

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

第三名

最佳團隊合作獎

040810

新型葉綠素電池的研究與開發

學校名稱：臺北市立麗山高級中學

作者： 高一 林鵬 高一 黎上瑋 高一 吳郁萱	指導老師： 張堯卿 金佳龍
----------------------------------	---------------------

關鍵詞：葉綠素、電池、奈米金

## 摘要

本研究效法自然法則光合作用「光反應系統二」<sup>註1</sup>內，葉綠素受光照激發出電子的機制，應用在電池發電，有低成本、環保且製程簡易的優點。

本作品中分為以下幾項研究:

- 一、不同電解液對電池發電影響，以 KI-I<sub>2(aq)</sub> 電解液其提升效果較佳。
- 二、不同色光對電池發電影響，紅光下發電效果較佳。
- 三、將葉綠素電池與 DSSC(Dye-Sensitized Solar Cell)染料敏化電池做比較，發現葉綠素受光可自行激發電子產生電能，而其他光敏劑則必須要 TiO<sub>2</sub> 薄膜的支持才可有效利用。
- 四、添加奈米金以吸附葉綠素提升吸光表面積，並加強葉綠素激發電子的效力。實驗發現奈米金有助於提升葉綠素電池發電效果。

## 壹、研究動機

光合作用是植物界中廣泛的化學反應，「光反應系統二」中的葉綠素分子受光照會將能量集中於反應中心葉綠素 P680，當能量達足以激發電子時，會將電子放射出來，此時藉助酵素的幫忙裂解水得到電子還原。如果可以效法自然法則，利用大自然中葉綠素激發電子的機制，研發出更環保的電池，如此我們即可運用天然的材料，製做環保、便宜且製程簡易的電池，解決偏遠地區能源不足的問題，更讓生活綠起來!

## 貳、研究目的

- 一、 探討電解液對葉綠素電池的發電影響。
- 二、 探討不同色光對葉綠素電池的發電影響。
- 三、 葉綠素電池與不同光敏劑的染料電池比較。
- 四、 添加奈米金吸附葉綠素提升吸光表面積。

---

註1 植物的光合作用可分為光反應一、二及暗反應，光反應系統二內的葉綠素分子受光照，會將能量集於反應中心「葉綠素 P680」(對 680nm 光較為敏感)，並激發出電子提供給光反應一，過程中參與 ATP 合成。

## 參、實驗原理與文獻探討

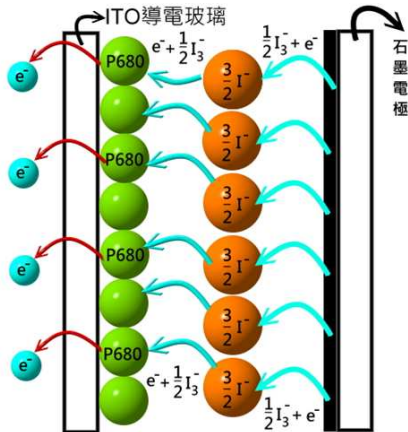
### 一、葉綠素用於電池發電研究之文獻探討

SN	年份	作者	單位	研究(論文)名稱	成果、原理	未來展望、待突破問題
1	1882	恩格爾曼	美國科學家		以絲藻實驗證實光合作用所吸收的光，就是葉綠素所吸收的光。	
2	1991	Gratzel	瑞士科學家	A low-cost, high-efficiency solar cell bas on dye-sensitized colloidal TiO <sub>2</sub> films	以多孔性奈米二氧化鈦做為半導體，並添加人工合成染料提高發電效能。	是目前效能最高的染料敏化電池，然人工合成染料昂貴且製程複雜。
3	1993	韓允雨、周瑞齡等	中國山東師範大學	盒式葉綠素電池光電化學性質的研究	將葉綠素作為染料敏化電池之染劑，塗於 SnO <sub>2</sub> 半導體上做為 P 型半導體，受光照與 N 型 SnO <sub>2</sub> 半導體發生光伏效應產生電能。	核心原理是染料依賴半導體支持發生光伏效應產生電能。其後將研究重點放於人工染料開發，與半導體的研究。
4	2004		來源:www.dev.nsta.org.	The CVC(chlorovoltaic cell) future.	1.提出以單向電子傳導特性之長鏈分子，作為葉綠素激發電子之受體的概念。2.提出以 nanoprobe 作為連結葉綠素分子之裝置。	僅為概念，尚未發表實驗成果。 (此概念為作為我們團隊開發第三代葉綠素電池之參考)
5	2005	王淨樺	國立台中女子高級中學	「金」枝「玉」葉一金奈米與葉綠素的交互作用(國際科展化學科)	金奈米粒子會和植物中的葉綠素分子產生鍵結作用力，並提升葉綠素激發電子的效率。	
6	2008	廖重賓等	國立虎尾科技大學	葉綠素有機電池(尚未發表，新聞資料)	仿水果電池原理，將葉綠素作為兩片不同電位之有機電極內的電解質發電。	資料不足，有機電極之材料需再了解。
7	2009	本研究團隊	OO 高中	葉綠素電池的開發與研究	第一代:利用葉綠素分子受光照將能量集於反應中心激發電子的機制，藉導電玻璃將激發出電子導至外電路使用。	已將光反應中心二內葉綠素激發電子的機制應用於電池發電，但離實用化仍需進一步改良。
					第二代:利用奈米金與葉綠素結合的特性增加葉綠素吸光表面積，並快速將激發的電子導至外部。	目前實驗發現，發電效果已較第一代佳。
					第三代:加入導電層使電子朝同一方向傳導增進發電效果；並聯電路朝實用化邁進。	成果尚在研究中。

表 3-1-1

## 二、新型葉綠素電池簡介

### (一) 第一代新型葉綠素電池



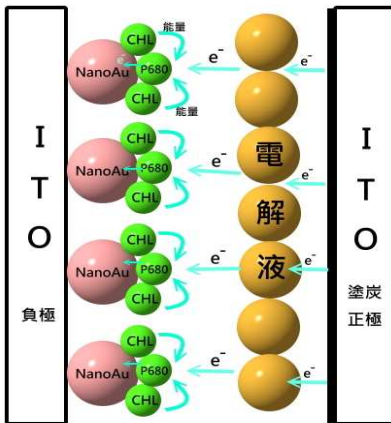
設計理念: 希望將葉綠素激發電子的機制應用在太陽能發電上，第一代直接將葉綠素塗在 ITO 玻璃上。

原理:

1. 光照葉綠素使能量聚集於 P680 並激發出電子，傳至導電玻璃再傳到外部負載。
2. 電解液協助失去電子的激發態葉綠素還原成穩定的基態。
3. 電子從石墨電極回到電池中，並使電解液還原，使反應重複進行。

圖 3-2-1 葉綠素電池示意圖

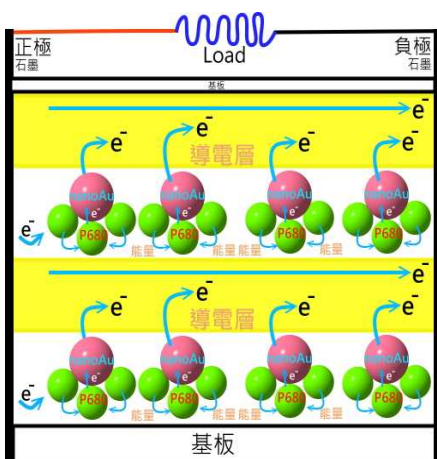
### (二) 第二代新型葉綠素電池



設計理念: 從資料中得知奈米金可以吸附葉綠素分子，增加其吸光表面積，並且提升其激發電子的效率。此外第一代葉綠素電池因為葉綠素激發電子後，無法迅速傳至 ITO 玻璃，而導致發電效果不佳，所以設計添加奈米金，亦可使激發的電子快速傳至 ITO 玻璃，改進第一代之缺點

圖 3-2-2 第二代新型葉綠素電池示意圖

### (三) 第三代新型葉綠素電池

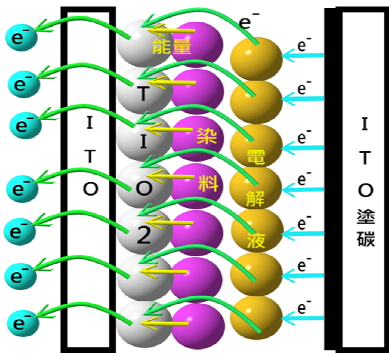


設計理念: 第二代葉綠素電池雖然可以藉由奈米金快速將電子傳導至外部負載，但葉綠素激發的電子仍不易朝同一方向行進，使能量耗損，因此第三代葉綠素電池將設計加入導電層改進此缺點。

圖 3-2-3 第三代新型葉綠素電池

## 三、傳統二氧化鈦染料敏化電池

染料敏化電池主要是藉由  $\text{TiO}_2$  等半導體材料，在其受光時使電子從價帶跳至能帶產生電流。然而， $\text{TiO}_2$  的吸光度集中於日光中比例低的紫外光區，有色染料則是敏化  $\text{TiO}_2$  使其吸光光譜擴展至可見光區，讓發電效果更佳。



原理:

- 1.光照在二氧化鈦染料敏化電池上，染料吸光將能量傳給二氧化鈦，使其吸光光譜右移至可見光區，之後電子從二氧化鈦的價帶跳至能帶再經 ITO 玻璃傳至外部負載。
- 2.電解液會將電子補充給二氧化鈦，使反應重複。

圖 3-3-1 染料敏化電池示意圖

#### 四、奈米金

從 2005 年國際科展得知奈米金可觸發葉綠素提高激發電子的效率。以下為部分參考的文獻:

##### (一) 奈米金可與葉綠素產生鍵結

奈米金粒子是金屬，故比較傾向於失去電子，在溶液中，奈米金粒子的外層是尚未完全還原的金一價離子，會吸引溶液中的檸檬酸根、氯離子與帶負電的離子，使得整個奈米微粒是帶負電荷。葉綠素分子結構上的酸根，因為氧原子很容易吸引電子，在溶液中會取代奈米金粒子上的負離子，所以奈米金粒子和葉綠素分子會產生鍵結作用力。示意圖如下所示：

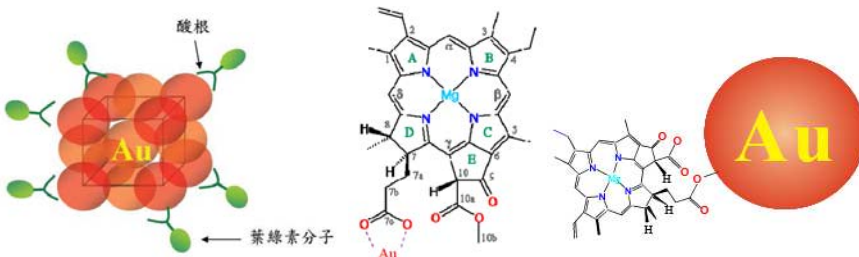


圖 3-4-1 奈米金與葉綠素結合示意圖

##### 二、奈米金可幫助葉綠素吸光與激發電子

奈米金與葉綠素的吸光波長在紅光區有重疊，所以加了奈米金的葉綠素溶液紅光部分吸收帶的吸收強度明顯增強。由此可得知在葉綠素中加入奈米金，將有助於葉綠素的吸光與激發電子。

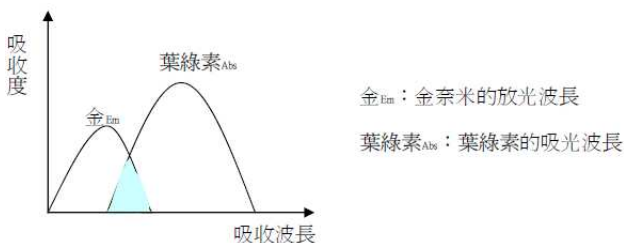


圖 3-4-2 奈米金與葉綠素吸光波長在紅光區重疊示意圖

## 肆、研究器材與藥品

### 一、器材、藥品

#### (一) 器材

- 1.烘箱
- 2.電流計
- 3.燒杯
- 4.玻棒
- 5.滴管
- 6.ITO 導電玻璃
- 7.超音波震盪池
8. 漏斗
9. 濾紙
- 10.PASCO
- 11.分光光度計
- 12.冷光燈管(紅、白、紫  
外光)
- 13.自製暗箱



圖 4-1 烘箱

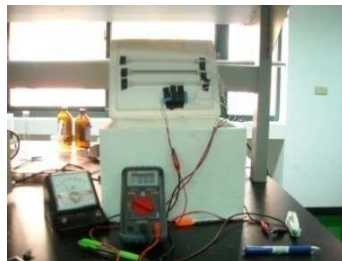


圖 4-2 自製暗箱

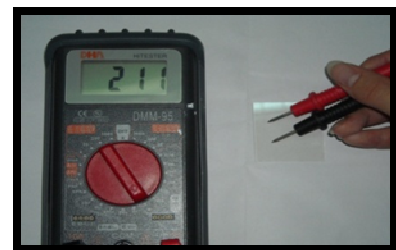


圖 4-3 ITO 導電玻璃



圖 4-4 超音波震盪池



圖 4-5 PASCO



圖 4-6 分光光度計

#### (二) 藥品

1. 菠菜
2. 藍莓
3. 紅藥水
4. 丙酮
5. 乙醇
6. 蒸餾水
7. 碘化鉀
8. 二氧化鈦
9. 金(Au)
10. 鉑 (Pt)
11. 介面活性劑
12. MPTMS
13. 丙基雙硫醇
14. 己烷

## 伍、研究過程

### 一、前置實驗:萃取葉綠素並分析其吸收光譜

#### (一)實驗設計

從資料中找到幾種較常見的萃取葉綠素方法，即是將烘乾過的綠色植物置入有機溶劑中研磨，或是利用超音波震盪萃取。實驗中，採用實驗室較常見的丙酮為溶劑，另外也嘗試用丙酮-石油醚法，但由於石油醚在塗於導電玻璃上，易使表面產生黑色的油垢影響反應，因此放棄此方法。

#### (二)實驗流程與步驟

##### 1.超音波法-丙酮萃取法

- (1) 先將市售菠菜置入烘箱中，烘烤至菠菜為易碎狀再將菠菜置入研鉢中磨碎(110℃烤箱內烘乾約6小時)。
- (2) 秤菠菜 5g 置於燒杯並加入 50mL 90%丙酮。
- (3) 置入超音波池震盪 30 分鐘至溶液呈深綠色。
- (4) 以漏斗過濾，所得的溶液即為實驗所需
- (5) 再以分光光度計測量，並記錄下來



圖 5-1-1 研磨菠菜粉

圖 5-1-2 秤量菠菜粉



圖 5-1-3 萃取液超音波震盪

## 二、探討電解液與對葉綠素電池的發電影響。(研究目的一)

### (一)實驗設計

自然界中，葉綠素在激發出電子後會藉由酵素的幫忙裂解水分子得到電子還原，若在葉綠素電池中使用電解液即可以以更快的效率協助葉綠素還原，提升葉綠素電池的發電效果。因此選用實驗室常見的四種電解液以及水為對照組做比較。

### (二) 實驗流程

(實驗一)電解液對葉綠素電池的發電影響。  
結論→電解液可有效提升葉綠素電池的效能。

實驗中意外發現無光環境下的葉綠素電池竟也有電壓輸出因此設計實驗探討之。

(實驗二)比較四種電解液對葉綠素電池的發電影響。

(實驗三)測量  $KI+I_{2(aq)}$  在無葉綠素下的反應。

照光

無光

(實驗四)探討滴入電解液後的葉綠素電池在無光下輸出電壓的現象。

以  $KI+I_{2(aq)}$  為葉綠素的電解液實驗。

圖 5-2-1

### (三)製作葉綠素電池

#### 1. 製作葉綠素電池步驟

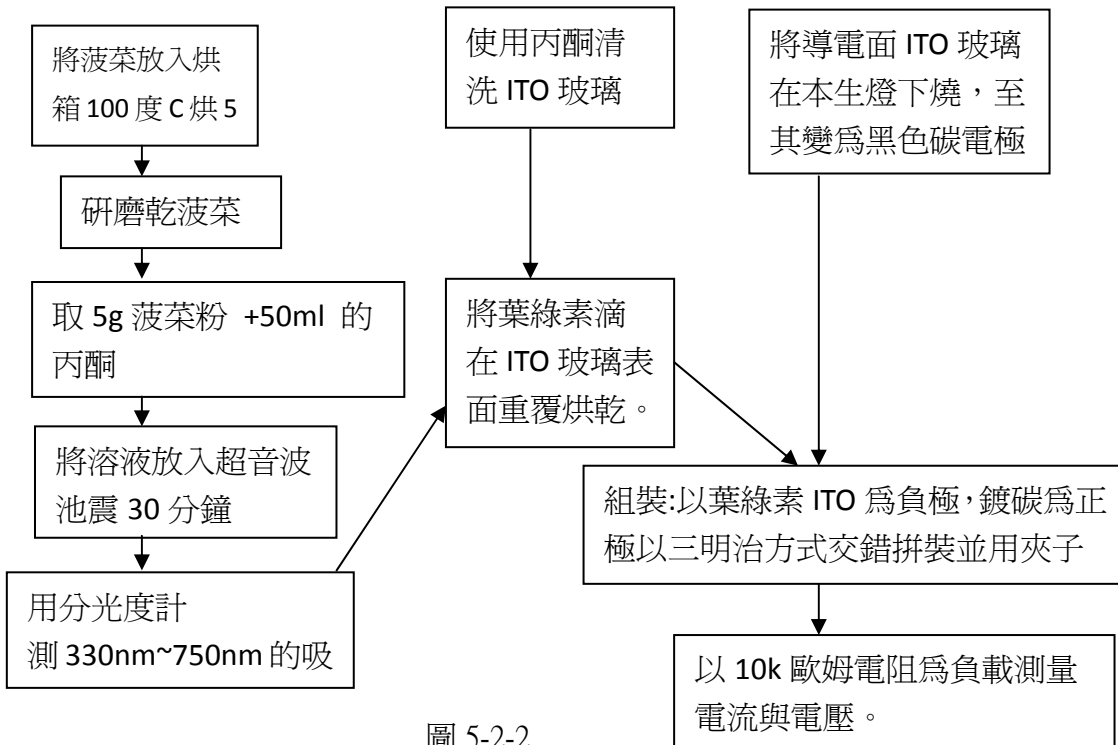


圖 5-2-2



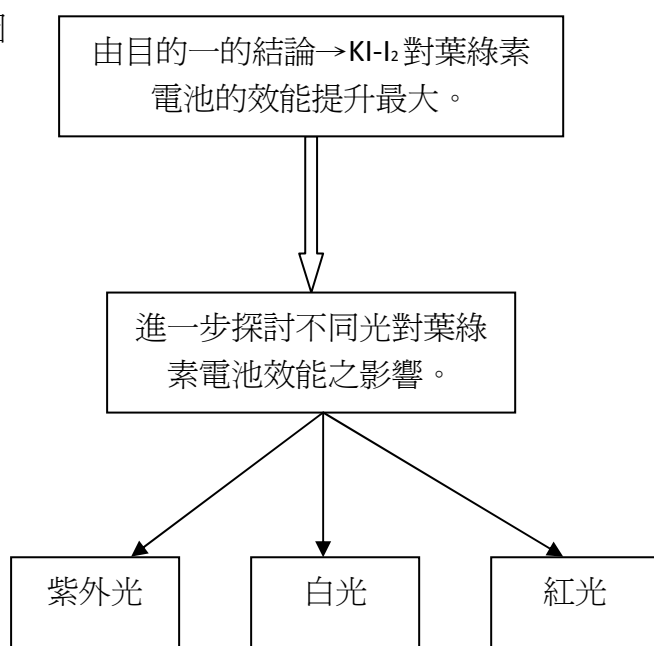
### 三、探討不同光對葉綠素電池的發電影響。(研究目的二)

#### (一)實驗設計

由於葉綠素激發電子的機制中，反應中心“葉綠素 P680”是對 680nm 波長光較敏感的的分子，而其他葉綠素僅作為幫助吸光的天線色素，其吸光後會將能量傳遞給葉綠素 P680。因此本實驗以紫外光<sup>註2</sup>、白光、紅光照射葉綠素電池，比較其對電池發電影響，預期紅光對電池發電效果最佳。

註 2:選擇紫外光是分光度計測葉綠素液不同光波長之吸收度時，葉綠素在紫外光波段的吸收度較高。

#### (二)實驗流程圖



### 四、葉綠素電池與不同光敏劑的染料電池比較。(研究目的三)

#### (一)實驗設計

我們推測，在 DSSC 染料敏化電池中的染料，其本身並無自行激發電子的機制，而葉綠素在受光照後會將能量集於反應中心“葉綠素 P680”並激發電子。因此本實驗皆將葉綠素、紅藥水、藍莓汁直接塗在平滑 ITO 玻璃上，以塗碳電極為對應正電極，滴入效果較佳的 KI-I<sub>2</sub> 電解液，進行電壓量測。另外將藍莓汁、紅藥水塗在 TiO<sub>2</sub> 膜上製成染料敏化電池，以相同方法拼裝，進行電壓量測，比較發電效果。

#### (二)實驗流程與步驟

### 1.以不同染料製作染料光敏化電池流程圖

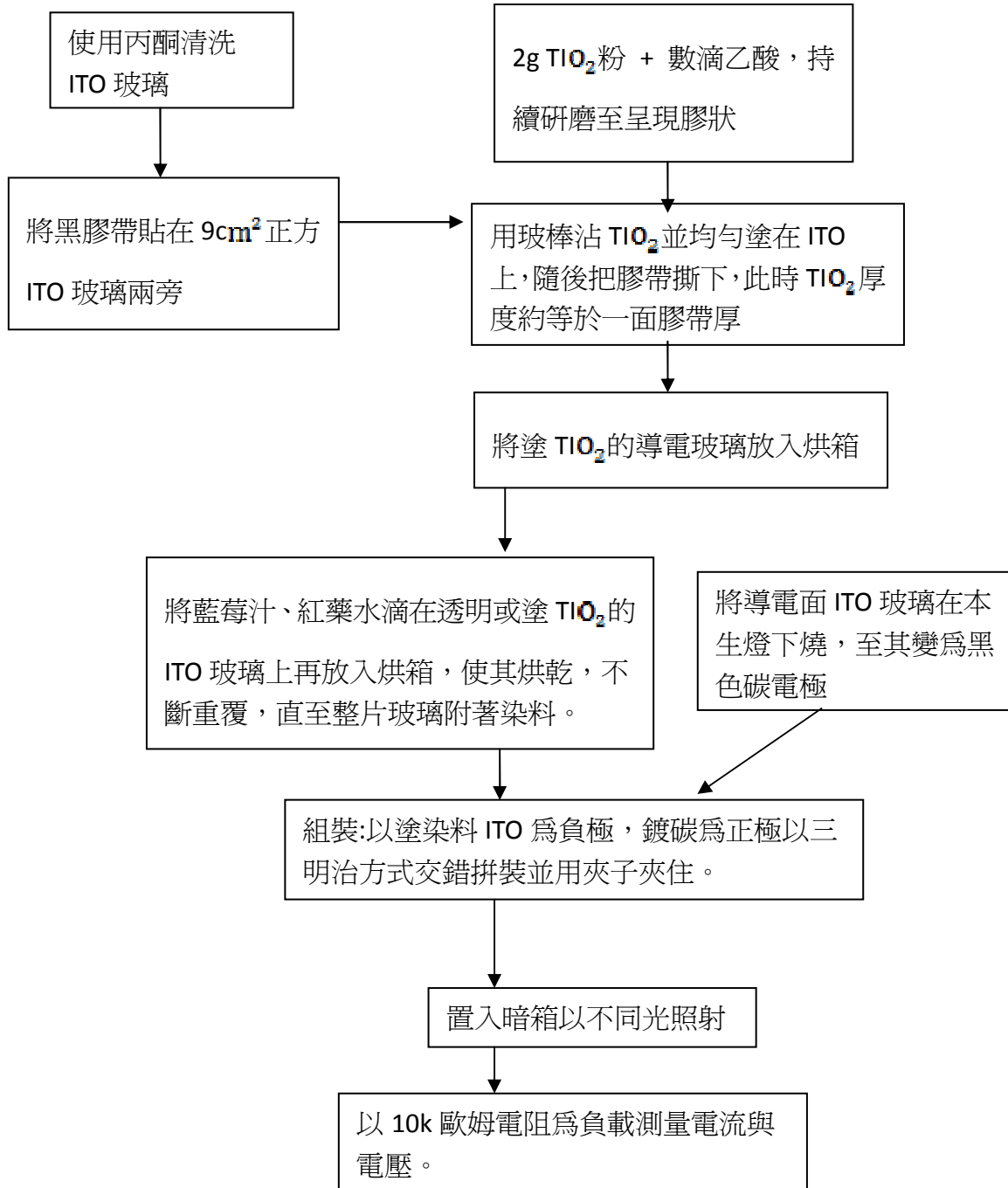


圖 5-4-1

## 五、添加奈米金吸附葉綠素提升吸光表面積(研究目的四)

### (一)實驗設計

根據資料<sup>[3]</sup> 奈米金的放光波長與葉綠素的吸光波長重疊，可提升葉綠素吸光效果以及激發電子的效率，目前我們將奈米金與葉綠素以 1:1 之比例混合，測試其發電效果，預期待有添加奈米金的葉綠素電池發電效果會較佳。

## (二)實驗流程與步驟

### 1.製作奈米金

- (1) 秤取 100 g 蒸餾水，3.64 g 界面活性劑
- (2) 放入超音波震盪池中震盪三十分鐘
- (3) 使用滴管吸取泡沫並加入丙酮
- (4) 置入金電極 (+)，鉑電極 (-) 使用電源供應器供電
- (5) 置入超音波池內，再震盪三十分鐘

### 2.塗奈米金

奈米金易與硫醇基產生鍵結，因此藉由硫醇基作為連結奈米金的分子。

#### (1)塗奈米金原理示意圖

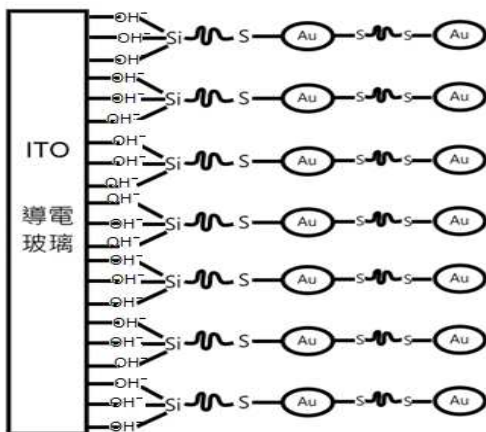


圖 5-5-1 塗奈米金原理示意圖

#### (2)塗佈步驟

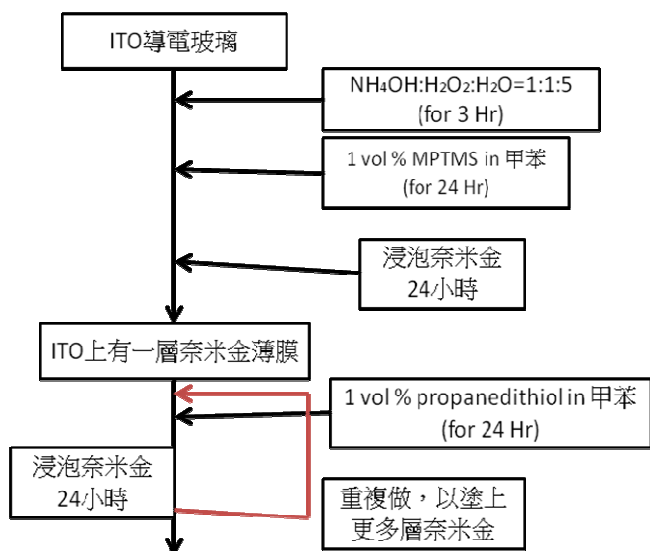


圖 5-5-2 塗奈米金步驟圖

## 陸、研究結果

### 一、前置實驗:萃取葉綠素並分析其吸收光譜

#### (一)超音波-丙酮法

實驗組別:

組別一:以 200°C 烘 12 小時; 組別二:以 110°C 烘 5 小時

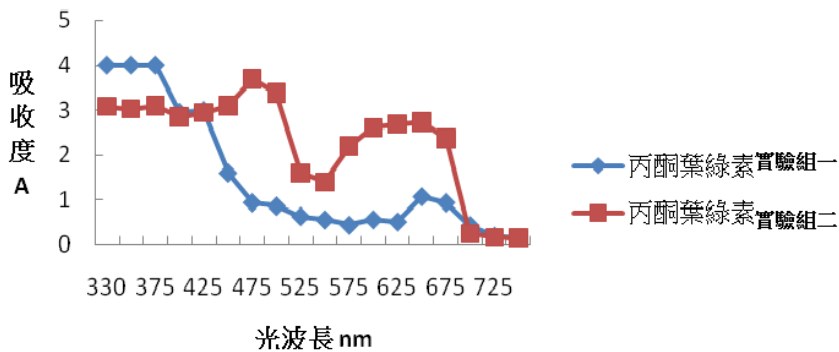


圖 6-1-1 超音波-丙酮法萃取葉綠素之光譜吸收度圖

討論:

- 1.從圖中得知，葉綠素液大約在 330~500nm(紫光)、600~700nm(紅光)為最佳吸收度。
- 2.而同樣的萃取方式在兩次實驗呈現不同的吸光效果，丙酮萃取液實驗組別一的吸光度曲線較實驗組別二差，我們推測是與葉綠素烘乾的溫度有關，當溫度過高，烘乾時間過長時，會導致葉綠素受到破壞，使得萃取效果不佳。

### 二、探討電解液與對葉綠素電池的發電影響。(研究目的一)

#### (一)實驗一:電解液對葉綠素電池的發電影響

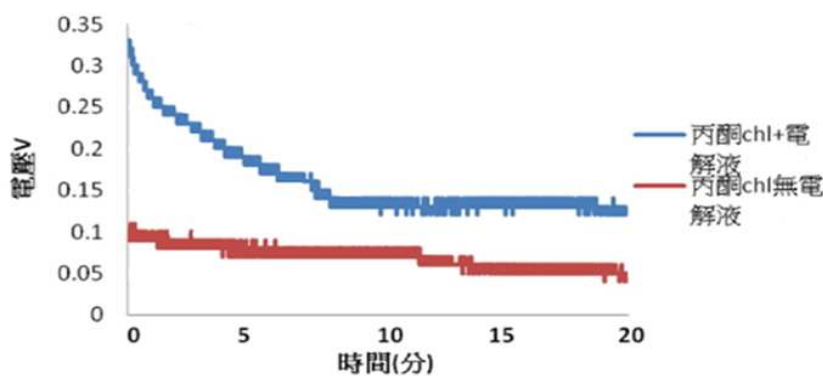
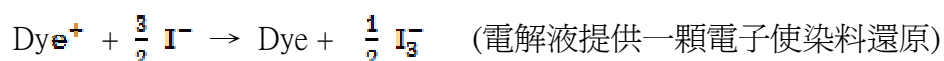


圖 6-2-1 葉綠素電池有無電解液之發電影響比較

討論:

1. 觀察可知:葉綠素電池在滴入電解液時電池效應高於無電解液。同時兩者電壓輸出皆會因時間而有衰落現象

2. (I<sub>2</sub>+KI)<sub>aq</sub> 電解液可有效提供電子給激發態的葉綠素和染料，使其還原為穩定的基態，讓反應得以重複進行。其反應式如下:



## (二) 實驗二: 比較四種電解液對葉綠素電池發電影響

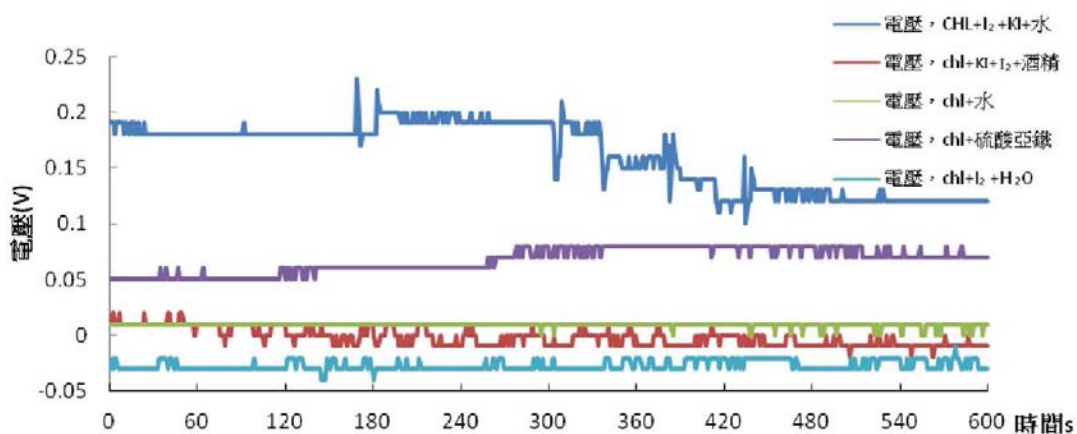
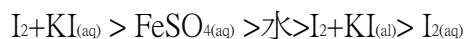


圖 6-2-2 不同電解液對葉綠素電池的發電影響比較

討論:

1. 加入不同電解液對葉綠素電池的發電影響，輸出電壓比較如下:



## 2.電解液選擇原因與對電池發電影響之討論:

電解液名稱:	劑量	選擇原因:	效果討論:
碘化鉀+碘 水溶液	0.05M I <sub>2</sub> +0.5M KI+H <sub>2</sub> O	從資料中查到，KI 溶於水可完全解離，並且 I <sup>-</sup> 會與 I <sub>2</sub> 形成 I <sub>3</sub> <sup>-</sup> ，即可有效提供電子給激發態葉綠素。	對電池效能提升最佳，因為其溶於水中可完全解離，轉移電子效果較佳。
碘化鉀+碘酒精溶液	0.05M I <sub>2</sub> +0.5M KI+C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	I <sub>2</sub> 不易溶於水，但易溶於酒精，推可能會更容易與 I <sup>-</sup> 形成 I <sub>3</sub> <sup>-</sup> 。	雖然 I <sub>2</sub> 易溶於酒精，然實際上對電池效能提升效果反而不佳，可能因為 I <sub>2</sub> 、KI 於酒精中不易解離，使轉移電子的效果變差
硫酸亞鐵水溶液	0.05M I <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	從文獻上得知 I <sub>2</sub> 會腐蝕奈米金但鐵離子則否，在我們之後的實驗會加入奈米金(見研究目的四)。	FeSO <sub>4</sub> 溶於水其解離度並無 KI- I <sub>2(aq)</sub> 佳，因此轉移電子效果差於 KI- I <sub>2(aq)</sub> 。
水	H <sub>2</sub> O	作為對照組。	我們認為，萃取出葉綠素液中，協助葉綠素裂解水得到電子的酵素活性可能已下降，因此電池發電效能不佳。

表 6-1-1

### (三) 實驗三:測量 KI+I<sub>2</sub> 溶於水在無葉綠素下的反應

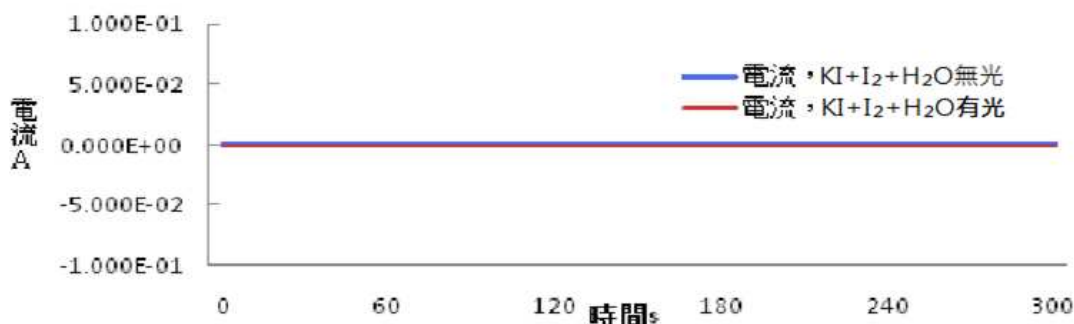


圖 6-2-3 KI+I<sub>2(aq)</sub>有無光的電流值

討論:

實驗中發現，葉綠素電池滴入電解液在無光時仍然有電壓，針對此現象，提出兩個假設解釋:

假設 1:電解液本身即存在電壓。 因此設計實驗驗證假設。

假設 2:推測葉綠素會與電解液發生氧化還原作用產生電壓。

從實驗三可以觀察到單純電解液無論在有無光的環境下皆無法產生電流，此實驗可推論:

電解液在葉綠素電池中自身並不會提供電能，否定假設 1。

#### (四) 實驗四:探討滴入電解液後的葉綠素電池在無光下輸出電壓的現象

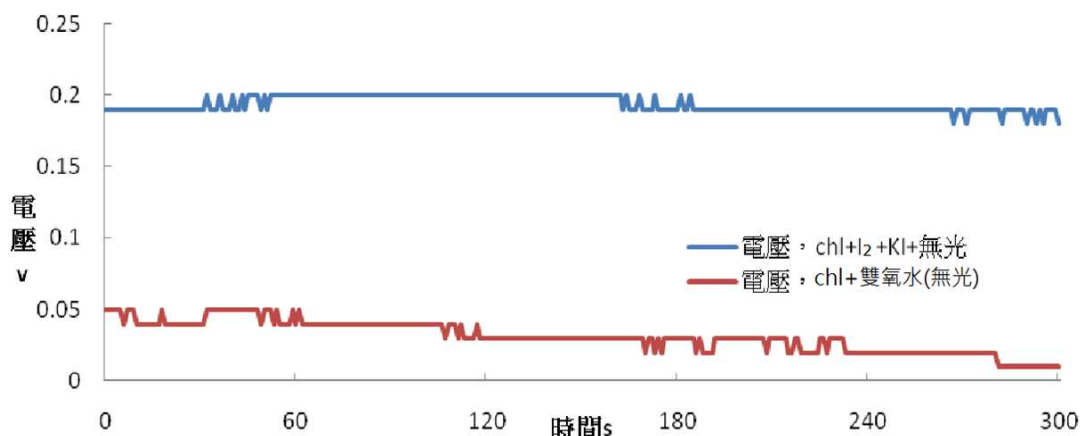


圖 6-2-4 無光下氧化劑與葉綠素反應的電壓輸出

討論:

從實驗四可以觀察到葉綠素電池滴入電解液在無光時仍然有電壓，於是以前以雙氧水當氧化劑做比對實驗，可發現葉綠素電池滴入雙氧水也有電壓，所以證實葉綠素確實會和電解液發生氧化還原反應。

### 三、探討不同光對葉綠素電池的發電影響。(研究目的二)

#### (一)實驗結果

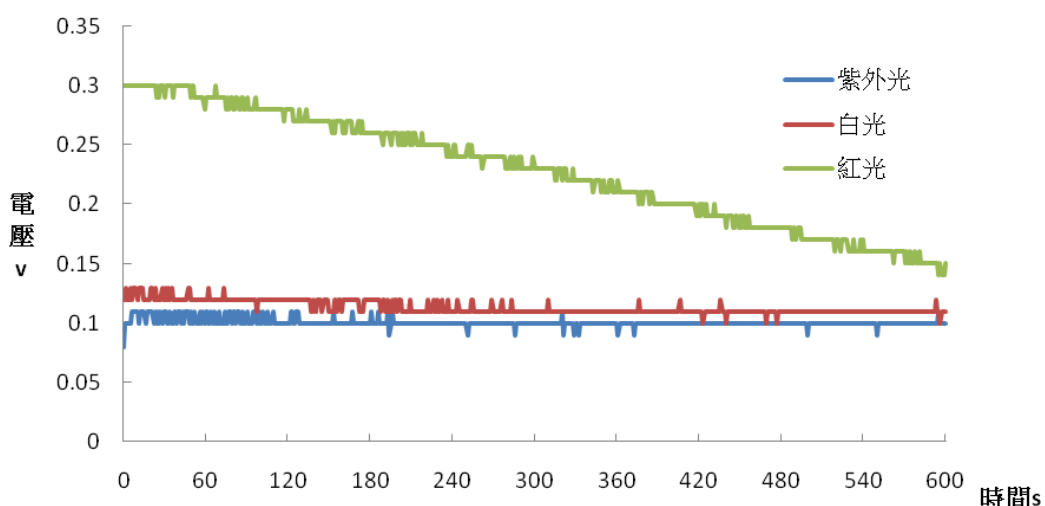


圖 6-3-1 葉綠素電池在滴入電解液(KI-I<sub>2</sub>)<sub>aq</sub> 時在不同光下測 10 分鐘電壓值

討論:

從圖(6-3-1)可以觀察到，葉綠素電池在紅光下有最好的發電效果，這是因為葉綠素激發

電子的反應中心葉綠素 P680 是對紅光較為敏感的葉綠素分子，因此紅光對葉綠素電池的發電效果是較佳的。

#### 四、葉綠素電池與不同光敏劑的染料電池比較。(研究目的三)

(一)比較葉綠素與不同光敏劑的電池發電效果。(測量 10 分鐘)

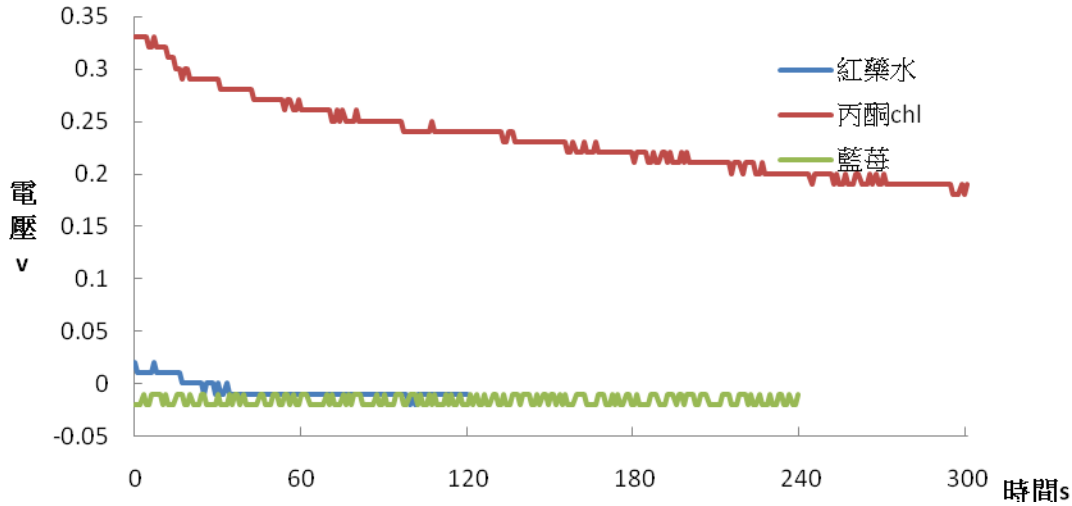


圖 6-4-1 葉綠素與不，同光敏劑的染料電池電壓輸出圖。

實驗中，我們僅將有機染料塗於光滑 ITO 玻璃表面，以製作葉綠素電池的方式組裝，可從

圖 6-4-1 觀察到:在白光下只有葉綠素電池有輸出電壓。

(二) 探討紅藥水有無  $\text{TiO}_2$  薄膜支持的電池效應

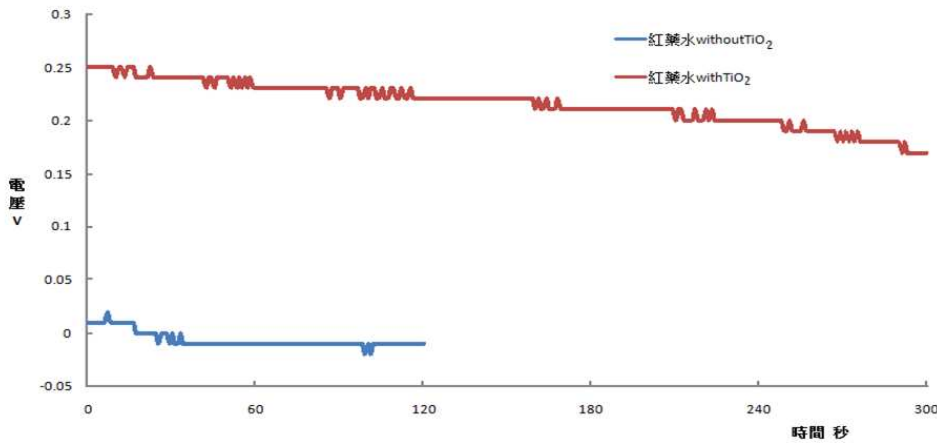


圖 6-4-2 紅藥水有無  $\text{TiO}_2$  之發電效果比較

(三) 探討藍莓有無  $\text{TiO}_2$  薄膜支持的電池效應



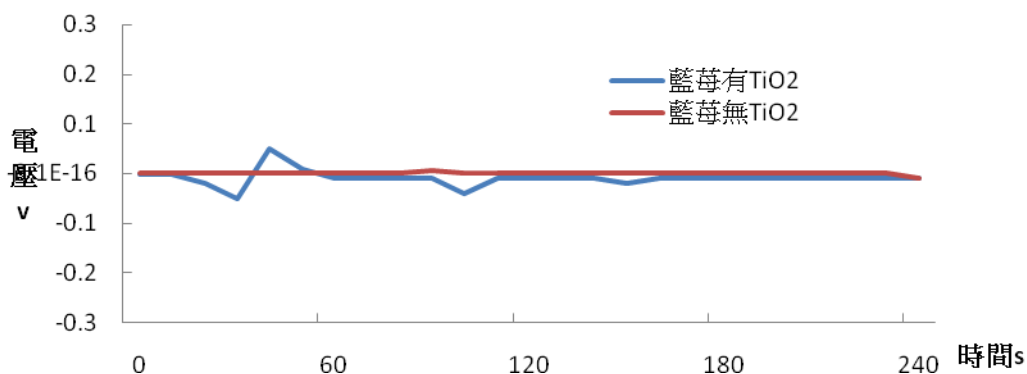


圖 6-4-3 白光下藍莓有無 TiO<sub>2</sub>的電壓比較

討論:

觀察圖(6-4-1)可以發現紅藥水和藍莓直接塗在 ITO 玻璃上，幾乎無電壓產生。但從圖(6-4-2)看，紅藥水作為二氧化鈦染料敏化電池的染料時，即可產生電能，我們認為兩者的差異在於激發電子的方式:

- 1.葉綠素有自行激發電子的機制，當葉綠素受光時會將能量聚集於反應中心葉綠素分子 P680，並激發出電子。
- 2.紅藥水、藍莓等有機染料必須有 TiO<sub>2</sub>半導體薄膜的支持，製成二氧化鈦染料敏化電池才可受光激發出電子，產生電能
- 3.可以觀察到，藍莓有 TiO<sub>2</sub> 薄膜支持可以產生電壓，但很微弱，此亦可說明，藍莓並不是一個良好的染料敏化電池的染料。

## 五、添加奈米金吸附葉綠素提升吸光表面積(研究目的四)

### (一)空白實驗

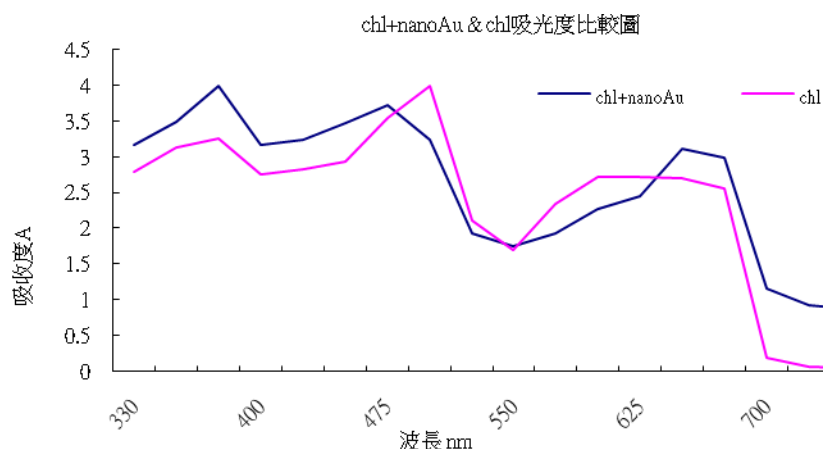


圖 6-5-1 葉綠素與葉綠素摻奈米金之光譜吸收度圖

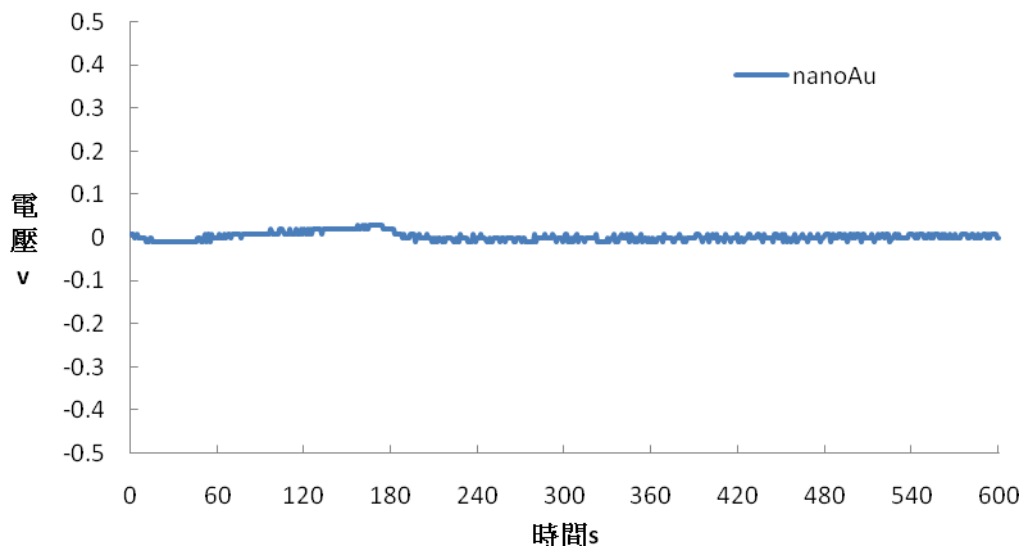


圖 6-5-2 奈米金塗於導電玻璃測試其電壓輸出

討論:

- 1.由圖 6-5-1 可以觀察到:葉綠素在添加奈米金後其吸收度普遍有提高的現象，在紅光與紫外光區較為顯著，符合之前的推論即奈米金有助於提升葉綠素之吸光效果。
- 2.由圖 6-5-2 可以觀察到:單純將奈米金塗於導電玻璃上，並不會產生電壓，因此之後做實驗可以排除奈米金本身即會發電的因素。

(二)奈米金混合葉綠素之發電效果

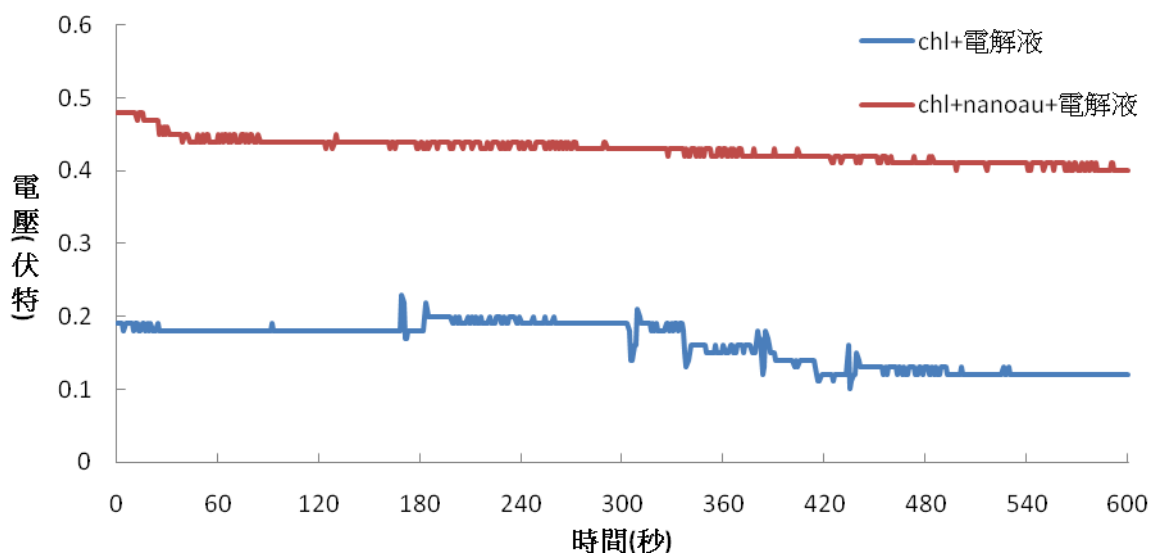


圖 6-5-3 葉綠素電池有無添加奈米金電壓輸出圖

討論:

觀察圖 6-5-3 得知加入奈米金的葉綠素電池之發電效果，比不添加奈米金高，這現象

符合圖 6-5-1 的推論以及 2005 國際科展的成果即:添加奈米金的確可增加葉綠素吸光度以及增加其激發電子的效率，提升電池發電效果。

目前的方法是直接將葉綠素與奈米金混合塗於導電玻璃上，未來將會使用研究過程中提到的方法，藉由硫醇基將奈米金先附著於導電玻璃形成奈米金層，再將葉綠素附著其上。推測改良的方法用於葉綠素電池有幾個優點:

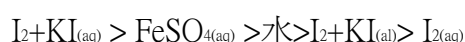
- 1.葉綠素會與奈米金產生鍵結使其吸附於奈米金層上，因此，可以增加附著於導電玻璃上葉綠素之數量和吸光表面積。
- 2.塗於導電玻璃的奈米金層，可以將葉綠素激發出的電子快速導至外電路，進而增加葉綠素電池發電效果。

## 柒、結論

### 一、 探討電解液對葉綠素電池的發電影響。

(皆以 10kΩ 電阻為負載，以 pasco 儀器測量)

- (一)葉綠素電池滴入電解液有助於發電效果提升。
- (二) $I_2+KI_{(aq)}$ 的電解液對葉綠素電池的發電效果較佳。
- (三)加入不同電解液對葉綠素電池的影響，輸出電壓比較如下:



- (四)無光環境下電解液  $KI-I_2$  會與葉綠素發生氧化還原作用，可輸出約 0.2V 的開路電壓，但幾乎沒有產生電流。
- (五) 氧化劑會與葉綠素發生氧化還原作用產生電壓，如雙氧水與葉綠素反應可產生 0.05V 的開路電壓，但幾乎沒有產生電流。

### 二、 探討不同色光對葉綠素電池的發電影響。

十分鐘內，不同光對葉綠素電池的發電影響為 紅光>白光>紫外光 的發電效果。

### 三、 葉綠素電池與不同光敏劑的染料電池比較。

- (一)葉綠素可自行激發電子，當葉綠素受光會將能量聚集於反應中心葉綠素分子 P680，並激發出電子。
- (二)紅藥水、藍莓等有機染料必須有  $TiO_2$  膜的支持，製成二氧化鈦染料敏化電池才可

受光激發出電子，產生電能。

四、 添加奈米金吸附葉綠素提升吸光表面積。

(一)葉綠素在添加奈米金後其吸收光曲線在紅光及紫外光區有顯著的提升。

(二)實驗結果發現:添加奈米金的葉綠素電池發電效果較佳於未添加奈米金的葉綠素電池。

## 捌、未來展望

### 一、短期發展

(一).未來試圖設計電子電路，串接電池增大葉綠素電池整體發電效能，期望可以做實際應用。

(二)由於目前的拼裝方法易使液態電解液流失，未來將會開發出膠態電解液，或是用更好的封裝方式，減少電解液流失，進而增加葉綠素電池的使用壽命。

(三)嘗試測量並計算出電池的光轉換效率。

### 二、長期展望

(一)葉綠素電池有便宜、環保等優點，且製成設備簡單，不需昂貴的儀器，是極有潛能的替代環保光電池。

(三)對於葉綠素電池會因時間長而效能下降做改良，期望做出長效耐用的葉綠素電池。

## 玖、參考資料

一、 蘇彥勳（民96年）。金奈米粒子形成蕭基式能障用於染料敏化太陽能電池。

國立成功大學材料科學及工程學系碩博士班論文，未出版。

二、戴明鳳（民95年）。DIY TiO<sub>2</sub>染料敏化電池製作。清華大學論文，未出版。

三、「金」枝「玉」葉—金奈米與葉綠素的交互作用。2005國際科展化學科。作者:王淨樺

四、蘇建華（民92年）。生物系統中的電子轉移反應。中華技術學院生物科技系論文，未出版。

- 五、張上鎮、王升陽（民86年）。超音波快速萃取定量葉綠素。取自：台灣大學森林學研究所。
- 六、B. O' Regan, M. Grätzel, "A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films" Nature 1991(353) 737-740
- 七、Elmars Krausz (2005). Photosynthesis :chasing the P680 dragon.

## **【評語】 040810**

本研究運用光作用之光反應系統，進行新型葉綠素電池的研究開發，頗具創意與驗證之初步可行性，惟奈米金應用相關或應先期探討葉綠素分子或顆粒與奈米金粒子之相對大小關係，較能發展。