

# 教育部 111 學年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：水族綠校園得「剩」有「餘」推廣計畫(一)

主持人：陳柏羽

電子信箱：a0922710685@gmail.com

共同主持人：黃惠汝

執行單位：礁溪國中

## 一、計畫執行摘要

1.是否為延續性計畫？(請擇一勾選) 是 否

2.執行重點項目(請擇一勾選):

環境科學教育推廣活動

科學課程教材、教法及評量之研究發展

科學資賦優異學生教育研究及輔導

鄉土性科學教材之研發及推廣

學生科學創意活動之辦理及題材研發

3.辦理活動或研習會等名稱: 魚菜共生課程、水中堆肥研習

4.辦理活動或研習會對象: 學校教師

5.參加活動或研習會人數: 12 場, 150 人

6.參加執行計畫人數: 6

7.辦理/執行成效:

本校舊有的魚菜共生系統常因宜蘭霸王級寒流低溫造成魚隻死亡,使得系統無法正常運作,在教學上無法給學生合適的自然科教學示範。

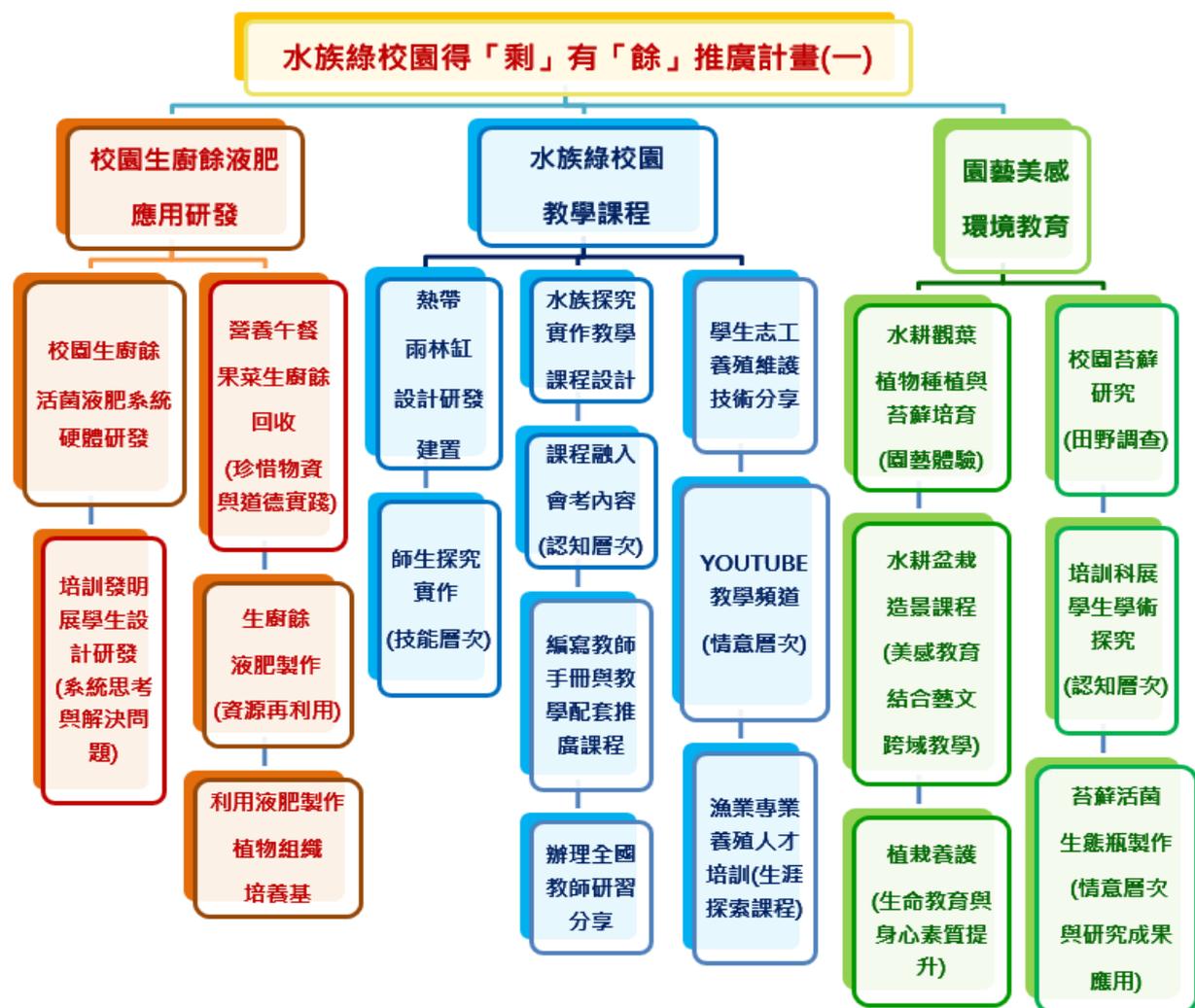
本計畫將舊有系統修正為「水族綠校園教學場域」與「校園生廚餘活菌液肥系統」,可以保存原本戶外養的魚進入室內「水族綠校園教學場域」成為水族活體教具庫。植物種植養分來源則來自「校園生廚餘活菌液肥系統」。

改裝系統與建構水族教學場域的過程皆由師生共同協力建置,過程中培養學生動手實作的能力,也將發展歷程中的內容編製成有系統的課程教材。學生利用建置與研發過程中,找出新的科學問題,培養學生參加科展與發明展的探究實作能力。

「校園生廚餘活菌液肥系統」除了成功解決校園生廚餘的問題，所製作出的蔬果液肥，富含豐富養分與活菌，具有多種用途。本計畫研發出利用苔蘚判斷液肥是否熟成的檢驗方式，更開發 4 種生態瓶文創商品(奇木彩彩蝦莫斯生態瓶、苔蘚水耕生態瓶、空氣鳳梨生態瓶、夢幻鬥魚生態瓶)，使學生能親身感受到研發成果運用於日常生活的體驗。

## 二、計畫目的

1. 建構「水族綠校園教學場域」成為校園學習生態系的理想模型與活體教具室，建置過程中培養成學生「做、用、想」的能力
2. 研發「校園生廚餘活菌液肥系統」設備與技術，落實校園生廚餘回收與自製液肥應用
3. 校園苔蘚調查與微型生態培養，培養學生細微觀察力與尊重生命的態度
4. 研發利用苔蘚檢驗廚餘活菌液肥熟成度技術，控管生廚餘液肥品質
5. 開發「水族綠校園」課程教材教法，融入部定自然課程，落實探究實作精神
6. 校內成立教師共同備課社群，彼此分享教學資源與精進教學能力
7. 推廣「水族綠校園校本課程」教學配套與技術提供他校參考



### 三、研究方法

第一年 研究計畫			
研究目的	步驟	成效評估	預定時間
水族綠校園 情境教學場域整體規劃 (第一期規劃)	◎資料蒐集、水族專家技術諮詢 ◎校內教學場地選擇 ◎結合校內魚菜共生系統與生物實驗室水族展示系統重新規劃教學功能與長期維護方式(SOP化) ◎規劃設計兩樓生態缸設備	◎本校師生具備規劃設計室內大型水族系統的能力(水管與氣動線路) ◎本校師生具備規畫設置兩樓生態缸的「基礎知能」 ◎本校具有完善水族與魚菜共生教學展示場域	111年8月 ~111年9月

	<p>與技術</p> <p>◎縣內水族館與農場參訪</p> <p>◎建立師生討論模式</p>	◎建立校外專家諮詢管道	
師生探究實作水族展示系統建置(第一期工程)	<p>◎配置電路管線(照明燈具、過濾系統、供氣系統)</p> <p>◎配置水管線路(建立補水與換水管路)</p> <p>◎配置供氣線路(安裝調節閥控制各部位供氣量)</p> <p>◎建置新進水中生物隔離檢疫系統(防止與原有水生生物交叉感染)</p> <p>◎建置大型系統缸滴流盒培養系統(室內培育水草、苔蘚)</p> <p>◎測試利用發泡劑建置小型兩棲生態缸岩體部分</p> <p>◎研發保麗龍回收與發泡劑造景技術與水流方向控制</p>	<p>◎了解水族相關水電材料規格，並熟悉施工程序</p> <p>◎培養師生 DIY 施工能力</p> <p>◎培養本校師生維護大型水族系統能力</p> <p>◎培養學生照顧生物與尊重生命的知能與良好態度(生命教育)</p>	111年9月 ~111年12月
規劃「校園生廚餘活菌液肥系統」	<p>◎資料蒐集、專家技術諮詢</p> <p>◎規劃採購器材、工具與設計系統設計圖</p> <p>◎師生合作繪製系統與設計生廚餘回收液肥製造系統(曝氣池、沉澱池、污泥回流系統和剩餘污泥排除系統)</p>	<p>◎開發專用設備，符合學校單位與課程需求</p> <p>◎掌握關鍵技術，無須外面廠商進行後續維護</p> <p>◎培養本校師生建置硬體與規劃施工能力</p> <p>◎培訓發明展參賽選手</p>	112年1月 ~112年2月
「校園生廚餘活菌液肥系統」建置	◎依照設計圖施工建置水中堆肥系統生廚餘收集曝氣槽	◎師生共同施工打造南方松底座木架完成	112年3月 ~112年6月

	<p>與生化培菌槽</p> <p>◎安裝供氣循環系統管線</p>	<p>◎生廚餘回收系統硬體建置</p> <p>◎生化培菌槽造水與硝化活菌種培養</p>	
校園苔蘚研究	<p>◎校園苔蘚型態觀察(田野調查)</p> <p>◎研究利用苔蘚檢驗廚餘活菌液肥熟成度技術</p> <p>◎研究校園採集各類型苔蘚的生長因子(基質、空氣濕度、光照強度、耐旱)</p> <p>◎研究如何預防校園苔蘚黴菌滋生</p> <p>◎培訓研究苔蘚主題科展學生</p>	<p>◎了解影響苔蘚生長的變因</p> <p>◎在實驗室內成功繁殖與馴化苔蘚</p> <p>◎純化苔蘚品種</p> <p>◎可將苔蘚種植技術應用於「兩棲雨林生態缸」</p> <p>◎培訓出研究苔蘚的科展學生</p>	111年9月 ~111年12月
主題校本課程開發	<p>◎主題課程教材設計編寫</p> <p>◎教學歷程與心得記錄</p>	<p>◎建立「水族綠校園」校本課程主題教學課程設計與學習單</p> <p>◎培養教師引導學生思考教學能力</p> <p>◎由學生經營 Youtube 頻道拍攝「水族生態教學情境場域」日常維護影片，建立學生表達力與自信，分享技術給校外單位</p>	111年7月 ~112年7月
成立教學共備社群	◎每個月領域教師開會討論，修正課程內容	<p>◎建立完整溝通模式</p> <p>◎建置「水族綠校園」課</p>	111年7月 ~112年7月

	◎課程反思檢討	程計畫與教學資源配套，供校內外教師參考運用	
<b>第二年 研究計畫</b>			
<b>研究目的</b>	<b>步驟</b>	<b>成效評估</b>	<b>預定時間</b>
水族綠校園 情境教學場域 (第二期規劃)	◎以 6W2H1E 模式檢討第一年研究計畫運作需要改進修正部分(滾動式修正) ◎資料蒐集、文獻探討、「兩棲雨林生態缸」專家技術諮詢 ◎校外水族館參訪(暑期縣外水族館校外教學) ◎培養學生深入了解複雜水族飼養系統運作功能與培訓水族志工傳承	◎能以「系統思考」模式檢討計畫執行問題與採取相對應的解決之道 ◎已收集完備大型「兩棲雨林生態缸」建置資料與技術 ◎水族綠校園情境教學場域與設備已能提供本校自然領域正常教學常態運作 ◎校園水族學生志工運作流暢	112年7月 ~112年9月
師生探究實作水族展示系統建置(第二期工程)	◎建置大型水族系統缸生化過濾能力(植栽過濾與硝化菌過濾) ◎運用水族系統缸滴流盒裝置培育室內水耕觀葉植物與水耕蔬菜 ◎建置大型「兩棲雨林生態缸」	◎了解水族生態運作原理知能 ◎培養本校師生長期維護室內複雜水族循環系統的能力 ◎驗證利用水草優化自來水成為養殖水的能力，擁有節省水資源與生化藥劑的優點，研究成果可提供水族館參考	112年9月 ~112年12月

		<p>◎具備自行建置室內定時噴霧系統與養護「兩棲雨林生態缸」能力</p> <p>◎成功在室內培養水耕觀葉植物與水耕蔬菜</p>	
研發「水中活菌轉化生廚餘液肥」技術	<p>◎觀測「生廚餘」分解下水族系統的生態平衡關鍵因素(溫度、水流、光線、PH值、溶氧量、附著面)</p> <p>◎生化耗氧量 BOD 檢測 (Biochemical oxygen demand)</p> <p>◎水中溶氧檢測-碘定量法</p>	<p>◎掌握生廚餘廢水處理重要參數 (BOD、PH值、GH值、KH值、溫度)</p> <p>◎了解水中生廚餘分解硝化菌培養運作情形 (NH<sub>3</sub>值、NH<sub>4</sub>值、NO<sub>2</sub>值、NO<sub>3</sub>值)與硝化系統成熟判斷</p> <p>◎探討「生廚餘」分解時水中消耗的氧氣與有效率溶氧的方式</p>	113年1月 ~113年3月
原有魚菜共生系統防蟲紗窗架高	<p>◎師生繪製南方松木加高架設計圖</p> <p>◎木工實作加高魚菜共生系統防蟲紗窗</p>	<p>◎師生具備木工 DIY 施作能力</p> <p>◎建置過程完全由學生動手操作，養成學生「做、用、想」的能力</p>	112年9月 ~112年12月
苔蘚生態瓶研究	<p>◎結合自行培育水耕觀葉植物與苔蘚製作微型苔蘚生態瓶</p> <p>◎利用回收容器製作生態瓶</p> <p>◎研究生態瓶生態成長情形</p>	<p>◎能掌握微型苔蘚生態瓶的成長因子</p> <p>◎水耕觀葉植物與苔蘚種植造景(園藝美感教育)</p>	113年4月 ~113年6月

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎研究生態瓶如何度過夏季高溫</li> <li>◎培訓科展研究學生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎培訓研究苔蘚生態瓶科展學生</li> </ul>	
縣內教師實作研習	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎科展研發成果分享</li> <li>◎宜蘭縣教師實作研習(苔蘚生態瓶)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎縣內自然科教師了解校園內苔蘚生長特性</li> <li>◎宜蘭縣教師學習運用本計畫研發之教學資源</li> <li>◎增進宜蘭縣自然科教師實作能力</li> </ul>	113年6月
生廚餘堆肥水體熟成檢驗	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎研究不同生廚餘堆肥條件下，堆肥水體的「碳氮比」與種植出的蔬菜硝酸鹽含量</li> <li>◎生廚餘堆肥水體對苔蘚施肥(用以檢驗堆肥水體是否已達熟成階段)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎掌握生廚餘堆肥水體產出成分中「碳氮比」數據</li> <li>◎研發利用苔蘚判斷生廚餘堆肥水體熟成辨識技術</li> </ul>	113年4月 ~113年6月
食農校本課程開發	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎大型系統缸自行孵化菜苗</li> <li>◎將自行孵化菜苗放入魚菜共生系統中，進行水耕蔬菜</li> <li>◎校本食農課程教材設計編寫</li> <li>◎教學歷程與心得記錄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎培養菜苗孵化技術</li> <li>◎實施飲食教育和農事教育課程設計</li> <li>◎培養學生建立「食當地、食當季」的正確飲食觀</li> </ul>	112年9月 ~112年7月
教學社群共備課程	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎每個月領域教師開會討論，修正課程內容</li> <li>◎課程反思檢討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎建立完整溝通模式</li> <li>◎建置教學模式與教學資源</li> <li>◎編寫教師手冊與教學配套</li> </ul>	112年9月 ~113年7月

<p>主題教學成果分享 校內教師研習</p>	<p>◎全校性教師研習 ◎研發成果分享</p>	<p>◎全校教師了解主題課程架構與內容 ◎建立全校水族綠校園課程教學共識</p>	<p>113年7月</p>
<p><b>第三年 研究計畫</b></p>			
<p>研究目的</p>	<p>步驟</p>	<p>成效評估</p>	<p>預定時間</p>
<p>水族綠校園 情境教學場域 (第三期規劃)</p>	<p>◎「水族綠校園情境教學場域」空間極大化與最佳運作模式 ◎「水族生物」飼養、疾病處理與隔離檢疫相關資料蒐集與專家技術諮詢 ◎學生志工養殖維護技術分享(YOUTUBE 教學頻道)</p>	<p>◎善用教學場域內每一寸空間，使設備每處皆能揮實驗探究教學功能 ◎實驗室具備硬體維修與「水族生物」疾病醫療能力 ◎培養學生分階段規劃複雜事務與經營大型水族養殖系統的能力 ◎漁業專業養殖人才培訓(生涯探索課程)</p>	<p>113年7月 ~113年9月</p>
<p>師生探究實作水族展示系統建置(第三期工程)</p>	<p>◎大型「兩棲雨林生態缸」內培育熱帶雨林植物、捕蟲植物與兩棲類生物 ◎自行設計利用自動化控制(ARDUNO)控制水族系統燈光與水中攝影 ◎學習養護兩棲類生物知能 ◎培育以「兩棲雨林生態缸」為主題之科展研究學生</p>	<p>◎建立師生維護「兩棲雨林生態缸」專業知能 ◎能自行培育積水鳳梨、捕蟲植物提供生態瓶製作素材</p>	<p>113年9月 ~113年12月</p>
<p>水族生物孵化仔魚照顧</p>	<p>◎熱帶魚疾病治療與養護研</p>	<p>◎培養學生繁殖熱帶魚</p>	<p>113年9月</p>

<p>與疾病醫療</p>	<p>究</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◎利用綠水孵化水蚤餵食剛孵化的仔魚</li> <li>◎利用食鹽水孵化豐年蝦餵食繁殖幼魚</li> </ul>	<p>技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◎學生能見證生物生命的成長歷程</li> <li>◎學生學習尊重生命(生命教育)</li> </ul>	<p>~114年7月</p>
<p>「水中活菌轉化生廚餘液肥」技術研發</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎優化生廚餘廢水進行水草種植</li> <li>◎培養「活性污泥」</li> <li>◎探討將「活性污泥」投入菌群缺乏的環境，增加菌群豐富度的可行性，優化系統分解效率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎生廚餘廢水水草種植</li> <li>◎運用「生物處理活性污泥法」進行污泥馴化與污泥種植</li> <li>◎植種污泥產製</li> <li>◎培養出易馴化的廢水處理菌種</li> </ul>	<p>113年9月 ~114年7月</p>
<p>運用「水中分解生廚餘堆肥」濃縮液肥</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎研究水中堆肥最佳碳氮比技術製作濃縮液肥，觀察對於不同類型植物的功效(多肉植物、水耕蔬菜、觀賞型植物)</li> <li>◎利用「苔蘚生態瓶」檢測濃縮液肥在微生態下的影響與水中堆肥所生產液肥之穩定度</li> <li>◎研究「活菌水」在植物栽培上的應用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎了解「水中分解生廚餘堆肥」濃縮液肥的功效與對植物成長的影響</li> <li>◎成功出培養無化學肥料的水耕食用與觀賞植物</li> <li>◎濃縮液肥可作為土耕植物有機肥，減少使用化學肥料用量，也可減少氮肥所產生的<math>N_2O</math>(比二氧化碳影響力高300倍的溫室氣體)</li> <li>◎設計出量產型生廚餘液肥系統，供校外單位參</li> </ul>	<p>113年9月 ~114年4月</p>

		考使用 ◎減少學校廢棄生廚餘量	
製作「蔬果廚餘液肥」 組織培養果凍 與組織培養生態瓶	◎製作「蔬果廚餘液肥」組織培養果凍 ◎利用組織培養果凍製作生態瓶 ◎將熱帶雨林缸所繁殖的捕蟲植物以組織培養方式種植於生態瓶內 ◎學習組織培養植栽技術 ◎培訓科展學生	◎增加「蔬果廚餘液肥」多用途功能 ◎熟悉組織培養植栽技術 ◎發展捕蟲植物組織培養瓶製作技術 ◎培訓研究組織培養科展學生	113年9月 ~114年4月
成立教學共備社群	◎每個月領域教師開會討論，修正課程內容 ◎課程反思檢討	◎建立完整溝通模式 ◎建置教學模式與教學資源	113年8月 ~114年7月
教學單元課程盤點	三年研究計畫所研發教學單元整理盤點	◎將三年研究計畫成果建置於學校網站，供全國教師參考 ◎配合12年國教發展校本課程 ◎選擇應用觀察法、問卷調查法及訪談法，以及研究者的省思札記，有系統的蒐集資料，以獲知課程對學生的成效。	114年7月
主題教學成果分享 縣內教師研習	◎分享本校「生廚餘」回收流程與操作心得	◎宜蘭縣教師了解本計畫課程與教材研發成果	114年5月

	<p>◎宜蘭縣教師實作研習(蔬果廚餘液肥果凍組織培養瓶製作)</p> <p>◎科教計畫研發教材與教學成果分享</p>	<p>◎宜蘭縣教師學習運用本計畫研發之教學資源</p> <p>◎增進宜蘭縣自然科教師實作能力</p>	
<p>校外推廣水族綠校園 得「剩」有「餘」 課程計畫 經驗技術分享</p>	<p>◎舉辦校外分享研習</p> <p>◎技術經驗交流</p> <p>◎利用 Youtube 頻道影片分享相關技術與知識</p>	<p>◎校外交流,形成教學策略聯盟</p> <p>◎推廣蔬果廚餘回收結合魚菜共生再利用</p>	<p>113年8月 ~114年7月</p>

#### 四、研究執行項目

目標項目	執行完成項目說明	目前完成百分比
建構「水族綠校園教學場域」	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎資料蒐集、水族專家技術諮詢</li> <li>◎縣內水族館與農場參訪</li> <li>◎建立師生討論模式</li> <li>◎結合校內魚菜共生系統與生物實驗室水族展示系統重新規劃教學功能與長期維護方式(SOP化)</li> </ul>	100%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎配置電路管線(照明燈具、過濾系統、供氣系統)</li> <li>◎配置水管線路(建立補水與換水管路)</li> <li>◎配置供氣線路(安裝調節閥控制各部位供氣量)</li> <li>◎建置新進水中生物隔離檢疫系統(防止與原有水生生物交叉感染)</li> </ul>	100%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎規劃設計兩棲生態缸設備與技術</li> <li>◎測試利用發泡劑建置小型兩棲生態缸岩體部分</li> <li>◎研發保麗龍回收與發泡劑造景技術與水流方向控制</li> </ul>	40%
研發「校園生廚餘活菌液肥系統」設備與技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎資料蒐集、專家技術諮詢</li> <li>◎規劃採購器材、工具與設計系統設計圖</li> <li>◎師生合作繪製系統與設計生廚餘回收液肥製造系統(曝氣池、沉澱池、污泥回流系統和剩餘污泥排除系統)</li> </ul>	80%
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎依照設計圖施工建置水中堆肥系統生廚餘收集曝氣槽與生化培菌槽</li> <li>◎安裝供氣循環系統管線</li> </ul>	80%
校園苔蘚調查與微型生態培養	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎校園苔蘚型態觀察(田野調查)</li> <li>◎研究校園採集各類型苔蘚的生長因子(基質、空氣濕度、光照強度、耐旱)</li> </ul>	70%
研發利用苔蘚檢驗廚餘活菌液肥熟成度技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎研究利用苔蘚檢驗廚餘活菌液肥熟成度技術</li> <li>◎研究如何預防校園苔蘚黴菌滋生</li> </ul>	60%

開發「水族綠校園」 課程教材教法	◎主題課程教材設計編寫 ◎教學歷程與心得記錄	持續充實中
校內成立教師共同備課社群	◎每個月領域教師開會討論，修正課程內容 ◎課程反思檢討	100%
推廣「水族綠校園校本課程」教學配套與技術提供他校參考	◎校內研習 ◎校外巡迴分享	辦完 1 場校內研習 校外巡迴服務 5 所學校

## 五、研究成果

### (一) 師生合作建置「校園生廚餘活菌液肥系統」，打造生廚餘回收便利環境

「校園生廚餘活菌液肥系統」從設計到施工配管皆由師生合作完成，經過長期間培菌與運作，可以將植物直接種植於缸體堆肥液之中，且生長良好。活菌化的優良水質也可以直接將朱文錦與泥鰱飼養於其中，飼養於堆肥缸中的朱文錦體型異常龐大，也極能耐寒。泥鰱對於廚餘分解的成效特別好，也能存活於活性污泥之中，且泥鰱在低溫環境下活動力一樣十分良好。

獨創設計的「K1 活菌環流沙床」，打造好氧環境加速分解蔬果廚餘，分解效果極為良好，使一般生廚餘大約兩周後可以完全分解完畢。將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」可在 2 天內處理 5 公升奶類廢液，透過「K1 活菌環流沙床」加速分解，分解完蛋白質泡沫，約 1 天即可撈起，萃取乳清部分。

### 校園生廚餘活菌液肥系統



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」玻璃缸體配管工程由師生自行施工，此為準備安裝料件



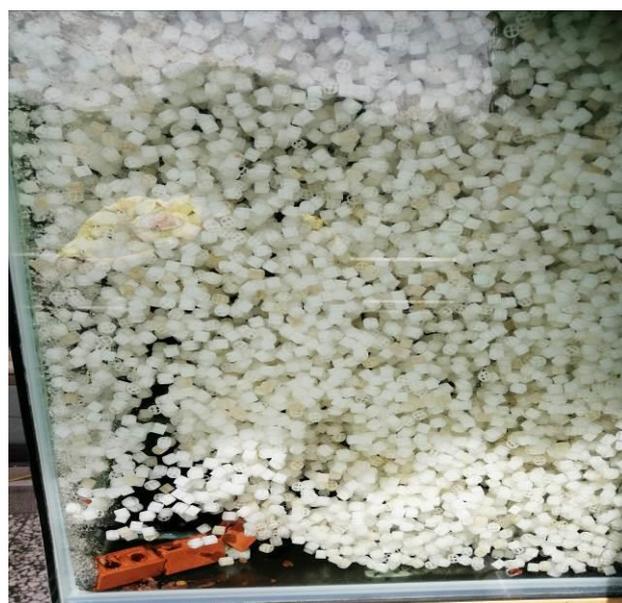
說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」過濾排汙口，由師生共同施工安裝



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」配管與系統安裝完成後開始運作，缸體外部吊掛松蘿鳳梨，增加美觀性



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」已可以將植物直接種植於缸體堆肥液之中，且生長良好



說明：「教室蔬果液肥活菌處理系統」中獨家設計 K1 活菌環流沙床，循環過程

說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」中獨家設計 K1 活菌環流沙床，打造好氧環境加速分解蔬果廚餘



說明:大量營養午餐果皮丟入「校園生廚餘活菌液肥系統」



說明:大量蔬果堆肥情形，經兩周後可產生營養液肥



說明:學校教師將蔬果廚餘親自投入蔬果廚餘處理系統之中



說明:學校教師也從家中攜帶生廚餘投入「校園生廚餘活菌液肥系統」進行分解處理



說明:將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」處理奶類廢液能力



說明:將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」處理奶類廢液能力



說明：培菌初期牛奶中的蛋白質在水中只產生少量泡沫



說明：培菌末期牛奶中的蛋白質在水中只產生少量泡沫



說明：培菌初期，造成蝦子死亡率達 40%



說明：培菌末期，導入泥鰱進行廚餘分解



說明：胡蘿蔔分解測試



說明：三天後被蝦子分解完成，產生酵素泡沫



說明:堆肥區內的朱文錦成長碩大



說明:堆肥區內的朱文錦體型為同類 2.5 倍大

## (二)利用校園苔蘚研發「活菌液肥熟成檢測」，精準便利實用性高

學生在校園採集各種苔蘚，去除土壤雜質後，放入純化栽培環境下繁殖，穩定成長後，作為「活菌液肥熟成檢測」。「生廚餘活菌液肥系統」所產出的液肥若尚未達到熟成階段，噴灑後就會出現發霉現象。若達到熟成，將可提供苔蘚無土栽植的養分，且成效良好。

### 活菌液肥熟成檢測



說明:校園採集苔蘚



說明:苔蘚後續純化栽培



說明：尚未成熟液肥使真苔發霉



說明：尚未成熟液肥使真苔發霉



說明：尚未成熟液肥使小金髮苔發霉



說明：尚未成熟液肥使大灰苔發霉

說明：尚未成熟液肥使生態瓶內大灰苔發霉



說明：

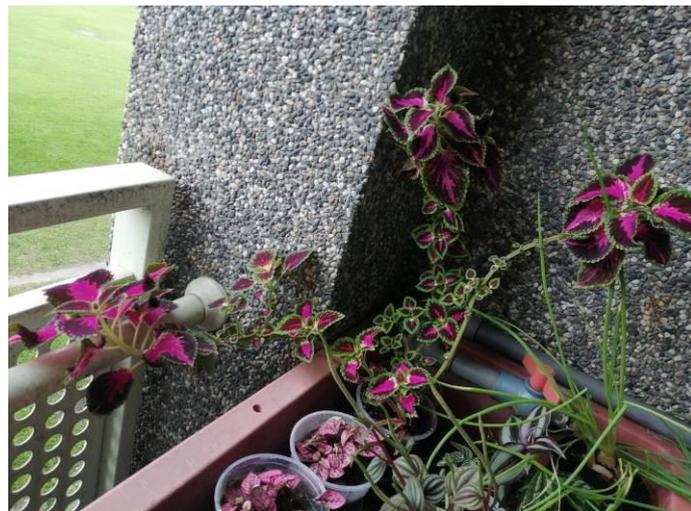


說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」產出的活性污泥

說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」產出的活性污泥



說明:土耕彩葉草感染病蟲害



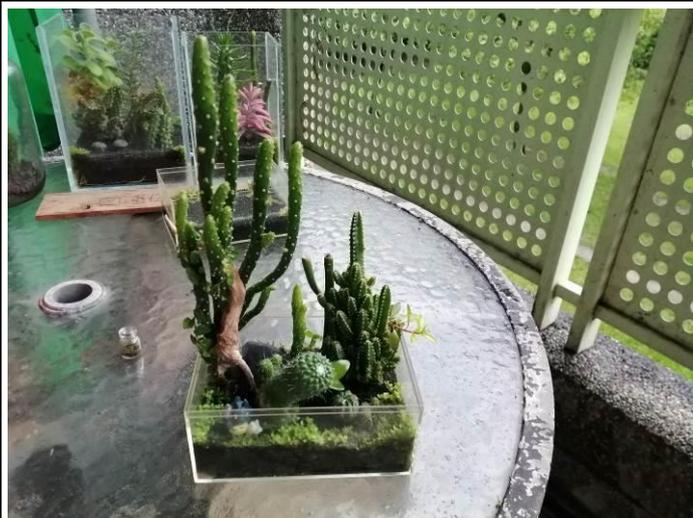
說明:活菌液肥水耕彩葉草抵抗病蟲害強，成長良好

### (三) 運用「生廚餘活菌液肥」進行水耕繁殖，環保便利無蟲害

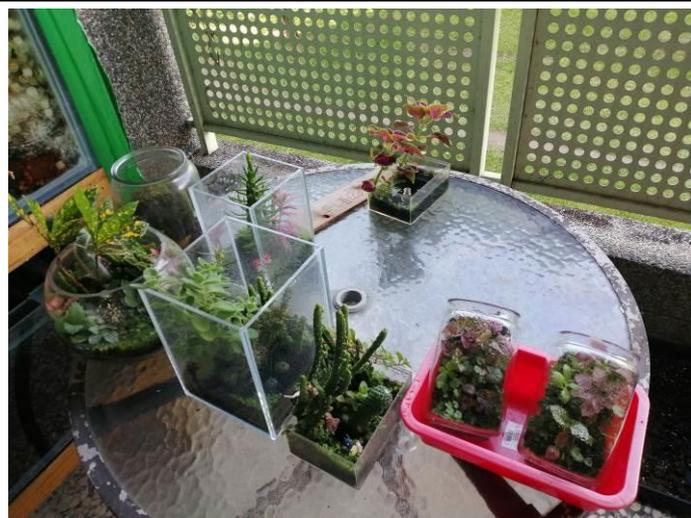
以「生廚餘活菌液肥系統」所產出的液肥以苔蘚檢測技術判斷熟成後，即可直接噴灑於植栽上。此栽培方式的優點為可進行無土栽植，不會引來任何蚊蟲，也無須擔心是否忘記澆水、施肥或過量澆水會產生爛根的問題。

水耕栽培過程中，只需將植栽種於生化棉中，加入「生廚餘活菌液肥」即可提供所有植物所需養分(因為是來自各種生廚餘堆肥的養分)，多肉植物水耕後，很快就有開花的效果，且成長迅速。

#### 水耕液肥盆栽繁殖區



說明:無土栽植，利用蔬果廚餘液肥栽植的盆栽



說明: 利用蔬果廚餘液肥栽植的盆栽



說明:多功能蔬果廚餘液肥使紅色植物展現極其鮮豔的色彩



說明:利用多功能蔬果廚餘液肥在校園中自行培育苔蘚與觀葉植物



說明:苔蘚活菌生態瓶研發種植區



說明:苔蘚活菌生態瓶研發種植區



說明:活菌液肥無土種植仙人掌



說明:活菌液肥無土種植仙人掌開花



說明：空氣鳳梨奇木造景

(四) 開發多種「水耕活菌生態瓶」文創作品，使學生見證科學研發成果的運用於日常生活中的美好

運用「水族綠校園教學場域」所繁殖的所有植物、水生動物與「活菌液肥」無土栽植技術，教學團隊開發了5種「水耕活菌生態瓶」文創作品，包括「苔蘚生態瓶」、「奇木彩蝦莫絲生態瓶」、「空氣鳳梨苔蘚保特瓶」、「北海道藻球生態瓶」、「鬥魚生態瓶」。我們將歷年來研發的成果，透過微型的生態瓶進行整合，也將產出的農作物與魚蝦運用於教學。

不同於市售微觀生態商品，這些作品皆能長期存活與運作，且能成長良好開花繁殖。提供學生體驗研發成果運用的實例。

### 水耕活菌苔蘚生態瓶



說明：「水耕活菌苔蘚生態瓶」成品



說明：「水耕活菌苔蘚生態瓶」成品



說明:白髮苔袖珍生態瓶



說明:白髮苔袖珍生態瓶



說明:學生專心種植生態瓶的神情

說明:

水耕活菌奇木彩蝦莫絲生態瓶



說明:奇木彩蝦莫絲生態瓶，蝦紅草翠綠



說明:奇木彩蝦莫絲生態瓶，蝦紅草翠綠



說明：奇木彩蝦莫絲生態瓶內極火蝦極度火紅



說明：奇木彩蝦莫絲生態瓶內繁殖的小蝦，存活良好



說明：無土生化棉生態瓶全部仰賴活菌液肥提供養分

說明：

### 水耕活菌空氣鳳梨苔蘚保特瓶

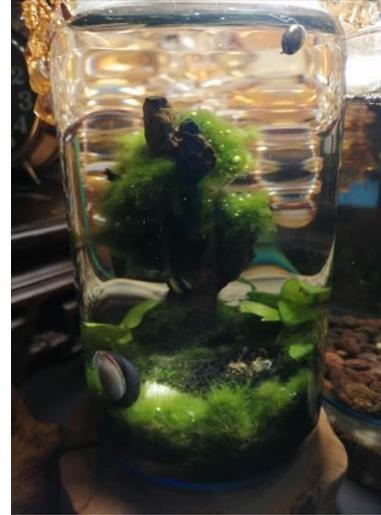


說明：師生設計「空氣鳳梨苔蘚保特瓶」



說明：無土栽植苔蘚生態瓶不會引來小黑蚊

### 水耕活菌北海道藻球生態瓶



說明：高價北海道藻球也能透過活菌液肥培育良好

說明：高價北海道藻球也能透過活菌液肥培育良好

### 水耕活菌鬥魚生態瓶



說明：製作完成的生態瓶

說明：安裝植物燈後的「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：沐浴乳澆花盆，可利用活菌液肥輪流供給養分

### 水耕活菌小型生態缸



說明：水耕活菌小型生態缸種滿各種鮮豔觀葉植物



說明：熟成的活菌液肥可安全提供苔蘚最豐富全方位的養分



說明：熟成的活菌液肥可安全提供珍珠草快速成長



說明：熟成的活菌液肥可安全提供珍珠草快速成長

### (五) 校園生態瓶製作教學，培養學生對動植物生命的熱愛與責任感

透過「校園生態瓶製作教學」培養學生對校園動植物的重視，可以達成隨時參觀察動植物生命的便利性。而且讓學生了解植物生長的過程，並且讓他們有責任感照顧植物。

經過一學期的「校園生態瓶」培育，學生時常在課堂中分享有關自己生態瓶內動植物成長變化是一種培養對生命的熱愛與責任感的方式。

#### 學生生態瓶製作



說明：鬥魚生態瓶製作教學前準備



說明：鬥魚生態瓶製作教學前準備



說明：水耕活菌生態瓶種植教學



說明：水耕活菌生態瓶種植教學



說明：生態瓶種植教學



說明：生態瓶種植教學



說明：平日師生聚集生態教學園區，自行養護個人製作的生態瓶



說明：平日師生聚集生態教學園區，自行養護個人製作的生態瓶

## (六) 校外巡迴教師研習服務，將研發成果無私分享於教育界

透過縣外教師研習活動，可讓縣外教師學習到有關水族方面的教學方法和技巧，並且可以提升自己的教學能力，更能自己習得的專業知識運用新知識和方法，進而提升學生的學習成效。

### 教師研習活動



說明：教師研習海報



說明：「水耕活菌苔蘚生態瓶」成品



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」

說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」

說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」

說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：陳柏羽老師到校解說服務



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」

## 五、研究成果

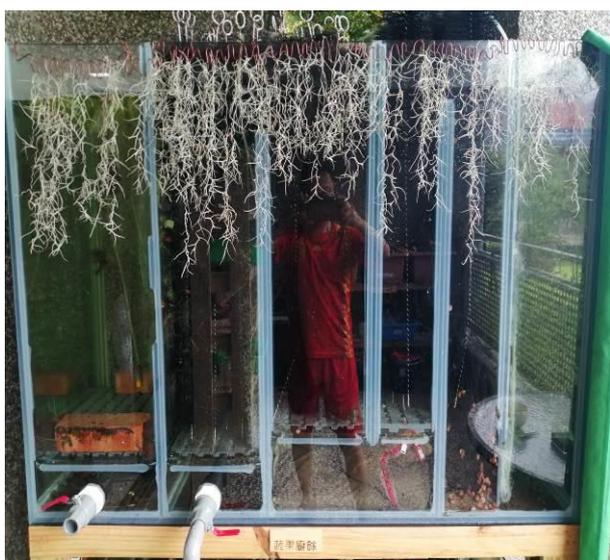
### 校園生廚餘活菌液肥系統



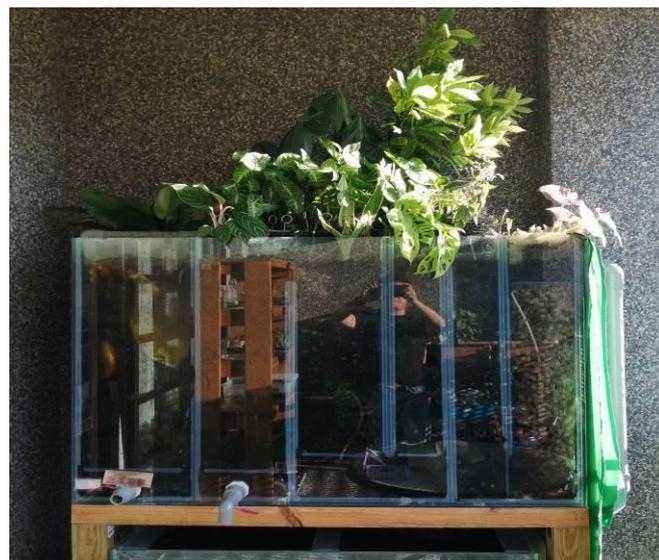
說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」玻璃缸體配管工程由師生自行施工，此為準備安裝料件



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」過濾排汙口，由師生共同施工安裝



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」配管與系統安裝完成後開始運作，缸體外部吊掛松蘿鳳梨，增加美觀性



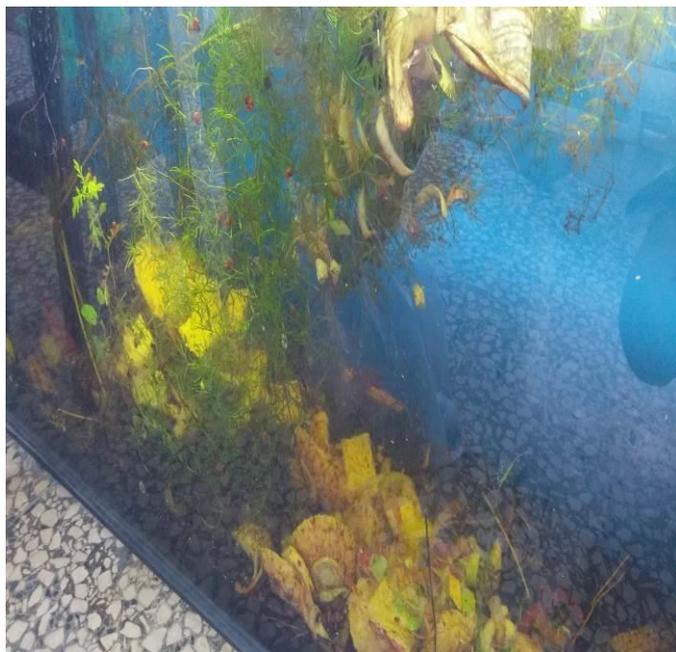
說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」已可以將植物直接種植於缸體堆肥液之中，且生長良好



說明：「教室蔬果液肥活菌處理系統」中獨家設計 K1 活菌環流沙床，循環過程



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」中獨家設計 K1 活菌環流沙床，打造好氧環境加速分解蔬果廚餘



說明：大量營養午餐果皮丟入「校園生廚餘活菌液肥系統」



說明：大量蔬果堆肥情形，經兩周後可產生營養液肥



說明：學校教師將蔬果廚餘親自投入蔬果廚餘處理系統之中



說明：學校教師也從家中攜帶生廚餘投入「校園生廚餘活菌液肥系統」進行分解處理



說明：將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」處理奶類廢液能力



說明：將過期牛奶倒入，測試「校園生廚餘活菌液肥系統」處理奶類廢液能力



說明：培菌初期牛奶中的蛋白質在水中只產生少量泡沫



說明：培菌末期牛奶中的蛋白質在水中只產生少量泡沫



說明: 培菌初期，造成蝦子死亡率達 40%



說明: 培菌末期，導入泥鰍進行廚餘分解



說明: 胡蘿蔔分解測試



說明: 三天後被蝦子分解完成，產生酵素泡沫



說明: 堆肥區內的朱文錦成長碩大



說明: 堆肥區內的朱文錦體型為同類 2.5 倍大

## 活菌液肥熟成檢測



說明：校園採集苔蘚



說明：苔蘚後續純化栽培



說明：尚未成熟液肥使真苔發霉



說明：尚未成熟液肥使真苔發霉



說明：尚未成熟液肥使小金髮苔發霉



說明：尚未成熟液肥使大灰苔發霉



說明：尚未成熟液肥使生態瓶內大灰苔發霉

說明：



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」產出的活性污泥



說明：「校園生廚餘活菌液肥系統」產出的活性污泥



說明：土耕彩葉草感染病蟲害



說明：活菌液肥水耕彩葉草抵抗病蟲害強，成長良好

## 水耕液肥盆栽繁殖區



說明：無土栽植，利用蔬果廚餘液肥栽植的盆栽



說明：利用蔬果廚餘液肥栽植的盆栽



說明：多功能蔬果廚餘液肥使紅色植物展現極其鮮豔的色彩



說明：利用多功能蔬果廚餘液肥在校園中自行培育苔蘚與觀葉植物



說明:苔蘚活菌生態瓶研發種植區



說明:苔蘚活菌生態瓶研發種植區



說明:活菌液肥無土種植仙人掌



說明:活菌液肥無土種植仙人掌開花



說明:空氣鳳梨奇木造景

## 水耕活菌苔蘚生態瓶



說明：「水耕活菌苔蘚生態瓶」成品



說明：「水耕活菌苔蘚生態瓶」成品



說明：白髮苔袖珍生態瓶



說明：白髮苔袖珍生態瓶



說明：學生專心種植生態瓶的神情

說明：

水耕活菌奇木彩蝦莫絲生態瓶



說明:奇木彩蝦莫絲生態瓶，蝦紅草翠綠



說明:奇木彩蝦莫絲生態瓶，蝦紅草翠綠



說明:奇木彩蝦莫絲生態瓶內極火蝦極度火紅



說明: 奇木彩蝦莫絲生態瓶內繁殖的小蝦，存活良好



說明:無土生化棉生態瓶全部仰賴活菌液肥提供養分

說明:

### 水耕活菌空氣鳳梨苔蘚保特瓶



說明:師生設計「空氣鳳梨苔蘚保特瓶」



說明:無土栽植苔蘚生態瓶不會引來小黑蚊

### 水耕活菌北海道藻球生態瓶



說明:高價北海道藻球也能透過活菌液肥培育良好



說明:高價北海道藻球也能透過活菌液肥培育良好

## 水耕活菌鬥魚生態瓶



說明：製作完成的生態瓶



說明：安裝植物燈後的「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：沐浴乳澆花盆，可利用活菌液肥輪流供給養分

## 水耕活菌小型生態缸



說明:水耕活菌小型生態缸種滿各種鮮豔觀葉植物



說明:熟成的活菌液肥可安全提供苔蘚最豐富全方位的養分



說明:熟成的活菌液肥可安全提供珍珠草快速成長



說明:熟成的活菌液肥可安全提供珍珠草快速成長

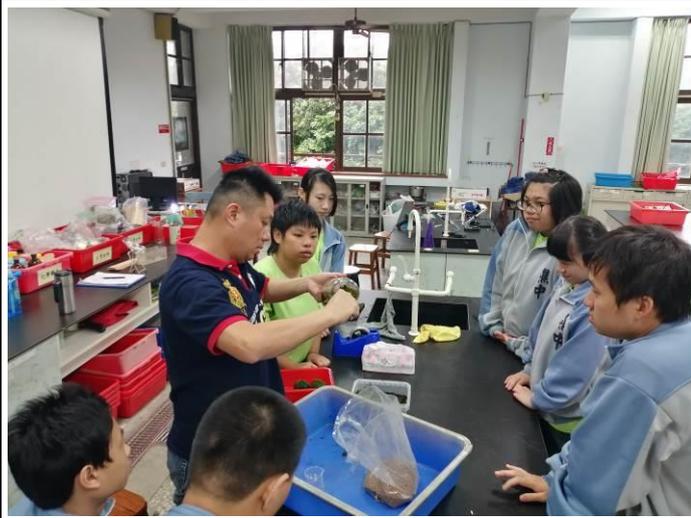
## 學生生態瓶製作



說明:鬥魚生態瓶製作教學前準備



說明:鬥魚生態瓶製作教學前準備



說明:水耕活菌生態瓶種植教學



說明:水耕活菌生態瓶種植教學



說明:生態瓶種植教學



說明:生態瓶種植教學



說明:平日師生聚集生態教學園區，自行養護個人製作的生態瓶



說明:平日師生聚集生態教學園區，自行養護個人製作的生態瓶

## 教師研習活動



說明：教師研習海報



說明：「水耕活菌苔蘚生態瓶」成品



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



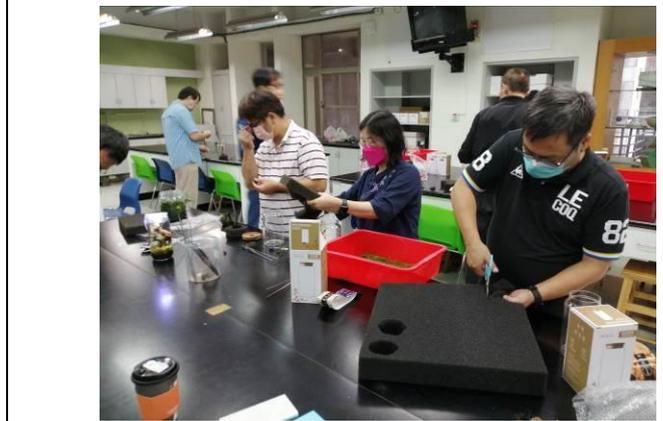
說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：中壢市自強國中教師研習「水耕活菌鬥魚生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：陳柏羽老師到校解說服務

說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」



說明：新北市清水高中教師研習「水耕活菌奇木彩蝦生態瓶」

## 六、討論及建議

- (一) 生廚餘活菌液肥用途廣，值得長時間投入研發。副產品「活性污泥」將是未來研究方向。

經過幾年的研發，可以清楚體驗到生廚餘活菌液肥的好用，除了可以直接提供植栽與農作物全方位的養分外，其中的活菌也可使水耕植物不需要換水。過程中產生的「活性污泥」經過初步實驗，可改善耕作已久的土地性質，且產出量很大，將是未來研究方向。

- (二) 「校園生廚餘活菌液肥系統」內的魚隻在低溫寒流中無任何死亡，可作為魚菜共生的另一種解決方案

本計畫執行之初，是因為運作多年的魚菜共生常因為 12 度以下的低溫就會出現系統內水生動物大量死亡，因此才設計了「校園生廚餘活菌液肥系統」利用水中堆肥提供蔬菜養分。但本次實驗中，測試性在系統中放養泥鰱與朱文錦，發現在活菌系統中，水生動物抗低溫的成效極好，面對幾波寒流，完全沒有任何生物死亡。這樣的發現將可成為未來研究的方向，下年度計畫將會把活菌移植到魚菜共生系統，觀察是否也能讓其中魚隻抵禦低溫。