

# 第十屆旺宏科學獎

## 成果報告書

參賽編號：SA10-405

作品名稱：「泡泡」燃料電池

姓名：陳宥霖

關鍵字：氫氣泡、燃料電池

# 目錄

摘要.....	p.2
壹、研究動機.....	p.2
貳、研究目的.....	p.2
參、研究設備與器材.....	p.3
肆、研究過程及方法.....	p.4
伍、研究結果與討論.....	p.9
陸、結論.....	p.27
柒、參考資料及其他.....	p.29

## 摘要

綠能環保意識抬頭，擁有無污染、單位能量轉換效率高等特性的氫氧燃料電池，常是陪伴在科學家身邊的好題材，但由於電池反應牽涉固、液、氣三態之間的非勻相接觸，所以真正在做實驗時，氫氧燃料電池「高能量轉換效率」的特色並沒有獲得完全發揮，一般研究大多在進行「固相」的電極改造，本研究則對「液相」的電解液進行改良，利用界面活性劑黏稠、易起泡的特性，將界面活性劑與電解質溶液混合，並利用電解時所產生的微小氣泡，氣泡為電解液、氫氣同時存在的狀態。氣泡包覆氫氣、增加電池三相接觸表面積，增加電池效能，並探討不同的溫度、濃度、電解質、氣泡大小是否會影響電池效能的升降，進而推論造成上述影響的可能因素，並多方面地輔以佐證。

## 壹、研究動機

從課本上看到氫氧燃料電池之後，對氫氧燃料電池就有了更多的好奇，後來問到許多關於氫氧燃料電池的細節，起初，對於氫氧燃料電池能夠放電抱持著懷疑的心態，於是我們自己做了一個電池，不過因為對操作不熟悉而造成數據不穩，此時我們才了解到氫氧燃料電池有許多變因而且還十分的敏感，三態接觸不良更是一大問題，之後就是去思考如何去改良燃料電池，既然氫氧燃料電池最大的問題點在於三態的接觸，而要改善此問題，我們無意中想到了「氣泡」——用液體包覆著氣體，而說到氣泡，當然少不了界面活性劑，於是我們想利用起泡時包覆氫氣的特性，以及氣泡表面溶液對碳棒的附著力，改善此三相接觸的問題。

## 貳、研究目的

- 一、改善氫氧燃料電池三相接觸的問題。
- 二、探討 Triton X-100 及 Tween 20 二種非離子型界面活性劑各濃度的起泡效果對於電壓及電流的影響。
- 三、探討 BKC 陽離子型界面活性劑各濃度的起泡效果對於電壓及電流的影響。
- 四、探討 SLS 陰離子型性界面活性劑各濃度的起泡效果對於電壓及電流的影響。
- 五、探討 BKC 與各種電解質的搭配組合。
- 六、探討 SLS 與各種電解質的搭配組合。
- 七、探討各種溫度對於電解質的影響。
- 八、探討各種溫度對於 BKC 造成電池的影響。
- 九、探討各種溫度對於 SLS 造成電池的影響。
- 十、探討各種電解時的電流對於 SLS 氣泡大小造成電池效能的影響。
- 十一、探討各種電解時的電流對於 BKC 氣泡大小造成電池效能的影響。
- 十二、探討各種界面活性劑的氫氧燃料電池，氣泡有無對於電壓及電流的影響。
- 十三、探討氣泡上電解液濃度的變化。

## 叁、研究設備及器材

### 一、實驗藥品

KNO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
KClO <sub>3</sub>	NaOH
KOH	月桂基硫酸鈉(Sodium lauryl sulfate SLS)
氯化苯二甲烴銨(Benzalkonium chloride BKC)	HCl
聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)	Zn 片
聚氧乙烯山梨醇酐單月桂酸酯 20(Tween20)	

### 二、實驗器材

滴管	燒杯	刮勺	橡皮塞	毫安培計	側附支 U 形管
量筒	玻棒	U 型管	橡皮管	三用電表	鱷魚夾電線
皮尺	碳棒	長尾夾	溫度計	側附支試管	顯微鏡的目鏡

### 三、實驗設備

恆溫槽	電子天秤	直流電供應器	烘箱	高溫烘箱	光譜儀
-----	------	--------	----	------	-----

## 肆、研究過程或方法

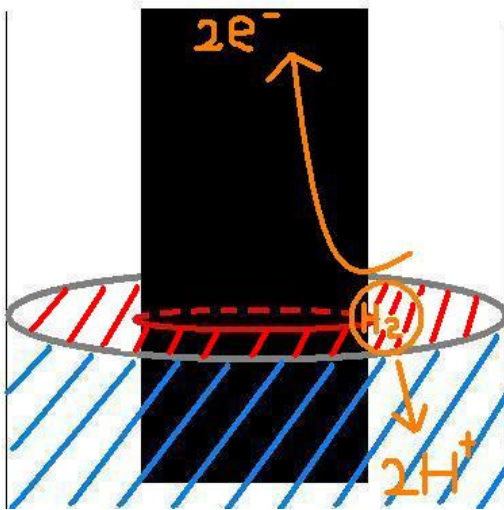
### 一、實驗原理(NTP 下)

陽極反應為:  $\text{H}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$   $E_1 = -0.828\text{V}$

陰極反應為:  $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^-$   $E_2 = 0.401\text{V}$

全反應為:  $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{電能} + \text{熱量}$   $E_0 = E_2 - E_1 = 1.229\text{V}$

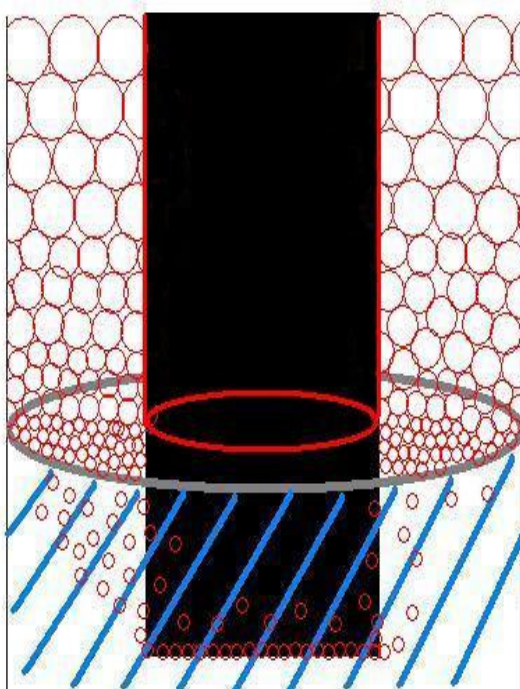
#### (一) 未改良型



一、紅線為**反應區**(三相接觸區)

二、電子向上導入碳棒，離子直接進入溶液中。

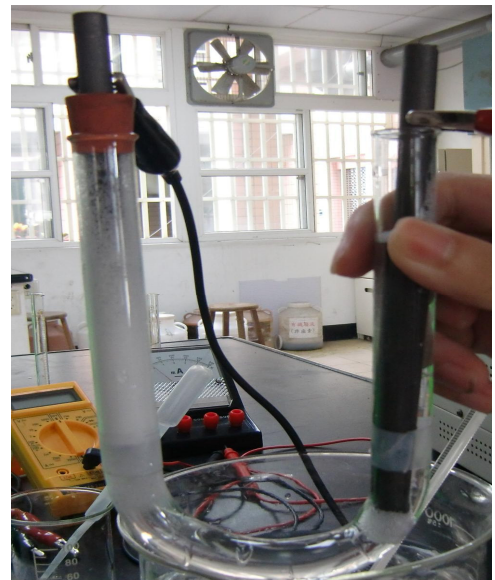
#### (二) 改良型氫”氣泡”燃料電池



一、紅線為**反應區**(三相接觸區、**液固**接觸區，氣泡皆為**液氣**接觸區)

二、氣泡(紅色圈圈)從碳棒下端產生，進而累積至設定值。

三、電子向上導入碳棒，離子直接進入氣泡之液膜中。



### 一、**實驗一 空白實驗**(控溫 30°C in 恆溫槽)

構想及目的：提供其他實驗比較。

- (一)分別配製  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KClO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$  溶液 0.1M，並將各溶液倒入各 U 型管內。
- (二)將碳棒插入挖洞過後的橡皮塞，小心地將插入碳棒的橡皮塞塞住 U 型管的一端，使 U 型管內不要有空氣，將另一根沒有塞橡皮塞的碳棒插入 U 型管的另一端，將直流電供應器的負極接到有塞橡皮塞的一端，將正極接到另一端，開啓電流供應器，保持 0.1A 電解，使負極充滿氫氣達到一定標準，正極則適時抽取過量之溶液。
- (三)當氫氣量達到標準時，關閉電流供應器，抽取氧氣端的過量溶液達到與氫氣端同樣之標準，並且開始測量電壓及電流。

### 二、**實驗二 聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)及聚氧乙烯山梨醇酐單月桂酸酯 20 (Tween20) 二種界面活性劑的起泡效果對於電壓及電流的影響**

(控溫 30°C in 恆溫槽)

構想及目的:測試 Triton X-100 及 Tween 20 不同濃度產生的氣泡對於電流及電壓的影響。

- (一)在 30°C 下分別配製 Triton X-100 及 Tween20 濃度 10%、20%、30%的溶液，將其均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液。
- (二)將碳棒插入挖洞過後的橡皮塞，小心地將插入碳棒的橡皮塞塞住 U 型管的一端，使 U 型管內不要有空氣，將另一根沒有塞橡皮塞的碳棒插入 U 型管的另一端，將直流電供應器的負極接到有塞橡皮塞的一端，將正極接到另一端，開啓電流供應器，保持 0.1A 電解，使負極充滿**氫氣泡**達到一定標準，正極則適時抽取過量之溶液。
- (三)當**氫氣泡**量達到標準時，關閉電流供應器，抽取氧氣端的過量溶液達到與氫氣端同樣之標準，並且開始測量電壓及電流。
- (四)氣泡的產生----加入界面活性劑  
界面活性劑加入電解質溶液以後，溶液會帶有起泡的特性，電解水產生的氫氣從碳棒底部孔隙產生時，會馬上被電解液包覆成細小的氫氣泡，然後由下往上至橡皮塞停止，接著慢慢累積到我們設下的標準值。

### 三、**實驗三 氯化苯二甲銜鉍(Benzalkonium chloride BKC)與電解質搭配對電池的影響**

(控溫 30°C in 恆溫槽)

構想及目的：測試各種電解質與 BKC 的搭配，並希望找出最佳組合。

- (一)在 30°C 下配製 BKC 濃度 30%的溶液五組，分別將溶液配製成  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KClO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$  0.1M 的溶液。
- (二)同實驗二之(二)、(三)。

- 四、**實驗四 氯化苯二甲銨(Benzalkonium chloride BKC)的濃度(起泡效果)對電池的影響**  
(控溫 30°C in 恆溫槽)  
構想及目的：測試 BKC 不同濃度下產生的氣泡對於電流及電壓的影響。  
(一) 在 30°C 下分別配製 BKC 濃度 10%、20%、30%、40%的溶液，將其均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液。  
(二)同實驗二之(二)、(三)。
- 五、**實驗五 月桂基硫酸鈉(Sodium lauryl sulfate SLS)與電解質搭配對電池的影響**  
(控溫 30°C in 恆溫槽)  
構想及目的：測試各種電解質與 SLS 的搭配，並希望找出最佳組合。  
(一)在 30°C 下配製 SLS 濃度 20%的溶液五組，分別將溶液配製成  $\text{KNO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{KClO}_3$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{KOH}$  0.1M 的溶液。  
(二)同實驗二之(二)、(三)。
- 六、**實驗六 月桂基硫酸鈉(Sodium lauryl sulfate SLS)的濃度(起泡效果)對電池的影響**  
(控溫 30°C in 恆溫槽)  
構想及目的：測試 SLS 不同濃度下產生的氣泡對於電流及電壓的影響。  
(一) 在 30°C 下分別配製 SLS 濃度 10%、20%、30%的溶液，均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液。  
(二)同實驗二之(二)、(三)。
- 七、**實驗七 溫度對 空白實驗 的影響**  
構想及目的：探討溫度對於空白實驗的影響以作為對照。  
(一)配製  $\text{KNO}_3$  0.1M 的溶液四組，且分別控溫在 30°C、50°C、70°C、90°C。  
(二)同實驗一之(二)、(三)。
- 八、**實驗八 溫度對  $\text{KNO}_3$ +BKC15% 對電池造成的影響**  
構想及目的：探討溫度對於 BKC 起泡效果及電壓電流的影響。  
(一)配製 BKC 濃度 15%四組，均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液，且分別控溫在 30°C、50°C、70°C、90°C，同實驗二之(二)、(三)。
- 九、**實驗九 溫度對  $\text{KNO}_3$ +SLS20% 對電池造成的影響**  
構想及目的：探討溫度對於 SLS 起泡效果及電壓電流的影響。  
(一)配製 SLS 濃度 20%四組，均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液，且分別控溫在 30°C、50°C、70°C、90°C。  
(二)同實驗二之(二)、(三)。



## 十、實驗十 電解時電流變化造成氣泡大小變化對 $\text{KNO}_3$ +SLS20%的影響

(控溫  $30^\circ\text{C}$  in 恆溫槽)

構想及目的：觀察電解時電流不同是否會影響月桂基硫酸鈉(Sodium lauryl sulfate SLS) 氣泡大小以及是否會間接影響放電時的電壓、電流。

- (一)配製 SLS 濃度 20%三組，均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液，並在電解時分別控制電解電流為 0.05A、0.10A、0.15A。
- (二)當氫氣量達到標準時，關閉電流供應器，抽取氧氣端的過量溶液達到與氫氣端同樣之標準，並且開始測量初始氣泡大小、電壓及電流。
- (三)實驗結束時，測量反應後氣泡之大小。

## 十一、實驗十一 電解時電流變化造成氣泡大小變化對 $\text{KNO}_3$ +BKC20%的影響

(控溫  $30^\circ\text{C}$  in 恆溫槽)

構想及目的：觀察電解時電流不同是否會影響氯化苯二甲銜鉍(Benzalkonium chloride BKC)氣泡大小以及是否會間接影響放電時的電壓、電流。

- (一)配製 BKC 濃度 20%三組，均配成  $\text{KNO}_3$  0.1M 的電解質溶液，並在電解時分別控制電解電流為 0.05A、0.10A、0.15A。
- (二)當氫氣量達到標準時，關閉電流供應器，抽取氧氣端的過量溶液達到與氫氣端同樣之標準，並且開始測量初始氣泡大小、電壓及電流。
- (三)實驗結束時，測量反應後氣泡之大小。

## 十二、實驗十二 探討 SLS 氣泡有無對於電壓及電流的影響(控溫 $30^\circ\text{C}$ in 恆溫槽)

構想及目的：測出**氣泡對電池效率的影響**。將 U 形管中的氫氣泡倒掉，再重新灌入氫氣，除了氣泡有無的因素，不改變其他因素的情況下，探討電池效能的變化。

- (一)在  $30^\circ\text{C}$  下配製 SLS 濃度 20%  $\text{KNO}_3$  溶液。
- (二)氫氣的製備：配製稀鹽酸溶液，倒入有側管的試管至滿，將橡皮管裝到試管的側管上，接著加入 Zn 片至稀酸溶液中使其產生氫氣，而後瓶口塞上橡皮塞，確保氫氣只從橡皮管洩出，等氫氣排開溶液至可洩出時，即可接上 U 形管側管灌氫氣。
- (三)同實驗二之(二)，只是 U 形管改採側附支 U 形管，並將側管用橡皮塞塞住，避免電解液流失。
- (四)當**氫氣泡**量達到標準時，關閉電流供應器，抽取氧氣端的過量溶液達到與氫氣端同樣之標準，之後將氫氣泡端的側管橡皮塞拔出，從側管倒出氫氣泡。
- (五)氫氣泡倒光後，即從側管重新灌入氫氣達標準值，將橡皮管對折捏緊並用長尾夾夾住，確保氫氣不會洩出，再將側附支試管一端橡皮管拔開，並且開始測量電壓及電流。



十三、**實驗十三 探討 BKC 氣泡有無對於電壓及電流的影響**(控溫 30°C in 恆溫槽)

構想及目的：構想及目的：同實驗十二

(一)在 30°C 下配製 BKC 濃度 20% KNO<sub>3</sub> 溶液。

(二)同實驗十二之(二)、(三)、(四)、(五)

十四、**實驗十四 探討 Tween20 氣泡有無對於電壓及電流的影響**(控溫 30°C in 恆溫槽)

構想及目的：構想及目的：同實驗十二

(一)在 30°C 下配製 Tween20 濃度 20% KNO<sub>3</sub> 溶液。

(二)同實驗十二之(二)、(三)、(四)、(五)

十五、**實驗十五 探討 Triton X-100 氣泡有無對於電壓及電流的影響**(控溫 30°C in 恆溫槽)

構想及目的：構想及目的：同實驗十二

(一)在 30°C 下配製 Triton X-100 濃度 20% KNO<sub>3</sub> 溶液。

(二)同實驗十二之(二)、(三)、(四)、(五)

十六、**實驗十六 探討氣泡上電解液濃度的變化**(控溫 30°C in 恆溫槽)

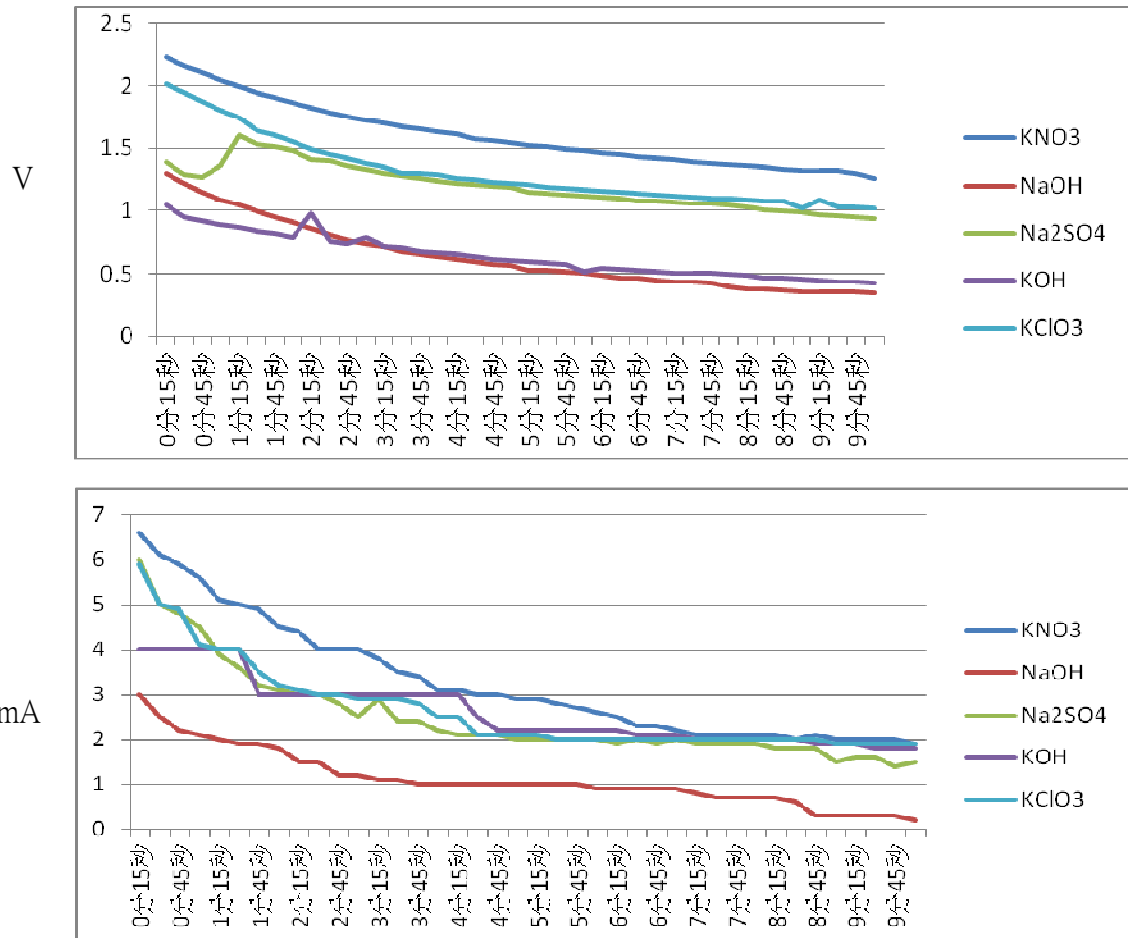
構想及目的：推測是因為包覆在氣泡膜上的電解質溶液濃度較高，導致電壓及電流上升，故以光譜儀測試其 ABS(吸光度)，希望能找出其真正的原因。

(一)在 30°C 下配製 SLS 濃度 20%之溶液，並配成 KNO<sub>3</sub> 0.1M 的電解質溶液。

(二)收集攪拌及電解時產生的氫氣泡，以離心機使其變為液體，並與原溶液、KNO<sub>3</sub>0.1M 溶液、SLS20%溶液比較其 ABS(吸光度)。

## 伍、研究結果與討論

### 一、實驗一 空白實驗



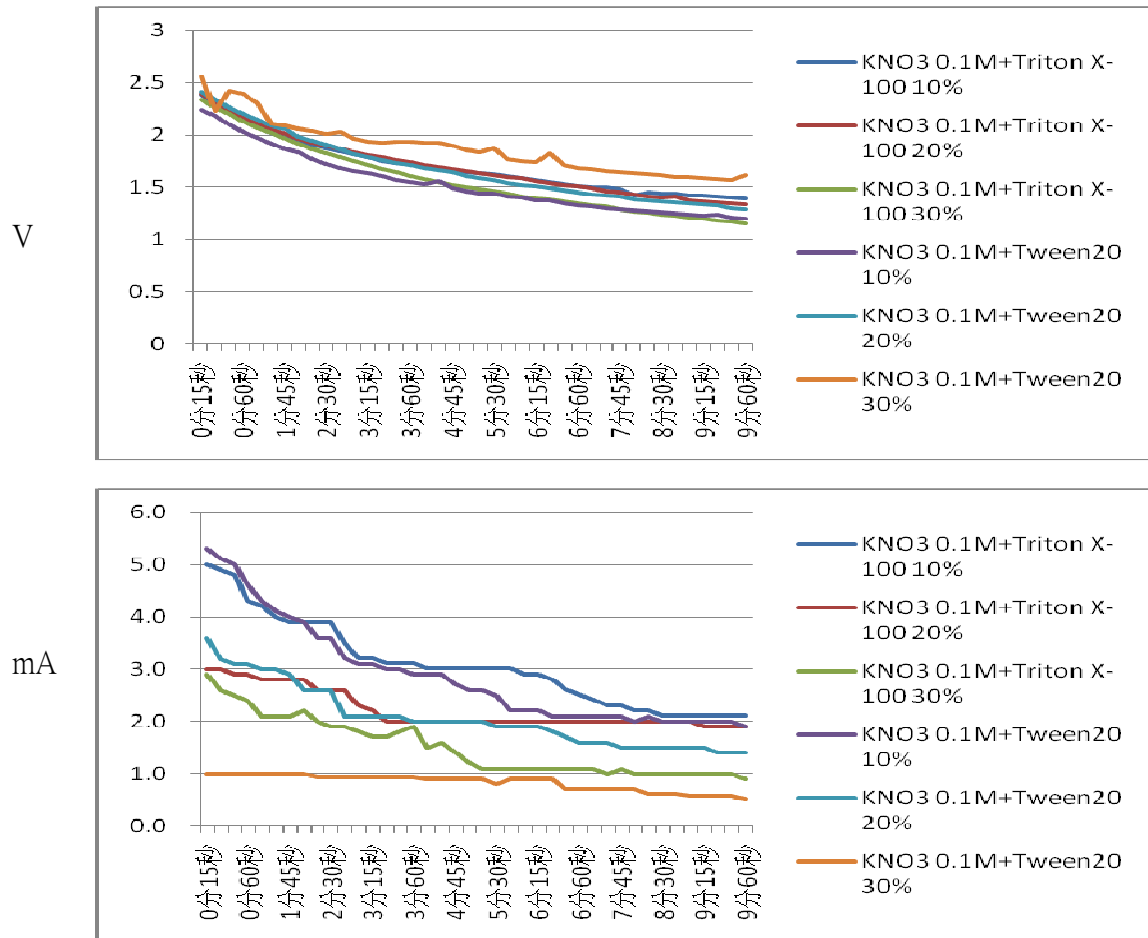
(一)以平均電功率來說： $KNO_3 > KClO_3 > Na_2SO_4 > KOH > NaOH$

(二)因為  $KNO_3$  效果較佳，所以除了討論電解質對界面活性劑的影響之外其餘實驗大多以  $KNO_3$  為控制變因。

		KNO <sub>3</sub> 0.1M 30°C		平均電壓 1.60V		平均電流 3.3mA		平均電功率 5.24W/1000	
分	秒	15 秒		30 秒		45 秒		60 秒	
		V	mA	V	mA	V	mA	V	mA
第 1 分		2.23	6.6	2.16	6.1	2.10	5.9	2.04	5.6
第 2 分		1.99	5.1	1.94	5.0	1.90	4.9	1.86	4.5
第 3 分		1.82	4.4	1.78	4.0	1.75	4.0	1.72	4.0
第 4 分		1.70	3.8	1.67	3.5	1.65	3.4	1.63	3.1
第 5 分		1.61	3.1	1.57	3.0	1.56	3.0	1.54	2.9
第 6 分		1.52	2.9	1.51	2.8	1.49	2.7	1.48	2.6
第 7 分		1.46	2.5	1.45	2.3	1.43	2.3	1.42	2.2
第 8 分		1.41	2.1	1.39	2.1	1.38	2.1	1.37	2.1
第 9 分		1.36	2.1	1.35	2.0	1.33	2.1	1.32	2.0
第 10 分		1.32	2.0	1.32	2.0	1.30	2.0	1.26	1.9

註:上面表格為實驗數據，礙於版面關係，此後皆直接繪圖及文字表達，不以表格顯示。

二、實驗二 Triton X-100 及 Tween 20 二種界面活性劑的起泡效果對於電壓及電流的影響。



(一)以 KNO<sub>3</sub>(0.1M) 30°C 之平均電功率為基準 100.00%

- 1.加入 Triton X-100 10%之後，KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率變為 100.51%
- 2.加入 Triton X-100 20%之後，KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率變為 71.20%
- 3.加入 Triton X-100 30%之後，KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率變為 45.12%
- 4.加入 Tween20 10%之後，KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率變為 85.21%
- 5.加入 Tween20 20%之後，KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率變為 67.26%
- 6.加入 Tween20 30%之後，KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率變為 28.74%

(二)與空白實驗對照，Tween20 濃度越高，電流呈下降趨勢，電壓呈上升趨勢。

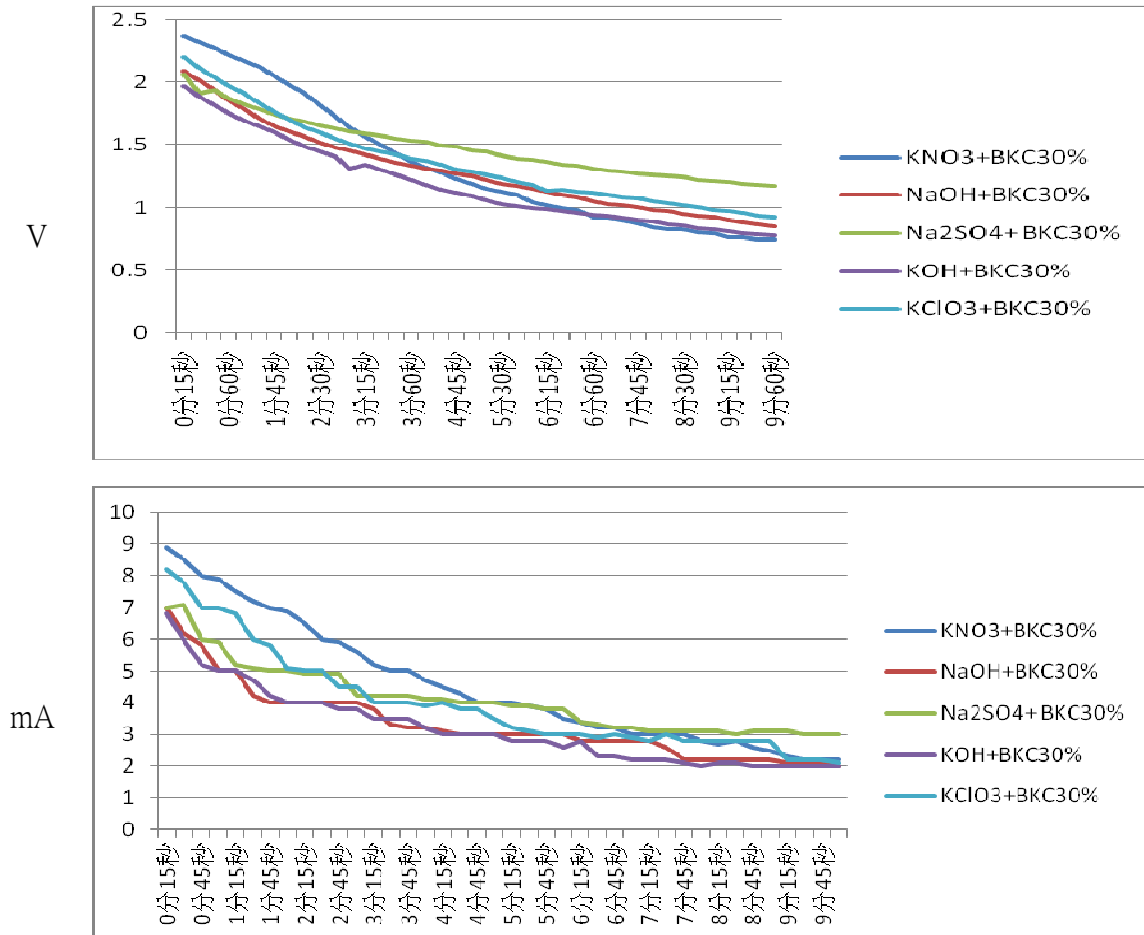
(三)與空白實驗對照，Triton X-100 濃度越高，電流呈下降趨勢，電壓呈下降趨勢。

(四)根據本實驗結果，非離子型界面活性劑濃度變化對於電流影響比電壓顯著。

(五)加入非離子型界面活性劑皆與 BKC、SLS 一樣，帶有起泡特性，但電池功率卻與空白實驗相比，**相對減少**，推測：因加入非離子型界面活性劑使溶液**物理化學性質**的改變與離子型界面活性劑**不同**，例:導電當量，造成電池功率下降。文獻探討(九)。

(六)根據第(五)點，因為數據太小，不適合進行後續實驗，故後續實驗不再探討此二種界面活性劑。

### 三、實驗三 氯化苯二甲銨(Benzalkonium chloride BKC)與電解質搭配對電池的影響

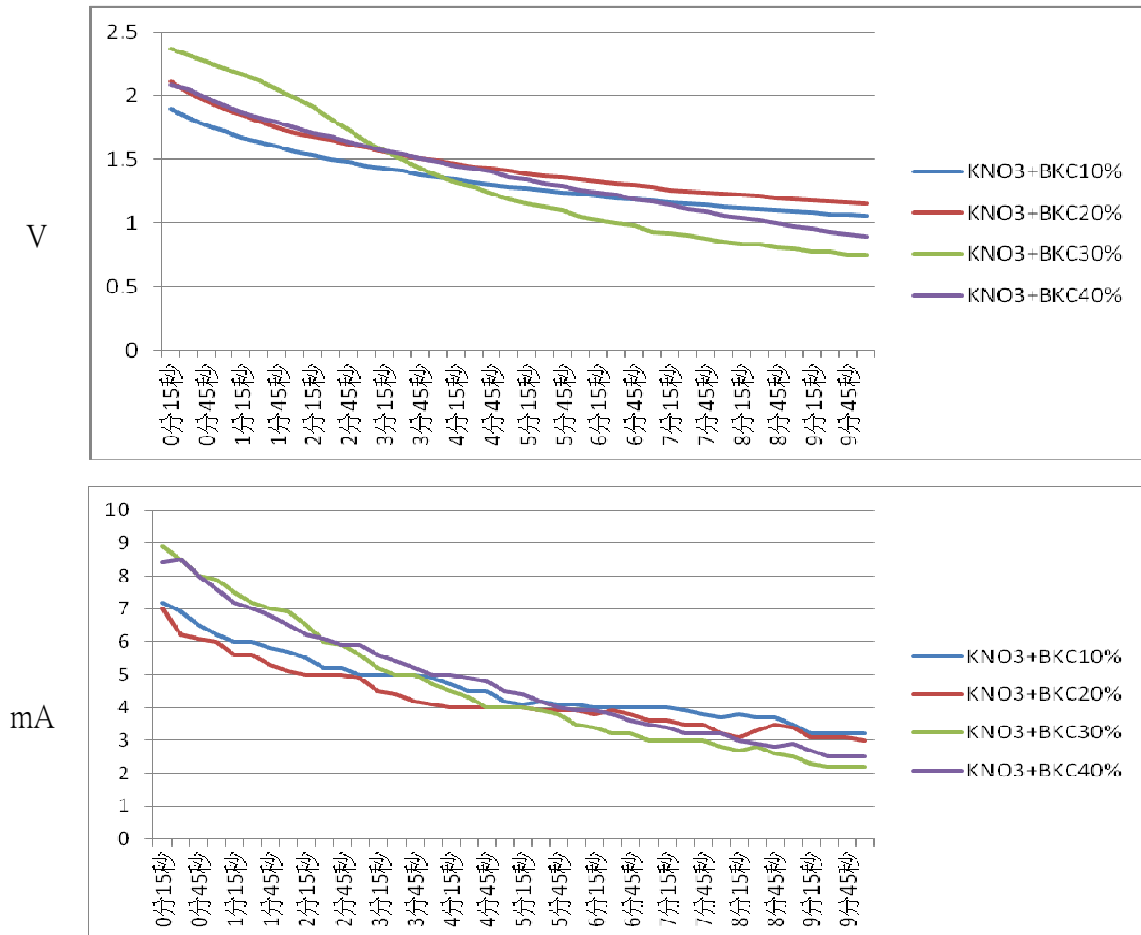


(一)與空白實驗對照，加入 BKC 之後，各電解質電壓與電流的差距明顯縮小，對於初始電壓明顯上升，但對於結束時之電壓與初始電壓差距變大。

(二)與空白實驗對照，加入 BKC 之後，平均電流上升，但對於結束時之電流與初始電流差距變大。經由觀察，一開始氣泡充滿整個 U 型管，電流增加許多，但放電 10 分鐘後**氣泡密集度明顯減少**，導致結束時電流偏低(與空白實驗幾乎相同)。

(三)以平均電功率來說： $KNO_3+BKC30% > Na_2SO_4+BKC30% > KClO_3+BKC30% > NaOH+BKC30% > KOH+BKC30%$

#### 四、實驗四 氯化苯二甲銨(Benzalkonium chloride BKC)的濃度(起泡效果)對電池的影響



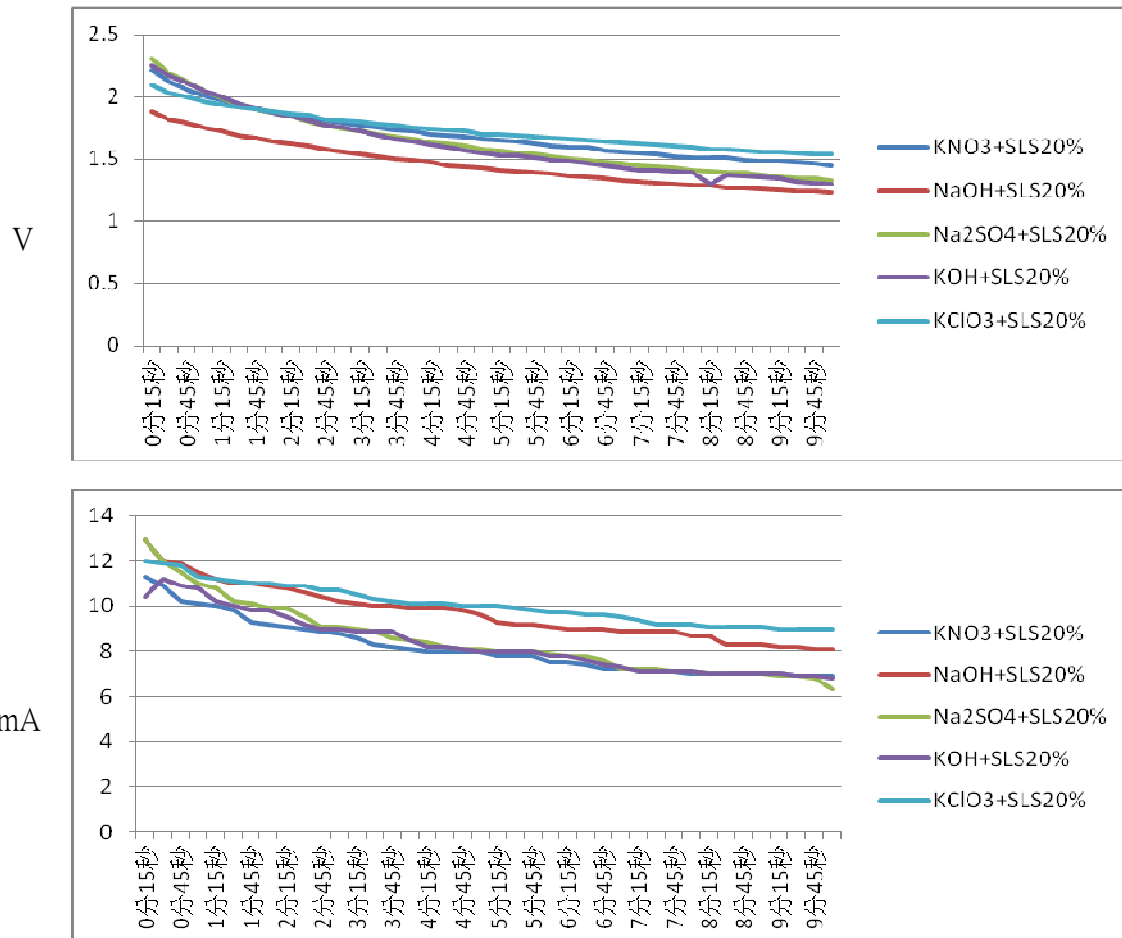
(一)以  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$   $30^\circ\text{C}$  之平均電功率為基準 100.00%

- 1.加入 BKC10%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 117.84%
- 2.加入 BKC20%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 124.11%
- 3.加入 BKC30%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 116.63%
- 4.加入 BKC40%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 126.92%

(二)根據上述，我們認為 BKC 對於電池確實有使其平均電功率上升的效果，不過其濃度的變化對於影響效果卻不大，我們推測這是因為**氣泡使其固、氣接觸面積增加**，而不同濃度的 BKC 使其**固、氣接觸面積增加有限(碳棒表面接觸面積為一定值)**。經由觀察，**BKC 的濃度影響氣泡大小不明顯**，造成**液、氣接觸面積(泡泡液膜)變化小**，使其**電流上升有限**，可能為溶液濃度增加，效率變化卻不大的原因。

(三)濃度的不同，界面活性劑影響的變因甚多，例:導電當量，我們認為此差異造成電池效能不一(參考討論十七:文獻探討之(一)(二)(三))。

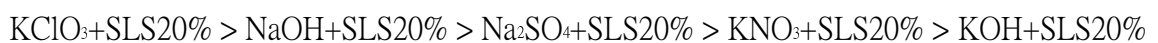
五、實驗五 月桂基硫酸鈉(Sodium lauryl sulfate SLS)與電解質搭配對電池的影響



(一)與空白實驗對照，加入 SLS 之後，各電解質電壓與電流的差距明顯縮小，其曲線趨於密集，且皆有上升的趨勢。

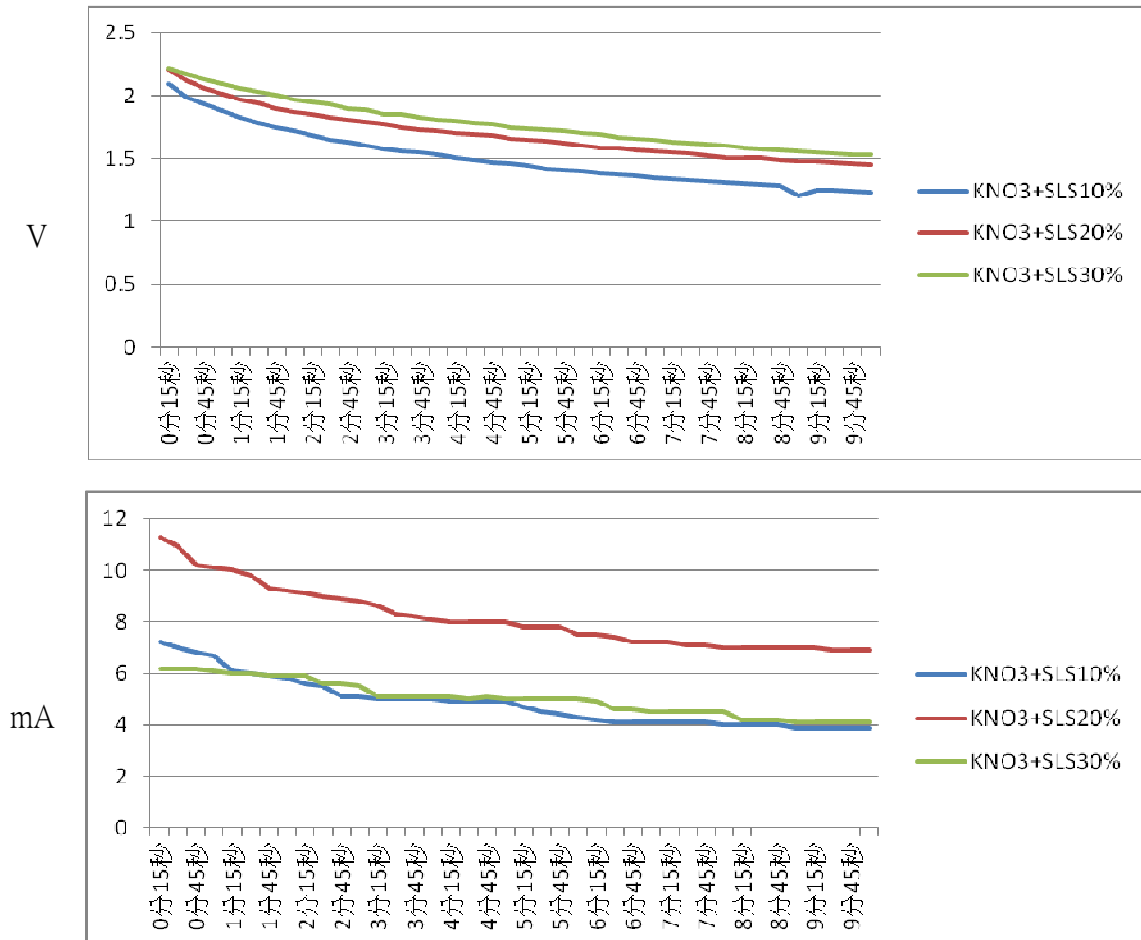
(二)經由觀察，一開始氣泡充滿整個 U 型管，電流增加許多，但放電 10 分鐘後**氣泡密集度減少(但與 BKC 比較氣泡數量仍為數不少)**，導致結束時電流仍比空白實驗高出許多。

(三)以平均電功率來說：





## 六、實驗六 月桂基硫酸鈉(Sodium lauryl sulfate SLS)的濃度(起泡效果)對電池的影響



(一)以  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})30^\circ\text{C}$  之平均電功率為基準 100.00%

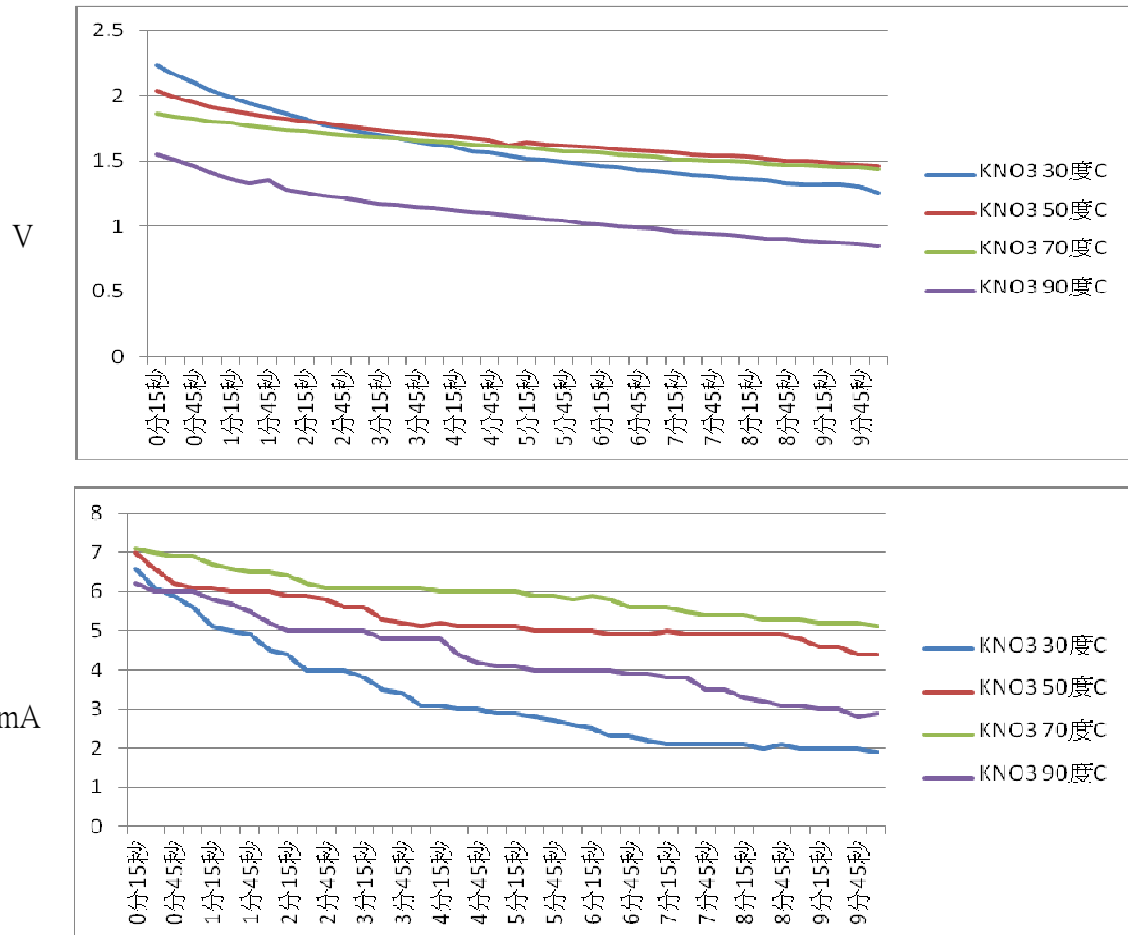
- 1.加入 SLS10%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 139.74%
- 2.加入 SLS20%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 264.14%
- 3.加入 SLS30%之後， $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ 之平均電功率變為 171.31%

(二)根據上述，我們認為 SLS 對於電池確實有使其平均電功率上升的效果，其濃度的變化對於影響效果明顯，我們推測這是因為**氣泡使其固、氣接觸面積增加**，而不同濃度的 SLS 使其**固、氣接觸面積增加有限(碳棒表面接觸面積為一定值)**，但經由觀察，SLS 的濃度影響氣泡大小非常明顯，造成**液、氣接觸面積(泡泡液膜)變化大**，使其**電流上升許多**，可能為溶液濃度增加，效率變高的原因。

(三) $\text{KNO}_3+\text{SLS}20\%$ 比  $\text{KNO}_3+\text{SLS}30\%$ 效率高的原因在於  $\text{KNO}_3+\text{SLS}30\%$ **濃稠度太高，很難產生氣泡**，推估  $\text{KNO}_3+\text{SLS}30\%$ 的液、氣接觸不佳(與  $\text{KNO}_3+\text{SLS}20\%$ 比較)。並推測因為其濃稠度高(經由觀察)，不易導電，造成電池效率不佳(與  $\text{KNO}_3+\text{SLS}20\%$ 比較)。

(四)濃度的不同，界面活性劑影響的變因甚多，例:導電當量，我們認為此差異造成電池效能不一(參考討論十七:文獻探討之(一)(二)(三))。

## 七、實驗七 溫度對 KNO<sub>3</sub> 空白實驗的影響



(一)以 KNO<sub>3</sub>(0.1M)30°C 之平均電功率為基準 100.00%

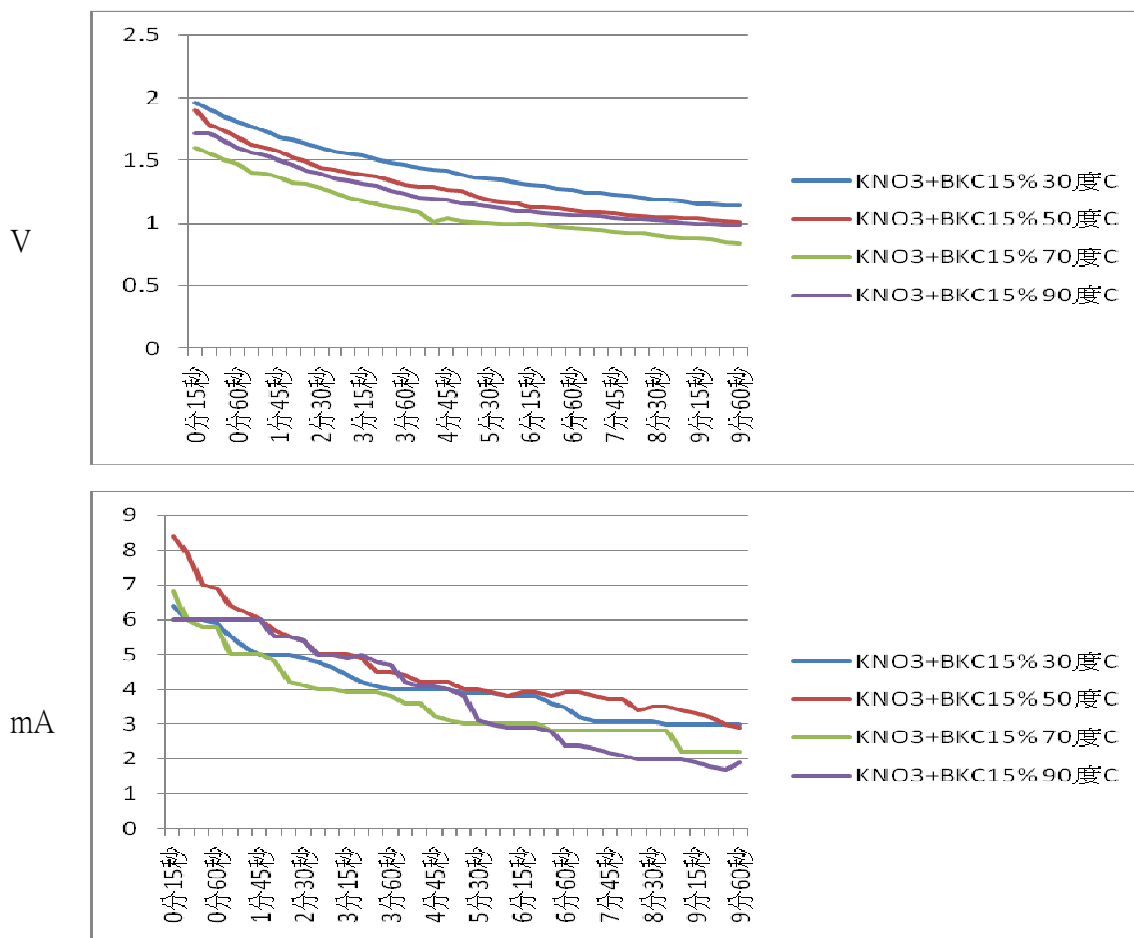
1. KNO<sub>3</sub>(0.1M)50°C 之平均電功率變為 169.24%
2. KNO<sub>3</sub>(0.1M)70°C 之平均電功率變為 183.39%
3. KNO<sub>3</sub>(0.1M)90°C 之平均電功率變為 91.90%

(二)KNO<sub>3</sub> 空白實驗的最佳溫度為 70°C。

(三)此實驗提供其他實驗比較。

(四)氣、固吸附量與溫度、壓力有關。(朱文濤 1998 物理化學中的公式與概念)。

## 八、實驗八 溫度對 $\text{KNO}_3$ +BKC15% 的影響



(一)以  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}15\%$   $30^\circ\text{C}$  之平均電功率為基準 100.00%

1.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}15\%$   $50^\circ\text{C}$  平均電功率變為 101.39%

2.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}15\%$   $70^\circ\text{C}$  平均電功率變為 67.65%

3.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}15\%$   $90^\circ\text{C}$  平均電功率變為 79.78%

(二) $\text{KNO}_3+\text{BKC}$  不適合高溫下進行。

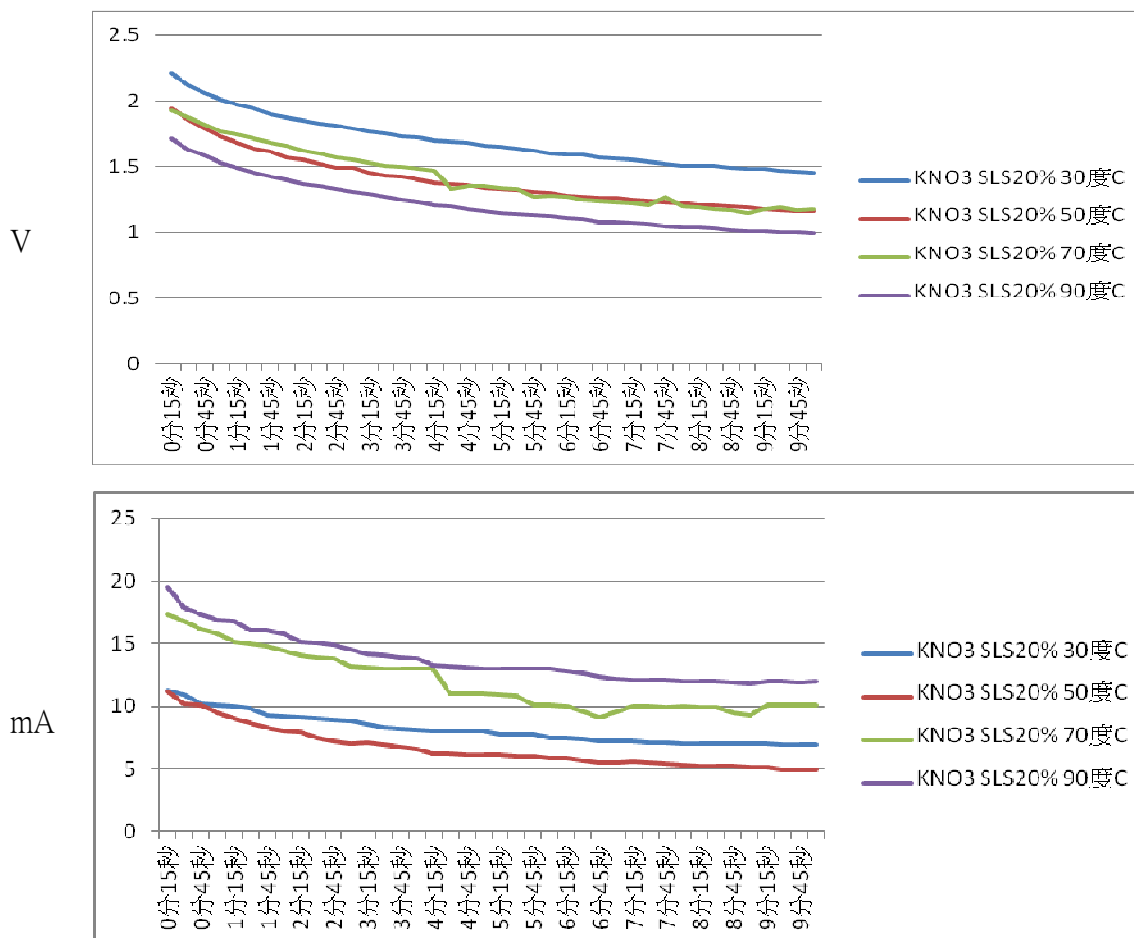
(三)電壓有稍微下降之趨勢，曲線趨於密集。初始電流上升，但經由觀察，當放電 10 分鐘後**氣泡密集度明顯減少**，電流下降與空白實驗接近。

(四)經由觀察，溫度越高，氣泡消失速率越快，造成其電流曲線趨於傾斜。

(五)溫度影響臨界膠束濃度 CMC(文獻探討(三)(四))並呈現**不規則變化**，進而影響其導電當量，為實驗的一變因，須由實驗找出界面活性劑最適當的溫度。

(六)氣、固吸附量與溫度、壓力有關。(朱文濤 1998 物理化學中的公式與概念)

## 九、實驗九 溫度對 $\text{KNO}_3$ +SLS20% 的影響



(一)以  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{SLS}20\%$   $30^\circ\text{C}$  之平均電功率為基準 100.00%

1.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{SLS}20\%$   $50^\circ\text{C}$  平均電功率變為 67.00%
2.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{SLS}20\%$   $70^\circ\text{C}$  平均電功率變為 122.11%
3.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{SLS}20\%$   $90^\circ\text{C}$  平均電功率變為 120.92%

(二)  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{SLS}20\%$  最適合溫度為  $70^\circ\text{C}$ 。

(三)電壓有稍微下降之趨勢，曲線趨於密集。初始電流大量增加，結束時電流也比空白實驗高出許多，經由觀察，SLS 的影響氣泡大小非常明顯，造成**液、氣接觸面積(泡泡液膜)變化大，使其電流上升許多**，可能為溶液濃度增加，效率變高的原因。

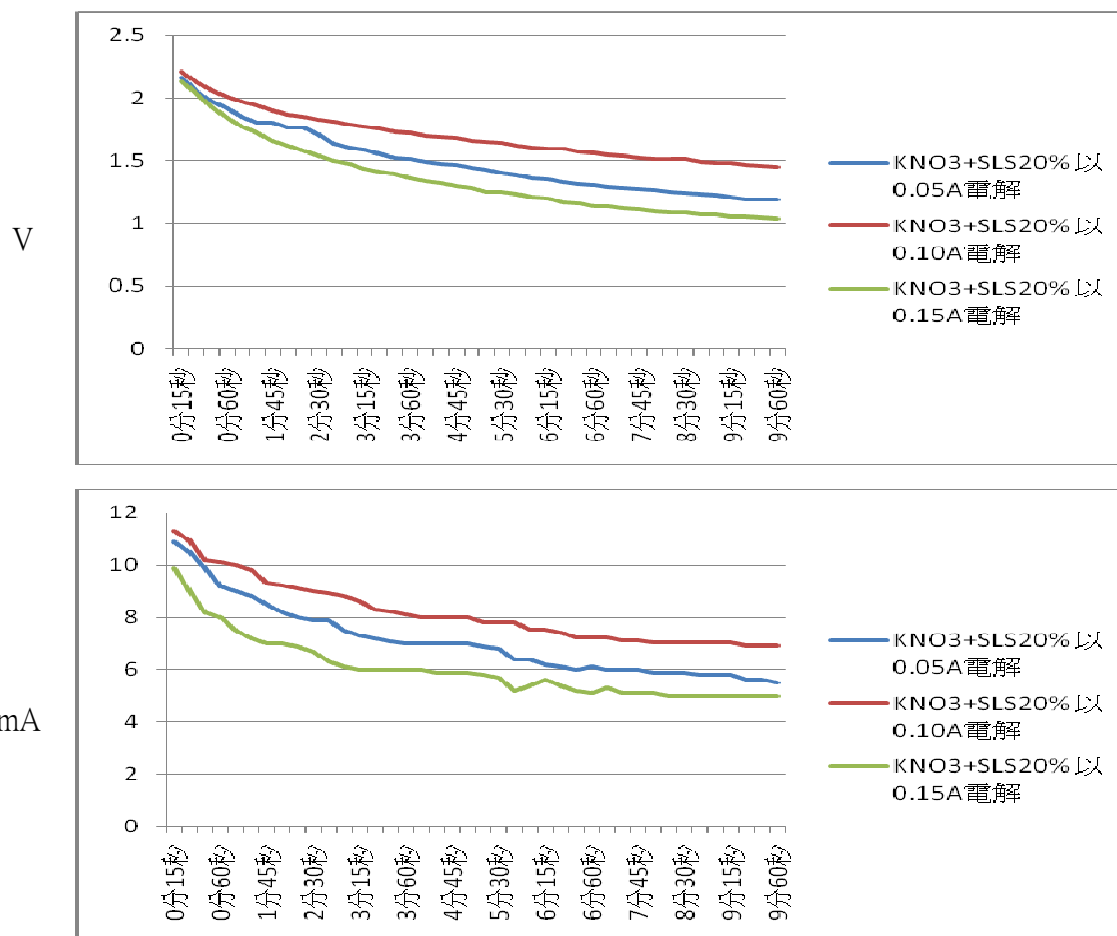
(四)經由觀察，**溫度越高，氣泡消失速率越快**，但因 SLS 本身之特性造成其氣泡消失速率並無 BKC 來的快，以及 SLS 本身影響電池的效果其電流曲線反而趨於平順。

(五)同實驗八 溫度對  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}15\%$  的影響 之(五)。

(六)氣、固吸附量與溫度、壓力有關。(朱文濤 1998 物理化學中的公式與概念)

(七)溫度影響臨界膠束濃度 CMC(文獻探討(三)(四))並呈現**不規則變化**，進而影響其導電當量，為實驗的一變因。須由實驗找出界面活性劑最適當的溫度。

十、實驗十 電解時電流變化造成氣泡大小變化對  $\text{KNO}_3$ +SLS20%的影響。



(一)在 U 型管內，

- 1.以 0.05A 電解開始及反應後氣泡的大小平均為 0.679mm/顆。
- 2.以 0.10A 電解開始及反應後氣泡的大小平均為 0.483mm/顆。
- 3.以 0.15A 電解開始及反應後氣泡的大小平均為 1.000mm/顆。

(二)以  $\text{KNO}_3$  空白實驗為基準 100%

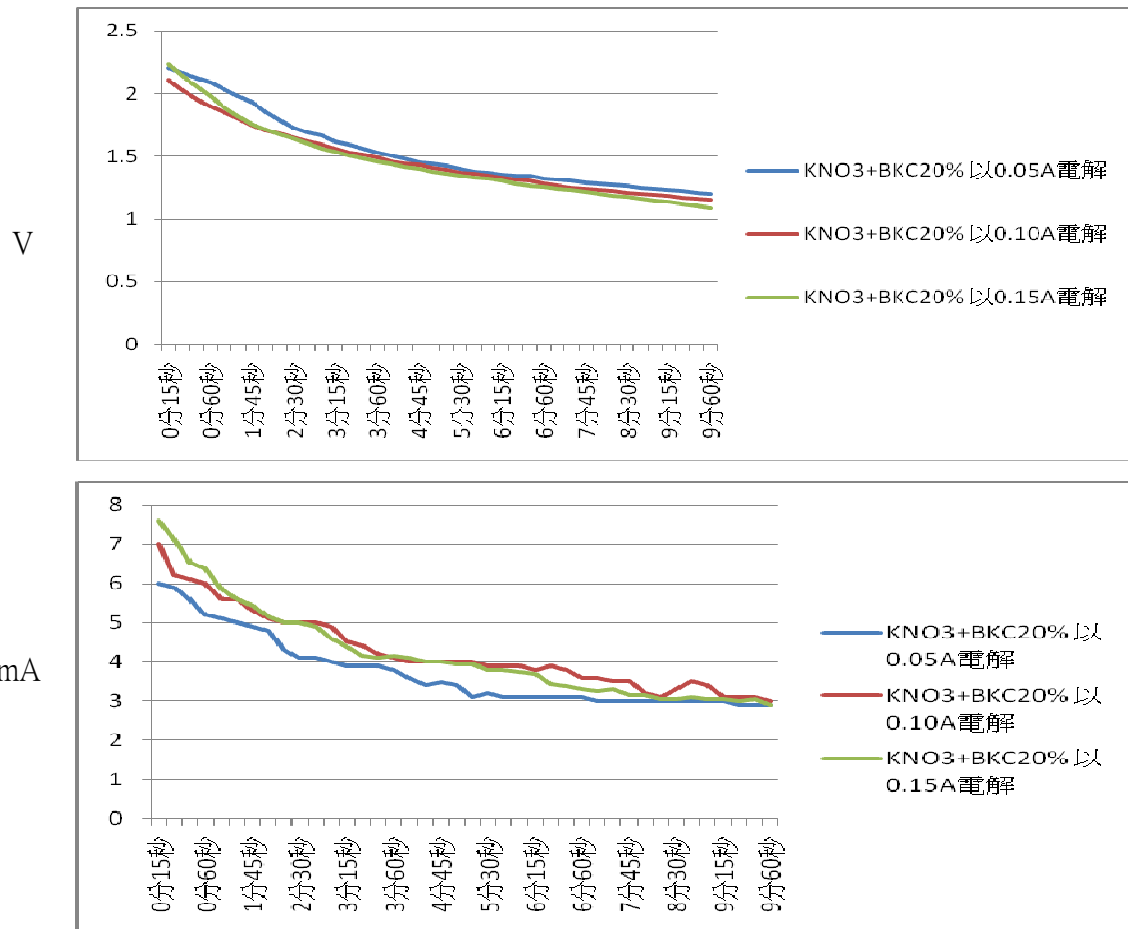
1.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ +SLS20%氣泡大小平均為 0.679mm /顆 之 平均電功率變為 202%。
2.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ +SLS20%氣泡大小平均為 0.483mm /顆 之 平均電功率變為 264%。
3.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$ +SLS20%氣泡大小平均為 1.000mm /顆 之 平均電功率變為 156%。

(三)電解電流 0.1A 時，氣泡最小，效果最好。

(四)電解時的電流與氣泡大小沒有成正比，而是呈不規則變化。

(五)根據實驗結果，氣泡越小，電池效率越高。

十一、實驗十一 電解時電流變化造成氣泡大小變化對  $\text{KNO}_3 + \text{BKC}20\%$  的影響。



(一)在 U 型管內，

- 1.以 0.05A 電解開始及反應後氣泡的大小平均為 0.417 mm/顆。
- 2.以 0.10A 電解開始及反應後氣泡的大小平均為 0.307 mm/顆。
- 3.以 0.15A 電解開始及反應後氣泡的大小平均為 0.346 mm/顆。

(二)以  $\text{KNO}_3$  空白實驗之平均電功率為基準 100%

1.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M}) + \text{BKC}20\%$  氣泡大小平均為 0.417 mm/顆 之 平均電功率變為 109%。
2.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M}) + \text{BKC}20\%$  氣泡大小平均為 0.307 mm/顆 之 平均電功率變為 124%。
3.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M}) + \text{BKC}20\%$  氣泡大小平均為 0.346 mm/顆 之 平均電功率變為 117%。

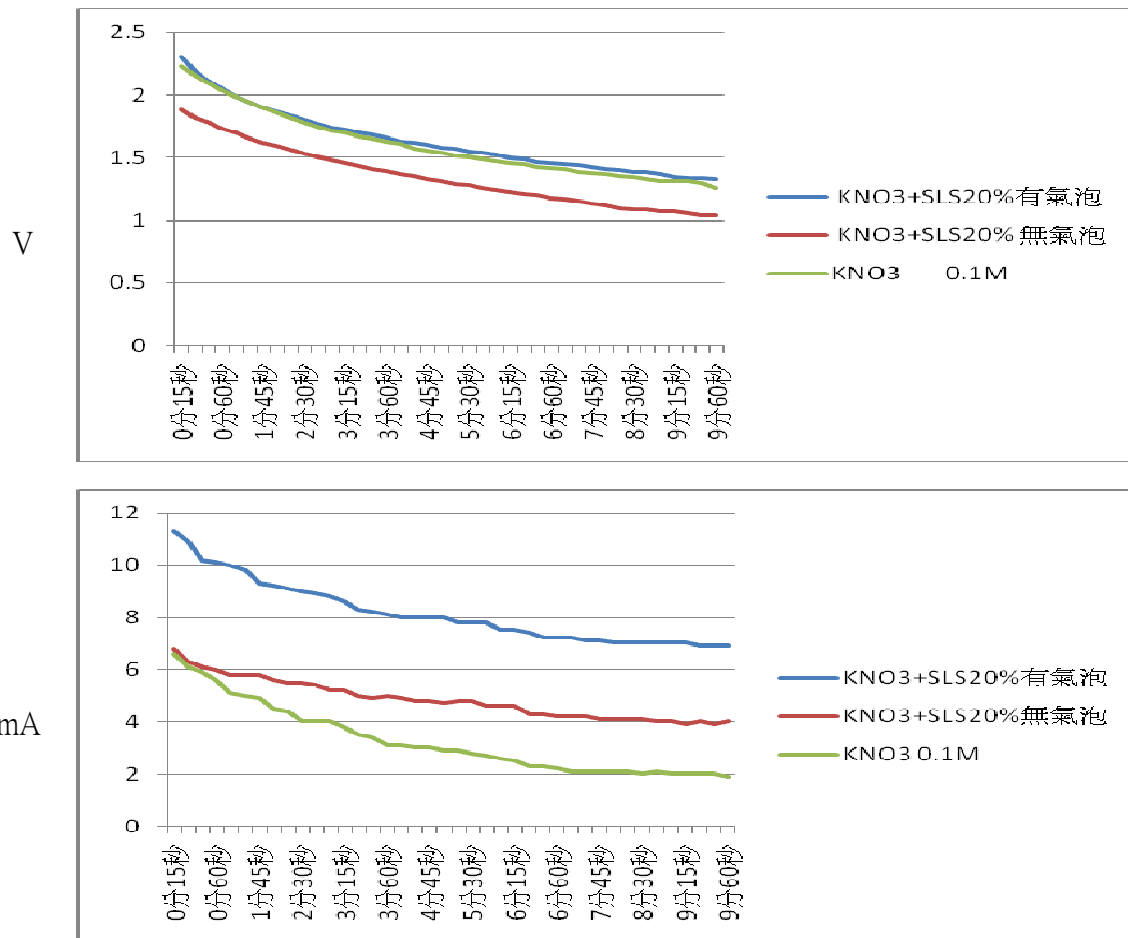
(三)電解電流 0.1A 時，**氣泡最小，效果最好**。

(四)電解時的**電流與氣泡大小沒有成正比**，而是呈**不規則變化**。

(五)根據實驗結果，**氣泡越小，電池效率越高**。



## 十二、實驗十二 探討 SLS 氣泡有無對於電壓及電流的影響。



(一)以 KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率空白實驗為基準 100%

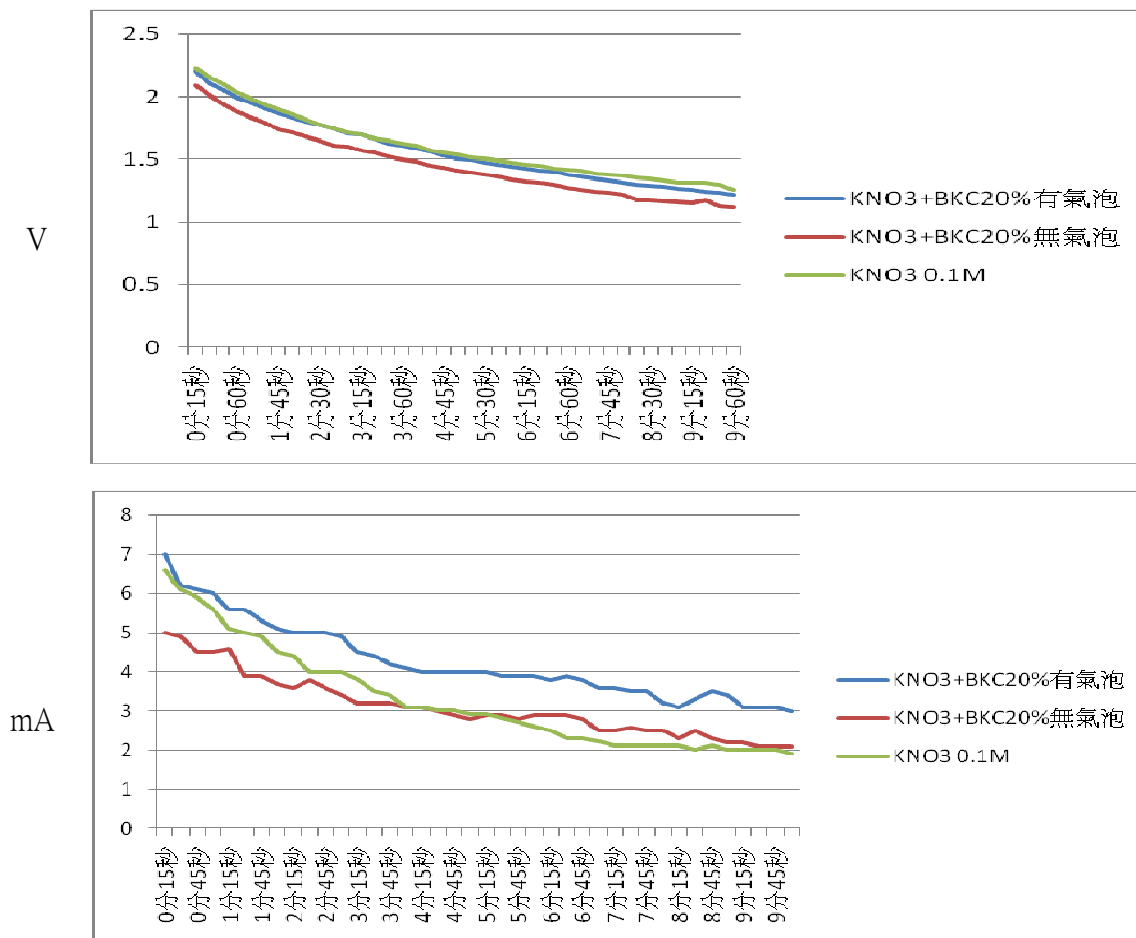
1. KNO<sub>3</sub>(0.1M)+SLS20% 以 0.1A 電解的電功率為 264%
2. KNO<sub>3</sub>(0.1M)+SLS20% 以 0.1A 電解，並使其氣泡消失，其電功率為 97%

(二)先前所做的實驗只能知道加入 SLS 會使電池效能上升，但是卻無法確認氣泡能否提高效能。在這次實驗中，保存氣泡的氫氧燃料電池整體效能是高於空白實驗以及消除掉氣泡的氫氧燃料電池。在電壓方面，消除掉氣泡的氫氧燃料電池低於其他二者；在電流方面，可看出保存氣泡的氫氧燃料電池比消除掉氣泡的氫氧燃料電池高。

(三)消除氣泡後，電池功率與 KNO<sub>3</sub>空白實驗相去不遠，比空白實驗的電功率稍微下降，但與產生氣泡的實驗比較，明顯下降許多。而消除氣泡後的電功率會比空白實驗差，但卻差不多的原因可能為: 1.膠束會影響導電(使電功率下降) 2.SLS 本身為電解質(使電功率上升)  
**因(1)與(2)兩原因衝突，造成此實驗結果。**

(四)呈現數據與預期相符：消除氣泡將使電池功率下降。

十三、實驗十三 探討 BKC 氣泡有無對於電壓及電流的影響。



(一)以  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})$  之平均電功率空白實驗為基準 100%

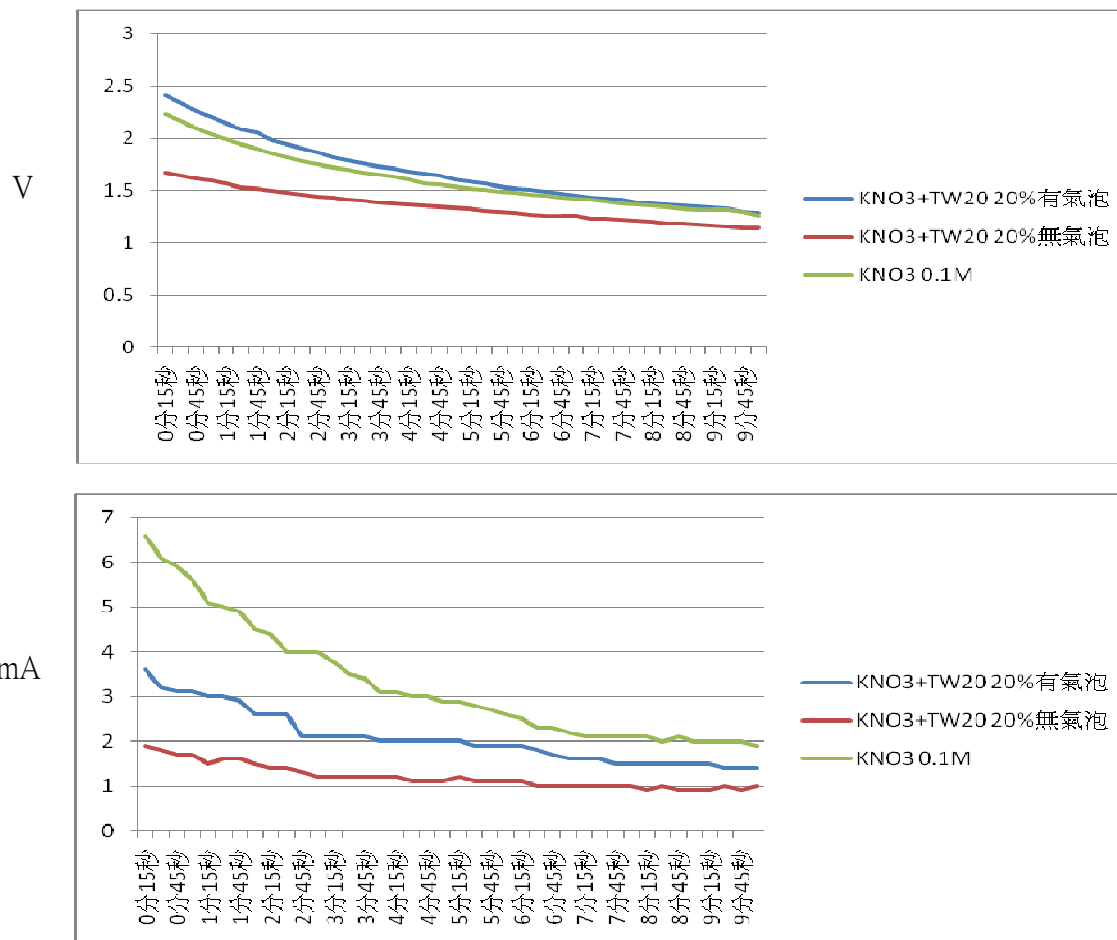
1.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}20\%$  以 0.1A 電解的電功率為 124%
2.  $\text{KNO}_3(0.1\text{M})+\text{BKC}20\%$  以 0.1A 電解，並使其氣泡消失，其電功率為 86%

(二)先前所做的實驗只能知道加入 BKC 會使電池效能上升，但是卻無法確認氣泡能否提高效率。在這次實驗中，保存氣泡的氫氧燃料電池整體效能是高於空白實驗以及消除掉氣泡的氫氧燃料電池。在電壓方面，三者曲線排列得相當接近，不過還是可以看出消除掉氣泡的氫氧燃料電池略低於其他二者；在電流方面，可看出保存氣泡的氫氧燃料電池比消除掉氣泡的氫氧燃料電池高，也比空白實驗還要來得平穩。

(三)膠束可能影響導電，導致加入界面活性劑的電池功率下降，在無氣泡使電池功率上升的情況下，電池的功率將比空白實驗低。

(四)呈現數據與預期相符：**消除氣泡將使電池功率下降。**

#### 十四、實驗十四 探討 Tween20 氣泡有無對於電壓及電流的影響。



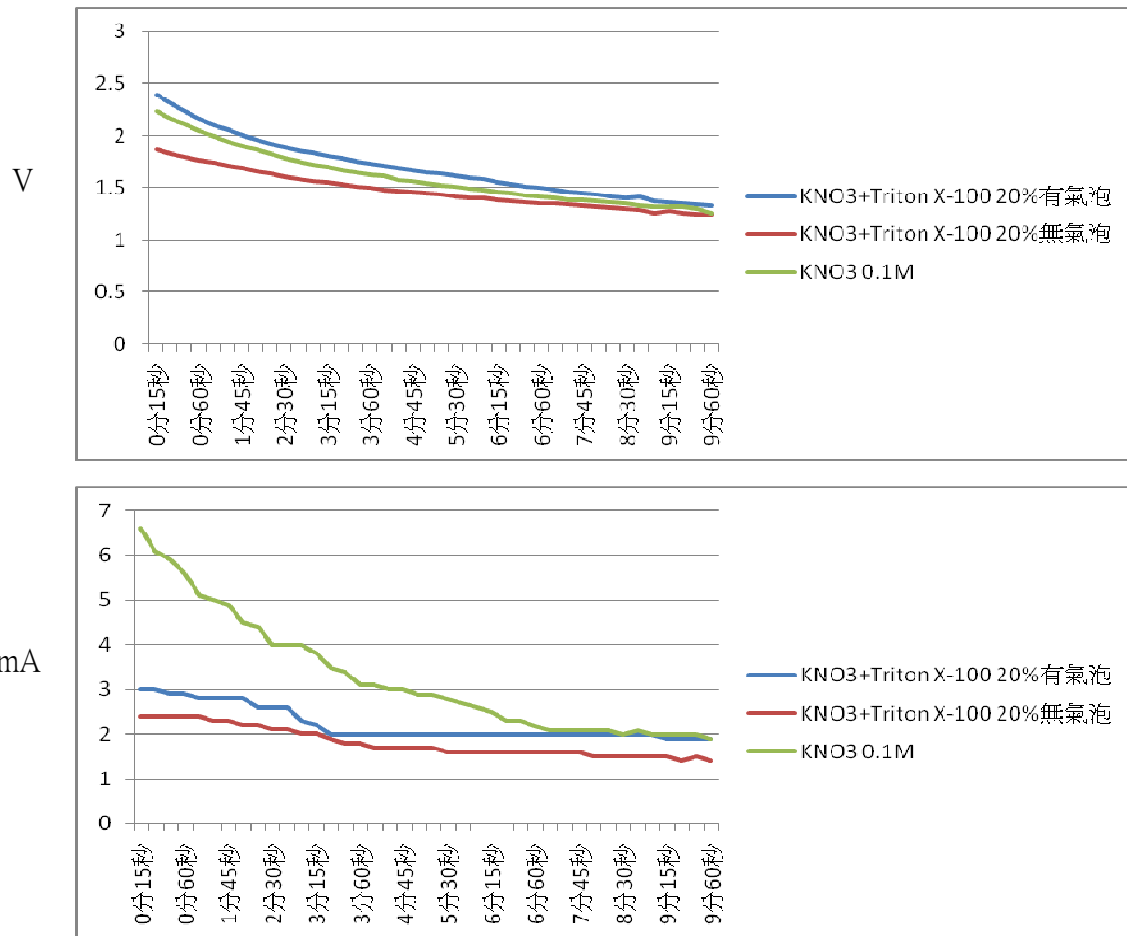
(一)以 KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率空白實驗為基準 100%

1. KNO<sub>3</sub>(0.1M)+ Tween20 20% 以 0.1A 電解的電功率為 66%
2. KNO<sub>3</sub>(0.1M)+ Tween20 20% 以 0.1A 電解，並使其氣泡消失，其電功率為 31%

(二)加入 Tween20 的氫氧燃料電池已經確定會導致電池功率下降，但是**相對於「有氣泡」的電池，「沒有氣泡」的電池效能仍然差了許多**；保存氣泡的氫氧燃料電池在電壓及電流方面也都是高於消除掉氣泡的氫氧燃料電池。

(三)呈現數據與預期相符：**消除氣泡將使電池功率下降**。

十五、實驗十五 探討 Triton X-100 氣泡有無對於電壓及電流的影響。



(一)以 KNO<sub>3</sub>(0.1M)之平均電功率空白實驗為基準 100%

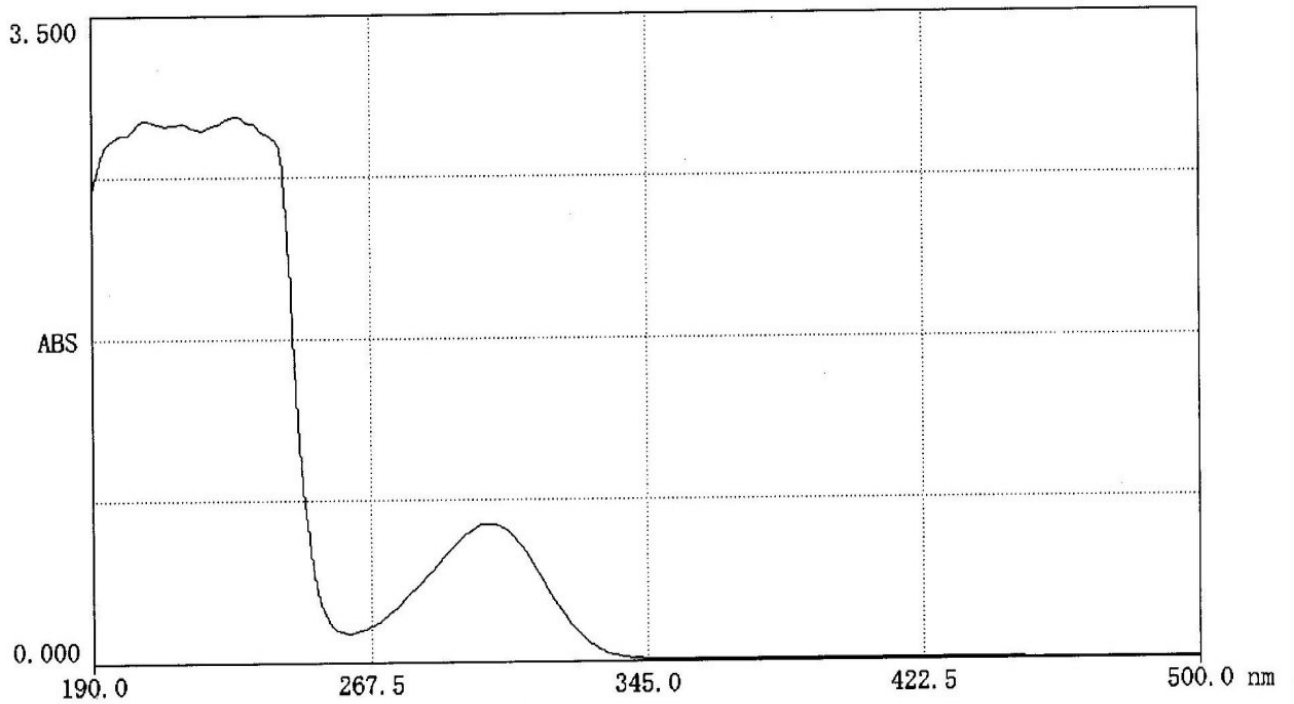
1. KNO<sub>3</sub>(0.1M)+ Triton X-100 20% 以 0.1A 電解的電功率為 72%
2. KNO<sub>3</sub>(0.1M)+ Triton X-100 20% 以 0.1A 電解，並使其氣泡消失，其電功率為 51%

(二)加入 Triton X-100 的氫氧燃料電池已經確定會導致電池功率下降，但是**相對於「有氣泡」的電池，「沒有氣泡」的電池效能仍然差了許多**；保存氣泡的氫氧燃料電池在電壓及電流方面也都是高於消除掉氣泡的氫氧燃料電池。

(三) 呈現數據與預期相符：**消除氣泡將使電池功率下降。**

十六、實驗十六 探討氣泡上電解液濃度變化

(一)  $\text{KNO}_3$  0.1M 溶液 ( 橫軸:光的波長, 縱軸:吸光度 ABS )

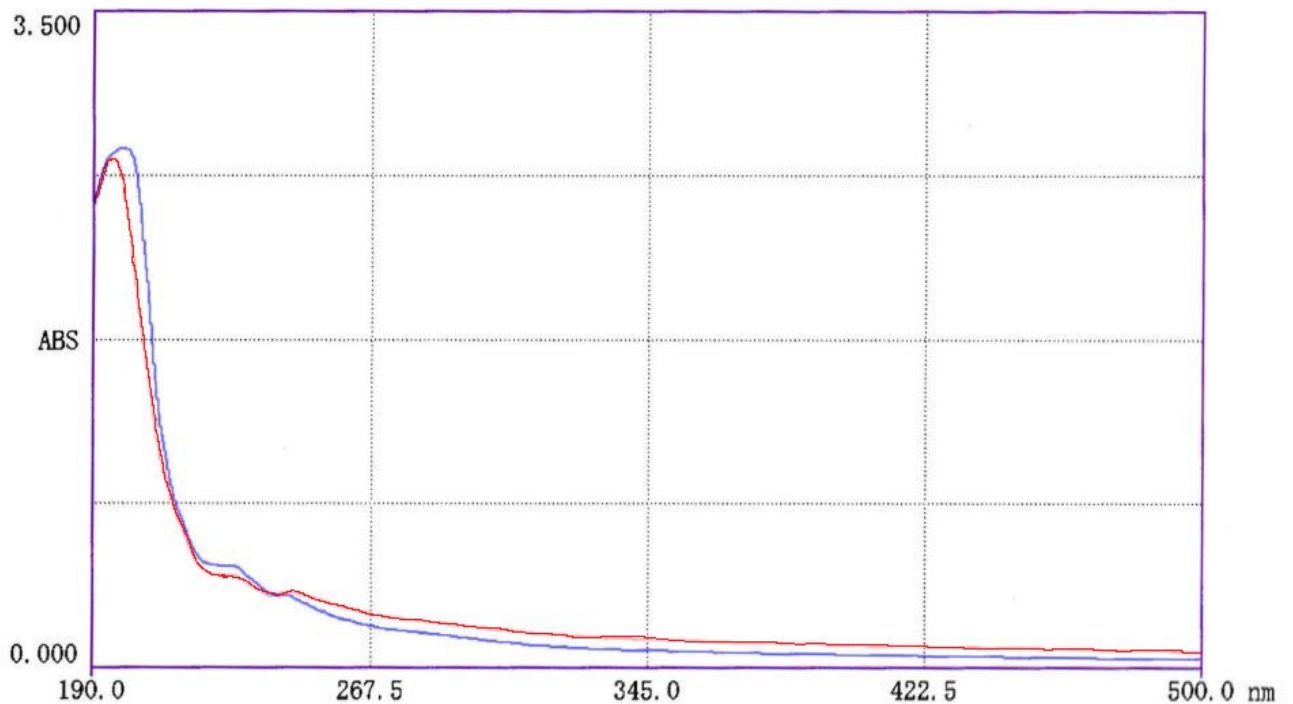


※ 雖然  $\text{KNO}_3$  在波長約 220nm 的時候有非常微弱的吸光度, 但圖中的吸光度可能由  $\text{KNO}_3$  的不純和夾雜其中的雜質所造成, 所以我們仍將此視為  $\text{KNO}_3$  的標定物質

(二) SLS 20% 溶液---紅色線

SLS 20% 攪拌後之氣泡離心形成的溶液---藍色線

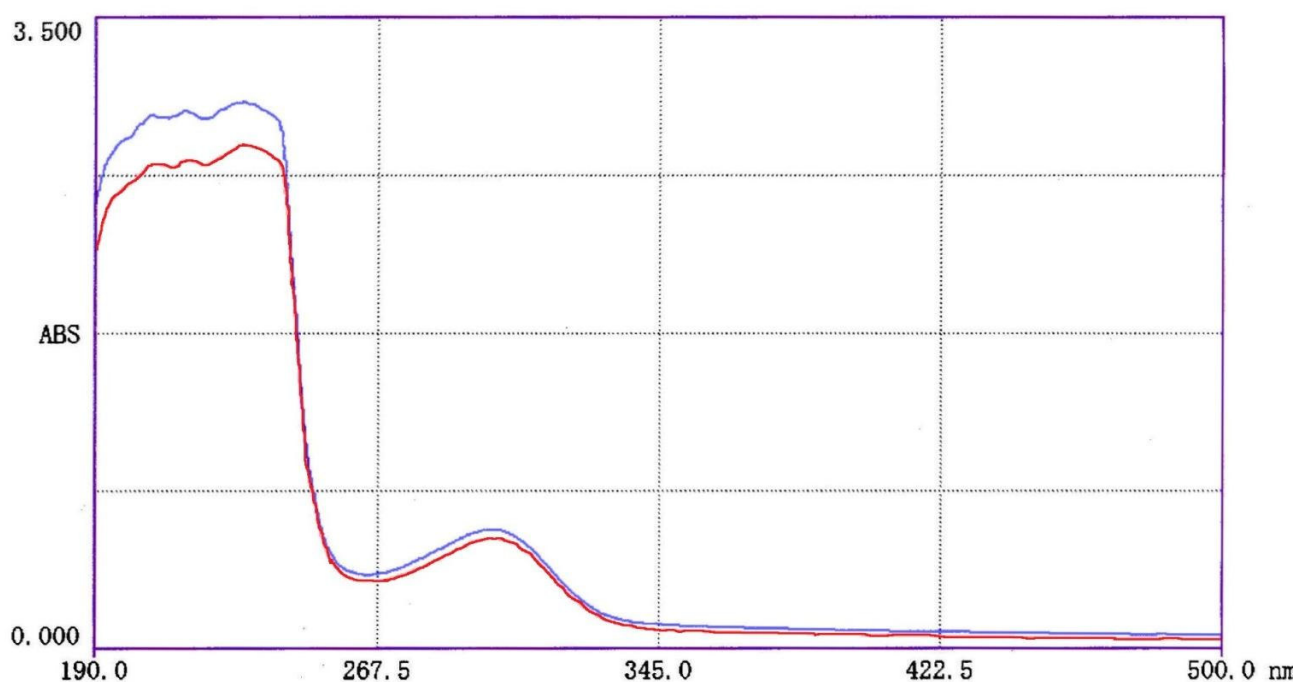
( 橫軸:光的波長, 縱軸:吸光度 ABS )



(三)  $\text{KNO}_3$  0.1M+SLS 20% 電解後溶液----紅色線

$\text{KNO}_3$  0.1M+SLS 20% 電解後產生氣泡離心形成的溶液---藍色線

( 橫軸:光的波長，縱軸:吸光度 ABS )



1.根據吸收光譜儀，SLS 20%溶液電解後的氣泡，其離心形成的溶液濃度在光波長較小的部份，吸光度略大於 SLS 20%溶液；但在光波長較大的部份，呈現略小於 SLS 20%溶液。

2. $\text{KNO}_3$  0.1M + SLS 20%電解後產生氣泡，其離心形成的溶液在光波長較小部份，吸光度大於  $\text{KNO}_3$  0.1M + SLS 20%電解後溶液的吸光度；在光波長較大的部份，其吸光度呈現略大於  $\text{KNO}_3$  0.1M + SLS 20%電解後溶液的吸光度。

3.綜合各點來看：溶液形成氣泡後，所含物質濃度(吸光度)會有所改變，實驗所用  $\text{KNO}_3$ 0.1M+SLS 20% 電解液所形成氣泡，其濃度與原本溶液比較會有所增加，從增加吸光度的光波長範圍看出:主要是在  $\text{KNO}_3$ 所吸收的光波長範圍，**綜合各點來看：氣泡的濃度大於溶液的濃度，主要是  $\text{KNO}_3$  濃度的變化。**

4.根據第三點，濃度高的溶液吸附在碳棒表面，造成平均電功率上升。



## 十七、文獻探討

- (一)界面即為兩種型態的區隔之處，例:肥皂水的泡沫即為液、氣共存之情形。
- (二)界面活性劑水溶液物理化學性質:**溶解度、表面張力、導電的當量(溶液的濃稠度影響電子移動)**，隨濃度的變化有一個轉折點，每種界面轉折點不一。(如下圖)

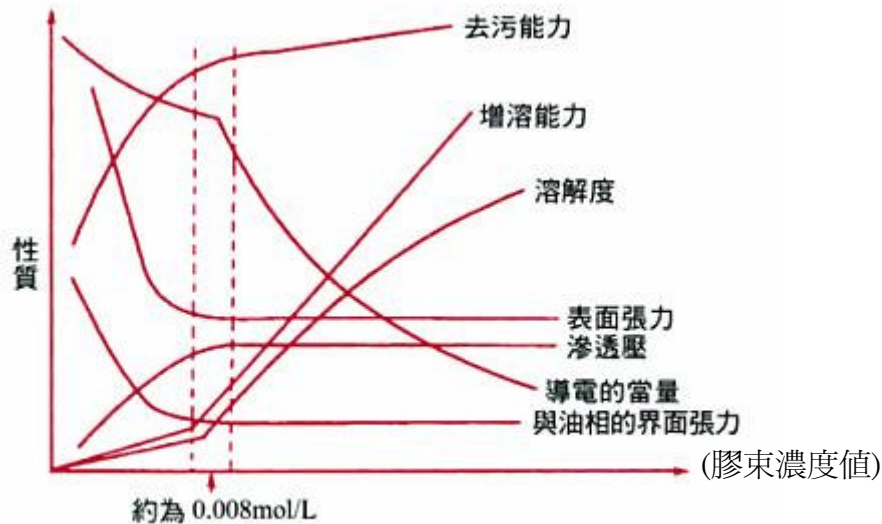


圖 8-2 十二醇硫酸醇鈉的 CMC 濃度值 (虛線部分)

(趙坤山、張效銘(2006)。化妝品化學)

- (三)CMC 值的影響因素很多，**溫度、無機鹽、醇類、壓力變化、pH 值**等都可改變 CMC 值的大小。通常採用**表面張力法、電導法或染料增溶法**進行測定。
- (四)**溫度影響臨界膠束濃度 CMC 並呈現不規則變化**，這是因為活性劑溶於水是水合過程，該過程是放熱的，因此升高溫度使其脫水，從而加強了活性劑分子疏水鏈的締合力，易於形成分子聚集體，即膠束的形成過程是去水化作用，溫度升高可破壞醚鍵中的氧原子與水分子中的氫原子之間的氫鍵作用，也就是令親水基的水化作用減小，促進膠束形成；另一方面，溫度升高可使疏水基周圍的結構水破壞，妨礙膠束的形成。這**兩個相反效應的相對大小決定了升溫使 CMC 值減小還是增加**。
- (五)界面活性劑是膠質，膠質不一定是界面活性劑。膠質:水溶性高分子物質，用來當乳化劑、分散劑、懸浮劑，有增稠、凝膠化、成膜性、保濕性、穩泡性。
- (六)根據上述第(二)點、第(四)點，可說明 實驗四、實驗六、實驗八及實驗九的結果。
- (七)劉培生(2004)。多孔材料引論中提到，電極作用是反應物與電解質產生反應，電極應是電子的良好導體，並為電化學反應提供有效場所，電極有效表面積比越大，電化學反應界面越多，電極效率就越大。
- (八)氣、固吸附量與溫度、壓力有關。(朱文濤 1998 物理化學中的公式與概念)
- (九)非離子界面活性劑溶於水中後並不帶電荷，與陰離子界面活性劑或陽離子界面活性劑不同，**非離子界面活性劑的親水性由水分子中的氫及界面活性劑分子共價鍵構成，即界面活性劑的親水端不會解離成離子者**。(張豐志(2003)。應用高分子手冊)

## 陸、結論

- 一、**結論一** 綜合討論十七(文獻探討)，本實驗的變因在於：
  - 1.三相接觸反應面積(氣泡大小)
  - 2.臨界膠束濃度 CMC(影響 溶解度、表面張力、導電當量)
  - 3.溫度(影響**臨界膠束濃度** CMC)
  
- 二、**結論二** 聚乙二醇辛基苯基醚(Triton X-100)及聚氧乙烯山梨醇酐單月桂酸酯 20 (Tween20)  
**二種界面活性劑的起泡效果對於電壓及電流的影響:**  
加入非離子型界面活性劑皆與 BKC、SLS 一樣，帶有起泡特性，但電池功率卻與空白實驗相比，**相對減少**，推測：因加入非離子型界面活性劑使溶液**物理、化學性質**的改變與離子型界面活性劑**不同**，例:導電當量，造成**電池功率下降**，故不適合用於燃料電池。
  
- 三、**結論三** **BKC 與電解質搭配**：BKC30%對討論的電解質並**無選擇性**，**都會使電池更穩定**，會將相對較弱的電解質，提升至某一程度。而 BKC 的氣泡確實有使電壓趨向穩定、電流增加的效果，**但當氣泡消失時，其結束時電流便與空白實驗無異**。
  
- 四、**結論四** **BKC 的濃度**：BKC30%時會使電池開始不穩，而加入 BKC20%的電池最為穩定，BKC 的濃度差異因為其特性而對電池影響結果並不大。
  
- 五、**結論五** **SLS 與電解質搭配**：SLS20%對討論的電解質也是**不具選擇性**，均使電壓電流提升，電流尤為顯著，且和實驗三相比，電壓雖無大幅增加卻是更加穩定，而電流除了效果變好之外，也變的比空白實驗、實驗三(BKC 與電解質搭配)還要更穩定。
  
- 六、**結論六** **SLS 的濃度**：可看出 SLS 的濃度差異對電壓是沒有明顯變化的，但是**對電流來說卻有顯著的影響**，尤其是加入 SLS20%的電流，明顯高於 SLS10%、SLS30%的溶液，雖然有著程度上的差異，但三者電流表現，都比空白實驗的電流來的穩定。由討論知，**固、氣接觸面積增加有限(碳棒表面接觸面積為一定值)、SLS 的濃度影響氣泡大小非常明顯，造成液、氣接觸面積(泡泡液膜)變化大，進而影響電池效能**。
  
- 七、**結論七** **溫度對 KNO<sub>3</sub>的影響**：可看出 KNO<sub>3</sub>到 90°C 時，電壓的效果並不好，電流方面在 70°C 時最為穩定，電壓也與 30°C、50°C 並駕齊驅，70°C 時，實驗效果最好。
  
- 八、**結論八** **溫度對 KNO<sub>3</sub>+BKC15% 的影響**：溫度對 BKC15%對電壓並無明顯影響，對電流只有些許的影響，50°C 時的電流剛開始有稍微提升，到後期時，電流和 30°C 時無異。
  
- 九、**結論九** **溫度對 KNO<sub>3</sub>+SLS20% 的影響**：SLS20%的溫度提高會產生較低的電壓，70°C、90°C 的電流有大幅提升，但卻相對不穩定，可知，溫度會使 SLS20%變的不穩定。

- 十、**結論十** 電解時電流變化造成氣泡大小變化對  $\text{KNO}_3$ +SLS20%的影響：電解時的電流與氣泡大小沒有成正比，而是呈不規則變化，根據實驗結果，氣泡越小，電池效率越高。
- 十一、**結論十一** 電解時電流變化造成氣泡大小變化對  $\text{KNO}_3$ +BKC20%的影響：同結論十。
- 十二、**結論十二** 探討各種界面活性劑的氫氧燃料電池，氣泡有無對於電壓及電流的影響：不論是非離子型界面活性劑、陽離子型界面活性劑或是陰離子型界面活性劑，數據呈現皆與預期相符，**消除氣泡都會使電池功率下降，所以「有」氣泡確實能提升電池效能。**
- 十三、**結論十三** 探討氣泡上電解液濃度變化：綜合各點來看，氣泡的濃度大於溶液的濃度，主要是  $\text{KNO}_3$  濃度的變化，濃度高的溶液吸附在碳棒表面，造成平均電功率上升。
- 十四、**結論十四** 經由實驗，氣泡確實影響電池效能甚多，但因為界面活性劑的多種特性，氣泡對電池的影響容易受其他因素而產生變化。
- 十五、**結論十五**  $\text{KNO}_3$ + SLS 20%、電解電流 0.1A、70°C 的時候的效果最好，以空白實驗平均電功率為基準 100%，**電功率提升至 322.37%。**
- 十六、**總結上述**：界面活性劑的濃度並非越高越好，而是必須挑選最適當的濃度、溫度、電解電流，不只要考慮到氣泡的密集度及大小，還要考慮界面活性劑的許多特性，例如：膠束濃度所造成的影響、濃稠度、導電當量.....等，使各個變因達到最適合的狀態。

## 柒、參考資料及其他

- 一、王世敏、許祖勛、傅晶。奈米材料原理與製備。初版。台北市:五南圖書。p.199。2004。
- 二、朱文濤。初版。物理化學中的公式與概念。初版。北京市:清華大學出版社。p.159。1998。
- 三、柯賢文(2007)。表面張力的應用。科學發展，411，p.48-51。
- 四、童鈞耕。高等工程熱力學。初版。北京市:科學出版社。p.257。2006。
- 五、張豐志。應用高分子手冊。初版。台北市:五南圖書。p.514-519。2003。
- 六、趙坤山、張效銘。化妝品化學。初版。台北市:五南圖書。p.145、148、149。2006。
- 七、劉培生。多孔材料引論。初版。北京市:清華大學出版社。p.32。2004。
- 八、雷永泉、萬群、石永康。新能源材料。初版。台北縣。新文京。p.193-194。2004。
- 九、溫度、NaCl及乙醇對Tw80水溶液的臨界膠束濃度的影響(無日期)。  
河南省：表面活性劑工程技術研究中心。民國100年4月20日，取自：  
<http://hn.surfactant.com.cn/kjwxView.aspx?id=156>