

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 化學科

030222

桃園縣私立六和高級中學

指導老師姓名

王集均

作者姓名

羅旻諺

何昇陽

蔡志緯

劉彥辰

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書



科 別：化學

組 別：國中組

作品名稱：神奇的魔法碳——各種碳的性能探討

關 鍵 詞：碳、性能測試

編 號：





神奇的

魔法碳

各種碳的性能探討

目 錄

	<u>頁次</u>
壹、摘 要	1
貳、研究動機	1
參、研究目的	1
肆、研究設備及器材	1
伍、研究過程及方法	2
陸、研究結果	9
柒、討 論	15
捌、結 論	18
玖、參 考 資 料	19
拾、附 件	20

壹、摘要

碳的形式有很多種，本研究收集了各種不同類型的碳，進行多種性能試驗，結果發現：（一）碳溶於水中，會釋放出鹼性物質（活性碳例外）。（二）總體密度 (bulk density) 石墨最大，其次為備長碳，最小的為骨碳粉。（三）以碘做吸附能力指標，效果較好的是活性碳粉、木碳粉與骨碳粉。（四）相思木碳及竹碳無法導電。（五）碳會釋放出負離子。（六）各種碳的吸溼性，以備長碳較佳，但仍遜於傳統的乾燥劑。（七）各種碳或金屬在不同的電解質中，會有不同電壓。（八）以紅墨水做脫色能力指標，效果較好的是活性碳粉、骨碳粉及木碳粉，其餘效果很差。依據本研究結果，在不同的用途，可選擇最適合的碳。

貳、研究動機

在一次百貨公司來店禮送送送的機會中，收到了一份備長碳贈品，該贈品介紹備長碳具有神奇功效，使我們對碳產生了極大的興趣。由於在理化第二冊「認識元素」單元中有介紹到石墨與鑽石亦為碳結構，同樣是碳性質差異卻頗大。且去年學長科展內容也與活性碳有關，於是在老師的指導下，決定研究各種碳的不同性質。

參、研究目的

- 一、各種碳浸在水中，pH值的改變。
- 二、各種碳之總體密度。
- 三、各種碳對碘的吸附能力。
- 四、各種碳之導電性。
- 五、各種碳釋放負離子的能力。
- 六、各種碳之吸溼性。
- 七、各種碳與金屬之電池效應。
- 八、各種碳之紅墨水脫色能力。

肆、研究設備及器材

- 一、藥品：RO水、澱粉、碘化汞 (HgI_2)、硫代硫酸鈉 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)、碳酸鈉 (Na_2CO_3)、碘酸鉀 (KIO_3)、碘化鉀 (KI)、6M鹽酸 (HCl)、碘 (I_2)、紅墨水（成份：水溶性染料和保溼劑）、0.5M、1M、2M硫酸 (H_2SO_4)、0.5M、1M、2M及飽和食鹽水 (NaCl)、0.5M、1M、2M氫氧化鈉 (NaOH)。
- 二、分析樣品：
 - （一）碳類
相思木碳、備長碳、石墨、竹碳、骨碳粉、木碳粉、活性碳。
 - （二）對照組
 - 1.吸溼性試驗
氧化鈣 (CaO)、氯化亞鈷 ($\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、氯化鈣 (CaCl_2)。
 - 2.電池效應

銅 (Cu)、鋅 (Zn)、鋁 (Al)、錫 (Sn)、鎂 (Mg)

三、器材：

電子天平 (Max.300g)	烘箱 (Max.400°C)
溫度計 (Max.200°C)	磁加熱攪拌器
pH計	研鉢及杵
滴定管	過濾器
導電性測試儀	檢流計
毫安培計	溼度計 (EM-LM81HT)
靜電偵測器 (SIMCO FMX ELECTROSTATIC-002)	
振動篩 (含40、60、100、200、325及400網目六種篩網)	
熱重分析儀 (Perkin-Elmer TGA7)	
掃描式電子顯微鏡 (HITACHI S-800)	

伍、研究過程及方法

一、樣品粒徑篩選

於各類型木炭商店或化工材料行購買各式不同種類的炭，做為分析樣品。分析樣品粒徑大小分為兩大類：第一類為粉末狀，以振動篩振動10分鐘，篩出粒徑200~325網目 (0.074mm~0.044mm) 備用，例如：骨炭粉、木炭粉及活性炭粉。第二類為非粉末狀樣品 (棒狀、條狀、片狀)，以鐵鎚敲碎後，再以研鉢及杵磨粉，最後以振動篩振動10分鐘，篩出粒徑40~60網目 (0.420mm~0.250mm) 備用，例如：相思木炭、備長炭、石墨及竹炭。但在各種炭之電池效應實驗中，炭粒大小以鱷魚夾能夾住為主。

二、各種炭浸在水中pH值的改變

(一) pH計校正

pH計在使用前，先以pH=4.0及7.0標準溶液校正。

(二) 空白試驗

以pH計測試100毫升RO水的pH值。

(三) 各種炭的pH值測試

將各種炭磨成粉末，篩選適當粒徑，稱取4g，加入100ml RO水中，以磁石攪拌10分鐘後，濾紙過濾，測量濾液的pH值。(實驗如照片一)

三、各種炭之總體密度 (bulk density)

(一) 取一容積25cc的空量筒，在其內裝入粉末樣品2g，然後將量筒在桌上輕敲40次後，利用量筒上之刻度，讀取該樣品之體積。

(二) 以樣品的重量除以樣品的體積，即得樣品的總體密度。

四、各種炭對碘吸附能力

(一) 配製澱粉指示劑

研磨2g可溶性澱粉於30ml的蒸餾水中使之成為糊狀，加入10mg的HgI₂以防止細菌滋生使之變質。再將此混合物倒入1升沸水中，加熱

至澄清為止。冷卻後貯存於附有塞子之瓶中。每次取 3ml 滴定即可。

(二) 配置 0.1M 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

將 1 升蒸餾水煮沸 5 分鐘，以趕走空氣防止氧化，冷卻後加入約 25g 之 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 和 0.1g 的 Na_2CO_3 ，攪拌至溶解。

(三) 利用碘酸鉀標定硫代硫酸鈉溶液

在 110°C 下乾燥 KIO_3 60 分鐘，冷卻後精確取 0.13g 的樣品放入 250ml 的錐形瓶中，加入約 2g KI 並加蒸餾水溶解至 75ml，再加入 2ml 之 HCl (6M)，立即以 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 滴定至幾乎黃色消失，加入澱粉 3ml，再滴數滴 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 至無色。

(四) 配製 0.05M 碘溶液

稱取碘固體 12.7g，倒入研鉢中，再稱取 40g 之碘化鉀分三次滲入碘中，再加入少許蒸餾水一起研磨，倒碘溶液於棕色瓶內加水稀釋至 1 升，蓋緊後放在陰暗處。隔夜後以配置 0.1M 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 標定之。

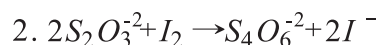
(五) 取樣品約 0.25g，置於 50ml 之 0.05M 碘溶液，經過振盪 5 分鐘後，置於陰暗處，隔夜後過濾，取出 20 ml 溶液以澱粉為指示劑，用 0.1M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 滴定至終點。(實驗如照片二、三)

(六) 在上述過程(三)利用碘酸鉀標定硫代硫酸鈉溶液，硫代硫酸鈉溶液 ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) 濃度 (M_1) 計算方式如下：



$$\text{IO}_3^- \text{ mole 數} = \frac{0.13}{214} = 6.07 \times 10^{-4} (\text{mole})$$

$$\text{I}_2 \text{ mole 數} = (\text{IO}_3^- \text{ 之 mole 數}) \times 3 = 6.07 \times 10^{-4} \times 3 = 1.82 \times 10^{-3} \text{ mole}$$



滴定達終點時所需 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 的體積 = V (升)

$$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \text{ mole 數} = (\text{I}_2 \text{ mole 數}) \times 2$$

$$M_1 \times V = 1.82 \times 10^{-3} \times 2$$

$$\therefore M_1 = \frac{3.64 \times 10^{-3}}{V}$$

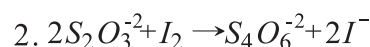
例如於本實驗中，平均滴定所需 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 的體積 = 36.50ml = 0.0365 升，

$$\text{則 } M_1 = \frac{3.64 \times 10^{-3}}{0.0365} \doteq 0.0997 (\text{M})$$

(七) 在上述過程(四)配置 0.05M 碘溶液，吸附前碘濃度 (M_2) 計算方式如下：(V_1 = 滴定達終點時所用去之 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 體積； V_2 = 被滴定之 I_2 的體積)



$$\text{I}_2 \text{ mole 數} = \frac{12.7}{126.9 \times 2} = 0.05 \text{ mole}$$



$$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \text{ mole 數} = (\text{I}_2 \text{ mole 數}) \times 2$$

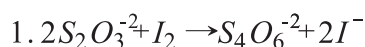
$$M_1 \times V_1 = (M_2 \times V_2) \times 2$$

$$M_2 = \frac{M_1 \times V_1}{2V_2}$$

例如於本實驗中，平均滴定所需 $S_2O_3^{2-}$ 的體積 $V_1 = 18.00\text{ml}$ ， $V_2 = 20.00\text{ml}$

$$\text{則 } M_2 = \frac{0.0997 \times 18}{2 \times 20} = 0.045 \text{ (M)}$$

(八) 在上述過程(五)計算碘值方式如下：(V_3 ：滴定達終點時所用去之 $S_2O_3^{2-}$ 體積； M_3 ：被樣品吸附過之 I_2 濃度)



$$S_2O_3^{2-} \text{ mole數} = (I_2 \text{ mole數}) \times 2$$

$$M_1 V_3 = 2 \times M_3 \times \frac{20}{1000}$$

$$M_3 = 25 \times M_1 V_3$$

$$2. \text{碘值} = \frac{(M_2 - M_3) \left(\frac{\text{mole}}{\text{升}} \right) \times \frac{50}{1000} (\text{升}) \times 253.8 \left(\frac{\text{gI}_2}{\text{mole}} \right) \times \frac{1000\text{mg}}{1\text{g}}}{0.25\text{g樣品}}$$

$$= 50760 \times (M_2 - M_3) \text{ mgI}_2 / \text{g樣品}$$

五、各種碳之導電性

- (一) 以導電性測試儀（電池 9V）測試。會導電者儀器會亮紅燈，發出叫聲。（實驗如照片四）
- (二) 將樣品磨粉，篩選秤取 2g，以電線串聯檢流計、樣品及乾電池一顆（1.5V）記錄讀數。（實驗如照片五）
- (三) 將樣品磨粉，篩選秤取 5g，放入小燒杯（直徑 4.50cm）中（或取棒狀備長碳），以電線串聯毫安培計、樣品及乾電池一顆（1.5V）記錄讀數。（實驗如照片六）

六、各種碳釋放負離子的能力

將樣品 5g 放入密封盒內密封 48 小時後，以靜電偵測器測試密封盒內靜電壓。（實驗如照片七）

七、各種碳的吸溼性

- (一) 秤量樣品 5g，以 105°C 烘乾 30 分鐘備用。加熱 20ml 的水到 70°C，放於密封罐內，使容器內充滿水蒸氣，將密封罐內壁的水滴擦乾（此時溼度 100%），將樣品分別置入，分別測量。每半小時記錄一次，直到溼度不再有明顯升降。（實驗如照片八）

(二) 吸水量計算方式

$$\text{參數} \left\{ \begin{array}{l} H(\%) : \text{樣品吸溼後，密封罐內的最後溼度。} \\ t(^{\circ}\text{C}) : \text{密封罐內的攝氏溫度。} \\ T(\text{K}) : \text{密封罐內的絕對溫度 } (T = t + 273) 。 \\ P'(\text{mmHg}) : t^{\circ}\text{C} \text{ 時的飽和水蒸氣壓（可查水蒸氣表）} 。 \\ P(\text{atm}) : t^{\circ}\text{C} \text{ 時密封罐內減少的水蒸氣壓力。} \\ V(\text{L}) : \text{密封罐的體積} = \pi r^2 \cdot h = \pi \times 6.40^2 \times 15.00(\text{cm}^3) \div 1.93(\text{L}) 。 \end{array} \right.$$

W(g)：被樣品吸附的水蒸氣質量。

M：水的分子量=18

R：氣體常數=0.082 (L·atm/mol k)

n：莫耳數 = $\frac{W}{M} = \frac{W}{18}$

1.P之求法：P=(100%-H%)× $\frac{P'}{760}$

2.理想氣體方程式 PV=nRT

$$(100\%-H\%) \times \frac{P'}{760} \times 1.93 = \frac{W}{18} \times 0.082 \times (t + 273)$$

W可求

八、各種碳之電池效應

配置不同濃度的 H₂SO₄、NaCl 及 NaOH 溶液，倒入培養皿，一電極（右邊）固定接銅，另一電極（左邊）換成各種樣品，樣品大小以鱷魚夾能夾住為主，使用伏特計測量電壓。（實驗如照片九）

九、各種碳之紅墨水脫色能力

（一）配置紅墨水溶液

量取 1ml 紅墨水加入 1000g 純水中，備用。

（二）取固定 0.1g 樣品，放入紅墨水溶液中，以磁石攪拌 5 分鐘後過濾，濾液倒入直徑 1.20cm 的試管中量取高度 15cm。取另一支同大小試管，裝入未被脫色過的紅墨水，量取高度 15cm。（實驗如照片十）

（三）比色法

以黑色壁報紙包住兩支試管，桌上放置 A4 白紙一張，試管底距白紙 10 cm，從試管上方觀察顏色（實驗如照片十一），較深色的試管，以滴管吸出適當體積，直到二試管顏色深淺相同，記錄此時試管液體深度 (h₁)。

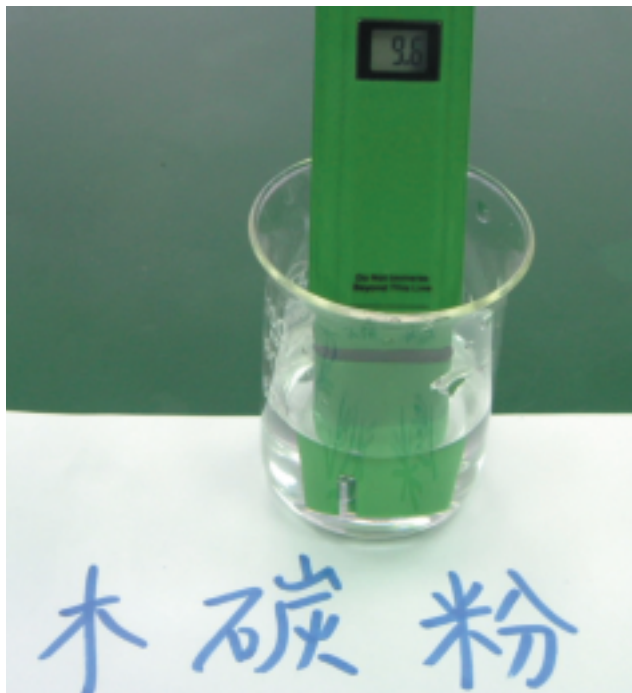
（四）計算方法

$$\text{參數} \begin{cases} C_1 \text{ (ml/L)} : \text{原紅墨水溶液濃度} = 1 \text{ ml/L} \\ C_2 \text{ (ml/L)} : \text{被碳脫色的紅墨水溶液濃度} \\ h_1 \text{ (cm)} : \text{原紅墨水溶液深度} \\ h_2 \text{ (cm)} : \text{被碳脫色過的紅墨水溶液深度} = 15 \text{ cm} \end{cases}$$

比色法原理：濃度與深度成反比

$$\text{公式：} \frac{C_1}{C_2} = \frac{h_2}{h_1} \quad \therefore C_2 \text{ 可求}$$

十、實驗照片



照片一 濾液 pH 測試



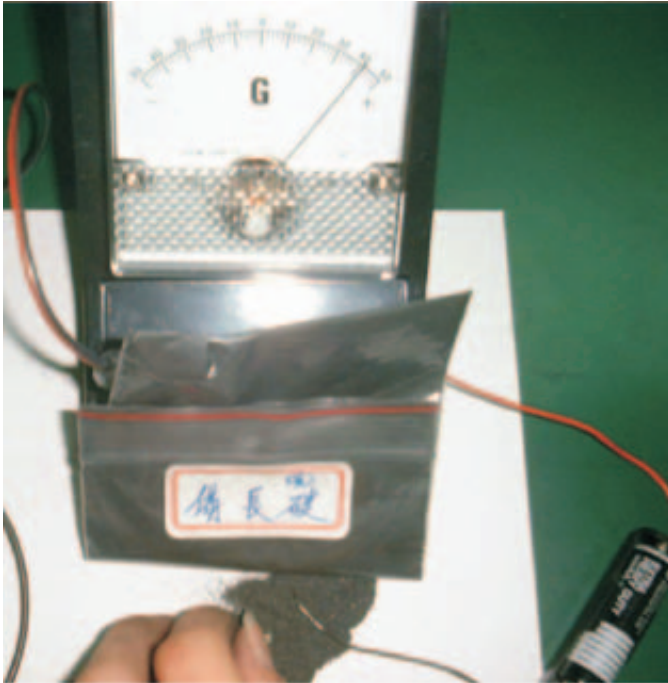
照片二 碘滴定 (滴定前)



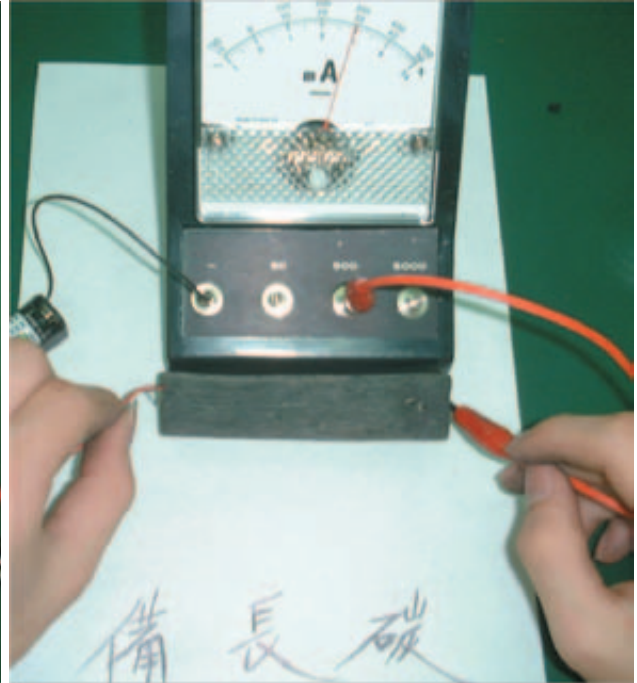
照片三 碘滴定 (滴定後)



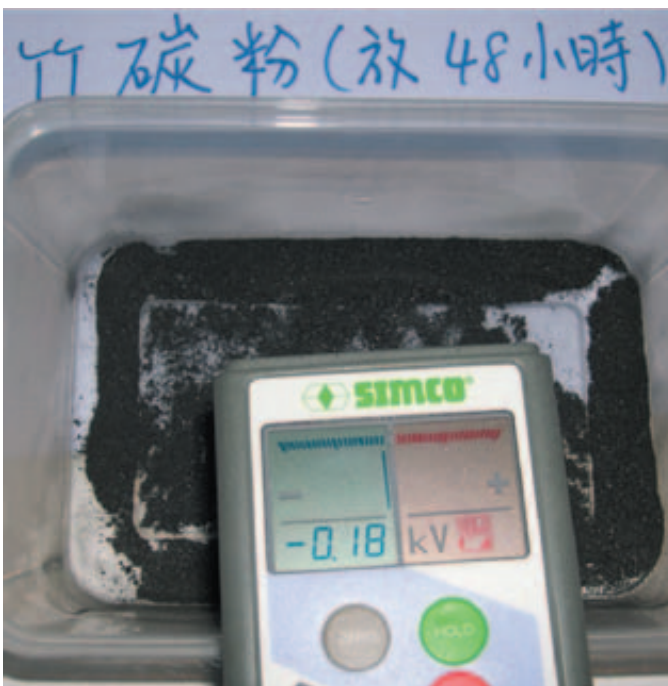
照片四 以導電性測試儀測導電性



照片五 以檢流計測電流



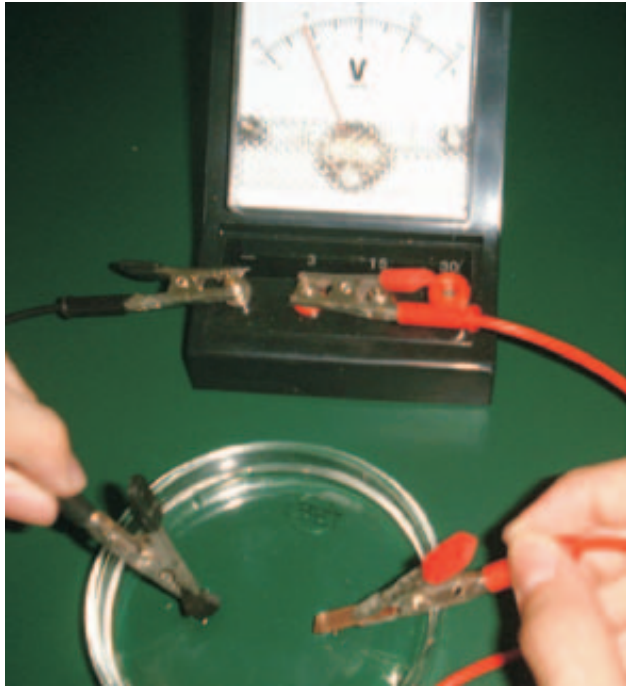
照片六 以毫安培計測電流



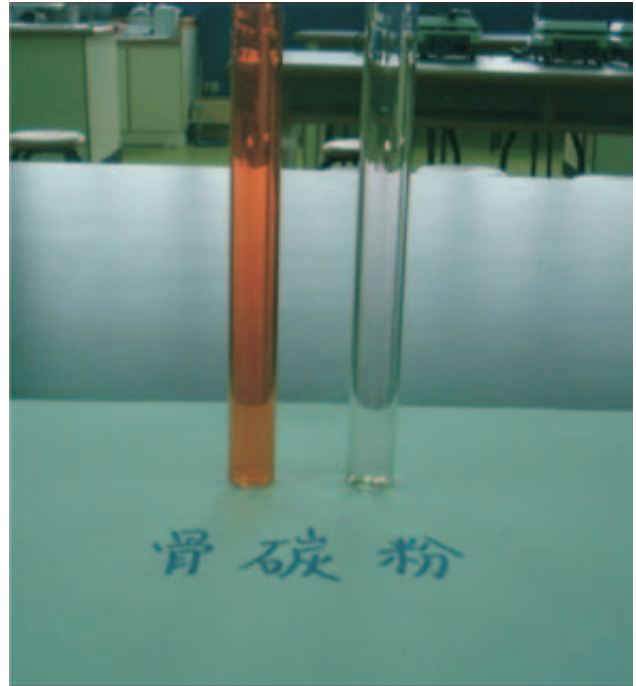
照片七 以靜電偵測器測靜電壓



照片八 樣品吸溼測試



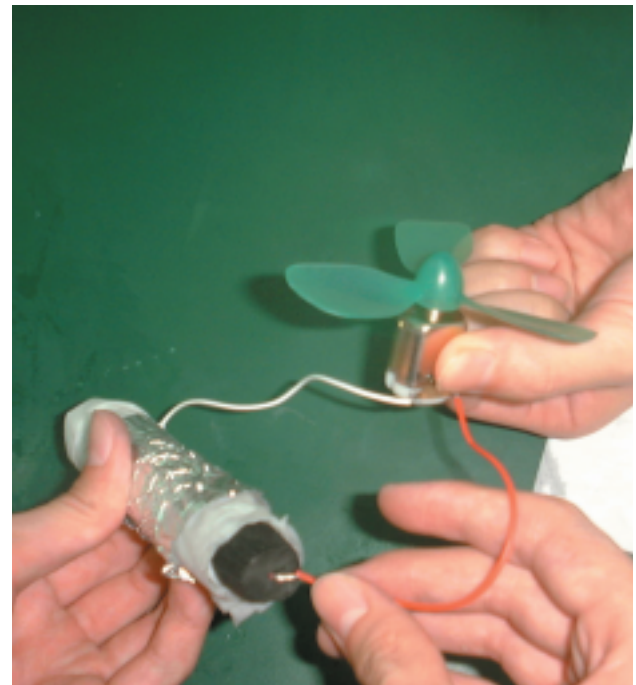
照片九 電池效應



照片十 紅墨水脫色能力比較
 (左：未加碳的紅墨水
 右：加碳脫色過濾後的紅墨水)



照片十一 比色實驗
 (左：未加碳的紅墨水
 右：加碳脫色過濾後的紅墨水)



照片十二 自製電池，轉動風扇

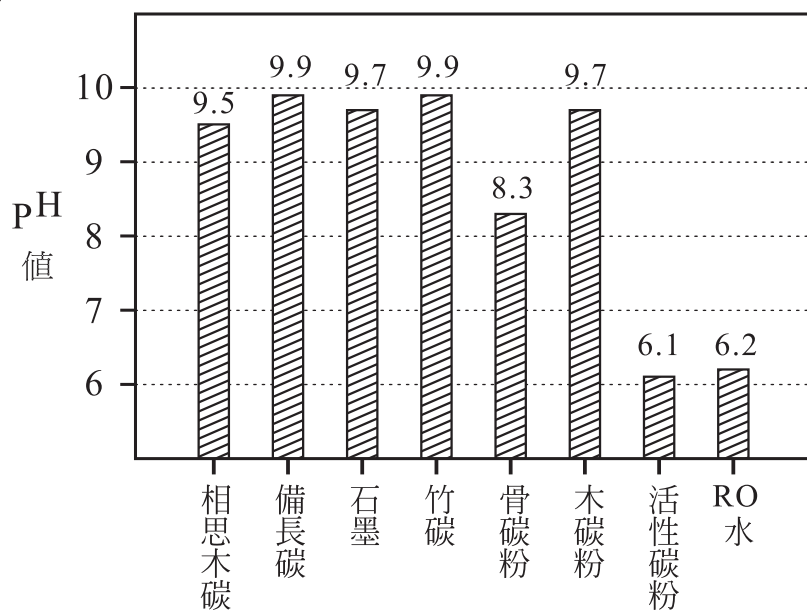
陸、研究結果

一、各種碳浸在水中pH的改變（如表一及圖一）

表一 各種碳浸在水中的pH值

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉	RO水
pH值	9.5	9.9	9.7	9.9	8.3	9.7	6.1	6.2

圖一

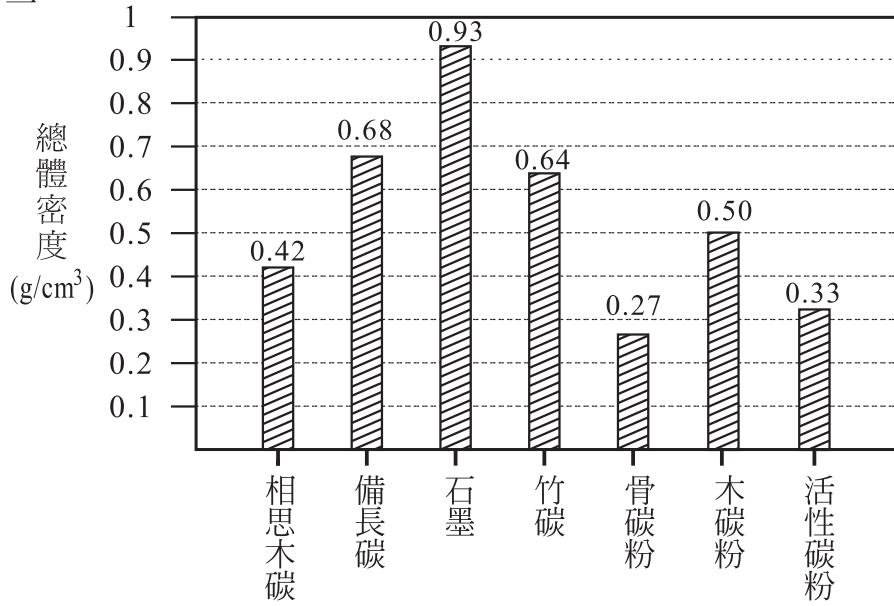


二、各種碳之總體密度（如表二及圖二）

表二 總體密度

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉
質量(g)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
平均體積(cm ³)	4.73	2.93	2.14	3.13	7.40	4.00	6.13
總體密度 (g/cm ³)	0.42	0.68	0.93	0.64	0.27	0.50	0.33

圖二

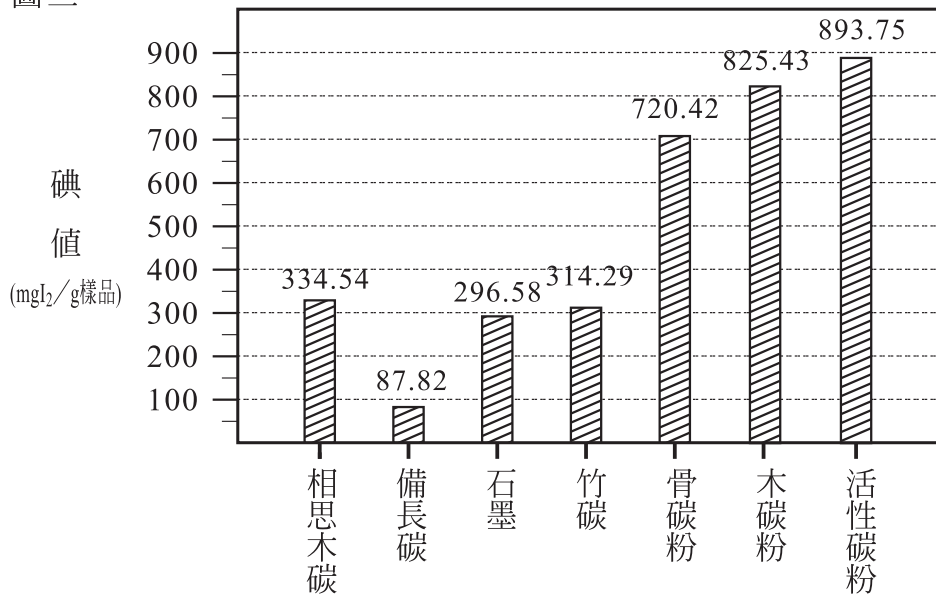


三、各種碳對碘吸附能力（如表三及圖三）

表三 碘 值

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉
平均V ₃ (ml)	15.41	17.36	15.71	15.57	12.36	11.53	10.99
碘值 (mgI ₂ /g樣品)	334.54	87.82	296.58	314.29	720.42	825.43	893.75

圖三



四、各種碳之導電性測試（如表四及圖四）

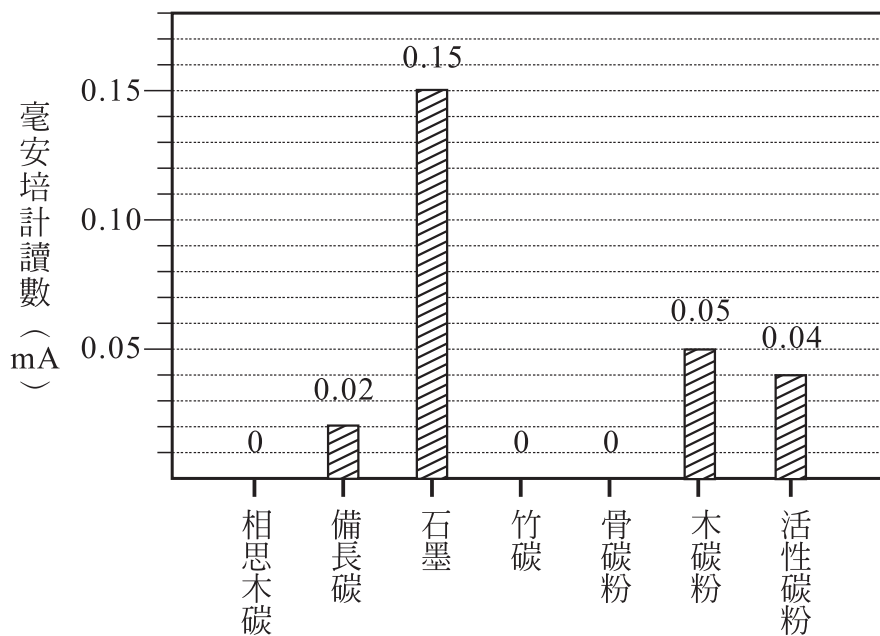
表四 導電性能力

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉
導電性 測試 (9V)	×	✓	✓	×	✓	✓	✓
檢流計(1.5V)	0	40	破錶	0	30	破錶	45
毫安培計 (1.5V)mA	0	0.02	0.15	0	0	0.05	0.04

註1. ×：不導電，✓導電

註2. 以備長碳1根（直徑約2cm，長度約10cm，質量約40g）接毫安培計所得電流為30mA，2根串聯為20mA，3根串聯為10mA。

圖四

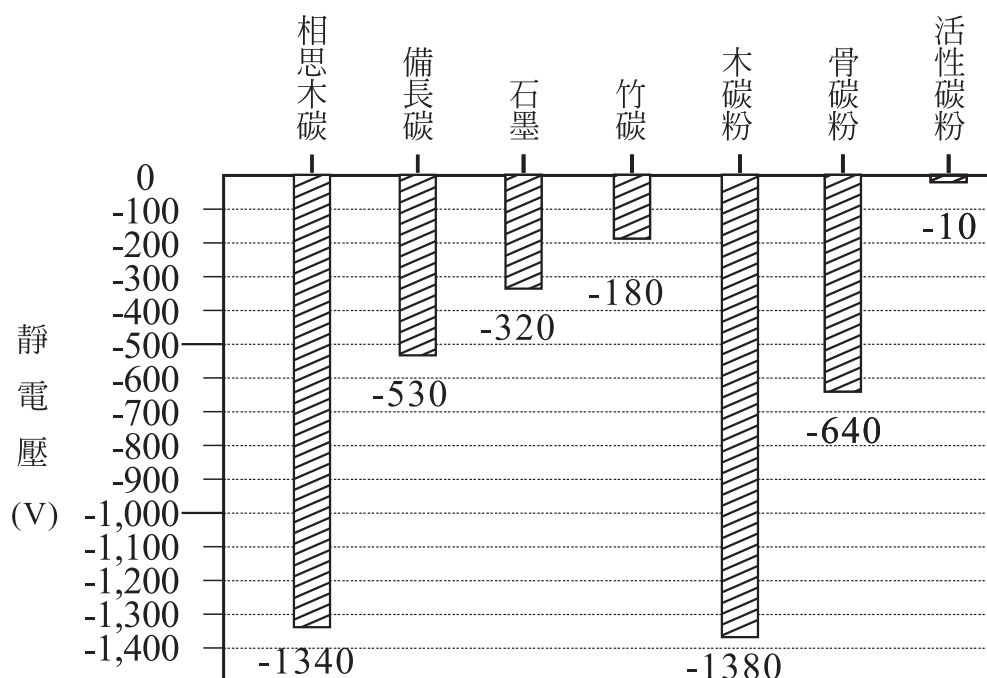


五、各種碳釋放負離子的能力（如表五及圖五）

表五 靜電壓

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	木碳粉	骨碳粉	活性碳粉
靜電壓(V)	-1340	-530	-320	-180	-1380	-640	-10

圖五

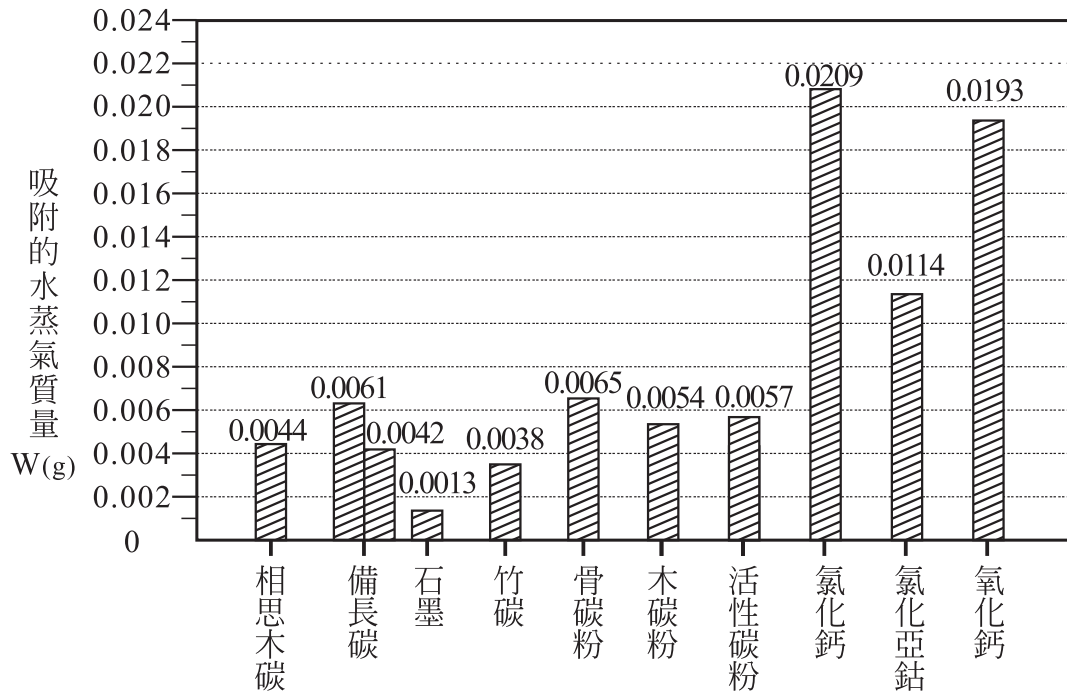


六、各種碳的吸溼性（如表六及圖六）

表六 吸 溼 性

結果 / 樣品 / 測試項目	相思木	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉	氯化鈣	氯化鈦	氧化鈣
溫度 (°C)	25.6	25.2 ∩ 24.2	24.2	24.6	30.5	28.5	29.6	24.1	24.3	31.3
飽和水蒸氣壓 P' (mmHg)	24.62	21.04 ∩ 22.65	22.65	23.20	32.75	29.18	31.10	22.51	22.79	34.28
溼度 H%	90.5%	84.4% ∩ 90%	97.0%	91.2%	89.2%	89.9%	90.1%	50.4%	73.4%	69.2%
W(g)	0.0044	0.0061 ∩ 0.0042	0.0013	0.0038	0.0065	0.0054	0.0057	0.0209	0.0114	0.0193

圖六



七、各種碳之電池效應（如表七）

表七 電池效應（金屬-Cu 或碳-Cu）

電壓(V) / 電極 / 電解質	Zn	Fe	Al	Sn	Mg	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	活性碳粒
H ₂ SO ₄ (0.5M)	0.70	0.65	0.20	0.45	1.25	0	-0.34	-0.15	0	-0.40
H ₂ SO ₄ (1M)	0.78	0.70	0.36	0.50	1.30	0	-0.38	-0.28	0	-0.28
H ₂ SO ₄ (2M)	1.00	0.95	0.50	0.50	1.70	0	-0.38	-0.34	0	-0.28
NaCl(0.5M)	0.32	0.40	0.30	0.15	0.80	0	-0.10	-0.05	0	-0.50
NaCl(1M)	0.38	0.40	0.20	0.10	0.90	0	-0.15	-0.30	-0.03	-0.36
NaCl(2M)	0.60	0.55	0.38	0.20	1.00	0	-0.30	-0.41	-0.03	-0.46
NaCl(飽和)	0.60	0.60	0.40	0.20	1.00	0	-0.35	-0.31	-0.01	-0.45
NaOH(0.5M)	1.00	0.75	0.90	0.30	0.30	0	-0.20	-0.29	-0.01	-0.30
NaOH(1M)	1.00	0.80	1.00	0.70	0.60	0	-0.30	-0.30	-0.01	-0.39
NaOH(2M)	1.12	0.90	1.00	0.60	0.25	0	-0.30	-0.18	-0.01	-0.30

註：右邊電極均為Cu

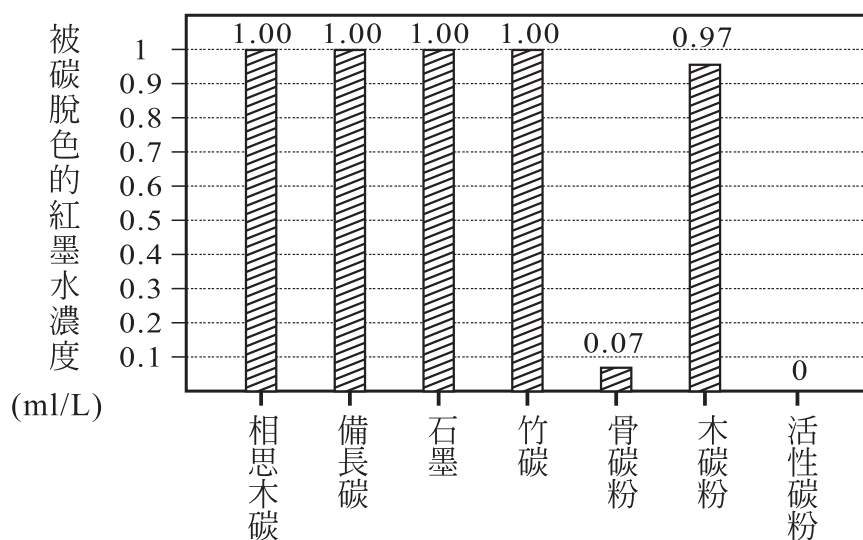
八、各種碳之紅墨水脫色能力（如表八、九及圖七、八）

表八 紅墨水脫色能力-1

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉
h_1 (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00	1.10	14.50	0
C_2 (ml/L)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.07	0.97	0

註：0.10g 樣品 + 100.00cm³ 紅墨水

圖七



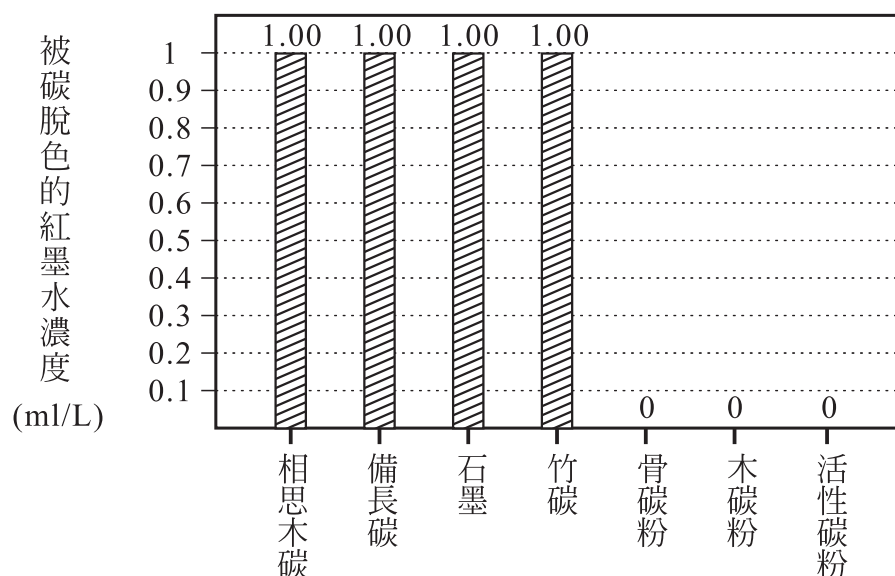
註：0.10g 樣品 + 100.00cm³ 紅墨水

表九 紅墨水脫色能力-2

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉
h_1 (cm)	15.00	15.00	15.00	15.00	0	0	0
C_2 (ml/L)	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0

註：0.10g 樣品 + 30.00cm³ 紅墨水

圖八



註：0.10g 樣品 + 30.00cm³ 紅墨水

柒、討論

一、各種碳的介紹

- (一) 活性碳：在水蒸氣及二氧化碳或其他氣體存在下，高溫熱處理植物碳、礦物碳或其他碳而得。亦可將原料與活化劑先行調和，再進行熱解。活性碳是一種多孔性的碳，比表面積大。
- (二) 石 墨：元素碳結晶的礦物之一，色灰至黑，有良好的導電性。
- (三) 竹 碳：以竹為原料在高溫下碳化而得。
- (四) 骨 碳：以動物骨骼（通常為牛骨）為原料，在高溫下碳化而得。
- (五) 備長碳：以材質堅硬的樹木（例：馬目櫟）為原料，在 1000 ~ 1200°C 燒製而成。
- (六) 木 碳：以軟木為原料，在 600~800°C 燒製而成。

二、各種碳浸在水中，pH值的改變（如表一及圖一）

- (一) RO水的 pH=6.2，加入碳後大部份的水溶液（活性碳除外）均成鹼性。原因為這些碳在水中溶解出鹼性礦物質，造成水溶液pH值上升。其中尤以備長碳與竹碳上升至 9.9 為最高。所以已有少數家庭會在水中放入備長碳或竹碳，使其飲用水中含更多的礦物質，增進人體健康。活性碳在水中對pH值影響不大，代表活性碳不易在水中溶解出礦物質。
- (二) 為了瞭解pH值與樣品中灰分的關係，我們委託中央大學做熱重分析儀實驗，實驗所用的升溫速率為 25°C/min，樣品由 50°C 加熱至900°C。實驗結果經整理如附件一。發現樣品灰分含量介於1.11%~12.32%，灰分含量高，pH值不一定高。理論上灰分為一些金屬氧化物，溶在水中會

使水呈弱鹼性，但因樣品結構不同，有些灰分可能形成在孔洞內部，無法溶於水擴散出孔洞外，因此其pH值較低，例如：活性碳粉。由本實驗也得到樣品的耐熱溫度（可燃物質量減少一半時的溫度），以石墨最高，木碳粉（748°C）及備長碳（707°C）次之，骨碳粉（552°C）最低。

三、各種碳之總體密度（如表二及圖二）

- （一）密度是物質單位體積的質量（密度＝質量／體積）。密度大的物質，當中原子的排列比較緊密，反之密度較小的物質，其原子的排列則較鬆散。
- （二）國二上理化課本曾教過我們可用排水法測量物體的體積。但本實驗所用的樣品是有很多孔洞的碳，若以排水法測體積時，我們無法判斷水是否已完全滲入擴散至孔洞內，因而所得的體積並非真正的碳體積，所以課本測密度的方法，不適用於多孔性物質。
- （三）本實驗所測得的密度為總體密度，其體積包含孔洞體積及裝填時的空隙體積。
- （四）為增加實驗準確性，本實驗的控制變因有：樣品 2g、輕敲桌面的次數為40次及粒徑大小固定（0.074mm~0.044mm 或 0.420mm~0.250mm）。
- （五）總體密度最大的樣品為石墨（0.93g/cm³），其次為備長碳（0.68g/cm³）與竹碳（0.64g/cm³），最小的為骨碳粉（0.27g/cm³）。

四、各種碳對碘吸附能力（如表三及圖三）

- （一）碘值可用以表示碳吸附小分子能力指標。滴定所用硫代硫酸鈉溶液體積越少，碘值越高。
- （二）以碘滴定法測出碳對碘的吸附能力最大的為活性碳，原因為活性碳表面積較大（製造中會採用活化步驟以增多孔洞，加大表面積）可吸附碘分子的位置較多。木碳粉與骨碳粉對碘吸附效果亦佳。
- （三）本實驗所用活性碳粉、木碳粉和骨碳粉為粒徑較小的粉末碳（0.074mm~0.044mm），而相思木碳、備長碳、石墨及竹碳原先為塊狀或條狀物，經用研鉢研磨後才成為粉狀碳，故其粒徑會較大（0.420mm~0.250mm），表面積較小，所測得碘值較低。
- （四）備長碳的碘值最低，可能原因為其密度較大，故在同樣質量下，其體積較少，能吸附的碘較少，亦有可能為其孔洞結構較不利於碘的吸附。
- （五）為了瞭解碳的內部孔洞結構，我們委託中央大學做掃描式電子顯微鏡照相，放大倍率 500~5000倍，實驗照片如附件二。由照片發現相思木碳、備長碳及竹碳，孔洞結構類似蜂巢狀，但孔洞大小不同。每種碳都有其獨特的表面構造、孔洞形狀、孔洞大小及數量，所以對碘的吸附量也會差異很大。

五、各種碳之導電性（如表四及圖四）

- （一）以導電性測試儀及檢流計測試，除相思木碳、竹碳不能導電外，其餘的均能導電。以毫安培計測試，則除相思木碳、骨碳粉及竹碳無電流，其餘均有電流。導電性順序：石墨>木碳粉>活性碳粉>備長碳>

骨碳粉。

- (二) 骨碳粉 2g 在導電性測試儀及檢流計下測出有電流，而樣品 5g 在毫安培計下則無電流，表示毫安培計靈敏度較差。
- (三) 相思木碳自行磨粉不導電，而買來已成粉末狀的木碳粉導電性不差，僅次於石墨。同樣是木碳，若來源不同，則所得導電結果可能不同。
- (四) 備長碳串聯根數越多，毫安培讀數越小。原因為串聯越多，電阻越大，電流越小。每增加一根備長碳，電流約減少 10mA。
- (五) 樣品的顆粒大小會影響導電程度，由備長碳的數據知道磨成粉後的樣品電流較小，所以當粒徑小到某程度（例如：奈米級），有可能可導電的物質成為非導體（例如：奈米銅）。

六、各種碳釋放負離子能力（如表五及圖五）

- (一) 負離子是人類生命健康中不可或缺的一種自然界物質，能制菌、增強免疫力、活化細胞、調整神經系統、內分泌系統、提高正常功能。而大氣汙染或紫外線增加會使正離子增加，使體液血液呈酸性，氧化物累積，具潛在破壞力，誘發疾病。
- (二) 靜電壓值為正表示正離子佔優勢；靜電壓值為負表示負離子佔優勢，負值的絕對值越大表示負離子越多。
- (三) 同質量的粉末樣品釋放負離子的能力大小，木碳粉 > 相思木碳 > 骨碳粉 > 備長碳 > 石墨 > 竹碳粉 > 活性碳粉。木碳粉的靜電壓高達-1380V 而活性碳粉僅-10V。
- (四) 碳會放出負離子，故多做森林浴對身體是有益的。

七、各種碳之吸溼性（如表六及圖六）

- (一) 傳統乾燥劑的吸溼能力：氯化鈣 > 氧化鈣 > 氯化亞鈷。同質量的各種碳粉末樣品吸溼能力：備長碳 > 骨碳粉 > 活性碳粉 > 木碳粉 > 相思木碳 > 竹碳 > 石墨。
- (二) 整體而言，傳統乾燥劑的吸溼性遠優於碳。
- (三) 備長碳粉在吸溼過程中，溼度最後並非維持某一定值，而是在 84.4% ~ 90% 間跳動。此表示當環境的溼度大於備長碳的溼度時，備長碳就除溼，當環境太乾燥時，備長碳則釋出水氣，以保持空氣乾溼平衡。因此備長碳具有較好的調溼效果。

八、各種碳與金屬之電池效應（如表七）

(一) 以金屬-Cu 為電極

1. 所使用的金屬活性均大於銅，故左邊金屬較易失去電子，進行氧化反應，為陽極（負極），右邊的銅其電解液會進行還原反應為陰極（正極），電壓為正值。
2. 不論電解質為 H_2SO_4 、 $NaCl$ 、 $NaOH$ ，通常電解質濃度越大電壓越大。而在相同電解質濃度以 $NaOH$ 產生電壓較大， H_2SO_4 次之， $NaCl$ 較小。但 Mg 在 H_2SO_4 中產生的電壓都遠大於 $NaOH$ ，原因為 Mg 在硫酸中會劇烈反應產生氣體，此氣體以點燃的的火柴接近發現有爆鳴聲，且氣體可燃，有淡藍色火燄，證明為氫氣。
3. 在 H_2SO_4 中金屬氧化順序： $Mg > Zn > Fe > Sn > Al$

在 NaCl 中金屬氧化順序： $Mg > Zn \div Fe > Al > Sn$

在 NaOH 中金屬氧化順序： $Zn > Al > Fe > Sn > Mg$

所以在不同的電解質中，氧化順序有極大差異。

(二) 以碳-Cu 為電極

1. 將金屬電極換為碳電極，所得的電壓為負值。表示碳電極進行還原反應為陰極（正極），右邊的銅電極進行氧化反應為陽極（負極）。
2. 相思木碳或竹碳做電極，產生之電壓幾乎為0，原因為此二種碳不導電。
3. 因為碳的結構複雜，且碳在水中會溶解出某些離子，故即使在一樣的條件下進行實驗，第一次和第二次的反應電壓，有時也會不同。
4. 備長碳、石墨及活性碳粒均可產生電壓，在 H_2SO_4 中備長碳電壓最大，而在 NaCl 與 NaOH 中則以活性碳粒電壓最大。

(三) 實驗亦發現，電解質溶液體積與電極距離幾乎不影響電壓。

(四) 將鋁箔紙與備長碳棒中間夾一張沾了飽和 NaCl 水溶液的衛生紙，再以電線一端接鋁箔，另一端接備長碳棒，所產生的電壓可帶動小馬達，轉動小風扇。（實驗如照片十二）

九、各種碳之紅墨水脫色能力（如表八、九及圖七、八）

(一) 以比色法求出被碳脫色的紅墨水濃度 C_2 ，結果以活性碳粉最佳，骨碳粉次之，木碳粉亦有效果，但相思木碳、備長碳、石墨及竹碳對紅墨水脫色無效。

(二) 活性碳粉與骨碳粉內的孔洞大小很適合吸附紅墨水。

捌、結論

- 一、大部份的碳浸在純水中會釋放出鹼性物質，使 pH 值達 8~10，但活性碳例外。
- 二、總體密度大小：石墨 > 備長碳 > 竹碳 > 木碳粉 > 相思木碳 > 活性碳粉 > 骨碳粉。
- 三、以碘滴定法測出碳對碘的吸附能力，結果活性碳粉最佳。
- 四、導電順序：石墨 > 木碳粉 > 活性碳粉 > 備長碳 > 骨碳粉，而相思木碳及竹碳不導電。
- 五、負離子是人類生命健康中，不可或缺的一種自然界物質。碳具有釋放負離子的能力，多做森林浴有益健康，其釋放負離子大小順序：木碳粉 > 相思木碳 > 骨碳粉 > 備長碳 > 竹碳 > 活性碳粉。
- 六、以溼度計及理想氣體方程式，可求出樣品吸收的水蒸氣量。同質量碳粉末吸溼能力大小順序：備長碳 > 骨碳粉 > 活性碳粉 > 木碳粉 > 相思木碳 > 竹碳 > 石墨，但傳統乾燥劑的吸溼性仍遠優於碳。
- 七、當環境溼度大於備長碳溼度，備長碳就除溼，反之則釋出水氣。
- 八、以金屬-Cu 為電極，電解質溶液為 NaOH 時產生電壓較大， H_2SO_4 次之，NaCl 較小。而電解質濃度越大，電壓越大。
- 九、以碳-Cu 為電極

(一) 相思木碳或竹碳做電極，產生之電壓幾乎為0。

(二) 備長碳、石墨及活性碳粒均可產生電壓，在 H_2SO_4 中備長碳電壓最大，在 NaCl 或 NaOH 中，以活性碳粒電壓最大。

十、以比色法求出碳的脫色能力，結果以活性碳粉與骨碳粉最佳。

十一、來源或製造方法不同的碳，雖組成均為碳結構，但由實驗得之性質差異頗大，因此我們可依據本研究結果，在不同的用途，選擇最適合的碳。

十二、各種碳性能綜合比較：

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉	活性碳粒
總體密度	△	○	○	○	×	△	×	—
浸在水中呈鹼性	○	○	○	○	△	○	×	—
耐熱溫度	△	○	○	○	△	○	○	—
碘 值	△	×	△	△	○	○	○	—
導 電 性	×	△	○	×	△	△	△	—
釋放負離子能力	○	○	○	△	○	○	△	—
吸 溼 性	△	△	×	△	△	△	△	—
電池效應 (H_2SO_4 中)	×	○	△	×	—	—	—	△
電池效應 (NaCl中)	×	△	△	×	—	—	—	○
電池效應 (NaOH中)	×	△	△	×	—	—	—	○
紅 墨 水 脫 色 能 力	×	×	×	×	△	△	○	—

註：(1)○：佳(大) (2)△：普通(中) (3)×：差(小) (4) —：無法測試

玖、參考資料

- 一、大雄雙漁企業有限公司 <http://www.lifecharcoal.com.tw>
- 二、尤丁玫等 國中自然與生活科技二上 康軒文教事業 P11-15、P118 2003
- 三、翁春和 高中物質科學化學篇上冊 南一出版社 P124-127 2001
- 四、翁春和 高中物質科學化學篇下冊 南一出版社 P98-102 2002
- 五、梁繼文 礦物學(上) 五南圖書出版公司 P501-503 1984
- 六、賀孝雍(譯) Skoog.West(著) 儀器分析 曉園出版社 P803-805 1989
- 七、第三十五屆中小學科學展覽優勝作品專輯 國中組 國立台灣科學教育館 P27-36、P95-102 1995

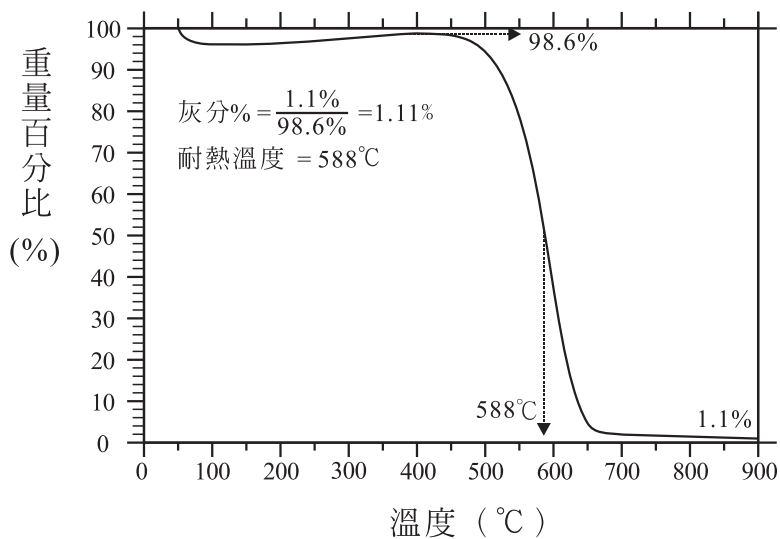
- 八、詹明興 化學／含化學實驗（上） 長諾資訊圖書公司 P163-169 1995
 九、楊永盛、楊慶宗 電子顯微鏡原理與應用 文京圖書有限公司 P294-338 1975
 十、http://teacher.cycu.edu.tw/chemistry/new_page_3.htm

拾、附件

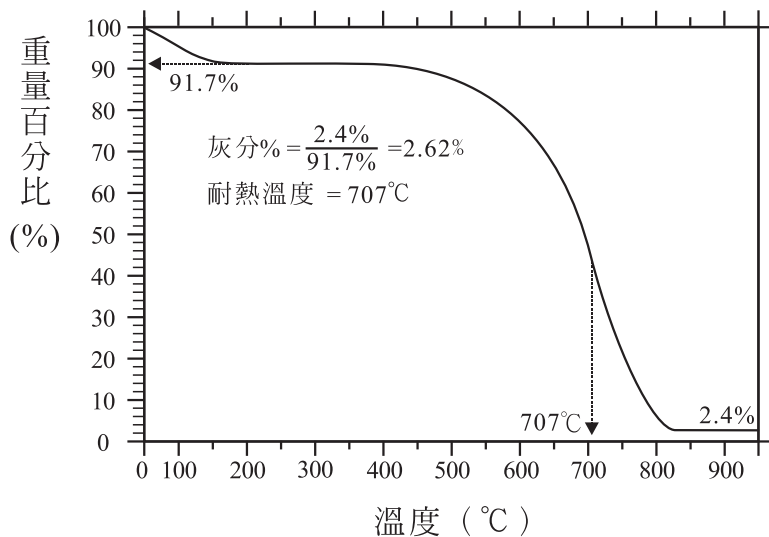
一、熱重分析儀實驗圖、表

(一)圖

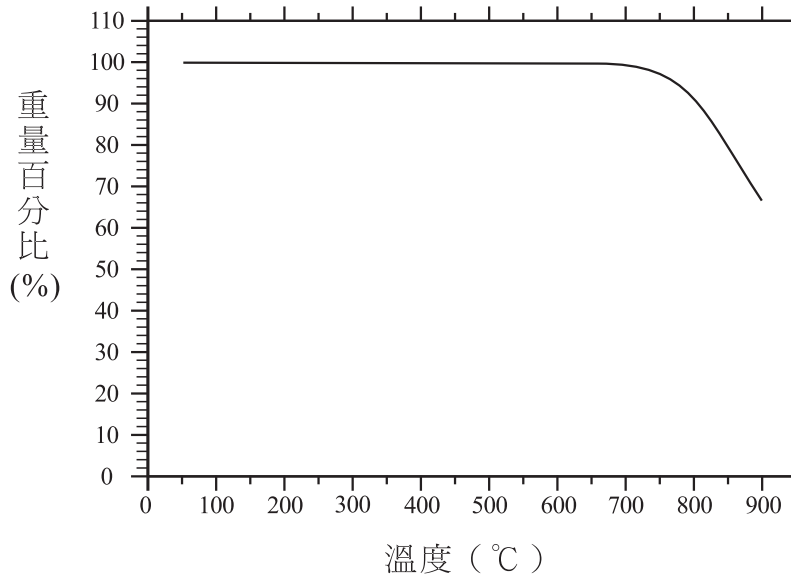
相思木碳



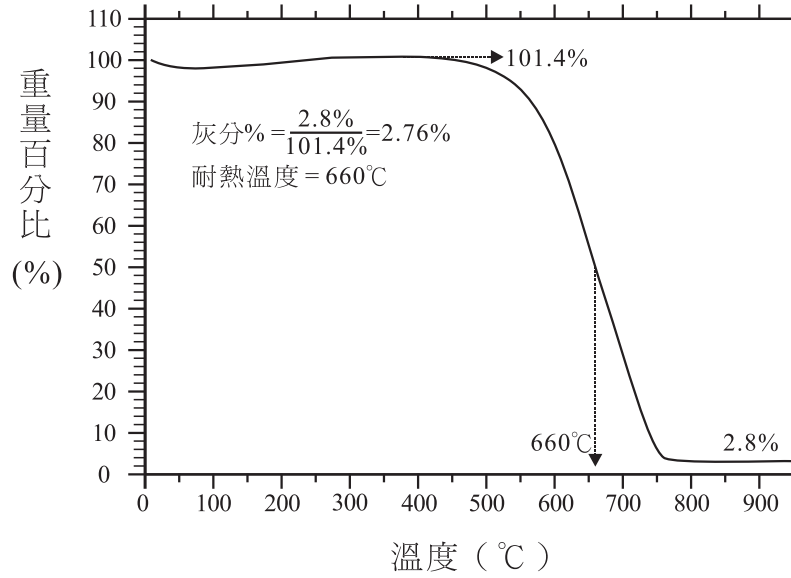
備長碳



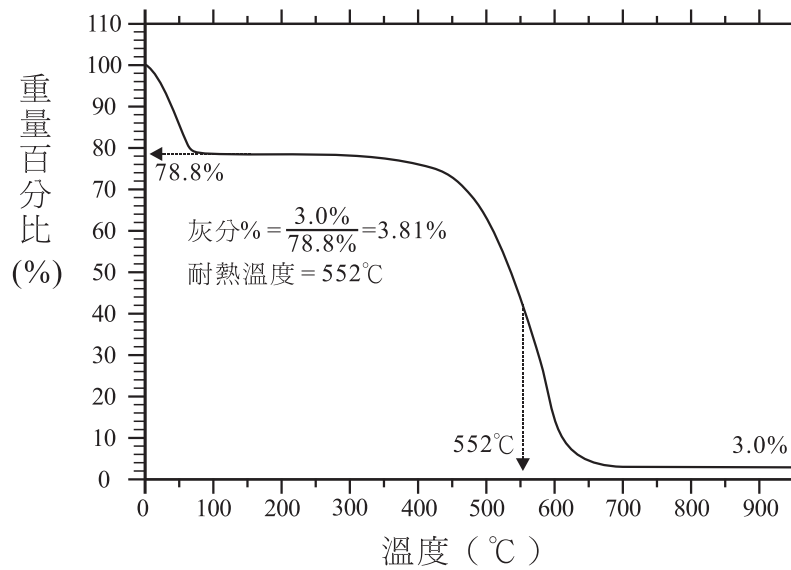
石 墨



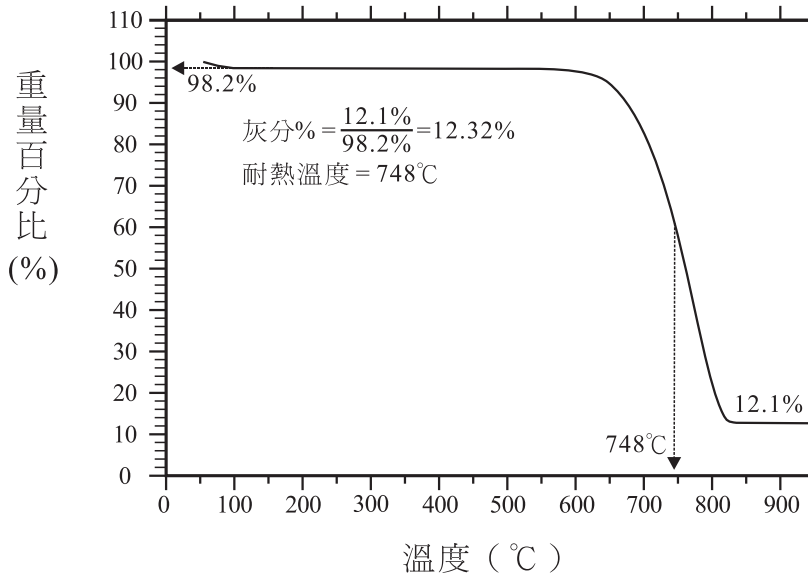
竹 碳



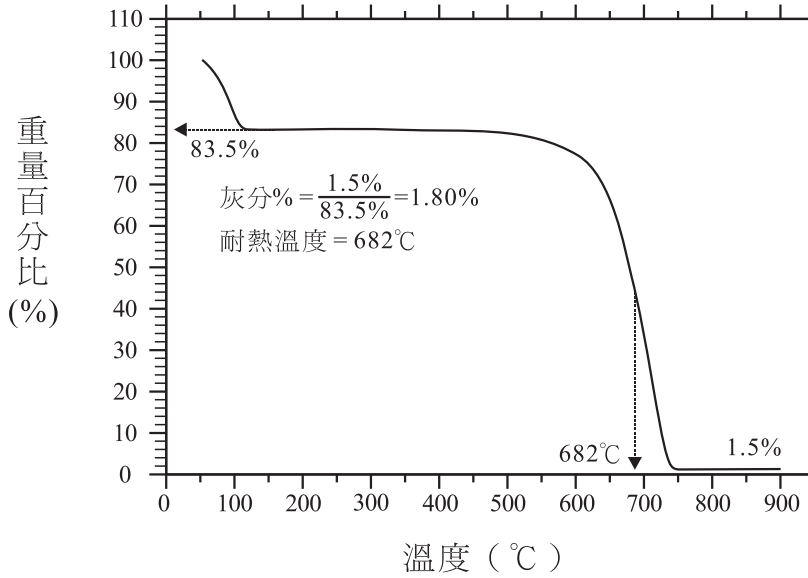
骨 碳 粉



木碳粉



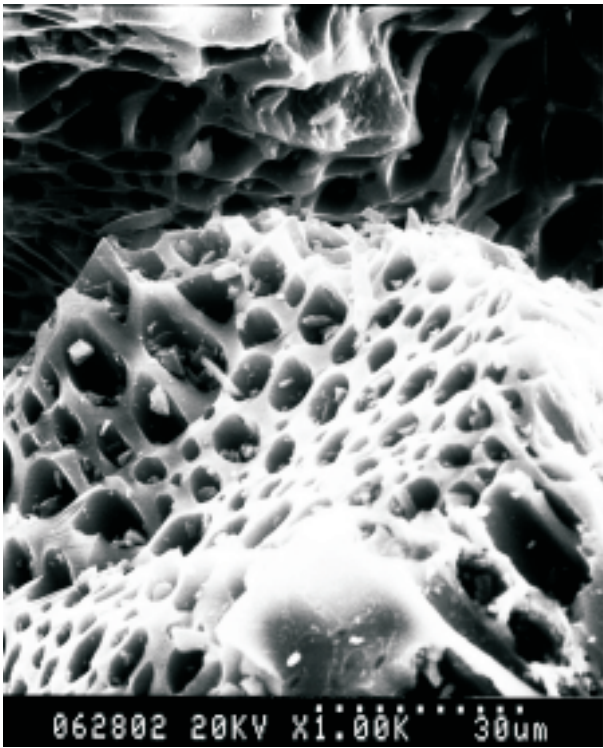
活性碳粉



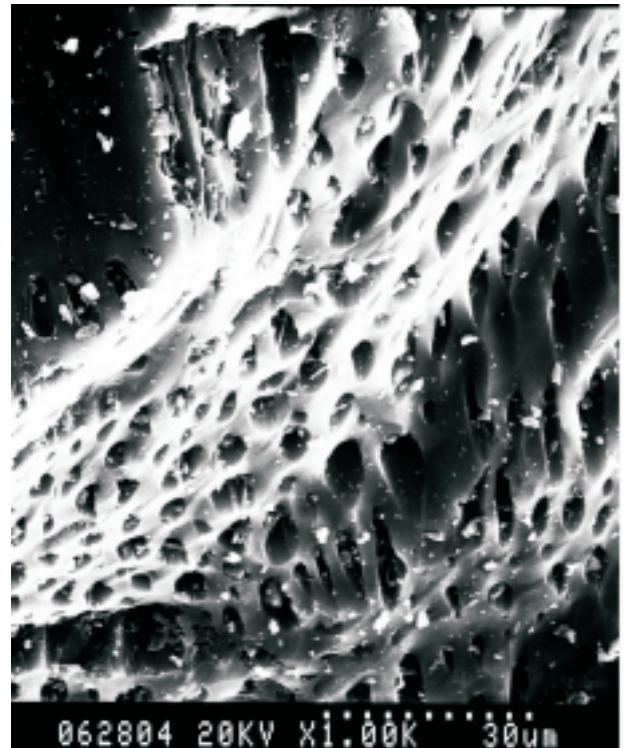
(二) 表

結果 樣品 測試項目	相思木碳	備長碳	石墨	竹碳	骨碳粉	木碳粉	活性碳粉
灰分%	1.11%	2.62%	耐熱溫度 太高無法 測試	2.76%	3.81%	12.32%	1.80%
耐熱溫度(°C) (可燃物質質量減輕 一半時之溫度)	558	707	耐熱溫度 太高無法 測試	660	552	748	682

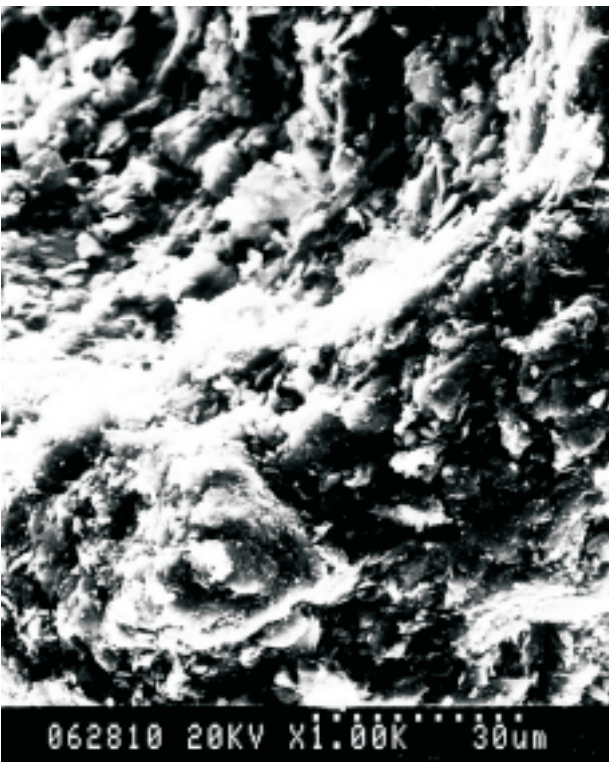
二、掃描式電子顯微鏡照片



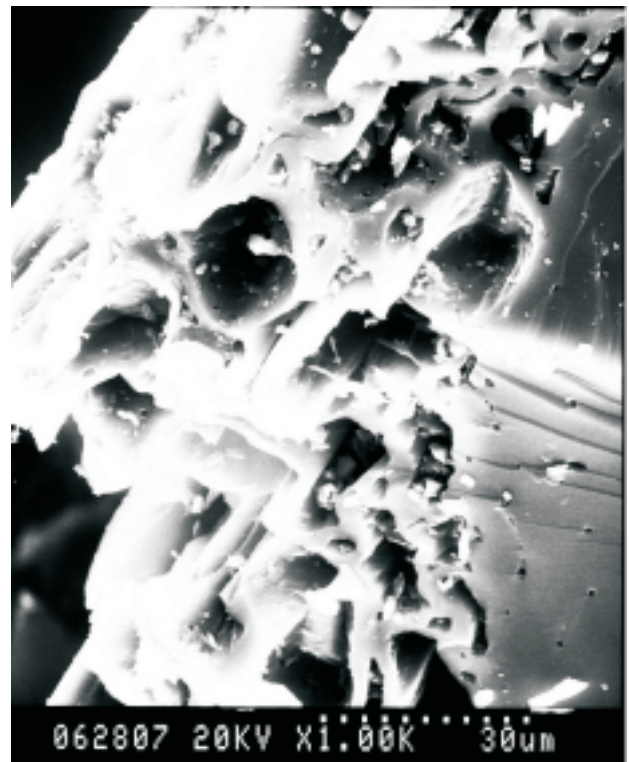
相思木碳
放大倍率1000倍



備長碳
放大倍率1000倍



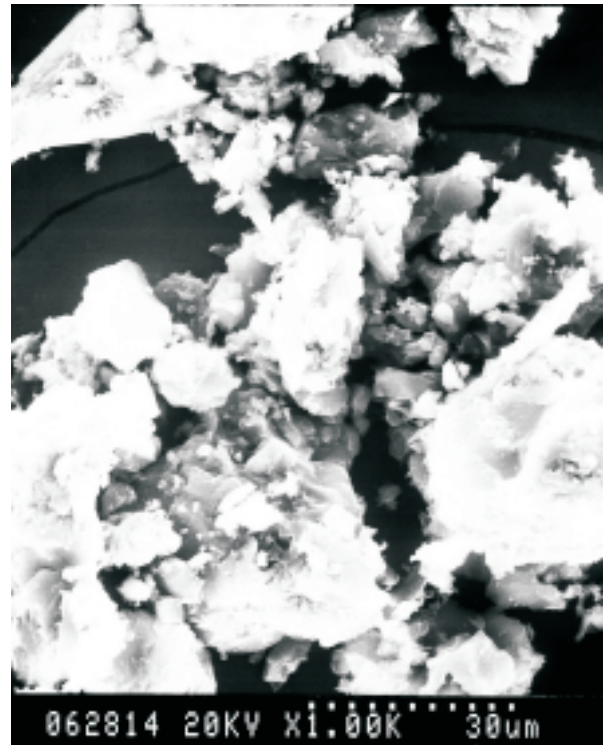
石墨
放大倍率1000倍



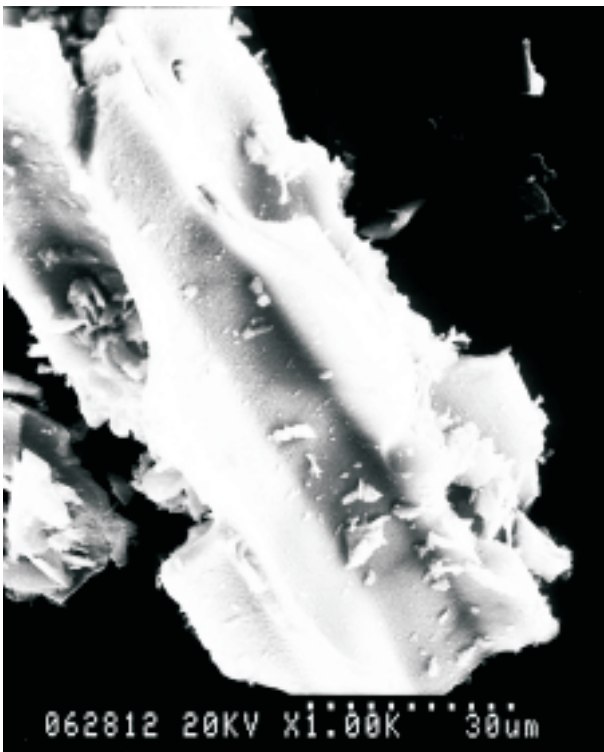
竹碳
放大倍率1000倍



骨碳粉
放大倍率1000倍



木碳粉
放大倍率1000倍



活性碳粉
放大倍率1000倍

評語

030222 國中組化學科 最佳(鄉土)教材獎

神奇的魔法碳—各種碳的性能探討

本作品以市售之各類碳粉以探討其吸附、吸濕、導電及脫色等能力，並以儀器觀察碳粉空洞大小。研究探討完整廣泛，相當好之結果。唯各類碳粉顆粒大小不一，比較基準點不一致，為其缺點。本作品選用竹碳、相思木炭等本土材料為其特色。