

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

(鄉土)教材獎

佳作

030205

殼殼好朋友-探討甲殼素和筍殼碳複合材料的吸  
附能力

學校名稱：南投縣立大成國民中學

作者： 國二 李承遠	指導老師： 徐敏益 鄭定祐
---------------	---------------------

關鍵詞：茭白筍殼、甲殼素、吸附

## 摘要

我將甲殼素與筍殼碳依 7:3、6:4、5:5、4:6 及 3:7 比例混合製成複合物，吸附不同濃度的硫酸銅、亞甲基藍(色素)、硝酸鉀(無機鹽)，複合物不同比例間對於銅離子、色素、硝酸鹽的吸附情形都不同，銅離子甲殼素比例高吸附好，色素碳比例高吸附好，硝酸鹽甲殼素比例高吸附好，但甲殼素價格高而碳的價格低，添加後除可降低成本，還可應各種不同需求選擇不同比例的複合物，而 5:5 的吸附效果與甲殼素相近，且成本較低，製成片狀易於回收，所以利用價值最高。

## 壹、研究動機





最近常在各處看到關於受汙染的水因含有大量重金屬、無機鹽、色素等對人體有害之物質，造成魚蝦、作物受到汙染，連帶著人類的日常生活受到影響，因此我開始思考如何改善我的生活環境。埔里地區最有名的特產便是茭白筍，然而大量的採收就會有大量的廢棄茭白筍殼需要處理。曾看過一些資料，發現甲殼素有良好的吸附金屬能力，如此，是否能使汙水轉為更乾淨呢？因此我展開了我的實驗。

## 貳、研究目的

- 一、製作純甲殼素膜和筍殼碳及其不同比例複合物
- 二、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於銅離子的吸附情形
- 三、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於亞甲基藍(色素)的吸附情形
- 四、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於硝酸鉀(無機鹽)的吸附情形

## 參、研究設備及器材

### 一、實驗設備及儀器

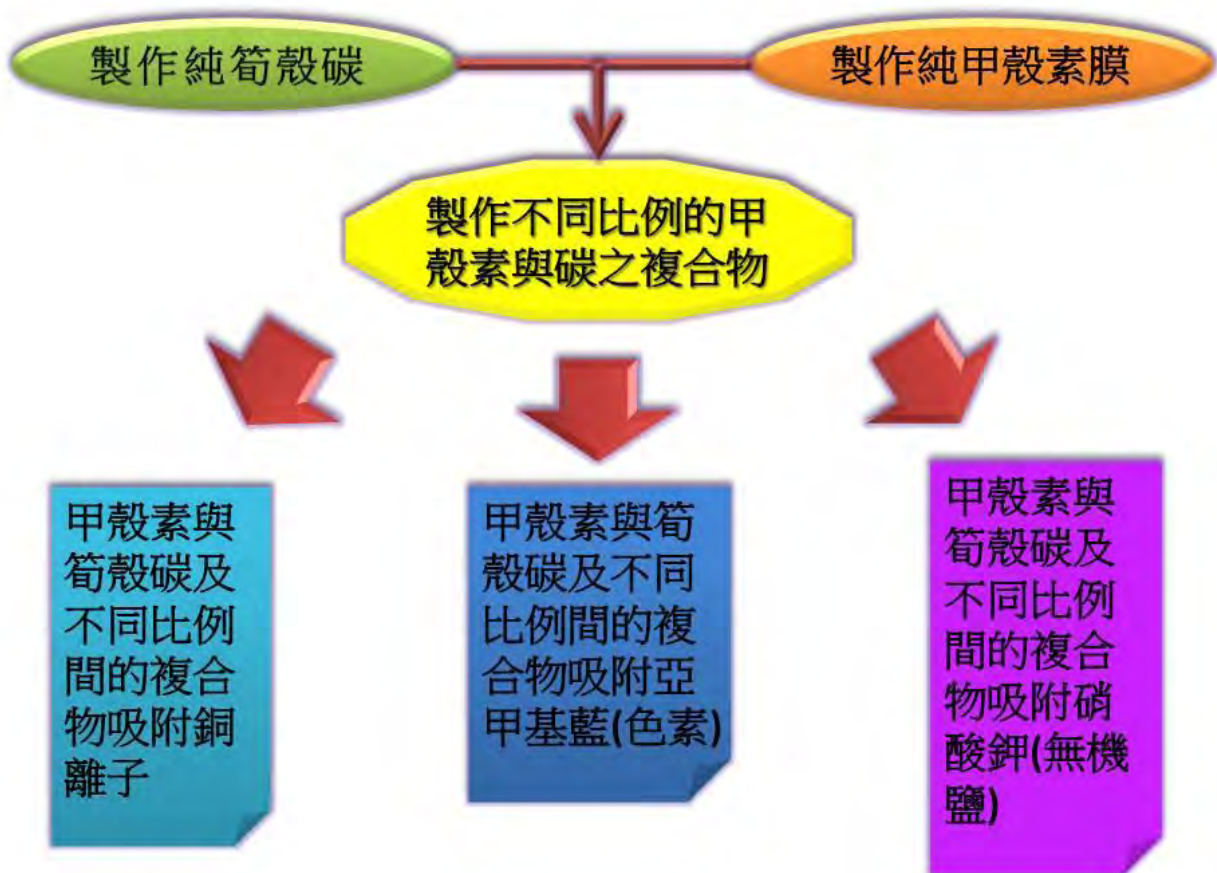
			
烤箱	加熱板	分光比色計	電子秤(精密度 0.001g)

## 二、實驗器材及藥品

瓷漏斗、玻璃漏斗、濾紙(90mm、150mm)、錐形瓶(100ml、250、500ml)、燒杯(100、250、500、1000ml)、滴管、量瓶(100ml、250ml、500ml)、硬試管、量筒(100ml、500ml)、培養皿、濾網、蒸餾水、亞甲基藍、硝酸鉀、硫酸銅、甲殼素。

## 肆、研究過程或方法

### 一、實驗流程：



### 二、實驗步驟：

#### (一) 製作純甲殼素膜和筍殼碳及其不同比例複合物

##### 1. 製作筍殼碳

我將新鮮茭白筍殼烘乾後，取出再加以磨碎成粉狀備用，以攝影機錄下加熱時間和溫度變化，並繪製其關係圖。



【圖 01】烘乾茭白筍殼



【圖 02】加熱後製成筍殼碳

## 2. 製作純甲殼素膜

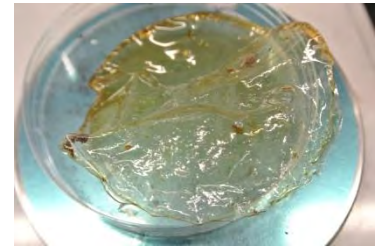
- a. 秤取純甲殼素 10g，加入 0.25M 的醋酸溶液後將其溶解。
- b. 放入超音波震盪器中去除微小氣泡。
- c. 把甲殼素放入烘乾機烘乾後，置於 10%氫氧化鈉溶液中中和其 pH 值，再用蒸餾水洗淨，烘乾後剪成片狀備用。



【圖 03】溶解後的甲殼素



【圖 04】泡氫氧化鈉中的甲殼素



【圖 05】烘乾後的甲殼素

## 3. 製作不同比例的甲殼素與碳之複合物

- a. 調製 3:7、4:6、5:5、6:4、7:3(甲殼素:碳)之複合物:先依序秤量 0.03g、0.04g、0.05g、0.06g、0.07g 甲殼素,再以 2.5M 醋酸溶液溶解,依比例再加入筍殼碳 0.07g、0.06g、0.05g、0.04g、0.03g 將之均勻混合,放入培養皿中將其烘乾。
- b. 再置於 10%氫氧化鈉溶液中中和其 pH 值,以蒸餾水洗淨至中性,經乾燥後備用。



【圖 06】均勻混合的複合物



【圖 07】烘乾後的成品

## (二) 探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於銅離子的吸附情形

1. 配製 15000ppm 的硫酸銅標準液，測量其最大吸收波長。
2. 配製 1000~10000ppm 的硫酸銅溶液，製作濃度對吸收度的檢量線。
3. 配製濃度 1000、2000、3000、4000、5000、6000、7000、8000、9000、10000ppm 的硫酸銅液 100mL，再將 0.1g 的甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物(純甲殼素膜、筍殼碳、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3)與調製好的硫酸銅液放置於錐形瓶，靜置一天。
4. 經過濾後測其溶液吸收度，經檢量線換算可得濃度，再帶入 Freundlich 及 Langmuir 等溫吸附方程式作為吸附理論

### (1) Freundlich 吸附平衡方程式

$$\log\left(\frac{X}{m}\right) = \log k + n \log C$$

當平衡濃度愈大時，單位吸附量愈大(不需考慮吸附劑上已經吸附的吸附量)。因此吸附方程式解釋以凡得瓦力層層包覆的物理吸附行為。我藉由作圖與回歸分析，可以知道甲殼素和筍殼碳及其不同比例複合物的吸附行為是否符合假設。

X 吸附質的質量

m 吸附劑的質量

C 溶液中吸附質的平衡濃度

k 與 n 為在特定溫度下與給定吸附質與吸附劑下的常數

### (2) Langmuir 等溫吸附方程式

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{k_1 k_2} + \frac{c}{k_2}$$

因吸附劑的表面具有不勻稱的引力形成殘餘的電子價，這些電子價與吸附質(例如染料上的官能基)產生具有選擇性的鍵結；此種鍵結類似離子鍵，吸附所放出的熱量也相當於形成離子鍵所放出的熱量，因此吸附方程式討論的是化學吸附的現象。

C：在溶液裡的平衡濃度

x / m：每單位克重的複合物(m)所吸附的吸附質重量(x)

k<sub>1</sub>：吸附物與複合物的吸引鍵結力

k<sub>2</sub>：最大吸附量

### (三) 探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於亞甲基藍(色素)的吸附情形

1. 配製 10ppm 的亞甲基藍標準液，測量其最大吸收波長。
2. 配製 1、1.5、2、2.5~50ppm 的亞甲基藍溶液，製作濃度對吸收度的檢量線。
3. 調製濃度 5、10、15、20、25、30、35、40、45、50ppm 的亞甲基藍液 100mL，將 0.1g 的甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物(純甲殼素膜、筍殼碳、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3)與調製好的亞甲基藍液放置於錐形瓶，靜置一天。
4. 經過濾後測其溶液吸收度，經檢量線換算可得濃度，再帶入 Freundlich 及 Langmuir 等溫吸附方程式得到吸附模式，以上述方法得到實驗結果。

### (四) 探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於硝酸鉀(無機鹽)的吸附情形

1. 配製 2ppm 的硝酸鉀標準液，測量其最大吸收波長。
2. 配製 2~20ppm 的硝酸鉀溶液，製作濃度對吸收度的檢量線。
3. 調製濃度 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20ppm 的硝酸鉀液 100mL，再將 0.1g 的甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物(純甲殼素膜、筍殼碳、3:7、4:6、5:5、6:4、7:3)與調製好的硝酸鉀液放置於錐形瓶，靜置一天。
4. 經過濾後測其溶液吸收度，經檢量線換算可得濃度，再帶入 Freundlich 及 Langmuir 等溫吸附方程式得到吸附模式，以上述方法得到實驗結果。



【圖 08】吸附亞甲基藍



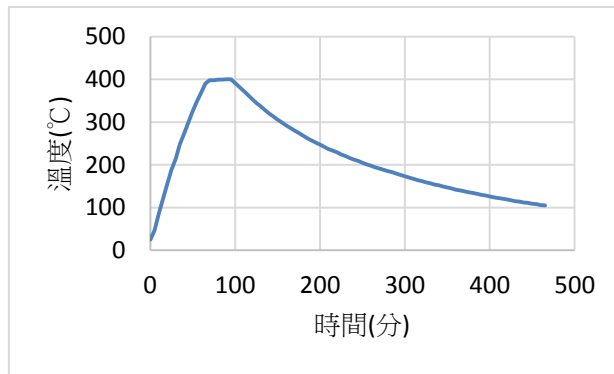
【圖 09】吸附硝酸鉀

## 伍、研究結果

### 一、製作純甲殼素膜和筍殼碳及其不同比例複合物

#### (一) 製成筍殼碳的反應時間和溫度關係

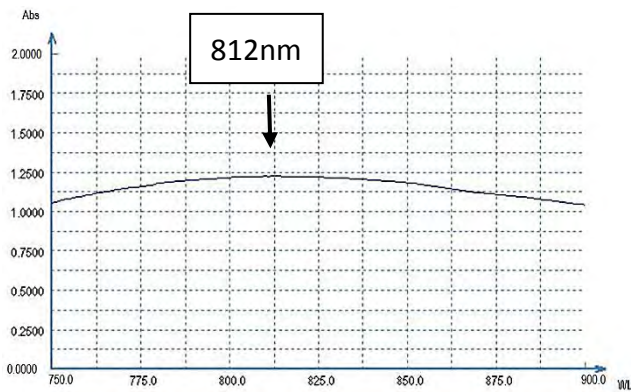
烤箱經測試結果，會以每分鐘 45°C 的速度上升至 400°C，過程約 90 分鐘，為讓碳化完全，需維持 400°C 約 5~10 分鐘後停止加熱，其溫度便會緩緩下降。



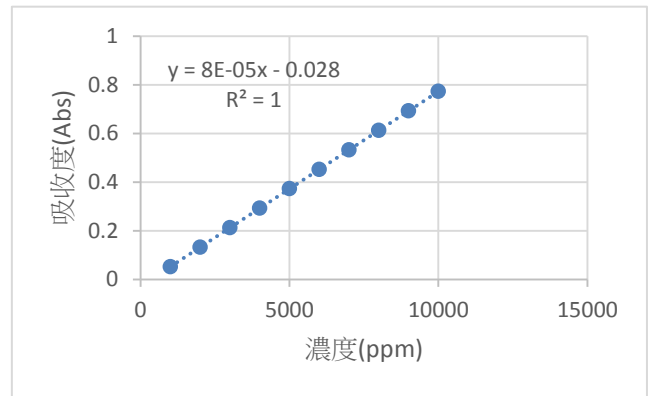
【圖 10】筍殼碳的反應時間與溫度的關係

### 二、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於銅離子的吸附情形

配製 15000ppm 的硫酸銅溶液測其最大吸收波長為 812nm。



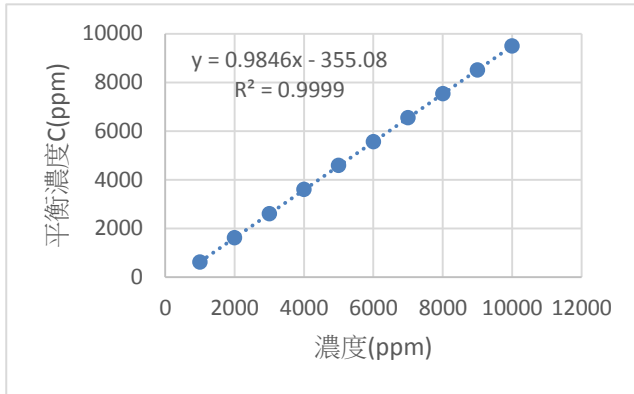
【圖 11】15000ppm 硫酸銅最大吸收波長



【圖 12】硫酸銅檢量線

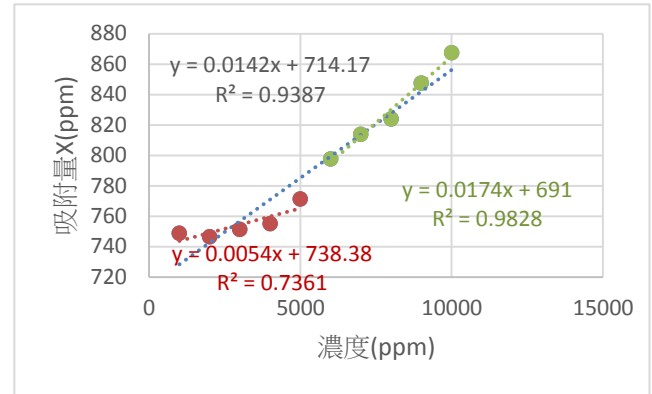
## (一)純甲殼素

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



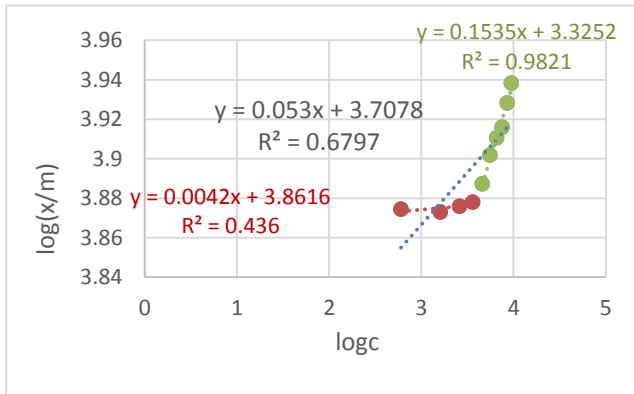
【圖 13】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



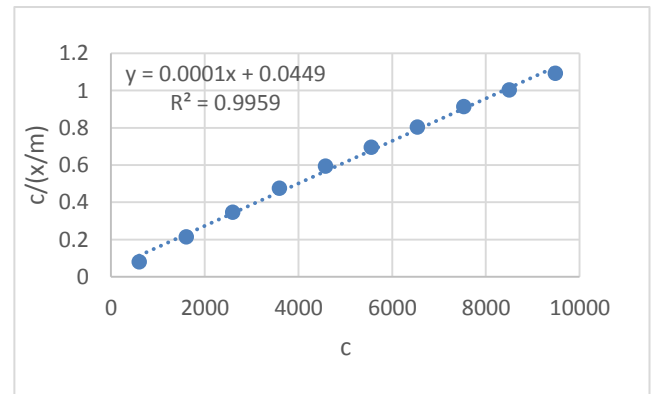
【圖 14】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 15】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



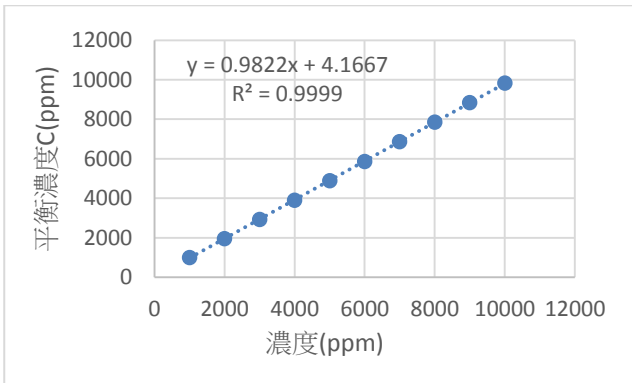
【圖 16】

- (1) 純甲殼素對於硫酸銅原濃度與平衡濃度線性關係【圖 13】，顯示受原濃度影響較大，但其吸附量並未呈線性關係線，至 6000 ppm 後才會隨原濃度呈正相關且有明顯上升趨勢【圖 14】，可能受到不同吸附模式影響，故須由 Freundlich 和 Langmuir 等溫吸附作圖探討其原因。
- (2) 純甲殼素對於硫酸銅之吸附經由【圖 15】可知，在高濃度下較符合物理吸附，再由【圖 16】可知，由低至高濃度皆為化學吸附。



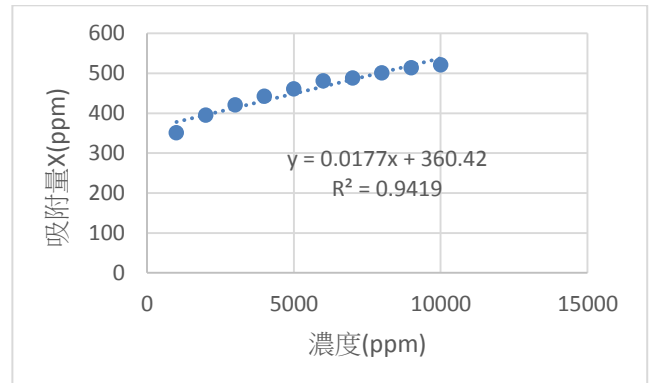
## (二) 筍殼碳

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



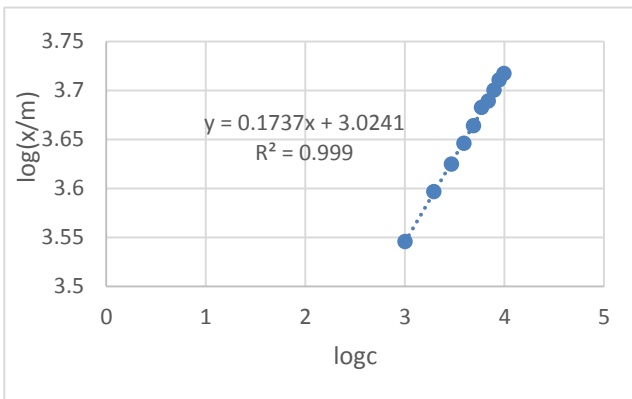
【圖 17】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



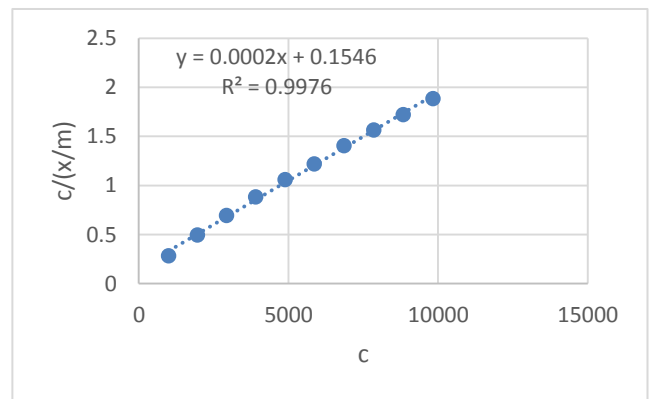
【圖 18】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 19】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



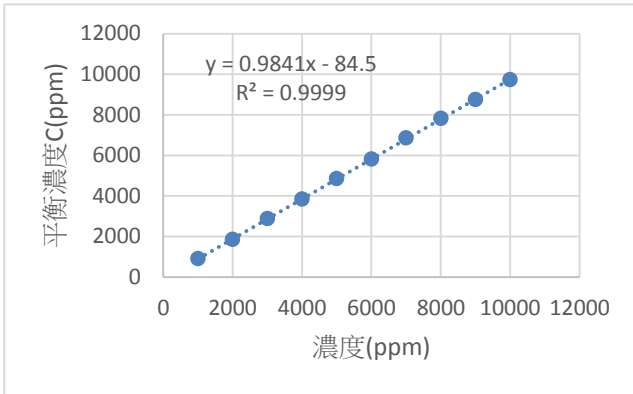
【圖 20】

(1) 筍殼碳對於硫酸銅原濃度平衡濃度和吸附量均呈線性關係如【圖 17】、【圖 18】，顯示對於硫酸銅的吸附較為均勻，但吸附量較甲殼素低。

(2) 我可經由【圖 19】、【圖 20】可知，筍殼碳對於硫酸銅在吸附過程中均有物理及化學吸附，比較其吸附方程式，發現較接近物理吸附。

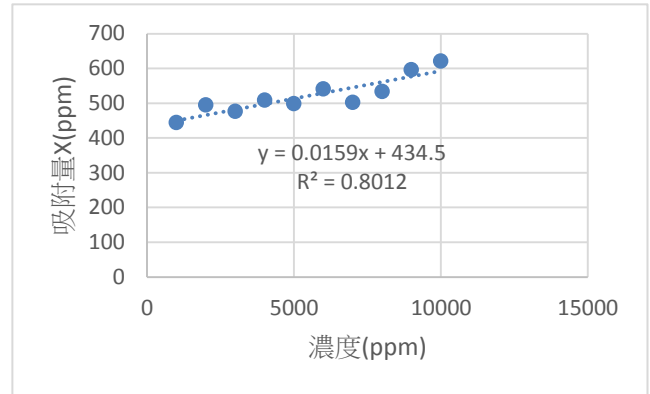
### (三) 3:7 複合物

#### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



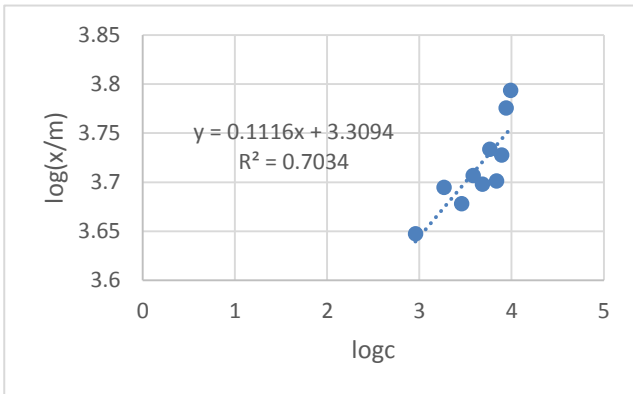
【圖 21】

#### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



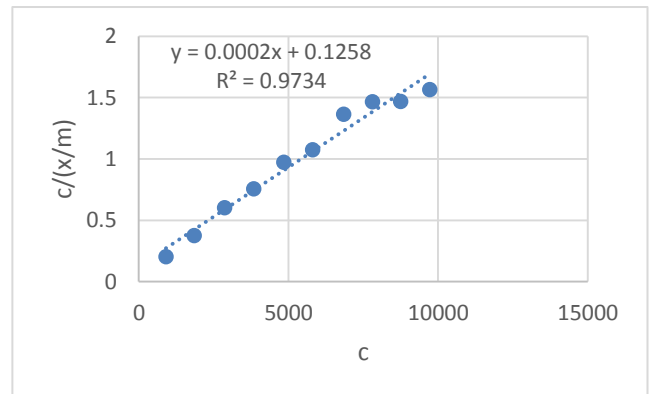
【圖 22】

#### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 23】

#### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

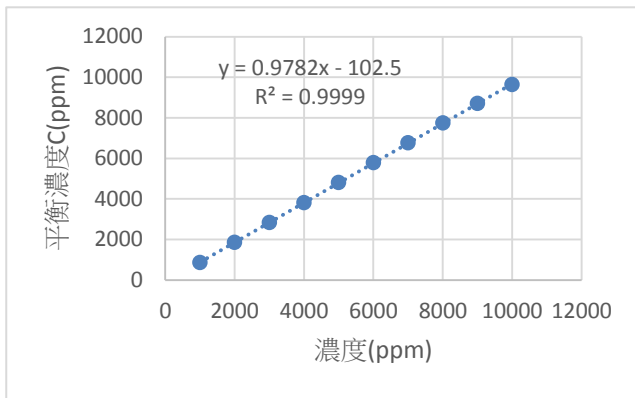


【圖 24】

- (1) 3:7 複合物對硫酸銅的吸附量與原濃度關係  $R^2=0.8012$  較為分散，顯示可能因複合後性質改變，影響其吸附量。
- (2) 我可經由【圖 23】、【圖 24】得知，在物理吸附下  $R^2=0.7034$ ，而在化學吸附下  $R^2=0.9734$ ，顯示受化學吸附的影響較大。

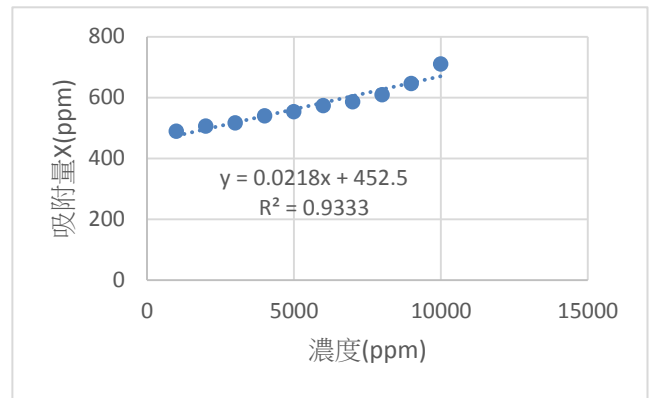
#### (四) 4:6 複合物

##### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



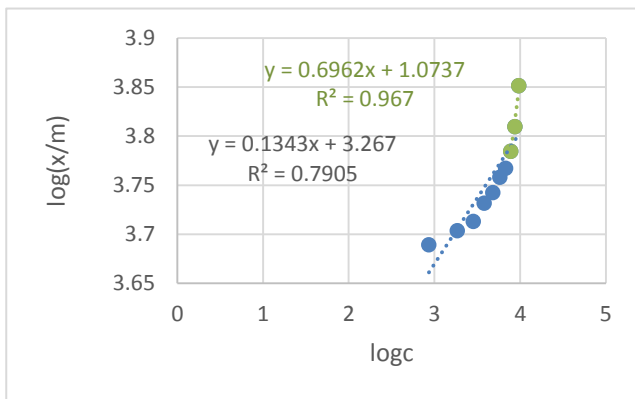
【圖 25】

##### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



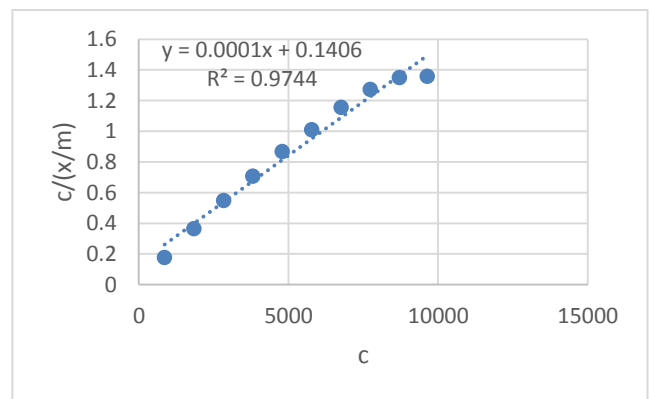
【圖 26】

##### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 27】

##### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

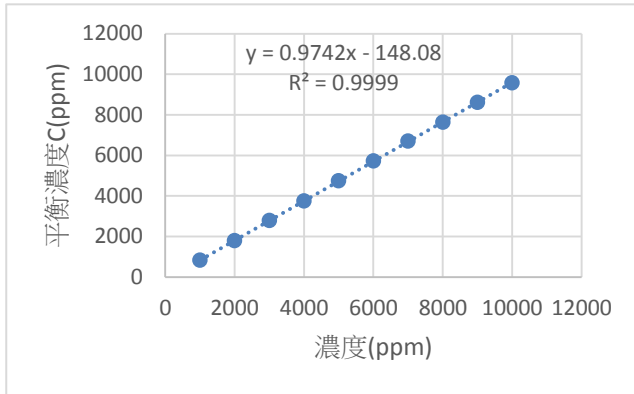


【圖 28】

- (1) 4:6 複合物對硫酸銅的吸附量與原濃度關係  $R^2=0.9333$ ，但在高濃度下(10000ppm)吸附量有較大的增加，顯示在高濃度下受物理或化學吸附影響較大。
- (2) 再由【圖 27】、【圖 28】得知，對於硫酸銅吸附均受到化學吸附的影響較大，但在高濃度受到物理吸附的影響有明顯增加。

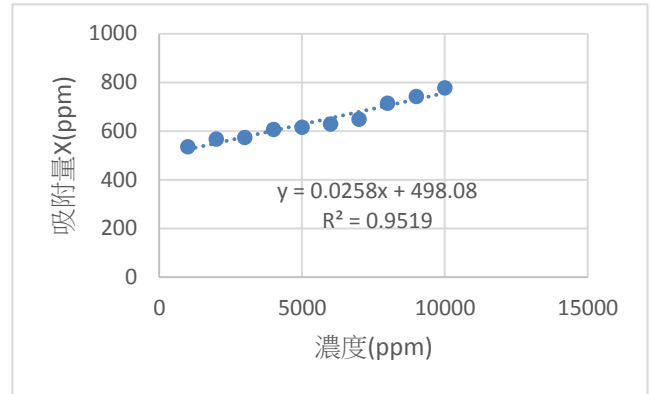
## (五) 5:5 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



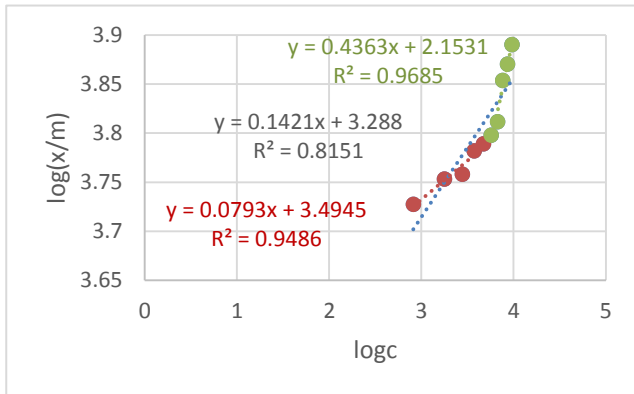
【圖 29】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



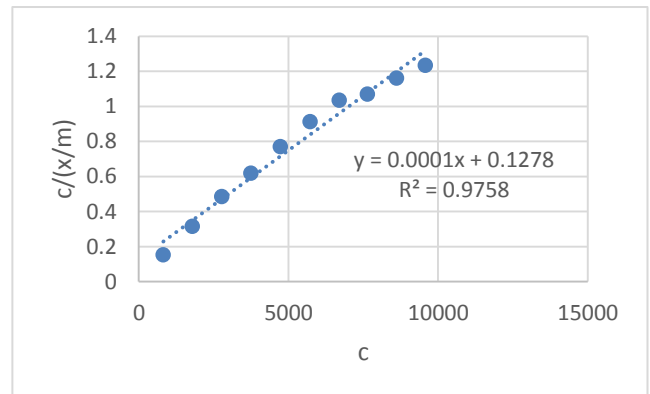
【圖 30】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 31】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

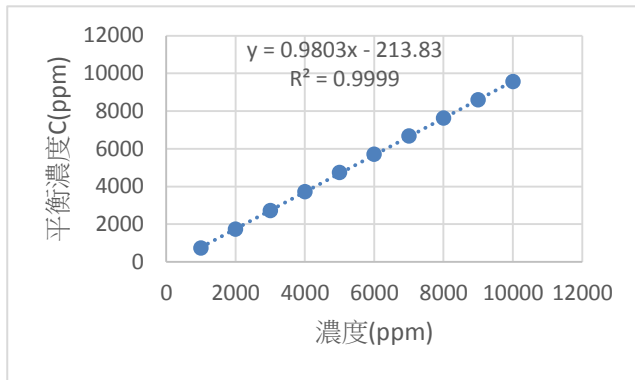


【圖 32】

- (1) 5:5 複合物對硫酸銅的吸附量與原濃度關係  $R^2=0.9519$ ，但在 8000ppm 下有較大的吸附量，顯示隨比例甲殼素與碳的比例不同，吸附量也隨之改變。
- (2) 我可經由【圖 31】、【圖 32】得知，吸附過程中物理吸附在高濃度的吸附量增加許多，而化學吸附在高濃度下則略為下降，在低濃度下皆受物理及化學吸附影響。

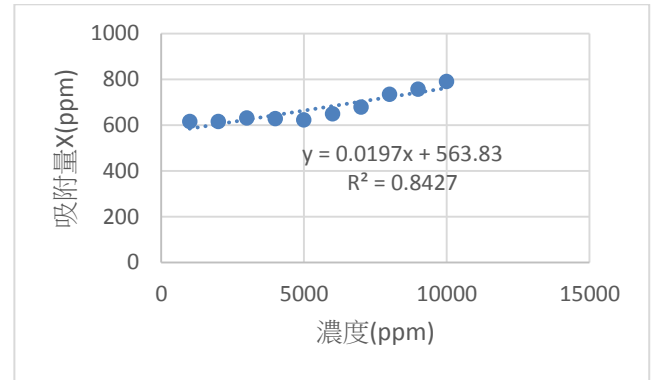
## (六) 6:4 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



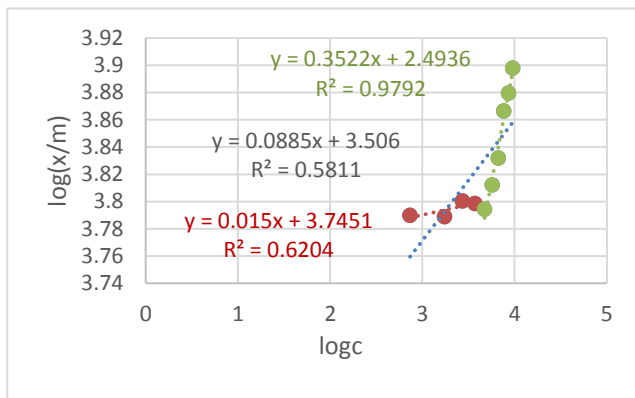
【圖 33】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



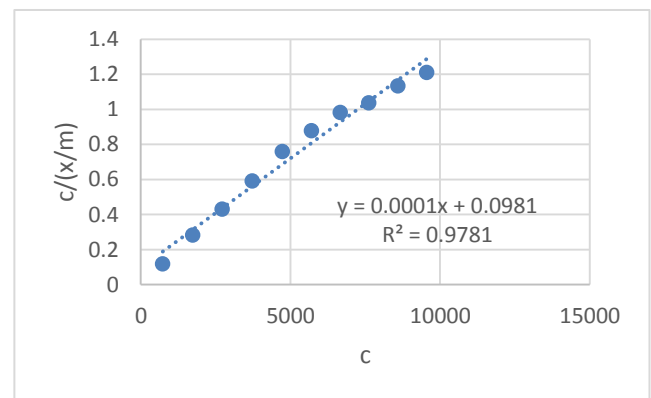
【圖 34】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 35】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

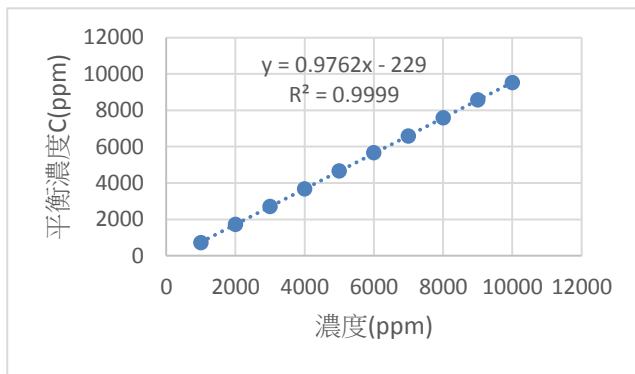


【圖 36】

- (1) 6:4 複合物對硫酸銅的吸附量與原濃度關係  $R^2=0.8427$  較上述的實驗結果低，且在 6000 ppm 以上吸附量便有明顯上升，顯示隨甲殼素比例增加對於硫酸銅的吸附能力增加。
- (2) 經由【圖 35】、【圖 36】得知，物理吸附在高濃度下對硫酸銅之吸附有較大的影響，隨甲殼素比例增加，其吸附模式會接近純甲殼素，吸附過程中均受化學吸附影響，但在高濃度下則略為下降，兩者相互影響的結果使得在高濃度下吸附量與原濃度才有顯著相關

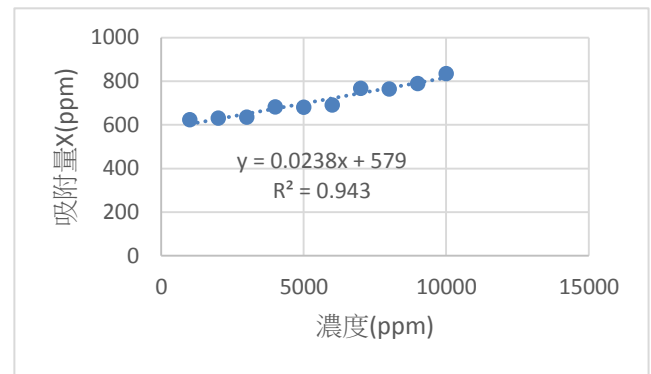
## (七) 7:3 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



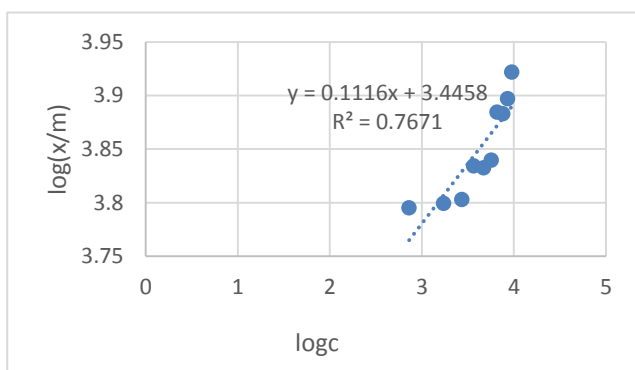
【圖 37】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



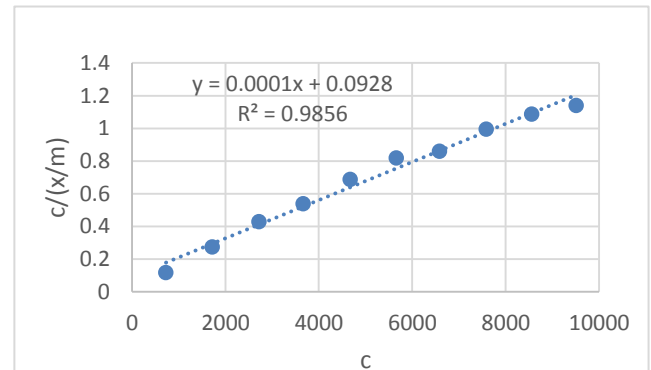
【圖 38】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 39】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



【圖 40】

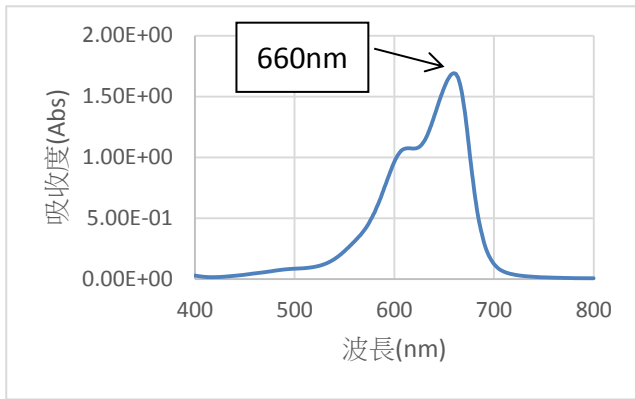
(1) 7:3 複合物對於硫酸銅原濃度的吸附量與原濃度關係  $R^2=0.943$ ，顯示吸附量與原濃度有正相關，吸附量亦較高但仍低於純甲殼素。

(2) 經由【圖 39】、【圖 40】得知，對於硫酸銅之吸附模式較接近化學吸附，且受到化學吸附的影響會大於物理吸附。

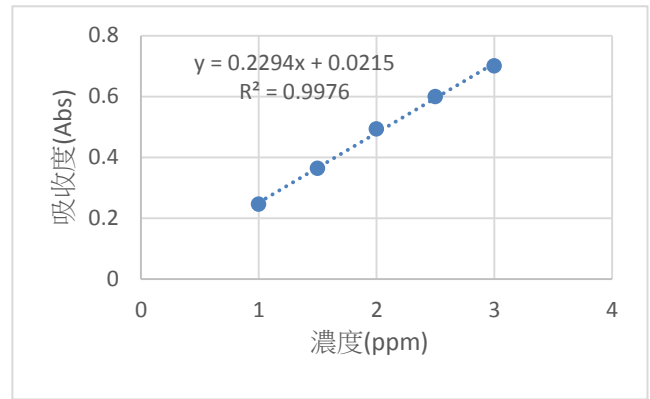
小結：經實驗發現，吸附硫酸銅的效果依次為 純甲殼素>7:3>6:4>5:5>4:6>3:7>筍殼碳。

## 三、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於亞甲基藍(色素)的吸附情形

配製 10ppm 的亞甲基藍溶液，在 400nm~800nm 範圍下測其最大吸收波長，可得其最大吸收波長為 660nm。



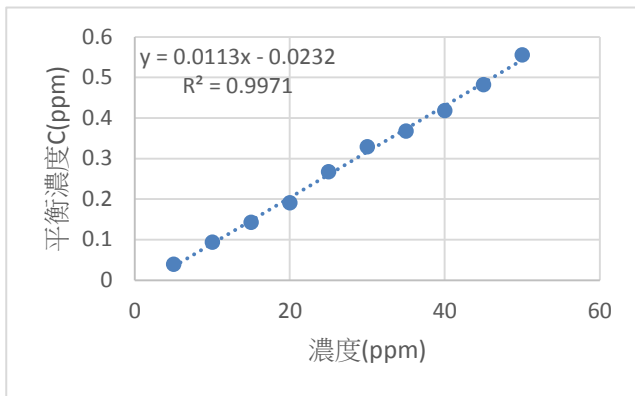
【圖 41】10 ppm 亞甲基藍最大吸收波長



【圖 42】亞甲基藍檢量線

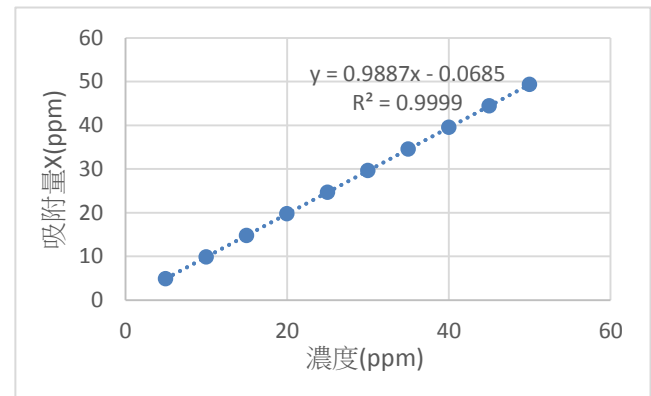
### (一) 純甲殼素

#### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



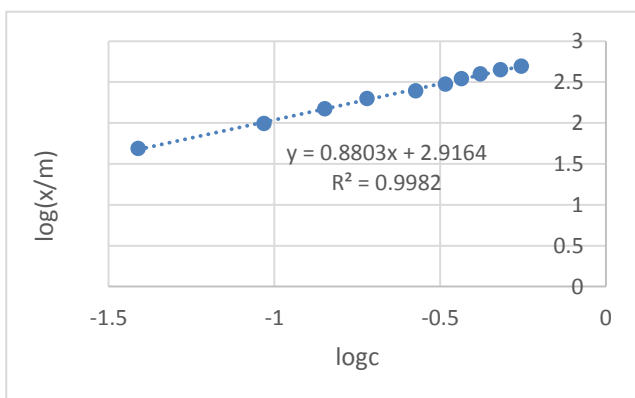
【圖 43】

#### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



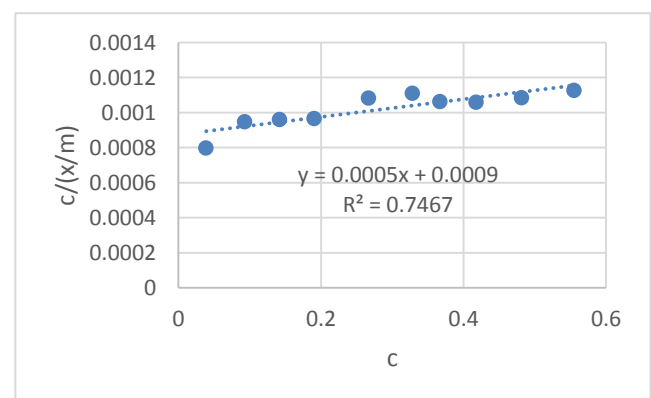
【圖 44】

#### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 45】

#### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

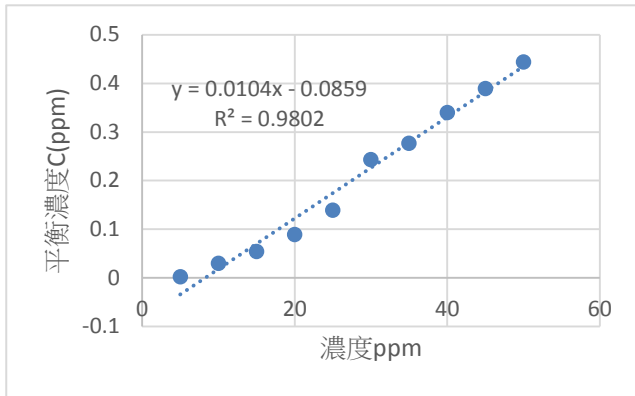


【圖 46】

- (1) 純甲殼素對於亞甲基藍原濃度對平衡濃度和吸附濃度均呈線性關係，顯示在吸附未達飽和時，甲殼素對染料吸附有良好的吸附作用，故吸附量大且會與原濃度有關。
- (2) 由【圖 45】、【圖 46】得知，純甲殼素對於亞甲基藍之吸附情形較接近物理吸附。

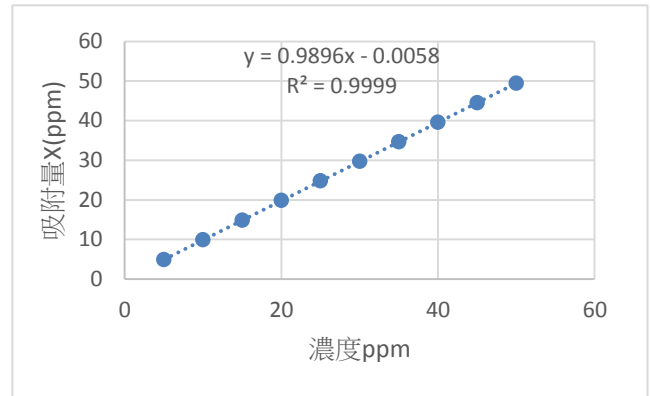
## (二) 筍殼碳

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



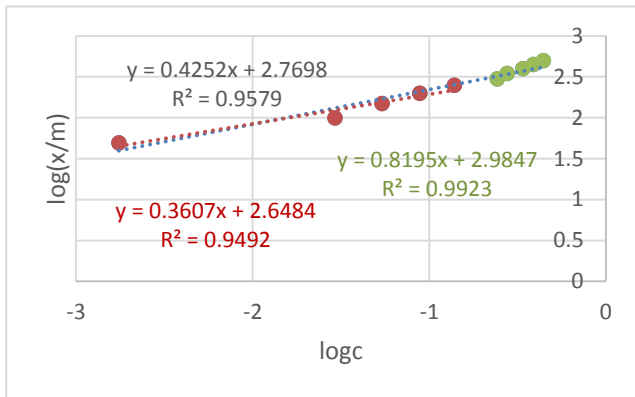
【圖 47】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



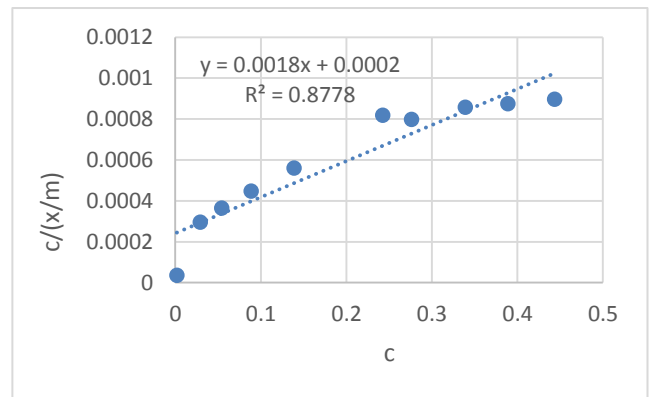
【圖 48】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 49】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



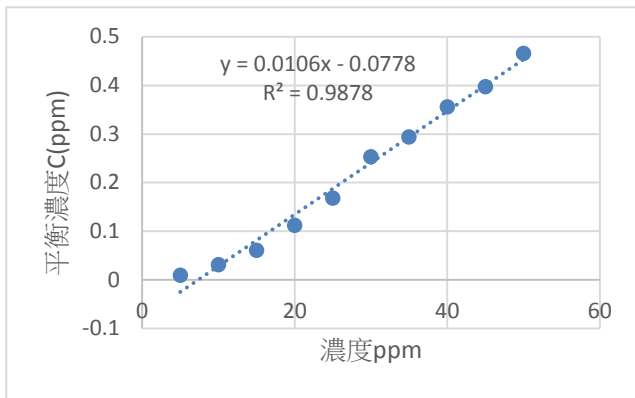
【圖 50】

- (1) 筍殼碳對於亞甲基藍原濃度與平衡濃度呈線性關係
- (2) 我可經由【圖 49】、【圖 50】得知，對於亞甲基藍之吸受到物理吸附的影響較大，且在高濃度時更符合理物理吸附的模式。



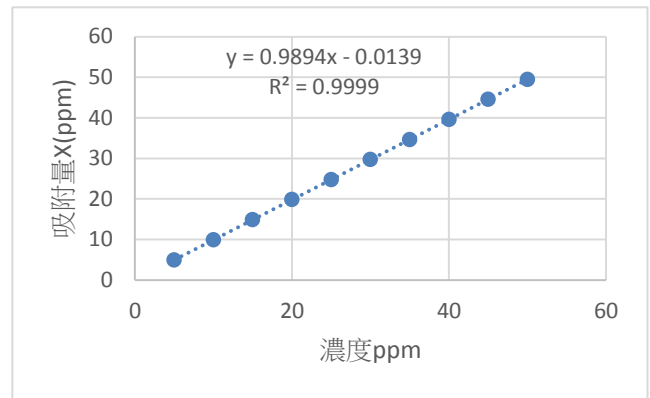
### (三) 3:7 複合物

#### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



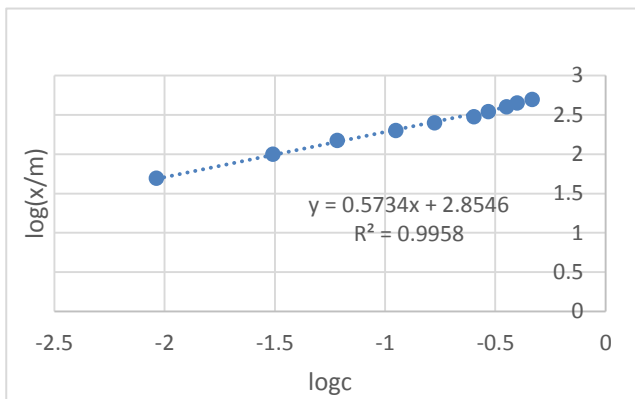
【圖 51】

#### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



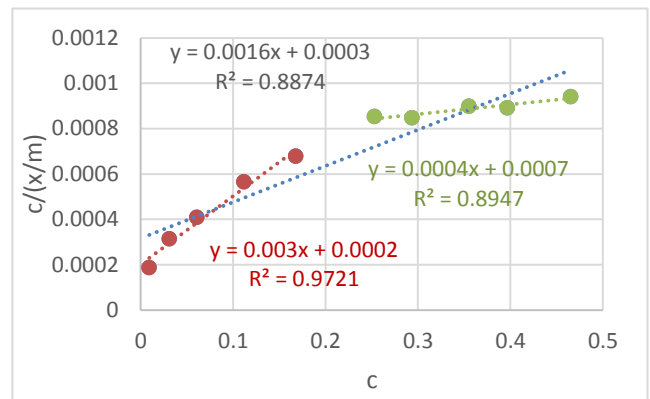
【圖 52】

#### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 53】

#### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

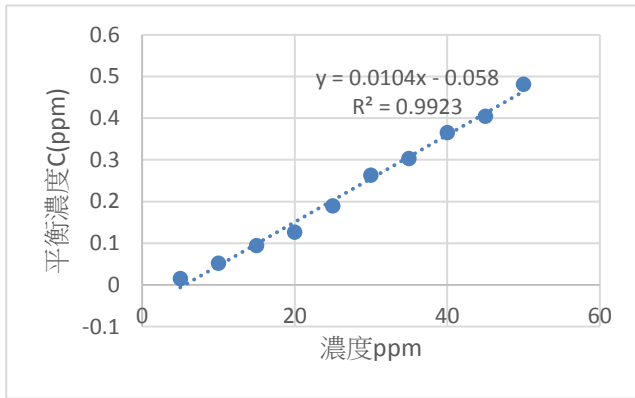


【圖 54】

- (1) 亞甲基藍原濃度對平衡濃度與吸附濃度皆有明顯相關，但平衡濃度略低於吸附濃度。
- (2) 經由【圖 53】、【圖 54】得知，對於亞甲基藍之吸附由低至高濃度皆符合物理吸附模式，但在低濃度下亦有化學吸附，使得其吸收量大而平衡濃度很低。

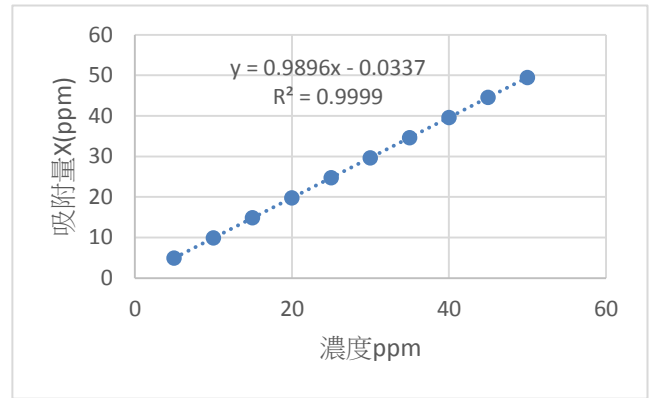
#### (四) 4:6 複合物

##### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



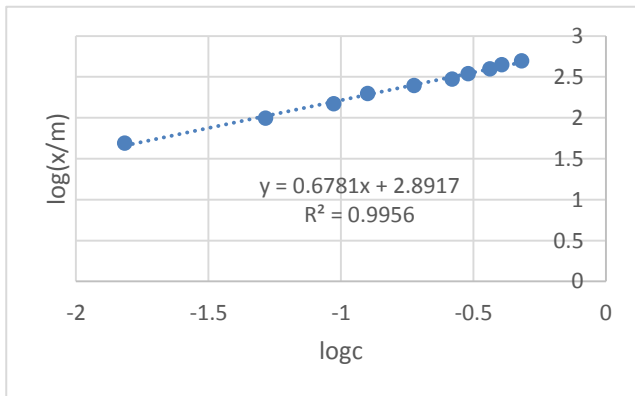
【圖 55】

##### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



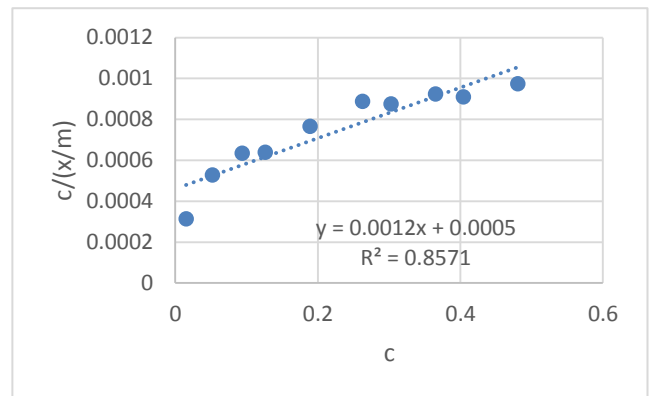
【圖 56】

##### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 57】

##### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

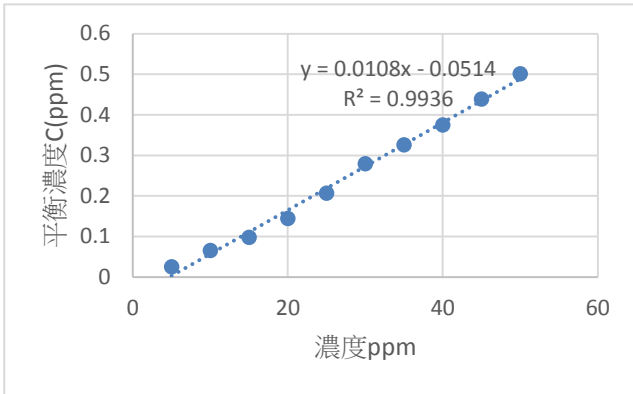


【圖 58】

- (1) 亞甲基藍原濃度對平衡濃度與吸附量均呈線性關係。
- (2) 由【圖 57】、【圖 58】得知，對於亞甲基藍之吸附皆有物理和化學吸附，但較接近物理吸附。

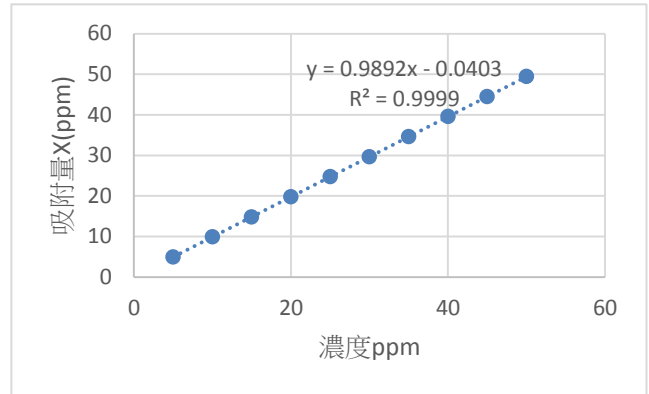
(五) 5:5 複合物

1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



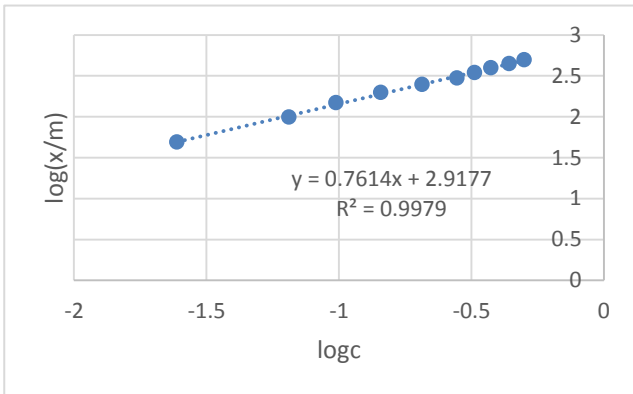
【圖 59】

2. 吸附量 X 對原濃度作圖



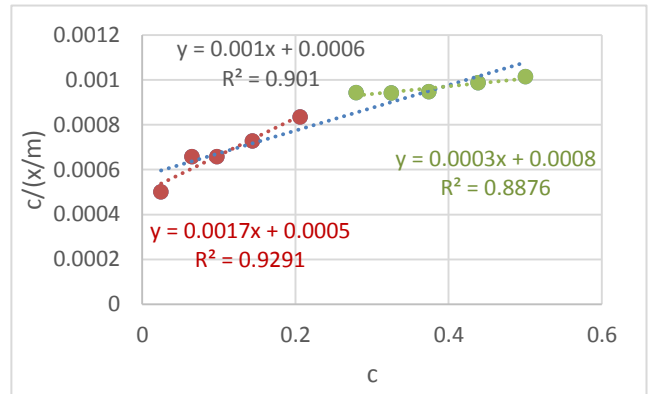
【圖 60】

3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 61】

4. Langmuir 等溫吸附方程式

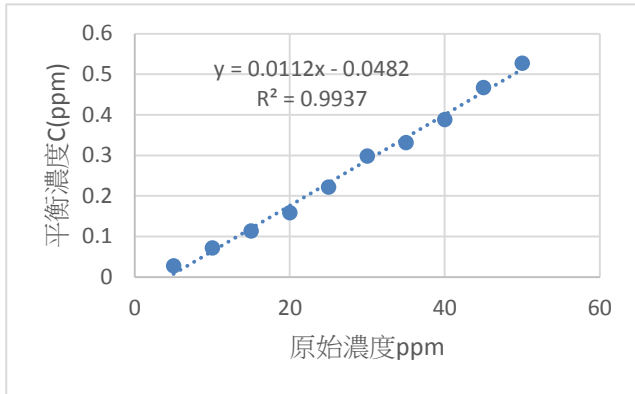


【圖 62】

- (1) 亞甲基藍原濃度對平衡濃度與吸附量均呈線性關係。
- (2) 由【圖 61】、【圖 62】得知，對於亞甲基藍之吸附皆有物理和化學吸附，但較接近物理吸附，且在低濃度下有較明顯的化學吸附。

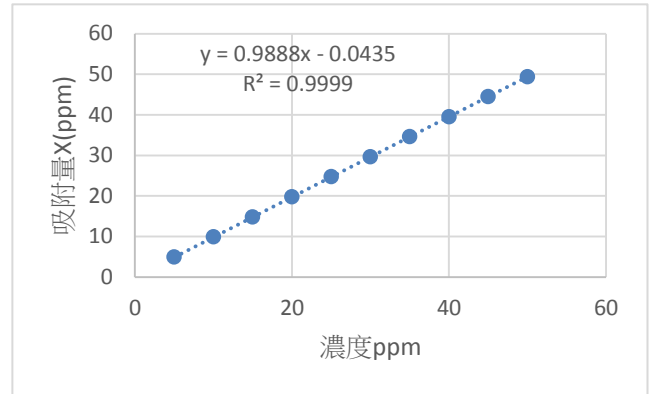
## (六) 6:4 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



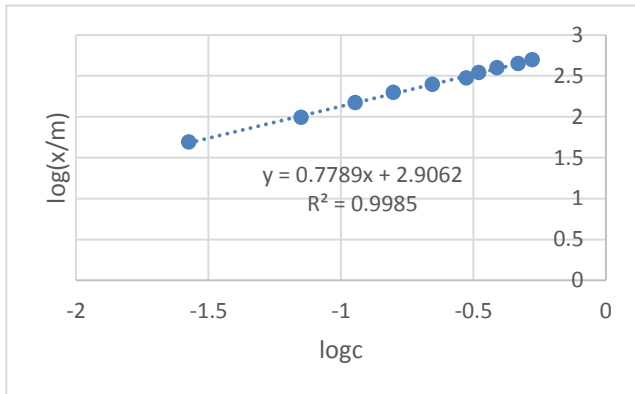
【圖 63】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



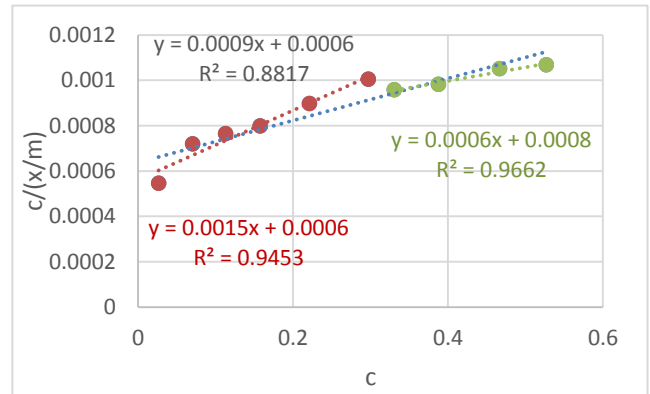
【圖 64】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 65】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

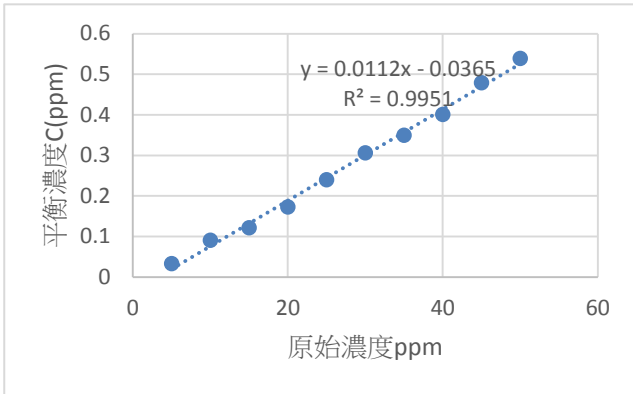


【圖 66】

- (1) 亞甲基藍原濃度對平衡濃度與吸附量均呈線性關係。
- (2) 由【圖 65】、【圖 66】得知，對亞甲基藍之吸附情形較接近物理吸附，且隨甲殼素比例增加化學吸附會更明顯，將低濃度與高濃度分別比較可知，不論濃度高低皆有化學吸附

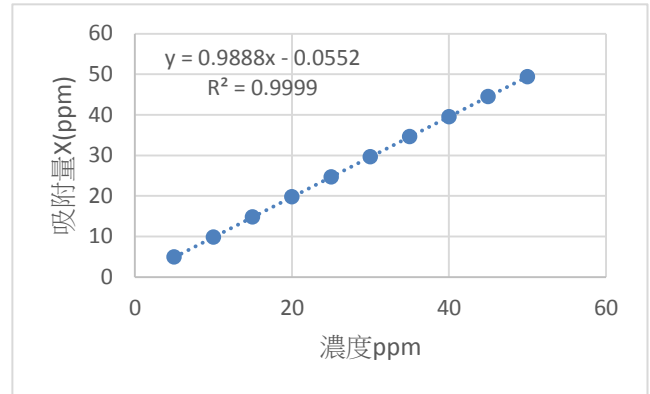
(七) 7:3 複合物

1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



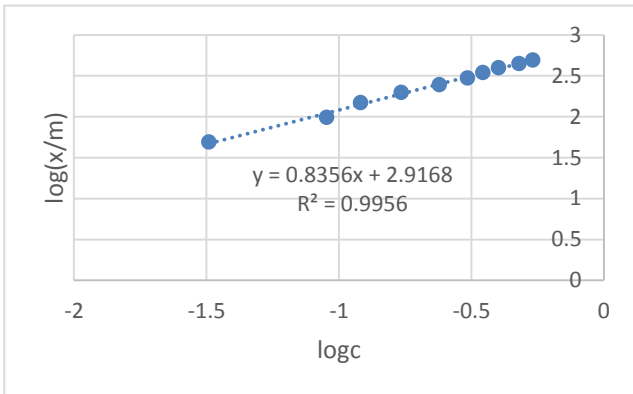
【圖 67】

2. 吸附量 X 對原濃度作圖



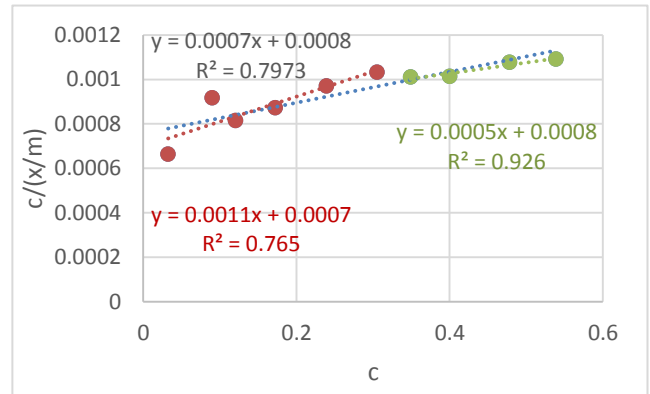
【圖 68】

3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 69】

4. Langmuir 等溫吸附方程式



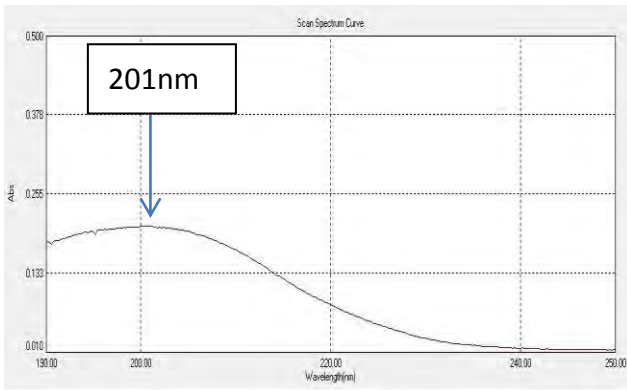
【圖 70】

- (1) 對亞甲基藍原濃度與平衡濃度呈線性關係，顯示碳及甲殼素對亞甲基藍的吸附量均會隨濃度而明顯增加，且由平衡濃度可知殘留的濃度很少，故可知不論是碳及甲殼素度於色素的脫色效果皆很好，且兩者吸附能力接近。
- (2) 由【圖 69】、【圖 70】得知，對亞甲基藍之吸附情形較接近物理吸附，且在高濃度下有明顯的化學吸附。

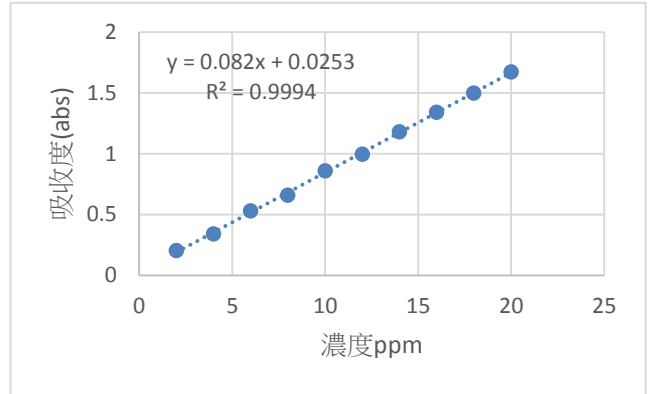
小結：經實驗發現，吸附亞甲基藍的效果依次為 筍殼碳>3:7>4:6>5:5>6:4>7:3>純甲殼素，但對於吸附色素效果極佳故實驗數值接近。

#### 四、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於硝酸鉀(無機鹽)的吸附情形

配製 2ppm 的硝酸鉀溶液，在紫外光區有最大吸收波長為 201nm。



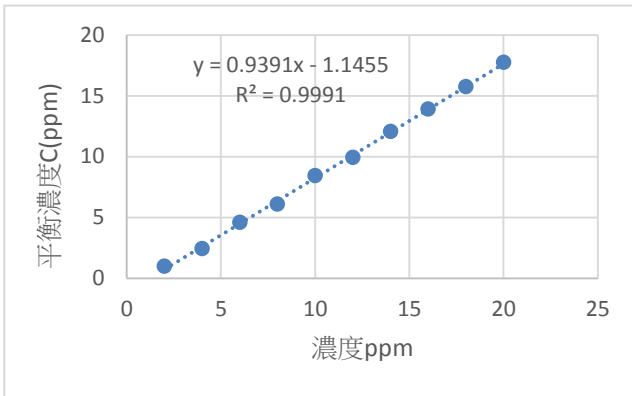
【圖 71】2ppm 硝酸鉀吸收波長



【圖 72】硝酸鉀檢量線

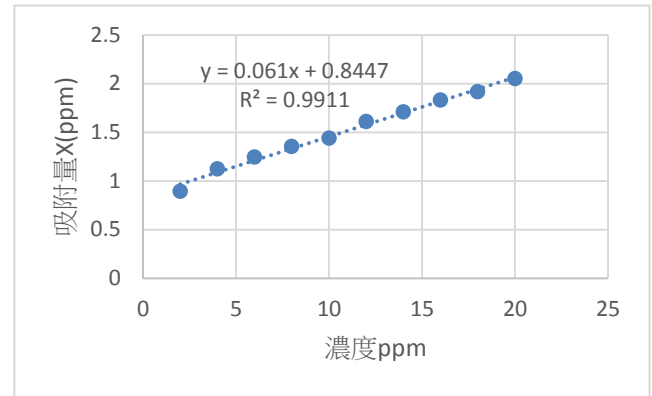
#### (一) 純甲殼素

##### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



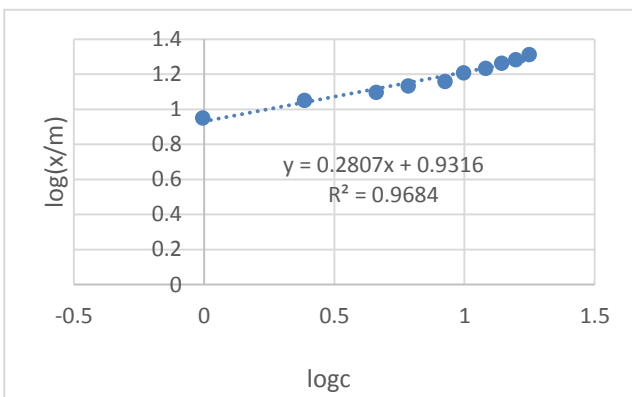
【圖 73】

##### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



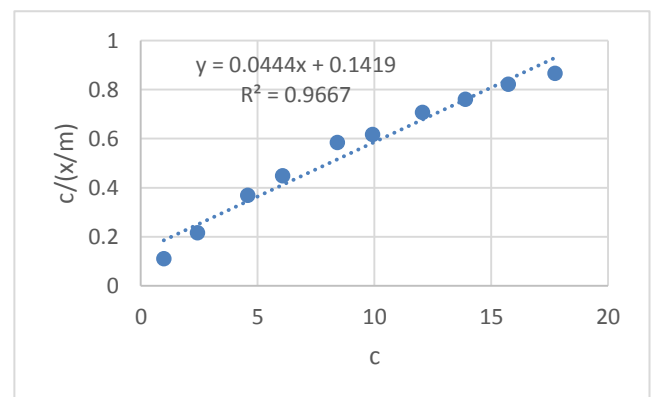
【圖 74】

##### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 75】

##### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



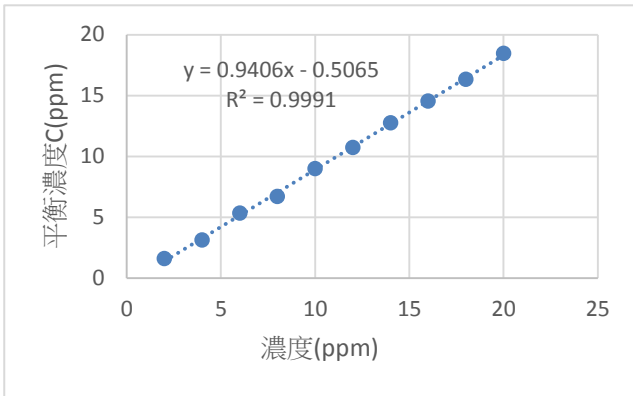
【圖 76】

(1) 硝酸鉀原濃度對平衡濃度與吸附量呈線性關係，顯示甲殼素對硝酸鉀的吸附與溶液濃度大小有關。

(2) 經由【圖 75】、【圖 76】得知，濃度由低而高均有物理及化學吸附。

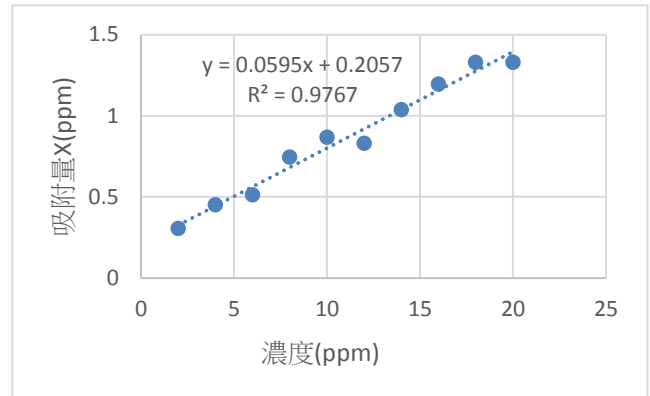
## (二) 筍殼碳

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



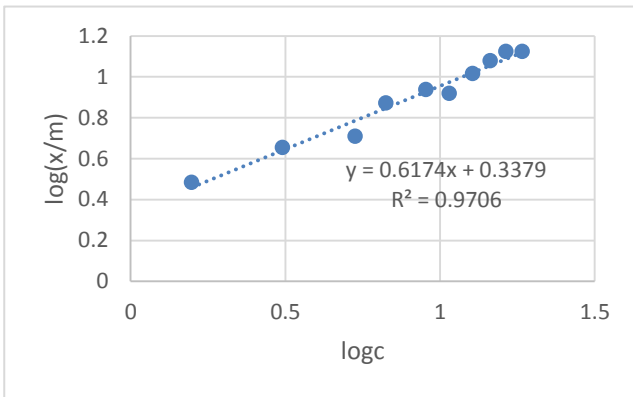
【圖 77】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



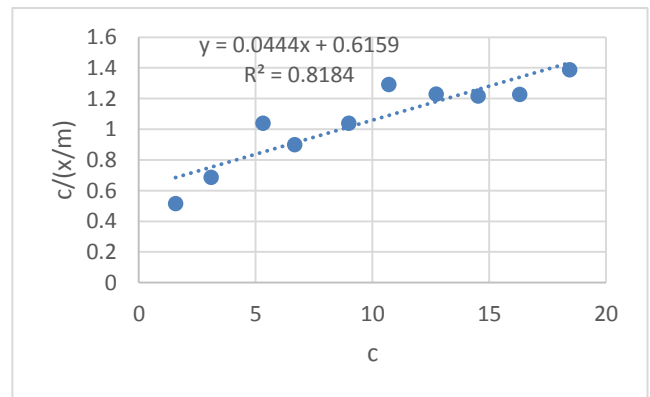
【圖 78】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 79】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

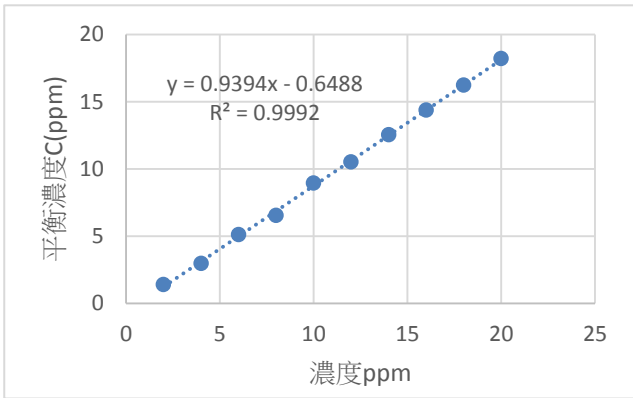


【圖 80】

- (1) 筍殼碳吸附硝酸鉀的平衡濃度受原濃度影響，吸附量較甲殼素低且受其他因素影響。
- (2) 經由【圖 79】、【圖 80】得知，筍殼碳對硝酸鉀之吸附情形較接近物理吸附。

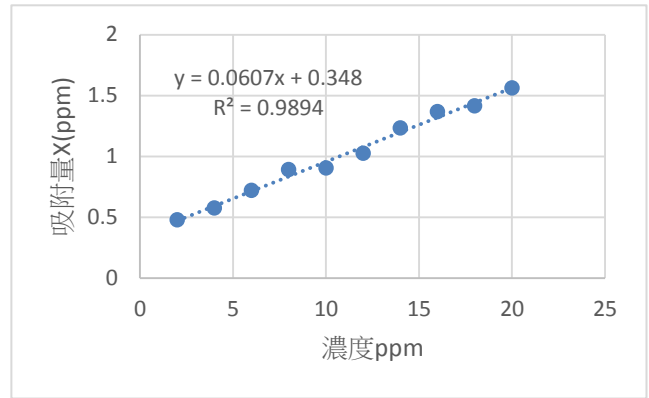
### (三) 3:7 複合物

#### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



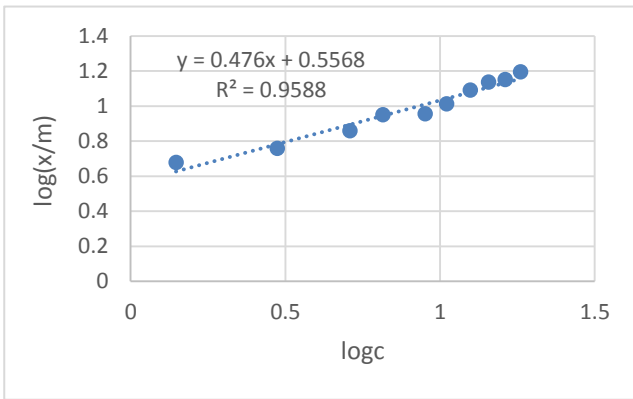
【圖 81】

#### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



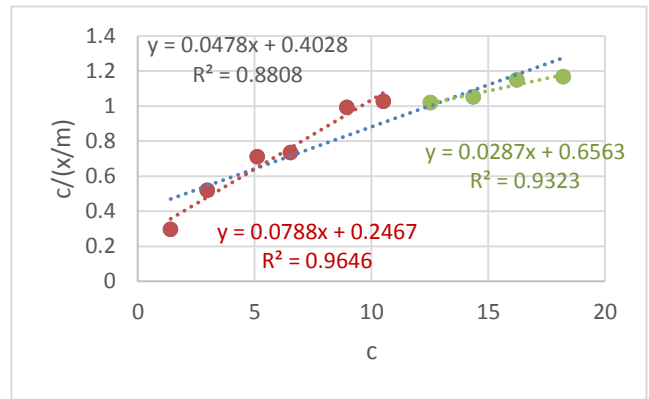
【圖 82】

#### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 83】

#### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



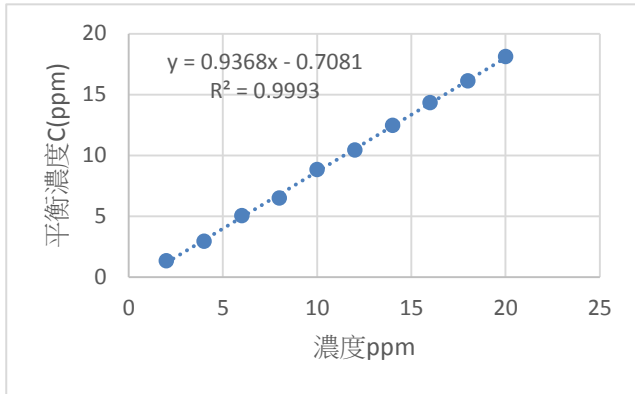
【圖 84】

- (1) 硝酸鉀吸附量隨甲殼素增加而有所提升，在 20ppm 下其吸附量可達 1.5ppm。
- (2) 由【圖 83】、【圖 84】得知，對於硝酸鉀之較接近物理吸附，而在低濃度下則化學吸附較明顯。



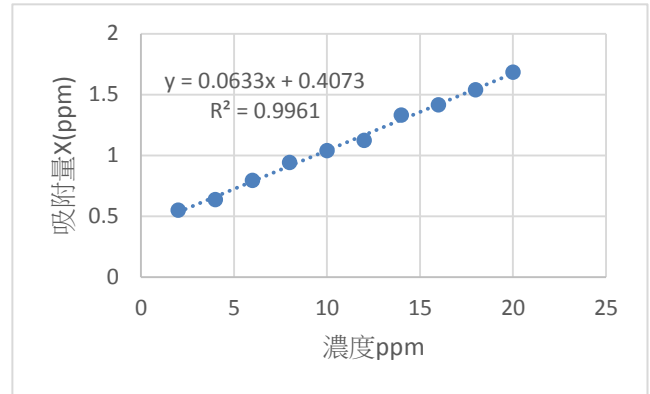
#### (四) 4:6 複合物

##### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



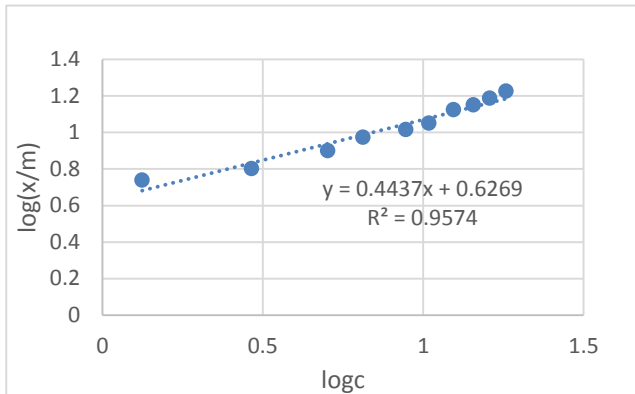
【圖 85】

##### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



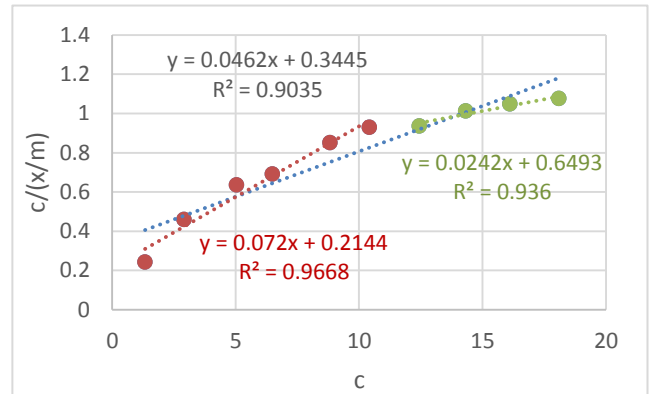
【圖 86】

##### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 87】

##### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

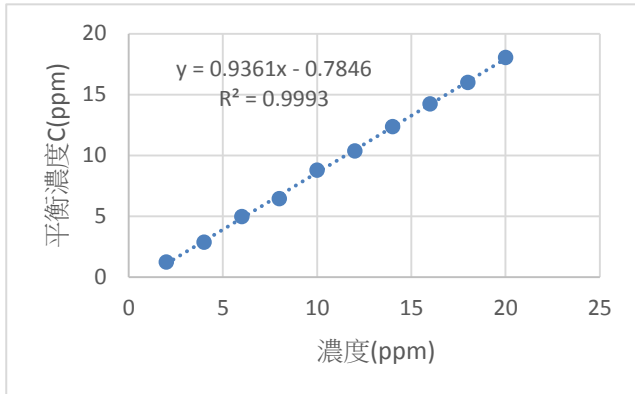


【圖 88】

- (1) 對硝酸鉀吸附量與原濃度呈線性，與原濃度有關。
- (2) 由【圖 87】、【圖 88】得知，對於硝酸鉀之吸附情形較符合物理吸附，但隨甲殼素的比  
例提高，化學吸附的情形會提升，將高低濃度分成兩段分析均有化學吸附，但在低濃度  
下化學吸附會較明顯。

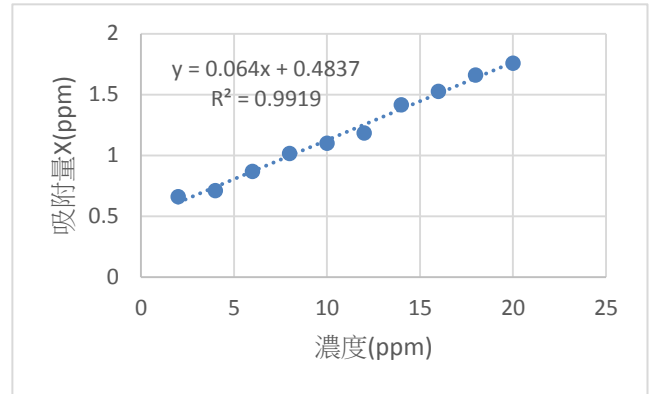
## (五) 5:5 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



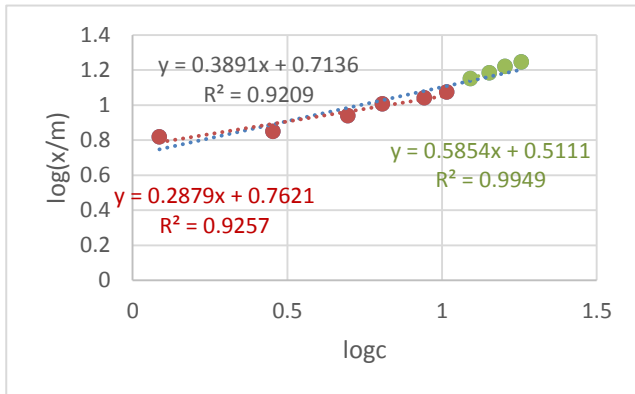
【圖 89】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



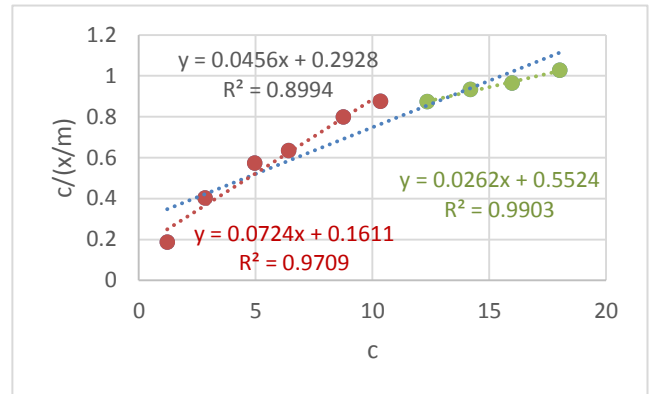
【圖 90】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 91】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

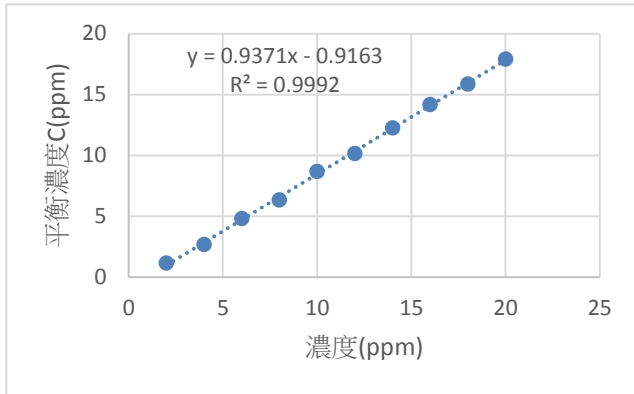


【圖 92】

- (1) 碳與甲殼素比提升至 5:5 對於硝酸鉀的吸附會隨之增加，且原濃度與吸附量的關係更趨近線性。
- (2) 由【圖 91】、【圖 92】得知，對於硝酸鉀之吸附皆有物理和化學吸附，而在高濃度下物理吸附則較明顯，可能原因為在 5:5 條件下碳與甲殼素混合較均勻，甲殼素將碳包覆在內不易脫落，形成甲殼素在外碳在內的結構，甲殼素吸附硝酸鉀的能力較強化學吸附明顯，在高濃度下內部的碳才有較多機會吸附硝酸鉀，在此條件下表現出較多物理吸附特性。

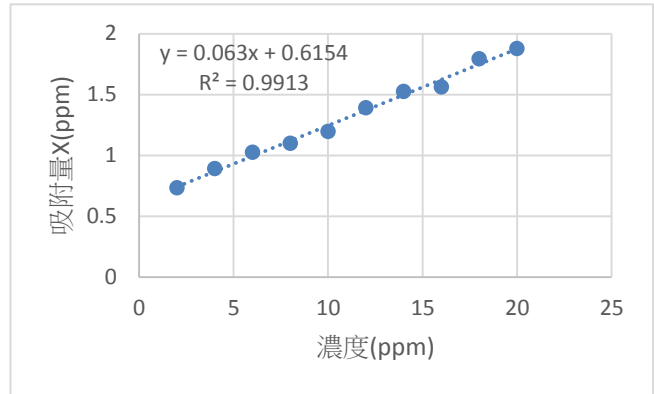
## (六) 6:4 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



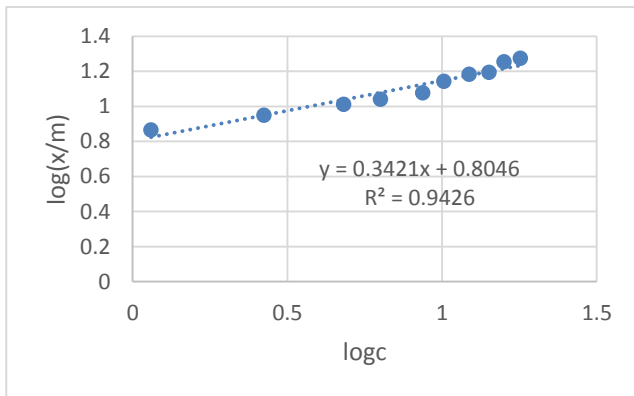
【圖 93】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



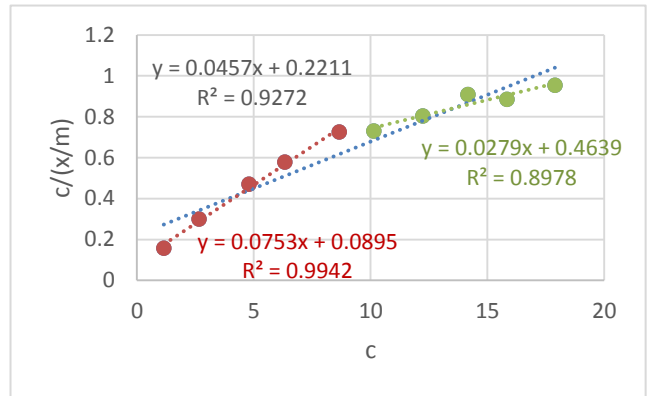
【圖 94】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 95】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式

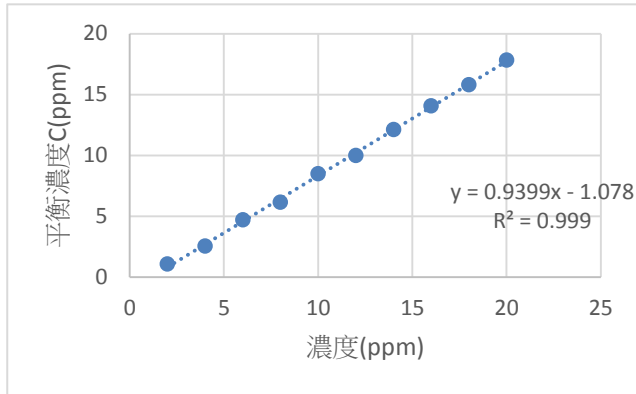


【圖 96】

- (1) 對硝酸鉀的吸附其平衡濃度與吸附量與原濃度有關。
- (2) 由【圖 95】、【圖 96】得知，不論濃度高低皆有物理和化學吸附，但在低濃度下化學吸附較明顯，隨甲殼素比例增加，吸附的模式會以甲殼素為主。

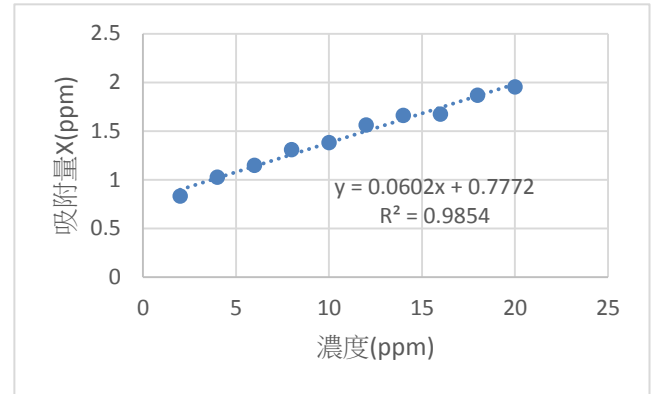
## (七) 7:3 複合物

### 1. 吸附平衡濃度 C 對原濃度作圖



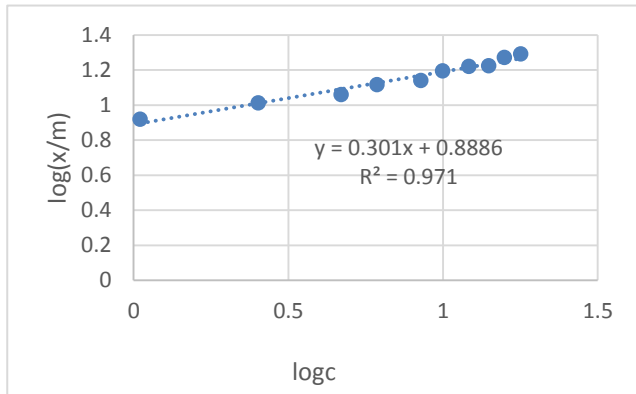
【圖 97】

### 2. 吸附量 X 對原濃度作圖



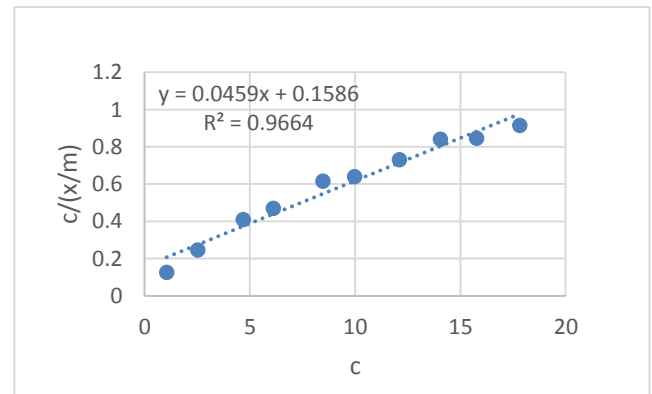
【圖 98】

### 3. Freundlich 吸附平衡方程式



【圖 99】

### 4. Langmuir 等溫吸附方程式



【圖 100】

(1)7:3 複合物對於硝酸鉀吸附量隨甲殼素比例增加而遞增，但仍小於純甲殼素。

(2)經由【圖 99】、【圖 100】得知，對硝酸鉀的吸附重低到高濃度皆符合物理及化學吸附，其吸附模式更接近純甲殼素，顯示硝酸鉀幾乎被甲殼素所先吸附，即使在高濃度下被包覆在內的碳粒能吸附的量變少。

小結：經實驗發現，吸附硝酸鉀的效果依次為 純甲殼素>7:3>6:4>5:5>4:6>3:7>筍殼碳。

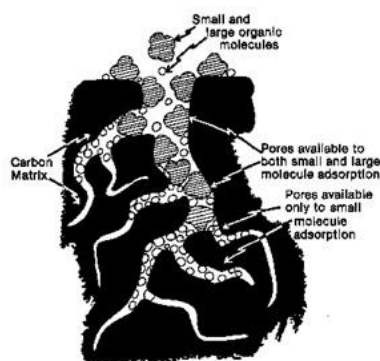
## 陸、討論

一、茭白筍殼為不易處理的農業廢棄物，除含水量高不易曬乾，燃燒會造成空氣汙染造成大量的碳排放問題。實驗一中我使用生質物焙燒技術，將烘乾茭白筍殼以烤箱再 400°C 進行碳化，焙燒形成具表面微孔的生物碳【圖 101】，筍殼碳因具有大量的孔洞結構及很大的表面積，因此有很強的吸附性【圖 102】，我以茭白筍殼與其他生物質製成的碳(竹

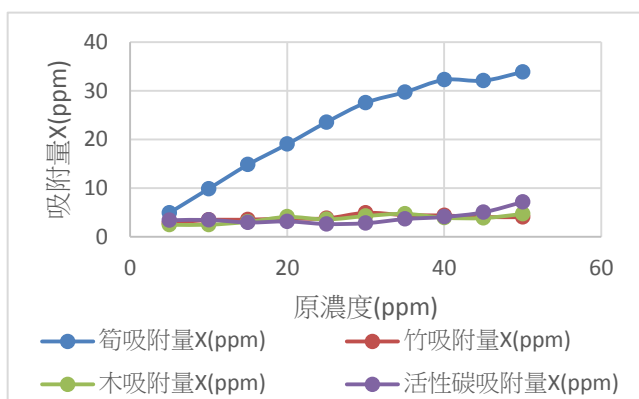
炭、槭樹木炭、市售活性碳比較其亞甲基藍及碘的吸附值，碘、亞甲基藍的分子直徑大小分別為為 1.09nm、0.56nm，比較其吸附不同大小粒子情形，筍殼碳吸附亞甲基藍的效果最佳【圖 103】，而小分子的碘吸附筍殼碳僅次於竹炭【圖 104】，顯示其疏鬆的結構有利於分子的吸附，且形成的碳帶含有碳酸鉀，鉀離子可提供土壤肥料，帶鹼性的碳酸鹽可改善土壤 pH 值，以茭白筍殼製成的生物碳，除可固碳減少溫室效應外，還可應用在農田處理。



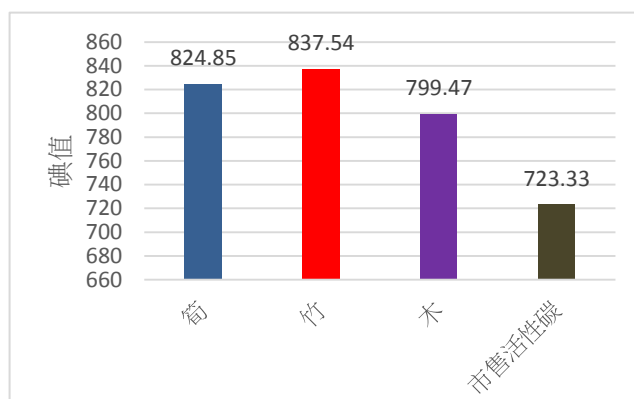
【圖 101】以顯微鏡觀察筍殼碳表面結構



【圖 102】碳表面吸附分布情形



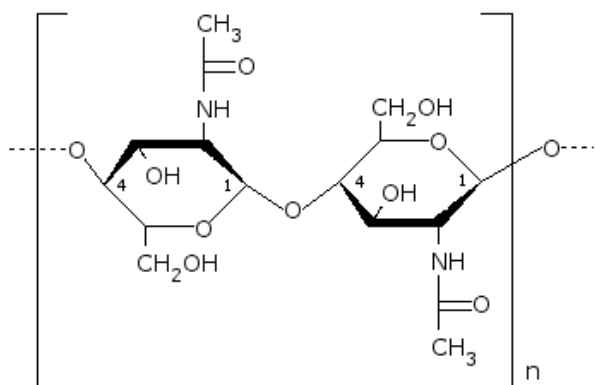
【圖 103】不同種類生物碳對於亞甲基藍吸附量



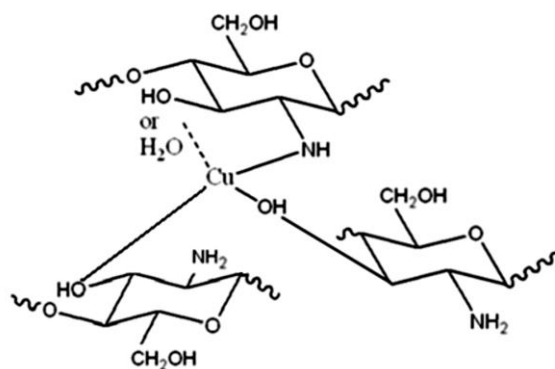
【圖 104】不同種類生物碳對於碘吸附值

二、甲殼素（英語：Chitin），分子結構「 $(C_8H_{13}O_5N)_n$ 」【圖 105】，又名「幾丁質」，是一種含氮的多醣類物質，為蝦、蟹、昆蟲等甲殼的重要成分，甲殼素廣存於自然界中，為天然且無毒之物質，幾丁聚醣具備重金屬吸附特性。由實驗二的實驗我發現：純甲殼素對於吸附銅離子的效果為較筍殼碳好，而一般吸附時物理、化學皆有，甲殼素對銅離子的吸附較接近化學吸附，可能原因為甲殼素與銅離子可形成螯合物【圖 106】，其分子結構中為單芽基，碳為物理吸附因只能靠表面官能基少量吸附，對於金屬離子的效果不如

甲殼素，而之間的複合物則依比例而有所增減，複合的材質因加入甲殼素因此大多為化學吸附。



【圖 105】幾丁質分子結構 (維基百科)



【圖 106】幾丁質對金屬離子整合情形

三、由實驗三中我發現：筍殼碳對於吸附色素的效果為較純甲殼素好，甲殼素與筍殼碳對色素的吸附皆接近物理吸附，碳可利用表面孔隙使得色素粒子可在表面立刻被吸附，能有效吸附水中的色素粒子，故脫色效果較佳，而之間的複合物則依比例而有所增減，且多為物理吸附，而甲殼素雖吸附亞甲基藍略低於筍殼碳，但吸附過程中皆具物理及化學吸附，故兩者吸附量其實很接近，但甲殼素價錢較碳高許多，為筍殼碳的優勢。

四、由實驗四中我發現：純甲殼素對於吸附無機鹽的效果為較筍殼碳好，可能原因為甲殼素除吸水性良好，甲殼素對硝酸鹽的吸附不論物理或化學吸附皆有，使得吸附無機鹽類的能力較碳來的佳，碳的吸附則為物理吸附，對無機鹽類只能在表面以凡德瓦力作用，而之間的複合物則依比例而有所增減，因碳的添加使得複合物大多為物理吸附。

## 柒、結論

一、台灣的農田使用含硝酸鉀的肥料十分普遍，然而在使用的同時，卻不知竟也污染了農田，所以我實驗後發現，若汙水中含有大量的銅離子、色素、無機鹽等污染物，5:5 複合物的總吸附效果雖不是最好，但是若放入未知溶液中可達到平均效益相等的結果。

二、複合物不同比例間對於銅離子、色素、硝酸鹽的吸附情形都不同，銅離子甲殼素比例高吸附好，色素碳比例高吸附好，硝酸鹽甲殼素比例高吸附好，甲殼素價格高而碳的價格低，添加後除可降低成本，還可應各種不同需求選擇不同比例的複合物。

三、由於茭白筍殼碳在水中會散開，故甲殼素的添加有助於將其包覆方便收集使用，而複合

物碳對甲殼素的比例最多到 3：7，否則無法形成片狀，甲殼素量太少會使得複合物無法有效凝聚在一起，放入水中會有散開現象，因此選用 5:5 複合物較好。

四、我的實驗中將複合物及甲殼素製成片狀，雖減小其吸附之表面積，但可便於回收，利於將吸附質取下，且可重新再利用，吸附更多的汙染物質。

五、我平常所使用的甲殼素皆來自蝦殼、蟹殼。但經由實驗發現，福壽螺殼上也含有少量的甲殼素，我經文獻資料研究後福壽螺之口蓋上含有高含量的甲殼素，因而我將福壽螺殼取下萃取，發現其中所含之甲殼素約佔 2%，而大多集中在口蓋處。由於福壽螺的繁殖能力強並喜歡啃食植物的嫩莖與幼葉，影響農作物收成，造成農民莫大的損失，因此，我希望將福壽螺殼所提煉之甲殼素與筍殼碳做結合，將受汙染之廢水吸取其汙染物，也可降低其成本，對於農業上不但可解決廢棄物的問題，亦可用農業廢棄物本身處理農業廢水問題。

## 捌、參考資料

1. 林詩雅(2016)。「茭」糖釀的酒，第 56 屆中小學科展。南投縣立大成國民中學
2. 邱誌忠(2004)。半導體產業高濃度含砷廢水之處理-化學沉降法與活性炭吸附法之評估，國立中興大學碩士論文，未出版，台中市。
3. 潘敏用(2013)。利用茭白筍殼加工製造新型態飲料之探討，國立中興大學碩士論文，未出版，台中市。
4. 張婉如、許寶茹、黃于綺、謝盈宇(2008)。木炭竹炭誰好"色"，第48屆中小學科展。國立善化高級中學。
5. 黃彥鈞、蔡至翔、李暉婷、陳怡臻(2006)。竹炭的製備與竹炭水，第46屆中小學科展。國立草屯高級商工職業學校桃園縣私立新興高級中學。
6. 吳沛學、吳東承(2011)。「水」中送「碳」—活性碳對各類水溶液的吸附研究，第51屆中小學科展，國立高雄師範大學附屬高級中學。
7. 楊璞安、彭子亮、黃冠銘(2005)。我的色素不見了—探討活性碳吸附色素的能力，第 45 屆中小學科展，彰化縣立楊明國民中學
8. 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B2%E6%AE%BC%E7%B4%A0>

## 【評語】 030205

該實驗取材於生活中廢棄物筍殼碳搭配甲殼素，製成不同比例的複合材料，以探討對銅離子、色素、硝酸鹽等之物理及化學性吸附之研究，提出具吸附性效果且降低複合材料成本之建議等，發揮廢棄物再利用的觀念，以處理農業廢水之問題。以下建議：

1. 可更換不同重金屬離子與色素測試所合成材料的選擇性與吸附、脫附能力，並測試重複再利用，將能證實此材料的實用性。
2. 可直接將複合材料用於實際廢水處理，觀察其吸附能力。



# 摘要

將甲殼素與筍殼碳依7:3、6:4、5:5、4:6及3:7比例混合製成複合物，吸附不同濃度的硫酸銅、亞甲基藍(色素)、硝酸鉀(無機鹽)，複合物不同比例間對於銅離子、色素、硝酸鹽的吸附情形都不同，銅離子甲殼素比例高吸附好，色素碳比例高吸附好，硝酸鹽甲殼素比例高吸附好，但甲殼素價格高而碳的價格低，添加後除可降低成本，還可應各種不同需求選擇不同比例的複合物，而5:5的吸附效果與甲殼素相近，且成本較低，製成片狀易於回收，所以利用價值最高。

## 壹、研究動機

在各處看到關於受污染的水因含有大量重金屬、無機鹽、色素等對人體有害之物質，因此開始思考如何改善生活環境。埔里有大量的廢棄茭白筍殼難以處理。而甲殼素有良好的吸附金屬能力，將二者相混合來進行吸附是否能使汗水轉為更乾淨？因此展開了我的實驗。

## 貳、研究目的

- 一、製作純甲殼素膜和筍殼碳及其不同比例複合物
- 二、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於銅離子的吸附情形
- 三、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於亞甲基藍(色素)的吸附情形
- 四、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於硝酸鉀(無機鹽)的吸附情形

## 參、研究設備及器材

瓷漏斗、玻璃漏斗、濾紙(90mm、150mm)、錐形瓶(100ml、250、500ml)、燒杯(100、250、500、1000ml)、滴管、量瓶(100ml、250ml、500ml)、茭白筍殼、量筒(100ml、500ml)、培養皿、濾網、蒸餾水、亞甲基藍、硝酸鉀、硫酸銅、甲殼素。



圖1 烘乾中的茭白筍



圖5 烘乾後的甲殼素



圖2 筍殼碳



圖7 烘乾後的複合物成品



圖3 燒杯中的複合物



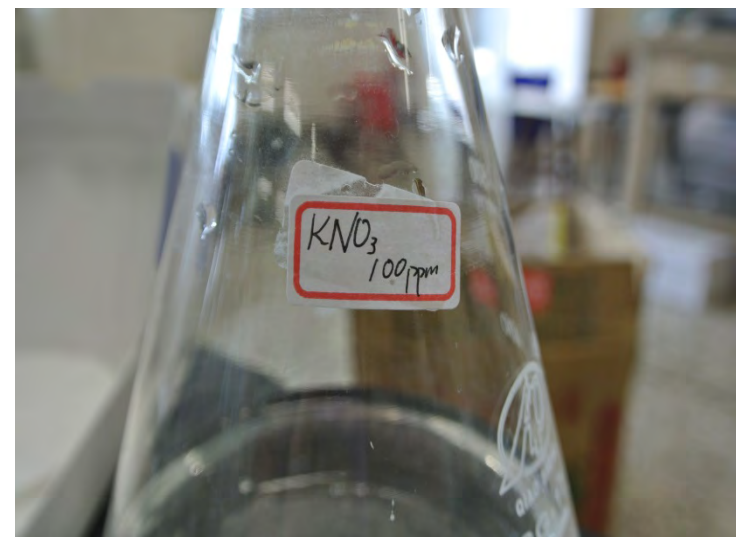
圖4 分光光度計



硫酸銅溶液

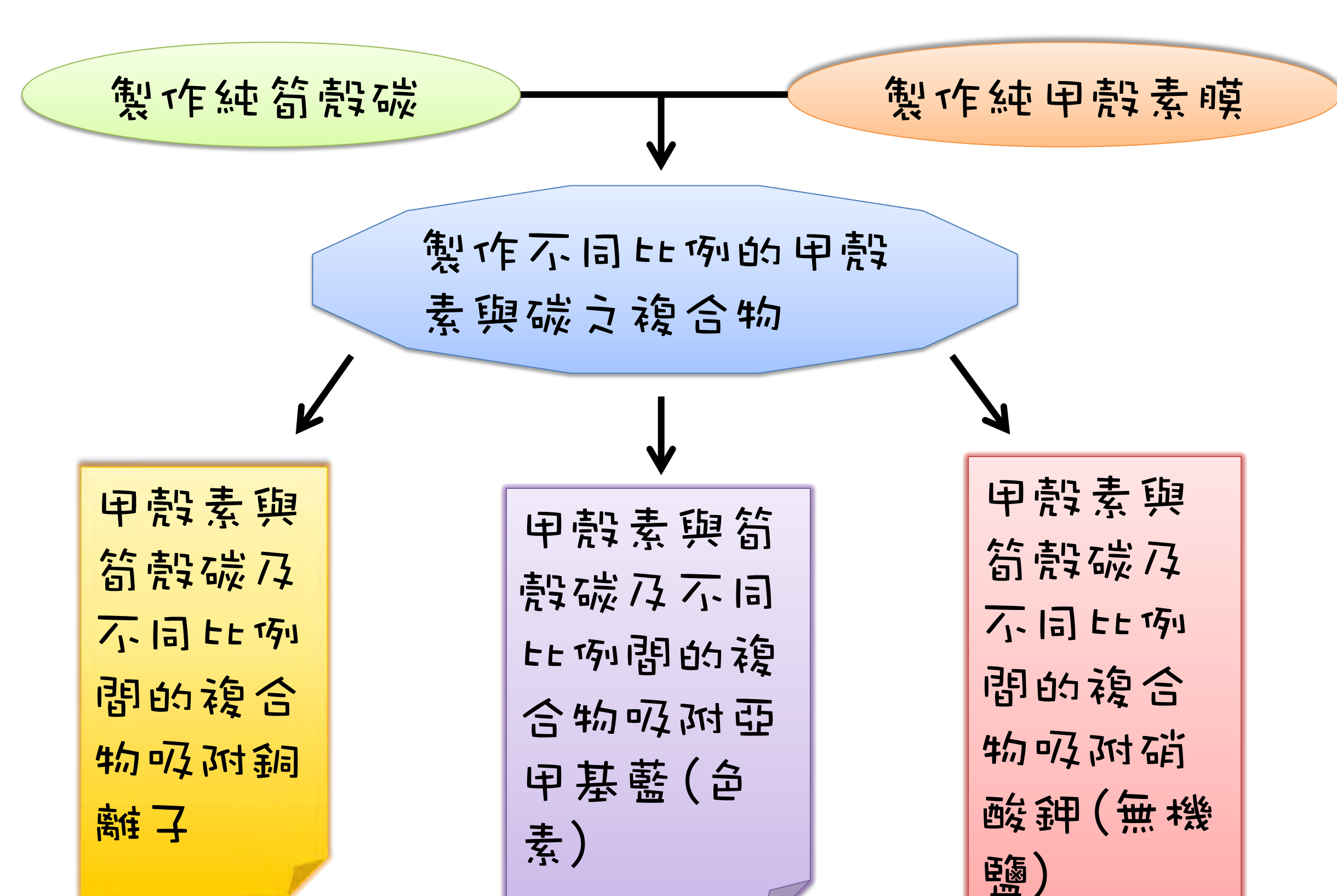


亞甲基藍溶液



硝酸鉀溶液

## 肆、研究過程或方法



濃度

硫酸銅	1000ppm~10000ppm
亞甲基藍	5ppm~50ppm
硝酸鉀	2ppm~20ppm

### (一) Freundlich吸附平衡方程式

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log k + n \log C$$

x 吸附質的質量  
m 吸附劑的質量  
C 溶液中吸附質的平衡濃度  
k 與n為在特定溫度下與給定吸附質與吸附劑下的常數

### (二) Langmuir等溫吸附方程式

$$\frac{c}{x/m} = \frac{1}{k_1 k_2} + \frac{c}{k_2}$$

c：在溶液裡的平衡濃度  
x/m：每單位克重的複合物(m)所吸附的吸附質重量(x)  
k<sub>1</sub>：吸附物與吸附劑的吸引鍵結力  
k<sub>2</sub>：最大吸附量

## 伍、研究結果

### 一、製作純甲殼素膜及筍殼碳及其不同比例複合物

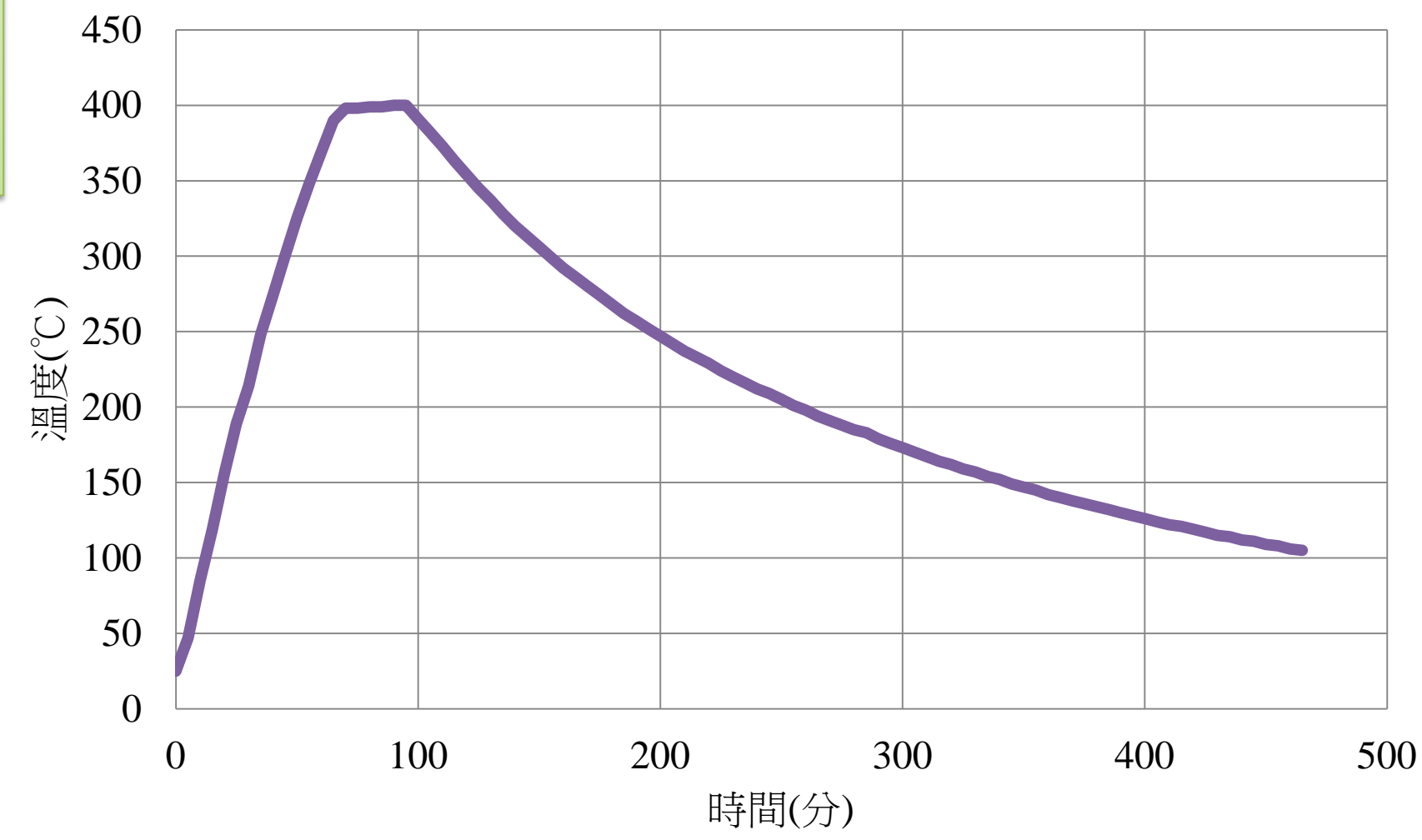


圖10 筍殼碳的反應時間與溫度的關係

### 二、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於銅離子的吸附情形

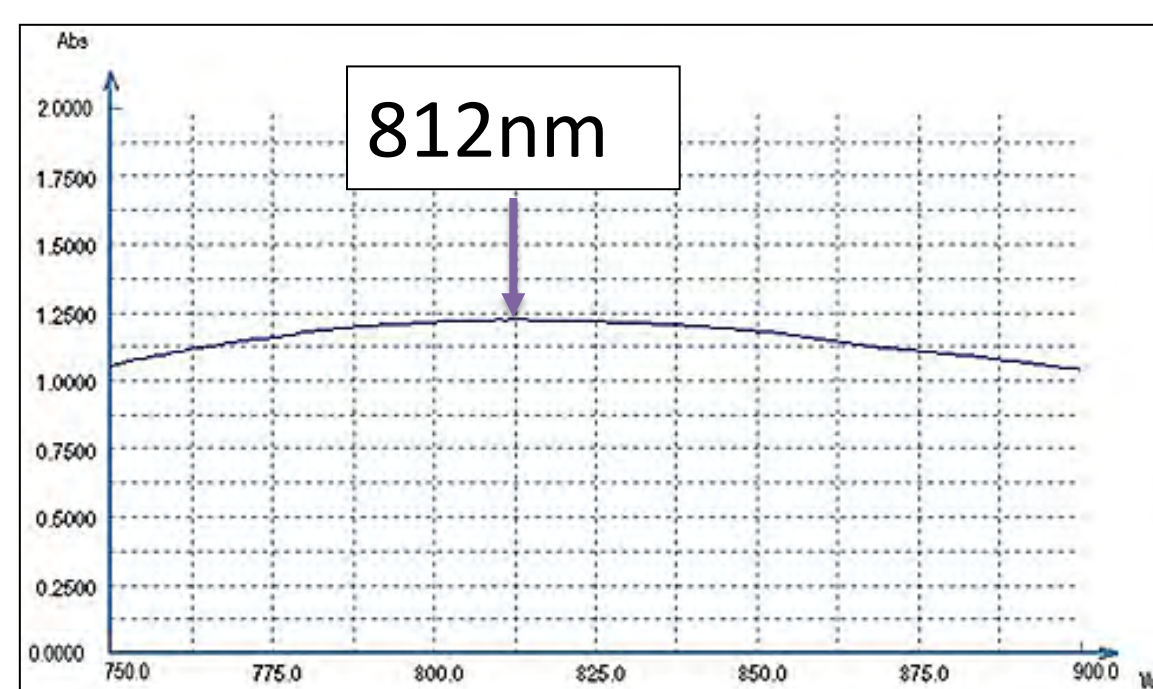


圖11 硫酸銅最大吸收波長為812nm

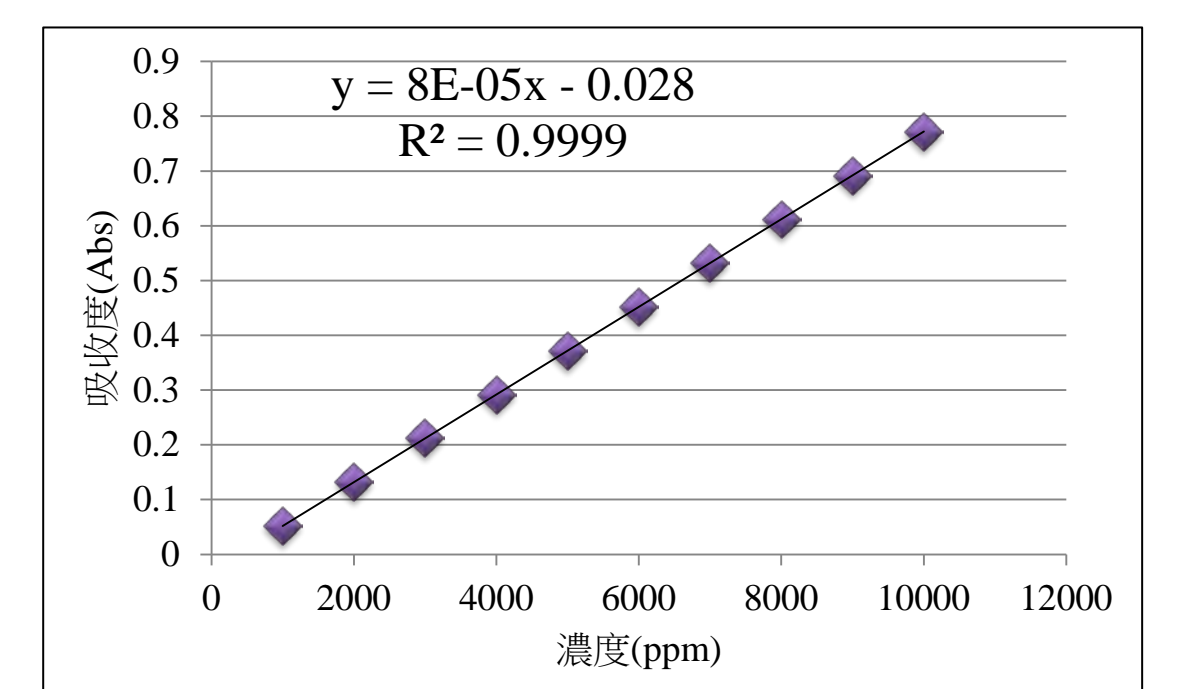
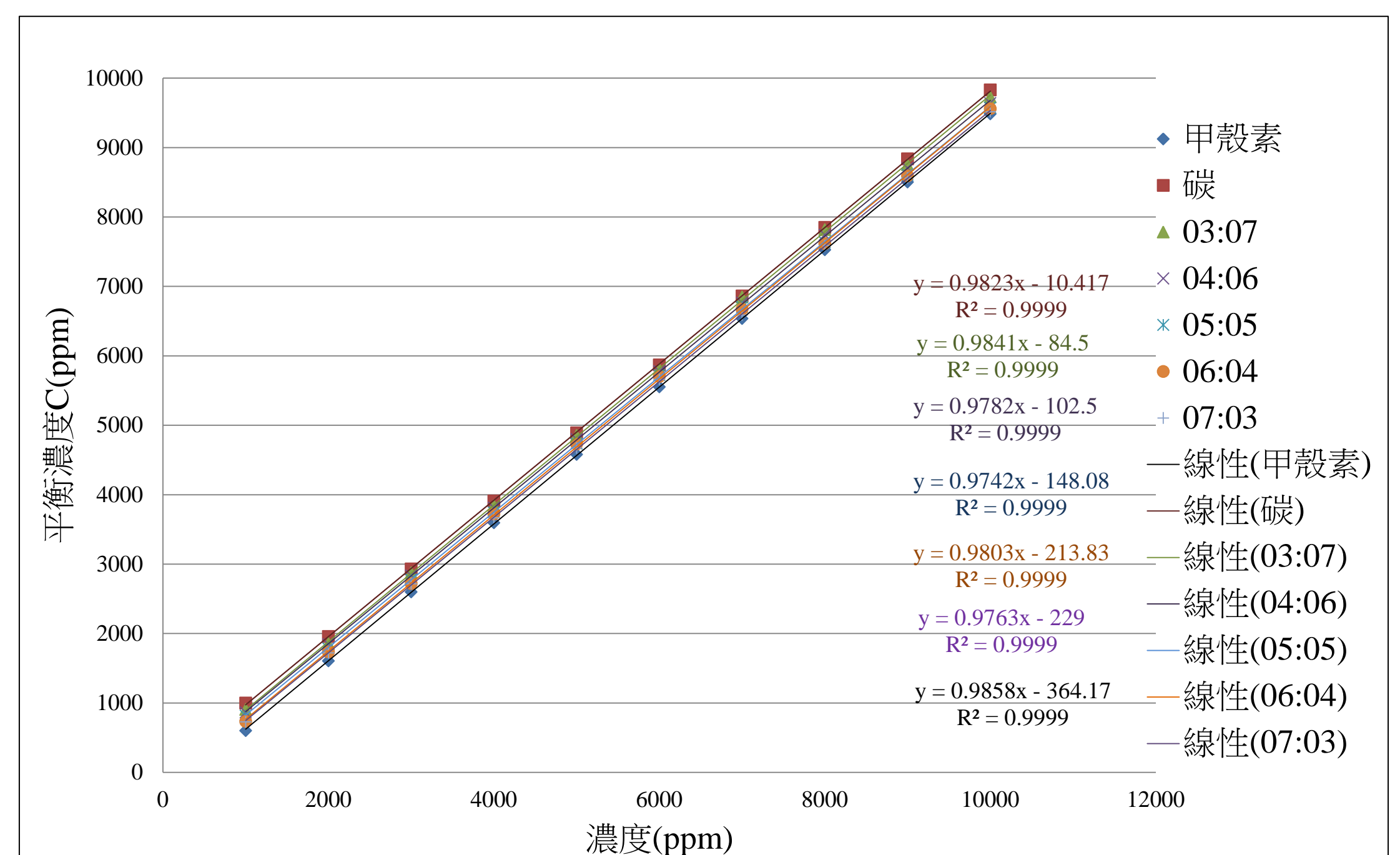
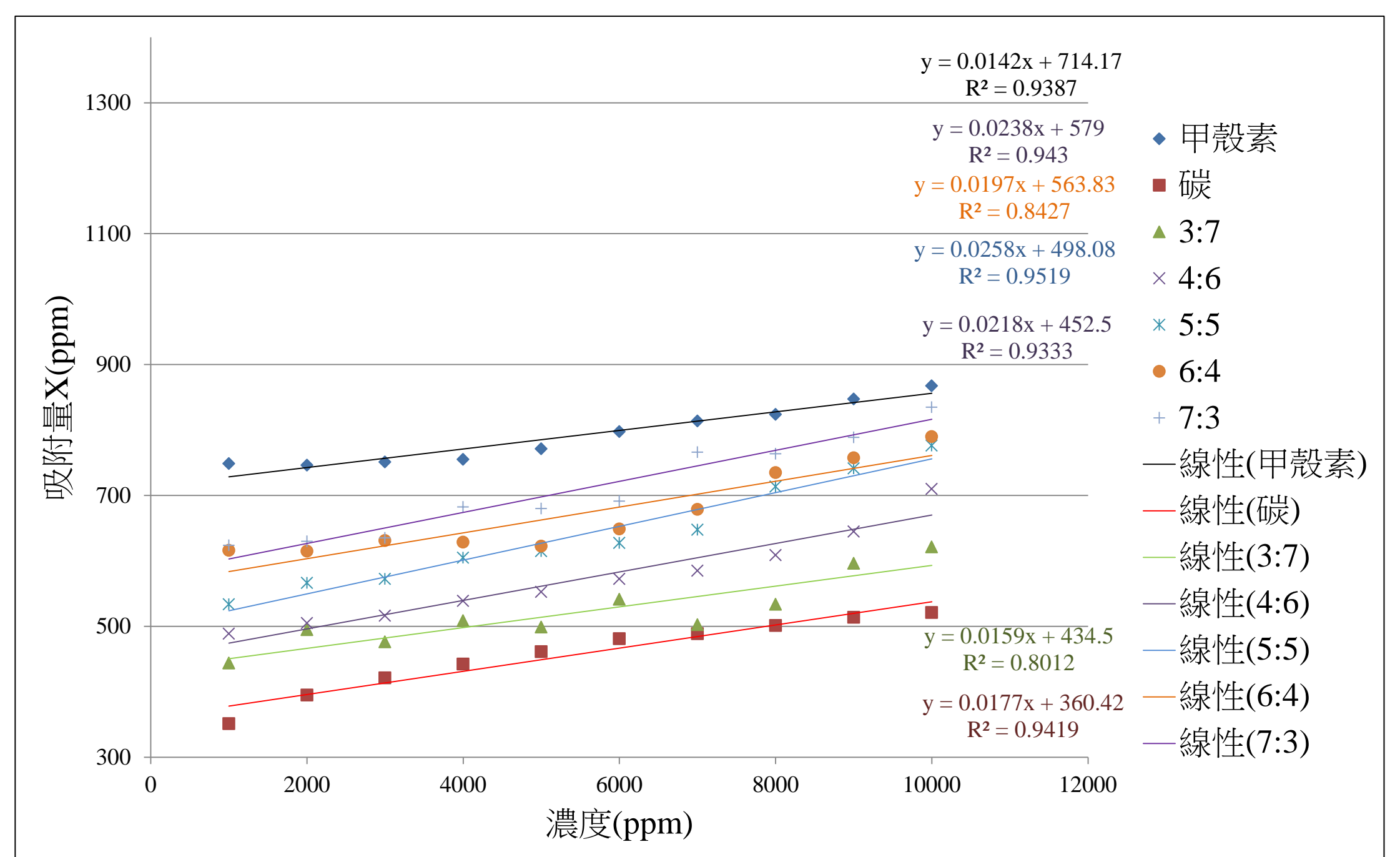


圖12 硫酸銅檢量線



硫酸銅吸附平衡濃度C對原濃度作圖



硫酸銅吸附量X對原濃度作圖

吸附劑對硫酸銅原濃度與平衡濃度呈線性關係，其吸附量大多呈線性關係線，可能受到不同吸附模式影響，故須由Freundlich和Langmuir吸附作圖探討其原因。

### 一、純甲殼素

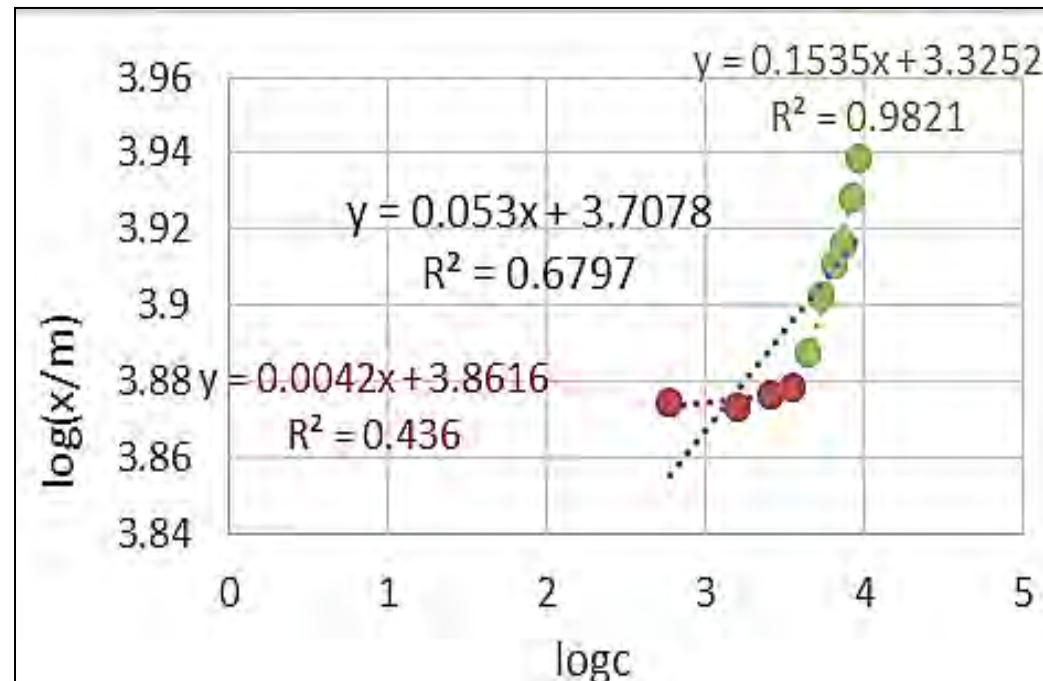


圖15 Freundlich吸附平衡方程式

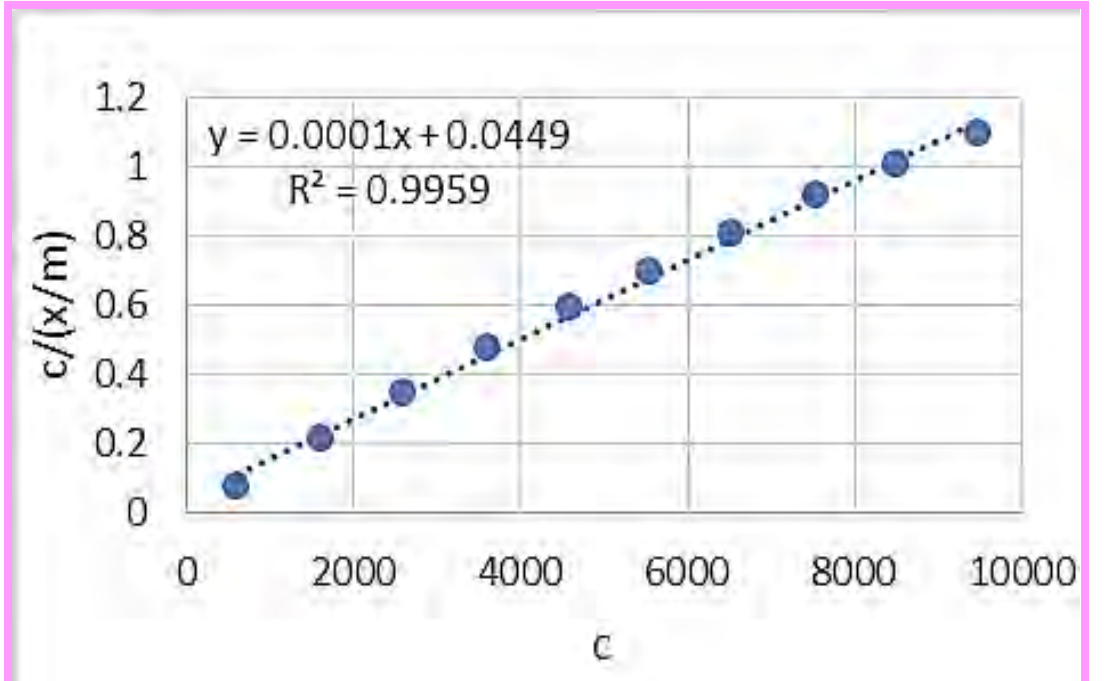


圖16 Langmuir等溫吸附方程式

純甲殼素對硫酸銅之吸附情形較偏向Langmuir等溫吸附方程式為化學吸附

## 二、筍殼碳

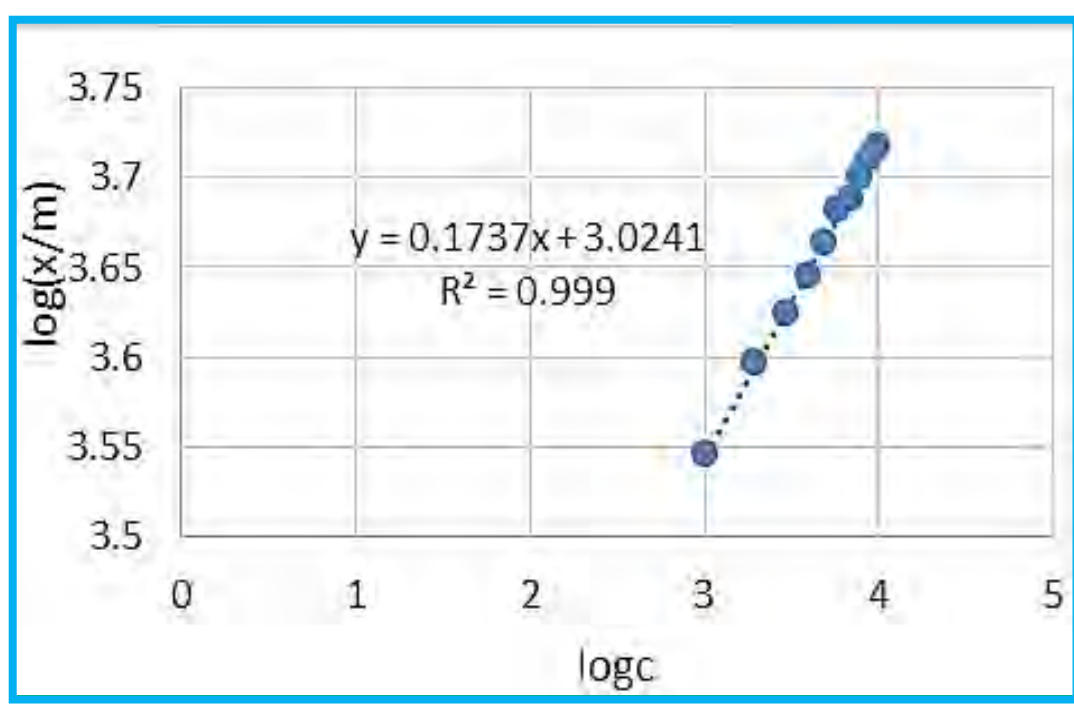


圖19 Freundlich吸附平衡方程式

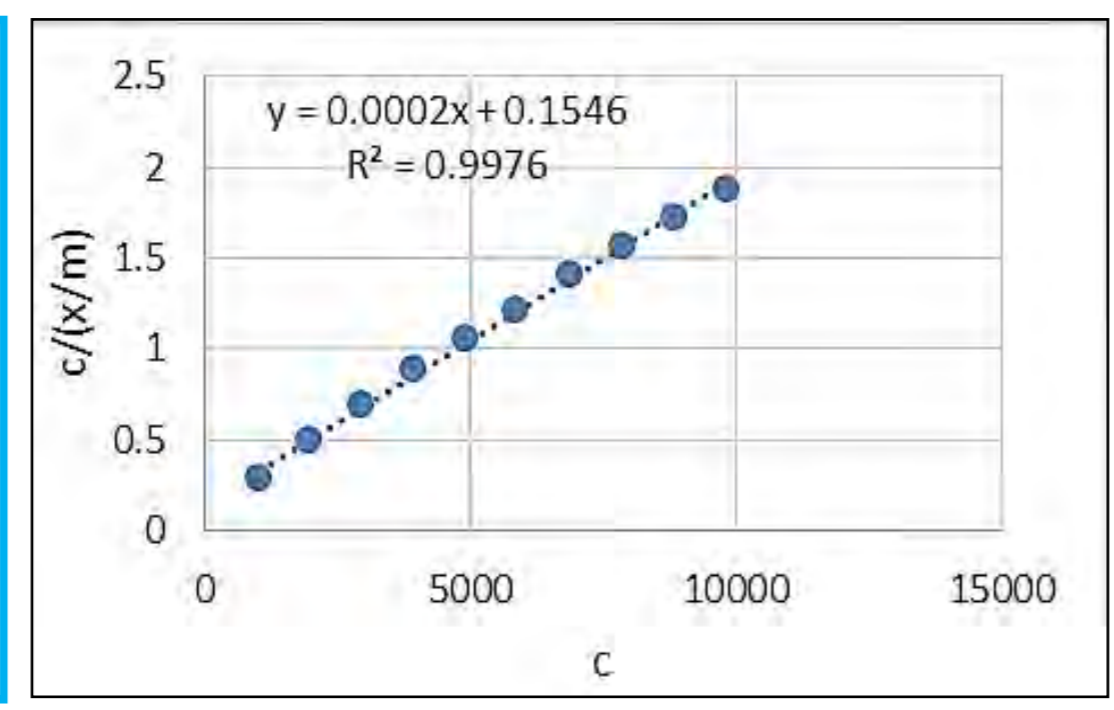
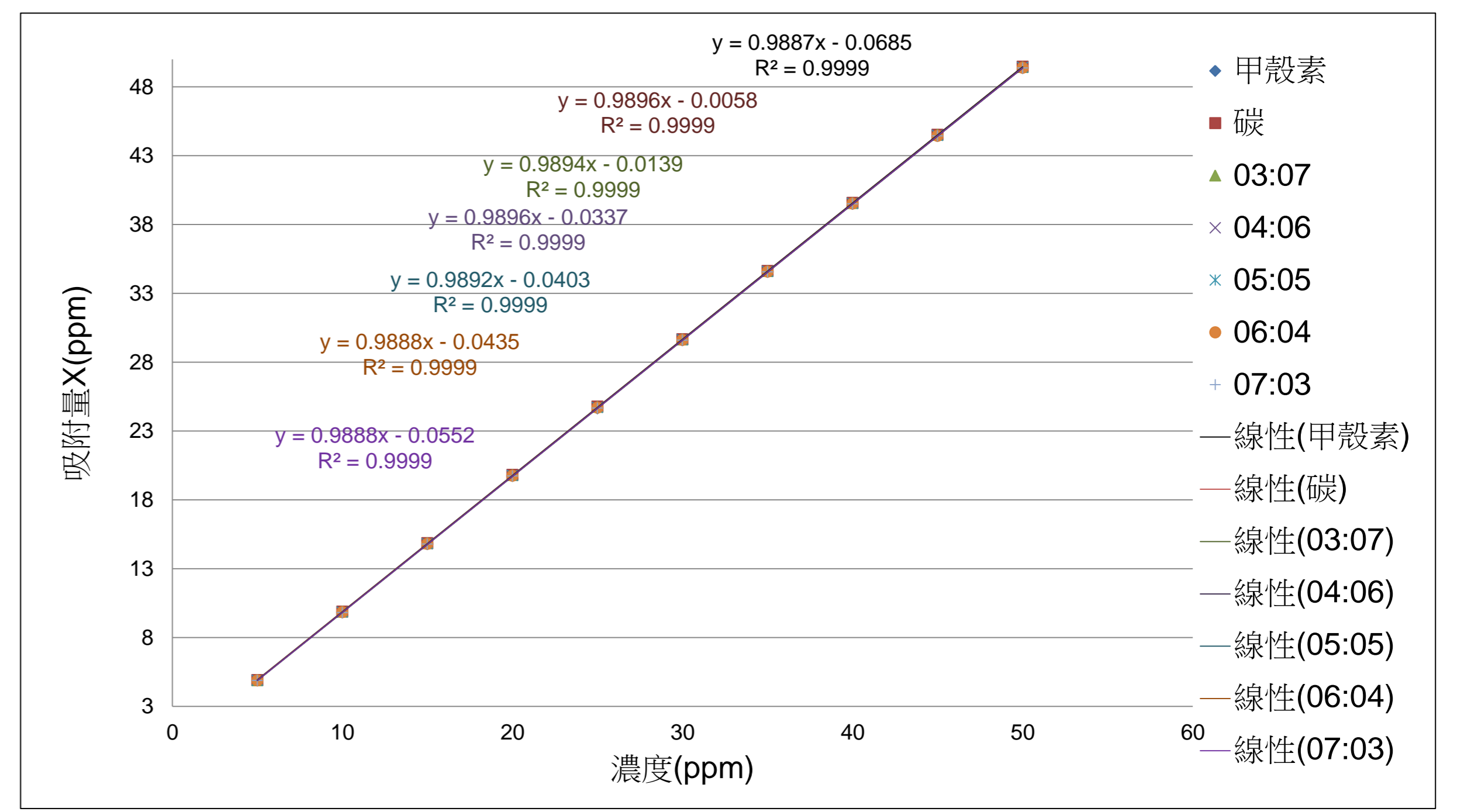


圖20 Langmuir等溫吸附方程式

筍殼碳對硫酸銅之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附



亞甲基藍吸附量X對原濃度作圖

吸附劑對於亞甲基藍原濃度對平衡濃度和吸附濃度均呈線性關係，顯示在吸附未達飽和時，對染料吸附有良好的吸附作用，故吸附量大且會與原濃度有關。

## 三、3:7 複合物

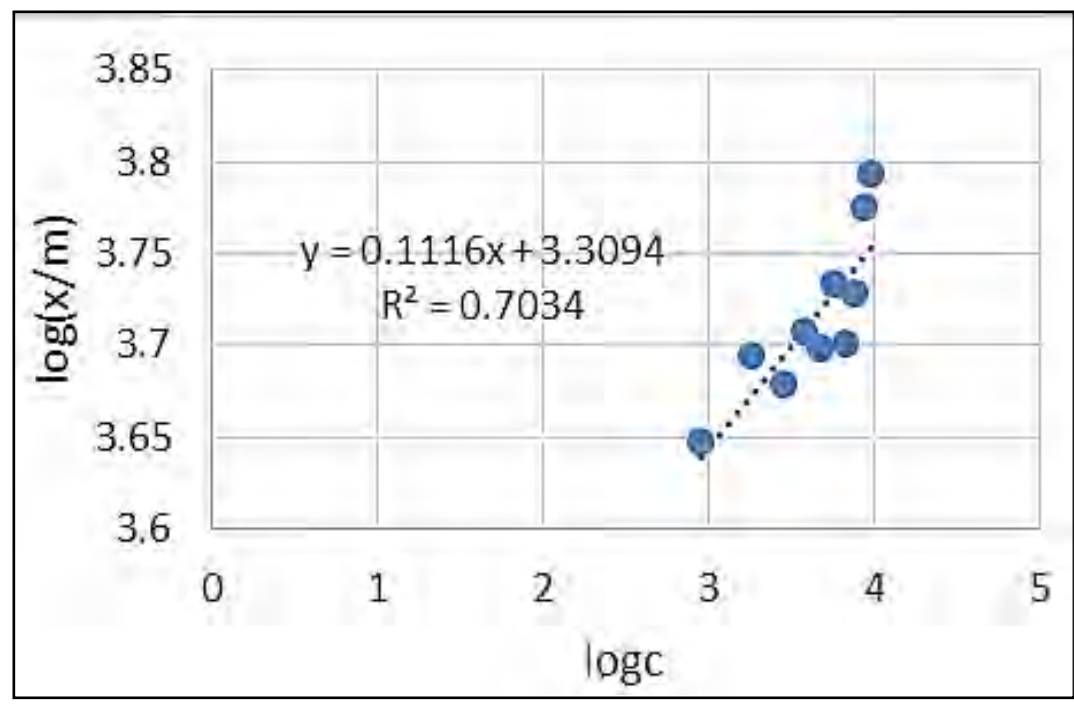


圖23 Freundlich吸附平衡方程式

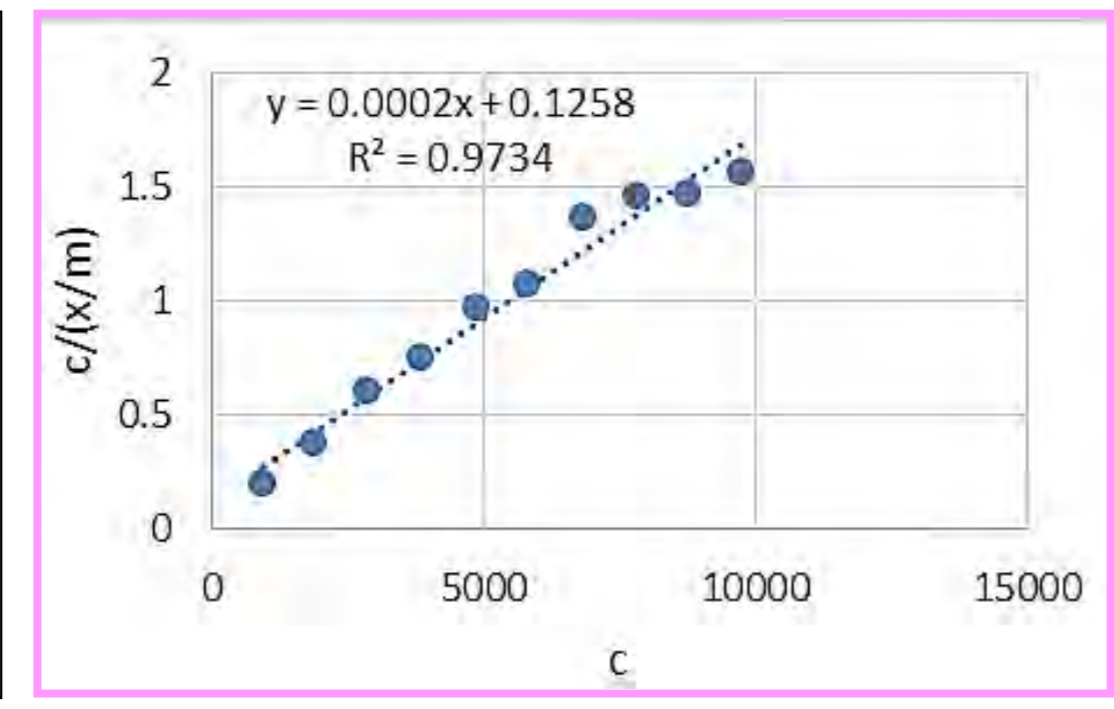


圖24 Langmuir等溫吸附方程式

3:7複合物對硫酸銅之吸附情形較偏向Langmuir等溫吸附方程式為化學吸附

## 四、4:6 複合物

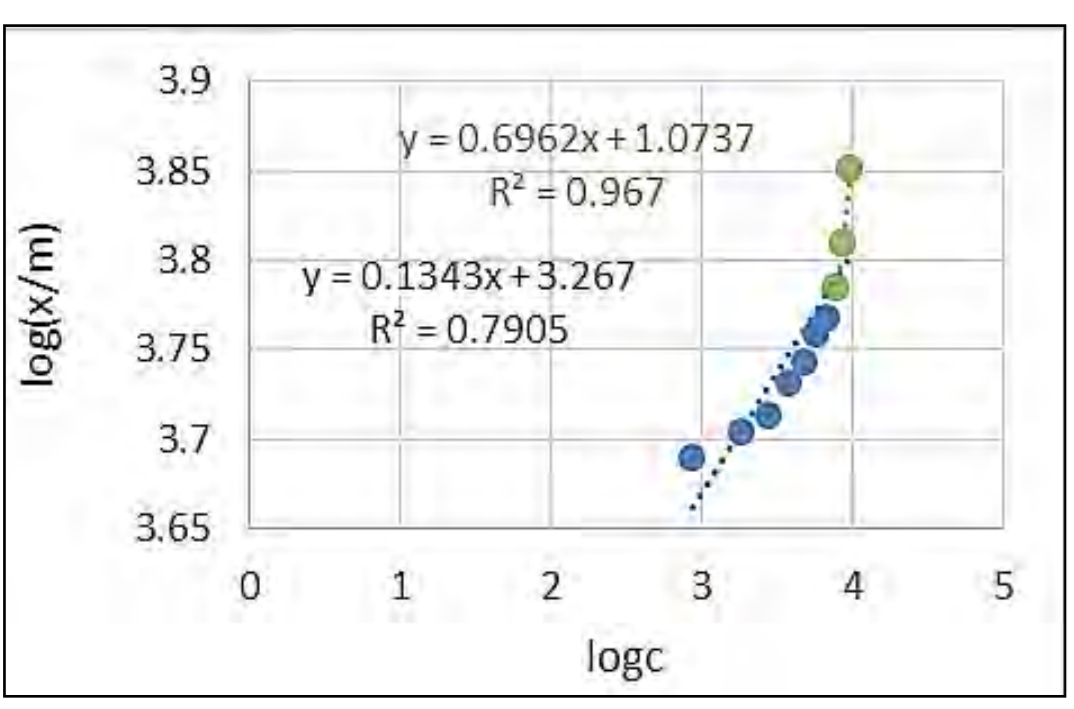


圖27 Freundlich吸附平衡方程式

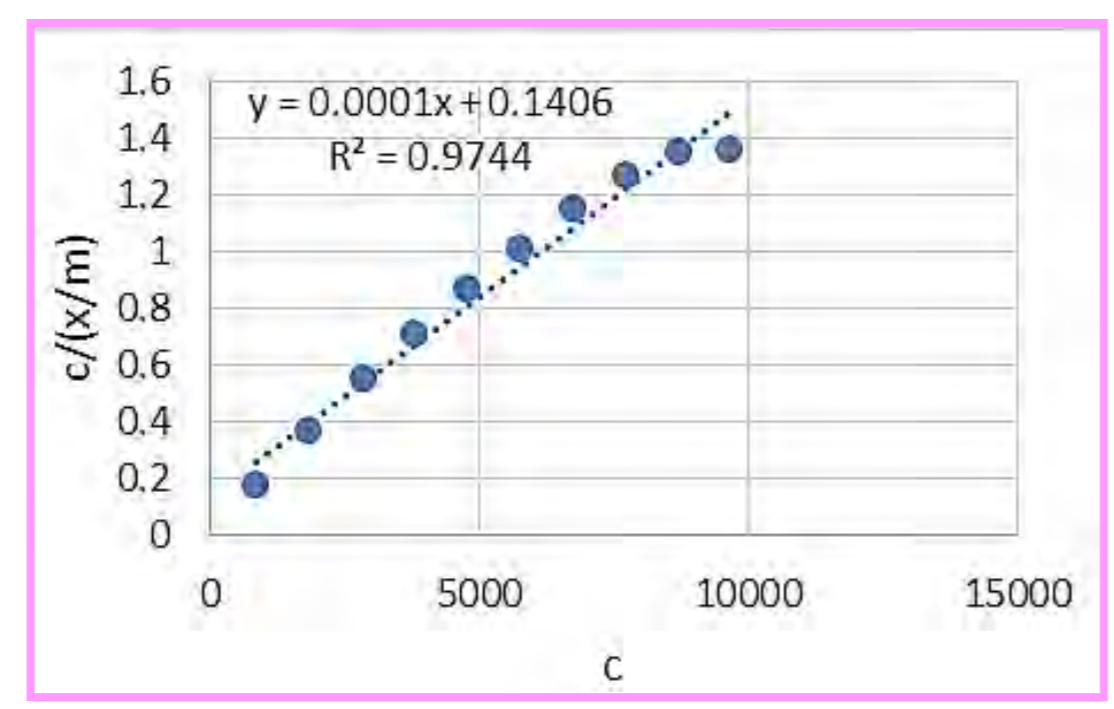


圖28 Langmuir等溫吸附方程式

4:6複合物對硫酸銅之吸附情形較偏向Langmuir等溫吸附方程式為化學吸附

## 一、純甲殼素

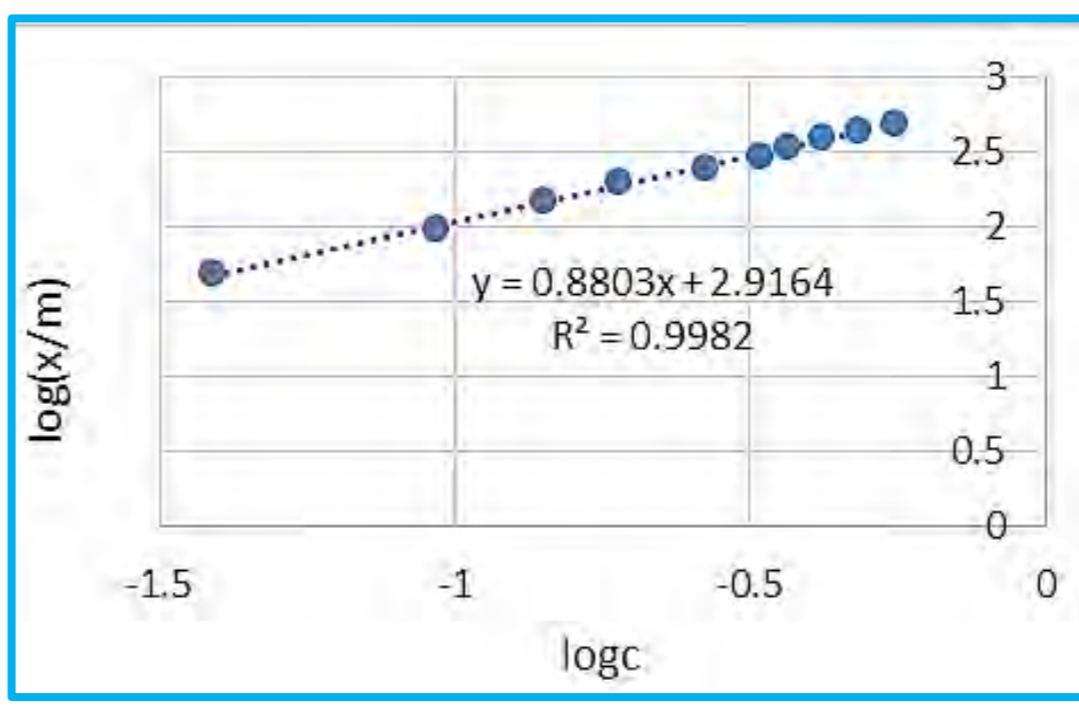


圖45 Freundlich吸附平衡方程式

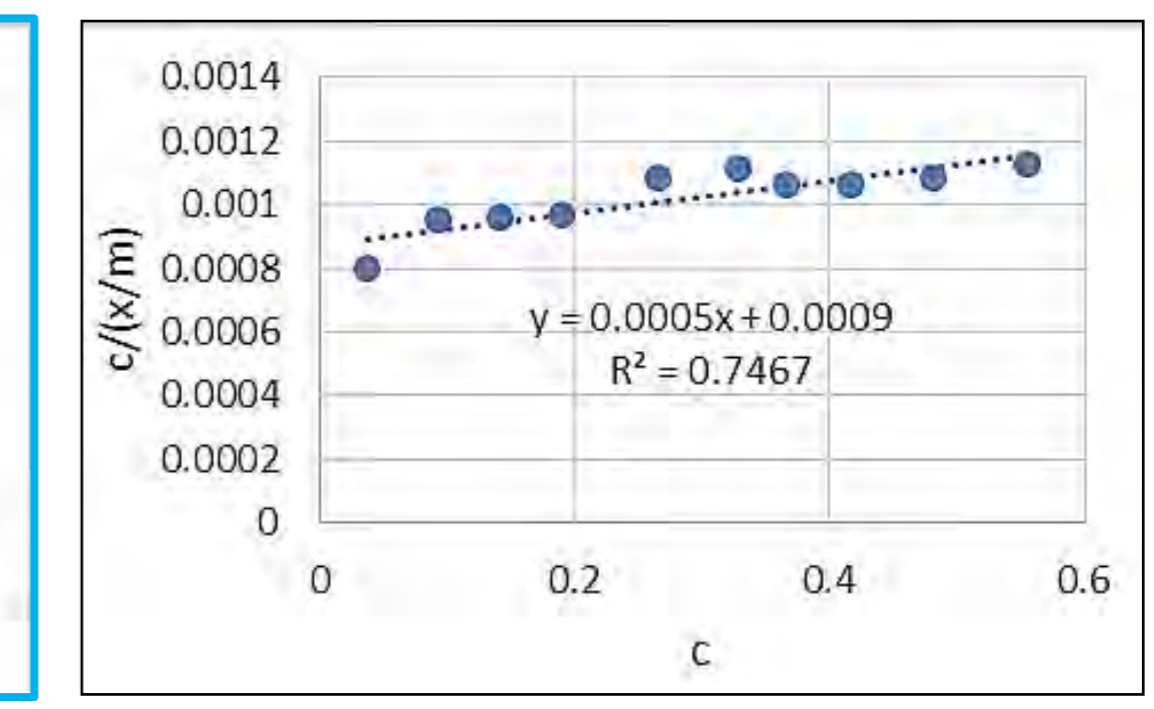


圖46 Langmuir等溫吸附方程式

純甲殼素對亞甲基藍吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 五、5:5 複合物

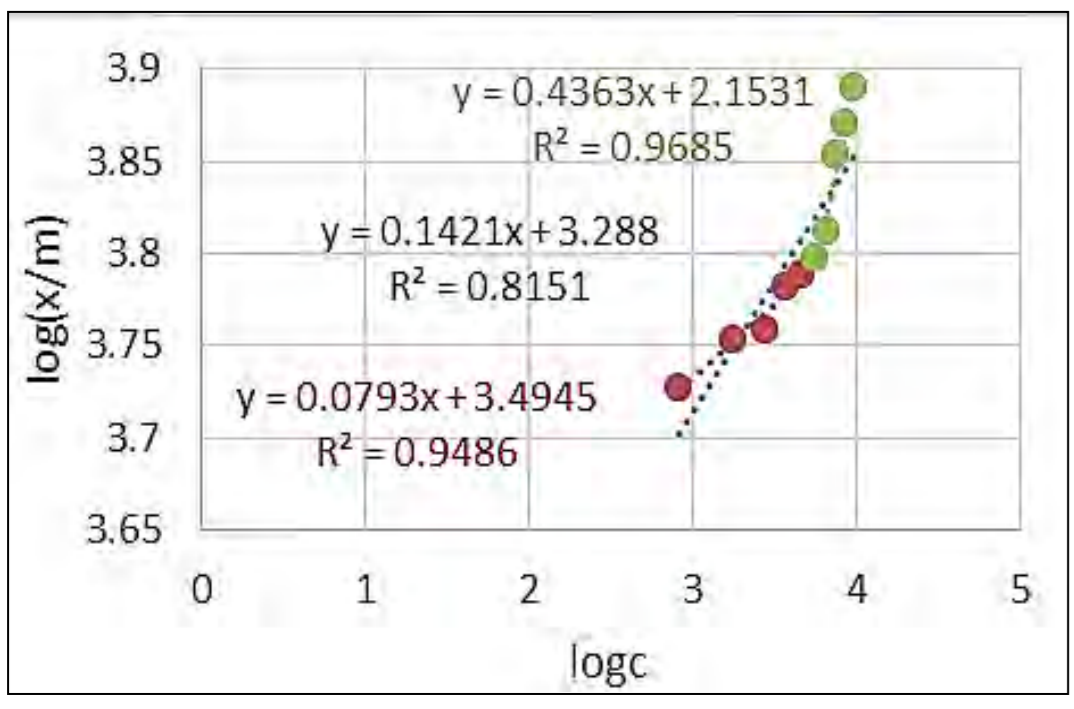


圖31 Freundlich吸附平衡方程式

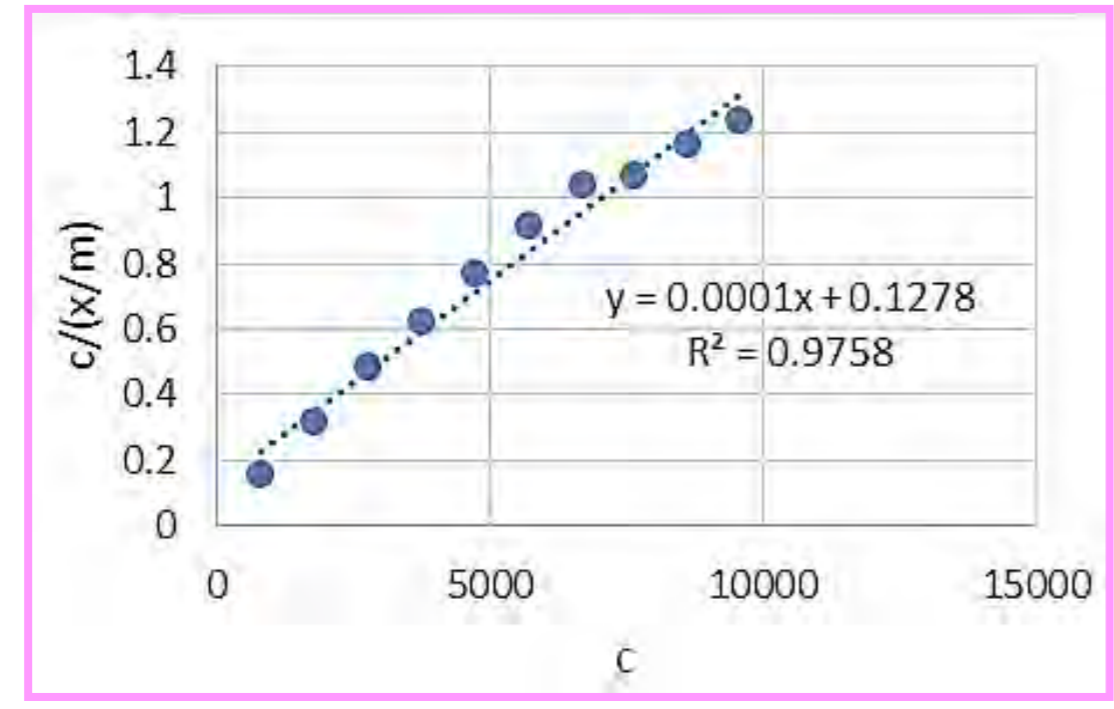


圖32 Langmuir等溫吸附方程式

5:5複合物對硫酸銅之吸附情形較偏向Langmuir等溫吸附方程式為化學吸附

## 二、筍殼碳

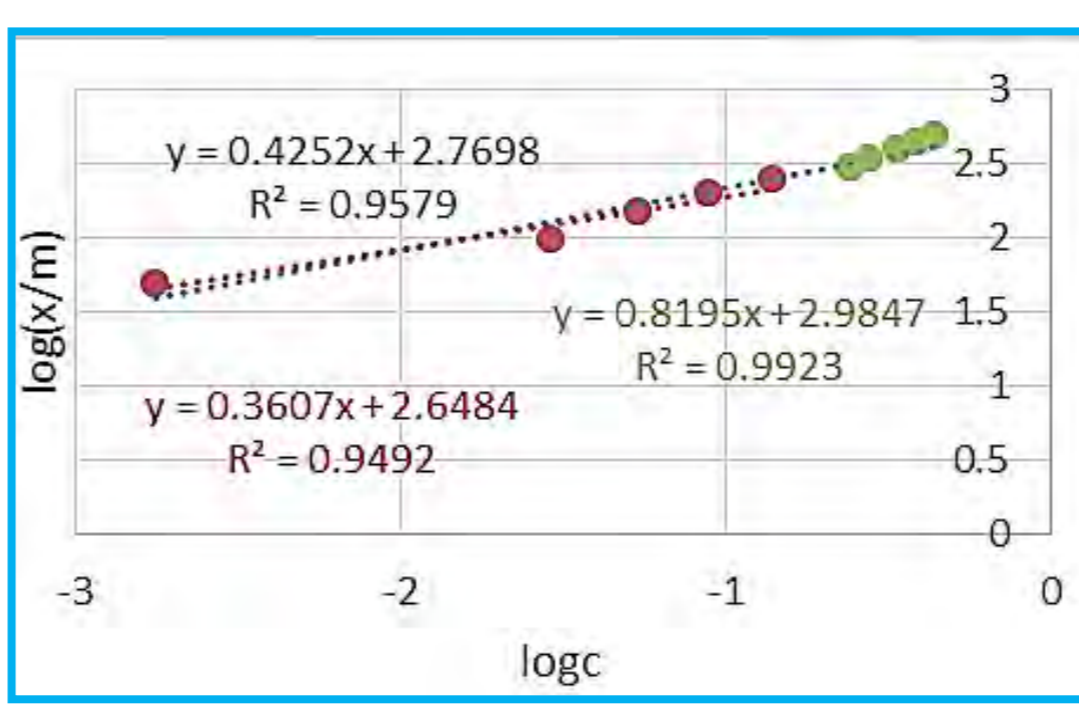


圖49 Freundlich吸附平衡方程式

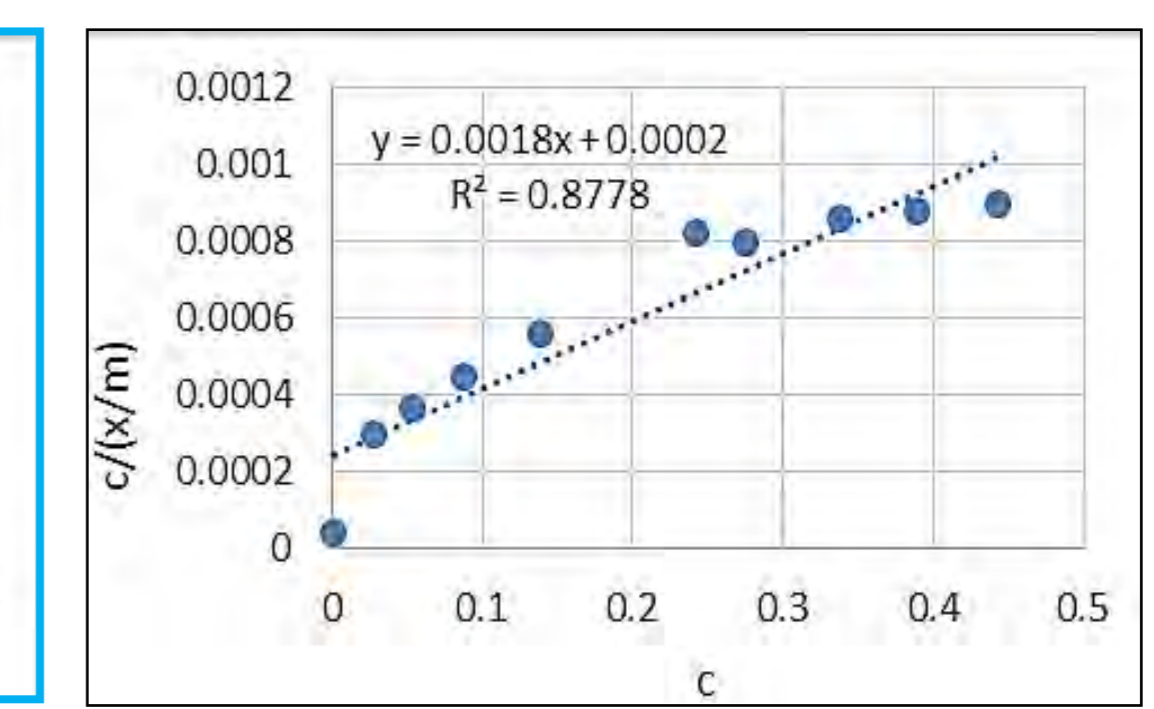


圖50 Langmuir等溫吸附方程式

筍殼碳對亞甲基藍之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 六、6:4 複合物

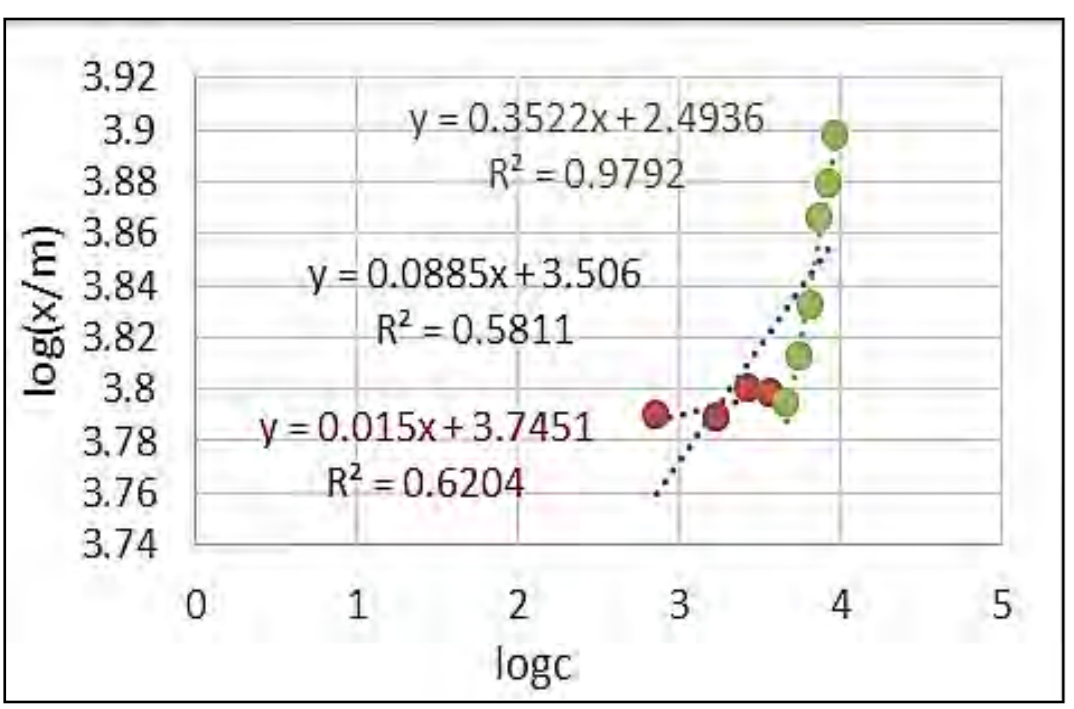


圖35 Freundlich吸附平衡方程式

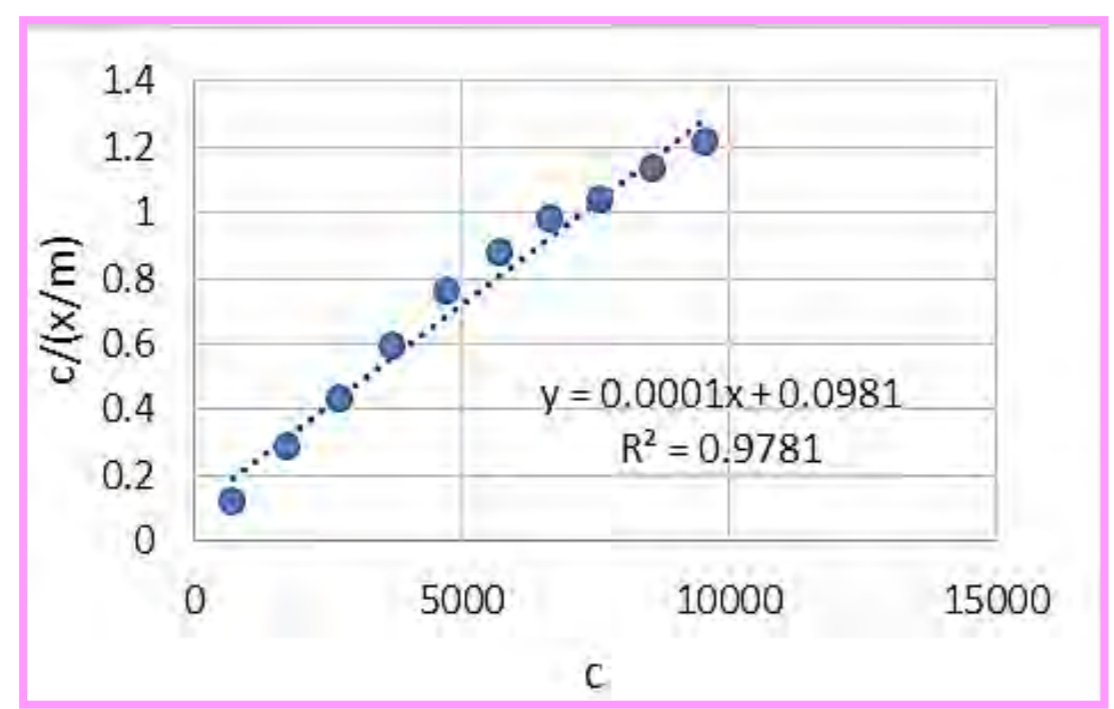


圖36 Langmuir等溫吸附方程式

6:4複合物對硫酸銅之吸附情形較偏向Langmuir等溫吸附方程式為化學吸附

## 三、3:7 複合物

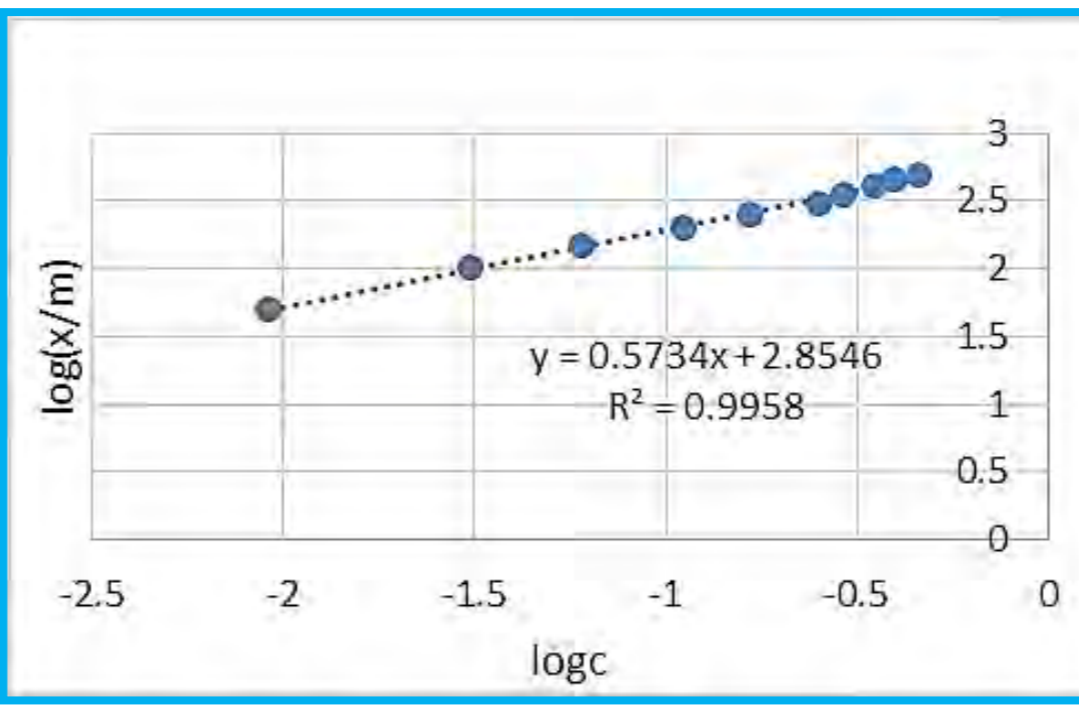


圖53 Freundlich吸附平衡方程式

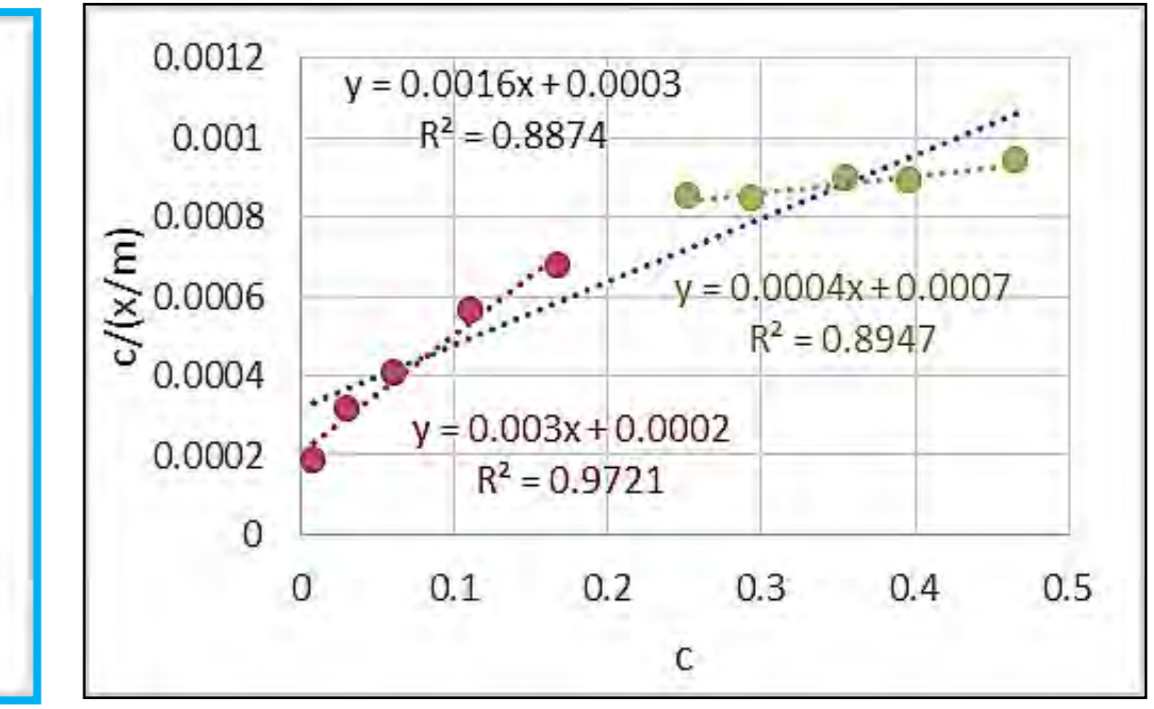


圖54 Langmuir等溫吸附方程式

3:7複合物對亞甲基藍吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 七、7:3 複合物

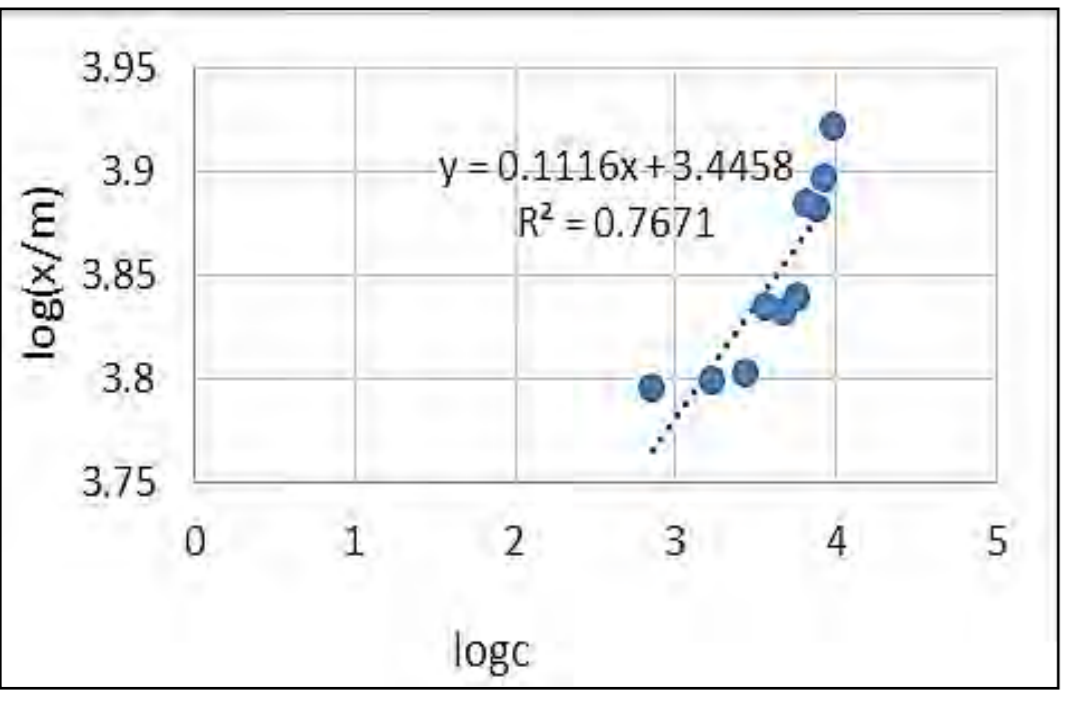


圖39 Freundlich吸附平衡方程式

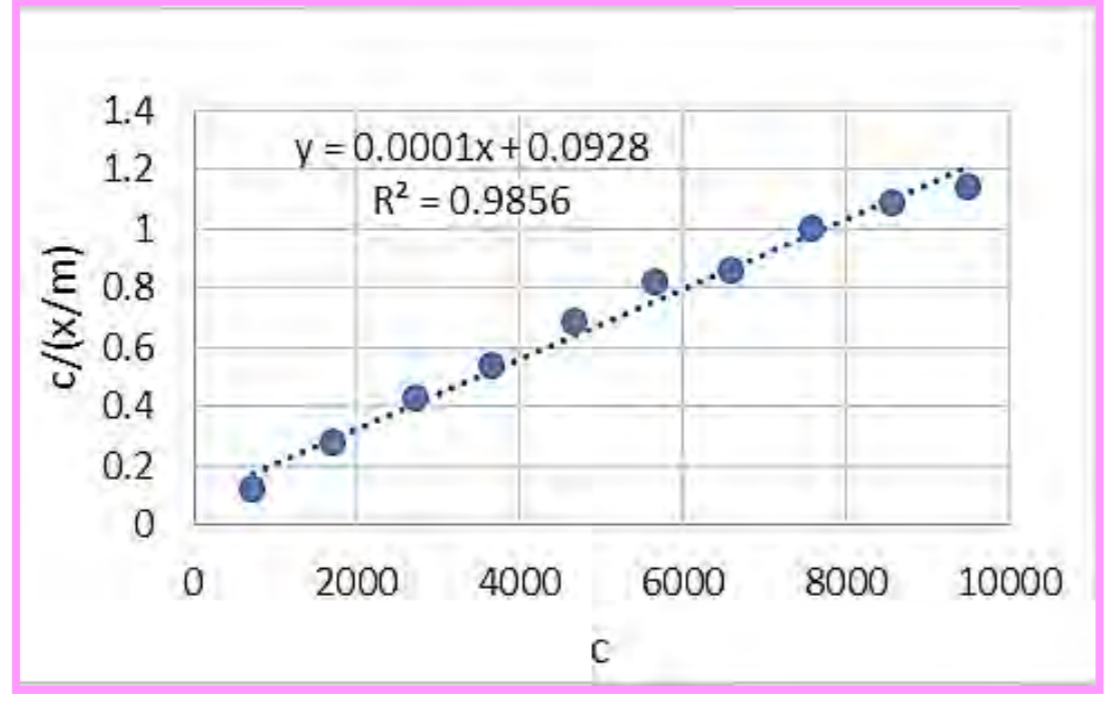


圖40 Langmuir等溫吸附方程式

7:3複合物對硫酸銅之吸附情形較偏向Langmuir等溫吸附方程式為化學吸附

## 四、4:6 複合物

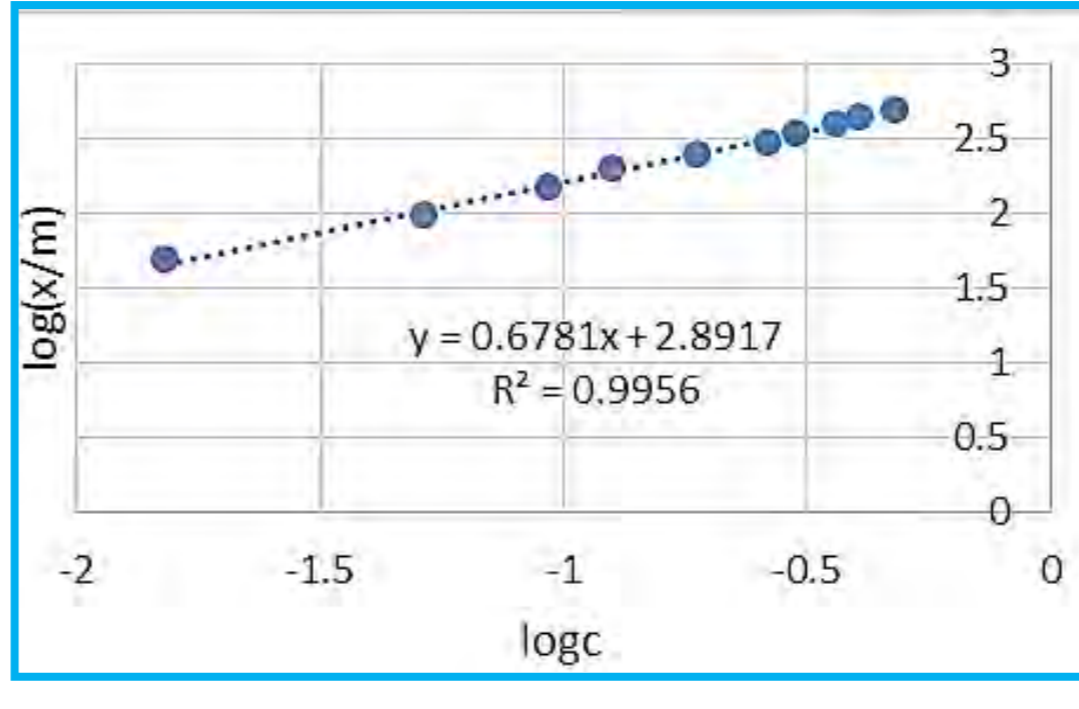


圖57 Freundlich吸附平衡方程式

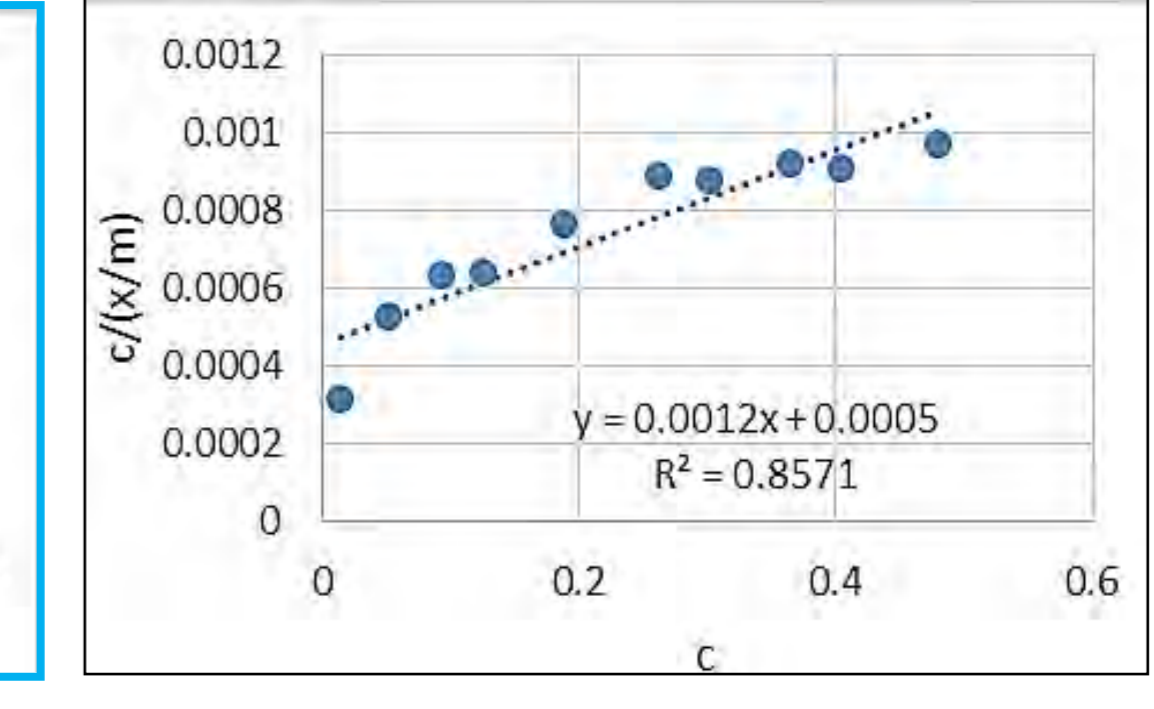


圖58 Langmuir等溫吸附方程式

4:6複合物對亞甲基藍吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 實驗結果：吸附 硫酸銅 效果

純甲殼素 > 7:3 > 6:4 > 5:5 > 4:6 > 3:7 > 筍殼碳

## 二、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對於亞甲基藍(色素)的吸附情形

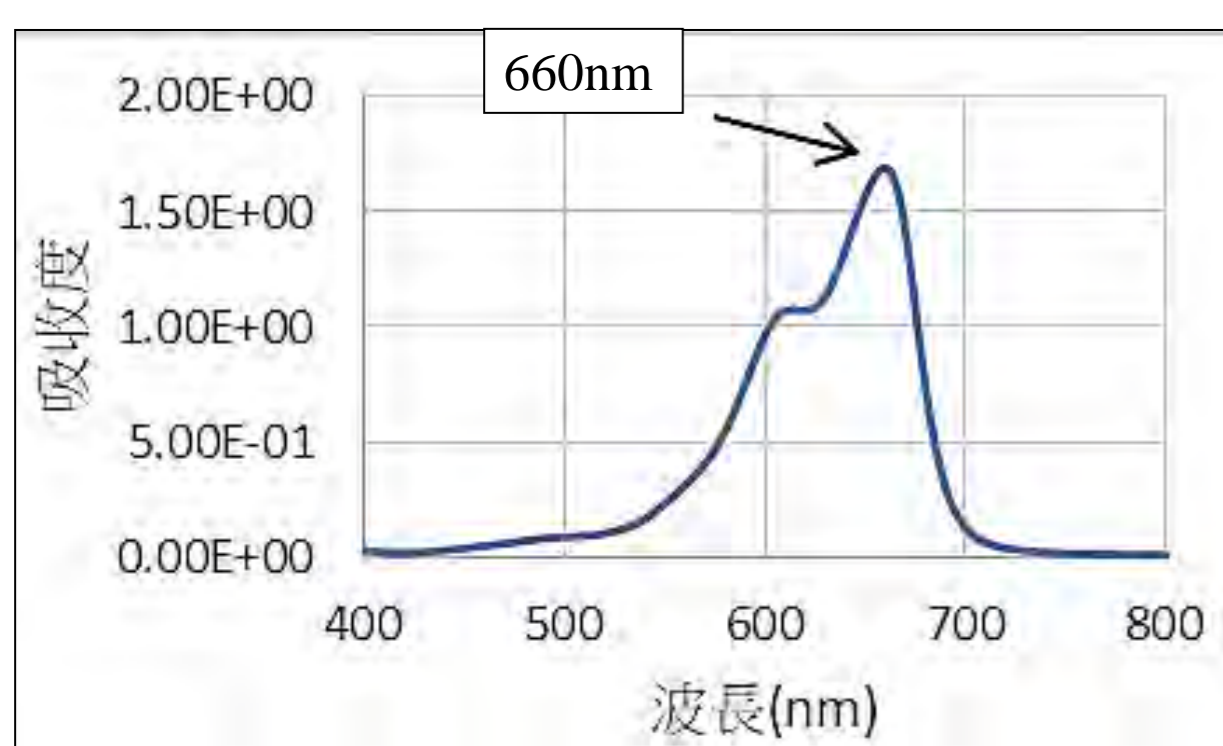


圖41 最大吸收波長為660nm

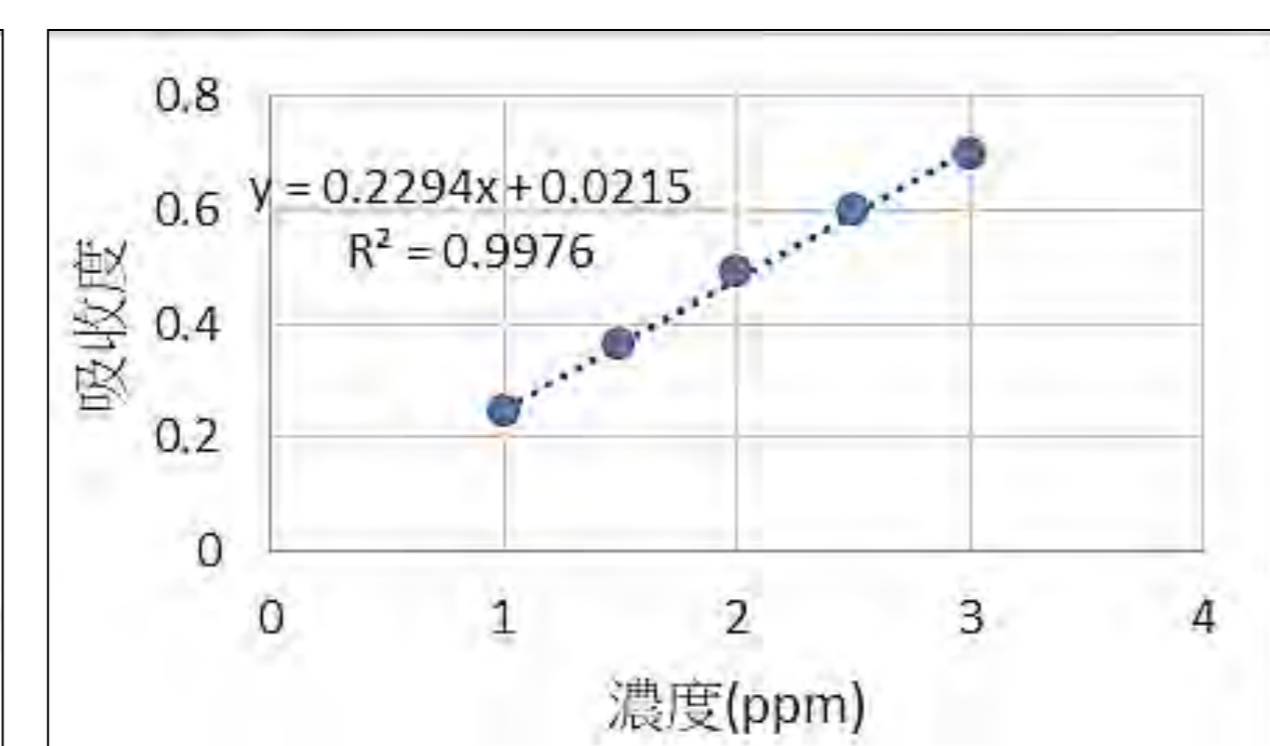
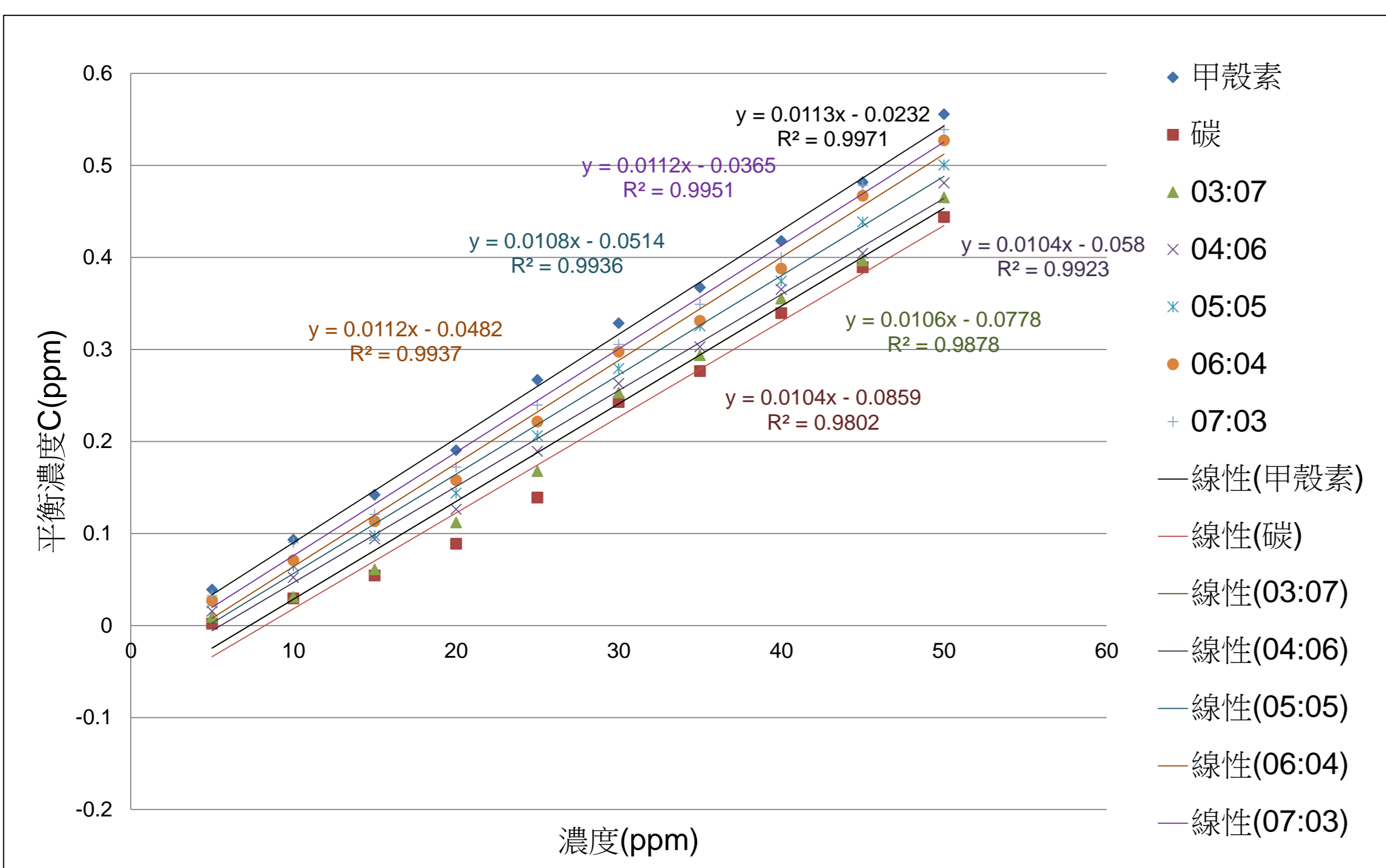


圖42 亞甲基藍檢量線



亞甲基藍吸附平衡濃度C對原濃度作圖

## 五、5:5 複合物

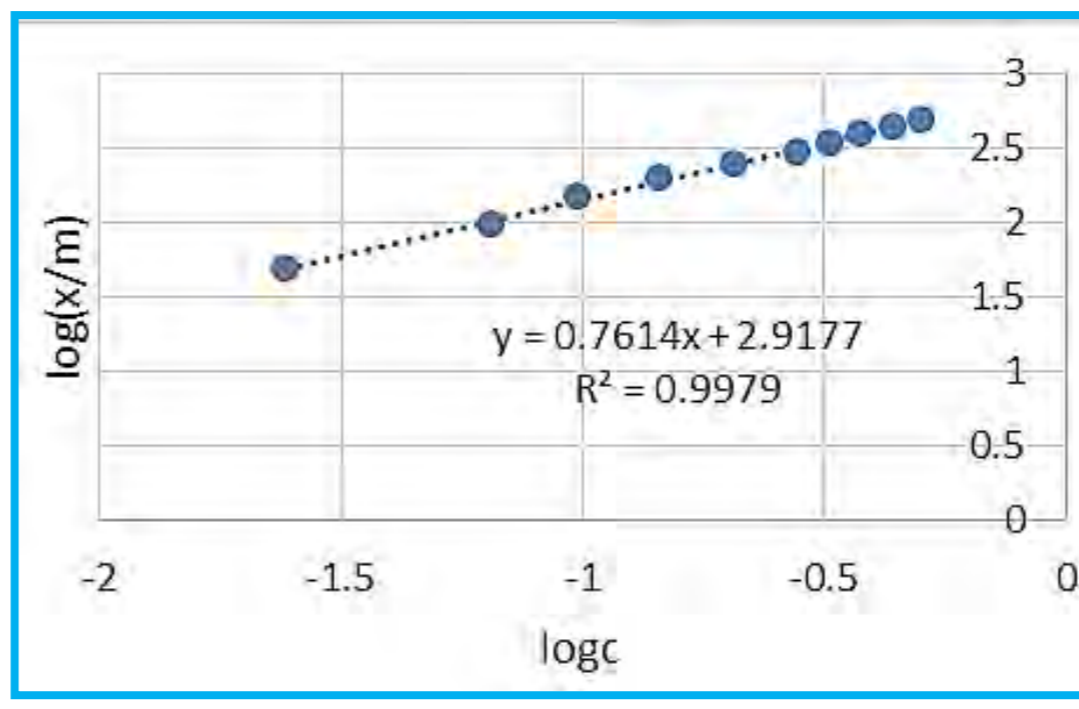


圖61 Freundlich吸附平衡方程式

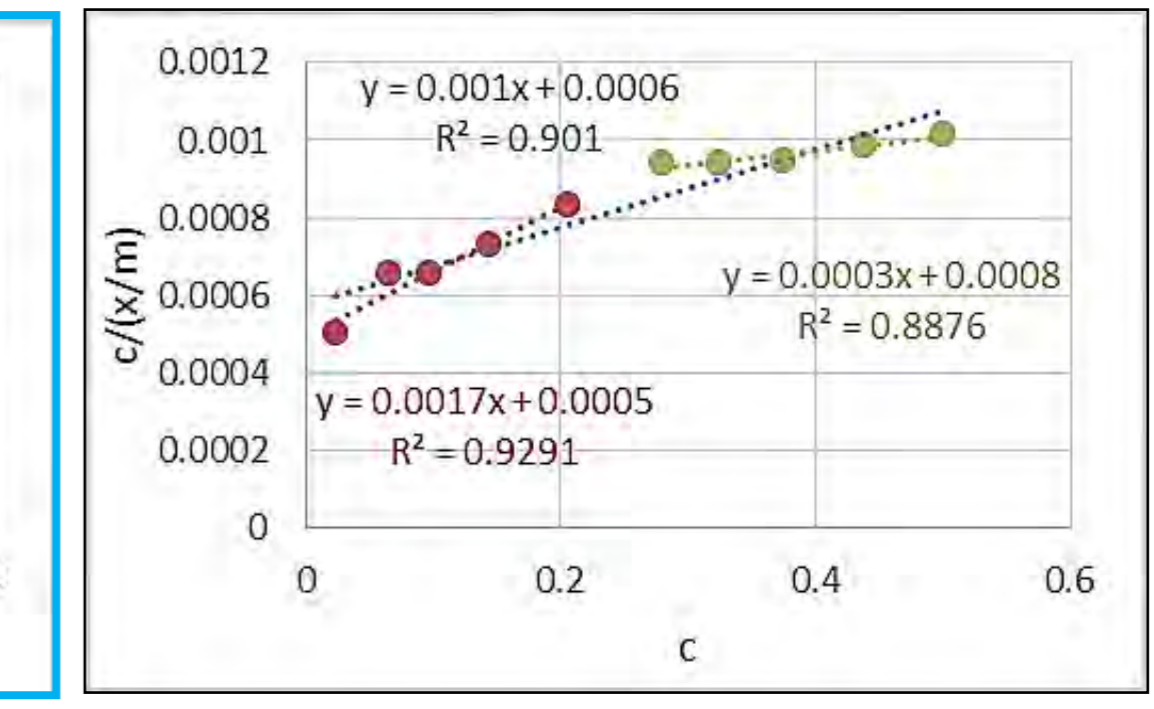


圖62 Langmuir等溫吸附方程式

5:5複合物對亞甲基藍吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 六、6:4 複合物

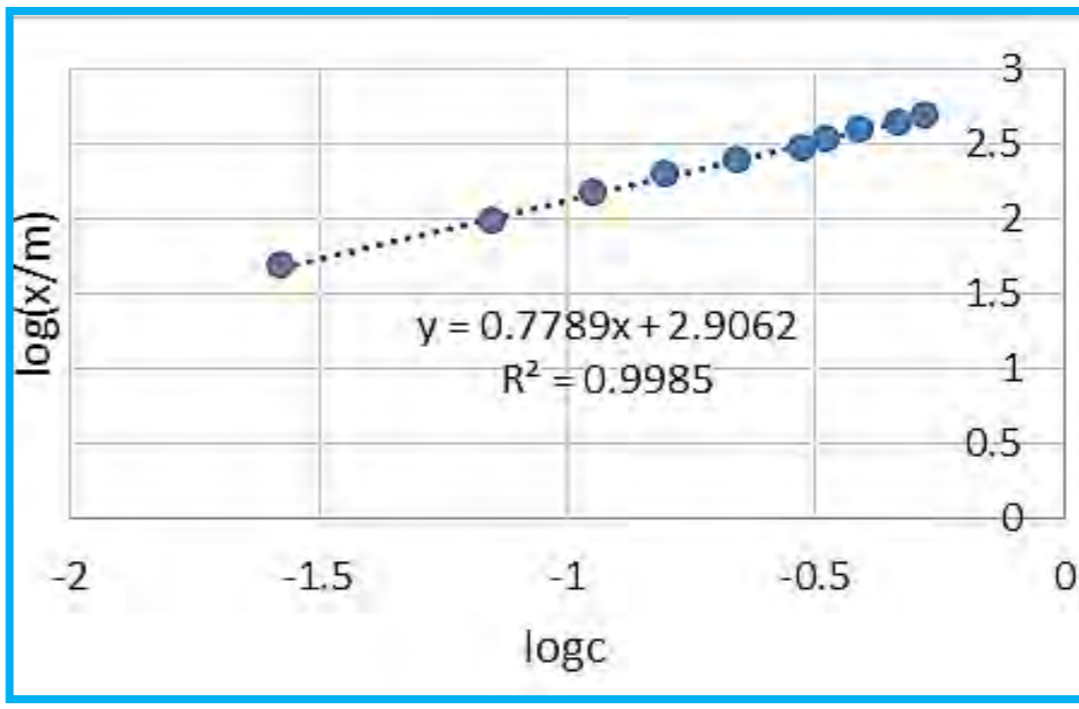


圖65 Freundlich吸附平衡方程式

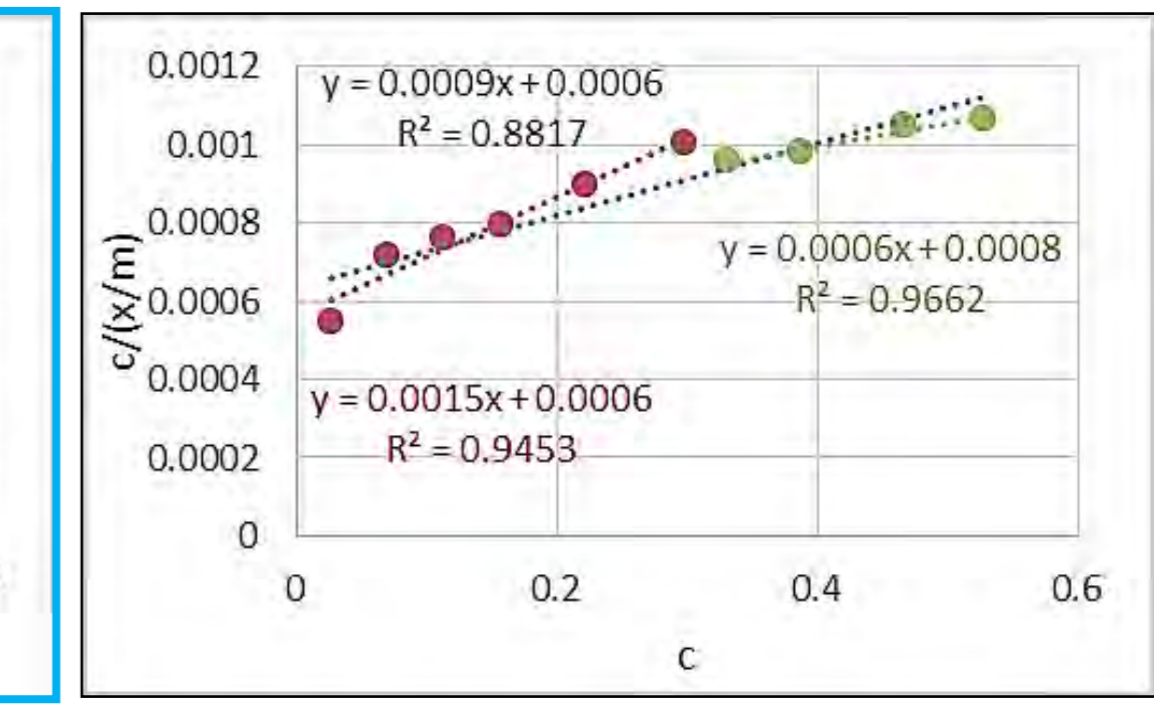


圖66 Langmuir等溫吸附方程式

6:4複合物對亞甲基藍吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 七、7:3 複合物

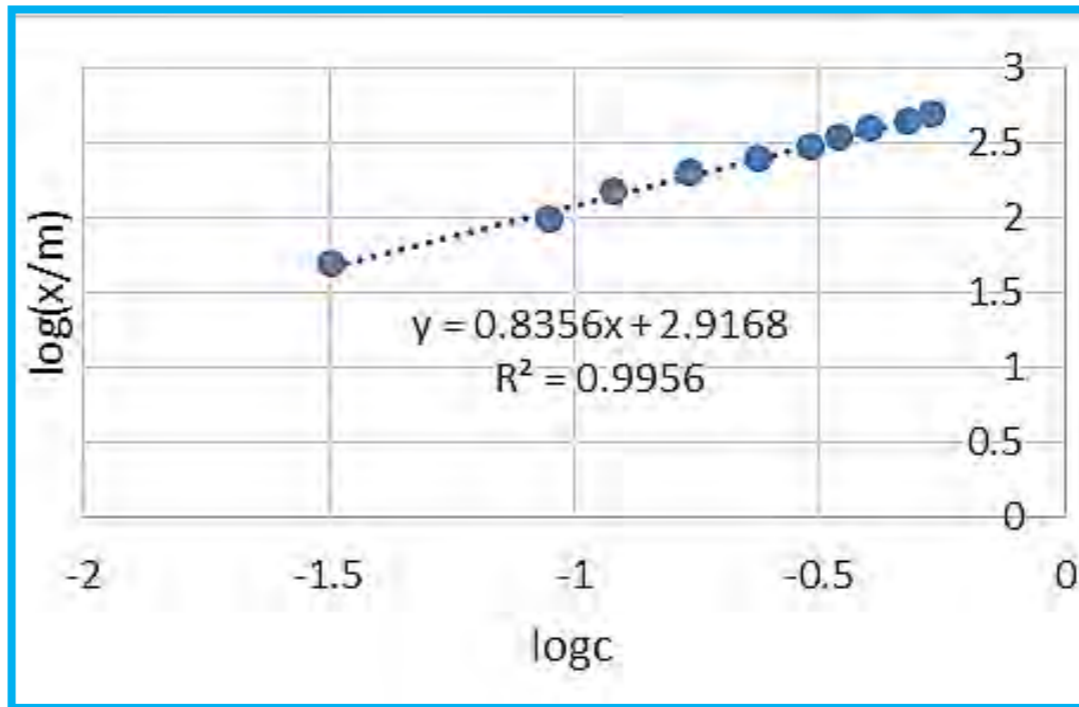


圖69 Freundlich吸附平衡方程式

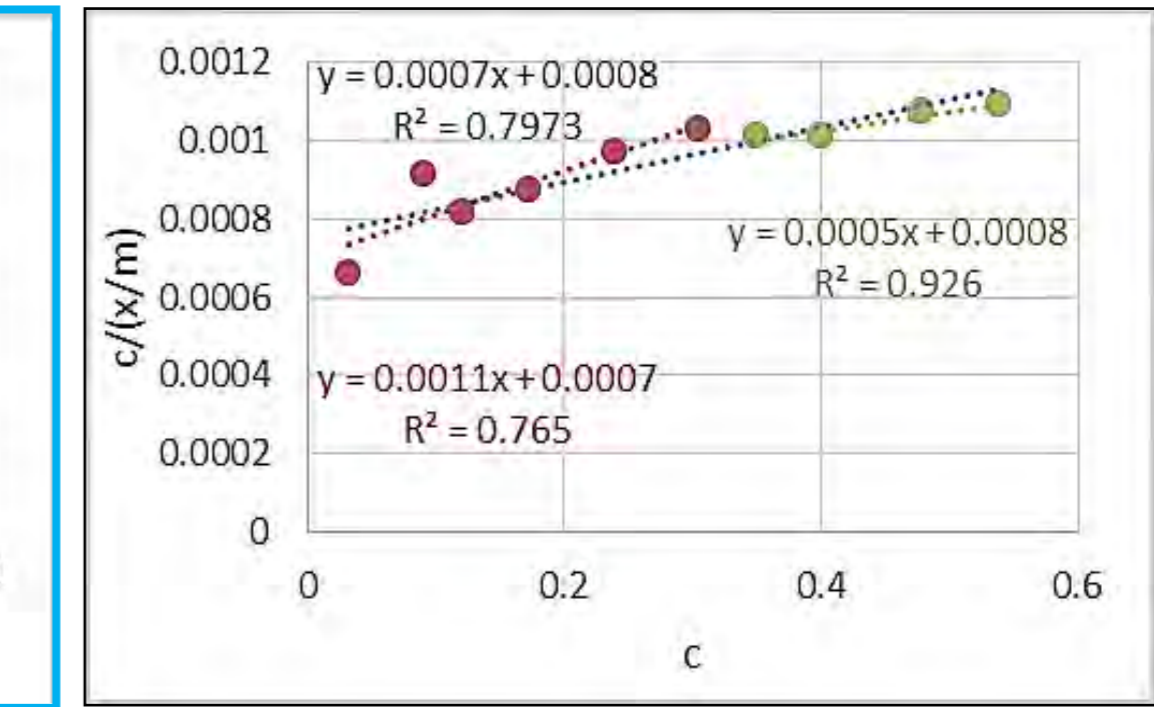


圖70 Langmuir等溫吸附方程式

7:3複合物對亞甲基藍吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 實驗發現：吸附 亞甲基藍 效果

筍殼碳 > 3:7 > 4:6 > 5:5 > 6:4 > 7:3 > 純甲殼素

## 四、探討甲殼素與筍殼碳及不同比例間的複合物對硝酸鉀(無機鹽)的吸附情形

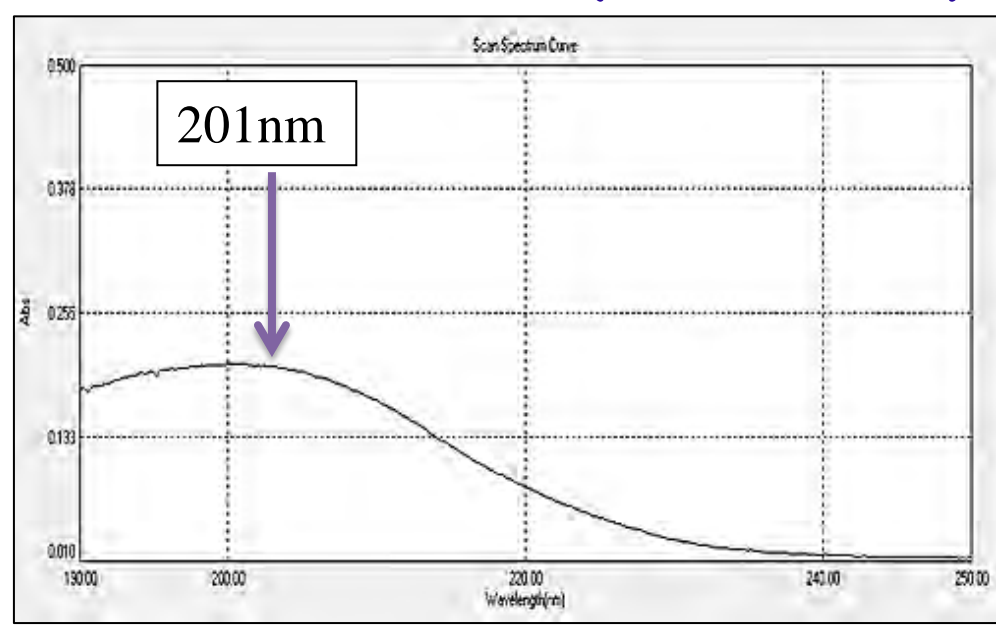


圖71 最大吸收波長為201nm

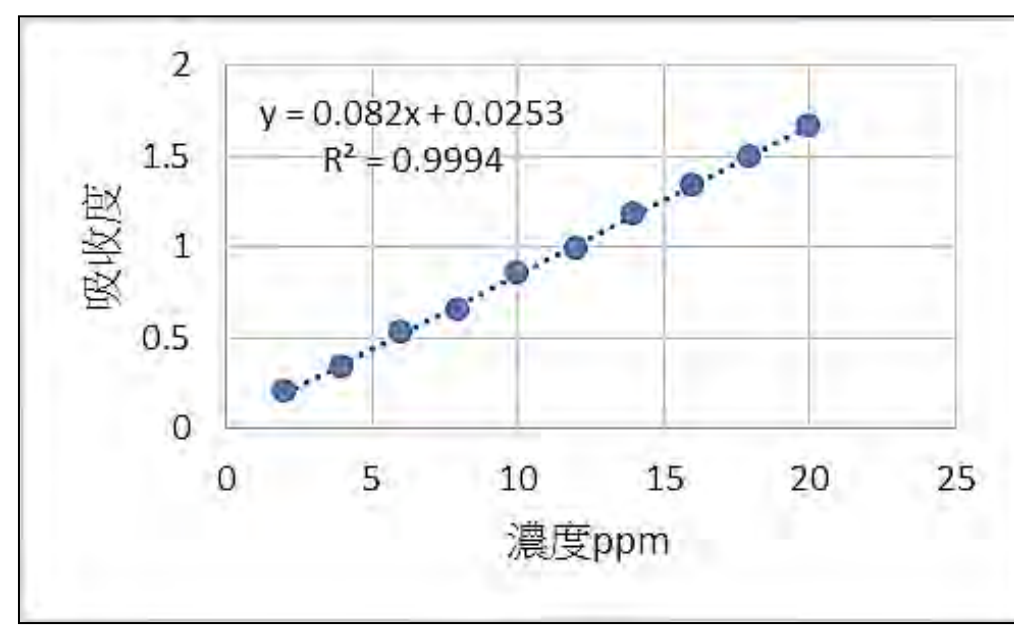
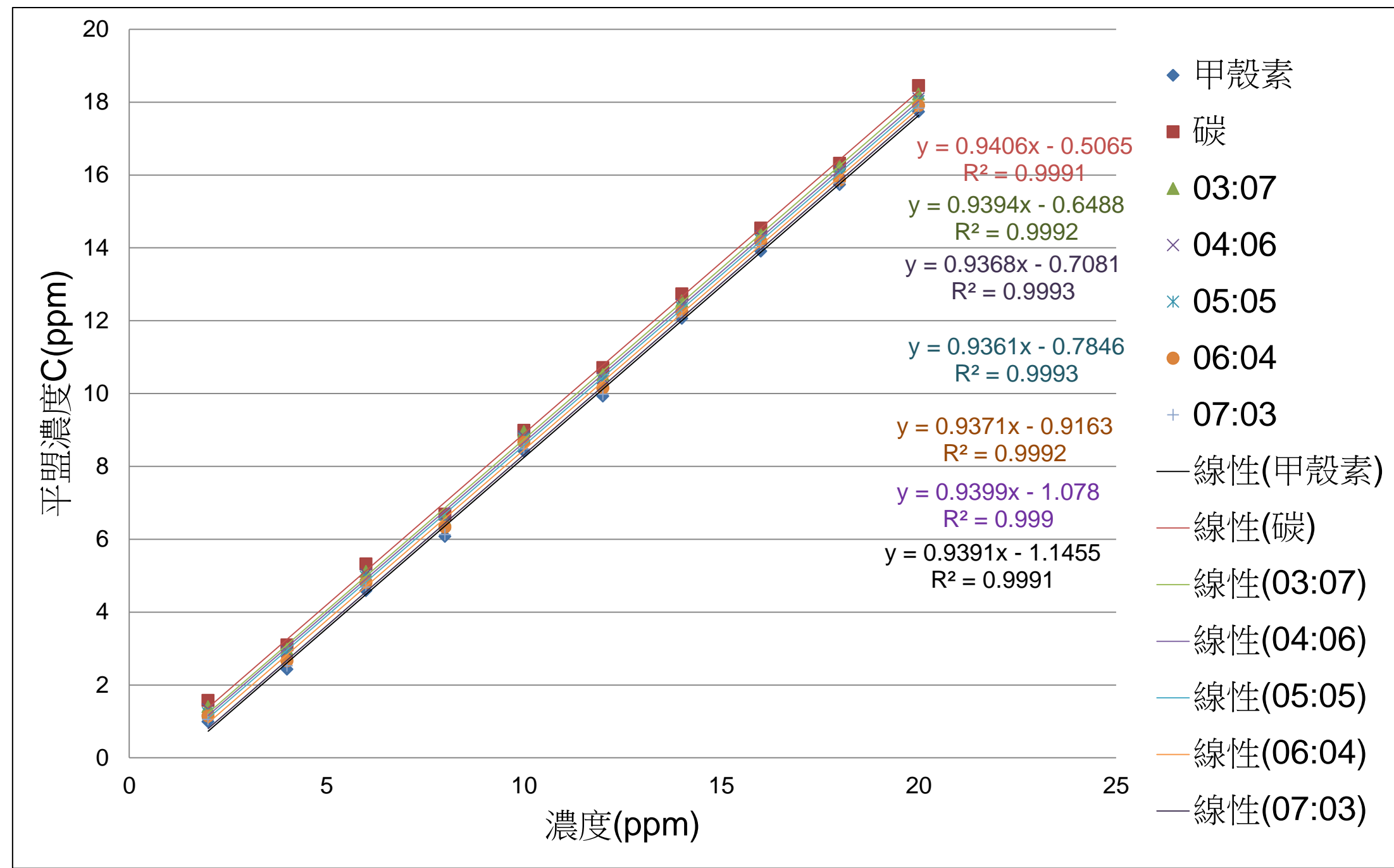
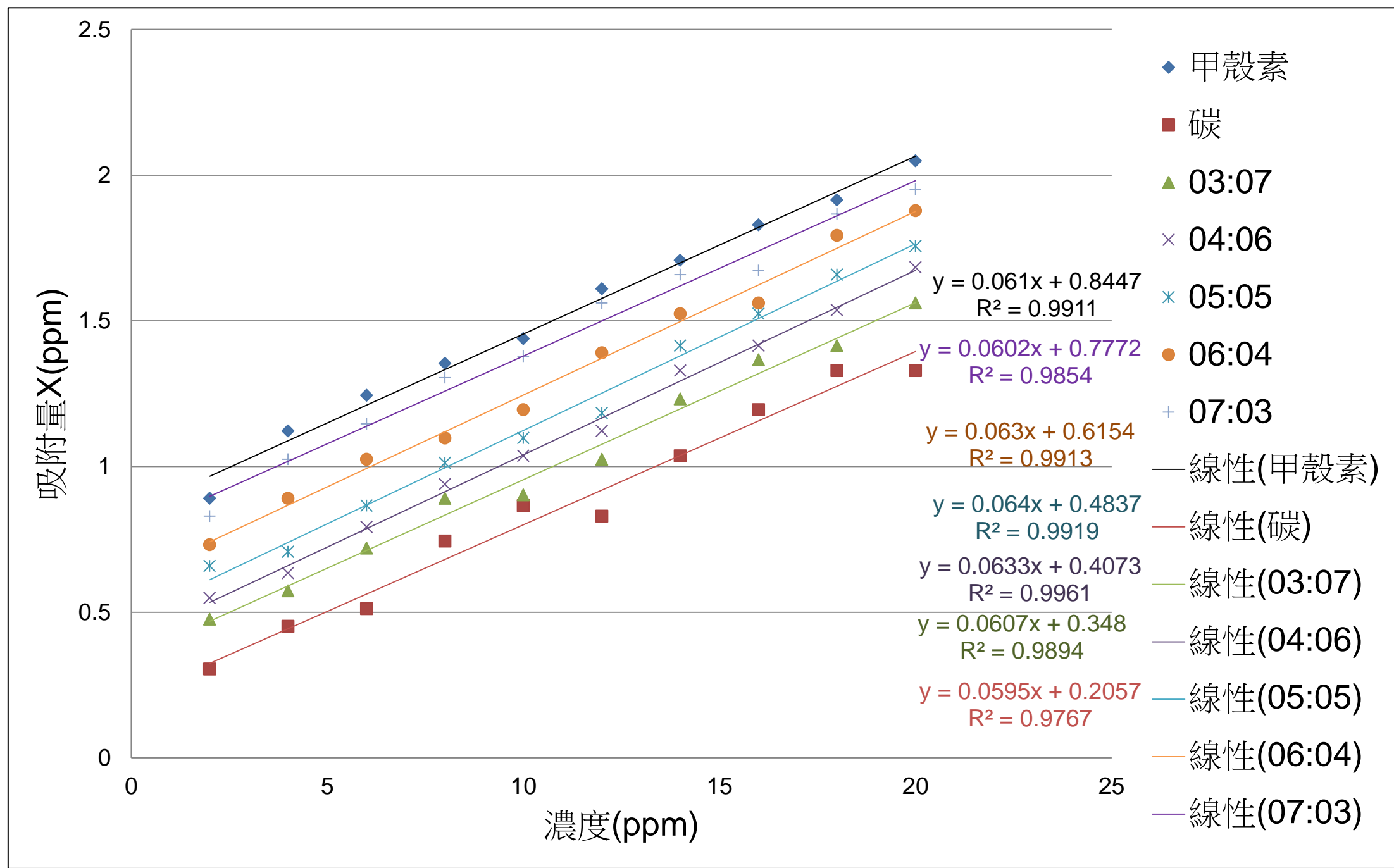


圖72 硝酸鉀檢量線



硝酸鉀吸附平衡濃度C對原濃度作圖



硝酸鉀吸附量X對原濃度作圖

硝酸鉀原濃度對平衡濃度與吸附量呈線性關係，顯示吸附劑對硝酸鉀的吸附與溶液濃度大小有關。

### 一、純甲殼素

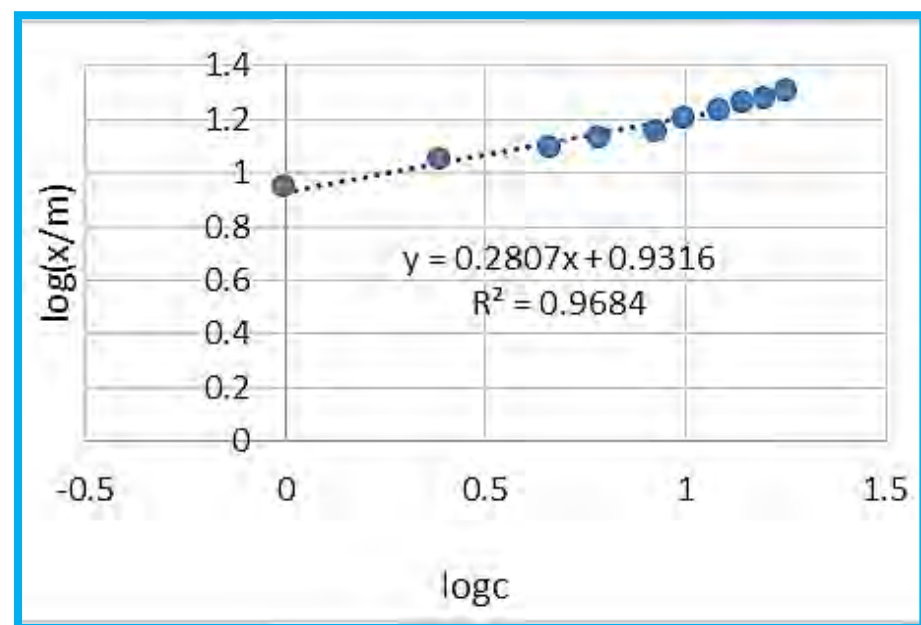


圖75 Freundlich吸附平衡方程式

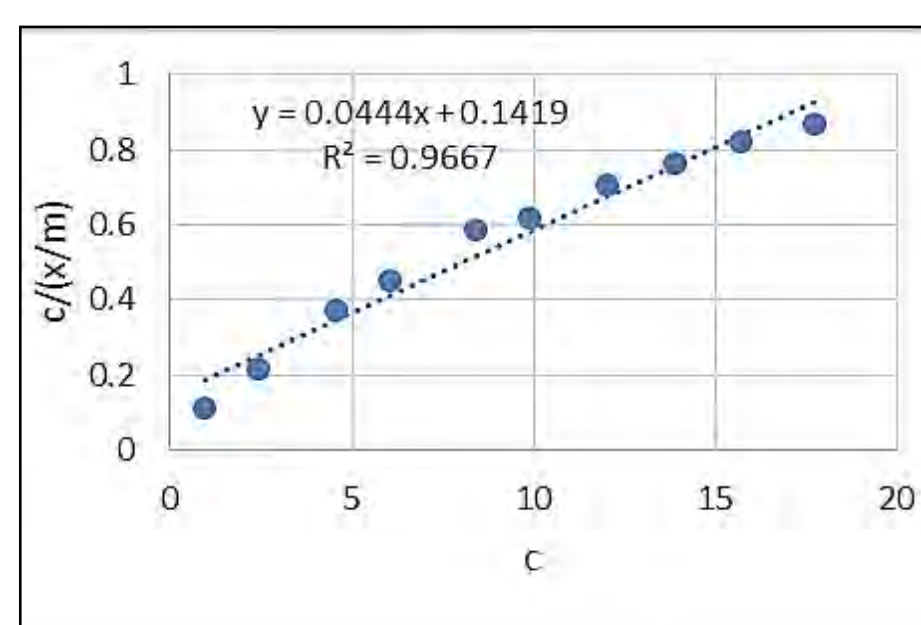


圖76 Langmuir等溫吸附方程式

純甲殼素對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

### 二、筍殼碳

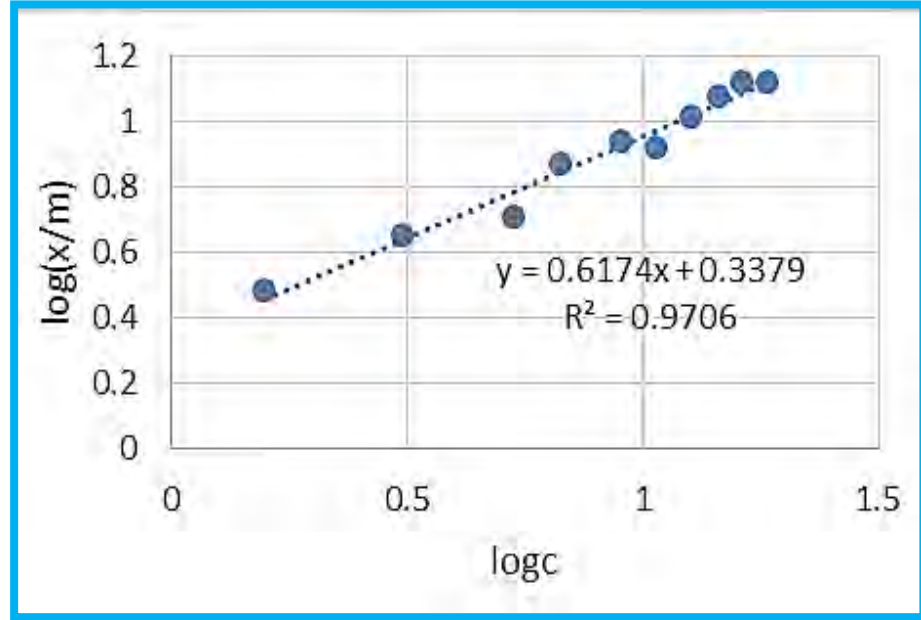


圖79 Freundlich吸附平衡方程式

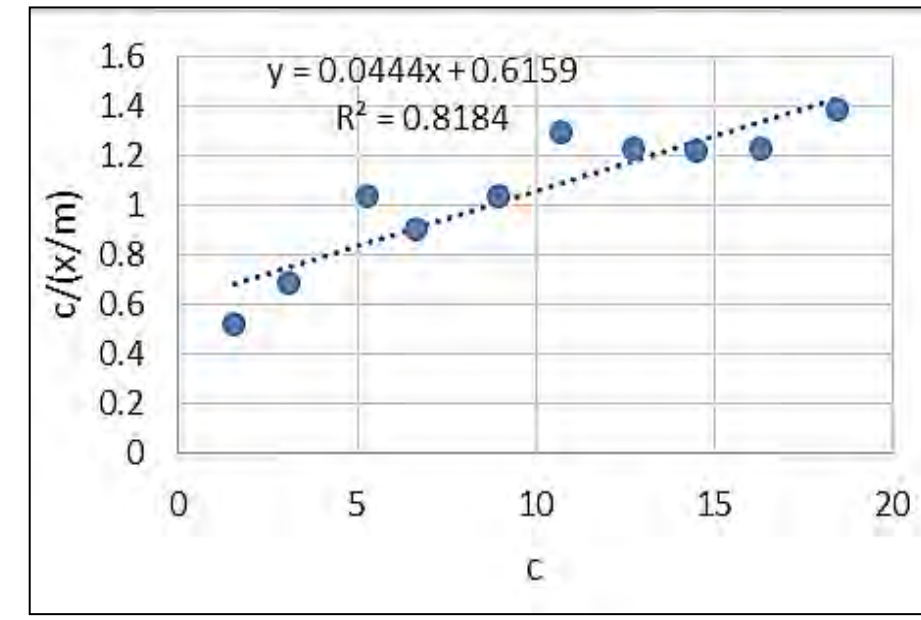


圖80 Langmuir等溫吸附方程式

筍殼碳對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

### 三、3:7複合物

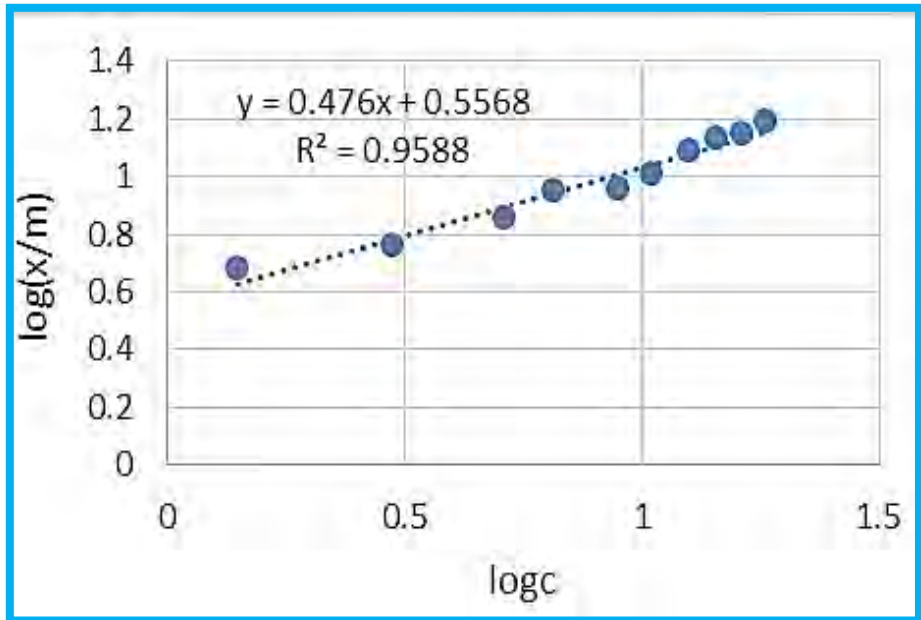


圖83 Freundlich吸附平衡方程式

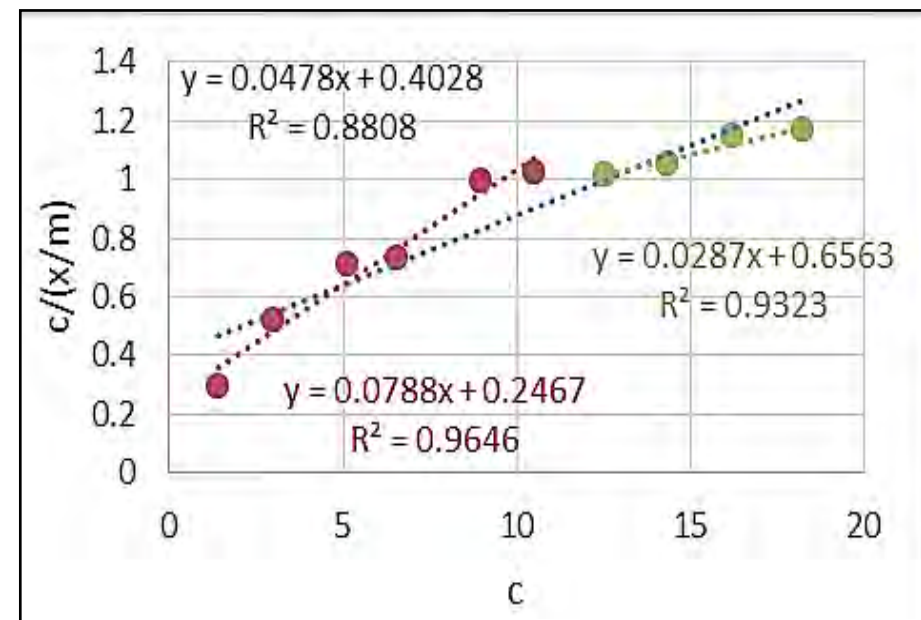


圖84 Langmuir等溫吸附方程式

3:7複合物對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

### 四、4:6複合物

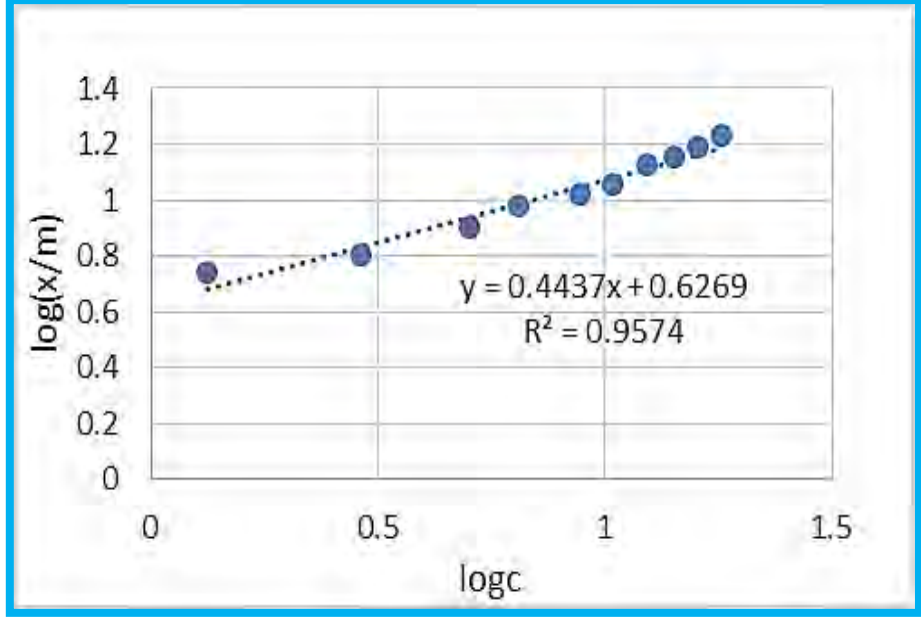


圖87 Freundlich吸附平衡方程式

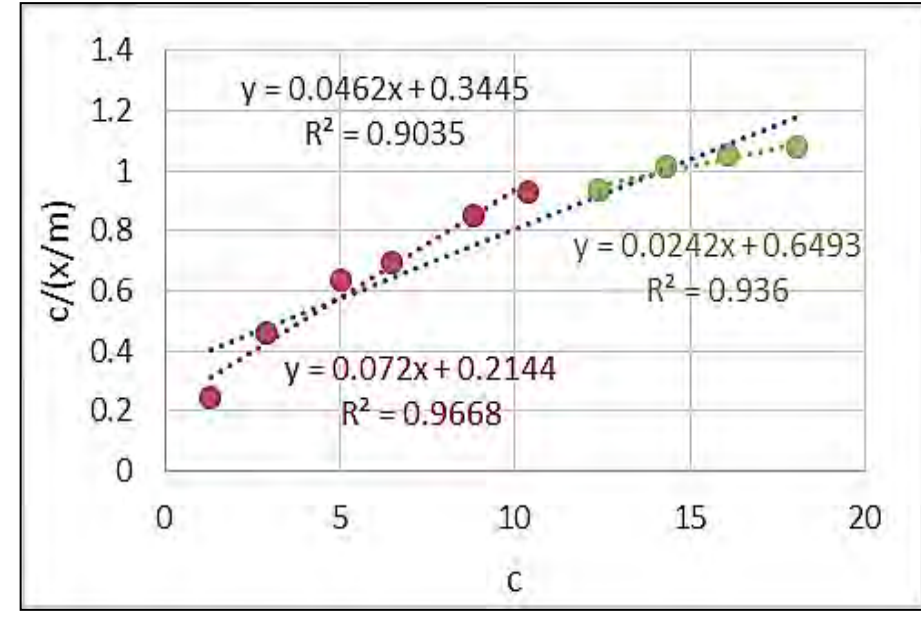


圖88 Langmuir等溫吸附方程式

4:6複合物對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

### 五、5:5複合物

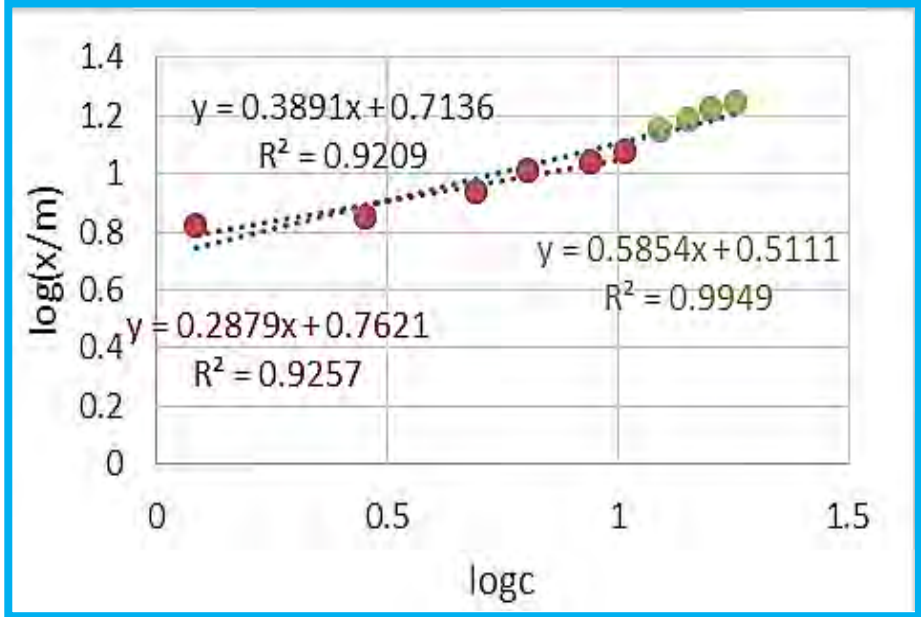


圖91 Freundlich吸附平衡方程式

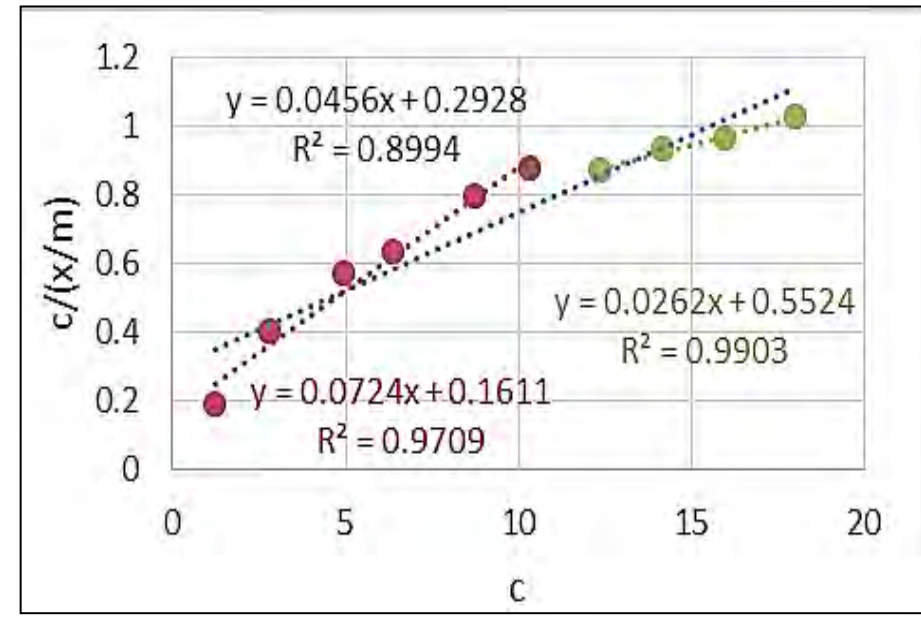


圖92 Langmuir等溫吸附方程式

5:5複合物對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

### 六、6:4複合物

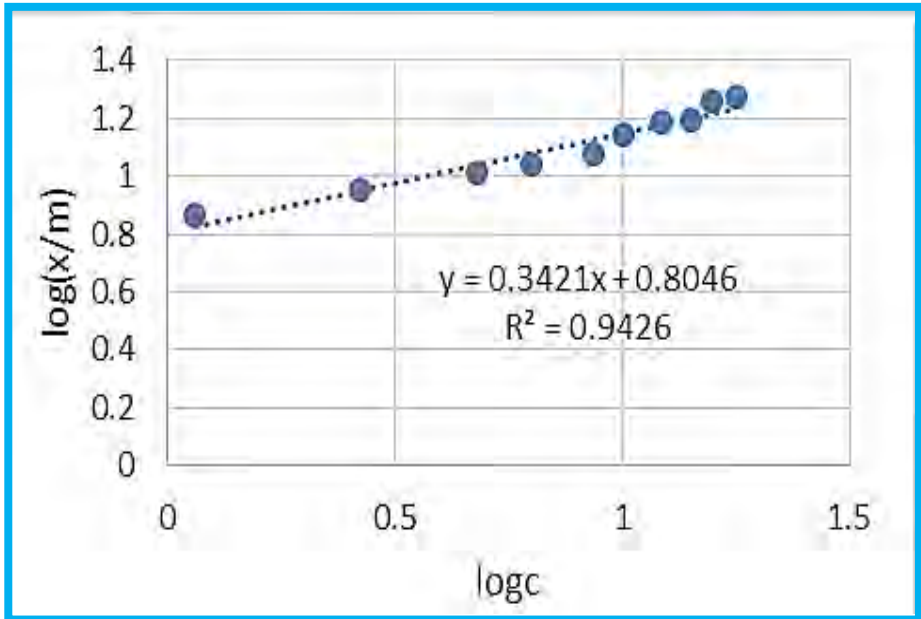


圖95 Freundlich吸附平衡方程式

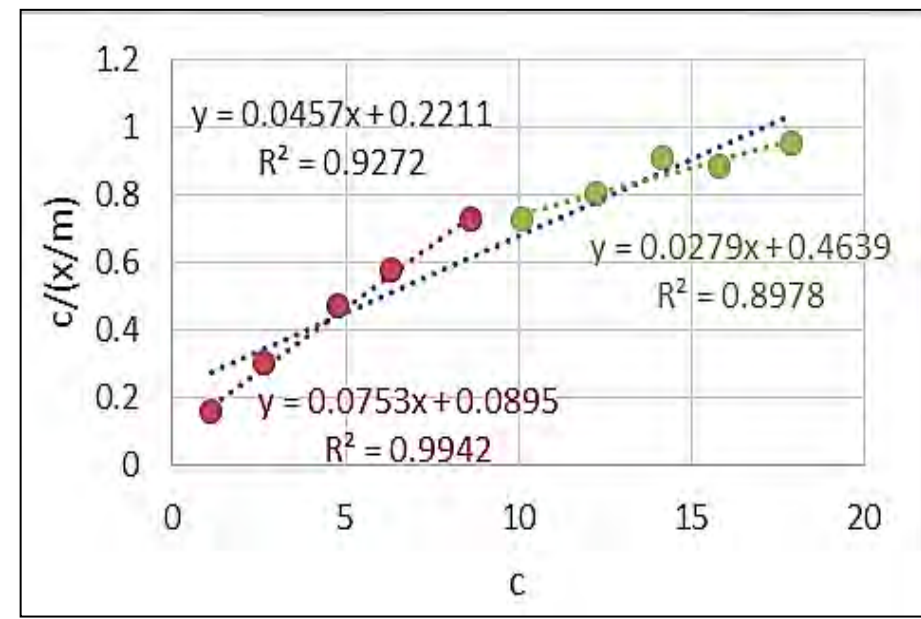


圖96 Langmuir等溫吸附方程式

6:4複合物對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

## 七、7:3複合物

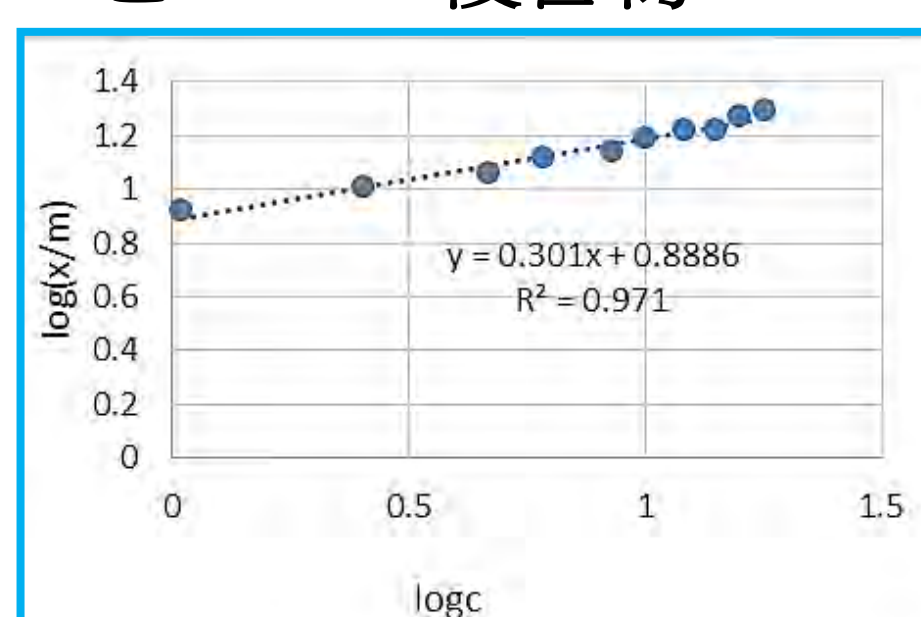


圖99 Freundlich吸附平衡方程式

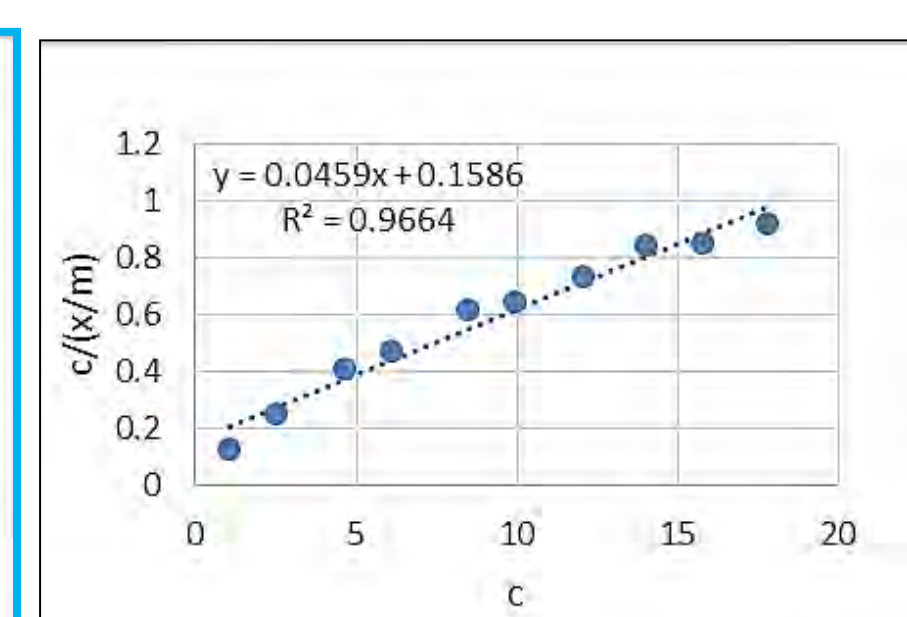


圖100 Langmuir等溫吸附方程式

7:3複合物對硝酸鉀之吸附情形較偏向Freundlich吸附平衡方程式為物理吸附

實驗結果：吸附硝酸鉀效果

純甲殼素>7:3>6:4>5:5>4:6>3:7>筍殼碳

## 陸、討論

### 筍殼碳

- 具大量孔洞結構及大表面積，因此有很強的吸附性
- 吸附亞甲基藍的效果最佳(大於其他生物碳)
- 對碘吸附量僅次於竹炭(大於其他生物碳)
- 其疏鬆的結構有利分子吸附
- 碳含碳酸鉀，鉀離子提供土壤肥料，鹼性碳酸鹽可改善土壤pH值。
- 對銅離子偏向物理吸附，以表面官能基少量吸附
- 可利用表面孔隙使色素粒子在表面被吸附
- 對無機鹽類只能在表面以凡德瓦力作用，偏向物理吸附

### 甲殼素

- 分子結構「(C<sub>8</sub>H<sub>13</sub>O<sub>5</sub>N)<sub>n</sub>」
- 甲殼素對銅離子的吸附偏向化學吸附，與銅離子可形成螯合物
- 甲殼素對色素的吸附接近物理吸附
- 對硝酸鹽的吸附兼具有物理及化學吸附，可能因甲殼素吸水性良好而有兩種吸附力

### 複合物

- 特性根據其筍殼碳及甲殼素的比例不同，傾向於含量高的一方
- 對於銅離子因加入甲殼素所以多為化學吸附
- 對於色素多偏向物理吸附，吸附過程中皆具物理及化學吸附，故兩者吸附量其實很接近，但甲殼素價錢較碳高許多，為筍殼碳的優勢。
- 對於無機鹽多偏向物理吸附，兼具兩者的特性



圖101 以顯微鏡觀察筍殼碳表面結構

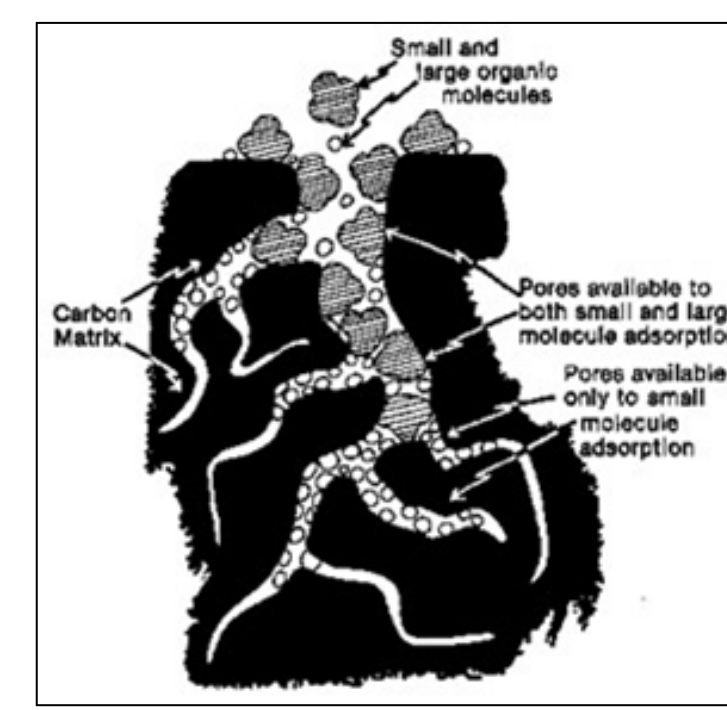


圖102 碳表面吸附分布情形

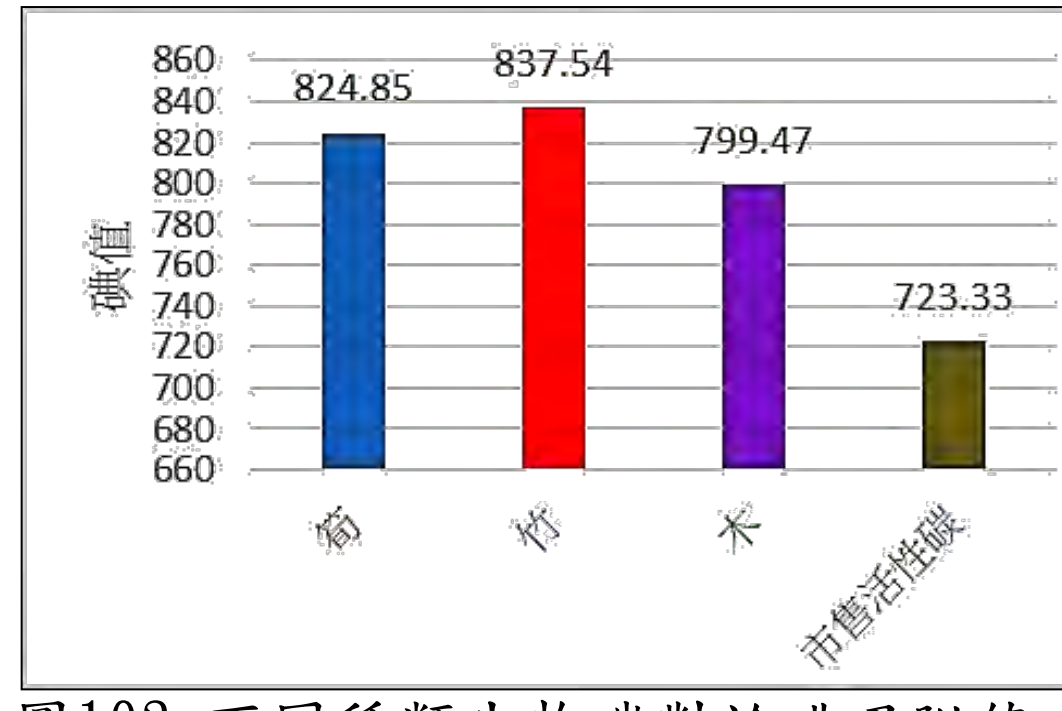


圖103 不同種類生物碳對於碘吸附值

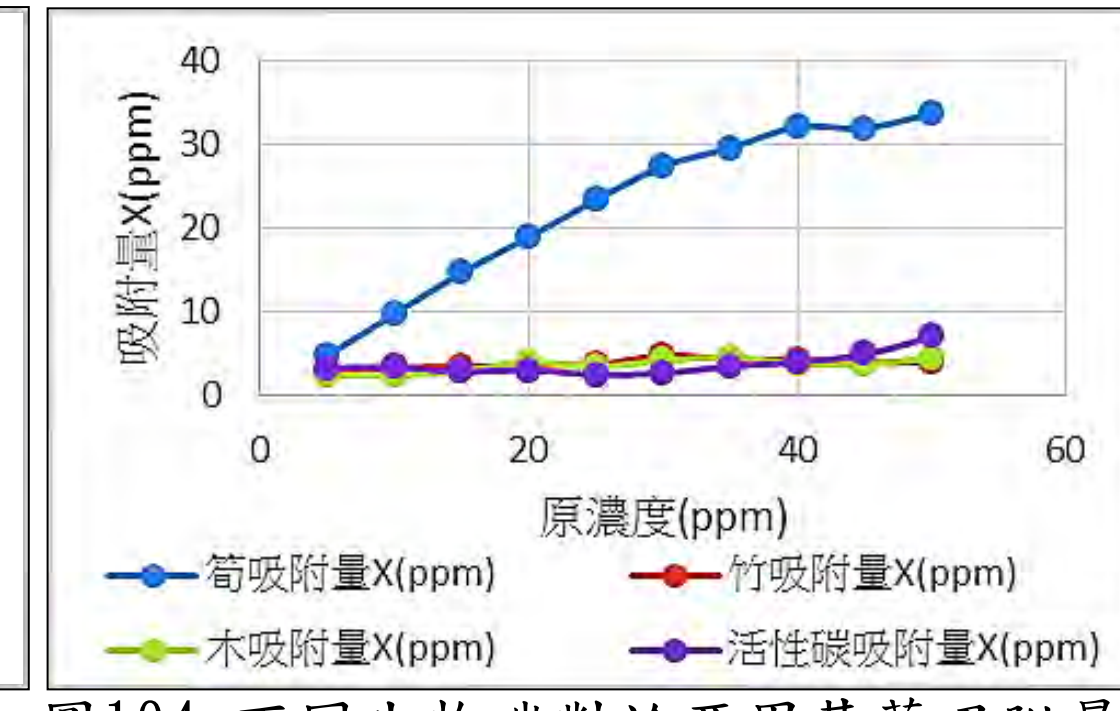


圖104 不同生物碳對於亞甲基藍吸附量

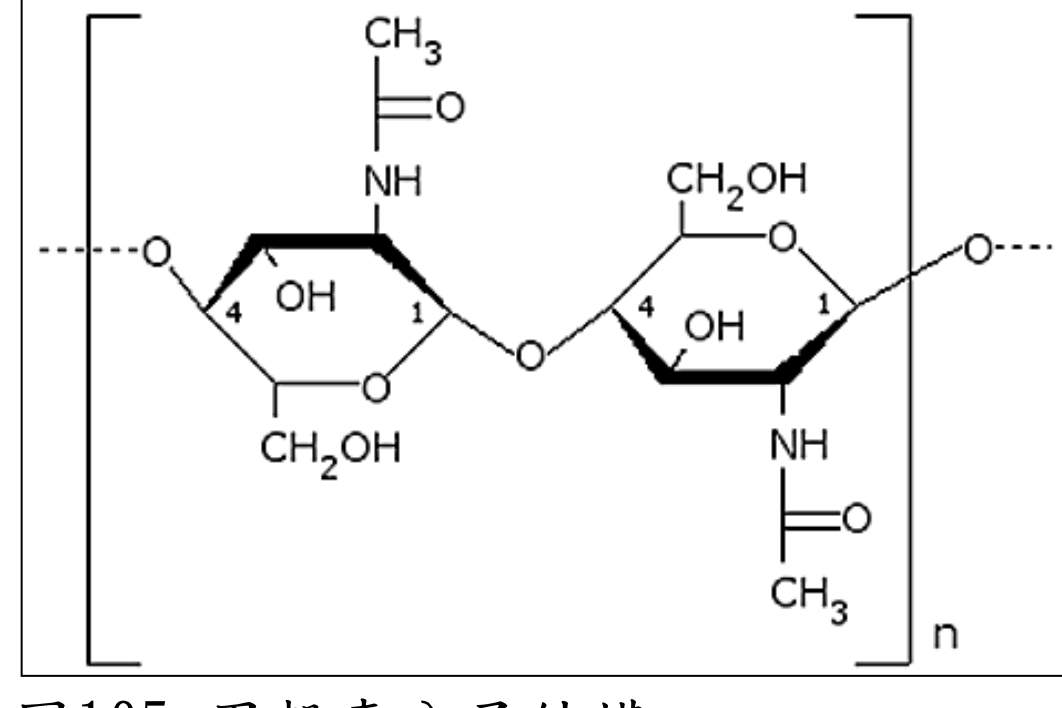


圖105 甲殼素分子結構

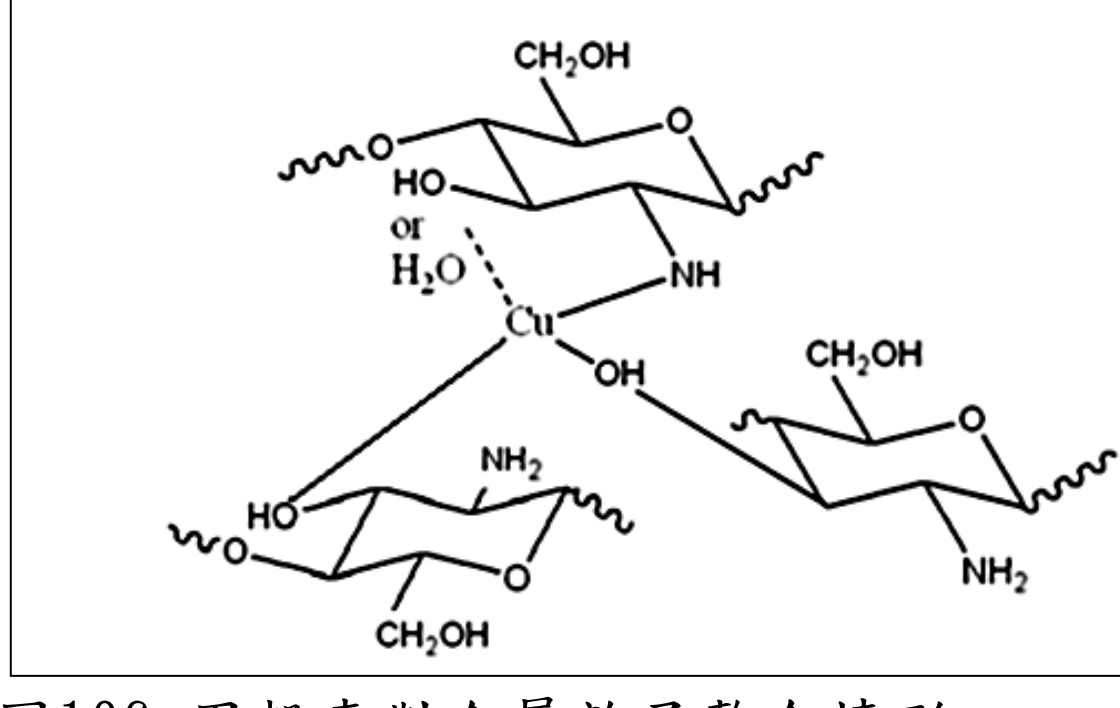


圖106 甲殼素對金屬離子螯合情形

## 柒、結論

- 實驗後發現，若污水中含有大量的銅離子、色素、無機鹽等污染物，5:5複合物的總吸附效果雖不是最好，但是若放入未知溶液中可達到平均效益相等的結果
- 複合物不同比例間對銅離子、色素、硝酸鹽的吸附情形都不同，銅離子、硝酸鹽甲殼素吸附好，色素碳吸附好，甲殼素價格高而碳的價格低，添加後除可降低成本，還可應各種不同需求選擇不同比例的複合物。
- 由於筍殼碳在水中會散開，故甲殼素的添加有助於將其包覆方便收集使用，而複合物甲殼素對碳的比例最多到3:7，甲殼素量太少會使得複合物無法有效凝聚在一起，放入水中會有散開現象。
- 我們的實驗中將複合物及甲殼素製成片狀，雖減小其吸附之表面積，但可便於回收，利於將吸附物質取下，且可重新再利用，吸附更多的汙染物質。
- 平常所使用的甲殼素來自蝦蟹殼。我將福壽螺殼取下萃取，發現其中所含之甲殼素約佔2%，而大多集中在口蓋處。由於福壽螺影響農作物收成，我們希望將福壽螺殼所提煉之甲殼素與筍殼碳做結合，將受汙染之廢水吸取其汙染物，也可降低其成本。對農業上不但可解決廢棄物的問題，亦可用農業廢棄物本身處理農業廢水問題。

## 捌、參考書目及資料

- 楊三澤 張翊筠 林汶迦(2017)黑色奇蹟－探討茭白筍殼碳化之功用。南投縣立大成國民中學
- 楊璞安、彭子亮、黃冠銘(2005)。我的色素不見了－探討活性炭吸附色素的能力，第45屆中小學科展，彰化縣立楊明國民中學

(其他詳見作品說明書)