

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

以長備炭淨化溫泉水質之可行性研究

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：CNEE 93-02

執行期間：93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：蔡文田

共同主持人：蔡利局、張翊峰

計畫參與人員：賴智濼、蘇庭毅、葉青偉、林誌忠

執行單位：環境工程與科學系

中華民國 94 年 2 月 27 日

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

整合型計畫：台灣地區溫泉資源調查及永續利用之研究

子計畫(5)：以長備炭淨化溫泉水質之可行性研究

計畫編號：CNEE 93-02

執行期限：93年1月1日至93年12月31日

主持人：蔡文田 嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

共同主持人：蔡利局、張翊峰 嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

計畫參與人員：賴智濰、蘇庭毅、葉青偉、林鈺忠

嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

一、中文摘要

「長備炭」為一種碳化木炭，具多孔洞特性結構，可被使用於水之吸附過濾程序，作為去除雜質的吸附劑或濾料。本研究主要目的係匯整國內溫泉廢水水質及管理管制措施，並調查分析市售長備炭之孔洞特性，並利用長備炭於溫泉廢水之吸附過濾處理。研究結果顯示，長備炭 BET 表面積約為 20-40 m²/g，且孔洞大小分佈相當窄，絕大多數集中於 2.0 nm 以下。吸附用長備炭(代號：C-2)比燃料用長備炭(代號：C-1)有較好的吸附去除效能，符合對長備炭特性分析調查結果。

關鍵詞：溫泉廢水、長備炭、孔洞特性、處理

Abstract

Hard charcoal, a carbonized material and characteristic of porous structure, is used extensively as filtration media and/or adsorbent for the removal of all impurities from the aqueous solution. The objective of this work was to collect and summarize the information on water quality of hot spring wastewaters, and planned control/management measures in Taiwan area. Also, hard charcoal in commercial markets was examined to obtain its pore properties, and tested as filtration media and/or adsorbent for treating hot spring wastewater in this study. The results showed that BET surface areas of hard charcoals are approximately 20-40 m²/g. The pore size distribution of hard charcoal revealed a sharp peak at a much lower pore diameter, about 2.0 nm. In comparison with

removal efficiency by adsorption, the hard charcoal (adsorption use, notation code: C-2) is superior to another hard charcoal (fuel use, notation code: C-1), which is consistent with the results of their pore properties.

Keywords: Hot spring wastewater, Hard charcoal, Pore property, Treatment

二、緣由與目的

「備長炭」或稱之為「長備炭」，是一種木炭，原產於日本，係在攝氏 1000 度高溫下烘燒碳化而成的。其質地堅硬，故烘成的木炭體積約為原木的三分之一，但是重量卻只有原木的十分之一。換言之，「備長炭」炭化度高、比重大，雖然木炭中多氣孔，但是放入水中仍會沉底。由於備長炭具有許多類似於活性碳功能，近年來廣泛應用於除臭、淨水功能，放在房間、廁所、冰箱內可消除臭味，洗淨煮沸過後放入水中，還可以淨水、釋放礦物質，讓水變成好喝的礦泉水，或是丟入熱帶魚的水槽、水井、排水溝中以淨化水質。

台灣地區溫泉資源相當豐富，近年來民眾休閒風氣隨國民所得提高而重視健康養生，致使仿日本式泡湯文化大幅增加。由於現行的溫泉水資源大多位於集水區上游或水源保護區內，因此溫泉廢水對河川或水源污染影響漸為政府重視。隨著溫泉法於民國九十二年七月正式通過立法，其衍生的溫泉廢水水質、相關管理管，將成為一個刻不容緩的工作。

基於以上背景，本研究欲藉此種碳質健康材料探討作為淨化溫泉水質之可行性，故研究計畫重點包括：

- 建立台灣地區溫泉廢水水質之資料。
- 進行市面上長備炭特性之調查。
- 淨化溫泉廢水之實驗，探討溫泉水中化學成份之變化。

三、研究與實驗方法

1. 台灣地區溫泉廢水水質之資料建立

(1) 利用本校與化學摘要服務社(CAS)連線之SciFinder Scholar 資料查詢。

(2) 查詢國內相關研究單位之網路資料，例如國科會(含科資中心)、環保署、工研院能源與資源研究所、國家圖書館、經濟部水利署等。

2. 市面上長備炭特性之調查

(1) 長備炭材料

長備炭為本研究之實驗材料，其來源係至台南台糖大賣場購得。本研究中共使用兩種規格，分別為燃料用(代號：C-1)及吸附用(代號：C-2)，其尺寸大小為長約 13 公分、直徑約 3 公分。由於吸附實驗要求，故將材料先行破碎篩分至能通過篩網 100 號(網目口大小為 0.149 mm)而被截留至篩網 200 號(網目口大小為 0.074 mm)，故此過篩後樣品之平均直徑為 0.112 mm。然後再將此過篩後之吸附過濾材料水洗後，予以於 100°C 下烘乾 2 日，冷卻至室溫後儲存備用，以備作為其孔洞特性分析及吸附過濾效能評估。

(2) 孔洞特性分析

利用本校環境科技發展中心之精密分析儀器，即比表面積/孔洞分析儀(Model No.: ASAP-2010, Micromeritics Instrument Co., USA) 及真密度分析儀(Model No.: AccuPyc 1330, Micromeritics Instrument Co., USA)，量測長備炭之 BET/Langmuir 比表面積、微孔表面積及真密度。

3. 淨化溫泉廢水實驗

淨化溫泉廢水實驗乃利用簡易吸附及重力過濾兩種方式，水質分析項目係以化學需氧量(chemical oxygen demand, COD)為指標。以下就相關實驗藥品、器材及方法加以說明：

(1) 實驗藥品

- 劑試水：電阻值為 16 以上的純水
- 重鉻酸鉀消化溶液，0.0167 M：將 4.913g 的重鉻酸鉀(先在 103 度烘乾 2 小時)，加入約 500ml 試劑水中，依序加入 167ml 濃硫酸、33.3g 硫酸汞，混合解，冷卻至室溫後定量至 1l。
- 硫酸試劑：於 2.5 liter 濃硫酸中加入 25g 硫酸銀，放置 1 至 2 天。
- 菲羅林指示劑溶液：溶解 1.485g 之 1,10-二氮菲(1,10-phenanthroline monohydrate)和 0.695g 硫酸亞鐵於試劑水中，稀釋到 100ml。
- 硫酸亞鐵銨滴定溶液，0.10 M：將 39.2g 硫酸亞鐵銨溶於試劑水中，加入 20 ml 濃硫酸，冷卻至室溫後定量至 1 liter。
- COD標準溶液：稱取0.425g已在120°C烘乾至恆重之苯二甲酸氫鉀，溶解於試劑水中，定量至1 liter。

(2) 溫泉廢水採樣

本研究溫泉廢水係採自屏東縣四重溪某家溫泉業者。此溫泉廢水來源包括大眾池及泡湯前後沐浴之混合廢水，業者將此廢水直接排入排水溝，最後導入四重溪，故無任何初步簡易處理。

(3) 設備

- 消化管：規格為 25 x 10mm
- 平板加熱器：台灣欣翔科技公司
- 天平：德國 Sartorius 微量天平，可精稱至 0.1mg
- 恆溫振盪水槽：台灣欣翔科技公司
- 過濾膜器具
- 濾紙：美國ADVANTEC濾紙，70mm

(4) 步驟

(一) 吸附

- 用定量瓶(50ml)每次取混合溫泉廢水 50ml 分別倒入 10 瓶三角瓶中。

- 精稱二種長備炭各 2.5、5.0、7.5 及 10.0g，分別倒入上述三角瓶中。
- 將三角瓶放入恆溫振盪水槽中，以 25°C、100 rpm 振盪 20 個小時。
- 20 小時後取出三角瓶，用過濾針筒去除長備炭吸附劑，收集其水樣為樣液，再將此樣液暫時冷藏。
- 完成水樣之 COD 分析(至少二次)。

(二)重力過濾

- 用定量瓶(50ml) 每次取混合溫泉廢水 50ml 分別倒入 10 瓶三角瓶中。
- 精稱二種長備炭各 2.5、5.0、7.5 及 10.0g，分別倒入 U 型瓶中，底部使用 70mm 直徑之濾紙，再將水樣依序倒入 U 型瓶，借由重力方式讓水樣緩緩通過長備炭吸附過濾層，然後收集水樣為過濾樣液，再將此樣液暫時冷藏。
- 完成過濾樣液之 COD 分析(至少二次)。

四、結果與討論

1.台灣地區溫泉廢水水質及其管制資料匯整

本研究於執行期間曾透過數個資料庫(包括國家圖書館全國博碩士論文資料網及財團法人國家實驗研究院科學技術資料中心全國科技資料網-STICNET)進行搜詢，結果發現國內溫泉廢水水質之資料相當少，且無完整性報告。適於本計畫執行期限前一個月(93 年 11 月)，環保署委託國立台灣大學環境工程學研究所楊萬發教授執行「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水污染調查及管理制度評估計畫」完成，依據此研究報告匯整與本計畫有關重點如下：

(1)國內溫泉廢水水質(以 COD 為指標)匯整

國內溫泉廢水之化學需氧量大多位於 100mg/L 以下，普遍符合目前飲業、觀光旅館業之放流水標準，只要少部分混合的其他廢水(例如餐飲廢水、沐浴廢水等)其化學需氧量會明顯的偏高，有的高於 100mg/L。依照其檢驗之化學需氧量數據，分別以硫磺泉、泥漿溫泉及碳酸泉來探討其化學需氧量，硫磺溫泉主要之溫泉區為金山、北投、陽明山及行義路溫泉(表 1)，泥漿溫泉為關子嶺溫泉(表 2)，

碳酸溫泉主要之溫泉區為烏來、泰安、四重溪、寶來/不老、安通/瑞穗、知本、蘇澳、礁溪、廬山、東埔及谷關溫泉(表 3)。上述溫泉廢水之化學需氧量大多數位於 50mg/L 以下，少部分溫泉廢水之化學需氧量較高，例如烏來溫泉區之露天溫泉池濃度高達 201.5 mg/L，但綜合廢水之化學需氧量則大於 100mg/L 以上。

(2) 針對溫泉用事業所產生之排放水，初步規劃出溫泉廢水暨附設餐飲廢水之管理措施有二種不同方案。

方案一：單純泡湯廢水及餐飲、泡湯前沐浴、客房廢(污)水分管排放

• 單純泡湯廢水單獨排放

溫泉用事業把溫泉廢水與餐飲、大眾池及湯屋之沐浴及客房等廢(污)水分流，且溫泉廢水有單獨之排放口，其處理措施：溫泉廢水未與其他廢(污)水混合者，以設施進行管理，泡湯廢水於排放前設置**過濾系統**，得放流回歸原水體。

• 餐飲、大眾池及湯屋之沐浴及客房等廢(污)水排放 溫泉使用事業把溫泉廢水與餐飲、大眾池及湯屋之沐浴及客房等廢(污)水分流，且餐飲、大眾池及湯屋之沐浴及客房等廢(污)水另有一個排放口，其管理措施：

A：符合水污染防治法中有關「觀光旅館(飯店)及餐飲業」定義者，以「**放流水標準**」所規範之排放限值進行管制。

B：尚非屬「觀光旅館(飯店)及餐飲業」規模者，以處理措施管理，即餐飲廢(污)水於排放前規範設置**油脂截留器**，簡易處理後得放流回歸原水體。

方案二：單純泡湯廢水與餐飲、泡湯前沐浴、客房廢(污)水於排放口為混合排放無法分管排放

A：符合水污染防治法中有關「觀光旅館(飯店)及餐飲業」定義者，以「**放流水標準**」所規範之排放限值進行管制。

B：尚非屬「觀光旅館(飯店)及餐飲業」規模者，以處理措施管理

(a)餐飲廢(污)水以設施進行管理，餐飲廢(污)

水於排放前設置**油脂截留器**，**簡易處理**後得放流回歸原水體。

(b)溫泉廢水僅以設施標準進行管理，泡湯廢水於排放前規範設置**過濾系統**，簡易處理後得放流回歸原水體。

2. 市面上長備炭特性之調查

由以上所匯整的資料可知溫泉廢水未來可能是環保署列管之廢水源，且其**過濾吸附**處理為必要方式之一。本研究基於長備炭諸多特性，故對市面上日本進口長備炭進行初步特性調查分析，其結果列於表4及現於圖1-4。依據此圖表結果，有關重點如下：

(1) 由 N_2 吸附/脫附等溫曲線得知(圖1及圖2)，依BDDT分類為type IV，表示為一種中孔性物質，此點可由表4可知，即長備炭C1及C2之BET表面積分別為24及32 m^2/g ，此分析結果明顯表示長備炭緊為一種碳化物質，並不具似活性碳具有500-1200 m^2/g 表面積，同時亦可得知吸附用長備炭(代號：C-2)比燃料用長備炭(代號：C-1)有較大的表面積，表示前者應有較高的吸附容量或效率。此外，由表4數據一致得知長備炭C2於Langmuir表面積及微孔表面積上，皆高於長備炭C1，但於粒密度上長備炭C2則較大些。

(2) 由圖3及圖4中亦發現本研究所使用的長備炭之孔洞大小分佈相當窄，絕大多數集中於2.0nm以下孔洞，表示此多孔性長備炭屬於微孔性物質，此點可由微孔表面積即佔BET表面積之93%以上而得到佐證(表4)，然而須知長備炭並不屬於真正的微孔性吸附劑，顯示長備炭上微孔的密集度不高，若欲達到活性碳特性乃須進一步施以活化程序始可。

3. 溫泉廢水以長備炭吸附及過濾初步處理效能

本研究利用吸附用長備炭(代號：C-1)及燃料用長備炭(代號：C-2)二種物質作為溫泉廢水初步吸附及過濾處理之介質。研究中係以COD作為評估去除效能指標，且溫泉廢水之COD值為58.6 mg/L，此結果大致吻合楊萬發教授執行國環保署委託執行「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水

污染調查及管理制度評估計畫」報告。表4及表5分別顯示在不同處理劑量下這二種長備炭於吸附及過濾程序之初步去除效能，結果表示於吸附處理上，吸附用長備炭(代號：C-2)比燃料用長備炭(代號：C-1)有較好的去除效能，符合先前對長備炭特性分析調查結果；但於過濾處理上，燃料用長備炭(代號：C-1)似比吸附用長備炭(代號：C-2)稍有較佳的去除效能，其原因乃待進一步分析。

五、參考文獻

- (1) 陳威宏，溫泉廢水對於水環境之影響—以南勢溪流域為例，國立台北科技大學環境規劃與管理研究所碩士論文，2002年。
- (2) 吳靜玫，溫泉廢水水污染調查及管理制度評估，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文，2004年。
- (3) 環保署，「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水污染調查及管理制度評估計畫」，2004。
- (4) Bansal R.C., Donnet J.B. and Stoeckli F., Active Carbon. Marcel Dekker. New York (1988).
- (5) Gregg S.J. and Sing K.S.W., Adsorption, Surface Area and Porosity, 2nd ed., Academic Press, London (1982).
- (6) Lowell S. and Shields J.E., Powder Surface Area and Porosity, 3rd ed., Chapman & Hall, London (1991).
- (7) Smith J.M., Chemical Engineering Kinetics, 3rd ed., McGraw-Hill, New York (1981).
- (8) Anderson J.R. and Pratt K.C., Introduction to Characterization and Testing of Catalysis, Academic Press, London (1985).

表 1 泉源為硫磺泉之 COD 檢驗數據

採樣點	金山溫泉	北投溫泉	陽明山溫泉	行義路溫泉
溫泉廢水		6.10	69.44	
	27.20	12.67	42.73	
綜合廢水	66.32	27.59	22.13	21.37
	17.78		54.18	67.15
				70.21

資料來源：環保署，「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水污染調查及管理制度評估計畫」，2004

表 2 關子嶺溫泉區 COD 檢驗數據

採樣點	化學需氧量
溫泉廢水	14.87
	9.90
綜合廢水	106.21

資料來源：環保署，「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水污染調查及管理制度評估計畫」，2004

表 3 泉源為碳酸泉之溫泉區 COD 檢驗數據

採樣點	烏來溫泉	泰安溫泉	四重溪溫泉	寶來、不老溫泉	安通、瑞穗溫泉
溫泉廢水	16.71	6.95	13.72	13.12	25.34
	26.18	6.91	10.70	6.95	16.89
	201.4			6.99	7.74
	7			18.95	
綜合廢水	26.18	123.49	6.94	14.42	7.04

資料來源：環保署，「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水污染調查及管理制度評估計畫」，2004

表 3 泉源為碳酸泉之溫泉區 COD 檢驗數據(續)

採樣點	知本溫泉	蘇澳冷泉	礁溪溫泉	廬山溫泉	東埔溫泉	谷關溫泉
溫泉廢水	6.94	18.38	13.50	6.12	10.89	6.50
	6.96	41.00	6.94	6.52	6.95	6.87
	18.30	19.79	25.45	19.45	6.85	7.99
	6.96				6.42	
綜合廢水						

資料來源：環保署，「溫泉廢水暨附設餐飲廢水水污染調查及管理制度評估計畫」，2004

表 4 長備炭主要孔洞特性一覽

Sample ID	S _{BET} ^a (m ² /g)	S _L ^b (m ² /g)	S _{micro} ^c (m ² /g)	ρ _s ^d (g/cm ³)
C-1	23.1	35.6	22.3	2.78
C-2	32.0	47.0	30.2	2.08

^a Denoted as BET surface area.

^b Denoted as Langmuir surface area.

^c Denoted as micropore area.

^d Denoted as true density.

表 5 長備炭吸附溫泉廢水之初步成效^a

長備炭	劑量	平均去除效率(%)
C-1	2.5g/50ml	68.6
	5.0g/50ml	46.1
	7.5g/50ml	54.4
	10.g/50ml	57.7
C-2	2.5g/50ml	77.0
	5.0g/50ml	98.8
	7.5g/50ml	93.7
	10.g/50ml	88.7

^a 溫泉廢水之 COD 值為 58.6 mg/L

表 6 長備炭過濾溫泉廢水之初步成效^a

長備炭	劑量	平均去除效率(%)
C-1	2.5g/50ml	84.5
	5.0g/50ml	66.7
	7.5g/50ml	84.5
	10.g/50ml	95.1
C-2	2.5g/50ml	57.3
	5.0g/50ml	71.5
	7.5g/50ml	56.8
	10.g/50ml	89.6

^a 溫泉廢水之 COD 值為 58.6 mg/L

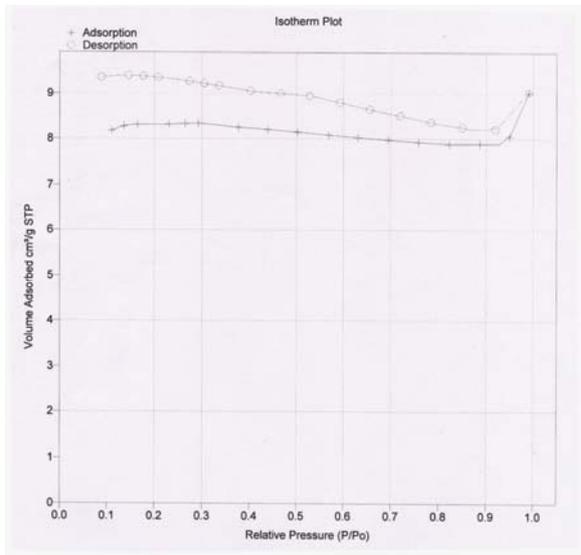


圖 1 長備炭 C1 之 N₂ 等溫吸脫附圖

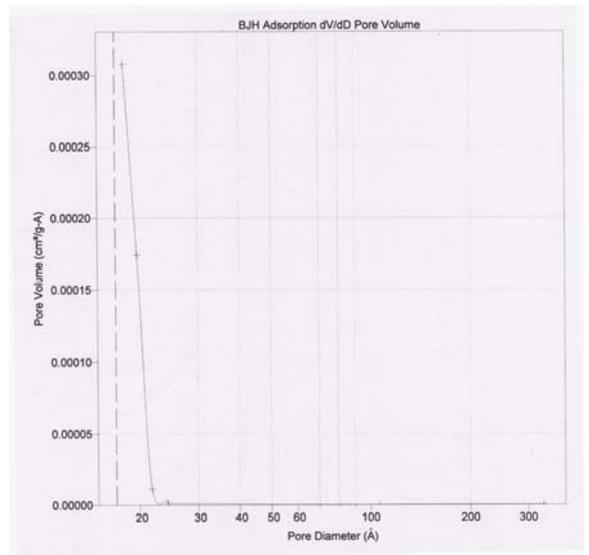


圖 4 長備炭 C2 之孔洞大小分佈圖

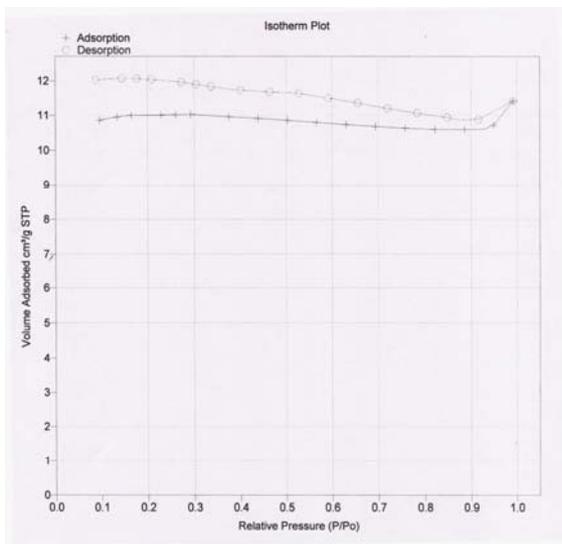


圖 2 長備炭 C2 之 N₂ 等溫吸脫附圖

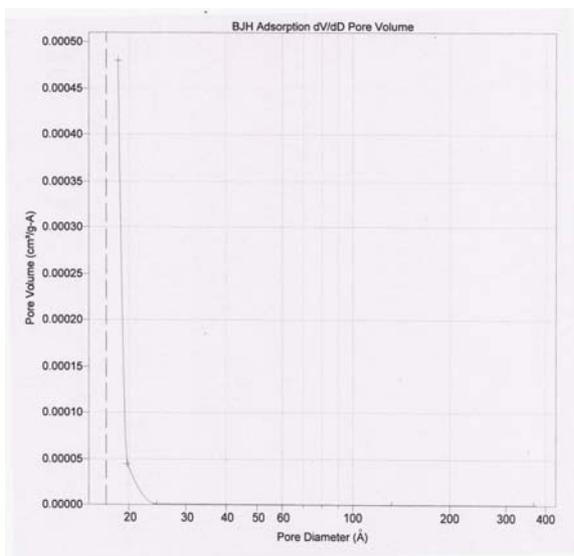


圖 3 長備炭 C1 之孔洞大小分佈圖

