

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

台灣地區溫泉資源調查及永續利用之研究

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：CNEE93-01

執行期間：93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：李孫榮

共同主持人：蔡文田、蔡利局、張翊峰

執行單位：環境工程與科學系

中華民國 94 年 2 月 15 日

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

台灣地區溫泉資源調查及永續利用之研究 子計畫 1：台灣地區溫泉資源永續利用之評估分析

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：

執行期間：93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：李孫榮

共同主持人：李孫榮

計畫參與人員：張翊峰、蔡利局

執行單位：環境工程與科學系

中華民國 94 年 2 月 15 日

摘要

台灣地區溫泉十分豐沛，亦可顯示在溫泉開發與利用以及管理之過程中，與相關水系資源之關係密不可分。而根據溫泉法第二章溫泉保育相關條文指出，溫泉屬於國家的天然資源，不因人民取得溫泉所在土地所有權而受影響，並需將溫泉露頭視為珍貴的地質景觀，應予劃定範圍保護並禁止破壞，並遵循保育與永續利用原則。緣此，本研究計畫提出主要目的為彙整現有主管機關與各目的事業主管機關對於現有溫泉管理之規範，並分析各規範對與環境保護主管機關所需配合之相關事項，有益於擬定永續利用溫泉資源及溫泉區之保育管理之相關法令與策略。並進一步探討台灣地區溫泉使用事業包括觀光休閒遊憩、農業栽培、地熱利用、生物科技或其他使用目的之事業，在溫泉使用過程中對水資源品質及數量之影響，以及可行之永續利用之原則及措施，研議可行之管理措施方案，作為相關使用業者開發與使用過程之參考依據，以及消費選擇良質溫泉之參考。

一、前言

溫泉具有觀光休閒遊憩、醫療保健、地熱能源與農漁業應用等功能。台灣地區溫泉資源利用甚早，多僅供休閒與遊憩之用。近年來隨著國民所得提高，休閒時間增加，相對的對休閒養生的價值觀亦隨著改變，對於溫泉供作其他使用的需求性大增。

行政院於民國 88 年 5 月 25 日以台八十八交字第 0260 號函核定行政院觀光發展推動小組所研提之「溫泉開發管理方案」，作為溫泉開發利用與管理之依據。溫泉開發管理方案，以促進溫泉資源之保育及永續利用、改善溫泉地區之環境與景觀、建立溫泉開發管理制度，發揮溫泉資源之多樣化利用、推動溫泉旅館再造，滿足觀光遊憩兼療養健身的需求為目標。民國 91 年，水利署依據民國 90 年全國經濟發展會議結論完成「溫泉法」草案訂定法制作業；民國 92 年 6 月 3 日經立法院三讀通過，並於同年 7 月 2 日經總統頒布。是項立法對於溫泉水權登記、溫泉水資源永續利用、溫泉取供事業、溫泉使用事業、溫泉區的設立、開發、經營及其管理等層面，奠定了法制上的基礎規範。

本研究依據溫泉法法定應辦事項、溫泉區水資源使用現狀，並參酌「溫泉區開發管

理方案」，以「加強溫泉資源調查與技術開發」、「合理分配溫泉用水」、「健全溫泉水資源使用」、「營造溫泉產業發展利基環境」、「修訂法令加強溫泉教育宣導」等五項策略，研擬研議可行之永續發展使用評估分析，作為相關使用業者開發與使用過程之參考依據，以及消費選擇良質溫泉之參考。

二、背景說明

溫泉之所以受到大眾之喜愛，乃因其對人體具有各種療效所致。而根據國外文獻其療效乃是因溫泉水中含有高濃度的各種溶解性陰、陽離子鹽類如硫酸根離子、碳酸根離子、碳酸氫根離子、氯離子、鈉離子、鉀離子、鈣離子、鎂離子等，甚至放射性元素等。我國溫泉法尚未實施前，由於缺乏統一的溫泉基準，以致溫泉業者多以不實的名詞誇大溫泉的療效，以吸引消費者。自溫泉法實施後，水利署已依溫泉法第三條第二項規定完成「溫泉基準」之訂定，將有助於導正現行分類凌亂現象。然而如何能比照日本進一步定出「溫泉種類」別，並歸類其泉質特性與健康療效，俾讓溫泉業者有所遵循。因此，建立溫泉泉質標準化檢測技術與規範及溫泉泉質代檢認證制度，以及溫泉基準與分類推

廣，均為刻不容緩工作。

而台灣目前所使用的溫泉水產狀大致可分為自然湧出泉水、鑽探後由井口自然湧出、鑽探後需有動力抽取、自然噴出或鑽探後自然噴出之蒸氣或氣體與水混合等四種型態。但在因深井鑽探抽取熱水作為溫泉使用，已對地下水資源造成嚴重的影響，在國內對於溫泉水之抽取尚未進行對水資源與環境之影響評估；同時，過去所進行隻地下水觀測與研究，多侷限於較淺之鑽探井，對深井抽水的影響研究評估甚少。前述課題均會對在地方政府執行溫泉法之時，形成窒礙難行之處，必須加以探討。

至 92 年 12 月止，溫泉區內溫泉業者以增至四百餘家，合法水權登記數超過 160 件，其中又以北投、廬山、谷關、關仔嶺、知本等溫泉區件數成長最多；同時，調查中發現，溫泉業者成長較快的地區諸如北投、礁溪、谷關、關仔嶺、寶來不老、四重溪、知本等溫泉區已顯現超量使用或使用率偏高的情形，顯現溫泉水權管理不善，亟待加強。

此外，溫泉產業要能發展，有二項重要議題必須認清，就是泉質的衛生安全確保及醫療保健功效以及泉量的供需平衡確保及永續經營。而根據水利署統計，目前民間業者溫泉經營項目主要仍以旅館、水療（SPA）及餐飲佔最多數，以致熱門的溫泉區如北投、礁溪、關仔嶺、四重溪等地區已有天然溫泉不足現象；此外，經蒐集統計溫泉相關報章媒體報導發現假溫泉（合成粉混充溫泉、使用過的溫泉回收重複使用、溫泉加水稀釋）、溫泉意外（水療不當使用、未標示溫泉禁忌及應注意事項以致發生泡湯意外）以及泡湯染（致）病消息等，成為消費者認為政府單位應優先管理的溫泉課題。由此觀知，國內大部分溫泉業者過度重視泉量的供應的結果，不僅已造成溫泉資源枯竭危機的出現，

亦聯帶影響消費者的自身的泡湯權益、身體及健康。諸些攸關消費者權益課題倘不加以解決，對推動溫泉產業健全發展將無疑地將形成阻礙。現行溫泉法條偏向以推動觀光產業為主，對於像溫泉醫療、農業養殖、生物科技乃至溫泉衍生商品等產業則未提及。諸些課題均有待修法或是面對日後法令實務爭議問題加以檢討修訂。

三、未來發展預測

台灣為全球溫泉密度最高的地方，三萬六千餘平方公里的土地上，已有 120 餘處自然湧出的溫泉被發現並命名，台灣溫泉大都與水系結合，且甚多溫泉區在水源水質水量保護區上游。根據水利署委託工研院能資所繪製之台灣溫泉分佈圖，全台灣明顯之溫泉分佈點共計 95 處，其中位於水源水質水量保護區共計 42 處，幾乎佔了二分之一。因此，隨著溫泉區開發案件的增加以及大量遊客所造成溫泉廢水的排放量增加後，對水系下游是否有不良的影響，值得進一步了解。目前國內對於溫泉水質管理、溫泉廢水排放標準、溫泉廢水對水環境之影響評估研究較少，因此在發展溫泉觀光旅遊事業的同時，對於溫泉使用因人潮因素而造成河川水體負面之影響以及聯帶而來之水環境變化問題、溫泉資源過度開發是否會造成地層下陷等環境與資源變遷課題均應及早正視。未來若能將傳統的溫泉服務產業透過資訊科技與科技管理增值建立關聯產業鏈，轉型成為多元化極佳質化的經營模式，充分有效利用溫泉資源，溫泉成為高值化產業指日可待。

在泉質利用上，由於溫泉因形成因素不同，所在地質條件與地溫梯度不同而溶解出不同成分的陰離子與陽離子，透過化學作用形成不同的性質的溫泉水。依不同的溫泉水質對於人體病痛具有不同的療效，進而建

立了溫泉醫療制度。未來我國溫泉產業亦有朝此一發展的趨勢。國內對溫泉泉質相關研究較少，因此，對於溫泉泉質的化學特性及其醫療效果應提早準備。

根據水利署委託能資所進行十八處溫泉區溫泉水資源調查顯示：目前大部分已開發之溫泉地區溫泉耗用量尚在可使用量範圍內，但部分地區如北投、礁溪、四重溪已有超量使用；谷關、關子嶺、寶來不老、知本等溫泉區亦有使用率偏高現象。前述現象相信隨著溫泉產業多元化發展下，恐將發生部分溫泉區因開發過當而導致泉源枯竭。因此，各主管機關宜加以重視，而以國內溫泉區發展凌亂現況來看，設置公共管線，拆除私設管線，採總量控制，集中管理，勢成為健全溫泉管理所必要之措施。

四、溫泉事業永續經營方向

未來台灣地區主要溫泉區應朝統一供水方式進行配水，才能落實管理與溫泉資源保護，使資源能永續經營。其開發需考量保育與永續原則，溫泉設施之投資興建及經營之資金由私部門負責，政府部門應訂規範，要求私部門應確保溫泉區之環境品質，提昇自我溫泉等級。

此外，溫泉水之經營管理主要目的為溫泉之永續經營，可考慮由溫泉權責管理單位(如成立第三部門溫泉發展基金會)統一申請水權，再由溫泉權管理單位(第三部門溫泉發展基金會)統一分配溫泉水，以達控制溫泉水之質與量。此外，必須建立溫泉區基本資料：例如有鑽井工程應建置鑽探紀錄資料，作為未來管理之參考。

由於溫泉管線凌亂影響景觀甚巨，未來應朝設立共同管線為目標。

共同管線設置可以公營方式辦理或由民間團體組織自行規劃設置。未來的經營型態可以公營型態、部份委託民間、全部委託民間、獎勵民間投資(BOT、BOO、ROT)等方式辦理，以何者較適宜，各溫泉區主管的地方政府應研究訂定。

另一方面，溫泉露頭應視為珍貴的地質景觀(歷經長遠地質年代才形成)，應予保護並禁止破壞。其利用設施及其管理方法應確保溫泉資源能永續利用。溫泉區之開發：應有詳細之探勘、評估及規劃，對開發預定之用水量、使用動力需有詳細之計畫，並應提出監測計畫，監測地下水位、水質及水溫等。定期進行水質、水量、水溫之監測。

應規定使用者應裝設量水設備，才可能落實總量管制。至於量水設備可由專業研究單位提出各溫泉區的適當量測方式。探尋新泉源應列為長期工作，以增加或確保溫泉水資源的可使用量。根據監測或探勘資料，定期更新資料庫內容，以利管理單位能掌握較新的資訊。水源節省使用方案：引進管線保溫、餘泉回收循環使用及地下水補注等技術，以達水資源節約及永續利用的目的。確認違建之性質，依其不同情況做個別之處理，如：實質違建：經查核確實為實質違建無誤者，依法查報執行拆除。對新設之違建物應立即拆除。在私有土地上，除配合利用之需要外，儘量保持其現有狀況，禁止新建、增建及改變其使用之情節。

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

台灣地區溫泉資源調查及永續利用之研究 子計畫 2：建置溫泉資源地理資訊系統之初步研究

計畫類別：☐個別型計畫

☒整合型計畫

計畫編號：

執行期間：93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

整合型計畫主持人：李孫榮

子計畫主持人：張翊峰

計畫參與人員：蔡文田、蔡利局

執行單位：環境資源管理系

中華民國 94 年 2 月 15 日

摘要

台灣地區為受歐亞大陸板塊及菲律賓海洋板塊互相擠壓所形成，由於兩大板塊地質條件迥異，在造山及風化的過程中，蘊藏有豐富且多樣化之的地熱資源，根據我國溫泉法之分類，溫泉依其目的可區分為觀光休閒遊憩、農業栽培、地熱利用、生物科技或其他等用途，而其用途與溫泉成分及泉量有密切之關連，本研究目的為溫泉相關資料蒐集，對象包括政府機關如水利署之探勘報告或觀光局之研究報告、民間企業報告如上河文化地圖出版公司之台灣溫泉地圖、學術機構研究報告如工研院能資所連續四年之溫泉水資源之調查及開發利用等研究、溫泉業者資料如網站資料等。蒐集評析完資料後，進一步建置溫泉基礎資料建置，將資料較齊全之溫泉區以地理資訊系統建置全國溫泉業分佈圖，資料檔包含溫泉區位置、交通、泉質地質、利用現況及周遭遊憩區概況等。並將資料較齊全之溫泉區以地理資訊系統建置全國溫泉業分佈圖，可作為日後地理資訊查詢與未來持續擴充溫泉環境資料庫之基礎。

一、前言

台灣地區溫泉資源非常豐富，迄今已知的溫泉有 120 餘處，其中許多溫泉已具有悠久的開發利用史，但大多尚未作有系統之規劃與管理，導致溫泉地區整體景觀零亂，溫泉資源多未妥善保育管理。行政院於民國 88 年 5 月 25 日核定由行政院觀光發展推動小組研提之「溫泉開發管理方案」，作為溫泉開發利用與管理之依據。水利署依業務執掌，為落實溫泉水權核發登記及總量管制，委託工業技術研究院能源與資源研究所針對該方案所選定之十八處溫泉地區進行溫泉蘊藏量、現況使用量及水質等調查研究，並建置溫泉資源基本資料庫網站。而本研究遂依其公佈的台灣溫泉基本資料，將之建入至地理資訊系統（GIS）中做一整合研究，並期未來能夠建構一完整的台灣溫泉區地理資訊資料庫。

二、研究方法

台灣位於歐亞板塊與菲律賓海洋板塊碰撞帶上，地質構造複雜，地震頻繁，溫泉徵兆多，迄今已知的溫泉徵兆區已超過 120 餘處，台灣十六個縣轄區中，目前除了雲林縣、彰化縣及澎湖縣等三縣迄未發現有溫泉露頭外，其餘各縣均有溫泉分布。而這十六個縣轄區中共分有十八處溫泉地區，並根據「溫泉開發管理方案」選定，包括四處示範溫泉區及十四處改善整建溫泉區。示範溫泉區包括陽明山馬槽、奧萬大、金崙、仁澤等四處；改善整建溫泉區包括金山、北投、烏來、清泉、泰安、谷關、廬山、東埔、關子嶺、寶來不老、四重溪、知本、礁溪、蘇澳冷泉等十四處。

而為有效探討台灣地區溫泉資源之分佈概況及謀求可行管理對策，本研究擬結合現有溫泉分佈資料及十八處溫泉區之水質水量調查數據，以地理資訊系統建立台灣地區溫泉基本資料庫，據以建立溫泉 108 處分佈基本資料圖層、溫泉露頭調查圖層及 18 處溫泉示範區之水質圖層，並進行疊圖或統計分析，並據以探討各地溫泉之基本屬性、溫泉露頭可用水量及現況分析、各地溫泉之泉溫與泉質概況等，其分析模式將有利於相關權責單位探討溫泉之來源及未來管理可行方法之選取，作為未來擬定政策時之參考。本研究建構之影像及圖籍電子檔資料，預計所採用的地理資訊系統軟體為 MapInfo Professional 6.0 中文版，並配合 2001 年版之全台灣地區電子地圖（全國 1/5,000 比例尺）作基本圖層分析。其中台灣電子地圖提供包括縣市界、鄉鎮界、鐵路、河川水系、國道、省道、縣道、一般道路、國道編號框、省道編號框、縣道編號框、國道編號、省道編號、縣道編號、地標、地標標記、一般註記、建築區、區塊共十九個圖層，電子地圖座標投影方式為台灣地區通用之橫麥卡脫（Transverse Mercator）投影，並以台灣二度分帶表示（俗稱麥氏座標），而為求電子資料建構過程更為順利。

數位電子檔建立可分為三個部分予以探討，包括各地溫泉基本資料清冊、溫泉露頭可用水量清冊及溫泉水質調查清冊。其中各清冊資料建置方式步驟如下所示：

（一）溫泉基本資料清冊

1. 溫泉基本資料蒐集

本工作研究首先蒐集由水利署調查所提供調查 108 處溫泉之麥氏座標資料，並以該農地座標為中心作為數化資料之基本圖。

2. 溫泉屬性資料蒐集

本研究將依所欲進行調查之溫泉區，分別向工研院、水利署及觀光局蒐集建立圖層所需資料，包括溫泉所在縣市、露頭名稱、泉脈分區、溫泉類型、地質性質、泉溫、開發程度及隸屬水系等屬性資料，作為建置溫泉基本資料清冊之基礎。

3.溫泉資料數位清冊資料建立

將上述所蒐集之資料於工作室進行數位化處理，建立溫泉基本資料圖層，並於地理資訊系統進行疊圖分析，建構每筆溫泉之資料清冊。

(二)溫泉露頭可用水量調查清冊

1.資料蒐集

本部分調查清冊包括蒐集台灣地區 18 處示範區之溫泉露頭（包括溫泉井）資料以及其麥式座標資料，上述資料除於 1/5,000 台灣電子地圖有數化外，並進行數值檔之建立。

2.建立露頭資料屬性

本步驟為將所蒐集之資料進行彙整分析，本研究於溫泉露頭建立包括出水量概估、露頭水溫、溫泉水年使用量、平均日可使用量、目前年耗用量及目前利用率等屬性資料。

3.溫泉露頭可用水量數位清冊建立

將上述所蒐集溫泉露頭之屬性資料建構溫泉露頭可用水量圖層，並於地理資訊系統進行疊圖分析，以探討各處溫泉之永續使用量。

(三)溫泉水質調查清冊

1.溫泉水質資料蒐集

本研究主要目的之一為建立各地溫泉之水質特性，由於溫泉可供作之觀光休閒遊憩、農業栽培、地熱利用、生物科技或其他等用途，而其用途與溫泉成分及泉量有密切之關連，故建立水質資料為本研究最重要之工作，目前除工研院受水利署委託之調查報告外，本校亦受水利署委託進行水質調查，上述資料皆為本研究引用之來源。

2.建立溫泉泉質之屬性資料

將所蒐集之資料於工作室評析整理，建立各種溫泉泉質之分析資料，包括溫泉分佈區地名、所屬區域、泉溫、pH 值、碳酸氫根、硫酸根、氯離子、鈉離子、二氧化矽、總溶解固體物等屬性資料。如此將有利未來進一步分析溫

泉管理及使用可行性分析。

3.溫泉泉質數位清冊建立

將上述所蒐集溫泉泉質及其屬性資料建構溫泉泉質圖層，並建構泉質之數位清冊，而本清冊將可提供各溫泉可能之使用方式，並進一步於地理資訊系統進行疊圖分析。

根據上述影像及圖籍數位電子檔建立後，將可於地理資訊系統進行疊圖或統計分析，並據以篩選溫泉管理與使用之分析基礎，最終結果則為建立各溫泉區屬性之管理決策支援系統分析之基礎，提供主管機關據以執行溫泉管理之相關工作。

三、研究成果

本研究所得之成果分別如圖 1 溫泉基本資料圖層剖析圖、圖 2 溫泉基本資料瀏覽圖層視窗、圖 3 十八處溫泉示範區露頭可用水量圖層剖析圖及圖 4 十八處溫泉示範區水質圖層剖析圖。其中溫泉水主要來自天水滲透到地下，在高溫高壓下與岩石礦物作用，溶解固體物質及氣體，造成各種不同成份之溫泉水。依溫泉水化學組成中所含重碳酸根離子（ HCO_3^- ）、氯離子（ Cl^- ）和硫酸根離子（ SO_4^{--} ）等陰離子類型可分為重碳酸鹽泉、氯化物泉和硫酸鹽泉等三大類型。茲將各類型溫泉分述如下：

- (1)碳酸鹽泉：在變質岩區及火山岩區二氧化碳頗為豐富，溶於水中形成碳酸，再與岩石作用生成碳酸鹽泉，一般多為中性泉及弱鹼性泉。碳酸鹽泉等可細分為四類：
 - ①碳酸氫鈉泉（ Na^+ 、 HCO_3^- ），pH 約 7~10， Ca^{++} 及 Mg^{++} 成分含量較少。此類溫泉多數位於變質岩區，一般泉溫較高，約在 60~90℃ 之間，少數位於沉積岩之中，溫度較低約在 35~50℃ 之間。前者例如清水、土場、廬山、烏來、谷關、礁溪及樂樂等溫泉；後者如清泉、泰安、四重溪及旭海等溫泉均是。

② 碳酸氫鈣鈉泉 ($\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++}$ HCO_3^-)，pH 約 7~8。此類溫泉位於變質岩區，溫泉溫度約 50~70°C。諸如梵梵、臭乾、東埔、紅葉及知本等溫泉。

③ 硫酸鹽碳酸氫鈉泉 ($\text{Na}^+、\text{HCO}_3^{++} > \text{SO}_4^-$)，pH 約 7~8。此類溫泉位於變質岩區，並有 H_2S 氣體伴生。其中 SO_4^- 之可能來自 H_2S 。此類溫泉溫度範圍較廣，一般約 40~96°C 間，如桃林、大濁溪及咖啡園等溫泉均屬之。

④ 氯化物碳酸氫鈉泉 ($\text{Na}^+、\text{HCO}_3^- \geq \text{Cl}^-$) 泉水 pH 約 6~7 間。此類溫泉分佈於變質岩區，泉溫約 44°C，如瑞穗溫泉。

(2) 硫酸鹽泉：可能來自火山氣體、硫化物氧化、蒸發鹽類、海水與原生水等。前兩者會造成酸性泉，其他均為中性泉，可細分為二類：

① 酸性硫酸鹽泉 ($\text{H}^+ \geq \text{Na}^+、\text{Ca}^{++}、\text{SO}_4^-$) 泉水 pH 約 1~3，此類酸性溫泉乃由於火山區內硫化物(如 H_2S ， SO_2 ， S_2 ， FeS_2 等)與地下水作用形成硫酸所致，因常有噴氣孔之存在故溫度高約 80~99°C。此類溫泉大都分佈於大屯山區，如陽明山、馬槽、大磺嘴、小油坑等。

② 中性硫酸鹽泉 ($\text{Ca}^{++} > \text{Na}^+、\text{SO}_4^- > \text{HCO}_3^-$) 泉水 pH 6~7。此類溫泉位於變質岩區，泉溫約 68°C，如文山溫泉是此類溫泉之代表。

(3) 氯化物泉：可能來自海水、原生水、火山氣體或火成岩，除火山氣體會造成酸性外，其餘來源大都為中性泉。可細分為三類：

① 碳酸氫鈉氯化物泉 ($\text{Na}^+、\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$)，泉水 pH 8~9，濃度較高(10,000ppm 以上)之溫泉大部分湧自海相沉積之油田地區，如關仔嶺、中崙等溫泉。低濃度(10,000ppm 以下)之溫泉主要湧自沖積層如員山溫泉。前者溫度約 50~84°C，後者溫泉溫度約

68°C。

② 酸性硫酸鹽氯化物泉 ($\text{H}^+ > \text{Na}^+、\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{--}$)，泉水 pH 為 1~4。此類溫泉因火山區深部熱水，因滲入火山氣體(除了硫化物外尚有 HCl)再加上與地表氧化帶含硫酸之泉水相混而酸化。此類溫泉溫度較高(80~100°C)，如北投區及金山之溫泉等。

③ 中性硫酸鹽氯化物泉 ($\text{Na}^+ > \text{Ca}^+、\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{--}$)：泉水 pH 8~9， NaCl 之含量大，溫度約 64°C，以安通溫泉為代表。

溫泉基礎資源建置隨著網路科技日新月異的發展，除了完成全面性溫泉資訊進行調查、建置溫泉基礎資料透過網路供查詢之外；溫泉資源分佈與特性與地理因子有密切關係，因此需建立完善的溫泉基礎資料庫。未來溫泉基礎資料為提供開發使用規劃，未來則可建立「溫泉地理資訊系統」展現溫泉區的空間位置，將其與 internet 網際網路相結合，利用 internet 網際網路快速資訊通路，以達最大效益。Web GIS 適合普及化使用，在操作介面上，因可以由開發軟體自行訂作所需功能，具親合力、降低操作者使用上的困難度。

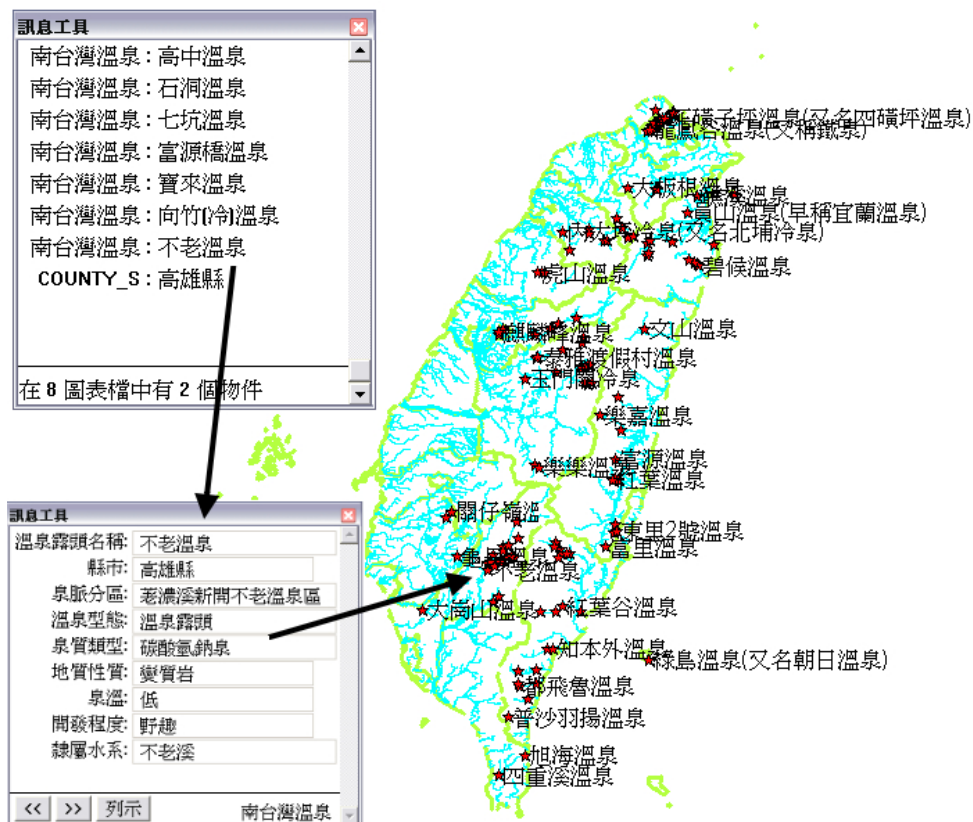


圖 1 溫泉基本資料圖層剖析圖

MapInfo 專業版 - [南台灣溫泉 瀏覽視窗]

檔案[F] 編輯[E] 工具[T] 物件[O] 查詢[Q] 圖檔[A] 選項[P] 瀏覽視窗[B] 視窗[W] 輔助說明[H]

溫泉露頭名稱	縣市	泉脈分區	溫泉型態	泉質類型	地質性質	泉
☐ 不老溫泉	高雄縣	荖濃溪新開不老溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	但
☐ 向竹(冷)溫泉	高雄縣	荖濃溪寶來溫泉區	溫泉井			
☐ 寶來溫泉	高雄縣	荖濃溪寶來溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	中
☐ 關仔嶺溫泉	台南縣	關仔嶺溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉氯化物泉	沉積岩	高
☐ 龜丹溫泉	台南縣	龜丹溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉		但
☐ 六重溪冷泉	台南縣	關仔嶺溫泉區	溫泉井	碳酸氫鈉氯化物泉		但
☐ 大崗山溫泉	高雄縣	大崗山溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	沉積岩	冷
☐ 十坑溫泉(又名小田原溫泉)	高雄縣	荖濃溪石洞溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	中
☐ 富源橋溫泉	高雄縣	荖濃溪石洞溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	但
☐ 七坑溫泉	高雄縣	荖濃溪石洞溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	中
☐ 十三坑溫泉(又名透仔火溫泉)	高雄縣	荖濃溪石洞溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	
☐ 十二坑溫泉	高雄縣	荖濃溪石洞溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	高
☐ 石洞溫泉	高雄縣	荖濃溪石洞溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	但
☐ 少年溪溫泉	高雄縣	荖濃溪桃源溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	但
☐ 復興溫泉	高雄縣	荖濃溪桃源溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	沸
☐ 高中溫泉	高雄縣	荖濃溪桃源溫泉區	溫泉井	碳酸氫鈉泉	變質岩	但
☐ 梅山溫泉	高雄縣	荖濃溪桃源溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	高
☐ 桃源溫泉	高雄縣	荖濃溪桃源溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	但
☐ 多納溫泉	屏東縣	茂林多納溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	中
☐ 萬山溫泉	屏東縣	茂林多納溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	變質岩	高
☐ 四重溪溫泉	屏東縣	四重溪溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉	沉積岩	中
☐ 旭海溫泉	屏東縣	旭海溫泉區	溫泉井	碳酸氫鈉泉	變質岩	但

圖 2 溫泉基本資料瀏覽圖層視窗

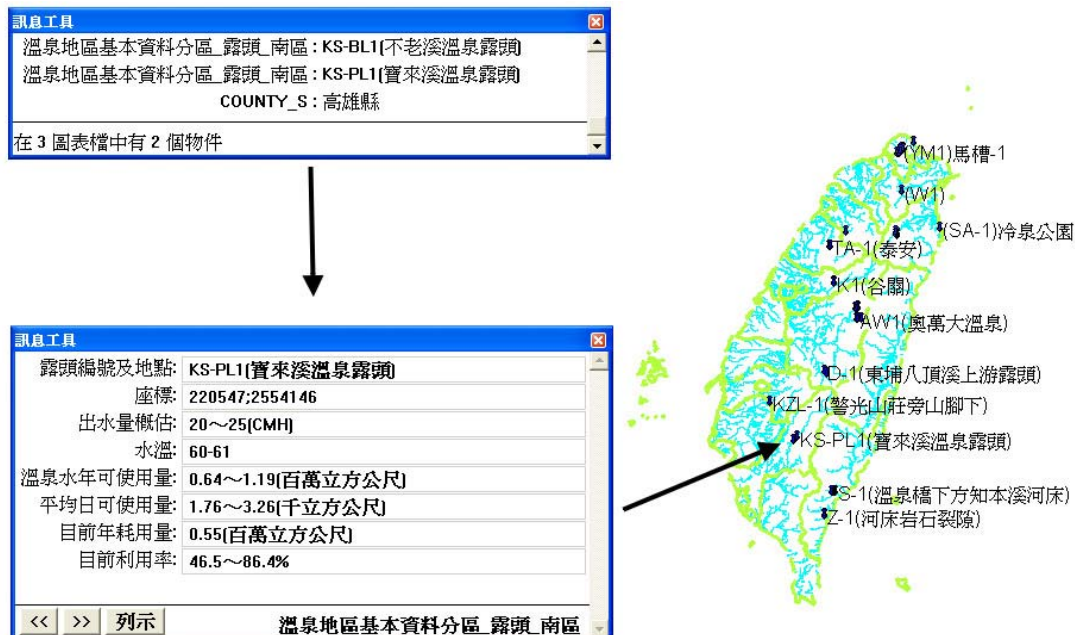


圖 3 十八處溫泉示範區露頭可用水量圖層剖析圖

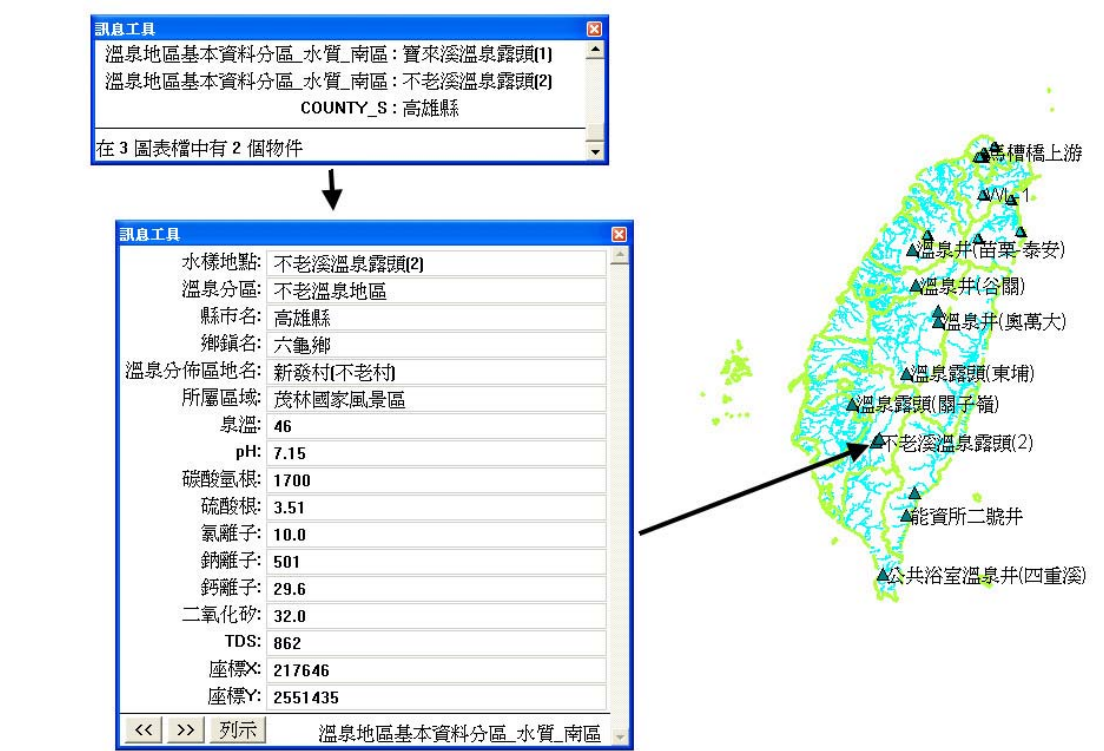


圖 4 十八處溫泉示範區水質圖層剖析圖

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

整合型計畫：台灣溫泉資源調查及永續利用之研究 總主持人：李孫榮
CNEE93-01 子計畫(3) 關子嶺泥漿泉加氯消毒之研究

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

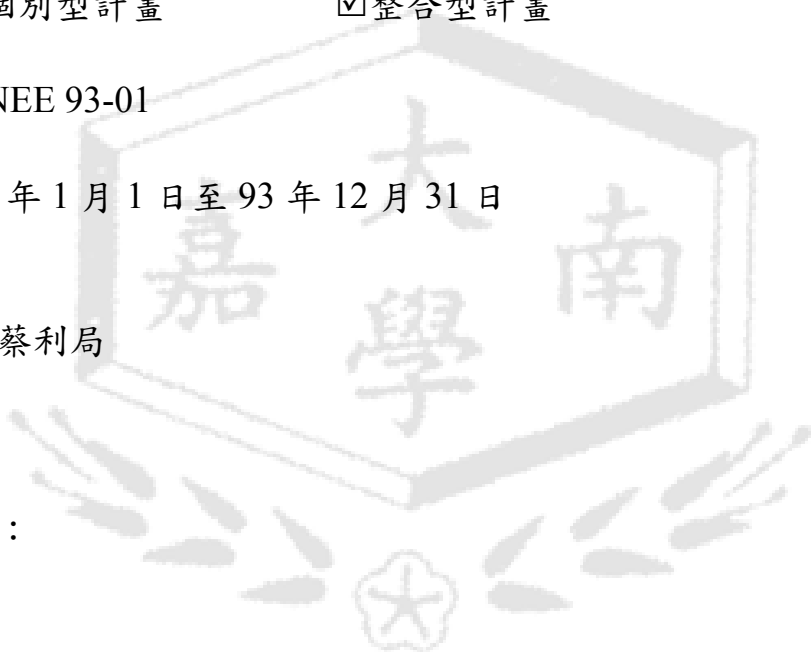
計畫編號：CNEE 93-01

執行期間：93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：蔡利局

共同主持人：

計畫參與人員：



執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

中華民國 94 年 2 月 24 日

摘要

關子嶺溫泉區具備有南部最為悠久的溫泉歷史、全國唯一的泥漿溫泉，為全世界三個泥漿泉之一等特性。但其泉水出水量會受到乾季及雨季之影響，且溫泉出口只有二處天然露頭，無法以人工鑽井方式增加溫泉取得量。故溫泉水量無法藉由機械動力方式增加，每遇例假日旅客增加，溫泉用量需求增加時則不符所需。因此珍貴之泥漿泉更不符消費者需求量。

本計畫擬研究以加氯（次氯酸鈉溶液）消毒方式提高泥漿泉廢棄前之旅客使用次數，提升泥漿泉使用效率，減少每家溫泉業者對新鮮泥漿泉之需求量，達到以有限之泥漿泉供應整個溫泉區之需求。研究方式為取使用過泥漿溫泉，加入不同次氯酸鹽量，測試溫泉水中大腸桿菌群細菌、加氯量及餘氯量對濁泉中大腸桿菌群細菌之控制能力，做為溫泉業者提高溫泉使用效率之參考，並且可使有限量之溫泉水供應更多之溫泉業者營業，提高旅客消費者浸泡使用溫泉水之信心，加速溫泉產業之發展，實驗結果顯示，次氯酸鹽使用量高於普通泳池水之消耗量，次氯酸鹽確實可使溫泉水中大腸桿菌群數量快速之減少。

關鍵詞：溫泉、加氯消毒、大腸桿菌群、次氯酸鈉、

Abstract

Turbid hot spring in Tainan county is the only one source and have specific characteristic in Taiwan. There are three turbid hot springs found in the world. The flow rate of turbid hot spring, which was gained by natural sources and can not increase with mechanic power, in Tainan county is effected with dry or rainy season. The supply of hot spring can not meet the consume in vacation. The value of this special hot spring increased in vacation.

The aim of this study focuses on the increase of time before the hot spring was discharged so as to reduce the spent of valuable turbid hot spring source. Sodium hyperchloride with different

dosage was discharged to the spring to reduce the number of coliform group for the reason of sanitary. The confidence of consumer can be increased with the addition of sodium hyperchloride in the hot spring. The consume of Sodium hyperchloride in turbid hot spring was higher than in the swimming pool and was useful for the number reduction of coliform group.

Keywords: hot spring, chlorination, coliform group, sodium hyperchloride

前言

關子嶺溫泉屬於自然湧出之濁泉，內含大量之微細顆粒泥沙，全球只有三個國家(台灣關子嶺、日本北海道及義大利)有發現，屬於世界級之珍貴資源。目前關子嶺溫泉之取得方式主要依靠二處天然湧出口（警光山莊旁及火王爺廟下方），且由於形成之方式特殊，不易以人工鑿井方式取得，因此關子嶺濁泉之產量受到天候、季節、雨量、甚至地震也會造成溫泉水流量劇減或斷流。民國 93 年農曆春節後關子嶺溫泉二處溫泉出口之一之火王爺即受到地殼位移之影響而斷流時間長達半年之久。921 大地震也造成警光山莊旁溫泉口溫泉湧出水量劇減。溫泉產業之發展在台灣已有百年歷史，關子嶺溫泉屬於較早開發利用者，尤其近年來水利署大力推展溫泉產業並由立法院通過溫泉法，台南縣政府亦大力支持觀光產業之發展並訂為縣政發展之要項，因此關子嶺溫泉區之設立及建設亦投注大量之經費，但美中不足者為關子嶺溫泉水量之開發多年來投注大量經費及人力亦未能成功，影響溫泉休閒產業之發展推廣。因此當前可行之變通方法之一為考慮以消毒方式延長溫泉水之使用次數及時間，尤其溫泉水浸泡可能引發傳染性疾病之傳言甚囂塵上之際，以加氯劑消毒之簡便方式甚為可行。引起衛生問題之微生物種類繁多、通常由人類

浸泡出現於溫泉水中之頻率及時間難確定且出現之濃度通常很低，使得監測分析工作困難度大增。因此大腸桿菌群細菌不失為恰當之指標微生物，通常水中致病菌之存在與否，大家都已能接受採用大腸桿菌群細菌為指標，且分析方法簡易並且不具危險性(Wyer et al., 1997)。本研究將使用大腸桿菌群細菌代表經人體浸泡使用後溫泉水之病菌污染程度，以次氯酸鈉溶液為消毒劑(Duckhouse et al., 2004; Hassen et al., 2000; Sanchez, 1993; Saunier, 1979)，探討消毒劑作用時間、劑量、餘氯量對濁泉中大腸桿菌群細菌之控制能力，做為關子嶺溫泉業者控制溫泉水使用衛生之管理及操作依據。

研究方法及步驟

1. 溫泉水樣

自關子嶺警光山莊旁溫泉湧出水口採取濁泉，採樣當時溫泉水溫度為 81°C，直接裝入 PC 材質塑膠筒中帶回實驗室冷卻靜置使用。

2. 溫泉水粒徑分佈分析

為了解濁泉中顆粒粒徑分佈之特性，使用雷射粒徑分析儀(Beckman Coulter, N5, Submicron Particle Size Analyzer)進行濁泉中粒徑分佈之分析。

3. 溫泉水消毒操作

取燒杯裝入 1 升溫泉水放在杯瓶試驗機上，轉速控制在 100RPM 下，加入 500ppm 之 100、70、40、20、及 5 mL 次氯酸鈉溶液消毒劑，每杯溫泉水中次氯酸鈉溶液加入劑量以最終消毒反應後殘留劑量推估，加入量約為預定殘留劑量之 30 倍。加入次氯酸鈉溶液後每隔 4、10、30、60、及 120 分鐘後取樣 50mL，以水中餘氯檢測方法—分光光度計/DPD 法測定餘氯量(包括總餘氯、自由餘氯及結合餘氯)，另取樣 10mL 加入 1%硫代硫酸鈉溶液先去除餘氯量，以水中大腸桿菌群檢測方法

—多管發酵法測定水樣中殘留之大腸桿菌群數量。

4. 分析方法

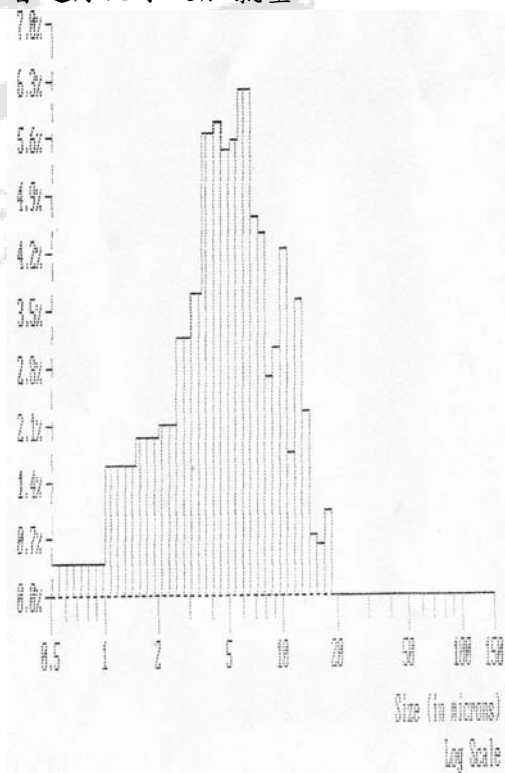
4.1 水中餘氯檢測方法—分光光度計/DPD 法：採用環保署公告之方法，(83)環署檢字第 19170 號(NIEA W408.50A)。

4.2 水中大腸桿菌群檢測方法—多管發酵法：採用環保署公告之方法，環署檢字第 0390022285 號(NIEA E201.52B)。

結果與討論

1. 溫泉顆粒粒徑分佈特性

圖一為關子嶺溫泉水經雷射粒徑分析儀分析後粒徑分佈結果，平均粒徑約 5.44 μ m，最大粒徑不高於 20 μ m，絕大部分粒徑分佈於 3 至 8 μ m。因為其粒徑顆粒細，相對提升比表面積，增加次氯酸鈉溶液消毒劑反應消耗量，因此其次氯酸鈉溶液消毒劑用量將高於普通泳池水之加氯量。

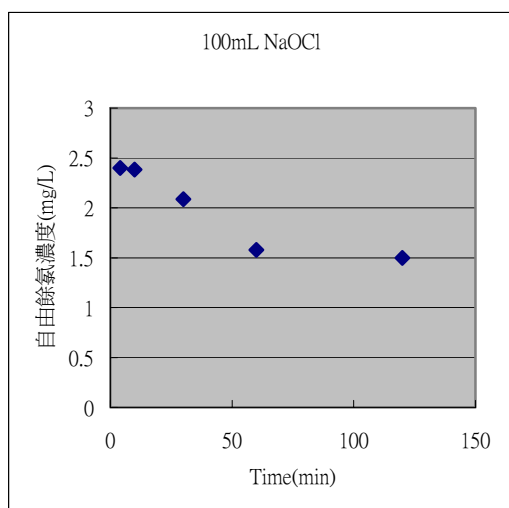


圖一 關子嶺溫泉水顆粒粒徑分佈圖

2. 餘氯量與溫泉接觸反應時間之變化

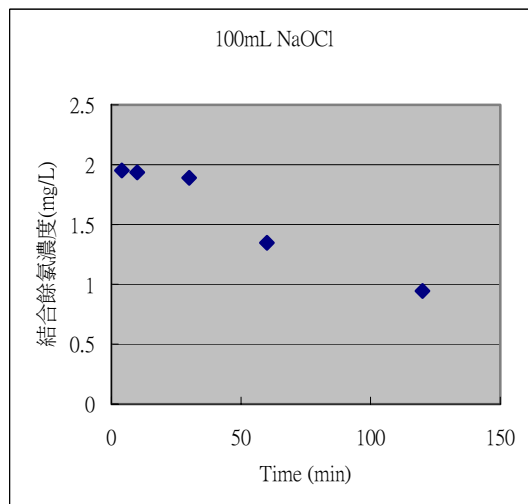
游泳池水之餘氯量要求濃度需維持於

0.6ppm 以上才能合乎衛生標準，溫泉水之營業衛生標準除台北市外尚未公告餘氯量標準。關子嶺溫泉因含有大量細顆粒之泥沙，因此加入之次氯酸鈉溶液消毒劑會快速被消耗；當加入 100 mL NaOCl 藥量(圖二及三)，4 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 2.36 及 1.95ppm，60 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 1.57 及 1.35ppm，120 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 1.49 及 0.9ppm。當加入 70 mL NaOCl 藥量(圖四及五)，4 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 2.15 及 2.06ppm，60 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 1.5 及 0.7ppm，120 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 0.08 及 0.02ppm。當加入 40 mL NaOCl 藥量(圖六及七)，4 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 1.27 及 0.38ppm，60 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 0.81 及 0.35ppm，120 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 0.08 及 0.02ppm。當加入 20 mL NaOCl 藥量，4 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量分別為 0.1 ppm 及低於偵測極限，10 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量皆低於偵測極限，當加入 5 mL NaOCl 藥量，4 分鐘後測得之自由餘氯及結合餘氯量皆低於偵測極限。至於溫泉業者之加藥量應設定多少，可以餘氯量維持於 0.6ppm 以上做為操作之參數。



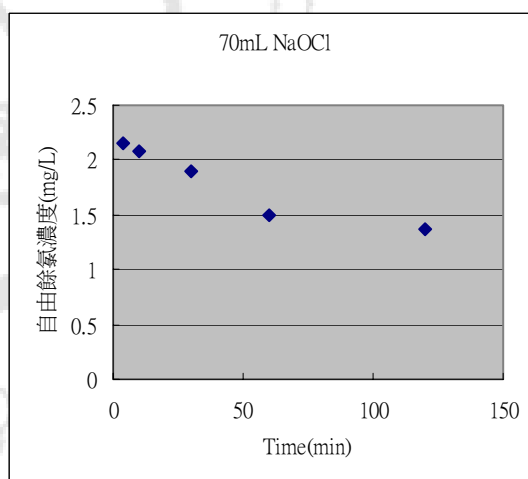
圖二

100 mL NaOCl 藥量下，溫泉水中自由餘氯量隨時間之變化



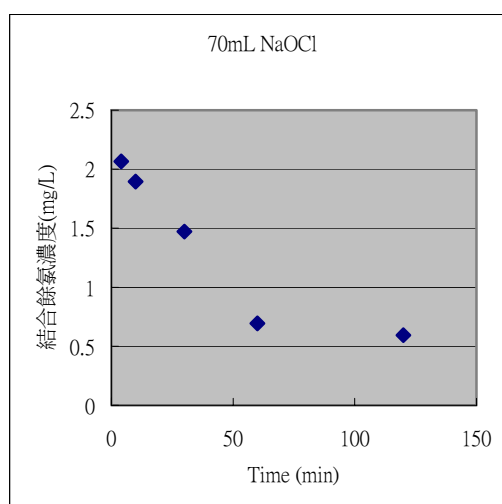
圖三

100 mL NaOCl 藥量下，溫泉水中結合餘氯量隨時間之變化



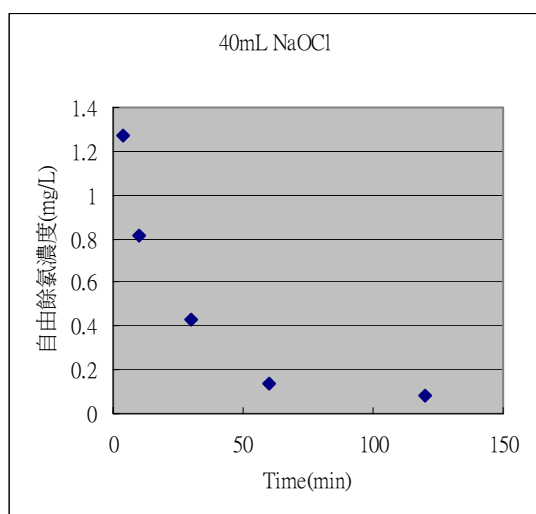
圖四

70 mL NaOCl 藥量下，溫泉水中自由餘氯量隨時間之變化

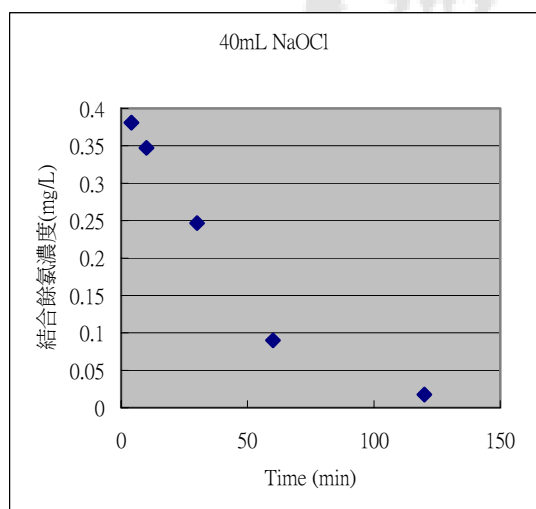


圖五

70 mL NaOCl 藥量下，溫泉水中結合餘氯量
隨時間之變化



六 40 mL NaOCl 藥量下，溫泉水中自由餘氯
量隨時間之變化

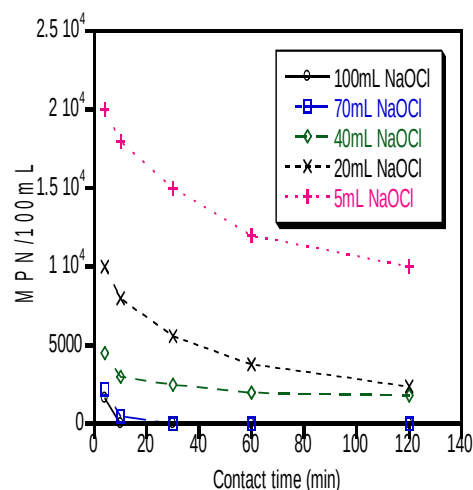


圖七

40 mL NaOCl 藥量下，溫泉水中結合餘氯量
隨時間之變化

3. 餘氯量與大腸桿菌群數量之變化

當加入 100 mL NaOCl 藥量經十分鐘後，溫泉水中餘氯量降至 2.3ppm，大腸桿菌群數量低於 10MPN/100mL。但 NaOCl 藥量小於 70 mL，雖經過 120 分鐘之接觸時間雖可降低濁泉中大腸桿菌群數量如圖八所示，但仍無法達到衛生之標準且溫泉水中餘氯量不合乎泳池水之衛生標準。



圖八 溫泉水中大腸桿菌數隨時間之變化

圖

結論

關子嶺溫泉水加氯消毒確實可降低水中大腸菌含量，初步測試之加藥量高於泳池水之需求。至於此種消毒方式可否被消費者接受則有待更深入之探討。

誌謝

本研究承蒙嘉南藥理科技大學經費補助才得以完成，在此致上謝意，經費補助編號 CNEE93-01。

參考文獻

- Duckhouse H., Mason T.J., Phull S.S., Lorimer J.P., 2004. The effect of sonication on microbial disinfection using hypochlorite. *Ultrasonics Sonochemistry* 11, 173-176.
- Hassen A., Heyouni A., Shayeb H., Cherif M. Boudabous A., 2000. Inactivation of indicator bacteria in waste water by chlorine –a kinetics study. *Bioresource Technology* 72, 85-93.
- Sanchez J.M.C., 1993. Reaction kinetics of humic acid with sodium hypochlorite. *Water Res.* 27, 815-820.
- Saunier B.M., 1979. The kinetics of break point chlorination in continuous flow system. *J. Wat. Wks. Ass.* 71, 164-172.
- Wyer M. D., O'Neill G., Kay D., Crowther J., 1997. Non outfall sources of faecal

indicator organisms affecting the compliance of coastal waters with directive 76/160/EEC. Wat. Sci. Technol. 35, 141-156.

水中餘氯檢測方法—分光光度計/DPD 法，中華民國 83 年 8 月 3 日(83)環署檢字第 19170 號(NIEA W408.50A)。

水中大腸桿菌群檢測方法—多管發酵法，中華民國 93 年 3 月 29 日環署檢字第 0390022285 號(NIEA E201.52B)。



嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

台灣地區溫泉資源調查及永續利用之研究

子計畫 4：台灣地區溫泉區泉質泉量及使用現況調查之研究

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：

執行期間：93 年 1 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：李孫榮

共同主持人：李孫榮

計畫參與人員：張翊峰、蔡利局

執行單位：環境工程與科學系

中華民國 94 年 2 月 15 日

摘要

溫泉法母法已於 92 年 7 月 2 日以華總一義字第 0 九二 00 一二一一九 0 號總統令公布，子法正研擬公告中。針對溫泉法中規定溫泉為國家天然資源，所有權屬於國家所有，規定溫泉業者引用必須付費制度。於此新制度實施前擬協助各直轄市、縣（市）主管機關評估規劃針對台灣地區溫泉水量及水質測量分析可行之技術及設備，供各直轄市、縣（市）主管機關用於調查轄區內之現有溫泉水量及泉質，有助於掌握現有溫泉地熱蘊藏量。故不論是溫泉使用業者及主管機關皆有責任必須針對各地區溫泉泉質、泉量及使用現況作管理及管制措施。依據上述之背景，我國對於溫泉水資源之利用管理實有必要對於溫泉水資源開發、使用及最終處置有一通盤之瞭解，故本研究內容包括配合我國溫泉法實施，深入調查台灣地區各溫泉地區水資源在開發/利用/最終處置之過程對水資源之影響，並能建立各地區溫泉水水質及水量之特性分析，針對現有溫泉開發方式與利用率結合總量管制與汲取進行溫泉水保育及管理研究與永續經營之策略研擬，並建立各地區溫泉開發與使用計畫之規範，以達到按地區特色追求溫泉水資源管理及利用之目標。

一、前言

經濟部為積極推動溫泉產業發展，已於中華民國九十二年七月二日公佈實施「溫泉法」。依據「溫泉法」第十九條「溫泉取供事業或溫泉使用事業應裝置計量設備，按季填具使用量、溫度、利用狀況及其他必要事項，每半年報主管機關備查。……」；又溫泉法子法中「溫泉開發許可辦法」亦將「溫泉水質、水量、水溫監測計畫」列為溫泉開發及使用計畫書之必要項目；基於上述兩項規定，未來溫泉業者須裝設計量設備，量測溫泉水使用量、檢測水質與溫泉狀況，故為有效管理及永續利用溫泉資源，落實使用者付費之公平原則及衛生要求，應著手建立溫泉量測技術及設備之標準，提供業者與地方管理之依循，避免影響溫泉之質與量，達到溫泉資源永續利用之目的。本研究為配合本校目前承攬水利署『溫泉資源永續利用前瞻性技術研究（1/3）』計畫之後續研究，進一

步深入分析台灣地區各溫泉地區水資源在開發/利用/最終處置之過程對水資源之影響，並建立各地區溫泉水水質及水量之特性分析。

二、研究方法及流程

本研究預定完成溫泉檢測及計量之技術與設備之分析研究，主要之工作範圍包括：

（一）溫泉檢測技術與設備之研究：

1. 國內外檢測技術調查研究，以提供溫泉檢測技術之評估分析。
 - （1）彙整國內外之溫泉檢測技術、規範、適用之背景環境之基本資料。
 - （2）研析各項檢測技術、校正標準、與其環境適用性之優缺點。

2. 調查國內檢測相關法規及規範之現狀：

收集國內檢測設備與檢測技術之相關法規、規定以及技術規範。並配合檢討現行溫泉法、水污染防治法、土壤及地下水污染防

治法及施行細則等相關法律之水質管制及檢測相關規定。

3. 檢討評估國內之檢測技術與方法與溫泉檢測設備：

收集國內現有之地下水及飲用水水源水質檢測技術與方法，主要來源為環保署公告之水質檢驗標準法，研析各種溫泉水中化學物質等檢驗分析所需之標準檢驗方法及設備適用性。並且參考美國 APHA 公告之標準檢驗方法，針對各種溫泉中可能存在之化學物質進行檢測技術與方法之適用性評估。

4. 建立溫泉檢測技術標準與作業規範：

建立溫泉水質檢測分析之技術方法並擬定標準作業規範，供業者及各縣市政府管理溫泉業務之執行依據。

(二) 溫泉計量技術與設備之研究：

1. 國內外溫泉計量技術與設備現況之分類調查：

(1) 調查國內十五處溫泉區，每處至少三家溫泉業者之溫泉設施現況，包含溫泉管線、計量等設備現狀。

(2) 收集及研析國外溫泉業溫泉計量設備現況。

(3) 調查國內業者溫泉設施之粗估用水量、檢測方式、頻率及成本投入之現狀與意願。

2. 調查國內溫泉計量設備相關法規及規範之現況。

匯集國內用水量計量設備與技術之相關法規，配合前項所作之國內外溫泉計量技術與設備現況，檢討分析現行規範與相關之法規

規定。

3. 檢討評估國內現行之溫泉計量設備

本研究擬使用數值模擬分析法協助分析評估國內現行之溫泉計量設備及技術之裝置適用性。根據各溫泉區調查之基本資料，進行各溫泉區之溫泉計量設備適用性評估，使用水化學模式模擬溫泉水經過取水管線，以及經輸送管道傳輸降溫後，或與地表水混合後，對計量設備腐蝕或積垢之潛勢分析，以評估國內現行之溫泉檢測計量設備長期裝設檢測時之優缺點及其適用性，以提供對不同溫泉地區之量水設備使用建議。

4. 建立溫泉計量設備標準與作業規範

評估及建議各種溫泉水計量所需之適量量水設備，並擬定溫泉檢測與計量設備使用時之標準作業規範。

三、結果與討論

1 溫泉檢測技術與設備之研究

本研究在溫泉檢測技術與設備之研究課題，依據水利署草擬中之溫泉基準規定，進行檢測方法及檢測設備標準化之研究項目，評估溫泉之檢測技術與設備標準及作業規範。

目前國外之溫泉檢測技術規範最為完整者，首推日本環境省自然環境局公告之「礦泉分析法指針」，全部有規範的分析指針共有 40 餘項，而美國並無特別針對溫泉訂出標準分析方法，其乃採用美國公共衛生協會所公告之水及廢水標準檢測方法及美國材料試驗協會出版之分析方法進行溫泉水中化學成分之分析。國內環保署公告之水質檢測方法

可為溫泉基準中相關物種的溫泉泉質檢驗之標準與方法參考。此外，硫代硫酸根離子($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)及游離二氧化碳(CO_2)因其濃度對水體污染之影響較少，並不列為污染物監測或飲用水標準項目，故目前環保署並未公告標準分析方法。

經比較評估國內外各相關檢測項目技術與設備之規範、法規與產業之優缺及差異後，為使溫泉檢測具有可靠度，本研究已研擬溫泉檢測技術及設備標準與作業規範如下：

1. 泉溫檢測標準與作業規範：現場泉溫之測定可以經校正之溫度計、倒置式溫度計(Reversing Thermometer)或其他適用於溫度測量之儀器測量之。
2. 溫泉水中總溶解性固體(TDS)檢測標準與作業規範— $103^\circ\text{C}\sim 105^\circ\text{C}$ 乾燥法：將攪拌均勻之水樣以一玻璃纖維濾片過濾，其濾液置於已知重量之蒸發皿中蒸乾，移入 110°C 之烘箱續烘至恆重，所增加之重量即為總溶解固體重。
3. 溫泉水中氯離子(Cl^-)檢測標準與作業規範有二：(1)硝酸汞滴定法—水樣經酸化後，在pH 2.3至2.8範圍內，以硝酸汞溶液滴定，在混合指示劑二苯卡巴脲(Diphenylcarbazone)存在時，氯離子與硝酸汞生成不易解離之氯化汞，在滴定終點多餘之汞離子與二苯卡巴脲形成藍紫色複合物。(2)離子層析法—水樣中之待測陰離子，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之

不同而被分離。分離後待測陰離子再流經一自我抑制裝置，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測陰離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。

4. 溫泉水中硫酸根離子(SO_4^{2-})檢測標準與作業規範有二：(1)濁度法—含硫酸鹽水樣於加入緩衝溶液後，再加入氯化鋇，使生成大小均勻之懸浮態硫酸鋇沉澱，以分光光度計於420 nm測其吸光度並由檢量線定量之。(2)離子層析法—水樣中之待測陰離子，隨碳酸鈉及碳酸氫鈉流洗液流經一系列之離子交換層析管時，即因其與低容量之強鹼性陰離子交換樹脂間親和力之不同而被分離。分離後待測陰離子再流經一自我抑制裝置，移動相溶液則轉換成低導電度之碳酸。經轉換後之待測陰離子再流經電導度偵測器，即可依其滯留時間及波峰面積、高度或感應強度予以定性及定量。
5. 溫泉水中碳酸氫根離子(HCO_3^-)檢測標準與作業規範—滴定法：水之鹼度是其對酸緩衝能力(Buffer capacity)的一種度量。主要由碳酸根離子、碳酸氫根離子及氫氧根離子所構成。將水樣以校正過之適當pH計或自動操作之滴定裝置，或使用特定之pH顏色指示劑，在室溫下以標準酸滴定樣品到pH 8.3及4.5終點時，由達到pH 8.3及4.5終點所需要標準酸之用量即可計算溫泉水中碳酸根離子、碳酸氫根離子及氫氧根離子濃度。

6.溫泉水中游離二氧化碳(CO_2)檢測標準與作業規範有二：(1)推算法—每公升地表水中游離二氧化碳含量通常低於 10 mg，地下水中游離二氧化碳含量通常高於此值，碳酸鹽性溫泉水中游離二氧化碳含量約在數百mg/L，碳酸冷泉中游離二氧化碳含量約在 500 mg/L以上。當溫泉水之鹼度主要由碳酸根離子、碳酸氫根離子及氫氧根離子構成且總溶解固體物濃度小於 500mg/L時，游離二氧化碳含量可由pH值及總鹼度推算出。(2)圖解法—每公升地表水中游離二氧化碳含量通常低於 10 mg，地下水中游離二氧化碳含量通常高於此值，碳酸鹽性溫泉水中游離二氧化碳含量約在數百mg/L，碳酸冷泉中游離二氧化碳含量約在 500 mg/L以上。當溫泉水之鹼度、pH及總溶解固體物在採樣時被及時且正確之測定時，圖解法可提供游離二氧化碳快速之估計值。

7.溫泉水中總鐵離子($\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$)檢測標準與作業規範—火焰式原子吸收光法：採樣時在現場以 0.45 μm 之濾膜將水樣過濾後，直接吸入火焰式原子吸收光譜儀，選擇適當波長測定其中溫泉水中溶解性鐵吸光度定量之。

8.溫泉水中硫化物及游離態硫化氫($\text{HS}^- + \text{H}_2\text{S}$)檢測規範—分光光度計/甲烯藍法：水樣中硫化物及硫化氫在氯化鐵存在時，會與N,N-二甲基對苯二胺草酸鹽(N,N-dimethyl-p-phenylenediamine oxalate)反應生成甲烯藍(Methylene blue)，使用分光光度計在波長 664 nm處

測其吸光度，可測定溫泉水樣中硫化物及游離態硫化氫之濃度。

9.溫泉水中硫代硫酸根離子($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)檢測規範—呈色時間定量法：水樣中存在硫代硫酸根離子，硫化物離子和N,N-二甲基對苯二胺二鹽酸鹽試藥產生反應，暫時出現無色狀態，再變成藍色的時間與溶液中存在之硫代硫酸根離子量成正比。藉由已知硫代硫酸根離子濃度之溶液進行呈色反應時間之測定，進行硫代硫酸根離子含量之定量。

2 溫泉計量技術與設備之研究

由實地訪談過程中發現，目前國內僅少數溫泉業者裝設流量計量測其溫泉取用量，且以裝設之少數案例均為試用性質，並未建立長期量測之紀錄。雖然另有一些規模較大的溫泉業者，在其溫泉前處理與循環過程中使用到計量設備，然均屬業者內部之計量設備，目的是為了控制溫泉水質而裝設，並非從溫泉源頭或管理單位輸送至業者，用來計算業者溫泉水取用量之計量設備。由目前已裝設之少數案例之使用經驗來看，由於選用之流量計不當，或者在流量計相關附屬設施上設計不良，加上維護不當，未定期進行維修及清除管線中結垢，因此多數因結垢或其他因素而呈現半停擺之狀況。由溫泉水質沉澱結垢模擬之分析結果顯示，溫泉水往往因曝氣與地表水混入而致使碳酸鹽類礦物沉澱生成結垢。因此流量計之裝設地點宜盡量靠近溫泉露頭，並減少可能之空氣與地表水混入。

目前國內有關流量計量設備與方法之相關標準與規範，雖然已有經濟部水利署於民國九十一年一月二十八日所頒行之「量水設備技術規範草案」可資依循。然而由於溫泉水質之物理化學特性，以及露頭之不同狀況，使得量水設備技術規範並無法普遍性的適用於各種不同之溫泉計量。為避免造成與原有之量水設備技術規範之規定條文重疊，本報告中建議「溫泉水量量測設備技術規範」應參照原有之「量水設備技術規範草案」相關條文規定，並在原有之「量水設備技術規範草案」之外，針對溫泉計量設施設備要求、溫泉水量計量設備選擇、流量計/流量表校正/維護訂定相關之規範條文，以利未來之溫泉計量設備之裝置利用。所建議之「溫泉水量量測設備技術規範」架構應包括：(一)定義，(二)溫泉計量設備之功能與安裝要求，(三)溫泉水量計量量測設備（詳細條文規定可參照「量水設備技術規範草案」之相關條文並加以補充），(四)水量計量設備選擇，(五)流量計、流量表校驗方式，以及(六)計量設備、流量計維護等六大部分，另外並應就緊急狀況(如流量計損壞等)或不適裝設任何流量計之溫泉地區計量方式訂定估算或概算方式。

另外雖然於我國溫泉法第十九條中規定溫泉取供事業或溫泉使用事業應裝置計量設備，惟對於計量設備之擁有權、相關之限制規定與保管之責任並無詳細規定。雖然本計畫之主要目的為檢討並建立溫泉計量設備之規範，然而對於流量計量設備裝設之權責單位，以及保管之義務與否，及對流量計量設備以及其上之紀錄之移置、檢查、更動之限

制，並不適合於無強制法律效力之技術規範中制定之，仍宜檢討於相關法令或辦法中訂定，以達到有效與公平管理之目的。對於計量設備之所有權，可以仿照美日等國相關規定由採用政府出資裝設、民間租用流量計方式，或由政府補助一定資金、由民間自行裝設方式進行。

流量計之裝設位置可以分為客戶端裝設以及源頭裝設兩種方式，客戶端裝設即將流量計裝設於輸送管道末端之使用事業處，而源頭裝設則指在溫泉源頭取供事業處裝設之流量計方式。本研究之實地訪查與溫泉沉澱積垢潛勢模擬之結果顯示，在客戶端裝設之流量計，由於與溫泉露頭距離較遠，因此往往再經幫浦加壓送入客戶端，並利用各種方式再予以降溫至可浴溫度。因此若在輸送途中有空氣與地表水之混入，則易引起礦物沉澱結垢進而損壞計量設備。加上客戶端之溫泉流量較小，因此在客戶端裝設流量計在維護上較為困難，也須有較高之維護頻率，將造成溫泉業者成本負擔上升。

另目前台灣部分溫泉地區業者如關子嶺地區，為妥善分配溫泉資源，已形成一定之溫泉分配機制，若強制規定取供以及使用事業均需裝設流量計，則將干擾打破此一既有機制造成業者恐慌。因此本研究建議未來流量計裝設應採源頭裝設方式，僅需規定溫泉取供事業應裝設計量設備，於溫泉露頭或溫泉孔附近處裝設流量計量測取供事業之使用量，不需同時對取供及使用事業規定裝設流量計，以減少業者在流量計維護上之成本，

並可同時兼顧達成溫泉資源之監測保育之成效。

四、建議事項

1. 溫泉檢測技術與設備之研究

本研究已研擬溫泉檢測技術及設備標準與作業規範，未來之計畫期間將針對主要之不同溫泉泉質，包括硫酸鹽溫泉、氯化物溫泉、碳酸氫鹽溫泉及混合泉等不同泉質，依此各項檢測技術及設備標準與作業規範，進行檢測適用性評估，以確認各項檢測技術及設備標準與作業規範之是否科一體適用在不同泉質之檢測，以期未來之溫泉檢測有一完整之依據標準及作業規範。

2. 溫泉計量技術與設備之研究

本研究已對國內外溫泉計量設備之法令規範進行檢討，也針對國內各溫泉區水量、水溫、水質計量設備之類別、數量以及安裝等現況進行問卷調查及實地訪查，並研擬出流量計量設備與方法之相關標準與規範技術大綱與草案。建議未來在溫泉計量量測設備技術規範草案確定後，由主管單位予以補助選定數個不同泉質溫泉地區業者，依本規範之流量計選擇之步驟選定適當流量計裝設，長期評估追蹤其流量量測表現，以提供檢討及修訂溫泉計量量測設備規範之用，並提供初步資料記錄供主管機關建立地區資料庫之用。

另外為建立台灣地區業者使用溫泉泉量之推估公式，以作為緊急狀況下，或部分無法裝設流量計地區之主管機關推估溫泉流量之

用，本研究也建議應於上述流量計裝設評估之同時，紀錄業者之旅客人次、房間數、溫泉池數目與設施大小，藉由類神經網路分析或多變量分析，建立台灣地區之溫泉泉量/使用量經驗推估公式。

由本研究實地訪查與潛勢分析的結果顯示，由於台灣地區之溫泉泉值以及產業特性，造成在溫泉使用事業(客戶端)裝設流量計將有其維修及實際裝設上之困難。本研究建議未來流量計裝設可只採源頭裝設方式，僅需規定溫泉取供事業應裝設計量設備，於溫泉露頭或溫泉孔附近處裝設流量計量測取供事業之使用量，不需同時對取供及使用事業規定裝設流量計，以減少業者在流量計維護上之成本。因此，建議主管機關未來修法，刪除溫泉法第十九條『溫泉取供事業或溫泉使用事業應裝置計量設備……』中之『使用事業』等項，以針對取供事業進行溫泉資源源頭管制，也避免不必要之困擾。

雖然本研究之主要目的為檢討並建立溫泉計量設備之規範，然而對於流量計量設備裝設之權責單位，以及保管之義務與否，及對流量計量設備以及其上之紀錄之移置、檢查、更動之限制，並不適合於無強制法律效力之技術規範中制定之，仍宜檢討於相關法令或辦法中訂定，以達到有效與公平管理之目的。

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：賴智濰、蘇庭毅、葉青偉、林鈺忠

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℃ 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℃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℃、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氧量大都位於 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

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	
水	27.20	12.67	42.73	
綜合廢水	66.32	27.59	22.13	21.37
水	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
	201.47			6.99	7.74
				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

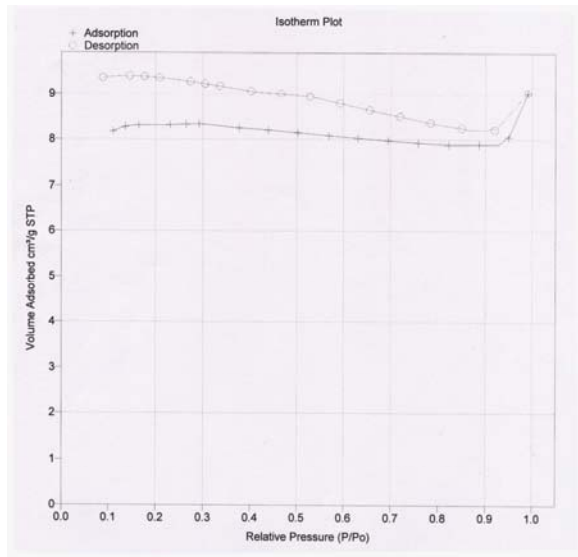


圖 1 長備炭 C1 之 N_2 等溫吸脫附圖

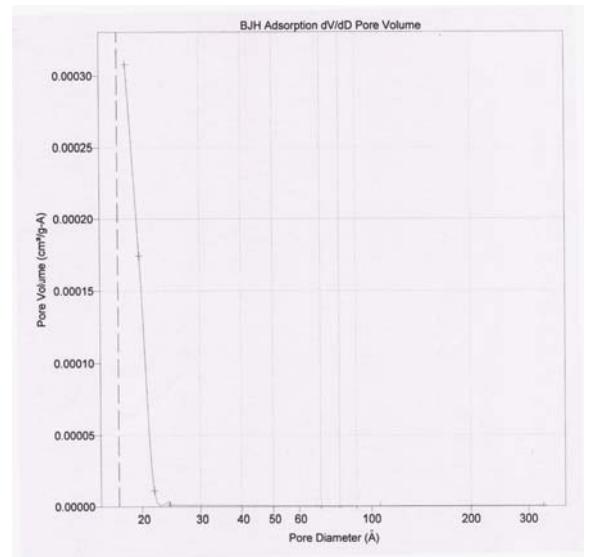


圖 4 長備炭 C2 之孔洞大小分佈圖

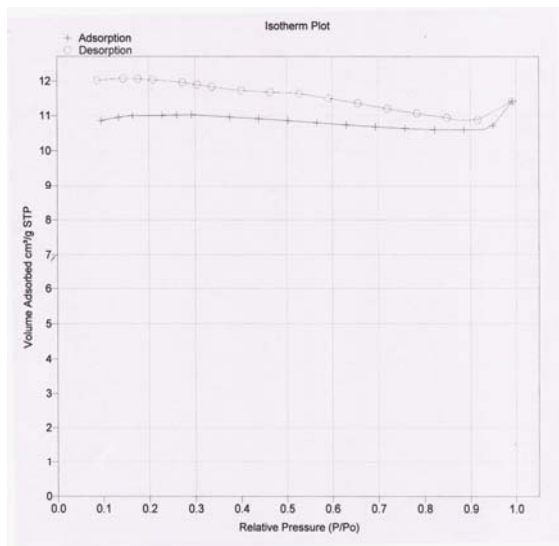


圖 2 長備炭 C2 之 N_2 等溫吸脫附圖

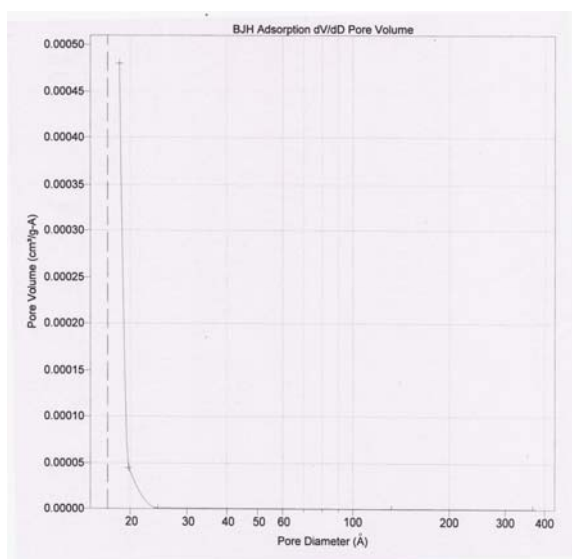


圖 3 長備炭 C1 之孔洞大小分佈圖