

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會作品說明書

科 別：生活與應用科學科（三）

組 別：國中甲組

作品名稱：「鈣」厲害的清潔術：探討影響水垢清潔效果的因素

關鍵詞：碳酸鈣、水垢、清潔

編 號：

目 錄

摘要.....	1
壹、前言	2
一、研究動機.....	2
二、研究目的.....	2
三、文獻回顧.....	2
貳、研究設備及器材	3
參、研究過程或方式	6
一、不同種類及濃度清潔劑對水垢清潔效果的影響	7
二、清潔時間對水垢清潔效果的影響	7
三、溫度對水垢清潔效果的影響	7
四、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響	8
肆、研究結果	10
一、不同種類及濃度清潔劑對水垢清潔效果的影響	10
二、清潔時間對水垢清潔效果的影響	12
三、溫度對水垢清潔效果的影響	14
四、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響	15
伍、討論	19
一、不同種類及濃度清潔劑對水垢清潔效果的影響	19
二、清潔時間對水垢清潔效果的影響	19
三、溫度對水垢清潔效果的影響	20
四、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響	20
陸、結論	21
柒、參考文獻資料.....	22

摘要

本研究探討不同清潔劑種類、濃度、清潔時間及溫度等變因，對清除水垢效果之影響。研究動機源於日常生活中觀察到清潔水垢難易度的差異，旨在找出最有效的清潔方法。實驗以碳酸鈣模擬水垢，並測試乙酸、檸檬酸、碳酸氫鈉及氫氧化鈉等不同清潔劑的效果。結果顯示，酸性清潔劑對水垢的去除效果較佳，且乙酸優於檸檬酸；清潔劑濃度越高，清除水垢效果越佳；清潔時間增加有助於去除水垢，但三分鐘後效果不再顯著變化；溫度提升亦可增強清潔效果。研究亦針對市售清潔劑進行比較，發現主要成分含有檸檬酸者清潔能力較佳。本研究可為水垢清潔提供實用之參考，提高日常清潔效率。

壹、前言

一、研究動機

潮濕的浴室容易導致水垢累積，不僅影響物體的美觀，還可能造成水管堵塞、降低電器的運作效能。水垢生成相當容易，清除過程卻不簡單。透過日常生活的觀察，我們發現使用不同的清潔方法會影響去除水垢的效果，這引發我們對水垢清潔的好奇心。因此，本研究旨在透過科學實驗，探討影響水垢清潔效果的關鍵因素，並找出最有效的清潔劑與最佳清潔條件，以提供實用的清潔建議。

二、研究目的

- (一) 找出實驗室中最容易清潔水垢的清潔劑並分析其特性
- (二) 觀察清潔劑的濃度高低與清潔效果的關係
- (三) 觀察清潔時間與清潔效果的關係
- (四) 觀察溫度高低與清潔效果的關係
- (五) 觀察清潔效果較佳的市面清潔劑成分

三、文獻回顧

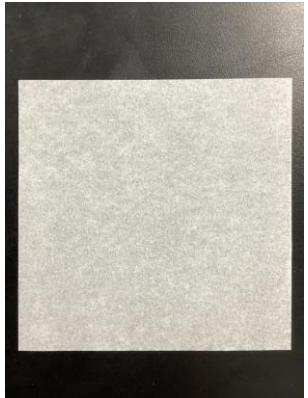
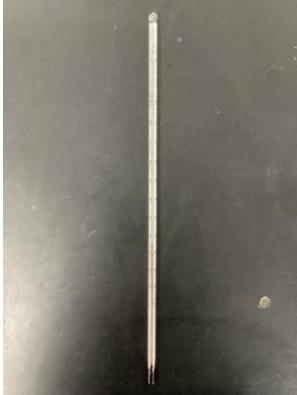
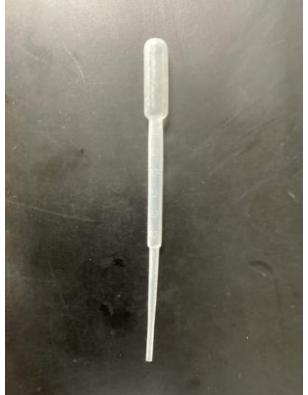
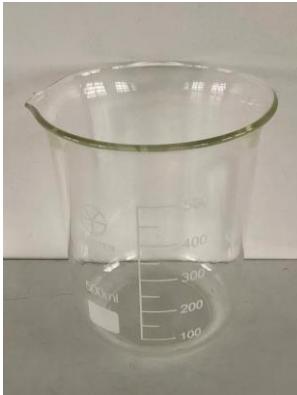
(一) 水垢

水中溶解的鈣離子和鎂離子與碳酸根離子結合，形成碳酸鈣和碳酸鎂等不溶於水的固體沈澱物，沈澱物附著在器皿內，經過一段時間就會形成水垢。化學反應式如下：



從上文可以得知水垢的主要成分為碳酸鈣和碳酸鎂等礦物質，故本研究以碳酸鈣模擬水垢。清潔劑對碳酸鈣的溶解能力越好，代表清潔能力越好。

貳、研究設備及器材

電子秤	電子秤	秤量紙
		
刮勺	溫度計	滴管
		
量筒	燒杯	玻棒
		

碼表	漏斗	濾紙
漏斗架	漏斗架	洗滌瓶
電磁爐	碳酸鈣	乙酸
檸檬酸	碳酸氫鈉	氫氧化鈉

妙 X 家水垢殺手	橘 X 工坊浴廁清潔劑	魔 X 靈浴室水垢瞬潔清潔劑
		

參、研究過程或方式

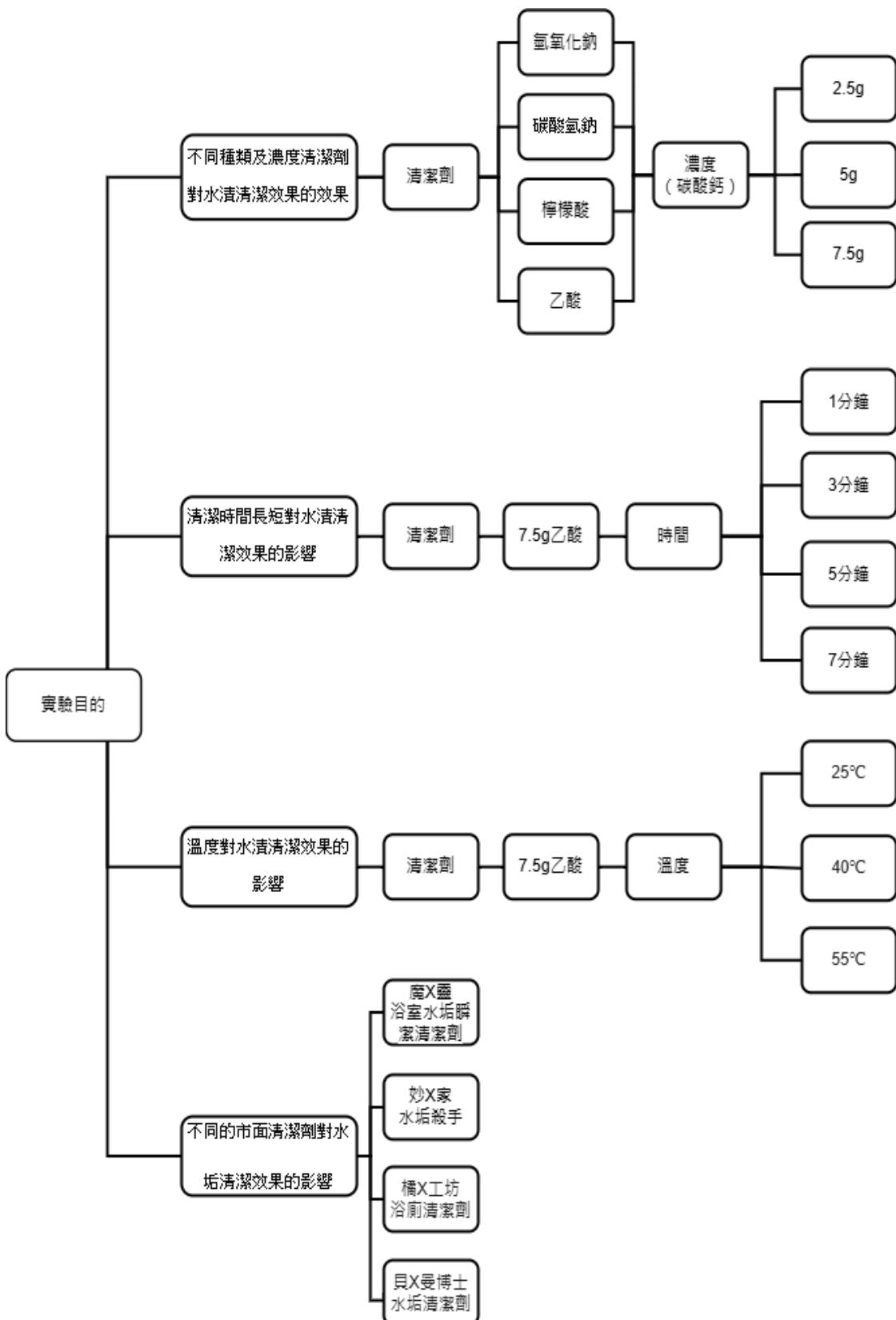


圖1、實驗架構

一、不同種類及濃度清潔劑對水垢清潔效果的影響

(一) 調配溶液

選擇三種不同重量（2.5g、5.0g、7.5g）的乙酸加入100g 蒸餾水中並倒入燒杯，調配成濃度不同的三種溶液。

(二) 溶解反應

把相同重量（5g）碳酸鈣加入燒杯，充分攪拌相同時間（1分鐘）使乙酸與碳酸鈣反應。

(三) 過濾+清潔效果比較

過濾溶液（如圖3），再烘乾濾紙使殘留的水分蒸發（如圖4）。測量殘留在濾紙上的物質重量，得出清潔劑對水垢的清潔效果。

改變清潔劑種類，將乙酸換成檸檬酸、碳酸氫鈉和氫氧化鈉，重複以上步驟。

二、清潔時間對水垢清潔效果的影響

(一) 調配溶液

將相同重量（7.5g）的乙酸加入100g 蒸餾水中並倒入燒杯。

(二) 溶解反應

把相同重量（5g）碳酸鈣加入燒杯，設定不同的攪拌時間（1分鐘、3分鐘、5分鐘、7分鐘），使乙酸與碳酸鈣反應，再靜置1分鐘。

(三) 過濾+清潔效果比較

過濾溶液（如圖3），再烘乾濾紙使殘留的水分蒸發（如圖4）。測量殘留在濾紙上的物質重量，得出清潔劑對水垢的清潔效果。

三、溫度對水垢清潔效果的影響

(一) 調配溶液

將相同重量（7.5g）的乙酸倒入燒杯，加入100g 蒸餾水中製成相同濃度的水溶液並攪拌均勻。

(二) 加熱

把水溶液加熱到不同溫度（室溫 25°C 、 40°C 、 55°C ）。

(三) 溶解反應

把相同重量（5g）碳酸鈣加入燒杯，充分攪拌相同時間（3分鐘），使乙酸與碳酸鈣反應，再靜置1分鐘。

(四) 過濾+清潔效果比較

過濾溶液（如圖3），再烘乾濾紙使殘留的水分蒸發（如圖4）。測量殘留在濾紙上的物質重量，得出清潔劑對水垢的清潔效果。

四、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響

(一) 調配溶液

將相同重量（50g）不同的市面清潔劑倒入燒杯。

(二) 溶解反應

把相同重量（2.5g）碳酸鈣加入燒杯，充分攪拌相同時間（3分鐘），使清潔劑與碳酸鈣反應，再靜置1分鐘。

(三) 過濾+清潔效果比較

過濾溶液（如圖2），再烘乾濾紙使殘留的水分蒸發（如圖4）。測量殘留在濾紙上的物質重量，得出清潔劑對水垢的清潔效果。



圖2、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響實驗過程



圖3、過濾溶液

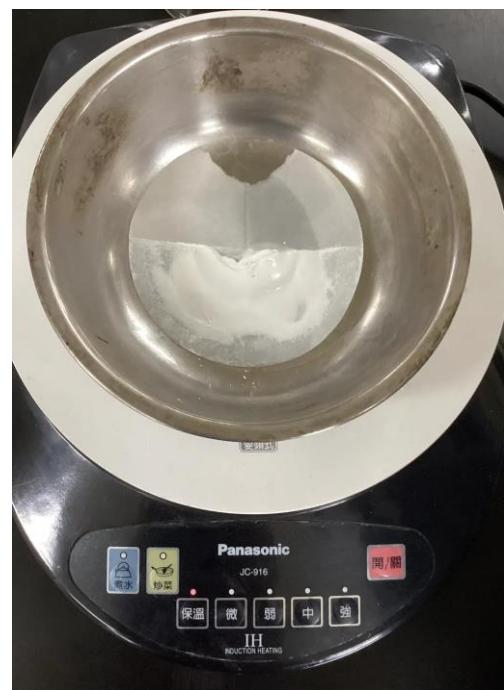


圖4、電磁爐加熱烘乾濾紙

肆、研究結果

一、不同種類及濃度清潔劑對水垢清潔效果的影響

(一) 乙酸

1. 100.0g 水+2.5g 乙酸 殘留物質重量：2.9g
2. 100.0g 水+5.0g 乙酸 殘留物質重量：1.2g
3. 100.0g 水+7.5g 乙酸 殘留物質重量：0.2g



圖5-1、濃度低的乙酸殘留物
質

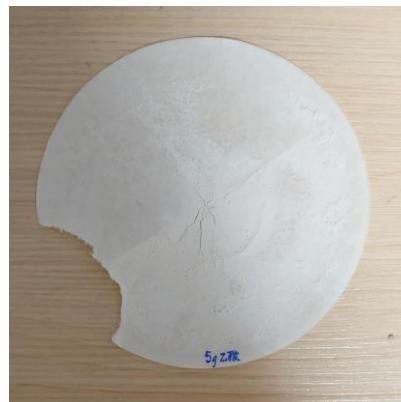


圖5-2、濃度中的乙酸殘留物
質

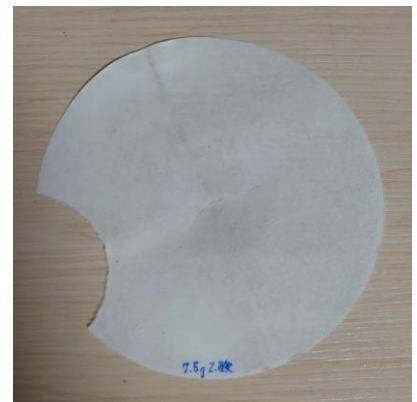


圖5-3、濃度高的乙酸殘留物
質

(二) 檸檬酸

1. 100.0g 水+2.5g 檸檬酸 殘留物質重量：3.4g
2. 100.0g 水+5.0g 檸檬酸 殘留物質重量：2.4g
3. 100.0g 水+7.5g 檸檬酸 殘留物質重量：1.5g



圖6-1、濃度低的檸檬酸殘留
物質



圖6-2、濃度中的檸檬酸殘留
物質



圖6-3、濃度高的檸檬酸殘留
物質

(三) 碳酸氫鈉

1. 100.0g 水+2.5g 碳酸氫鈉 殘留物質重量：5.0g

2. 100.0g 水+5.0g 碳酸氫鈉 殘留物質重量：5.0g

3. 100.0g 水+7.5g 碳酸氫鈉 殘留物質重量：4.9g



圖7-1、濃度低的碳酸氫鈉殘
留物質



圖7-2、濃度中的碳酸氫鈉殘
留物質



圖7-3、濃度高的碳酸氫鈉殘
留物質

(四) 氢氧化鈉

1. 100.0g 水+2.5g 氢氧化鈉 殘留物質重量：5.1g

2. 100.0g 水+5.0g 氢氧化鈉 殘留物質重量：5.1g

3. 100.0g 水+7.5g 氢氧化鈉 殘留物質重量：5.0g



圖8-1、濃度低的氫氧化鈉殘
留物質



圖8-2、濃度中的氫氧化鈉殘
留物質



圖8-3、濃度低的氫氧化鈉殘
留物質

(五) 歸納

殘留物質重量： $W_{乙酸} < W_{檸檬酸} < W_{碳酸氫鈉} < W_{氫氧化鈉}$ ， $W_{濃度高} < W_{濃度中} < W_{濃度低}$ 。

乙酸的清潔效果最佳，檸檬酸次之。碳酸氫鈉與氫氧化鈉皆為鹼性，殘留物質重量皆與加入的碳酸鈣重量相近，對水垢的清潔較無效。而清潔劑濃度越高，清潔水垢的效果越好。

表1、不同種類及濃度清潔劑與殘留物質重量 (g) 的關係

清潔劑種類 濃度	乙酸 CH_3COOH	檸檬酸 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	碳酸氫鈉 NaHCO_3	氫氧化鈉 NaOH
低	2.9	3.4	5.0	5.1
中	1.2	2.4	5.0	5.1
高	0.2	1.5	4.9	5.0

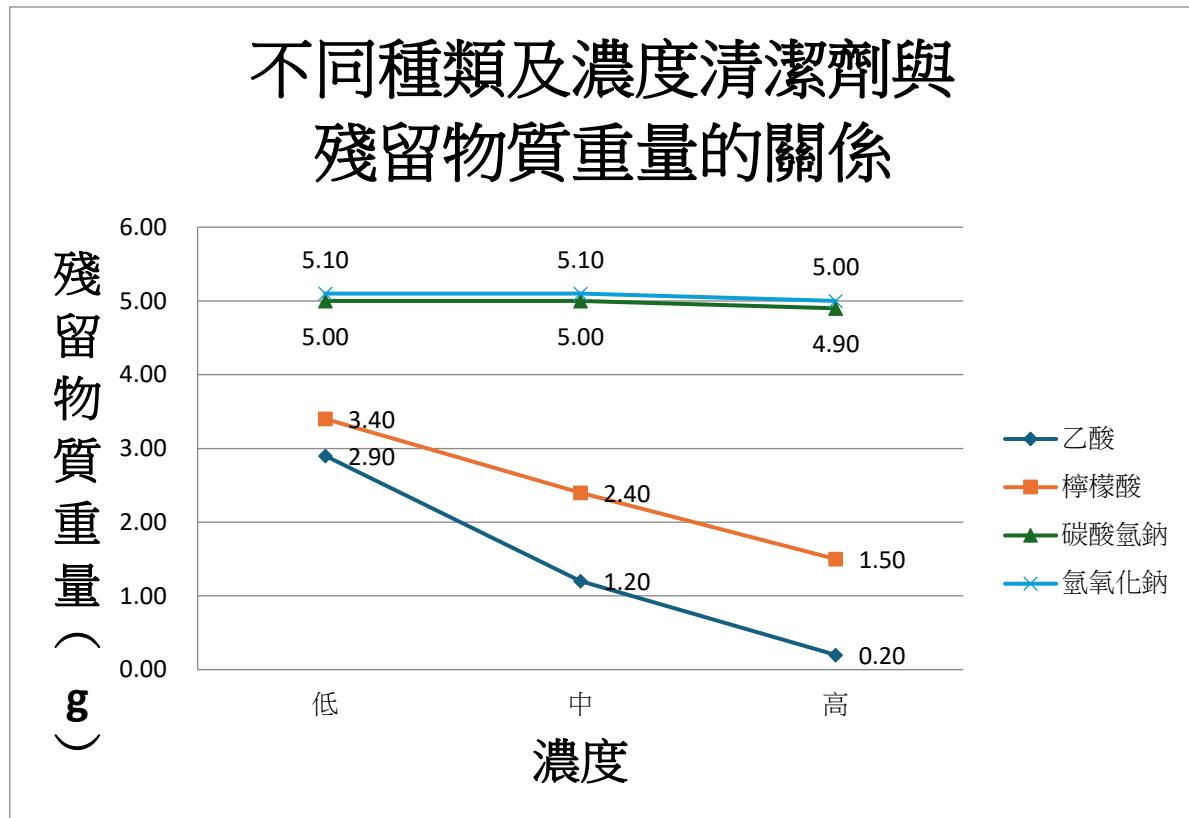


圖9、不同種類及濃度清潔劑與殘留物質重量的關係

二、清潔時間對水垢清潔效果的影響

- (一) 1分鐘殘留物質重量：0.40g
- (二) 3分鐘殘留物質重量：0.15g
- (三) 5分鐘殘留物質重量：0.11g
- (四) 7分鐘殘留物質重量：0.07g

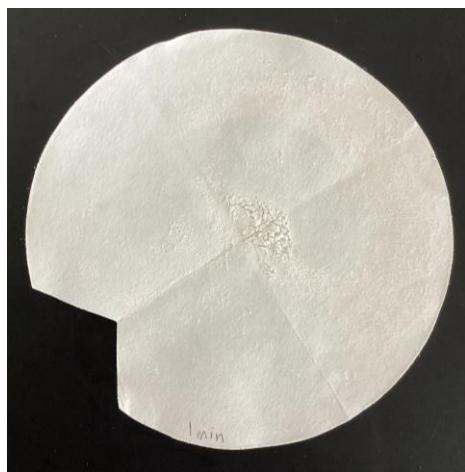


圖10-1、1分鐘殘留物質



圖10-2、3分鐘殘留物質

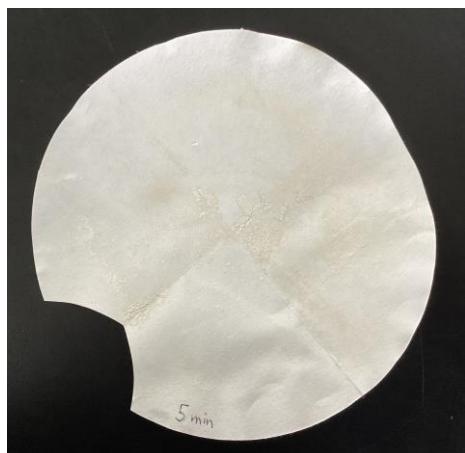


圖10-3、5分鐘殘留物質

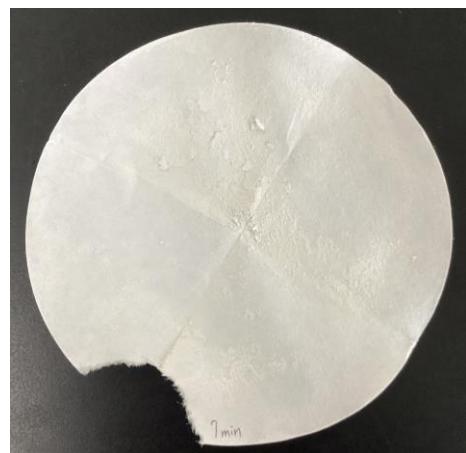


圖10-4、7分鐘殘留物質

(五) 歸納

$$\text{殘留物質重量 : } W_{7\text{分鐘}} < W_{5\text{分鐘}} < W_{3\text{分鐘}} < W_{1\text{分鐘}}$$

隨著清潔時間增長，殘留物質重量減少。而清潔超過3分鐘，殘留物質重量沒有明顯的降低，因此可推論碳酸鈣與乙酸在3分鐘內幾乎反應完成。

表2、清潔時間與殘留物質重量的關係

時間（分鐘）	1	3	5	7
殘留物質重量 (g)	0.40	0.15	0.11	0.07

清潔時間與殘留物質重量的關係

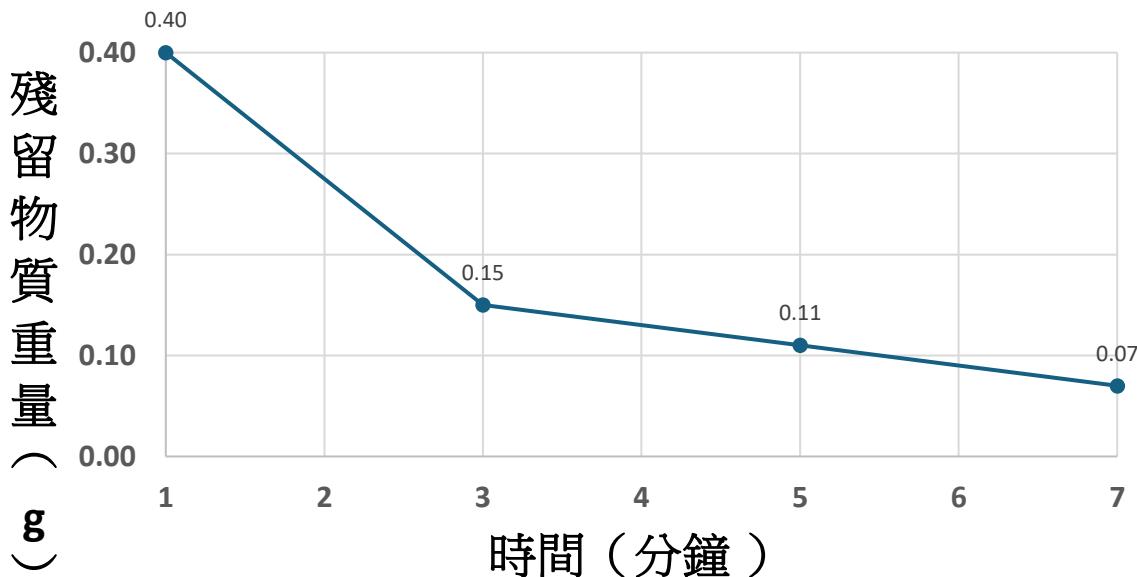


圖11、清潔時間與殘留物質重量的關係

三、溫度對水垢清潔效果的影響

(一) 25°C 殘留物質重量：1.09g

(二) 40°C 殘留物質重量：1.00g

(三) 55°C 殘留物質重量：0.47g



圖12-1、25°C 殘留物質

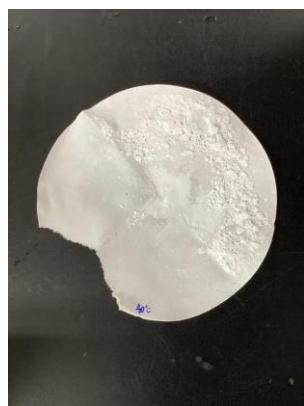


圖12-2、40°C 殘留物質



圖12-3、55°C 殘留物質

(四) 歸納

$$\text{殘留物質重量} : W_{55^\circ\text{C}} < W_{40^\circ\text{C}} < W_{25^\circ\text{C}}$$

隨著溫度升高，殘留物質重量減少。

表3、溫度與殘留物質重量的關係

溫度 (°C)	25	40	55
殘留物質重量 (g)	1.09	1.00	0.47

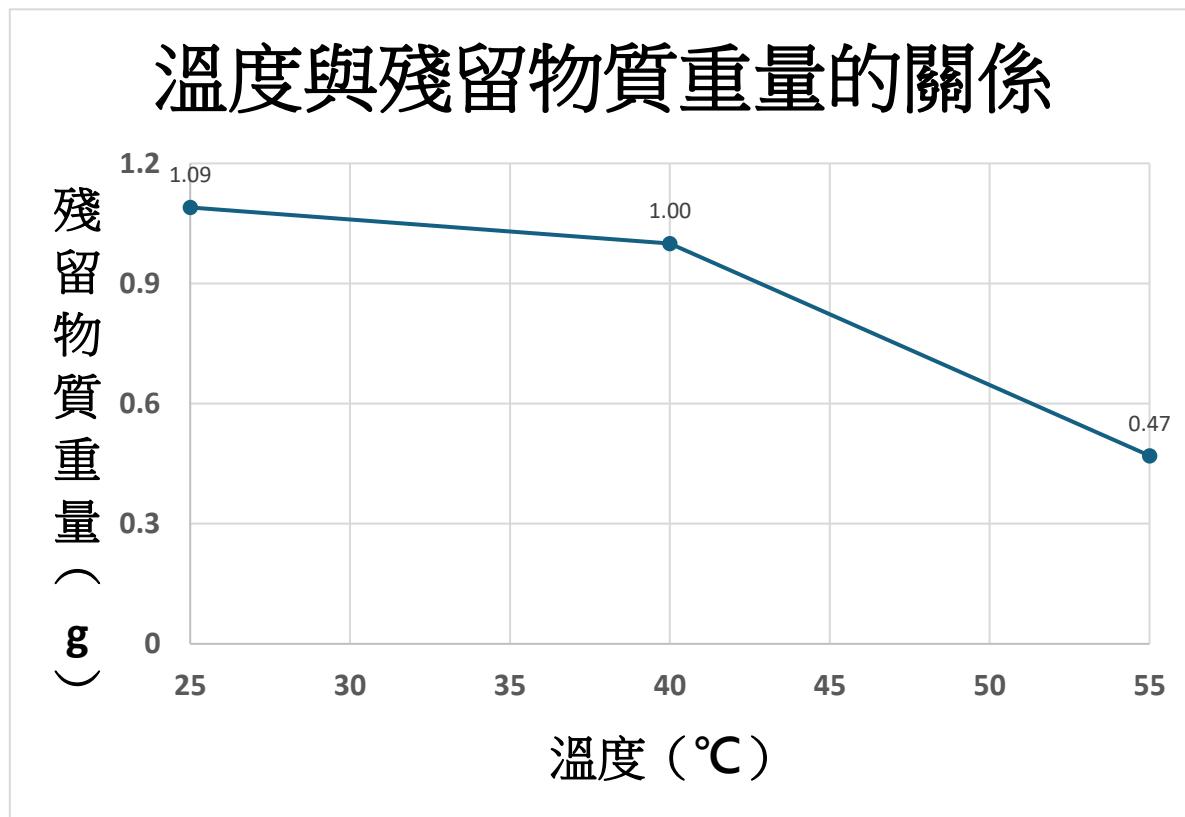


圖13、溫度與殘留物質重量的關係

四、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響

(一) 妙 X 家水垢殺手

主要成分：界面活性劑、甜橙油萜烯、滲透劑、檸檬酸、硬表面清潔劑

殘留物質重量：0.97g

檸檬酸能與碳酸鈣發生化學反應，使其溶解，而甜橙油萜烯具有清潔作用，有助於清除污垢。另外，滲透劑為協助水垢清潔劑滲入屋污垢之用，可將污垢分解剝離物體，使清潔劑較容易和水垢發生作用，提升清潔效果。

(二) 橘 X 工坊浴廁清潔劑

主要成分：天然食品級橘油、檸檬酸、椰子油系界面活性劑

殘留物質重量：1.25g

含有檸檬酸，推論是因為濃度較低或酸性較弱，清潔效果較妙 X 家水垢殺手差，但仍然能溶解碳酸鈣，而橘油有去污、除垢及潔淨之能力。

(三) 魔 X 靈浴室水垢瞬潔清潔劑

主要成分：界面活性劑、去污溶劑、水垢溶解劑、檸檬酸

殘留物質重量：2.08g

含有檸檬酸，但推論是因為濃度較低，所以清潔效果沒有妙 X 家水垢殺手或橘 X 工坊浴廁清潔劑好，而水垢溶解劑可以促進水垢溶解。

(四) 貝 X 曼博士水垢清潔劑

主要成分：5%以下非離子界面活性劑、香料

殘留物質重量：2.14g

酸性成分較少，主要依靠界面活性劑清潔，因此對碳酸鈣的溶解效果較弱。



圖14-1、妙 X 家水垢殺手殘留物質



圖14-2、橘 X 工坊浴廁清潔劑殘留物質

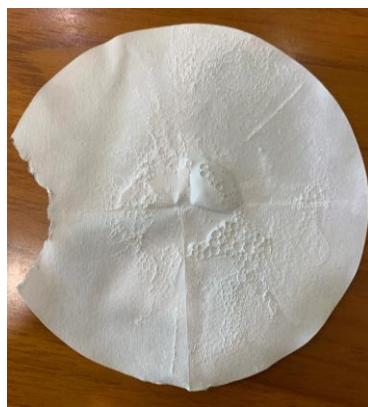


圖14-3、魔 X 靈浴室水垢瞬潔清潔劑殘留物質



圖14-4、貝 X 曼博士水垢清潔劑殘留物質

(六) 歸納

殘留物質重量：

$$W_{\text{妙 X 家水垢殺手}} < W_{\text{橘 X 工坊浴廁清潔劑}} < W_{\text{魔 X 靈浴室水垢瞬潔清潔劑}} < W_{\text{貝 X 曼博士水垢清潔劑}}$$

主要成分含有檸檬酸的清潔劑，清潔水垢的效果較佳。

表4、不同的市面清潔劑及其主要成分與殘留物質重量的關係

市面清潔劑 種類	妙 X 家 水垢殺手	橘 X 工坊 浴廁清潔劑	魔 X 靈浴室水垢 瞬潔清潔劑	貝 X 曼博士 水垢清潔劑
主要成分	界面活性劑、甜 橙油萜烯、滲透 劑、檸檬酸、硬 表面清潔劑	天然食品級橘 油、檸檬酸、椰 子油系界面活性 劑	界面活性劑、去 污溶劑、水垢溶 解劑、檸檬酸	5%以下非離子界 面活性劑、香料
殘留物質重 量 (g)	0.97	1.25	2.08	2.14

不同的市面清潔劑與殘留物質重量的關係

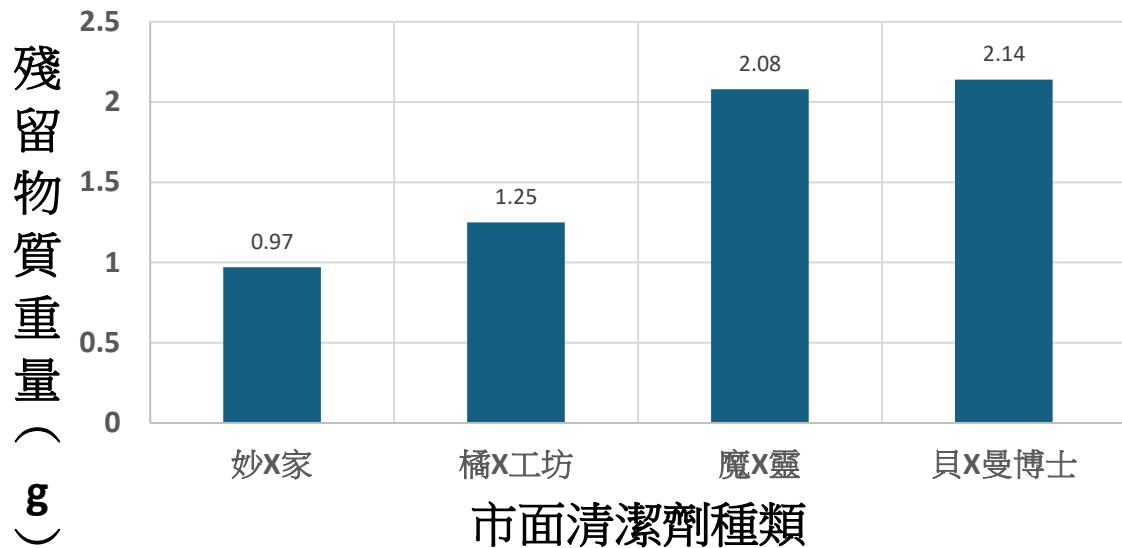


圖15、不同的市面清潔劑與殘留物質重量的關係

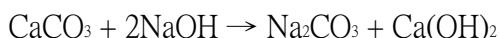
伍、討論

一、不同種類及濃度清潔劑對水垢清潔效果的影響

研究結果顯示，酸性的乙酸和檸檬酸比鹼性的碳酸氫鈉和氫氧化鈉更適合去除水垢。因為碳酸鈣為鹼性，故使用酸性清潔劑清除水垢效果較鹼性清潔劑好。其中，乙酸和檸檬酸的濃度越高，清潔水垢的效果越好，這與我們研究預期的結果一致。

在碳酸氫鈉的實驗中，三組試驗的殘留物質重量皆接近加入的碳酸鈣重量。這是因為碳酸氫鈉可完全溶於水，而碳酸鈣幾乎不溶於水。在水溶液中，兩者不會發生明顯反應，因此過濾後的殘留物質應主要是未溶解的碳酸鈣，沒有其他沉澱物，最終重量接近原始加入的碳酸鈣重量（5g）。

在氫氧化鈉的實驗中，低濃度及中濃度組的殘留物質重量略高於加入的碳酸鈣重量（5g）。由於氫氧化鈉完全溶解，因此並非因飽和沉澱導致重量增加，而是因為碳酸鈣與氫氧化鈉發生化學反應：



反應產生的碳酸鈉可溶於水，因此可通過濾紙，而生成的氫氧化鈣因溶解度低（約0.185g/100g水），部分無法溶解，形成固體沉澱，無法通過濾紙。此外，氫氧化鈣會與空氣中的二氧化碳反應生成新的碳酸鈣，使殘留物質重量略大於原始加入的碳酸鈣重量（5g）。然而，由於這個差異僅約0.1g，可能屬於實驗誤差。

二、清潔時間對水垢清潔效果的影響

研究結果顯示，隨著清潔時間增加，可溶解更多的碳酸鈣。然而，當清潔時間超過3分鐘後，殘留物質重量沒有明顯的降低，顯示大部分的反應已在3分鐘內完成。

我們原先預期，當反應進行到一定時間後，殘留物質重量將不再減少，代表乙酸的溶解能力已達極限，且反應已完成。在本實驗中，我們觀察到超過3分鐘後，清潔速率下降，但乙酸與碳酸鈣仍未完全反應。這可能是由於我們的實驗時長不足，無法觀察到最終的完全反應，這是未來值得進一步研究的部分。

三、溫度對水垢清潔效果的影響

研究結果顯示，隨著溫度升高，碳酸鈣的溶解速率加快，殘留物質重量減少，與我們的預期一致。

我們推測，若溫度過高，乙酸的揮發速度加快，可能會影響其溶解能力，導致碳酸鈣無法再減少。然而，由於本實驗的溫度範圍較低，尚未觀察到此現象，這是未來可進一步研究的部分。

四、不同的市面清潔劑對水垢清潔效果的影響

研究結果顯示，主要成分含有檸檬酸的清潔劑在水垢清潔上效果較佳。

本實驗所選的清潔劑多含有界面活性劑，而界面活性劑是一種具有雙端特性的分子，一端親水，另一端親油，主要用於去除油污。因此，目前仍無法確定界面活性劑對水垢清潔效果的具體影響。此外，不同清潔劑的其他成分是否會影響水垢清潔效果，仍有待進一步探討。

陸、結論

- 一、酸性清潔劑比鹼性清潔劑更適合去除水垢，其中乙酸的清潔效果優於檸檬酸。
- 二、清潔劑的濃度越高，去除水垢的效果越佳，顯示較高濃度能加速水垢溶解。
- 三、清潔時間越長，去除水垢的效果越佳，但超過三分鐘後，效果沒有顯著的提升。未來可進一步研究是否存在一個時長，清潔劑的溶解能力達到極限，導致水垢無法再減少。
- 四、溫度升高有助於水垢的去除，但是否當溫度達到某一臨界值後，清潔劑因揮發加速而降低效果，仍需進一步研究。
- 五、市售清潔劑中，主要成分含有檸檬酸者，其水垢去除效果較佳。然而，界面活性劑及其他常見的清潔劑成分是否會影響水垢清潔效果，仍需進一步探討。

柒、參考文獻資料

一、臺灣網路科教館「全國中小學科展作品」

<https://www.ntsec.edu.tw/science/list.aspx?a=21&cat=21278>

(一) 林侑寧、劉晏榕、李宜蓁（2022）。「潔」我所能，「淨」你所想！—探討不同清潔方式之抗菌效果及其相關研究，中華民國第61屆中小學科學展覽會，國中組 生活與應用科學(二)科。取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/61/pdf/NPHSF2021-032910.pdf?0.6604475032055914>

(二) 謝彥輝、張瑜娟、葉玲瑜（1989）。清潔劑界面作用初探。中華民國第48屆中小學科學展覽會，國中組 理化科。取自：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/high/031632.pdf>

二、水垢。維基百科。取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%B4%E5%9E%A2>

三、磷酸。維基百科。取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A3%B7%E9%85%B8>

四、萜烯。維基百科。取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%90%9C%E7%83%AF>

五、水垢成分對身體有害嗎？認識形成原因，去除惱人水垢就靠它！愛惠浦 EVERPURE。取自：https://www.everbrightpurifying.com/articles/filter_scale

六、橘油（橘精油）30ml。耕源國際企業社。取自：

<https://www.gainwell.com.tw/product/p9553592>

七、滲透劑 - P。盛和股份有限公司。取自：<http://www.florex.com.tw/tw/index.php/portfolio/p/>

八、(2025/2/17) 甜橙油|香氣釋放。蜂競生物。取自：

<https://fenjinbio.com/%E7%94%9C%E6%A9%99%E6%B2%B9%E9%A6%99%E6%B0%94%E9%87%8A%E6%94%BE/>

九、橘子工坊 Orange house (2024/1/26)。Facebook。取自：

<https://www.facebook.com/orangehouse.tw/posts/%E5%B0%91%E5%B0%91%E7%9A%84%E6%A9%98%E6%B2%B9%E6%BF%83%E6%BF%83%E7%9A%84%E6%A9%98%E5%AD%90%E9%A6%99%E7%B2%BE%E5%91%B3%E8%B6%85%E5%BC%B7%E6%B4%97%E6%B7%A8%E>

[5%8A%9B%E9%82%A3%E5%8F%AF%E4%B8%8D%E6%98%AF%E6%88%91%E5%80%91%
E8%A6%81%E7%9A%84%E6%A9%98%E6%B2%B9%E6%B8%85%E6%BD%94%E7%94%A8
%E5%93%81%E3%84%9A%E5%BE%9E%E7%9C%9F%E6%AD%A3%E6%A9%98%E5%AD%
90%E6%8F%90%E5%8F%96100%E6%A9%98%E6%B2%B9%E7%99%BC%E6%8F%AE%E7%9
A%84%E5%8A%9F%E6%95%88%E6%89%8D%E6%98%AF%E7%9C%9F%E6%AD%A3%E7%
9A%84%E5%81%A5%E5%BA%B7%E5%A4%A9%E7%84%B6%EF%B8%8F%E7%9C%9F%E6
%A9%98%E6%B2%B9%E5%B0%8F%E6%95%99%E5%AE%A4%E5%AE%88%E8%AD%B7%
E5%81%A5%E5%BA%B7%E7%AC%AC%E4%BA%8C%E6%AD%A5%EF%B8%8F%E4%BA
%86%E8%A7%A3100%E7%9C%9F/782110393947916/](https://www.yorumoru.com/blog/posts/orange-essential-oil)

十、(2024/1/17) 提振身心靈的祕密：深入探索甜橙精油功效與使用方式。又木。取自：

<https://www.yorumoru.com/blog/posts/orange-essential-oil>

十一、(2023/4/13) 純水、蒸餾水哪裡不一樣？這一篇就讀懂！原在良製。取自：

<https://www.aqualogy.co/blogs/mineral-water-benefit/about-drinking-water>

十二、(2023/3/10) RO 水是純水嗎？推薦2款逆滲透淨水器說明，帶你從原理了解！台灣櫻花。取自：<https://www.sakura.com.tw/LineStyle/Content/1030>

十三、(2023/2/16) 水的種類你分得清嗎？從水的來源認識各種飲用水。芳時品味。取自：

<https://www.ec-ff.com/blogs/water/118940>

十四、(2022/9/15) 水垢是怎麼產生的？喝下去對人體健康會有影響嗎？CVODA。取自：

<https://www.cvoda.com.tw/blog/How-does-limescale-come-about>