

# 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。本研究所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 ( $\text{HCO}_3^-$ )、氯離子 ( $\text{Cl}^-$ ) 和硫酸根離子 ( $\text{SO}_4^{--}$ ) 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 ( $\text{Na}^+$ 、 $\text{HCO}_3^-$ )，pH 約 7~10， $\text{Ca}^{++}$  及  $\text{Mg}^{++}$  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°C 之間，少數位於沉積岩之中，溫度較低約在 35~50°C 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 ( $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++}$   $\text{HCO}_3^-$ )，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  $\text{H}_2\text{S}$  氫體伴生。其中  $\text{SO}_4^-$  之可能來自  $\text{H}_2\text{S}$ 。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  $\text{H}_2\text{S}$ ， $\text{SO}_2$ ， $\text{S}_2$ ， $\text{FeS}_2$  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。

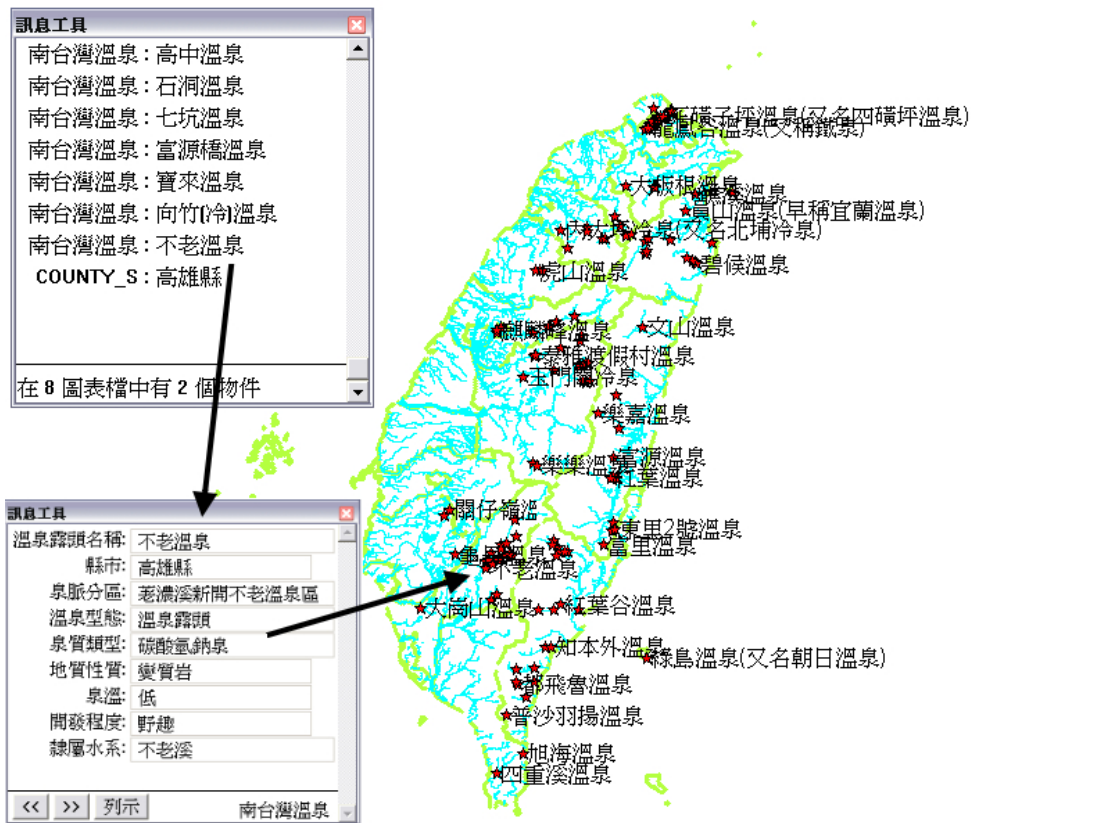


圖 1 溫泉基本資料圖層剖析圖

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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 向竹(冷)溫泉	高雄縣	荖濃溪寶來溫泉區	溫泉井			
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 龜丹溫泉	台南縣	龜丹溫泉區	溫泉露頭	碳酸氫鈉泉		但
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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	
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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	溯
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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
<input type="checkbox"/> 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



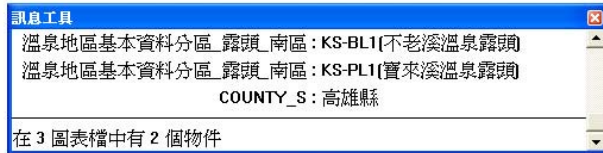


圖 3 十八處溫泉示範區露頭可用水量圖層剖析圖

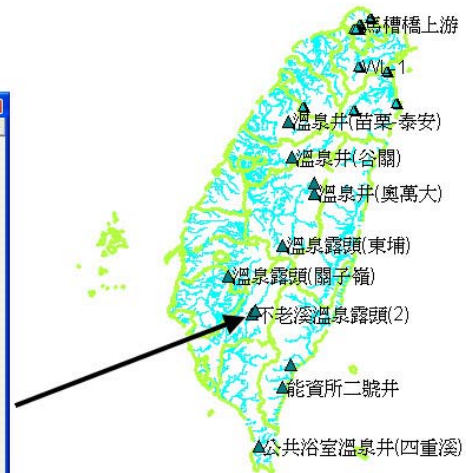
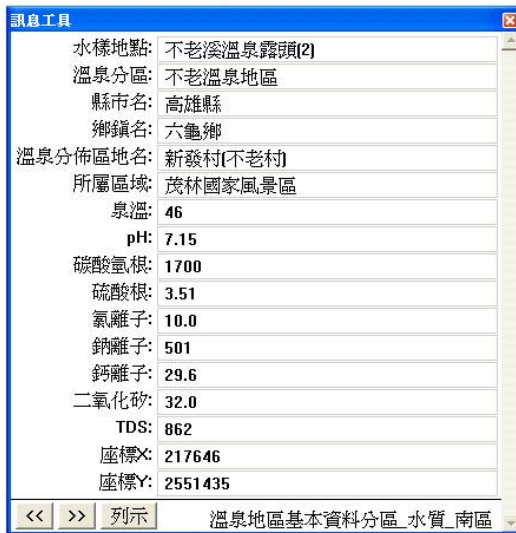
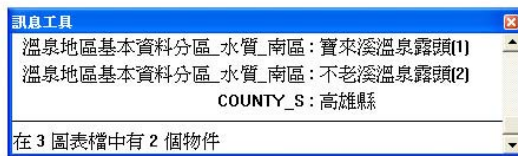


圖 4 十八處溫泉示範區水質圖層剖析圖