

# 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 環境學科

052611

水也來硬的？—『軟硬水』大比拼

學校名稱：新興學校財團法人桃園市新興高級中等學校

作者：  高二 林仟翊	指導老師：  林玫君  楊文心
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：硬水、導電度、GH 硬水測試劑

## 摘要

水是人生存的必須物，然而不同的水質硬度卻影響著生活中的很多事，既然要喝要用，我們藉由這次研究好好一窺究竟。

水硬度的檢測方式很多，一般實驗室裡常用 EDTA 滴定法，優點較為精確，但日常生活中不易取得，且配藥過程較為繁複。我們發現導電度計、TDS 是在電子儀器材料行常出現的簡易檢測儀器，甚至小米公司也研發簡易攜帶型 TDS 計，便宜易取得。另外，水族業常用的 GH 硬水檢測，微量的滴劑即可快速檢測。

本文分為三大主軸方向，先利用標準濃度硬水觀察導電度、TDS、GH 的趨勢，接著探討硬水與清潔劑的關係與油的乳化現象。最後再探討其他應用，泡咖啡濃度是否有影響，同時考量鈣鹽、鎂鹽的不同，來尋找出一個合適的用水質硬度。

## 壹、研究動機

水是孕育生命的源頭，也是維護動植物健康的必備要素。人體內有 50~70 % 的水分，細胞內也含約 70 % 的水，幾乎一切的生化反應都須仰賴水中發生。水深深影響著生活中的大小事，其中一項水質的硬度是值得我們注意的。

在 99 課綱的基礎化學第二冊，提到過自來水廠的淨化過程及硬水的軟化，但卻未提及多少含量以上鈣、鎂離子稱為硬水。加上近幾年，人們注重起養生保健，讓我們不禁想，到底喝軟水好還是喝硬水好？也許人體感受不太出來，但是當溶有很多鈣、鎂離子的水放在水壺裡煮，一陣子又可以發現水壺邊會出現一圈圈的水垢。那軟硬水是如何分級的？硬水與界面活性劑或肥皂水的作用有相同嗎？硬水與清潔劑作出來的泡泡水可以吹多大？可以維持多久？使用軟水或硬水清潔衣物清潔力有何差別？使用軟水或硬水所萃取出來的咖啡濃度有何差別？等種種問題引起了我們的研究興趣。

根據上述所發現的問題為目標，我們提出假設，並設計實驗進行此次的科展研究。文獻查詢發現，大部分軟硬水的硬度檢測是利用 EDTA 螯合滴定法測定水中之  $\text{Ca}^{2+}$  及  $\text{Mg}^{2+}$  含量，來決定水質的硬度。但居家環境不可能隨時準備著複雜的化學藥品來測定水質硬度，於是我們開始尋找有沒有可以替代檢測水質硬度的方法。另外，在 99 課綱基礎化學第二冊課本提及

界面活性劑時說明硬水與界面活性劑不像硬水與肥皂水是有反應的，我們想藉此次的研究也了解硬水與清潔劑的關係。我們也向老師詢問了一些有關軟硬水的相關問題並查詢、翻閱了相關文獻，決定更深入探討這些問題。

另外，我們也參考了台灣 2002 年台灣國際科學展覽會「從導電度看乳化」中的界面活性劑濃度影響導電度及不同濃度界面活性劑中加入油的量增加導電度均下降的結果，進行觀察不同濃度軟硬水在清潔劑中的導電度變化與加油的乳化程度。

## 貳、研究目的

- 一、不同濃度的模擬硬水，分別測量 TDS (ppm) 及導電度 ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ) 是否有相同趨勢
- 二、不同濃度的硬水測量 GH 滴數與導電度是否有關連性
- 三、五種生活水樣測量導電度及 GH 並回推其硬度
- 四、不同濃度軟硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水，其導電度是否有差異
- 五、不同濃度軟硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水，其 GH 滴數是否有差異
- 六、不同濃度軟硬水中，比較界面活性劑、肥皂水對香油進行乳化，其導電度是否有差異
- 七、不同濃度軟硬水是否會對水性顏料的洗淨能力有影響
- 八、不同濃度軟硬水，比較界面活性劑、肥皂水對油性墨汁的洗淨能力的影響
- 九、不同濃度軟硬水，肥皂水對吹泡泡的大小及其維持時間是否有影響。
- 十、不同濃度軟硬水對泡咖啡的濃度是否有影響

## 參、 研究設備及器材

硝酸鈣 ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )

硫酸鈣 ( $\text{CaSO}_4$ )

硫酸鎂 ( $\text{MgSO}_4$ )

AZOO GH (General Hardness) 硬度測試劑

Iselect 純水

導電度 (EC) & TDS 計

伯朗濾掛式咖啡粉

南僑水晶肥皂

椰子油起泡劑 (椰油醯胺丙基甜菜鹼) (兩性離子界面活性劑)

橘色墨汁

水性顏料

小磨香油

950 mL 塑膠胖胖杯

硬水儲存瓶、100 mL 小布丁杯子、1000 mL 餅乾盒子

縲縲布一捲

針筒 10 mL、25 mL、60 mL

塑膠滴管

樣品瓶 30 mL 數十個

分光光度計 Cell 瓶

刨刀

咖啡匙

電子秤

紫外可見光分光光度計 (Vernier)

碼錶計時器

格子切割墊

數據分析 Vernier Software Logger Pro 3.10



圖 3-1 導電度 (EC) & TDS 計



圖 3-2 咖啡濃度計



圖 3-3 紫外可見光分光光度計

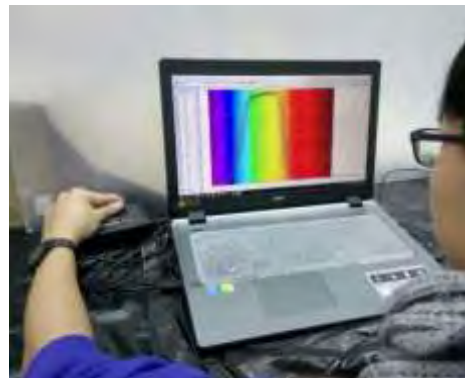


圖 3-4 Vernier Logger Pro 3.10



圖 3-5 塑膠針筒



圖 3-6 繅綦布一捲



圖 3-7 刨刀



圖 3-8 電子秤



圖 3-11 伯朗瀘掛咖啡、小磨香油



圖 3-12 橘色墨汁



圖 3-15 塑膠容器



圖 3-16 格子切割墊



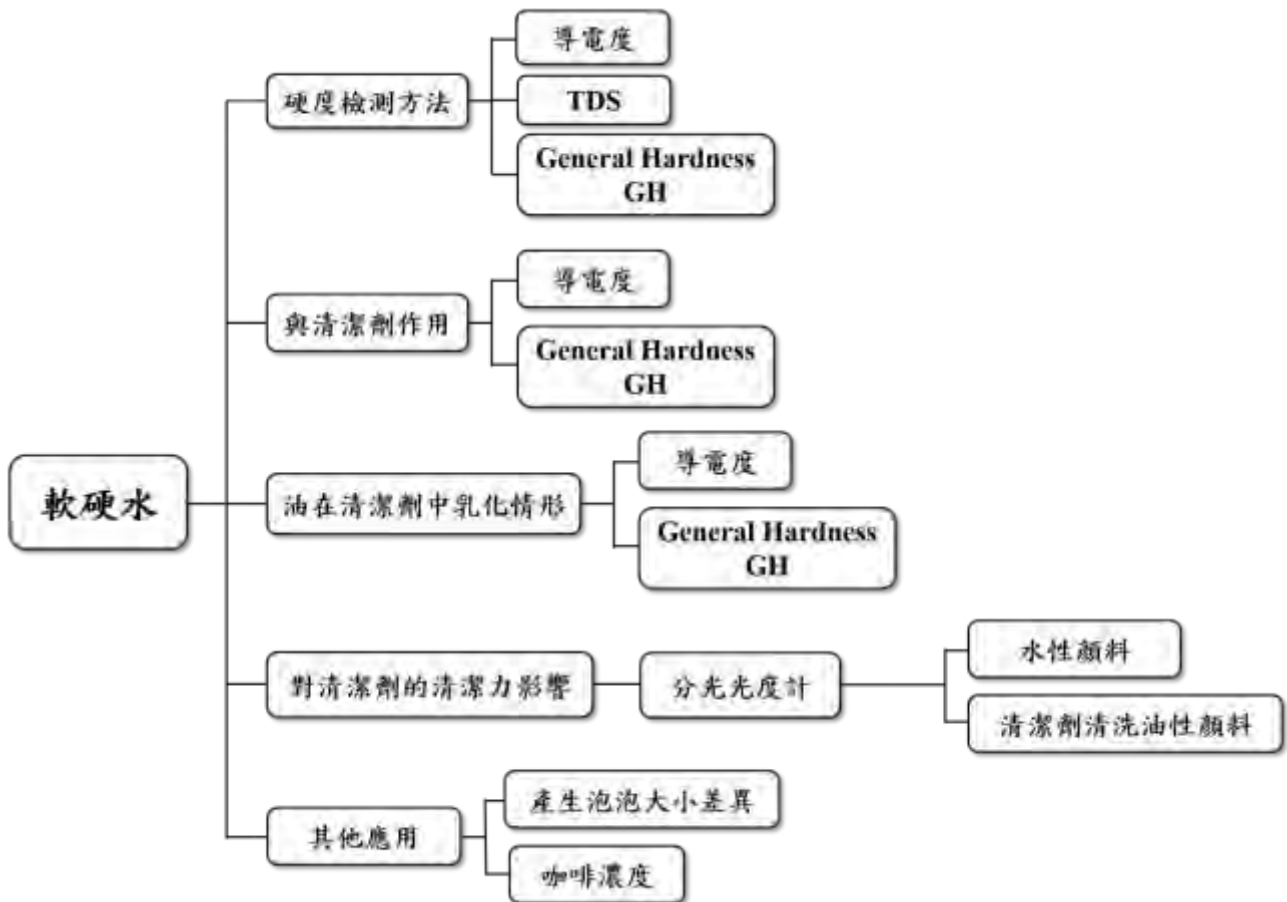
圖 3-17 硝酸鈣、硫酸鎂、硫酸鈣、椰子油起泡劑（兩性離子界面活性劑）



## 肆、研究過程及方法

### 一、研究過程

#### (一) 研究架構



## (二) 探究流程

問題一：

不同濃度的硝酸鈣、硫酸鈣、硫酸鎂配製的硬水是否都與導電度、TDS 有線性關係？

實驗一：

配製硝酸鈣、硫酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度的模擬硬水，分別測量 TDS (ppm) 及導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

問題二：

使用水族館的 GH 水質檢測滴劑是否能找到與導電度相同趨勢來代表水質硬度？

實驗二：

配製硝酸鈣、硫酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度的模擬硬水，分別測量 GH 滴數並與導電度作比較

問題三：

日常生活用水的硬度到底是多少？

實驗三：

取五種水樣分別測量導電度及 GH

問題四：

不同濃度硬水在界面活性劑中與肥皂水中隨時間變化的作用情況相同嗎？

實驗四：

不同濃度的硬水標準品分別加入等量界面活性劑及肥皂水於 0min、1hr、2hr 測量導電度的差異

問題五：

用導電度觀察界面活性劑與肥皂作用趨勢，最初及反應穩定後，是否與 GH 滴劑有相同的結果？

實驗五：

不同濃度的硬水標準品分別加入等量界面活性劑及肥皂水於 1 min 及 2 hr 後 GH 滴數差異

(接下頁)



問題六：  
不同濃度的硬水分別與界面活性劑及肥皂水作用後，進行乳化作用，結果會如何？

實驗六：  
不同濃度的硬水標準品分別加入等量界面活性劑及肥皂水 2 hr 後，再加入香油，測量乳化作用前後導電度的差異

問題七：  
在軟硬水中清洗布上的水性顏料是否會有差異？

實驗七：  
不同濃度的硬水標準品對水性顏料的洗淨能力

問題八：  
在軟硬水中加入界面活性劑或肥皂水清洗油墨的效果會有差異嗎？

實驗八：  
不同濃度的硬水加入等量界面活性劑或肥皂水對油性墨汁的洗淨能力

問題九：  
除了乳化作用、清淨能力外，還有甚麼是與軟硬水有關的生活應用？

實驗九：  
不同濃度的硬水加入等量肥皂水對吹泡大小差異

問題十：  
水質硬度會影響沖泡出來咖啡的濃度嗎？

實驗十：  
配製不同濃度的硬水標準品來浸泡咖啡粉得到的咖啡，用咖啡濃度計測量其濃度

## 二、文獻探討及研究方法

### (一)何謂硬水？

硬水 (hard water)，指水中含有大量的鈣、鎂離子或其他的礦物質，會造成肥皂分子的凝結，而減低其清潔之效果。此類之水容易於鍋爐及管線中產生水垢。水之硬度 (hardness)，是指溶於水中之碳酸鈣量，通常以相當碳酸鈣的量表示之。形成水硬度主因是水中多價金屬陽離子所造成，這種離子能和肥皂或水中存在的特定陰離子起反應而形成沉澱或鍋垢。主要引起硬度的陽離子是鈣、鎂離子，其餘如鋇、亞鐵、鋁離子其相對含量低，常予以忽略不見。依陰離子之不同，硬度可分為碳酸鹽硬度 (Carbonate Hardness) 及非碳酸鹽硬度 (Noncarbonate Hardness)。碳酸鹽硬度之陰離子為  $\text{HCO}_3^-$  及  $\text{CO}_3^{2-}$ ，含這類離子之水為可經由加熱除去之暫時硬水。非碳酸鹽硬度之陰離子為  $\text{SO}_4^{2-}$  或  $\text{Cl}^-$ ，不能經由加熱去除其硬度，含這類離子之水稱為永久硬水。一般而言，含石灰岩地區及土壤表層較厚地區，雨水與岩石及土壤接觸溶出較多之鈣鎂離子，故硬度較高。地下水也因上述反應發生機會比地表水多，而常有較高之硬度。一般硬水分級大至上如下表。

	德國硬度	碳酸鹽硬度 ppm
強軟水(very soft water)	0~4°dH	約0~89 ppm
軟水(soft water)	5~8°dH	約90~159 ppm
適度硬水(medium hard water)	9~12°dH	約160~229 ppm
中硬水(fairly hard water)	13~18°dH	約230~339 ppm
硬水(medium hard water)	19~30°dH	約340~534 ppm
強硬水(very hard water)	30°dH以上	535 ppm以上

### (二)導電度法

導電度 (Conductivity) 為將電流通過  $1\text{ cm}^2$  截面積，長  $1\text{ cm}$  之液柱時電阻 (Resistance) 之倒數，單位為  $\text{mho/cm}$ ，導電度較小時以其  $10^{-3}$  或  $10^{-6}$  表示，記為  $\text{mmho/cm}$  或  $\mu\text{mho/cm}$ 。需要用標準導電度溶液校正導電度計，再測定水樣之導電度。

導電性的測量，實際上是測量一電解溶液中離子的導電能力，相對於酸鹼度計 (pH meter) 只測量氫離子的濃度；導電度的測量則包括所有的離子，因凡為離子均能導電，只是程度上的不同而已。液體的導電度是來自離子的移動，其導電度的大小則與下列因素有關：1. 溶液中離子的種類及濃度。2. 電極面的有效面積。3. 電極間的距離及電位差。4. 溶液的溫度。若將

以上的 2、3、4 因素固定，濃度即可由所測的電流換算而得。藉此，我們拿來檢測硬水中離子的濃度。

### (三) General Hardness (GH) 德國硬度

水的硬度通常是指「鈣與鎂」離子的總濃度，又可分為鈣硬度及鎂硬度，兩者之合稱『總硬度』簡稱「硬度」。水中含有多少硬度（多價的金屬離子），通常以碳酸鈣（ $\text{CaCO}_3$ ）所表示，但它也包含了：鎂、鈣、鐵等濃度。

德國硬度 GH 之定義，主要是台灣地區的水質資訊受到德國的影響十分深遠，並引用之。GH 硬度通常是指溶於水中的鈣、鎂離子的含量，而其他的離子對 GH 的影響微不足道。硬度表示法有很多種，GH 為其中一種，當 GH 在 8 度 gh 以下即為軟水。計算方式如下所列。德國硬度 = 鈣鎂鹽濃度 (ppm) x 0.056。

例：鈣鎂鹽濃度 230~339 ppm = 德國硬度 13~18 dh

鈣鎂鹽濃度 89~159 ppm = 德國硬度 4~ 8 dh

本指示劑原理是利用定量分析中的滴定法來進行，及利用已知濃度的測試劑，來滴定作用定量水樣中的  $\text{Ca}^{2+}$  及  $\text{Mg}^{2+}$  含量，並用指示劑的顏色變化來顯現作用終點，然後再根據測試劑所滴定的滴數換算成 GH 值。另外，市面上有一種養蝦業的水質檢測 KH 與 GH 的不同是 KH 為 Carbonate Hardness，碳酸硬度，是指水中含  $\text{CO}_3^{2-}$  或  $\text{HCO}_3^-$  之份量，與鈣鎂離子的含量無關。



圖 4-1 GH 德國硬度測試劑



圖 4-2 GH 德國硬度測試劑



圖 4-3 GH 顏色變化

#### (四)CMC

臨界微胞濃度 (Critical micelle concentration, 縮寫為 CMC), 其定義為表示界面活性劑結構與性能的一個最重要的物理量, 為界面活性劑形成微胞所需的界面活性劑的最低濃度。根據界面活性劑的 CMC 值大小可以設計界面活性劑加入量以得到微胞大小、形狀可控的溶液。臨界微胞濃度可以透過許多實驗方法來測得, 如: 電導度、表面張力、及濁度等。影響 CMC 值的因素可歸納為界面活性劑本身的親疏水性、溶液中的離子濃度、以及溫度與壓力等。本科展研究則以導電度來觀察界面活性劑在硬水中的表現與 CMC 的關係。

#### (五)TDS

TDS 表示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), 可以 TDS 筆 (水質檢測筆) 來測量。水質飲用水 40ppm (國際 nsf 標準質), 40ppm 以上建議停止飲用。高雄自來水約 250ppm; 台南約 170ppm; RO 水約 8~20ppm。

#### (六)咖啡濃度計

根據咖啡的水科學提到「金杯 (Gold Cup) 理論」就像是「萃取理論」談的是咖啡的萃取。咖啡豆磨成咖啡粉, 並不是什麼都可以溶於水的最多也大概只能萃取到 30%。但 30% 中包含人們不喜歡的味道, 所以大概多數咖啡人會同意, 目標就是要萃取出 20% 左右, 約在 18%~22% 是可以接受範圍的萃取率。萃取率是咖啡粉有多少東西進咖啡裡, 少於 18% 為「萃取不足」, 多於 22% 則為「過度萃取」。

目前可以藉由量出咖啡濃度計折射率原理量測 TDS (Total Dissolved Solids, 溶解性總固體), 就知道溶解多少咖啡在水裡面。此類儀器是以百分比 (%) 來表示 TDS, 假設煮出 400 克的咖啡, 根據「咖啡濃度測量計」的顯示, 如果 TDS 量出來是 1.5%, 則意思就是萃取出咖啡量 = 我們煮出來的咖啡 (克)  $\times$  TDS % = 400  $\times$  1.5% = 6 克, 也就是有 6 克的咖啡。如果我本來的咖啡粉是用了 30 g, 那萃取率就是

$$\text{萃取出咖啡量} / \text{使用的咖啡量} = 6 / 30 = 0.2 = 20\%$$

#### (七)分光光度計法

在可以精準測量光強度的分光光度儀被製造出來之前, 比色法就經常被拿來估計溶液的濃度, 透過觀察溶液的顏色深淺關係, 可以大致了解溶液的濃度。而對於無色的溶液, 也經

常被添加一些能夠使之顯色的物質以進行比色法的測定。

在各式各樣的波長選擇儀器出現後，分光光度法便取代了比色法，成為目前透過光學方法測量濃度的儀器當中，最為普遍的一種。分光光度計既然名稱中有「分光」二字，顯示其特色就在於它的波長選擇。分光光度計可以提供幾近單一色光，即入射光的波長範圍相當狹窄，比爾定律的適用性也就大大地提高。因此在分光光度計的儀器設計當中，是直接透過比爾定律來計算，不需要進行工作曲線的迴歸，提升了儀器的方便性與準確度。因此比爾定律的應用，通常是針對已知莫耳吸收係數的溶液，透過測量光吸收度推算溶液的濃度。這種透過光學方法測量濃度的方法，包含了比色法 (colorimetry)、目視比色法 (Visual colorimetry)、光電比色法 (photoelectric colorimetry)、分光光度法 (spectrophotometry) 等。

#### (1) 比色法：

當可見光穿過有色溶液時，溶液內的有色物質會吸收可見光，使光的強度衰減，藉此測定有色物質的濃度，如圖 4-4。

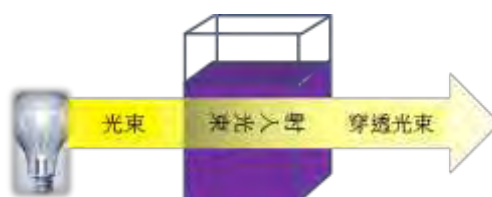


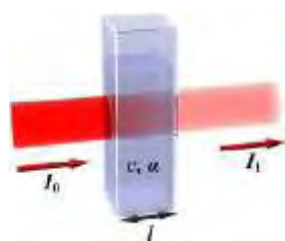
圖 4-4

#### (2) 光電比色法 (紫外可見光分光光度計吸收度法)：

比爾定律，又稱作比爾-朗伯定律 (Beer-Lambert Law)，是一個光學基礎定律。當光穿過樣品溶液時，光的吸收度(A)與吸收係數( $\epsilon$ )、光徑長(b)、濃度(c)三者均呈正比： $A = \epsilon b c$ 。其中為吸收係數 (absorptivity，或稱 absorption coefficient)，亦可稱為消光係數 (extinction coefficient, k)。然而，若是在光徑長 b 使用了 cm 作為單位，並且濃度 c 使用 M 作為單位，吸收係數以  $M^{-1}cm^{-1}$  作為單位，那麼這時候的吸收係數，即可稱為莫耳吸收係數 (molar absorptivity)，其符號以  $\epsilon$  來代表。

此外，我們需要瞭解的另一個重要定義是光的吸收度 (absorbance)。當一束光線照射到一樣品溶液時，部份的光線會被樣品溶液吸收，剩下的光線則穿透樣品溶液，即原本光入射線強度  $I_0$ ，穿透光線強度變為  $I_1$ ，此時光的穿透度 T (Transmittance)，即光穿透的比例為  $T = \frac{I_1}{I_0}$ 。反言之，部份光被樣品吸收，定義光的被吸收度 A 為一個大於等於零的實數；

一般而言落在 0 至 2 之間，其中 0 所代表的意義即為完全無吸收，2 則代表有百分之九十九的光通過時被吸收了。



$$A = -\log T = -\log \frac{I_1}{I_0}$$

圖 4-5、比爾定律吸收光路徑的示意圖。(圖片來源：WIKIPEDIA Beer-Lambert law)



### 三、探究過程

實驗一	主題	配製硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度的模擬硬水，分別測量 TDS (ppm) 及導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	原理	導電度的測量則包括所有的離子，因凡為離子均能導電，只是程度上的不同而已。液體的導電度是來自離子的移動，若將電極面的有效面積、電極間的距離及電位差、溶液的溫度固定或回饋校正，濃度即可由所測的電流換算而得
	步驟	(1) 配製 100 ppm、200 ppm、400 ppm、600 ppm、800 ppm、1000 ppm 的硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂水溶液待用 (2) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，測量 TDS，作成趨勢圖 (3) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，測量導電度，作成趨勢圖
實驗二	主題	配製硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度的模擬硬水，分別測量 GH 滴數並與導電度作比較
	原理	利用水族業常用 GH 滴劑，定量分析中的滴定法來進行，定量標準溶液水樣中的 $\text{Ca}^{2+}$ 及 $\text{Mg}^{2+}$ 含量，並用指示劑的顏色變化來顯現作用終點，然後再根據測試劑所滴定的滴數換算成 GH 值
	步驟	(1) 取各種濃度的軟硬水 5 毫升，逐一操作(2)~(4)

		<p>(2) 加入 GH 滴劑中編號一藥水 5 滴、編號二粉末 1 匙並搖晃均勻</p> <p>(3) 以編號三藥水，逐滴加入事先混合好的步驟(2)溶液中，每加一滴輕微搖晃至完全混合</p> <p>(4) 硬水溶液由粉紅色變紫色再多加一滴變藍色時達到滴定終點，並記錄滴數，作成趨勢圖，顏色變化如下</p>
	操作	
實驗三	主題	取五種水樣分別測量導電度及 GH 滴數回推其濃度
	原理	利用已知濃度的標準液之 GH 滴數，換算五種水樣中的 $\text{Ca}^{2+}$ 及 $\text{Mg}^{2+}$ 含量，
	步驟	<p>(1) 取自來水、地下水、山泉水、過濾水、煮沸水各 15 毫升，進行實驗一第 (3) 步驟</p> <p>(2) 取自來水、地下水、山泉水、過濾水、煮沸水各 5 毫升，進行實驗二步驟(2)~(4)</p>
實驗四	主題	不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水於 1 hr、2 hr 測量導電度的差異
	原理	根據文獻得知，因兩性離子界面活性劑與肥皂水的濃度愈高，導電度愈大。藉由觀測加入清潔劑後 1 hr、2 hr 的導電度變化情形，了解軟硬水與清潔劑的作用情況
	步驟	<p>(1) 取 1 克界面活性劑，加入 100 毫升純水，製成界面活性劑稀釋液待用</p> <p>(2) 取 1 克南僑水晶肥皂，加入 100 毫升純水，製成肥皂水待用</p> <p>(3) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，加入 5 毫升界面活性劑稀釋液</p> <p>(4) 測量最初、1 hr、2 hr 的導電度並記錄</p> <p>(5) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，加入 5 毫升肥皂水</p> <p>(6) 重複步驟(4)並記錄</p>

實驗五	主題	不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水於 1 分鐘及 2 hr 後 GH 滴數差異
	原理	利用 GH 檢測鈣、鎂離子總量的性質，觀察與清潔劑作用 1 分鐘與 2 hr 後，鈣、鎂離子的殘存量使否與實驗四一致
	步驟	(1) 取各種軟硬水 15 毫升，加入 5 毫升界面活性劑稀釋液，用實驗二的方法測量最初及靜置 2 hr 後 GH 滴數 (2) 取各種軟硬水 15 毫升，加入 5 毫升肥皂水，用實驗二的方法測量最初及靜置 2 hr 後 GH 滴數
實驗六	目的	不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水 2 小時後，再加入等量香油測量乳化作用前後導電度的差異
	原理	油在清潔劑中的乳化作用與清潔劑的 CMC 臨界微胞濃度有關，超過 CMC 時，才能夠成泡而清潔，反之則無法。根據文獻結果我們也知道，若在定量的清潔劑中加入油量愈多，導電度則會下降，乳化效果差。我們藉由觀察硬水與清潔劑作用 2 小時後，再加油的導電度判斷其乳化效果
	步驟	(1) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，加入 5 毫升界面活性劑稀釋液，放置 2 小時後，測量導電度。 (2) 加入香油，並靜置 5 分鐘後測量其導電度 (3) 重複(1)、(2)步驟改為肥皂水
實驗七	主題	不同濃度的硬水對水性顏料的洗淨能力差異
	原理	水性顏料可被水所清潔，利用洗下布上的顏料量測吸收度
	步驟	(1) 拿縲縲布，上方滴入水性顏料 1 滴，並靜置乾燥 5 分鐘，製成污漬。 (2) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，將乾燥過後的布放進去浸泡 5 分鐘後取出。 (3) 浸泡完布的軟硬水，取一些放入 Cell 瓶用分光光度計去分光。
實驗八	主題	不同濃度的硬水加入等量界面活性劑或肥皂水對油性墨汁洗淨能力差異
	原理	油性墨汁可用界面活性劑或肥皂水清潔，利用洗下布上的顏料量測吸收度
	步驟	(1) 白布上方滴入油墨 1 滴，並靜置乾燥 5 分鐘，製成污漬



		<p>(2) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，加入<u>界面活性劑</u>稀釋液 5 毫升，並放置 2hr。</p> <p>(3) 將乾燥過後的布放進去浸泡 5 分鐘後取出。</p> <p>(4) 浸泡完布的軟硬水，取一些放入 Cell 瓶用分光光度計去分光</p> <p>(5) 重複步驟(1)~(4)以<u>肥皂水</u>洗之</p>
<b>實驗九</b>	主題	不同濃度的硬水加入等量肥皂水對吹泡泡大小差異
	原理	泡泡的大小與表面張力有關係，不同的水與肥皂水比例能吹出不同的泡泡大小，若硬水與肥皂水作用明顯，則泡泡無法吹大或維持不久
	步驟	<p>(1) 取各種濃度軟硬水 15 毫升，加入肥皂水 5 毫升，利用自製吹泡泡器在切割墊上吹出泡泡。</p> <p>(2) 將肥皂泡泡水放置 30 分鐘後在格子切割墊上吹泡，比較差異。</p> <div style="text-align: center;">     </div>
<b>實驗十</b>	主題	不同濃度的硬水對泡咖啡濃度的影響
	原理	目前可以藉由量出咖啡濃度計折射率原理量測 TDS ( Total Dissolved Solids，溶解性總固體)，就知道溶解多少咖啡在水裡面，此類儀器是以百分比 (%) 為單位來表示 TDS。藉此也可計算咖啡的萃取率
	步驟	<p>(1) 配製硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂各種濃度軟硬水待用</p> <p>(2) 取 20 毫升裝入 100 mL 布丁盒子</p> <p>(3) 取 1 克咖啡粉，裝入咖啡濾袋中後浸入步驟(2)溶液中</p> <p>(4) 浸泡一小時後，取出咖啡粉，並測量其咖啡濃度</p>

## 伍、研究結果

一、**實驗一**：配製硝酸鈣、硫酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度（純水、100 ppm、200 ppm、400 ppm、600 ppm、800 ppm、1000 ppm）的模擬硬水，分別測量 TDS(ppm)及導電度(  $\mu\text{S}/\text{cm}$  )

※在此以測量三次的平均值羅列如下

(一)、硫酸鈣水溶液之 TDS 及導電度

TDS (ppm)	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	6.5	92	130.5	204.5	283	372	442.5
導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	14.5	180	311	465	575	756	924.5

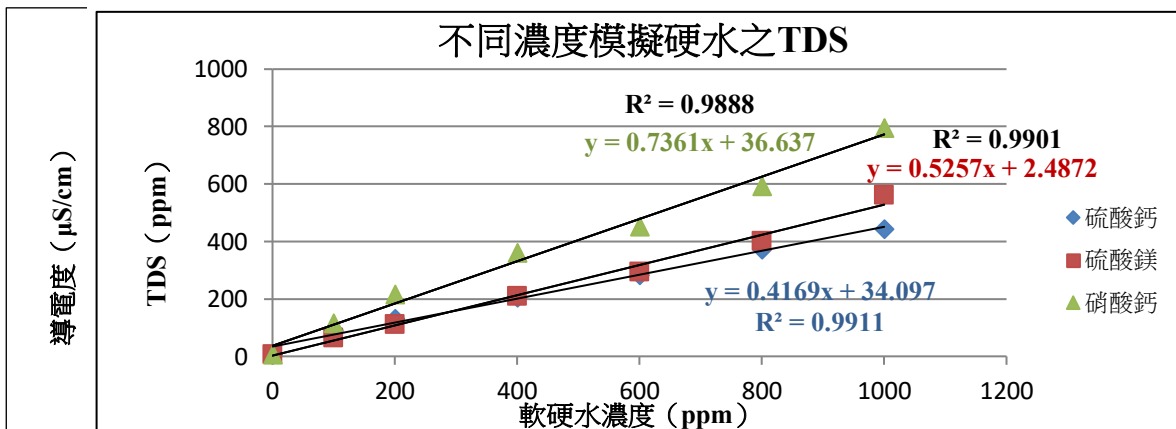
(二)、硝酸鈣水溶液之 TDS 及導電度

TDS (ppm)	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	6.5	115.5	215	360.5	452	592.5	796.5
導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	14.5	247.5	442	734.5	942	1149	1580

(三)、硫酸鎂水溶液之 TDS 及導電度

TDS (ppm)	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	6.5	64.5	112	210	293.5	400	560.5
導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	14.5	142.5	249	467.5	613	814.4	1209.5

(四)、作圖



二、**實驗二**：配製硝酸鈣、硫酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度（純水、100 ppm、200 ppm、400 ppm、600 ppm、800 ppm、1000 ppm）的模擬硬水，測量 GH 滴數並與導電度作比較

※在此以測量三次的平均值羅列如下

(一)、硫酸鈣 GH 滴數

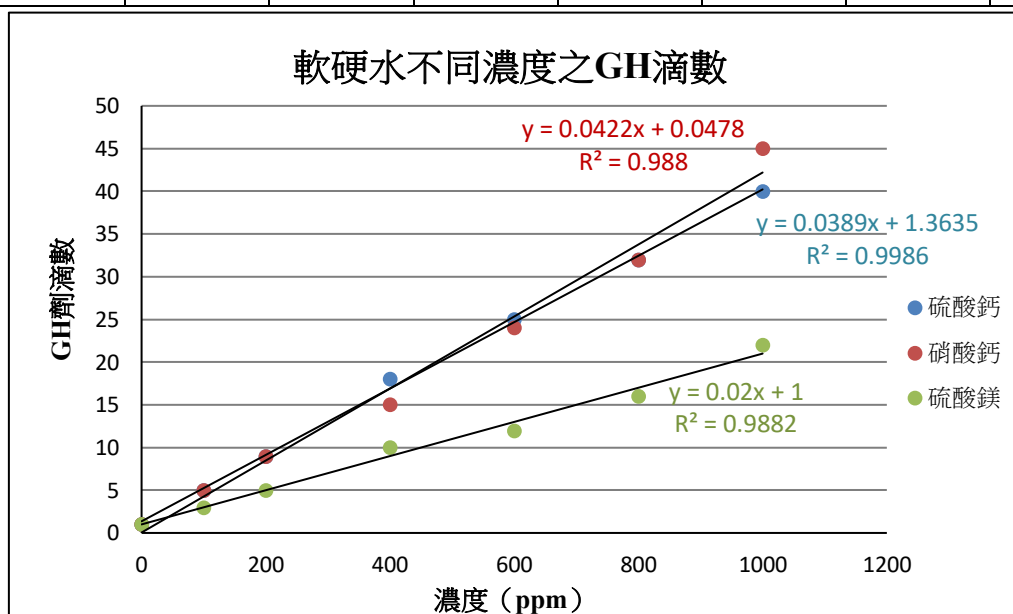
GH 滴數	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	1	5	9	18	25	32	40

(二)、硝酸鈣 GH 滴數

GH 滴數	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	1	5	9	15	24	32	45

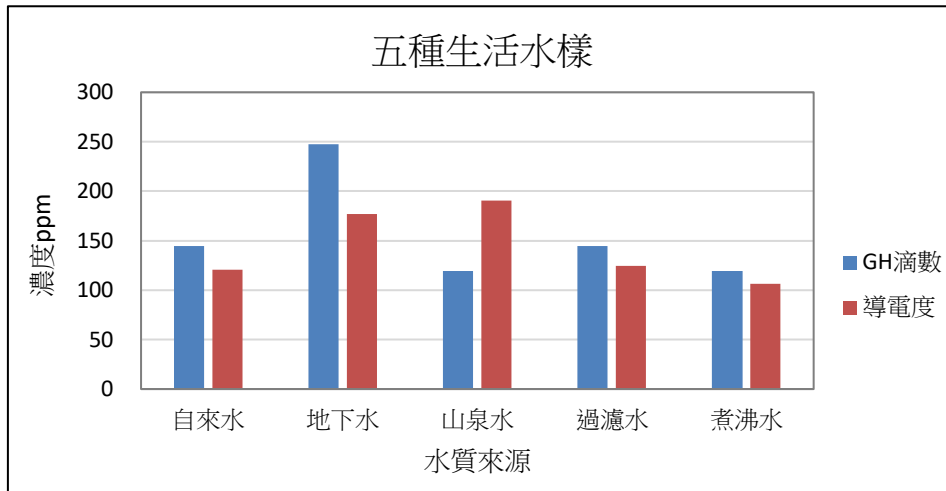
(三)、硫酸鎂 GH 滴數

GH 滴數	純水	100	200	400	600	800	1000
平均值	1	3	5	10	12	16	22



三、**實驗三**：取五種水樣分別測量導電度（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）及 GH 滴數※以下為測量三次的平均值

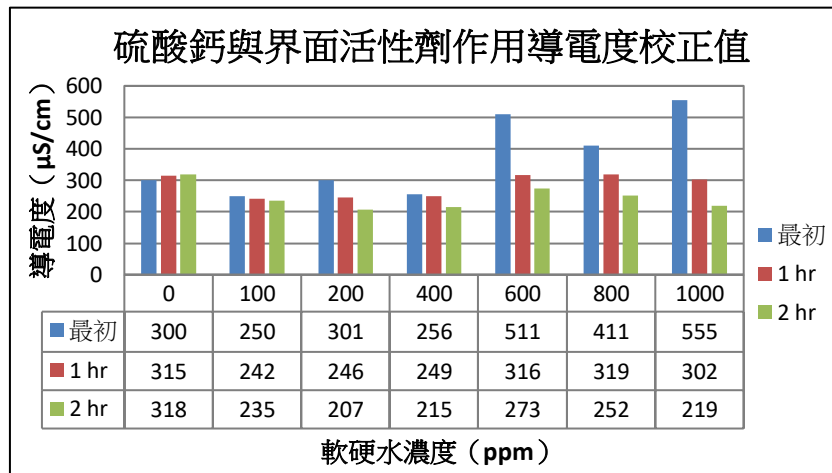
		自來水	地下水	山泉水	過濾水	煮沸水
GH	平均值	7	11	6	7	6
	回推濃度 (ppm)	145	248	119	145	119
導電度	平均值	187	235	247	190	175
	回推濃度 (ppm)	121	177	191	124	106



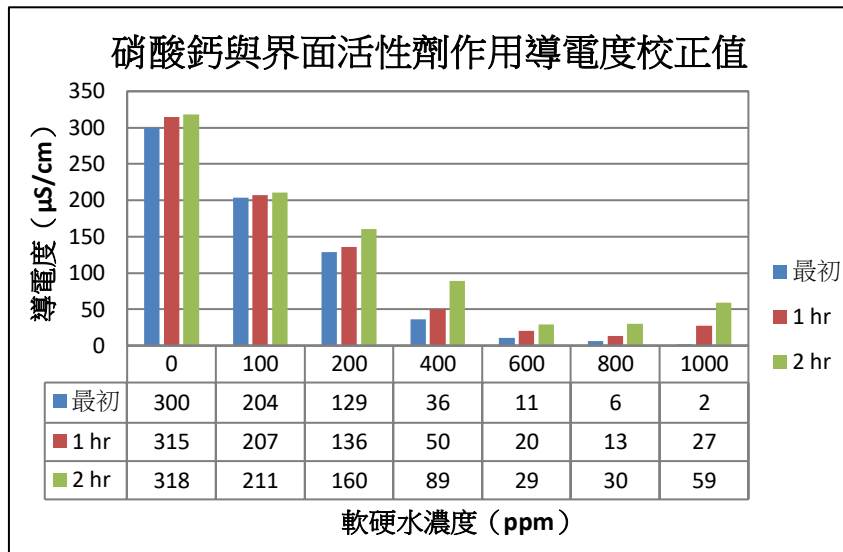
四、**實驗四**：不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水於 1 hr、2 hr 測量導電度的差異

※以下導電度校正值為硬水加清潔劑（界面活性劑、肥皂水）的導電度量測值扣掉純硬水的導電度（實驗三）

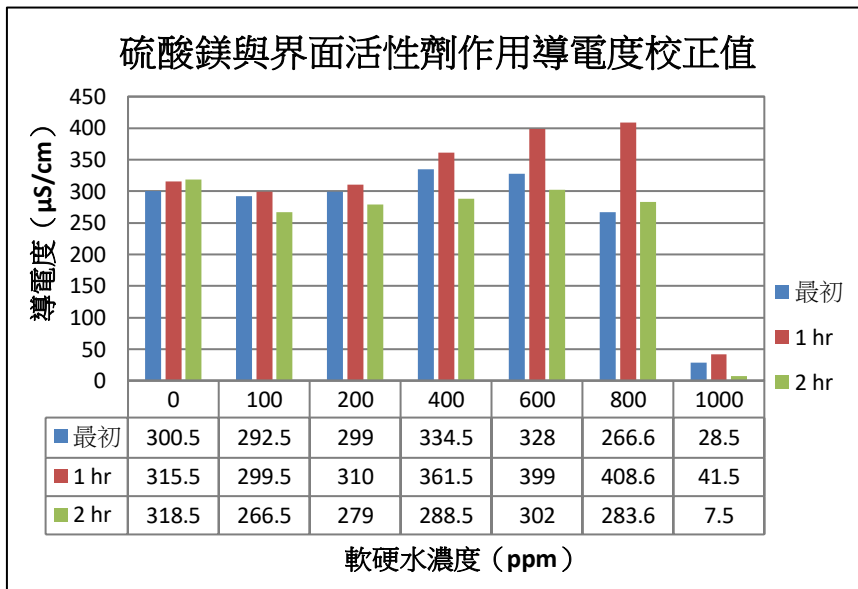
(一)、硫酸鈣加界面活性劑後導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )



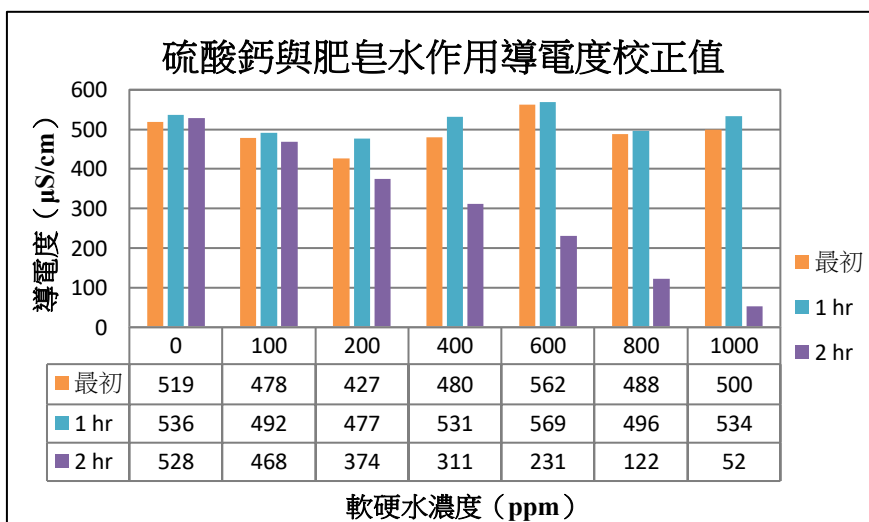
(二)、硝酸鈣加界面活性劑後導電度 (  $\mu\text{S}/\text{cm}$  )



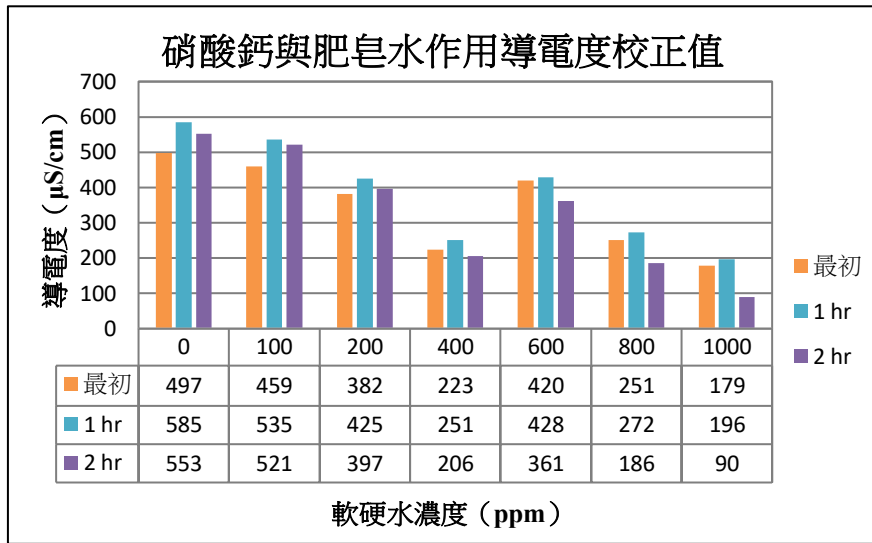
(三)、硫酸鎂加界面活性劑後導電度 (  $\mu\text{S}/\text{cm}$  )



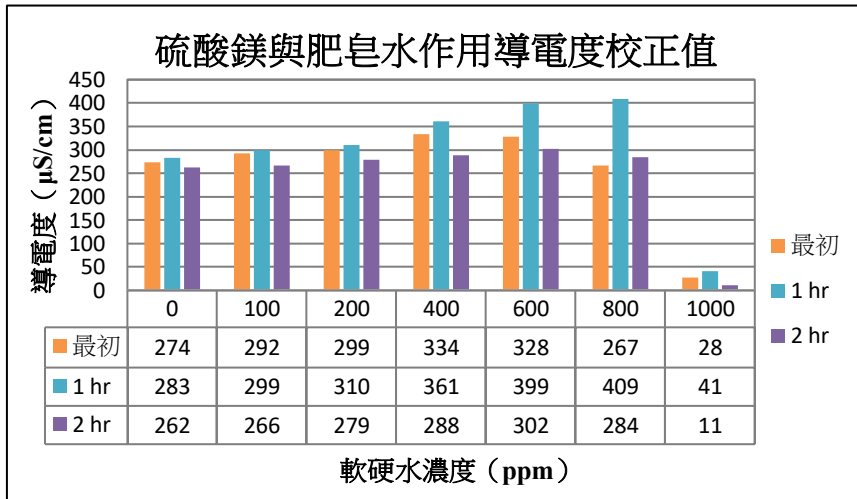
(四)、硫酸鈣加肥皂水後導電度 (  $\mu\text{S}/\text{cm}$  )



(五)、硝酸鈣加肥皂水後導電度 (  $\mu\text{S}/\text{cm}$  )

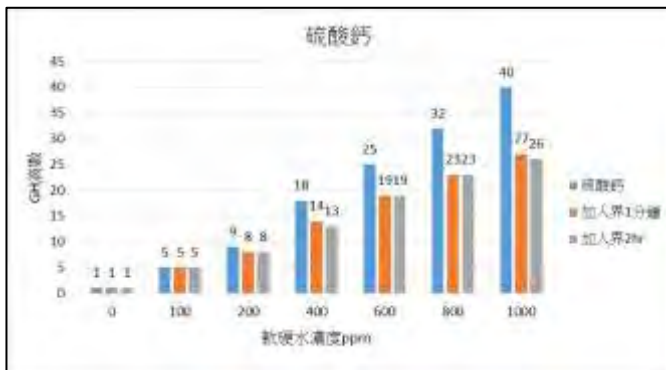


(六)、硫酸鎂加肥皂水後導電度 (  $\mu\text{S}/\text{cm}$  )

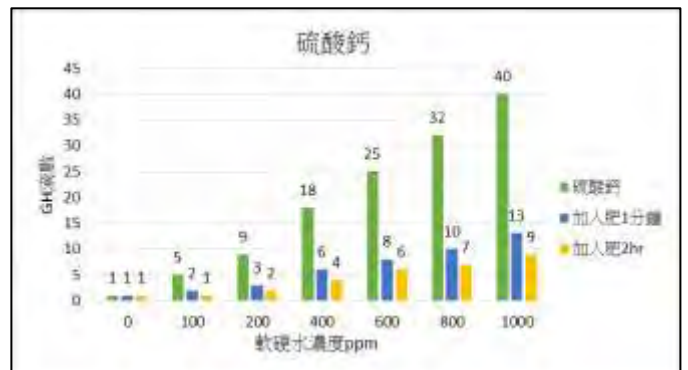


五、**實驗五**：不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水於 1 分鐘及 2 小時後 GH 滴數差異

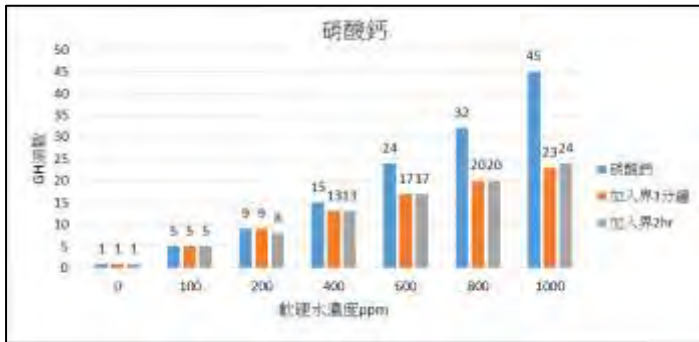
(一)、硫酸鈣加界面活性劑後 GH 滴數變化



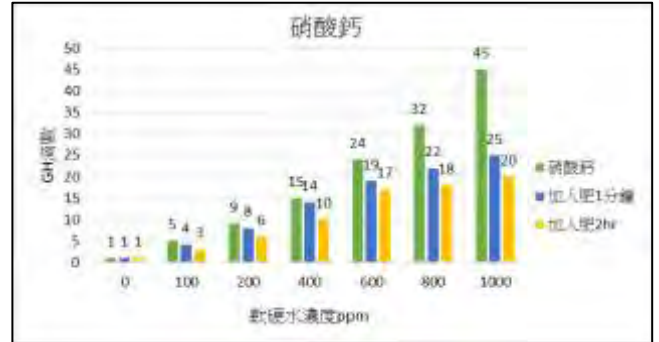
(四)、硫酸鈣加肥皂水後 GH 滴數變化



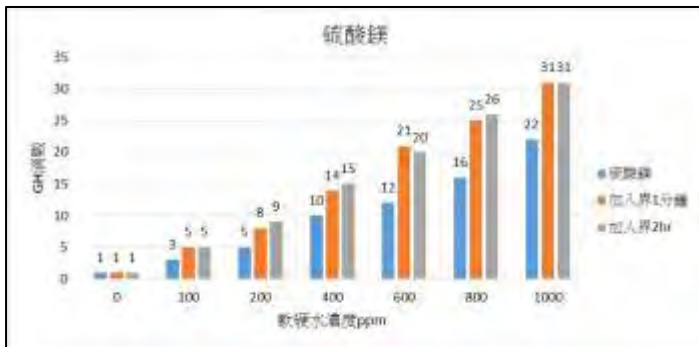
(二)、硝酸鈣加界面活性劑後 GH 滴數變化



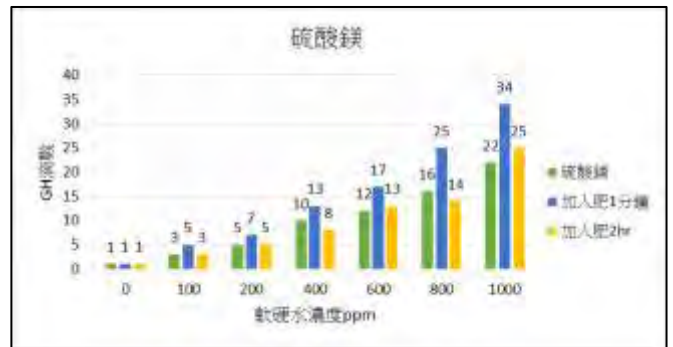
(五)、硝酸鈣加肥皂水後 GH 滴數變化



(三)、硫酸鎂加界面活性劑後 GH 滴數變化



(六)、硫酸鎂加肥皂水後 GH 滴數變化



六、**實驗六**：不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水 2 小時後，再加入香油測量乳化作後導電度的差異

(一)、硫酸鈣與界面活性劑乳化作導電度

導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
2 小時	318	383	487	679	875	1018	1154
加油後 5 分鐘	280	346	451	647	842	984	1122
下降量	38	37	36	32	33	34	32

(二)、硝酸鈣與界面活性劑乳化作導電度

導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
2 小時	318	362	527	657	848	1041	1182
加油後 5 分鐘	292	339	509	643	831	1022	1167
下降量	26	23	18	14	17	19	15

(三)、硫酸鎂與界面活性劑乳化作導電度

導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
2 小時	318	409	528	756	915	1098	1107
加油後 5 分鐘	294	388	511	740	897	1076	1095
下降量	24	21	17	16	18	16	12

(四)、硫酸鈣與肥皂水乳化作用導電度

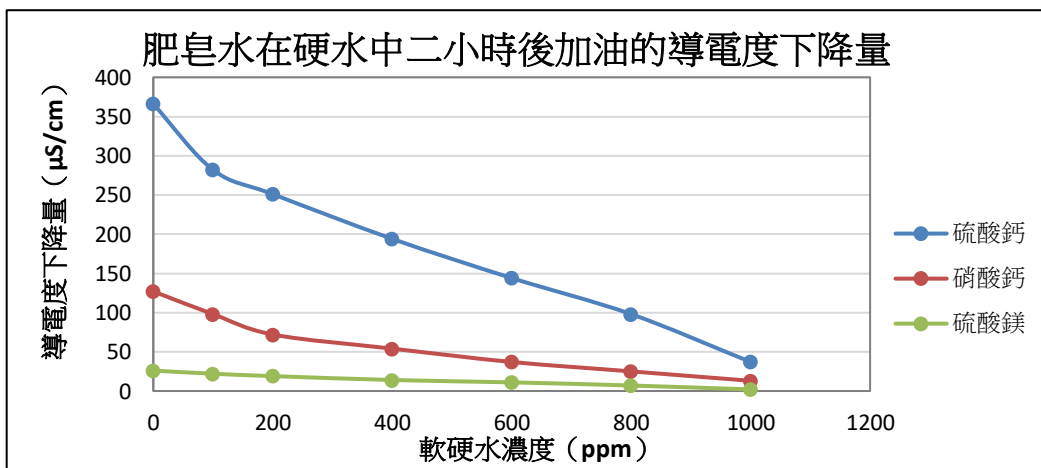
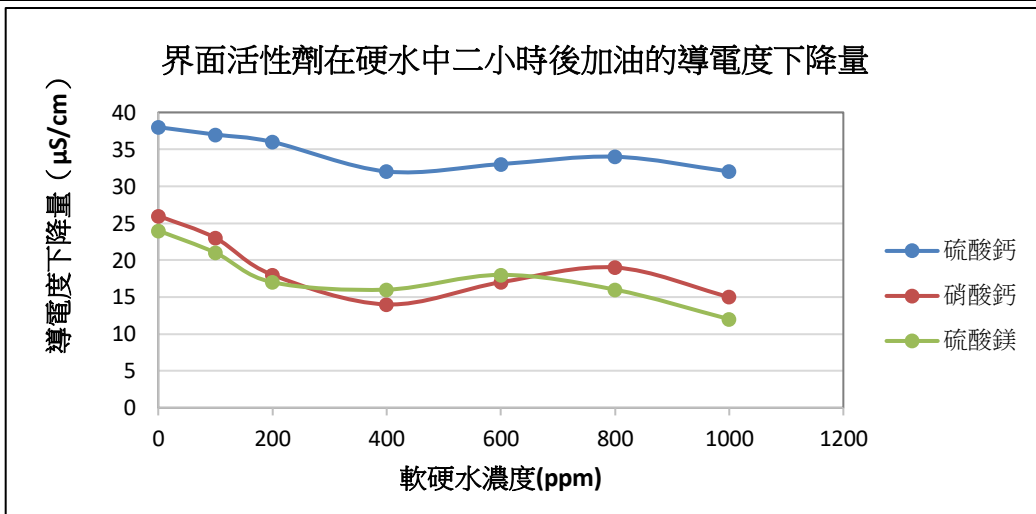
導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
2 小時	543	648	685	776	806	878	977
加油後 5 分鐘	177	366	434	582	662	780	940
下降量	366	282	251	194	144	98	37

(五)、硝酸鈣與肥皂水乳化作用導電度

導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
2 小時	568	769	839	941	1303	1335	1670
加油後 5 分鐘	441	671	767	887	1266	1310	1657
下降量	127	98	72	54	37	25	13

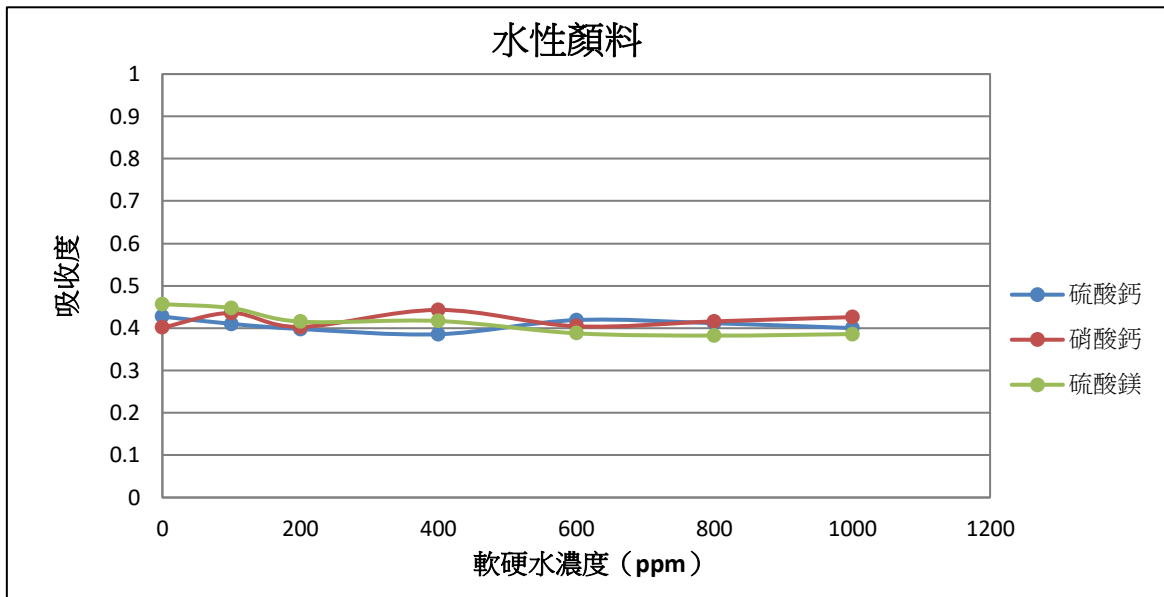
(六)、硫酸鎂與肥皂水乳化作用導電度

導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	純水	100	200	400	600	800	1000
2 小時	277	409	528	756	915	1098	1107
加油後 5 分鐘	251	387	509	742	904	1091	1105
下降量	26	22	19	14	11	7	2

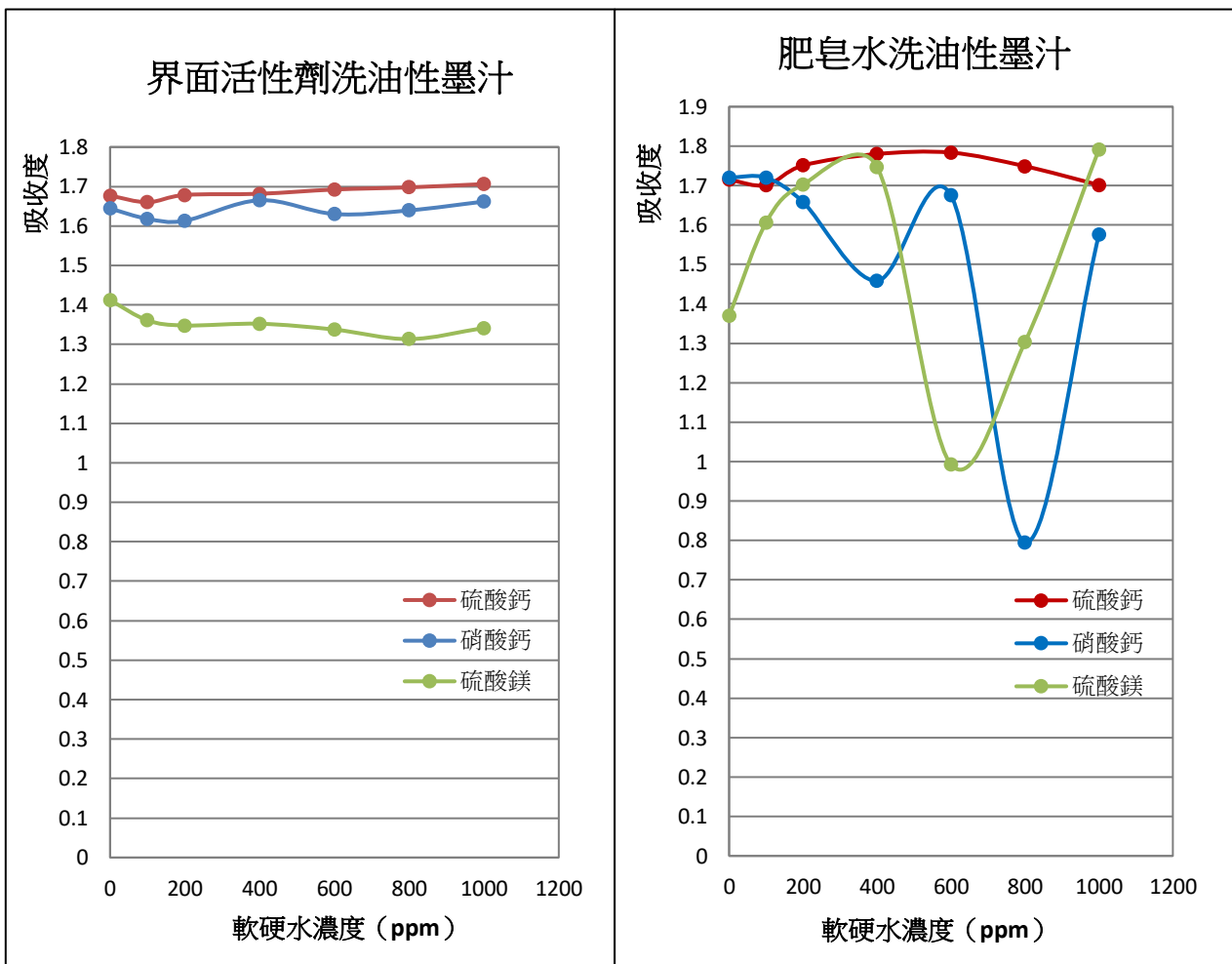




七、**實驗七**：不同濃度的硬水對水性顏料的洗淨能力差異



八、**實驗八**：不同濃度的硬水加入等量界面活性劑或肥皂水對油性墨汁的洗淨能力差異



九、**實驗九**：不同濃度的硬水加入等量肥皂水，吹泡大小差異（平方公分）

硝酸鈣濃度 ppm	0	100	200	400	600	800	1000
放置 1 分鐘	9	16	21	20	0	0	0
維持時間（秒）	236	178	126	1	—	—	—
放置 30 分鐘	18	0	0	0	0	0	0
硫酸鈣濃度 ppm	0	100	200	400	600	800	1000
放置 1 分鐘	10	16	20	0	0	0	0
維持時間（秒）	265	183	118	—	—	—	—
放置 30 分鐘	19	0	0	0	0	0	0
硫酸鎂濃度 ppm	0	100	200	400	600	800	1000
放置 1 分鐘	9	16	26	0	0	0	0
維持時間(秒)	248	188s	105	—	—	—	—
放置 30 分鐘	17	0	0	0	0	0	0

十、**實驗十**：配製不同濃度的硬水標準品來浸泡咖啡粉得到的咖啡，用咖啡濃度計測量其濃度並計算其萃取率 ※在此以測量五次的平均值羅列如下

(一)、純硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂不同濃度硬水之 TDS%

TDS% \ ppm	0	100	200	400	600	800	1000
硫酸鈣平均值	0.03	0.02	0.06	0.09	0.15	0.30	0.16
硝酸鈣平均值	0.04	0.18	0.15	0.23	0.19	0.16	0.13
硫酸鎂平均值	0.03	0.00	0.17	0.21	0.10	0.29	0.23

(二)、硫酸鈣泡咖啡後所測得濃度（在此會扣掉原來純硫酸鈣的量測值作為校正）

TDS% \ ppm	0	100	200	400	600	800	1000
平均值	1.04	0.98	0.708	1.096	0.986	0.894	0.75
校正濃度	1.01	0.96	0.64	1.00	0.84	0.59	0.59
萃取量	0.20	0.19	0.13	0.20	0.17	0.12	0.12
萃取率	0.20	0.19	0.13	0.20	0.17	0.12	0.12

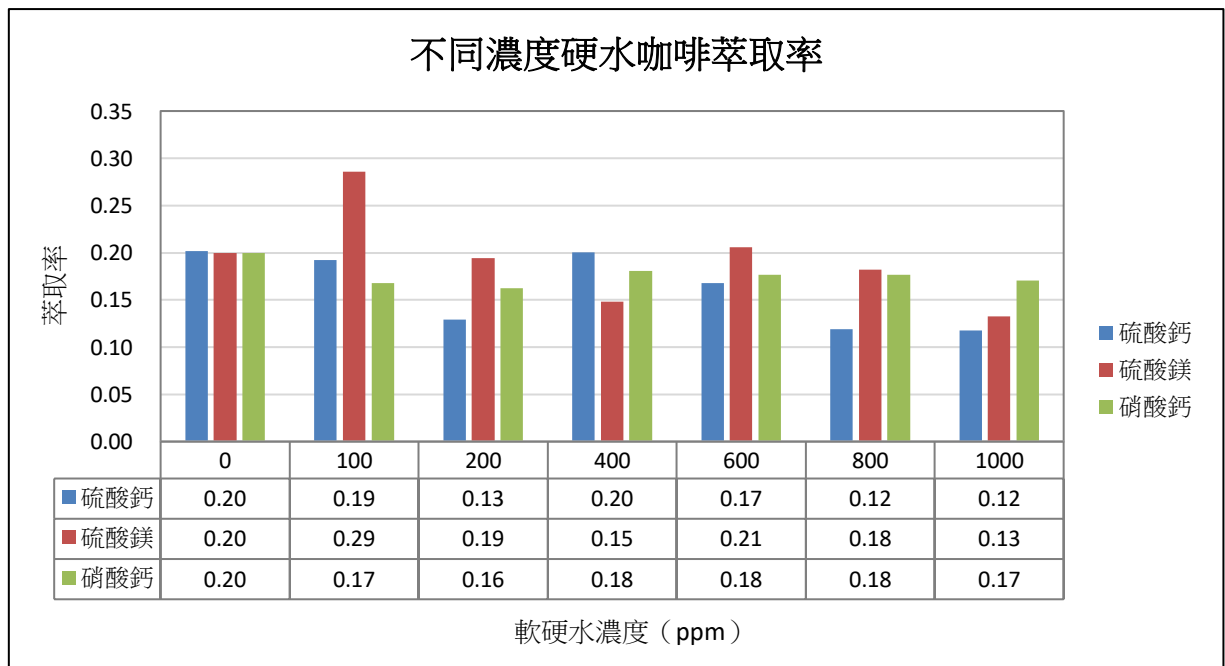
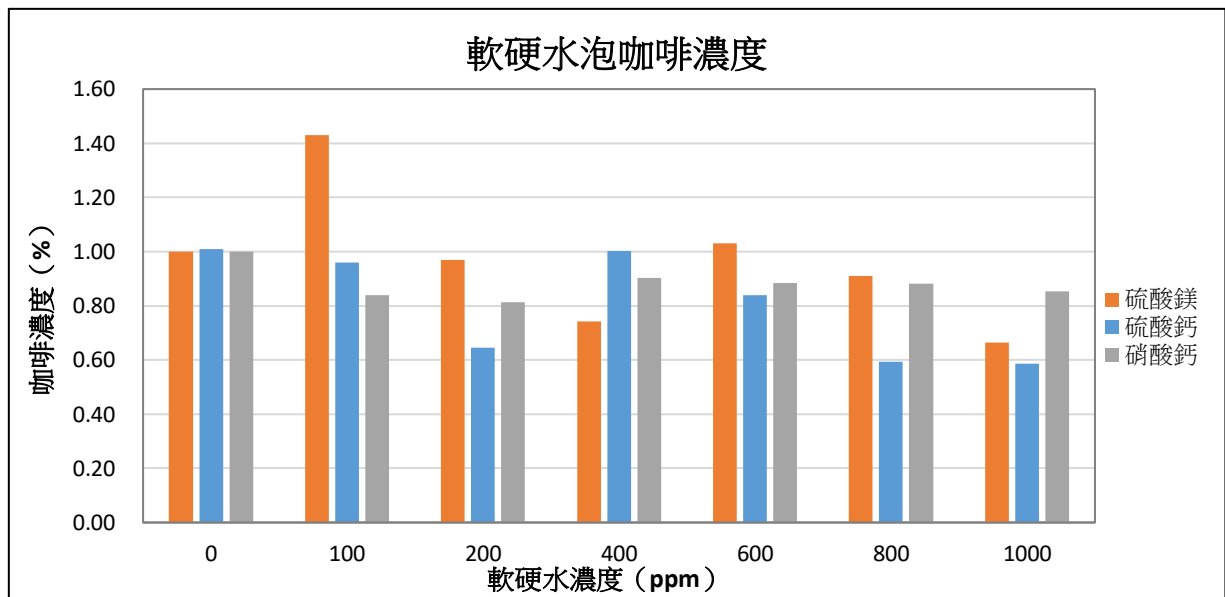
(三)、硝酸鈣泡咖啡後所測得濃度（在此會扣掉原來純硫酸鈣的量測值作為校正）

TDS% \ ppm	0	100	200	400	600	800	1000
平均值	1.04	1.02	0.96	1.13	1.07	1.04	0.99
校正濃度	1.00	0.84	0.81	0.90	0.88	0.88	0.85
萃取量	0.20	0.17	0.16	0.18	0.18	0.18	0.17
萃取率	0.20	0.17	0.16	0.18	0.18	0.18	0.17

(四)、硫酸鎂泡咖啡後所測得濃度 (在此會扣掉原來純硫酸鈣的量測值作為校正)

TDS% \ ppm	0	100	200	400	600	800	1000
平均值	1.04	1.40	1.14	0.95	1.13	1.20	0.89
校正濃度	1.00	1.43	0.97	0.74	1.03	0.91	0.66
萃取量	0.20	0.29	0.19	0.15	0.21	0.18	0.13
萃取率	0.20	0.29	0.19	0.15	0.21	0.18	0.13

(五)、作圖



## 陸、討論

- 一、從實驗一作圖結果看出，濃度越高 TDS 及導電度會越大且幾乎呈線性關係，且從實驗數據可以觀察出導電度的數值約為 TDS 數值的兩倍，所以兩者的趨勢是相同的，故後面的硬水與清潔劑實驗我們以導電度來觀察之。
- 二、從實驗一中發現，硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂硬水的導電度趨勢圖不一致的原因為導電度測量的是總離子濃度，而硝酸鈣中含有 2 個硝酸根離子，故硝酸鈣的 TDS 及導電度較硫酸鈣、硫酸鎂來的高。而實驗二的 GH 滴劑的趨勢圖，與 TDS、導電度不同的是硫酸鎂所量測出來的滴數較硫酸鈣、硝酸鈣低。推測因為 GH 滴劑所量測的是鈣、鎂離子的總量，單純含鈣鹽的趨勢會貼近，而鎂鹽的滴數較少，所呈現出的標準濃度之硬度也較低。
- 三、根據實驗三，我們將五種水樣的導電度及 GH 滴數測量值用線性回歸的方式（統一用硫酸鈣的 GH 及導電度線性方程式，見實驗一、實驗二）結果發現地下水的硬度最大。但發現在測量 GH 滴數時，有異常大的現象，與導電度換算下來濃度差異頗大，推測有可能地下水含有較多未解離的鈣鹽。而山泉水的導電度回推濃度較 GH 回推濃度大，推測有可能山泉水中含有較多除了鈣、鎂離子外的金屬離子或陰離子。
- 四、根據實驗四結果發現，硫酸鈣與硫酸鎂硬水中的界面活性劑都並未因為硬水濃度提高而使界面活性劑的導電度下降，只有在隨著時間擺放的愈久(2 小時)，導電度才明顯下降，在硫酸鈣硬水中的界面活性劑尤其明顯，這也代表著若時間夠久界面活性劑清潔劑也是會被硬水所消耗的。至於含硝酸鈣的硬水則是隨著硬水濃度愈高，界面活性劑的導電度則明顯下降，但有趣的是，各濃度隨著作用時間愈長，導電度卻是些微上升的，推測硝酸根離子不與其他離子形成沉澱有關。
- 五、承實驗四的結果，硫酸鈣硬水在肥皂水中，雖在一小時後，肥皂水的導電度又些微的上升，兩小時後，各濃度硫酸鈣硬水接明顯下降，而且濃度愈大，肥皂水導電性愈低。至於硝酸鈣與硫酸鎂硬水中肥皂水的導電度沒有明顯的下降，只有硫酸鎂 1000 ppm 硬水中的肥皂水明顯的下降許多。
- 六、根據實驗五的結果發現在硫酸鈣、硝酸鈣硬水中，不論與界面活性劑或肥皂水作用，GH 滴數都呈現隨著硬水濃度上升，一開始的滴數是愈來愈多，隨著作用時間愈長，GH 滴

數才下降。(這也呼應實驗四的結果，作用時間愈久，清潔劑的導電度下降，鈣鎂離子消耗 GH 滴數下降)。然而值得一提的是硫酸鎂硬水在界面活性劑中，隨著時間愈長，GH 滴數卻是上升的。

七、根據文獻說明，在等量的清潔劑中加入越多的油，導電度會愈小。而實驗六中我們控制了等量的油及清潔劑，照理說硬水加清潔劑反應 2 小時後，再加入等量的油後，導電度下降量應該一致，同為油在清潔劑中乳化作用後的導電度。但實驗中很明顯發現肥皂水在硬水中 2 小時後加入等量油的導電度，依照硬水濃度上升，導電度皆有下降，且下降量隨硬水濃度增加有減少的趨勢。證明了前面放置 2 小時的硬水與清潔劑有進行反應，導致加油後乳化作用能力下降。且隨硬水濃度上升，清潔劑消耗的多，清潔劑、油量比愈來愈小，造成導電度下降量隨硬水濃度的差異。

八、根據實驗七、實驗八分光光度計測量洗下顏料發現，洗淨布料上的水性顏料時，無論任何濃度鈣鹽、鎂鹽硬水，其洗淨力皆相同。而在洗淨油性墨汁的部份，使用界面活性劑洗淨布料染色時，若水中有硫酸鈣及硝酸鈣離子硬水時，任何濃度都不太影響其洗淨力；而含有硫酸鎂離子硬水時，發現洗下的油墨吸收度明顯下降許多，代表洗淨力明顯下降。而在使用肥皂水洗淨布料染色時，水中若含有硫酸鈣，則洗淨力不受影響；反觀然有硝酸鈣硬水在 400 ppm 以下時，隨著硬水濃度上升洗淨力變差，反而在 600 ppm 時最佳；而硫酸鎂硬水在 400 ppm 以下時，則隨濃度上升洗淨力變好，卻 600 ppm 時最差。

九、綜合實驗四與實驗八的結果，發現界面活性劑在含鈣鹽的硬水中，雖隨硬水濃度上升導電度會下降，可能消耗界面活性劑，但洗淨力是不受影響的。而界面活性劑在鎂鹽硬水中導電度未有明顯下降，但洗淨油性墨汁能力卻下降了。

十、實驗八結果中，界面活性劑在含鈣鹽的硬水中，洗淨力不受影響，推測是因為界面活性劑在硬水中，不會與鈣離子發生沉澱影響清潔；但肥皂水在硬水中，容易生成鈣肥皂或鎂肥皂，可能會因所生成的沉澱物，結構上會去阻擋剩餘的肥皂水的清潔作用與乳化，但這與硬水濃度大小並未有正相關。

十一、從實驗九結果發現含鈣鹽的硬水在肥皂水中，當硬水濃度到達 400 ppm 以上時就幾乎吹不出泡，即使有也一下就破掉了。若把肥皂水放至在硬水中則完全不能成泡，推測硬水中的鈣、鎂鹽與清潔劑作用後，清潔劑量大大降低，亦破壞了泡泡的表面張力而不能成泡。

十二、根據實驗十結果，咖啡的萃取量幾乎都落在 20% 上下，唯硫酸鎂 100 ppm 有過度萃取的狀況，而硫酸鈣則在 200 ppm、800 ppm、1000 ppm 水中有萃取太少的情形。總體而言，含硝酸鈣的任何濃度硬水，其萃取率均落在人們接受的合理範圍內。

## 柒、結論

一、軟硬水對 TDS、導電度、GH 有線性關係，且導電度的數值約 TDS 數值的兩倍。在儀器商所撰寫儀器的導電度與 TDS 關係定義中（參考資料五），與過去實驗文獻上內容有相同結果。

二、日常生活中的水樣中，地下水硬度較高，較不適合拿來飲用，而山泉水中含有其他礦物質，而導致導電度較高。

三、界面活性劑也是會跟某些鈣鹽硬水產生反應而被消耗，但不太影響其清潔效果，只有含鎂鹽硬水會造成界面活性劑洗淨力下降。

四、硬水中加入肥皂水後 1 小時內導電度會上升，因為肥皂水弱電解質，且並沒有一加下去立刻與硬水作用完全，但在 GH 滴數表現上則是有明顯下降的趨勢。

五、硬水與清潔劑作用後會使導電度下降，再加了油之後，下降值卻與硬水濃度大小產生負相關，表示乳化效果下降，尤其是肥皂水與硬水。

六、硬水對洗滌水性顏料洗淨力並沒有明顯差異

七、硬水加清潔劑清洗油性墨汁時，對界面活性劑的洗淨力，並無太大的差異性，但對於肥皂水確實與洗淨能力有關連，而且發現我們清洗衣物時，並不是水的硬度愈小，清潔劑的洗淨力愈好。

八、未來展望：

（一）實驗八的設計中並未過濾掉鈣肥皂或鎂肥皂，如果過濾掉沉澱物後再進行布的洗淨力實驗，再觀察剩餘肥皂水的清潔能力。另外，亦可用數位顯微鏡觀察清潔時的微胞狀況。實驗亦可再進行洗淨前、後將布乾燥後，用掃描機掃描，去觀察並分析洗淨前後布上顏料的差異，再與洗下顏料量的結果作比對。

（二）另外，水的軟硬度研究可以延伸至對泡茶濃度影響、愛玉凝結速率或動植物生長情形影響等等主題。

## 捌、參考資料

一、99 課綱基礎化學第二冊

二、書、期刊

(一) 魚希至著，方言文化，咖啡的水科學

(二) 高憲章，科學少年 2016 年 6 月 6 頁~17 頁，水也來硬的

三、科展

(一) 台灣二零零二年國際科學展覽會—【從導電度看乳化】

(二) 中華民國第四十五屆中小學科學展覽會—【洗淨分析大進化】

(三) 中華民國第四十四屆中小學科學展覽會—【去污了嗎—淺談清潔劑的乳化效果】

四、小論文

(一)【一塵不染—肥皂與清潔劑之研究】

(二)【竹苗地區地下水之檢測】

五、網路資料

(一)軟硬水介紹

健康人生—喝的安全才能健康百分百

<http://www.taifer.com.tw/taifer/tf/048001/68.html>

水的硬度測定

<http://gclab.thu.edu.tw/gen-chem/pdf-gc/Exp13.pdf>

軟水硬水怎麼分？5 個關鍵讓你每天有好水喝

<http://decomyplace.com/newspost.php?id=5373>

(二) TDS 與導電度公式

TDS「水中總溶解固體量」<https://ppt.cc/fvCGwx>

Twinnno 水質分析儀器，導電度、CON、EC

[https://m.facebook.com/story.php?story\\_fbid=715380028551577&id=609485759141005](https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=715380028551577&id=609485759141005)

電導率與硬度、TDS 及其關係

<http://sw-aquarium.com/forum.php?mod=viewthread&tid=19200>

## 【評語】 052611

1. 本研究為生活應用新研究，讓參予隊員能夠深切了解軟硬水的監測軟硬水的定義以及應用，
2. 建議可將研究目的彙整為 3-4 條，依類型區分的研究目的；且修正研究架構的設計除將實驗內容列出更需加入應用與目的
3. 研究限制與實驗操作條件等，可在第四章列出較詳細的方法。
4. 本研究針對水硬度的檢測方式進行實驗，其優點為較一般實驗室常用 EDTA 滴定法為精確，但日常生活中不易取得，且配藥過程較繁複。研究發現導電度計、TDS 是在電子儀器材料行常出現的簡易檢測儀器，國外科技公司也研發簡易攜帶型 TDS 計，便宜易取得。另外，水族業常用的 GH 硬水檢測，微量的滴劑即可快速檢測。本研究分為三大主軸方向，先利用標準濃度硬水觀察導電度、TDS、GH 的趨勢，接著探討硬水與清潔劑的關係與油的乳化現象。最後再探討其他應用，水硬度是否影響泡咖啡濃度，同時考量鈣鹽、鎂鹽的不同，來尋找出一個合適的用水質硬度。
5. 本研究綜合多項水質硬度的物性與化性實驗設計，但整個研究的主要目的似乎模糊了，摘要中以探討水質對泡咖啡濃度是否有影響及合適的水質硬度。建議應該先做點文獻回顧，回顧過去有哪些研究和水質硬度有關的應用，以此為基礎進一步探討研究。



6. 本研究設計進行多項實驗，但實驗的目的與實驗結果的科學討論較為不足，僅是把實驗結果敘述結束或發現趨勢，建議試著探討實驗數據結果的物理或化學成因。
7. TDS,硬水濃度及導電度的關係式，可用於說明未來推估硬水濃度的依據，建議在結果討論可著墨多做說明。控制添加不同活性劑肥皂水等因此對於硬水的改變導電度的改變，可以比較說明其優先順序性
8. 咖啡萃取率的計算結果如何明確說明與定義？如何作為泡咖啡時判別硬水的影響？應說明具體可應用建議。

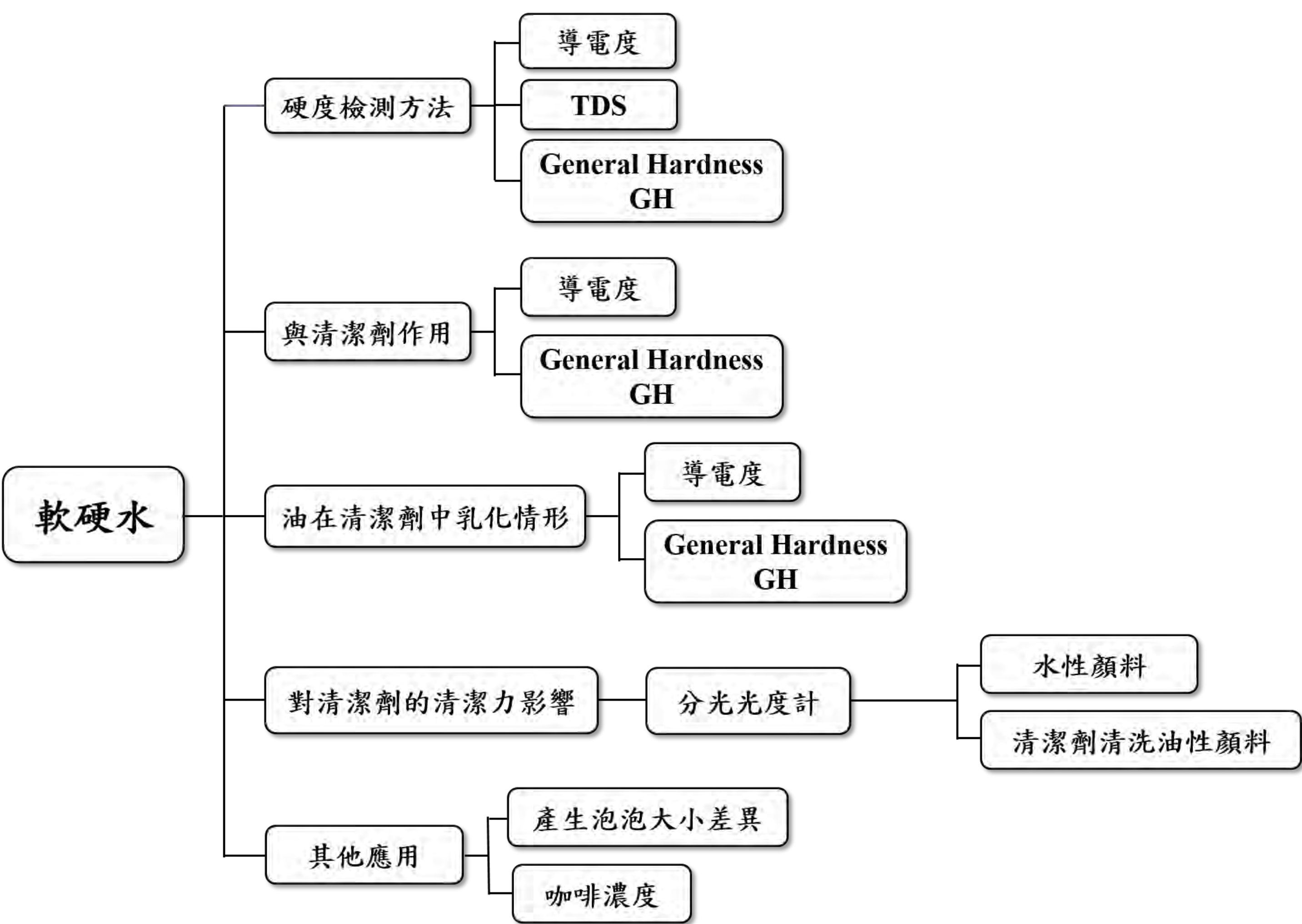
# 摘要

水是生存的必須物，然而不同的水質硬度卻影響著生活中的很多事，既然要喝要用，我們藉由這次研究好好一窺究竟。

水硬度的檢測方式很多，一般實驗室裡常用EDTA滴定法，優點較為精確，但日常生活中不易取得，配藥過程較為繁複。我們發現導電度計、TDS是在電子儀器材料行常出現的簡易檢測儀器，甚至小米公司也研發簡易攜帶型TDS計，便宜易取得。另外水族業常用的GH硬水檢測，微量的滴劑即可快速檢測。

本文分為三大主軸方向，先利用標準濃度硬水觀察導電度、TDS、GH的趨勢，接著探討硬水與清潔劑的關係與油的乳化現象，硬水對於水性顏料及清潔劑於硬水中對於油性墨汁清潔效果量化探討。最後再探討其他應用，吹泡大小、泡咖啡濃度是否有影響，同時研究鈣鹽、鎂鹽的不同，來尋找出一個最合適的用水質硬度。

## 實驗研究架構及藥品器材



## 實驗研究方法

### (一) 導電度法

導電度的測量則包括所有的離子，因為離子均能導電，只是程度上的不同而已。**液體的導電度是來自離子的移動**，若將電極面的有效面積、電極間的距離及電位差、溶液的溫度固定或回饋校正，濃度即可由所測的電流換算而得。

### (二) General Hardness (GH) 德國硬度

利用水族業常用GH滴劑，定量分析中的滴定法來進行，定量標準溶液水樣中的鈣、鎂離子的含量，並用指示劑的顏色變化來顯現作用終點，然後再根據測試劑所滴定的滴數換算成GH值。而其他金屬陽離子對GH的影響微不足道，可忽略之。硬度表示法有很多種，GH為其中一種，當GH在8度gh以下即為軟水。

$$\text{德國硬度} = \text{鈣鎂鹽濃度 (ppm)} \times 0.056$$



### (三) TDS水中溶解的固體物質總量

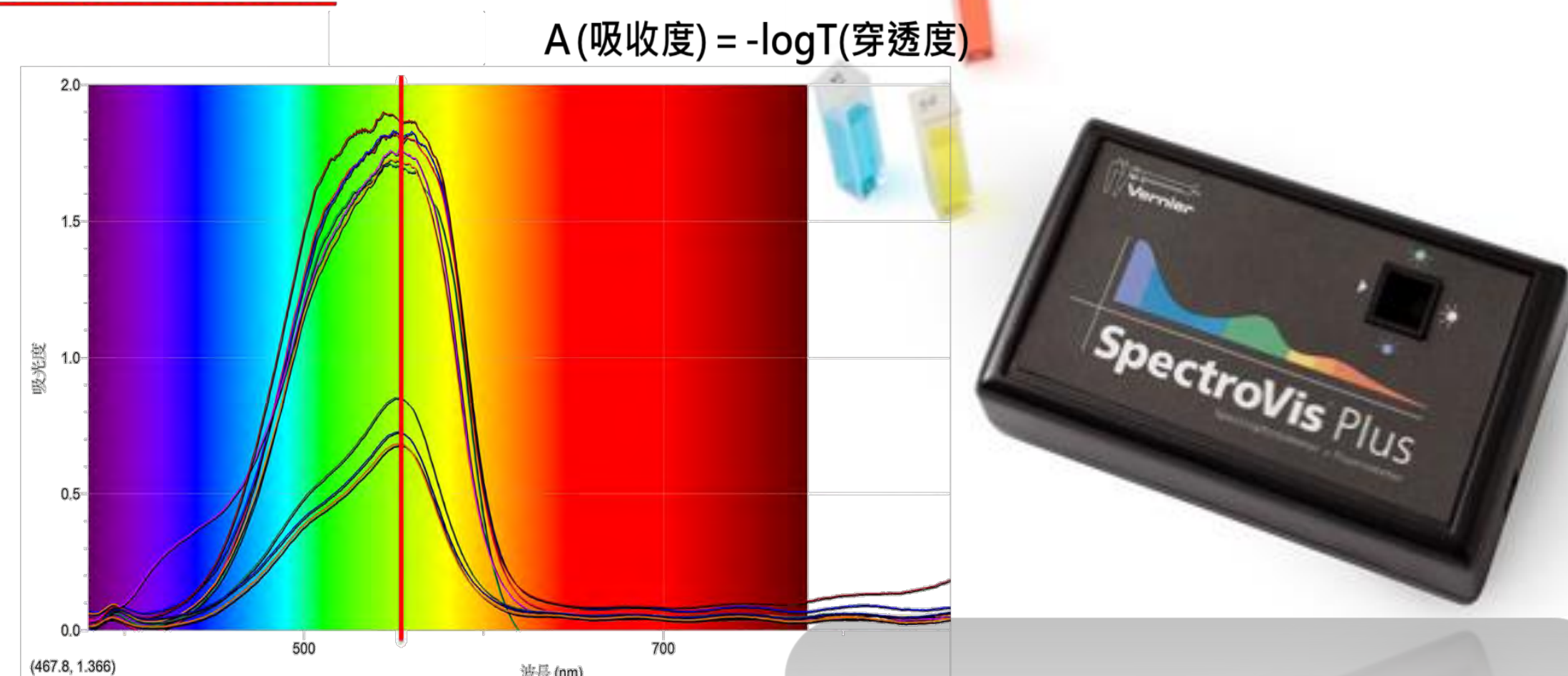
TDS包括溶解性碳酸氫離子、氯鹽、硫酸鹽、鈣、鎂、鈉與鉀等；揮發及非揮發性固體，可以TDS筆（水質檢測筆）來測量。水質飲用水40ppm（國際nsf標準質），40ppm以上建議停止飲用。高雄自來水約250ppm；台南約170ppm；桃園約90~100ppm；RO水約8~20ppm。

### (四) 咖啡濃度計

目前可以藉由量出咖啡濃度計折射率原理量測 TDS (Total Dissolved Solids, 溶解性總固體)，就知道溶解多少咖啡在水裡面。此類儀器是以百分比 (%) 來表示 TDS，假設煮出400克的咖啡，根據「咖啡濃度測量計」的顯示，如果TDS量出來是1.5%，則意思就是萃取出來的咖啡量 = 我們煮出來的咖啡 (克) × TDS % = 400 × 1.5% = 6克，也就是有6克的咖啡。如果我本來的咖啡粉是用了30 g，那萃取率就是 **萃取出來的咖啡量 / 使用的咖啡量 = 6 / 30 = 0.2 = 20%** 根據咖啡的水科學提到「金杯 (Gold Cup) 理論」多數喝咖啡人會同意，目標就是要萃取出20%左右，約在18%~22%是可以接受範圍的萃取率。

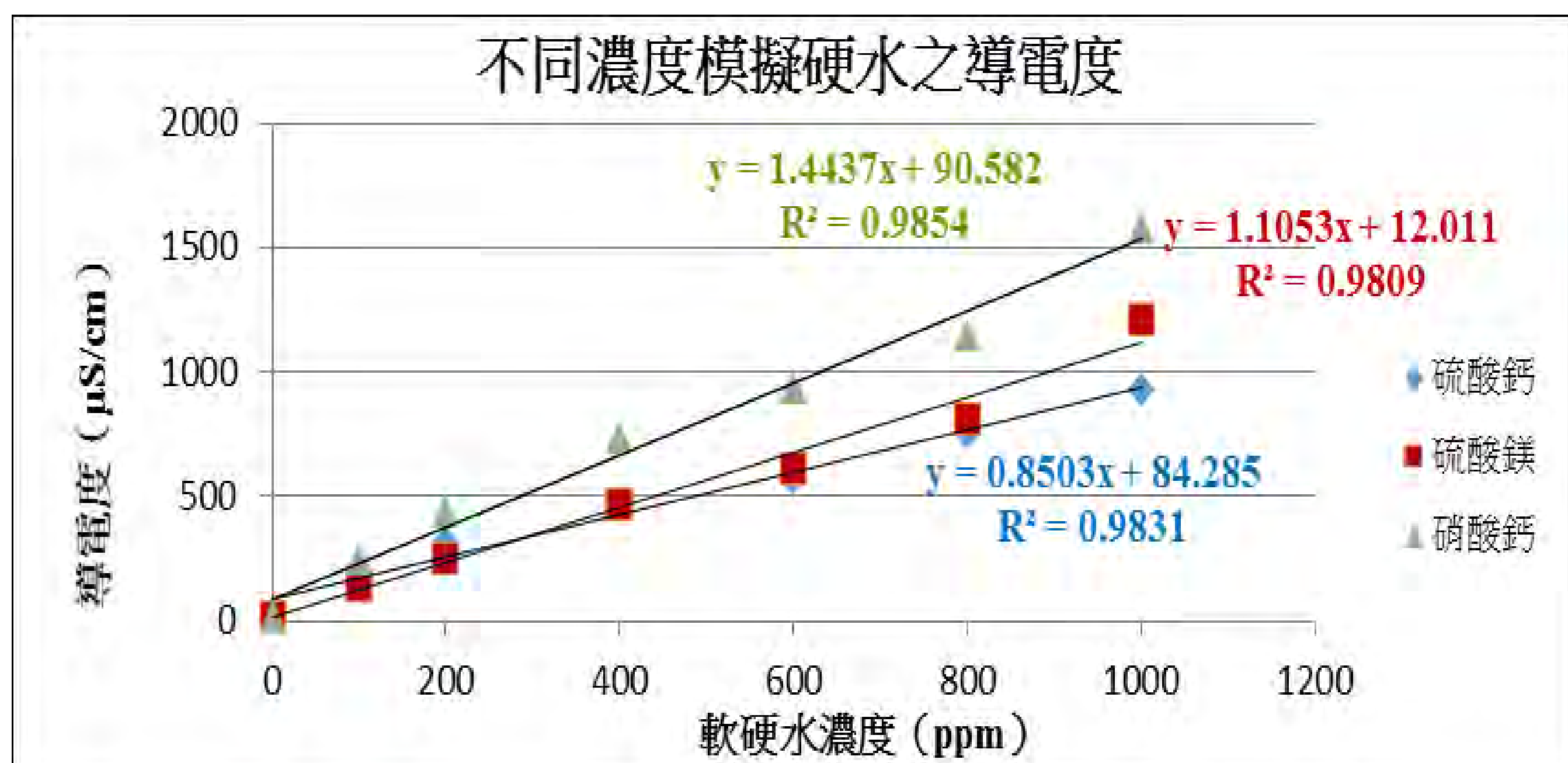
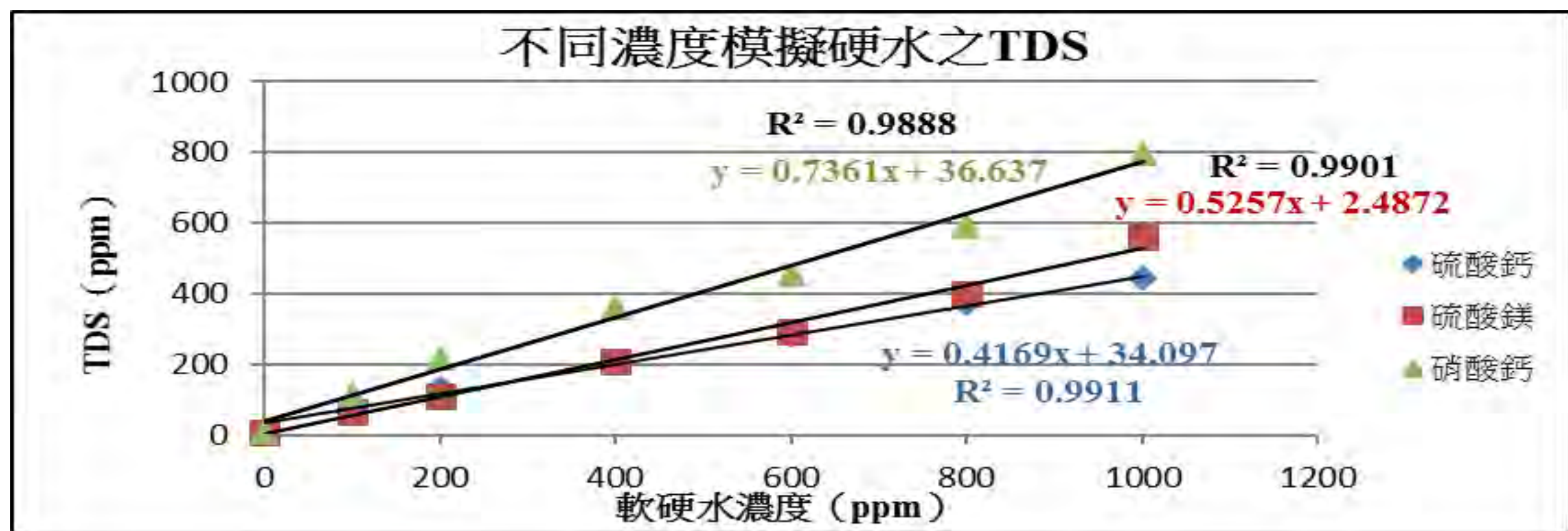
### (五) 分光光度計法

紫外可見分光光度計：

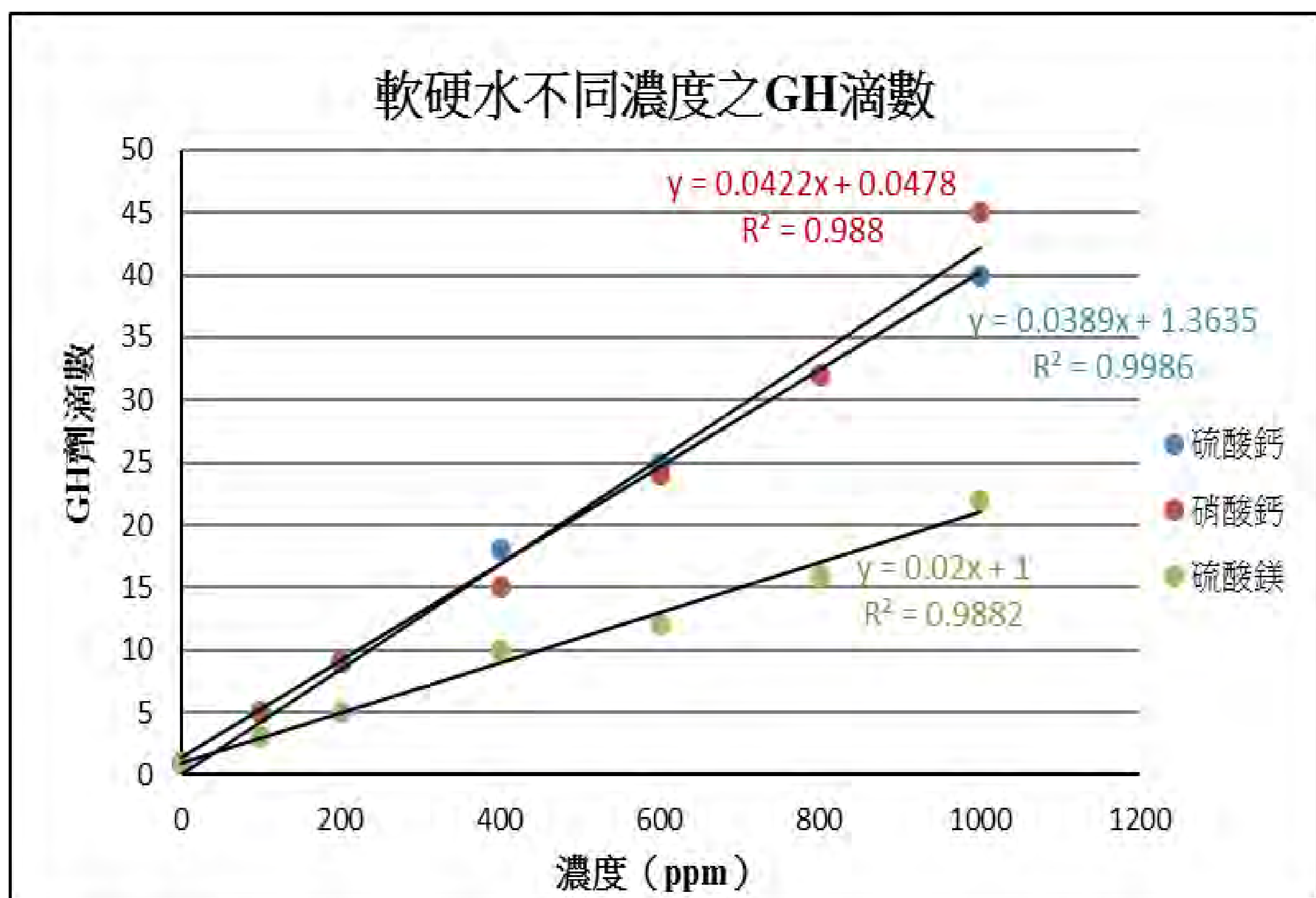


# 實驗結果

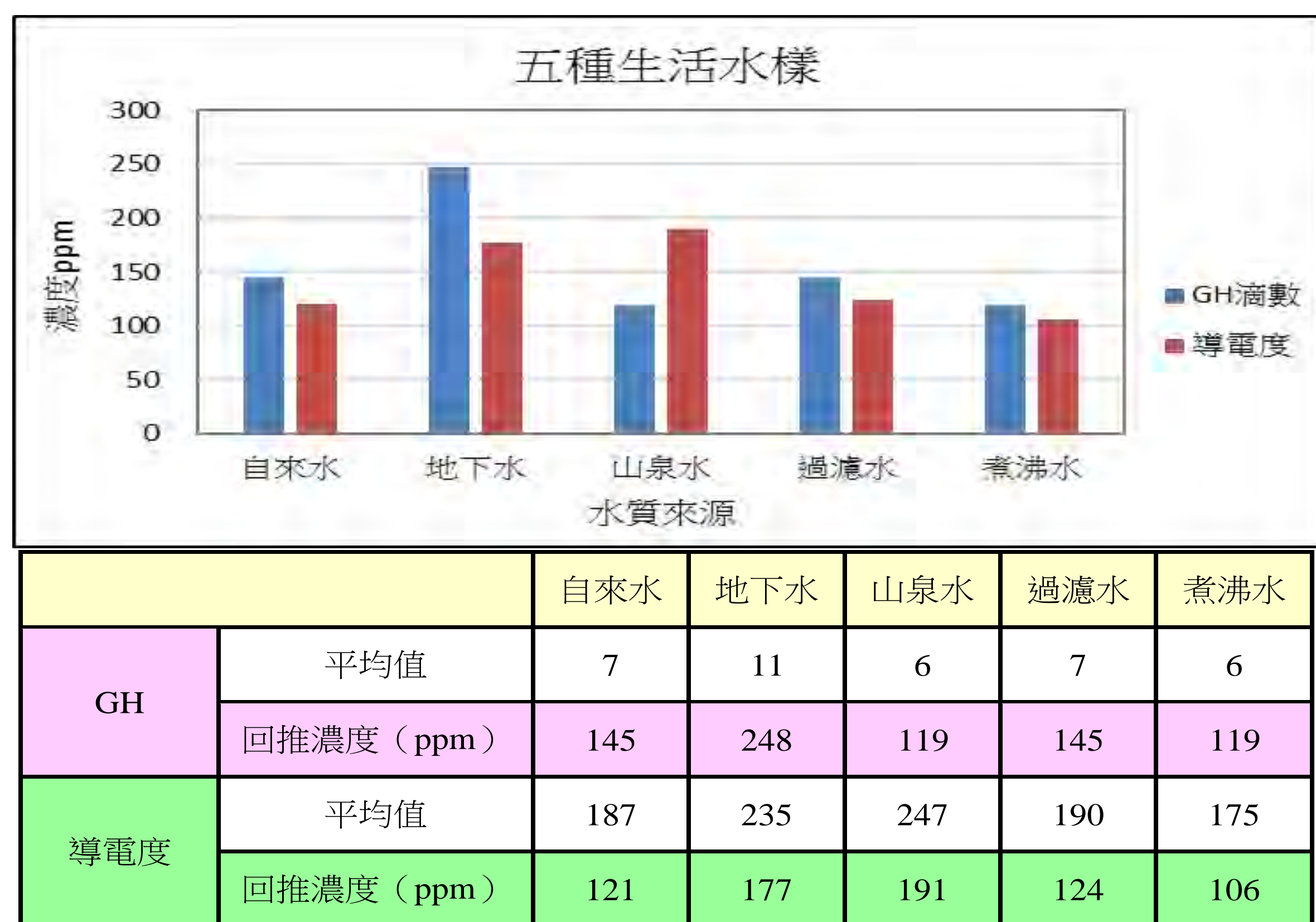
【實驗一】配製硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度的模擬硬水，分別測量TDS (ppm) 及導電度 (μs/cm)



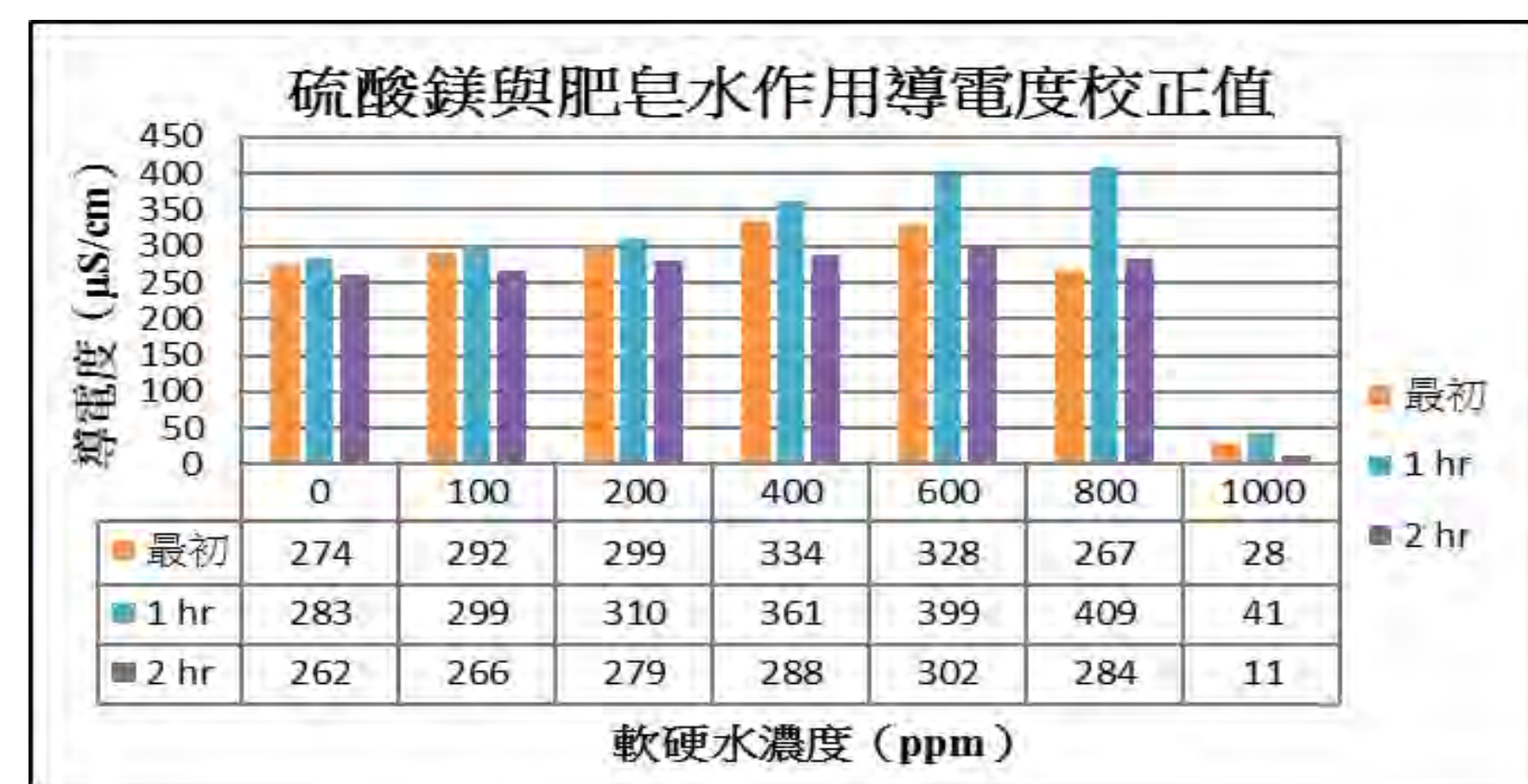
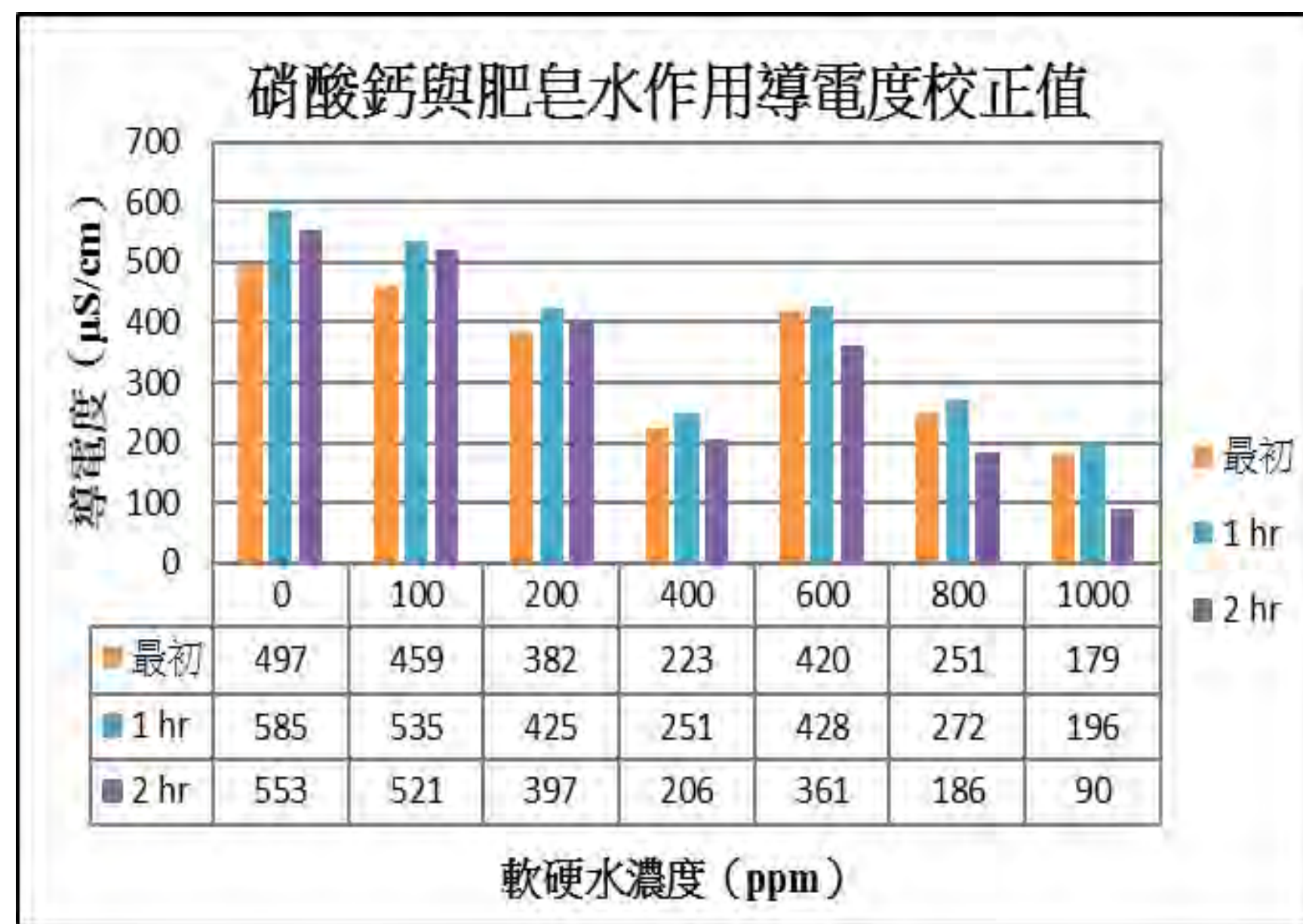
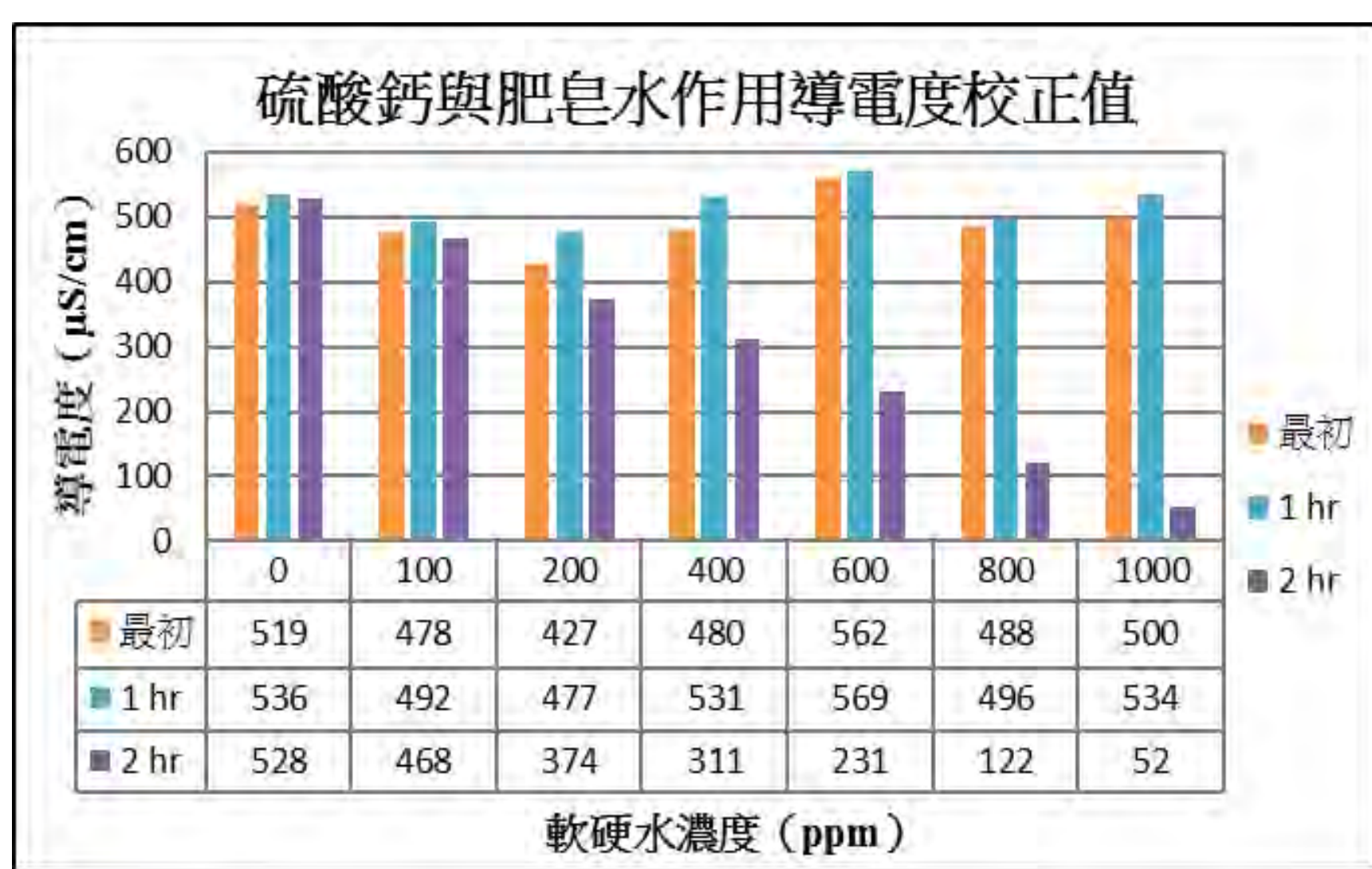
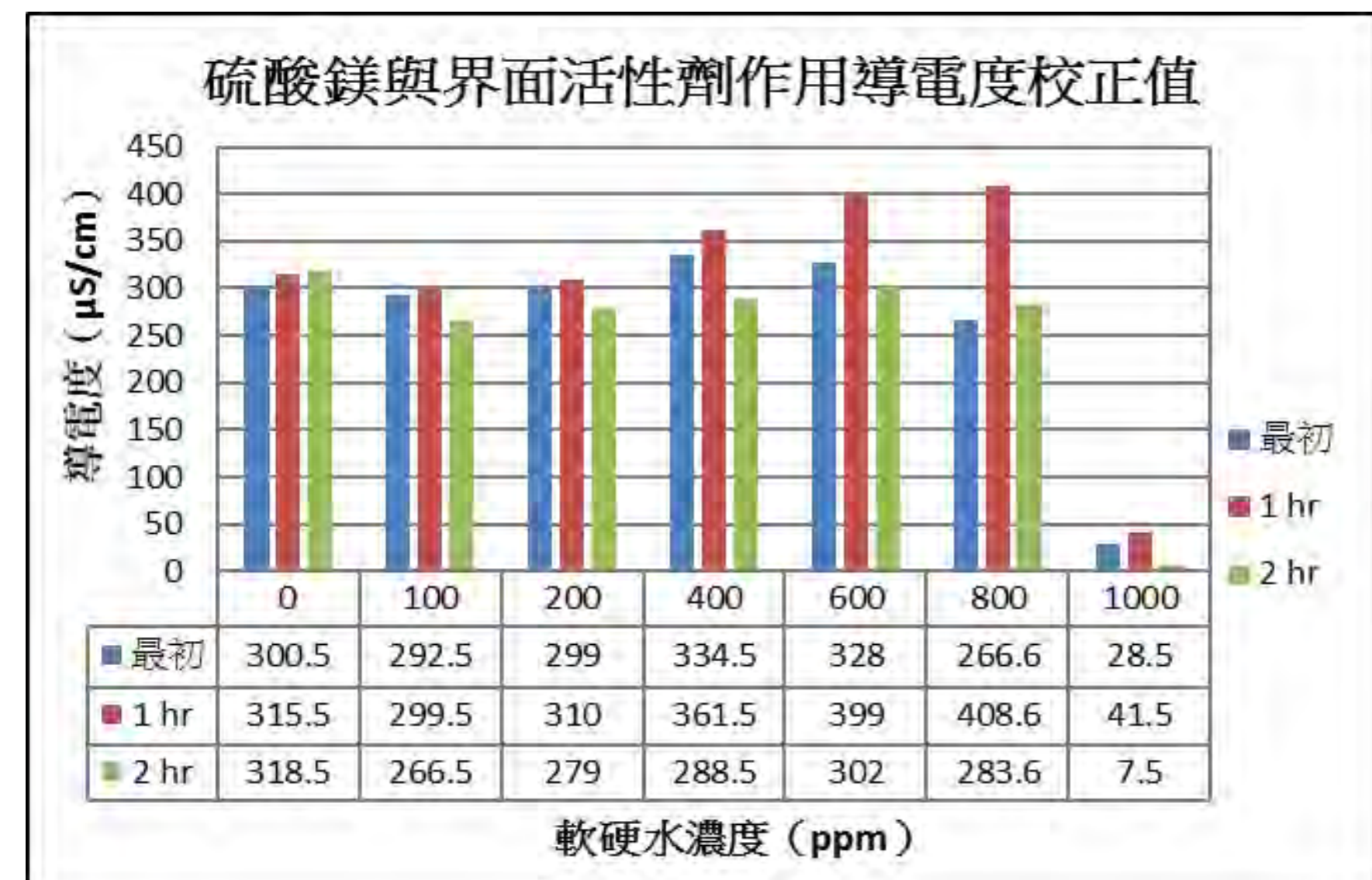
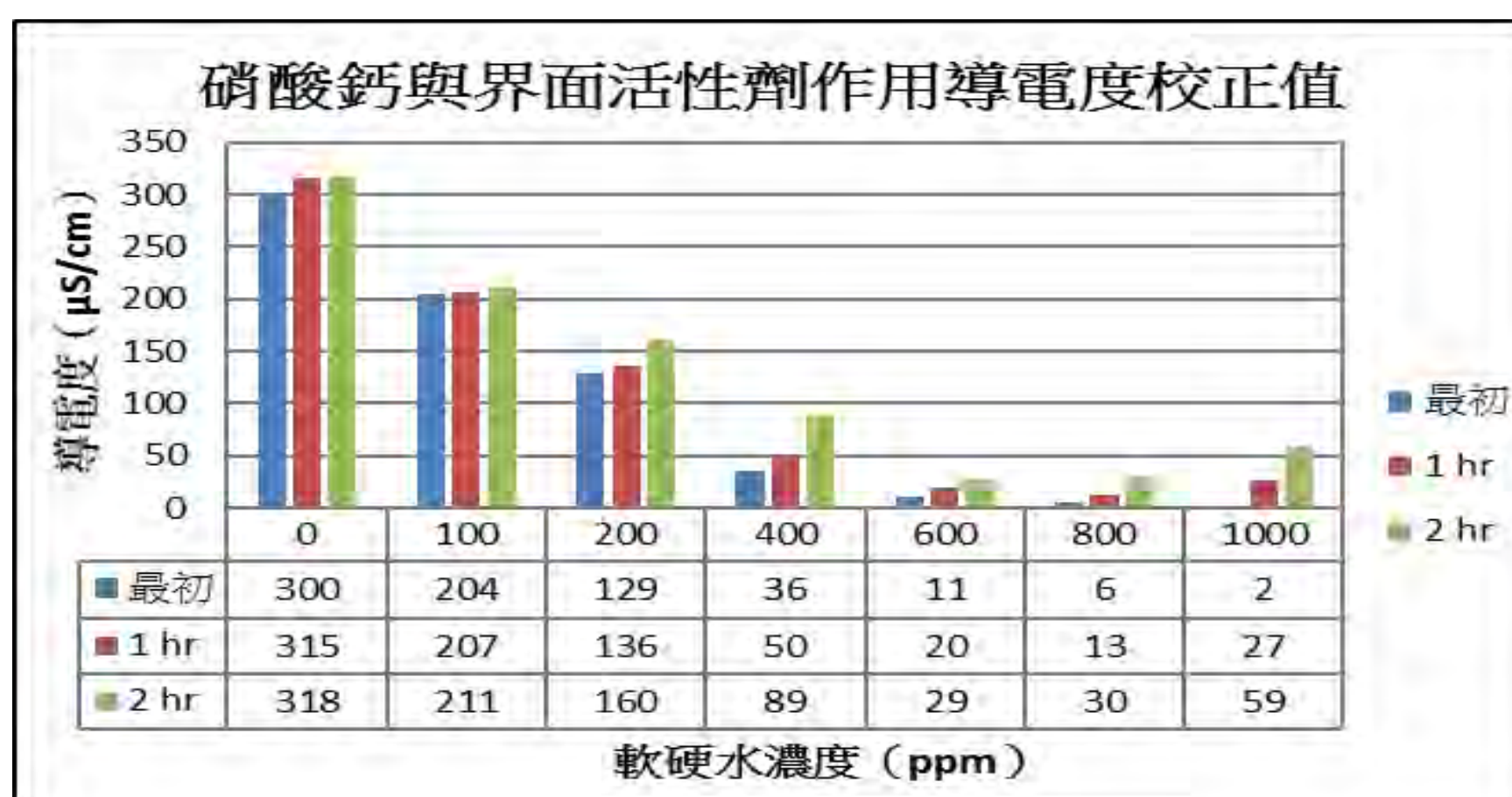
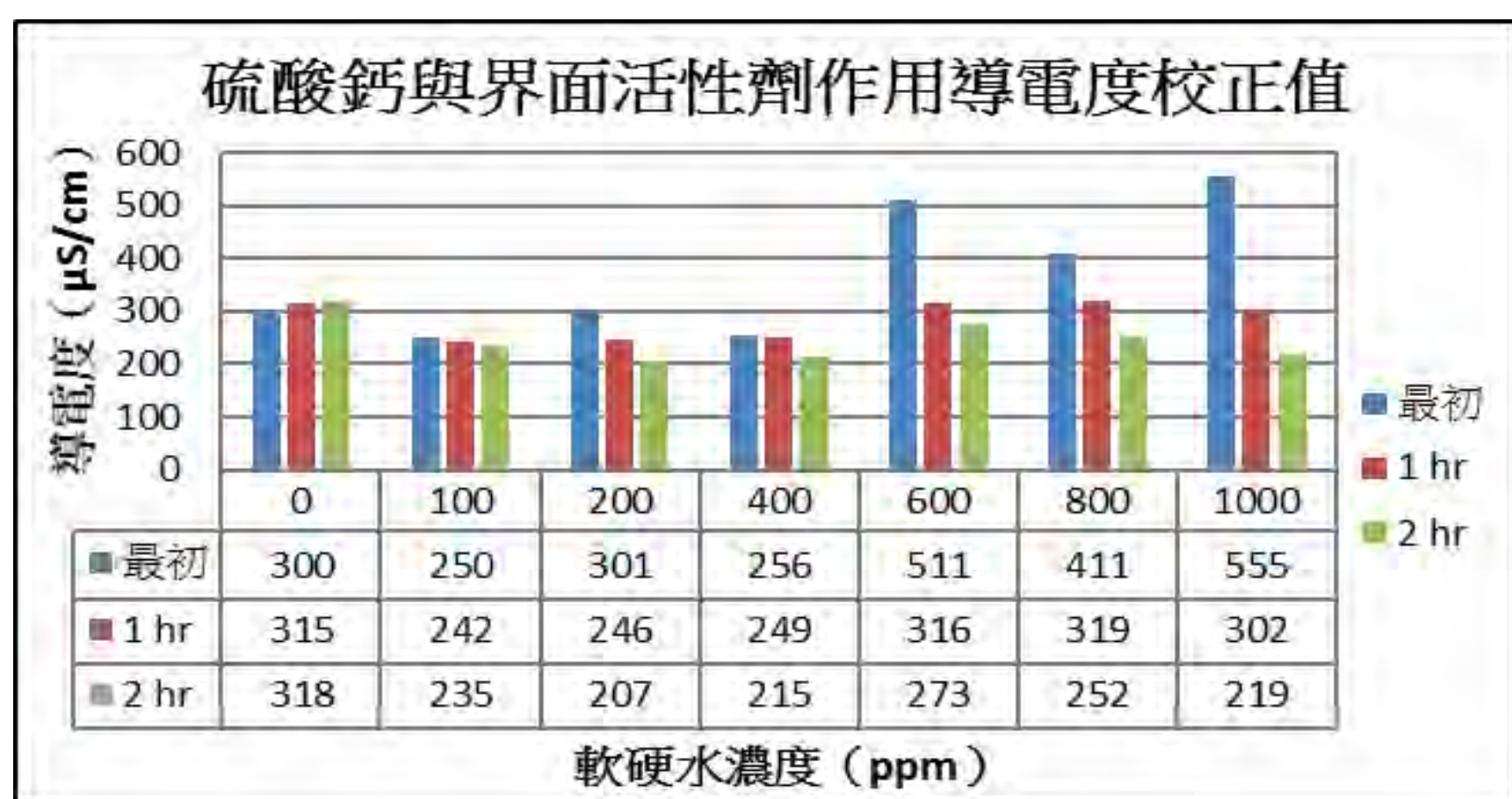
【實驗二】配製硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂的不同標準濃度的模擬硬水，分別測量GH滴數並與導電度作比較



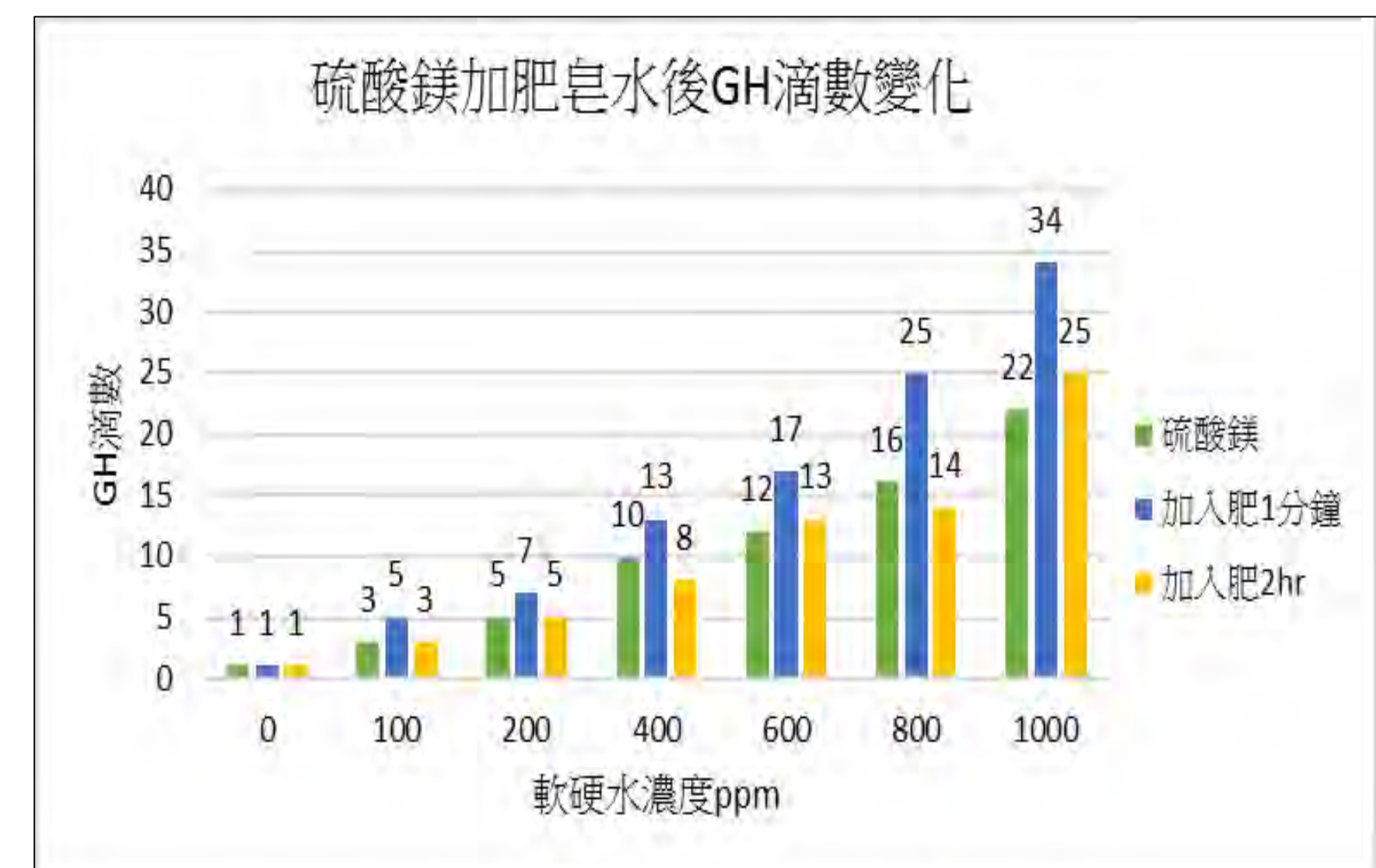
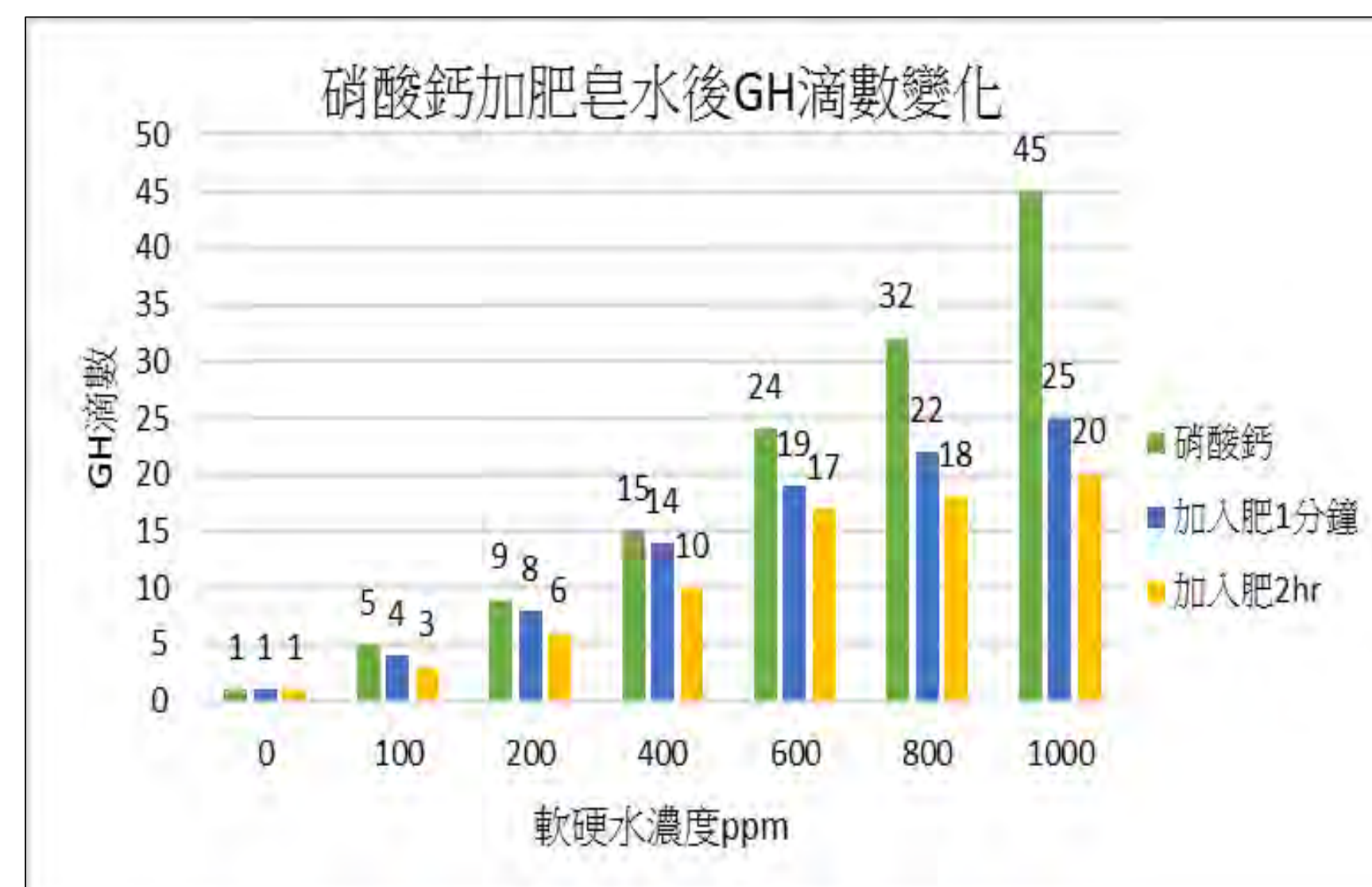
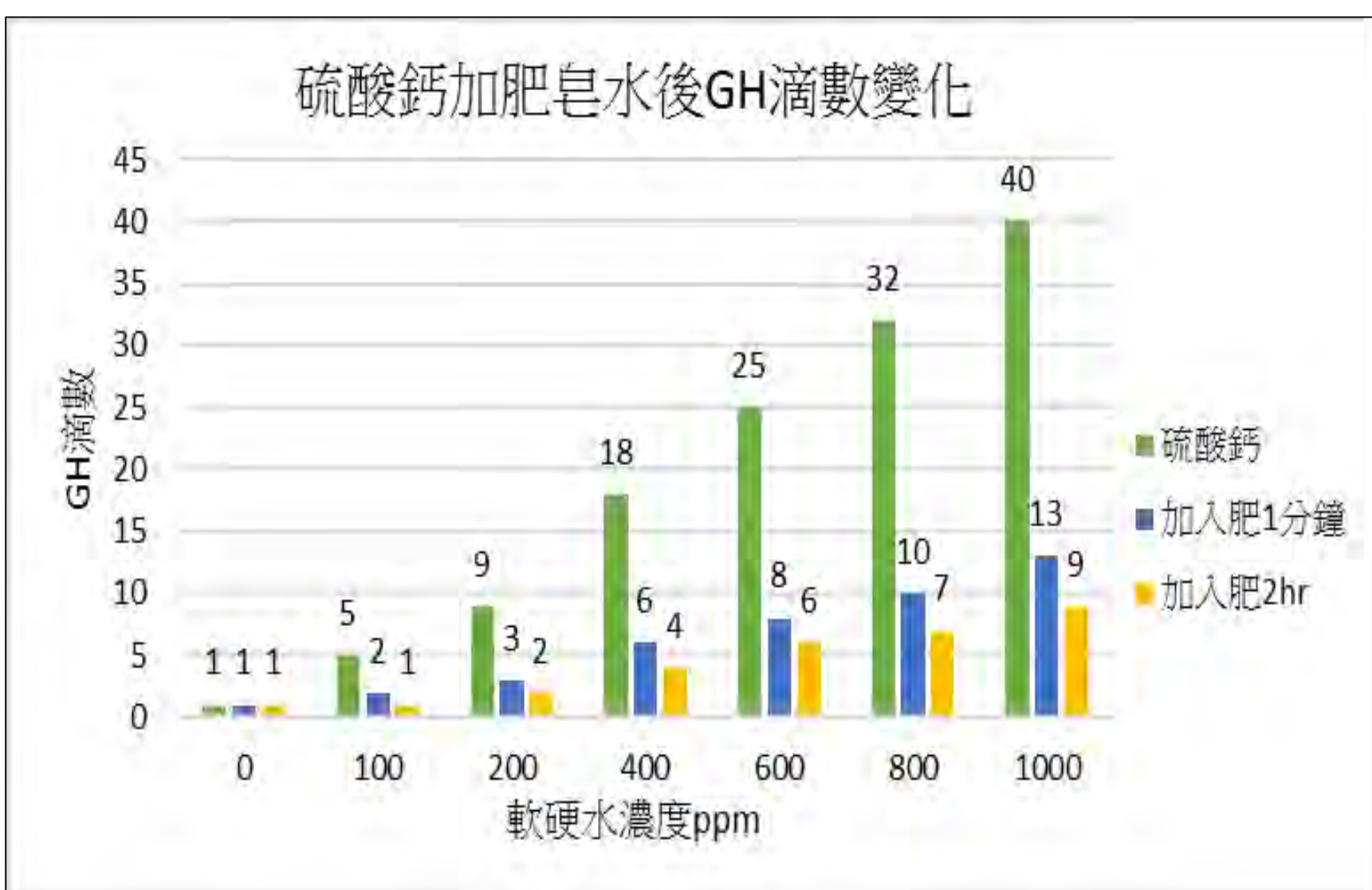
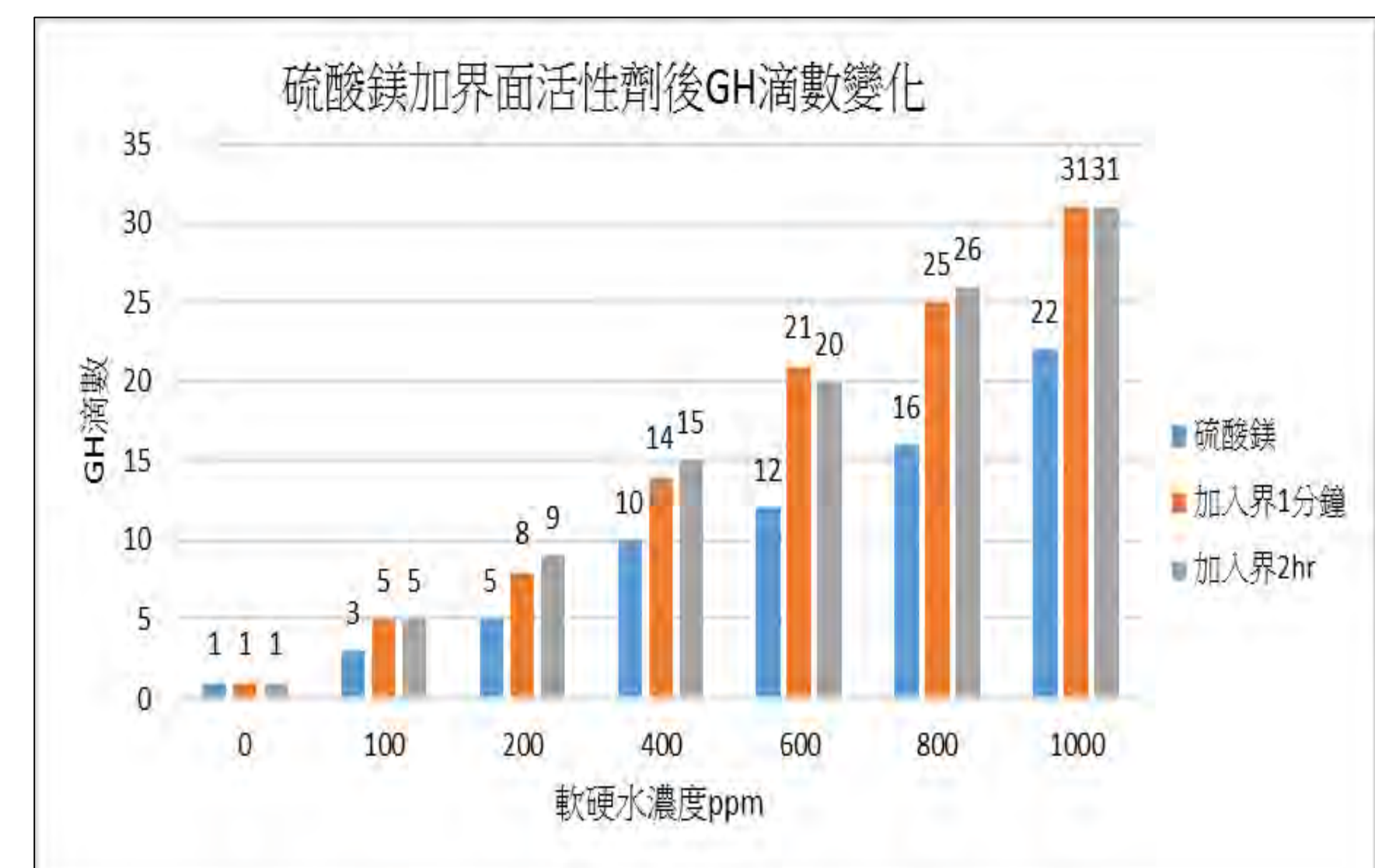
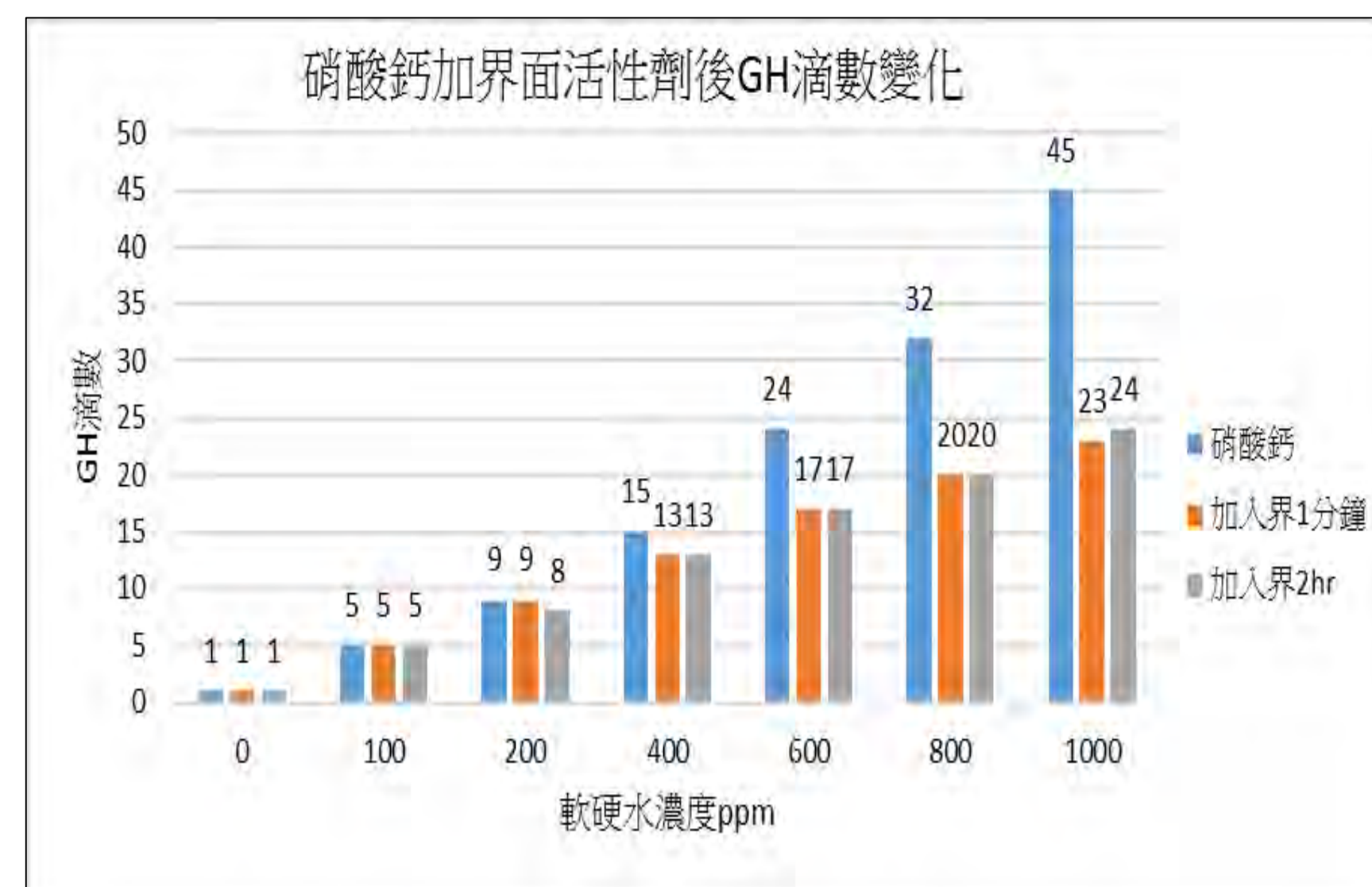
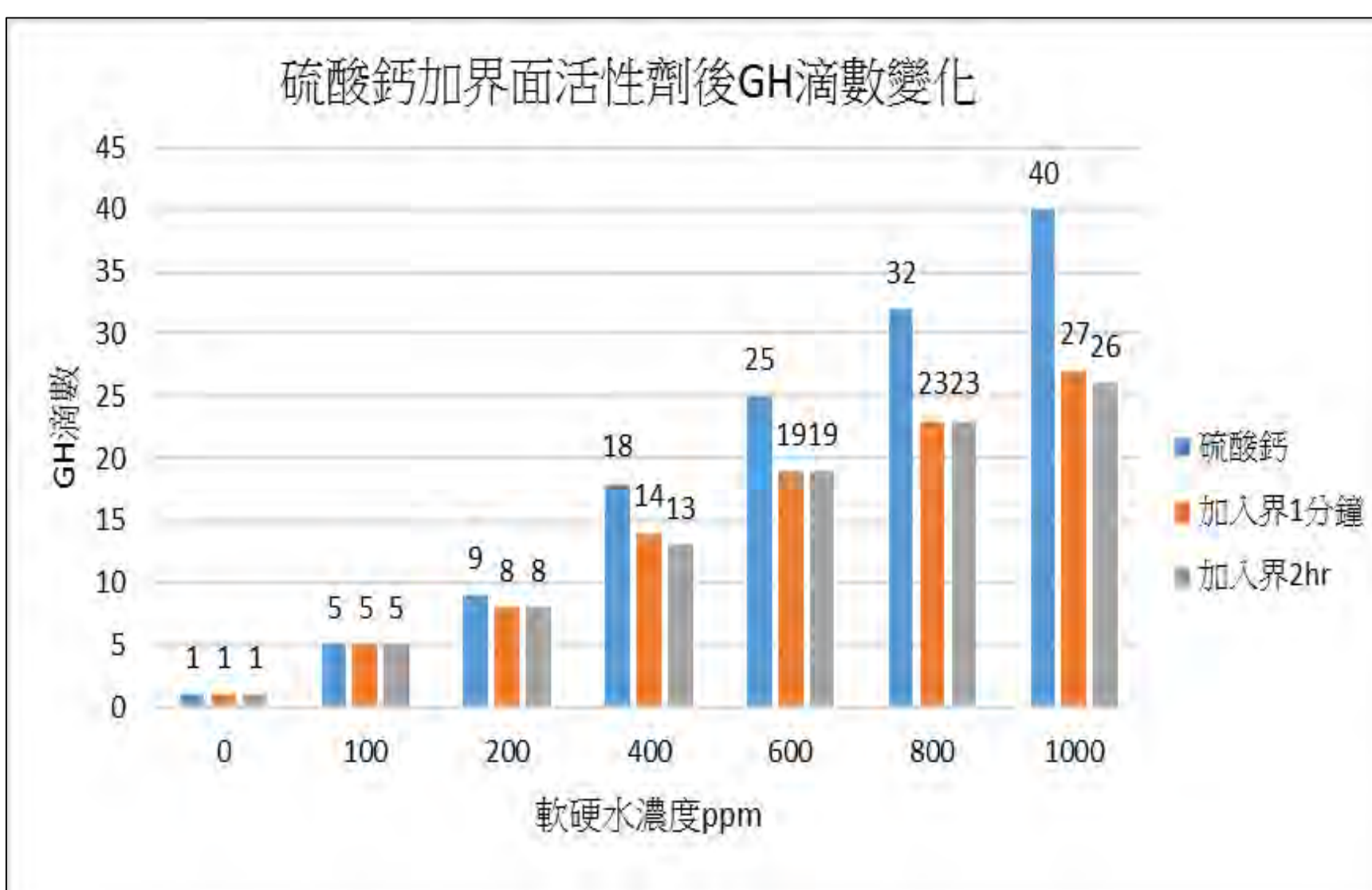
【實驗三】取五種水樣分別測量導電度及GH滴數回推其濃度



【實驗四】不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水於1 hr、2 hr測量導電度的差異

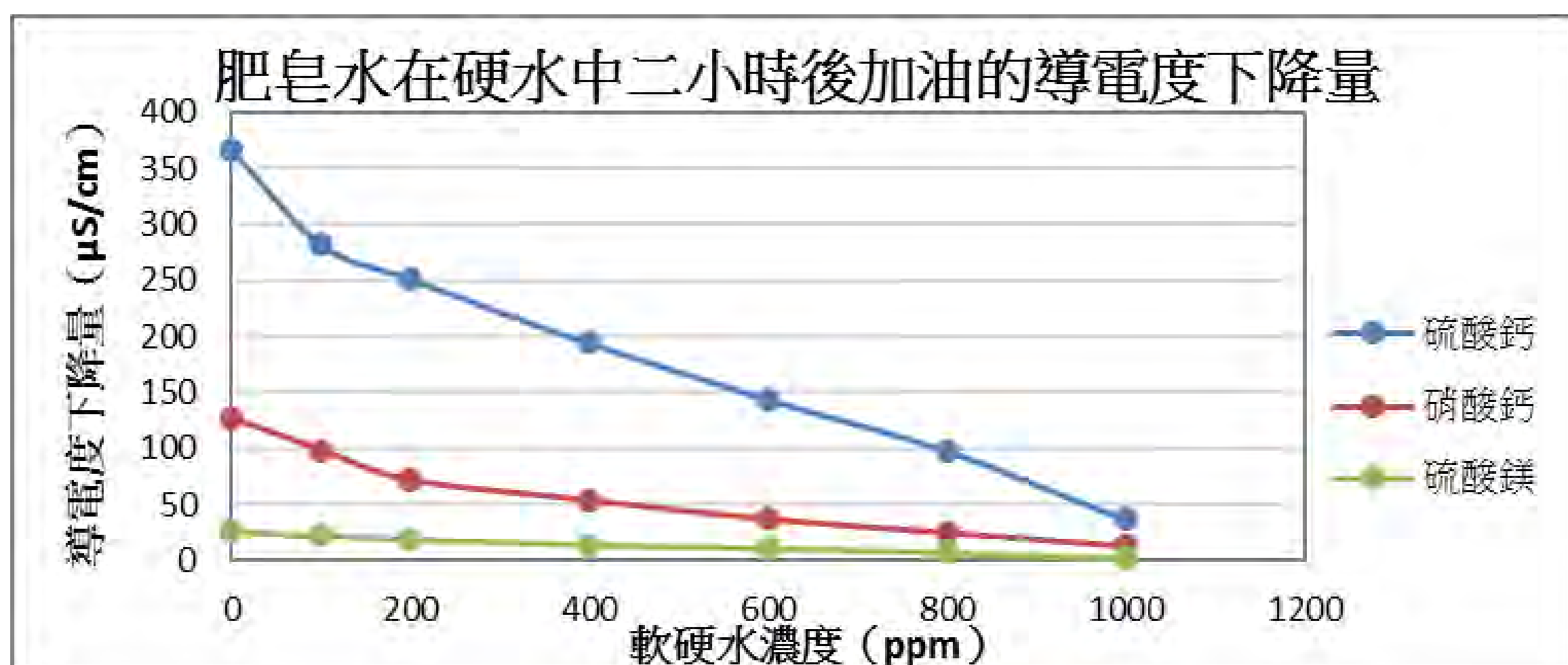


【實驗五】不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水於1分鐘及2小時後GH滴數差異

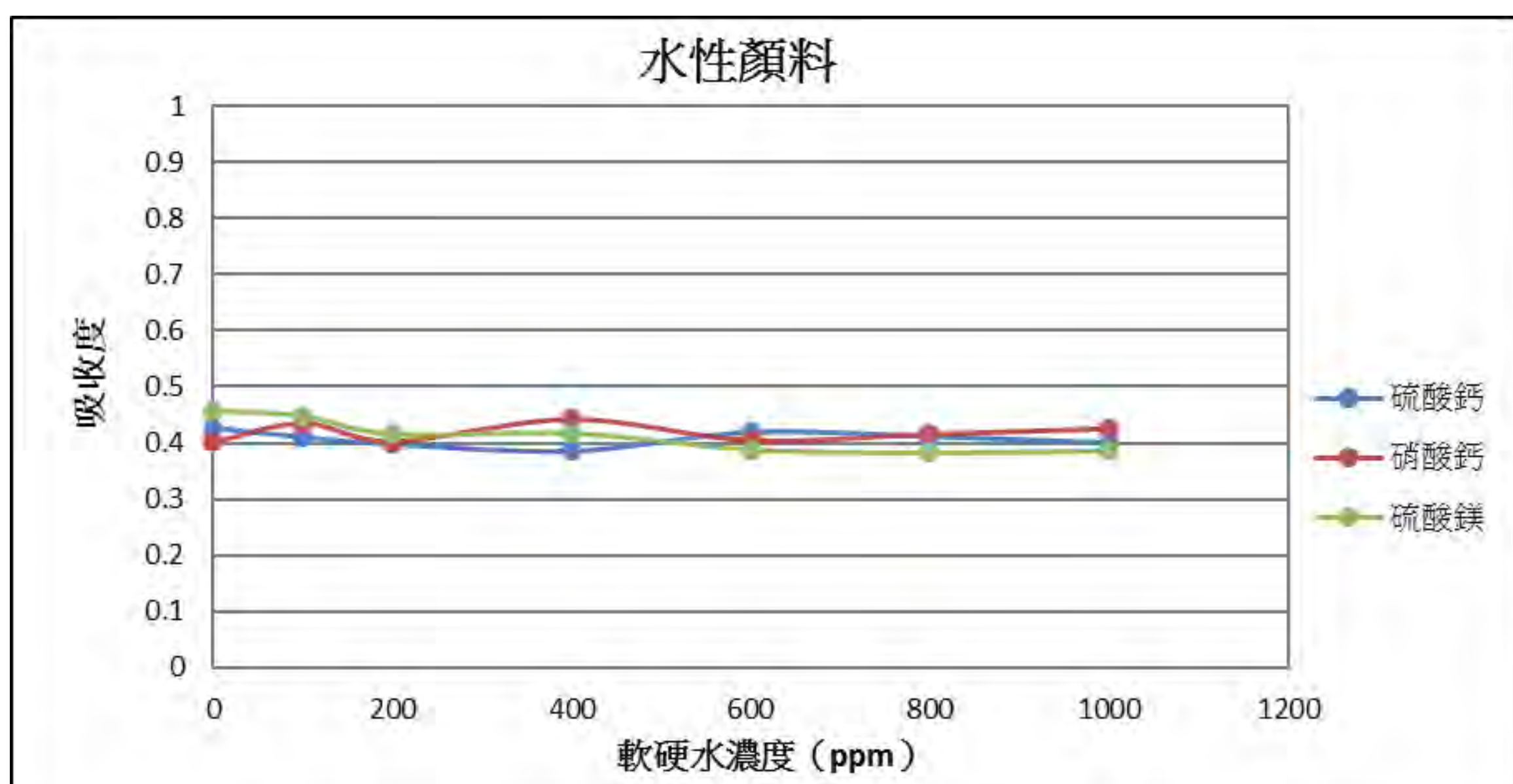


# 討論與結論

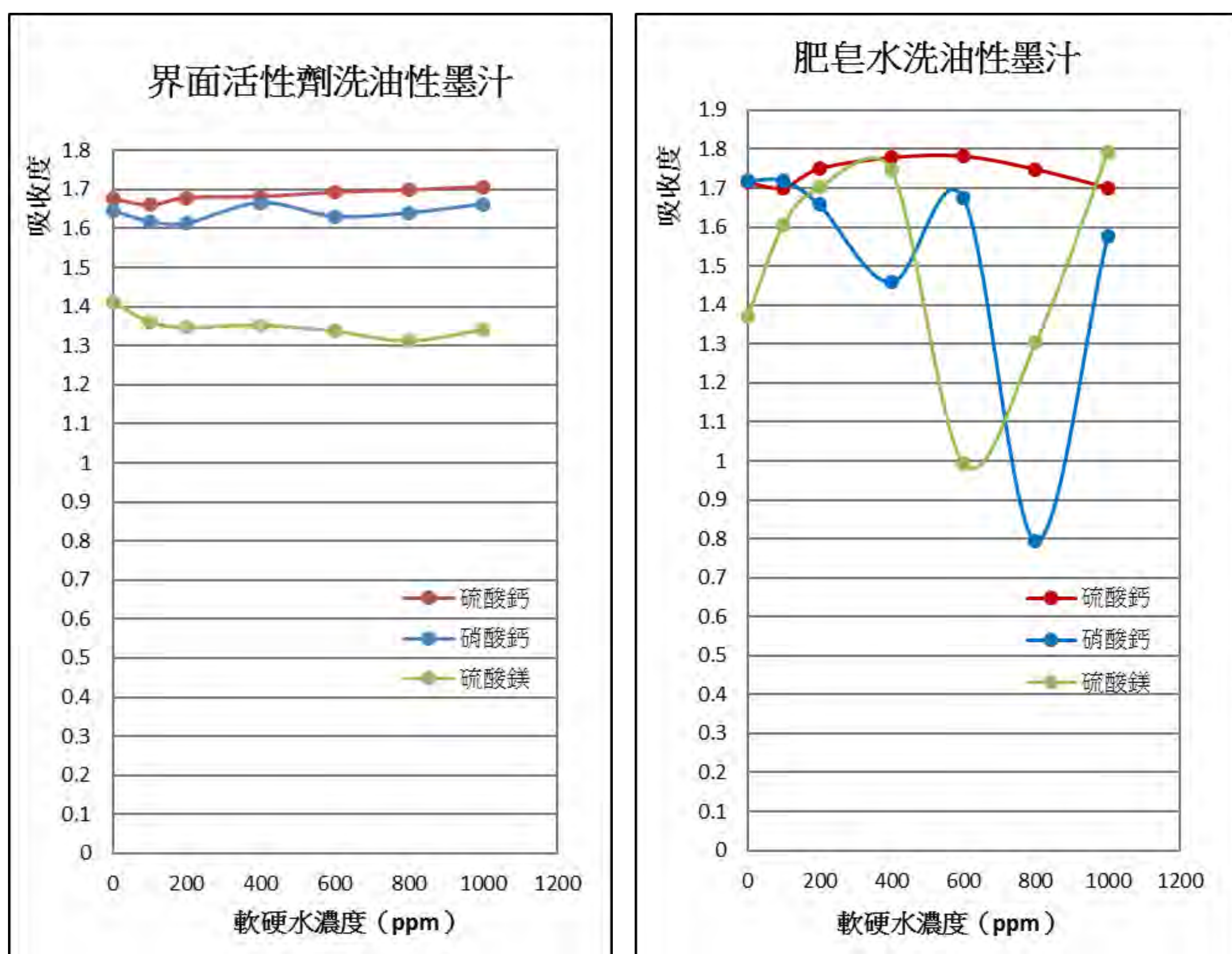
【實驗六】不同濃度的硬水分別加入等量界面活性劑及肥皂水2小時後，再加入等量香油測量乳化作用前後導電度的差異



【實驗七】不同濃度硬水對水性顏料洗淨能力差異



【實驗八】不同濃度的硬水加入等量界面活性劑或肥皂水對油性墨汁洗淨能力差異

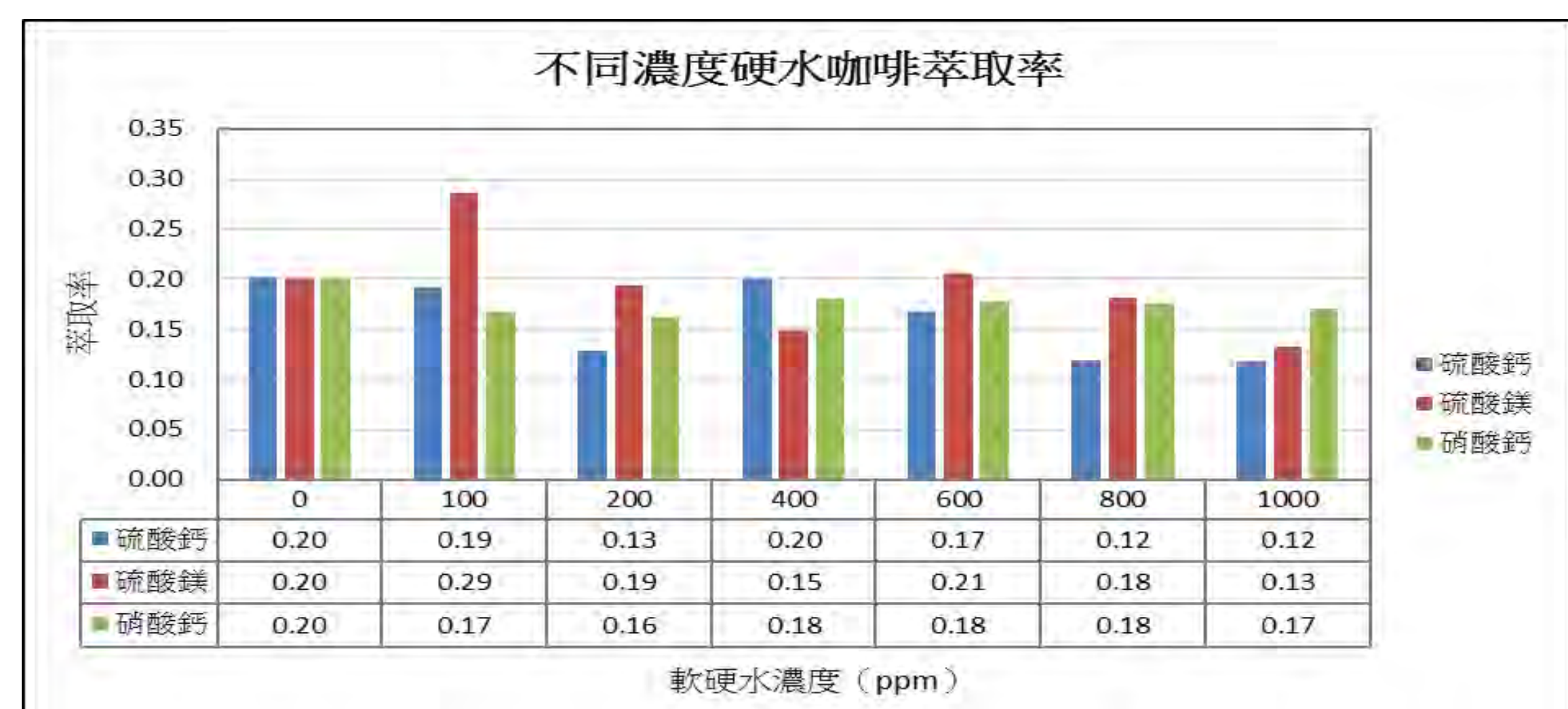
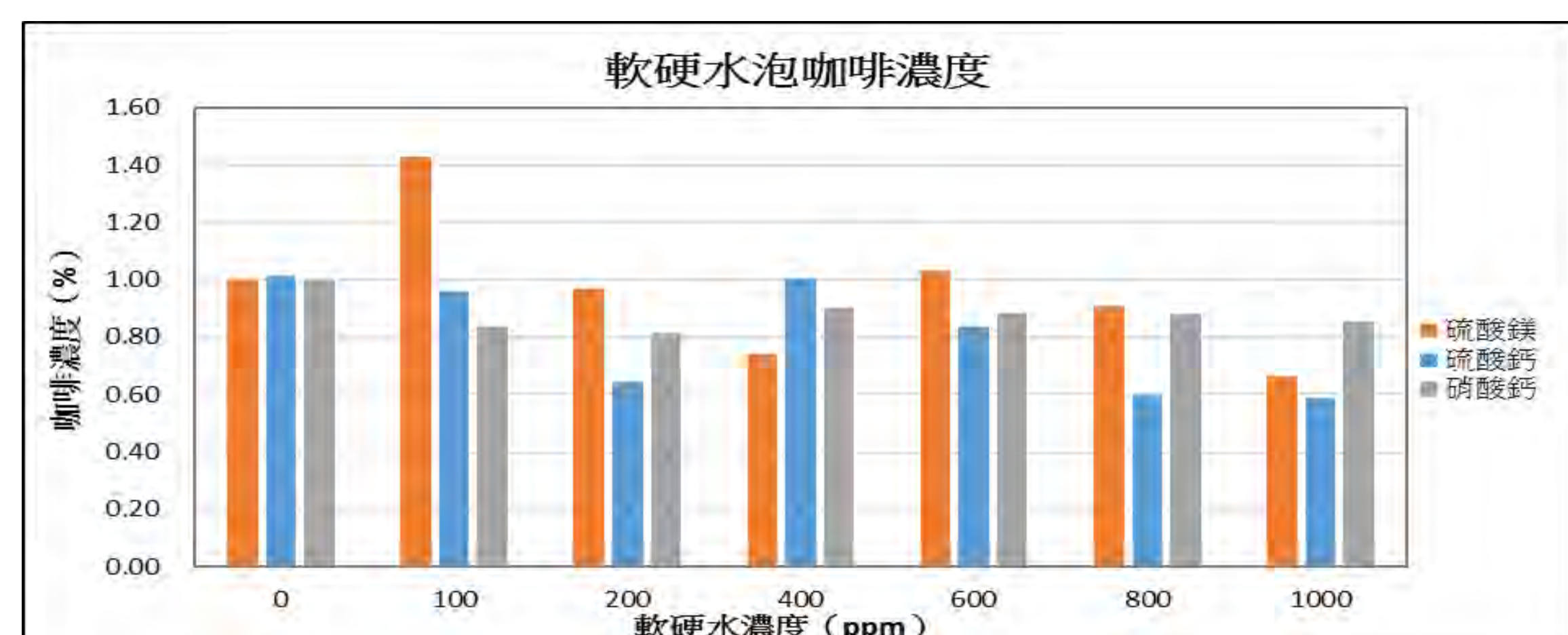


綜合【實驗四】與【實驗八】的結果，發現界面活性劑含在鈣鹽的硬水中，雖隨硬水濃度上升導電度會下降，可能消耗界面活性劑，但洗淨力是不受影響的。而界面活性劑在鎂鹽硬水中導電度未有明顯下降，但洗淨油性墨汁能力卻下降了。

【實驗九】不同濃度的硬水加入等量肥皂水對吹泡泡大小差異

硫酸鈣濃度ppm	0	100	200	400	600	800	1000
放置1分鐘	9	16	21	20	0	0	0
維持時間(秒)	236	178	126	1	-	-	-
放置30分鐘	18	0	0	0	0	0	0
硝酸鈣濃度ppm	0	100	200	400	600	800	1000
放置1分鐘	10	16	20	0	0	0	0
維持時間(秒)	265	183	118	-	-	-	-
放置30分鐘	19	0	0	0	0	0	0
硫酸鎂濃度ppm	0	100	200	400	600	800	1000
放置1分鐘	9	16	26	0	0	0	0
維持時間(秒)	248	188	105	-	-	-	-
放置30分鐘	17	0	0	0	0	0	0

【實驗十】不同濃度的硬水對泡咖啡濃度的影響



一、不同硬水濃度的差異與TDS、導電度、GH的關係

- 軟硬水對TDS、導電度、GH有線性關係，且導電度的數值約TDS數值的兩倍。
- 從【實驗一】中發現，硫酸鈣、硝酸鈣、硫酸鎂硬水的導電度趨勢圖不一致的原因為導電度測量的是總離子濃度，而硝酸鈣中含有2個硝酸根離子，故硝酸鈣的TDS及導電度較硫酸鈣、硫酸鎂來的高。而【實驗二】的GH滴劑的趨勢圖，與TDS、導電度不同的是硫酸鎂所量測出來的滴數較硫酸鈣、硝酸鈣低。推測因為GH滴劑所量測的是鈣、鎂離子的總量，單純含鈣鹽的趨勢會貼近，而鎂鹽的滴數較少，所呈現出的標準濃度之硬度也較低。

二、日常生活水樣檢測

- 日常生活中的水樣檢測五種水樣中，發現地下水的硬度最大。綜合導電度及GH結果推測地下水含有較多未解離的鈣鹽，較不適合拿來飲用。山泉水中含有較多除了鈣、鎂離子外的金屬離子或陰離子等礦物質，而導致導電度較高。

三、硬水與界面活性劑及肥皂水的作用

- 界面活性劑也是會跟某些鈣鹽硬水產生反應而被消耗，但不太影響其清潔效果，只有含鎂鹽硬水會造成界面活性劑洗淨力下降。
- 硬水中加入肥皂水後1小時內導電度會上升，因為肥皂水弱電解質，且並沒有一加下去立刻與硬水作用完全，但在GH滴數表現上則是有明顯下降的趨勢。
- 【實驗六】中我們控制了等量的油及清潔劑。根據文獻，照理說硬水加清潔劑反應2小時後，再加入等量的油後，導電度下降量應該一致，應同為油在清潔劑中乳化作用後的導電度。但很明顯發現肥皂水在硬水中2小時後，加入等量油的導電度皆有下降，且隨硬水濃度增加，導電度下降量有減少的趨勢。證明了前面放置2小時的硬水與清潔劑有進行反應，且隨硬水濃度上升，清潔劑消耗量愈多，清潔劑與油量比愈來愈小，而造成導電度差異。也表示加入油後乳化效果下降，尤其是肥皂水於硬水中的表現更為明顯。

四、分光光度計吸收度觀察洗淨力

- 根據【實驗七】、【實驗八】分光光度計測量洗下顏料吸收度發現，洗淨布料上的水性顏料時，無論任何濃度鈣鹽、鎂鹽硬水，其吸收度幾乎皆相同，硬水對洗滌水性顏料洗淨力並沒有明顯差異
- 硬水加清潔劑清洗油性墨汁時，對界面活性劑的洗淨力，並無太大的差異性，但對於肥皂水確實與洗淨能力有關係，而且發現我們清洗衣物時，並不是水的硬度愈小，清潔劑的洗淨力愈好。

五、其他應用

- 從【實驗九】結果發現含鈣鹽的硬水在肥皂水中，當硬水濃度到達400 ppm以上時就幾乎吹不出泡，即使有，也一下就破掉了。若把肥皂水放至在硬水中則完全不能成泡，推測硬水中的鈣、鎂鹽與清潔劑作用後，清潔劑量大大降低，亦破壞了泡泡的表面張力而不能成泡。
- 根據【實驗十】結果，咖啡的萃取量幾乎都落在20%上下，唯硫酸鎂100 ppm有過度萃取的狀況，而硫酸鈣則在200 ppm、800 ppm、1000 ppm水中有萃取太少的情形。總體而言，含硝酸鈣的任何濃度硬水，其萃取率均落在人們接受的合理範圍內。

# 參考文獻

一、99課綱基礎化學第二冊

二、書、期刊

(一)魚希至著，方言文化，咖啡的水科學

(二)高憲章，科學少年2016年6月6頁~17頁，水也來硬的

三、歷屆科展

(一)台灣二零零二年國際科學展覽會—【從導電度看乳化】

(二)中華民國第四十五屆中小學科學展覽會—【洗淨分析大進化】

(三)中華民國第四十四屆中小學科學展覽會—

【去污了嗎—淺談清潔劑的乳化效果】

四、小論文

(一)【一塵不染—肥皂與清潔劑之研究】

(二)【竹苗地區地下水之檢測】

五、網路查詢相關資料

(一)健康人生—喝的安全才能健康百分百

<http://www.taifer.com.tw/taifer/tf/048001/68.html>

(二)水的硬度測定

<http://gclab.thu.edu.tw/gen-chem/pdf-gc/Exp13.pdf>

(三)軟水硬水怎麼分？5個關鍵讓你每天有好水喝

<http://decomyplace.com/news/post.php?id=5373>

