



契約編號：B10233

## 台灣北部火山活動觀測研究

### 台灣北部火山地區背景環境資料監測(2/4)



委辦機關：經濟部中央地質調查所

承辦單位：財團法人台慶科技教育發展基金會

中華民國 102 年 12 月

契約編號：B10233

經濟部中央地質調查所 102 年度勞務計畫  
成果報告書

台灣北部火山活動觀測研究  
台灣北部火山地區背景環境資料監測(2/4)

計畫主持人：宋聖榮

共同主持人：楊燦堯、江協堂

全 程 計 畫：自 101 年 5 月至 104 年 12 月止

本 年 度 計 畫：自 102 年 1 月至 102 年 12 月止

執行單位：財團法人台慶科技教育發展基金會

中 華 民 國 102 年 12 月

期末報告審查委員意見處理表

意見摘要	處理情形
1. 請說明表2-2~2-6(P.16~25)當中部份欄位無資料的原因?	謝謝委員的指教，是not detected，已補正修改完畢；P.16~25。
2. 請註明圖2-5、圖2-7、圖2-9、圖2-11、圖2-13、圖2-14中各不同成分區域範圍的劃分文獻依據。	謝謝委員的指教，已補正修改完畢；P. 35, 37, 39, 41, 43,44。
3. 請加強說明全球代表性火山對氮同位素比值，CO <sub>2</sub> 、Rn、溫泉水質及水化學與井下溫度等項在火山活動之變化情況，以力與大屯火山群做比較。	謝謝委員的指教，部分已在背景介紹中說明，另外也將列為未來工作的重點討論。
4. 建議於結論部分根據現有的監測結果綜合評估目前大屯火山的活動性，並對未來監測之必要性提出說明。	謝謝委員的指教，已在結論中陳述目前大屯火山呈現相對穩定性。至於未來監測之必要性已於背景中說明。
5. 由於長時間觀測結果，大屯火山的活動性趨向穩定，請酌減前言當中有關各種對台北盆地災害的推測內容。	謝謝委員的指教，大屯火山對台北盆地災害的推測，是根據過去的噴發記錄所推測而來，旨在提醒必須針對大屯火山多加注意。
6. 結論5、8均提及水質變化和地溫梯度偏低可能與地下流體或地下水循環有關，請加強說明其依據。	水質變化和地溫梯度的降低之推論依據，在過去的報告中已陳述。本年度計畫報告是監測數據的陳述，對於成因的討論因過去已完成，故在本年度的報告中則不再詳述。委員若有興趣可參閱2011年的總報告。
7. 菁山地溫監測站之淺層溫度受雨量影響明顯，請將地溫監測資料與雨量資料並列以探討其關聯性。	謝謝委員的指教，本年度計畫報告是監測數據的陳述，對於成因的討論因過去已完成，故在本年度的報

	告中則不再詳述。委員若是有興趣可參閱2011年的總報告。
8. 請說明龜山島井下100公尺以內的地溫梯度為負值之可能原因。	謝謝委員的指教，本年度計畫報告是監測數據的陳述，對於成因的討論因過去已完成，故在本年度的報告中則不再詳述。委員若是有興趣可參閱2011年的總報告。
9. 由於火山氣體的監測值在大油坑附近有较大變化，建議未來可將監測點調整至大油坑附近地區，進一步了解其火山活動徵兆變化。	謝謝委員的指教，大油坑之未來監測項目將與地調所討論後再於未來的計畫中提出。
10. 請加強報告的編修、校稿及列印品質，地溫站的觀測值以及各露頭的照片數量龐大，請以電子檔繳交即可，圖表中若有多色線段請以彩色印製。	遵照委員的建議印製。
11. P.231請加註「附錄」，且標題與目錄第II頁採用之標題不相符，請修正。	謝謝委員的指教，已改正；P. II。
12. P.8~9、P.53~54、P.218等參考文獻、雜誌名稱有些用全銜，有些用簡稱；有些用斜體，有些用正體；有些在文章中未被引用；有些缺文獻，如Tilling，1989；有些有多位作者，但文中只引用第一作者，而未加et al.，如Hurwitz，2002；Keller，1979等(P.146)，請修正。	謝謝委員的指教，已補正修改完畢；P.8~9、P.53~55、P.173。



# 台灣北部火山活動觀測研究--

## 台灣北部火山地區背景環境資料監測(2/4)

### 目 錄

摘要 .....	
第一章、計畫前言 .....	1
一、計畫背景 .....	1
二、過去的研究結果 .....	5
三、研究目的 .....	7
四、工作項目與內容 .....	8
五、參考文獻 .....	8
第二章、火山氣體監測 .....	11
一、火山氣體與微量氣體成份之定期採樣分析 .....	11
(一)採樣目的與區域.....	11
(二)採樣與分析方法 .....	13
(三)氣體樣品分析結果 .....	15
(四)氦同位素分析結果 .....	26
(五)主要火山氣體之濃度變化討論 .....	29
二、土壤氣體連續監測站 .....	45
(一)簡介 .....	45
(二)土壤氣體監測站 .....	45
(三)結果與討論 .....	49
(四)結論 .....	53
三、參考文獻 .....	54
第三章、溫泉水質分析與監測 .....	56
一、溫泉水採集和分析方法 .....	56
二、水質和水化學連續監測儀器之選用 .....	58
1. 水化學連續監測站儀器之選用 .....	58

2. 水質連續監測站儀器之選用	61
三、大屯火山區溫泉現地量測值	62
四、大屯火山區溫泉離子成分分析值	66
五、討論	73
1. 溫泉水質的演變	73
2. 溫泉水化學的演變	82
3. 火山流體連續監測結果	99
第四章、地溫監測	151
一、背景介紹	151
二、研究方法和使用儀器	152
三、資料收集、處理分析與討論	154
四、參考文獻	173
第五章、結論	181
附件一：氣體野外採樣照片	183
附件二：溫泉水野外採樣點照片	198
附件三：地溫監測菁山、擎天崗和龜山島各測站原始溫度資料	219

## 表目錄

表 2-1、本年度採樣位置)之經緯度座標及採樣日期	12
表 2-2、小油坑採樣點之氣體成分組成	16
表 2-3、八煙採樣點之氣體成分組成	18
表 2-4、大油坑採樣點之氣體成分組成	20
表 2-5、四磺坪採樣點之氣體成分組成	22
表 2-6、硫磺谷採樣點之氣體成分組成	24
表 2-7、氣體樣品之氮同位素比值分析結果	27
表 3-1、大屯火山區溫泉水現地量測溫度、導電度、pH 值 和 TDS 值之結果	62
表 3-2：大屯火山區溫泉水現地量測之溫度、導電度、pH 值 和 TDS 值等歷年平均值及 $2\sigma$ 值	65
表 3-3：大屯火山區溫泉水陰離子分析之結果	66
表 3-4：大屯火山區溫泉水陰離子分析之等歷年平均值及 $2\sigma$ 值	69
表 3-5：大屯火山區溫泉水陽離子分析之結果	69
表 3-6：大屯火山區溫泉水陽離子分析之等歷年平均值及 $2\sigma$ 值	72
表 4-1：本年度各測站資料收集日期	170
表 4-2 菁山站 2006/09-2012/11 地溫之基礎資料	171
表 4-3 擎天崗站 2007/7-2012/11 地溫之基礎資料	171
表 4-4：龜山島站 2006/07-2012/11 地溫之基礎資料	172

## 圖目錄

圖 1-1：大屯火山群七星山亞群 LiDar 影像圖顯示保存完整的 火山地形和斷層線性分布	3
圖 1-2：大屯火山群的微震(A)、溫泉(B) 和氦同位素(C)分布值	3
圖 1-3：台北盆地井下火山泥流堆積物岩性柱狀及對比圖	4
圖 1-4：火山噴發前岩漿活動可能的前兆	5
圖 2-1：大屯火山噴氣分布圖	11
圖 2-2A：噴氣孔採樣示意圖	14
圖 2-2B：溫泉氣泡採樣示意圖	15
圖 2-3：採樣點噴氣之氦同位素比值隨時間變化圖	32
圖 2-4：大油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖	34
圖 2-5：大油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖	35
圖 2-6：小油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖	36
圖 2-7：小油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖	37
圖 2-8：八煙噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖	38
圖 2-9：八煙噴氣孔氣體成份來源分布圖	39
圖 2-10：四磺坪噴氣孔氣體成份的連續變化	40
圖 2-11：四磺坪噴氣孔氣體成份來源分布圖	41
圖 2-12：硫磺谷噴氣孔氣體成份的連續變化	42
圖 2-13：硫磺谷噴氣孔氣體成份來源分布圖	43
圖 2-14：本研究五個採樣點噴氣中氦氣、氮氣及氬氣之三成份比例圖	44
圖 2-15：火山氣體監測站配置圖	47
圖 2-16：增設無動力風扇的火山土壤氣體監測站外觀	48
圖 2-17：自 2012 年 11 月至 2013 年 10 月 31 日之觀測結果	51

圖 2-18:自 2013 年 5 月 29 日至 2013 年 6 月 19 日之觀測結果	52
圖 3-1:大屯火山群溫泉採集地點分布圖	57
圖 3-2:大屯火山群溫泉監測站分布圖	60
圖 3-3:硫磺谷溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖	75
圖 3-4:冷水坑溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖	76
圖 3-5:馬槽溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖	77
圖 3-6:大油坑溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2004 至 2013 年變化趨勢圖	78
圖 3-7:地熱谷溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2009 至 2013 年變化趨勢圖	79
圖 3-8:八煙溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2004 至 2013 年變化趨勢圖	80
圖 3-9:四磺坪溫泉 TDS、pH、導電度、溫度和日雨量， 2004 至 2013 年變化趨勢圖	81
圖 3-10:硫磺谷溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	85
圖 3-11:冷水坑溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	86
圖 3-12:馬槽溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	87
圖 3-13:大油坑溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	88
圖 3-14:地熱谷溫泉陰離子濃度，2009 至 2013 年月變化趨勢圖	89
圖 3-15:八煙溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	89
圖 3-16:四磺坪溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	89
圖 3-17:硫磺谷溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	92
圖 3-18:冷水坑溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	93
圖 3-19:馬槽溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖	94

圖 3-20:大油坑溫泉陽離子濃度,2004 至 2013 年月變化趨勢圖	95
圖 3-21:地熱谷溫泉陽離子濃度, 2009 至 2013 年月變化趨勢圖	96
圖 3-22:八煙溫泉陽離子濃度,2004 至 2013 年月變化趨勢圖	97
圖 3-23:四磺坪溫泉陽離子濃度,2004 至 2013 年月變化趨勢圖	98
圖 3-24:湖山國小溫泉連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	100
圖 3-25:湖山國小溫泉連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖	100
圖 3-26:湖山國小溫泉連續監測站硫酸根離子監測日變化趨勢圖	101
圖 3-27:湖山國小溫泉連續監測站氯離子監測日變化趨勢圖	101
圖 3-28:湖山國小溫泉連續監測站碳酸氫根離子監測日變化趨勢圖	102
圖 3-29:陽明山花鐘溫泉井連續監測站深度監測日變化趨勢圖	104
圖 3-30:陽明山花鐘溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	104
圖 3-31:陽明山花鐘溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖	105
圖 3-32:陽明山花鐘溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖	105
圖 3-33:小油坑溫泉井連續監測站深度監測日變化趨勢圖	107
圖 3-34:小油坑溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	107
圖 3-35:小油坑溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖	108
圖 3-36:小油坑溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖	108
圖 3-37:北投紗帽路溫泉井連續監測站深度監測日變化趨勢圖	109
圖 3-38:北投紗帽路溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	110
圖 3-39:北投紗帽路溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖	110
圖 4-1:龜山島、菁山生態保育中心和擎天崗風景區 3 口地熱監測站位置圖	152
圖 4-2:微小型熱探針機殼及內部零件和外觀	153
圖 4-3:地溫監測示意圖	154
圖 4-4.1 菁山測站 2006 年 9 月 20 日至 2013 年 11 月 19 日各深度溫度變化圖	159
圖 4-4.2 深度 20 公尺之地溫變化圖	159
圖 4-4.3 深度 40 公尺之地溫變化圖	159
圖 4-4.4 深度 60 公尺之地溫變化圖	160
圖 4-4.5 深度 80 公尺之地溫變化圖	160
圖 4-4.6 深度 100 公尺之地溫變化圖	160

圖 4-4.7 深度 110 公尺之地溫變化圖	-----	160
圖 4-4.8 深度 130 公尺之地溫變化圖	-----	160
圖 4-4.9 深度 150 公尺之地溫變化圖	-----	160
圖 4-4.10 深度 180 公尺之地溫變化圖	-----	161
圖 4-4.11 深度 190 公尺之地溫變化圖	-----	161
圖 4-4.12 深度 200 公尺之地溫變化圖	-----	161
圖 4-4.13 2012 年 12 月至 2013 年 11 月之月平均地溫梯度	-----	162
圖 4-5.1 擎天崗測站 2007 年 4 月 11 日至 2013 年 11 月 17 日各深度溫度變化圖	----	163
圖 4-5.2 深度 10 公尺之地溫變化圖	-----	163
圖 4-5.3 深度 100 公尺之地溫變化圖	-----	163
圖 4-5.4 深度 150 公尺之地溫變化圖	-----	163
圖 4-5.5 深度 180 公尺之地溫變化圖	-----	163
圖 4-5.6 深度 250 公尺之地溫變化圖	-----	164
圖 4-5.7 深度 300 公尺之地溫變化圖	-----	164
圖 4-5.8 深度 470 公尺之地溫變化圖	-----	164
圖 4-5.9 2011 年 12 月至 2013 年 11 月之月平均地溫梯度	-----	165
圖 4-6.1 龜山島測站 2006 年 7 月 20 日至 2013 年 11 月 19 日各深度溫度變化圖	--	166
圖 4-6.2 深度 30 公尺之地溫變化圖	-----	166
圖 4-6.3 深度 60 公尺之地溫變化圖	-----	166
圖 4-6.4 深度 100 公尺之地溫變化圖	-----	166
圖 4-6.5 深度 130 公尺之地溫變化圖	-----	166
圖 4-6.6 深度 160 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.7 深度 180 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.8 深度 200 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.9 深度 210 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.10 深度 220 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.11 深度 230 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.12 深度 240 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.13 深度 250 公尺之地溫變化圖	-----	167
圖 4-6.14 深度 260 公尺之地溫變化圖	-----	168

圖 4-6.15 深度 270 公尺之地溫變化圖	-----	168
圖 4-6.16 2012 年 12 月至 2013 年 11 月之月平均地溫梯度	-----	169
圖 4-6.17 過去監測期間於 2007、2008 和 2009 年所發現的熱脈衝現象， 這些熱脈衝都跟颱風侵襲台灣的時間一致	-----	170



## 摘 要

大屯火山群由於地緣上與大台北都會區的關係非常密切，因此其地質上的活動往往備受關注。由於大屯火山已被定義為休眠中的活火山，在完善保障人民的生活安全前提下，增設多元的監測方法以達成有效的監測工作是必要的。

火山噴氣氣體和溫泉水氣成分的變化和火山活動有重大的關連，藉由火山噴出氣體可以推斷出此一火山的岩漿性質和活動性。許多國外研究都指出在火山噴發前，其噴發之氣體成分會有明顯的異常變化。1940 年在夏威夷的 Mouna Loa 噴發前的一個月，Payne and Ballard 便觀察到火山噴氣中增加了大量的  $\text{H}_2\text{S}$ ；Casadevall *et al.* (1983) 發現 Mt. St. Helens 在噴發前，噴氣中的  $\text{CO}_2$  含量減少；而根據對 Ohshima 火山噴氣中的  $\text{SO}_2$  連續監測的結果，Noguchi and Kamiya (1963) 在火山噴發前的三個月，發現噴氣中的  $\text{SO}_2$  明顯增加。由以上的各個研究都顯示火山噴氣與溫泉水氣的變化與火山活動有明顯的關係，因此火山噴氣和溫泉水氣中之成份常用來作為探討岩漿活動與監測火山活動最有效的方法之一。而往往各個地區的火山活動，皆有不同的氣體成份異常變化；也因此要先了解一個地區噴氣氣體和溫泉水氣成分的來源與變化，才能用以作為往後長期監測火山活動的重要資訊。

在火山噴氣氣體的部份，大油坑在本研究中有最高的氮同位素比值，已經非常接近（甚至超過）鄰近地區（如日本、菲律賓）現生火山地區噴氣的氮同位素比值，顯示出本研究區域中，大油坑含有較多岩漿系統來源之噴氣。同時大油坑在本研究採樣點中顯示出含有最高的氮氣濃度比值，也同時印證了上述所推論之結果，證明了相較於其餘採樣區域，大油坑地區的噴氣有相當程度的岩漿源噴氣混染其中。唯各地區之氮同素比值成份，以及主要火山氣體成分隨時間的連續觀測結果，大致上都未隨著時間有顯著的變化，表示在過去數年來，本地區底下的逸氣系統相當的穩定。

八煙土壤氣體連續監測站是繼小油坑地熱區後在大屯火山群內第二座監測站，自 2012 年底起開始累積連續資料，至今二氧化碳逸氣通量和濃度最高值分別為  $1,876 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  和 29.8 %，與世界上其他活火山地區之分析結果相當；值得配合其他監測結果持續觀察其變化。

針對大屯火山群中七個溫泉監測點，進行每個月最少一次的長期監測研究，監測方法包括野外直接量測水質，以及採集樣本攜回實驗室分析溫泉水中的陰、陽離子濃度變化，結果顯

示溫泉水質和陰陽子濃度都有隨時間變化，尤其是在 2004 年和 2007 年間有較大的起伏變化，對比於 2003 年至 2009 年的大屯火山群微震資料，顯示此種變化的控制因素可能與地下的流體活動有關。但本年度則顯現相對穩定，無明顯火山流體向上增加的趨勢。

針對大屯火山群中四個溫泉連續監測點，進行每天最少四次的連續長期監測研究，監測溫泉的水質，以及氯離子，硫酸根離子和碳酸氫根離子，結果顯示其顯現相對穩定，無明顯火山流體向上增加的趨勢。

本委託案為監測大屯火山區菁山、擎天崗和龜山島地溫井之井內溫度變化，監測結果發現菁山站的地溫呈現慢慢下降的趨勢，井下 0-100 公尺的溫度受到降雨影響變化較大，地溫梯度以深度 100 公尺為界主要可分成兩段，上段 0-100 公尺約  $2.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，下段 100-190 公尺約  $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。擎天崗站的地溫顯示井底較接近熱源，地溫梯度於井下 0-200 公尺約  $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，200-470 公尺約  $29.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，井下 10 公尺的溫度受地表氣溫影響呈明顯年週期變化，振幅約  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，2007 年至今來下降約  $0.85^{\circ}\text{C}$ 。由地溫梯度推測大屯山兩個測站地下水有一厚度約 200 公尺的對流包。龜山島測站各深度溫度變化顯示整口井溫度有慢慢下降趨勢，深度 210-240 公尺的地溫呈顫抖現象，可能跟該深度的地層裂縫發生變化有關。地溫梯度於井下 0-100 公尺約  $-1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，100 公尺以下的梯度約  $9.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。本站在 2004-2009 年夏季期間發現數個與颱風有關的熱脈衝事件，是否颱風的低氣壓影響龜山島岩石的應力，進而造成地層中孔隙水發生位移，導致地溫產生細微的變化，值得進一步討論。

# Abstract

Datun Volcano Group geopolitical relationship with the Taipei metropolitan area is very close , so the geological activity on its often concern. Since Datun Volcano has been defined as dormant volcano in comprehensive protection of people living under the premise of safety, the creation of multi- monitoring methods to achieve effective monitoring is necessary.

Changes and volcanic activity volcanic gases and hot water volcanic gas composition has significant related , by volcanic gases can infer the nature of this magma and volcanic activity. Many foreign studies have pointed out before the eruption , the eruption of gas composition changes will be obvious abnormalities. 1940 Mouna Loa in Hawaii a month before the eruption, Payne and Ballard has seen increased volcanic volcanic gas in a lot of  $\text{H}_2\text{S}$ ; Casadevall *et al.* (1983) found that Mt St Helens before the eruption, the volcanic gas  $\text{CO}_2$  content . decrease ; according to Ohshima volcano volcanic gas continuous monitoring of  $\text{SO}_2$  results, Noguchi and Kamiya (1963) in the three months before the eruption , the volcanic gas was found in  $\text{SO}_2$  increased significantly. By each study are shown above the volcano and hot spring water vapor volcanic gas change and volcanic activity has a significant relationship, so fumaroles and hot springs water vapor in the ingredients used to investigate - as magmatic activity and monitoring volcanic activity of the most effective methods . And often in various regions of volcanic activity, there are different gas composition anomalies ; therefore important to understand the source and change a regional volcanic gas and hot water gas composition in order to important information as future long-term monitoring of volcanic activity .

In the majority of volcanic gas volcanic gas , large oil pit has the highest helium isotope ratios in the present study, it has been very close to ( or even exceed ) neighborhood ( such as Japan , the Philippines ) extant volcanic gas of helium isotope ratios of volcanic areas , showing the study area, large oil pit containing more magma sources volcanic gas system. While large oil pit in the present study showed a considerable degree of sampling points in the magma contains the highest concentration ratio of helium , and also confirms the results of the above reasoning , proved compared to the rest of the sample area, the volcanic gas has large oil pit area source of contamination which volcanic gas. Only the ratio of helium with prime ingredients , as well as major volcanic gas composition of each region with continuous observations of time, generally neither change significantly over time , which means that in the past few years, the area under the outgassing system is quite stable .

Baying soil gas stations following the Hsiaoyukeng geothermal area in the Datun Volcano Group , continuous data accumulated since the beginning of the end of 2012 , so far outgassing of carbon dioxide flux and the highest concentration values were  $1,876 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  and 29.8% , with the analysis of other regions of the world's active volcanoes results are quite ; worth continuing with other monitoring to observe the changes .

We collected a sample per month from 7 spots of hot springs in the Tatun Volcano Group to monitor the physical properties, i.e. pH, temperature, TDS and conductivity in the field, and to analyze the chemical compositions, i.e. cations and anions in the laboratory. They show some variations in the time spectrum of the years of 2004 and 2007. Those variations are probably related to the microseismicity in the Tatun Volcano Group. However, they show relatively stable, except the

TDS, thermal conductivity and temperature of Tijeku springs, and no increasing the activity of volcanic fluids in this year.

Three geothermal wells, Chinshan, Chinteingan and Kueishantao have been monitored the borehole temperature in this project. The results show that the borehole temperatures were decreased gradually in Chinshan wells during the observation period. The thermal gradient is  $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  between 0 and 100 meters and  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  between 100 and 190 meters subsurface. Due to the high temperature at the bottom of the borehole, the Chinteingan well is suggested to be located close to the heat source. The thermal gradient of Chinteingan well is  $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  between 0 and 200 meters and  $29.0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  between 200 and 470 meters subsurface. The annual variation of the temperature is significant near 10 meter in depth where the temperature also has been decreased  $0.85\text{ }^{\circ}\text{C}$  from 2007. We propose a 200-meter thickness of convection cell of ground water may be exist in the Tatun volcano. The whole borehole temperature of Kueishantao seems to be decreased slowly. The thermal gradient is  $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  between 0 and 100 meters and  $9.7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  below 100 meters subsurface. Several heat pulses related to the visits of Typhoon have been found in the summer from 2004 to 2009. It was interpreted that the temperature may be changed by the movements of pore water in the rock which the stress varies affected by the low atmosphere pressure.

# 第一章、計畫前言

## 一、計畫背景

火山所造成的危害，是僅次於地震和洪水對人類社會威脅的自然災害，翻開過去火山災害史，造成人類傷亡和財產損失，也不計其數，令人觸目驚心。所以研究火山的目的，除了要瞭解火山形成的機制和噴發的行為外；另一主要的目的，是希望藉由對火山的瞭解，能預測火山的噴發及降低因火山噴發所造成的災害。所以，國際火山學會在幾年前配合聯合國推動二十世紀最後十年(1990~1999)的國際自然災害防災十年計畫(International Decade for Natural Disaster Reduction)，選定全世界 16 個未來十年最有可能再噴發、具破壞性的火山為十年火山(Decade Volcanoes)，進行有系統的研究與監測，期望藉由監測與研究，把火山噴發對火山區域所造成的災害減低到最小的程度。

大屯火山群的火山會不會再噴發，一直是住在其鄰近一台北盆地的人們所關切的問題，尤其是在 1991 年位於日本九州的雲仙火山(Unzon Volcano)的噴發，造成包括兩位非常有名的法國火山學家、多名日本記者，以及約 30 名一般民眾的死亡(Yanagi *et al.*, 1992)；和 1991 位於菲律賓呂宋島中部的皮納吐坡火山(Pinatubo Volcano)的噴發，雖未造成大量人員傷亡，但其破壞鄰近的建築物，造成大量的財產損失(Janda *et al.*, 1996)。使同樣位於環太平洋火山弧的台灣，擔心因此兩座火山的噴發，造成連鎖反應，引發台灣火山的活動。而台灣地區年輕的火山，包括有大屯火山群和龜山島等，這兩個區域的火山是否為活火山，未來還會不會噴發，尤其鄰近人口數超過六百萬人的台北都會區之大屯火山群，過去曾經有火山泥流覆蓋在台北盆地西北部的記錄(Song *et al.*, 1995, 2000a, 2007)，是一個令我們不得不注意的問題。

從過去的火山噴發紀錄和定年研究，大屯火山群的活動似乎沒有年輕於 10,000 年的紀錄，但從最近的研究發現其噴發年代可能相當年輕，如本計畫的定年顯示磺嘴火山亞群的熔岩流年代介於 30~80 ka，紗帽山附近古湖泊的火山灰年代介於 11.6~19.5 ka，甚至年代可年輕至 5.5 ka 左右 (Belousov *et al.*, 2010)。而面天山和紗帽山的錐狀地形保持相當完整，侵蝕切割甚少，且磺嘴山頂上還保持相當完整的火山爆裂口—磺嘴池，以及兩列由數個小型爆裂口呈線性排列穿過七星山火山亞群的地形特徵(圖 1-1)，都顯示大屯火山群的最後噴發年代可能相當年輕，可

能符合活火山的時間經驗定義(Szakacs, 1994)。另外，綜合過去在大屯火山群的微震分佈、氦同位素、噴氣口的火山氣體、及地下溫度的測量及遍佈高溫的溫泉，顯示其地底下應還有岩漿庫的存在(圖 1-2) (楊燦堯, 2000; 楊燦堯等, 2003; Yeh and Chen, 1991; Song *et al.*, 2000b; Lin *et al.*, 2005a, 2005b; Lee *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 1999)，依據活火山的現象定義應認定其為活火山(Szakacs, 1994)。馬國鳳等人 (Ma *et al.*, 1996) 利用地震斷層掃描法 (Seismic tomography) 研究台灣北部，顯示在 15 公里左右有一低速異常帶，可能與岩漿存在相吻合。至於大屯火山群是否還會再噴發，則有待未來不斷的監測與研究才能判斷。

但若大屯火山群一旦再活動，不僅火山噴出物所到之處會嚴重的危害台北盆地的人與物，且其後的火山泥流和堵塞淡水河河道所造成的堰塞湖，更會掩埋鄰近地區和整個台北盆地被湖水淹沒，如地調所鑽井岩芯的地質紀錄(圖 1-3) (Tsao *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2007)，此種潛在的危險性，提醒我們更需重視大屯火山群未來的活動，以及如何防範可能的災害。所以對此火山進一步的監測研究是刻不容緩的。

如何偵測地底下是否有岩漿庫的存在，未來的活動性如何，一直是火山學家所關切的問題。要瞭解此一問題，就要從岩漿的性質與組成著手，圖 1-4 是岩漿庫在地底深處可能具有的現象 (Tilling, 1989)。岩漿在上升過程中，會對周圍地層造成擠壓，產生震動，而有地震的形成。而岩漿上升未噴出地表前，須有足夠的空間容納它們，故地表常會變形膨脹隆起，以騰出空間。岩漿是一種溫度超過攝氏 1,000 度的岩石液體，其比周圍岩層的溫度高出許多，且會持續的散熱，故地底下有岩漿庫的地方，其地表的溫度或熱流會比其他地方高，且經常以噴氣或較高溫的溫泉表現出來。一般的岩漿常含有水蒸氣( $H_2O$ )、硫化氫( $H_2S$ )、二氧化硫( $SO_2$ )、三氧化硫( $SO_3$ )、二氧化碳( $CO_2$ )、氯化氫( $HCl$ )、及稀有氣體(如氦(He)、氖(Ne))等的火山流體，在地底深處壓力較高時，這些流體溶於岩漿中，等到岩漿上升到較淺處，壓力較小時，這些火山流體會從岩漿中離溶而往上逸出地表，或與位於火山淺處的地下儲水層作用，形成成分特殊且高溫的溫泉。故從前面所述，當地底下有岩漿庫時就會有地震、地表變形隆起、較高熱流以及火山流體逸出等現象。綜合上述，偵測地底下有岩漿庫的方法包括：地震、地表變形、高熱流量和火山流體(包括氣體和溫泉水)等。本計畫的監測工作就是基於上述的原則與方法、考量經費和專長問題，

偏重於大屯火山群的熱流量和火山流體的監測工作，監測地底下岩漿庫的可能活動情形，以判定大屯火山群未來活動的可能性。

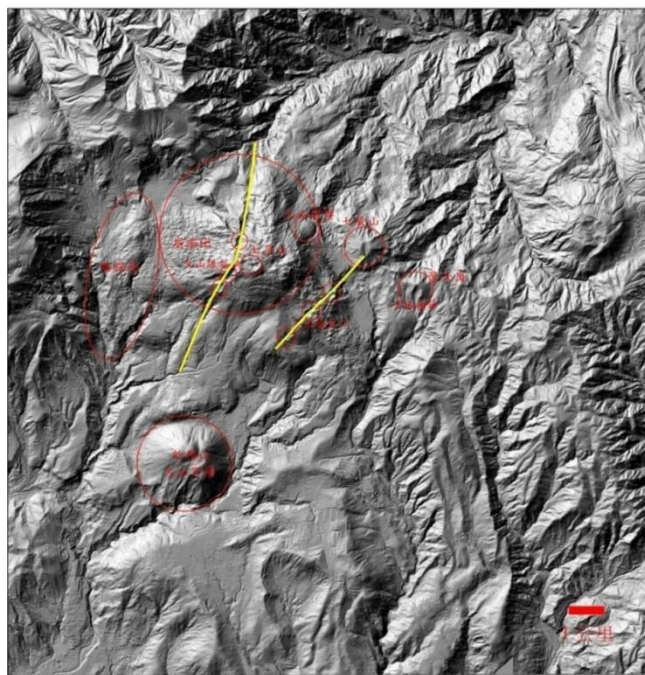


圖 1-1：大屯火山群七星山亞群 LiDar 影像圖顯示保存完整的火山地形和斷層線性分布。

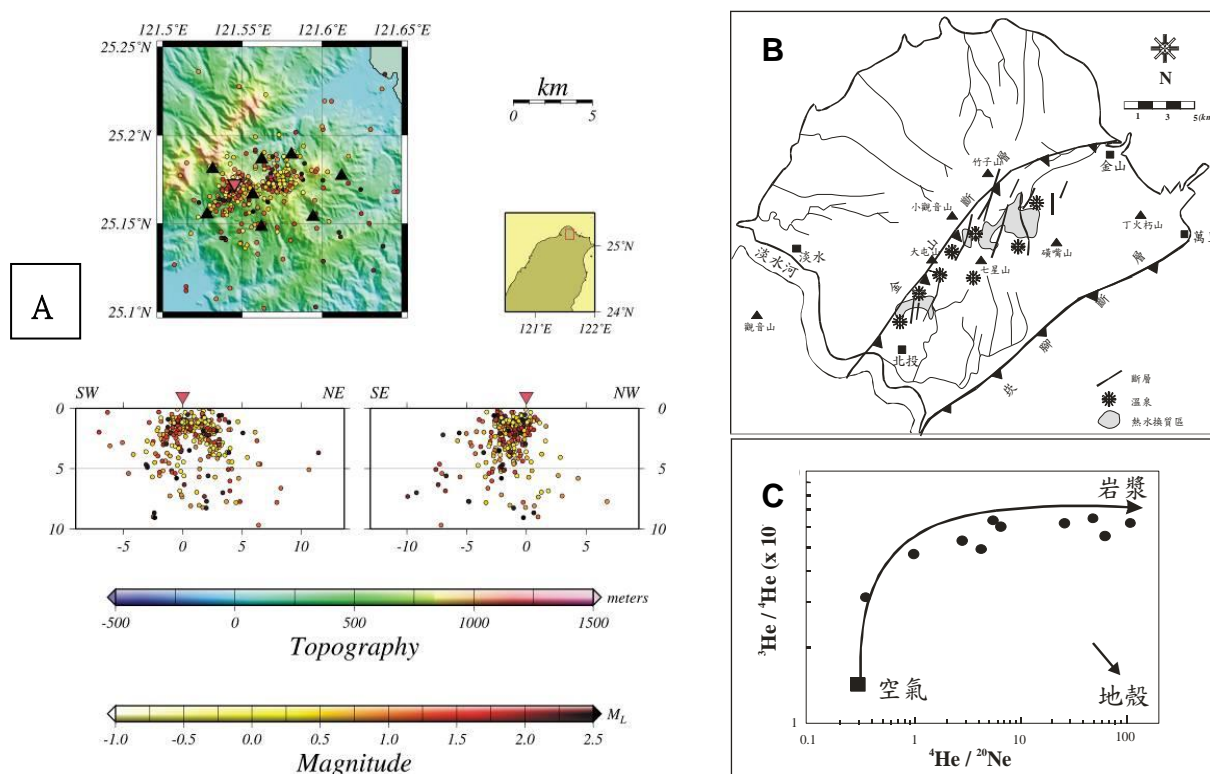


圖 1-2：大屯火山群的微震(A)(Lin *et al.*, 2005b)、溫泉(B)和氦同位素(C)(Yang *et al.*, 1999)分布值。

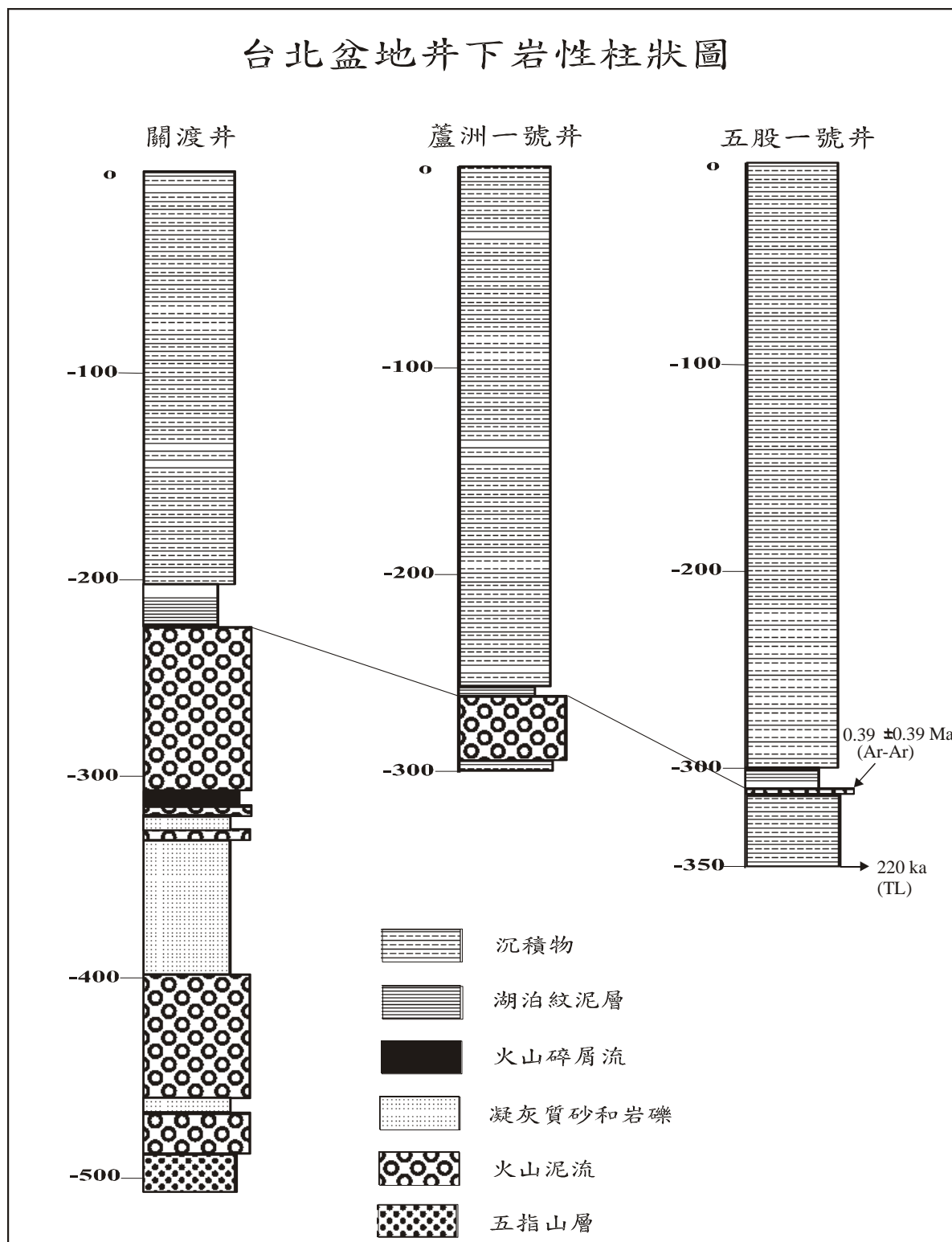


圖 1-3：台北盆地井下火山泥流堆積物岩性柱狀及對比圖（Tsao *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2007）。



## 火山噴發前的可能前兆圖

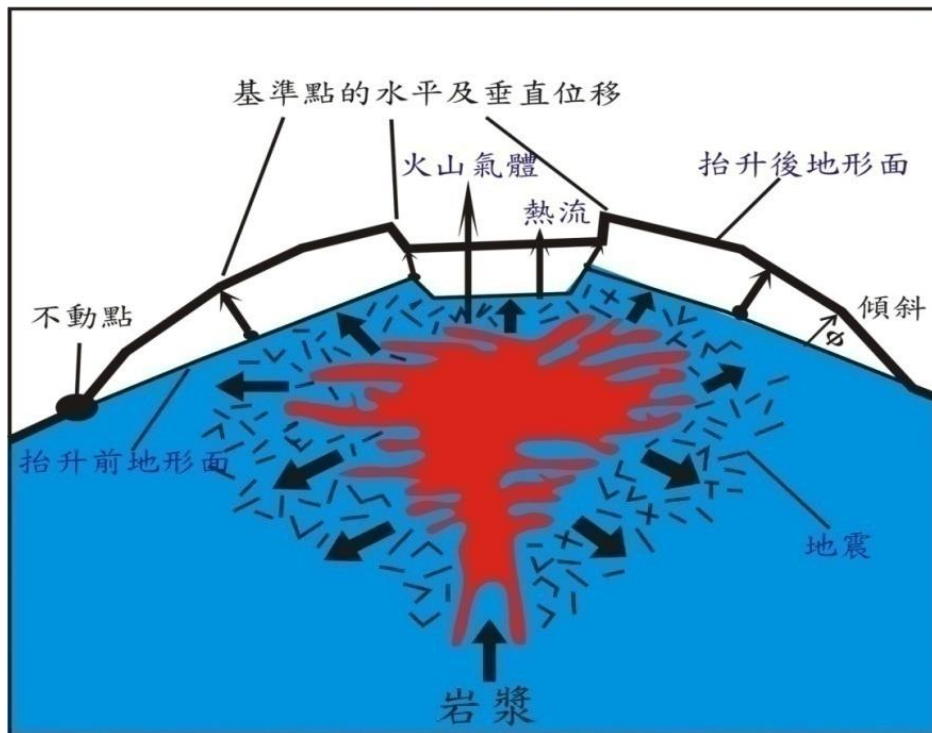


圖 1-4：火山噴發前岩漿活動可能的前兆(Tilling, 1989)。

## 二、過去的研究結果

經濟部中央地質調查所於民國 93 年至民國 100 年執行「大台北地區特殊地質災害調查與監測」兩期共 8 年之計畫。其中，在火山活動的調查監測方面，建立了溫泉水質、火山氣體以及地下溫度等多面向之監測站，長時間蒐集火山地區之環境資料，了解長時間之地球化學及地下熱流變化，並配合大台北計畫項下子計畫所布設的火山微震觀測站網資料，進一步評估火山之活動性。故過去八年在火大屯火山群的火山流體和地熱監測結果顯示：

- 1、大屯火山群的溫泉水成因，馬槽和硫磺谷的溫泉可能與岩漿源有關，地熱谷溫泉可能是天水和地層中的滷水混合形成的，而小油坑溫泉則受到蒸發作用的影響。
- 2、溫泉水的變化與微震發生頻率有一定的關係，顯示水質的變化可能與地底下的流體因素有關。
- 3、溫泉水水質和水化學的監測顯示過去幾年的變化相對穩定。

- 4、火山氣體分析結果顯示出大部分地區維持穩定現象。由氮同位素資料，以及微震網的資料顯示大屯火山仍然相當活躍，而最有可能存在岩漿庫的地方為大油坑地區。其擁有最高的氮同位素比值，而且微震發生主要集中在其下約 4~5 公里處。目前氮同位素分析結果同樣顯示本地區仍相對穩定，無明顯變化。
- 5、大油坑地區的氯離子濃度仍然維持在高值。大油坑 HCl 含量增加可能是受到突然間溫度增加的影響所造成。而硫化物又轉變為以 H<sub>2</sub>S 為主，但 HCl 的含量卻上升，為了區別是否為採樣上的問題或是 HCl 濃度確實有增加的現象，對於往後的採樣密集性也需增加。
- 6、八煙臨時監測站初步結果顯示，氬氣濃度約為 1,432 Bq m<sup>-3</sup>；在 2011 年 11 月 6 日晚間出現最高值 3,636 Bq m<sup>-3</sup>，不過隨後即快速降低至背景值，初步判定是受到雨量的影響。大量的降雨使得大量的雨水向下滲入土壤空隙中，初期原本存在於空隙中的土壤氣體會被趕出空隙向上排出，之後水分將土壤的空隙填滿；因此在大雨期間會出現氬氣濃度值先升後降的現象。
- 7、在小油坑監測站監測期間常有超出偵測極限的現象發生，初步認為可能是受到濕度的影響，未來將縮短更換分子篩 GZP 的週期時間；我們也不排除氣體濃度是否有增高的趨勢，未來將增加人工現地採樣的次數，將採回的氣體樣本經實驗室較精密儀器分析其濃度加以確認其分析結果。
- 8、菁山地溫監測井井內各深度溫度約 17.17~21.43℃，溫度變化之標準差分別約 0.0078~0.6960℃，整口井溫呈現慢慢下降的趨勢，地溫梯度以深度 100 公尺為界主要可分成兩段，上段 0-100 公尺約 2.6 °C/100m，下段 100-190 公尺約 0.6 °C/100m。
- 9、擎天崗地溫監測井井內各深度溫度約 17.88~105.72℃，溫度變化之標準差分別約 0.1580~0.7874℃，深度 200 公尺約 25.0℃，比同深度的菁山站高約 4.0℃，顯示本測站在大屯火山區較接近熱源。地溫梯度以深度 200 公尺為界主要可分成兩段，上段 0-200 公尺約 3.5°C/100m，下段 200-470 公尺約 29.0°C/100m，地溫梯度顯示監測區地下水可能有一厚度約 200 公尺的對流包，另外，深度 470 公尺 105.72℃的溫度則可能在井內啟動約 2.5 公尺的熱對流包，本站 2010 年和 2011 年共發現 5 次與氣候無關的熱脈衝事件，值得

後續追蹤探討。

- 10、龜山島地溫監測井井內各深度溫度約 22.03~34.02℃，溫度變化之標準差分別約 0.0086~0.2744℃，各深度溫度變化也顯示整口井溫度有慢慢下降趨勢，地溫梯度大致可分兩段，淺於 100 公尺的梯度約-1.5℃/100m，100 公尺以下的梯度約 9.7℃/100m，2006-2009 年夏季期間均觀測到溫度突然改變的熱脈衝事件，溫度變化約-0.023~0.015℃溫度，確定係受颱風影響，颱風影響地溫的機制目前並不清楚，是否可能為颱風引發慢地震造成地溫的改變，此部分仍有很大的探討空間。

### 三、研究目的

目前上述之各項監測值均為穩定的狀態，大屯火山群目前雖沒有立即噴發的危險，但種種地質跡象仍顯示有再活動的可能讓科學家擔憂，需要未來長期觀測。大屯火山群的地質年代仍屬年輕，許多證據均顯示最近一次噴發年代落於國際活火山定義的一萬年內，且地殼深部仍有高溫的岩漿存在，因此根據國際火山學的定義，可以歸類為「休眠的活火山」。對於活火山的各種現象定義，包含岩漿庫存在範圍的界定，熱液活動通道、火山地化特性變化原因、火山地區電磁特性、地殼變形特性及微震活動機制，由於研究的時間週期太短，至今仍無法掌握長週期之狀況。因此大屯火山群還需要更多持續的科學觀測證據，才能證明究竟它是否有再爆發活動可能的「活火山」，且持續的觀測也是火山防災必要之工作。故地調所前期相關計畫已針對大屯火山群及宜蘭龜山島地區進行基本普查研究，建立區域地質及火山活動背景資料，並設置數類監測站持續觀測，所得到的數據提供監測環境的背景資訊，但對於調查及監測到變動的數據，尚無法辨別其發生機制。為進一步探測火山活動相關之岩漿熱液活動，在近程研究階段，調整前期部分調查方法，持續性地對北部火山重點地區進行調查與觀測。

本計畫預定以 4 年為期，進行台灣北部火山地區的火火山活動資料蒐集工作。先期計畫已存在設置的各式環境背景監測站，包含火山氣體、火山溫泉及火山地溫；維持目前主動連續記錄及人工記錄點位(每月量測或收取資料 1 次)。計畫目的是監測地底下岩漿庫的可能活動情形，以判定大屯火山群未來活動的可能性。本年度為第二年的監測工作。

## 四、工作項目與內容

### (1) 火山氣體化學資料蒐集

於大屯火山區進行每月定期之火山氣體採集及成分蒐集，成分蒐集項目包含  $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_6$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{He}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $^3\text{He}/^4\text{He}$  同位素比值等，採樣範圍：包括火山氣體徵兆區以及本所於前期計畫建置之固定式火山氣體監測站，全區至少 3 個採樣點。除資料蒐集之外，亦須進行監測站儀器維護工作，每次進行採樣作業時需拍攝現場不同角度照片 3 張以上，並註明拍攝日期。

### (2) 溫泉水化學資料蒐集

於大屯火山區進行每年定期之溫泉水採集及成份蒐集，成分蒐集項目包含溫泉水中的總固溶體（TDS）（現地測量）、pH 值（現地測量）、電導度（現地測量），以及  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$  等陰離子，和  $\text{Si}^{+4}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  等陽離子濃度，採樣範圍：包括溫泉水樣以及本所於前期計畫建置之固定式水質監測站，全區 7 個採樣點（硫磺谷、冷水坑、馬槽、大油坑、地熱谷、四磺坪、八煙）。除資料蒐集之外，亦須進行監測站儀器維護工作，每次進行採樣作業時需拍攝現場不同角度照片 3 張以上，並註明拍攝日期。

### (3) 地溫資料蒐集

蒐集目前本所於大屯火山群所設置之地溫監測站計有菁山、擎天崗及龜山島 3 口地溫監測井至少 2 口地溫監測井之觀測資料，每次進行溫度量測作業時需拍攝現場不同角度照片 3 張以上，並註明拍攝日期。除資料蒐集之外，廠商亦須進行溫度量測儀器之校正工作，校正準確度須達到約  $0.01^\circ\text{C}$ ，靈敏度須達到  $0.0001^\circ\text{C}$ 。

### (4) 資料彙整與分析

上述各項觀測及採樣點數量及位置，以地調所目前所建置之監測站位以及採樣點為主，選擇監測點必須說明原因，並經地調所同意方能為之。

## 五、參考文獻

楊燦堯（2000）陽明山國家公園大屯火山群噴氣之氦同位素比值研究。國家公園學報，10(1)，73-94 頁。

楊燦堯、何孝恆、謝佩珊、劉念宗、陳于高、陳正宏（2003）大屯火山群火山氣體成份與來

源之探討。國家公園學報，13(1), 127-156 頁。

- Belousov A., Belousova M. and Chen C. H., (2010) Deposits, character and timing of recent eruption and gravitational collapses in Tatun Volcanic Group, northern Taiwan: hazard-related issues. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 191, 205-221.
- Janda, R.H., Daag, A.S., Delos Reyes, P.J., Newhall, C.G., Pierson, T.C., Punongbayan, R.S., Rodolfo, K.S., Solidum, R.U. and Umbal, J.V. (1996) Assessment and response to lahar hazard around Mount Pinatubo, 1991 to 1993: in *Fire and Mud*, Newhall, C.G. and Punongbayan, R.S. (eds) , 107-140, U. Washington Press.
- Lee, H.F., Yang, T.F., Lan, T.F., Song, S.R. and Tsao, S. (2005) Fumarolic gas composition of the Tatun Volcano Group, northern Taiwan. *T Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences* 16, 843-864.
- Lin, C.H., Konstantinou, K.I., Liang, W.T., Pu, H.C., Lin, Y.M., You, S.H., Huang, Y.P., (2005a) Preliminary analysis of volcanoseismic signals recorded at the Tatun Volcano Group, northern Taiwan. *Geophysical Research Letters* 32, L10313. doi:10.1029/2005GL022861.
- Lin, C.H., Konstantinou, K.I., Pu, H.C., Hsu, C.C., Lin, Y.M., You, S.H., Huang, Y.P., (2005b) Preliminary results of seismic monitoring at Tatun volcanic area of northern Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences* 16, 563-577.
- Ma, K.F., Wang, J.H. and Zhao, D. (1996) Three-dimensional seismic velocity structure of the crust and uppermost mantle beneath Taiwan: *Journal of Physical Earth* 44, 85-105.
- Song, S.R. and Lo, H.J. (1995) The source and origin of the volcaniclastics in Linkou Formation of Northern Taiwan. *Journal of Geological. Society of China* 38, 287-314.
- Song, S.R., Tsao, S. and Lo, H.J. (2000a) Characteristics of the Tatun Volcanic eruptions, north Taiwan: implications for a cauldron formation and volcanic evolution: *Journal of Geological. Society of China* 43, 361-378.
- Song, S.R., Yang, T.Y., Yeh, Y.H., Tsao, S., Lo, H.J. (2000b) The Tatun Volcano Group is active or extinct ? *Journal of Geological. Society of China* 43, 521-534.
- Song, S.R., Chen, T.M., Tsao, S., Chen, H.F., and Liu, H.C. (2007) Lahars in and around the Taipei Basin: Implications for the activity of Shanchiao Fault: *Journal of Asian Earth Sciences* 31, 277-286.
- Szakacs, M. (1994) Redefining active volcanoes: a discussion. *Bull Volcano.* 56, 321-325.
- Tilling, R.I. (1989) *Volcanic hazards*: Short course in Geology, volume 1, 28<sup>th</sup> International

Geological Congress, Washington, D.C., 123P.

Tsao, S., Song, S.R., and Lee, C.Y. (2001) Geological implications of lahar deposits in the Taipei Basin. *Western Pacific Earth Sciences* 1, 199-212.

Yanagi, T., Okada, H. and Ohta, K. (ed.) (1992) *Unzen Volcano ; the 1990-1992 eruption*. Nishinippon News Paper Publ. and Kyushu University Press, 137p.

Yang, T.F., Sano, Y., and Song, S.R. (1999)  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratio of fumaroles and bubbling gases of hot springs in Tatun volcano Group, North Taiwan, *Il Nuovo Cimento* 22c, 281-286.

Yeh, Y.H. and Chen, K.J. (1991) The study of Chinshan fault – microseismic observation: Report to Hazard Mitigation of National Science Council, p41. (in Chinese)

## 第二章、火山氣體監測

### 一、火山氣體與微量氣體成份之定期採樣分析

#### (一) 採樣目的與區域

火山噴氣氣體成分的變化常用來作為探討岩漿活動與監測火山活動最有效的方法之一。藉由火山噴出的氣體變化可以推斷出此一火山的岩漿性質和活動性。許多研究指出在火山噴發前，噴氣中的某些氣體成份會突然增加或是減少，或是同位素值會有所改變等等。因此調查火山的氣體成分及同位素變化可以監測火山運動，並可以進一步預言即將到來的爆發。

大屯火山地區有相當多處的噴氣孔以及溫泉地熱區，本研究團隊自 1999 年起便定期於地熱谷、硫磺谷、龍鳳谷、中山樓、小油坑、冷水坑、馬槽、大油坑、八煙、四磺坪、煨子坪、大埔等處收集火山噴氣和溫泉氣泡，分析其氣體成份。採樣地點分別如圖 2-1 所示。去年度定期採樣位置為小油坑、大油坑、以及八煙，今年度定期採樣位置除了延續過去的三個採樣點外，另新增了四磺坪及硫磺谷。採樣時間最少維持約每月一次。今年度採樣地點經緯度及採樣日期如表 2-1 所示。

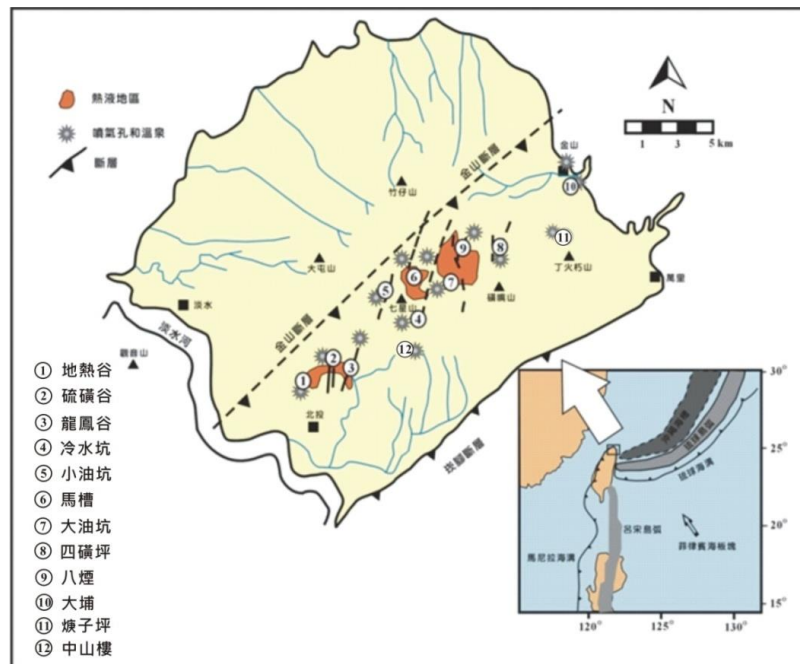


圖 2-1：大屯火山噴氣分布圖。本計畫氣體採樣位置為小油坑、大油坑、八煙、四磺坪及硫磺谷。

表 2-1：本年度採樣位置(小油坑、大油坑、八煙、四磺坪及硫磺谷)之經緯度座標及採樣日期。

採樣點	2013	2013	2013	2013	2013	2013	二度分帶座標		note
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	X	Y	
硫磺谷 (LHK)	1/09	2/19	3/11	4/10	5/15	6/14	302842	2781771	噴氣孔
小油坑 (SYK)	1/10	2/06	3/06	4/16	5/08	6/25	305267	2785355	噴氣孔
大油坑 (DYK)	1/15	2/20	3/06 3/20	4/16	5/23	6/13	308531	2784969	噴氣孔
八煙 (BY)	1/10	2/07	3/05	4/11	5/08	6/25	309262	2787182	噴氣孔
四磺坪 (SHP)	1/15	2/06	3/06	4/11	5/15	6/13	310743	2787558	噴氣孔

續表 2-1：本年度採樣位置(小油坑、大油坑、八煙、四磺坪及硫磺谷)之經緯度座標及採樣日期。

採樣點	2013	2013	2013	2013	2013	2013	二度分帶座標		note
	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	X	Y	
硫磺谷 (LHK)	8/2	8/28	9/24	10/11	11/1	12/12	302842	2781771	噴氣孔
小油坑 (SYK)	7/31	8/23	9/23	10/14	11/12	12/3	305267	2785355	噴氣孔
大油坑 (DYK)	8/2	8/27	9/27	10/14	11/18	12/12	308531	2784969	噴氣孔
八煙 (BY)	7/31	8/23	9/23	10/11	11/12	12/3	309262	2787182	噴氣孔
四磺坪 (SHP)	7/31	8/26	9/23	10/11	11/12	12/3	310743	2787558	噴氣孔



## (二) 採樣與分析方法

長久以來，火山氣體研究學者利用吉氏採樣瓶（Giggenbach bottle）來採集火山氣體並分析其氣體成份，本實驗室也引進了此種採樣與分析方法。此方法的初步的分析結果顯示本地區各處火山噴氣成分以水氣佔絕大部分，除水後以  $\text{CO}_2$  為主，其次為硫化物，為一典型低溫火山氣體組成（楊燦堯等，2003）。

首先在容積約 300 ml 的吉氏採樣瓶中置入調配好的 4N NaOH 溶液 50ml，將採樣瓶抽成真空後倒置，避免空氣進入污染。在採樣前先測量此時的重量，採樣之後再測量一次重量，便可以得到所採集的標本重量。重量的改變亦可以當作一判斷採樣成功或失敗的準則；若是採樣後的重量比採樣前少，表示有鹼液從瓶中被抽走，此樣品採樣失敗，便不可使用了。

在採集火山樣品時，為避免火山氣體和管線間產生反應，我們使用約一米長的鈦金屬管或不鏽鋼管直接插入火山噴氣口，在溫度較高，噴氣量較大的地點，連接不鏽鋼的導管需較長，以免溫度過高發生危險。以手動幫浦先將導管內的空氣抽淨，減少空氣污染的比例，待火山氣體充滿導管後，便可打開吉氏瓶閥門收集氣體帶回實驗室分析(圖 2-2A)。

溫泉氣泡部分則先以手動幫浦將導管內空氣抽淨，讓水充滿導管中，再將漏斗移至氣泡茂密處採用排水集氣法來收集氣體(圖 2-2B)。收集溫泉氣泡時，要注意不要讓大量的溫泉水一併進入瓶中。通常溫泉氣泡的水氣含量會比噴氣來得少，而且因人為控制水氣的收集，一般以其除水後的成分來比較其氣體組成。

當氣體進入吉氏瓶時，鹼液便可以富集火山氣體中的  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{HCl}$  等氣體，使之溶解於鹼液中；其它不易溶解於鹼液的氣體，如  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{He}$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{CO}$  等，則可相對富集於採樣瓶上方部分的空間中。採樣時間依每個噴氣孔流量不同，大致都在 10 幾分鐘左右，某些溫泉氣泡因逸氣量小，其收集時間則較久。

吉氏瓶氣體採集量取決於幾個要素；鹼液的消耗、鹼液體積增加相對其上部

真空體積的消耗，以及  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{He}$ 、 $\text{Ne}$ 、 $\text{Ar}$  等難溶氣體對鹼液上部真空體積的消耗。鹼液主要的缺點是任何過多的  $\text{NaOH}$  鹼液都會與一氧化碳反應，且速率與鹼液濃度成正比：

$$dP_{\text{CO}} / dt = k P_{\text{CO}} [\text{OH}^-] \quad (1)$$

室溫下，瓶中一氧化碳與 1 N  $\text{NaOH}$  接觸反應，半衰期為 20 天。所以只有盡快分析氣樣或藉由調整到最適合的  $\text{NaOH}$  濃度來減少鹼液對  $\text{CO}$  的損耗。

除此之外，吉氏瓶在收集火山氣體中的硫化物時，只能告訴我們總硫量為多少，而無法將  $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{SO}_2$  個別的量分離出來。Montegrossi *et al.* (2001) 提出使用  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  來收集不同的硫化物種類。但是在製造  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  時需要使用有毒的  $\text{CdCO}_3$ ，所以我們使用碘液來代替，但如此一來也使得整個分析時間加長。

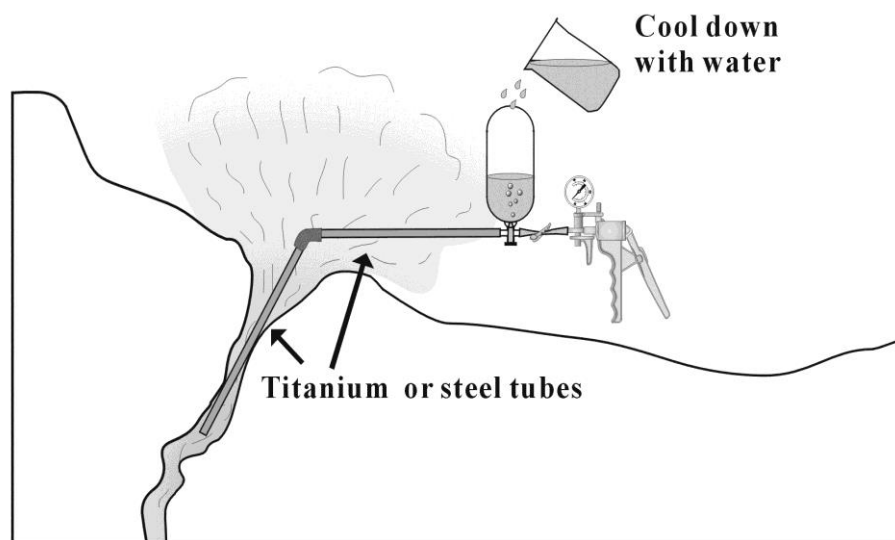


圖 2-2A：噴氣孔採樣示意圖。如果溫度過高則必須以冷水使之降溫。

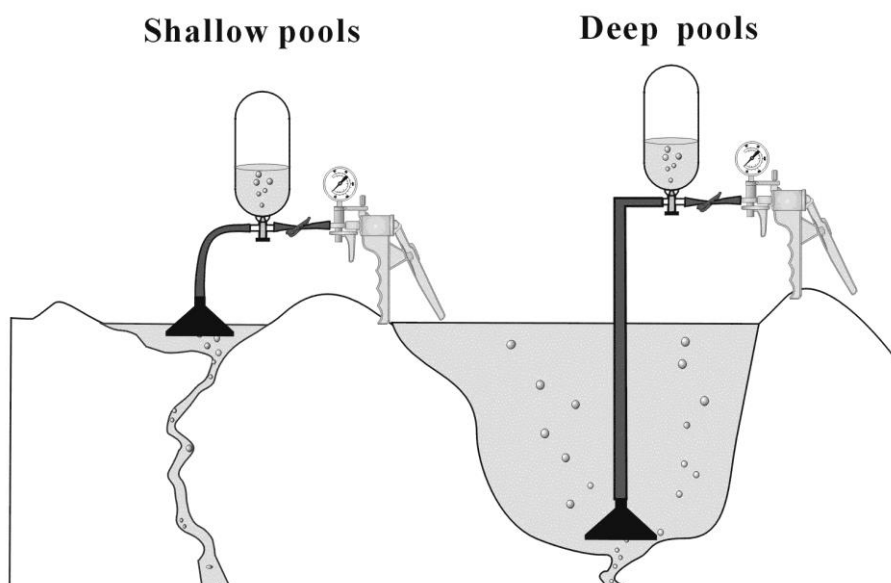


圖 2-2B：溫泉氣泡採樣示意圖。

### (三) 氣體樣品分析結果

自 2013 年 1 月至 12 月，於大油坑、小油坑、八煙、四磺坪及硫磺谷之採樣點的樣本分析結果如下。

表 2-2: 小油坑採樣點之氣體成分組成。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130110-SYK	96.8	2.42	526	-	642	2.34	-	-	-	-	0.44	3543	1.32	65682	929599	
130206-SYK	96.6	2.81	715	0.04	805	4.06	0.46	0.06	16.4	1.03	0.75	2970	40.0	116707	878734	
130306 SYK	98.0	12.7	1627	-	457	1.00	-	-	8.26	281	6.22	3302	25.0	57673	936604	空氣混染
130416-SYK	96.7	1.56	459	-	369	1.41	0.14	0.01	11.4	-	1.07	916	7.04	48111	950121	
130508 SYK	98.2	15.5	1674	-	722	2.68	0.16	0.09	13.8	-	4.00	3700	3.10	91817	902045	
130625 SYK	98.3	1.28	366	-	396	0.89	-	0.17	11.3	-	5.00	2501	4.76	50413	946298	
130731 SYK	96.1	1.44	544	-	660	0.10	-	-	8.42	-	10.0	2729	4.41	52218	943823	
130823 SYK	96.1	-	506	-	633	2.78	-	-	8.88	-	2.00	2901	5.23	52237	943701	
130923 SYK	96.1	2.30	506	-	488	2.03	0.11	0.27	11.3	6.98	40.0	2351	4.66	44279	952306	
131014 SYK	96.2	2.34	509	-	591	2.49	0.15	0.20	15.9	-	9.00	2613	3.15	43230	953021	
131112 SYK	96.4	1.98	390	-	548	2.15	0.12	-	7.59	-	14.0	2734	7.69	48443	947849	
131203 SYK	96.3	3.37	572	-	555	2.17	0.19	0.14	12.2	4.56	-	2700	-	38760	957387	

單位：(μmol/mol); -：not detected.

續表 2-2: 小油坑採樣點之氣體成分組成(除水)。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130110-SYK	96.8	34.3	7473	-	9126	33.1	-	-	-	-	100	50232	18.5	932981		
130206-SYK	96.6	23.1	5898.	0.30	6646	33.5	3.80	0.51	135	8.46	3.04	24497	330	962418		
130306 SYK	98.0	201	25679	-	7218	15.7	-	-	130	4433	13.1	52172	395	909740		空氣混染
130416-SYK	96.7	31.2	9210	-	7400	28.2	2.79	0.28	228	-	34.5	18356	141	964565		
130508 SYK	98.2	159	17095	-	7376	27.3	1.63	0.90	141	-	44.0	37769	31.6	937351		
130625 SYK	98.3	23.8	6826	-	7376	16.6	-	3.15	210	-	50.4	46632	88.6	938771		
130731 SYK	96.1	25.5	9685	-	11758	1.79	-	-	149	-	97.2	48660	78.5	929542		
130823 SYK	96.1	-	9003	-	11254	49.3	-	-	157	-	188	51380	92.9	927873		
130923 SYK	96.1	48.1	10613	-	10234	42.6	2.35	5.63	238	146	34.5	50118	97.7	928417		
131014 SYK	96.2	49.8	10850	-	12598	53.1	3.14	4.36	338	-	933	54892	67.0	920208		
131112 SYK	96.4	37.9	7496	-	10508	41.3	2.28	-	145	-	180	52522	147	928917		
131203 SYK	96.3	79.2	13435	-	13034	50.9	4.35	3.27	286	107	-	63070	-	909605		

單位：(μmol/mol); -：not detected.

表 2-3：八煙採樣點之氣體成分組成。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130110-BY	97.3	4.18	864	-	837	4.52	-	-	-	12.2	1022	460	0.85	60820	935976	
130207-BY	98.3	5.72	999	0.33	966	7.16	0.93	0.16	0.72	36.2	242	46	6.13	31828	965862	
130304 BY	96.4	5.47	1406	-	1558	6.80	-	-	-	13.6	1521	278	1.52	100984	894226	
130411-BY	98.0	1.89	377	-	300	1.84	0.19	0.03	0.05	8.73	177	243	14.7	69525	929351	
130508 BY	99.4	2.54	459	0.26	494	3.42	0.26	0.11	-	13.1	1047	306	6.18	95504	902165	
130625 BY	97.1	2.26	445	0.20	426	1.99	-	0.39	0.10	10.8	670	573	5.64	49864	948001	
130731 BY	97.6	2.00	685	-	812	4.93	0.28	-	-	-	1890	524	4.41	50738	945339	
130823 BY	97.0	2.31	713	3.56	847	5.09	0.46	-	-	9.18	675	575	1.69	54581	942586	
130923 BY	97.4	17.0	1913	-	657	4.03	0.26	0.51	0.14	131	775	475	5.82	42639	953382	
131011 BY	98.2	2.39	644	-	737	4.77	0.32	0.56	0.35	19.1	707	589	3.69	44733	952559	
131118 BY	97.6	124	13132	-	6943	41.1	3.12	-	-	731	5573	3817	30.2	355663	613941	空氣混染
131203 BY	97.8	3.99	723	-	1117	8.71	0.66	0.25	0.08	22.1	-	259	-	36839	960089	

單位：(μmol/mol); -: not detected.

續表 2-3：八煙採樣點之氣體成分組成(除水)。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130110-BY	97.3	65	13488	-	13074	70.6	-	-	-	191	15960	7179	13.2	949959		
130207-BY	98.3	168	29263	9.80	28309	209	27.2	4.77	21.0	1062	7103	1336	179	932309		
130304 BY	96.4	52	13290	-	14733	64.3	-	-	-	129	14378	2627	14.3	954713		
130411-BY	98.0	27	5342	-	4245	26.0	2.64	0.36	0.68	124	2501	3433	208	984091		
130508 BY	99.4	26	4695	2.61	5049	34.9	2.61	1.17	-	134	10699	3125	63.1	976167		
130625 BY	97.1	44	8554	3.92	8200	38.3	-	7.47	1.98	208	12878	11014	108	958941		
130731 BY	97.6	37	12528	-	14860	90.2	5.04	-	-	-	34585	9595	80.6	928219		
130823 BY	97.0	40	12413	61.9	14761	88.5	8.01	-	-	160	11765	10018	29.3	950655		
130923 BY	97.4	367	41031	-	14093	86.5	5.56	10.9	3.06	2813	16622	10188	124	914654		
131011 BY	98.2	50	13574	-	15526	100	6.84	11.9	7.35	404	14900	12408	77.8	942932		
131118 BY	97.6	322	34016	-	17985	106	8.08	-	-	1895	14435	9887	78.2	921267		空氣混染
131203 BY	97.8	100	18126	-	27991	218	16.6	6.25	1.96	554	-	6483	-	923026		

單位：(μmol/mol); -: not detected.

表 2-4：大油坑採樣點之氣體成分組成。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130115-DYK	98.2	22.2	2061	-	5.18	-	-	-	-	168	330	1746	8.55	33041	962618	
130220 DYK	101.2	10.9	1309	-	8.18	-	-	-	-	212	394	1414	32.5	37958	958660	
130306 DYK	111.0	16.6	1662	-	6.61	0.10	-	-	-	293	497	1150	1046	34279	961048	
130320-DYK	112.8	108	11877	1.89	77.1	3.64	-	0.24	0.82	204	272	1982	332	41845	943296	
130416-DYK	122.7	2.16	287	0.37	4.75	-	-	0.01	-	14	519	1029	372	32738	965034	
130523 DYK	91.0	40.2	3640	0.65	531	6.56	0.63	0.26	0.37	314	332	1829	6.89	57531	935766	空氣混染
130613 DYK	98.7	19.9	1693	0.21	4.14	-	-	0.09	0.07	84	199	1296	548	31551	964604	
130802 DYK	99.8	1.62	309	-	13.2	-	-	-	-	-	439	1257	1.98	23549	974429	
130827 DYK	99.1	37.0	3035	2.26	4.66	-	-	-	0.05	213	160	1140	458	26219	968730	
130927 DYK	112.0	1.03	278	-	9.91	0.02	-	0.18	0.04	2	264	1558	126	23694	974066	
131014 DYK	113.0	1.69	255	-	9.02	-	-	0.11	0.16	9	283	1633	128	23137	974543	
131118 DYK	99.3	8.83	941	-	13.1	-	-	-	-	114	354	1917	89.6	29721	966842	
131212 DYK	113.0	9.54	1032	-	8.37	-	-	0.13	0.08	61	-	2010	301	51553	944646	

單位：(μmol/mol); -: not detected.



續表 2-4：大油坑採樣點之氣體成分組成(除水)。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130115-DYK	98.2	593	55136	-	138	-	-	-	-	4484	8836	46713	229	883870		
130220 DYK	101.2	265	31662	-	198	-	-	-	-	5129	9542	34214	787	918201		
130306 DYK	111.0	426	42666	-	170	2.68	-	-	-	7519	12764	29532	26876	880045		
130320-DYK	112.8	1913	209447	33.3	1360	64.1	-	4.24	14.4	3596	4789	34955	5868	737956		
130416-DYK	122.7	61.8	8196	10.6	136	-	-	0.25	-	402	14851	29421	10646	936276		
130523 DYK	91.0	627	56670	10.1	8276	102	9.83	4.12	5.77	4888	5173	28478	107	895649		空氣混染
130613 DYK	98.7	563	47819	6.04	117	-	-	2.59	1.94	2374	5621	36610	15506	891378		
130802 DYK	99.8	63.3	12084	-	519	-	-	-	-	-	17175	49146	77	920934		
130827 DYK	99.1	1184	97061	72.1	149	-	-	-	1.45	6805	5119	36464	14672	838473		
130927 DYK	112.0	39.8	10729	-	382	0.65	-	7.02	1.63	73	10198	60073	4878	913618		
131014 DYK	113.0	66.5	10032	-	354	-	-	4.33	6.26	350	11129	64157	5038	908863		
131118 DYK	99.3	266	28369	-	396	-	-	-	-	3446	10682	57808	2703	896330		
131212 DYK	113.0	172	18643	-	151	-	-	2.29	1.42	1110	-	36307	5455	931340		

單位：(μmol/mol); -: not detected.

表 2-5：四磺坪採樣點之氣體成分組成。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130115-SHP	97.8	6.89	688	-	160	0.37	-	-	-	-	0.34	1982	2.53	40971	956189	
130206-SHP	100.3	6.91	596	0.03	204	1.99	-	0.06	1.04	5.42	1.80	2227	16.8	107660	889279	
130306 SHP	90.6	94.9	11635	-	2731	8.63	-	-	-	624	88.1	22021	62.6	519628	443106	空氣混染
130411-SHP	99.9	8.26	1044	-	263	1.21	0.10	0.06	1.17	-	18.1	3681	6.05	82728	912248	
130515 SHP	97.3	5.15	577	-	163	0.41	0.06	0.08	0.44	-	15.0	2915	4.68	69988	926332	
130613 SHP	97.9	2.65	224	-	38	0.10	0.12	0.09	0.20	10.6	20.0	1351	2.38	41201	957149	
130731 SHP	99.8	2.43	349	-	114	0.15	-	-	-	-	14.0	1287	6.08	27410	970817	
130826 SHP	97.2	5.70	587	-	223	0.89	-	-	-	-	12.0	1993	5.04	66581	930592	
130923 SHP	97.3	5.37	579	-	199	0.53	0.01	0.34	0.62	4.91	7.00	2204	3.81	47563	949433	
131011 SHP	97.3	7.43	740	-	274	0.64	0.05	0.37	1.06	7.48	20.0	2838	3.85	56398	939710	
131112 SHP	93.7	4.99	415	-	154	0.43	-	-	-	-	28.0	2022	3.15	33184	964188	
131203 SHP	97.4	11.5	1033	-	231	0.61	0.01	0.17	0.93	37.7	-	2634	-	34394	961627	

單位：(μmol/mol); -: not detected.

續表 2-5：四礮坪採樣點之氣體成分組成(除水)。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130115-SHP	97.8	157	15698	-	3655	8.46	-	-	-	-	100	45150	57.7	935174		
130206-SHP	100.3	62.4	5382	0.31	1844	18.0	-	0.57	9.41	49	3.48	20129	152	972349		
130306 SHP	90.6	170	20892	-	4903	15.5	-	-	-	1122	32.0	39669	112	933083		空氣混染
130411-SHP	99.9	94.1	11898	-	3003	13.7	1.17	0.66	13.3	-	168	41992	68.9	942748		
130515 SHP	97.3	69.8	7830	-	2210	5.53	0.80	1.15	6.00	-	195	39572	63.5	950046		
130613 SHP	97.9	61.9	5225	-	890	2.44	2.72	2.20	4.57	249	163	31833	55.4	961511		
130731 SHP	99.8	83.3	11968	-	3906	5.15	-	-	-	-	650	43934	208	939245		
130826 SHP	97.2	82.1	8463	-	3210	12.8	-	-	-	-	310	28579	72.6	959270		
130923 SHP	97.3	106	11448	-	3927	10.4	0.25	6.74	12.2	97	261	43462	75.3	940593		
131011 SHP	97.3	123	12273	-	4544	10.6	0.89	6.07	17.6	124	150	47254	63.8	935433		
131112 SHP	93.7	139	11589	-	4313	12.1	-	-	-	-	400	56833	87.8	926626		
131203 SHP	97.4	301	26915	-	6031	15.8	0.20	4.35	24.1	983	-	68471	-	896307		

單位：(μmol/mol); -: not detected.

表 2-6：硫磺谷採樣點之氣體成分組成。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130109-LHK-1	100.3	-	340	-	120	-	-	-	-	-	9.26	3287	3.52	45157	951083	
130219-LHK-1	98.9	4.27	688	0.03	227	0.91	0.17	-	0.11	21.1	0.54	2482	1.90	36529	960045	
130312 LHK-1	96.7	2.55	546	-	240	0.30	-	-	-	2.55	1.55	2407	1.49	42355	954445	
130410-LHK-1	101.5	1.91	688	-	260	1.33	0.13	0.02	0.12	-	20.8	5660	80.5	82176	911111	
130515 LHK-1	98.0	3.97	628	0.06	189	0.39	0.05	0.05	0.07	4.62	16.0	2715	2.43	60652	935789	
130614 LHK-1	101.4	2.35	521	-	193	0.51	-	0.07	0.16	-	21.0	6351	5.36	98565	894340	
130802 LHK-1	98.5	158	13732	-	516	0.76	-	-	-	1016	10.0	6901	8.63	113359	864298	空氣混染
130828 LHK-1	99.4	23.1	2984	-	455	-	-	-	-	1.38	25.0	6703	3.44	100506	889299	
130924 LHK-1	98.3	4.06	1396	-	637	1.33	0.06	0.57	0.30	7.63	20.0	6171	3.77	102613	889146	
131011 LHK-1	98.5	89.6	10571	-	1606	2.68	0.30	1.50	1.11	17.9	51.0	18365	5.35	246282	723006	
131101 LHK-1	93.7	55.8	6291	-	1163	1.15	-	-	-	39.3	25.0	6263	1.94	91435	894725	
131212 LHK-1	97.8	7.90	1569	-	808	1.65	0.03	0.17	0.19	44.6	-	6731	6.01	84363	906441	

單位：(μmol/mol); -: not detected.

續表 2-6：硫磺谷採樣點之氣體成分組成(除水)。

Sample Name	T	Ar	N <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	HCl	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	note
130109-LHK-1	100.3	-	6952	-	2453	-	-	-	-	-	189	67202	71.8	923131		
130219-LHK-1	98.9	106	17229	0.78	5676	22.7	4.22	0.05	2.81	530	13.6	62127	47.5	914240		
130312 LHK-1	96.7	56.0	11989	-	5261	6.59	-	-	-	55.9	34.0	52830	32.6	929735		
130410-LHK-1	101.5	21.4	7736	-	2929	14.9	1.48	0.26	1.38	-	234	63674	906	924480		
130515 LHK-1	98.0	61.8	9777	0.93	2936	6.03	0.78	0.81	1.16	72.0	249	42287	37.8	944569		
130614 LHK-1	101.4	22.2	4936	-	1823	4.82	-	0.69	1.47	-	198	60111	50.7	932852		
130802 LHK-1	98.5	1168	101191	-	3803	5.60	-	-	-	7487	73.6	50856	63.6	835352		空氣混染
130828 LHK-1	99.4	208	26952	-	4108	-	-	-	-	12.4	225	60555	31.1	907907		
130924 LHK-1	98.3	36.2	12591	-	5750	11.9	0.55	5.15	2.68	68.8	180	55666	34.0	925653		
131011 LHK-1	98.5	323	38163	-	5799	9.68	1.08	5.41	4.02	64.7	184	66301	19.3	889125		
131101 LHK-1	93.7	530	59758	-	11043	10.9	-	-	-	373	237	59496	18.4	868532		
131212 LHK-1	97.8	84.0	16770	-	8632	17.6	0.35	1.86	2.05	477	-	71945	64.2	901705		

單位：(μmol/mol); -: not detected.

.

#### （四）氦同位素分析結果

因為氦同位素  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比值在大氣、地殼、地函物質中的差異極大，且氦氣在空氣中的濃度低、溶解度極低且不易與其他物質產生化學反應，最能直接反映出源自於地函的岩漿源組成訊號，因此我們希望能藉由連續監測氣體中氦同位素比值成份，達到監測台灣北部大屯火山群底下之岩漿庫活動情形。

雖然運用了所有可能的方法盡量減少採樣時空氣的混染，由國外的採樣經驗得知，要百分之百採得火山噴氣而完全沒有空氣的混染，幾乎是不可能的。幸好我們可以經由所採集氣體的組成，預先判斷是否有大量的空氣混染。一般說來，火山噴氣中所含的氧氣含量很低（ $<1\%$ ），而  $\text{He}/\text{Ne}$  比值很高（ $\text{He}/\text{Ne} > 1000$ ）；反之空氣中的氧氣量極高，而  $\text{He}/\text{Ne}$  比值很低（ $\text{He}/\text{Ne} \approx 0.3$ ）。所以，我們可以透過氧氣含量與  $\text{He}/\text{Ne}$  比值，來判斷我們所採集的樣品是否受到空氣的混染。

將源自於空氣的部分組成予以扣除，而校正得到真正源自於火山噴氣的成份。我們可以合理的假設，所採集的樣品中分析到的 Ne 皆來自於空氣（因為空氣中的  $^{20}\text{Ne}$  含量遠遠高於火山噴氣含量），所以我們若是可以得知空氣的  $^3\text{He}/^4\text{He}$  與  $^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$  比值，我們就可以得到校正的  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比值（Poreda and Craig, 1989）。值得注意的是，若是空氣的混染太大時（ $\text{He}/\text{Ne} < 1$ ），這樣的校正便沒有意義；詳細校正公式推導已另撰文報導（楊燦堯，2000）。表 2-7 整理了到目前為止，本計畫所分析的氦同位素比值結果。

表 2-7：氣體樣品之氦同位素比值分析結果

採樣地點	樣品編號	$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$	$^3\text{He}/^4\text{He}$	Ra	(Ra) <sub>c</sub>	$\pm 1 \sigma$	[He]ppm	Note
小油坑	130110-小油坑	29.0	8.46E-06	6.09	6.14	0.09	13.4	
	130206-小油坑	167	8.21E-06	5.91	5.92	0.08	5.94	
	130306-小油坑	0.32	1.39E-06	1.00			5.24	空氣混染
	130416-小油坑	22.0	7.16E-06	5.15	5.21	0.08	6.98	
	130508-小油坑	12.1	7.84E-06	5.64	5.76	0.08	6.94	
	130625-小油坑	13.6	7.43E-06	5.34	5.45	0.08	6.95	
	130731-小油坑	25.1	7.44E-06	5.35	5.41	0.08	6.31	
	130823-小油坑	25.9	7.60E-06	5.47	5.52	0.08	7.90	
	130923-小油坑	5.65	8.37E-06	6.02	6.32	0.09	6.87	
	131014-小油坑	82.5	7.49E-06	5.39	5.41	0.09	7.27	
	131112-小油坑	0.32	1.39E-06	1.00			5.24	空氣混染
	131203-小油坑	26.5	7.72E-06	5.56	5.61	0.08	6.61	
八煙	130110-八煙	42.7	6.73E-06	4.84	4.87	0.07	88.4	
	130207-八煙	4.99	7.03E-06	5.06	5.33	0.09	12.2	
	130305-八煙	55.4	7.13E-06	5.13	5.15	0.07	12.3	
	130411-八煙	70.7	6.21E-06	4.47	4.48	0.07	85.6	
	130508-八煙	88.4	6.07E-06	4.37	4.38	0.07	11.7	
	130625-八煙	31.5	6.77E-06	4.87	4.91	0.07	12.9	
	130731-八煙	68.0	6.70E-06	4.82	4.84	0.08	12.2	
	130823-八煙	21.5	6.68E-06	4.81	4.86	0.07	12.1	
	130923-八煙	49.0	6.68E-06	4.83	4.81	0.08	12.9	
	131011-八煙	186	6.30E-06	4.54	4.53	0.07	116	
	131112-八煙	28.0	6.39E-06	4.60	4.64	0.08	10.0	
	131203-八煙	36.9	6.86E-06	4.94	4.97	0.11	11.0	
四磺坪	130115-四磺坪	5.96	7.58E-06	5.46	5.71	0.08	8.45	

	130206-四礮坪	38.2	8.30E-06	5.97	6.02	0.09	7.98	
	130306-四礮坪	0.32	1.39E-06	1.00			5.24	空氣污染
	130411-四礮坪	49.5	8.48E-06	6.10	6.13	0.08	8.11	
	130515-四礮坪	36.7	8.05E-06	5.79	5.83	0.09	34.6	
	130613-四礮坪	15.5	8.03E-06	5.78	5.88	0.10	9.41	
	130731-四礮坪	0.32	1.39E-06	1.00			5.24	空氣污染
	130826-四礮坪	15.4	9.26E-06	6.66	6.78	0.11	7.64	
	130923-四礮坪	31.3	8.27E-06	5.95	6.00	0.09	9.55	
	131011-四礮坪	29.2	8.23E-06	5.92	5.97	0.10	8.40	
	131112-四礮坪	19.4	7.84E-06	5.64	5.71	0.08	9.64	
	131203-四礮坪	2.02	6.41E-06	4.61	5.29	0.12	7.87	
硫磺谷	130109-硫磺谷	15.2	8.93E-06	6.43	6.54	0.09	11.1	
	130219-硫磺谷	21.1	8.49E-06	6.11	6.19	0.09	4.67	
	130311-硫磺谷	14.3	8.30E-06	5.97	6.08	0.09	5.32	
	130410-硫磺谷	3.17	7.98E-06	5.74	6.27	0.09	4.52	
	130515-硫磺谷	12.0	7.95E-06	5.72	5.85	0.08	5.35	
	130614-硫磺谷	0.65	4.63E-06	3.33			6.20	空氣污染
	130802-硫磺谷	0.72	3.18E-06	2.29			8.79	空氣污染
	130828-硫磺谷	0.77	2.02E-06	1.45			11.7	空氣污染
	130924-硫磺谷	59.5	8.12E-06	5.84	5.87	0.08	6.55	
	131011-硫磺谷	24.5	7.94E-06	5.71	5.78	0.09	5.23	
	131101-硫磺谷	44.8	8.11E-06	5.83	5.87	0.09	5.47	
	131212-硫磺谷	24.8	7.94E-06	5.71	5.77	0.09	7.77	
大油坑	130115-大油坑	16.1	9.72E-06	6.99	7.12	0.10	11.4	
	130220-大油坑	1.07	7.02E-06	5.05	6.77	0.11	0.50	
	130306-大油坑	13.2	9.53E-06	6.86	7.00	0.10	9.80	
	130320-大油坑	18.4	9.43E-06	6.78	6.89	0.10	12.8	
	130416-大油坑	111	7.49E-06	5.39	5.40	0.08	8.62	
	130523-大油坑	0.32	1.39E-06	1.00			5.24	空氣污染
	130613-大油坑	3.95	9.09E-06	6.54	7.03	0.10	10.1	



130802-大油坑	74.7	9.72E-06	6.99	7.02	0.12	9.33	空氣污染
130827-大油坑	0.32	1.39E-06	1.00			5.24	
130927-大油坑	27.3	8.81E-06	6.40	6.34	0.10	11.1	
131014-大油坑	48.4	9.49E-06	6.86	6.82	0.11	10.8	
131118-大油坑	1.39	7.40E-06	5.30	6.58	0.12	7.86	
131212-大油坑	0.33	1.60E-06	1.15	6.78	0.12	7.59	

## （五）主要火山氣體之濃度變化討論

由時間上的變化來看，圖 2-3 整理自 1999 以來至今，此五個採樣點的大屯山地區主要噴氣口之氣體樣品經過校正後之氮同位素比值結果。圖 2-4、2-6、2-8、2-10、2-12 為此五個採樣點之溫度及主要火山氣體成分比例隨時間變化的連續觀測結果。圖 2-5、2-7、2-9、2-11、2-13 則是將主要火山氣體中的二氧化碳含量、含硫氣體之總硫含量以及氯化氫含量投影至三角圖中(from Giggenbath *et al.* 1990)。此外，我們也選擇了此五個採樣點噴氣中的氮氣、氬氣及氫氣三種氣體，將其含量依比例投影在三角圖中(from Giggenbach, 1996) (圖 2-14)，藉此協助我們更加精確的判斷本研究採樣點中的噴氣氣體來源。

由圖 3 中可以看出，大油坑在本研究中有最高的氮同位素比值(長期平均值約為 6.61Ra)，已經非常接近（甚至超過）鄰近地區（如日本、菲律賓）現生火山地區噴氣的氮同位素比值，顯示目前大油坑地區的噴氣已接近岩漿源噴氣的氮同位素組成。而本研究其餘採樣地區(小油坑、八煙、四磺坪、硫磺谷)之  $^3\text{He}/^4\text{He}$  比值則稍低(約落於 5~6Ra)，顯示這些地區岩漿源噴氣並不若大油坑如此活躍，而是以熱液系統來源的噴氣為主。

此外，根據各採樣點噴氣於不同主要火山氣體成分上的分析結果，我們可將不同採樣點位之觀測結果分別說明並羅列如下：

### 1.大油坑

由圖 2-4 中可以看出在各區域中大油坑含有最高的 HCl 濃度，顯示可能含有較高的深源訊號。若以長期趨勢來看，在 2004 年之前大屯火山地區的氣體樣本中含有較少的 HCl 含量，且  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S} < 1$ 。大油坑的氣體樣品中 HCl 含量以及  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$

比值從 2004 年 8 月起有明顯的增加，但  $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$  比值在 2011 年後又重新下降。此外以今年之變化來看，於 2013 年 3-8 月份之間，大油坑之  $\text{HCl}$  濃度有增加之趨勢，唯此變化在 9 月份又降回該區域之背景濃度。在此異常發生期間，大油坑之噴氣口溫度與  $\text{Total S}/\text{CO}_2$  並未產生同步變化，顯示此  $\text{HCl}$  濃度突增事件可能僅為一區域逸氣通道之改變，並非是熱液或岩漿庫系統的整體性改變。

## 2.小油坑

在過去數年內小油坑噴氣成份大致上並沒有明顯的變化，大多數的氣體分析結果都落在平均值之間。若將分析結果投影至二氧化碳含量、含硫氣體之總硫含量以及氯化氫含量三角圖中，則顯示小油坑噴氣中的火山氣體成份落在火山-熱水區 (volcanic-hydrothermal) 的區間，顯示此地區受到熱水環境的次級反應影響甚大。而氣體成份主要以二氧化碳以及含硫氣體（二氧化硫及硫化氫）兩者混合為主，幾乎沒有氯化氫的出現。

## 3.八煙

與小油坑相似，八煙噴氣中的主要火山氣體成份於過去數年內也沒有明顯的變化，顯示本研究地區下方的逸氣通道並沒有明顯改變。也指示了這段監測時間應為一相對安定的時期。根據二氧化碳含量、含硫氣體之總硫含量以及氯化氫含量三角圖投圖結果，顯示八煙噴氣氣體成分落在火山-熱水區 (volcanic-hydrothermal) 的區間，主要以二氧化碳為主，顯示此地區受到熱水環境的次級反應影響甚大。而與小油坑相比，八煙噴氣中含有較少量的含硫氣體。惟兩區噴氣均同樣幾乎不含氯化氫。

## 4.四磺坪

與前兩者不同的是，近幾年內四磺坪噴氣於 2012 年初曾觀察到  $\text{HCl}$  氣體的大幅上升，而在半年內又重新降回背景值，惟此變化亦無和  $\text{Total S}/\text{CO}_2$  與溫度產生同步變化，顯示該變化可能與大油坑類似，為一區域逸氣通道之改變。此外，根據二氧化碳含量、含硫氣體之總硫含量以及氯化氫含量三角圖投圖，四磺坪火山氣體成份亦主要落在火山-熱水區區間，僅於 2010 年有些許之  $\text{HCl}$  氣體出現。

## 5.硫磺谷

與小油坑、八煙、四磺坪相比，硫磺谷之  $\text{Total S}/\text{CO}_2$  明顯高於其餘三個地區，顯

示與大油坑相似，此地區亦有較高含量的岩漿性氣體加入，而較少受到熱水次級反應影響。唯獨與大油坑不同的是，硫磺谷之氮同位素並不若大油坑如此接近岩漿源噴氣，噴氣中亦不像大油坑長期含有高量之 HCl 氣體，表示此地區之含硫氣體可能有其他來源加入，尚待我們更進一步的去釐清。

綜合各地區之氮同位素比值成份，以及氣體成分上的連續觀測結果，其背景值並未隨著時間有顯著的變化，縱使在小規模的時間尺度上有所改變，也仍在短時間內回歸平穩，表示在過去數年來，本地區底下整體大的逸氣系統相當的穩定。

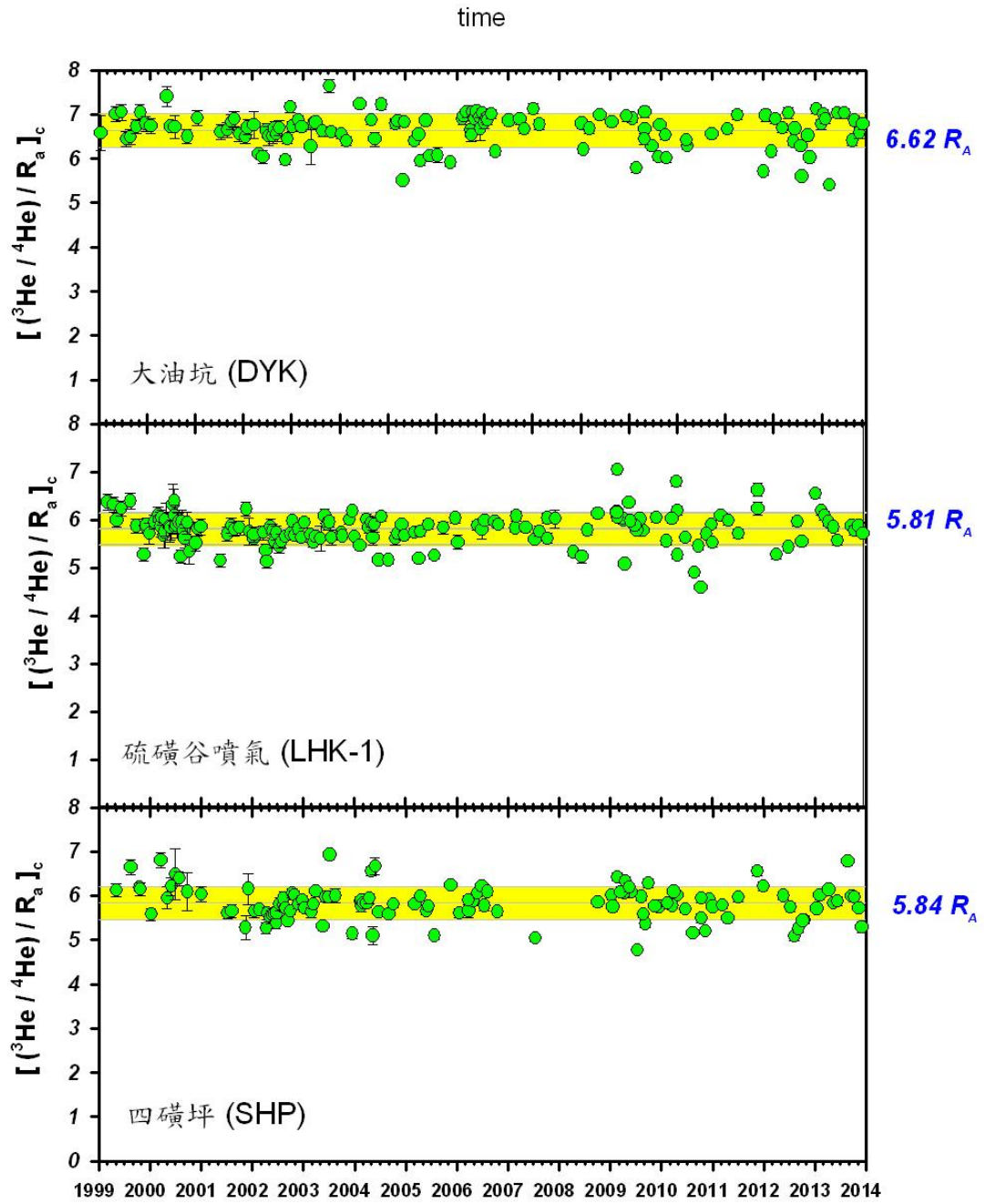
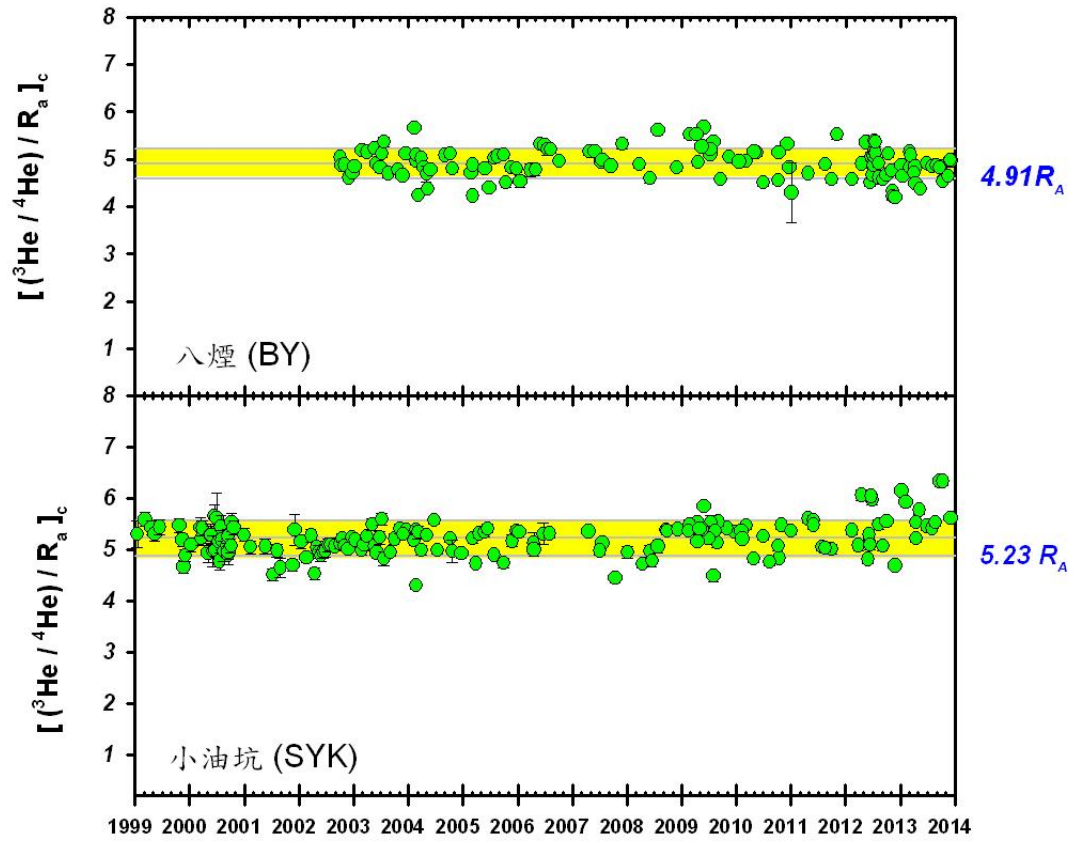


圖 2-3：採樣點噴氣之氦同位素比值隨時間變化



續圖 2-3：採樣點噴氣之氦同位素比值隨時間變化

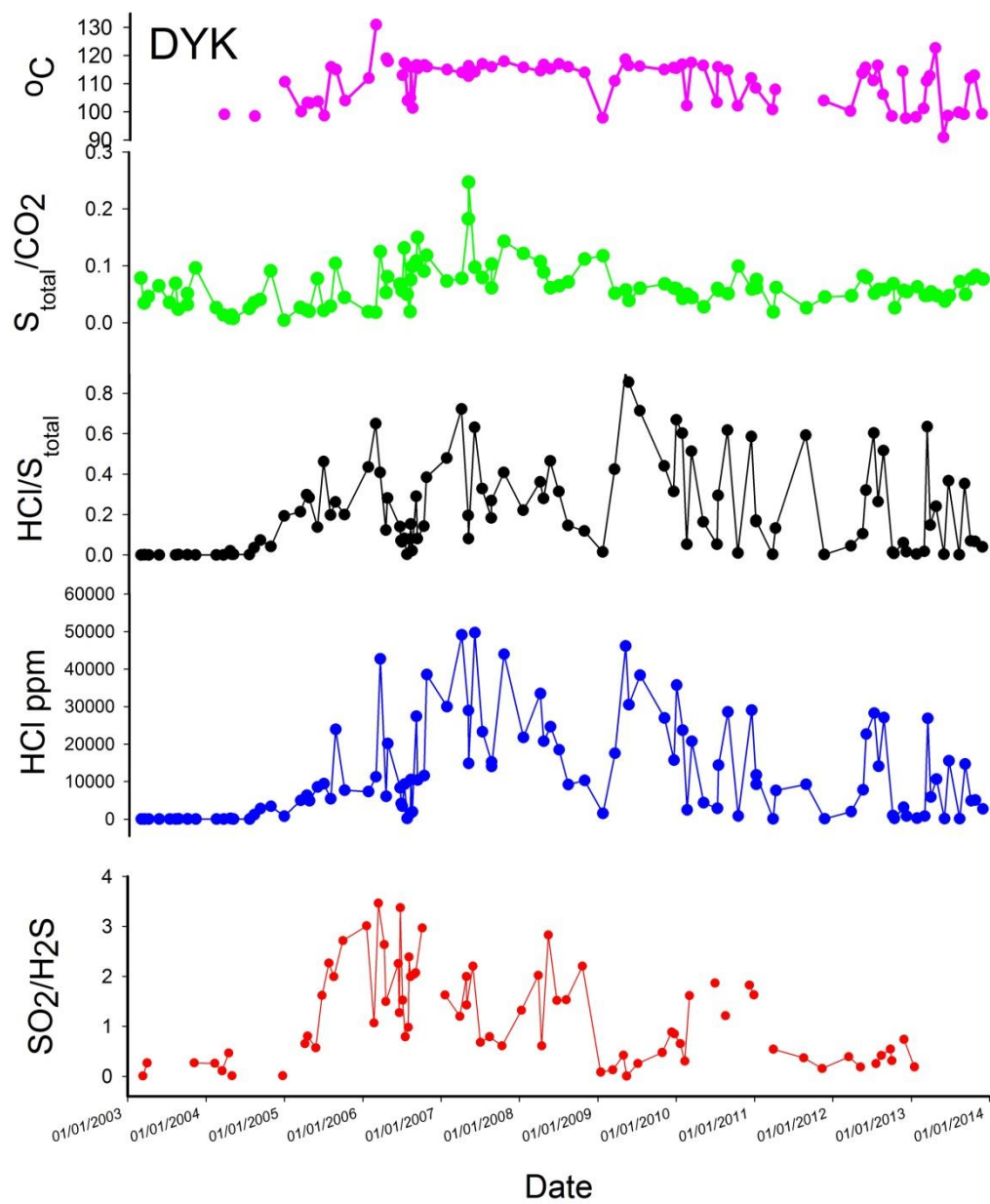


圖 2-4：大油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖。

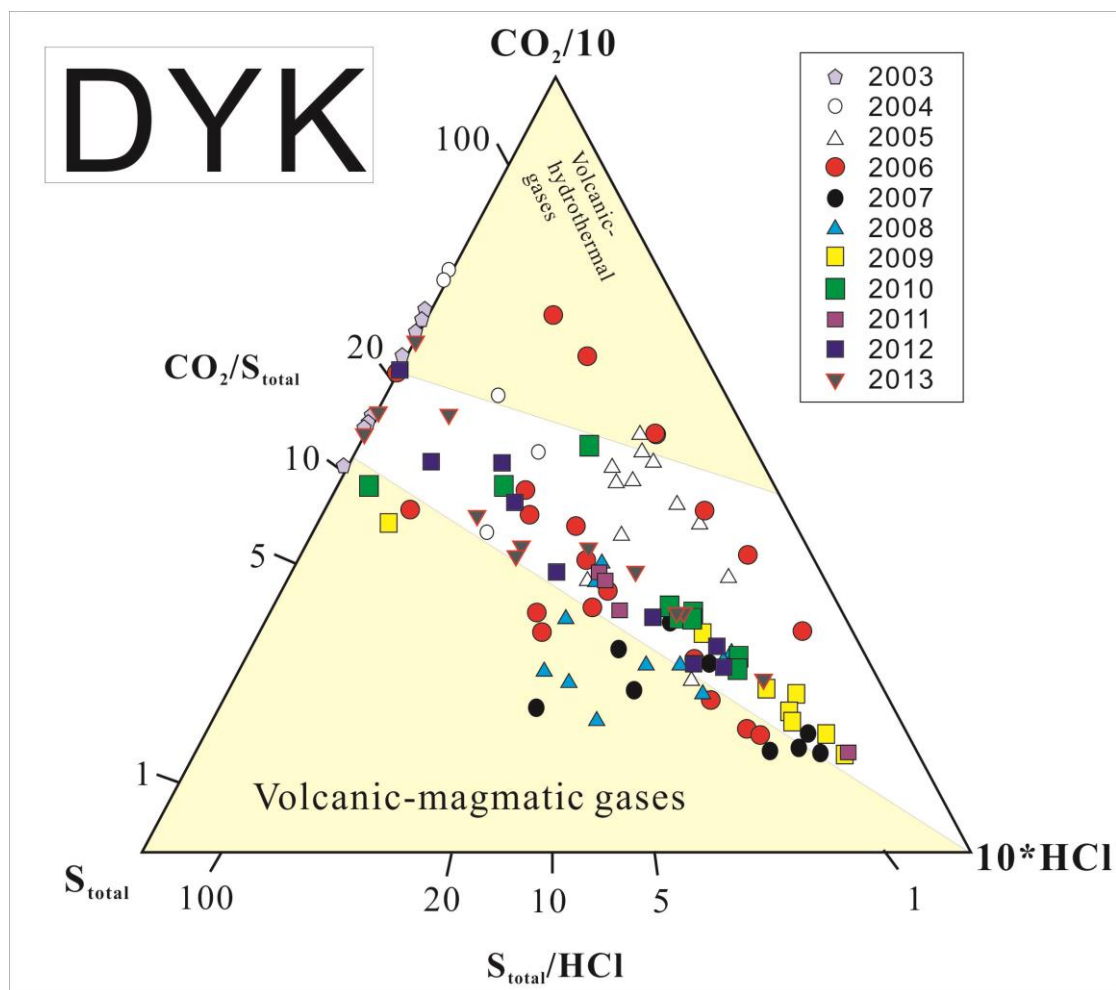


圖 2-5：大油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖。圖中顯示大油坑噴氣氣體相對含有較高的含硫氣體以及氯化氫，指示了有相當部分的岩漿性來源逸氣混染其中(from Giggenbath *et al.* 1990)。

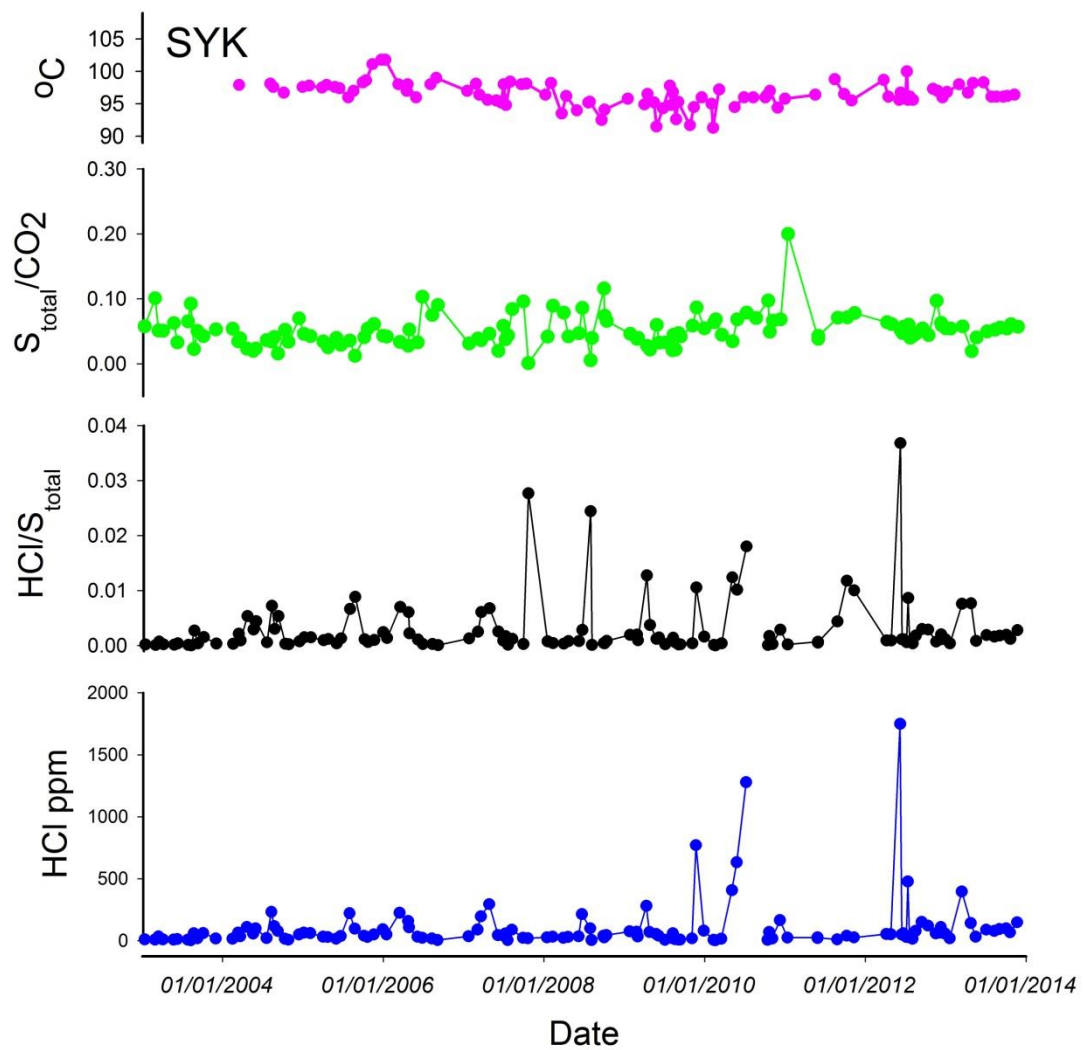


圖 2-6：小油坑噴氣孔氣體成份的連續變化。



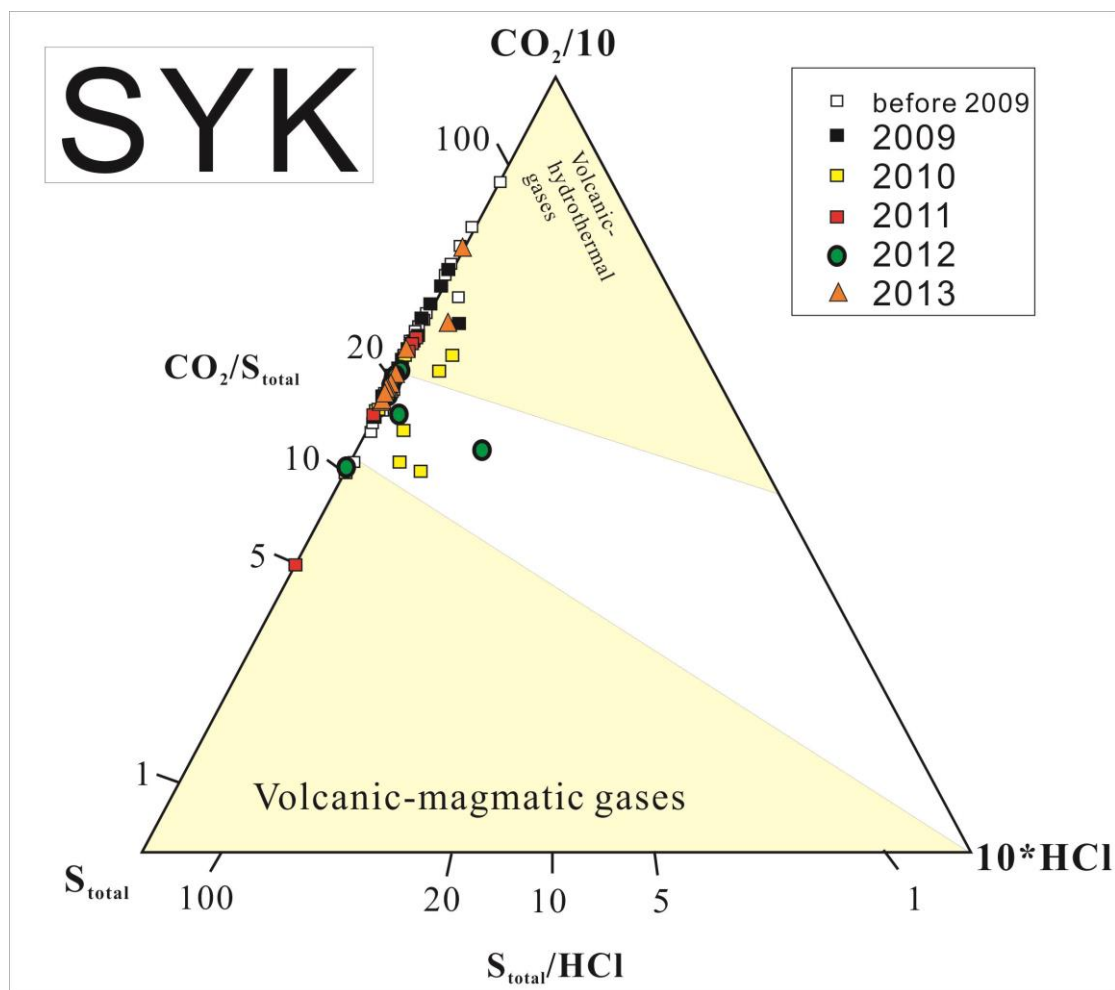


圖 2-7：小油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖。圖中顯示小油坑噴氣中的火山氣體成份落在火山-熱水區(volcanic-hydrothermal)的區間，顯示此地區受到熱水環境的次級反應影響甚大(from Giggenbath *et al.* 1990)。而氣體成份主要以二氧化碳以及含硫氣體（二氧化硫及硫化氫）兩者混合為主，幾乎沒有氯化氫的出現。

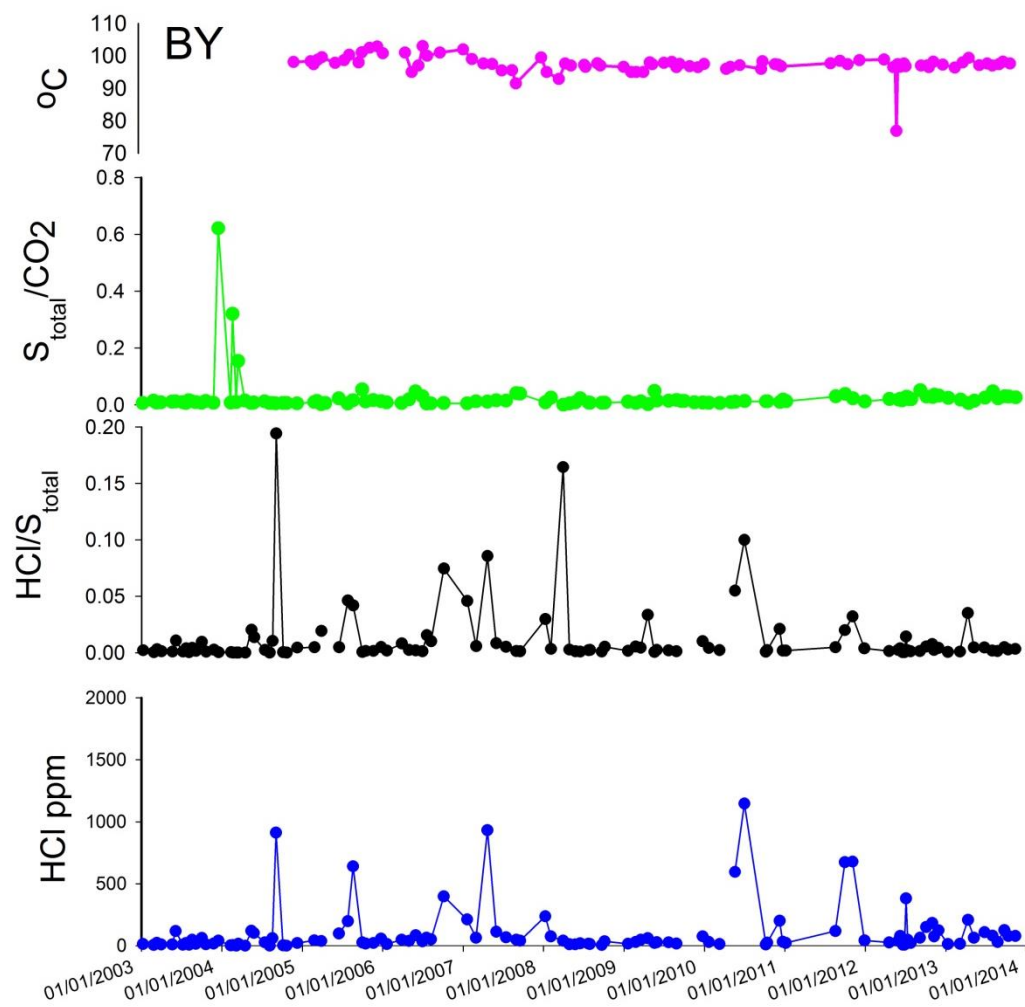


圖 2-8：八煙噴氣孔氣體成份的連續變化。

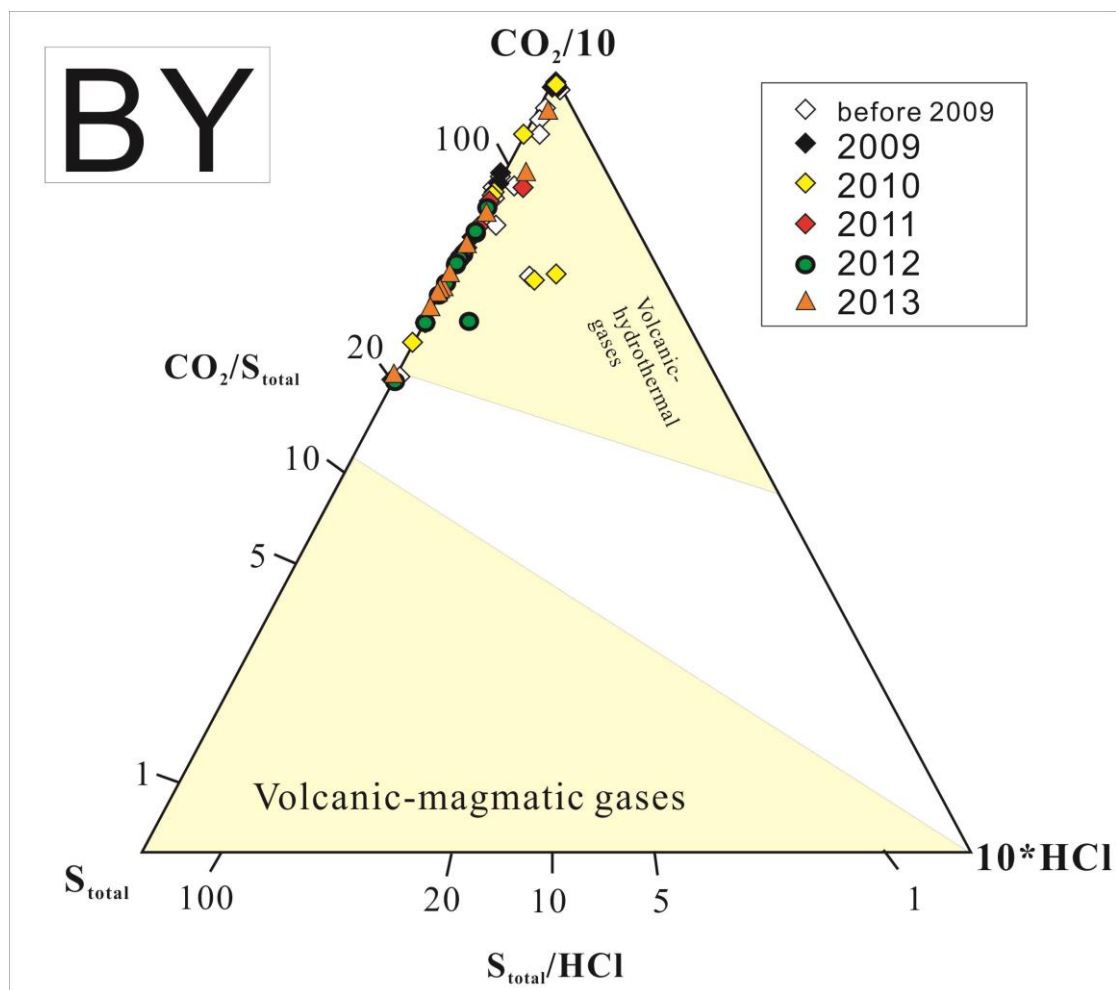


圖 2-9：八煙噴氣孔氣體成份來源分布圖。八煙噴氣氣體成分落在火山-熱水區 (volcanic-hydrothermal) 的區間，主要以二氧化碳為主，顯示此地區受到熱水環境的次級反應影響甚大(from Giggenbath *et al.* 1990)。而與小油坑相比，八煙噴氣中含有較少量的含硫氣體。惟兩區噴氣均同樣幾乎不含氯化氫。

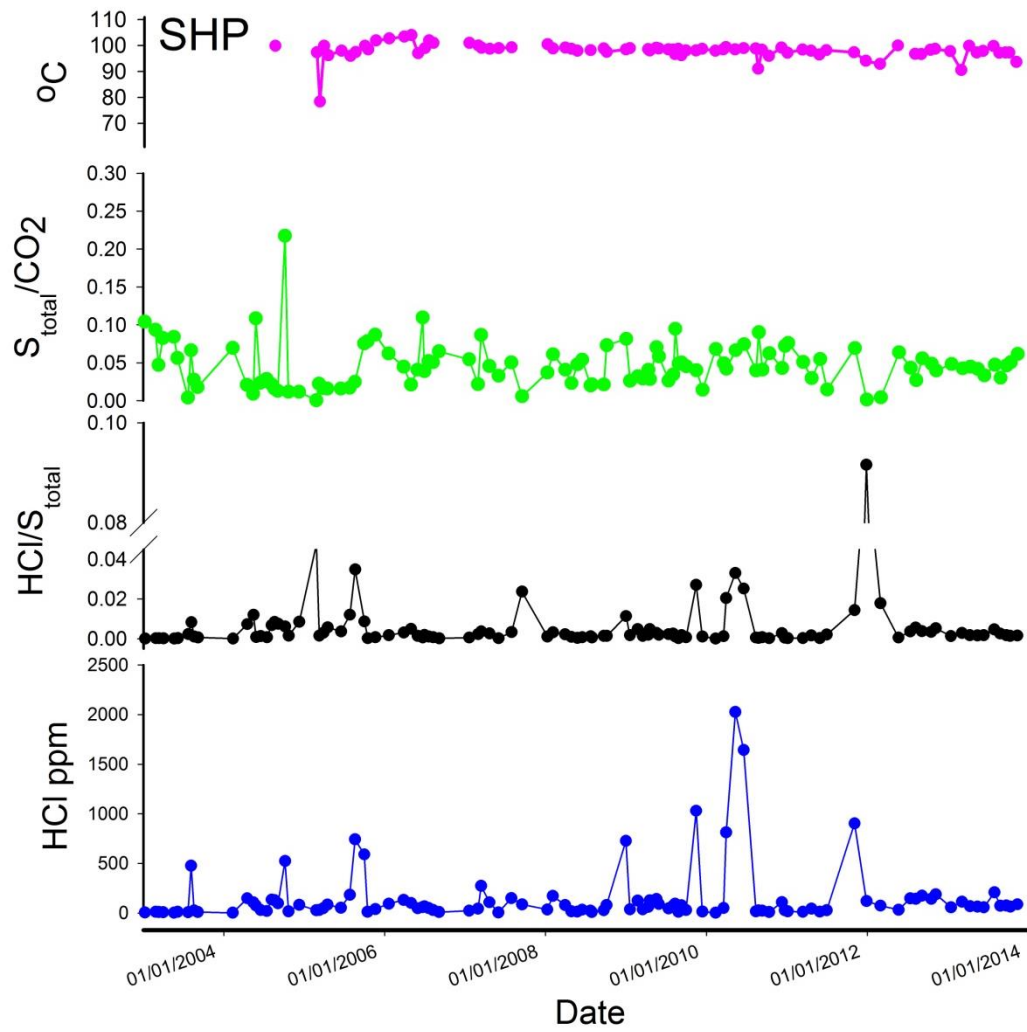


圖 2-10：四礮坪噴氣孔氣體成份的連續變化。

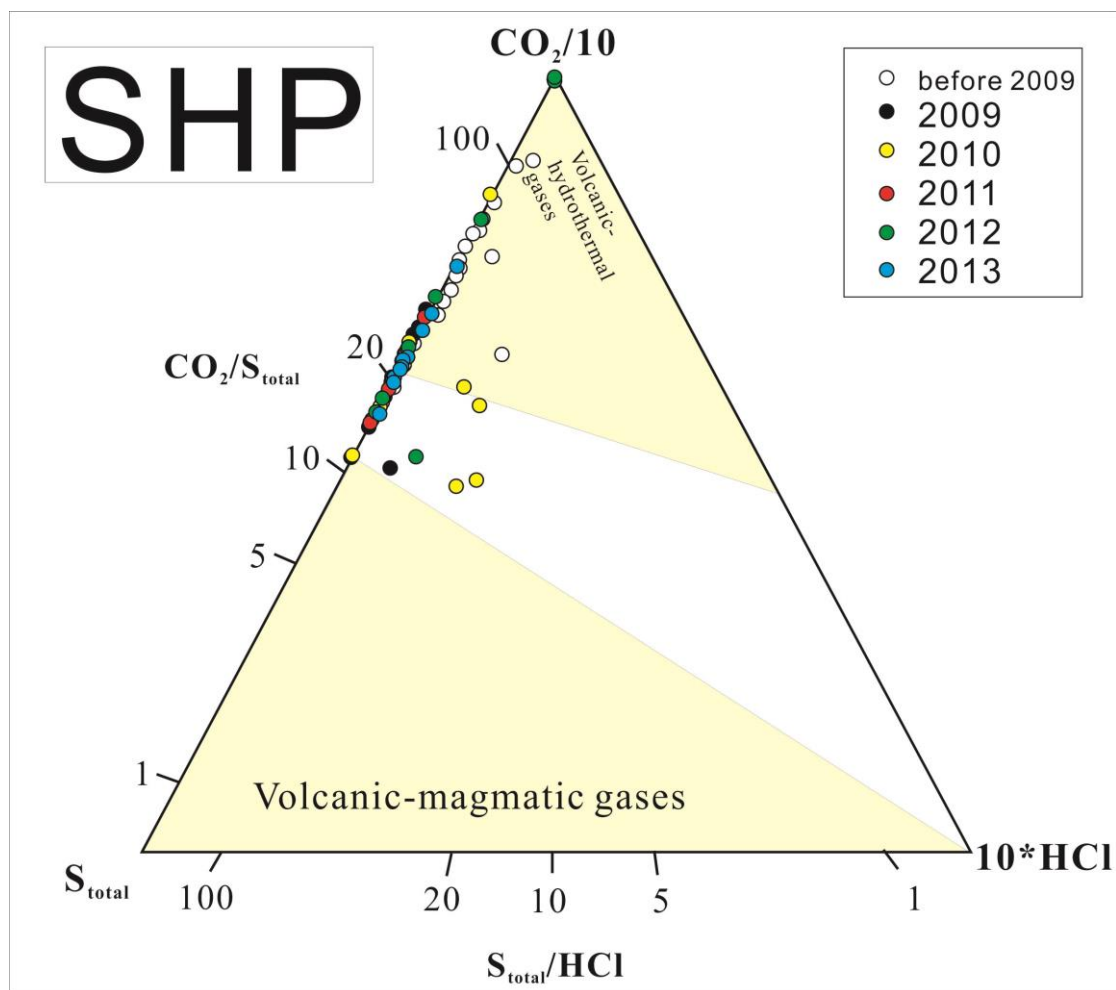


圖 2-11：四磺坪噴氣孔氣體成份來源分布圖。四磺坪火山氣體成份亦主要落在火山-熱水區區間(from Giggenbath *et al.* 1990)，僅於 2010 年有些許之 HCl 氣體出現。

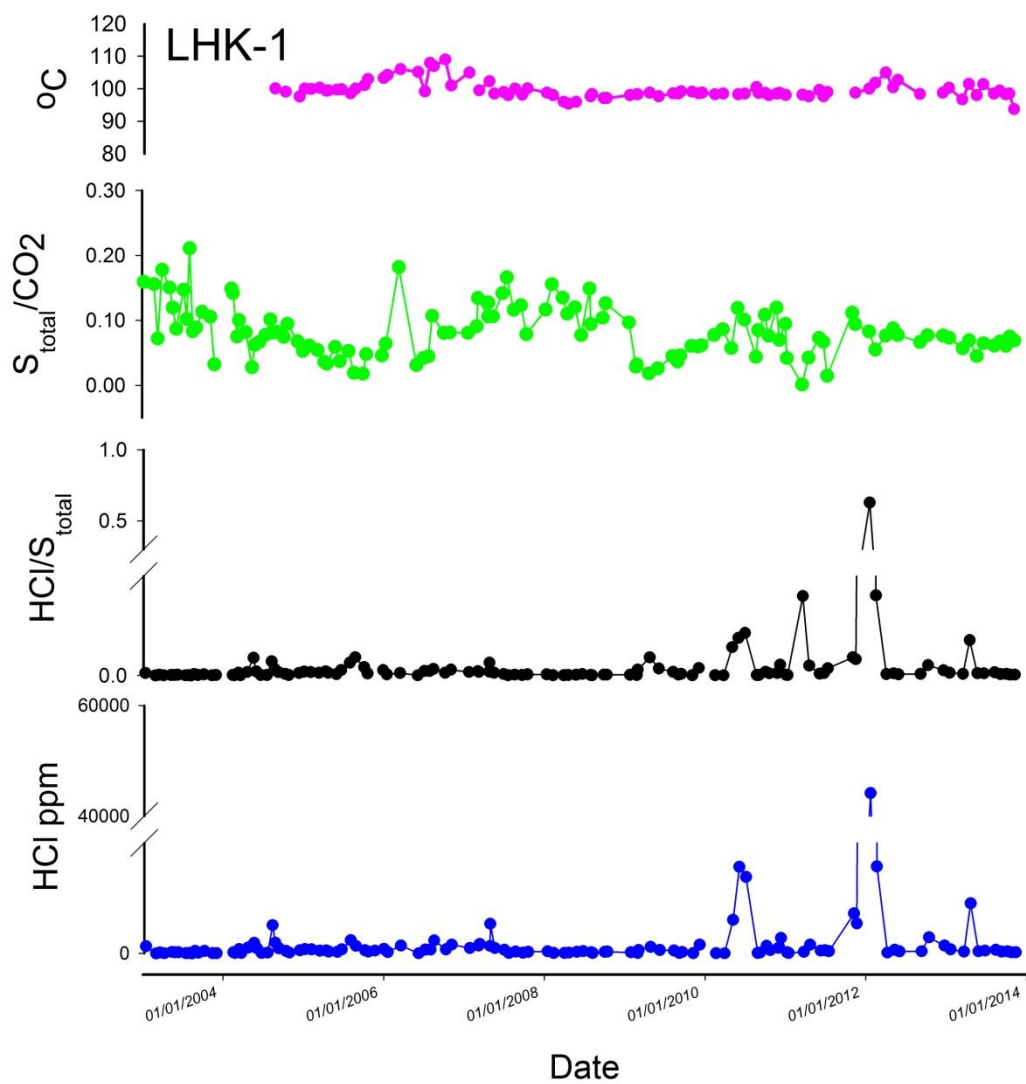


圖 2-12：硫磺谷噴氣孔氣體成份的連續變化。

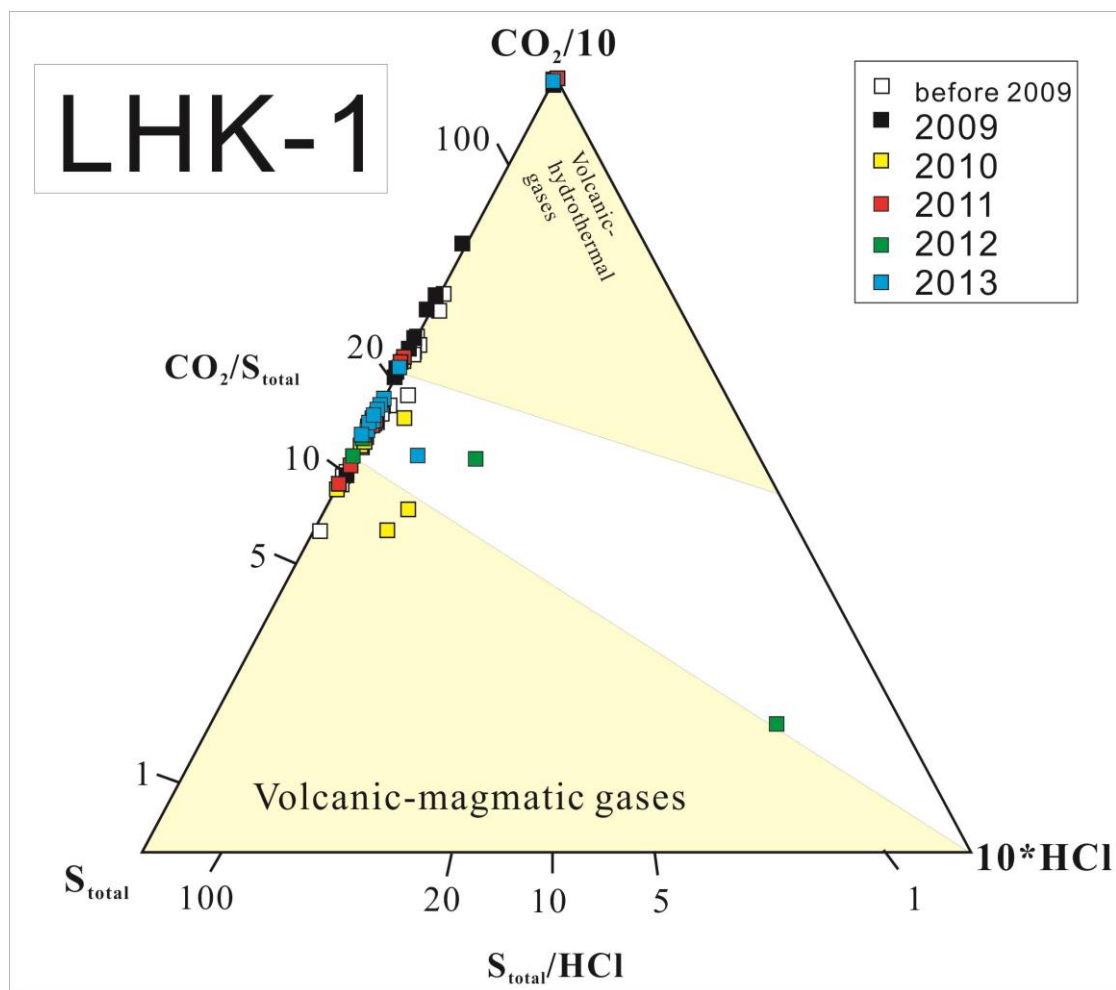


圖 2-13：硫磺谷噴氣孔氣體成份來源分布圖。與小油坑、八煙、四磺坪相比，硫磺谷之  $\text{Total S}/\text{CO}_2$  明顯高於其餘三個地區，顯示與大油坑相似，此地區亦有較高含量的岩漿性氣體加入，而較少受到熱水次級反應影響(from Giggenbath *et al.* 1990)。

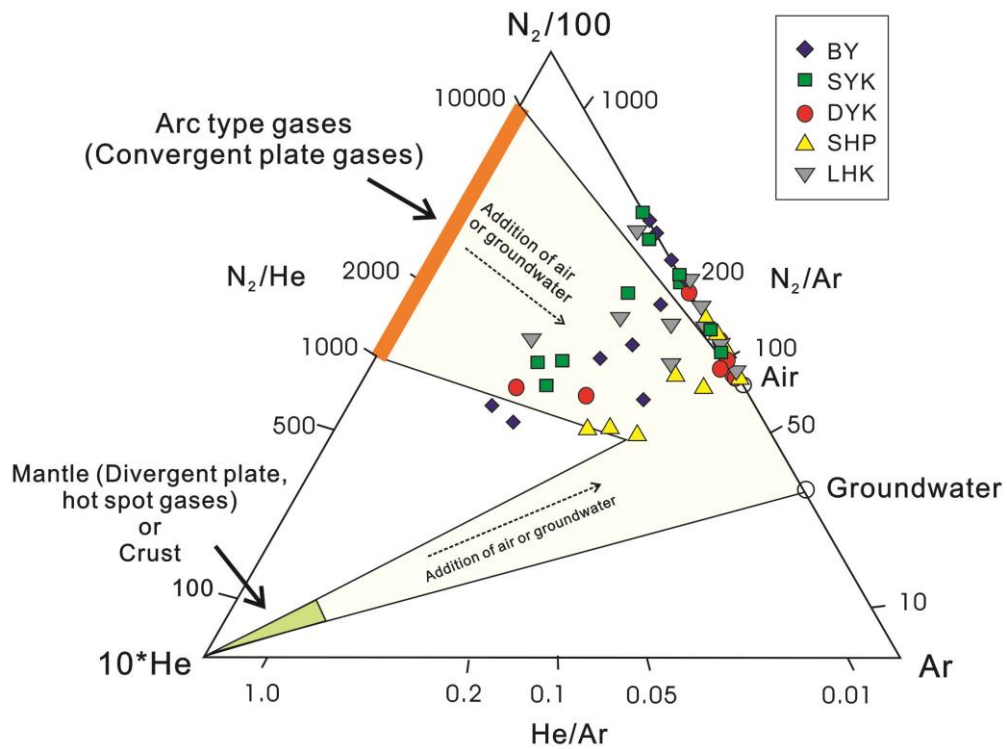


圖 2-14：本研究五個採樣點噴氣中氮氣、氦氣及氬氣之三成份比例圖。圖中可見五個採樣點(大油坑：DYK, 小油坑：SYK, 八煙：BY, 四磺坪：SHP, 硫磺谷：LHK)的氣體組成主要落在島弧型態氣體組成成分和空氣的混合區間(from Giggenbach, 1996)。



## 二、土壤氣體連續監測站

### (一) 簡介

土壤氣體是存在於地下的氣體，可能由生物或是地質等作用產生；氣體藉由擴散作用經由土壤裂隙逸散至地表。土壤氣體的成分與大氣有顯著的差異，可經由成份的分析及各種性質的探討，給予我們許多地質意義上的解析。其應用範圍廣泛包括有礦床、地熱及石油蘊含的分佈、地震預測及新構造的研究等（King *et al.*, 1996; Klusman, 1993; Lombardi and Reimer, 1990; Schumacher, 1991）。在火山調查與監測的應用方面：不論火山處於活動或休眠狀態，只要有岩漿活動，大量的火山氣體就會由火山地區釋放到大氣中。而火山氣體不僅會由噴氣孔或是火山口逸散，周圍的土壤也是相當重要的逸氣管道，火山氣體經由擴散作用而被釋放到大氣中（Allard *et al.*, 1991）。利用觀測土壤氣的釋放，來監測火山活動，是相當重要的火山預報機制之一，並且可以讓科學家在安全的距離內監測火山活動（Lan *et al.*, 2007）。

大屯火山群地熱區之分布較為分散，過去只有小油坑地熱區設有火山土壤氣體監測站，其監測資料不足以代表大屯火山群整體之活動情況。因此本研究在八煙地熱區增設火山土壤氣體監測站，為大屯火山群中的第二座火山土壤氣體監測站，將利用土壤二氧化碳逸氣通量以及氬氣濃度進行大屯火山群火山活動的監測工作。

### (二) 土壤氣體監測站

監測站內部配置採用近來最常被使用的密閉氣罩法進行二氧化碳濃度的測量（Chiodini *et al.*, 1998）。本觀測站主要配置的儀器為英國 Edinburgh Instruments 公司所製造的二氧化碳分析儀，使用 NDIR 紅外線感測器，偵測範圍為 0-100 %，內建泵浦流速為 0.5 L/min。氣體可順著預埋的鐵桿更加順暢地由地底逸散至地表。在地表上放置一個氣罩將逸散至地表的氣體富集其中，氣罩上有四個可供氣體進出的連接孔，為了避免內部壓力過大而影響氣體通量的變化，於是我們加裝毛細

管以維持內外壓力平衡，免除壓力造成的影響。此外，由於二氧化碳密度較空氣大，易沈降於低處而造成濃度不均勻，因此於容器內部裝置一轉速固定的風扇，用以均勻混合空氣與二氧化碳。為防止水氣進入儀器造成損壞或誤差，容器管線連接至儀器前加裝一組乾燥器，氣體在進入二氧化碳分析儀後，出氣端再將氣體導回氣罩而形成一迴路。監測站除了分析二氧化碳外，也將分析氦氣；氦氣是火山地區主要的放射性氣體之一，亦可作為監測火山活動的工具，且可與二氧化碳資料比較並觀察之間的相關性。使用由德國 SARAD 公司所製造的可攜帶式之氦氣濃度分析儀進行量測工作；氦氣是具有放射性的氣體，其半衰期約為 3.8 天，在衰變的過程中會釋放出  $\alpha$  粒子，本儀器即是利用估算  $\alpha$  粒子再以計算氦氣的濃度。在火山地區中，二氧化碳通量變化除了受到火山活動的影響，環境因子的影響不容忽略。其中包含溫度（土壤溫度和大氣溫度）、大氣壓力、雨量和風速風向等，這些資料對於往後二氧化碳通量和氦氣濃度變化的結果討論與分析相信可以帶來莫大的幫助，協助辨別火山活動的情況。

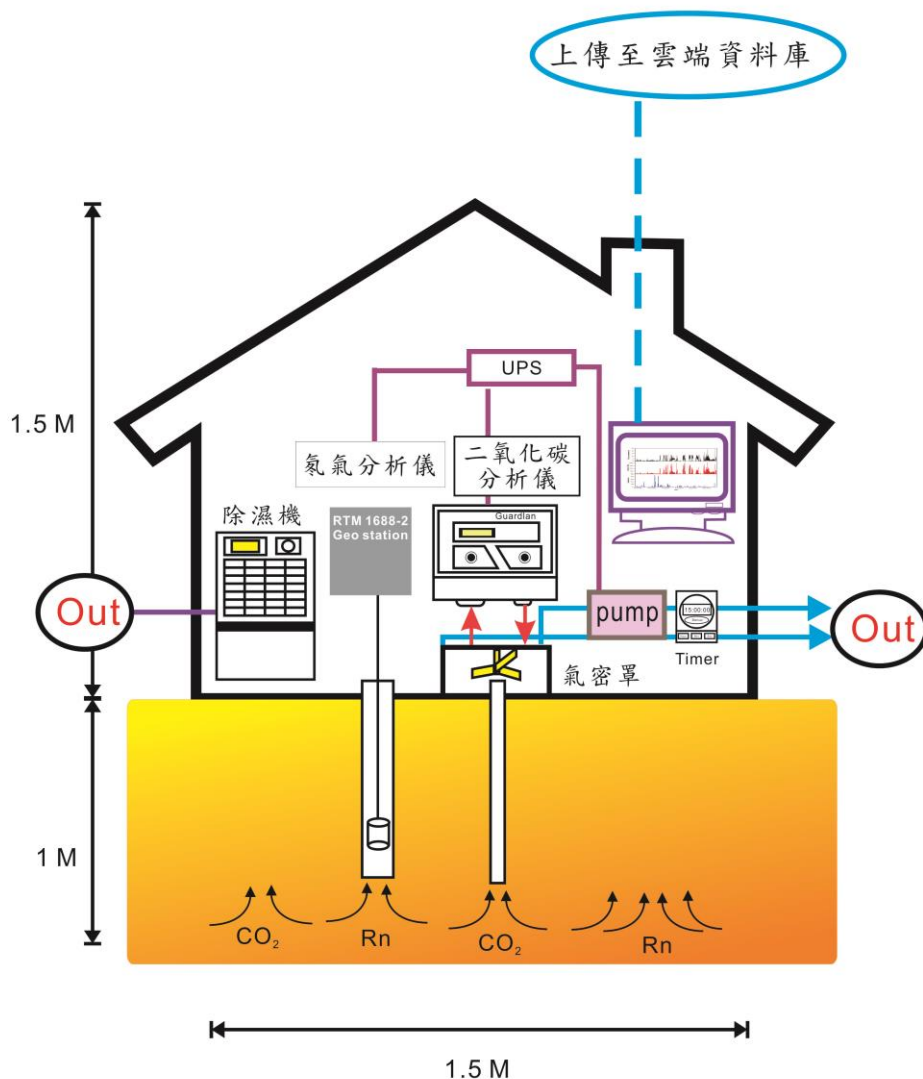


圖 2-15：火山土壤氣體監測站配置圖

監測站是以 FRP 箱為主體建置而成，在繁複的公文程序下，終於可以在 2012 年 4 月 23 日動工，進行監測站主體施作。首先進行整地移除大石頭，避免造成逸氣通量量測上的誤差。接著規劃出預留的土壤量測地區、鐵桿以及電線等管線配置，本監測預留了兩處土壤測量地區，分別將測量土壤二氧化碳逸氣通量以及土壤氬氣濃度量測。土壤氬氣是利用抽氣泵將土壤氣體藉由鐵桿向上抽至特製的氣密罩，再利用氬氣分析儀進行濃度分析，目前設定為每 30 分鐘記錄分析一筆資料。最後再進行水泥基座的工作。監測站的主體是以 FRP 為材質，其長寬為 140 公分，設置於 10 公分高的水泥基座上，左右兩側設有通風口，可藉由氣體對流使監測站的溫度不至於過高。由監測結果顯示，監測站內室溫與土壤溫度隨著

進入夏季而出現溫度增高的趨勢，由於監測站附近沒有樹蔭等遮蔽物，為了避免夏日高溫而造成機器熱當等損壞，我們採用工業廠房普遍使用的無動力風扇，利用熱對流產生的動力或是自然風速來帶動風扇，使測站內氣體流動熱氣向上流動排出而降低測站內的溫度，已經於 2013 年 4 月 1 日在監測站的上方增設無動力風扇以加強對流降低測站溫度(圖 2-16)。



圖 2-16：增設無動力風扇的火山土壤氣體監測站外觀

### (三) 結果與討論

本測站監測結果除使用雲端資料庫傳回之外，每星期也固定由人工手動下載測站內電腦資料，並一併檢修儀器是否有順利運作，自 2012 年 11 月起至今的監測結果如圖 2-17 所示，自 2012 年 12 月 20 起開始有較為穩定連續的資料藉由 3G 網路訊號即時傳送至網路雲端資料庫；在此監測期間之最高值為 29.8 %。二氧化碳逸氣通量是由所觀測到的濃度值考慮當地氣壓以及溫度加以計算其單位面積、單位時間內濃度的增加率所得到的，故會出現資料同步缺失的現象；在此監測期間之最高值為  $1,876 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$  以紅色柱狀表現。2012 年 12 月 31 日至 2013 年 2 月 1 日以及 2013 年 2 月 7 日至 2013 年 2 月 17 日之監測時段的二氧化碳濃度低，導致無法計算二氧化碳逸氣通量。而 2013 年 4 月 12 日至 2013 年 4 月 16 日與 5 月 21 日至 5 月 23 日是因為儀器故障而導致資料缺失。9 月 14 日至 9 月 26 日目前初步判定是受到落雷的影響而導致儀器損壞資料缺失。本年度觀測結果顯示土壤二氧化碳濃度及土壤二氧化碳逸氣通量在 2 月中至 4 月中出現最高值，之後土壤二氧化碳濃度則低於 10% 而土壤二氧化碳逸氣通量則低於  $1,000 \text{ g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ 。

此外，由於八煙測站中的氫氣分析儀可能因該地土壤氣中內含水氣含量過高，而導致甫於設站之初，氫氣分析儀的頻譜即呈現雜亂之訊號。雖經多次送回原廠維修，但成效仍不是很好。在不得已的情況下，只好用人工方式手動校正其數據。截至 2013 年 12 月之資料為止，校正後之資料僅有 2013 年 5 月 29 日至 2013 年 6 月 19 日之氫氣監測結果較為連續且正常(圖 2-18)，其餘時段資料則是原始資料大多已大幅偏差而無法勉強校正。關於這點我們除已向原廠多次反映之外，往後我們也將考慮購置他廠的氫氣分析儀以做隨時的校正及替換。

而在此段校正後的連續資料中顯示，氫氣和二氧化碳濃度值都呈現明顯地日夜變化的週期性。除了 2013 年 6 月 4 日至 2013 年 6 月 5 日，2013 年 6 月 10 日至 2013 年 6 月 12 日兩個區間並未有明顯的日夜變化，推測是受到降雨的影響而改變了原本的逸氣系統所造成的。其中最特別的是氫氣和二氧化碳濃度呈現負相關，氫氣濃度在凌晨有當日最高值出現而在中午時段出現最低值；二氧化碳濃度當日最高值出現在中午時段而最低值出現在凌晨時段。這和過去認為二氧化碳

為氦氣向地表遷移之攜行氣體的概念不同，仍需多方思考及驗證此一觀察現象。

土壤溫度和監測站內每小時的溫度分別以水藍色和棕色表示(圖 2-17)。自 2012 年 10 月 31 日起監測至今，監測站室內溫度受到環境溫度影響有日夜和季節性的變化，而土壤溫度受季節變化影響，4-8 月的溫度較高。其中 2012 年 12 月 6 日至該年 12 月 12 日、2013 年 1 月 4 日至 2013 年 1 月 15 日、2013 年 5 月 1 日至 2013 年 5 月 8 日，2013 年 5 月 19 日至 2013 年 5 月 29 日，2013 年 8 月 13 日至 2013 年 9 月 11 日以及 2013 年 9 月 25 日至 2013 年 10 月 15 日的土壤溫度資料缺失，其原因為儀器故障所導致，新更換土壤溫度計可能在 2013 年 9 月 18 日大屯火山地區落雷事件，導致儀器損壞於是將於近期再次更換新的土壤溫度探棒。

雨量資料以深藍色表示，是採用中央氣象局鞍部測站的每日累積雨量資料；2013 年 5 月 11 日是受到鋒面通過導致對流雲系發展旺盛而造成高降雨量，2013 年 7 月 6 日為午後陣雨導致高降雨量，2013 年 7 月 13 日是受到編號 1307 強度蘇力颱風所影響，2013 年 8 月 20 日及 21 日是受到編號 1312 輕度潭美颱風所影響，2013 年 8 月 29 日是受到編號 1315 輕度康芮颱風所影響，2013 年 9 月 18 日是受到編號 1319 強度天兔颱風所影響，2013 年 10 月 5 日是受到編號 1323 中度菲特颱風所影響。主要的強降雨事件大多與颱風有關，部分是區域性的午後陣雨以及鋒面影響。然而這些強降雨事件都是在短時間內帶來大量的降雨，於是土壤含水量高，氣體可能溶於水中而無法向上逸散，於是監測站會記錄到很低的二氧化碳濃度值。

根據觀測期間中央氣象局的地震報告，即使陽明山地區有受到數個地震影響而產生 1 級左右之震度，但在我們的監測數據中均未發現前兆或是同震之現象，推測是因為多數地震其震央位置並非在大屯火山群內，可能是距離的因素加上機制不同，所以在觀測資料中並未出現異常的地震前兆或同震的跡象，未來將與本地區之微震活動相比對。

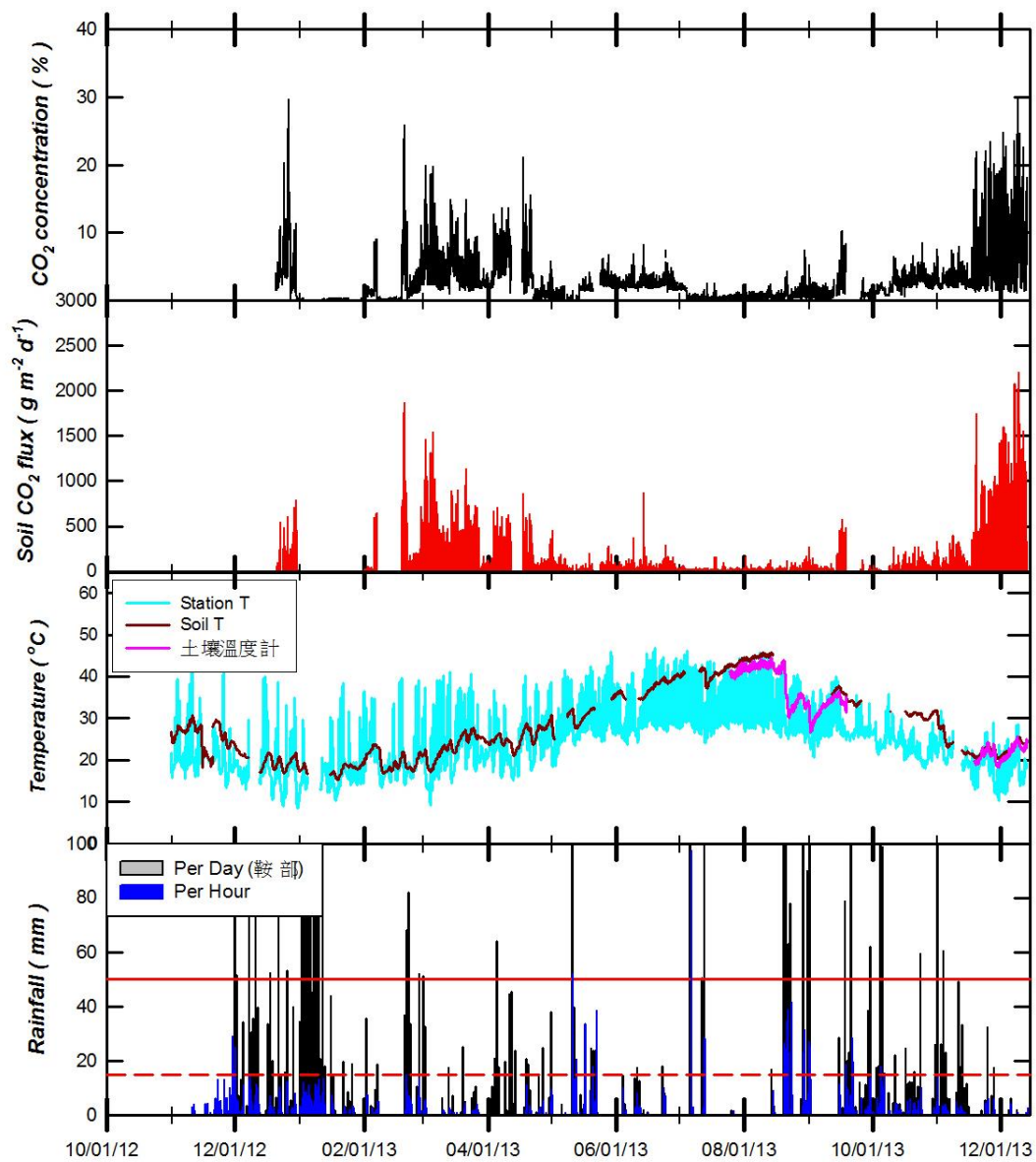


圖 2-17: 自 2012 年 11 月至 2013 年 10 月 31 日之觀測結果。由上至下依序為二氧化碳濃度(黑色)、二氧化碳逸氣通量(紅色)、土壤溫度 (棕色)、監測站室內溫度 (水藍色) 和每日累積雨量資料 (鞍部雨量站)。



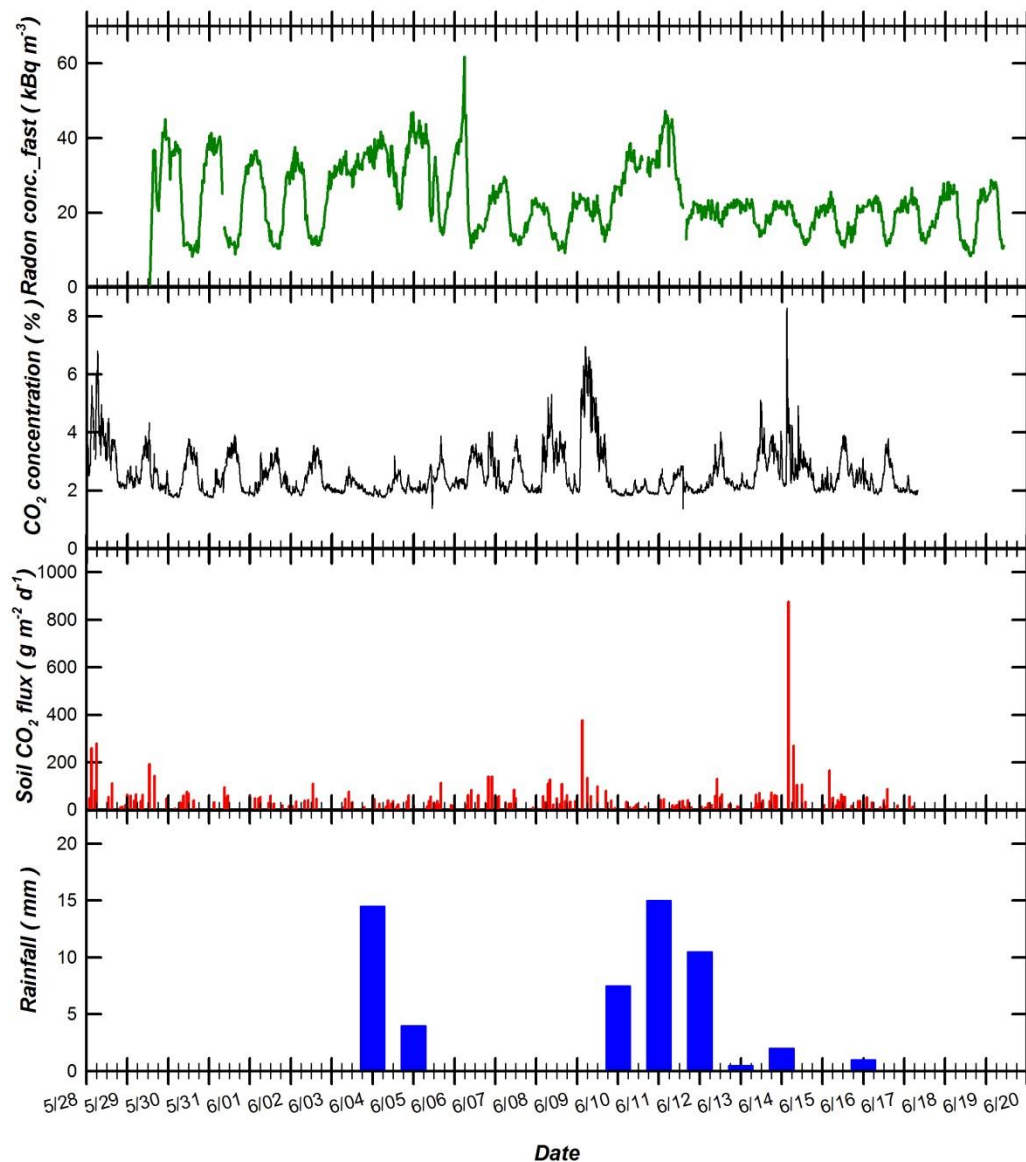


圖 2-18：自 2013 年 5 月 29 日至 2013 年 6 月 19 日之氡氣及二氧化碳觀測結果。  
由上至下依序為土壤氡氣濃度(綠色)、二氧化碳濃度(黑色)、二氧化碳通  
量(紅色)和每日累積雨量資料(鞍部雨量站)。

#### (四) 結論

大屯火山群的火山活動，日前備受關注。增設多元的監測方法以達成有效的監測工作是必要的，而本計畫以流體地球化學進行火山活動的監測之工作。八煙土壤氣體連續監測站是繼小油坑地熱區後在大屯火山群內第二座監測站，自 2012 年底起開始累積連續資料，至今二氧化碳逸氣通量和濃度最高值分別為



1,876 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>和 29.8 %，和世界上其他活火山是有相似可比較的等級。本年度監測結果在 2 月中至 4 月中出現二氧化碳逸氣通量相對高值，其他時段都處平穩期間，沒有太大的變異，推論目前仍處於平靜的狀態。不過每座火山都有其獨特性，所以我們仍須累積更多的資料和搭配其他觀測因子，如地球物理方面的微震資料、地表起伏和地電阻等相關資料；以及地球化學方面的溫泉水離子、來自火山噴氣孔的火山氣體組成和同位素等相關資料做更多元更豐富的探討以了解大屯火山群的火山活動脈動趨勢。

## 總結

1. 火山噴氣和溫泉水氣中之成份常用來作為探討岩漿活動與監測火山活動最有效的方法之一。本研究中，各地區之氦同素比值成份，以及主要火山氣體成分隨時間的連續觀測結果，大致上都未隨著時間有顯著的變化，表示在過去數年來，本地區底下的逸氣系統相當的穩定。
2. 2013 年 3-4 月份間大油坑之 HCl 濃度有突增之趨勢，唯其噴氣口溫度與 Total S/CO<sub>2</sub>並未產生同步變化，顯示此事件可能僅為一區域逸氣通道之改變。
3. 八煙土壤氣體連續監測站是繼小油坑地熱區後在大屯火山群內第二座監測站，自 2012 年底起開始累積連續資料，至今二氧化碳逸氣通量和濃度最高值分別為 1,876 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>和 29.8 %。
4. 本年度監測結果在 2 月中至 4 月中出現二氧化碳逸氣通量相對高值，其他時段都處平穩期間，沒有太大的變異，推論目前仍處於平靜的狀態。

## 參考文獻

Allard, P., Carbonelle, J., Dajlevic, D., Le Bronce, J., Morel, P., Robe, M.C., Maurenads, J.M., Faivre-Pierret, R., Martin, D., Sabroux, J.C., Zettwoog, P., 1991. Eruptive and

- diffusive emissions of CO<sub>2</sub> from Mount Etna. *Nature*, 351, 387-391.
- Casadevall, T., W.I. Rose, T.M. Gerlach, L.P. Greenland, J.Ewert, R. Wunderman and R. Symonds (1983). Gas Emissions and the Eruptions of Mount St. Helens Through 1982, *Science*, 221, 1383-1385.
- Chiodini G., Cioni R., Guidi M., Raco B., Marini L., 1998. Soil CO<sub>2</sub> flux measurements in volcanic and geothermal areas. *Applied Geochemistry*, 13, 543-552.
- Giggenbach, W. F., García P., N., Londono C., A., Rodriguez V., L., Rojas G., N., and Calvache V., M. L., 1990, The chemistry of fumarolic vapor and thermal-spring discharges from the Nevado del Ruiz volcanic-magmatic hydrothermal system, Colombia: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 42, p. 13 – 39.
- Giggenbach W.F. (1996) Chemical composition of volcanic gases. In: *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards* (R. Scarpa and R.I. Tilling, Eds.) Springer, 221-256
- King, C.-K., King B.-S., Evans, W.C. and Zang, W., 1996. Spatial radon anomalies on active faults in California. *Appl. Geochem.*, 11, 497-510.
- Klusman, R. W., 1993. *Soil Gas and Related Methods for Natural Resource Exploration*. Wiley, England, 483pp.
- Lan, T.F., Yang, T.F., Lee, H.F., Chen, Y.G., Chen, C-H., Song, S.R., Tsao, S., 2007. Compositions and flux of soil gases in hydrothermal area, Northern Taiwan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 65, 32-45
- Lombardi, S., Reimer, G.M., 1990. Radon and helium in soil gases in the Phlegrean Fields, Central Italy. *Geophys. Res. Lett.*, 17, 849-952.
- Montegrossi, G., Tassi, F., Vaselli, O., Buccianti, O., Garofalo, K., 2001. Sulfur species in volcanic gases. *Analytical Chemistry* 73, 3709-3715.
- Noguchi, K. and H. Kamiya, Prediction of volcanic eruption by measuring the chemical composition and amounts of gasses, *Bull. Volcanol.*, 26, 367 – 378, 1963.
- Poreda, R., Craig, H., 1989. Helium isotope ratios in circum-Pacific volcanic arcs. *Nature* 338, 473-478.
- Schumacher D., 1991. Soil gas helium concentrations in the vicinity of a uranium deposit. Red desert, Wyoming. US Geol. Survey open-file report, 79-975.
- Yang, T.F., 2000. <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios of fumaroles and bubbling gases of hot springs in Tatun

- Volcano Group, North Taiwan. *Journal of National Park* 10 (1), 73-94 (in Chinese).
- Yang, T.F., Chen, C.-H., Tien, R.L., Song, S.R., Liu, T.K., 2003a. Remnant magmatic activity in the Coastal Range of East Taiwan after arc-continent collision: fission-track date and  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratio evidence. *Radiation Measurements* 36, 343-349.
- Yang, T.F., Ho, H.H., Hsieh, P.S., Liu, N.J., Chen, Y.G., Chen, C.-H., 2003b. Sources of fumarolic gases from Tatun Volcano Group, North Taiwan. *Journal of National Park* 13, 127-156. (in Chinese)
- Yang, T. F., Lan, T. F., Lee, H. F., Fu, C. C., Chuang, P. C., Lo, C. H., Chen, C.-H., Chen, C. T. A., Lee, C. S., 2005. Gas compositions and helium isotopic ratios of fluid samples around Kueishantao, NE offshore Taiwan and its tectonic implications. *Geochemical Journal* 39, 469-480
- Yang, T.F., Sano, Y., Song, S.R., 1999.  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios of fumaroles and bubbling gases of hot springs in Tatun Volcano Group, North Taiwan. *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica*. C22 (3-4), 281-286.

### 第三章、溫泉水質分析與監測

#### 一、溫泉水採集和分析方法

水樣採集的密度，以一個月為一採樣基準進行分析。在自然湧出的溫泉露頭，利用攜帶式量測溫度、電導度、pH 值和 TDS 的儀器，量測溫泉水的溫度、電導度、pH 值和 TDS 等。採獲的水樣攜回實驗室後，對其水體中的鈉離子( $\text{Na}^+$ )、鉀離子( $\text{K}^+$ )、鎂離子( $\text{Mg}^{++}$ )、鈣離子( $\text{Ca}^{++}$ )、矽離子( $\text{Si}^{4+}$ )、鋁離子( $\text{Al}^{3+}$ )、鐵離子( $\text{Fe}^{++}$ )、鈦離子( $\text{Ti}^{4+}$ )、錳離子( $\text{Mn}^{++}$ )、和銅離子( $\text{Cu}^{++}$ )等陽離子，以及氟離子( $\text{F}^-$ )、氯離子( $\text{Cl}^-$ )、溴離子( $\text{Br}^-$ )、硝酸根離子( $\text{NO}_3^-$ )、硫酸根離子( $\text{SO}_4^{2-}$ )、磷酸根離子( $\text{PO}_4^{3-}$ )等陰離子，進行分析實驗。陽離子用感應耦合電漿－原子發射光譜儀(ICP-AES)分析，而陰離子則用離子層析儀(IC)分析。至於碳酸氫根離子( $\text{HCO}_3^-$ )則是利用酸鹼滴定法測量之。

採用感應耦合電漿－原子發射光譜儀和離子層析儀的原因，是此二儀器的分析速度快，且其偵測極限低又精準度高，能達到偵測本地區水體中的濃度要求、濃度變化範圍、以及需分析樣本多的要求。

本研究溫泉離子成分分析之品質管制(QC)和樣品分析的考慮因素，包括有：

- 1、 試劑空白：本研究所採取的水樣裝置於塑膠瓶內，然後攜回實驗室進行分析工作。用同樣的方法和步驟所配制的試劑空白，從以前的分析結果顯示，都在儀器的偵測極限之下。
- 2、 查核樣本：在採樣分析過程中，分析一批樣本，都放置 2~3 個已知濃度的樣本進行分析，分析結果都在誤差範圍內。
- 3、 重複樣本：採集水樣時，隨機在同一個地點採集兩個樣本，並攜回實驗室在不同的時間進行分析，分析結果也都在誤差範圍內。

本年度研究計畫共採集大屯火山群的溫泉水七處。大屯火山群七處溫泉，從元月起每月採集一個樣本，目前每一處共 12 個樣本，其採樣地點分布如圖 3-1。

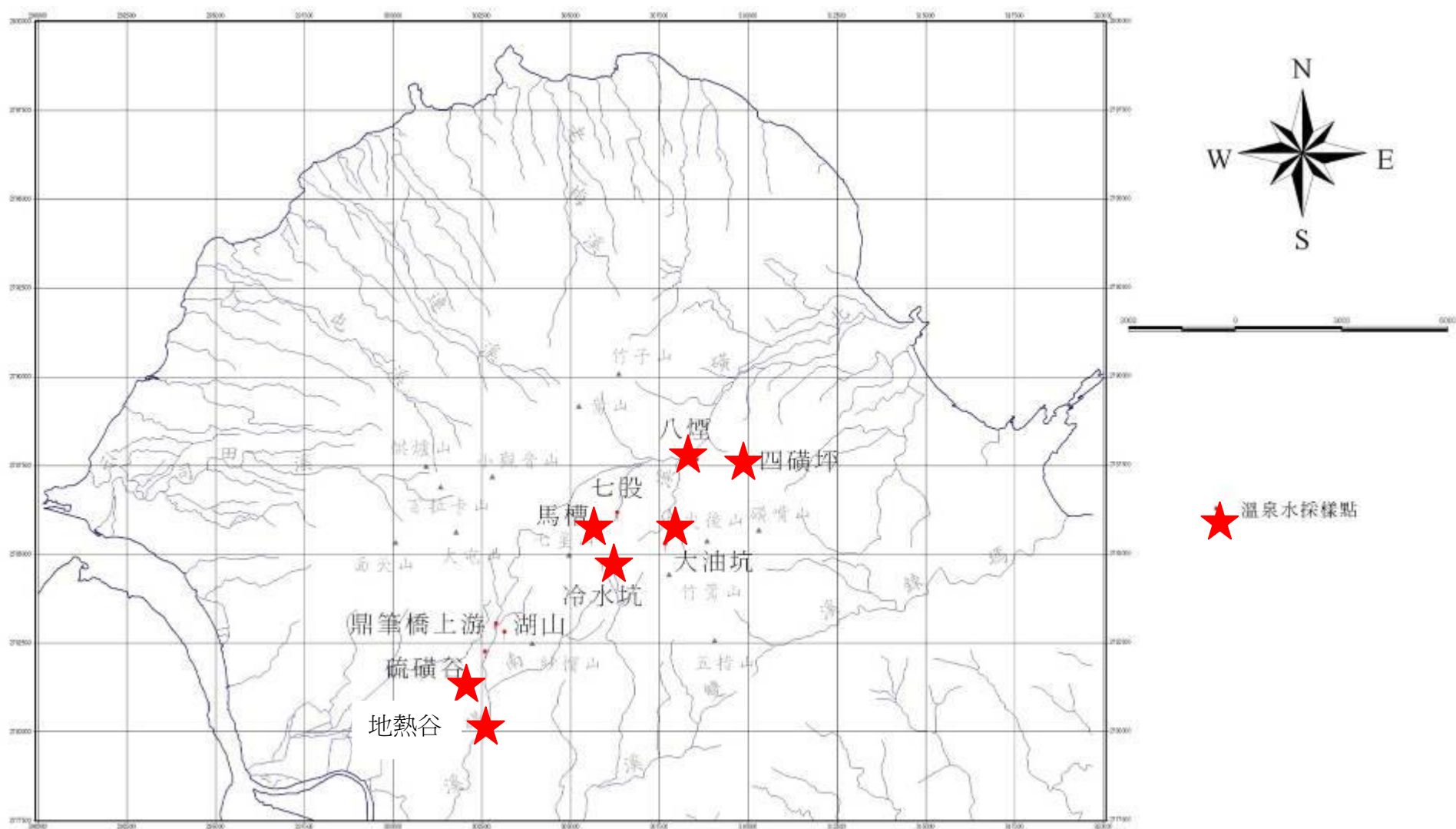


圖 3-1：大屯火山群溫泉採集地點分布圖。

## 二、水質和水化學連續監測儀器之選用

### 1、水化學連續監測站儀器之選用

水質和水化學監測站的儀器，將選用瑞士 Metrohm 公司所製造的 821 Compact Online IC 型。將溫泉水導入儀器的入口處，進入偵測器內，即可測量溫泉水中的水溫、pH 值、和陰離子濃度等。因儀器可設定一段固定時間內測量一次，而溫泉水則是一直在流動，故可量測溫泉水中的水質與水化學隨時間的變化情形，而達到監測的目的。

#### (1) 目的

利用線上分析儀的連續性分析特性，用來收集更多的分析數據，且透過數據接收程式及網路，加快數據取得的時間

#### (2) 分析項目及原理說明

本次分析之項目共有四種：

##### 1. 氯離子濃度分析

分析範圍：5 ~ 300 ppm

分析精確度：± 10%

分析原理：離子層析分析法

##### 2. 硫酸根離子濃度分析

分析範圍：5 ~ 500 ppm

分析精確度：± 10%

分析原理：離子層析分析法

##### 3. 碳酸根離子濃度分析

分析範圍：200 ~ 2000 ppm

分析精確度：± 10%

分析原理：滴定分析法，樣品取樣 50ml，然後以 0.2M HCl 滴定之

##### 4. 溫度量測

分析範圍：30 ~ 60 °C

分析精確度：± 1 °C

分析原理：直接測量法分析

##### 5. 酸鹼度量測

分析範圍：pH： -2 ~ +16 pH

Temp： -30 ~ +110 °C

分析精確度：pH： +/- 0.01 pH +/- 1 digit

分析原理：利用 pH 電極,直接量測樣品的 pH 值

(3) 分析儀主機介紹：

A. 821 線上離子層析儀介紹

分析儀包含：

1. 樣品取樣系統
2. 標準品系統
3. 流洗液傳送系統
4. 層析管柱
5. 化學抑制系統
6. 電導度偵測器
7. 工業電腦及軟體

分析步驟如下：

1. 樣品經由取樣系統到樣品定量裝置（Sampling Loop）
2. 利用流洗液把樣品帶入層析管柱中
3. 利用層析原理，將樣品中各種離子分離開來
4. 所需時間約 30 mins

B. ADI 2016HD 線上濃度滴定儀介紹

其分析儀包含：

1. 樣品取樣系統
2. 滴定系統
3. 滴定杯組
4. 反應電極
5. 微電腦控制系統

分析步驟如下：

1. 樣品經由取樣系統到樣品定量裝置
2. 利用 NaOH 溶液將樣品帶入滴定杯
3. 利用 HCl 滴定之
4. 所需時間約 10 mins

C. 線上溫度計介紹

分析儀包含：

1. 溫度電極
2. 控制主機體

分析步驟如下：

1. 直接將溫度電極放入樣品中測量

(4) 分析儀架構說明

本次分析儀整組的基本架構如下：

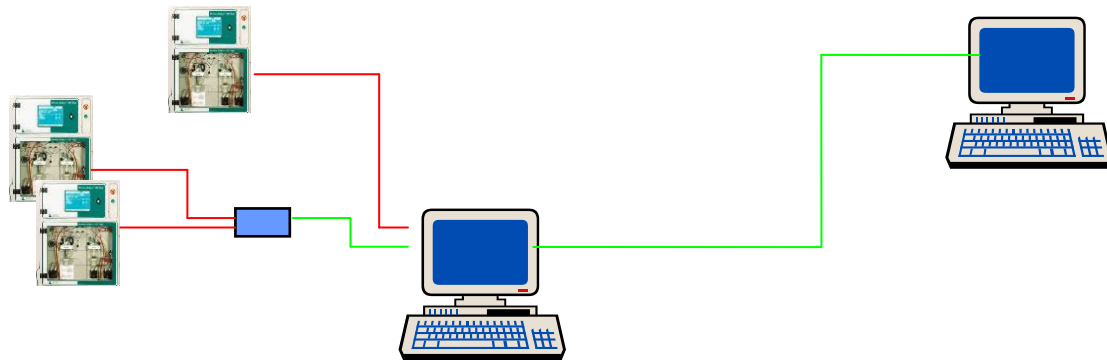
821 線上離子層析儀分析：氯離子、硫酸根離子

ADI 2016HD 線上濃度滴定儀分析：碳酸根離子

線上溫度計量測：溫度

線上 pH 計量測：pH 值

遠端遙控和數據收取的機制，其架構如下圖說明：



#### (5)、裝設地點

裝設地點為台北市北投區湖山國小內，地點詳見圖 3-2。

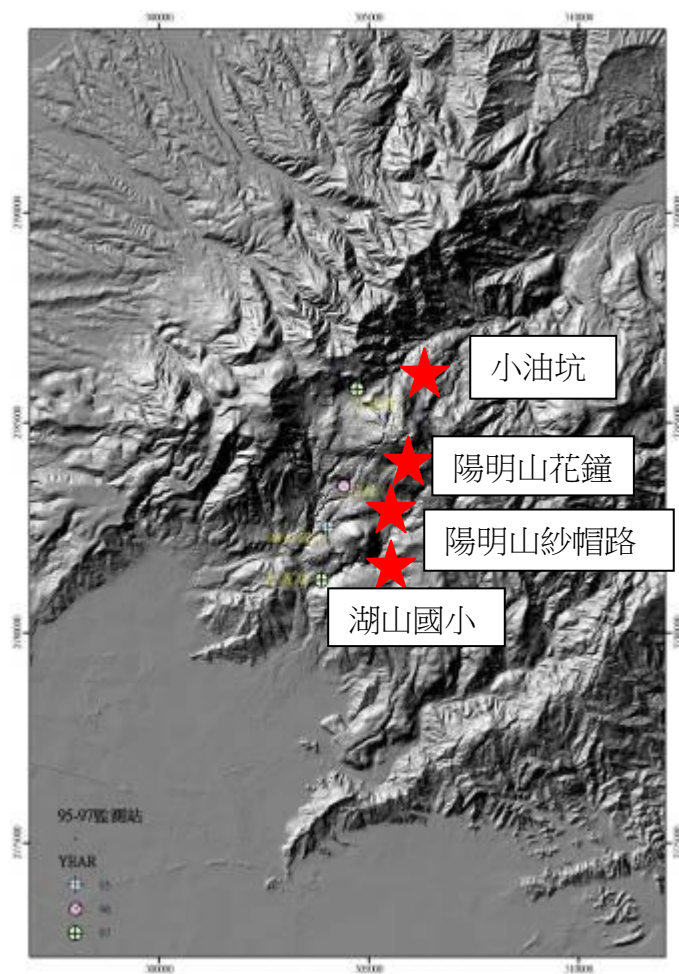


圖 3-2：大屯火山群溫泉監測站分布圖。



## 2、水質連續監測站儀器之選用

水質監測站的儀器，選用德國 AMT 公司所製造的 CTD/PH-48M 型（下圖）綜合地下水導電度/溫度/深度分析器。將該儀器放入溫泉水井內，測量溫泉水中的水溫、pH 值、導電度和水位等。因儀器可設定一段固定時間內測量一次，而溫泉水則是一直在流動，故可量測溫泉水中的水質隨時間的變化情形，而達到監測的目的。

### (1) 目的：

利用水質監測儀器的連續性分析特性，用來收集更多的溫泉水質數據。

### (2) 儀器規格和分析項目說明：

- 可記憶 8mb (350000 筆)資料。
- 鈦合金(Titanium Housing)材質抗腐蝕及海水。
- 口徑 48mm 長 440mm，重 1.5kg。
- 含操作及分析軟體。
- 利用 RS232 連接介面及連線讀取資料。
- 導電度量測範圍：0-60mS/cm。
- 溫度量測範圍：-2~60℃。
- 深度量測範圍：10 bar (100m 水位)。
- 最深量測範圍：0-100m。
- 電源：3.6 V Li 電池 LR14 (6Ah)或 1.5V 碳性電池 LR14 (8Ah)或外接電池 9~30VDC。



### (3) 裝設地點

裝設地點為陽明公園停車場內花鐘旁(TB-MW-9)，小油坑(TB-MW-11)和北投紗帽路(TB-MW-15)等三處，地點詳見圖 3-2。

### 三、大屯火山區溫泉現地量測值

在自然湧出的溫泉露頭，每月量測溫泉水的溫度、導電度、pH 值和 TDS 等的結果如表 3-1。歷年(2004~2013)平均值及  $2\sigma$  值的結果如表 3-2。

表 3-1：大屯火山區溫泉水現地量測溫度(°C)、導電度( $\mu$  S/cm)、pH 值和 TDS(ppm)值之結果。

硫磺谷				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
1020115	40.8	224	6.1	120
1020218	43.2	208	5.94	120
1020315	45.1	265	6.33	135
1020415	38.4	195	6.12	138
1020515	35.1	212	6.8	128
1020603	31.7	208	6.11	125
1020708	30.4	238	6.7	131
1020812	28.5	212	6.12	129
1020909	35.7	202	6.34	131
1021014	33.2	196	6.28	127
1021111	32.4	189	6.63	126
1021206	31.8	204	6.22	121

冷水坑				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
1020115	40.4	1584	6.22	967
1020218	41.9	1261	6.34	1011
1020315	42.4	1437	6.18	957
1020415	40.3	1422	6.77	982
1020515	40.2	1317	6.25	1034
1020603	42.8	1284	6.55	1327
1020708	40.5	1344	6.11	1023
1020812	42.7	1427	6.28	1284
1020909	39.4	1538	6.34	978
1021014	40.2	1324	6.55	985
1021111	42.7	1438	6.74	976
1021206	40.3	1327	6.77	954

馬槽				
日期	溫度	導電度	pH	TDS

1020115	55.1	544	5.94	322
1020218	58.3	531	6.22	361
1020315	60.7	512	6.34	345
1020415	52.2	484	5.83	294
1020515	59.7	592	6.21	380
1020603	62.5	604	5.32	433
1020708	60.7	601	5.42	305
1020812	63.4	623	5.81	422
1020909	58.2	594	6.11	401
1021014	60.1	611	5.93	393
1021111	61.3	588	5.83	412
1021206	58.3	572	5.34	404

大油坑				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
1020115	73.2	16330	1.48	12250
1020218	69.8	15940	1.63	13840
1020315	74.1	16180	1.84	16740
1020415	75.8	17840	1.21	19580
1020515	72.3	15680	1.34	19180
1020603	75.9	17320	1.33	17380
1020708	76.5	17280	1.21	17340
1020812	77.3	18340	1.34	18285
1020909	72.4	17125	1.53	16940
1021014	75.8	16820	1.28	17830
1021111	76.3	17280	1.31	17285
1021206	75.8	17430	1.27	17685

地熱谷				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
1020115	61.7	19780	1.67	17830
1020218	59.8	20310	1.53	16850
1020315	60.3	19840	1.62	18340
1020415	62.1	19780	1.54	17270
1020515	60.3	20120	1.49	16940
1020603	62.8	21380	1.37	16580
1020708	61.3	18340	1.34	17280
1020812	60.8	19820	1.28	18320
1020909	62.4	22640	1.57	17640

1021014	61.2	21380	1.22	16550
1021111	62.7	22130	1.27	17550
1021206	61.3	21830	1.34	17350

八煙				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
1020115	65.4	1821	2.44	1288
1020218	59.8	1955	2.53	1347
1020315	63.2	1722	2.57	1261
1020415	64.7	1934	2.12	1284
1020515	62.8	1875	2.64	1034
1020603	65.4	1351	2.48	1337
1020708	63.2	1758	2.12	1637
1020812	64.8	2034	2.34	1527
1020909	65.1	1936	2.51	1345
1021014	66.9	1827	2.18	1028
1021111	64.3	1825	2.43	1134
1021206	63.7	1834	2.17	1283

四礮坪				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
1020115	60.8	568	2.11	188
1020218	58.4	844	3.04	214
1020315	66.3	657	2.48	374
1020415	69.4	1007	3.12	178
1020515	64.8	835	2.94	468
1020603	70.4	1285	2.36	284
1020708	69.1	1201	2.74	315
1020812	73.4	1384	2.93	328
1020909	65.2	1011	3.22	253
1021014	66.3	978	2.84	345
1021111	68.4	1237	2.88	326
1021206	67.1	1034	2.73	323

表 3-2：大屯火山區溫泉水現地量測之溫度、導電度、pH 值和 TDS 值等歷年(2004~2013)平均值及  $2\sigma$  值。

採樣地點	溫度	導電度	pH	TDS
硫磺谷	51.6±21.3	352±342	5.48±1.40	228±266
冷水坑	40.4±2.8	1500±155	6.01±0.39	1105±1717
馬槽	48.5±11.4	541±796	6.47±0.8	325±81
大油坑	69.6±15.7	11185±22081	1.59±0.79	10749±2408
地熱谷	60.2±8.3	18996±3111	1.43±0.45	16400±2692
八煙	66.4±12.3	1580±135	2.52±0.63	1088±247
四磺坪	62.8±13.5	579±76	3.11±0.57	321±89

#### 四、大屯火山區溫泉離子成分分析值

每月採獲的水樣攜回實驗室後，利用感應耦合電漿－原子發射光譜儀分析水體中的鈉離子( $\text{Na}^+$ )、鉀離子( $\text{K}^+$ )、鎂離子( $\text{Mg}^{++}$ )、鈣離子( $\text{Ca}^{++}$ )、鐵離子( $\text{Fe}^{++}$ )、錳離子( $\text{Mn}^{++}$ )、矽離子( $\text{Si}^{4+}$ )和鋁離子( $\text{Al}^{3+}$ )等陽離子，利用離子層析儀分析氟離子( $\text{F}^-$ )、氯離子( $\text{Cl}^-$ )、溴離子( $\text{Br}^-$ )、硝酸根離子( $\text{NO}_3^-$ )、硫酸根離子( $\text{SO}_4^{2-}$ )、磷酸根離子( $\text{PO}_4^{3-}$ )等陰離子，至於碳酸氫根離子( $\text{HCO}_3^-$ )則是利用酸鹼滴定法測量之。

溫泉水的陰離子分析結果和歷年(2004~2013)平均值及  $2\sigma$  值如表 3-3 和表 3-4；陽離子分析結果和歷年(2004~2013)平均值及  $2\sigma$  值如表 3-5 和 3-6。

表 3-3：大屯火山區溫泉泉水陰離子分析之結果（單位：ppm）。

硫磺谷									
日期	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$	分析日期
1020115	--	16.2	--	2.34	--	103.7	--	--	3/20
1020218	--	20.3	--	3.48	--	117.1	--	--	3/20
1020315	--	18.7	--	1.92	--	84.3	--	--	3/20
1020415	--	17.8	--	2.47	--	92.7	--	--	5/15
1020515	--	19.3	--	1.33	--	95.8	--	--	5/15
1020603	--	18.6	--	1.24	--	95.8	--	--	6/7
1020708	--	20.3	--	1.93	--	103.8	--	--	8/20
1020812	--	18.3	--	2.51	--	95.1	--	--	8/20
1020909	--	19.9	--	1.28	--	105.1	--	--	10/25
1021014	--	21.6	--	2.34	--	101.9	--	--	10/25
1021111	--	18.22	--	2.13	--	103.5	--	--	11/19
1021206	--	19.28	--	2.11	--	101.1	--	--	12/10

冷水坑									
日期	$\text{F}^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Br}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$	分析日期
1020115	--	169	--	--	--	307	284	280	3/20
1020218	--	176	--	--	--	313	271	266	3/20
1020315	--	184	--	--	--	307	277	273	3/20
1020415	--	181	--	--	--	312	280	276	5/15
1020515	--	174	--	--	--	311	279	274	5/15
1020603	--	183	--	--	--	309	282	277	6/7
1020708	--	178	--	--	--	313	273	273	8/20

1020812	--	183	--	--	--	312	279	279	8/20
1020909	--	180	--	--	--	304	275	275	10/25
1021014	--	179	--	--	--	301	261	261	10/25
1021111	--	183	--	--	--	313	278	273	11/19
1021206	--	178	--	--	--	311	263	259	12/10

### 馬槽

日期	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	分析日期
1020115	--	8.12	--	--	--	167	103.5	101.8	3/20
1020218	--	9.34	--	--	--	185	92.8	91.3	3/20
1020315	--	8.27	--	--	--	180	107.6	105.9	3/20
1020415	--	8.13	--	--	--	184	98.2	89.8	5/15
1020515	--	8.27	--	--	--	171	91.3	102.0	5/15
1020603	--	9.27	--	--	--	181	103.7	102.0	6/7
1020708	--	8.20	--	--	--	183	91.9	91.9	8/20
1020812	--	9.34	--	--	--	185	102.6	102.6	8/20
1020909	--	9.21	--	--	--	177	100.5	100.5	10/25
1021014	--	9.11	--	--	--	181	99.7	99.7	10/25
1021111	--	8.93	--	--	--	175	100.3	98.6	11/19
1021206	--	9.22	--	--	--	179	103.4	101.7	12/10

### 大油坑

日期	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	分析日期
1020115	--	781	10.35	--	--	4713	--	--	3/20
1020218	--	829	12.54	--	--	4638	--	--	3/20
1020315	--	935	11.93	--	--	4581	--	--	3/20
1020415	--	977	12.11	--	--	5328	--	--	5/15
1020515	--	834	10.84	--	--	4938	--	--	5/15
1020603	--	928	13.60	--	--	5072	--	--	6/7
1020708	--	912	10.61	--	--	5034	--	--	8/20
1020812	--	935	11.28	--	--	4934	--	--	8/20
1020909	--	851	10.34	--	--	5128	--	--	10/25
1021014	--	928	10.61	--	--	5035	--	--	10/25
1021111	--	922	11.27	--	--	5138	--	--	11/19
1021014	--	928	10.61	--	--	5035	--	--	12/10

### 地熱谷

日期	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	分析日期
----	----------------	-----------------	-----------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	------

1020115	--	2588	10.37	--	--	3287	--	--	3/20
1020218	--	2637	9.84	--	--	3141	--	--	3/20
1020315	--	2759	11.61	--	--	3522	--	--	3/20
1020415	--	2532	12.53	--	--	3672	--	--	5/15
1020515	--	2681	13.88	--	--	3817	--	--	5/15
1020603	--	2588	10.33	--	--	3268	--	--	6/7
1020708	--	2577	11.12	--	--	3675	--	--	8/20
1020812	--	2683	10.83	--	--	3364	--	--	8/20
1020909	--	2535	12.11	--	--	3252	--	--	10/25
1021014	--	2429	10.64	--	--	3184	--	--	10/25
1021111	--	2538	11.34	--	--	3217	--	--	11/19
1021206	--	2454	10.22	--	--	3371	--	--	12/10

### 八煙

日期	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	分析日期
1020115	--	102.1	--	--	--	609	--	--	3/20
1020218	--	93.2	--	--	--	632	--	--	3/20
1020315	--	100.1	--	--	--	571	--	--	3/20
1020415	--	127.5	--	--	--	608	--	--	5/15
1020515	--	103.8	--	--	--	594	--	--	5/15
1020603	--	105.3	--	--	--	611	--	--	6/7
1020708	--	103.2	--	--	--	622	--	--	8/20
1020812	--	104.3	--	--	--	604	--	--	8/20
1020909	--	105.1	--	--	--	599	--	--	10/25
1021014	--	101.2	--	--	--	603	--	--	10/25
1021111	--	103	--	--	--	604	--	--	11/19
1021206	--	101.3	--	--	--	605	--	--	12/10

### 四磺坪

日期	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	分析日期
1020115	--	6.27	--	--	--	395	--	--	3/20
1020218	--	5.81	--	--	--	409	--	--	3/20
1020315	--	6.35	--	--	--	439	--	--	3/20
1020415	--	6.80	--	--	--	395	--	--	5/15
1020515	--	6.91	--	--	--	457	--	--	5/15
1020603	--	6.28	--	--	--	439	--	--	6/7
1020708	--	6.21	--	--	--	429	--	--	8/20
1020812	--	6.37	--	--	--	408	--	--	8/20



1020909	--	6.28	--	--	--	411	--	--	10/25
1021014	--	6.51	--	--	--	428	--	--	10/25
1021111	--	6.33	--	--	--	414	--	--	11/19
1021206	--	6.15	--	--	--	412	--	--	12/10

單位：ppm

\*"--"表濃度太低而儀器無法偵測之。

表 3-4：大屯火山區溫泉水陰離子分析之等歷年(2004~2013)平均值及  $2\sigma$  值 (單位：ppm)。

採樣地點	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
硫磺谷	--	26.4±31.2	--	3.36±3.45	140±175	--
冷水坑	--	184±74	--	--	318±117	270±73
馬槽	--	8.63±1.77	--	--	160±93	112±92
大油坑	--	883±1953	--	--	5210±5658	--
地熱谷	--	2280±1335	--	--	3084±1506	--
八煙		73.4±24.3			493±156	
四磺坪		7.43±1.52			230±94	

表 3-5：大屯火山區溫泉水陽離子分析之結果(單位：ppm)。

硫磺谷									
日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期
1020115	18.7	9.61	19.2	8.23	7.11	--	--	--	3/20
1020218	20.4	10.12	18.4	7.93	6.18	--	--	--	3/20
1020315	25.1	10.64	20.3	5.12	7.94	--	--	--	3/20
1020415	19.2	9.82	22.8	6.48	8.01	--	--	--	5/15
1020515	18.6	10.33	23.6	5.83	7.18	--	--	--	5/15
1020603	20.1	10.81	22.1	5.33	8.24	--	--	--	6/7
1020708	19.3	10.10	21.2	6.38	7.25	--	--	--	8/20
1020812	18.2	10.02	20.1	5.24	7.11	--	--	--	8/20
1020909	20.0	9.63	23.8	7.28	7.28	--	--	--	10/25
1021014	21.6	10.80	21.2	5.33	8.12	--	--	--	10/25
1021111	22.6	10.12	20.8	6.38	7.54	--	--	--	11/19
1021206	20.6	10.34	20.2	6.12	7.34	--	--	--	12/10

冷水坑									
日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期

1020115	59.3	30.1	171	66.5	17.3	10.3	2.08	--	3/20
1020218	60.2	32.5	167	59.6	17.3	11.1	1.67	--	3/20
1020315	61.2	28.2	171	61.3	17.8	10.2	1.11	--	3/20
1020415	58.5	31.6	170	60.7	16.1	12.8	2.38	--	5/15
1020515	60.4	30.7	168	58.5	15.3	14.7	1.09	--	5/15
1020603	63.3	29.9	172	60.2	15.1	13.3	1.33	--	6/7
1020708	62.1	31.6	170	66.3	16.3	12.7	1.21	--	8/20
1020812	60.4	30.3	173	60.6	17.0	15.6	1.11	--	8/20
1020909	58.1	28.5	173	58.2	17.5	13.1	1.84	--	10/25
1021014	62.3	30.1	166	60.3	16.3	12.9	2.01	--	10/25
1021111	61.3	29.5	173	61.4	18.2	13.3	1.29	--	11/19
1021206	60.3	30.3	167	60.2	17.2	12.8	1.33	--	12/10

### 馬槽

日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期
1020115	50.3	12.1	67.6	20.1	12.4	0.11	0.45	--	3/20
1020218	48.2	13.8	70.9	18.9	12.8	0.34	0.68	--	3/20
1020315	53.2	13.8	63.7	23.8	10.4	0.41	0.61	--	3/20
1020415	51.6	13.6	66.3	24.1	12.4	0.27	0.78	--	5/15
1020515	50.2	12.1	68.9	20.3	10.0	0.29	0.83	--	5/15
1020603	50.8	12.1	69.5	20.7	10.1	0.25	0.77	--	6/7
1020708	51.3	13.1	66.1	18.2	11.1	0.12	0.73	--	8/20
1020812	50.3	12.8	63.2	19.2	10.6	0.34	0.82	--	8/20
1020909	55.6	12.2	70.2	20.3	11.3	0.22	0.74	--	10/25
1021014	48.2	13.0	69.8	21.2	10.1	0.13	0.61	--	10/25
1021111	56.3	13.3	71.3	20.1	10.4	0.11	0.84	--	11/19
1021206	55.3	12.3	68.1	20.2	10.1	0.30	0.78	--	12/10

### 大油坑

日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期
1020115	101.5	18.4	12.6	10.34	20.1	97.7	0.10	212	3/20
1020218	93.2	20.7	20.1	8.28	18.6	102.4	0.13	208	3/20
1020315	103.5	18.6	21.4	7.64	20.3	88.7	0.33	228	3/20
1020415	88.6	20.3	22.6	10.38	20.7	95.6	0.27	226	5/15
1020515	102.4	20.1	12.8	10.61	18.7	105.8	0.22	208	5/15
1020603	104.3	19.3	20.6	10.12	19.3	103.5	0.11	206	6/7
1020708	104.3	20.8	19.3	10.61	20.8	105.7	0.11	210	8/20
1020812	93.4	21.7	18.3	9.34	18.3	96.2	0.21	200	8/20
1020909	100.6	18.3	20.2	10.11	20.3	105.6	0.19	201	10/25

1021014	103.2	19.3	19.3	10.60	20.1	103.9	0.11	204	10/25
1021111	101.2	20.4	20.5	11.34	21.6	102.9	0.24	202	11/19
1021206	100.1	20.7	20.3	10.38	22.1	101.2	0.21	201	12/10

地熱谷									
日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期
1020115	65.3	488	207	60.5	220	93.3	10.55	126	3/20
1020218	60.6	436	218	60.3	198	80.6	9.37	122	3/20
1020315	63.7	491	213	63.9	198	79.9	10.18	120	3/20
1020415	62.8	458	218	62.8	204	83.6	10.63	119	5/15
1020515	60.1	473	215	60.4	208	90.8	10.35	128	5/15
1020603	62.2	456	219	60.2	210	93.5	9.84	126	6/7
1020708	61.3	412	218	66.5	213	90.6	10.84	120	8/20
1020812	60.2	429	216	60.3	244	93.5	9.28	128	8/20
1020909	63.9	458	203	63.8	209	88.1	10.93	123	10/25
1021014	60.4	448	206	61.1	200	92.7	10.12	129	10/25
1021111	62.3	450	203	61.2	207	93.8	11.28	128	11/19
1021206	60.3	447	201	60.3	206	93.1	10.18	126	12/10

八煙									
日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期
1020115	58.6	13.8	40.4	15.6	9.38	12.2	0.64	12.9	3/20
1020218	60.4	12.9	43.6	15.3	10.15	12.4	0.72	13.3	3/20
1020315	61.5	13.1	40.9	15.3	10.08	12.8	0.84	10.1	3/20
1020415	59.6	12.2	42.5	15.8	10.57	12.8	0.59	13.8	5/15
1020515	55.8	10.6	40.1	16.4	10.44	12.1	0.77	12.4	5/15
1020603	60.3	10.9	43.3	15.2	10.64	12.4	0.51	12.1	6/7
1020708	60.3	13.3	41.3	16.1	10.10	12.8	0.61	12.1	8/20
1020812	58.2	12.3	42.3	16.3	9.83	10.6	0.77	11.4	8/20
1020909	60.1	10.1	43.5	15.3	10.21	12.7	0.83	12.8	10/25
1021014	60.3	10.3	40.3	16.1	11.31	12.1	0.81	10.6	10/25
1021111	61.3	11.3	41.5	15.1	11.7	12.3	0.68	11.2	11/19
1021206	60.3	10.2	40.3	16.2	10.4	12.1	0.77	10.1	12/10

四礮坪									
日期	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>+2</sup>	Mn <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	分析日期
1020115	12.1	10.38	20.6	10.64	7.34	12.1	0.11	20.8	3/20

1020218	10.2	10.37	20.6	10.15	8.92	13.8	0.65	22.4	3/20
1020315	11.9	10.11	21.3	9.12	8.34	12.5	0.58	21.6	3/20
1020415	11.4	9.38	20.2	8.81	7.37	11.6	0.34	20.3	5/15
1020515	12.9	10.34	20.3	9.88	9.28	12.4	0.28	20.4	5/15
1020603	10.2	9.38	23.6	10.27	8.34	12.2	0.21	22.6	6/7
1020708	12.1	9.27	20.6	12.11	7.28	12.6	0.18	21.6	8/20
1020812	12.3	11.28	21.3	10.28	8.53	11.7	0.20	22.3	8/20
1020909	10.7	10.67	19.3	13.61	7.22	12.1	0.11	21.3	10/25
1021014	10.2	9.34	18.2	12.71	9.34	12.7	0.11	20.9	10/25
1021111	11.3	10.12	20.1	13.6	9.27	12.0	0.12	21.4	11/19
1021206	10.6	10.33	20.8	12.9	9.73	12.8	0.11	20.3	12/10

單位：ppm

＊ -- “表濃度太低而儀器無法偵測之。”

表 3-6：大屯火山區溫泉泉水陽離子分析之等歷年(2004~2013)平均值及  $2\sigma$  值 (單位：ppm)。

採樣地點	Si <sup>+4</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>
硫磺谷	29.0±20.0	13.5±12.7	37.6±49.5	11.8±17.3	7.26±3.64
冷水坑	66.2±16.3	41.5±30.3	190±146	75.0±54.3	15.7±8.4
馬槽	54.3±13.3	14.3±7.9	62.7±39.7	20.6±12.2	8.38±4.21
大油坑	100±39	17.7±11.9	29.8±36.8	11.6±16.3	29.06±32.2
地熱谷	68.3±15.7	469±220	206±43	64.1±12.5	215±73
八煙	51.4±17.8	14.2±7.9	33.7±12.4	13.5±5.8	7.52±3.22
四磺坪	19.1±8.3	8.85±6.19	12.0±8.7	5.14±3.64	6.07±3.29

## 五、討論

### 1. 溫泉水質的演變

圖 3-3 至圖 3-9 是結合 2004 至 2013 年，在野外所量測到的 TDS、pH、導電度和溫度等資料，繪成隨時間的變化圖。

從圖中可知，硫磺谷溫泉(圖 3-3)在 2004 年 9 月以後，上述所量測的數據有很大的下降變化至 2004 年 12 月，然後持穩後至 2009 年中，又有較大的震盪。TDS 在 2006 年 5 月、2009 年 6 和 8 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；pH 值在 2006 年 7 月後下降至 9 月達到最低，另外，在 2009 年 5、6 和 8 月都低於平均值 2 倍的標準差；而溫度在 2009 年 8 月則有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。本年度則相對穩定，除了溫度在今年 8-9 月有稍低之外。

冷水坑溫泉(圖 3-4)的導電度在 2004 年 9 月後慢慢上升，到 2005 年 7 月達到頂峰，然後逐漸下降；但 TDS 一直都是在相對低點，只有在 2006 年 12 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；pH 值在 2005 年 1 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差，但在 2009 年 10 月有異常低的變化，低於平均值 2 倍的標準差；溫度則是在 2009 年 1 月、2010 年 12 月和 2011 年 1 月有異常低的變化，低於平均值 2 倍的標準差。本年度除了 pH 值在 4 月和 10、11 月有高於二倍標準差外，其餘的 TDS、導電度和溫度雖有高低起伏，但還是在 2 倍的標準差內變動。

馬槽溫泉(圖 3-5)TDS 在 2004 年 11 月和 12 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差，但 pH 值卻是異常低的變化，低於平均值 2 倍的標準差，且在 2010 年 10 月也有陡降的變化出現，低於平均值 2 倍的標準差；導電度則呈現相對穩定，只有在 2008 年 2 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差，溫度則是在 2006 年 1 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。本年度的 TDS 和溫度分別在 9 月和 6 月有偏高的趨勢且部分高於二倍標準差，其餘的 pH 和導電度則呈現相對穩定。

大油坑(圖 3-6)的 TDS 在 2008 年的 6 月後有相當大的異常高變化，高於平均值 2 倍的標準差；pH 值在 2007 年 7 月和 2008 年 7 月，都有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差，但本年度則是在相對穩定的狀態；而導電度在 2008 年的 6 月後有相當大的異常高變化，高於平均值 2 倍的標準差；溫度在監測時間內有較大的浮動變化，在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現，尤其是 2011 年 9 月和 10 月有陡降的變化出現，低於平均值 2 倍的標準差。本年度則相對穩定。

地熱谷溫泉(圖 3-7)則是從 2009 年 1 月開始加入監測的行列，TDS 和導電度在 2009 年 10

月有偏低於平均值 2 倍的標準差出現，然後逐漸上升，且導電度在 2012 年 9 月有一相對低值，低於平均值 2 倍的標準差。pH 值在 2009 年 7 月有偏高於平均值 2 倍的標準差出現；溫度則是在 2009 年 10 月和 2012 年 10 月有偏低於平均值 2 倍的標準差出現。本年度除了導電度在 9 月有一相對高值，高於平均值 2 倍的標準差，其餘則相對穩定。

八煙溫泉(圖 3-8)的 TDS 和導電度在 2004 年 6 月、2006 年 8 月、2010 年 9 月和 2011 年 9 月和 10 月都有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；pH 值只有在 2009 年 11 月有一低值，低於平均值 2 倍的標準差，而在 2007 年 12 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；而導電度和溫度在監測時間內有較大的浮動變化，在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現，尤其是 2011 年 9 月和 10 月有陡升的變化出現，高於平均值 2 倍的標準差。本年度則呈現相對穩定。

四礮坪溫泉(圖 3-9)的 TDS 和導電度在監測時間內有較大的浮動變化，在某些時段內，如 2004 年 9 月、2009 年 7-9 月、2010 年 8-9 月、2011 年 10 月和 2012 年 10 月，有偏高於平均值 2 倍的標準差出現；pH 值在 2007 年 3 月和 2008 年 1-3 月有高的異常值出現，且高於平均值 2 倍的標準差，本年度則處於相對低值；溫度則有較大的上、下變化發生，在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現。本年度則呈現相對穩定。

硫磺谷

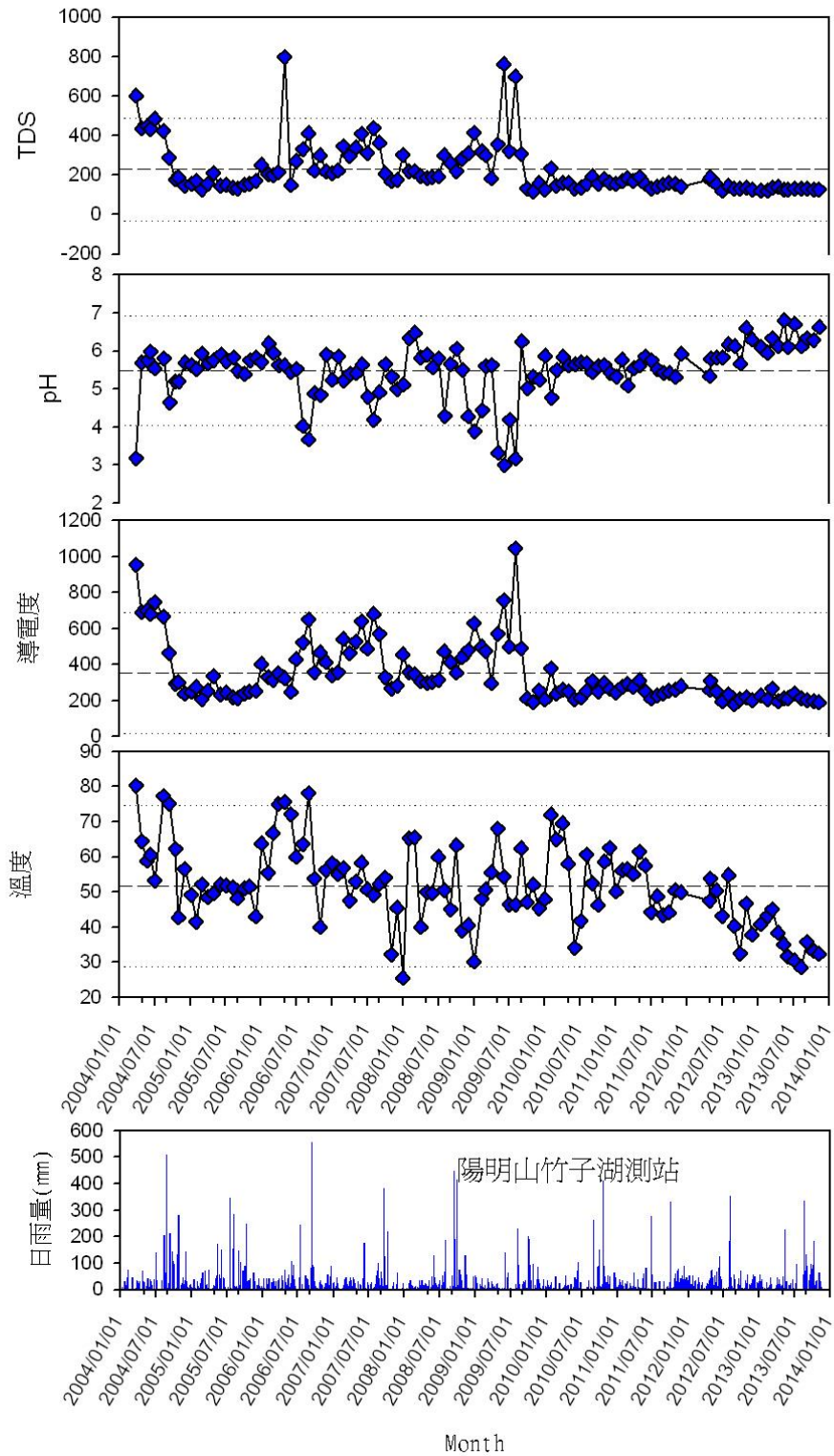


圖 3-3：硫磺谷溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu$  S/cm)、溫度( $^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

# 冷水坑

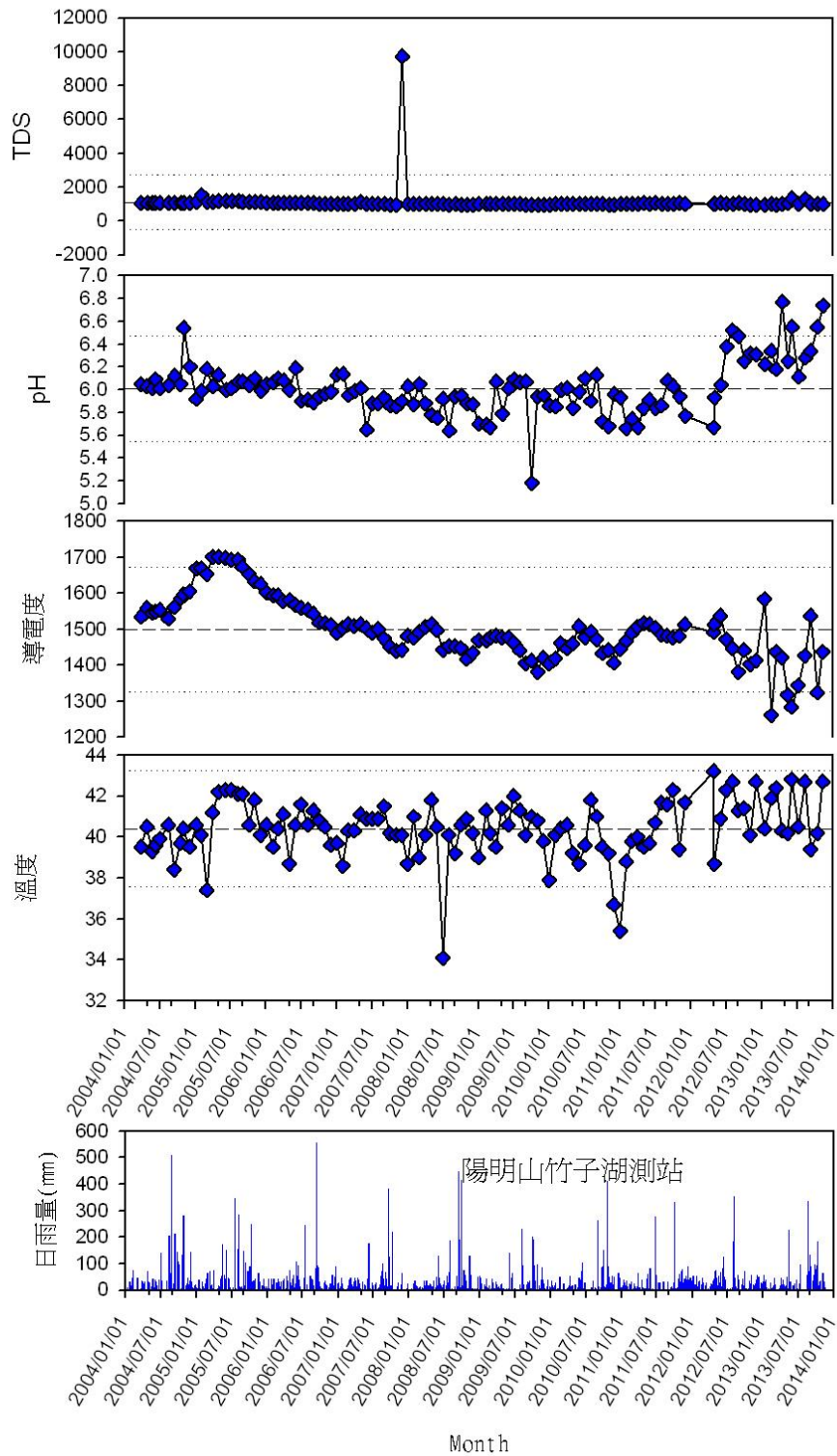


圖 3-4：冷水坑溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu$  S/cm)、溫度( $^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。



# 馬槽

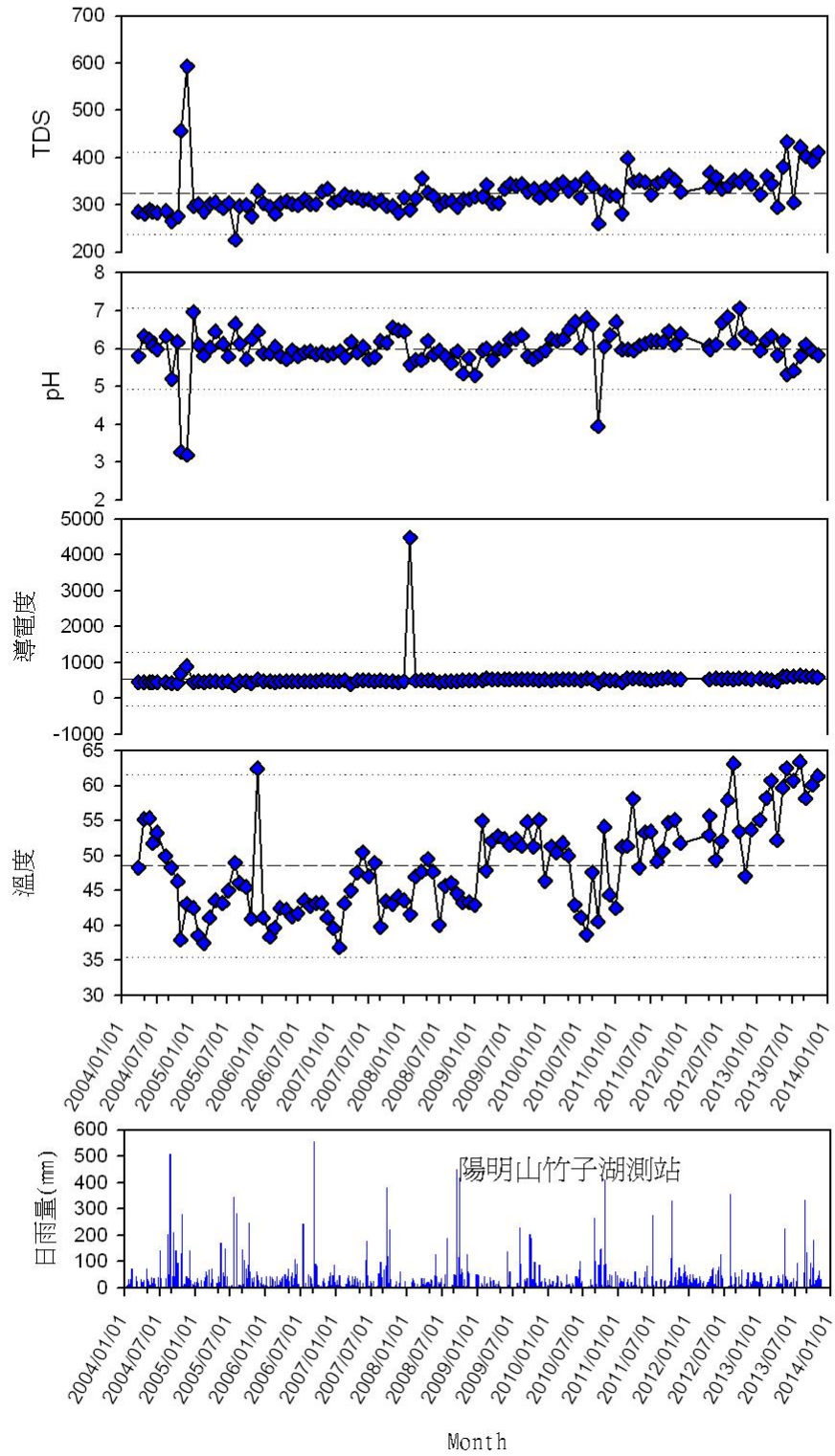


圖 3-5：馬槽溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu\text{S/cm}$ )、溫度( $^{\circ}\text{C}$ )和日雨量，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

# 大油坑

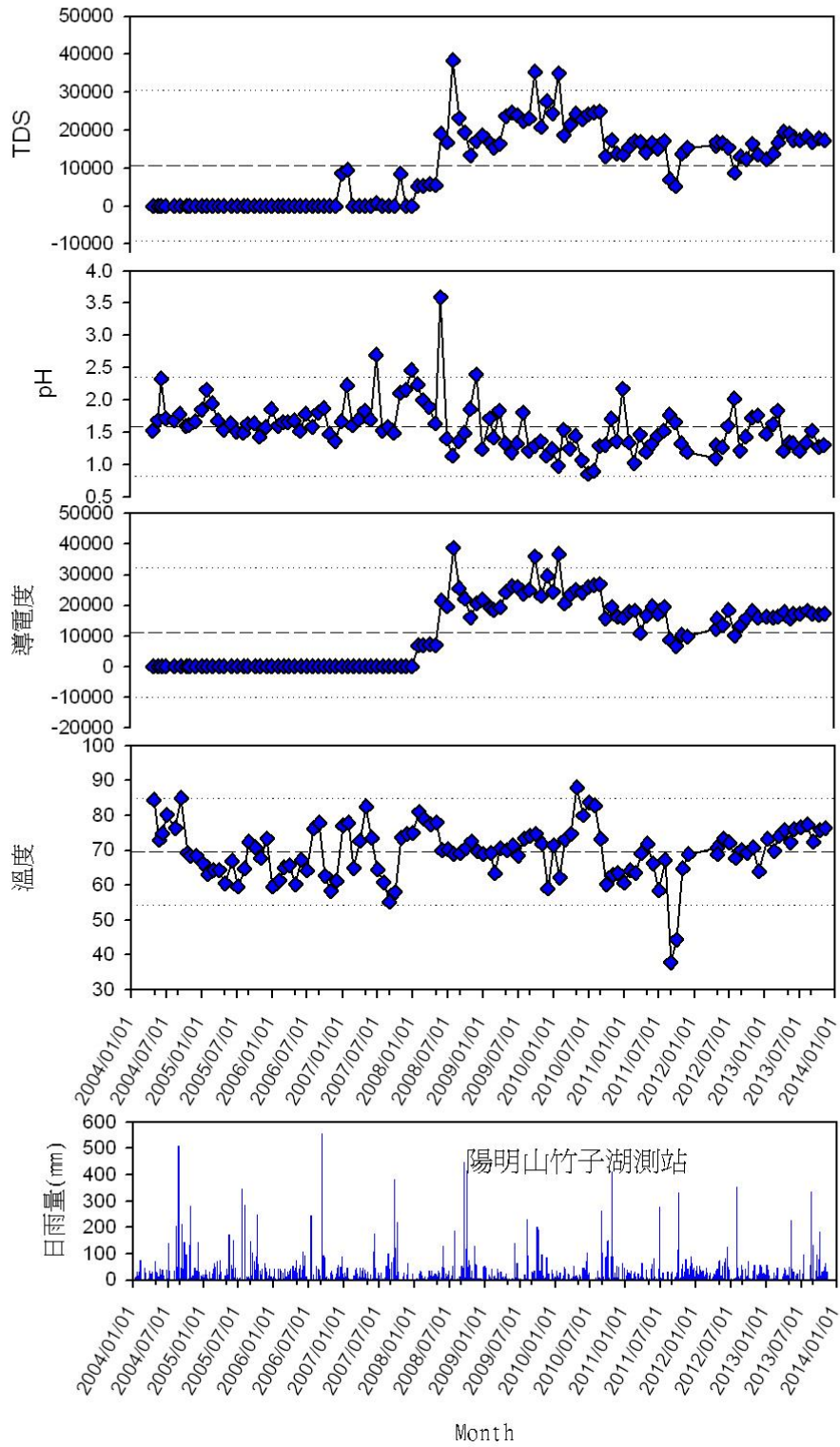


圖 3-6：大油坑溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu$  S/cm)、溫度( $^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2013 年變化趨勢圖。

# 地熱谷

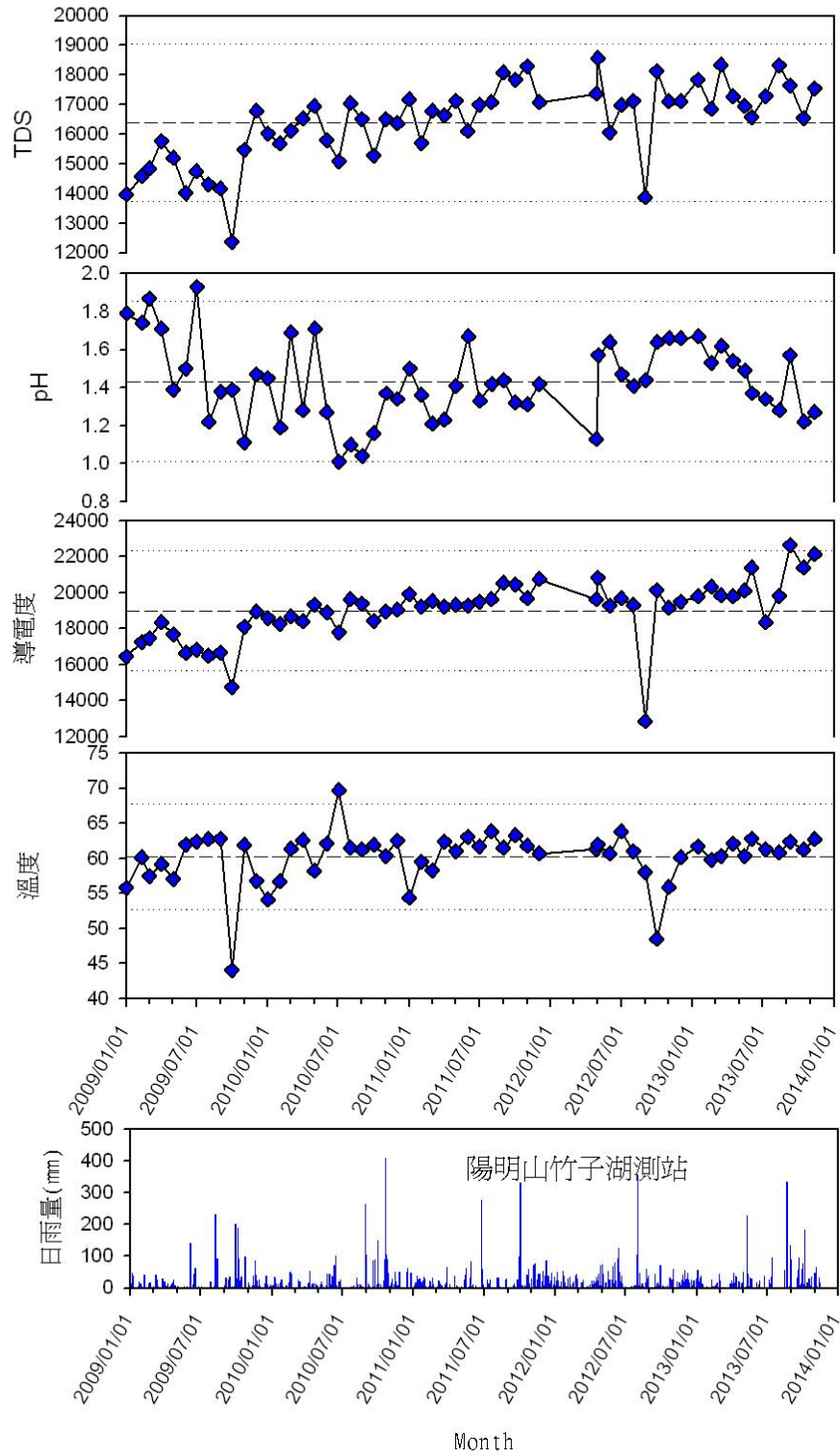


圖 3-7：地熱谷溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu$  S/cm)、溫度( $^{\circ}$ C)和日雨量，2009 至 2013 年變化趨勢圖。

# 八煙

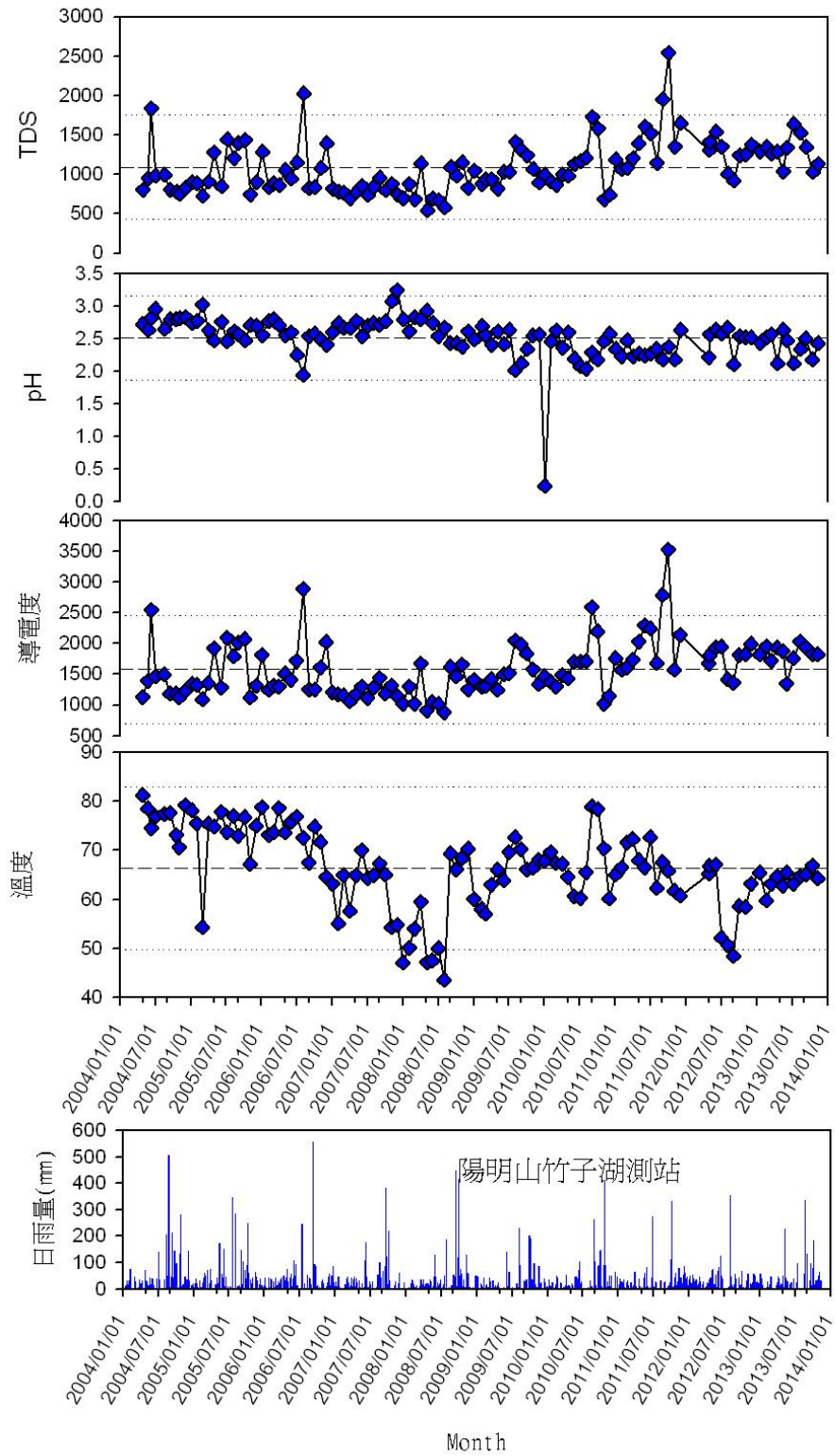


圖 3-8：八煙溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu$  S/cm)、溫度( $^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2013 年變化趨勢圖。



四磺坪

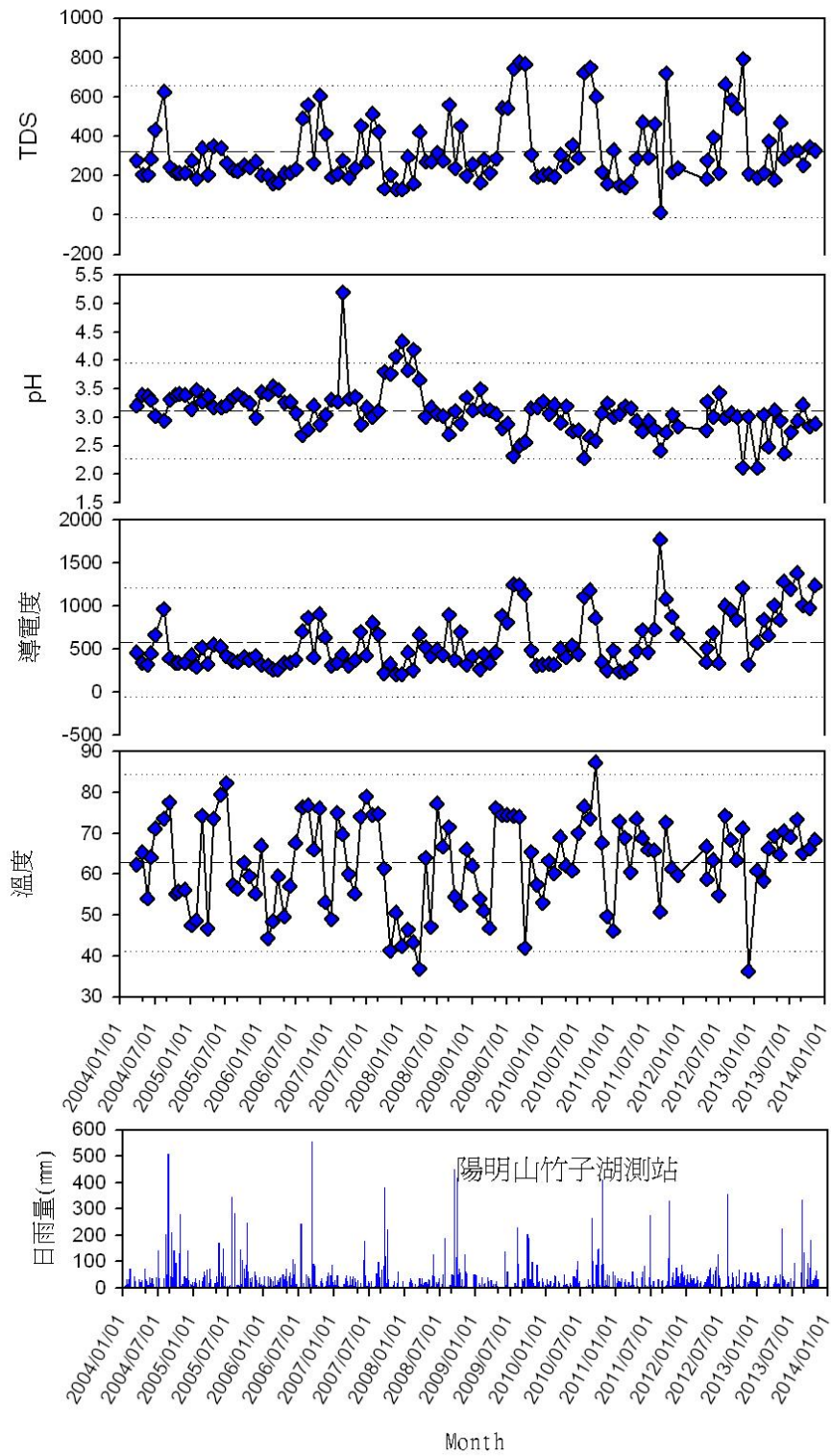


圖 3-9：四磺坪溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度( $\mu$  S/cm)、溫度( $^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2013 年變化趨勢圖。

## 2. 溫泉水化學的演變

圖 3-10 至圖 3-16 是陰離子分析結果，結合 2004 至 2013 年所量測到的資料，繪成隨時間的變化圖。圖 3-17 至圖 3-23 是陽離子分析結果，結合 2004 至 2013 年所量測到的資料，繪成隨時間的變化圖。

從圖中可知，硫磺谷溫泉(圖 3-10)的  $\text{SO}_4^{2-}$  在 2004 年 4 月、2008 年 2 月和 2009 年 8 和 9 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差； $\text{Cl}^-$  在 2009 年 6 月和 8 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差； $\text{NO}_3^-$  也是在監測期間有較大的浮動，但在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現。而陽離子(圖 3-17) $\text{K}^+$  在 2004 下半年至 2005 上半年、和 2006 年 5 月至 2008 年 2 月有較大的浮動，且有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現，其他時段則較平穩； $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{++}$  和  $\text{Mg}^{++}$  和在 2004 年和 2007 年間有較大的浮動，且某些時段內有偏高於平均值 2 倍的標準差出現； $\text{Si}^{4+}$  則 2007 年以後有較大的浮動，且某些時段內有偏高於平均值 2 倍的標準差出現。一般而言，從 2009 下半年至 2012 年，都呈現相對穩定的狀態。本年度也呈現相對穩定。

冷水坑溫泉(圖 3-11)的陰離子  $\text{HCO}_3^-$  在 2005 年 6-7 月間、2006 年 1 月和 2010 年 7 月和為低值，且低於平均值 2 倍的標準差。 $\text{SO}_4^{2-}$  在 2005 年初至 2006 年 10 月呈現較大的起伏變化，且有些時段有高於或低於平均值 2 倍的標準差；2008 年 7 月則有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差； $\text{Cl}^-$  在 2005 年初至 2006 年 10 月呈現較大的起伏變化，且有些時段有高於平均值 2 倍的標準差。但從 2009 下半年至本年度，都呈現相對穩定的狀態。陽離子(圖 3-18)中的  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{++}$  和  $\text{Mg}^{++}$  則是在 2004 年 10-11 月、2005 年 3-4 月和 2007 年 6 月各有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。而  $\text{Si}^{4+}$  則是在 2008 年 7 和 8 月間呈現高值，且高於平均值 2 倍的標準差。但一般而言，從 2009 年至 2012 年，都呈現相對穩定的狀態，只有  $\text{Si}^{4+}$  呈現較大幅度的變化起伏。本年度也呈現相對穩定。

馬槽溫泉(圖 3-12)的陰離子  $\text{HCO}_3^-$  在 2006 年 10 月至 2011 年底呈現較大的起伏變化，且有些時段低於平均值 2 倍的標準差，從 2012 年初至本年度則呈現相對穩定的狀態； $\text{SO}_4^{2-}$  在 2004 年 12 月和 2008 年 8 月有一高峰值，且高於平均值 2 倍的標準差； $\text{Cl}^-$  在 2005 年 8 月至 2006 年 1 月間，以及 2008 年 6 月、2009 年 5 月和 2010 年 2 月呈現較大的起伏變化，且在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現。本年度則呈現相對穩定。陽離子(圖 3-19)中的  $\text{K}^+$  在 2005 年 8 月有一高峰值，和今年度呈現較大的起伏變化，且高於平均值 2 倍的標準差； $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{++}$  和  $\text{Mg}^{++}$  則是在 2004 年底至 2007 年呈現較大的起伏變化，在某些時段內有偏高或偏低於平

均值 2 倍的標準差出現，但從 2009 下半年至本年度，都呈現相對穩定的狀態。 $\text{Si}^{4+}$ 在 2004 年 12 月和 2008 年 7 月有一高峰值出現，且高於平均值 2 倍的標準差，但 2010 年後則呈現下降的趨勢，且在某些時段內有偏低於平均值 2 倍的標準差出現。本年度除了  $\text{K}^{+}$ 有較大起伏變化，其他離子在本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

大油坑溫泉(圖 3-13)的陰離子  $\text{SO}_4^{2-}$ 從開始監測至 2010 年底，都呈現較大的起伏變化，且在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現，而從 2011 年後則呈現相對穩定的狀態；本年度也呈現相對穩定。 $\text{Cl}^{-}$ 則在 2008 年 6 月和 8 月有一異常高的變化、以及 2010 年 1-8 月呈現較大的起伏變化，且有些月份高於平均值 2 倍的標準差；但從 2011 年以來則呈現相對穩定的狀態。本年度也呈現相對穩定。所有的陽離子(圖 3-20)在監測期間都呈現較大的變動，且在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現。但在本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

地熱谷溫泉(圖 3-14)則是從 2009 年 1 月開始加入監測的行列，其  $\text{SO}_4^{2-}$ 在 2010 年 4-8 月有較大的起伏變化，且在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現；本年度則呈現相對穩定。 $\text{Cl}^{-}$ 則是在 2010 年 8 月有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差，本年度則呈現相對穩定。陽離子(圖 3-21)的  $\text{K}^{+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 、 $\text{Ca}^{++}$ 和  $\text{Mg}^{++}$ 則是在 2010 年 4 月和 7 月有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。但從 2010 下半年至本年度，都呈現相對穩定的狀態，但  $\text{Si}^{4+}$ 則呈現較大的起伏變化且有下降的趨勢，但今年度則呈現相對穩定的狀態。

八煙溫泉的陰離子(圖 3-15) $\text{SO}_4^{2-}$ 在 2004 年 5 月、2006 年 8-9 月、2010 年 9-10 月、2011 年 10 月和 2012 年 10 月各有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差； $\text{Cl}^{-}$ 則是在 2011 年 9-12 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。本年度則呈現相對穩定。所有的陽離子(圖 3-22)在 2004 年至 2006 監測期間都呈現較大的變動，但在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現。2007 年後則呈現相對的穩定，但 2010 年 10 月有異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。本年度則呈現相對穩定。

四磺坪溫泉的陰離子(圖 3-16) $\text{SO}_4^{2-}$ 在 2006 年 11 月、2009 年 8-10 月、2010 年 9 月和 2011 年 9-11 月各有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；本年度則呈現相對穩定。 $\text{Cl}^{-}$ 則是在 2005 年 9 月、2006 年 1 月和 2008 年 6 月各有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；但在 2008 年 5 月、10 月、2009 年 3 月和 2013 年 3 月各有一異常低的變化，低於平均值 2 倍的標準差。陽離子(圖 3-23)中的  $\text{K}^{+}$ 在 2005 年 5 月後呈現上升的趨勢，且在 2006 年 11 月和 2010 年 10 月各有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差；本年度則呈現相對穩定。 $\text{Ca}^{++}$ 和  $\text{Mg}^{++}$ 在監測期間都呈現較大的變動，但在某些時段內有偏高或偏低於平均值 2 倍的標準差出現；

但本年度則呈現穩定的上升且有高於平均值 2 倍的標準差。 $\text{Na}^+$ 在 2005 年 11-12 月和 2006 年 11 月各有一異常低的變化，且低於平均值 2 倍的標準差，本年度則呈現相對穩定。而  $\text{Si}^{4+}$ 在 2004 年 8 月、2006 年 8 月、2007 年 8 月、2008 年 9 月、2009 年 7-9 月和 2011 年 9 月各有一異常高的變化，高於平均值 2 倍的標準差。本年度則呈現相對穩定。



硫磺谷

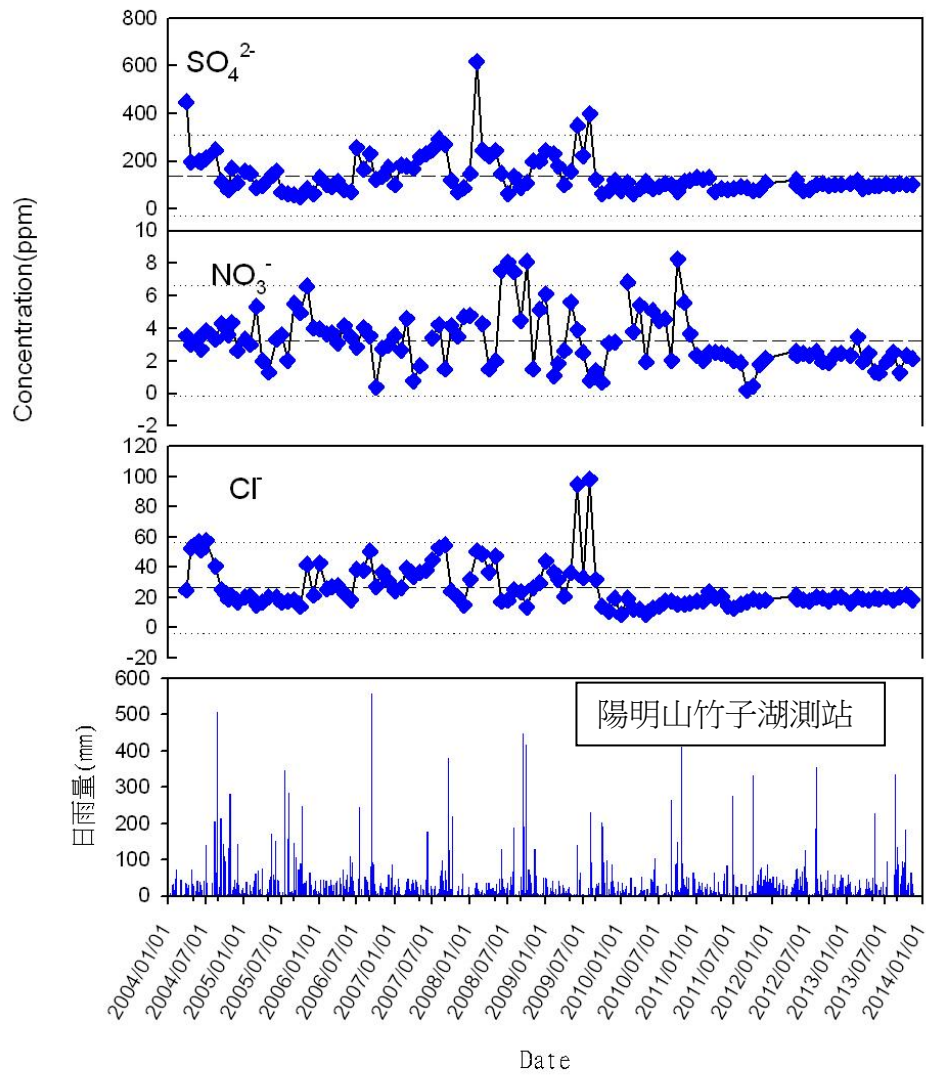


圖 3-10：硫磺谷溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

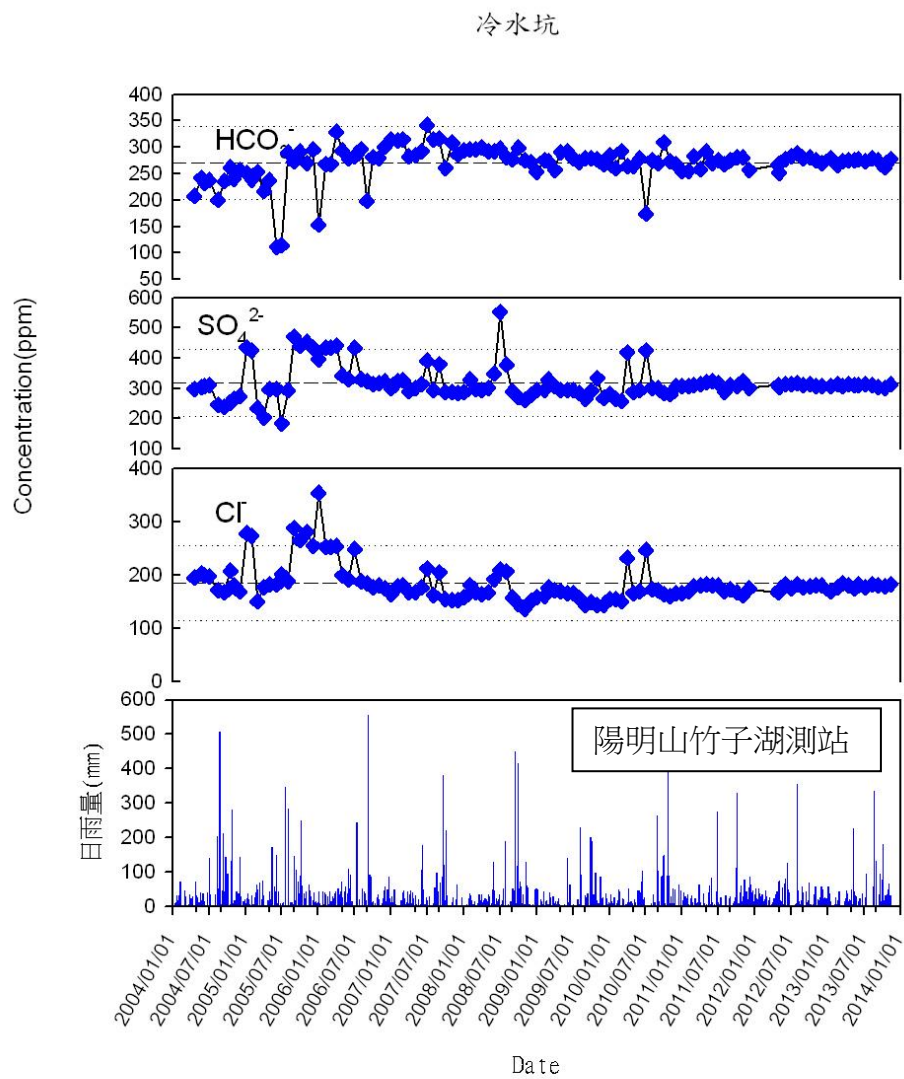


圖 3-11：冷水坑溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

馬槽

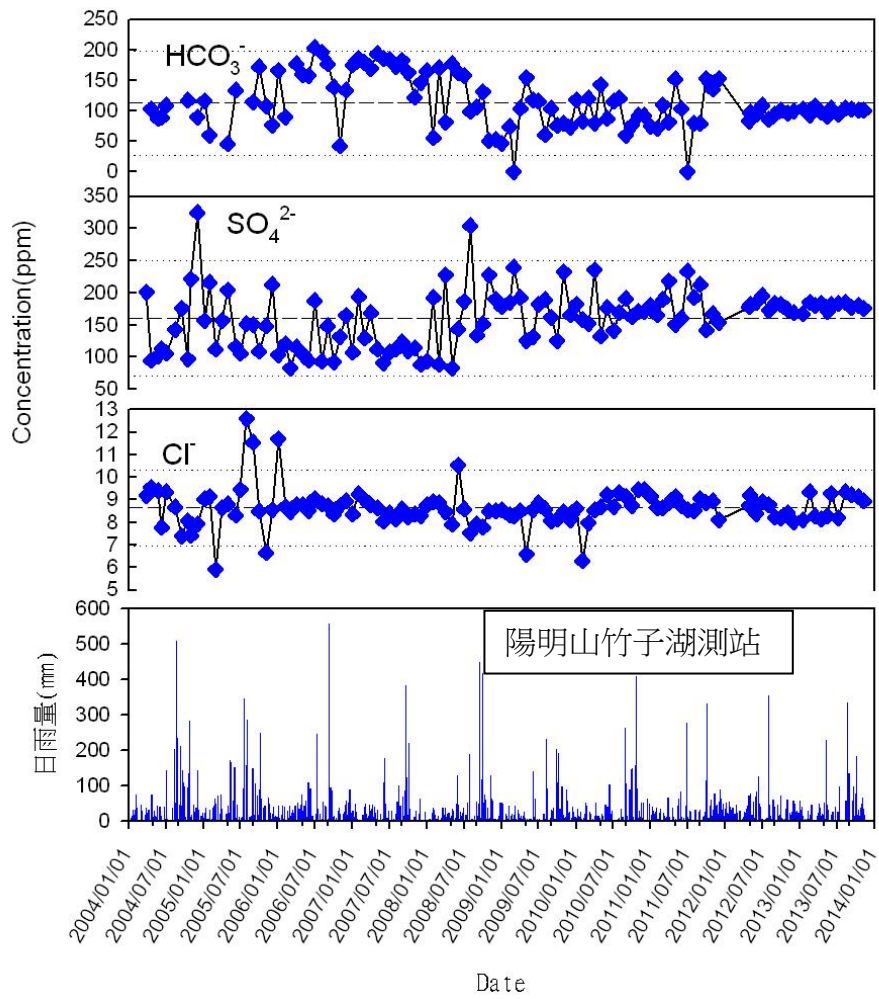


圖 3-12：馬槽溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

大油坑

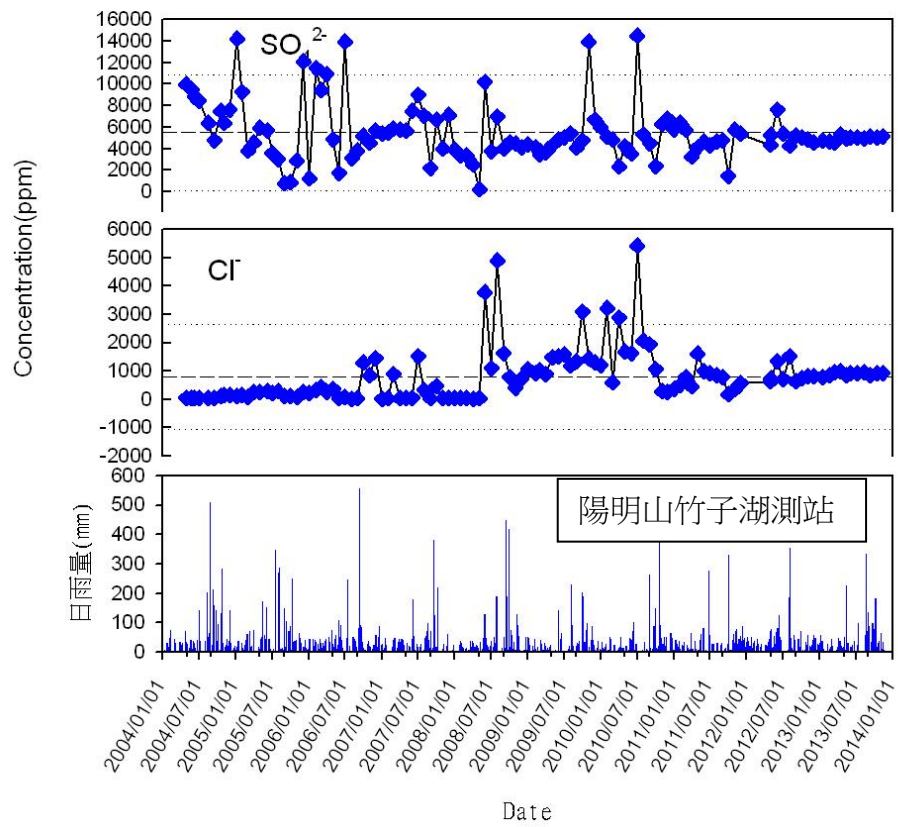


圖 3-13：大油坑溫泉陰離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

地熱谷

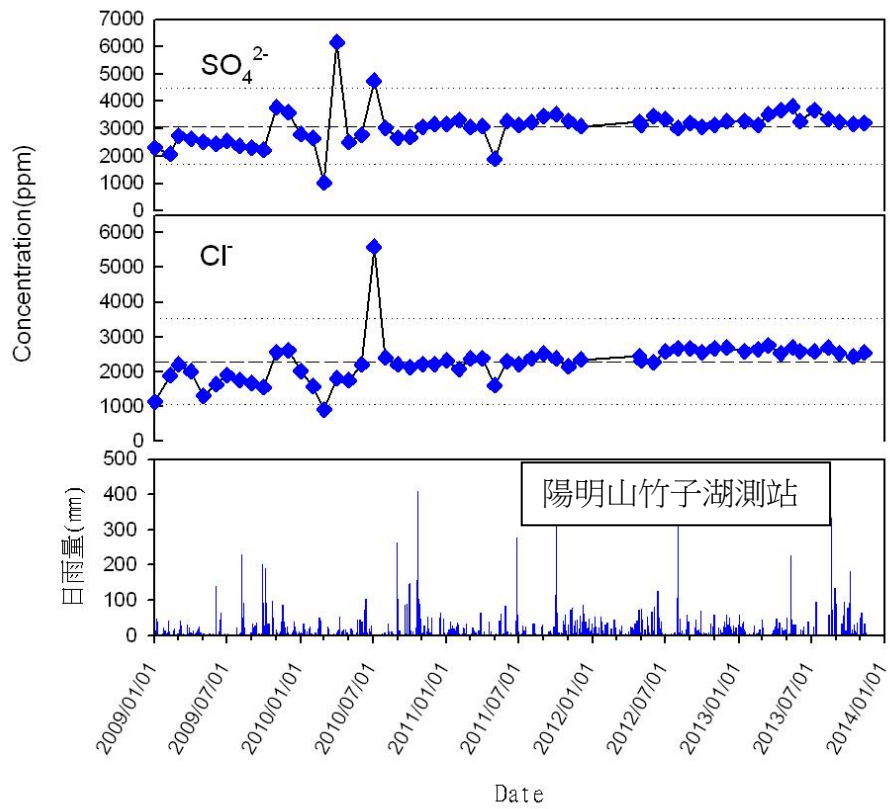


圖 3-14：地熱谷溫泉陰離子濃度， 2009 至 2013 年月變化趨勢圖。

八煙

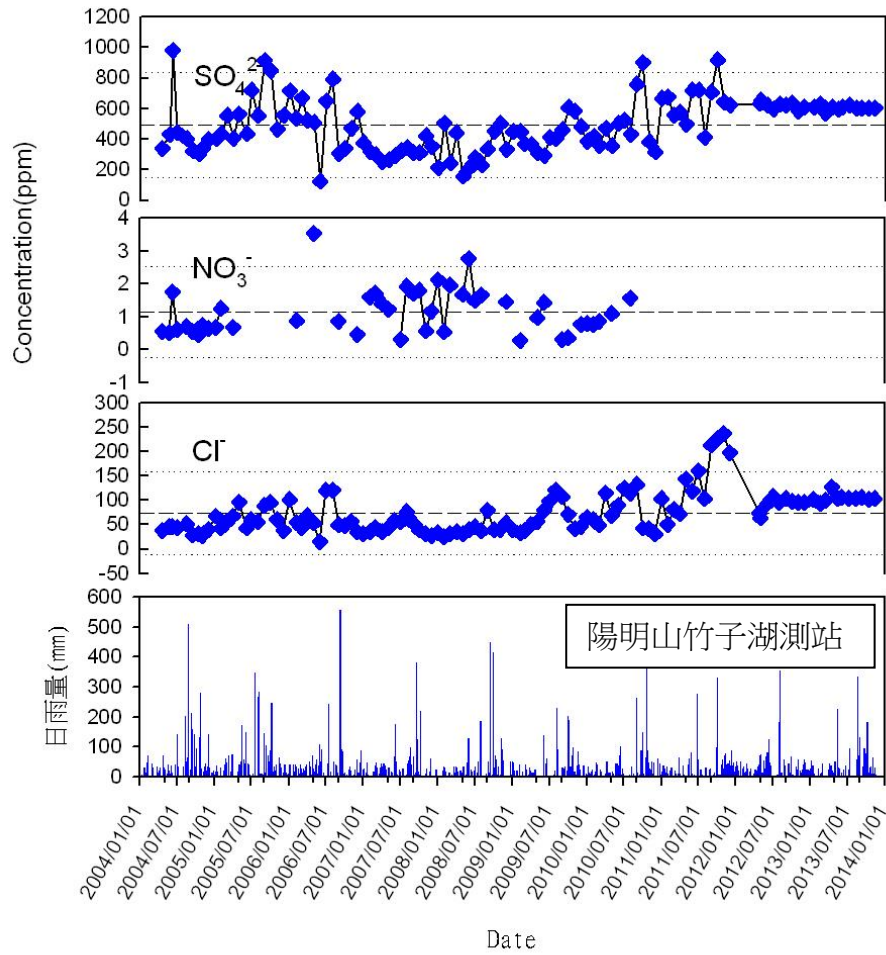


圖 3-15：八煙溫泉陰離子濃度， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

四磺坪

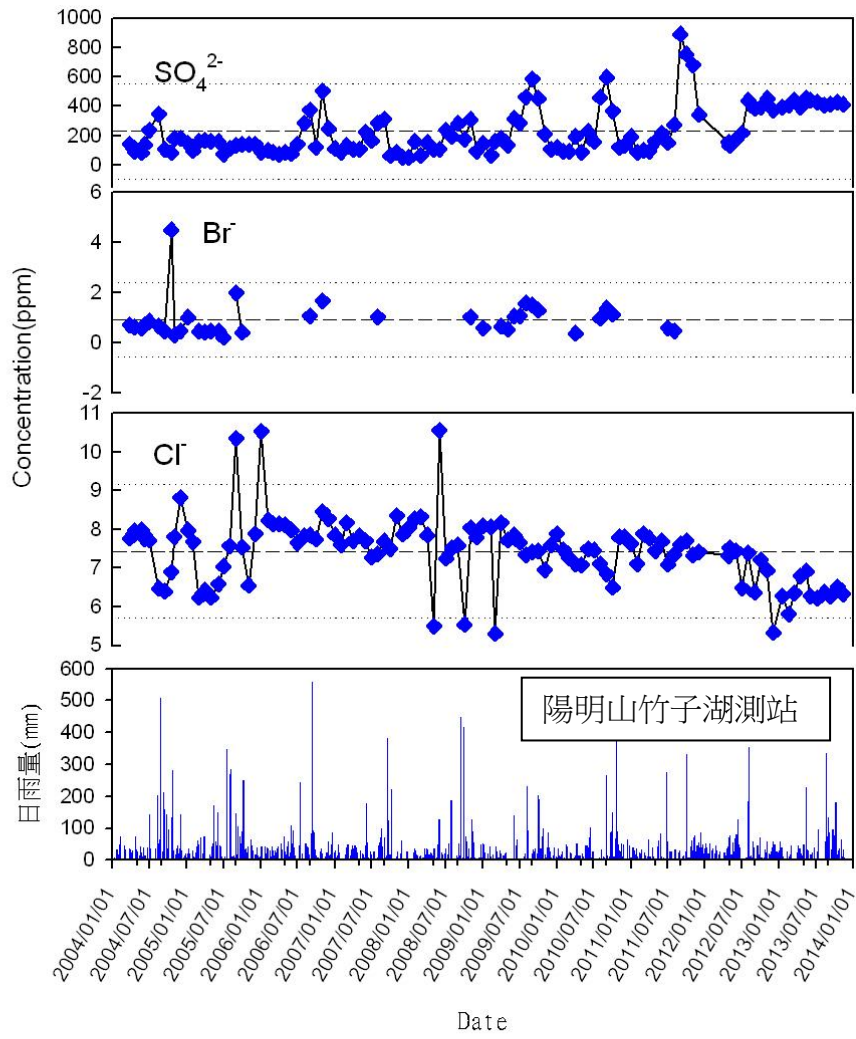


圖 3-16：四磺坪溫泉陰離子濃度， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖。



硫磺谷

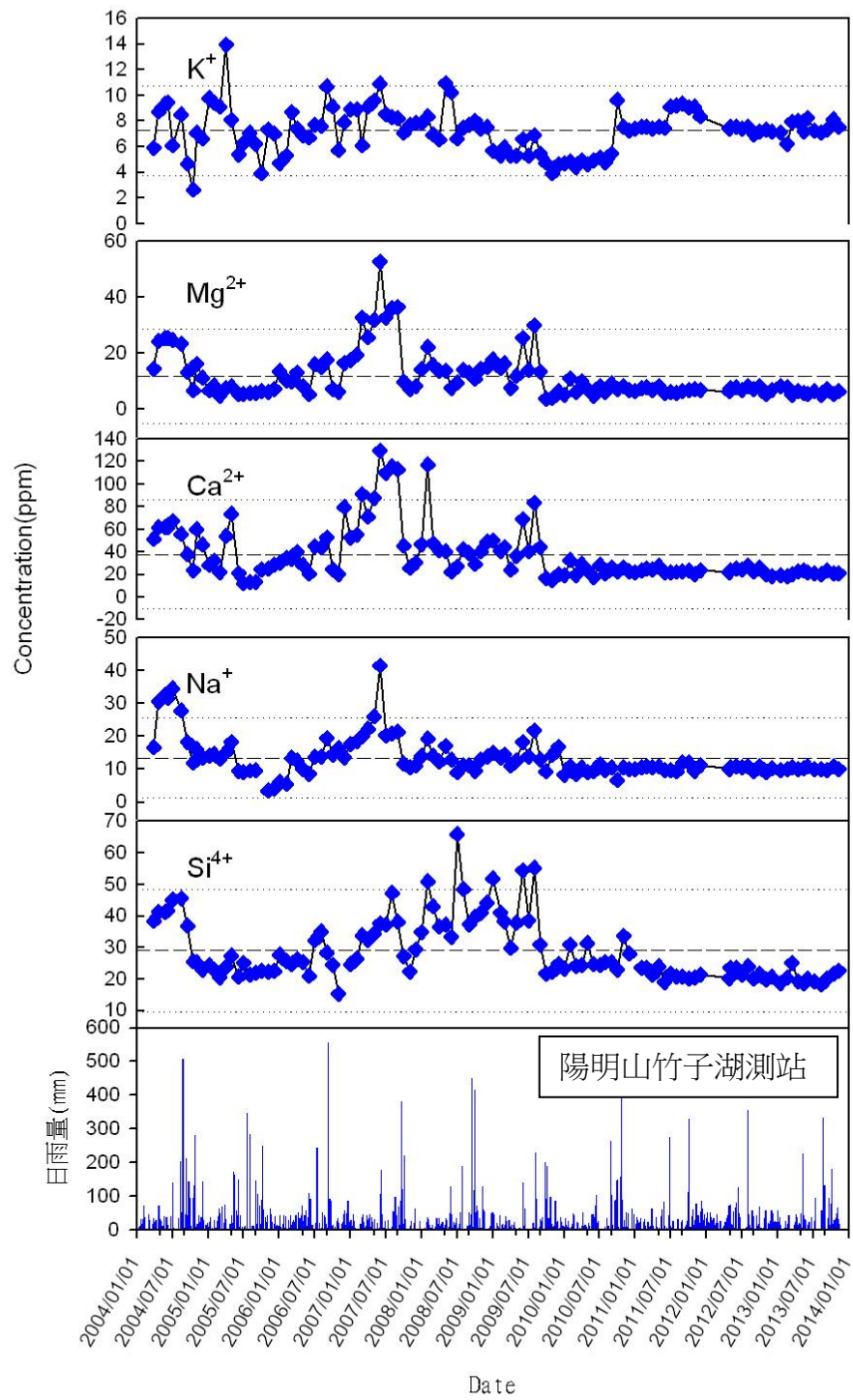


圖 3-17：硫磺谷溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。



冷水坑

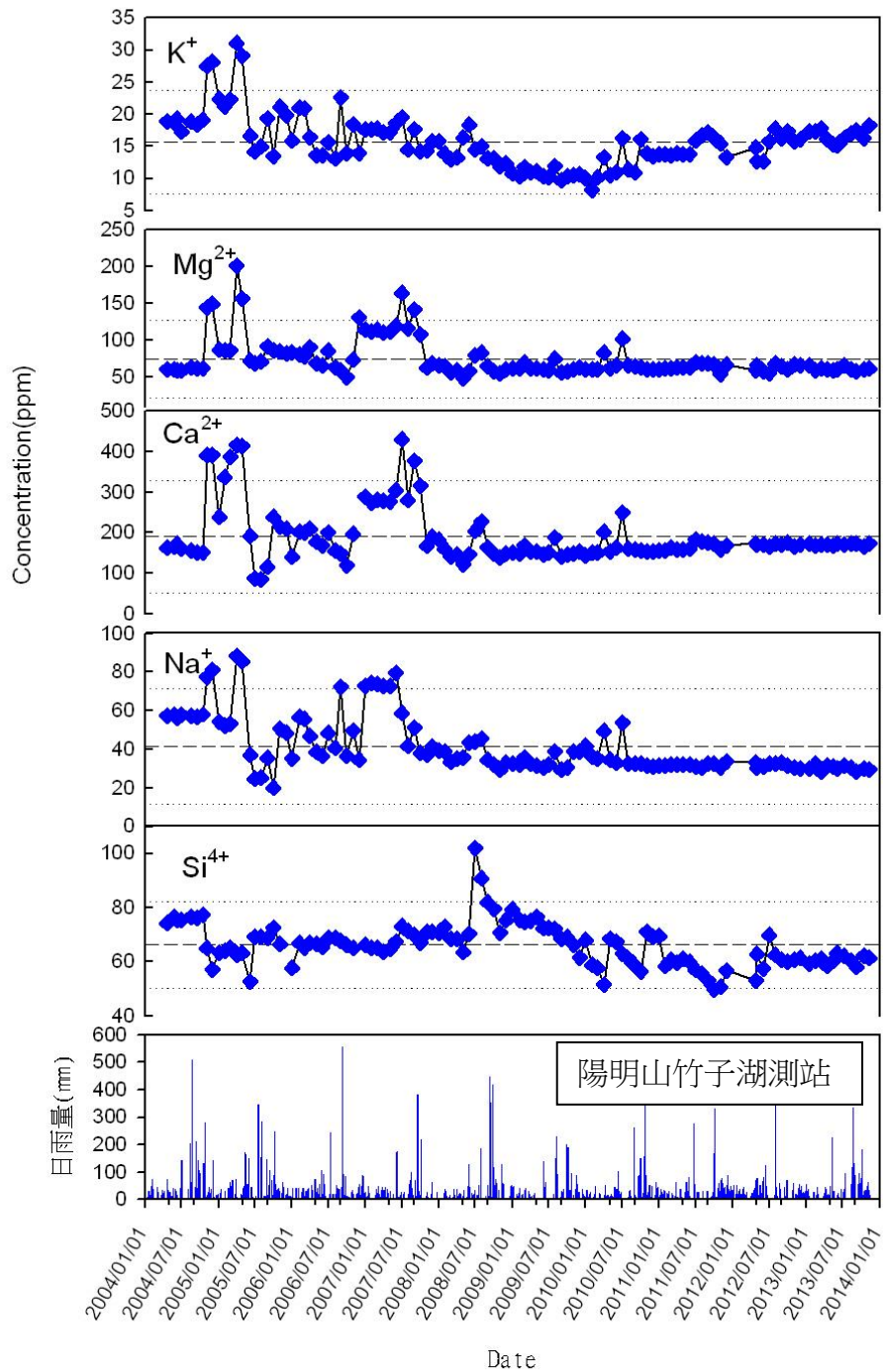


圖 3-18：冷水坑溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

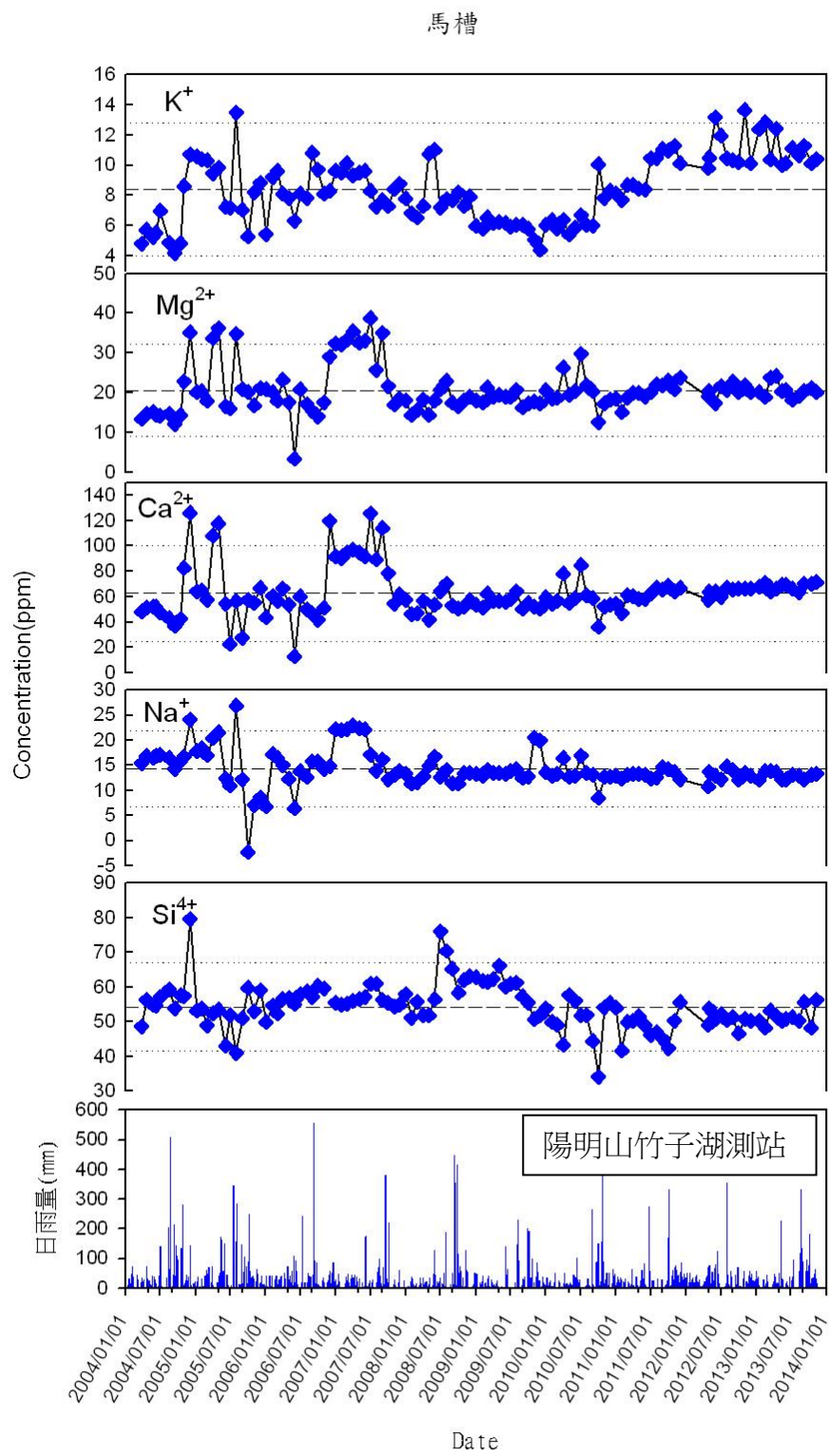


圖 3-19：馬槽溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

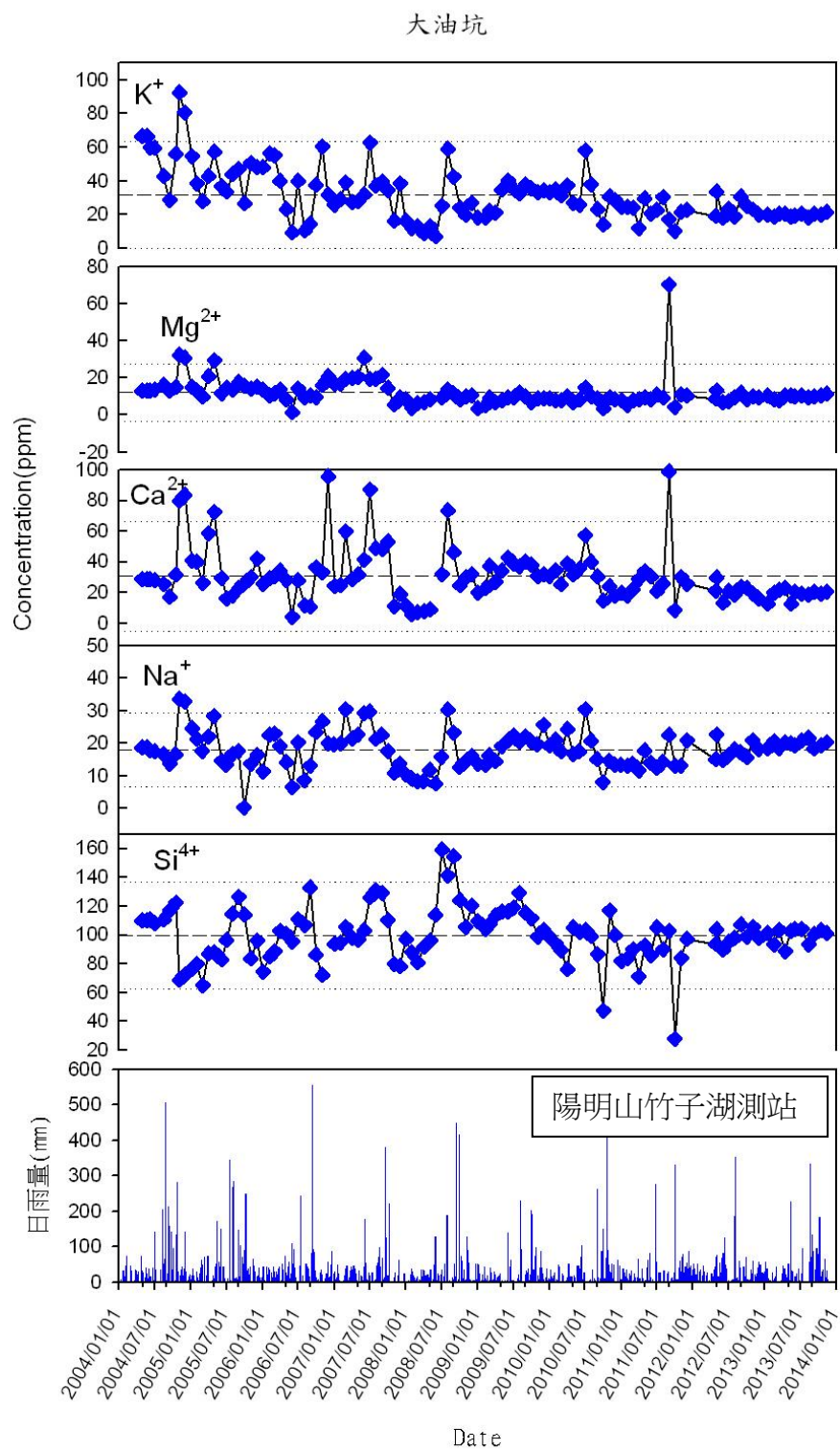


圖 3-20：大油坑溫泉陽離子濃度，2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

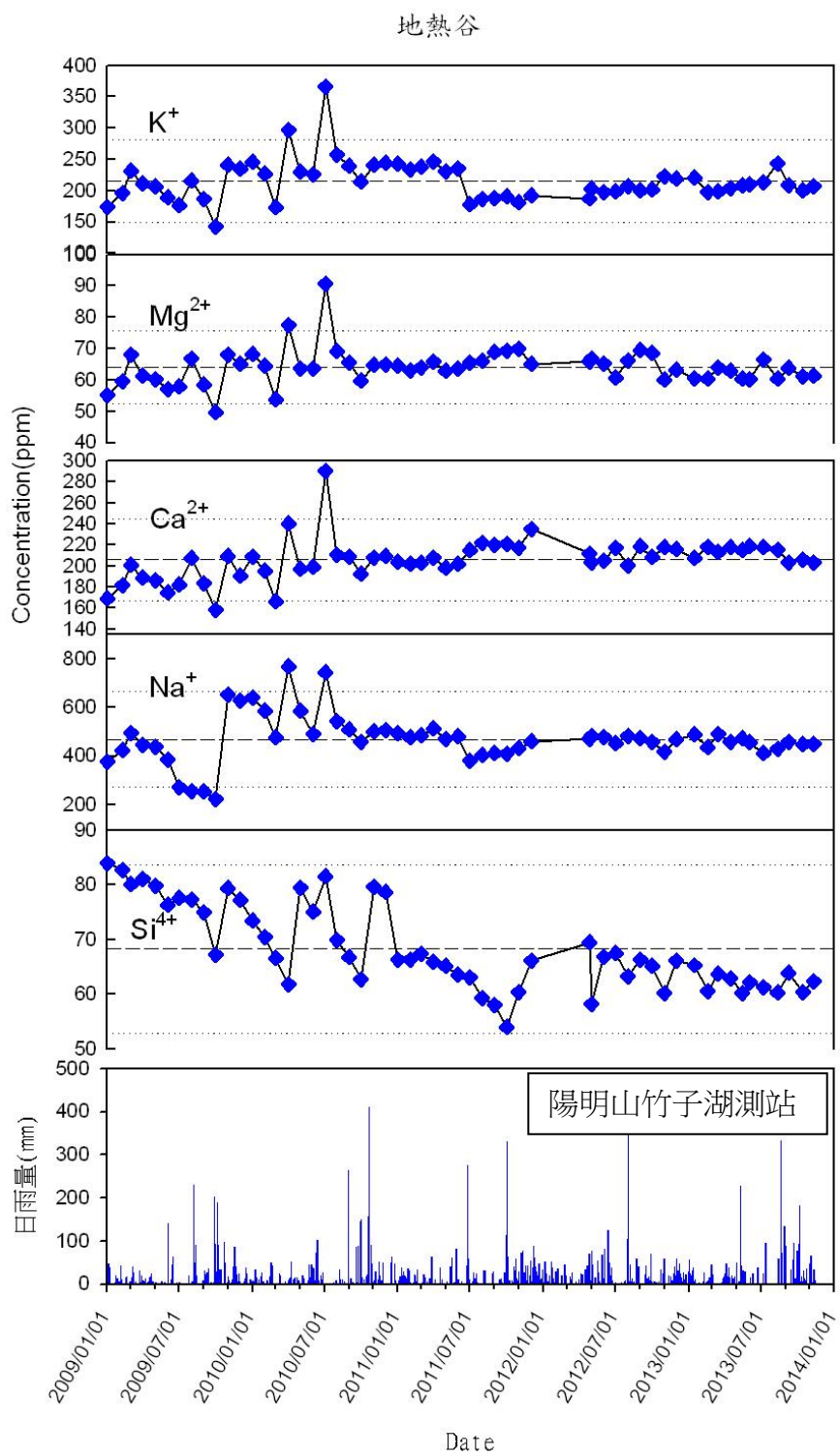


圖 3-21：地熱谷溫泉陽離子濃度， 2009 至 2013 年月變化趨勢圖。



八煙

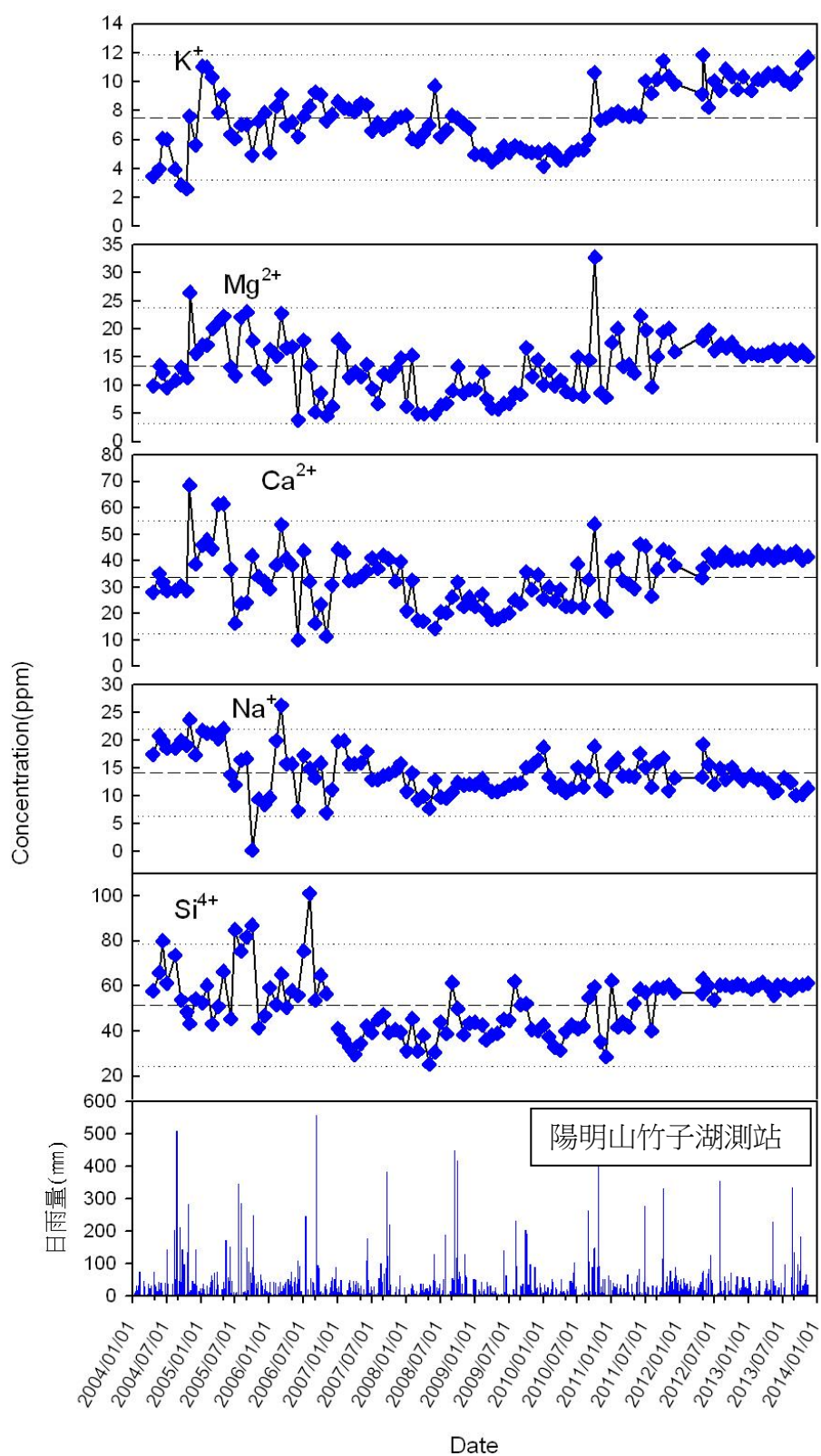


圖 3-22：八煙溫泉陽離子濃度， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

四磺坪

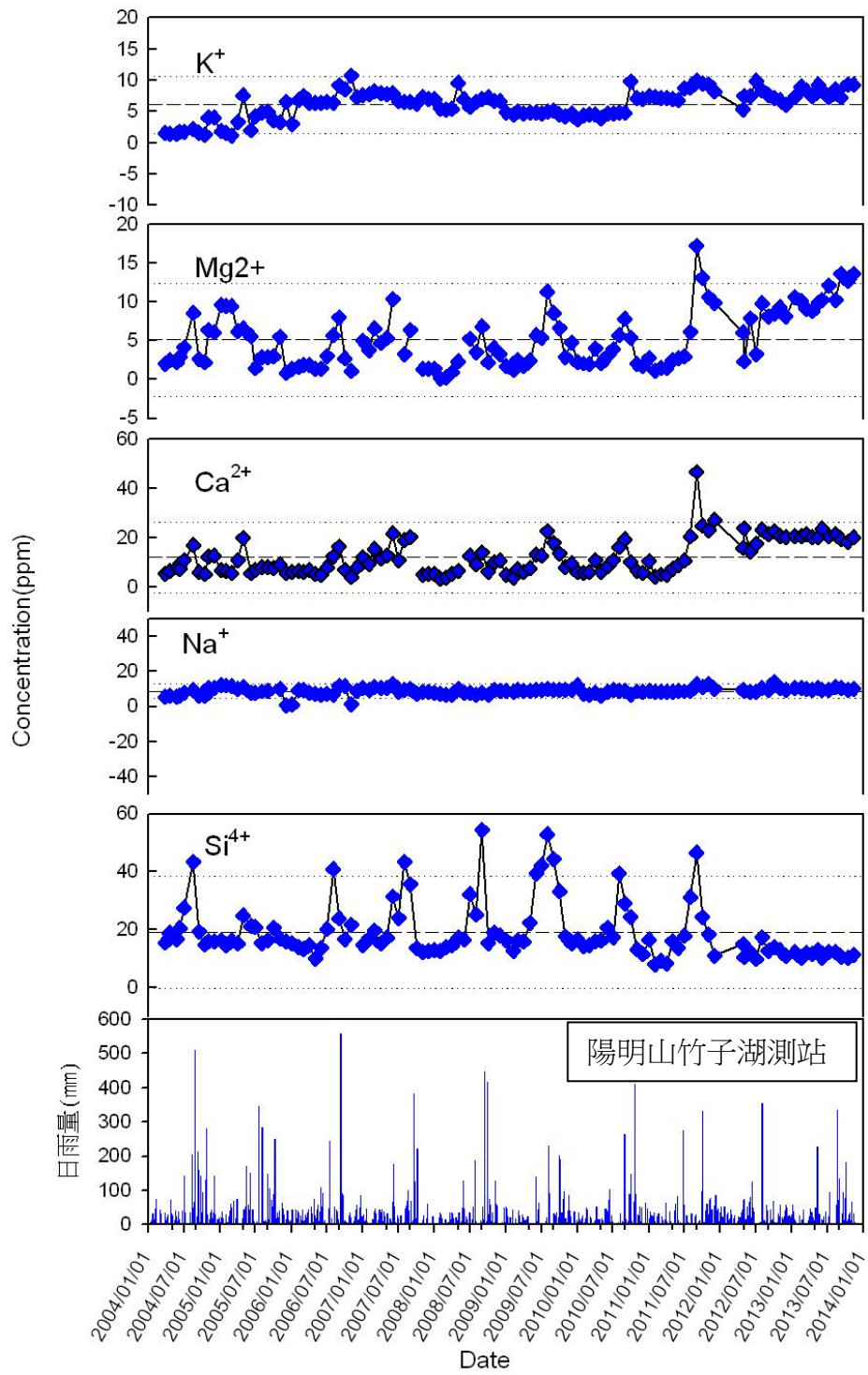


圖 3-23：四磺坪溫泉陽離子濃度， 2004 至 2013 年月變化趨勢圖。

### 3、火山流體連續監測結果

#### (1)、湖山國小監測站

圖 3-24 至圖 3-28 是安裝在北投區湖山國小溫泉連續監測站，從 2006 年 8 月 10 日至今監測大屯火山群流體水質和水化學的日變化趨勢圖。圖 3-24 是溫泉水溫度的變化趨勢，顯示其在過去的時間內溫度在 40~45°C 之間變化，可能代表此溫泉水溫度的背景值，但在 2006 年 12 月 14-18 日、2007 年 9 月 15 日、10 月 1-3 日、10 月 14 日、2009 年 4 月 10 日和 11 月 28 日和 2010 年 5 月 28-29 日也異常現象出現，溫度低於 40°C。本年度內在 9 月 15 日附近異常現象出現，溫度低於 40°C，其餘時間則呈現較為相對穩定的狀態。

圖 3-25 是溫泉水 pH 值的變化趨勢，其與溫度的變化一致，顯示其在 2007 年 3 月 25 日前 pH 值在 6.3~6.8 之間變化，但在 2007 年 4 月以後，pH 值上升超過 7.0，然後在 7-8 之間變化，有些時間還超過 8.0 以上，尤其是 2008 年 8-9 月和 2009 年 2 月至 2011 年 4 月之間。本年度 6 月以後則呈現較為相對低值的狀態。

圖 3-26 和圖 3-27 是溫泉水硫酸根離子和氯離子濃度的變化趨勢，裝機後量測的濃度有較大的變化，是因儀器尚不穩定所造成的，而後兩離子有同步的變化，確實反映出溫泉水中成分的改變，在 2006 年 11 月中離子濃度開始降低，至 2007 年 8 月中達到最低值而後回到正常值；於 2007 年 10 月中至 11 月中有一段的低值，然後又回到正常值；又於 2008 年 4 月底和 6 月初有較大的低值出現，但從 2008 年 7 月以後的變化相當小，呈現穩定的狀態。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

圖 3-28 是溫泉水碳酸氫根離子濃度的變化趨勢，顯示在 2006 年 12 月前有較平穩的值，但從 2006 年 12 月至 2007 年 8 月，其測量值變動相當大，是因儀器進樣系統一直不穩定所造成的，而後時間內主要是在 750~850 ppm 之間變化，且有週期性的變化，可能代表此溫泉水碳酸氫根離子濃度的背景值。但在 2009 年 4 月 10 日以後逐漸降低、且有較大的起伏，則是因儀器的管路老化所造成的，換成新的偵測器後就恢復正常，在 750~850 ppm 之間變化。從 2009 年 10 月以後的變化相當小，呈現穩定的狀態。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

比較所有的數據，顯示在觀測時間內，不論硫酸根離子、氯離子濃度、碳酸氫根離子、溫度和 pH 值，都觀測到呈現較穩定的狀況。

### 湖山國小即時監測---溫度(°C)

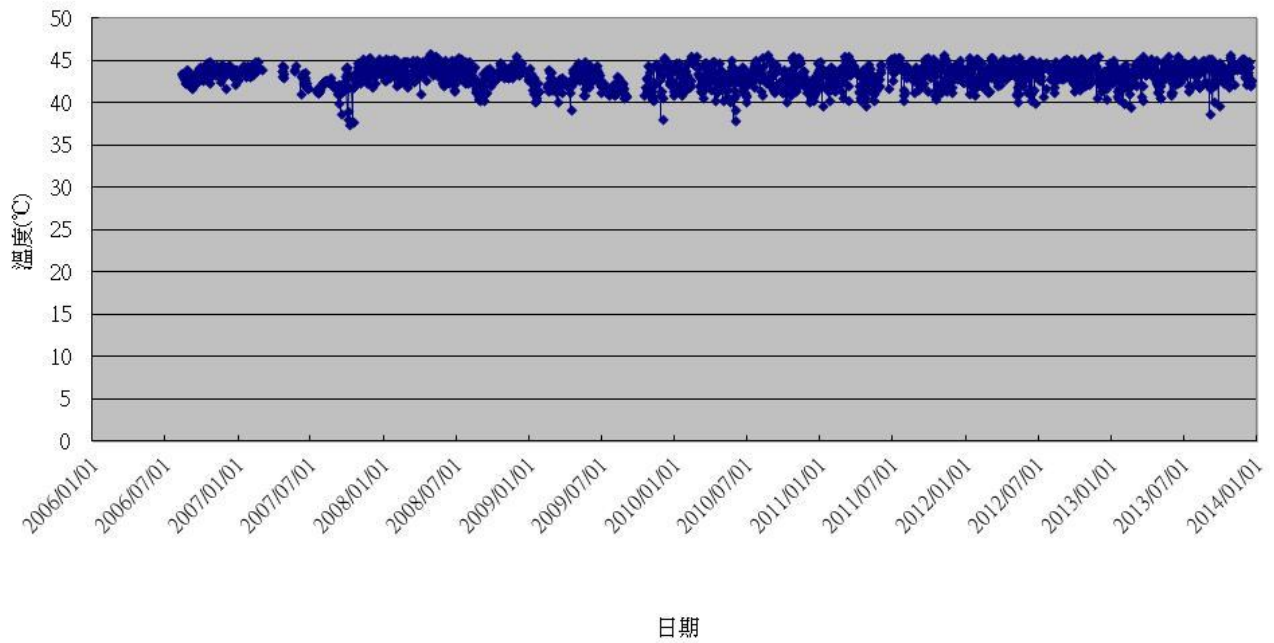


圖 3-24：湖山國小溫泉連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

### 湖山國小即時監測---pH

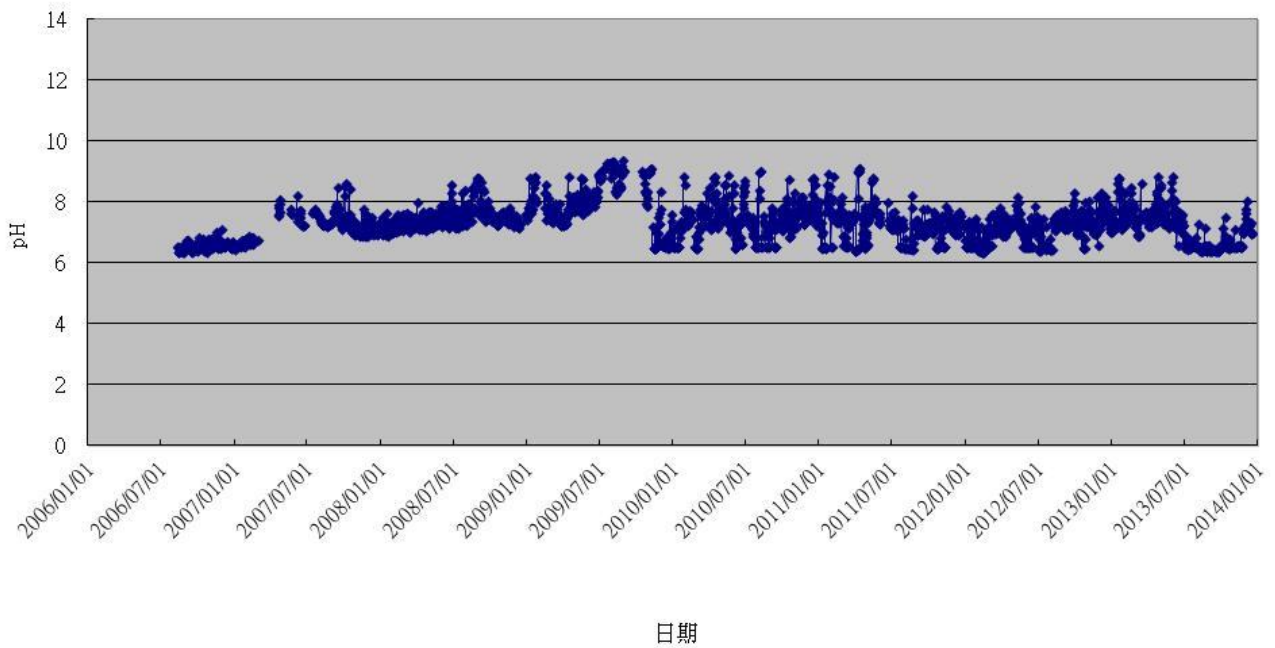


圖 3-25：湖山國小溫泉連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖。



### 湖山國小即時監測---Sulfate(ppm)

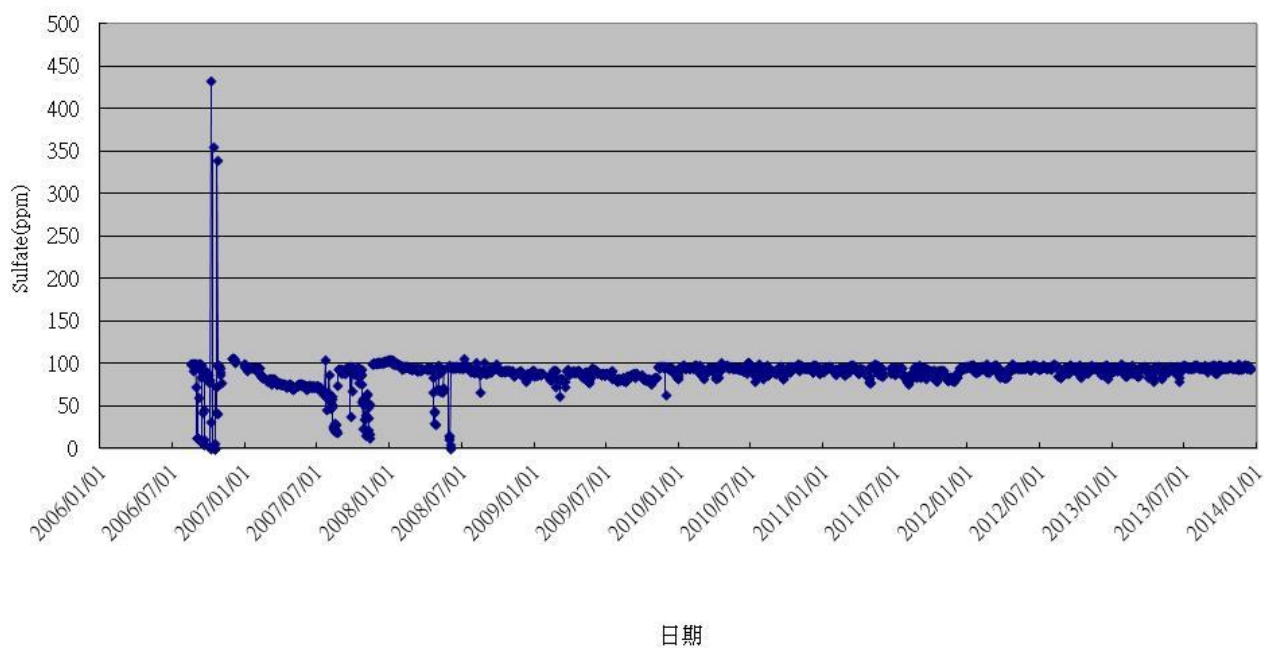


圖 3-26：湖山國小溫泉連續監測站硫酸根離子監測日變化趨勢圖。

### 湖山國小即時監測---Chloride(ppm)

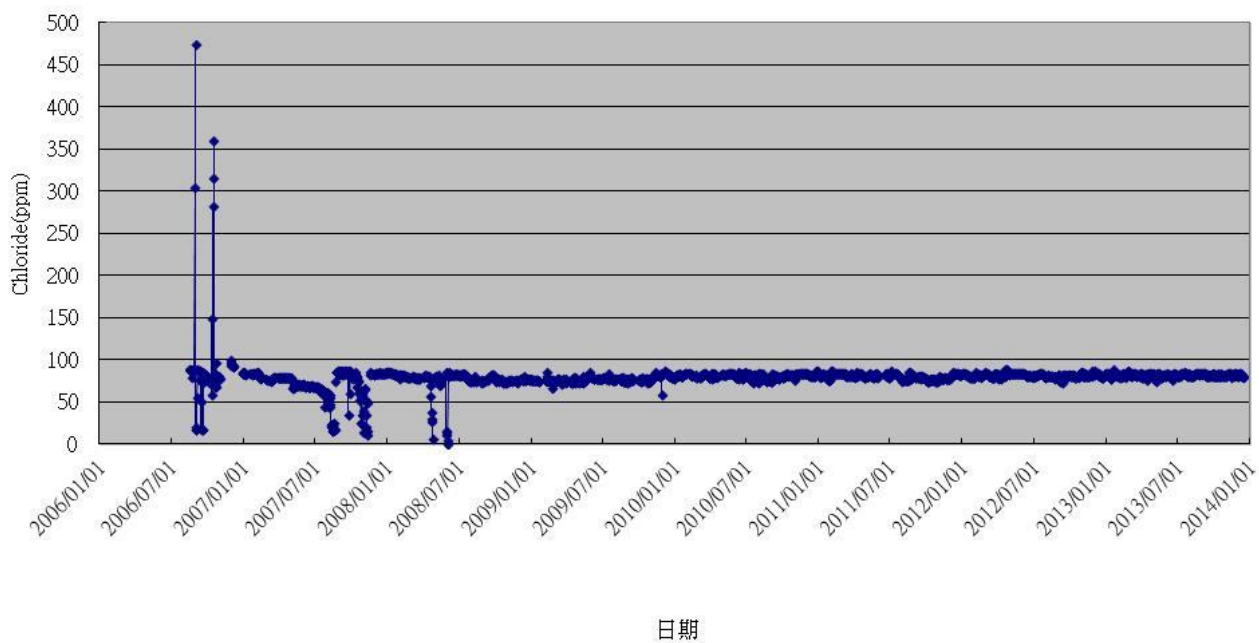


圖 3-27：湖山國小溫泉連續監測站氯離子監測日變化趨勢圖。

湖山國小即時監測---HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(ppm)

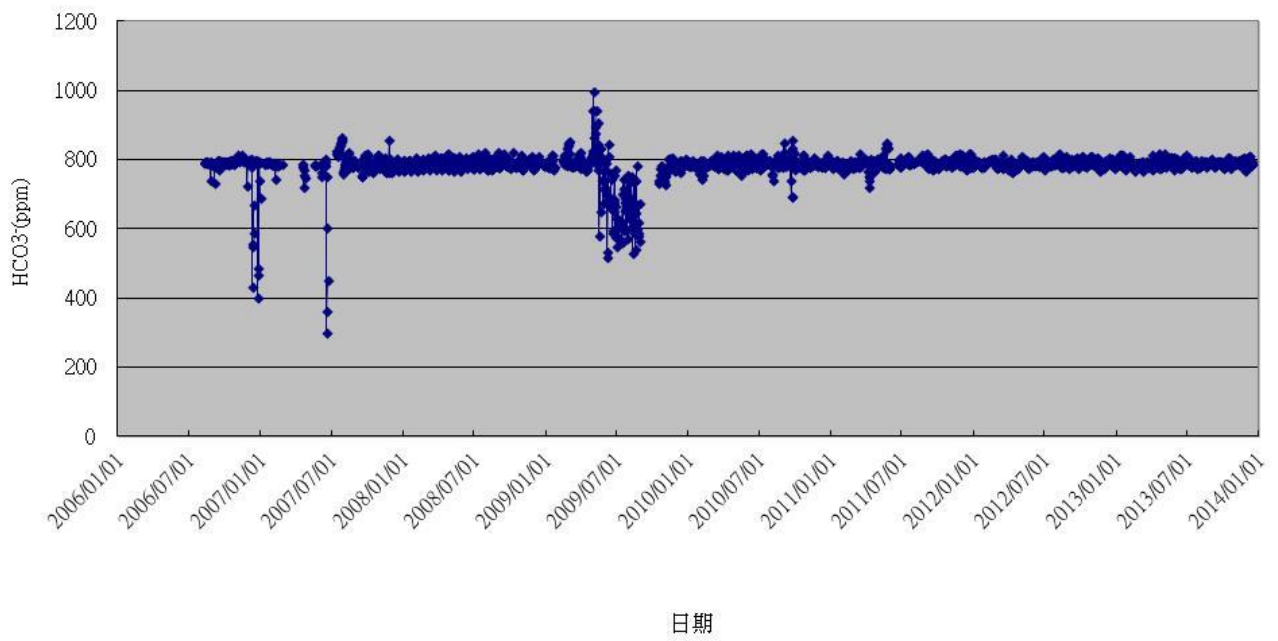


圖 3-28：湖山國小溫泉連續監測站碳酸氫根離子監測日變化趨勢圖。

## (2)、陽明公園花鐘水質監測站

陽明山公園花鐘附近溫泉井的連續監測站，是台北市政府所鑽的溫泉觀測井(TB-MW-9)，井深 100 公尺、井底溫度為 60℃左右。圖 3-29 至圖 3-32 是安裝在此一溫泉井內從 2007 年 9 月 7 日至今監測大屯火山群流體水質的日變化趨勢圖。

圖 3-29 是溫泉水的深度變化，在初期為尋求最好的監測深度一直在做測試，故於 2007 年 10 月 2 日巨大的變化是監測儀器調整深度的因素所造成的，然後監測深度設於 42 公尺左右。

圖 3-30 是溫泉水溫度的變化趨勢，同樣的 2007 年 10 月 2 日巨大的變化是監測儀器調整深度的因素所造成的；但從 2008 年元月中以後至 2008 年 7 月中、有很大的起伏變化，可能是儀器故障的因素所引起的，2008 年 9 月中調換新儀器後，監測值回復原有的數值；但在 2009 年 8-9 月間和 2010 年 2-3 月間有較大的陡降，其原因可能是背景值的變化。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態，接在背景值內(40~45℃)內浮動，偶而有低於 40℃以下。

圖 3-31 是溫泉水 pH 值的變化趨勢，同樣的 2007 年 10 月 2 日巨大的變化是監測儀器調整深度的因素所造成的；而後呈現穩定的數值(pH 值約 7 左右)，但從 2008 年 6 月後 pH 探針故障損壞，而呈現很大的變化；2008 年 9 月中調換新儀器後，監測值回復至 pH 值約為 5 左右，但從 2009 年 7 月以後呈現逐漸下滑而後再次回升，且在 2010 年 4-5 月間也有較大的變化，本年度則在 7 月間呈現下滑而後再次回升為原來的數值，其餘時間呈現相對穩定的狀況。

圖 3-32 是導電度的變化趨勢，同樣的 2007 年 10 月 2 日巨大的變化是監測儀器調整深度的因素所造成的；2008 年 9 月至 2009 年 6 月內呈現穩定的變化，可能代表此溫泉水井不同深度溫度的背景值，但從 2009 年 7 月以後和 pH 值的變化同步。本年度則在 7 月間呈現上升而後再次回到原來的數值，其餘時間呈現相對穩定的狀況。

陽明山花鐘水質監測---水位深度[M]

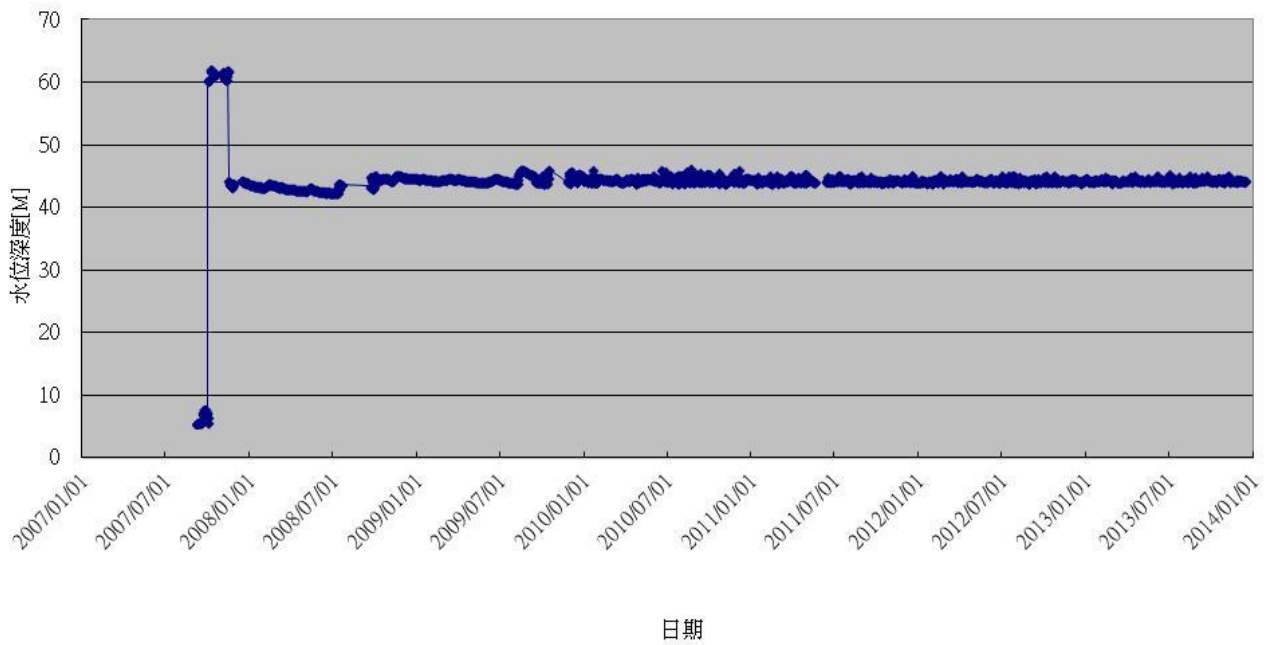


圖 3-29：陽明山花鐘溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖。

陽明山花鐘水質監測---溫度[°C]

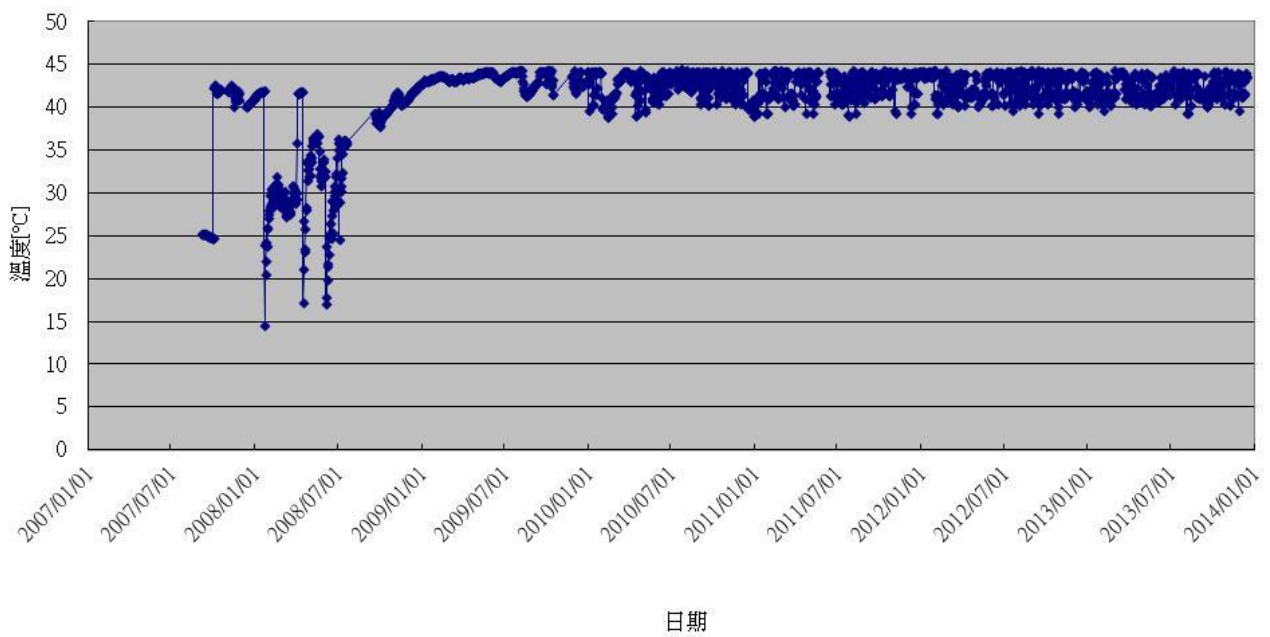


圖 3-30：陽明山花鐘溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

### 陽明山花鐘水質監測---pH

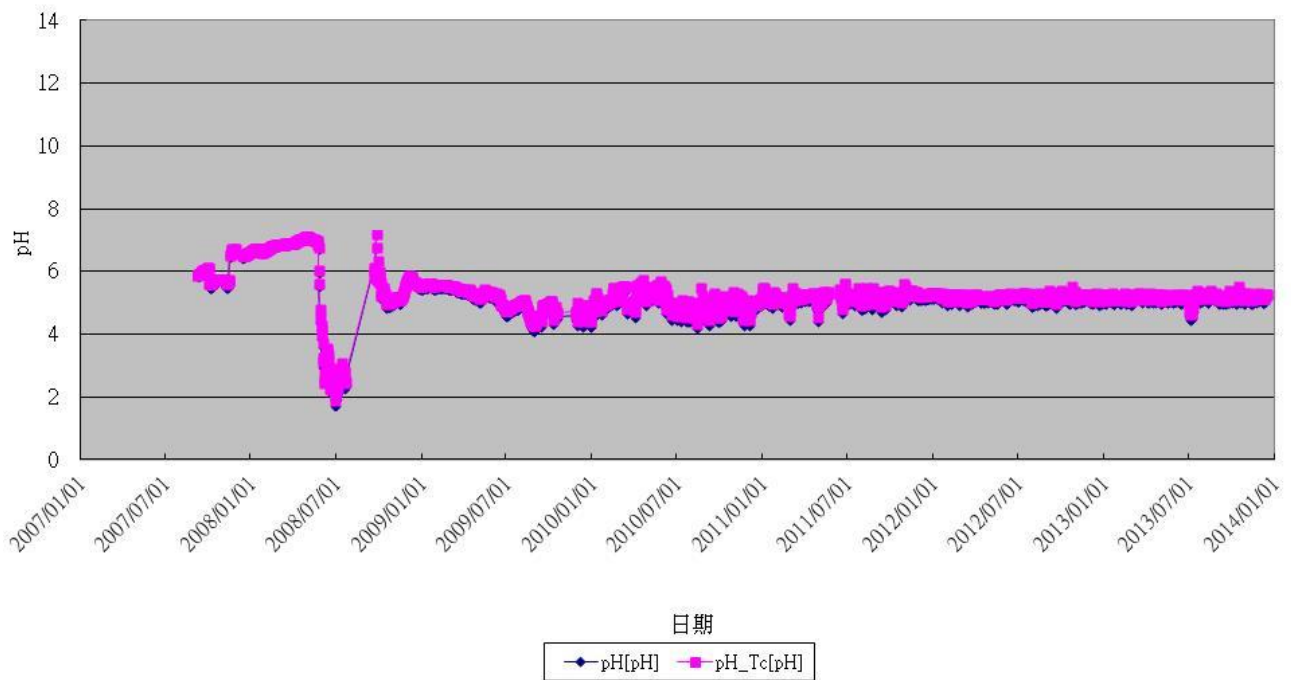


圖 3-31：陽明山花鐘溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖。

### 陽明山花鐘水質監測---導電度[mS/cm]

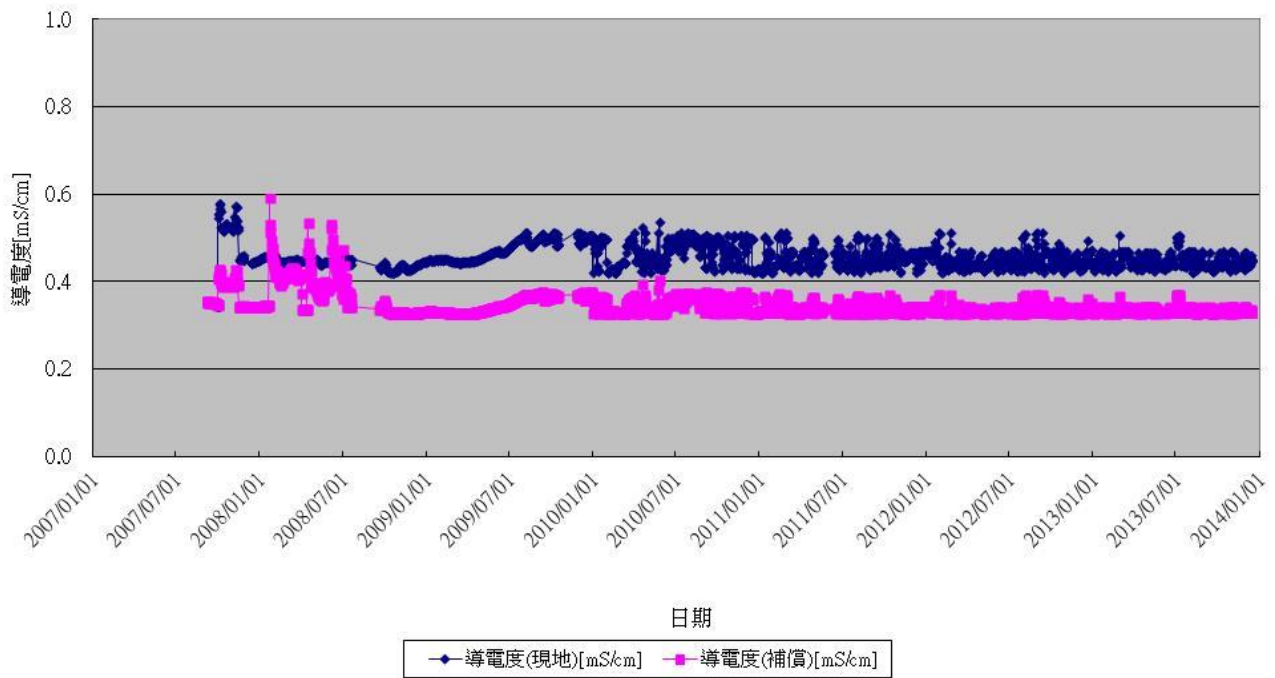


圖 3-32：陽明山花鐘溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖。

### (3)、小油坑水質監測站

陽明山小油坑附近溫泉井的連續監測站，是台北市政府所鑽的溫泉觀測井(TB-MW-11)，井深 200 公尺、井底溫度為 25°C 左右。圖 3-33 至圖 3-36 是安裝在此一溫泉井內從 2008 年 10 月 14 日至今監測大屯火山群流體水質的日變化趨勢圖。

圖 3-33 是溫泉水的深度定在 39-40 公尺之間，但是在監測期間水位深度有較大的起伏，尤其是在 2012 年 8-9 月下降至最低，而後緩慢的上升。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

圖 3-34 是溫泉水溫度的變化趨勢，其溫度最先定在約 17.5°C 左右，後上升至 17.6°C 左右，而後穩定一段時間後，於 2010 年 9-10 月以後，呈現上下起伏變化，但都維持在 17.5°C 至 17.6 °C 之間變化，本年度也呈現相同穩定的變化狀況，溫度約在 17.6 °C 左右。

圖 3-35 是溫泉水 pH 值的變化趨勢，其 pH 值約為 8.1~8.4 左右，從 2009 年 3 月以後呈現急速上揚的趨勢，是因 pH 偵測儀器衰變的緣故，換得新偵測儀後就回到原來的 pH 值。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

圖 3-36 是導電度的變化趨勢，其值相當穩定，可能代表此溫泉水井的背景值。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

### 陽明山小油坑水質監測---水位深度[M]

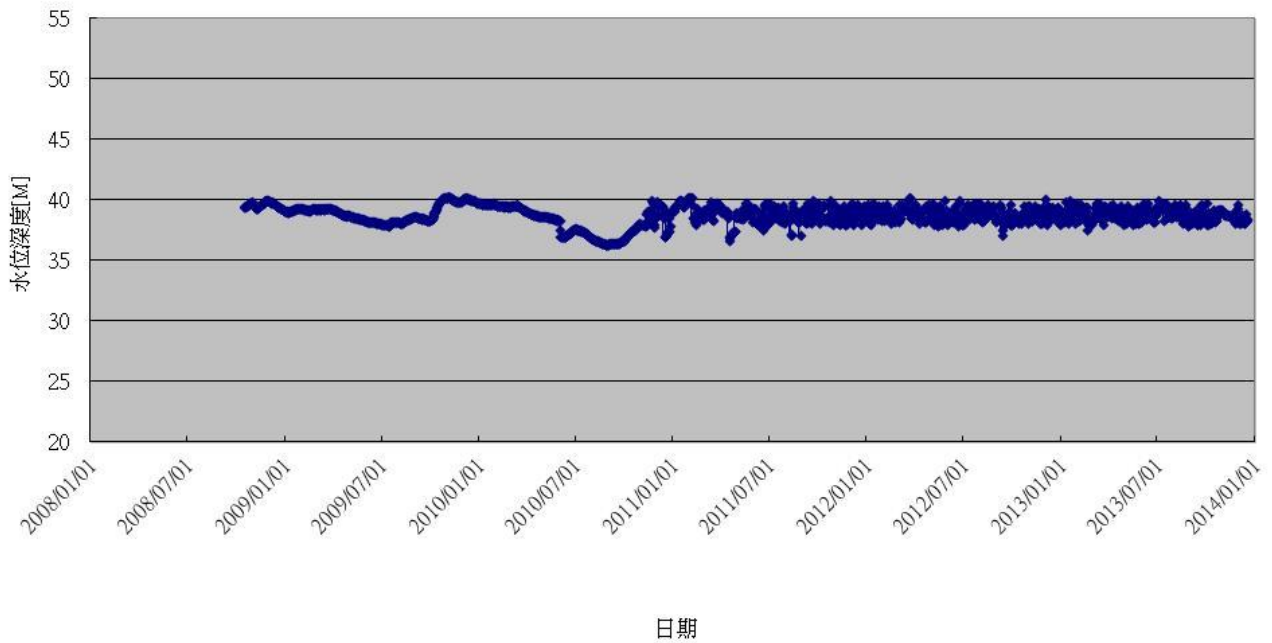


圖 3-33：小油坑溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖。

### 陽明山小油坑水質監測---溫度[°C]

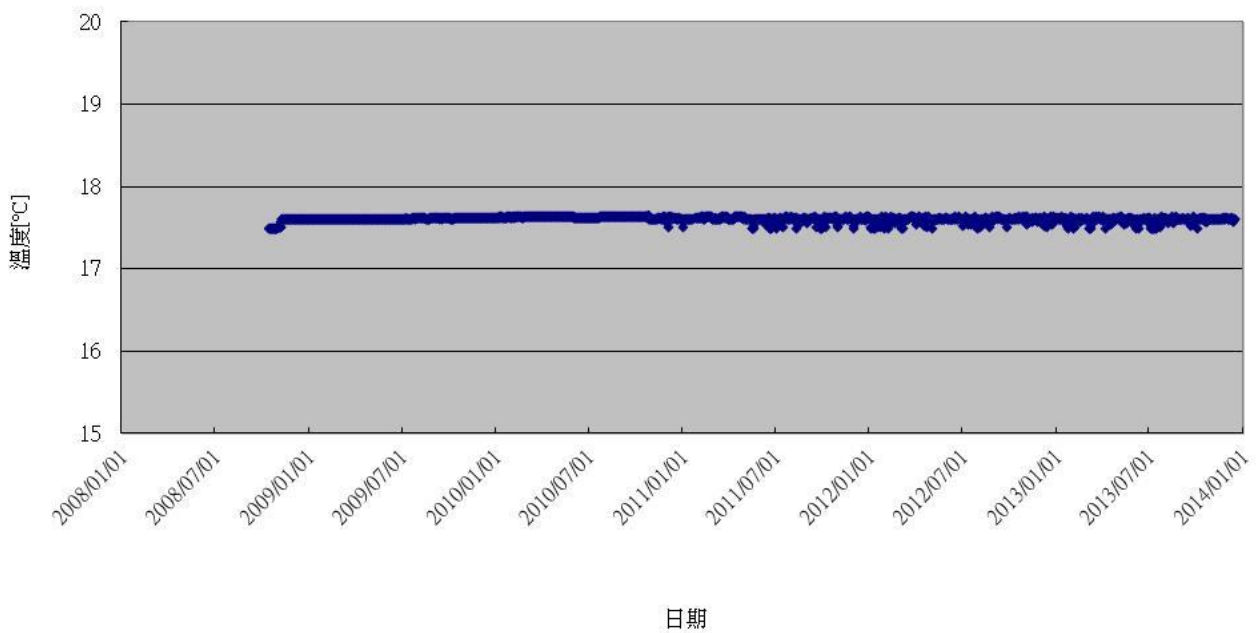


圖 3-34：小油坑溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

### 陽明山小油坑水質監測---pH

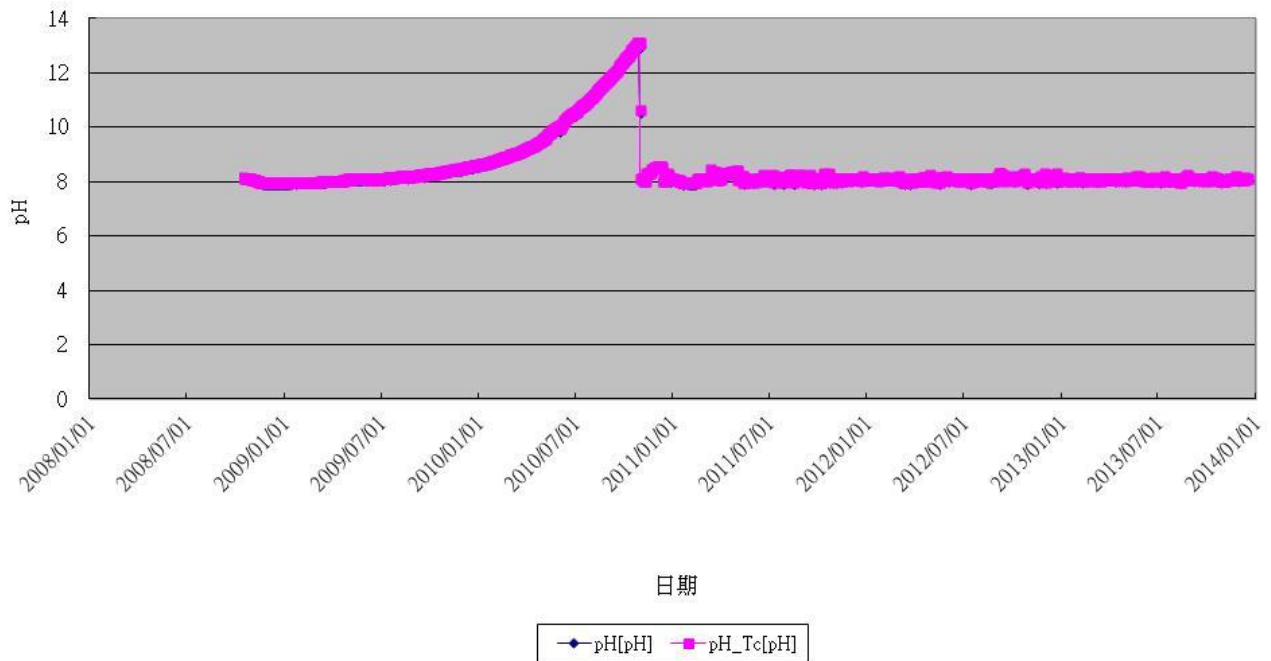


圖 3-35：小油坑溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖。

### 陽明山小油坑水質監測---導電度[mS/cm]

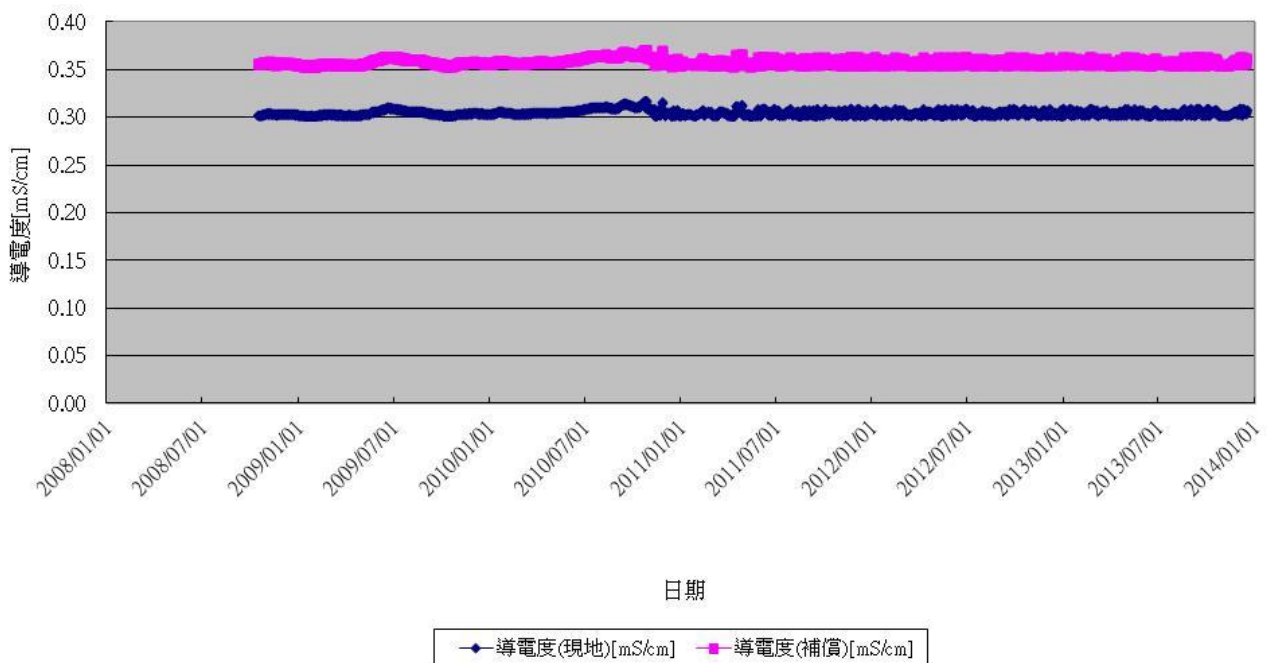


圖 3-36：小油坑溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖。



#### (4)、北投紗帽路水質監測站

陽明山紗帽路附近溫泉井的連續監測站，是台北市政府所鑽的溫泉觀測井(TB-MW-15)，井深 150 公尺、井底溫度為 72°C 左右。圖 3-37 至圖 3-39 是安裝在此一溫泉井內從 2008 年 10 月 14 日至今監測大屯火山群流體水質的日變化趨勢圖。

圖 3-37 是溫泉水的水位深度變化，2008 年 10 月 14 日至 2009 年 1 月 16 日水位約在 7 公尺附近，從那之後水位一直位於 8 公尺附近，呈現穩定的狀態。

圖 3-38 是溫泉水溫度的變化趨勢，其溫度約在 23°C 左右，從 2008 年 11 月 16 日至 2010 年 5 月 1 日呈現穩定的上升，從 23.4°C 升至 24.2°C，而後呈顯較大的起伏，但溫度值則是變化在 1°C 內。本年度內也是和往年一樣，呈現上下起伏變化在 1°C 內、相對穩定的狀態。

圖 3-39 是導電度的變化趨勢，其值從開始裝機後呈現穩定的上升，而後呈現穩定的狀態。本年度內也是和往年一樣，呈現上下起伏較為相對穩定的狀態。

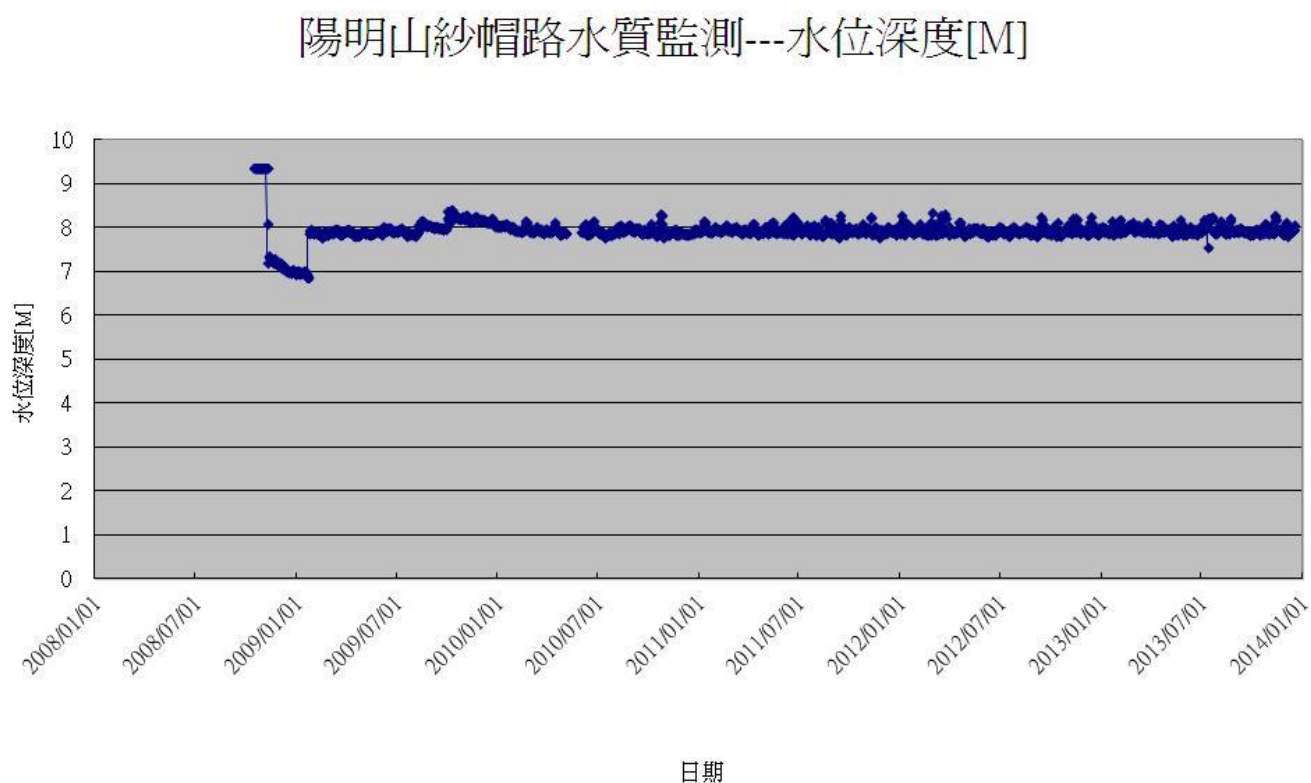


圖 3-37：北投紗帽路溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖。

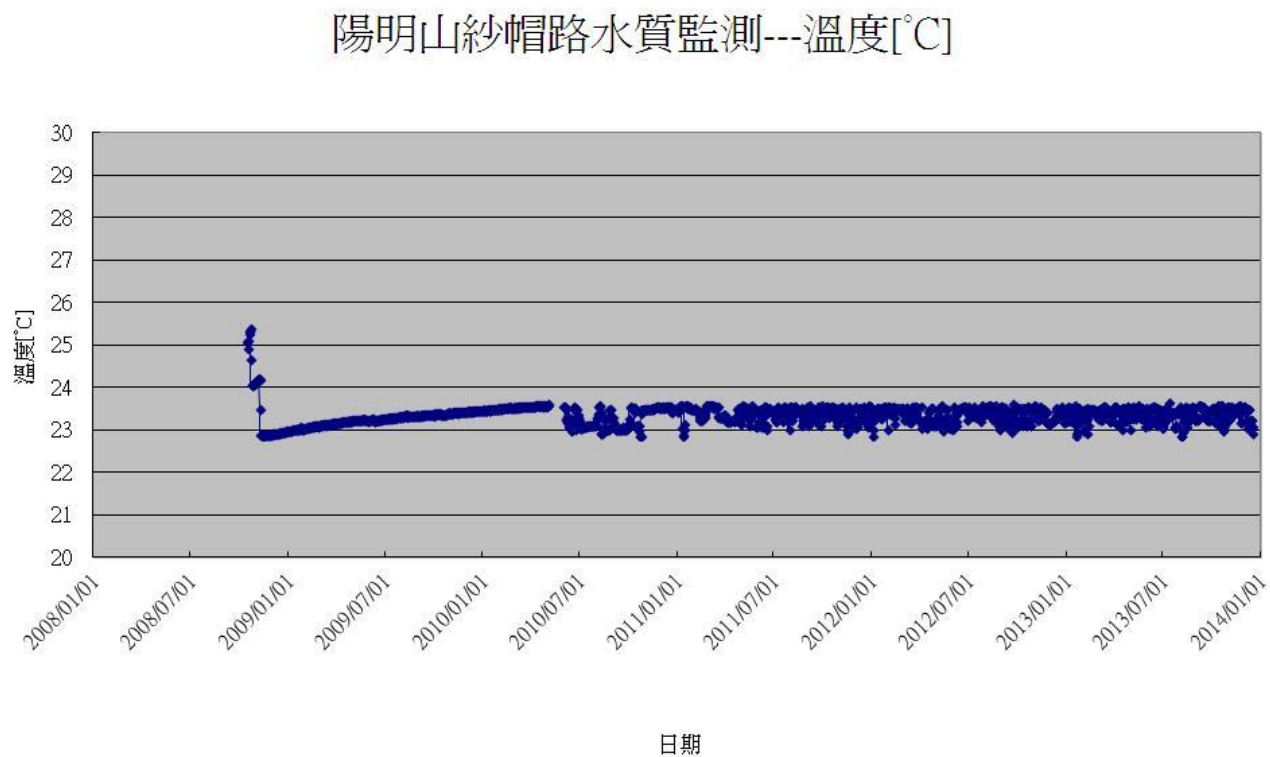


圖 3-38：北投紗帽路溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

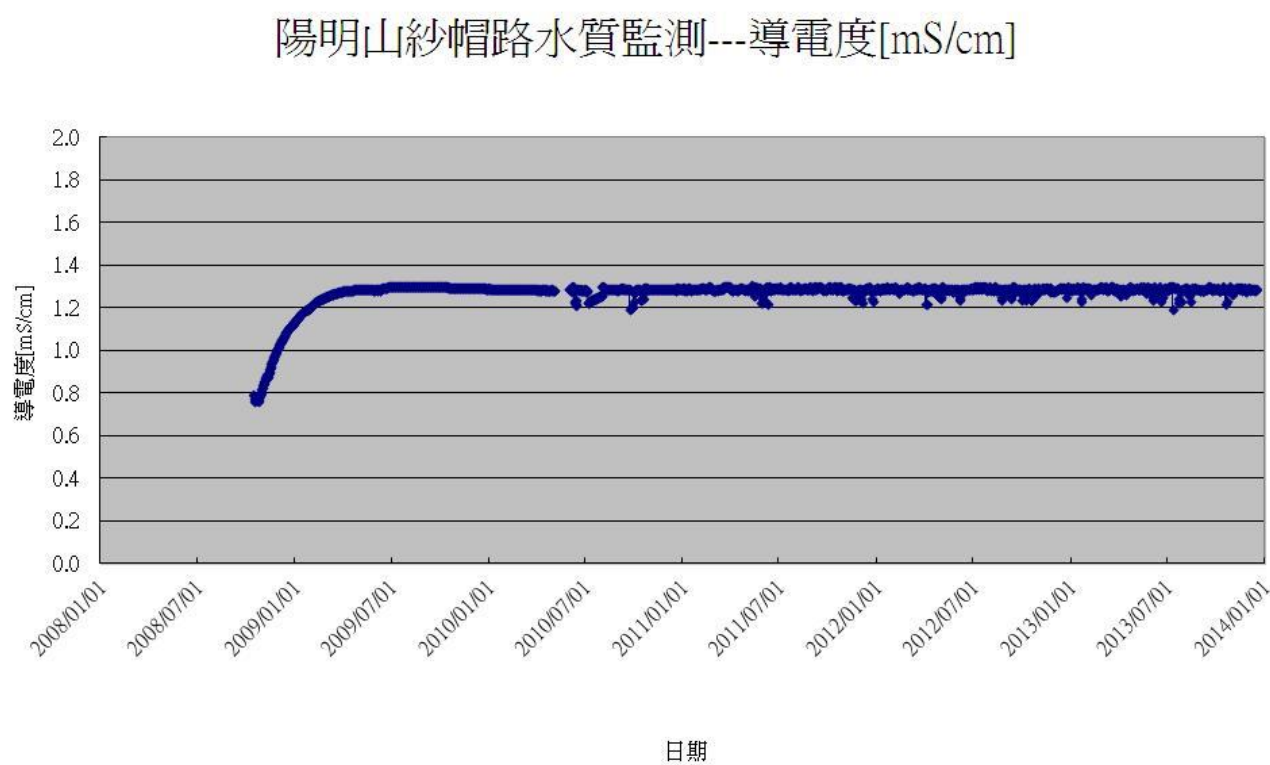


圖 3-39：北投紗帽路溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖。

(5)、火山流體連續監測數據

(a) 陽明山湖山國小監測資料

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/1/1	84.99	94.79	786.327	42.6	7.64
2013/1/2	85.00	94.07	791.159	45.0	7.20
2013/1/3	85.00	93.36	792.012	43.1	7.73
2013/1/4	85.04	93.46	795.040	44.7	7.20
2013/1/5	84.99	92.98	799.750	43.0	7.72
2013/1/6	83.23	95.12	804.647	43.7	7.37
2013/1/7	82.47	97.95	810.011	43.4	7.15
2013/1/8	82.46	96.95	813.982	42.9	7.38
2013/1/9	82.40	96.94	815.762	43.9	7.16
2013/1/10	82.72	96.68	815.159	44.3	7.21
2013/1/11	80.59	95.83	815.556	44.0	7.28
2013/1/12	80.62	94.88	813.931	43.2	7.35
2013/1/13	78.35	93.35	786.500	40.8	8.35
2013/1/14	78.00	92.95	816.122	41.5	8.64
2013/1/15	81.72	95.50	818.146	41.0	8.80
2013/1/16	80.57	95.74	788.722	40.5	8.75
2013/1/17	80.58	95.05	783.201	41.8	8.81
2013/1/18	80.53	94.37	783.631	41.6	8.44
2013/1/19	88.39	93.62	783.054	42.5	7.69
2013/1/20	82.29	96.61	794.228	41.5	8.11
2013/1/21	83.03	97.06	802.386	41.9	8.31
2013/1/22	82.73	100.84	780.484	43.1	7.40
2013/1/23	83.37	99.55	775.696	44.1	7.10
2013/1/24	82.98	97.82	785.296	43.5	7.27
2013/1/25	83.98	96.38	793.552	42.4	7.20
2013/1/26	84.13	94.26	785.585	41.9	7.75
2013/1/27	81.86	91.03	782.895	42.1	7.71
2013/1/28	82.25	97.33	789.353	42.3	7.52
2013/1/29	84.17	97.21	788.154	42.0	7.68
2013/1/30	82.54	97.17	795.339	40.1	7.89
2013/1/31	82.14	96.90	795.339	40.1	7.89
2013/2/1	82.47	97.00	796.976	44.5	7.23
2013/2/2	81.98	94.35	798.065	43.1	7.67
2013/2/3	80.25	86.08	813.643	42.0	8.29
2013/2/4	79.34	85.94	792.982	43.8	7.57
2013/2/5	83.44	91.76	796.425	43.8	7.62

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/2/6	82.81	92.78	789.336	43.7	7.65
2013/2/7	80.16	90.84	784.552	43.6	7.69
2013/2/8	80.99	95.64	782.456	43.5	7.70
2013/2/9	81.72	95.50	780.945	42.1	7.99
2013/2/10	82.08	96.03	787.691	41.9	7.40
2013/2/11	85.00	96.36	788.520	41.2	7.67
2013/2/12	85.04	96.33	785.585	41.9	7.75
2013/2/13	84.30	94.79	782.895	42.1	7.71
2013/2/14	82.66	91.53	789.353	42.3	7.52
2013/2/15	82.65	91.53	779.575	39.5	8.49
2013/2/16	82.65	91.55	768.785	42.7	8.30
2013/2/17	82.42	95.02	780.832	43.4	8.01
2013/2/18	82.05	99.79	780.719	43.3	7.72
2013/2/19	81.24	97.14	776.927	43.9	7.41
2013/2/20	80.37	89.28	779.872	42.3	7.76
2013/2/21	84.05	90.41	784.739	42.4	7.91
2013/2/22	85.45	93.80	789.643	44.0	7.49
2013/2/23	85.72	94.35	791.988	43.7	7.50
2013/2/24	85.44	92.44	792.342	44.1	7.43
2013/2/25	84.47	91.11	793.456	42.4	7.80
2013/2/26	87.60	94.15	794.840	44.0	7.46
2013/2/27	85.83	91.93	794.234	44.6	7.22
2013/2/28	85.81	91.76	789.051	43.3	7.16
2013/3/1	83.37	89.07	787.404	42.1	7.24
2013/3/2	82.79	88.54	784.828	43.3	7.28
2013/3/3	82.52	87.98	787.460	45.0	6.93
2013/3/4	82.32	87.83	790.073	44.9	6.88
2013/3/5	81.91	87.25	793.279	44.3	6.93
2013/3/6	81.77	86.86	794.557	44.4	6.91
2013/3/7	81.01	86.59	798.046	43.9	6.98
2013/3/8	83.45	93.23	796.129	43.7	6.94
2013/3/9	84.76	96.34	771.211	44.4	6.92
2013/3/10	84.71	96.25	778.166	44.1	7.56
2013/3/11	84.71	96.51	783.536	44.7	7.42
2013/3/12	84.71	96.34	784.655	44.5	7.48
2013/3/13	84.80	96.35	785.360	44.4	7.52
2013/3/14	84.81	96.29	786.454	40.8	8.64
2013/3/15	84.80	96.30	786.717	44.6	7.60
2013/3/16	82.46	95.88	786.999	44.6	7.56

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/3/17	81.58	95.70	795.217	40.4	7.52
2013/3/18	81.75	96.63	798.452	42.0	7.51
2013/3/19	81.95	95.98	798.167	45.6	7.52
2013/3/20	82.30	95.94	795.544	45.3	7.61
2013/3/21	82.89	98.15	782.459	45.1	7.62
2013/3/22	82.94	97.91	782.458	45.0	7.59
2013/3/23	83.06	97.54	788.503	44.8	7.69
2013/3/24	81.28	96.34	783.092	44.6	7.56
2013/3/25	80.52	95.59	788.268	43.3	7.62
2013/3/26	83.47	96.08	791.604	43.3	7.63
2013/3/27	84.83	96.17	792.067	44.6	7.55
2013/3/28	84.86	96.08	792.027	44.4	7.44
2013/3/29	84.81	96.16	793.119	44.2	7.35
2013/3/30	85.00	96.36	794.797	44.1	7.41
2013/3/31	85.02	96.34	795.991	43.9	7.22
2013/4/1	80.23	89.25	818.710	43.9	7.41
2013/4/2	80.28	85.70	775.380	44.9	7.32
2013/4/3	80.28	89.44	779.644	44.6	7.26
2013/4/4	80.33	90.31	780.355	44.0	7.44
2013/4/5	81.92	90.85	781.267	44.4	7.36
2013/4/6	82.66	91.53	786.549	44.4	7.46
2013/4/7	82.65	91.53	790.104	45.1	7.22
2013/4/8	82.65	91.55	793.076	45.2	7.26
2013/4/9	82.63	92.26	793.594	44.5	7.31
2013/4/10	80.70	95.74	793.191	44.1	7.39
2013/4/11	81.55	94.33	793.872	43.2	7.79
2013/4/12	81.13	89.99	793.964	44.5	7.53
2013/4/13	79.21	85.75	796.345	44.7	7.29
2013/4/14	76.86	80.68	797.915	43.4	7.64
2013/4/15	84.74	96.00	801.987	43.6	7.55
2013/4/16	84.41	93.47	808.401	43.7	7.81
2013/4/17	82.71	94.82	813.477	43.0	7.85
2013/4/18	82.58	97.16	816.490	43.1	7.97
2013/4/19	83.23	97.43	820.438	42.4	8.38
2013/4/20	84.96	96.33	809.677	45.1	7.32
2013/4/21	84.97	96.62	777.814	44.9	7.33
2013/4/22	84.96	96.39	778.647	42.6	8.27
2013/4/23	85.00	96.38	784.146	41.2	8.85
2013/4/24	83.95	96.50	783.745	42.1	8.16

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/4/25	84.44	97.76	783.777	43.8	7.54
2013/4/26	82.60	97.00	783.292	41.4	8.02
2013/4/27	82.30	96.97	784.600	41.4	8.02
2013/4/28	82.20	96.99	789.783	42.1	7.82
2013/4/29	82.17	97.47	797.007	40.7	8.60
2013/4/30	77.72	91.58	805.968	40.7	8.51
2013/5/1	82.65	93.60	795.379	42.0	8.03
2013/5/2	84.57	94.69	787.996	43.2	7.55
2013/5/3	84.48	93.15	791.535	43.5	7.49
2013/5/4	78.02	92.21	790.792	43.3	7.59
2013/5/5	76.20	82.83	822.960	43.5	7.44
2013/5/6	77.84	85.77	783.511	44.9	7.27
2013/5/7	81.72	95.50	799.502	43.4	7.74
2013/5/8	80.57	95.74	804.193	42.7	7.81
2013/5/9	74.70	87.59	796.334	44.1	7.36
2013/5/10	81.90	92.19	797.751	44.5	7.36
2013/5/11	84.99	96.49	791.368	43.4	7.58
2013/5/12	84.99	96.35	790.031	43.0	7.55
2013/5/13	85.00	96.43	794.704	44.4	7.33
2013/5/14	85.03	96.29	799.377	43.6	7.63
2013/5/15	84.43	95.69	801.148	43.4	7.66
2013/5/16	83.22	94.00	802.613	43.0	7.96
2013/5/17	83.09	94.44	808.278	44.4	7.39
2013/5/18	82.67	92.89	808.333	44.4	7.40
2013/5/19	81.38	91.90	809.415	44.5	7.37
2013/5/20	80.18	91.52	811.275	45.6	7.15
2013/5/21	80.10	91.50	795.650	44.2	7.28
2013/5/22	80.07	93.45	797.391	43.7	7.35
2013/5/23	81.04	94.94	800.725	44.2	7.25
2013/5/24	82.78	96.80	802.886	43.8	7.30
2013/5/25	82.71	97.07	804.680	43.7	7.26
2013/5/26	82.76	96.76	808.897	44.5	7.26
2013/5/27	81.91	96.34	803.492	43.7	7.39
2013/5/28	82.20	96.57	808.484	41.0	8.39
2013/5/29	82.74	96.91	776.093	41.3	8.69
2013/5/30	83.11	97.09	784.146	41.2	8.85
2013/5/31	81.61	96.00	783.382	42.4	8.12
2013/6/1	81.79	95.33	799.377	43.6	7.63
2013/6/2	80.95	95.63	801.148	43.4	7.66

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/6/3	83.52	96.23	803.407	43.2	7.66
2013/6/4	85.01	96.35	805.185	43.0	7.78
2013/6/5	85.01	96.40	804.381	42.2	8.03
2013/6/6	82.73	91.50	786.624	45.0	7.15
2013/6/7	82.68	91.55	789.185	44.7	7.14
2013/6/8	82.32	92.94	790.707	42.7	7.69
2013/6/9	81.75	96.63	793.350	44.4	7.34
2013/6/10	81.95	95.98	794.944	42.7	7.72
2013/6/11	82.30	95.94	778.503	43.1	7.38
2013/6/12	82.89	98.15	785.274	45.6	6.57
2013/6/13	82.94	97.91	783.114	43.6	7.13
2013/6/14	83.06	97.54	778.644	42.4	7.67
2013/6/15	81.28	96.34	782.565	43.5	7.37
2013/6/16	80.52	95.59	781.394	42.9	7.56
2013/6/17	81.13	89.99	794.558	43.4	7.65
2013/6/18	79.21	85.75	799.146	44.0	7.39
2013/6/19	76.86	80.68	802.034	43.2	7.52
2013/6/20	84.74	96.00	802.144	42.6	7.61
2013/6/21	84.41	93.47	808.540	44.6	7.32
2013/6/22	82.71	94.82	794.447	44.9	7.19
2013/6/23	82.72	97.24	795.933	44.3	7.37
2013/6/24	83.34	97.45	800.215	43.0	7.60
2013/6/25	83.75	96.07	801.048	44.5	7.20
2013/6/26	81.84	96.14	811.408	44.5	6.98
2013/6/27	82.80	97.47	816.993	43.8	6.93
2013/6/28	82.24	96.94	805.114	43.0	7.27
2013/6/29	82.93	98.62	800.575	43.9	6.65
2013/6/30	82.29	96.62	802.277	43.5	6.48
2013/7/1	81.41	98.06	792.203	44.7	6.52
2013/7/2	81.42	98.01	790.701	44.5	6.52
2013/7/3	81.43	99.62	793.428	44.3	6.54
2013/7/4	81.42	98.54	793.644	44.2	6.56
2013/7/5	81.45	98.07	797.181	44.0	6.57
2013/7/6	81.35	97.86	810.162	44.0	6.45
2013/7/7	81.04	97.92	788.988	44.4	6.82
2013/7/8	82.35	96.99	785.033	44.3	6.47
2013/7/9	85.02	95.85	784.723	43.8	6.48
2013/7/10	84.88	95.75	789.208	43.7	6.80
2013/7/11	85.00	96.17	784.031	41.5	6.49

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/7/12	84.97	96.10	788.881	42.1	6.53
2013/7/13	84.95	96.00	787.985	43.9	6.53
2013/7/14	84.93	96.07	794.169	43.8	6.49
2013/7/15	84.89	96.06	789.442	44.1	6.50
2013/7/16	84.90	96.04	792.660	44.7	6.57
2013/7/17	84.91	96.03	792.345	41.9	6.57
2013/7/18	84.88	96.10	796.840	44.8	6.57
2013/7/19	85.29	96.26	797.948	44.7	6.58
2013/7/20	84.92	96.26	798.793	44.5	6.58
2013/7/21	84.86	96.31	799.233	44.4	6.59
2013/7/22	84.85	96.19	800.110	44.3	6.59
2013/7/23	83.68	97.02	798.503	44.5	6.54
2013/7/24	82.76	97.49	777.982	45.1	6.56
2013/7/25	81.88	96.63	786.197	44.9	6.56
2013/7/26	81.95	96.69	783.755	44.7	6.56
2013/7/27	82.77	99.81	786.588	44.6	6.56
2013/7/28	83.58	99.66	787.196	43.2	6.87
2013/7/29	83.77	99.19	789.173	44.4	6.59
2013/7/30	81.29	97.02	790.124	44.6	6.58
2013/7/31	81.87	99.81	792.488	43.5	6.56
2013/8/1	81.73	99.14	782.192	42.5	6.55
2013/8/2	81.96	98.34	783.217	42.3	6.56
2013/8/3	81.74	96.40	787.539	42.2	7.30
2013/8/4	82.62	97.04	795.492	42.0	6.54
2013/8/5	81.54	97.50	798.038	42.0	6.55
2013/8/6	81.36	97.06	800.090	41.9	6.56
2013/8/7	80.60	95.81	797.196	42.0	6.51
2013/8/8	80.51	95.78	793.009	43.6	6.39
2013/8/9	80.52	95.59	797.345	42.1	6.39
2013/8/10	83.47	96.08	798.528	44.1	6.39
2013/8/11	82.47	97.95	788.467	44.2	6.39
2013/8/12	81.75	96.50	795.807	44.2	6.39
2013/8/13	82.85	96.17	796.424	45.0	6.39
2013/8/14	84.93	96.32	796.424	45.0	6.39
2013/8/15	84.94	96.43	796.001	44.3	6.53
2013/8/16	84.96	96.40	796.931	44.2	6.53
2013/8/17	85.00	96.35	796.501	44.0	6.53
2013/8/18	84.98	96.44	781.991	45.1	6.56
2013/8/19	85.01	96.39	788.931	44.9	6.56



日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/8/20	85.02	96.42	788.816	44.7	6.56
2013/8/21	85.02	99.31	788.472	42.6	7.16
2013/8/22	85.02	96.41	793.852	44.3	6.40
2013/8/23	85.02	96.28	794.619	44.2	6.40
2013/8/24	83.33	97.04	795.444	44.2	6.40
2013/8/25	82.14	96.90	789.888	44.7	6.50
2013/8/26	84.03	96.33	794.337	42.3	6.55
2013/8/27	84.52	96.43	792.638	44.3	6.56
2013/8/28	84.76	96.40	795.328	45.1	6.57
2013/8/29	84.79	95.53	800.655	44.7	6.56
2013/8/30	84.09	92.11	803.165	45.1	6.40
2013/8/31	84.58	96.72	805.417	45.3	6.39
2013/9/1	83.40	97.59	803.337	44.3	6.39
2013/9/2	84.83	97.94	797.680	41.9	6.45
2013/9/3	84.88	97.91	798.332	41.8	6.44
2013/9/4	84.86	98.01	795.903	38.7	6.42
2013/9/5	84.84	97.78	791.455	43.9	6.42
2013/9/6	84.87	97.80	792.336	45.3	6.42
2013/9/7	84.88	97.78	793.605	44.7	6.43
2013/9/8	84.92	96.76	793.616	44.3	6.43
2013/9/9	84.95	96.35	783.417	42.1	6.43
2013/9/10	84.96	96.28	786.962	42.3	6.44
2013/9/11	81.82	99.63	788.862	42.0	6.43
2013/9/12	81.92	99.51	792.461	40.1	6.42
2013/9/13	81.91	99.55	795.588	42.8	6.43
2013/9/14	81.81	99.07	796.179	44.7	6.43
2013/9/15	81.73	93.57	797.963	43.2	6.42
2013/9/16	81.87	91.21	795.901	43.2	6.41
2013/9/17	81.87	90.93	794.990	42.8	6.39
2013/9/18	81.84	90.95	796.050	42.8	6.39
2013/9/19	82.32	90.27	796.663	42.8	6.39
2013/9/20	80.96	90.30	797.604	42.7	6.39
2013/9/21	81.54	90.78	798.503	42.7	6.39
2013/9/22	82.43	92.84	799.059	42.7	6.39
2013/9/23	83.00	97.65	799.372	42.7	6.39
2013/9/24	82.06	96.76	795.335	44.1	6.53
2013/9/25	81.65	96.41	799.022	44.0	6.55
2013/9/26	82.77	99.06	788.444	39.7	6.58
2013/9/27	83.29	99.74	786.349	44.8	6.56

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/9/28	83.84	99.38	793.002	44.6	6.55
2013/9/29	81.66	96.73	794.950	44.4	6.55
2013/9/30	81.16	95.39	794.805	44.3	6.55
2013/10/1	81.08	94.80	791.526	43.0	6.57
2013/10/2	81.78	96.64	793.581	44.3	6.57
2013/10/3	83.77	99.19	782.634	43.0	7.17
2013/10/4	80.98	95.38	779.429	43.7	6.61
2013/10/5	81.03	95.70	782.398	42.4	6.62
2013/10/6	80.92	95.66	786.813	43.0	6.63
2013/10/7	80.54	95.92	785.987	42.7	6.63
2013/10/8	80.54	95.71	785.551	43.4	6.64
2013/10/9	80.58	95.67	789.643	44.0	7.51
2013/10/10	84.03	97.05	791.988	43.7	6.88
2013/10/11	82.21	96.94	792.342	44.1	6.56
2013/10/12	81.75	96.63	799.428	44.0	6.57
2013/10/13	81.95	95.98	802.910	43.1	6.57
2013/10/14	81.81	95.69	808.451	43.1	6.57
2013/10/15	81.12	95.76	808.017	43.6	6.55
2013/10/16	80.72	95.79	799.703	43.2	6.50
2013/10/17	80.52	95.89	800.580	43.1	6.50
2013/10/18	80.54	95.71	800.718	43.1	6.50
2013/10/19	80.58	95.67	795.146	43.0	6.50
2013/10/20	83.63	97.06	790.800	41.9	6.78
2013/10/21	82.68	96.77	777.968	42.9	6.81
2013/10/22	82.48	97.82	792.044	45.7	6.59
2013/10/23	81.82	99.06	792.887	45.5	6.58
2013/10/24	81.93	99.62	790.929	45.4	6.59
2013/10/25	81.81	99.26	789.006	44.9	6.58
2013/10/26	81.90	99.44	793.740	44.6	6.57
2013/10/27	81.31	97.69	793.487	44.5	6.56
2013/10/28	81.16	97.04	796.001	44.3	6.53
2013/10/29	83.25	96.74	796.931	44.2	6.53
2013/10/30	82.09	96.44	796.501	44.0	6.53
2013/10/31	81.51	96.42	801.118	43.9	6.53
2013/11/1	81.67	96.38	797.213	44.0	6.52
2013/11/2	81.64	96.35	789.509	42.2	7.11
2013/11/3	82.51	96.44	794.890	44.6	6.53
2013/11/4	82.30	96.39	794.455	44.5	6.53
2013/11/5	83.09	96.27	793.119	44.4	6.53

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/11/6	84.69	96.20	797.722	44.2	6.53
2013/11/7	84.74	96.18	795.335	44.1	6.53
2013/11/8	84.72	96.10	799.022	44.0	6.53
2013/11/9	84.77	96.25	797.734	44.5	6.60
2013/11/10	84.82	96.17	801.624	44.4	6.60
2013/11/11	84.85	96.05	797.777	44.3	6.60
2013/11/12	83.60	96.06	784.712	44.2	6.60
2013/11/13	80.57	95.74	788.942	44.7	6.58
2013/11/14	80.58	95.05	791.570	44.5	6.58
2013/11/15	79.75	95.13	798.228	44.3	6.53
2013/11/16	82.73	100.84	803.908	44.2	6.52
2013/11/17	83.37	99.55	793.673	44.2	6.53
2013/11/18	82.98	97.82	789.328	44.1	6.55
2013/11/19	81.99	96.71	789.711	44.0	6.56
2013/11/20	81.69	94.84	790.893	44.0	6.53
2013/11/21	84.55	95.82	805.417	45.3	7.15
2013/11/22	84.44	95.93	807.923	45.3	7.16
2013/11/23	84.45	95.66	804.448	44.9	6.99
2013/11/24	84.55	95.75	806.776	45.0	7.05
2013/11/25	84.69	95.85	795.169	45.0	7.03
2013/11/26	84.60	95.73	769.480	45.2	7.04
2013/11/27	84.60	95.63	773.798	44.3	7.24
2013/11/28	83.14	96.41	793.387	44.1	7.48
2013/11/29	81.92	99.51	803.407	43.2	7.66
2013/11/30	81.91	99.55	805.185	43.0	7.78
2013/12/1	81.81	99.07	804.381	42.2	8.03
2013/12/2	81.93	99.61	786.624	45.0	7.15
2013/12/3	82.16	98.73	789.185	44.7	7.14
2013/12/4	84.18	96.60	806.612	43.0	7.34
2013/12/5	84.78	96.14	811.365	43.6	7.13
2013/12/6	84.82	96.13	815.059	43.3	7.35
2013/12/7	85.00	96.41	815.334	43.7	7.23
2013/12/8	84.98	96.47	815.443	44.3	7.27
2013/12/9	82.00	97.64	793.318	45.0	7.04
2013/12/10	81.86	98.69	793.886	44.4	7.07
2013/12/11	81.93	97.13	786.864	42.8	7.33
2013/12/12	80.83	96.03	784.776	42.2	7.00
2013/12/13	81.83	96.27	789.343	42.1	6.99
2013/12/14	81.91	96.44	791.021	42.3	7.00

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO <sup>3-</sup>	溫度(°C)	pH
2013/12/15	80.34	95.27	797.951	42.7	6.97

## (b) 陽明山花鐘監測資料

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/1/1	5.04	5.13	44.85	40.857	0.435	0.330
2013/1/2	5.01	5.10	44.79	40.111	0.426	0.327
2013/1/3	5.03	5.13	44.64	40.558	0.430	0.328
2013/1/4	5.09	5.19	44.39	41.488	0.440	0.331
2013/1/5	5.08	5.17	44.39	41.386	0.439	0.330
2013/1/6	5.08	5.18	44.39	41.884	0.444	0.332
2013/1/7	5.14	5.24	44.37	42.107	0.446	0.332
2013/1/8	5.17	5.28	44.22	42.232	0.445	0.331
2013/1/9	5.16	5.26	44.24	42.957	0.454	0.334
2013/1/10	5.09	5.19	44.39	41.441	0.439	0.330
2013/1/11	5.08	5.18	44.38	41.732	0.442	0.331
2013/1/12	5.20	5.31	44.16	44.120	0.464	0.336
2013/1/13	5.09	5.19	44.43	41.467	0.440	0.331
2013/1/14	5.07	5.17	44.39	41.411	0.440	0.331
2013/1/15	5.10	5.21	44.28	43.385	0.454	0.332
2013/1/16	5.12	5.23	44.23	43.949	0.460	0.334
2013/1/17	5.17	5.28	44.09	44.099	0.470	0.340
2013/1/18	5.21	5.32	44.04	44.165	0.474	0.342
2013/1/19	5.15	5.25	44.24	42.621	0.454	0.336
2013/1/20	5.01	5.11	44.47	41.000	0.435	0.330
2013/1/21	5.03	5.12	44.53	40.435	0.432	0.330
2013/1/22	5.01	5.11	44.47	40.808	0.434	0.330
2013/1/23	5.07	5.18	44.40	42.763	0.457	0.337
2013/1/24	5.12	5.23	44.36	43.860	0.470	0.342
2013/1/25	5.11	5.22	44.34	43.835	0.466	0.339
2013/1/26	5.09	5.20	44.23	43.919	0.458	0.332
2013/1/27	5.08	5.18	44.26	42.837	0.451	0.332
2013/1/28	5.10	5.20	44.26	41.792	0.443	0.332
2013/1/29	5.17	5.27	44.39	42.892	0.457	0.336
2013/1/30	5.15	5.26	44.43	43.596	0.468	0.341
2013/1/31	5.08	5.19	44.59	41.180	0.436	0.330
2013/2/1	5.04	5.13	44.68	40.302	0.428	0.328
2013/2/2	5.04	5.14	44.59	40.489	0.429	0.328
2013/2/3	5.02	5.12	44.47	41.030	0.435	0.330
2013/2/4	5.17	5.25	44.54	39.687	0.430	0.333
2013/2/5	5.07	5.17	44.39	41.398	0.439	0.331
2013/2/6	5.08	5.18	44.39	41.398	0.439	0.330

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/2/7	5.06	5.16	44.39	41.366	0.439	0.330
2013/2/8	5.09	5.19	44.34	41.597	0.441	0.331
2013/2/9	5.10	5.20	44.28	41.745	0.443	0.331
2013/2/10	5.12	5.22	44.24	41.786	0.443	0.332
2013/2/11	5.09	5.20	44.40	43.779	0.470	0.342
2013/2/12	5.15	5.25	45.05	41.029	0.437	0.331
2013/2/13	5.23	5.33	44.62	42.946	0.464	0.341
2013/2/14	5.11	5.21	44.30	41.901	0.445	0.332
2013/2/15	5.12	5.22	44.25	41.724	0.442	0.331
2013/2/16	4.99	5.08	44.52	40.459	0.432	0.329
2013/2/17	5.05	5.15	44.59	40.638	0.431	0.329
2013/2/18	5.04	5.14	44.71	40.260	0.427	0.327
2013/2/19	5.06	5.16	44.44	41.141	0.436	0.330
2013/2/20	5.08	5.18	44.39	41.464	0.440	0.331
2013/2/21	5.09	5.19	44.39	41.486	0.440	0.331
2013/2/22	5.07	5.16	44.41	41.306	0.438	0.330
2013/2/23	5.10	5.20	44.32	41.636	0.441	0.331
2013/2/24	5.10	5.20	44.28	41.740	0.443	0.331
2013/2/25	5.09	5.19	44.38	41.509	0.440	0.330
2013/2/26	5.04	5.14	44.44	41.169	0.437	0.330
2013/2/27	4.97	5.09	43.96	44.338	0.511	0.368
2013/2/28	5.04	5.16	44.33	43.615	0.472	0.344
2013/3/1	5.05	5.15	44.43	41.189	0.437	0.330
2013/3/2	5.07	5.17	44.40	41.674	0.443	0.332
2013/3/3	5.13	5.24	44.44	43.438	0.469	0.343
2013/3/4	5.16	5.27	44.44	43.438	0.469	0.343
2013/3/5	5.19	5.30	44.27	43.685	0.455	0.331
2013/3/6	5.17	5.28	44.28	43.981	0.473	0.342
2013/3/7	5.12	5.23	44.34	43.882	0.470	0.341
2013/3/8	5.21	5.31	44.16	44.110	0.465	0.336
2013/3/9	5.20	5.31	44.14	44.108	0.470	0.340
2013/3/10	5.19	5.30	44.08	44.146	0.472	0.341
2013/3/11	5.19	5.30	44.14	44.022	0.471	0.341
2013/3/12	5.21	5.31	44.16	44.121	0.464	0.336
2013/3/13	5.21	5.32	44.14	44.121	0.468	0.338
2013/3/14	5.19	5.30	44.12	44.130	0.469	0.339
2013/3/15	5.18	5.29	44.17	43.931	0.465	0.337
2013/3/16	5.19	5.30	44.04	44.155	0.474	0.342

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/3/17	5.20	5.31	44.04	44.160	0.474	0.342
2013/3/18	5.21	5.32	44.11	44.027	0.468	0.339
2013/3/19	5.20	5.30	44.23	43.800	0.460	0.334
2013/3/20	5.20	5.31	44.30	43.661	0.455	0.331
2013/3/21	5.13	5.24	44.36	42.229	0.445	0.331
2013/3/22	5.03	5.13	44.45	41.086	0.436	0.330
2013/3/23	5.13	5.24	44.41	42.775	0.447	0.330
2013/3/24	5.18	5.29	44.33	43.625	0.453	0.330
2013/3/25	5.19	5.29	44.31	43.630	0.453	0.330
2013/3/26	5.19	5.29	44.27	43.642	0.453	0.330
2013/3/27	5.15	5.25	44.33	42.723	0.448	0.330
2013/3/28	5.18	5.29	44.38	43.280	0.451	0.330
2013/3/29	5.14	5.24	44.38	42.544	0.447	0.331
2013/3/30	5.09	5.19	44.38	41.490	0.440	0.330
2013/3/31	5.07	5.17	44.34	41.521	0.440	0.331
2013/4/1	5.14	5.24	44.23	42.744	0.452	0.333
2013/4/2	5.10	5.20	44.28	41.909	0.444	0.332
2013/4/3	5.06	5.16	44.37	41.392	0.439	0.331
2013/4/4	5.04	5.14	44.45	41.143	0.437	0.330
2013/4/5	5.07	5.17	44.40	41.359	0.439	0.330
2013/4/6	5.09	5.19	44.39	41.444	0.439	0.330
2013/4/7	5.14	5.23	45.06	40.598	0.431	0.329
2013/4/8	5.20	5.30	44.88	41.718	0.441	0.331
2013/4/9	5.25	5.34	44.65	42.552	0.458	0.339
2013/4/10	5.19	5.29	44.54	43.392	0.470	0.344
2013/4/11	5.09	5.19	44.60	42.244	0.451	0.335
2013/4/12	5.20	5.30	44.20	43.993	0.461	0.334
2013/4/13	5.20	5.31	44.35	43.615	0.452	0.329
2013/4/14	5.20	5.30	44.26	43.852	0.459	0.334
2013/4/15	5.06	5.15	44.60	40.693	0.432	0.329
2013/4/16	5.11	5.21	44.79	40.929	0.435	0.330
2013/4/17	5.16	5.25	45.25	40.429	0.430	0.329
2013/4/18	5.11	5.20	44.78	40.890	0.434	0.330
2013/4/19	5.07	5.17	44.39	41.423	0.440	0.331
2013/4/20	5.10	5.20	44.47	42.266	0.452	0.335
2013/4/21	5.06	5.15	44.42	41.220	0.437	0.330
2013/4/22	5.19	5.29	44.38	43.617	0.453	0.330
2013/4/23	5.18	5.28	44.34	43.594	0.456	0.332

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/4/24	5.18	5.28	44.48	43.415	0.470	0.344
2013/4/25	5.19	5.29	44.51	43.416	0.469	0.343
2013/4/26	5.16	5.27	44.32	43.663	0.455	0.331
2013/4/27	5.19	5.29	44.30	43.737	0.455	0.331
2013/4/28	5.18	5.29	44.18	44.020	0.462	0.335
2013/4/29	5.17	5.28	44.26	43.854	0.465	0.338
2013/4/30	5.13	5.24	44.44	43.438	0.469	0.343
2013/5/1	5.13	5.23	44.50	41.747	0.451	0.338
2013/5/2	4.99	5.08	44.51	40.484	0.432	0.330
2013/5/3	5.05	5.15	44.43	41.221	0.437	0.330
2013/5/4	5.06	5.16	44.41	41.247	0.438	0.330
2013/5/5	5.14	5.24	44.32	42.903	0.458	0.337
2013/5/6	5.13	5.24	44.33	43.904	0.471	0.342
2013/5/7	5.14	5.25	44.31	43.883	0.467	0.339
2013/5/8	5.20	5.30	44.18	44.082	0.463	0.335
2013/5/9	5.13	5.24	44.29	42.580	0.450	0.333
2013/5/10	5.07	5.17	44.41	41.353	0.438	0.330
2013/5/11	5.10	5.19	44.35	41.564	0.441	0.331
2013/5/12	5.10	5.20	44.30	41.891	0.445	0.332
2013/5/13	5.11	5.22	44.36	43.850	0.470	0.342
2013/5/14	5.08	5.20	44.40	43.767	0.470	0.342
2013/5/15	5.04	5.14	44.68	40.309	0.428	0.328
2013/5/16	5.03	5.13	44.55	40.640	0.431	0.328
2013/5/17	5.08	5.18	44.52	40.349	0.433	0.331
2013/5/18	5.14	5.23	44.48	40.336	0.434	0.332
2013/5/19	5.16	5.27	44.37	43.712	0.466	0.340
2013/5/20	5.18	5.28	44.22	43.625	0.459	0.335
2013/5/21	5.08	5.18	44.39	41.450	0.440	0.331
2013/5/22	5.10	5.20	44.37	41.556	0.441	0.331
2013/5/23	5.10	5.20	44.33	41.622	0.441	0.331
2013/5/24	5.08	5.18	44.33	41.585	0.441	0.331
2013/5/25	5.10	5.20	44.38	41.514	0.440	0.330
2013/5/26	5.05	5.15	44.42	41.198	0.438	0.330
2013/5/27	5.05	5.15	44.42	41.198	0.438	0.330
2013/5/28	5.08	5.18	44.35	41.485	0.440	0.330
2013/5/29	5.10	5.20	44.28	41.745	0.443	0.331
2013/5/30	5.08	5.19	44.43	41.674	0.442	0.331
2013/5/31	5.09	5.19	44.64	41.467	0.441	0.331



日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/6/1	5.09	5.19	44.99	40.802	0.434	0.330
2013/6/2	5.09	5.19	44.31	41.678	0.442	0.331
2013/6/3	5.09	5.19	44.39	41.444	0.439	0.330
2013/6/4	5.11	5.21	44.34	42.201	0.444	0.330
2013/6/5	5.18	5.27	44.60	42.567	0.445	0.330
2013/6/6	5.17	5.26	45.18	40.702	0.431	0.328
2013/6/7	5.19	5.29	44.32	43.629	0.453	0.330
2013/6/8	5.15	5.25	44.27	42.701	0.448	0.331
2013/6/9	5.10	5.20	44.28	41.693	0.442	0.331
2013/6/10	5.06	5.16	44.41	41.252	0.438	0.330
2013/6/11	5.07	5.17	44.39	41.423	0.440	0.331
2013/6/12	5.09	5.19	44.38	41.490	0.440	0.330
2013/6/13	5.10	5.20	44.38	41.528	0.440	0.331
2013/6/14	5.02	5.12	44.46	41.043	0.435	0.330
2013/6/15	5.16	5.27	44.14	43.638	0.467	0.340
2013/6/16	5.11	5.22	44.31	42.340	0.451	0.335
2013/6/17	5.15	5.25	44.47	42.592	0.458	0.339
2013/6/18	5.18	5.29	44.23	43.893	0.472	0.342
2013/6/19	5.17	5.28	44.13	43.520	0.466	0.339
2013/6/20	5.14	5.24	44.38	42.948	0.461	0.340
2013/6/21	5.12	5.22	44.26	41.768	0.443	0.332
2013/6/22	5.10	5.20	44.51	41.595	0.442	0.331
2013/6/23	5.13	5.23	44.23	43.397	0.455	0.333
2013/6/24	5.10	5.19	44.29	41.721	0.443	0.331
2013/6/25	5.10	5.20	44.27	41.772	0.443	0.331
2013/6/26	5.09	5.19	44.29	41.703	0.442	0.331
2013/6/27	5.10	5.20	44.28	41.757	0.443	0.331
2013/6/28	5.10	5.20	44.36	41.567	0.440	0.330
2013/6/29	5.10	5.20	44.34	41.621	0.441	0.331
2013/6/30	5.11	5.21	44.25	41.796	0.443	0.332
2013/7/1	4.64	4.77	45.39	42.372	0.494	0.366
2013/7/2	4.91	5.03	44.66	43.707	0.506	0.368
2013/7/3	4.51	4.65	45.02	43.117	0.503	0.369
2013/7/4	4.54	4.68	44.81	43.347	0.506	0.370
2013/7/5	4.62	4.76	44.81	43.284	0.484	0.355
2013/7/6	4.55	4.69	44.79	43.353	0.489	0.357
2013/7/7	4.71	4.84	44.32	43.979	0.498	0.361
2013/7/8	4.58	4.71	43.98	44.298	0.508	0.366

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/7/9	4.77	4.89	44.25	43.959	0.510	0.370
2013/7/10	4.95	5.05	44.79	40.518	0.440	0.335
2013/7/11	5.17	5.28	44.21	43.620	0.459	0.334
2013/7/12	5.19	5.30	44.17	44.087	0.463	0.336
2013/7/13	5.21	5.31	44.28	43.720	0.455	0.331
2013/7/14	5.17	5.28	44.50	43.439	0.466	0.340
2013/7/15	5.16	5.27	44.31	43.828	0.465	0.338
2013/7/16	5.07	5.17	44.39	41.411	0.440	0.331
2013/7/17	5.10	5.20	44.38	41.537	0.440	0.330
2013/7/18	5.23	5.33	44.17	44.106	0.464	0.336
2013/7/19	5.33	5.43	44.17	44.123	0.465	0.337
2013/7/20	5.13	5.23	44.44	41.807	0.443	0.332
2013/7/21	5.07	5.17	44.56	41.403	0.440	0.331
2013/7/22	5.21	5.30	44.99	41.096	0.437	0.331
2013/7/23	5.17	5.27	44.34	43.717	0.471	0.343
2013/7/24	5.15	5.26	44.38	43.310	0.466	0.341
2013/7/25	5.05	5.15	44.49	41.633	0.444	0.333
2013/7/26	5.10	5.21	44.33	42.176	0.449	0.334
2013/7/27	5.22	5.32	44.12	44.140	0.472	0.341
2013/7/28	5.22	5.33	44.11	44.141	0.473	0.342
2013/7/29	5.20	5.31	44.20	43.825	0.469	0.340
2013/7/30	5.14	5.24	44.33	42.890	0.449	0.331
2013/7/31	5.10	5.20	44.38	41.514	0.440	0.330
2013/8/1	5.16	5.26	44.21	43.019	0.460	0.338
2013/8/2	5.18	5.28	44.54	43.386	0.470	0.344
2013/8/3	5.18	5.29	44.33	43.721	0.462	0.336
2013/8/4	5.17	5.28	44.29	43.968	0.472	0.342
2013/8/5	5.12	5.23	44.38	43.477	0.467	0.341
2013/8/6	5.24	5.32	44.57	39.323	0.425	0.330
2013/8/7	5.18	5.26	44.53	39.272	0.423	0.329
2013/8/8	5.19	5.30	44.25	43.928	0.465	0.338
2013/8/9	5.21	5.32	44.14	44.110	0.472	0.341
2013/8/10	5.05	5.15	44.45	41.554	0.442	0.332
2013/8/11	5.07	5.17	44.39	41.374	0.439	0.330
2013/8/12	5.15	5.25	44.22	43.759	0.459	0.334
2013/8/13	5.15	5.25	44.67	42.173	0.445	0.332
2013/8/14	5.13	5.22	45.17	40.363	0.429	0.328
2013/8/15	5.24	5.34	44.81	42.208	0.442	0.329

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/8/16	5.32	5.42	44.45	43.457	0.451	0.329
2013/8/17	5.25	5.35	44.37	43.507	0.450	0.328
2013/8/18	5.22	5.33	44.33	43.657	0.454	0.331
2013/8/19	5.19	5.30	44.19	44.035	0.462	0.335
2013/8/20	5.16	5.27	44.39	43.421	0.460	0.336
2013/8/21	5.12	5.23	44.20	43.985	0.460	0.334
2013/8/22	5.20	5.31	44.16	44.090	0.466	0.337
2013/8/23	5.20	5.31	44.17	44.082	0.464	0.336
2013/8/24	5.18	5.29	44.17	44.063	0.462	0.335
2013/8/25	5.18	5.29	44.18	44.032	0.462	0.335
2013/8/26	5.12	5.22	44.60	42.426	0.449	0.333
2013/8/27	5.25	5.34	45.00	41.246	0.440	0.332
2013/8/28	5.19	5.30	44.21	43.902	0.473	0.343
2013/8/29	5.20	5.31	44.12	44.124	0.467	0.338
2013/8/30	5.12	5.22	44.24	42.190	0.446	0.332
2013/8/31	5.09	5.18	44.37	41.728	0.442	0.331
2013/9/1	5.08	5.18	44.39	41.565	0.440	0.331
2013/9/2	5.02	5.12	44.47	41.058	0.436	0.330
2013/9/3	5.08	5.18	44.40	41.381	0.439	0.330
2013/9/4	5.04	5.14	44.44	41.169	0.437	0.330
2013/9/5	5.03	5.13	44.46	41.115	0.436	0.330
2013/9/6	5.10	5.20	44.34	41.609	0.441	0.331
2013/9/7	5.09	5.19	44.29	41.703	0.442	0.331
2013/9/8	5.08	5.18	44.56	41.482	0.441	0.331
2013/9/9	5.04	5.14	44.83	41.140	0.439	0.331
2013/9/10	5.02	5.12	44.98	40.945	0.436	0.331
2013/9/11	5.05	5.15	44.85	41.803	0.446	0.334
2013/9/12	5.09	5.20	44.39	43.785	0.470	0.342
2013/9/13	5.03	5.13	44.59	41.278	0.440	0.332
2013/9/14	5.08	5.17	44.50	41.452	0.440	0.331
2013/9/15	5.09	5.19	44.50	41.424	0.440	0.331
2013/9/16	5.11	5.21	44.24	41.789	0.443	0.332
2013/9/17	5.06	5.16	44.53	40.909	0.434	0.329
2013/9/18	5.01	5.10	44.78	40.120	0.426	0.327
2013/9/19	5.04	5.13	44.75	40.179	0.426	0.327
2013/9/20	5.04	5.14	44.71	40.260	0.427	0.327
2013/9/21	5.05	5.15	44.63	40.392	0.429	0.328
2013/9/22	5.06	5.16	44.51	41.196	0.437	0.330

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/9/23	5.19	5.28	45.10	40.963	0.434	0.329
2013/9/24	5.34	5.43	44.58	42.474	0.446	0.330
2013/9/25	5.07	5.17	44.38	41.400	0.439	0.331
2013/9/26	5.10	5.20	44.28	41.751	0.443	0.331
2013/9/27	5.09	5.19	44.38	41.507	0.440	0.331
2013/9/28	5.07	5.17	44.40	41.361	0.438	0.330
2013/9/29	5.10	5.21	44.26	43.043	0.452	0.332
2013/9/30	5.12	5.23	44.23	43.948	0.460	0.333
2013/10/1	5.03	5.13	44.45	41.292	0.437	0.330
2013/10/2	5.09	5.20	44.31	42.171	0.449	0.334
2013/10/3	5.20	5.31	44.08	44.141	0.470	0.340
2013/10/4	5.12	5.23	44.23	42.940	0.453	0.333
2013/10/5	5.09	5.19	44.49	41.634	0.442	0.331
2013/10/6	5.09	5.19	44.63	41.466	0.441	0.331
2013/10/7	5.07	5.17	44.41	41.353	0.438	0.330
2013/10/8	5.10	5.19	44.29	41.721	0.443	0.331
2013/10/9	5.11	5.21	44.29	42.263	0.450	0.334
2013/10/10	5.02	5.12	44.47	41.030	0.435	0.330
2013/10/11	5.06	5.16	44.39	41.522	0.442	0.332
2013/10/12	5.19	5.30	44.04	44.156	0.474	0.342
2013/10/13	5.19	5.29	44.15	43.632	0.464	0.338
2013/10/14	5.11	5.21	44.29	42.658	0.455	0.336
2013/10/15	5.34	5.44	44.56	43.451	0.455	0.332
2013/10/16	5.46	5.55	44.71	43.236	0.447	0.327
2013/10/17	5.19	5.29	44.65	42.228	0.444	0.330
2013/10/18	5.05	5.15	44.78	41.194	0.439	0.331
2013/10/19	5.07	5.17	44.59	41.359	0.440	0.331
2013/10/20	5.10	5.19	44.32	41.644	0.441	0.331
2013/10/21	5.17	5.28	44.36	43.142	0.450	0.330
2013/10/22	5.13	5.23	44.34	42.469	0.446	0.331
2013/10/23	5.10	5.20	44.28	41.740	0.443	0.331
2013/10/24	5.09	5.19	44.35	41.572	0.441	0.331
2013/10/25	5.09	5.19	44.39	41.444	0.439	0.330
2013/10/26	5.02	5.11	44.68	40.387	0.429	0.328
2013/10/27	5.05	5.14	44.69	40.507	0.430	0.328
2013/10/28	5.21	5.32	44.10	44.139	0.469	0.340
2013/10/29	5.21	5.31	44.09	44.133	0.470	0.340
2013/10/30	5.20	5.31	44.09	44.142	0.471	0.341

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/10/31	5.19	5.30	44.06	44.150	0.473	0.342
2013/11/1	5.16	5.27	44.30	43.714	0.471	0.343
2013/11/2	5.13	5.24	44.43	43.457	0.470	0.343
2013/11/3	5.09	5.19	44.85	41.601	0.445	0.334
2013/11/4	5.26	5.35	44.90	41.751	0.447	0.335
2013/11/5	5.17	5.27	44.55	43.382	0.470	0.344
2013/11/6	5.15	5.25	44.55	42.898	0.457	0.336
2013/11/7	5.13	5.22	45.16	40.350	0.430	0.329
2013/11/8	5.15	5.24	44.88	41.584	0.440	0.330
2013/11/9	5.16	5.27	44.19	43.987	0.461	0.334
2013/11/10	5.11	5.21	44.36	41.738	0.442	0.331
2013/11/11	5.02	5.12	44.46	41.043	0.435	0.330
2013/11/12	5.04	5.14	44.45	41.157	0.437	0.330
2013/11/13	5.09	5.19	44.38	41.470	0.440	0.330
2013/11/14	5.01	5.11	44.47	41.000	0.435	0.330
2013/11/15	5.16	5.27	44.33	43.339	0.453	0.331
2013/11/16	5.18	5.29	44.35	43.619	0.453	0.330
2013/11/17	5.19	5.29	44.29	43.635	0.453	0.330
2013/11/18	5.19	5.30	44.28	43.649	0.453	0.330
2013/11/19	5.10	5.20	44.28	41.767	0.443	0.331
2013/11/20	5.08	5.18	44.35	41.418	0.439	0.330
2013/11/21	5.09	5.19	44.38	41.491	0.440	0.330
2013/11/22	5.06	5.16	44.39	41.366	0.439	0.330
2013/11/23	5.13	5.24	44.28	43.668	0.456	0.333
2013/11/24	5.14	5.25	44.21	43.941	0.460	0.333
2013/11/25	5.16	5.27	44.19	43.987	0.461	0.334
2013/11/26	5.20	5.30	44.53	42.874	0.452	0.333
2013/11/27	5.08	5.19	44.45	42.801	0.464	0.342
2013/11/28	5.24	5.32	44.57	39.713	0.429	0.332
2013/11/29	5.13	5.24	44.33	43.904	0.471	0.342
2013/11/30	5.12	5.23	44.33	43.711	0.469	0.341
2013/12/1	5.14	5.25	44.33	43.913	0.471	0.342
2013/12/2	5.10	5.20	44.33	42.800	0.457	0.337
2013/12/3	5.12	5.22	44.32	41.728	0.443	0.331
2013/12/4	5.10	5.20	44.45	41.636	0.442	0.331
2013/12/5	5.05	5.15	44.42	41.210	0.437	0.330
2013/12/6	5.06	5.16	44.39	41.366	0.439	0.330
2013/12/7	5.07	5.17	44.39	41.383	0.439	0.331

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 深度[M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/12/8	5.07	5.17	44.39	41.383	0.439	0.331
2013/12/9	5.10	5.20	44.31	41.683	0.442	0.331
2013/12/10	5.08	5.18	44.34	41.583	0.441	0.331
2013/12/11	5.16	5.27	44.30	43.090	0.453	0.332
2013/12/12	5.20	5.30	44.18	44.070	0.463	0.335
2013/12/13	5.20	5.31	44.29	43.730	0.455	0.331
2013/12/14	5.20	5.31	44.37	43.617	0.452	0.329
2013/12/15	5.19	5.29	44.37	43.617	0.453	0.330

## (c) 陽明山小油坑監測資料

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/1/1	8.10	8.13	38.52	17.620	0.306	0.359
2013/1/2	8.16	8.19	38.45	17.634	0.307	0.361
2013/1/3	8.11	8.14	39.06	17.640	0.307	0.360
2013/1/4	8.13	8.16	38.30	17.630	0.308	0.362
2013/1/5	8.09	8.12	38.35	17.626	0.308	0.362
2013/1/6	8.10	8.13	38.54	17.621	0.306	0.359
2013/1/7	8.10	8.13	38.99	17.624	0.306	0.359
2013/1/8	8.04	8.06	39.88	17.627	0.304	0.357
2013/1/9	8.09	8.11	38.63	17.656	0.306	0.359
2013/1/10	8.13	8.16	38.59	17.642	0.307	0.360
2013/1/11	8.12	8.15	38.23	17.630	0.310	0.364
2013/1/12	8.10	8.13	38.10	17.629	0.311	0.365
2013/1/13	8.04	8.06	39.06	17.613	0.304	0.357
2013/1/14	8.02	8.05	39.55	17.623	0.304	0.357
2013/1/15	8.02	8.05	40.00	17.625	0.304	0.357
2013/1/16	8.08	8.11	38.74	17.628	0.309	0.362
2013/1/17	8.09	8.12	38.92	17.624	0.305	0.359
2013/1/18	8.05	8.07	38.97	17.633	0.304	0.357
2013/1/19	8.06	8.09	39.06	17.626	0.303	0.356
2013/1/20	8.10	8.13	38.69	17.621	0.304	0.357
2013/1/21	8.09	8.12	39.38	17.544	0.305	0.358
2013/1/22	8.09	8.12	39.86	17.508	0.304	0.358
2013/1/23	8.07	8.10	39.51	17.554	0.304	0.358
2013/1/24	8.12	8.15	38.10	17.627	0.309	0.363
2013/1/25	8.11	8.14	38.50	17.629	0.307	0.361
2013/1/26	8.04	8.07	39.84	17.627	0.304	0.357
2013/1/27	8.04	8.06	39.54	17.564	0.305	0.359
2013/1/28	8.08	8.11	38.69	17.654	0.306	0.359
2013/1/29	8.08	8.11	38.37	17.642	0.308	0.362
2013/1/30	8.07	8.09	39.35	17.545	0.305	0.358
2013/1/31	8.10	8.12	38.36	17.627	0.308	0.362
2013/2/1	8.16	8.19	38.33	17.631	0.308	0.362
2013/2/2	8.15	8.18	38.68	17.603	0.307	0.360
2013/2/3	8.11	8.14	39.67	17.508	0.303	0.357
2013/2/4	8.10	8.12	39.68	17.517	0.304	0.358
2013/2/5	8.10	8.13	38.49	17.621	0.307	0.360
2013/2/6	8.07	8.09	38.74	17.623	0.306	0.359

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/2/7	8.01	8.03	39.24	17.622	0.304	0.357
2013/2/8	8.03	8.05	39.15	17.623	0.304	0.357
2013/2/9	8.09	8.12	38.61	17.621	0.305	0.358
2013/2/10	8.10	8.13	38.55	17.621	0.306	0.359
2013/2/11	8.11	8.14	38.45	17.620	0.307	0.361
2013/2/12	8.11	8.14	38.79	17.622	0.305	0.358
2013/2/13	8.08	8.11	39.05	17.636	0.304	0.357
2013/2/14	8.07	8.10	39.09	17.584	0.306	0.359
2013/2/15	8.08	8.11	39.50	17.628	0.304	0.357
2013/2/16	8.04	8.07	39.43	17.626	0.303	0.356
2013/2/17	8.02	8.05	37.60	17.639	0.307	0.360
2013/2/18	8.12	8.15	38.04	17.629	0.310	0.364
2013/2/19	8.11	8.14	38.04	17.628	0.310	0.364
2013/2/20	8.11	8.14	37.98	17.629	0.309	0.363
2013/2/21	8.12	8.15	38.01	17.628	0.309	0.363
2013/2/22	8.10	8.12	38.06	17.628	0.310	0.364
2013/2/23	8.10	8.13	38.15	17.629	0.310	0.364
2013/2/24	8.09	8.12	38.24	17.627	0.309	0.363
2013/2/25	8.04	8.07	38.05	17.628	0.310	0.362
2013/2/26	8.09	8.12	38.38	17.629	0.308	0.361
2013/2/27	8.07	8.10	38.72	17.623	0.305	0.358
2013/2/28	8.10	8.13	38.53	17.621	0.306	0.359
2013/3/1	8.08	8.11	38.64	17.646	0.306	0.359
2013/3/2	8.06	8.09	38.36	17.629	0.309	0.362
2013/3/3	8.01	8.03	39.33	17.621	0.303	0.356
2013/3/4	8.08	8.11	39.02	17.591	0.304	0.358
2013/3/5	8.12	8.15	39.58	17.506	0.303	0.357
2013/3/6	8.10	8.13	39.74	17.507	0.304	0.358
2013/3/7	8.10	8.12	39.81	17.508	0.304	0.359
2013/3/8	8.04	8.07	39.42	17.536	0.305	0.359
2013/3/9	8.03	8.05	39.50	17.628	0.304	0.357
2013/3/10	8.08	8.11	39.55	17.626	0.304	0.357
2013/3/11	8.03	8.06	39.77	17.632	0.305	0.358
2013/3/12	8.08	8.11	38.63	17.657	0.306	0.359
2013/3/13	8.08	8.11	38.85	17.597	0.307	0.360
2013/3/14	8.10	8.13	38.45	17.620	0.307	0.361
2013/3/15	8.07	8.10	38.80	17.620	0.305	0.358
2013/3/16	8.09	8.12	38.58	17.621	0.305	0.358



日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/3/17	8.11	8.13	38.31	17.630	0.307	0.361
2013/3/18	8.08	8.11	38.78	17.649	0.306	0.359
2013/3/19	8.08	8.11	39.32	17.627	0.305	0.359
2013/3/20	8.07	8.10	38.04	17.630	0.310	0.364
2013/3/21	8.05	8.08	38.92	17.629	0.307	0.360
2013/3/22	8.08	8.11	39.57	17.626	0.304	0.357
2013/3/23	8.09	8.12	38.86	17.649	0.305	0.358
2013/3/24	8.09	8.12	38.75	17.650	0.306	0.359
2013/3/25	8.09	8.12	38.81	17.624	0.304	0.357
2013/3/26	8.10	8.13	38.74	17.623	0.304	0.357
2013/3/27	8.10	8.13	39.10	17.626	0.303	0.356
2013/3/28	8.08	8.11	39.04	17.626	0.303	0.356
2013/3/29	8.07	8.10	39.13	17.627	0.303	0.356
2013/3/30	8.10	8.12	39.12	17.627	0.303	0.356
2013/3/31	8.08	8.11	39.55	17.628	0.304	0.357
2013/4/1	8.08	8.11	38.95	17.648	0.306	0.359
2013/4/2	8.08	8.11	39.28	17.639	0.306	0.359
2013/4/3	8.10	8.13	38.59	17.621	0.305	0.358
2013/4/4	8.07	8.10	39.23	17.596	0.303	0.357
2013/4/5	8.11	8.14	39.68	17.508	0.304	0.358
2013/4/6	8.10	8.13	38.82	17.595	0.306	0.359
2013/4/7	8.09	8.11	38.61	17.620	0.306	0.359
2013/4/8	8.04	8.07	39.07	17.626	0.303	0.356
2013/4/9	8.07	8.09	38.81	17.624	0.304	0.357
2013/4/10	8.06	8.08	39.01	17.623	0.304	0.357
2013/4/11	8.07	8.09	38.93	17.624	0.304	0.357
2013/4/12	8.09	8.12	38.60	17.622	0.305	0.358
2013/4/13	8.08	8.11	38.65	17.627	0.305	0.358
2013/4/14	8.09	8.12	38.84	17.623	0.304	0.357
2013/4/15	8.09	8.12	38.43	17.627	0.308	0.362
2013/4/16	8.10	8.13	38.38	17.624	0.308	0.361
2013/4/17	8.04	8.07	39.32	17.563	0.305	0.359
2013/4/18	8.07	8.10	39.31	17.627	0.304	0.357
2013/4/19	8.08	8.11	38.92	17.573	0.306	0.360
2013/4/20	8.08	8.11	39.08	17.614	0.306	0.360
2013/4/21	8.08	8.11	39.64	17.645	0.307	0.360
2013/4/22	8.06	8.09	39.32	17.637	0.305	0.358
2013/4/23	8.06	8.09	38.83	17.622	0.303	0.356

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/4/24	8.10	8.13	38.42	17.625	0.306	0.360
2013/4/25	8.10	8.13	38.52	17.620	0.306	0.360
2013/4/26	8.09	8.12	38.36	17.615	0.308	0.362
2013/4/27	8.10	8.13	38.05	17.629	0.310	0.364
2013/4/28	8.06	8.09	38.53	17.633	0.307	0.361
2013/4/29	8.02	8.05	39.12	17.621	0.303	0.356
2013/4/30	8.16	8.19	38.23	17.630	0.308	0.362
2013/5/1	8.11	8.14	38.36	17.623	0.307	0.361
2013/5/2	8.12	8.14	38.11	17.629	0.310	0.364
2013/5/3	8.08	8.11	38.86	17.639	0.306	0.359
2013/5/4	8.08	8.11	39.62	17.648	0.306	0.359
2013/5/5	8.13	8.16	38.59	17.624	0.307	0.361
2013/5/6	8.08	8.11	38.70	17.645	0.306	0.359
2013/5/7	8.08	8.11	38.54	17.651	0.307	0.360
2013/5/8	8.08	8.11	38.51	17.596	0.308	0.362
2013/5/9	8.10	8.13	38.95	17.583	0.304	0.357
2013/5/10	8.06	8.09	39.13	17.593	0.304	0.357
2013/5/11	8.08	8.10	38.83	17.627	0.305	0.359
2013/5/12	8.09	8.12	39.23	17.558	0.305	0.358
2013/5/13	8.10	8.13	38.06	17.629	0.310	0.364
2013/5/14	8.10	8.13	38.66	17.597	0.307	0.361
2013/5/15	8.10	8.13	38.49	17.620	0.306	0.360
2013/5/16	8.08	8.11	38.68	17.622	0.304	0.357
2013/5/17	8.09	8.11	38.87	17.580	0.306	0.360
2013/5/18	8.09	8.12	38.99	17.583	0.304	0.357
2013/5/19	8.18	8.21	38.18	17.635	0.308	0.362
2013/5/20	8.18	8.21	38.29	17.624	0.308	0.362
2013/5/21	8.07	8.10	39.52	17.614	0.303	0.356
2013/5/22	8.09	8.12	38.82	17.640	0.305	0.358
2013/5/23	8.11	8.14	38.10	17.628	0.309	0.363
2013/5/24	8.11	8.14	39.14	17.642	0.307	0.360
2013/5/25	8.18	8.21	38.17	17.633	0.308	0.362
2013/5/26	8.09	8.12	38.60	17.621	0.305	0.358
2013/5/27	8.09	8.12	38.60	17.621	0.305	0.358
2013/5/28	8.10	8.13	38.34	17.625	0.307	0.360
2013/5/29	8.10	8.13	38.20	17.627	0.308	0.362
2013/5/30	8.13	8.16	38.30	17.630	0.308	0.362
2013/5/31	8.10	8.13	39.12	17.564	0.306	0.360

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/6/1	8.03	8.05	39.43	17.601	0.305	0.358
2013/6/2	8.04	8.06	39.61	17.598	0.304	0.358
2013/6/3	8.09	8.12	39.79	17.507	0.304	0.358
2013/6/4	8.06	8.09	39.59	17.556	0.304	0.357
2013/6/5	8.01	8.04	39.26	17.623	0.303	0.356
2013/6/6	8.07	8.10	39.28	17.575	0.304	0.358
2013/6/7	8.10	8.12	39.41	17.545	0.305	0.359
2013/6/8	8.10	8.13	38.49	17.620	0.307	0.360
2013/6/9	8.09	8.12	39.06	17.574	0.306	0.359
2013/6/10	8.09	8.12	39.86	17.507	0.305	0.359
2013/6/11	8.03	8.05	39.38	17.614	0.303	0.356
2013/6/12	8.03	8.05	39.38	17.626	0.302	0.355
2013/6/13	8.02	8.05	39.21	17.622	0.303	0.356
2013/6/14	8.02	8.05	39.13	17.621	0.303	0.356
2013/6/15	8.08	8.11	39.07	17.625	0.303	0.356
2013/6/16	8.07	8.10	39.04	17.626	0.303	0.356
2013/6/17	8.11	8.13	38.75	17.627	0.306	0.359
2013/6/18	8.10	8.12	38.44	17.623	0.307	0.361
2013/6/19	8.04	8.06	38.50	17.628	0.307	0.361
2013/6/20	8.09	8.12	38.93	17.627	0.304	0.358
2013/6/21	8.14	8.17	38.23	17.630	0.308	0.362
2013/6/22	8.08	8.11	38.27	17.618	0.309	0.363
2013/6/23	8.09	8.12	38.31	17.626	0.308	0.362
2013/6/24	8.07	8.09	38.95	17.606	0.306	0.359
2013/6/25	8.08	8.10	38.83	17.627	0.305	0.359
2013/6/26	8.07	8.10	38.83	17.625	0.304	0.357
2013/6/27	8.09	8.12	39.31	17.633	0.304	0.357
2013/6/28	8.08	8.11	39.64	17.645	0.306	0.359
2013/6/29	8.10	8.12	39.47	17.635	0.304	0.357
2013/6/30	8.08	8.11	39.16	17.631	0.304	0.357
2013/7/1	8.02	8.05	39.99	17.626	0.304	0.357
2013/7/2	7.99	8.02	39.88	17.627	0.304	0.357
2013/7/3	8.07	8.09	39.52	17.549	0.303	0.357
2013/7/4	8.13	8.16	39.54	17.504	0.303	0.357
2013/7/5	8.12	8.15	39.58	17.505	0.303	0.357
2013/7/6	8.12	8.15	39.60	17.508	0.303	0.357
2013/7/7	8.12	8.15	39.62	17.507	0.303	0.357
2013/7/8	8.11	8.13	39.74	17.508	0.304	0.358

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/7/9	8.10	8.12	39.85	17.509	0.304	0.358
2013/7/10	8.06	8.09	39.42	17.569	0.304	0.357
2013/7/11	8.21	8.24	38.39	17.634	0.306	0.360
2013/7/12	8.12	8.15	39.58	17.506	0.303	0.357
2013/7/13	8.12	8.15	39.61	17.508	0.303	0.357
2013/7/14	8.10	8.12	39.79	17.507	0.304	0.358
2013/7/15	8.09	8.12	39.71	17.517	0.304	0.358
2013/7/16	8.09	8.11	38.62	17.623	0.305	0.358
2013/7/17	8.09	8.12	38.61	17.623	0.305	0.358
2013/7/18	8.02	8.05	39.08	17.622	0.303	0.356
2013/7/19	8.03	8.05	39.07	17.621	0.303	0.356
2013/7/20	8.07	8.10	39.48	17.517	0.305	0.359
2013/7/21	8.05	8.08	39.40	17.545	0.305	0.358
2013/7/22	8.04	8.07	39.39	17.625	0.304	0.357
2013/7/23	8.08	8.11	39.18	17.639	0.305	0.358
2013/7/24	8.09	8.12	38.62	17.657	0.307	0.360
2013/7/25	8.08	8.11	39.29	17.645	0.306	0.359
2013/7/26	8.10	8.13	38.60	17.620	0.305	0.358
2013/7/27	8.09	8.12	38.87	17.593	0.305	0.359
2013/7/28	8.10	8.13	39.03	17.626	0.303	0.356
2013/7/29	8.05	8.08	39.10	17.626	0.303	0.356
2013/7/30	8.04	8.06	39.48	17.634	0.305	0.358
2013/7/31	8.08	8.11	39.65	17.643	0.306	0.360
2013/8/1	8.08	8.11	38.91	17.625	0.304	0.357
2013/8/2	8.07	8.10	38.75	17.622	0.303	0.356
2013/8/3	7.99	8.02	39.31	17.623	0.303	0.356
2013/8/4	8.05	8.08	38.90	17.622	0.304	0.357
2013/8/5	8.09	8.12	38.71	17.622	0.304	0.357
2013/8/6	8.08	8.11	39.40	17.567	0.304	0.357
2013/8/7	8.03	8.05	39.56	17.618	0.304	0.358
2013/8/8	8.01	8.04	39.57	17.626	0.304	0.357
2013/8/9	7.98	8.01	39.58	17.626	0.304	0.357
2013/8/10	7.98	8.01	39.65	17.625	0.304	0.357
2013/8/11	8.08	8.10	38.68	17.621	0.304	0.357
2013/8/12	8.08	8.10	38.68	17.622	0.304	0.357
2013/8/13	8.09	8.12	39.23	17.623	0.303	0.356
2013/8/14	8.08	8.11	38.76	17.649	0.305	0.358
2013/8/15	8.09	8.12	38.36	17.640	0.309	0.362

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/8/16	8.10	8.13	38.16	17.628	0.311	0.365
2013/8/17	8.09	8.12	38.89	17.577	0.307	0.360
2013/8/18	8.16	8.19	38.35	17.622	0.308	0.362
2013/8/19	8.16	8.19	38.33	17.632	0.308	0.361
2013/8/20	8.07	8.09	39.66	17.627	0.304	0.357
2013/8/21	8.05	8.07	39.43	17.639	0.305	0.358
2013/8/22	8.08	8.11	38.62	17.652	0.306	0.359
2013/8/23	8.15	8.18	39.06	17.627	0.303	0.356
2013/8/24	8.23	8.26	38.63	17.627	0.305	0.359
2013/8/25	8.09	8.12	38.66	17.627	0.306	0.359
2013/8/26	8.14	8.17	37.97	17.630	0.309	0.363
2013/8/27	8.13	8.16	38.09	17.628	0.309	0.363
2013/8/28	8.14	8.17	38.21	17.630	0.308	0.362
2013/8/29	8.09	8.12	38.06	17.629	0.310	0.364
2013/8/30	8.09	8.12	38.67	17.627	0.306	0.359
2013/8/31	8.10	8.12	39.08	17.627	0.303	0.356
2013/9/1	8.10	8.13	38.27	17.625	0.308	0.362
2013/9/2	8.12	8.14	38.43	17.620	0.307	0.361
2013/9/3	8.10	8.13	38.15	17.628	0.308	0.362
2013/9/4	8.04	8.07	38.57	17.632	0.305	0.358
2013/9/5	8.07	8.09	39.08	17.626	0.303	0.356
2013/9/6	8.10	8.13	39.08	17.627	0.303	0.356
2013/9/7	8.07	8.10	39.15	17.627	0.303	0.356
2013/9/8	8.07	8.09	38.62	17.627	0.307	0.360
2013/9/9	8.09	8.12	38.24	17.630	0.310	0.364
2013/9/10	8.08	8.11	38.52	17.623	0.306	0.359
2013/9/11	8.10	8.13	38.56	17.623	0.305	0.358
2013/9/12	8.08	8.11	38.09	17.628	0.310	0.364
2013/9/13	8.07	8.10	38.04	17.630	0.310	0.364
2013/9/14	8.08	8.11	38.14	17.629	0.310	0.364
2013/9/15	8.11	8.14	38.11	17.628	0.310	0.364
2013/9/16	8.11	8.14	38.08	17.628	0.309	0.363
2013/9/17	8.12	8.15	38.52	17.613	0.307	0.360
2013/9/18	8.07	8.10	39.63	17.538	0.304	0.358
2013/9/19	8.07	8.10	39.54	17.554	0.305	0.358
2013/9/20	8.07	8.09	39.65	17.625	0.304	0.357
2013/9/21	8.03	8.06	38.91	17.621	0.303	0.356
2013/9/22	8.09	8.12	38.53	17.620	0.307	0.360

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/9/23	8.09	8.12	39.11	17.623	0.304	0.357
2013/9/24	8.08	8.11	38.65	17.655	0.306	0.359
2013/9/25	8.04	8.07	38.85	17.628	0.304	0.357
2013/9/26	8.07	8.10	38.81	17.622	0.303	0.356
2013/9/27	8.08	8.11	38.76	17.620	0.303	0.356
2013/9/28	8.09	8.12	38.40	17.626	0.306	0.360
2013/9/29	8.10	8.13	38.04	17.629	0.310	0.364
2013/9/30	8.10	8.13	38.46	17.621	0.307	0.360
2013/10/1	8.09	8.12	39.86	17.507	0.305	0.359
2013/10/2	8.09	8.11	38.06	17.629	0.310	0.364
2013/10/3	8.03	8.06	39.03	17.622	0.304	0.357
2013/10/4	8.07	8.09	38.76	17.622	0.304	0.357
2013/10/5	8.08	8.11	38.63	17.621	0.304	0.357
2013/10/6	8.09	8.12	38.57	17.621	0.306	0.359
2013/10/7	8.12	8.14	38.46	17.622	0.307	0.360
2013/10/8	8.19	8.22	38.18	17.633	0.308	0.362
2013/10/9	8.16	8.19	38.23	17.630	0.308	0.362
2013/10/10	8.12	8.15	38.41	17.622	0.307	0.361
2013/10/11	8.06	8.09	38.71	17.624	0.305	0.359
2013/10/12	8.08	8.11	39.31	17.642	0.306	0.360
2013/10/13	8.11	8.13	39.17	17.642	0.307	0.360
2013/10/14	8.14	8.17	38.23	17.630	0.308	0.362
2013/10/15	8.08	8.11	38.55	17.613	0.309	0.362
2013/10/16	8.09	8.12	38.33	17.626	0.308	0.362
2013/10/17	8.08	8.11	38.34	17.637	0.308	0.362
2013/10/18	8.08	8.11	38.63	17.586	0.307	0.361
2013/10/19	8.10	8.12	38.84	17.592	0.304	0.357
2013/10/20	8.10	8.13	38.79	17.601	0.305	0.358
2013/10/21	8.10	8.12	39.26	17.597	0.303	0.357
2013/10/22	8.06	8.09	39.18	17.624	0.303	0.356
2013/10/23	8.01	8.04	39.27	17.622	0.303	0.356
2013/10/24	8.01	8.03	39.27	17.622	0.303	0.356
2013/10/25	8.01	8.04	39.27	17.622	0.303	0.356
2013/10/26	8.02	8.04	39.25	17.623	0.303	0.356
2013/10/27	8.02	8.04	39.24	17.622	0.303	0.356
2013/10/28	8.02	8.04	39.22	17.623	0.303	0.356
2013/10/29	8.02	8.05	39.10	17.622	0.304	0.357
2013/10/30	8.02	8.05	39.08	17.621	0.303	0.356

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/10/31	8.03	8.05	39.07	17.622	0.303	0.356
2013/11/1	8.03	8.05	39.05	17.624	0.303	0.356
2013/11/2	8.02	8.05	39.02	17.622	0.303	0.356
2013/11/3	8.03	8.05	38.86	17.623	0.303	0.356
2013/11/4	8.04	8.06	38.83	17.624	0.303	0.356
2013/11/5	8.04	8.07	38.85	17.623	0.303	0.356
2013/11/6	8.04	8.07	38.83	17.623	0.303	0.356
2013/11/7	8.04	8.06	38.77	17.623	0.303	0.356
2013/11/8	8.08	8.10	38.79	17.623	0.303	0.356
2013/11/9	8.10	8.12	38.78	17.623	0.303	0.356
2013/11/10	8.09	8.12	38.77	17.621	0.303	0.356
2013/11/11	8.08	8.10	38.75	17.622	0.303	0.356
2013/11/12	8.08	8.10	38.73	17.621	0.304	0.357
2013/11/13	8.08	8.11	38.68	17.622	0.304	0.357
2013/11/14	8.09	8.11	38.65	17.622	0.304	0.357
2013/11/15	8.08	8.11	38.64	17.622	0.304	0.357
2013/11/16	8.08	8.11	38.63	17.620	0.304	0.357
2013/11/17	8.09	8.12	38.62	17.623	0.305	0.358
2013/11/18	8.09	8.12	38.57	17.621	0.305	0.359
2013/11/19	8.10	8.13	38.53	17.621	0.306	0.360
2013/11/20	8.10	8.13	38.51	17.620	0.306	0.360
2013/11/21	8.09	8.12	39.11	17.641	0.307	0.361
2013/11/22	8.19	8.21	38.18	17.633	0.308	0.362
2013/11/23	8.14	8.17	38.39	17.628	0.307	0.361
2013/11/24	8.06	8.09	38.88	17.625	0.304	0.358
2013/11/25	8.14	8.17	38.35	17.636	0.308	0.361
2013/11/26	8.08	8.11	39.37	17.644	0.306	0.359
2013/11/27	8.09	8.11	38.95	17.622	0.304	0.357
2013/11/28	8.04	8.06	39.66	17.634	0.305	0.358
2013/11/29	8.09	8.11	38.49	17.644	0.307	0.361
2013/11/30	8.07	8.10	38.17	17.628	0.310	0.363
2013/12/1	8.09	8.12	38.60	17.621	0.305	0.358
2013/12/2	8.11	8.13	38.51	17.622	0.307	0.360
2013/12/3	8.11	8.14	38.14	17.629	0.310	0.364
2013/12/4	8.09	8.12	38.24	17.629	0.310	0.364
2013/12/5	8.06	8.09	38.81	17.623	0.304	0.357
2013/12/6	8.08	8.11	38.65	17.621	0.304	0.357
2013/12/7	8.10	8.12	38.40	17.644	0.308	0.361

日期	pH[pH]	pH_Tc[pH]	水位深度 [M]	溫度 [degC]	導電度(現 地)[mS/cm]	導電度(補 償)[mS/cm]
2013/12/8	8.10	8.12	38.40	17.644	0.308	0.361
2013/12/9	8.08	8.10	38.14	17.628	0.311	0.365
2013/12/10	8.11	8.14	38.19	17.629	0.309	0.363
2013/12/11	8.16	8.19	38.28	17.630	0.308	0.362
2013/12/12	8.11	8.14	38.87	17.587	0.306	0.359
2013/12/13	8.09	8.12	38.62	17.623	0.305	0.358
2013/12/14	8.11	8.14	38.45	17.623	0.306	0.360
2013/12/15	8.11	8.14	38.34	17.628	0.309	0.363



(d) 陽明山紗帽路監測資料

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/1/1	7.9	23.22	1.286
2013/1/2	7.9	23.27	1.291
2013/1/3	7.9	23.57	1.290
2013/1/4	7.9	23.48	1.297
2013/1/5	7.9	23.54	1.294
2013/1/6	8.0	23.56	1.294
2013/1/7	8.0	23.56	1.295
2013/1/8	8.0	23.54	1.295
2013/1/9	8.0	23.25	1.292
2013/1/10	7.9	23.31	1.296
2013/1/11	7.9	23.28	1.297
2013/1/12	7.9	23.34	1.307
2013/1/13	7.9	23.55	1.295
2013/1/14	7.9	23.56	1.293
2013/1/15	7.9	23.60	1.290
2013/1/16	7.9	23.55	1.290
2013/1/17	8.2	22.90	1.299
2013/1/18	8.1	22.95	1.282
2013/1/19	7.9	23.12	1.236
2013/1/20	7.9	23.19	1.247
2013/1/21	7.9	23.56	1.293
2013/1/22	7.9	23.54	1.295
2013/1/23	8.0	23.38	1.307
2013/1/24	8.0	23.40	1.301
2013/1/25	7.9	23.24	1.292
2013/1/26	7.9	23.28	1.293
2013/1/27	7.9	23.40	1.299
2013/1/28	7.9	23.45	1.300
2013/1/29	8.0	23.45	1.300
2013/1/30	7.9	23.37	1.296
2013/1/31	8.2	23.02	1.297
2013/2/1	8.2	23.05	1.297
2013/2/2	7.9	23.52	1.295
2013/2/3	7.9	23.32	1.296
2013/2/4	7.9	23.27	1.301
2013/2/5	8.0	23.22	1.296
2013/2/6	8.0	22.96	1.293

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/2/7	7.9	23.29	1.270
2013/2/8	8.0	23.56	1.294
2013/2/9	7.9	23.49	1.287
2013/2/10	7.9	23.14	1.294
2013/2/11	7.9	23.44	1.296
2013/2/12	7.9	23.53	1.294
2013/2/13	8.0	23.53	1.294
2013/2/14	8.1	23.53	1.294
2013/2/15	8.1	23.52	1.294
2013/2/16	8.1	23.52	1.295
2013/2/17	8.1	23.50	1.295
2013/2/18	8.1	23.51	1.296
2013/2/19	8.1	23.50	1.296
2013/2/20	8.0	23.50	1.296
2013/2/21	8.1	23.49	1.297
2013/2/22	8.0	23.48	1.296
2013/2/23	8.1	23.47	1.298
2013/2/24	8.1	23.47	1.298
2013/2/25	8.0	23.38	1.306
2013/2/26	8.0	23.37	1.306
2013/2/27	7.9	23.28	1.303
2013/2/28	8.0	23.34	1.301
2013/3/1	8.0	23.52	1.294
2013/3/2	8.0	23.51	1.295
2013/3/3	8.0	23.47	1.299
2013/3/4	8.0	23.47	1.299
2013/3/5	7.9	23.26	1.294
2013/3/6	8.0	23.27	1.295
2013/3/7	8.1	23.31	1.305
2013/3/8	8.0	23.37	1.303
2013/3/9	8.0	23.59	1.290
2013/3/10	7.9	23.59	1.288
2013/3/11	8.0	23.57	1.295
2013/3/12	7.9	23.55	1.295
2013/3/13	8.0	23.57	1.295
2013/3/14	7.9	23.56	1.294
2013/3/15	7.9	23.39	1.303
2013/3/16	8.0	23.33	1.306

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/3/17	8.0	23.33	1.306
2013/3/18	7.9	23.35	1.308
2013/3/19	7.9	23.36	1.305
2013/3/20	8.0	23.28	1.292
2013/3/21	8.0	23.23	1.289
2013/3/22	8.1	23.24	1.291
2013/3/23	8.0	23.24	1.290
2013/3/24	7.9	23.26	1.288
2013/3/25	7.9	23.27	1.295
2013/3/26	7.9	23.41	1.298
2013/3/27	7.9	23.51	1.295
2013/3/28	7.9	23.48	1.295
2013/3/29	8.0	23.45	1.296
2013/3/30	8.0	23.59	1.289
2013/3/31	7.9	23.59	1.293
2013/4/1	7.9	23.57	1.293
2013/4/2	7.9	23.54	1.294
2013/4/3	7.9	23.18	1.264
2013/4/4	7.9	23.17	1.269
2013/4/5	7.9	23.46	1.295
2013/4/6	8.0	23.53	1.294
2013/4/7	7.9	23.50	1.296
2013/4/8	7.9	23.49	1.296
2013/4/9	8.0	23.48	1.293
2013/4/10	7.9	23.21	1.288
2013/4/11	7.9	23.20	1.277
2013/4/12	7.9	23.22	1.267
2013/4/13	8.1	23.56	1.290
2013/4/14	8.0	23.19	1.294
2013/4/15	7.9	23.05	1.296
2013/4/16	7.9	23.43	1.295
2013/4/17	7.9	23.54	1.294
2013/4/18	8.0	23.50	1.295
2013/4/19	8.1	23.48	1.297
2013/4/20	8.0	23.42	1.303
2013/4/21	8.0	23.37	1.304
2013/4/22	7.9	23.24	1.292
2013/4/23	7.9	23.57	1.293

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/4/24	7.9	23.57	1.293
2013/4/25	8.0	23.34	1.290
2013/4/26	7.9	23.37	1.290
2013/4/27	8.0	23.48	1.299
2013/4/28	7.9	23.54	1.295
2013/4/29	8.0	23.30	1.296
2013/4/30	8.0	23.03	1.296
2013/5/1	7.9	23.36	1.295
2013/5/2	7.9	23.45	1.293
2013/5/3	8.0	23.29	1.297
2013/5/4	8.0	23.47	1.299
2013/5/5	7.9	23.59	1.293
2013/5/6	7.8	23.50	1.295
2013/5/7	7.8	23.51	1.294
2013/5/8	8.0	23.56	1.294
2013/5/9	8.1	23.42	1.293
2013/5/10	7.9	23.30	1.299
2013/5/11	7.9	23.34	1.307
2013/5/12	8.0	23.50	1.296
2013/5/13	7.9	23.57	1.295
2013/5/14	7.9	23.61	1.293
2013/5/15	7.9	23.59	1.293
2013/5/16	7.9	23.36	1.296
2013/5/17	7.9	23.32	1.306
2013/5/18	7.9	23.39	1.300
2013/5/19	7.9	23.45	1.300
2013/5/20	7.9	23.29	1.289
2013/5/21	7.9	23.30	1.277
2013/5/22	7.9	23.55	1.294
2013/5/23	8.2	23.45	1.300
2013/5/24	8.1	23.37	1.307
2013/5/25	7.9	23.30	1.293
2013/5/26	7.9	23.42	1.294
2013/5/27	8.0	23.10	1.293
2013/5/28	8.0	23.33	1.294
2013/5/29	8.0	23.54	1.295
2013/5/30	7.9	23.49	1.297
2013/5/31	7.9	23.51	1.296

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/6/1	7.8	23.19	1.276
2013/6/2	7.9	23.14	1.255
2013/6/3	7.9	23.13	1.242
2013/6/4	7.9	23.32	1.300
2013/6/5	7.9	23.55	1.292
2013/6/6	8.0	23.34	1.305
2013/6/7	7.9	23.54	1.294
2013/6/8	7.9	23.52	1.295
2013/6/9	8.1	23.52	1.296
2013/6/10	7.9	23.51	1.294
2013/6/11	8.0	23.60	1.289
2013/6/12	8.0	23.60	1.291
2013/6/13	7.9	23.58	1.292
2013/6/14	7.9	23.56	1.291
2013/6/15	8.0	23.52	1.295
2013/6/16	8.0	23.31	1.306
2013/6/17	7.9	23.24	1.257
2013/6/18	7.9	23.56	1.295
2013/6/19	7.9	23.15	1.237
2013/6/20	7.9	23.18	1.253
2013/6/21	7.9	23.45	1.281
2013/6/22	7.9	23.20	1.252
2013/6/23	8.0	23.53	1.294
2013/6/24	8.0	23.47	1.294
2013/6/25	7.9	23.26	1.298
2013/6/26	8.0	23.34	1.297
2013/6/27	8.0	23.20	1.289
2013/6/28	8.0	23.12	1.288
2013/6/29	7.9	23.10	1.290
2013/6/30	7.9	23.08	1.290
2013/7/1	7.96	23.27	1.294
2013/7/2	8.06	23.30	1.302
2013/7/3	8.06	23.31	1.305
2013/7/4	7.98	23.56	1.293
2013/7/5	8.19	23.47	1.297
2013/7/6	8.03	23.32	1.305
2013/7/7	7.98	23.26	1.301
2013/7/8	8.02	23.32	1.304

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/7/9	8.18	23.39	1.304
2013/7/10	8.20	23.42	1.303
2013/7/11	7.56	23.68	1.195
2013/7/12	8.22	23.45	1.302
2013/7/13	8.20	23.45	1.302
2013/7/14	8.19	23.44	1.302
2013/7/15	8.19	23.42	1.302
2013/7/16	8.22	23.41	1.302
2013/7/17	8.23	23.43	1.301
2013/7/18	8.25	23.45	1.300
2013/7/19	8.25	23.44	1.300
2013/7/20	8.19	23.39	1.298
2013/7/21	7.91	23.09	1.247
2013/7/22	7.91	23.12	1.229
2013/7/23	7.90	23.11	1.232
2013/7/24	7.90	23.11	1.233
2013/7/25	7.89	23.12	1.236
2013/7/26	7.87	23.11	1.237
2013/7/27	7.92	23.42	1.280
2013/7/28	7.92	23.53	1.294
2013/7/29	7.90	23.53	1.294
2013/7/30	7.95	23.53	1.294
2013/7/31	7.94	23.49	1.296
2013/8/1	8.08	23.58	1.289
2013/8/2	8.14	23.42	1.290
2013/8/3	8.17	22.90	1.299
2013/8/4	8.09	22.90	1.298
2013/8/5	8.05	22.98	1.298
2013/8/6	8.07	23.53	1.295
2013/8/7	8.04	23.47	1.293
2013/8/8	7.92	23.22	1.288
2013/8/9	7.93	23.34	1.290
2013/8/10	7.98	23.57	1.293
2013/8/11	7.90	23.22	1.263
2013/8/12	7.89	23.19	1.274
2013/8/13	7.88	23.21	1.273
2013/8/14	7.88	23.11	1.236
2013/8/15	7.92	23.25	1.292

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/8/16	7.93	23.40	1.299
2013/8/17	7.94	23.54	1.291
2013/8/18	7.87	23.26	1.294
2013/8/19	7.90	23.28	1.295
2013/8/20	8.22	23.44	1.299
2013/8/21	8.16	23.49	1.298
2013/8/22	8.01	23.55	1.294
2013/8/23	7.97	23.56	1.295
2013/8/24	7.95	23.57	1.294
2013/8/25	7.92	23.55	1.294
2013/8/26	7.92	23.56	1.295
2013/8/27	7.94	23.39	1.292
2013/8/28	7.93	23.26	1.294
2013/8/29	7.93	23.27	1.295
2013/8/30	7.94	23.26	1.285
2013/8/31	7.95	23.31	1.288
2013/9/1	7.97	23.31	1.289
2013/9/2	7.97	23.26	1.291
2013/9/3	7.92	23.33	1.288
2013/9/4	7.91	23.58	1.287
2013/9/5	7.99	23.60	1.287
2013/9/6	7.99	23.59	1.287
2013/9/7	8.01	23.59	1.288
2013/9/8	7.98	23.60	1.290
2013/9/9	7.97	23.57	1.295
2013/9/10	7.98	23.56	1.294
2013/9/11	7.97	23.56	1.294
2013/9/12	7.94	23.57	1.295
2013/9/13	7.91	23.56	1.294
2013/9/14	7.91	23.55	1.294
2013/9/15	7.92	23.47	1.299
2013/9/16	7.90	23.39	1.309
2013/9/17	7.95	23.37	1.308
2013/9/18	7.94	23.38	1.308
2013/9/19	7.91	23.30	1.297
2013/9/20	7.90	23.26	1.293
2013/9/21	7.93	23.27	1.295
2013/9/22	7.95	23.26	1.287

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/9/23	7.90	23.28	1.291
2013/9/24	7.88	23.27	1.292
2013/9/25	7.87	23.26	1.293
2013/9/26	7.86	23.26	1.298
2013/9/27	7.88	23.49	1.295
2013/9/28	7.89	23.52	1.295
2013/9/29	7.88	23.52	1.294
2013/9/30	7.86	23.53	1.294
2013/10/1	7.88	23.53	1.294
2013/10/2	7.92	23.53	1.294
2013/10/3	7.94	23.51	1.295
2013/10/4	7.92	23.44	1.300
2013/10/5	7.93	23.25	1.287
2013/10/6	7.97	23.20	1.284
2013/10/7	7.96	23.20	1.285
2013/10/8	7.93	23.20	1.287
2013/10/9	7.94	23.21	1.287
2013/10/10	7.92	23.47	1.291
2013/10/11	7.87	23.61	1.293
2013/10/12	7.89	23.58	1.293
2013/10/13	7.85	23.35	1.297
2013/10/14	7.93	23.32	1.306
2013/10/15	7.97	23.56	1.290
2013/10/16	8.00	23.61	1.289
2013/10/17	7.98	23.62	1.290
2013/10/18	7.99	23.52	1.279
2013/10/19	7.89	23.09	1.221
2013/10/20	7.89	23.09	1.234
2013/10/21	8.03	23.01	1.291
2013/10/22	8.10	23.14	1.291
2013/10/23	8.10	23.24	1.291
2013/10/24	7.99	23.25	1.291
2013/10/25	7.98	23.24	1.291
2013/10/26	8.01	23.36	1.305
2013/10/27	7.90	23.52	1.298
2013/10/28	7.87	23.56	1.294
2013/10/29	7.88	23.57	1.292
2013/10/30	7.89	23.60	1.291



日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/10/31	7.91	23.26	1.269
2013/11/1	7.92	23.30	1.275
2013/11/2	7.98	23.55	1.294
2013/11/3	8.03	23.53	1.294
2013/11/4	7.92	23.56	1.294
2013/11/5	7.92	23.53	1.295
2013/11/6	7.90	23.57	1.290
2013/11/7	7.90	23.55	1.292
2013/11/8	7.88	23.45	1.300
2013/11/9	8.17	23.43	1.301
2013/11/10	8.29	23.42	1.301
2013/11/11	8.25	23.43	1.301
2013/11/12	8.19	23.45	1.302
2013/11/13	7.94	23.54	1.294
2013/11/14	7.98	23.50	1.295
2013/11/15	7.98	23.47	1.299
2013/11/16	7.97	23.47	1.299
2013/11/17	7.93	23.47	1.299
2013/11/18	7.99	23.58	1.291
2013/11/19	7.98	23.61	1.290
2013/11/20	7.96	23.60	1.290
2013/11/21	7.90	23.38	1.294
2013/11/22	7.94	23.19	1.294
2013/11/23	7.93	23.50	1.296
2013/11/24	7.90	23.50	1.297
2013/11/25	7.84	23.23	1.279
2013/11/26	8.03	23.46	1.291
2013/11/27	7.94	23.51	1.295
2013/11/28	7.89	23.58	1.291
2013/11/29	7.89	23.58	1.290
2013/11/30	8.12	23.53	1.297
2013/12/1	8.02	23.56	1.293
2013/12/2	7.83	23.50	1.294
2013/12/3	7.89	23.46	1.293
2013/12/4	8.02	23.08	1.288
2013/12/5	7.91	23.26	1.292
2013/12/6	7.87	23.53	1.294
2013/12/7	7.91	23.53	1.294

日期	水位深度 [M]	温度[°C]	導電度 [mS/cm]
2013/12/8	7.92	23.53	1.294
2013/12/9	7.96	23.23	1.294
2013/12/10	7.93	23.05	1.296
2013/12/11	7.95	23.26	1.295
2013/12/12	7.94	23.27	1.289
2013/12/13	7.98	23.26	1.290
2013/12/14	8.07	22.95	1.294
2013/12/15	7.98	23.10	1.293

## 第四章、地溫監測

### 一、背景介紹

地底下火山活動常伴隨地震的發生、地表的變形、岩層或地下水之物理和化學性質的異常、地下溫度的改變等等（Tilling, 1989），其中研究地下溫度的改變可在火山區的地下井內放置溫度記錄器監測地下溫度的變化，或者監測地表火山活動（溫泉、噴氣、地表等）的溫度變化，火山噴發後，溫度的改變可達 10°C 以上（Aizawa *et al.*, 2013），因此地溫監測法運用在觀察火山的活動已行之多年（Keller, 1979, Hurwits, 2002）。本委託案擬藉由井下地溫監測，探討大屯火山群和龜山島地下溫度場隨時間的變化，希望能得知此區域火山活動情形。

本案所委託執行的地溫井監測井共有 3 口，其中 2 口位於大屯火山區，分別是陽明山菁山生態保育中心（菁山站）和擎天崗風景區（擎天崗站）（圖 4-1），菁山站監測井井深為 200 公尺，2005 年初開始監測，擎天崗站監測井井深為 480 公尺，2007 年 6 月起開始監測；另 1 口監測井位於宜蘭外海的龜山島上（龜山島站），井深為 280 公尺，自 2006 年 7 月開始監測。本委託案執行單位需不定期前往該 3 監測站收集井下溫度資料，資料經處理、分析後，彙整交付委託單位。

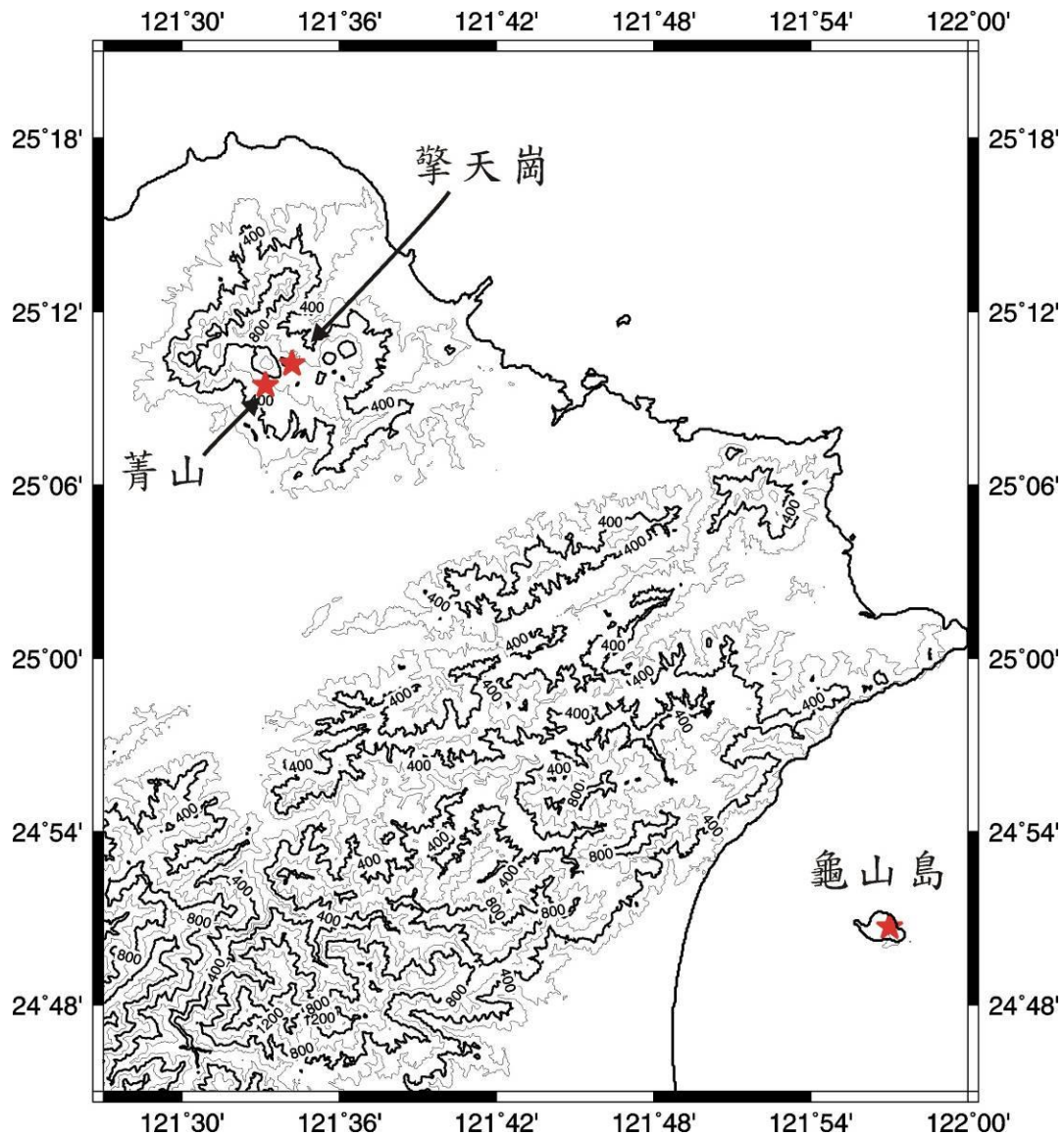


圖 4-1 龜山島站、菁山站和擎天崗站 3 口地熱監測站位置圖。位於龜山島站龜山島龜頸附近，擎天崗站位於擎天崗遊客中心機車停車場旁，菁山站位於大屯山菁山生態保育中心。

## 二、研究方法和使用儀器

本委託案量測溫度所用的儀器為台灣大學海洋研究所研發的小型熱探針（圖 4-2）（徐春田等人，2005），圓柱狀的小型熱探針長度為 24 公分，直徑為 2.2 公分，材質為鈦合金，可在強酸（pH 小於 2）和高壓（水深 4000 公尺以上）環境下工作，熱探針內部主體為一電路板和一顆 3 號電池，針頭內含一顆 PT100 白金電阻，白金電阻可反應周圍的溫度，並經由電路板儲存以及讀取溫度資料，熱探針之取樣頻率設為三分鐘一筆，記錄的資料包括熱探針編號、熱敏電阻值、

儲存檔案個數、記錄筆數、記錄起迄日期和時間、電阻轉換成電壓之原始資料等，熱探針在製作完成後經實驗室內恆溫槽溫度校正，校正後溫度準確度約為  $0.01^{\circ}\text{C}$ ，解析度約  $0.0001^{\circ}\text{C}$ ，熱探針約每兩年校正一次。熱探針內之資料系以 RS-232 傳輸方式，使用 xtalk 軟體下載至手提電腦中，其內部電路板上的快閃記憶體可記錄約 32 萬筆資料，以 3 分鐘之取樣頻率，可連續儲存資料約兩年（Chang and Shyu, 2011）。

小型熱探針全重約 230 公克，使用直徑 3mm、長 300-500 公尺的尼龍繩懸掛熱探針，每口井依深度不同約每 10-50 公尺懸掛一根，總共懸掛 7-14 根（圖 4-3），以測得不同深度的地溫。擎天崗站因井底 470 公尺處已達  $106^{\circ}\text{C}$ ，一般的電子儀器均無法耐此高溫，因此將熱探針拆解，溫度感應器放在井底 470 公尺處，記錄器則放在地表儀器箱內。工作人員約每一至兩個月到各測站收取資料，並進行熱探針、纜線、支架等整個系統的維護，若有問題盡量當場予以排除（例如溫度記錄器內電池電壓不足 3.4 伏特則予以更換），若無法解決，則帶回研究室處理。



圖 4-2 小型熱探針機殼及內部零件(上圖)和外觀（下圖）。

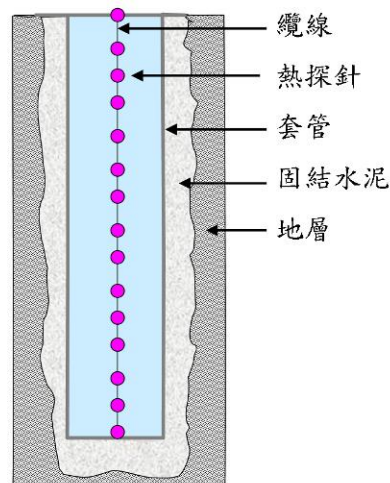


圖 4-3、地溫監測示意圖。一般地溫井約數百公尺，內置小型熱探針(溫度記錄器)，小型熱探針以纜線懸吊，收取資料時將纜線從井裡拉出，將溫度下載資料後，再把纜線放回井內。

### 三、資料收集、處理分析與討論

本年度各測站收集資料均有 5-6 次，平均約 2 個月一次，各測站收集日期如表 4-1，菁山站各溫度記錄器除電池沒電無資料記錄外，一切正常，溫度記錄器目前無損壞。擎天崗測站溫度記錄器已出現陸續故障，深度 470 公尺的記錄器今年很不穩定，每次換完電池只能維持數天，11 月 17 日收資料時，已故障，無法再進行監測。龜山島各溫度記錄器除 sn101 故障外，其餘都正常運作。各測站儀器損壞情形下：

測站	原有記錄器個數	目前剩餘可用記錄器個數	備註
菁山	11	11	
擎天崗	7	4	
龜山島	14	14	損壞一個，但已更換

野外下載熱探針資料時，有時因環境或電腦 USB 界面供電不穩定而產生輸

人性雜訊，使繪製溫度曲線時出現釘型讀值圖形（spike），由於地底下的溫度通常都非常穩定，突然的溫度上升或下降都不太可能，要去除這種釘型雜訊，可用目測方式挑出即可，但若雜訊數量太多，則可取溫度記錄前後連續一百筆數據並計算其標準差，若該溫度記錄讀值落在兩倍標準差以外，大概就可視為雜訊，在去除雜訊前需把該雜訊的資料存檔並進行比對，假如各個熱探針去除的雜訊都是發生在同一個時間，則該雜訊有可能是訊號，因為各熱探針要在同一時間產生雜訊的機率並不大，其次，若是地下真正有熱源（或冷源）的產生而使地溫突然上升或下降，則當熱源離去後，地溫回溫過程中，溫度會成指數型的衰減曲線，這是分辨雜訊和訊號最好的方式之一。另外，當收取完熱探針資料並將熱探針放回井內時，熱探針的溫度與井內溫度並不一樣，這時若監測井是乾井（例如菁山和龜山島測站），則因空氣的導熱性很差，熱探針很不容易與井周圍的溫度平衡，往往要經數十小時以後，千分位才會一致，因此每收取一次資料，大該要損失一至兩天的資料量，監測井若是水井，則數分鐘後即可達到溫度平衡。

所有測站的原始溫度資料的日平均值列於第 3.4 節中，各測站各深度的地溫監測結果如下。

### 3.1 菁山站

本測站記錄資料從 2007 年 9 月 20 日至 2013 年 11 月 16 日，記錄深度從 20 公尺至 200 公尺（圖 4-4.1~圖 4-4.13），各深度監測結果如下：

1. 本測站今年監測結果，並未發現明顯溫度異常現象，各深度溫度的分佈與去年約略相同，介於 17.17 至 21.46℃ 之間。
2. 溫度變化以深度 100 公尺分上下兩層（圖 4-4.1），淺於 100 公尺的溫度變化大，其中以深度 40 公尺的溫度變化最大，振幅可達 4.48℃，溫度變化跟雨量有關，尤其是淺於 60 公尺的部分，影響最顯著，下雨時，地底下溫度可以從淺處（20 公尺）往深處（100 公尺）呈時間序列上的變化，時間約 40-50 小時，一般地表水既使沿岩層的裂縫往地底下流動，也不太可能數十小時就

流動上百公尺，因此，其原因可能是地表水沿套管與地層間的裂隙下滲。雨停後，地下溫度的變化也是以指數型態回升或回降，符合熱事件之溫度擴散理論。

3. 各深度的溫度都有長期下降的趨勢，從 2006 至今約 7 年的期間，各深度溫度下降 0.1-0.7℃ 不等。
4. 淺於 60 公尺的溫度變化有年週期（圖 4-4.2 ~ 4-4.4），但各深度溫度最高月份都在九月附近，並沒有相位差，因此 60 公尺內溫度的變化可能不是以熱傳導為主。
5. 深度 80、100、110 公尺的溫度變化在高頻部分有大振幅的顫抖現象（圖 4-4.5 ~ 4-4.7），一般地下水井井壁附近有地下水流動時，會造成溫度不穩定而形成這種顫抖狀溫度變化，此深度溫度的變化有可能是地下水在地層裂縫中流動所引起的。
6. 130 公尺以下的地層溫度變化較穩定，但也是有慢慢下降的趨勢（年下降約 0.11℃），不過從 2009 年下降的趨勢似乎有漸漸緩和下來（圖 4-4.8 ~ 4-4.12），緩和現象是否來自深部溫度的改變，值得後續繼續觀測。
7. 月均溫曲線顯示地溫梯度以深度 100 公尺為界主要可分成兩段，上段 0-100 公尺約 2.3 °C/100m，下段 100-190 公尺約 0.5 °C/100m（圖 4-4.13），上段梯度大，梯度變化也較大，梯度變化大，是因為受到季節及雨量的影響，下段梯度變化較小，較不受氣候或雨量影響，應較接近本口井附近淺部的地溫梯度。
8. 本測站深度 20~200 公尺的背景平均溫度為 19.19~21.14℃，各深度溫度變化的標準差為 0.0093~0.7166 °C（表 4-2）。

### 3.2 擎天崗站

本測站記錄資料從 2007 年 4 月 11 日至 2013 年 11 月 17 日（圖 4-5.1~圖 4-5.11），各熱探針監測結果如下：

1. 本測站從深度 10 公尺至 470 公尺，最低溫度 17.72℃，最高溫 106.02℃（圖 4-5.1），其中 180 公尺附近的溫度約 25.0℃，比同深度鄰近的菁山站高約 4.0℃（但比龜山島站低約 3.8℃），顯示本測站在大屯火山區較接近熱源。
2. 深度 10 公尺的溫度呈現明顯的年變化週期（圖 4-5.2），振幅約 0.05℃，且溫



度長期下降趨勢不變，2007 年至今已下降約  $0.85^{\circ}\text{C}$ ，此現象非常奇特，使所有觀測溫度中，唯一一個具明顯年變化週期，且溫度持續大幅度下降，其原因有待進一步討論。

3. 深度 100 公尺至 250 公尺的溫度剛開時有 3-4 個月快速升高現象（圖 4-5.3 ~4-5.6），這是鑽井完後地層的回溫現象，一般回溫時間需數天至數個月，回溫曲線與地層熱學參數有關，地層回溫後，溫度似乎有慢慢升高趨勢，此趨勢維持約 4 年，這兩年來則沒有再升高。
4. 井底 470 公尺的溫度似乎有持續上升現象（圖 4-5.8），很可惜記錄器於 11 月 17 日收取資料時發現已經故障。此深度溫度 4 年累計上升約  $1.5^{\circ}\text{C}$ ，由於井底溫度最高，最靠近熱源，後續是否會繼續上升值得注意，建議委託單位能編列預算修復該測站。
5. 垂直地溫剖面在 200 公尺附近有一轉折點（圖 4-5.9），大約以深度 200 公尺為界可分為上下兩層，上層的地溫梯度約  $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ，下層的地溫梯度約  $29.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。200 公尺以上的低地溫梯度現象與菁山測站情形相同，如果低地溫梯度是熱對流效應所引起的，則可推測本區域地下水可能存在一個 200 公尺厚度的對流包。
6. 本測站深度 10~470 公尺的背景溫度為  $18.16 \sim 105.19^{\circ}\text{C}$ ，各深度溫度變化的標準差為  $0.2321 \sim 0.7139^{\circ}\text{C}$ （表 4-3）。

### 3.3 龜山島站

本測站記錄資料從 2006 年 7 月 20 日至 2013 年 11 月 19 日，各深度溫度監測結果如下：

1. 本測站溫度分佈介於  $20.54$  至  $34.26^{\circ}\text{C}$ （圖 4-6.1~4-6.15），是 3 個測站中同深度溫度最高者，從各深度之溫度變化顯示整口井大部分深度的溫度都有慢慢下降趨勢。
2. 溫度梯度可分成兩段，0-100 公尺為  $-1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，100-270 公尺為  $9.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ （圖 4-6.16），地溫梯度型態跟擎天崗測站類似，龜山島測站可能也有地下水對流作用影響地溫的分佈，但其影響程度較淺，只有 100 公尺左右。
3. 2004-2009 年夏季觀測到數次熱脈衝事件，溫度變化幅度約  $-0.023 \sim -0.015^{\circ}\text{C}$ （圖 4-6.17），經比對颱風侵台時間，發現兩者非常吻合（凱米：2006 年 7 月 24 日、聖帕：2007 年 8 月 18、柯羅莎：2007 年 10 月 6 日、鳳凰：2008 年 7

月 28 日、辛樂克：2008 年 9 月 14 日、薔蜜：2008 年 9 月 28、莫拉克：2009 年 8 月 8 日），地溫的變化與颱風確實有關連，但陸上大屯山 2 口監測井並無此現象，颱風造成龜山島地溫變化之機制目前並不清楚。有學者（Liu, 2009）研究指出颱風的低氣壓會引發臨界應力的地震，是否颱風的低氣壓影響龜山島岩石的應力，進而造成地層中孔隙水發生位移，導致地溫產生細微的變化（Chiang et al., 2010），值得進一步討論。

4. 深度 210-240 公尺的地溫顫抖情形越來越明顯，如果顫抖的地溫跟地下水流動有關，有可能該深度的地層裂縫發生變化，同時期，250 公尺的地溫，反而從顫抖狀態變成較穩定狀態，這些現象都值得後續進一步觀察。
5. 深度 260 公尺和 270 公尺有兩處溫度緩慢下降後又突然快速上升，隨後又緩緩下降，深度 230 公尺於 2011/2/2 也有發生溫度快速下降後又急速升高現象，但溫度上升曲線不同，這些溫度變化很少見，其發生機制不清楚。
6. 本測站深度 30~270 公尺的背景溫度為 22.04~33.94℃，各深度溫度變化的標準差為 0.0166~0.2757℃（表 4-4）。

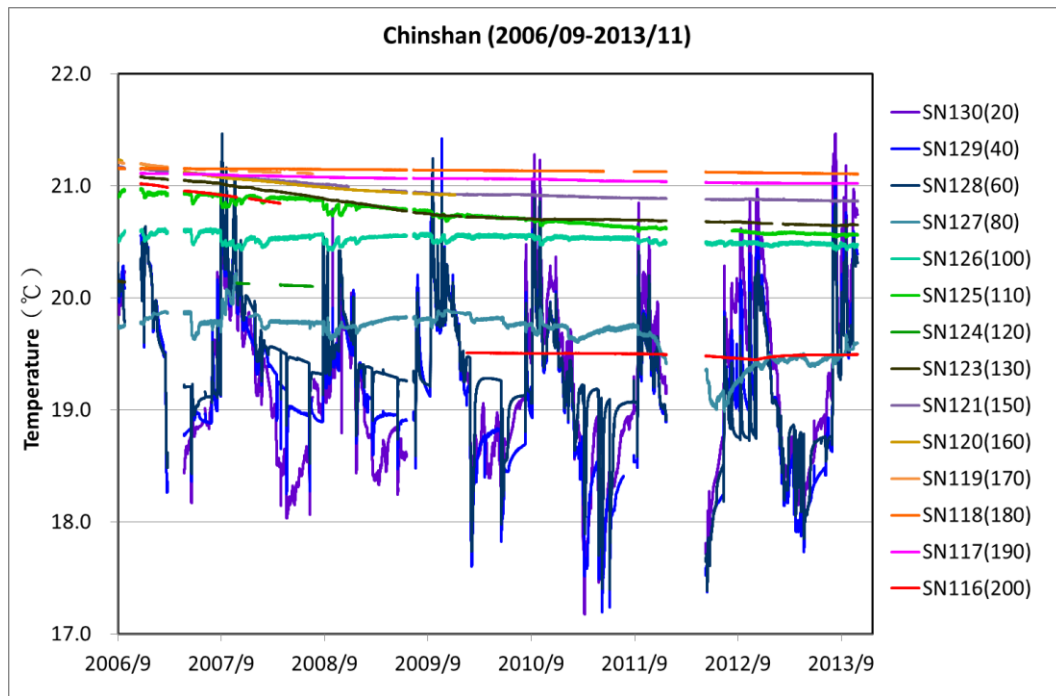
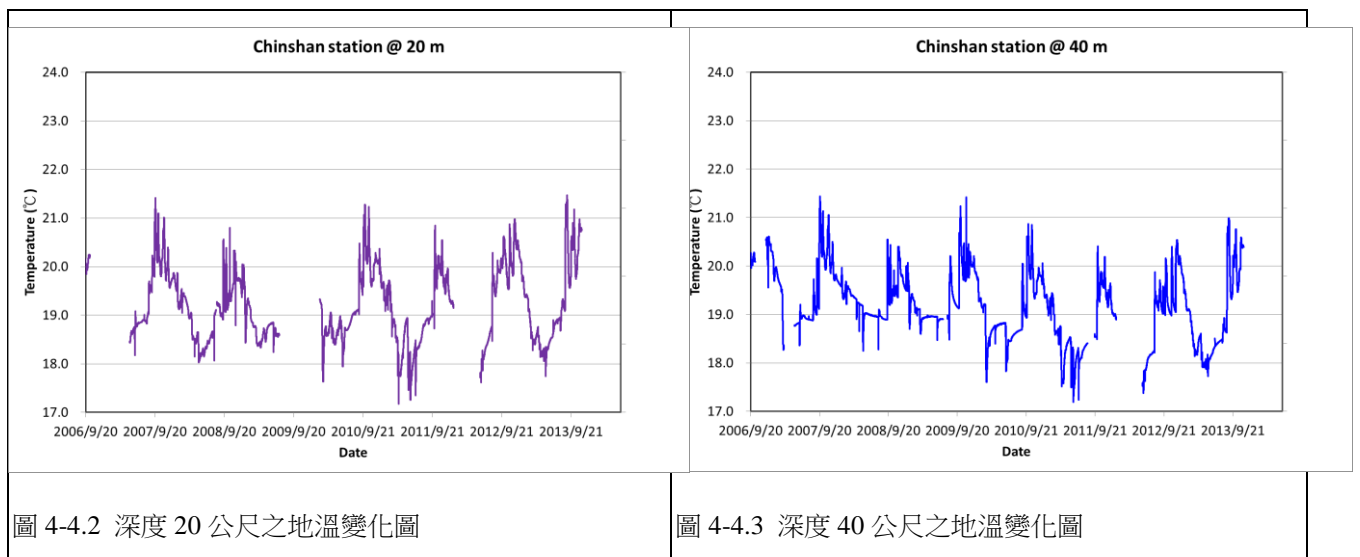
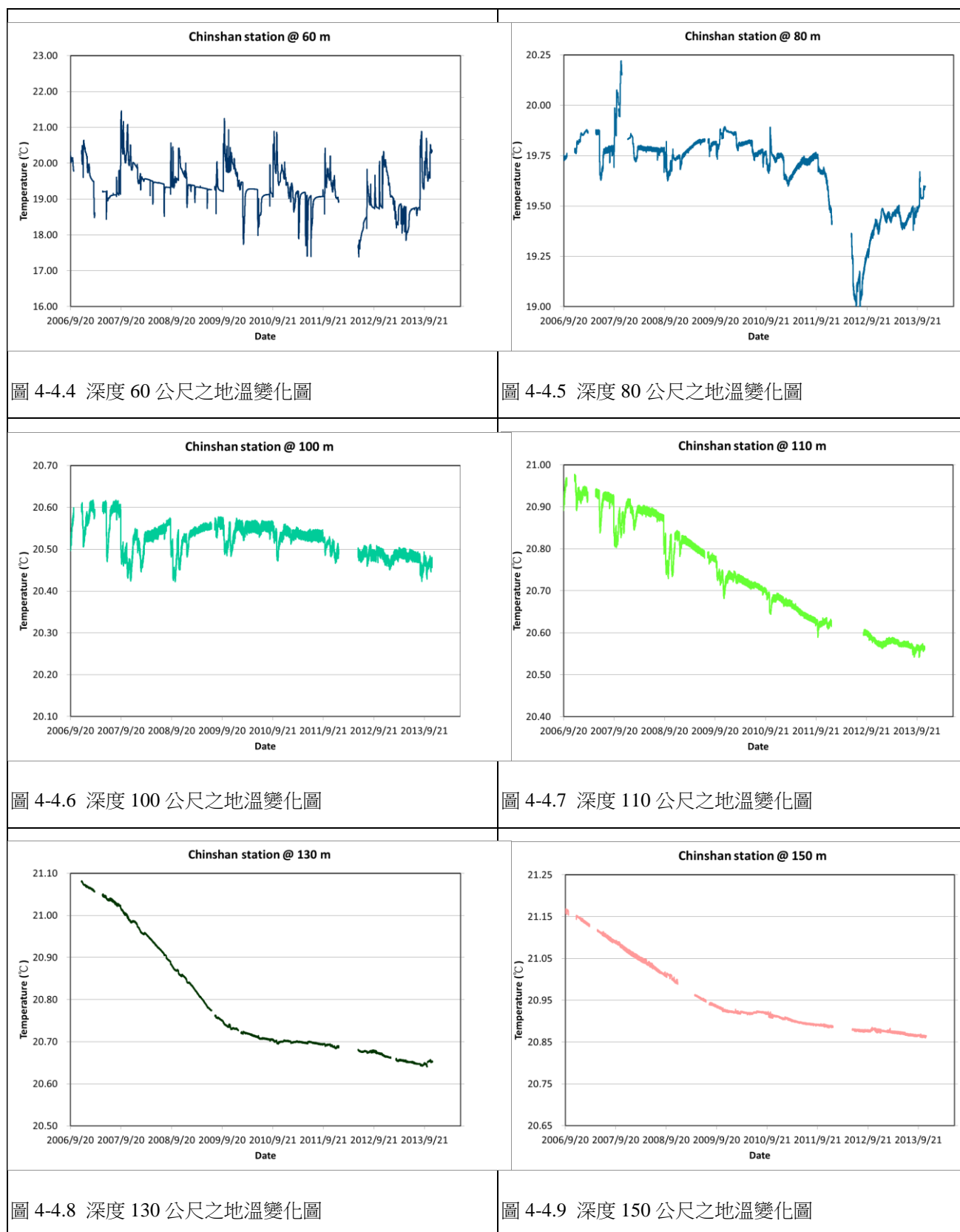
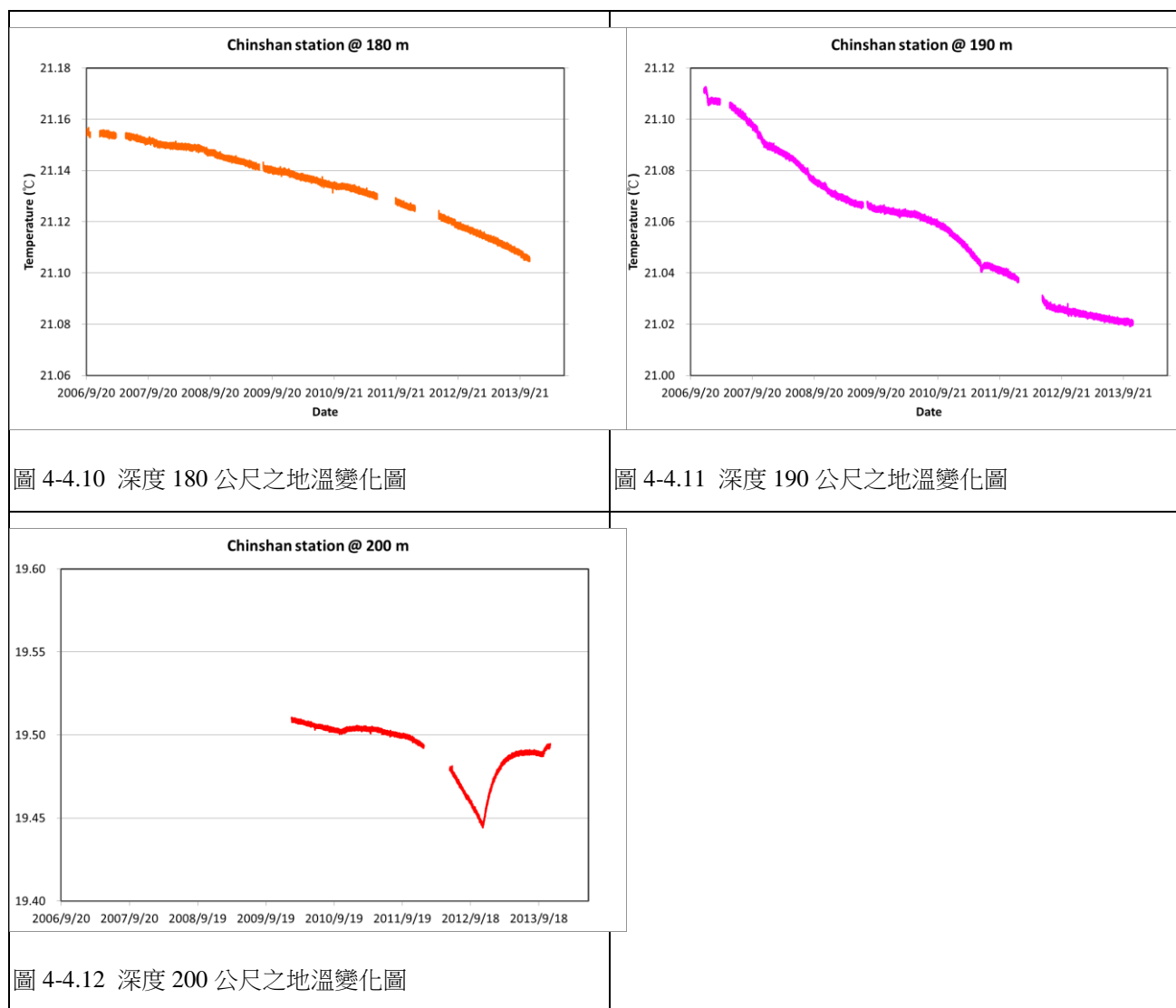


圖 4-4.1 菁山測站 2006 年 9 月 20 日至 2013 年 11 月 19 日各深度溫度變化圖。  
淺於 60 公尺的溫度受降雨影響，溫度變化訊號振幅大、頻率高，而且有長期下降趨勢，過去 7 年來下降約 0.6°C。







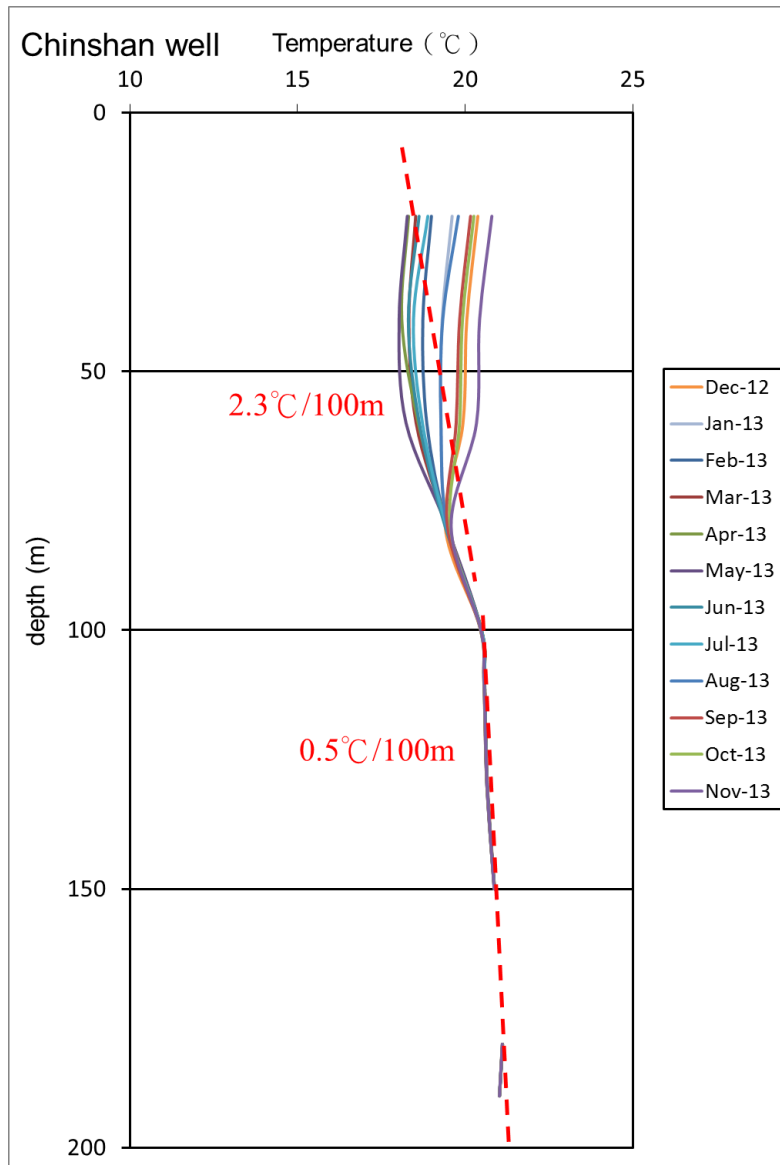


圖 4-4.13 菁山站 2012 年 12 月至 2013 年 11 月之月平均地溫梯度，深度 0-100 公尺約 2.3°C/100m，深度 100 公尺以下約 0.5 °C/100m。

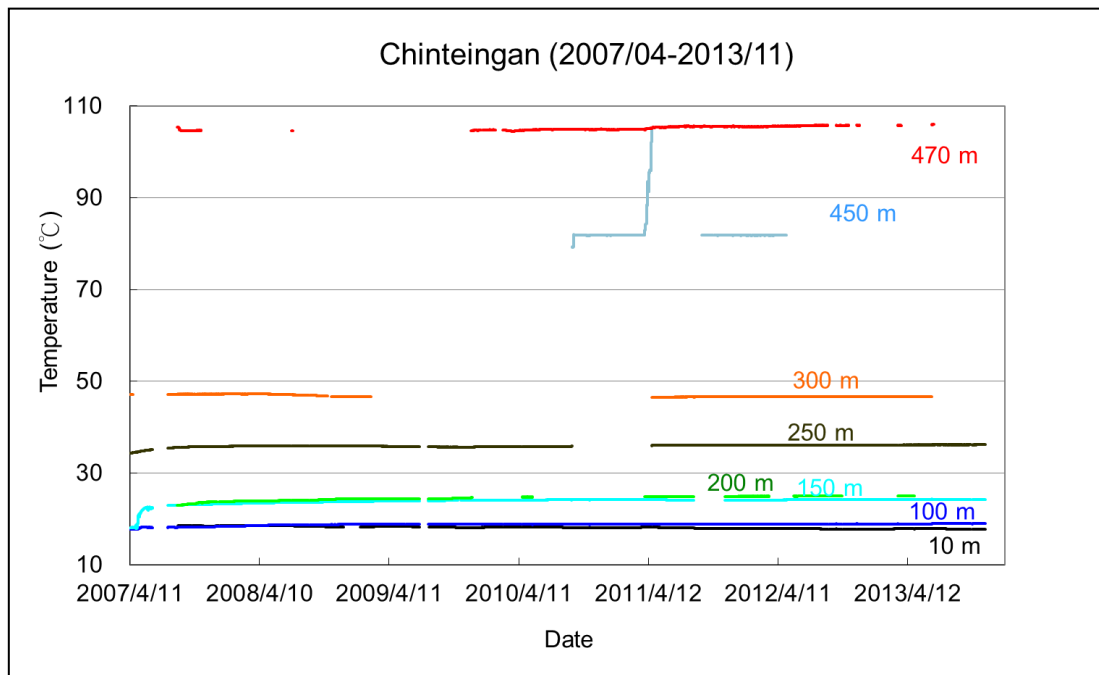


圖 4-5.1 擎天崗測站 2007 年 4 月 11 日至 2013 年 11 月 17 日各深度溫度變化圖。

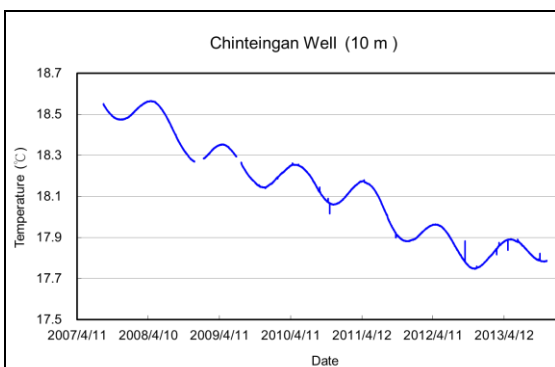


圖 4-5.2 深度 10 公尺之地溫變化圖

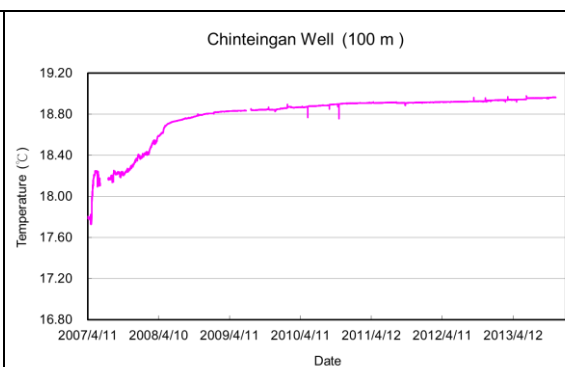


圖 4-5.3 深度 100 公尺之地溫變化圖

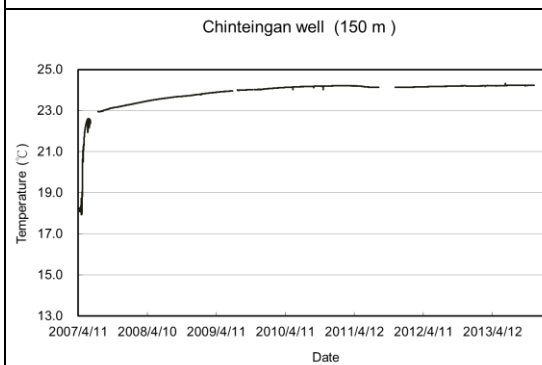


圖 4-5.4 深度 150 公尺之地溫變化圖

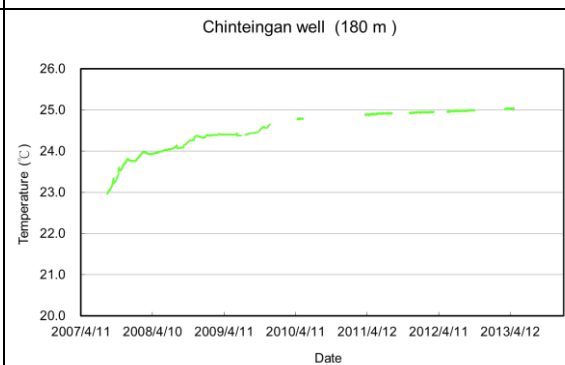


圖 4-5.5 深度 180 公尺之地溫變化圖

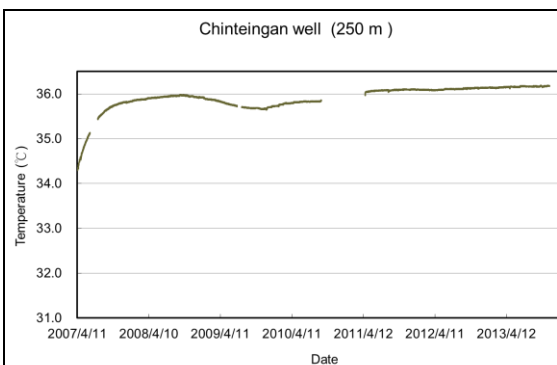


圖 4-5.6 深度 250 公尺之地溫變化圖

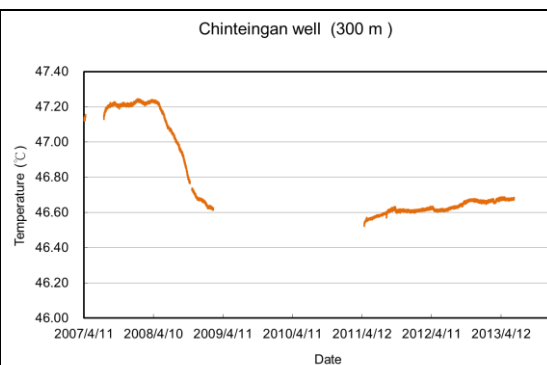


圖 4-5.7 深度 300 公尺之地溫變化圖

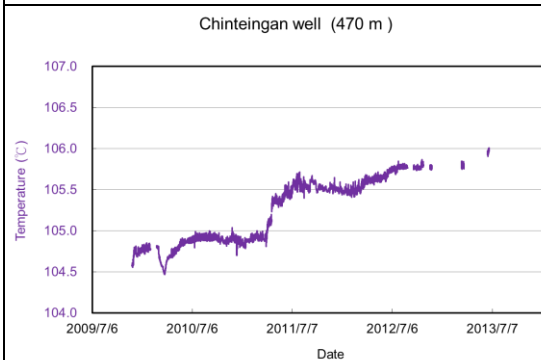


圖 4-5.8 深度 470 公尺之地溫變化圖



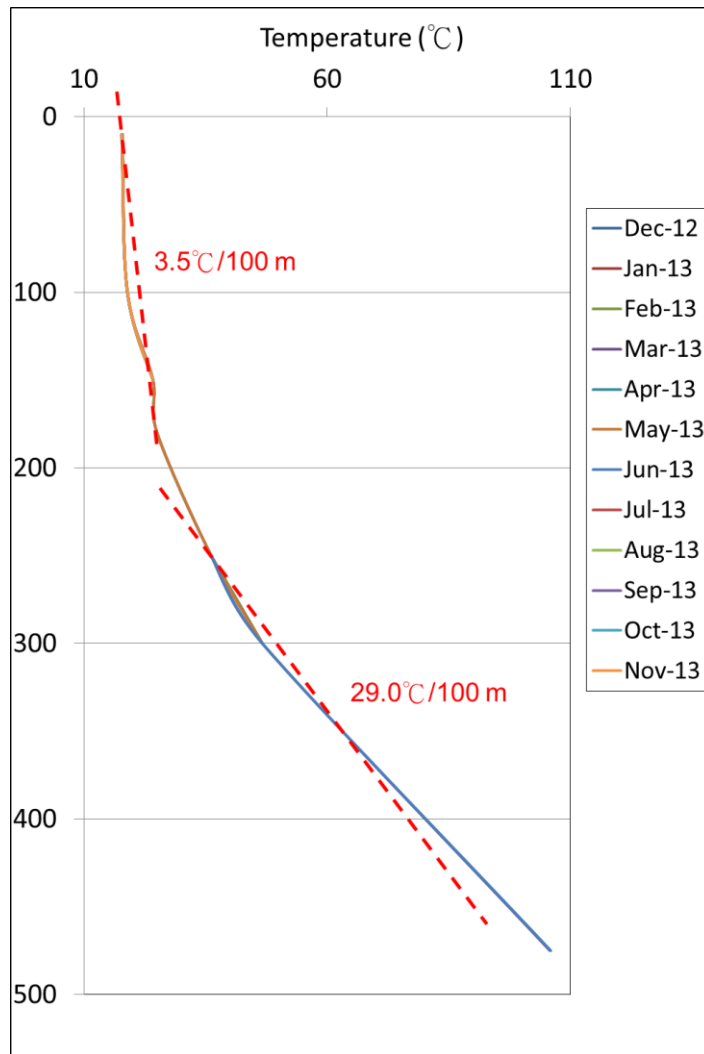


圖 4-5.9 擎天崗測站 2012 年 12 月至 2013 年 11 月之月平均地溫梯度。月平均地溫梯度很明顯可分成兩段，上段 3.5°C/100m，下段 29.0°C/100m，整口井平均約 4.7°C/100m。

龜山島 (2006/07-2013/11)

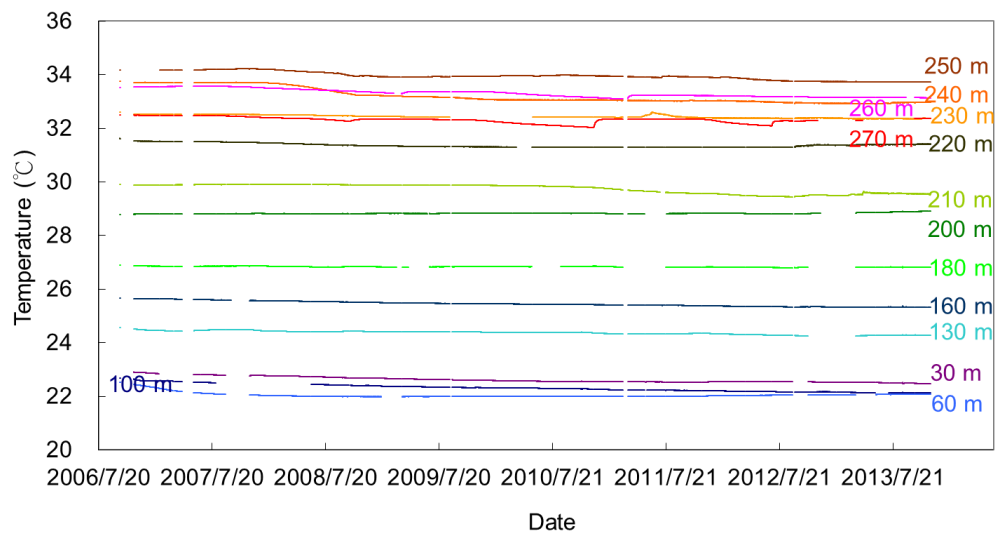


圖 4-6.1 龜山島測站 2006 年 7 月 20 日至 2013 年 11 月 19 日各深度溫度變化圖。

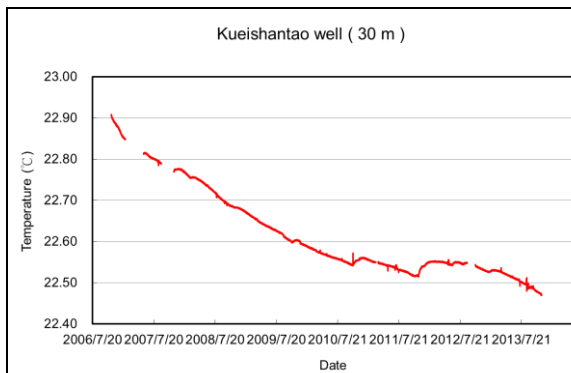


圖 4-6.2 深度 30 公尺之地溫變化圖

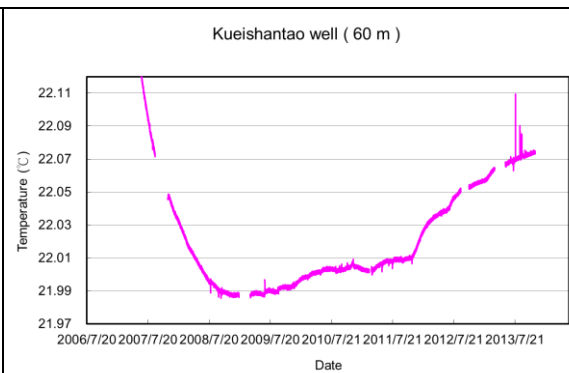


圖 4-6.3 深度 60 公尺之地溫變化圖

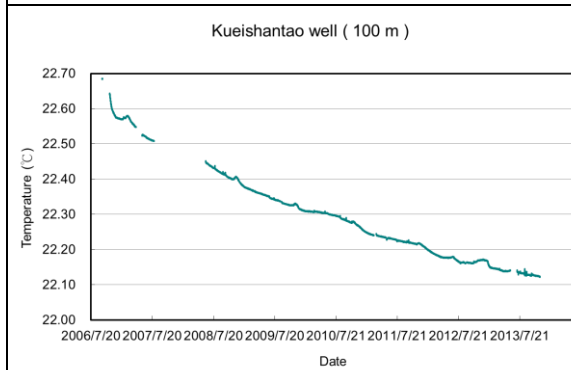


圖 4-6.4 深度 100 公尺之地溫變化圖

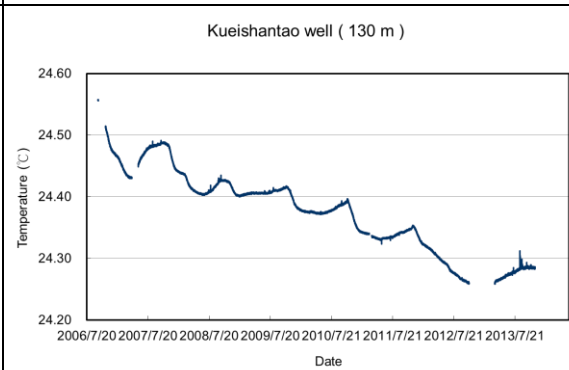


圖 4-6.5 深度 130 公尺之地溫變化圖

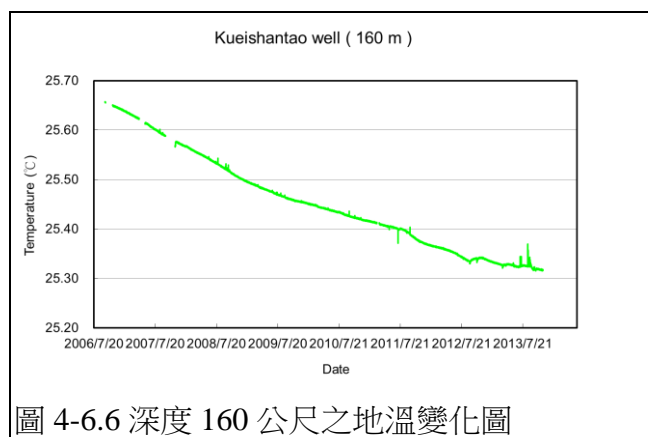


圖 4-6.6 深度 160 公尺之地溫變化圖

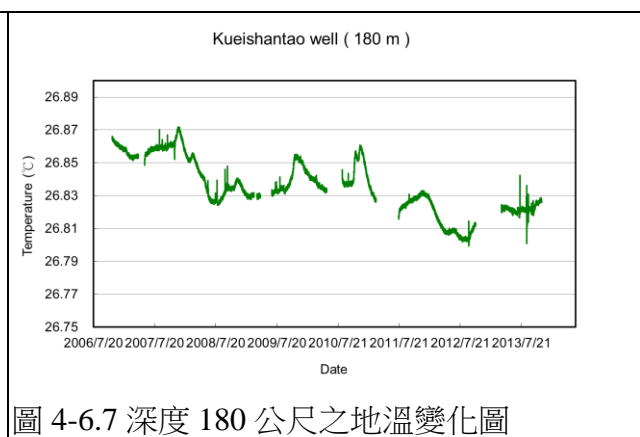


圖 4-6.7 深度 180 公尺之地溫變化圖

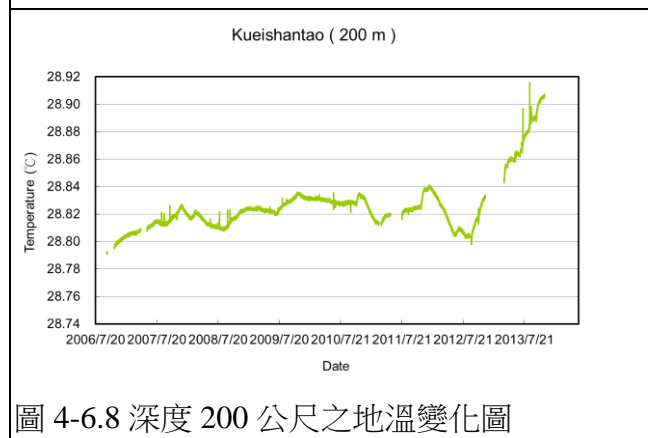


圖 4-6.8 深度 200 公尺之地溫變化圖

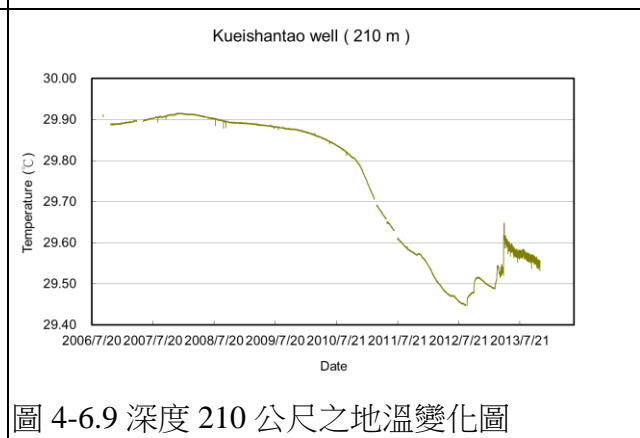


圖 4-6.9 深度 210 公尺之地溫變化圖

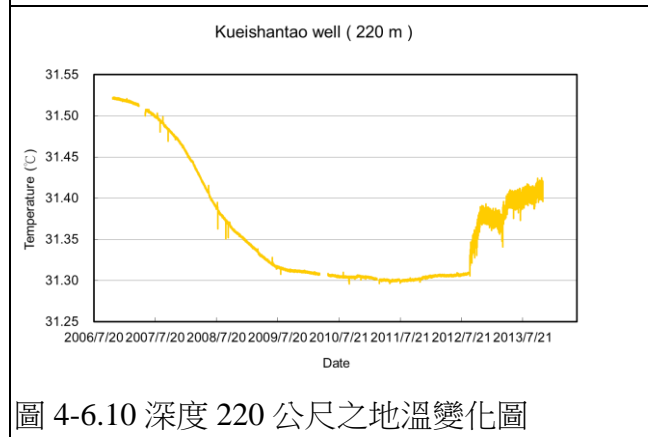


圖 4-6.10 深度 220 公尺之地溫變化圖

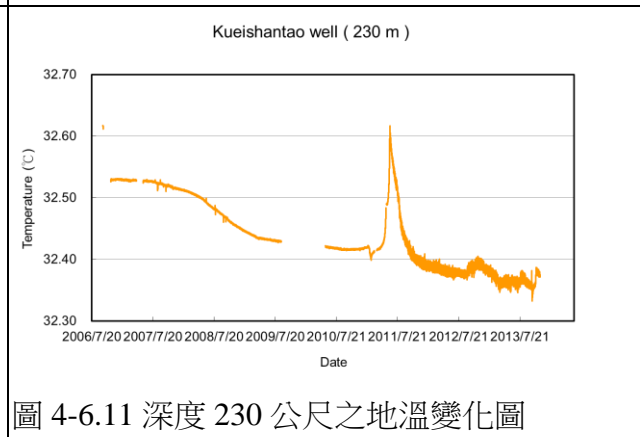


圖 4-6.11 深度 230 公尺之地溫變化圖

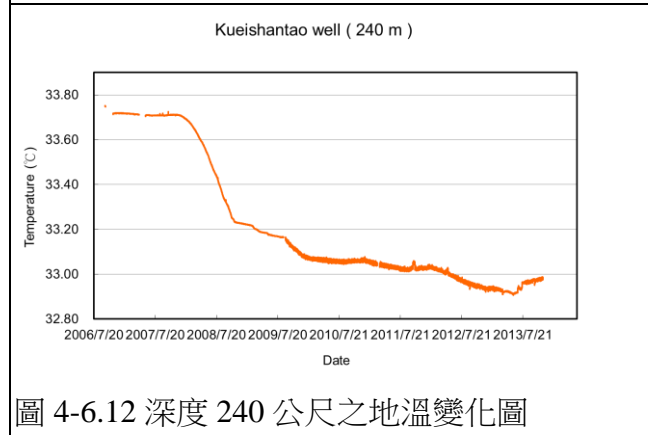


圖 4-6.12 深度 240 公尺之地溫變化圖

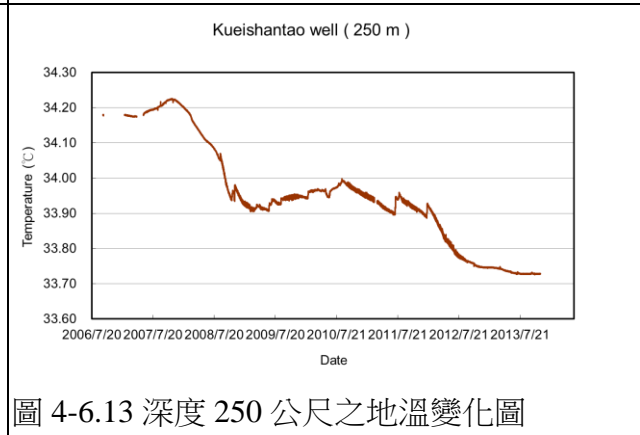
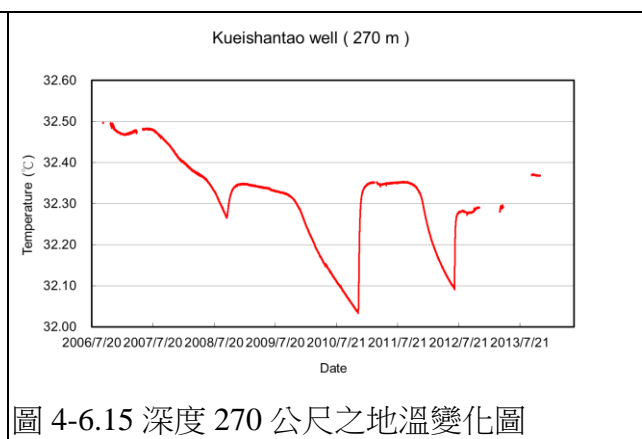
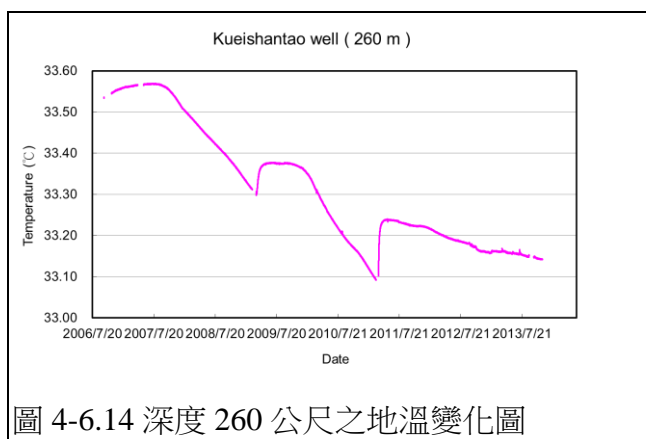


圖 4-6.13 深度 250 公尺之地溫變化圖



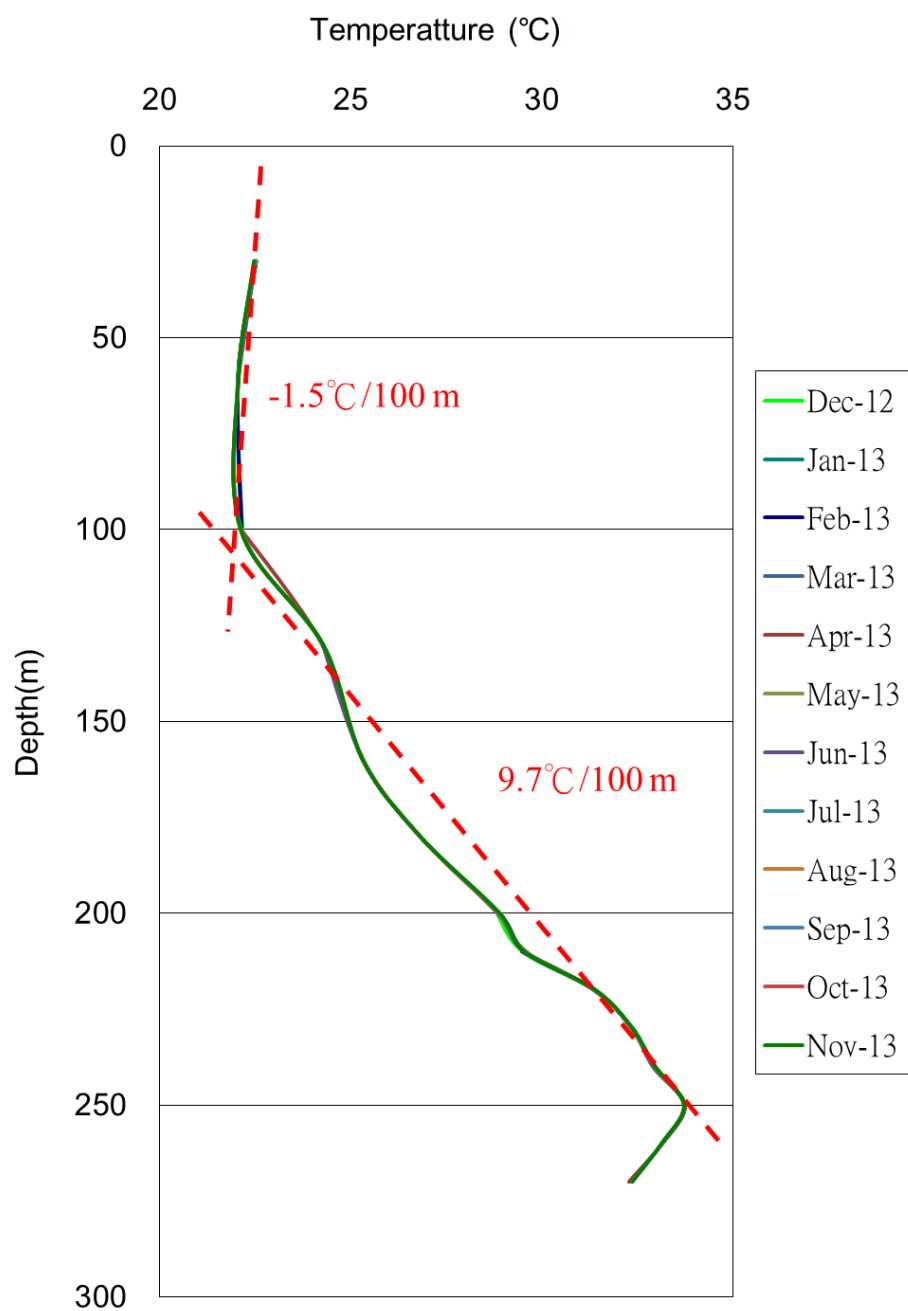


圖 4-6.16 龜山島測站 2012 年 12 月至 2013 年 11 月之月平均地溫梯度。  
月平均地溫梯度約略可分成兩段，上段  $-1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，下段  $9.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

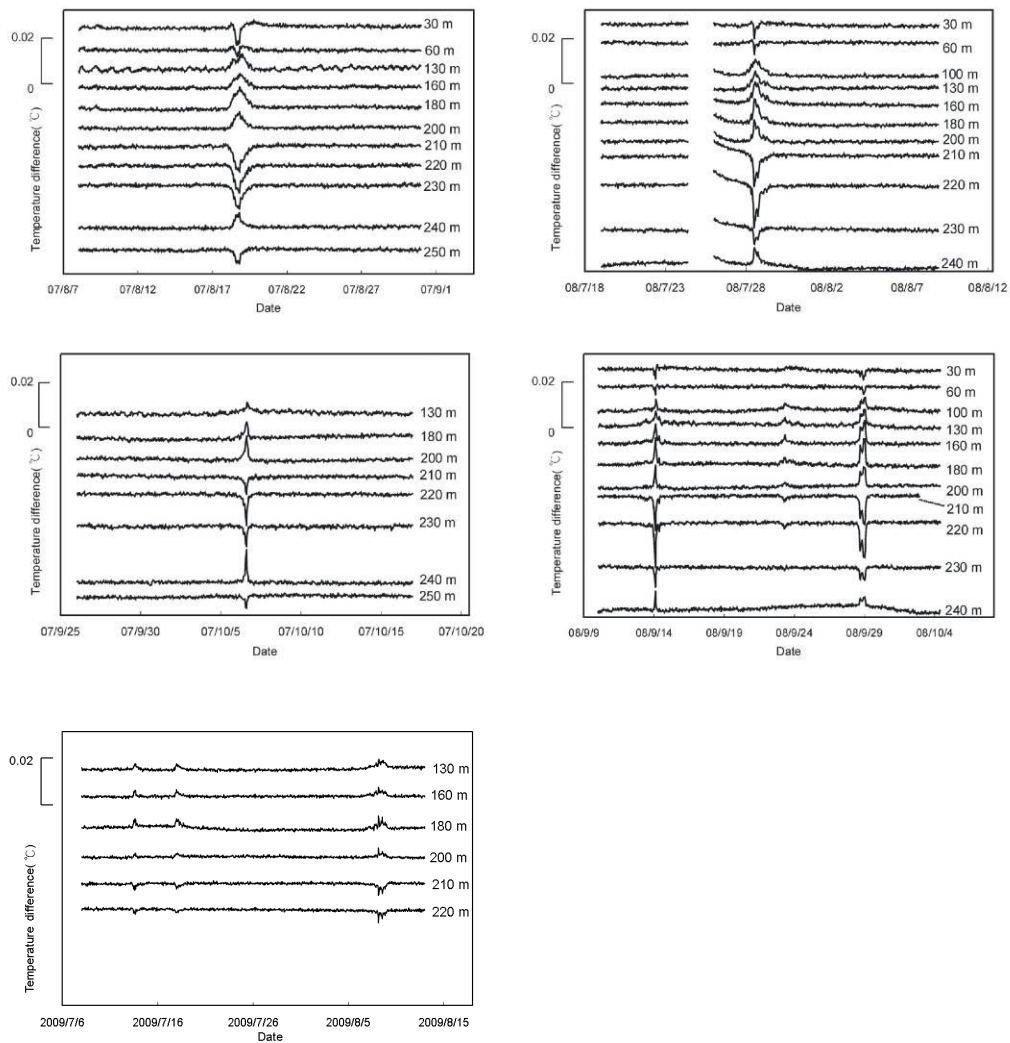


圖 4-6.17 過去監測期間於 2007、2008 和 2009 年所發現的熱脈衝現象，這些熱脈衝都跟颱風侵襲台灣的時間一致。

表 4-1 本年度各測站資料收集日期

	1	2	3	4	5	6
菁山	2/27	3/4	6/18	10/12	11/17	
擎天崗	1/26	3/4	3/16	6/19	10/12	11/17
龜山島	3/23	5/26	7/6	9/29	11/19	

表 4-2 菁山站 2006/09-2013/11 地溫之基礎資料。

深度 (m)	標準差 (°C)	平均值 (°C)
0	0.7166	19.1850
20	0.6674	19.2115
40	0.5365	19.3713
60	0.1901	19.7059
80	0.0358	20.5287
100	0.1128	20.7593
110	0.0093	20.1138
130	0.1496	20.7977
150	0.0851	20.9650
160	0.0792	21.0205
180	0.0114	21.1387
190	0.0237	21.0641
200	0.6504	19.9033

表 4-3 擎天崗站 2007/7-2013/11 地溫之基礎資料。

深度 (m)	標準差 (°C)	平均值 (°C)
10	0.2321	18.1638
100	0.2328	18.7760
150	0.7139	23.8289
180	0.4891	24.4014
250	0.2636	35.8844
300	0.2610	46.8166
475	0.3969	105.1914

表 4-4：龜山島站 2006/07-2013/11 地溫之基礎資料

depth (m)	STD	average
30	0.1017	22.6109
60	0.0827	22.0414
100	0.1259	22.2921
130	0.0638	24.3768
160	0.0945	25.4470
180	0.0166	26.8361
200	0.0202	28.8264
210	0.1669	29.7482
220	0.0713	31.3665
230	0.0583	32.4397
240	0.2757	33.2012
250	0.1452	33.9452
260	0.1438	33.3108
270	0.1100	32.3117



#### 四、參考文獻

- 徐春田、江協堂、吳書恒、張宏毅（2005），大屯火山區之地溫監測，大台北地區山腳斷層與火山活動研討會，台北，台灣，第 55-58 頁。
- 江協堂、徐春田、曹恕中、陳棋炫（2009），從地溫週期性變化推估地層原地之熱擴散係數，礦冶，第五十三卷，第二期，第 58-64 頁。
- 江協堂、徐春田（2009），量測火山體溫-地溫監測，科學發展，第 437 期，第 32-39 頁。
- 經濟部中央地質調查所（2008），大台北地區特殊地質災害調查與監測第二期，火山地質與火山活動調查與監測（1/4）。
- Aizawa, K., Koyama, T., Uyeshima, M., Hase, H., Hashimoto, T., Kanda, W., Yoshimura, R., Utsugi, M., Ogawa, Yasuo., Yamazaki, K., 2013. Magnetotelluric and temperature monitoring after the 2011 sub-Plinian eruptions of Shinmoe-dake volcano, Earth Planets Space, 65, 539-550.
- Chiang, H. T., Shyu, C. T., H. I. Chang, S.J. Tsao, C. X. Chen, 2010. Geothermal Monitoring of Kueishantao Island Offshore of Northeastern Taiwan, Terr. Atmos. Ocean. Sci., 21(3), 563-573.
- Chang, H. I., Shyu, C.T., 2011. Compact high-resolution temperature loggers for measuring the thermal gradients of marine sediments, Marine Geophysical Researches, DOI 10.1007/s11001-011-9136-y.
- Hurwitz, S., Ingebritsen, S.E., Sorey, M.L., 2002. Episodic thermal perturbations associated with groundwater flow: An example from Kilauea Volcano, Hawaii, J. Geophys. Res., 107, B11, 2297, doi:10.1029/2001JB001654.
- Keller, G.V., Grose, L.T., Murray, J.C., Skokan, C.K., 1979. Results of an experimental drill hole at the summit of Kilauea volcano, Hawaii, J. Volcanol. Geotherm. Res., 5, 345-385.
- Liu, C.C., Alan, T., Selwyn, S., 2009. Slow earthquakes triggered by typhoons, Nature, 459, doi:10.1038.

## 附錄 野外工作紀要

### (一) 菁山測站

日期	工作紀要
2013.01.03	<p>資料：檢查測站是否有損壞，未收集資料。</p> <p>電池：未更換任何電池。</p> <p>纜線：未取出纜線。</p> <p>照相：有。</p>
2013.02.27	<p>資料：探針記錄正常。</p> <p>電池：1 SN130(3.39/3.60)探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。 ，記錄無中斷。</p> <p>繩子：1.原來的繩子正常。</p> <p>2.120m 不銹鋼線拉起來看也似乎一切正常，未受腐蝕。想再置入井內時無法順利置入，似乎一直黏到井壁，所以放在井旁，下次再帶回。</p> <p>3.有帶新買的水位計來量(碰到水會尖叫的那一台)，但也無法順利置入，似乎也是一直黏到井壁，因此無法量測水位。</p> <p>照相：有。</p>
2013.03.04	<p>資料：未收集資料。</p> <p>繩子：將不銹鋼線收回。</p> <p>照相：有。</p> <p>        本次另一工作為架設 TVO 的遠端自動傳輸系統，TVO 網路有問題，需與中研院地球所詹智丞聯絡。溫度感應器放在 100 m，溫度感應器已在實驗室內完成率定。</p>
2013.06.18	<p>資料：SN130 日期記錄有誤，資料顯示的時間是 7/17，10:25，但目前的正確時間是 6/18，10:58，有將時間修正回來。其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：1SN123(0/3.61)探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。記錄無中斷，資料出現亂碼，不知換電池前的電池量。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p>

	遠端傳輸系統：放在 100 公尺處，但下次要帶大於 10cm 的鐵環來綁在洞口，目前是綁在原來測地溫的鐵環上。
2013.10.08	<p>資料：無法收資料，可能是傳輸線有問題。</p> <p>電池：未測。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p> <p><b>TVO</b> 遠端傳輸系統：探針好像被腐蝕了，下次要帶新的來，目前綁在地溫的鐵環上看起來還好，不需要再使用其他鐵環，以免井口雜物太多。</p>
2013.10.12	<p>資料：SN127 時間，重新設定，其它探針記錄正常。</p> <p>電池：2 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>SN121(3.44/3.66)，記錄無中斷。</p> <p>SN124( ? /3.57)，記錄無中斷。有下載完整資料，但下載完就無法操作，所以換電池，不知換電池前的電池量。</p> <p>繩子：正常。明年需更換纜線、探針內的墊片、防水環等。</p> <p>照相：有。</p> <p><b>TVO</b> 遠端傳輸系統：探針雜訊太多，下次更換新探針。</p>
2013.11.17	<p>資料：各探針記錄正常。</p> <p>電池：電量正常，無更換</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p> <p><b>TVO</b> 遠端傳輸系統：11/6 前來換新探針，但是探針溫度有點問題，需重新率定，下次要帶一根率定完的新探針來放。</p>

(二) 擎天崗測站

日期	工作紀要
2013.01.26	<p>資料：未收取資料，只置放水位計。</p> <p>電池：未更換任何電池。</p> <p>纜線：水位計繩子新置放正常，溫度計纜線未拉取。</p> <p>照相：有。</p> <p>水位計：置放水位計於 16m 處，以討論井內溫度變化是否跟水位有關。</p> <p>其它：井內沒有積水，井外有人(不知是哪位善心人士)挖了一大條排水溝，井外都沒有積水了，不過地上還是濕濕的。</p>
2013.01.30	<p>資料：只收取水位計資料。</p> <p>電池：未更換任何電池。</p> <p>纜線：水位計繩子新置放正常，溫度計纜線未拉取。</p> <p>照相：有。</p> <p>水位計：資料顯示這幾天水位變動約只有 10 公分，繼續監測。</p> <p>其它：井內有點積水，井外草地微濕。</p>
2013.03.04	<p>資料：繩子都拉上來後，才發現無法收集資料，因為線有問題，拿回去測試用卻可以用，可能是山上太潮濕。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p> <p>水位計：用蜂鳴式水位計量水位，發現水位低於 50 公尺，所以放在 16 公尺處的水位計沒有作用（前次 10 公分的變化應該是氣壓變化的訊號），因此將原水位計收回。</p> <p>其它：井內積水了好多水，井外草地微濕。</p>
2013.03.16	<p>資料：1.SN 165 資料中斷。不知為何沒有記錄，上次(2012/11/20)一啟動就停止了，以一秒測試可以記錄，重設為 3 分鐘後繼續放。2012/11/20 也是沒有記錄。</p> <p>2.SN171 資料中斷(2012/11/27 ?)。</p> <p>3.其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：2 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>1.SN192(3.45/3.63)，記錄無中斷。</p> <p>2.SN171 (?/3.46)，記錄無中斷(2012/11/27 ?)。日期錯誤，不知何時中斷，換電池前無法讀取任何資料，換新電池後也只能顯示 3.46，和 2012/11/20 情形相同。但上次可讀出</p>

	<p>約 18 天資料，但這次讀出資料只有約一星期，可記錄時間越來越短了。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p> <p>其它：井內沒有積水。</p>
2013.06.19	<p>資料：1.SN 165 資料中斷，不知日期，不知為何沒有記錄，設定全部跑掉，全部重設。</p> <p>2.SN171 資料中斷(2012/03/26 ?)。不知何時中斷，換電池前無法讀取任何資料，換新電池後也只能顯示 3.45，和 2012/11/20、3/16 情形相同。前 2 次可讀出約 18 天、一星期資料，這次是約 10 天，這是連續第 3 次有類似問題。</p> <p>3.其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：3 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>1.SN164(3.45/3.64)，記錄無中斷。</p> <p>2.SN163 (3.22/3.58)，記錄無中斷</p> <p>3.SN171 ( ? /3.45)，記錄不知何時中斷，大約有 10 天的資料。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p>
2013.10.03	<p>資料：無法收資料，可能是傳輸線有問題，今天有雨，環境潮濕。</p> <p>電池：不知</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p> <p>其它：井內有積水。</p>
2013.10.12	<p>資料：無法收資料，可能是傳輸線有問題，今天沒有雨，將探針與纜線全部帶回，順便做溫度校正。</p> <p>電池：不知</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有，但只有拍 2 張。</p> <p>其它：井內有積水。</p>
2013.11.17	<p>資料：1.SN171 換電池前無法讀取任何資料，換新電池後也不能收，</p>

	<p>未取回，留在原地，因為太難拉起來了。要請鄭老板做一條 470m 的纜線。</p> <p>2.其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：1 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>SN171 ( ? / ? )，換電池前無法讀取任何資料，換新電池後也不能收</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p> <p>其它：井內有積水。</p>
--	---

(三) 3 龜山島測站

日期	工作紀要
2013.03.16	<p>1.已坐船到島邊，但因湧浪太大，船家不敢靠岸，無法登島。</p> <p>2.改成去擎天崗收資料。</p>
2013.3.23	<p>資料：1.SN113 日期跑掉，重設今天日期。</p> <p>2.SN108 記錄中斷(不知中斷日期)。不知道為何記錄中斷，電池還有電，也可以順利收取記錄。</p> <p>3.SN101 記錄中斷(不知中斷日期)。未換電池時，讀不出任何記錄，也不知電池量，換電池後可以下載記錄，設定全部跑掉，全部重設。</p> <p>4.其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：2 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>1.SN103 (3.34/ 3.58 )，記錄無中斷。</p> <p>2.SN101 ( ? /3.56)，記錄中斷(不知中斷日期)，未換電池時，讀不出任何記錄，也不知電池量。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p>
2013.05.26	<p>資料：1，SN101 記錄中斷(不知中斷日期，只記錄約 3 個星期)。未換電池時，讀不出任何記錄，也不知電池量，換電池後可以下載記錄，記錄中斷，設定全部跑掉，全部重設。</p> <p>2，其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：1 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>1，SN101 ( ? /3.59)，記錄中斷(不知中斷日期，只記錄約 3 個星期))，未換電池時，讀不出任何記錄，也不知電池量。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p>
2013.07.06	<p>資料：1，SN115 因操作有誤，以致遺失記錄。</p> <p>2，SN101 這次雖可順利下載資料(前 3 次的記錄都有缺失)，但資料的值有誤，將探針帶回。</p> <p>3，其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：1.3 探針(SN107、105、102)下次需更換電池，這次沒帶電池。</p>

	<p>2.SN101 未記到電池值，且收得之資料有誤，已帶回。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p>
2013.09.29	<p>資料：1.SN102 未換電池時，讀不出任何記錄，也不知電池量，換電池後可以下載記錄，記錄中斷(不知中斷日期，應該有 1 個多月的資料)，設定全部跑掉，但因為怕電腦電池不夠，所以只有先啟動，並未重設。</p> <p>2.270 公尺的探針由從前的 SN101 改為 SN144。</p> <p>3.其餘探針記錄正常。</p> <p>電池：4 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>1.SN109 (3.46/3.57)，記錄無中斷。</p> <p>2.SN107 (3.33/3.64)，記錄無中斷。</p> <p>3.SN105 (3.34/3.62)，記錄無中斷。</p> <p>4.SN102 ( ? /3.57)，記錄中斷(不知中斷日期，應該有 1 個多月的資料)，未換電池時，讀不出任何記錄，也不知電池量。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有，並拍攝許多龜山島照片供書選配。</p>
2013.11.19	<p>資料：探針記錄正常。</p> <p>電池：2 探針更換電池(刮弧內為更換前/後電量)。</p> <p>1.SN110 ( ? /3.54)，記錄無中斷，未換電池前讀不出任何資料，換完電池後順利讀出。</p> <p>2.SN106 (3.47/3.60)，記錄無中斷。</p> <p>繩子：正常。</p> <p>照相：有。</p>



## 第五章、結論

- 1、本研究中，各地區之氮同素比值成份，以及主要火山氣體成分隨時間的連續觀測結果，大致上都未隨著時間有顯著的變化，表示在過去數年來，本地區底下的逸氣系統相當的穩定。
- 2、2013 年 3-4 月份間大油坑之 HCl 濃度有突增之趨勢，唯其噴氣口溫度與 Total S/CO<sub>2</sub>並未產生同步變化，顯示此事件可能僅為一區域逸氣通道之改變。
- 3、八煙土壤氣體連續監測站是繼小油坑地熱區後在大屯火山群內第二座監測站，自 2012 年底起開始累積連續資料，至今二氧化碳逸氣通量和濃度最高值分別為 1876 g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> 和 29.8 %。
- 4、本年度監測結果在 2 月中至 4 月中出現二氧化碳逸氣通量相對高值，其他時段都處平穩期間，沒有太大的變異，推論目前仍處於平靜的狀態。
- 5、大屯火山群中的溫泉水質和陰陽子濃度隨時間有變化，其控制因素可能與地下的流體活動有關。大屯火山群中的溫泉水質和陰陽子濃度本年度相對穩定，變化不大。
- 6、大屯火山群中的四個溫泉水連續監測站之水質和水化學呈現相當穩定的狀態，隨時間的變化不大。
- 7、本委託案為監測大屯火山區菁山、擎天崗兩口地溫井和龜山島一口地溫井之井內溫度變化，溫度監測結果發現，菁山站、擎天崗站和龜山島站各井內深度溫度分佈分別介於約 17.17~21.46℃、17.72~106.02℃和 20.54~34.26℃，各深度溫度變化之標準差分別約 0.0093~0.7166℃、0.2321~0.7139℃和 0.0166~0.2757℃。
- 8、菁山站各深度地溫普遍呈現緩慢下降趨勢，各深度溫度下降 0.1-0.7℃不等，但 2009 年以後逐漸緩和，這個緩和現象是否跟深部溫度變化有關，值得後續持續觀測。0-100 公尺的地溫變化較大，係受到降雨影響。地溫梯度以深度 100 公尺為界主要可分成兩段，上段 0-100 公尺約 2.3 °C/100m，下段 100-190 公尺約 0.5

°C/100m。

- 9、擎天崗站的井底溫度約 106°C，顯示本測站可能較靠近大屯火山區的熱源。深度 10 公尺的溫度呈現明顯的年變化週期，振幅約 0.05°C，且溫度長期下降趨勢不變，2007 年至今已下降約 0.85°C，原因有待進一步討論。地溫梯度以深度 200 公尺為界大致可分為上下兩段，上段約 3.5°C/100m，下段約 29.0°C/100m，下段的高地溫梯度可能是因離熱源較近。大屯山兩個測站淺於 200 公尺的地溫梯度都偏低，可能是受地下水循環的影響，因此推測本區地下水有一厚度約 200 公尺的對流包。
- 10、龜山島測站各深度溫度變化顯示整口井溫度有慢慢下降趨勢，值得持續監測以探討其機制。地溫梯度大致可分兩段，淺於 100 公尺的梯度約-1.5°C/100m，100 公尺以下的梯度約 9.7°C/100m，下段可能比較靠近熱源，因此地溫梯度比較高。深度 210-240 公尺的地溫顫抖情形越來越明顯，顫抖的地溫可能跟該深度的地層裂縫發生變化有關。本站在 2004-2009 年觀測到與颱風有關的熱脈衝事件，溫度變化約-0.023~0.015°C 溫度，是否颱風的低氣壓影響龜山島岩石的應力，進而造成地層中孔隙水發生位移，導致地溫產生細微的變化（Chiang *et al.*, 2010），值得進一步討論。