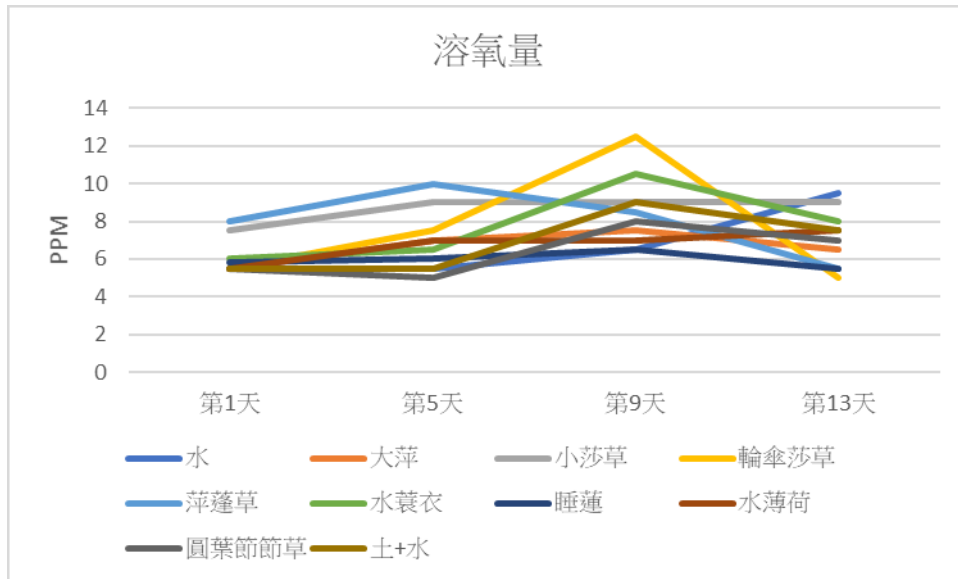


圖 10: 各種水生植物的溶氧量

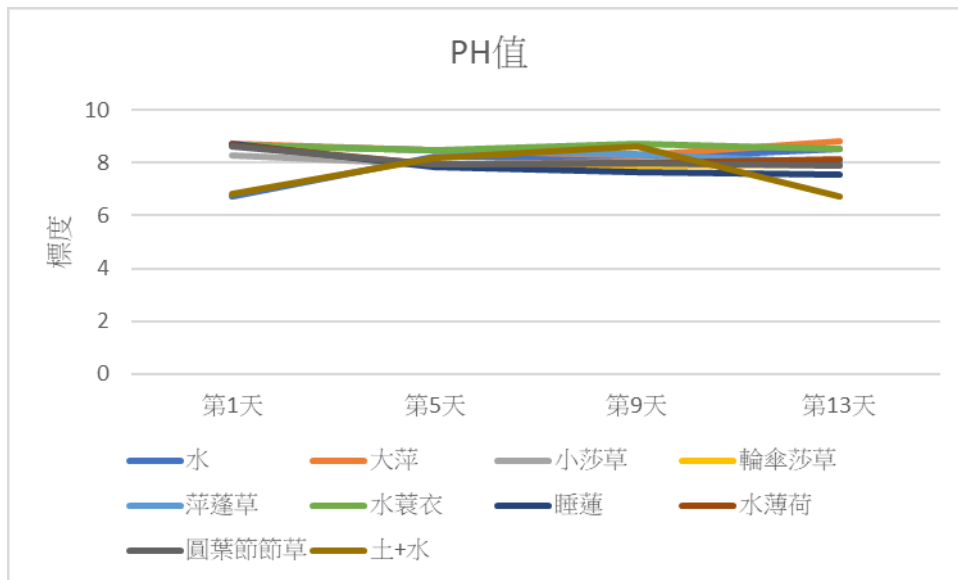


圖 11: 各種水生植物的 PH 值

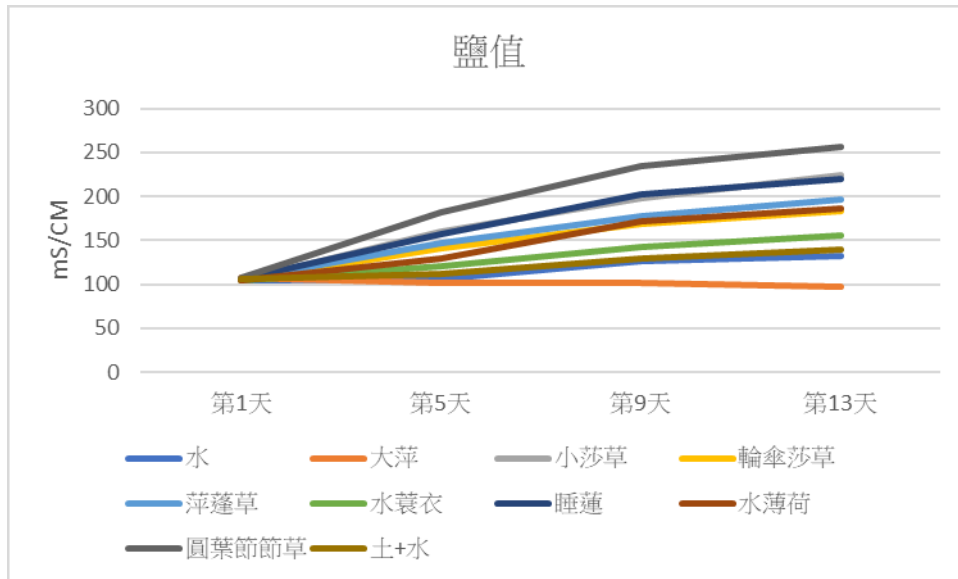


圖 12：各種水生植物的鹽值

水生植物葉子表面積測量

本研究使用的工具(軟體)為"ImageJ"，能打開任意多的圖像進行處理。除了基本的圖像操作，比如縮放、旋轉、扭曲和平滑處理外，ImageJ 還能進行圖片的區域和像素統計，間距，角度計算，能建立柱狀圖和剖面圖，進行傅立葉變換。以範例圖來計算一片葉子的綠色面積，單位~平方毫米(mm²)，測量步驟如下

1. 開啟 ImageJ

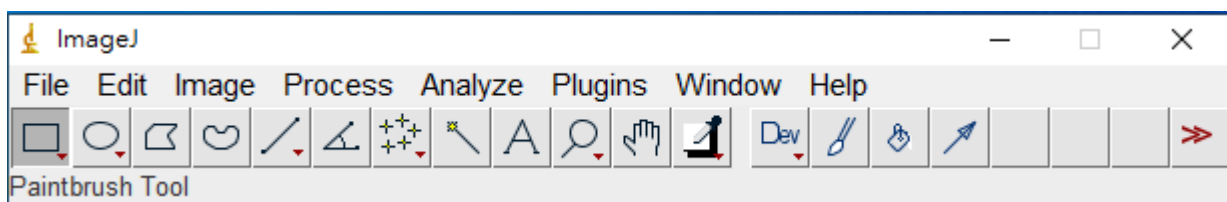


圖 13：ImageJ 截圖

2. 開啟範例圖檔
File-->Open Samples-->Leaf
3. 將影像改為 8-bit 的影像
Image-->Type-->8-bit

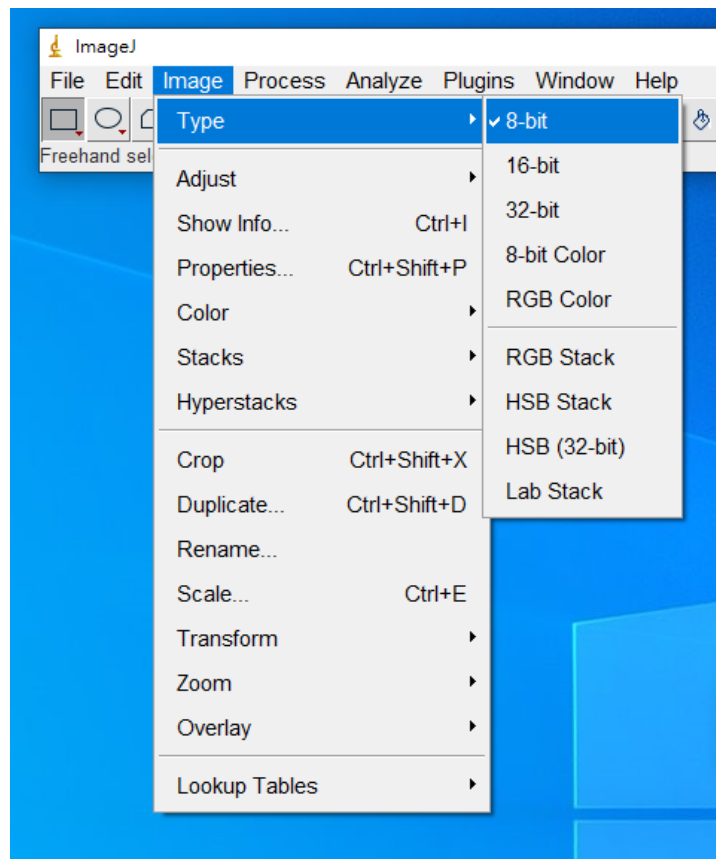


圖 14: ImageJ 操作截圖

4. 設定影像比例尺：先以上方工具列的第 5 項的直線工具，在拍攝的尺上畫線，然後設定比例

Analyze-->Set Scale



圖 15: 輸入照片

5. 把尺的圖案刪掉，選擇工具列的第一個方形工具，把葉子框起來，然後選擇 Image-->Crop

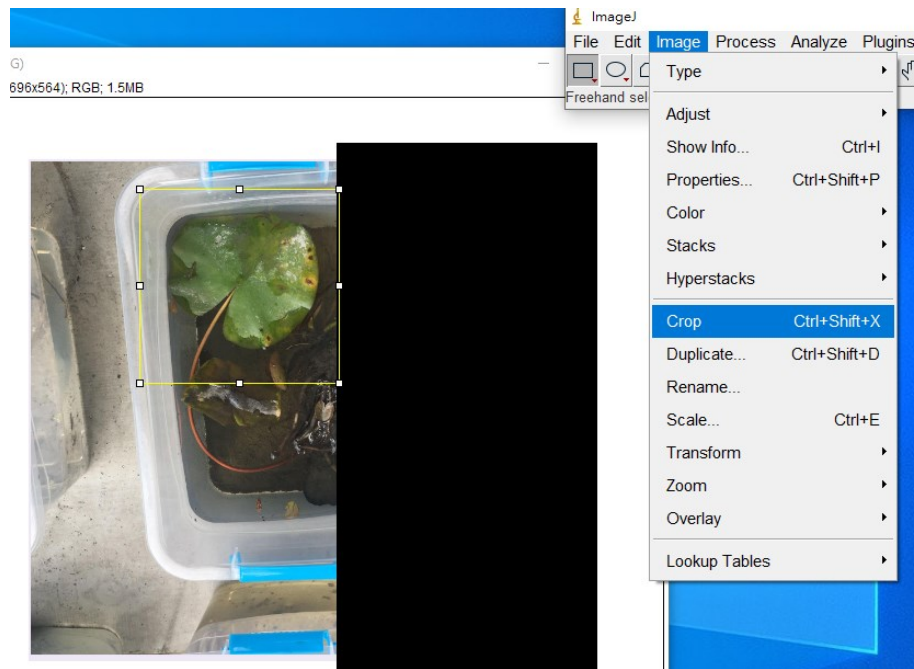


圖 16: ImageJ 操作截圖

6. 設定閾值範圍

Image-->Adjus-->Threshold

7. 調整 Threshold 的上下兩列的捲軸，使紅色的面積剛好覆蓋在葉子的部份。

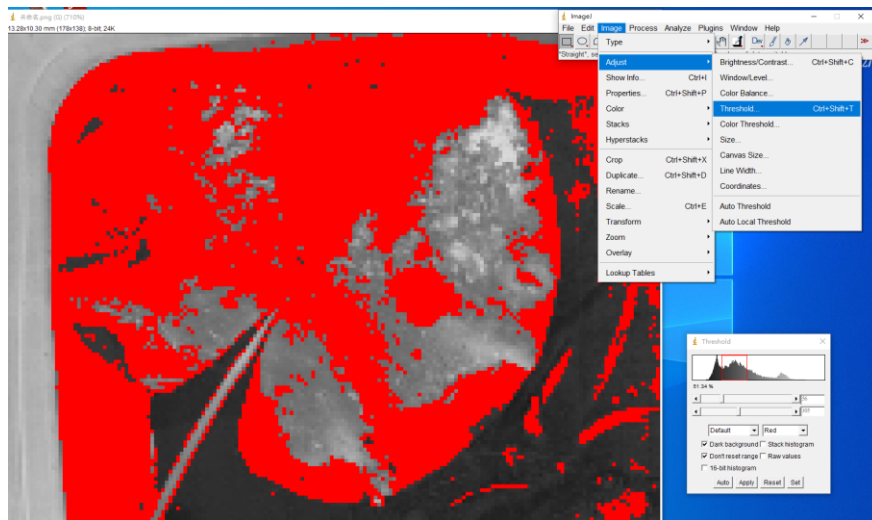


圖 17: ImageJ 調整 Threshold

8. 計算面積

Analyze-->Analyze Particles

9. 經過快速的運算之後，會出現很多視窗。在運算過程中，之前被框成紅色的部份有些是分離的，就會被計算成分離的區塊。Results 視窗就有這些區塊的資料，而 Summary 視窗就是統計這些結果，Count 代表有 11 個區塊，例如上圖 Total Area 就是非紅色的面積 6761.54(平方公釐)。我們將結果繪製如下圖。



圖 18：各種水生植物的葉子表面積

(四) 實驗結果：

1. 目前八種水生植物的觀測值(PH 值與含氧量的影響)近似。
2. 圓葉節節菜對於水中的鹽值影響較大。
3. 葉子表面積的大小與鹽值大小的相關性不顯著。

子題二:水生生態池植物-水流流動研究

(一) 研究目的：使用不同方法，想辦法控制圓葉節節菜的鹽度，讓他的鹽度不要變化太快。水生池中鹽化越來越嚴重可能會對生態系統和水體的健康產生一系列的影響。以下是一些可能的影響：

1. **水質惡化：** 鹽分的累積可能導致水體中的鹽度升高，這可能影響水的透明度、色澤和氧化還原潛能，最終導致水質惡化。
2. **植物生長受限：** 過高的鹽分濃度可能對水中植物的生長產生負面影響。植物在高鹽環境下可能會受到抑制，導致水中植物被減少，這可能進一步影響水生生態系統的平衡。
3. **土壤污染：** 水生池的鹽化可能導致土壤中的鹽分累積，進而影響周圍土地的品質。這可能對附近的植物和農作物產生不良影響。
4. **生態平衡破壞：** 水生生態系統是一個複雜的平衡系統，高度的鹽化可能打破這種平衡，導致生態系統的瓦解和失衡。

為了防止或減緩鹽化的影響，應該適當的管理措施，包括監測水質、控制鹽分的來源、進行水體修復等。我們發現圓葉節節菜的鹽度變化最快，所以我們分成三種方式來控制他的鹽度：

1. 第一種單純置放圓葉節節菜(模式一)
2. 第二種是把節節菜和大萍種在一起(模式二):因為一些水中植物對鹽分有過濾和吸收的能力，這些植物被稱為耐鹽或適應高鹽環境的植物。它們通常擁有特殊的生理和形態結構，使其能夠在鹽分濃度相對較高的水域中存活；從學校現有的水生植物實驗狀況，我們發現大萍對水中鹽值變化最小，因此將大萍和圓葉節節菜放在一起實驗。
3. 第三種是用泵浦攪動水流(模式三)。
4. 第四種是把水過濾(模式一):利用過濾的方式將水淨化。

(二) 實驗過程

我們將其分為四盆，給定一樣的水量，並將四盆圓葉節節菜修剪為相同重量，靜置一定的時間後測量各盆的鹽值



圖 19: 四盆圓葉節節菜

我們發現圓葉節節菜的鹽度變化最快，所以我們分成三種方式來控制他的鹽度(另外有一盆是單純的圓葉節節菜，來當對照組)

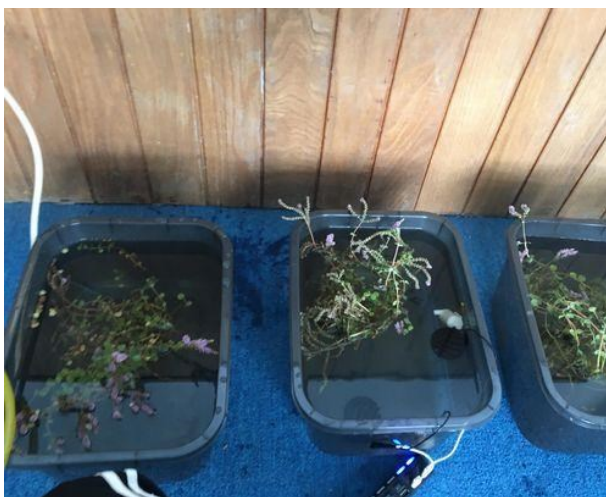


圖 20: 置入器材於水盆中

這三盆是圓葉節節菜，和已經製作好的機器。



圖 21:實驗植物數據觀察

持續觀察四盆實驗植物。



圖 22：過濾器

圖中的機器就是我們的過濾
器。

讓水從上面流下去，過濾後，
再從

底部流出來，這樣出來的水就
會是

過濾好的。

過濾盒從上到下依次安裝有過
濾棉、活性炭、生化球等具有物
理、化學、生物三方面性質的濾
材，水經水泵抽到過濾盒，經過
濾棉、活性炭、生化球等濾材過
濾後再從過濾盒的出水口流入水
盆中，出水口通常可調整水流方
向。

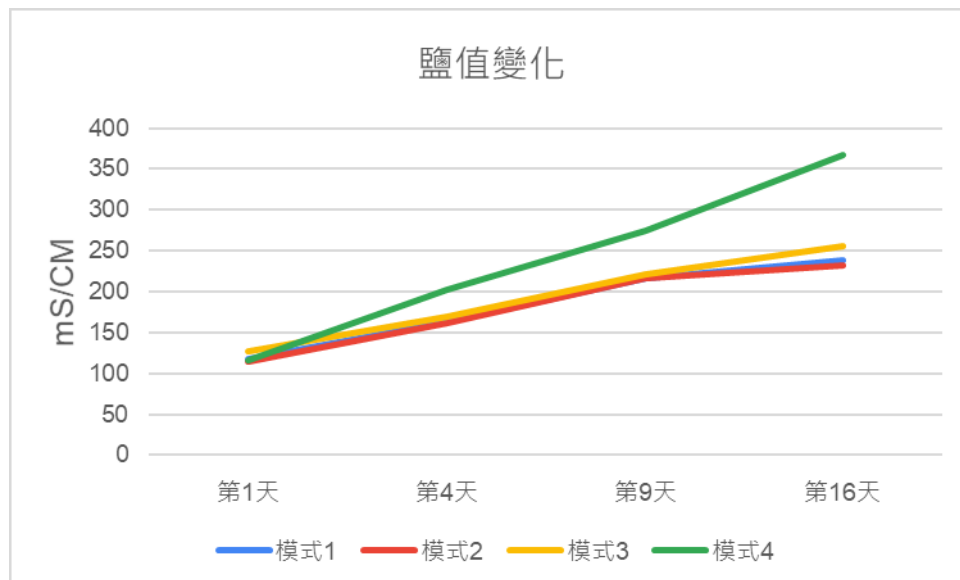


圖 23：各種實驗模式的鹽值變化

(三) 實驗結果

1. 發現四種模式皆沒有顯著效果，圓葉節節菜的鹽值一樣隨著時間增加。
2. 模式一二三增加的比例相似。
3. 模式四(使有過濾機制)反而會增加鹽值。

子題三：水生生態池植物-改善機制比較

根據研究二，發現讓水有一個循環(輪轉)，可以讓鹽度綜合，讓鹽度不會變化那麼快，所以本實驗也使用了三種方式，先分別看了水輪轉的效果，如下：

1. 靜置的圓葉節節菜
2. 螺旋轉子：利用 3D 列印設計出螺旋紋的轉子配合馬達轉動。
3. 水泵：直接噴射出水流，使得水流流動

(一) 實驗目的-為了找出如何最有效的製造水流流動

水流的調節可以是改善水生池鹽化狀況的有效管理手段之一。以下是一些水流調節的部分，可能有助於改善水生池的鹽化狀況：

◎增加水流速度：通過增加水流速度，可以促使水中的鹽分更有效地被移動，降低其累積濃度。這可以透過調整水流通道的形狀、增加水體的坡度或設置合適的水流結構來實現。

◎防止死水區形成：死水區是水體中水流速度較慢、氧氣較少的區域。這些區域容易積累鹽分和其他有害物質。通過改善水體的流動性，特別是避免死水區的形成，可以減少鹽分的積累。

◎增加水體混合：通過增加水體的混合，可以防止鹽分在水中的局部積聚。這可以透過水流結構、水泵系統或其他技術手段實現，以確保水體中的鹽分均勻分佈。

◎促進水中植物生長：一些水中植物對鹽分具有過濾和吸收的能力，因此通過促進水中植物的生長，可以有助於減少水中的鹽分含量。這可以透過植物修復或人工引入水生植物來實現。因此我們設計會轉的循環器，螺旋狀的物體通常可以被視為一種旋轉設施，因為它們具有形成旋轉運動的潛力。這種形狀的物體可能會導致水流產生旋轉或螺旋狀的運動，進而產生漩渦。例如，螺旋形的攪拌器或攪拌槳通常用於攪拌液體，它們在操作時會產生螺旋形的水流運動，從而形成漩渦。同樣地，螺旋形的水泵或渦輪也可以產生旋轉運動，引起水流周圍的湍流和漩渦。

(二) 實驗方法

方法一：靜置的水盆



圖 24:靜置的水盆

因此，螺旋狀的物體通常可以被歸類為旋轉設施，因為它們具有通過旋轉運動引起水流變動的能力。在水流動態的分析中，這些螺旋形的設施可能對漩渦的形成起著重要作用。

方法二：水泵



圖 25:水泵

方法三：不會轉的循環器－螺旋轉子+水泵



圖 26: 螺旋轉子+水泵

本實驗使用紅色食用色素，每次滴定 3c.c，隔三分鐘後觀察其流動情形，結果如下：

(三) 實驗結果

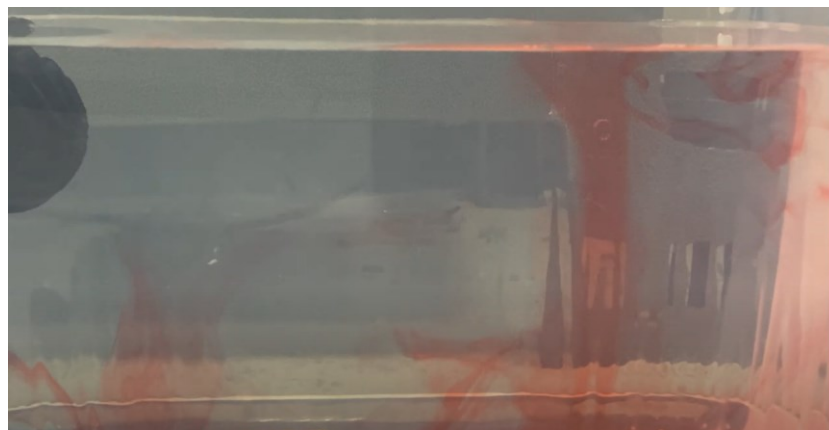


圖 27:使用方法一結果

靜置的水盆：從色素的分佈，得知水流流動區域少，色素集中在部分區域



圖 28:使用方法二結果

水泵補：水流看似佈滿水盆，但中間區域的色素屬於少量

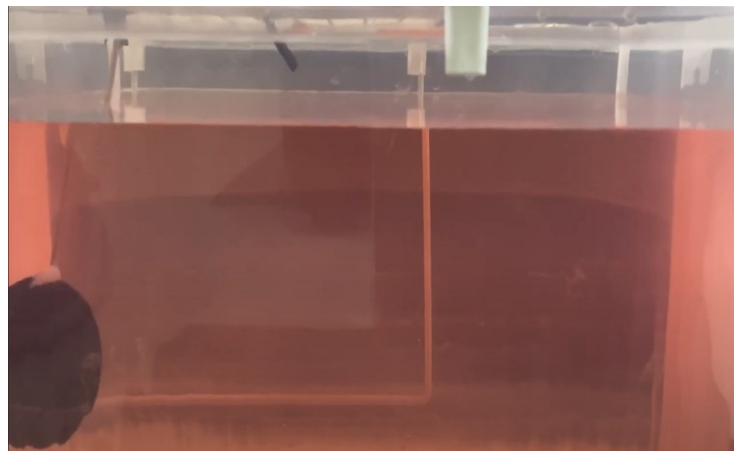


圖 29:使用方法三結果

螺旋轉子+水泵循環器：可以完整讓色素佈滿水盆

我們讓靜置的圓葉節節菜的水盆靜置後，利用螺旋攪動後，各種攪動後的鹽值比較如下

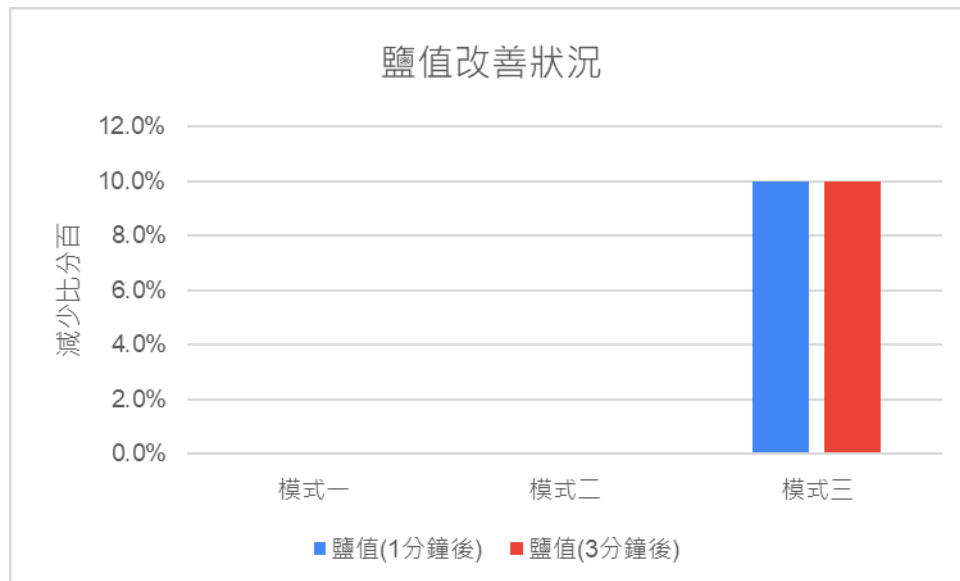


圖 30:鹽值變化狀況圖

實驗結果說明

- 1.螺旋轉子加上水泵循環器可以讓水域的鹽值分佈較平均。
- 2.我們可以歸納出鹽值變化的短期攪動效應，也就是在短時間內會讓鹽值下降。

子題四:水生生態池-水中鹽值監控船

透過監控水中鹽值，我們可以評估生態系統的健康狀況，並針對保護和恢復生態進行相應的管理。由於子題三的研究中，我們發現即使會有水流進入生態池，也會有部分區域的水不易流動，因此容易有部分區域的水質較差。同時，鹽值監測通常與水質監測相關聯，鹽值的變化可以指示水體中的污染程度，例如，過高的鹽值可能意味著鹽水或污染物的流入。我們設計一個監控船，讓他可以監控整個生態池區域，並且搭配螺旋轉子，讓他可以協助各區域的鹽值均衡。

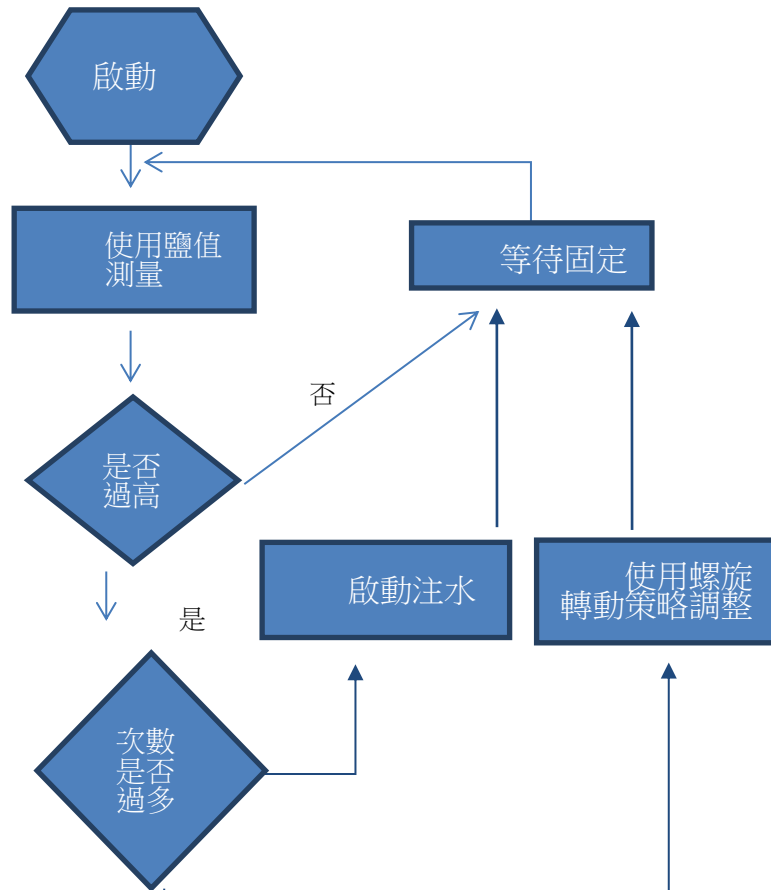


圖 31:實驗四程式流程圖

(一) 實作過程

小船的接收程式：我們設計兩組程式，一個是手動操控的程式，另一則是船體上的接收程式，只要接收到另一台訊息就會開啟這個系統，就會開始運作。本實作使用 microbit 做為開發板，當接收到訊息則會啟動鹽值量測棒，當鹽值過高，則啟用螺旋轉動調整區域水質，若超過 3 次的調整仍無法降低鹽值，則啟動注水系統。

本實作中使用到鹽值感測器，鹽度傳感器的運作原理就是利用兩個分離的電極，當傳感器的兩個電極放進液體中，液體內的離子就會令電流通，只要量度電流的大少，就能得出該溶液的鹽濃度。

圖 32 是負責接收訊息的程式，置放在偵測船上的 Micro:bit 中，等待另一台 Micro:bit 的訊息



圖 32:接收程式

傳送程式:這個是負責傳送訊息的程式 按下這些鍵時 會傳送訊息給另一台 microbit



圖 33: 傳送程式

(二) 實作結果：小船成功的浮在水面上，也有辦法打到水，讓水循環，綜合水中鹽度，保持水質健康，小船是可以用遙控器遙控的。

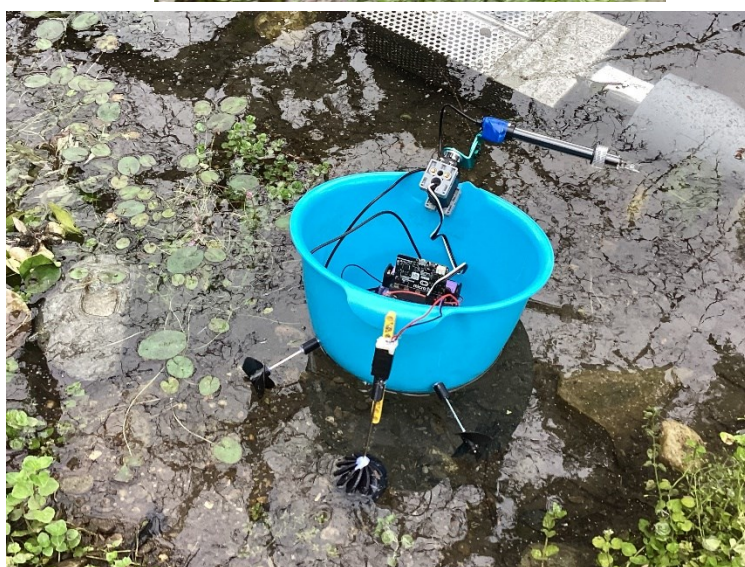


圖 34:水中監控船

子題五:水生生態池-水面與水位監控研究

水位的變化會直接影響到生態池環境。例如，水位下降可能導致水池生態系統的退化，影響水生植物的生存。因此，通過監測水位，可以及時發現生態環境變化，並採取保護措施，維護生態平衡。另一方面，水面植物或垃圾覆蓋水面可能導致一些影響，例如水質惡化；水面植物葉子過多和垃圾會阻礙水體中氧氣的溶解和氣體交換，導致水質惡化。植物的腐爛和垃圾的分解會釋放有機物質和營養鹽，促進藻類的生長，引發水體富營養化，造成水體的綠化和異味。如此一來會造成水生生態池失衡：過度生長的水生植物會消耗水中的氧氣，導致水體缺氧，影響水生生物的生存。此外，水面植物的過度生長可能改變水體的光照、溫度和酸鹼度等環境條件，進一步影響水生生物的生態平衡。因此為符合我們的永續經營目標，我們也需要建置這樣的監控機制。我們分兩個部份做說明：

第一部分:訓練 AI 辨識水面的覆蓋率

第一步 頁面連結，利用 google 的 teachable machine 協助訓練，之後讓 esp32 開發板利用這個訓練結果達到辨識功能，如果有異常則傳送 LINE 給使用者

<https://teachablemachine.withgoogle.com/>

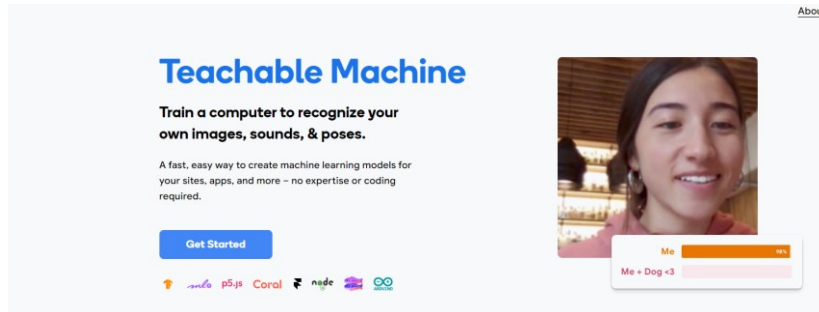


圖 35: Teachablemachine 頁面

第二步 點 get started，點 image project

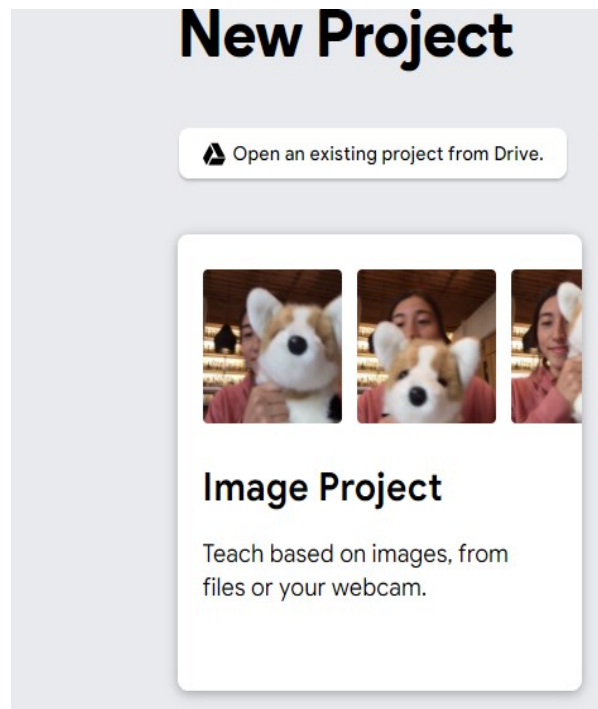


圖 36: Teachablemachine 頁面新專案

第三步 設定名稱和上傳照片

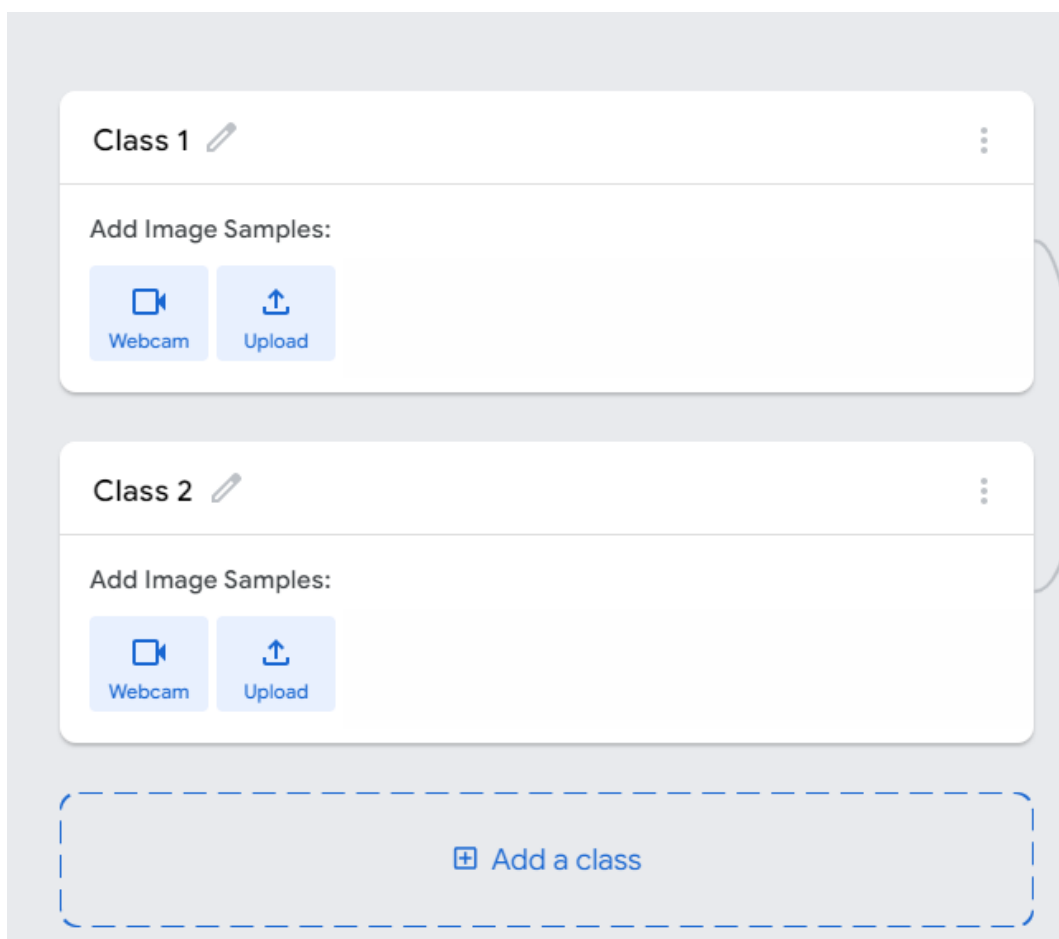


圖 37: Teachablemachine 頁面上傳照片

第四步 先點 train model 讓電腦訓練完畢 接著按 Preview Export Model 讓他導出

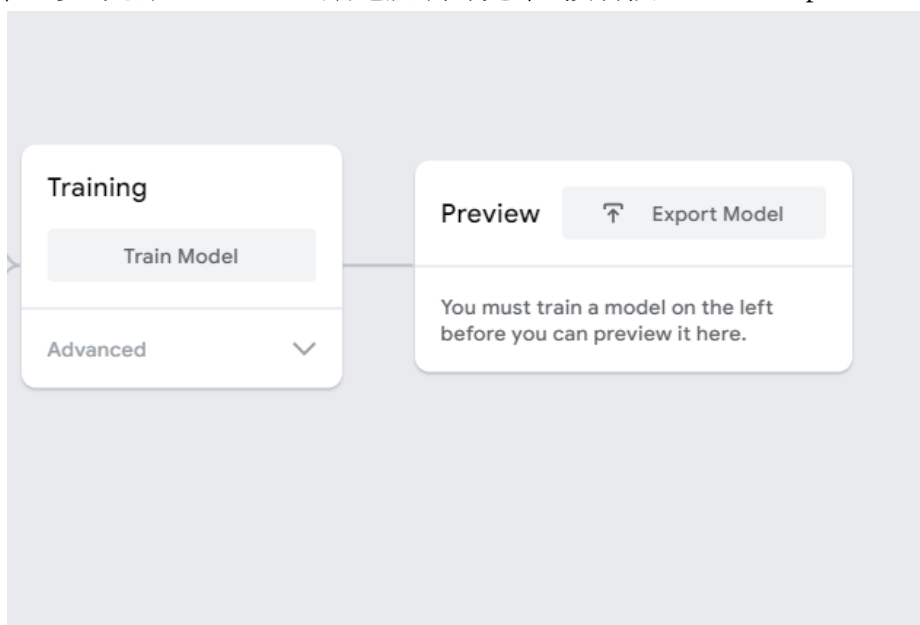


圖 38: Teachablemachine 訓練頁面

(三) 測試結果：

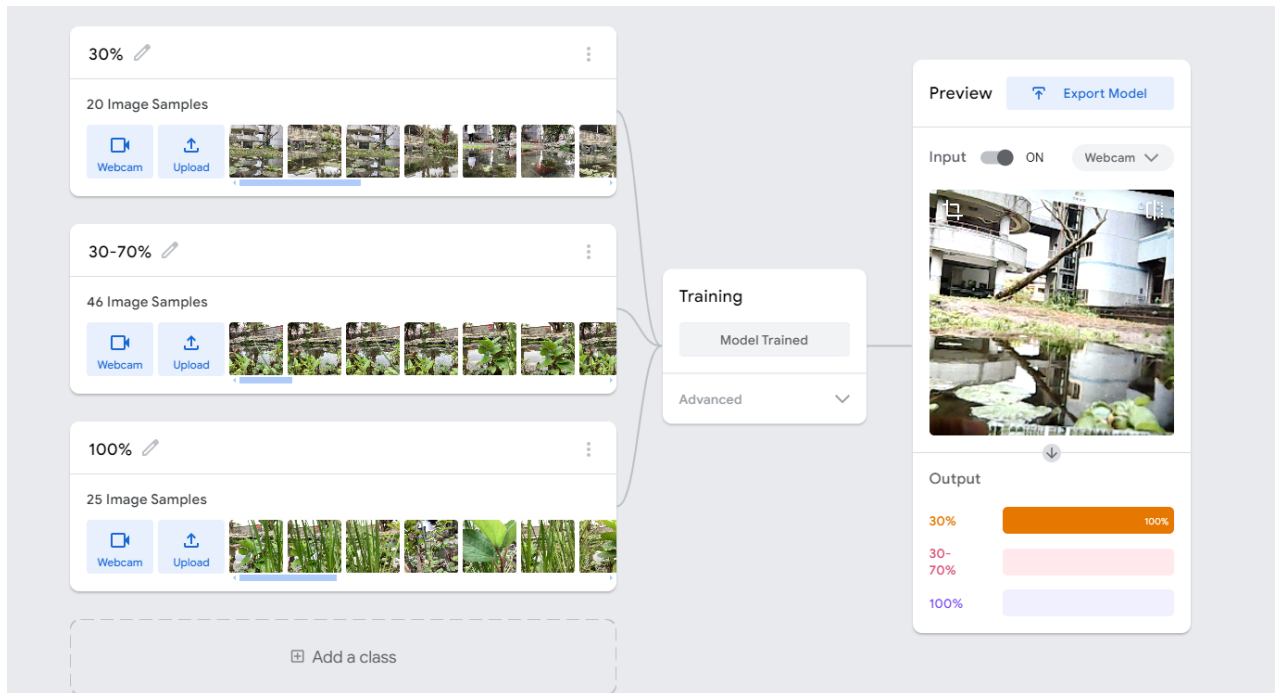


圖 39:Teachable machine 的訓練結果

第二部分:設計監控平台，並且安裝水位感測器

第一步：利用 Inkscape 設計監控平台

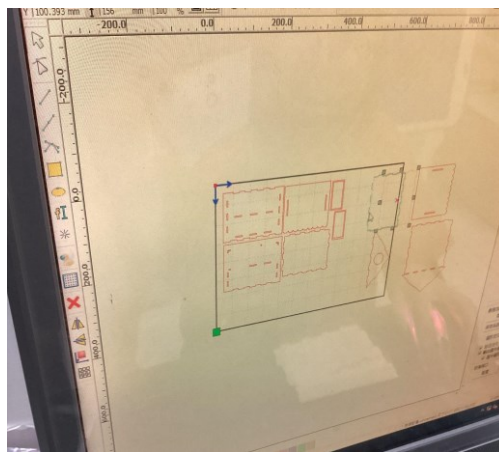


圖 40: Inkscape 軟體

第二步:量測距離寬度，放木板進行雷切

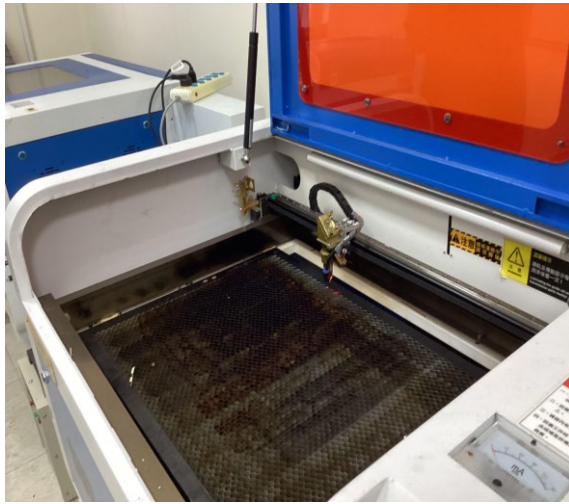


圖 41：量測距離寬度

第三步：雷切機切割

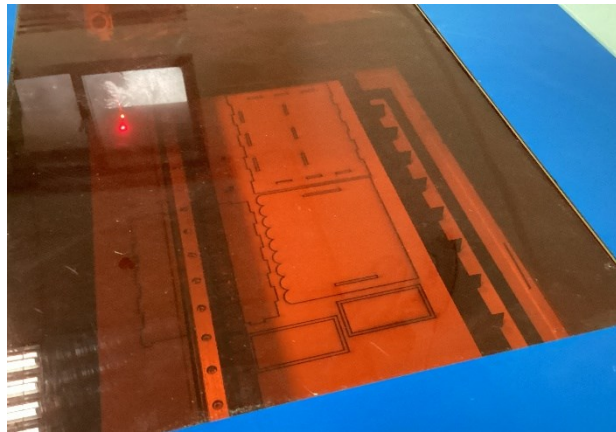


圖 42：雷切機切割運作中

第四步：組裝



圖 43：組裝監控平台(左側試版，右正式版)

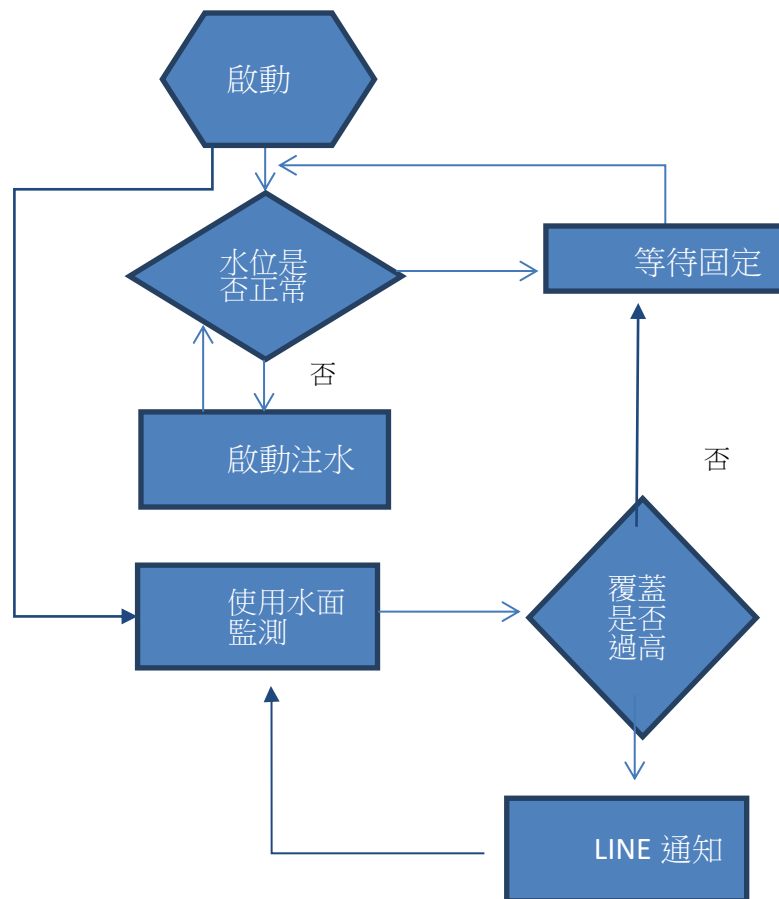


圖 44：實驗五程式流程圖

程式碼

```

網頁元素 (Javascript) 區塊
機器學習 (google)
初始設定
行內容器 建立 代碼 “ ” 值 “ ” 字型大小 14 靠左距離 0 靠上距離 250 層次 999
機器學習 (google) 專案 image 模型路徑 “ https://teachablemachine.withgoogle.com/models/A...”
機器學習 (google) 結果 Y 鏡像 Y 透明度 1
偵測完成後執行
設定 myclass 值 機器學習 (google) 取得 最大可能性分類名稱
延遲毫秒 1000
行內容器 代碼 “ ” 設定 內部網頁 myclass
Fetch 任務代碼 “ ” 網址 指令字串 cmd “ line ” p1 myclass 資料類型 字串
取得回應後執行
自訂指令區
如果 參數 cmd 為 “ line ”
執行 如果 notified = 1
執行 如果 myclass = “ 1 ”
Line 通知 權杖 token 字串 訊息字串 “ 水面覆蓋面積<30% ”
否則如果 myclass = “ 2 ”
執行 Line 通知 權杖 token 字串 訊息字串 “ 警示:水面覆蓋面積30-70% ”

```

```

否則如果 myclass = "3"
執行 Line 通知 權杖 token 字串 訊息字串 "嚴重警示:水面覆蓋面積>70%"
否則 Line 通知 權杖 token 字串 訊息字串 "無異常狀況"
設定 notified 值 0

否則 回傳瀏覽器內容 "not defined"

如果 wlevel = 1
執行 Line 通知 權杖 token 字串 訊息字串 "生態池水位過低"
設定 wlevel 值 0

重複執行
如果 數位讀取 Pin 5 = 高電位
執行 設定 wlevel 值 1

```

圖 45：ESP32 開發板上部分程式節錄



圖 46: (左)透過 esp32 鏡頭的辨識畫面 (右) LINE 通知的畫面



圖 47: 水生生態池實地監測畫面

實驗結果:我們完成生態池水面狀況辨識的訓練，結果正確並且可傳送到 LINE 通知使用者。

陸、討論

實驗一討論

鹽值增高的原因可能是植物蒸散作用，植物的蒸散作用會導致水中鹽分濃度的增加。當植物吸收水分並將其釋放到空氣中時，水中的鹽分濃度會增加。海洋學和環境科學的文獻報告，正常海水（大約 35 千分比或 35,000 ppm 的鹽分濃度）的電導率大約在 45 到 55 毫西門子每厘米（mS/cm）。對應我們的測量數據，顯見過高。目前學校生態池的水生植物沒有辦法讓植物互相依存後降低鹽值的產生，因此我們需要借用科技工具協助生態池的永續經營。

實驗二討論

實驗發現，大萍雖然是最不會影響水中鹽值的植物，但是也不會降低水中鹽值。不管是採用甚麼機制降低鹽值，短期上有些許差異，但時間一久，還是都會讓鹽值往上，推測是因為水盆沒有換水的狀況下，植物產生的鹽值無法排出而累積。至於過濾水的模式，產生的鹽值卻最高的原因，可以推測兩個主因，一是這個過濾機制沒有辦法過濾鹽份，另外則是過濾過程產生水分的流失，使得鹽值變高。

實驗三討論

我們發現水泵產生水流與螺旋轉子雖然都會產生水流流動，但因為產生方式，容易使得區域的鹽值不均，即便水流強勁，但因為方向單一，比較起螺旋轉子，螺旋轉子更能達成整區的鹽值均一。

實驗四討論

從實作中，我們使用圓型船體會減低船速，但因主要是讓檢測船可以順利在整個生態池中運轉，因此對於船的速度可以有較低的要求。

另一方面，原本擔心螺旋槳容易勾到水中植物，但因採人工遙控，所以可以避免這樣的狀況發生。

實驗五討論

實作中的辨識訓練成功率高，但因為開發版 esp32 硬體規格不若一般電腦，所以偵測後會有傳送延遲約 30 秒左右，然而就生態池的監控是可以允許的。

研究限制

1. 本研究僅在學校的特定生態池進行，可能不完全反映不同大小或不同生態環境的水體狀況。
2. 使用的 Micro:bit 和 Esp32 開發板雖具高度靈活性，但其處理能力和數據儲存限制可能影響長期監控的準確性。
3. 季節性變化和極端天氣條件對水質的影響在目前的研究中未能全面考慮，這可能影響結果的普遍適用性。

未來展望

1. 擴大試驗範圍：未來的研究將擴展到多種類型的水生生態系統，以驗證本研究結果的普遍性和系統的適應性。
2. 進一步技術改進：期待探索使用更先進的硬體和軟體解決方案，以提升數據處理能力和監測系統的長期穩定性。
3. 多維度監測和管理：結合生物學、生態學和化學等學科，發展一套多維度的水生生態系統

柒、結論

1. 本研究發現圓葉節節菜使得水域的鹽值增加的速度較快。
2. 長期而言，攪動的方式仍無法有效降低鹽值，短期則可以達成一定效果。
3. 本研究成功證明了結合現代技術與生態學知識可以有效管理和維護水生生態池，為學校和其他機構提供了一個可行的永續經營模式。

捌、參考資料

- 1.水生生物與環境（2023）。康軒自然第三冊 CH2。台北：康軒
- 2.阿簡生物筆記（2007）。https://a-chien.blogspot.com/2007/09/imagej_2149.html3.
- 3.農業部水產試驗所網站資料(2016/12)
https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=310&s=35068