

# 中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

030201

親「蘇」有別—電導度與界面活性劑之研究

學校名稱： 新北市立永和國民中學

作者：  國二 陳鈺婷  國二 周沐晴	指導老師：  許宏傑  陳韻如
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 電導度、微胞、界面活性劑

## 摘要

用電導度判斷加入不同物質對清潔劑的影響，可瞭解到清潔劑濃度高低和電導度有著高度正相關，本實驗以推論電導度與實際電導度進行比較，發現清潔劑的清潔能力與電導度變化有關，電導度變大其清潔能力也會較高。清潔劑中加入氯化鈣和氯化鉀後電導度變化皆為降低，比較同族水中的陽離子，電荷數大或離子半徑較大時，其產生白色混濁的現象較為明顯，電導度變化也明顯下降，因此推論在含有高濃度鈣離子的硬水中或是含有鉀離子時，清潔劑的清潔能力會被降低，普通低濃度的硬水則影響不大。而清潔劑的濃度在 20% 以下加入小蘇打，則是能有效提高電導度使清潔力提升。

## 壹、前言

### 一、研究動機

因為市面上有標榜加入不同物質的清潔劑去汙效果比較好，我們希望可以找出哪些物質可以增加清潔劑的清潔效果。而七年級的時候我們在實驗室裡看到一台電導度儀，了解過後我們決定用電導度分析清潔劑的清潔效果。

### 二、研究目的

- (一) 探討不同濃度的清潔劑與對電導度的影響。
- (二) 探討不同克數的溶質對電導度的影響。
- (三) 探討不同濃度的溶質與不同濃度的清潔劑對電導度的影響。
- (四) 探討電導度與清潔劑之去油污能力的相關性。

### 三、文獻回顧

(一) 月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽 (Sodium laureth sulfate):  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3\text{Na}$

1. 在 20°C 時的溶解度為可溶。

2. 為一種界面活性劑，主要用在化妝品、一般的清潔用品原料，可做為洗髮精、沐浴乳、洗潔劑、洗衣精、洗碗精等，具穩沫效果，便於黏度調節，對皮膚刺激性低；也可用在高分子乳化聚合的乳化劑。【參考資料一】

3. 本實驗清潔劑所使用的市售洗碗精的主要成份，又稱為椰子油醇界面活性劑。

(二) 蔗糖:  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

1. 在 20°C 時的溶解度為 201.9g/100g 水【參考資料二】

2. 是一種雙醣（葡萄糖+果糖），溶於水不解離，與水溶解以氫鍵方式溶於水。

(三) 食鹽:  $\text{NaCl}$

1. 在 20°C 時的溶解度為 35.9g/100g 水【參考資料三】

2. 強電解質，溶於水會產生氯離子與鈉離子。

(四) 檸檬酸: $C_6H_8O_7$  (2-hydroxypropane- 1,2,3-tricarboxylic acid)

1. 在 22°C 時的溶解度為 133g/100g 水【參考資料四】

2. 是一種無色的弱有機酸，它包括 3 個羧基 (R-COOH) 基團。

(五) 碳酸氫鈉: $NaHCO_3$

1. 在 20°C 時的溶解度為 9.6g/100g 水【參考資料五】

2. 俗稱小蘇打，在水中的溶解度小於碳酸鈉，呈弱鹼性。

3. 小蘇打粉應用於家庭清潔，可以去污、除臭。因油膩、汙漬或難聞氣味，大多屬於酸性物質 (H<sup>+</sup>，如脂肪酸)，當弱鹼性的氫氧根 (OH<sup>-</sup>) 與酸性物質相遇，便會產生中和作用。塗抹髒污靜待數分鐘，之後再輕輕擦拭即可。

(六) 氯化鈣: $CaCl_2$

1. 在 20°C 時的溶解度為 74.5g/100g 水【參考資料六】

2. 游泳池水中添加氯化鈣可以使池水成為 pH 緩衝溶液同時增加池水硬度。

3. 在硬水 (含有鈣離子、鎂離子) 中，肥皂的去污力會下降，石化工業產物的清潔劑較不受其影響。

(七) 碳酸鈉: $Na_2CO_3$

1. 在 20°C 時的溶解度為 21.5 g/100g 水【參考資料十一】

2. 其水溶液為弱鹼性 (pH 值範圍大約 9 至 11)，所以被稱為純鹼。

3. 有滑膩感，可以用於洗滌油污。

(八) 大豆油:

1. 對水無溶解度【參考資料七】

2. 是從大豆中提取的植物油脂，又稱豆油，常見者多為大豆沙拉油。

3. 由植物來源取得的油脂，通常是由植物種子中取得，主要成分三酸甘油酯依來源不同有多種脂肪酸組合。

(九) 氯化鉀: $KCl$

1. 在 20°C 時的溶解度為 34.4 g/100g 水【參考資料十四】

2. 易溶於水和甘油，難溶於醇，食鹽裡面以部分氯化鉀取代氯化鈉，可減少鈉的攝取、降低高血壓之可能性。

(十) 微胞 (Micelle)

1. 在水中不安定的介面活性劑增加則介面活性劑的分子間會產生凝聚的現象而變得安定。介面活性劑分子間在水中安定化而呈現並列的狀態。【參考資料九】

2.臨界微胞濃度:微胞形成時的臨界濃度。

#### (十一) 電解質

1. 在水溶液或熔融狀態可以產生自由離子而導電的化合物。
2. 強電解質:能完全或基本完全解離成為離子的化合物。
3. 弱電解質:能部分解離成為離子的化合物。

#### (十二) 電導度

1. 感應器通過電極之間的電流來測量溶液導電的能力。在溶液中，電流通過離子來傳輸。所以，溶液離子濃度越高導電能力就越強。【參考資料十】
2. 感應器實際上是在測量導電係數，其定義為：電阻的倒數。電阻單位為歐姆，導電係數國際標準單位就為 siemens。由於 siemens 是非常大的單位，所以水樣本一般用  $\mu\text{S}$  為單位，本實驗報告部份使用 mS 為單位（ $1\text{ mS} = 1000\ \mu\text{S}$ ）。
3. 自動溫度補償：在溫度介於 5 到 35 °C 之間時，感應器就會自動進行溫度補償。感應器自動使用的是 25 °C 的導電率讀數，這就是說：在 15 °C 和 25 °C 時對同一溶液，感應器將給出相同的導電率讀數。本實驗以自製恆溫槽固定溫度於 20°C 的環境。
4. 導電率和濃度之間存在線性關係，所以導電度計也能測量離子濃度。水溶離子化合物將得到很大的導電率數值，它的大小取決於如離子半徑、離子電荷、以及離子的流動性等各因素。在相同的濃度下，強酸如鹽酸的水溶液將得到比弱酸如乙酸溶液更高的導電率數值。

#### 5.本實驗名詞使用說明

- (1) 推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度
- (2) 實際電導度=實驗測得之電導度
- (3) 電導度變化=實驗測得之電導度 - 推論電導度

## 貳、研究設備及器材

- 一、 實驗器材:燒杯、量筒、玻棒、刮勺、滴管、電導度機、電子秤、水箱、溫度計
- 二、 實驗藥品:食鹽（氯化鈉）、蔗糖、碳酸氫鈉（小蘇打）、檸檬酸、氯化鈣、碳酸鈉、氯化鉀、油、市售清潔劑（洗碗精）

## 參、研究過程及方法

### 一、清潔劑電導度測試

#### (一) 不同濃度清潔劑

- 1.準備 1 個空燒杯，加入 1g 的清潔劑與 99g 的水。
- 2.將此濃度視為重量百分濃度 (wt%) =  $1/(1+99) \times 100\% = 1\%$ 。
- 3.以攪拌子充份攪拌溶液 5 分鐘後，放置於 20°C 自製恆溫槽中。
- 4.以電導度計測量此時溶液的電導度並記錄於表格。
- 5.重覆以上步驟，清潔劑每次增加 1g 至 30g，30g 後每次增加 10g 至 50g，並將實驗記錄於表格。



【電導度實驗儀器與裝置-乳化實驗裝置-第一指導老師拍攝】

#### (二) 不同溶質加入清潔劑

- 1.準備六個空燒杯，分別加入 0%、10%、20%、30%、40%、50% 的清潔劑各 100g 的溶液。
- 2.在六個燒杯裡分別加進 1g 的食鹽後放置於 20°C 自製恆溫槽中。
- 3.以攪拌子充份攪拌 5 分鐘至溶液均勻，以電導度計測量此時溶液的電導度並記錄於表格。
- 4.重複以上步驟每次增加 1g 至 5g 的食鹽，測量電導度並記錄於表格。
- 5.以相同步驟測量蔗糖、碳酸氫鈉、碳酸鈉、檸檬酸、氯化鈣、氯化鉀、油等溶質之電導度。

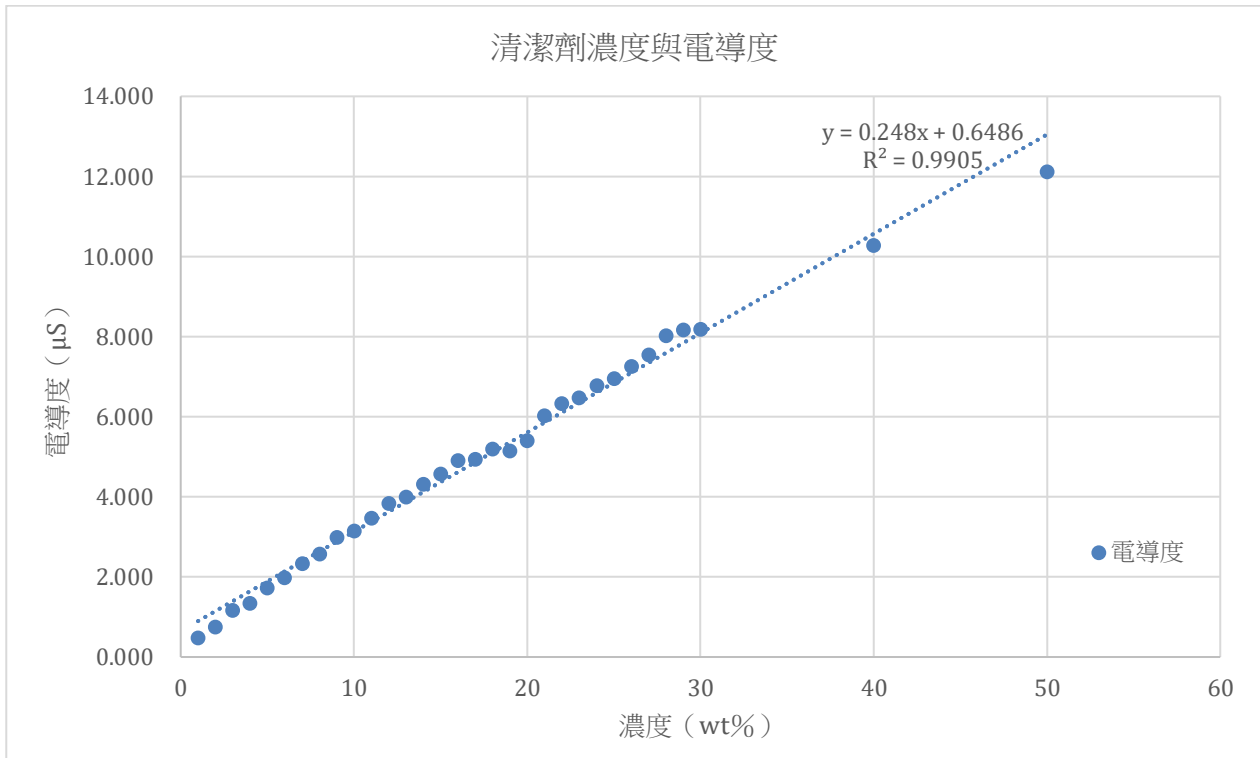
#### (三) 清潔劑乳化體積測試

- 1.於 25ml 的量筒中加入 10% 的清潔劑至 19ml 的高度。
- 2.將油加入至 20ml 的高度。
- 3.以玻棒充份攪拌後，量測乳化後的體積高度，並記錄於表格。
- 4.重覆以上步驟，測定不同濃度的清潔劑的乳化高度。
- 5.重覆以上步驟，測定不同溶質與不同濃度的清潔劑的乳化高度。

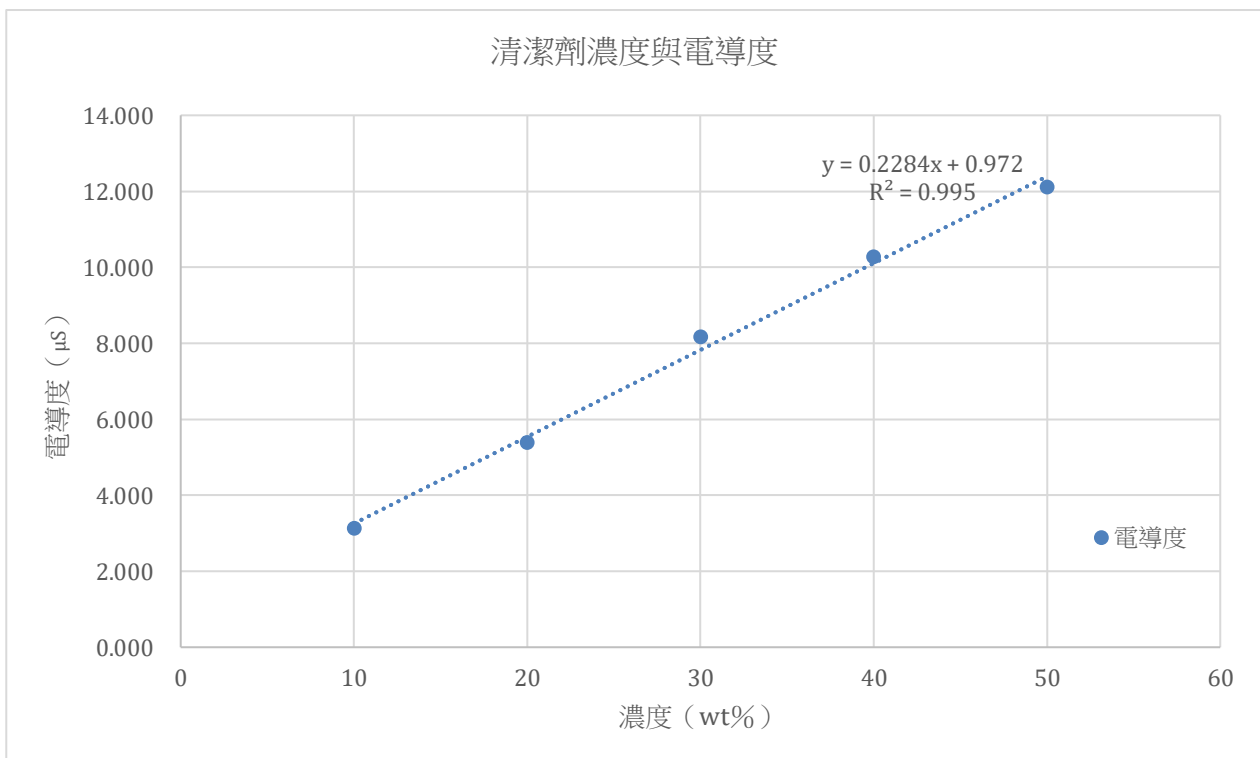
## 肆、研究結果

### 一、清潔劑溶液的電導度

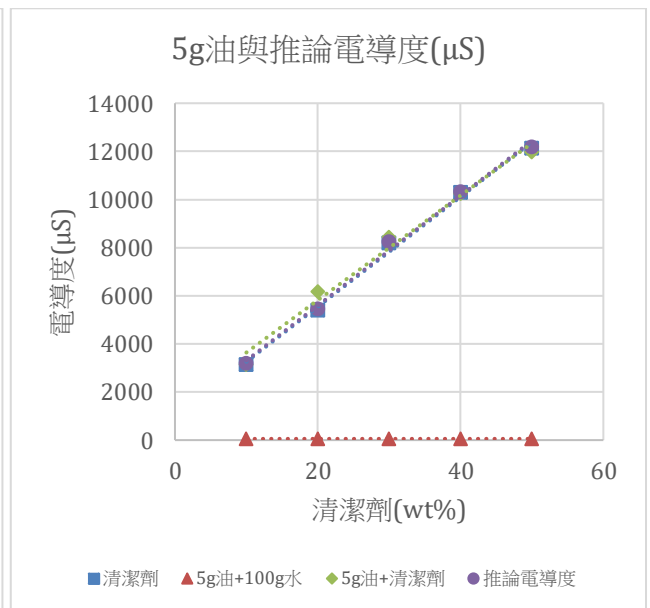
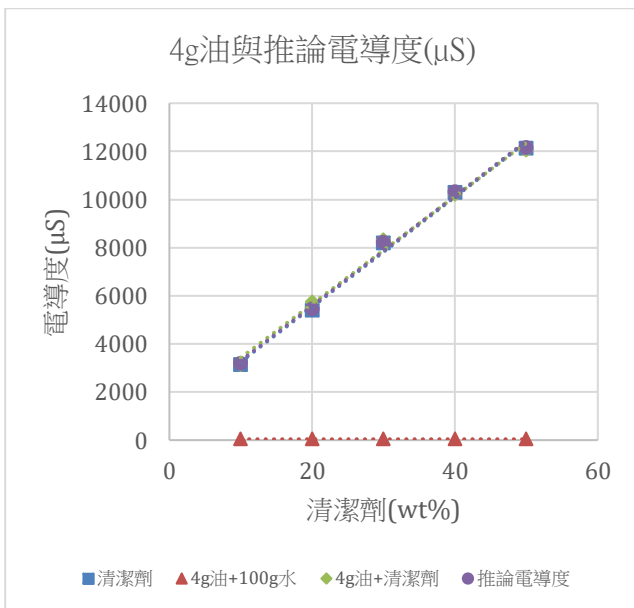
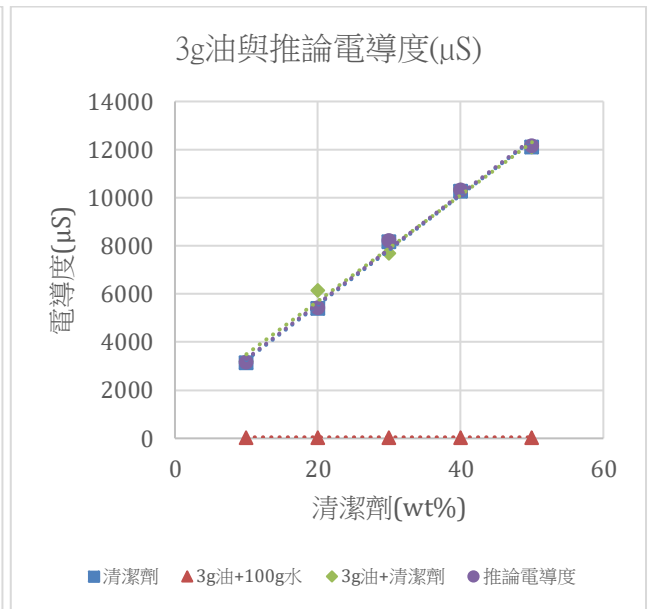
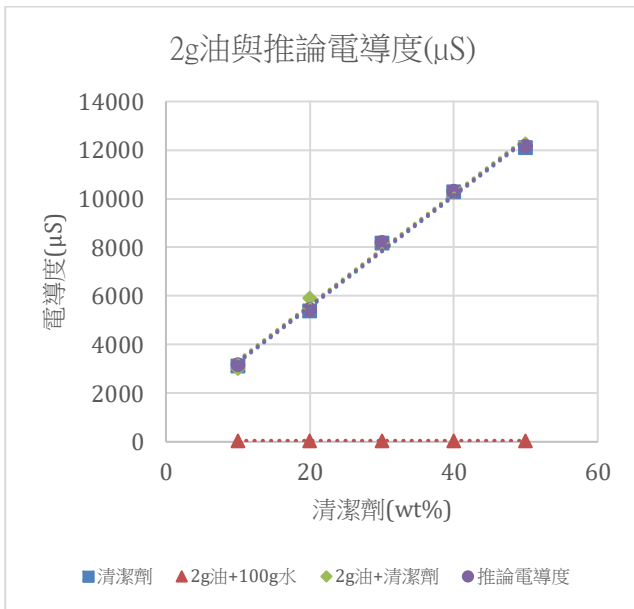
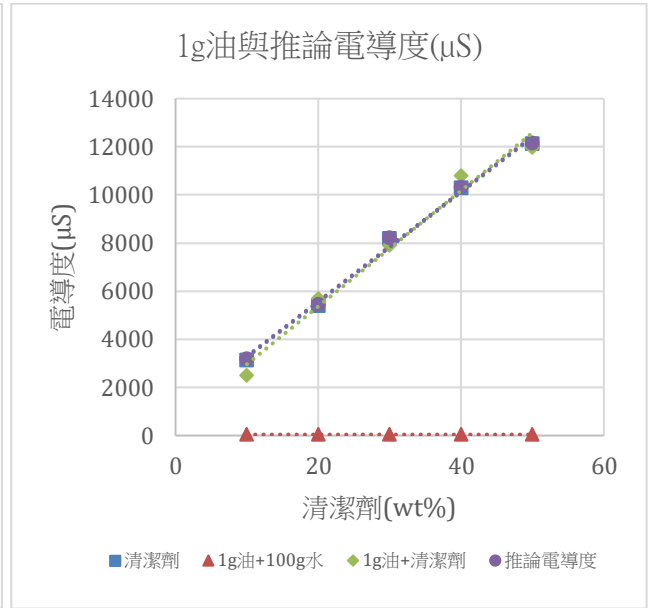
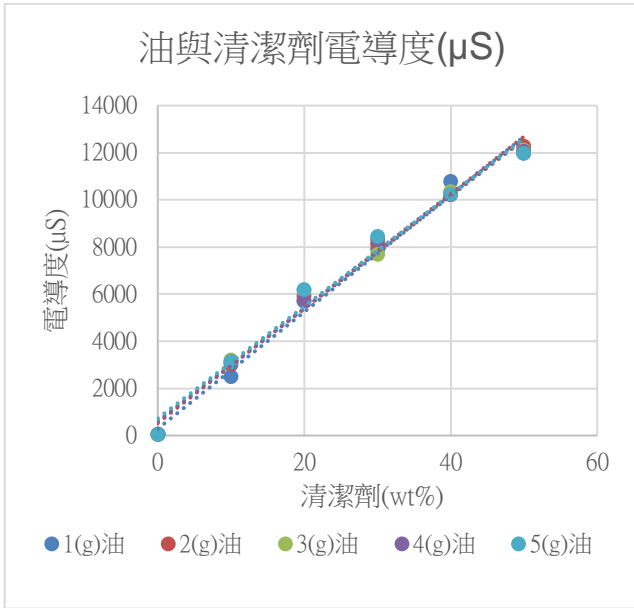
#### (一) 1(g)~50(g) 清潔劑溶液(wt%)的電導度( $\mu\text{S}$ )



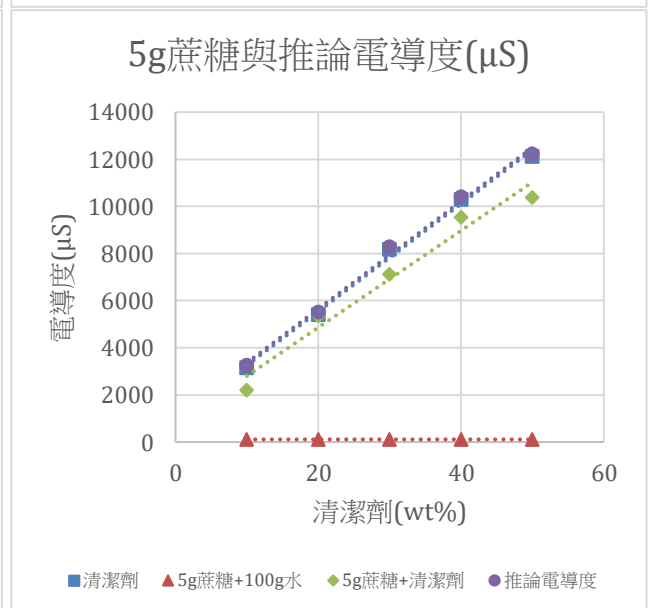
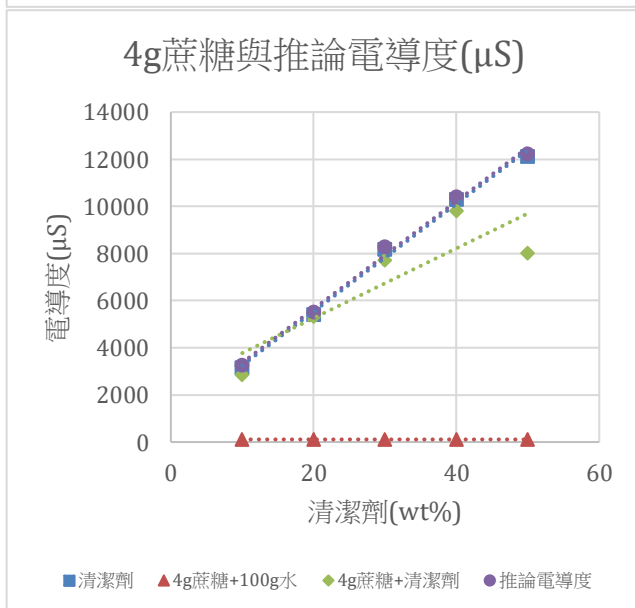
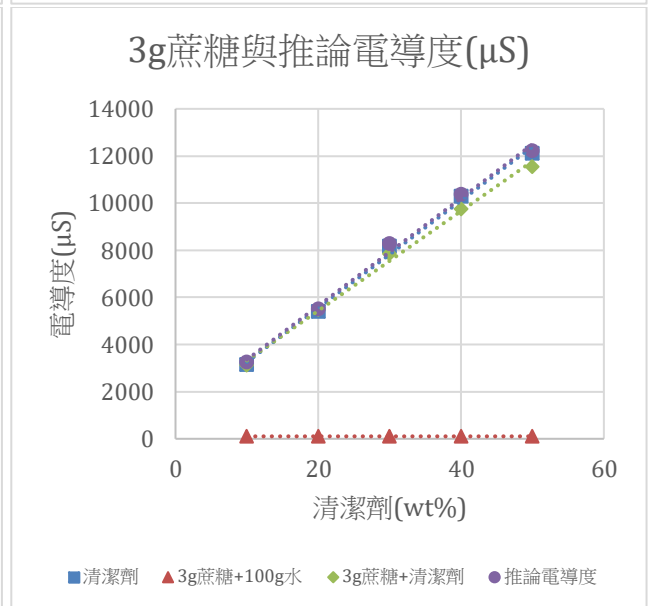
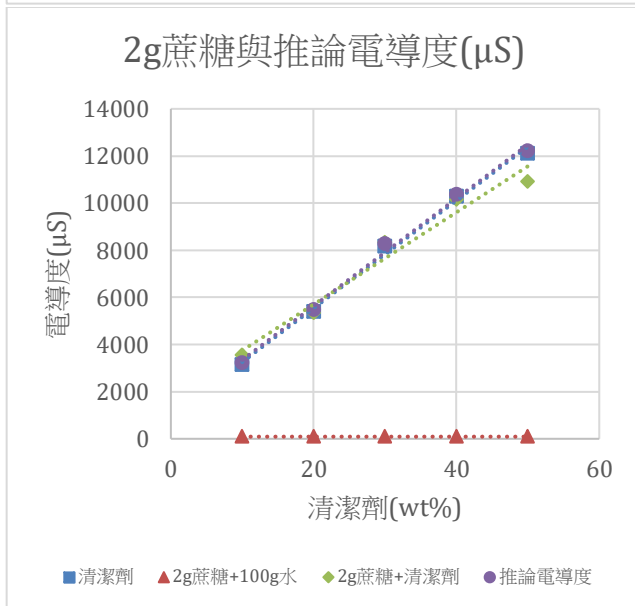
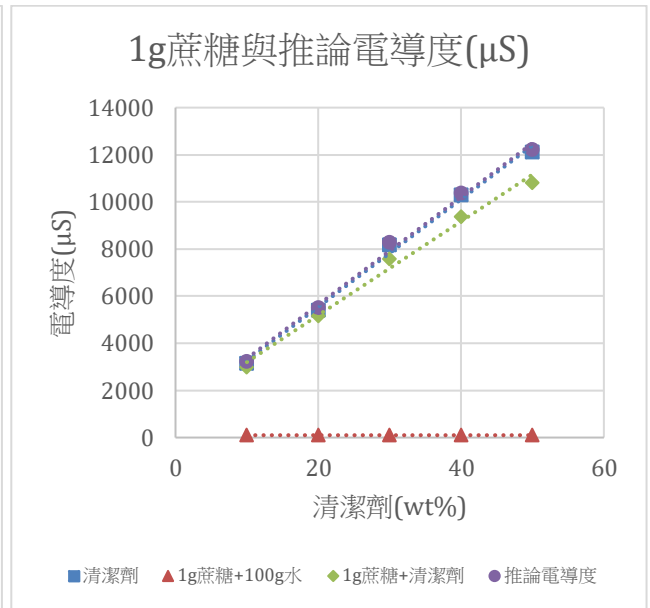
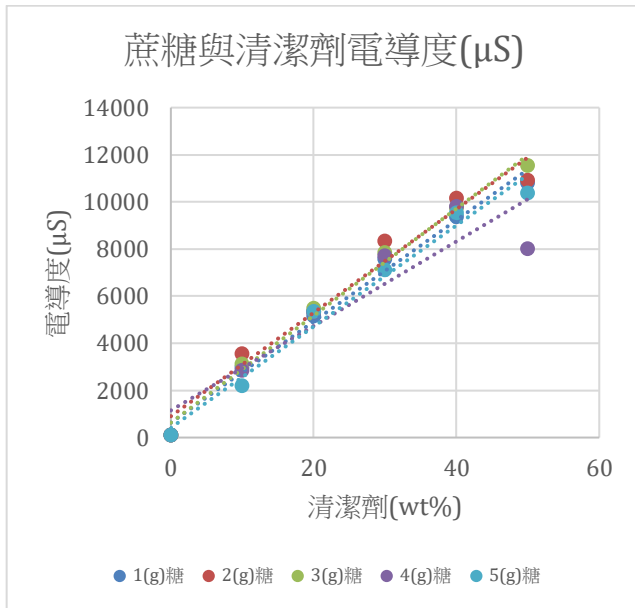
#### (二) 10(g)~50(g)清潔劑溶液(wt%)的電導度( $\mu\text{S}$ )



二、油 (Triglyceride) 與清潔劑溶液的電導度與推論電導度(μS)

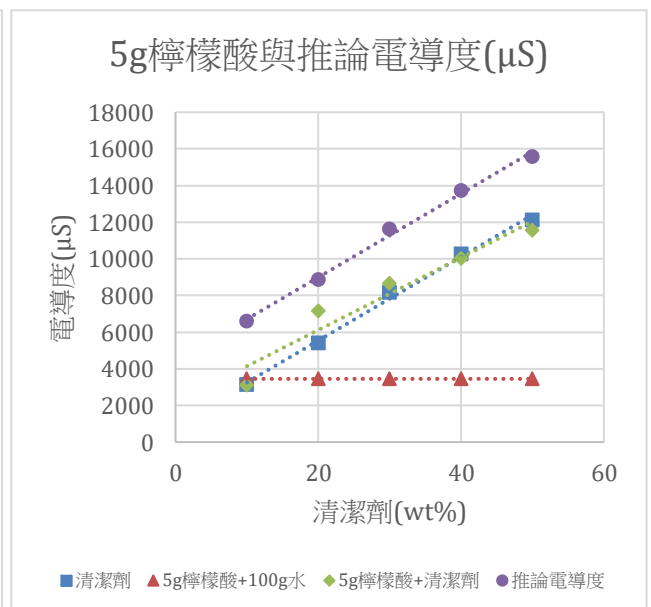
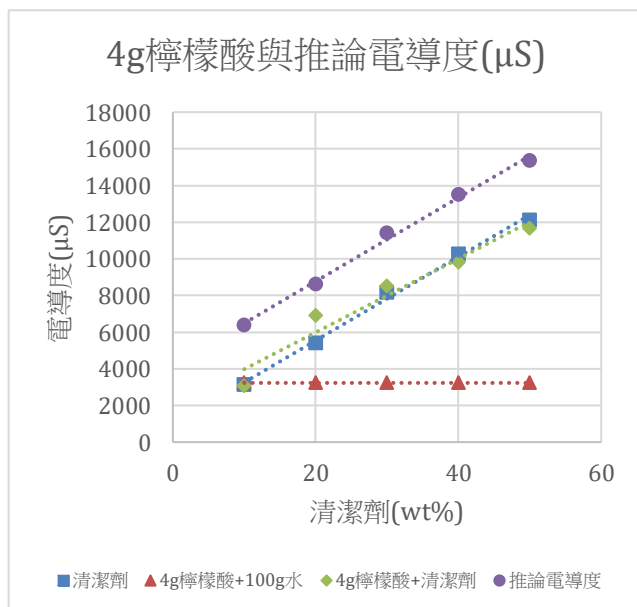
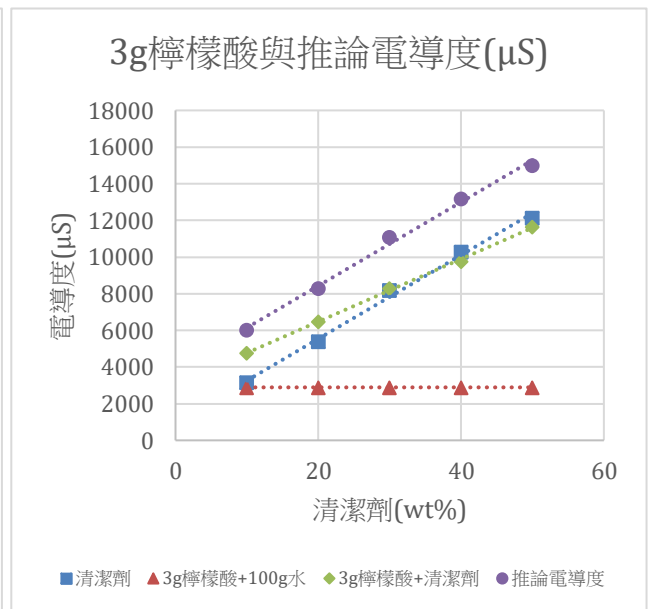
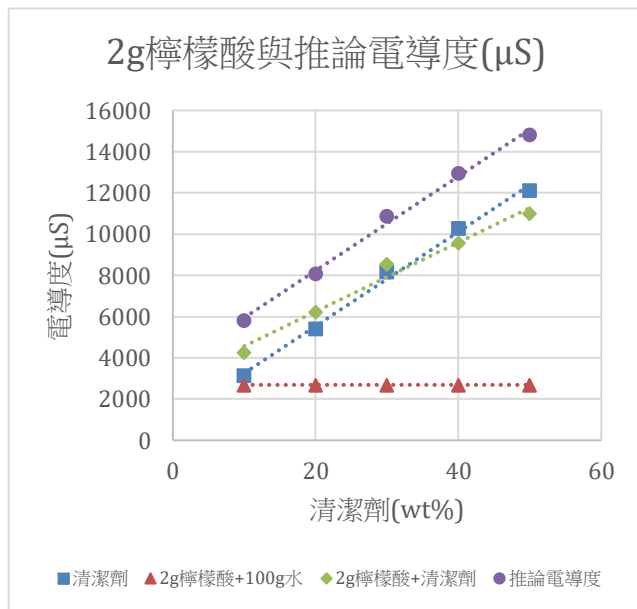
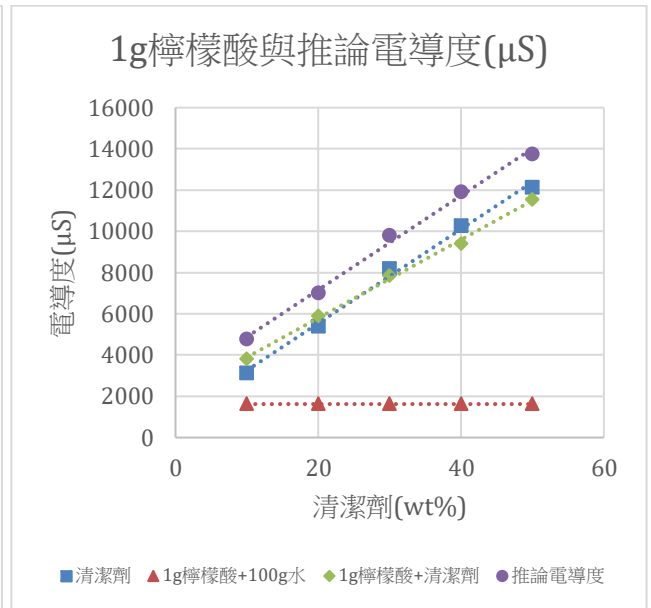
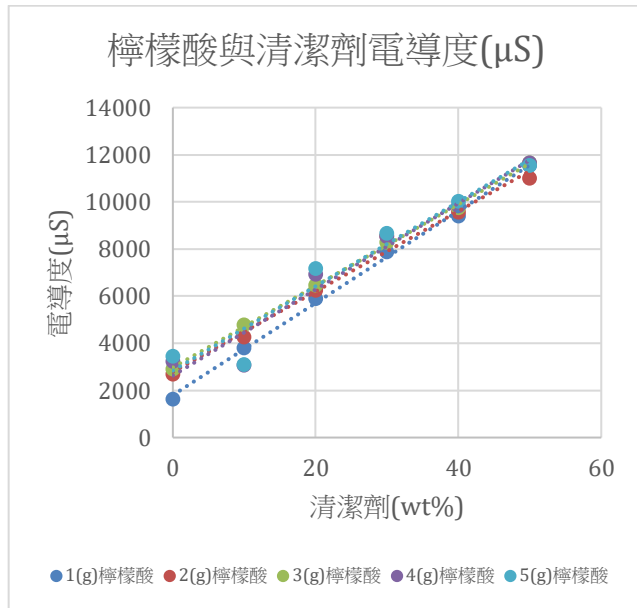


### 三、蔗糖與清潔劑溶液的電導度與推論電導度( $\mu\text{S}$ )

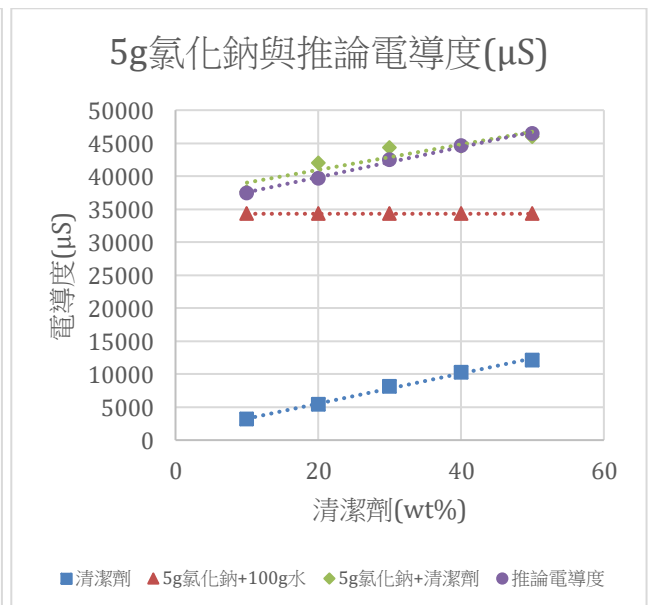
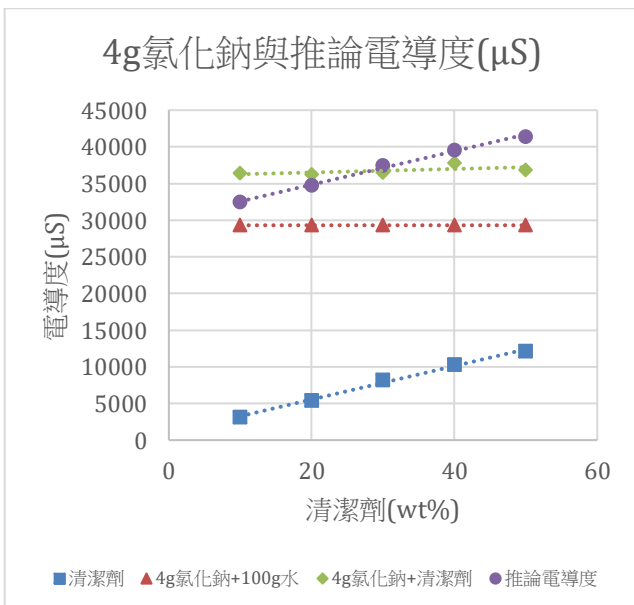
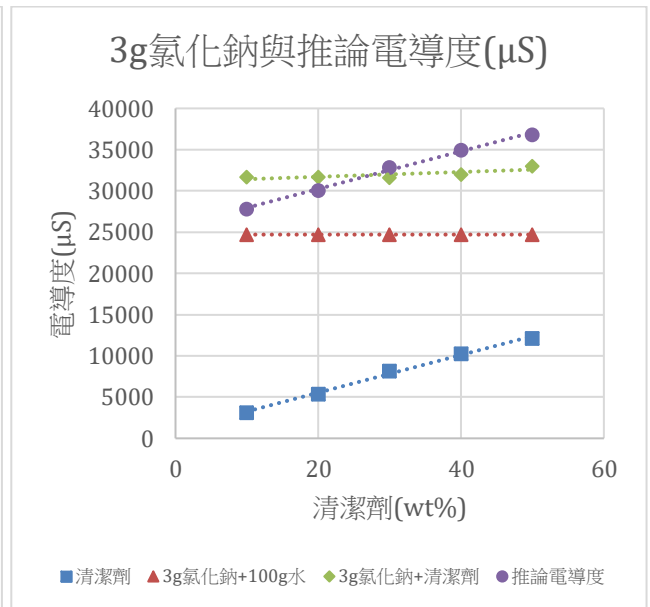
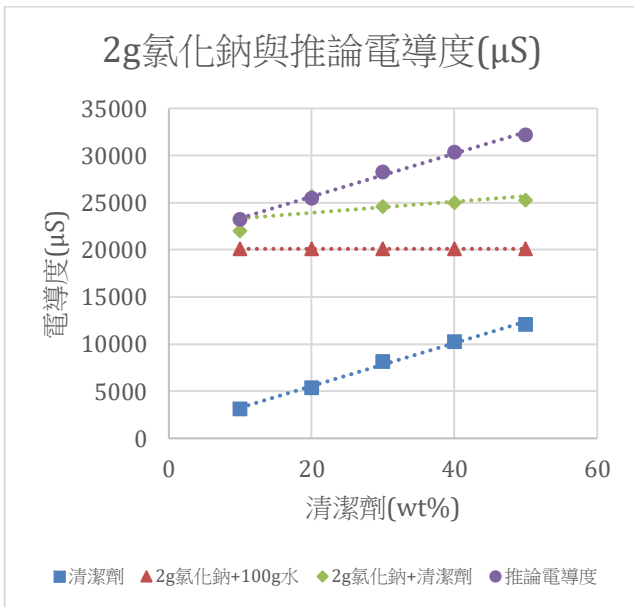
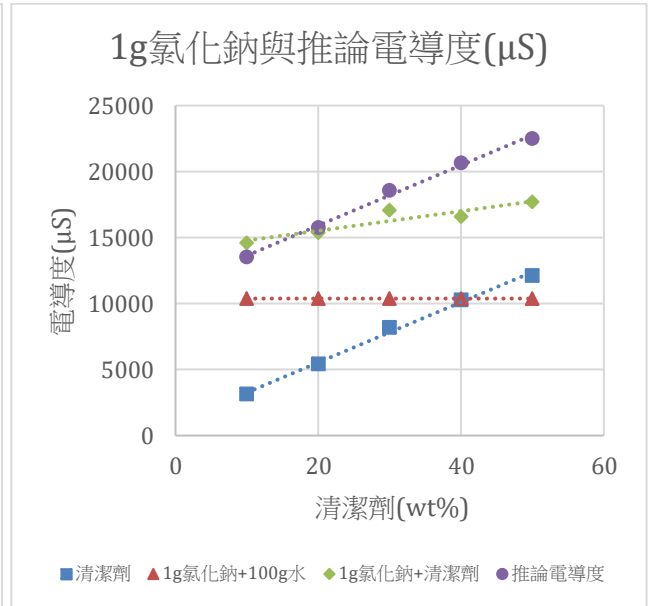
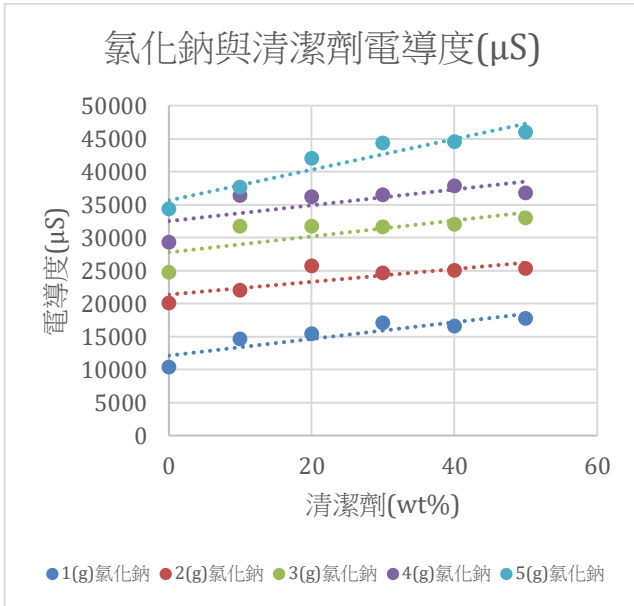




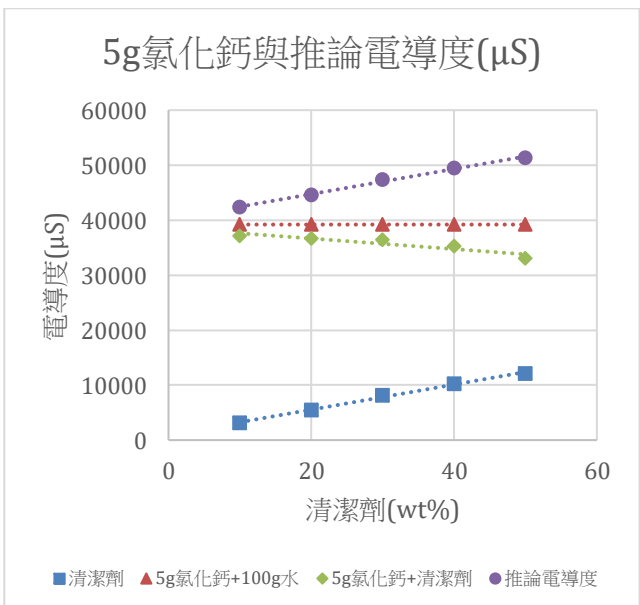
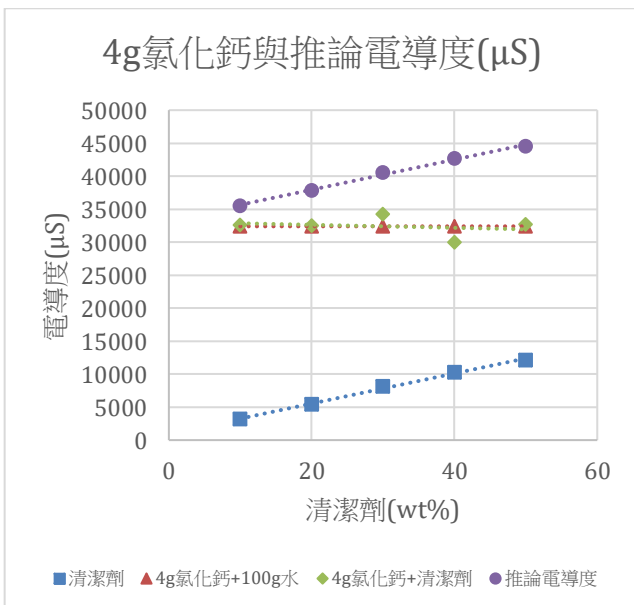
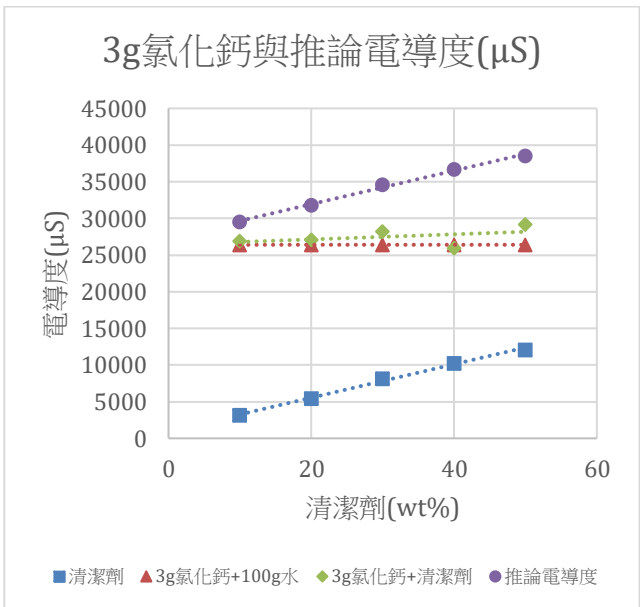
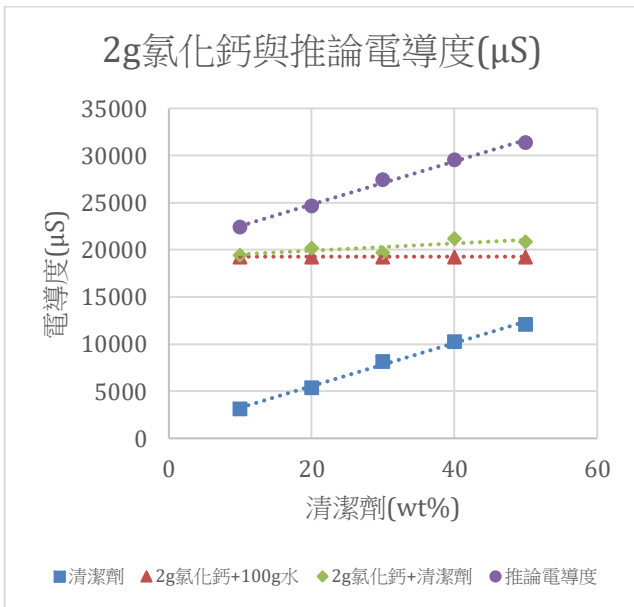
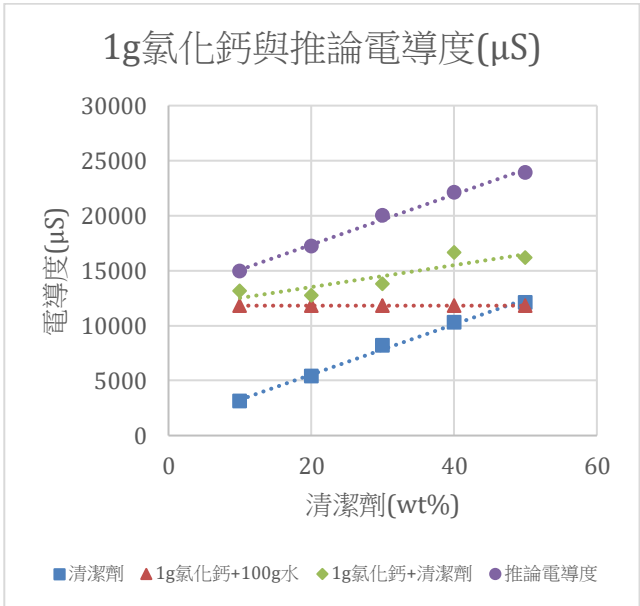
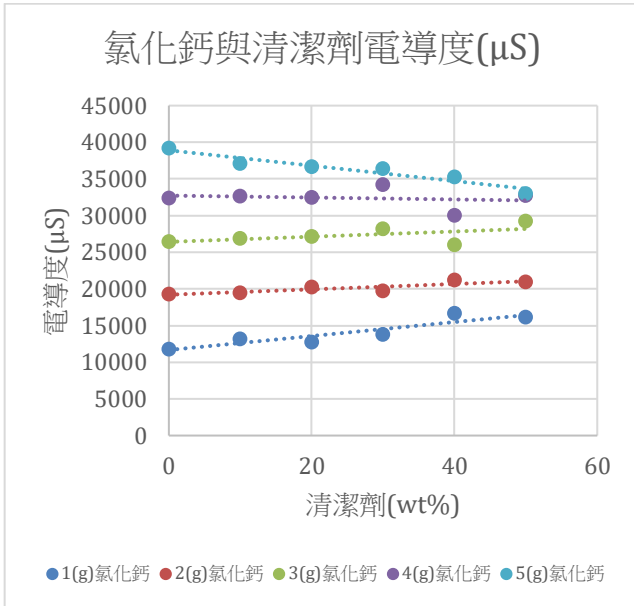
四、檸檬酸(2-hydroxypropane- 1,2,3-tricarboxylic acid)與清潔劑溶液的電導度與推論電導度( $\mu\text{S}$ )



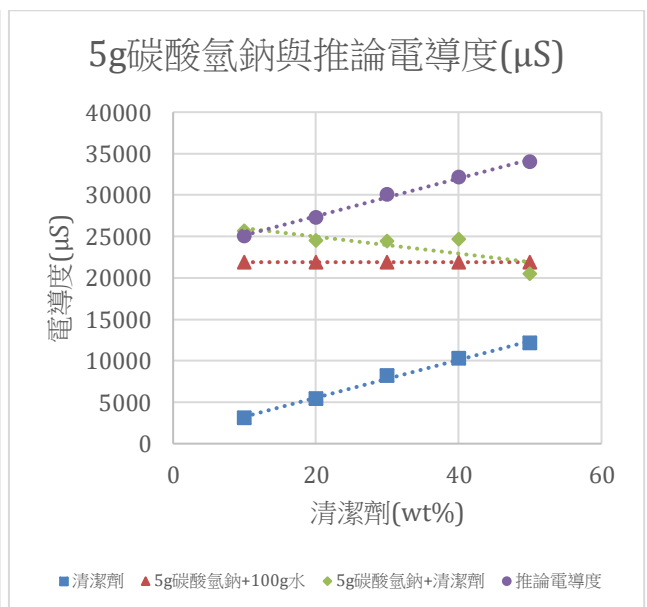
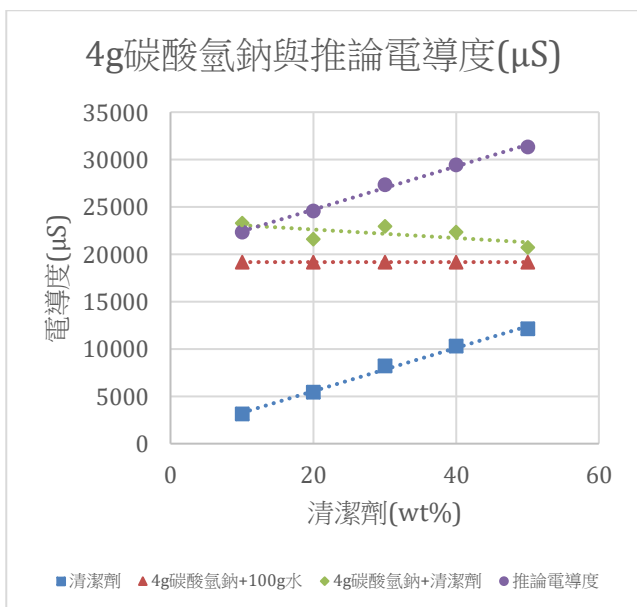
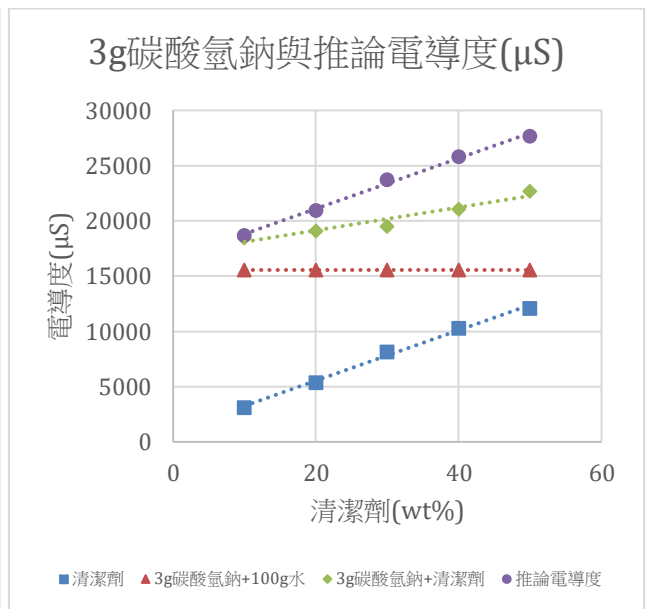
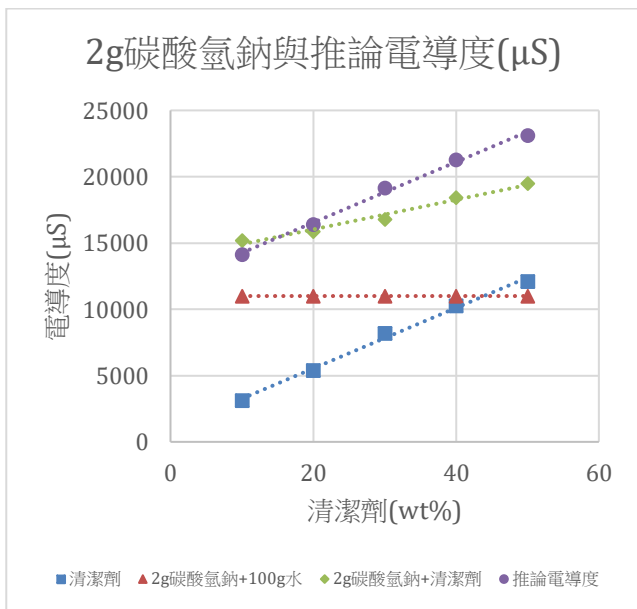
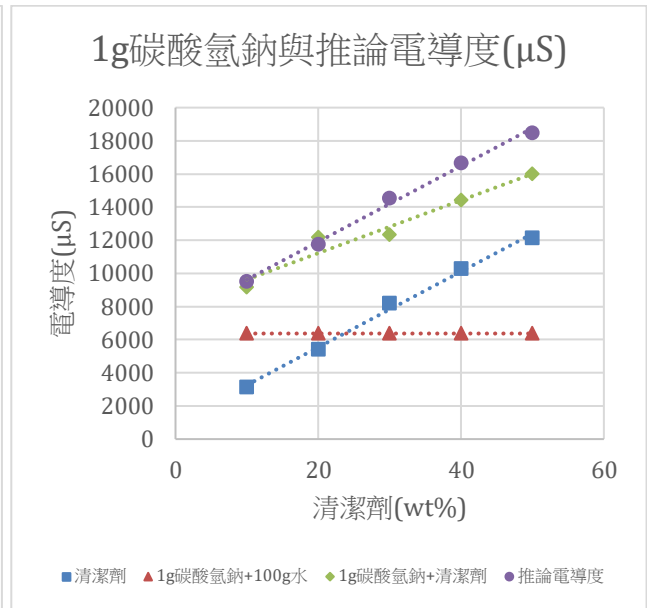
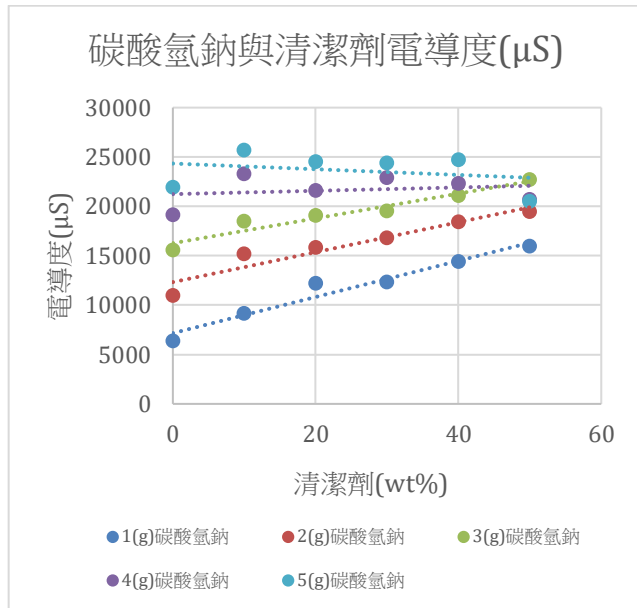
五、氯化鈉與清潔劑溶液的電導度與推論電導度(μS)



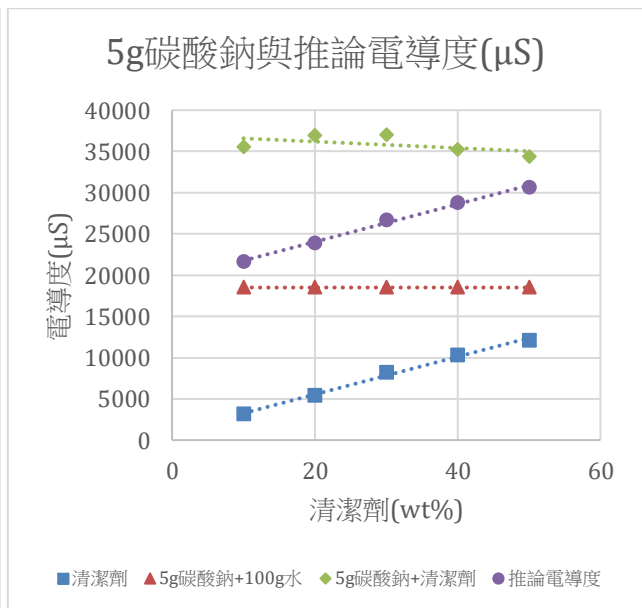
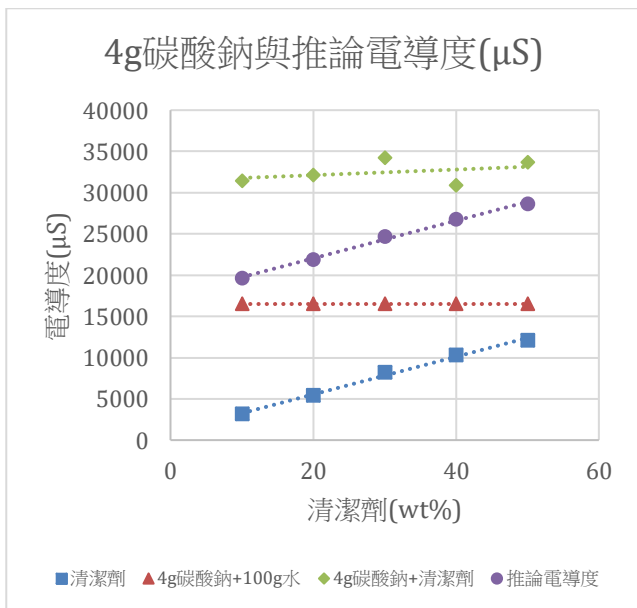
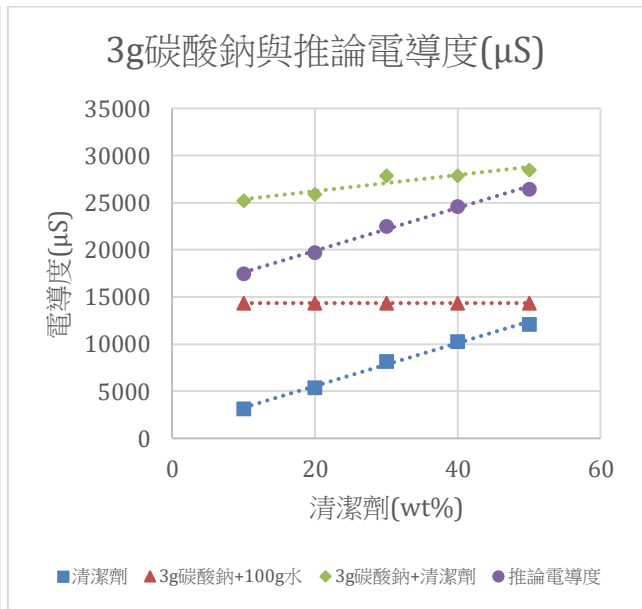
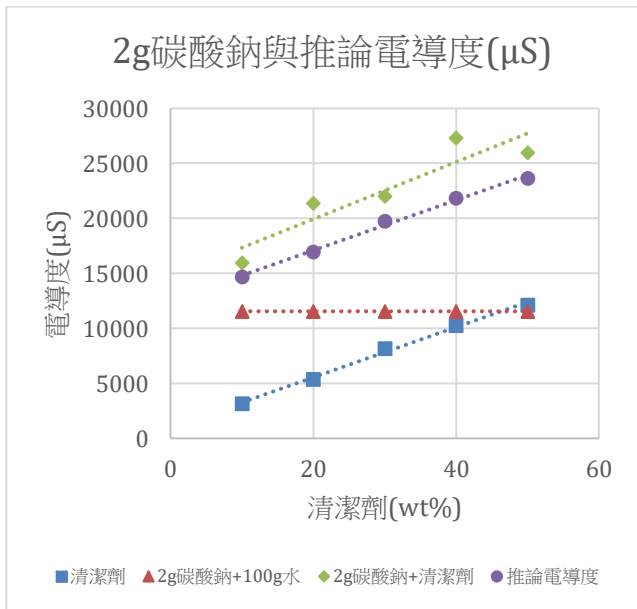
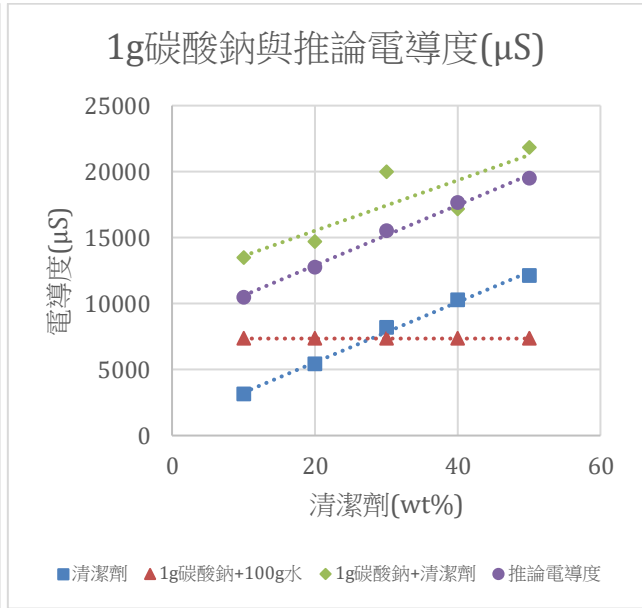
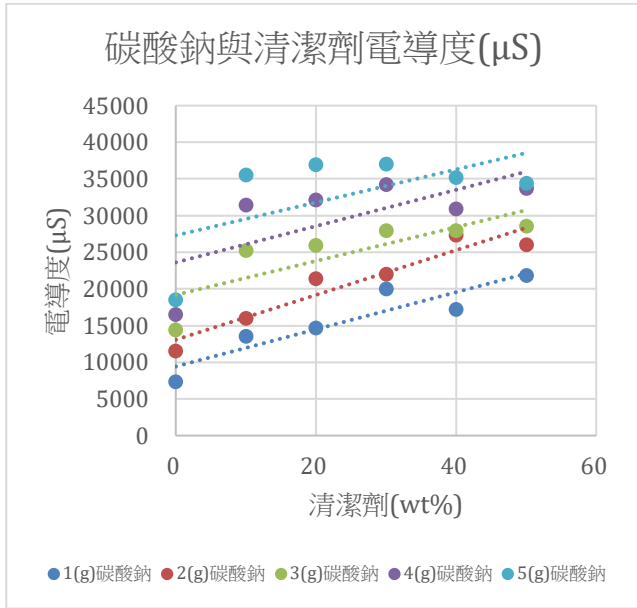
六、氯化鈣與清潔劑溶液的電導度與推論電導度( $\mu\text{S}$ )



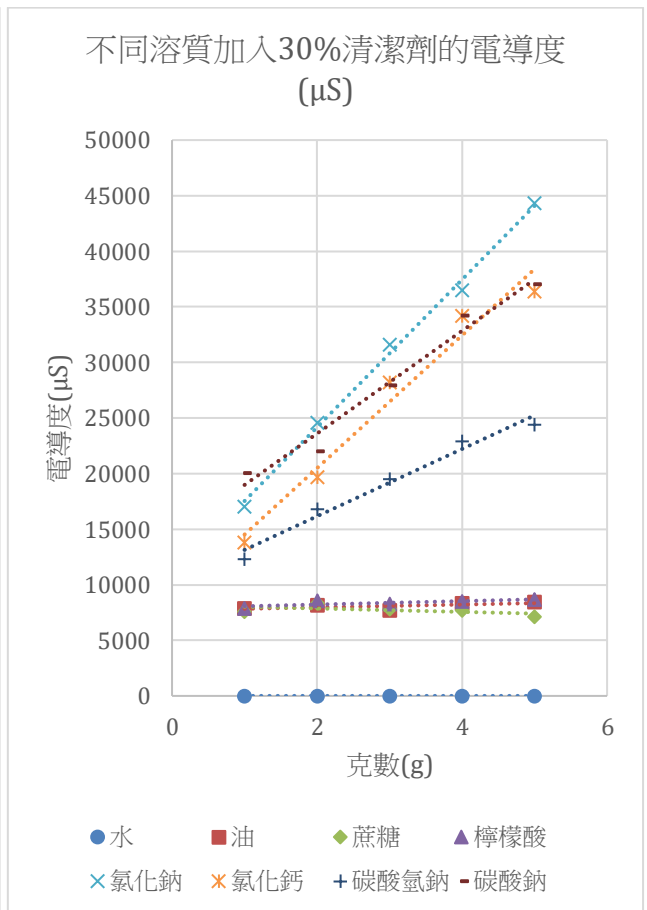
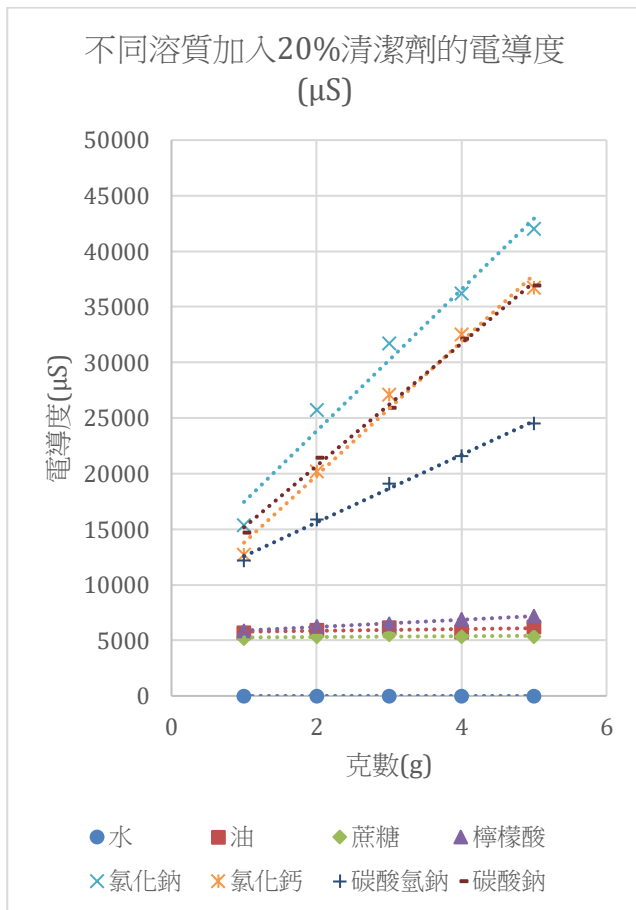
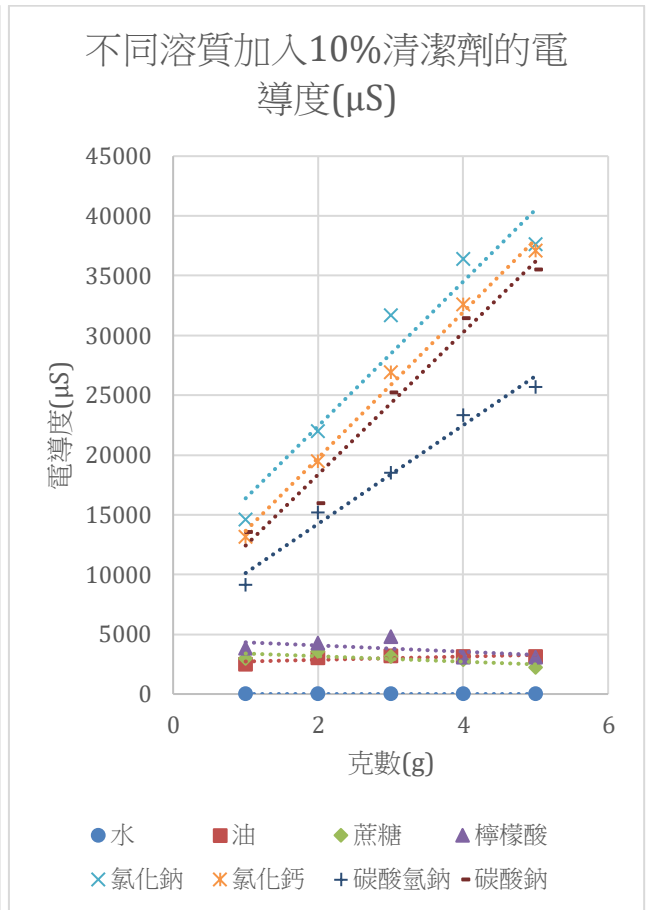
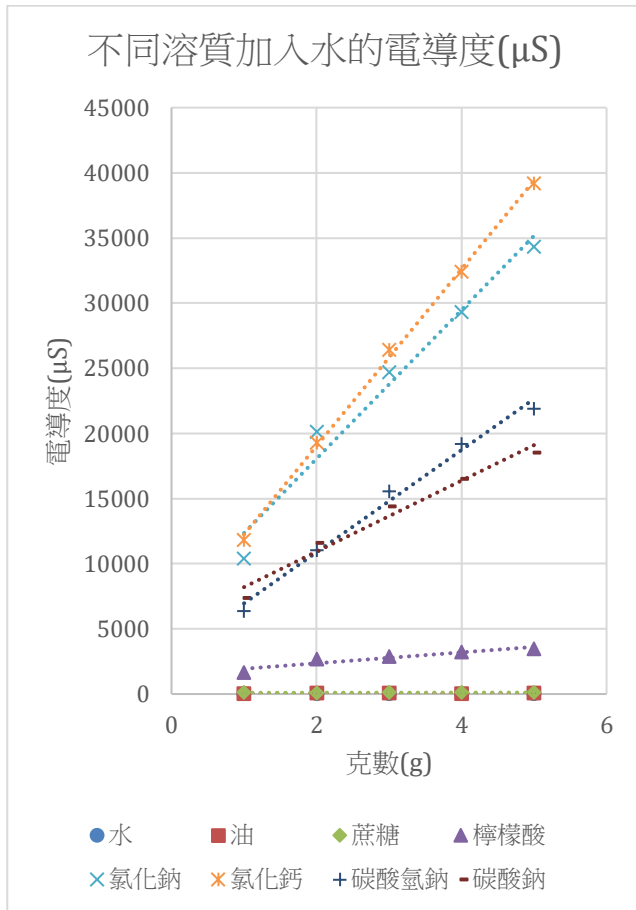
七、碳酸氫鈉與清潔劑溶液的電導度與推論電導度( $\mu\text{S}$ )



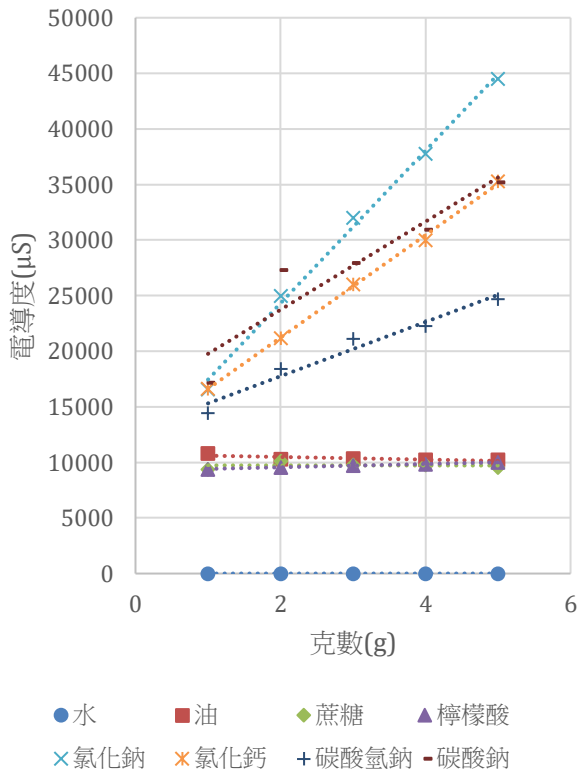
八、碳酸鈉與清潔劑溶液的電導度與推論電導度( $\mu\text{S}$ )



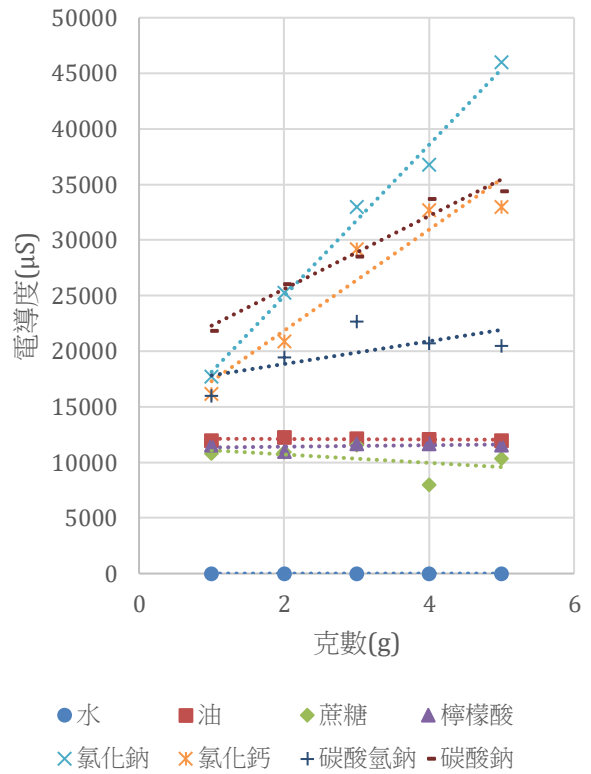
九、0%~50%清潔劑加入不同克數溶質於 100(g)水的電導度



不同溶質加入40%清潔劑的電導度 (μS)

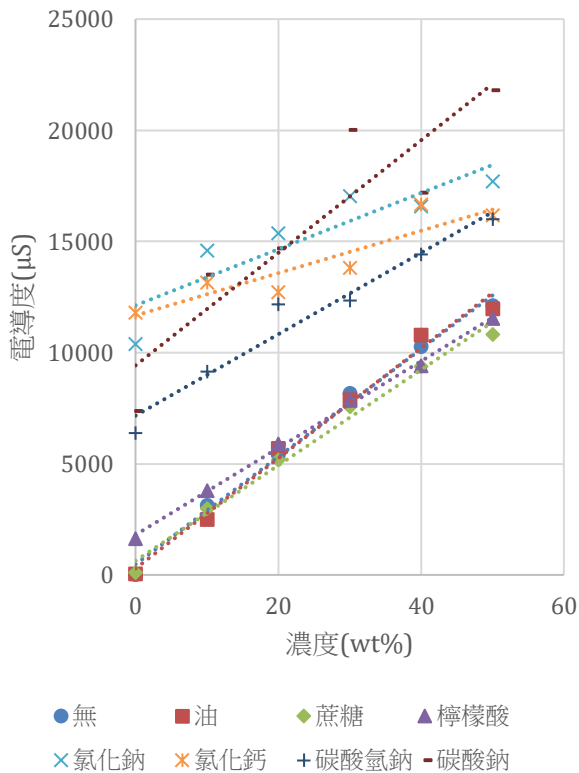


不同溶質加入50%清潔劑的電導度 (μS)

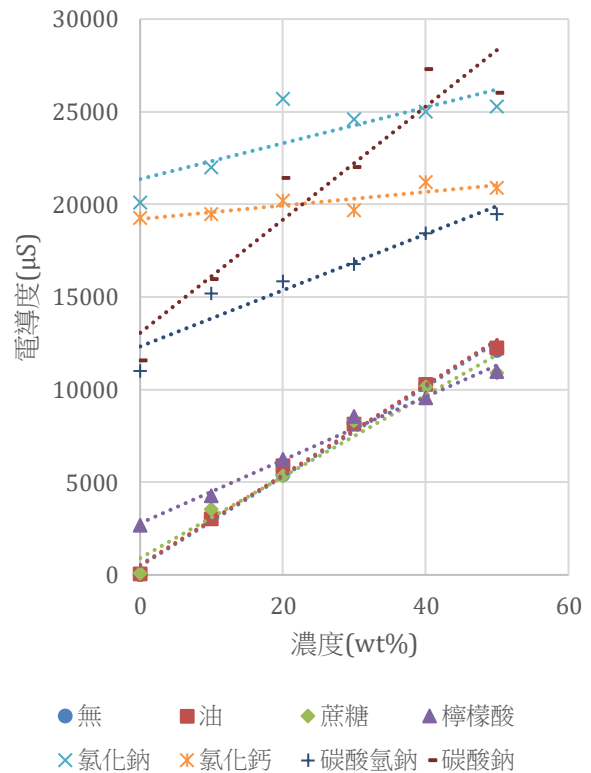


十、1~5(g)溶質與不同濃度清潔劑溶液的電導度(μS)

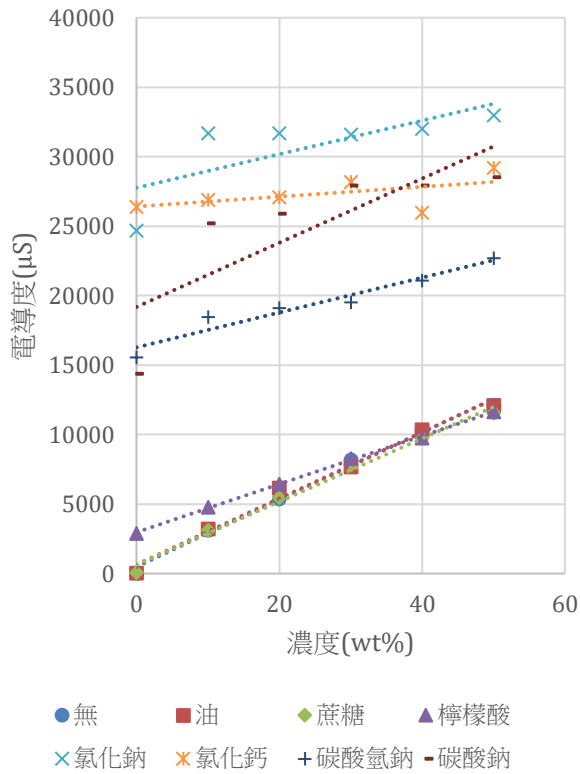
1g溶質與不同濃度清潔劑之電導度 (μS)



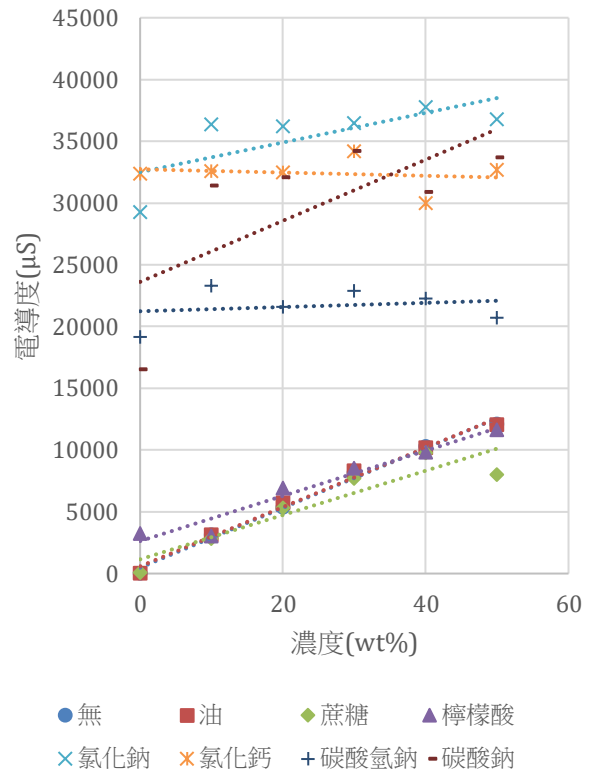
2g溶質與不同濃度清潔劑之電導度 (μS)



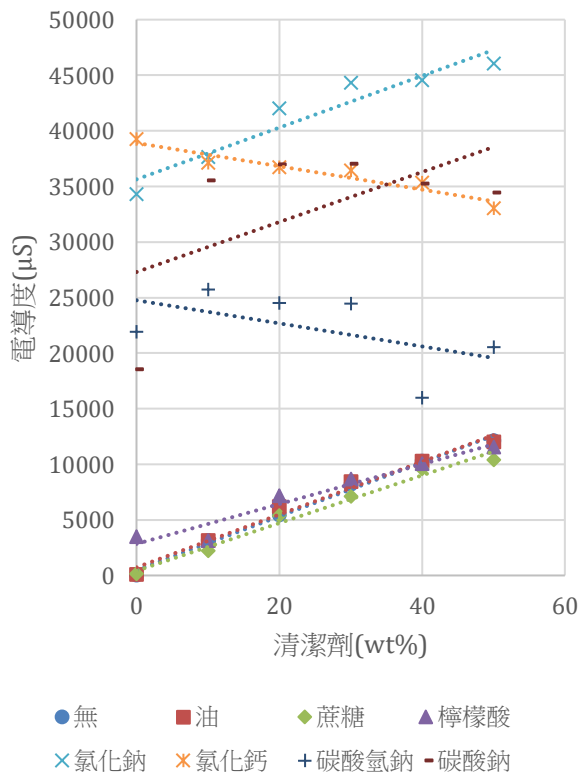
3g溶質與不同濃度清潔劑之電導度 (μS)



4g溶質與不同濃度清潔劑之電導度 (μS)



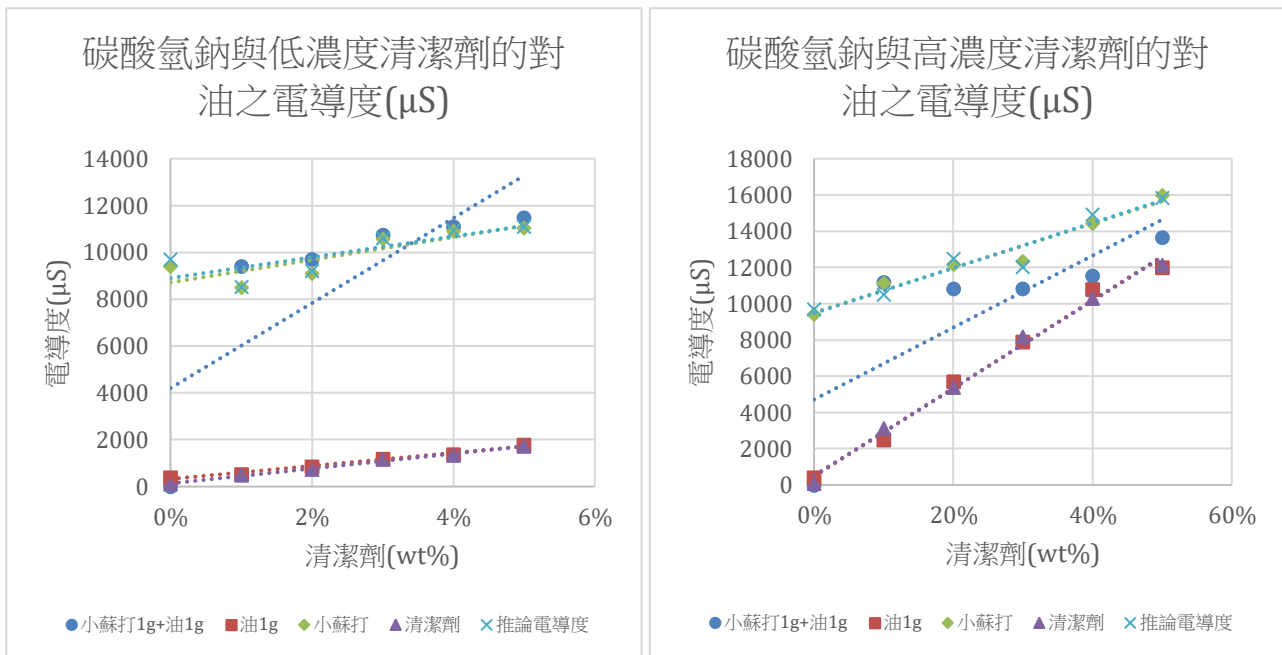
5g溶質與不同濃度清潔劑之電導度 (μS)



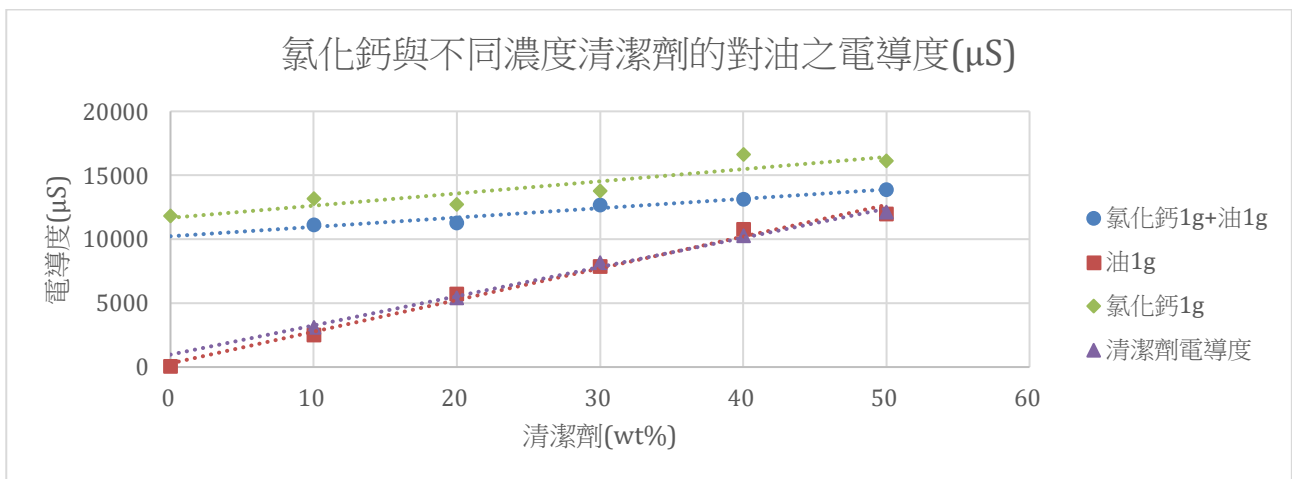


十一、不同溶質加入清潔劑後對油之電導度

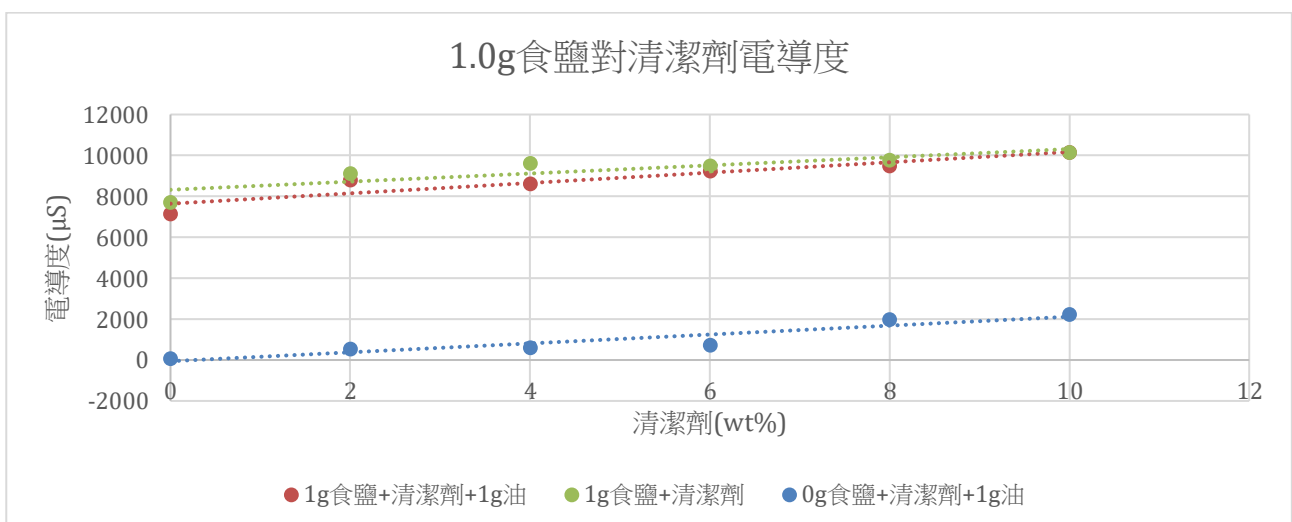
(一) 碳酸氫鈉與不同濃度清潔劑的對油之電導度( $\mu\text{S}$ )



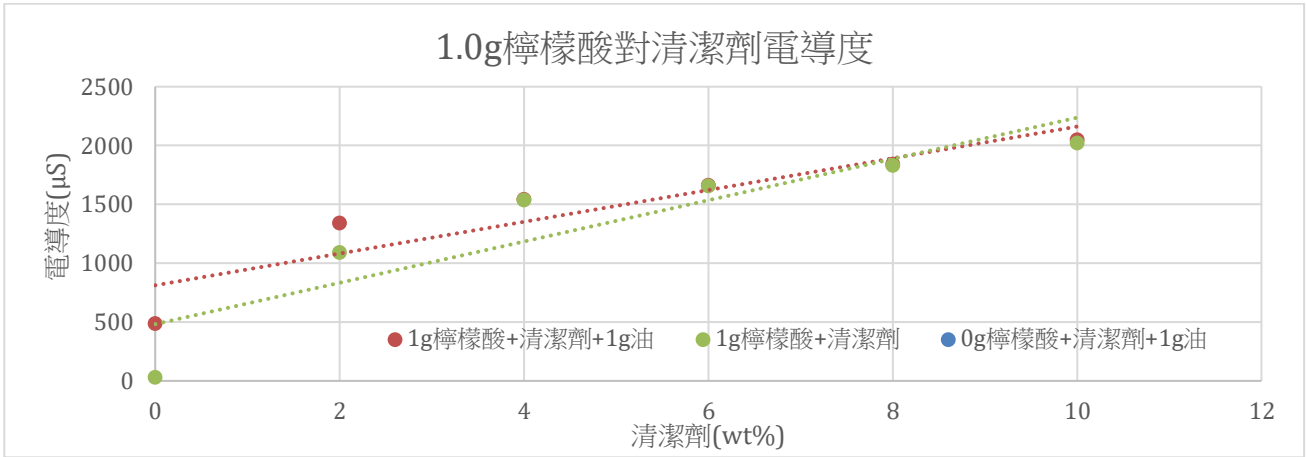
(二) 氯化鈣與不同濃度清潔劑的對油之電導度( $\mu\text{S}$ )



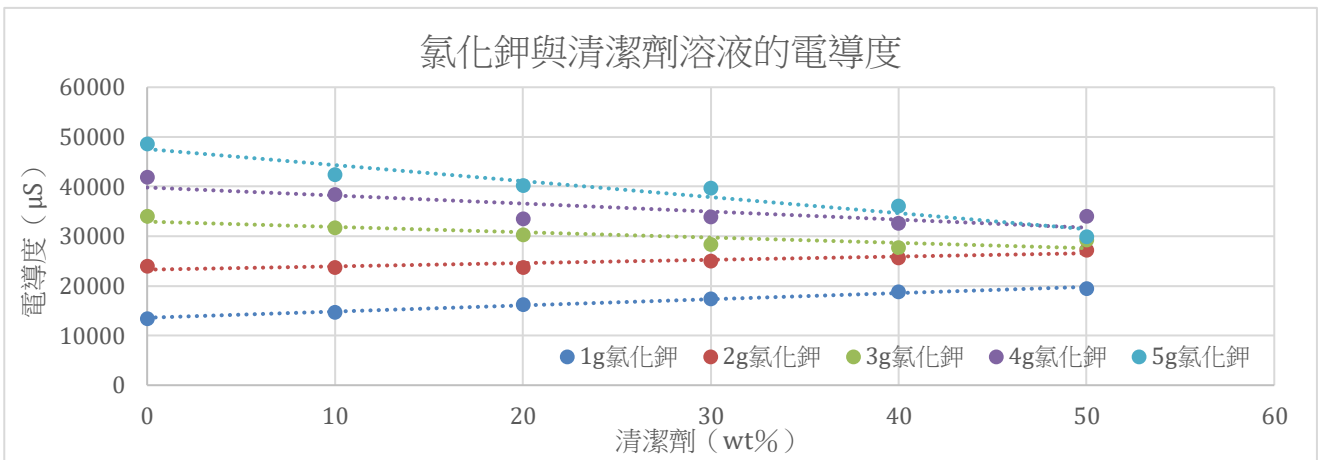
(三) 食鹽與不同濃度清潔劑的對油之電導度( $\mu\text{S}$ )



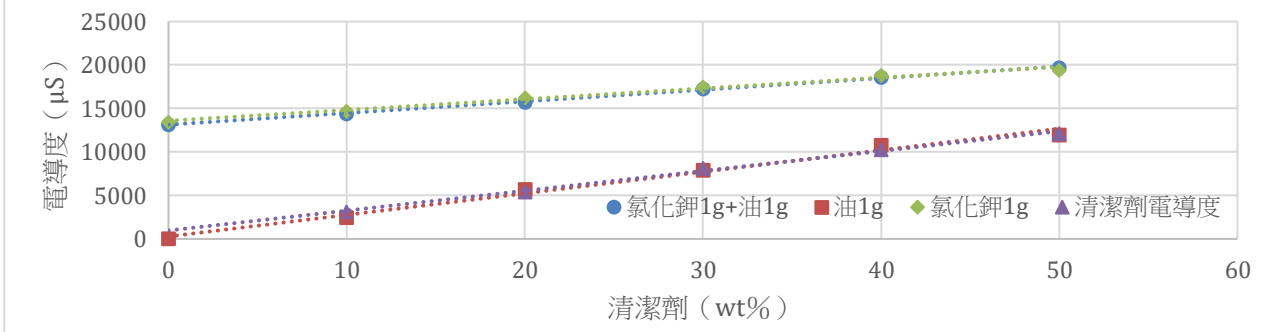
(四) 檸檬酸與不同濃度清潔劑對油之電導度( $\mu\text{S}$ )



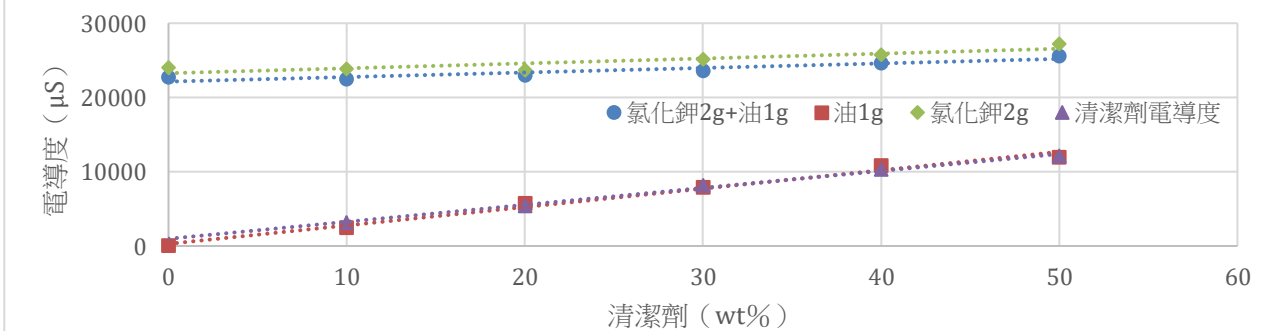
(五) 氯化鉀與不同濃度清潔劑對油之電導度 ( $\mu\text{S}$ )



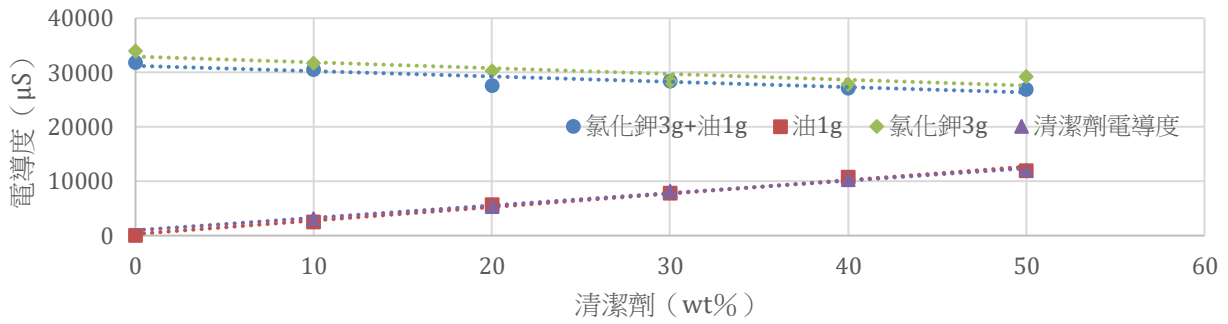
### 1g氯化鉀 與不同濃度清潔劑的對油之電導度( $\mu\text{S}$ )



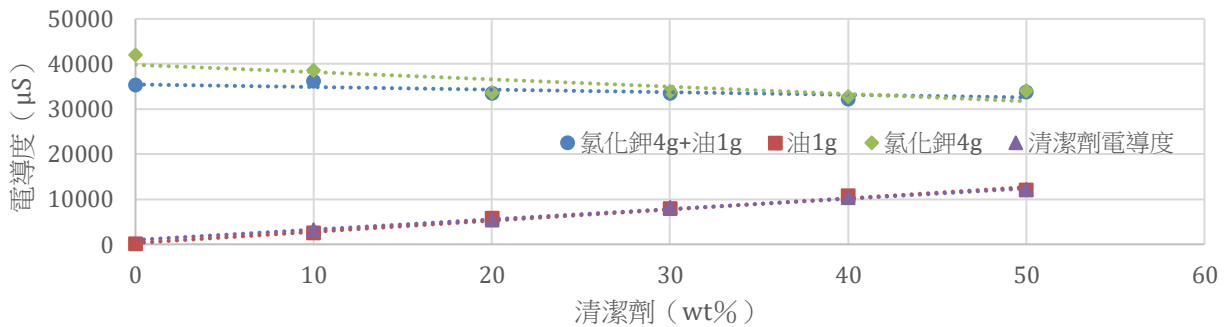
### 2g氯化鉀與不同濃度清潔劑的對油之電導度( $\mu\text{S}$ )



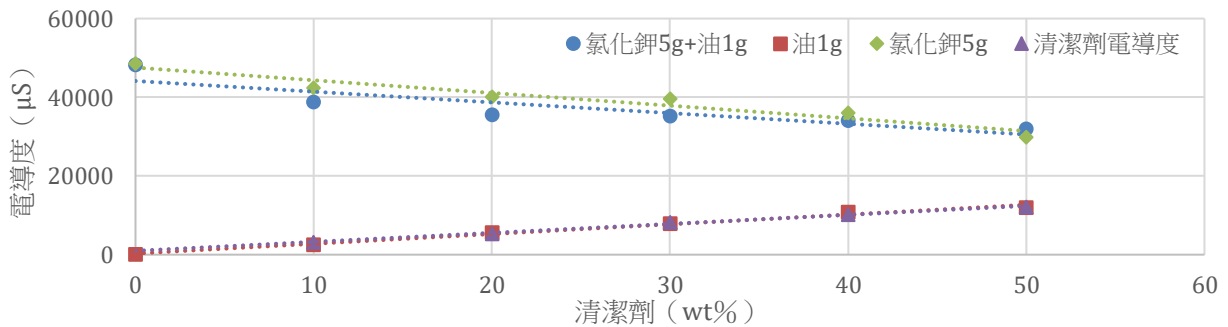
3g氯化鉀與不同濃度清潔劑的對油之電導度(μS)



4g氯化鉀與不同濃度清潔劑的對油之電導度(μS)



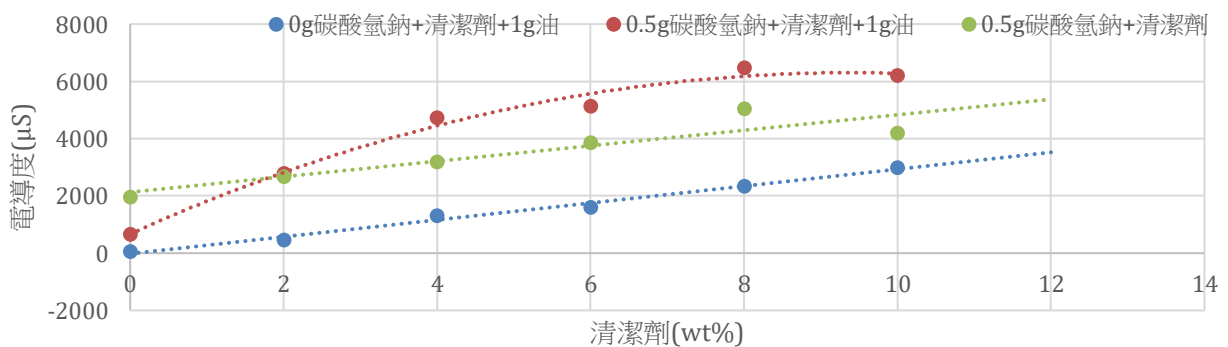
5g氯化鉀與不同濃度清潔劑的對油之電導度(μS)



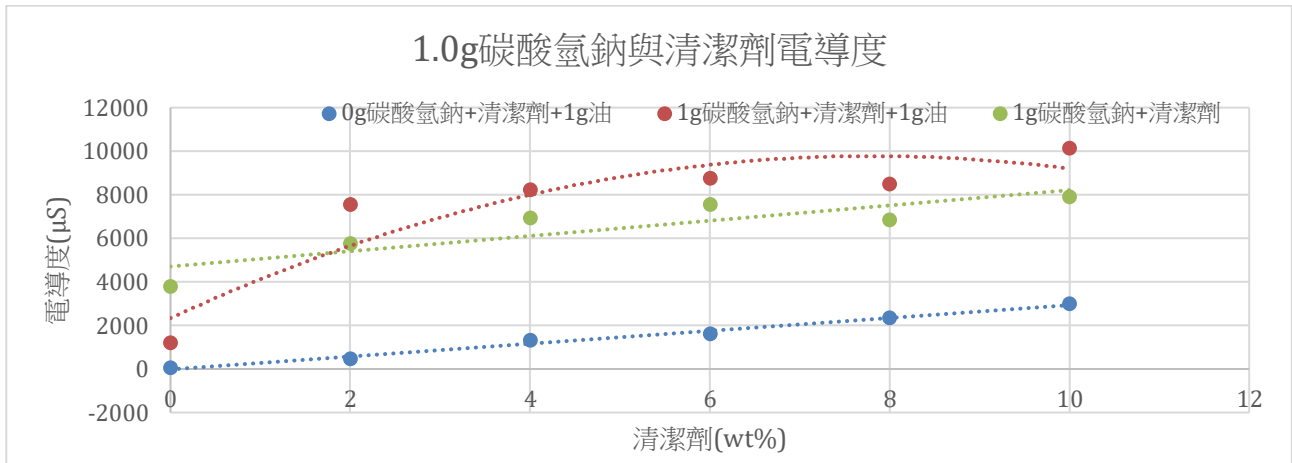
十二、不同克數小蘇打加入清潔劑後對油之電導度

(一) 0.5g 碳酸氫鈉與清潔劑電導度

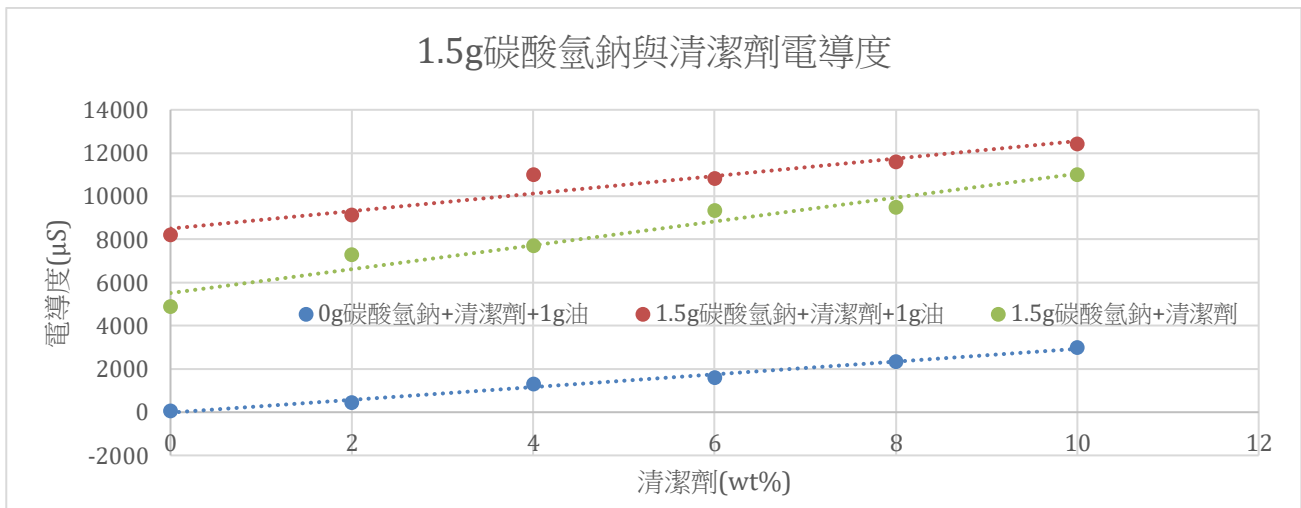
0.5g碳酸氫鈉與清潔劑電導度



(二) 1.0g 碳酸氫鈉與清潔劑電導度



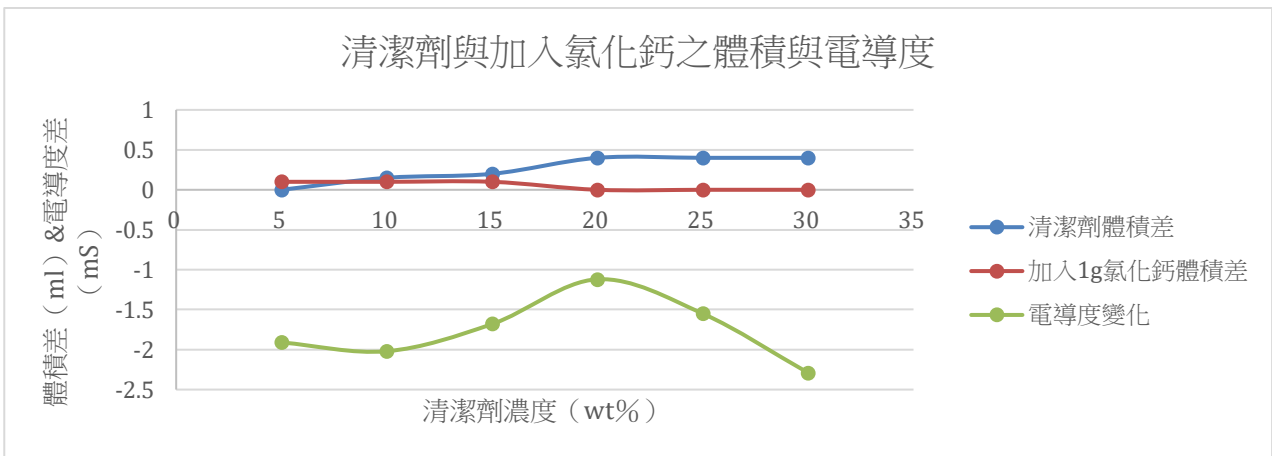
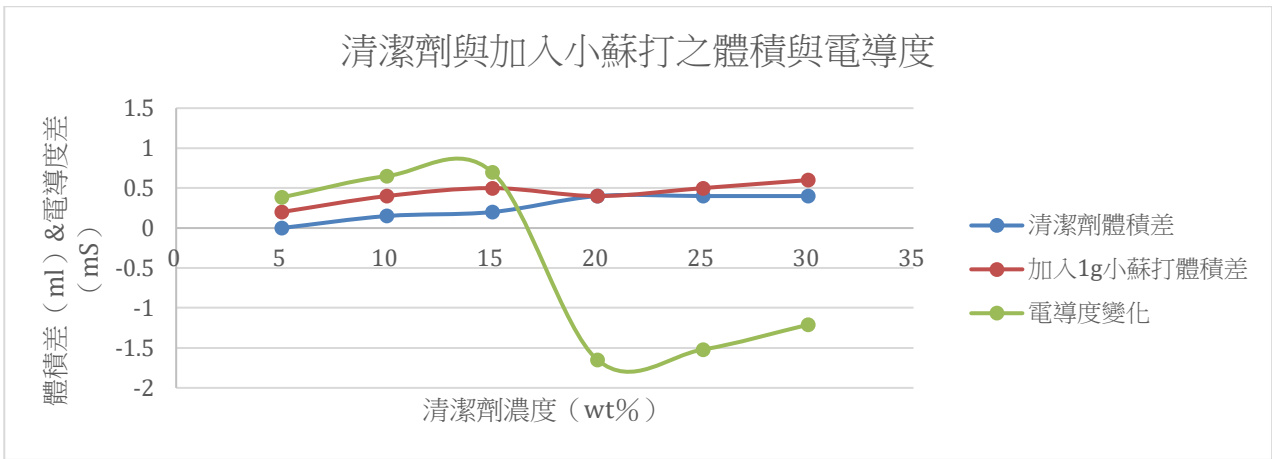
(三) 1.5g 碳酸氫鈉與清潔劑電導度



十三、清潔劑乳化體積測試

清潔劑濃度 (wt%)	清潔劑	清潔劑+ 1g 小蘇打	清潔劑+ 1g 小蘇打	清潔劑+ 1g 氯化鈣	清潔劑+ 1g 氯化鈣
	體積差 (ml)	體積差 (ml)	電導度變化 (mS)	體積差 (ml)	電導度變化 (mS)
5%	0	0.2	0.383	0.1	-1.91
10%	0.15	0.4	0.65	0.1	-2.02
15%	0.2	0.5	0.70	0.1	-1.68
20%	0.4	0.4	-1.65	混濁無界限	-1.12
25%	0.4	0.5	-1.52	混濁無界限	-1.55
30%	0.4	0.6	-1.21	混濁無界限	-2.29

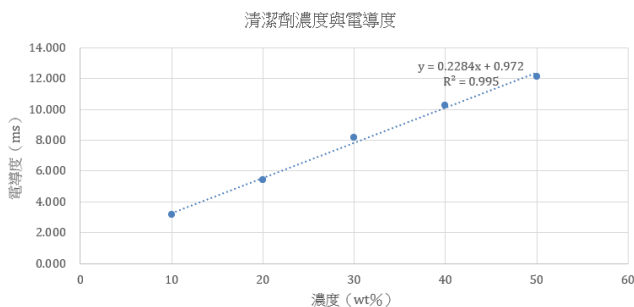
電導度變化=實驗測得電導度 - 推論電導度 (推論電導度=清潔劑電導度+溶質電導度)



## 伍、討論

### 一、清潔劑濃度與電導度

- (一) 觀察實驗一(一)、(二)，可以發現隨著清潔劑的克數增加，電導度也隨之上升。
- (二) 根據離子增加，電導度也會呈線性增加的概念【文獻回顧十二】，本實驗結果  $R^2$  值高達 0.99，相當符合理論結果。



- (三) 本實驗主要使用月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽為溶質，在水中可適當解離為陰離子（月桂醇聚醚硫酸酯鈉）與陽離子（鈉離子），與水形成水合離子以離子-偶極力進行溶解【參考資料八、參考資料九】，清潔劑不屬於強電解質，解離程度不大 ( $\alpha < 1.0$ )，但根據實驗一的結果，隨著加入的溶質越多，解離出的離子數也會越多，電導度也會越大，電導度的大小也可以代表水中離子數的多或少。

(四) 清潔劑是界面活性劑，它們由一個極性頭基（親水端）和一個非極性烴鏈（親油端）組成，分子的極性部分可以與極性溶劑（水）發生強烈的相互作用，因此也稱為親水部分，另一方面，非極性部分可以與非極性溶劑（油）形成強烈的相互作用，因此清潔度濃度越高就會有更多極性部份溶於水中，測得的電導度越高，與油污產生的微胞越多，清潔效果就越佳，我們推論，當測定的電導度越高，清潔劑去除油污的效果推測應該會越好。

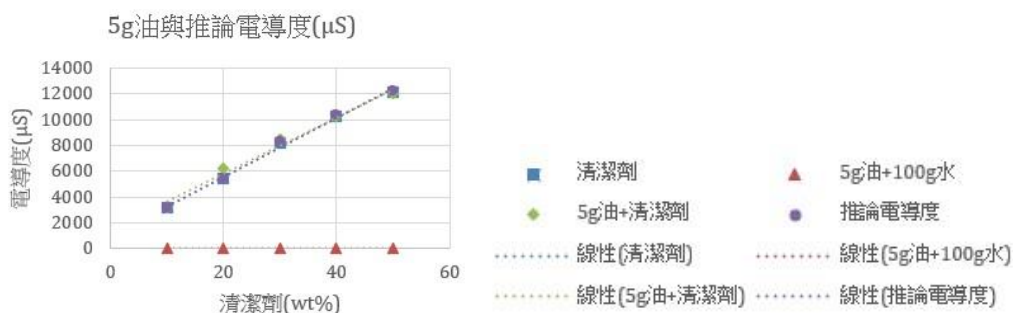
## 二、不同溶質與清潔劑濃度

(一) 觀察實驗二，可以發現油在不加清潔劑的情況下電導度很低（39.7~51.6 $\mu\text{S}$ ），加入清潔劑以後大幅度上升至和清潔劑本身的電導度重合，而在 1g~5g 間油的克數對電導度的影響不大。

1. 根據文獻，油對水溶解度極差，電導度為測定導電能力進而推之水中離子的多寡，根據本實驗可瞭解油對水近乎不溶解且不產生離子提升電導度。

2. 根據實驗二，加入清潔劑後，電導度都會瞬間上升，此時清潔劑非極性分子端（親油端）與油產生作用，清潔劑分子會包覆油形成球形膠束（微胞）形成親水端在外，親油端在內的球形膠束，一般稱之為乳化作用，藉由此方法就可以將油溶解在水中，電導度發生劇烈變化。

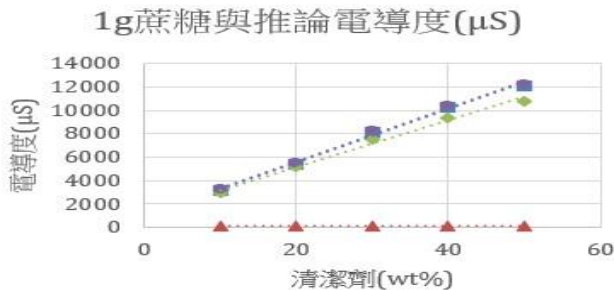
3. 根據實驗二，油加入清潔劑後的電導度與未加入油的清潔劑電導度差異不大，近乎重合，可以推論為油被包覆為球形膠束（微胞）後，水中的油消失【本實驗持續以攪拌子攪拌，可視為水中有油滴存在】，電導度計測定時和測定同濃度清潔劑的電導度幾乎一致，再分析同濃度清潔劑與 1~5g 的油，其電導度也會相同，可以推論為 5g 內的油是可以完全被本實驗中各種濃度的清潔劑完全溶解。



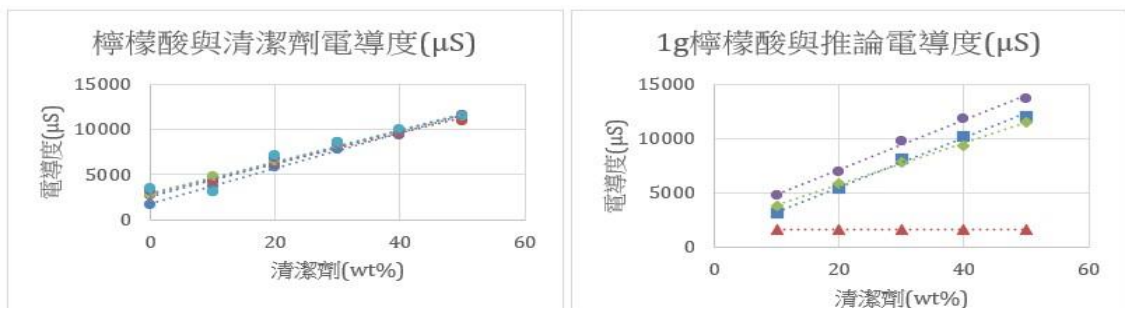
(二) 觀察實驗三，可以發現蔗糖加清潔劑的電導度除了 50% 清潔劑，4g 蔗糖的電導度較低外，其他蔗糖克數的增加不太影響電導度，測得的電導度與清潔劑濃度的電導度差異不大，可以推測是因蔗糖為非電解質，在水中是以氫鍵與水產生溶解【參考資料九】，本身並不解離，在 0% 的電導度測試中，蔗糖的克數增加僅微幅增加電導度，

因此蔗糖加在清潔劑中並不太影響水中離子濃度進而電導度變化不大。

1.根據實驗三分析，是否加入蔗糖對清潔劑的電導影響不大，無論是推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】、原始電導度與實驗電導度，線段幾乎重合。

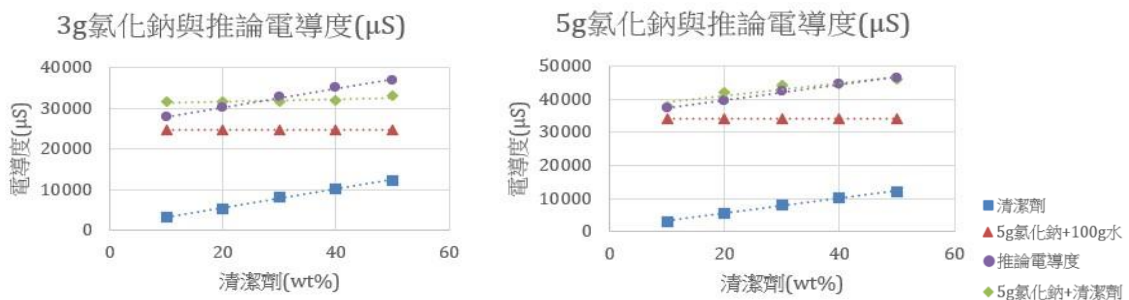


(三) 觀察實驗四，可以發現清潔劑的濃度越高，電導度有明顯上升。而在 1g~5g 間檸檬酸的克數對溶液的電導度影響不大。



(四) 觀察實驗五，以 0% 的電導度測試可以發現食鹽的克數越高，電導度有大幅度的上升，食鹽（氯化鈉）為強電解質，在水中解離可視為完全解離，因此食鹽克數增加，離子濃度也會增加，電導度較大。

1.根據實驗五分析，推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】在清潔劑濃度提高或是食鹽克數增加時，理論的離子濃度應該增加，但實際電導度在加入 1~3 克食鹽（NaCl）時，強電解質的食鹽（氯化鈉）理論上應該仍有完全解離的現象，使得鈉離子（Na<sup>+</sup>）增加，而弱電解質的清潔劑解離時也會產生鈉離子（Na<sup>+</sup>），水溶液中同時存在的鈉離子互相競爭溶解，產生了類似同離子效應的概念因而造成清潔劑解離較少，實際電導度會較推論電導度小的現象。



2.根據實驗五分析，實際電導度在加入 3~5 克食鹽（NaCl）且隨清潔劑濃度上升時，

推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】與實際電導度會相當接近，並超越推論電導度，表示加入較多的食鹽（NaCl）有助於清潔劑的解離，產生更多的離子，若清潔劑解離效果越好，親水端的極性增加可以與極性溶劑（如水）發生強烈的相互作用，清潔劑分子會更易溶解於水分子中產生臨界微胞，有助於清潔劑清潔油污【參考資料九】。

(五) 觀察實驗六，可以發現氯化鈣的克數越高，電導度有明顯上升。而在 10~50% 間清潔劑的濃度對溶液的電導度影響不大。

1. 根據實驗六，可以發現推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】都大於實際電導度，氯化鈣（CaCl<sub>2</sub>）解離後並無產生與清潔劑相同的離子（Na<sup>+</sup>），但鈣離子（Ca<sup>2+</sup>）帶有二個正電，會與較多的水分子以離子-偶極力產生水合離子，進而破壞清潔劑解離產生微胞。

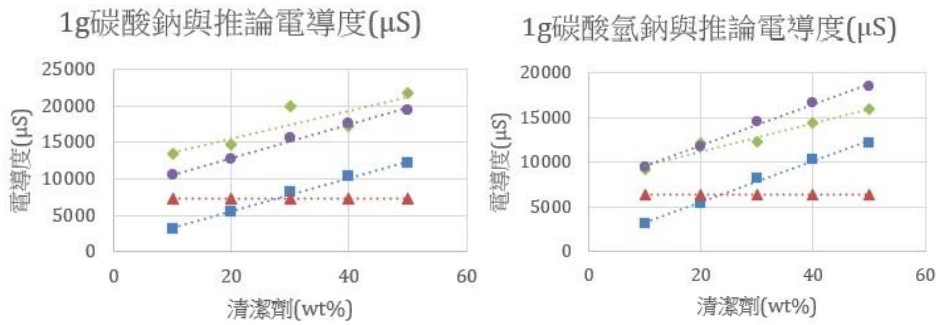
2. 根據實驗六，氯化鈣產生的電導度與氯化鈣加入清潔劑溶液後的電導度相當接近，可推論清潔劑解離程度極少，加入氯化鈣會造成清潔劑不易以離子狀態溶解，造成清潔油污的效果可能較差，因此，在硬水【水中含有鈣離子】中使用清潔劑雖較肥皂不易受影響，但清潔能力應該會變差。

(六) 根據實驗七，當清潔劑濃度在 20% 以下時，實際電導度都接近推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】，甚至高於推論電導度，可推論在此濃度下，加入碳酸氫鈉（NaHCO<sub>3</sub>）有助於清潔劑與碳酸氫鈉的解離，若清潔劑解離效果越好，親水端的極性增加可以與極性溶劑（如水）發生強烈的相互作用，清潔劑分子會更易溶解於水分子中產生臨界微胞，有助於清潔劑清潔油污【參考資料九】，而碳酸氫鈉（NaHCO<sub>3</sub>）會產生鹼性的氫氧根（OH<sup>-</sup>）離子，油的分子為脂肪酸甘油酯，當鹼性的氫氧根（OH<sup>-</sup>）離子與酸性物質相遇，便會產生皂化反應進一步使清潔劑分子更易產生微胞提高清潔力。



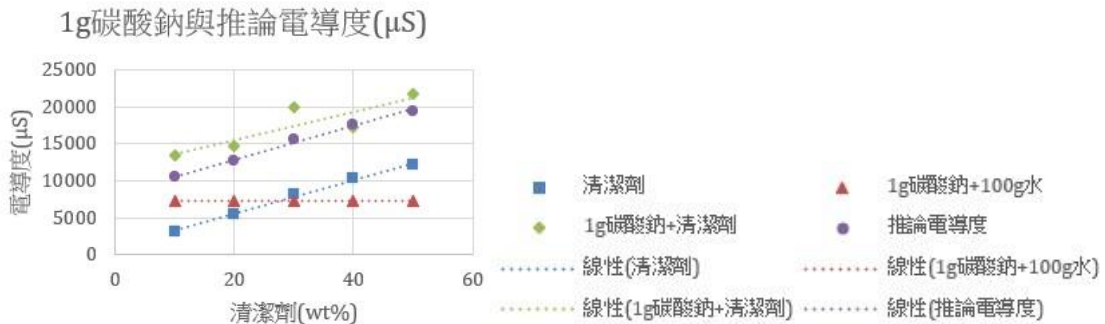
(七) 觀察實驗八，可以發現隨著碳酸鈉的克數越高，電導度有明顯上升，其電導度大小與小蘇打比較，大約為 1.2~1.4 倍左右，與理論解離程度大致符合。





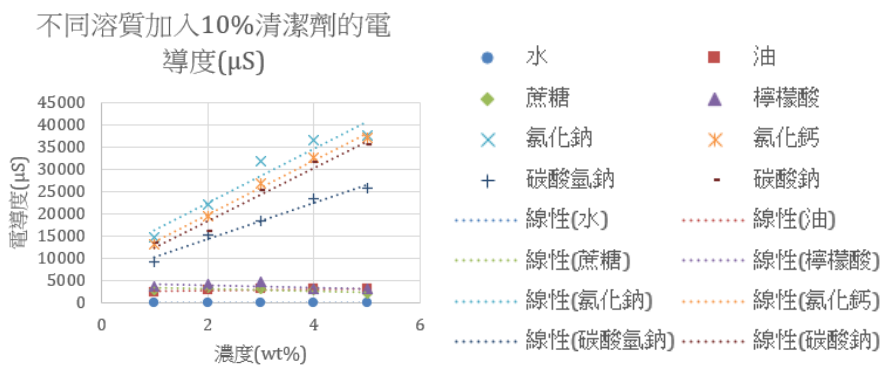
1.碳酸鈉解離後的鹼性較小蘇打強，與油的皂化反應會更強烈，在實驗過程中在加入油進行乳化形成微胞時，會產生較混濁的白色沉澱。

2.碳酸鈉的推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】大多小於實際電導度，推論碳酸鈉的鹼性大於小蘇打，其解離能力較小蘇打好，也可能較清潔劑佳，在同離子競爭下，碳酸鈉能較清潔劑分子多解離出氫氧根離子（OH<sup>-</sup>），造成解離效果更佳進而產生更多的離子使得實際電導度是大於推論電導度的。



### 三、不同溶質對清潔劑的影響

(一) 觀察實驗九，可發現清潔劑中溶有強電解質的溶質（氯化鈉、氯化鈣）具有較大的電導度，在清潔劑水溶液中不易受到同離子效應影響，仍可以完全解離，弱電解質（碳酸氫鈉、檸檬酸）的電導度則是較小，且受到同離子效應的影響（清潔劑與碳酸氫鈉皆可解離出鈉離子，檸檬酸與鈉離子會產生與檸檬酸鈉的溶解平衡），無法解離的蔗糖測試出來的電導度與原本清潔劑幾乎相同。

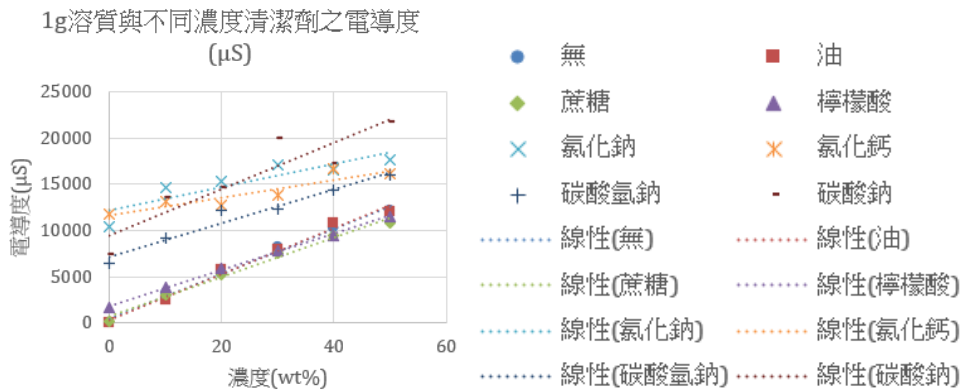


(二) 觀察實驗十，可視為溶質先溶在水中後再加入清潔劑。

1.蔗糖與檸檬酸的電導度變化在加入清潔劑後，會有部份提升到與只有清潔劑差不多，

表示蔗糖對清潔劑的電導度影響極小，電導度（離子）增加主要為清潔劑提供。

2. 油的電導度變化差異極大，在加入清潔劑後電導度由 39.7 $\mu$ S 升至 2.5mS（1g 油對 10% 清潔劑），並隨著清潔劑濃度增加，電導度數值相當接近不加溶質的清潔劑，可以推論為油被包覆為球形膠束（微胞）後，水中的油消失，電導度計測定時和測定同濃度清潔劑的電導度幾乎一致。



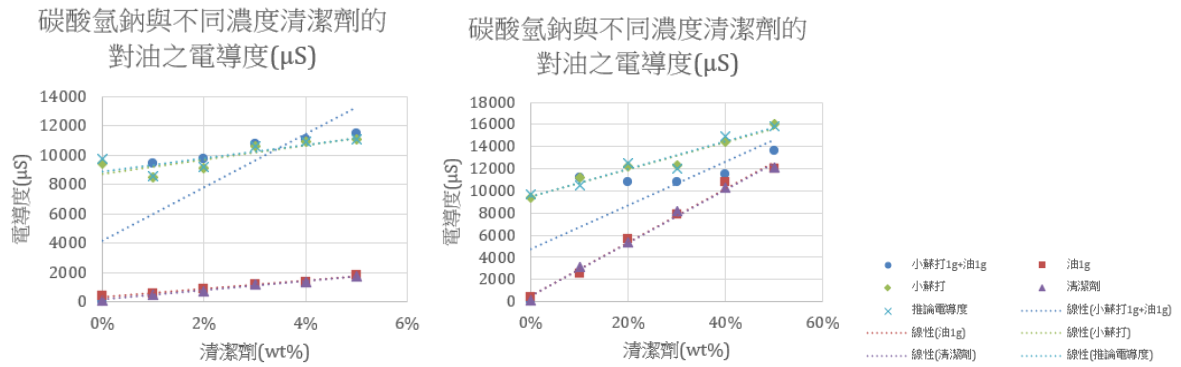
3. 強電解質的食鹽與氯化鈣在電導度變化在加入清潔劑後，食鹽的電導度由 10.38mS 提升到 14.59mS（1g 食鹽對 10% 清潔劑），電導度顯著的上升，而氯化鈣的電導度僅由 11.81mS 提升到 13.16mS（1g 氯化鈣對 10% 清潔劑），當氯化鈣克數增加時電導度變化越不明顯，甚至會降低（5g 氯化鈣，39.2mS $\rightarrow$ 37.1mS，10%），推測當離子電荷較大時，離子會破壞界面活性劑的微胞結構，離子的電荷和界面活性劑親水端的電性中和，造成微胞數量減少，清潔劑的電導度反而下降，可推論加入過多的強電解質會造成清潔能力可能會減小。

4. 弱電解質的碳酸氫鈉的電導度變化在加入清潔劑後有提升，但在濃度較高的清潔劑中，反而電導度有下降的趨勢（5g 碳酸氫鈉，21.9mS $\rightarrow$ 15.96mS，40%），可推論是因清潔劑會解離出鈉離子（Na<sup>+</sup>），與碳酸氫鈉解離溶解時會有競爭（同離子效應），造成在高克數高濃度時，電導度反而下降的狀況。

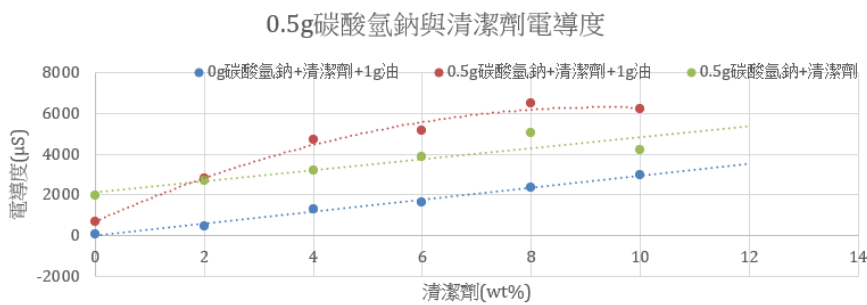
#### 四、親「蘇」有別-清潔劑加入小蘇打對油的電導度影響

- (一) 觀察實驗十一（一），以 10% 清潔劑對油的電導度來看，實際電導度由 39.7 $\mu$ S 提高至 2.5mS，接近原本 10% 清潔劑的電導度（3.14mS）。
- (二) 加入 1g 碳酸氫鈉於 10% 清潔劑，再對油的電導度來看，實際電導度由 39.7 $\mu$ S 升至 19.5mS，實際電導度（19.5mS）高於推論電導度（3.14 $\mu$ S+9.15ms $\approx$ 9.16mS）【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】。
- (三) 根據前述推論，電導度高表示離子濃度高，離子濃度高親水端更易與水分子產生溶解，使得清潔劑更易產生微胞提高清潔力，因此加入碳酸氫鈉在清潔劑濃度低於 20

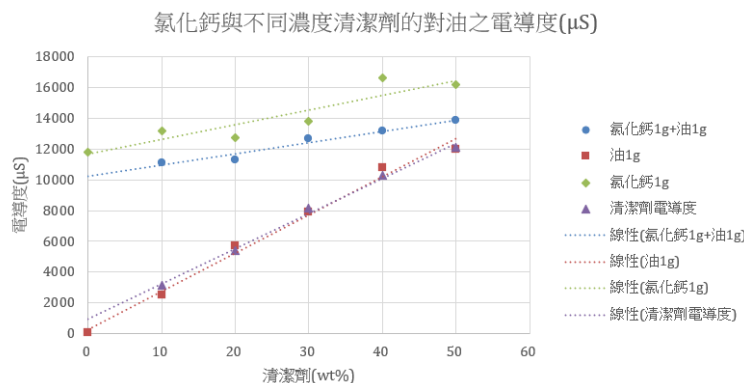
%以下時，能有效提升清潔力。



(四) 觀察實驗十二，將 0.5g~1.5g 的小蘇打加入濃度 10% 以下的清潔劑，可發現電導度變化皆呈現正值，趨勢也大致向上，根據前述推論，電導度變化或實際電導度有提高，且在乳化體積實驗中，加入小蘇打的清潔劑，其體積變化【微胞生成】也隨之增加，我們認為電導度的提高與乳化體積的變化大，推論其清潔能力會提升，因此加入小蘇打於清潔劑濃度 20% 以下時，可以有效提高清潔力。



(五) 觀察實驗十一(二)，以 10% 清潔劑對油的電導度來看，實際電導度由 39.7μS 升至 11.14mS，接近原本 10% 清潔劑加 1g 氯化鈣的電導度 (13.16mS)，甚至更低，其他濃度都沒有比原本單純只加氯化鈣不加油的電導度高，表示加入氯化鈣後無助於增加離子濃度，清潔劑形成微胞的能力減弱，可推論，清潔劑在硬水【鈣離子濃度較高的水】其清潔力應該會降低。



(六) 根據實驗十三，油與水不互溶，加入清潔劑後確實乳化後可形成乳化微胞與清潔劑溶液二個界面。

清潔劑濃度 (wt%)	清潔劑	清潔劑+ 1g 小蘇打	清潔劑+ 1g 小蘇打	清潔劑+ 1g 氯化鈣	清潔劑+ 1g 氯化鈣
	體積差 (ml)	體積差 (ml)	電導度變化 (mS)	體積差 (ml)	電導度變化 (mS)
5%	0	0.2	0.383	0.1	-1.91
10%	0.15	0.4	0.65	0.1	-2.02
15%	0.2	0.5	0.70	0.1	-1.68
20%	0.4	0.4	-1.65	混濁無界限	-1.12
25%	0.4	0.5	-1.52	混濁無界限	-1.55
30%	0.4	0.6	-1.21	混濁無界限	-2.29

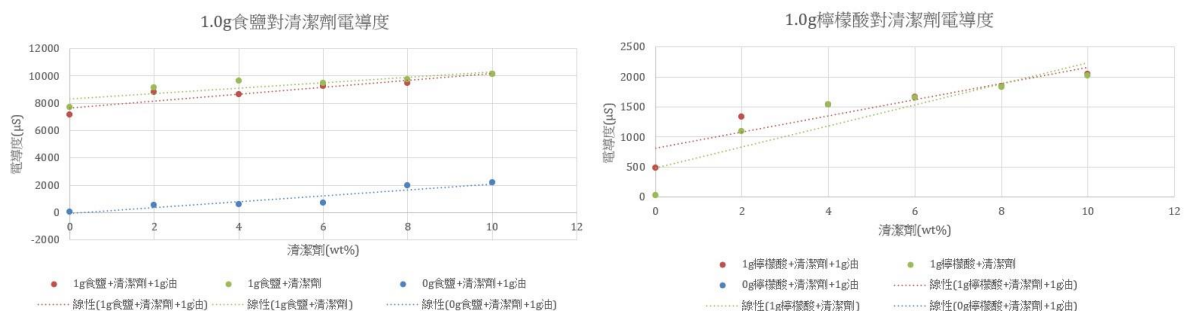
電導度變化=實驗測得電導度-推論電導度 (推論電導度=清潔劑電導度+溶質電導度)

1. 乳化微胞由清潔劑分子與油形成，推論其性質應該略等於清潔劑溶液，因此產生的微胞越多，其乳化微胞層會越溶入清潔劑溶液，造成原本的油水界面高度（體積）改變，實驗十一的表格中可發現當清潔劑濃度越高，油層被清潔劑分子包圍進入水層溶解，體積變化會逐漸增加，體積變化越大可視為微胞越多溶解越好，清潔效果越好。

2. 在加入小蘇打後，乳化微胞層體積變化變大且電導度變化也是增加的【15%，體積：0.2→0.5（ml），電導度差：+0.7（mS）】，因此我們推論實際電導度若大於推論電導度時，清潔劑去除油污的能力【產生微胞數量的能力】是增加的。

3. 在加入氯化鈣後，可視為模擬高濃度硬水【生活中的硬水介於 60~180ppm】的狀況，在 20% 的濃度以上時，無法有明顯的乳化微胞層的產生，推測鈣離子形成類似於鈣肥皂的成份形成大量的沉澱，使得清潔劑分子減少，微胞數量也減少，其電導度變化【實驗測得電導度 - 推論電導度】皆為負值，表示測得的電導度皆低於推論電導度【推論電導度=清潔劑電導度+溶質於 100g 水的電導度】，我們推論，實際電導度若小於推論電導度時，清潔劑去除油污的能力【產生微胞數量的能力】是降低的。

### (七) 市售清潔劑成份討論。



1. 普通的市售清潔劑中會加入檸檬酸、氯化鈉等溶質於清潔劑中，根據本實驗探討的結果，二者加入後的實際電導度與推論電導度差異不大【實驗十一（四）、（五）】，我們推論對清潔能力幫助不大，加入檸檬酸應該是為了氣味較佳與調整酸鹼值，加入氯化鈉應為提高鈉離子濃度避免產生白色混濁的現象【鉀離子、鈣離子濃度高時會造成白色混濁狀】。

2. 同品牌的市售小蘇打清潔劑，經由本實驗測試，在電導度變化中有明顯的提升，且

在乳化微胞層的分析中，也能看出乳化微胞的體積的增加，微胞數量的增加，應能有效提高清潔力，也發現市售小蘇打清潔劑加入的小蘇打克數應該小於本實驗。

3.碳酸鈉在測定實驗中，可推論其皂化能力且提升電導度的能力均較小蘇打好，若加入市售清潔劑中其清潔能力應能有效提高，但本次實驗的清潔劑為洗碗精，若加入碳酸鈉來提高清潔力，其鹼性較強，長期使用下應該容易有皮膚方面的疾病，目前並未在市面上找到相關的產品是強調加入碳酸鈉來進行強力去污。

4.比較市售清潔劑與市售小蘇打清潔劑，其乳化體積測試中，其體積變化為小蘇打清潔劑略大，但和本實驗加入 0.5g 小蘇打相比，體積變化不大，推論市售小蘇打清潔劑加入的小蘇打克數較本實驗少。

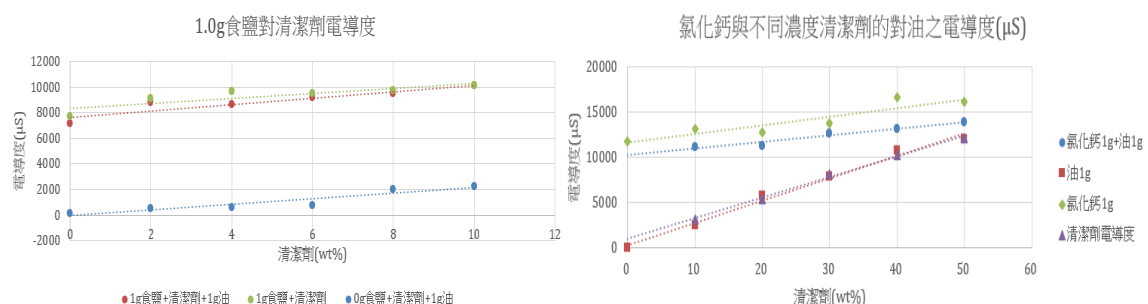
## 五、離子電荷數與離子半徑對清潔劑電導度之影響

(一) 觀察實驗十二，比較氯化鈉與氯化鈣加入後的電導度變化可發現，氯化鈉對電導度的影響較小，而氯化鈣則是變化較大。

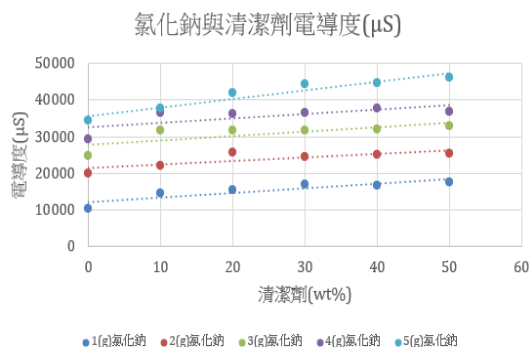
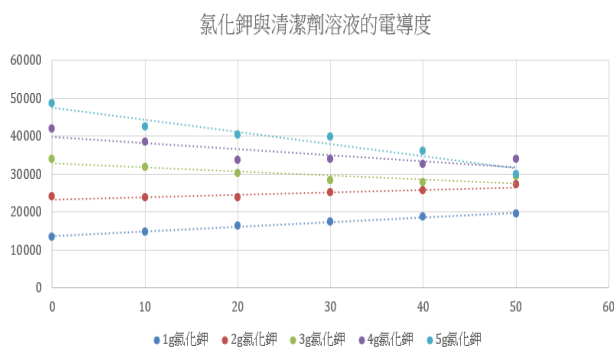
1.鈣離子對電導度變化的影響為降低電導度，表示加入之後會使得清潔劑溶液減少離子性，在實驗十三中，也可發現清潔劑濃度高於 20%後，氯化鈣會使得溶液呈混濁狀，與文獻中肥皂加入硬水【含有鈣離子、鎂離子的水】後會形成的鈣肥皂類似，可推論清潔劑在高濃度的硬水中也會形成類似鈣肥皂的沉澱。

2.沉澱現象可視為離子結晶，根據卡普斯欽斯基方程【參考資料十二】可瞭解，離子電荷數越大，其晶格能【 $U \propto |Z^+| \times |Z^-|$ 】越大，越容易產生沉澱現象。比較氯化鈉與氯化鈣二種溶質，氯離子（ $Cl^-$ ）為 1 個電荷數（ $Z=-1$ ），鈉離子（ $Na^+$ ）為 1 個電荷數（ $Z=+1$ ），鈣離子（ $Ca^{2+}$ ）為 2 個電荷數（ $Z=+2$ ），鈣離子比鈉離子產生的晶格能更大，容易與清潔劑分子形成沉澱，因此形成類似鈣肥皂的白色沉澱現象。

3.沉澱形成之後，水溶液中清潔劑離子性降低，觀察電導度可發現，氯化鈣的電導度變化都是負值，可推論清潔劑在高濃度的鈣離子水溶液中，其清潔能力會下降。



(二) 根據實驗五與實驗十一（五），觀察氯化鈉與氯化鉀加入後的電導度變化，氯化鉀加入後的電導度在清潔劑濃度高時有明顯下降的趨勢，在實驗中有觀察到加入氯化鉀後的清潔劑溶液會產生白色混濁狀的現象。



1.在皂化反應中若以鉀離子取代鈉離子，會形成鉀肥皂，本實驗在加入氯化鉀時，溶液會產生白色混濁狀，推論是產生了類似鉀肥皂的物質，在清潔劑濃度越高時，白色混濁狀的現象越明顯，電導度測試逐漸下降，離子性質降低，推論是因鉀離子與清潔劑分子產生結合，因清潔劑以極性與水溶解，鉀離子的離子半徑大，其水合離子的產生會需要較多的清潔劑分子與水分子結合，產生類似微胞大小的概念，巨觀觀測時會呈現白色混濁的現象，清潔劑分子與鉀離子產生類似鉀肥皂，造成原有的極性端減少，電導度在濃度越高時，類皂化現象越明顯，造成離子性減少而電導度降低。

2.比較鈉離子 ( $\text{Na}^+=116\text{pm}$ ) 與鉀離子 ( $\text{K}^+=152\text{pm}$ ) 的離子半徑【參考資料十三】，在水中溶解時皆是以水合離子進行溶解，鉀離子的離子半徑較大，進行水合現象時，應該會吸引較多的清潔劑分子【月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽】，與水分子形成類似微胞現象的大分子，巨觀表現上就呈現白色混濁狀。鈉離子因離子半徑較小，形成的水合離子的分子狀態較小，巨觀表現上仍可呈現透明現象。

3.在實驗十二（五）中觀察氯化鉀電導度變化，可發現大多變化不大，推測加入鉀離子對於清潔力的幫助不大，但和鈣離子電導度變化相比，清潔能力應該較鈣肥皂佳，推論是因鉀離子降低了清潔劑分子【月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽】的離子性，使得清潔劑分子與油產生微胞的數量無法提高。

## 陸、結論

- 一、清潔劑濃度與電導度有高度正相關 ( $R^2=0.99$ )，濃度越高其解離的清潔劑分子【月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽】越多，離子越多越容易產生微胞提高清潔力，因此清潔能力與電導度高低有關。
- 二、清潔劑在加入有機物（蔗糖、檸檬酸）後，電導度變化不大，不影響清潔能力。
- 三、清潔劑在加入無機物（氯化鈉、碳酸氫鈉、碳酸鈉、氯化鈣、氯化鉀）後，電導度變化明顯，電導度變化為正值時，清潔能力會增加。

（一）加入氯化鈉後其電導度變化【實際電導度與推論電導度的差異】變化不明顯，市

售清潔劑加入氯化鈉可能是為了提高鈉離子濃度使清潔劑保持透明無色。

(二) 加入氯化鈣、氯化鉀後，會產生白色混濁的現象，電導度變化為負值，會降低清潔能力。

(三) 加入碳酸氫鈉、碳酸鈉後，會與油反應會產生皂化現象，電導度變化多為正值，可提高清潔能力，因碳酸鈉鹼性較強，市售清潔劑多以加入小蘇打來提高清潔能力較不傷手，本實驗結論與市售小蘇打清潔劑相符。

四、硬水（氯化鈣）會影響清潔劑的清潔能力。

(一) 低濃度的硬水對清潔劑影響較小，本實驗提高鈣離子濃度與清潔劑濃度時，會產生類似鈣肥皂的現象，進一步發現電導度變化皆降低，呈現負值，清潔能力降低。

(二) 以離子電荷數與離子半徑分析水中陽離子，電荷數多，半徑大的陽離子會降低電導度，也易產生白色混濁的沉澱。

五、適當濃度的清潔劑中加入小蘇打（碳酸氫鈉）能有效提高清潔能力。

(一) 在 20% 以下濃度的清潔劑加入小蘇打（碳酸氫鈉），可有效提高電導度，在低濃度測試實驗中，實際電導度測定趨勢大多高於原電導度，加入小蘇打於清潔劑中可以有效提高清潔能力。

## 柒、參考文獻資料

一、月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽：[台灣新日化股份有限公司](#)

二、蔗糖：[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_CN\\_CB4337508.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_CN_CB4337508.htm)

三、食鹽：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%A3%9F%E7%9B%90>

四、檸檬酸：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AA%B8%E6%AA%AC%E9%85%B8>

五、碳酸氫鈉：[維基百科-碳酸氫鈉](#)

六、氯化鈣：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%88%A3>

七、大豆油：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E6%B2%B9>

八、曾國輝，2005，化學第二版上冊

九、臨界微胞：[https://ins.dksh.tw/stories\\_detail\\_109.htm](https://ins.dksh.tw/stories_detail_109.htm)

十、電導度：<https://kuangtien.yida-design.com.tw/d/file603f0e8e72c5d.pdf?n1=>

十一、碳酸鈉：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%92%A0>

十二、卡普斯欽斯基方程：<https://zh.wikipedia.org/wiki/卡普斯欽斯基方程>

十三、Ionic radius Wikipedia：[https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic\\_radius](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic_radius)



十四、氯化鉀：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%92%BE>

## 【評語】 030201

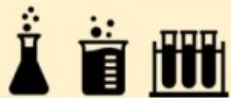
本作品利用導電度與清潔劑濃度成正相關之關係，來探討各項添加劑對導電度的影響，進而推斷清潔能力的變化。能夠利用簡單實驗器材（如導電度計）以及普遍可取得試劑（蔗糖、食鹽、蘇打等作為溶質）加入清潔劑水溶液中設計出一系列導電度實驗，是一項優點。實驗有許多數據，也有適宜的討論，解釋與推論大致合理，看得出對實驗的熱情。



## 作品簡報

 親「蘇」有別 

—電導度與界面活性劑之研究 



# 摘要

用**電導度**判斷加入不同物質對清潔劑的影響，可瞭解到**清潔劑濃度高低**和**電導度**有著高度**正相關**，本實驗以推論電導度與實際電導度進行比較，發現清潔劑的清潔能力與電導度變化有關，**電導度變大其清潔能力也會較高**。清潔劑中加入氯化鈣和氯化鉀後電導度變化皆為降低，比較同族水中的陽離子，**電荷數大或離子半徑較大**時，其產生白色混濁的現象較為明顯，**電導度**變化也明顯**下降**，因此推論在含有**高濃度鈣離子**的硬水中或是含有**鉀離子**時，清潔劑的**清潔能力會被降低**，普通低濃度的硬水則影響不大。而清潔劑的濃度在20%以下加入小蘇打，則是能有效提高電導度使清潔力提升。

# 前言

## 一、研究動機

因為市面上有標榜加入不同物質的清潔劑去汙效果比較好，我們希望可以找出哪些物質可以增加清潔劑的清潔效果。而七年級的時候我們在實驗室裡看到一台電導度儀，了解過後我們決定用電導度分析清潔劑的清潔效果。

## 二、研究目的

- (一) 探討**不同濃度的清潔劑**對電導度的影響。
- (二) 探討**不同克數的溶質**對電導度的影響。
- (三) 探討**不同濃度的溶質與不同濃度的清潔劑**對電導度的影響。
- (四) 探討**電導度**與清潔劑之**去汙能力**的相關性。

# 研究過程及方法

## 清潔劑電導度測試

### (一) 不同濃度清潔劑

1. 準備 1 個空燒杯，加入 1g 的清潔劑與 99g 的水。
2. 將此濃度視為重量百分濃度 (wt%) =  $1 / (1 + 99) \times 100\% = 1\%$ 。
3. 以攪拌子充份攪拌溶液 5 分鐘後，放置於 20°C 自製恆溫槽中。
4. 以電導度計測量此時溶液的電導度並記錄於表格。

### (二) 不同克數溶質加入清潔劑

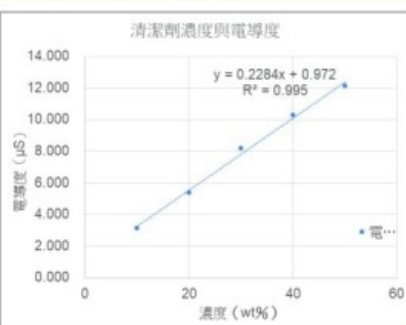
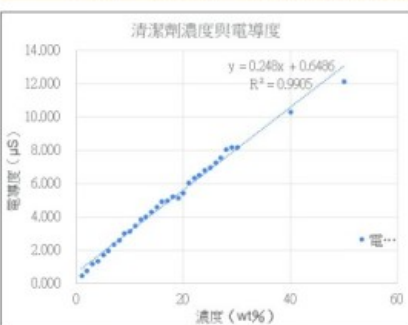
1. 準備六個空燒杯，分別加入 0%、10%、20%、30%、40%、50% 的清潔劑各 100g 的溶液。
2. 在六個燒杯裡分別加進 1g 的食鹽後放置於 20°C 自製恆溫槽中。
3. 以攪拌子充份攪拌 5 分鐘至溶液均勻，以電導度計測量此時溶液的電導度並記錄於表格。
4. 重複以上步驟每次增加 1g 至 5g 的食鹽，測量電導度並記錄於表格。
5. 以相同步驟測量蔗糖、碳酸氫鈉、碳酸鈉、檸檬酸、氯化鈣、氯化鉀、油等溶質之電導度。

### (三) 清潔劑乳化體積測試

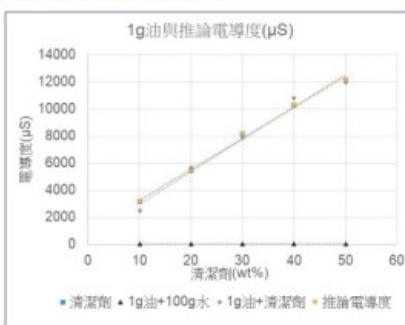
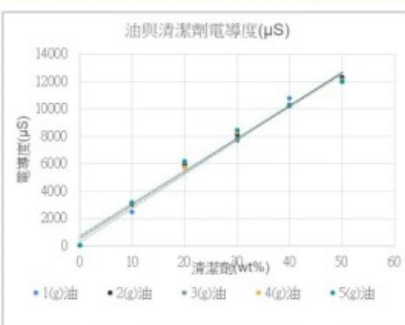
1. 於 25ml 的量筒中加入 10% 的清潔劑至 19ml 的高度。
2. 將油加入至 20ml 的高度。
3. 以玻璃棒充份攪拌後，量測乳化後的體積高度，並記錄於表格。
4. 重複以上步驟，測定不同濃度的清潔劑的乳化高度。
5. 重複以上步驟，測定不同溶質與不同濃度的清潔劑的乳化高度。

# 研究結果

## 一、1(g) ~ 50(g) 清潔劑溶液 (wt%) 的電導度 ( $\mu S$ )



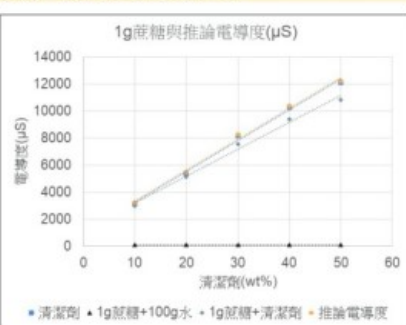
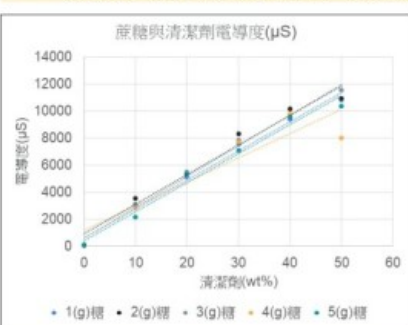
## 二、油與清潔劑溶液的電導度與推論電導度 ( $\mu S$ )



隨著清潔劑的克數增加，電導度也呈線性增加， **$R^2$ 值高達0.99**。隨著加入的**清潔劑越多**，**解離**出的離子數**越多**，與油污產生的**微胞**越多，**清潔效果**就越好。

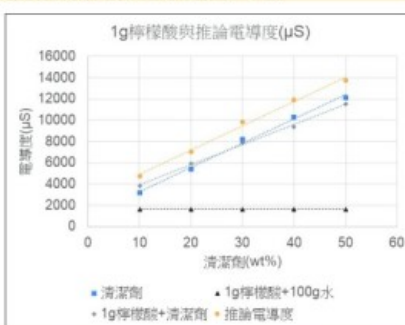
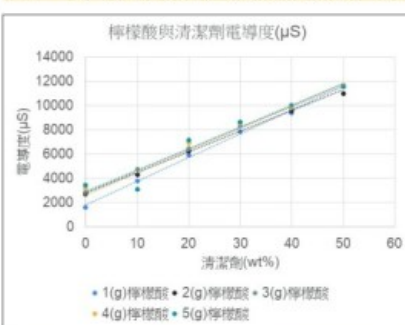
**油**在不加清潔劑的情況下電導度很低，加入清潔劑後清潔劑非極性分子端與油產生作用形成微胞，**微胞外層為極性分子端**，造成**電導度**在加入清潔劑後**大幅上升**。

## 三、蔗糖與清潔劑溶液的電導度與推論電導度 ( $\mu S$ )



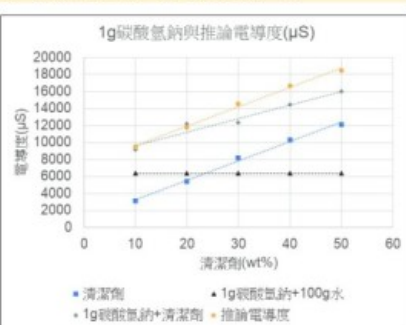
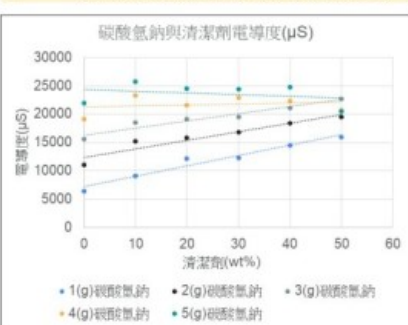
蔗糖為非電解質，加在清潔劑中並不影響水中離子濃度，電導度變化極小。

## 四、檸檬酸與清潔劑溶液的電導度與推論電導度 ( $\mu S$ )



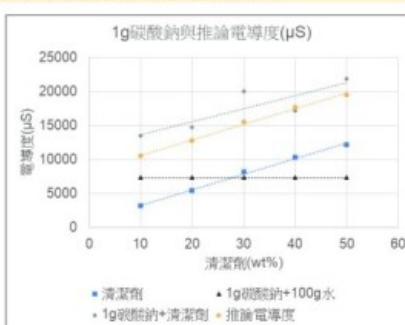
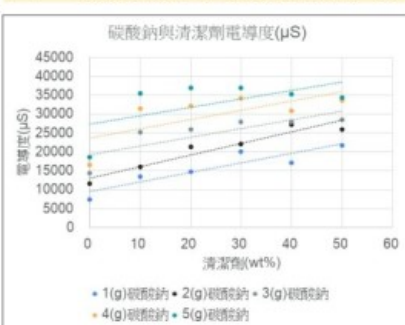
檸檬酸為弱電解質對電導度的影響不大。

## 五、碳酸氫鈉與清潔劑溶液的電導度與推論電導度 ( $\mu S$ )



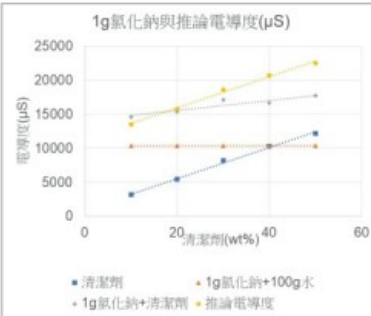
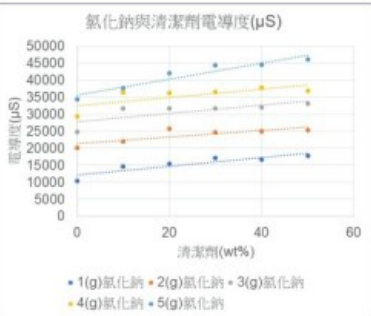
**碳酸氫鈉** (小蘇打) 會產生**皂化**反應進一步使清潔劑分子更易產生微胞**提高清潔力**。

## 六、碳酸鈉與清潔劑溶液的電導度與推論電導度 ( $\mu S$ )

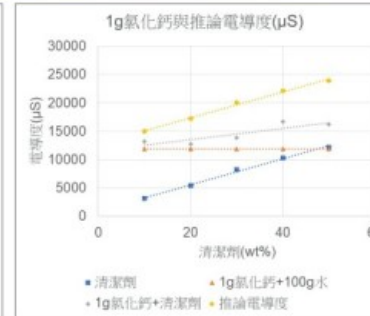
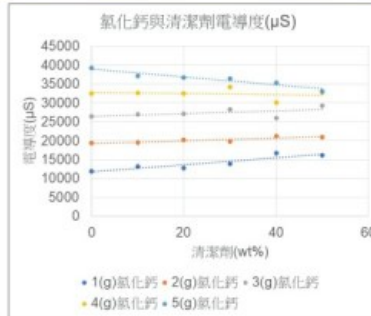


**碳酸鈉**解離後的**鹼性**較小蘇打強，與油的**皂化**反應會更強烈，推論其**清潔能力**會提高。

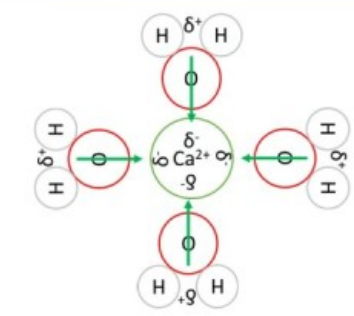
七、氯化鈉與清潔劑溶液的電導度與推論電導度(μS)



八、氯化鈣與清潔劑溶液的電導度與推論電導度(μS)



鈣離子水合示意圖

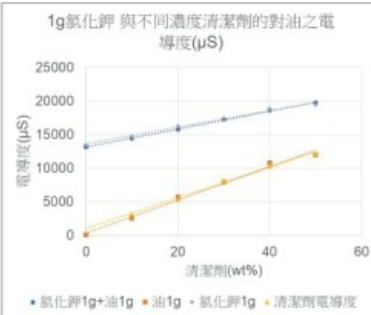
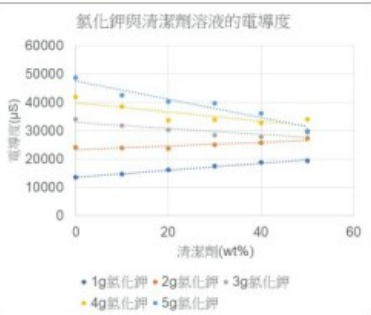


食鹽為強電解質，加入 1~3 克時，因產生了同離子效應造成清潔劑解離較少，實際電導度會較推論電導度小。

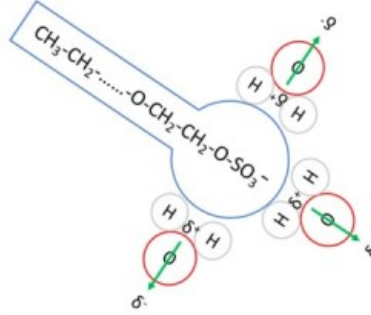
氯化鈣的克數越高，電導度有明顯上升，鈣離子帶有二個正電，與較多的水分子產生水合離子，破壞清潔劑解離。

鈣離子產生水合需要的水分子多

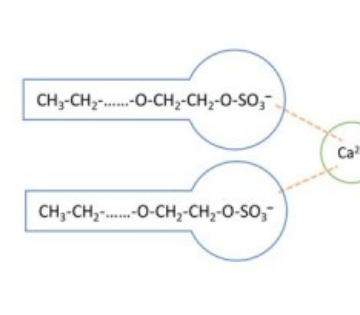
九、氯化鉀與不同濃度清潔劑對油之電導度(μS)



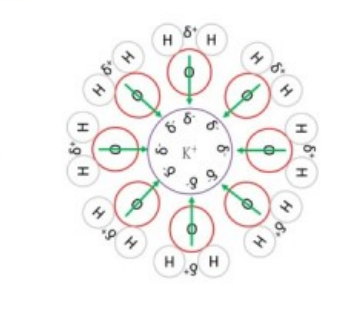
清潔劑極性水合示意圖



鈣肥皂示意圖



鉀離子示意圖



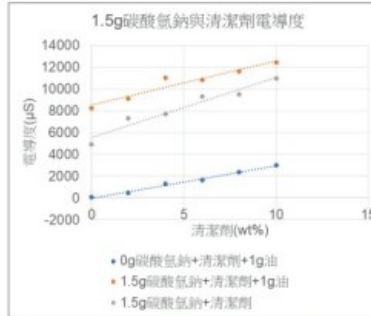
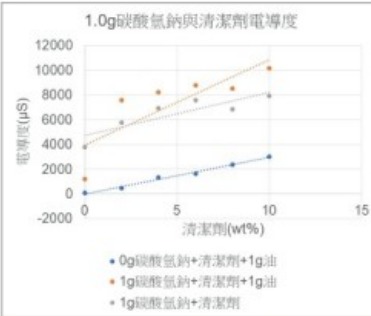
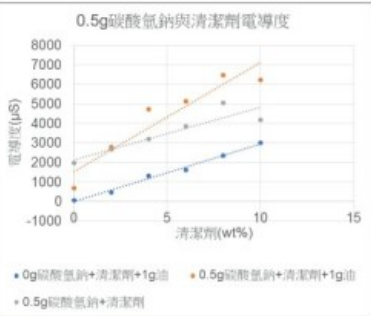
氯化鉀和氯化鈣類似但和氯化鈉不同，鉀離子的半徑大於鈉離子，鉀離子降低了清潔劑的解離。

清潔劑產生水合需要的水分子多

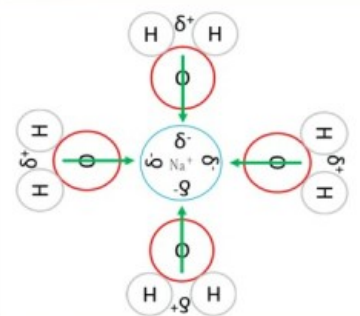
鈣離子與清潔劑產生鈣肥皂沉澱

鉀離子離子半徑大產生水合需要的水分子多

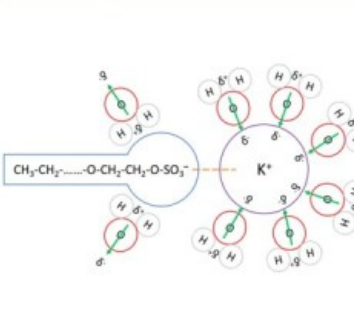
十、不同克數小蘇打加入清潔劑後對油之電導度



鈉離子示意圖



鉀肥皂示意圖

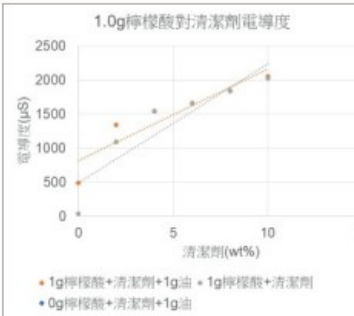
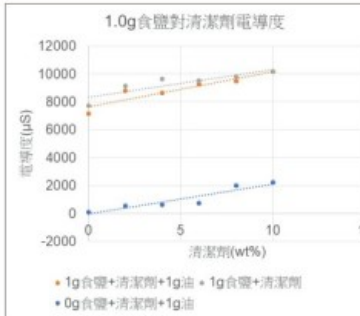
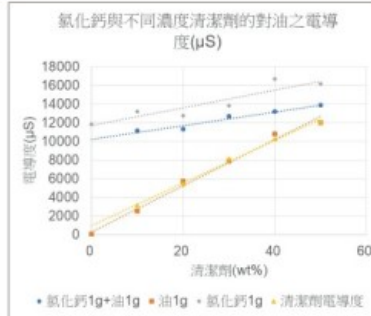
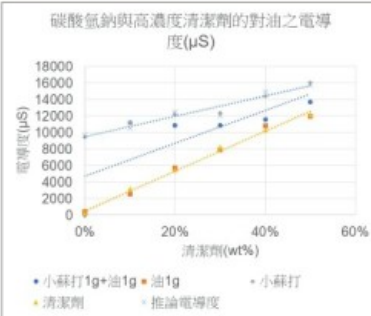
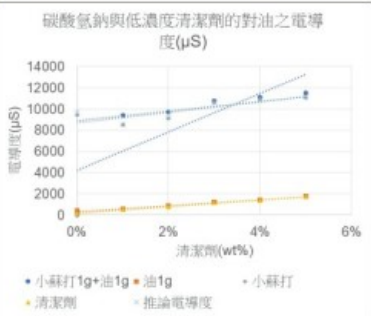


不同克數的小蘇打加入低濃度(10%以下)時，對油的電導度比原始電導度大多呈現上升，清潔劑加入小蘇打能有效提高清潔力。

鈉離子離子半徑小產生水合需要的水分子較少

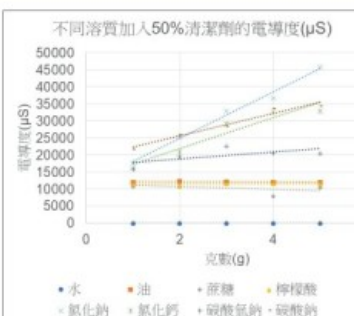
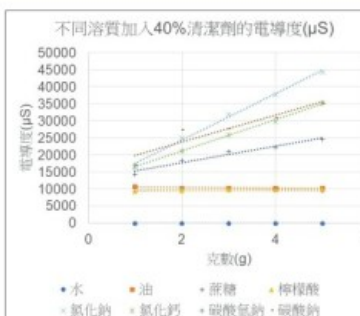
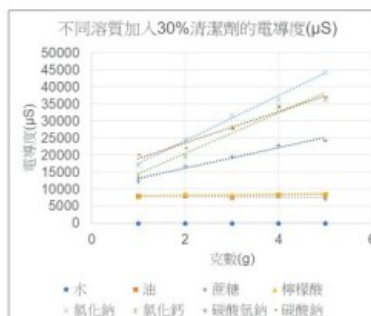
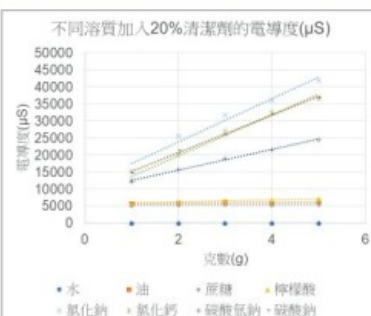
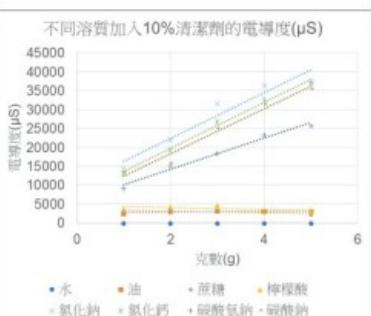
鉀肥皂水合狀態時會產生類似微胞狀態，巨觀呈現混濁

十一、不同溶質加入清潔劑後對油之電導度



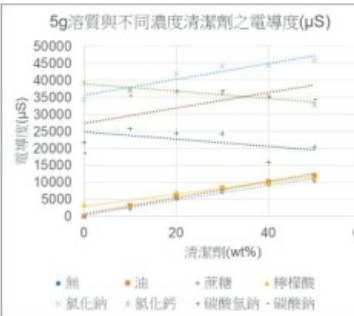
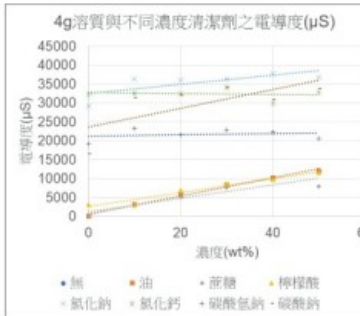
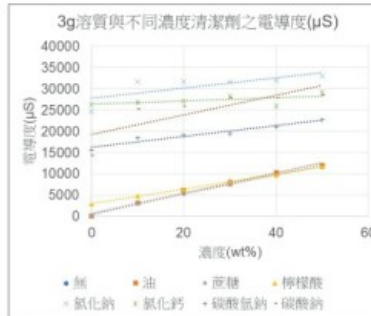
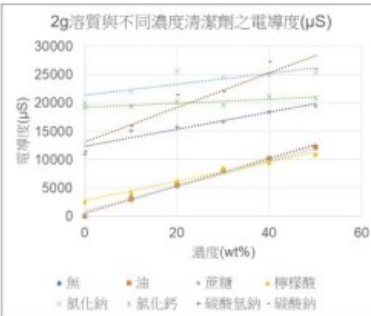
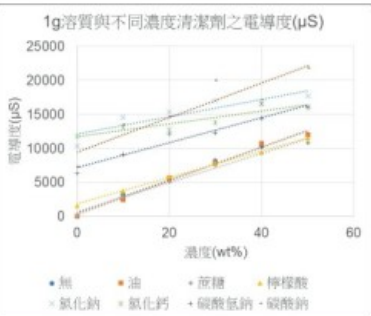
加入小蘇打電導度變化成正值，推測在濃度20%清潔劑溶液加入小蘇打能提高清潔力。

十二、10%清潔劑加入不同克數溶質於100(g)水的電導度



強電解質的溶質具有較大的電導度，弱電解質的電導度則是會受到同離子效應的影響，而無法解離的蔗糖測試出來的電導度與原本清潔劑幾乎相同。

十三、1~5(g)溶質與不同濃度清潔劑溶液的電導度(μS)



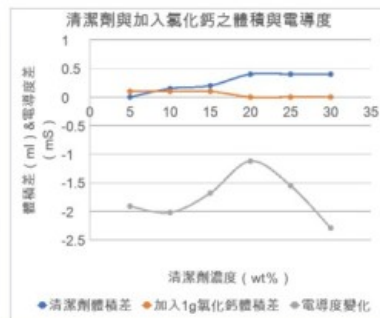
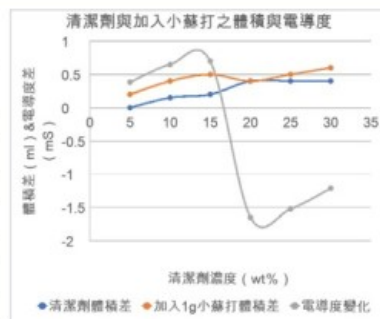
實驗十三可視為溶質先溶在水中後再加入清潔劑。

- 蔗糖與檸檬酸的電導度變化在加入清潔劑後，會有部份提升到與只有清潔劑差不多，表示蔗糖對清潔劑的電導度影響極小，電導度(離子)增加主要為清潔劑提供。
- 油的電導度變化差異極大，在加入清潔劑後電導度由39.7μS升至2.5mS(1g油對10%清潔劑)，電導度數值相當接近不加溶質的清潔劑，可以推論為油被包覆為微胞後，水中的油消失，電導度計測定時和測定同濃度清潔度的電導度幾乎一致。
- 強電解質的食鹽，電導度由10.38mS提升到14.59mS(1g食鹽對10%清潔劑)，而氯化鈣的電導度僅由11.81mS提升到13.16mS(1g氯化鈣對10%清潔劑)，當氯化鈣克數增加時電導度變化越不明顯，甚至會降低(5g氯化鈣，39.2mS→37.1mS，10%)，推測當離子電荷較大更易與界面活性劑親水端的電性中和，造成微胞數量減少，清潔劑的電導度反而下降，推論加入過多的強電解質會造成清潔能力會減小。
- 弱電解質的碳酸氫鈉的電導度變化在加入清潔劑後有提升，但在濃度較高的清潔劑中，反而電導度有下降的趨勢(5g碳酸氫鈉，21.9mS→15.96mS，40%)，可推論是因清潔劑會解離出鈉離子，與碳酸氫鈉解離溶解時會有競爭(同離子效應)，造成在高克數高濃度時，電導度反而下降的狀況。

#### 十四、清潔劑乳化體積測試

清潔劑濃度 (wt%)	清潔劑	清潔劑+1g小蘇打	清潔劑+1g小蘇打	清潔劑+1g氯化鈣	清潔劑+1g氯化鈣
	體積差 (ml)	體積差 (ml)	電導度變化 (mS)	體積差 (ml)	電導度變化 (mS)
5%	0	0.2	0.383	0.1	-1.91
10%	0.15	0.4	0.65	0.1	-2.02
15%	0.2	0.5	0.70	0.1	-1.68
20%	0.4	0.4	-1.65	混濁無界限	-1.12
25%	0.4	0.5	-1.52	混濁無界限	-1.55
30%	0.4	0.6	-1.21	混濁無界限	-2.29

電導度變化=實驗測得電導度-推論電導度 (推論電導度=清潔劑電導度+溶質電導度)



1. 乳化微胞由清潔劑分子與油形成，產生的微胞越多，**乳化微胞層**就越溶入清潔劑溶液，造成原本的**油水界面體積改變**，**體積變化越大**可視為微胞越多溶解越好，**清潔效果越好**。
2. 在加入氯化鈣，可視為模擬高濃度硬水狀況，在20%的濃度以上時，無法有明顯的乳化微胞層的產生，推測**鈣離子**形成類似於鈣肥皂的成份**形成大量的沉澱**，使得清潔劑分子減少，微胞數量也減少，**電導度變化為負值**。
3. 以10%清潔劑對油的電導度來看，實際電導度低，其他濃度都沒有比原本單純只加氯化鈣不加油的電導度高，表示加入氯化鈣後無助於增加離子濃度，清潔劑**形成微胞的能力減弱**，推論清潔劑在硬水中**清潔力應該會降低**。

### 綜合討論

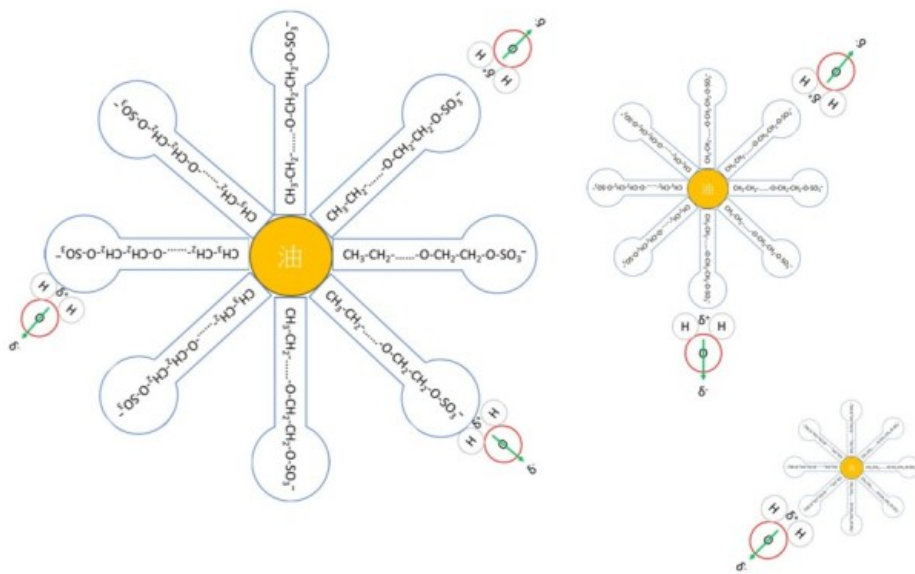
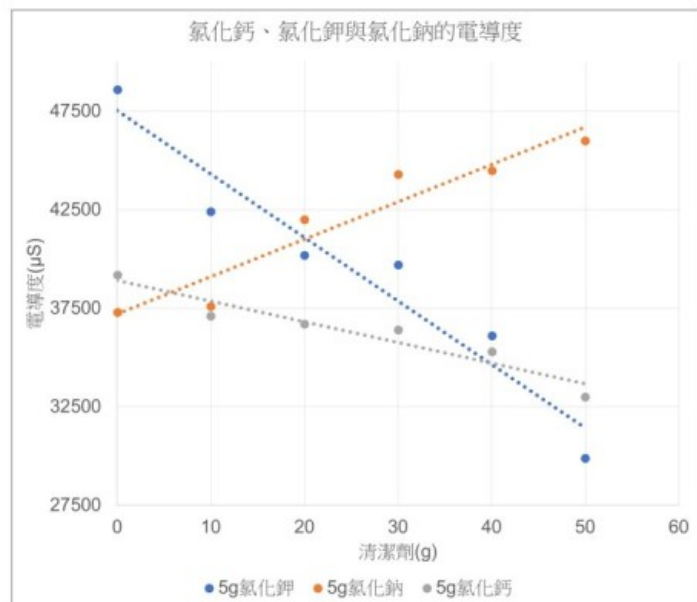
#### 離子電荷數與離子半徑對清潔劑電導度之影響

(一)比較氯化鈉與氯化鈣，**氯化鈣**會產生沉澱且**電導度變化為負值**。

1. 鈣離子會降低電導度，清潔劑**濃度高於20%**後，氯化鈣會使得溶液呈**混濁狀**。
2. 根據卡普斯欽斯基方程可瞭解，離子**電荷數越大**，其晶格能越大，**越容易產生沉澱**現象。鈣離子電荷數大於鈉離子，晶格能更大，與清潔劑分子形成類似鈣肥皂的白色沉澱。

(二)**氯化鉀**加入後的**電導度**在清潔劑濃度高時有明顯**下降**的趨勢，且清潔劑溶液會產生**白色混濁狀**的現象。

1. 鉀離子的**離子半徑大**，其水合離子的產生會需要較多的清潔劑分子與水分子結合，巨觀呈現白色混濁，清潔劑分子與鉀離子產生類似鉀肥皂的現象，造成原有的**極性端減少**，造成離子性減少而**電導度降低**。
2. 比較鈉離子與鉀離子的離子半徑，鉀離子的離子半徑較大，進行水合現象時，應該會吸引較多的清潔劑分子，與水分子形成類似微胞現象的大分子，**巨觀表現上就呈現白色混濁狀**。鈉離子因離子半徑較小，形成的水合離子的分子狀態較小，巨觀表現上仍可呈現透明現象。
3. 氯化鉀電導度變化不大，推測加入鉀離子對清潔力幫助不大，但和鈣離子電導度變化相比，清潔能力應該較鈣肥皂佳，推論是因鉀離子降低了清潔劑分子的離子性，使得清潔劑分子與油產生微胞的數量無法提高。



#### 市售清潔劑成份討論

1. 本實驗選用的市售清潔劑會加入檸檬酸、氯化鈉於清潔劑中，加入檸檬酸是為了氣味較佳與調整酸鹼值，加入氯化鈉應為避免產生白色混濁的現象。
2. 同品牌的市售**小蘇打清潔劑**，經由本實驗測試，在**電導度變化大**，**乳化微胞的體積**的增加，能**有效提高清潔力**。
3. 碳酸鈉均較小蘇打好，但鹼性較強易傷皮膚，目前並未在市面上找到相關的產品。
4. 比較市售清潔劑與市售小蘇打清潔劑，其乳化體積測試中變化不大，推論市售小蘇打清潔劑加入的小蘇打克數較本實驗少。

### 結論

- 一、清潔劑濃度與電導度有高度正相關 ( $R^2=0.99$ )，清潔能力與電導度高低有關。
- 二、清潔劑在加入有機物 (蔗糖、檸檬酸) 後，電導度變化不大，不影響清潔能力。
- 三、清潔劑在加入無機物 (氯化鈉、碳酸氫鈉、碳酸鈉、氯化鈣、氯化鉀) 後，電導度變化明顯，電導度變化為正值時，清潔能力會增加。
  - (一) 加入氯化鈣、氯化鉀後，會產生白色混濁的現象，電導度變化為負值，會降低清潔能力。
  - (二) 加入碳酸氫鈉、碳酸鈉後，電導度變化多為正值，可提高清潔能力，本實驗結論與市售小蘇打清潔劑相符。
- 四、硬水 (氯化鈣) 會影響清潔劑的清潔能力。
  - (一) 本實驗提高鈣離子濃度與清潔劑濃度時，電導度變化皆降低，呈現負值，清潔能力降低。
  - (二) 以離子電荷數與離子半徑分析水中陽離子，電荷數大，半徑大的陽離子會降低電導度，產生白色混濁的沉澱。
- 五、在20%以下濃度的清潔劑加入小蘇打 (碳酸氫鈉)，可有效提高電導度提高清潔能力。

### 參考資料

一、月桂醇聚醚硫酸酯鈉鹽：[台灣新日化股份有限公司](http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_CN_CB4337508.htm)

二、蔗糖：[https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_CN\\_CB4337508.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_CN_CB4337508.htm)

三、食鹽：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E9%A3%9F%E7%9B%90>

四、檸檬酸：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%A3%B8%E6%AA%AC%E9%85%B8>

五、碳酸氫鈉：[維基百科-碳酸氫鈉](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%88%A3)

六、氯化鈣：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%88%A3>

七、大豆油：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E6%B2%B9>

八、曾國輝，2005，化學第二版上冊

九、臨界微胞：<https://ins.dksh.tw/stories/detail/109.htm>

十、電導度：<https://kuangtien.vida-design.com.tw/d/file603f0c8c72c5d.pdf?nj1>

十一、碳酸鈉：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3%E9%85%B8%E9%92%BA>

十二、卡普斯欽斯基方程：<https://zh.wikipedia.org/wiki/卡普斯欽斯基方程>

十三、Ionic radius Wikipedia：[https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic\\_radius](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic_radius)

十四、氯化鉀：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%92%BE>