

中華民國第四十七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

040816

去污 OK 繃--奈米濾淨凝膠薄膜之研究

學校名稱：臺北市立大直高級中學

作者： 高二 蘇盈方 高二 陳安 高二 張能傑 高二 鍾佳樺	指導老師： 陳秉貴 賴黃絹
--	---------------------

關鍵詞：光敏物質(染料) 凝膠薄膜 TiO<sub>2</sub> 奈米光觸媒

## 摘 要

目前的奈米  $\text{TiO}_2$  光觸媒濾淨解實驗( degradation )還是停留在  $\text{TiO}_2$  粉體及懸浮液形式，後續處理會產生極大不便。所以我們實驗試圖將以添加  $\text{TiO}_2$  酸性溶液之凝膠薄膜附著在塑膠貼布上製成我們所要的凝膠薄膜貼布以利使用。我們設計以摻雜光敏染料物質( dye )於  $\text{TiO}_2$  凝膠薄膜內使操作照光範圍由紫外光移至可見光區，並試著探討其理論機制。

目前製成的凝膠貼布已完成濾淨油漬的實驗，當然亦包含了有機液、濃稠光阻液的降解，效果極佳。我們依據顏色變化、pH 值變化及利用改良型蒸餾系統來評量本實驗奈米  $\text{TiO}_2$  濾淨凝膠薄膜成效。在光敏染料的選取上我們根據實驗結果得知凡具有雙懸鍵、空位鍵及多氫鍵結構的光敏染料添加可使實驗適用在可見光區，這將是極據潛力的光觸媒濾淨物質。

## 壹、研究動機

常看到當衣服沾到油漬時，媽媽的第一個動作即是在油漬污染處噴上去漬洗潔劑，以免油漬在衣服上留下永久的污跡。但大多數去漬潔劑的主要處方為有機溶劑(如丙酮、甲苯)對人體會造成極大的傷害，所以似乎找尋一種對人體無傷害且易於得到的濾淨材料應該是刻不容緩的。幾年前奈米材料開始熱門以來，根據我們仔細的研讀發覺奈米光觸媒(如  $\text{TiO}_2$ )扮演著去除污垢的很重要角色，靠著紫外光的照射，有機有害物質不斷的被這種光觸媒分解最後形成對人體無害的產物--- $\text{CO}_2$  及  $\text{H}_2\text{O}$ 。又奈米光觸媒除了上面所述的去油漬外，它亦可以靠著極強的自由基將有毒物質蛋白質加以分解，使細菌、病毒解體。所以去油漬、分解有機物及驅除有機毒物(細菌、病毒)都是奈米光觸媒的主要用途，所以這奈米光觸媒的應用實在太廣泛了，

一般奈米光觸媒在使用時都是泡成懸浮溶液或是粉體平鋪在基板上形成薄膜，這樣使用起來極為不方便。為了改正這個缺點，我們試圖找出一種凝膠與  $\text{TiO}_2$  酸性溶液均混後成爲一種極為方便的凝膠薄膜，並把這些凝膠薄膜製作成類似貼布一樣(凝膠塗在貼布，我們稱之爲奈米 OK 繃)。我們期待藉著貼布的使用(貼在油漬上或污物周圍)，能很迅速的達成奈米光觸媒所應有的任務。

當然製成奈米凝膠薄膜過程中，我們試圖找出較具濾淨效果的方法以提高濾淨效率，我們以光敏染料(dye)太陽電池製作的方式在凝膠中加入數種光敏染料做比較，除了比較特性外，我們亦試圖提出其理論機制。希望能因我們的實驗對日常污漬及污染現象找到一個迅速及簡易的解決知道。

我們做了很多濾淨降解(degradation)實驗，包含了污水、油漬及有機液氣、液體等，基本上這些都是屬於廣義的氧化還原反應[在高中基化 第三章物質反應、高二物質科學化學篇第八章及基物第八章奈米科技]，期望本實驗能對發展中的奈米光觸媒濾淨研究能更上一層樓。

## 貳、研究目的

- 一、找出適合當  $\text{TiO}_2$  光觸媒酸性溶液的載體物質(carrier)凝膠材料，並探討所找的凝膠材料之優缺點。
- 二、製作不同濃度之  $\text{TiO}_2$  光觸媒酸性溶液之凝膠薄膜，並仔細探討各種凝膠薄膜透明度及它特性。
- 三、探討凝膠薄膜攪拌過程中之凝膠顏色、透明度、溫度變化及氣泡之有無產生。
- 四、探討不同濃度之  $\text{TiO}_2$  酸性溶液所製作成的凝膠薄膜對固態、液態及氣態廢液廢氣的濾淨效果之影響，以及相關性及趨勢之探討。
  - (一) $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜對油漬的濾淨降解作用結果探討
  - (二) $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜對有機溶劑的濾淨降解作用結果探討
  - (三) $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜對有機光阻液的濾淨降解作用結果探討
  - (四) $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜對強酸氣的濾淨降解作用結果探討
- 五、探討在凝膠薄膜摻雜不同光敏染料物質以調制其照光降解的光區由紫外光區(UV)移至可見光區(Visible)。
- 六、探討以實際的摻雜降解實驗觀測，初步建立一套光敏染料物質調制照光光區的理論機制並比較各種不同之光敏物質之效果與理論之相關係。
- 七、完成相關  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜製作，並規劃完成相關測試。
  1. 表面狀態觀測：SEM 電子顯微鏡觀測表面狀況
  2. 成份分析：X-ray 繞射實驗

## 參、研究設備及器材

### 一、研究設備

數位相機、顯微鏡、相機顯微鏡轉接頭、退火高溫爐、化學通風櫃、真空儲存箱、抽氣馬達、三用電錶、照度計、電源供應器、噴瓶、計時器、超音波震盪器、電子天平、微刻度尺平台、熱電偶、溫度控制器、溫度計錄器、變壓器、掃描式電子顯微鏡 (SEM、借用)

### 二、研究材料

TiO<sub>2</sub>粉體、TiO<sub>2</sub>酸性溶液、導電玻璃、光敏物質(葉綠素-a、亞甲藍、甲基藍)、丙酮、甲醇、蒸餾水、石英片、無棉絮紙、無棉絮拭鏡紙、極細微濾網膜

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究過程：

- (一)試找出適合製成  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜之載體物質。
- (二)探討所研製成之  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜在製作過程中的特性變化  
包括：透明度變化、溫度變化、黏度變化及有無氣泡產生
- (三)利用研發的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜製成貼布(奈米 OK 繃)從事各種去油漬、除污(含有機廢液、氣)的降解實驗。
- (四)探討在凝膠薄膜中添加各種光敏染料物質從事去油漬、除污(含有機廢液、氣)的降解實驗，並利用照光光電壓實驗判斷加入不同光敏染料之效果變化。
- (五)試著依據(四)之過程建立一套光敏染料提高光降解效率之理論機制。
- (六)利用 pH 值量測、改良型蒸餾法濃度測量、色層分析及照光光電壓法評量(三)(四)過程之降解效率。
- (七)利用我們實驗特別設計的小刻度量尺片從事大量的有機光阻液降解變化，包含顏色濃淡變化及面積變化，並找出其變化趨勢。
- (八)評估本實驗奈米 OK 繃將來大廣角推廣之可行性、

### 二、研究方法：

#### (一)、原理概述：

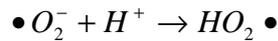
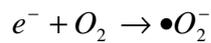
1. 光觸媒主要是利用觸媒材料照光的作用使反應的速率加快，以達到既定反應目標。對  $\text{TiO}_2$  光觸媒而言，由於其照射紫外光之後會產生極具氧化還原力的自由基 $\text{O}^\bullet$ ，極易將其周遭的有機污物(包括油漬、有機廢液氣及細菌)加以分解。此過程均稱為降解 (degradation)。
2. 無論是任何污物、有機廢料及細菌，最後經觸媒降解後均形成水或二氧化碳等產物。
3.  $\text{TiO}_2$  為一光敏感催化劑(light-sensitive catalyzer)，它能利用紫外光的照射在其表面產生電子-電洞對(electron-hole pair)，再利用電子及電洞之與污染物質之間的氧化還原反應(得電子及失電子)產生的自由基而達到淨化污染物的效果(此即光催化作用)。由於紫外光催化作用使  $\text{TiO}_2$  表面產生的電子與空氣或水產生反應力極強的氫氧自由基( $\bullet\text{OH}$ )當與污染廢水或廢氣接觸時使其活化變成較新的無害物質。同樣的， $\text{TiO}_2$  照光產生的電洞與空氣或水接觸可產生反應力極強的過氧自由基( $\bullet\text{O}_2^-$ )，當它接觸污染廢水、廢氣可使其活化氧化，並形成一種新的、乾淨的物質。

上面所述， $\text{TiO}_2$  光觸媒在紫外光的照射下會在載體表面產生電子-電洞對 (electron-hole pair)，其中產生的電子( $e^-$ )會與載體周遭的不乾淨氧氣結合成過氧自由基( $\bullet\text{O}_2^-$ ，還原反應)。而電洞( $h^+$ ，留存在  $\text{TiO}_2$  載體的表面空洞上)，它與不乾淨的水會因氧化反應而產生氫離子  $H^+$  與氫氧自由基( $\bullet\text{OH}$ )，上述氫氧自由基及過氧自由基都是與周遭物質結合性很強的自由基，它們會與生活空間中的有機物質反應並將其分解，最後再次形成新鮮的氧氣、二氧化碳及水。

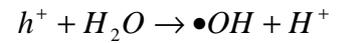
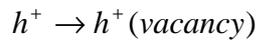
整個降解機制如下：



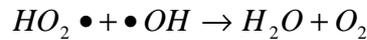
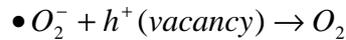
還原反應



氧化反應



濾淨反應



4. 根計 3.所述，當太陽光照射  $\text{TiO}_2$  凝膠薄膜時就能產生濾淨所須的電子-電洞對，但根據能隙理論(energy gap)， $\text{TiO}_2$ 的能隙能量約為 3.0 e.v.(圖一左)，約是紫外光照射方能產生電子-電洞對，而自然狀況下的太陽光只含有 7% 的紫外光，這對  $\text{TiO}_2$  凝膠薄膜的濾淨除污效率將是非常的低，所以提供一條簡易獲得電子-電洞對途徑的方式將是最重要的了。
5. 添加光敏染料來找尋 4.所述的這條捷徑目前最佳的選擇，基本理論上它可以在  $\text{TiO}_2$ 的能隙間隔間形成一個暫穩態能隙(圖一右)，使整能隙被分割成小於 3.0 e.v.的二個或多個襖能隙，如此只要用能量稍為低的太陽可見光部份，即可達到產生電子-電洞對的目的。
6.  $\text{TiO}_2$  早已被用來作為淨化物質的主要材料(如加入口香糖、化妝品內)，早期利用  $\text{TiO}_2$  小顆粒懸浮液，使通過它的有機廢水、廢氣，經由  $\text{TiO}_2$  的活化(還原作用)使有機廢水轉變成另一種較乾淨的物質，而達到濾淨的效果。但  $\text{TiO}_2$  的照光表面積亦深深的影響著催化能力，而傳統的小顆粒懸浮液方式其接觸紫外光的面積小故其催化能力變得極低，整個濾淨效率變得極低，所以才有本實驗利用添加  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜法製作所謂具有大面積的  $\text{TiO}_2$  奈米 OK 繃，可做成各種極薄極薄的形狀貼布，以期加強它的催化能力。

## (二)研究方法：

### 1、試找出適合製成凝膠薄膜：

- (1).將 CMC(梭甲基纖維素)、聚丙烯酸鈉以一定量加水研磨配製成凝膠狀。
- (2).以肉眼及低倍率放大鏡觀察凝膠表面狀況(圖二)。
- (3).選取適合的  $\text{TiO}_2$  光觸媒酸性溶液濃度後續添加凝膠。
- (4).比較各種凝膠狀況，其中以 CMC 凝膠最適於後續實驗。

### 2、以不同濃度之 $\text{TiO}_2$ 酸性溶液，添加於所選定之 CMC 凝膠：

- (1)5%酸性溶液添加於 CMC 溶液，再均勻攪拌成糊狀凝膠(以下稱 A 凝膠)。
- (2)15%+奈米銀酸性溶液添加於 CMC 溶液，再均勻攪拌成糊狀凝膠(以下稱 B 凝膠)。
- (3)30%酸性溶液添加於 CMC 溶液，再均勻攪拌成糊狀凝膠(以下稱 C 凝膠)。
- (4)探討因凝膠體添加不同濃度  $\text{TiO}_2$  酸性溶液，其表現在外的狀況(如透明度、顏色及黏滯情況，圖三)。

### 3、探討所完成 $\text{TiO}_2$ 光觸媒酸性溶液凝膠薄膜對膠態有機物的降解現象：

- (1)小刻度量尺片上，點上光阻液(圖四)。
- (2)現以滾輪方式將凝膠薄膜平貼於軟性透明塑膠片上，務必做到凝膠薄膜平整細薄。
- (3)將 步驟(2上).製作之  $\text{TiO}_2$  酸性凝膠薄膜塑膠片密貼於點有光阻液之小刻度量尺片上(圖五)。

(4). 由 3.(1)、(2)、(3)所完成之  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜塑膠片統稱為凝膠薄膜貼布(圖六)。

4、探討所完成  $\text{TiO}_2$  光觸媒酸性溶液凝膠薄膜貼布對二氧化碳廢氣之降解現象：

5、不同濃度之  $\text{TiO}_2$  酸性溶液所製作成的凝膠薄膜對濾淨效果之變化：

(1). 對油漬之濾淨：

- a.將貼布直接貼在滴附有光阻液之小刻度量尺片。
- b.詳細觀測並加以比較光阻液顏色及面積之變化。

(2). 對有色有機液體(亞甲藍、葉綠素 a)之濾淨：

- a.將貼布直接貼在滴附有光阻液之小刻度量尺片。
- b.詳細觀測並加以比較光阻液顏色及面積之變化。

(3). 對酸性有機液之濾淨：

- a.泡製 30 ~ 50%的醋酸溶液。
- b.將本實驗所研製成之貼布浸入醋酸溶液中，觀察其 pH 值之變化。
- c.不同時間降解實驗後，將殘餘醋酸溶液組以 pH meter 量測其 pH 值與降解之關係。

(4). 對醇類有機液之濾淨：

- a.泡製 30 ~ 50%的甲醇溶液。
- b.設置一套改良型的蒸餾系統(圖七)。
- c.將本研究之貼布置入於甲醇溶液中。
- e.不同時間降解實驗後，將殘餘甲醇溶液組放入(3)的改良型蒸餾系統中(圖七)，量測其殘餘經降解後的甲醇溶液濃度與降解之關係。

(5). 對酸性有機廢氣之濾淨：

- a.泡製數組濃硫酸。
- c.將所製成之濾淨貼布置於硫酸上方處(圖八)，經照射紫外光降解，量測其降解前後的硫酸濃度變化及關係(以 pH meter 行之)。

5、在  $\text{TiO}_2$  酸性溶液所製作成的凝膠薄膜添加不同光敏染料：

- (1)重覆 4. (1)、(2)、(5)之實驗。
- (2)觀察光阻液之大小、面積變化。
- (3)觀察亞甲藍顏色之變化。
- (4)與未添加光敏染料之狀況做比較。

6、完成相關  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜製作，並規劃完成相關測試：

- (1)表面狀態觀測：SEM 電子顯微鏡觀測  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜表面狀況(圖九)
- (2)成份分析：以 X-ray 繞射實驗探測凝膠薄膜之組成物質(圖十)

## 伍、研究結果

- 一、適當的找尋載體物質實驗，其中以 CMC (羧甲基纖維素)的凝膠薄膜效果最好，相較於聚丙烯酸鈉及鐵氟龍膠體溶液，CMC 具有較好的透明性及添加有色光敏染料較易均勻混合且幾乎無氣泡存在凝膠中。
- 二、各種濃度  $\text{TiO}_2$  酸性溶液(不同濃度：5%、15%、30%)均可大量地、均勻地加入 CMC 凝膠薄膜載體中，並可薄層的滾鋪在基板上。
- 三、加入  $\text{TiO}_2$  酸性溶液的凝膠薄膜確有淨化廢氣，廢氣的功能(由各實驗結果可得知)。
- 四、在濾淨過程中以有機低沸點溶劑的降解最快，另外濃稠狀的光阻液的降解在紫外光的照射下亦是極為快速的進行中。
- 五、有機酸類的濾淨亦以 pH meter 測試後得知效果極佳。
- 六、配合低沸點溶劑的濾淨降解，再利用本實驗設計的改良型蒸餾系統測試結果得知；本實驗  $\text{TiO}_2$  酸性溶液的凝膠薄膜對有機溶劑亦有極高度的濾淨降解作用。
- 七、由實驗得知，隨著加入 CMC 凝膠的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液濃度越高，其具有最快的降解速率及較大的濾淨範圍。
- 八、本實驗的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜可無限制的塗抹在薄塑膠片上，可順利完成本實驗的奈米 OK 濾淨片。
- 九、在本實驗  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜中摻雜光敏染料確實可以加快有機廢液、廢氣之降解；可由廢液、廢氣之顏色、pH 值變化、濃度及濃稠度變化中看出。
- 十、探討本實驗所使用的光敏染料(包括：亞甲藍、甲基藍及葉綠素-a)，由製作成太陽電池從事光電實驗及由有機廢液、光阻液之降解得知，光敏染料之效率排行：亞甲藍>葉綠素-a>甲基藍。
- 十一、以上第十點結論主要之形成，主要是效率高的光敏染料具有較多的雙懸鍵、空位鍵及多氫鍵的結構。
- 十二、由以上一連串實驗結果可知，凝膠型  $\text{TiO}_2$  濾淨薄膜確實可扮演取代傳統型的  $\text{TiO}_2$  濾淨系統。
- 十三、經由 SEM 電子顯微鏡觀測得知，在凝膠薄膜中  $\text{TiO}_2$  粒子分布極為均勻(圖九)。
- 十四、經由 X-ray 繞射測試得知凝膠薄膜主成份仍是  $\text{TiO}_2$  (圖十)。

## 陸、討論

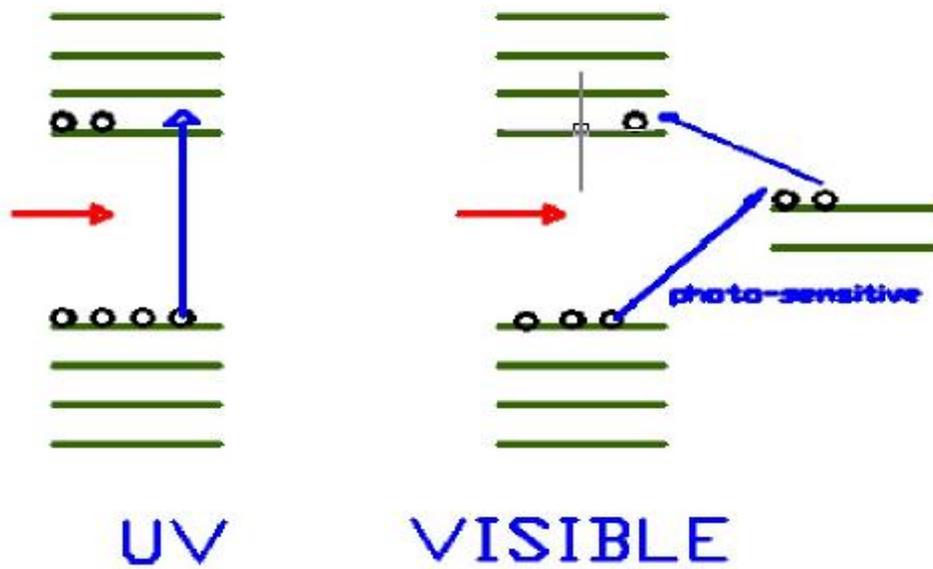
- 一、在尋找凝膠薄膜的過程中，本實驗的要求為；(1)透明(2)無氣泡產生(3)易使加入物被均勻攪拌(4)可容納加入物質的量值越大越佳(5)載體凝膠不會與加入物反應。而 CMC 即為此種載體。
- 一、 $\text{TiO}_2$  酸性溶液可大量地(2c.c / 10c.c.)加入 CMC 凝膠中，並扮演極佳的電解質角色。
- 三、本實驗製作完成的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜貼布，其內如果所加的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液濃度越高，則無論是油漬、有機溶劑、有機光阻液甚或硫酸氣，其降解速率將越高。
- 四、研究方法 5.(1).的測試趨勢可分別由油漬(光阻液)顏色變淡看出(圖十一 a)，而未加入  $\text{TiO}_2$  酸性溶液之 CMC 凝膠薄膜貼布並不使光阻液變淡(圖十一 b)。
- 五、研究方法 5.(2).中亞甲藍液也經由  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜的降解下顏色迅速變淡(圖十二)。
- 六、研究方法 5.(3).(4).有機溶劑在水溶液中的重量百分濃度降低或是 pH 值變大得知實驗趨勢。
  1. 甲醇溶液在  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜照射紫外光降解之下濃度減低(表一)。
  2. 酸性廢液、廢氣在  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜照射紫外光降解之下酸性濃度降低(pH 值增加，表二)。
- 七、 $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜可在區域局部空間中將有機廢液降解分解成二氧化碳與水，在降解過程中由二氧化碳檢知器的偵測得知二氧化碳濃度有變大的趨勢(局部空間，表三 A)。另表三 B、C 可看出添加不同光敏染料(亞甲藍、葉綠素-a 及甲基藍)可看出其對凝膠薄膜對有機廢液之降解有不同程度之變化。
- 八、在  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜中添加光敏染料(亞甲藍)可使油漬的降解速率加快(圖十三 a、b)。如光敏染料改加葉綠素-a，則油漬速率亦快(圖十四 a、b)(表三 D、E、F)。
- 九、本實驗所用的光敏染料物質其中亞甲藍、葉綠素-a 都具有比甲基藍較多的雙懸鍵(圖十五 a)、氫鍵(圖十五 b)及空位鍵(圖十五 c)，所以光敏效率以亞甲藍最佳，而以甲基藍最差。所以在  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜中添加亞甲藍對油漬的降解速率較快於加葉綠素-a 對油漬的降解素率(圖十六 a、b)。
- 十、利用 CMC 為載體物質的酸性溶液凝膠薄膜製成貼布(OK 繃)型式，在操造濾淨過程中由於 CMC 無化學反應產生，則整個過程中並不發生溫度的大幅變化(圖十七，表四)。

## 柒、結論

- 一、CMC)當載體物質，可以容納多量的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液製成凝膠薄膜貼布。
- 二、本實驗所自製的  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜貼布(又稱 OK 繃)，可以照射紫外光降解油污(濃稠光阻液)、有機廢液(亞甲藍)、酸液(硫酸溶液)。
- 三、藉由二氧化碳含量的變化、有機廢液顏色的變化、酸液 pH 值的變化及光阻液濃稠度的變化，皆可以驗證出自製  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜貼布的濾淨效果。
- 四、藉由光敏染料的加入，可使我們 OK 繃的照光使用波段由紫外光調至可見光，可以加大使用範圍及提高降解效率。
- 五、根據所使用的光敏染料結構式參考，找出加入光敏染料調制照光波段的理論機制。根據本實驗初步結論；主要是因為雙懸鍵、氫鍵及空位鍵的存在。
- 六、將  $\text{TiO}_2$  酸性溶液製成凝膠薄膜，它的降解效率及後續處理方式都優於  $\text{TiO}_2$  懸浮液及平板  $\text{TiO}_2$  薄膜的濾淨。

## 捌、參考資料及其它

一、呂宗昕	(民 92)	奈米科技與光觸媒	128-144 頁	台北市	喬周
二、室井宗一	(民 90)	紙塗布技術	25-30 頁 65-70 頁	台北縣	高立
三、莊萬發	(民 87)	超微粒子理論應用	81-95 頁	台南市	復漢
四、馬遠榮	(民 91)	奈米科技	54-55 頁 154-156 頁	台北市	喬周
五、許溢适	(民 89)	新電池技術介紹	184-190 頁	板橋市	文笙
六、Duncan J shaw	(民 90)	膠體及介面化入門	7-12 頁	台北縣	高立



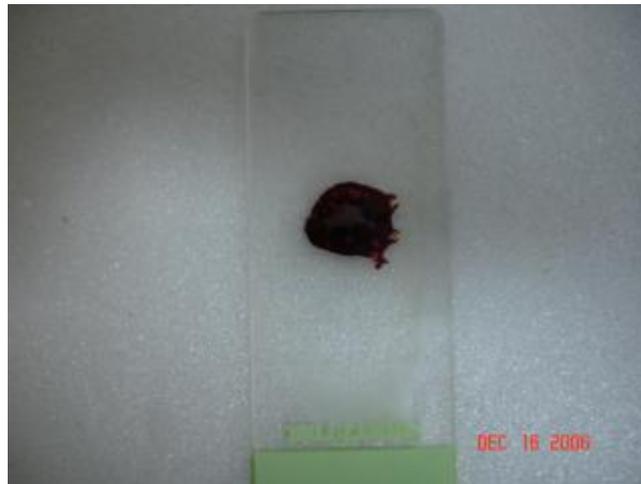
圖一 能隙圖及照光產生電子理論機制  
 (右：未添加光敏染料 左：添加光敏染料)



圖二 以 CMC 為載體物質加水及酸性溶液配製而成的  $\text{TiO}_2$  凝膠



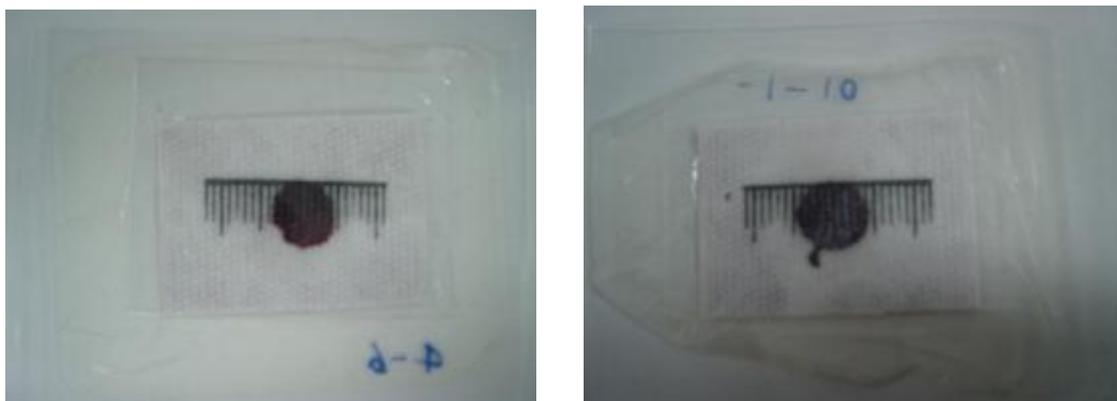
圖三 添加不同濃度  $\text{TiO}_2$  酸性溶液之 CMC 凝膠圖  
(左：B 凝膠、中：C 凝膠、右：A 凝膠)



圖四 點上光阻液之載玻片



圖四 點上亞甲藍液之濾紙



圖五(左：A 凝膠 右：C 凝膠)



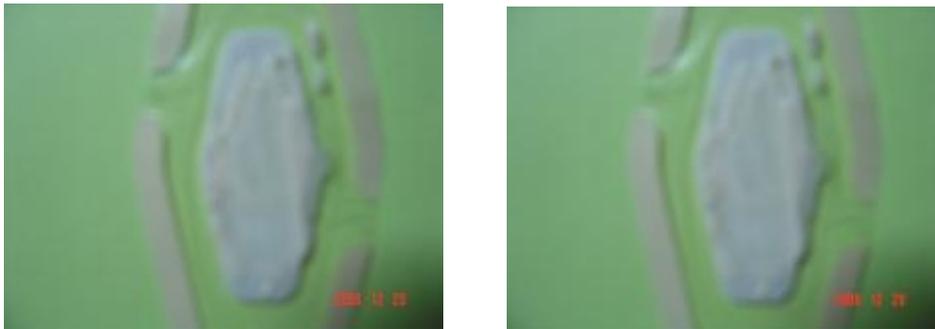
圖六(左：A 凝膠 右：C 凝膠)



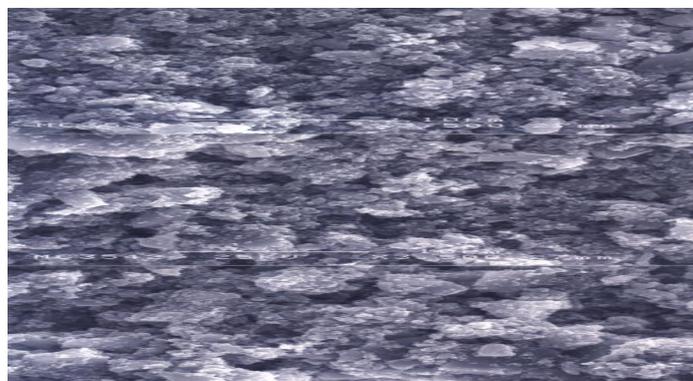
圖七 甲醇溶液經由  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜降解之蒸餾測試



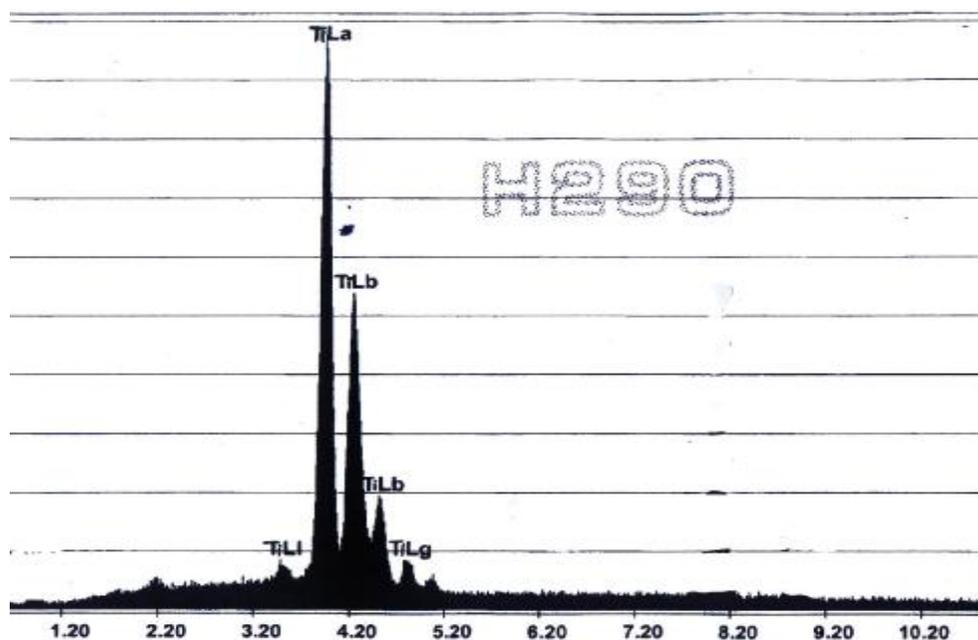
圖八 將  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜置放於濃硫酸附近  
(由左至右：C 凝膠、B 凝膠、B 凝膠、A 凝膠)



圖九 自行研發之  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜 OK 綑



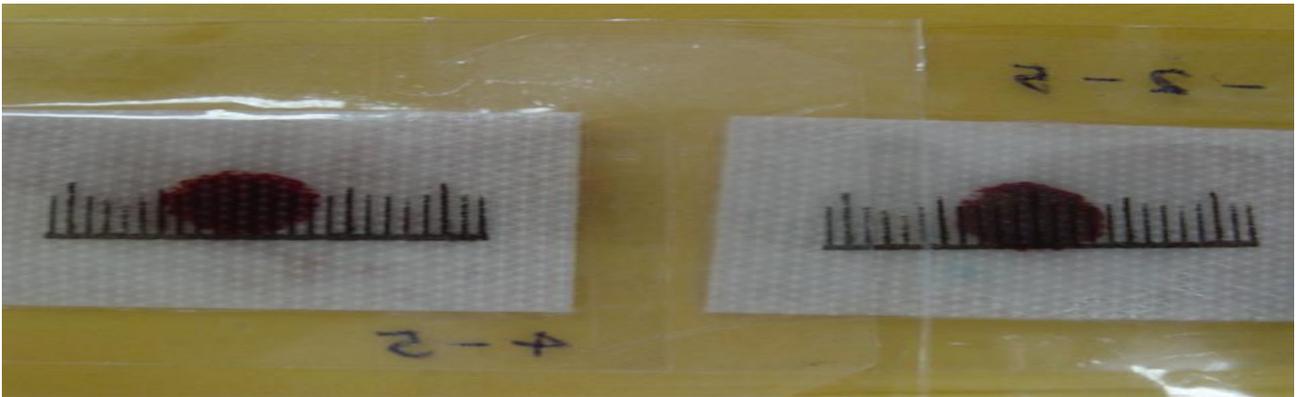
圖九  $\text{TiO}_2$  酸性凝膠 SEM 圖  
(分布極為均勻)



圖十 由 X-ray 繞射實驗凝膠薄膜主成份為  $\text{TiO}_2$



圖十一 a 照射紫外光 1 天後                      照射紫外光 3 天後                      照射紫外光 5 天後  
 圖十一 a 利用  $\text{TiO}_2$  酸性溶液凝膠薄膜照射紫外光，光阻液油漬變淡



照射紫外光 1 天後



照射紫外光 3 天後

圖十一 b 利用 CMC 凝膠薄膜(未加入  $\text{TiO}_2$ )照射紫外光，光阻液並未明顯變淡



圖十二 a 未照射紫外光降解

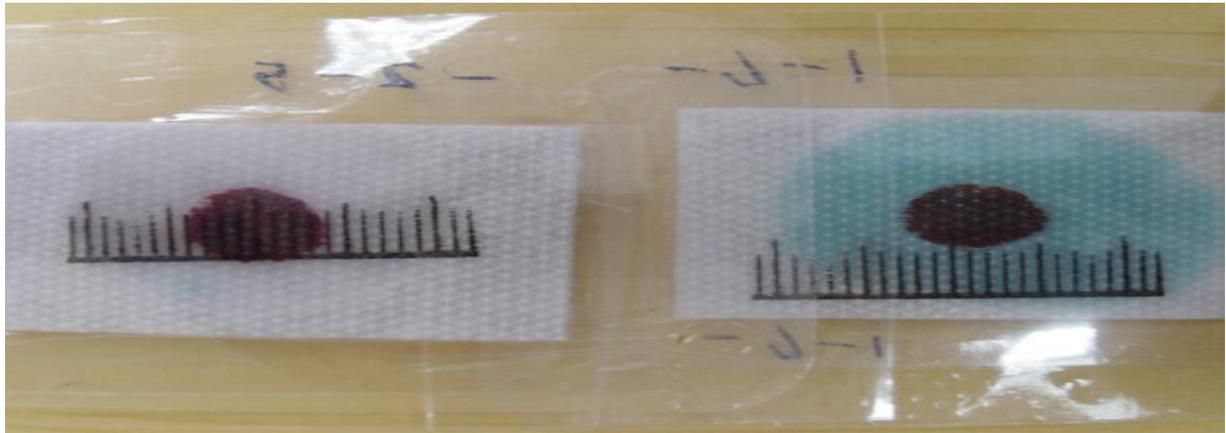


圖十二 b 經 2 天



圖十二 c 經 3 天

圖十二 b、c 亞甲藍液經  $\text{TiO}_2$  凝膠薄膜照射紫外光降解下  
顏色迅速變淡



圖十三 a 未加光敏染料

加入亞甲藍光敏染料

(照紫外光 1 天後)



圖十三 b 未加光敏染料

加入亞甲藍光敏染料

(照紫外光 3 天後)



圖十四 a 未加光敏染料

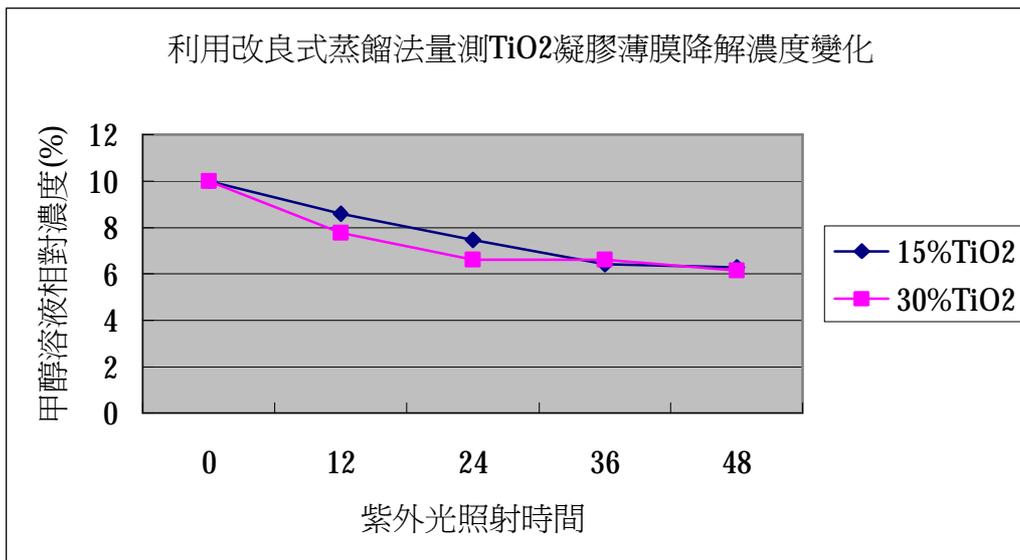
加入葉綠素-a 光敏染料  
(照紫外光 1 天後)



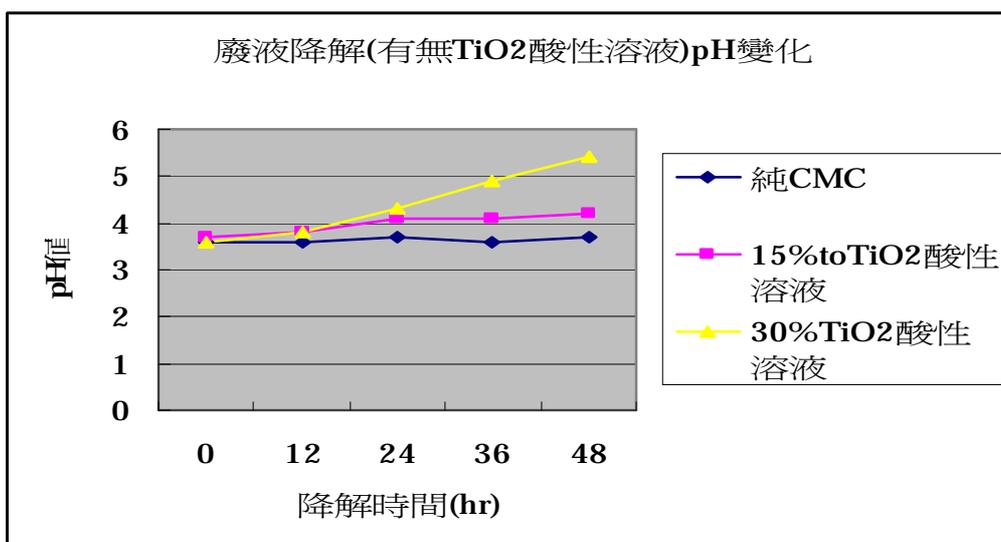
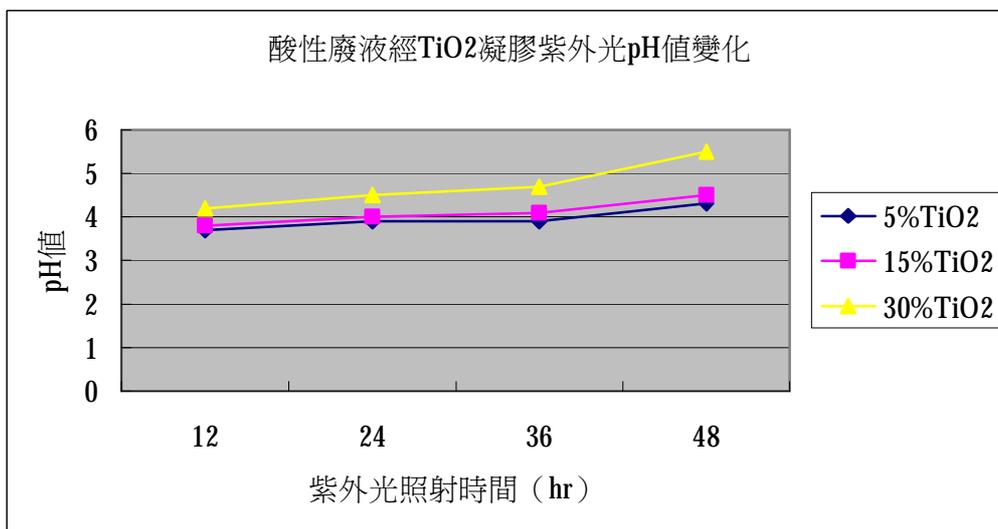
圖十四 b 未加光敏染料



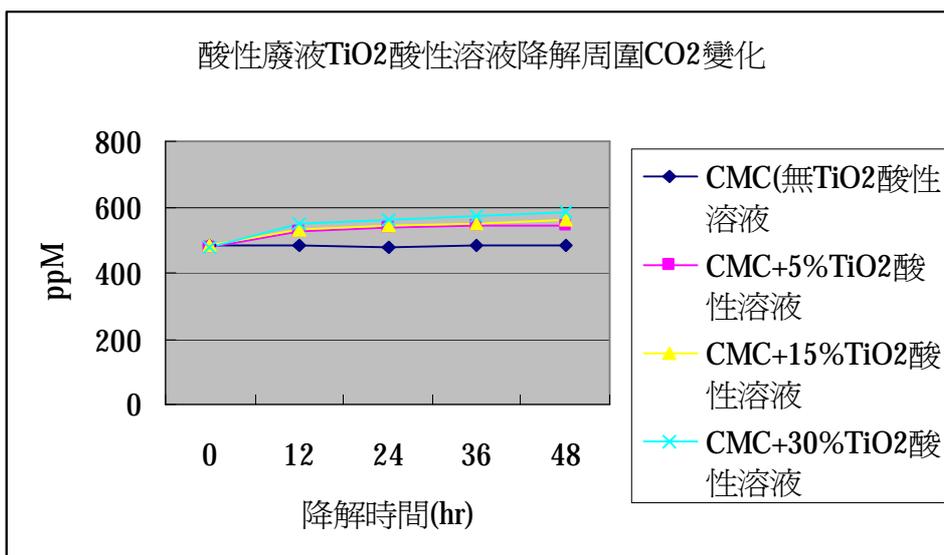
加入葉綠素-a 光敏染料  
(照紫外光 3 天後)



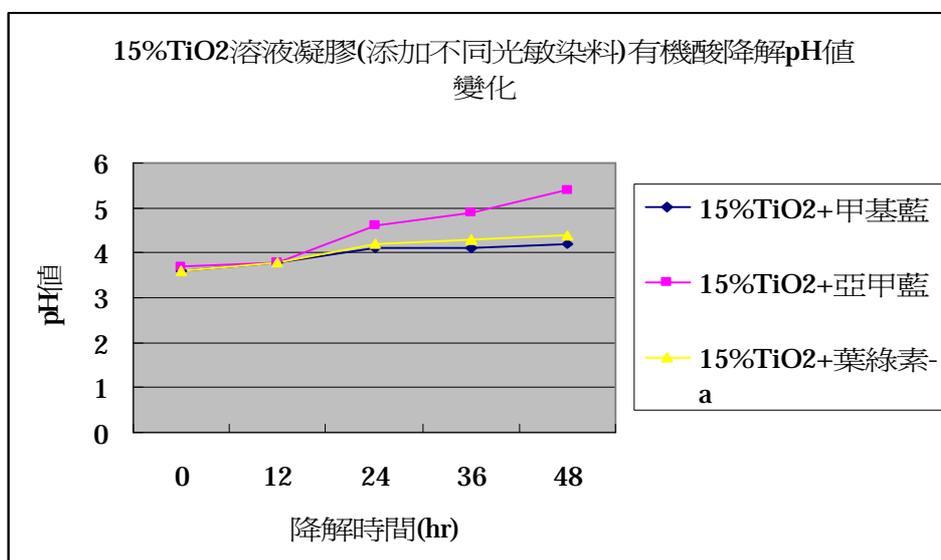
表一 利用改良式蒸餾法量測甲醇廢液之 TiO<sub>2</sub> 凝膠薄膜紫外光降解相對濃度變化



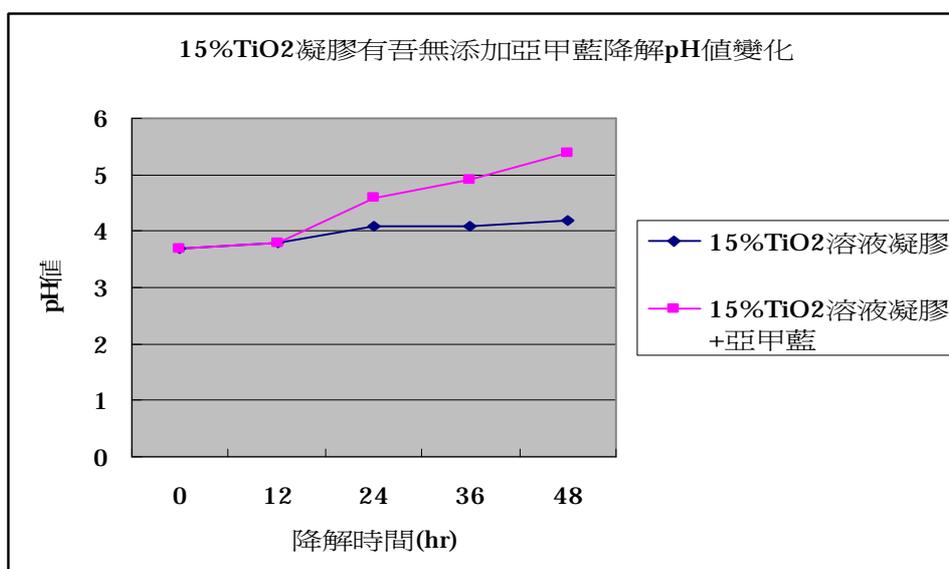
表二 酸性廢液經 TiO<sub>2</sub> 酸性凝膠薄膜紫外光降解 pH 值變化



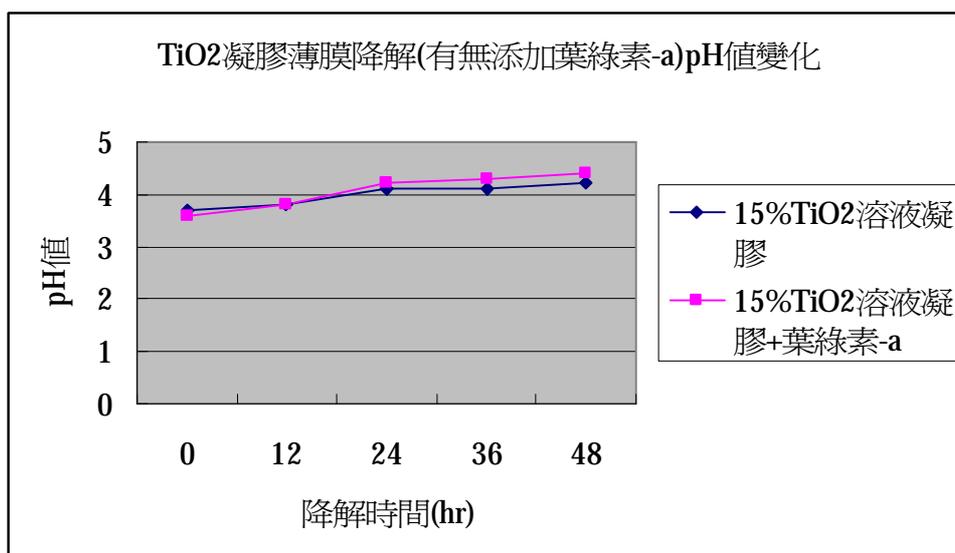
表三 A 有機廢液有無酸性溶液添加凝膠降解 CO<sub>2</sub>濃度變化比較圖



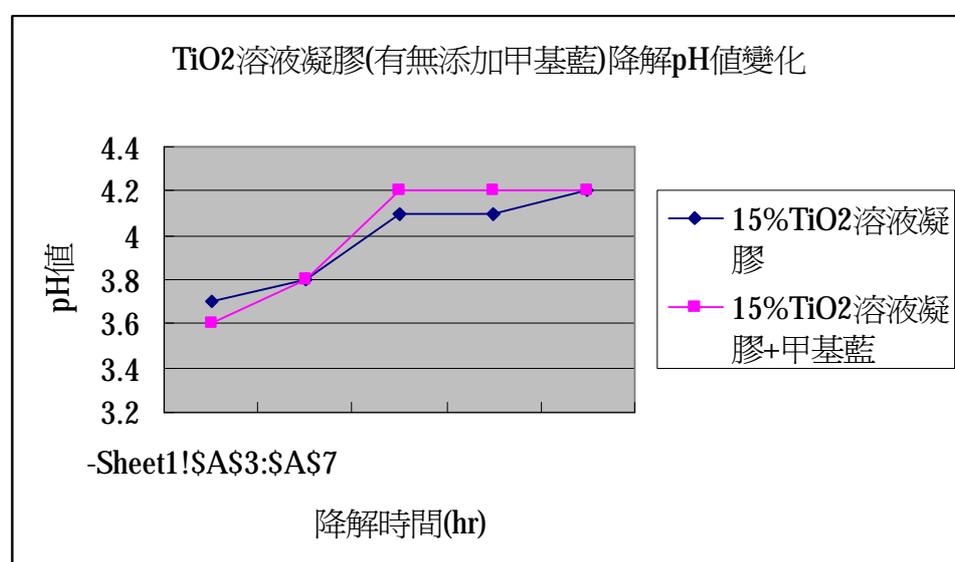
表三 B 添加不同光敏染料之有機廢液酸性溶液凝膠降解 pH 變化圖



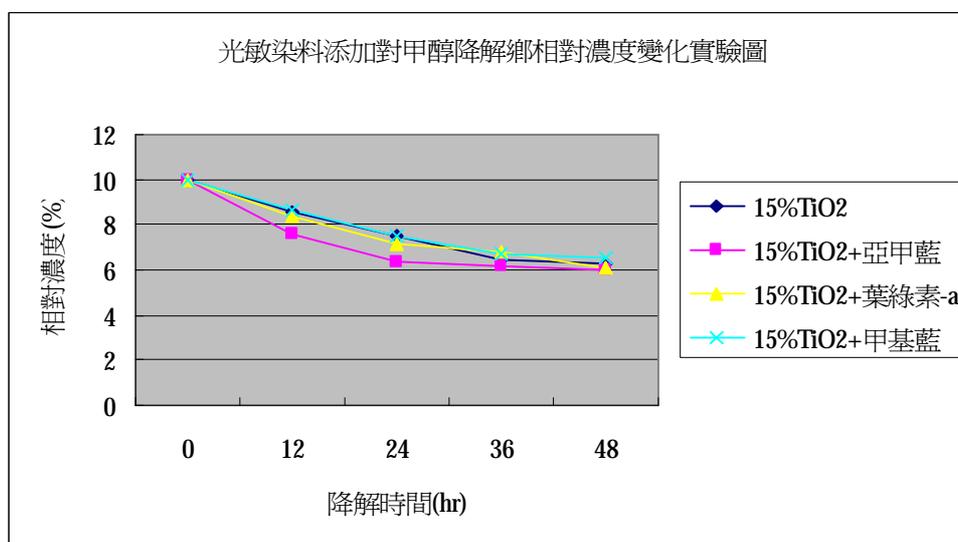
表三 C 有無添加光敏染料(亞甲藍)之有機廢液酸性溶液凝膠降解 pH 變化圖



表三 D 有無添加光敏染料(葉綠素-a)之有機廢液酸性溶液凝膠降解 pH 變化圖

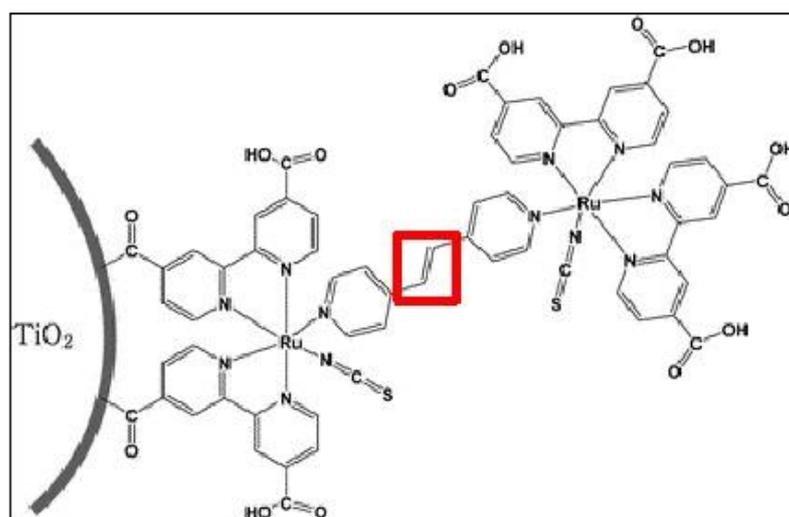


表三 E 有無添加光敏染料(亞甲藍)之有機廢液酸性溶液凝膠降解 pH 變化圖

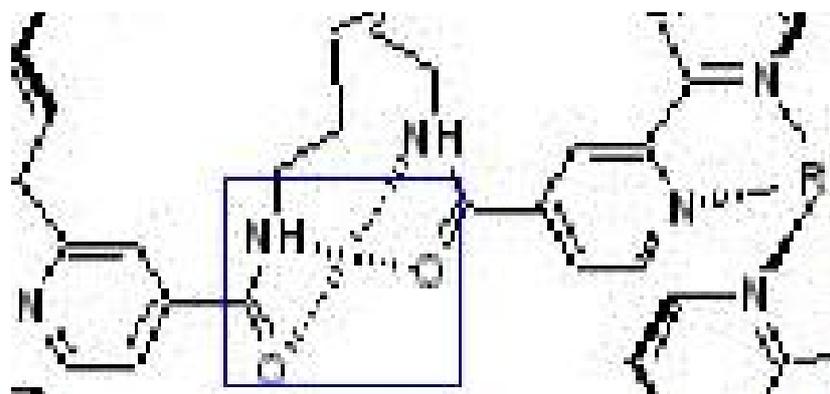


表三 F 添加不同光敏染料之有機廢液酸性溶液凝膠降解 pH 變化圖

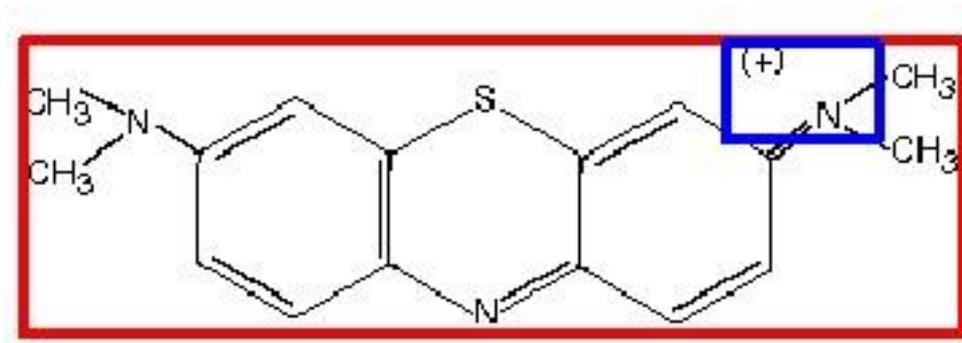
凝膠材料	外觀	安全性	操作度
CMC 羧甲基纖維素	白色粉末	無毒 折射率 $n=1.35$	易操作 凝膠透明均勻
聚丙烯酸鈉	白色粉末	無毒 折射率 $n=1.27$	凝膠混合過程 產生氣泡
保麗龍膠 (醋酸纖維素)	透明膠狀	無毒 折射率 $n=1.27$	凝膠混合過程 乾涸太快 不易操作



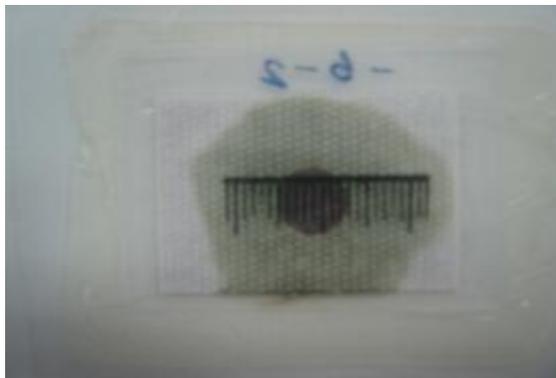
圖十五(a)具有雙懸鍵，鍵上因電子較靠近容易因斥力而脫離  
(意即產生較多的光電子)



圖十五(b)氫鍵



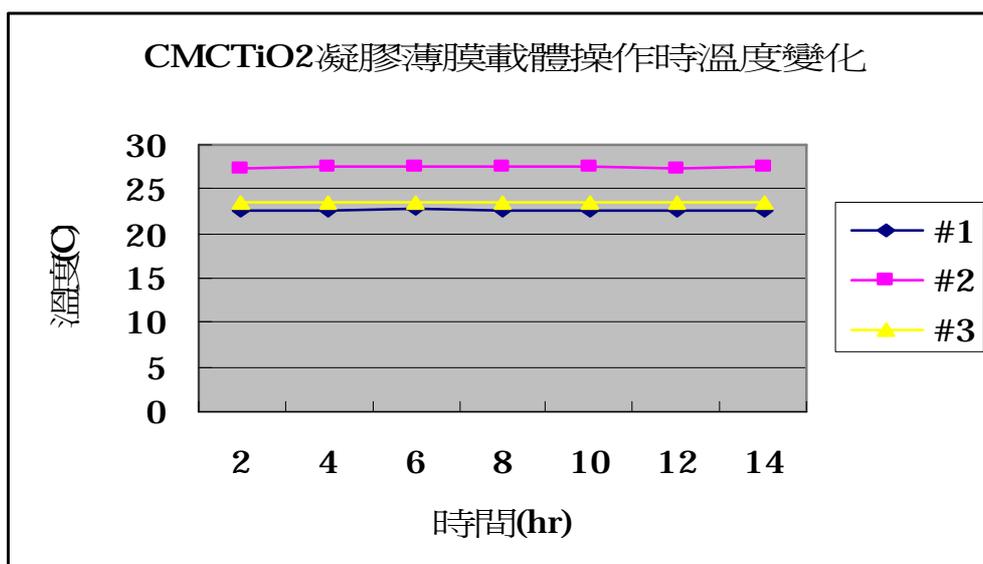
圖十五(C)空位鍵(易產生多餘電子)



圖十六 a 以葉綠素-a 為光敏染料之降解效果(照紫外光 3 天)



圖十六 b 以亞甲藍為光敏染料之降解效果(照紫外光 3 天)



表四 TiO<sub>2</sub> 凝膠薄膜濾淨過程中 CMC 載體溫度變化

【評 語】 040816 去污 OK 繃--奈米濾淨凝膠薄膜之研究

把 TiO<sub>2</sub> 製成 OK 繃的創意新穎，但後續去汙能力及降解能力檢測的實驗設計，宜有更精確的定量分析和更具說服力的分析方法，才能使此研究的創意更上一層樓。