中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　化學科

最佳團隊合作獎

080210

學校的飲用水乾淨嗎？

學校名稱：臺北市松山區民權國民小學

作者：	指導老師：
小五 張榛芹	張惠貞
小五 陳思瑋	李　璿
小五 林祐任	
小五 陳品霏	

關鍵詞：飲用水水質、酸鹼值、總菌落數

摘要

學校的飲用水有「立式」和「噴式」飲水機。本研究的水質檢驗標準是酸鹼值、雜質和總菌落數。飲用水都經過相同過濾系統所以雜質很少，在不同的機型、溫度、時間和放流下幾乎沒差異。「立式」酸鹼值高且總菌落數低；「噴式」酸鹼值集中在 7.0~8.5 但總菌落數高。冷熱水的酸鹼值差異不大，熱水煮沸消毒，可以降低總菌落數。較長假期和機器壞了會影響水質，需要統一放流或清空儲水槽重新加熱殺菌。酸鹼值星期一比星期五高，「立式」差距大，「噴式」都合乎標準，差異不大；早上和下午的差異不大。總菌落數星期一比星期五高，大部分早上比下午高，使用率高會降低總菌落數。冷水放流後總菌落超標情形有下降趨勢。熱水放流效果顯著，0 秒到 10 秒減少得最明顯。

壹、研究動機

我們常聽到大人說：「學校的飲水機不乾淨，盡量少喝，要喝就得從家裡帶」， 但我心想：「為什麼不能喝呢？ 明明水看起來很乾淨啊！」。我們上課學到「水溶液」的酸鹼值也讓我們好奇，我們喝的水它的酸鹼值是中性的嗎？從五上健康教育「寶貝地球」和「元氣生活」學到生物生長需要水，而水是有可能被汙染。

我們一天要攝取很多的水份，從家裡帶來的水一下子就喝完了，要完全不喝學校的水是不可能的。所以，我們想要檢測學校的飲水機的水，看看學校的飲用水水質如何？如果水質好，以後也喝得安心；如果是不好的話，也可以請學校幫我們改善。 所以，就讓我們一起來解開學校飲用水之謎吧！

貳、研究背景

一、認識學校飲用水供水情形：

學校提供學生使用的飲水機有兩種：立地式飲水機 14 台和噴嘴式飲水機 48 台，**本研究分別簡稱為「立式」和「噴式」**。這兩種型式的飲水機水都從中央系統提供。從自來水經過過濾器過濾雜質和活性碳除臭除氯，直接進入熱水器加熱，再流進溫水桶放涼，經過加壓馬達和紫外線殺菌器消毒，由不銹鋼管輸送到各飲水機。所有飲水機使用後剩餘的水會回流到溫水桶，經過加壓馬達和紫外線殺菌器再消毒，水在全校循環流動。水被用掉溫水桶水位降低

才啟動熱水桶進水加熱。

中央供水系統和「立式」的加熱系統設定在早上七點開始，下午七點關閉。「立式」的熱水不足 90℃會啟動電熱棒，溫水在溫水桶內自然降溫，高於 50 度水不會流出來。但是學校怕學生燙傷除了少數機器供應熱水，熱水功能上鎖。因為學生運動後喝冰水不好對學生的氣管也不好，基於健康因素，關了冰水功能。學校飲水機只供應熱水和溫水、冷水。

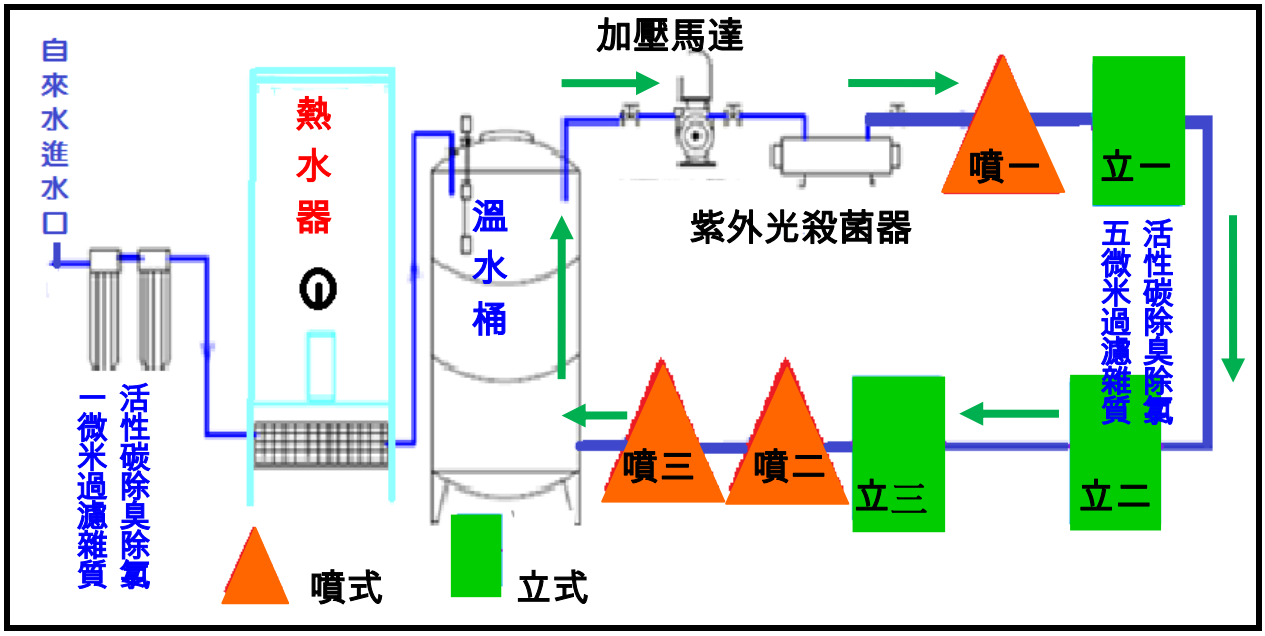


圖 1：學校中央供水系統

二、問卷調查飲水習慣選擇取樣的飲水機：

為了了解學生和老師的喝水習慣，幫助我們選擇實驗取樣的飲水機，我們製作了問卷調查 1-6 年級全校師生。發現大部分學生會從家裡帶水，喝完會在教室附近的「立式」飲水機加水，大多選擇溫水或冷水；而老師大部分取熱水。學生在外面活動或教室附近沒有「立式」飲水機時，會就近使用附近的「噴式」飲水機。學生大多以方便為主，不會特別選擇機型或地點取水。低年級半天大部分從家裡自己帶水；中年級整天課每週三天中午或下午才取水；高年級整天課每週四天，活動量較大，大量使用學校的水。在教室的課會用附近的「立式」裝水或少數臨時口渴用「噴式」；在操場必須用「噴式」或忍到教室才喝水；到科任教室，大部分不帶水壺會忍到下課回教室才喝水或就近使用「噴式」。

三、我們選擇了六台的飲水機來進行水質比較

三台「立式」：我們盡量選擇年份相近，再以位置來選擇了下面三台機器：

「立式」(一)：2007 年製，位置在高年級教室附近，**熱水沒鎖，所以老師學生都會取用。**

「立式」(二)：2011 年製，位置在低年級教室附近，怕學生燙傷，因此**飲水機熱水有上鎖**，鑰匙由老師保管，所以只有老師會取熱水，大部分學生只取冷水。

「立式」(三)：2011 年製，最後一台「立式」選擇在科任教室附近，這台飲水機**熱水也有上鎖**，鑰匙由老師保管。由於是在科任教室附近，學生很少帶著水壺去上課，所以大部分時間只有附近**科任老師在使用，使用量相對比較少**。

三台「噴式」：管線置換時間不同，我們就依位置和使用率來選擇了以下三台飲水機：

「噴式」(一)：位置在高年級教室的附近，**較多人路過和使用**。

「噴式」(二)：位置在一個偏僻角落，**較少人使用**。

「噴式」(三)：位置在開放式操場內，學生運動後會使用，**但下雨天使用率低**。學校上課時間外會對外開放，提供到學校操場運動的民衆使用。

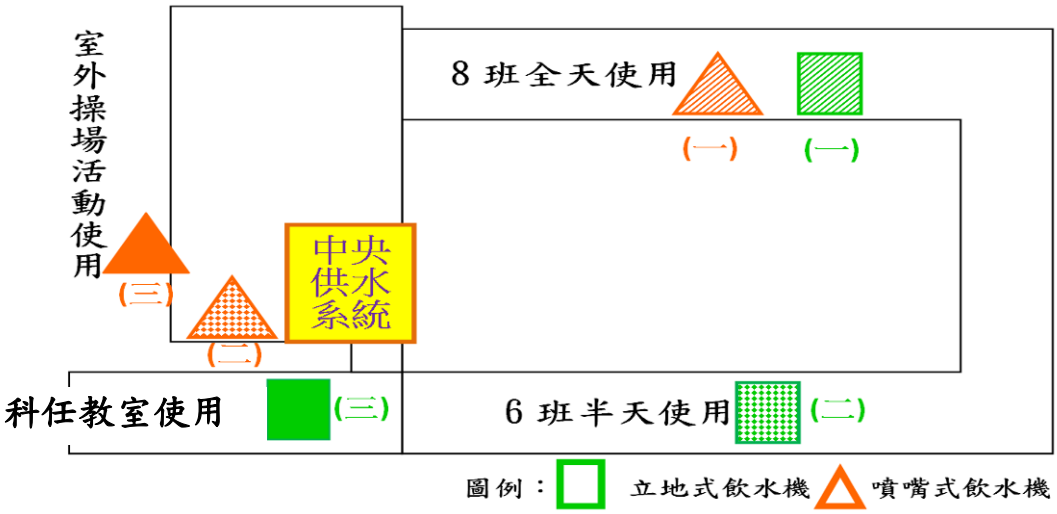


圖 2：實驗取樣的飲水機位置圖

參、研究目的

一、學校的飲用水要如何檢驗呢？水質如何？

二、不同飲水機的水質是否會有差異呢？

三、水溫會影響水質嗎？

四、飲用水水質在不同時間會不一樣嗎？

五、放流可以改善水質嗎？如果是，要放多久呢？

肆、研究設備及器材

一、研究設備及器材

無菌 PP 樣本瓶 120ml	無菌吸管 3ml	總菌落數測試片-3M
TDS 水質檢測筆-三贏公司	pH 酸鹼度計-VAST	純水、消毒劑
餘氯測試劑	燒杯 100ml、250ml	活性碳

二、細菌培養保溫箱

因為細菌要在 35-37℃的溫度裡才會快快長大，但我們卻沒有專業的定溫培養箱，所以我們用以下簡單的材料自己動手做了一個。

搬！搬！搬！搬！把所有東西連接起來，就變成我們的 DIY 定溫培養箱了。

<table>
<tr><td>燈泡(60W)
 </td><td colspan="3">保溫方法：第一層用玻璃魚缸；第二層用保麗龍保溫箱；第三層大紙箱。這樣溫差比較小。天氣冷時，我們還會幫它穿衣服唷！我們測量魚缸內和表面溫度，確定細菌培養箱溫度也都一直乖乖的維持在 35-37℃左右。</td></tr>
<tr><td>燈座
 </td><td rowspan="3"> </td><td colspan="2">魚缸 42x34x 35(cm)
 </td></tr>
<tr><td>定溫器(0-40℃)
 </td><td colspan="2" rowspan="2">保麗龍 50 x 42x 41(cm)
 </td></tr>
<tr><td>溫度計
 </td></tr>
</table>

伍、研究過程或方法

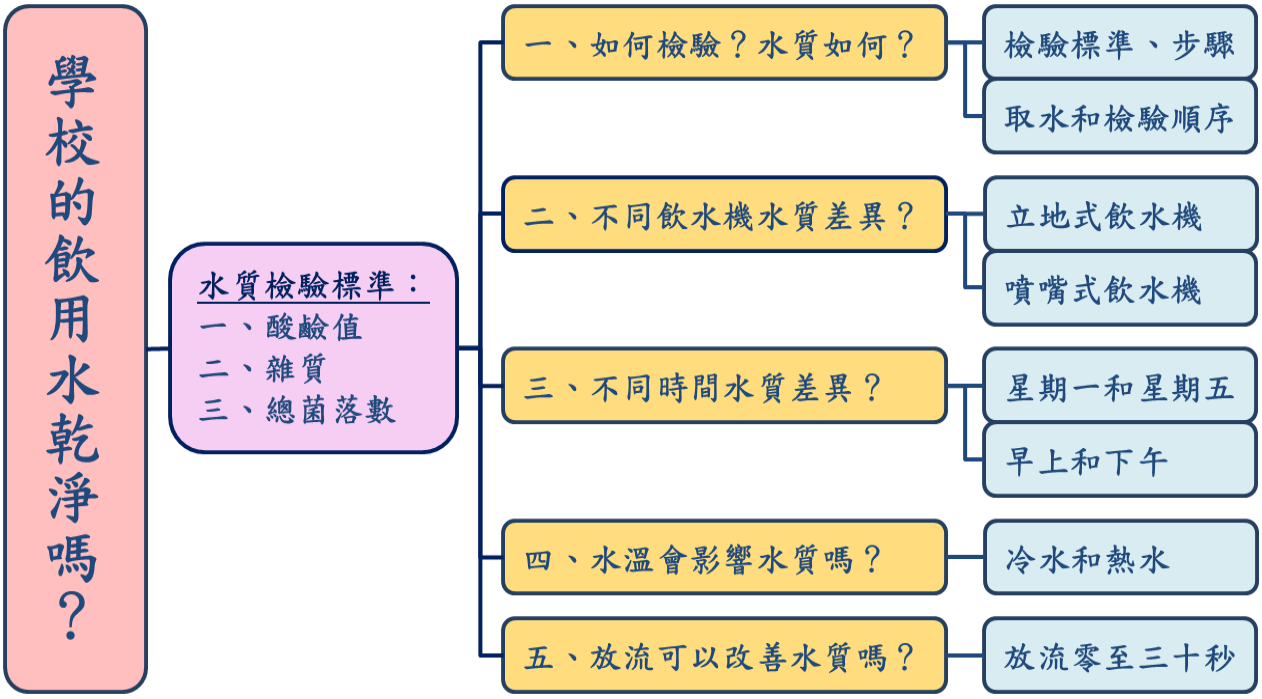


圖 3：研究方法架構圖

目的一、學校的飲用水要如何檢驗呢？水質如何？

研究設計：研究飲用水的水質標準和檢驗步驟。如何取樣？

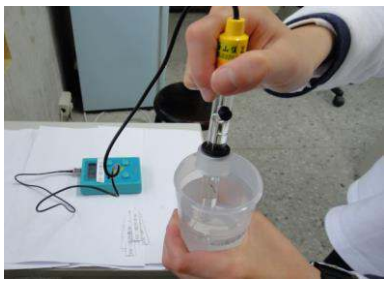
一、設定本研究的水質檢驗項目和政府規定的標準

根據台灣行政院環境保護署，檢測飲用水水質標準有細菌性、物理性和化學性等標準。因爲項目太多，沒辦法全部都做檢測。經過討論，我們最後選擇了我們認為最有興趣和重要的三個項目，比如說，我們上過關於酸鹼值和電解質的課，所以我們很好奇學校飲用水的酸鹼值。另外，我們都認爲總菌落數是否符合標準和水好不好喝很重要，因爲有同學說他不喜歡喝水是因爲水不好喝。而我們上網查詢發現水中雜質會影響水的口感。所以我們就決定**本研究水質標準檢驗項目是酸鹼值、雜質及總菌落數。**

(一) 酸鹼值：就是 pH 值。pH 值高於 7 者屬鹼性，低於 7 者屬酸性。事實上各國大多依照水源的 pH 值來制定標準，台灣自來水公司建議飲用水的酸鹼值最好在 6.0~8.5。根據台灣自來水公司的資料，自來水酸鹼值過低(即過酸)時，會造成配水系統中管線腐蝕，使水質中鉛、銅、鋅等重金屬含量過高，酸鹼值>8.5 就是過鹼，會造成消毒效率降低。另外酸鹼值太高亦會對人體皮膚、體內黏膜產生刺激性，甚或有腐蝕性之負面影響。

檢驗酸鹼值步驟：

1. 按照當日氣溫，校正檢驗筆。
2. 使用取來的 380 個樣品水。
3. 把檢驗筆放入樣品中攪動，直到酸鹼值停定，拍照記錄。
4. 用純水洗淨檢測筆筆頭，檢測下一個樣品。

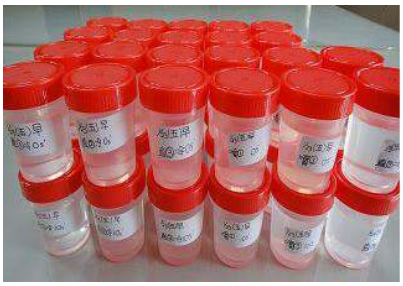
1.校正時依氣溫調整校正鈕	2.檢驗筆水中攪動取得數值	3.用純水洗淨檢測筆筆頭
		

(二) 水中雜質：測量學校的飲用水是否含有過量的雜質，我們用 TDS 水質檢測筆測量在水中溶解的固體物質總量。包括可溶解的碳酸氫離子、氯鹽、硫酸鹽、鈣、鎂、鈉與鉀離子

等，它的濃度會影響飲用水的可口度。每個地區的 TDS 值標準不同。純水是 0，台灣環保署標準飲用水 TDS 應低於 500ppm。TDS 值越大，說明水中的雜質含量大，反之，雜質含量小。TDS 筆不可用於測量高溫水體、晃動較大的水體、污染濃度較高的水體。

檢驗雜質步驟：

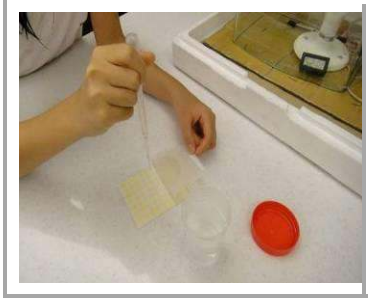
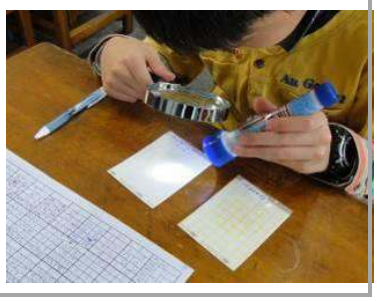
1. 使用取來的 380 個樣品水。
2. 把雜質檢測筆直接放入樣品水中，攪動約 10 秒，得到量測值並拍照記錄。
3. 用純水洗淨檢測筆筆頭，檢測下一個樣品。

1. 使用取來的 380 個樣品水	2. 水中攪動取得數值	3. 用純水洗淨檢測筆筆頭
		

(三) 總菌落數：我們發現環保署規定水中總菌落數的檢測方法有混合稀釋法、塗抹法及濾膜法三種。檢驗的方法繁複難懂我們也不會做，這讓我們曾經想要放棄。幸好在網路上找到有簡易型的總菌落數測試片(含標準培養基、水溶膠和微生物呈色劑)，減少了我們調配培養基的困難。根據環保署飲用水水質標準規定，總菌落數要在 100CFU/ml 以下，**我們設定的實驗檢測方式，每個樣品水做 2 張測試片，平均的數值就是總菌落數**，超過 100 就不及格了。2014 年開始的第一段研究，我們怕試片不準確，在 100ml 的飲用水中取 4ml 使用 4 片測試片平均，數值結果一致。接著 2015 年本研究的第二、三段研究使用 **2 張測試片的結果非常一致，可信度很高。**還有檢驗總菌落數需要很小心避免汙染。

檢驗總菌落數步驟：

1. 消毒桌面、清潔雙手和戴口罩。
2. 取水前開蓋取水後馬上關蓋，5 秒內完成取水，馬上進行實驗。
3. 用無菌吸管吸出 1ml 的樣品直接滴在總菌落數測試片上，並使用壓板，讓水均勻覆蓋在圓形的培養面積上。重複步驟做另一片測試片。
4. 把測試片放進 35-37℃的培養箱內進行細菌培養。
5. 48 小時後，每片測試片經過兩個人重複數，交叉比對菌落的數量並記錄。

1. 清潔雙手和消毒桌面	2. 直接用無菌瓶取水	3. 取水後，馬上進行實驗
4. 無菌吸管取 1ml 樣品	5. 測試片放培養箱做細菌培養	6. 48 小時後，數菌落數
		

二、如何拿樣品水？水質檢驗順序應該怎樣才不會干擾實驗數據？

一整套無菌滴管、杯和測試片很貴，先討論所有研究目的需要哪些樣品水再統一取水檢驗。設計取水和檢驗的順序，檢驗總菌落數需要很小心避免來自空氣、使用器材或手的汙染。

目的二、不同飲水機的水質是否會有差異呢？

一、**研究設計**：我們拿不同飲水機早上七點 0 秒沒有被用過的冷、熱水來比較水質。

二、**研究步驟**：根據表一到表三的水質數據。把每一臺飲水機冷熱水的酸鹼值、雜質，算出平均數做圖比較；先列出每一臺飲水機每一次冷熱水的總菌落數，為了讓結果更清楚，把超標次數算出來再做圖。因為總菌落數有 TNTC 沒辦法算平均，用超標次數來證明。

目的三、水溫會影響水質嗎？

一、**研究設計**：我們拿「立式」早上七點 0 秒沒被用過的冷、熱水來比較水質。因為「噴式」只供應冷水，沒辦法做比較，所以沒有包括在這個實驗內。

二、**研究步驟**：根據表一到表三的水質數據，把每一臺「立式」冷熱水的酸鹼值、雜質，算出平均數做圖比較；列出每一臺「立式」飲水機冷熱水的總菌落數和算出超標次數比較。

目的四、學校的飲用水水質在不同時間會不一樣嗎？

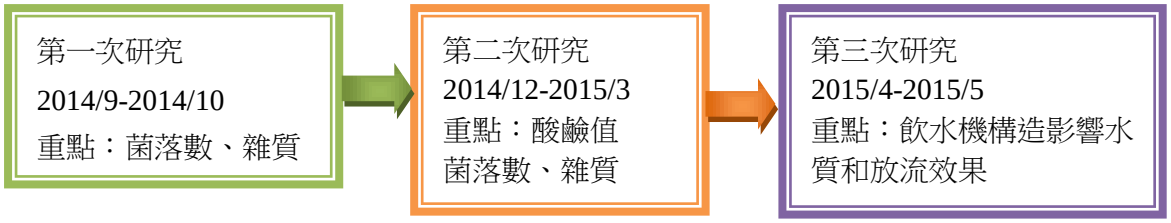
一、**研究設計**：因爲測總菌落數的測試片價格昂貴，我們經過討論決定目的，嘗試在預算內找出比較有意義的日期和時間取水。我們想知道連續使用後的星期五，和在水管裡停留了三個晚上後的星期一水質有甚麼不一樣？還有早上和下午的水質有甚麼不一樣？我們拿星期一和星期五飲水機還沒有被人用過的早上七點，和用過一天的下午 4 點。

二、**研究步驟**：

1. 根據表一到表三的水質數據，取 0 秒的冷、熱水做圖來比較。
2. **比較星期一和星期五**早上 0 秒的水質。把每一臺飲水機冷熱水的酸鹼值、雜質，算出平均數做圖比較；列出每一臺飲水機冷熱水的總菌落數和算出超標次數來比較。
3. **比較早上和下午** 0 秒的水質。計算方法和步驟 2 一樣。

目的五、放流可以改善水質嗎？如果是，要放多久呢？

一、**研究設計**：**本研究延續**校內科展題目，當時時間短，我們只做了四台飲水機，星期一、三、五水拿水做實驗。結果發現學校的水質不太好，特別是總菌落數多得驚人。所以這次的研究我們希望可以找到這個問題的原因和解決方法。後來討論時想到媽媽總是要我們在使用外面飲水機時先放掉一些前面的水，所以我們希望利用放流這個比較簡單的方法，看看是不是可以改善飲用水的水質。後來又想到如果真的可以，那要放流多久呢？最後我們選擇放流 0、10、20、30 秒時，分別檢驗酸鹼值、雜質和總菌落數有什麼變化？



二、**研究步驟**：根據表一到表三檢測出來的水質數據，分別用 0、10、20、30 秒當做單位，把每一臺飲水機冷熱水的酸鹼值、雜質，算出平均數做圖比較；列出每一臺飲水機冷熱水的總菌落數和算出超標次數來比較。

陸、研究結果

目的一、學校的飲用水要如何檢驗呢？水質如何？

一、拿飲水機和中央供水系統樣品水：星期一、五，早上七點前和放學四點後，在選擇的六台飲水機用無菌的樣本瓶拿冷、熱水 0 秒，放流 10 秒、20 秒、30 秒，各 100ml 的水。飲水機樣品總共 356 個，活性碳實驗和中央供水系統水質檢驗約 20 個。

二、水質檢驗順序：避免取水時汙染樣品水，四人戴口罩，一人按壓出水鈕，其他三人手保持乾淨輪流取水後封緊瓶口，不能交談。檢驗總菌落數先用無菌吸管吸出兩滴水，滴到試片上，將試片放進保溫箱裡培養。接下來用 TDS 檢驗筆來測雜質，最後用 pH 值檢驗筆來測酸鹼值，並且紀錄數據和拍照。

(一)檢驗酸鹼值：台灣自來水公司建議飲用水 6.0 至 8.5。超過 8.5 黃色、超過 9.5 橘色註記。

表一：不同飲水機的酸鹼值

			立地式(一冷)	立地式(一熱)	立地式(二冷)	立地式(二熱)	立地式(三冷)	立地式(三熱)	噴嘴式一	噴嘴式二	噴嘴式三
1/23(五)	早	0 秒	7.77	8.28	8.03	8.45	8.07	8.67	7.73	7.58	7.83
		10 秒	8.36	8.62	8.57	8.50	8.62	8.88	7.73	7.69	7.65
		20 秒	8.56	8.59	8.18	8.42	8.63	8.91	7.71	7.68	7.65
		30 秒	8.42	8.60	8.01	8.60	8.55	8.86	7.71	7.68	7.68
	午	0 秒	8.28	8.44	8.57	8.57	8.57	8.81	7.59	7.77	7.59
1/26(一)	早	0 秒	9.37	8.89	9.31	8.80	9.21	8.63	7.79	7.35	7.73
		10 秒	9.59	8.67	9.54	8.58	9.46	8.67	7.75	7.63	7.66
		20 秒	9.55	8.59	9.52	8.63	9.47	8.69	7.58	7.64	7.64
		30 秒	9.56	8.67	9.54	8.61	9.48	8.64	7.58	7.66	7.59
	午	0 秒	8.83	8.54	9.19	8.79	9.29	8.81	7.59	7.59	7.74
3/2(一)	早	0 秒	9.24	8.95	9.34	8.87	9.20	8.96	7.99	8.31	7.78
		10 秒	9.59	8.71	9.58	8.73	9.57	8.77	8.00	7.61	7.80
		20 秒	9.59	8.78	9.52	8.65	9.58	8.76	7.97	7.70	7.81
		30 秒	9.57	8.56	9.53	8.74	9.53	8.69	7.97	7.70	7.83
	午	0 秒	9.06	8.76	9.31	8.97	9.40	8.82	7.65	7.35	7.70
3/6(五)	早	0 秒	7.83	8.77	8.34	8.54	8.39	8.78	8.27	7.88	7.95
		10 秒	8.17	8.74	8.30	8.71	8.62	9.00	8.14	7.90	7.90
		20 秒	8.58	8.78	8.40	8.73	8.74	9.12	8.04	7.89	8.00
		30 秒	8.63	8.83	8.51	8.82	8.72	9.00	7.94	7.89	7.95
	午	0 秒	8.40	8.49	8.41	8.60	8.38	8.84	8.24	7.75	7.90
5/18	早	0 秒	8.40	7.88	9.19	8.87	9.08	8.72	7.89	7.73	7.81

(一)		10 秒	8.63	7.91	9.53	8.68	9.30	8.37	7.76	7.77	7.68
		20 秒	8.79	7.90	9.56	8.44	9.34	8.26	7.81	7.98	7.75
		30 秒	8.76	7.85	9.61	8.47	9.38	8.34	7.64	7.83	7.58
	午	0 秒	8.67	8.52	8.89	8.81	8.93	8.52	7.95	7.91	7.86
5/22 (五)	早	0 秒	8.25	8.80	8.31	8.51	8.17	8.30	7.83	7.61	7.74
		10 秒	8.53	8.77	8.51	8.68	8.21	8.62	7.76	7.56	7.85
		20 秒	8.68	8.85	8.54	8.68	8.36	8.68	7.73	7.51	7.77
		30 秒	8.84	8.92	8.51	8.65	8.25	8.69	7.68	7.56	7.32
	午	0 秒	故障下午 5 時修好		7.98	7.90	7.94	7.99	7.84	7.88	7.86
5/25 (一)	早	0 秒	8.16	8.70	8.51	7.99	9.20	8.65	7.83	7.67	8.06
		10 秒	8.21	8.69	8.18	7.96	9.17	8.33	7.90	7.77	7.95
		20 秒	8.19	8.71	8.25	7.84	8.42	8.09	7.88	7.77	7.77
		30 秒	8.17	8.81	8.14	7.85	9.57	8.03	7.88	7.83	7.85
	午	0 秒	機器故障 5/27 修好		8.12	7.93	9.36	8.88	7.95	7.96	8.01
5/29 (五)	早	0 秒	7.80	8.14	7.75	8.25	8.06	8.37	7.54	7.40	7.52
		10 秒	8.05	8.31	8.17	8.45	8.39	8.56	7.54	7.38	7.42
		20 秒	8.15	8.44	8.26	8.44	8.36	8.59	7.60	7.34	7.40
		30 秒	8.14	8.39	8.20	8.40	8.31	8.47	7.55	7.41	7.39
	午	0 秒	7.79	7.75	7.57	8.02	7.83	8.05	7.42	7.34	7.39

檢驗酸鹼值結果：

根據表一的實驗結果，總共 356 個樣品水。在標準內的有 201 個，超過標準 8.50 的有 136 個；超過 9.50 的有 19 個，大約占 44%。只有「噴式」的飲用水都符合標準，超過標準的都在「立式」甚至有超過 9.50 的，這顯示水有點太鹼了。

(二)檢驗雜質：環保署飲用水水質標準 500ppm/ml。

表二：不同飲水機的 TDS 值：環保署標準 500ppm/ml

			立地式 (一冷)	立地式 (一熱)	立地式 (二冷)	立地式 (二熱)	立地式 (三冷)	立地式 (三熱)	噴嘴式 (一)	噴嘴式 (二)	噴嘴式 (三)
1/23 (五)	早	0 秒	48	48	47	48	47	48	46	45	46
		10 秒	48	49	48	48	47	48	46	46	46
		20 秒	48	49	47	46	47	48	46	46	46
		30 秒	47	48	47	47	47	47	46	46	46
	午	0 秒	47	47	48	48	47	49	46	46	47
1/26 (一)	早	0 秒	51	47	49	49	48	49	45	43	46
		10 秒	50	48	49	49	48	48	47	46	46
		20 秒	50	47	48	49	49	48	47	46	46

		30 秒	49	47	49	48	49	48	47	46	46
	午	0 秒	47	48	47	50	49	49	45	44	45
3/2 (一)	早	0 秒	49	48	48	47	47	47	48	49	49
		10 秒	48	49	48	49	49	49	49	48	49
		20 秒	50	49	49	48	48	49	49	49	49
		30 秒	49	49	49	48	47	48	48	48	49
	午	0 秒	50	51	48	50	49	51	47	47	47
3/6 (五)	早	0 秒	48	47	46	47	48	47	47	46	47
		10 秒	48	46	46	47	48	46	47	46	47
		20 秒	48	47	46	47	48	46	47	47	47
		30 秒	48	47	47	47	48	47	47	45	47
	午	0 秒	48	50	47	50	47	50	45	46	45
5/18 (一)	早	0 秒	49	48	50	49	50	46	46	47	46
		10 秒	48	48	50	49	49	46	46	47	46
		20 秒	49	49	50	48	49	47	47	46	47
		30 秒	49	49	51	47	50	47	47	46	46
	午	0 秒	46	50	52	49	50	45	45	47	46
5/22 (五)	早	0 秒	46	45	45	46	45	46	44	44	47
		10 秒	46	44	45	44	45	46	45	45	45
		20 秒	45	46	45	45	45	45	45	45	45
		30 秒	46	45	45	45	46	45	45	45	45
	午	0 秒	故障下午 5 時修好		45	47	45	45	44	45	44
5/25 (一)	早	0 秒	45	45	45	45	45	44	44	44	46
		10 秒	46	47	45	45	45	45	44	45	44
		20 秒	46	47	45	45	45	45	43	45	45
		30 秒	45	46	45	45	44	45	43	45	43
	午	0 秒	機器故障 5/27 修好		47	48	47	49	45	44	45
5/29 (五)	早	0 秒	48	48	47	48	48	51	47	47	46
		10 秒	47	47	48	49	48	49	46	47	46
		20 秒	47	48	47	48	48	50	47	46	46
		30 秒	46	49	47	48	48	49	47	47	46
	午	0 秒	48	48	47	47	48	48	46	47	46

檢驗雜質結果：

根據表二的實驗結果，學校的飲用水的 TDS 值全在 43~51 以內，符合甚至遠低於標準！

(三)檢驗總菌落數：環保署飲用水水質規定總菌落數 100CFU/ml 以下，超過黃色註記。

表三：不同飲水機的總菌落數

			立地式(一冷)		立地式(一熱)		立地式(二冷)		立地式(二熱)		立地式(三冷)		立地式(三熱)		噴嘴式一		噴嘴式二		噴嘴式三	
測試片		秒	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
1/23 五	早	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	148	154	1220	1720	840	820
		10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24	20	46	44	71	82
		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	28	35	17	54	45
		30	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	17	13	17	18	32	33
	午	0	3	1	0	0	152	31	0	0	3	1	1	0	48	48	1200	840	600	660
1/26 (一)	早	0	0	0	1	2	5	2	151	200	0	3	0	2	800	740	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
		10	0	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0	39	40	314	580	83	107
		20	0	0	1	0	2	4	0	0	3	0	0	0	17	10	92	108	83	93
		30	1	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	12	26	74	79	60	72
	午	0	0	2	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	16	10	1260	1020	697	630
3/2 (一)	早	0	0	0	0	1	180	131	1380	1400	TNTC	TNTC	1200	1464	327	277	1780	1060	TNTC	TNTC
		10	0	0	0	0	30	37	2	2	560	560	0	1	30	32	97	82	273	254
		20	0	0	0	0	21	21	0	0	165	120	0	0	16	34	39	24	210	105
		30	0	0	0	0	18	19	0	0	118	63	0	0	16	38	27	22	193	96
	午	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1710	TNTC	0	0	19	36	94	89	1050	1140
3/6 (五)	早	0	0	1	0	1	248	284	7	12	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	138	127	102	110	TNTC	TNTC
		10	0	0	0	0	24	23	0	1	TNTC	TNTC	0	0	18	12	14	19	206	209
		20	0	0	0	0	29	41	0	0	TNTC	TNTC	0	2	20	16	6	4	105	128
		30	0	0	0	0	21	20	1	0	TNTC	TNTC	1	0	10	14	4	2	109	64
	午	0	0	0	0	0	15	160	0	0	TNTC	TNTC	250	720	41	45	20	35	1220	1200
5/18 (一)	早	0	0	0	0	0	3	3	0	0	TNTC	TNTC	1	2	360	400	1800	1220	TNTC	TNTC
		10	0	0	0	0	7	4	0	0	1220	1800	0	0	57	60	47	56	560	480
		20	0	0	0	0	0	0	0	0	760	700	0	1	40	44	43	53	600	460
		30	0	0	0	0	0	0	1	4	640	500	0	0	38	33	43	40	192	220
	午	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	43	60	520	560	1100	1000
5/22 (五)	早	0	TNTC	TNTC	294	318	TNTC	TNTC	371	306	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	310	370	82	60	TNTC	TNTC
		10	TNTC	TNTC	0	1	600	560	2	3	TNTC	TNTC	1	1	44	49	80	85	330	90
		20	TNTC	TNTC	0	0	378	406	4	2	TNTC	TNTC	0	1	46	32	71	62	235	200

		30	TNTC	TNTC	0	1	260	220	1	0	TNTC	TNTC	1	0	36	45	78	67	105	67
	午	0	故障下午 5 時修好				411	406	0	0	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	61	66	159	133	TNTC	TNTC
5/25 (一)	早	0	TNTC	TNTC	0	0	0	0	0	0	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	272	225	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
		10	TNTC	TNTC	0	0	0	0	0	0	392	378	3	1	24	33	730	620	TNTC	TNTC
		20	TNTC	TNTC	0	0	0	0	1	0	208	189	0	2	35	23	760	572	888	872
		30	TNTC	TNTC	0	1	0	0	0	0	99	74	5	2	27	22	33	25	637	648
	午	0	機器故障 5/27 修好				2	3	1	4	31	12	0	0	77	122	TNTC	TNTC	490	424
5/29 (五)	早	0	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC	0	0	180	188	TNTC	TNTC	TNTC	TNTC
		10	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	23	30	TNTC	TNTC	880	800
		20	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	28	32	TNTC	TNTC	275	360
		30	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	30	40	TNTC	TNTC	167	169
	午	0	TNTC	TNTC	0	1	TNTC	TNTC	0	0	TNTC	TNTC	0	0	72	76	TNTC	TNTC	700	930

註：根據測試片的判讀手冊，數量太多而無法計算的被稱為 TNTC

檢驗總菌落數結果：

根據表三的實驗結果，總共 356 個樣品水。在標準內的有 262 個，超過標準的有 94 個，大約占 26%。超標情形會集中在特定的幾台飲水機或時間。「噴式」更是遠超過標準，讓人可怕！

目的二、不同飲水機的水質是否會有差異呢？

(一)酸鹼值：

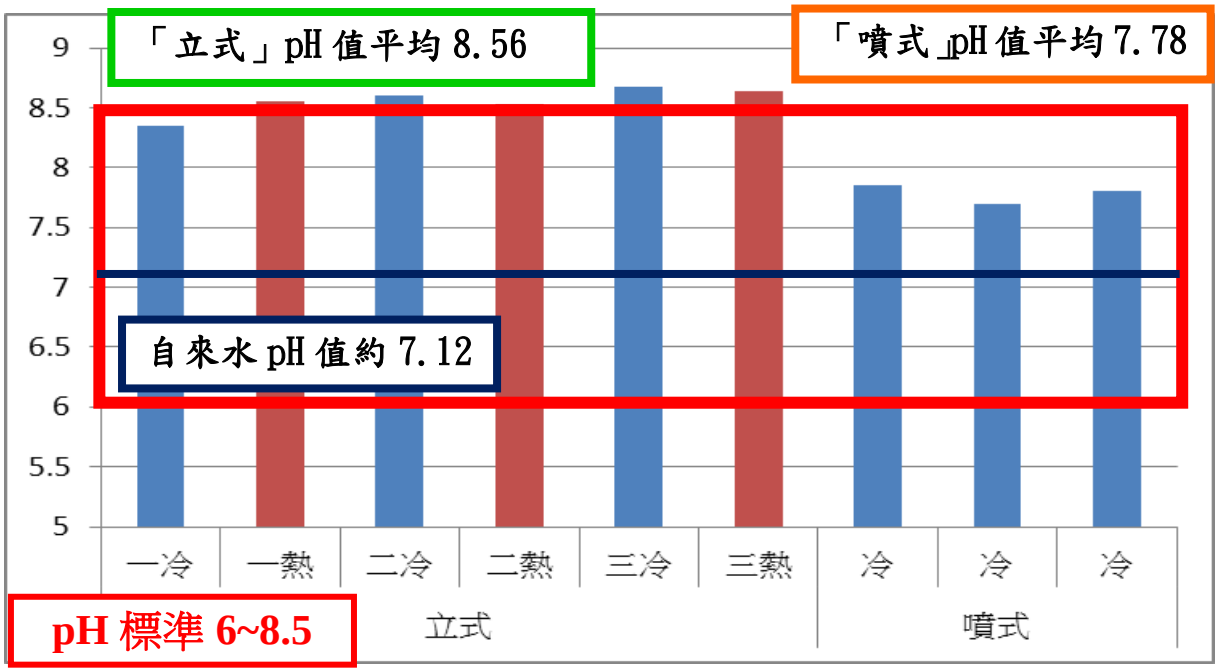


圖 4：不同飲水機的酸鹼值

結果：

根據圖 4，「立式」(一)熱、(二)和(三)明顯偏鹼並超出標準；「噴式」的水是由中央系統供水，全部合乎標準，酸鹼值集中在 7.5 – 8.0。

討論：為什麼水經過飲水機後酸鹼值會不同？

學校中央供水系統的設計，「立式」和「噴式」飲水機的來源都是自來水，我們測量自來水的 pH 值大約是 7.12，經過中央系統加熱流到「噴式」後 pH 值平均 7.78，再到「立式」加熱後 pH 平均 8.56，經過兩階段的升高，飲水機 pH 平均數都明顯比自來水高。從表一和圖 10 可以看見「立式」的冷水比熱水更鹼。我們一再研究和討論有可能是因為以下三種因素。**經過實驗排除 1，請教專家有可能讓熱水變鹼原因是 2、冷水更鹼原因是 3。**

1. **水經過活性碳後水變更鹼：**剛開始我們去問學校的淨水公司，他們說水經過活性碳出來會偏鹼。我們再上網查資料，知道活性碳是以椰子殼(植物)燒成 pH 值在於 9~11，是天然鹼性。所以我們設計實驗來證實，看看對不對？

活性碳實驗目的：水經過活性碳是不是會讓水增加酸鹼值，水中餘氯的含量會不會改變。

步驟：取自來水 300ml，100ml 測氯、200ml 分別測量活性碳過濾一次和二次後水質。

結果：由表四發現，水經過活性碳過濾後酸鹼值差異不大，而且過濾次數對酸鹼值影響不大，**無法證明飲水機是因為經過活性碳而變鹼。氯經過活性碳後數值變成 0。**

表四：經過活性碳的酸鹼值和氯的變化

水的性質	自來水	過濾 1 次	過濾 2 次
酸鹼值	7.12	7.22	7.16
氯	0.6	0	0

2. **加熱讓飲水機裡的二氧化碳釋出讓水比較鹼：**加熱使二氧化碳對水的溶解度越熱越低，造成二氧化碳跑掉，水的酸性下降，鹼性增加。**「立式」因為有提供熱水，不足 90℃就啟動再沸騰，反覆加熱過程，讓酸鹼值更高。**

3. **飲水機裡的鍋垢溶出讓冷水鹼性增加：**飲水機裡冷溫水槽設定每週加熱一次，形成難溶於水的 $CaCO_3(s)$碳酸鈣，就是鍋垢。晚上和週末冷溫水槽的冷水在靜止的狀態下，鍋垢在水中達溶解平衡，因為碳酸根離子把水中 H^+抓走，留下 OH^- 是鹼性，**冷水容易更鹼**。

(二)雜質

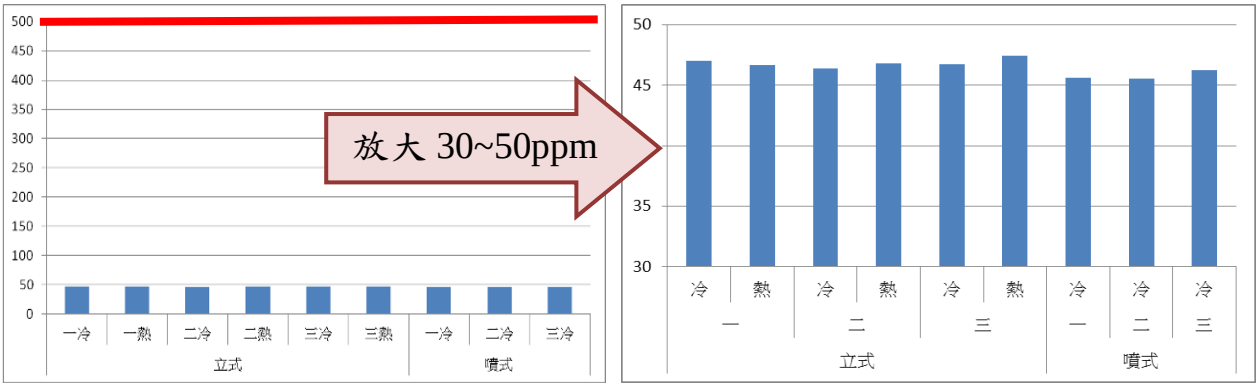


圖 5：不同飲水機的 TDS

結果：根據圖 5，每一臺「立式」和「噴式」TDS 的平均數都符合標準，兩者平均數相差，差異很小，但很奇怪所有「立式」所都比「噴式」高一點點。

討論：「立式」的 TDS 為什麼都比「噴式」高？

經過討論和查資料發現「立式」和「噴式」都是經過相同 1 微米孔隙的過濾器，雜質應該相同。而「立式」內部又有一組過濾器，孔隙是 5 微米比較大。只能推測可能因為中央系統送水管加壓，水流沖刷管壁產生雜質或者「立式」管槽內加熱與放涼的程序中造成。

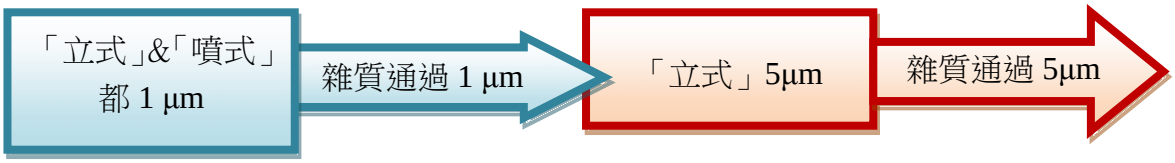


圖 6：「立式」和「噴式」過濾孔隙和出水雜質大小

(三)總菌落數：

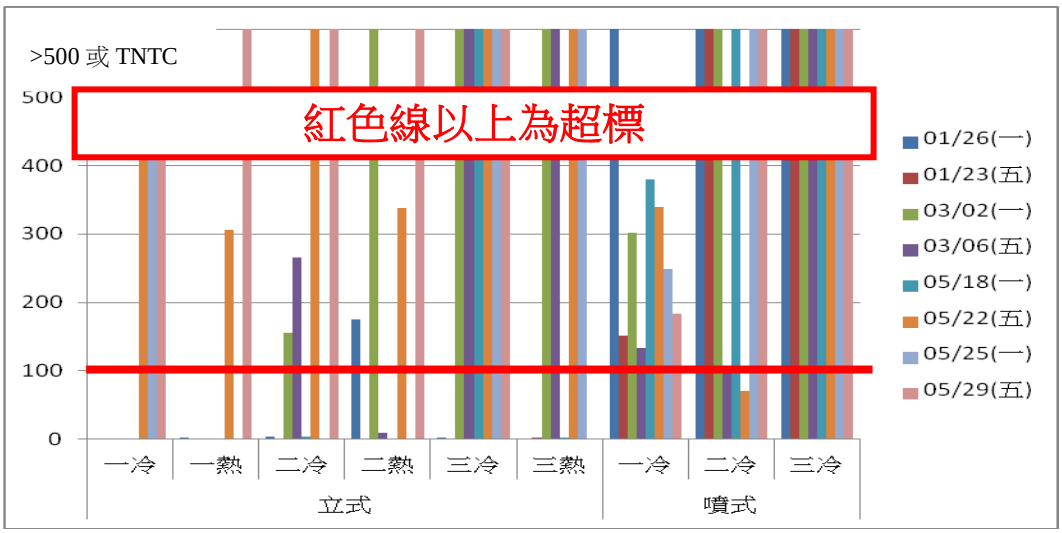


圖 7：不同飲水機的總菌落數

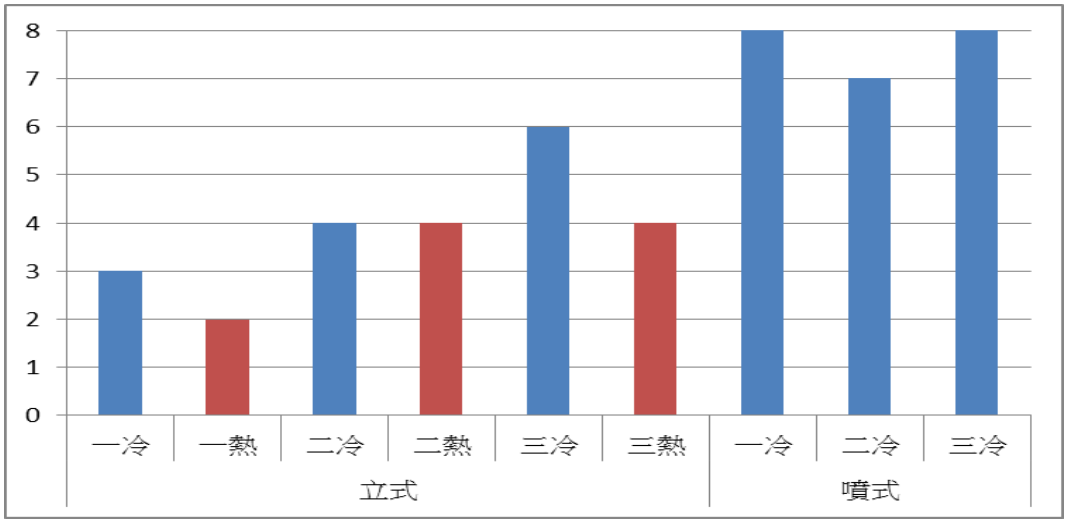


圖 8：不同飲水機的總菌落超標次數

結果：

根據圖 7 我們計算飲水機總菌落數超過 100CFU/ml 的次數，由圖 8 發現「噴式」的總菌落數值明顯比「立式」的高，表示「立式」還是比較乾淨一點。

討論：為什麼「噴式」的總菌落數比「立式」高？

經過我們進一步觀察和討論，發現設計上的差異和使用率影響總菌落數。

1. 加熱程序：「立式」經過高溫殺菌後才出水，所以總菌落數較低

大部分的細菌在溫暖(約 20~45℃)潮濕的地方容易生長，因此透過高溫煮沸可以抑制生長，降低總菌落數。「噴式」和「立式」的飲用水都會先在中央供水系統進行第一次的高溫煮沸，冷卻後的水直接被「噴式」使用容易在管槽間滋長含菌較多。而「立式」因為有提供熱水，會在飲水機內部再進行一次高溫消毒才出水不會有細菌。

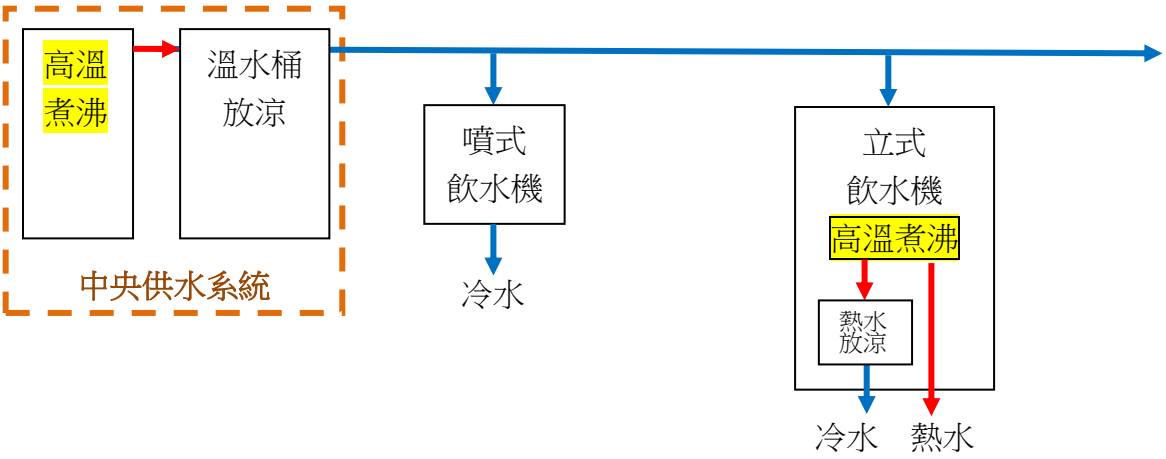


圖 9：學校供水系統示意圖

2. 出水口設計：「噴式」出水口朝上，易積水而產生細菌孳生

「立式」出水口朝下且被包覆	「噴式」出水口朝上

目的三、水溫會影響水質嗎？

(一)酸鹼值：

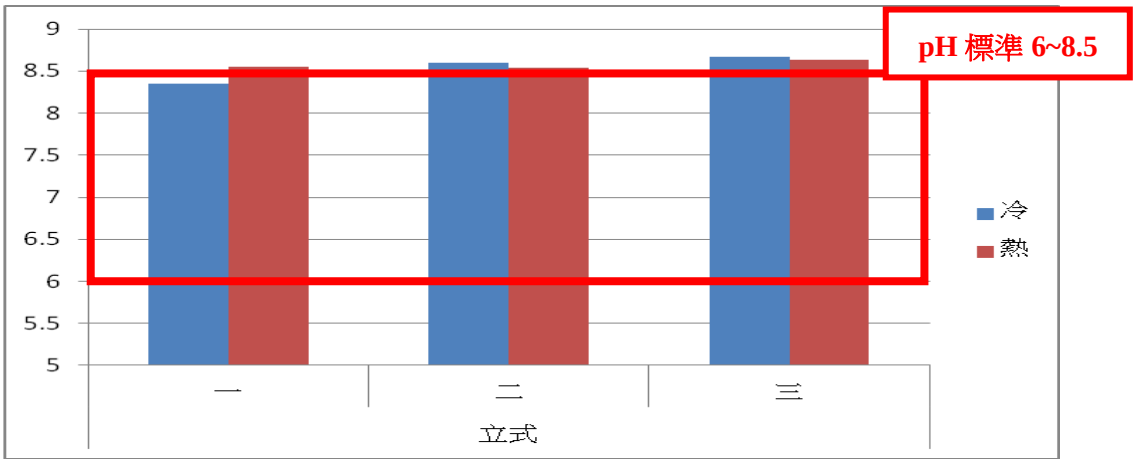


圖 10：「立式」飲水機早上 0 秒冷熱水的酸鹼值平均數

結果：圖 10 顯示，「立式」(一)熱水比冷水高；「立式」(二)(三)冷水比熱水高，都差距不大。

(二)雜質：

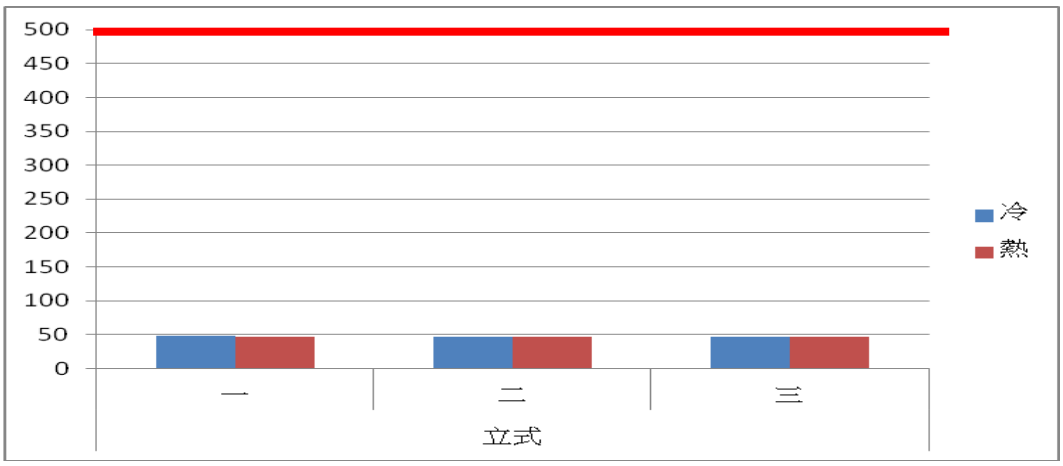


圖 11：「立式」飲水機早上 0 秒冷熱水的 TDS 值

結果：根據圖 11，三台「立式」冷熱水的雜質變動都不大，而且都符合台灣標準。

(三) 總菌落數

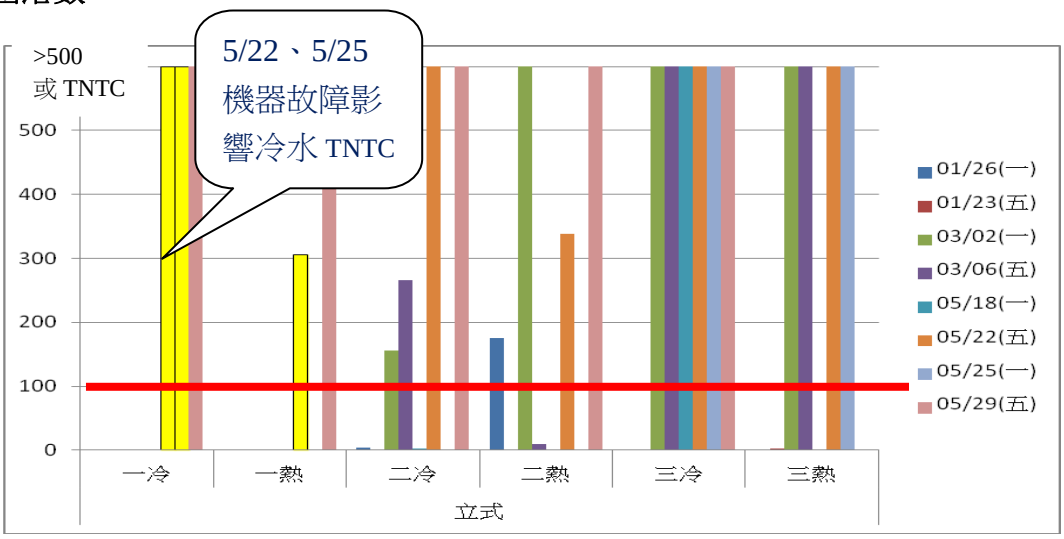


圖 12：「立式」飲水機早上 0 秒冷熱水的總菌落數

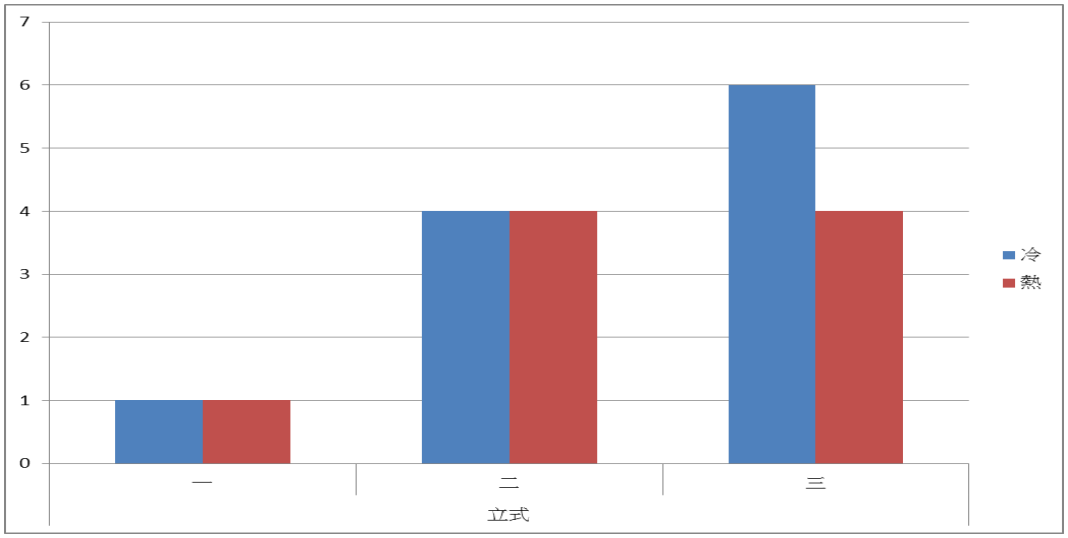


圖 13：「立式」飲水機早上 0 秒冷熱水的總菌落數超標次數

結果：根據圖 12 和圖 13

1. 「立式」(一)的冷熱水都只超過標準一次，可能因爲冷熱水使用率很高。
2. 「立式」(二) 冷熱水都超過標準四次，比「立式」(一)次數多。可能是因爲低年級學生班級數少、只上半天課喝家裡帶來的水就夠了，熱水只有老師在使用，冷熱水使用率低，總菌落數就偏高。
3. 「立式」(三) 這台科任教室前的飲水機老師和學生都不用，使用率太低，不管冷熱水都一樣髒，總菌落數在沒放流的情況下高的驚人，冷水放流也沒辦法降低總菌落數。

討論：「立式」(一)故障兩次造成的總菌落數變化

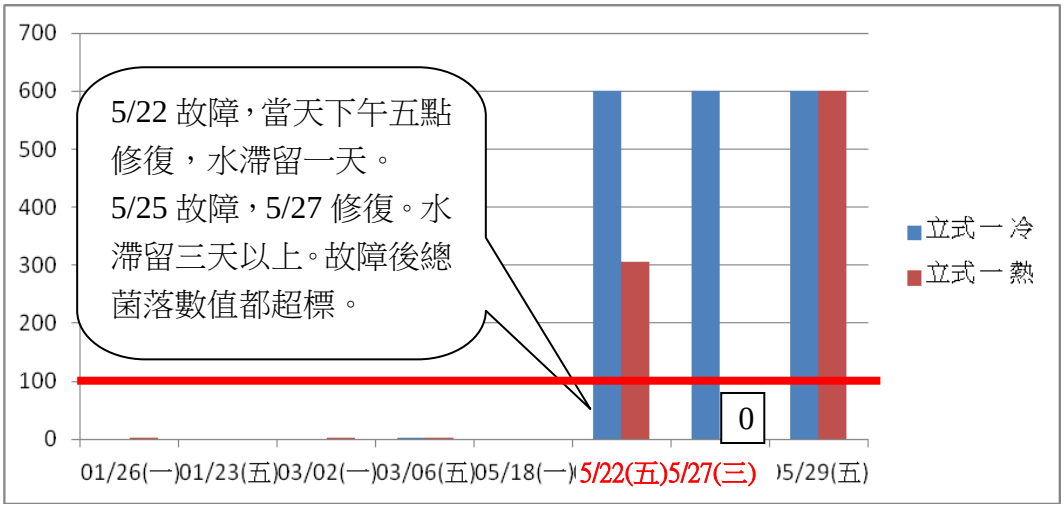


圖 14：「立式」(一)飲水機早上 0 秒冷熱水的總菌落數超標次數

圖 14，「立式」(一) 5/22、5/25 機器故障，修復後沒有清空孳生細菌的冷水槽造成 TNTC。一般來講熱水加熱有殺菌的功能不應該有細菌，冷水總菌落數高，可能是水冷卻過程中在管槽或出水口孳生細菌。長假過後也需要清空儲水槽重新加熱殺菌。熱水 0 秒總菌落數高，可能是使用率低。從熱水槽到出水口間滯留水的溫度降低，容易孳生細菌，不能代表熱水品質差。5/29 氣溫升高到 32 度，結果當天的早上所有飲水機 0 秒冷熱水總菌落數大多是 TNTC。全部冷水放流到 30 秒還是 TNTC。

目的四、學校的飲用水水質在不同時間會不一樣嗎？

(一) 比較星期一和星期五的水質

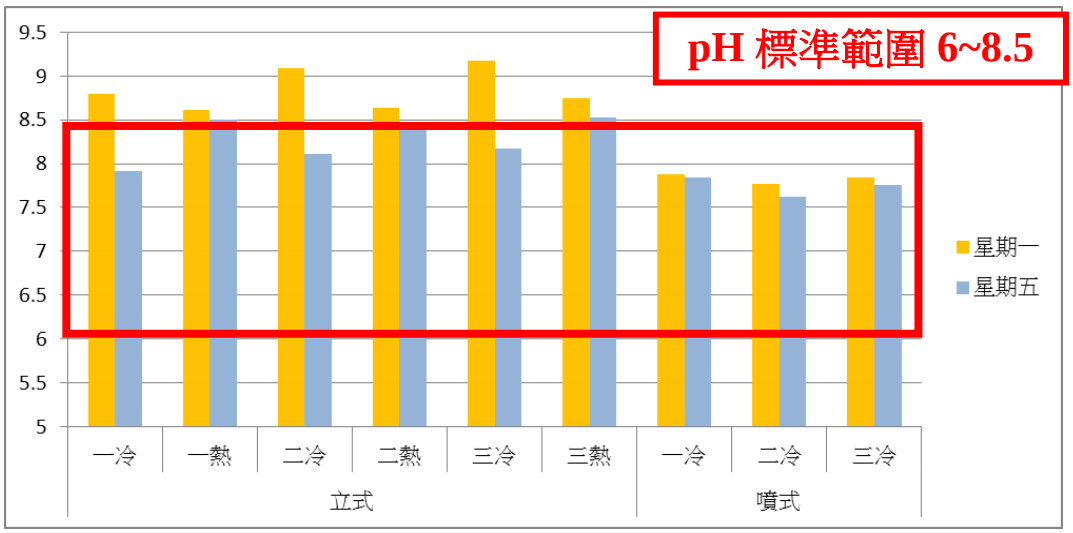


圖 15：飲水機在星期一和星期五早上 0 秒的酸鹼值

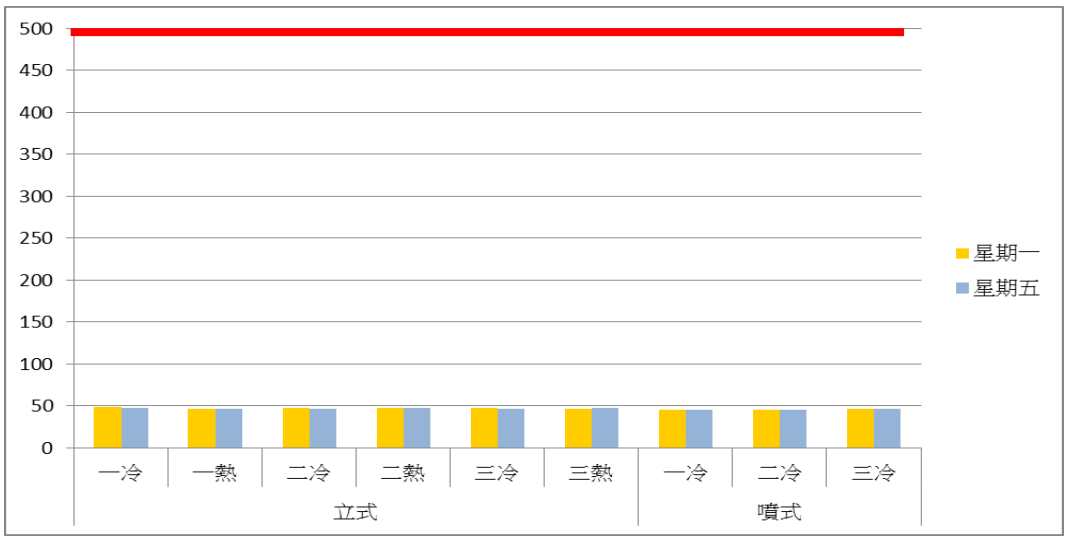


圖 16：飲水機在星期一和星期五早上 0 秒的 TDS 值

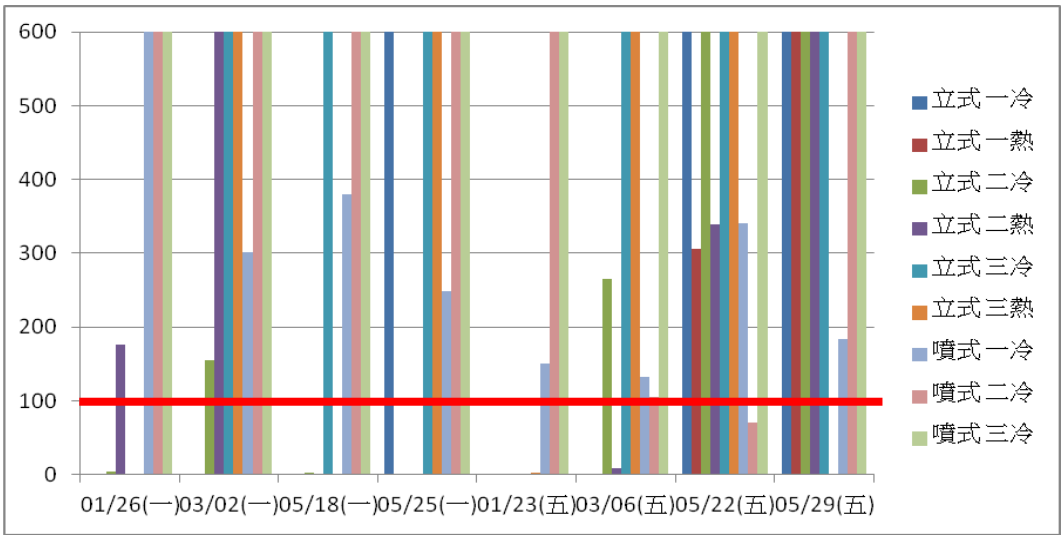


圖 17：飲水機在星期一和星期五早上 0 秒的總菌落數

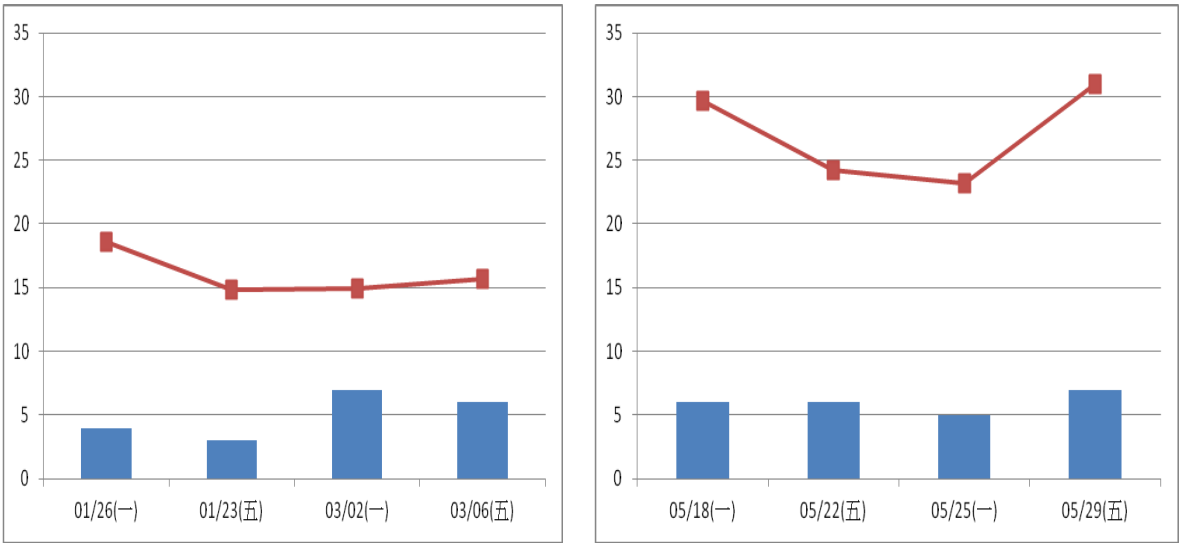


圖 18、19：星期一和星期五早上 0 秒的飲水機總菌落數超標次數與氣溫關係圖

結果：

1. **酸鹼值**：根據圖 15，星期一比星期五高，「立式」數值差異大，可能是因為冷溫水槽設定每週加熱一次，形成的鍋垢週末長時間浸泡在冷水中，鍋垢溶出造成水質更鹼；「噴式」的水是由中央系統供水，全部合乎標準，酸鹼值集中在 7.5 ~ 8.0。
2. **TDS 值**：圖 16 中，每一臺飲水機星期一和星期五 TDS 平均數都符合標準幾乎沒有差異。
3. **總菌落數**：根據圖 17 算出總菌落數的超標次數，做出圖 18 和圖 19 我們可以發現兩種相反的結果，1/23~3/6，5/18~5/29 超標次數星期五比星期一高。

討論：圖 18，1/26~3/2 和圖 19，5/18~5/29 的結果為什麼會相反？

1/23~3/6 的結果是合理的。因為星期一的水是滯留在水管中三個晚上，星期五是一個晚上，水有可能因為長時間沒被使用而在水管內孳生細菌。但是 5/18~5/29 星期五高於星期一的結果，讓我們都想不通，後來想到 5/29 那天的氣溫好像很高，而且除「立式」(三)以外，每一臺飲水機的冷熱水，都是 TNTC，這讓我們懷疑可能和天氣變熱有關，後來查中央氣象局的校園氣象站， 5/18~5/29 氣溫 24~32℃ 比 1/23~3/6 氣溫 14~18℃ 升高很多，推測氣溫低，水滯留影響細菌孳生，超標數星期一比星期五高；不管哪一天，氣溫升高讓細菌孳生速度更快就直接影響當天冷熱水的總菌落數跟著起伏。

(二)比較早上和下午的水質

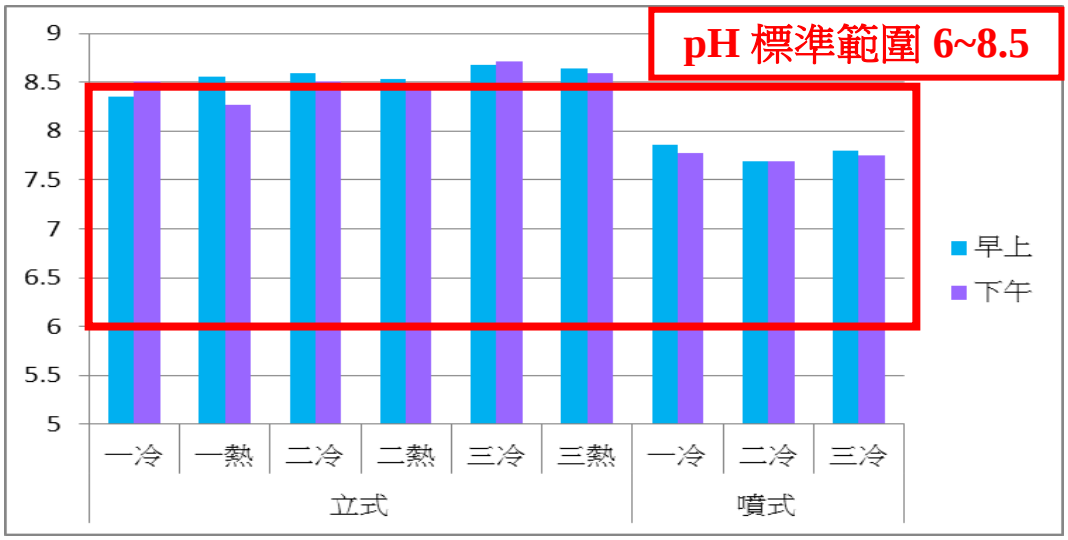


圖 20：飲水機在早上和下午的酸鹼值

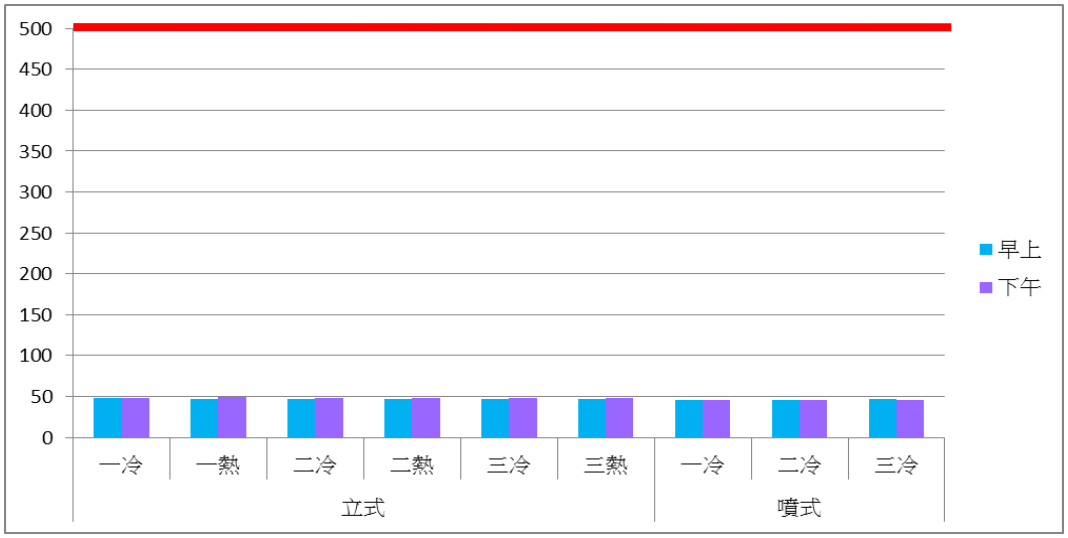


圖 21：飲水機在早上和下午的 TDS 值

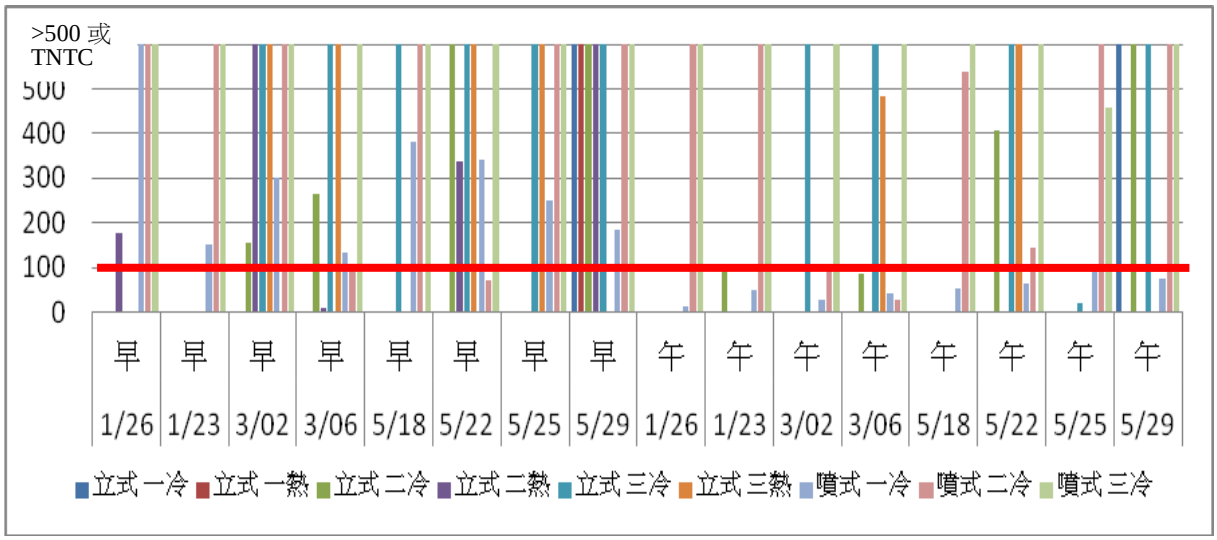


圖 22：飲水機在早上和下午的總菌落數

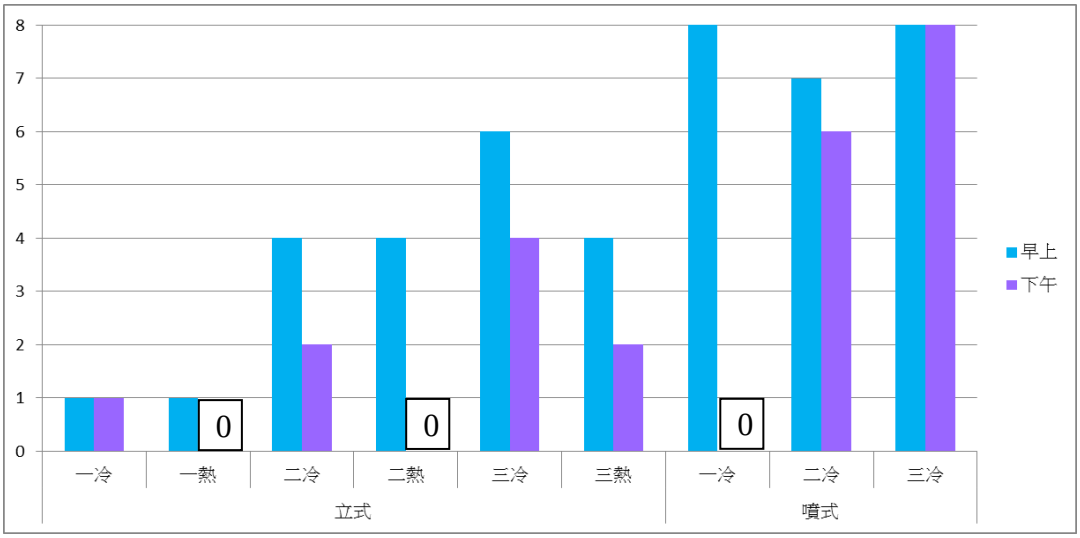


圖 23：飲水機在早上和下午的總菌落數超標次數

結果：

1. **酸鹼值**：從圖 20 看來，每一臺飲水機早上和下午差異不大。「噴式」合乎標準且集中。
2. **TDS 值**：根據圖 21，每一臺飲水早上和下午 TDS 的平均數都符合標準，幾乎沒有差異。
3. **總菌落數**：根據圖 22、23，「立式」(一)和「噴式」(三)早上和下午的超標次數一樣，無法比較，但是意義不同。「立式」(一)早午都超標一次，表示「立式」(一)乾淨；「噴式」(三) 早午都超標 8 次，表示「噴式」(三)很髒。其他飲水機超標次數早上都比下午多。代表經過一天的使用下午的水比早上乾淨。飲水機的使用率影響它的總菌落數。

目的五、放流可以改善水質嗎？如果是，要放多久呢？

下面三組圖可以看到各飲水機的水質，從 0 秒到 10 秒到 20 秒再到 30 秒的變化。

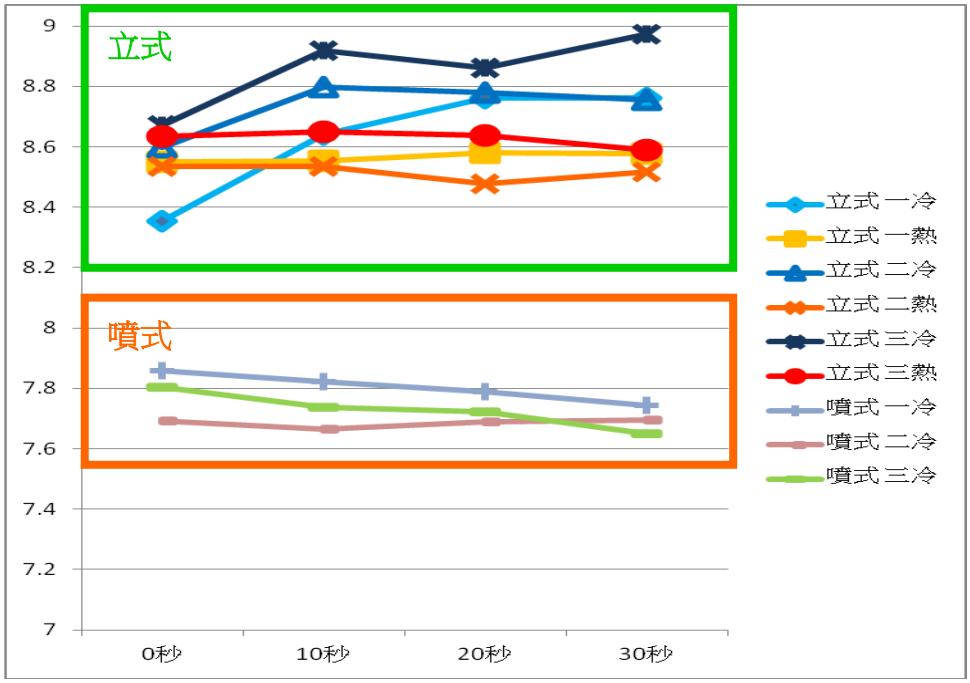


圖 24：飲水機在放流 0、10、20、30 秒數時的酸鹼值

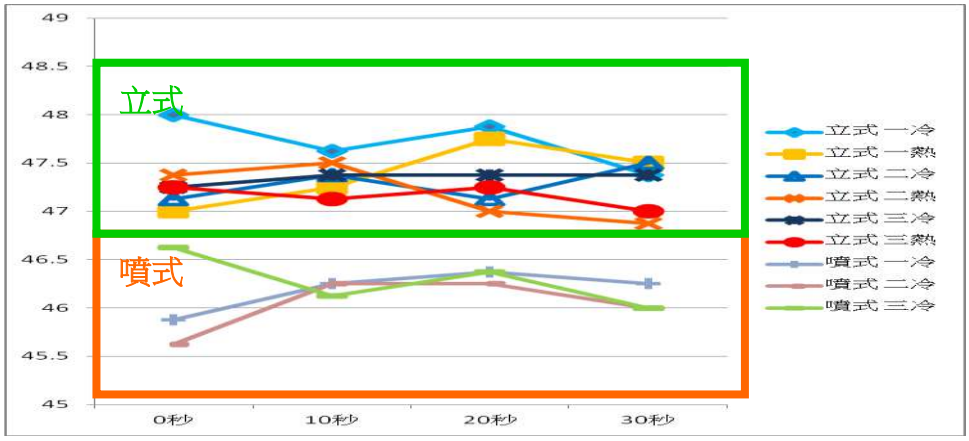


圖 25：飲水機在放流 0、10、20、30 秒數時的 TDS 值

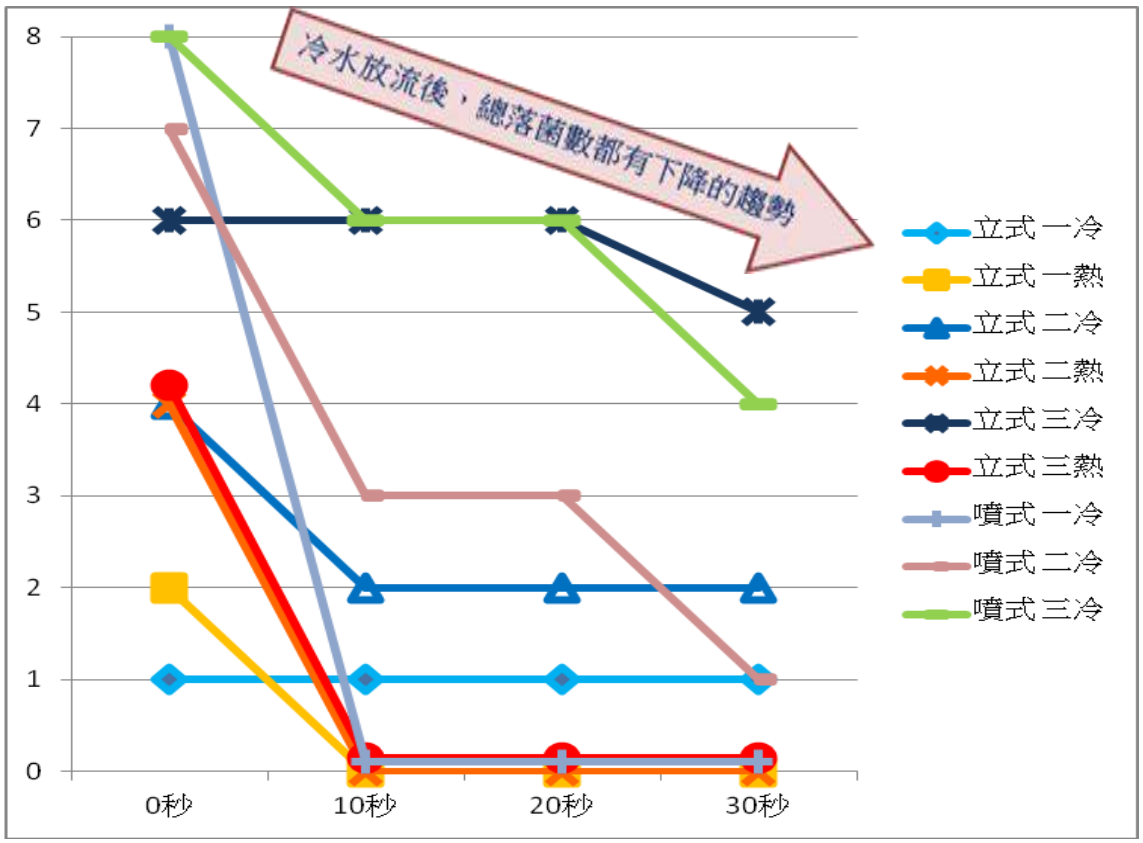


圖 26：冷水在放流 0、10、20、30 秒數時的總菌落數超標次數

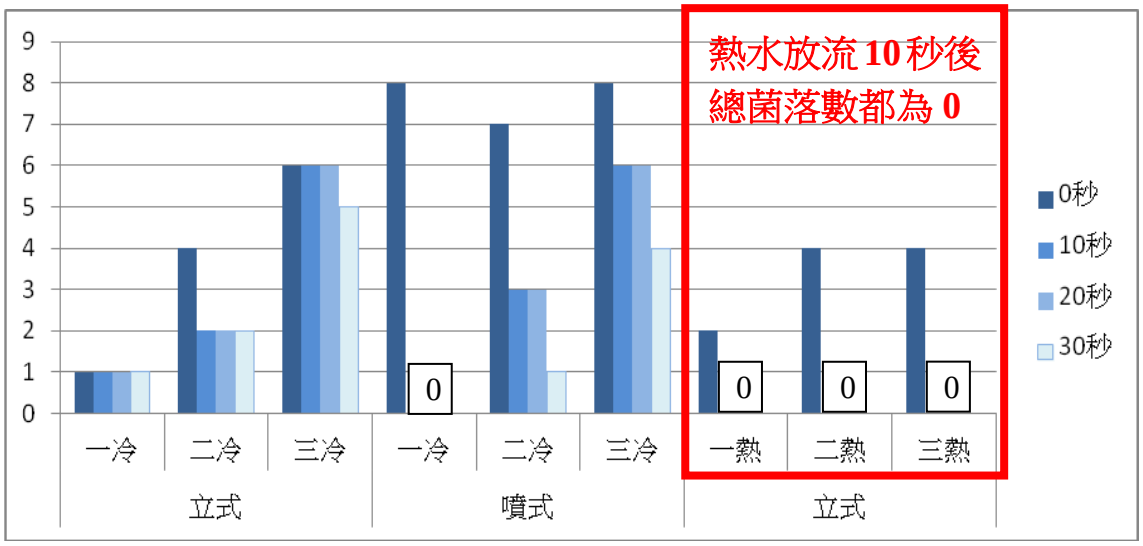


圖 27：冷熱水放流 0、10、20、30 秒數時的總菌落數超標次數

結果：

1. **酸鹼值和雜質**：根據圖 24 和 25，放流後差異不大，「立式」和「噴式」各自有它的範圍。
2. **總菌落數**：根據圖 26，「立式」冷水經過放流總菌落數超標次數有下降趨勢。根據圖 27，「立式」熱水放流效果顯著，0 秒到 10 秒的總菌落數減少得最明顯，直接降到 0。另外，我們也覺得冷熱水 0 秒總菌落數高，不能代表品質差，放流可以避免喝到不乾淨的水。

柒、討論

一、如何製作培養細菌的定溫培養箱？

我們最初遇到的難題就是要找一個只有專業的實驗室才有的「定溫培養箱」，上網也找不到解決方法，後來經過一位工程師伯伯的指教，我們才知道可以自己動手做一個保麗龍保溫箱。**第一層用玻璃魚缸；第二層用保麗龍保溫箱；第三層大紙箱**。裡面用玻璃魚缸原因，能看到裡面保溫狀況。第一次研究用的玻璃魚缸太小，所以我們向別的老師借比較大的，結果還是太小，最後用的是老師的教具玻璃魚缸。增加保麗龍箱和紙箱是為了盡量保持恆溫。因為找不到大的保麗龍箱，我們就自己裁保麗龍，用膠帶將保麗龍箱的縫隙黏起來，製作一個蓋得住玻璃魚缸的保麗龍箱。細菌生長的最佳溫度是 35~37 度，所以我們用斷電器與電燈來調節溫度，將斷電器調整成 35 度開啟電源，到 36 度就關閉電源，藉著電燈發熱來提供溫度。

二、為什麼有的飲水機，每一次取水總菌落數都很高？

如果是早上或下午 0 秒取水結果 TNTC，顯示取水前的使用率不高。一位在水處理公司上班的伯伯告訴過我們，**水在不流動的水管裡，最容易讓細菌孳生，特別是那些過濾後已經被除氯還停留在飲水機內的水**。水有可能因爲長時間沒被使用而在水管內孳生細菌。汙染飲用水的細菌的來源，無論中央系統或「立式」都不是密封設備，當燒好的熱水流到溫水槽，水位下降細菌隨空氣進入飲水機內，水停滯過久，容易形成細菌生物膜就成為汙染源。

三、對於飲水機擺放的位置、機器設計和管理的建議

「立式」飲水機必須放在人很多的地方，提高使用率，飲水機內的水流動多就不容易長細菌。不需要為了讓每個人去拿水要走的距離差不多，把飲水機平均安放在整個場所或者是每一層樓都放，也可以適當的減少飲水機數量讓大家集中使用。本研究顯示**使用的人少，就算裝了飲水機，水也不乾淨，就算機器很新(立三)也沒用。**淨水器在出水口前有紫外光殺菌設備和定期更換濾心可以避免管線汙染。統一規定假期後放流 20 秒也能避免喝到不乾淨的水。機器保養方面可以設定溫冷水槽上班前煮沸，也可以在週末設定放完槽內水再煮沸，熱水消毒是安全有效的方法。

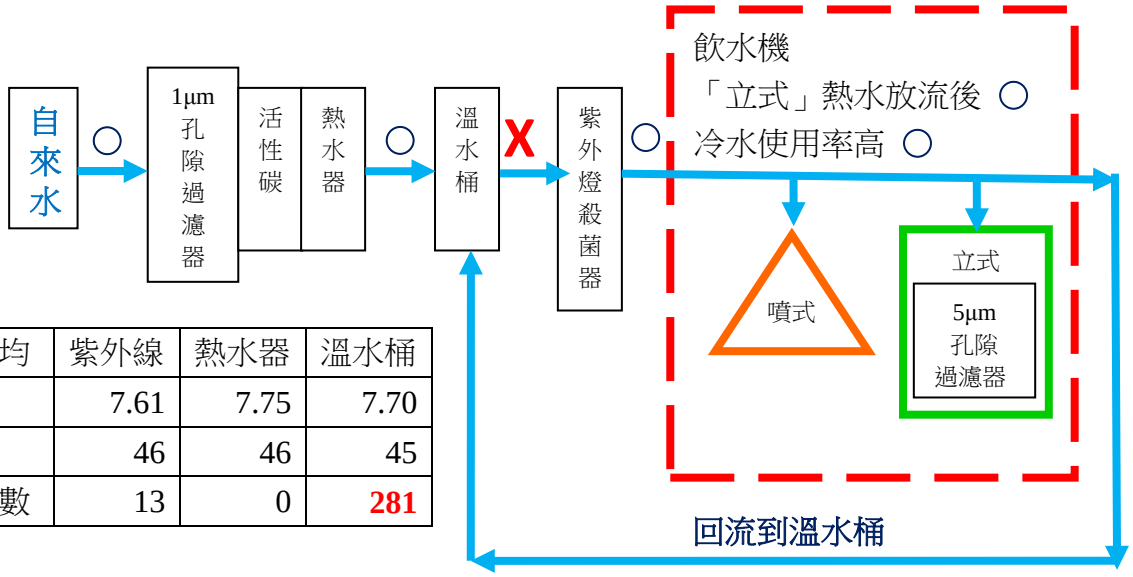
四、同一部直立飲水機為什麼冷水的酸鹼值比熱水高？

在實驗過程中，我們遇到許多問題，例如：當我們發現**冷水和熱水的酸鹼值不同**，我們

會努力的上網找答案，雖然網路上說的有點複雜，我們看不太懂，但經過老師幫忙解釋後，我們才知道溫度也會影響酸鹼值呢！水的溫度越高，酸鹼值就會越低。後來發現測量熱水時水已經變涼，那麼酸鹼值並不是因為溫度而不同改變。就像這樣常常想錯，又從新找答案。但是，我們還是有很多問題沒有找到答案，比如說當我們看到實驗結果「立式」的酸鹼值普遍都超過標準 8.5，甚至有超過 9.5 時，我們上網也找不到答案這到底會不會對我們身體造成不好的影響，因爲在網路上看到很多報導關於**喝鹼性水的好處，但同時也有不少專家說喝太鹼的水對身體不好，到底哪個才是正確的呢？**我們請教過教授，他告訴我們 pH 值高會影響到口感，要到 10 以上(甚至更高)才可能影響健康。但水質安全要考慮很多因素，單純 pH 難以斷定水質是否安全，目前仍缺乏足夠的資訊來回答這個問題。

五、學校供水系統如何降低總菌落數？「立式」和「噴式」的汙染來源如何產生？

做完研究，我們看到學校很用心的設計整個飲用水系統，用各種方法讓飲用水安全。如果飲用水含菌量比較低的用〇表示；可能受汙染的用 X 表示，我們用圖 29 可以說明學校在整個系統中總菌落數的變化。自來水雖然未煮沸和熱水煮沸後效果差不多，細菌的產生在於空氣進入溫水桶，桶內再降溫，飲用水循環回流靠紫外線消毒器，可惜「噴式」在管線內和出水口都可能被汙染，室外汙染更嚴重；「立式」熱水放流後〇冷水使用率高也是〇。但是氣溫提升冷水放流 30 秒也不乾淨。



測量平均	紫外線	熱水器	溫水桶
酸鹼值	7.61	7.75	7.70
TDS	46	46	45
總菌落數	13	0	**281**

圖 29：學校供水系統總菌落數變化圖

捌、結論

一、學校的飲用水要如何檢驗呢？水質如何？

(一)本研究採用的水質標準是酸鹼值、雜質(TDS)和總菌落數。

(二)酸鹼值和雜質用儀器測量，總菌落數用 2 片測試片培養 48 小時記錄菌落數算出平均數。

(三)取水和檢驗避免樣品汙染。酸鹼值「噴式」都符合標準，超標率約 44%都在「立式」，顯示水太鹼了；TDS 值在 43~51，遠低於標準；總菌落數超標率 26%，「噴式」超標嚴重。

二、不同飲水機的水質是否會有差異呢？

(一)大部分「立式」酸鹼值超出標準且偏鹼；「噴式」全部合乎標準，集中在 7.5-8.0。「立式」反覆加熱的過程中，飲水機裡的二氧化碳釋出，讓水的酸性下降，造成鹼性更高。

(二)「立式」和「噴式」的 TDS 值都符合標準，因為濾心孔隙不同，「立式」雜質高一點。

(三)「立式」經過高溫殺菌後才出水，而且出水口朝下不容易積水而孳生細菌，總菌落數較低。

三、水溫會影響水質嗎？

(一)酸鹼值「立式」(一)熱水比冷水高；「立式」(二)(三)冷水比熱水高，都差距不大。「立式」(二)(三)冷水比熱水高一點點，可能冷水槽鍋垢溶出。

(二)冷水和熱水的 TDS 值都符合標準。

(三)水溫和使用率是影響總菌落數的主因。高使用率和熱水煮沸消毒、都可以降低總菌落數。機器故障和長假過後，需要清空儲水槽重新加熱殺菌。

四、學校的飲用水水質在不同時間會不一樣嗎？

(一)酸鹼值每一臺星期一比星期五高，「立式」差距大，因為週末鍋垢溶出造成冷水更鹼。TDS 值都符合標準，幾乎沒差異。氣溫低，水滯留的時間影響細菌孳生，超標次數星期一比星期五高；氣溫升高讓細菌孳生速度更快就直接影響當天冷熱水的總菌落數。

(二)酸鹼值早上和下午差異不大。大部分飲水機的超標次數早上比較多。代表經過使用一天，下午的水比早上乾淨。使用率高讓總菌落數降低。

五、放流可以改善水質嗎？如果是，要放多久呢？

(一)酸鹼值和雜質經過放流差異不大，「立式」和「噴式」各自有它的範圍。

(二)冷水放流後總菌落超標數有下降趨勢。熱水放流效果顯著，0 秒到 10 秒減少得最明顯。

玖、心得與展望

實驗過程，讓我們了解到了「一絲不苟」的科學精神，我們不但要用無菌的樣品瓶和吸管做實驗，而且還要用完一次就要丟掉，我們本來都覺得很不環保，但我們認識的一位博士伯伯說：「做實驗時，實驗結果的準確性比環保重要」。

做完研究，我們覺得飲水機是現代人上班上課的喝水來源，自來水廠的水是符合標準，但是為了讓很多人能大量使用或追求更好的水質和口感，我們裝了飲水機。活性碳除臭除氯下，反而容易讓細菌生長。經過飲水機出來的水偏鹼(8.5-9.0) 倒是符合健康訴求的潮流 (中和酸性體質)，電視廣告鹼性水 9.0 不必花錢買，飲水機出來就差不多這個酸鹼值。但是這種因為重複加熱越燒越鹼的水雖然是鹼性水，成分會和一般所說「健康鹼性水」相同嗎？這可以研究一下。飲水機出來的鹼性水也不是像網路上所說是經過活性碳才變成鹼性。

如果飲水機是經常要用到，我們應該聰明的使用它。採用中央供水的噴嘴式飲水機不容易保持管線清潔，我們後來觀察到加壓機必須整天運作也很浪費電。安裝立地式飲水機的位置，觀念應該修改，不是遍布在場所內每個位置，應該是放在最多人會去取水的位置，甚至。所以按時換濾心和假期後放流都是簡單有效的方法。

本研究看到氣溫和空氣汙染對飲用水的影響，高溫的夏天該怎樣改善總菌落數劇增的情況？清理飲水機內的水槽能改善冷水汙染的情形嗎？能維持多久呢？喝剩的水可以再用嗎？是哪些因素，或生活中我們的習慣會影響我們喝的水質？例如：我們水壺、水杯喝一半一直放著，水質會怎樣？放多久會怎樣、喝一次放著、喝兩次放著會怎樣？水壺刷的次數不同會怎樣？這些是我們在研究中又產生的疑問也是未來可以再研究的。

拾、參考資料及其他

1. 全國環境水質監測資訊網・水質監測業務介紹・相關詞彙及定義・總溶解固體 (Total dissolved solids • TDS)的定義 ・2013 年 10 月 15 日・取自：http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/Business/Vocabulary.aspx
2. 嵐豐貿易有限公司・Aerobic Count Plate 總菌落數快速檢驗測試片判讀及操作說明・嵐豐貿易有限公司網站・2014 年 10 月 5 日・取自：http://www.lamfong.com/Aerobic 中文.pdf

3. 3M Microbiology Petrifilm 判讀手冊・台灣・美商 3M 台灣子公司
4. 微生物學實驗・第九章：微生物檢定方法與技術 1-9 頁・國立屏東技術大學網站・取自：http：//openinfo.npust.edu.tw/agriculture/npus12/bb/ch9/agr2ch9.pdf
5. 台灣維基（2013 年 10 月 5 日）TDS 筆・取自：http://www.twwiki.com/wiki/TDS%E7%AD%86 行政院環境保護署（2013 年 11 月 15 日）全國環境水質監測資訊網・常見問題・取自：http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/QA/QA.aspx
6. 行政院環境保護署飲用水全國資訊網・飲水安全報你知・飲用水水質相關問題 2013 年 11 月 15 日・取自：http://dws.epa.gov.tw/drinkwater/index-4.html
7. 行政院環境保護署・環保署飲用水水質標準・2014 年 1 月 9 日・取自：http//ivy5.epa.gov.tw/epalaw/docfile/090040.pdf
8. 台灣自來水公司・FAQ 常見問題・2014 年 2 月 11 日・取自：http：//www.water.gov.tw/pda/04faq/faq_a.asp?bull_id=6149
9. 附錄一、酸鹼度測定計 - 臺灣大學化學系・酸鹼度測定劑・2014 年 10 月 22 日・取自：www.ch.ntu.edu.tw/~camp/camp95/1_pHmeter.pdf
10. 國立沙鹿高工・化工群科中心・pH 測定儀原理及方法簡介[ppt]・2014 年 10 月 22 日・取自：www.slvs.tc.edu.tw/125/20120919094342.ppt
11. 彭錦銅（2001）。工業配線能力本位訓練教材 - 溫度控制器的認識。行政院勞工委員會職業訓練局/中華民國職業訓練研究發展中心。
12. 臺北自來水事業處水質狀況（2015 年 5 月 18 日）•水質狀況•供水管網採樣檢驗 [公告]・取自：http://twd.water.gov.taipei/www/water_kn/quality/quality_9.html
13. 臺北自來水事業處水質狀況（2015 年 5 月 23 日）・水質線上監測資訊查詢民生加壓站[公告]・取自：http://twd.water.gov.taipei/onlinenew/edaywater/water02/inside1.asp?AreaMapID=00
14. 感謝賀正飲水機公司傅政榮先生提供飲水機過濾系統諮詢。

【評語】080210

這組作品能夠關心全校師生的飲用水健康安全，出發點立意很好，也針對學校的飲水品質作出了建議。所用的各種檢驗方式相當恰當，可以繼續檢驗自己家裡的飲用水是否水質比學校的好，可能會有意外的發現。