

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

佳作

031728

山海「硬」分家，「鹼值」「垢」麻煩

學校名稱：苗栗縣立通霄國民中學

| | |
|---|--------------|
| 作者： 國二 邱凱莉 國二 郭和芳 國二 黃偉逞 國二 楊璞煜 | 指導老師： 陳慶銘 |
|---|--------------|

關鍵詞：鍋垢 硬度 自來水

作品名稱

山海「硬」分家，「鹼值」「垢」麻煩

摘要

本次科展我們主要針對自來水硬度做探討，經過網路搜尋多時，硬度的檢測都利用滴定法，但是因滴定藥劑學校沒有，購買也不便宜，所以我們突發奇想，乾脆直接把水煮乾，鍋垢不就產生了，再扣掉空瓶質量，就可以得到鍋垢產量。實驗開始進行後，除了學校自來水與飲水機的水，附近幾個有名的取水點我們也去拿水。最後在老師的二手老車支援下，我們決定擴大研究範圍，由苗栗縣竹南火車站開始，將山線與海線每個火車站的自來水，都取回實驗室，測完酸鹼值後，再煮乾 500mL 的水，看看廣大的苗栗縣與台中縣，自來水硬度大小的狀況，也想知道山海分線後，水的硬度是否也跟著有所不同。

壹、研究動機

從小，家裡自來水總是先過濾之後，爸媽才會拿來煮沸飲用，而有些班上同學家裡的飲用水，竟是到郊區盛取自然湧出的泉水或地下水，當然也有不少人家裡的水是用買的。上了國中之後，自然老師在教「水的性質」「水溶液」「酸鹼鹽」與「皂化」等單元時，不斷提到我們這兒的自來水很硬，熱水瓶與茶壺的鍋垢很嚴重，且洗澡時肥皂不易起泡。因此，我們對自來水硬度產生了好奇心，決定對水的硬度展開研究。

貳、研究目的

- 一、測量與觀察學校自來水與飲水機飲水的鍋垢生成量，並探討其硬度與酸鹼度。
- 二、測量與觀察鎮上較知名民眾取水水源的鍋垢生成量，並探討其硬度與酸鹼度。
- 三、測量與觀察山線火車站自來水的鍋垢生成量，並探討其硬度與酸鹼度。
- 四、測量與觀察海線火車站自來水的鍋垢生成量，並探討其硬度與酸鹼度。

參、研究設備及器材

一、電子儀器

| 名稱 | 品牌型號 | 數量 |
|------|----------------|----|
| 吹風機 | 達新牌 ET-1 | 1 |
| 電子天平 | AND GF-300 | 1 |
| pH 計 | SUNTEX TS-1 | 1 |
| 黑晶爐 | Philips HD4412 | 1 |

二、化學藥品

| 名稱 | 數量 |
|---------|-------|
| 蒸餾水 | 2 公升 |
| RO 逆滲透水 | 飲水機提供 |
| 廣用指示劑 | 一瓶 |

三、實驗器材

| 名稱 | 規格 | 數量 |
|------|----------------|----|
| 安全吸球 | 一般 | 8 |
| 刻度吸管 | 25mL | 8 |
| 錐形瓶 | 125mL | 40 |
| 試管 | 12cm 長 1cm 直徑 | 10 |
| 試管 | 7.5cm 長 1cm 直徑 | 35 |
| 滴管 | 一般 | 8 |
| 洗滌瓶 | 500mL | 2 |
| 漏斗 | 一般 | 2 |

肆、研究過程或方法

一、取水的樣本(簡稱水樣)

- (一)向親朋好友與同學募集 1500mL 與 600mL 的礦泉水保特瓶。
- (二)先用學校飲水機的 RO 逆滲透水(去離子水)沖洗一遍。
- (三)取水時先用欲取的水將保特瓶裡裡外外沖洗一遍，再裝滿水。



上三圖為取水情形(洗手台常是此種半橢圓球形狀，增加取水的麻煩度)

- (四)利用假日跟老師約時間，請老師載我們去取水。
- (五)在每一火車站廁所洗手台取一瓶 1500mL 與一瓶 600mL 的自來水樣本帶回學校。
- (六)以下圖片為辛苦漫長的取水之旅。



竹南



造橋



豐富(無站務人員)



苗栗



南勢(無站務人員)



銅鑼



三義



泰安



后里



豐原



潭子



太原



台中



大慶



烏日



新烏日



成功



彰化



追分



大肚



龍井



沙鹿



清水



台中港



大甲



日南



苑裡



通霄



新埔



白沙屯



龍港(圖為改無站員招呼站之公告，無水)



後龍



大山



談文
(站務人員一直申請不到自來水)



三義火炎山正松泉(老闆慷慨送水)



大甲鐵砧山泉水(甜甜的)



通霄海邊秋茂園附近取水點(離海很近)

二、清洗錐形瓶、燒杯、試管

(一)所有玻璃容器都以下列步驟清洗：

(二)以肥皂刷洗→用水沖乾淨→用氫氧化鈉溶液浸泡→用 RO 逆滲透水沖洗→用鹽酸浸泡→用 RO 逆滲透水沖洗→烘乾 (肥皂與鹼液可洗掉油脂，而酸液可溶掉部分容器內一些沉澱物)



肥皂刷洗



泡鹼液(1MNaOH 水溶液)



泡酸液(1MHCl 水溶液)



沖水



烘乾

三、滴入廣用指示劑觀察酸鹼性

(一)第一次做法

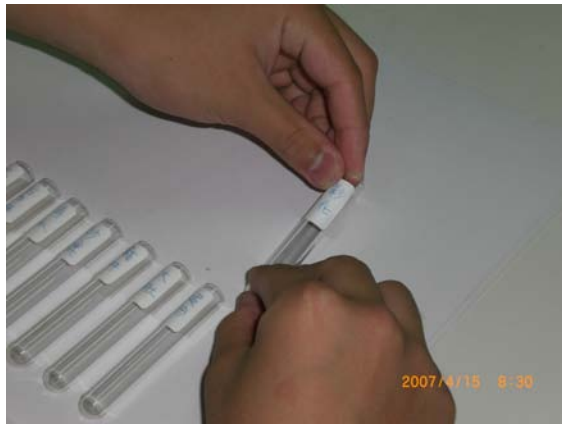
將每個水樣取 10mL，注入 50mL 小燒杯中，再滴入 3 滴廣用指示劑，並搖晃均勻，使其變色。然後把每個水樣的呈色結果排在一起做比較。但是做到一半發現，小燒杯數量不夠，排起來也占很大空間，經過討論，決定改變方法。



(上圖才一半水樣而已，因數量太多，不易比較指示劑的變色也不易拍照，故修正方法。)

(二)第二次做法

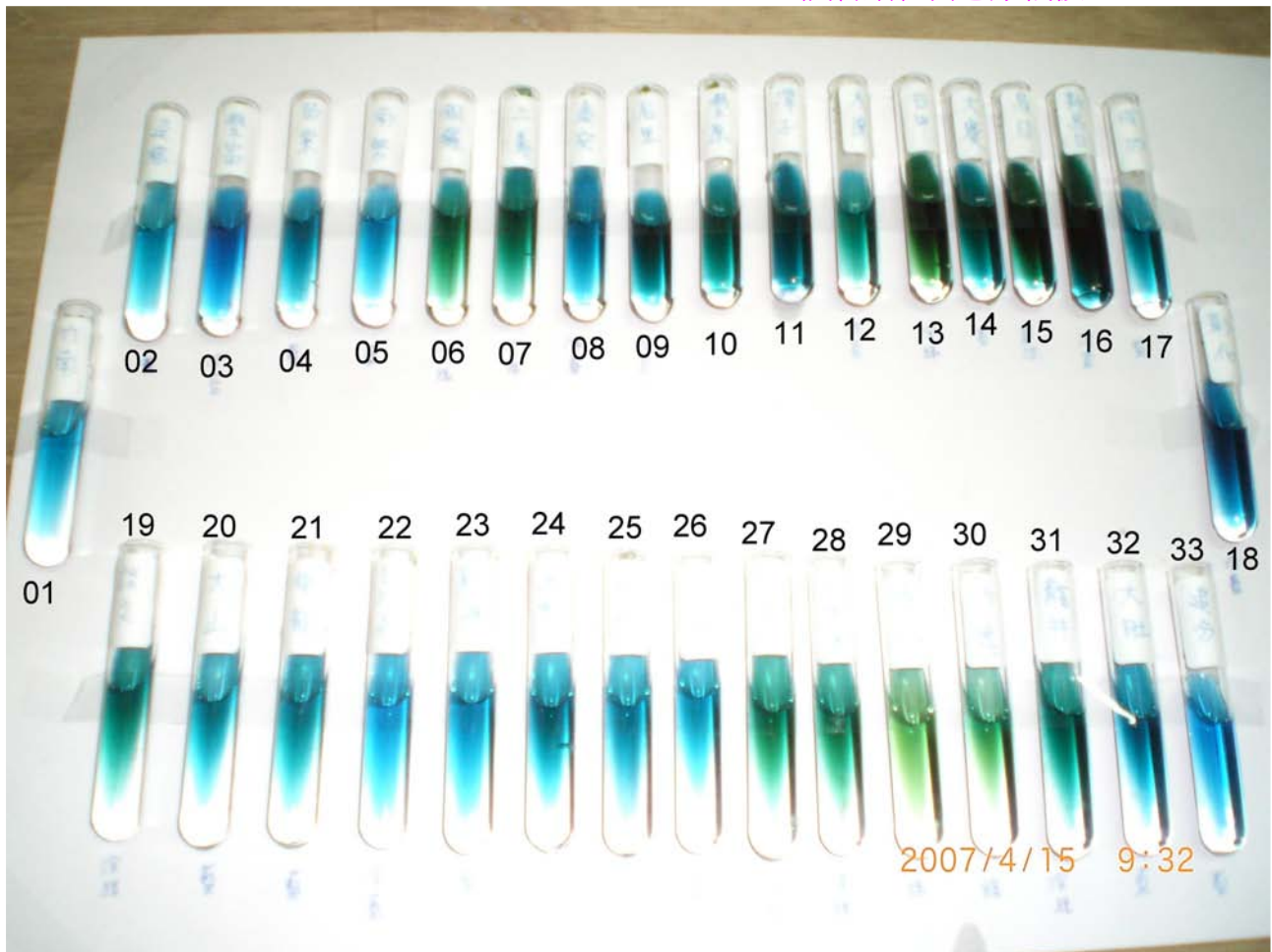
1. 在老舊實驗室翻找出 33 支 7.5cm 的試管和 6 支 12cm 的試管，清洗烘乾。
2. 將 33 支試管並排貼在白色厚紙板上，分別注入各火車站自來水水樣約 3mL。
3. 分別滴入 2 滴廣用指示劑，觀察呈色。
4. 取通霄地區飲用水源(自來水、飲水機、泉水、地下水等)各約 5mL，注入 6 支並排貼在白色厚紙板上的 12cm 試管中，分別滴入 2 滴廣用指示劑，觀察呈色。



試管貼標籤寫站名



試管貼在白色厚紙板上



【圖 4-1】上圖為滴入廣用指示劑後，將厚紙板貼在木板上，稍傾斜方便拍出顏色。
圖中各試管中水樣來源編號如下：

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|--|
| | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | |
| | 造橋 | 豐富 | 苗栗 | 南勢 | 銅鑼 | 三義 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 | 大慶 | 烏日 | 新烏日 | 成功 | |
| 01 竹南 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 彰化 | |
| | 談文 | 大山 | 後龍 | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 | 日南 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 | 大肚 | 追分 | | |



【圖 4-2】上圖為通霄地區飲用水水樣，在滴入廣用指示劑後的顏色，順序如下

| | | | | | | |
|----------|-----------|------|------|-----|-----|-----|
| 水樣來源 | 學校 自來水 | 舊飲水機 | 新飲水機 | 鐵砧山 | 火炎山 | 秋茂園 |
| 滴廣用指示劑呈色 | 深藍色 | 淺綠色 | 淺綠色 | 黃色 | 黃色 | 黃色 |
| 酸鹼性 | 偏鹼性 | 接近中性 | 接近中性 | 偏酸性 | 偏酸性 | 偏酸性 |

四、使用簡易型 pH 計測 pH 值

(一)委請老師到附近高中借 pH 計。

(二)上網搜尋 pH 計使用方法。

(三)每個水樣取 30mL，倒入 50mL 小燒杯中，將 pH 計校正後，測量水樣 pH 值，記錄下來。



上圖為正在校正 pH 計



上圖為測水樣 pH 值

五、利用黑晶爐將 500 毫升水樣煮乾以測量殘留物的質量(電子天平非常靈敏，所以每一個質量都是四個人各量一次數據，記錄下來求平均值)

(一)委請老師到附近高中借電子天平。

(二)清洗烘乾 45 個 125mL 的錐形瓶，用電子天平測量空瓶質量並記錄。

(三)先注入 50mL 水樣，開始加熱，再隨著水量減少而逐次加入 25mL 的水，直到將 500mL 的水煮乾。

(四)水煮乾後，待瓶身冷卻，先將瓶口用保鮮膜封住，靜置到隔天，直到質量穩定不再改變，測量並記錄之。

(五)將步驟(四)與步驟(二)的質量相減，求出鍋垢質量。

(六)每個水樣都重複上列步驟。(豐富與談文站的自來水樣本因混濁度高，加熱前先用濾紙過濾一次)

(七)所獲得的數據輸入電腦用 excel 軟體處理。

(八)煮乾 500mL 水所產生的殘留鍋垢，保留在錐形瓶中，用保鮮膜包起瓶口存放。



上圖為電子天平在秤空錐形瓶重



加熱前器材準備：刻度吸管、安全吸球、黑晶爐、錐形瓶



加水



加熱



圖左為談文站的水，圖右為豐富站的水，呈黃色混濁，故過濾後再加熱。



上圖為正在過濾談文與豐富站的水



山線與海線火車站自來水樣本
(桌下還有，每個站只拿一瓶出來拍。)

| | 豐 原 | 后 里 | 泰 安 | 三 義 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 100mL | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 150 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 200 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 250 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 300 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 350 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 400 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 450 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 500 | ○ | ○ | ○ | ○ |

OK!

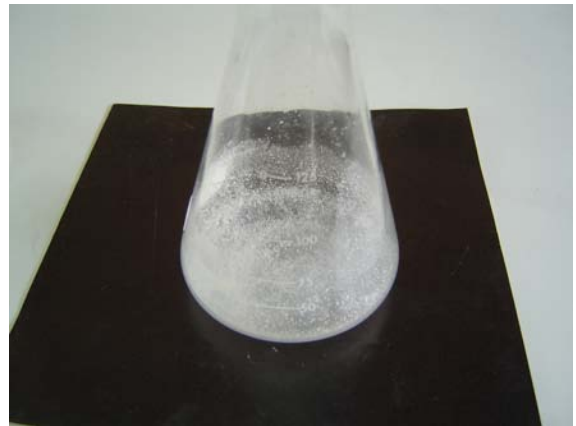
平均煮乾這樣一組要 2~3 小時以上



上圖為每個火車站水樣煮乾 500mL 所得之殘留鍋垢。非常費時。



鍋垢俯瞰圖



附著在錐形瓶內壁之鍋垢



原本透明的玻璃都覆滿鍋垢



豐富與談文站過濾後的雜質

六、利用網路查詢自來水公司水庫供水情形與水質狀況(以下文字直接從網站摘取)

- (一)竹南、頭份自來水水源：本區屬竹南頭份供水系統，每日需水量約 95000 立方公尺。水源來自永和山水庫經東興給水廠處理後供應竹南頭份地區用戶。
- (二)苑裡、通霄、三義、銅鑼、西湖：本區屬鯉魚潭供水系統、每日需水量約 48000 立方公尺。主要水源來自鯉魚潭水庫（佔供水比例約 87%），經本公司第四區管理處鯉魚潭淨水廠處理後送本區域用戶使用，另本區尚有三義淨水場及銅鑼中興淨水場，水源為地下伏流水、佔供水比例約 13%。
- (三)苗栗、公館、後龍、頭屋、造橋：本本區屬苗栗供水系統，每日需水量約 51000 立方公尺（含支援水量）。系統除 4 處取水站水源（16%）取用後龍溪伏流水外主要水源來自明德水庫（84%）經本區管理處苗栗營運所明德淨水場處理後送用戶使用，主要供水區域包含苗栗市區、後龍市區、頭屋鄉、造橋鄉。
- (四)鯉魚潭給水廠鯉魚潭淨水場：供水區域包括北送三義、銅鑼、通霄、日南、苑裡，南送后里、豐原、台中，西送大甲、外埔等地，並配合豐原給水廠共同形成一聯合運作配水管網，供應大台中及苗栗地區 165 萬人口之民生、工商及國防用水，使供水區域之用戶皆享有量足質優之自來水。
- (五)豐原給水廠：本廠位於台中縣石岡鄉，主要水源為大甲溪，與鯉魚潭給水廠聯合調配供應大台中地區用水，供水區域包括台中市、台中縣之豐原、神岡、大雅、潭子、太平、大里、霧峰、烏日、大肚及台中港特定區（龍井、沙鹿、梧棲、清水）並支援苗栗、彰化等地區。

七、到台灣省自來水公司網站查詢水質狀況：

台中縣市平均水質
(2005/1/1~2007/3/31)

| 檢驗項目 | pH 值 | 總硬度 |
|---------|---------|-------|
| 單位 | — | mg/L |
| 飲用水水質標準 | 6.0-8.5 | 300 |
| 朴子口淨水場 | 7.7 | 125.3 |
| 鯉魚潭淨水場 | 7.5 | 169.9 |
| 霧峰淨水場 | 7.1 | 168.1 |

苗栗縣平均水質
(2005/1/1~2007/3/31)

| 檢驗項目 | pH 值 | 總硬度 |
|---------|---------|-------|
| 單位 | — | mg/L |
| 飲用水水質標準 | 6.0-8.5 | 300 |
| 東興淨水場 | 7.8 | 104.8 |
| 明德淨水場 | 7.5 | 96.4 |

八、自來水公司網站查到的硬度說明

| 水質項目 | 飲用水水質項目對人體健康的影響及其現行標準 | 現行標準 |
|--------|--|-----------|
| 51.總硬度 | (1) 水中之硬度乃源於溶解多價之金屬離子(以CaCO ₃ 為單位)，主要包括鈣、鎂離子，其餘如Sr ²⁺ 、Fe ²⁺ 、Mn ²⁺ 均屬之。 (2) 總硬度過高之飲水與泌尿系統結石疾病間之相關性尚無法確定。硬度在飲水中之影響主要為味覺口感，水中總硬度太低，可能加速管線腐蝕作用，而太高時(超過200mg/L)，可能在加熱過程中形成鍋垢或水垢。 | 300(mg/L) |

九、上網查詢鍋垢生成原理如下：



伍、研究結果

一、通霄地區飲用水源的鍋垢生成量與 pH 值實驗結果記錄

| 水樣 測量項目 | 學校 自來水 | 新 飲水機 | 舊 飲水機 | 通霄 秋茂園 | 三義 火炎山 | 大甲 鐵砧山 |
|--------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 蒸乾的水體積(mL) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 空錐形瓶質量(g) | 42.409 | 73.649 | 51.652 | 51.176 | 52.258 | 49.213 |
| 含鍋垢的錐形瓶質量(g) | 42.566 | 73.657 | 51.655 | 51.353 | 52.309 | 49.320 |
| 鍋垢質量(g) | 0.157 | 0.008 | 0.003 | 0.177 | 0.051 | 0.107 |
| pH 值 | 7.9 | 6.4 | 6.84 | 6.01 | 5.91 | 5.9 |

【表 5-1】

二、山線火車站自來水的鍋垢生成量與 pH 值實驗結果記錄

| 水樣 測量項目 | 竹南 | 造橋 | 豐富 | 苗栗 | 南勢 | 銅鑼 | 三義 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 蒸乾的水體積(mL) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 空錐形瓶質量(g) | 79.471 | 62.951 | 71.795 | 36.200 | 62.889 | 73.867 | 52.462 |
| 含鍋垢的錐形瓶質量(g) | 79.572 | 63.046 | 72.021 | 36.329 | 63.046 | 74.014 | 52.596 |
| 鍋垢質量(g) | 0.101 | 0.095 | 0.226 | 0.129 | 0.157 | 0.147 | 0.134 |
| pH 值 | 7.66 | 7.80 | 8.29 | 7.61 | 7.68 | 7.07 | 7.21 |

| 水樣 測量項目 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 | 大慶 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 蒸乾的水體積(mL) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 空錐形瓶質量(g) | 58.492 | 64.612 | 61.229 | 62.609 | 63.855 | 81.124 | 61.788 |
| 含鍋垢的錐形瓶質量(g) | 58.657 | 64.781 | 61.339 | 62.764 | 63.992 | 81.335 | 61.935 |
| 鍋垢質量(g) | 0.165 | 0.169 | 0.110 | 0.155 | 0.137 | 0.211 | 0.147 |
| pH 值 | 7.79 | 7.76 | 7.61 | 7.81 | 7.35 | 7.40 | 7.35 |

| 水樣 測量項目 | 烏日 | 新烏日 | 成功 |
|--------------|--------|--------|--------|
| 蒸乾的水體積(mL) | 500 | 500 | 500 |
| 空錐形瓶質量(g) | 68.007 | 65.112 | 64.155 |
| 含鍋垢的錐形瓶質量(g) | 68.146 | 65.229 | 64.270 |
| 鍋垢質量(g) | 0.139 | 0.117 | 0.115 |
| pH 值 | 7.57 | 7.87 | 7.77 |

【表 5-2】

三、海線火車站自來水的鍋垢生成量與 pH 值實驗結果記錄

| 水樣 測量項目 | 談文 | 大山 | 後龍 | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 | 日南 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 蒸乾的水體積(mL) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 空錐形瓶質量(g) | 61.516 | 54.303 | 63.586 | 70.724 | 83.171 | 59.578 | 63.062 | 65.479 |
| 含鍋垢的錐形瓶質量(g) | 61.735 | 54.394 | 63.989 | 70.911 | 83.335 | 59.750 | 63.224 | 65.632 |
| 鍋垢質量(g) | 0.219 | 0.091 | 0.403 | 0.187 | 0.164 | 0.172 | 0.162 | 0.153 |
| pH 值 | 7.12 | 7.64 | 7.31 | 7.83 | 7.78 | 7.84 | 7.80 | 7.85 |

| 水樣 測量項目 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 | 大肚 | 追分 | 彰化 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 蒸乾的水體積(mL) | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| 空錐形瓶質量(g) | 62.517 | 52.543 | 58.103 | 55.172 | 78.437 | 65.507 | 54.833 | 42.901 |
| 含鍋垢的錐形瓶質量(g) | 62.707 | 52.727 | 58.245 | 55.423 | 78.594 | 65.640 | 55.065 | 43.209 |
| 鍋垢質量(g) | 0.190 | 0.184 | 0.142 | 0.251 | 0.157 | 0.133 | 0.232 | 0.308 |
| pH 值 | 6.95 | 7.06 | 6.86 | 6.80 | 7.27 | 7.85 | 7.95 | 7.89 |

【表 5-3】

四、鍋垢數據處理

(一)山線火車站自來水的鍋垢生成量平均值

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 站名 | 竹南 | 造橋 | 豐富 | 苗栗 | 南勢 | 銅鑼 | 三義 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 |
| 鍋垢質量(g) | 0.101 | 0.095 | 0.226 | 0.129 | 0.157 | 0.147 | 0.134 | 0.165 | 0.169 | 0.11 | 0.155 | 0.137 | 0.211 |
| 站名 | 大慶 | 烏日 | 新烏日 | 成功 | 平均 | | | | | | | | |
| 鍋垢質量(g) | 0.147 | 0.139 | 0.117 | 0.115 | 0.144 | | | | | | | | |

【表 5-4】

(二)海線火車站自來水的鍋垢生成量平均值

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 站名 | 談文 | 大山 | 後龍 | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 | 日南 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 |
| 鍋垢質量(g) | 0.219 | 0.091 | 0.403 | 0.187 | 0.164 | 0.172 | 0.162 | 0.153 | 0.19 | 0.184 | 0.142 | 0.251 | 0.157 |
| 站名 | 大肚 | 追分 | 平均 | | | | | | | | | | |
| 鍋垢質量(g) | 0.133 | 0.232 | 0.189 | | | | | | | | | | |

【表 5-5】

(三)山線火車站自來水的鍋垢平均值(扣掉豐富與南勢兩個招呼站的數據)

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 站名 | 竹南 | 造橋 | 苗栗 | 銅鑼 | 三義 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 | 大慶 | 烏日 |
| 鍋垢質量(g) | 0.101 | 0.095 | 0.129 | 0.147 | 0.134 | 0.165 | 0.169 | 0.11 | 0.155 | 0.137 | 0.211 | 0.147 | 0.139 |
| 站名 | 新烏日 | 成功 | 平均 | | | | | | | | | | |
| 鍋垢質量(g) | 0.117 | 0.115 | 0.138 | | | | | | | | | | |

【表 5-6】

(四)海線火車站自來水的鍋垢平均值(扣掉談文站，也扣掉後龍站異常高的鍋垢值)

| 站名 | 大山 | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 | 日南 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 | 大肚 | 追分 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鍋垢質量(g) | 0.091 | 0.187 | 0.164 | 0.172 | 0.162 | 0.153 | 0.19 | 0.184 | 0.142 | 0.251 | 0.157 | 0.133 | 0.232 |
| 站名 | 平均 | | | | | | | | | | | | |
| 鍋垢質量(g) | 0.171 | | | | | | | | | | | | |

【表 5-7】

(五)苗栗縣山線火車站自來水的鍋垢平均值(扣掉豐富與南勢兩個招呼站)

| 站名 | 竹南 | 造橋 | 苗栗 | 銅鑼 | 三義 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鍋垢質量(g) | 0.101 | 0.095 | 0.129 | 0.147 | 0.134 | 0.121 |

【表 5-8】

(六)苗栗縣海線火車站自來水的鍋垢平均值(扣掉談文站與後龍站的數據)

| 站名 | 大山 | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鍋垢質量(g) | 0.091 | 0.187 | 0.164 | 0.172 | 0.162 | 0.155 |

【表 5-9】

(七)台中縣山線火車站自來水的鍋垢平均值

| 站名 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 | 大慶 | 烏日 | 新烏日 | 成功 | 平均 |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鍋垢質量(g) | 0.165 | 0.169 | 0.11 | 0.155 | 0.137 | 0.211 | 0.147 | 0.139 | 0.117 | 0.115 | 0.147 |

【表 5-10】

(八)台中縣海線火車站自來水的鍋垢平均值

| 站名 | 日南 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 | 大肚 | 追分 | 平均 |
|---------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 鍋垢質量(g) | 0.153 | 0.19 | 0.184 | 0.142 | 0.251 | 0.157 | 0.133 | 0.232 | 0.180 |

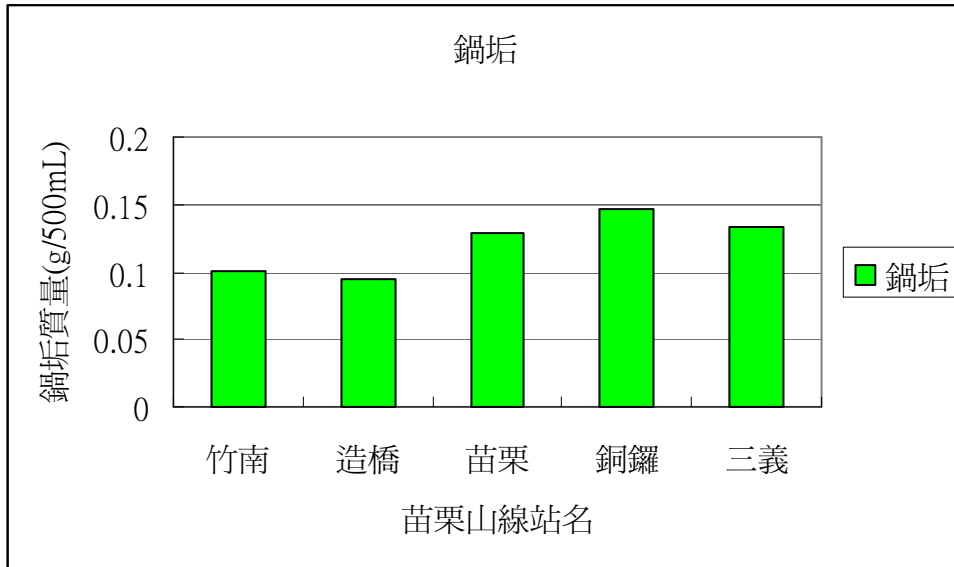
【表 5-11】

(九)苗栗縣南北鍋垢值比較

| 站名 | 竹南 | 造橋 | 豐富 | 苗栗 | 南勢 | 銅鑼 | 三義 | | |
|---------|-------|-------|----|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 鍋垢質量(g) | 0.101 | 0.095 | | 0.129 | | 0.147 | 0.134 | | |
| 站名 | 談文 | 大山 | | 後龍 | | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 |
| 鍋垢質量(g) | | 0.091 | | | | 0.187 | 0.164 | 0.172 | 0.162 |

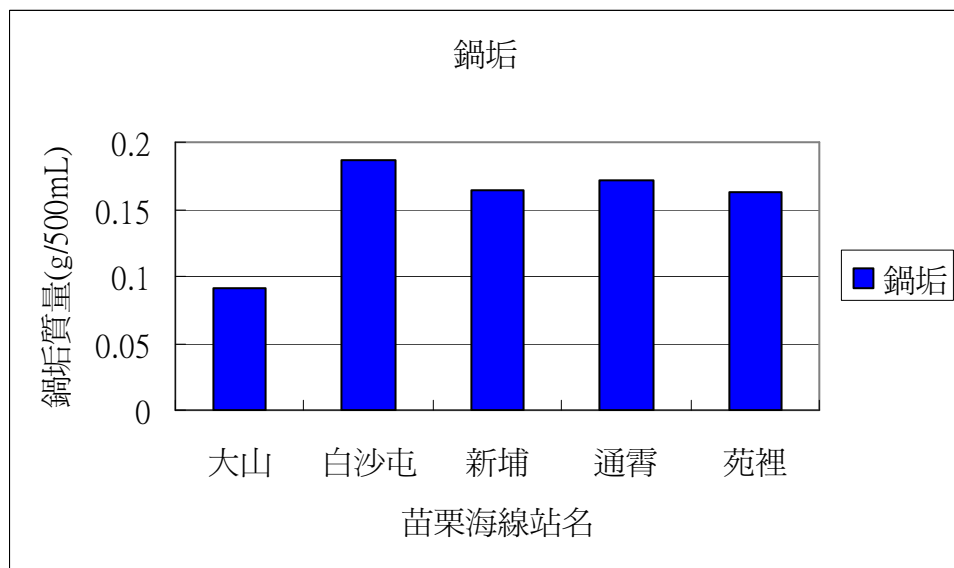
【表 5-12】

1.苗栗山線鍋垢長條圖：由表 5-12 轉換得來



【圖 5-1】

2.苗栗海線鍋垢長條圖：由表 5-12 轉換得來



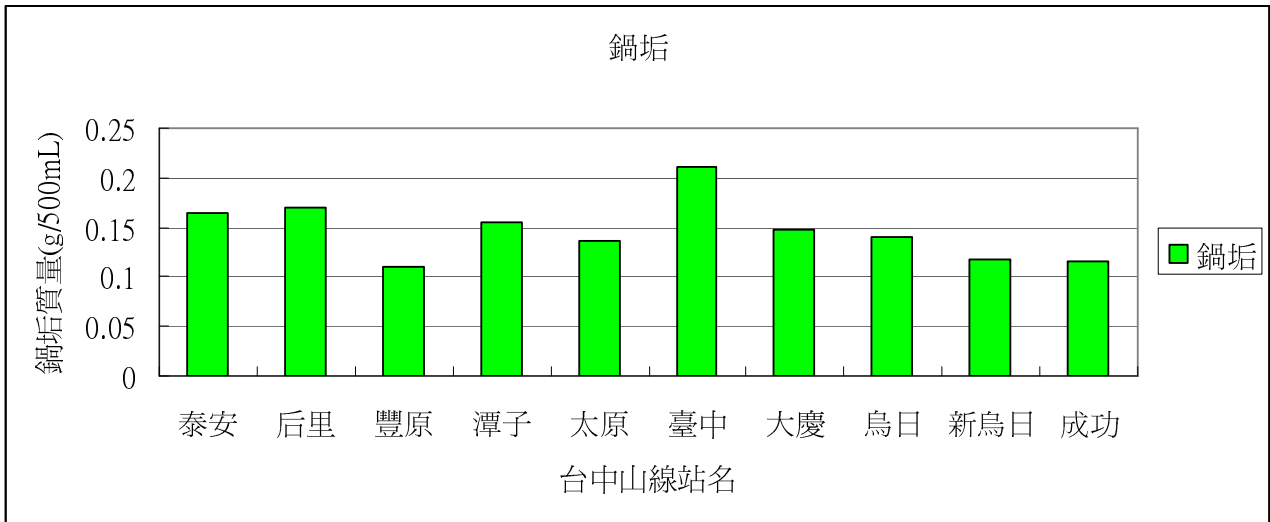
【圖 5-2】

(十)台中縣南北鍋垢值比較

| | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 站名 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 | 大慶 | 烏日 | 新烏日 | 成功 |
| 鍋垢質量(g) | 0.165 | 0.169 | 0.11 | 0.155 | 0.137 | 0.211 | 0.147 | 0.139 | 0.117 | 0.115 |
| 站名 | 日南 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 | 大肚 | 追分 | | |
| 鍋垢質量(g) | 0.153 | 0.19 | 0.184 | 0.142 | 0.251 | 0.157 | 0.133 | 0.232 | | |

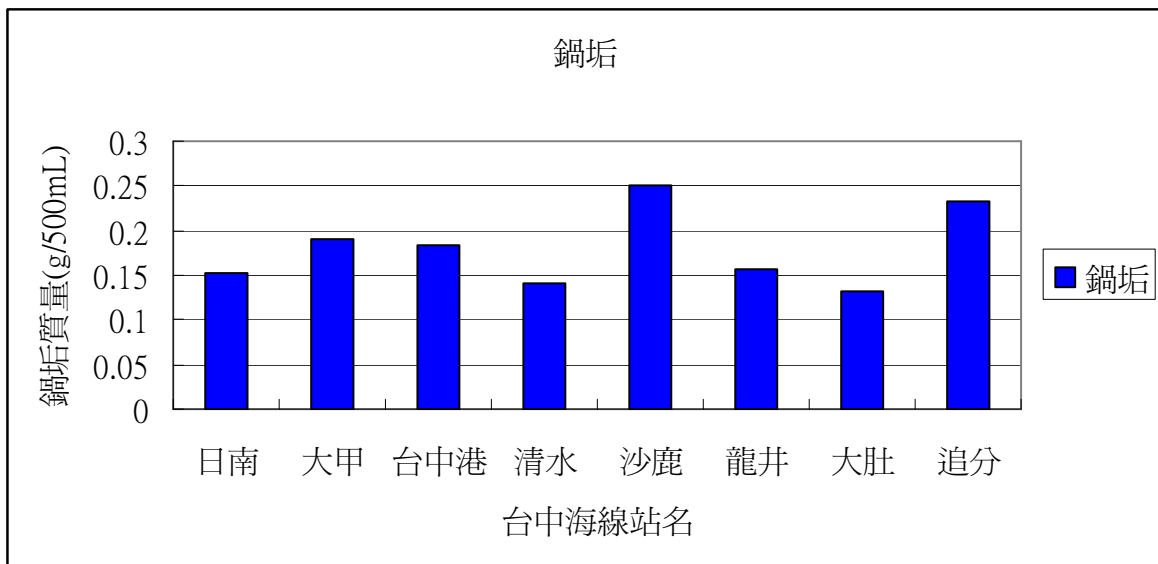
【表 5-13】

1. 台中山線鍋垢長條圖：由表 5-13 轉換得來



【圖 5-3】

2. 台中海線鍋垢長條圖：由表 5-13 轉換得來



【圖 5-4】

五、pH 值數據處理

(一) 苗栗縣各站鍋垢、pH 值以及從竹南站算起的里程數

| | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 山線站名 | 竹南 | 造橋 | 豐富 | 苗栗 | 南勢 | 銅鑼 | 三義 |
| 鍋垢(g) | 0.101 | 0.095 | 0.226 | 0.129 | 0.157 | 0.147 | 0.134 |
| pH 值 | 7.66 | 7.8 | 8.29 | 7.61 | 7.68 | 7.07 | 7.21 |
| 距離(km) | 0 | 5.4 | 11.7 | 15.2 | 21.9 | 26 | 33.5 |
| 海線站名 | 談文 | 大山 | 後龍 | 白沙屯 | 新埔 | 通霄 | 苑裡 |
| 鍋垢(g) | 0.219 | 0.091 | 0.403 | 0.187 | 0.164 | 0.172 | 0.162 |
| pH 值 | 7.12 | 7.64 | 7.31 | 7.83 | 7.78 | 7.840 | 7.8 |
| 距離(km) | 4.7 | 11.5 | 15.2 | 27.5 | 30.6 | 36.3 | 42.5 |

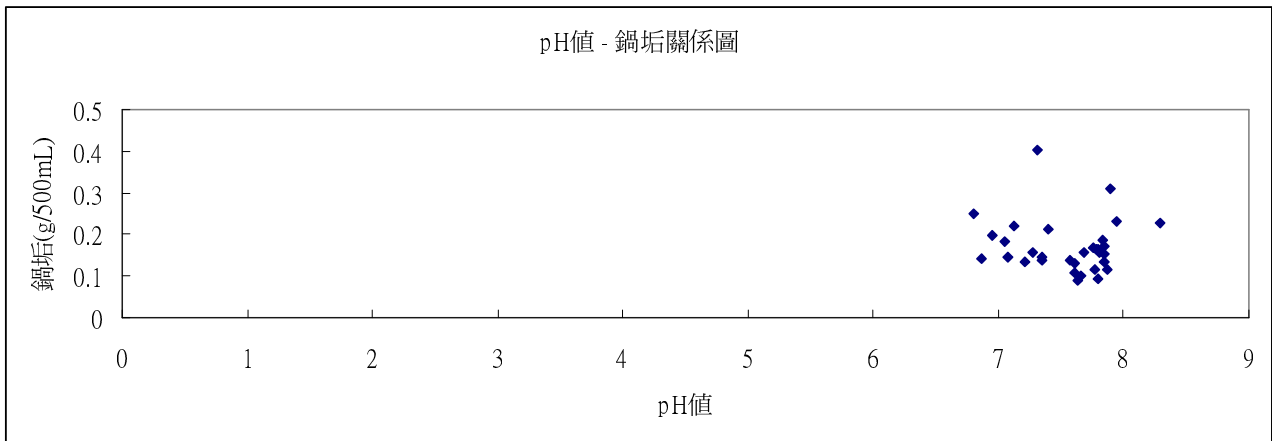
【表 5-14】

(二)台中縣各站鍋垢、pH 值以及從竹南站算起的里程數

| | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 山線站名 | 泰安 | 后里 | 豐原 | 潭子 | 太原 | 臺中 | 大慶 | 烏日 | 新烏日 | 成功 |
| 鍋垢(g) | 0.165 | 0.169 | 0.11 | 0.155 | 0.137 | 0.211 | 0.147 | 0.139 | 0.117 | 0.115 |
| pH 值 | 7.79 | 7.76 | 7.61 | 7.81 | 7.35 | 7.4 | 7.35 | 7.57 | 7.87 | 7.77 |
| 距離(km) | 44.4 | 47 | 53.7 | 58.7 | 63.9 | 67.9 | 72.2 | 75.1 | 75.9 | 78.6 |
| 海線站名 | 日南 | 大甲 | 台中港 | 清水 | 沙鹿 | 龍井 | 大肚 | 追分 | 彰化 | |
| 鍋垢(g) | 0.153 | 0.19 | 0.184 | 0.142 | 0.251 | 0.157 | 0.133 | 0.232 | 0.308 | |
| pH 值 | 7.85 | 6.95 | 7.05 | 6.86 | 6.8 | 7.27 | 7.85 | 7.95 | 7.89 | |
| 距離(km) | 50.3 | 54.9 | 60.2 | 66.2 | 69.4 | 74 | 79 | 84 | 91.2 | |

【表 5-15】

六、全部 pH 值與鍋垢關係圖



【圖 5-5】

【上面圖中看不出 pH 值與鍋垢生成量之間能成何種關係曲線】

陸、討論

一、通霄地區飲用水源的鍋垢生成量(煮乾 500mL 水樣所得)比較討論：

(一)數據整理如下表

| 水樣 項目 | 通霄 火車站 | 學校 自來水 | 新 飲水機 (豪星牌) | 舊 飲水機 (賀眾牌) | 通霄 秋茂園 地下水 | 三義 火炎山 泉水 | 大甲 鐵砧山 泉水 |
|----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 鍋垢質量(g) | 0.172 | 0.157 | 0.008 | 0.003 | 0.177 | 0.051 | 0.107 |
| pH 值 | 7.84 | 7.90 | 6.4 | 6.84 | 6.01 | 5.91 | 5.9 |

【表 5-16】

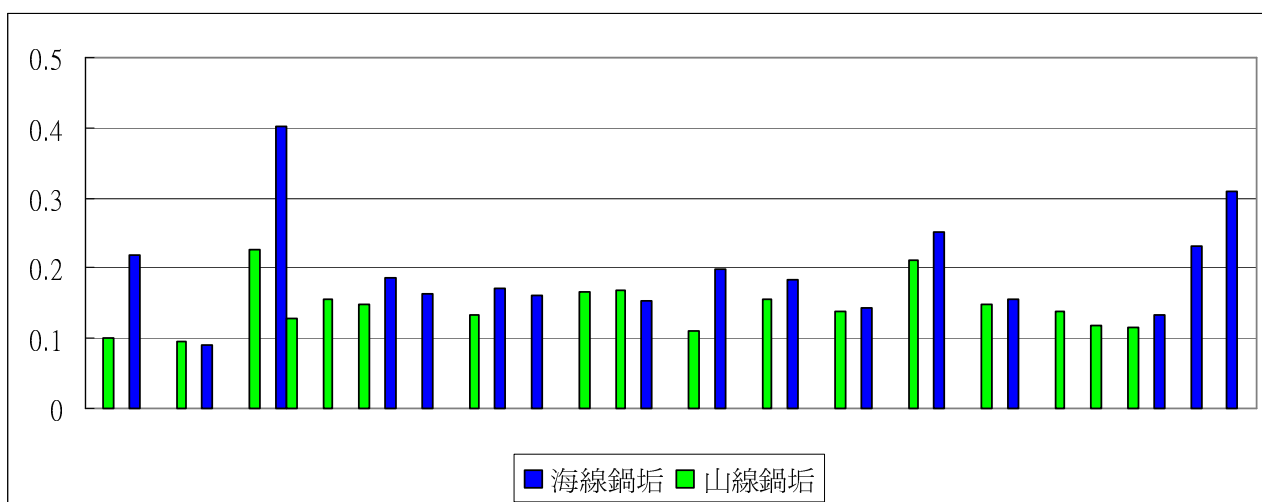
(二)從學校與火車站的數據來看，鎮上自來水的鍋垢量與鹼性都偏高，難怪家家戶戶要裝過濾器、買水或取用泉水地下水，而且很多老一輩的居民都嫌自來水泡茶口感差。

- (三)向長輩打聽到的較有名氣的三個取水點，發現水質都偏酸性，而以三義火炎山泉水煮乾後的鍋垢殘留量最少。另外取水時，在取水點遇到的當地居民也都很有自信表示自己這兒的泉水甘甜好喝，泡茶很順口，我們禁不起熱情推薦，每個人都試喝了一小口，果真是甜的，一致認為比自來水好喝。
- (四)在秋茂園公園附近，離堤防約一兩百公尺處，有人設置水塔抽取地下水供人免費取用，我們測得其水質是酸性，照書上所講，硬度高的水其鹼性也高，秋茂園的水是酸性，但煮完 500mL 水後殘留物竟高達 0.177g，加上其位置離海太近了，令我們懷疑秋茂園這免費的取水點的水有海水滲透進來混合在一起。
- (五)逆滲透飲水機對硬度的處理效果非常好，學校新舊兩款飲水機的水，煮乾後，用肉眼觀察時，幾乎是沒有殘留物。

二、為何刪除四個火車站的鍋垢數據

- (一)豐富站為無台鐵人員駐守的招呼站，其廁所洗手台的自來水顏色呈黃色混濁，應為地下水，本實驗在探討自來水煮乾殘留之鍋垢，故數據處理步驟(三)刪去豐富站的數據。
- (二)南勢站為無台鐵人員駐守的招呼站，取水時發現自來水中含有片狀的鐵鏽，所以懷疑已遭污染或者也是地下水，故數據處理步驟(三)刪去南勢站的數據。
- (三)因駐守站長很委屈的說談文車站的水是地下水，他都自行帶水上班，而且我們一開水龍頭的水，馬上見到黃色水流出，故數據處理步驟(四)刪去談文站的數據。
- (四)後龍站超高量的殘留鍋垢，令我們很納悶，經討論之後，懷疑不是自來水運輸過程遭污染，就是遭海水入侵，殘留物中可能含有氯化鈉。不論何種原因，數據處理步驟(四)刪去後龍站過高的數據。

三、山線海線殘留鍋垢質量討論比較



【圖 5-6】

【鍋垢總長條圖(所有車站)：地勢上山線 > 海線，鍋垢值卻山線 < 海線】

- (一)全體來比較：整個山線火車站自來水的鍋垢平均質量(0.138g/500mL) < 整個海線火車站自來水的鍋垢平均質量(0.171g/500mL) 請參閱【表 5-4】~【表 5-7】

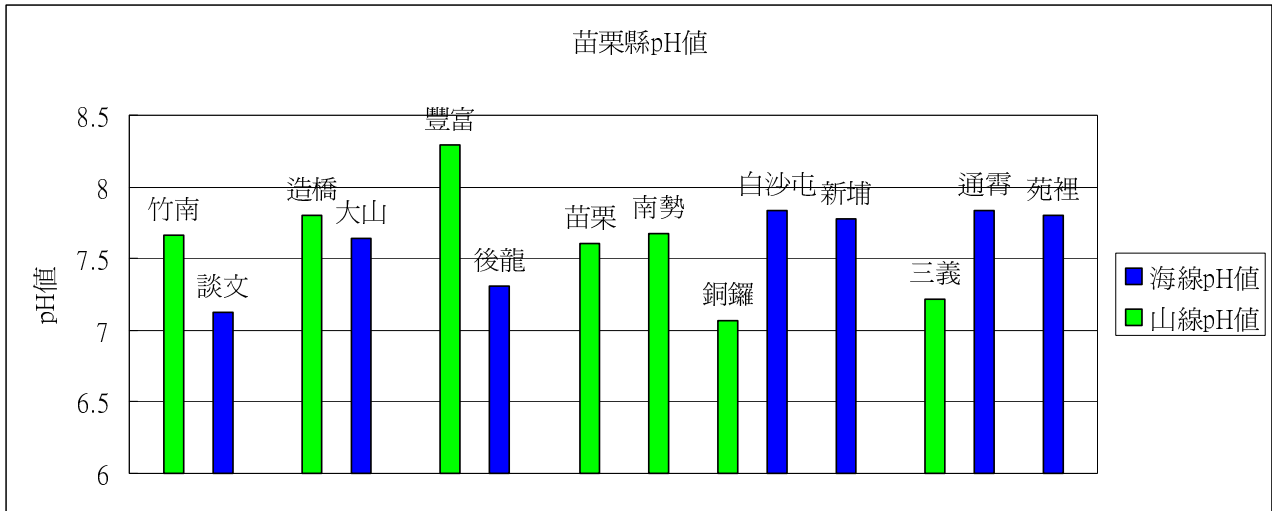
- (二)就苗栗縣來探討，山線火車站自來水的鍋垢平均值(0.121g/500mL) < 海線火車站自來水的鍋垢平均值(0.155g/500mL) 請參閱【表 5-8】【表 5-9】
- (三)就台中縣來探討，山線火車站自來水的鍋垢平均值(0.147g/500mL) < 海線火車站自來水的鍋垢平均值(0.180g/500mL) 請參閱【表 5-10】【表 5-11】
- (四)苗栗縣與台中縣比較，苗縣山線鍋垢值(0.121g/500mL) < 中縣山線鍋垢值(0.147g/500mL)；苗縣海線鍋垢值(0.155g/500mL) < 中縣海線鍋垢值(0.180g/500mL) 請參閱【表 5-8】~【表 5-11】
- (五)苗栗縣南北鍋垢值比較
- 1.苗栗縣的鍋垢量有一特別狀況，扣掉豐富、南勢、談文與後龍的數據不看。根據台鐵車站查到的鐵路距離，後龍與苗栗站距離竹南站一樣遠，由研究結果的【表 5-12】可看出，**苗栗與後龍以南的鍋垢值 > 苗栗與後龍以北的鍋垢值**。妙的是，苗栗縣南邊的三義、銅鑼、通霄、苑裡的自來水主要是由鯉魚潭供應。
 - 2.苗栗山線鍋垢長條圖：可清楚驗證第 1 點的說法，北 < 南。請參閱【圖 5-1】
 - 3.苗栗海線鍋垢長條圖：可清楚驗證第 1 點的說法，北 < 南。請參閱【圖 5-2】
 - 4.由【表 5-12】又可發現苗栗縣南邊鯉魚潭供水區的硬度，山線 < 海線。
- (六)台中縣南北鍋垢值比較
- 1.台中山線鍋垢長條圖：沒有明顯的南北差異。請參閱【圖 5-3】
 - 2.台中海線鍋垢長條圖：沒有明顯的南北差異。請參閱【圖 5-4】
- (七)和自來水公司網路公布的硬度來比較

| | | | | | |
|--------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------|
| 淨水場 | 朴子口淨水場 | 鯉魚潭淨水場 | 霧峰淨水場 | 東興淨水場 | 明德淨水場 |
| 總硬度 (mg/L) | 125.3 | 169.9 | 168.1 | 104.8 | 96.4 |
| 火車站 | 苗栗山線平均值 | 苗栗海線平均值 | 台中山線平均值 | 台中海線平均值 | |
| 硬度 (g/500mL) | 0.121 【表 5-8】 | 0.155 【表 5-9】 | 0.147 【表 5-10】 | 0.180 【表 5-11】 | |
| 硬度 (mg/L) | 242 | 310 | 294 | 360 | |

四、pH 值討論

從實驗結果【圖 5-5】發現酸鹼值與鍋垢並無成正比關係，影響酸鹼值的因素亦多，因此只探討整個區域的趨勢變化。

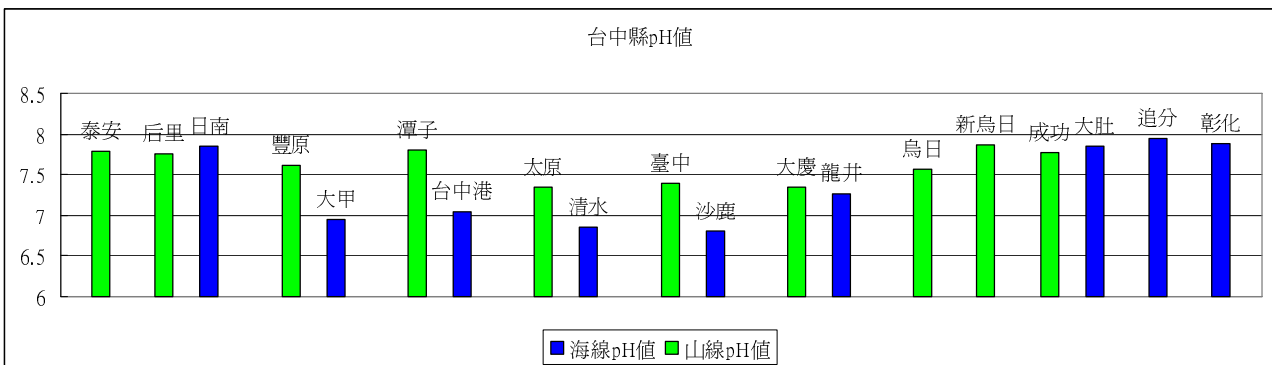
(一)苗栗縣各車站自來水 pH 值長條圖



【圖 5-7】

- 1.山線 pH 值趨勢：北高南低
- 2.海線 pH 值趨勢：北低南高
- 3.跟鍋垢一樣：似乎也是以苗栗市—後龍為一南北分界線
- 4.另可發現苗栗縣南邊鯉魚潭供水區的鹼性，山線 < 海線。

(二)台中縣各車站自來水 pH 值長條圖



【圖 5-8】

- 1.山線 pH 值趨勢：像個 U 型盆地，中間低周圍高。
- 2.海線 pH 值趨勢：也像個 U 型盆地，中間低周圍高。
- 3.台中縣自來水酸鹼值分布的趨勢令人聯想到越「熱鬧」或說越接近台中市的地區，鹼性越弱，而越「郊區」則鹼性越強。

五、誤差討論

- (一)突沸：在煮沸水的過程中，常發現水會突然冒出一個大氣泡，造成水樣濺到瓶外，後來我們查到這叫「突沸」，可加入沸石來避免，但因實驗室沒有沸石，所以只好在加熱過程不斷調整火力來減少突沸的發生。
- (二)煮乾瞬間鍋垢爆開：好幾瓶在煮乾的瞬間，會突然「碰」一聲，噴出些許鍋垢，使得我們得用刮勺小心地將鍋垢收集回瓶內。
- (三)刻度吸管操作失誤：每個人看刻度角度偶有誤差，以及有時吸管尚未對準錐形瓶口時，即有幾滴水落到桌面，造成誤差。

柒、結論

一、通苑地區飲用水的硬度與酸鹼性：

- (一)自來水鍋垢多，硬度高，偏鹼性。
- (二)逆滲透飲水機過濾過的水，鍋垢幾乎沒有，接近中性。
- (三)此次實驗所取之三個泉水或地下水，是較有名且很多當地人取用的水源，皆偏酸性，鍋垢只有火炎山正松泉較少，其餘兩個煮乾 500mL 水後的殘留物並不少於自來水呢。

二、苗栗縣水質：

(一)硬度(鍋垢殘留量)

- 1.山線 < 海線
- 2.北 < 南(以苗栗市 — 後龍鎮連線為分界)
- 3.鯉魚潭供水區：山線 < 海線

(二)鹼性

- 1.山線：北 > 南(以苗栗市 — 後龍鎮連線為分界)
- 2.海線：北 < 南(以苗栗市 — 後龍鎮連線為分界)
- 3.鯉魚潭供水區：山線 < 海線

三、台中縣水質

(一)硬度(鍋垢殘留量)

山線 < 海線

(二)鹼性

鬧區 < 郊區

四、山線海線整體比較

- (一)海線鍋垢比山線嚴重
- (二)台中鍋垢比苗栗嚴重
- (三)實驗所得之鍋垢量遠超過自來水公司在網路上所公布的淨水場總硬度值，到底自來水處理與運送過程有沒有什麼問題。
- (四)通常水鹼性高者，硬度就大，鍋垢就多，但此次實驗有的水樣似乎例外，且也沒找到 pH 值與硬度有什麼關係。

五、總結

臺灣雖然有很多水庫，自來水普及率亦相當高，但諷刺的是，市面上卻充斥著賣水的加水站，而且民眾也需花費不少金額購置濾水設備，或者是舟車勞頓去取得天然泉水、地下水，以獲得乾淨安心的飲用水。

目前所見的資訊中，水硬度高對健康似乎沒有不良的影響，但是鍋垢造成的不便與高硬度口感差是事實。水質監測需長時間多次檢驗，才能得到較客觀數據。此次實驗雖只拿一次水樣做分析，但是得到的一些有趣的水質變化趨勢，倒也挺有意思，可以給水公司做做參考。

捌、參考資料及其他

- 一、翁春和。高中基礎化學。修訂版。台南市：南一書局。頁 18-21。2002。
- 二、郭重吉。自然與生活科技 4。修訂版。台南市：南一書局。頁 37-40。2007。
- 三、台灣省自來水公司網站 <http://www.water.gov.tw/00home/home.asp>
- 四、自來水公司第三管理處網站 <http://www.water1.dboem.com/index.php>
- 五、自來水公司第四管理處網站 <http://www4.water.gov.tw/home.asp>
- 六、台灣鐵路管理局 <http://www.railway.gov.tw/index/index.aspx>

【評 語】 031728 山海「硬」分家，「鹼值」「垢」麻煩

1. 本作品之採樣多且涵蓋南北與山海線，值得嘉許。
2. 每個水樣應進行超過一次的實驗，取其平均值。
3. 建議將諸多數據進行更深入系統的分析。