中華民國第四十五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

040801

自然黑鑽-生物性炭材神奇妙用之探索

國立臺南第二高級中學

作者姓名：
高二 董景嘉 高二 廖偉丞 高二 許尊傑
高二 戴偉哲

指導老師：
黃娟娟 馬清華

自然黑鑽—生物性炭材神奇妙用之探索

壹、摘要

本研究探討並比較市面上不同生物性炭材對於調節環境溼度、釋出礦物質離子、影響水溶液的酸鹼值及吸附重金屬離子的能力與差異性。所選取的試驗炭材包含竹炭、備長木炭和稻殼燻炭共五種生物性炭材。

研究結果顯示各生物性炭材均具有調節溼度、釋出離子、鹼化飲用水以及吸附重金屬的功能；但不一定如市面上種種有關報導的神奇，仍須謹慎的選擇與應用。不同來源之竹炭與木炭，在各項功能上僅有少許差異，屬於同一類型之炭材。稻殼燻炭對重金屬及其他離子的吸附能力最爲卓越；選爲移除重金屬污染之炭材最爲適宜且經濟，具雙重環保效果。在除濕方面亦以稻殼燻炭最爲實惠；然而稻殼燻炭比其他炭材釋出高量之鈉、錳離子，不適用於日常飲水及食物中。

貳、研究動機

記得前一陣子在電視上看到有關竹炭的介紹，主持人滔滔不絕地稱讚那一片片黑漆漆、乍看下不怎麼起眼的竹炭。不免懷疑主持人是不是又說得天花亂墜，竹炭真的那麼神奇?小小的一塊真能釋放負離子、礦物質，隔離電磁波、釋出遠紅外線，改變水的pH和調節水氣嗎？竹炭具有神奇功用的原理又是甚麼？是不是還可應用於其它方面呢？那一連串的問號，激起了我們的好奇心，促使我們開始上網收集有關資料。看到一則有關工研院材料所的「重建區竹產業轉型及振興」重要計畫報導，發現在臺灣研發及推行竹炭應用於日常生活之成果竟已達 39 項之多，更加引起我們想進一步了解炭材神奇功效的動機[3,6,9]。於是我們請求指導老師以此作爲科展研究的議題；並透過家長的協助借用儀器，而展開了這一系列探討生物性炭材神奇功效的研究。除了著重於比較不同種類生物性炭材對調節濕度、改變飲水酸鹼值及礦物質釋出之差異 **(高二(上)化學第三章-溶液；高二(下)化學第七章-酸與鹼)** 外；同時，發現文獻曾提到竹炭可吸附重金屬，但並無詳細數據；因此，我們將一併探討不同種類生物性炭材對吸附重金屬離子 **(高二(下)化學第十章-金屬元素及其化合物)** 的可能性與差異情形。

另將蒐集到的資料摘要如下：

一、生物性炭的源起與種類

中國之燒炭技術於唐代傳入日本，經研究改進後，因燒法不同而發展出「白炭」與「黑炭」兩大系列。「白炭」最具代表性者爲備長炭；由於備長炭燒製需砍伐大量「馬目樫」木材，在環保風氣盛行後，發現竹子組織炭化後之多孔質比木材更好，而發展出竹炭。

（一）備長炭—日本元祿年間，因一位燒炭專家「備中屋左長衛門」之「備長」木炭店名而命名。乃用特選的馬目樫樹種，於攝氏 1000 至 1300 度左右高溫下烘燒，後將高溫木炭取出窯外，再澆上白色「消火粉」來迅速降溫，因此又稱「白炭」。烘成的木炭硬度可達 15 到 20 度之間，幾乎等於鋼的硬度。不易點燃但燃燒後升溫穩定，耐用性極高[5)]。

（二）黑炭—黑炭即黑木炭，是將木頭於窯中加溫至攝氏 600 至 800 度左右，然後熄火冷卻，使其在密閉的窯中逐漸炭化。其燒製的溫度較備長炭低，因此質地較軟，含水率高，易於點火但燃燒後溫度不穩定。由於含較多黑粉，並不適用於飲水、料理；但可用於調節環境濕氣等作用[10)]。

（三）竹炭—竹炭是以約四、五年生以上的成熟竹子爲材料，以約攝氏 500~1000 或 1200~2000 度 (視用途而定) 高溫炭化技術，歷時十多天精心燒製而成。竹子在炭化過程中產生多孔質及其它與備長炭相似的作用。其質地非常緻密、比重大、孔隙多，具有很強的吸附力；礦物質含量高且具良好的導電性等[7)]。

（四）稻殼燻炭—利用農業廢棄物之稻殼，經適當炭化處理及活化製成炭材，可增加比表面積及孔隙而能吸附污染物，再循環利用。市售稻殼燻炭之燒製法乃將穀殼置於密閉之不銹鋼桶內，直接點燃後任其於缺氧狀況下燜燒，至一定時間後取出，噴水熄火即成爲燻炭。由於稻殼燻炭製作較爲粗放，品質較不穩定。根據劉氏等[11)]對炭化農業廢棄物吸附水中重金屬之研究，證實炭化稻殼吸附重金屬之量較市售活性碳爲佳。

二、生物性炭的功能

（一）、淨化水質：由於炭材的多孔質構造，能牢牢抓住自來水中的餘氯、三鹵甲

烷等，使水質變得乾淨[10)]。

（二）、釋放天然礦物質：竹炭含有多種鈣、鎂、鉀、鐵等礦物質，能使竹炭過濾之自來水變成弱鹼性而成爲可口的礦泉水[8)]。

（三）、淨化空氣：炭的多孔質構造也能吸收硫化物、氮化物、苯等有害揮發物質，消除臭味，達到淨化空氣之目的[10)]。

（四）、產生負離子：負離子即爲帶負電的微粒子，從炭材釋出的負離子能讓空氣清新，消除身體緊張，達到舒暢身心的效果[10)]。

（五）、釋放遠紅外線：炭材釋放遠紅外光，其波動與人體相近，造成共振，使人體內各分子更活潑，進而促進血液循環、加速新陳代謝[8)]。

（六）、阻隔電磁波：我們生活周圍都因電器用品而被電磁波所包圍；電磁波會影響身體內離子作用，破壞健康。而竹炭經高溫炭化後具有導電性，對電磁波具有阻隔遮蔽的效果，間接促進健康[5)]。

（七）、調節濕度：炭質含非常多的孔隙，因此具有很強的吸濕能力。空氣太濕時能吸收濕氣，保持乾燥。當周圍環境乾燥時，亦能釋放水分而具調節濕度之功用[1,2)]。

叁、研究目的

本研究著重於以市面上不同種類的生物性炭材來探討它們的功能並比較差異性。

包括：

1. 探討炭材對周遭環境溼度的調節功能。

2. 了解炭材釋出天然礦物質離子之能力與對水溶液酸鹼值的影響。

3. 比較炭材對溶液中鐵、錳、銅離子的吸附能力。

4. 探討炭材對溶液中鎘、鉻、鎳、鉛重金屬離子之吸附能力與差異性。

肆、研究設備及器材

一、一般儀器及器材：包括電動天平、酸鹼度計、震盪器、烘箱、乾燥器、電動吸管、攪拌加熱器、三角燒瓶、燒杯、濾紙、漏斗等。

二、分析儀器：

（一）、火焰光度計（Flame photometer）：廠牌 Hitachi，型號775-A，如圖一所示。用來測溶液中之鉀、鈉離子於特定波長之光度值，並藉由鉀、鈉標準檢量線換算成溶液中鉀、鈉離子的濃度。

圖一、火焰光度計

（二）、原子吸光光譜儀（Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS）：廠牌 **Hitachi ，型號 Z6000**，如圖二所示。用來測定溶液中鐵、錳、銅離子於特定光波之吸收值，並藉由各離子的標準檢量線換算成離子之濃度。

（三）、感應耦合電漿原子發射光譜儀（Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer, ICP-AES）：由 **Horiba**公司所生產如圖三所示，係借用自台南區農業改良場。可用於對水樣中多元素進行分析，本研究用來測定溶液中鎘、鉻、鎳、鉛重金屬離子的濃度。

圖二、原子吸光光譜儀

圖三、感應耦合電漿原子發射光譜儀

伍、研究過程及方法

一、資料蒐集及對實驗材料的觀察測量

研究前我們先蒐集資料，搜尋網路資訊、購書，及從期刊找尋研究報導。然後選購包含備長木炭、三種竹炭和稻殼燻炭共五種試驗用生物性炭材，開始計畫實驗步驟。實驗所用五種炭材的外觀如圖四所示，實驗前對炭材的測量觀察記錄於表一。

圖四、實驗所用之生物性炭材（a）合樂竹炭、(b)樸園竹炭、(c)康美竹炭、(d)大發備長炭、(e) 稻殼燻炭。

表一(1)、實驗生物性炭材的基本資料。

編號	商品名稱	種類	來源	用途	原料	產地
1	竹的健長炭	竹炭	合樂	飲水用	台灣孟宗竹	台灣
2	養生竹炭	竹炭	樸園	淨水、除臭、除濕、煮飯、淨化空氣	竹子	台灣
3	多功能竹片炭	竹炭	康美	脫臭、防濕、淨化水質	竹子	日本
4	備長炭	木炭	大發	飲水、煮飯、油炸、燉湯	櫚樹	中國
5	炭化稻殼	稻殼燻炭	台南	作爲栽培介質、改良土讓	稻殼	台灣

表一(2)、對實驗生物性炭材的測量觀察。

編號	尺寸(長x寬x厚,cm)	外　觀	敲擊聲音
1	10.23 x 4.40 x 0.38	竹片狀;60%有金屬光澤	瓦片聲
2	10.19 x 4.12 x 0.43	竹片狀;質地細密;60%有金屬光澤	金屬聲
3	9.9 x 4.68 x 0.57	竹片狀;質地稀鬆;有金屬光澤	木頭聲
4	10.12 x 1.72 x 1.72	圓柱狀;少數有金屬光澤	陶瓷聲
5	裂開稻殼狀、不易測定	破碎呈粒狀，無金屬光澤	沙沙聲

二、實驗前炭材之前處理

將每種炭材各 10 片，以刷子及清水沖洗乾淨。分別於 1 公升沸水中用小火煮沸 15 分鐘，以去除碳化過程中之雜質及焦油等。取出放在通風處陰乾，以鋼鋸將竹炭切成四小塊，將木炭切成三小塊，以便放入三角燒瓶中進行實驗。

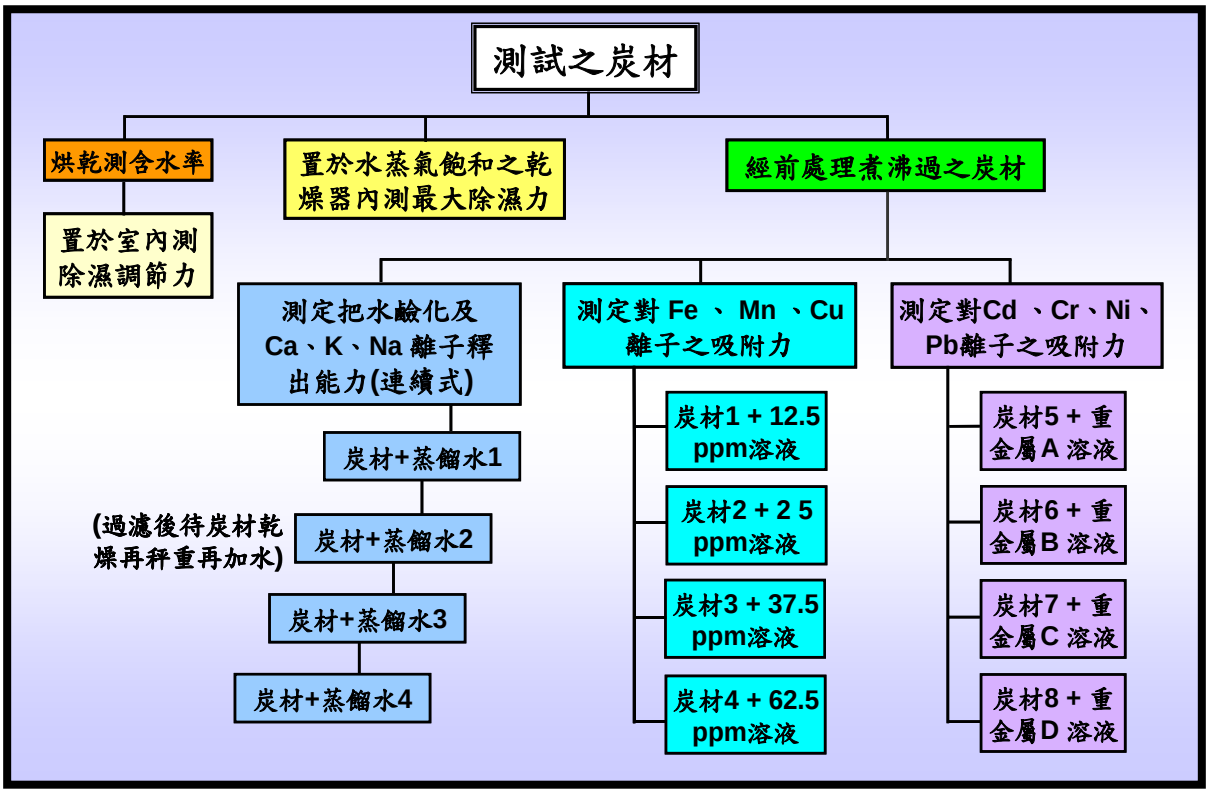
三、研究流程及詳細步驟　研究之整體流程如圖五所示，詳細步驟分別說明之：

（一）、除濕力實驗

先取空燒杯秤重，將原始炭材(未作前處理)各取一片放入燒杯中，再測全重，並重複作三組。放入加水的乾燥器裡，於不同時間取出秤重，再放回乾燥器裡；持續測量炭材吸水與除濕率之變化。

（二）、含水率的測定與室內除濕力實驗

先將鋁杯秤重後，各取一片原始樣品放入鋁杯中，測其全重，並重複作三組。放入烘箱中，以 110℃烘 24 小時，取出待冷後測量原本含水率。再將樣本置於實驗室內於不同時間秤量炭材於室內吸收調節水分之能力。



圖五、實驗過程之流程圖

（三）、礦物質離子釋出力實驗

取已處理過炭材各 2 小塊，秤重並置入三角燒瓶中，每種類作三組重複。於各瓶中加入炭材重量 10 倍體積的純蒸餾水。以 180 rpm 振盪 1 小時後靜置至隔天，再重複此步驟至第三天過濾之，取得第一次濾液。將以上試驗中取出之炭材於室內陰乾，再秤重，重複以上離子釋出力之實驗三次。分別取得第二次濾液、第三次濾液、第四次濾液。測定各濾液之 pH 值，並以原子吸光光譜儀分析濾液中之鈣的含量，另以火焰光度計測定濾液中鉀、鈉之含量。

（四）、金屬離子吸附力實驗

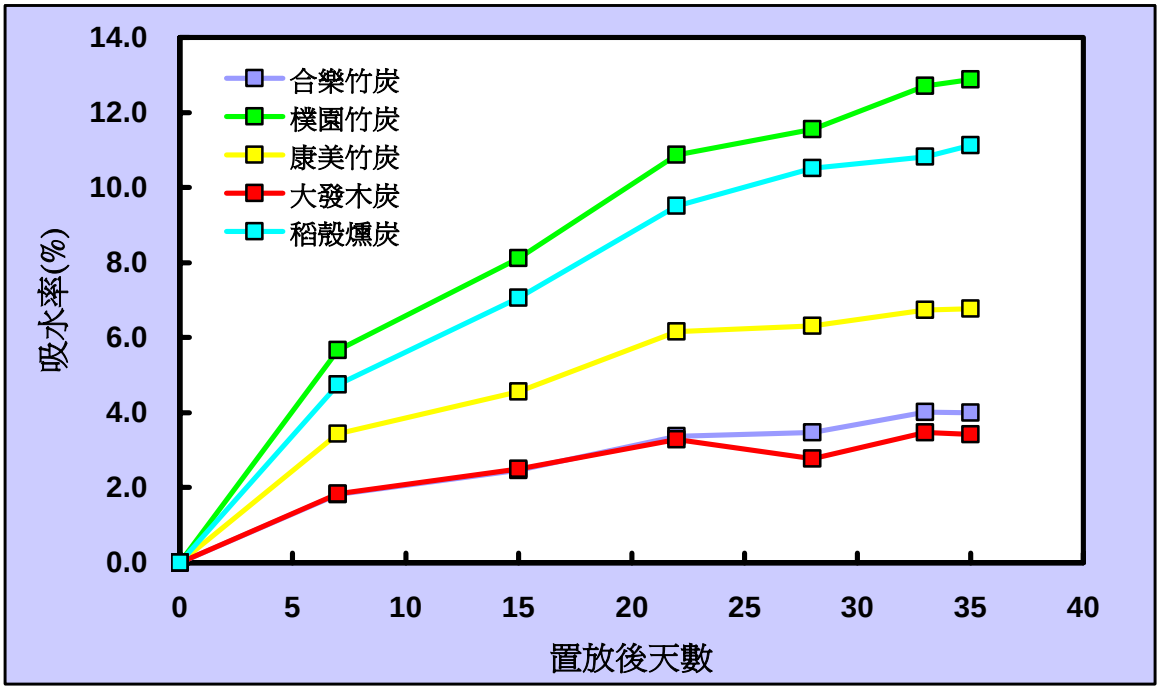
以德國 **Merck** 試藥級之 1000 ppm 標準溶液，先製備含 Fe-Mn-Cu 各**(1) 12.5ppm**、**(2) 25ppm**、**(3) 37.5ppm** 和**(4) 62.5ppm** 之試驗溶液 2 公升。取已處理過的炭材各約 10 公克 (2 小塊)，秤重並置入三角燒瓶中，每種類作三組重複。於各瓶中加入 100ml 不同濃度的溶液，靜置 6 小時後以 180 rpm 振盪 1 小時，再靜置 10 小時、振盪 1 小時後過濾之，分別取得**(1)**、**(2)**、**(3)**、**(4)**不同濃度之鐵-錳-銅之濾液。以硝酸溶液調整濾液之 pH 值至 2 以下，稀釋成不同倍數；再以原子吸光光譜儀分析各液中之 Fe、Mn、Cu 的含量。換算成每克炭材所能吸附之微克離子量，即 **μg Fe/g 炭**、**μgMn/g 炭**、**μgCu/g 炭**。

（五）、重金屬離子吸附力實驗

以德國 **Merck** 廠牌之試藥級 1000 ppm 標準溶液，先製備含 **Cd-Cr-Ni-Pb** 不同濃度之 **(A) 10-3-3-15 ppm**、**(B) 15-5-5-25 ppm**、**(C) 30-10-10-50 ppm**、**(D) 45-15-15-75ppm** 四種試驗溶液。取已處理過的炭材各約 10 公克 (2 小塊)，秤重並置入三角燒瓶中，每種類作三組重複。於各瓶中加入 100ml 不同濃度的溶液，靜置 6 小時後以 180 rpm 振盪 1 小時，再靜置 10 小時、振盪 1 小時後過濾之，分別取得**(A)**、**(B)**、**(C)**、**(D)**不同濃度之濾液。以硝酸溶液調整濾液之 pH 值至 2 以下，稀釋成不同倍數。以 **ICP** 原子發射光譜儀分析稀釋液中之鎘、鉻、鎳、鉛的含量。換算成每克炭材所能吸附之微克離子量，即 **μgCd/g 炭**、**μgCr/g 炭**、**μgNi/g 炭**、**μgPb/g 炭**。

陸、研究結果

一、比較炭材的最大除濕力 (於加水飽和之乾燥器內)

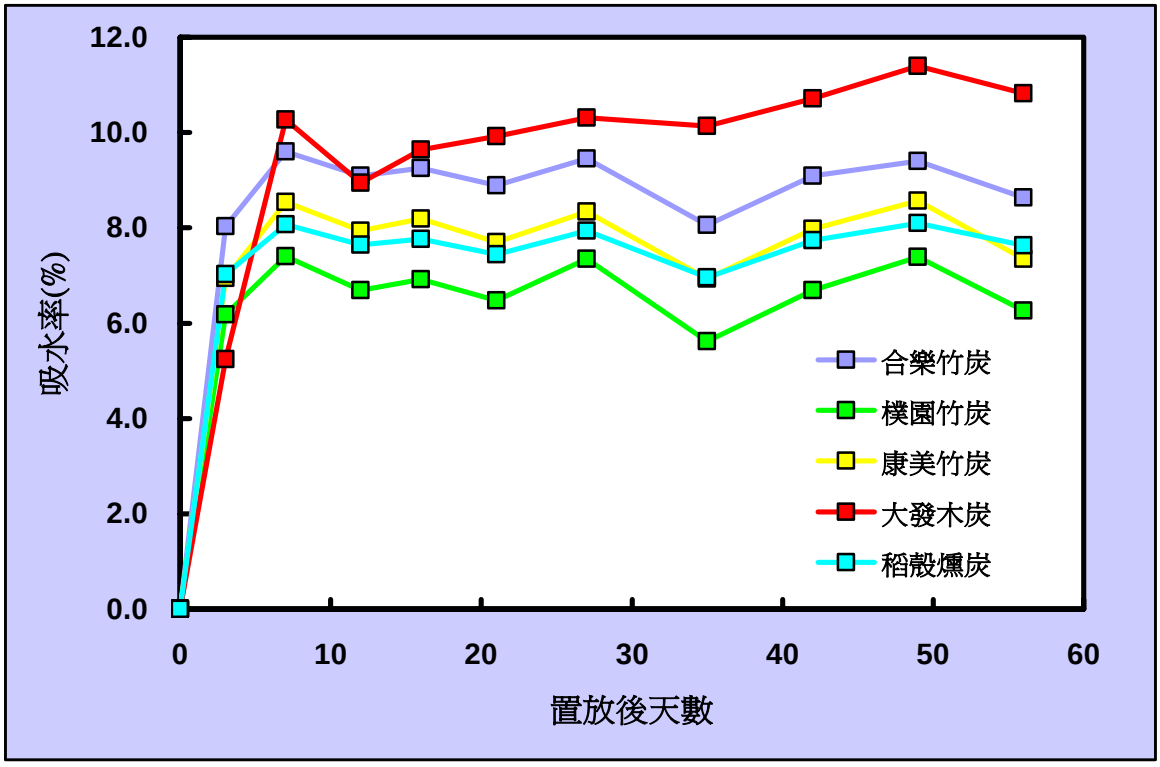


圖六、不同炭材於飽和水蒸氣下之除濕力

圖六顯示炭材最大除濕力依序爲：樸園竹炭>稻穀炭>康美竹炭>合樂竹炭≥大發木炭。最後因吸水趨近於飽和，所以圖形漸緩。到了實驗後期，樸園竹炭表面有水珠凝結，代表其吸水量已達飽和；而其他炭材表面上出現了一點點白色菌斑，表示實驗環境已

太潮濕。炭材因多孔性確實有很強之吸水性，但不同炭材之效果並非一致。稻殼燻炭由於粒子小，表面積較大，吸水效果反而較佳。稻殼炭小兵立大功，在居家除濕應用上會是便宜實惠的選擇。

二、比較炭材的除濕調節力（烘乾後置於室內）

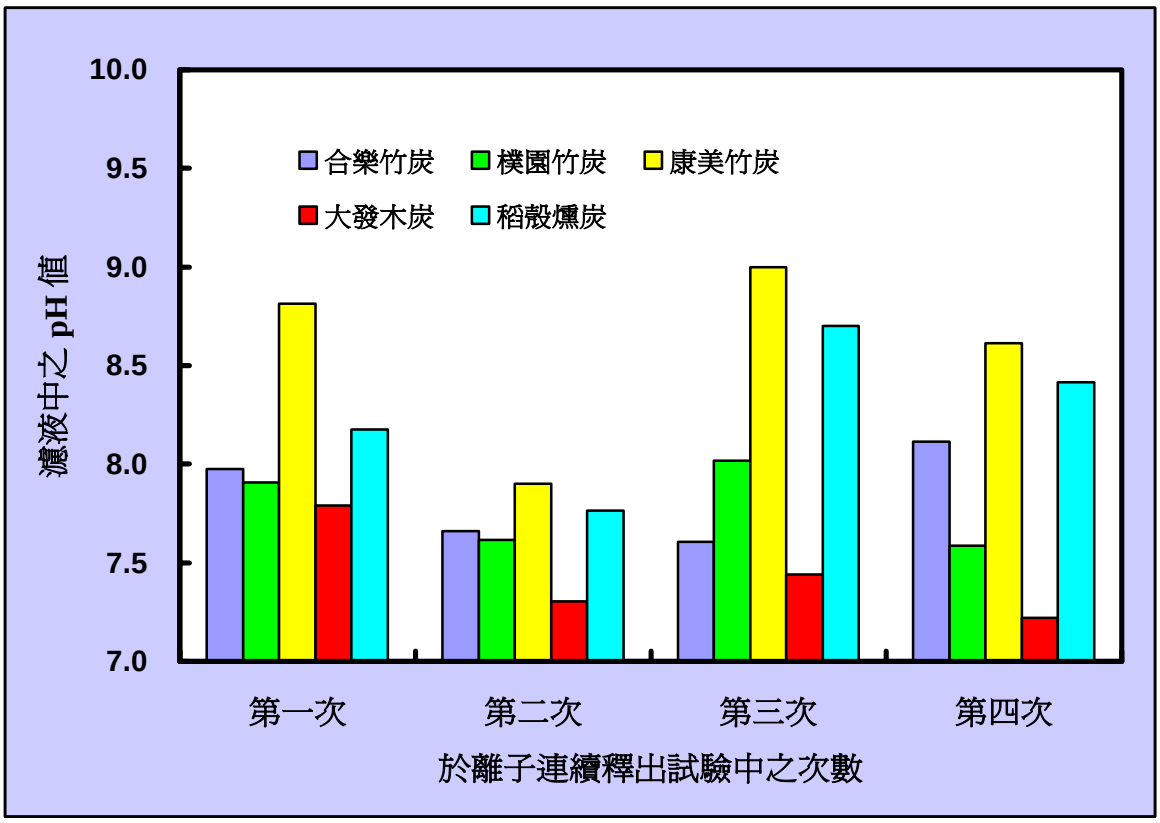


圖七、比較不同炭材烘乾後於室內之吸水力

各種炭材購買時之含水率相差不大，分別爲合樂竹炭 8.5%、樸園竹炭 6.6%、康美竹炭 7.8%、大發木炭 9.8%及稻穀炭 7.3%。根據資料顯示，竹炭的平衡含水率隨炭化終點溫度的升高而升高。

圖七顯示室內炭材的除濕力依序爲：大發木炭>合樂竹炭>康美竹炭≥稻穀炭>樸園竹炭。炭材先被烘乾過，幾乎於短短三天內就回復至原來的水分含量。之後，由於室內濕度變化較緩，所以圖形緩緩上下起伏，顯示炭材會隨著濕度變化而釋出炭裡的水分或吸收空氣水分來調節溼度。事實上炭材所吸收水量只比購買時之含水率多 0.3~1.8%。然而根據文獻資料顯示：竹炭含水率即使只差 2.5%，亦足夠將濕度 90%調整到人體感到舒適的 60%濕度範圍[4)]。

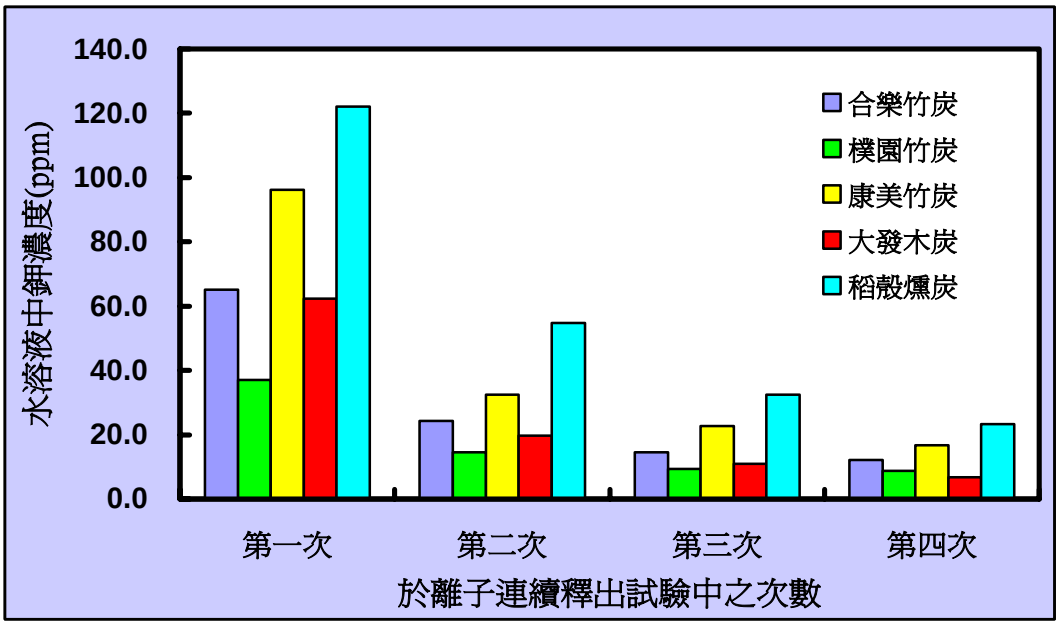
三、炭材對飲用水酸鹼值的作用



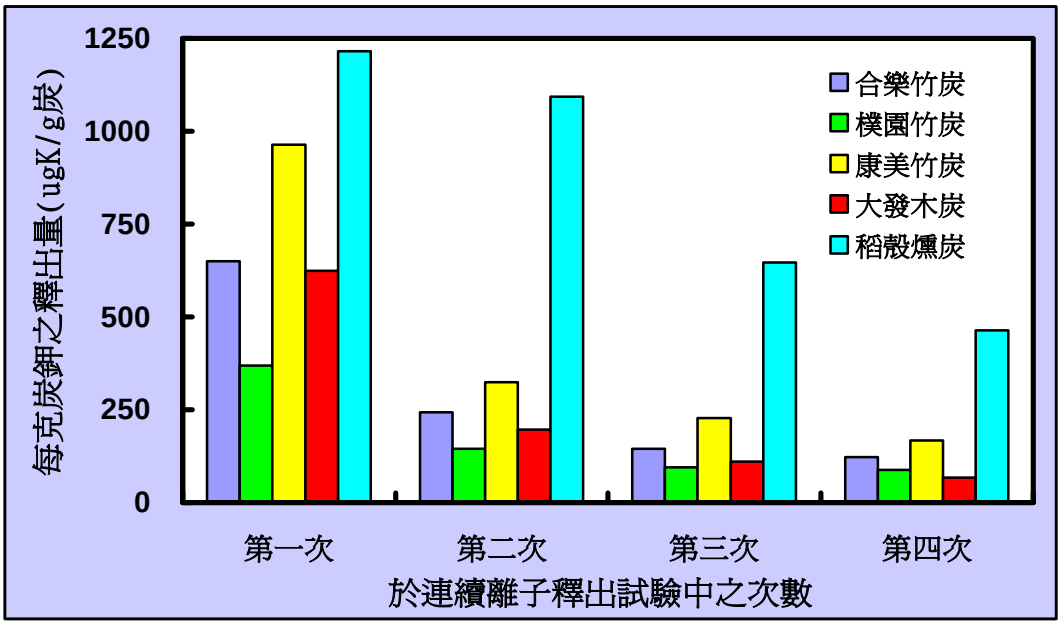
圖八、不同炭材於連續四次離子釋出試驗中水溶液之 pH 值

圖八顯示炭材對飲用水酸鹼值的的提升以康美竹炭作用最高，稻殼炭其次，大發木炭的效果最小。由此試驗証實炭材因所含鹼性離子之釋出確會使礦泉水變鹼性，pH 值幾乎都高於 7.5；但康美竹炭與稻殼燻炭處理之 pH 更高於 8.5，至第四次試驗時仍有三種炭材處理的 pH 高於 8.0，是否有益健康，仍待進一步探討。使用時必須注意炭材與水之比例，否則反而有害健康。大發木炭 pH 值維持在 7.2~7.8 之間，比竹炭更適合於飲用水。

四、炭材鉀離子釋出力的比較



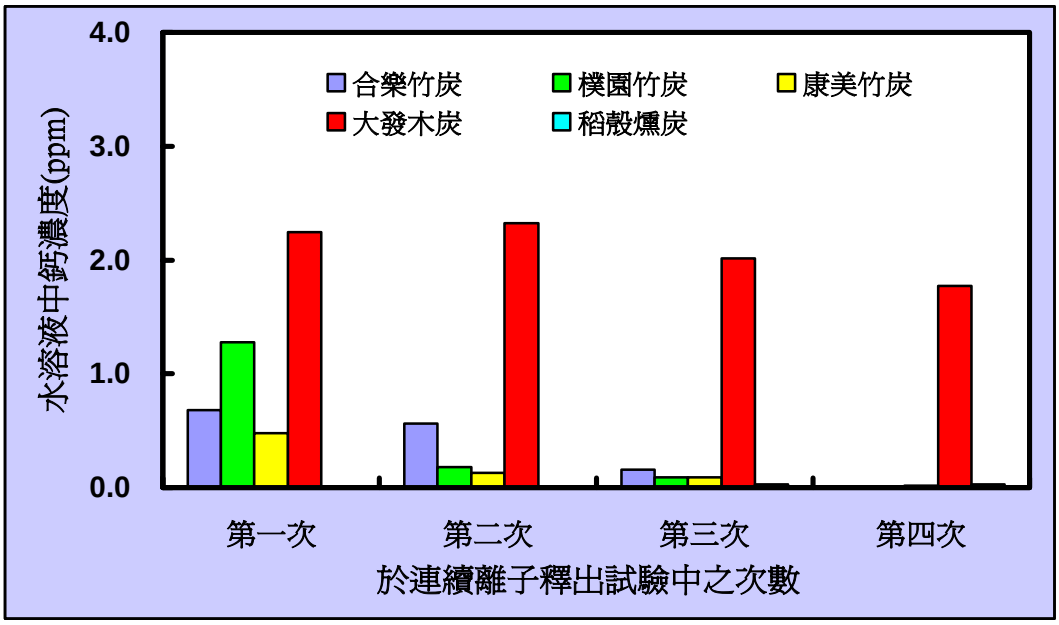
圖九、炭材於連續四次離子釋出試驗中水溶液鉀濃度之變化



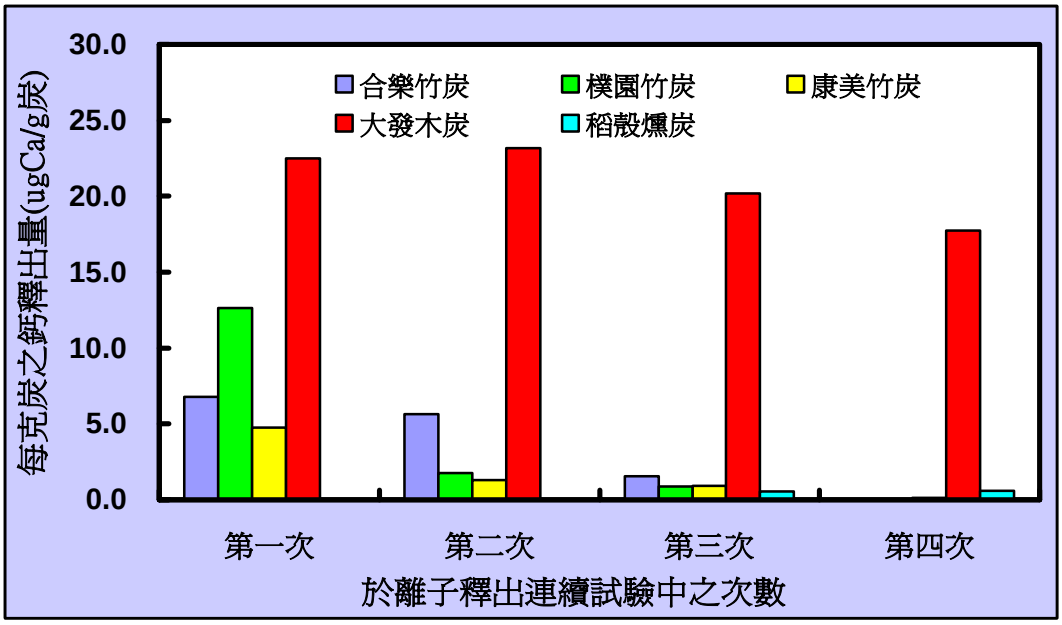
圖十、炭材於連續四次離子釋出試驗中所釋出之鉀量

由圖九~十顯示，各種炭材鉀離子之釋出量以第一次萃取量最多，然後釋出量大幅下降而依次遞減漸趨平緩。在連續四次釋出試驗中，各炭材鉀釋出量之多寡趨勢均一樣：以稻殼炭釋放的鉀量最多，其次依序爲康美竹炭、合樂竹炭、大發木炭、而樸園竹炭最少。至第四次實驗時顯示稻殼炭的殘留鉀離子含量仍然最高。

五、炭材鈣離子釋出力的比較



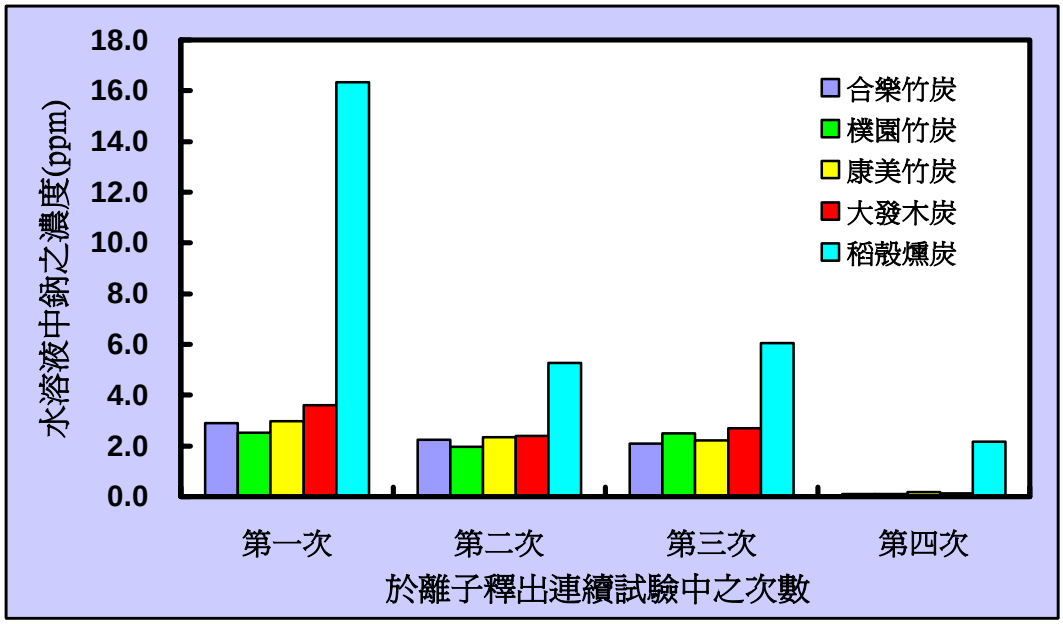
圖十一、炭材於連續四次離子釋出試驗中水溶液鈣濃度之變化



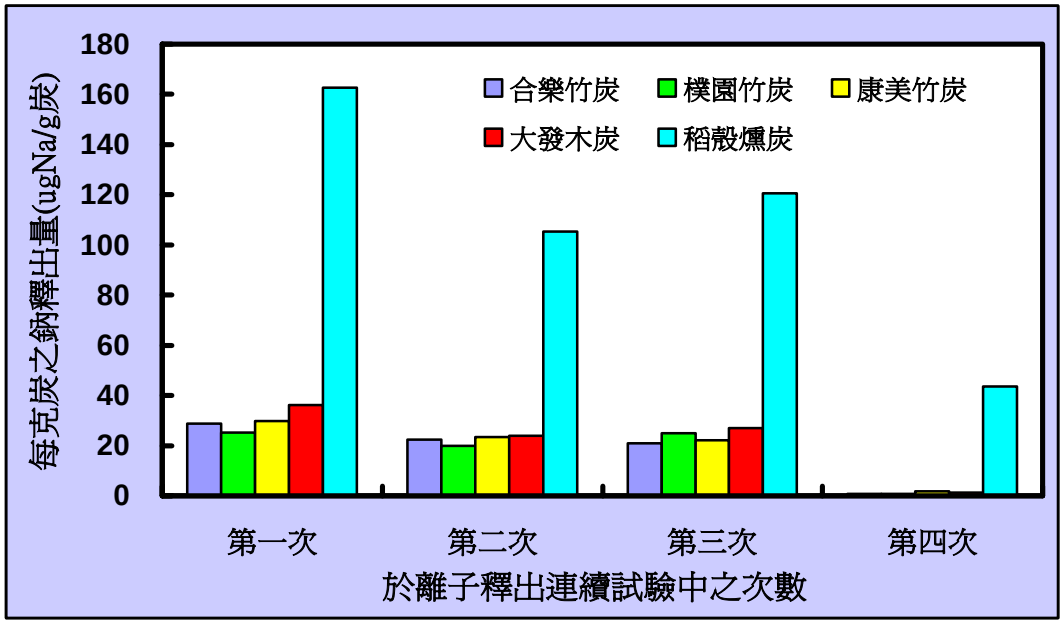
圖十二、炭材於連續四次離子釋出試驗中所釋出之鈣量

與鉀離子釋出之變化圖相比較，圖十二之鈣離子釋出量非常低；顯示各炭材之鈣離子含量均低。不同炭材間以大發木炭所釋出的鈣離子最高，而稻殼燻炭從第一次抽出時就幾乎沒有鈣離子釋出。其他炭材於第一次實驗放出的鈣量較多，隨抽出次數之增加而遞減至無。

六、炭材鈉離子釋出力的比較



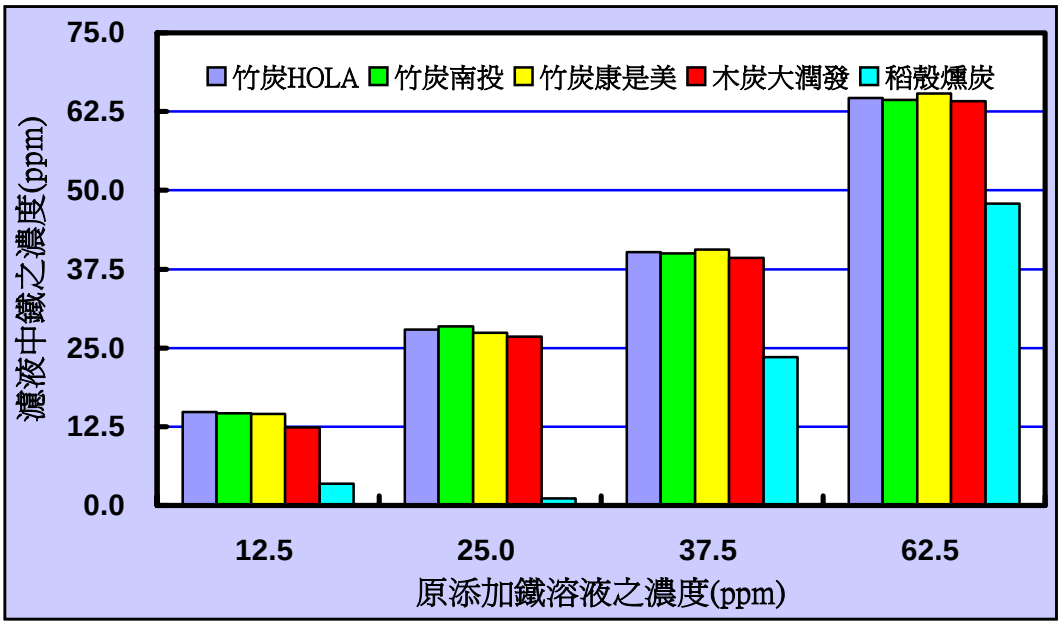
圖十三、炭材於連續四次離子釋出試驗中水溶液鈉濃度之變化



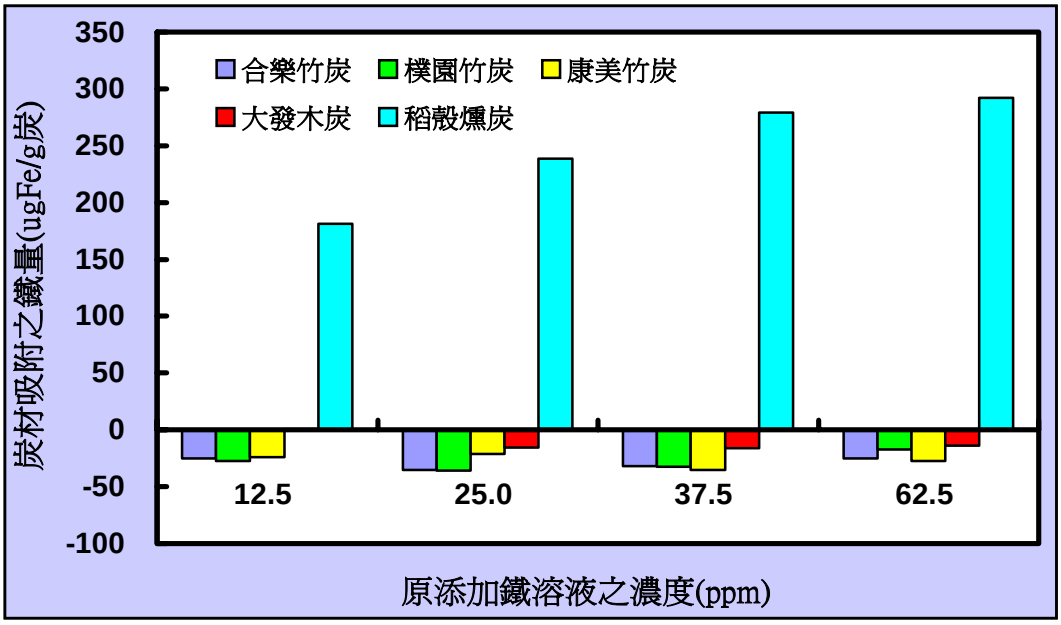
圖十四、炭材於連續四次離子釋出試驗中所釋出之鈉量

五種生物性炭材中，以稻殼燻炭釋出之鈉離子量最高，但依次遞減。此高鈉含量使稻殼炭較不適用於飲用水中。稻殼燻炭總鈉之釋出量約爲鉀釋出量的 1/5~1/10 之間。其他炭材在第一至三次實驗時均釋出一樣量的鈉離子，至第四次抽取時則已無鈉釋出；顯示竹木炭應用於飲用水對人體的健康較好。

七、炭材對鐵的吸附力



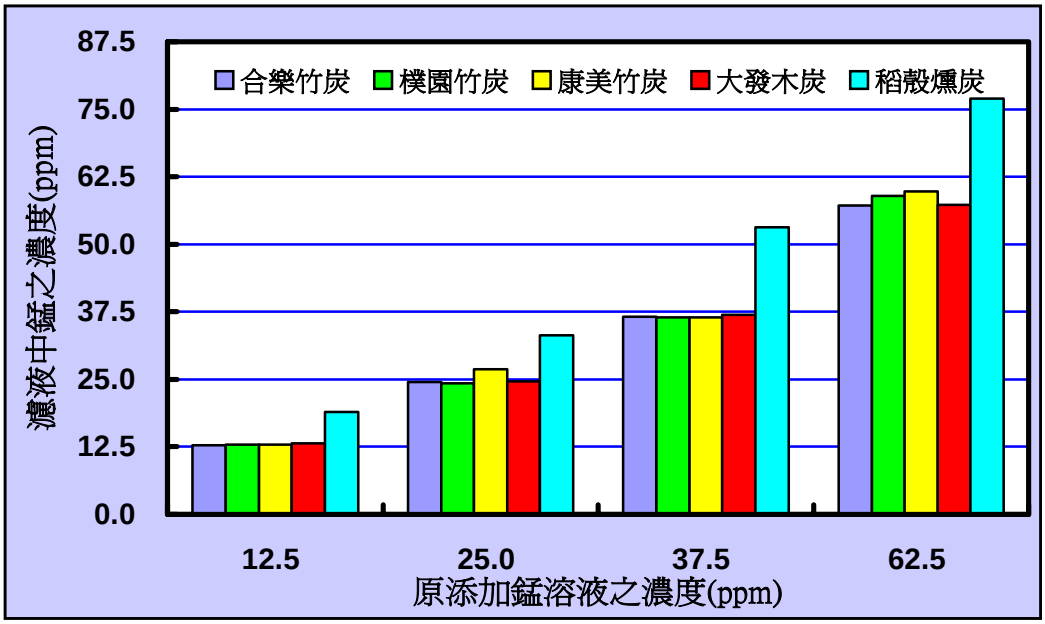
圖十五、炭材吸附後濾液鐵濃度之變化



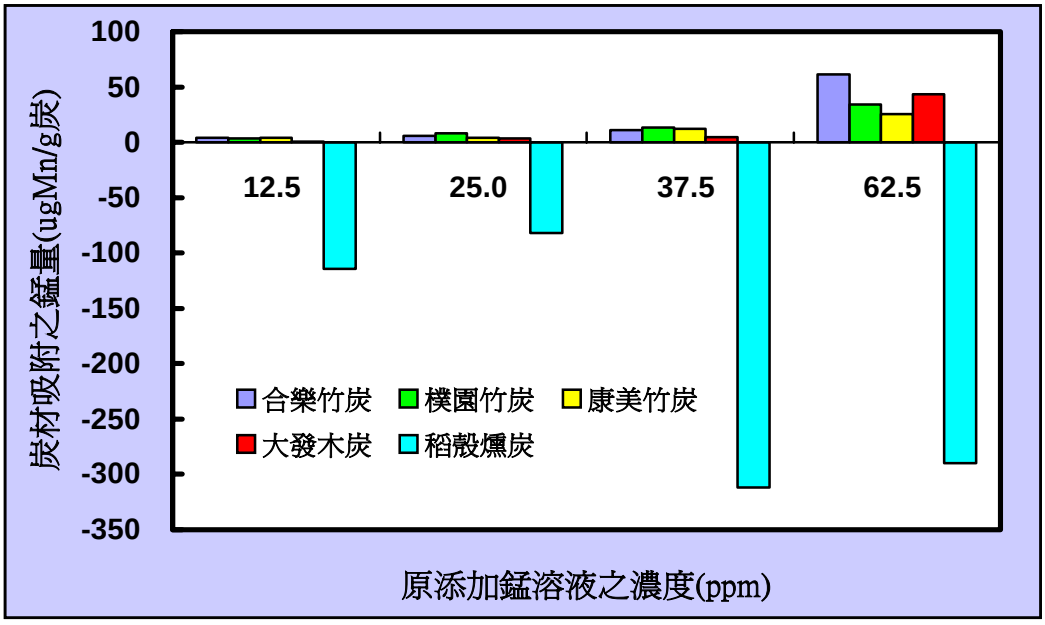
圖十六、炭材吸附鐵量之變化

由圖十五~十六可發現稻殼燻炭對鐵的吸附作用最強，且隨濃度的增加而顯著的增高。其他炭材對鐵離子不但無吸附作用，反而會釋出少許鐵離子於溶液中，顯示這些炭材均含有少量的鐵。

八、炭材對錳的吸附力



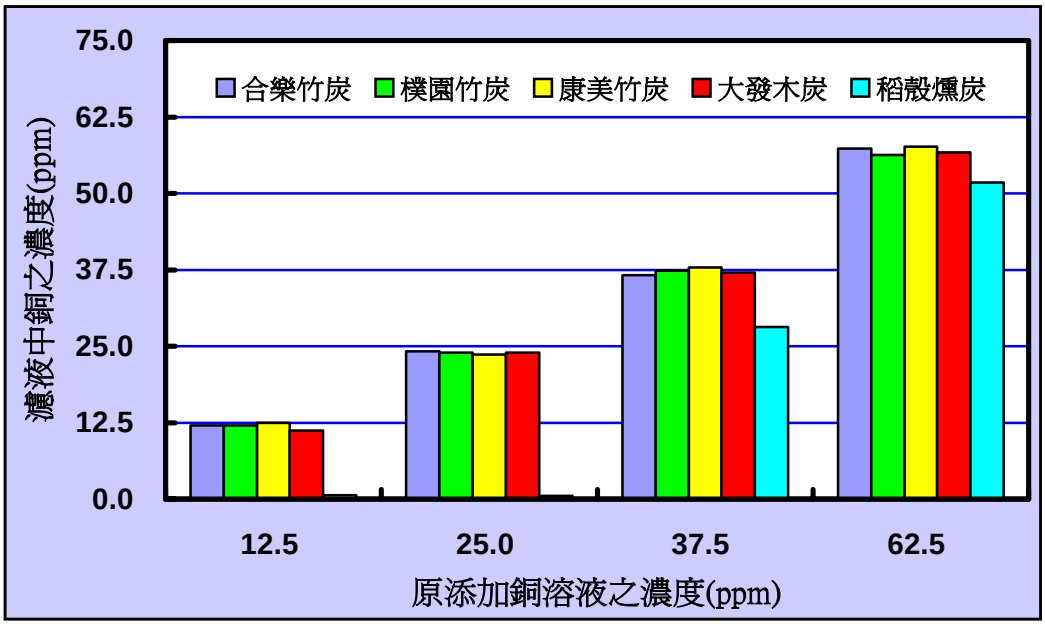
圖十七、炭材吸附後濾液錳濃度之變化



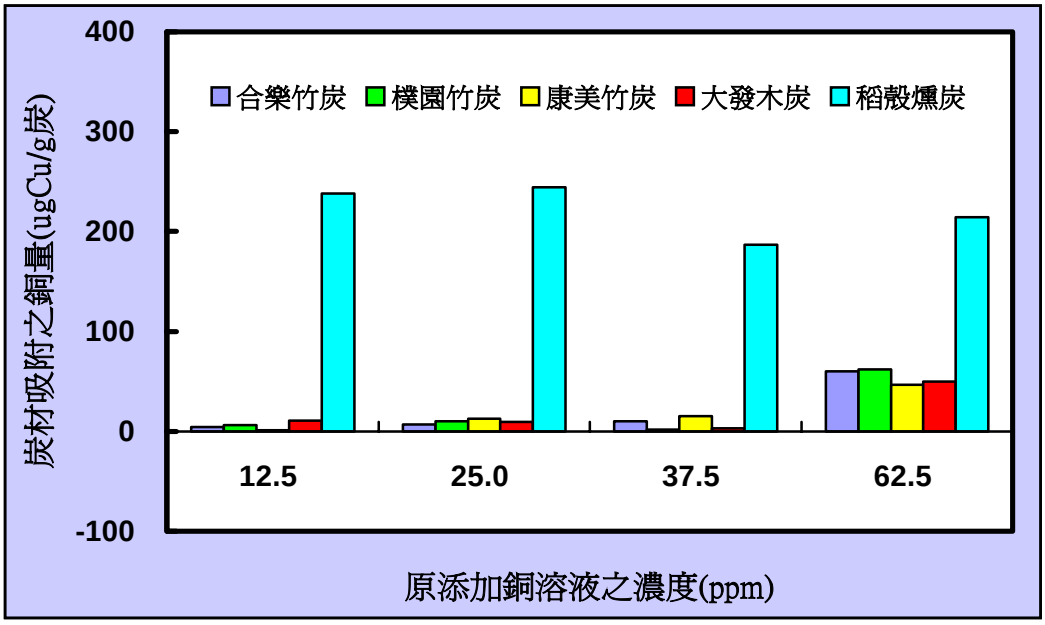
圖十八、炭材吸附錳量之變化

圖十八顯示竹、木炭對錳離子之吸附作用不大，隨錳添加量之增加而稍爲增加，高濃度時以合樂竹炭的效果較好。稻殼炭不但未能吸附錳離子，反而釋出極高量的錳於溶液中，不適用於日常飲水、料理中。

九、炭材對銅的吸附力



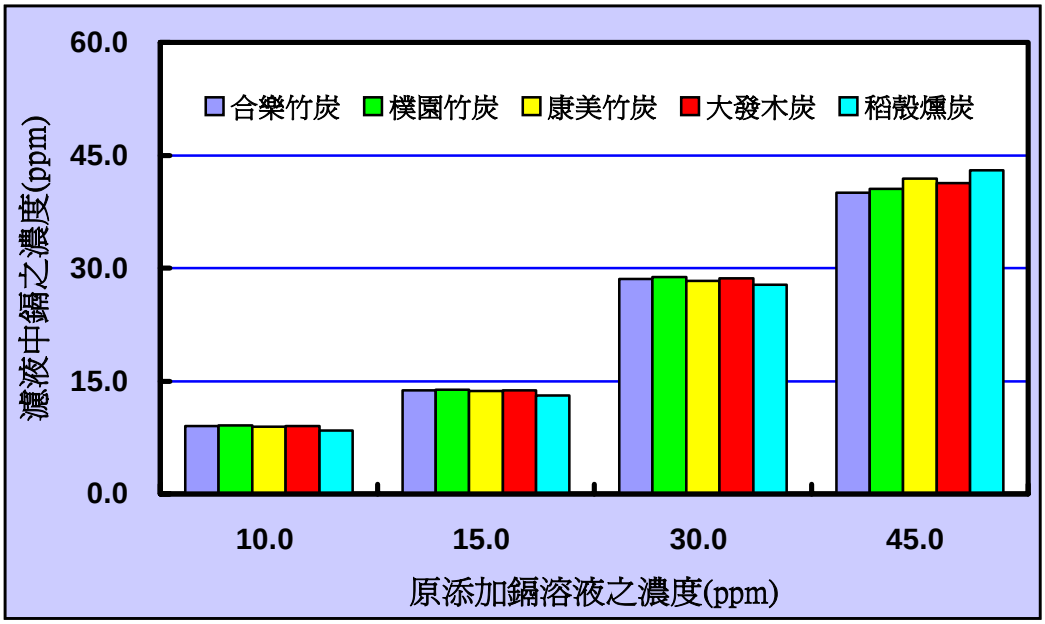
圖十九、炭材吸附後濾液銅濃度之變化



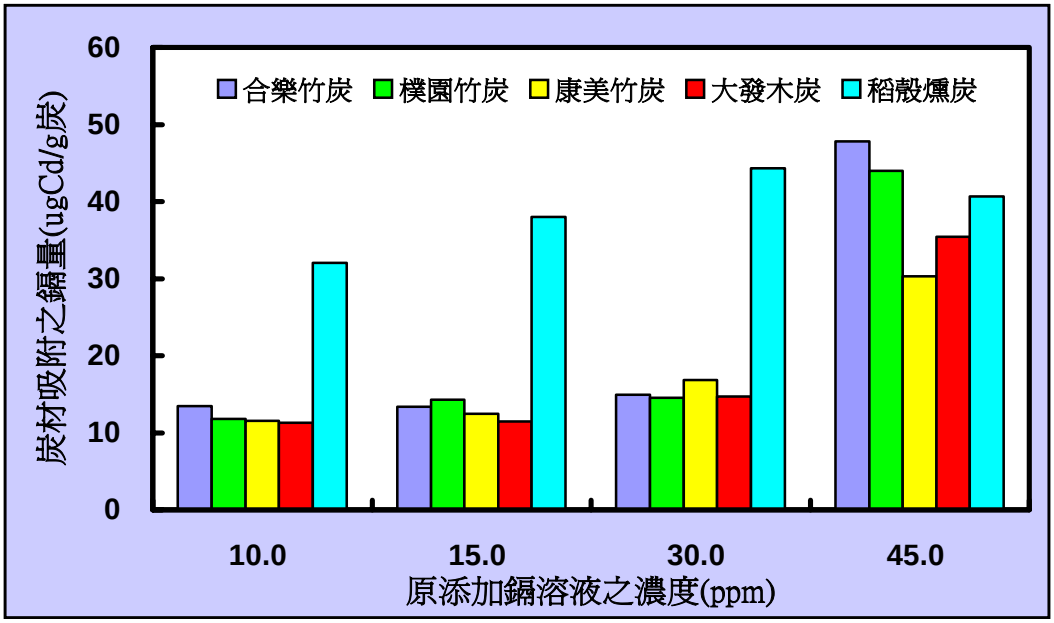
圖二十、炭材吸附銅量之變化

由圖十九~二十結果發現炭材對銅的吸附作用仍以稻殼燻炭最強，其他竹、木炭之吸附力在高濃度時較低濃度顯著提高，但不同竹木炭之間差異不大。

十、炭材對鎘的吸附力



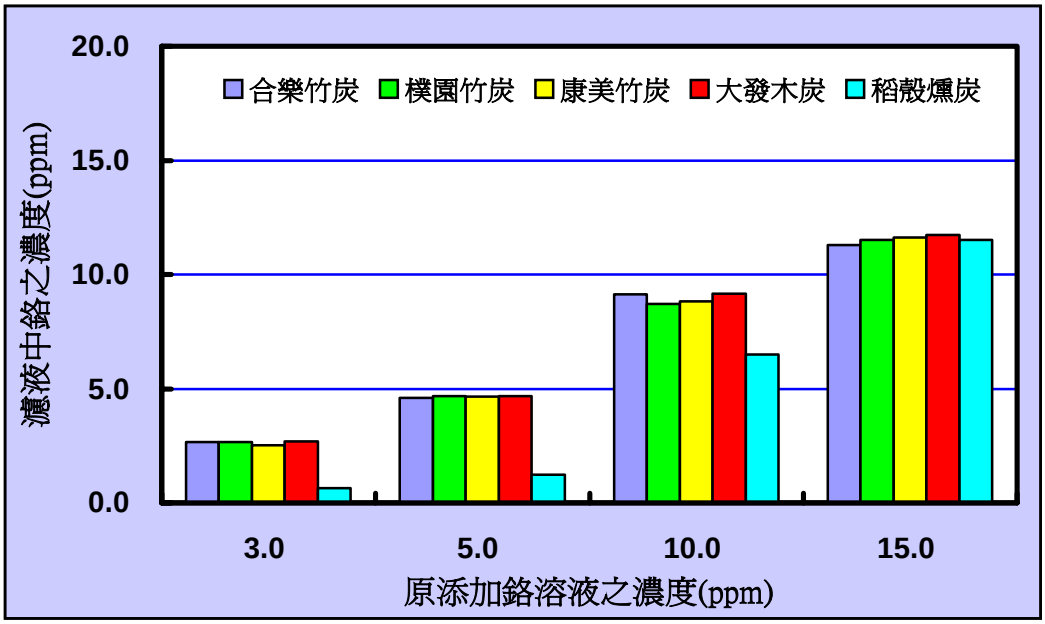
圖二十一、炭材吸附後濾液鎘濃度之變化



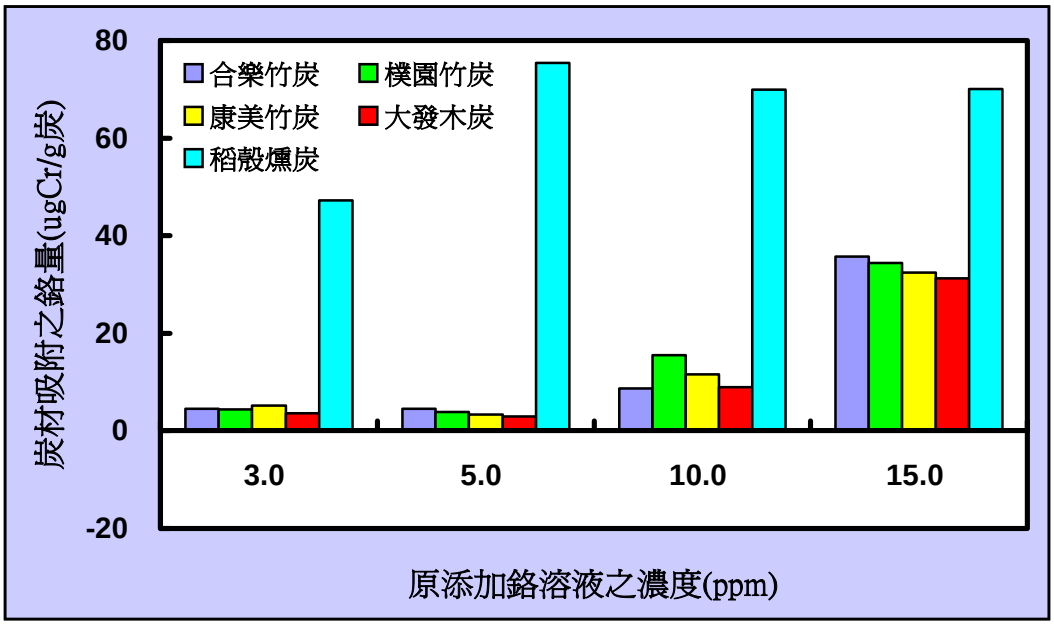
圖二十二、炭材吸附鎘量之變化

稻殼燻炭對鎘的吸附量隨鎘濃度增加而增加，在低濃度與高濃度時並無太大的差別，推測其吸附能力已趨於飽和。而其他的竹、木炭之吸附量於 45.0ppm 時急遽增加，顯示五種炭材均具有用於移除重金屬鎘污染之潛力。

十一、炭材對鉻的吸附力



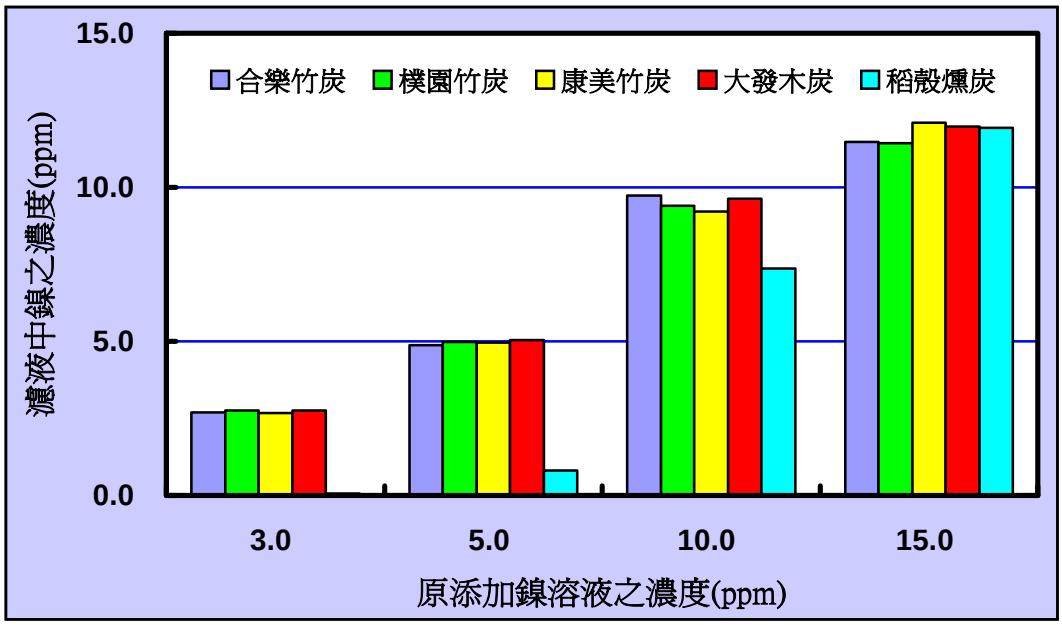
圖二十三、炭材吸附後濾液鉻濃度之變化



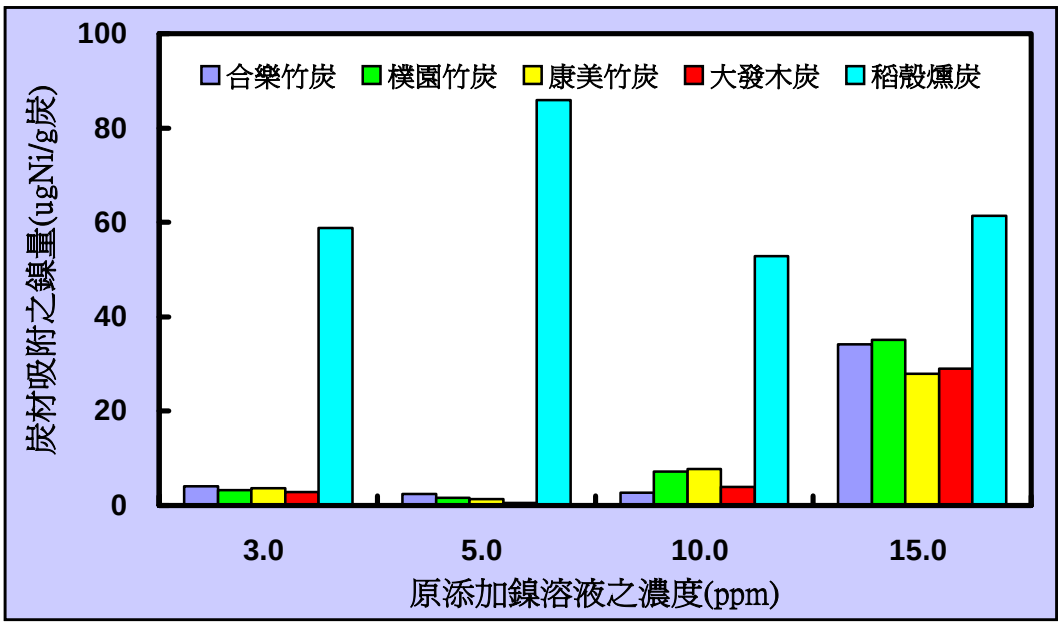
圖二十四、炭材吸附鉻量之變化

圖二十四顯示：稻殼燻炭對鉻的吸附量遠大於其他炭材，但是到 5.0 ppm 濃度以上，其吸附能力似乎已達極限。其他的竹、木炭對鉻的吸附量在 15ppm 高濃度時增加非常顯著，三種竹炭之吸附能力略優於大發木炭。

十二、炭材對鎳的吸附力



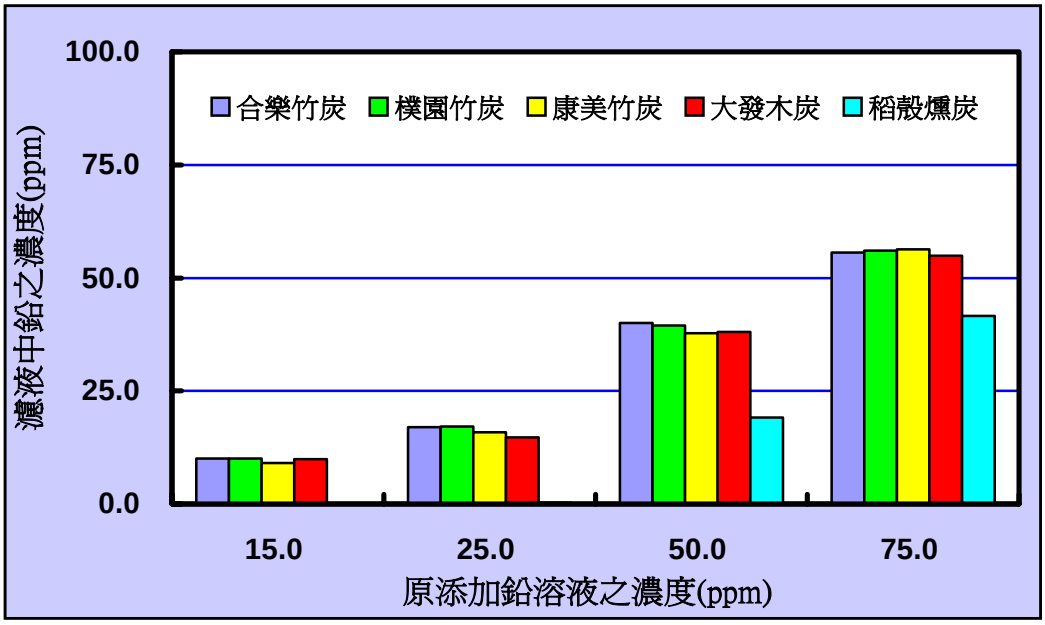
圖二十五、炭材吸附後濾液鎳濃度之變化



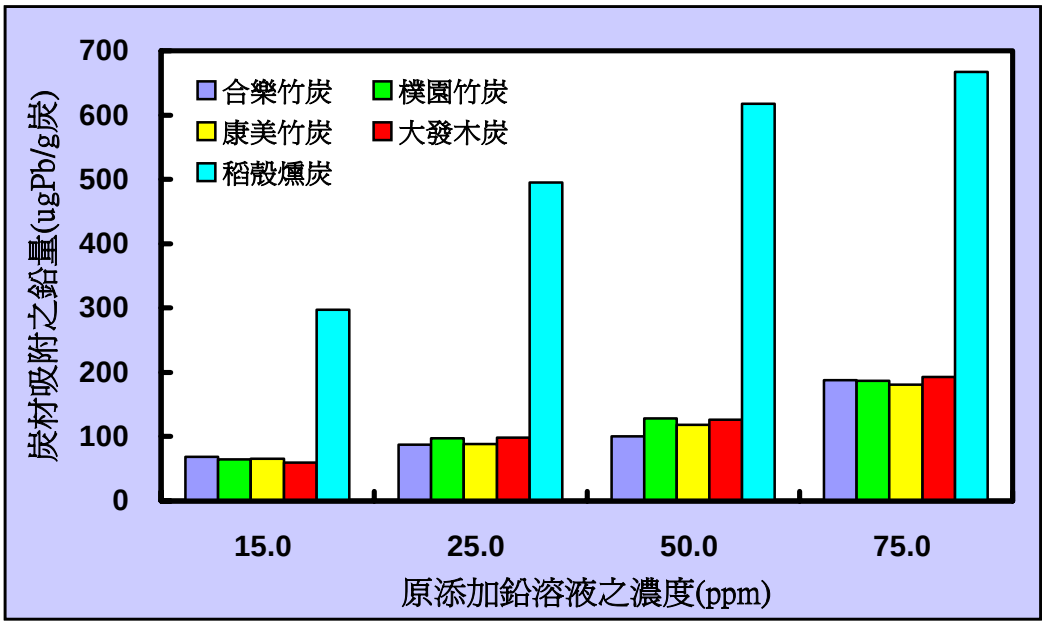
圖二十六、炭材吸附鎳量之變化

由圖二十六得知，除稻殼燻炭外，其他各種竹木炭在高濃度時對鎳離子之吸附作用才較爲明顯。合樂竹炭與樸園竹炭吸附能力略優於大發木炭和康美竹炭。稻殼燻炭不論在高或低濃度下對鎳離子都有頗佳的吸附力。

十三、炭材對鉛的吸附力



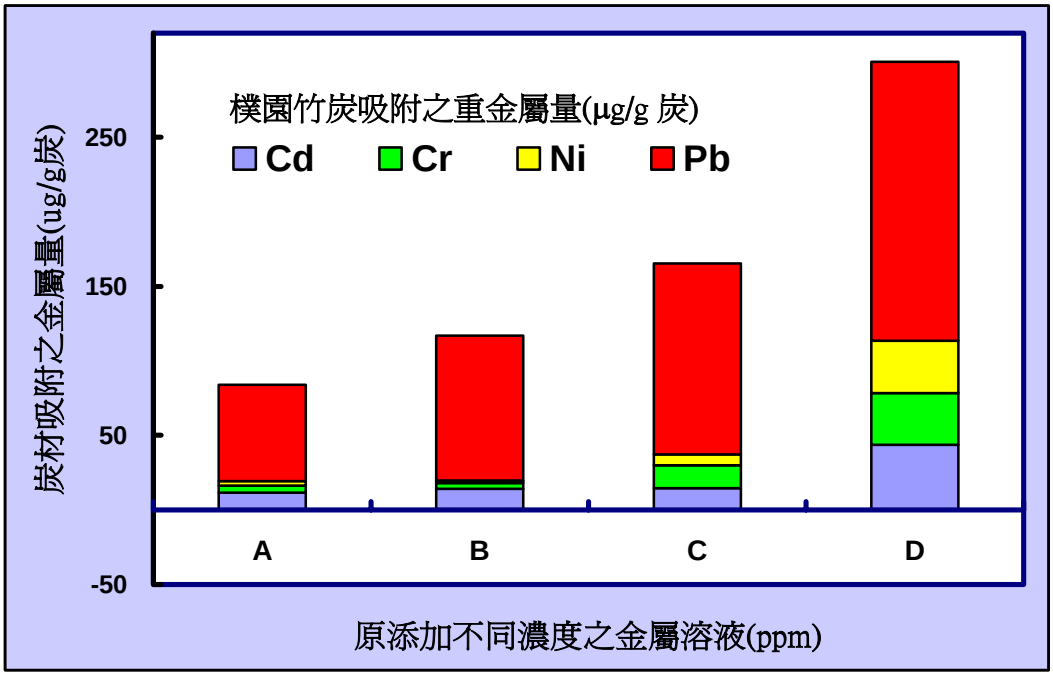
圖二十七、炭材吸附後濾液鉛濃度之變化



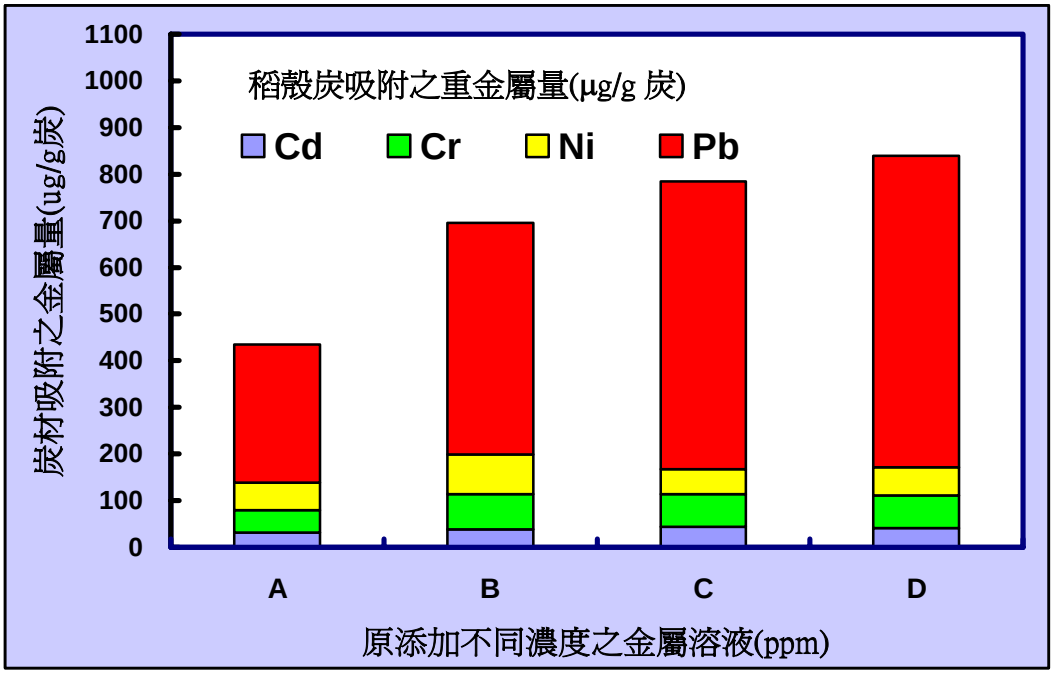
圖二十八、炭材吸附鉛量之變化

由圖二十八可知，稻殼燻炭對鉛的吸附量仍爲所有炭材中最高，而其他的竹木炭之間沒有太大的差異。所有炭材對鉛的吸附量皆因濃度增加而提高，而又以稻殼燻炭的變化量最大。

十四、比較炭材對重金屬吸附作用的差異性



圖二十九、樸園竹炭吸附不同重金屬之量。



圖三十、稻殼燻炭吸附不同重金屬之量。

由圖二十九可知樸園竹炭於同一試驗之重金屬溶液中，對各自重金屬的吸附依序爲鉛>鎘>鉻≥鎳。其他三種炭材之模式均與樸園竹炭相似。而圖三十則顯現稻殼燻炭於同一試驗之重金屬溶液中，對鉛的吸附量亦最大，而鎘、鉻和鎳的吸附都很相似，不因濃度而不同。稻殼炭對四種重金屬的吸附量爲其他炭材的三倍之多，根據分析稻殼燻炭比表面積可達 200~400 m^2/g。

柒、討論

本研究著重於探討並比較市面上不同生物性炭材的的功能及差異性。所選取的試驗炭材並不屬於同一等級，例如木炭爲條狀、竹炭爲片狀而稻殼燻炭爲碎殼狀，比較效果會產生較大的差異性。但可提供消費者一些資訊，於日常生活中依使用目的不同選用不同種類、不同等級之炭材。

生物性炭材乃利用植物天然之組織燒製成，因爲炭材的組織構造、物理性質以及炭化設備、製作過程有著無數的變數，因此，無法控制炭材產品規格標準化。燒製成的炭材孔隙比表面積均不同。而同一試驗炭材不能重複使用，雖採取三重複進行之，實驗結果仍受取樣影響有較大的誤差。

捌、結論

本研究結果顯示所探討之不同種類生物性炭材均具有調節環境溼度、釋出礦物質離子、鹼化飲用水以及吸附重金屬離子的功能。不同來源之竹炭與木炭，在各項功能之表現差異不大，屬於同一類型之生物性炭材。

所有炭材使用於飲用水時，炭材與水之比例必須恰當，否則所喝的飲用水反而有害健康。各種炭材自然礦物質離子之釋出以鉀離子爲主，鈉離子次之，鈣離子之釋出量非常低。

五種炭材中，稻殼燻炭釋出之高量鈉、錳離子，不適用於日常飲水及食物中。然而稻殼燻炭在重金屬及其他離子的吸附能力上，表現最爲卓越。從移除重金屬污染之角度看來，選擇稻殼燻炭比其他炭材更爲適宜且經濟；在除濕方面亦最爲便宜實惠。市面上種種有關生物性炭神奇功能的報導似有誇大之嫌，應用時仍須謹慎的選擇。

玖、未來展望

工業化的發展，雖提升了人們的生活水準，也間接的增加了地球的污染廢棄物和毒物，造成嚴重的環境衝擊。近年來由於環保意識的提升，政府與人民也開始重視環境污染的防治工作。

目前雖已有許多炭製品的開發，但將炭材作爲重金屬污染的吸附移除劑，運用在工廠的污水排放處理當中，以減少排放出的毒害物或重金屬，是個具有相當可行性的議題。綜觀來看，在重金屬及其他離子的吸附能力以及除濕方面，均以稻殼燻炭爲最佳。

而且價格僅其他炭材的 1/30，運用於重金屬污染之移除更爲經濟。每年稻殼廢棄物數量龐大，值得政府多投資人力及物力作更深入之研究與製作方法的改良。將稻殼炭化及活化製成炭材，再予重生循環利用，對環保具有雙重效用。期望本實驗所探討生物性炭材神奇功能的結果，能爲環保盡一份心力。

拾、參考資料

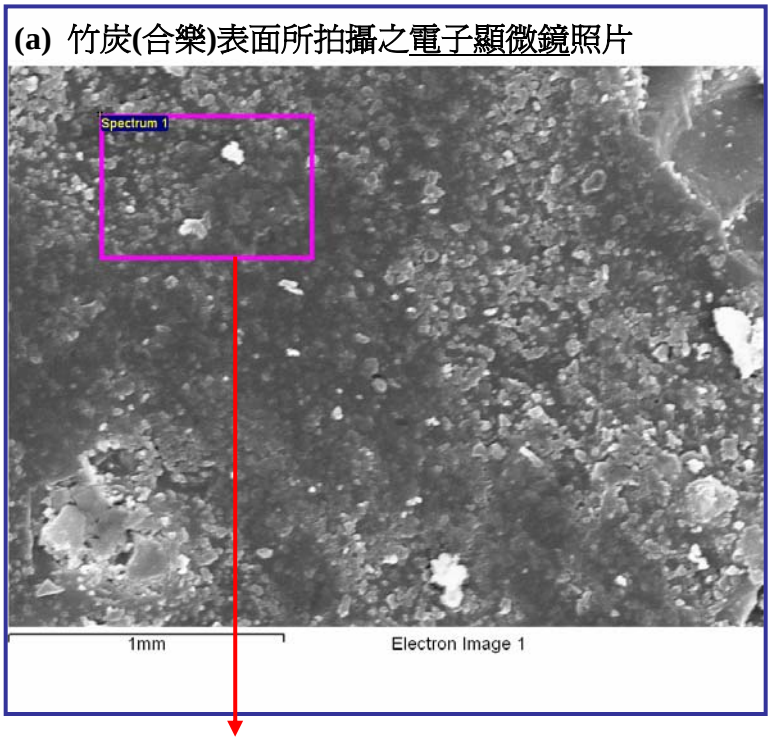
1. 大槻 彰（民 89）。養生黑鑽－木炭。台北縣：成陽。
2. 工業技術研究院（民 92）。產業開發多元化－竹炭妙用無窮。民 93 年 10 月 17 日，取自：http://www.itri.org.tw/chi/news_events/feature/2003/fe-0920404.jsp
3. 壬椿實業有限公司（民 90）。竹炭之結構。民 93 年 11 月 5 日，取自：http://www.charcoal.com.tw/html/page18124.html
4. 日本同步特選備長炭服務網（無日期）。民 93 年 8 月 15 日，取自：http://www.innature.net/
5. 王松永、洪崇彬、王俊凱、汪偉杰、賴華雄（民 93）。竹材之活化製成與性能檢測。工業材料雜誌，205，86-92。
6. 吳榮正、林素玉、林正乾（民 93）。竹碳製成及設備發展趨勢。工業材料雜誌，205，80-85。
7. 知性生活研究所（民 91）。炭魔法書-102 種從健康到環保的居家秘訣。台北縣：漢欣。
8. 陳文祈（民 93）。「竹產業轉型及振興計畫－新興竹製產品研發與推廣」執行成果現況。工業材料雜誌，205，73-79。
9. 陳俞君（民 93）。養生黑鑽－竹炭。台北市：文經。
10. 劉黔蘭、黃瓊慧、陳松浦（民 92）。炭化農業廢棄物吸附水中重金屬之研究。土壤與環境，6(3)，165-174。
11. 澤木智慧子（民 89）。木炭的神奇功效。台北縣：世茂

拾壹、附錄

附錄一至五分別爲五種碳材委由成大所拍攝之表面電子顯微鏡照片，可見稻殼炭之多孔結構。另表面元素分析之資料可輔助本研究之結果，顯示炭材表面有鉀離子等元素。

下圖爲利用場發射掃描式電子顯微鏡(Filed Emission Scanning Electron Microscope, FESEM,廠牌: JEOL 型號: JSM-6700F)所拍攝炭材之表面

(a) 竹炭(合樂)表面所拍攝之電子顯微鏡照片



選擇一區域進行表面元素分析，而得下表元素之重量比及原子數比

(b)竹炭(合樂)表面所分析得元素之重量比及原子數比

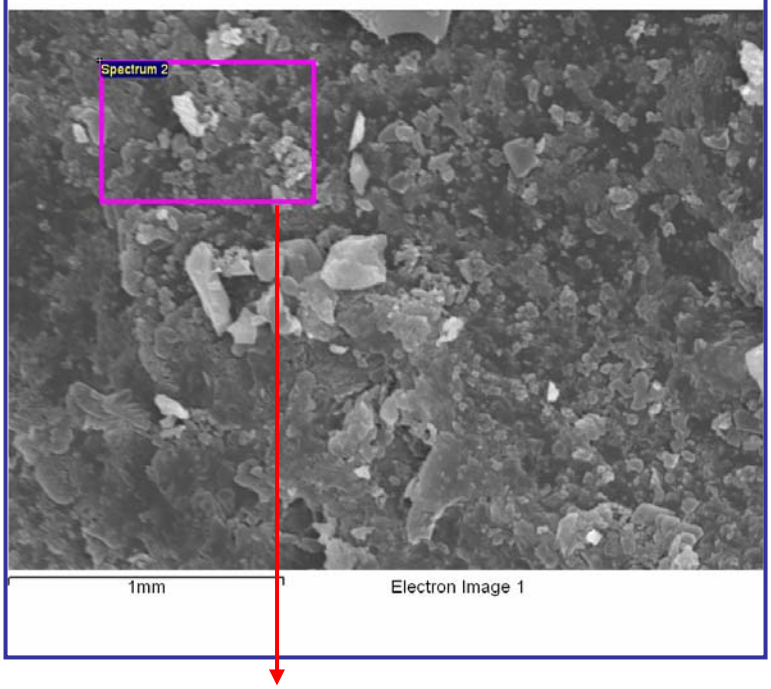
表面元素	重量比 (Weight,%)	原子數比 (Atomic,%)
碳 C	65.78	80.27
氧 O	18.75	17.18
矽 Si	0.39	0.20
硫 S	0.36	0.17
氯 Cl	0.30	0.12
鉀 K	3.25	1.22
鉑 Pt	11.18	0.84
Totals	100.00	100.00

Pt 元素並非樣本本身所擁有之元素，而是進行 SEM 或 EDS 分析時利用真空濺鍍所鍍上的；目的在增加樣本之導電度，以利於進行拍攝。

附錄二 Project 1　Sample 2-竹炭（樸園）　6/3/2005 2:43:28 PM

下圖爲利用場發射掃描式電子顯微鏡(Filed Emission Scanning Electron Microscope, FESEM,廠牌: JEOL 型號: JSM-6700F)所拍攝炭材之表面

(a) 竹炭(樸園)表面所拍攝之電子顯微鏡照片



選擇一區域進行表面元素分析，而得下表元素之重量比及原子數比

(b)竹炭(樸園)表面所分析得元素之重量比及原子數比

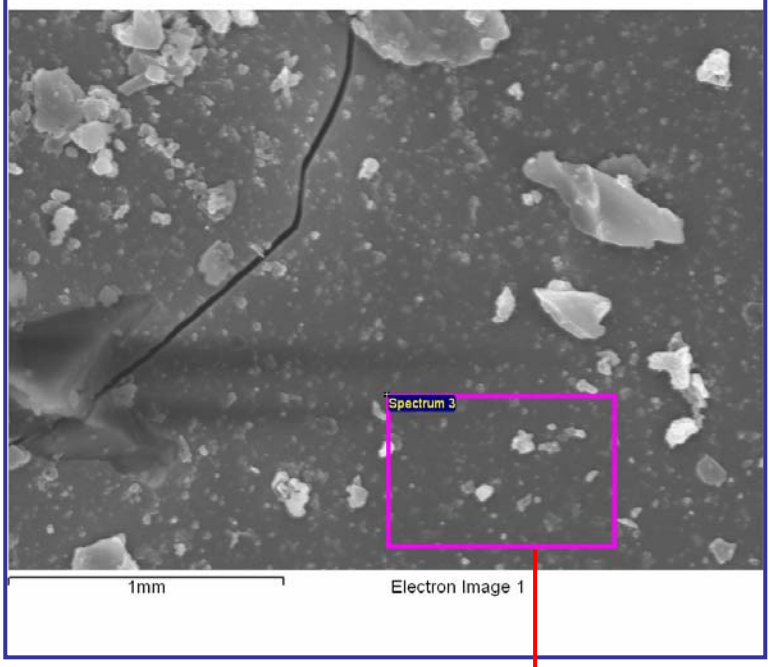
表面元素	重量比 (Weight,%)	原子數比 (Atomic,%)
碳 C	67.15	80.06
氧 O	19.38	17.35
矽 Si	0.25	0.13
硫 S	1.01	0.45
氯 Cl	--	--
鉀 K	3.83	1.40
鉑 Pt	8.38	0.62
Totals	100.00	100.00

Pt 元素並非樣本本身所擁有之元素，而是進行 SEM 或 EDS 分析時利用真空濺鍍所鍍上的；目的在增加樣本之導電度，以利於進行拍攝。

附錄三 Project 1　Sample 3-竹炭(康美)　6/3/2005 2:49:36 PM

下圖爲利用場發射掃描式電子顯微鏡(Filed Emission Scanning Electron Microscope, FESEM,廠牌: JEOL 型號: JSM-6700F)所拍攝炭材之表面

(a) 竹炭((康美)表面所拍攝之電子顯微鏡照片



選擇一區域進行表面元素分析，而得下表元素之重量比及原子數比

(b)竹炭((康美)表面所分析得元素之重量比及原子數比

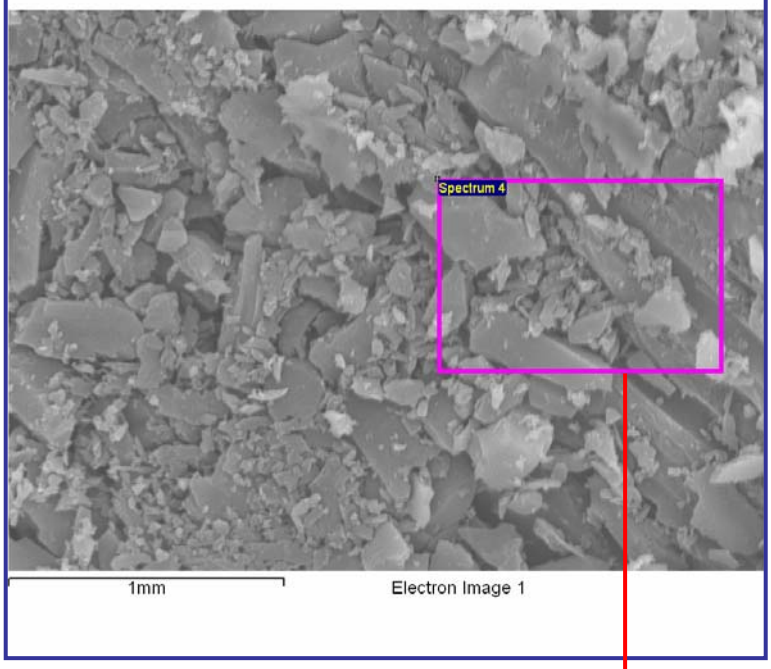
表面元素	重量比 (Weight,%)	原子數比 (Atomic,%)
碳 C	47.33	69.81
氧 O	21.76	24.10
硫 S	1.54	0.85
鉀 K	7.11	3.22
鉑 Pt	22.27	2.02
Totals	100.00	100.00

Pt 元素並非樣本本身所擁有之元素，而是進行 SEM 或 EDS 分析時利用真空濺鍍所鍍上的；目的在增加樣本之導電度，以利於進行拍攝。

附錄四 Project 1 Sample4-備長炭(大發) 6/3/2005 2:54:54 PM

下圖爲利用場發射掃描式電子顯微鏡**(Filed Emission Scanning Electron Microscope, FESEM,廠牌: JEOL 型號: JSM-6700F)**所拍攝炭材之表面

(a) 備長炭(大發)表面所拍攝之電子顯微鏡照片



選擇一區域進行表面元素分析，而得下表元素之重量比及原子數比

(b)備長炭(大發)表面所分析得元素之重量比及原子數比

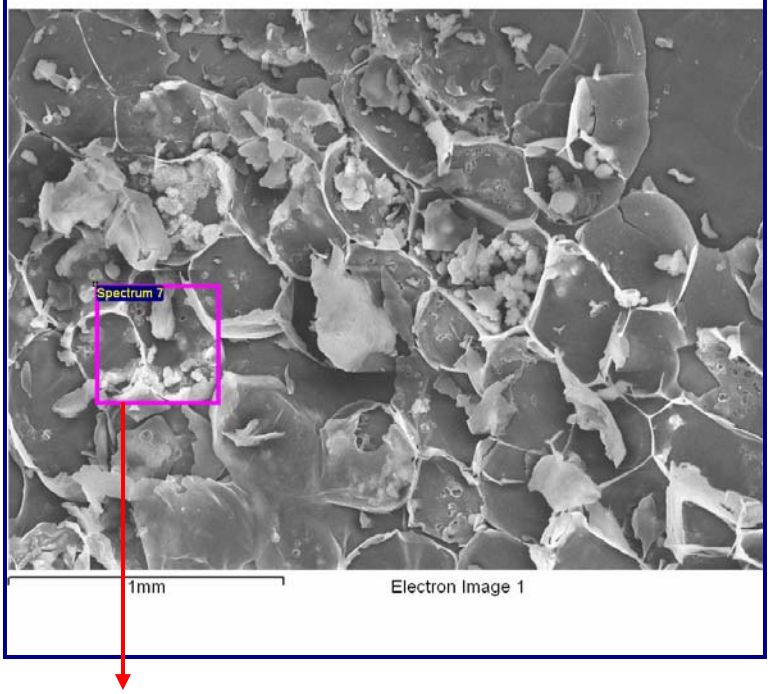
表面元素	重量比 (Weight,%)	原子數比 (Atomic,%)
碳 C	80.11	93.77
氧 O	5.76	5.06
鉀 K	0.52	0.19
鉑 Pt	13.60	0.98
Totals	100.00	100.00

Pt 元素並非樣本本身所擁有之元素，而是進行 **SEM** 或 **EDS** 分析時利用真空濺鍍所鍍上的；目的在增加樣本之導電度，以利於進行拍攝。

附錄五 Project 1　Sample 5-稻殼燻炭　6/3/2005　3:05:29 PM

下圖爲利用場發射掃描式電子顯微鏡(Filed Emission Scanning Electron Microscope, FESEM,廠牌: JEOL 型號: JSM-6700F)所拍攝炭材之表面

(a) 稻殼燻炭表面所拍攝之電子顯微鏡照片



選擇一區域進行表面元素分析，而得下表元素之重量比及原子數比

(b) 稻殼燻炭表面所分析得元素之重量比及原子數比

表面元素	重量比 (Weight,%)	原子數比 (Atomic,%)
碳 C	81.58	98.63
氧 O	--	--
鉀 K	--	--
鉑 Pt	18.42	1.37
Totals	100.00	100.00

Pt 元素並非樣本本身所擁有之元素，而是進行 SEM 或 EDS 分析時利用真空濺鍍所鍍上的；目的在增加樣本之導電度，以利於進行拍攝。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會

評　　語

高中組　生活與應用科學科

040801

自然黑鑽-生物性炭材神奇妙用之探索

國立臺南第二高級中學

評語：

本作品以一系列的實驗，來說明竹炭、木炭、稻殼燻炭在除濕力、酸鹼值、鉀、鈣、鈉、鐵、錳等重金屬離子之吸附力或釋放量之值。

唯一可惜之處是並未對各碳材做固定表面積之處理，以致吸附力可能只與表面積而非質料有關。不過，以生活應用而論，只切大塊，不磨成粉也有理由，但比較時標準不一致。