

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

第三名

082808

研究微生物生態瓶-探討應用資料科學聽聲、視
影

學校名稱：國立臺南大學附設實驗國民小學

| | |
|-------------------------|---------------------|
| 作者： 小六 張芸瑄 小四 張芸瑜 | 指導老師： 蔡岱芬 林士揚 |
|-------------------------|---------------------|

關鍵詞：Winogradsky column 裝置、資訊視覺化、
資訊聲音化

摘要

本研究透過搜尋資料，探討原理後以 Winogradsky column 裝置在地採集不同水源與泥漿，依據能量來源（光與養分）各呈現出不同的菌落分層；以 PH 值感測發現水質皆有由鹼性趨近中性的趨勢；以光學顯微鏡觀察發現了草履蟲的接合生殖現象並歸納出細菌的三種運動型態，觀察影像經分析生命科學軟體 Trackmate 程式定性與定量分析，使資訊視覺化除了可視化微生物的數量，也能看到分布以及聚落。

將追蹤軌跡移動距離座標數據，應用美國以資訊工程聞名的喬治亞理工學院開放軟體，透過智慧演算法感測微生物數據使資訊聲音化藉以輔助視力受損的人；本研究與 4 月 18 日 PHYS.ORG 科學網站荷蘭 Delft University of Technology 理工學院發布研究細菌游動的運動軌跡，所產生的音樂聲波似度極高，證實了本研究的創新應用價值。

壹、研究動機

六年級上自然課第三單元地表變化的時候，老師有補充教材提到微生物也會改變地表樣貌；四年級的隊員曾經看過一篇關於會吃石頭的細菌文章，加上 2020 年 COVID-19 病毒爆發，至今全世界都還沒找到解決的方法，無論是病毒還是疫苗都跟微生物相關。

我們決定試著研究微生物，當我們展開研究資料的搜尋時發現透過 Winogradsky column 裝置的製作程序，可製作出不同人工生態系，經過時間的等待原本看起來只是泥漿水的微生物生態瓶會產生出顏色分層，透過肉眼觀察就可以看見多種多樣的細菌群落，我們認為這是最佳的微生物觀察工具。

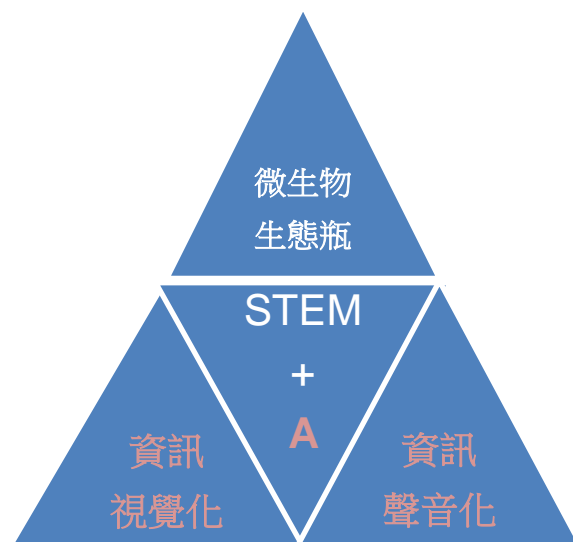
本研究透過光學顯微鏡的觀察與影像紀錄，我們看見了許多有趣的微生物生命現象以及不同的運動方式，好想讓所有人也可以感受到看不見的世界充滿生命的奇妙，於是我們不斷思考除了經由光學顯微鏡觀察到的影像以生命科學軟體分析獲得資訊視覺化研究結論之外，能不能將研究的發現多加一個 A(Art)，將科學研究可以透過聽覺感受，將資訊聲音化讓縱使有視覺障礙者也能透過聽覺聆聽生命訊息，讓更多人對肉眼無法看見的生命現象有更多面向

的認識進而落實 STEAM 教育的精神。

本作品與課程相關連性有：

- 一、翰林自然五下 2 - 2 一水溶液的酸鹼值
- 二、六年級彈性學習 E 化應用
- 三、翰林自然六上第三單元地表的變化

貳、研究目的



圖一：研究理念圖

一、製作不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶

- (一) 觀察沉積物群落（菌落分布）的差異並與文獻資料比對，推測可能的微生物組成。

二、比較不同樣本 Winogradsky column 裝置 PH 值的變化

三、依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

- (一) 分析不同樣本生態瓶 10 μm 微生物數量的變化
- (二) 歸納分析微生物的運動軌跡，取得資訊聲音化數據

四、探討應用 AI 智慧，以科學演算法將資訊聲音化、資訊視覺化

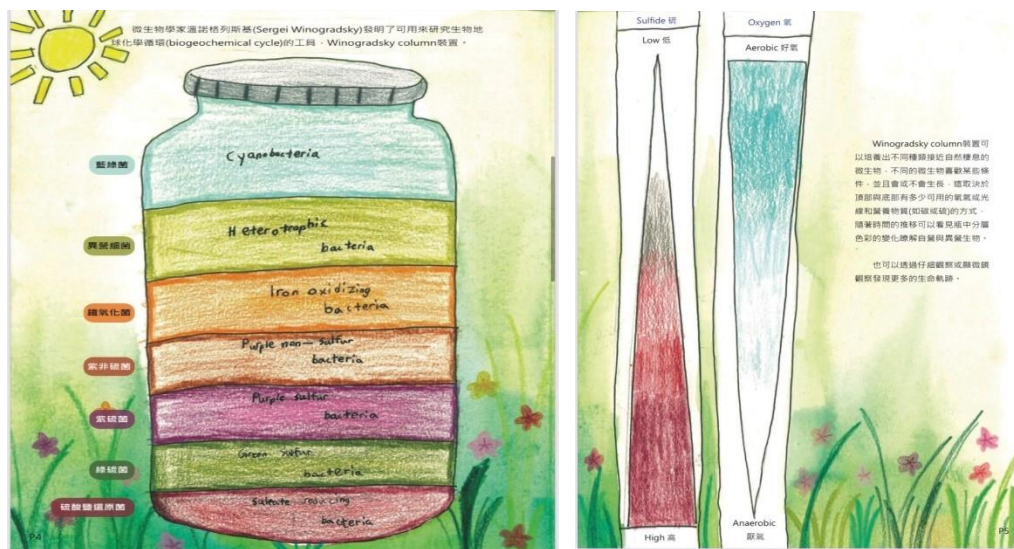
- (一) 資訊視覺化
- (二) 資訊聲音化

參、文獻探討

本研究透過下列的資料查詢與探討，藉以選定研究主題與探討方向。

一、研究微生物生態瓶的製作：

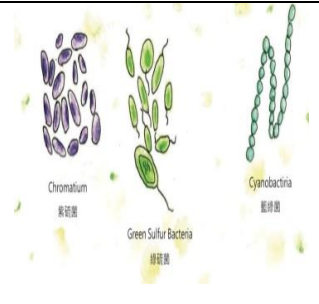



(一) 第一個利用 Winogradsky column 這種裝置來進行微生物培養與觀察的是俄國科學家，他叫做 Winogradsky (1856-1953)，所以這個裝置就叫做 **Winogradsky column**，這個裝置可以培養出不同種類接近自然棲息的微生物，其中豐富的沉積物微生物群落，可以產生豐富多彩的生態系統，在這個密封系統中，微生物不斷地重複使用和回收營養。隨著時間的推移，不同的物種會根據它們使用或不使用氧氣、光和營養物質（如碳或硫）的方式分成可見的層。



圖二：Winogradsky column 裝置原創繪本圖

(二) 根據營養方式，整理出 Winogradsky column 裝置所產生的四類型生物：

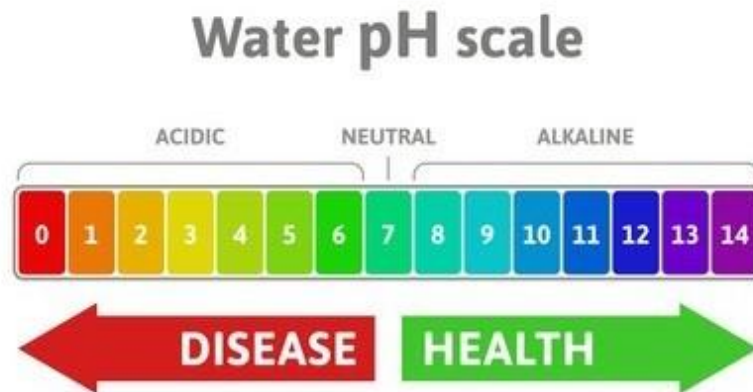
| 分類 | 光合自營性生物 Photoautotroph | 光合異營性生物 Photoheterotroph | 化合自營性生物 Chemoautotroph | 化合異營性生物 Chemoheterotrophic microorganisms |
|----|---|--|--|---|
| 簡介 | 可直接利用太陽輻射能進行光合作用，以日光為能源而以 CO ₂ 為碳源，提供生命能量。 | 生活在無氧環境裡的生物，從日光獲得能量利用有機酸作為碳源，有機酸來自其他細菌發酵的產物。 | 以 CO ₂ 為主要碳源，以氧化化學物質獲得能量，一般化學自營菌因需消耗能量，故生長速度都比較慢。 | 以有機物作為碳源（例如葡萄糖），利用化學反應提供代謝能量。 |

| | | | | |
|-------|---|---|--|---|
| 菌 | 紫硫菌 綠硫菌 藍綠菌 | 紫非硫菌 綠非硫菌 | 硫氧化菌、氫氧化菌、 甲烷菌、亞硝化細菌、 硝化菌、鐵氧化細菌。 | 白硫菌屬 |
| 原創繪本圖 |  |  |  |  |

表一：自營與異營細菌

二、PH 酸鹼值：

pH 是氫原子的測量單位，用來判斷物質是酸性還是鹼性。由於只能用於測量水性物質，因此，您無法測量油性的 pH 值。pH 值從 0 到 14 度，中位數為 7，酸性的物質具有較多的氫 H⁺ 離子，而鹼性的物質則具有較多的氫氧化物 OH⁻ 離子。



圖三：PH 酸鹼值

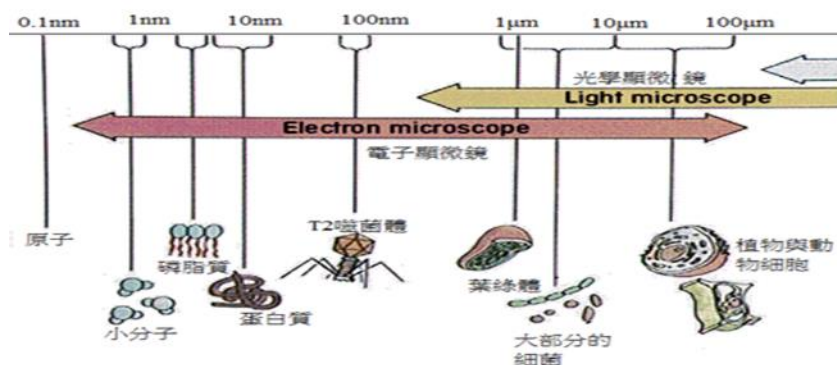
三、奈米尺度對應到實際生物體大小：

生命系統係由奈米尺寸的分子行為所控制，而目前化學、物理、生物及電腦模擬等皆匯流在奈米尺度上的發展，此一跨領域跨學的趨勢，可刺激奈米生物科技的發展，其具潛力的應用包括：

- (1)快速有效的基因序列可在診斷與治療產生革命性的影響。
- (2)使用遙控或及時活體元件有效及更便宜的醫療照顧。
- (3)新藥物的配方或輸送途徑。

(4)更耐久之人工組織或器官。

(5)視力或聽力輔助。



圖四：生物尺度表

四、探討以 Trackmate 程式定性追蹤生物

以 ImageJ 的 Trackmate 分析細胞移動軌跡和位移距離，ImageJ 是一套由美國國家衛生院 (NIH) 所發展出的一套跨平台生命科學分析軟體，不僅免費，而且開放程式碼，提供程式設計師或使用者替這套軟體進行改進及補強，而且能夠顯示、編輯、分析、處理、保存影像，並支持 TIFF、PNG、GIF、JPEG、BMP、DICOM 與 FITS 等多種格式，包括常用的顯微鏡檔案。

五、Sonification Sandbox 透過聲音感測微生物數據使資訊聲音化

Sonification Sandbox 是美國頂尖大學喬治亞理工學院以資工系聞名全球的聲化實驗室跨學科研究小組所開發的軟體，實驗室研究聲化使用聲音來顯示和分析科學數據為有視力和視力受損的研究人員和學生帶來更有效的數據探索工具。

肆、研究設備及器材

一、研究設備、材料：

| | | | |
|---------|------------------------|------------------------|---------|
| 電腦兩台 | 光學顯微鏡乙台 | 500ml 空瓶 9 個 | 實驗紀錄簿乙本 |
| 水桶 3 個 | 盆子 3 個 | 手機兩台 | 鑷子 2 把 |
| 空杯 9 個 | 電子秤乙台 | 塑膠手套乙盒 | 美工刀乙把 |
| 面紙乙包 | 碳酸鈣 CaCO_3 乙罐 | 硫酸鈣 CaSO_4 乙罐 | 滴管 10 隻 |
| PH 值校正液 | 保鮮膜乙捲 | 橡皮筋乙包 | 小針乙包 |

二、實驗裝置樣本採集來源：

為了培養出不同種類接近自然棲息的微生物，本研究在地採集了三種不同的水源與泥漿製作 Winogradsky column 裝置進行觀察、研究與探討。

| | |
|--|---|
| <p>二仁溪河水與泥漿</p> <p>曾經全世界重金屬污染最嚴重的河川，經由多年的復育河岸型濕地。</p>  | <p>二仁溪</p>  |
| <p>巴克禮公園湖水與泥漿</p> <p>濕地水塘，由於當地地下水源豐富，地下湧泉不斷冒出地面，形成一處天然湖泊。</p>  | <p>夢湖</p>  |
| <p>四鯤鯓海水與海砂</p> <p>鯤鯓原作鯤身，指圍繞著瀉湖臺江內海中的沙洲。</p>  | <p>四鯤鯓海</p>  |

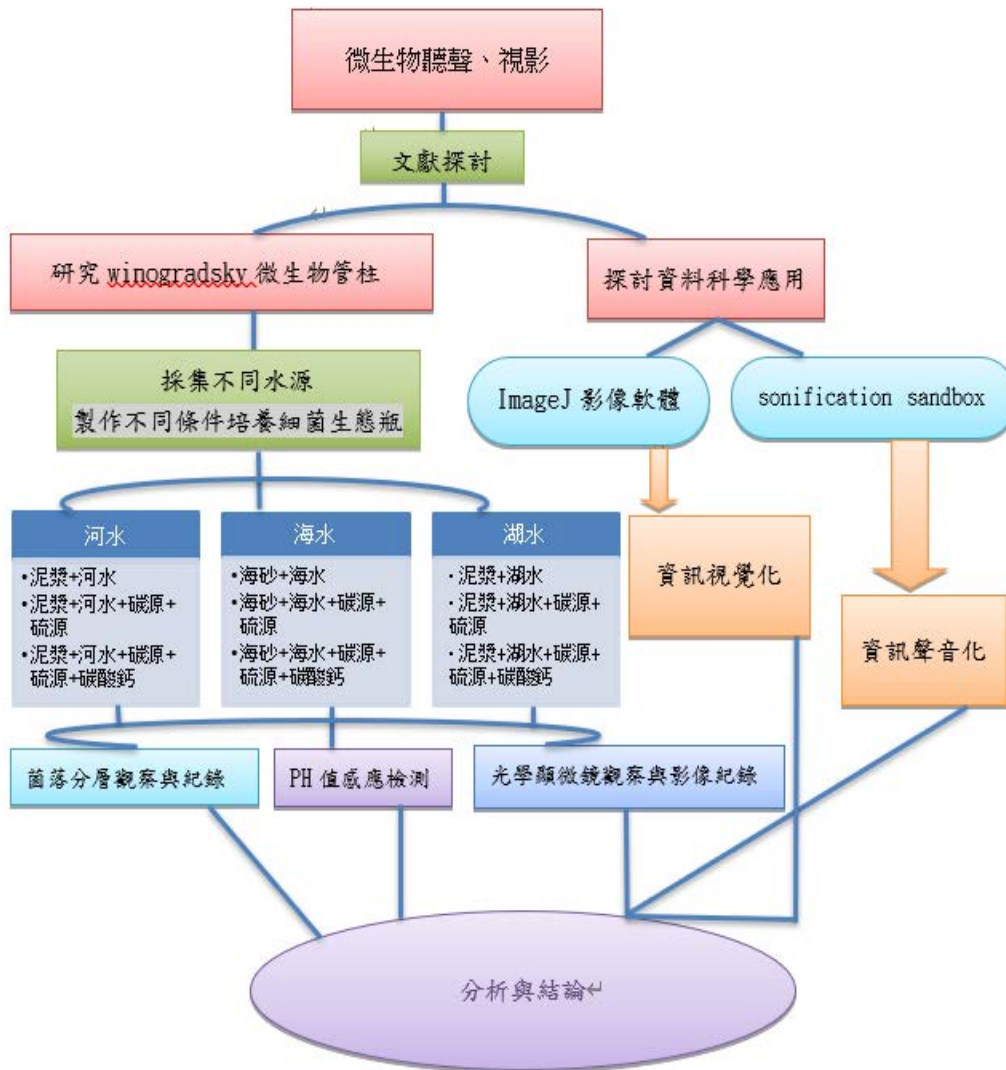
表二:裝置採集地

三、科學硬體與軟體應用

| | |
|---|--|
|  | <p>PH 質感測模組</p> <p>以 ArduinoUNO 版與 PH 感測模組分別連接 A0 角位.5V 和 GND 再連接電腦可以以 Arduino 程式軟體編寫程式，或直接連結 PH 感測模組官網邊寫好的程式用以感測 PH 值。</p> |
|  | <p>試算表提供色彩繽紛的圖表與圖形，可清楚鮮明地呈現各種資料。它內建了公式、樞紐分析表和格式化條件選項，讓您省時並簡化一般試算表工作，而且完全免費。</p> |
|  | <p>FIJI (ImageJ2)</p> <p>與 ImageJ 一樣，FIJI 可幫助進行科學圖像處理和分析，用於生命科學處理和分析數據的工具。</p> |
|  | <p>Sonification Sandbox</p> <p>運用 Sonification Sandbox 匯入數據，再將其數據轉換為音樂。</p> |
|  | <p>Davinci Resolve</p> <p>將照片、影片、數據和音樂剪輯成微生物的影片，標題為《聽，□□□微生物的聲音》。</p> |

表三：科學軟硬體應用

伍、研究過程與方法



圖五：研究流程






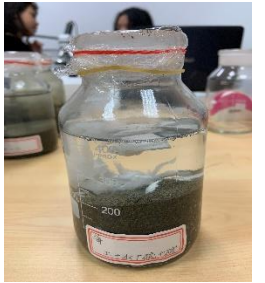



一、製作不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶

(一)、製作流程

根據 Winogradsky column 裝置原理，實驗設計的實驗組為：原生態（水源+泥源）+硫源（ CaCO_4 ）+碳源（面紙），對照組 A 為：原生態(水源+泥源)；對照組 B 為：原生態硫源+碳源+ CaCO_3 。

先把實驗設計的變因標示在瓶子上，將採集的泥漿 300g，乙張面紙（碳源）1.8g 和 1.8g 硫酸鈣CaSO₄（硫源），1.8g CaCO₃，逐一各自裝入標示變因已滅菌的 500ml 空瓶，再將採集的水源 300ml 倒進入瓶中，上面用保鮮膜蓋住瓶口，再用橡皮筋捆緊保鮮膜，並用針在保鮮膜上刺幾個小洞以利排出氣體，靜置於能照到陽光的地方（注意！不能太陽直射），定期觀察並記錄，慢慢地肉眼就可以看到瓶子裡微生物的消長變化痕跡。










1. 根據變因，整理出不同生態定量 Winogradsky column 對照實驗裝置

| | 對照組 A 原生態(水源+泥源) | 對照組 B 原生態+硫源+碳源 +CaCO ₃ | 實驗組 原生態+硫源+碳源 |
|---------------|---|--|---|
| 河水生態定量裝置、對照實驗 |  |  |  |
| 海水生態定量裝置、對照實驗 |  |  |  |
| 湖水生態定量裝置、對照實驗 |  |  |  |


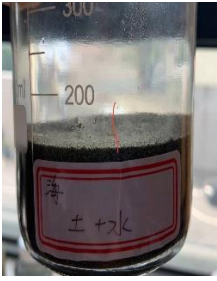



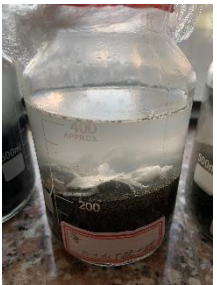


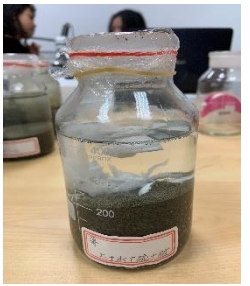
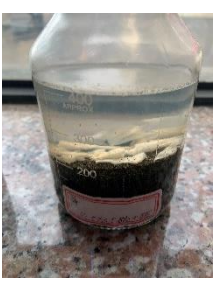
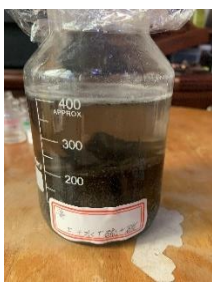

表四：不同生態定量裝置對照圖

(二)、觀察記錄照片

| | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 2021 年 12 月 19 日 氣象溫度 22°C | 2022 年 1 月 16 日 氣象溫度 24°C | 2022 年 1 月 30 日 氣象溫度 18°C | 2022 年 2 月 20 日 氣象溫度 10°C |
|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| <p>河水原生 態定量裝 置、對照 實驗觀察</p> |  <p>第0天水混濁</p> |  <p>看到某些動物築成的管狀構造，水體已經呈現綠色，還有綠色藻類，可見咖啡色、黑色、藍灰色分層，水面有咖啡色菌膜，有氣泡。</p> |  <p>水體已經呈現綠色，土面可見管狀構造，綠色藻類增加，可見咖啡色、黑色、藍灰色分層，水面有咖啡色菌膜，氣泡增加。</p> |  <p>水體已經呈現綠色，土面可見管狀構造，綠色藻類增加，可見淺綠色、黑色、藍灰色分層，水面有咖啡色菌膜，瓶身綠色菌膜脫落氣泡增加。</p> |
| <p>河水生態 +碳源+硫 源+CaCO₃ 定量裝 置、對照 實驗觀察</p> |  <p>第0天水混濁</p> |  <p>水體呈現粉紫色，可見粉紫色、咖啡色、黑色、藍灰色分層水面有黑色菌膜。</p> |  <p>水體呈現紫色，可見粉紫色、深紫色、咖啡色、黑色、藍灰色分層可見管狀構造，水面有黑色菌膜。</p> |  <p>水體已經呈現綠色，可見紫色、黑色、咖啡色、綠色分層、綠色藻類，水面有黑色菌膜。</p> |
| <p>河水原生 態+硫源+ 碳源定量 裝置、對 照實驗觀 察</p> |  <p>第0天水混濁。</p> |  <p>水體偏灰色，可見粉紫色、綠色、咖啡色、黑色、藍灰色分層。</p> |  <p>水體偏咖啡色，可見紫色、磚紅色、咖啡色、黑色、藍灰色分層水面有咖啡色菌膜。</p> |  <p>水體已經呈現綠色，土面可見管狀構造，可見紫色、粉紫色、黑色、灰藍色、綠色分層、綠色藻類，水面有黑色菌膜。</p> |

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| <p>湖水原生 態定量裝 置、對照 實驗觀察</p> |  <p>第 0 天水混濁，300g 的湖泥比一樣重的河泥和海沙在空瓶理佔的體積與湖和海的裝置比較還多。</p> |  <p>看到某些動物築成的管狀構造,水體有些混濁,可見一些綠色、咖啡色、黑色、藍灰色分層。</p> |  <p>土面看到某些動物築成的管狀構造,有些許藻類水體偏綠色,可見綠色、咖啡色、黑色、藍灰色分層,有小氣泡。</p> |  <p>瓶身許多菌斑,水體呈現綠色,可見綠色、咖啡色、黑色、藍灰色分層,土面看到某些動物築成的管狀構有些許藻類。</p> |
| <p>湖水原生 態+硫源+ 碳源+ CaCO₃ 定 量裝置、 對照實驗 觀察</p> |  <p>第 0 天水混濁，碎面紙很難充分混合在泥漿裡。</p> |  <p>水體呈現灰黑色,有溢出的現象,碎面紙也都變黑,可見黑色、土黃色分層。</p> |  <p>水體呈現灰綠色,有溢出的現象,可見黑色、土黃色、淺綠色分層。</p> |  <p>水體呈現綠色,有溢出的現象,可見黑色、土黃色、淺綠色分層。</p> |
| <p>湖水原生 態+硫源+ 碳源定量 裝置、對 照實驗觀 察</p> |  <p>第 0 天水混濁，碎面紙很難充分混合在泥漿裡，湖泥比一樣重的河泥和海沙在空瓶理佔的體積與湖和海的裝置比較還多。</p> |  <p>水體呈現灰黑色,有溢出的現象,碎面紙也都變黑,可見黑色、土黃色和少量綠色分層。</p> |  <p>水體呈現淡綠色,土面看到某些動物築成的管狀構造,有溢出的現象,可見黑色、綠色分層。</p> |  <p>水體呈現淡綠色,土面看到某些動物築成的管狀構造,有溢出的現象,可見黑色、綠色分層。</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| <p>海水原生 態定量裝 置、對照 實驗觀察</p> |  <p>第0天水體透明。</p> |  <p>發現一株綠色海 藻，玻璃瓶身有 些許菌斑產生。</p> |  <p>水體透明，綠色海 藻長長，砂面上有 乳白色菌斑。</p> |  <p>水體透明，綠色海 藻長長倒塌捲成團 狀。</p> |
| <p>海水生態 +硫源+碳 源+CaCO₃ 定量裝 置、對照 實驗觀察</p> |  <p>第0天水清，當水源 倒入時碎面紙幾乎全 部往上浮。</p> |  <p>水體變濁，碎面 紙全部往下沉， 水面有灰色浮膜 產生。</p> |  <p>水體變帶有粉色， 碎面紙部份變黑 部分變咖啡色，可 見黑色分層，水面 有咖啡菌膜產生。</p> |  <p>水體變帶有乳白 色，碎面紙部份變 黑部分變咖啡色， 可見黑色分層，水 面有咖啡和白色菌 膜產生。</p> |
| <p>海水原生 態+硫源+ 碳源定量 裝置、對 照實驗觀 察</p> |  <p>第0天水清</p> |  <p>水體變濁，碎面 紙上和玻璃瓶的 瓶身有咖啡色的 菌斑，水面有灰 白色浮膜產生。</p> |  <p>水體顏色有些黑， 碎面紙變黑色，可 見黑色、淺粉色分 層，水面有灰白色 菌膜更明顯。</p> |  <p>水體變粉色，可見 黑色、淺粉色分層， 水面有灰白色菌膜 更明顯。</p> |

表五：部分觀察紀錄圖

二、比較不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶其 PH 值的變化

將 Arduino Nano 版與 PH 質感測模組腳位電路連接，透過 USB 傳輸線連接電腦以 Arduino 官網供應的程式(專門為 PH 質檢測棒所寫的 PH 質檢測程式)用以感測 PH 值，感測前電極感

測棒需要先以 PH7 緩衝溶液原點校正再以 PH4 緩衝溶液與 PH10 緩衝溶液雙校正，每次更換溶液時都需要以蒸餾水洗淨電極，使用後需浸在乾淨的蒸餾水中；標準緩衝溶液的 PH 值會隨著溫度而略改變，因此我們每次感測設定的溫度皆為 25 度，定期檢測數據於研究結果以圖表呈現。



我們以 Arduino 官網供應的程式(專門為 PH 質檢測棒所寫的 PH 質檢測程式) 來檢測 PH 質，連接序列埠 COM3，接著點擊「序列埠監控視窗」，程式就會自行跑動並檢測水樣本的 PH 值了。

三、依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

從不同的生態樣本取出水樣，選取顯微鏡觀察所錄製的影像，將影像匯入生命科學分析軟體 ImageJ 用 FIJI 增加外掛程式來自動計數分析偵測 10um 生物的數量，接著以 Trackmate 自動偵測分析 10um 生物或手動偵測單一生物與單一現象的移動軌跡以取得所需要的座標數據。

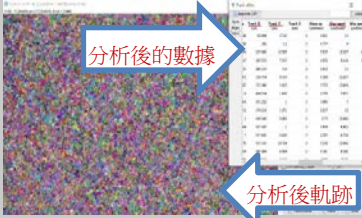
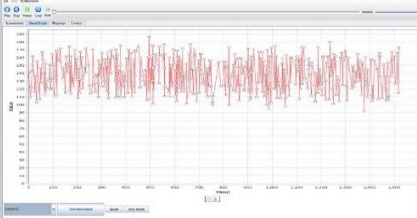
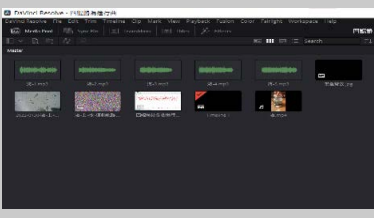
| | | | |
|--------------------------|---|---|-------------------------------------|
| | | | |
| <p>1.顯微鏡觀察影像，進行資料分析。</p> | <p>2.用 FIJI 增加外掛程式來自動計數分析偵測 10um 生物的數量。</p> | <p>3 外掛程式自動分析偵測 10um 生物的運動軌跡，以得取數據。</p> | <p>4.外掛程式手動分析偵測單一生物的運動軌跡，以得取數據。</p> |

表六：軟體應用過程

四、探討應用 AI 智慧，以科學演算法將資訊聲音化、資訊視覺化

以 FIJI (ImageJ2)的 Trackmate 程式自動分析且偵測 10 μ m(微米)生物以及單一生物或單一微生物運動軌跡，以得取得微生物運動軌跡的數據，再將 500 筆座標數據匯入 Sonification Sandbox 軟體，所有樣本都以鋼琴的 C 大調所演奏，設定一致的播出時間忠於每個樣本的原始

波型，再從軟體感測的聲音發現與分析，最後以剪輯影片的方式將我們這段期間的研究整合成一部影片，**背景音樂是應用生命科學軟體分析運動軌跡再透過資訊聲音化感測出的音樂。**

|  <p>FIJI (ImageJ2)</p> |  <p>Sonification Sandbox</p> |  <p>Davinci Resolve</p> |
|---|--|--|
| <p>1.以 FIJI (ImageJ2)的 Trackmate 程式自動分析且偵測 10 μm(微米)生物的運動軌跡，以得取微生物運動軌跡的數據。</p> | <p>2.以運動軌跡的數據匯入，透過智慧演算感測使數據聲音化，所有樣本都以 500 筆數據以鋼琴的 C 大調所演奏，設定一致的撥出時間以利於分析比較。</p> | <p>3.以剪輯影片的方式將我們這段期間的觀察紀錄整合成一部影片，背景音樂是應用微生物運動軌跡感測出的聲音配樂。</p> |

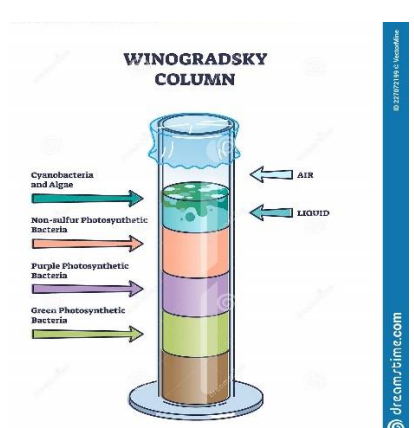
表七：資訊視覺化.聲音化應用軟體

陸、研究結果

一、製作不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶

來自湖水和河川的泥漿與水在光合作用下光合微生物開始在沉積物的頂層生長，主要由藍藻組成，藍藻產生氧氣並顯示為綠色或紅棕色層，雖然光合作用產生 CO₂，但氧氣在水中的溶解度不高，越往下層 CO₂ 會逐漸減少進而形成 CO₂ 梯度，範圍從頂層的高濃度氧氣到底層的零氧氣，含氧層稱為好氧層，無氧層稱為厭氧層。

(一) 觀察沉積物群落 (菌落分布) 的差異並與文獻資料比對，推測可能的微生物組成



WINOGRADSKY COLUMN

Cyanobacteria and Algae
Non-sulfur Photosynthetic Bacteria
Purple Photosynthetic Bacteria
Green Photosynthetic Bacteria

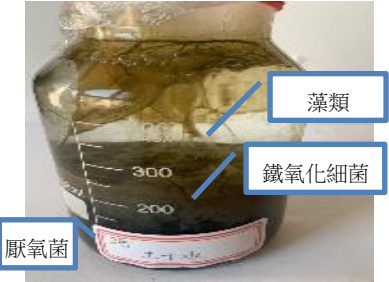

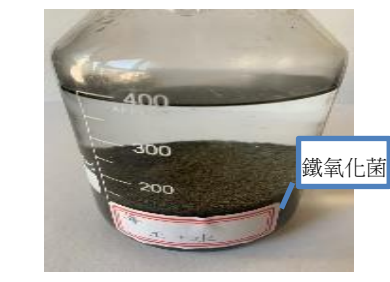
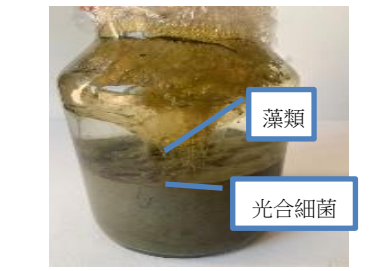


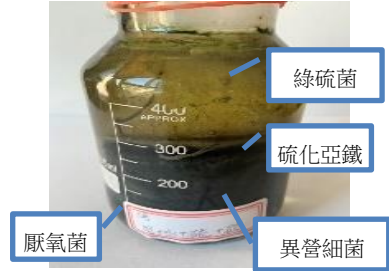

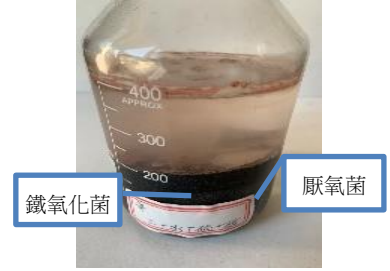
AIR
LIQUID

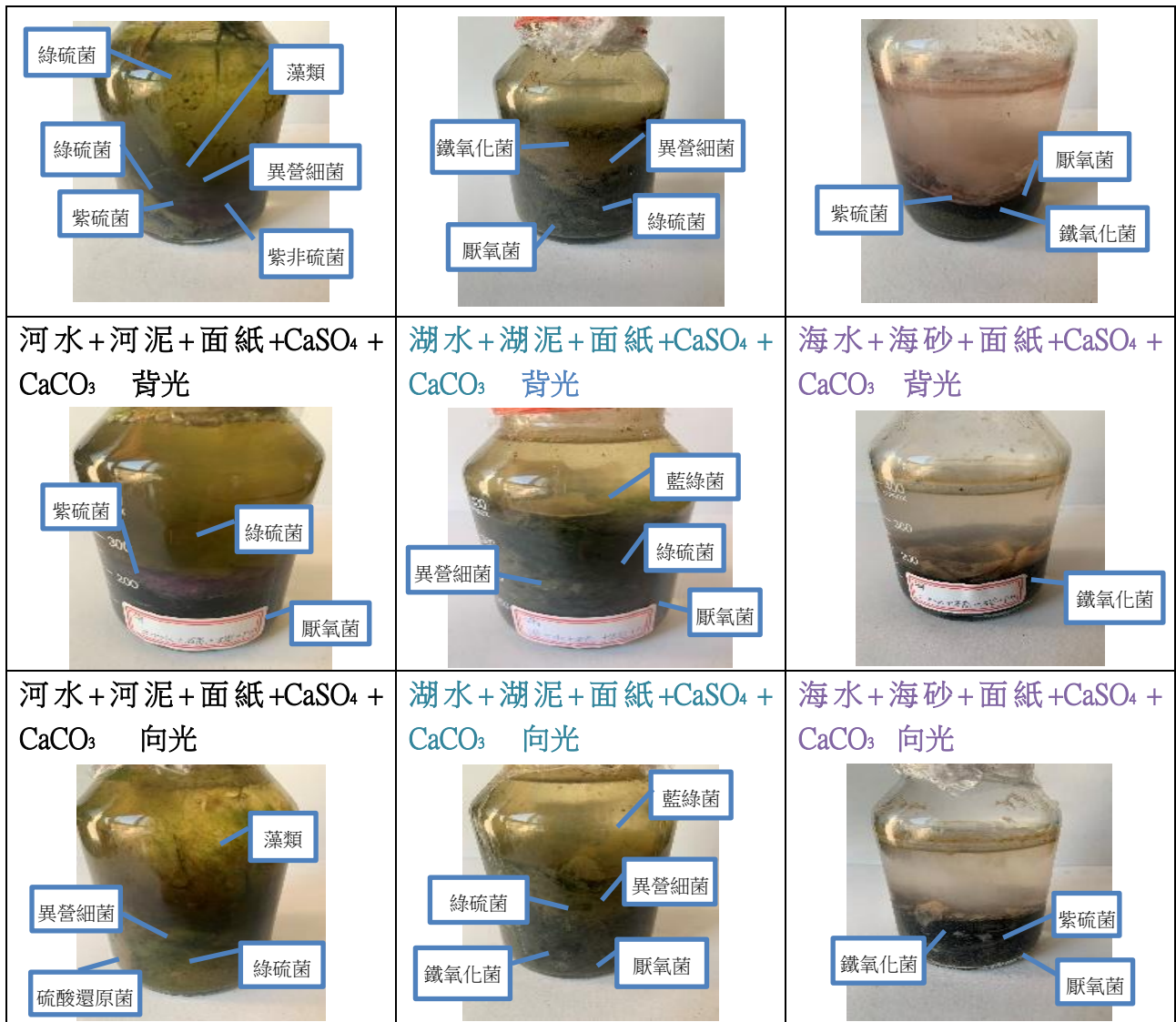
© dreamstime.com

剛開始的一週會看到水中有一些動物出現(例如管蟲、線蟲、顫蚓等)，面紙的纖維素慢慢被分解，細菌會快速生長而消耗氧氣，慢慢的水體和土壤部份成為無氧狀態 (anaerobic)。而在無氧狀態能夠進行無氧呼吸的微生物利用發酵作用 (Fermentation) 代謝有機物，於此同時開始會聞到硫化氫的味道，硫化氫會和沉積物裡的鐵離子反應，生成黑色的硫化亞

鐵(FeS, ferrous sulphide); 無氧光合細菌會利用水體的硫化氫形成兩個有色區塊, 綠色的是綠硫菌 (green sulphur bacteria), 另一個則是紅中帶紫的紫硫菌 (purple sulphur bacteria); 光合細菌所在的水體, 則呈現磚紅色, 這是因為有大量的紫色非硫細菌 (purple nonsulfur bacteria)。

根據 2/23 分層觀察, 推論菌落分布的微生物組成

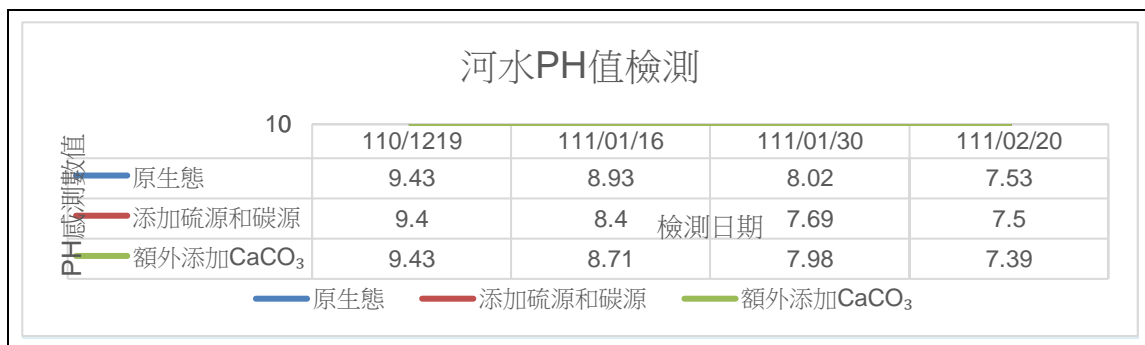
| | | |
|--|--|--|
| <p>河水+河泥 背光</p>  | <p>湖水+湖泥 背光</p>  | <p>海水+海砂 背光</p>  |
| <p>河水+河泥 向光</p>  | <p>湖水+湖泥 向光</p>  | <p>海水+海砂 向光</p>  |
| <p>河水+河泥+面紙+ CaCO₃ 背光</p>  | <p>湖水+湖泥+面紙+ CaCO₃ 背光</p>  | <p>海水+海砂+面紙+ CaCO₃ 背光</p>  |
| <p>河水+河泥+面紙+ CaCO₃ 向光</p> | <p>湖水+湖泥+面紙+ CaCO₃ 向光</p> | <p>海水+海砂+面紙+ CaCO₃ 向光</p> |

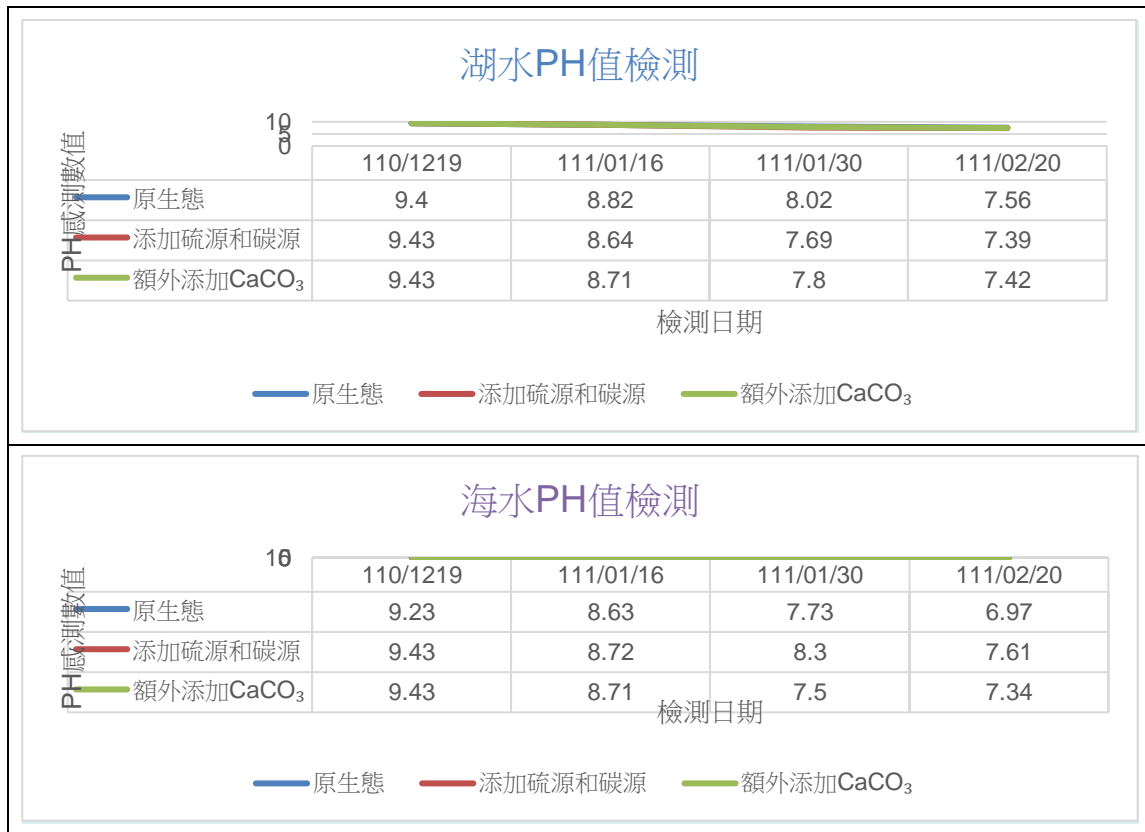


表八：推論菌落分布

二、比較不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶其 PH 值的變化

根據圖六 PH 值檢測不同生態樣本的 PH 值感測線型圖發現，PH 值皆由鹼性一直偏向中性，PH 值有逐漸下跌的趨勢。



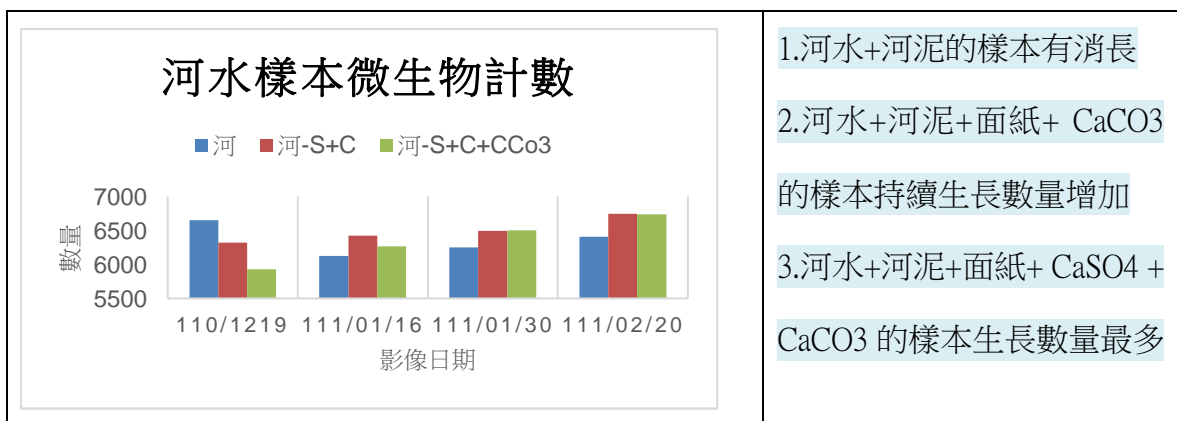


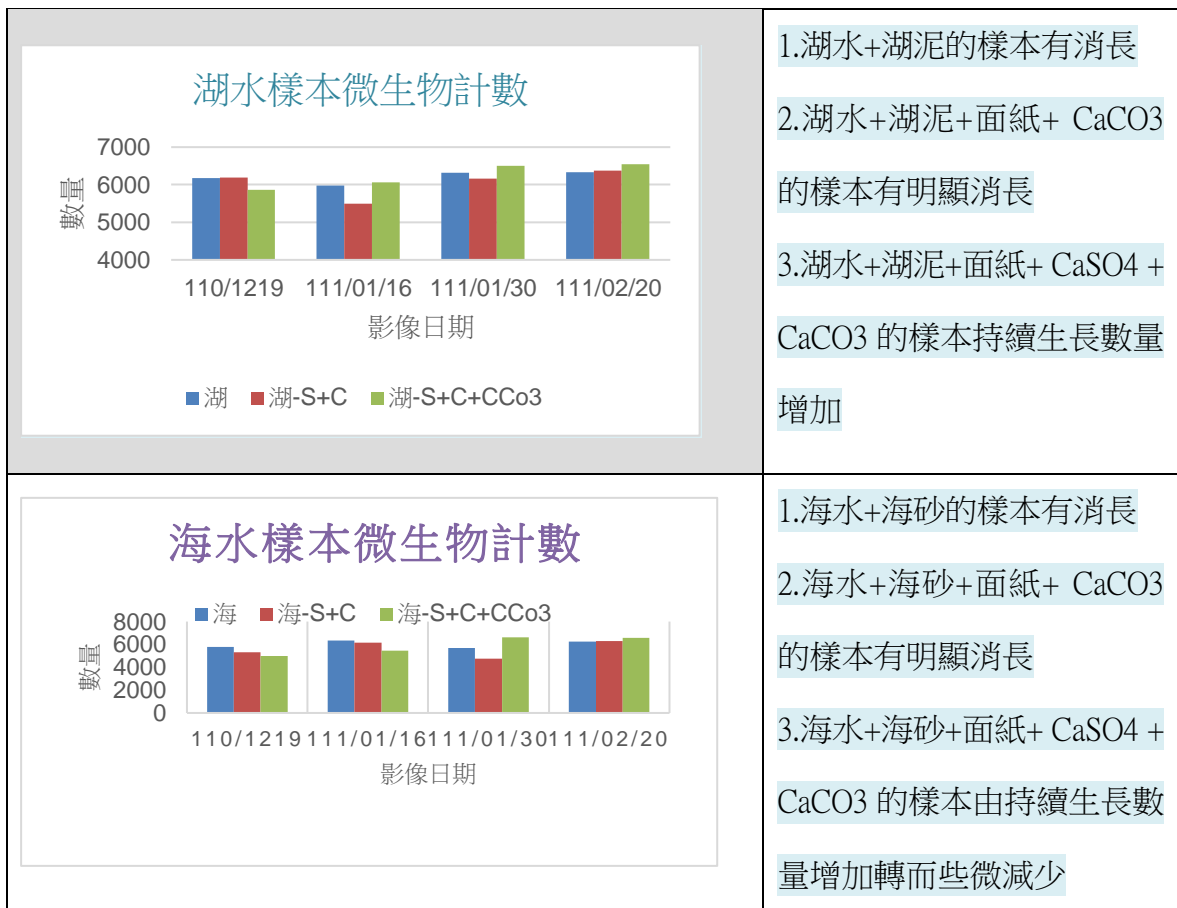
圖六:PH 值檢測

三、依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

(一)、分析不同樣本生態瓶 10 μm微生物數量的變化

根據圖七不同樣本匯入相同的畫面數以 FIJI (ImageJ2)外掛程式的自動計數分析 10 μm微生物數量，發現原生態的樣本皆有消長，添加碳源和硫源的只有河的樣本持續生長數量增加，額外添加 CaSO₄ 的樣本生長數量增加只有海水生態樣本的數量原本增加而又些微減少。





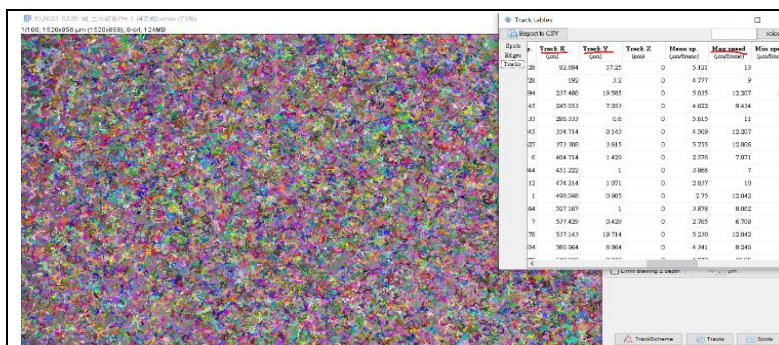
- 1.湖水+湖泥的樣本有消長
- 2.湖水+湖泥+面紙+ CaCO₃的樣本有明顯消長
- 3.湖水+湖泥+面紙+ CaSO₄ + CaCO₃ 的樣本持續生長數量增加

- 1.海水+海砂的樣本有消長
- 2.海水+海砂+面紙+ CaCO₃的樣本有明顯消長
- 3.海水+海砂+面紙+ CaSO₄ + CaCO₃ 的樣本由持續生長數量增加轉而些微減少

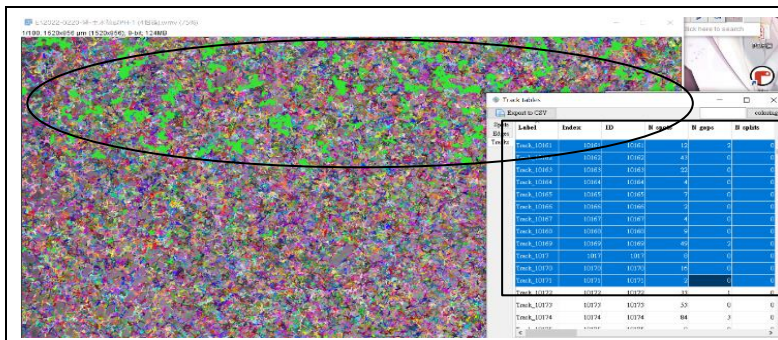
圖七:微生物數量

(二) 歸納分析微生物的運動軌跡，取得資訊聲音化數據

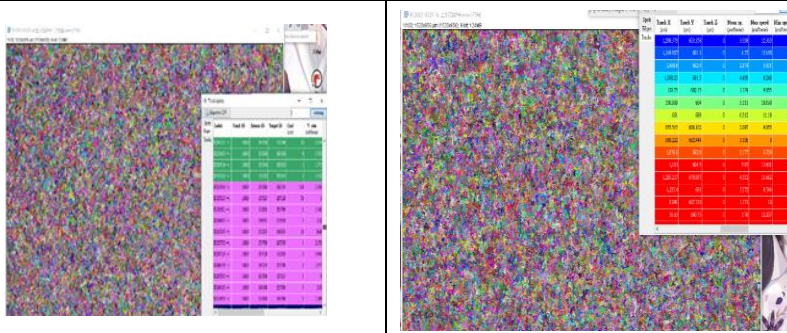
根據表九：ImageJ 外掛程式分析運動軌跡發現無論是以自動運算軌跡還是手動運算軌跡都可以取得相關資訊，我們採取座標位置為我們資訊聲音化數據。



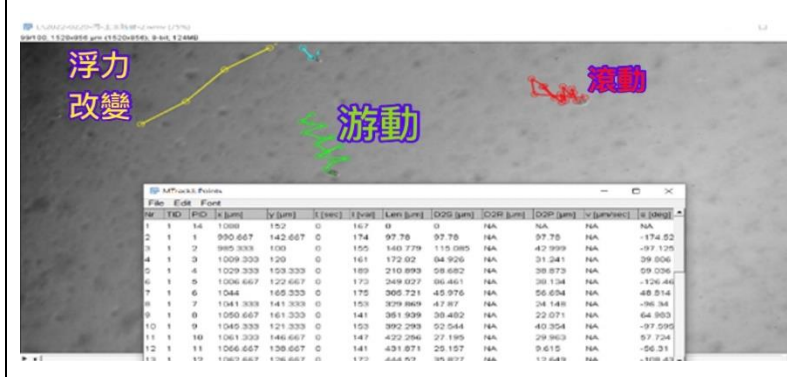
左圖為軟體自動分析定性定量追蹤的數據包含座標位置和速度。



左圖為自動分析追蹤，可單獨圈選範圍(藍色數據框)，圈選範圍後即可清楚看到該分布區域(綠色區域分布)。



左圖為自動分析追蹤數據圖表，顏色所對應的是畫面顏色。



左圖為手動個別追蹤獲得的數據與三種運動型態軌跡。

表九：ImageJ 外掛程式分析運動軌跡

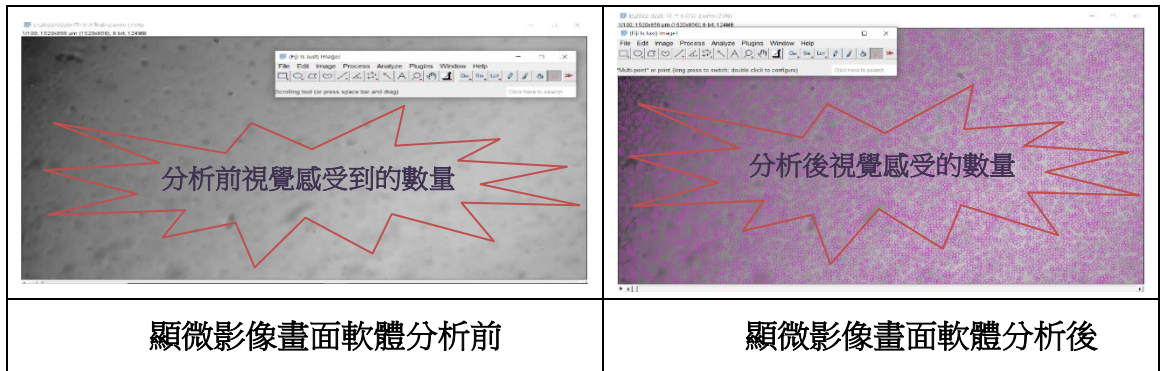
四、探討應用 AI 智慧，以科學演算法將資訊視覺化、資訊聲音化

(一)、資訊視覺化

根據圖八顯微影像畫面軟體分析前後比對，為符合頁數規範本研究從多筆分析資料中僅以 111 年 2 月 20 日不同樣本的微生物生態瓶顯微鏡觀察紀錄的影像擷取一樣的畫面數，以演算法的智慧分析產生 10um 微生物計數圖像，發現從自動計數圖像中可更清楚看見微生物的分布與數量的感受；以 Trackmate 自動追蹤 10um 微生物或手動追蹤分析運動軌跡圖像發現，微生物的不同運動型態方式分別為滾動、游動以及受浮力影響的運動。

1. 顯微影像畫面軟體分析前後比對圖

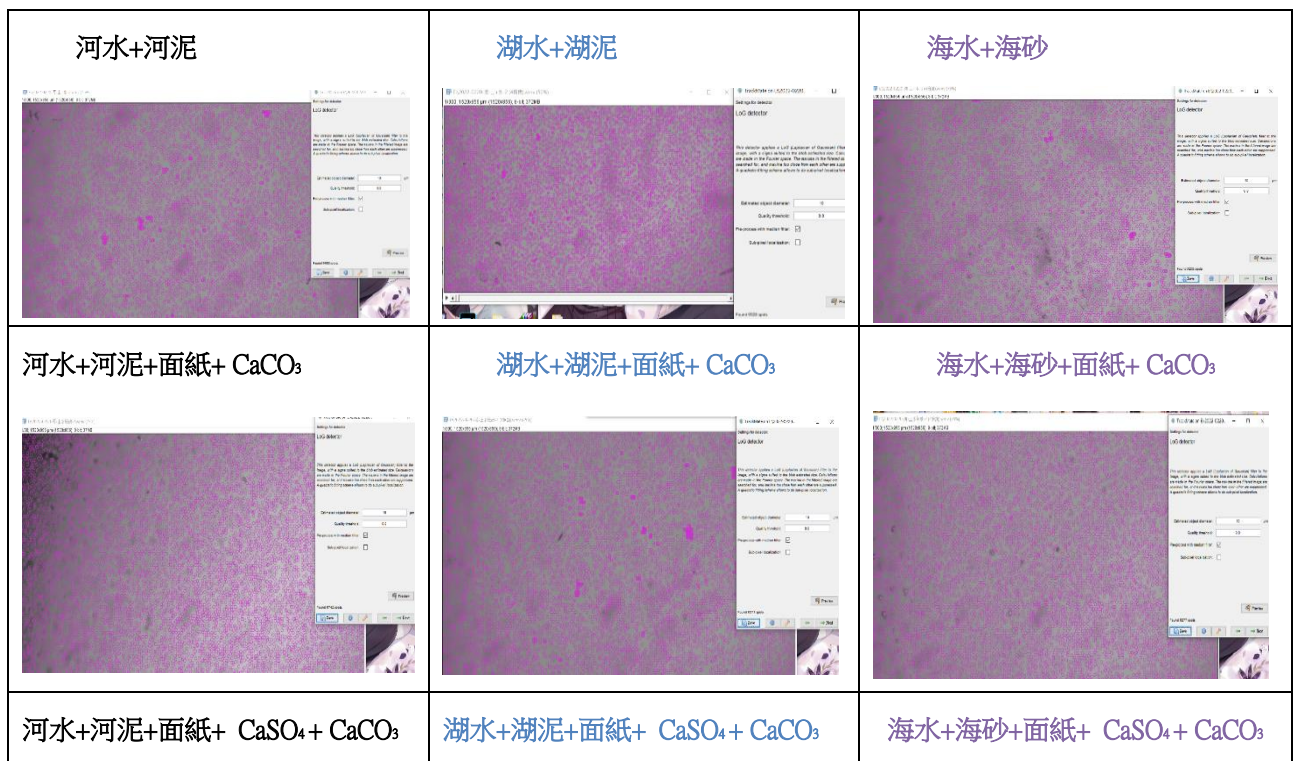
根據圖八：顯微影像畫面軟體分析前後比對發現顯微影像畫面經軟體分析後，視覺上即可明顯感受到數量，讓資訊視覺化。

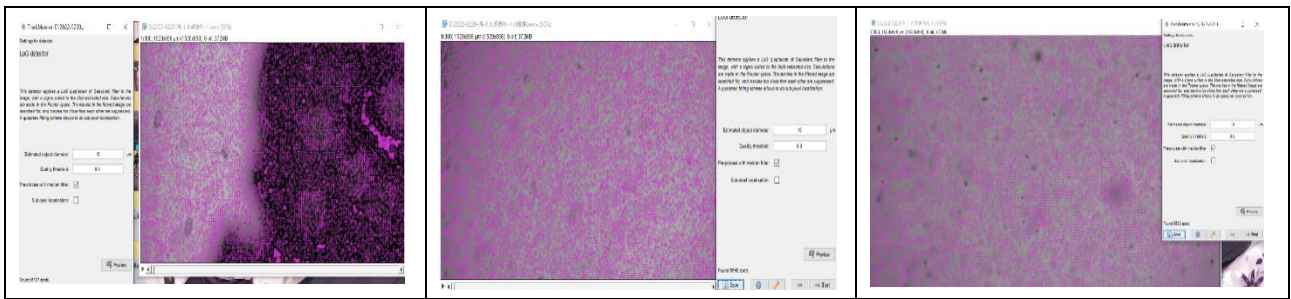


圖八：顯微影像畫面軟體分析前後比對

2. 不同樣本的微生物生態瓶經演算法的智慧分析產生 10 μm 微生物計數圖像

為符合頁數規範本研究從多筆分析資料中僅放置採樣分析來自 111 年 2 月 20 日不同樣本的微生物生態瓶顯微鏡觀察紀錄的影像，擷取一樣的畫面數匯入生命科學分析軟體，根據圖九 ImageJ 外掛程式分析 10 μm 微生物數量，發現不同樣本生態的定性微生物數量與分佈差異，使資訊視覺化。

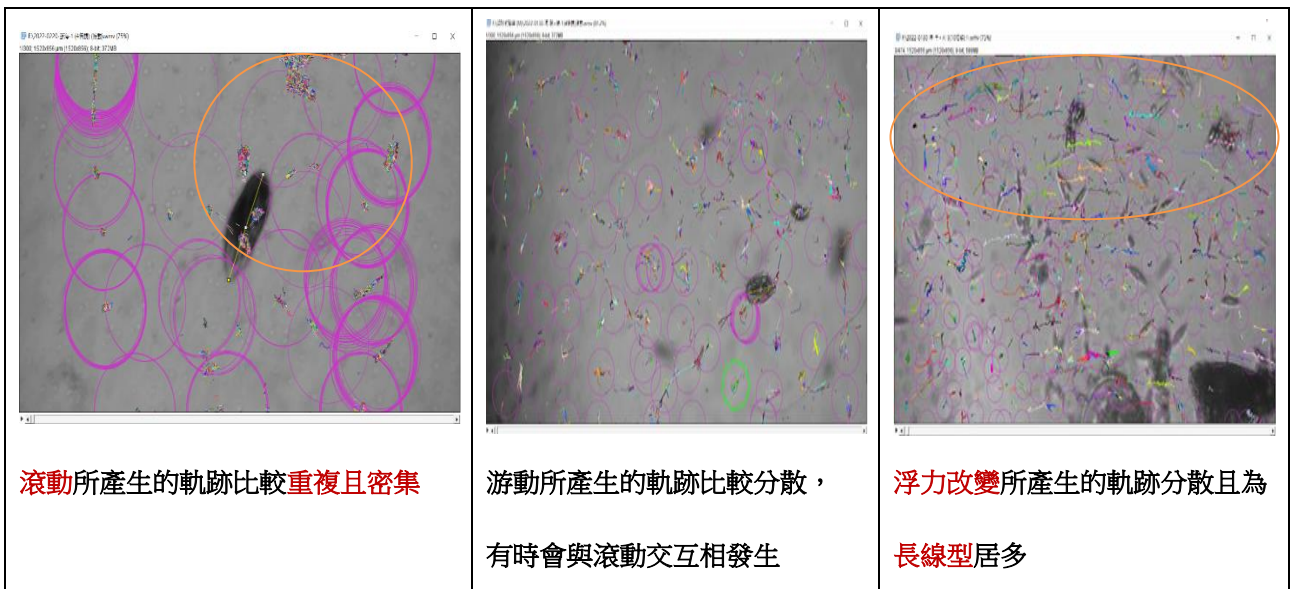




圖九：ImageJ 外掛程式分析 10µm 微生物數量

3 · AI 智慧分析單一現象微生物運動軌跡圖像

為符合頁數規範本研究從多筆分析資料中僅放置採樣分析來自自 111 年 1 月 30 日不同樣本的微生物生態瓶顯微鏡觀察紀錄的影像，擷取一樣的畫面數匯入生命科學分析軟體，從圖十微生物不同的運動型態軌跡發現，明顯看到微生物主要三種不同的運動型態，游動、滾動以及受浮力所影響的運動型態所產生的軌跡有明顯差異，三種的運動型態有時會交互發生。

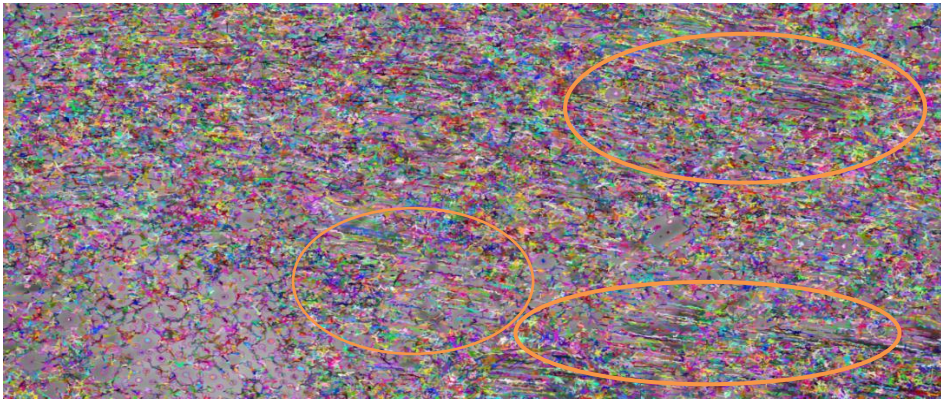
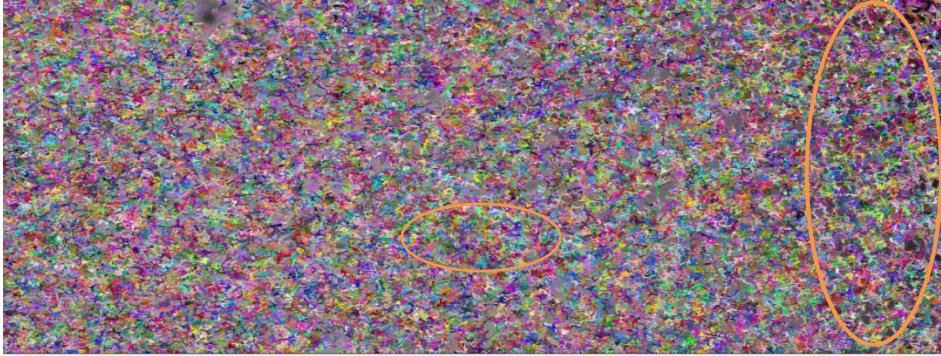



圖十：微生物不同的運動型態軌跡

4 · 經演算法的自動智慧分析產生 10 µm 微生物運動軌跡圖像

採樣分析來自 111 年 1 月 30 日不同樣本的微生物生態瓶顯微鏡觀察紀錄的影像，擷取一樣的畫面數匯入生命科學分析軟體，以智慧演算法分析軟體自動運算出的運動軌跡，也是本研究匯入使數據聲音化的依據，從圖十一 自動模式智慧分析 10 µm 微生物運動軌

跡發現，海的原生態軌跡圖有多處呈現長線型軌跡，河原生態的右半部有多處重複且密集的軌跡，湖原生態的軌跡圖明顯看到游動與滾動型態交互發生的情形比較多。

| | |
|--|---|
|  | <p>左圖為海原生態以智慧演算法分析軟體自動運算出的運動軌跡，也是本研究匯入使數據聲音化的依據，軌跡圖明顯看到受浮力影響的運動型態為長線型居多。</p> |
|  | <p>左圖為河原生態以智慧演算法分析軟體自動運算出的運動軌跡，也是本研究匯入使數據聲音化的依據，軌跡圖明顯看到比較多數的滾動型態為重複且密集。</p> |
|  | <p>左圖為湖原生態以智慧演算法分析軟體自動運算出的運動軌跡，也是本研究匯入使數據聲音化的依據，軌跡圖明顯看到游動與滾動型態交互發生的情形比較多。</p> |

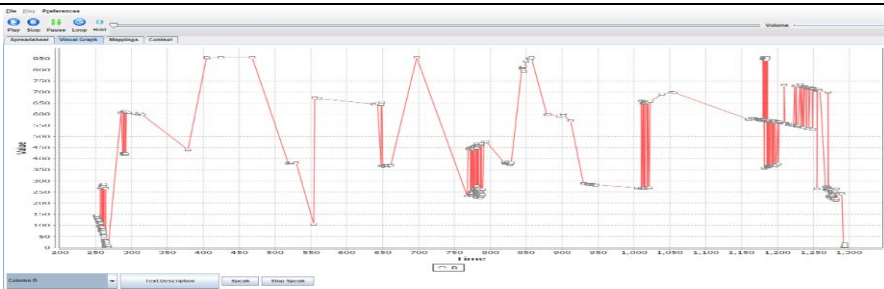

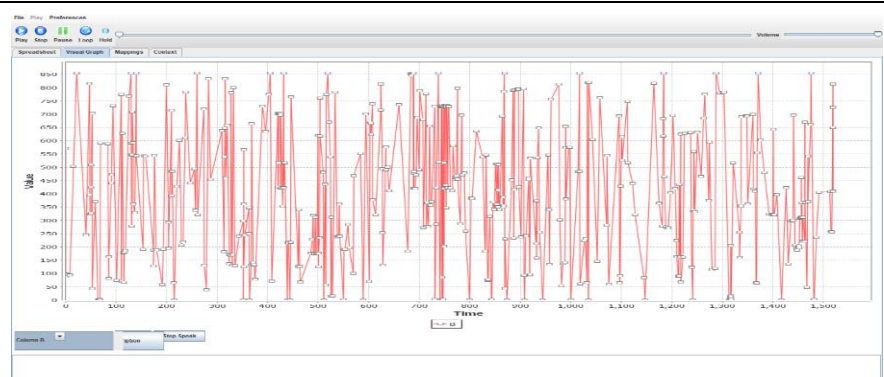
圖十一：自動模式智慧分析 10um 微生物運動軌跡

(二) 資訊聲音化

根據 111 年 1 月 30 日不同樣本的微生物生態瓶顯微鏡觀察紀錄的影像擷取一樣的畫面數，以演算法的智慧分析產生微生物三種不同運動型態圖像與數據匯入 Sonification Sandbox 軟體，從表十 Sonification Sandbox 產出聲音數據圖表發現，游動、滾動以及受浮力影響所呈現

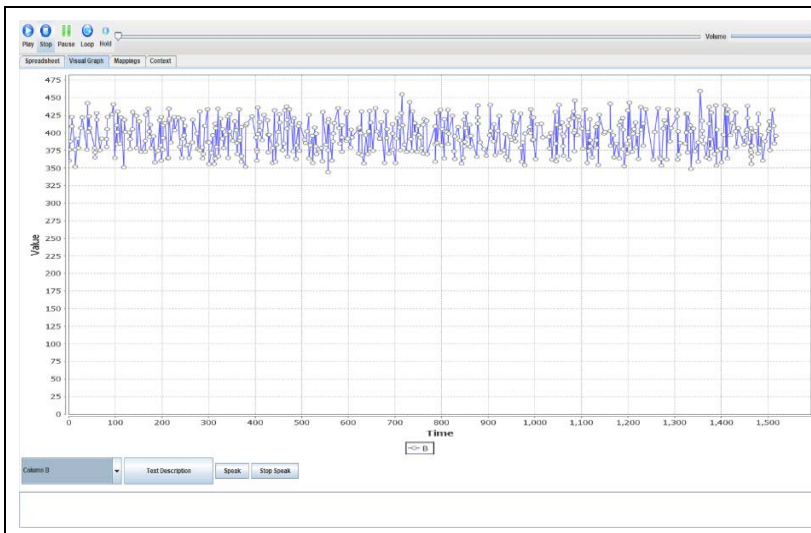
出來的聲波波型有很大的差異；三種不同原生態瓶的微生物所呈現的綜合運動模式也有所差異，因此所呈現出來的聲波波型與音值也有差異。

1. 經演算法的自動模式智慧分析單一現象微生物運動軌跡，以 Sonification Sandbox 產出聲音數據的聲波圖表。

| | |
|--|---|
|  <p>追蹤分析微生物滾動軌跡產生的聲音波型</p> | <p>滾動運動軌跡</p> <p>滾動的音樂中有許多連結音，靜止音在河原生態裡會聽見比較多的滾動現象。</p> |
|  <p>追蹤分析微生物游動軌跡產生的聲音波型</p> | <p>游動運動軌跡</p> <p>從聲波可見，和滾動的聲波比起來，它的音高差距較大，而聲波也起伏較大，也會出一些連結音。</p> |
|  <p>追蹤分析浮力影響微生物運動軌跡產生的聲音波型</p> | <p>浮力影響運動軌跡</p> <p>則是音高差距較大，本研究在海原生態的音樂裡會聽見許多偏高和偏低受浮力影響的聲音。</p> |

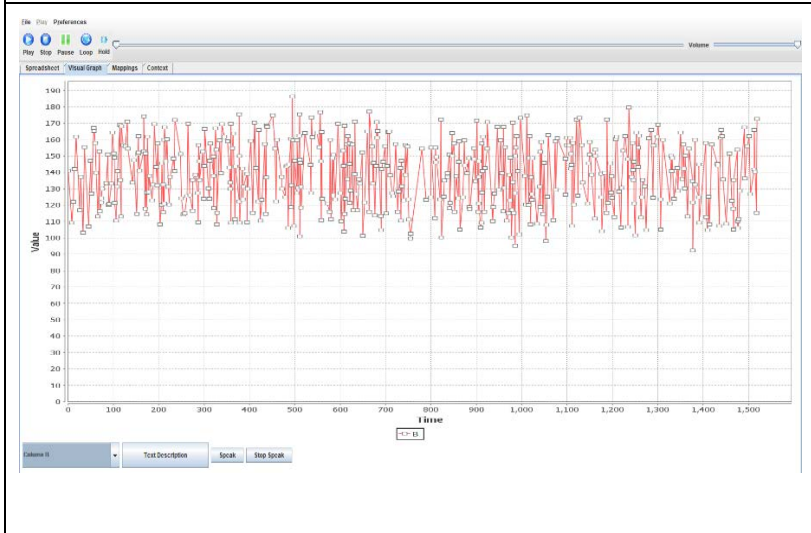
表十：Sonification Sandbox 產出聲音數據圖表

2. 經演算法的自動智慧分析產生 10un 微生物運動軌跡，以 Sonification Sandbox 產出聲音數據的聲波圖表。



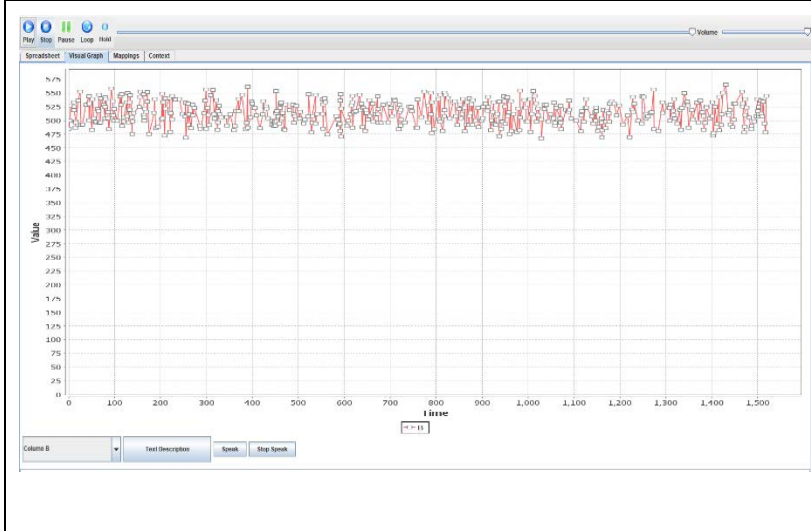
河原生態 Winogradsky column 裝置以顯微鏡影像透過 Trackmate 程式自動分析且偵測 10 μ m(微米)生物的運動軌跡，以得取微生物運動軌跡的數據，數據匯入 Sonification Sandbox，程式設定為鋼琴的 C 大調所演奏，設定一致的撥出時間所呈現的聲波圖。

聽見比較多滾動運動型態的聲音。



海原生態 Winogradsky column 裝置以顯微鏡影像透過 Trackmate 程式自動分析且偵測 10 μ m(微米)生物的運動軌跡，以得取微生物運動軌跡的數據，數據匯入 Sonification Sandbox，程式設定為鋼琴的 C 大調所演奏，設定一致的撥出時間所呈現的聲波圖。

聽見比較多受浮力影響運動型態的聲音。



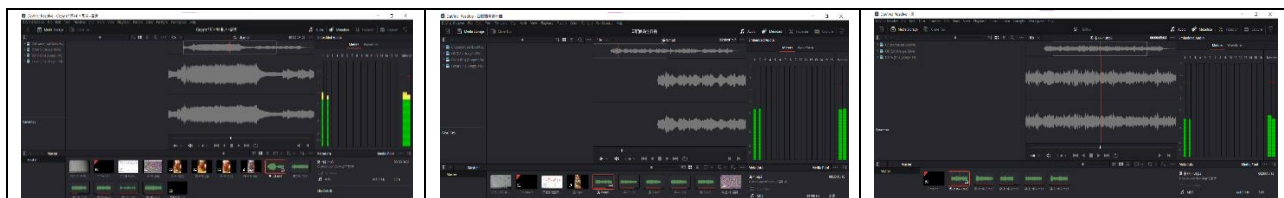
湖原生態 Winogradsky column 裝置以顯微鏡影像透過 Trackmate 程式自動分析且偵測 10 μ m(微米)生物的運動軌跡，以得取微生物運動軌跡的數據，數據匯入 Sonification Sandbox，程式設定為鋼琴的 C 大調所演奏，設定一致的撥出時間所呈現的聲波圖。

聽見比較多游動與滾動運動型態的聲音。

表十一：Sonification Sandbox 產出聲音數據圖表

(三) 資訊整合成影音

本研究報告以 111 年 1 月 30 日，河、湖、海三個不同採集地的原生態微生物觀察瓶為製作影音的來源，表十二：資訊整合影音影片內容包含微生物生態觀察瓶 111 年 1 月 30 日所呈現的菌落分布外觀、顯微鏡底下所看到的微生物、以生命科學軟體所追蹤的運動軌跡圖、經演算法的自動智慧分析產生的聲波圖表，影片背景音樂則是分析科學數據聲化後以聲音顯示的成果。



圖十二：Sonification Sandbox 產出聲音數據轉成 DAVINCI

| | | |
|---|--|--|
| <p>聽，二仁溪 微聲音</p> <p>聽二仁溪微聲音 觀看次數：1次·3天前</p> <p>0 不喜歡 分享 下載 儲存</p> | <p>聽，四鯤鯓微聲音</p> <p>聽四鯤鯓微聲音 觀看次數：2次·3天前</p> <p>0 不喜歡 分享 下載 儲存</p> <p>曾忠鈴 15位訂閱者</p> | <p>聽，巴克禮夢湖 微聲音</p> <p>聽，巴克禮夢湖微聲音 觀看次數：0次·19分鐘前</p> |
|---|--|--|

顯微鏡觀察影像+視覺分析圖像+分析產出的聲音以整合影音的方式呈現，影音影片可以看見並聽見三種不同水源微生物運動型態的差異。

表十二：資訊整合影音

柒、研究討論與發現

一、製作不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶

發現 Winogradsky column 裝置可以培養出不同接近棲息地的微生物，我們在地採集製作不同的生態樣本經由時間的等待，原本的泥漿水逐漸有美麗顏色分層的差異，我們與文獻資料比對推測可能的微生物組成，驗證 Winogradsky column 裝置確實可以培養出不同的微生物群落（菌落分布），由下表菌落分布觀察發現河水所呈現的分層變化比較明顯多層，不同樣本的原生態分層最少而不明顯，陽光和養分會影響菌落分層；偏鹼性的水源由於瓶內生態的改變，水的 PH 值會不會因而也有所改變？我們更想知道不同的樣本同時間在顯微鏡底下會有那些發現？

根據 2/23 菌落分布觀察

| 河水+河泥 | 湖水+湖泥 | 海水+海砂 |
|--|--|--|
| 背光：鐵氧化菌.藻類.厭氧菌 向光：藻類.光和細菌 | 背光：鐵氧化菌. 異營細菌. 綠硫菌 向光：綠硫菌. 異營細菌.光合 細菌 | 背光：鐵氧化菌 向光：藻類 |
| 河水+河泥+面紙+ CaCO ₃ 背光：厭氧菌.異營細菌.綠硫菌. 硫化亞鐵 向光：紫硫菌.綠硫菌.硫酸鹽還原菌.異營 細菌.藻類.紫非硫菌 | 湖水+湖泥+面紙+ CaCO ₃ 背光：異營細菌.厭氧菌.鐵氧 化菌.藍綠菌 向光：綠硫菌.鐵氧化菌.藍綠 菌 | 海水+海砂+面紙+ CaCO ₃ 背光：厭氧菌.硫化亞鐵 向光：鐵氧化菌.紫硫菌 |
| 河水+河泥+面紙+CaSO ₄ + CaCO ₃ 背光：紫硫菌. 綠硫菌.厭氧菌 向光：藻類. 硫酸鹽還原菌.異營細菌.綠硫 菌.異營細菌 | 湖水+湖泥+面紙+CaSO ₄ + CaCO ₃ 背光：異營細菌.厭氧菌. 鐵氧 化菌.藍綠菌 向光：綠硫菌.鐵氧化菌.異營 細菌 | 海水+海砂+面紙+CaSO ₄ + CaCO ₃ 背光：鐵氧化菌.厭氧菌. 硫化亞鐵 向光：鐵氧化菌.紫硫菌 |

表十三:菌落分布觀察

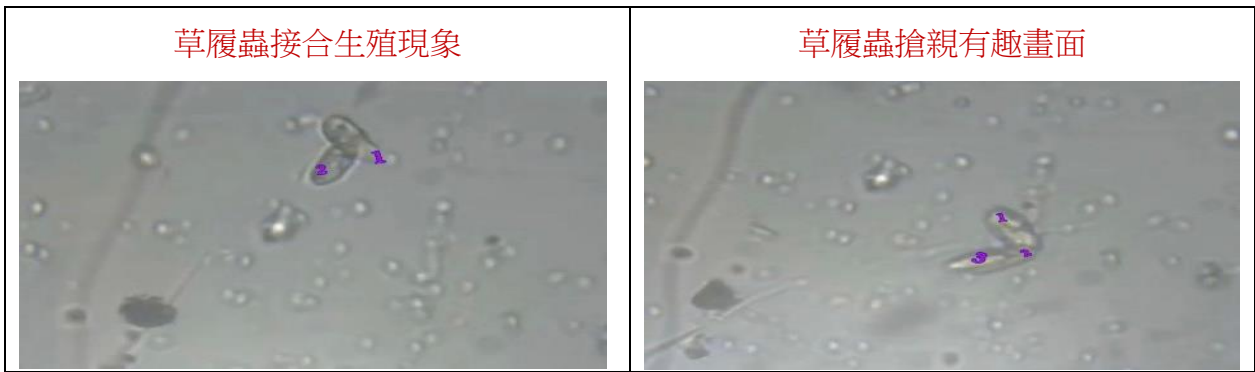
二、比較不同樣本 Winogradsky 微生物生態瓶其 PH 值的變化

在設計實驗變因的時候我們以原生態添加硫源和碳源的樣本為實驗組，以原生態（水+泥漿）為對照組，同時增加原生態添加硫源+碳源+CaCO₄對照組；發現一般用於改善土壤酸鹼度的 CaCO₄在本研究並沒有穩定 PH 值的作用，但是額外添加 CaCO₄卻會影響顏色分層，額外添加 CaCO₄因為所提供的養分更多元，產生的微生物更豐富因此所產生的菌落分層更多而明顯。

三、依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

我們在顯微鏡影像看到不同的原生生物（有：輪蟲、管蟲、矽藻、水綿、太陽蟲、變形蟲、綠藻、念珠藻、喇叭蟲、殼蟲、草履蟲、團藻），也發現了不同的細胞型態（球狀、桿狀、螺旋狀），鞭毛型態（一端有鞭毛、兩端有鞭毛、一端有束鞭毛、周身有鞭毛），看見草履蟲的接合生殖現象，還有其它草履蟲想來搶親的有趣畫面，有快速移動的微生物、周身有鞭毛像掃地機器人一樣移動的微生物、還有像忙碌的上班族一樣衝忙的移動也有一直原地轉圈圈的、更有一些難以形容的有趣移動軌跡。

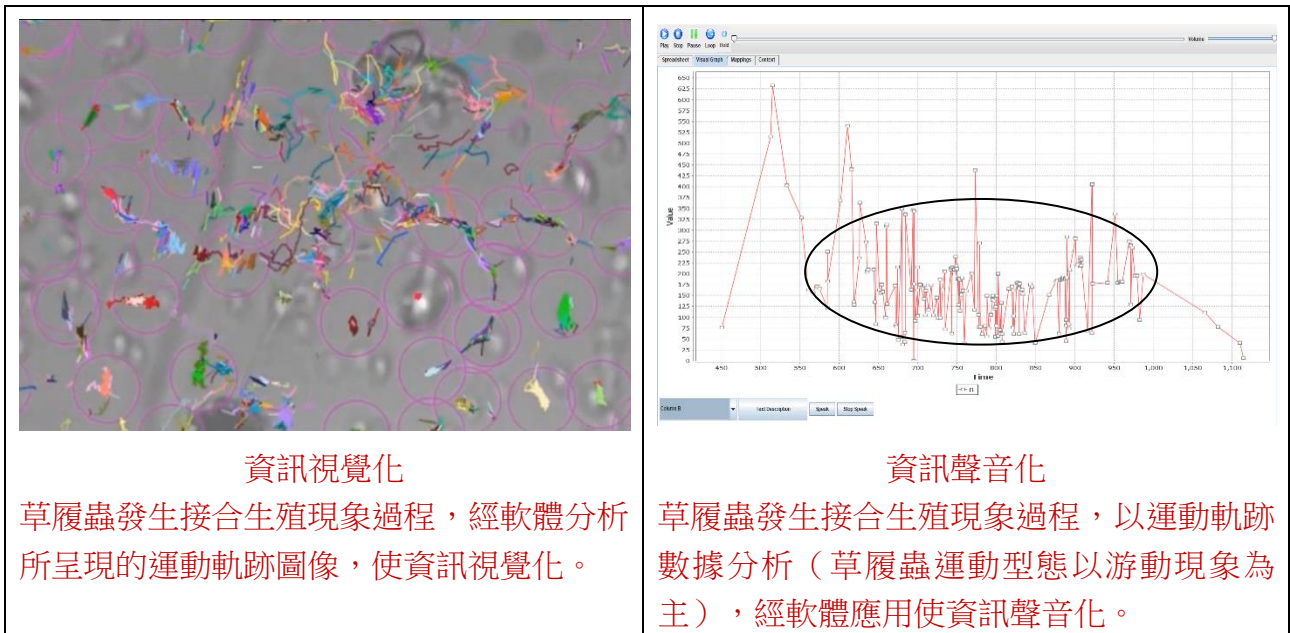
顯微鏡下觀察到的不同生態樣本，我們透過軟體 AI 智慧演算法分析後的數量數據與軌跡圖像發現確實有很大的視覺化差異，於是啟發我們嘗試探討應用 AI 智慧將資訊聲音化。



圖十二:草履蟲觀察影像

四、探討應用 AI 智慧，以科學演算法將資訊聲音化、資訊視覺化

我們在搜尋資訊聲音化的過程中閱讀到麻省理工學院（MIT）的研究人員使用一種稱為「資訊聲音化」（Sonification）的技術，將新型冠狀病毒 Sars-Cov-2 的棘狀蛋白（Spike Protein，又稱 S 蛋白）轉換成音樂，很可惜的是該應用軟體並沒有免費版本而且收費極高，經過我們不斷的以關鍵字搜尋，終於在英文網頁中找到了喬治亞理工學院(GT)聲化實驗室的免費開放軟體—Sonification Sandbox，於是我們更仔細的閱讀網頁的介紹，了解如何使用此軟體之後，並運用此軟體進行我們的研究的資訊聲音化部分。

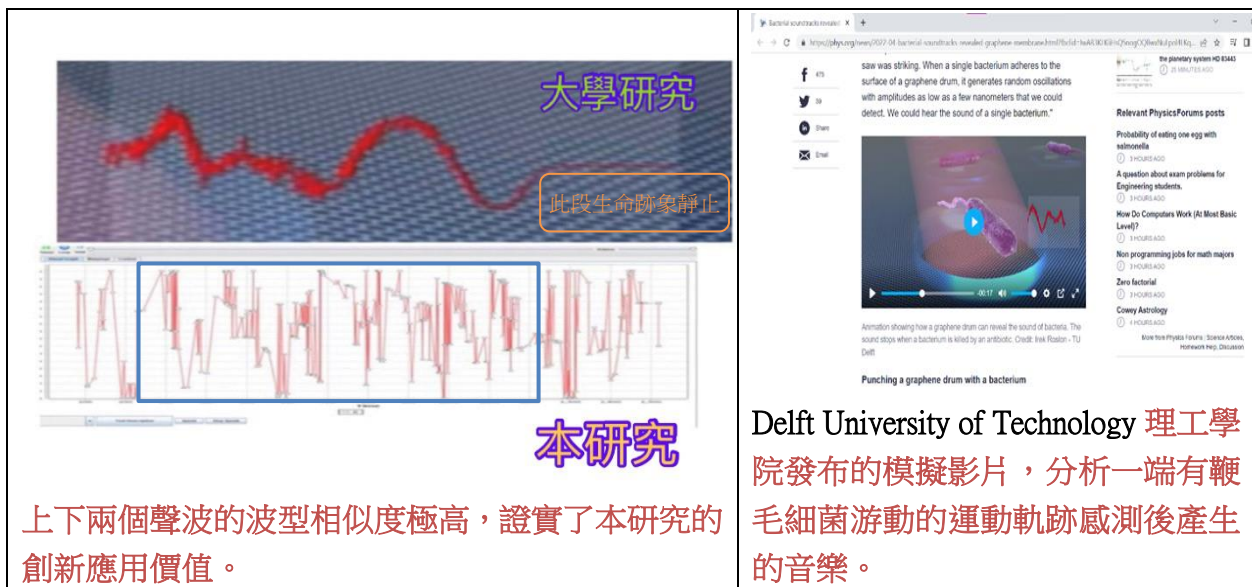


圖十三:草履蟲觀察影像資訊視覺化、聲音化

捌、結論

- 一、本研究根據圖二 Winogradsky column 裝置原創繪本圖；表一自營與異營細菌；表五部分觀察記錄圖和表八推論菌落分布驗證，Winogradsky column 裝置確實可以培養出微生物群落（菌落分布），瓶子最上層充滿氧氣那裡的微生物以氧氣為生，屬於好氧菌，瓶子的中層微生物以陽光和碳為生的是深紫色的厭硫菌，中層以下一點點的微生物是紫色或深綠色的，以陽光、碳和氫為生，瓶子的最下層的微生物是黑色的，以硫為生，會產生臭雞蛋味，那裡的微生物是厭氧菌，牠們就算沒有氧氣也可以存活，不同的微生物會因為菌落的不同而產生不同的顏色分層和變化。
- 二、本研究 Winogradsky column 裝置可在地取材，製作方式簡單是極佳的微生物觀察工具。
- 三、由圖六 PH 值檢測發現，所有生態樣本 PH 值皆由鹼性一直偏向中性，因而觀察到的水中微生物也越豐富，額外添加 CaCO_3 並沒有穩定水體 PH 值的作用，因為所提供的養分更多元，因此所產生的菌落分層更多而明顯。
- 四、本研究以分析生命科學的軟體 FIJI 的 Trackmate 分析計算細胞數量、移動軌跡和位移距離，因而從圖七：微生物數量發現，不同的樣本只要有添加 CaCO_4 的成分微生物生長數量都持續生長，其它則互有消長；表九 ImageJ 外掛程式分析運動軌跡則以手動偵測位移距離可以更清楚看見微生物三種不同的移動型態，分別為：游動、滾動、受浮力影響。
- 五、從圖八：顯微影像畫面軟體分析前後比對發現分析後的比對圖發現，透過 AI 智慧演算分析獲得的資訊視覺化圖像更能感受到數量，從圖九 ImageJ 外掛程式分析 10um 微生物數量除了有數量的數據，更能清楚看到微生物的分布與菌落，使資訊視覺化。
- 六、本研究從上百部觀察紀錄影片歸納分析出微生物的三種運動型態分別為游動、滾動、受浮力影響，經由 AI 智慧分析軟體所運算出的運動軌跡圖像發現，滾動方式所產生的軌跡比較重複且密集，游動所產生的軌跡比較分散，浮力改變所產生的軌跡多分散且為長線型居多，有時三種運動型態會交互相發生；以 Sonification Sandbox 產出聲音數據的聲波更是明顯的看到同質性與差異。

- 七、以智慧演算法分析軟體自動運算出的單一現象微生物運動軌跡，由軌跡圖明顯看到海原生態受浮力影響的運動型態明顯；河原生態看到比較多數滾動型態；湖原生態明顯看到游動與滾動型態交互發生的情形居多。
- 八、從我們的研究將資訊整合成影音，我們可以聽出的資訊有：滾動的音樂中有許多連結音，表示微生物在同一個地點有停留，才會有一樣的音，所以有些部分會是靜止音，在河原生態的音樂中可以聽見比較多滾動的聲音；而浮力改變運動方式的音樂，也就是海原生態的音樂，則是音高差距較大，所以會聽見許多偏高和偏低受浮力改變的聲音。
- 九、我們採取座標位置為我們資訊聲音化數據，座標點的位移數據匯入對應 Sonification Sandbox 軟體，從表十和表十一：Sonification Sandbox 產出聲音數據圖表可以發現導出的聲波波形不同，表十二：資訊整合影音不同的生態環境縱使透過顯微鏡看到類似的影像對應到 Sonification Sandbox 軟體所產生的聲音卻完全不同，資訊聲音化使用聲音來顯示和分析科學數據，不只為有視力受損的研究人員與學生可以帶來更有效的數據探索，也能提供跨領域不同的研究與探討新啟發。
- 十、本研究以 Winogradsky column 裝置為研究工具，輔以複式顯微鏡觀察，應用資料科學分析使資訊視覺化與資訊聲音化發現，資料科學除了可以看到影像背後的訊息意義，更能透過聽覺聽出視覺難以察覺的現象。
- 十一、我們發現在 PHYS.ORG 科學網站上 APRIL 18, 2022 發布了這則訊息 Bacterial soundtracks revealed by graphene membrane . by Delft University of Technology，我們更從該研究所發布的影片發現本研究所分析的游動軌跡音波與該研究音波相近，由此可間接證明本研究所發現的應用資料科學使資訊聲音化有極大創新研究價值，足以提供專業研究在各領域的探討。



圖十二:研究對照與來源

玖、參考文獻資料

- (一)、生命科學.(2015年8月).培養爛泥中的五彩微生物.科學人知識庫.取自 <https://sakb.ylib.com/article/201508.7664>
- (二)、American Museum of Natural History.How to Make a Winogradsky Column.取自 <https://www.amnh.org/explore/ology/microbiology/make-a-home-for-microbes>
- (三)、精選文章.(2017年5月).科學影像的處理與分析.科學月刊.(372-375頁)
- (四)、Evan(2020年4月6日).AI演算法將新冠病毒轉換成音樂.以研究破解其棘狀蛋白結構.科技新報.取自 <https://technews.tw/2020/04/06/scientists-write-musical-notation-on-coronavirus-protein/>

【評語】 082808

本作品針對居家周遭的河水、湖水、海水進行微生物生態瓶的研究，是個具本土且富科學精神的科展主題。經由微生物培養觀察到各種水源、硫源與碳源對微生物成長產生的影響，並由顯微鏡觀察微生物的生態與行動狀況，再以軟體產生分析數據及轉換成圖像與聲音，藉由視覺化與聲音化傳遞生命的訊息。對於視覺障礙者可藉由聽學輔助微生物瓶的觀察，若能對於聲音波形與音值對應於生物瓶中的資訊進行研究，更可提高本作品的應用性與價值。

作品簡報



研究微生物生態瓶-探討應用資料科學聽聲、視影

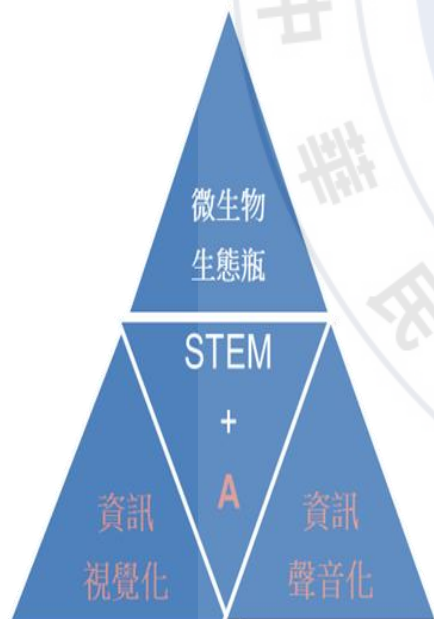
組別：國小組

科別：生活與應用科學科(一) (含機械/能源/光電/物理/ 資訊之工程與應用)

研究動機

透過Winogradsky column裝置，發現許多有趣的微生物生命現象以及不同的運動方式，想讓所有人也可以感受到看不見的世界充滿生命的奇妙，於是我們不斷思考除了經由光學顯微鏡觀察到的影像以生命科學軟體分析獲得資訊視覺化研究結論之外，能不能將研究的發現多加一個A(Art)，將科學研究可以透過聽覺感受，讓資訊聲音化讓縱使有視覺障礙者也能感受到微生物的世界進而落實STEAM教育的精神。

研究目的



一、製作不同樣本Winogradsky微生物生態瓶

(一) 觀察沉積物群落（菌落分布）的差異並與文獻資料比對，推測可能的微生物組成。

二、比較不同樣本Winogradsky column裝置pH值的變化

三、依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

(一) 分析不同樣本生態瓶 $10\mu\text{m}$ 微生物數量的變化

(二) 歸納分析微生物的運動軌跡，取得資訊聲音化數據

四、探討應用AI智慧，以科學演算法將資訊聲音化、資訊視覺化

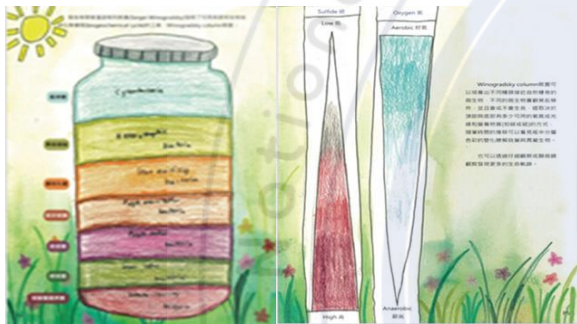
(一) 資訊視覺化

(二) 資訊聲音化

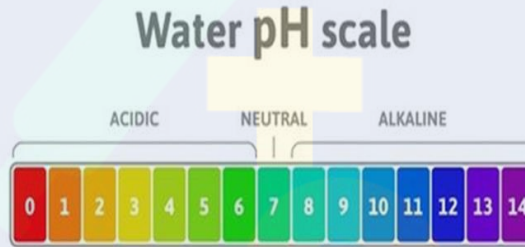
文獻探討

本研究透過下列的資料查詢與探討，藉以選定研究主題與探討方向。

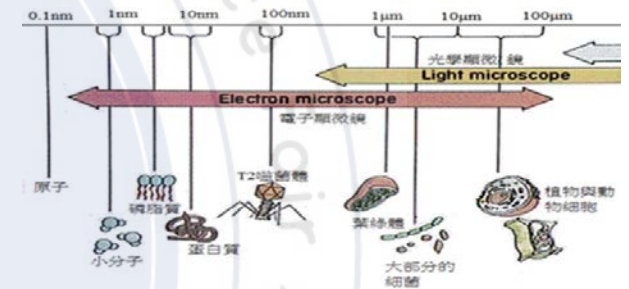
研究微生物生態瓶的製作



pH酸鹼值



奈米尺度對應到實際生物體大小



探討Trackmate程式定性追蹤生物



Sonification Sandbox透過聲音感測微生物數據使資訊聲音化



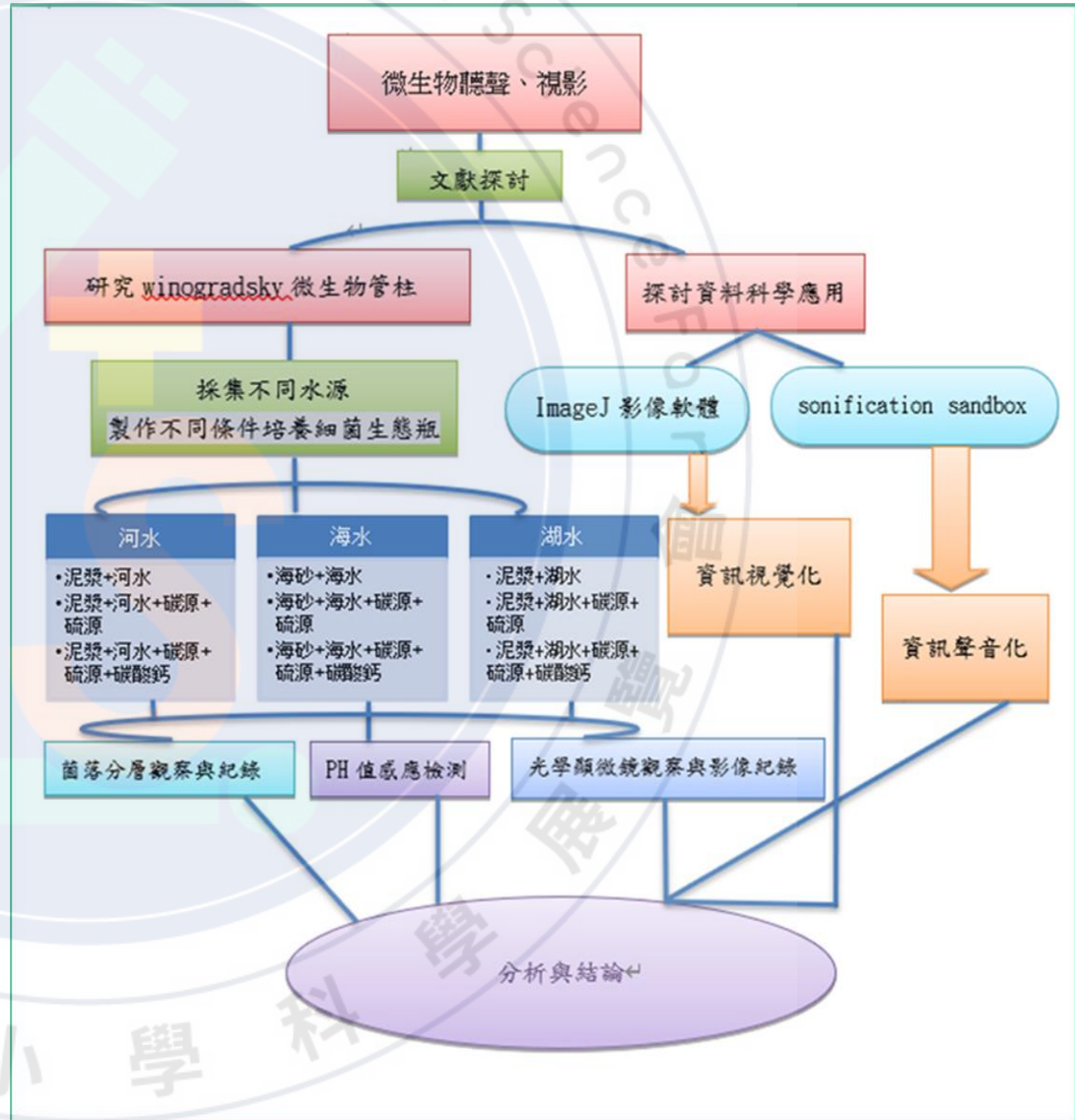
研究設備及器材

研究過程與方法

實驗裝置樣本採集來源



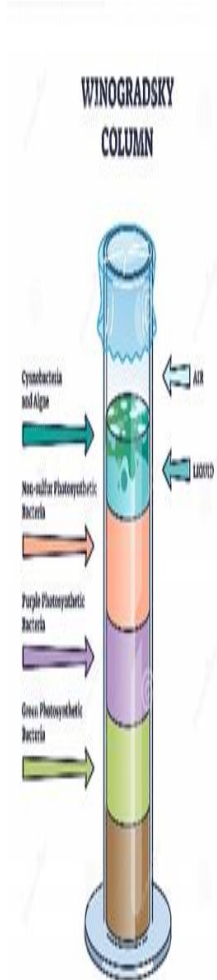
科學硬體與軟體應用



研究結果

製作不同樣本Winogradsky微生物生態瓶

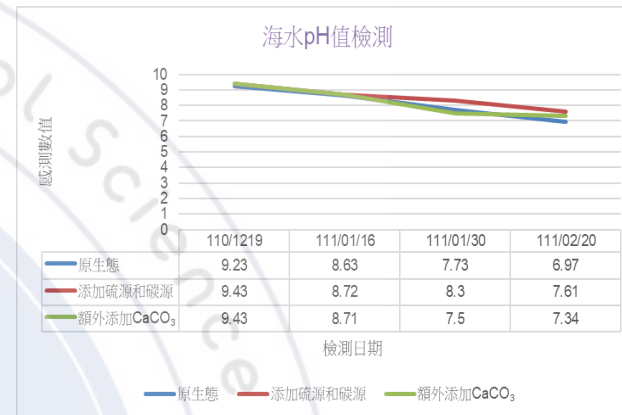
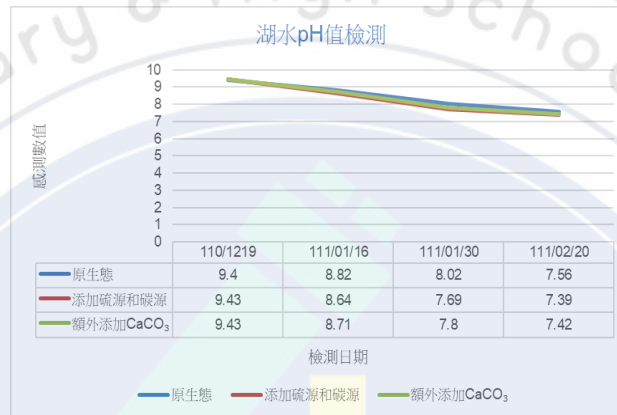
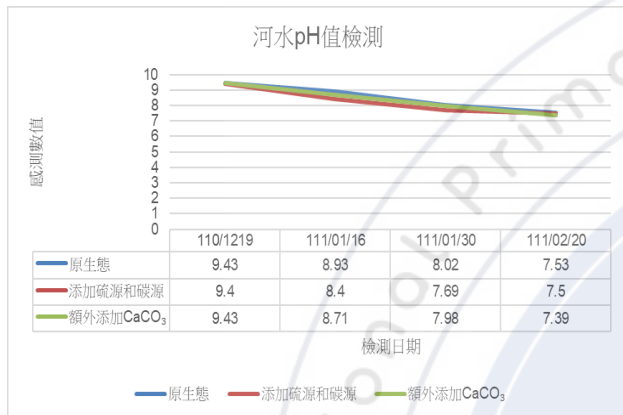
剛開始的一週會看到水中有一些動物出現（例如管蟲、線蟲、顫蚓等），面紙的纖維素慢慢被分解，細菌會快速生長而消耗氧氣，慢慢的水體和土壤部份成為無氧狀態（anaerobic）。而在無氧狀態能夠進行無氧呼吸的微生物利用發酵作用 (Fermentation) 代謝有機物，於此同時開始會聞到硫化氫的味道，硫化氫會和沉積物裡的鐵離子反應，生成黑色的硫化亞鐵 (FeS, ferrous sulphide)；無氧光合細菌會利用水體的硫化氫形成兩個有色區塊，綠色的是綠硫菌 (green sulphur bacteria)，另一個則是紅中帶紫的紫硫菌 (purple sulphur bacteria)；光合細菌所在的水體，則呈現磚紅色，這是因為有大量的紫色非硫細菌 (purple nonsulfur bacteria)。



根據 2/23 分層觀察，推論菌落分布的微生物組成

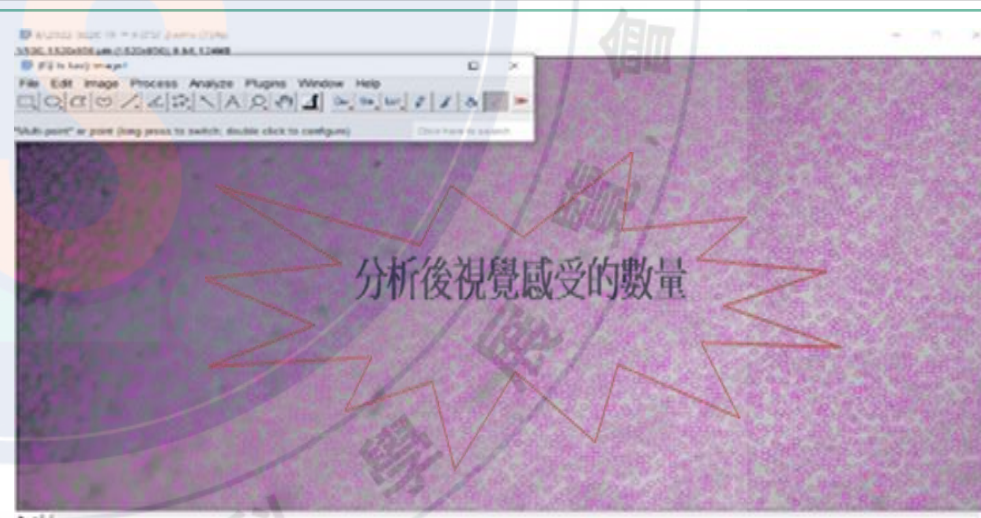
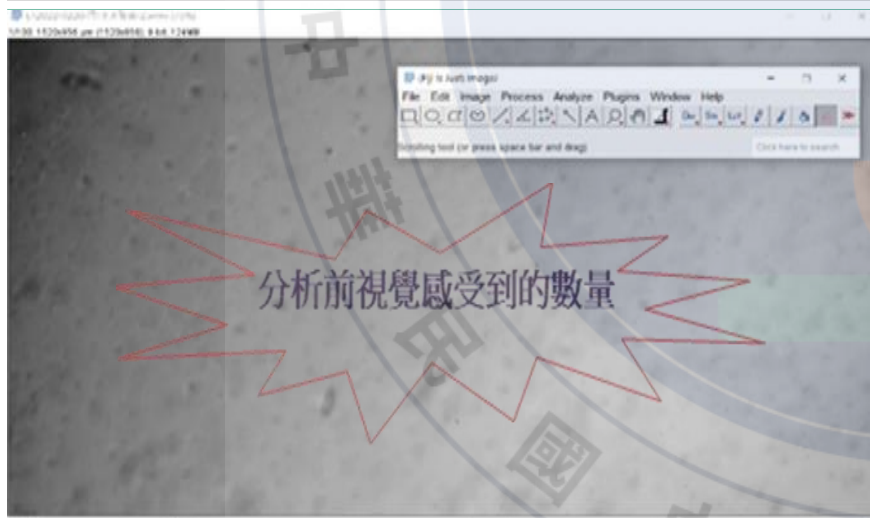
| 河水+河泥 | 背光 | 湖水+湖泥 | 背光 | 海水+海砂 | 背光 |
|---|----|---|----|---|----|
| | | | | | |
| 河水+河泥 | 向光 | 湖水+湖泥 | 向光 | 海水+海砂 | 向光 |
| | | | | | |
| 河水+河泥+面紙+ CaCO ₃ | 背光 | 湖水+湖泥+面紙+ CaCO ₃ | 背光 | 海水+海砂+面紙+ CaCO ₃ | 背光 |
| | | | | | |
| 河水+河泥+面紙+ CaCO ₃ | 向光 | 湖水+湖泥+面紙+ CaCO ₃ | 向光 | 海水+海砂+面紙+ CaCO ₃ | 向光 |
| | | | | | |
| 河水+河泥+面紙+CaSO ₄ +CaCO ₃ | 背光 | 湖水+湖泥+面紙+CaSO ₄ +CaCO ₃ | 背光 | 海水+海砂+面紙+CaSO ₄ +CaCO ₃ | 背光 |

比較不同樣本Winogradsky微生物生態瓶其pH值的變化



依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

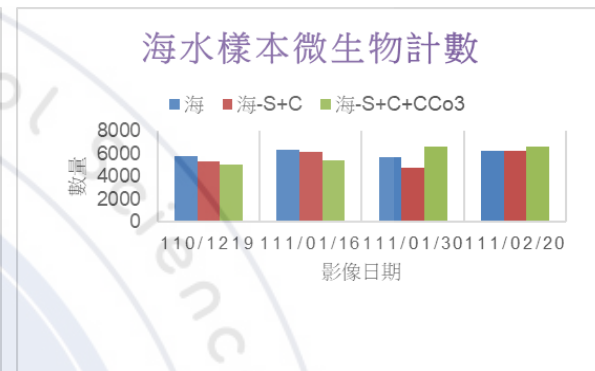
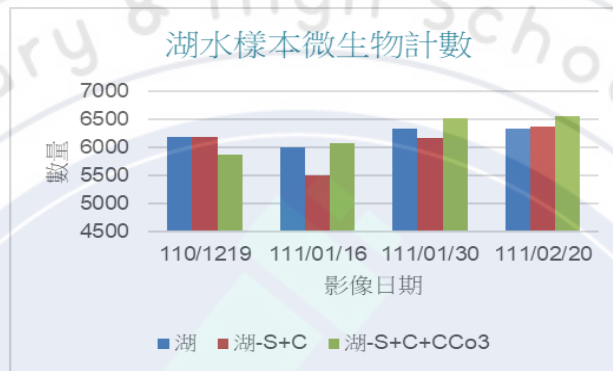
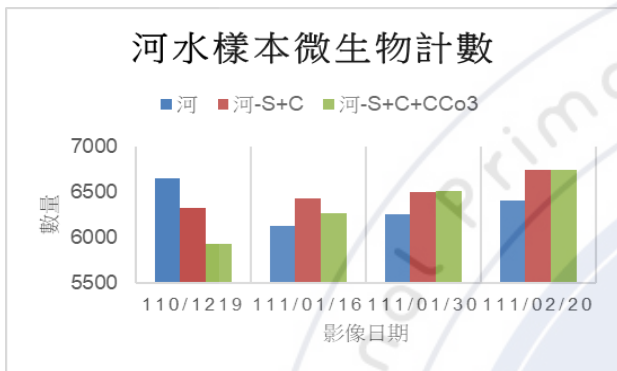
分析不同樣本生態瓶10 μ m微生物數量的變化



顯微影像畫面軟體分析前

顯微影像畫面軟體分析後

一般計數長條圖

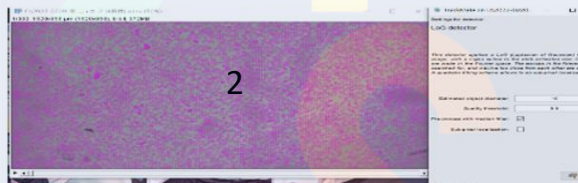


應用AI智慧，以科學演算法將數量計數視覺化

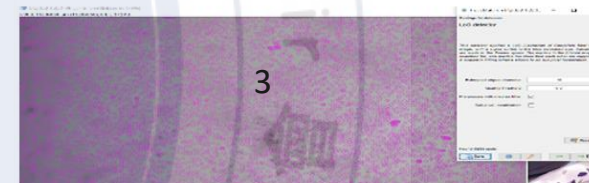
河水+河泥



湖水+湖泥



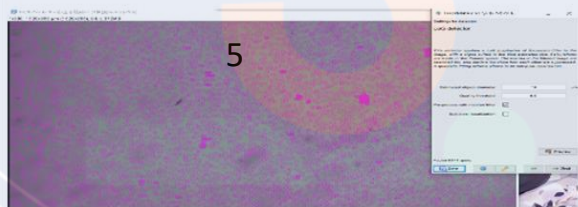
海水+海砂



河水+河泥+面紙+ CaCO₃



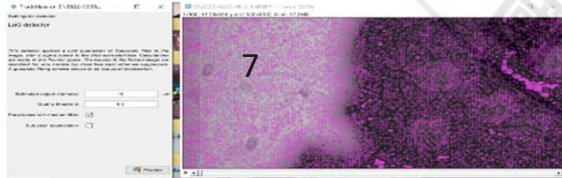
湖水+湖泥+面紙+ CaCO₃



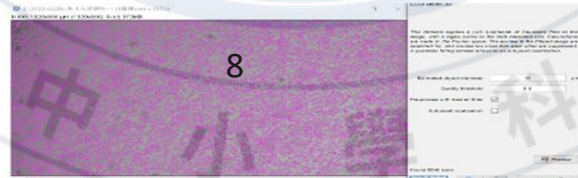
海水+海砂+面紙+ CaCO₃



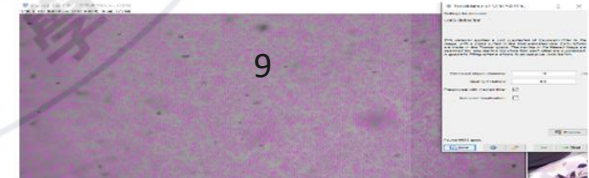
河水+河泥+面紙+ CaSO₄+ CaCO₃



湖水+湖泥+面紙+ CaSO₄+ CaCO₃

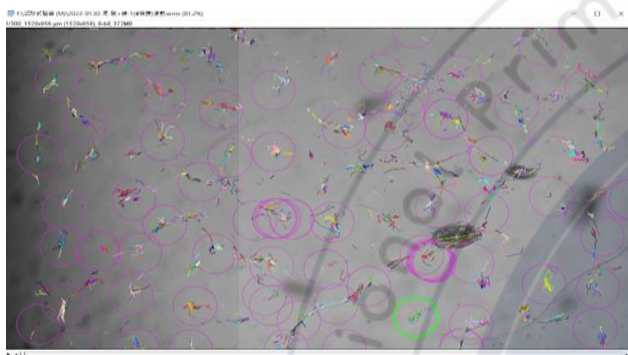


海水+海砂+面紙+ CaSO₄+ CaCO₃



AI智慧分析單一現象微生物運動軌跡圖像

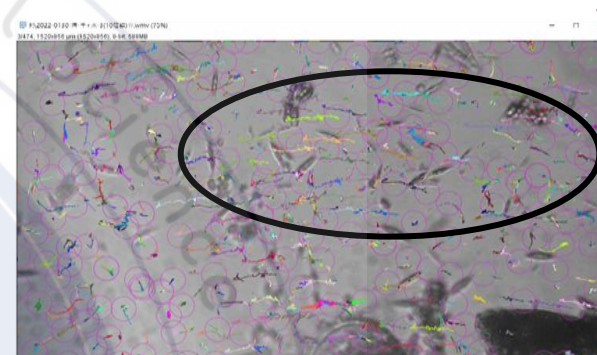
游動所產生的軌跡以及定性化分布



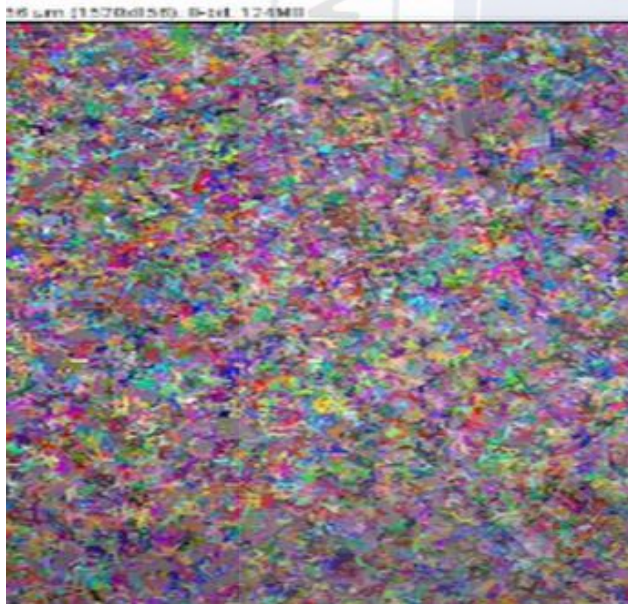
滾動所產生的軌跡比較重複且密集



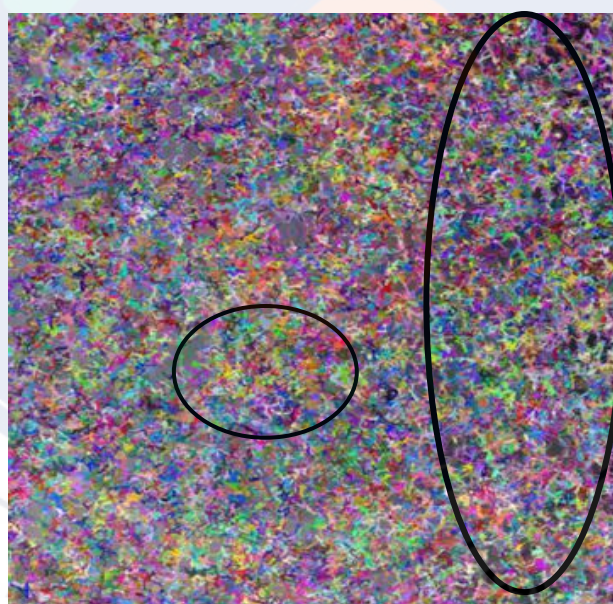
受浮力改變的軌跡為長線型居多



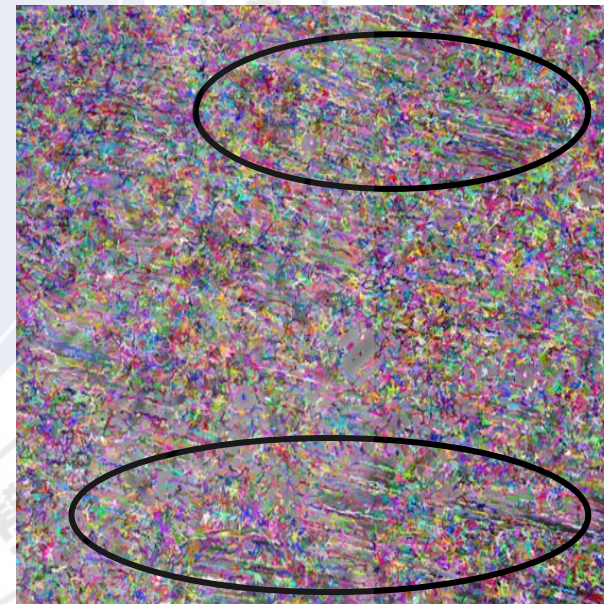
演算法的自動智慧分析產生10 μ m微生物運動軌跡圖像



湖原生態



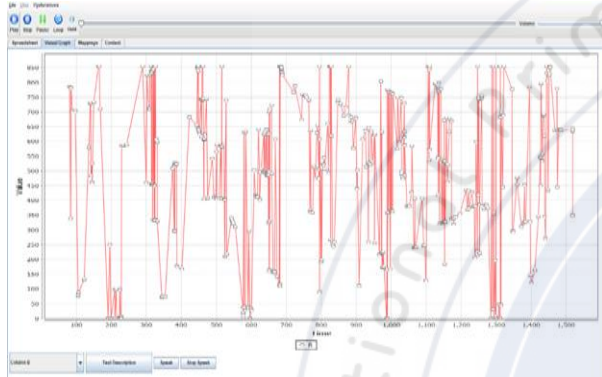
河原生態



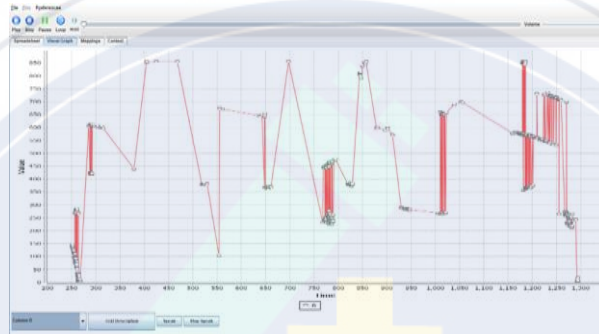
海原生態

資訊聲音化

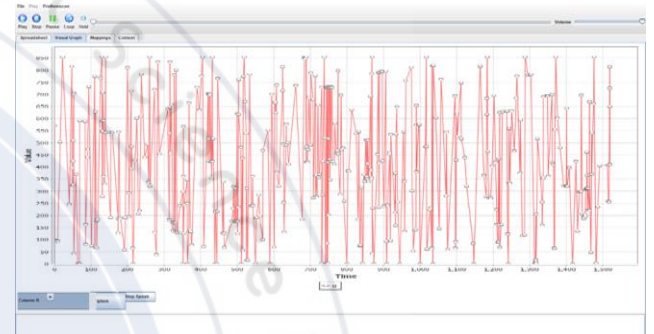
游動運動軌跡產生的聲音波型



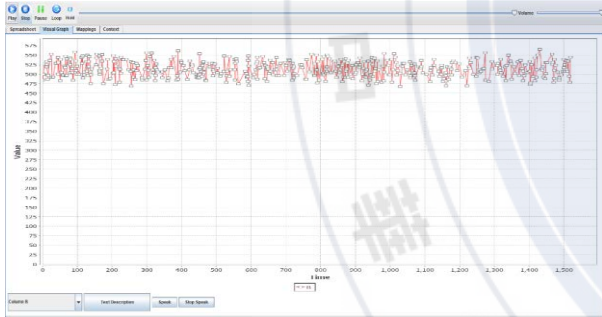
滾動運動軌跡產生的聲音波型



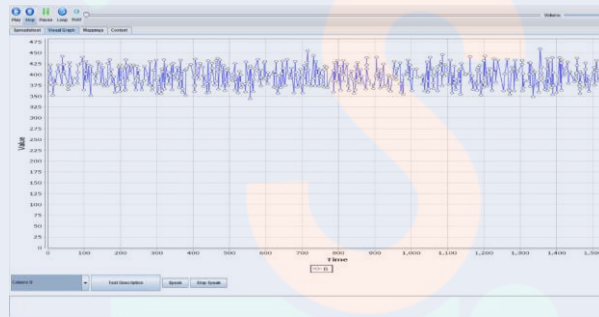
受浮力影響運動軌跡產生的聲音波型



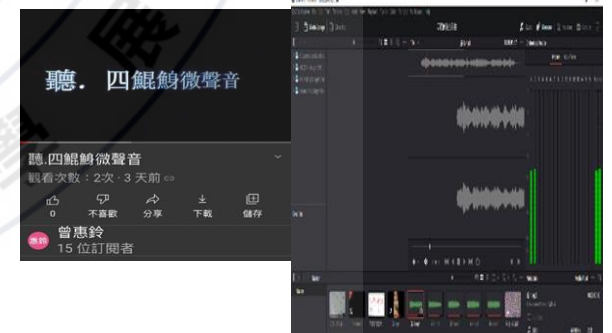
湖原生態的聲音波型



河原生態的聲音波型



海原生態的聲音波型



研究討論與發現

一、製作不同樣本Winogradsky 微生物生態瓶

驗證Winogradsky column裝置可以培養出不同的微生物群落（菌落分布），陽光和養分會影響菌落分層。

二、比較不同樣本Winogradsky微生物生態瓶其pH值的變化

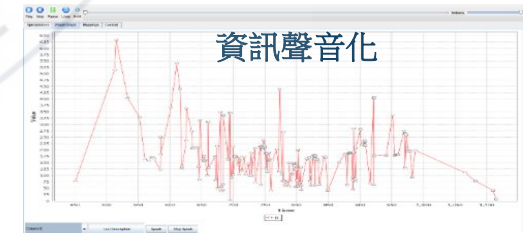
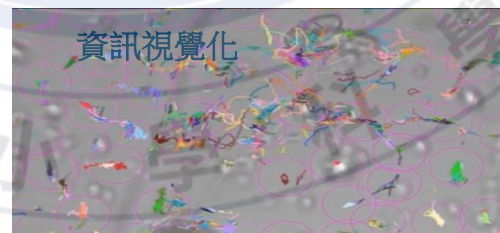
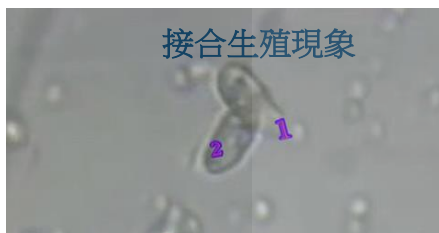
額外添加CaCO₃因為所提供的養分更多元，產生的微生物更豐富因此所產生的菌落分層更多而明顯。

三、依據光學顯微鏡觀察影像，應用生命科學軟體進行資料分析

透過顯微鏡影像發現了草履蟲的接合生殖現象，當我們透過軟體分析後的圖像歸納發現三種不同的運動型態，於是啟發我們嘗試探討應用AI智慧將資訊聲音化。

四、探討應用AI智慧，以科學演算法將資訊聲音化、資訊視覺化

搜尋資訊聲音化的過程中閱讀到麻省理工學院（MIT）的研究人員使用一種稱為「資訊聲音化」（Sonification）的技術，將新型冠狀病毒 Sars-Cov-2 的棘狀蛋白（Spike Protein，又稱 S 蛋白）轉換成音樂，很可惜的是該應用軟體並沒有免費版本而且收費極高，經過我們不斷的以關鍵字搜尋，終於在英文網頁中找到了喬治亞理工學院 (GT)聲化實驗室的免費開放軟體。



結論

一、Winogradsky column裝置可以培養出微生物群落（菌落分布），因為菌落的不同而產生不同的顏色分層和變化。

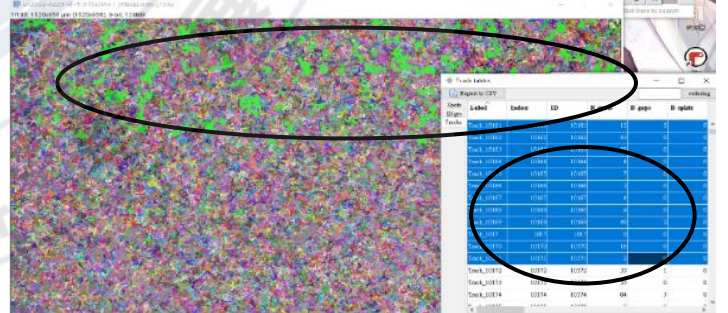
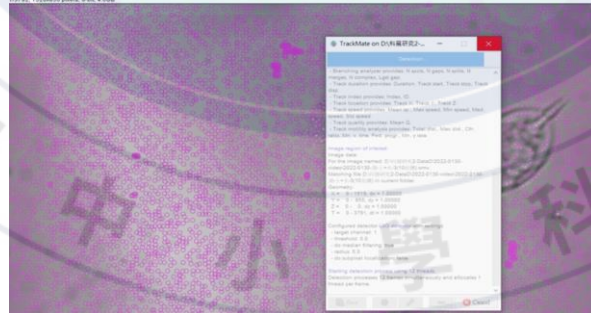
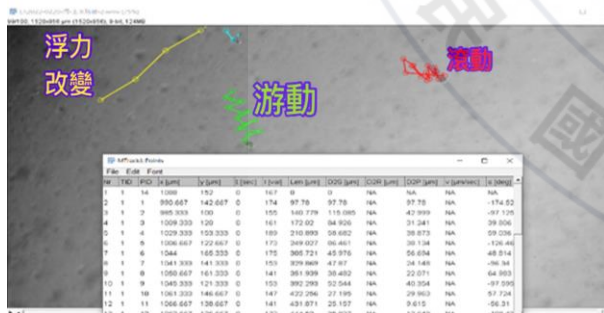
二、本研究Winogradsky column裝置可在地取材，製作方式簡單是極佳的微生物觀察工具。



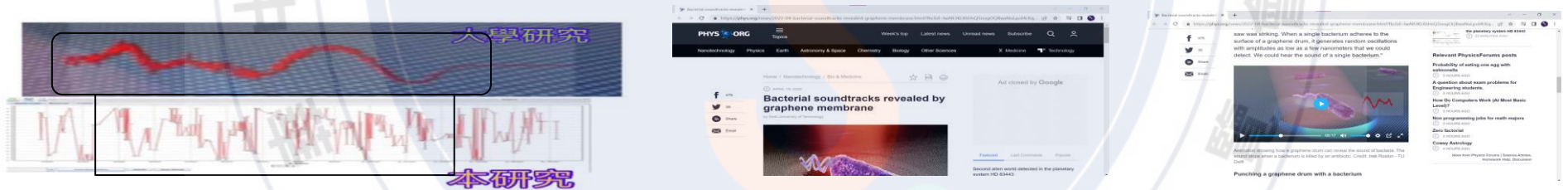
三、由pH值檢測發現，所有生態樣本pH值皆由鹼性一直偏向中性，因而觀察到的水中微生物也越豐富。

四、本研究以ImageJ裡FIJI的Trackmate分析移動軌跡和位移距離，發現以手動偵測位移距離可以更清楚看見三種不同的運動型態。

五、透過AI智慧演算分析獲得的資訊視覺化圖像可以更明顯感受到數量，更能清楚看到微生物的分布與菌落使資訊視覺化。



- 六、微生物的運動型態以Sonification Sandbox產出聲音數據的聲波更是明顯的看到差異。
- 七、海原生態受浮力影響的運動型態明顯；河原生態看到比較多滾動型態；湖原生態明顯看到游動與滾動型態交互發生情形居多。
- 八、資訊聲化使用聲音來顯示和分析科學數據為視力受損的研究人員和學生可以帶來更有效的數據探索。
- 九、資料科學除了可以看到影像背後的訊息意義，更能透過聽覺聽出視覺難以察覺的現象。
- 十、我們在2022年4月24日臉書社團「MiTalk微生物生態情報網」發現，PHYS.ORG科學網站上APRIL 18, 2022發布了這則訊息Bacterial soundtracks revealed by graphene membrane . by Delft University of Technology，我們更從該研究所發布的影片發現本研究所分析的游動軌跡音波與該研究音波相近，由此可間接證明本研究有極大創新研究價值，足以提供專業研究在各領域的探討。



(一)、生命科學.(2015年8月).培養爛泥中的五彩微生物.科學人知識庫.取自 <https://sakb.ylib.com/article/201508.7664>

(二)、American Museum of Natural History.How to Make a Winogradsky Column.取自 <https://www.amnh.org/explore/ology/microbiology/make-a-home-for-microbes>

(三)、精選文章.(2017年5月).科學影像的處理與分析.科學月刊.(372-375頁)

(四)、Evan (2020年4月6日).AI 演算法將新冠病毒轉換成音樂.以研究破解其棘狀蛋白結構.科技新報.取自 <https://technews.tw/2020/04/06/scientists-write-musical-notation-on-coronavirus-protein/>

參考文獻