

屏東縣第65屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國小組

作品名稱：「雨」水同行-探索秋冬雨水水質變化與回收應用的可能性

關鍵詞：TDS 值、PH 值、雨水（最多3個）

編號：A5007

摘要

本研究旨在探討屏東地區分析屏東秋冬季雨水的 pH 值、TDS 值與菌落數，並探討與空氣污染物(PM2.5、PM10、SO₂、NO₂)的關聯性，以評估雨水回收系統的可行性，響應 SDG 6(乾淨的水與衛生)與 SDG 12(負責任的消費與生產)。

研究結果顯示，我們收集的雨水平均 pH 值 6.72，高於一般雨水(pH5.6)，小雨的 TDS 值較高，牆壁收集的雨水 TDS 值高於屋頂，推測與空氣污染濃度、降雨強度及收集雨水方式有關。建議雨水收集應避開初期降雨、選擇空曠處作為收集點，以獲得較純淨的水源。

此外，雨水在 6 小時內較不易滋生細菌，但靜置過久則需加裝過濾與殺菌設備，以提升安全性。本研究期望未來能設計符合 SDG 6 的雨水回收系統，並推廣雨水回收概念，提升水資源利用效率，為環境永續發展盡一份心力。

目錄

壹、前言(含研究動機、目的、文獻回顧)	P.1
貳、研究設備及器材.....	P.5
參、研究過程或方法.....	P.6
肆、研究結果.....	P.8
伍、討論.....	P.26
陸、結論.....	P.28
柒、參考資料及其他.....	P.29

壹、前言

一、研究動機

台灣環島海岸線長約 1,139 公里，且年平均降雨量達 2500 毫米，為全球平均之 2.6 倍，降雨量位居全球第 13 名，但台灣的缺水程度卻是全世界第 18 名，根據水利署統計每年約有 81% 的水會蒸發掉或流入海，只有 19% 的水量是我們能使用到。而我們的家鄉屏東位於臺灣的南部，秋冬季節因為東北季風的影響，降雨情況和水質可能會有變化。因此，我們想研究屏東秋冬季的雨水水質變化，並探討雨水是否能夠回收利用，來解決臺灣的缺水問題。

加上學校課程有提到聯合國的「永續發展目標」(SDGs)，其中 SDG 6(乾淨的水與衛生)提到要確保每個人都能獲得安全的水源，而 SDG 12(負責任的消費與生產)則鼓勵資源的有效利用。我們發現學校常常宣導節約用水，因此我們想透過這次研究，看看雨水是否能成為可利用的水資源，並且思考如何將這樣的觀念應用在校園或家庭生活中，讓更多人了解水資源的重要性。

希望這個研究能提供有用的數據，讓大家更了解雨水的特性，也希望能讓更多人關心水資源問題，為環境永續發展盡一份心力。

二、研究目的

- (一) 檢測雨水的軟硬度。
- (二) 檢測雨水的酸鹼值。
- (三) 檢測雨水的菌落數。
- (四) 比較秋冬兩季雨水 TDS 值與空氣品質的關聯性。
- (五) 校園內設置雨水回收系統的可行性。

三、文獻回顧

(一) 歷屆科展雨水相關研究

我們在網路上查到雨水相關研究的文獻，大多是酸雨或是雨水回收系統、雨撲滿相關的資料，但是針對屏東地區雨水研究資料缺乏，更增加我們想要研究的動機，以下是相關科展報告文獻回顧。

表 1. 歷屆科展相關文獻

研究主題	科展屆數	研究目的	研究方法	主要發現
DIY 隨行濾水杯	52	設計輕巧方便、環保有效的「隨行濾水杯」，並檢驗其效能。	選擇溪水、山泉水、雨水、自來水、飲用水、純水等水源，觀測不同過濾水量下，水的細菌濃度、化學性質、物理性質變化。	<ol style="list-style-type: none"> 校外溪水、山泉水、<u>雨水在未過濾前</u>，<u>大腸桿菌群或總生菌數有顯色反應</u>，表示有細菌。 「隨行濾水杯」品質不錯，過濾後的水質穩定，且檢測項目皆符合飲用水水質標準。
依山「山」傍「水」好空氣?—「氣」捕社區汙染源	56	<ol style="list-style-type: none"> 探討學校附近水泥廠排放的空氣汙染對社區環境的影響。 了解不同季節風向對水泥廠排放氣體擴散的影響。 分析雨水及落塵的酸鹼值，判斷是否受到水泥廠的影響。 	<ol style="list-style-type: none"> 分析觀測資料 水泥製程及水泥廠煙囪不透光率與微型氣象站 PM2.5 分析比較 高雄市各地落塵的酸鹼值與 TDS 值分析 	<ol style="list-style-type: none"> <u>酸雨將會被中和成中性甚至鹼性</u>，這與樣本蒐集結果相吻合，足見本校社區受到水泥廠空氣汙染確實。 雨水 pH 值鼓山區為 7.09，左營區為 6.98，高於高雄市的平均值 5.7，<u>酸鹼中和讓原本的酸雨變成中性甚至鹼性</u>。 2015 年全台各地區的平均雨水 pH 值介於 5.5~6.5 之間，高屏地區因為受到工廠排放及汽機車排放廢氣的影響，pH 值大約為 5.5。 放置一周的杯子收集的雨水，TDS 值大於直接接的雨水，TDS 值會影響 pH 值，加上地理位置接近水泥廠，因此推論雨水中溶解物質有部分來自煙囪排放的生料。水泥廠運轉時，位於水泥廠下風處的鼓山、左營地區的雨水 pH 值及 TDS 值高出其他區域許多。
臺灣極端酸雨與鹼雨之時序分析與探討	58	了解臺灣酸雨與鹼雨的時空分布，並分析其與其他因子(雨量、PM2.5、PM10)的相關性。	蒐集環保署的監測資料，分析酸雨和鹼雨與雨量、PM2.5、PM10 等因子的關係。	<ol style="list-style-type: none"> 東北季風可能將中國大陸的污染物帶到臺灣，導致<u>冬季酸雨比例偏高</u>。 崙背地區的<u>鹼雨可能與工業排放有關</u>，但與雨量、PM2.5、PM10 的<u>相關性不明顯</u>。 強降雨事件發生時，雨水酸鹼值和降水量、PM2.5、PM10 的關係更為微弱。

[此表格為研究者自行整理，2025]

(二) 水中總菌落數檢測方法

本研究使用塗抹法進行水中總菌落數檢測，培養皿計數培養基 Potato Dextrose Agar(PDA) 馬鈴薯葡萄糖培養基中生長並形成菌落之水中好氧及兼性厭氧異營菌 (引自：衛福部疾病管制署)。

(三) 水的硬度檢測

水的硬度檢測是鑑定一般供水系統水品質的因素之一，水硬度的定義是以水中所含的鈣離子和鎂離子的量而定。但分析時，並不特別區分 Ca^{2+} 與 Mg^{2+} ，而且大部分硬度的造成是由於土壤中碳酸鹽的沉澱物所引起，因此硬度通常是以碳酸鈣的重量百萬分比(parts per million, ppm)表之。若硬度為 1 ppm 之供應水，即表示一百萬克的水中含有 1 克的 CaCO_3 或表示 1 公升的水中含有 1 毫克的 CaCO_3 (引自：東海大學普通化學實驗室)。

(四) 總溶解固體(TDS 值 Total dissolved solids)

在水中溶解的固體物質總量(包括溶解性碳酸氫離子、氯鹽、硫酸鹽、鈣、鎂、鈉與鉀等；揮發及非揮發性固體)。其濃度會影響飲用水之可口度，籠統來說，水的硬軟度取決於礦物質含量，尤其是鈣和鎂，其含量越高，水就越硬，礦物質越低，水的口感就越柔和。(全國環境水質監測資訊網，2020)

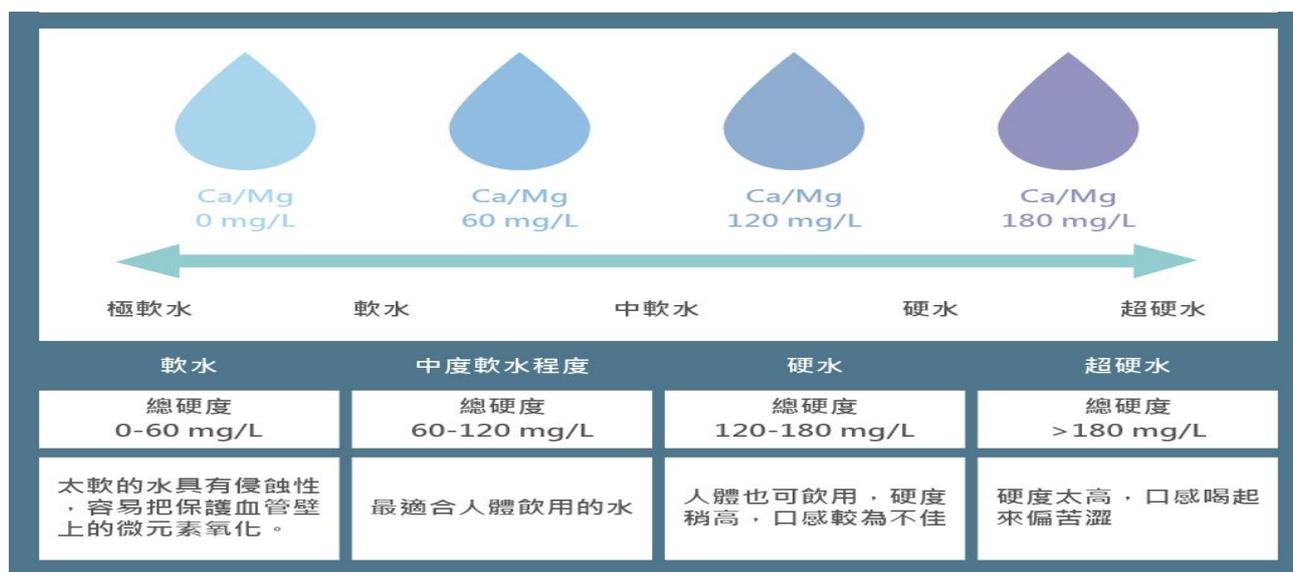


圖 1. 軟硬水適用程度 [圖片來源：全國環境水質監測資訊網]

四、屏東地區自來水水質分析

水質樣本	PH 值	餘氯(mg/L)	TDS(ppm)	濁度(NTU)	硬度(mg/L)
屏東市區	7.9	0.55	283	0.3	180 以上

[資料來源：台灣自來水公司]

五、 雨水 pH 值

在自然界大氣中，所含二氧化碳溶解於雨水中並達到氣液相平衡後，大自然的雨水酸鹼值(pH 值)約為 5.6，呈現酸性(pH<7)；但是，在大自然中仍存在其他致酸物質，均會使雨水進一步酸化，使得 pH 值降至 5.0 左右。因此，許多國內外研究者及本研究報告，將「**酸雨**」**定義為當雨水 pH 值<5.0**，即認定受到人為排放酸性污染物的影響。

2021-2023 年間，所有測站年平均 pH 值均已高於酸雨定義之 5.0，顯示在我國污染管制策略推動下，已明顯改善雨水酸化的情形。(空氣品質改善資訊網，酸雨資訊，2025)

貳、研究設備及器材

一、水質樣本

蒐集屏東市秋冬兩季的雨水、自來水、過濾水、地下水、冷氣水、除濕水、去離子水等水質樣本，雨水樣本分別取自屏東市三處地點，以 A、B、C 來表示。

雨水樣本	取水地點	備註
A	近屏東演藝廳	鄰近建築工地
B	近屏東鮪魚飯店	鄰近建築工地
C	近屏東寶建醫院	

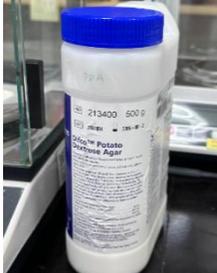
[此表皆由研究者製作]



[此圖皆由研究者自拍]

二、實驗器材

自製無菌培養基、酒精燈、燒杯、鑷子、微量吸管 (micropipette)、移液滴管、高壓滅菌鍋、電子天平、滅菌膠帶、培養基、三角玻棒、酒精燈、燒杯、檢測筆、檢測劑。

			
檢測筆	軟硬水檢測劑	PDA	去離子水 Dist H ₂ O
			
高壓滅菌鍋	電子天平	滅菌膠帶	無菌操作臺

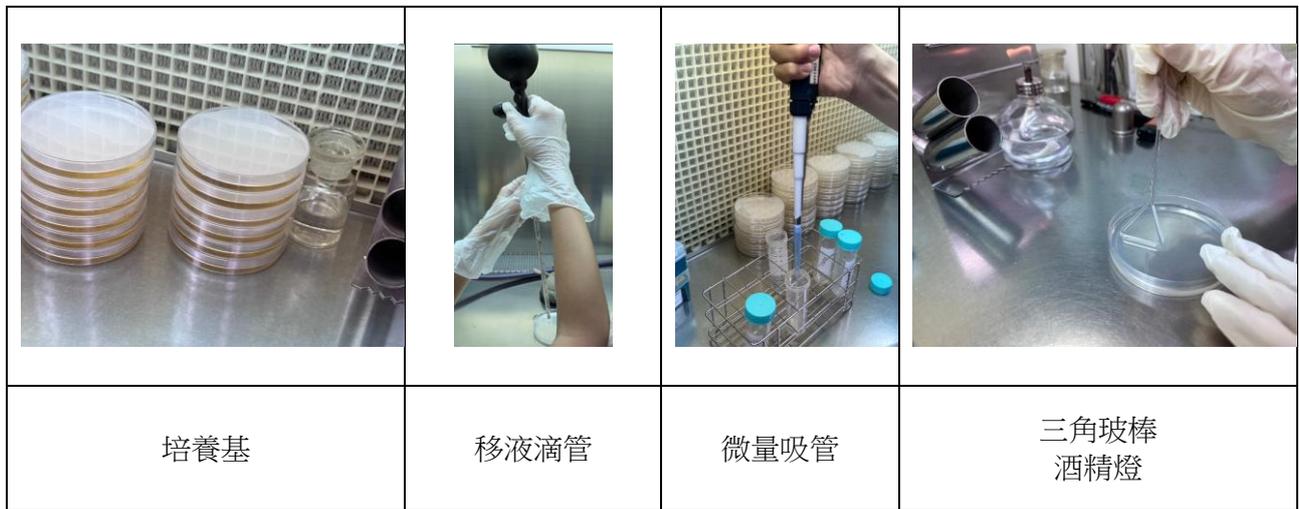


圖 2. 研究設備與器材 [研究設備與器材的所有照片皆由研究者自拍]

參、研究過程及方法

一、研究流程圖

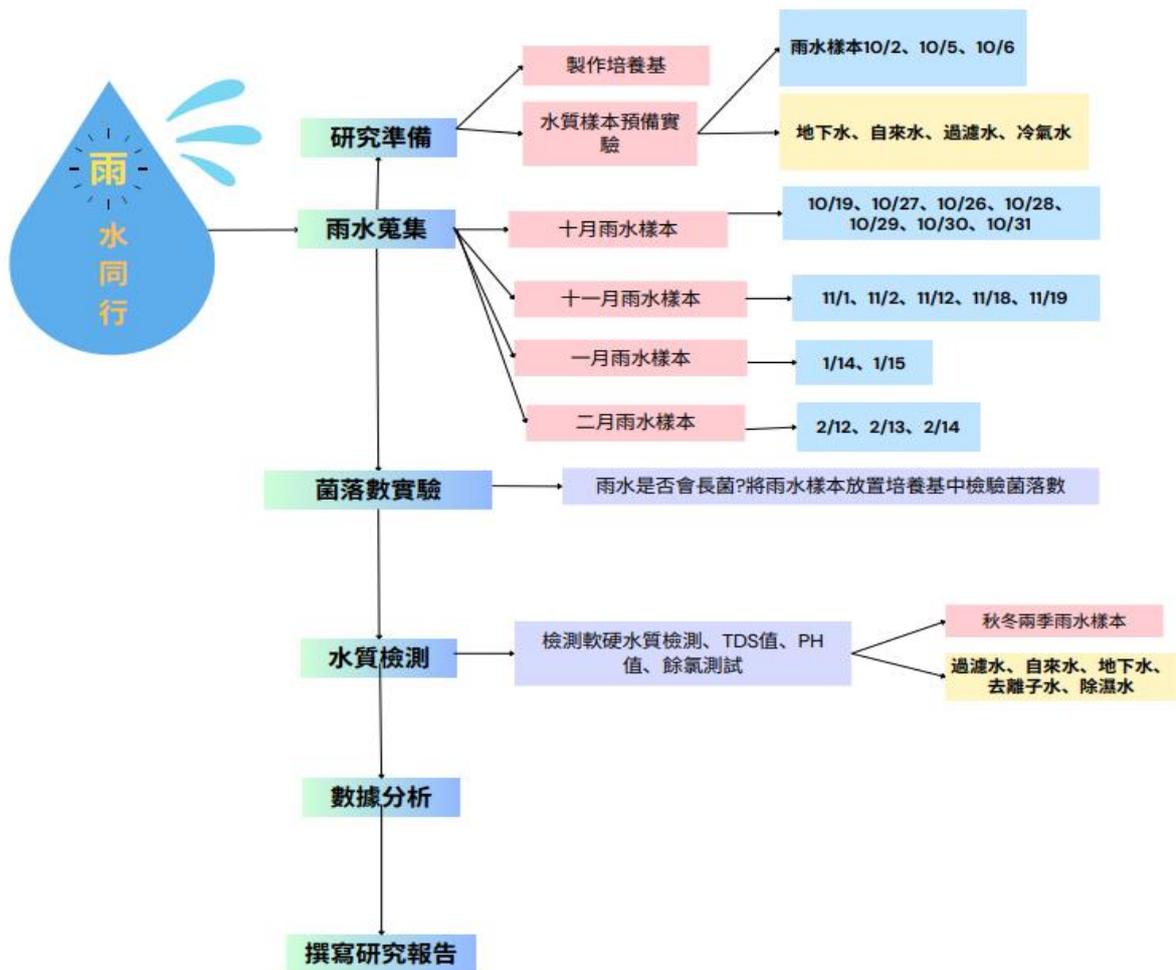


圖 3. 研究流程圖

[由研究者自畫]

二、 實驗方法

(一) 自製無菌培養基

<p>(1) 準備調配培養基材料，分別秤重</p> 	<p>(2) 取去離子水(1000 ml)</p> 	<p>(3) 將 PDA 粉抹加入去離子水中，並搖晃均勻、貼上滅菌膠帶</p> 
<p>(4) 放入高壓滅菌鍋上層，開始滅菌</p> 	<p>(5) 在無菌操作臺將基底倒入培養皿中</p> 	<p>(6) 將培養基一個個放在無菌操作臺內側靜置冷卻</p> 

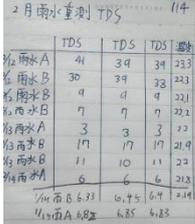
(二) 採集雨水樣本平塗法

<p>(1) 消毒無菌操作臺桌面</p> 	<p>(2) 用酒精燈消毒器具</p> 	<p>(3) 將雨水搖晃均勻</p> 	<p>(4) 用微量滴管吸取水樣本</p> 
--	---	---	---

(三) TDS 檢測

<p>(1) 各取雨水樣本 50L</p> 	<p>(2) 將檢測筆放入樣本中判讀數據</p> 	<p>(3) 放入去離子水中清洗後重複步驟(2)</p> 	<p>(4) 重複測量三次數值取平均紀錄</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>樣本</th> <th>第一次</th> <th>第二次</th> <th>第三次</th> <th>平均值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yin-A</td> <td>1.2</td> <td>1.1</td> <td>1.3</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Yin-B</td> <td>1.5</td> <td>1.4</td> <td>1.6</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Yin-C</td> <td>1.8</td> <td>1.7</td> <td>1.9</td> <td>1.8</td> </tr> </tbody> </table>	樣本	第一次	第二次	第三次	平均值	Yin-A	1.2	1.1	1.3	1.2	Yin-B	1.5	1.4	1.6	1.5	Yin-C	1.8	1.7	1.9	1.8
樣本	第一次	第二次	第三次	平均值																			
Yin-A	1.2	1.1	1.3	1.2																			
Yin-B	1.5	1.4	1.6	1.5																			
Yin-C	1.8	1.7	1.9	1.8																			

(四)PH 值檢測

<p>(1)各取雨水樣本 50L</p> 	<p>(2)校正檢測筆</p> 	<p>(3)將檢測筆放入水質樣本中，靜待數據停止</p> 	<p>(4)放入去離子水中清洗後重複步驟 2~3</p> 	<p>(5)重複測量三次數值取平均紀錄</p> 
--	---	--	--	---

[研究過程及方法中的所有照片皆由研究者自拍]

肆、研究結果

一、 檢測雨水的軟硬度

實驗 1-1:利用軟硬水測試劑和水質檢測筆檢測雨水樣本水質軟硬度

(一) 實驗方法：

1. 軟硬水測試劑：利用軟硬水測試劑，用滴管取 5 滴加入 50mL 水質樣本中觀察其顏色變化。如果是硬水(5ppm 以上)就會呈現粉紅色；如果是軟水(5ppm 以下)就會呈現藍色。
2. 水質檢測筆：重新倒入 50mL 的水質樣本在燒杯內，並利用水質檢測筆檢測水質樣本的 TDS 值，檢測三次取其平均數值記錄如下。

表 2. 水質樣本檢測顏色變化與 TDS 值紀錄表

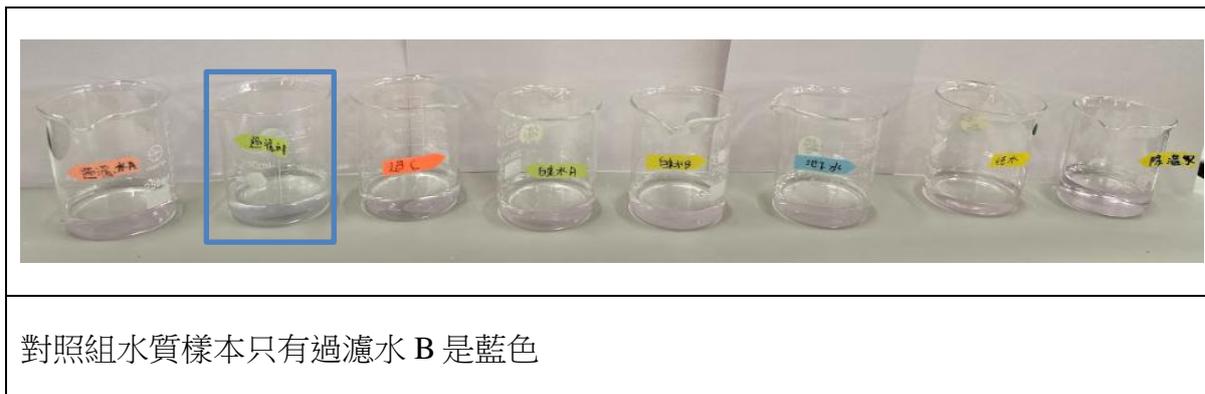
檢測項目 水質樣本	顏色	TDS(ppm)	備註
10/2 雨水 C	淡粉	10	山陀兒颱風
10/19 雨水 B	淡粉	119.5	雨水濁度高
10/26 雨水 B	淡粉	97.5	雨水濁度高
10/27 雨水 A	淡粉	7	
10/27 雨水 B	淡粉	13.5	
10/28 雨水 A	淡粉	15.5	
10/29 雨水 A	淡粉	19.5	
10/29 雨水 C	淡粉	6.5	

10/30 雨水 A	淡粉	9.5	
10/31 雨水 A	淡粉	32	康芮颱風
10/31 雨水 B	淡粉	28.5	康芮颱風
11/1 雨水 A	淡粉	27.5	
11/2 雨水 A	淡粉	25.5	
11/12 雨水 A	淡粉	229.5	TDS 值超高
11/18 雨水 B	淡粉	25.5	
11/19 雨水 A	淡粉	11.5	
1/14 雨水 B	淡粉	38.5	
1/15 雨水 A	淡粉	15.5	
過濾水 A	紫	107	該取水地點過濾系統可能較久沒有維護，故此數值後續刪除不計。
過濾水 B	藍	4	
過濾水 C	淡粉	33.5	
自來水 A	紫	202	
自來水 B	紫	199	
地下水	紫	216.5	
去離子水		0	
除濕水	淡粉	9.5	

(二) 實驗組雨水樣本照片

		
10/19、10/26 雨水濁度高，肉眼可見髒汙，取水地點鄰近建築工地。	10/27、10/28 雨水比較清澈，檢測皆為粉色。	10/30、10/31 雨水比較清澈，檢測皆為粉色。
		
11/2 雨水檢測為粉色，但 TDS 值超高，肉眼看不見混濁物。	11/1、11/2 雨水比較清澈，檢測皆為粉色。	11/12、11/18 雨水比較清澈，檢測皆為粉色。
	左圖 11/19、1/14、1/15 雨水檢測皆為粉紅色。	

(三) 對照組水質樣本實驗照片



[實驗中的所有照片皆由研究者自拍]

(四) 小結：

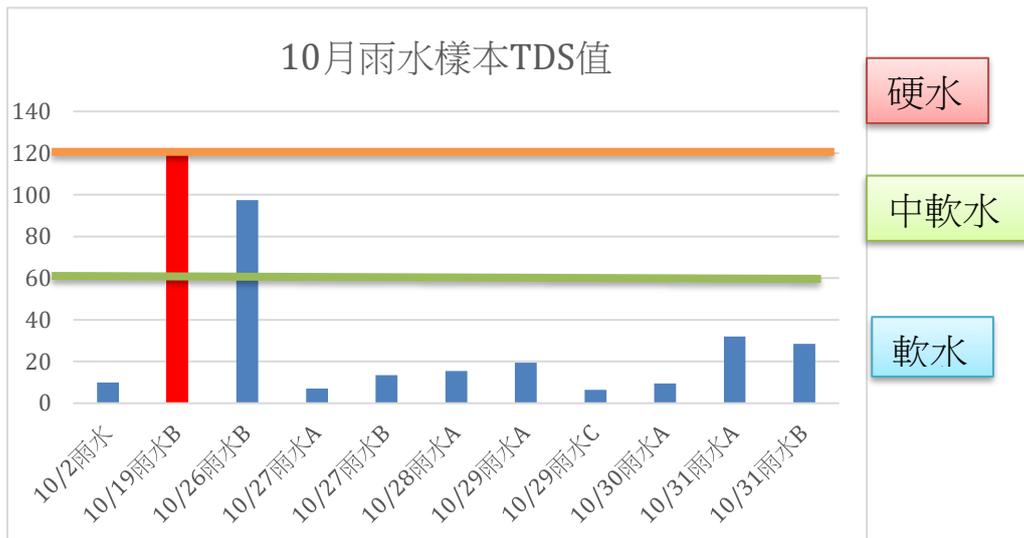
1. 以軟硬水測試劑測試雨水樣本，全部皆會變成粉色，該測試劑說明硬水(5ppm 以上)就會呈現粉紅色。
2. 10/19、10/26 雨水濁度高，肉眼可見髒汙，取水地點鄰近建築工地，其中 TDS 值高於其他雨水樣本，如以 60ppm 為軟水基準，兩者皆不符合雨水為軟水的科學理論。
3. 11/12 的雨水 TDS 值高達 229.5ppm，以 120ppm 以上是硬水標準(全國環境水質監測資訊網標準)，則高出許多，這也跟雨水是軟水的科學理論不符，引發研究者好奇，持續研究討論。

十月雨水樣本 TDS 值

雨水樣本	TDS(ppm)
10/2 雨水	10
10/19 雨水 B	119.5
10/26 雨水 B	97.5
10/27 雨水 A	7
10/27 雨水 B	13.5
10/28 雨水 A	15.5
10/29 雨水 A	19.5
10/29 雨水 C	6.5
10/30 雨水 A	9.5
10/31 雨水 A	32
10/31 雨水 B	28.5

[表格皆由研究者自製]

(五) 十月雨水數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(六) 小結

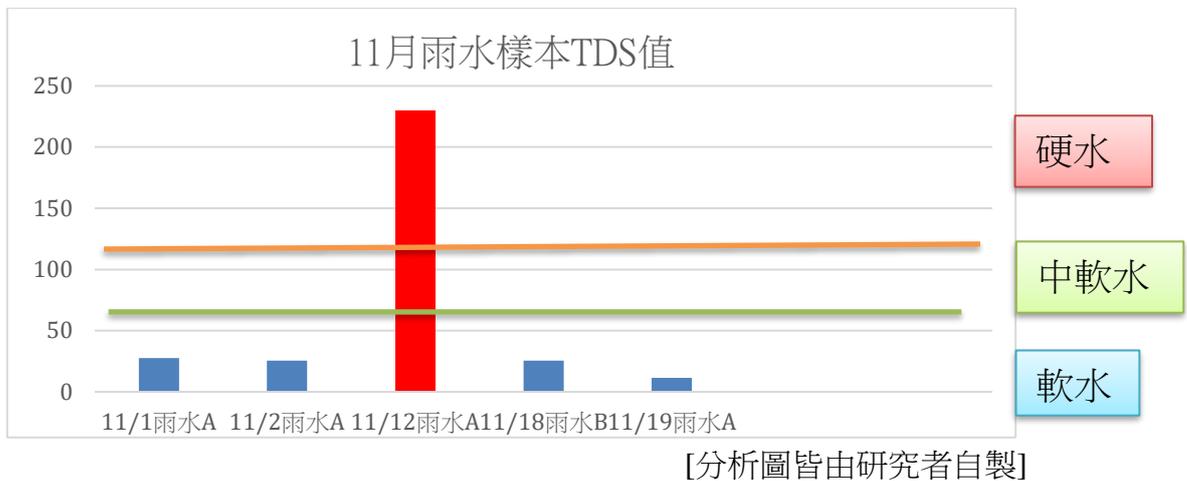
1. 10/19 雨水 B 樣本 TDS 值最高，屬硬水範圍，根據氣象報導和新聞顯示十月十九當天有空氣汙染和臭氧導致 TDS 值上升。
2. 10/26 雨水 B 的 TDS 值次高，為 97.5ppm，屬中軟水。
3. 其餘雨水樣本 TDS 值皆低於 60ppm，屬軟水。

十一月雨水樣本 TDS 值

水質樣本	TDS(ppm)
11/1 雨水 A	27.5
11/2 雨水 A	25.5
11/12 雨水 A	229.5
11/18 雨水 B	25.5
11/19 雨水 A	11.5

[表格皆由研究者自製]

(七) 十一月雨水數據分析圖



(八) 小結

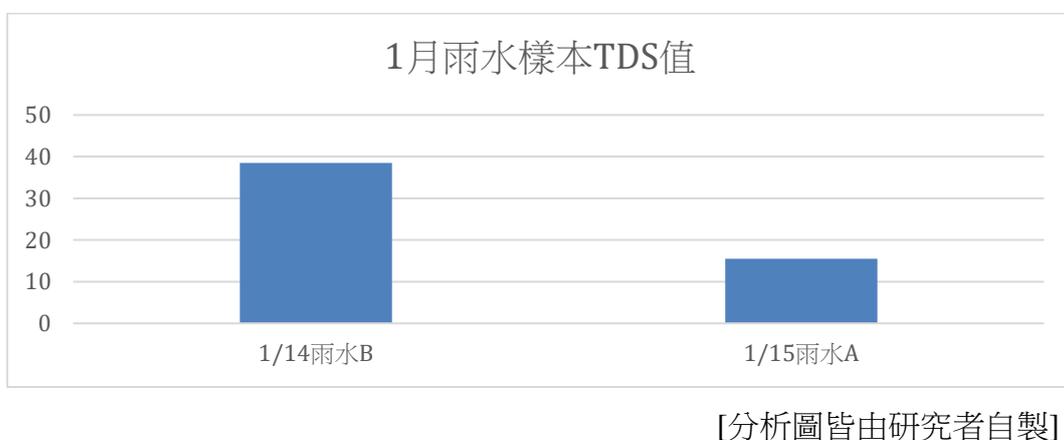
1. 大部分雨水樣本的 TDS 值偏低(小於 50)，屬於軟水範圍，顯示雨水通常是低溶解固體含量的水源。
2. 11/12 的雨水 A 樣本 TDS 最高，超過 200ppm，達到超硬水範圍。

一月雨水樣本 TDS 值

表 5. 一月雨水樣本 TDS 值記錄表	
雨水樣本	TDS(ppm)
1/14 雨水 B	38.5
1/15 雨水 A	15.5

[表格皆由研究者自製]

(九) 一月雨水數據分析圖



(十) 小結

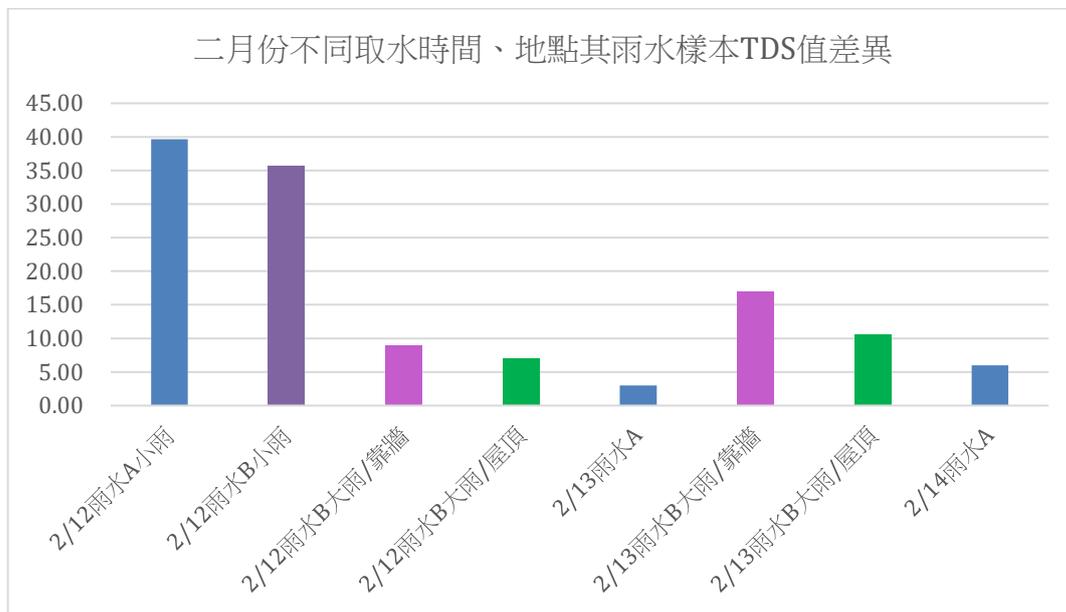
1. 1/14 雨水 B 的 TDS 值約 40ppm，屬於軟水範圍(TDS < 60)。
2. 1/15 雨水 A 的 TDS 值約 15ppm，顯示溶解固體含量較低，屬於非常軟的水。

二月雨水樣本 TDS 值

水質樣本	TDS(ppm)
2/12 雨水 A 小雨	39.67
2/12 雨水 B 小雨	35.67
2/12 雨水 B 大雨/靠牆	9.00
2/12 雨水 B 大雨/屋頂	7.00
2/13 雨水 A	3.00
2/13 雨水 B 大雨/靠牆	17.00
2/13 雨水 B 大雨/屋頂	10.67
2/14 雨水 A	6.00

[表格皆由研究者自製]

(十一) 二月雨水數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(十二) 小結

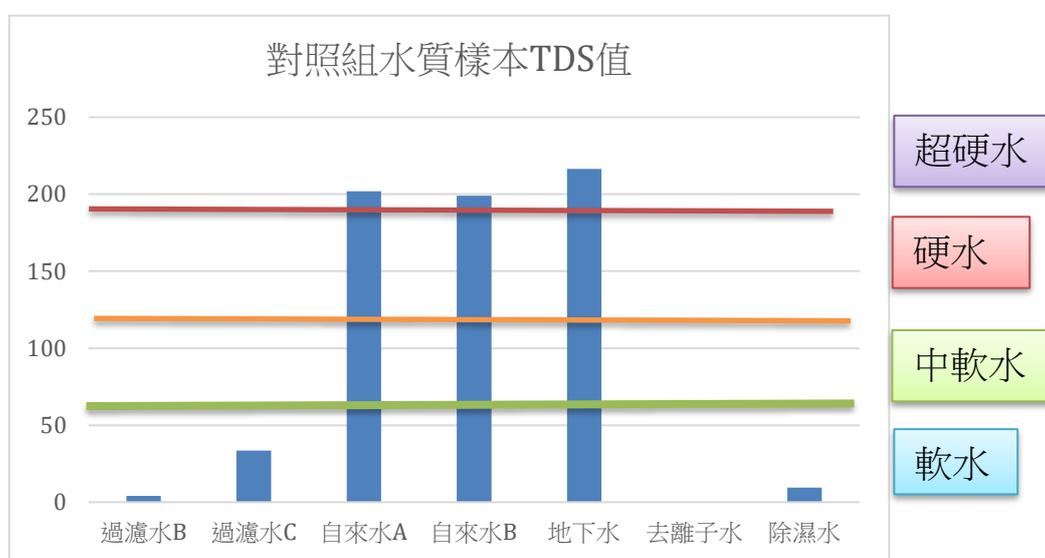
1. 二月的雨水樣本 TDS 值皆小於 60ppm，屬於軟水。
2. 以 2/12B 地點的雨水樣本而言，下小雨時 TDS 值為 35.67ppm，高於下大雨時的 TDS 值。
3. 以 2/12 和 2/13 的雨水樣本而言，靠牆的雨水 TDS 值都高於屋頂。
4. 靠牆的雨水會碰到牆，因為牆旁邊就是工地，所以我們推論靠牆的雨水 TDS 值都高於屋頂。

對照組水質樣本 TDS 值

水質樣本	TDS(ppm)
過濾水 B	4
過濾水 C	33.5
自來水 A	202
自來水 B	199
地下水	216.5
去離子水	0
除濕水	9.5

[表格皆由研究者自製]

(十三) 二月雨水數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(十四) 小結

1. 去離子水 TDS 值為零。
2. 過濾水 B、過濾水 C、除濕水 TDS 直接小於 60ppm 為軟水。
3. 自來水和地下水 TDS 值皆大於 180ppm，為超硬水。

實驗 1-2 利用肥皂法檢驗水質樣本

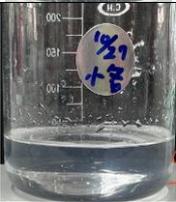
- (一)科學原理：檢測雨水中的硬度，也就是雨水中溶解的鈣(Ca^{2+})和鎂(Mg^{2+})離子的含量。這種方法簡單易行，適合進行基礎的水質檢測。肥皂與水中的鈣、鎂離子會發生反

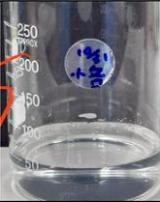
應，形成不溶於水的皂垢，減少泡沫的產生。水的硬度越高，越難產生泡沫；反之，軟水（如純雨水）則更容易起泡。

(二) 步驟

1. 肥皂切片
2. 將肥皂片加入 100 mL 的水中，調製成飽和肥皂水。
3. 將固定體積的雨水(50 mL)倒入透明瓶中，然後加入幾滴肥皂溶液，觀察其沉澱物變化。

表 7 肥皂法檢驗水質樣本記錄表

檢測項目 水質樣本 及 TDS 值	5 滴肥皂水以內	加入 5 滴肥皂水	加入 10 滴肥皂水	照片
10/19 雨水 B 119.5 ppm	1 滴微量沉澱物	微量沉澱物	沉澱物變多	
10/26 雨水 B 97.5 ppm	2 滴就有微量沉澱物	微量沉澱物	微量沉澱物	
10/27 雨水 A 7 ppm	2 滴水變混濁	微量沉澱物	微量沉澱物	
10/27 雨水 B 13.5 ppm	1 滴微量沉澱物	微量沉澱物 水變混濁	水變混濁 沉澱物增加	
10/28 雨水 A 15.5 ppm	2 滴微量沉澱物	沉澱物增加	水變混濁沉澱物 增加	

10/29 雨水 A 19.5ppm	1 滴有微量沉澱物	微量混濁 沉澱物增加	水變混濁 沉澱物增加	
10/29 雨水 C 6.5ppm	1 滴有微量沉澱物	水變混濁 沉澱物增加	水變混濁沉澱物 增加	
10/30 雨水 A 9.5ppm	1 滴較多沉澱物	水變混濁 沉澱物增加	水變混濁 沉澱物增加	
10/31 雨水 A 32ppm	1 滴有沉澱	水變混濁 沉澱物增加	水變混濁 沉澱物增加	
10/31 雨水 B 28.5 ppm	1 滴有沉澱物	水變混濁 沉澱物增加	水變混濁 沉澱物增加	
地下水 216.5 ppm	1 滴有沉澱物	水變混濁 沉澱物增加	無泡沫，但是出 現白色顆粒狀沉 澱物	

[照片皆由研究者自拍、表格皆由研究者自製]

(三)小結

1. 理論上雨水是軟水，不容易起泡，但是經過肥皂法檢驗，我們蒐集到的雨水滴 1-2 滴肥皂水就會有沉澱物產生，跟對照組地下水沒有顯著差異。
2. 雨水測試中沒有泡沫，反且出現白色沉澱物，這現象其實提供了重要的線索，說明雨水中可能含有較高濃度的鈣(Ca^{2+})或鎂(Mg^{2+})離子，或其他會與肥皂反應生成不溶性沉澱的物質。

二、 檢測雨水的酸鹼值

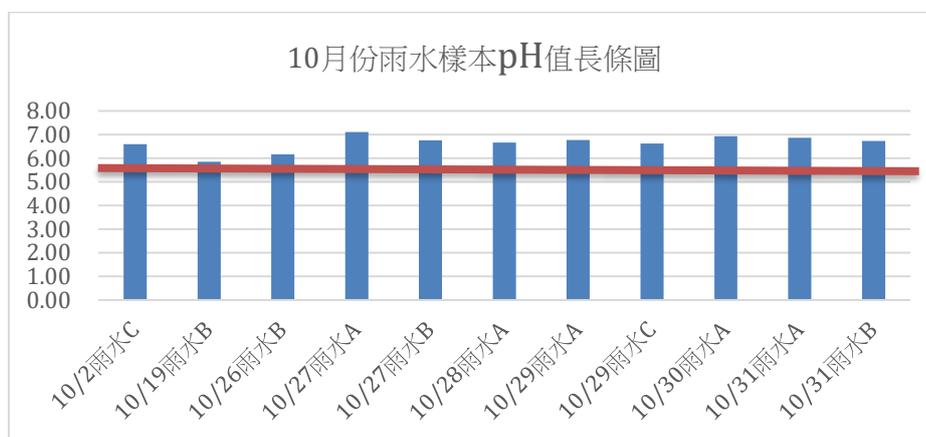
實驗 2-1 檢測十月雨水樣本 pH 值

(一) 實驗記錄表

雨水樣本	pH 值	水溫
10/2 雨水 C	6.59	20.6
10/19 雨水 B	5.86	20.5
10/26 雨水 B	6.16	20.4
10/27 雨水 A	7.10	20.3
10/27 雨水 B	6.75	20.1
10/28 雨水 A	6.66	20.2
10/29 雨水 A	6.77	20.2
10/29 雨水 C	6.63	20.1
10/30 雨水 A	6.93	20
10/31 雨水 A	6.86	21
10/31 雨水 B	6.72	20.6
平均值	6.64	20.3

[表格皆由研究者自製]

(二) 數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(三) 小結

1. 圖表顯示 pH 值數據在不同時間點的雨水樣本中變化不大，pH 平均值為 6.64，呈現弱酸性，大於自然界雨水 pH 值(5.6)。
2. 10/27 雨水大於自然界雨水 pH 值為 7.1，呈現中性。

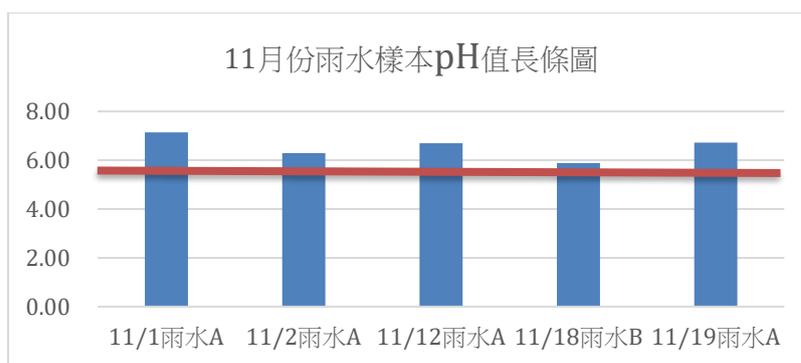
實驗 2-2 檢測十一月雨水樣本 pH 值

(一) 實驗記錄表

表 10. 十一月雨水樣本 pH 值與水溫記錄表		
雨水樣本	pH 值	水溫(°C)
11/1 雨水 A	7.14	20
11/2 雨水 A	6.29	20
11/12 雨水 A	6.70	20
11/18 雨水 B	5.89	20
11/19 雨水 A	6.72	20
平均值	6.55	20

[表格皆由研究者自製]

(二) 數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(三) 小結

1. 11/1 雨水 A 樣本的 pH 值為 7.14，其接近中性，甚至略呈弱鹼性。
2. 11 月份的雨水樣本 pH 平均值為 6.55，皆大於自然界雨水的 pH 值(5.6)。

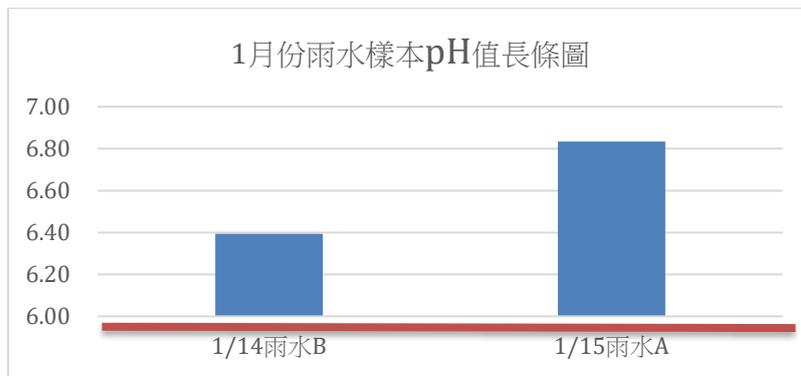
實驗 2-3 檢測一月雨水樣本 PH 值

(一) 實驗記錄表

表 11. 一月雨水樣本 pH 值與水溫記錄表		
雨水樣本	pH 值	水溫(°C)
1/14 雨水 B	6.39	22
1/15 雨水 A	6.83	22
平均值	6.61	22

[表格皆由研究者自製]

(二) 數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(三) 小結

1. 一月份的雨水 pH 值平均值為 6.61，大於自然界雨水平均值 5.6。
2. 一月份蒐集到這兩個雨水樣本差異度不大。

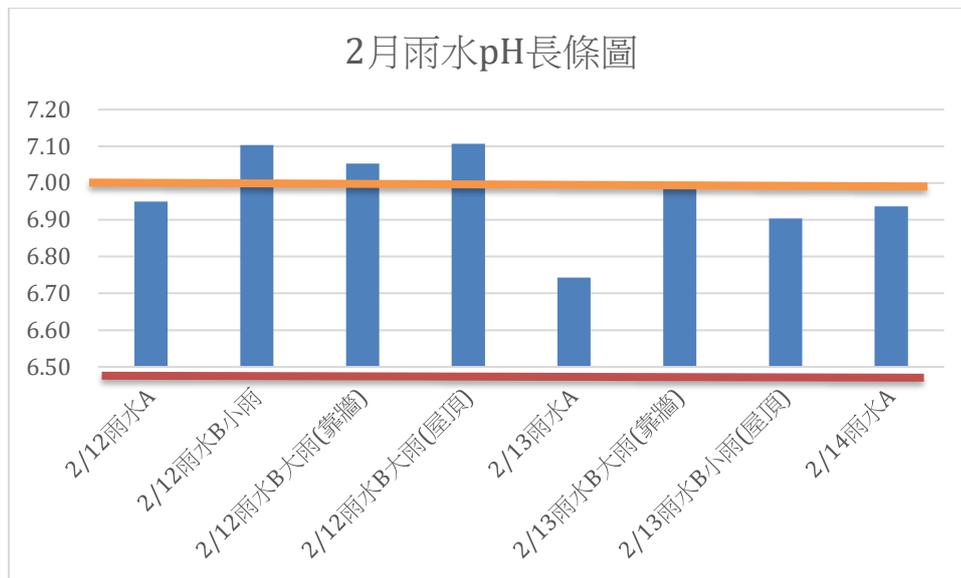
實驗 2-4 檢測二月雨水樣本 pH 值

(一) 實驗記錄表

雨水樣本	pH 值	水溫(°C)
2/12 雨水 A 小雨	6.95	21.5
2/12 雨水 B 小雨	7.10	20.4
2/12 雨水 B 大雨/靠牆	7.05	20
2/12 雨水 B 大雨/屋頂	7.11	20
2/13 雨水 A	6.74	20.5
2/13 雨水 B 大雨/靠牆	7.00	19.9
2/13 雨水 B 大雨/屋頂	6.90	19.9
2/14 雨水 A	6.94	19.9
平均值	6.97	20.26

[表格皆由研究者自製]

(二) 數據分析圖



[分析圖皆由研究者自製]

(三) 小結

1. 二月的雨水樣本 pH 值全部都大於正常雨水的 pH 值 5.6。
2. 其中 2/12 雨水 B 小雨、2/12 雨水 B 大雨(靠牆)、2/12 雨水 B 大雨(屋頂)的 PH 值都高於 7，中性為偏弱鹼。

三、 檢測雨水的菌落數

實驗 3-1 第一批雨水菌落數實驗

(一) 實驗記錄表

	10/2	10/5	10/6	地下水	自來水	過濾水	冷氣水
6 小時	0	0	0	0	0	0	0
12 小時	約 120	約 60	約 108	0	0	0	1
18 小時	+++	+++	+++	0	0	0	約 100

備註：

1. 數字代表菌落數
2. 總菌落數=(1/4 區域內菌落數)×4
3. +++代表幾乎佈滿整個培養皿，不可計數

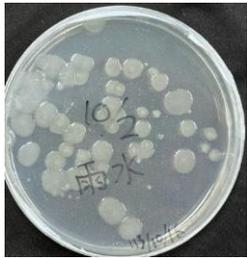
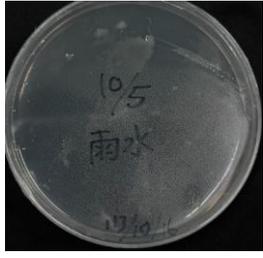
[表格皆由研究者自製]

	10/2	10/5	10/6	地下水	自來水	過濾水	冷氣水
6 小時	0	0	0	0	0	0	0
12 小時	0	0	0	0	0	0	0
18 小時	0	0	0	0	0	0	0

備註：數字代表菌落數

[表格皆由研究者自製]

(二) 實驗照片

雨水樣本未煮沸	10/2	10/5	10/6
12 小時			
18 小時			

[照片皆由研究者自拍]

(三) 小結

1. 雨水樣本六個小時內尚未長菌。
2. 12 個小時之後雨水樣本和冷氣水樣本開始長菌。
3. 菌落的形成由一個小點開始，慢慢擴大，越來越多。
4. 放置時間越久，菌落數越高。
5. 雨水和對照組水質樣本經煮沸過後 18 小時內都未長菌。

實驗 3-2 第二批雨水菌落數實驗

(一) 實驗記錄表

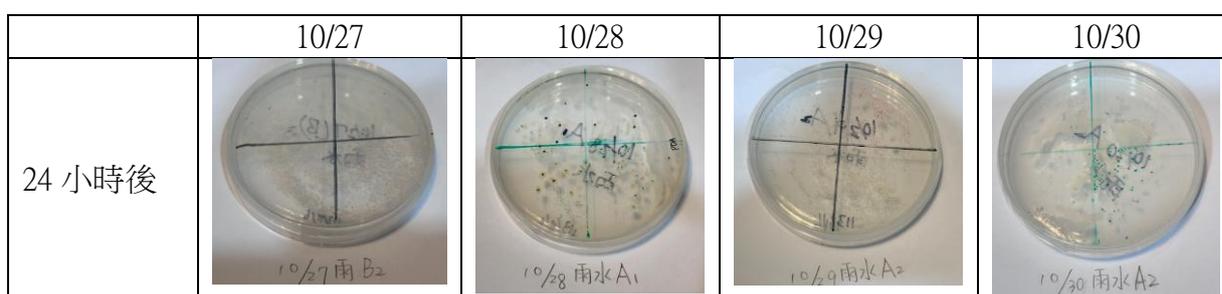
	6 小時	12 小時	18 小時	24 小時
10/27 雨水 A	0	14	18	+++
10/27 雨水 B	0	0	0	+++
10/28 雨水 A	0	62	67	184
10/29 雨水 A	0	0	3	252
10/29 雨水 C	0	16	23	132
10/30 雨水 A	0	5	6	272
10/31 雨水 A	0	1	1	15
10/31 雨水 B	0	16	19	37
11/1 雨水 A	0	66	264	+++
自來水	0	0	0	0
過濾水	0	0	0	1
煮沸水樣本	0	0	0	0

備註：

1. 數字代表菌落數
2. 總菌落數=(1/4 區域內菌落數)×4
3. +++代表幾乎佈滿整個培養皿，不可計數

[表格皆由研究者自製]

(二) 實驗照片



[照片皆由研究者自拍]

(三) 小結

1. 雨水樣本放置六小時內尚未長菌。
2. 放置 12 小時過後大部分的雨水樣本都開始長菌。
3. 放置時間越長，菌落數越多。
4. 煮沸過後的樣本皆不會長菌。

四、比較秋冬兩季雨水 TDS 值與空氣品質的關聯性

實驗 4-1 秋冬兩季雨水 PH 值、TDS 值與與空氣污染物的交叉比較

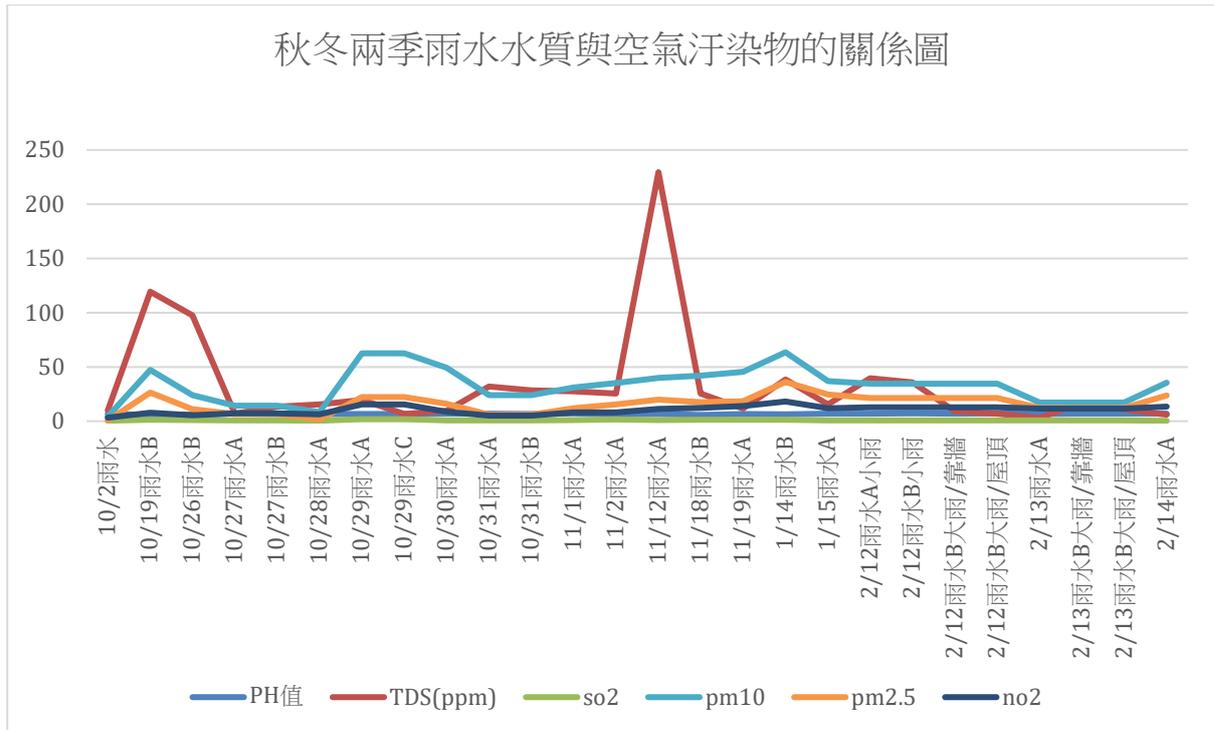
上網蒐集秋冬兩季空氣品質和空氣污染物的資料，並整理成下列圖表，並嘗試進行分析比較。

(一) 表 16. 秋冬兩季雨水 PH 值、TDS 值與與空氣污染物 SO₂、NO₂ 統計表

雨水樣本	PH 值	SO ₂	NO ₂	TDS(ppm)	PM10	PM2.5
10/2 雨水	6.59	0.43	3.26	10	4.21	0.54
10/19 雨水 B	5.86	1.34	7.87	119.5	47.38	26.29
10/26 雨水 B	6.16	0.92	5.56	97.5	24.08	10.92
10/27 雨水 A	7.1	0.63	7.25	7	14.21	6.52
10/27 雨水 B	6.75	0.63	7.25	13.5	14.21	6.52
10/28 雨水 A	6.66	0.55	6.26	15.5	8.42	1.53
10/29 雨水 A	6.77	1.89	15.51	19.5	62.63	22.13
10/29 雨水 C	6.63	1.89	15.51	6.5	62.63	22.13
10/30 雨水 A	6.93	0.82	8.68	9.5	49.21	15.92
10/31 雨水 A	6.86	0.75	5.15	32	23.9	5.9
10/31 雨水 B	6.72	0.75	5.15	28.5	23.9	5.9
11/1 雨水 A	7.14	0.9	8.07	27.5	31.13	11.79
11/2 雨水 A	6.29	1.71	8.22	25.5	35.21	15.33
11/12 雨水 A	6.7	1.1	11.45	229.5	39.96	20
11/18 雨水 B	5.89	1.21	12.3	25.5	41.92	17.58
11/19 雨水 A	6.72	1.31	14.11	11.5	45.38	18.33
1/14 雨水 B	6.39	1.41	18.13	38.5	63.5	36.13
1/15 雨水 A	6.83	0.64	11.92	15.5	36.88	24.63
2/12 雨水 A 小雨	6.95	0.77	12.71	39.67	34.63	21.25
2/12 雨水 B 小雨	7.1	0.77	12.71	35.67	34.63	21.25
2/12 雨水 B 大雨/ 靠牆	7.05	0.77	12.71	9	34.63	21.25
2/12 雨水 B 大雨/ 屋頂	7.11	0.77	12.71	7	34.63	21.25
2/13 雨水 A	6.74	0.6	11.71	3	17.25	12.33
2/13 雨水 B 大雨/ 靠牆	7	0.6	11.71	17	17.25	12.33
2/13 雨水 B 大雨/ 屋頂	6.9	0.6	11.71	10.67	17.25	12.33
2/14 雨水 A	6.94	0.33	13.5	6	35.38	23.75

[表格皆由研究者自製]

(二) 數據分析



[分析圖皆由研究者自製]

(三) 小結

1. 當 SO_2 和 NO_2 下降時，pH 值有時會上升，顯示酸性污染物較少時，雨水較不酸性，pH 上升，例如 10/30、11/19、2/12、2/14，pH 稍微上升，這些時間點 SO_2 和 NO_2 都較低。
2. 若雨水來自屋頂或建築物表面，可能會與水泥、石灰(含碳酸鈣 CaCO_3)發生反應，使雨水偏鹼性，pH 上升，例如 2/12 ~ 2/13 在大樓屋頂取樣的雨水，pH 確實較高，可能與建築材料影響有關。
3. PM10 和 PM2.5 與 TDS 值變化趨勢相似，表示懸浮微粒影響 TDS 值，例如 10/19、11/18、1/15、2/12，小顆粒物濃度較高時，TDS 也明顯上升，這說明懸浮微粒可能溶入雨水，增加水中溶解物質。
4. 雨水取樣地點鄰近工地，水泥、粉塵可能進入雨水，使 TDS 上升，10/19、11/18、2/12 工地附近的 TDS 特別高，可能是工地排放的懸浮微粒影響雨水水質。
5. 小雨時，TDS 通常較高，因為污染物濃縮在少量雨水中；大雨時，TDS 可能較低，因為雨水稀釋污染物，例如 2/12 小雨的 TDS 明顯較高，而 2/12 ~ 2/13 大雨後，TDS 下降。

五、校園內設置雨水回收系統的可行性

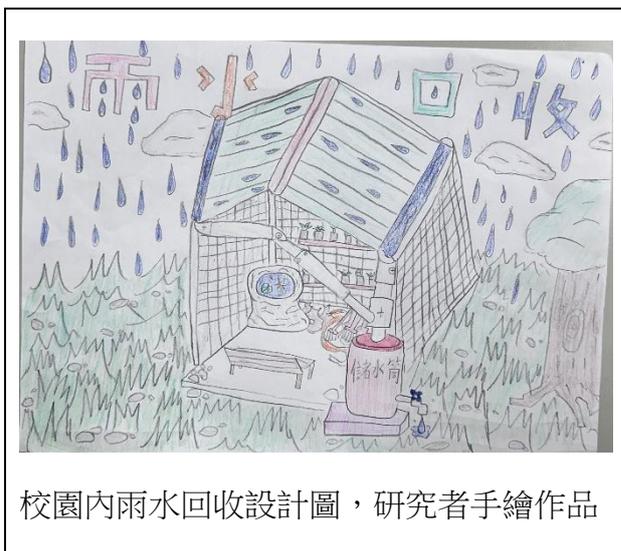
(一) 校園調查

我們在校園中觀察合適擺放雨水回收系統的場所，發現有一處植栽區很適合，回收的雨水可以提供植物灌溉澆水用，但是發現下列問題，不利於回收雨水，我們開始思考如何改善並設計雨水回收系統。



[照片皆由研究者自拍]

(二) 繪製雨水回收系統設計圖



(三) 小結

1. 根據調查結果向學校總務處反映植栽區破損狀態，申請修繕。
2. 與校長報告雨水回收設計理念，並申請在植栽區內設置雨水回收系統，得到正面回覆並持續進行當中。

陸、討論

一、實驗 1-1 利用軟硬水檢測劑測試雨水樣本，全部皆會變成粉色，該測試劑說明硬水(5ppm 以上)就會呈現粉紅色，此標準太過嚴格。如果以此為標準，雨水皆為硬水，研究者認為不太合適，故使用水質筆檢測 TDS 及肥皂法測試看看，雨水的軟硬度。

二、檢測雨水的 TDS 值有以下發現:

(一)11/12 雨水 A 的 TDS 值最高，超達 229ppm，10/19 雨水 B 次之為 119.5ppm 皆屬硬水範疇。

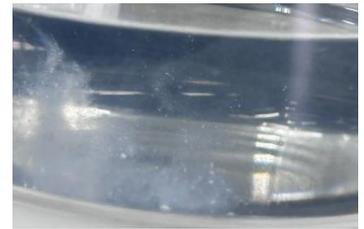
(二)小雨的 TDS 值較高，代表初期降雨的水溶解了更多大氣中的雜質與污染物(如塵埃、酸性物質)。

(三)大雨的 TDS 值較低，可能因為降水量大，沖刷了空氣和表面污染，使水質變得較乾淨。

(四)牆壁接水的 TDS 值較高，可能因為牆面上的塵埃、泥土或其他污染物溶入水中，導致 TDS 上升。

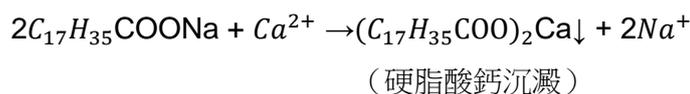
(五)屋頂接水的 TDS 值較低，可能是因為屋頂表面相對較少污染物，且雨水在流入容器前經過較少的污染源。

三、實驗 1-2 利用肥皂法檢驗雨水的硬度實驗結果發現：**雨水測試中沒有泡沫，且出現白色沉澱物**。這個原本我們的認知不符，因為雨水通常被認為是「軟水」理論上不會有白色沉澱物。這現象其實說明雨水樣本中可能含有較高的鈣、鎂離子或其他溶解鹽類，使其表現出「硬水」的特性，或其他會與肥皂反應生成不溶性沉澱的物質。這種白色沉澱物通常是不溶性皂垢(如硬脂酸鈣或硬脂酸鎂)，反應方程式如下：



上圖是雨水與肥皂水結合後產生的白色皂垢
【圖片由研究者自拍】

(一) 與鈣離子(Ca^{2+})反應



(二) 與鎂離子(Mg^{2+})反應



(三) 碳酸鈣沉澱



(四) 氫氧化鎂沉澱(當 pH 較高時)



這些反應都可能會形成白色或灰白色的沉澱物，導致雨水在與肥皂水混合時出現白色沉澱物。推測可能原因是空氣污染造成我們蒐集到的雨水不純淨，因此我們進一步檢測雨水中的 PH 值看看是否有新的發現。

四、根據實驗二檢測雨水 PH 值實驗結果發現，所檢測到的雨水樣本大部分 PH 值落在 6.5~7 之間，秋冬兩季雨水 pH 平均值 6.72，與 56 屆科展作品依「山」傍「水」好空氣?—「氣」捕社區污染源，其**研究結果相近**，該研究結果高雄鼓山區雨水 pH 值為 7.09，左營區為 6.89，都高於雨水平均值。而我們推測可能原因是雨水樣本接觸到水泥、石灰岩、土壤中的碳酸鹽(CaCO₃)，可能會中和部分酸性，使 pH 接近中性(約 6.0~7.0)，甚至變成弱鹼性(>7.0)。

五、根據實驗二檢測雨水 PH 值實驗結果發現，10/27、11/1、2/1 皆有出現鹼雨(pH>7)、對比 58 屆科展「臺灣極端酸雨與鹼雨之時序分析與探討」研究指出鹼雨好發的月份降雨量較少的結論**不太符合**，因為 10 月算是這四個月分中降雨次數最多且降雨量最多的季節；而 1 月是降雨量最少的季節。因此我們推論屏東地區出現鹼雨跟降雨量無關，跟取水地點周遭的環境污染物比較有關係，因這次取水地點鄰近建築工地，工地產生的粉塵，確實有可能使鄰近地區的雨水鹼性增加，也與 58 屆科展「臺灣極端酸雨與鹼雨之時序分析與探討」**結果相符**。

六、根據實驗三雨水菌落數的實驗結果發現，雨水儲放時間越久菌落數越多，這些菌都會從小點開始慢慢擴大，最後布滿整個培養基；但是只要充分煮沸過後的水質樣本皆不會長菌。

七、以實驗 4-1 的數據來看，11/12 雨水 TDS 值突然飆升，與當日的空氣污染物無關。但當日是下小雨，雨水在降落過程中與空氣中的污染物接觸時間較長，可能溶解更多懸浮微粒與氣體污染物(如 SO₂、NO₂)，加上取樣時建築工地施工中，很可能有建築材料融入雨水當中而增加 TDS 值。

八、以實驗 4-1 的數據來看，10/19 日的雨水 TDS 值(119.5 ppm)相對較高，對應的 PM10(47.38 μg/m³)與 PM2.5(26.29 μg/m³)數值也偏高，顯示出 TDS 值與空氣中懸浮微粒可能有一定的

關聯性。因為取水的地點鄰近工地，工地活動產生的粉塵可能會增加空氣中的懸浮顆粒物(PM10 和 PM2.5)，這些顆粒物可能進入雨水中，導致 TDS 值上升。因此，可以推測在 10/19 當天，雨水的 TDS 值與空氣品質(特別是 PM10 和 PM2.5)呈現一定的正相關。

柒、結論

- 一、目前蒐集到的屏東地區秋冬兩季雨水樣本 pH 值屬正常範圍，平均值為 6.72，未達酸雨標準(PH < 5.0)。
- 二、秋冬兩季雨水 pH 值高於一般雨水(5.6)，推測可能與 SO₂、NO₂ 濃度下降、雨水來自建築物表面，使其酸鹼中和而成中性偏鹼有關。
- 三、秋冬兩季雨水若只要避免儲放時間過長，是可以應用於生活用水的回收再利用(如澆花或沖洗)。
- 四、雨水儲放在六個小時內循環利用完畢不易滋生細菌，但若靜置不流動，儲放時間越長，菌落數越多。如果想要做雨水回收系統在民生用水上，則需要加裝過濾殺菌的設備。
- 五、小雨的 TDS 值較高，大雨 TDS 較低，因為小雨時大氣污染物較多，大雨能沖刷空氣與表面，降低 TDS 值。
- 六、牆壁接水的 TDS 值高於屋頂接水，牆壁表面可能有較多塵埃、污垢，影響水質。
- 七、以秋冬兩季雨水資料分析，TDS 值上升可能與 PM10、PM2.5 增加、工地影響、或小雨濃縮污染物有關。
- 八、若要收集較低 TDS 的雨水，建議避免初期降雨，要等待雨勢穩定後再取水，接著要選擇空曠處接水而非牆壁作為收集點，以降低雜質溶入水中的機會。
- 九、雖然目前校園內雨水回收系統仍在設計階段，但我們仍持續研究設計中，希望有朝一日能夠親手打造符合 SDG 6(乾淨的水與衛生)的雨水回收系統，為環境永續發展盡一份心力。

捌、參考資料及其他

1. 全國環境水質監測資訊網(2025 年 10 月 2 日搜尋)。關於水的知識，軟水和硬水。
https://wq.moenv.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/WaterKnowledge/Pedia_10.aspx
2. 露淨水(2025 年 10 月 2 日搜尋)。TDS 檢測筆是用來檢測水質的好壞嗎。
<https://apurwater.com/%E6%B0%B4%E7%9F%A5%E8%AD%98/tds%E6%AA%A2%E6%B8%AC%E7%AD%86%E6%98%AF%E7%94%A8%E4%BE%86%E6%AA%A2%E6%B8%AC%E6%B0%B4%E8%B3%AA%E7%9A%84%E5%A5%BD%E5%A3%9E%E5%97%8E%E2%9D%93/>
3. 環署檢字第 1020030307 號公告(2013 年 6 月 15 日)。水中總菌落數檢測方法－塗抹法。
<https://www.cdc.gov.tw/File/Get/71A30FvNLR7VZWMsXLCiFA>
4. 高憲章(2015)。水也「來硬的」？。科學少年，9，50－51。
5. 晨禾淨水。水質分析。搜尋日期 2024 年 10 月 10 日，網址：
<https://hpfwater.com/ch/water.pHp>
6. 東海大學普通化學實驗室，水的硬度檢定。搜尋日期 2024 年 11 月 8 日，網址：
<http://gclab.thu.edu.tw/gen-chem/pdf-gc/Exp13.pdf>
7. 酸雨資訊，空氣品質改善資訊網。搜尋日期 2024 年 11 月 30 日，網址：
https://air.moenv.gov.tw/envtopics/AirQuality_4.aspx
8. 空氣品質監測網，搜尋日期 2025 年 2 月 28 日，網址：<https://airtw.moenv.gov.tw/>
9. 閻又慈、林馨愉、譚海文、孫雨晴、陳虹樺、黃鈺翔(第 52 屆科展作品)，DIY 隨行濾水杯。
10. 李品陵、曾榆婷、仲愛、黃雪芬(第 56 屆科展作品)，依「山」傍「水」好空氣?—「氣」捕社區汙染源。
11. 周俐伶、劉宇欣、徐子筑(第 58 屆科展作品)，臺灣極端酸雨與鹼雨之時序分析與探討。