

# 教育部 103 年度中小學科學教育計畫專案

## 期末報告大綱

計畫編號：107

計畫名稱：永續水資源打造美好家園

主 持 人：黃仁甫

執行單位：雲林縣古坑鄉華山國民小學

### 壹、計畫目的及內容：

以往許多人認為水資源是取之不盡用之不竭的可再生能源，但是隨著科技進步、時代變遷、人口成長因素，導致生活用水、農業用水以及工業用水的需求量大增，目前易取得的可用淡水資源越來越少，再加上全球環境變遷更加速了水資源的快速浩劫。台灣雨量雖然豐沛分佈卻不平均，雨季皆在五到十月，又加上台灣地勢狹長、河流東西走向，使得河川水資源迅速流走不易保留，由此更凸顯出水資源的重要性。

為了使水資源能永續再利用，就必須讓水循環再循環，然而因法規未強制對家庭生活污水做有效的規範，如同華山社區雖有好山好水，但因觀光開發以及民宿的經營，以致多數產生的生活污水皆未經處理即排入水溝或河川、湖泊等污染，導致乾淨水資源遭受破壞。環境的保護必須從小開始學習，讓孩子學習與環境共處與學習保護自然資源，讓學習成習慣、習慣成自然，並將環境保護視為應盡的義務。在學習基礎知識上學校或其他相關教育單位為主要的教育場所，在孩子學習相關基礎知識的同時灌輸環境保護的概念，能使環境教育達到事半功倍的效果。國小為成長過程中第一個接觸到的教育單位，但許多小學因為歷史悠久，於建設之初並未規劃污水處理設備，現今如再增加建設污水處理設施實有相當難度，本校透過雲科大的協助指導，以簡單的活性污泥法將學校污水經過處理後再排放，減少對環境的衝擊，並讓小朋友從污水處理再淨化的過程中瞭解水資源的珍貴，藉由環境科學教育提昇學生對科學的興趣，更能喚起小朋友的無限潛能，培育出環保小尖兵為我們環境做把關。

### 貳、研究方法及步驟：

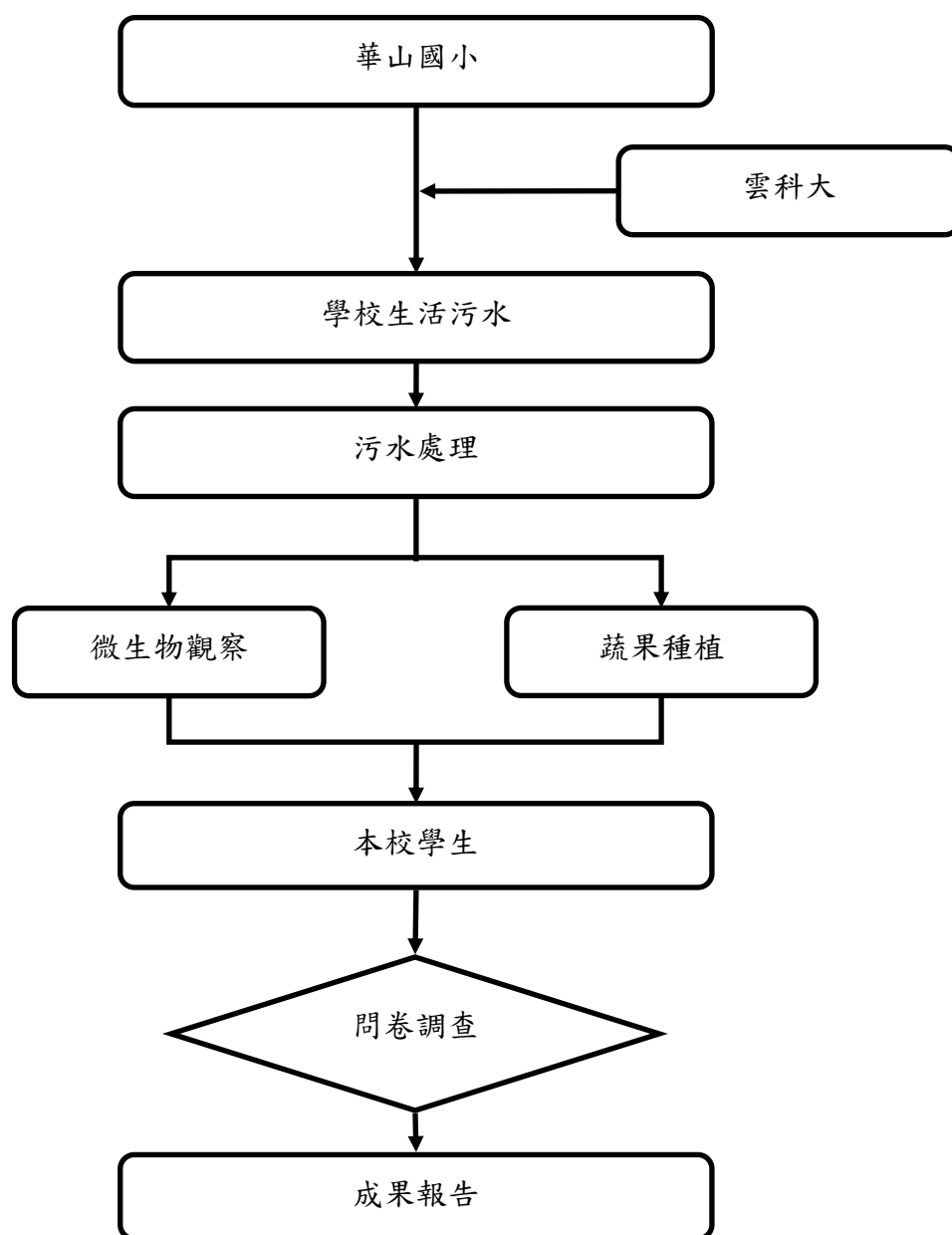
#### (1) 研究方法

本科學教育計畫透過國立雲林科技大學 工程科技研究所的博士生到場協助指導，並經由指導過程中打造出一套簡易型生物污水處理設備，讓生物污水處理設備處理本校廁所(圖一)的生活污水，經由簡單的生物處理過程達到淨化水質之功效，在污水處理的過程中，觀察且紀錄污水中微生物的成長及變化。本計畫從建置到成果驗收皆由學生協助參與實作，經由實驗過程的操作，預計訓練出愛護地球水資源的「水資源尖兵」，並且小尖兵未來可作為本校校園水資源處理講解小志工，使水的再生再利用之環境保護之概念可以透過小朋友向外拓展。最後將處理過後的中水做有效的回收再利用，因本污水處理設備為簡易型污水系統，只能將污染物質有效減少無法將其處理達到飲用水標準，處理過後的水我們稱之為中水。植物生長所需必須有營養物質(如：氮、磷、鉀)，而中水仍有大量營養物及微量元素，剛好可作為種植蔬果及其他經濟作物之營養物質來源。圖二為計畫架構示意圖，係為本校透過雲科大的指導，將學校廁所產生的生活污水透過簡易的污水處理設備(圖三)進行處理，並且指導小朋友觀察污水處理系統中微生物的變化以及協助小朋友種植蔬菜瞭解污水之價值，最後透過問卷調查方式分析小朋友對於本次科學教育理解之程度，最後將

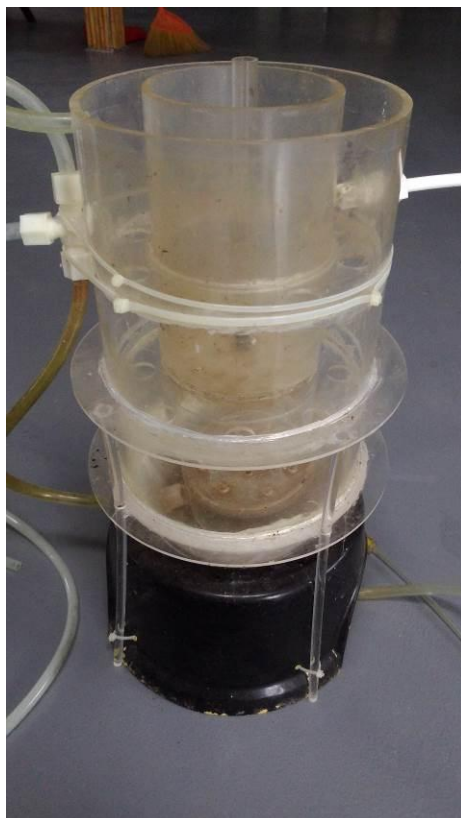
本次成果繪製為成果報告。



圖一、本校廁所



圖二、計畫架構圖

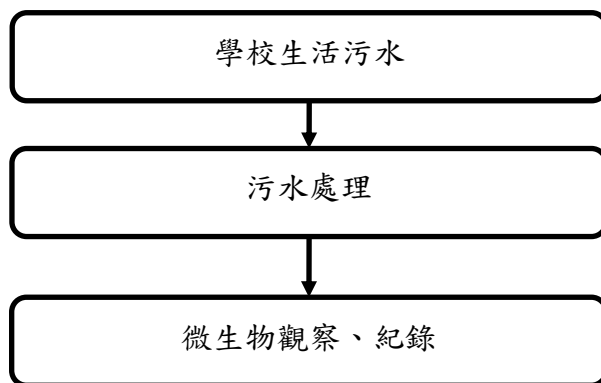


圖三、簡易型污水處理設備

## (2) 步驟

### 1.微生物觀察

由於生活污水中含有大量營養物質，營養物可供微生物生長之所需此為生物處理法，生物處理法即是運用微生物攝取污水中營養物並加以分解之特性，且不同微生物所需之營養物皆不相同，並透過此特性瞭解微生物分解水中有機物達到水質淨化之成效。微生物觀察示意圖如圖四，係為使用學校廁所溢流之生活污水，透過簡易污水處理系統進行處理，過程中隨時帶領小朋友觀察及紀錄污水處理系統中微生物之變化，使小朋友透過觀察微生物族群及菌落的改變瞭解水質的狀況，並透過觀察之經驗讓小朋友體驗微生物的奧妙。圖五為本污水處理系統觀察到的微生物之一。



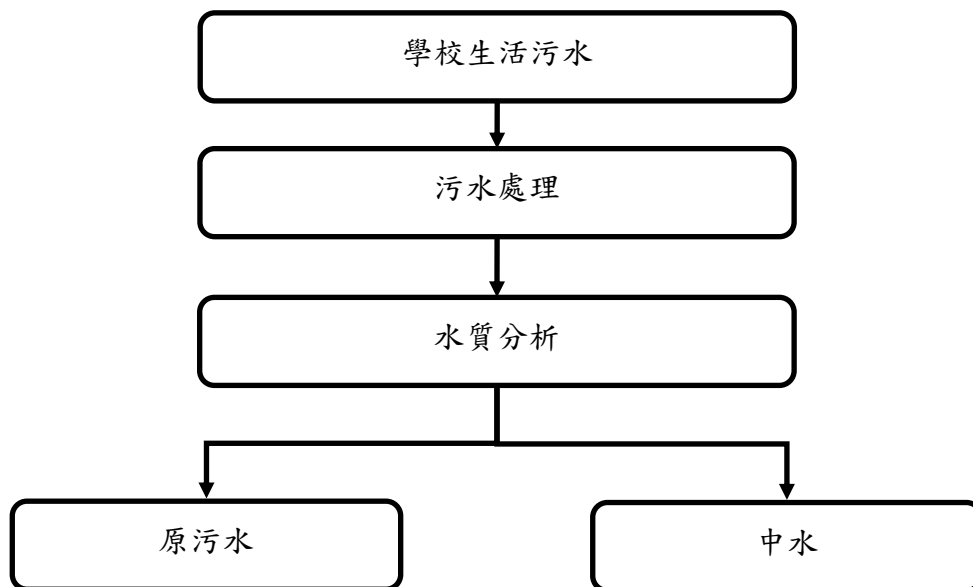
圖四、微生物觀察流程示意圖



圖五、草履蟲示意圖

## 2.水質檢測

本計畫預計在污水處理過程中讓孩子親自動手檢測相關水質項目（DO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub>、NH<sub>4</sub>、PO<sub>4</sub>、BOD），使瞭解污水濃度代表意義，提昇孩子對污水濃度的敏感度，規劃實驗流程如圖六所示。近年來，水污染事件層出不窮，但多數人對於水質污染的概念卻相當薄弱，不瞭解污水濃度其危害程度高低，本實驗不僅能讓孩子由實驗過程中瞭解高濃度污水與低濃度污水之差異，更能讓孩子初步瞭解生物處理過程中污染物濃度的變化。



圖六、水質分析流程示意圖



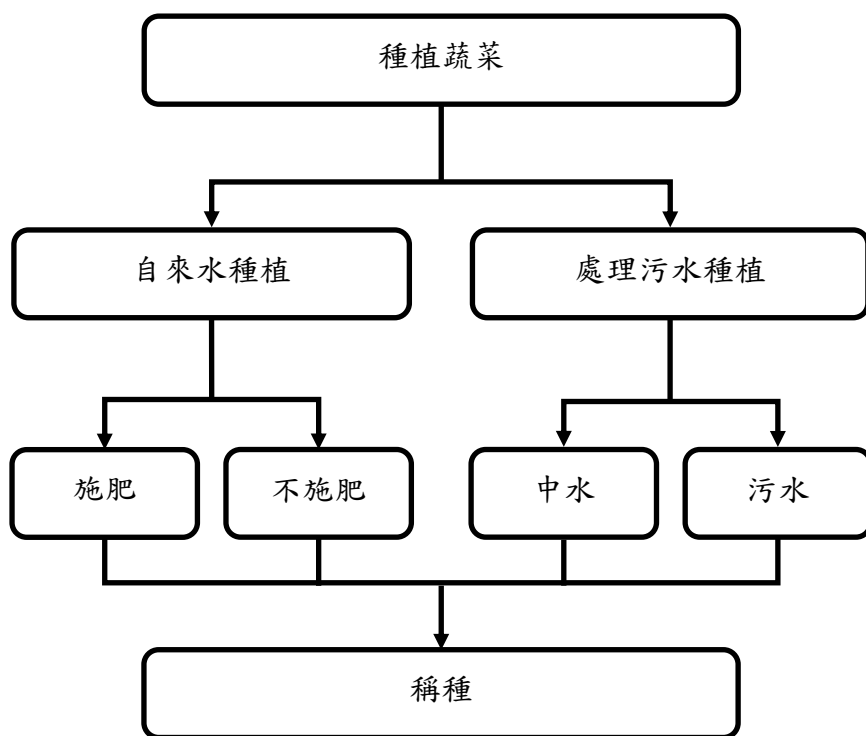
圖七、水質檢測

### 3. 蔬果種植

透過簡易污水處理設備處理將處理後的中水取出，作為本校的有機教學農場（如圖八）之灌溉用水，其因主要為種植作物時需大量水源、成長所需之營養物，基於以上原因導致種植作物時不僅耗掉水資源，施肥過程更可能破壞土質使土壤酸化，另外多數人常認為生活污水已是廢水無法再利用，因此設計以下實驗使小朋友瞭解污水也能再利用。蔬果栽種示意圖如圖九，首先將實驗分為兩大組，第一組為乾淨水（自來水）作為空白組，第二組為處理後之污水作為實驗組，空白組又做施肥與不施肥之差異，使小朋友瞭解肥料對於植物之重要性；實驗組則使用中水及原污水澆灌做為營養物質之試驗，最後將成果採收後進行稱重並分析差異。



圖八、本校有機教學農場



圖九、蔬果種植示意圖

## 參、目前研究成果：

### (1) 課程教學

知識是奠定科學的基礎，沒有相關知識即無法完成科學研究，雖然國小教科書已提供全方位知識，但卻多未提及要孩子們有自我思考之能力，讓孩子只是填鴨式的學習並未能靈活運用，對於學習上需要有輔助教材之孩子，常因看不到實物因此學習產生障礙，進而排斥學習。本次計畫藉由污水處理再利用之目的，讓孩子不僅學習理論基礎更有實體操作經驗，使華山國小孩子明白科學方法及原理，更藉此讓孩子有自我思考之能力。有鑑於此訂定了以下之課程。

1. 認識水資源：由孩子已知的水循環引導出水資源之生生不息，並讓孩子瞭解水資源對我們以及所有動植物的重要性，再透過學習單讓孩子思考日常生活中何處有水資源，而又有哪些動植物在周遭。

2. 認識微生物：由於本污水處理採用生物處理法，生物處理法係以微生物攝取來去除水中營養鹽達到水質淨化之目的，因此讓孩子明白水中有許許多多看不見的生物無時無刻的在為我們工作，讓孩子將自然科學所學之基礎運用在實驗上，達到學理並用之成效。





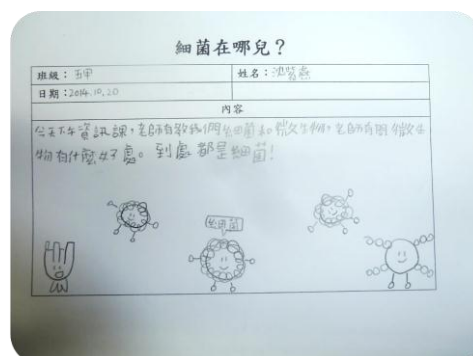
圖十、校園生態園區溪流



圖十一、觀察校園水中微生物



圖十二、水資源學習單



圖十三、微生物學習單

3. 認識植物：未來預計讓孩子自己動手種植蔬菜，並實驗運用中水及清水種植作物，探討兩者之差異，藉由實驗明白植物所需養分之來源，以應證課本所述植物主要養分為氮磷鉀三元素。

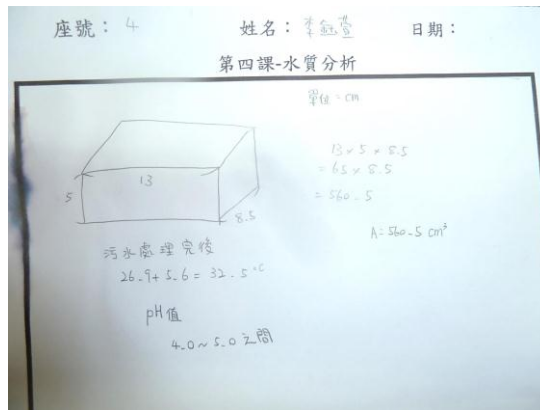
4. 水質分析：環教教育在小學教育中未有深入提及，因此對於水質分析更是缺乏，本計畫不僅希望孩子能瞭解環境教育之意義，更希望孩子能藉由本計畫明白水質如何檢測、分析，讓孩子成為環境小小尖兵，為環境做把關。



圖十四、認識植物及分類



圖十五、水質分析教學



圖十六、水質實驗學習單



圖十七、採樣方法教學



圖十八、水樣保存方法教學

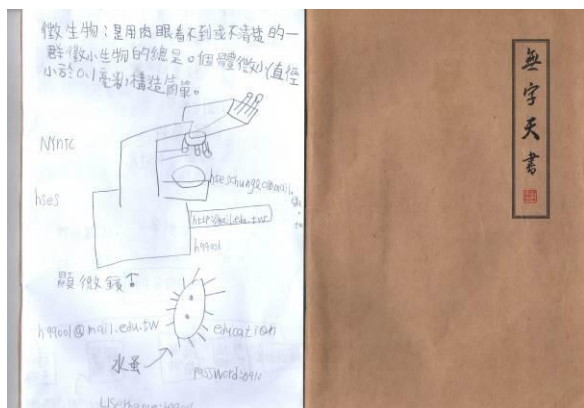
## (2) 科學方法教學

本教育計畫係以教育孩子運用科學方法探討及學習，為了讓孩子能輕鬆學科學，規劃以下四步驟。

1. 無字天書：本冊發給孩子時，不詳細告知撰寫方式，只希望孩子把日常生活中發生的有趣事物寫在本子裡，並讓孩子養成作筆記之習慣。
2. 彈指神通：本冊發給孩子時，告知孩子學科學跟寫日記一樣，不可忘記時間、地點、日期，未來不只自己能看得懂，別人也可以立即明白，撰寫得來龍去脈。
3. 化骨綿掌：本冊發給孩子時，告知孩子科學就是遇到問題解決問題，學習科學就是要保有無限的好奇心，無時時刻的探索及發掘問題之所在及找出問題之根源。
4. 如來神掌：本冊發給孩子時，告知孩子已成功學習科學方法，未來可以運用此方法探討生活及學習上所有事物，運用自如者可讓未來學習大大進步。



圖十九、學習手冊



圖二十、無字天書學習手冊

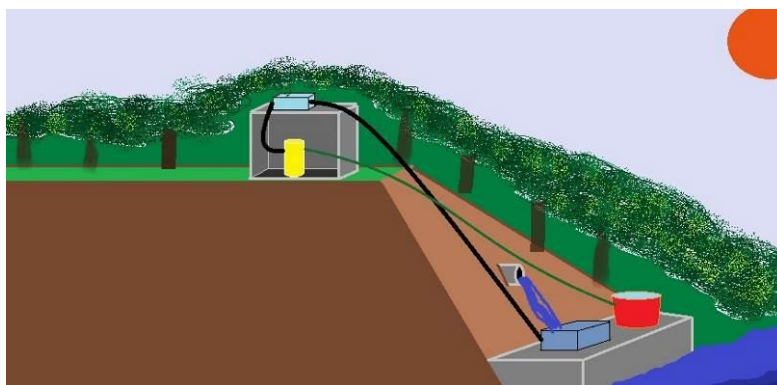


### (3) 污水處理系統

在雲科大的協助架設下完成污水處理設備建置(圖二十一),並於水質檢測實驗進行前先測試一個月的設備穩定度,確定設備穩定後開始進行後續實驗。污水處理系統配置示意圖,如圖二十二所示。



圖二十一、污水處理系統架設

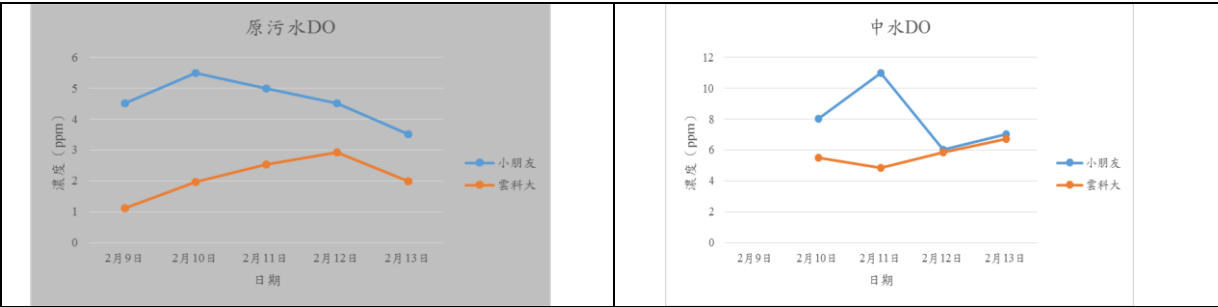


圖二十二、污水處理系統配置示意圖

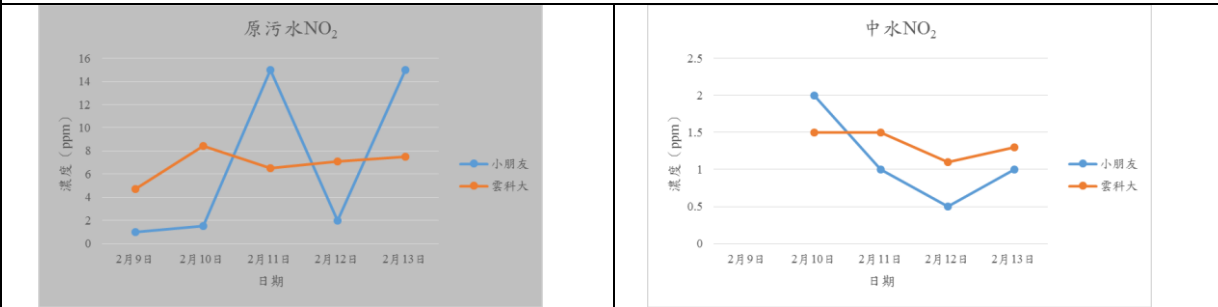
### (4) 水質分析結果

本實驗部份,除了讓小朋友操作外,並請雲科大協助分析水質濃度。將雲科大與本校小朋友之數據結果進行比對,讓小朋友瞭解科學數據是比較出來的,科學基礎並非空口說白話,而數據有高有低沒有標準答案,並從中建立孩子的信心。讓孩子瞭解做對了不該驕傲做錯了不要氣餒,只要反覆練習及重複實驗即可達到目標。

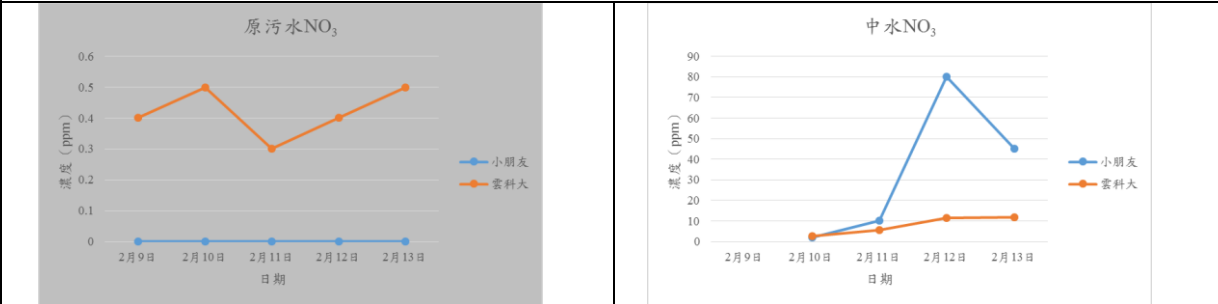
以下為本校小朋友與雲科大分析水質之數據結果,繪製成圖表並與本校小朋友分享成果。



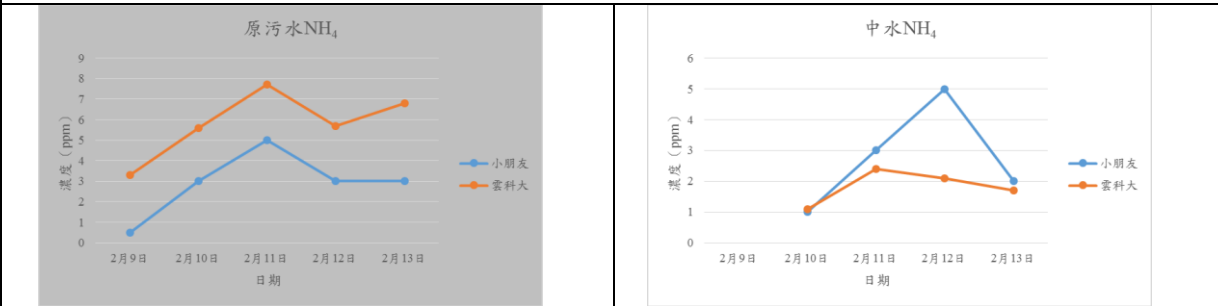
水中溶氧量



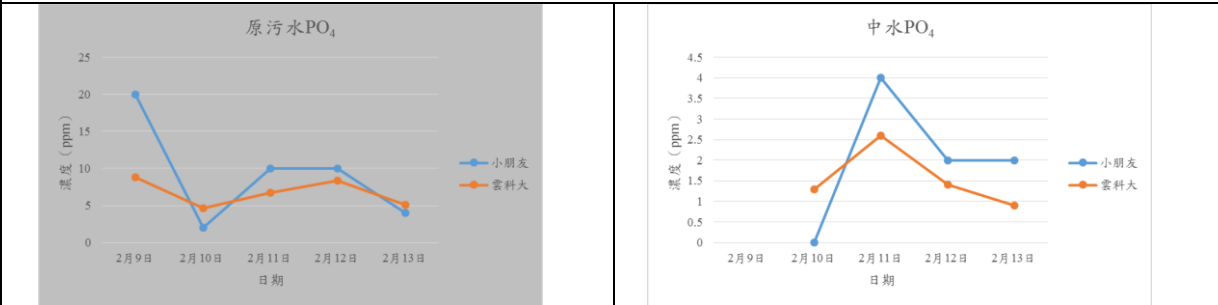
亞硝酸鹽



硝酸鹽



氨氮



正磷酸鹽

#### (5) 蔬菜種植試驗

本實驗是要讓小朋友瞭解水資源再利用的概念，並使其明白水資源如何有效利用，最後請小朋友思考種植植物之目的為何，讓小朋友探討謂何生活污水能用來種植蔬菜。因本校有機農場為開放式種植區，將有蟲類或蝸牛破壞實驗，另可能有環境因素影響其實驗結果。實驗進行之前協助小朋友架設小型網室（圖二十三），並製作自動吸水盆栽逕行實驗（圖二十四），目的皆為使實驗誤差降到最低。



圖二十三、組裝小型網室



圖二十三、自動吸水盆栽

因梅雨季節降雨量過大，使小型網室受到破壞因此第一次實驗失敗。第二次實驗截至目前為止，請小朋友進行成果報告（圖二十四）。觀察其結果為，原污水之小白菜有發現根會離開土壤表面；液體肥料則有枯萎的現象；使用中水種植發現小白菜生長狀況良好（存活率高、莖粗壯、葉面翠綠）；自來水種植時發現發芽速度快，但生長過後會漸漸的開始枯萎。



圖二十四、蔬菜種植成果報告

#### 肆、目前完成進度

年份	103				104						完成度
月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
籌備工作	50%	50%									100%
系統建置	10%	20%	60%	10%							100%
維護、監測		10%	10%	30%	20%	30%					100%
觀察微生物			10%	30%	50%						100%
種植作物							10%	20%	40%	20%	90%
科學方法教學	5%	5%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%	30%

#### 伍、預定完成進度

預定工作進度如表一甘梯圖所示。

年份	103				104					
月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
籌備工作										
系統建置										
維護、監測										
觀察微生物										
種植作物										
期中報告										
期末報告										
計畫查核點			*			*			*	



## 陸、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)

1. 由於本校排水口位於生態園區溪流上，為不破壞生態園區原始樣貌又欲完成污水處理設備，因此本污水處理設備皆裝設在角落，以不影響原始樣貌為目的。
2. 由於污水處理槽體組裝困難，因此先將設備以外之水槽安裝完畢，待污水處理槽體組裝完畢後即可立即裝置完成。
3. 因雲科大團隊告知，水質檢測分析需持續且連續檢測。因平常課程時間緊湊，為不影響孩子於學期中之學習在與雲科大團隊協調後，最後決定以寒假課輔時間採意願方式讓孩子參與實驗。
4. 因本生態有機農場為開放式農場外在干擾因素多，可能影響實驗數據的準確性。最後決定架設小型網室，以避免外界干擾讓實驗得以順利進行。

## 柒、參考資料

1. 許鎮龍，2000，“生物擔體渠道淨化二級生物處理放流水氮化物之特性探討”，國立中央大學環境工程研究所博士論文。
2. 李圭白、馬中漢、張自杰，1998，水處理工程（上冊），科技圖書股份有限公司。
3. 趙洪賓、金錐、劉馨遠，1998，水處理工程（下冊），科技圖書股份有限公司。
4. 洪人陽，1999，生物去除營養物質之廢水處理廠的設計與改裝，國立編譯館。
5. 謝哲松，1999，活性污泥法之操作控制，國立編譯館。
6. 歐陽嶠暉，2004，污水處理廠操作與維護，詹氏書局。
7. 黃政賢，2006，污水工程，高立圖書有限公司。
8. 林正芳、林瑤勤、羅棋穎、吳忠信，2002，水及廢水處理理論與實務，六合出版社。