

教育部
103 年度中小學科學教育計畫專案
期末報告彙編

永續水資源打造美好家園

計畫編號：107
計畫主持人：黃仁甫
協同主持人：鐘豐昌
協同研究人員：吳孟儒

中華民國 104 年 8 月

目錄

壹、期中報告摘要.....	1
貳、期中報告審查回覆表.....	8
參、期末報告摘要.....	10
肆、期中報告審查回覆表.....	24
伍、期末報告成果報告書.....	26

期中報告摘要

教育部 103 年度中小學科學教育計畫專案

期中報告大綱

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

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。為了使水資源能永續再利用，就必須讓水循環再循環。水資源的保護必須從小開始學習，而國小為成長過程中第一個接觸到的教育單位，教育小朋友是學校的天職也是本分。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。

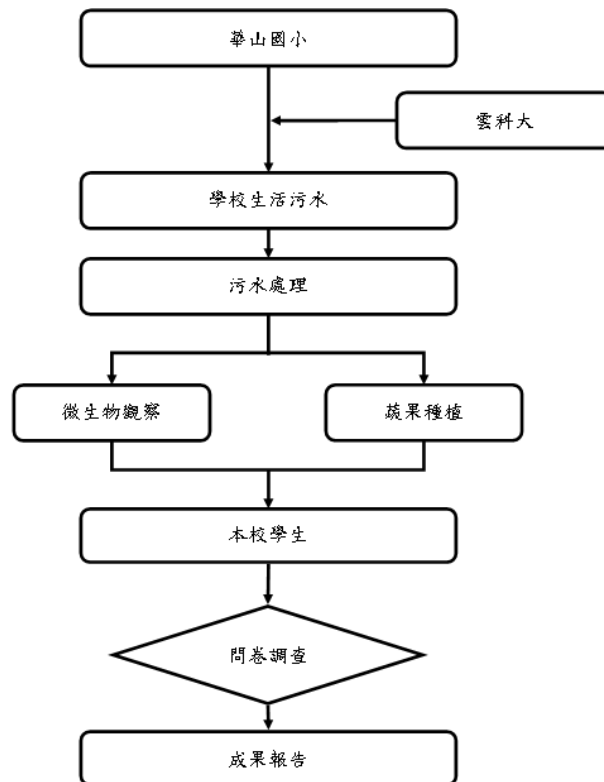
貳、研究方法及步驟：

(1) 研究方法

本科學教育計畫欲打造出一套簡易型污水處理設備，讓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有學生協助參與實做，經由實驗過程的操作最終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校園水資源處理講解小志工。另將淨化後的中水回收再利用，因中水仍有營養物及微量元素可種植蔬果及其他經濟作物。圖二為計畫架構示意圖，係將學校生活污水透過簡易的污水系統處理，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，最後將本次成果匯製為成果報告。



圖一、本校廁所

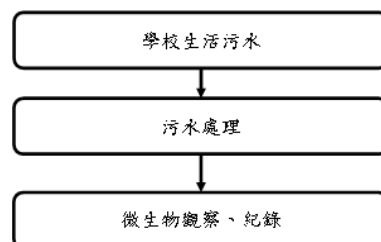


圖二、計畫架構圖

(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三，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。



圖三、微生物觀察示意圖

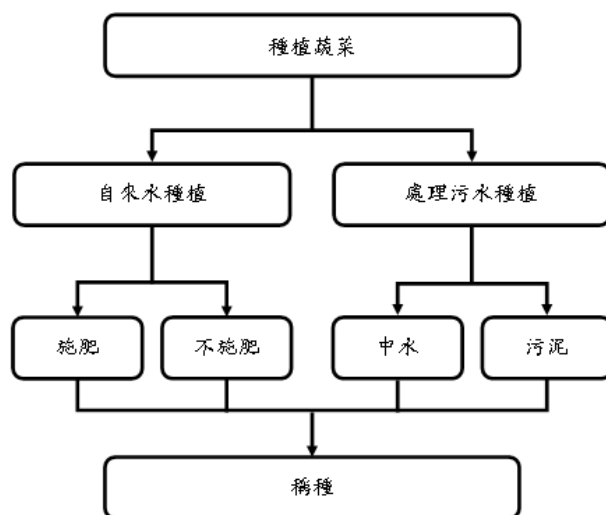
2.蔬果種植

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（如圖四）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，基於此原因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五，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；實驗組除了用中水澆灌以外，再做鋪撒污泥做養分之試驗，最後將成果採收後進行稱重分析之差異。



圖四、本校有機教學農場



圖五、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，而又有那些動植物在周遭。

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。



圖六、校園生態園區溪流



圖七、觀察校園水中微生物

小小尖兵找溼地	
班級：五年甲班	姓名：林子傑
日期：2014.10.13	地點：林子傑的家
調查內容	
<p>1. 在我家的水池有：蝌蚪、小魚、青蛙等……</p>	

圖八、水資源學習單

細菌在哪兒？	
班級：五年甲	姓名：沈馨燕
日期：2014.10.20	
內容	
<p>今天下午資訊課，老師有教我們用顯微鏡看微生物，老師有問微生物有什麼好處。到處都是細菌！</p>	

圖九、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、認識植物及分類



圖十一、水質分析教學

座號：4 姓名：李鈺堂 日期：

第四課-水質分析

單位：cm

$13 \times 5 \times 8.5$
 $= 65 \times 8.5$
 $= 560.5$
 $A = 560.5 \text{ cm}$

污水處理完後
 $26.9 + 5.6 = 32.5^\circ\text{C}$

pH值
 $4.0 \sim 5.0$ 之間

圖十二、水質實驗學習單



圖十三、採樣方法教學



圖十四、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。



圖十五、學習手冊



圖十六、無字天書學習手冊

(3) 污水處理系統

目前已完成污水處理設備建置，待測試穩定後即可開始進行後續實驗。



圖十七、污水處理系統架設

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%								20%
觀察微生物			10%								10%
種植作物											0%
科學方法教學	5%	5%	10%	10%							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。

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。

期中報告審查回覆表

期中報告審查回覆表

次序	審查意見	意見回覆	節次
審查委員 1			
1	1.所列「人事費」宜改(1)其他項目編列，例如：外聘專家會議出席費或講座鐘點費等。	1.感謝委員意見，本計畫之計畫主持人、協同主持人以及協同研究人員屬計畫執行主要人員非會議出席或講座性質，因此編列為出席費或鐘點費實有不妥。因此，仍以人事費編列。	-
2	本活動以校內的地點，宜說明為何需編列短程車資、運費、場地維護費等項。	感謝委員意見，已附註說明於經費表，由於協同研究人員需經常性往返雲科大與本校，因此編列短程車資資助其交通所需之費用；由於所需相關耗材皆非學校現有資源需校外訂購，編列運費係用於材料運送之所需；場地維護費係用於本校實驗場地水電管線配置所需之費用。	-
3	本計畫未說明學生如何參與(例如班級課程或配合社團活動等)或評估計畫成效方式，宜補充。	學生於每週 2 次之課餘時間參與科學教育，成效評估以問卷方式進行調查，並以統計分析學習成效。	P.13~14
審查委員 2			
1	本計畫結合雲科大工程科技研究所，進行污水處理相關之研究。有關汙水處理屬於環境保護議題，建議可與環境教育之公害防止領域結合，並增加有關環境議題課程教學之論述。	感謝委員意見，本計畫之協同研究人員已申請環境教育人員資格，未來將協助本校研擬污水處理（公害防治）之環境教育。預計完成一份環境教育教案。	-

期中報告審查回覆表

次序	審查意見	意見回覆	節次
	在本計畫較少著墨於研究背後的教育意涵，建請增加研究方法、步驟之教育目標，以及具體成果效益所影響的範圍。	感謝委員意見，已修正。	P.13～17
	本計畫內容不構具體，諸多闕如，在基礎不齊全條件下，不予推薦。	感謝委員意見。	-

期 末 報 告 摘 要

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

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：

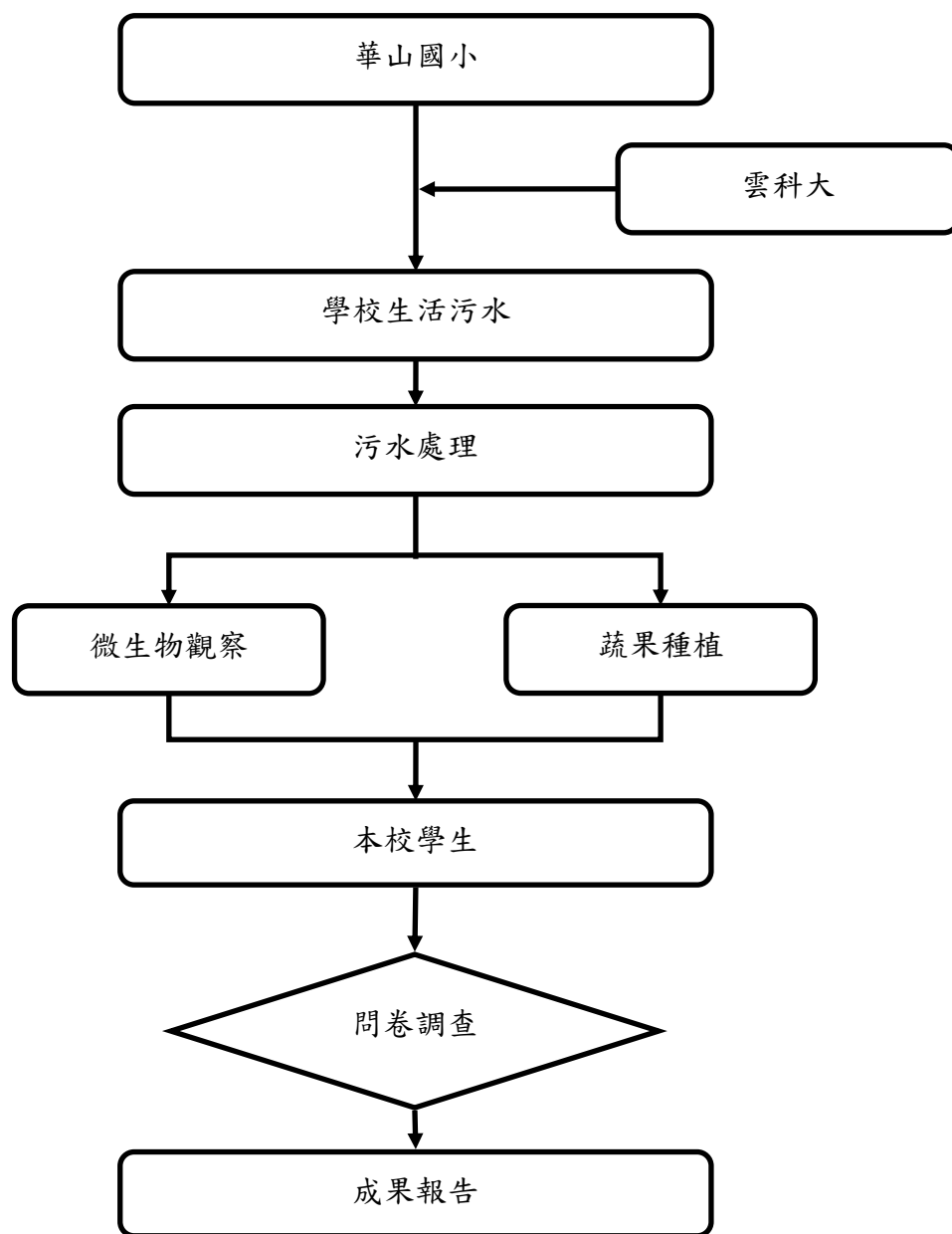
(1) 研究方法

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

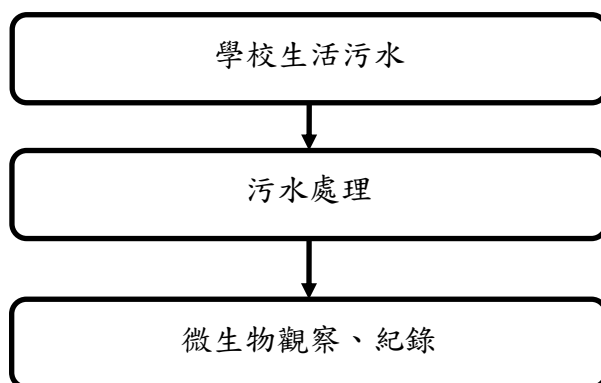


圖三、簡易型污水處理設備

(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。



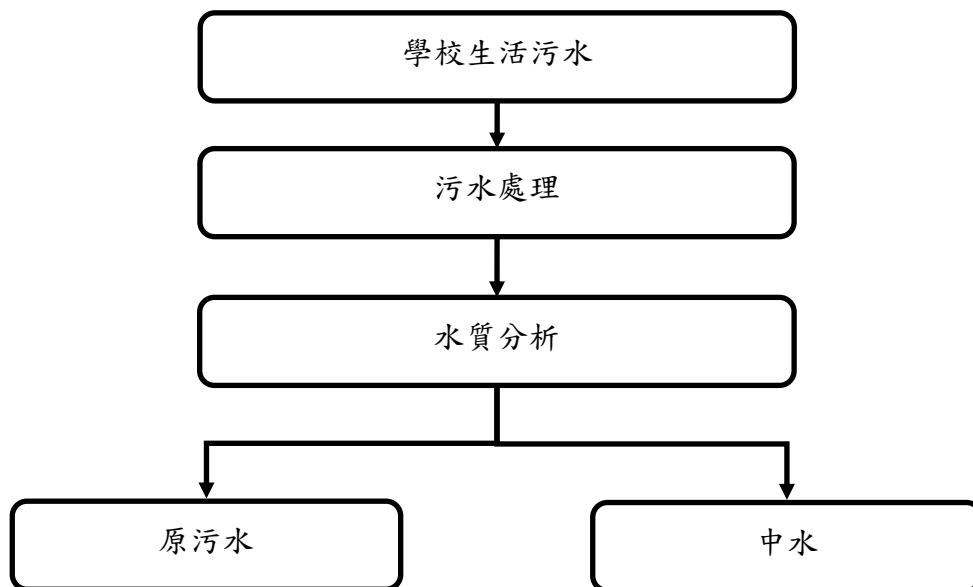
圖四、微生物觀察流程示意圖



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、NO₂、NO₃、NH₄、PO₄、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



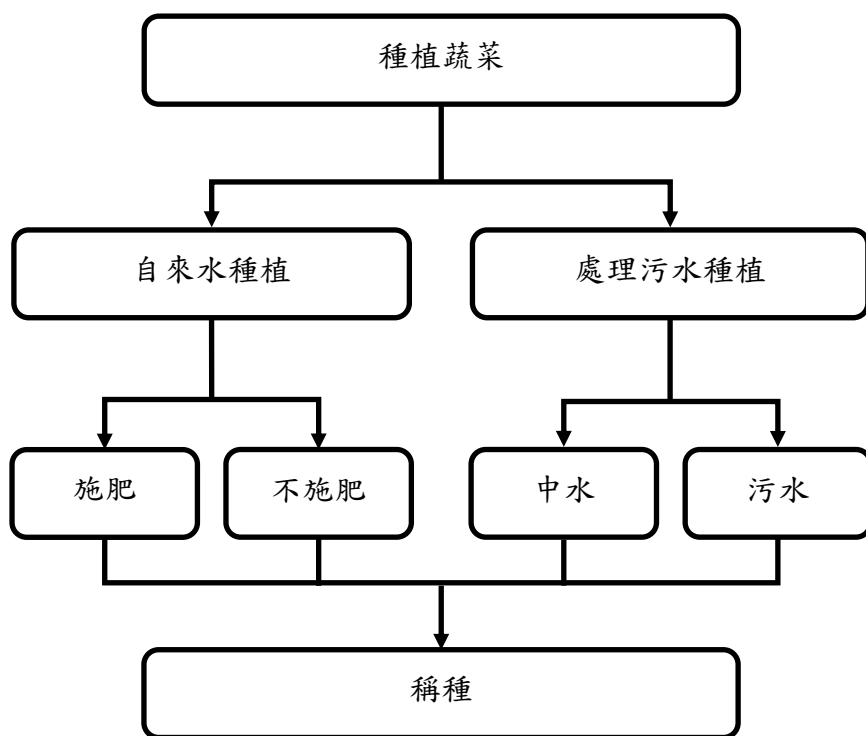
圖七、水質檢測

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

小小尖兵找溼地	
班級：五年甲班	姓名：林子傑
日期：2014.10.13	地點：林子傑的家
調查內容	
<p>在我家的水池有：蝌蚪、小魚、青蛙等……</p>	

圖十二、水資源學習單

細菌在哪兒？	
班級：五年甲	姓名：沈曉燕
日期：2014.10.20	
內容	
<p>今天下午資訊課，老師有教我們用棉棒和牙籤生物，老師有問生物有什麼好處。到處都是細菌！</p>	

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。

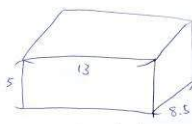
4. 水質分析：環教教育在小學教育中未有深入提及，因此對於水質分析更是缺乏，本計畫不僅希望孩子能瞭解環境教育之意義，更希望孩子能藉由本計畫明白水質如何檢測、分析，讓孩子成為環境小小尖兵，為環境做把關。



圖十四、認識植物及分類



圖十五、水質分析教學

座號：4	姓名：李冠宇	日期：
第四課-水質分析		
 <p>單位：cm</p> $13 \times 5 \times 8.5$ $= 65 \times 8.5$ $= 560.5$ <p>A = 560.5 cm</p> <p>污水處理完後</p> $26.9 + 5.6 = 32.5^\circ\text{C}$ <p>pH值</p> $4.0 \sim 5.0 \text{ 之間}$		

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



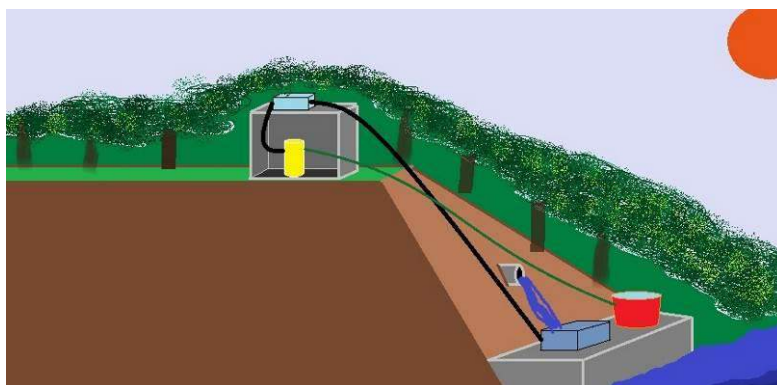
圖二十、無字天書學習手冊

(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

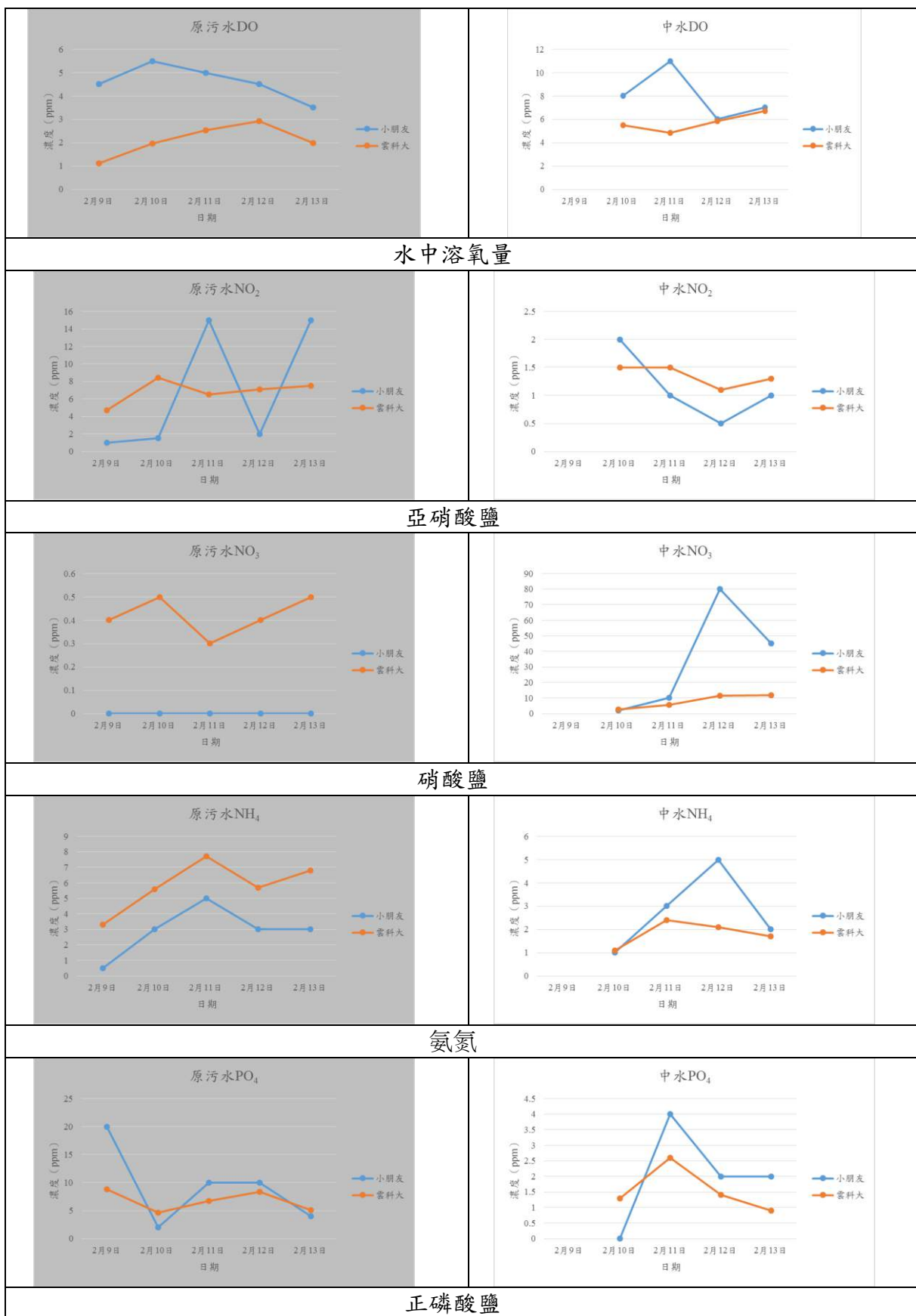


圖二十二、污水處理系統配置示意圖

(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。



(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。

期中報告審查回覆表

期末報告審查回覆表

次序	審查意見	意見回覆	節次
1	環境教育與科學教育結合，以科學方法如水質分析、微生物觀察來介導，再以環教教育來宣導頗佳。	1.感謝委員意見。	
2	污水處理教具研發，可做為學生學習參與及瞭解，並以擔體進行觀察立意良好。	感謝委員意見。	
3	有流水分析數據，並與專家實測數據比對及檢討，可進一步進行重複實驗以呈現變異量，無字天書、彈指神通...等學生紀錄可分析。	感謝委員意見，已於期末報告成果進行呈現。	P.38~42
4	本生物實驗可根據污染源，如溶氧量來進行實驗比對。	感謝委員意見，已於期末報告成果進行呈現。	P.42~46
5	未來展望及計畫未說明。	感謝委員意見，已於期末報告成果進行呈現。	P50
6	結合學校社區週邊專業分析技術和人力資源可以更專業、深入	感謝委員意見，將會將此課程議題發揚光大。	
7	實驗中包含各種科學研究訓練，包括水資源知識、檢測水質環境技能、蔬果種植之觀察、關懷、付出，微生物再生態的功能角色的學習，以及數據分析是一套深入且完整的科學訓練與學習，是很好的計畫，但使用器材、藥品太多難以推廣，建議簡化至一般學校課程能使用。	感謝委員意見，將再與雲科大研究研發更完善且更符合各級學校使用之教具。	

期末報告審查回覆表

次序	審查意見	意見回覆	節次
8	成果在四冊書中，可以看到學生從無科學概念出發，到最後完整學習與獲得知識、科學技能的收穫。	感謝委員意見。	
9	計畫結構完整具前後邏輯的完善連結，good，可以建立學生全面性的概念。	感謝委員意見。	
10	讓學生親手操作水質檢測，是很難得的經驗，非常好，可以讓學生透過科學化的數據，瞭解實際現場觀察的意義，是培養科學態度的開端。	感謝委員意見。	

期 末 報 告 成 果 報 告 書

教育部
103 年度中小學科學教育計畫專案
期末報告

永續水資源打造美好家園

計畫編號：107
計畫主持人：黃仁甫
協同主持人：鐘豐昌
協同研究人員：吳孟儒

中華民國 104 年 8 月

期末報告目錄

期末報告目錄.....	26
圖目錄.....	27
壹、計畫目的及內容.....	28
貳、研究方法及步驟.....	29
(1) 研究方法.....	29
(2) 步驟.....	30
1.微生物觀察.....	31
2.水質檢測.....	31
3.蔬果種植.....	32
參、研究成果分享.....	33
(1) 課程教學.....	33
1.認識水資源：.....	34
2.認識微生物：.....	35
3.認識植物：.....	36
4.水質分析：.....	36
5.水質採樣：.....	37
(2) 科學方法教學.....	38
1.無字天書：.....	39
2.彈指神通：.....	39
3.化骨綿掌：.....	40
4.如來神掌：.....	40
(3) 污水處理系統.....	41
肆、研究成果討論.....	42
(1) 水質分析結果.....	42
1.水中溶氧 (DO)	42
2.水中亞硝酸鹽 (NO ₂)	43
3.水中硝酸鹽 (NO ₃)	44
4.水中氨氮 (NH ₄)	45
5.水中磷酸鹽 (PO ₄)	46
(2) 蔬菜種植試驗.....	47
1.不同水樣種子發芽率.....	48
伍、目前完成進度.....	49
陸、預定完成進度.....	49
柒、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法).....	49
捌、未來展望.....	50
玖、參考資料.....	50

圖目錄

圖一、本校廁所.....	29
圖二、計畫架構圖.....	30
圖三、簡易型污水處理設備.....	30
圖四、微生物觀察流程示意圖.....	31
圖五、草履蟲示意圖.....	31
圖六、水質分析流程示意圖.....	32
圖七、水質檢測.....	32
圖八、本校有機教學農場.....	33
圖九、蔬果種植示意圖.....	33
圖十、校園生態園區溪流.....	34
圖十一、水資源學習單.....	35
圖十二、觀察校園水中微生物.....	35
圖十三、微生物學習單.....	36
圖十四、認識植物及分類.....	36
圖十五、水質分析教學.....	37
圖十六、水質實驗學習單.....	37
圖十七、採樣方法教學.....	38
圖十八、水樣保存方法教學.....	38
圖十九、學習手冊.....	39
圖二十、無字天書學習手冊.....	39
圖二十一、彈指神通學習手冊.....	40
圖二十二、化骨綿掌學習手冊.....	40
圖二十三、如來神掌學習手冊.....	41
圖二十四、污水處理系統架設.....	41
圖二十五、污水處理系統配置示意圖.....	42
圖二十六、原污水溶氧量.....	43
圖二十七、中水溶氧量.....	43
圖二十八、原污水亞硝酸鹽.....	44
圖二十九、中水亞硝酸鹽.....	44
圖三十、原污水硝酸鹽.....	45
圖三十一、中水硝酸鹽.....	45
圖三十二、原污水氨氮.....	46
圖三十三、中水氨氮.....	46
圖三十四、原污水磷酸鹽.....	47
圖三十五、中水磷酸鹽.....	47
圖三十六、組裝小型網室.....	48
圖三十七、自動吸水盆栽.....	48
圖三十八、不同水樣之種子發芽率.....	49

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，但事實上不然，水資源於『大英百科全書』中，定義為「全部自然界所有型態的水」，此型態包含有氣態水（水蒸氣）、液態水及固態水（冰），而此定義至今各國仍廣泛的引用。最早採用「水資源」這概念的單位『美國地質調查局（USGS）』，於1894年設立水資源處，主要是觀測地表水與地下水；英國於1963年通過水資源法，將水資源定義為「具有足夠數量的可用水源」；美國於1965年通過水資源規劃法案，並同時創立水資源委員會監督水資源相關業務，一直到1977年時，聯合國教科文組織（UNESCO）才建議將水資源重新定義為「水資源應指可利用或可被利用的水源，此水源應具有一定數量和質量，並能滿足某一地區之特定用途」。水資源從古至今一直備受矚目，其主要原因是由於水不僅世代謝不可或缺的一項因子更是維持地球平衡重要的條件之一。歐陽嶠暉（2004）指出水循環的過程中被人類及動植物所利用，這就是水資源。生物系統是由生物群落和其他非生物因子所組成；而非生物性的環境因素三大關鍵在於陽光、空氣及水。因此不管河川、湖泊、海洋或者濕地，絕大多數的生物生存皆須有水作為滋養的物質。

白子易（2001）指出，一個完整的城市需包含有健全的都市發展、維護居民的生活環境、排除都市水災或增進國民健康，因此下水道系統是都市不可或缺的重要公共建設，但今台灣公共污水下水道接管率僅有39.7%（營建署2015），多數污水皆排至河川水體中，直接影響河川，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，近年來台灣河川主要污染源中生活污水所佔污染量比例逐漸提高，都市周邊受污染河川，已高達50%以上，若污水再未經妥善處理即排入水體，將使水質更加惡化影響水體可用水資源更加不易取得（環保署，2012）。現階段易取得的水資源受到人為污染已越來越少，又加上全球環境變遷，加速了水資源的快速浩劫。台灣降雨量大且雨量豐沛，但分佈卻不平均（水利署，2015），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，就必須讓水資源循環再循環，有效利用每一滴水資源，而現今法規卻未強制對家庭生活污水做有效的規範，即使有心想做好環境保護，也是心有餘而力不足。如同華山社區雖有好山好水，但因觀光產業開發及休閒民宿的經營，再這其中產生的生活污水部份皆未經處理即排入水溝或河川、湖泊等，導致乾淨水資源遭受破壞影響生態環境。我們常說『日常生活必需從小做起』，這句話說的非常到位，環境保護亦是如此也必須從小開始學習，讓孩子從小學習與環境共處與學習保護自然資源，讓孩子學習環境保護的概念進而培養習慣，由良好的生活習慣演變成一種生活態度，將環境保護視為應盡的義務。然而在學習基礎知識上，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當下，同時灌輸環境保護的概念與理念，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，但卻因為許多小學歷史悠久，於建設之初並未規劃污水處理設備及預留建設空間，現今如欲再增加建設污水處理設施實有相當難度，使水資源教育大打折扣。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。

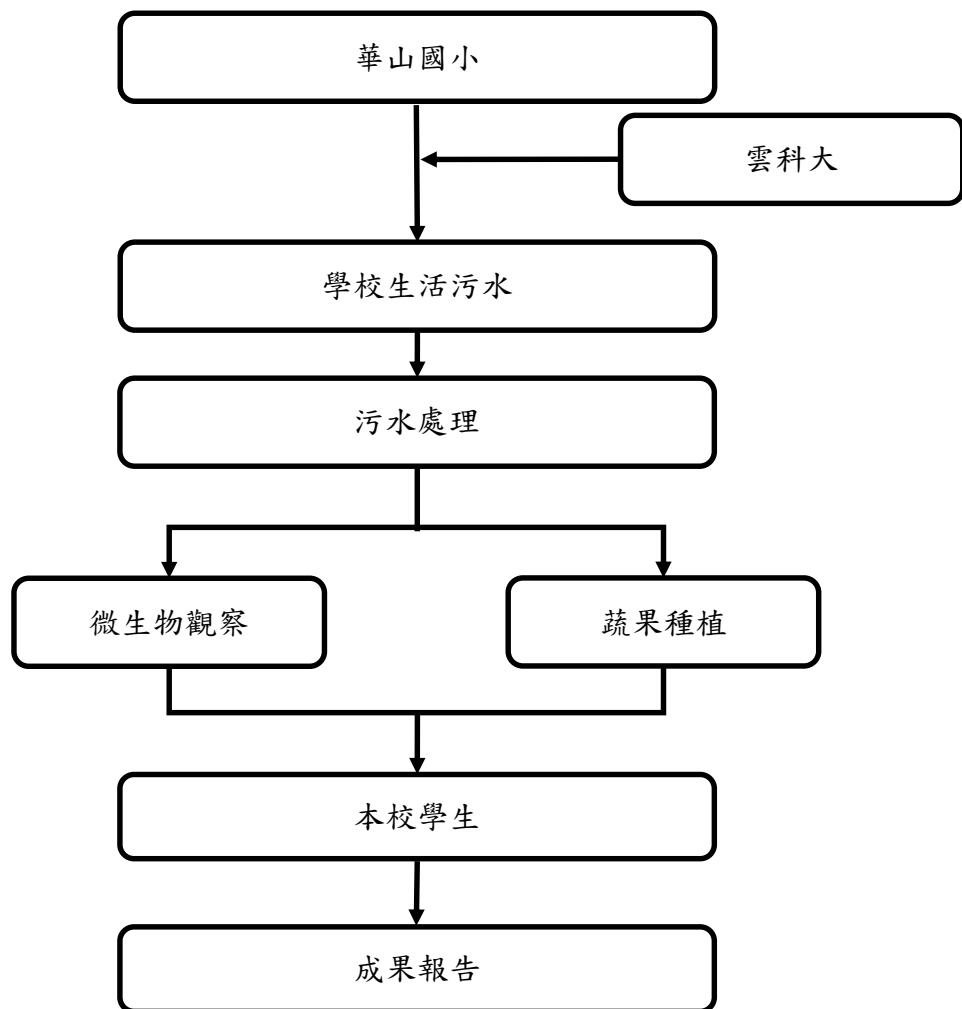
貳、研究方法及步驟

(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，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



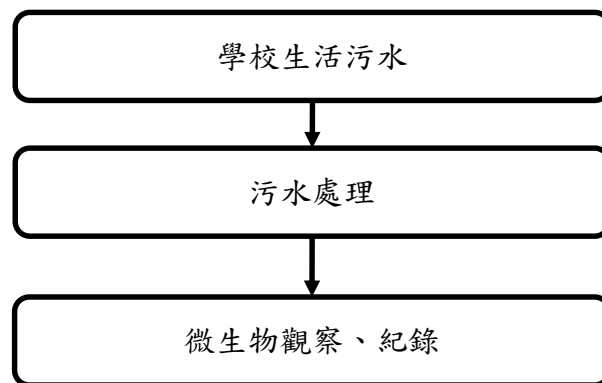
圖二、計畫架構圖



圖三、簡易型污水處理設備

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

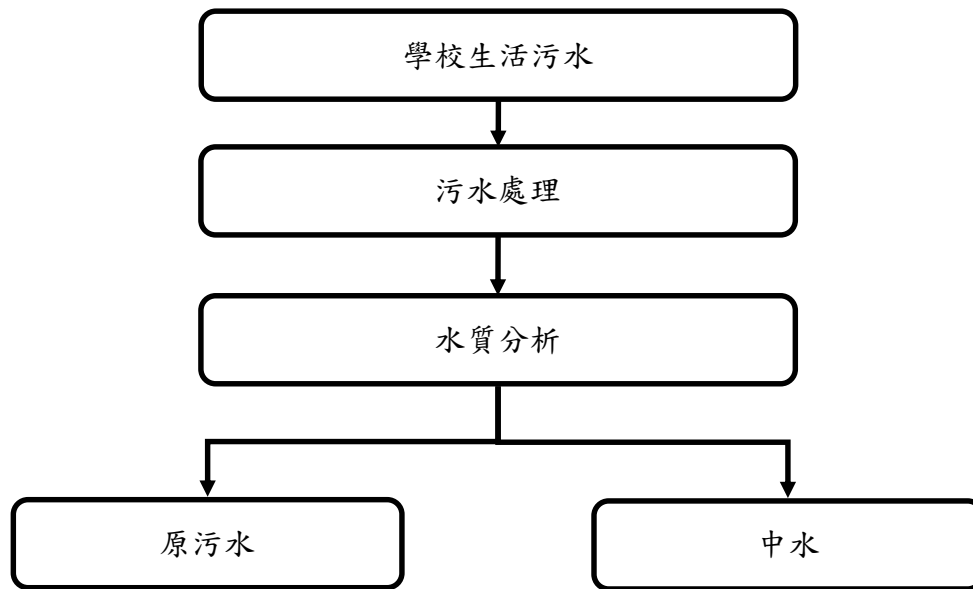


圖五、草履蟲示意圖

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、NO₂、NO₃、NH₄、PO₄、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

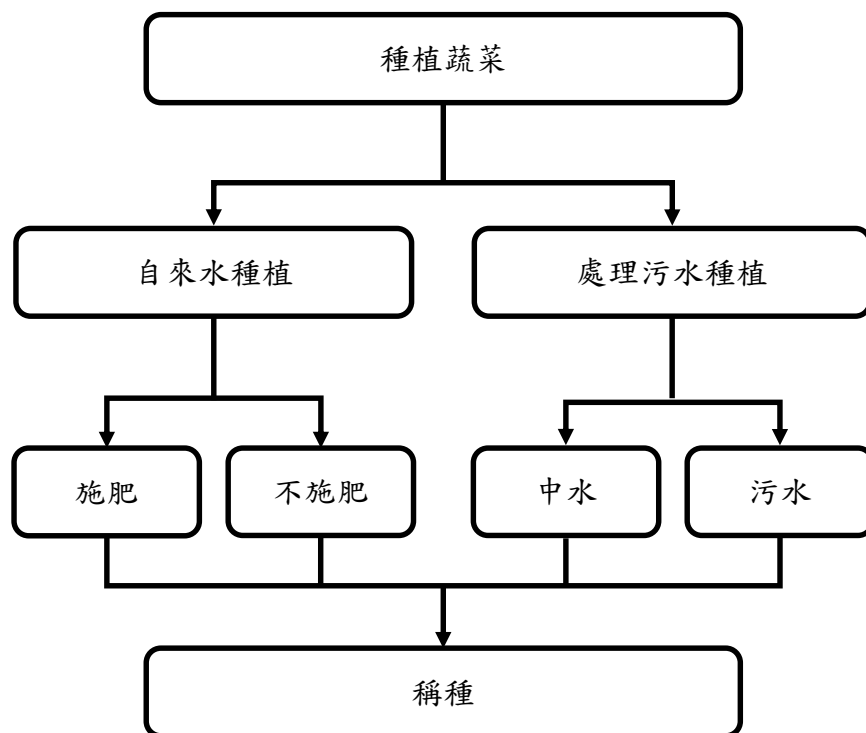
3. 蔬果種植

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、研究成果分享

(1) 課程教學

知識是奠定科學的基礎，沒有相關基礎知識即無法完成科學研究，雖然國小教科書已提供全方位的先備知識，部份教學單位卻常未提及要孩子們有自我思考之能力，只讓孩子以填鴨式的教學方式學習，導致孩子並未能將生


活所學靈活的運用。對於學習上需要有輔助教材之孩子，常因為看不到實物無法親自動手操作，因此學習產生障礙而排斥學習。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搭配實體操作經驗，使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：

國小課程中有自然界水循環、水的三態變化、水的原理與現象（虹吸現象、毛细現象以及連通管原理）等相關課程，這些課程都是要讓孩子對於水資源有進一步的瞭解，本課程是藉由孩子已知的水資源先備知識引導出生生不息之水循環概念，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，有哪些動植物在周遭。



圖十、校園生態園區溪流

小小尖兵找溼地	
班級：五年甲班	姓名：林子傑
日期：2014.10.13	地點：林子傑的家
調查內容	
<p>1. 在我家的水池也有，蝌蚪、小魚、青蛙等……</p> 	

圖十一、水資源學習單

2. 認識微生物：

由於污水處理系統是採用生物活性污泥處理法，生物處理是利用微生物攝取水中營養物質之能力來去除水中營養鹽達到水質淨化目的，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，而為生物對人體有益有害，對人體有害的微生物對環境也是會有貢獻的，透過本次觀察可以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。



圖十二、觀察校園水中微生物

細菌在哪兒？	
班級：五年	姓名：沈紫燕
日期：2014.10.20	
內容	
<p>今天下午資訊課，老師有教我們細菌和微生物，老師有問微生物有什麼好處。到處都是細菌！</p>	

圖十三、微生物學習單

3.認識植物：

孩子並不一定能像大人一樣思想透徹且清晰，許多觀念或概念如果只用枯燥無味的圖片或文字呈現，會有部份孩子無法提高興趣而降低學習意願。本次實驗就是秉持著讓孩子動手做做看的理念，讓孩子透過自己動手種植蔬菜，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。



圖十四、認識植物及分類

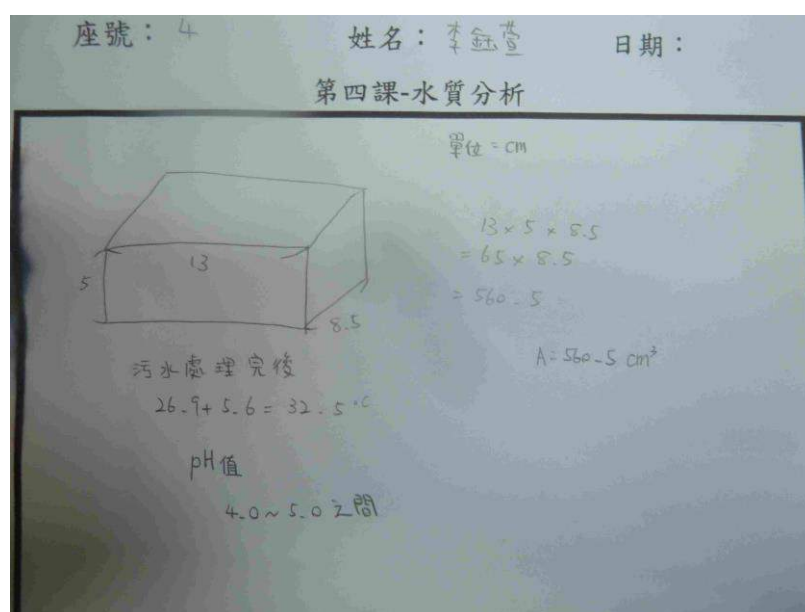
4.水質分析：

『環教教育』在小學的課程大綱中未有深入探討，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。



圖十五、水質分析教學



圖十六、水質實驗學習單

5.水質採樣：

水質分析前的採樣作業流程是一件極為重要的工作，若水樣採集出問題，則水樣分析也將跟著出現問題，因此安排採樣教學的課程，讓孩子理解不管做任何事，就連採樣這種看似簡單的工作，都是一門學問，讓孩子學習體會只要能將一件事完完整整的仔細完成一次，就有機會成為專家。



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。



圖十九、學習手冊

1.無字天書：

本手冊發給孩子時，不提前詳細告知手冊撰寫方式，其目的只希望孩子能把日常生活中發生的有趣人、事、物通通寫在本子裡，寫冊子無須拘泥小節的以文字或圖畫方式呈現自己的所見所聞，讓孩子養成作筆記之良好習慣。



圖二十、無字天書學習手冊

2.彈指神通：

本手冊發給孩子時，代表孩子對於科學認知已有初步概念，瞭解科學之學習與日常探索觀察並沒有任何不一樣。本手冊發放前會與孩子分享他們撰寫『無字天書』的優缺點後，告知孩子學科學跟寫日記一樣，不可忘記時間、地點、日期，這樣的手冊撰寫方式，在未來不只回顧瀏覽時自己能看得懂，別人也可以立刻明瞭，撰寫的事物之來龍去脈。

日期：_____	時間：_____
地點：_____	天氣：_____

圖二十一、彈指神通學習手冊

3.化骨綿掌：

本手冊發給孩子時，代表孩子對科學認知又踏上更高階的領域，此時將告知孩子科學不外乎就是遇到問題解決問題，而學習科學就是要隨時保有無限的好奇心，無時時刻的探索及發掘問題之所在及找出問題之根源。

題目/項目：	
日期：	時間：
地點：	紀錄人：
遇到什麼問題？	
如何解決？	

圖二十二、化骨綿掌學習手冊

4.如來神掌：

本手冊發給孩子時，代表孩子已完成科學方法的學習，此時將告知孩子透過本次學習，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。本手冊是一本作為獎勵的紀念冊，希望孩子能如同學習最終絕世武功『如來神掌』一樣，將科學方法靈活運用。



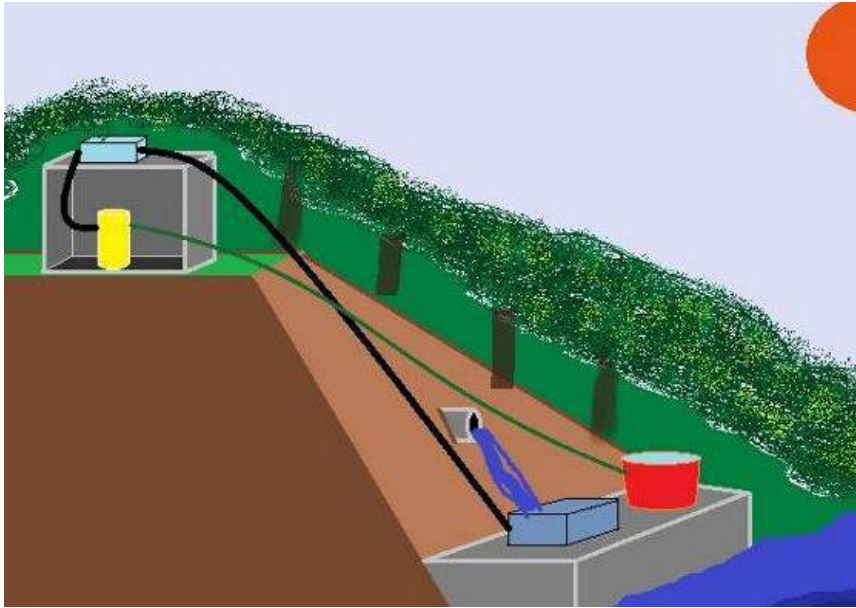
圖二十三、如來神掌學習手冊

(3) 污水處理系統

本次科學教育課程所採用的污水處理設備（圖三），為雲科大研究測試階段的一套簡易式的污水處理設備，在雲科大的協助架設下完成污水處理設備建置（圖二十四），並於水質檢測實驗進行前先做一個月的設備穩定度測試，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，如圖二十五所示。



圖二十四、污水處理系統架設



圖二十五、污水處理系統配置示意圖

肆、研究成果討論

(1) 水質分析結果

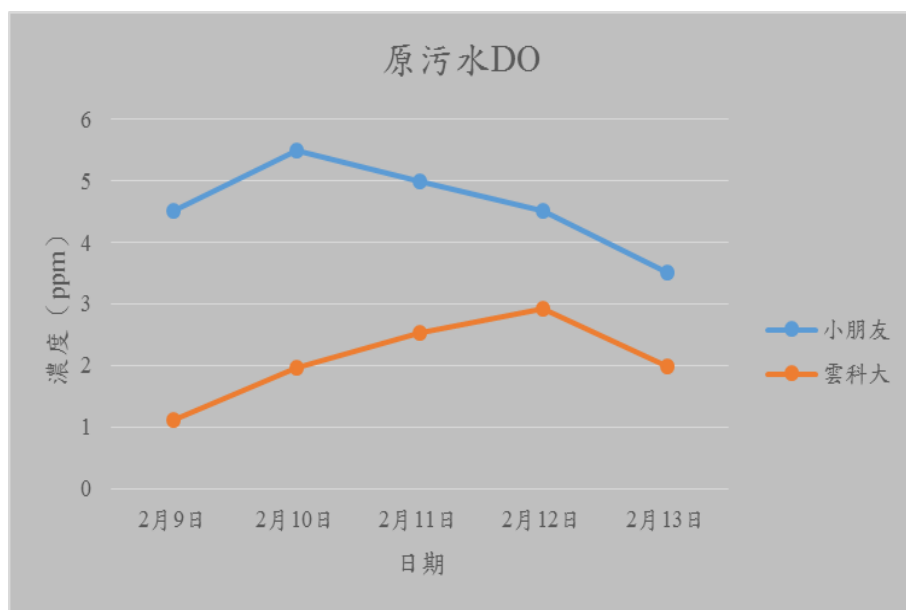
本實驗部份，主要是讓小朋友學習操作水質處理系統，並親自進行水質監測分析探討水質濃度的變化，此外會再請雲科大協助帶回水樣進行分析水質濃度，將雲科大與本校小朋友之數據結果進行比對，讓小朋友瞭解科學數據是比較出來的，科學基礎並非空口說白話，而數據有高有低沒有標準答案，並從中建立孩子的信心。讓孩子瞭解，仔細完成一件事並且沒有錯誤『不該驕傲』，事情出現錯誤時『不要氣餒』，只要反覆練習及重複實驗即可達到目標，重點在於過程中是否全心全意的完成，而非只是結果無誤。

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。

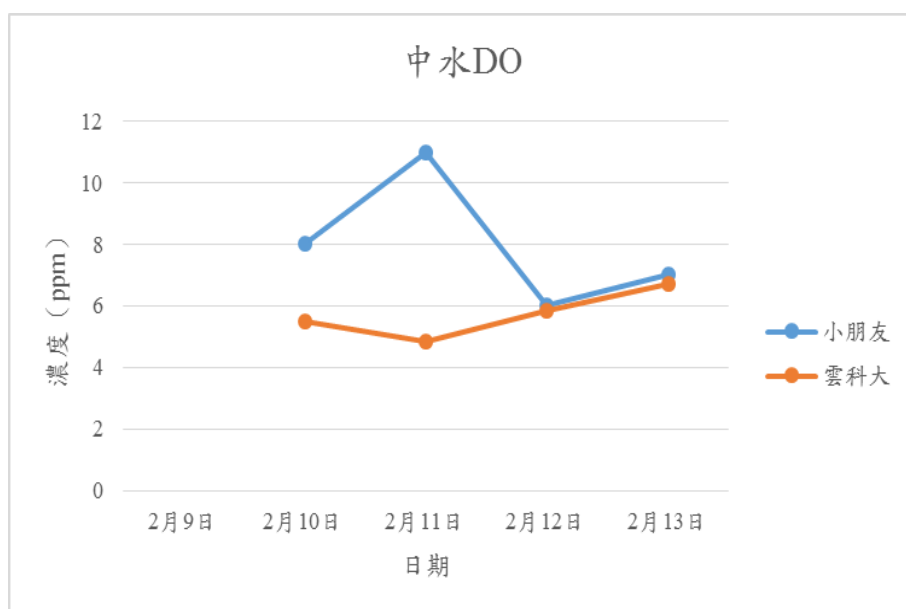
1. 水中溶氧 (DO)

溶氧之分析結果，雲科大所得之濃度與本校小朋友所測得之結果有相當程度的落差，與雲科大討論瞭解後得知，雲科大儀器是直接放入水槽中偵測，而本校小朋友是將水樣採集回來後於教室進行分析而有所不同，因為溶氧可能因為採樣過程或移動過程搖晃到水樣，導致空氣中氧氣融入水中，使得數據有所誤差。

雖然小朋友所分析之溶氧缺乏準確性，但由圖二十六與圖二十七中，可以讓孩子得知處理後的水，水中溶氧皆有大大的提昇，溶氧提昇有助於水中生物的生存，減少對水生生物的衝擊，還給自然一個乾淨的水。



圖二十六、原污水溶氧量

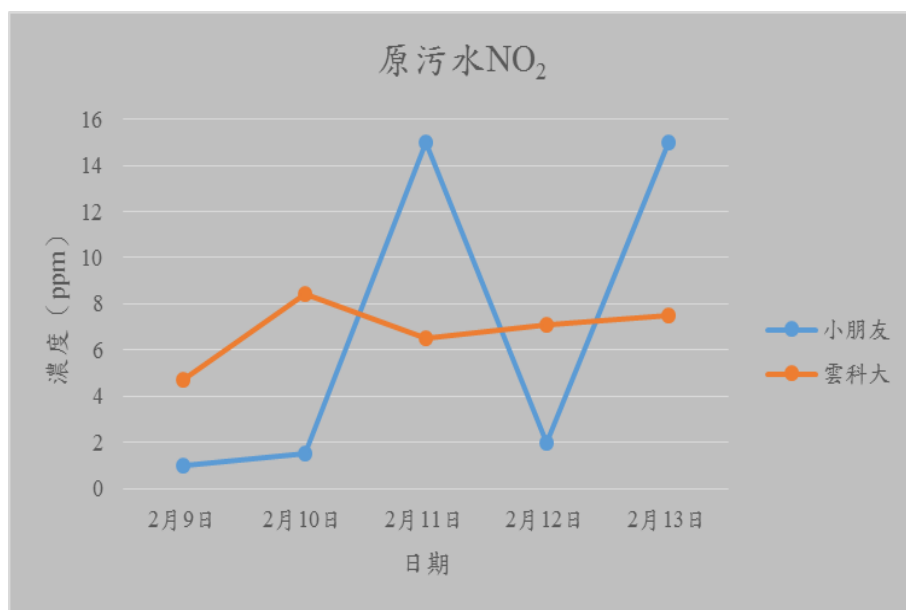


圖二十七、中水溶氧量

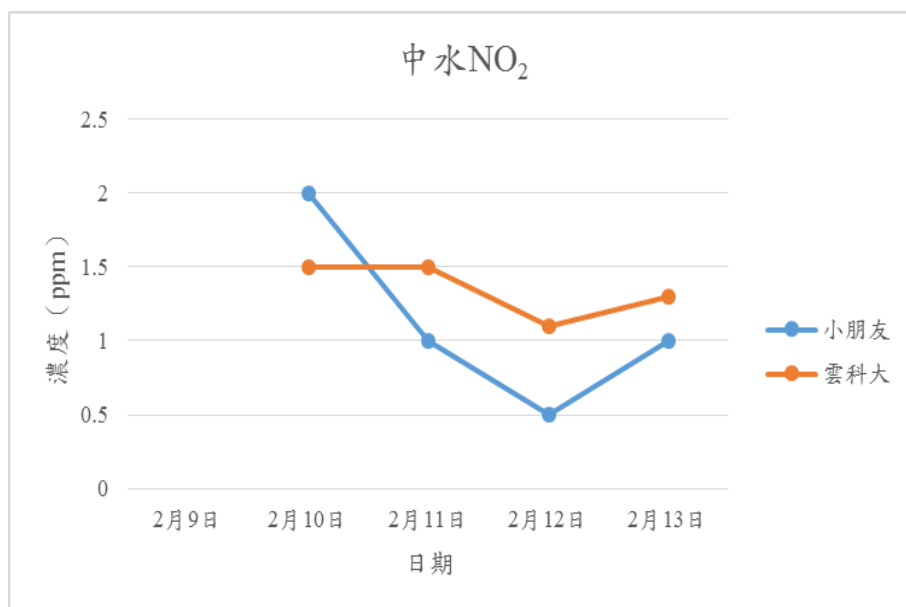
2. 水中亞硝酸鹽 (NO_2)

亞硝酸鹽是含有亞硝酸根離子的鹽，衛福部公告亞硝酸鹽可與胺基酸降解反應，生成有強致癌性的亞硝胺。

由亞硝酸鹽分析之結果，本校小朋友所得之結果與雲科大所得之數據有相當的差異，一開始以為是孩子的操作過程出現問題，但與雲科大進一步討論後發現是因為，我們的操作方法為水樣加入呈色試劑後，以肉眼進行比色，並且高濃度水樣又加以稀釋，將誤差放大再放大但整體上看來，污水經過處理後，皆有明顯的下降。



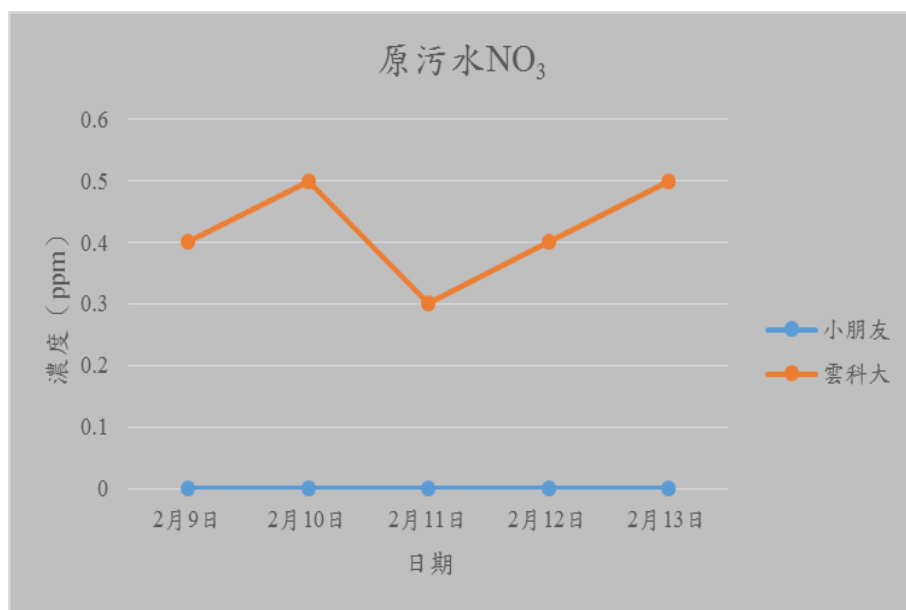
圖二十八、原污水亞硝酸鹽



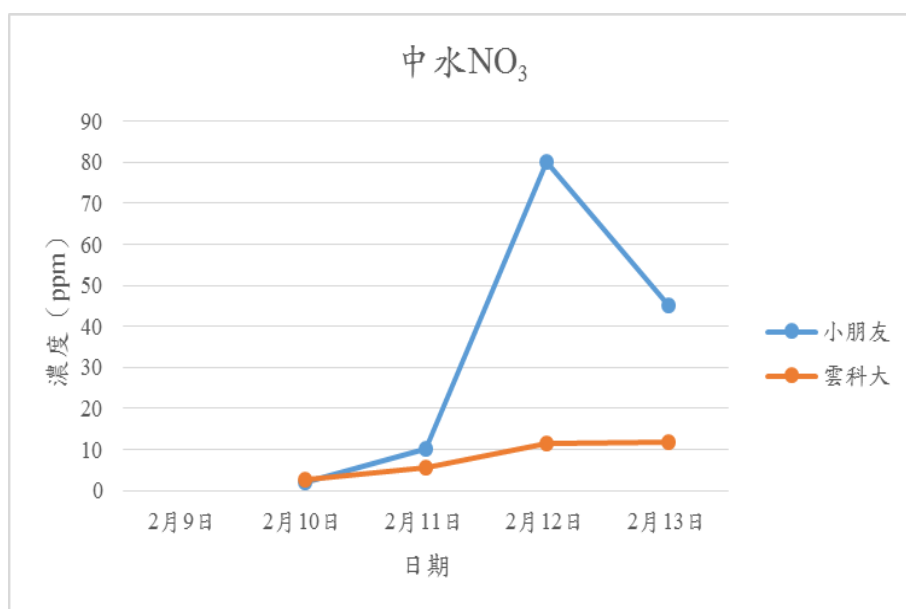
圖二十九、中水亞硝酸鹽

3. 水中硝酸鹽 (NO₃)

硝酸鹽分析與亞硝酸鹽之情況一樣，皆是因為肉眼比色及稀釋水樣，將分析誤差放大之結果。但由於污水處理後硝酸鹽濃度居然增加，處理水質結果居然將污染物提高，是否這其中有操作上的問題，與雲科大討論後，得知亞硝酸鹽氧化後則為硝酸鹽，而硝酸鹽為毒性較低的氮氧化物，因此將亞硝酸鹽轉化為硝酸鹽是一項降低水質污染的方法。



圖三十、原污水硝酸鹽

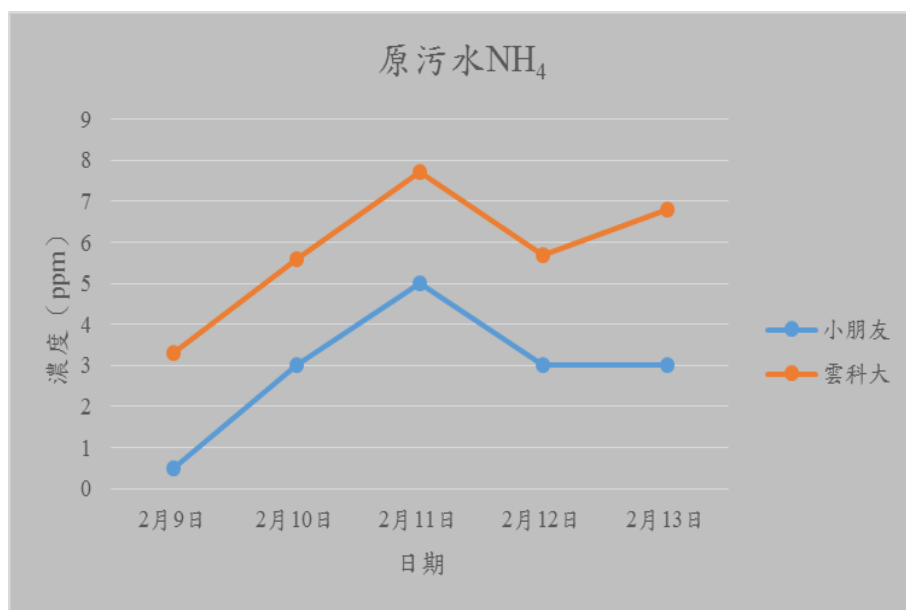


圖三十一、中水硝酸鹽

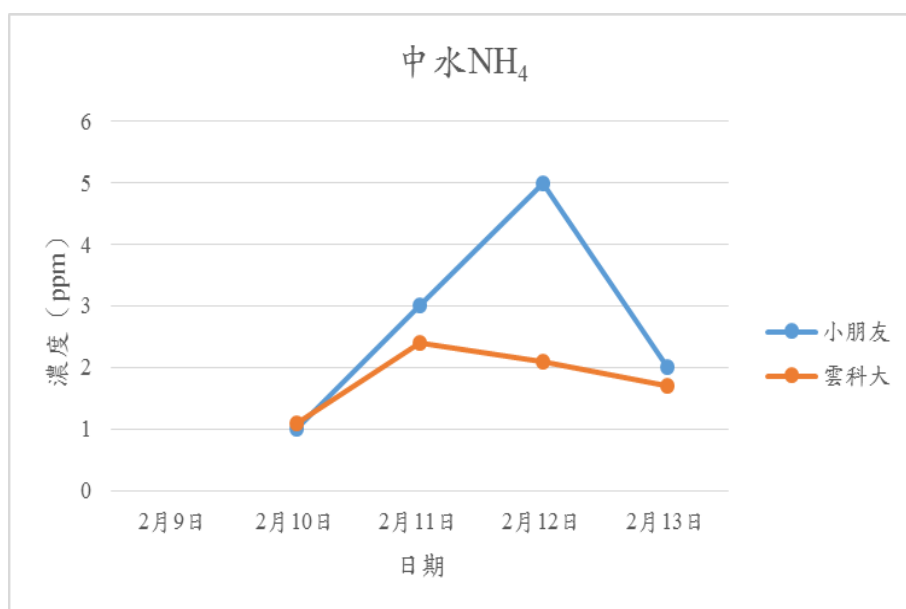
4. 水中氨氮 (NH₄)

氨氮就是我們俗稱的氨水，氨氮之來源主要來自於人和動物的排泄物，氨氮雖然會毒害水生生物的主要因子，但也是造成水中微生物大量增生的物質之一，水中微生物增生會大量耗氧，使水體缺氧導致魚類雨水生生物死亡。

本次實驗所得之結果，本校小朋友所測得知結果雖與硝酸鹽與亞硝酸鹽之實驗結果一樣準確度不高，但由趨勢仍可看出，氨氮經過處理後有明顯下降之現象。



圖三十二、原污水氨氮



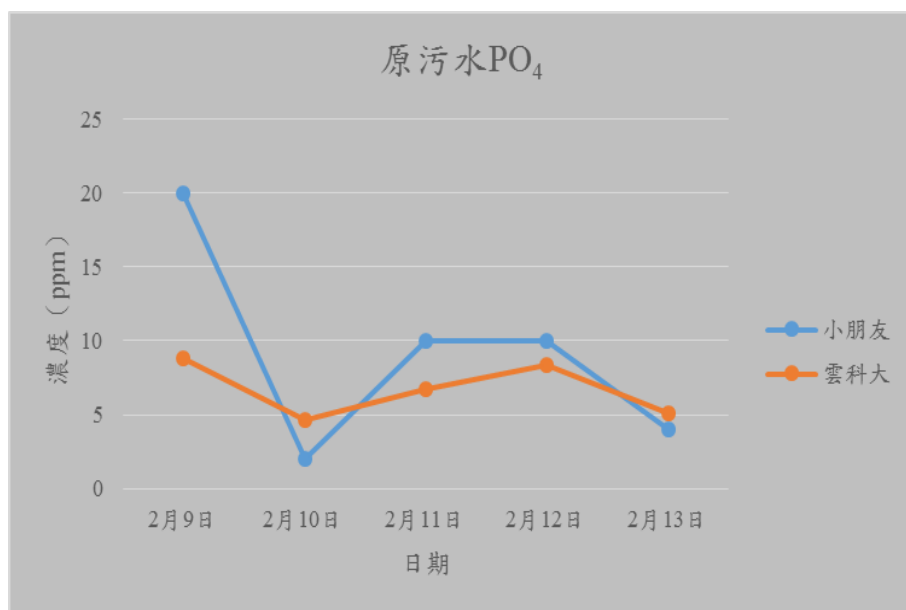
圖三十三、中水氨氮

5. 水中磷酸鹽 (PO₄)

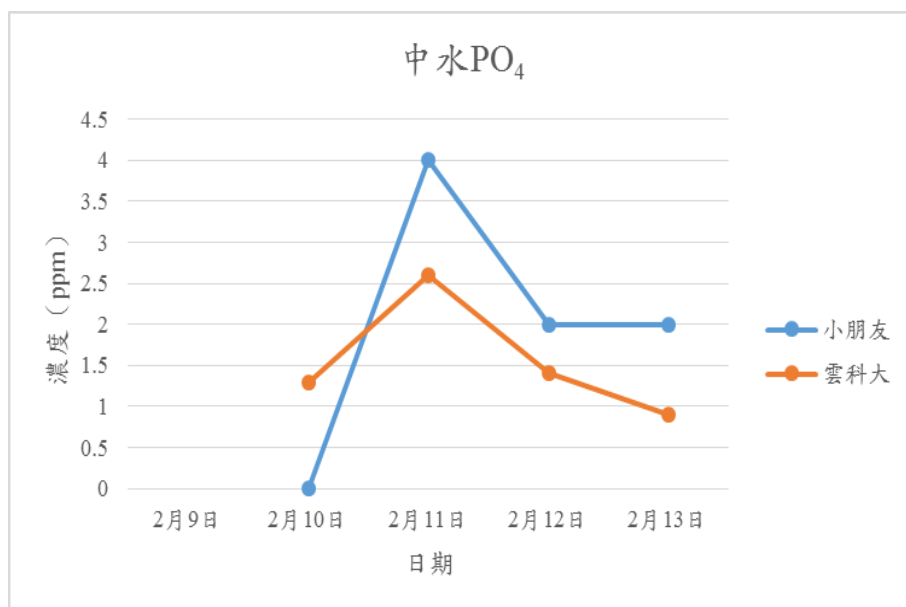
磷酸鹽一般會用在清潔劑中作為軟水劑，但因為磷物質在自然界中數量相當少，加上藻類繁殖需要磷作為營養物質，因此磷的增加會使藻類增生，常導致水質優養化之現象。

與雲科大討論之結果，磷酸鹽所得之結果為本次實驗分析中最為準確的一項分析，本校小朋友分析之結果與雲科大儀器分析之結果落差不大，這也帶給本校小朋友一個莫大的鼓勵。

並由此可看出磷酸鹽經過處理後，一樣有降解之趨勢。



圖三十四、原污水磷酸鹽



圖三十五、中水磷酸鹽

(2) 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（圖三十六），並製作自動吸水盆栽逕行實驗（圖三十七），目的皆為使實驗誤差降到最低。



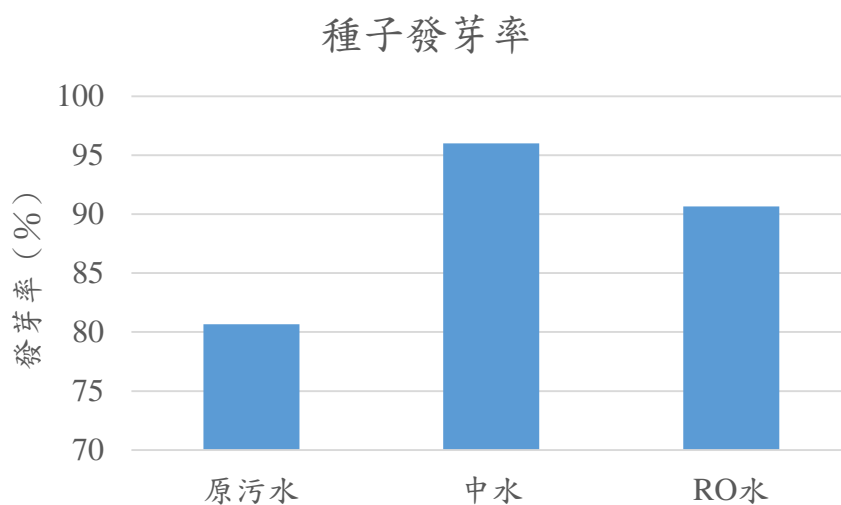
圖三十六、組裝小型網室



圖三十七、自動吸水盆栽

1.不同水樣種子發芽率

由圖三十六顯示，小白菜種子於中水中有提高發芽率之現象，雖然發芽過程中不需任何養分，但初步推判發芽過程中如果受到刺激，有可能提高發芽之現象，而原污水因營養物過高，使部份種子鹹死而不發芽。



圖三十八、不同水樣之種子發芽率

伍、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	7	
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%	10%	100%
科學方法教學	5%	5%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%		100%

陸、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			*			*			*	

柒、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。

捌、未來展望

1. 因本次簡易式污水處理設備操作上有一定程度上的難度，若無專業人員協助操作將無法順利進行，未來會在與雲科大討論如何改善污水處理設備之操作簡易性，不只本校能獨立操作以外，更能推廣至整個華山社區。
2. 未來將設計一套適合推廣教育之教學教案與教學模組，讓國小小朋友能藉由現有知識探索高深的科學領域。

玖、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。