



契約編號：101-5226904000-05-03

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(1/4)



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 101 年 12 月

契約編號：101-5226904000-05-03

經濟部中央地質調查所 101 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(1/4)

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 101 年 5 月至 101 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 101 年 12 月

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(1/4)

目 錄

摘要	IX
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) 採樣地點	11
(二) 採樣與分析方法	12
(三) 氣體樣品分析結果	15
(四) 氮同位素分析結果	22
(五) 討論	25
二、土壤氣體連續監測站	34
(一) 簡介	34
(二) 土壤氣體監測站	34
(三) 八煙臨時監測站	39
(四) 結果與討論	42
(五) 結論	49
三、參考文獻	50
第三章、溫泉水質分析與監測	52
一、溫泉水採集和分析方法	52

二、水質和水化學連續監測儀器之選用	54
1. 水化學連續監測站儀器之選用	54
2. 水質連續監測站儀器之選用	57
三、大屯火山區溫泉現地量測值	58
四、大屯火山區溫泉離子成分分析值	60
五、討論	64
1. 溫泉水質的演變	64
2. 溫泉水化學的演變	70
3. 火山流體連續監測結果	82
第四章、地溫監測	118
一、背景介紹	118
二、研究方法和使用儀器	119
三、資料收集、處理分析與討論	121
四、結論與建議	157
五、參考文獻	159
第五章、結論	160
附錄一：採樣地點月照片	162
附錄二：期末報告審查委員意見處理表	186

表目錄

表 2-1、小油坑採樣點之氣體成分組成	16
表 2-2、八煙採樣點之氣體成分組成	18
表 2-3、大油坑採樣點之氣體成分組成	20
表 2-4、氣體樣品之氮同位素比值分析結果	23
表 2-5、八煙監測站土壤氣體之成分組成	46
表 2-6、八煙監測站土壤稀有氣體同位素之成分組成	48
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	58
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(2004~2012)平均值及 2σ 值	59
表 3-3：大屯火山區溫泉水陰離子分析之結果	60
表 3-4：大屯火山區溫泉水陰離子分析之等歷年(2004~2012)平均值及 2σ 值	61
表 3-5：大屯火山區溫泉水陽離子分析之結果	62
表 3-6：大屯火山區溫泉水陽離子分析之等歷年(2004~2012)平均值及 2σ 值	63
表 4-1：本年度各測站資料收集日期	136
表 4-2 菁山站 2006/09-2012/11 地溫之基礎資料	137
表 4-3 擎天崗站 2007/7-2012/11 地溫之基礎資料	137
表 4-4：龜山島站 2006/07-2012/11 地溫之基礎資料	138

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	12
圖 2-2：噴氣孔採樣示意圖	14
圖 2-3：溫泉氣泡採樣示意圖	14
圖 2-4：本研究採樣點噴氣之氦同位素比值隨時間變化圖	26
圖 2-5：大油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖	27
圖 2-6：大油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖	28
圖 2-7：小油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖	29
圖 2-8：小油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖	30
圖 2-9：八煙噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖	31
圖 2-10：八煙噴氣孔氣體成份來源分布圖	32
圖 2-11：本研究三個採樣點噴氣中氦氣、氮氣及氬氣之三成份比例圖	33
圖 2-12：火山氣體監測站配置圖	35
圖 2-13：監測站主體外觀	36
圖 2-14：監測站主體施工圖	37
圖 2-15：監測站內部配置圖	38
圖 2-16：八煙土壤氣體監測站位置圖	40
圖 2-17：上圖為八煙臨時氣體監測站內部配置，下圖為簡易示意圖	41
圖 2-18：自 2011 年 11 月 2 日至 2011 年 11 月 8 日之氦氣濃度、 氣體濕度、氣體壓力和雨量資料	43

圖 3-18：湖山國小溫泉連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	-----	83
圖 3-19：湖山國小溫泉連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖	-----	83
圖 3-20：湖山國小溫泉連續監測站硫酸根離子監測日變化趨勢圖	-----	84
圖 3-21：湖山國小溫泉連續監測站氯離子監測日變化趨勢圖	-----	84
圖 3-22：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	-----	85
圖 3-23：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	-----	87
圖 3-24：陽明山花鐘溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	-----	87
圖 3-25：陽明山花鐘溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖	-----	88
圖 3-26：陽明山花鐘溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖	-----	88
圖 3-27：小油坑溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖	-----	90
圖 3-28：小油坑溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	-----	90
圖 3-29：小油坑溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖	-----	91
圖 3-30：小油坑溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖	-----	91
圖 3-31：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	-----	92
圖 3-32：北投紗帽路溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖	-----	93
圖 3-33：北投紗帽路溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖	-----	93
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	----	119
圖 4-2：微小型熱探針機殼及內部零件和外觀	-----	120
圖 4-3：地溫監測示意圖	-----	121
圖 4-4.1 菁山測站 2006 年 9 月 20 日至 2012 年 11 月 20 日各深度溫度變化圖	----	126
圖 4-4.2 深度 20 公尺之地溫變化圖	-----	126
圖 4-4.3 深度 40 公尺之地溫變化圖	-----	126
圖 4-4.4 深度 60 公尺之地溫變化圖	-----	127
圖 4-4.5 深度 80 公尺之地溫變化圖	-----	127
圖 4-4.6 深度 100 公尺之地溫變化圖	-----	127
圖 4-4.7 深度 110 公尺之地溫變化圖	-----	127
圖 4-4.8 深度 130 公尺之地溫變化圖	-----	127
圖 4-4.9 深度 150 公尺之地溫變化圖	-----	127
圖 4-4.10 深度 180 公尺之地溫變化圖	-----	128

圖 4-4.11 深度 190 公尺之地溫變化圖	-----	128
圖 4-4.12 深度 200 公尺之地溫變化圖	-----	128
圖 4-4.13 2011 年 12 月至 2012 年 11 月之月平均地溫梯度	-----	129
圖 4-5.1 擎天崗測站 2007 年 4 月 11 日至 2012 年 11 月 20 日各深度溫度變化圖	-----	130
圖 4-5.2 深度 10 公尺之地溫變化圖	-----	130
圖 4-5.3 深度 100 公尺之地溫變化圖	-----	130
圖 4-5.4 深度 150 公尺之地溫變化圖	-----	130
圖 4-5.5 深度 180 公尺之地溫變化圖	-----	130
圖 4-5.6 深度 100 公尺於 9/22 有熱脈衝地溫變化	-----	131
圖 4-5.7 深度 100 公尺於 9/22 有熱脈衝地溫變化	-----	131
圖 4-5.8 深度 250 公尺之地溫變化圖	-----	131
圖 4-5.9 深度 300 公尺之地溫變化圖	-----	131
圖 4-5.10 深度 470 公尺之地溫變化圖	-----	131
圖 4-5.11 2011 年 12 月至 2012 年 11 月之月平均地溫梯度	-----	132
圖 4-6.1 龜山島測站 2006 年 7 月 20 日至 2012 年 11 月 22 日各深度溫度變化圖	--	133
圖 4-6.2 深度 30 公尺之地溫變化圖	-----	133
圖 4-6.3 深度 60 公尺之地溫變化圖	-----	133
圖 4-6.4 深度 100 公尺之地溫變化圖	-----	133
圖 4-6.5 深度 130 公尺之地溫變化圖	-----	133
圖 4-6.6 深度 160 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.7 深度 180 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.8 深度 200 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.9 深度 210 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.10 深度 220 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.11 深度 230 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.12 深度 240 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.13 深度 250 公尺之地溫變化圖	-----	134
圖 4-6.14 深度 260 公尺之地溫變化圖	-----	135
圖 4-6.15 深度 270 公尺之地溫變化圖	-----	135
圖 4-6.16 2011 年 12 月至 2012 年 11 月之月平均地溫梯度	-----	135

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 ----- 136

摘 要

從大屯火山的長期觀察結果來看，1999 年到 2003 年之間，氣體成分並沒有重大改變。從 2004 年 8 月之後，大油坑的氣體樣品在 HCl 含量以及 SO₂/H₂S 比值開始有明顯的變化，這些異常現象和溫度上升有一致性的改變，而大屯火山其他地區則維持穩定。大油坑的異常現象可能和岩漿活動或是底下裂縫增加/變大有關。2010 年中在大部分採樣點發生一次短暫的 HCl 含量同步增加的現象，目前(2012)又回復穩定。由於變化期間在大屯火山地區並沒有大規模地震發生，是否與微震活動有關則還有待釐清。

針對大屯火山群中五個溫泉監測點，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。但本年度除了地熱谷水質(TDS、導電度和溫度)有較大的變化外，其餘顯現相對穩定，無明顯火山流體向上增加的趨勢。

本委託案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結果，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 2.6 °C/100m，下段 100-190 公尺約 0.6 °C/100m。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°C/100m，200-470 公尺約 29.0°C/100m，本站 2010 年和 2011 年共發現 5 次與氣候無關的熱脈衝事件，今年於 10 和 100 公尺於 9/22 發現一熱脈衝，這些熱脈衝可能都跟地下水變動有關，井下 10 公尺的溫度地表氣溫影響成年週期變化，振幅約 0.5°C，5 年來下降約 0.7°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，地溫梯度於井下 0-100 公尺約-1.5°C/100m，100 公尺以下的梯度約 9.7°C/100m，本站在 2004-2009 年夏季期間發現數個熱脈衝事件，井下各深度溫度變化約-0.023~0.015°C 溫度，熱脈衝發生時間與颱風侵襲台灣的時間吻合，其原因有可能是颱風的低氣壓影響地殼的應力，應力變化影響孔隙水的位移因而改變了地下溫度場。

Abstract

The results of long-term observation in the TVG area show that there is no significant change in gas composition from 1999 to 2003. However, since August 2004, progressive increases of HCl concentrations and SO₂/H₂S ratio in fumaroles from Da-you-keng have been observed. These variations were accompanied by rising temperature of fumaroles. We propose two possible processes, 1) new magma supply and 2) recent opening of fractures in local area, to explain these observations. In 2010, brief increases of HCl concentrations were observed in most sampling sites simultaneously. There is no large-scale earthquake take place in this period. We need to check if this phenomenon is associated with microseismic activity.

We collected a sample per month from 5 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 for several years. The results show that the borehole temperatures were decreased gradually in Chinshan wells during the observation period. The thermal gradient is 2.6 °C/100m between 0 and 100 meters and 0.6 °C/100m between 100 and 190 meters subsurface. Due to the high temperature at the bottom of the borehole, the Chingtiagang well is suggested to be located close to the heat source. The thermal gradient of Chingtiagang well is 3.5 °C/100m between 0 and 200 meters and 29.0 °C/100m between 200 and 470 meters subsurface. Five independent heat pulses have been found from 2010 to 2011. In addition, a heat pulse occurred at

depths 10 and 100 meters was found on Sept. 22, 2012. These significant heat pulses may relate to the fluctuations of groundwater levels. Besides, annual variation with 0.5°C amplitude is very clear at 10-meter depths where the ambient temperature was decreased 0.7°C in five years. We suggested a 200-meter thickness of circulation cell of groundwater in the study area due to the low thermal gradient. The borehole temperature of Kueishantao seems to be decreased slowly. The thermal gradient is -1.5 °C/100m between 0 and 100 meters and 9.7 °C/100m below 100 meters subsurface. Several heat pulses related to the visits of Taiphoon have been found in the summer from 2004 to 2009. The season could be the movements of pore water by the change of rock stress which was 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—台北盆地的人們所關切的問題，尤其是在 1990 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，過去曾經有火山泥石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、He 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，且其後的火山泥石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 *et al.*, 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他們，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(H₂O)、硫化氫(H₂S)、二氧化硫(SO₂)、三氧化硫(SO₃)、二氧化碳(CO₂)、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。

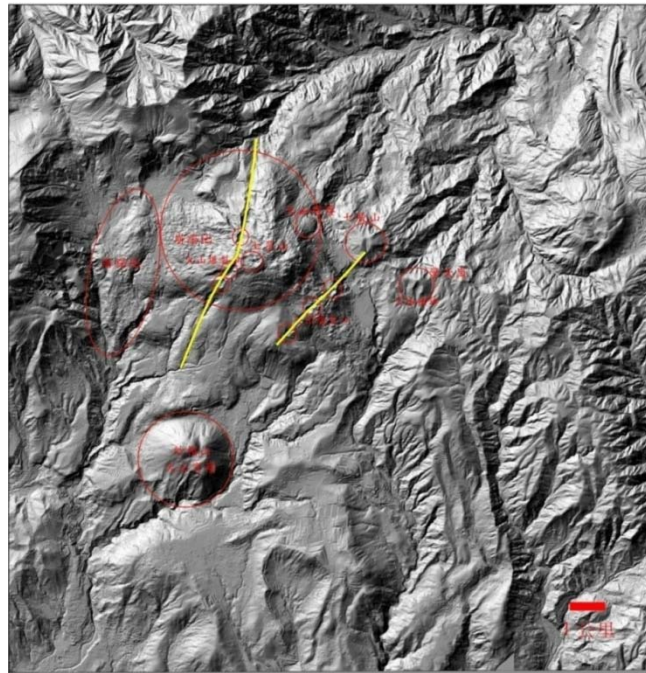


圖 1-1：大屯火山群七星山亞群 LiDar 影像圖顯示保存完整的火山地形和斷層線性分布。

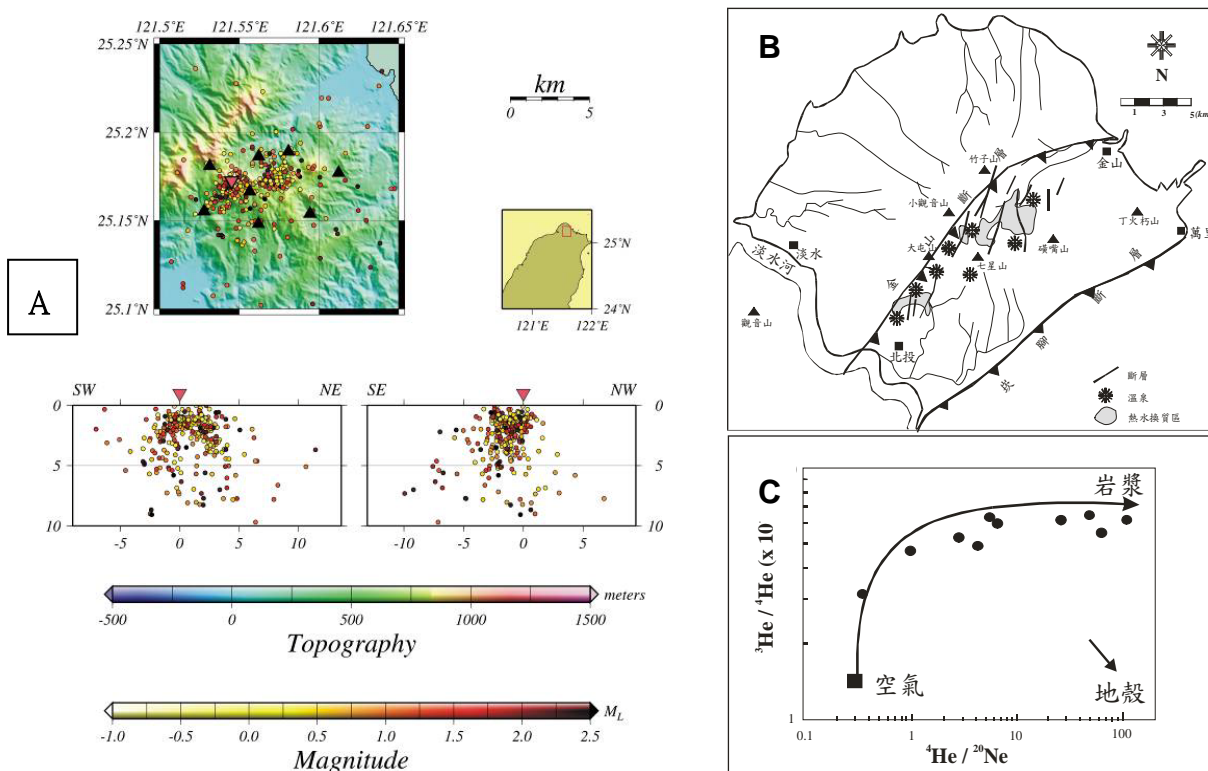


圖 1-2：大屯火山群的微震(A)(Lin et al., 2005b)、溫泉(B)和氦同位素(C)(Yang et al., 1999)分布值。

台北盆地井下岩性柱狀圖

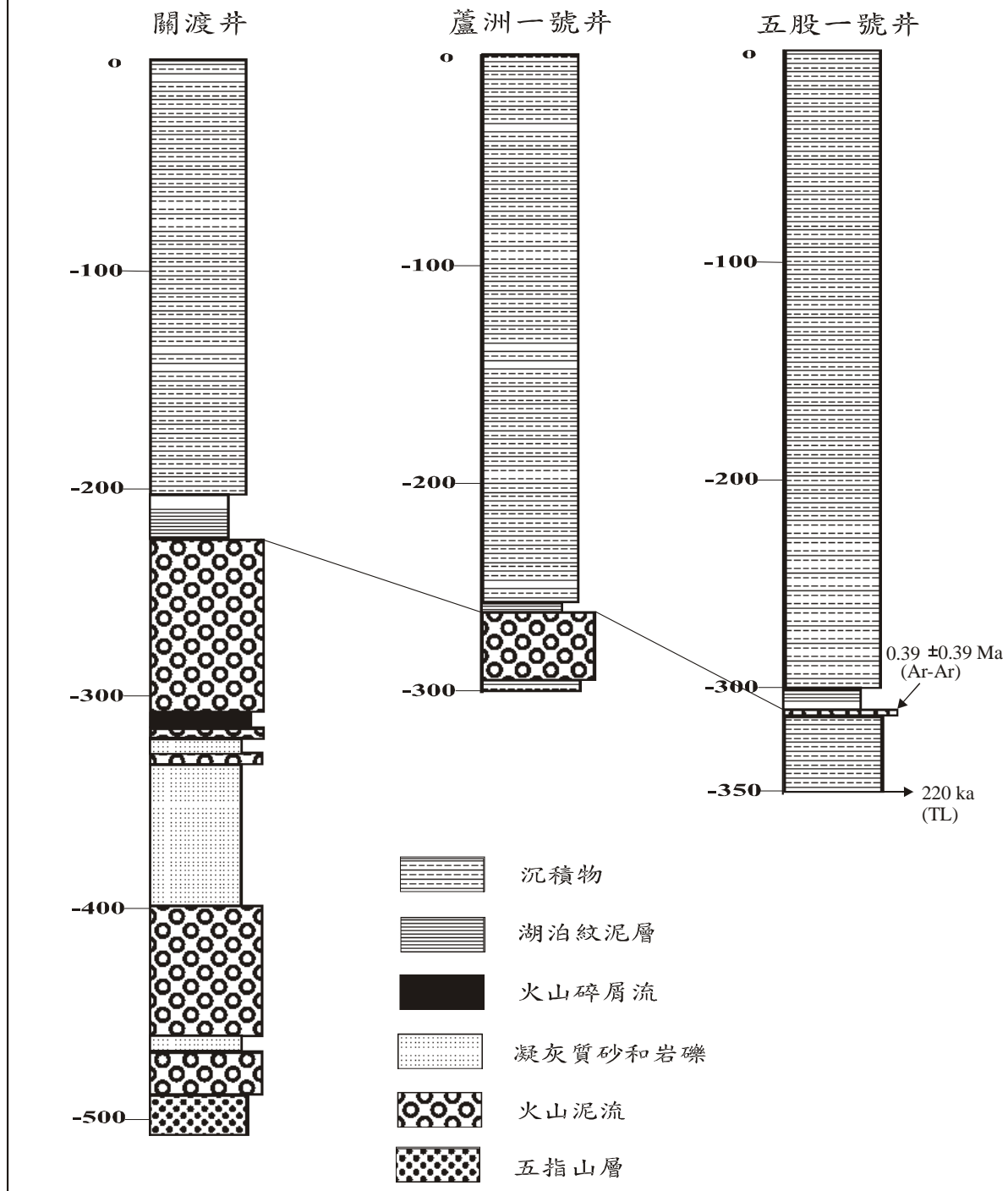


圖 1-3：台北盆地井下火山泥流堆積物岩性柱狀及對比圖（Tsao et al., 2001; Song et al., 2007）。

火山噴發前的可能前兆圖

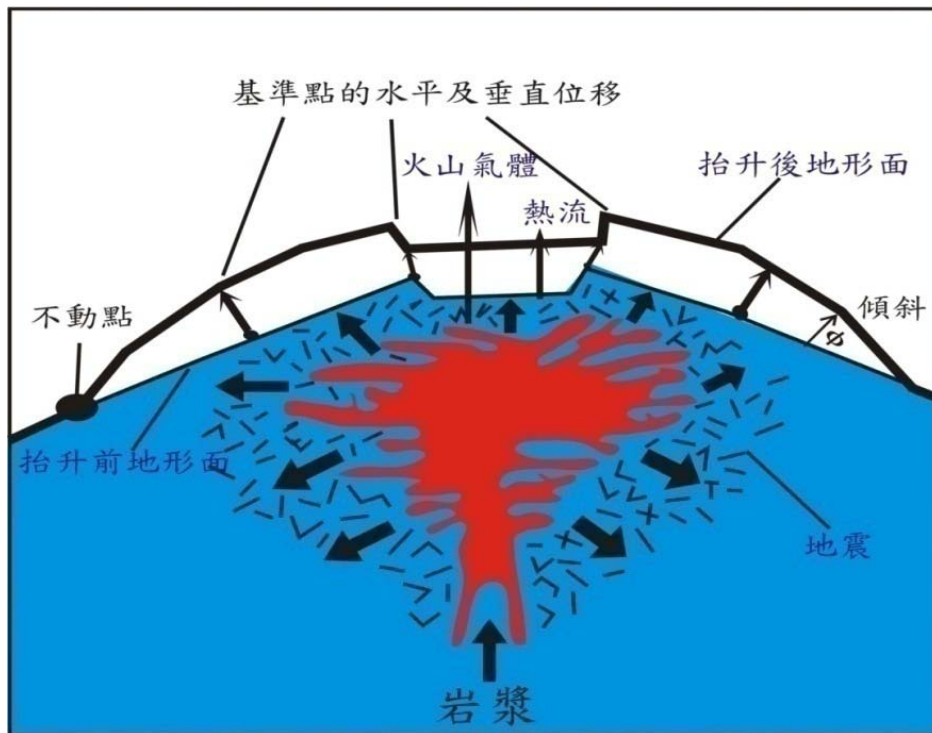


圖 1-4：火山噴發前岩漿活動可能的前兆(Tilling, 1989)。

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 H₂S 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⁻³；在 2011 年 11 月 6 日晚間出現最高值 3,636 Bq m⁻³，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，之後水分將填滿土壤的空隙；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°C，溫度變化之標準差分別約 0.0086~0.2744°C，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°C/100m，100 公尺以下的梯度約 9.7°C/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°C 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；維持目前主動連續紀錄及人工紀錄點位(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。

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 N_2 、 O_2 、Ar、 CH_4 、 C_2H_6 、CO、 H_2 、He、HCl、 H_2S 、 SO_2 、 CO_2 、 $^3He/^4He$ 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 Cl^- 、 Br^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 、 HCO_3^- 等陰離子，和 Si^{+4} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 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，全區至少 5 個採樣點(建議為硫磺谷、冷水坑、馬槽、大油坑、地熱谷)。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 $0.01^\circ C$ ，靈敏度須達到 $0.0001^\circ C$ 。

(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. *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 volcanoclastics 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, 28th 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) 採樣地點

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、煥子坪、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。目前定期採樣位置為小油坑、大油坑、以及八煙。採樣時間最少維持約每月一次。

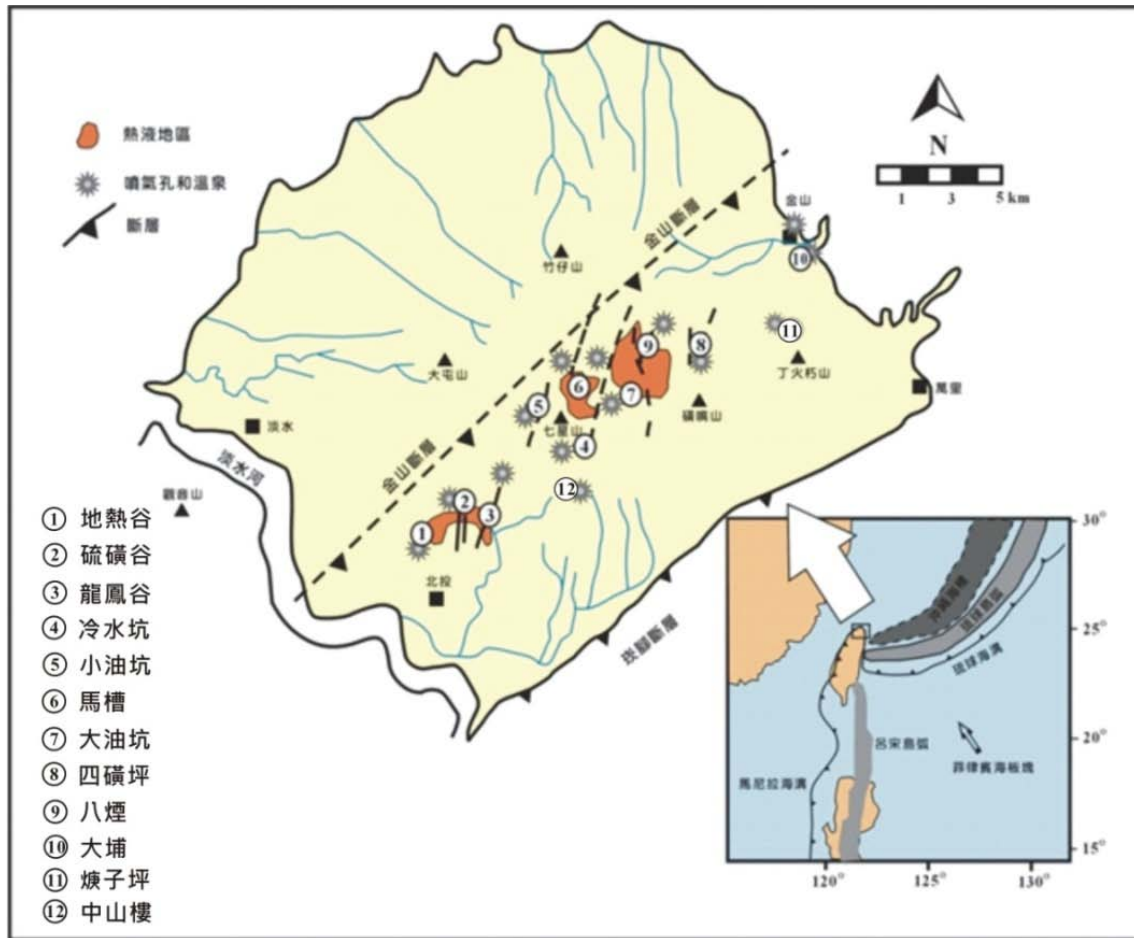


圖 2-1：大屯火山噴氣分布圖。本計畫氣體採樣位置為小油坑、大油坑、以及八煙。

(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 CO₂ 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 2-2)。

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 2-3)。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 H_2O 、 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 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 CH_4 、 N_2 、 H_2 、 He 、 Ar 、 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 CH_4 、 N_2 、 He 、 Ne 、 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 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 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 NaOH 濃度來減少鹼液對 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 H_2S 和 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 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。

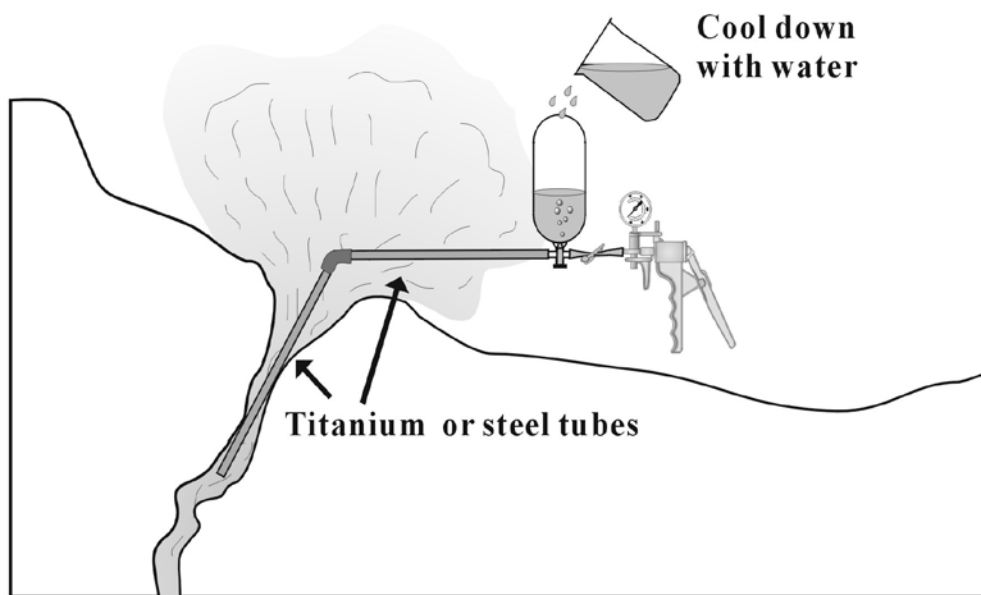


圖 2-2：噴氣孔採樣示意圖。如果溫度過高則必須以冷水使之降溫。

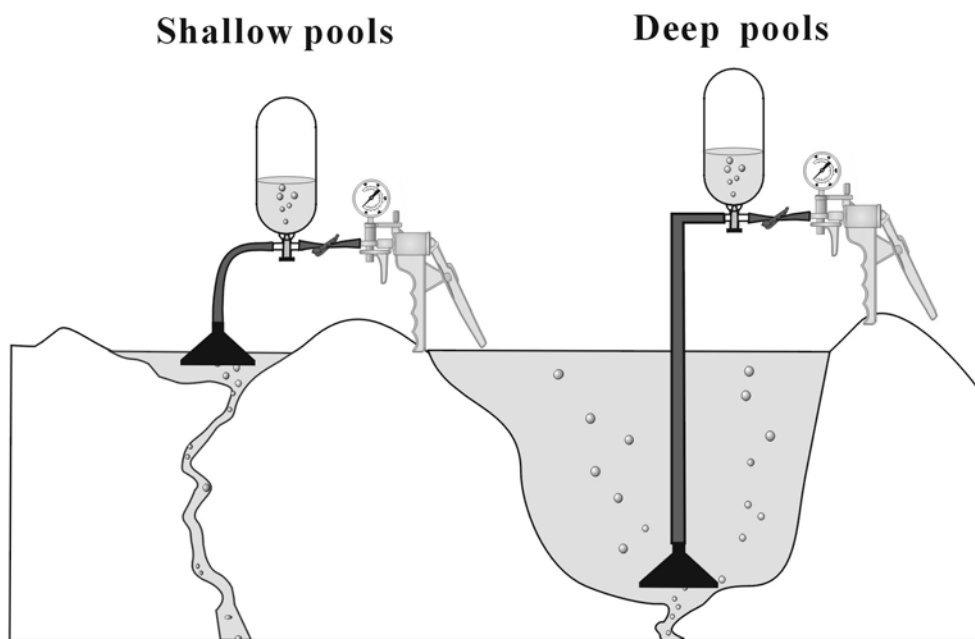


圖 2-3：溫泉氣泡採樣示意圖。

(三) 氣體樣品分析結果

自 2012 年 4 月至 12 月，於大油坑、小油坑及八煙採樣點的標本分析結果如下。

表 2-1(a)：小油坑採樣點之氣體成分組成

Sample Name	溫度 (T°C)	Ar	N ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	He	H ₂	O ₂	Total S	HCl	CO ₂	H ₂ O	note
120418 SYK	96.1	1.82	497	-	631	2.54	-	0.09	15.9	0.89	2778	2.55	45613	950457	
120530 SYK	-	32.8	728	-	483	0.04	-	0.27	20.8	3.57	2913	107	56923	938786	
120606 SYK	95.6	21.7	541	-	366	0.03	-	-	13.8	10.7	2176	2.41	46295	950573	
120613 SYK	96.7	22.2	769	-	792	2.99	0.16	0.24	19.1	23.6	3231	3.63	56712	938424	
120627 SYK	95.9	46.2	548	-	711	2.66	0.13	0.24	13.3	3.22	3703	2.20	68087	926884	
120704 SYK	95.8	67.8	928	-	1062	4.07	0.22	0.28	19.9	9.35	4390	37.9	73045	920435	
120711 SYK	100	2.71	632	-	738	3.00	0.12	0.15	17.0	-	2096	1.41	52699	943811	
120718 SYK	95.6	4.39	943	-	970	3.94	0.25	0.22	24.9	18.0	4366	2.34	91018	902649	
120725 SYK	96.1	2.98	647	-	667	2.72	0.15	0.07	18.0	6.46	3088	1.21	71596	923971	
120808 SYK	95.6	3.22	625	-	688	2.28	0.16	0.05	14.2	-	3317	6.01	71521	923823	
120905 SYK	-	4.45	617	0.84	586	3.48	0.17	0.34	12.1	-	3168	9.46	58717	936881	
121003 SYK	-	2.72	351	-	398	0.53	0.19	0.21	8.68	-	2864	8.29	65089	931277	
121108 SYK	97.3	32.6	2663	0.02	381	1.55	0.17	0.31	8.92	-	8619	5.93	89070	899217	
121201 SYK	97.0	3.74	386	-	462	1.97	-	-	11.1	0.03	2579	2.87	41087	955464	

單位：(μmol/mol); -：not analyzed or not detected.

表 2-1(b)：小油坑採樣點之氣體成分組成(除水)

Sample Name	溫度 (T°C)	Ar	N ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	He	H ₂	O ₂	Total S	HCl	CO ₂	H ₂ O	note
120418 SYK	96.1	36.8	10035	-	12742	51.2	-	1.77	321	18.0	56071	51.4	920673		
120530 SYK	-	536	11898	-	7885	0.59	-	4.46	339	58.4	47590	1750	929911		
120606 SYK	95.6	438	10936	-	7404	0.60	-	-	278	216	44034	48.9	936644		
120613 SYK	96.7	361	12491	-	12856	48.6	2.58	3.84	310	384	52467	58.9	921017		
120627 SYK	95.9	632	7492	-	9724	36.3	1.74	3.34	182	44.0	50640	30.2	931213		
120704 SYK	95.8	852	11658	-	13351	51.2	2.78	3.52	250	118	55181	476	918057		
120711 SYK	100	48.3	11248	-	13132	53.4	2.12	2.65	302	-	37305	25.0	937881		
120718 SYK	95.6	45.1	9682	-	9965	40.5	2.58	2.27	256	185	44845	24.0	934953		
120725 SYK	96.1	39.2	8508	-	8774	35.8	1.96	0.88	237	85.0	40618	15.9	941685		
120808 SYK	95.6	42.2	8203	-	9031	30.0	2.05	0.63	186	-	43540	78.9	938886		
120905 SYK	-	70.5	9782	13.4	9281	55.1	2.68	5.39	191	-	50188	150	930261		
121003 SYK	-	39.5	5112	-	5792	7.71	2.78	3.01	126	-	41670	121	947126		
121108 SYK	97.3	323	26421	0.20	3779	15.3	1.73	3.10	88.5	-	85521	58.8	883788		
121201 SYK	97.0	84.0	8684	-	10380	44.1	-	-	249	0.63	57923	64.4	922568		

單位：(μmol/mol); - : not analyzed or not detected.

表 2-2(a)：八煙採樣點之氣體成分組成

Sample Name	溫度 (T°C)	Ar	N ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	He	H ₂	O ₂	Total S	HCl	CO ₂	H ₂ O	note
120418 BY	98.9	2.50	819	-	862	5.20	0.37	0.24	0.18	18.3	1546	2.08	76842	919901	
120530 BY	96.5	37.1	1346	-	784	6.24	0.67	-	-	6.52	1530	3.48	86234	910050	
120607 BY	96.8	32.3	1524	-	638	5.11	0.68	-	-	16.8	1622	6.29	76230	919922	
120619 BY	97.4	22.5	1244	-	1029	5.06	0.31	0.77	-	64.8	1220	0.48	69797	926617	
120627 BY	96.6	48.5	1007	-	995	4.97	0.31	1.09	-	-	1724	0.56	79175	917044	
120704 BY	96.7	52.6	1648	-	1469	9.10	0.68	1.43	-	82.3	3123	44.9	111788	882342	
120711 BY	97.1	40.3	4093	-	1204	7.37	0.46	0.57	0.00	464	3556	6.89	138315	852312	
120718 BY	97.6	5.97	1291	-	1104	8.90	0.51	2.20	0.81	34.7	2890	4.18	145890	848767	
120725 BY	96.8	6.34	1371	-	1283	8.38	0.56	0.69	0.11	68.0	2059	2.25	104448	890753	
120905 BY	-	69.0	7560	1.30	1147	8.14	0.59	0.89	0.20	370	4516	6.39	87925	898394	
121003 BY	-	1.02	32.3	-	7.23	0.43	-	-	-	-	1790	9.64	62275	935884	
121108 BY	96.5	64.8	5818	0.84	543	3.09	0.29	0.21	0.32	651	2210	5.34	63101	927603	
121201 BY	98.2	3.36	607	-	725	4.20	-	-	-	11.7	1349	5.63	42549	954742	

單位：(μmol/mol); -: not analyzed or not detected.

表 2-2(b)：八煙採樣點之氣體成分組成(除水)

Sample Name	溫度 (T°C)	Ar	N ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	He	H ₂	O ₂	Total S	HCl	CO ₂	H ₂ O	note
120418 BY	98.9	31.2	10230	-	10759	64.9	4.66	2.94	2.24	228	19303	26.0	959348		
120530 BY	96.5	412	14959	-	8717	69.4	7.45	-	-	73	17011	38.7	958683		
120607 BY	96.8	403	19035	-	7970	63.8	8.44	-	-	210	20257	78.5	951949		
120619 BY	97.4	306	16952	-	14022	68.9	4.17	10.5	-	883	16626	6.54	951121		
120627 BY	96.6	585	12139	-	11997	59.9	3.78	13.2	-	-	20782	6.81	954414		
120704 BY	96.7	447	14004	-	12485	77.4	5.78	12.2	-	700	26545	382	950104		
120711 BY	97.1	273	27715	-	8155	49.9	3.09	3.86	-	3141	24080	46.6	936533		
120718 BY	97.6	39.4	8537	-	7302	58.8	3.40	14.6	5.35	230	19112	27.6	964669		
120725 BY	96.8	58.1	12550	-	11746	76.7	5.13	6.28	1.00	622	18845	20.6	956069		
120905 BY	-	679	74410	12.8	11289	80.1	5.82	8.71	1.94	3646	44445	62.9	865360		
121003 BY	-	15.9	504	-	113	6.74	-	-	-	-	27917	150	971294		
121108 BY	96.5	895	80361	11.6	7495	42.6	4.05	2.90	4.49	8989	30529	73.8	871591		
121201 BY	98.2	74.1	13416	-	16040	92.7	-	-	-	259	29819	124	940172		

單位：(μmol/mol); -: not analyzed or not detected.

表 2-3(a)：大油坑採樣點之氣體成分組成

Sample Name	溫度 (T°C)	Ar	N ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	He	H ₂	O ₂	Total S	HCl	CO ₂	H ₂ O	note
120509 DYK	113.7	3.60	545	0.01	4.25	0.11	0.06	0.44	0.69	5.53	2379	250	28886	967926	
120524 DYK	115.8	1.52	323	-	0.30	-	-	0.33	0.30	4.29	2094	673	26588	970315	
120630 DYK	111.2	2.40	361	-	4.35	-	-	0.10	13.0	6.26	1818	1097	35505	961193	
120720 DYK	116.5	3.23	436	-	6.75	-	-	0.21	0.37	-	2206	581	38010	958756	
120814 DYK	106.2	3.52	587	-	13.4	0.01	0.01	0.06	0.15	-	1995	1031	34463	961906	
120925 DYK	98.5	2.21	361	0.25	12.0	-	-	0.22	0.10	4.50	1826	26.5	26788	970979	
121002 DYK	-	1.50	281	0.03	5.34	0.01	-	0.08	0.12	4.36	721	5.17	28064	970918	
121114 DYK	114.5	6.03	541	0.24	4.47	-	-	0.04	0.34	56.3	1820	110	32311	965152	
121201 DYK	97.7	7.37	689	-	14.8	-	-	-	-	60.0	1736	27.6	32008	965455	

單位：(μmol/mol); -: not analyzed or not detected.

表 2-3(b)：大油坑採樣點之氣體成分組成(除水)

Sample Name	溫度 (T°C)	Ar	N ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	He	H ₂	O ₂	Total S	HCl	CO ₂	H ₂ O	note
120509 DYK	113.7	112	16977	0.39	132.5	3.45	1.96	13.6	21.5	173	74175	7806	900584		
120524 DYK	115.8	51.3	10889	-	10.3	-	-	11.2	10.2	144	70545	22665	895674		
120630 DYK	111.2	61.9	9308	-	112.1	-	-	2.54	334	161	46858	28263	914899		
120720 DYK	116.5	78.3	10574	-	163.8	-	-	5.03	9	-	53497	14092	921580		
120814 DYK	106.2	92.5	15416	-	350.6	0.37	0.37	1.58	4.01	-	52367	27071	904697		
120925 DYK	98.5	76.1	12448	8.52	414.2	-	-	7.59	3.39	155	62927	915	923046		
121002 DYK	-	51.6	9662	0.99	183.5	0.19	-	2.86	4.04	150	24791	178	964976		
121114 DYK	114.5	173	15514	6.82	128.3	-	-	1.17	9.68	1616	52224	3143	927184		
121201 DYK	97.7	213	19969	-	430	-	-	-	-	1739	50272	799	926575		

單位：(μmol/mol); -: not analyzed or 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 He/Ne 比值很高 ($\text{He}/\text{Ne} > 1000$)；反之空氣中的氧氣量極高，而 He/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 He/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}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 He/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 2-4 整理了到目前為止，本計畫所分析的氦同位素比值結果。由表中可以看出，大油坑在本研究中有最高的氦同位素比值，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氦同位素比值，顯示目前大油坑地區的噴氣已接近岩漿源噴氣的氦同位素組成。

表 2-4、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) _c	$\pm 1 \sigma$	[He]ppm	Note
小油坑	120418-小油坑	118.157	8.40E-06	6.04	6.06	0.10	6.17	
	120530-小油坑	13.225	6.55E-06	4.71	4.81	0.09	7.63	
	120606-小油坑	21.148	7.26E-06	5.22	5.29	0.09	7.73	
	120613-小油坑	19.265	6.98E-06	5.02	5.09	0.09	5.39	
	120627-小油坑	9.049	8.05E-06	5.79	5.97	0.10	6.57	
	120704-小油坑	10.253	8.78E-06	6.32	6.49	0.12	5.07	
	120711-小油坑	8.203	8.34E-06	6.00	6.20	0.12	5.11	
	120808-小油坑	29.836	7.55E-06	5.43	5.48	0.10	6.80	
	120905-小油坑	11.132	6.88E-06	4.95	5.07	0.09	7.09	
	121003-小油坑	10.361	7.52E-06	5.41	5.55	0.09	6.38	
	121108-小油坑	5.660	5.46E-06	3.93	4.11	0.07	7.34	
	121201-小油坑	34.437	6.46E-06	4.65	4.68	0.08	7.95	
大油坑	120315-大油坑	49.448	9.57E-06	6.89	6.93	0.10	14.29	
	120509-大油坑	100.560	9.30E-06	6.69	6.71	0.10	10.98	
	120524-大油坑	69.378	9.77E-06	7.03	7.06	0.12	11.37	
	120720-大油坑	15.963	8.88E-06	6.39	6.50	0.10	120.36	
	120814-大油坑	18.534	9.14E-06	6.58	6.68	0.12	13.12	
	120925-大油坑	17.943	8.61E-06	6.19	6.29	0.11	10.51	
	121002-大油坑	1.830	6.66E-06	4.79	5.59	0.09	9.42	
	121114-大油坑	61.600	9.02E-06	6.49	6.52	0.11	11.93	
	121201-大油坑	6.182	8.01E-06	5.76	6.02	0.11	13.59	
八煙	120418-八煙	60.404	6.79E-06	4.88	4.90	0.08	89.56	
	120519-八煙	94.472	7.43E-06	5.34	5.36	0.09	12.99	

採樣地點	樣品編號	$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$	$^3\text{He}/^4\text{He}$	Ra	(Ra) _c	$\pm 1 \sigma$	[He]ppm	Note
	120607-八煙	36.029	6.43E-06	4.63	4.66	0.08	11.66	
	120619-八煙	99.801	6.25E-06	4.49	4.50	0.08	11.44	
	120627-八煙	22.784	6.68E-06	4.81	4.86	0.07	13.98	
	120704-八煙	181.485	7.05E-06	5.07	5.08	0.09	11.39	
	120711-八煙	35.391	7.17E-06	5.16	5.20	0.09	10.62	
	120718-八煙	34.157	7.07E-06	5.09	5.13	0.09	14.65	
	120808-八煙	18.419	6.32E-06	4.55	4.61	0.08	10.07	
	120905-八煙	16.894	6.25E-06	4.50	4.57	0.08	88.53	
	121003-八煙	27.263	6.44E-06	4.63	4.67	0.08	11.17	
	121108-八煙	173.274	6.01E-06	4.33	4.33	0.08	12.97	
	121201-八煙	32.154	5.78E-06	4.16	4.19	0.07	98.73	

(五) 討論

由時間上的變化來看，圖 2-4 整理自 1999 年至今，此三個採樣點的大屯山地區主要噴氣口之氣體樣品在經過校正後，氦同位素比值隨時間變化的結果。圖 2-5、圖 2-7、圖 2-9 為此三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 2-6、圖 2-8、圖 2-10 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。此外，我們也選擇了此三個採樣點噴氣中的氦氣、氮氣及氬氣三種氣體，將其含量依比例投影在三角圖中（圖 2-11），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 2-4 中可以看出，大油坑在本研究中有最高的氦同位素比值，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氦同位素比值。圖 2-6、圖 2-8、圖 2-10 則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，而小油坑及八煙則是以熱液系統來源的噴氣為主。而圖 2-11 中大油坑在本研究採樣點中顯示出含有最高的氦氣濃度比值，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（圖 2-4、圖 2-5、圖 2-7、圖 2-9），表示在過去數年來，本地區底下的逸氣系統相當的穩定。

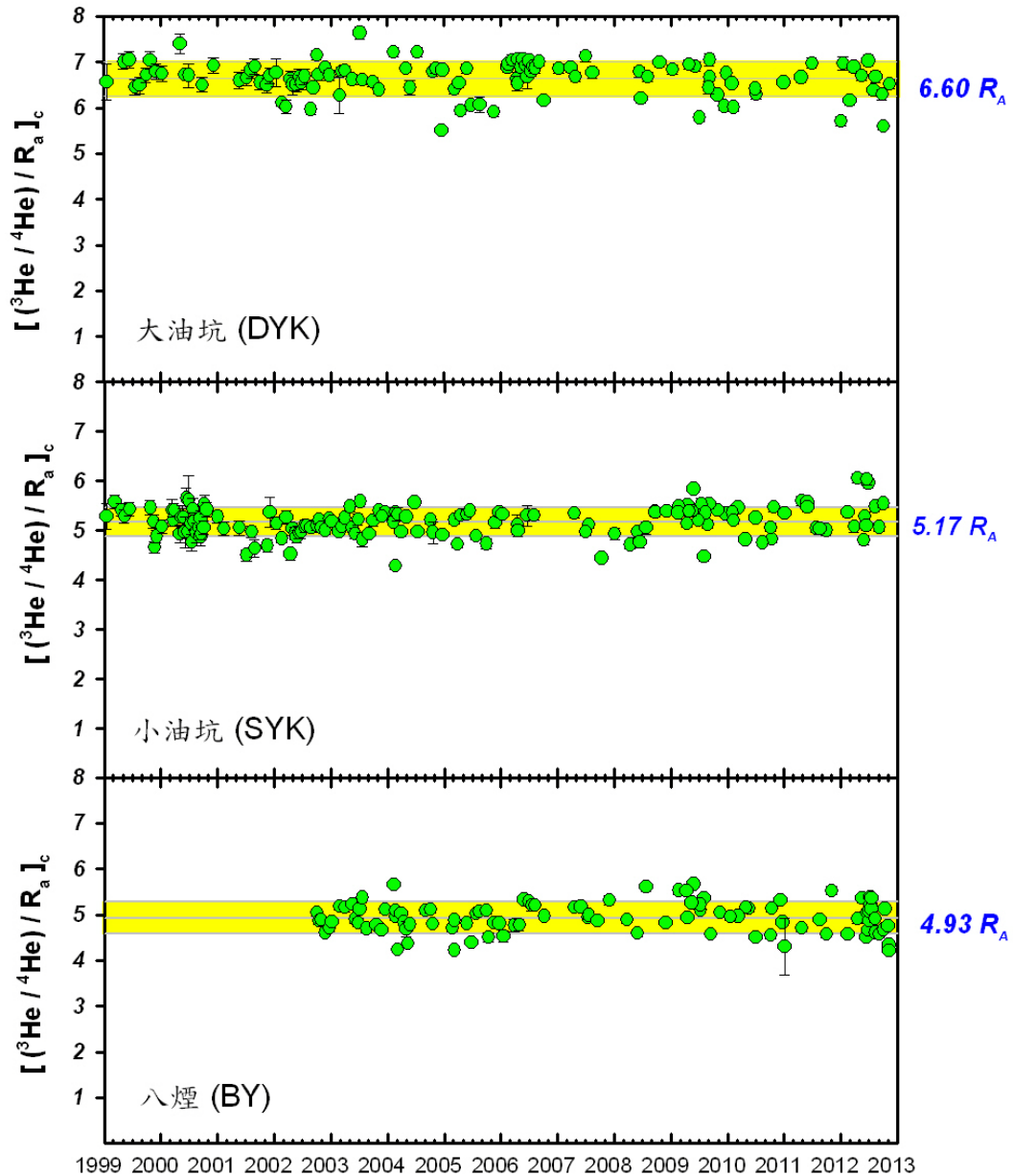


圖 2-4：本研究採樣點噴氣之氦同位素比值隨時間變化圖。圖中大油坑顯示出在本研究區域中
最高的氦同位素比值，指示大油坑含有相當成分的岩漿性來源逸氣。惟三處噴氣氦同
位素比值隨時間並無明顯異常變化，表示本研究地區逸氣系統相對安定。

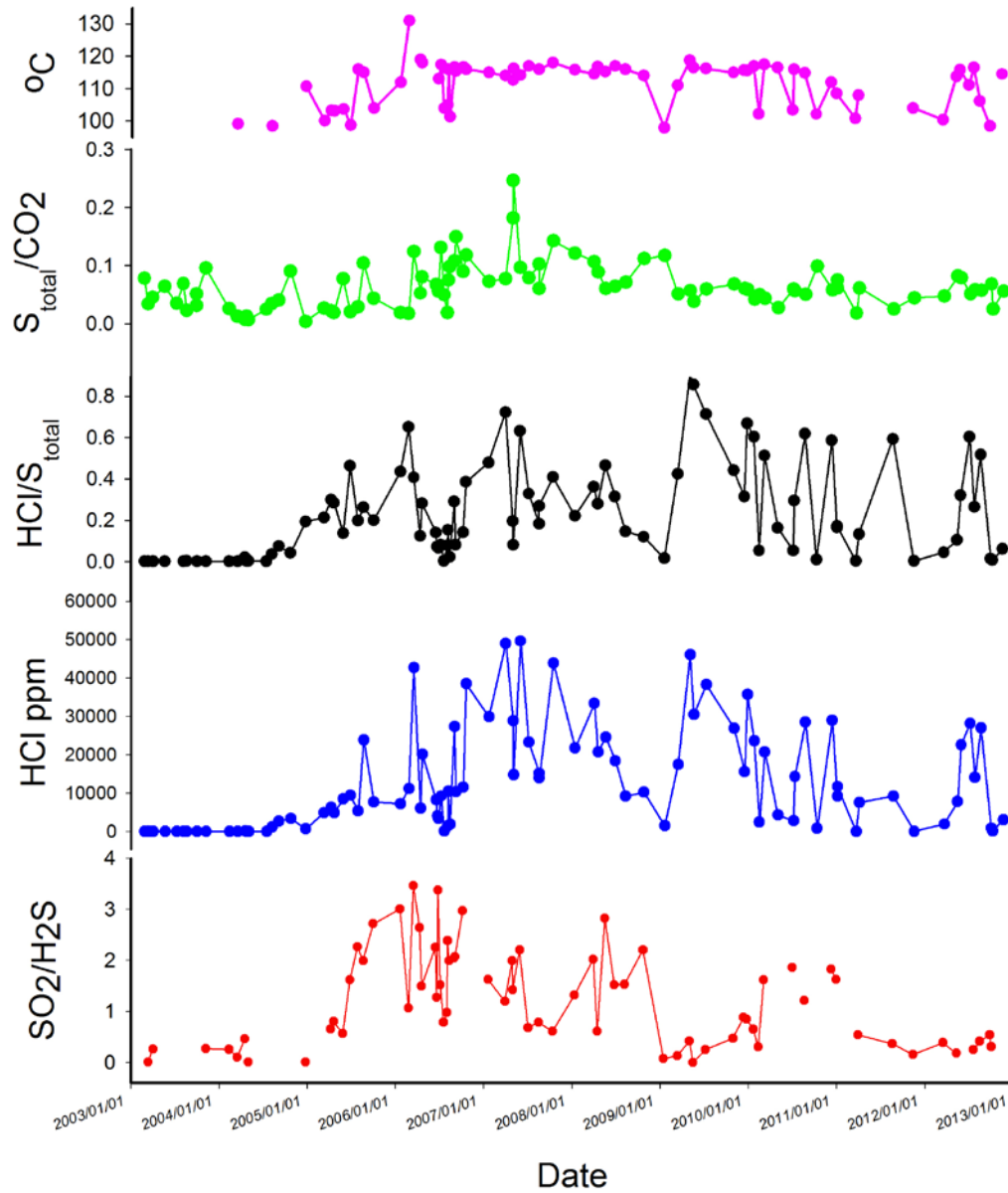


圖 2-5：大油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖。在 2004 年之前，大屯火山地區的氣體樣本中含有較少的 HCl 含量，且 $SO_2/H_2S < 1$ 。大油坑的氣體樣品中 HCl 含量以及 SO_2/H_2S 比值從 2004 年 8 月起有明顯的增加，但 SO_2/H_2S 比值在 2011 年後又重新下降。

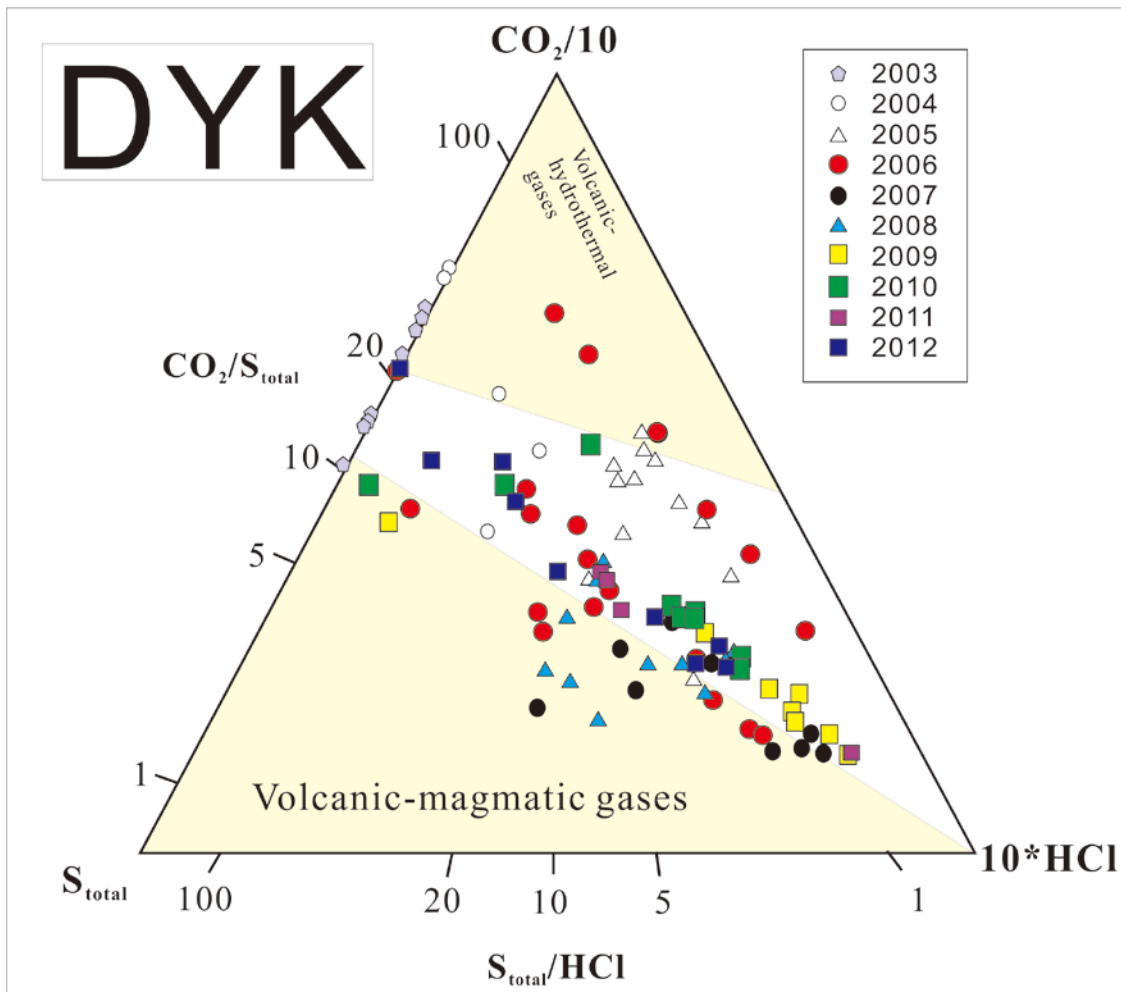


圖 2-6：大油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖。圖中顯示大油坑噴氣氣體相對含有較高的含硫氣體以及氯化氫，指示了有相當部分的岩漿性來源逸氣混染其中。

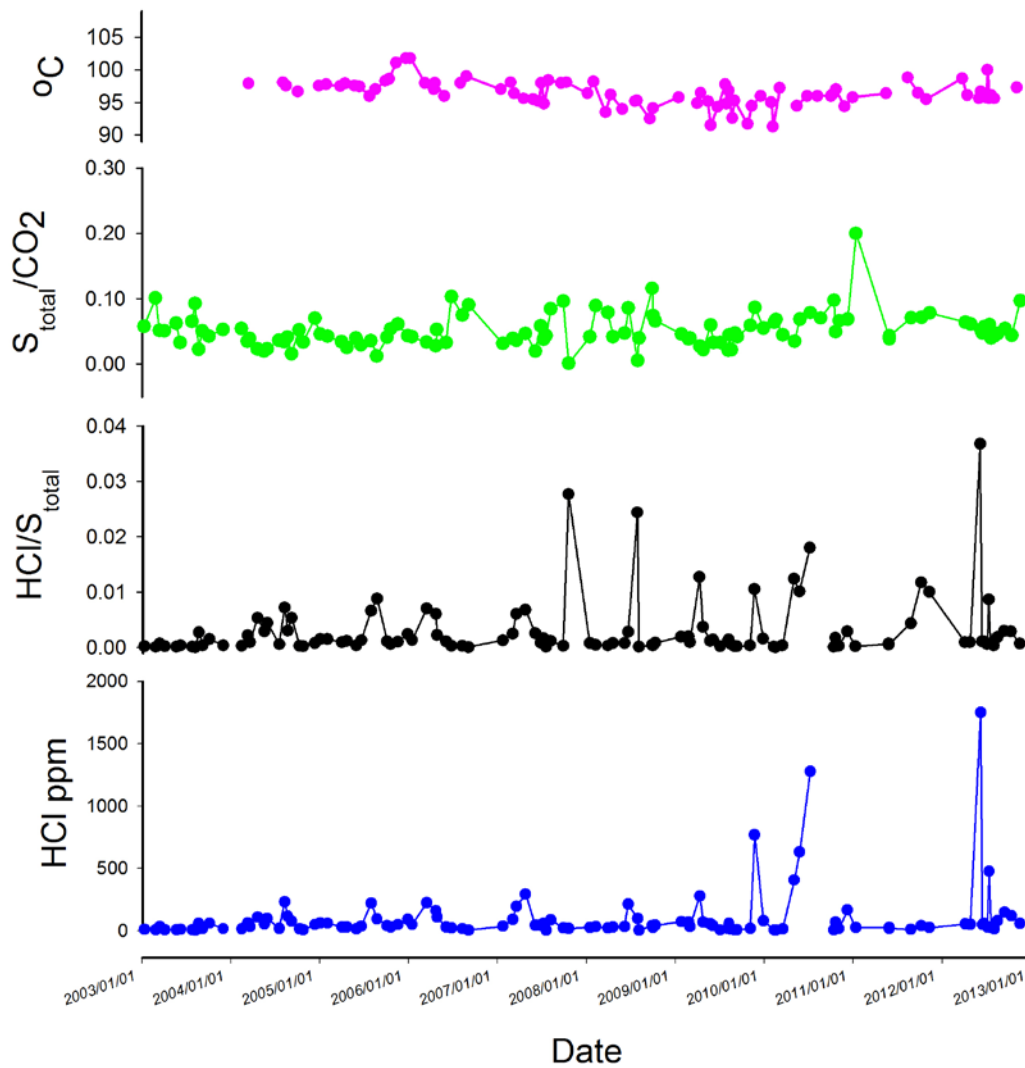


圖 2-7：小油坑噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖。在過去數年內小油坑噴氣成份大致上並沒有明顯的變化，大多數的氣體分析結果都落在平均值之間。

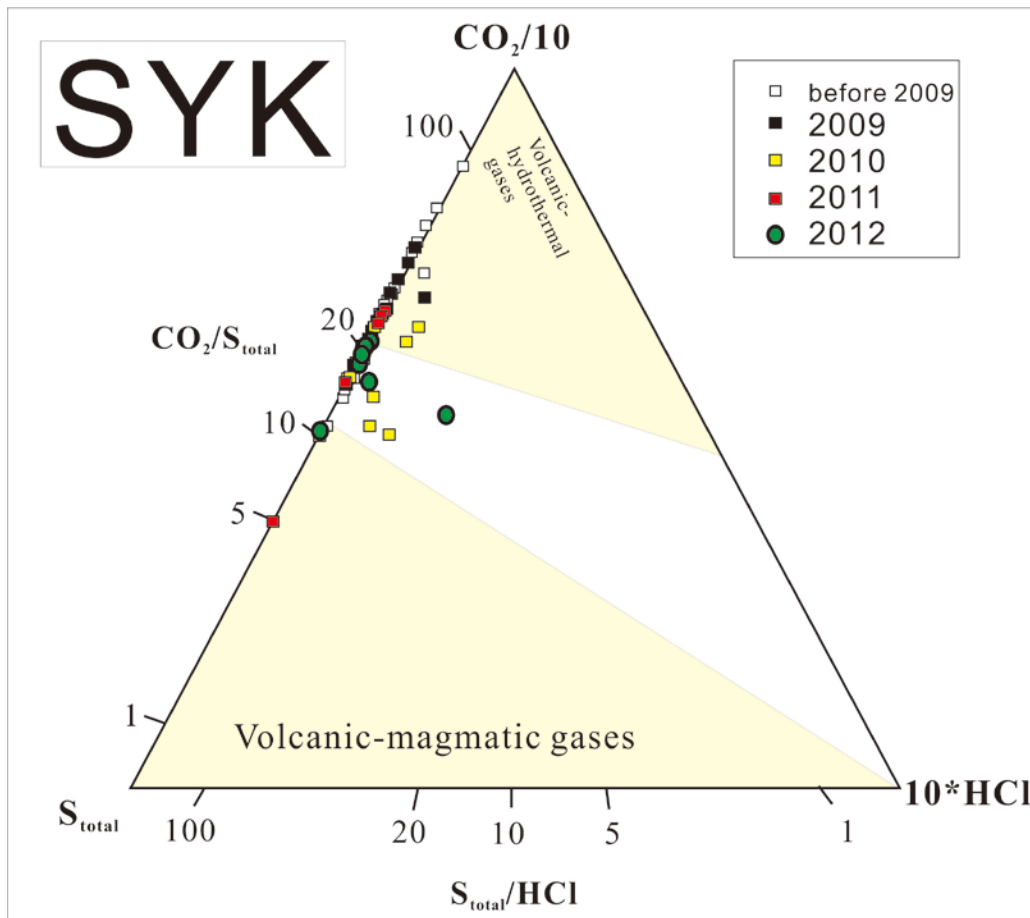


圖 2-8：小油坑噴氣孔氣體成份來源分布圖。圖中顯示小油坑噴氣中的火山氣體成份落在火山-熱水區(volcanic-hydrothermal)的區間，顯示此地區受到熱水環境的次級反應影響甚大。而氣體成份主要以二氧化碳以及含硫氣體（二氧化硫及硫化氫）兩者混合為主，幾乎沒有氯化氫的出現。

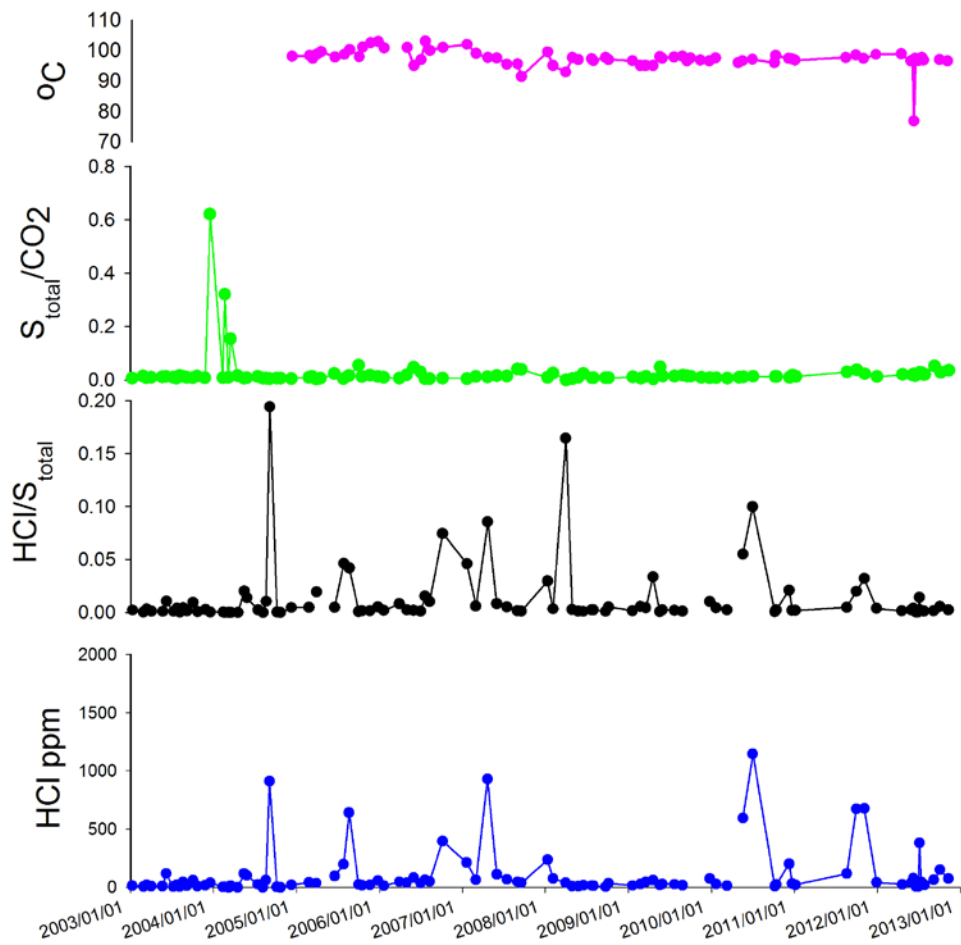


圖 2-9：八煙噴氣孔氣體成份隨時間的連續變化圖。與其他研究區域相似，八煙噴氣中的主要火山氣體成份於過去數年內也沒有明顯的變化，顯示本研究地區下方的逸氣通道並沒有明顯改變。也指示了這段監測時間應為一相對安定的時期。

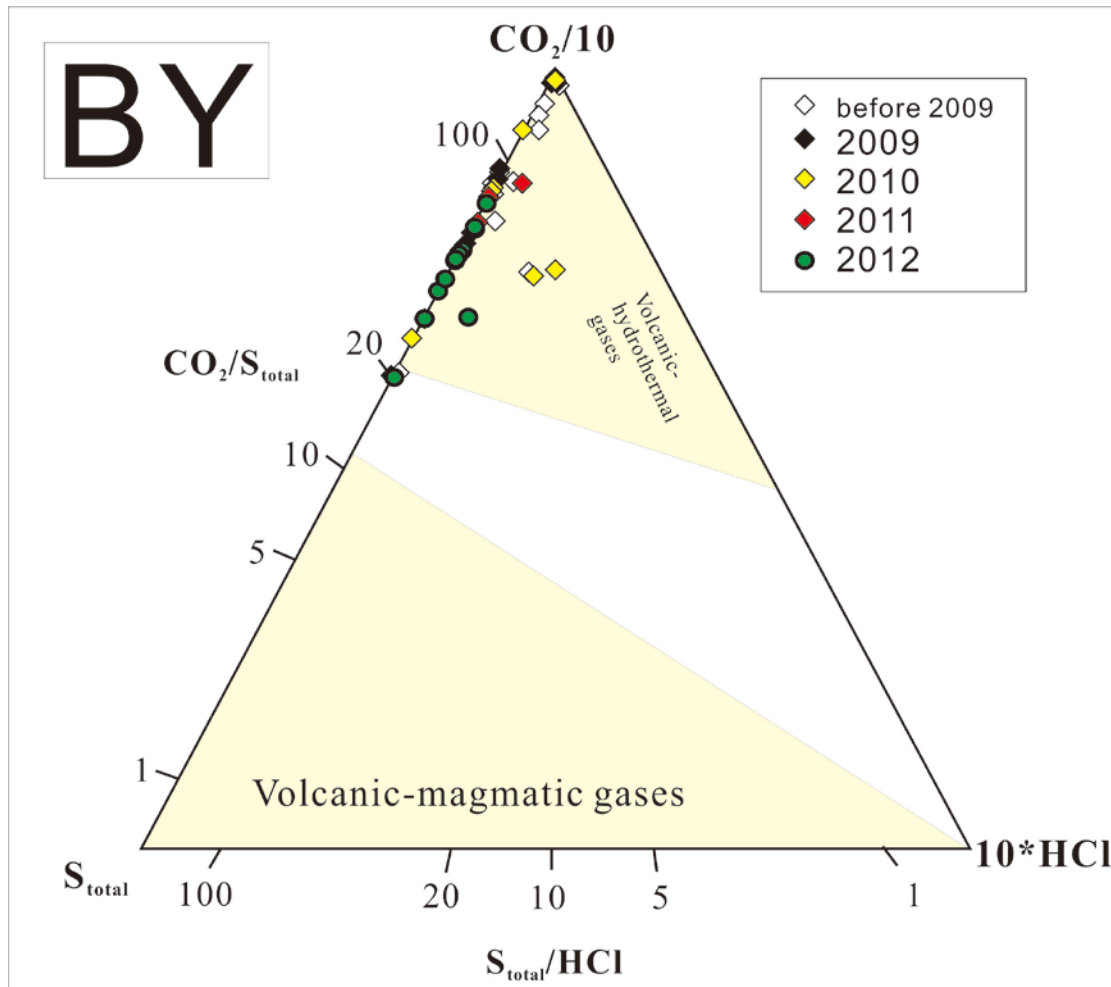


圖 2-10：八煙噴氣孔氣體成份來源分布圖。八煙噴氣氣體成分落在火山-熱水區

(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。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。

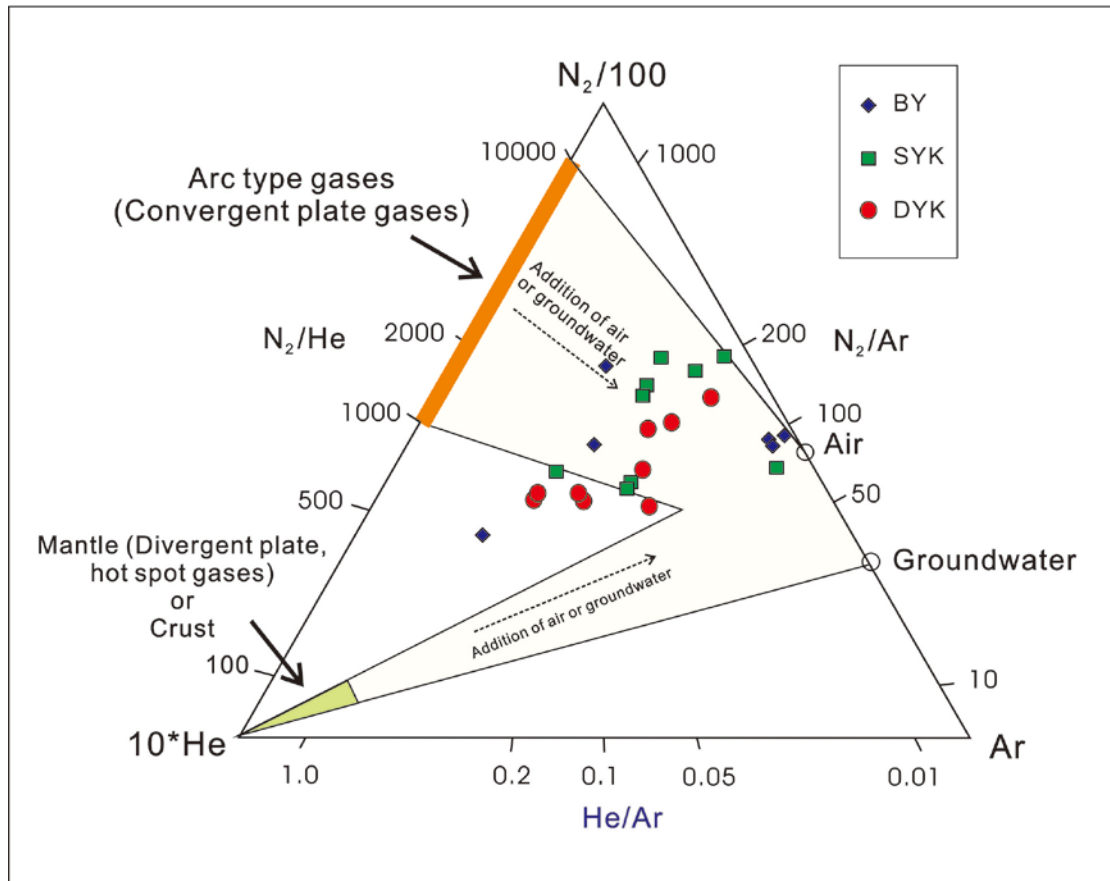


圖 2-11：本研究三個採樣點噴氣中氮氣、氦氣及氬氣之三成份比例圖。圖中可見三個採樣點(大油坑：DYK，小油坑：SYK，八煙：BY)的氣體組成主要落在島弧型態氣體組成成分和空氣的混合區間。另相較於八煙(BY)以及小油坑(SYK)，大油坑(DYK)噴氣中的氮氣含量比例較高，證實了可能有較多的岩漿源氣體混染於大油坑(DYK)噴氣之中。

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)。因此，本研究將利用土壤二氧化碳逸氣通量以及氫氣濃度進行大屯火山群火山活動的監測工作。過去在煥子坪設置的土壤氣體監測站，由於現地環境惡劣，常造成儀器損壞或是資料中斷等現象，故不適合連續監測的工作，故本年度工作重點為將測站移至八煙地熱區。

(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)。如圖 2-12 所示，本觀測站主要配置的儀器為 EDINBURGH 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 1 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集中，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 α 粒子，本儀器即是利用估算 α 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。

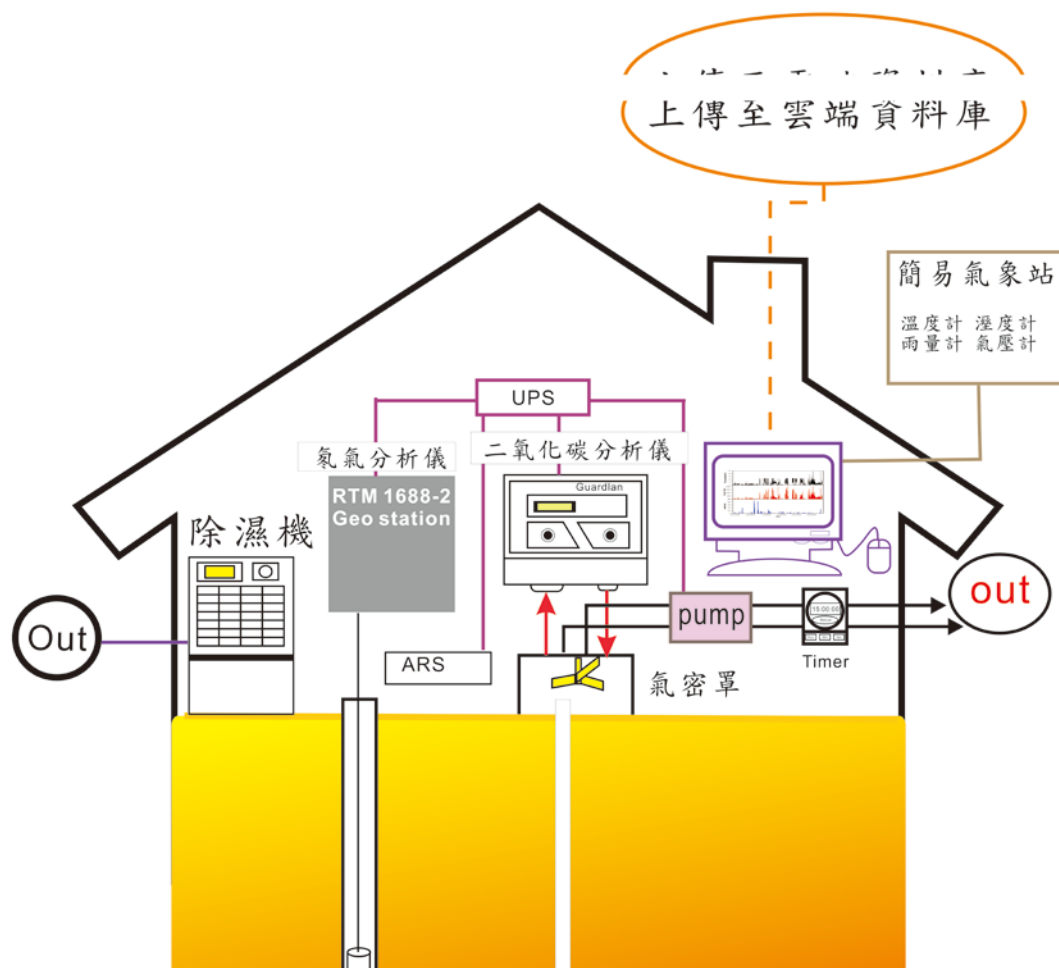


圖 2-12：火山氣體監測站配置圖。

監測站是以 FRP 箱為主體建置而成（圖 2-13），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氫氣濃度量測（圖 2-14）。土壤氫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，再利用氫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。



圖 2-13：監測站主體外觀。



圖 2-14：監測站主體施工圖。

監測站除了用地取得手續及公文繁複外，該地的用電取得也是一大難題。自最初羅東林管處以口頭方式承諾會要求八煙營區提供電力支援，之後在拜訪營區時，軍方也是以口頭方式承諾將配合，但當我們行文要求軍方提供協助時，最終得到的公文回覆為「因營區整體戰術考量，無法同意配合辦理」，經過大半年的努力仍無法完成電力的取得。最後我們請求當地居民給予協助，並經水電師傅拉線後，終於在 2012 年 11 月 16 日成功完成電力的供應。我們於 2012 年

11月20日將土壤溫度計、二氧化碳逸氣通量以及氫氣分析儀等設備放入監測站進行連續監測工作（圖 2-15）。



圖 2-15：監測站內部配置圖。

(三) 八煙臨時監測站

八煙土壤氣體連續監測站預設地點座標為(北緯 25.192333; 東經 121.588186)。本區域隸屬於羅東林務局的管轄區，並且鄰近國軍陸軍關渡指揮部八煙營區(圖 2-16)，故在地權上的使用以及電力取得較為不易且手續繁複，因此在連續監測站設置完成前，我們在原地先設置一組臨時的監測站，以量測低耗電量的氫氣濃度為主。Yang et al., (2010) 在大屯火山群小油坑地熱區進行土壤氫氣與二氧化碳逸氣通量量測，結果指出兩者之間存有正相關，且二氧化碳很可能是氫氣的向上擴散的攜行氣體。故我們量測氫氣濃度作為初步臨時監測工作。將口徑 2 公分的不鏽鋼管打進土壤中約 1 公尺，以抽氣泵將氣體抽至特製的氣密罩中並將氫氣分析儀的探頭放置其中加以分析其氫氣濃度；在氣密罩裝設有單向閥，當氣密罩中的氣體壓力過大時會藉由此裝置將氣體排出。所有的儀器、設備和電池都放置在特製的白鐵箱中，監測站配置如圖 2-17 所示。我們設定每 30 分鐘分析一次紀錄一筆資料，儀器除了量測氫氣濃度之外，同時也會量測氣體濕度和壓力，我們將其結果加上鹿角坑氣象站之時雨量資料加以討論。每週定期進行資料下載以及電池更換。



圖 2-16：八煙土壤氣體監測站位置圖。

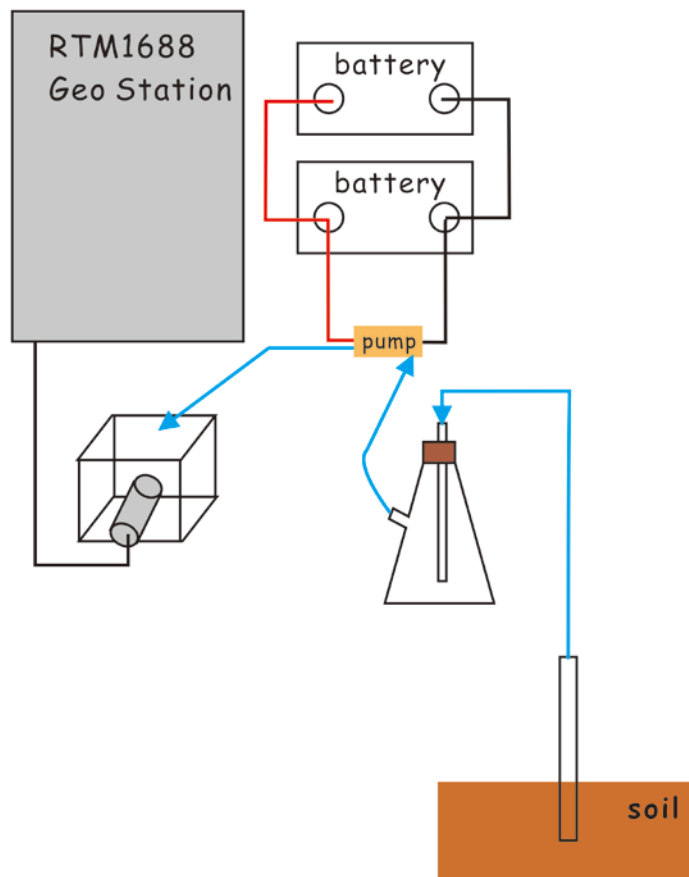


圖 2-17：上圖為八煙臨時氣體監測站內部配置，下圖為簡易示意圖。

(四) 結果與討論

本年度土壤氣體連續監測計畫主要的工作在於進行八煙站的設置，由於在申請用電和用地的過程中耗費了大量的時間，以至於監測工作無法連續。本年度工作成果大致上可以分成三個階段：

第一階段自 2011 年 11 月 2 日至 2011 年 11 月 8 日以臨時監測站的方式進行初步測試的結果，如圖 2-18 所示。氡氣濃度約為 1432 Bq m⁻³，在 2011 年 11 月 5 日氡氣濃度和氣體壓力有同步下降的現象，可能是土壤氣來源降低減少，而抽氣泵抽進氣密罩中的氣體量也減少，因此會有較低的氣體壓力和氡氣濃度出現。在 2011 年 11 月 6 日出現監測段期間中最高氡氣濃度值 3636 Bq m⁻³，但是隨後濃度值快速下降。推測此現象是受到降雨的影響，在 2011 年 11 月 6 日起台北地區開始連續降雨，而大屯火山地區內鹿角坑氣象站自 6 日起一連三天的連續降雨，在中央氣象局的規定下，24 小時內降雨超過 50 毫米且出現時雨量超過 15 毫米，始可稱之為大雨。因此本期間的降雨歸類為大雨的等級。如此大量的降雨使得氣體濕度飆升同時也可能將土壤中的孔隙填滿了水分，在大雨初期，多餘水分會向下進入土壤中的孔隙並將原本存在的氣體排出，造成氣體快速向上擴散排出；故會記錄到快速增加的氡氣濃度。但是大雨依舊持續過多的水分終究會佔據土壤中的孔隙，而此時會造成氣體無法順利被抽氣泵抽至氣密罩，在數值上則呈現快速降低，非常低的數值幾近乎於空氣中的數值。

第二階段自 2011 年 11 月 26 日至 2012 年 3 月 29 日止亦是以臨時監測站的方式進行監測的結果，如圖 2-19 所示。期間有部分資料的缺失是因為配合羅東林管處、陽管處進行會勘而中斷監測。本監測時間正處於雨季的階段，幾乎天天都有降雨的紀錄，降雨會對觀測結果造成影響，因為降雨過急或是過大，使得土壤中水分含量過多，最終將會使得抽氣泵抽到水故而造成抽氣中斷，如此會造成氣密罩中的氡氣濃度開始衰減而影響到量測，其結果將呈現明顯衰減的曲線，如 2011 年 12 月下旬。此外我們於 2012 年 1 月 19 日加裝土壤溫度計，此溫度計可同時測量大氣中的溫度，如圖 2-19 所示。土壤溫度是測量土壤表面下約 20 公分深的溫度，結果顯示仍會反映大氣溫度的變化。由於本階段受環境因子影響重大，測量結果變化劇烈不易解釋，仍須未來累積更多的資料才能進行更多科學上的解釋。

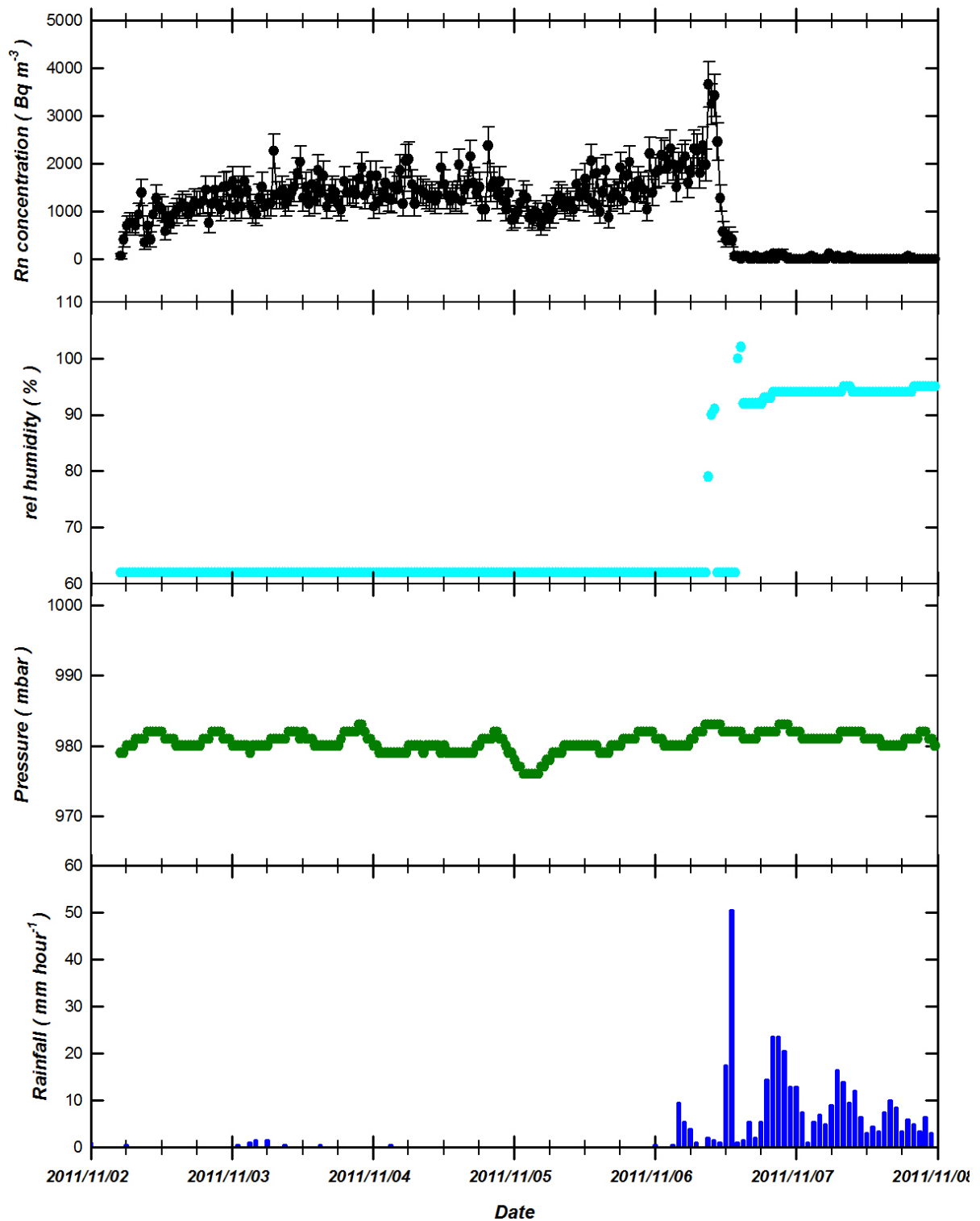


圖 2-18：自 2011 年 11 月 2 日至 2011 年 11 月 8 日之氡氣濃度（黑色）、氣體濕度（淺藍色）、氣體壓力（綠色）和雨量資料（鹿角坑雨量站）。

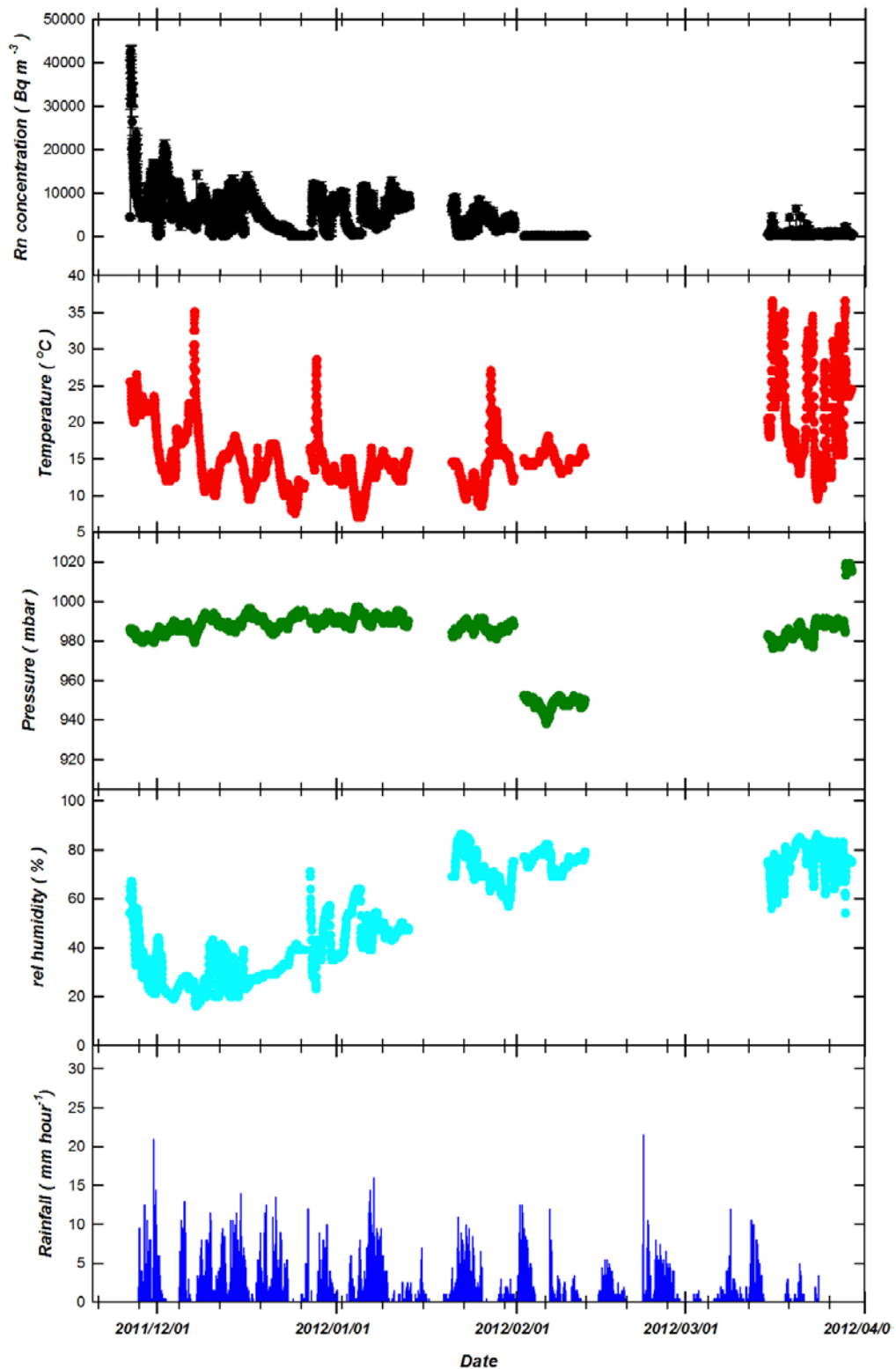


圖 2-19：自 2011 年 11 月 26 日至 2012 年 3 月 29 日之氡氣濃度（黑色）、氣體濕度（淺藍色）、大氣溫度（紅色）、氣體壓力（綠色）和雨量資料（深藍色）。雨量資料取自於鹿角坑雨量站。

第三階段自 2012 年 10 月 24 日至 2012 年 11 月 15 日止的監測結果，如圖 2-20 所示，其中鹿角坑雨量站資料目前網頁上只更新至 2012 年 11 月 6 日。此時監測站的外殼，FRP 箱已經建設完成，但仍沒有電力的供應，故仍是依照過去臨時站的概念進行氡氣濃度的監測工作。此階段的氡氣濃度較前兩個階段來的高且變化劇烈，變化幅度可從約 3 kBq m⁻³ 高至 67 kBq m⁻³。當初設計當氣體壓力過大時氣體會藉由單向閥排出氣密罩，由目前觀測結果推論此一設計並未發揮其功能，有可能是單向閥損壞，目前已更換新的單向閥，希望能改善其狀況。資料顯示，明顯降雨期將會反映在氣體濕度明顯上升，以及溫度下降的變化，同時氡氣濃度會逐漸下降，該現象是因為氡氣為易溶於水中以水氡的形態存在，雖然儀器本身會自動進行濕度校正，但我們仍須注意濕度變化，未來將加裝氣體乾燥系統以降低濕度對氡氣濃度的影響。11 月 5 日氡氣濃度出現持續下降的現象，在 11 月 7 日和 8 日我們到現地進行例行性採樣都發現抽氣幫浦並沒有在運作。故我們推測是該時段氡氣濃度持續下降是受到抽氣幫浦沒有運作的影響而造成的結果。期間 10 月 31 日因下載資料而造成資料短暫的不連續；11 月 8 日 12 點至 11 月 9 日 18 點的資料因人為操作不當而導致資料缺失。而 11 月 15 日接獲水電師傅通知隔日將進行電力的配置，故中斷監測工作以便施工。電力配置工程已於 11 月 16 日完成，並於 20 日將儀器放回監測站，進行連續監測工作。

除了連續監測的資料之外，每個月會採集現地的土壤氣體樣本回實驗室利用四極桿質譜儀進行氣體組成分析，其結果如表 2-5 所示。土壤氣體樣本本身即為火山氣體與大氣混和的結果，故其空氣比例微高是合理的，不過仍可以發現二氧化碳的含量高。藉由定期採樣回實驗室進行分析，不但可以得到精確且多樣的分析結果，還可以作為與現地儀器分析比對，已加強監測結果的可信度。

表 2-5：八煙監測站土壤氣體之成分組成

	CH ₄	N ₂ +CO	O ₂	H ₂ S	Ar	CO ₂	SO ₂	Total
120619-八煙s	1.06%	56.54%	16.71%	0.10%	0.834%	24.75%	0.02%	100.00%
120704-八煙s	0.36%	55.90%	12.90%	0.08%	0.645%	30.08%	0.03%	100.00%
120711-八煙s	2.51%	3.38%	1.30%	0.35%	0.193%	91.84%	0.43%	100.00%
120725-八煙s	0.90%	47.56%	12.06%	0.08%	0.597%	38.77%	0.03%	100.00%
120808-八煙s	0.11%	64.85%	15.47%	0.13%	0.863%	18.50%	0.08%	100.00%
120905-八煙s	0.13%	62.80%	14.78%	0.12%	0.80%	21.33%	0.05%	100.00%
121024-八煙s	6.55%	32.19%	3.14%	0.14%	0.28%	57.56%	0.13%	100.00%
121108-八煙s	3.23%	18.72%	1.00%	0.03%	0.10%	76.89%	0.03%	100.00%

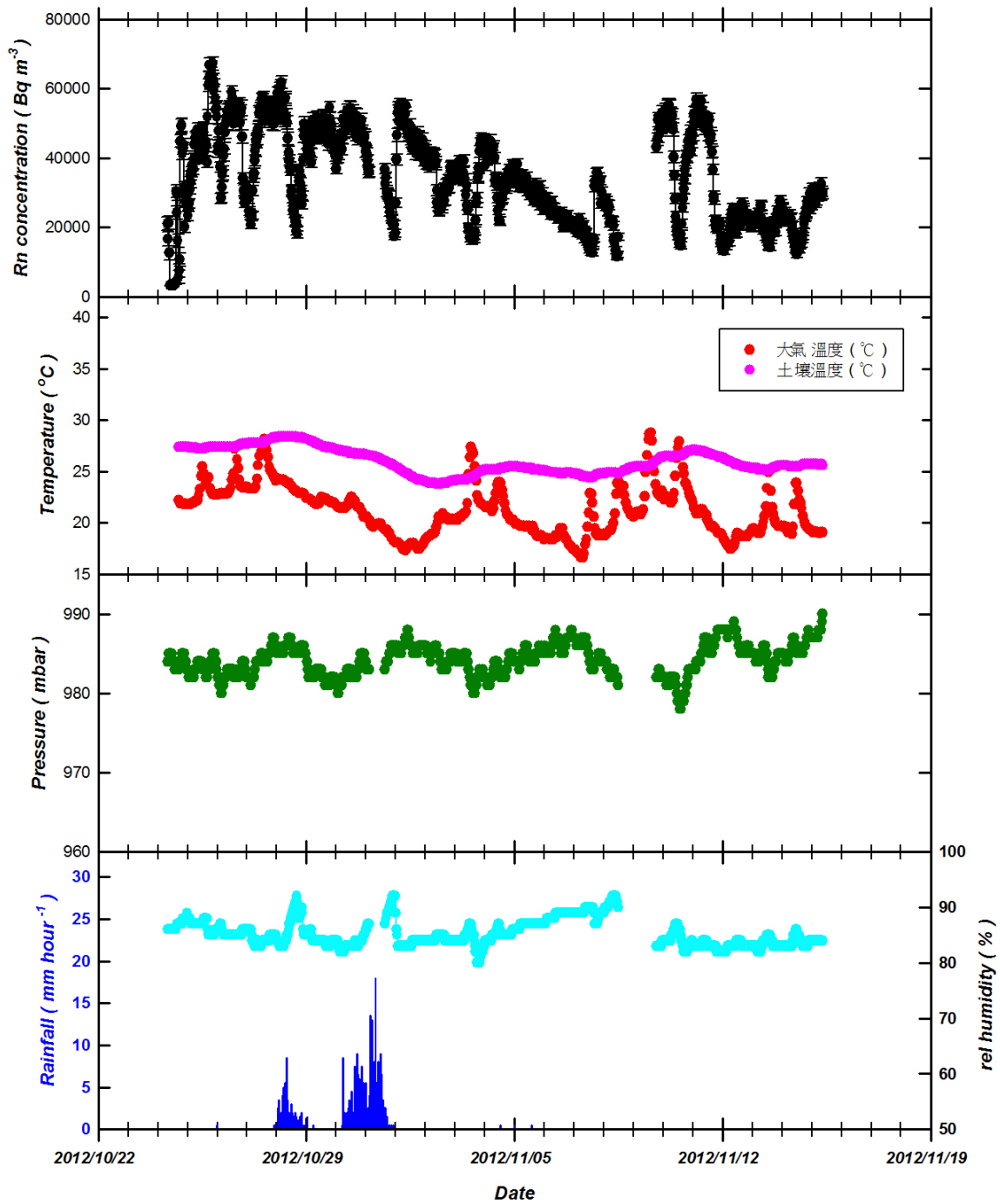


圖 2-20：自 2012 年 10 月 24 日至 2012 年 11 月 15 日之氡氣濃度（黑色）、大氣溫度（紅色）、土壤溫度（粉紅色）、氣體壓力（綠色）、氣體濕度（淺藍色）和雨量資料（深藍色）。雨量資料取自於鹿角坑雨量站。

此外，除了氣體組成分析外，測站土壤氣體樣本也會進行稀有氣體氦同位素分析，分析結果如表 2-6。在將結果投影至空氣-地函-地殼三端源圖後，顯示本測站土壤氣體主要是由地函來源以及地殼來源所組成，其中地函來源約占了總氣體成份的 40%。此外也有地殼來源氣體以及少許的空氣混染其中，如圖 2-21 所示。

表 2-6：八煙監測站土壤稀有氣體同位素之成分組成

樣品編號	$^4\text{He}/^{20}\text{Ne}$	$^3\text{He}/^4\text{He}$	Ra	(Ra) _c	$\pm 1\sigma$	[He] ppm
120110-八煙 s	4.481	5.46E-06	3.93	4.15	0.07	67.96
120119-八煙 s	16.293	6.53E-06	4.70	4.77	0.08	10.05
120131-八煙 s	6.008	6.41E-06	4.61	4.81	0.09	7.73
120711-八煙 s	11.490	7.40E-06	5.32	5.45	0.10	18.21
121024-八煙 s	4.419	5.86E-06	4.22	4.47	0.07	89.22
121108-八煙 s	9.109	5.31E-06	3.82	3.93	0.07	82.08

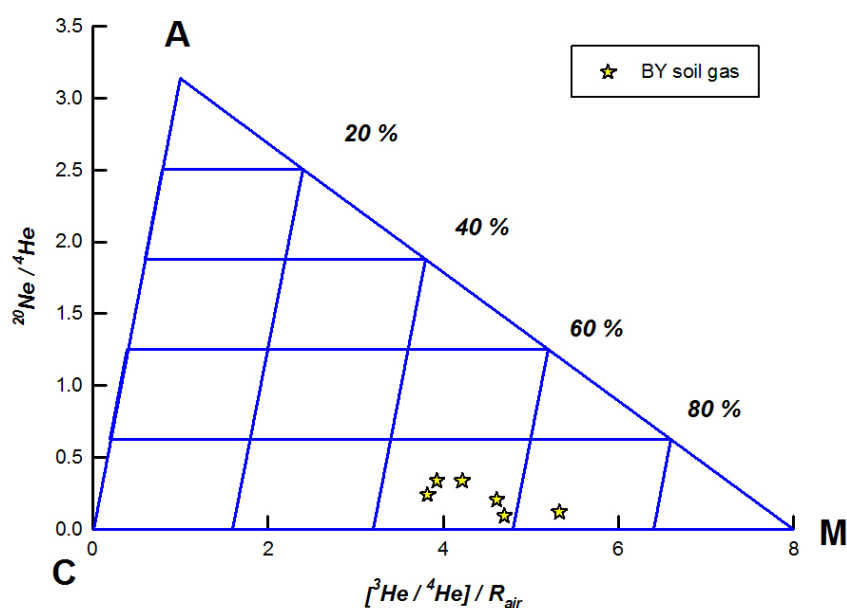


圖 2-21：八煙地熱區土壤氣體之空氣-地函-地殼三端源圖。A 代表空氣，C 代表地殼，M 代表地函。圖中顯示此區氣體主要為地函及地殼混染而成，而地函來源成分比例相對較高。

（五）結論

日前大屯火山群的火山活動備受關注，因此增設多元的監測方法以達成有效的監測工作是必要的，由於火山地區土壤氣體的監測可以使研究人員在安全的區域內進行監測工作，因此目前已成爲目前國際上相當常見的監測方法之一，並且被廣泛運用在全球活躍火山的監測工作上。

八煙土壤氣體連續監測站是繼小油坑地熱區後，在大屯火山群內所進行的第二座監測站，雖然在過程中遇到了許多行政上的困難，公文往來時間上的耗費造成進度嚴重的落後。所幸經過大家的努力，仍一一的將問題順利解決。在測站順利完成之後，希望未來可以順利進行土壤中二氧化碳逸氣通量測量以及土壤氫氣濃度之火山活動連續監測工作。

本年度工作前期由於受制於沒有電力供給，因此我們僅能利用臨時測站進行低耗電量的土壤氫氣濃度監測。雖然觀測的時間不長，但仍可以明顯的看出氫氣濃度受到氣候因子的影響，尤其是濕度對氫氣濃度造成明顯的影響。因此在未來我們將於測站中加裝氣體乾燥系統，將氣體的相對濕度維持在 10% 左右，相信此舉動能夠將環境氣候因子影響降至最低，以利於我們未來可以更深入的探討火山活動與氫氣濃度間的關係。

除此之外，若火山地區土壤氣體相關研究能進而結合其他相關觀測成果，如地球物理方面的微震資料、地表起伏和地電阻，以及地球化學方面的溫泉水離子、火山噴氣孔氣體成份及同位素組成等資料，進行更多元更豐富的探討，相信可以更加深入的了解大屯火山群的火山活動脈動趨勢。

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 CO₂ from Mount Etna. *Nature*, **351**, 387-391.
- Chiodini G., Cioni R., Guidi M., Raco B., Marini L., 1998. Soil CO₂ flux measurements in volcanic and geothermal areas. *Applied Geochemistry*, **13**, 543-552.
- 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.
- 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. ³He/⁴He 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(Na^+)、鉀離子(K^+)、鎂離子(Mg^{++})、鈣離子(Ca^{++})、矽離子(Si^{4+})、鋁離子(Al^{3+})、鐵離子(Fe^{++})、鈦離子(Ti^{4+})、錳離子(Mn^{++})、和銅離子(Cu^{++})等陽離子，以及氟離子(F^-)、氯離子(Cl^-)、溴離子(Br^-)、硝酸根離子(NO_3^-)、硫酸根離子(SO_4^{2-})、磷酸根離子(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。至於碳酸根離子(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五處。大屯火山群五處溫泉，從五月起每月採集一個樣本，每一處共 8 個樣本，其採樣地點分布如圖 3-1。

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

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 min

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 min

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

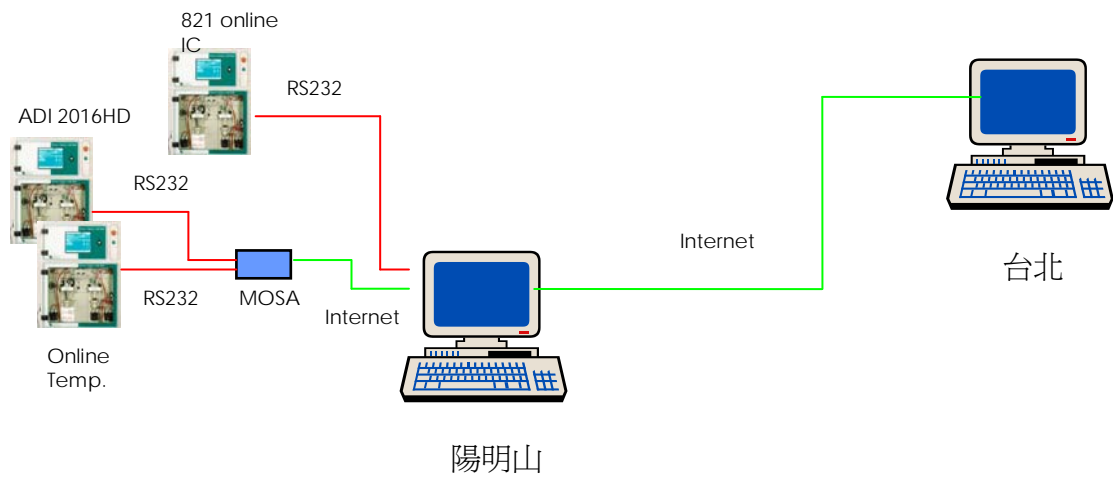
本次分析儀整組的基本架構如下：

821 線上離子層析儀分析：氫離子、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。

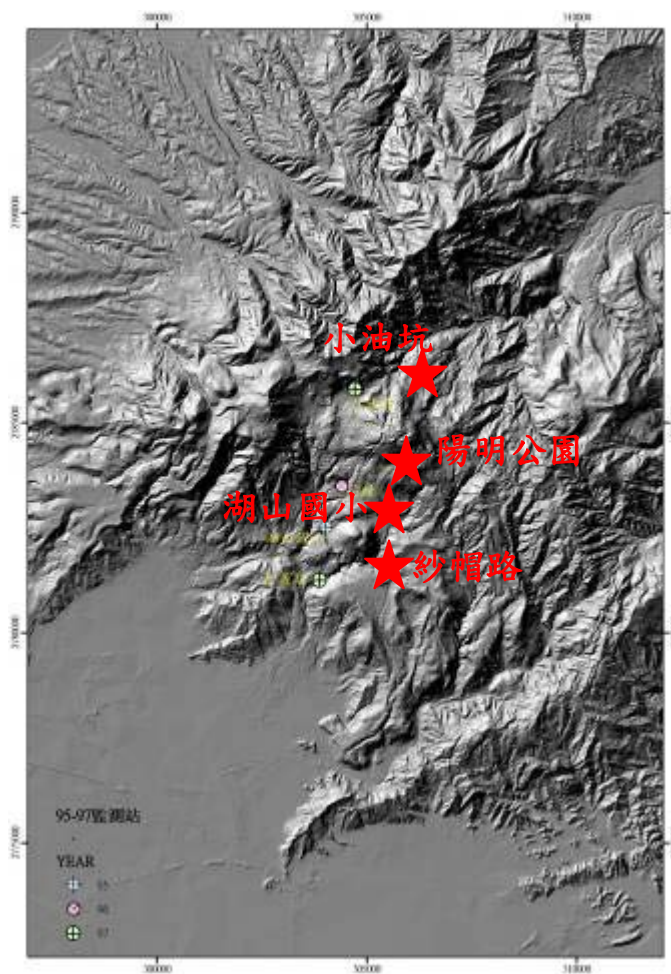


圖 3-2：大屯火山群溫泉監測站分布圖。

2、水質連續監測站儀器之選用

水質監測站的儀器，將選用德國 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°C。
- 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(2004~2012)平均值及 2σ 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(μ S/cm)、pH 值和 TDS(ppm)值之結果。

硫磺谷				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
20120501	53.8	308	5.79	188
20120601	50.4	249	5.82	152
20120701	43.2	194	5.83	120
20120801	54.8	233	6.17	143
20120901	40.3	178	6.12	128
20121001	32.5	207	5.67	131
20121101	46.7	217	6.60	134
20121201	37.8	199	6.3	126

冷水坑				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
20120501	38.7	1514	5.93	988
20120601	40.9	1538	6.04	1037
20120701	42.3	1472	6.38	1001
20120801	42.7	1447	6.52	980
20120901	41.3	1381	6.47	1033
20121001	41.4	1442	6.25	982
20121101	40.1	1403	6.32	966
20121201	42.7	1414	6.31	959

馬槽				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
20120501	55.7	533	5.98	368
20120601	49.4	558	6.11	358
20120701	52.1	525	6.69	334
20120801	57.9	541	6.84	340
20120901	63.1	530	6.15	351
20121001	53.5	548	7.07	348
20121101	47.1	563	6.38	360
20121201	53.7	538	6.27	344

大油坑				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
20120501	68.9	15681	1.31	16972
20120601	73.4	13575	1.27	16687
20120701	72.1	18375	1.60	15370
20120801	67.8	10119	2.02	8813
20120901	70.1	13407	1.22	12971
20121001	69.3	15781	1.43	12384
20121101	70.8	18167	1.73	16384
20121201	63.9	15930	1.76	13580

地熱谷				
日期	溫度	導電度	pH	TDS
20120501	62.0	20837	1.57	18570
20120601	60.7	19270	1.64	16050
20120701	63.8	19670	1.47	16980
20120801	61.0	19300	1.41	17120
20120901	58.0	12847	1.44	13874
20121001	48.5	20131	1.64	18134
20121101	55.9	19158	1.66	17110
20121201	60.1	19490	1.66	17108

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(2004~2012)平均值及 2σ 值。

採樣地點	溫度	導電度	PH	TDS
硫磺谷	53.3±21.3	366±342	5.40±1.40	239±266
冷水坑	40.3±2.8	1511±155	5.97±0.39	1112±1717
馬槽	47.4±11.4	537±796	6.53±10.8	320±81
大油坑	69.1±15.7	10567±22081	1.61±0.79	10079±20408
地熱谷	59.9±8.3	18628±3111	1.43±0.45	16161±2692

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(Na⁺)、鉀離子(K⁺)、鎂離子(Mg⁺⁺)、鈣離子(Ca⁺⁺)、鐵離子(Fe⁺⁺)、錳離子(Mn⁺⁺)和矽離子(Si⁴⁺)等陽離子，利用離子層析儀分析氟離子(F⁻)、氯離子(Cl⁻)、溴離子(Br⁻)、硝酸根離子(NO₃⁻)、硫酸根離子(SO₄²⁻)、磷酸根離子(PO₄³⁻)等陰離子，至於碳酸氫根離子(HCO₃⁻)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(2004~2012)平均值及 2σ 值如表 3-3 和表 3-4；陽離子分析結果和歷年(2004~2012)平均值及 2σ 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	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
20120501	--	19.1	--	2.31	--	98.8	--
20120601	--	18.2	--	2.45	--	73.4	--
20120701	--	17.5	--	2.33	--	80.3	--
20120801	--	20.3	--	2.57	--	101.5	--
20120901	--	19.8	--	1.94	--	103.8	--
20121001	--	17.6	--	1.87	--	97.4	--
20121101	--	19.9	--	2.38	--	102.4	--
20121201	--	20.2	--	2.45	--	99.2	--

冷水坑							
日期	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
20120501	--	171	--	--	--	305	251
20120601	--	182	--	--	--	315	278
20120701	--	174	--	--	--	314	283
20120801	--	183	--	--	--	316	289
20120901	--	178	--	--	--	309	278
20121001	--	178	--	--	--	315	280
20121101	--	181	--	--	--	307	275
20121201	--	180	--	--	--	308	269

馬槽							
日期	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
20120501	--	9.21	--	--	--	182	97.3
20120601	--	8.38	--	--	--	185	93.9
20120701	--	8.92	--	--	--	196	108.5

20120801	--	8.79	--	--	--	172	85.4
20120901	--	8.22	--	--	--	184	94.3
20121001	--	8.18	--	--	--	182	101.4
20121101	--	8.42	--	--	--	174	95.7
20121201	--	9.21	--	--	--	182	97.3

大油坑							
日期	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
20120501	--	738	--	--	--	5282	--
20120601	--	1349	--	--	--	7613	--
20120701	--	715	10.3	--	--	5372	--
20120801	--	1522	13.4	--	--	4284	--
20120901	--	630	10.8	--	--	5248	--
20121001	--	738	10.9	--	--	5028	--
20121101	--	826	12.1	--	--	4832	--
20121201	--	813	11.5	--	--	4538	--

地熱谷							
日期	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
20120501	--	2321	7.21	--	--	3149	--
20120601	1.16	2269	--	--	--	3467	--
20120701	--	2575	11.10	--	--	3348	--
20120801	--	2673	5.88	--	--	3017	--
20120901	--	2672	10.21	--	--	3218	--
20121001	--	2558	10.11	--	--	3070	--
20121101	--	2672	9.84	--	--	3147	--
20121201	--	2689	12.3	--	--	3268	--

*"--"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(2004~2012)平均值及 2σ 值 (單位：ppm)。

採樣地點	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
硫磺谷	--	27.2±31.2	--	3.36±3.45	144±175	--
冷水坑	--	185±74	--	--	319±117	270±73
馬槽	--	8.61±1.77	--	--	158±93	114±92
大油坑	--	882±1953	--	--	5241±5658	--
地熱谷	--	2203±1335	--	--	3007±1506	--

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 ⁺⁴	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Al ⁺³
20120501	23.6	10.6	23.1	7.38	7.52	--	--	--
20120601	23.6	10.8	25.4	7.83	7.51	--	--	--
20120701	21.4	10.6	23.9	6.84	7.40	--	--	--
20120801	24.1	10.8	27.6	8.22	7.53	--	--	--
20120901	20.1	9.3	22.2	7.19	6.94	--	--	--
20121001	21.6	10.9	25.8	8.11	7.15	--	--	--
20121101	19.8	9.07	20.2	5.38	7.32	--	--	--
20121201	20.6	10.3	18.5	6.84	7.13	--	--	--

冷水坑

日期	Si ⁺⁴	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Al ⁺³
20120501	62.8	30.2	169	66.3	12.7	10.7	1.67	--
20120601	57.6	30.7	171	57.8	12.7	14.4	2.11	0.10
20120701	69.8	32.4	164	55.4	15.8	14.7	1.71	--
20120801	62.5	32.5	173	67.8	17.7	13.8	1.13	--
20120901	60.6	32.8	169	63.8	16.3	12.9	2.27	--
20121001	59.8	31.6	174	60.4	17.4	11.7	1.94	--
20121101	60.7	30.3	165	66.7	15.8	12.8	1.38	--
20121201	61.3	30.1	171	65.9	16.1	10.5	1.08	--

馬槽

日期	Si ⁺⁴	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Al ⁺³
20120501	53.8	13.7	63.8	20.5	10.5	0.22	0.53	--
20120601	50.7	12.8	63.8	17.4	13.2	0.21	0.66	--
20120701	52.1	12.1	59.5	21.7	11.9	--	0.71	--
20120801	50.5	14.7	66.7	20.7	10.5	0.35	0.61	--
20120901	51.3	13.9	65.3	22.7	10.3	0.29	0.65	0.02
20121001	46.5	12.1	66.4	20.1	10.2	0.25	0.62	--
20121101	50.8	13.4	66.2	21.8	13.6	0.37	0.80	--
20121201	50.1	12.8	65.9	20.1	10.1	0.21	0.65	--

大油坑

日期	Si ⁺⁴	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Al ⁺³
20120501	103.7	22.7	29.7	13.2	33.6	156	0.34	295
20120601	89.7	14.8	13.1	6.59	18.0	135	0.27	185
20120701	95.1	16.5	20.9	7.34	23.7	94.7	--	203
20120801	97.7	18.1	18.7	9.47	18.9	102	0.15	213
20120901	107.3	17.3	23.6	11.8	30.6	103	0.11	234
20121001	98.7	15.7	22.7	8.38	25.4	95.8	0.12	214

20121101	105.6	20.9	19.2	10.1	23.1	103	0.38	227
20121201	97.6	18.2	15.6	9.33	20.2	96.8	0.28	208

地熱谷								
日期	Si ⁺⁴	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Al ⁺³
20120501	58.2	484	203	66.8	203	83.7	9.83	118
20120601	66.8	479	205	65.1	198	78.9	10.15	97.3
20120701	67.5	453	217	60.7	199	82.1	8.84	118
20120801	63.2	482	200	66.1	207	81.5	8.15	104
20120901	66.3	473	219	69.5	200	84.3	11.21	127
20121001	65.1	457	208	68.5	202	79.6	10.74	120
20121101	60.2	418	218	60.1	223	81.5	9.31	128
20121201	66.1	469	216	63.2	218	88.6	10.14	126

* -- “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(2004~2012)平均值及 2σ 值 (單位：ppm)。

採樣地點	Si ⁺⁴	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺
硫磺谷	30.0±20.0	13.8±12.7	39.4±49.5	12.4±17.3	7.24±3.64
冷水坑	66.8±16.3	42.7±30.3	193±146	76.5±54.3	15.6±8.4
馬槽	54.6±13.3	14.4±7.9	62.2±39.7	20.7±12.2	8.10±4.21
大油坑	100±39	17.4±11.9	31.1±36.8	11.8±16.3	30.2±32.2
地熱谷	69.8±15.7	473±220	205±43	64.6±12.5	217±73

五、討論

1. 溫泉水質的演變

圖 3-3 至圖 3-7 是結合 2004 至 2012 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。

冷水坑溫泉的導電度在 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。本年度則相對穩定。

馬槽溫泉 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。本年度則相對穩定。

大油坑的 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，然後逐漸上升至今，且導電度在今年 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。

硫磺谷

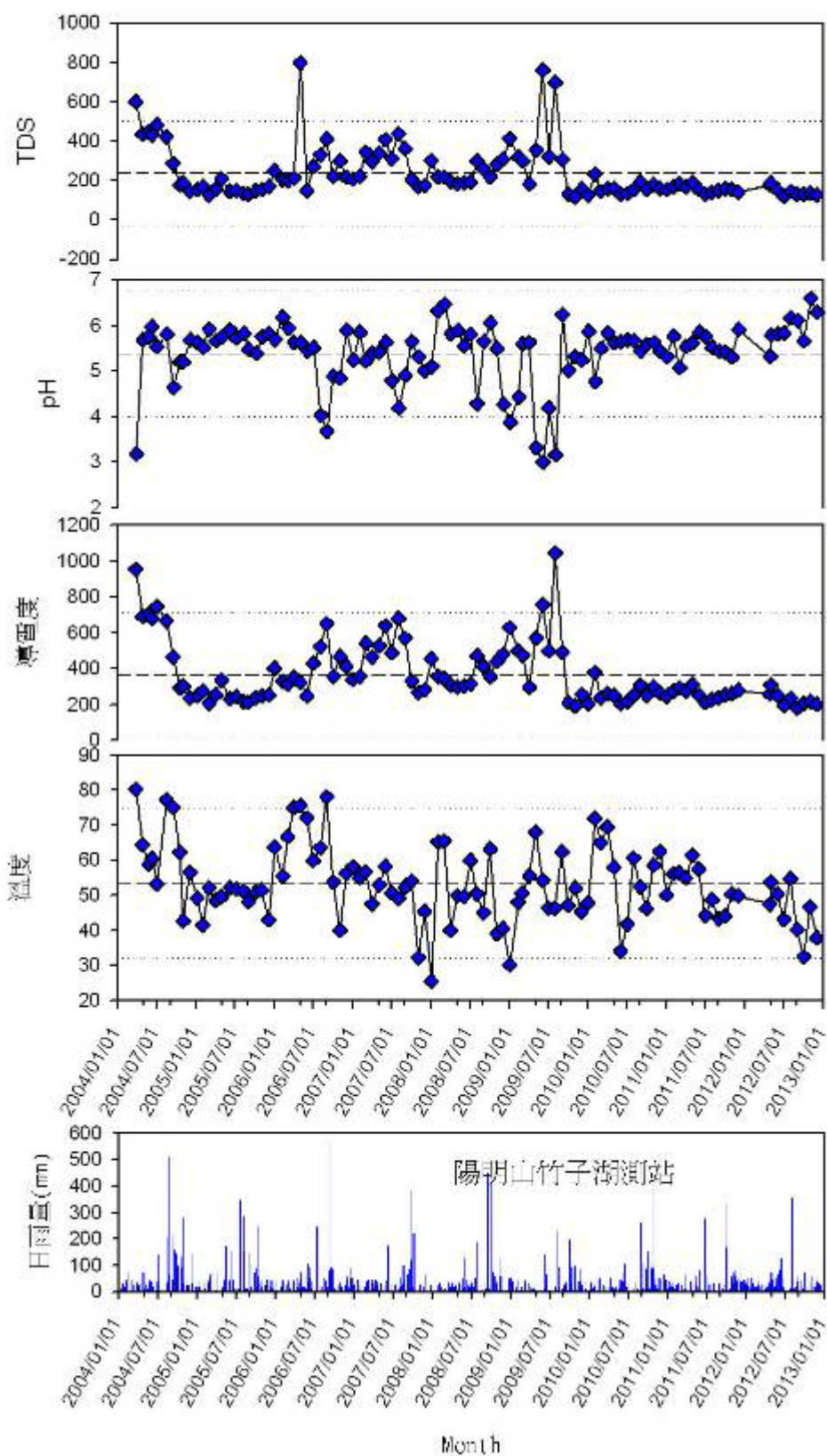


圖 3-3：硫磺谷溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度($\mu S/cm$)、溫度($^{\circ}C$)和日雨量，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

冷水坑

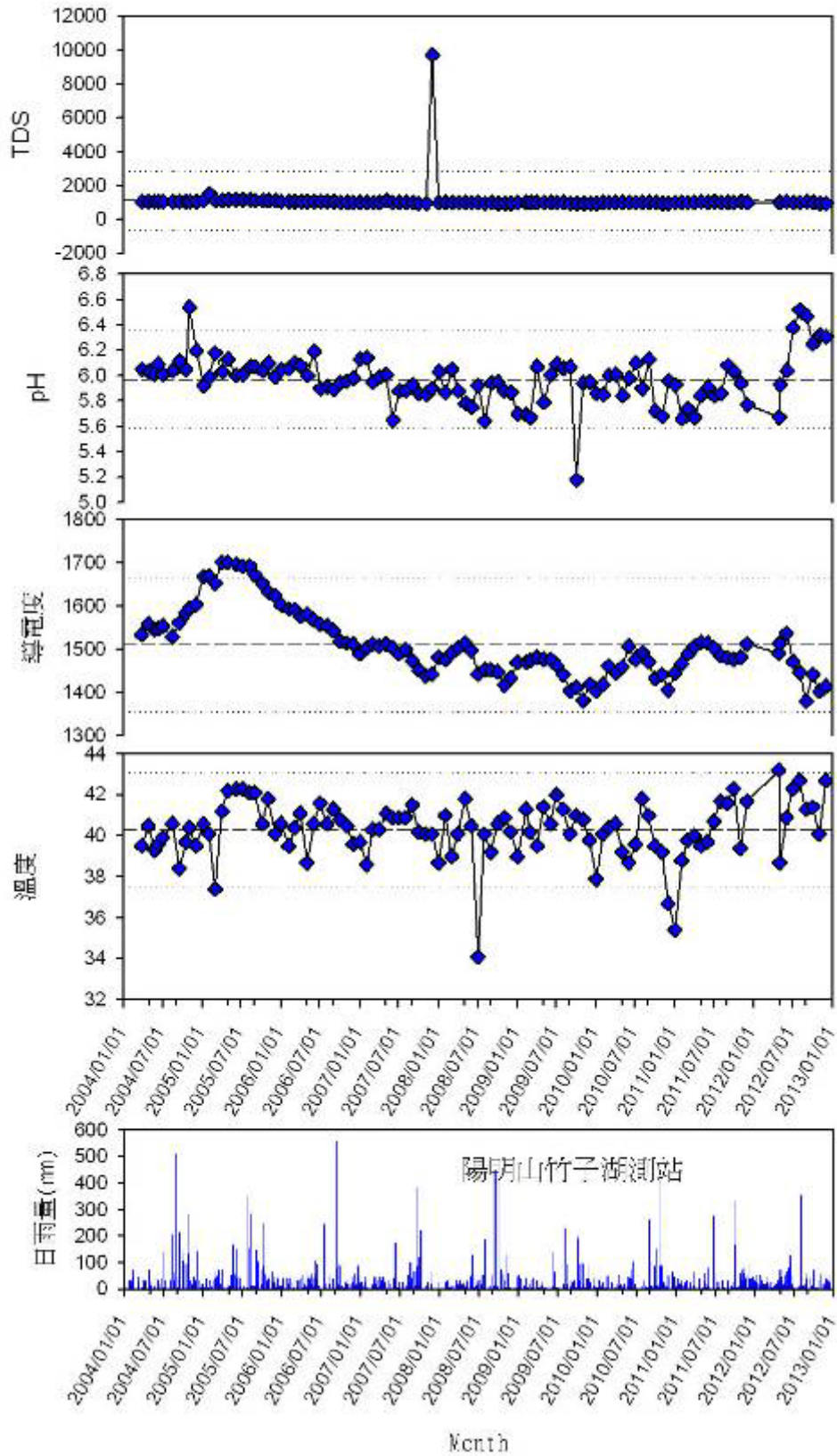


圖 3-4：冷水坑溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度($\mu\text{S/cm}$)、溫度($^{\circ}\text{C}$)和日雨量，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

馬槽

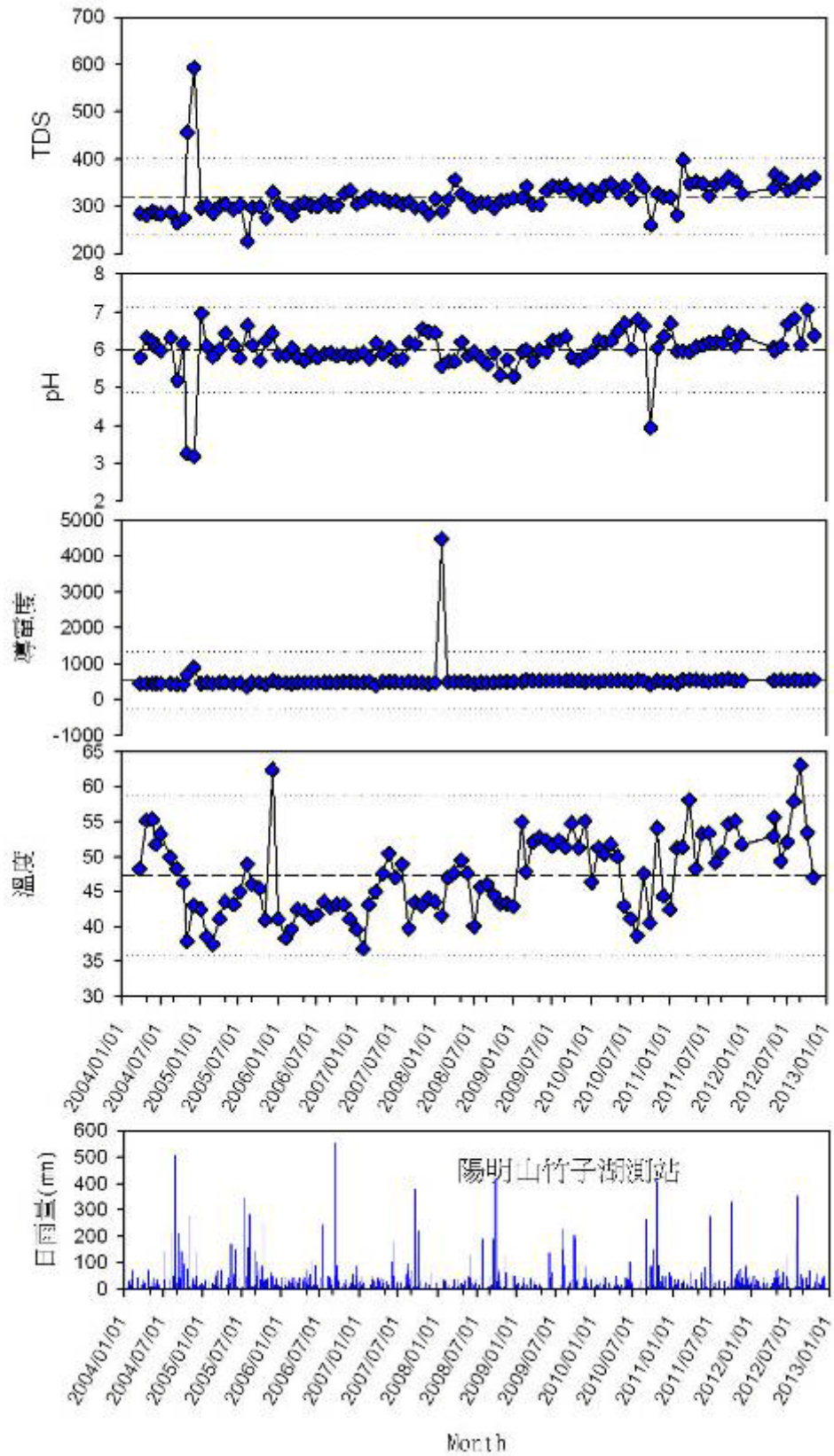


圖 3-5：馬槽溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度(μ S/cm)、溫度($^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

大油坑

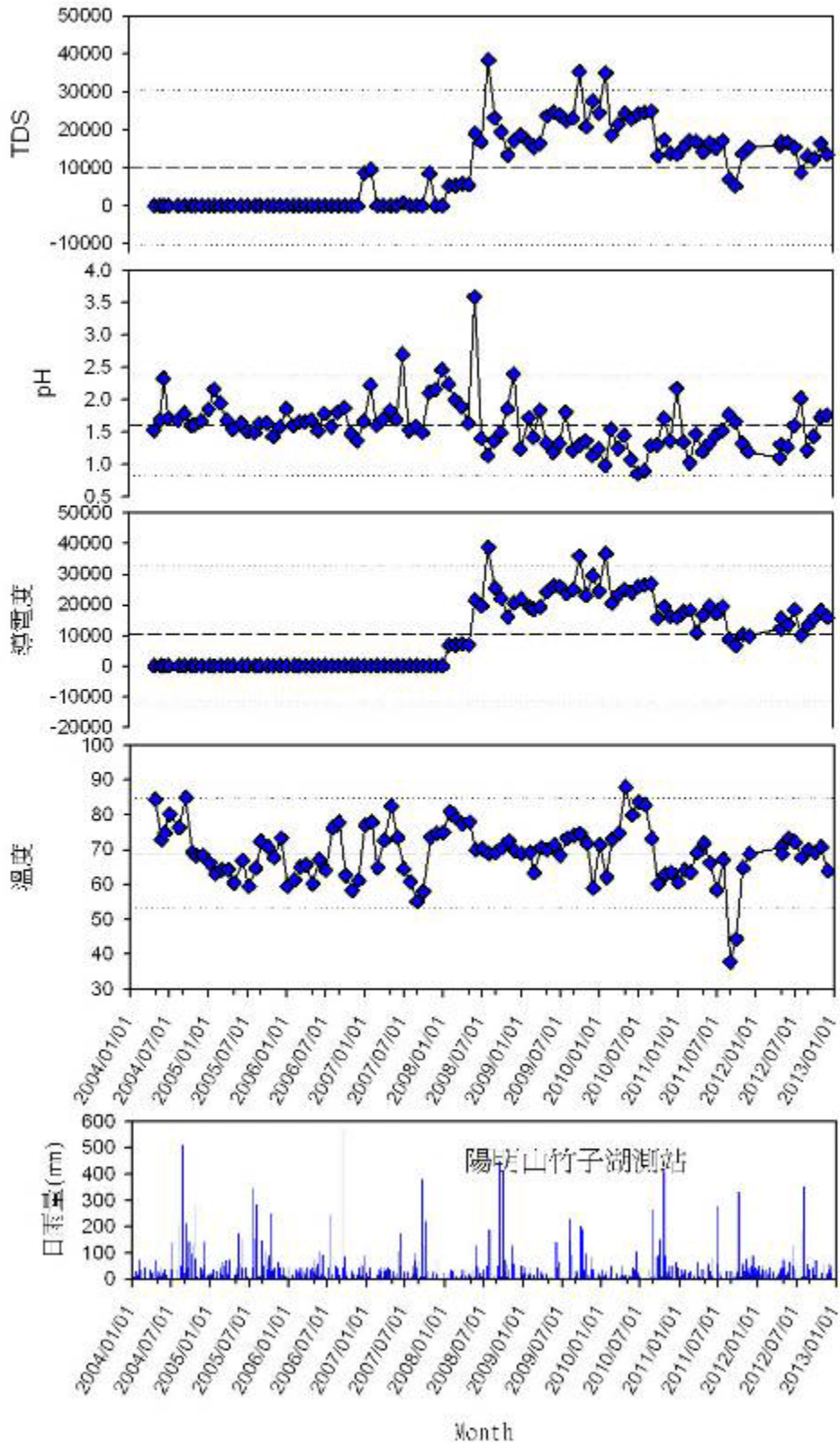


圖 3-6：大油坑溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度(μ S/cm)、溫度($^{\circ}$ C)和日雨量，2004 至 2012 年變化趨勢圖。

地熱谷

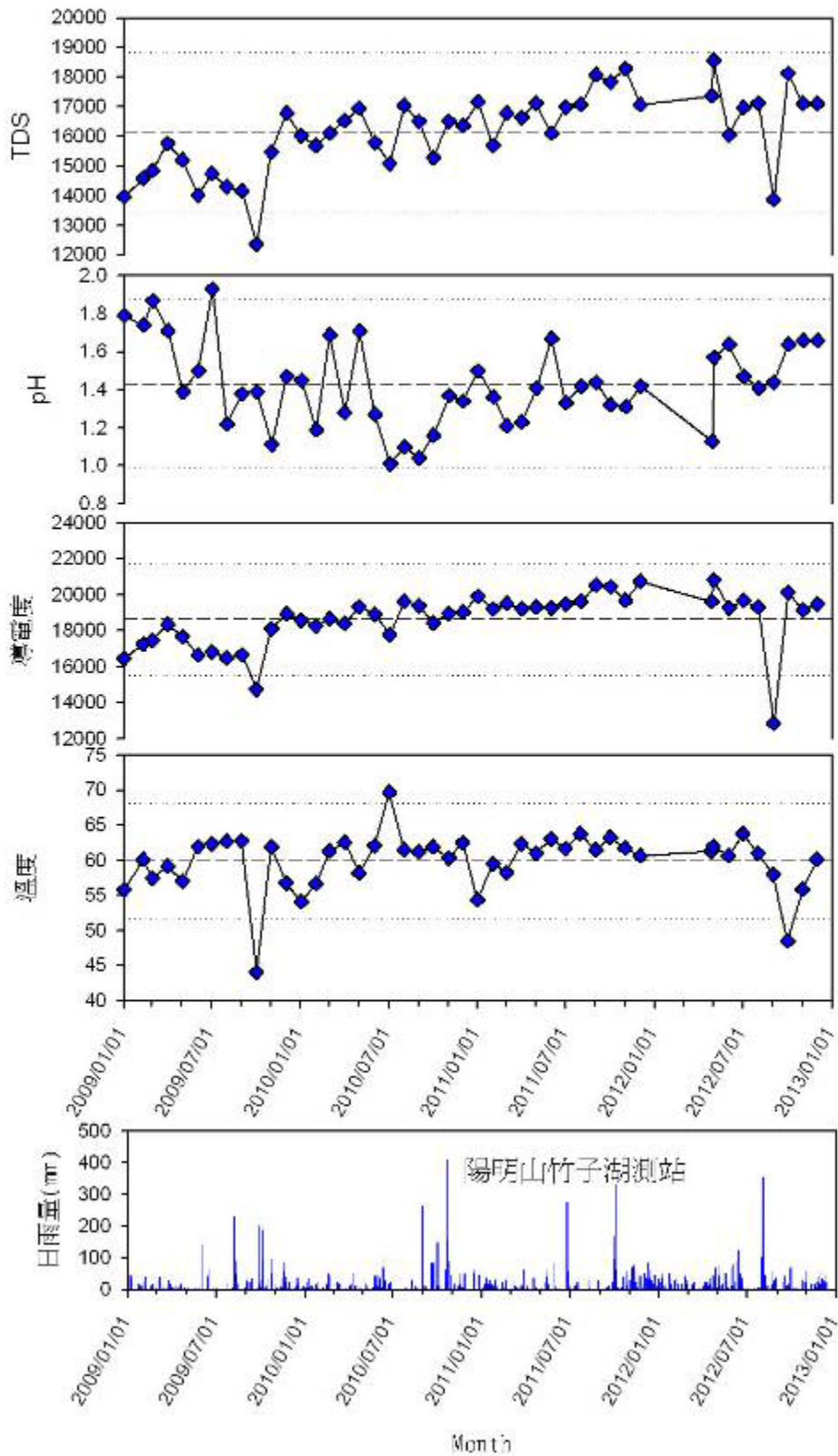


圖 3-7：地熱谷溫泉 TDS(ppm)、pH、導電度($\mu\text{S/cm}$)、溫度($^{\circ}\text{C}$)和日雨量，2009 至 2012 年變化趨勢圖。

2. 溫泉水化學的演變

圖 3-8 至圖 3-12 是陰離子分析結果，結合 2004 至 2012 年所量測到的資料，繪成隨時間的變化圖。圖 3-13 至圖 3-17 是陽離子分析結果，結合 2004 至 2012 年所量測到的資料，繪成隨時間的變化圖。

從圖中可知，硫磺谷溫泉的 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； 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； 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 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； Na^+ 、 Ca^{++} 和 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； 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 下半年至本年度，都呈現相對穩定的狀態。

冷水坑溫泉的陰離子 HCO_3^- 在 2005 年 6-7 月間、2006 年 1 月和 2010 年 7 月為低值，且低於平均值 2 倍的標準差。 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； 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。陽離子中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++} 和 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 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 年至本年度，都呈現相對穩定的狀態，只有 Si^{4+} 呈現較大幅度的變化起伏。

馬槽溫泉的陰離子 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，今年度則呈現相對穩定的狀態； 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； 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。陽離子中的 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； Na^+ 、 Ca^{++} 和 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。 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。今年度除了 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。

大油坑溫泉的陰離子 SO_4^{2-} 從開是監測至 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 年後則成現相對穩定的狀態；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。所有的陽離子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。

地熱谷溫泉則是從 2009 年 1 月開始加入監測的行列，其 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；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。陽離子的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{++} 和 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 Si^{++} 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。

硫磺谷

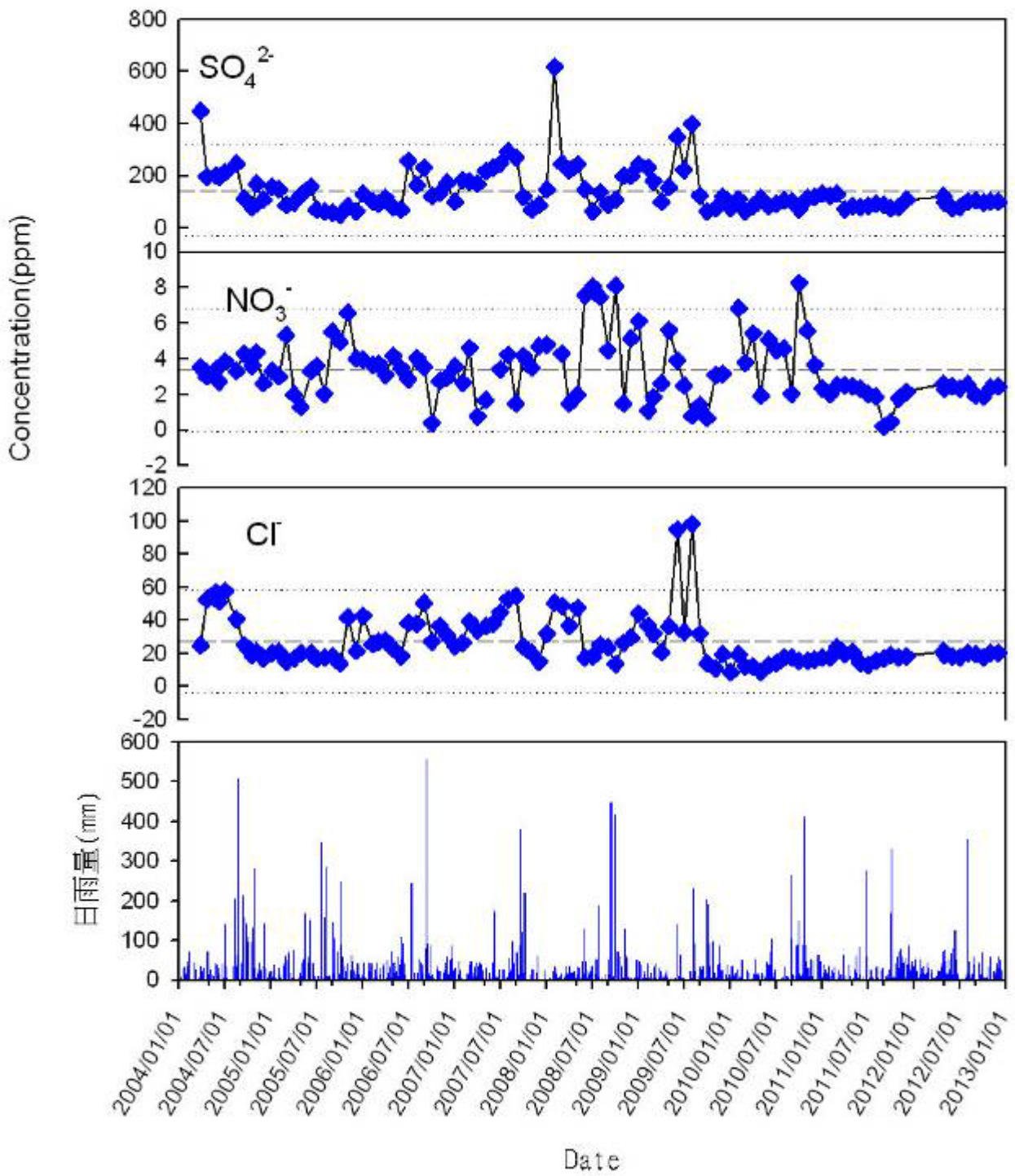


圖 3-8：硫磺谷溫泉陰離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

冷水坑

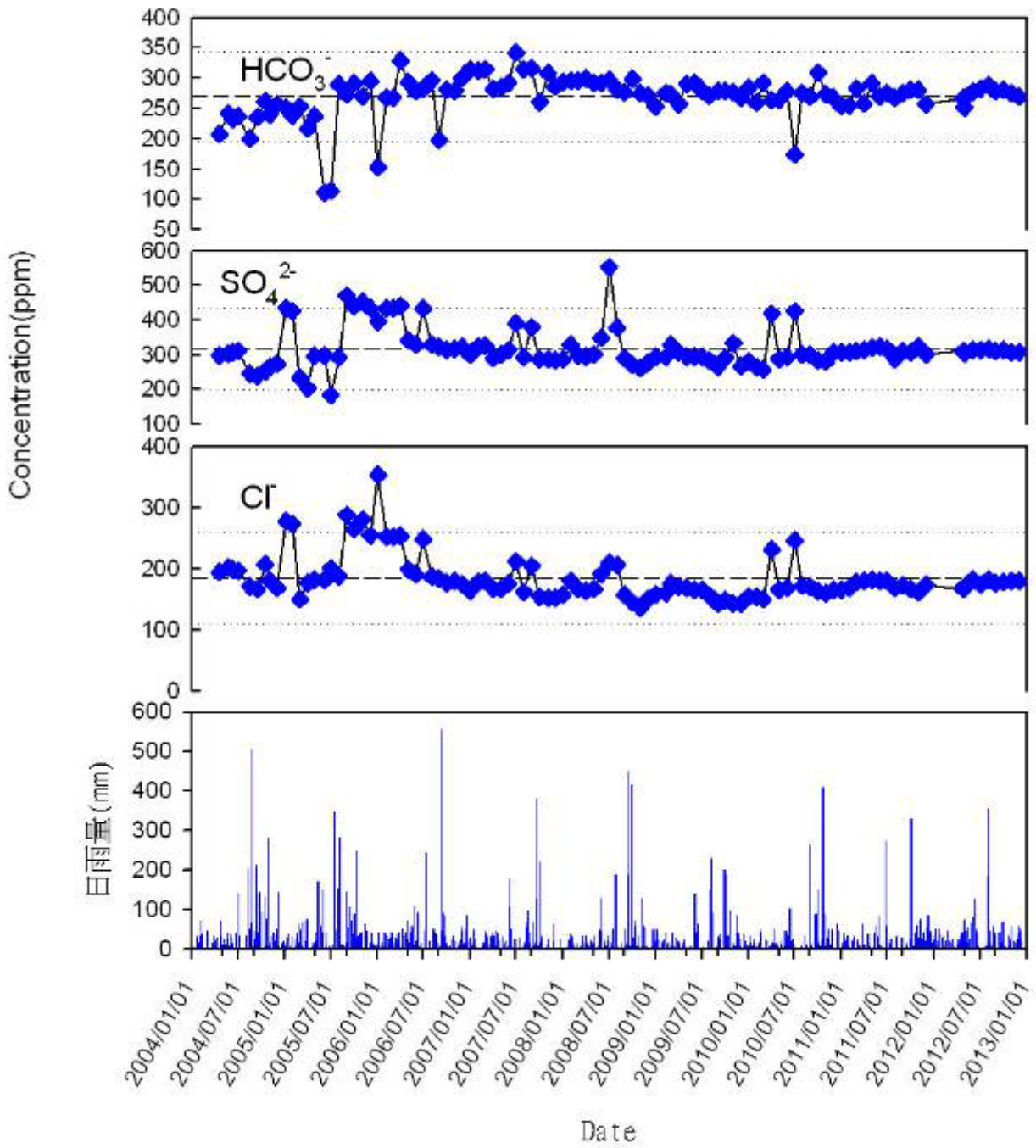


圖 3-9：冷水坑溫泉陰離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

馬槽

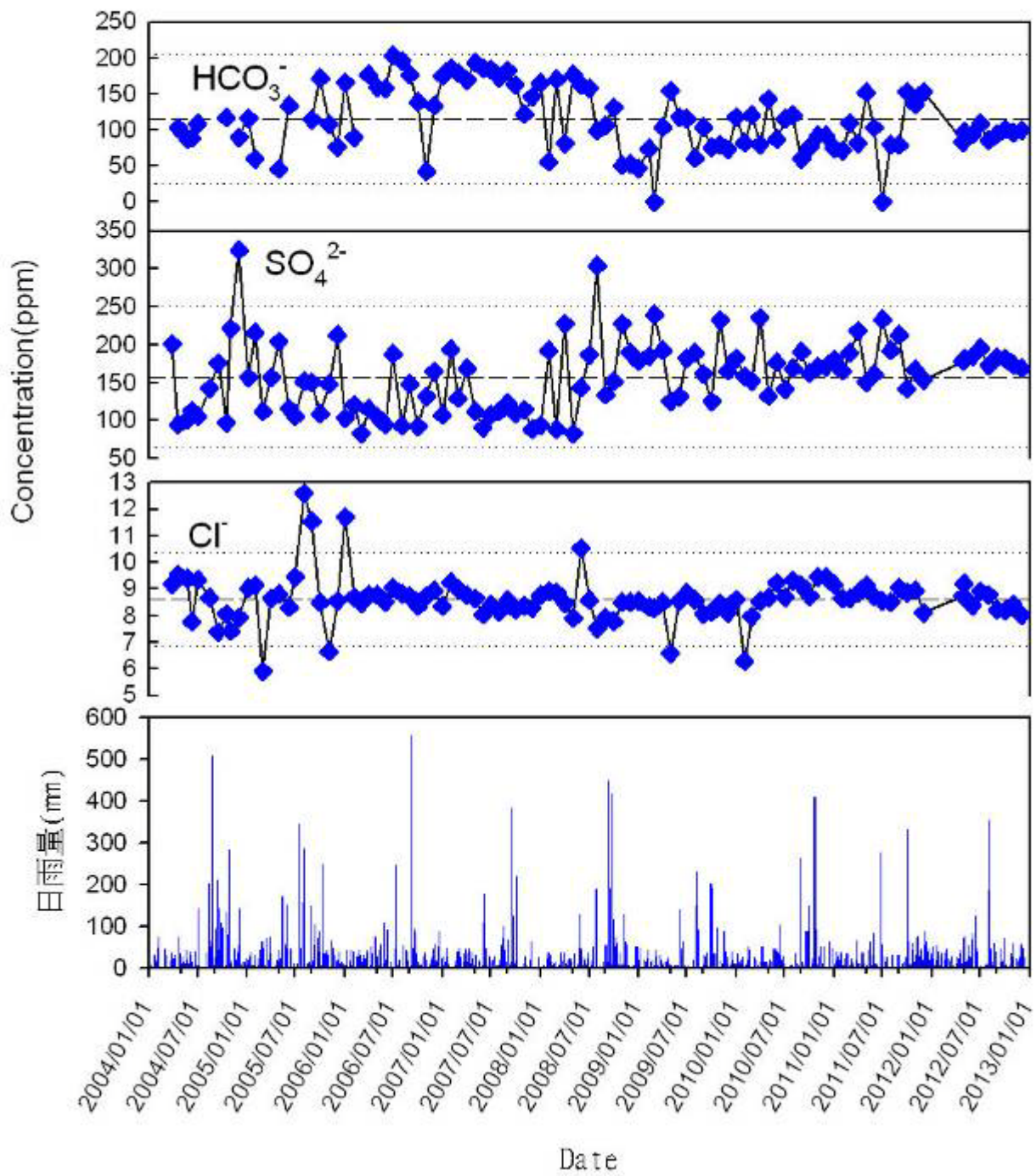


圖 3-10：馬槽溫泉陰離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

大油坑

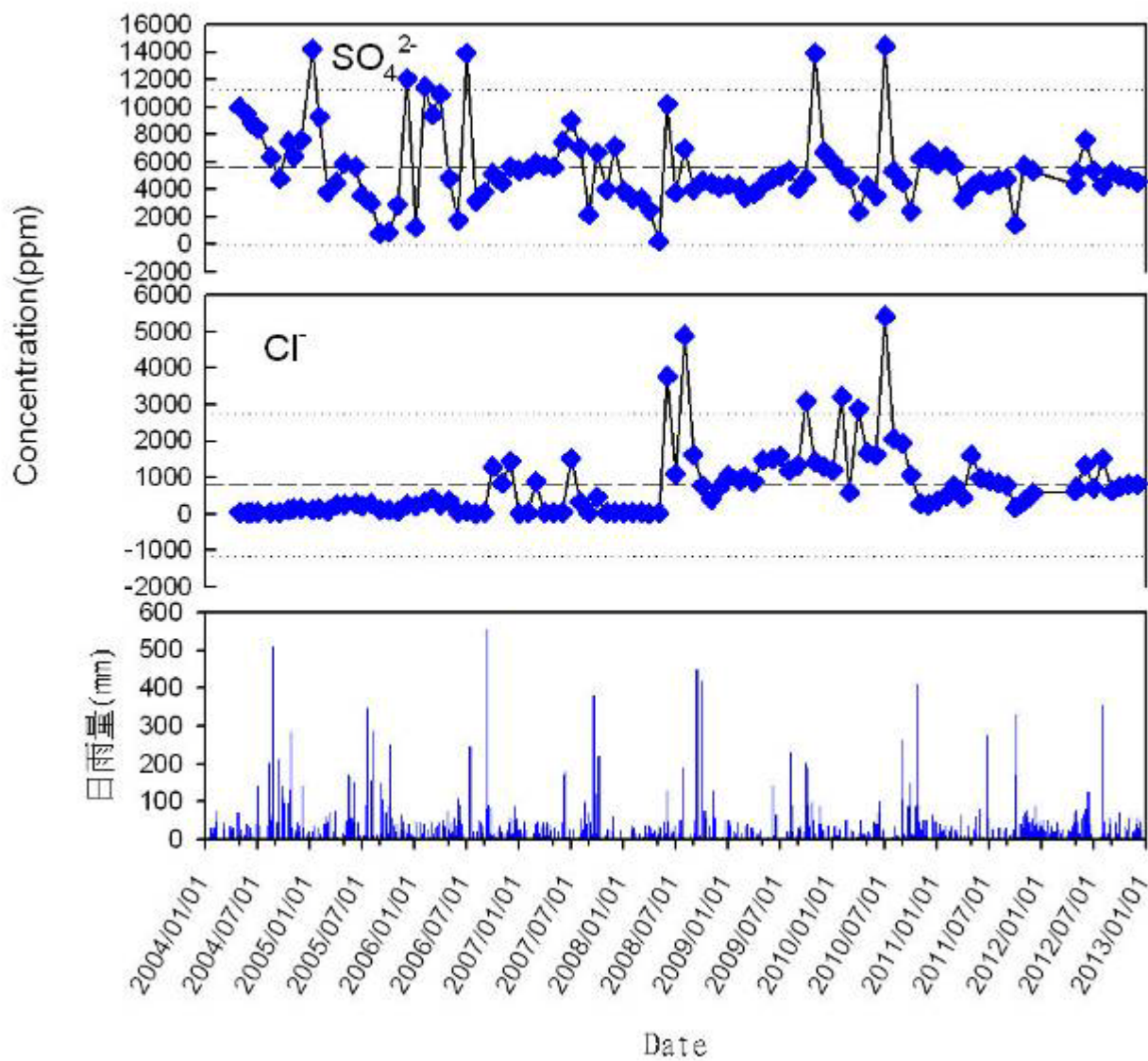


圖 3-11：大油坑溫泉陰離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

地熱谷

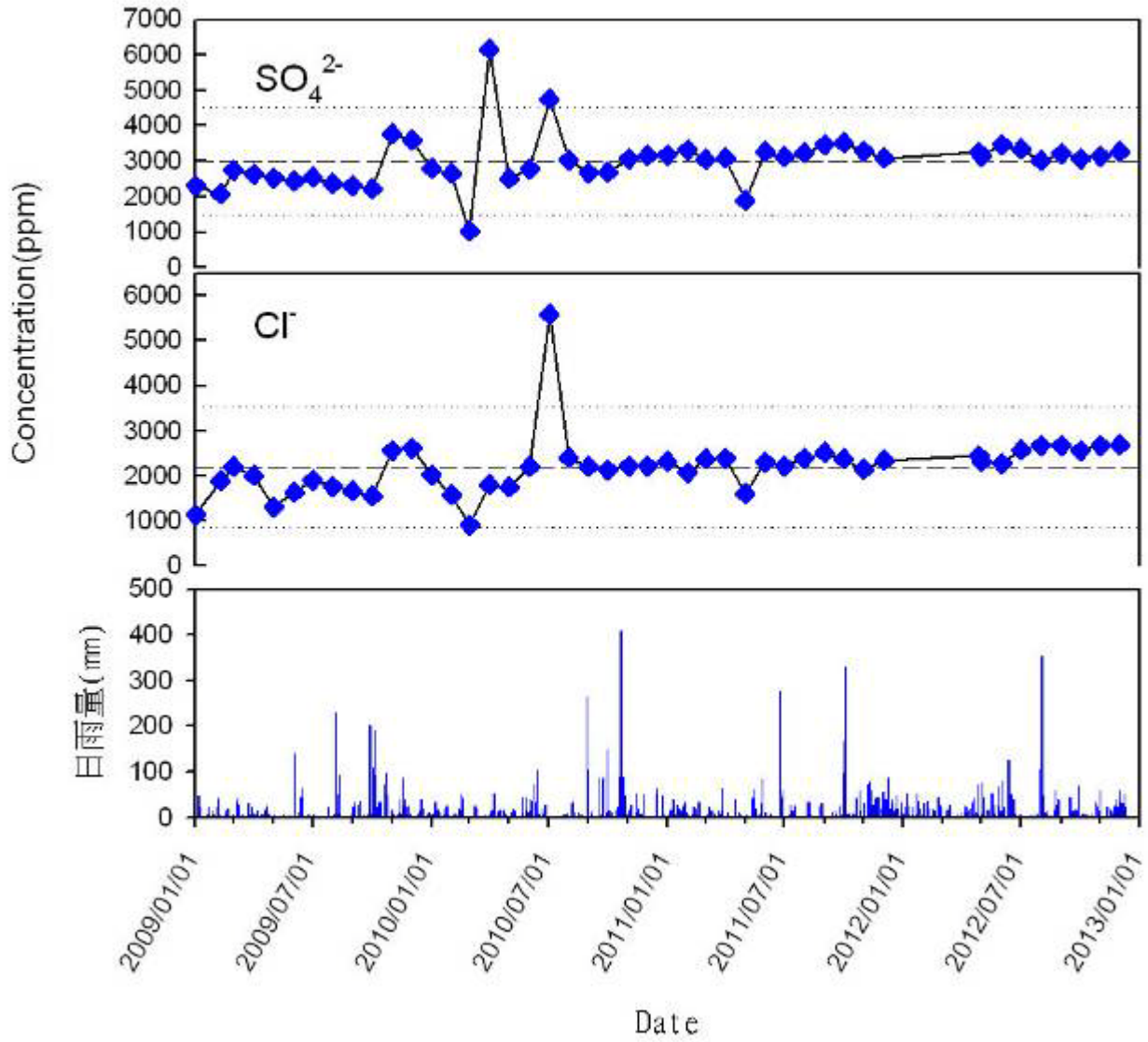


圖 3-12：地熱谷溫泉陰離子濃度， 2009 至 2012 年月變化趨勢圖。

硫磺谷

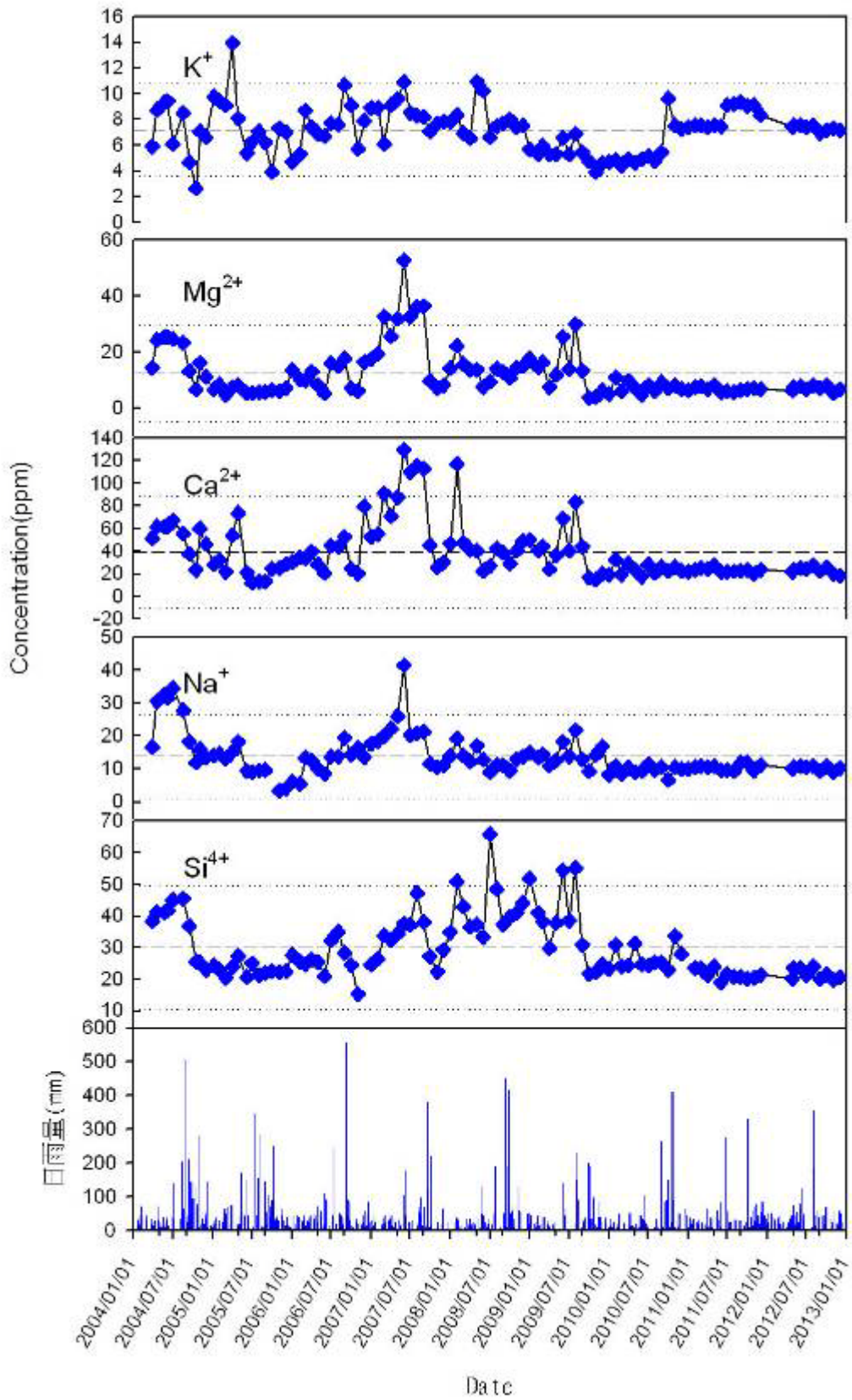


圖 3-13：硫磺谷溫泉陽離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

冷水坑

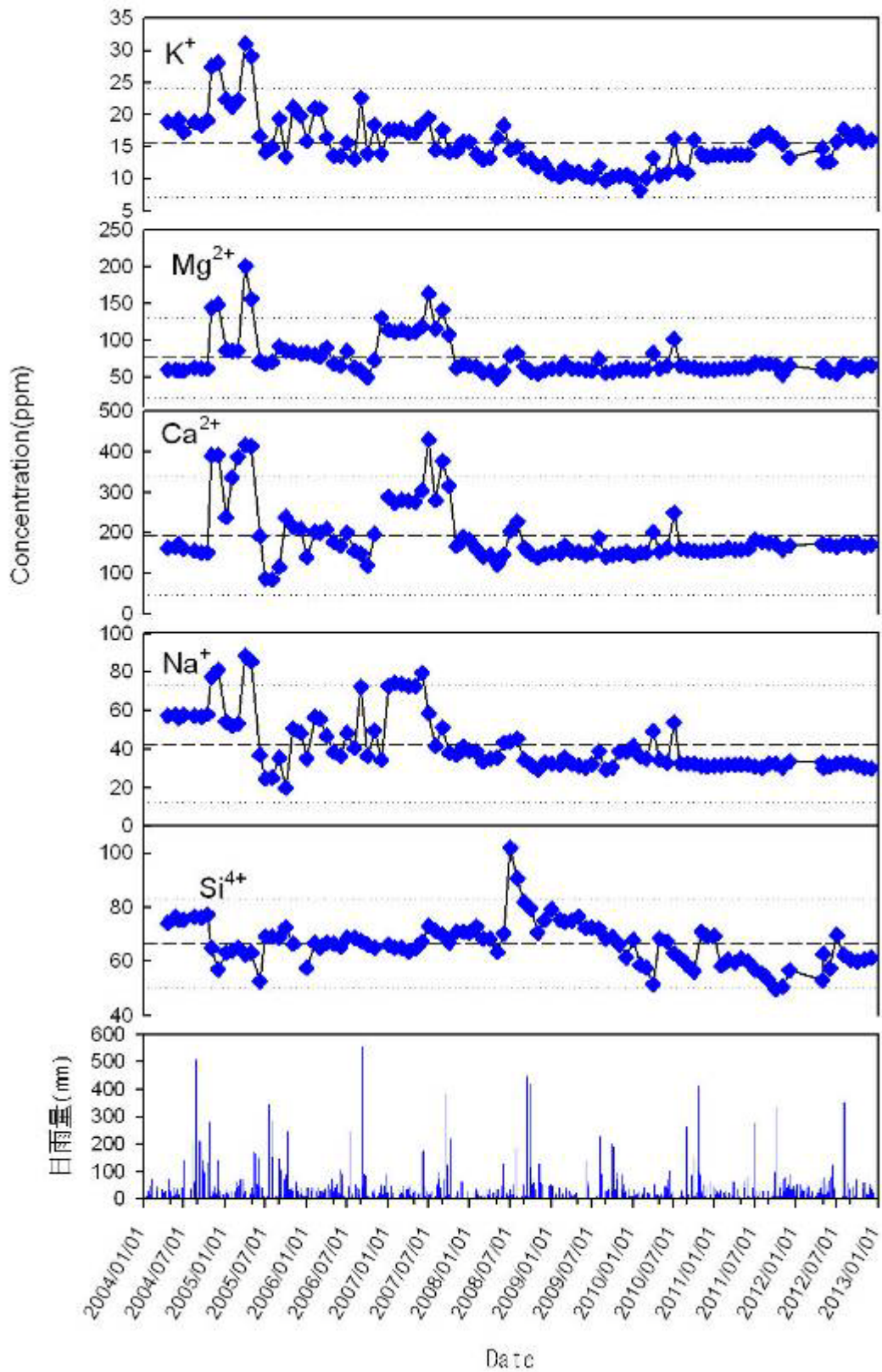


圖 3-14：冷水坑溫泉陽離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

馬槽

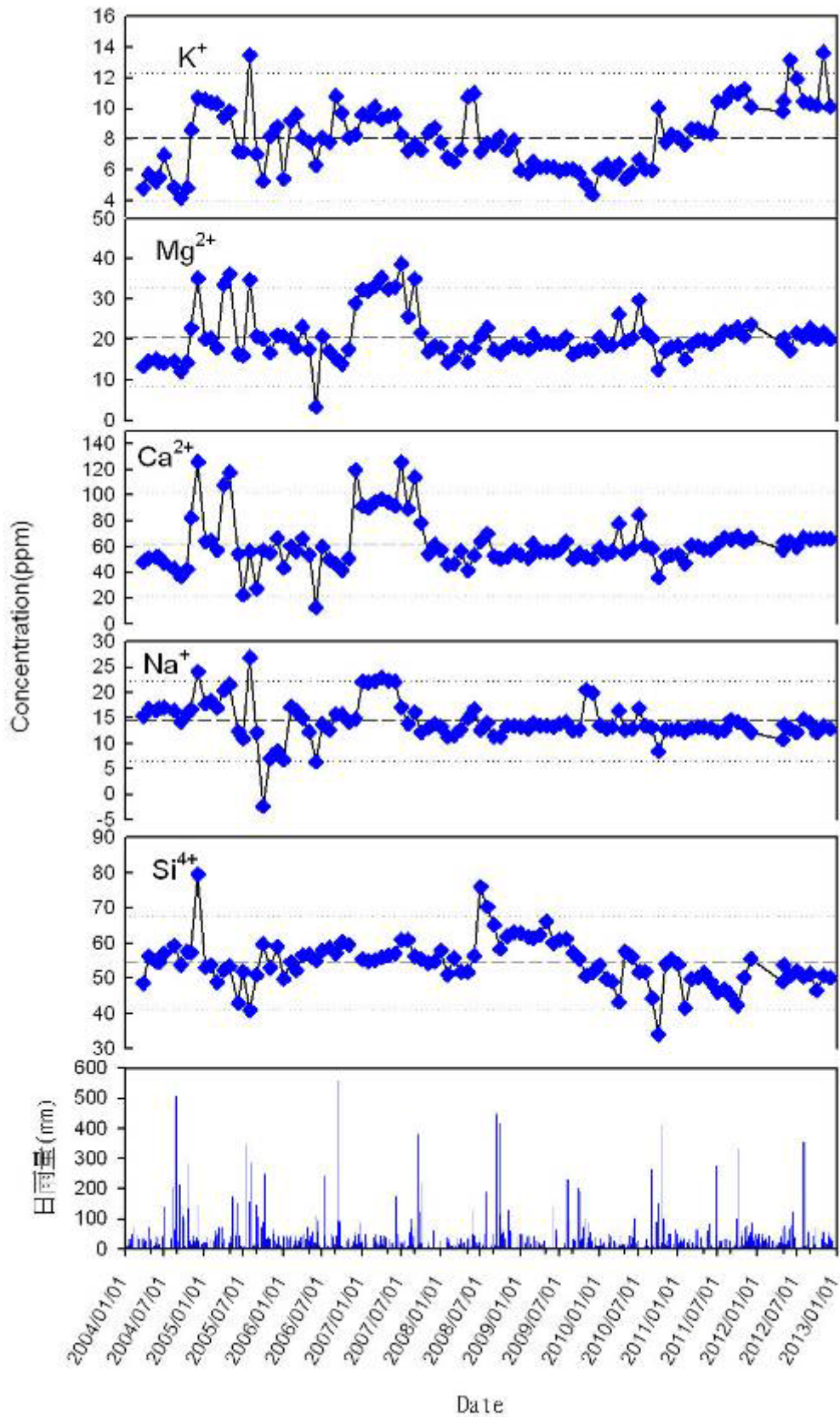


圖 3-15：馬槽溫泉陽離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

大油坑

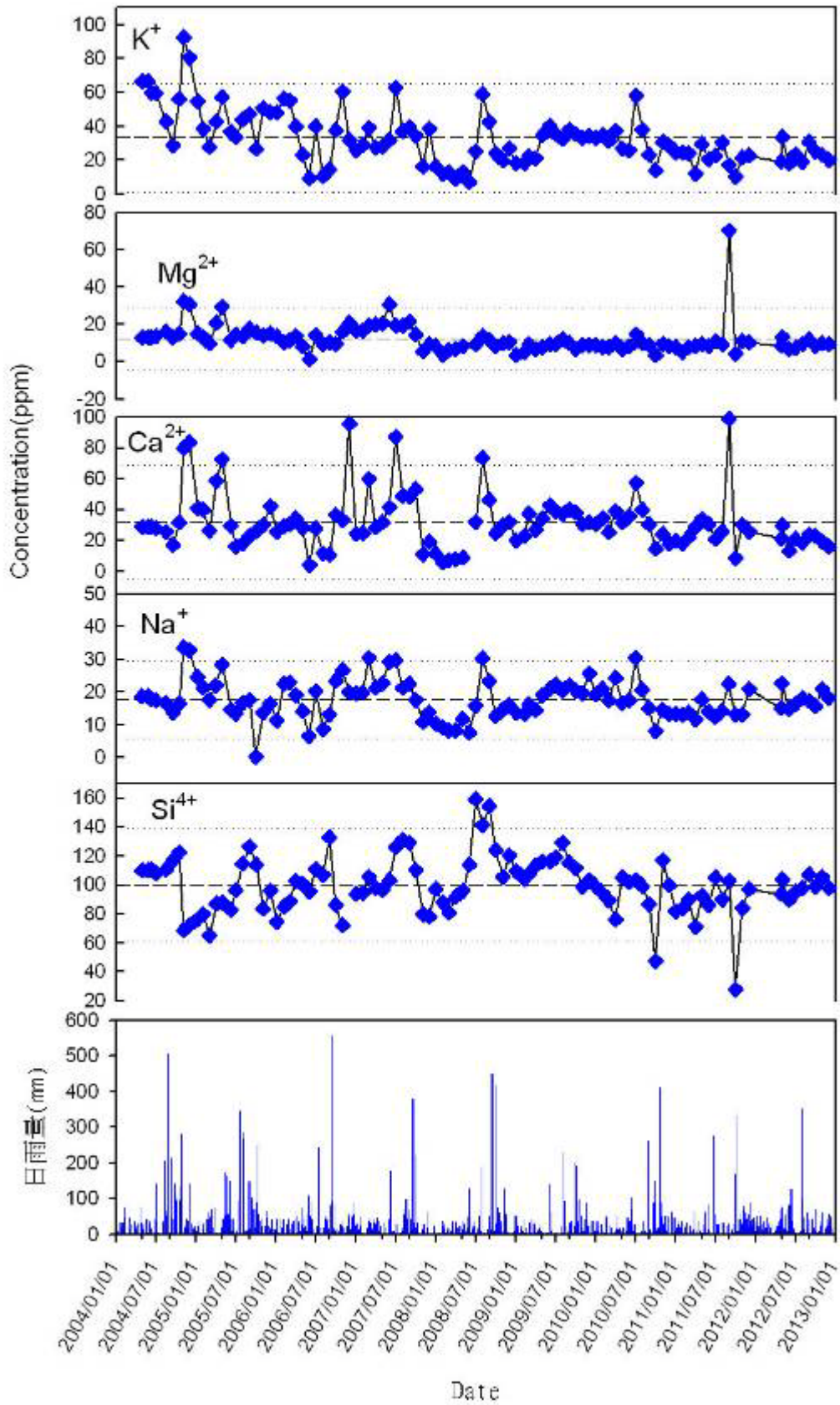


圖 3-16：大油坑溫泉陽離子濃度，2004 至 2012 年月變化趨勢圖。

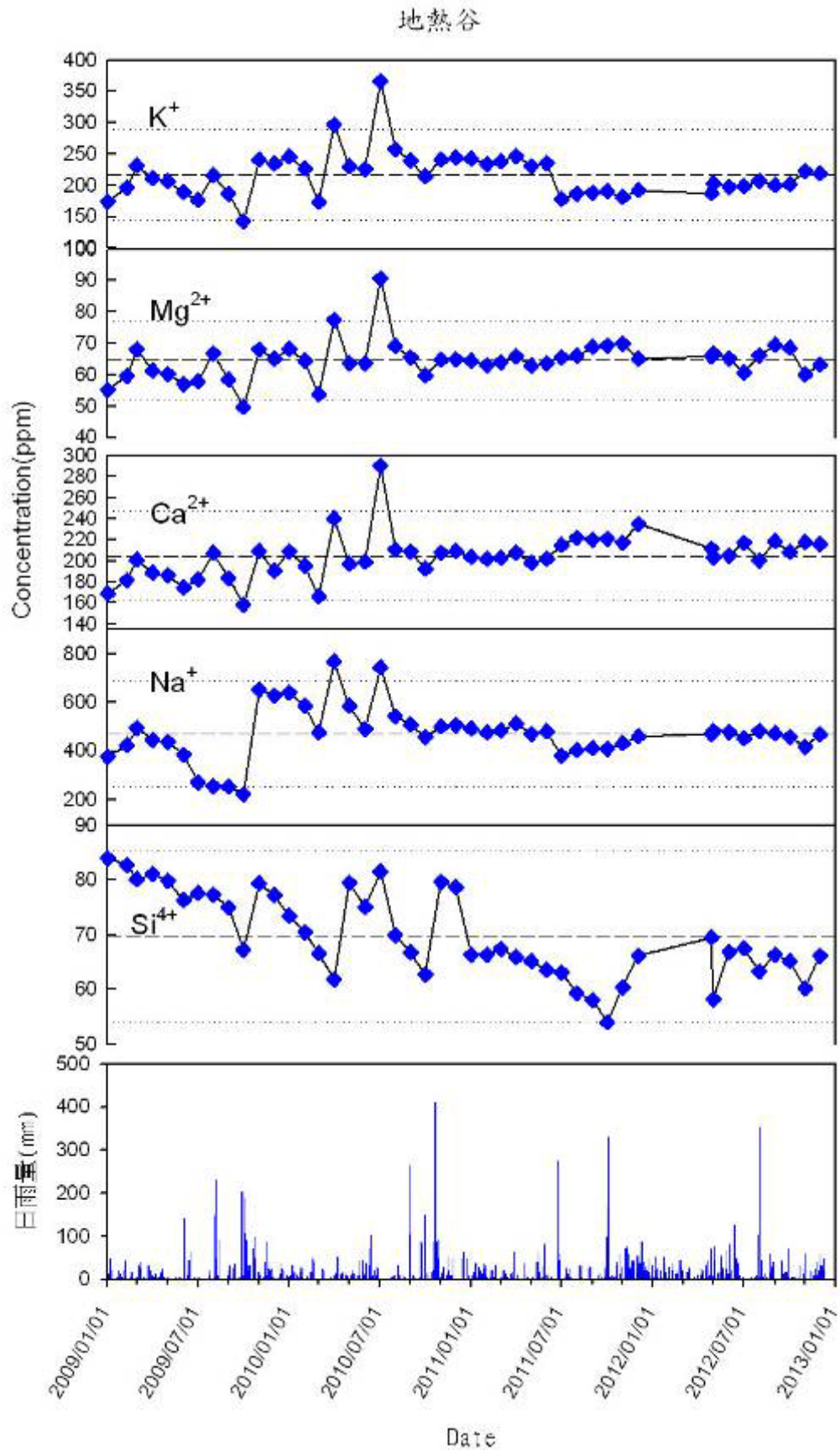


圖 3-17：地熱谷溫泉陽離子濃度， 2009 至 2012 年月變化趨勢圖。

3、火山流體連續監測結果

(1)、湖山國小監測站

圖 3-18 至圖 3-22 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 3-18 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。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

圖 3-19 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。本年度內則呈現較為相對穩定的狀態。

圖 3-20 和圖 3-21 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 3-22 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)

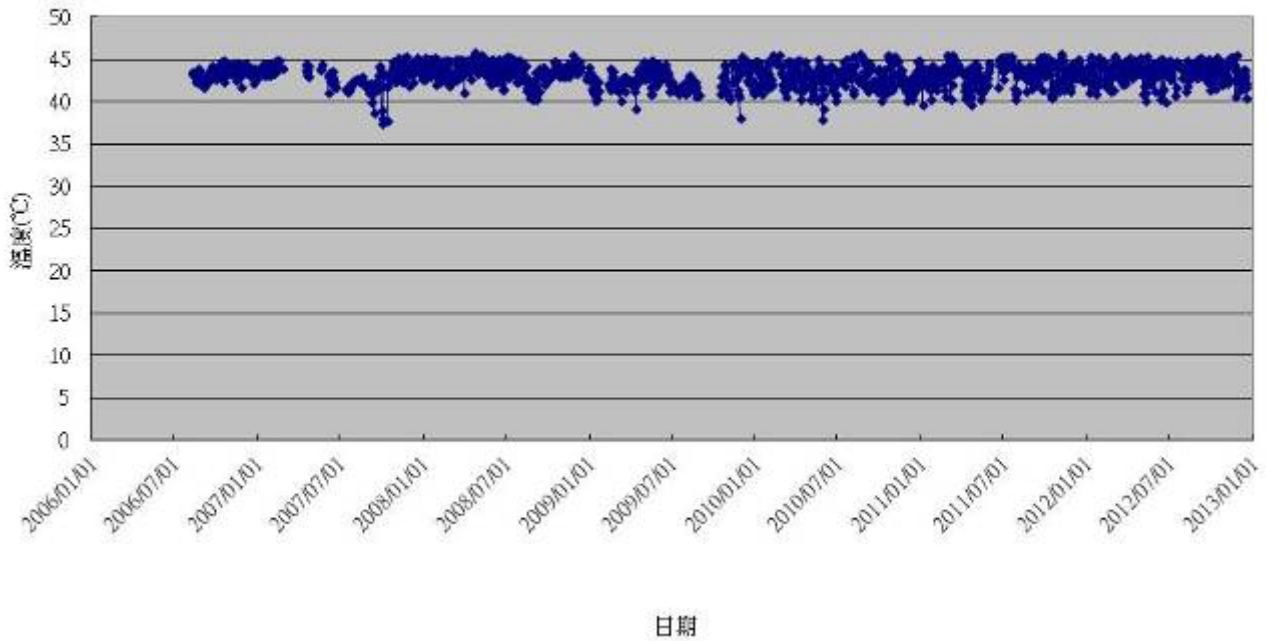


圖 3-18：湖山國小溫泉連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

湖山國小即時監測---pH

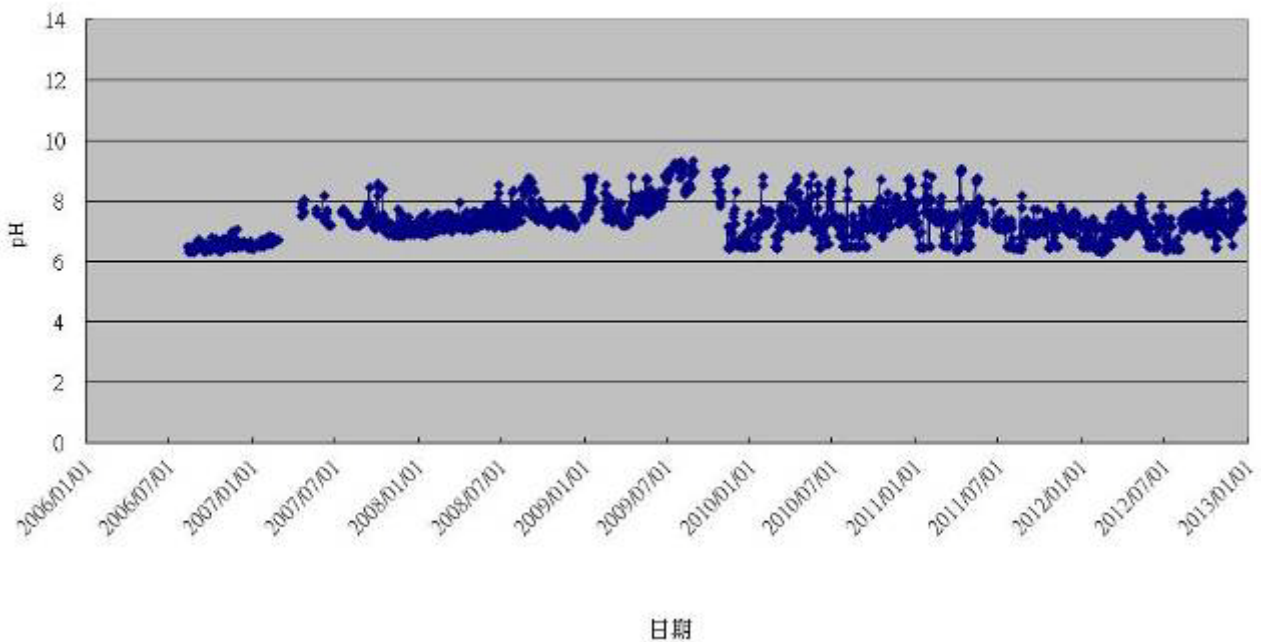


圖 3-19：湖山國小溫泉連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖。

湖山國小即時監測---Sulfate(ppm)

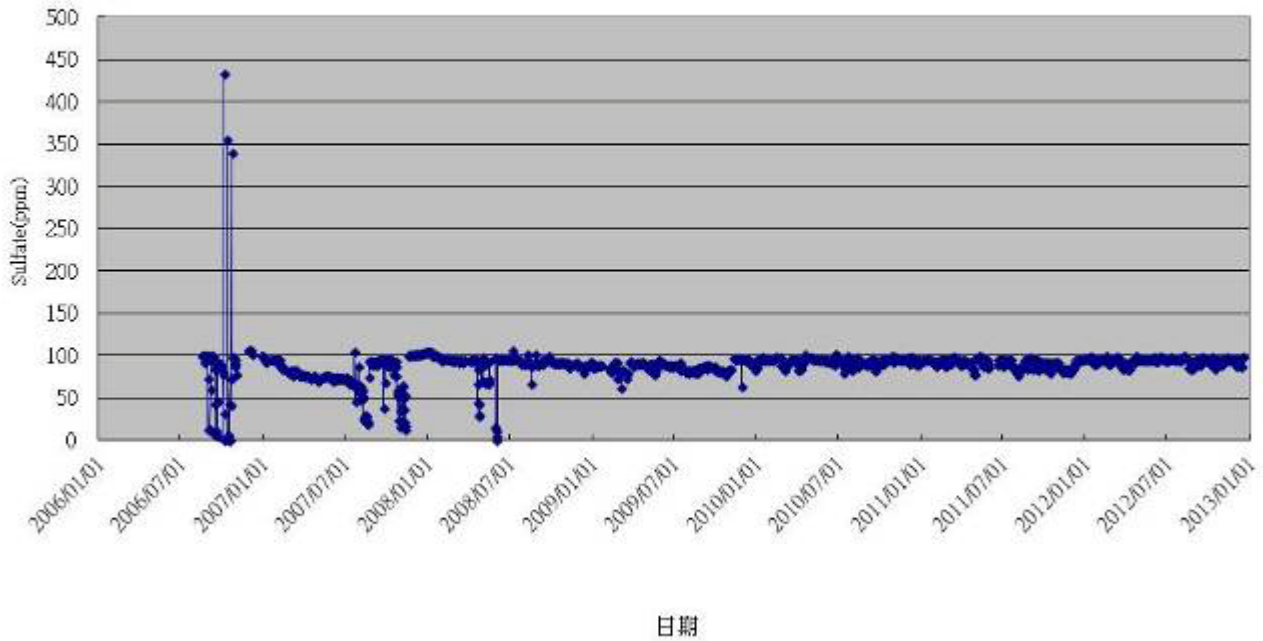


圖 3-20：湖山國小溫泉連續監測站硫酸根離子監測日變化趨勢圖。

湖山國小即時監測---Chloride(ppm)

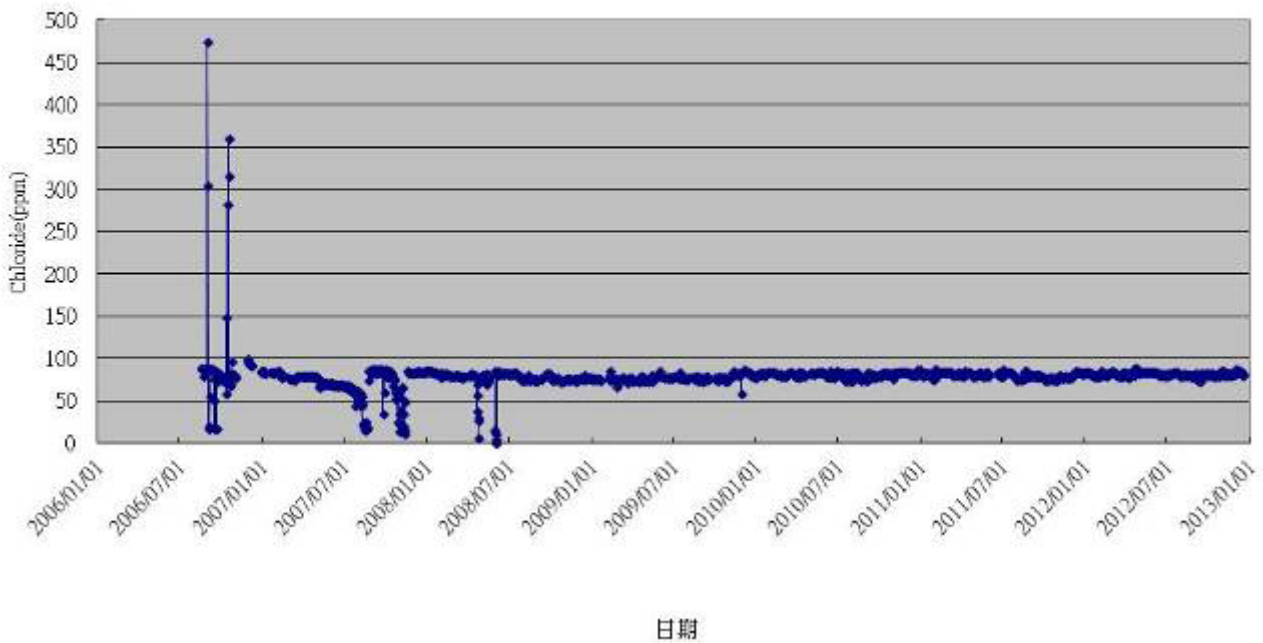


圖 3-21：湖山國小溫泉連續監測站氯離子監測日變化趨勢圖。

湖山國小即時監測---HCO₃⁻(ppm)

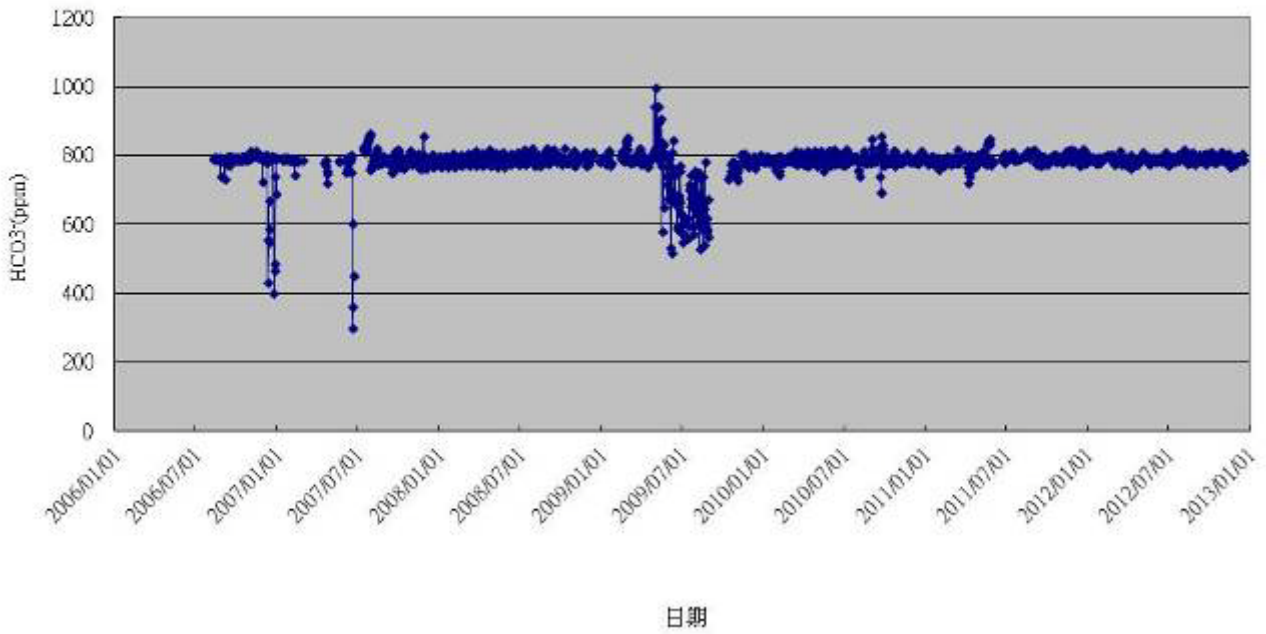


圖 3-22：湖山國小溫泉連續監測站碳酸氫根離子監測日變化趨勢圖。

(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°C 左右。圖 3-23 至圖 3-26 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 3-23 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 3-24 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°C)內浮動，偶而有低於 40°C 以下。

圖 3-25 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，本年度則呈現相對穩定的狀況。

圖 3-26 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]

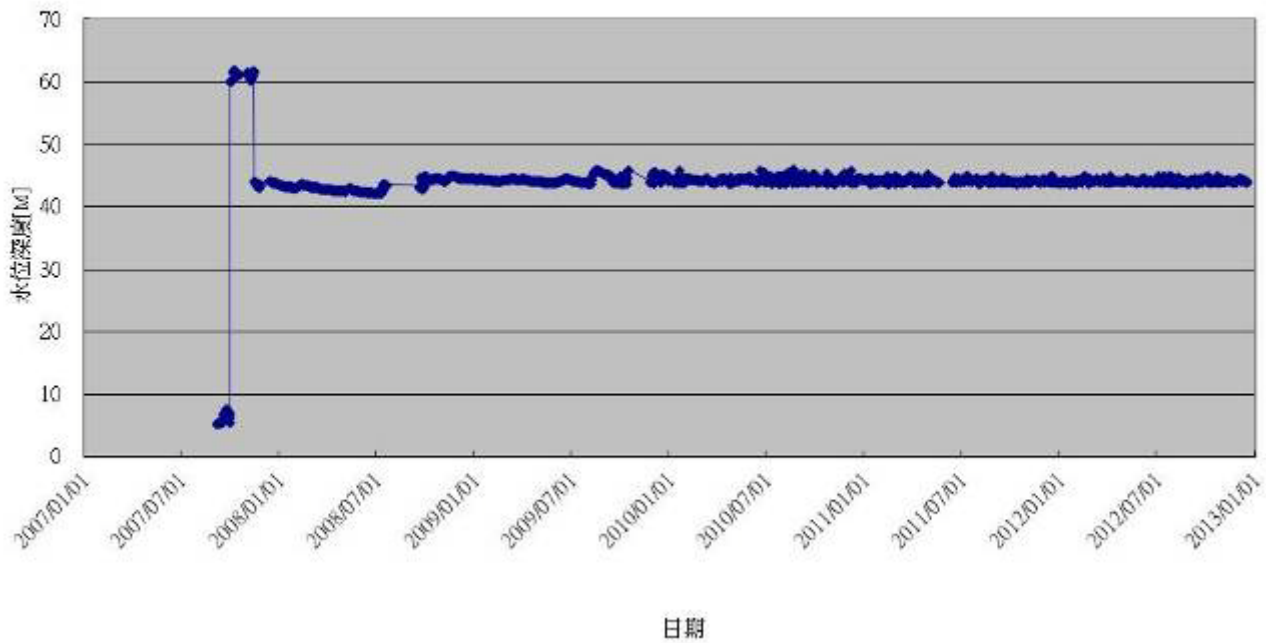


圖 3-23：陽明山花鐘溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖。

陽明山花鐘水質監測---溫度[°C]

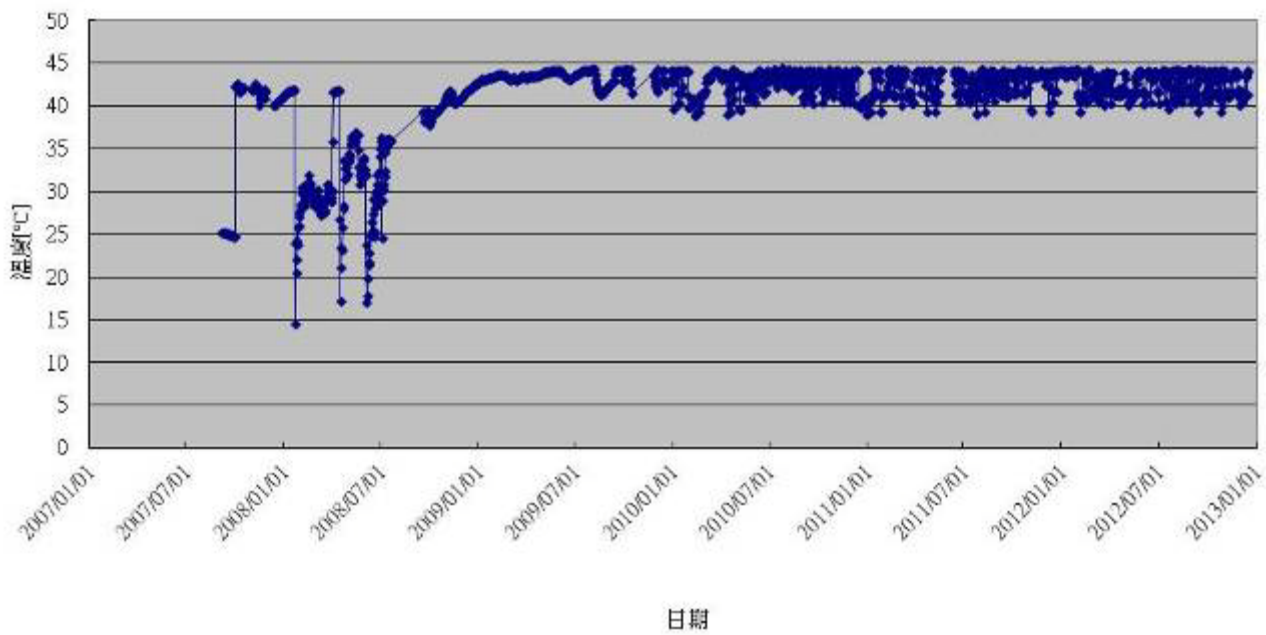


圖 3-24：陽明山花鐘溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

陽明山花鐘水質監測---pH

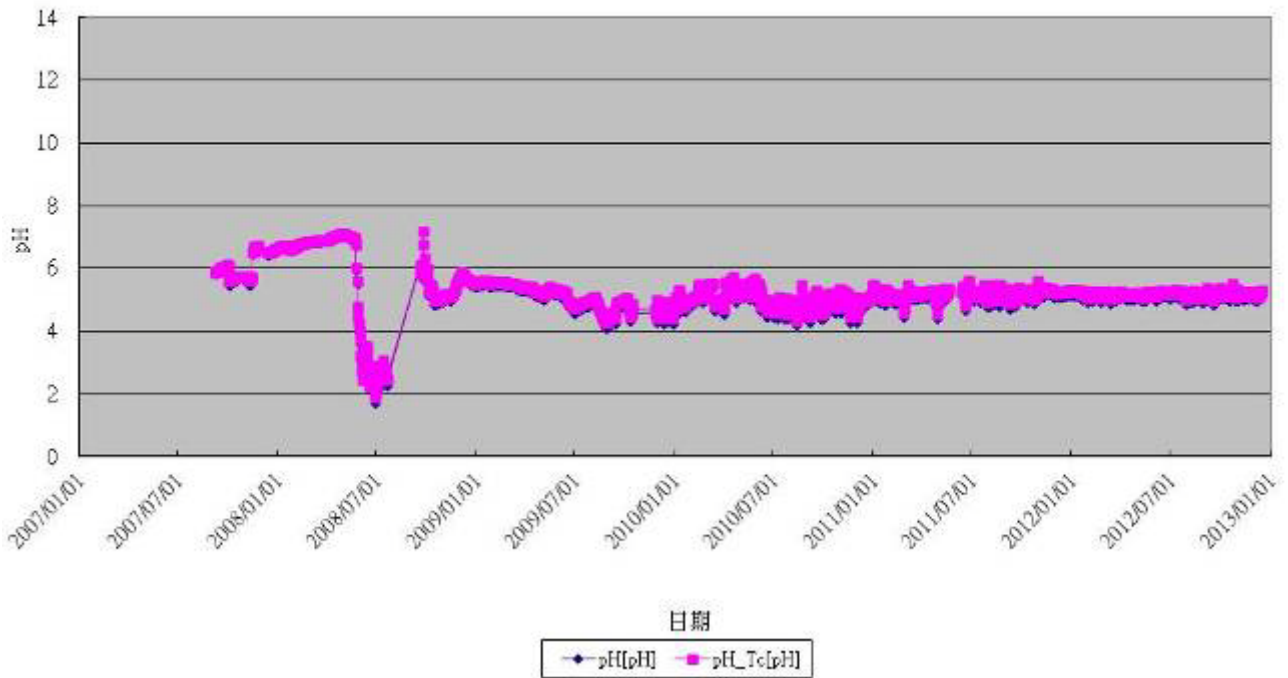


圖 3-25：陽明山花鐘溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖。

陽明山花鐘水質監測---導電度[mS/cm]

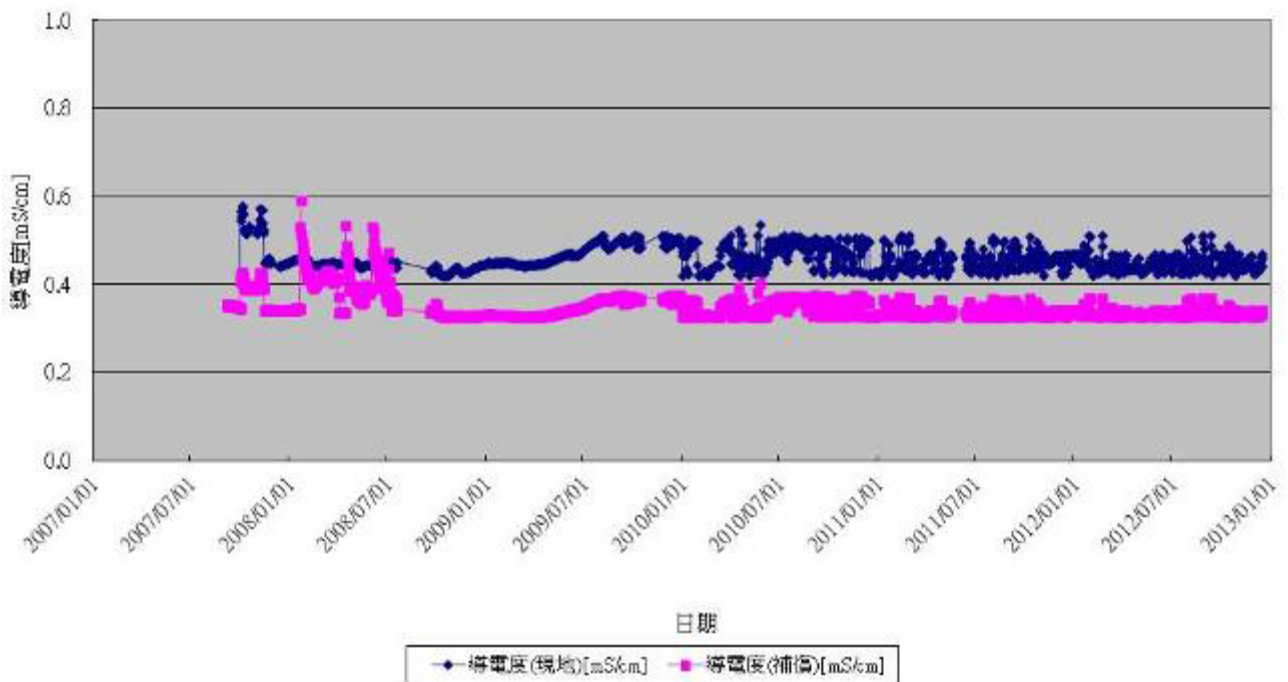


圖 3-26：陽明山花鐘溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖。

(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 3-27 至圖 3-30 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 3-27 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，尤其是本年度 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 3-28 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 3-29 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 3-30 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。

陽明山小油坑水質監測---水位深度[M]

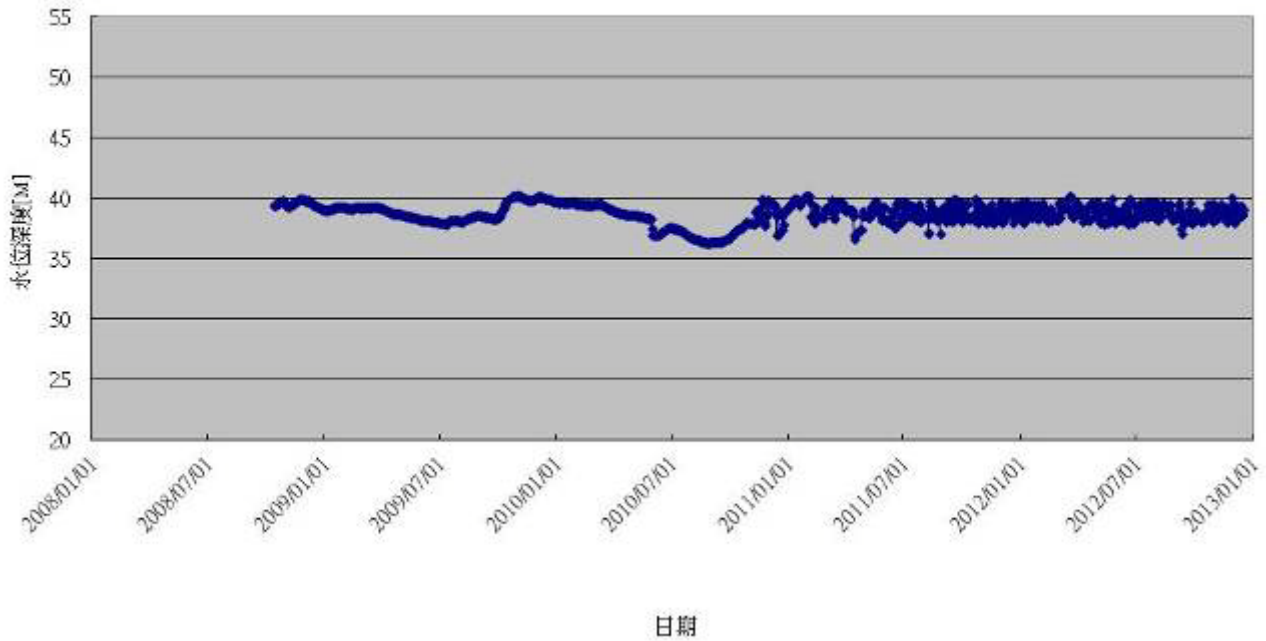


圖 3-27：小油坑溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖。

陽明山小油坑水質監測---溫度[°C]

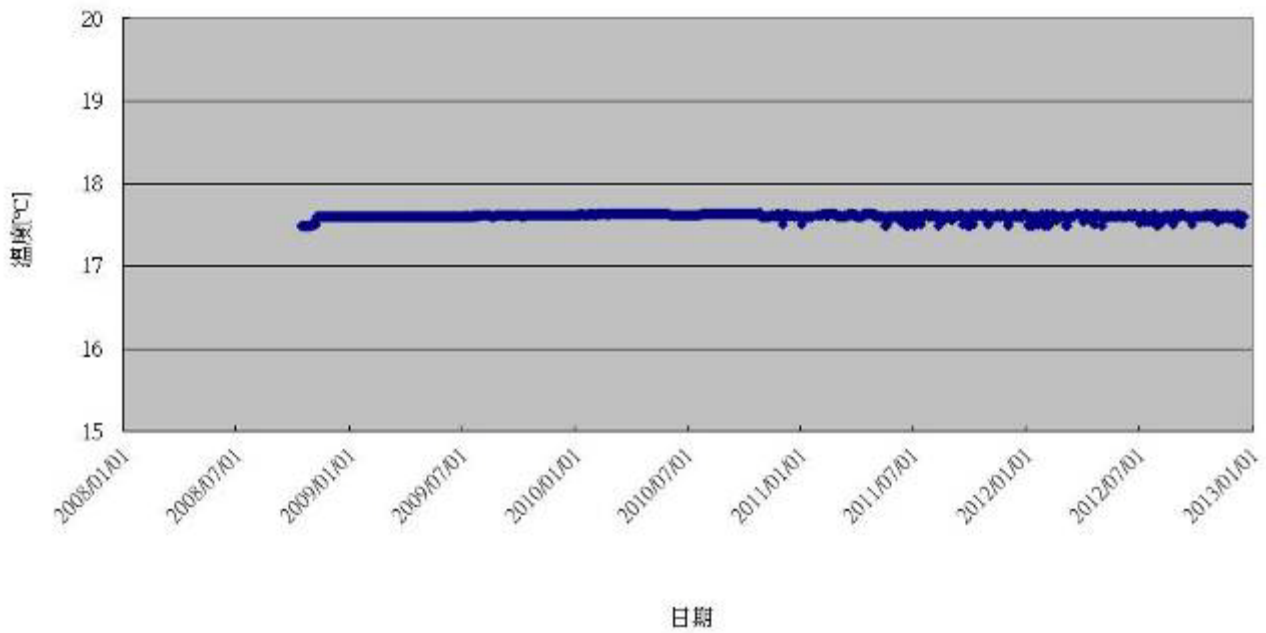


圖 3-28：小油坑溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

陽明山小油坑水質監測---pH

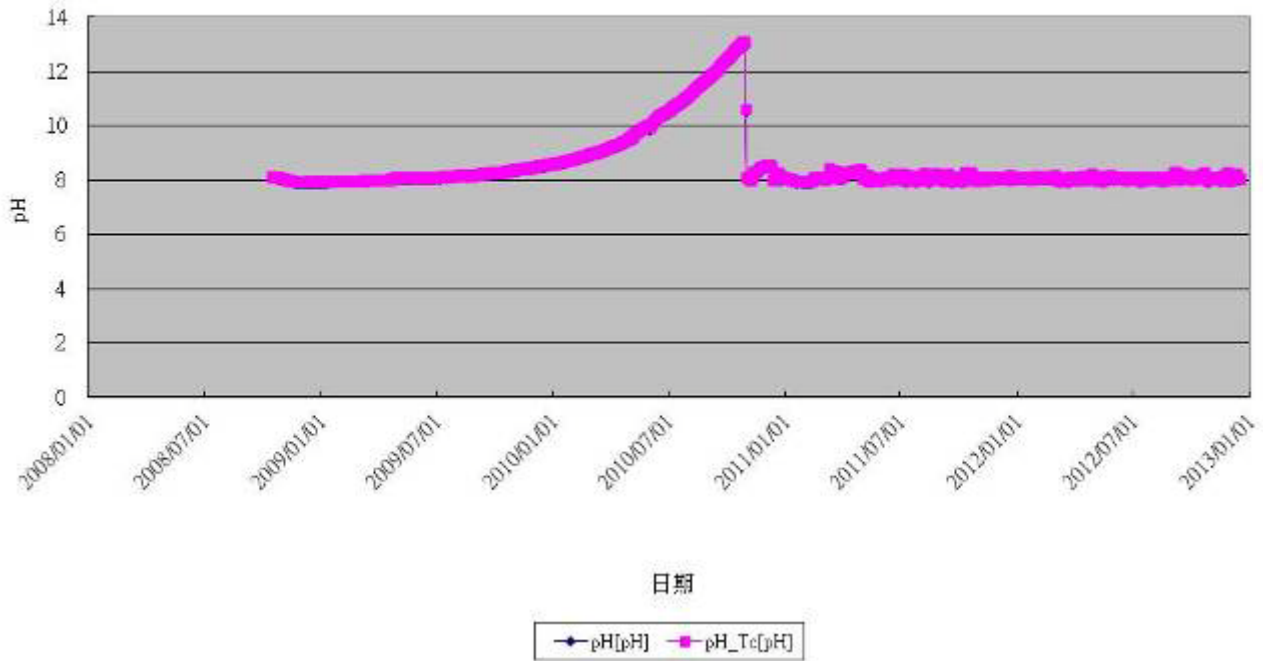


圖 3-29：小油坑溫泉井連續監測站 pH 值監測日變化趨勢圖。

陽明山小油坑水質監測---導電度[mS/cm]

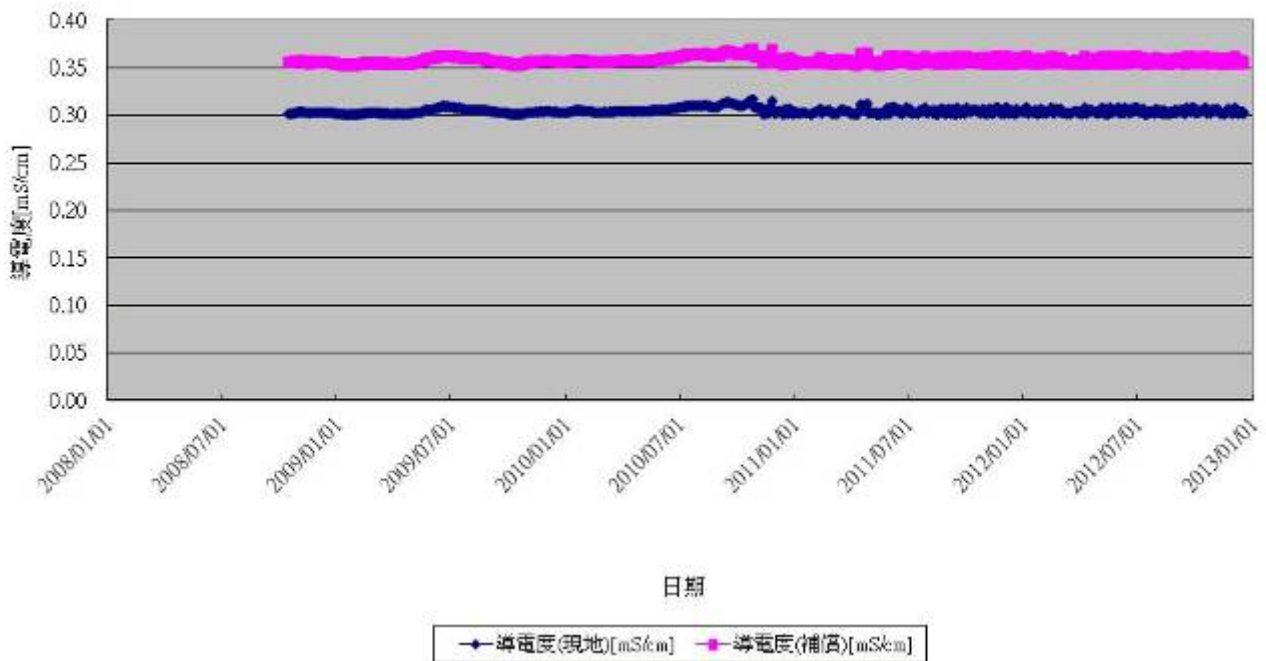


圖 3-30：小油坑溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖。

(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 3-31 至圖 3-33 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 3-31 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 3-32 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 3-33 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。

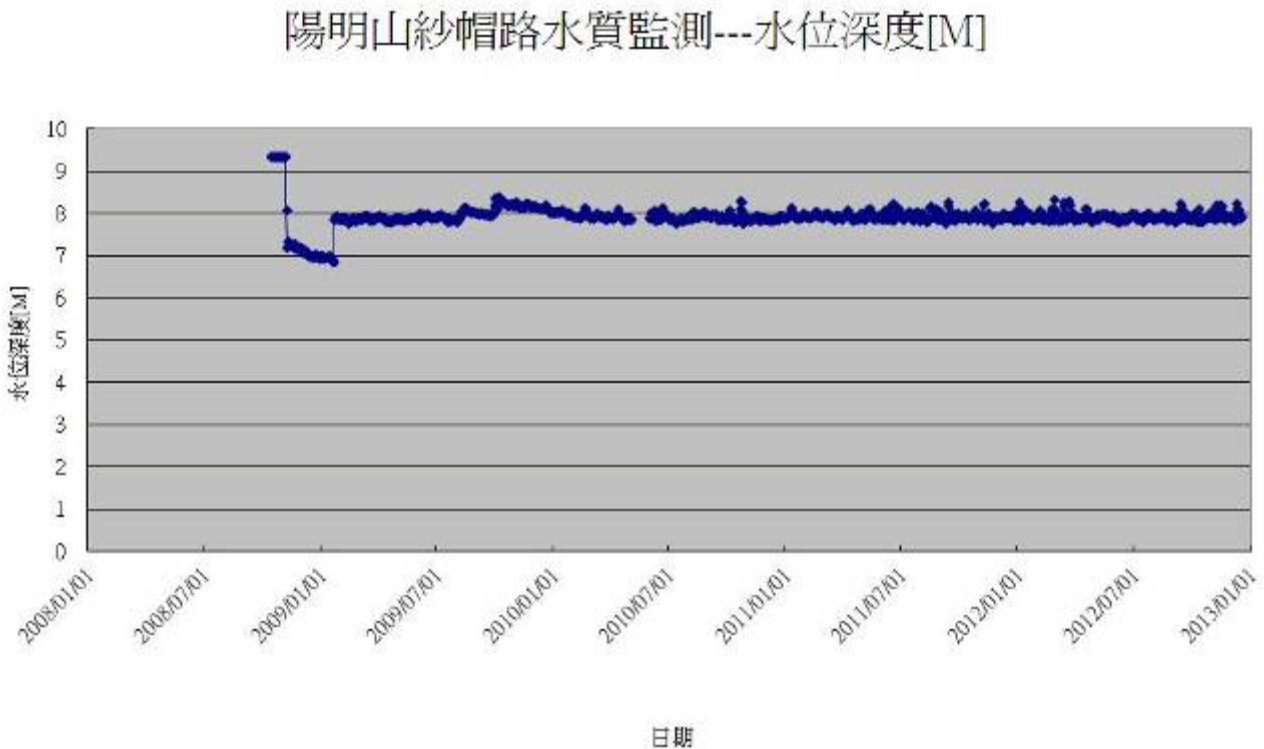


圖 3-31：北投紗帽路溫泉井連續監測站水位深度監測日變化趨勢圖。

陽明山紗帽路水質監測---溫度[°C]

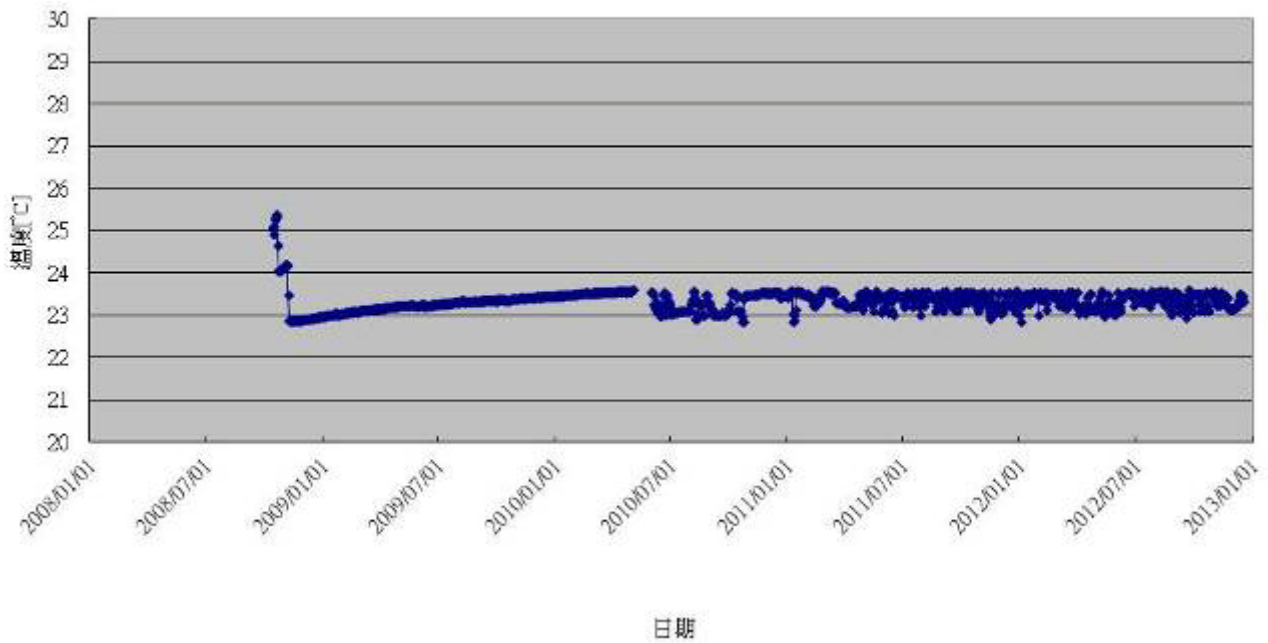


圖 3-32：北投紗帽路溫泉井連續監測站溫度監測日變化趨勢圖。

陽明山紗帽路水質監測---導電度[mS/cm]

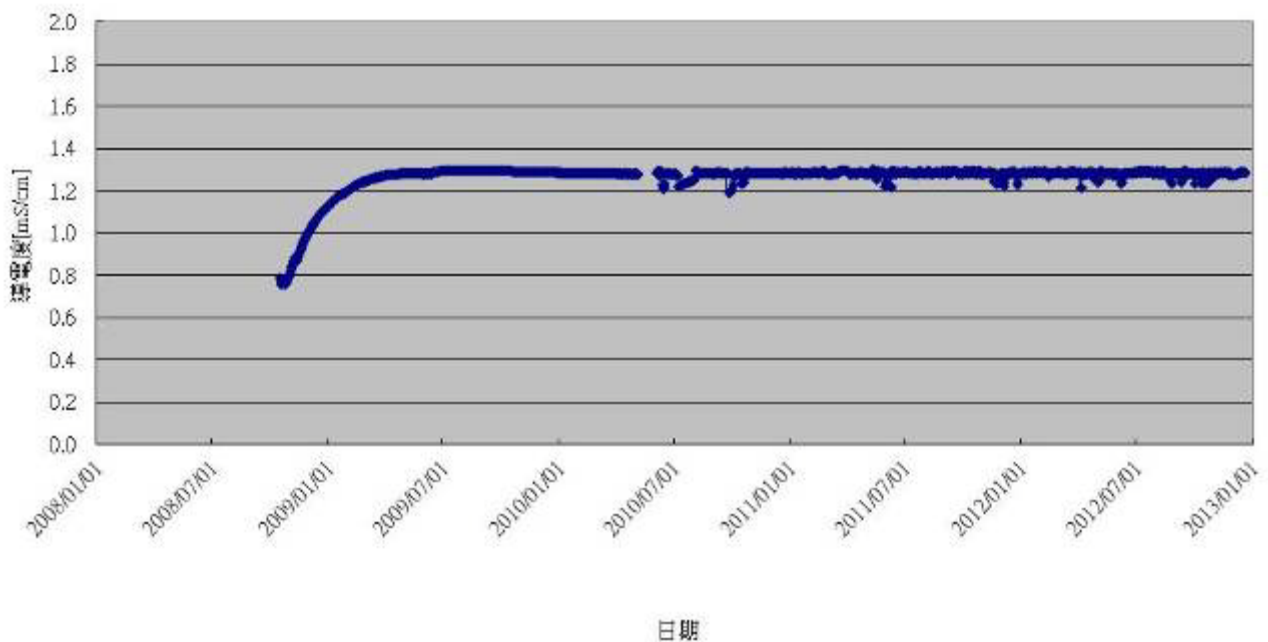


圖 3-33：北投紗帽路溫泉井連續監測站導電度監測日變化趨勢圖。

(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 ³⁻	溫度(°C)	pH
2012/5/22	84.49	95.62	792.484	44.4	6.52
2012/5/23	84.66	95.75	789.079	43.3	6.83
2012/5/24	84.61	95.80	793.121	43.4	6.81
2012/5/25	84.60	95.77	793.957	44.5	6.53
2012/5/26	84.61	95.62	794.197	44.4	6.53
2012/5/27	84.60	95.75	796.001	44.3	6.53
2012/5/28	84.88	98.50	796.931	44.2	6.53
2012/5/29	84.77	98.40	796.501	44.0	6.53
2012/5/30	84.98	98.43	792.562	41.3	7.17
2012/5/31	84.79	98.93	787.349	43.0	6.85
2012/6/1	84.80	98.40	790.914	44.7	6.55
2012/6/2	84.76	99.55	794.197	44.5	6.55
2012/6/3	84.14	96.20	794.609	44.3	6.55
2012/6/4	84.00	94.75	794.682	44.2	6.55
2012/6/5	83.81	94.69	795.131	44.1	6.54
2012/6/6	83.95	94.60	794.377	44.3	6.54
2012/6/7	83.47	94.33	787.799	44.9	6.54
2012/6/8	83.26	94.09	796.052	44.8	6.54
2012/6/9	83.14	94.47	794.964	44.7	6.54
2012/6/10	83.01	93.83	796.458	40.3	7.48
2012/6/11	82.20	97.61	794.862	41.1	7.52
2012/6/12	81.96	99.61	799.185	45.1	6.57
2012/6/13	81.88	99.56	794.817	45.1	6.55
2012/6/14	81.82	99.06	787.838	44.2	6.54
2012/6/15	81.93	99.62	789.332	41.4	7.17
2012/6/16	81.81	99.26	787.444	41.6	7.15
2012/6/17	81.90	99.44	784.827	43.8	7.00
2012/6/18	81.94	99.61	785.898	44.8	7.18
2012/6/19	82.07	98.69	788.601	43.3	7.34
2012/6/22	81.68	96.73	790.092	40.0	7.85
2012/6/23	81.90	97.32	795.409	43.2	7.35
2012/6/24	81.75	97.23	809.035	43.5	7.57
2012/6/25	81.59	97.16	812.733	43.4	7.34
2012/6/26	81.49	97.09	793.087	43.5	7.42
2012/6/27	81.95	97.18	807.313	44.4	7.20
2012/6/28	80.30	95.34	797.113	43.4	7.28

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO ³⁻	溫度(°C)	pH
2012/6/29	83.12	95.32	773.841	43.4	7.29
2012/6/30	80.98	95.38	776.612	44.9	7.14
2012/7/1	81.03	95.70	785.609	44.2	6.82
2012/7/2	80.92	95.66	799.372	42.7	6.39
2012/7/3	80.54	95.92	793.231	42.7	6.39
2012/7/4	80.54	95.71	796.127	43.8	6.52
2012/7/5	80.58	95.67	799.641	43.2	6.90
2012/7/6	81.74	96.96	798.971	43.9	6.67
2012/7/7	82.29	96.62	798.207	44.5	6.60
2012/7/8	82.77	99.06	800.340	44.4	6.60
2012/7/9	83.29	99.74	790.196	44.3	6.60
2012/7/12	82.83	97.89	785.833	40.8	7.49
2012/7/13	83.12	97.59	789.173	44.4	6.59
2012/7/14	83.55	97.16	790.124	44.6	6.58
2012/7/15	84.81	96.13	789.971	44.4	6.58
2012/7/16	84.80	96.12	786.786	41.8	7.20
2012/7/17	84.94	96.29	792.720	44.7	6.61
2012/7/18	84.99	96.46	795.834	44.6	6.51
2012/7/19	84.99	96.34	801.925	44.5	6.47
2012/7/20	85.00	96.47	802.288	44.4	6.49
2012/7/21	85.00	96.36	802.668	44.3	6.50
2012/7/22	85.02	96.34	803.908	44.2	6.52
2012/7/25	82.43	96.53	789.711	44.0	6.56
2012/7/26	80.91	96.99	790.893	44.0	6.53
2012/7/27	80.50	96.20	794.004	44.1	6.45
2012/7/28	80.07	95.69	795.277	42.8	6.82
2012/7/29	80.06	95.79	795.889	44.2	6.45
2012/7/30	79.88	95.35	797.451	44.1	6.46
2012/7/31	80.73	96.99	798.517	44.0	6.46
2012/8/3	81.58	100.03	802.755	43.7	6.47
2012/8/4	81.70	99.78	815.556	44.0	7.28
2012/8/5	81.62	99.54	813.931	43.2	7.35
2012/8/6	82.55	99.75	814.319	41.3	7.46
2012/8/7	81.65	100.81	819.599	41.9	7.46
2012/8/8	81.36	98.66	801.667	43.7	7.34
2012/8/9	80.86	97.65	806.154	44.9	7.09
2012/8/10	80.86	97.28	808.982	44.4	7.15
2012/8/11	80.84	97.60	782.330	42.7	7.51
2012/8/12	80.82	97.08	780.888	44.6	7.32

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO ³⁻	溫度(°C)	pH
2012/8/13	80.82	97.10	782.158	43.9	7.44
2012/8/14	80.83	96.98	784.789	44.1	7.50
2012/8/15	80.80	96.93	790.527	44.5	7.60
2012/8/16	80.76	97.51	795.007	44.5	7.55
2012/8/17	80.63	86.69	783.931	42.8	7.61
2012/8/21	80.41	85.97	785.163	44.6	7.25
2012/8/22	80.11	85.48	788.582	43.3	7.41
2012/8/23	79.30	85.60	814.034	43.8	7.37
2012/8/24	78.36	84.53	795.066	43.9	7.40
2012/8/25	80.16	88.07	789.354	43.0	7.70
2012/8/26	80.05	88.42	788.337	43.8	7.44
2012/8/27	80.20	88.59	791.135	43.0	7.51
2012/8/28	80.14	88.70	786.574	42.9	7.57
2012/8/29	80.68	89.67	787.708	43.1	7.57
2012/8/30	80.30	89.04	792.690	43.6	7.42
2012/8/31	80.17	88.50	778.021	45.1	7.27
2012/9/1	82.45	96.23	785.827	44.9	7.27
2012/9/2	82.60	96.16	787.295	44.9	7.13
2012/9/3	82.74	96.75	789.917	44.8	7.14
2012/9/4	78.09	94.24	791.526	43.0	7.72
2012/9/5	75.04	92.70	793.581	44.3	7.43
2012/9/6	75.31	93.15	796.722	45.2	7.24
2012/9/7	76.64	92.79	801.433	44.6	7.42
2012/9/8	77.72	93.27	803.987	45.1	7.11
2012/9/9	77.79	91.52	789.093	44.7	7.35
2012/9/10	81.25	90.44	787.573	44.7	7.29
2012/9/11	73.90	91.69	793.247	45.0	7.27
2012/9/12	76.00	89.98	793.550	44.4	7.37
2012/9/13	82.35	96.62	797.731	43.4	7.62
2012/9/14	81.58	96.46	801.457	43.0	7.55
2012/9/15	82.05	99.84	801.324	43.7	7.36
2012/9/16	81.72	99.37	807.181	43.4	7.60
2012/9/17	81.91	99.51	799.680	44.8	7.20
2012/9/18	81.95	97.19	794.289	44.4	7.31
2012/9/19	81.72	96.59	799.728	43.1	7.57
2012/9/20	82.52	97.31	799.261	43.9	7.39
2012/9/21	81.54	97.49	800.618	43.0	7.69
2012/9/22	81.24	96.43	810.014	42.4	7.90
2012/9/23	80.72	95.79	801.210	43.9	7.50

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO ³⁻	溫度(°C)	pH
2012/9/24	80.53	95.86	778.207	44.0	7.57
2012/9/25	80.46	95.58	789.056	45.1	7.17
2012/9/26	81.60	96.33	800.419	42.2	8.05
2012/9/27	83.43	96.90	802.637	41.5	8.33
2012/9/28	82.67	96.75	800.586	43.9	7.67
2012/9/29	82.54	96.71	797.963	43.2	7.60
2012/9/30	82.66	97.56	799.566	43.0	7.68
2012/10/1	81.69	95.51	792.135	43.7	7.35
2012/10/2	81.86	90.82	796.456	44.2	7.28
2012/10/3	81.69	90.68	809.820	44.6	7.00
2012/10/4	81.78	91.08	815.094	44.0	6.92
2012/10/5	81.95	90.99	811.975	42.6	7.26
2012/10/6	81.83	90.93	797.899	44.5	6.99
2012/10/7	82.34	90.23	795.339	43.5	7.23
2012/10/8	83.50	92.08	787.492	43.2	7.53
2012/10/9	82.07	99.78	789.625	41.6	7.56
2012/10/10	81.87	99.81	791.351	43.6	7.33
2012/10/11	80.22	90.53	794.868	44.7	7.18
2012/10/12	80.41	88.45	797.088	45.3	7.30
2012/10/13	80.26	89.01	801.874	45.3	7.59
2012/10/14	80.25	85.70	798.097	45.1	7.74
2012/10/15	80.28	89.27	782.548	45.0	7.73
2012/10/16	80.34	89.66	785.134	44.8	7.56
2012/10/17	80.99	95.35	799.858	44.4	6.89
2012/10/18	81.12	95.76	799.901	44.1	6.89
2012/10/19	80.72	95.79	794.967	44.2	6.51
2012/10/20	80.53	95.86	802.277	43.5	6.48
2012/10/21	80.46	95.58	802.751	43.4	6.48
2012/10/22	80.43	95.25	803.781	43.2	6.48
2012/10/23	80.12	94.99	792.121	42.1	6.79
2012/10/24	80.72	94.44	797.609	42.5	7.34
2012/10/25	84.33	93.61	803.137	42.3	7.99
2012/10/26	84.22	92.73	812.233	43.5	7.55
2012/10/27	84.10	91.93	795.934	42.2	7.19
2012/10/28	83.84	91.20	812.957	43.5	7.57
2012/10/29	83.87	90.48	789.012	43.4	7.61
2012/10/30	85.50	96.68	803.908	44.0	7.41
2012/10/31	85.52	96.65	799.377	43.6	7.63
2012/11/1	85.46	96.77	801.148	43.4	7.66

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO ³⁻	溫度(°C)	pH
2012/11/2	80.83	97.55	803.407	43.2	7.66
2012/11/3	80.82	97.14	805.185	43.0	7.78
2012/11/4	80.82	97.08	804.381	42.2	8.03
2012/11/5	80.84	96.98	786.624	45.0	7.15
2012/11/6	80.82	96.94	789.185	44.7	7.14
2012/11/7	80.76	97.57	790.707	42.7	7.69
2012/11/8	81.00	95.26	792.638	44.3	7.41
2012/11/9	80.89	95.33	795.328	45.1	7.27
2012/11/10	83.84	99.38	800.655	44.7	7.44
2012/11/11	81.66	96.73	803.165	45.1	7.15
2012/11/12	81.16	95.39	805.417	45.3	7.15
2012/11/13	81.02	95.74	807.923	45.3	7.16
2012/11/14	80.60	95.81	804.448	44.9	6.99
2012/11/15	80.51	95.78	806.776	45.0	7.05
2012/11/16	80.52	95.59	795.169	45.0	7.03
2012/11/17	82.06	96.07	769.480	45.2	7.04
2012/11/18	83.30	97.29	773.798	44.3	7.24
2012/11/19	81.95	96.40	776.735	44.4	7.26
2012/11/20	81.78	96.82	780.215	44.5	6.94
2012/11/21	82.06	96.06	782.807	44.1	6.98
2012/11/22	82.39	96.07	778.243	43.6	7.29
2012/11/23	83.79	94.68	793.532	42.6	7.70
2012/11/24	82.69	94.10	794.235	40.6	8.19
2012/11/25	81.96	93.76	794.944	42.7	7.72
2012/11/26	83.93	93.67	778.503	43.1	7.38
2012/11/27	87.23	94.45	785.274	45.6	6.57
2012/11/28	84.83	96.19	783.114	43.6	7.13
2012/11/29	84.62	96.16	778.644	42.4	7.67
2012/11/30	84.74	96.12	782.565	43.5	7.37
2012/12/1	85.25	94.85	781.394	42.9	7.56
2012/12/2	82.33	88.67	794.228	41.5	8.11
2012/12/3	87.75	94.53	802.386	41.9	8.31
2012/12/4	86.60	92.83	792.338	43.4	7.68
2012/12/5	84.61	95.71	788.601	43.3	7.34
2012/12/6	84.66	95.98	790.033	41.6	7.58
2012/12/7	84.84	95.36	792.750	43.5	7.35
2012/12/8	84.82	96.17	794.980	43.6	7.78
2012/12/9	84.86	96.09	797.471	43.6	8.05
2012/12/10	84.81	88.52	799.045	43.8	7.96

日期	Chloride(ppm)	Sulfate(ppm)	HCO ³⁻	溫度(°C)	pH
2012/12/11	84.81	88.23	799.857	42.7	8.17
2012/12/12	85.05	87.76	803.156	43.1	8.17
2012/12/13	83.96	97.41	808.230	43.8	8.03
2012/12/14	81.92	99.51	798.668	42.8	7.82
2012/12/15	81.91	99.55	789.353	42.3	7.52
2012/12/16	81.81	99.07	790.535	40.4	7.97
2012/12/17	81.93	99.61	790.130	41.7	7.44

(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]
2012/5/22	5.18	5.28	44.19	44.021	0.462	0.335
2012/5/23	5.19	5.30	44.18	44.055	0.463	0.335
2012/5/24	5.20	5.30	44.17	44.088	0.463	0.335
2012/5/25	5.19	5.30	44.21	43.945	0.460	0.334
2012/5/26	5.20	5.30	44.33	43.615	0.454	0.331
2012/5/27	5.18	5.29	44.23	43.861	0.459	0.333
2012/5/28	5.19	5.30	44.13	44.126	0.468	0.338
2012/5/29	5.19	5.30	44.05	44.153	0.474	0.342
2012/5/30	5.13	5.24	44.28	43.729	0.469	0.341
2012/5/31	5.10	5.20	44.37	41.545	0.440	0.330
2012/6/1	5.10	5.20	44.33	41.630	0.441	0.331
2012/6/2	5.10	5.20	44.29	41.730	0.443	0.331
2012/6/3	5.03	5.12	44.72	40.289	0.427	0.327
2012/6/4	5.05	5.15	44.69	40.350	0.428	0.328
2012/6/5	5.08	5.18	44.43	41.690	0.442	0.331
2012/6/6	5.09	5.19	44.62	41.493	0.441	0.331
2012/6/7	5.06	5.16	44.73	41.294	0.440	0.331
2012/6/8	5.11	5.22	44.24	43.953	0.460	0.334
2012/6/9	5.13	5.24	44.21	43.937	0.459	0.333
2012/6/10	5.10	5.21	44.37	43.833	0.471	0.342
2012/6/11	5.18	5.29	44.20	44.028	0.469	0.340
2012/6/12	5.20	5.31	44.20	43.854	0.459	0.334
2012/6/13	5.22	5.33	44.11	44.142	0.473	0.341
2012/6/14	5.20	5.31	44.22	43.873	0.463	0.336
2012/6/15	5.18	5.28	44.31	43.613	0.453	0.330
2012/6/16	5.16	5.26	44.32	43.285	0.452	0.331
2012/6/17	5.19	5.28	44.48	40.375	0.431	0.330
2012/6/18	5.19	5.30	44.39	43.257	0.450	0.330
2012/6/19	5.18	5.29	44.35	43.619	0.453	0.330
2012/6/20	5.13	5.23	44.42	42.939	0.458	0.337
2012/6/21	5.13	5.24	44.22	43.757	0.458	0.333
2012/6/22	5.15	5.26	44.21	43.941	0.460	0.333
2012/6/23	5.16	5.27	44.19	43.992	0.461	0.334
2012/6/24	5.18	5.29	44.18	44.026	0.462	0.335
2012/6/25	5.19	5.30	44.18	44.065	0.463	0.335
2012/6/26	5.20	5.30	44.17	44.098	0.464	0.336
2012/6/27	5.18	5.29	44.13	43.925	0.467	0.339

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]
2012/6/28	5.10	5.19	44.32	41.644	0.441	0.331
2012/6/29	5.10	5.20	44.37	41.546	0.440	0.331
2012/6/30	5.11	5.20	44.33	41.645	0.441	0.331
2012/7/1	5.12	5.22	44.24	41.786	0.443	0.332
2012/7/2	5.13	5.22	45.17	40.363	0.429	0.328
2012/7/3	5.20	5.30	44.43	43.348	0.451	0.329
2012/7/4	5.19	5.30	44.38	43.617	0.453	0.330
2012/7/5	5.18	5.29	44.32	43.627	0.453	0.330
2012/7/6	5.21	5.31	44.18	43.933	0.464	0.336
2012/7/7	5.21	5.32	44.11	44.137	0.473	0.342
2012/7/8	5.20	5.31	44.14	44.110	0.468	0.339
2012/7/9	5.20	5.30	44.17	44.095	0.463	0.335
2012/7/10	5.15	5.25	44.26	42.653	0.454	0.335
2012/7/11	5.21	5.32	44.12	44.140	0.472	0.341
2012/7/12	5.22	5.33	44.11	44.141	0.473	0.342
2012/7/13	5.21	5.32	44.10	44.136	0.472	0.341
2012/7/14	5.16	5.25	45.25	40.433	0.430	0.329
2012/7/15	5.10	5.20	44.83	40.578	0.431	0.329
2012/7/16	5.12	5.23	44.45	42.262	0.453	0.337
2012/7/17	5.16	5.26	44.55	43.377	0.470	0.344
2012/7/18	5.18	5.28	44.25	43.947	0.464	0.337
2012/7/19	5.23	5.31	44.53	39.707	0.428	0.331
2012/7/20	5.25	5.35	44.34	42.552	0.448	0.331
2012/7/21	5.20	5.30	44.17	44.086	0.463	0.335
2012/7/22	5.17	5.27	44.28	43.438	0.458	0.334
2012/7/23	5.14	5.24	44.73	42.109	0.442	0.329
2012/7/24	5.13	5.23	45.18	40.368	0.429	0.328
2012/7/25	5.16	5.25	45.25	40.429	0.430	0.329
2012/7/26	5.18	5.27	45.26	40.467	0.430	0.329
2012/7/27	5.09	5.19	44.20	42.186	0.453	0.337
2012/7/28	4.90	5.03	44.04	44.219	0.504	0.364
2012/7/29	4.91	5.03	44.04	44.221	0.504	0.364
2012/7/30	4.91	5.03	44.04	44.220	0.505	0.365
2012/7/31	5.11	5.22	44.24	42.165	0.448	0.333
2012/8/1	5.08	5.18	44.57	41.185	0.438	0.331
2012/8/2	5.04	5.14	44.70	40.282	0.427	0.327
2012/8/3	5.06	5.15	44.55	40.704	0.432	0.329
2012/8/4	5.05	5.15	44.27	42.174	0.458	0.340

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]
2012/8/5	4.97	5.09	43.89	44.404	0.513	0.370
2012/8/6	5.02	5.13	44.10	43.043	0.479	0.351
2012/8/7	5.10	5.20	44.29	41.730	0.443	0.331
2012/8/8	5.19	5.29	44.28	43.198	0.462	0.339
2012/8/9	4.98	5.09	44.98	43.006	0.481	0.354
2012/8/10	5.06	5.16	44.34	42.027	0.450	0.335
2012/8/11	5.19	5.30	44.05	44.152	0.474	0.342
2012/8/12	5.21	5.32	44.04	44.166	0.474	0.342
2012/8/13	5.11	5.22	44.31	42.548	0.454	0.336
2012/8/14	5.03	5.13	44.46	41.099	0.436	0.330
2012/8/15	4.99	5.08	44.52	40.465	0.432	0.330
2012/8/16	5.17	5.28	44.21	43.620	0.459	0.334
2012/8/17	5.19	5.30	44.17	44.087	0.463	0.336
2012/8/18	5.21	5.31	44.28	43.720	0.455	0.331
2012/8/19	5.17	5.28	44.50	43.439	0.466	0.340
2012/8/20	5.16	5.27	44.31	43.828	0.465	0.338
2012/8/21	5.07	5.17	44.39	41.411	0.440	0.331
2012/8/22	5.10	5.20	44.38	41.537	0.440	0.330
2012/8/23	5.20	5.30	44.18	44.082	0.463	0.335
2012/8/24	5.18	5.28	44.18	43.721	0.460	0.335
2012/8/25	5.13	5.23	44.24	42.152	0.448	0.333
2012/8/26	5.12	5.22	44.39	42.246	0.451	0.335
2012/8/27	4.98	5.10	43.98	43.888	0.501	0.363
2012/8/28	4.96	5.09	43.89	44.407	0.514	0.370
2012/8/29	4.95	5.07	43.88	44.445	0.516	0.371
2012/8/30	5.08	5.19	44.34	43.713	0.484	0.352
2012/8/31	5.19	5.29	44.21	44.007	0.464	0.336
2012/9/1	5.02	5.12	44.46	41.071	0.436	0.330
2012/9/2	4.98	5.08	44.52	40.452	0.432	0.329
2012/9/3	5.07	5.17	44.39	41.379	0.439	0.330
2012/9/4	5.10	5.20	44.38	41.520	0.440	0.330
2012/9/5	5.33	5.43	44.50	42.547	0.452	0.334
2012/9/6	5.11	5.22	44.25	43.958	0.460	0.333
2012/9/7	5.07	5.17	44.42	42.211	0.444	0.331
2012/9/8	5.08	5.18	44.46	41.472	0.440	0.331
2012/9/9	5.08	5.17	44.84	40.839	0.434	0.329
2012/9/10	5.07	5.17	44.39	41.423	0.440	0.331
2012/9/11	5.06	5.16	44.22	42.497	0.465	0.343

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]
2012/9/12	4.95	5.07	43.88	44.442	0.515	0.371
2012/9/13	5.05	5.16	44.08	43.123	0.491	0.359
2012/9/14	5.18	5.26	44.53	39.272	0.423	0.329
2012/9/15	4.99	5.08	44.56	40.216	0.433	0.331
2012/9/16	5.20	5.30	44.09	44.141	0.472	0.341
2012/9/17	5.18	5.29	44.07	43.952	0.471	0.341
2012/9/18	5.16	5.26	44.37	43.312	0.466	0.341
2012/9/19	4.88	5.01	44.66	43.258	0.472	0.346
2012/9/20	5.17	5.27	44.34	43.717	0.471	0.343
2012/9/21	5.12	5.23	44.33	43.782	0.471	0.343
2012/9/22	5.22	5.32	44.12	44.141	0.472	0.341
2012/9/23	5.22	5.33	44.11	44.140	0.473	0.342
2012/9/24	5.18	5.28	44.24	43.791	0.470	0.341
2012/9/25	5.04	5.13	44.45	41.129	0.436	0.330
2012/9/26	5.08	5.18	44.34	41.539	0.441	0.331
2012/9/27	5.10	5.20	44.26	41.773	0.443	0.331
2012/9/28	5.12	5.22	44.44	41.631	0.442	0.332
2012/9/29	5.07	5.17	44.68	41.388	0.440	0.331
2012/9/30	5.11	5.21	45.04	40.755	0.434	0.330
2012/10/1	5.32	5.41	44.48	42.950	0.452	0.333
2012/10/2	5.12	5.23	44.22	43.969	0.461	0.334
2012/10/3	5.22	5.32	44.06	44.161	0.474	0.342
2012/10/4	5.09	5.20	44.33	42.286	0.451	0.335
2012/10/5	5.16	5.25	45.25	40.433	0.430	0.329
2012/10/6	5.14	5.23	44.80	41.147	0.435	0.329
2012/10/7	5.22	5.33	44.12	44.101	0.471	0.340
2012/10/8	5.17	5.27	44.18	43.152	0.460	0.337
2012/10/9	5.14	5.25	44.21	43.784	0.459	0.334
2012/10/10	5.15	5.26	44.27	43.952	0.467	0.339
2012/10/11	5.09	5.20	44.39	43.805	0.470	0.342
2012/10/12	5.10	5.20	44.28	41.770	0.443	0.331
2012/10/13	5.09	5.19	44.32	41.552	0.441	0.331
2012/10/14	5.15	5.26	44.26	43.130	0.455	0.334
2012/10/15	5.06	5.17	44.03	44.217	0.490	0.354
2012/10/16	5.12	5.22	44.38	42.934	0.472	0.347
2012/10/17	5.15	5.26	44.46	43.538	0.468	0.342
2012/10/18	5.03	5.15	44.13	44.044	0.485	0.351
2012/10/19	5.05	5.17	44.14	44.065	0.478	0.347

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]
2012/10/20	5.09	5.19	44.83	41.392	0.440	0.331
2012/10/21	5.26	5.35	44.83	41.842	0.439	0.329
2012/10/22	5.19	5.28	45.10	40.963	0.434	0.329
2012/10/23	5.46	5.55	44.65	43.212	0.451	0.331
2012/10/24	5.20	5.30	44.26	43.722	0.456	0.332
2012/10/25	5.22	5.33	44.10	44.144	0.473	0.342
2012/10/26	5.15	5.26	44.43	43.584	0.471	0.343
2012/10/27	5.25	5.33	44.59	39.333	0.425	0.330
2012/10/28	4.99	5.09	44.72	40.143	0.429	0.329
2012/10/29	5.26	5.36	44.12	44.139	0.470	0.339
2012/10/30	5.28	5.39	44.13	44.153	0.466	0.337
2012/10/31	5.19	5.29	44.24	43.133	0.456	0.335
2012/11/1	5.02	5.12	44.47	41.045	0.435	0.330
2012/11/2	5.07	5.18	44.36	41.773	0.445	0.333
2012/11/3	5.19	5.30	44.04	44.158	0.474	0.342
2012/11/4	5.18	5.28	44.17	43.432	0.461	0.337
2012/11/5	5.08	5.18	44.33	41.499	0.440	0.331
2012/11/6	5.07	5.17	44.36	41.421	0.439	0.330
2012/11/7	5.10	5.20	44.28	41.745	0.443	0.331
2012/11/8	5.06	5.15	44.45	41.094	0.436	0.330
2012/11/9	5.08	5.17	44.50	41.452	0.440	0.331
2012/11/10	5.07	5.16	44.65	41.009	0.436	0.330
2012/11/11	5.07	5.17	44.39	41.423	0.440	0.331
2012/11/12	5.10	5.20	44.38	41.532	0.440	0.330
2012/11/13	5.06	5.16	44.39	41.332	0.438	0.330
2012/11/14	5.16	5.27	44.34	43.075	0.450	0.331
2012/11/15	5.18	5.28	44.31	43.613	0.453	0.330
2012/11/16	5.09	5.19	44.38	41.650	0.441	0.331
2012/11/17	5.11	5.20	44.36	41.568	0.441	0.331
2012/11/18	5.08	5.19	44.26	43.992	0.460	0.333
2012/11/19	5.11	5.22	44.25	43.962	0.459	0.333
2012/11/20	5.15	5.26	44.20	43.944	0.460	0.334
2012/11/21	5.17	5.27	44.19	44.000	0.461	0.334
2012/11/22	5.19	5.30	44.18	44.065	0.463	0.335
2012/11/23	5.19	5.30	44.16	44.103	0.463	0.336
2012/11/24	5.19	5.30	44.25	43.692	0.457	0.333
2012/11/25	5.18	5.29	44.54	43.388	0.470	0.344
2012/11/26	5.16	5.26	44.40	43.664	0.467	0.340

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]
2012/11/27	5.19	5.30	44.14	44.119	0.466	0.337
2012/11/28	5.12	5.22	44.39	41.992	0.447	0.333
2012/11/29	5.06	5.17	44.46	41.364	0.438	0.330
2012/11/30	5.09	5.19	44.46	41.438	0.440	0.331
2012/12/1	5.04	5.14	44.74	40.189	0.426	0.327
2012/12/2	5.05	5.15	44.51	40.899	0.434	0.329
2012/12/3	5.06	5.15	44.42	41.246	0.437	0.330
2012/12/4	5.09	5.19	44.31	41.648	0.442	0.331
2012/12/5	5.09	5.19	44.31	41.657	0.442	0.331
2012/12/6	5.00	5.10	44.65	40.415	0.429	0.328
2012/12/7	5.10	5.20	44.28	41.745	0.443	0.331
2012/12/8	5.10	5.20	44.29	41.675	0.442	0.331
2012/12/9	5.03	5.13	44.45	41.086	0.436	0.330
2012/12/10	5.04	5.14	44.45	41.143	0.437	0.330
2012/12/11	5.20	5.31	44.32	43.638	0.453	0.330
2012/12/12	5.20	5.30	44.38	43.619	0.452	0.329
2012/12/13	5.18	5.28	44.36	43.691	0.458	0.333
2012/12/14	5.12	5.23	44.38	43.477	0.467	0.341
2012/12/15	5.23	5.32	44.37	41.339	0.445	0.335
2012/12/16	5.19	5.30	44.04	44.156	0.474	0.342
2012/12/17	5.20	5.30	44.14	44.116	0.465	0.336

(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]
2012/5/22	8.12	8.14	38.44	17.620	0.307	0.361
2012/5/23	8.12	8.15	38.32	17.624	0.308	0.361
2012/5/24	8.09	8.12	38.77	17.627	0.307	0.361
2012/5/25	8.05	8.08	39.99	17.625	0.305	0.358
2012/5/26	8.12	8.15	39.27	17.629	0.306	0.359
2012/5/27	8.20	8.23	38.64	17.634	0.307	0.360
2012/5/28	8.14	8.17	38.42	17.631	0.308	0.362
2012/5/29	8.10	8.13	37.99	17.631	0.310	0.364
2012/5/30	8.04	8.07	38.31	17.635	0.306	0.359
2012/5/31	8.06	8.08	39.07	17.627	0.303	0.356
2012/6/1	8.10	8.13	39.09	17.627	0.303	0.356
2012/6/2	8.11	8.13	38.90	17.627	0.304	0.357
2012/6/3	8.10	8.13	38.33	17.623	0.309	0.363
2012/6/4	8.12	8.14	38.43	17.620	0.307	0.361
2012/6/5	8.12	8.15	38.34	17.624	0.308	0.362
2012/6/6	8.07	8.10	38.90	17.627	0.305	0.358
2012/6/7	8.06	8.09	39.16	17.627	0.303	0.356
2012/6/8	8.08	8.10	38.47	17.628	0.308	0.362
2012/6/9	8.08	8.11	38.23	17.630	0.310	0.364
2012/6/10	8.08	8.11	38.59	17.623	0.305	0.358
2012/6/11	8.11	8.14	38.52	17.623	0.306	0.359
2012/6/12	8.09	8.12	38.36	17.626	0.308	0.362
2012/6/13	8.08	8.11	38.99	17.638	0.307	0.361
2012/6/14	8.08	8.11	39.62	17.648	0.306	0.359
2012/6/15	8.09	8.12	38.90	17.628	0.306	0.359
2012/6/16	8.07	8.10	38.88	17.623	0.305	0.358
2012/6/17	8.03	8.05	39.18	17.627	0.303	0.356
2012/6/18	8.07	8.09	37.94	17.631	0.308	0.362
2012/6/19	8.07	8.10	38.29	17.626	0.308	0.361
2012/6/20	8.09	8.12	38.72	17.621	0.305	0.358
2012/6/21	8.02	8.05	40.00	17.625	0.304	0.357
2012/6/22	8.03	8.06	39.77	17.631	0.304	0.357
2012/6/23	8.08	8.11	38.62	17.657	0.306	0.359
2012/6/24	8.07	8.10	38.24	17.635	0.309	0.363
2012/6/25	8.08	8.11	38.05	17.629	0.310	0.364
2012/6/26	8.06	8.09	38.09	17.629	0.310	0.364
2012/6/27	8.11	8.14	38.13	17.628	0.310	0.364

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]
2012/6/28	8.11	8.13	38.07	17.629	0.310	0.364
2012/6/29	8.11	8.14	38.29	17.624	0.308	0.362
2012/6/30	8.10	8.13	39.37	17.547	0.306	0.360
2012/7/1	8.10	8.13	38.81	17.593	0.306	0.360
2012/7/2	8.09	8.12	38.57	17.620	0.305	0.358
2012/7/3	8.09	8.11	38.62	17.623	0.305	0.358
2012/7/4	8.09	8.12	38.61	17.623	0.305	0.358
2012/7/5	8.07	8.10	38.66	17.621	0.304	0.357
2012/7/6	8.07	8.10	39.00	17.627	0.304	0.357
2012/7/7	8.09	8.12	39.68	17.647	0.306	0.359
2012/7/8	8.09	8.12	38.92	17.637	0.308	0.362
2012/7/9	8.10	8.13	38.44	17.608	0.309	0.363
2012/7/10	8.03	8.06	39.57	17.556	0.304	0.358
2012/7/11	7.96	7.98	39.18	17.625	0.303	0.356
2012/7/12	7.96	7.98	39.31	17.626	0.302	0.355
2012/7/13	8.02	8.05	39.24	17.626	0.303	0.355
2012/7/14	8.01	8.04	39.40	17.628	0.304	0.357
2012/7/15	8.01	8.04	39.24	17.615	0.304	0.357
2012/7/16	8.07	8.10	39.54	17.554	0.305	0.358
2012/7/17	8.07	8.09	39.65	17.625	0.304	0.357
2012/7/18	8.03	8.06	38.91	17.621	0.303	0.356
2012/7/19	8.09	8.12	38.53	17.620	0.307	0.360
2012/7/20	8.10	8.13	38.90	17.623	0.306	0.360
2012/7/21	8.04	8.07	39.84	17.627	0.304	0.357
2012/7/22	8.05	8.08	39.43	17.624	0.305	0.358
2012/7/23	8.08	8.11	38.69	17.633	0.306	0.359
2012/7/24	8.09	8.11	38.63	17.656	0.306	0.359
2012/7/25	8.06	8.08	38.68	17.637	0.306	0.360
2012/7/26	8.02	8.05	39.12	17.622	0.303	0.356
2012/7/27	8.09	8.11	39.74	17.517	0.304	0.358
2012/7/28	8.10	8.13	39.54	17.529	0.306	0.360
2012/7/29	8.10	8.13	38.71	17.588	0.308	0.362
2012/7/30	8.09	8.12	39.79	17.507	0.304	0.358
2012/7/31	8.09	8.12	39.10	17.567	0.306	0.360
2012/8/1	8.09	8.12	38.31	17.626	0.308	0.362
2012/8/2	8.09	8.12	39.17	17.557	0.306	0.360
2012/8/3	8.10	8.13	39.54	17.529	0.306	0.360
2012/8/4	8.09	8.12	38.29	17.602	0.308	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]
2012/8/5	8.10	8.13	39.21	17.554	0.303	0.357
2012/8/6	8.04	8.07	38.41	17.625	0.307	0.360
2012/8/7	8.06	8.08	38.96	17.626	0.304	0.357
2012/8/8	8.10	8.13	39.14	17.627	0.303	0.356
2012/8/9	8.09	8.12	39.26	17.580	0.304	0.357
2012/8/10	8.10	8.13	38.54	17.602	0.308	0.362
2012/8/11	8.00	8.02	39.31	17.622	0.304	0.357
2012/8/12	8.00	8.02	39.30	17.623	0.303	0.356
2012/8/13	8.08	8.11	39.66	17.644	0.307	0.360
2012/8/14	8.08	8.11	39.64	17.645	0.306	0.359
2012/8/15	8.03	8.06	39.42	17.632	0.304	0.357
2012/8/16	8.01	8.03	39.33	17.623	0.304	0.357
2012/8/17	8.01	8.03	39.32	17.623	0.303	0.356
2012/8/18	8.01	8.03	39.30	17.623	0.303	0.356
2012/8/19	8.02	8.04	39.24	17.623	0.303	0.356
2012/8/20	8.02	8.04	39.23	17.622	0.303	0.356
2012/8/21	8.01	8.03	39.34	17.621	0.303	0.356
2012/8/22	8.09	8.12	38.70	17.563	0.306	0.360
2012/8/23	8.10	8.13	39.53	17.526	0.303	0.357
2012/8/24	8.07	8.10	38.82	17.621	0.305	0.358
2012/8/25	8.12	8.14	38.62	17.621	0.305	0.358
2012/8/26	8.03	8.06	38.96	17.632	0.304	0.357
2012/8/27	8.08	8.10	38.56	17.655	0.306	0.359
2012/8/28	8.15	8.18	38.30	17.632	0.308	0.362
2012/8/29	8.08	8.11	38.68	17.623	0.304	0.357
2012/8/30	8.08	8.11	38.64	17.600	0.307	0.361
2012/8/31	8.09	8.12	38.33	17.626	0.308	0.362
2012/9/1	8.09	8.12	38.62	17.623	0.305	0.358
2012/9/2	8.09	8.12	38.61	17.622	0.305	0.358
2012/9/3	8.28	8.31	38.80	17.651	0.306	0.359
2012/9/4	8.32	8.35	38.81	17.653	0.306	0.359
2012/9/5	8.30	8.33	39.44	17.646	0.307	0.360
2012/9/6	8.32	8.35	39.69	17.647	0.307	0.360
2012/9/7	8.13	8.16	39.43	17.630	0.304	0.357
2012/9/8	8.08	8.11	38.76	17.649	0.305	0.358
2012/9/9	8.18	8.21	37.59	17.647	0.307	0.361
2012/9/10	8.27	8.30	37.10	17.643	0.308	0.361
2012/9/11	8.12	8.15	38.15	17.631	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]
2012/9/12	8.03	8.06	38.89	17.622	0.303	0.356
2012/9/13	8.07	8.10	38.81	17.622	0.303	0.356
2012/9/14	8.08	8.11	38.76	17.620	0.303	0.356
2012/9/15	8.09	8.12	38.40	17.626	0.306	0.360
2012/9/16	8.10	8.13	38.04	17.629	0.310	0.364
2012/9/17	8.12	8.14	38.24	17.627	0.308	0.362
2012/9/18	8.10	8.13	38.51	17.620	0.306	0.360
2012/9/19	8.09	8.12	38.53	17.621	0.306	0.359
2012/9/20	8.11	8.14	38.52	17.622	0.305	0.359
2012/9/21	8.14	8.17	38.54	17.611	0.308	0.362
2012/9/22	8.19	8.22	39.12	17.586	0.305	0.359
2012/9/23	8.10	8.13	38.57	17.612	0.307	0.360
2012/9/24	8.08	8.11	39.71	17.517	0.305	0.359
2012/9/25	8.10	8.12	38.05	17.629	0.310	0.364
2012/9/26	8.10	8.13	38.05	17.629	0.310	0.364
2012/9/27	8.12	8.14	38.01	17.628	0.309	0.363
2012/9/28	8.12	8.15	37.99	17.629	0.309	0.363
2012/9/29	8.09	8.12	38.28	17.627	0.308	0.362
2012/9/30	8.10	8.12	38.29	17.627	0.308	0.362
2012/10/1	8.05	8.07	38.76	17.631	0.306	0.359
2012/10/2	8.03	8.06	39.04	17.622	0.303	0.356
2012/10/3	8.08	8.11	38.64	17.621	0.304	0.357
2012/10/4	8.09	8.12	38.62	17.622	0.304	0.357
2012/10/5	8.09	8.12	38.61	17.622	0.305	0.358
2012/10/6	8.09	8.12	38.60	17.621	0.305	0.358
2012/10/7	8.09	8.11	38.58	17.621	0.305	0.358
2012/10/8	8.10	8.12	38.55	17.620	0.305	0.358
2012/10/9	8.10	8.13	38.53	17.621	0.306	0.360
2012/10/10	8.14	8.17	38.35	17.626	0.307	0.361
2012/10/11	8.18	8.21	38.17	17.633	0.308	0.362
2012/10/12	8.14	8.17	38.32	17.626	0.308	0.362
2012/10/13	8.15	8.18	38.62	17.626	0.307	0.360
2012/10/14	8.15	8.18	38.64	17.633	0.309	0.363
2012/10/15	8.12	8.14	38.11	17.629	0.310	0.364
2012/10/16	8.08	8.11	38.78	17.639	0.306	0.359
2012/10/17	8.09	8.11	38.64	17.655	0.306	0.359
2012/10/18	8.09	8.12	38.82	17.628	0.304	0.358
2012/10/19	8.24	8.27	39.04	17.626	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]
2012/10/20	8.23	8.27	38.60	17.641	0.307	0.360
2012/10/21	8.30	8.34	39.58	17.645	0.307	0.360
2012/10/22	8.12	8.15	38.75	17.633	0.308	0.361
2012/10/23	8.06	8.08	38.96	17.626	0.304	0.357
2012/10/24	8.11	8.14	39.13	17.626	0.303	0.356
2012/10/25	7.96	7.98	39.51	17.629	0.304	0.357
2012/10/26	8.07	8.09	38.59	17.625	0.306	0.360
2012/10/27	8.08	8.11	39.63	17.648	0.306	0.359
2012/10/28	8.12	8.15	38.84	17.638	0.307	0.361
2012/10/29	8.13	8.16	38.17	17.629	0.309	0.363
2012/10/30	8.09	8.11	38.98	17.639	0.308	0.361
2012/10/31	8.09	8.11	39.62	17.648	0.306	0.359
2012/11/1	8.06	8.09	39.01	17.587	0.306	0.359
2012/11/2	8.09	8.11	38.63	17.657	0.306	0.359
2012/11/3	8.07	8.10	39.16	17.564	0.306	0.359
2012/11/4	8.09	8.12	38.42	17.617	0.308	0.362
2012/11/5	8.07	8.10	38.36	17.637	0.308	0.362
2012/11/6	8.08	8.11	38.51	17.596	0.308	0.362
2012/11/7	8.10	8.13	38.92	17.582	0.304	0.357
2012/11/8	8.10	8.13	38.69	17.610	0.305	0.358
2012/11/9	8.10	8.12	39.33	17.587	0.303	0.357
2012/11/10	8.11	8.13	39.06	17.627	0.303	0.356
2012/11/11	8.07	8.10	39.55	17.604	0.303	0.356
2012/11/12	8.08	8.11	38.93	17.642	0.305	0.358
2012/11/13	8.05	8.07	39.25	17.593	0.303	0.356
2012/11/14	8.00	8.03	39.07	17.623	0.303	0.356
2012/11/15	8.08	8.11	38.76	17.620	0.303	0.356
2012/11/16	8.07	8.09	38.79	17.622	0.304	0.357
2012/11/17	7.99	8.02	39.32	17.624	0.303	0.356
2012/11/18	7.99	8.02	39.33	17.625	0.304	0.357
2012/11/19	8.13	8.15	38.39	17.631	0.307	0.361
2012/11/20	8.18	8.21	38.18	17.635	0.308	0.362
2012/11/21	8.18	8.21	38.17	17.635	0.308	0.362
2012/11/22	8.18	8.21	38.19	17.634	0.308	0.362
2012/11/23	8.03	8.05	38.89	17.622	0.305	0.358
2012/11/24	8.05	8.07	39.21	17.594	0.304	0.357
2012/11/25	8.07	8.10	38.90	17.627	0.305	0.358
2012/11/26	8.07	8.10	39.14	17.627	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]
2012/11/27	8.28	8.32	38.88	17.626	0.304	0.357
2012/11/28	8.07	8.10	38.69	17.627	0.308	0.362
2012/11/29	7.97	8.00	40.14	17.633	0.304	0.357
2012/11/30	7.99	8.02	39.70	17.633	0.305	0.358
2012/12/1	8.04	8.07	39.41	17.605	0.303	0.356
2012/12/2	8.11	8.14	38.71	17.579	0.307	0.361
2012/12/3	8.10	8.13	38.05	17.629	0.310	0.364
2012/12/4	8.08	8.11	38.71	17.627	0.305	0.359
2012/12/5	8.07	8.10	38.84	17.624	0.305	0.358
2012/12/6	8.09	8.11	38.51	17.650	0.307	0.360
2012/12/7	8.08	8.10	39.53	17.545	0.304	0.357
2012/12/8	8.03	8.05	39.07	17.622	0.303	0.357
2012/12/9	8.19	8.22	38.51	17.628	0.306	0.359
2012/12/10	8.25	8.28	38.54	17.632	0.304	0.357
2012/12/11	8.07	8.09	39.24	17.570	0.304	0.358
2012/12/12	8.07	8.09	39.46	17.518	0.305	0.359
2012/12/13	8.10	8.13	38.57	17.612	0.306	0.360
2012/12/14	8.08	8.11	38.72	17.622	0.306	0.359
2012/12/15	8.07	8.10	38.69	17.622	0.304	0.357
2012/12/16	8.08	8.11	38.75	17.623	0.304	0.357
2012/12/17	8.08	8.11	39.13	17.627	0.303	0.356

(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]
2012/5/22	7.90	23.21	1.280
2012/5/23	7.91	23.17	1.283
2012/5/24	7.94	23.17	1.293
2012/5/25	7.92	23.08	1.296
2012/5/26	7.89	23.06	1.295
2012/5/27	7.99	23.22	1.292
2012/5/28	8.00	23.20	1.293
2012/5/29	7.97	23.05	1.295
2012/5/30	7.95	23.12	1.275
2012/5/31	7.89	23.19	1.280
2012/6/1	7.91	23.33	1.284
2012/6/2	7.95	23.57	1.294
2012/6/3	7.89	23.40	1.277
2012/6/4	7.83	23.13	1.244
2012/6/5	7.86	23.13	1.248
2012/6/6	7.88	23.13	1.266
2012/6/7	7.82	23.23	1.291
2012/6/8	7.83	23.38	1.293
2012/6/9	7.84	23.52	1.295
2012/6/10	7.89	23.51	1.294
2012/6/11	7.89	23.52	1.294
2012/6/12	7.90	23.53	1.294
2012/6/13	7.94	23.53	1.294
2012/6/14	7.87	23.54	1.294
2012/6/15	7.87	23.56	1.294
2012/6/16	7.91	23.55	1.294
2012/6/17	7.91	23.54	1.294
2012/6/18	7.88	23.56	1.292
2012/6/19	7.86	23.58	1.291
2012/6/20	7.89	23.58	1.293
2012/6/21	7.89	23.57	1.293
2012/6/22	7.88	23.58	1.290
2012/6/23	7.91	23.57	1.291
2012/6/24	7.98	23.50	1.296
2012/6/25	7.97	23.47	1.299
2012/6/26	7.95	23.44	1.298
2012/6/27	8.00	23.27	1.295

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2012/6/28	8.03	23.43	1.294
2012/6/29	8.02	23.58	1.291
2012/6/30	7.97	23.56	1.294
2012/7/1	7.91	23.49	1.298
2012/7/2	7.94	23.36	1.306
2012/7/3	8.00	23.39	1.305
2012/7/4	7.90	23.46	1.301
2012/7/5	7.89	23.37	1.305
2012/7/6	7.93	23.53	1.294
2012/7/7	7.91	23.45	1.299
2012/7/8	7.88	23.34	1.307
2012/7/9	7.91	23.46	1.300
2012/7/10	7.91	23.57	1.294
2012/7/11	7.90	23.43	1.301
2012/7/12	7.89	23.34	1.307
2012/7/13	7.94	23.34	1.308
2012/7/14	7.89	23.46	1.300
2012/7/15	7.82	23.49	1.297
2012/7/16	7.85	23.33	1.296
2012/7/17	7.97	23.36	1.304
2012/7/18	7.99	23.43	1.302
2012/7/19	7.93	23.34	1.307
2012/7/20	7.96	23.49	1.297
2012/7/21	7.92	23.50	1.297
2012/7/22	8.04	23.37	1.307
2012/7/23	7.97	23.23	1.302
2012/7/24	8.02	23.60	1.290
2012/7/25	8.00	23.56	1.292
2012/7/26	7.97	23.51	1.294
2012/7/27	7.96	23.54	1.295
2012/7/28	7.91	23.54	1.294
2012/7/29	7.93	23.48	1.297
2012/7/30	7.91	23.38	1.303
2012/7/31	7.91	23.53	1.294
2012/8/1	7.90	23.59	1.290
2012/8/2	7.90	23.48	1.297
2012/8/3	7.95	23.51	1.295
2012/8/4	7.94	23.52	1.295

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2012/8/5	7.91	23.48	1.295
2012/8/6	7.95	23.56	1.291
2012/8/7	7.93	23.61	1.290
2012/8/8	7.93	23.61	1.289
2012/8/9	7.94	23.38	1.305
2012/8/10	7.93	23.35	1.306
2012/8/11	7.95	23.49	1.300
2012/8/12	7.95	23.59	1.290
2012/8/13	7.91	23.59	1.287
2012/8/14	7.99	23.48	1.289
2012/8/15	8.03	23.27	1.295
2012/8/16	8.01	23.47	1.295
2012/8/17	7.95	23.56	1.295
2012/8/18	8.01	23.61	1.291
2012/8/19	8.01	23.57	1.292
2012/8/20	7.94	23.53	1.294
2012/8/21	7.90	23.54	1.294
2012/8/22	7.84	23.25	1.256
2012/8/23	7.84	23.13	1.244
2012/8/24	7.91	23.45	1.283
2012/8/25	7.94	23.47	1.294
2012/8/26	7.90	23.03	1.295
2012/8/27	7.98	23.10	1.293
2012/8/28	7.93	23.43	1.294
2012/8/29	7.91	23.57	1.294
2012/8/30	7.92	23.57	1.293
2012/8/31	7.91	23.57	1.293
2012/9/1	7.94	23.29	1.293
2012/9/2	7.95	23.30	1.293
2012/9/3	7.84	23.48	1.295
2012/9/4	7.83	23.50	1.294
2012/9/5	7.86	23.54	1.294
2012/9/6	7.86	23.56	1.294
2012/9/7	7.90	23.25	1.262
2012/9/8	7.88	23.12	1.251
2012/9/9	7.90	23.15	1.259
2012/9/10	7.94	23.26	1.287
2012/9/11	8.12	23.41	1.303

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2012/9/12	8.26	23.41	1.301
2012/9/13	8.19	23.40	1.305
2012/9/14	8.07	23.36	1.307
2012/9/15	8.01	23.29	1.296
2012/9/16	7.91	23.18	1.282
2012/9/17	7.93	23.12	1.286
2012/9/18	8.05	22.98	1.294
2012/9/19	8.03	23.12	1.293
2012/9/20	7.93	23.53	1.294
2012/9/21	7.92	23.52	1.295
2012/9/22	7.88	23.63	1.293
2012/9/23	7.88	23.50	1.295
2012/9/24	7.94	23.28	1.295
2012/9/25	7.91	23.24	1.292
2012/9/26	7.93	23.49	1.294
2012/9/27	7.94	23.57	1.293
2012/9/28	7.96	23.25	1.271
2012/9/29	7.84	23.12	1.239
2012/9/30	7.96	23.53	1.282
2012/10/1	7.95	23.53	1.294
2012/10/2	7.93	23.54	1.294
2012/10/3	8.00	23.50	1.295
2012/10/4	8.04	23.48	1.295
2012/10/5	7.99	23.53	1.295
2012/10/6	7.97	23.56	1.294
2012/10/7	7.95	23.52	1.290
2012/10/8	7.83	23.13	1.243
2012/10/9	7.89	23.34	1.269
2012/10/10	7.93	23.55	1.294
2012/10/11	8.13	23.47	1.299
2012/10/12	7.96	23.52	1.295
2012/10/13	7.90	23.51	1.295
2012/10/14	7.90	23.51	1.294
2012/10/15	7.89	23.18	1.296
2012/10/16	7.83	23.13	1.243
2012/10/17	7.84	23.13	1.244
2012/10/18	7.87	23.24	1.252
2012/10/19	7.93	23.58	1.290

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2012/10/20	7.91	23.59	1.290
2012/10/21	7.91	23.27	1.302
2012/10/22	7.90	23.25	1.295
2012/10/23	7.93	23.15	1.261
2012/10/24	7.92	23.15	1.262
2012/10/25	7.95	23.51	1.292
2012/10/26	8.00	23.54	1.294
2012/10/27	7.99	23.54	1.294
2012/10/28	7.91	23.57	1.294
2012/10/29	8.07	23.42	1.303
2012/10/30	7.97	23.51	1.294
2012/10/31	7.98	23.56	1.292
2012/11/1	7.93	23.61	1.290
2012/11/2	7.95	23.55	1.292
2012/11/3	7.91	23.59	1.290
2012/11/4	7.94	23.51	1.291
2012/11/5	7.87	23.26	1.294
2012/11/6	7.93	23.30	1.295
2012/11/7	8.22	23.44	1.299
2012/11/8	8.20	23.46	1.300
2012/11/9	8.00	23.27	1.295
2012/11/10	8.03	23.29	1.294
2012/11/11	7.94	23.57	1.295
2012/11/12	7.92	23.56	1.294
2012/11/13	8.21	23.41	1.301
2012/11/14	8.24	23.40	1.302
2012/11/15	8.21	23.40	1.302
2012/11/16	8.06	23.48	1.298
2012/11/17	7.94	23.53	1.294
2012/11/18	7.94	23.44	1.293
2012/11/19	7.98	23.27	1.292
2012/11/20	7.97	23.25	1.294
2012/11/21	7.90	23.43	1.300
2012/11/22	7.94	23.44	1.300
2012/11/23	7.92	23.19	1.283
2012/11/24	7.98	23.21	1.285
2012/11/25	7.95	23.21	1.286
2012/11/26	7.94	23.20	1.287

日期	水位深度 [M]	溫度[°C]	導電度 [mS/cm]
2012/11/27	7.94	23.20	1.285
2012/11/28	7.94	23.18	1.280
2012/11/29	7.95	23.19	1.282
2012/11/30	7.98	23.21	1.285
2012/12/1	7.94	23.21	1.286
2012/12/2	7.92	23.21	1.287
2012/12/3	7.88	23.22	1.287
2012/12/4	7.85	23.23	1.288
2012/12/5	7.86	23.24	1.290
2012/12/6	7.89	23.25	1.291
2012/12/7	7.88	23.25	1.292
2012/12/8	7.89	23.27	1.294
2012/12/9	8.13	23.34	1.299
2012/12/10	8.28	23.39	1.302
2012/12/11	8.10	23.47	1.298
2012/12/12	7.94	23.56	1.294
2012/12/13	8.11	23.51	1.297
2012/12/14	7.98	23.50	1.296
2012/12/15	7.92	23.50	1.298
2012/12/16	7.92	23.47	1.299
2012/12/17	7.94	23.36	1.296

第四章、地溫監測

一、背景介紹

地熱的變化是反應火山活動的主要證據之一，長期監測地溫的變化可探討地底下火山的活動情形（Tilling, 1989），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，其觀測方式係於地表鑽井，再將數根小型熱探針置於井內不同深度，進行長時間溫度監測（江協堂和徐春田，2009）。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（經濟部中央地質調查所，2008）。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，並於現場保養監測儀器和設備。

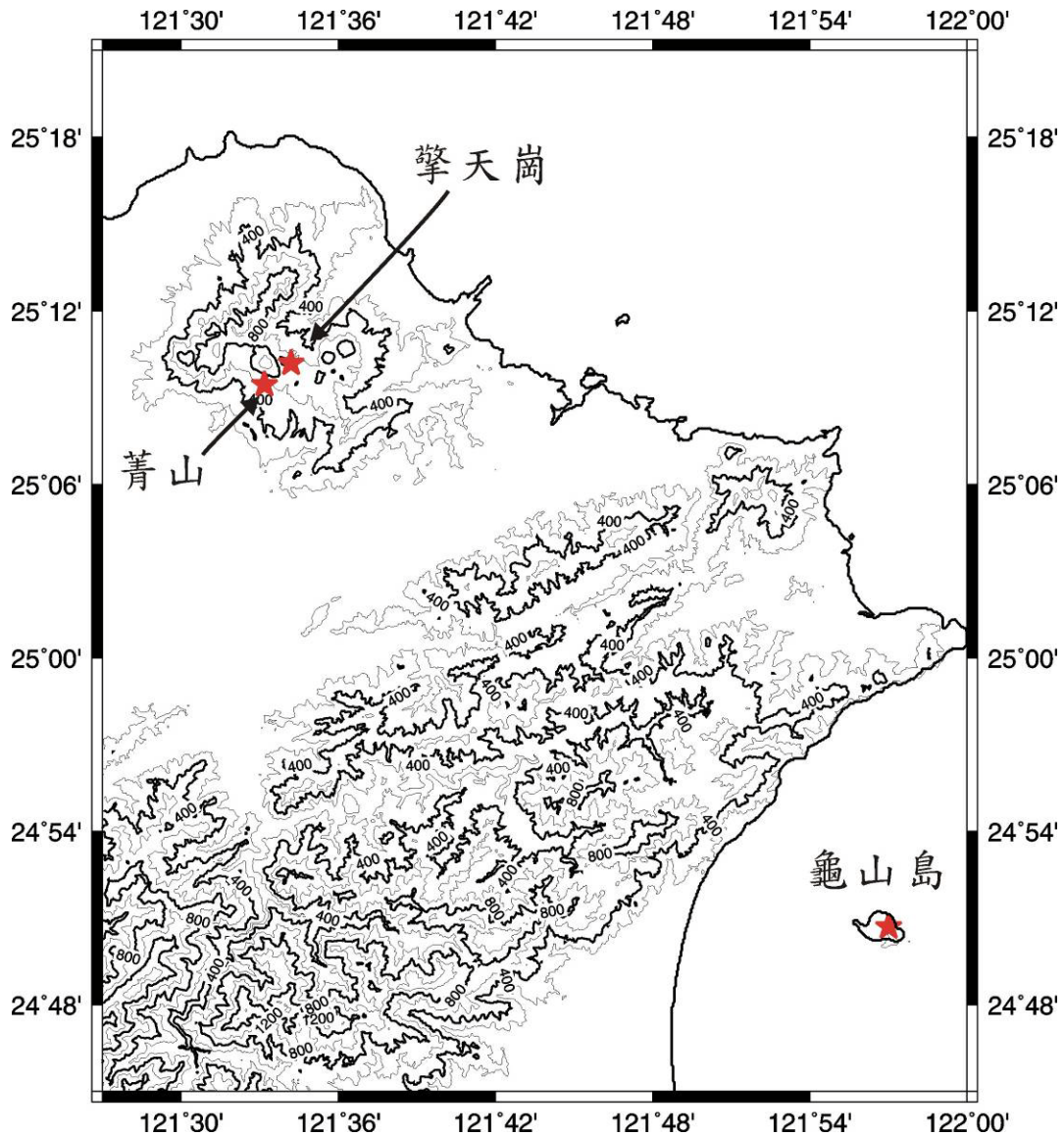


圖 4-1 龜山島站（位於龜山島龜頸附近）、菁山站（位於菁山生態保育中心）和擎天崗站（位於擎天崗遊客中心機車停車場旁）3 口地熱監測站位置圖。

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 米以上）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°C ，解析度約 0.0001°C ，熱探針約每兩年校正一次。熱探針內之資料係以 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，一般用直徑 3mm、長 300-500 公尺的尼龍繩、不鏽鋼纜線或鈦纜線懸掛熱探針，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°C ，一般的電子儀器均無法耐此高溫，因此將熱探針拆解，溫度感應電阻放在井底 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)。

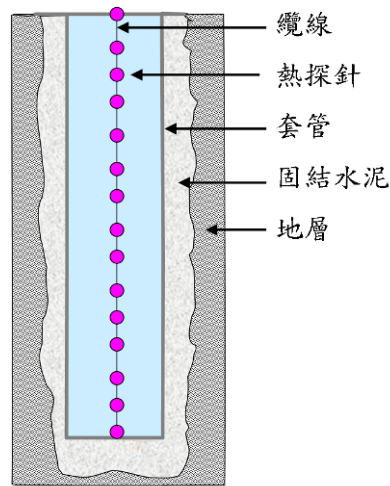


圖 4-3、地溫監測示意圖。一般地溫井約數百公尺，內置小型熱探針(溫度記錄器)，小型熱探針以纜線懸吊，收取資料時將纜線從井裡拉出，將溫度下載資料後，再把纜線放回井內。

三、資料收集、處理分析與討論

本年度執行單位前往各測站收集資料均有 4-5 次(附錄)，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，擎天崗測站深度 450 公尺溫度記錄器於 5 月 6 日因測站淹水，儀器箱進水而故障，之後，已在測站旁邊挖一條小水溝，可將雨水排出，測站不再淹水。龜山島各溫度記錄器都正常運作。所有測站的原始溫度資料的日平均值列於附錄中。

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入性雜訊，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，則該雜訊有也可能是訊號，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。

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 2012 年 12 月 3 日，紀錄深度從 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. 各深度溫度變化介於 17.17 至 21.46°C 之間，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，震幅可達 4.25°C，此深度的溫度的變化與雨量多寡有關，尤其是淺於 60 公尺的部分，影響最顯著，雨季時期，有時一天內的溫度變化便可達 2°C，且溫度的變化有從淺處往深處改變的次序，其原因可能是地表水沿套管與地層間的裂隙下滲，溫度的變化是以指數型態回升或回降，符合溫度擴散理論。
2. 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，顯示 60 公尺內溫度的變化是非常迅速，並不是以熱傳導為主，其溫度變化型態都是成釘形狀（spike），再以指數曲線上升或下降，表示熱源（或冷源）是快速接近感應器，用降雨的影響可來解釋這種溫度變化特徵，雖然此區段的溫度變化振幅很大，但是從長期的趨勢來看，溫度似乎有逐漸下降的現象，5 年來下降約 0.6°C。
3. 深度 80、100、110 公尺的溫度變化在高頻部分有大震幅的顫抖現象（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，推測上層雨水下滲後，便形成地下水在 80-110 公尺的岩層中流動，至 130 公尺以下，岩層較緻密，地下水不易流通，因此 130 公尺以下的地層溫度變的較穩定，然而來自上層的地下水可能會影響底下的

地層，使其降溫，130 公尺以下的溫度有慢慢下降的趨勢（年下降可達 0.11℃），可能就是這個原因，但這個溫度下降現象從 2009 年開始似乎有漸漸緩和的趨勢（圖 4-4.8 ~ 4-4.9），這個緩和效應是否來自深部地溫的上升，值得後續繼續觀測，因為若是來自深部地溫的上升，則可能是跟地下熱液流體的活動有關。

4. 深度 180 公尺以下溫度有長期下降的趨勢，尤其深度 200 公尺處，今年來已經快速下降 0.05℃。
5. 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 2.6℃/100m，下段 100-190 公尺約 0.6℃/100m（圖 4-4.13），上段梯度大，梯度變化也較大，梯度大可能跟岩層的低熱導性質有關，梯度變化大，則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。
5. 本測站深度 20~200 公尺的背景平均溫度為 19.15~21.14℃，各深度溫度變化的標準差為 0.0093~0.7041℃（表 4-2）。

3.2 擎天崗站

本測站記錄資料從 2007 年 4 月 11 日至 2012 年 12 月 3 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 105.72℃（圖 4-5.1），其中 200 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℃，與雨量無關，假設該溫度變化係完全受地表溫度變化的影響，以氣象局竹子湖氣候監測站 2007 年之溫度變化振幅約 15℃計，使用一維半空間熱導公式，可估算地表 10 公尺地層之熱擴散係數（江協堂等人，2009），一維半空間熱導公式如下

$$T_{\theta} = T_0 \times \exp(-\varepsilon z) \sin(\omega t - \varepsilon z)$$

其中

T_{θ} ：地底下某深度的溫度

T_0 ：地表溫度變化的振幅

ε : 地層熱學參數 ($\varepsilon = (\pi / P\kappa)^{1/2}$)

P : 地表溫度變化的週期

κ : 地層熱擴散係數 (thermal diffusivity)

z : 深度

ω : 頻率 ($\omega = 2\pi / P$)

t : 時間

由上述熱導公式得到地層之熱擴散係數約 $3.1 \times 10^{-7} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ，此值與一般岩石之熱擴散係數相差不多。然而地溫除年變化外還有持續下降的現象，5年來大約下降 0.7°C ，其機制尚不清楚。

3. 深度 100 公尺至 180 公尺的溫度剛開時有 3-4 個月快速升高現象 (圖 4-5.3 ~4-5.5)，這是鑽井完後地層的回溫現象，一般回溫時間需數天至個月，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，今年度以來則幾乎沒有再升高。
4. 2010 年和 2011 年淺於 150 公尺的深度共發現 5 次與氣候無關的熱脈衝，今年則只有深度 10 和 100 公尺於 9/22 發現熱脈衝 (圖 4-5.6、4-5.7)，脈衝振幅分別為 0.10°C 和 0.04°C ，熱脈衝只發生於此兩個深度，其餘各深度均未發現，由於熱脈衝發生的深度都小於 200 公尺，加上此區段的地溫梯度很低，推測此區段的岩體的滲透率可能叫高，地下水體流通性叫好，這些熱脈衝可能是地殼產生振動使水體產生位移，引起溫度突然發生改變所致。
5. 井底 470 公尺的溫度今年以來上升約 0.5°C 以上 (圖 4-5.10)，3 年累計上升約 1.2°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。
6. 垂直地溫剖面在 200 公尺附近有一轉折點 (圖 4-5.11)，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 $3.5^\circ\text{C}/100 \text{m}$ ，以熱對流為主，下層的地溫梯度約 $29.0^\circ\text{C}/100 \text{m}$ ，以熱傳導為主。200 公尺以上的低地溫梯度現象與菁山測站情形相同，因此推測本區域地下水可能存在一個 200 公尺厚度的對流包。
7. 本測站深度 10~470 公尺的背景溫度為 $18.18 \sim 105.19^\circ\text{C}$ ，各深度溫度變化的標準差為 $0.2209 \sim 0.7270^\circ\text{C}$ (表 4-3)。

3.3 龜山島站

本測站記錄資料從 2006 年 7 月 20 日至 2012 年 12 月 2 日，各深度溫度監

測結果如下：

1. 本測站溫度分佈介於 21.99 至 34.26°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。溫度梯度可分成兩段，0-100 公尺為-1.5°C/100m，100-270 公尺為 9.7°C/100m（圖 4-6.16），地溫梯度型態跟擎天崗測站類似，顯示龜山島測站仍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。
2. 2004-2009 年夏季觀測到數次熱脈衝事件，溫度變化幅度約-0.023~0.015°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、柯羅沙：2007 年 10 月 6 日、鳳凰：2008 年 7 月 28 日、辛樂克：2008 年 9 月 14 日、薔密：2008 年 9 月 28、莫拉克：2009 年 8 月 8），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，我們推測龜山島岩石的應力可能因颱風的侵襲而改變，應力的變化造成地層中孔隙水發生位移，因而地溫也產生細微的變化（Chiang et al., 2010）。
3. 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。
4. 本測站深度 30~270 公尺的背景溫度為 22.04~33.98°C，各深度溫度變化的標準差為 0.0094~0.2748°C（表 4-4）。

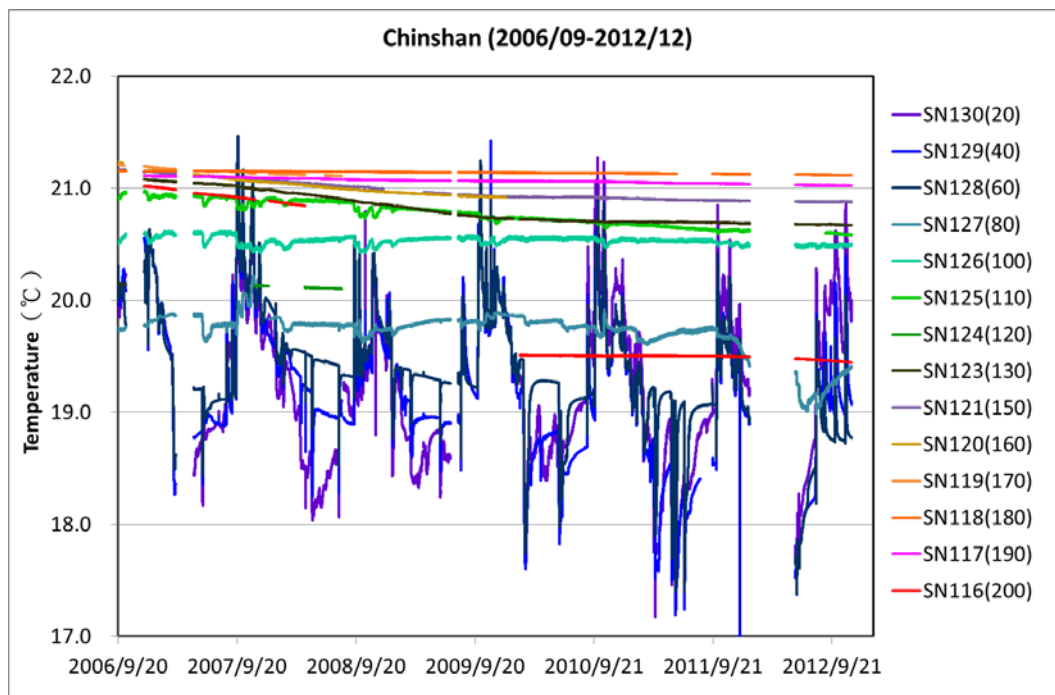


圖 4-4.1 菁山測站 2006 年 9 月 20 日至 2012 年 12 月 3 日各深度溫度變化圖。淺於 60 公尺的溫度受降雨影響，溫度變化訊號振幅大、頻率高，而且有長期下降趨勢，過去 5 年來下降約 0.6°C。

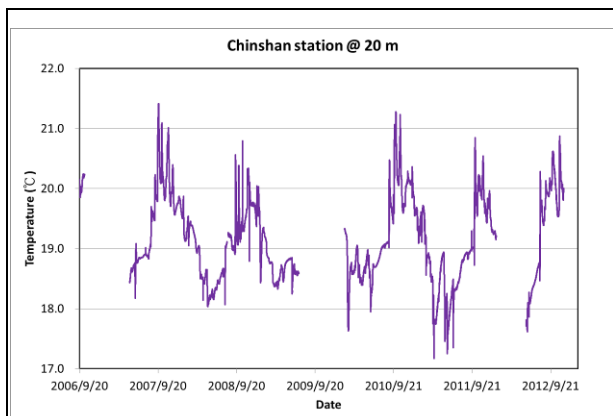


圖 4-4.2 深度 20 公尺之地溫變化圖

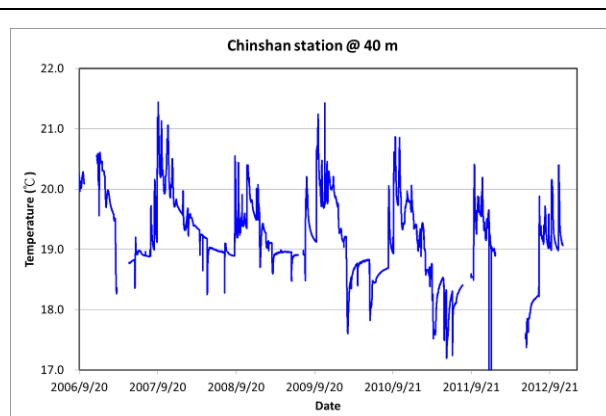


圖 4-4.3 深度 40 公尺之地溫變化圖

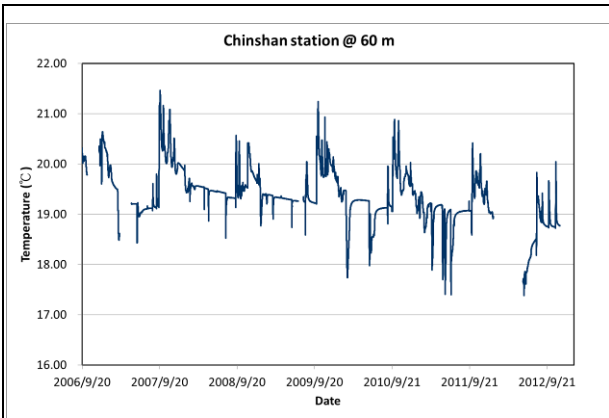


圖 4-4.4 深度 60 公尺之地溫變化圖

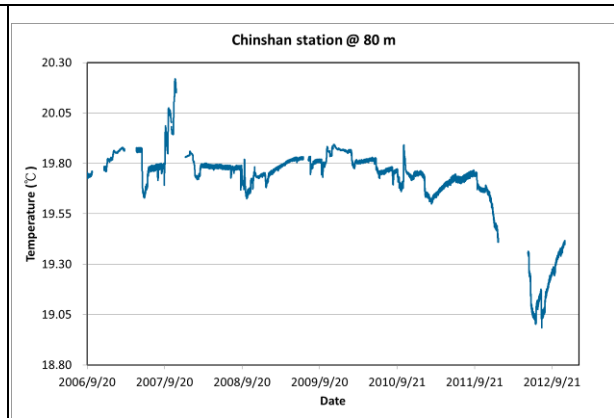


圖 4-4.5 深度 80 公尺之地溫變化圖

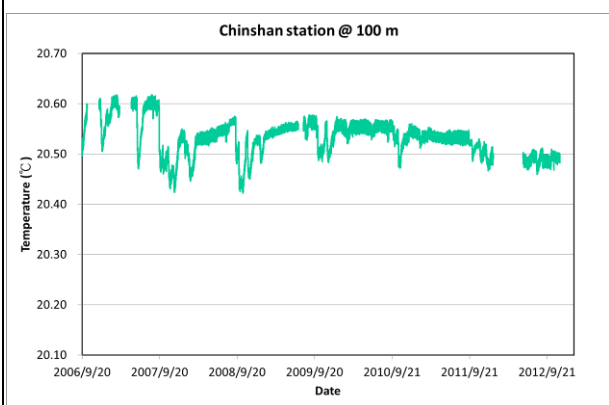


圖 4-4.6 深度 100 公尺之地溫變化圖

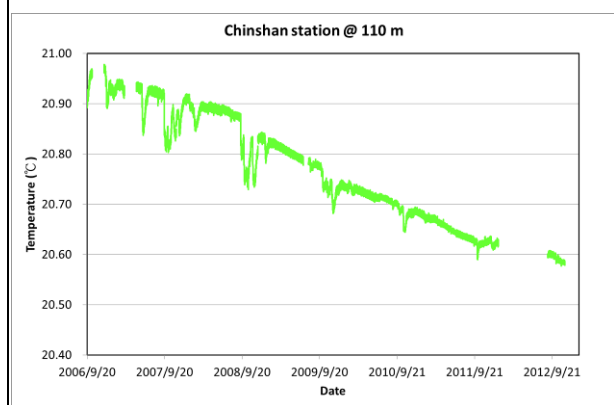


圖 4-4.7 深度 110 公尺之地溫變化圖

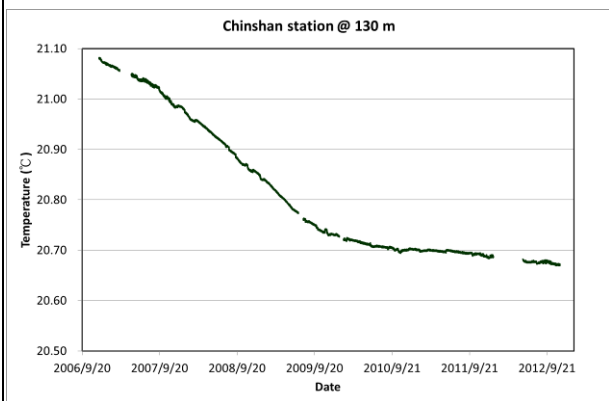


圖 4-4.8 深度 130 公尺之地溫變化圖

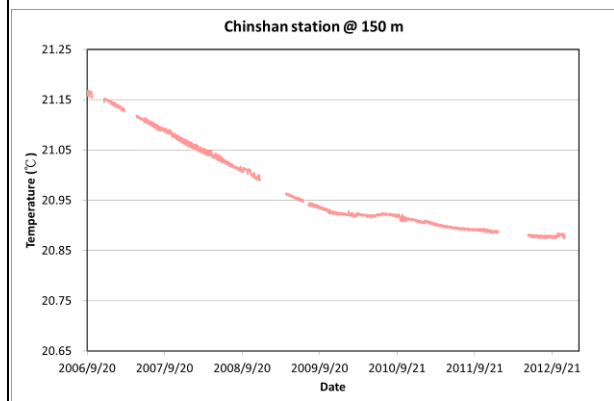


圖 4-4.9 深度 150 公尺之地溫變化圖

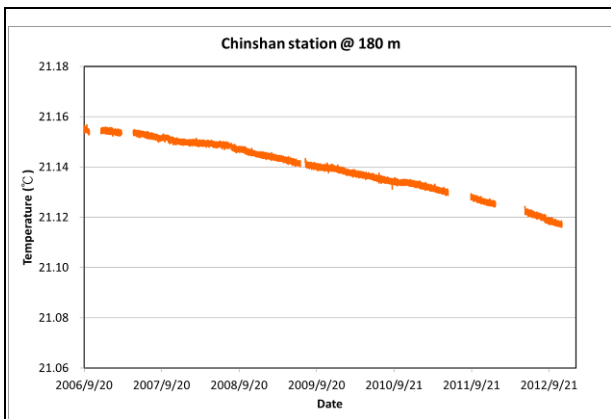


圖 4-4.10 深度 180 公尺之地溫變化圖

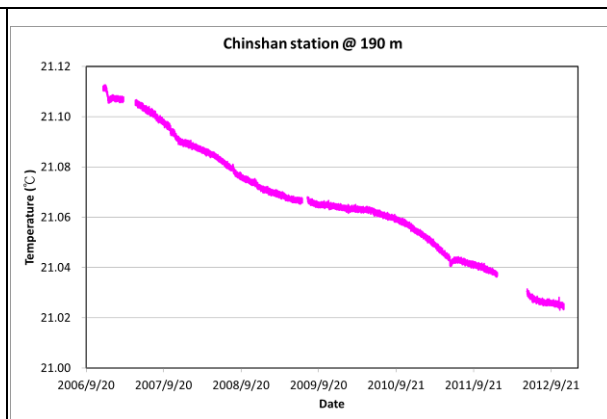


圖 4-4.11 深度 190 公尺之地溫變化圖

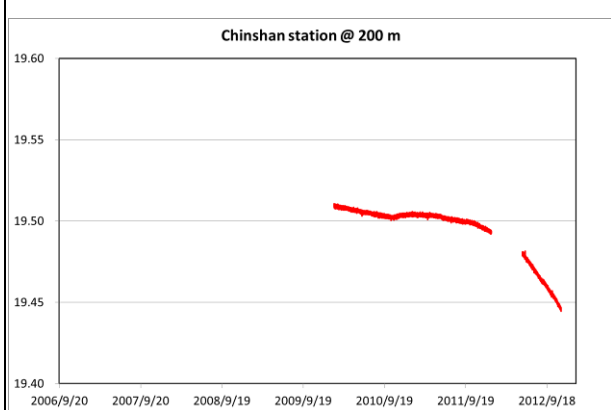


圖 4-4.12 深度 200 公尺之地溫變化圖

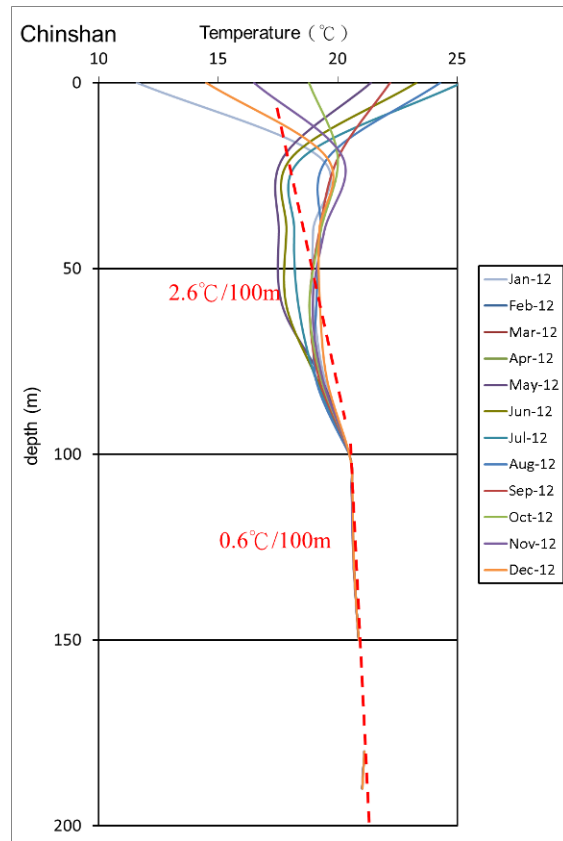


圖 4-4.13 2012 年 1 月至 2012 年 12 月之月平均地溫梯度，深度 100 公尺約 $2.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，深度 100 公尺以下約約 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

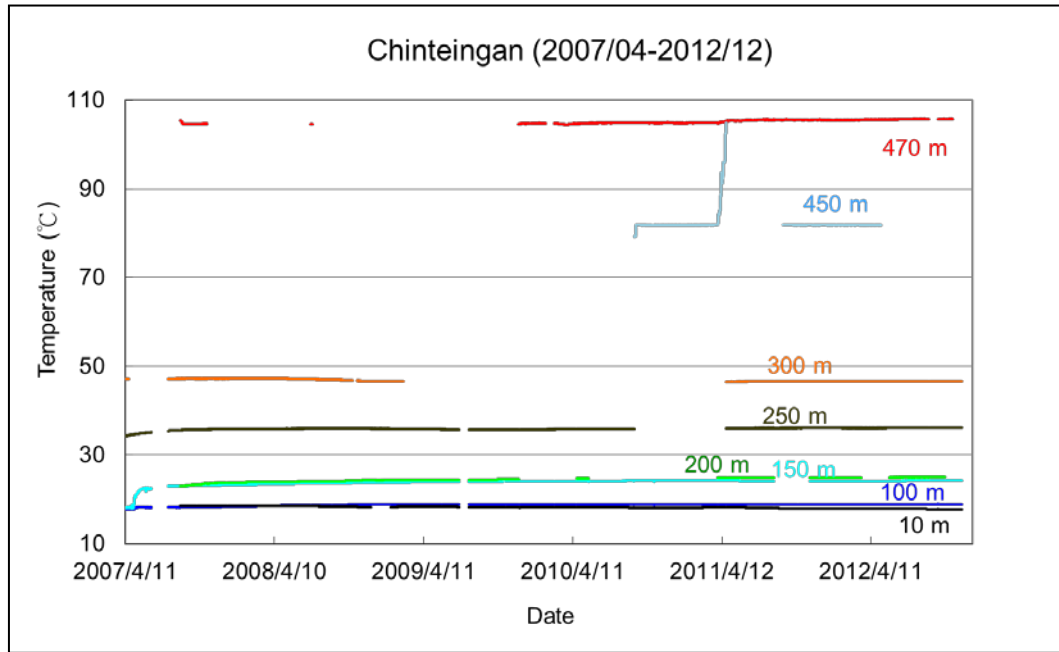


圖 4-5.1 擎天崗測站 2007 年 4 月 11 日至 2012 年 12 月 3 日各深度溫度變化圖。

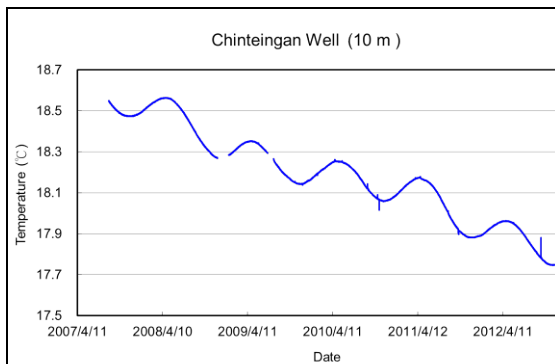


圖 4-5.2 深度 10 公尺之地溫變化圖

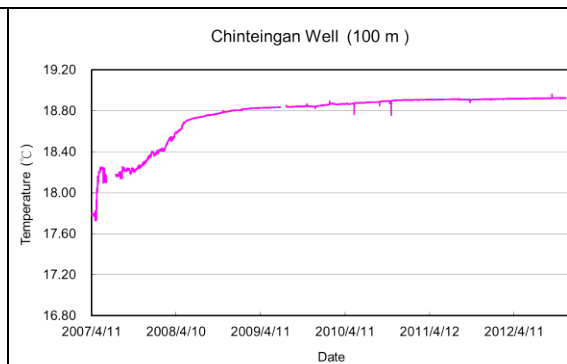


圖 4-5.3 深度 100 公尺之地溫變化圖

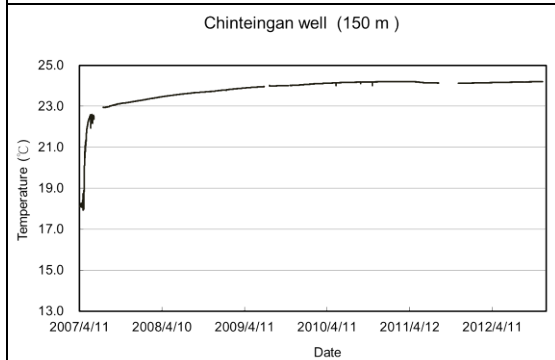


圖 4-5.4 深度 150 公尺之地溫變化圖

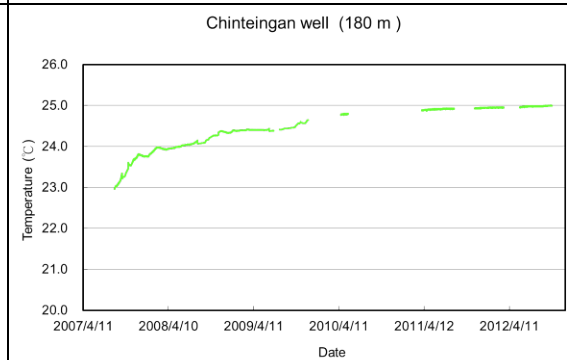


圖 4-5.5 深度 180 公尺之地溫變化圖

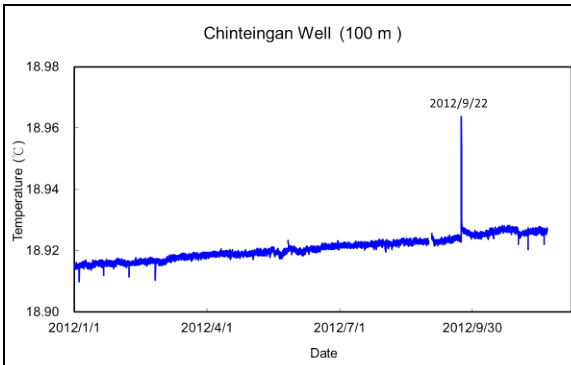


圖 4-5.6 深度 100 公尺於 9/22 有熱脈衝現象。

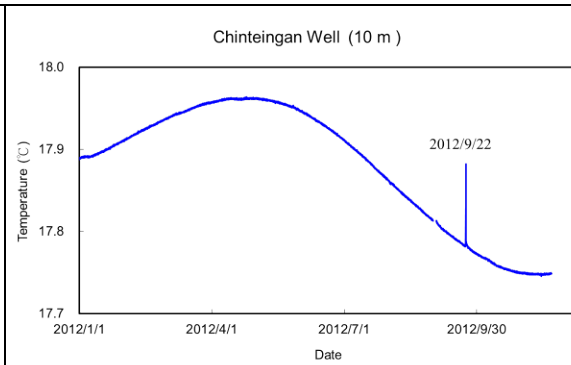


圖 4-5.7 深度 10 公尺於 9/22 有熱脈衝現象。

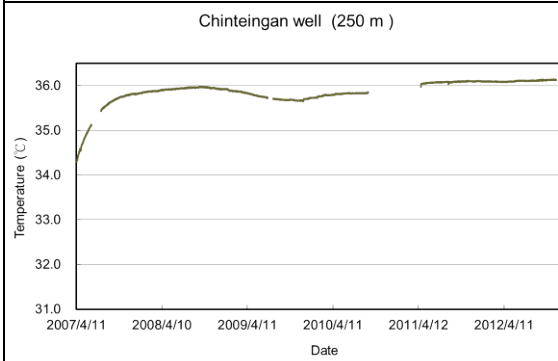


圖 4-5.8 深度 250 公尺之地溫變化圖

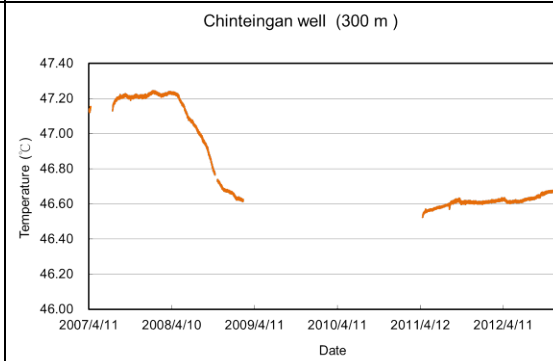


圖 4-5.9 深度 300 公尺之地溫變化圖

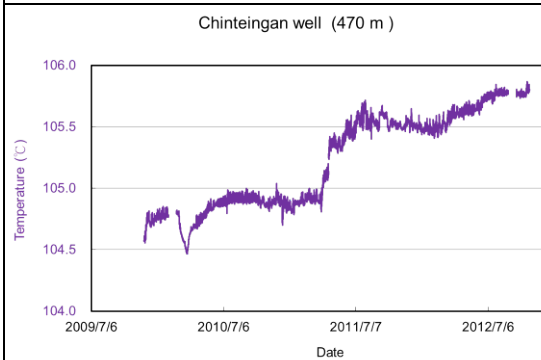
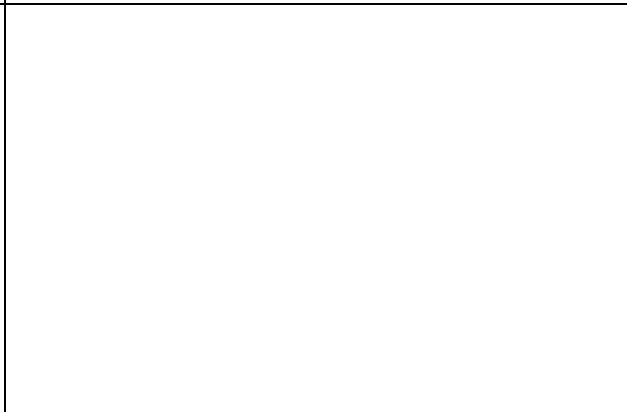


圖 4-5.10 深度 470 公尺之地溫變化圖



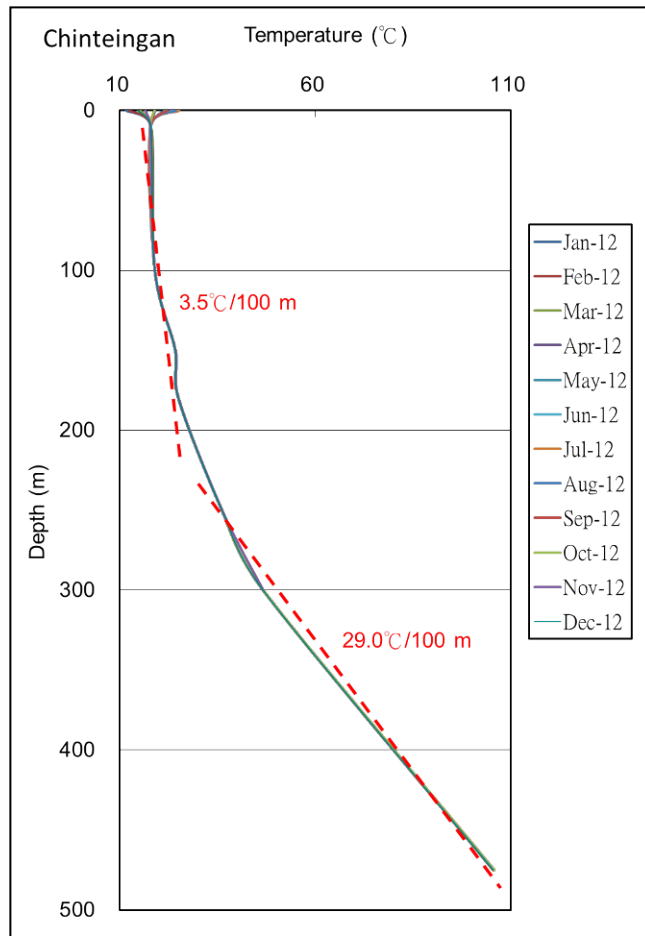


圖 4-5.11 2012 年 1 月至 2012 年 12 月之月平均地溫梯度。月平均地溫梯度很明顯可分成兩段，上段 3.5°C/100m，下段 29.0°C/100m，整口井平均約 4.8°C/100m。

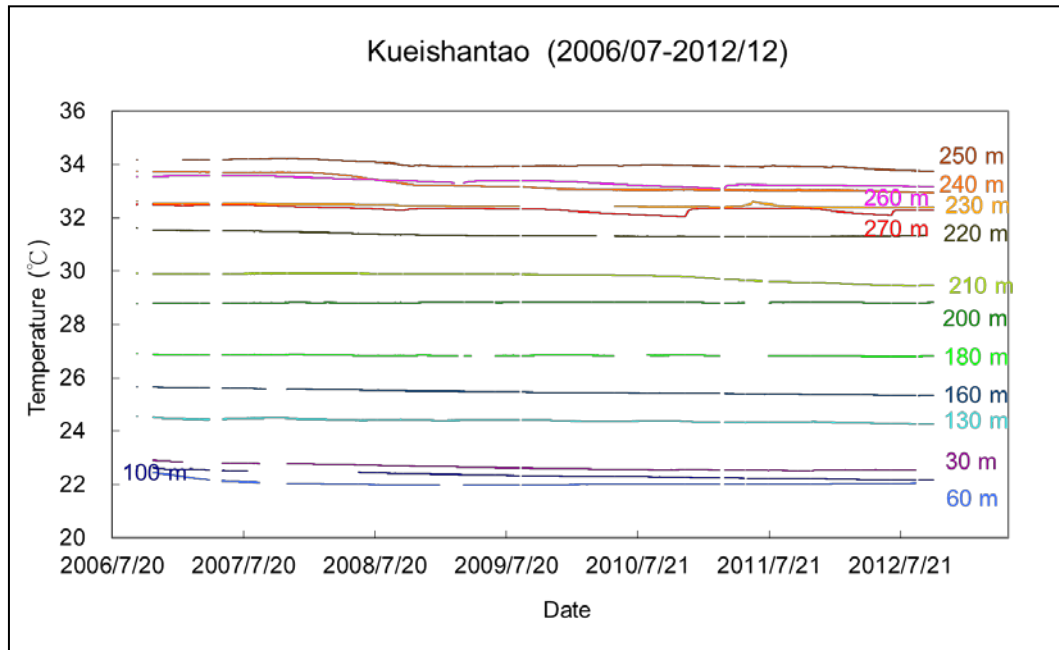


圖 4-6.1 龜山島測站 2006 年 7 月 20 日至 2012 年 12 月 2 日各深度溫度變化圖。

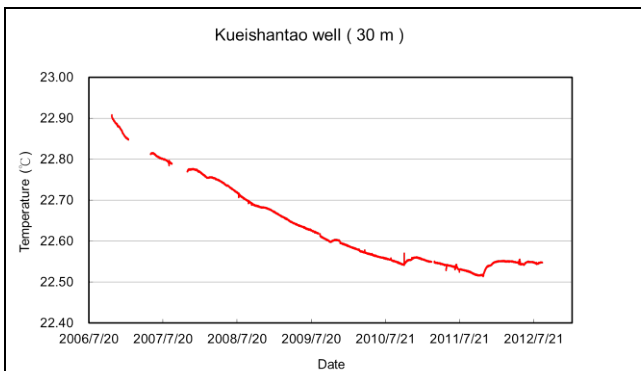


圖 4-6.2 深度 30 公尺之地溫變化圖

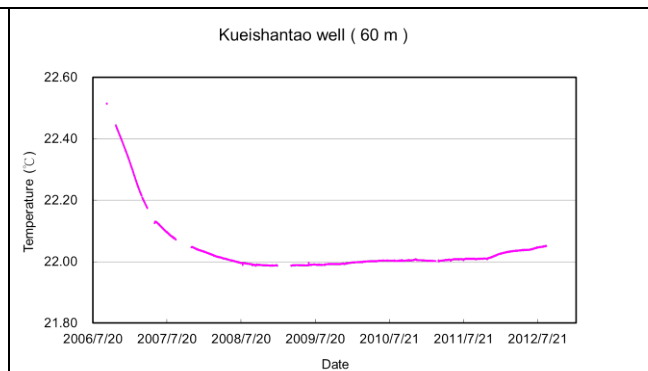


圖 4-6.3 深度 60 公尺之地溫變化圖

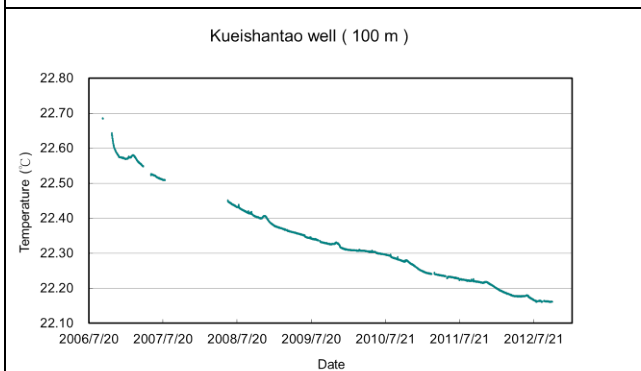


圖 4-6.4 深度 100 公尺之地溫變化圖

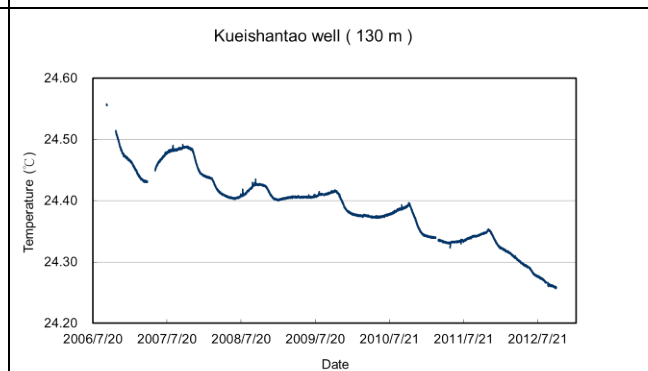


圖 4-6.5 深度 130 公尺之地溫變化圖

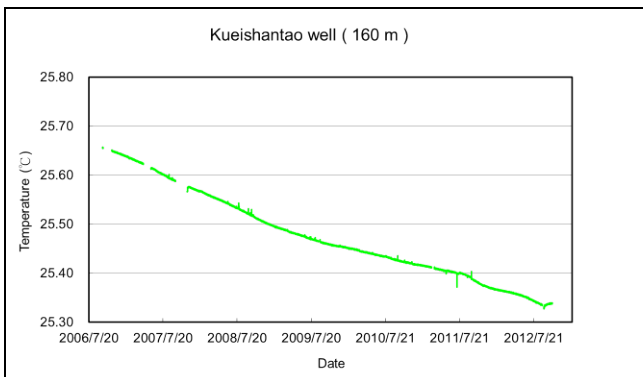


圖 4-6.6 深度 160 公尺之地溫變化圖

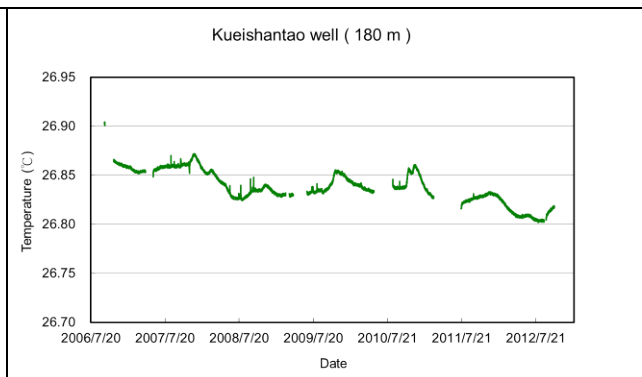


圖 4-6.7 深度 180 公尺之地溫變化圖

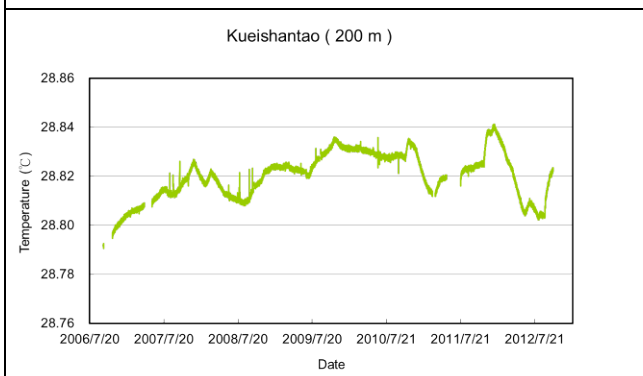


圖 4-6.8 深度 200 公尺之地溫變化圖

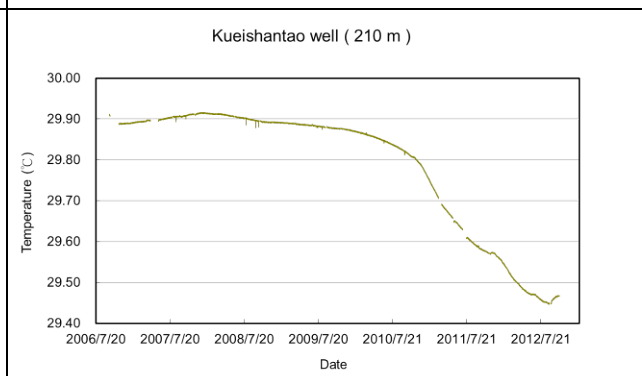


圖 4-6.9 深度 210 公尺之地溫變化圖

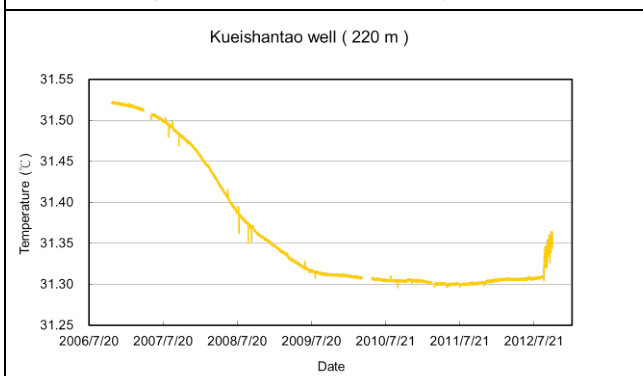


圖 4-6.10 深度 220 公尺之地溫變化圖

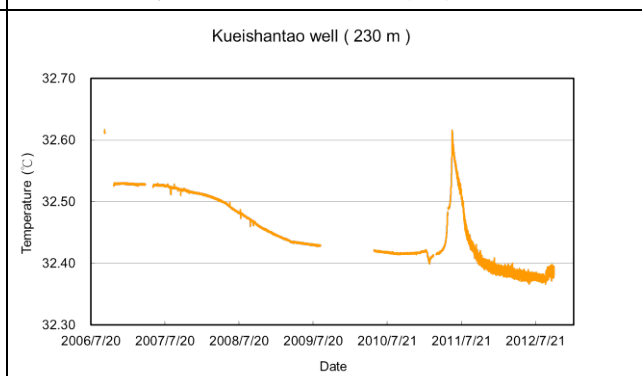


圖 4-6.11 深度 230 公尺之地溫變化圖

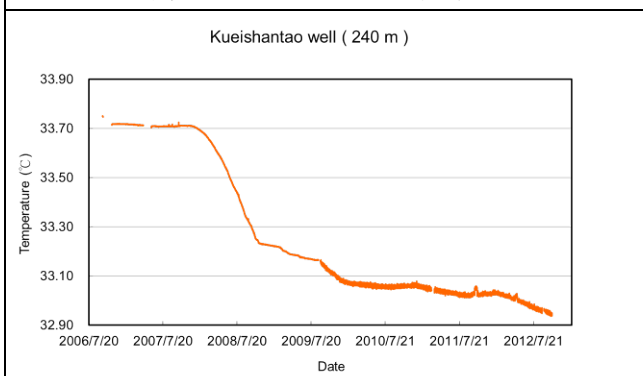


圖 4-6.12 深度 240 公尺之地溫變化圖

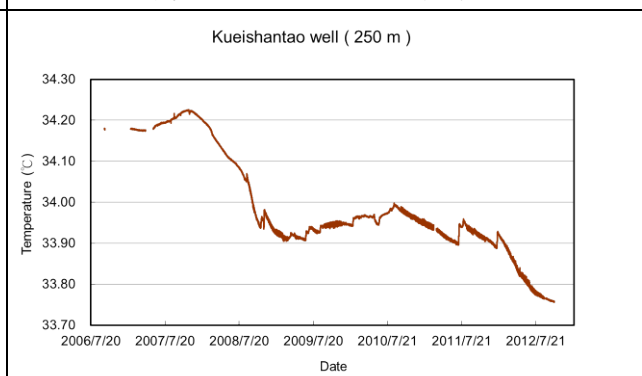


圖 4-6.13 深度 250 公尺之地溫變化圖

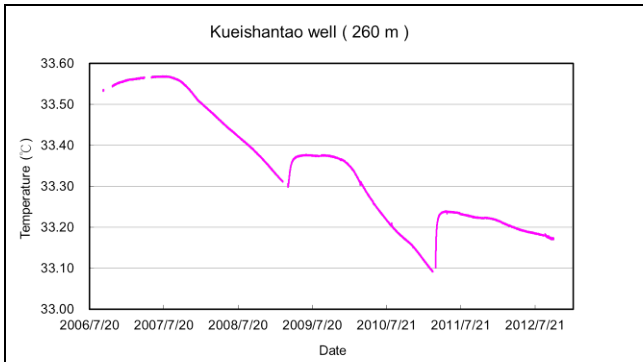


圖 4-6.14 深度 260 公尺之地溫變化圖

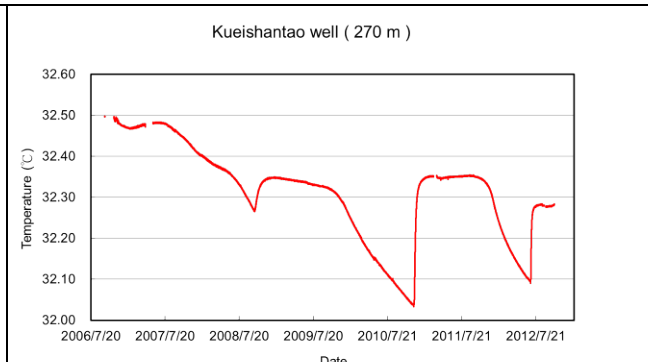


圖 4-6.15 深度 270 公尺之地溫變化圖

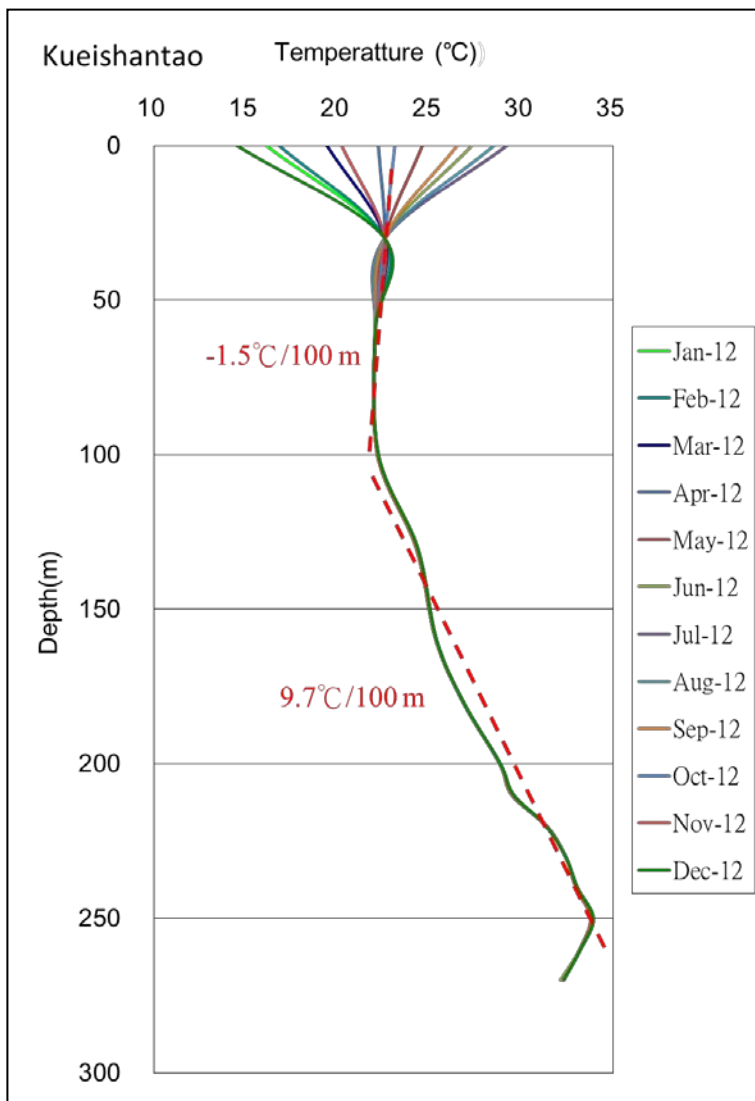


圖 4-6.16 2012 年 1 月至 2012 年 12 月之月平均地溫梯度。月平均地溫梯度約略可分成兩段，上段 $-1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，下段 $9.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

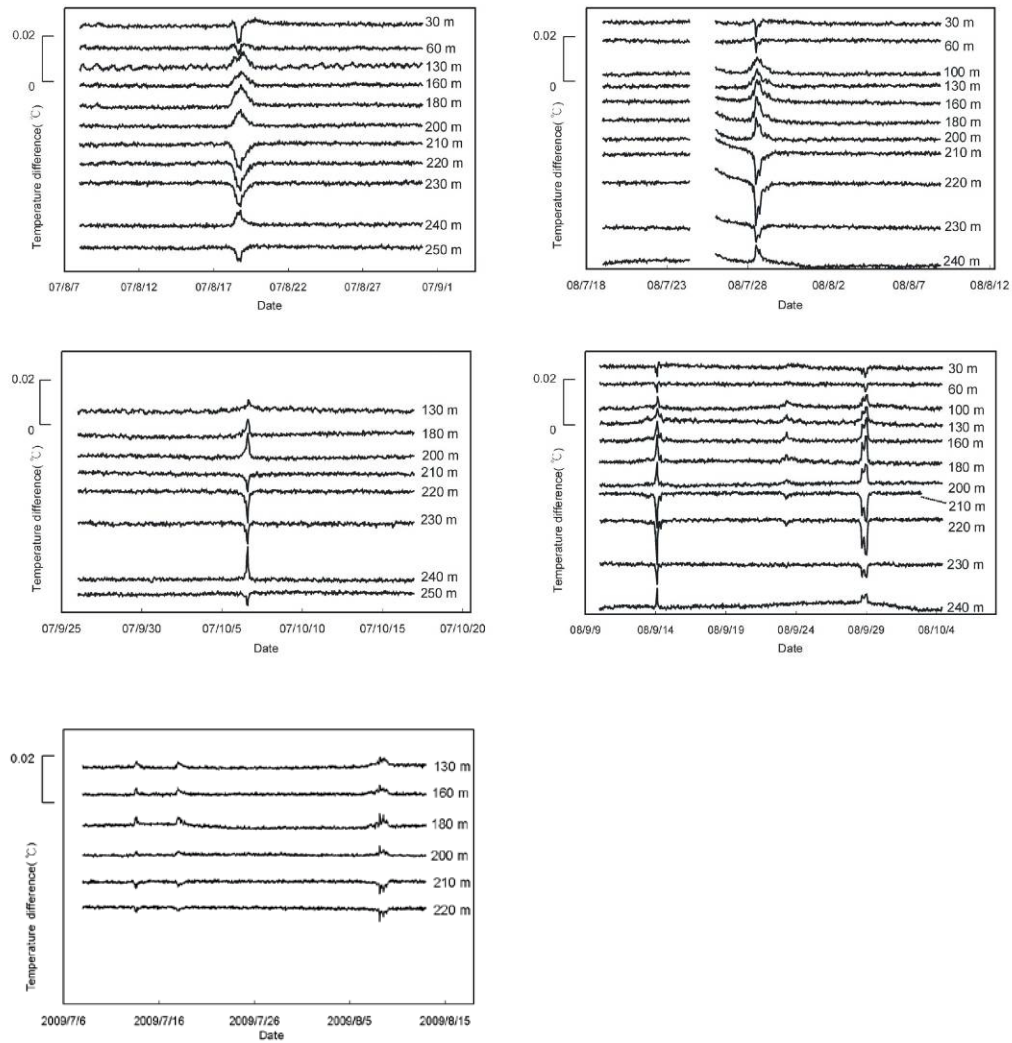


圖 4-6.17 過去監測期間於 2007、2008 和 2009 年所發現的熱脈衝現象，這些熱脈衝都跟颱風侵襲台灣的時間一致。

表 4-1 本年度各測站資料收集日期

	1	2	3	4	5	6
菁山	5/12	8/31	10/10	11/20	12/3	
擎天崗	5/12	8/31	9/22	10/10	11/20	12/3
龜山島	6/2	9/1	9/8	10/20	11/22	12/2

表 4-2 菁山站 2006/09-2012/12 地溫之基礎資料。

深度 (m)	標準差 (°C)	平均值 (°C)
0	0.7041	19.1496
20	0.6688	19.1989
40	0.5378	19.3707
60	0.1844	19.7200
80	0.0347	20.5313
100	0.1070	20.7692
110	0.0093	20.1138
130	0.1501	20.8020
150	0.0848	20.9698
160	0.0792	21.0205
180	0.0103	21.1400
190	0.0225	21.0661
200	0.6635	19.9379

表 4-3 擎天崗站 2007/7-2012/12 地溫之基礎資料。

深度 (m)	標準差 (°C)	平均值 (°C)
10	0.2209	18.1838
100	0.2357	18.7681
150	0.7270	23.8098
180	0.4891	24.4014
250	0.2638	35.8703
300	0.2679	46.8295
475	0.3953	105.1872

表 4-4：龜山島站 2006/07-2012/12 地溫之基礎資料

深度 (m)	標準差 (°C)	平均值 (°C)
30	0.0998	22.6313
60	0.0888	22.0375
100	0.1174	22.3213
130	0.0572	24.3881
160	0.0861	25.4698
180	0.0165	26.8381
200	0.0094	28.8204
210	0.1537	29.7873
220	0.0767	31.3618
230	0.0539	32.4542
240	0.2748	33.2499
250	0.1225	33.9862
260	0.1392	33.3380
270	0.1123	32.3108

3.4 各測站原始溫度資料

菁山測站（2012/05/22 至 2012/12/3 各溫度記錄器日平均溫度，*****代表無記錄）

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）									
	sn117 (190 m)	sn118 (180 m)	sn121 (150 m)	sn123 (130 m)	sn124 (200 m)	sn126 (100 m)	sn127 (80 m)	sn128 (60 m)	sn129 (40 m)	sn130 (20 m)
2012/5/22	21.0432	21.1084	20.8719	20.6688	19.4948	20.5452	19.7638	18.9783	18.0398	17.5950
2012/5/23	21.0430	21.1085	20.8719	20.6691	19.4948	20.5429	19.7679	19.0199	18.1444	17.6789
2012/5/24	21.0430	21.1084	20.8719	20.6687	19.4949	20.5451	19.7707	19.0464	18.2031	17.7252
2012/5/25	21.0429	21.1082	20.8714	20.6688	19.4948	20.5452	19.7704	19.0650	18.2433	17.7539
2012/5/26	21.0428	21.1080	20.8716	20.6687	19.4948	20.5423	19.7715	19.0799	18.2809	17.7907
2012/5/27	21.0427	21.1083	20.8715	20.6686	19.4947	20.5439	19.7730	19.0914	18.3130	17.8282
2012/5/28	21.0428	21.1081	20.8716	20.6685	19.4948	20.5436	19.7706	18.8999	18.1173	17.6154
2012/5/29	21.0426	21.1082	20.8715	20.6685	19.4946	20.5431	19.7682	17.5697	17.3370	17.6523
2012/5/30	21.0426	21.1082	20.8714	20.6683	19.4944	20.5391	19.7617	17.7500	17.2807	17.6890
2012/5/31	21.0354	21.0980	20.8545	20.6722	19.4881	20.5069	19.4903	17.8512	17.3823	17.7525
2012/6/1	21.0350	21.0981	20.8547	20.6718	19.4641	20.5072	19.4149	17.6526	17.4475	17.5504
2012/6/2	21.0346	21.0982	20.8549	20.6714	19.4639	20.5075	19.4156	17.6573	17.4909	17.5773
2012/6/3	21.0346	21.0982	20.8551	20.6714	19.4637	20.5083	19.4136	17.6667	17.5947	17.3741
2012/6/4	21.0344	21.0980	20.8553	20.6708	19.4635	20.5065	19.3805	17.4870	17.4304	17.2597
2012/6/5	21.0341	21.0979	20.8554	20.6704	19.4633	20.5013	19.3288	17.4559	17.5054	17.3744
2012/6/6	21.0341	21.0979	20.8552	20.6703	19.4631	20.5030	19.3122	17.6838	17.7387	17.6168
2012/6/7	21.0339	21.0977	20.8551	20.6696	19.4629	20.5026	19.3094	17.7942	17.8256	17.6908
2012/6/8	21.0339	21.0979	20.8552	20.6695	19.4626	20.5043	19.3086	17.8329	17.8466	17.6939
2012/6/9	21.0338	21.0978	20.8553	20.6695	19.4623	20.5057	19.3056	17.8411	17.8427	17.6730
2012/6/10	21.0337	21.0978	20.8554	20.6695	19.4623	20.5031	19.3009	17.8362	17.8342	17.6520
2012/6/11	21.0336	21.0977	20.8554	20.6693	19.4619	20.5043	19.2889	17.8350	17.8301	17.6414
2012/6/12	21.0336	21.0980	20.8544	20.6695	19.4620	20.5007	19.2790	17.8161	17.8012	17.6256
2012/6/13	21.0336	21.0978	20.8547	20.6695	19.4616	20.5041	19.2012	17.6784	17.7239	17.5753
2012/6/14	21.0332	21.0976	20.8543	20.6688	19.4614	20.4995	19.1687	17.8131	17.8536	17.7130
2012/6/15	21.0331	21.0976	20.8544	20.6690	19.4610	20.5003	19.1560	17.8282	17.8573	17.7064
2012/6/16	21.0331	21.0976	20.8544	20.6687	19.4610	20.5004	19.1535	17.8299	17.8524	17.6909
2012/6/17	21.0332	21.0977	20.8542	20.6685	19.4608	20.4998	19.1455	17.8330	17.8542	17.6923
2012/6/18	21.0331	21.0977	20.8540	20.6683	19.4606	20.4961	19.1336	17.8478	17.8722	17.7087
2012/6/19	21.0330	21.0973	20.8528	20.6686	19.4606	20.4999	19.1281	17.8751	17.9002	17.7339
2012/6/20	21.0328	21.0975	20.8548	20.6684	19.4602	20.4980	19.1279	17.9097	17.9338	17.7676

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）									
	sn117 (190 m)	sn118 (180 m)	sn121 (150 m)	sn123 (130 m)	sn124 (200 m)	sn126 (100 m)	sn127 (80 m)	sn128 (60 m)	sn129 (40 m)	sn130 (20 m)
2012/6/21	21.0330	21.0976	20.8545	20.6682	19.4600	20.5001	19.1229	17.9314	17.9477	17.7792
2012/6/22	21.0329	21.0974	20.8549	20.6681	19.4598	20.4977	19.1153	17.9471	17.9633	17.7943
2012/6/23	21.0327	21.0973	20.8531	20.6681	19.4596	20.5011	19.1126	17.9752	17.9908	17.8230
2012/6/24	21.0329	21.0976	20.8544	20.6683	19.4595	20.5023	19.1093	17.9978	18.0188	17.8522
2012/6/25	21.0331	21.0974	20.8536	20.6685	19.4593	20.5030	19.1090	18.0224	18.0439	17.8785
2012/6/26	21.0327	21.0973	20.8540	20.6682	19.4591	20.5027	19.1068	18.0430	18.0644	17.9002
2012/6/27	21.0325	21.0973	20.8534	20.6683	19.4589	20.5038	19.1056	18.0589	18.0787	17.9154
2012/6/28	21.0323	21.0973	20.8539	20.6682	19.4588	20.5001	19.1046	18.0728	18.0919	17.9299
2012/6/29	21.0325	21.0973	20.8538	20.6684	19.4586	20.5022	19.1028	18.0841	18.1029	17.9437
2012/6/30	21.0323	21.0972	20.8539	20.6683	19.4584	20.5007	19.0990	18.0931	18.1103	17.9545
2012/7/1	21.0324	21.0972	20.8540	20.6684	19.4580	20.5053	19.0998	18.1007	18.1159	17.9615
2012/7/2	21.0324	21.0970	20.8540	20.6681	19.4579	20.5074	19.0966	18.1107	18.1235	17.9713
2012/7/3	21.0323	21.0972	20.8539	20.6682	19.4579	20.5069	19.0961	18.1192	18.1296	17.9792
2012/7/4	21.0322	21.0971	20.8539	20.6683	19.4575	20.5029	19.0888	18.1288	18.1357	17.9866
2012/7/5	21.0322	21.0971	20.8543	20.6682	19.4574	20.5084	19.0881	18.1399	18.1407	17.9920
2012/7/6	21.0322	21.0971	20.8538	20.6681	19.4571	20.5037	19.0849	18.1534	18.1454	18.0007
2012/7/7	21.0321	21.0969	20.8533	20.6681	19.4570	20.5064	19.0823	18.1765	18.1518	18.0147
2012/7/8	21.0321	21.0968	20.8539	20.6681	19.4569	20.5028	19.0927	18.2346	18.1584	18.0268
2012/7/9	21.0321	21.0967	20.8537	20.6688	19.4567	20.5094	19.1411	18.2998	18.1654	18.0406
2012/7/10	21.0321	21.0969	20.8535	20.6691	19.4563	20.5106	19.1556	18.3243	18.1723	18.0528
2012/7/11	21.0319	21.0970	20.8540	20.6692	19.4561	20.5095	19.1635	18.3414	18.1759	18.0669
2012/7/12	21.0319	21.0969	20.8540	20.6693	19.4561	20.5098	19.1672	18.3541	18.1716	18.0782
2012/7/13	21.0319	21.0970	20.8541	20.6693	19.4562	20.5126	19.1680	18.3662	18.1721	18.0940
2012/7/14	21.0319	21.0968	20.8538	20.6696	19.4556	20.5135	19.1601	18.3772	18.1751	18.1124
2012/7/15	21.0320	21.0968	20.8532	20.6694	19.4555	20.5105	19.1579	18.3866	18.1791	18.1291
2012/7/16	21.0319	21.0968	20.8523	20.6692	19.4554	20.5121	19.1634	18.3945	18.1838	18.1435
2012/7/17	21.0318	21.0968	20.8535	20.6694	19.4551	20.5125	19.1659	18.4033	18.1873	18.1614
2012/7/18	21.0319	21.0966	20.8531	20.6694	19.4550	20.5130	19.1742	18.4121	18.1907	18.1832
2012/7/19	21.0319	21.0967	20.8527	20.6694	19.4547	20.5132	19.1769	18.4191	18.1954	18.2032
2012/7/20	21.0319	21.0966	20.8536	20.6692	19.4545	20.5110	19.1808	18.4274	18.1989	18.2237
2012/7/21	21.0315	21.0967	20.8538	20.6693	19.4544	20.5081	19.1839	18.4359	18.2029	18.2438
2012/7/22	21.0315	21.0966	20.8534	20.6691	19.4541	20.5112	19.1884	18.4426	18.2072	18.2623
2012/7/23	21.0316	21.0965	20.8533	20.6691	19.4539	20.5137	19.1920	18.4483	18.2118	18.2791
2012/7/24	21.0316	21.0965	20.8537	20.6692	19.4537	20.5127	19.1946	18.4528	18.2167	18.2891

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）									
	sn117 (190 m)	sn118 (180 m)	sn121 (150 m)	sn123 (130 m)	sn124 (200 m)	sn126 (100 m)	sn127 (80 m)	sn128 (60 m)	sn129 (40 m)	sn130 (20 m)
2012/7/25	21.0315	21.0966	20.8531	20.6689	19.4534	20.5135	19.1968	18.4572	18.2215	18.2956
2012/7/26	21.0314	21.0964	20.8526	20.6690	19.4534	20.5086	19.2017	18.4650	18.2229	18.3129
2012/7/27	21.0314	21.0964	20.8527	20.6689	19.4530	20.5107	19.2078	18.4727	18.2259	18.3281
2012/7/28	21.0315	21.0963	20.8517	20.6689	19.4531	20.5117	19.2134	18.4775	18.2304	18.3423
2012/7/29	21.0315	21.0964	20.8519	20.6689	19.4529	20.5113	19.2157	18.4829	18.2339	18.3529
2012/7/30	21.0313	21.0964	20.8530	20.6686	19.4527	20.5114	19.2257	18.4904	18.2371	18.3539
2012/7/31	21.0314	21.0963	20.8531	20.6687	19.4523	20.5127	19.2266	18.4935	18.2430	18.3565
2012/8/1	21.0313	21.0964	20.8517	20.6687	19.4523	20.5107	19.2211	18.4517	18.3353	18.4108
2012/8/2	21.0312	21.0963	20.8530	20.6683	19.4520	20.5111	19.1728	18.4098	18.4665	18.3969
2012/8/3	21.0313	21.0964	20.8528	20.6665	19.4518	20.4938	19.0632	19.2337	19.3532	19.3183
2012/8/4	21.0315	21.0963	20.8527	20.6657	19.4516	20.4872	19.0842	19.7894	19.8378	19.8179
2012/8/5	21.0312	21.0964	20.8517	20.6657	19.4516	20.4855	19.1084	19.5196	19.5485	19.4967
2012/8/6	21.0312	21.0962	20.8527	20.6657	19.4513	20.4865	19.1151	19.3525	19.3628	19.3223
2012/8/7	21.0312	21.0963	20.8530	20.6661	19.4511	20.4891	19.1211	19.2904	19.3116	19.2887
2012/8/8	21.0310	21.0963	20.8529	20.6663	19.4509	20.4904	19.1223	19.2826	19.2960	19.2754
2012/8/9	21.0310	21.0960	20.8526	20.6662	19.4507	20.4922	19.1111	19.2362	19.2464	19.2254
2012/8/10	21.0311	21.0962	20.8520	20.6663	19.4505	20.4932	19.1116	19.2924	19.3382	19.3541
2012/8/11	21.0311	21.0962	20.8531	20.6667	19.4503	20.4961	19.1147	19.3342	19.3694	19.3844
2012/8/12	21.0311	21.0963	20.8513	20.6669	19.4499	20.4957	19.1213	19.2757	19.3058	19.2836
2012/8/13	21.0310	21.0962	20.8518	20.6670	19.4498	20.4972	19.1266	19.2227	19.2592	19.1865
2012/8/14	21.0310	21.0961	20.8519	20.6670	19.4495	20.5018	19.1292	19.1745	19.2245	19.1055
2012/8/15	21.0310	21.0959	20.8528	20.6672	19.4493	20.5000	19.1341	19.1316	19.1942	19.0555
2012/8/16	21.0310	21.0959	20.8529	20.6670	19.4491	20.5027	19.1336	19.1025	19.1822	19.0384
2012/8/17	21.0308	21.0962	20.8524	20.6672	19.4490	20.5036	19.1331	19.0599	19.1748	19.0243
2012/8/18	21.0308	21.0960	20.8518	20.6672	19.4486	20.5047	19.1432	18.9991	19.1610	19.0085
2012/8/19	21.0310	21.0959	20.8514	20.6676	19.4485	20.5046	19.1708	18.9344	19.1442	18.9911
2012/8/20	21.0309	21.0960	20.8510	20.6681	19.4484	20.5088	19.1848	18.9033	19.1599	19.0141
2012/8/21	21.0308	21.0958	20.8514	20.6683	19.4480	20.5101	19.1956	18.9251	19.2187	19.0831
2012/8/22	21.0308	21.0958	20.8530	20.6684	19.4479	20.5123	19.2080	18.8714	19.1962	19.0865
2012/8/23	21.0308	21.0959	20.8514	20.6688	19.4475	20.5157	19.2154	18.8532	19.1191	19.0760
2012/8/24	21.0307	21.0956	20.8518	20.6688	19.4475	20.5136	19.2089	18.9095	19.2561	19.1624
2012/8/25	21.0308	21.0957	20.8512	20.6687	19.4470	20.5127	19.2171	19.0048	19.3886	19.2962
2012/8/26	21.0308	21.0957	20.8516	20.6688	19.4479	20.5176	19.2214	18.8622	19.3581	19.2814
2012/8/27	21.0307	21.0959	20.8518	20.6688	19.4467	20.5157	19.2306	18.8346	19.3048	19.2820

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）									
	sn117 (190 m)	sn118 (180 m)	sn121 (150 m)	sn123 (130 m)	sn124 (200 m)	sn126 (100 m)	sn127 (80 m)	sn128 (60 m)	sn129 (40 m)	sn130 (20 m)
2012/8/28	21.0307	21.0958	20.8522	20.6689	19.4466	20.5157	19.2290	19.0732	19.4894	19.4097
2012/8/29	21.0307	21.0957	20.8523	20.6690	19.4464	20.5182	19.2338	19.1565	19.5663	19.5441
2012/8/30	21.0306	21.0954	20.8525	20.6690	19.4464	20.5151	19.2351	19.3650	19.6879	19.6942
2012/8/31	21.0304	21.0950	20.8529	20.6693	19.4468	20.5134	19.2023	19.2404	19.7482	19.6573
2012/9/1	21.0318	21.0946	20.8457	20.6477	19.4464	20.5000	19.2504	19.1664	19.5273	19.5761
2012/9/2	21.0314	21.0951	20.8459	20.6481	19.4468	20.5003	19.2490	18.8678	19.5541	19.5668
2012/9/3	21.0311	21.0956	20.8455	20.6472	19.4467	20.4990	19.2553	18.8409	19.4547	19.5372
2012/9/4	21.0311	21.0948	20.8452	20.6476	19.4465	20.4994	19.2583	18.8239	19.3285	19.5429
2012/9/5	21.0311	21.0940	20.8456	20.6477	19.4463	20.5004	19.2648	18.8117	19.2583	19.5358
2012/9/6	21.0312	21.0948	20.8450	20.6481	19.4461	20.5062	19.2739	18.8021	19.2104	19.5261
2012/9/7	21.0311	21.0948	20.8452	20.6491	19.4458	20.5120	19.2752	18.7925	19.1719	19.5135
2012/9/8	21.0311	21.0950	20.8452	20.6497	19.4457	20.5013	19.2815	18.7881	19.1401	19.5004
2012/9/9	21.0311	21.0949	20.8450	20.6487	19.4456	20.5050	19.2873	18.7828	19.1146	19.4930
2012/9/10	21.0310	21.0948	20.8450	20.6495	19.4453	20.5047	19.2858	18.7777	19.0935	19.4836
2012/9/11	21.0308	21.0947	20.8450	20.6492	19.4448	20.5048	19.2925	18.7736	19.0758	19.4856
2012/9/12	21.0310	21.0946	20.8447	20.6491	19.4446	20.5022	19.2900	18.7698	19.0588	19.4867
2012/9/13	21.0309	21.0945	20.8449	20.6497	19.4444	20.5025	19.2965	18.7665	19.0434	19.4801
2012/9/14	21.0309	21.0947	20.8455	20.6497	19.4442	20.5024	19.2985	18.7633	19.0297	19.5006
2012/9/15	21.0306	21.0947	20.8447	20.6494	19.4440	20.5048	19.2988	18.7599	19.0230	19.0151
2012/9/16	21.0309	21.0948	20.8451	20.6485	19.4440	20.5047	19.3033	18.7546	19.3583	19.6828
2012/9/17	21.0312	21.0945	20.8449	20.6494	19.4438	20.5038	19.3085	18.7536	19.5342	19.7579
2012/9/18	21.0309	21.0946	20.8448	20.6500	19.4433	20.5014	19.3114	18.7523	19.2903	19.7376
2012/9/19	21.0309	21.0945	20.8444	20.6501	19.4430	20.5039	19.3122	18.7505	19.1693	19.6954
2012/9/20	21.0307	21.0946	20.8441	20.6499	19.4430	20.5039	19.3141	18.7485	19.1202	19.6630
2012/9/21	21.0306	21.0945	20.8445	20.6503	19.4429	20.5039	19.3167	18.7473	19.0836	19.6463
2012/9/22	21.0305	21.0943	20.8441	20.6495	19.4425	20.5041	19.3233	18.7466	19.0559	19.6405
2012/9/23	21.0306	21.0943	20.8441	20.6497	19.4423	20.5006	19.3241	18.7454	19.0375	19.6111
2012/9/24	21.0305	21.0945	20.8455	20.6494	19.4422	20.5022	19.3265	18.7432	19.0325	19.5814
2012/9/25	21.0307	21.0944	20.8442	20.6496	19.4418	20.5019	19.3308	18.7405	19.0345	19.6471
2012/9/26	21.0304	21.0943	20.8429	20.6493	19.4418	20.5018	19.3333	18.7401	19.0164	19.6751
2012/9/27	21.0304	21.0941	20.8443	20.6495	19.4414	20.5022	19.3359	18.7394	19.0031	19.6766
2012/9/28	21.0305	21.0945	20.8439	20.6494	19.4411	20.5000	19.3404	18.7373	19.0288	19.7392
2012/9/29	21.0304	21.0943	20.8442	20.6486	19.4411	20.5021	19.3363	19.2154	19.8661	20.0525
2012/9/30	21.0307	21.0944	20.8445	20.6487	19.4409	20.4992	19.3276	19.0478	20.1491	20.1852

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）									
	sn117 (190 m)	sn118 (180 m)	sn121 (150 m)	sn123 (130 m)	sn124 (200 m)	sn126 (100 m)	sn127 (80 m)	sn128 (60 m)	sn129 (40 m)	sn130 (20 m)
2012/10/1	21.0306	21.0942	20.8438	20.6486	19.4405	20.4987	19.3258	19.3655	20.1384	20.2099
2012/10/2	21.0303	21.0940	20.8438	20.6482	19.4403	20.4996	19.3240	19.2301	20.1204	20.2160
2012/10/3	21.0304	21.0938	20.8439	20.6478	19.4400	20.5005	19.3300	19.1055	20.0585	20.1979
2012/10/4	21.0303	21.0942	20.8441	20.6474	19.4397	20.4972	19.3320	18.9901	19.9838	20.1726
2012/10/5	21.0303	21.0942	20.8449	20.6471	19.4395	20.4968	19.3362	18.9049	19.9091	20.1644
2012/10/6	21.0302	21.0942	20.8444	20.6475	19.4393	20.4975	19.3404	18.8438	19.7709	20.0914
2012/10/7	21.0301	21.0941	20.8449	20.6484	19.4390	20.4982	19.3542	18.8060	19.4790	19.9686
2012/10/8	21.0303	21.0940	20.8449	20.6484	19.4387	20.4983	19.3607	18.7928	19.3807	19.9241
2012/10/9	21.0305	21.0939	20.8441	20.6482	19.4386	20.4996	19.3672	18.7843	19.3179	19.8834
2012/10/10	21.0302	21.0942	20.8447	20.6469	19.4383	20.5014	19.3712	18.7774	19.2761	19.8567
2012/10/11	21.0299	21.0945	20.8453	20.6592	19.4380	20.5032	19.3752	18.7705	19.2343	19.8300
2012/10/12	21.0303	21.0980	20.8544	20.6594	19.4331	20.5160	19.3816	18.7647	19.1981	19.7669
2012/10/13	21.0303	21.0979	20.8548	20.6596	19.4329	20.5136	19.3853	18.7614	19.1738	19.7080
2012/10/14	21.0302	21.0978	20.8549	20.6595	19.4327	20.5164	19.3869	18.7574	19.1551	19.6673
2012/10/15	21.0302	21.0978	20.8550	20.6592	19.4324	20.5126	19.3885	18.7541	19.1392	19.6290
2012/10/16	21.0301	21.0977	20.8552	20.6593	19.4321	20.5129	19.3940	18.7522	19.1233	19.5381
2012/10/17	21.0302	21.0978	20.8557	20.6595	19.4318	20.5134	19.3950	18.7508	19.1034	19.4477
2012/10/18	21.0303	21.0977	20.8548	20.6593	19.4316	20.5139	19.3998	18.7477	19.0965	19.4571
2012/10/19	21.0302	21.0977	20.8547	20.6590	19.4314	20.5138	19.4033	18.7464	19.0844	18.8145
2012/10/20	21.0303	21.0976	20.8553	20.6589	19.4311	20.5151	19.4047	18.7457	19.0703	19.3193
2012/10/21	21.0300	21.0978	20.8562	20.6588	19.4309	20.5141	19.4073	18.7446	19.0576	19.2556
2012/10/22	21.0302	21.0977	20.8560	20.6587	19.4307	20.5131	19.4089	18.7440	19.0461	19.2040
2012/10/23	21.0302	21.0976	20.8566	20.6586	19.4306	20.5130	19.4122	18.7433	19.0362	19.1690
2012/10/24	21.0300	21.0975	20.8563	20.6587	19.4302	20.5132	19.4155	18.7412	19.0290	19.1612
2012/10/25	21.0299	21.0976	20.8562	20.6585	19.4302	20.5124	19.4174	18.7406	19.0200	19.1624
2012/10/26	21.0299	21.0976	20.8568	20.6585	19.4298	20.5128	19.4193	18.7403	19.0115	19.1894
2012/10/27	21.0300	21.0974	20.8570	20.6581	19.4296	20.5121	19.4237	18.7395	19.0046	19.1890
2012/10/28	21.0301	21.0975	20.8572	20.6582	19.4295	20.5114	19.4260	18.7384	18.9995	19.1751
2012/10/29	21.0297	21.0975	20.8573	20.6581	19.4290	20.5124	19.4283	18.7356	19.0130	19.1757
2012/10/30	21.0299	21.0975	20.8574	20.6581	19.4288	20.5135	19.4306	18.7374	19.0265	19.1840
2012/10/31	21.0298	21.0974	20.8577	20.6581	19.4288	20.5109	19.4326	18.7279	19.1321	19.5439
2012/11/1	21.0296	21.0973	20.8578	20.6577	19.4283	20.5131	19.4218	18.7184	20.2158	20.2908
2012/11/2	21.0298	21.0975	20.8577	20.6574	19.4279	20.5097	19.4197	18.7356	19.8505	20.4470
2012/11/3	21.0299	21.0973	20.8578	20.6570	19.4280	20.5063	19.4204	18.8318	20.2220	20.3482

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）									
	sn117 (190 m)	sn118 (180 m)	sn121 (150 m)	sn123 (130 m)	sn124 (200 m)	sn126 (100 m)	sn127 (80 m)	sn128 (60 m)	sn129 (40 m)	sn130 (20 m)
2012/11/4	21.0298	21.0974	20.8584	20.6572	19.4276	20.5062	19.4211	19.0812	20.0326	20.2406
2012/11/5	21.0299	21.0972	20.8580	20.6571	19.4273	20.5074	19.4243	18.9379	19.8776	20.1794
2012/11/6	21.0297	21.0973	20.8577	20.6572	19.4272	20.5058	19.4385	18.8687	19.6028	20.0067
2012/11/7	21.0298	21.0973	20.8575	20.6573	19.4269	20.5107	19.4388	18.8399	19.4191	19.8872
2012/11/8	21.0297	21.0971	20.8577	20.6574	19.4265	20.5118	19.4391	18.8111	19.3349	19.7754
2012/11/9	21.0296	21.0971	20.8574	20.6573	19.4264	20.5100	19.4382	18.8115	19.2842	19.7087
2012/11/10	21.0296	21.0973	20.8556	20.6573	19.4262	20.5091	19.4466	18.8018	19.2490	19.6674
2012/11/11	21.0297	21.0970	20.8537	20.6574	19.4259	20.5082	19.4497	18.7941	19.2227	19.6613
2012/11/12	21.0295	21.0971	20.8544	20.6574	19.4257	20.5107	19.4528	18.7880	19.1996	19.6484
2012/11/13	21.0297	21.0971	20.8540	20.6571	19.4255	20.5112	19.4543	18.7841	19.1706	19.6206
2012/11/14	21.0298	21.0970	20.8559	20.6571	19.4252	20.5101	19.4583	18.7802	19.1522	19.6220
2012/11/15	21.0294	21.0970	20.8546	20.6572	19.4248	20.5090	19.4605	18.7758	19.1338	19.6393
2012/11/16	21.0295	21.0970	20.8542	20.6571	19.4245	20.5111	19.4646	18.7735	19.1154	19.5598
2012/11/17	21.0295	21.0970	20.8535	20.6571	19.4246	20.5094	19.4663	18.7720	19.1011	19.4589
2012/11/18	21.0295	21.0969	20.8544	20.6571	19.4243	20.5108	19.4686	18.7687	19.0925	18.8599
2012/11/19	21.0295	21.0969	20.8538	20.6571	19.4240	20.5079	19.4719	18.7642	19.0900	*****
2012/11/20	21.0294	21.0969	20.8532	20.6572	19.4240	20.5050	19.4752	18.7741	19.0783	18.9807
2012/11/21	21.0304	21.0938	20.8526	20.6573	19.4400	20.5021	19.4785	18.7840	19.0666	20.1979
2012/11/22	21.0303	21.0942	20.8441	20.6474	19.4397	20.4992	19.4818	18.7939	19.0549	20.1726
2012/11/23	21.0302	21.0946	20.8441	20.6474	19.4395	20.4968	19.3362	18.9049	19.9091	20.1473
2012/11/24	21.0301	21.0950	20.8441	20.6474	19.4393	20.4975	19.3404	18.8438	19.7709	20.1220
2012/11/25	21.0301	21.0941	20.8449	20.6484	19.4390	20.4982	19.3542	18.8060	19.4790	19.9686
2012/11/26	21.0301	21.0932	20.8449	20.6484	19.4387	20.4983	19.3680	18.7682	19.3807	19.9241
2012/11/27	21.0301	21.0923	20.8441	20.6482	19.4386	20.4996	19.3672	18.7843	19.3179	19.8834
2012/11/28	21.0302	21.0942	20.8447	20.6469	19.4385	20.5009	19.3737	18.7758	19.2761	19.8567
2012/11/29	21.0299	21.0945	20.8453	20.6592	19.4384	20.5022	19.3802	18.7673	19.2343	19.8300
2012/11/30	21.0303	21.0980	20.8459	20.6715	19.4331	20.5160	19.3816	18.7647	19.1981	19.7669
2012/12/1	21.0307	21.1015	20.8548	20.6596	19.4329	20.5136	19.3853	18.7614	19.1738	19.7080
2012/12/2	21.0302	21.0978	20.8549	20.6595	19.4327	20.5164	19.3869	18.7574	19.1551	19.6673
2012/12/3	21.0302	21.0978	20.8550	20.6592	19.4324	20.5126	19.3885	18.7534	19.1364	19.6266

擎天崗測站（2012/05/22 至 2012/12/3 各溫度記錄器日平均溫度，*****代表無記錄）

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）						
	sn161 (10 m)	sn164 (100 m)	sn162 (150 m)	sn165 (200 m)	sn192 (250 m)	sn163 (300 m)	sn171 (480 m)
2012/5/22	17.9583	19.1533	24.8715	28.1762	37.6203	46.4804	107.0606
2012/5/23	17.9575	19.1540	24.8717	28.1778	37.6198	46.4820	107.0732
2012/5/24	17.9567	19.1544	24.8720	28.1794	37.6212	46.4801	107.0708
2012/5/25	17.9561	19.1548	24.8723	28.1810	37.6204	46.4816	107.0778
2012/5/26	17.9553	19.1550	24.8725	28.1826	37.6215	46.4816	107.0906
2012/5/27	17.9557	19.1671	24.8797	28.1842	37.6693	46.5204	106.8943
2012/5/28	17.9547	19.1677	24.8799	28.1858	37.6691	46.5207	106.8925
2012/5/29	17.9535	19.1674	24.8802	28.1890	37.6717	46.5212	106.9232
2012/5/30	17.9526	19.1674	24.8801	28.1868	37.6746	46.5229	106.9311
2012/5/31	17.9519	19.1674	24.8803	28.1902	37.6763	46.5227	106.9157
2012/6/1	17.9507	19.1670	24.8805	28.1882	37.6758	46.5242	106.9083
2012/6/2	17.9499	19.1667	24.8806	28.1915	37.6767	46.5243	106.9150
2012/6/3	17.9487	19.1667	24.8808	28.1904	37.6776	46.5247	106.9130
2012/6/4	17.9479	19.1671	24.8812	28.1904	37.6785	46.5254	106.9136
2012/6/5	17.9471	19.1666	24.8813	28.1915	37.6776	46.5248	106.9296
2012/6/6	17.9459	19.1662	24.8812	28.1923	37.6790	46.5248	106.9212
2012/6/7	17.9451	19.1671	24.8815	28.1946	37.6811	46.5247	106.9349
2012/6/8	17.9438	19.1672	24.8813	28.1975	37.6814	46.5237	106.9455
2012/6/9	17.9426	19.1675	24.8814	28.1971	37.6815	46.5247	106.9416
2012/6/10	17.9414	19.1672	24.8815	28.1985	37.6811	46.5233	106.9362
2012/6/11	17.9403	19.1675	24.8819	28.2001	37.6822	46.5229	106.9293
2012/6/12	17.9390	19.1677	24.8820	28.2003	37.6833	46.5241	106.9213
2012/6/13	17.9382	19.1676	24.8822	28.2025	37.6806	46.5262	106.9072
2012/6/14	17.9372	19.1672	24.8820	28.1994	37.6800	46.5239	106.9245
2012/6/15	17.9358	19.1674	24.8824	28.2025	37.6808	46.5230	106.9370
2012/6/16	17.9349	19.1677	24.8825	28.2032	37.6822	46.5234	106.9384
2012/6/17	17.9335	19.1676	24.8825	28.2050	37.6810	46.5232	106.9476
2012/6/18	17.9325	19.1676	24.8827	28.2055	37.6802	46.5242	106.9697
2012/6/19	17.9313	19.1684	24.8827	28.2023	37.6807	46.5230	106.9751
2012/6/20	17.9299	19.1684	24.8831	28.2066	37.6812	46.5226	106.9675
2012/6/21	17.9288	19.1684	24.8832	28.2070	37.6805	46.5221	106.9614
2012/6/22	17.9276	19.1683	24.8836	28.2066	37.6795	46.5232	106.9840
2012/6/23	17.9261	19.1683	24.8837	28.2069	37.6813	46.5231	106.9897

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）						
	sn161 (10 m)	sn164 (100 m)	sn162 (150 m)	sn165 (200 m)	sn192 (250 m)	sn163 (300 m)	sn171 (480 m)
2012/6/24	17.9247	19.1682	24.8838	28.2061	37.6828	46.5220	106.9905
2012/6/25	17.9235	19.1683	24.8839	28.2082	37.6818	46.5227	106.9947
2012/6/26	17.9220	19.1686	24.8842	28.2085	37.6809	46.5234	107.0003
2012/6/27	17.9208	19.1686	24.8845	28.2056	37.6802	46.5230	107.0052
2012/6/28	17.9194	19.1685	24.8847	28.2067	37.6811	46.5236	107.0035
2012/6/29	17.9180	19.1684	24.8851	28.2063	37.6822	46.5246	107.0053
2012/6/30	17.9167	19.1688	24.8849	28.2090	37.6811	46.5237	107.0037
2012/7/1	17.9151	19.1684	24.8852	28.2106	37.6807	46.5252	107.0054
2012/7/2	17.9135	19.1688	24.8855	28.2100	37.6808	46.5245	107.0042
2012/7/3	17.9120	19.1686	24.8857	28.2105	37.6806	46.5251	107.0065
2012/7/4	17.9106	19.1688	24.8860	28.2070	37.6801	46.5320	107.0155
2012/7/5	17.9091	19.1688	24.8862	28.2112	37.6805	46.5255	107.0171
2012/7/6	17.9073	19.1688	24.8866	28.2107	37.6801	46.5278	107.0170
2012/7/7	17.9060	19.1688	24.8868	28.2095	37.6812	46.5270	107.0199
2012/7/8	17.9045	19.1688	24.8868	28.2105	37.6810	46.5273	107.0180
2012/7/9	17.9030	19.1686	24.8872	28.2118	37.6794	46.5277	107.0214
2012/7/10	17.9017	19.1685	24.8876	28.2116	37.6799	46.5297	107.0237
2012/7/11	17.9000	19.1687	24.8876	28.2109	37.6795	46.5297	107.0218
2012/7/12	17.8986	19.1691	24.8880	28.2104	37.6782	46.5294	107.0258
2012/7/13	17.8970	19.1688	24.8883	28.2100	37.6785	46.5296	107.0243
2012/7/14	17.8953	19.1690	24.8883	28.2106	37.6804	46.5307	107.0265
2012/7/15	17.8941	19.1690	24.8886	28.2092	37.6795	46.5308	107.0283
2012/7/16	17.8924	19.1690	24.8888	28.2087	37.6811	46.5312	107.0267
2012/7/17	17.8906	19.1689	24.8890	28.2093	37.6808	46.5333	107.0173
2012/7/18	17.8890	19.1689	24.8894	28.2103	37.6808	46.5319	107.0008
2012/7/19	17.8873	19.1688	24.8895	28.2110	37.6805	46.5325	106.9799
2012/7/20	17.8856	19.1690	24.8897	28.2091	37.6792	46.5333	106.9949
2012/7/21	17.8839	19.1690	24.8901	28.2099	37.6782	46.5323	107.0047
2012/7/22	17.8818	19.1689	24.8905	28.2115	37.6795	46.5345	107.0116
2012/7/23	17.8800	19.1693	24.8906	28.2097	37.6797	46.5348	107.0137
2012/7/24	17.8785	19.1692	24.8911	28.2102	37.6800	46.5360	107.0255
2012/7/25	17.8770	19.1691	24.8911	28.2101	37.6803	46.5359	107.0270
2012/7/26	17.8753	19.1691	24.8915	28.2112	37.6804	46.5358	107.0432
2012/7/27	17.8736	19.1691	24.8915	28.2090	37.6806	46.5365	107.0479

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）						
	sn161 (10 m)	sn164 (100 m)	sn162 (150 m)	sn165 (200 m)	sn192 (250 m)	sn163 (300 m)	sn171 (480 m)
2012/7/28	17.8721	19.1692	24.8918	28.2100	37.6815	46.5380	107.0587
2012/7/29	17.8704	19.1695	24.8921	28.2088	37.6824	46.5380	107.0665
2012/7/30	17.8686	19.1694	24.8924	28.2091	37.6806	46.5380	107.0536
2012/7/31	17.8671	19.1692	24.8927	28.2105	37.6788	46.5377	107.0418
2012/8/1	17.8651	19.1691	24.8933	28.2110	37.6789	46.5381	107.0368
2012/8/2	17.8627	19.1684	24.8949	28.2106	37.6804	46.5389	107.0331
2012/8/3	17.8621	19.1693	24.8933	28.2105	37.6794	46.5380	107.0400
2012/8/4	17.8606	19.1689	24.8932	28.2081	37.6828	46.5395	107.0498
2012/8/5	17.8586	19.1691	24.8933	28.2092	37.6862	46.5410	107.0513
2012/8/6	17.8570	19.1688	24.8933	28.2109	37.6845	46.5379	107.0415
2012/8/7	17.8555	19.1695	24.8935	28.2109	37.6845	46.5374	107.0405
2012/8/8	17.8536	19.1695	24.8937	28.2096	37.6859	46.5393	107.0483
2012/8/9	17.8520	19.1693	24.8938	28.2103	37.6855	46.5370	107.0562
2012/8/10	17.8506	19.1694	24.8942	28.2103	37.6875	46.5384	107.0488
2012/8/11	17.8489	19.1695	24.8942	28.2114	37.6869	46.5377	107.0522
2012/8/12	17.8471	19.1700	24.8943	28.2107	37.6857	46.5379	107.0470
2012/8/13	17.8459	19.1702	24.8945	28.2102	37.6845	46.5387	107.0491
2012/8/14	17.8442	19.1701	24.8947	28.2121	37.6845	46.5373	107.0517
2012/8/15	17.8426	19.1698	24.8948	28.2115	37.6838	46.5387	107.0452
2012/8/16	17.8411	19.1698	24.8952	28.2103	37.6835	46.5384	107.0465
2012/8/17	17.8394	19.1697	24.8952	28.2123	37.6832	46.5390	107.0490
2012/8/18	17.8379	19.1696	24.8956	28.2118	37.6851	46.5374	107.0439
2012/8/19	17.8364	19.1700	24.8956	28.2110	37.6828	46.5396	107.0519
2012/8/20	17.8348	19.1691	24.8961	28.2107	37.6843	46.5384	107.0549
2012/8/21	17.8334	19.1704	24.8964	28.2111	37.6832	46.5403	107.0542
2012/8/22	17.8318	19.1702	24.8964	28.2118	37.6821	46.5392	107.0456
2012/8/23	17.8301	19.1700	24.8967	28.2104	37.6834	46.5403	107.0473
2012/8/24	17.8283	19.1700	24.8969	28.2122	37.6828	46.5400	107.0467
2012/8/25	17.8268	19.1701	24.8972	28.2112	37.6829	46.5406	107.0483
2012/8/26	17.8252	19.1699	24.8974	28.2090	37.6830	46.5394	107.0435
2012/8/27	17.8235	19.1698	24.8974	28.2122	37.6831	46.5404	107.0525
2012/8/28	17.8222	19.1700	24.8979	28.2093	37.6823	46.5422	107.0476
2012/8/29	17.8205	19.1702	24.8982	28.2103	37.6831	46.5422	107.0473
2012/8/30	17.8193	19.1699	24.8982	28.2101	37.6843	46.5419	107.0509

日期	溫度記錄器編號和所在深度 (括弧內數字)						
	sn161 (10 m)	sn164 (100 m)	sn162 (150 m)	sn165 (200 m)	sn192 (250 m)	sn163 (300 m)	sn171 (480 m)
2012/8/31	17.8183	19.1714	24.8978	28.2105	37.6822	46.5475	*****
2012/9/1	17.8173	19.1592	24.8953	28.2040	37.6785	46.5236	*****
2012/9/2	17.8186	19.1606	24.8933	28.2035	37.6768	46.5255	*****
2012/9/3	17.8141	19.1588	24.8905	28.2041	37.6751	46.5274	*****
2012/9/4	17.8116	19.1578	24.8890	28.2047	37.6734	46.5293	*****
2012/9/5	17.8095	19.1580	24.8886	28.2108	37.6766	46.5316	*****
2012/9/6	17.8075	19.1577	24.8884	28.2062	37.6782	46.5320	*****
2012/9/7	17.8062	19.1578	24.8883	28.2094	37.6750	46.5318	*****
2012/9/8	17.8046	19.1581	24.8887	28.2096	37.6718	46.5329	*****
2012/9/9	17.8034	19.1582	24.8889	28.2066	37.6779	46.5348	*****
2012/9/10	17.8021	19.1581	24.8891	28.2080	37.6802	46.5339	*****
2012/9/11	17.8009	19.1581	24.8893	28.2100	37.6780	46.5348	*****
2012/9/12	17.7991	19.1582	24.8892	28.2090	37.6782	46.5340	*****
2012/9/13	17.7973	19.1585	24.8895	28.2113	37.6784	46.5358	*****
2012/9/14	17.7968	19.1586	24.8899	28.2079	37.6813	46.5374	*****
2012/9/15	17.7953	19.1584	24.8907	28.2114	37.6812	46.5378	*****
2012/9/16	17.7940	19.1588	24.8906	28.2108	37.6834	46.5368	*****
2012/9/17	17.7928	19.1588	24.8905	28.2105	37.6821	46.5362	*****
2012/9/18	17.7916	19.1590	24.8907	28.2114	37.6801	46.5353	*****
2012/9/19	17.7901	19.1592	24.8909	28.2123	37.6844	46.5344	*****
2012/9/20	17.7888	19.1593	24.8912	28.2118	37.6856	46.5365	*****
2012/9/21	17.7875	19.1589	24.8914	28.2103	37.6849	46.5374	*****
2012/9/22	17.7862	19.1588	24.8917	28.2117	37.6860	46.5367	*****
2012/9/23	17.7849	19.1587	24.8920	28.2137	37.6821	46.5808	107.0522
2012/9/24	17.7853	19.1615	24.8942	28.2153	37.6861	46.5853	107.0560
2012/9/25	17.7833	19.1613	24.8941	28.2163	37.6847	46.5890	107.0444
2012/9/26	17.7816	19.1611	24.8943	28.2145	37.6874	46.5930	107.0466
2012/9/27	17.7803	19.1609	24.8945	28.2156	37.6875	46.5970	107.0560
2012/9/28	17.7790	19.1608	24.8949	28.2143	37.6875	46.5918	107.0553
2012/9/29	17.7776	19.1603	24.8953	28.2150	37.6881	46.5924	107.0499
2012/9/30	17.7766	19.1604	24.8946	28.2156	37.6864	46.5936	107.0469
2012/10/1	17.7756	19.1599	24.8945	28.1968	37.6860	46.5948	107.0499
2012/10/2	17.7746	19.1603	24.8944	28.1976	37.6821	46.5918	107.0444
2012/10/3	17.7735	19.1602	24.8949	28.1963	37.6874	46.5890	107.0466

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）						
	sn161 (10 m)	sn164 (100 m)	sn162 (150 m)	sn165 (200 m)	sn192 (250 m)	sn163 (300 m)	sn171 (480 m)
2012/10/4	17.7727	19.1601	24.8951	28.1973	37.6875	46.5930	107.0560
2012/10/5	17.7716	19.1599	24.8952	28.1968	37.6861	46.5970	107.0483
2012/10/6	17.7709	19.1598	24.8955	28.1942	37.6847	46.6010	107.0435
2012/10/7	17.7702	19.1603	24.8955	28.1957	37.6874	46.5808	107.0525
2012/10/8	17.7695	19.1603	24.8955	28.1941	37.6875	46.5808	107.0444
2012/10/9	17.7680	19.1604	24.8958	28.1925	37.6875	46.5808	107.0466
2012/10/10	17.7668	19.1606	24.8957	28.1959	37.6881	46.5853	107.0560
2012/10/11	17.7656	19.1608	24.8956	28.1993	37.8063	46.6724	106.9302
2012/10/12	17.7612	19.1649	24.9102	*****	37.8053	46.6741	106.9295
2012/10/13	17.7601	19.1653	24.9107	*****	37.8043	46.6758	106.9301
2012/10/14	17.7591	19.1650	24.9113	*****	37.8054	46.6778	106.9267
2012/10/15	17.7584	19.1654	24.9113	*****	37.8069	46.6763	106.9288
2012/10/16	17.7577	19.1652	24.9116	*****	37.8064	46.6788	106.9263
2012/10/17	17.7570	19.1654	24.9120	*****	37.8074	46.6792	106.9256
2012/10/18	17.7563	19.1654	24.9124	*****	37.8042	46.6780	106.9185
2012/10/19	17.7556	19.1660	24.9127	*****	37.8046	46.6779	106.9289
2012/10/20	17.7552	19.1660	24.9129	*****	37.8055	46.6803	106.9515
2012/10/21	17.7546	19.1657	24.9130	*****	37.8046	46.6803	106.9653
2012/10/22	17.7539	19.1659	24.9131	*****	37.8058	46.6799	106.9748
2012/10/23	17.7536	19.1659	24.9134	*****	37.8053	46.6808	106.9607
2012/10/24	17.7528	19.1660	24.9137	*****	37.8037	46.6800	106.9456
2012/10/25	17.7525	19.1662	24.9141	*****	37.8058	46.6822	106.9502
2012/10/26	17.7521	19.1658	24.9140	*****	37.8058	46.6821	106.9590
2012/10/27	17.7516	19.1660	24.9144	*****	37.8075	46.6824	106.9640
2012/10/28	17.7512	19.1659	24.9148	*****	37.8071	46.6818	106.9658
2012/10/29	17.7507	19.1657	24.9146	*****	37.8061	46.6823	*****
2012/10/30	17.7505	19.1655	24.9148	*****	37.8072	46.6841	*****
2012/10/31	17.7503	19.1652	24.9150	*****	37.8070	46.6826	*****
2012/11/1	17.7505	19.1647	24.9151	*****	37.8073	46.6842	*****
2012/11/2	17.7499	19.1640	24.9153	*****	37.8082	46.6829	*****
2012/11/3	17.7499	19.1646	24.9153	*****	37.8086	46.6828	*****
2012/11/4	17.7495	19.1647	24.9152	*****	37.8104	46.6843	*****
2012/11/5	17.7494	19.1646	24.9155	*****	37.8105	46.6823	*****
2012/11/6	17.7491	19.1649	24.9156	*****	37.8109	46.6837	*****

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）						
	sn161 (10 m)	sn164 (100 m)	sn162 (150 m)	sn165 (200 m)	sn192 (250 m)	sn163 (300 m)	sn171 (480 m)
2012/11/7	17.7490	19.1648	24.9157	*****	37.8108	46.6835	*****
2012/11/8	17.7489	19.1652	24.9158	*****	37.8106	46.6832	*****
2012/11/9	17.7488	19.1654	24.9160	*****	37.8112	46.6827	*****
2012/11/10	17.7490	19.1652	24.9161	*****	37.8103	46.6831	*****
2012/11/11	17.7492	19.1654	24.9164	*****	37.8108	46.6830	*****
2012/11/12	17.7488	19.1651	24.9166	*****	37.8097	46.6826	*****
2012/11/13	17.7484	19.1653	24.9168	*****	37.8099	46.6837	*****
2012/11/14	17.7488	19.1653	24.9167	*****	37.8093	46.6847	*****
2012/11/15	17.7489	19.1660	24.9170	*****	37.8094	46.6846	*****
2012/11/16	17.7489	19.1654	24.9174	*****	37.8093	46.6847	*****
2012/11/17	17.7492	19.1654	24.9174	*****	37.8096	46.6840	*****
2012/11/18	17.7491	19.1651	24.9177	*****	37.8103	46.6856	*****
2012/11/19	17.7496	19.1653	24.9176	*****	37.8110	46.6849	*****
2012/11/20	17.7501	19.1655	24.9175	*****	37.8117	46.6842	*****
2012/11/21	17.7506	19.1657	24.9174	*****	37.8124	46.6835	*****
2012/11/22	17.7511	19.1659	24.9173	*****	37.8131	46.6828	*****
2012/11/23	17.7516	19.1661	24.9172	*****	37.8138	46.6821	*****
2012/11/24	17.7525	19.1662	24.9141	*****	37.8058	46.6822	*****
2012/11/25	17.7521	19.1658	24.9140	*****	37.8058	46.6821	*****
2012/11/26	17.7516	19.1660	24.9144	*****	37.8075	46.6824	*****
2012/11/27	17.7512	19.1662	24.9148	*****	37.8092	46.6827	*****
2012/11/28	17.7508	19.1664	24.9152	*****	37.8061	46.6823	*****
2012/11/29	17.7505	19.1655	24.9148	*****	37.8030	46.6841	*****
2012/11/30	17.7503	19.1653	24.9150	*****	37.7999	46.6826	*****
2012/12/1	17.7501	19.1651	24.9152	*****	37.7968	46.6811	*****
2012/12/2	17.7499	19.1649	24.9154	*****	37.7937	46.6796	*****
2012/12/3	17.7497	19.1647	24.9156	*****	37.7906	46.6781	*****

龜山島測站 (2012/05/22 至 2012/12/2, 各溫度記錄器日平均溫度, *****代表無記錄)

日期	溫度記錄器編號和所在深度 (括弧內數字)													
	sn101 (270 m)	sn102 (260 m)	sn103 (250 m)	sn104 (240 m)	sn105 (230 m)	sn106 (220 m)	sn107 (210 m)	sn108 (200 m)	sn109 (180 m)	sn110 (160 m)	sn111 (130 m)	sn113 (60 m)	sn114 (30 m)	sn115 (100 m)
2012/5/22	32.6421	33.7589	33.4640	32.4457	31.7232	30.0360	28.3792	27.5234	25.7744	24.5277	22.1175	21.6852	22.1109	22.0032
2012/5/23	32.6414	33.7586	33.4659	32.4436	31.7231	30.0362	28.3790	27.5230	25.7743	24.5277	22.1171	21.6853	22.1113	22.0033
2012/5/24	32.6406	33.7582	33.4634	32.4433	31.7238	30.0358	28.3787	27.5230	25.7745	24.5275	22.1169	21.6852	22.1116	22.0033
2012/5/25	32.6400	33.7582	33.4621	32.4438	31.7246	30.0359	28.3785	27.5226	25.7747	24.5273	22.1169	21.6852	22.1114	22.0033
2012/5/26	32.6394	33.7580	33.4614	32.4426	31.7233	30.0358	28.3782	27.5224	25.7746	24.5272	22.1168	21.6852	22.1115	22.0034
2012/5/27	32.6387	33.7581	33.4608	32.4432	31.7241	30.0358	28.3779	27.5222	25.7747	24.5271	22.1166	21.6853	22.1111	22.0034
2012/5/28	32.6379	33.7580	33.4601	32.4431	31.7235	30.0359	28.3776	27.5220	25.7747	24.5269	22.1163	21.6855	22.1111	22.0034
2012/5/29	32.6372	33.7578	33.4599	32.4427	31.7215	30.0359	28.3773	27.5219	25.7748	24.5267	22.1160	21.6853	22.1108	22.0032
2012/5/30	32.6366	33.7576	33.4609	32.4422	31.7222	30.0359	28.3770	27.5216	25.7749	24.5264	22.1156	21.6851	22.1106	22.0032
2012/5/31	32.6356	33.7574	33.4586	32.4427	31.7229	30.0359	28.3767	27.5214	25.7750	24.5264	22.1152	21.6856	22.1099	22.0034
2012/6/1	32.6374	33.7573	33.4580	32.4413	31.7229	30.0360	28.3766	27.5214	25.7751	24.5262	22.1152	21.6856	22.1096	22.0036
2012/6/2	32.6346	33.7571	33.4578	32.4410	31.7225	30.0358	28.3765	27.5214	25.7751	24.5262	22.1150	21.6854	22.1097	22.0035
2012/6/3	32.6336	33.7572	33.4559	32.4395	31.7227	30.0360	28.3763	27.5209	25.7752	24.5258	22.1149	21.6853	22.1096	22.0034
2012/6/4	32.6330	33.7569	33.4552	32.4411	31.7221	30.0360	28.3762	27.5204	25.7753	24.5259	22.1149	21.6855	22.1100	22.0033
2012/6/5	32.6325	33.7569	33.4565	32.4395	31.7209	30.0360	28.3763	27.5211	25.7752	24.5257	22.1148	21.6854	22.1104	22.0034
2012/6/6	32.6316	33.7566	33.4559	32.4405	31.7220	30.0362	28.3761	27.5211	25.7749	24.5254	22.1146	21.6855	22.1109	22.0035
2012/6/7	32.6311	33.7566	33.4535	32.4388	31.7206	30.0362	28.3761	27.5212	25.7751	24.5254	22.1145	21.6854	22.1116	22.0038
2012/6/8	32.6302	33.7562	33.4532	32.4397	31.7211	30.0363	28.3761	27.5215	25.7752	24.5251	22.1142	21.6856	22.1121	22.0038
2012/6/9	32.6299	33.7562	33.4528	32.4395	31.7217	30.0361	28.3762	27.5218	25.7753	24.5251	22.1139	21.6855	22.1127	22.0041
2012/6/10	32.6297	33.7560	33.4520	32.4379	31.7209	30.0363	28.3762	27.5220	25.7754	24.5248	22.1134	21.6857	22.1132	22.0042
2012/6/11	32.6291	33.7560	33.4511	32.4377	31.7217	30.0362	28.3764	27.5223	25.7755	24.5246	22.1133	21.6857	22.1138	22.0043
2012/6/12	32.6285	33.7559	33.4513	32.4365	31.7229	30.0364	28.3763	27.5226	25.7755	24.5245	22.1129	21.6860	22.1140	22.0047
2012/6/13	32.6283	33.7557	33.4519	32.4376	31.7209	30.0363	28.3764	27.5228	25.7754	24.5245	22.1125	21.6860	22.1146	22.0048
2012/6/14	32.6274	33.7558	33.4493	32.4360	31.7201	30.0365	28.3763	27.5229	25.7752	24.5243	22.1123	21.6861	22.1149	22.0051
2012/6/15	32.6270	33.7560	33.4500	32.4363	31.7210	30.0363	28.3766	27.5233	25.7751	24.5240	22.1120	21.6864	22.1152	22.0051
2012/6/16	32.6264	33.7559	33.4489	32.4362	31.7209	30.0363	28.3763	27.5236	25.7750	24.5239	22.1117	21.6866	22.1153	22.0054
2012/6/17	32.6256	33.7556	33.4483	32.4365	31.7215	30.0365	28.3764	27.5239	25.7751	24.5238	22.1112	21.6867	22.1154	22.0054
2012/6/18	32.6252	33.7555	33.4477	32.4358	31.7210	30.0364	28.3761	27.5240	25.7749	24.5235	22.1104	21.6867	22.1157	22.0056
2012/6/19	32.6243	33.7552	33.4476	32.4344	31.7196	30.0364	28.3760	27.5241	25.7749	24.5235	22.1099	21.6867	22.1161	22.0058
2012/6/20	32.6236	33.7552	33.4469	32.4363	31.7202	30.0363	28.3760	27.5245	25.7749	24.5233	22.1094	21.6869	22.1162	22.0053
2012/6/21	32.6229	33.7551	33.4454	32.4327	31.7207	30.0365	28.3756	27.5246	25.7746	24.5232	22.1090	21.6871	22.1161	22.0051

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）													
	sn101	sn102	sn103	sn104	sn105	sn106	sn107	sn108	sn109	sn110	sn111	sn113	sn114	sn115
	(270 m)	(260 m)	(250 m)	(240 m)	(230 m)	(220 m)	(210 m)	(200 m)	(180 m)	(160 m)	(130 m)	(60 m)	(30 m)	(100 m)
2012/6/22	32.6224	33.7549	33.4457	32.4337	31.7202	30.0366	28.3753	27.5248	25.7747	24.5227	22.1086	21.6875	22.1165	22.0050
2012/6/23	32.6216	33.7548	33.4443	32.4331	31.7213	30.0363	28.3753	27.5250	25.7745	24.5227	22.1082	21.6873	22.1161	22.0046
2012/6/24	32.6112	33.7547	33.4429	32.4325	31.7224	30.0360	28.3753	27.5252	25.7743	24.5227	22.1078	21.6871	22.1171	22.0020
2012/6/25	32.6276	33.7567	33.4396	32.4232	31.7190	30.0553	28.3914	27.5285	25.7677	24.5163	22.0857	21.6730	22.1171	21.9955
2012/6/26	32.6580	33.7568	33.4385	32.4214	31.7192	30.0511	28.3865	27.5268	25.7666	24.5146	22.0850	21.6732	22.1156	21.9946
2012/6/27	32.6990	33.7564	33.4386	32.4222	31.7192	30.0496	28.3844	27.5258	25.7664	24.5139	22.0846	21.6737	22.1150	21.9941
2012/6/28	32.7378	33.7566	33.4371	32.4213	31.7206	30.0492	28.3834	27.5248	25.7659	24.5133	22.0843	21.6740	22.1151	21.9938
2012/6/29	32.7690	33.7565	33.4371	32.4219	31.7205	30.0491	28.3824	27.5238	25.7653	24.5126	22.0837	21.6744	22.1150	21.9931
2012/6/30	32.7910	33.7565	33.4357	32.4221	31.7215	30.0491	28.3821	27.5253	25.7653	24.5128	22.0830	21.6749	22.1152	21.9927
2012/7/1	32.8065	33.7563	33.4351	32.4212	31.7209	30.0492	28.3820	27.5251	25.7652	24.5126	22.0831	21.6753	22.1154	21.9928
2012/7/2	32.8177	33.7559	33.4355	32.4200	31.7201	30.0490	28.3813	27.5249	25.7650	24.5125	22.0827	21.6755	22.1153	21.9923
2012/7/3	32.8260	33.7561	33.4337	32.4191	31.7207	30.0487	28.3812	27.5248	25.7650	24.5123	22.0824	21.6757	22.1154	21.9919
2012/7/4	32.8318	33.7558	33.4338	32.4199	31.7212	30.0485	28.3807	27.5250	25.7647	24.5122	22.0818	21.6759	22.1153	21.9915
2012/7/5	32.8362	33.7560	33.4327	32.4187	31.7208	30.0483	28.3802	27.5249	25.7648	24.5117	22.0816	21.6763	22.1153	21.9911
2012/7/6	32.8397	33.7556	33.4327	32.4194	31.7204	30.0483	28.3799	27.5247	25.7646	24.5116	22.0814	21.6763	22.1155	21.9910
2012/7/7	32.8421	33.7552	33.4313	32.4186	31.7221	30.0481	28.3792	27.5247	25.7644	24.5115	22.0814	21.6765	22.1153	21.9905
2012/7/8	32.8440	33.7554	33.4316	32.4178	31.7205	30.0483	28.3789	27.5247	25.7641	24.5114	22.0809	21.6769	22.1156	21.9902
2012/7/9	32.8457	33.7554	33.4323	32.4167	31.7227	30.0483	28.3784	27.5245	25.7640	24.5112	22.0809	21.6771	22.1152	21.9896
2012/7/10	32.8474	33.7554	33.4294	32.4167	31.7212	30.0482	28.3780	27.5244	25.7640	24.5109	22.0806	21.6772	22.1153	21.9894
2012/7/11	32.8489	33.7550	33.4314	32.4169	31.7218	30.0481	28.3778	27.5243	25.7640	24.5109	22.0805	21.6775	22.1154	21.9890
2012/7/12	32.8503	33.7553	33.4306	32.4171	31.7217	30.0480	28.3773	27.5240	25.7638	24.5104	22.0802	21.6776	22.1151	21.9885
2012/7/13	32.8508	33.7551	33.4299	32.4157	31.7221	30.0481	28.3767	27.5240	25.7637	24.5106	22.0801	21.6777	22.1150	21.9883
2012/7/14	32.8516	33.7549	33.4300	32.4159	31.7211	30.0481	28.3762	27.5239	25.7636	24.5103	22.0800	21.6779	22.1149	21.9879
2012/7/15	32.8521	33.7548	33.4293	32.4154	31.7214	30.0484	28.3758	27.5239	25.7635	24.5100	22.0799	21.6783	22.1149	21.9876
2012/7/16	32.8523	33.7547	33.4282	32.4155	31.7208	30.0489	28.3750	27.5237	25.7635	24.5098	22.0795	21.6784	22.1148	21.9871
2012/7/17	32.8528	33.7544	33.4275	32.4150	31.7205	30.0491	28.3747	27.5236	25.7633	24.5095	22.0794	21.6787	22.1146	21.9869
2012/7/18	32.8531	33.7544	33.4278	32.4140	31.7202	30.0490	28.3745	27.5233	25.7633	24.5092	22.0793	21.6787	22.1145	21.9865
2012/7/19	32.8535	33.7542	33.4263	32.4121	31.7206	30.0491	28.3743	27.5229	25.7629	24.5093	22.0790	21.6789	22.1144	21.9860
2012/7/20	32.8536	33.7541	33.4268	32.4130	31.7216	30.0492	28.3741	27.5228	25.7630	24.5091	22.0789	21.6789	22.1142	21.9858
2012/7/21	32.8541	33.7541	33.4269	32.4135	31.7203	30.0490	28.3738	27.5228	25.7628	24.5087	22.0787	21.6790	22.1140	21.9852
2012/7/22	32.8546	33.7539	33.4261	32.4140	31.7209	30.0490	28.3734	27.5226	25.7626	24.5084	22.0785	21.6792	22.1139	21.9848
2012/7/23	32.8555	33.7538	33.4254	32.4129	31.7201	30.0490	28.3730	27.5226	25.7627	24.5086	22.0786	21.6795	22.1136	21.9847
2012/7/24	32.8558	33.7536	33.4254	32.4141	31.7209	30.0492	28.3726	27.5226	25.7628	24.5080	22.0782	21.6796	22.1137	21.9845
2012/7/25	32.8558	33.7534	33.4257	32.4120	31.7214	30.0492	28.3721	27.5225	25.7626	24.5082	22.0781	21.6797	22.1134	21.9844

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）													
	sn101	sn102	sn103	sn104	sn105	sn106	sn107	sn108	sn109	sn110	sn111	sn113	sn114	sn115
	(270 m)	(260 m)	(250 m)	(240 m)	(230 m)	(220 m)	(210 m)	(200 m)	(180 m)	(160 m)	(130 m)	(60 m)	(30 m)	(100 m)
2012/7/26	32.8562	33.7535	33.4242	32.4116	31.7224	30.0491	28.3718	27.5224	25.7624	24.5079	22.0780	21.6799	22.1133	21.9841
2012/7/27	32.8564	33.7531	33.4247	32.4104	31.7211	30.0490	28.3715	27.5220	25.7624	24.5078	22.0777	21.6799	22.1131	21.9837
2012/7/28	32.8563	33.7532	33.4242	32.4123	31.7199	30.0492	28.3710	27.5219	25.7623	24.5076	22.0779	21.6800	22.1128	21.9837
2012/7/29	32.8563	33.7531	33.4248	32.4101	31.7212	30.0493	28.3706	27.5216	25.7624	24.5071	22.0775	21.6801	22.1126	21.9831
2012/7/30	32.8564	33.7530	33.4237	32.4102	31.7202	30.0493	28.3702	27.5214	25.7623	24.5070	22.0773	21.6804	22.1125	21.9828
2012/7/31	32.8564	33.7527	33.4241	32.4091	31.7205	30.0492	28.3698	27.5213	25.7622	24.5069	22.0768	21.6802	22.1120	21.9826
2012/8/1	32.8566	33.7526	33.4232	32.4080	31.7207	30.0494	28.3692	27.5210	25.7620	24.5068	22.0768	21.6803	22.1119	21.9824
2012/8/2	32.8568	33.7525	33.4243	32.4087	31.7206	30.0491	28.3686	27.5204	25.7615	24.5057	22.0759	21.6803	22.1115	21.9812
2012/8/3	32.8570	33.7524	33.4242	32.4091	31.7198	30.0488	28.3686	27.5206	25.7621	24.5064	22.0762	21.6808	22.1120	21.9823
2012/8/4	32.8571	33.7525	33.4224	32.4097	31.7193	30.0494	28.3684	27.5202	25.7620	24.5061	22.0761	21.6806	22.1109	21.9820
2012/8/5	32.8572	33.7523	33.4221	32.4076	31.7198	30.0496	28.3679	27.5202	25.7619	24.5059	22.0758	21.6808	22.1108	21.9819
2012/8/6	32.8575	33.7521	33.4224	32.4080	31.7200	30.0495	28.3677	27.5200	25.7620	24.5058	22.0756	21.6811	22.1107	21.9818
2012/8/7	32.8577	33.7521	33.4225	32.4079	31.7207	30.0495	28.3676	27.5197	25.7620	24.5057	22.0755	21.6810	22.1105	21.9816
2012/8/8	32.8578	33.7521	33.4223	32.4077	31.7192	30.0497	28.3675	27.5197	25.7618	24.5053	22.0751	21.6809	22.1106	21.9818
2012/8/9	32.8578	33.7519	33.4213	32.4076	31.7195	30.0495	28.3674	27.5197	25.7620	24.5052	22.0754	21.6810	22.1106	21.9817
2012/8/10	32.8579	33.7518	33.4218	32.4075	31.7204	30.0495	28.3674	27.5197	25.7618	24.5051	22.0755	21.6813	22.1108	21.9817
2012/8/11	32.8579	33.7518	33.4214	32.4057	31.7193	30.0499	28.3675	27.5198	25.7620	24.5048	22.0748	21.6813	22.1113	21.9820
2012/8/12	32.8581	33.7515	33.4217	32.4060	31.7207	30.0498	28.3676	27.5198	25.7620	24.5045	22.0749	21.6814	22.1115	21.9820
2012/8/13	32.8580	33.7514	33.4212	32.4057	31.7201	30.0498	28.3675	27.5203	25.7620	24.5043	22.0746	21.6815	22.1118	21.9823
2012/8/14	32.8583	33.7512	33.4207	32.4047	31.7192	30.0497	28.3678	27.5201	25.7622	24.5042	22.0746	21.6817	22.1121	21.9822
2012/8/15	32.8587	33.7511	33.4198	32.4057	31.7194	30.0498	28.3676	27.5203	25.7624	24.5041	22.0743	21.6816	22.1123	21.9823
2012/8/16	32.8588	33.7509	33.4196	32.4031	31.7201	30.0498	28.3675	27.5206	25.7621	24.5036	22.0739	21.6817	22.1127	21.9824
2012/8/17	32.8587	33.7510	33.4193	32.4039	31.7197	30.0499	28.3672	27.5209	25.7623	24.5034	22.0735	21.6821	22.1130	21.9827
2012/8/18	32.8590	33.7507	33.4188	32.4022	31.7199	30.0497	28.3670	27.5207	25.7624	24.5033	22.0731	21.6821	22.1133	21.9829
2012/8/19	32.8589	33.7507	33.4183	32.4025	31.7193	30.0498	28.3669	27.5207	25.7623	24.5032	22.0731	21.6823	22.1134	21.9831
2012/8/20	32.8589	33.7505	33.4184	32.4034	31.7193	30.0497	28.3667	27.5208	25.7623	24.5028	22.0727	21.6824	22.1135	21.9829
2012/8/21	32.8583	33.7504	33.4180	32.4030	31.7195	30.0497	28.3663	27.5207	25.7624	24.5027	22.0725	21.6825	22.1138	21.9828
2012/8/22	32.8559	33.7501	33.4170	32.4028	31.7189	30.0498	28.3660	27.5209	25.7625	24.5026	22.0721	21.6829	22.1138	21.9828
2012/8/23	32.8558	33.7501	33.4172	32.4028	31.7192	30.0503	28.3657	27.5206	25.7625	24.5023	22.0718	21.6830	22.1139	21.9826
2012/8/24	32.8556	33.7499	33.4167	32.4027	31.7197	30.0500	28.3655	27.5206	25.7622	24.5020	22.0714	21.6832	22.1140	21.9823
2012/8/25	32.8557	33.7497	33.4166	32.4013	31.7182	30.0502	28.3654	27.5206	25.7620	24.5016	22.0709	21.6831	22.1139	21.9820
2012/8/26	32.8559	33.7492	33.4164	32.4008	31.7178	30.0503	28.3650	27.5204	25.7619	24.5018	22.0706	21.6835	22.1140	21.9820
2012/8/27	32.8562	33.7498	33.4160	32.4002	31.7188	30.0505	28.3648	27.5205	25.7620	24.5016	22.0701	21.6834	22.1139	21.9817
2012/8/28	32.8559	33.7497	33.4153	32.3989	31.7177	30.0505	28.3646	27.5205	25.7620	24.5012	22.0697	21.6836	22.1140	21.9813

日期	溫度記錄器編號和所在深度 (括弧內數字)													
	sn101 (270 m)	sn102 (260 m)	sn103 (250 m)	sn104 (240 m)	sn105 (230 m)	sn106 (220 m)	sn107 (210 m)	sn108 (200 m)	sn109 (180 m)	sn110 (160 m)	sn111 (130 m)	sn113 (60 m)	sn114 (30 m)	sn115 (100 m)
2012/8/29	32.8559	33.7494	33.4150	32.3996	31.7181	30.0509	28.3643	27.5205	25.7621	24.5012	22.0695	21.6840	22.1142	21.9812
2012/8/30	32.8563	33.7494	33.4149	32.3987	31.7182	30.0509	28.3638	27.5203	25.7619	24.5010	22.0692	21.6840	22.1140	21.9810
2012/8/31	32.8562	33.7492	33.4140	32.3995	31.7193	30.0510	28.3640	27.5203	25.7617	24.5006	22.0691	21.6842	22.1139	21.9807
2012/9/1	32.8563	33.7493	33.4142	32.3946	31.7191	30.0509	28.3643	27.5208	25.7614	24.5002	22.0696	21.6841	22.1137	21.9809
2012/9/2	32.8745	33.8004	33.5640	32.4703	31.7506	30.0404	28.5000	27.5417	25.7917	24.5608	22.1593	21.6491	22.0877	22.0424
2012/9/3	32.8745	33.8002	33.5627	32.4699	31.7481	30.0404	28.4997	27.5416	25.7918	24.5606	22.1596	21.6491	22.0874	22.0422
2012/9/4	32.8747	33.8003	33.5643	32.4698	31.7487	30.0405	28.4992	27.5418	25.7917	24.5606	22.1599	21.6492	22.0872	22.0423
2012/9/5	32.8747	33.8002	33.5628	32.4697	31.7477	30.0403	28.4988	27.5414	25.7921	24.5602	22.1598	21.6491	22.0871	22.0421
2012/9/6	32.8744	33.8001	33.5621	32.4689	31.7470	30.0401	28.4983	27.5414	25.7921	24.5600	22.1600	21.6489	22.0867	22.0420
2012/9/7	32.8744	33.7997	33.5616	32.4695	31.7466	30.0403	28.4980	27.5414	25.7921	24.5597	22.1600	21.6490	22.0868	22.0419
2012/9/8	32.8746	33.7997	33.5600	32.4695	31.7462	30.0405	28.4977	27.5415	25.7922	24.5596	22.1602	21.6490	22.0864	22.0418
2012/9/9	32.8744	33.7996	33.5607	32.4693	31.7452	30.0405	28.4974	27.5414	25.7922	24.5596	22.1603	21.6491	22.0864	22.0418
2012/9/10	32.2638	33.2721	33.6471	33.1630	32.7215	31.1790	29.4872	28.2940	26.2034	24.9194	22.1107	*****	*****	22.0355
2012/9/11	32.2637	33.2205	33.6484	33.1680	32.7217	31.1834	29.4914	28.2961	26.2041	24.9211	22.1107	*****	*****	22.0354
2012/9/12	32.2636	33.2200	33.6480	33.1730	32.7219	31.1878	29.4956	28.2982	26.2048	24.9228	22.1107	*****	*****	22.0353
2012/9/13	32.2646	33.2196	33.6476	33.1741	32.7250	31.1906	29.4985	28.3001	26.2061	24.9241	22.1107	*****	*****	22.0350
2012/9/14	32.2640	33.2185	33.6472	33.1736	32.7274	31.1935	29.5001	28.3017	26.2074	24.9251	22.1105	*****	*****	22.0349
2012/9/15	32.2634	33.2173	33.6469	33.1720	32.7252	31.1958	29.5008	28.3022	26.2079	24.9256	22.1104	*****	*****	22.0348
2012/9/16	32.2636	33.2169	33.6466	33.1698	32.7263	31.1970	29.5016	28.3029	26.2083	24.9263	22.1103	*****	*****	22.0350
2012/9/17	32.2638	33.2168	33.6464	33.1692	32.7262	31.1950	29.5020	28.3036	26.2085	24.9266	22.1102	*****	*****	22.0349
2012/9/18	32.2641	33.2154	33.6462	33.1690	32.7277	31.1969	29.5026	28.3039	26.2090	24.9269	22.1103	*****	*****	22.0348
2012/9/19	32.2644	33.2169	33.6458	33.1715	32.7293	31.1983	29.5031	28.3043	26.2092	24.9271	22.1102	*****	*****	22.0348
2012/9/20	32.2645	33.2148	33.6456	33.1679	32.7263	31.1971	29.5036	28.3047	26.2096	24.9273	22.1100	*****	*****	22.0347
2012/9/21	32.2639	33.2151	33.6452	33.1655	32.7282	31.1995	29.5048	28.3056	26.2102	24.9275	22.1095	*****	*****	22.0346
2012/9/22	32.2641	33.2159	33.6451	33.1692	32.7280	31.1974	29.5045	28.3065	26.2106	24.9278	22.1092	*****	*****	22.0349
2012/9/23	32.2646	33.2152	33.6446	33.1690	32.7291	31.1953	29.5050	28.3062	26.2107	24.9280	22.1090	*****	*****	22.0348
2012/9/24	32.2651	33.2139	33.6446	33.1645	32.7302	31.2020	29.5050	28.3066	26.2110	24.9280	22.1090	*****	*****	22.0347
2012/9/25	32.2644	33.2140	33.6446	33.1600	32.7312	31.2040	29.5054	28.3069	26.2111	24.9283	22.1089	*****	*****	22.0348
2012/9/26	32.2646	33.2151	33.6444	33.1693	32.7306	31.2027	29.5066	28.3079	26.2114	24.9284	22.1089	*****	*****	22.0347
2012/9/27	32.2646	33.2162	33.6444	33.1632	32.7292	31.2048	29.5065	28.3081	26.2115	24.9287	22.1088	*****	*****	22.0347
2012/9/28	32.2649	33.2145	33.6440	33.1689	32.7321	31.2058	29.5067	28.3083	26.2120	24.9287	22.1084	*****	*****	22.0344
2012/9/29	32.2646	33.2128	33.6434	33.1678	32.7324	31.2074	29.5086	28.3087	26.2119	24.9290	22.1086	*****	*****	22.0344
2012/9/30	32.2644	33.2128	33.6434	33.1692	32.7307	31.2047	29.5090	28.3090	26.2120	24.9296	22.1088	*****	*****	22.0343
2012/10/1	32.2646	33.2123	33.6432	33.1702	32.7322	31.2057	29.5092	28.3090	26.2122	24.9294	22.1087	*****	*****	22.0341

日期	溫度記錄器編號和所在深度 (括弧內數字)													
	sn101 (270 m)	sn102 (260 m)	sn103 (250 m)	sn104 (240 m)	sn105 (230 m)	sn106 (220 m)	sn107 (210 m)	sn108 (200 m)	sn109 (180 m)	sn110 (160 m)	sn111 (130 m)	sn113 (60 m)	sn114 (30 m)	sn115 (100 m)
2012/10/2	32.2646	33.2123	33.6431	33.1690	32.7306	31.2092	29.5094	28.3095	26.2124	24.9295	22.1084	*****	*****	22.0340
2012/10/3	32.2648	33.2115	33.6430	33.1660	32.7281	31.2077	29.5093	28.3102	26.2124	24.9295	22.1080	*****	*****	22.0339
2012/10/4	32.2646	33.2129	33.6428	33.1643	32.7300	31.2095	29.5092	28.3112	26.2134	24.9296	22.1080	*****	*****	22.0337
2012/10/5	32.2647	33.2124	33.6426	33.1672	32.7334	31.2102	29.5100	28.3113	26.2134	24.9298	22.1077	*****	*****	22.0336
2012/10/6	32.2648	33.2129	33.6425	33.1600	32.7316	31.2132	29.5103	28.3111	26.2134	24.9298	22.1076	*****	*****	22.0335
2012/10/7	32.2651	33.2121	33.6423	33.1665	32.7337	31.2133	29.5106	28.3115	26.2133	24.9299	22.1075	*****	*****	22.0335
2012/10/8	32.2653	33.2111	33.6419	33.1678	32.7296	31.2095	29.5108	28.3116	26.2133	24.9300	22.1073	*****	*****	22.0336
2012/10/9	32.2656	33.2108	33.6419	33.1691	32.7325	31.2094	29.5109	28.3118	26.2136	24.9300	22.1072	*****	*****	22.0334
2012/10/10	32.2662	33.2125	33.6416	33.1665	32.7332	31.2137	29.5118	28.3120	26.2139	24.9300	22.1068	*****	*****	22.0335
2012/10/11	32.2662	33.2118	33.6416	33.1656	32.7346	31.2113	29.5117	28.3123	26.2140	24.9304	22.1067	*****	*****	22.0335
2012/10/12	32.2663	33.2103	33.6418	33.1638	32.7325	31.2130	29.5120	28.3125	26.2141	24.9303	22.1064	*****	*****	22.0335
2012/10/13	32.2665	33.2101	33.6417	33.1620	32.7340	31.2119	29.5124	28.3123	26.2149	24.9303	22.1065	*****	*****	22.0335
2012/10/14	32.2668	33.2102	33.6412	33.1588	32.7293	31.2142	29.5123	28.3125	26.2157	24.9304	22.1065	*****	*****	22.0335
2012/10/15	32.2671	33.2102	33.6412	33.1592	32.7305	31.2150	29.5122	28.3129	26.2157	24.9303	22.1063	*****	*****	22.0336
2012/10/16	32.2672	33.2105	33.6411	33.1605	32.7304	31.2145	29.5122	28.3128	26.2159	24.9307	22.1059	*****	*****	22.0339
2012/10/17	32.2672	33.2121	33.6408	33.1572	32.7324	31.2156	29.5124	28.3132	26.2156	24.9305	22.1060	*****	*****	22.0337
2012/10/18	32.2673	33.2117	33.6407	33.1585	32.7292	31.2159	29.5124	28.3136	26.2153	24.9306	22.1060	*****	*****	22.0335
2012/10/19	32.2678	33.2108	33.6405	33.1586	32.7327	31.2166	29.5123	28.3138	26.2159	24.9306	22.1059	*****	*****	22.0341
2012/10/20	32.2683	33.2103	33.6403	33.1550	32.7308	31.2171	29.5124	28.3138	26.2160	24.9308	22.1057	*****	*****	22.0347
2012/10/21	32.8663	33.7877	33.5494	32.4744	31.7560	30.0373	28.4885	27.5439	25.7991	24.5418	22.1542	21.6367	22.0775	22.0332
2012/10/22	32.8662	33.7877	33.5491	32.4733	31.7554	30.0374	28.4882	27.5440	25.7992	24.5418	22.1543	21.6368	22.0774	22.0332
2012/10/23	32.8659	33.7874	33.5507	32.4734	31.7566	30.0374	28.4880	27.5441	25.7992	24.5416	22.1543	21.6366	22.0773	22.0331
2012/10/24	32.8658	33.7875	33.5498	32.4735	31.7560	30.0373	28.4877	27.5440	25.7992	24.5414	22.1545	21.6367	22.0771	22.0327
2012/10/25	32.8656	33.7875	33.5479	32.4727	31.7553	30.0374	28.4876	27.5441	25.7993	24.5411	22.1547	21.6366	22.0773	22.0328
2012/10/26	32.8660	33.7875	33.5500	32.4721	31.7548	30.0373	28.4872	27.5443	25.7995	24.5407	22.1550	21.6368	22.0772	22.0326
2012/10/27	32.8651	33.7874	33.5484	32.4730	31.7558	30.0375	28.4869	27.5443	25.7995	24.5405	22.1551	21.6369	22.0774	22.0326
2012/10/28	32.8649	33.7875	33.5471	32.4725	31.7544	30.0375	28.4866	27.5442	25.7995	24.5403	22.1550	21.6370	22.0772	22.0325
2012/10/29	32.8646	33.7874	33.5478	32.4730	31.7554	30.0374	28.4863	27.5443	25.7997	24.5399	22.1551	21.6366	22.0776	22.0325
2012/10/30	32.8642	33.7871	33.5469	32.4733	31.7526	30.0374	28.4858	27.5444	25.7994	24.5396	22.1553	21.6369	22.0774	22.0322
2012/10/31	32.8638	33.7873	33.5458	32.4728	31.7534	30.0376	28.4855	27.5444	25.7994	24.5394	22.1553	21.6367	22.0777	22.0323
2012/11/1	32.8635	33.7873	33.5447	32.4728	31.7521	30.0374	28.4851	27.5443	25.7994	24.5392	22.1556	21.6369	22.0777	22.0322
2012/11/2	32.8634	33.7874	33.5456	32.4733	31.7531	30.0376	28.4849	27.5443	25.7994	24.5391	22.1556	21.6369	22.0780	22.0319
2012/11/3	32.8631	33.7872	33.5450	32.4723	31.7524	30.0377	28.4848	27.5442	25.7995	24.5388	22.1559	21.6370	22.0781	22.0319
2012/11/4	32.8627	33.7871	33.5442	32.4727	31.7519	30.0379	28.4843	27.5443	25.7994	24.5386	22.1559	21.6370	22.0782	22.0315

日期	溫度記錄器編號和所在深度（括弧內數字）													
	sn101	sn102	sn103	sn104	sn105	sn106	sn107	sn108	sn109	sn110	sn111	sn113	sn114	sn115
	(270 m)	(260 m)	(250 m)	(240 m)	(230 m)	(220 m)	(210 m)	(200 m)	(180 m)	(160 m)	(130 m)	(60 m)	(30 m)	(100 m)
2012/11/5	32.8623	33.7871	33.5441	32.4740	31.7521	30.0376	28.4840	27.5444	25.7994	24.5383	22.1558	21.6368	22.0784	22.0316
2012/11/6	32.8621	33.7872	33.5447	32.4735	31.7503	30.0376	28.4837	27.5443	25.7997	24.5383	22.1561	21.6369	22.0784	22.0313
2012/11/7	32.8616	33.7869	33.5441	32.4725	31.7506	30.0378	28.4835	27.5442	25.7998	24.5376	22.1562	21.6370	22.0787	22.0313
2012/11/8	32.8610	33.7874	33.5452	32.4728	31.7520	30.0378	28.4833	27.5443	25.8000	24.5377	22.1563	21.6369	22.0786	22.0313
2012/11/9	32.8605	33.7868	33.5442	32.4728	31.7505	30.0378	28.4830	27.5444	25.8000	24.5374	22.1564	21.6371	22.0778	22.0310
2012/11/10	32.8603	33.7869	33.5441	32.4740	31.7492	30.0378	28.4828	27.5446	25.8001	24.5370	22.1565	21.6370	22.0781	22.0310
2012/11/11	32.8598	33.7868	33.5447	32.4730	31.7508	30.0377	28.4826	27.5446	25.8002	24.5370	22.1566	21.6370	22.0784	22.0309
2012/11/12	32.8593	33.7867	33.5441	32.4725	31.7524	30.0378	28.4824	27.5444	25.7998	24.5383	22.1567	21.6369	22.0787	22.0308
2012/11/13	32.8590	33.7875	33.5452	32.4730	31.7548	30.0378	28.4872	27.5443	25.8000	24.5376	22.1550	21.6371	22.0772	22.0326
2012/11/14	32.8589	33.7874	33.5484	32.4733	31.7520	30.0378	28.4828	27.5443	25.8000	24.5377	22.1551	21.6370	22.0774	22.0313
2012/11/15	32.8588	33.7875	33.5442	32.4725	31.7505	30.0378	28.4826	27.5442	25.8001	24.5374	22.1550	21.6370	22.0772	22.0313
2012/11/16	32.8590	33.7874	33.5441	32.4728	31.7492	30.0374	28.4824	27.5443	25.8002	24.5370	22.1551	21.6370	22.0781	22.0310
2012/11/17	32.8589	33.7871	33.5447	32.4728	31.7526	30.0378	28.4858	27.5444	25.8003	24.5396	22.1562	21.6369	22.0784	22.0310
2012/11/18	32.8593	33.7868	33.5442	32.4733	31.7534	30.0374	28.4855	27.5446	25.8001	24.5370	22.1563	21.6367	22.0787	22.0310
2012/11/19	32.8586	33.7869	33.5441	32.4725	31.7524	30.0374	28.4824	27.5445	25.8002	24.5370	22.1564	21.6370	22.0787	22.0313
2012/11/20	32.8583	33.7868	33.5447	32.4730	31.7548	30.0378	28.4858	27.5448	25.7998	24.5383	22.1551	21.6369	22.0772	22.0313
2012/11/21	32.8578	33.7867	33.5441	32.4733	31.7520	30.0374	28.4855	27.5446	25.8000	24.5376	22.1562	21.6371	22.0787	22.0310
2012/11/22	32.8579	33.7875	33.5452	32.4728	31.7505	30.0378	28.4858	27.5444	25.8000	24.5396	22.1563	21.6370	22.0772	22.0326
2012/11/23	32.8580	33.7883	33.5458	32.4728	31.7534	30.0376	28.4861	27.5442	25.8000	24.5396	22.1564	21.6369	22.0757	22.0342
2012/11/24	32.8581	33.7891	33.5464	32.4728	31.7521	30.0374	28.4851	27.5443	25.8000	24.5396	22.1565	21.6368	22.0742	22.0358
2012/11/25	32.8634	33.7874	33.5470	32.4728	31.7508	30.0372	28.4849	27.5443	25.7994	24.5391	22.1556	21.6369	22.0780	22.0319
2012/11/26	32.8631	33.7872	33.5476	32.4728	31.7524	30.0377	28.4847	27.5443	25.7995	24.5386	22.1547	21.6370	22.0781	22.0319
2012/11/27	32.8627	33.7871	33.5442	32.4727	31.7519	30.0379	28.4843	27.5443	25.7996	24.5381	22.1538	21.6371	22.0782	22.0315
2012/11/28	32.8623	33.7871	33.5441	32.4740	31.7514	30.0381	28.4839	27.5443	25.7997	24.5376	22.1558	21.6368	22.0784	22.0316
2012/11/29	32.8619	33.7870	33.5447	32.4735	31.7503	30.0376	28.4837	27.5443	25.7997	24.5383	22.1561	21.6369	22.0784	22.0313
2012/11/30	32.8615	33.7870	33.5453	32.4730	31.7485	30.0378	28.4835	27.5442	25.7998	24.5376	22.1562	21.6370	22.0784	22.0310
2012/12/1	32.8611	33.7869	33.5459	32.4725	31.7467	30.0380	28.4833	27.5443	25.8000	24.5377	22.1563	21.6371	22.0784	22.0307
2012/12/2	32.8605	33.7868	33.5465	32.4720	31.7449	30.0382	28.4831	27.5444	25.8000	24.5378	22.1564	21.6371	22.0778	22.0310

四、結論與建議

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°C、17.72~105.72°C 和 21.99~34.26°C，各深度溫度變化之標準差分別約 0.0093~0.7041°C、0.2209~0.7270°C 和 0.0094~0.2748°C。

菁山站的地溫呈現慢慢下降的趨勢，0-100 公尺的地溫變化較大，係受到降雨影響，視雨量多寡，大雨過後數小時內變化可達 2°C，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，上段溫度 5 年來降低約 0.6°C，下段的溫度年下降量在 2004-2009 年約 0.11°C，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。

擎天崗站的地溫在深度 200 公尺附近約 25.0°C，比同深度鄰近的菁山站高約 4.0°C，顯示本測站在大屯火山區較接近熱源。地溫梯度大致可分為兩段，第一段 0-200 公尺約 3.5°C/100m，第二段 200-470 公尺約 29.0°C/100m，第二段高地溫梯度可能是因本站離大油坑（後火成活動強）較近，同時監測的深度也較深，本站 2010 年和 2011 年共發現 5 次與氣候無關的熱脈衝事件，今年則只有深度 10 和 100 公尺於 9/22 發現一熱脈衝，這些熱脈衝可能跟地殼產生的振動有關，淺部 10 公尺的地溫深受地表氣溫影響有非常明顯的年週期變化並且有持續下降現象，年週期振幅約 0.05°C，溫度下降量 5 年來大約 0.7°C，年週期變化之溫度資料可推得地表岩層的熱擴散係數約 $3.1 \times 10^{-7} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ 。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。

龜山島測站各深度溫度變化也顯示整口井溫度有慢慢下降趨勢，值得持續監測。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，深度 230、260、270 公尺有幾個時間點發生溫度快速下降後又急速升高現象，這些溫度的變化曲線很少見，其發生機制目前尚不了解。本站在 2004-2009 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°C 溫度，與颱風侵襲台灣的時間吻合，颱風影響地溫的機制目前並不

清楚，有可能是颱風的低氣壓影響地殼的應力，應力變化影響孔隙水的位移因而改變了地下溫度場。

受委託單位對本案地溫監測未來運作有三項建議如下：

1. 菁山測站因淺於 100 公尺的井下溫度易受雨量影響，監測資料較無價值，若貴委託單位有其他鑽井可進行井下溫度監測（大屯火山區或其他溫泉區均可，但監測點的溫度不超過 60°C），建議可將菁山站淺於 100 公尺的 5 根熱探針移至該處進行監測。
2. 地溫變化緩慢，建議收取測站熱探針記錄資料的頻率每兩個月一次即可。
3. 龜山島測站因冬季風浪大，人員登島易發生危險，東北角管理處亦明訂每年 12 月至翌年 2 月禁止遊客登島，因此建議在冬季三個月內不需前往該站收取熱探針記錄資料，受委託單位交付的資料時程為前一年 12 月至該年度 11 月。
4. 鑑於今年七月新北市萬里已封閉公共浴室發生民眾闖入跌落溫度池遭燙死意外事件，當地民眾表示，意外主因為溫泉從攝氏 40°C 突然上升到 80°C（中時電子報，2012），死者不查所致，為避免此種溫泉溫度突然上升導致意外產生，建議在當地建立溫度即時回傳系統，當溫泉溫度有異常變化時，系統可立刻以手機、電話、簡訊、email 等方式通知相關人員或單位進行處理。

五、參考文獻

- Chiang, H. T., C. T. Shyu and 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. and 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., and 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. and Skokan, C.K., 1979, Results of an experimental drill hole at the summit of Kilauea volcano, Hawaii, *J. Volcnaol. Geotherm. Res.*, 5, 345-385.
- Liu, C.H., Alan, T. and Selwyn, S., 2009, Slow earthquakes triggered by typhoons, *Nature*, 459, doi:10.1038.
- 中時電子報，<http://news.chinatimes.com/focus/11050105/112012082400079.html>，2012/12/20。
- 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）。

第五章、結論

- 1、由氮同位素分析結果指出，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。
- 2、CO₂、S_t、HCl 三成分比例圖顯示出在本研究區域中，大油坑含有較多岩漿系統來源之噴氣，而小油坑及八煙則是以熱液系統來源的噴氣為主。
- 3、He、N₂及 Ar 三成分比例圖則顯示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。
- 4、唯各地區之氮同素比值成份，以及主要火山氣體，表示在過去數年來，本地區底下的逸氣系統相當的穩定。
- 5、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，目前於 11 月 16 日完成電力的供應，12 月 13 日完成資料即時無線傳輸，透過網路即可隨時觀看現地資料。
- 6、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。
- 7、地溫度監測結果發現，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°C、17.72~105.72°C和 21.99 ~34.26°C，各深度溫度變化之標準差分別約 0.0093~0.7041°C、0.2209~0.7270°C和 0.0094~0.2748°C。
- 8、菁山站的地溫呈現慢慢下降的趨勢，0-100 公尺的地溫變化較大，係受到降雨影響，大雨過後數小時內變化可達 2°C，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，上段溫度 5 年來降低約 0.6°C，下段的溫度年下降量在 2004-2009 年約 0.11°C，

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。

- 9、擎天崗站的地溫顯示較接近熱源，地溫梯度大致可分為兩段，第一段 0-200 公尺約 $3.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，第二段 200-470 公尺約 $29.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，第二段高地溫梯度可能是因離大油坑（後火成活動強）較近，本站 2010 年和 2011 年共發現 5 次與氣候無關的熱脈衝事件，今年則在深度 10 和 100 公尺於 9/22 發現一熱脈衝，這些熱脈衝可能跟地殼產生的振動有關；淺部 10 公尺的地溫深受地表氣溫影響有非常明顯的年週期變化並且有持續下降現象，年週期振幅約 0.05°C ，溫度下降量 5 年來大約 0.7°C 。
- 10、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。
- 11、龜山島測站各深度溫度變化也顯示整口井溫度有慢慢下降趨勢，值得持續監測。地溫梯度大致可分兩段，淺於 100 公尺的梯度約 $-1.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ，100 公尺以下的梯度約 $9.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。本站在 2004-2009 年夏季期間出現數次與颱風侵襲台灣時間吻合的熱脈衝事件，其原因可能是颱風的低氣壓影響地殼的應力分佈，應力變化影響孔隙水的位移因而改變了地下溫度場。

附錄一

火山氣體監測

2012年5月至11月大屯山採樣點位野外照片

(大油坑、小油坑、八煙)

大油坑



2012/05/09



2012/06/30



2012/07/20



2012/08/14

大油坑



2012/09/25



2012/10/02



2012/11/14



2012/12/01

小油坑



2012/05/30



2012/06/13



2012/07/11



2012/08/08

小油坑



2012/09/05



2012/10/03



2012/11/08



2012/12/01

八煙



2012/05/30



2012/06/27



2012/07/04



2012/08/14

溫泉流體監測

2012年5月至12月大屯山採樣點位野外照片

(硫磺谷、冷水坑、馬槽、大油坑、地熱谷)

硫磺谷



2012/05/01



2012/06/01



2012/07/01



2012/08/01

硫磺谷



2012/09/01



2012/10/01



2012/11/01



2012/12/01

冷水坑



2012/05/01



2012/06/01



2012/07/01



2012/08/01

冷水坑



2012/09/01



2012/10/01



2012/11/01



2012/12/01

馬槽



2012/05/01



2012/06/01



2012/07/01



2012/08/01

馬槽



2012/09/01



2012/10/01



2012/11/01



2012/12/01

大油坑



2012/05/01



2012/06/01



2012/07/01



2012/08/01

大油坑



2012/09/01



2012/10/01



2012/11/01



2012/12/01

地熱谷



2012/05/01



2012/06/01



2012/07/01



2012/08/01

地熱谷



2012/09/01



2012/10/01



2012/11/01



2012/12/01

地溫監測野外採樣照片

(一) 菁山測站



2012/05/12



2012/08/31



2012/10/10



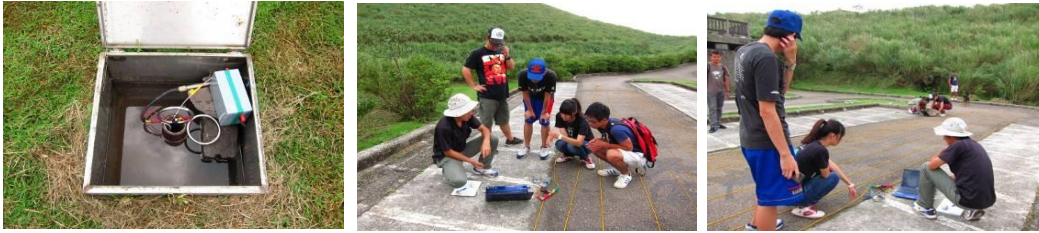


2012/12/3

(二) 擎天崗測站



2012/05/12



2012/08/31



2012/09/22



2012/10/10

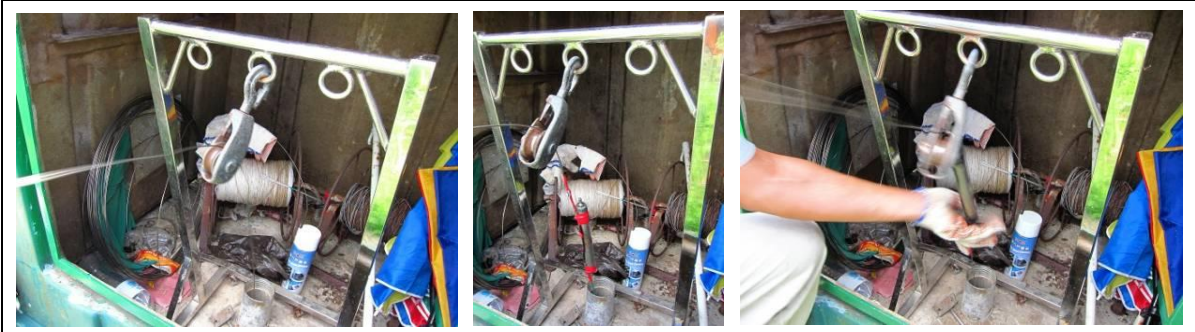


2012/11/20



2012/12/03

(三) 3 龜山島測站



2012/06/2



2012/09/01



2012/10/20



2012/11/22



2012/12/02

附件二：期末報告審查委員意見處理表

意見摘要	處理情形
一、報告中33頁，圖2-11之BY、SYK、DYK符號應標示地點	已改正；P33。
二、對於監測的資料結果，其解釋似乎過於簡單，是否能有進一步、詳細、或略有突破性的解釋	謝謝指教，未來將多參照國外發表之相關文獻，比對本區域研究結果，以期能提出進一步的解釋。
三、圖1-3~3-17沒有顯示2012的資料嚴重疏失	已補正；P65~81。
四、溫泉水的化學變化討論與2011年期末報告相似，沒有討論本期結果	已補正修改完畢；P65~81。
五、全篇圖表橫軸時間表示宜統一，其分別為10/22/2012；01/01/08；2012/11/22；101年10月10日都不相同，應統一。	謝謝指教，日期已統一採用2012/11/22格式
六、圖1-1(P.3)須加註經緯度	謝謝指教，因LiDar圖屬機密圖檔，故不方便標示。
七、表2-1、表2-2、表2-3皆有2個，應用a,b分別(P.16~21)	已補正修改完畢；P16~21。
八、P.25圖1-11(倒數第5行)，及圖1-4、1-5、1-7、1-9(倒數第2行)皆無這些圖，應改為正確	已修改完畢；P25。
九、圖2-17(P.40-41)圖說，上圖…下圖…與所示不對，應修正	已補正修改完畢；P41。
十、圖2-18、2-19(P.43-44)為黑白圖，但圖說卻有淺藍色、綠色、紅色、深藍色等說明與所示不符，需修正	已補正修改完畢；P43。
十一、P.42倒數第3行，圖2-8，但P.30之圖2-8，與文章描述不符，須改為正	已修改完畢；P42。

確者	
十二、P.88大部分內容，重複出現在P.94第2~3行及P.96之上半文字部分，應修改描述方式，避免重複部分	謝謝指教，已修改完畢；P58。
十三、表3-2(P.95)、表3-4(P.98)、表3-6(P.99)之圖說中，” 歷年” 到底指哪個年份應說明清楚	謝謝指教，已標示；P60。
十四、表3-3至表3-7(P.101-105)圖說指含2012年資料，但並未包含，應修正為正確者	謝謝提醒，已修改完畢；P65~81。
十五、P.106，第2行，…2004至20121年…，20121年錯誤須修正	謝謝指教，已補正修改完畢；P65~81。
十六、圖3-8至圖3-12，圖3-13至圖3-17(P.108-117)圖說指含2012年資料，實際無2012年資料，應修正	謝謝指教，已補正修改完畢；P65~81。
十七、圖3-23至圖3-26，對應描述於P.122，但圖只有2012.10.1至2012.11.22之資料，全然沒有P.122所敘之2007年、2008年或2012年之資料，應加註2007至2012所有資料	謝謝指教，已補正修改完畢；P65~81。
十八、圖3-27至圖3-30(P.126~127)及圖3-31至圖3-33(P.128-P.130)各對應之說明在P.125及P.128，皆無法與敘述者對應，應修正為正確者	謝謝指教，已補正修改完畢；P89。
十九、P.125倒數第一行圖3-54，及P.128圖3-53皆無此2圖，應修正	已補正修改完畢；P92。
二十、P.163須加註Chintieugan well	已補正修改完畢；P129。
二十一、P.215是屬於哪一個地點，須加註。為何無5-8月照片?	已補正修改完畢；附錄一。

二十二、P225照片不清楚，不如不要	謝謝指教，已補正修改完畢；是列印黑白的緣故。
二十三、P.8工作項目，火山氣體、溫泉水、地溫量測時採樣及量測皆須拍攝照片3張以上及註明日期，但火山氣體採樣缺照片，而溫泉水彩樣無日期，只有月份需改進	已補正修改完畢；附錄一。
二十四、照片及圖片不清楚者，應改為清楚(P.40圖2-16；P.92圖3-2；P.151圖4-1)	謝謝指教，已補正修改完畢；是列印黑白的緣故。
二十五、P.89溫泉採集地點，缺地熱谷，應標示	已補正修改完畢；P53。
二十六、P.45的圖1-4~1-9未見	已補正修改完畢。
二十七、本計畫以資料分析為主，資料表格請再編修增加可讀性，各地點由新頁開始，同一地點不同頁都應到標題列	謝謝指教，遵照辦理。
二十八、請增列”總結論”乙章，將各項觀測結論納入	謝謝指教，遵照辦理；P160。
二十九、摘要中出現”竹子湖”站，應修正	已補正修改完畢；PIX。
三十、請說明氣體來源之”岩漿系統”及”熱液系統”之地質學理及意義	謝謝指教，以後遵照辦理。
三十一、請再多投入各種現象的”機制”討論	謝謝指教，遵照辦理。地溫資料討論已參照委員意見，對擎天崗深度10公尺2012/09/22之熱脈衝提出機制解釋，未來將多對照國外相關之研究成果，探討研究區域地溫變化之地質意義。

<p>三十二、地溫監測之資料變化常在1°C以下，應檢視是否儀器功能衰減</p>	<p>謝謝指教，遵照辦理。地溫監測所用之熱探針約兩年取回實驗室做溫度校正，使用的校正儀器為德國precision公司生產的水銀溫度計，準確度為0.001°C，過去的校正資料顯示，熱探針每年漂移量約0.015°C。</p>
<p>三十三、第三章的圖都要更新，才能驗收</p>	<p>謝謝指教，遵照辦理；P65~81。</p>
<p>三十四、本案屬勞務採購案，監測及分析資料應與合約期程相符，溫泉水質監測部分未附2012監測資料應補齊</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>三十五、目錄：有附錄一，附件二，為何沒有附件一？</p>	<p>謝謝指正，是typo應是附錄二；PII。</p>
<p>三十六、目錄之附錄一及附件二之頁數與實際不符。</p>	<p>已補正修改完畢；PII。</p>
<p>三十七、中英文摘要之前兩段，完全未更新，未提及2012年之資料。</p>	<p>已補正修改完畢；PIX~XI。</p>
<p>三十八、P.42 倒數第三行，是測量大氣中溫度用儀器，與所指圖2-8，為小油坑氣體成分圖，差異太大，不知為何在P.187中，指已修改完畢？</p>	<p>已補正修改完畢；P42。</p>
<p>三十九、P.64 地熱谷在本年度之TDS、pH、導電度及溫度，如圖3-7所示，並不如所描述本年度則相對穩定，須修正。</p>	<p>已補正修改完畢；P64。</p>
<p>四十、P.70 第三行…結合2004至2011年…，不含2012年資料嗎？</p>	<p>已補正修改完畢；P70。</p>

四十一、 P.70~P.71全然不對2012年資料之5處溫泉水化學，有所描述，須補齊。

已補正修改完畢；P70~71。