經濟部

中央地質調查所報告第 96-15 號
委辦計畫編號（96-5226902000-02-02）

斷層活動性觀測研究-第 1 階段
斷層活動性之地球化學觀測與研究
(3/4)

期末報告

委託機關：經濟部中央地質調查所
執行單位：國立台灣大學
中華民國九十六年十二月

斷層活動性觀測研究-第 1 階段
斷層活動性之地球化學觀測與研究
(3/4)

期末報告

計畫主持人：楊燦堯

協同計畫主持人：劉聰桂

研究員：陳正宏、吳逸民、齊麟、宋國城

研究助理：傅慶州、吳國維

執行期限：96 年 1 月 31 日至 12 月 31 日

委辦單位：經濟部中央地質調查所

承辦單位：國立台灣大學地質學系

中 華 民 國 九 十 六 年 十二 月

摘 要

經由先前的調查研究結果得知，於斷層帶附近的氣體成份與水位變化的長期觀測，有助於吾人對於斷層與地震活動之機制的瞭解，可進一步探討當地可能之地震前兆異常指標。

本年度計畫對於已設置在嘉義中崙濁水潭、嘉義中崙溫泉井、新竹大平地、嘉義梅山及台南二溪等五座氣體觀測站持續觀測，並配合各測站的地震儀與新竹雙溪和嘉義沄水水位觀測站資料，期能提供更為精準的地震活動訊息。全部的觀測站皆為自動化設置且都可從台北直接取得即時資料，並配合周遭的應變儀測站及中央氣象局的強震儀，期有利於往後對於分析資料之判讀，並進一步觀測其活動可能之前兆訊息與可能機制。

本年度計畫亦於台東成功和池上地區附近進行土壤逸氣調查，選擇對於斷層與地震活動較為敏感的位置，作為未來設站的參考。

Abstract

It would be helpful to better understand the mechanism and process of the fault/earthquake activity by long-term monitoring the gas composition and water-level at appropriate sites of fault zone areas. Furthermore, it may help us to observe the potential geochemical precursors in one area.

We have maintained the existing stations in Chunglun area, Tapingdi , Meishan and Rersi area for continuous monitoring on the variations of soil gas composition to verify the relationship between geochemical and earthquake events in studied areas of this project. Meanwhile, seismic and water level data were also included for better understanding the earthquake activity in the area. All stations are fully automatic and able to transfer the real-time data to Taipei (NTU) for further analyses synthesis and interpretations. In addition to the nearby setup continuous strain monitoring station, we will be able to collect physical and chemical data of crustal strain and fluid chemistry simultaneously at the same area for further data interpretation in the feature.

We have also conducted a general survey of soil gas composition around the Chengkong and Chihshang area in Taitung, eastern Taiwan. Some sites exhibiting anomalous high helium and radon concentrations in their soil gases and, is believed to be sensitive to local crust/strain activity and suitable for continuous monitoring.

斷層活動性之地球化學觀測與研究(3/4)

目　錄

中文摘要.....I
英文摘要.....II
目錄.....III
表目錄.....V
圖目錄.....V

壹、緒論.....1
1-1　本年度之工作項目.....2
1-2　目前工作進度.....2

貳、氣體觀測站觀測結果.....4
2-1　觀測站主要使用儀器.....4
2-1.1　四極桿質譜儀.....4
2-1.2　氡氣偵測儀.....4
2-1.3　地震儀.....4
2-1.4　觀測站分佈位置.....5
2-2　嘉義中崙濁水潭土壤氣體觀測站.....5
2-2.1　四極桿質譜儀分析結果.....5
2-2.2　氡氣偵測儀分析結果.....6
2-3　嘉義中崙溫泉一號井土壤氣體觀測站.....38
2-4　新竹大平地土壤氣體觀測站.....51
2-5　嘉義梅山土壤氣體觀測站.....65
2-6　台南二溪土壤氣體觀測站.....79
2-7　人工採樣分析結果.....92

參、東部地區土壤氣體逸氣調查.....95
3-1　前言.....95
3-2　研究地區.....95
3-3　野外採樣方法.....97
3-4　實驗室分析.....97
3-4.1　氦氣偵測儀.....97

3-4.2 攜帶式氣相層析儀..... 99
3-4.3 氡氣偵測儀..... 99
3-5 土壤氣調查結果..... 100

肆、地下水位觀測..... 109
4-1 前言..... 109
4-2 電子式水壓計觀測井概要..... 109
4-2.1 觀測井設計 109
4-2.1.1 玻璃纖維（FRP）儀器站房.....112
4-2.1.2 接地裝置 113
4-3 地下水壓變動觀測結果.....113
4-3.1 新竹寶山雙溪國小水壓觀測站 113

4-3.2 嘉義縣中埔鄉沄水國小水壓觀測站.....127

伍、評估觀測站氣體成份、水位變化與地震活動之關聯性……140
5-1 中崙濁水潭觀測站..... 140
5-2 中崙溫泉一號井觀測站..... 140
5-3 新竹大平地氣體觀測站..... 141
5-4 嘉義梅山氣體觀測站 144
5-5 台南二溪氣體觀測站..... 144
5-6 雙溪水壓觀測站與嘉義沄水水壓觀測站.....145
5-7 氣體觀測站與水位觀測站的相關性.....148
5-7.1 北區(大平地觀測站和雙溪水壓觀測站).....148

5-7.2 南區(濁水潭觀測站和沄水水壓觀測站).....148

陸、結論與建議……154

柒、參考文獻……156

捌、附錄（附錄 8-3、8-4、8-5 請參照光碟電子檔）……158
附錄 8-1：期中報告審查委員意見及答覆情形.....158
附錄 8-2：期末報告審查委員意見及答覆情形.....160
附錄 8-3：各土壤氣體觀測站氣體成份連續觀測結果
附錄 8-4：各水位井觀測站連續觀測結果
附錄 8-5：台東成功和池上地區土壤氣體成份分析結果

表目錄

表 1-1　預期進度甘梯圖及實際工作進度.....3
表 2-1　既有觀測站位置座標.....5
表 2-2　觀測站人工採樣氣體成份表..... 92
表 3-1　台東成功地區土壤氣體成份分析結果.....106
表 3-2　台東池上地區土壤氣體成份分析結果.....107
表 3-3　台東池上地區土壤氣體成份統計分析結果.....108
表 5-1　大平地觀測站觀測結果與地震活動之關聯性.....144

圖目錄

圖 2-1：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2006/12/1～2006/12/31）.....8
圖 2-2：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/1/1～2007/1/31）.....8
圖 2-3：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/2/1～2007/2/28）.....9
圖 2-4：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/3/1～2007/3/31）.....9
圖 2-5：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/4/1～2007/4/30）.....10
圖 2-6：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/5/1～2007/5/31）.....10
圖 2-7：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/6/1～2007/6/30）.....11
圖 2-8：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/7/1～2007/7/31）.....11
圖 2-9：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/8/1～2007/8/31）.....12
圖 2-10：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/9/1～2007/9/30）.....12
圖 2-11：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/10/1～2007/10/31）...13
圖 2-12：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/11/1～2007/11/30）...13
圖 2-13：中崙濁水潭土壤氣體成份（2006/12/1～2006/12/31）.....14
圖 2-14：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/1/1～2007/1/31）.....14
圖 2-15：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/2/1～2007/2/28）.....15
圖 2-16：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/3/1～2007/3/31）.....15
圖 2-17：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/4/1～2007/4/30）.....16
圖 2-18：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/5/1～2007/5/31）.....16
圖 2-19：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/6/1～2007/6/30）.....17
圖 2-20：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/7/1～2007/7/31）.....17
圖 2-21：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/8/1～2007/8/31）.....18
圖 2-22：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/9/1～2007/9/30）.....18

圖 2-23：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/10/1～2007/10/31）.....19
圖 2-24：中崙濁水潭土壤氣體成份（2007/11/1～2007/11/30）.....19
圖 2-25：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2006/12/1～2006/12/31）.....20
圖 2-26：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/1/1～2007/1/31）.....20
圖 2-27：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/2/1～2007/2/28）.....21
圖 2-28：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/3/1～2007/3/31）.....21
圖 2-29：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/4/1～2007/4/30）.....22
圖 2-30：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/5/1～2007/5/31）.....22
圖 2-31：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/6/1～2007/6/30）.....23
圖 2-32：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/7/1～2007/7/31）.....23
圖 2-33：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/8/1～2007/8/31）.....24
圖 2-34：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/9/1～2007/9/30）.....24
圖 2-35：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/10/1～2007/10/31）.....25
圖 2-36：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/11/1～2007/11/30）.....25
圖 2-37：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2006/12/1～2006/12/31）.....26
圖 2-38：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/1/1～2007/1/31）.....27
圖 2-39：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/2/1～2007/2/28）.....28
圖 2-40：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/3/1～2007/3/31）.....29
圖 2-41：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/4/1～2007/4/30）.....30
圖 2-42：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/5/1～2007/5/31）.....31
圖 2-43：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/6/1～2007/6/30）.....32
圖 2-44：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/7/1～2007/7/31）.....33
圖 2-45：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/8/1～2007/8/31）.....34
圖 2-46：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/9/1～2007/9/30）.....35
圖 2-47：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/10/1～2007/10/31）.....36
圖 2-48：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化（2007/11/1～2007/11/30）.....37
圖 2-49：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2006/12/1～2006/12/31）.....39
圖 2-50：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/1/1～2007/1/31）...40
圖 2-51：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/2/1～2007/2/28）...41
圖 2-52：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/3/1～2007/3/31）...42
圖 2-53：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/4/1～2007/4/30）...43
圖 2-54：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/5/1～2007/5/31）...44
圖 2-55：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/6/1～2007/6/30）...45
圖 2-56：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/7/1～2007/7/31）...46

圖 2-57：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/8/1～2007/8/31）...47
圖 2-58：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/9/1～2007/9/30）...48
圖 2-59：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/10/1～2007/10/31）...49
圖 2-60：中崙溫泉井氡氣與二氧化碳成份變化（2007/11/1～2007/11/30）...50
圖 2-61：新竹大平地觀測站觀測結果（2006/12/1～2006/12/31）.....53
圖 2-62：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/1/1～2007/1/31）.....54
圖 2-63：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/2/1～2007/2/28）.....55
圖 2-64：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/3/1～2007/3/31）.....56
圖 2-65：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/4/1～2007/4/30）.....57
圖 2-66：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/5/1～2007/5/31）.....58
圖 2-67：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/6/1～2007/6/30）.....59
圖 2-68：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/7/1～2007/7/31）.....60
圖 2-69：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/8/1～2007/8/31）.....61
圖 2-70：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/9/1～2007/9/30）.....62
圖 2-71：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/10/1～2007/10/31）.....63
圖 2-72：新竹大平地觀測站觀測結果（2007/11/1～2007/11/30）.....64
圖 2-73：嘉義梅山觀測站觀測結果（2006/12/1～2006/12/31）.....67
圖 2-74：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/1/1～2007/1/31）.....68
圖 2-75：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/2/1～2007/2/28）.....69
圖 2-76：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/3/1～2007/3/31）.....70
圖 2-77：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/4/1～2007/4/30）.....71
圖 2-78：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/5/1～2007/5/31）.....72
圖 2-79：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/6/1～2007/6/30）.....73
圖 2-80：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/7/1～2007/7/31）.....74
圖 2-81：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/8/1～2007/8/31）.....75
圖 2-82：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/9/1～2007/9/30）.....76
圖 2-83：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/10/1～2007/10/31）.....77
圖 2-84：嘉義梅山觀測站觀測結果（2007/11/1～2007/11/30）.....78
圖 2-85：台南二溪觀測站觀測結果（2006/12/1～2006/12/31）.....80
圖 2-86：台南二溪觀測站觀測結果（2007/1/1～2007/1/31）.....81
圖 2-87：台南二溪觀測站觀測結果（2007/2/1～2007/2/28）.....82
圖 2-88：台南二溪觀測站觀測結果（2007/3/1～2007/3/31）.....83
圖 2-89：台南二溪觀測站觀測結果（2007/4/1～2007/4/30）.....84
圖 2-90：台南二溪觀測站觀測結果（2007/5/1～2007/5/31）.....85

圖 2-91：台南二溪觀測站觀測結果（2007/6/1～2007/6/30）.....86
圖 2-92：台南二溪觀測站觀測結果（2007/7/1～2007/7/31）.....87
圖 2-93：台南二溪觀測站觀測結果（2007/8/1～2007/8/31）.....88
圖 2-94：台南二溪觀測站觀測結果（2007/9/1～2007/9/30）.....89
圖 2-95：台南二溪觀測站觀測結果（2007/10/1～2007/10/31）.....90
圖 2-96：台南二溪觀測站觀測結果（2007/11/1～2007/11/30）.....91
圖 3-1 ：台東池上地區地質示意圖.....96
圖 3-2 ：台東地區歷年大規模地震發生的時間與地點.....96
圖 3-3 ：野外採樣土壤氣體的實際情形 98
圖 3-4 ：採樣示意圖.....98
圖 3-5 ：成功地區土壤氣體氡氣(Rn)濃度異常分佈圖.....101
圖 3-6 ：池上地區土壤氣體氦氣(He)濃度異常分佈圖.....102
圖 3-7 ：池上地區土壤氣體氡氣(Rn)濃度異常分佈圖.....103
圖 3-8 ：池上地區土壤氣體氮氣(N_2)濃度異常分佈圖.....104
圖 3-9 ：池上地區土壤氣體二氧化碳(CO_2)濃度異常分佈圖.....105
圖 4-1a：玻璃纖維（FRP）儀器站房示意圖.....110
圖 4-1b：地下水位觀測資料之衛星傳輸示意圖.....110
圖 4-2：井孔及水壓計設置示意圖.....111
圖 4-3：新竹縣寶山雙溪國小地下水位觀測井位置圖.....113
圖 4-4：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2006/12/1～2006/12/31）...115
圖 4-5：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/1/12～2007/1/31）.....116
圖 4-6：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/2/1～2007/2/28）.....117
圖 4-7：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/3/1～2007/3/31）.....118
圖 4-8：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/4/1～2007/4/30）.....119
圖 4-9：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/5/1～2007/5/23）.....120
圖 4-10：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/5/24～2007/6/30）...121
圖 4-11：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/8/1～2007/8/31）.....122
圖 4-12：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/9/1～2007/9/30）.....123
圖 4-13：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/10/1～2007/10/31）...124
圖 4-14：雙溪國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/11/1～2007/11/11）...125
圖 4-15：汕水國小觀測井附近地質圖.....126
圖 4-16：台大本研究室即時讀取汕水國小水壓觀測井之水壓狀況.....127
圖 4-17：汕水國小觀測井之水壓觀測值結果（2006/12/1～2006/12/31）...128
圖 4-18：汕水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/1/1～2007/1/31）.....129

圖 4-19：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/2/1～2007/2/28）.....130
圖 4-20：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/3/1～2007/3/31）.....131
圖 4-21：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/4/1～2007/4/30）.....132
圖 4-22：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/5/1～2007/5/31）.....133
圖 4-23：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/6/1～2007/6/30）.....134
圖 4-24：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/7/1～2007/7/31）.....135
圖 4-25：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/8/1～2007/8/31）.....136
圖 4-26：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/9/1～2007/9/30）.....137
圖 4-27：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/10/1～2007/10/31）.....138
圖 4-28：沄水國小觀測井之水壓觀測值結果（2007/11/1～2007/11/26）.....139
圖 5-1：新竹大平地觀測站觀測結果（2006/6/15～2007/9/30）.....142
圖 5-2：大平地觀測站所測得地震震度的地震分布圖.....143
圖 5-3：雙溪觀測井所測得地震震度的地震分布圖.....146
圖 5-4：沄水觀測站所測得地震震度的地震分布圖.....147
圖 5-5：大平地觀測站和雙溪觀測站觀測結果（2007/2/1～2007/2/28）...148
圖 5-6：大平地觀測站和雙溪觀測站觀測結果（2007/3/1～2007/3/31）...149
圖 5-7：大平地觀測站和雙溪觀測站觀測結果（2007/8/1～2007/8/31）...149
圖 5-8：大平地觀測站和雙溪觀測站觀測結果（2007/9/1～2007/9/30）...150
圖 5-9：大平地觀測站和雙溪觀測站觀測結果（2007/10/1～2007/10/31）...150
圖 5-10：大平地觀測站和雙溪觀測站觀測結果（2007/11/1～2007/11/30）...151
圖 5-11：濁水潭觀測站和沄水觀測站觀測結果（2007/1/1～2007/1/31）...151
圖 5-12：濁水潭觀測站和沄水觀測站觀測結果（2007/2/1～2007/2/28）...152
圖 5-13：濁水潭觀測站和沄水觀測站觀測結果（2007/7/1～2007/7/31）...152
圖 5-14：濁水潭觀測站和沄水觀測站觀測結果（2007/10/1～2007/10/31）...153

壹、緒論

台灣位於歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊的交接處，地殼活動特別活躍，斷層活動所引發的地震也特別多。由於地震在即將發生前，通常都會有一些物理的或化學的前兆，若我們能結合地球物理和地球化學的方法，同時來觀測這種地質災害的前兆，可作為可能發生災害的預警。在觀測及預測斷層活動與地震的方法中，地球化學變化常可提供有用的地震前兆訊息。這些大部分與熱水作用相關的氣體如 Rn, He, CO_2, CH_4, H_2, Ar, 與N_2的地球化學異常，以及溶於水體的陰、陽離子濃度的劇烈變化一般歸之於斷層活動過程造成的地下流體（水與氣）循環系統的改變而導致的這些流體的混合作用。

選擇位於斷層帶附近的適當位置，設置氣體地球化學與水位遠端傳輸觀測站，配合鄰近地區之地殼活動觀測資料，將有助於吾人瞭解該地區之斷層、地震活動與觀測結果之關聯，並進一步觀測其活動可能之前兆訊息與可能機制。

本計畫為四年期計畫（94-97 年度），將於台灣各活動斷層區逐年逐區新設置共氣體與水位遠端傳輸觀測站，以瞭解不同構造區觀測結果之異同，探討台灣南部與北部不同構造區對於觀測結果之影響，並評估觀測站氣體成份與水位觀測結果，及作為斷層與地震活動之可能前兆訊息。

本（96）年度，將持續對於嘉義中崙濁水潭、中崙溫泉井、新竹大平地、嘉義梅山、台南二溪已設置之五座氣體觀測站；及新竹雙溪國小、嘉義沄水國小水位觀測站持續觀測外，亦於台灣東部池上、成功地區附近進行土壤逸氣調查，選擇對於斷層與地震活動較為敏感的位置，俟以後經費許可再行新設置氣體觀測站，以期能夠建立較完整之觀測網，以利於往後對於分析資料之判讀。

1-1 本年度之工作項目：

（I） 持續維護於嘉義中崙濁水潭、中崙溫泉井、新竹大平地、嘉義梅山、台南二溪已設置之五個氣體遠端傳輸觀測站，分析其土壤氣體成份變化，以遠端遙控方式將資料即時傳回台北作進一步之分析與解釋。

中崙濁水潭站：分析 N_2, O_2, Ar, H_2O, CO_2, CH_4, Rn 等氣體成份

中崙溫泉站、新竹大平地站、嘉義梅山站、台南二溪站：分析 CO_2, Rn

（II）持續維護於新竹雙溪國小、嘉義沄水國小已設置之水位觀測井，分析其水位變化與地殼活動之關連性。

（III） 於台東池上與成功附近，進行土壤氣體調查，決定未來適合設置連續觀測站的位址。

（IV） 評估同震地下水位變化與地震活動之關聯性。

（V）收集鄰近地殼、地震活動觀測資料，分析觀測站氣體成份、水位變化與當地斷層、地震活動之關聯性。

（VI） 繳交依審查意見修正後之研究成果報告書 30 份及電子資料檔光碟 1 份。

1-2 目前工作進度：

1. 針對已設置之氣體連續觀測站與水位觀測井，持續分析其土壤氣體成份與水位變化。
2. 已完成台東池上與成功兩地的土壤氣體調查探勘，評選可能設站地點。
3. 評估同震地下水位變化與地震活動之關聯性。
4. 持續收集鄰近地殼、地震活動觀測資料，試著分析觀測站氣體成份、水位變化與當地斷層、地震活動之關聯性。
5. 持續進行人工採樣與背景值分析。

表 1-1、預期進度甘梯圖（黑）及實際工作進度（紅）

計畫名稱：													
月 次 工 作 項 目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	第11月	第12月	備 註
相關文獻搜集整理分析													
既有觀測站持續分析數據													
台東地區設置位址探勘													
定期人工氣體採樣													
樣本分析、測定													
第一季查核點													
第二季查核點													
期中報告													
第三季查核點													
期末報告													
第四季查核點													
預 定 進 度 （ 累 積 數 ）	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	100%	

貳、氣體觀測站觀測結果

2-1 觀測站主要使用儀器

2-1.1 四極桿質譜儀

本儀器為 Standford Research System (SRS)公司出產的四極桿質譜（QMS-100）做為觀測站分析氣體樣品之儀器，SRS QMS-100 具有輕便及體積小、適合野外分析之優點外，並有很大之分析範圍（10^{-5}～10^{-14} torr）、極高之敏感度、與解析（<0.5 amu），能夠快速掃瞄樣品中所有成份（<10 秒），同時可分析多種氣體成份（包括：氫氣、氦氣、甲烷、水氣、氮氣、氧氣、氬氣、二氧化碳、乙烷、氡氣等）等優點，非常適合用於長期連續觀測氣體成份變化。其分析步驟、原理請參照台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（陳正宏等，2000，2001，2002）。

2-1.2 氡氣偵測儀

本計畫所採用之氡氣偵測儀為德國 SARAD 公司製造、型號為 RTM 2100，主要可分析氡氣的兩個同位素，分別為 ^{222}Rn (Radon) 及 ^{220}Rn (Thoron)。由於在觀測站屬於長時間的連續分析，因此我們選擇 Radon (fast) 模式且設定為每 15 分鐘一筆資料以期瞭解氡氣持續的變化情形並將其誤差值減至最低。有兩個過濾系統會阻止 Rn-222 或 Rn-220 的放射性子核種進入高靈敏度的測量室中，而能分析到原始氡氣濃度。內部有兩組幫浦抽氣速率的設定：分別為每分鐘 3 升，能夠分析 ^{220}Rn 的較高速抽氣速率；及每分鐘 0.5 升，分析 ^{222}Rn 的低速抽氣速率。其內部尚有三種感應器可與氡氣的資料同時紀錄，分別為週遭的氣壓、與進樣氣體之溫度（± 1℃）及溼度（± 2%）。其分析步驟、原理同樣請參照台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（劉聰桂等，2003）。

2-1.3 地震儀

本儀器為美國 kinemetrics 公司所生產之地動加速度的強震儀，擁有 18-bits 的高解析度，可記錄到正負 2G 範圍的強地動，記錄的信號為三軸向（channel 1~3 分別為垂直向、南北向及東西向），取樣速率為每秒 200 點（200Hz）。其分析步驟、

原理同樣請參照斷層活動性之地球化學觀測與研究(1/4)（楊燦堯等，2005）。

2-1.4 觀測站分佈位置

表2-1顯示各觀測站的分佈位置。

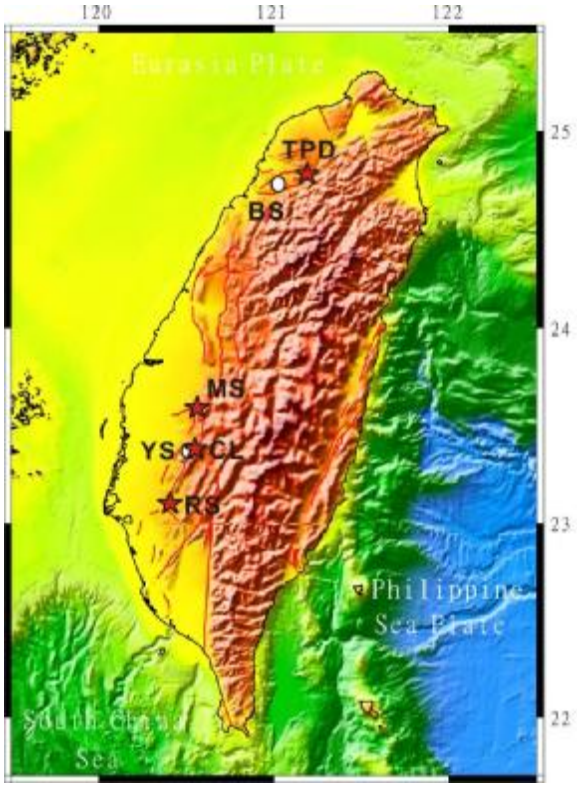


表 2-1 既有觀測站位置座標

	二度分帶(E)	二度分帶(N)
中崙濁水潭測站 (CL3)	204643	2586520
中崙溫泉井測站 (CL3-well)	204295	2585913
大平地測站 (TPD)	265637	2736929
梅山測站 (MS)	206325	2609740
二溪測站 (RS)	189642	2558154
寶山水位站 (BS)	248175	2740736
沄水水位站 (YS)	200697	2586171

2-2 嘉義中崙濁水潭土壤氣體觀測站

2-2.1 四極桿質譜儀分析結果

圖2-1至2-12為中崙濁水潭之土壤氣體成份分壓連續分析結果，圖2-1、圖2-2為2006年12月至2007年1月的分析結果，分壓變化沒有太大的波動不過在2006年12月中時，各氣體分壓均增加並且持續了約5天左右，不過由於當時同站的氡氣分析儀處於維護狀態而無法進行比對，且無其它地震事件可對應。而於2007年1月28日開始二氧化碳分壓明顯升高，這可能與1月31日的嘉義地震有關(地震規模4.1，震度為2級)。

圖2-3至圖2-4則分別為2月至3月的分析結果，其間大都為反應日夜溫差的變化，沒有明顯的對應事件。而3月26日二氧化碳有突然升高的趨勢並持續了數小時，

這可能與3月27日嘉義草山地震有關(地震規模4.3，震度為2級)。圖2-5則為4月的觀測結果，於4月底時重新配置管線，因此背景值有所變動。圖2-6則是5月的結果，基本上沒什麼變化，不過在5月中旬時整個中崙地區完全斷電，因此造成資料中斷。不幸地，此情形在5月底時又再度發生。從圖2-7的6月資料顯示，在6月7日由於當地的豪大雨造成二氧化碳等氣體因水氣的升高而下降，其後QMS內部水氣超過負荷造成儀器故障，現正送回原廠維修中。所幸從5月初開始本研究區域並無記錄到特別活躍的地震活動。

圖2-8為7月份的觀測結果，發現自6月底至7月11日左右，其間的雨量並沒有顯著增大，不過二氧化碳卻大幅降低，此為土壤氣的流量降低所致。圖2-9的結果則受到QMS儀器進入大量水氣造成故障而使得資料中斷，直至9月11日(圖2-10)藉由重新配置觀測站的進樣管線而恢復正常的運作，這段時間本觀測站持續進行各式的測試以瞭解問題所在。

圖2-11則是10月份的觀測結果，於8日因颱風侵襲造成當地斷電而資料中斷，13日恢復運作後則發現甲烷大幅度持續的增加達到穩定，並維持了長達23天，這段時間在高雄甲仙地區共發生三起地震事件，分別為10月19日(地震規模4.6，震度為2級)、10月22日(地震規模4.3，震度為2級)、10月30日(地震規模4.0，震度為1級)，另外10月17日於花蓮外海也發生一起地震規模5.7，震度為1級的地震，甲烷的增加可能與上述原因有關。圖2-12為11月的觀測結果，除了在月中因儀器當機造成資料中斷之外，目前為正常運作中。

而圖2-13至2-24中崙濁水潭之土壤氣體成份之體積百分比連續分析結果與圖2-25至2-36中崙濁水潭之土壤氣體成份比值變化連續分析結果，也同樣顯示出類似氣體成份分壓變化的情形。

2-2.2 氡氣偵測儀分析結果

圖2-37至2-48為中崙濁水潭之土壤氡氣成份連續分析結果。圖2-37為2006年12月的觀測情形，12月3日後的分析值開始有問題，經過一段時間檢測後發現為儀器問題，已於12月中恢復觀測。不過對於12月26日的屏東地震似乎沒有顯著的變化，

可能是由於震央距離過遠的緣故所致。

圖2-38和圖2-39分別為2007年1月和2月的分析結果，同樣顯示為每日的變化，而1月底的兩次地震事件和2月中的一次地震事件，對於本測站土壤氡氣的濃度來說，並沒有顯著的影響。圖2-40則是3月的觀測結果，本月原都為每日的變化，不過從3月25日開始，此循環有些微改變(如圖2-40的紅圈所示)，呈現持續升高的趨勢直至3月27日地震(地震規模4.3，震度為2級)發生後又恢復原來的循環方式，其彼此間可能有相關。

圖2-41則是2007年4月的連續分析結果，於4月底時如前述所提到，進行管線重新配置，同時更換另一台氡氣分析儀以進行儀器維護，因此背景值有所改變。圖2-42和圖2-43分別為2007年5月和6月的觀測結果，其間發生幾起Radon與Thorn濃度皆突然大幅度降低，這應與連續的豪大雨有關，同時5月底中崙地區的第二次斷電也使得氡氣分析儀的資料因此而中斷。

圖2-44為7月的觀測結果，本月有四起地震於觀測站皆偵測到震度，不過氣體濃度並無明顯異常。圖2-45為8月的資料，由於管線含有太多的水氣，以致於造成資料波動過大。在圖2-46(9月)觀測站經過重新的調整後，已恢復正常運作，不過儀器仍不時出現突波。圖2-47為10月觀測資料，鄰近地區雖發生幾次地震，不過氣體濃度仍無顯著變化，其中值得注意的是，從QMS的資料發現於10月13日時甲烷濃度開始升高，不過同樣的時間土壤氡氣濃度並無明顯改變；圖2-48則為11月觀測結果，氡氣濃度於25日開始顯著增加並維持約一天左右，現已回復平穩，有待持續觀測以達到更好的成果。

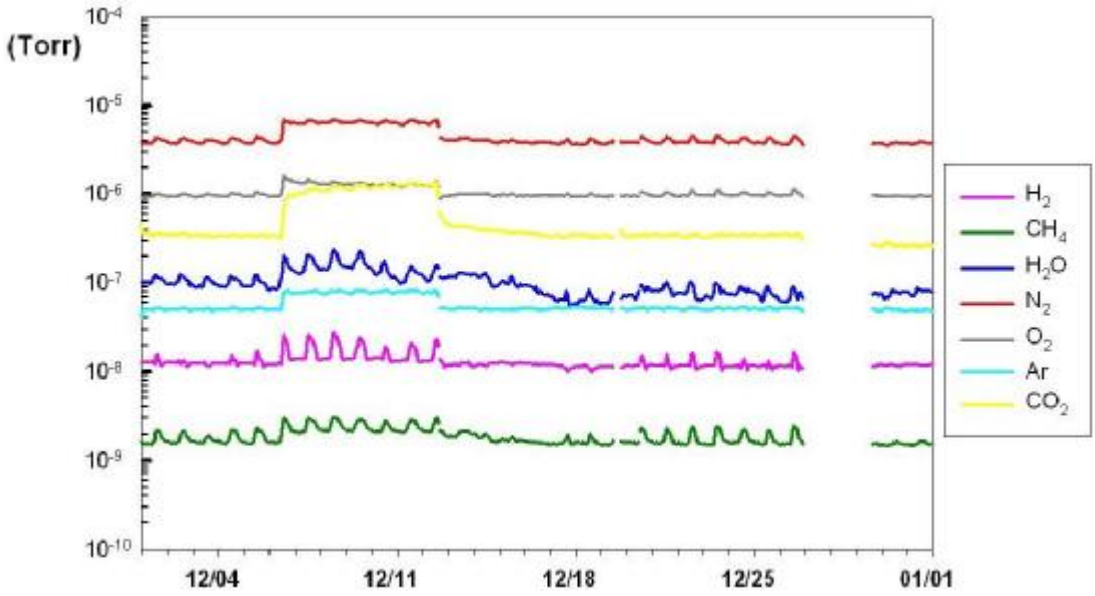


圖2-1：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2006/12/1～2006/12/31）。

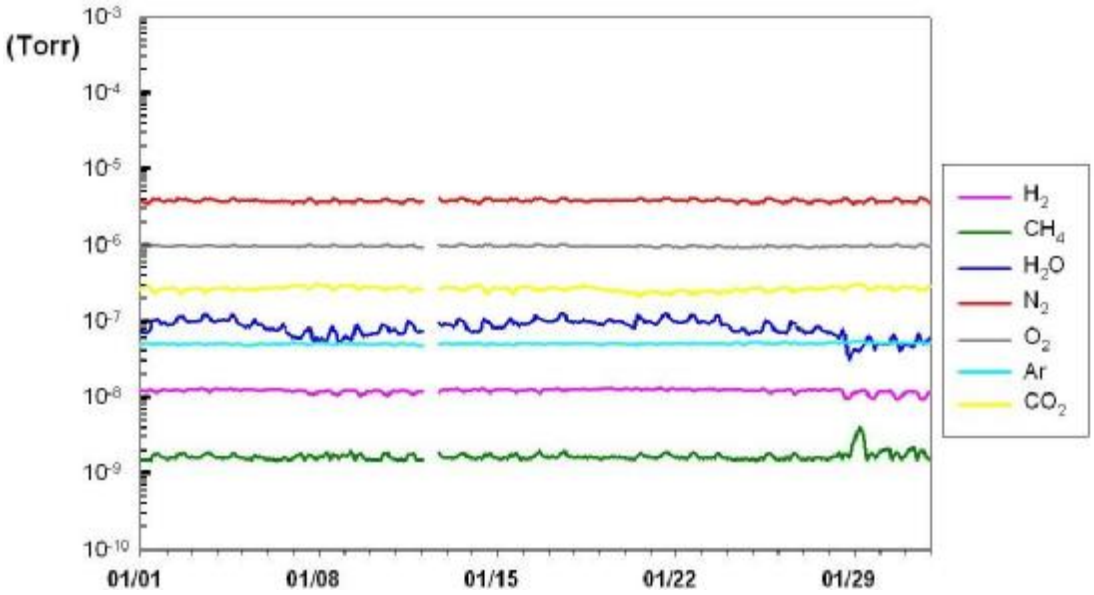


圖2-2:中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/1/1～2007/1/31)。

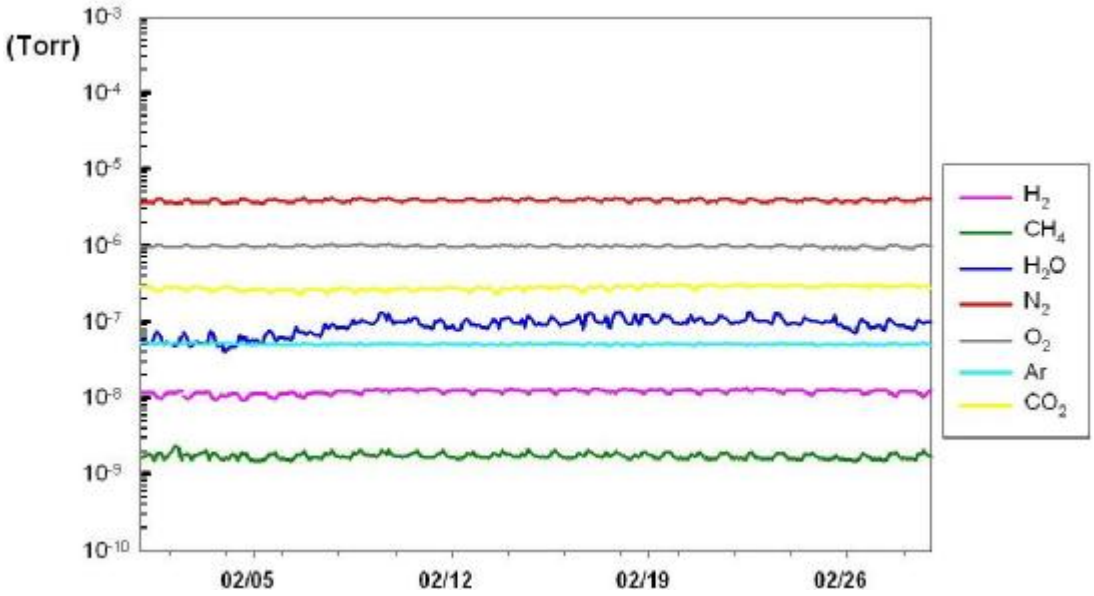


圖2-3:中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/2/1～2007/2/28)。

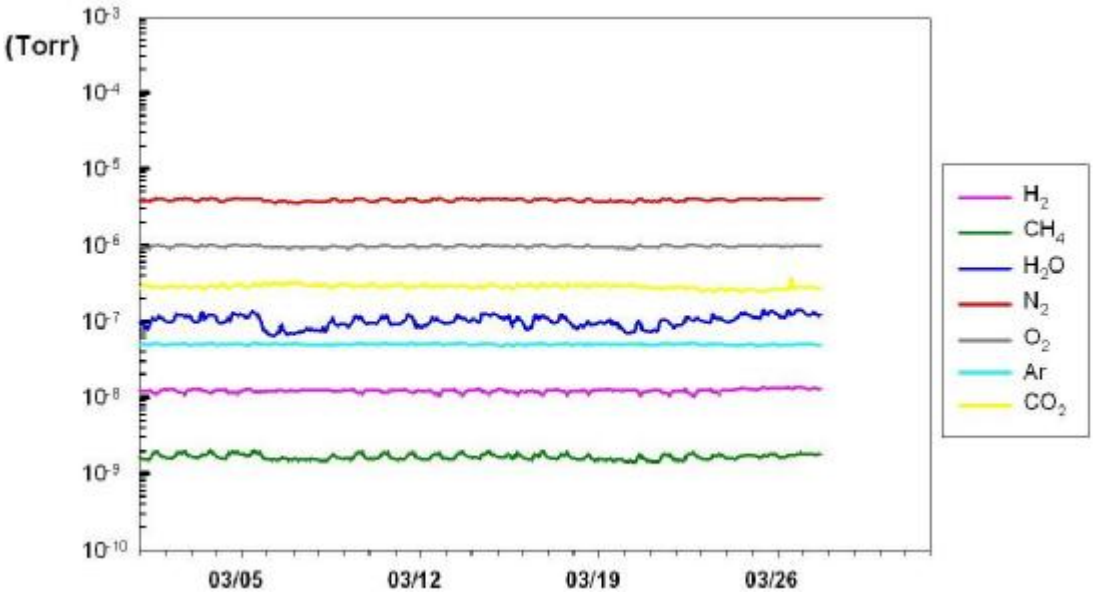


圖2-4:中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/3/1～2007/3/31)。
3月底儀器維修。

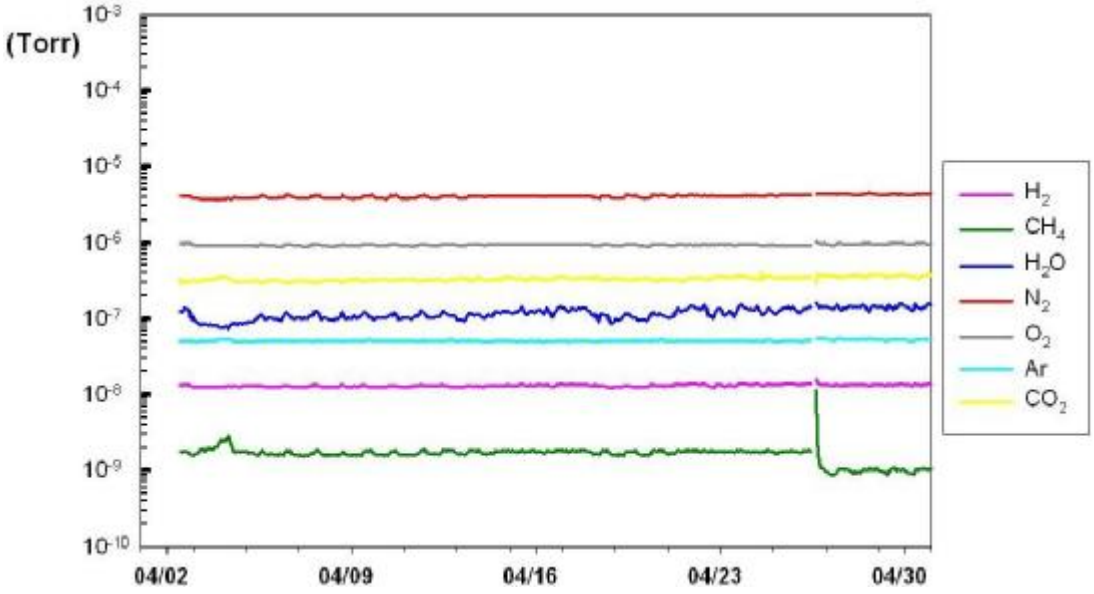


圖2-5:中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/4/1～2007/4/30)。
4月底觀測站內的管線重新配置。

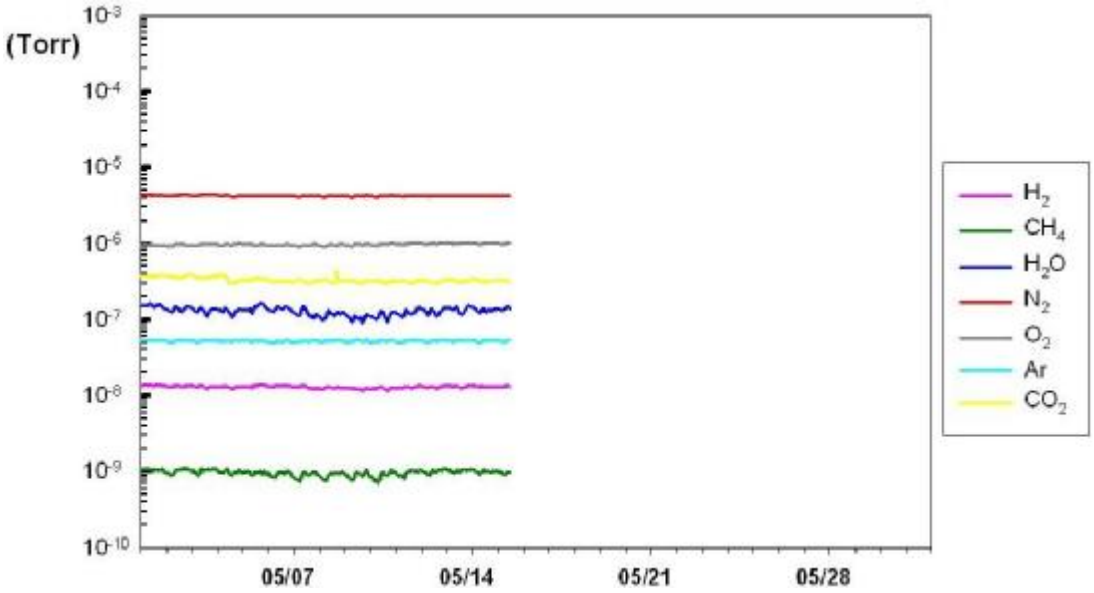


圖2-6:中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/5/1～2007/5/31)。
5月中後，中崙地區發生兩起全面斷電的事件。

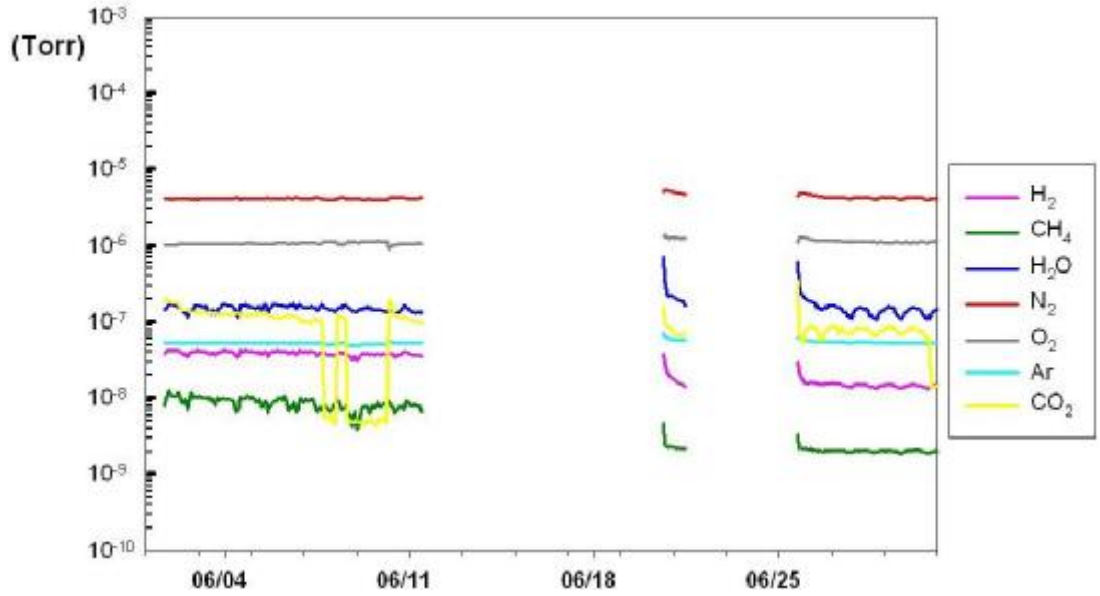


圖2-7：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/6/1～2007/6/30)。6月中後，由於大雨造成儀器故障。6月底二氧化碳大幅下降，此為土壤氣流量降低所致。

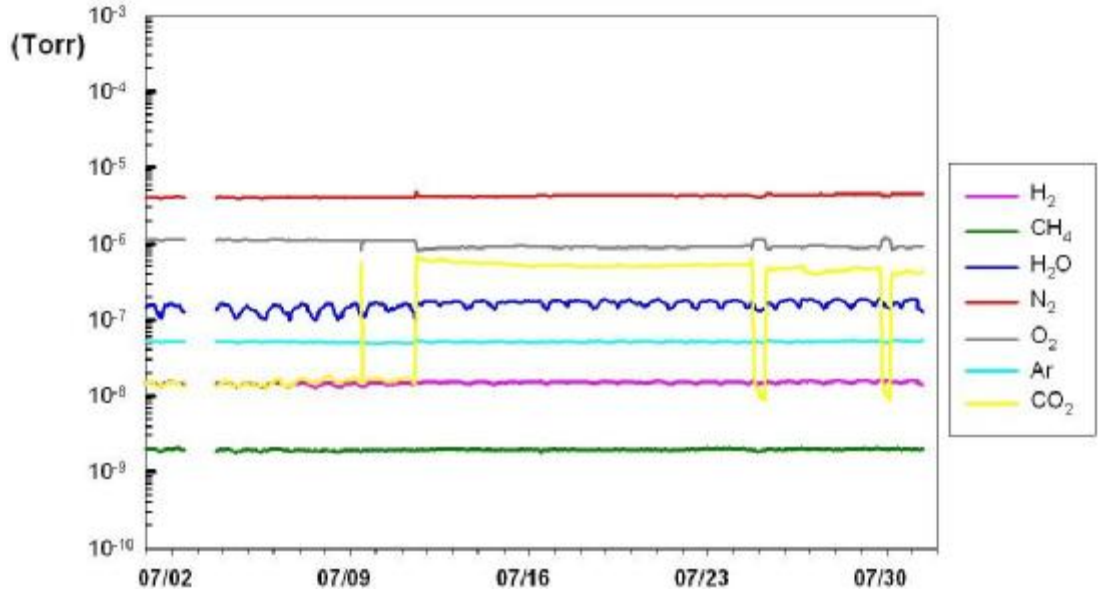


圖2-8：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/7/1～2007/7/31)。土壤氣流量降低的現像直至11日才恢復正常。

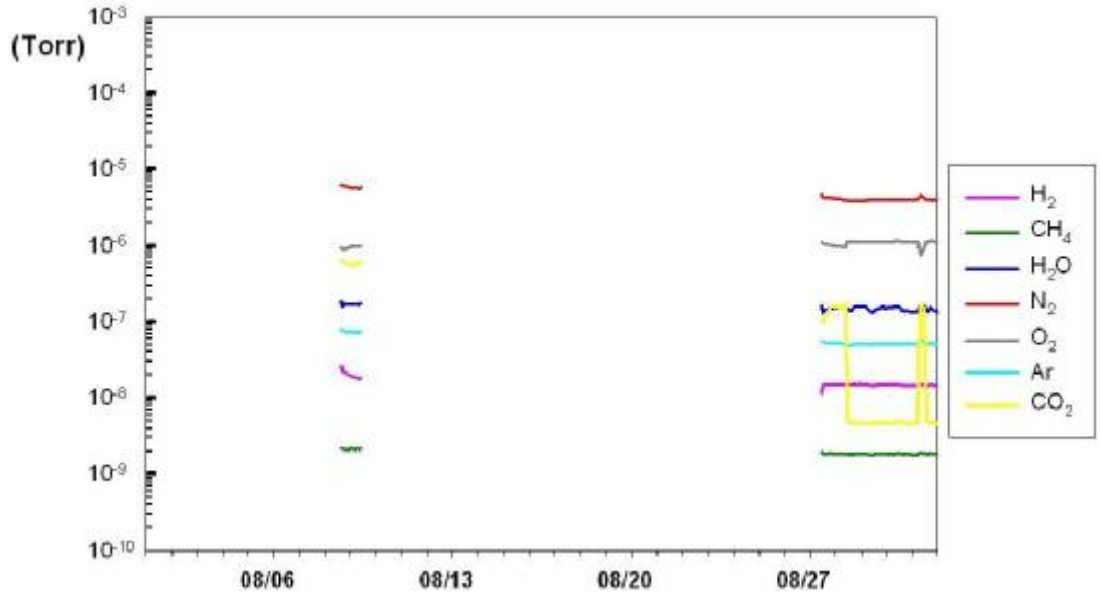


圖 2-9: 中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化(2007/8/1～2007/8/31)。本月初 QMS 因內部水氣過高，因而關機進行維護。28 日則加裝乾燥劑幫助降低水氣，但此乾燥劑會吸收一部份的二氧化碳而降低其值。

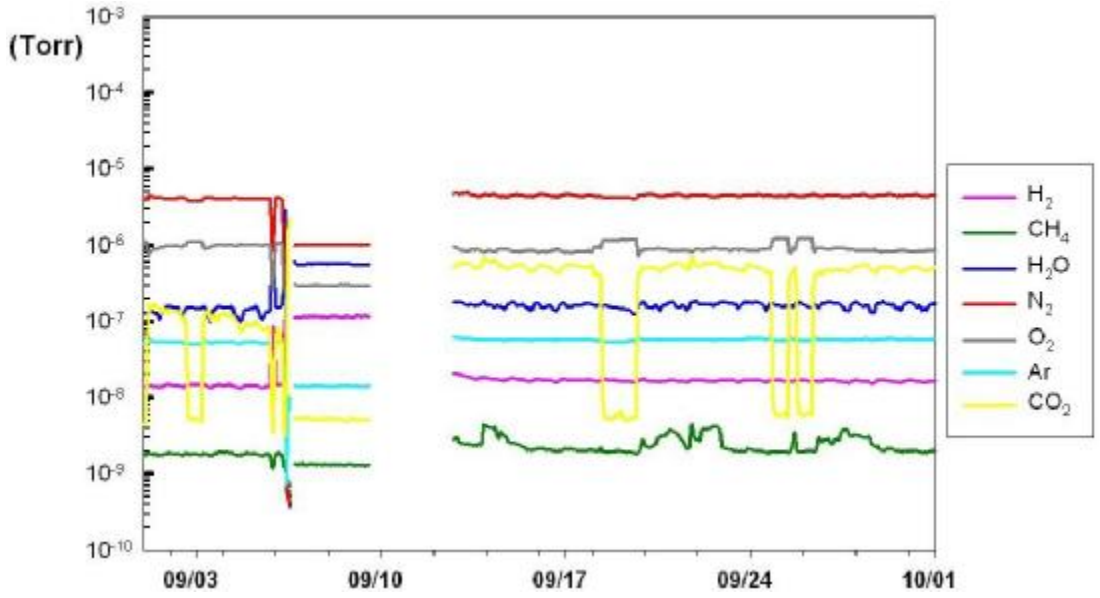


圖2-10：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/9/1~2007/9/30）。月初則進行各種測試，11日重新配置觀測站內部管線後，已恢復正常運作。

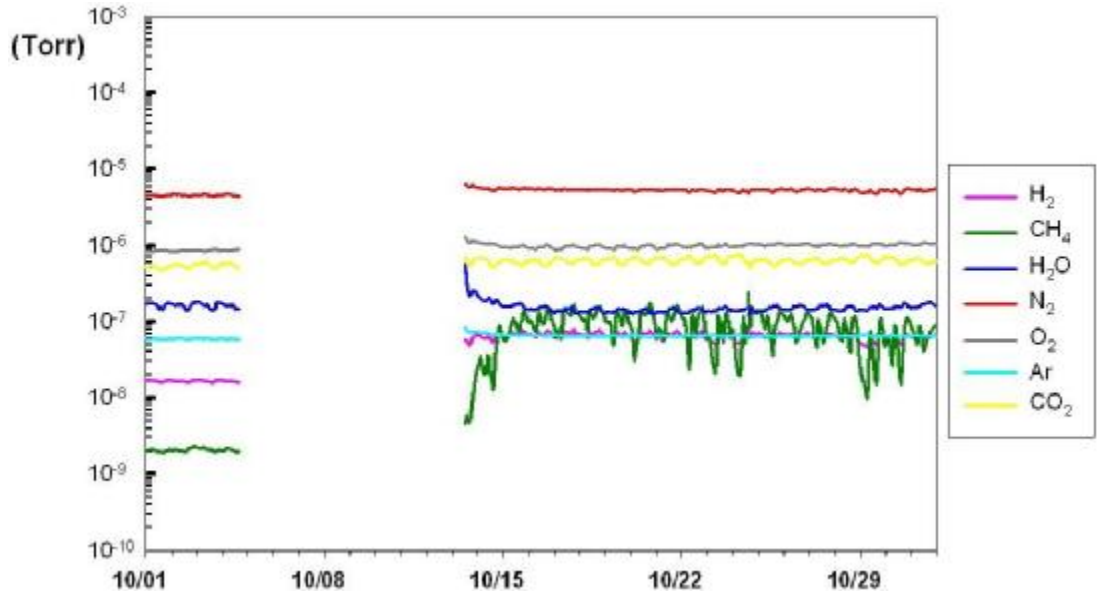


圖2-11：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/10/1～2007/10/31）。8日因颱風造成觀測站斷電，於13日恢復運作。

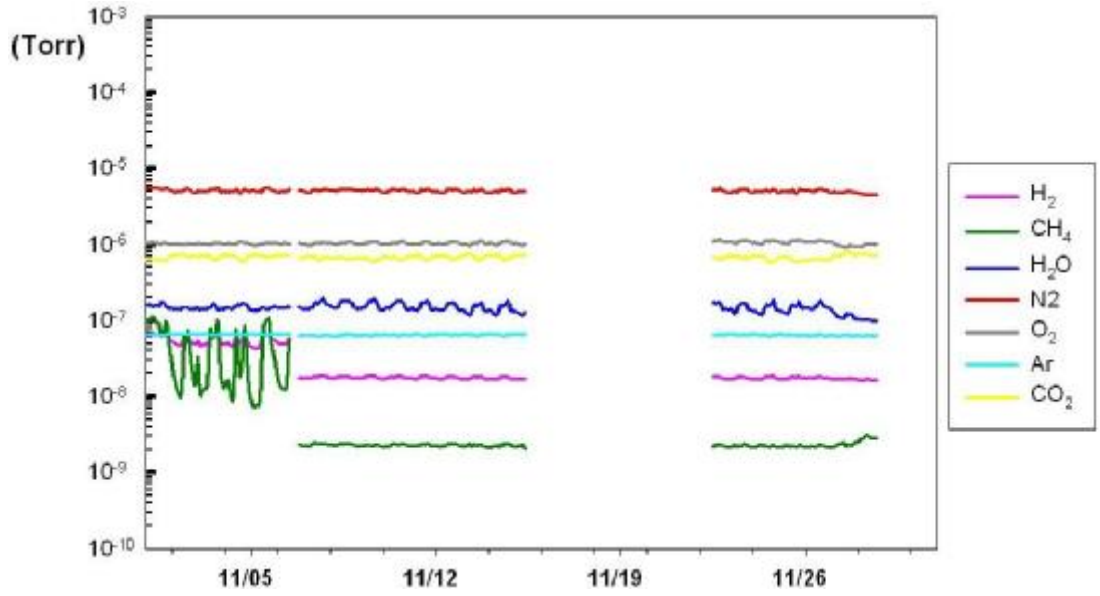


圖2-12：中崙濁水潭土壤氣體成份分壓連續變化（2007/11/1～2007/11/30）。21日QMS當機造成資料中斷，現已恢復正常運作。

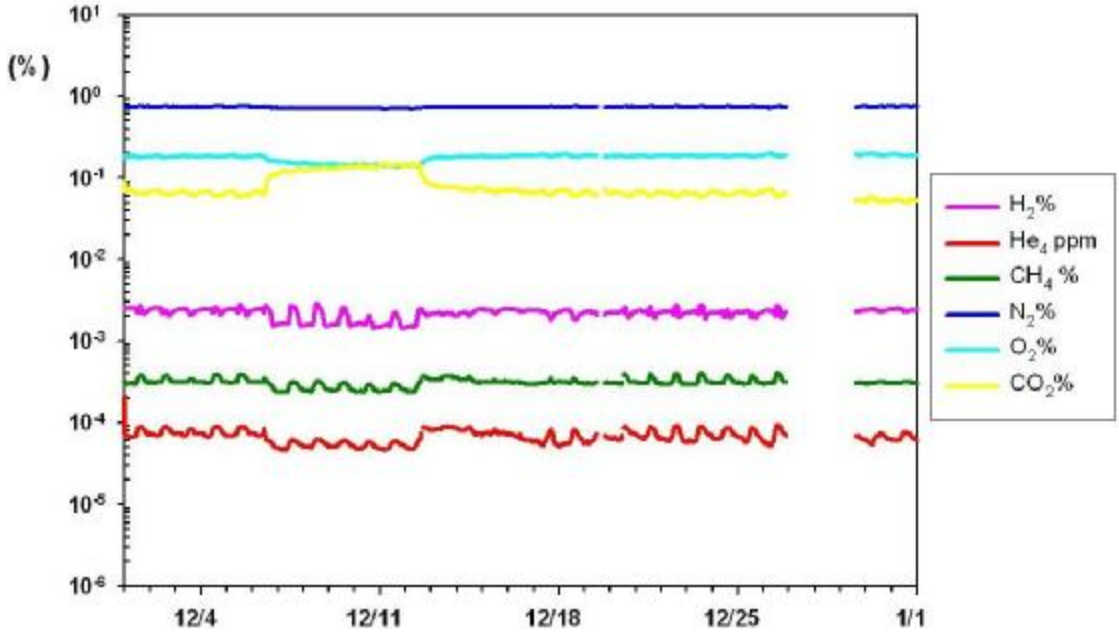


圖2-13：中崙濁水潭土壤氣體成份（體積百分比）（2006/12/1~2006/12/31）。

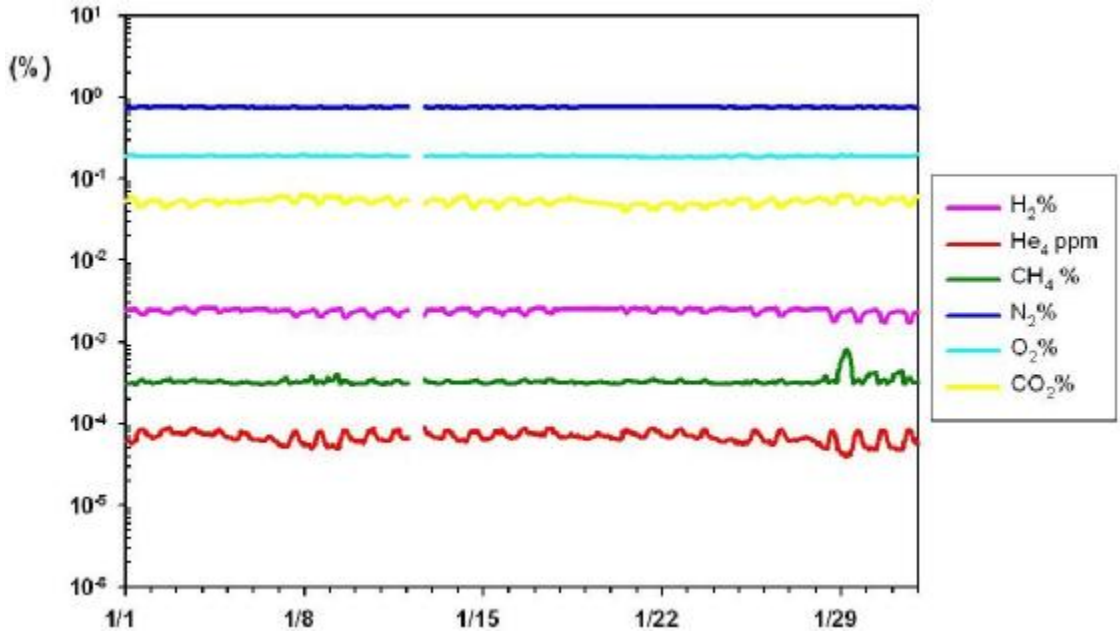


圖2-14：中崙濁水潭土壤氣體成份（體積百分比）（2007/1/1～2007/1/31）。

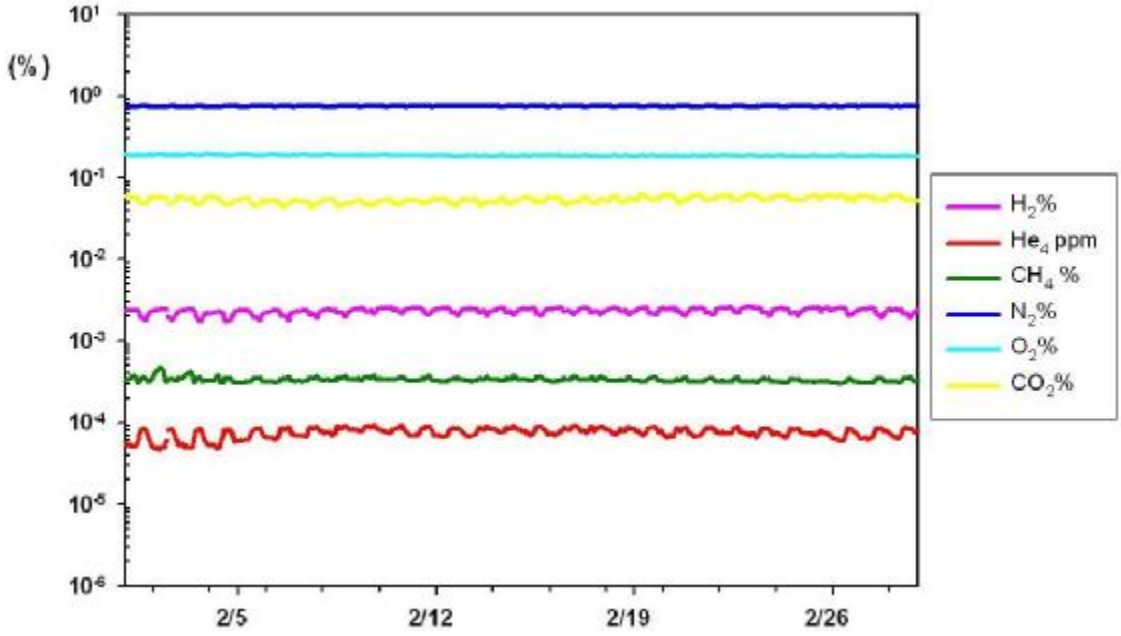


圖2-15：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(2007/2/1～2007/2/28)。

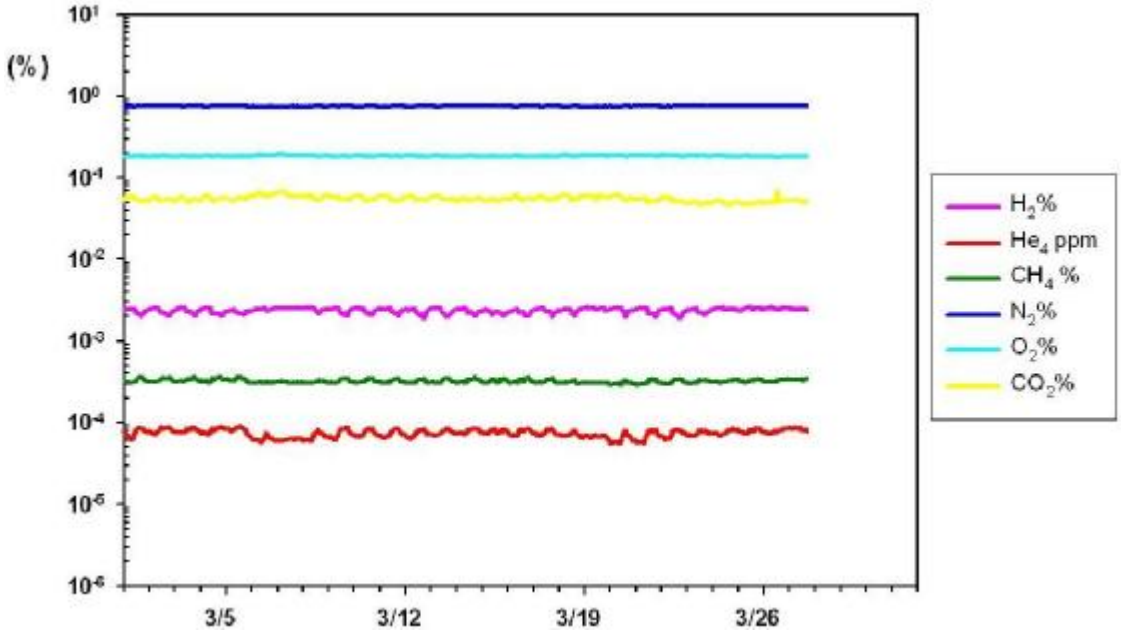


圖2-16：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(2007/3/1～2007/3/31)。
3月底儀器維修。

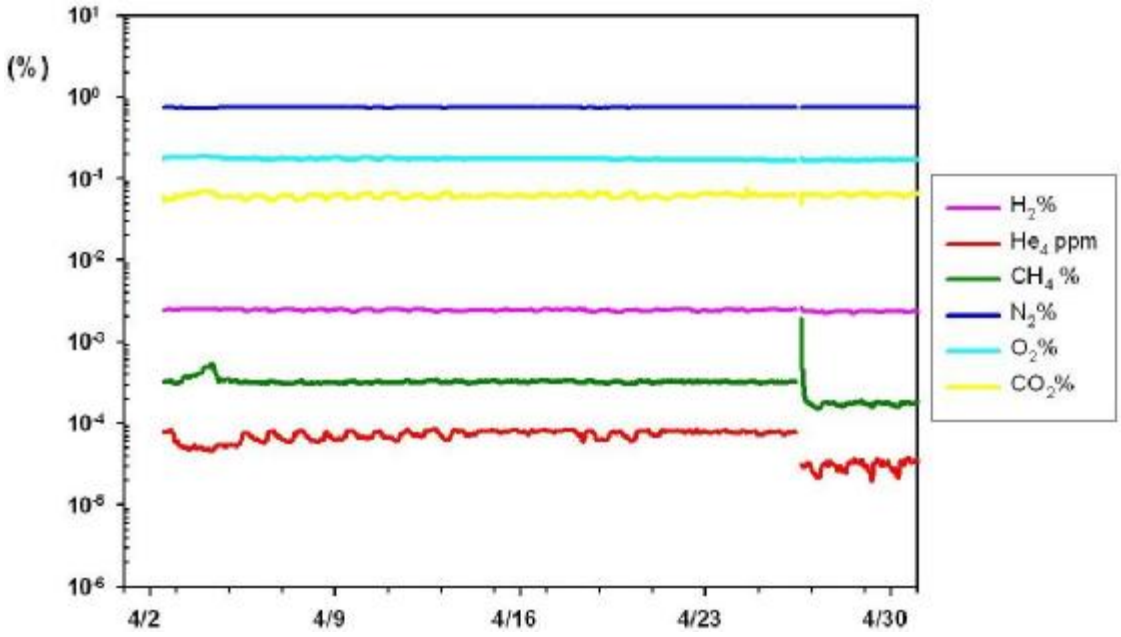


圖2-17：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(2007/4/1～2007/4/30)。4月底觀測站內的管線重新配置。

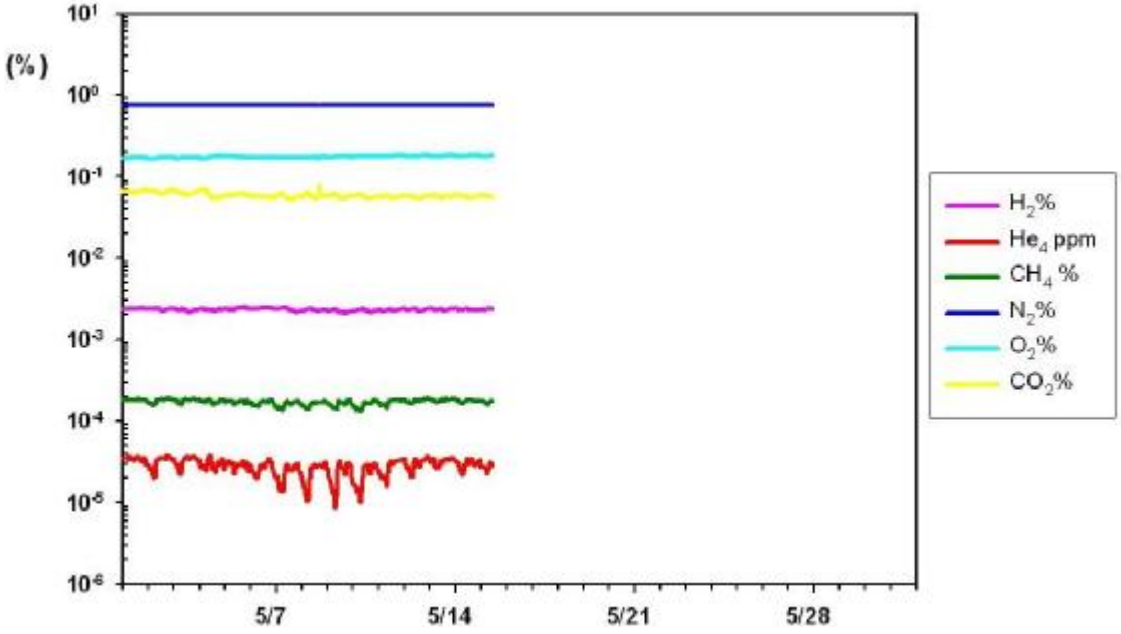


圖2-18：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(2007/5/1～2007/5/31)。5月中後，中崙地區發生兩起全面斷電的事件。

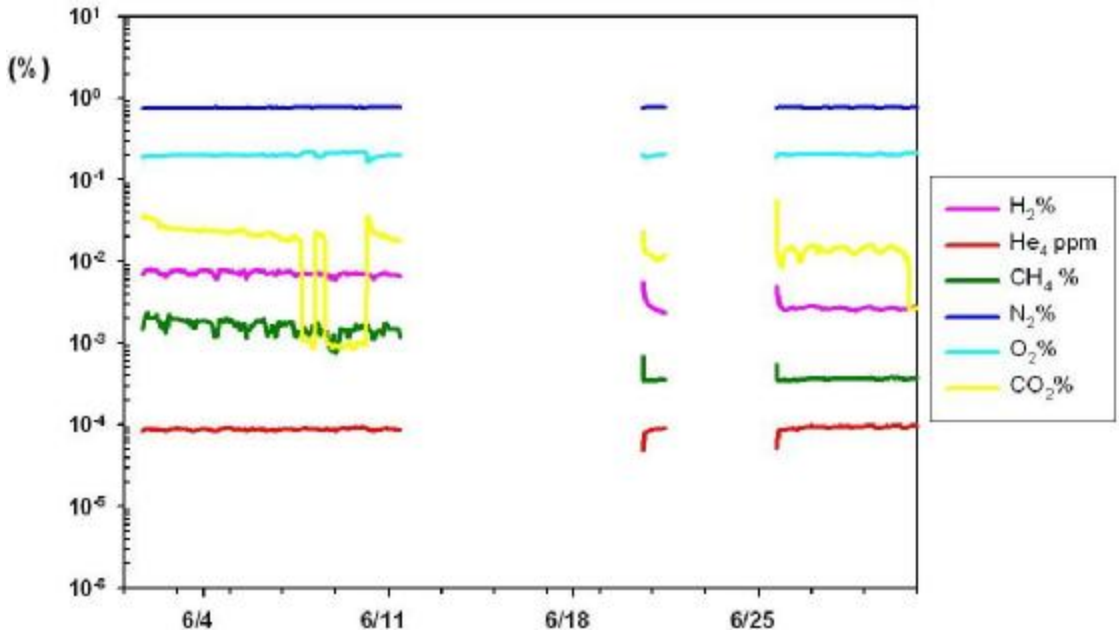


圖2-19：中崙濁水潭土壤氣體成份（體積百分比）（2007/6/1～2007/6/30）。6月中後，由於大雨造成儀器故障。6月底二氧化碳大幅下降，此為土壤氣流量降低所致。

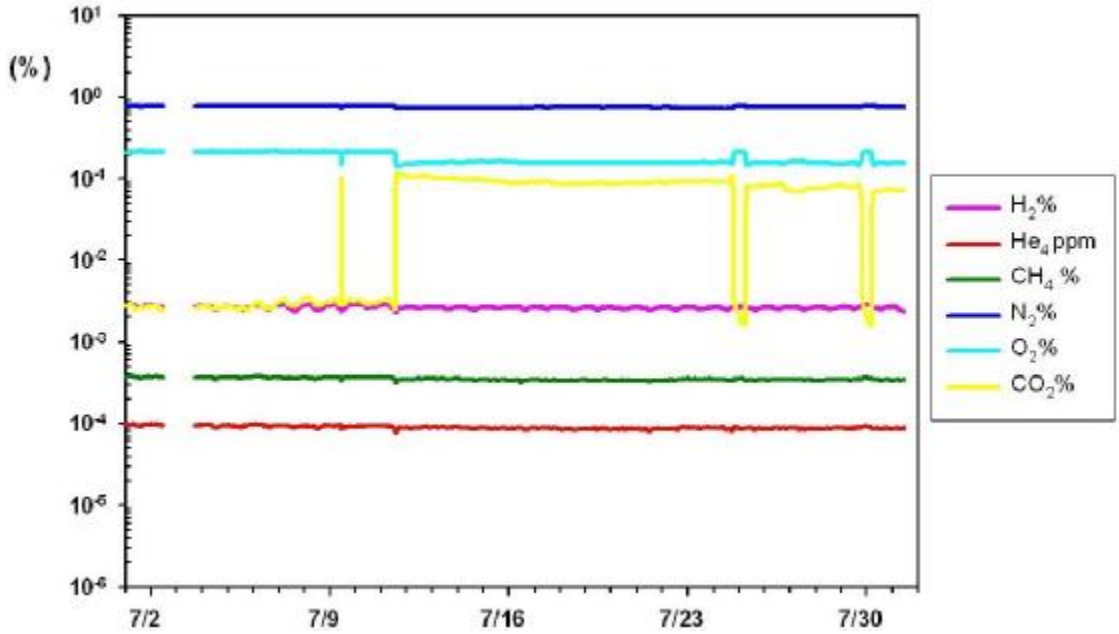


圖2-20：中崙濁水潭土壤氣體成份（體積百分比）（2007/7/1～2007/7/31）。土壤氣流量降低的現像直至11日才恢復正常。

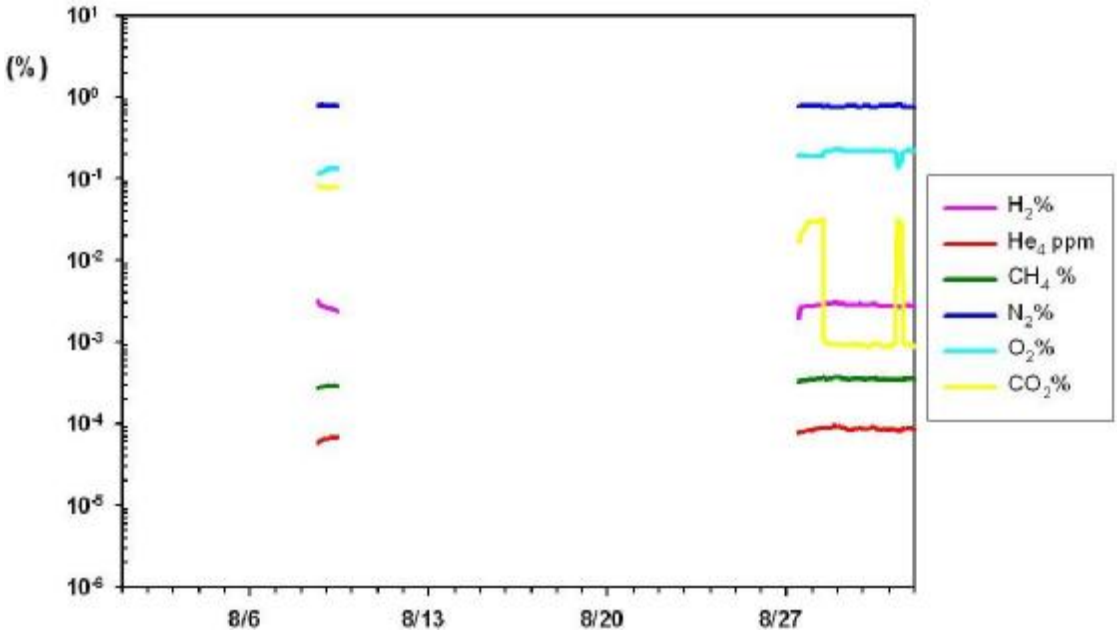


圖 2-21：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(2007/8/1～2007/8/31)。本月初 QMS 因內部水氣過高，因而關機進行維護。28 日則加裝乾燥劑幫助降低水氣，但此乾燥劑會吸收一部份的二氧化碳而降低其值。

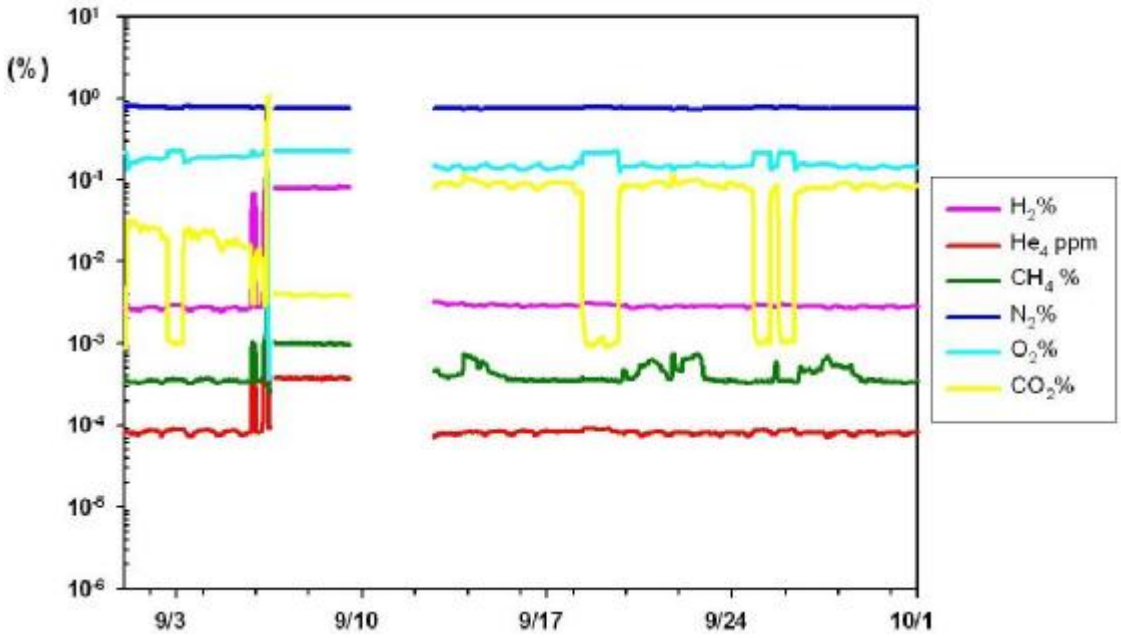


圖2-22：中崙濁水潭土壤氣體成份（體積百分比）（2007/9/1～2007/9/30）月初則進行各種測試，11日重新配置觀測站內部管線後，已恢復正常運作。

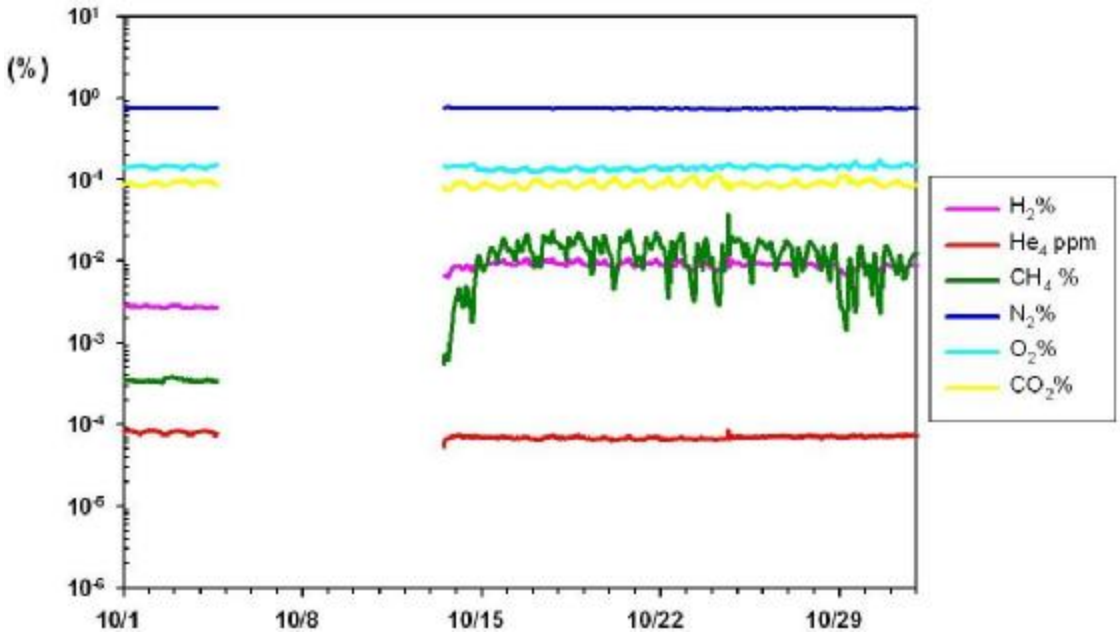


圖2-23：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(**2007/10/1～2007/10/31**)。
8日因颱風造成觀測站斷電，於13日恢復運作。

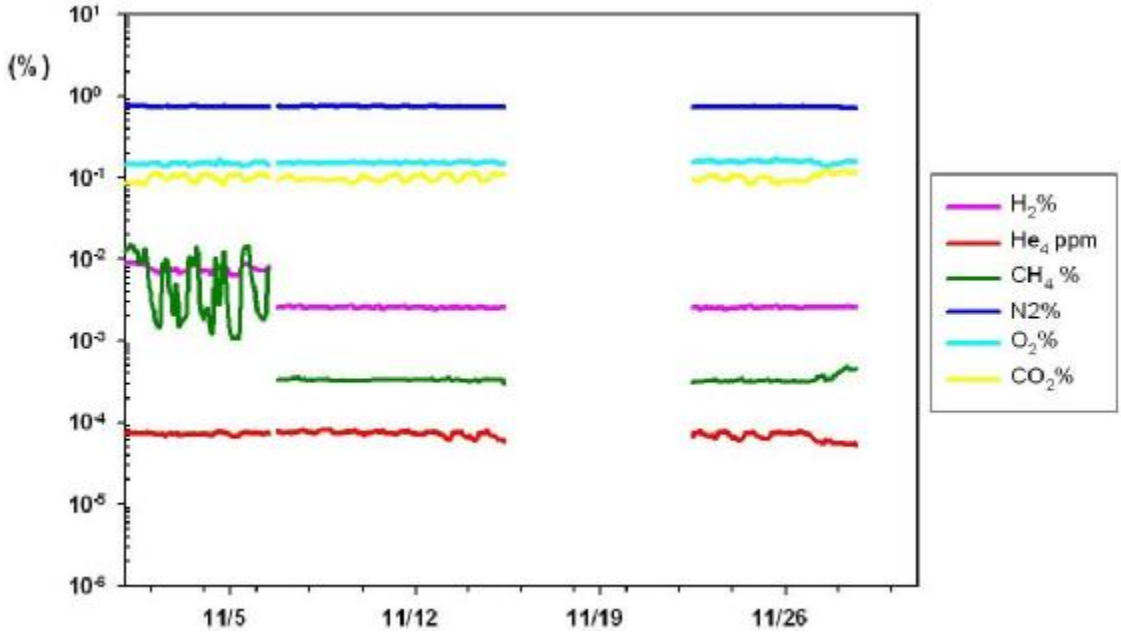


圖2-24：中崙濁水潭土壤氣體成份(體積百分比)(**2007/11/1～2007/11/30**)。
21日QMS當機造成資料中斷，現已恢復正常運作。

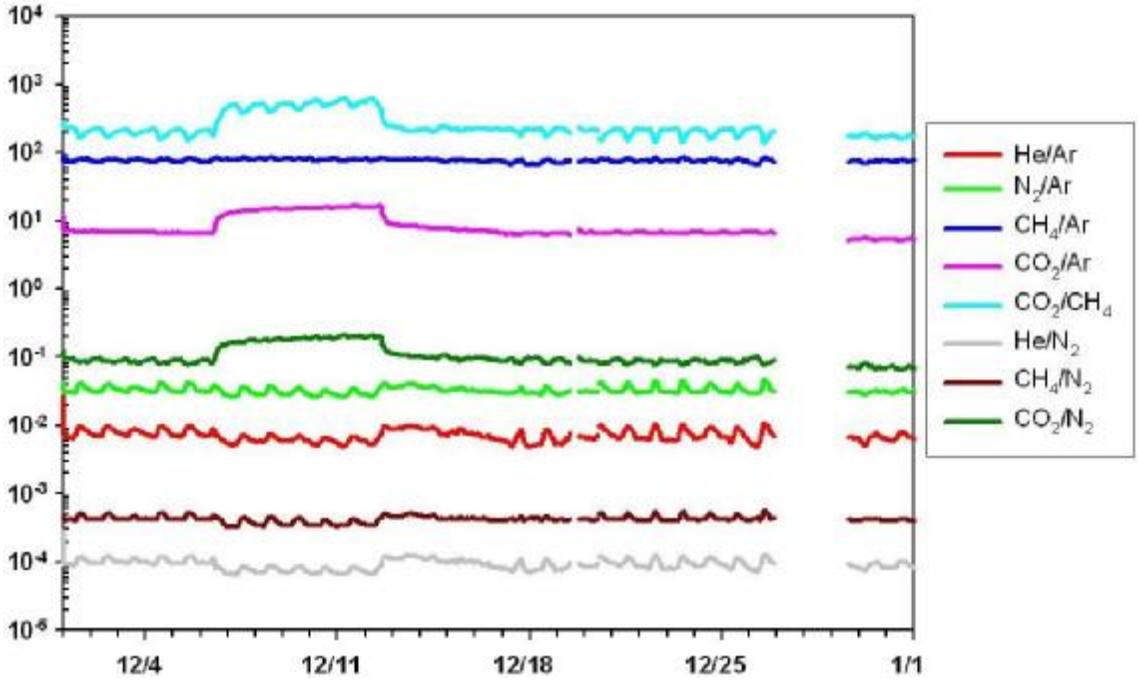


圖2-25：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化(2006/12/1～2006/12/31)。

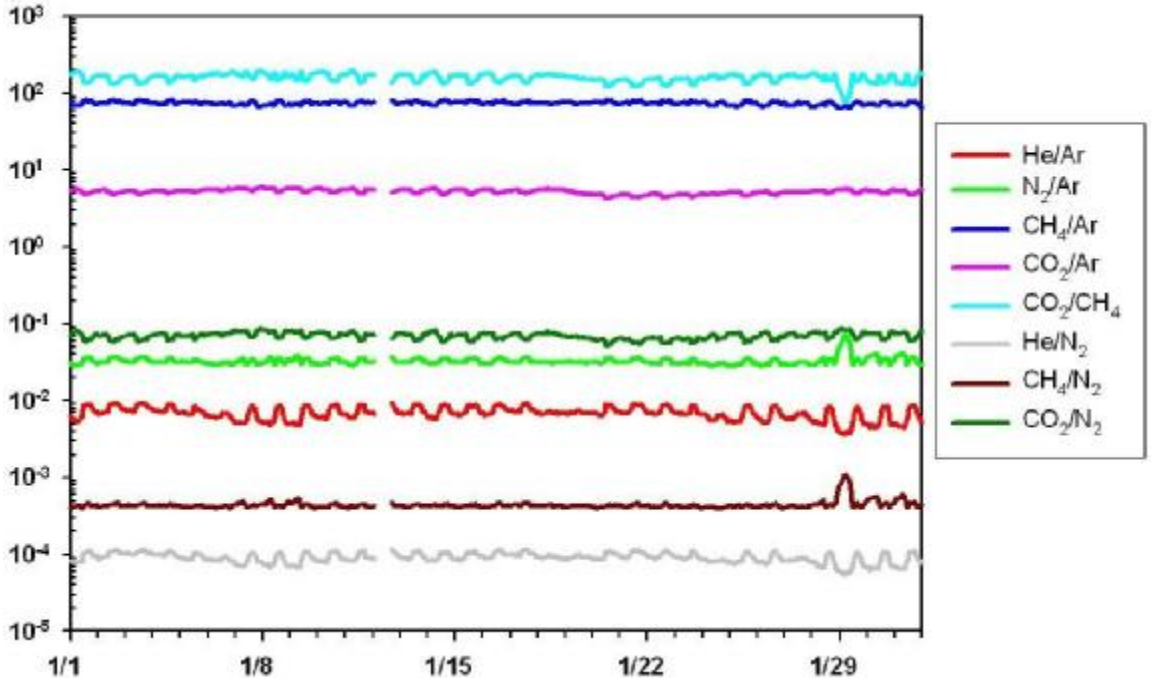


圖2-26：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/1/1～2007/1/31）。

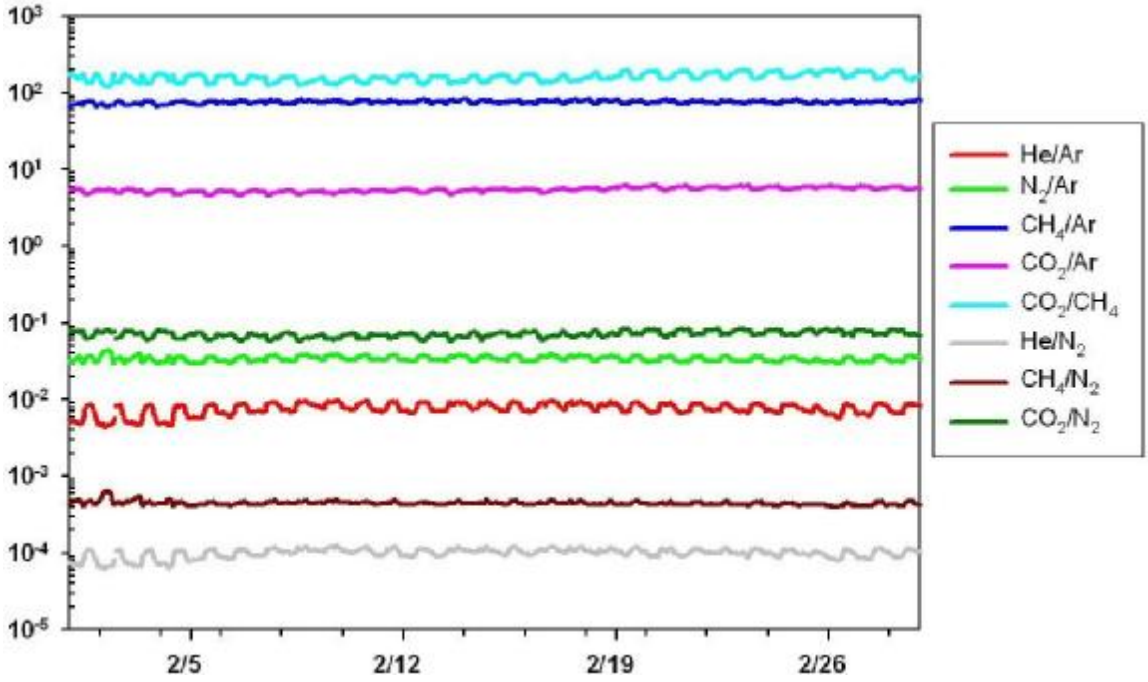


圖2-27：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/2/1～2007/2/28）。

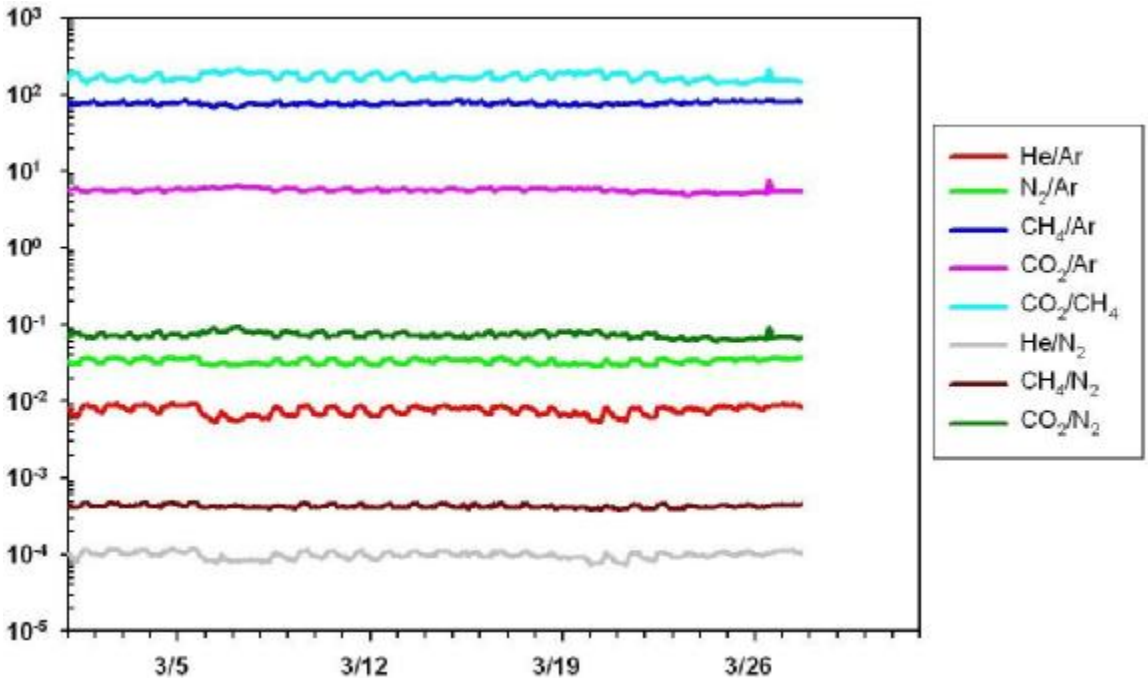


圖2-28：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/3/1～2007/3/31）。3月底儀器維修。

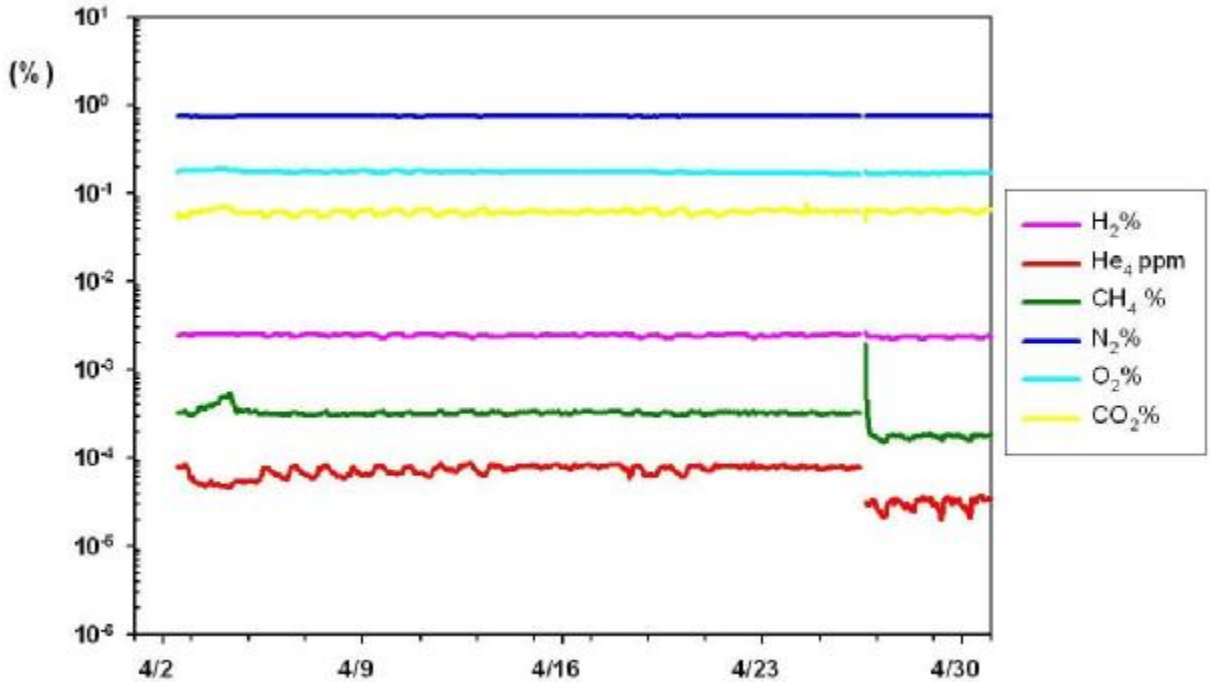


圖2-29：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/4/1～2007/4/30）。4月底觀測站內的管線重新配置。

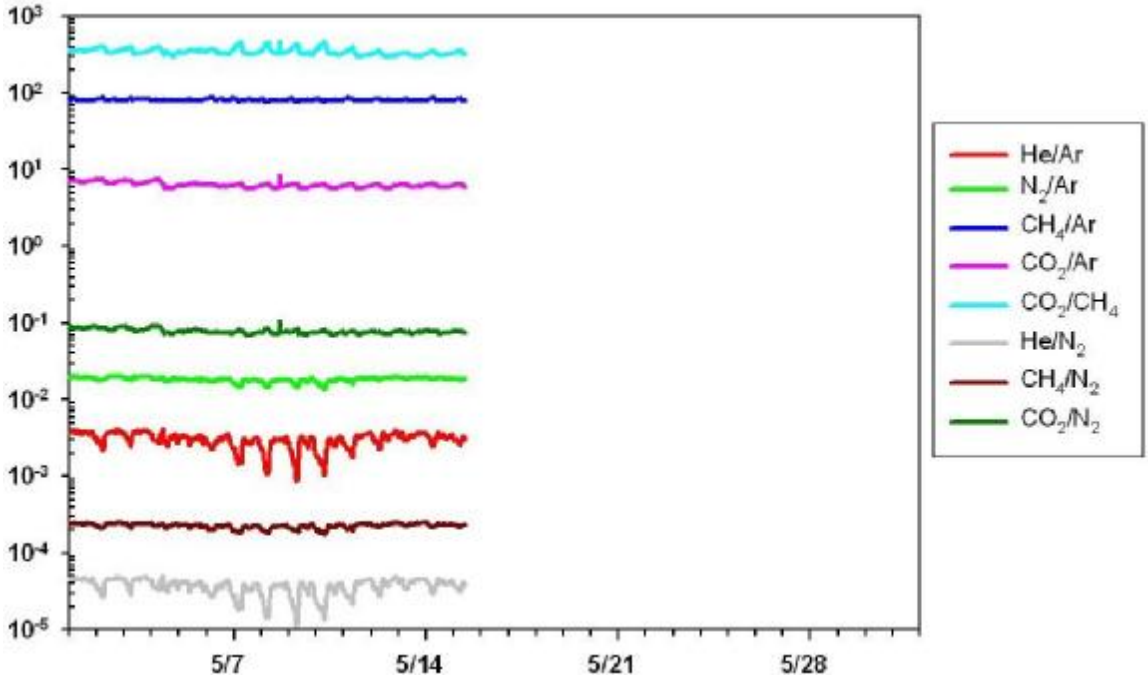


圖2-30：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/5/1～2007/5/31）。5月中後，中崙地區發生兩起全面斷電的事件。

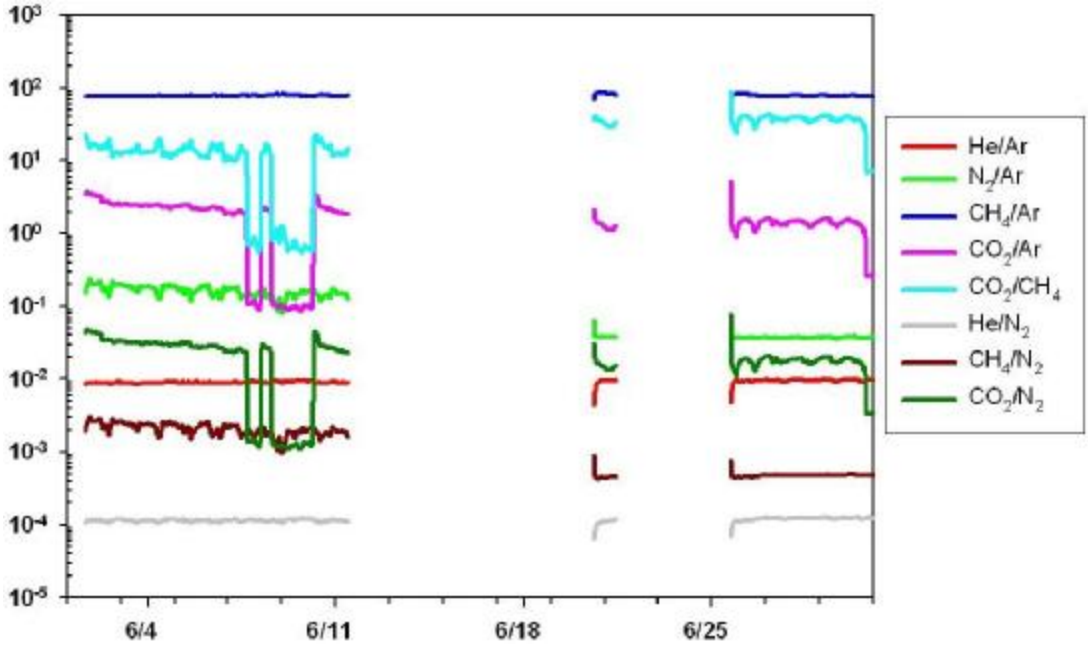


圖2-31：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/6/1～2007/6/30）。6月中後，由於大雨造成儀器故障。6月底二氧化碳大幅下降，此為土壤氣流量降低所致。

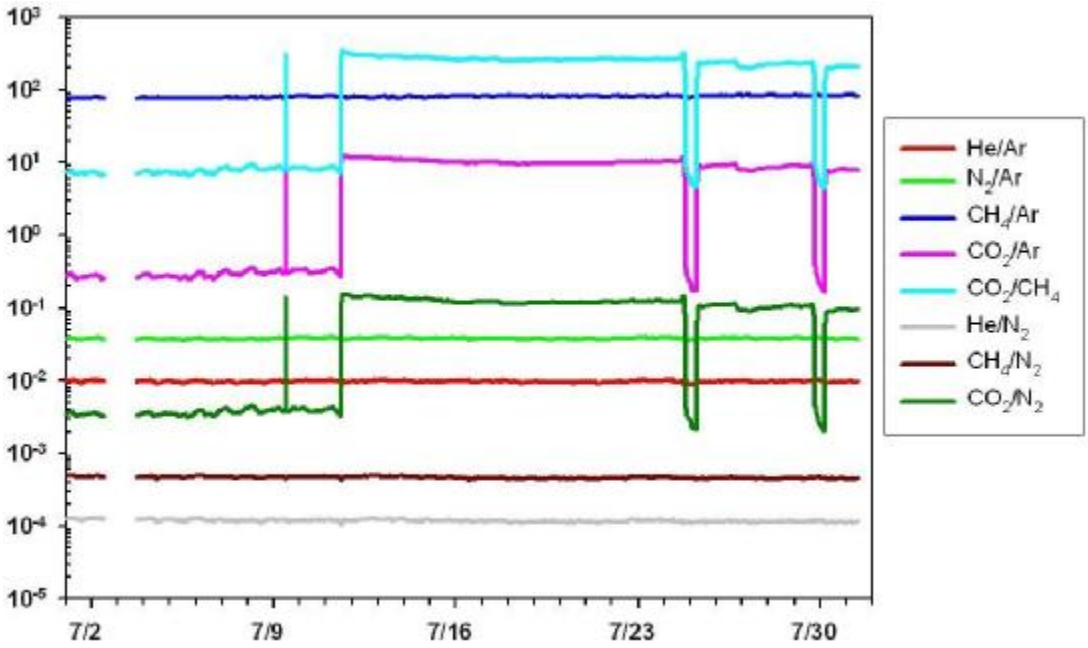


圖2-32：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/7/1～2007/7/31）。土壤氣流量降低的現像直至11日才恢復正常。

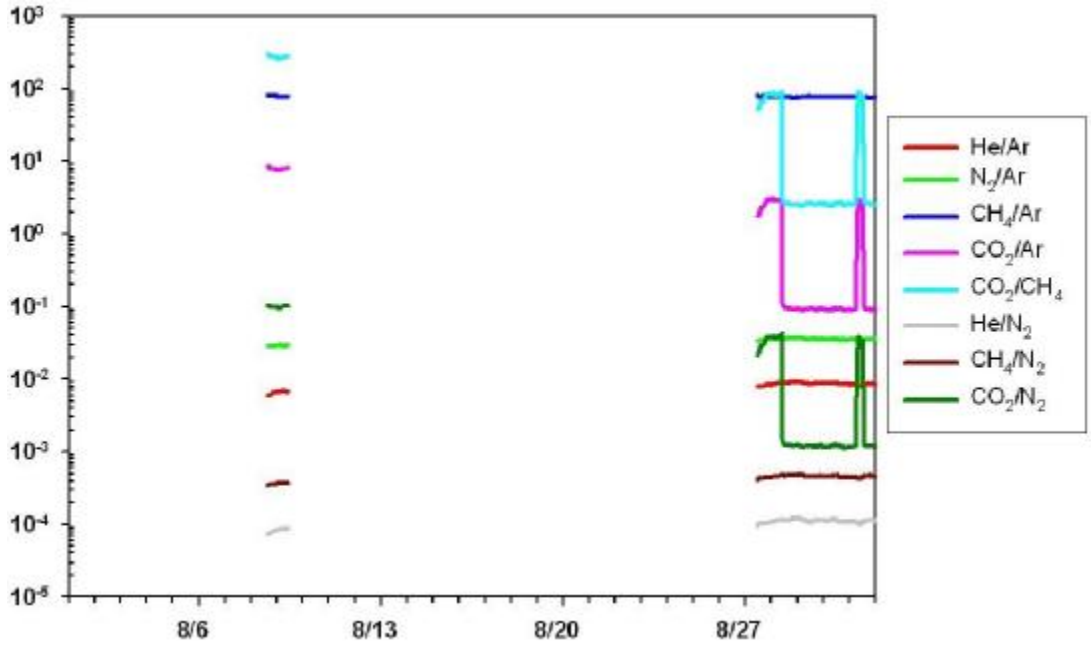


圖2-33：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/8/1～2007/8/31）。本月初QMS因內部水氣過高，因而關機進行維護。28日則加裝乾燥劑幫助降低水氣，但此乾燥劑會吸收一部份的二氧化碳而降低其值。

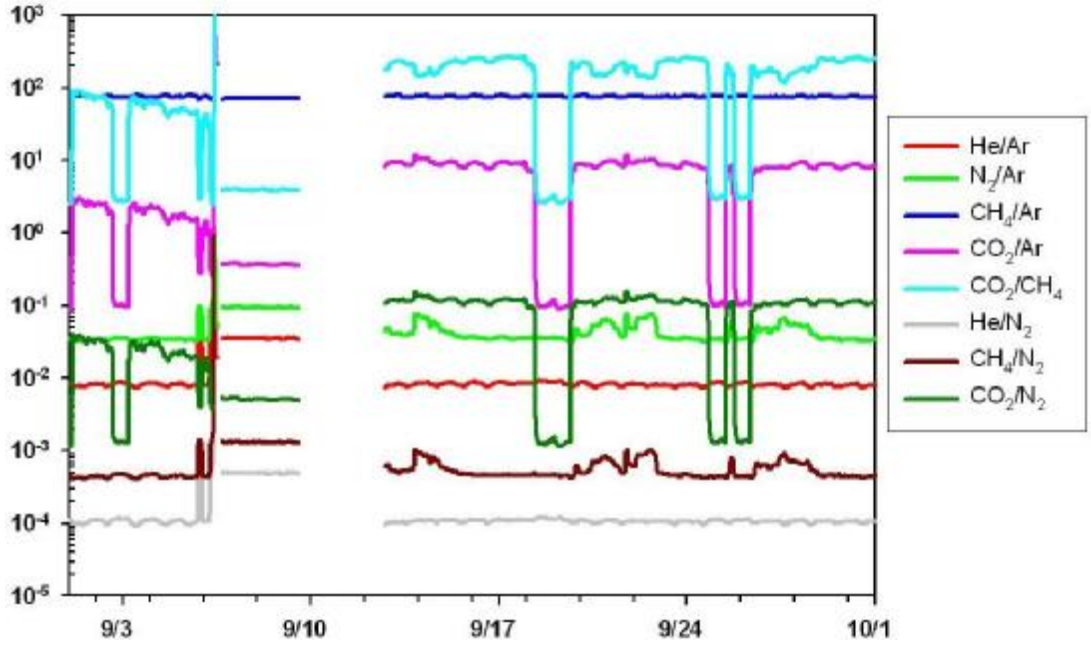


圖2-34：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化（2007/9/1～2007/9/30）。月初則進行各種測試，11日重新配置觀測站內部管線後，已恢復正常運作。

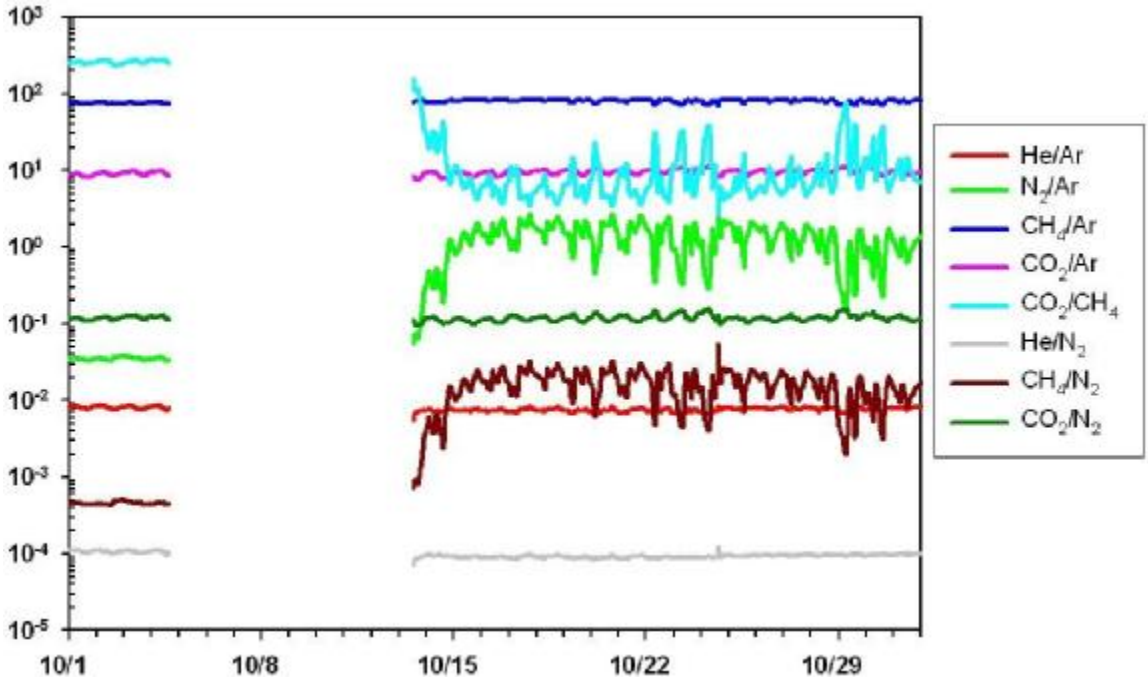


圖2-35：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化(2007/10/1～2007/10/31)。
8日因颱風造成觀測站斷電，於13日恢復運作。

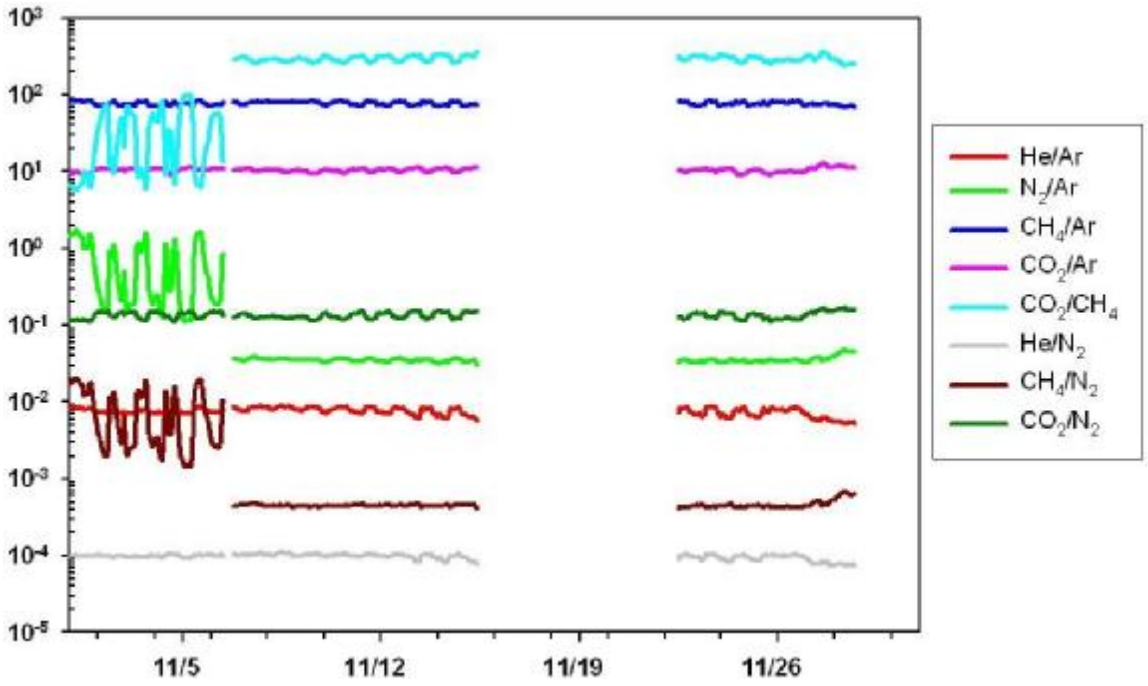


圖2-36：中崙濁水潭各氣體間成份比值變化(2007/11/1～2007/11/30)。
21日QMS當機造成資料中斷，現已恢復正常運作。

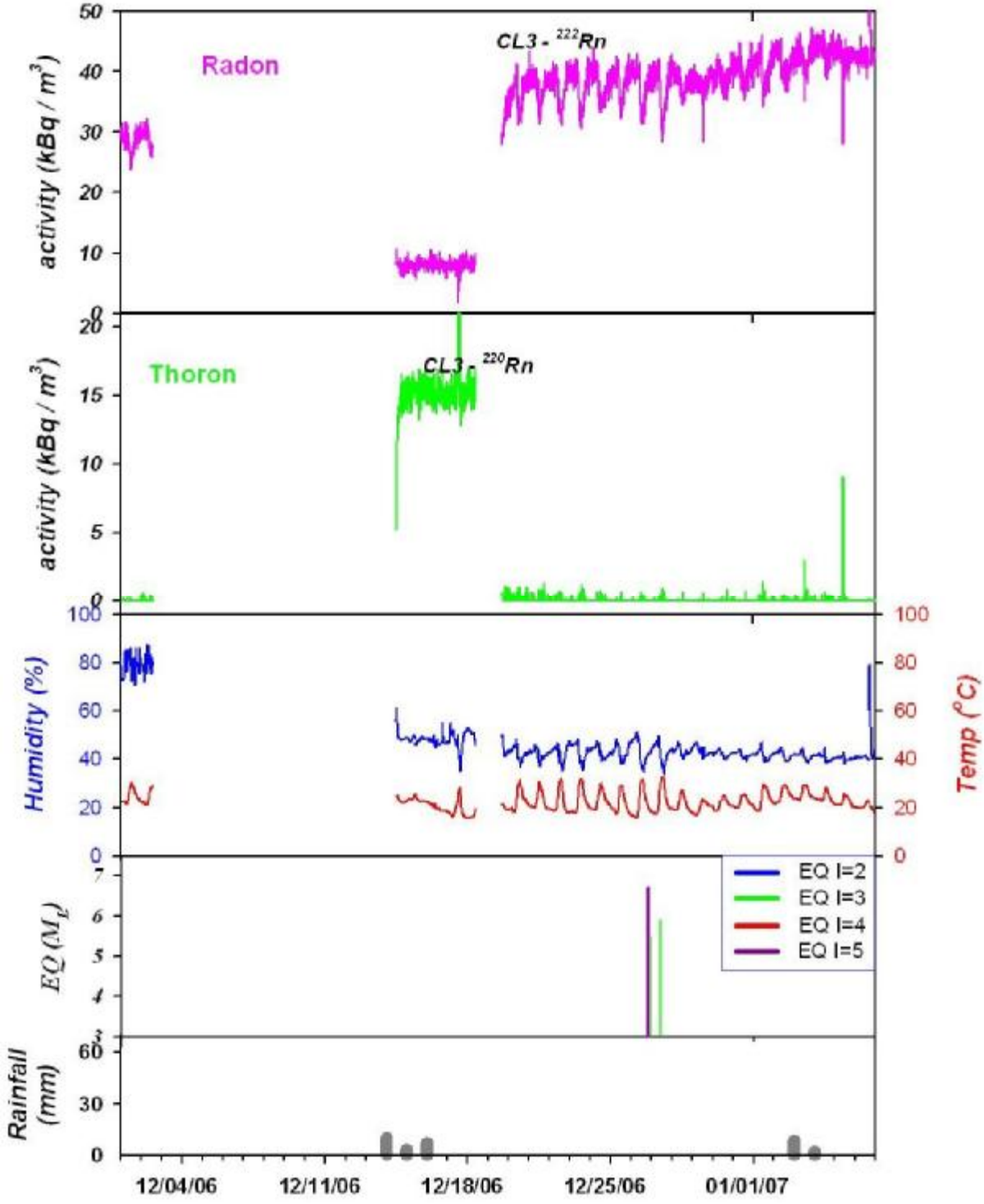


圖2-37：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2006/12/1～2006/12/31）。12月初儀器故障。

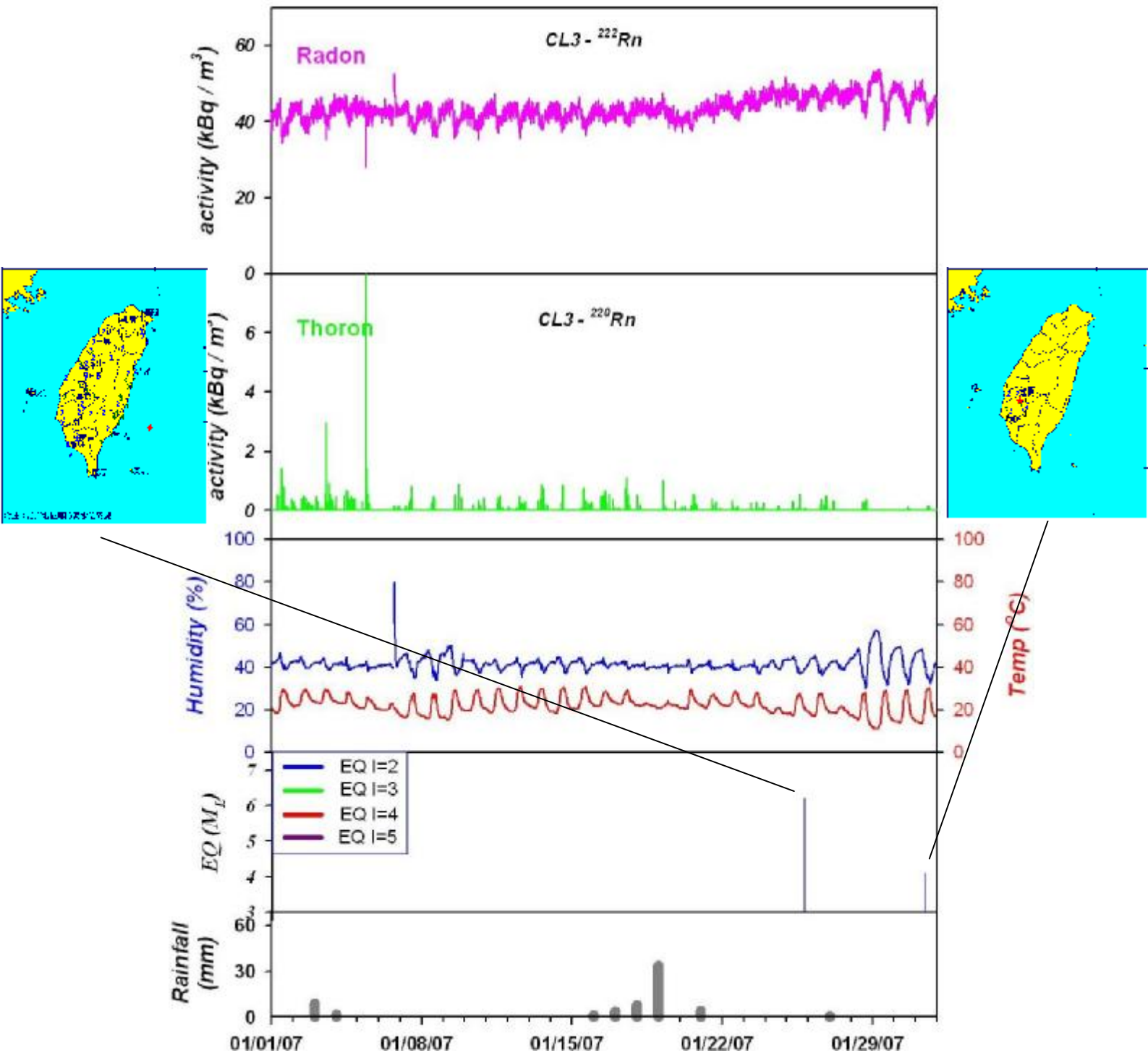


圖2-38：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/1/1～2007/1/31）。

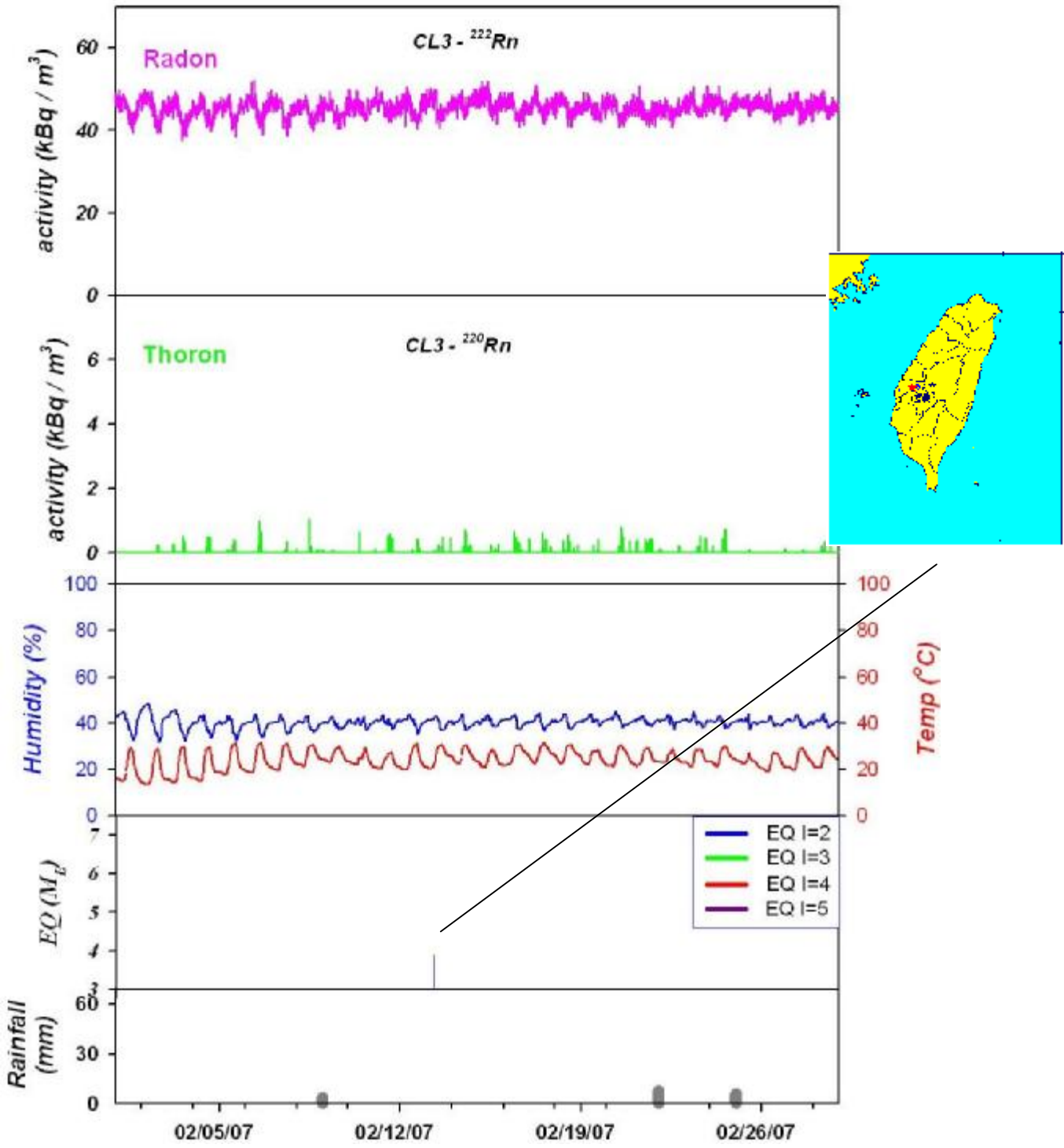


圖2-39：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/2/1～2007/2/28）。

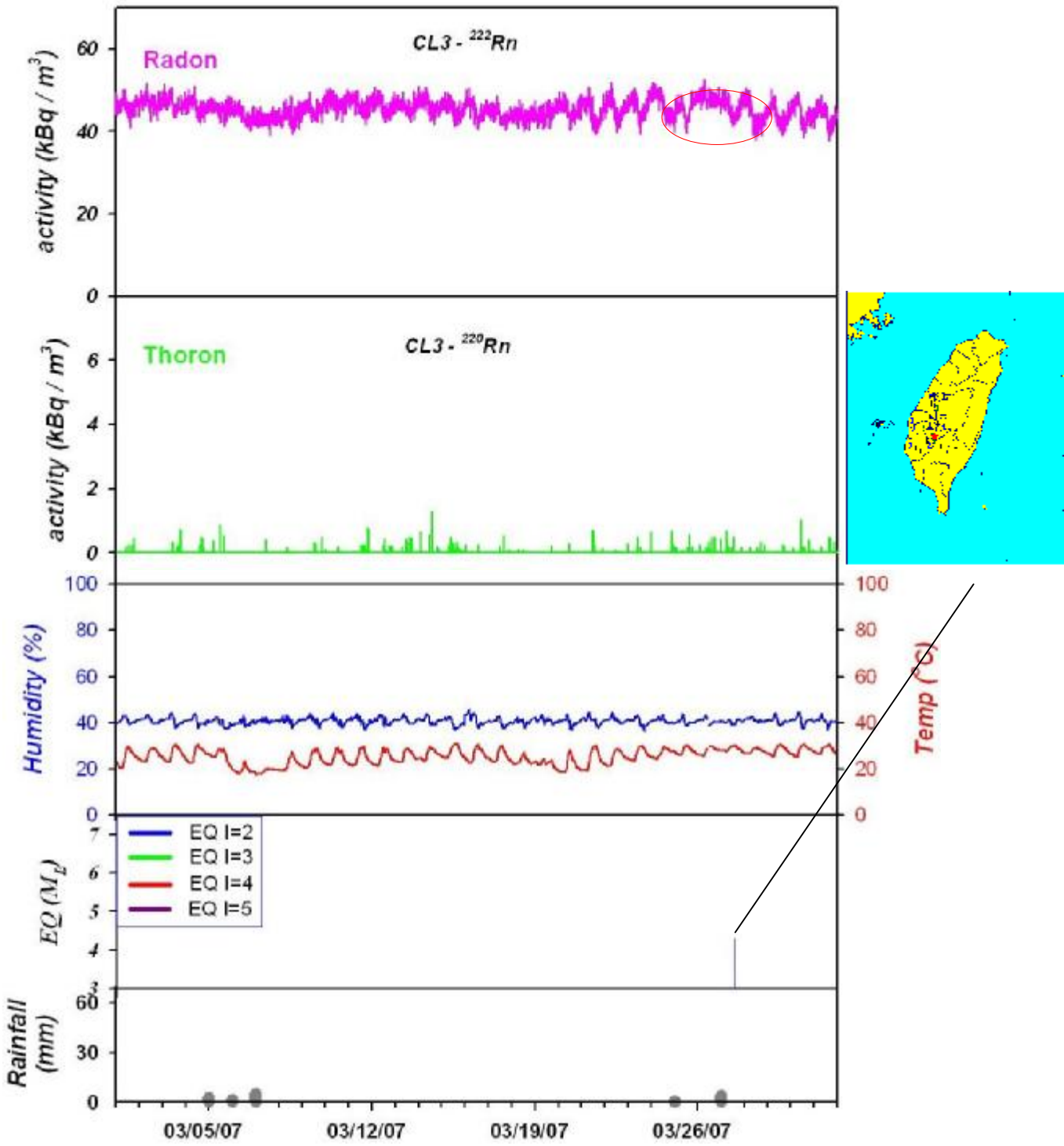


圖2-40：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/3/1～2007/3/31）。

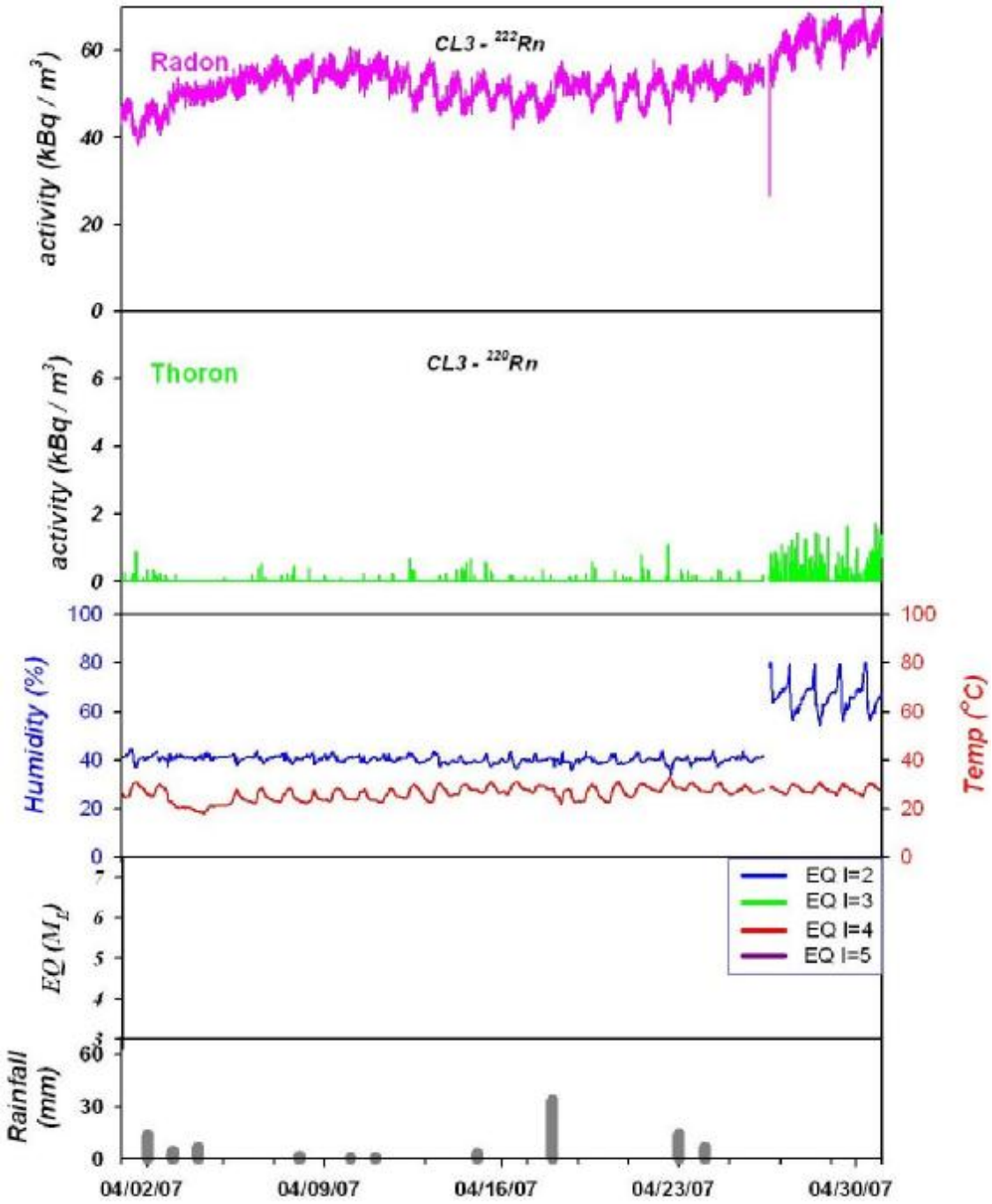


圖2-41：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/4/1～2007/4/30）。4月底更換儀器。

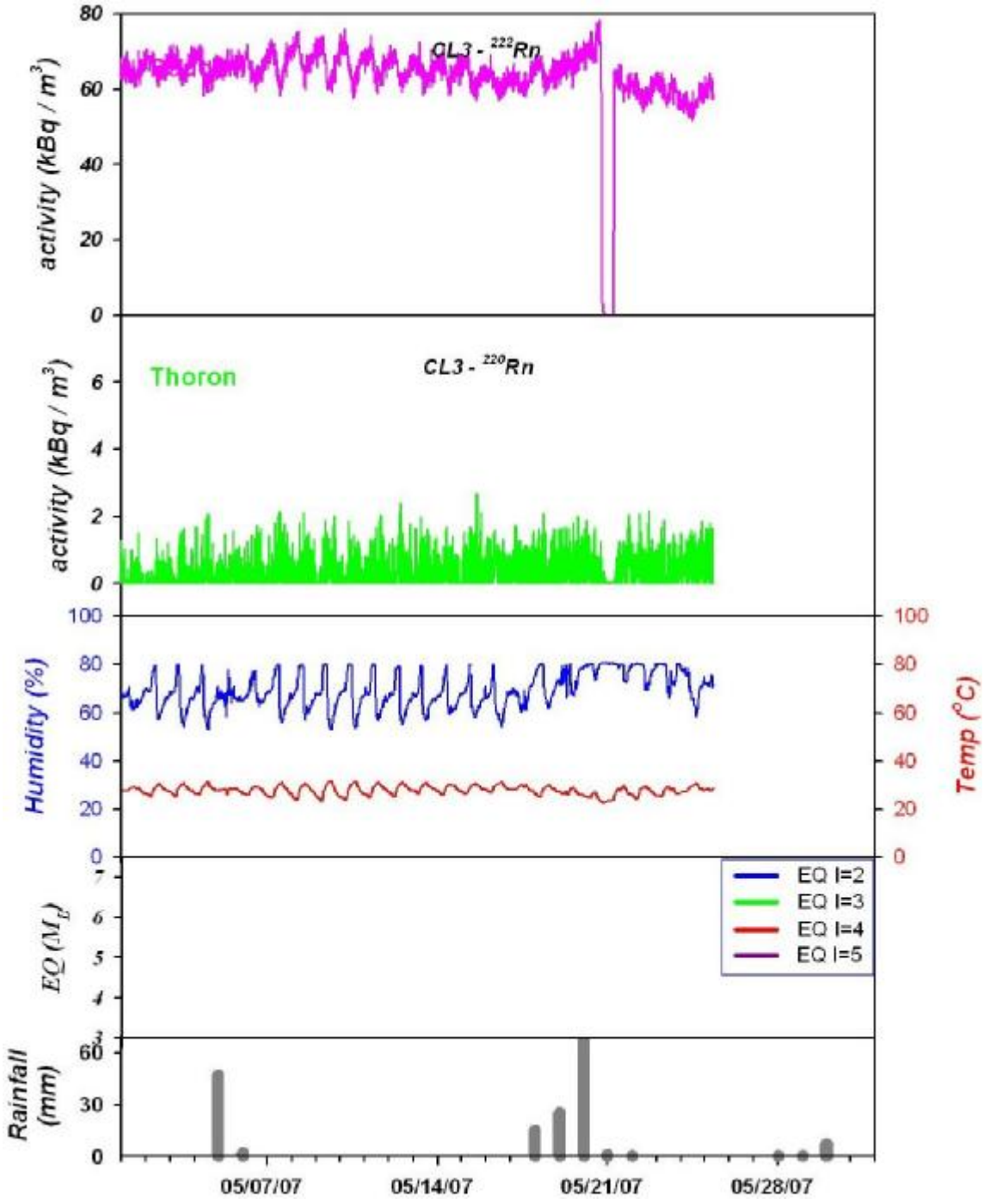


圖2-42：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/5/1～2007/5/31）。5月底中崙地區斷電。

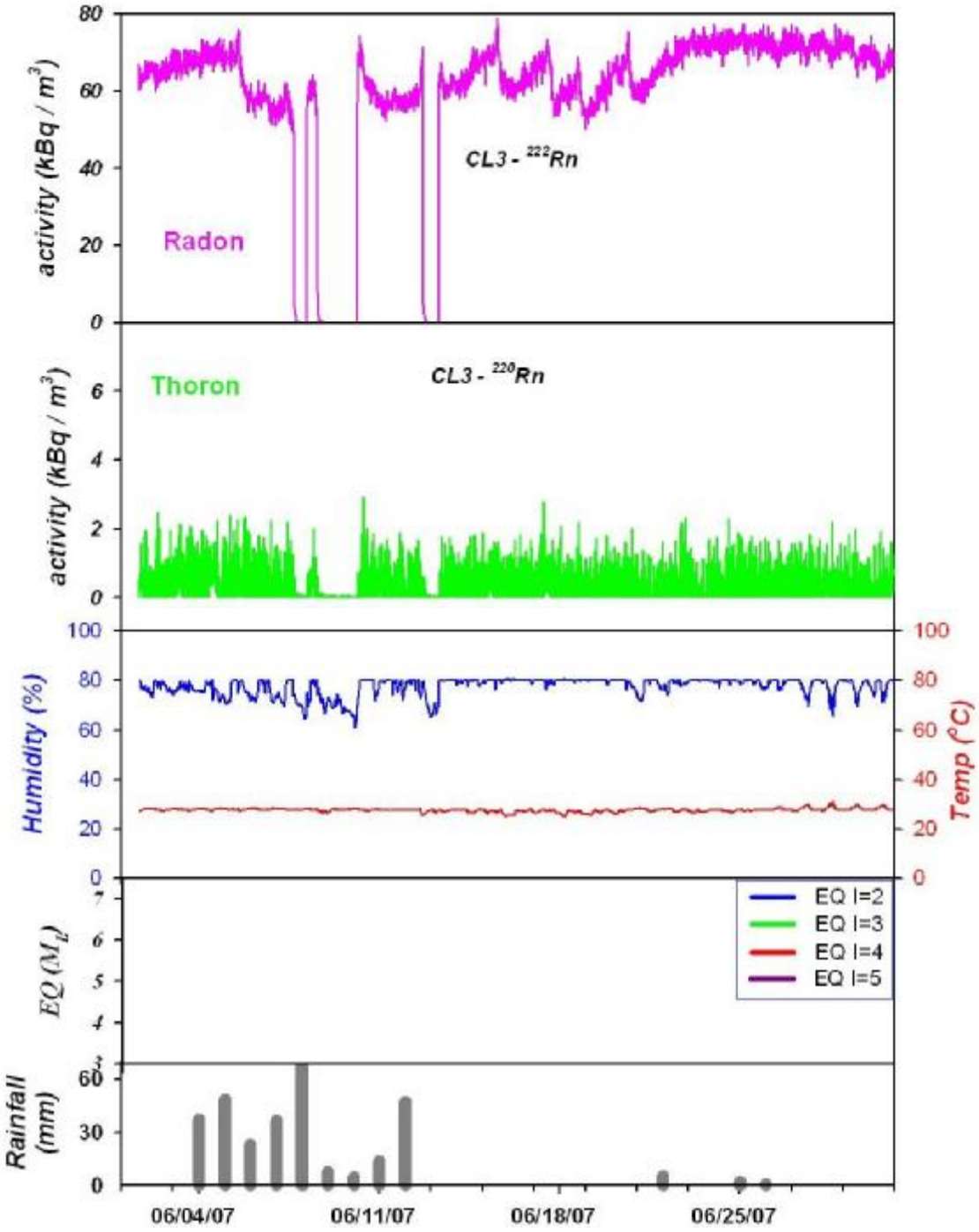


圖2-43：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/6/1～2007/6/30）。

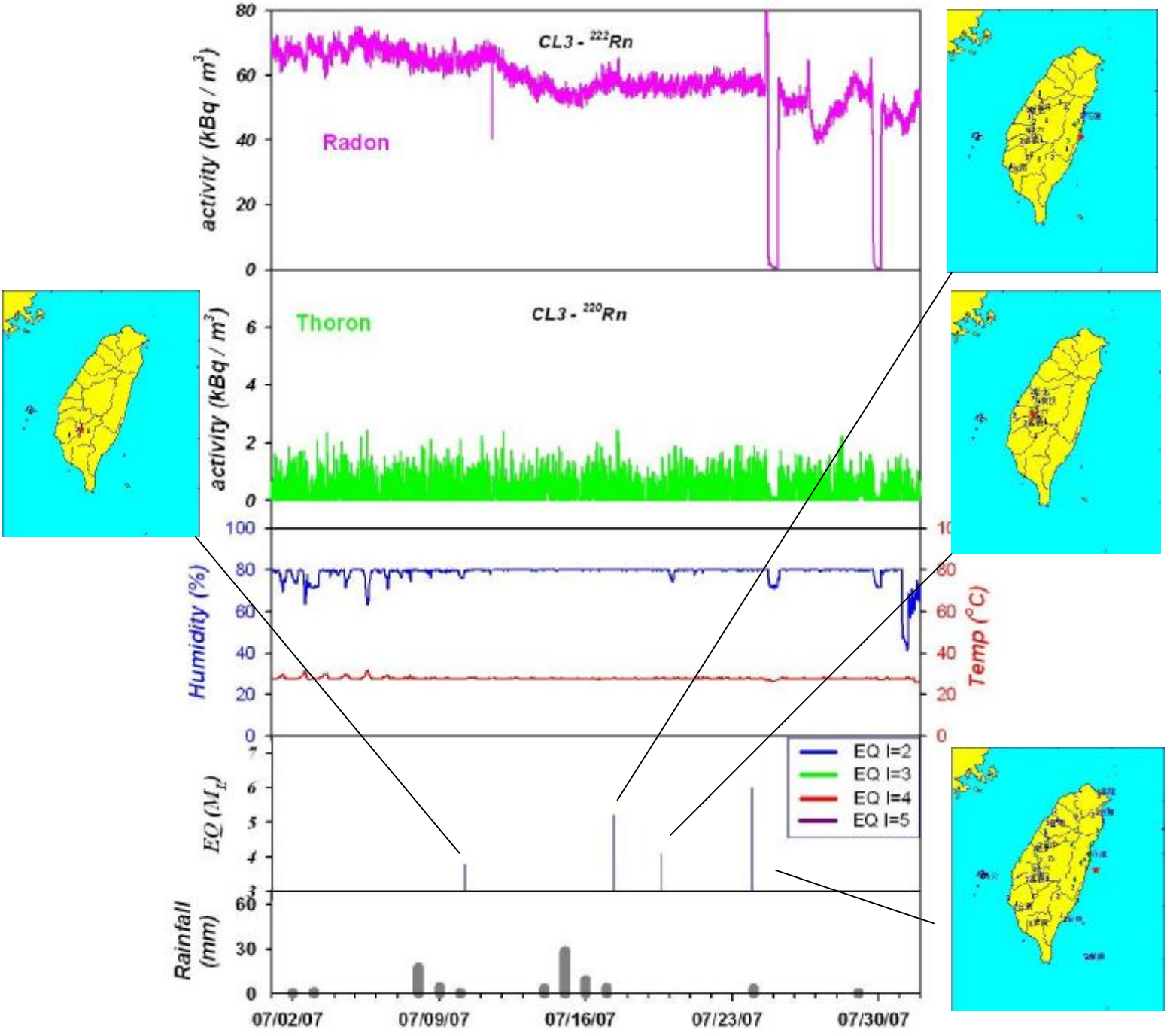


圖2-44：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/7/1～2007/7/31）。

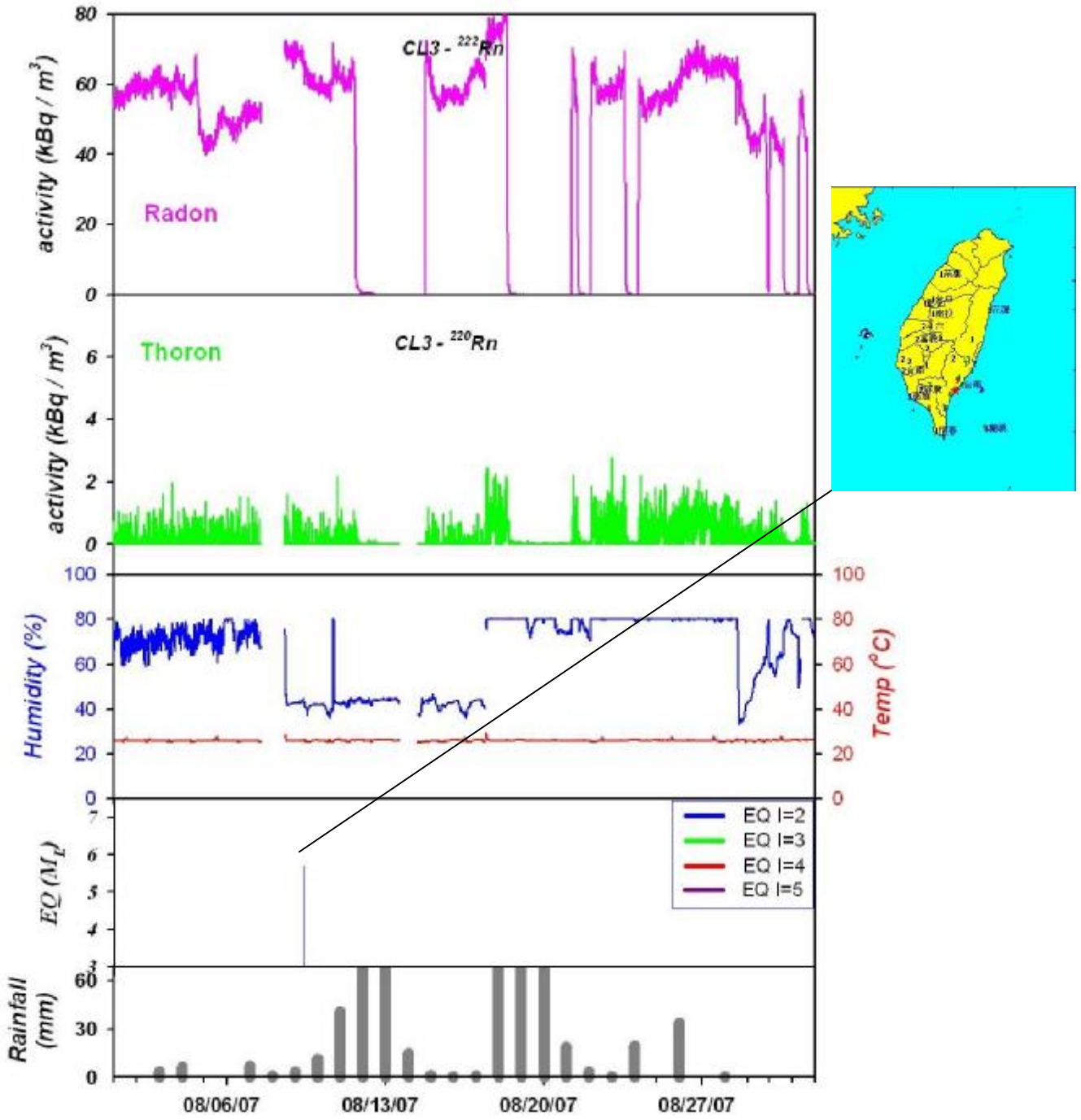


圖2-45：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/8/1～2007/8/31）。本月進行各項測試其間也加裝乾燥劑，因此觀測資料變化很大。此為人為調整和雨量影響所造成。

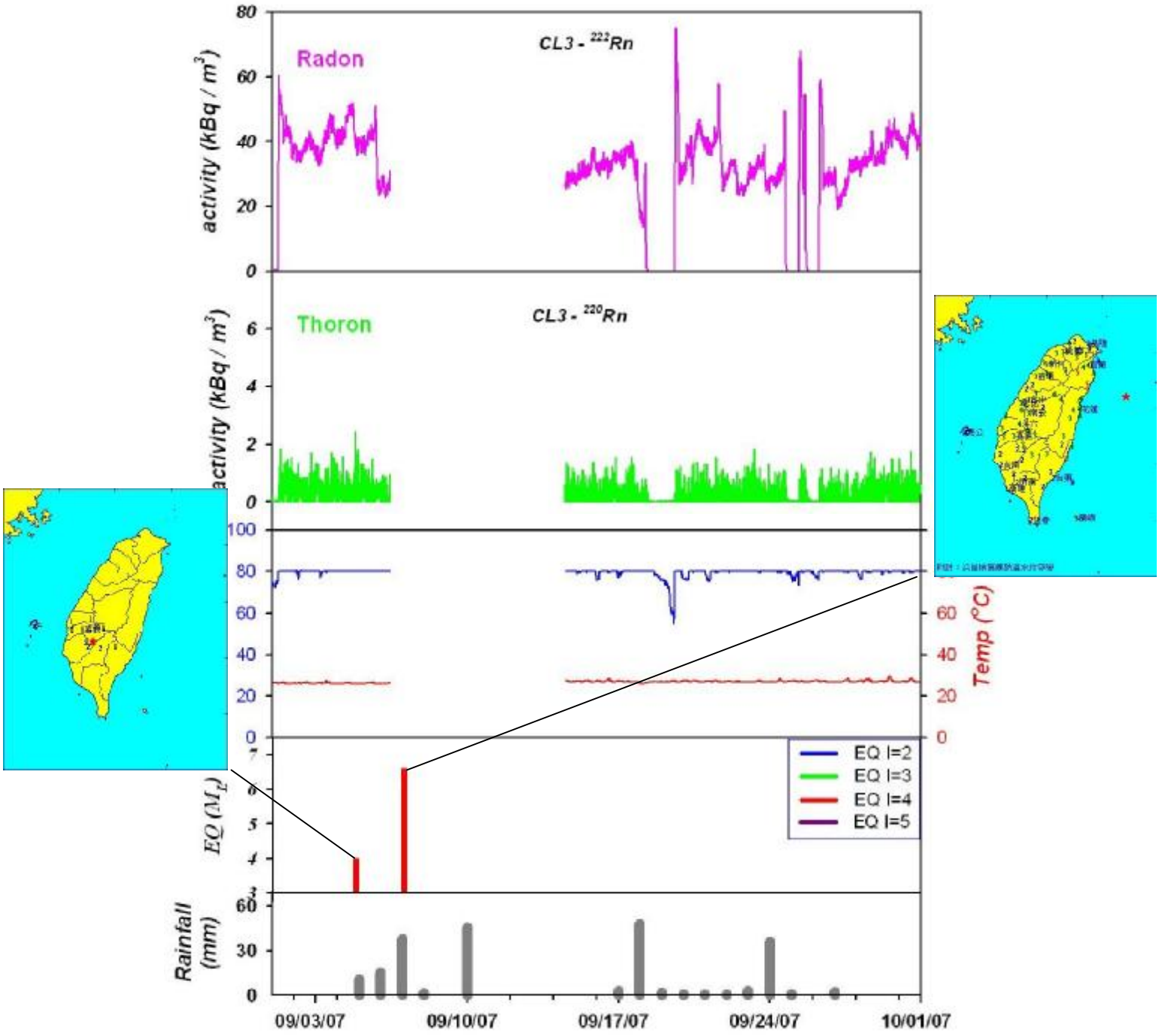


圖2-46：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/9/1～2007/9/30）。月中因儀器進水而造成資料中斷。

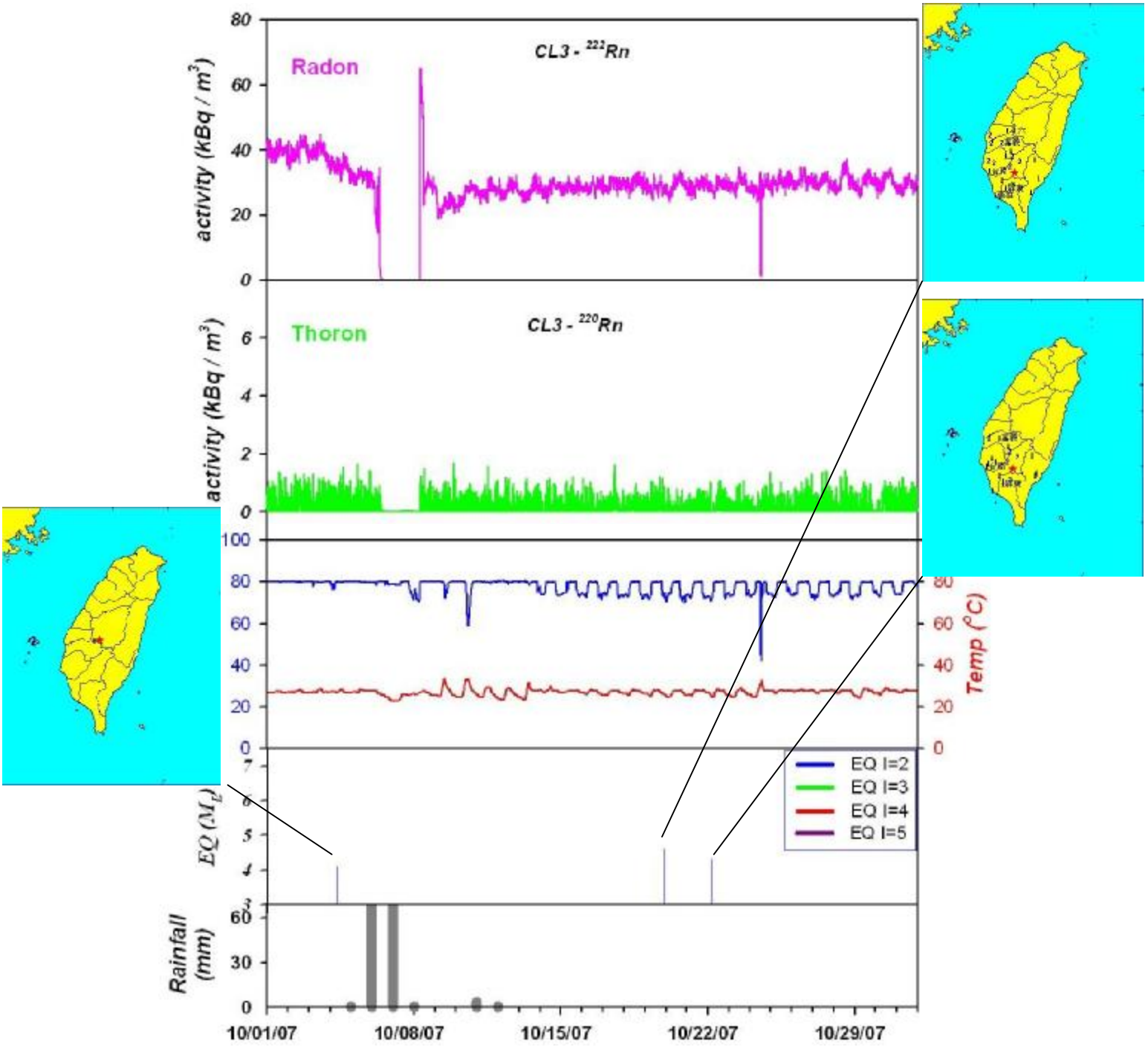


圖2-47：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/10/1～2007/10/31）。6日～8日受到颱風影響，豪雨造成氡氣濃度下降。

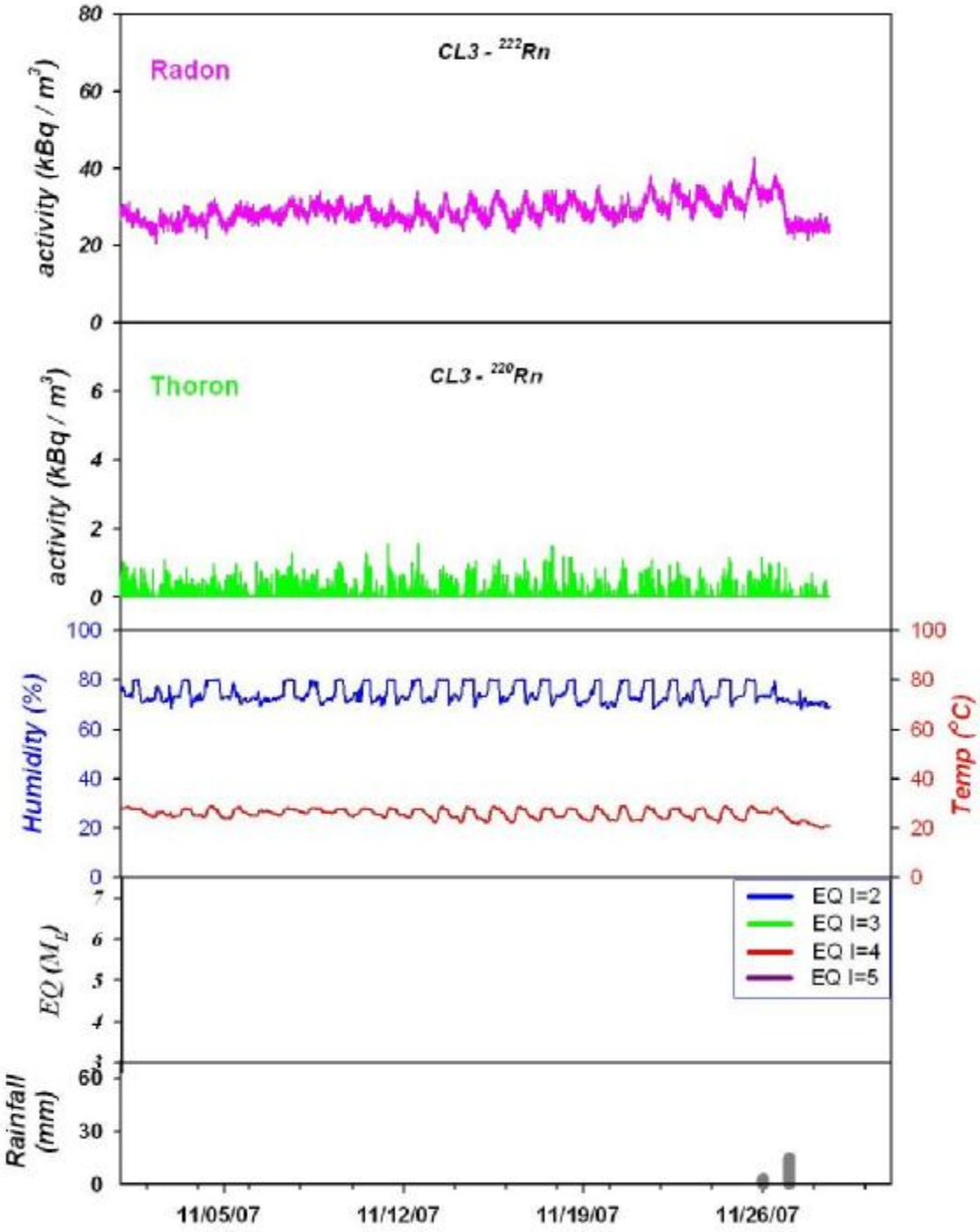


圖2-48：中崙濁水潭土壤氣氡氣成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度。T、H則表示土壤氣的溫濕變化（2007/11/1～2007/11/30）。

2-3 嘉義中崙溫泉一號井土壤氣體觀測站

圖2-49到2-60為中崙溫泉一號井之土壤氡氣連續分析結果。這一年來，從本測站土壤氡氣濃度的變化顯示，其氡氣濃度似乎和土壤溫度呈現負相關，氣體濃度波動的情形相當顯著，不像其它氣體觀測站有長期較平穩的背景值，可能代表著間歇性的溫泉逸氣現象。然而，這都與當初設站的逸氣通量不符，因此在用其它的氡氣分析儀進行各種的交叉測試，並也重新配置內部管線，仍無法回到原先穩定的觀測值，加上本測站所處地點也常發生斷電情形，造成觀測品質無法提升。未來考慮在鄰近地區或更適當的地區進行調查，選擇一更適合長期觀測的地點將原測站遷移至新址，以期獲得更好的觀測結果。

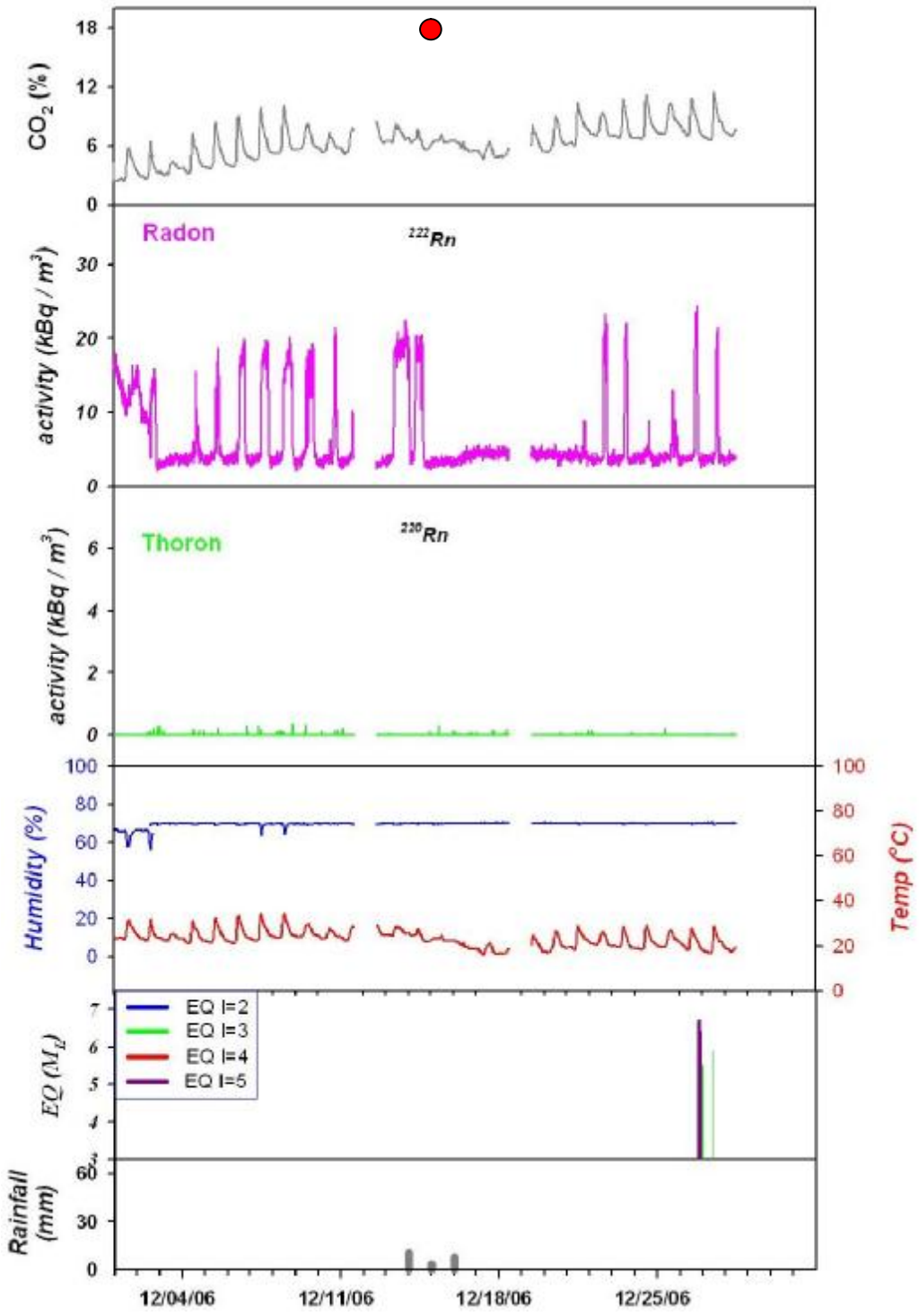


圖 2-49：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2006/12/1～2006/12/31）。紅點為人工採樣結果；12月底觀測站周遭停電。

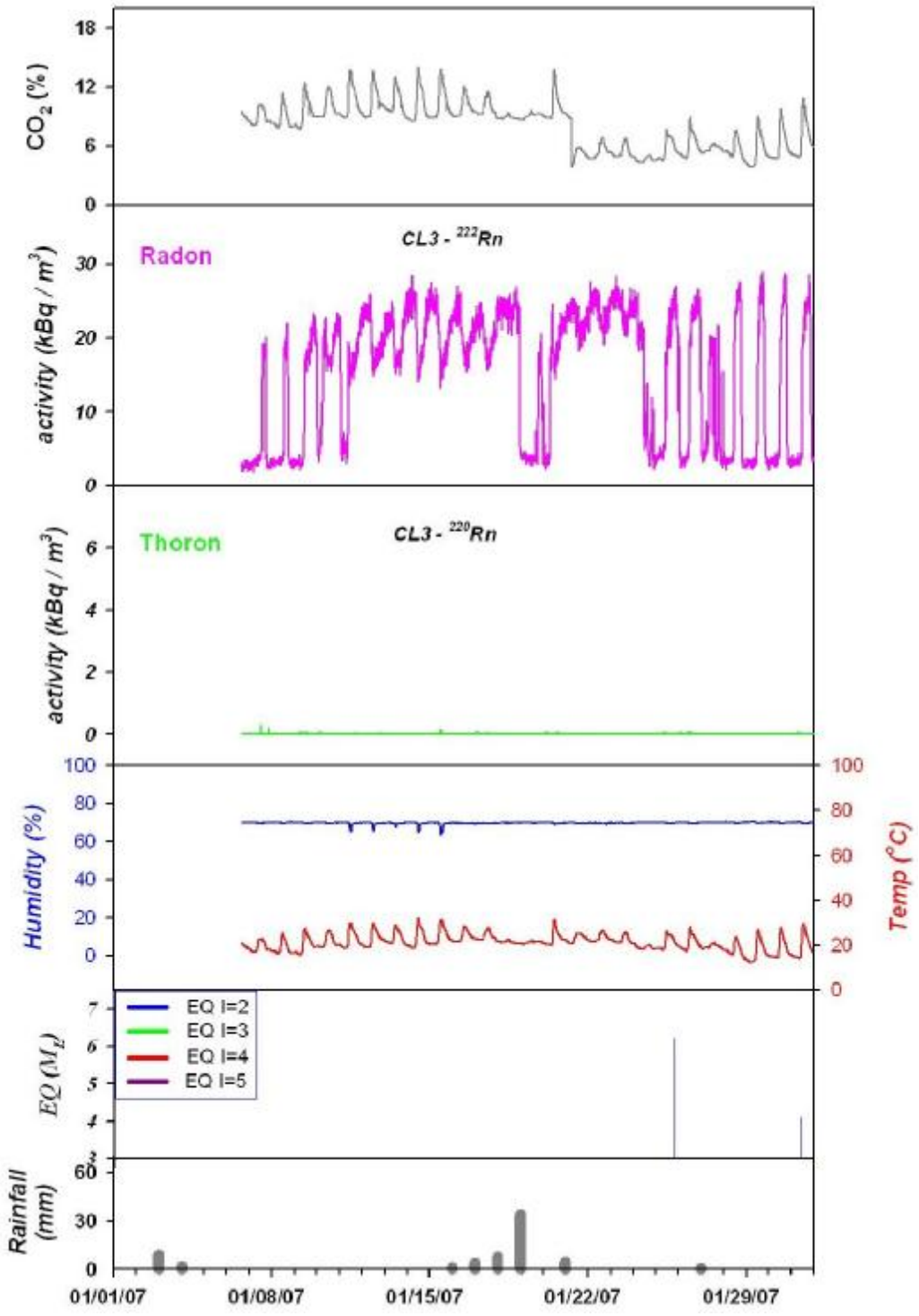


圖 2-50：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/1/1～2007/1/31）。12 月底的斷電至 1 月初才恢復，其間資料中斷。

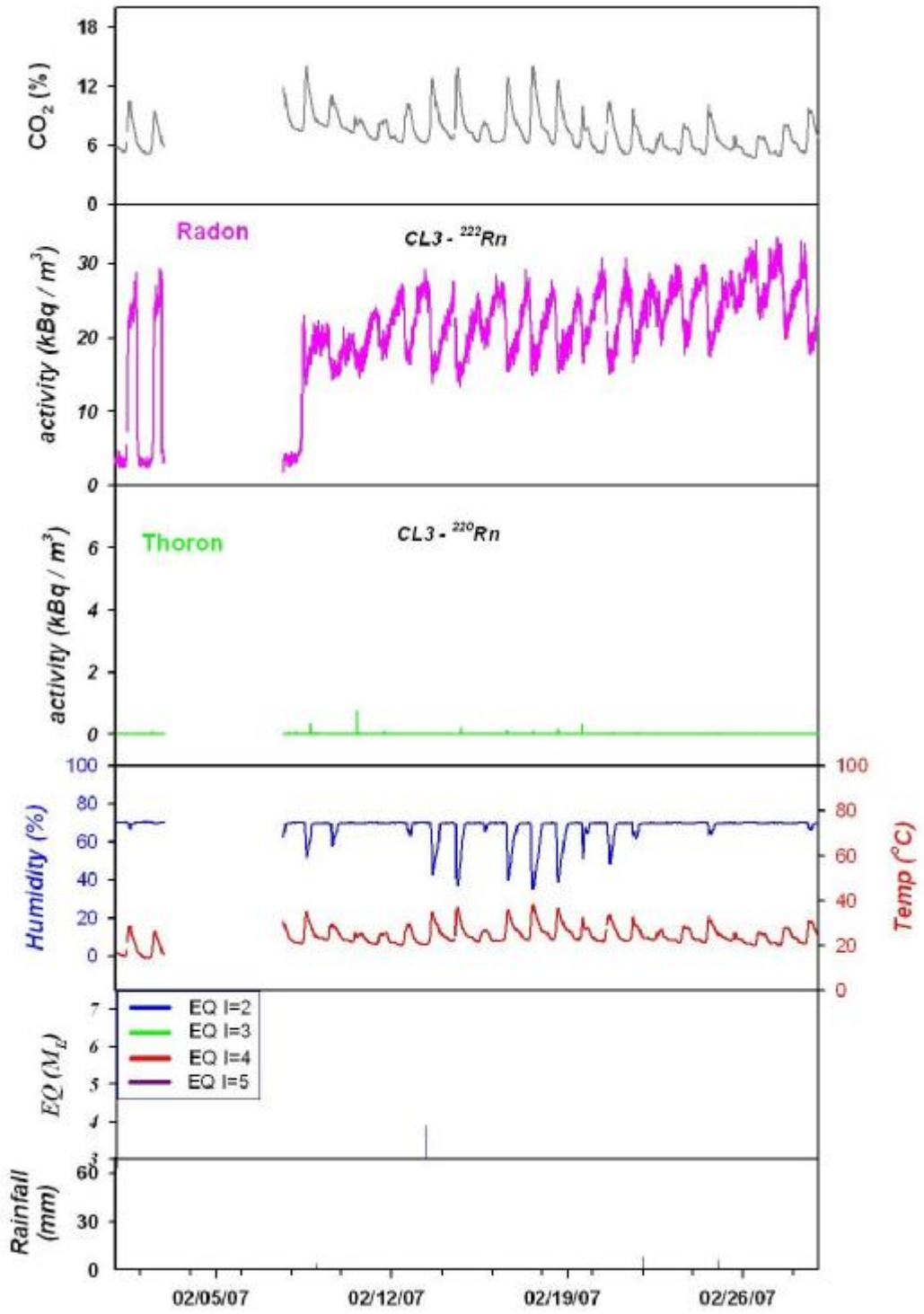


圖 2-51：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/2/1～2007/2/28）。2 月初進行儀器測試，所以資料有部分中斷。

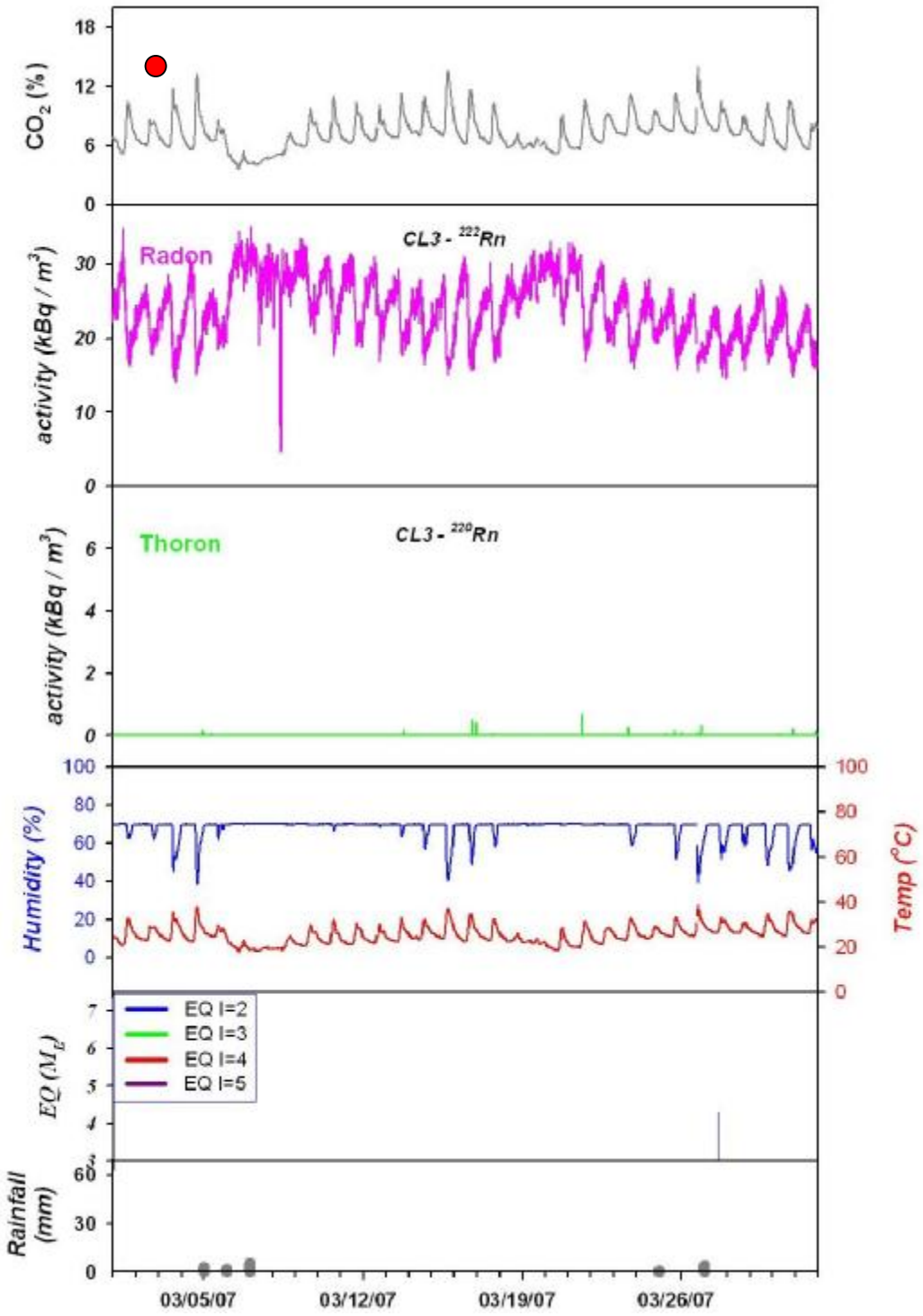


圖 2-52：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/3/1～2007/3/31）。

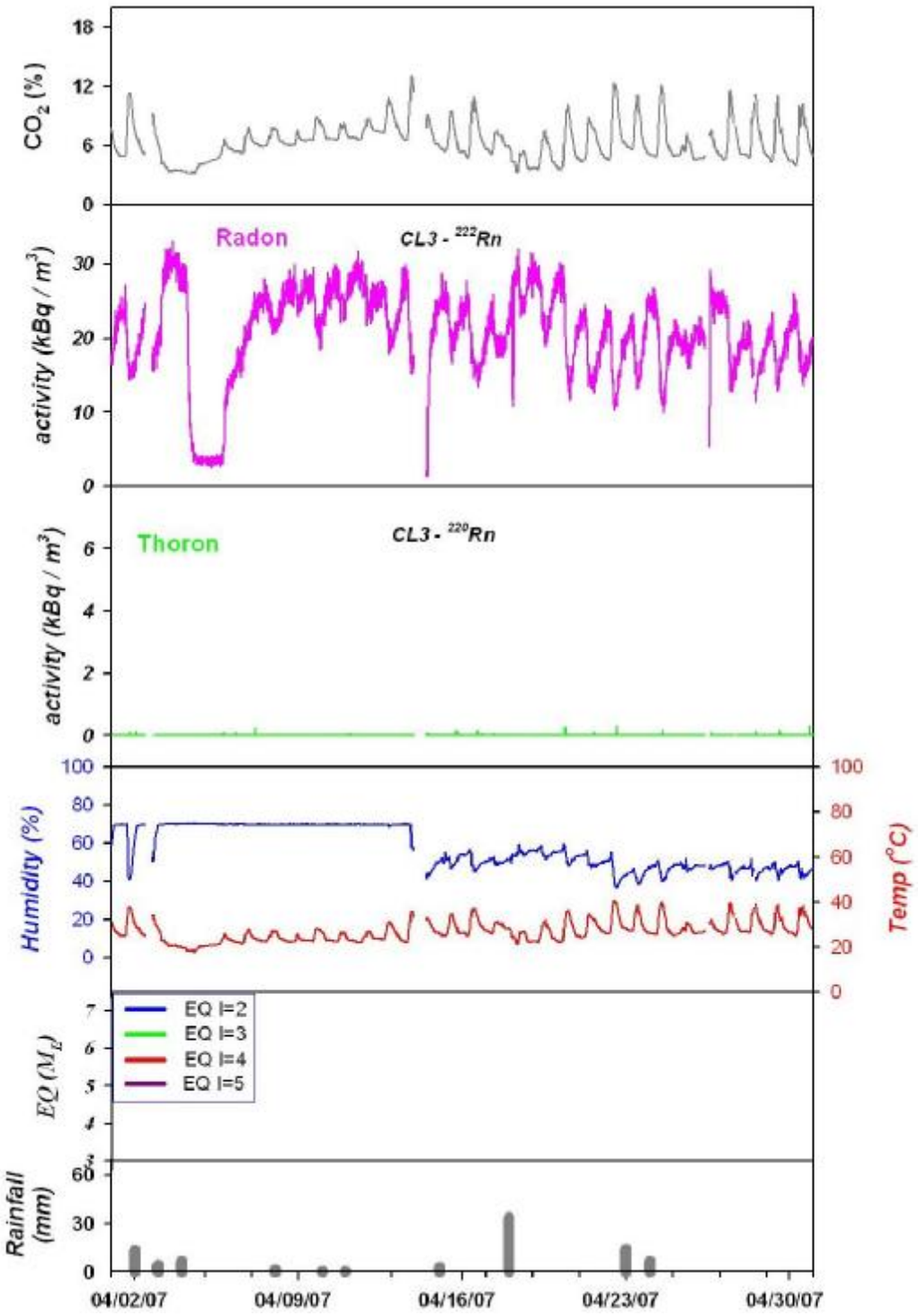


圖 2-53：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/4/1～2007/4/30）。

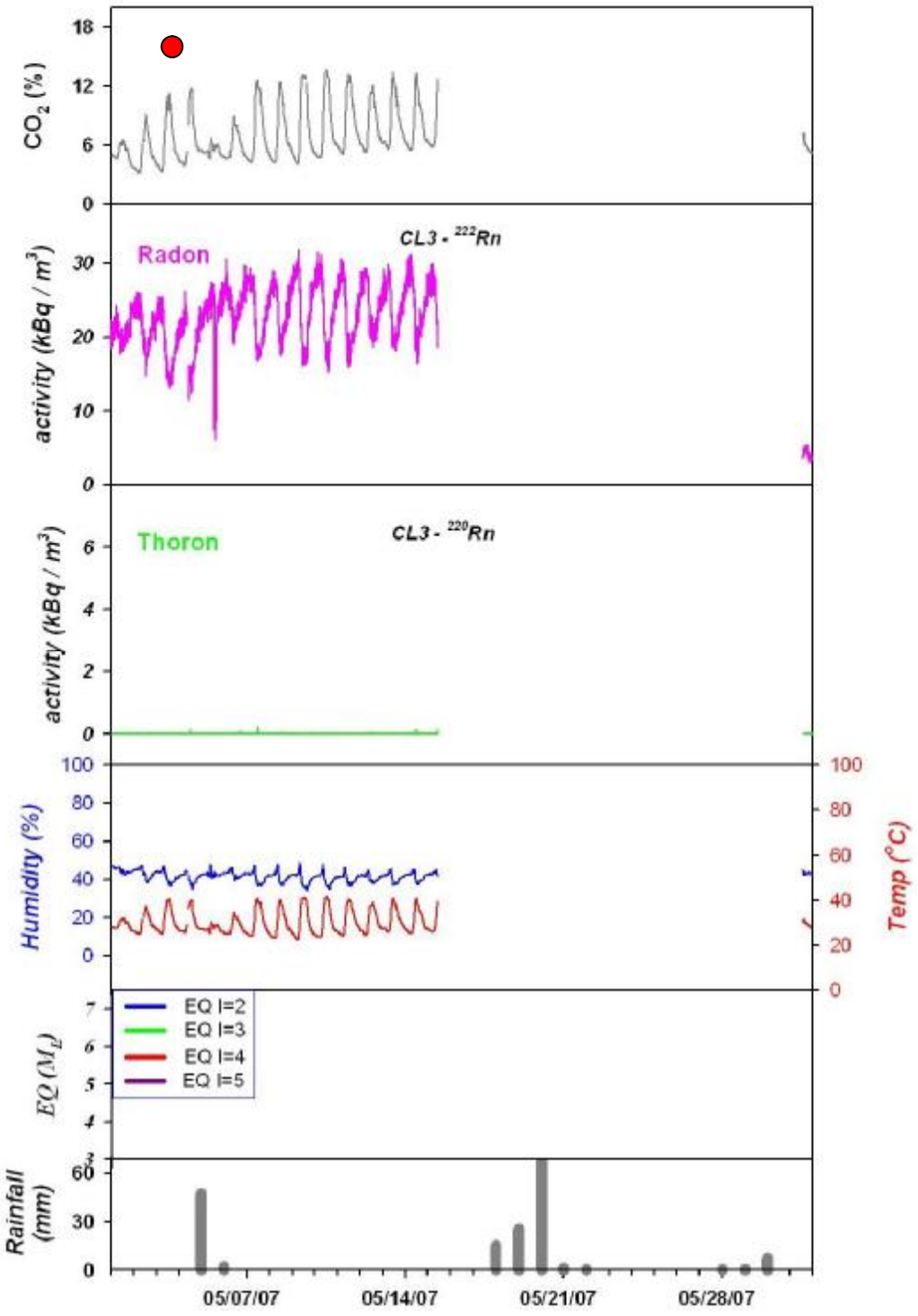


圖 2-54：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/5/1～2007/5/31）。紅點為人工採樣結果；5 月中旬中崙地區斷電。

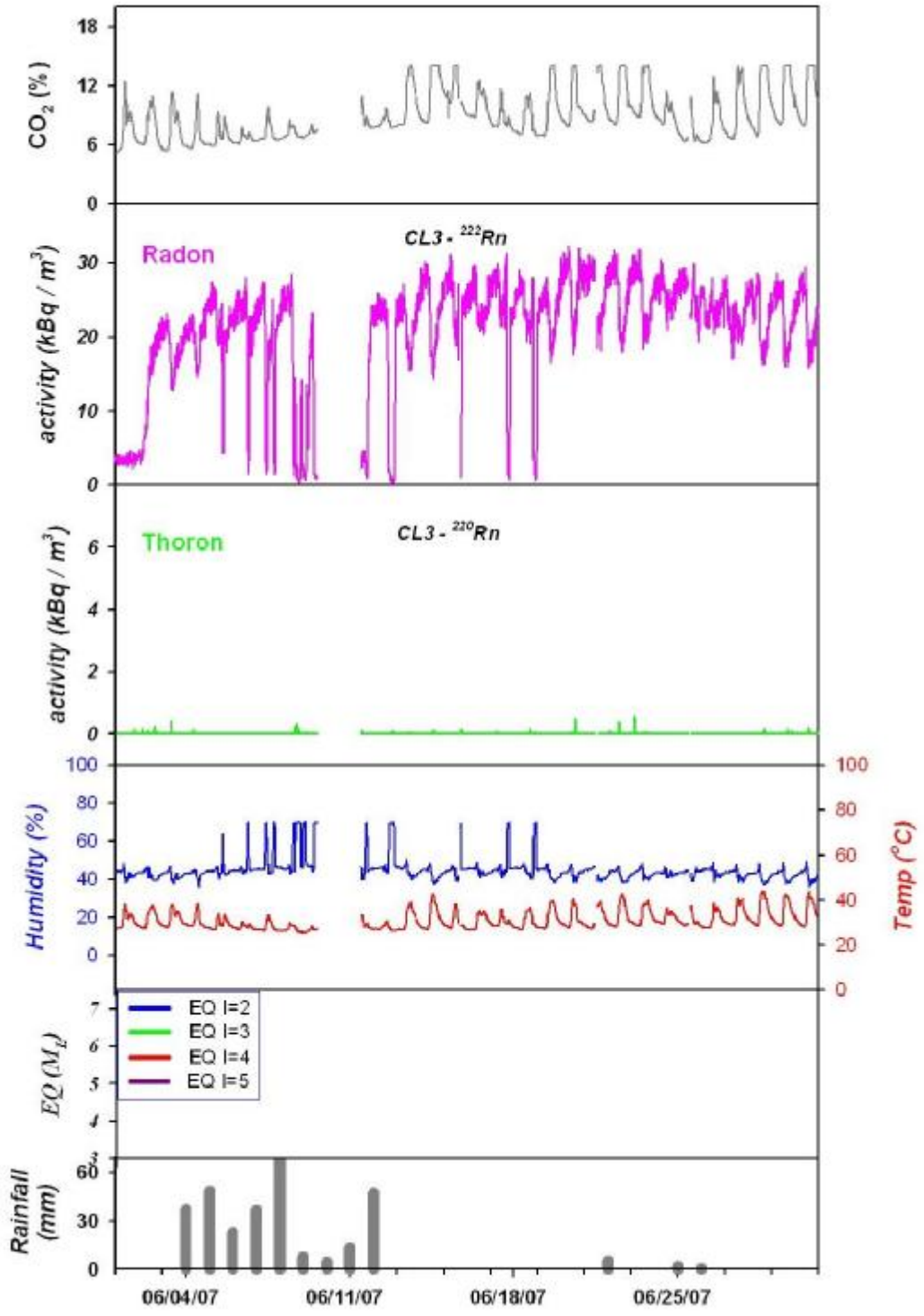


圖 2-55：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/6/1～2007/6/30）。

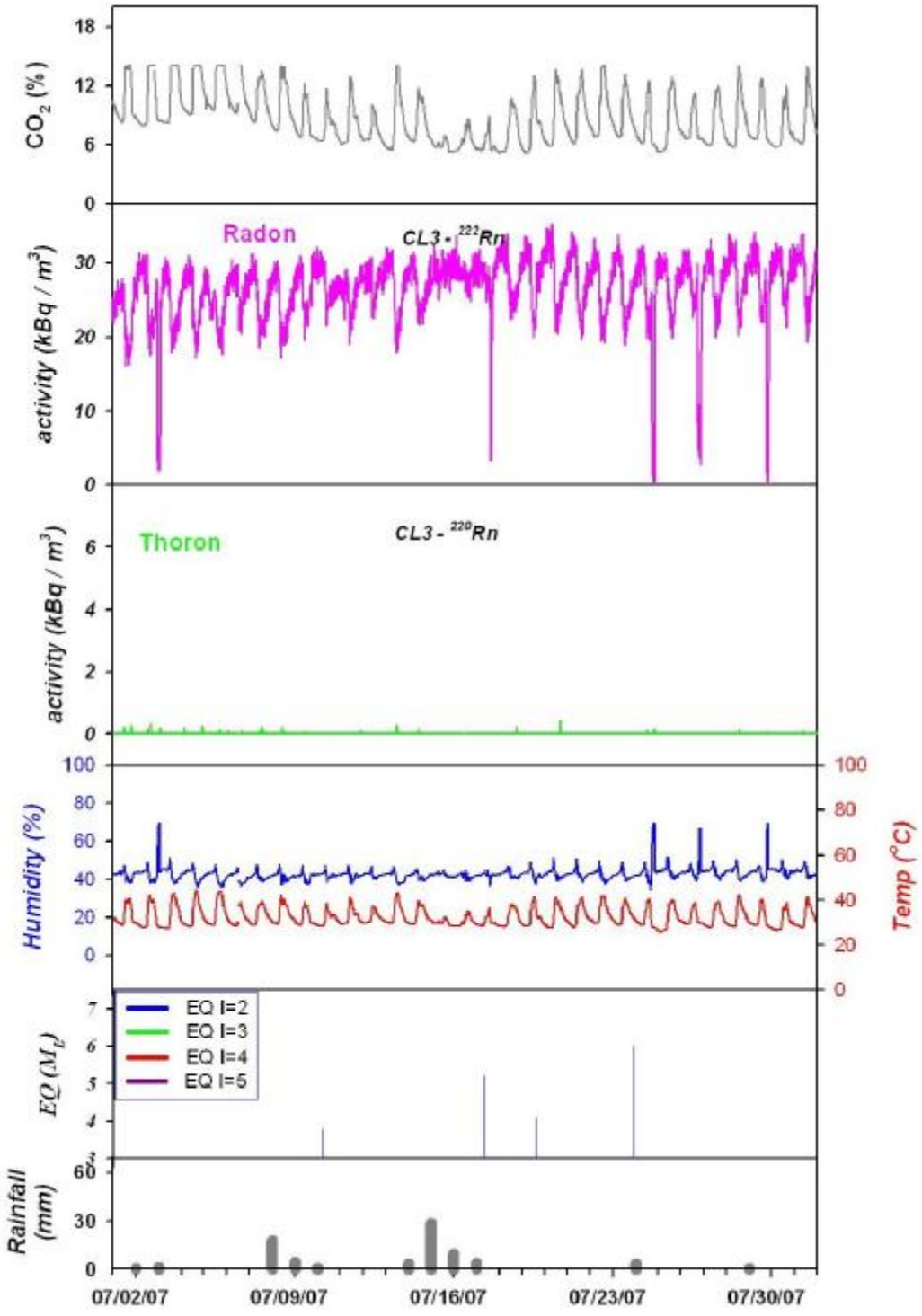


圖 2-56：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/7/1～2007/7/31）。

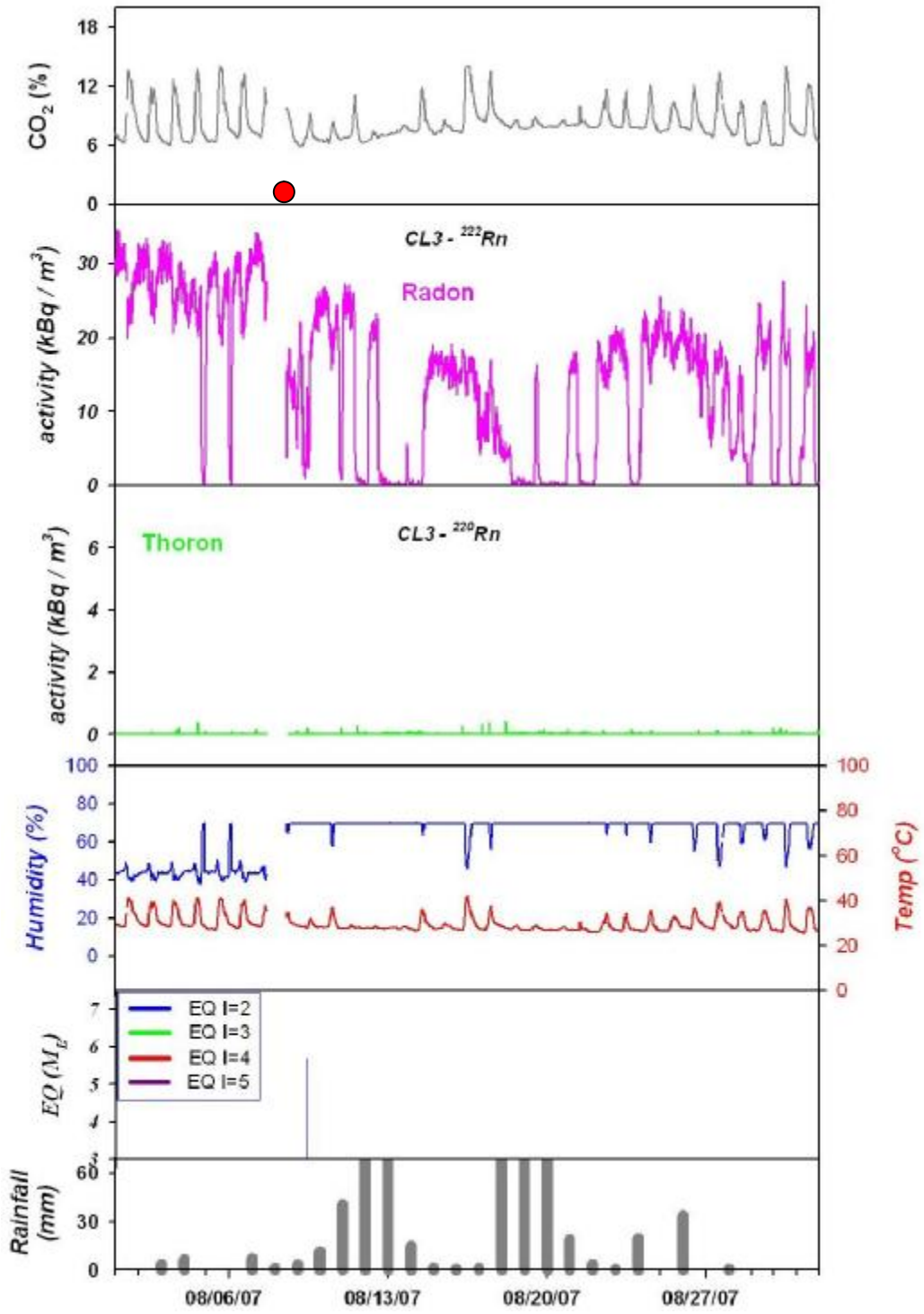


圖 2-57：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/8/1～2007/8/31）。紅點為人工採樣結果；8 月 7 日更換電子式乾燥劑。

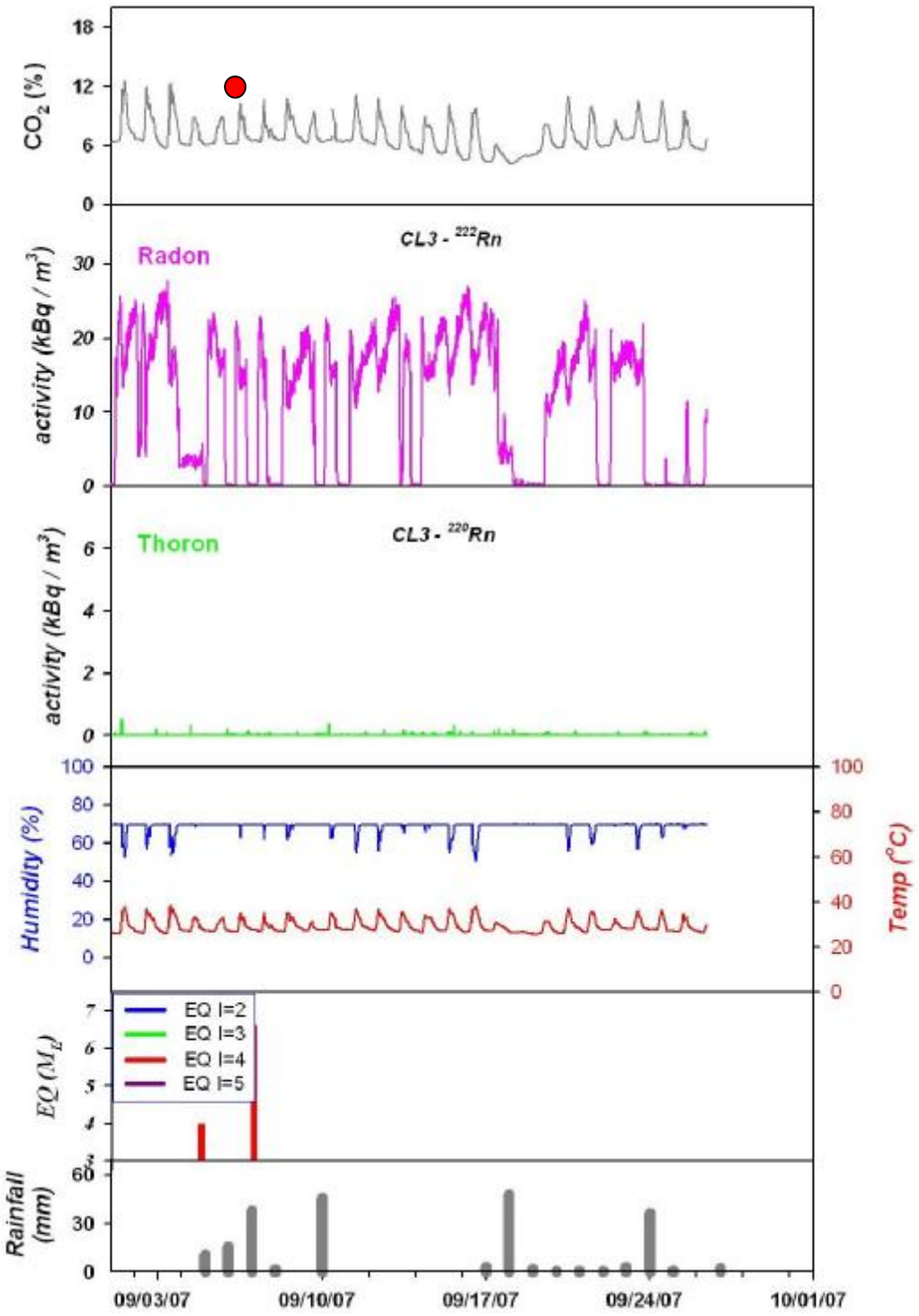


圖 2-58：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/9/1～2007/9/30）。紅點為人工採樣結果；9 月底觀測站斷電。

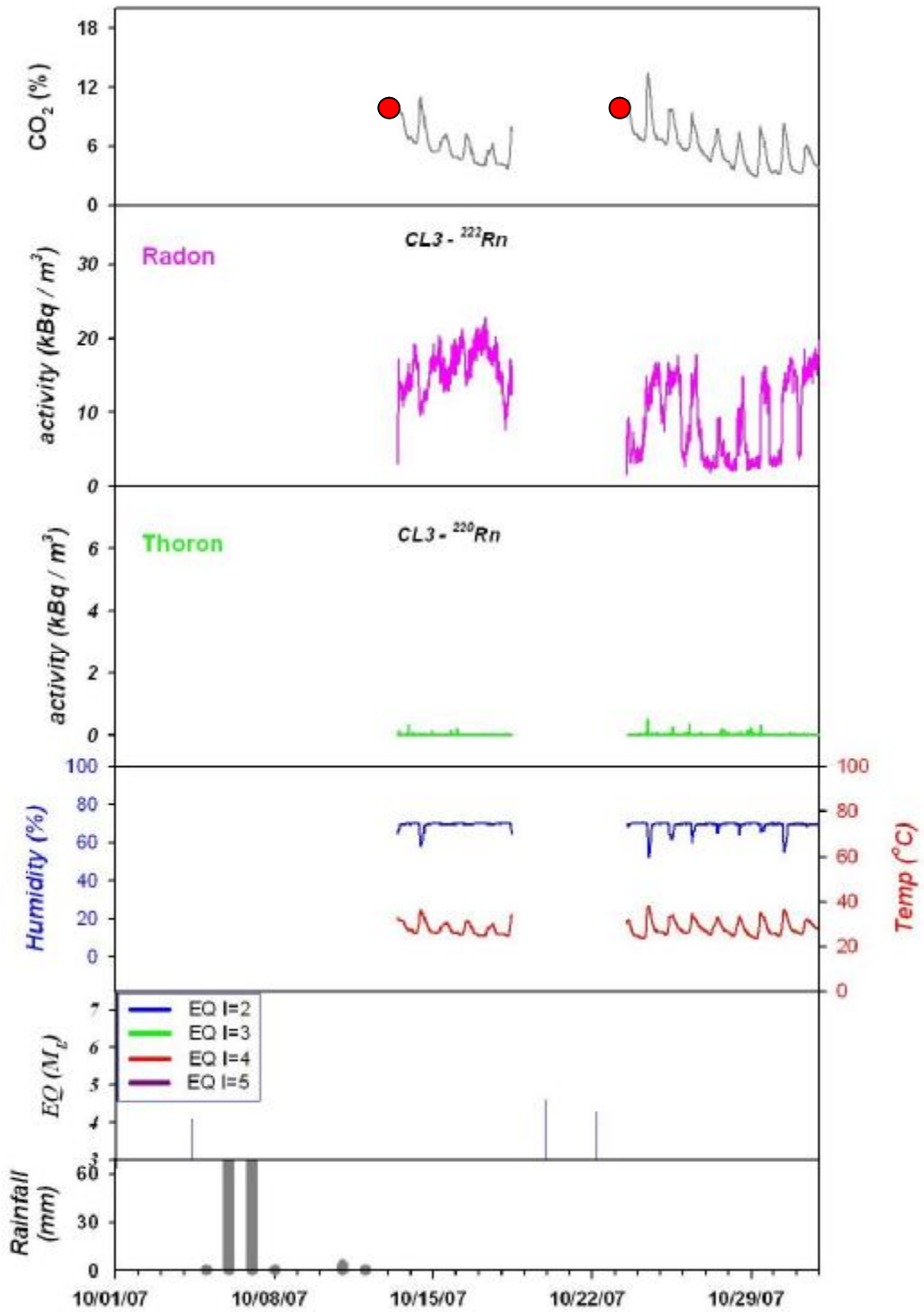


圖 2-59：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/10/1～2007/10/31）。紅點為人工採樣結果；自 9 月底的斷電一直持續到 10 月 13 日才搶修完成，不過之後又發生一次斷電事件。

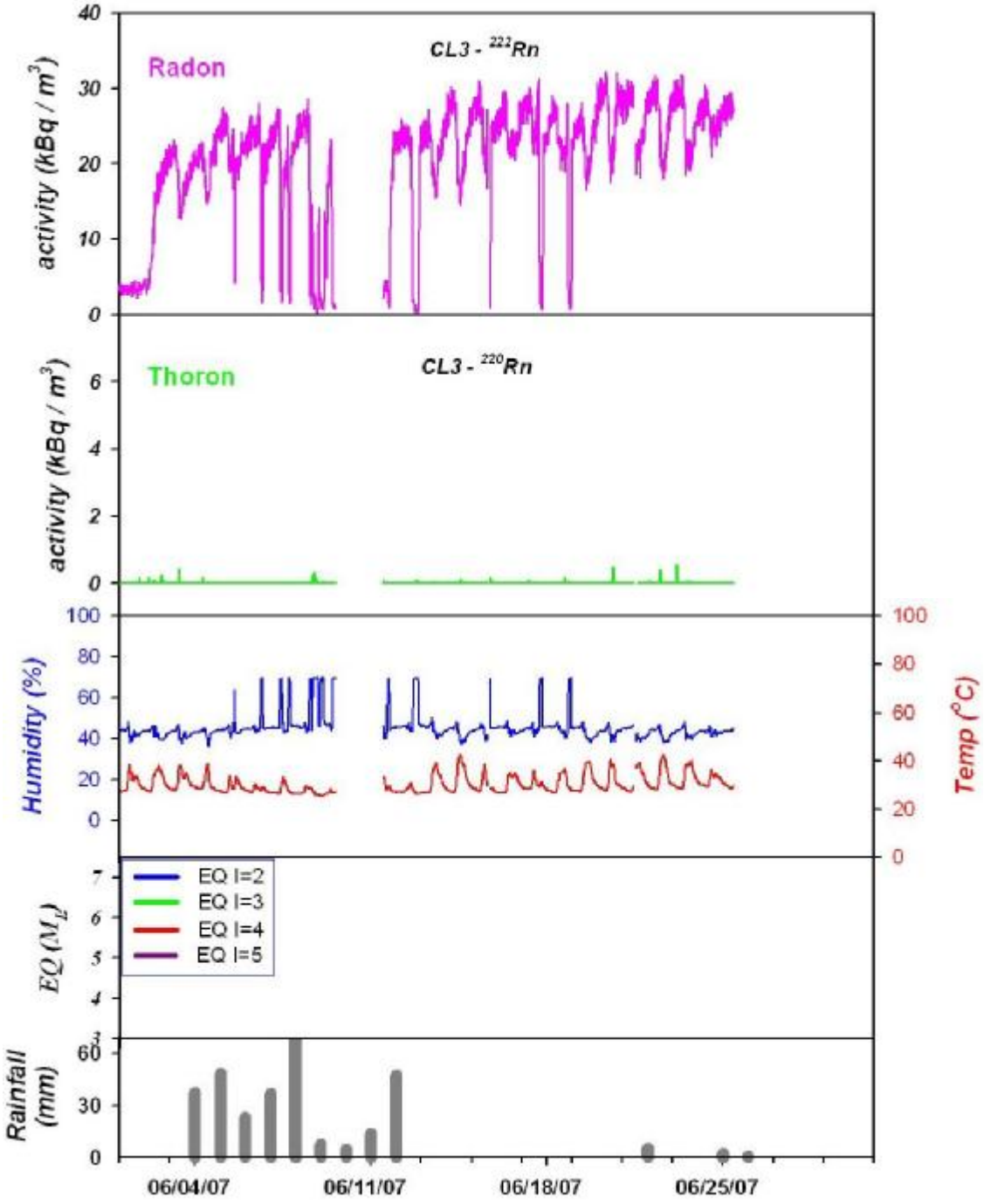


圖 2-60：中崙溫泉 1 號井土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與地震、雨量之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/11/1～2007/11/30）。

2-4 新竹大平地土壤氣體觀測站

圖2-61到圖2-72為新竹大平地觀測站的連續分析結果，圖2-61和圖2-62分別為2006年12月和2007年1月的觀測結果，除了大氣壓力、溫濕度及土壤的溫濕度有明顯的波動之外，其土壤氡氣皆無顯著的變化。然而，圖2-61和圖2-62雖分別記錄了一起地震事件，不過其氣體濃度皆沒有異常的變化，這可能是由於地震發生的地點距離觀測站過遠所造致。圖2-63則為2月的觀測結果顯示，於2月10日的地震發生之前，氣體濃度並沒有明顯的變化，不過在此地震發生之後，土壤氡氣呈現持續升高並維持了半個月左右，其後再度恢復至原背景值。這可能是由於此地震發生地點非常靠近觀測站，持續的應力作用造成逸氣系統改變。

圖2-64則是3月的觀測結果，雖於3月8日紀錄到一筆地震事件(地震深度68.7km，地震規模5.2)，不過氣體濃度同樣無顯著變化，這可能是因為此地震發生的深度太深而無法即時改變地表氣體所致。而圖2-65到圖2-67則是4月到6月的觀測結果，其土壤氣體呈現穩定而其它大氣因子及土壤溫濕度皆呈現每日的日夜變化，同樣無顯著的異常發生。

圖2-68則是7月的觀測結果，於8日土壤氡氣濃度開始升高，在23日時則在花蓮外海發生一起規模達6.0(地震深度29.6km，測站震度為2級)，之後土氡濃度仍一直呈現異常直至8月4日才恢復原來背景值。圖2-69為8月的資料，在11日時土氡濃度又升高並維持了3天而後恢復原背景值，之後17日時在桃園三光地區則發生一起規模3.8(地震深度8.4km，測站震度為1級)的地震，此地震事件可能與先前的氣體異常有關。28日時，土壤氡氣濃度又再度升高並持續至9月6日(如圖2-70)，然而一天後即在宜蘭外海發生一起規模高達6.6(地震深度27km，測站震度為3級)的地震事件。其後於10日土氡濃度又開始升高，持續了8天後濃度恢復原背景值，接者在22日在宜蘭南澳地區發生一起地震(地震深度18.2km，地震規模為5.0，測站震度為2級)。9月27日土氡濃度又升高，直至10月6日才又恢復為背景值(如圖2-71)，隨後7日則在宜蘭外海發生規模為5.0(地震深度95.2km，測站震度為1級)的地震，接者又在11日於宜蘭地區發生一起規模達5.5(地震深度78.9km，測站震度為2級)的地震，後者可能較與先前的土壤氡氣異常有關連。10月15日土氡濃度升高，兩天後在花蓮外海發

生規模為5.7(地震深度42.2km，測站震度為1級)的地震，不過此時土壤氡氣濃度仍持續呈現異常趨勢，且在11月12日宜蘭南澳地區的地震發生之後(地震規模為4.5，地震深度18.4km，測站震度為1級)，土氡濃度更是大幅度持續增加直到19日才稍微降低，不過仍明顯高於先前的背景值濃度。在濃度些微降低之後，於20日、21日分別在宜蘭地區(地震規模為4.7，地震深度75.6km，測站震度為1級)、竹北地區(地震規模為2.9，地震深度3.2km，測站震度為2級)各發生一起地震活動。而11月29日在宜蘭外海發生的地震活動，是否與本測站的氣體異常有關，則需要後續的資料進行確認。

就整體的來說，本觀測站的土壤氣體濃度變化，可能可反映出台灣北部地區地震的活動情形。

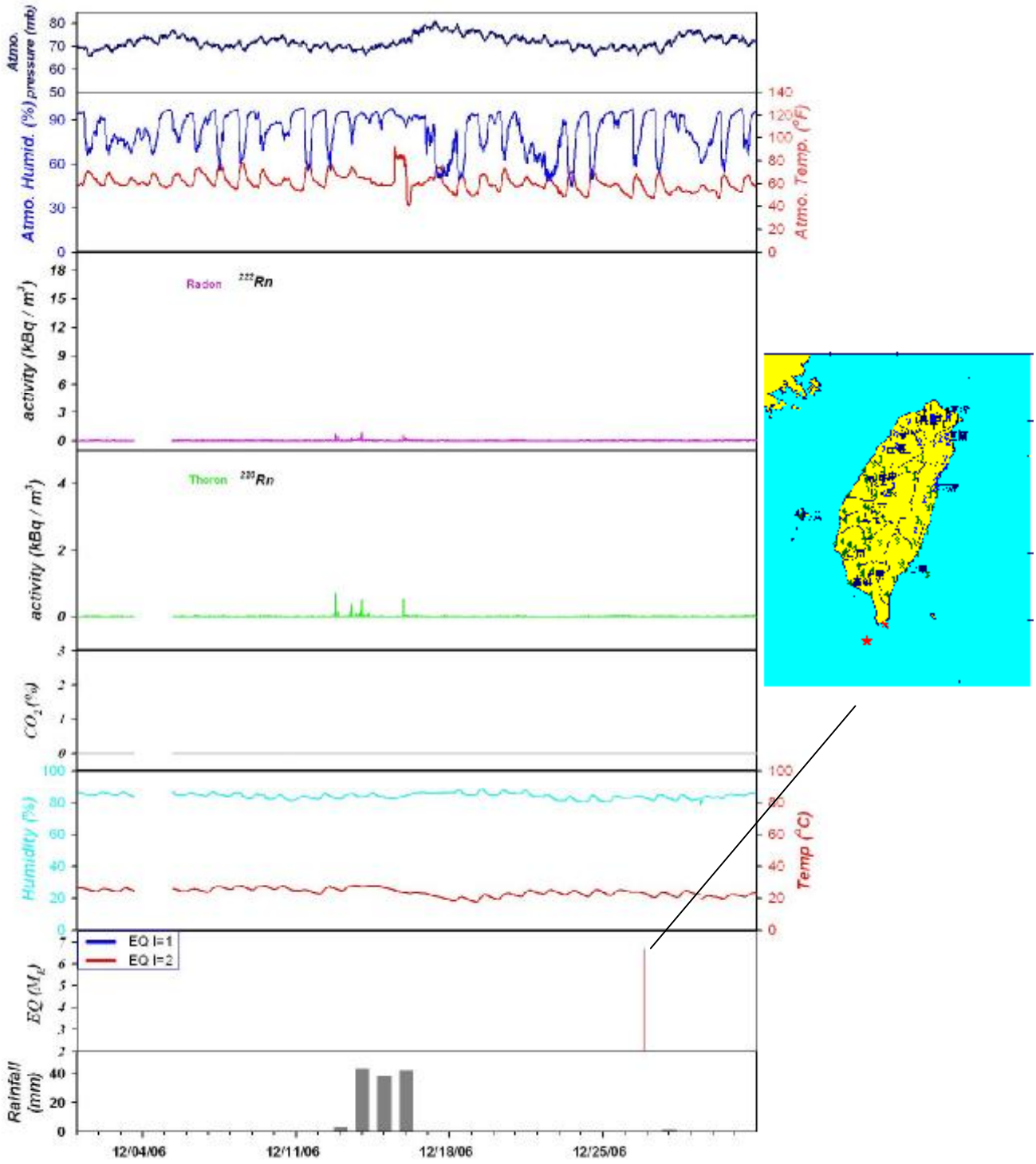


圖 2-61：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2006/12/1～2006/12/31）。

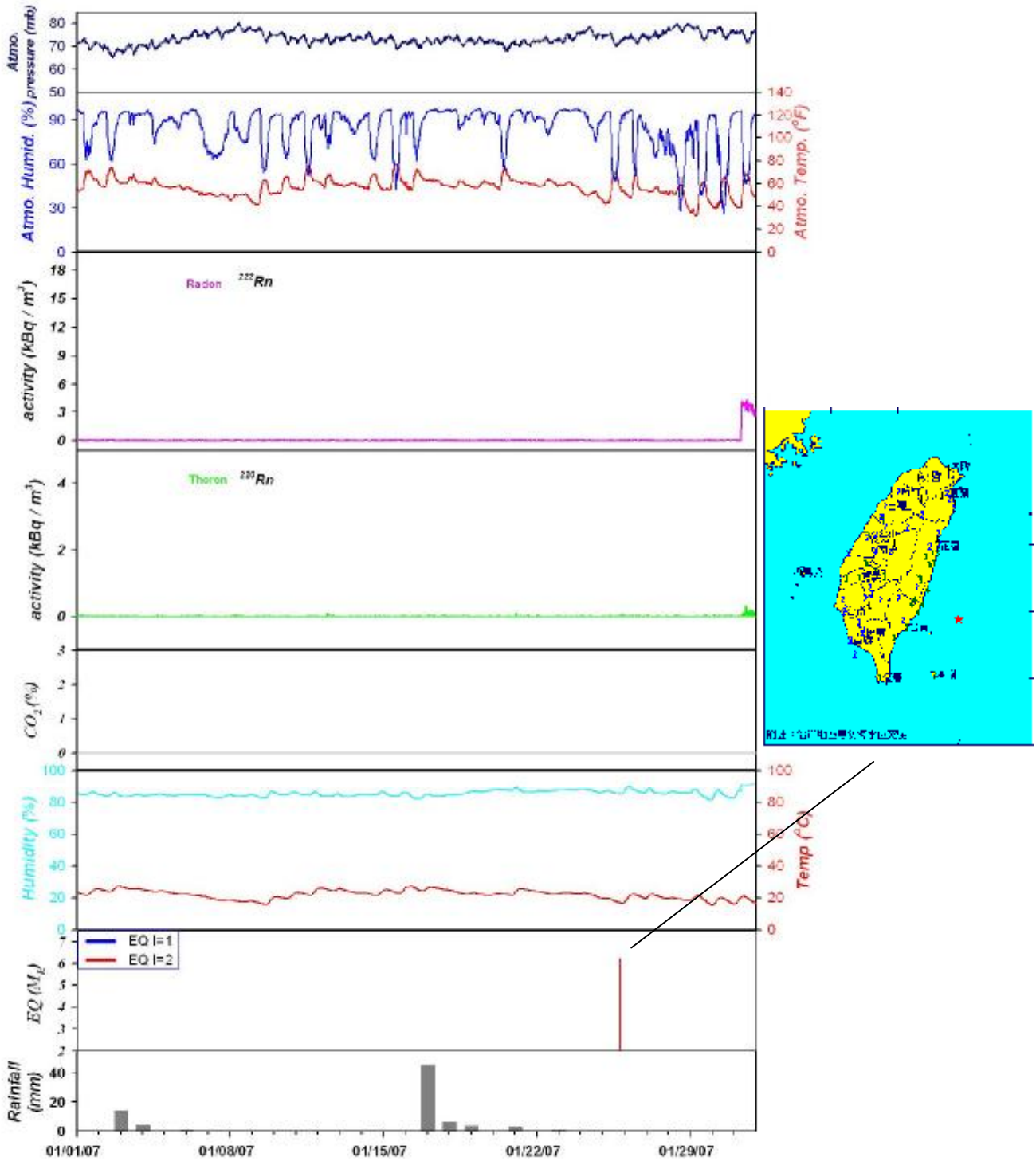


圖 2-62：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/1/1～2007/1/31）。

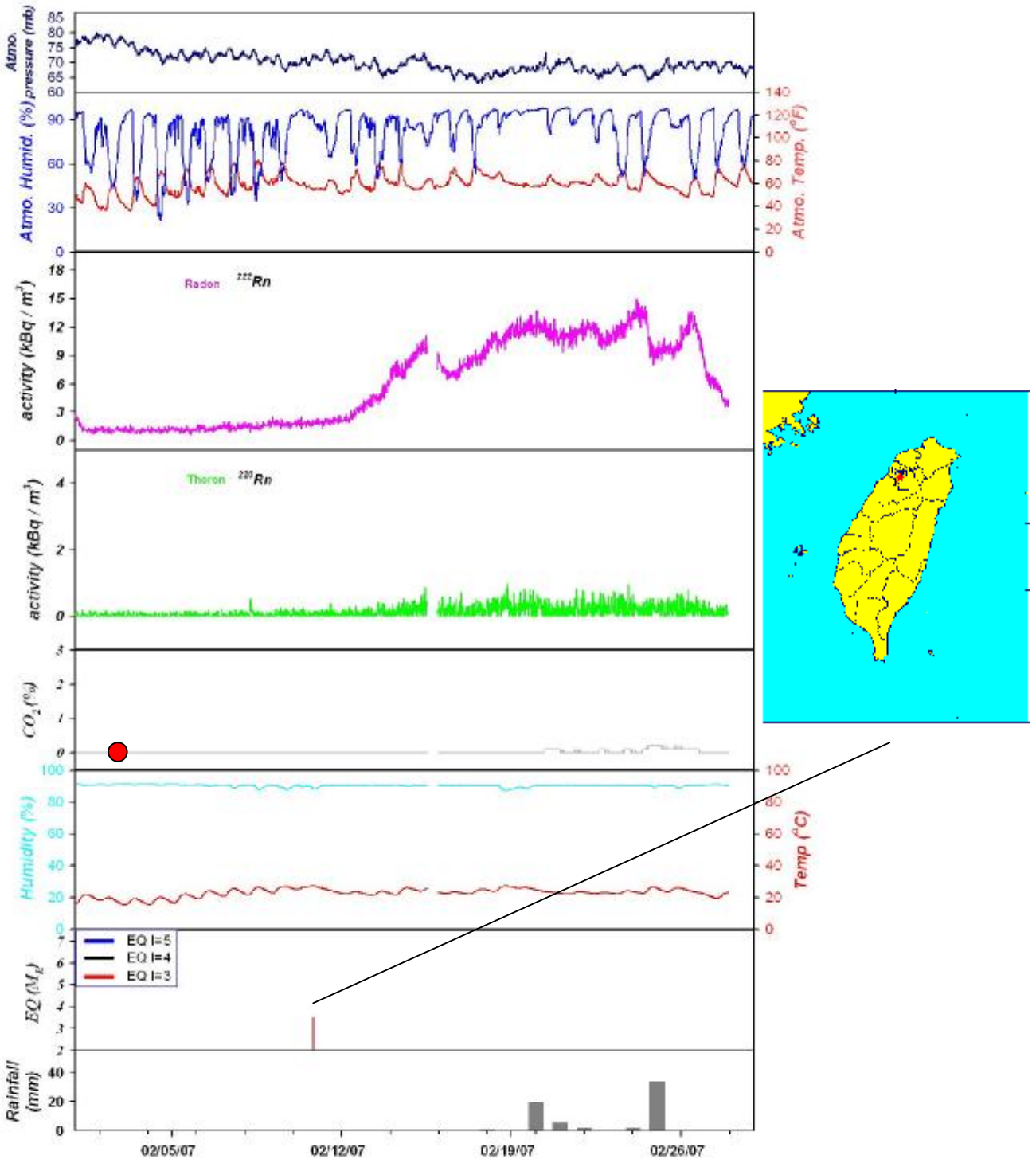


圖 2-63：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/2/1～2007/2/28）。紅點為人工採樣結果。

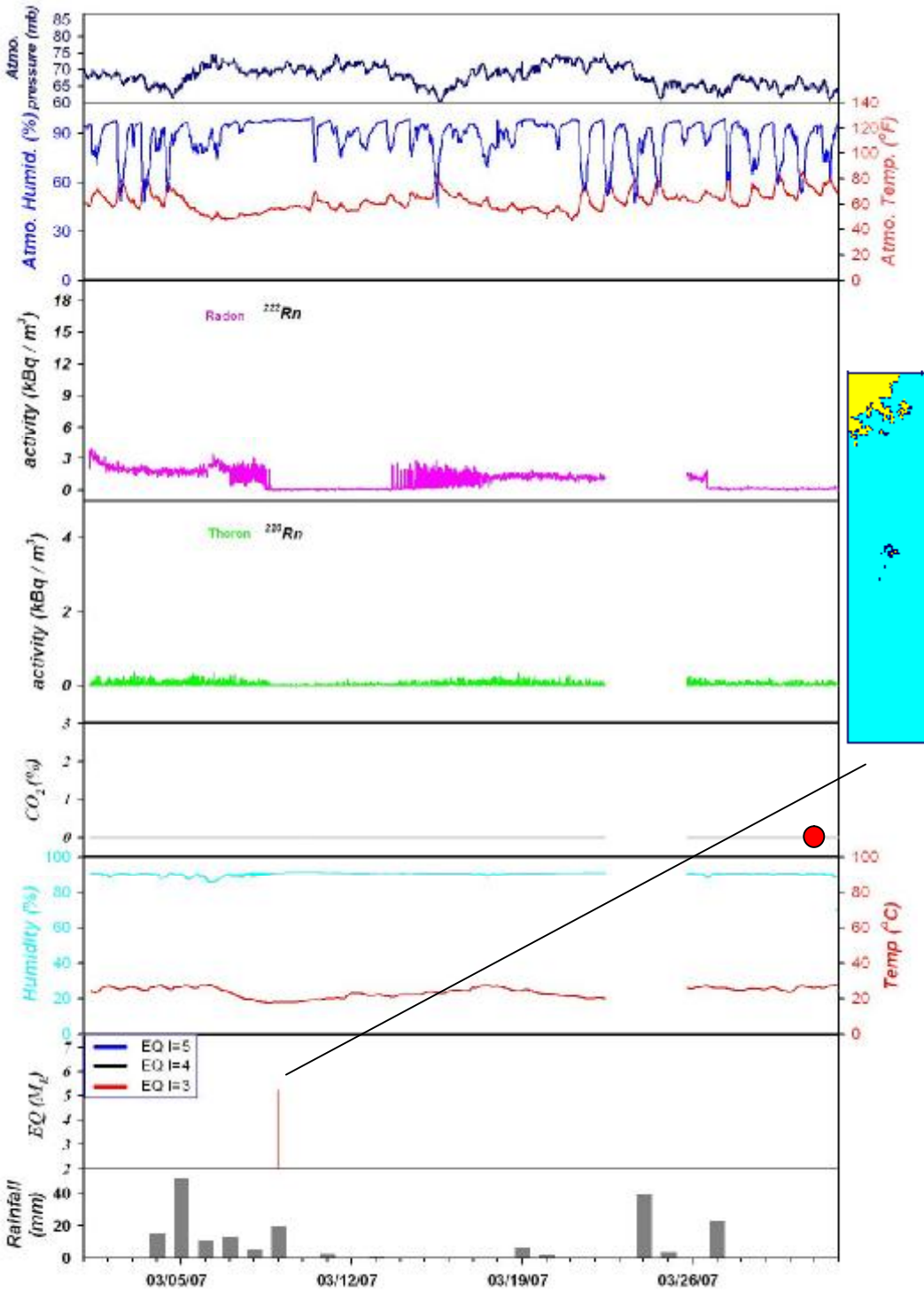


圖 2-64：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/3/1～2007/3/31）。紅點為人工採樣結果；22 日測試儀器而資料中斷。

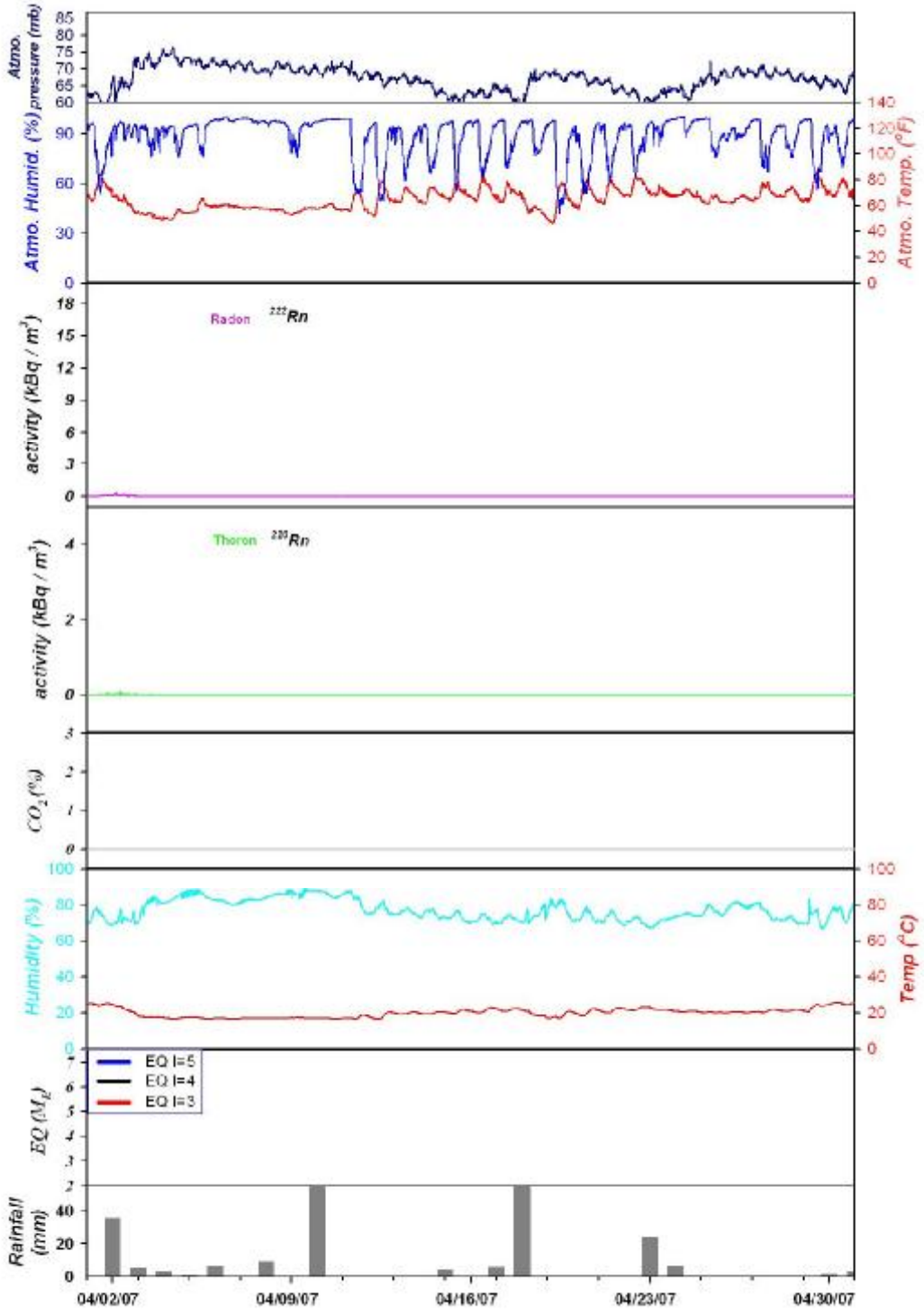


圖 2-65：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/4/1～2007/4/30）。

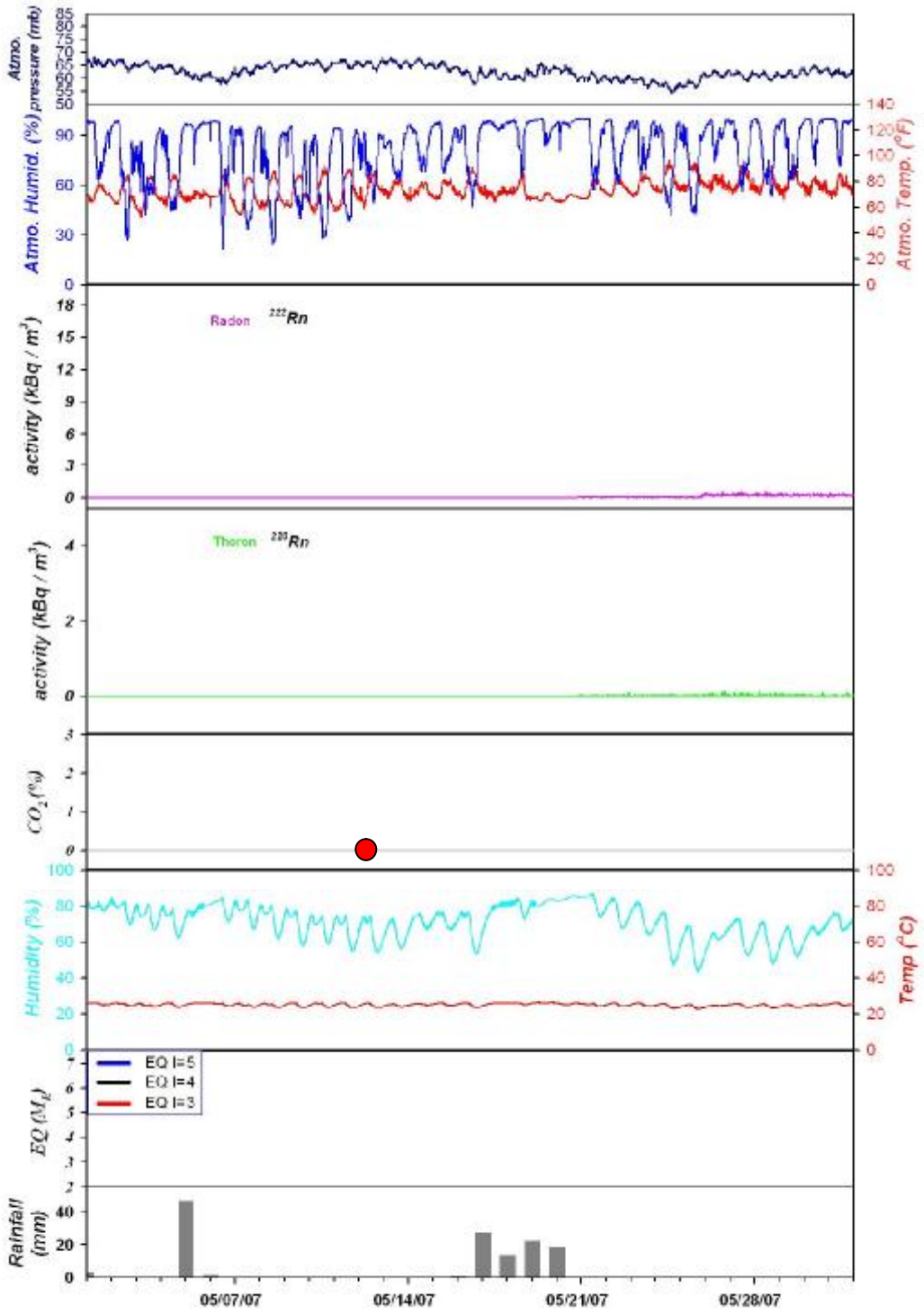


圖 2-66：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/5/1～2007/5/31）。紅點為人工採樣結果。

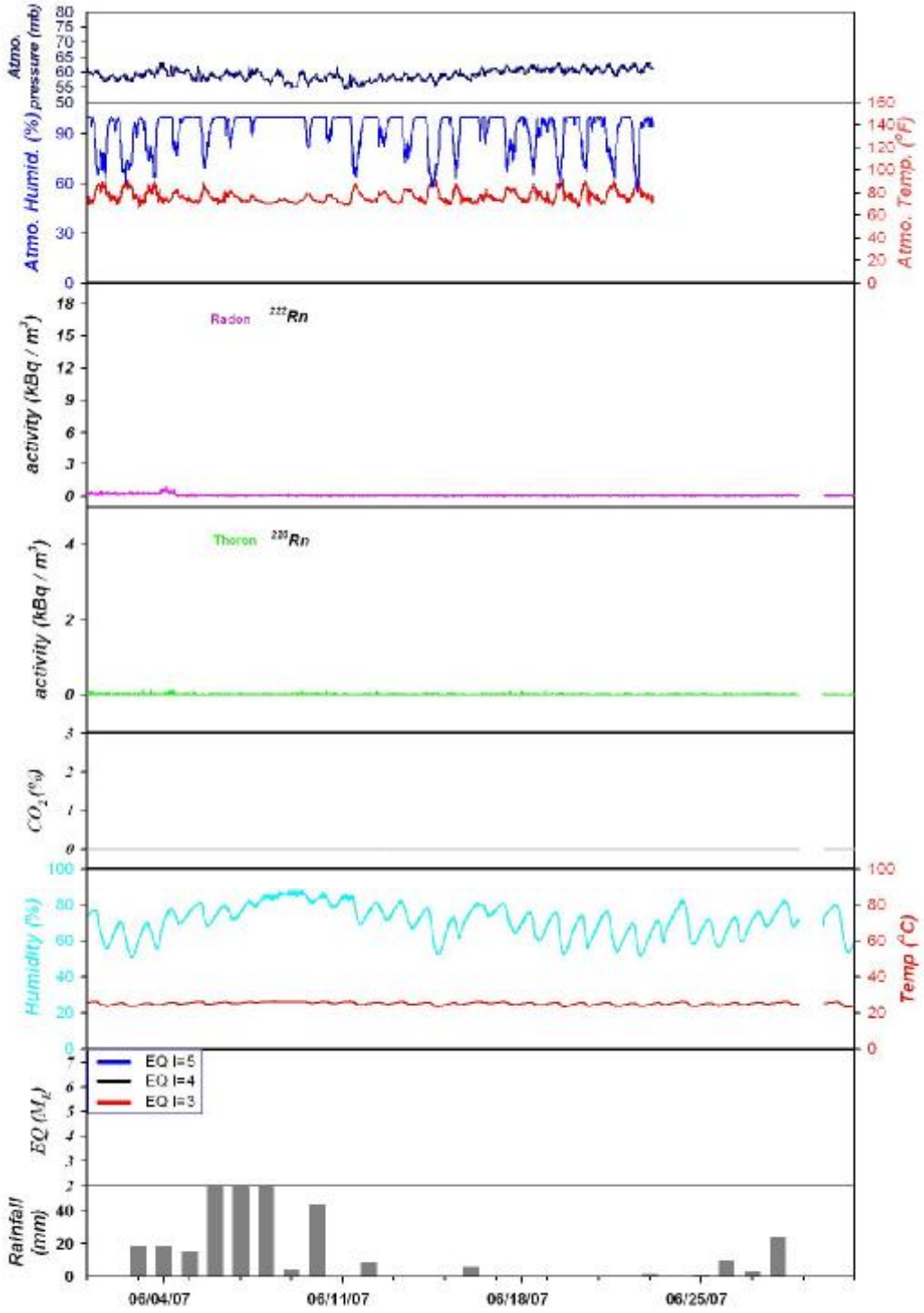


圖 2-67：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/6/1～2007/6/30）。月底電腦當機，造成氣象資料中斷。

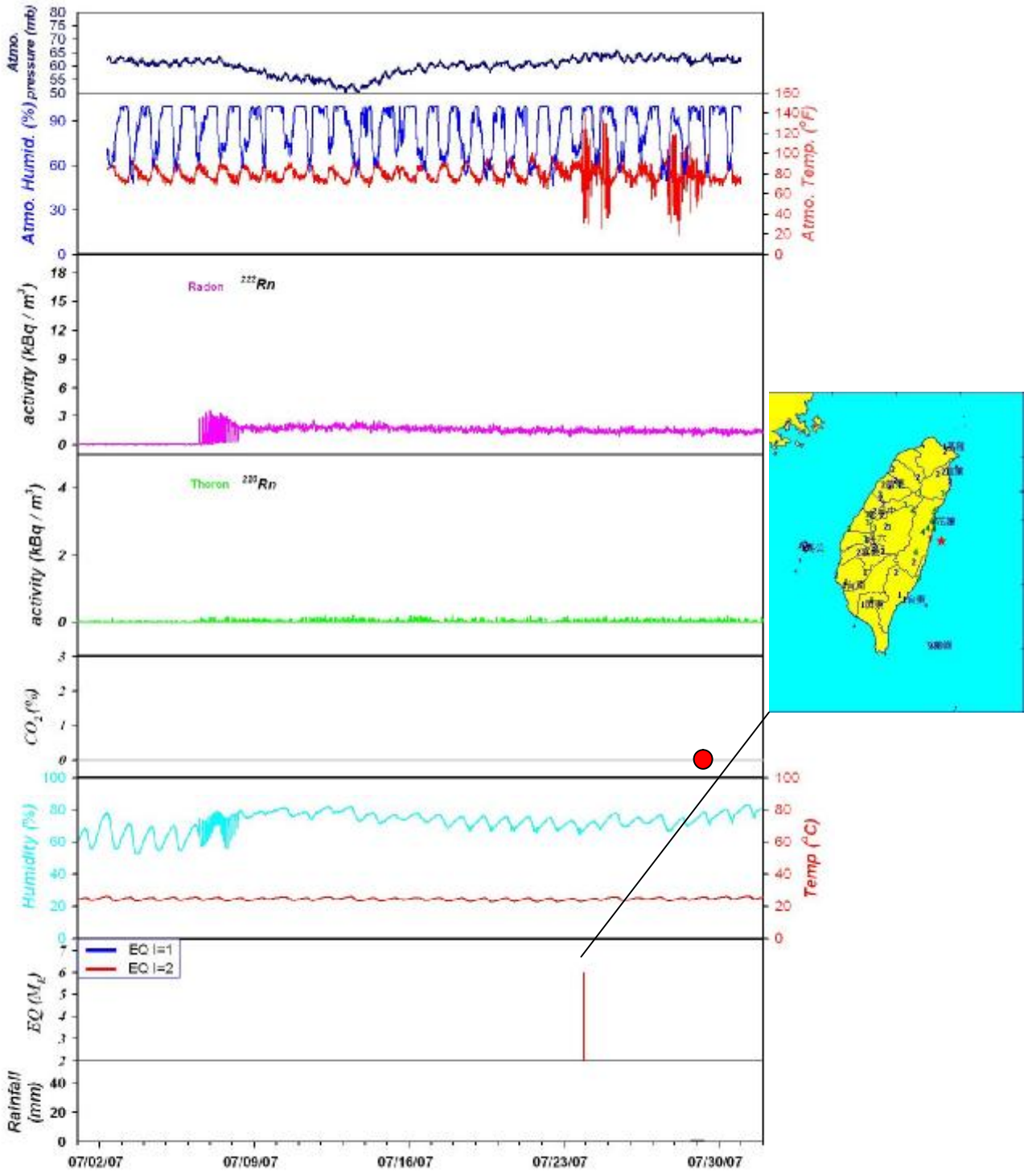


圖 2-68：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/7/1～2007/7/31）。紅點為人工採樣結果。

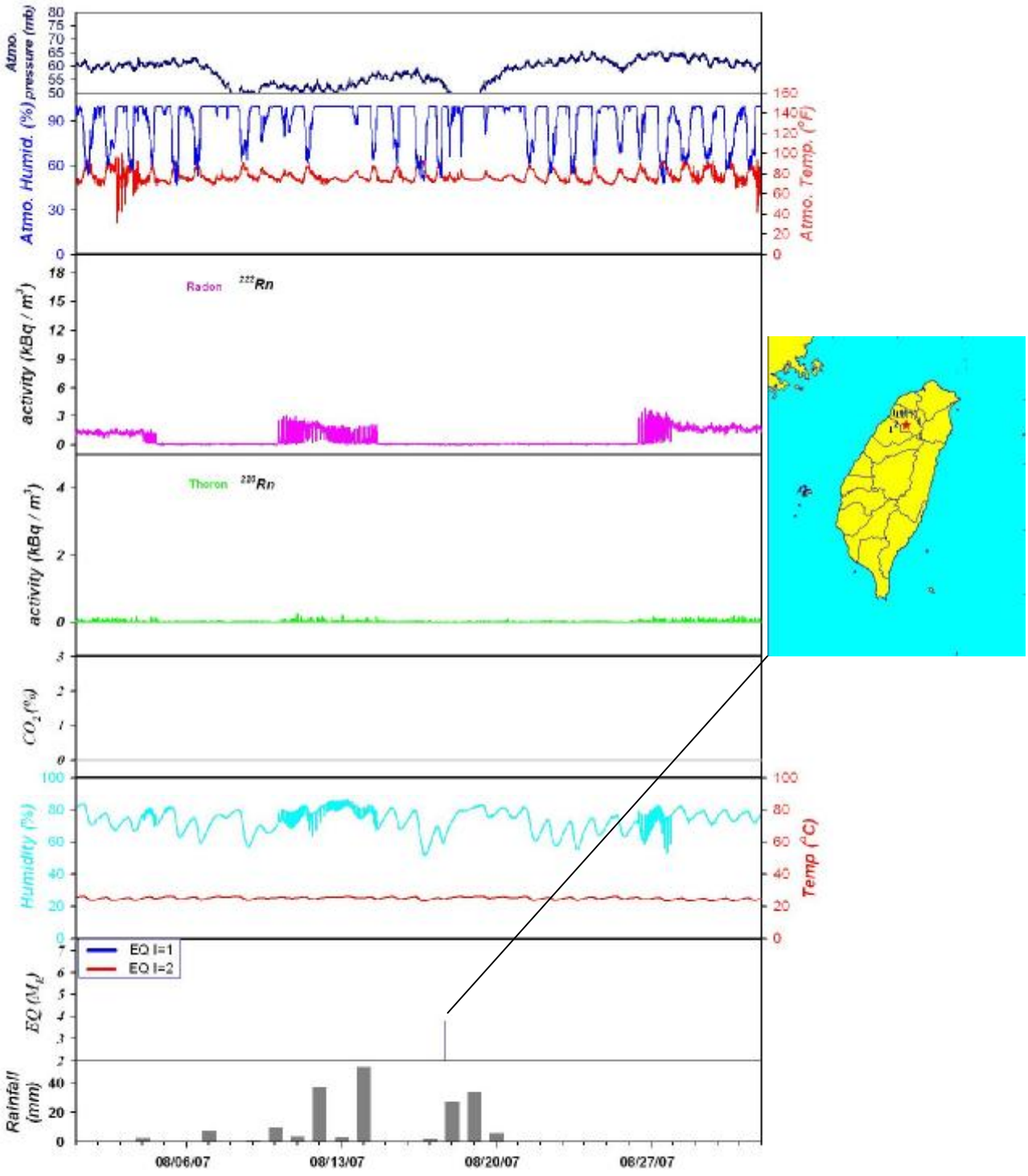


圖 2-69：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/8/1～2007/8/31）。

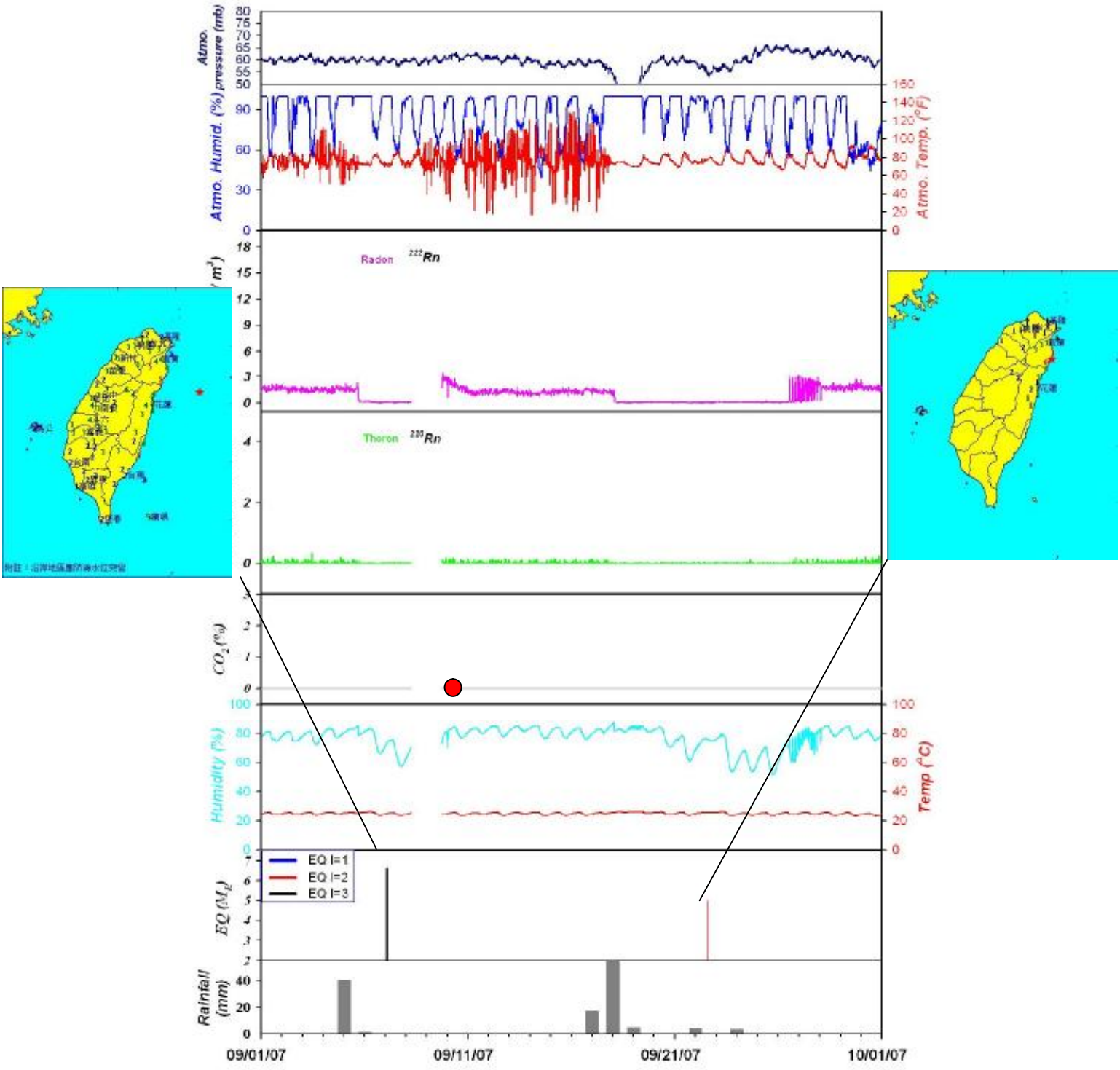


圖 2-70：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/9/1～2007/9/30）。紅點為人工採樣結果。

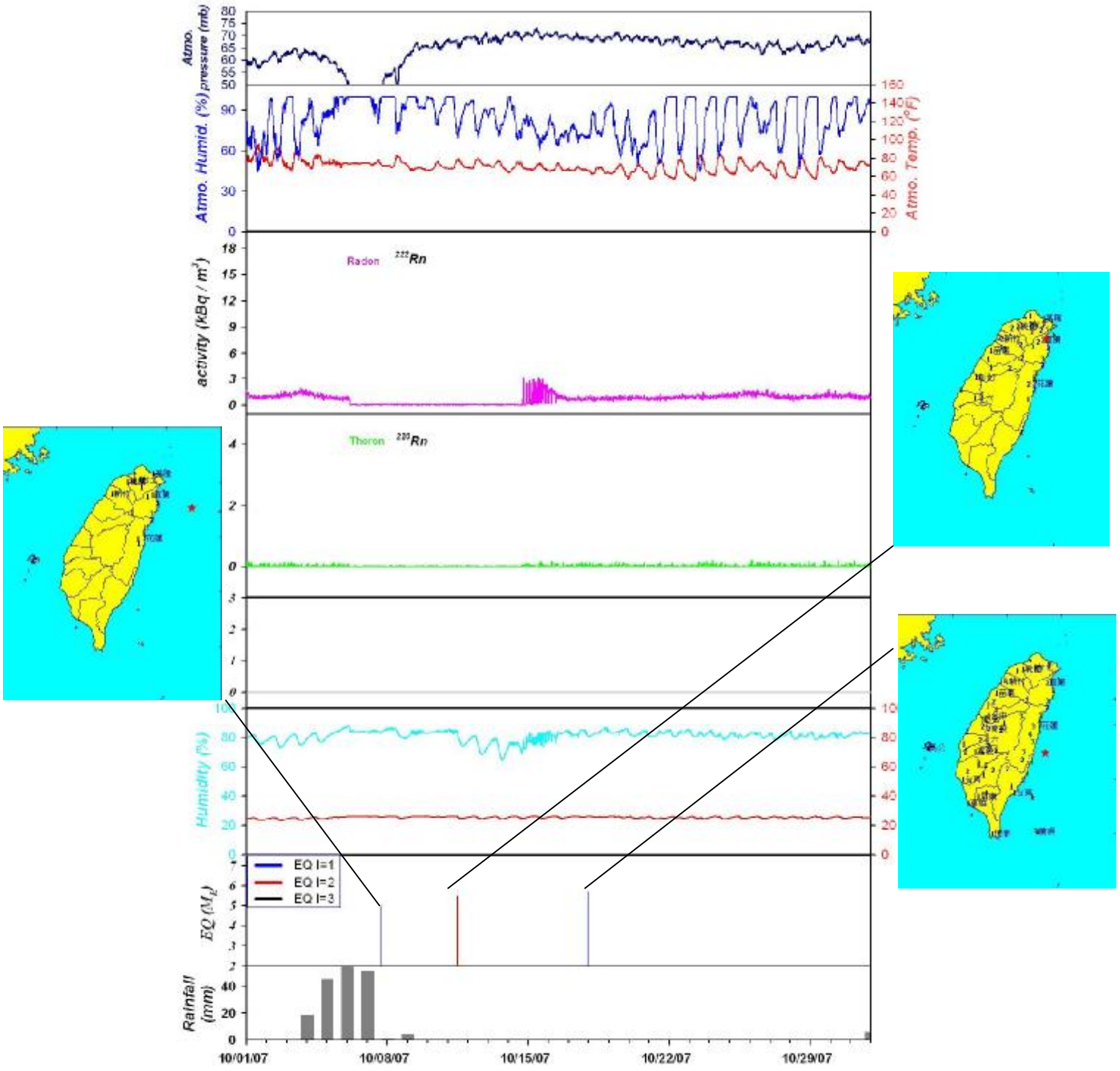


圖 2-71：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/10/1～2007/10/31）。

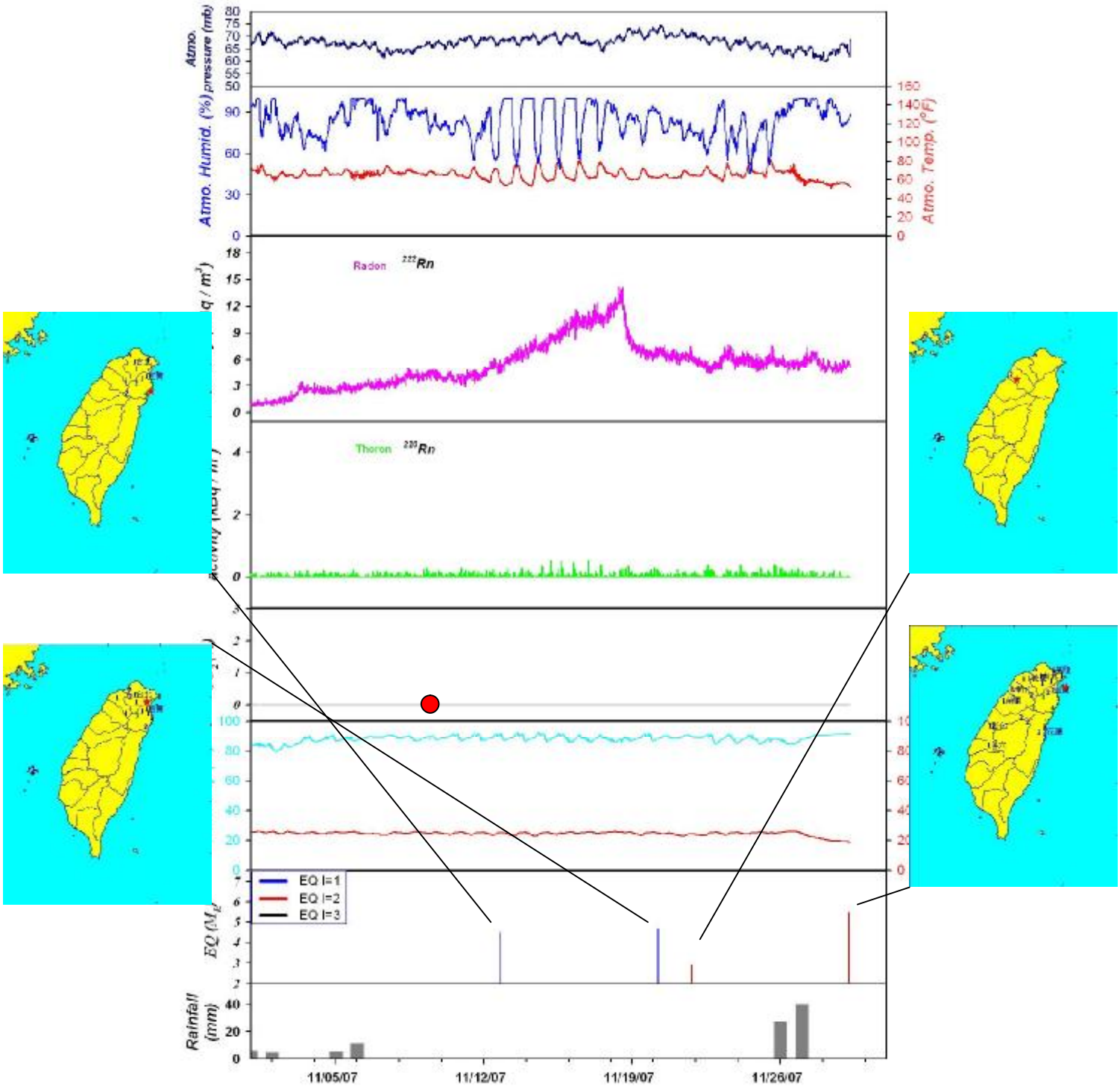


圖 2-72：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/11/1～2007/11/30）。紅點為人工採樣結果。

2-5 嘉義梅山土壤氣體觀測站

圖2-73到圖2-84為嘉義梅山觀測站的連續觀測結果，圖2-73為2006年12月的觀測資料，於12月初觀測站處於剛設置完成，因此進行一段時間的測試。而12月中則正式加入觀測行列，在12月16日其土壤氡氣和二氧化碳皆開始升高，並持續了3天後才回復至原背景值，這可能與12月26日發生的屏東地震有關抑或是受到當地降雨的影響造成氣體濃度的增加。圖2-74為1月的觀測結果，土壤氡氣與二氧化碳在三段時間(圖2-74中，紅圈所示)皆有些微的升高趨勢。在1月7日左右開始升高並持續了4天左右，隨後約3天後在南投魚池發生一起規模達4.4且深度13.9 km的地震(測站震度為2級)，可能為一前兆訊息；而19日氣體濃度升高的原因，則可能與當地活動有關(非地震活動)，雖然1月25日有紀錄到一起地震事件，不過由於距離測站太遙遠，所以應無直接關聯；1月27日氣體濃度升高則應與28日發生在測站當地的地震有關(地震規模為3.7，地震深度7.6 km)。

圖2-75和圖2-76分別為2月和3月的結果，2月14日紀錄到一筆地震事件，不過由於此時間前後儀器故障而造成資料中斷。於3月6日左右土壤氡氣開始增加並持續至地震發生後的數小時後才恢復原背景值，此外，二氧化碳也在地震發生的數小時前開始升高，而與氡氣同時間恢復原背景值，這段時間共計有兩起地震，皆發生在本測站附近數公里的位置(分別為規模2.7，深度9.4 ㎞；規模3.7，深度11.8 ㎞)。而3月27日的地震事件並沒有發現任何的異常出現。

圖2-77為2007年4月的觀測結果，從2日起土壤氡氣開始升高並持續約3天左右，這可能與4月12日的地震事件(地震規模為3.6，地震深度12.1 km)有關連，不過按照先前的資料，發生在測站鄰近的地震事件其前兆時間都較短，這有待日後收集更多的資料後，以釐清其彼此間的相關性。另外，4月27日又發生兩起鄰近測站的地震，分別為規模3.7，深22.4 ㎞；規模4.5，深度23.1 ㎞。在地震發生之前約2天左右，土壤氡氣突然大量增加，此為地震前兆訊息的可能性相當大。

圖2-78和圖2-79分別為5月和6月的觀測結果，除了大氣壓力、溫濕度有明顯變化之外，氣體濃度並無明顯的異常值出現。圖2-80為7月的觀測結果，雖然發生了三起觀測站有偵測到震度的地震活動，不過從土壤氣體濃度的變化沒有顯著的異

常，其中僅有7月23日在花蓮外海的地震在發生之後，造成土氡濃度升高，維持1天後恢復原背景值。而在30日時，土氡濃度則突然降低，可能與區域的大雨有關，之後雖然有恢復先前的背景值(如圖2-81)，不過於8月4日後整體背景值降的更低並一直維持至今，這應該是豪大雨的原因造成土壤逸氣系統遭到改變，因此濃度變低，這種情形與大平地觀測站曾經發生的狀況類似，之後反而更能獲得更好的結果。

圖 2-82 為 9 月的觀測結果，9 月 5 日開始的土氡濃度升高可能與 7 日在宜蘭外海的地震有關(地震規模為 6.6，地震深度 27 km，測站震度 3 級)，不過也有可能是 4 日於嘉義大埔地區地震的震後反應(地震規模為 4.0，地震深度 14.2 ㎞，測站震度 1 級)。17 日土氡濃度又升高並持續超過 2 天，雖然之後因為人為因素造成資料中斷，於 19 日發生在台中德基地區的地震活動可能與此異常有關(地震規模為 4.1，地震深度 15.5 km，測站震度 1 級)。

圖 2-83 為 10 月的觀測結果，9 月 30 日時發現土氡濃度開始升高並在 4 天後在斗六地區發生規模 4.1 的地震(地震深度 12.6 km，測站震度 2 級)，緊接著於 6 日又在相同的地區發生地震(地震規模為 3.6，地震深度 14.6 km，測站震度 1 級)，而土氡濃度也在 7 日後恢復了原來背景值。17 日土氡濃度又升高並在同一天晚上在花蓮外海也發生規模 5.7 的地震(地震深度 42.2 km，測站震度 2 級)，此濃度升高的趨勢並沒有在地震之後就恢復為原來背景值。於 11 月 5 日在嘉義市地區發生的地震後(如圖 2-84)，土氡濃度仍持續維持著。另外也有可能逸氣系統又改回如 8 月前的狀態，此可能為早先的背景值，這需要更多的資料來進行確認。

此外，11 月中旬觀測站附近正在進行道路工程，卻不慎挖斷觀測站的主電源線而造成資料完全中斷的情形，已於 26 日恢復原來運作。

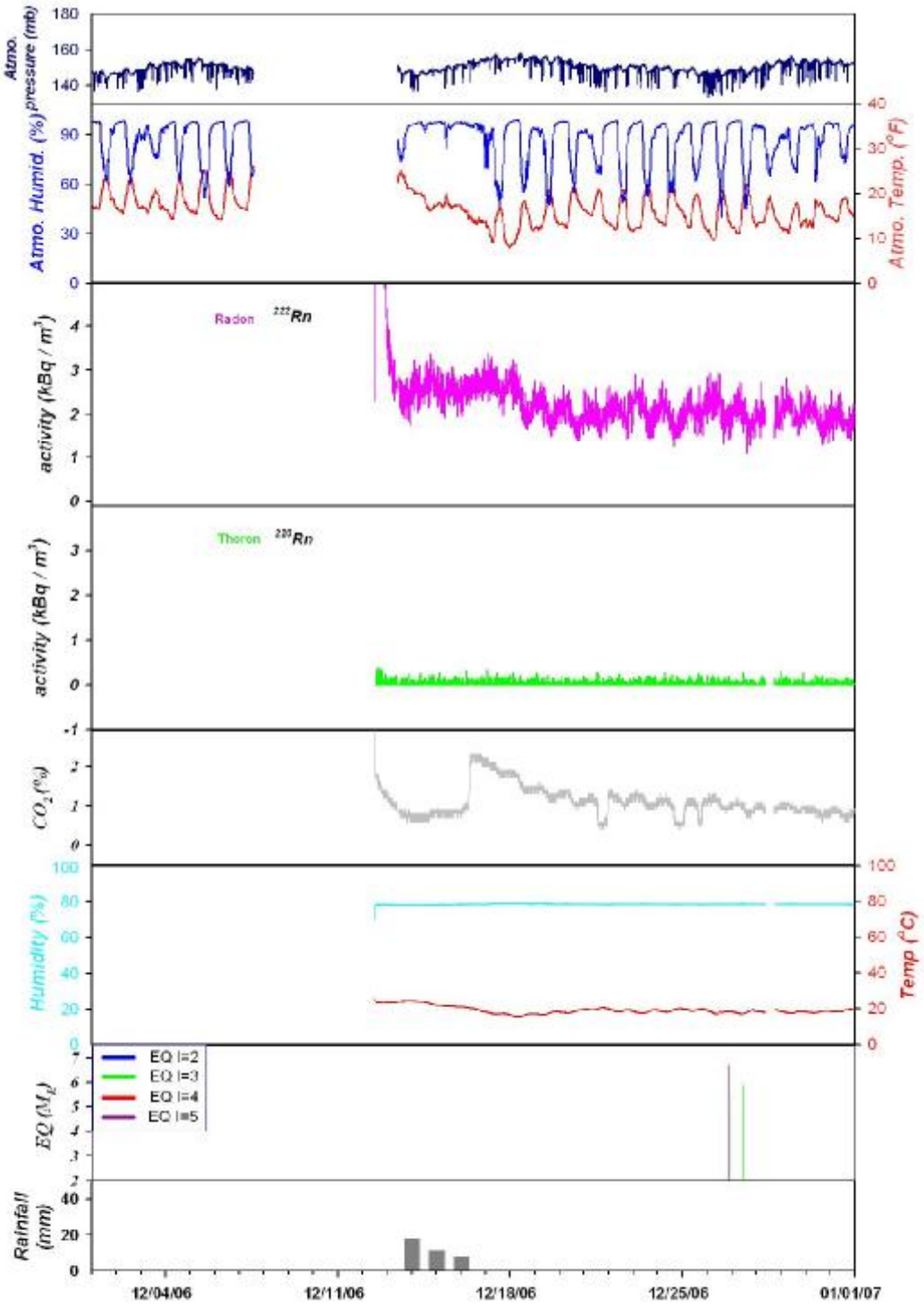


圖 2-73：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2006/12/1～2006/12/31）。12 月中前仍在進行內部儀器調整所以資料不全。

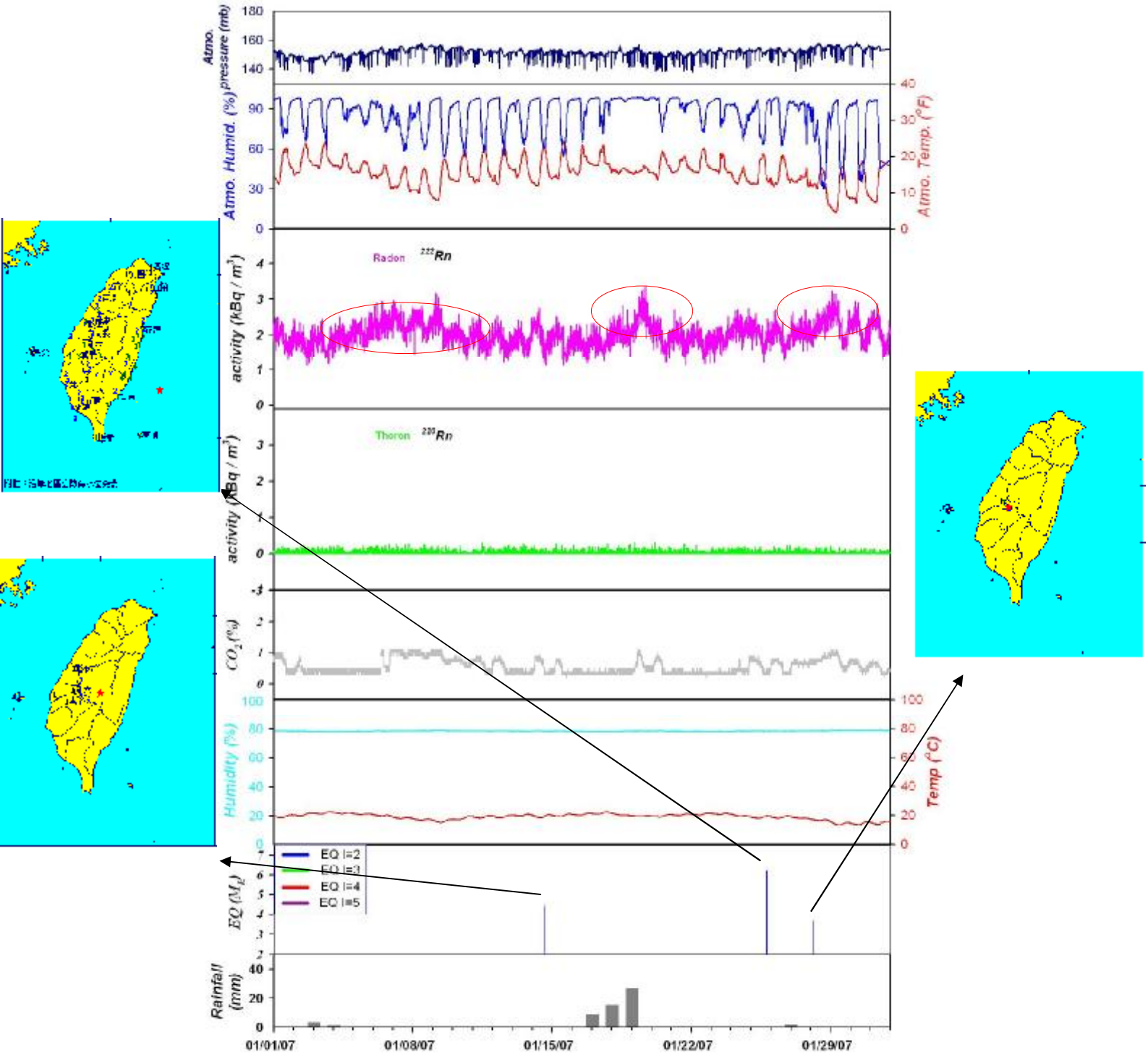


圖 2-74：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/1/1～2007/1/31）。

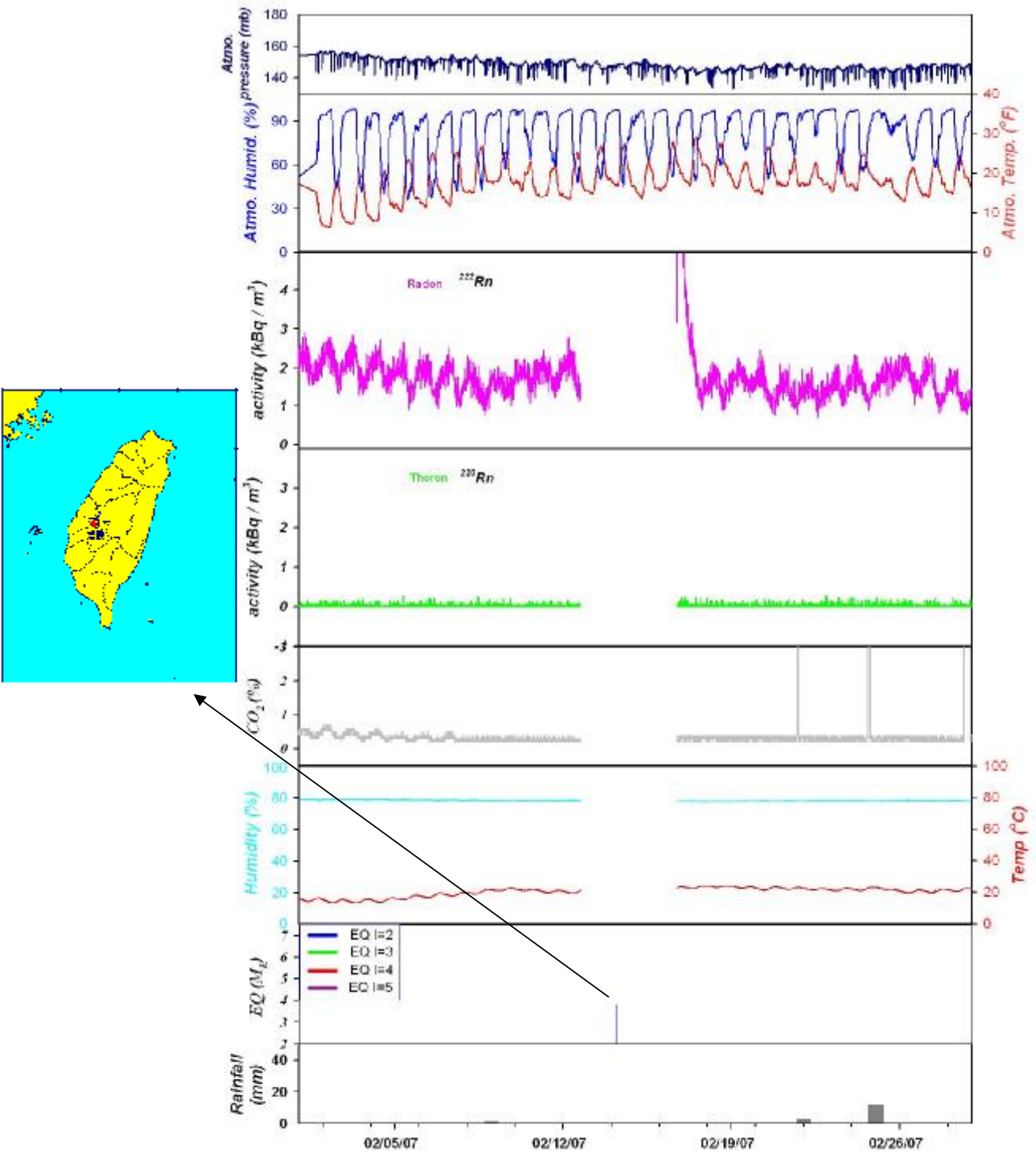


圖 2-75：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/2/1～2007/2/28）。4 月中儀器故障造成資料中斷。

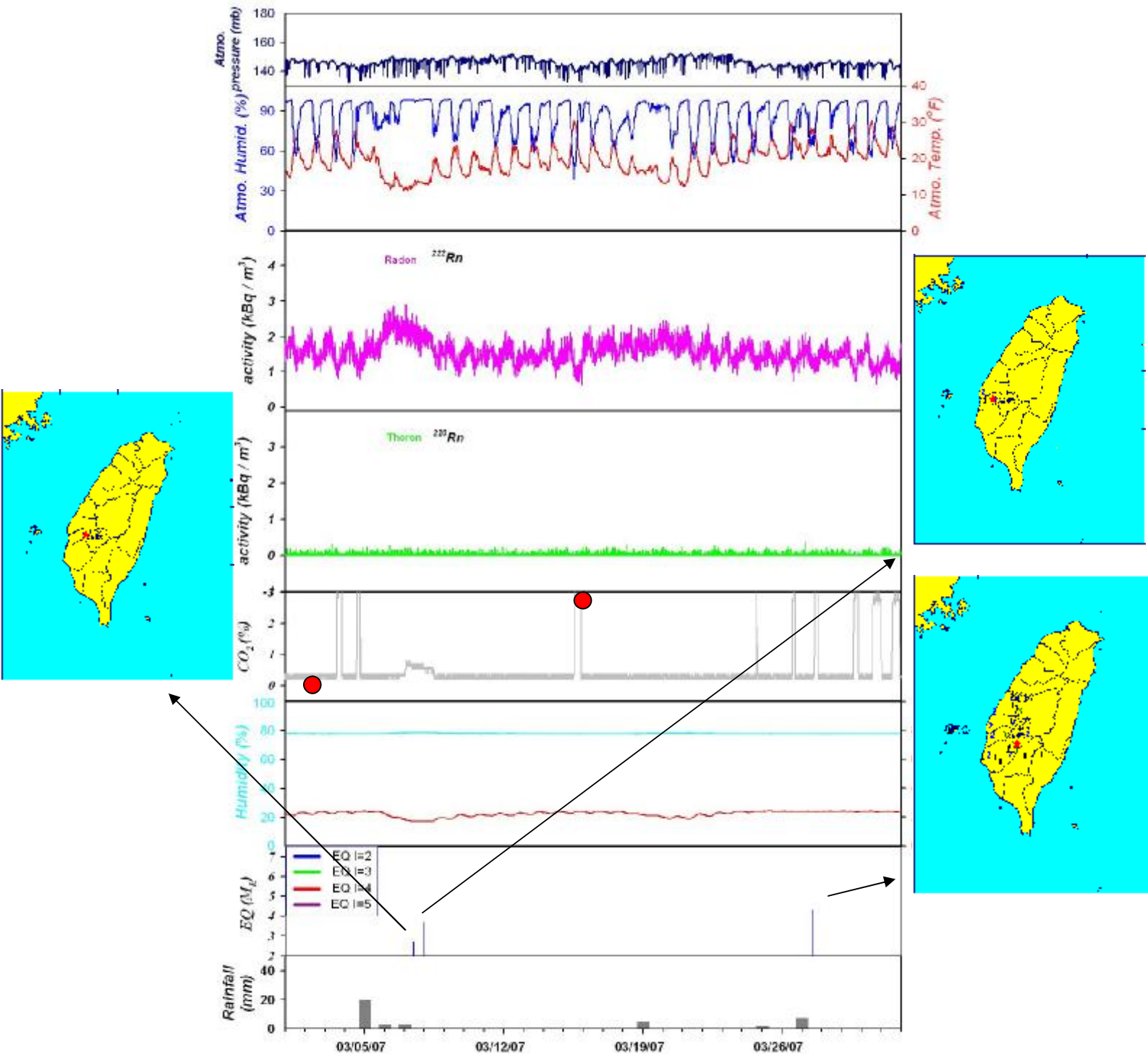


圖 2-76：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/3/1～2007/3/31）。紅點為人工採樣結果。

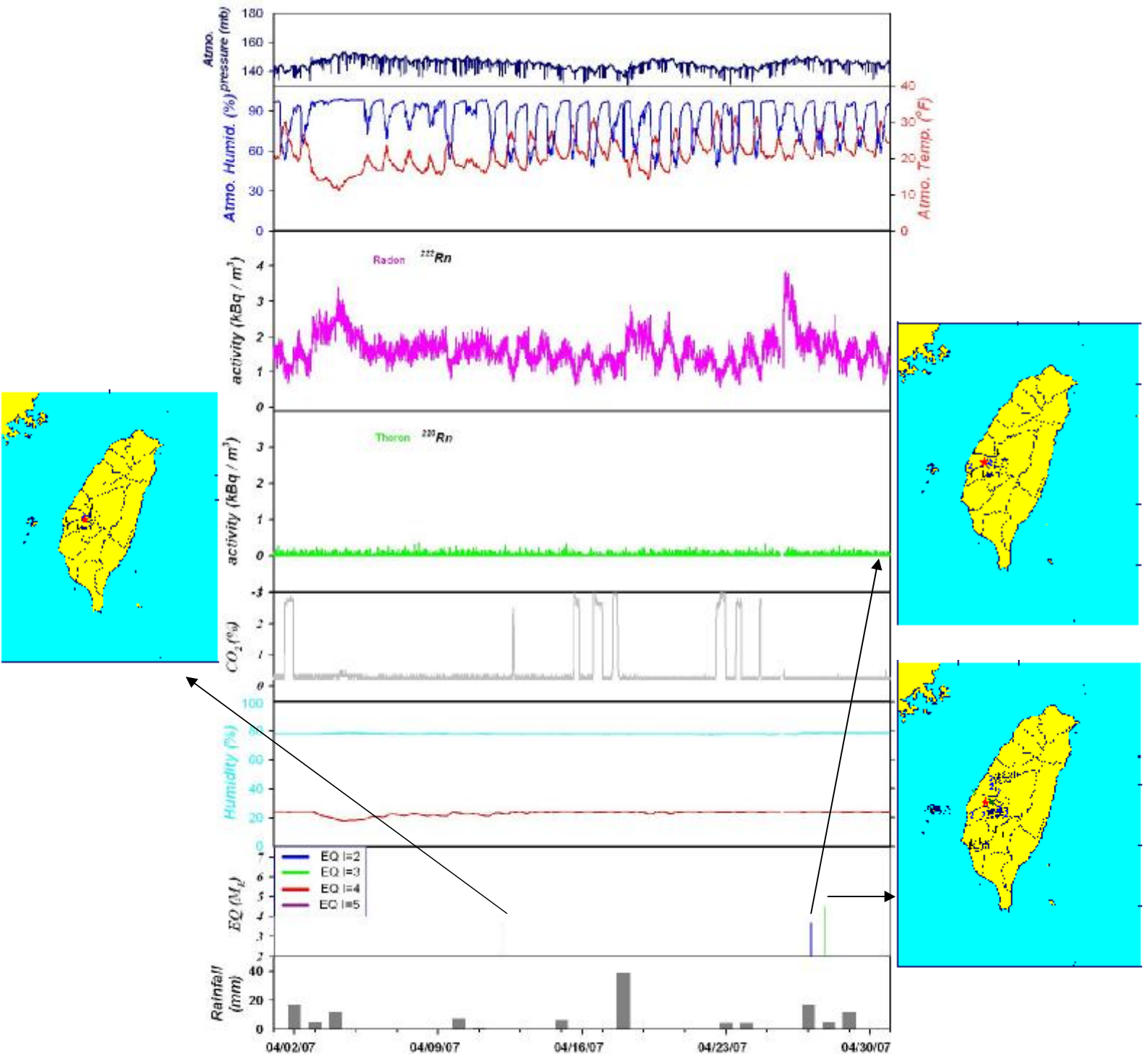


圖 2-77：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/4/1～2007/4/30）。

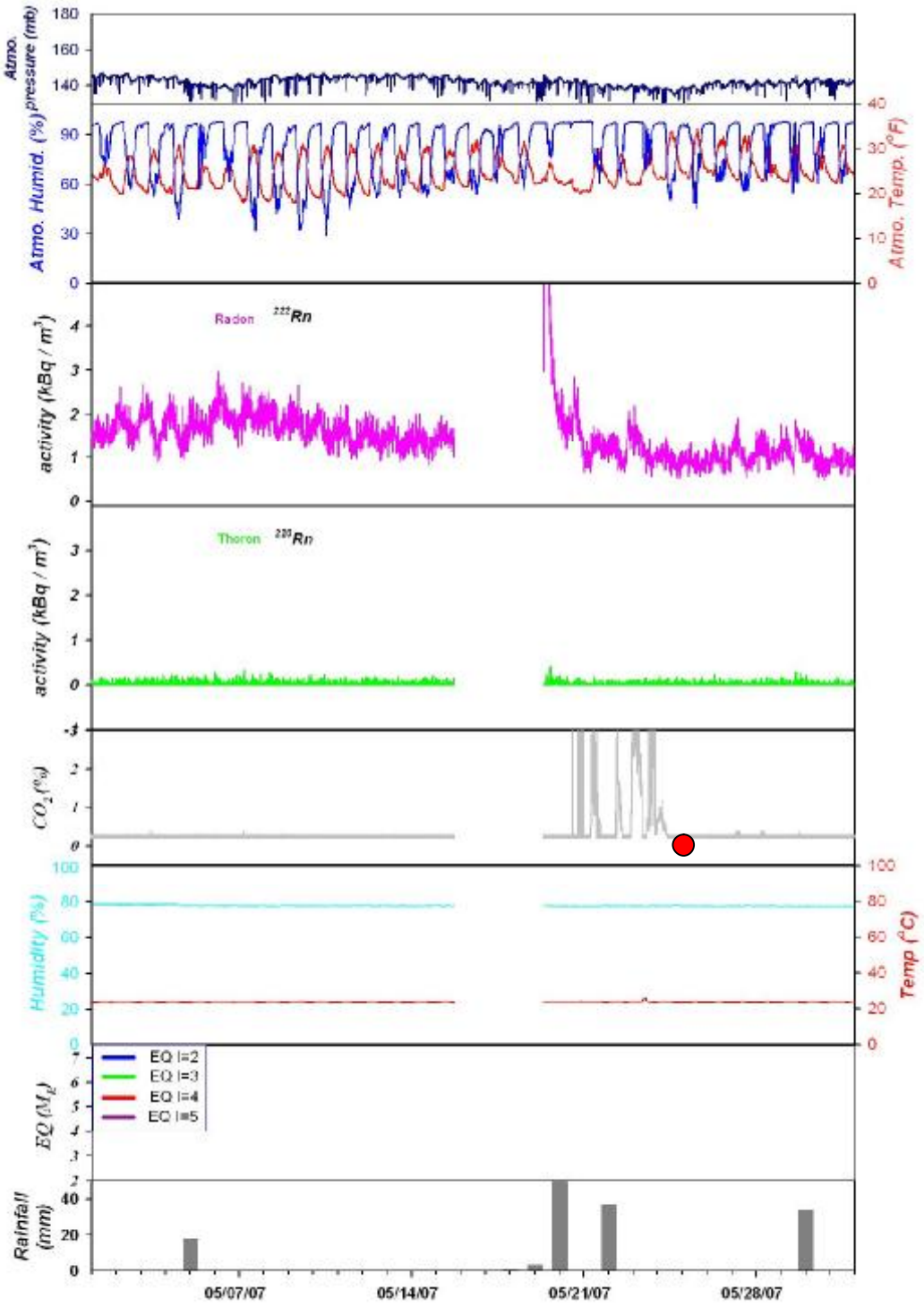


圖 2-78：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/5/1～2007/5/31）。紅點為人工採樣結果；5 月中進行儀器測試，造成資料中斷。

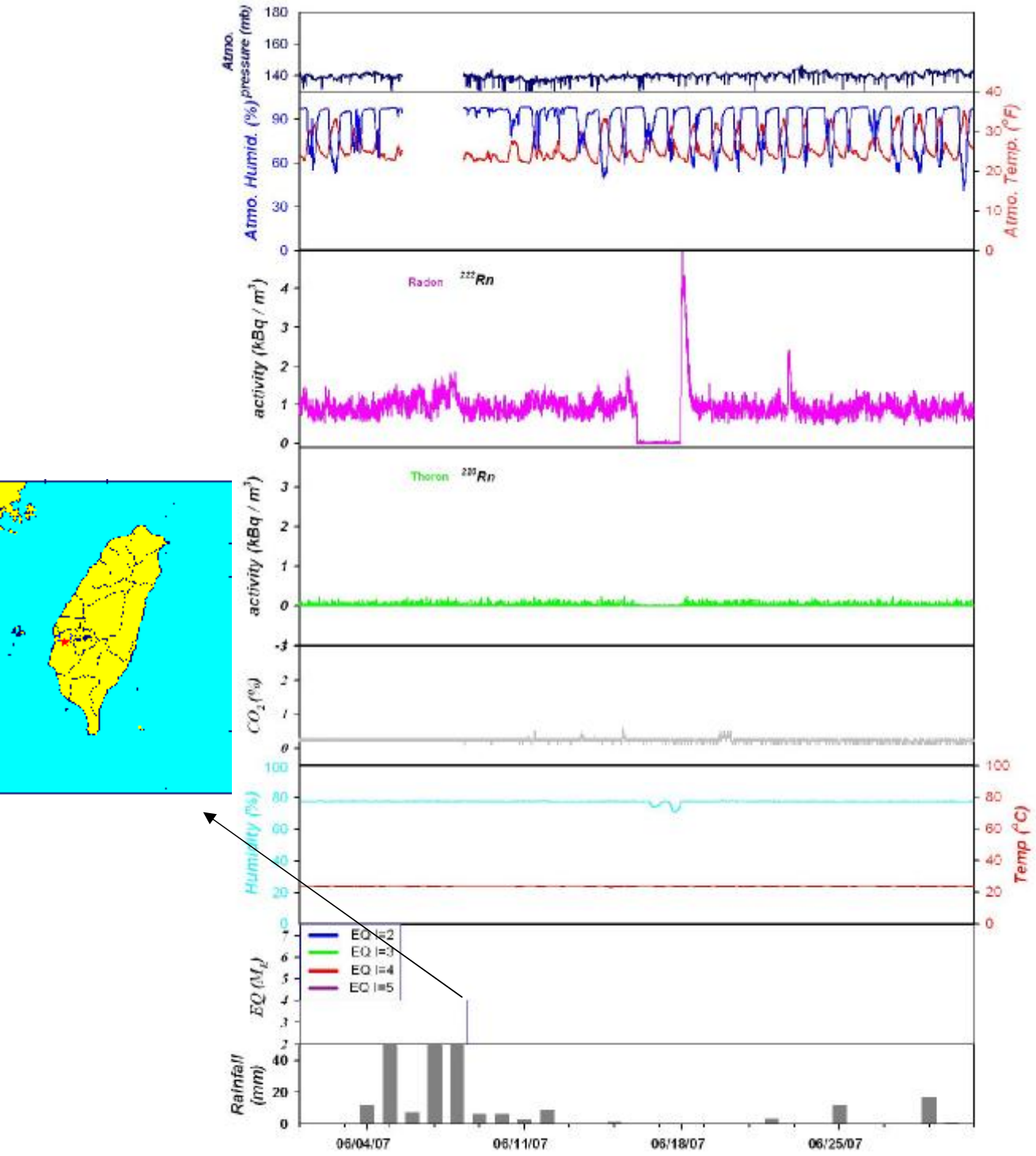


圖 2-79：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/6/1～2007/6/30）。

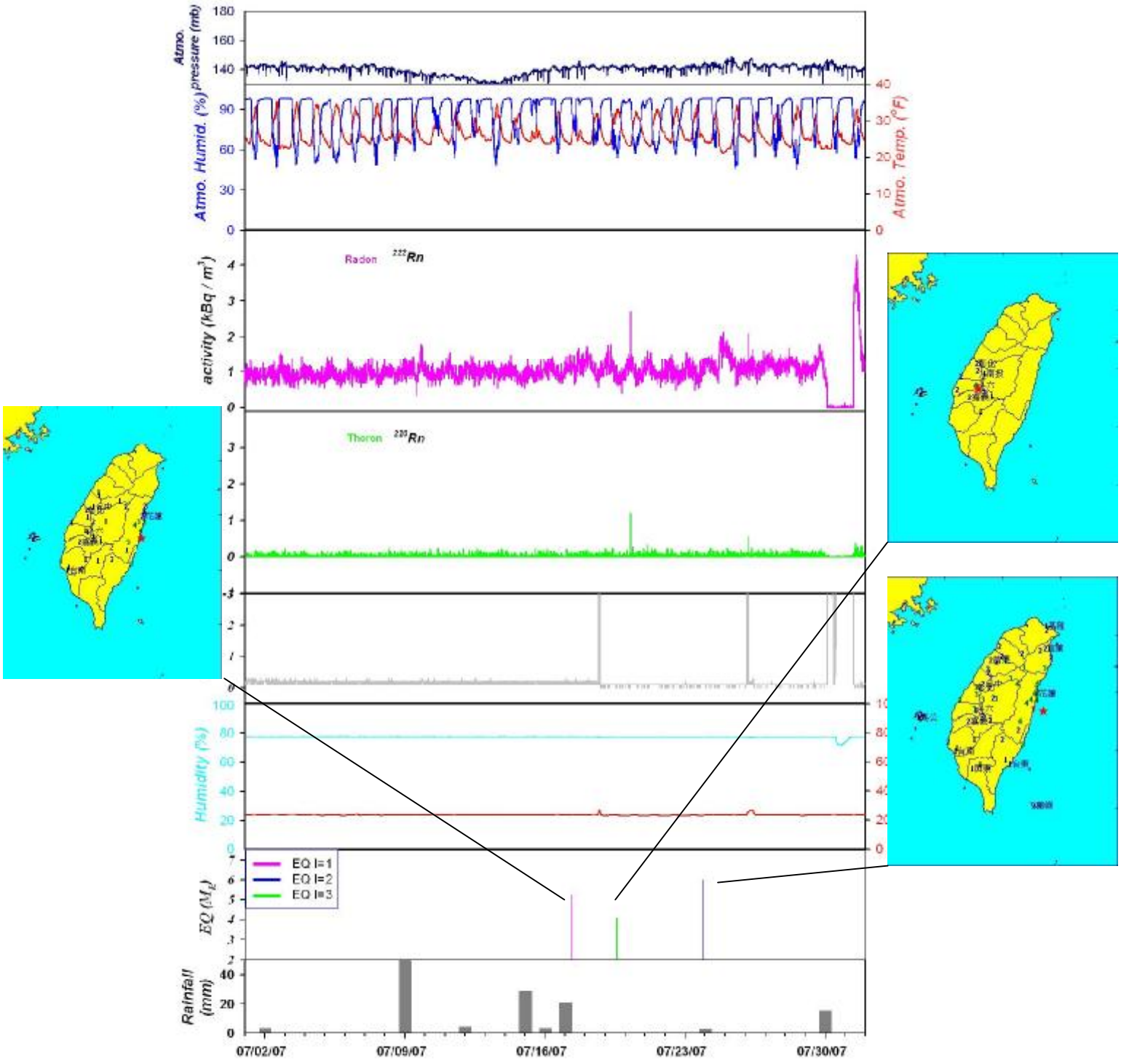


圖 2-80：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/7/1～2007/7/31）。

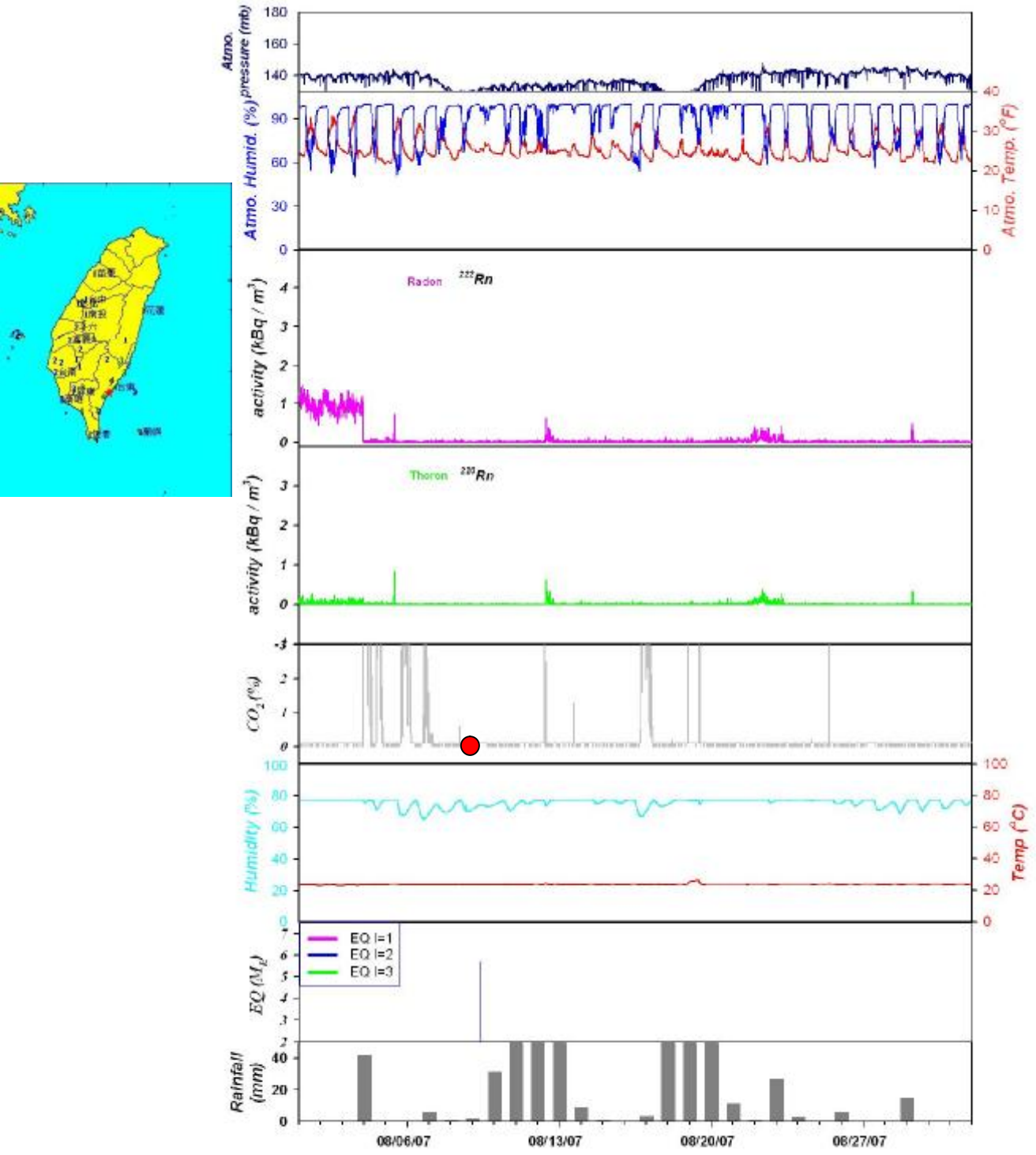


圖 2-81：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/8/1～2007/8/31）。紅點為人工採樣結果。

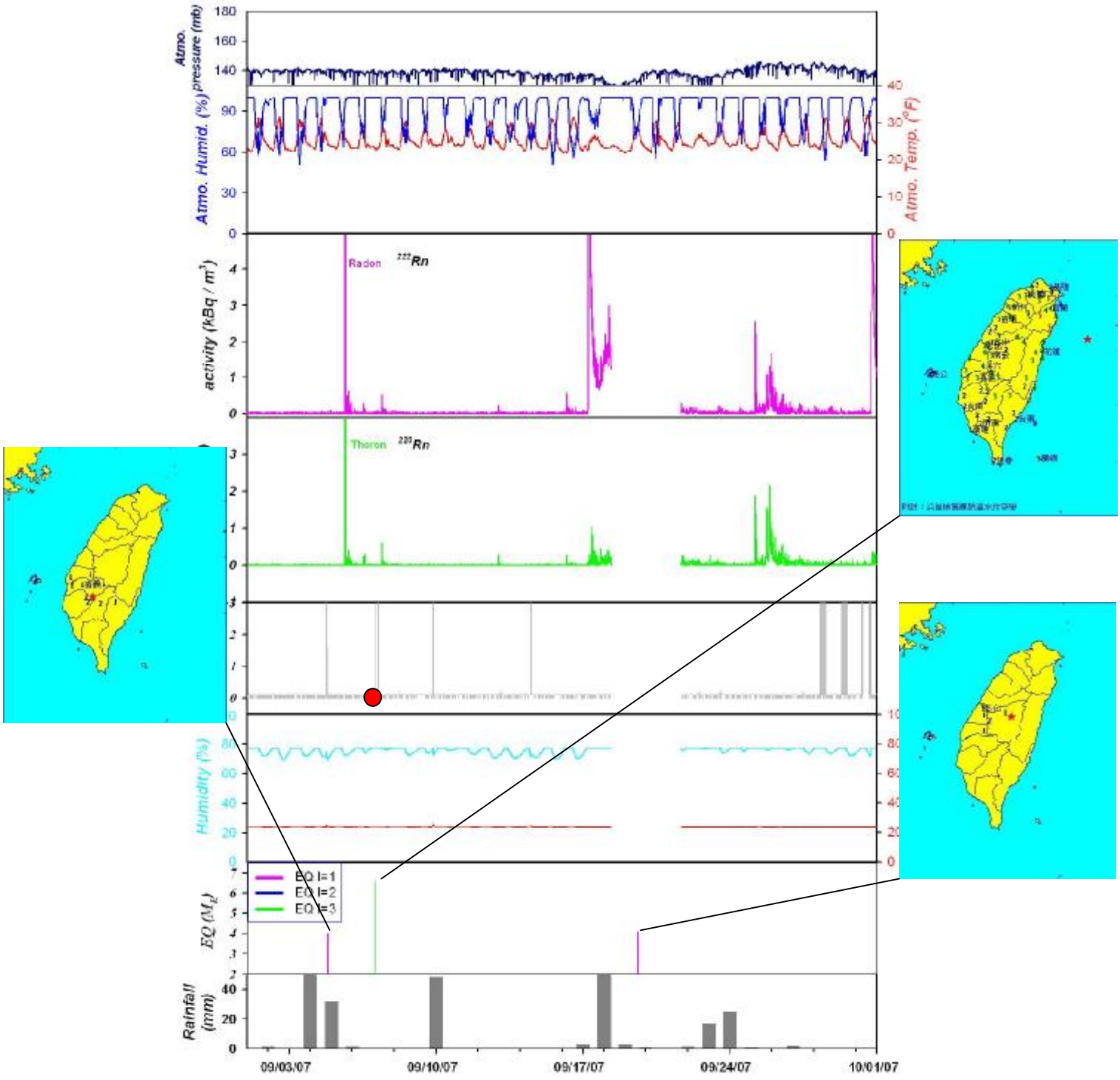


圖 2-82：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/9/1～2007/9/30）。紅點為人工採樣結果；9 月中測試儀器，造成資料中斷。

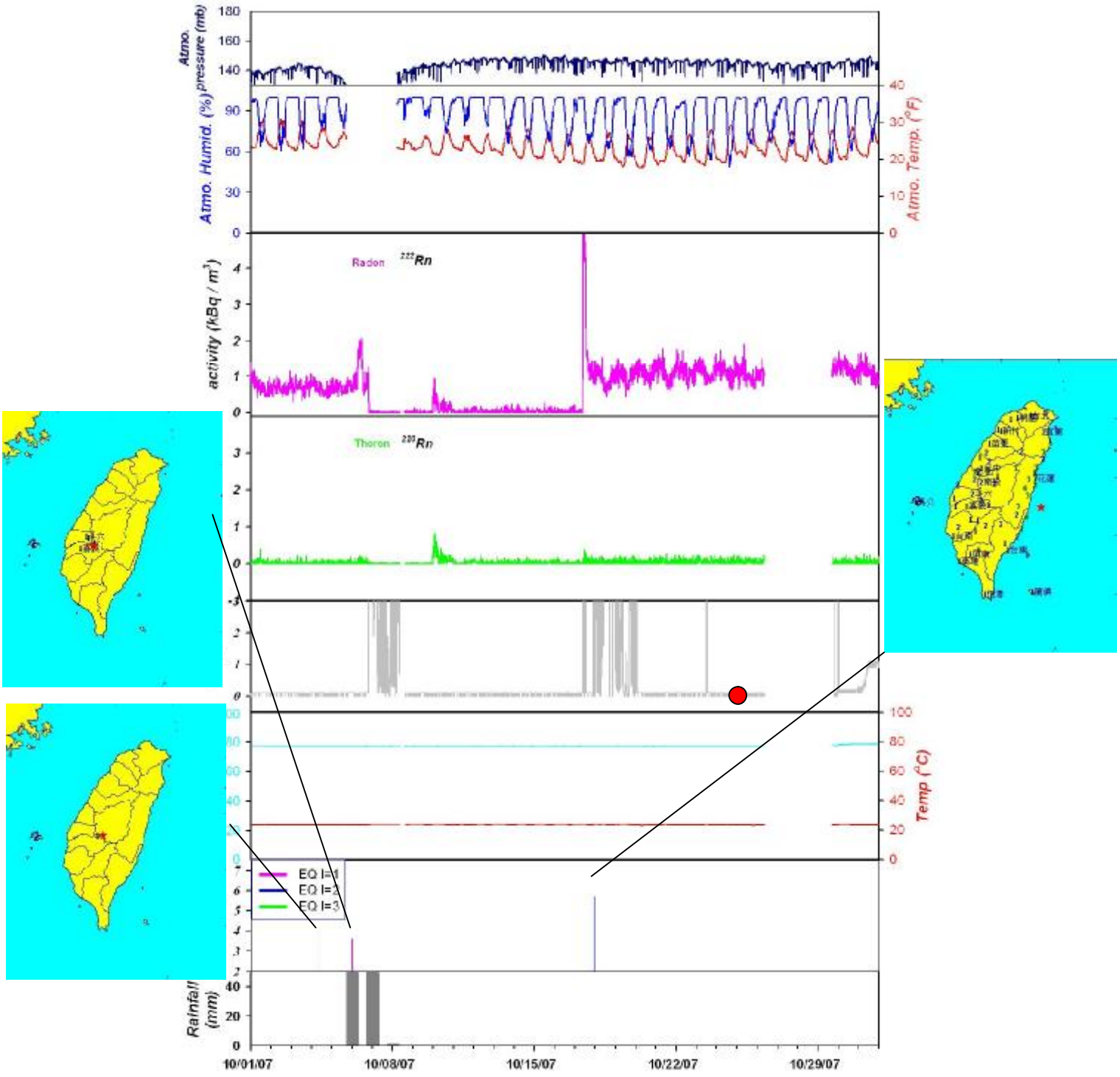


圖 2-83：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/10/1～2007/10/31）。紅點為人工採樣結果；月初電腦發生當機造成氣象資料中斷。

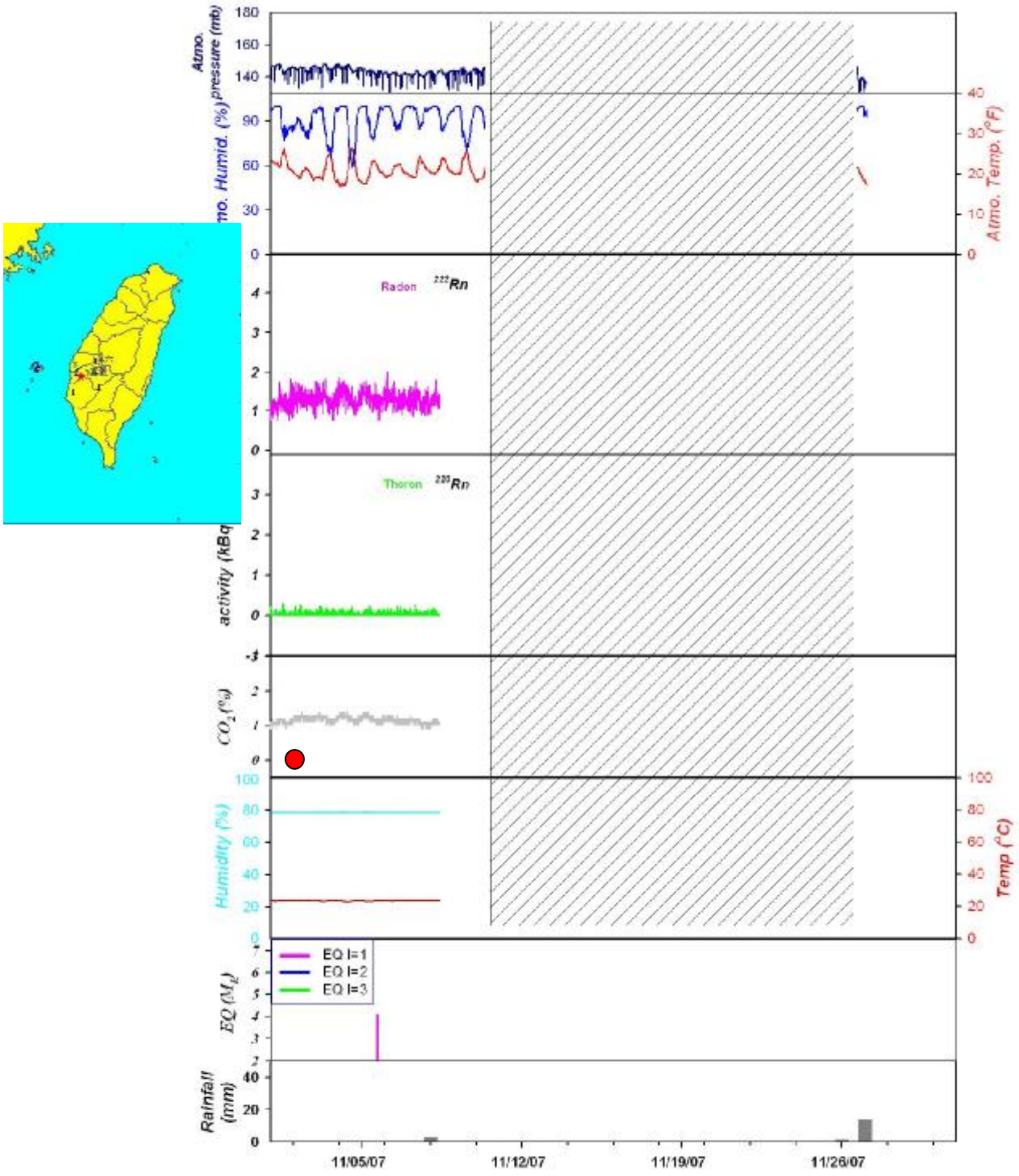


圖 2-84：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/11/1～2007/11/30）。紅點為人工採樣結果；因觀測站旁施工挖斷主電源造成停擺。

2-6 台南二溪土壤氣體觀測站

圖2-85到圖2-96為台南二溪觀測站的連續觀測結果，圖2-85為2006年12月的觀測結果發現，2006年12月26日的屏東地震對於本測站並無造成任何的異常值。而從圖2-86到圖2-92顯示，大氣壓力、溫濕度有明顯的變化，且土壤氡氣、土壤溫濕度隨著每日的日夜變化之外，並無任何顯著的波動，除了圖2-90例外。

此外，本站的二氧化碳分析儀一直有無法讀取數值的問題發生，經過數個月原廠的測試，直到5月初才解決這個問題，現已可正常紀錄二氧化碳數值。

圖2-90發生兩起土壤氡氣(radon)劇降反而土壤釷氣(thoron)劇降的情形，這與其理論相左，因此有待未來收集更多的資料以解決此現像。圖2-93則是8月份的觀測結果，其中電腦主機於7日時故障而帶回維修，不過仍不斷出現重複的故障現象直至9月初才恢復正常，其間的氣象因子觀測資料因而中斷，不過氡氣資料仍持續紀錄著。不過於8月13日、19日土壤氡氣濃度皆突然降低並都持續了1天以上，這可能與這段時間的豪大雨有關。

圖 2-94 則是 9 月份的結果，於 24 日後土氡濃度開始升高，增加了 5 天後再逐漸恢復原來的背景值，不過這段時間並無記錄或對應到任何的地震活動。圖 2-95 中 10 月份的觀測結果顯示，在 10 月 7 日土壤氡氣濃度突然增高並持續了 10 多天，之後則在高雄甲仙地區發生兩起地震活動，分別是 19 日(地震規模為 4.6，地震深度 10.6km，測站震度為 2 級)、22 日(地震規模為 4.3，地震深度 17.1km，測站震度為 2 級)。然而在 30 日又在甲仙地區發生一起規模 4.0 的地震(地震深度 21km，測站震度為 2 級)，不過此時土壤氡氣濃度並無明顯改變。圖 2-96 中 11 月份的觀測資料則無任何顯著變化。

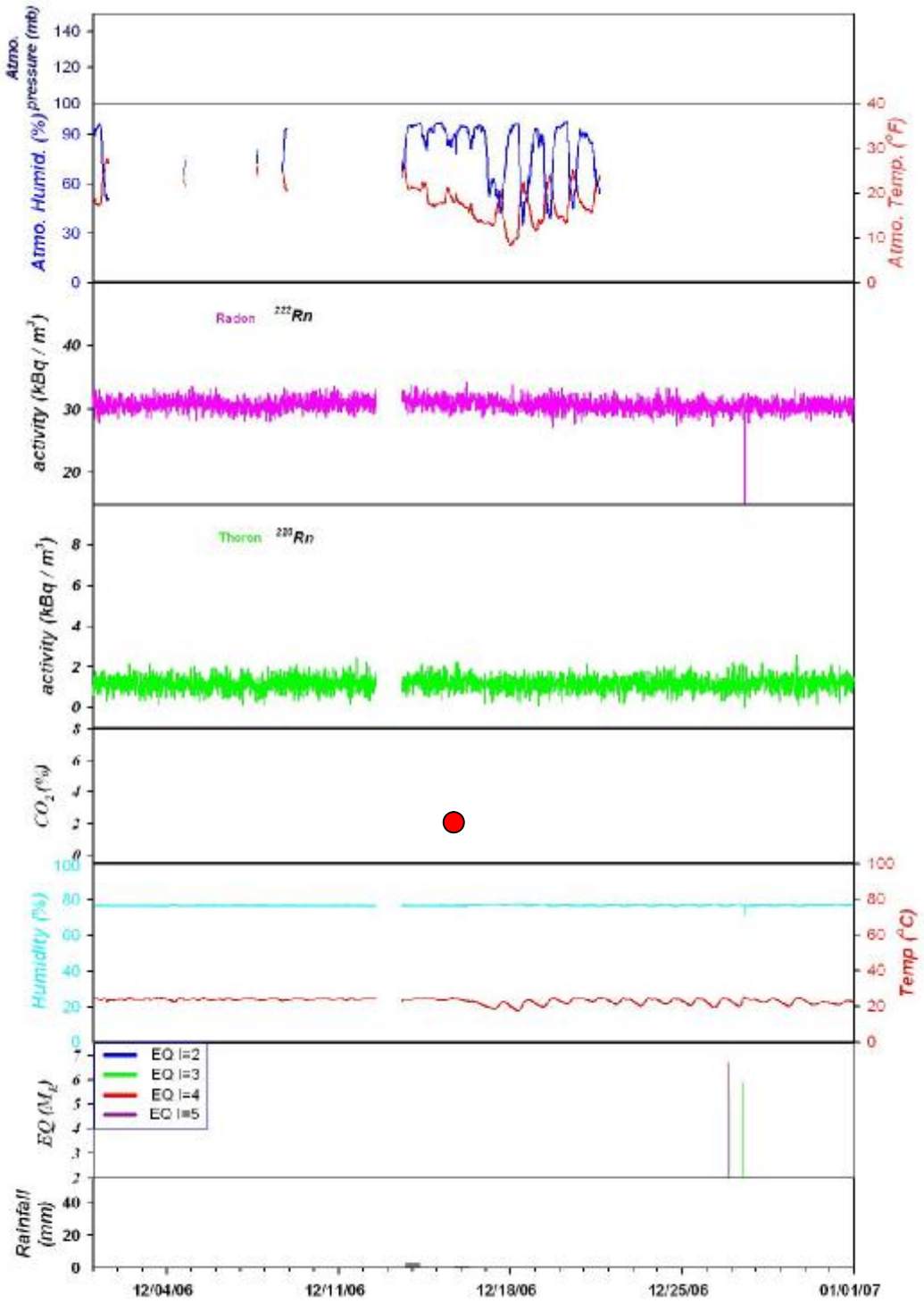


圖 2-85：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2006/12/1～2006/12/31）。紅點為人工採樣結果；氣象記錄器故障造成資料不連續。

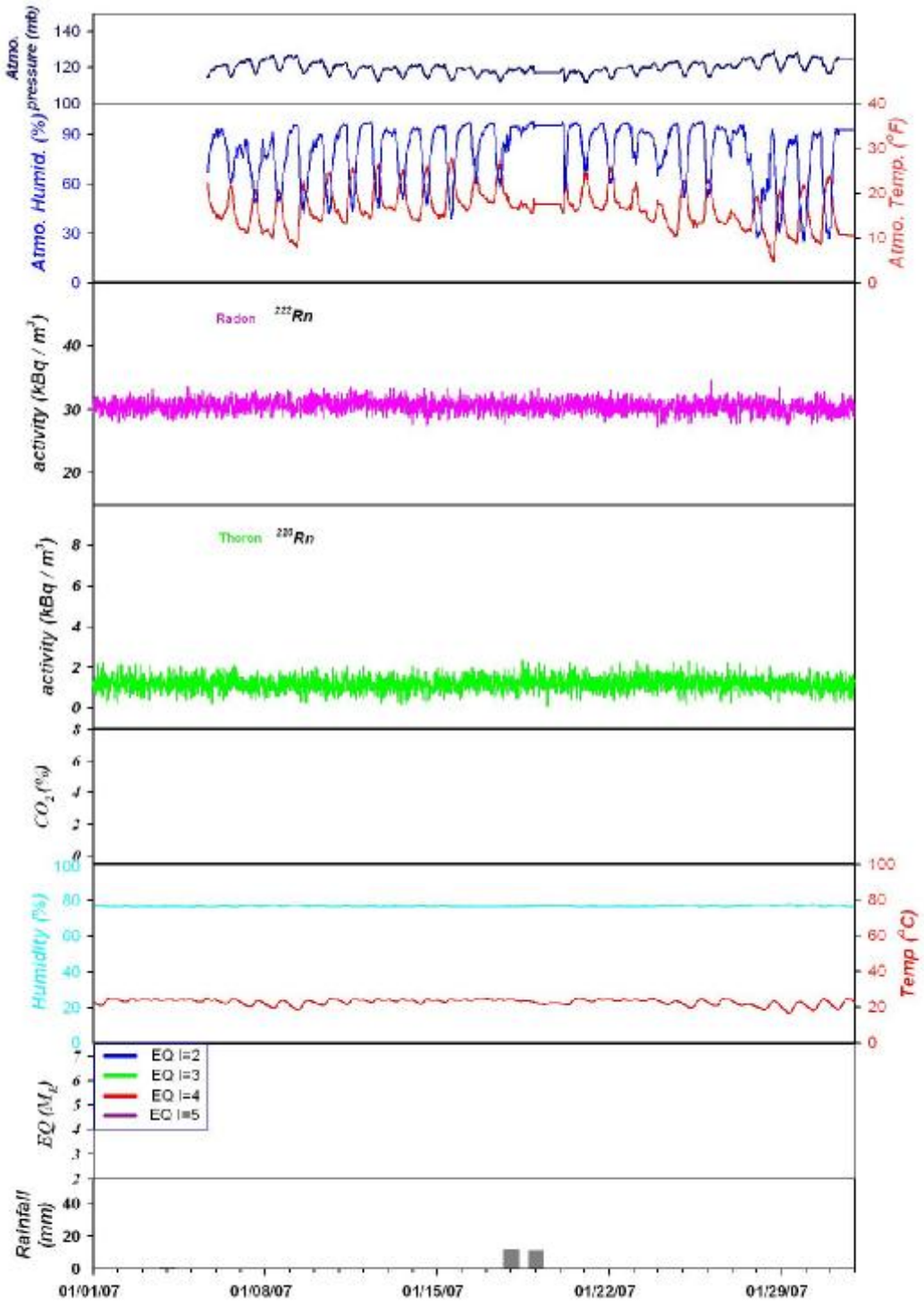


圖 2-86：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/1/1～2007/1/31）。氣象記錄器修復，資料中斷情形於 1 月初結束。

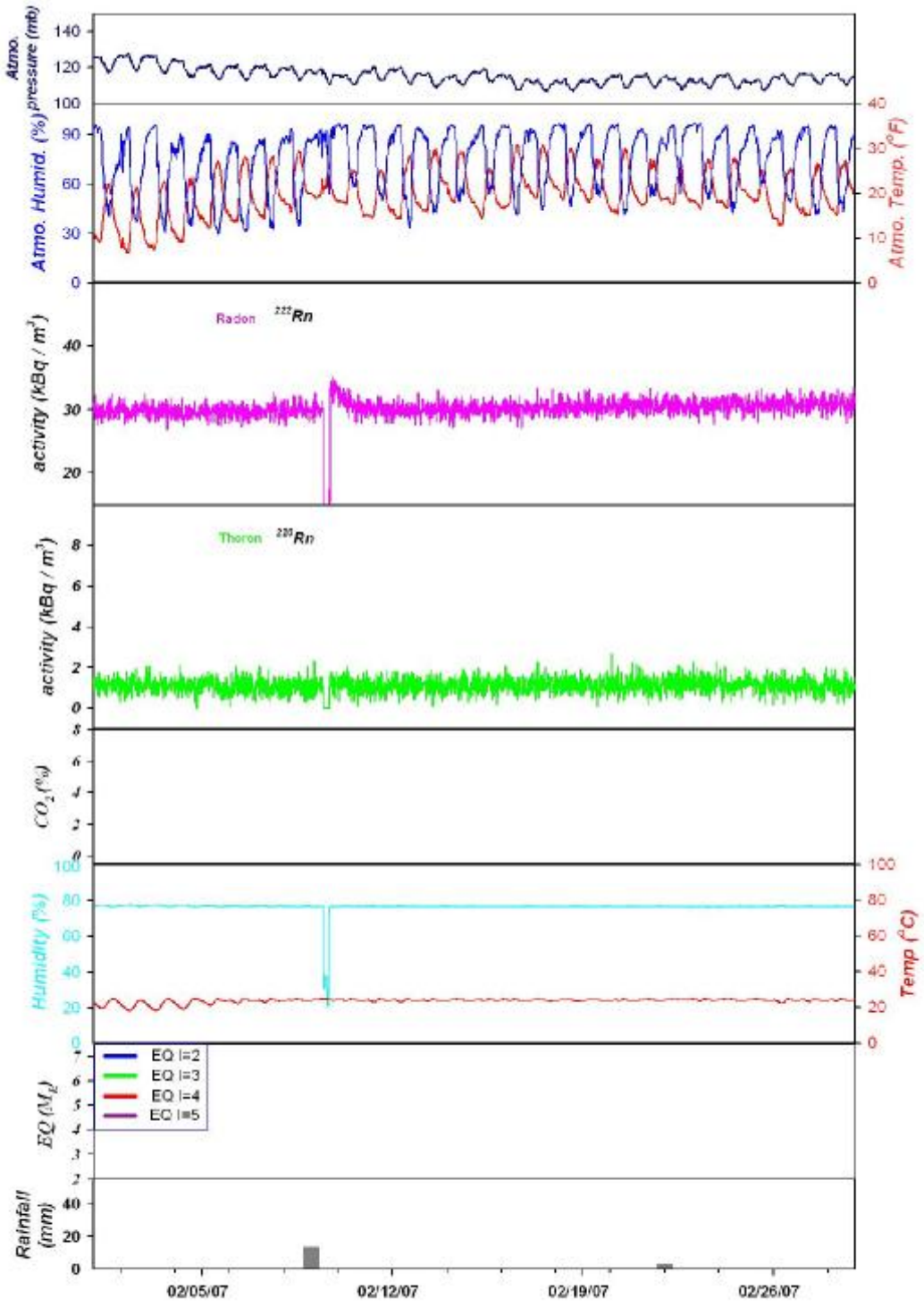


圖 2-87：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/2/1～2007/2/28）。

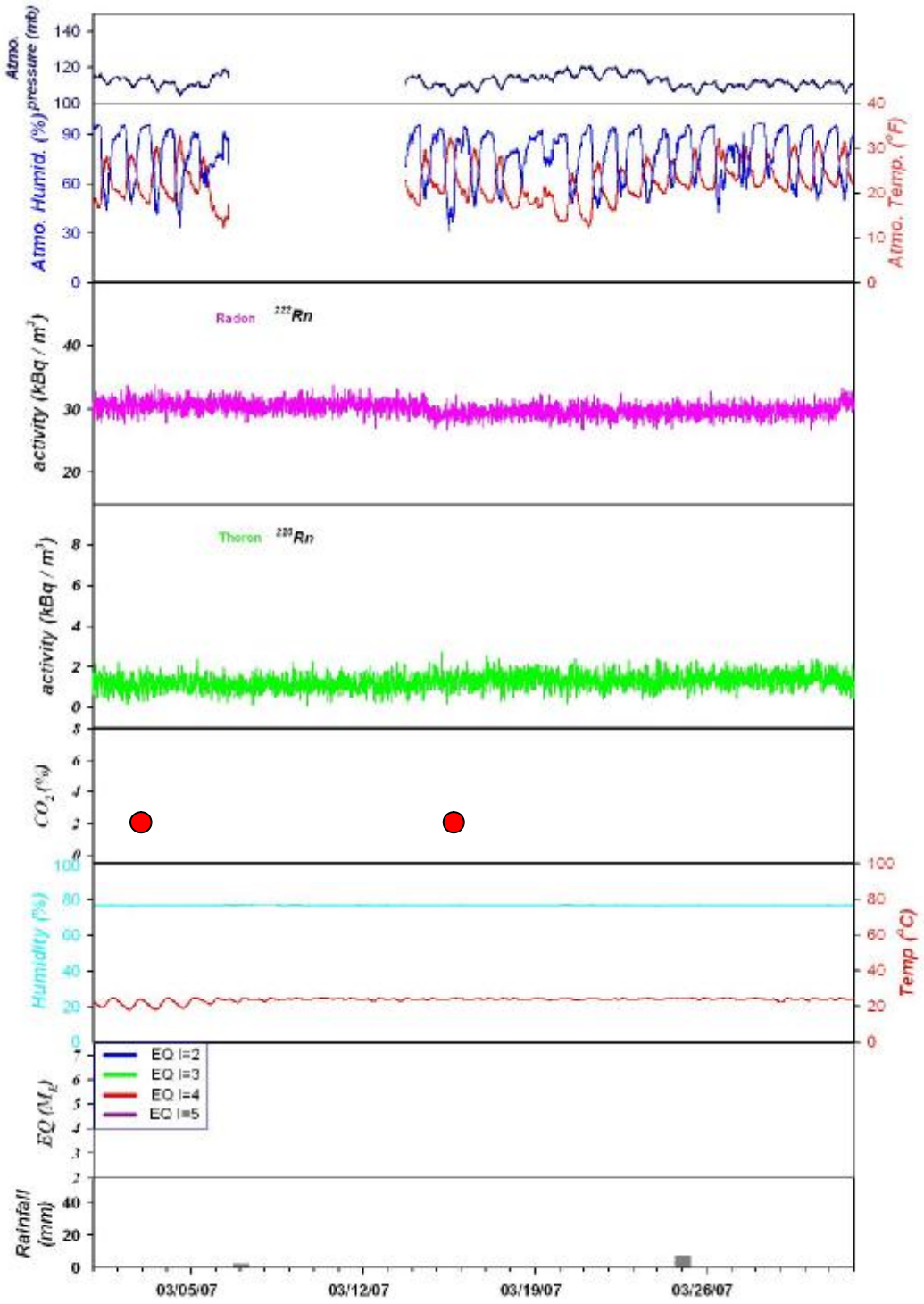


圖 2-88：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/3/1～2007/3/31）。紅點為人工採樣結果：電腦當機造成氣象資料中電。

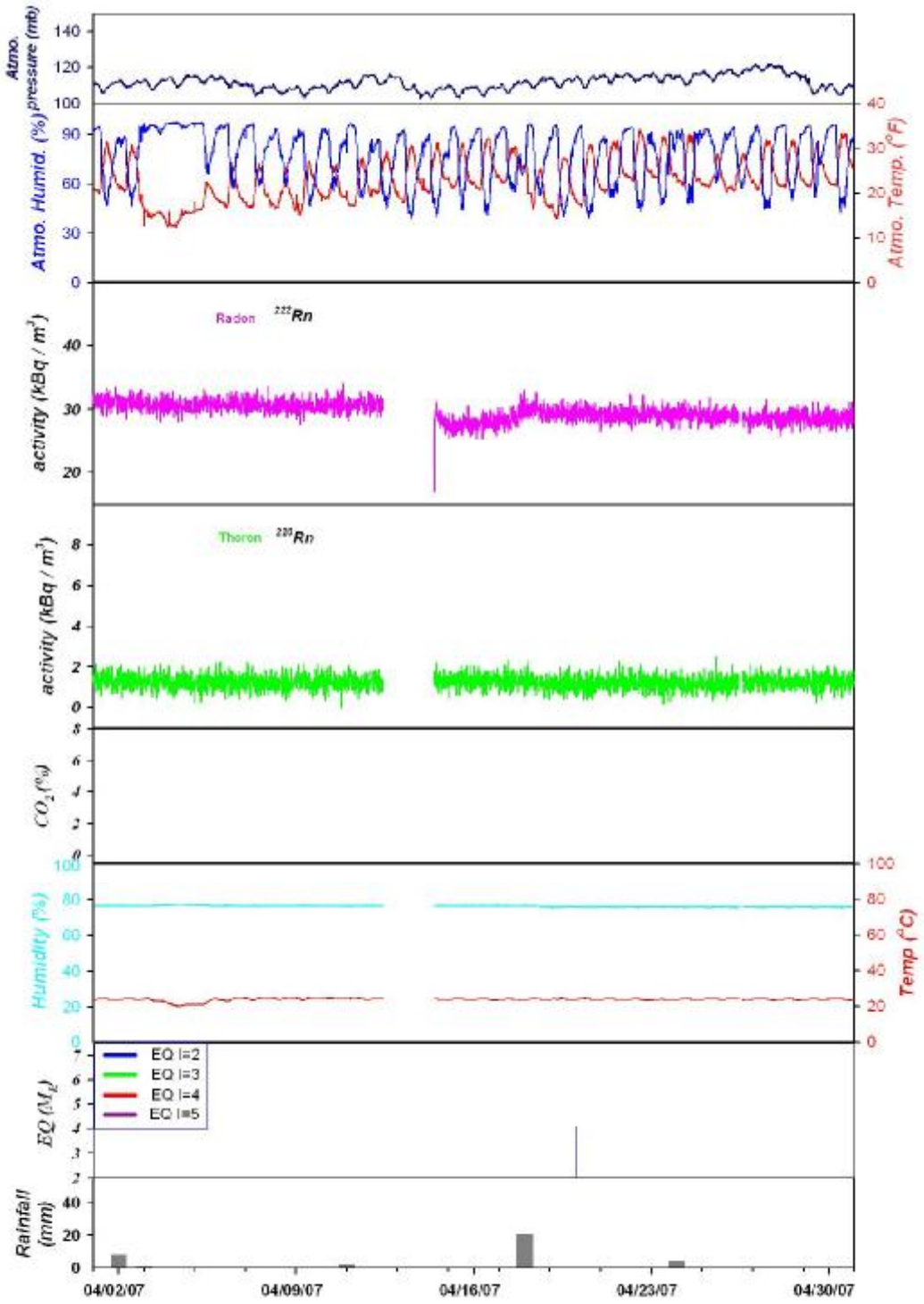


圖 2-89：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/4/1～2007/4/30）。4 月中旬氡氣分析儀進行測試，造成資料不連續。

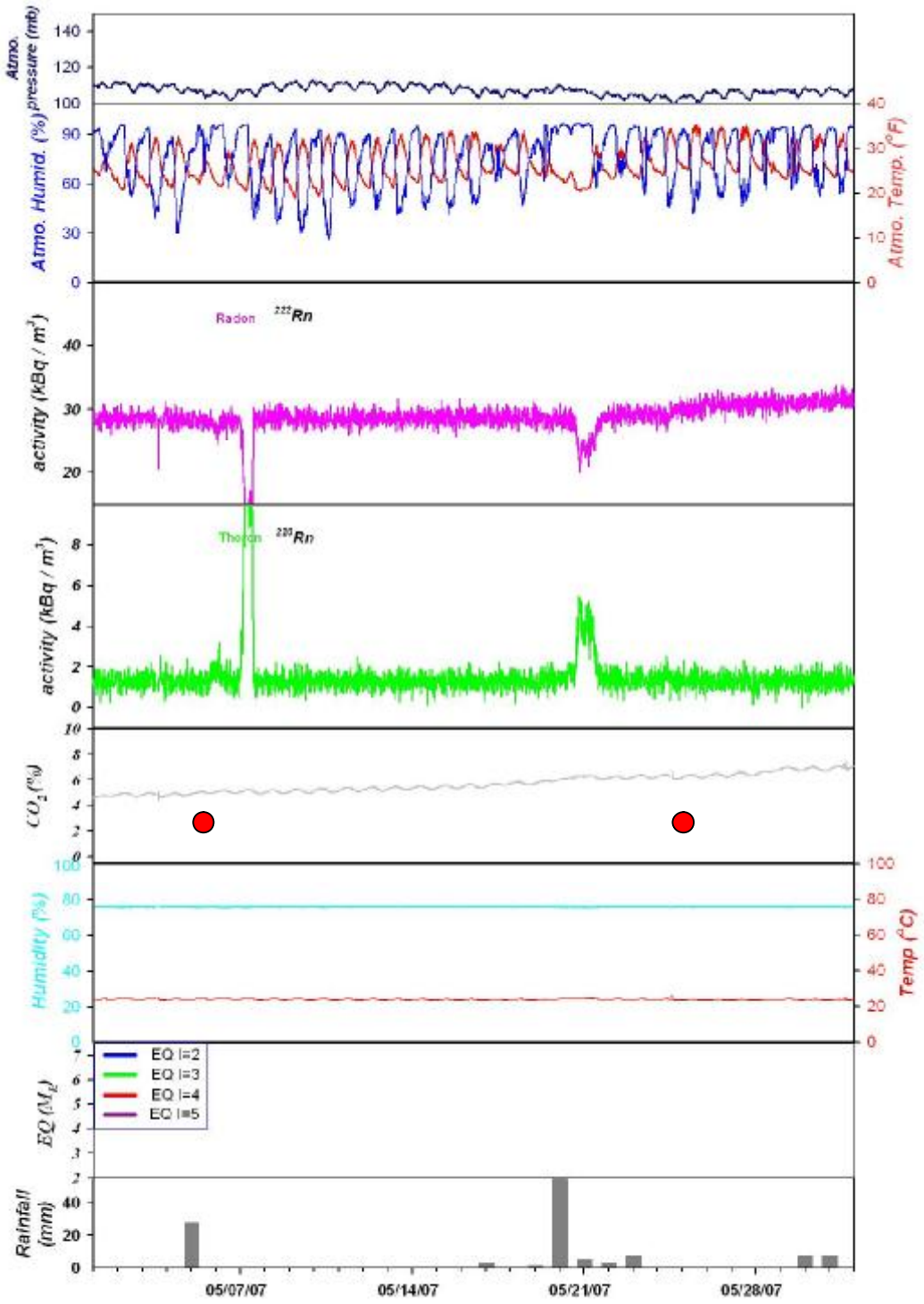


圖 2-90：嘉義梅山土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/5/1～2007/5/31）。紅點為人工採樣結果。

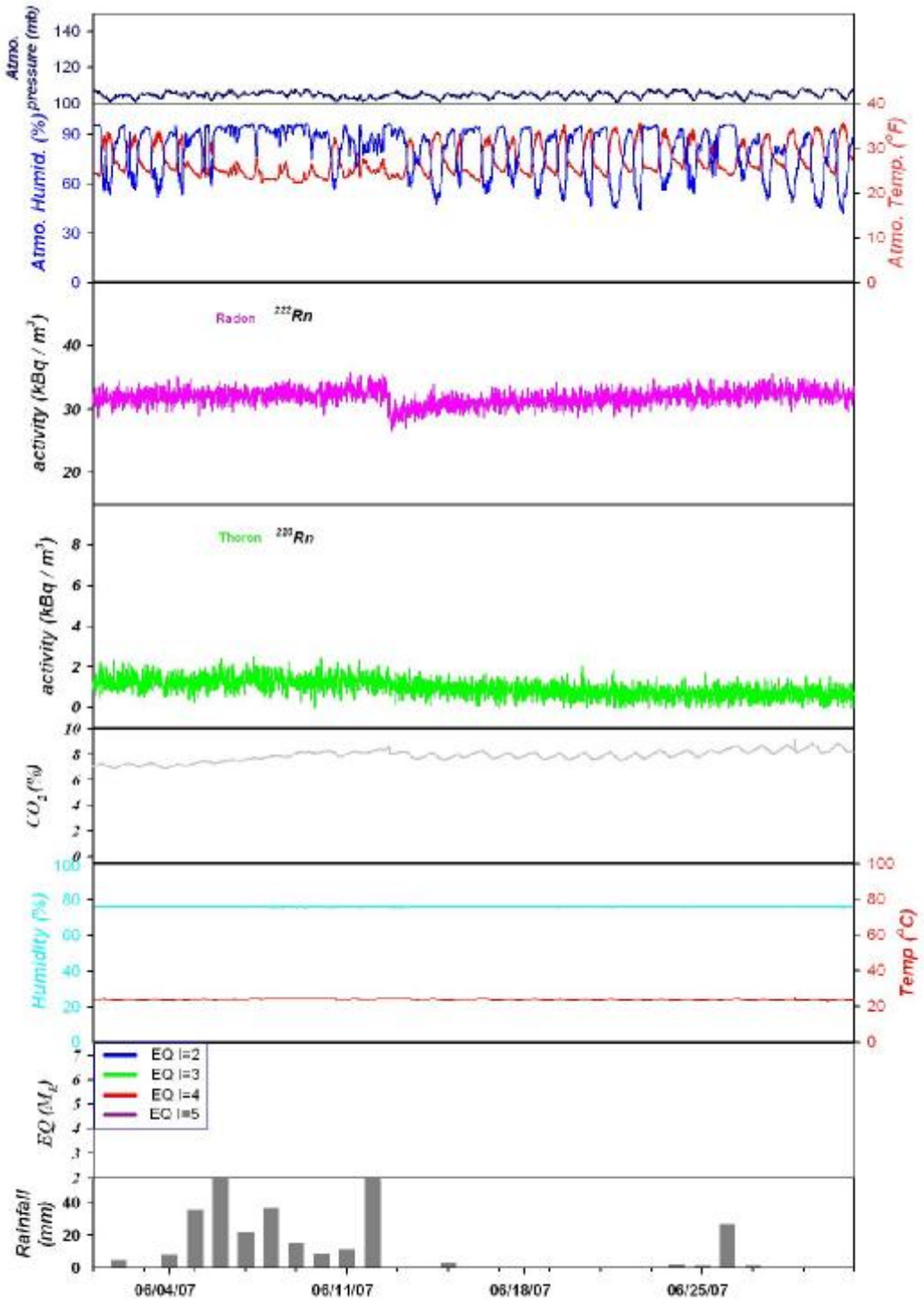


圖 2-91：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/6/1～2007/6/30）。

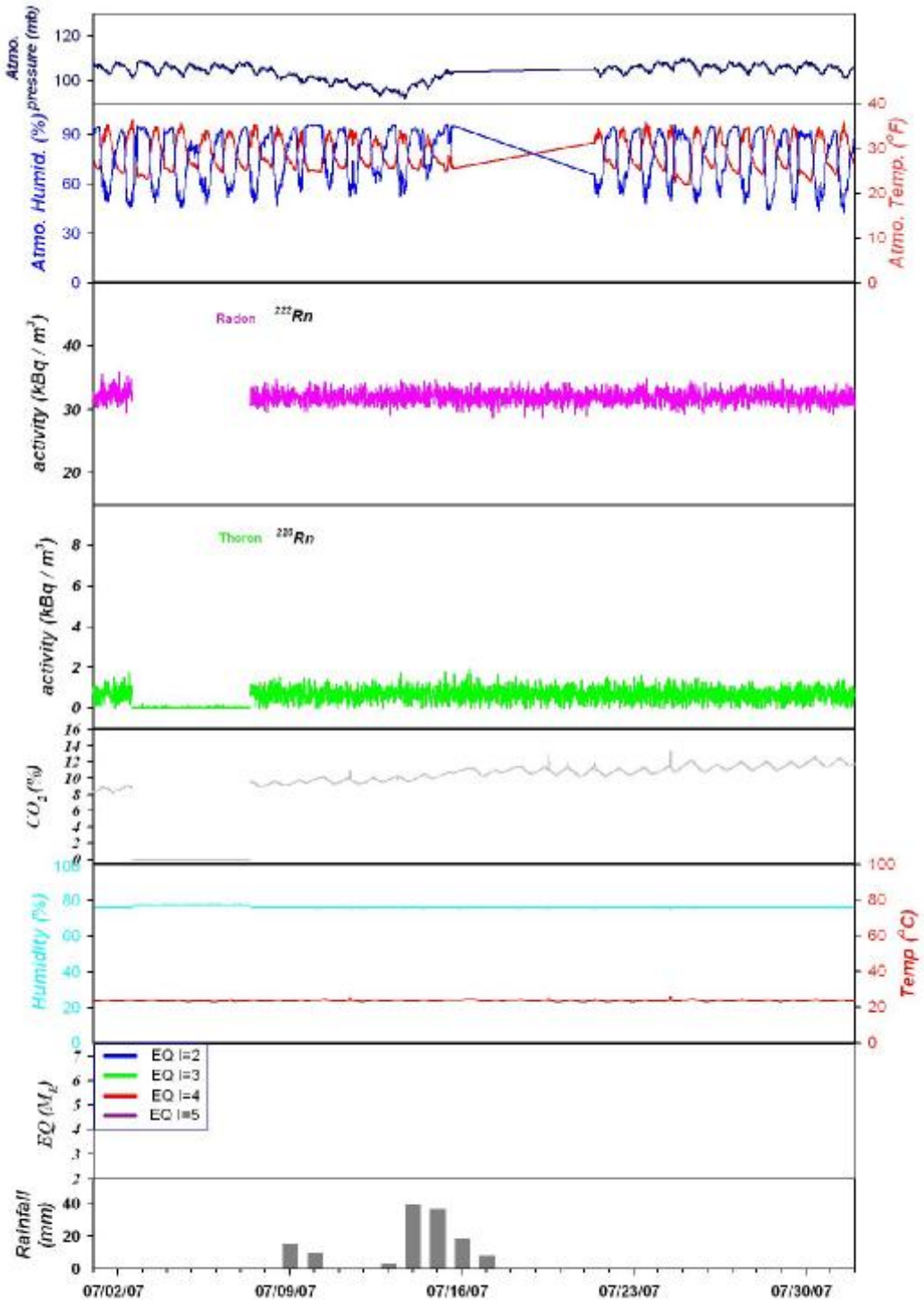


圖 2-92：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/7/1～2007/7/31）。

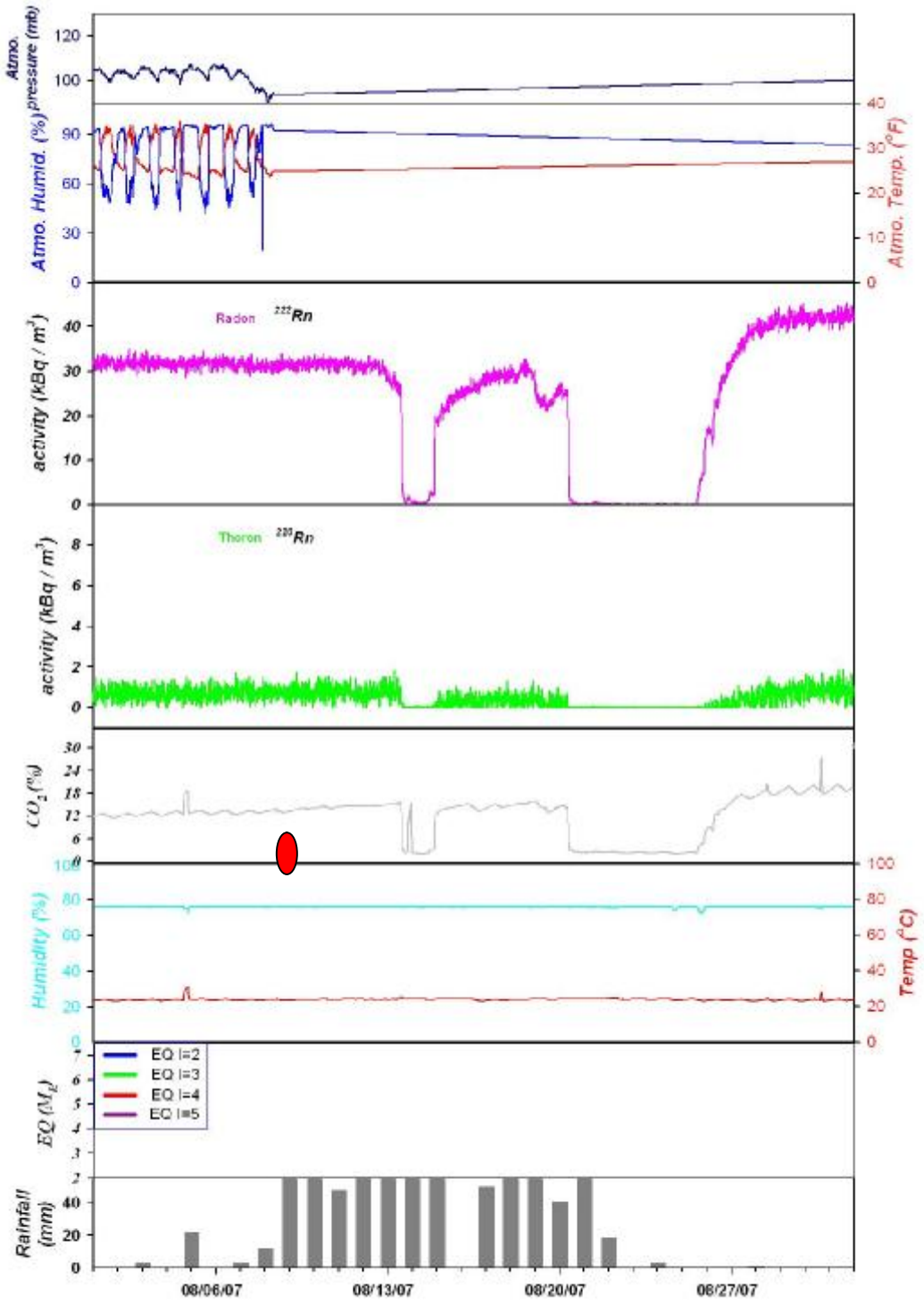


圖 2-93：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/8/1～2007/8/31）。紅點為人工採樣結果；電腦主機故障造成氣象因子資料中斷。

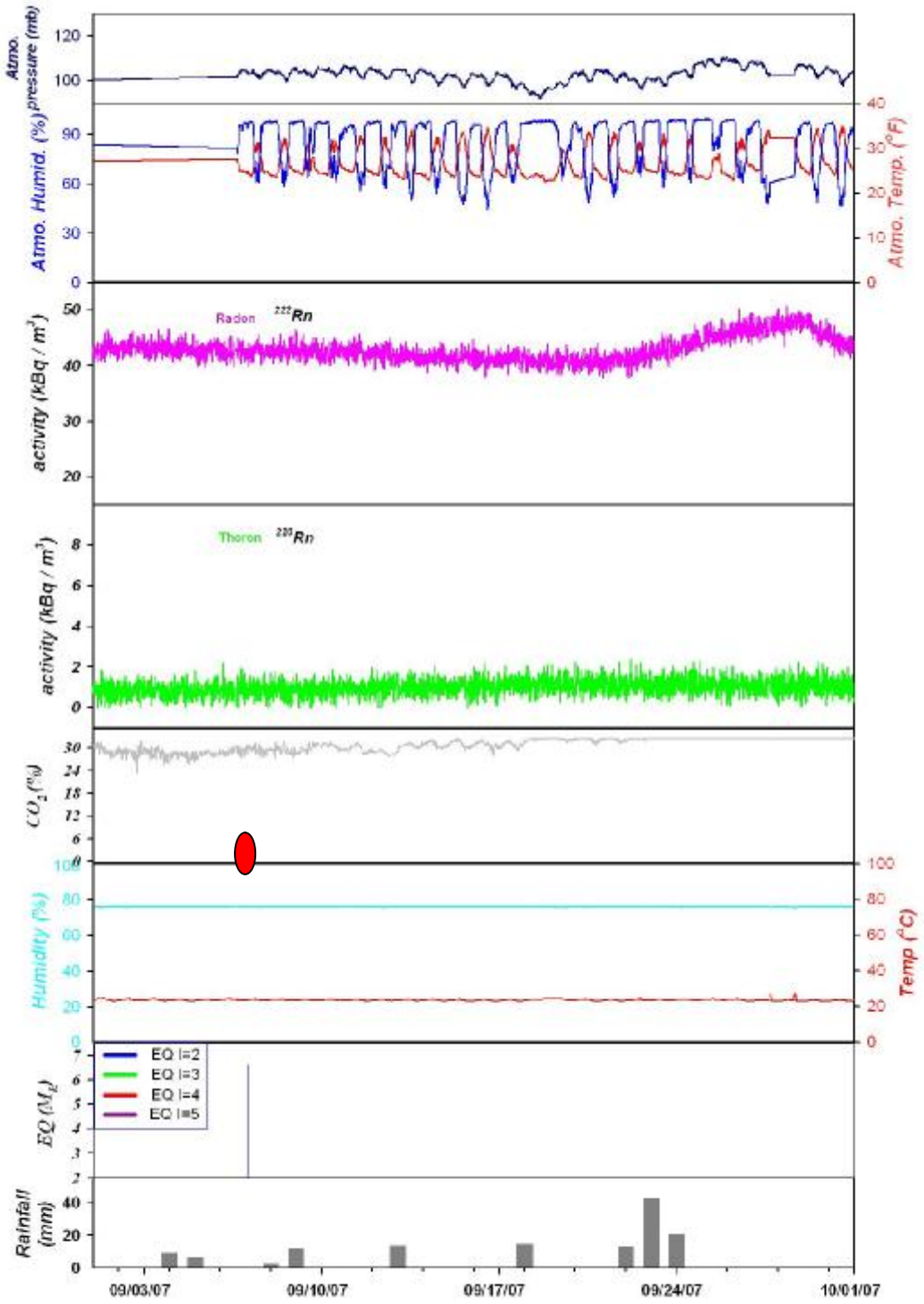


圖 2-94：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/9/1～2007/9/30）。紅點為人工採樣結果。

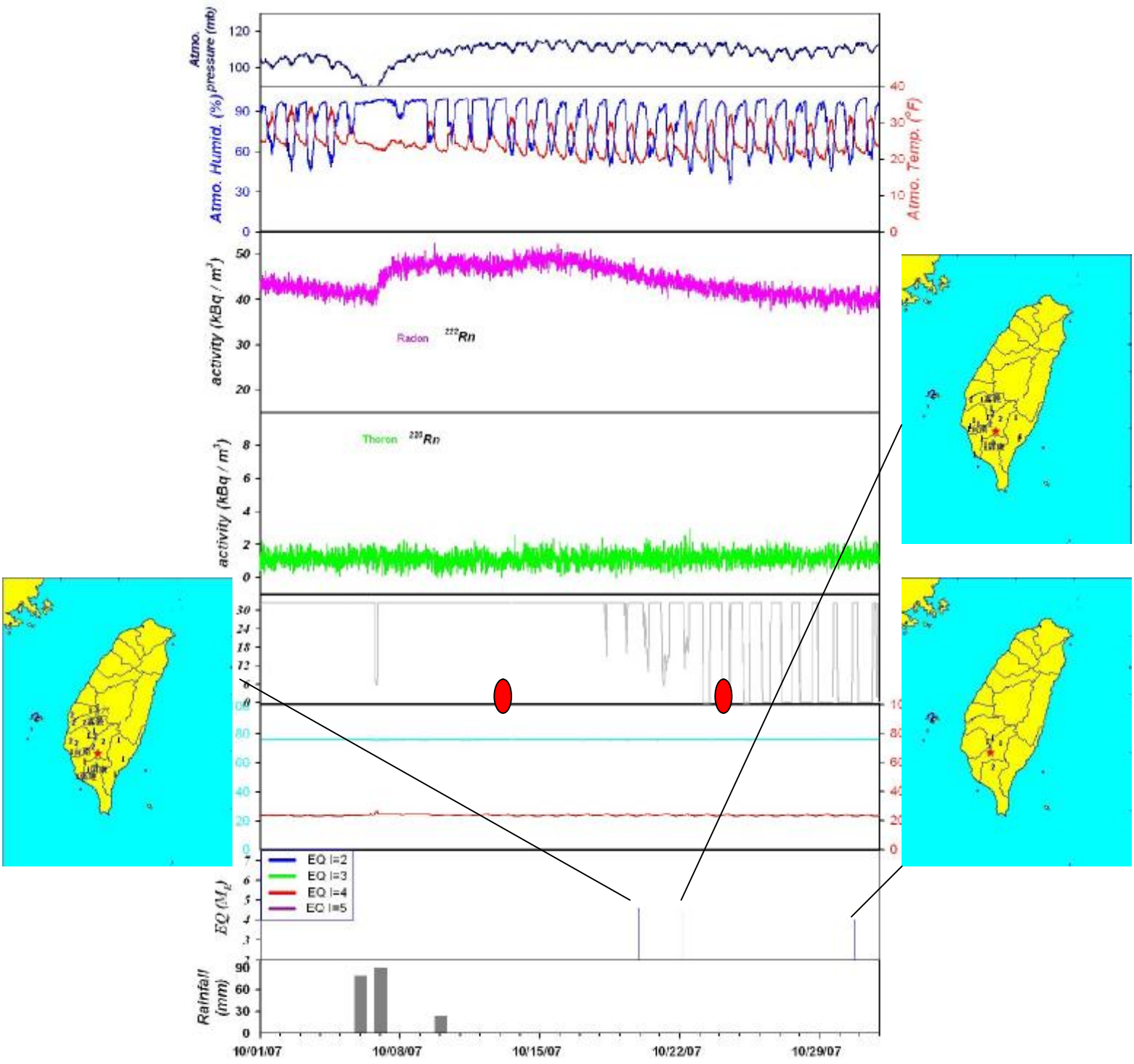


圖 2-95：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/10/1～2007/10/31）。紅點為人工採樣結果。

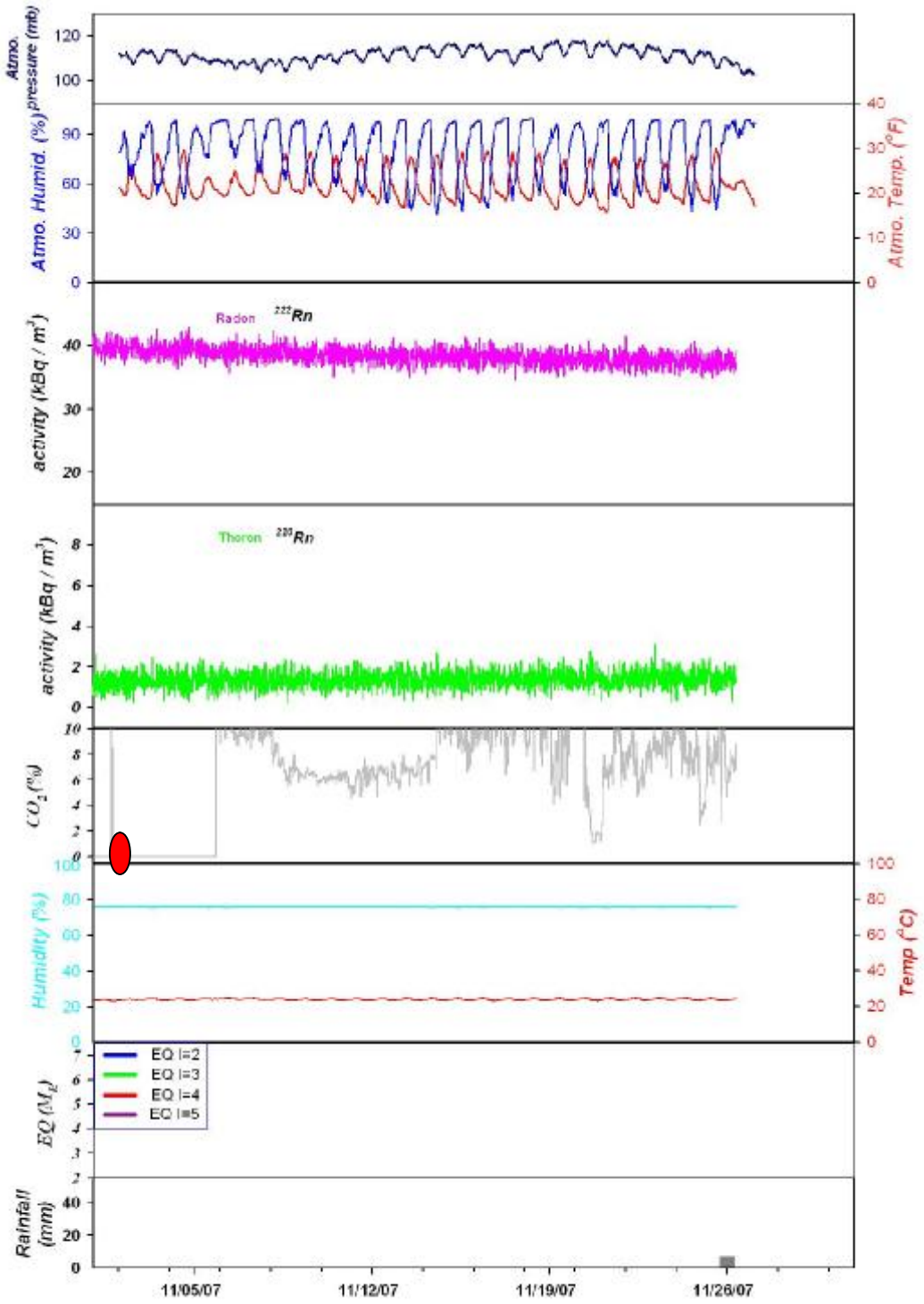


圖 2-96：台南二溪土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2007/11/1～2007/11/30）。紅點為人工採樣結果。

2-7 人工採樣分析結果

分別在中崙濁水潭潭水、中崙濁水潭觀測站之土壤氣、中崙溫泉一號井、大平地觀測站、梅山觀測站與二溪觀測站進行定期的人工採樣分析，以對照其組成份(如表 2-2)與連續觀測站的分析結果(見各觀測站之連續觀測圖)。

顯示各觀測站的分析結果與人工採樣的結果大部分相似，意味者觀測站呈現正常運作的狀態。而少數呈現不一致的情形則可能暗示儀器出現了錯誤，需予以排除問題。

如二溪觀測站在 5 月前的二氧化碳連續觀測結果，一直呈現無數值的狀態。然而經由人工採樣得知，此觀測站測得到二氧化碳，因此我們可相互對照以判斷觀測站的狀態。不過之後發現連續資料與人工採樣結果差異過大，這是因為現地記錄器發生了記憶效應並有持續累積濃度的趨勢,未來將會尋找替換儀器或送回德國維修。

另外，從中崙溫泉 1 號井的人工採樣分析結果，也證實此測站的濃度變化的確相當的大。

表 2-2：觀測站人工採樣氣體成份表

Date-Sample-No.	H_2	CH_4	N_2+CO	O_2+Ar	CO_2	C_2H_6	Total
61215-CL3-S	0%	0%	76.39%	16.33%	7.28%	0%	100%
70302-CL3-S	0%	0%	69.61%	15.54%	14.85%	0%	100%
70315-CL3-S	0%	0%	80.69%	16.24%	3.07%	0%	100%
70503-CL3-S	0%	0%	75.61%	16.71%	7.68%	0%	100%
70525-CL3-S	0%	0%	77.78%	16.49%	5.73%	0%	100%
70808-CL3-S	0%	0%	83.05%	12.75%	4.20%	0%	100%
70817-CL3-S	0%	0%	81.85%	13.71%	4.44%	0%	100%
70828-CL3-S	0%	0%	82.53%	14.84%	2.62%	0%	100%
70906-CL3-S	0%	0%	82.35%	14.82%	2.83%	0%	100%
71013-CL3-S	0%	0%	80.83%	16.31%	2.86%	0%	100%
71024-CL3-S	0%	0%	79.46%	16.12%	4.42%	0%	100%
71102-CL3-S	0%	0%	78.95%	15.57%	5.48%	0%	100%

CL3-S：中崙濁水潭土壤氣；

表 2-2（續）：觀測站人工採樣氣體成份表

Date-Sample-No.	H_2	CH_4	N_2+CO	O_2+Ar	CO_2	C_2H_6	Total
61215 Cl3-well	0%	9.11%	67.71%	4.84%	18.34%	0%	100%
70302 Cl3-well	0%	1.66%	78.37%	5.20%	14.76%	0%	100%
70503 Cl3-well	0%	5.48%	73.67%	4.48%	16.37%	0%	100%
70808 Cl3-well	0%	3.68%	75.57%	19.37%	1.39%	0%	100%
70906 Cl3-well	0%	11.3%	72.74%	2.80%	13.15%	0%	100%
71013 Cl3-well	0%	33.5%	51.41%	5.04%	10.00%	0%	100%
71024 Cl3-well	0%	13.5%	68.98%	7.48%	10.03%	0%	100%

Well：中崙溫泉一號井

表 2-2（續）：觀測站人工採樣氣體成份表

Date-Sample-No.	H_2	CH_4	N_2+CO	O_2+Ar	CO_2	C_2H_6	Total
70202 TPD	0%	0%	83.5%	16.2 %	0.3 %	0%	100%
70331 TPD	0%	0%	83.2%	16.6 %	0.2 %	0%	100%
70512 TPD	0%	0%	82.4%	17.4 %	0.2 %	0%	100%
70729 TPD	0%	0%	83.0%	16.7 %	0.3 %	0%	100%
70909 TPD	0%	0%	82.7%	17.1 %	0.2 %	0%	100%
71109 TPD	0%	0%	82.7%	16.9 %	0.4 %	0%	100%

TPD：大平地

表 2-2（續）：觀測站人工採樣氣體成份表

Date-Sample-No.	H_2	CH_4	N_2+CO	O_2+Ar	CO_2	C_2H_6	Total
61215 MS	0%	0%	87.0%	7.2%	5.8%	0%	100%
70302 MS	0%	0%	78.2%	21.8%	0.0%	0%	100%
70315 MS	0%	0%	80.5%	17.1%	2.4%	0%	100%
70525 MS	0%	0%	78.7%	21.3%	0.0%	0%	100%
70808 MS	0%	0%	77.93%	22.07%	0.0%	0%	100%
70906 MS	0%	0%	78.07%	21.93%	0.0%	0%	100%
71024 MS	0%	0%	78.47%	21.53%	0.0%	0%	100%
71102 MS	0%	0%	78.62%	21.38%	0.0%	0%	100%

MS：梅山

表 2-2（續）：觀測站人工採樣氣體成份表

Date-Sample-No.	H_2	CH_4	N_2+CO	O_2+Ar	CO_2	C_2H_6	Total
61215 RS	0%	0%	78.65%	18.35%	3.00%	0%	100%
70302 RS	0%	0%	78.45%	19.07%	2.48%	0%	100%
70315 RS	0%	0%	78.54%	19.00%	2.46%	0%	100%
70503 RS	0%	0%	78.49%	19.37%	2.14%	0%	100%
70525 RS	0%	0%	78.71%	18.89%	2.40%	0%	100%
70808 RS	0%	0%	79.52%	18.24%	2.24%	0%	100%
70906 RS	0%	0%	80.39%	16.23%	3.39%	0%	100%
71013 RS	0%	0%	81.20%	16.54%	2.26%	0%	100%
71024 RS	0%	0%	79.64%	17.01%	3.34%	0%	100%
71102 RS	0%	0%	79.30%	17.94%	2.76%	0%	100%

RS：二溪

參、東部地區土壤氣體逸氣調查

3-1 前言

本研究在於對觀測站的設置進行前置的的初步探勘，先利用已建立成熟的土壤氣體逸氣調查方法(Walia *et al.,* 2005; Fu *et al.,* 2006)，對於台東池上、成功等地區，找尋敏感及合適的觀測站設置地點。首先由數值地形圖上觀察，利用地球化學土壤逸氣的方法並再和其他地球物理或是傳統地質的方法互相作比較而得到更精確的結論，以更徹底了解斷層的位置分佈與其活動性。一般說來，斷層帶提供了深源氣體逸散至地表的主要通道，而於其附近之土壤氣體濃度便要比一般之背景值為高，同時配合其他方法，可用於判別地底是否存在有深源斷層的有效工具之一，故而廣為學者所利用。

3-2 研究地區

經由前人研究可知台東池上地區有一池上斷層經過 (圖 3-1 所示)，因此利用數條剖面抑或網格採樣的方式，遍佈於池上斷層其可能的分佈位置，利用土壤逸氣調查的方法，來尋找合適的觀測站設置地址。

成功地區過去雖無重要的斷層被報導出來，仍發生許多規模不小的地震。從圖 3-2 台東地區歷年大規模地震分佈圖中，提供了過去大地震發生的地點與規模大小。而這些地點可能也意味著，地震發生時會造成岩層較為破碎，有助於氣體經由這些破碎的通道到達地表之中。因此，對於這些地點進行土壤逸氣調查有可能獲得較高的氣體通量與濃度。

由於池上、成功地區位置偏遠，本研究在採樣開始之前先到研究地區進行現地勘查，先決定採樣的路線與範圍(如圖 3-2 中黃框的範圍)，以便日後進行土壤逸氣調查時能夠於短於間完成。

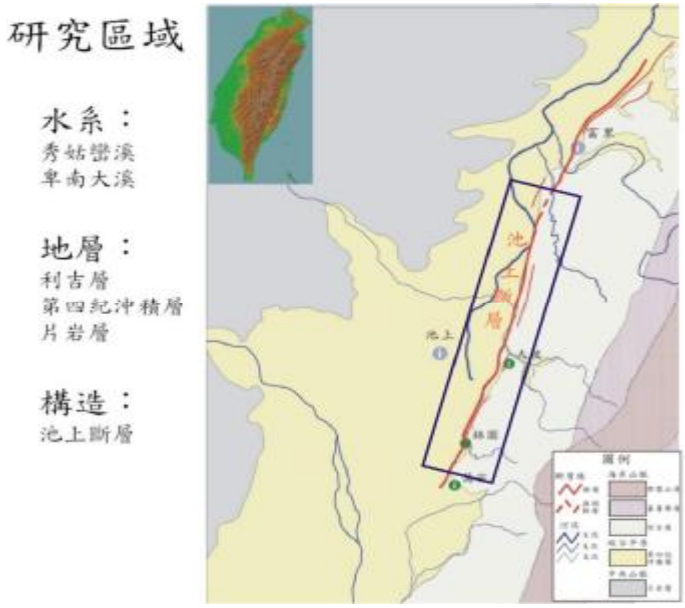


圖 3-1：台東池上地區地質示意圖。

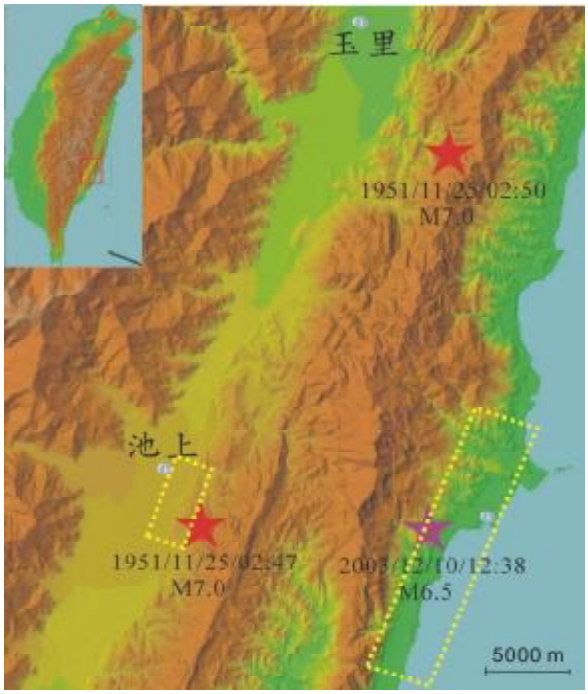


圖 3-2：台東地區歷年大規模地震發生的時間與地點，分別是池上地區 1951/11/ 25/02:47 地震規模 7.0；玉里地區 1951/11/25/02:50 地震規模 7.0 和成功地區 2003/12/10 /12:38 地震規模 6.5。黃框為本研究區域。

3-3 野外採樣方法

採樣前，首先將採樣袋抽至真空狀態，以確保無空氣殘留其中。採樣的方法則是將一枝長約 130cm 半徑約 3cm 中空的不鏽鋼管，其前端插入一尖錐鋼頭 (為了能較順利鑽進土壤中同時避免土壤阻塞不鏽鋼管造成氣體無法流通)，利用鐵鎚將鋼管敲入土壤中約 1 公尺左右，接著用一根較細的實心鋼條插入此中空的鋼管中將其最前端的尖錐物敲入土中使其與鋼管脫離，以利土壤中的氣體順利進入不鏽鋼管（圖 3-3）。再將鋼管套入已設計好的管線再利用手動邦浦讓管線經過土壤氣體的沖刷約 30 秒，以避免空氣或前次採樣時的殘留氣體造成污染；倘若土壤氣量過小，則先將管線抽氣呈真空狀態之後，再等待土壤氣充滿整個管線之中再進行採樣的工作(管線中有裝置兩個過濾器，一為過濾塵土；另一則是為了擋住水氣的進入)。最後，用手動幫浦將土壤氣樣抽入採樣袋中即完成採樣工作（圖 3-4）。

3-4 實驗室分析

將採集的氣樣帶回實驗室後，利用攜帶式氣相層析儀(Gas Chromatography)、與氦氣偵測儀(Helium detector)來進行分析。主要是討論He、CO_2、CH_4、N_2、Ar、O_2 等各種氣體相對的含量的變化情形，並探討其中所代表的意義(Gregory and Durrance, 1985; Etiope and Lombardi, 1995; Giammanco and Gurrieri, 1997; Guerra and Lombardi, 2000; Baubron *et al.*, 2002; Etiope and Martinelli, 2002)。其中，我們將會以氦氣的含量來探討地底下是否有斷層與裂隙存在。因為氦氣在大氣中的含量頗為固定(5.24 ppm)，所以如果有偵測到高於這個量的氦氣，便表示可能有更深部的氦氣來源。本研究將之氣體濃度異常值門檻定義為：去除濃度明顯過高的分析值後，將所有分析結果取平均值加上兩倍標準偏差 (達95%的可信度)，當分析值高於此門檻者，可視為異常值。

3-4.1 氦氣偵測儀

氦氣偵測儀 (Helium detector）為 ALCTEL 所生產的 ASM 100 HDS 型，為一

種簡易型的質譜儀。當氣體分子進入內部的鎢絲加熱使得電子碰撞而轉換出大量的離子，而由於電場加快了這些離子活動使得進入磁場後能將特定的質荷比給分離出來 (氦離子 m/e=4)而求得 ^4He 的濃度。操作的步驟為：

1、 開機後，三用電表接上後將儀器校正歸零

2、 將進樣的管線連接上儀器主體後，靜待儀器與空氣達成平衡穩定

3、 穩定後，將數值微調至 1.719±0.001 即可進行分析，所得電壓值 V 帶入下列公式即可得氦氣濃度（ppm）

$$0.1\times EXP\ (2.3026\times V) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

備註：1.三用電表可達小數點後三位

2.空氣中氦氣濃度約為 5.24ppm

3.儀器誤差小於 0.3%



圖 3-3：野外採樣的實際情形。

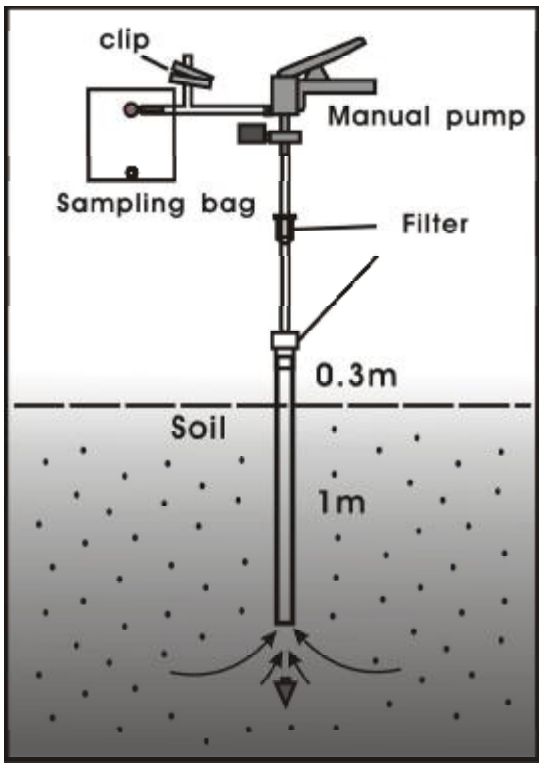


圖 3-4：採樣示意圖。

3-4.2 攜帶式氣相層析儀

攜帶式氣相層析儀(Micro Gas Chromatography)為 VARIAN 公司的 CP-4900 型，簡稱為 Micro GC。目前由一個偵測器配合兩組分離柱組成，利用氦氣當作攜行氣體將樣本帶入分離柱的層析原理，則可分析出樣品中所有氣體的成份。以下分成兩個部分來說明：

Channel A：利用 He 當攜行氣體，通過 Molecular Sieve 5A（MS-5A）的分離柱（為一種依氣體分子大小篩濾的分離柱，體積過大的氣體分子，如 CO_2 則會被濾掉），進入熱傳導偵檢器可以分析到 Ar、O_2、N_2、CH_4。熱傳導偵檢器（Thermal Conductivity Detector，簡稱 TCD）是利用氣體的熱傳導值不同來偵測，為一種廣泛使用的偵檢器。

Channel B：利用 He 當攜行氣體，通過（PPQ）的分離柱（為一種針對烷類所設計的分離柱，可在短時間之內迅速分離出來），進入熱傳導偵檢器可以分析到 N_2、CH_4、CO_2、C_2H_6、CO。

由於此型號配有小鋼瓶及充電電池，因此可將儀器直接帶至野外進行現地分析。以上我們一次進樣即可同時分析出樣品中主要的氣體成份，並且於分析樣品完後，做標準氣體分析以檢測檢量線，以確保分析之準確度。

3-4.3 氡氣偵測儀

為德國 SARAD 公司製造、型號為 RTM 2100，主要可分析氡氣的兩個同位素，分別為 Radon 及 Thoron。由於樣本袋屬於短時間的分析，因此我們選擇 Radon (slow) 模式且設定為每 5 分鐘一筆資料持續分析約 1 小時左右，以期在短時間內獲得氡氣的平衡資料，並且每分析一樣本後則分析一空氣樣本使誤差值減至最低。其分析步驟、原理同樣請參照台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（劉聰桂等，2003）。

3-5 土壤氣調查結果

目前已完成台東成功和池上地區的土壤逸氣調查，採樣點分佈情形分別如圖 3-5 和圖 3-6 所示，共計 68 個採樣點。

台東成功地區的初步分析結果顯示，所採集之土壤氣中各氣體濃度並無顯著異常(見表 3-1)，且其土壤氡氣的背景值濃度也相當的低，平均約只有 3800 Bq/m^3 左右，相較於台灣其它地區的土壤氡氣濃度動輒 5000～15000 Bq/m^3 不等的範圍，本地區的土壤氡氣濃度偏低。

圖 3-5 為土壤氣氡氣濃度的分佈情形，於 CK-15 呈現異常的高濃度，而從圖 3-2 得知此地點於 2003 年 12 月 10 日曾經發生規模達 6.5 的地震。此外，CK-15 的採樣時間為 2007 年的 4 月 4 日，而於採樣日期之後幾天（4 月 6 與 4 月 8 日）發生了兩起地震，此地震都位在 CK-15 方圓 20 公里的範圍內，這都可能意味著此地點的土壤逸氣通量相當敏感，可作為日後設站的參考。

台東池上地區的初步分析結果如表 3-2 所示，顯示氬氣、氧氣其濃度的變化無法成為尋找斷層的指標氣體。本研究將每個剖面之氣體濃度異常值門檻定義為：去除濃度明顯過高的分析值後，將所有分析結果取平均值加上兩倍標準偏差(達 95% 的可信度)，當分析值高於此門檻者可視為異常值，如下表 3-3 所示。

分析結果顯示，土壤氣樣本中所含之氦氣、氡氣、氮氣和二氧化碳濃度在特定的位置處皆有異常值出現，如圖 3-6、圖 3-7、圖 3-8 和圖 3-9 所示。而這些高濃度的位置大都出現在池上斷層沿線及其西側附近，意味著斷層沿線的土壤逸氣通量可能比起遠離斷層的高，若進一步將氦氣、氡氣、氮氣和二氧化碳等氣體濃度，同時呈現異常的篩選出來則有 CS-16、CS-22 和 CS-42 這 3 個地點，未來可在這些地方進行定期的採樣以確認其敏感度，進而作為日後設站的參考。

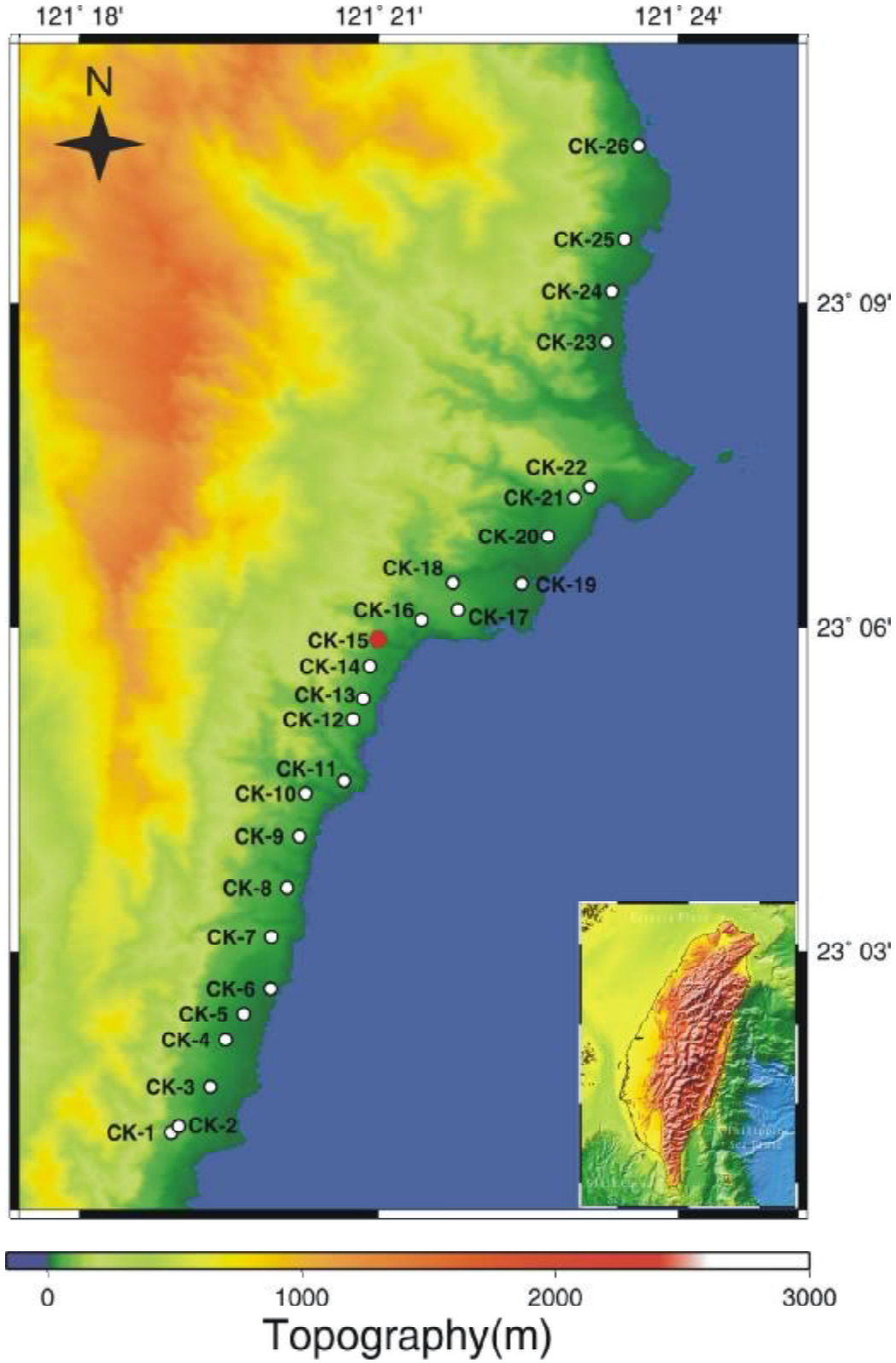


圖 3-5：成功地區土壤氣體氡氣(Rn)濃度異常分佈圖，紅色圓點為異常點。

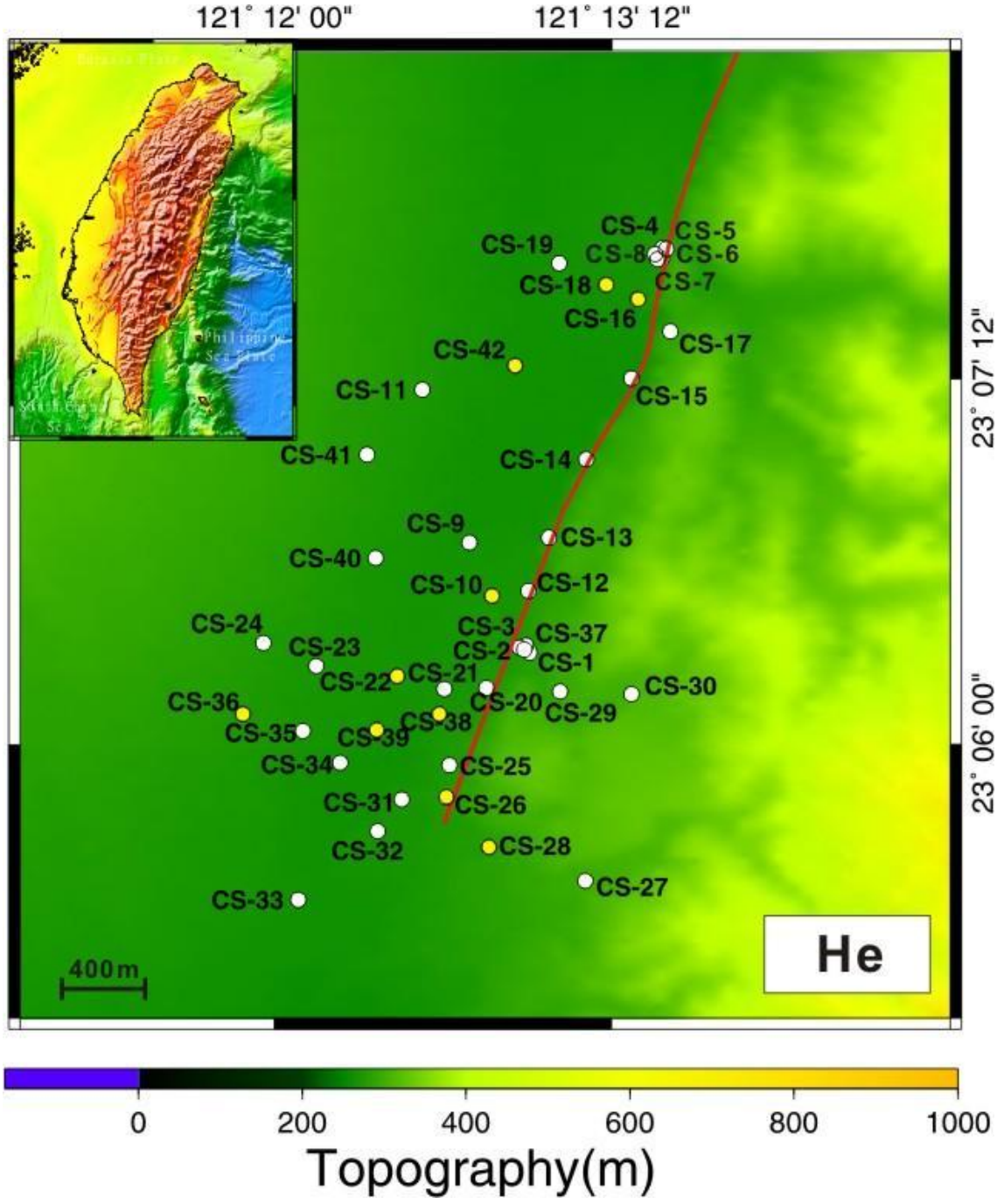


圖 3-6：池上地區土壤氣體氦氣(He)濃度異常分佈圖，紅線代表池上斷層，黃色圓點為異常點。

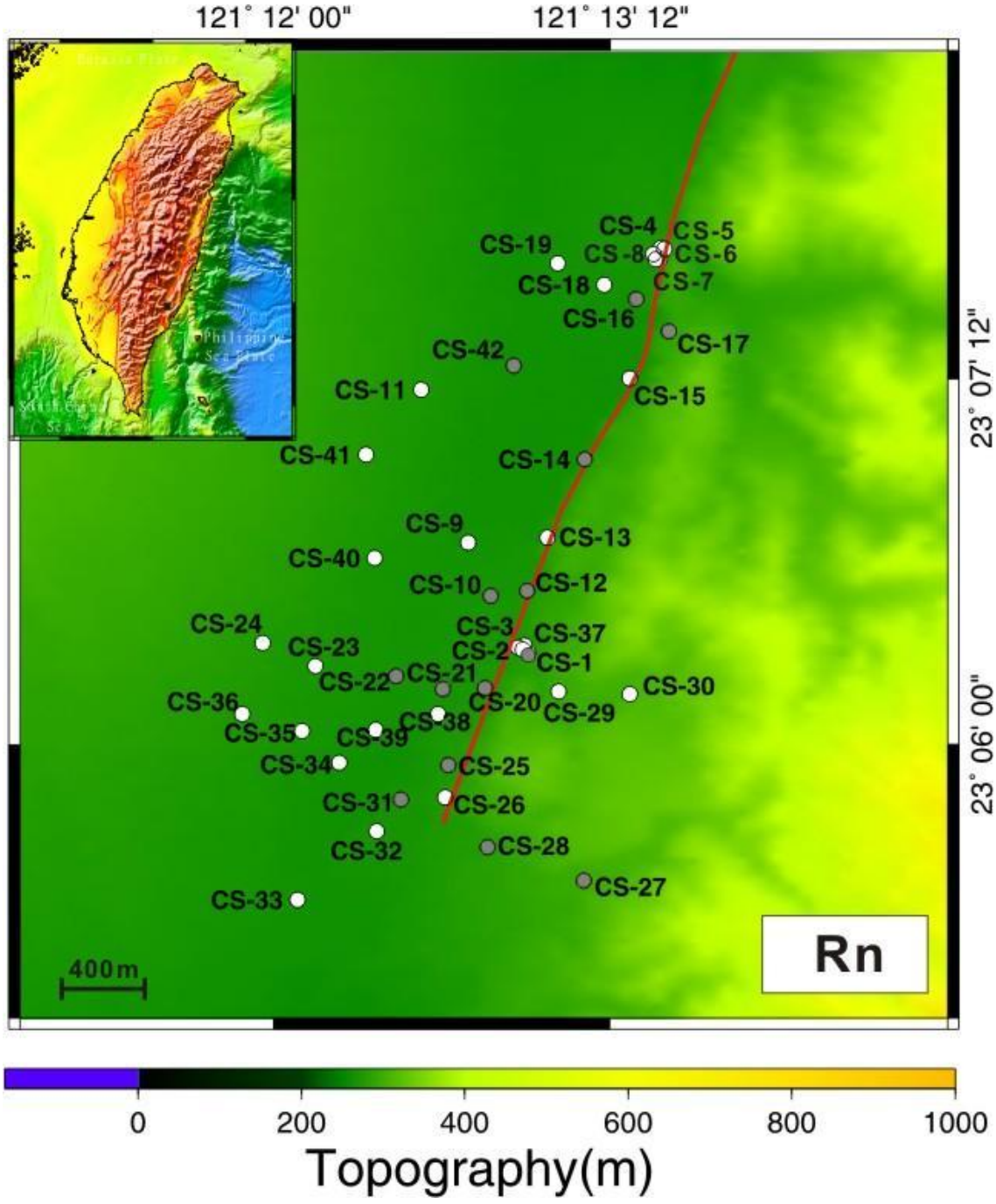


圖 3-7：池上地區土壤氣體氡氣(Rn)濃度異常分佈圖，紅線代表池上斷層，灰色圓點為異常點。

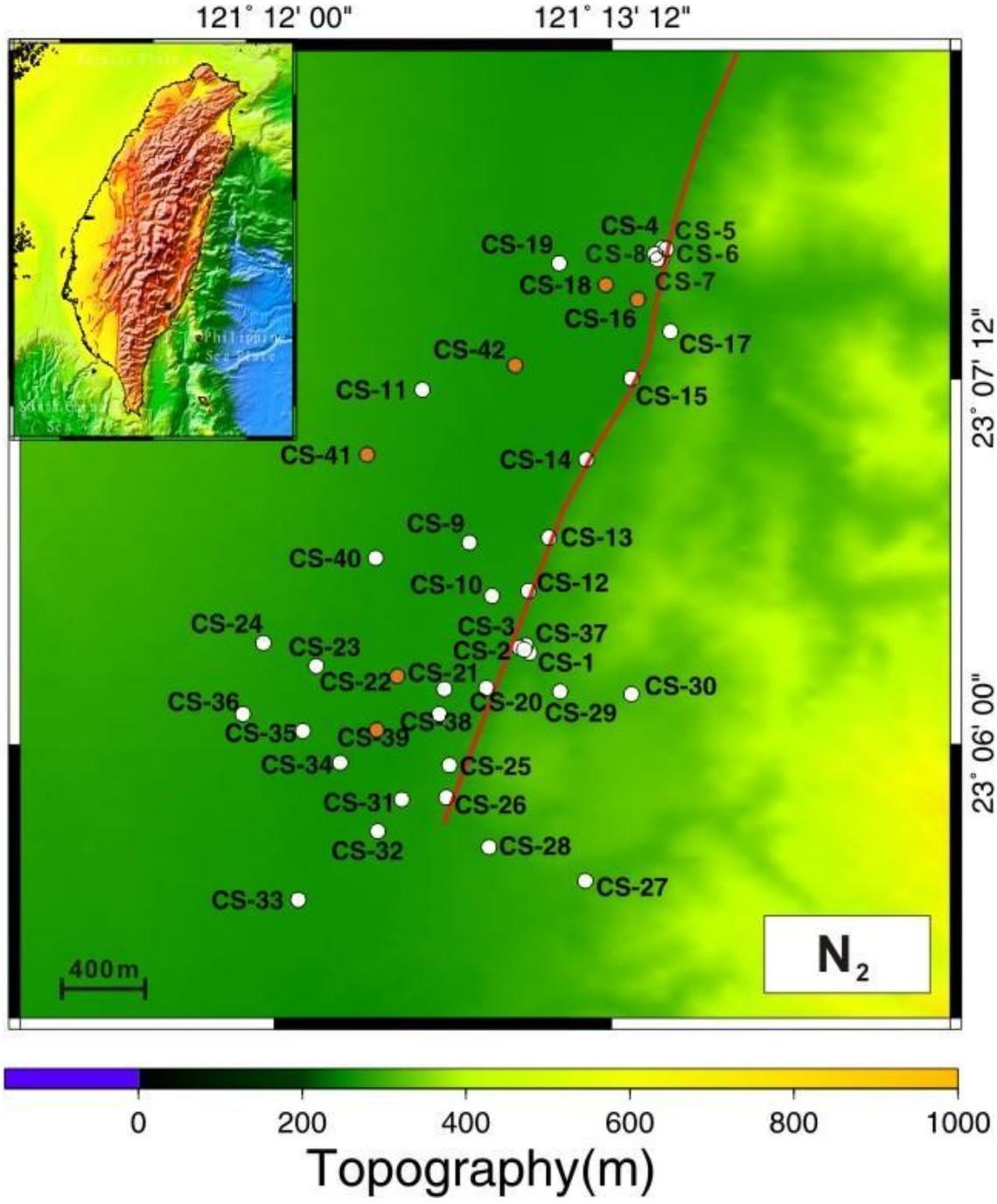


圖 3-8：池上地區土壤氣體氮氣(N_2)濃度異常分佈圖，紅線代表池上斷層，橘色圓點為異常點。

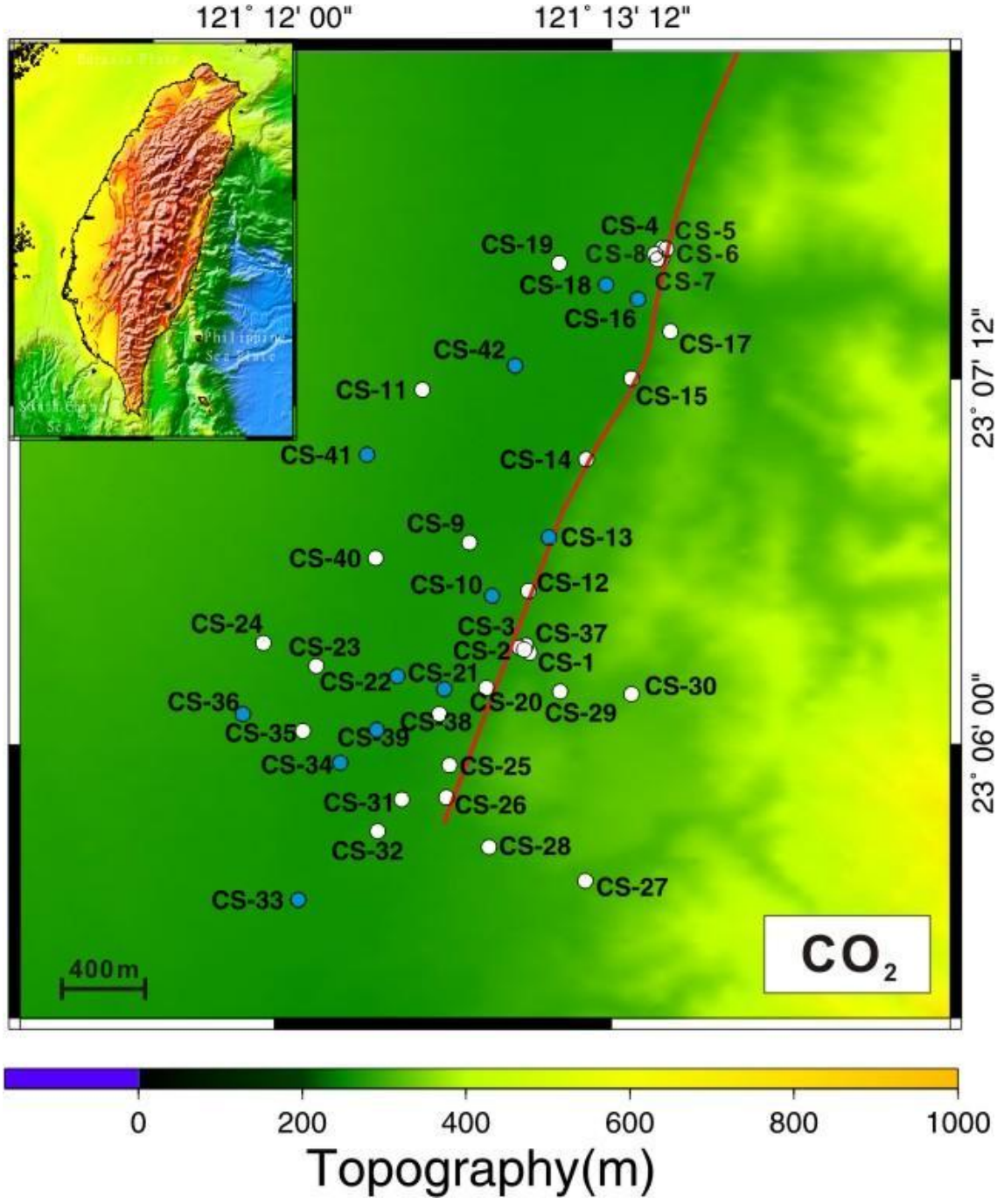


圖 3-9：池上地區土壤氣體二氧化碳(CO_2)濃度異常分佈圖，紅線代表池上斷層，藍色圓點為異常點。

表 3-1：台東成功地區土壤氣體成分分析結果

樣本編號	採樣日期	經度座標	緯度座標	$Ar+O_2$ (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)	He (ppm)	Rn (Bq/m^3)
CK-1	2007/4/4	121.31542	23.02211	20.8	78.5	0.8	5.236	1515
CK-2	2007/4/4	121.31669	23.02297	19.9	78.1	2.0	5.248	4718
CK-3	2007/4/4	121.32195	23.02912	20.8	78.6	0.6	5.248	2697
CK-4	2007/4/5	121.32448	23.03632	20.7	78.7	0.0	5.236	4505
CK-5	2007/4/4	121.32751	23.04033	20.9	78.3	0.8	5.236	4766
CK-6	2007/4/5	121.33199	23.04421	19.8	78.9	1.3	5.248	3328
CK-7	2007/4/4	121.33215	23.05219	20.4	78.5	1.1	5.248	7693
CK-8	2007/4/5	121.33477	23.05975	19.1	79.0	1.9	5.260	1400
CK-9	2007/4/4	121.33678	23.06773	21.3	78.5	0.1	5.248	7252
CK-10	2007/4/5	121.33781	23.07436	20.5	78.7	0.8	5.236	2259
CK-11	2007/4/4	121.34424	23.07627	20.9	78.6	0.5	5.248	2486
CK-12	2007/4/5	121.34575	23.08575	19.8	78.4	1.8	5.236	1602
CK-13	2007/4/4	121.34744	23.08896	20.6	78.8	0.7	5.248	5075
CK-14	2007/4/5	121.34856	23.09393	19.9	78.3	1.8	5.248	3987
CK-15	2007/4/4	121.34995	23.09802	20.4	77.9	1.7	5.248	24536
CK-16	2007/4/4	121.35714	23.10117	21.0	78.6	0.4	5.248	2969
CK-17	2007/4/4	121.36329	23.10265	20.9	78.5	0.6	5.236	1883
CK-18	2007/4/5	121.36242	23.10686	21.3	78.6	0.0	5.236	2457
CK-19	2007/4/4	121.37387	23.10675	20.0	78.6	1.3	5.236	3136
CK-20	2007/4/5	121.37831	23.114	19.9	78.3	1.8	5.236	6514
CK-21	2007/4/5	121.38266	23.11997	19.5	78.9	1.5	5.236	3820
CK-22	2007/4/5	121.38533	23.12162	20.5	78.7	0.8	5.248	2884
CK-23	2007/4/5	121.38803	23.144	20.1	78.8	1.0	5.236	4243
CK-24	2007/4/5	121.38895	23.15186	20.9	78.6	0.5	5.236	1699
CK-25	2007/4/5	121.39105	23.15985	19.1	79.0	1.9	5.248	6138
CK-26	2007/4/5	121.39343	23.17422	21.3	78.5	0.2	5.248	2198

表 3-2：台東池上地區土壤氣體成分分析結果

樣本編號	採樣日期	經度座標	緯度座標	$Ar+O_2$ (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)	He (ppm)	Rn (Bq/m^3)
CS-1	2007/1/27	121.21513	23.10501	20.0	78.6	1.4	5.236	16515
CS-2	2007/1/27	121.21491	23.1054	21.0	78.4	0.5	5.248	6040
CS-3	2007/1/27	121.21454	23.10531	21.1	78.3	0.6	5.248	4463
CS-4	2007/1/28	121.22299	23.12718	21.3	78.5	0.2	5.248	1503
CS-5	2007/1/28	121.2232	23.12713	20.7	79.1	0.2	5.248	11070
CS-6	2007/1/28	121.22293	23.12656	21.1	78.4	0.5	5.248	3539
CS-7	2007/1/28	121.22269	23.12656	19.5	78.4	2.1	5.236	7131
CS-8	2007/1/28	121.22255	23.12686	20.8	78.3	0.9	5.236	6863
CS-9	2007/1/28	121.21159	23.11103	20.9	78.2	0.9	5.248	12591
CS-10	2007/1/28	121.2129	23.10813	19.4	77.3	3.3	5.309	31251
CS-11	2007/1/29	121.2088	23.11941	20.5	77.9	1.6	5.248	5780
CS-12	2007/1/29	121.21505	23.10842	19.3	78.4	2.2	5.285	13696
CS-13	2007/1/29	121.21626	23.11131	19.5	77.3	3.3	5.285	9233
CS-14	2007/1/29	121.21847	23.11561	20.5	78.3	1.2	5.260	19043
CS-15	2007/1/29	121.22115	23.12003	21.4	78.6	0.0	5.236	637
CS-16	2007/1/29	121.22151	23.12439	10.2	81.9	7.9	5.370	20057
CS-17	2007/1/29	121.22344	23.12261	20.9	78.4	0.7	5.248	13472
CS-18	2007/1/29	121.21964	23.12516	6.2	87.0	6.7	5.470	12392
CS-19	2007/1/29	121.21689	23.12635	20.8	77.9	1.4	5.248	11136
CS-20	2007/1/29	121.21259	23.10309	20.9	77.7	0.0	5.236	13556
CS-21	2007/1/29	121.2101	23.10303	19.5	76.9	3.5	5.248	14300
CS-22	2007/1/29	121.20729	23.10372	13.2	79.9	6.9	5.321	14815
CS-23	2007/1/29	121.20252	23.10429	21.4	78.5	0.1	5.236	490
CS-24	2007/1/29	121.19939	23.10554	20.8	78.1	1.1	5.236	4702
CS-25	2007/1/29	121.21039	23.09886	20.0	77.5	2.5	5.248	24303
CS-26	2007/1/29	121.21022	23.09708	19.9	79.1	1.0	5.297	7306
CS-27	2007/1/29	121.21841	23.0925	19.9	77.8	2.3	5.285	15221
CS-28	2007/1/29	121.21272	23.09435	21.1	78.1	0.8	5.297	36970
CS-29	2007/1/29	121.21695	23.10288	20.8	78.5	0.7	5.285	7041
CS-30	2007/1/29	121.22114	23.10274	21.1	78.6	0.3	5.236	3567
CS-31	2007/1/31	121.20758	23.09698	20.9	78.4	0.7	5.272	14117
CS-32	2007/1/31	121.20616	23.09522	21.2	78.5	0.3	5.260	4408
CS-33	2007/1/31	121.20144	23.09149	17.7	79.4	2.9	5.272	9219
CS-34	2007/1/31	121.20393	23.099	18.6	78.2	3.2	5.260	5000
CS-35	2007/1/31	121.20174	23.10073	20.6	77.9	1.5	5.272	4929
CS-36	2007/1/31	121.19818	23.10166	14.3	77.6	8.1	5.346	12116

表 3-2（續）：台東池上地區土壤氣體成分分析結果

樣本編號	採樣日期	經度座標	緯度座標	$Ar+O_2$ (%)	N_2 (%)	CO_2 (%)	He (ppm)	Rn (Bq/m^3)
CS-37	2007/1/31	121.21481	23.10518	21.0	78.5	0.6	5.260	5377
CS-38	2007/2/1	121.2098	23.10165	20.7	78.3	1.0	5.297	13080
CS-39	2007/2/1	121.20609	23.10079	11.2	82.8	6.0	5.470	7555
CS-40	2007/2/1	121.20604	23.1102	20.6	77.9	1.5	5.248	7141
CS-41	2007/2/1	121.20553	23.11585	14.9	79.7	5.4	5.248	9641
CS-42	2007/2/1	121.21428	23.12073	4.1	83.0	13.0	5.395	23913

表 3-3：台東池上地區土壤氣體成份統計分析結果

	He (ppm)	Rn (Bq/m^3)	CO_2 (%)	N_2 (%)
Mean	5.257	6491	1.28	78.31
Std. dev.	0.0196	3306	0.73	0.62
Mean + 1σ	5.277	9796	2.02	78.93
Mean + 2σ	5.296	13102	2.748	79.55

肆、地下水壓（水位）觀測

4-1 前言

許多觀察研究（例如 Lamar and Merifield, 1979; Merifield and Lamar, 1981; Barsukov. et al., 1985; Wang, C. 1985; Roeloffs, 1988; Biagi. et al., 2000）顯示，斷層錯動（地震）之前，區域應力場的改變，會導致地下水位/水壓異常。台灣地區斷層與地震活動顯著及頻繁，是研究地下水位或水壓變化與斷層活動關係的絕佳之地。本計畫於民國 94 年度（2005 年）於新竹縣寶山鄉雙溪國小、95 年度（2006 年）於嘉義縣中埔鄉沄水國小各鑽設一口地下水壓/水位觀測井，至今持續的觀測水壓/水位變化中。

4-2 電子式水壓計觀測井概要

4-2.1 觀測井設計

電子式水壓/水位計觀測井（以下簡稱水壓觀測井），孔徑 4 英吋，以旋鑽式鑽機施鑽，鑽設深度分別為 160 公尺（新竹縣雙溪國小水壓觀測井）及 100 公尺（嘉義縣沄水國小水壓觀測井），全程岩芯取樣。鑽孔內埋設 3.5 英吋鋼質井管，井管內放置口徑約 2.8 英吋電子式水壓計一具。為確保水壓計能順利放入井管中，特別小心鑽掘及埋設鋼井管之施工。鑽孔及井管之垂直度誤差不大於 1%。於井內安裝精度分別為 0.1%（新竹縣雙溪國小水壓觀測井）及 0.01%（嘉義縣沄水國小水壓觀測井）的電子式水壓計，井口旁設置 FRP 觀測站房(圖 4-1a)，內部安裝資料擷取、紀錄及傳輸設備等，利用寬頻網路（ADSL）將資料傳送至台大地質系(圖 4-1b)以供監測、儲存及分析。

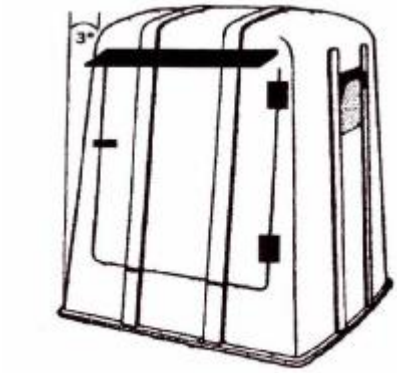


圖 4-1a：玻璃纖維（FRP）儀器站房示意圖。

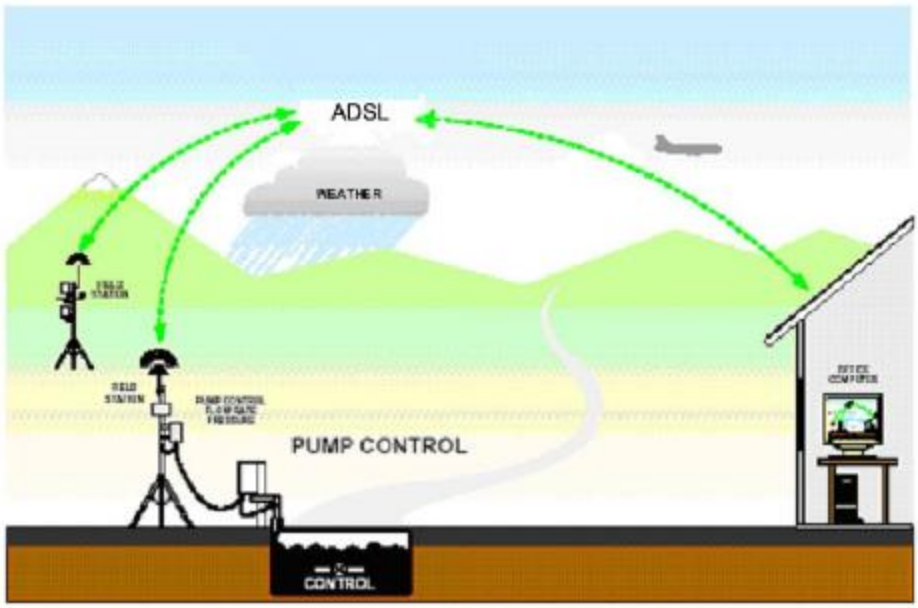


圖 4-1b：地下水壓觀測資料之傳輸示意圖。

1. 水壓觀測井概要

觀測井鑽鑿期間，陸續量測地下水位，並紀錄回水率。根據地下水位以及回水率，推估受壓含水層的深度。至預定深度上方 10 公尺處，埋設厚度 4 毫米鋼管及灌漿封層，等待漿液凝固後再以 3 英吋鑽頭鑽進 10 公尺至預定深度(圖 4-2)。

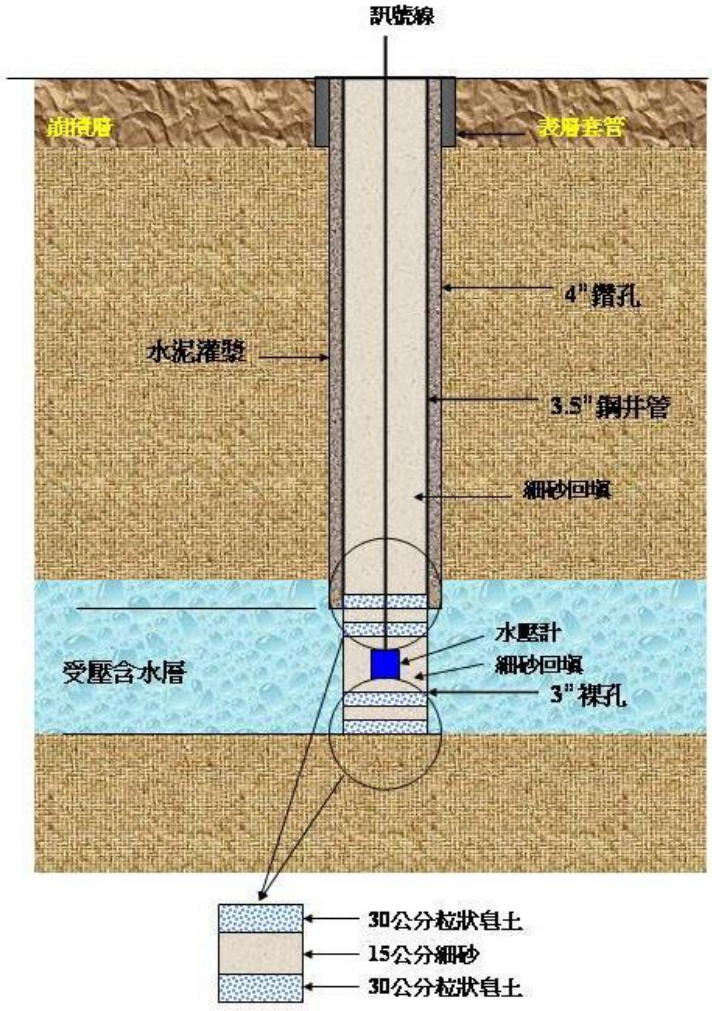


圖 4-2：井孔及水壓計設置示意圖

2. 保護孔壁

採用 3.5 英吋口徑、厚度 4 毫米鋼管，以螺紋方式連接，每支長度 3 公尺，於觀測水層 10 公尺上方以水泥灌漿封層。

3. 擴水處理

為確保地下水層不受阻塞，下井管及篩管以後，需洗井清除鑽探中之岩屑。洗井方式以高壓空氣（air lifting）提吊方式為之。

4-2.1.1 玻璃纖維（FRP）儀器站房

1. 在觀測站裝設 FRP 儀器站房一個，規格如下：

（一）儀器護蓋尺寸：W =106 公分　D=104 公分　H=137 公分

（二）門板尺寸：W =74 公分　L=86 公分

（三）使用材料：玻璃纖維強化塑膠

（四）配備

(1) 儀器護蓋左右各設通風口一個，左側通風口之高度為 110 公分，右側通風口之高度為 40 公分。

(2) 通風口須加裝雨披、白鐵紗網、擋水板等裝置，左側上方通風口須裝設抽風機一座。

(3) 門板左右開啟，絞鏈、門栓使用不銹材質，內緣底座並加裝合成橡膠壓條，上緣並加裝雨披。

(4) 儀器護蓋底部安裝 FRP 之固定角座四只。（厚度 10 毫米以上）

(5) 儀器護蓋底部安裝橡膠材質 U 行壓條。

2. FRP 站房固定於厚度 25 公分，長寬各 110 公分之混凝土基座，基座頂部高於地面約 12 公分。

3. 配置站房至水壓計之 1 吋 PVC 管線，以保護電纜。

4. FRP 站房至鑽孔之距離一般為 2~3 公尺。

5. FRP 站房外面噴上「 斷層活動性研究－壓力式地下水位觀測站」等文字，以資識別。

4-2.1.2 接地裝置

儀器站房旁邊將 3 支直徑 5/8 英吋長 2.4 公尺之 O 型接地銅棒敲入地下，並以正三角形方式排列。銅棒間以 100 毫米^2 PVC 被覆銅線連接，接地電阻需小於 5 歐姆。

4-3 地下水壓變動觀測結果

4-3.1 新竹寶山雙溪國小水壓觀測井

2005 年 12 月 13 日於新竹縣寶山鄉雙溪國小（圖 4-3）鑽設之水壓觀測井內完成裝設電子式地下水壓觀測儀，開始連續觀測水壓變化。2006 年 12 月 31 日，此站租用之衛星傳輸服務期滿，為統一與沄水站相同之傳輸方法及使用之控制軟體，改以 ADSL 傳輸來監測數據並於 2007 年 1 月初更換水壓計之記錄器等相關傳輸設備。1 月 11 日設定完成，於 1 月 12 日起每 5 分鐘讀取一次數據。



圖 4-3：2005 年度新竹縣寶山雙溪國小地下水位觀測井（ ）位置圖。

圖 4-4 至 4-9 為 2006 年 12 月至 2007 年 5 月水壓連續觀測資料與附近氣象局之地震及雨量記錄。1 月底至 2 月水壓變動異常，此期間並無降雨之干擾，故研判與 1 月 25 日（地震規模 6.2，新竹市震度為 2 級）及 2 月 10 日（地震規模 3.5，新竹市震度為 2 級）兩次地震有關。

2007 年 5 月 24 日開始，水壓變化劇烈，並於 5 月 31 日下午開始沒有傳回數據。與儀器廠商前往現場檢查，6 月 14 日修復故障的記錄器通信界面電路板。檢視 6 月份記錄器所記錄的數據，6 月 6 日後之資料極為「異常」(圖 4-10)，推斷水壓計或其感應器已故障。請廠商重新洗井，安裝新的水壓計。2007 年 7 月 23 日，再次進行雙溪國小地下水觀測井洗井工程，等候一星期至地下水位達到穩定性平衡狀態後進行水壓計重新安裝。水壓計安裝於孔口下 50 公尺處，而讀數值即是換算水壓計至水面的距離。2007 年 8 月 1 日始，新裝的水壓計開始穩定運作，連續讀取水壓變化資料。

圖 4-11 至 4-14 為重新安裝水壓計後，8 月至 11 月之水壓連續觀測資料與附近氣象局之地震及雨量記錄。9 月 7 日之宜蘭南澳地震（地震規模 6.6，新竹市震度為 3 級）之後，水壓顯著持續下降至月 17 日左右，然後於 9 月 18 日之後再度上升。直至 10 月 6 日～7 日又顯著上升。接著 10 月 11 日宜蘭地震（地震規模 5.5，新竹市震度為 2 級)。這兩次的水至上升是否與地震有關仍有待觀察，因為 10 月 6 日與 9 月 18 日分別有豪雨。

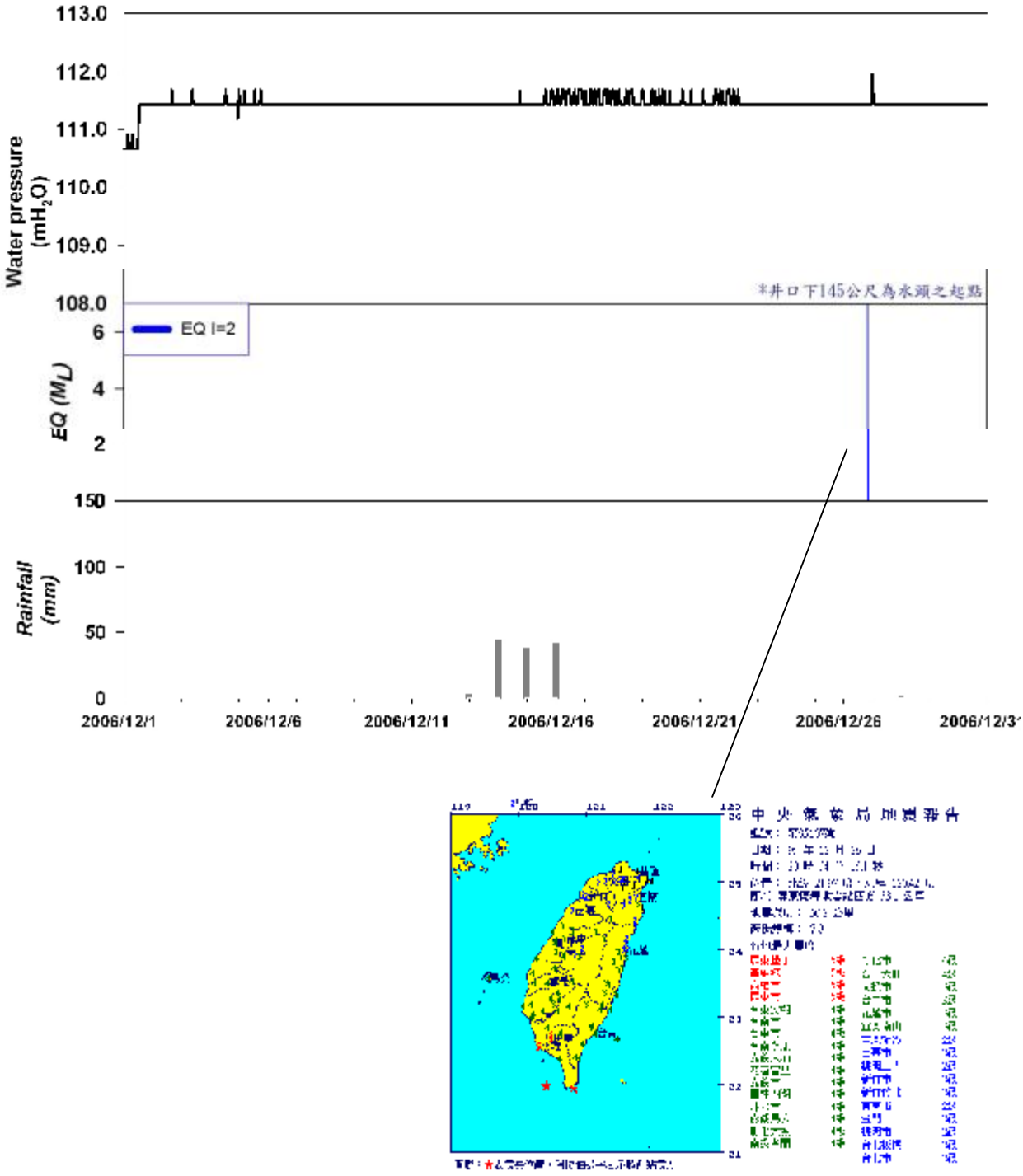


圖 4-4：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2006/12/1～2006/12/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。

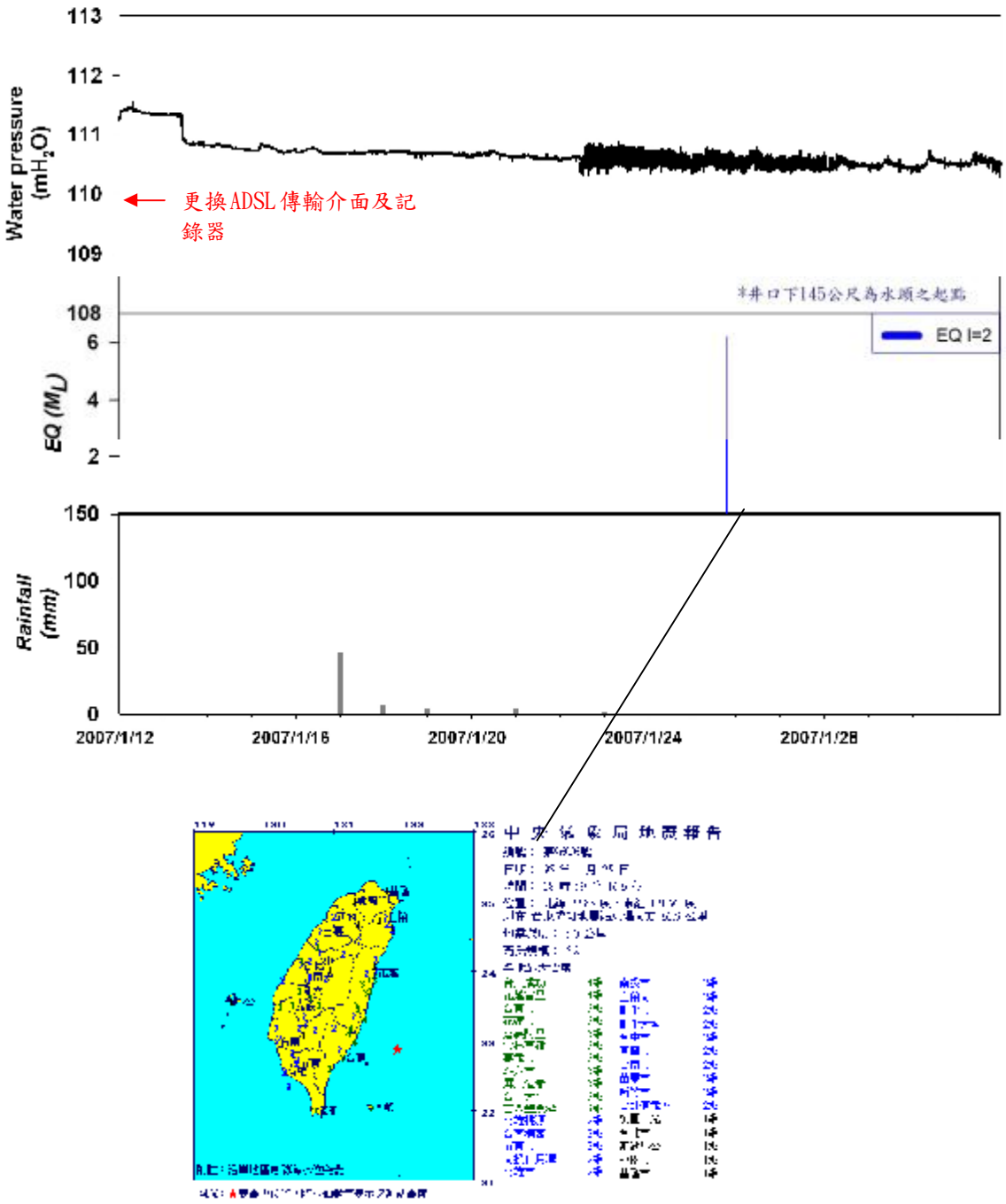


圖 4-5:新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井更換傳輸介面及記錄器後(2007/1/12)之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較(2007/1/12～2007/1/31)。EQ(M_L):地震規模;EQ I:地震震度。1 月 23 日至 2 月 15 日期間,地下水壓變動異常,研判與台東東方 M＝6.2 及新竹 M＝3.5 的地震有關。

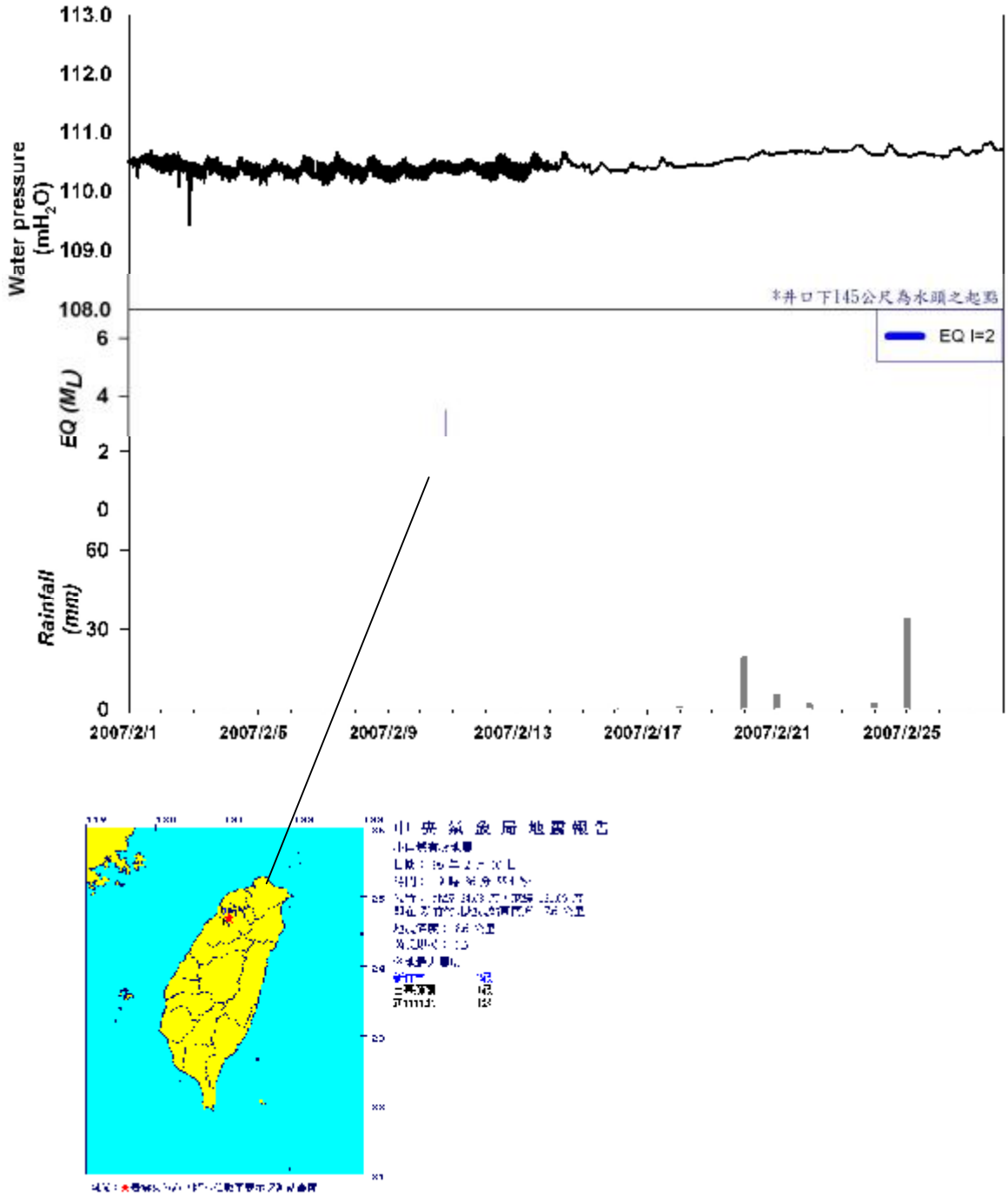


圖 4-6：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/2/1～2007/2/28）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。至 2 月 15 日之前的水壓異常變化，可能與新竹竹北地區 M＝3.5 的地震有關。

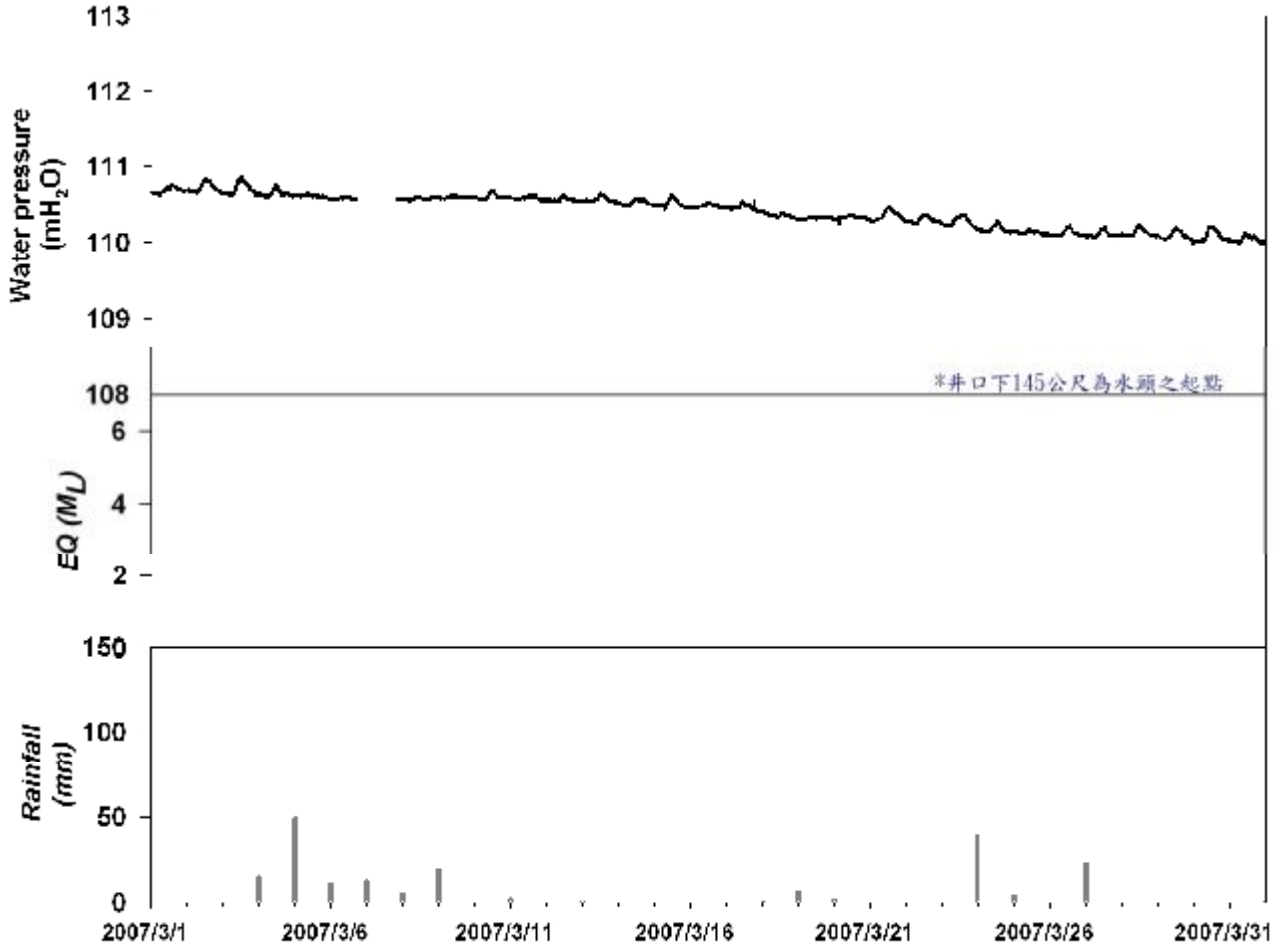


圖 4-7：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/3/1～2007/3/31）。此期間，未記錄到地震，亦無顯著的水壓異常。

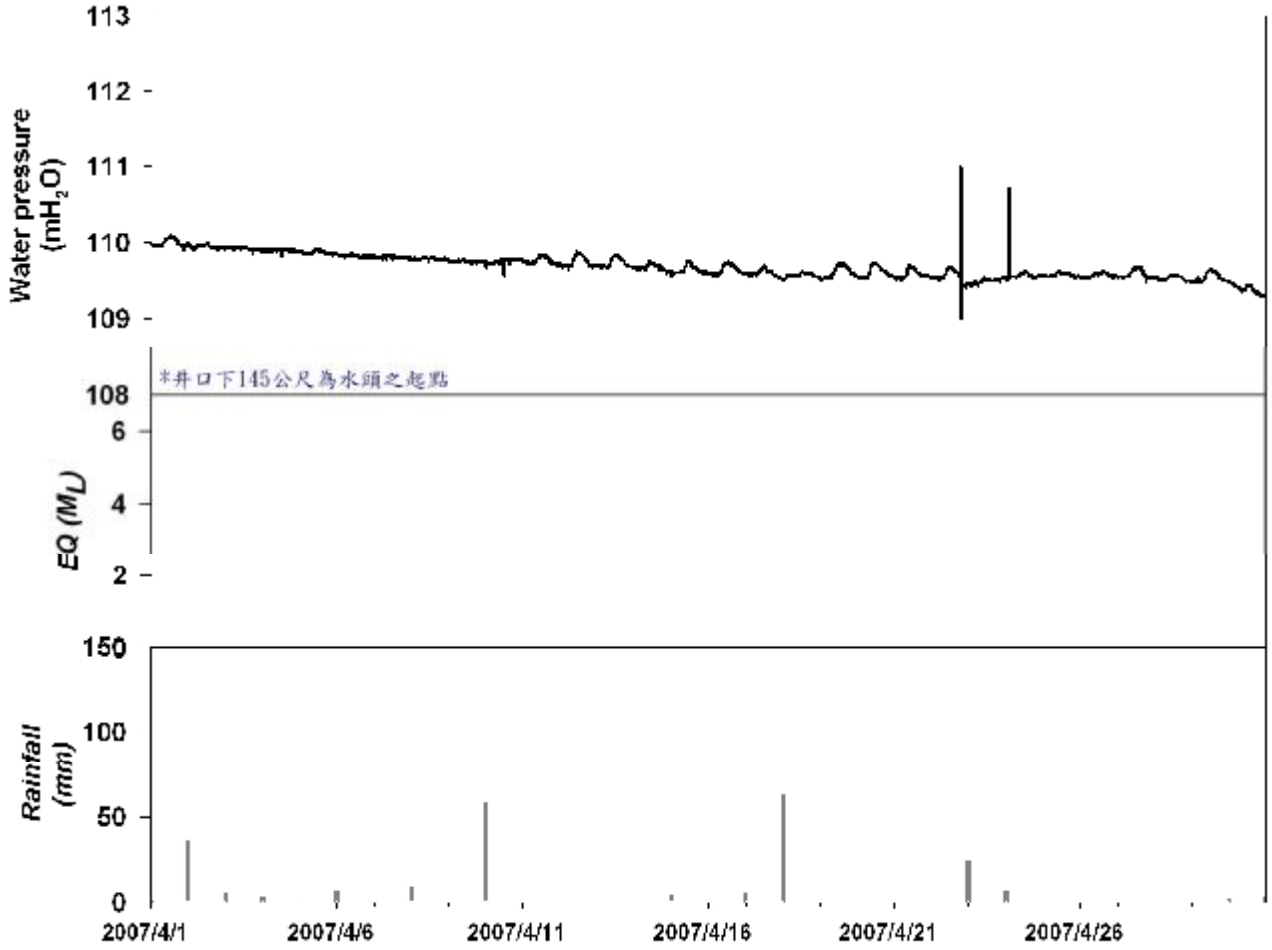


圖 4-8：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/4/1～2007/4/30）。此期間，未記錄到地震，亦無顯著的水壓異常。

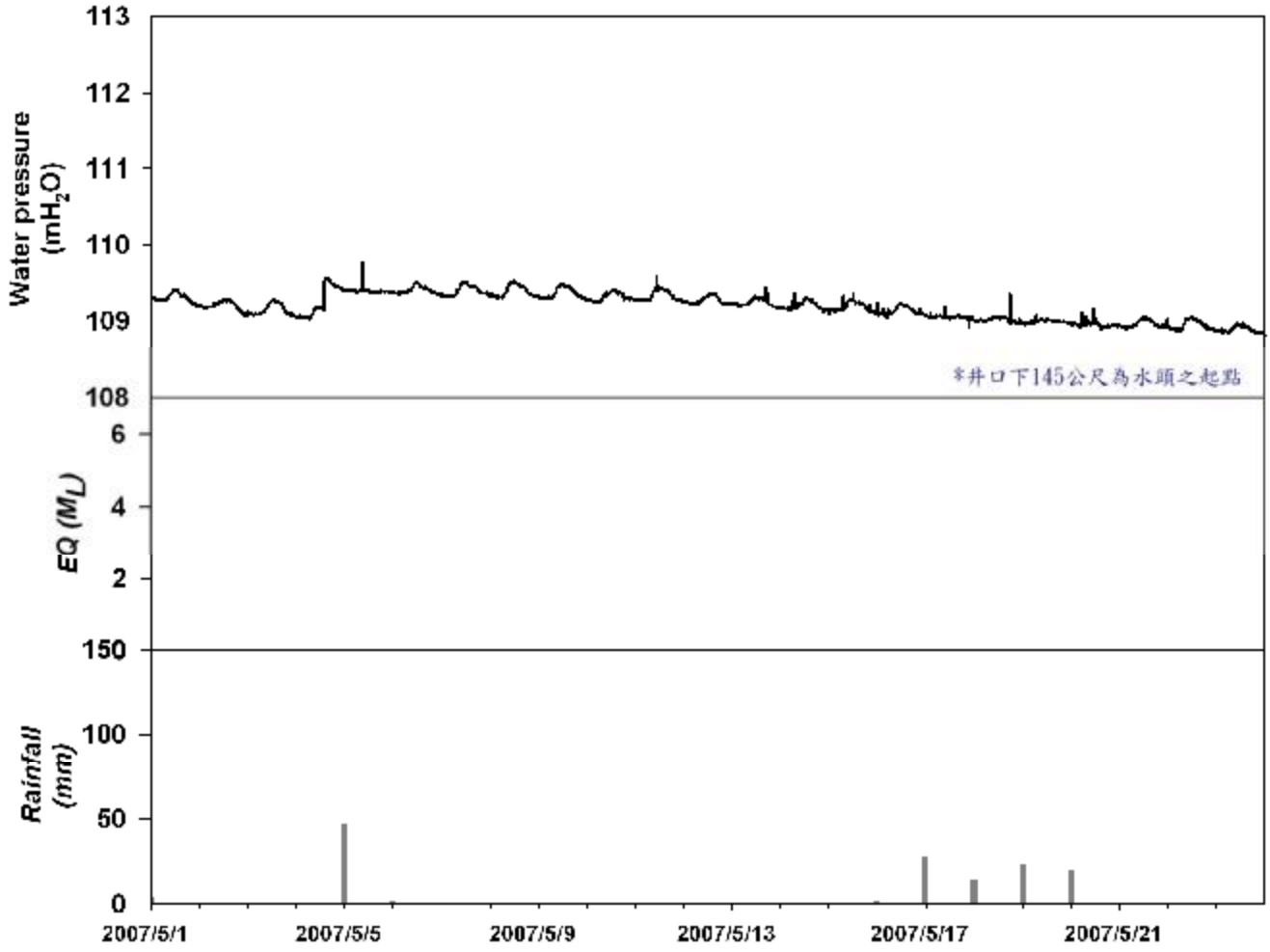


圖 4-9：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/5/1～2007/5/23）。此期間，未記錄到地震，亦無顯著的水壓異常。

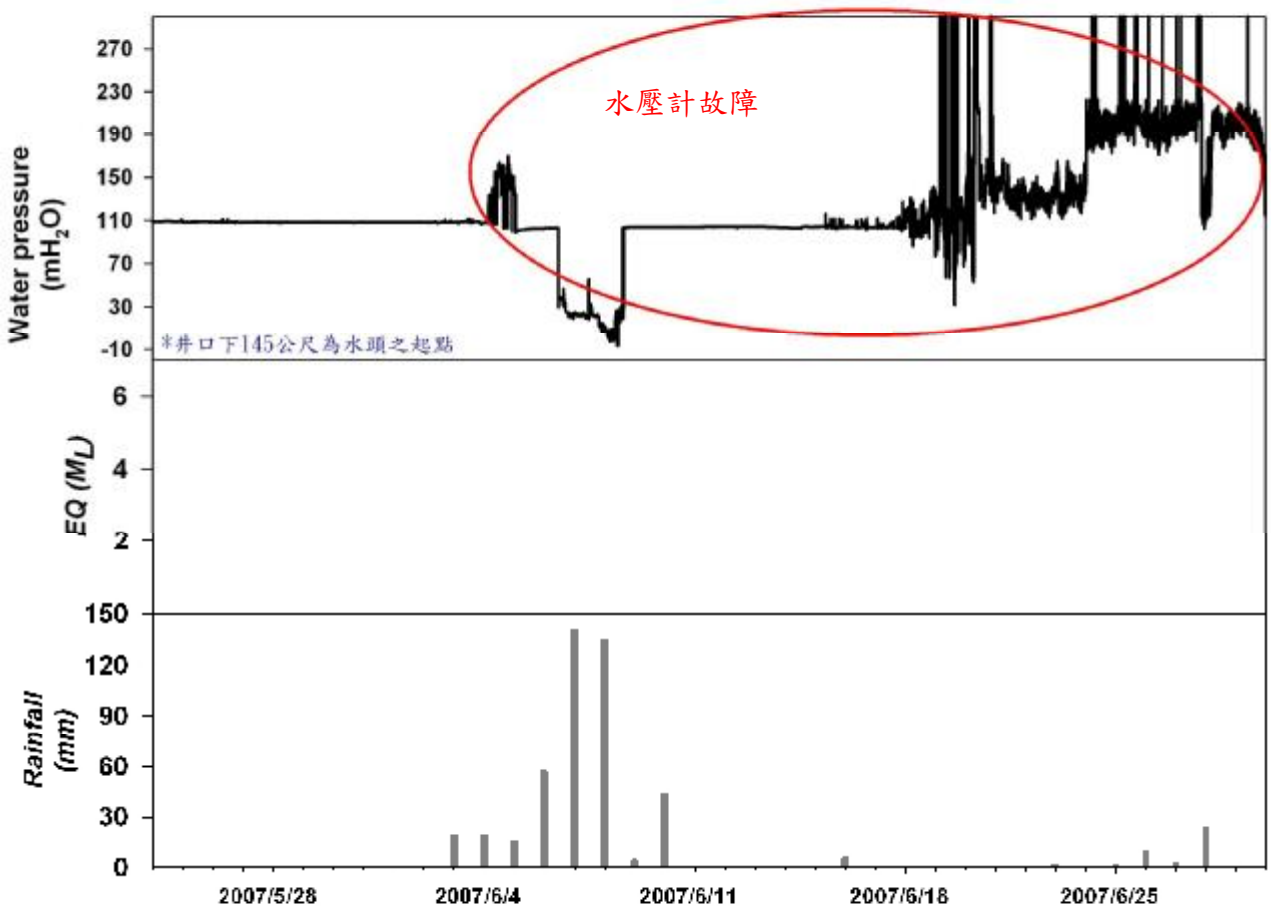


圖 4-10：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/5/24～2007/6/30）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。6 月 24 日後之水壓計故障，重新洗井後於 7 月 31 日安裝新的水壓計。

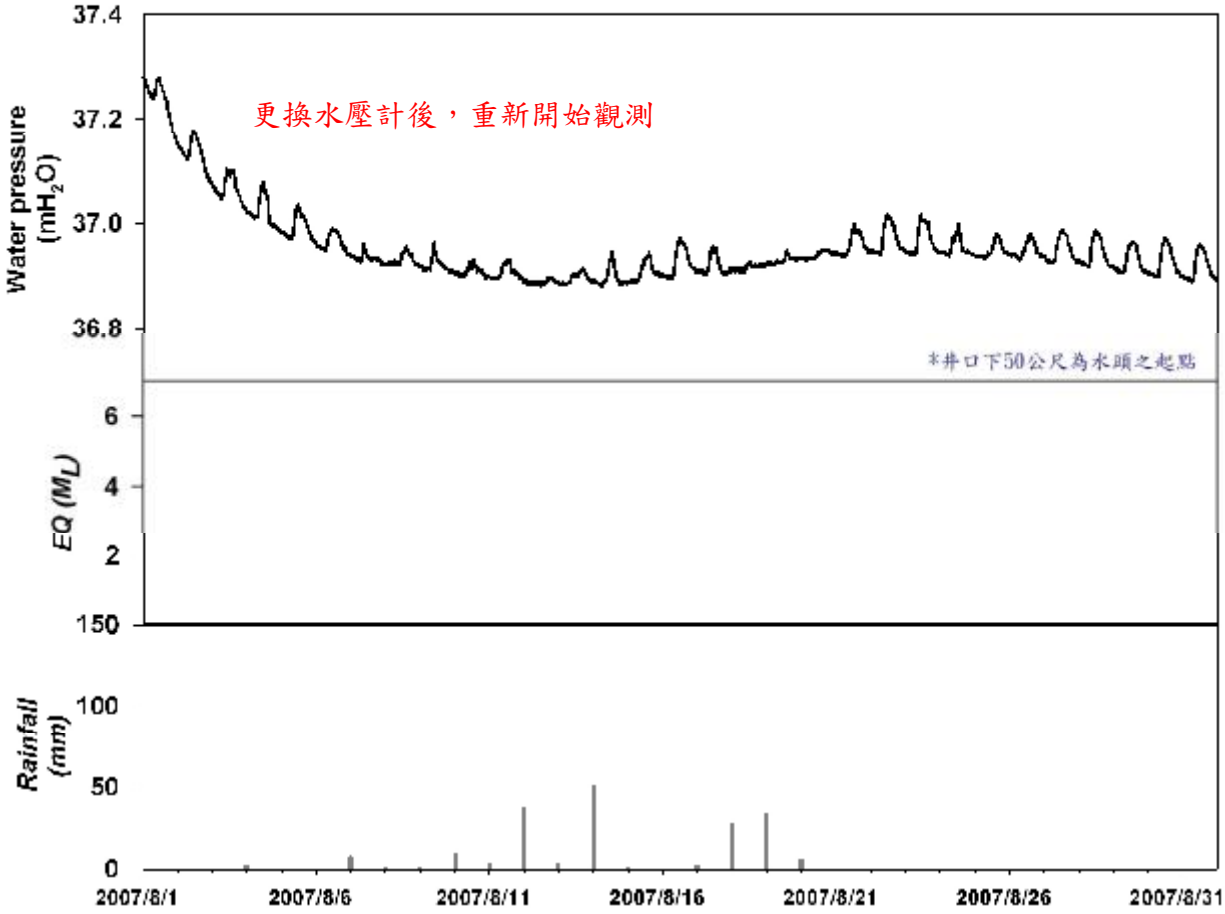


圖 4-11：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/8/1～2007/8/31）。此期間無地震記錄，亦無顯著的水壓異常（除了水壓計更新後的調適期外）。

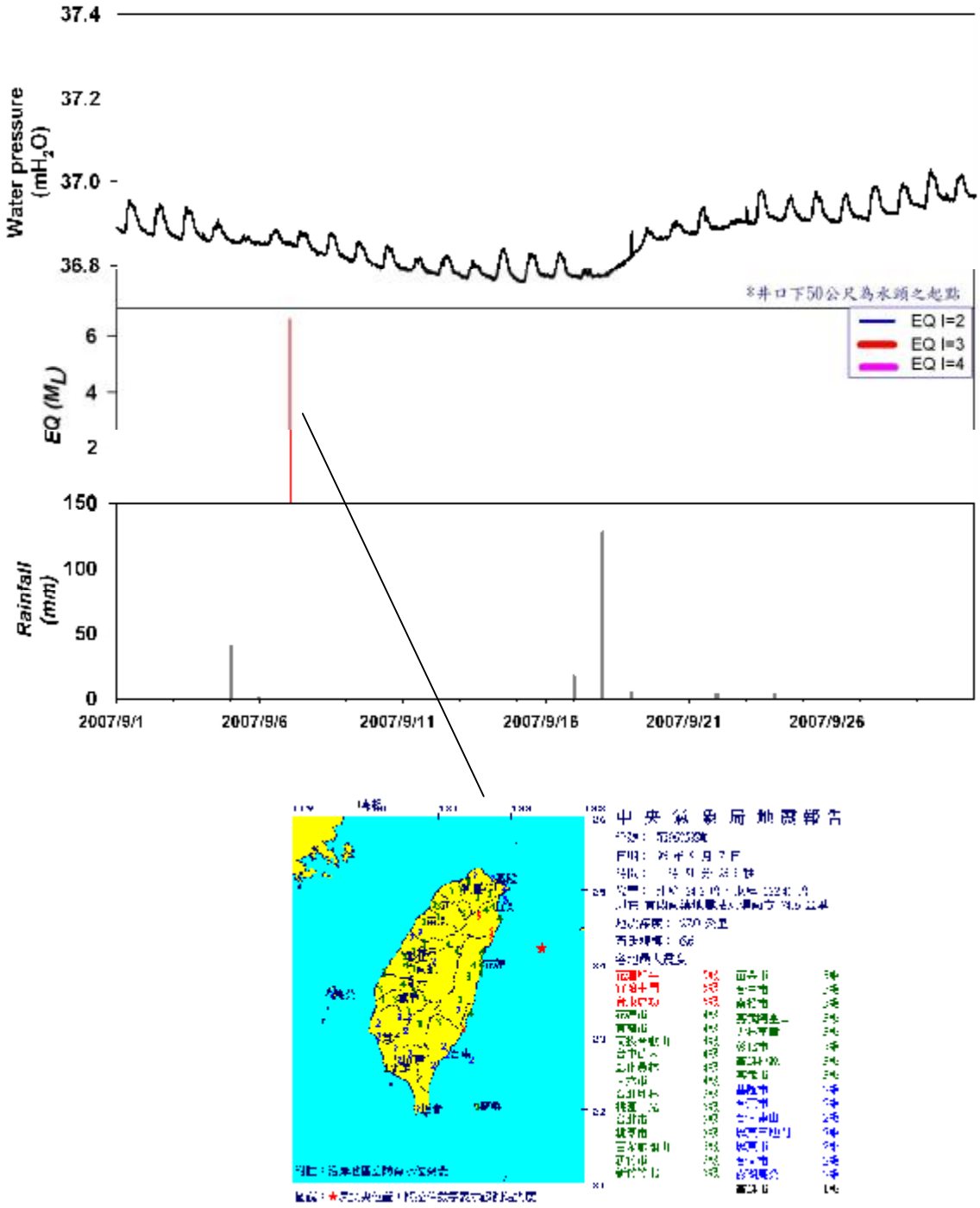


圖 4-12：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/9/1～2007/9/30）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。在 9 月 18 日之後水壓顯著上升；之前有 9 月 7 日 M＝6.6 的南澳地震與 9 月 18 日有 100mm 的豪雨。

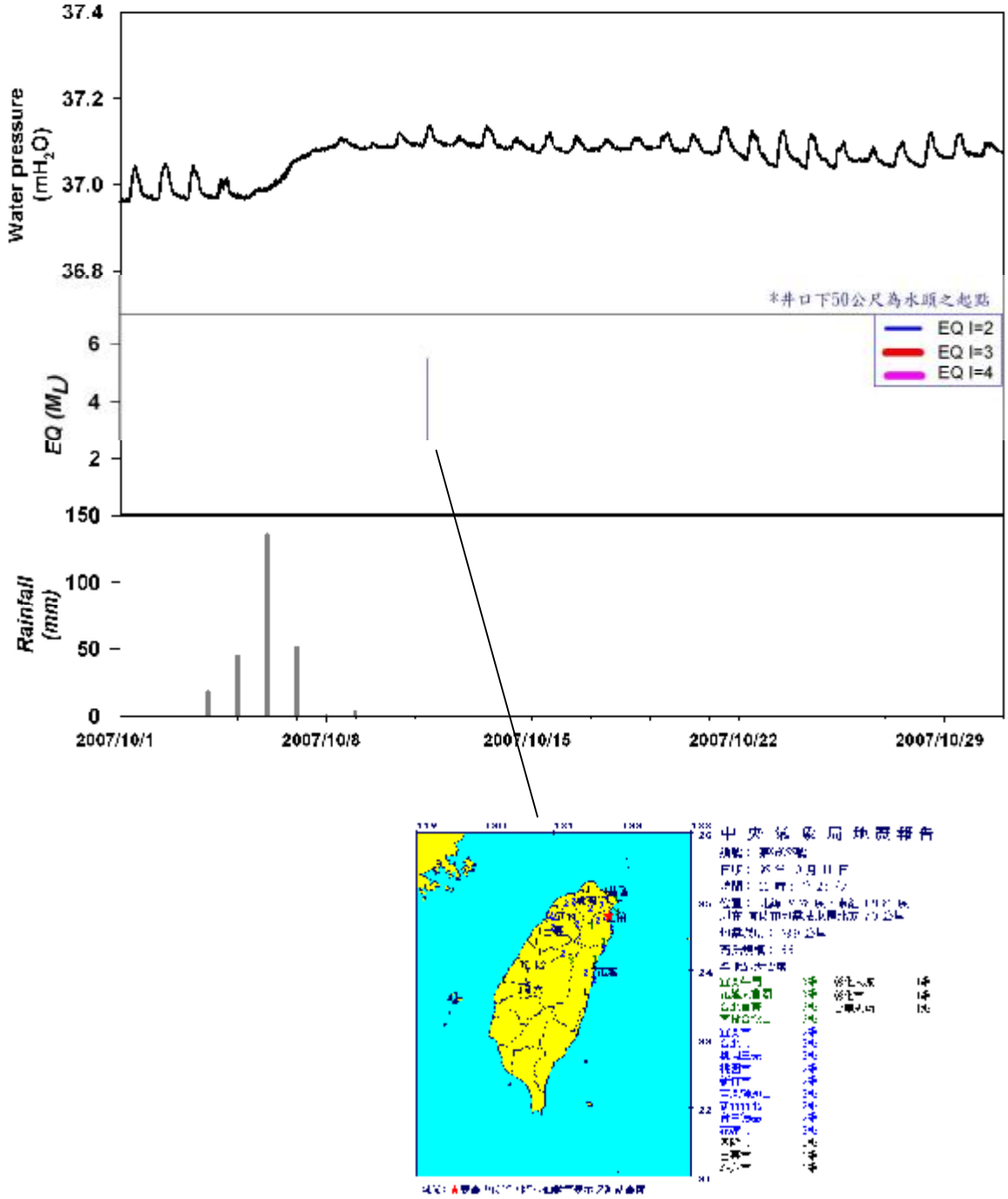


圖 4-13：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/10/1～2007/10/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。10 月 6～7 日開始水壓顯著上升；10 月 6 日前後二天有豪雨，10 月 11 日有宜蘭 M＝5.5 的地震。

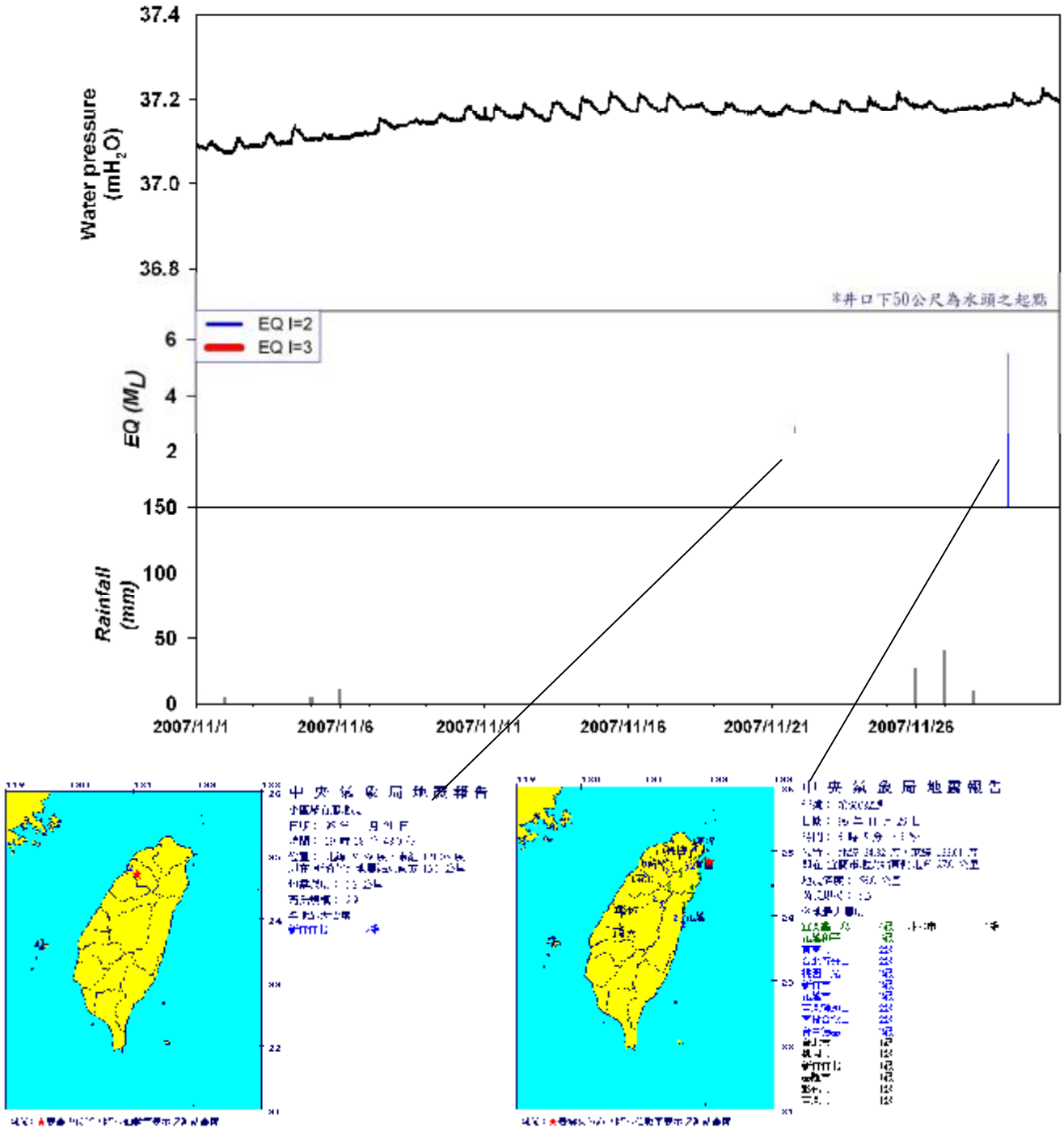


圖 4-14：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井之水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/11/1～2007/11/30）。此期間有 M＝5.5 的宜蘭外海地震及新竹 M＝2.9 的地震；水壓無顯著的變化。

4-3.2 嘉義縣中埔鄉沄水國小水壓觀測井

2006 年 9 月 28 日於嘉義縣中埔鄉沄水國小（圖 4-15）鑽設之水壓觀測井內完成裝設電子式水壓計，並透過 ADSL 及控制軟體（圖 4-16）由本研究室的電腦即時讀取水壓資料。因本井自流，2006 年 11 月 7 日密封井口，之後水壓小幅上升，至 11 月 9 日後在穩定區間內變化。

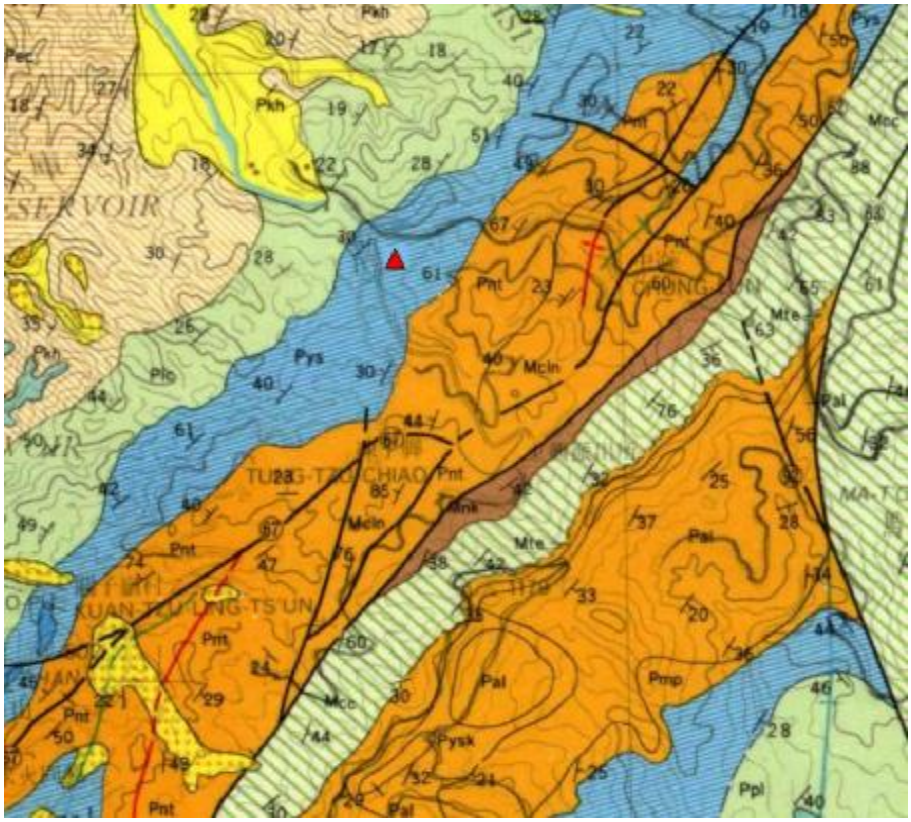


圖 4-15：沄水國小觀測井（ ▲ ）附近地質圖（節錄自中國石油公司台灣油礦探勘總處（1986）編印之 1：100,000 嘉義地質圖）。Pal：隘寮腳層；Pkh：崁下寮層（夾石灰岩）；Pys：沄水溪層（夾石灰岩）；Pnt：鳥嘴層；Pysk：鹽水坑頁岩；Pmp：茅埔頁岩；Mcln：中崙層；Mcc：長枝坑層；Mnk：南港層；Mte：糖恩山砂岩；㊷崙後斷層；㊸馬頭山斷層；㊼六重溪斷層；㊾頂坪林斷層。本觀測井位於沄水溪層內。

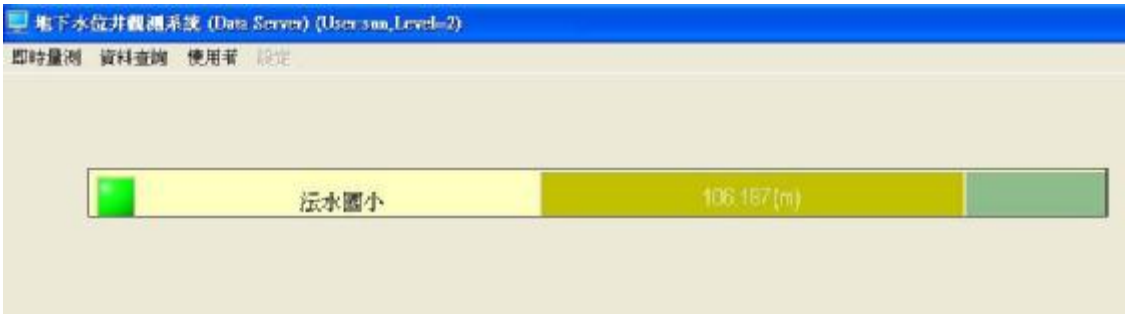


圖 4-16:透過 ADSL 及控制軟體由本研究室即時讀取沄水國小水壓觀測井之水壓。

圖 4-17 至 4-19 為沄水國小水壓觀測井 2006 年 12 月至 2007 年 2 月連續觀測資料與地震及雨量記錄。圖 4-17 顯示水壓於 2006 年 12 月 26 日規模 7 之恒春西方地震前 10 天明顯逐漸上升。1 月份水壓變化與台東成功外海規模 6.7 的地震及降雨沒有明顯的對應。圖 4-19 中，在 2 月 13 日台南東山規模 3.9 之地震前約 10 天開始，水壓有比較明顯的上升。

2007 年 3 月 12 日發現讀不到數據，3 月 16 日與廠商共同前往現場，發現觀測站之電源被關掉，重新啟動並換上新鎖後恢復正常之運作。6 月 6 日深夜開始未傳回數據，推斷監測站遭到雷擊，造成記憶體等設備損毀，6 月 28 日更換及修復損壞設備後恢復正常運作。

圖 4-20～圖 4-23 為 3 月至 6 月水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較，4 月及 5 月初，共有五個水位顯著變化之階段，皆與較大降雨之時段有所對應。但 5 月 20 日前後之水壓變化則未與大量降雨有所對應。3 月至 6 月這幾個月的較長週期水壓變化多與氣象局嘉義市氣象觀測站記錄之降雨有關，僅少數與台灣地區的地震記錄似有時間上的對應。

圖 4-24 至 4-28 為 7 月至 11 月水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較，8 月及 9 月嘉義都有測得 3 級及 4 級震度的地震，以及多次強烈的降雨，但對應的時間點，本觀測井的水壓並沒有顯著的長週期變化。

沄水國小觀測井之觀測記錄有頻繁的水位在數分鐘之內突降或突升達數公分的現象。經探討其發生原因，目前傾向於推測是因為井口封閉，承壓地下水於累積某一壓力後沿岩石節理或裂隙洩露而降壓之故。

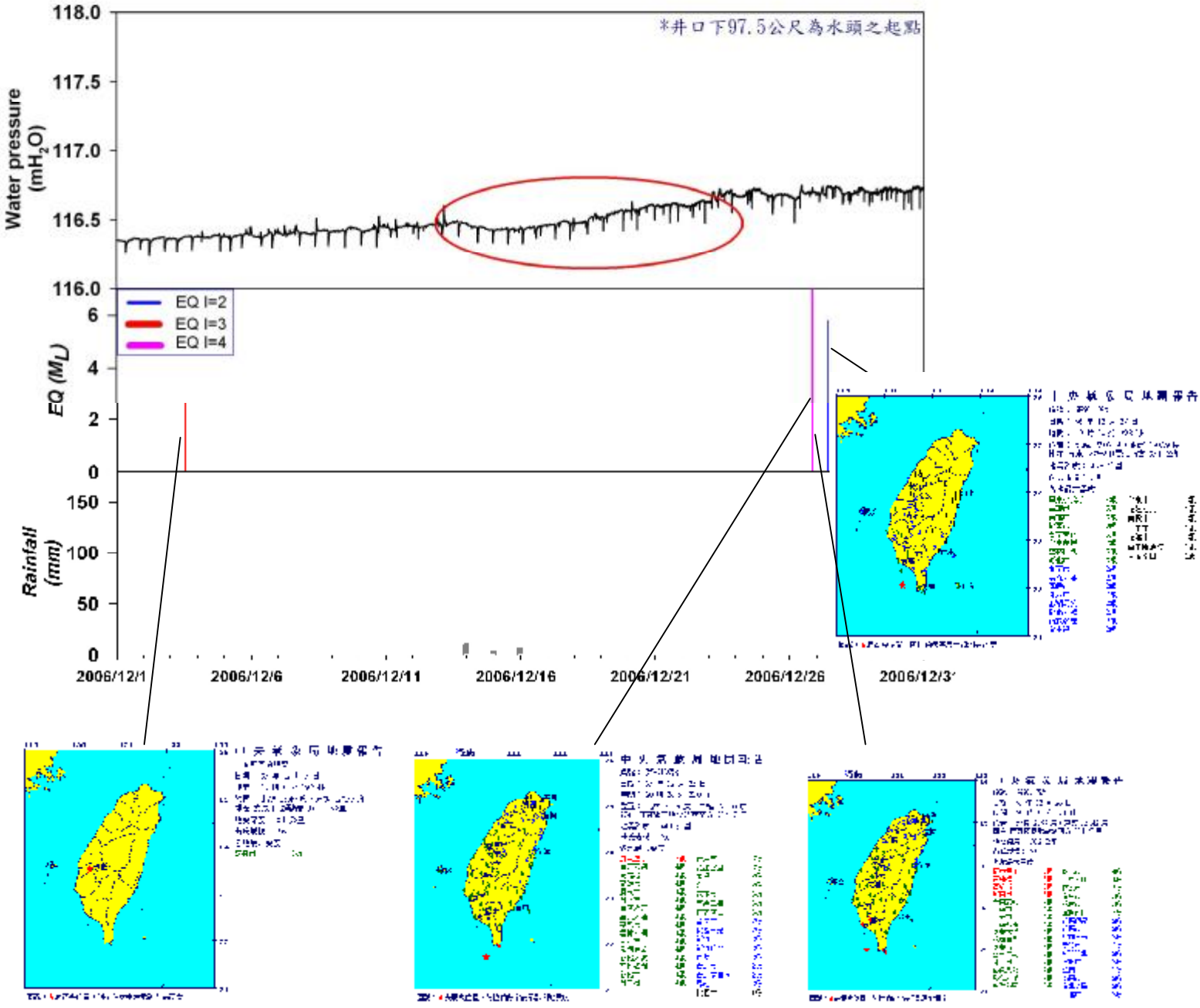


圖 4-17：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2006/12/1～2006/12/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。恒春西方規模 7.0 之地震前約 10 天，地下水壓先降後升。

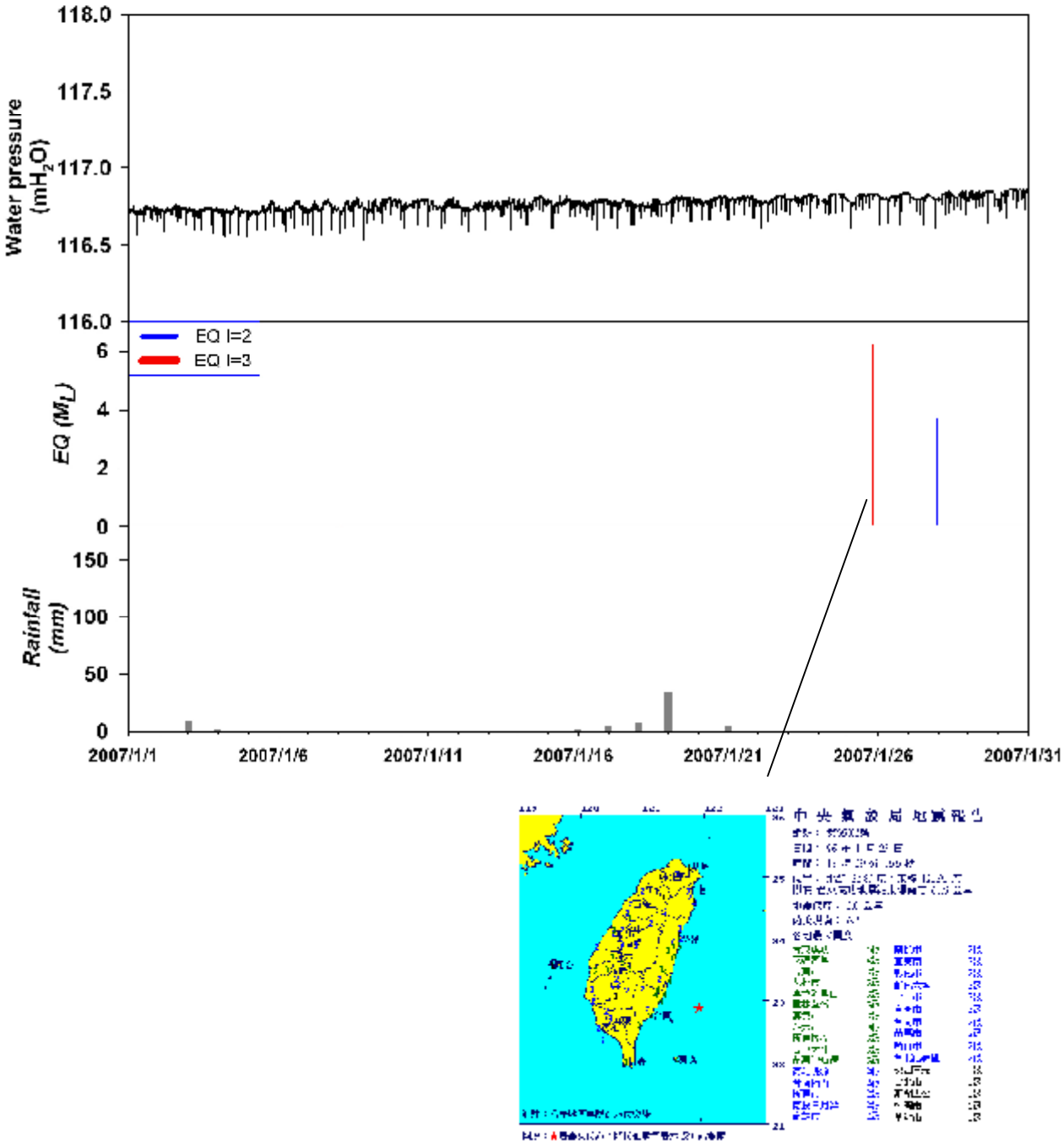


圖 4-18：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/1/1～2007/1/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間水壓無異常變化，與台東外海之地震發生時間亦無對應關係。

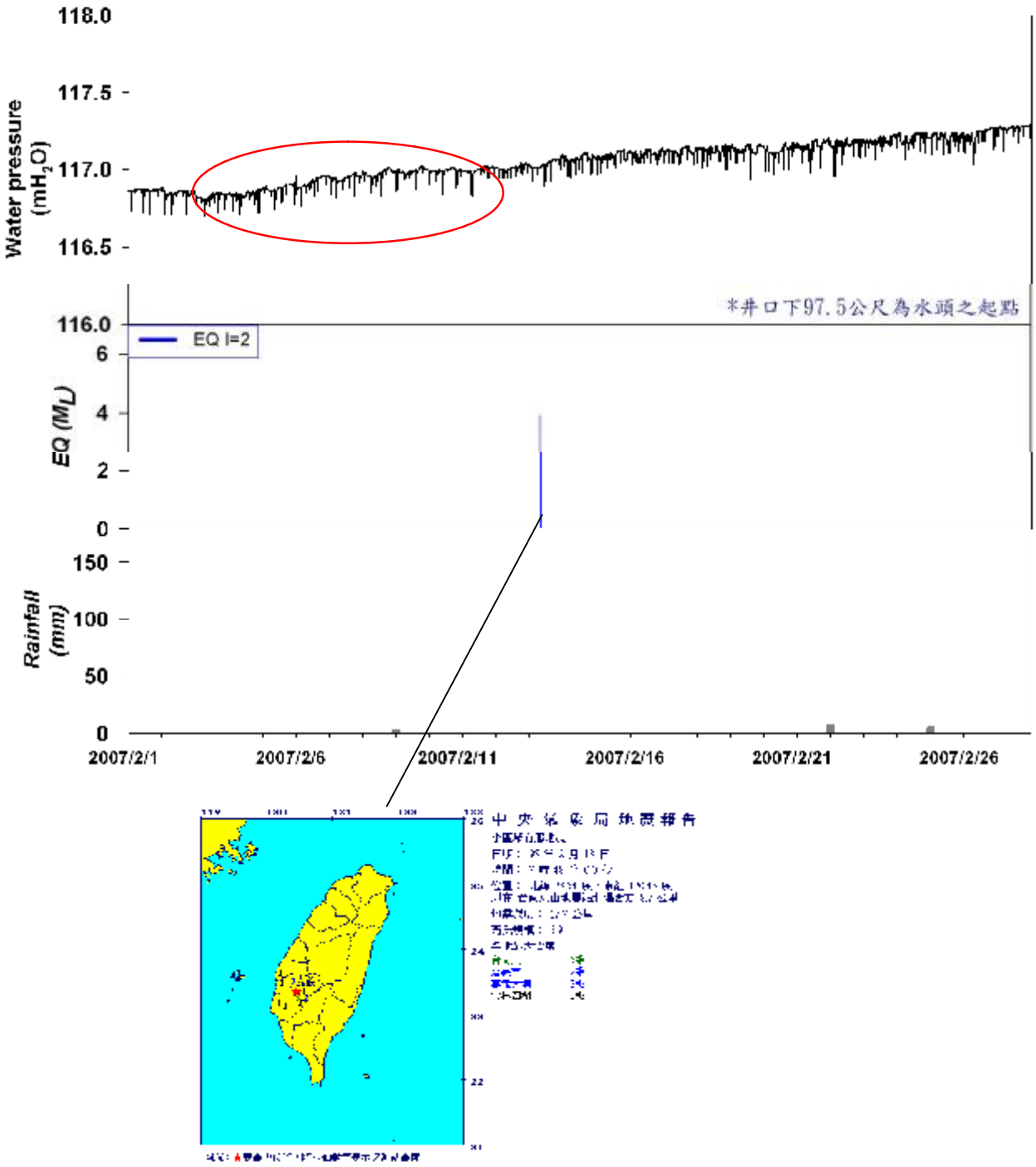


圖 4-19：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/2/1～2007/2/28）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。水壓於圖中所示的規模 3.9 之地震前 10 天左右開始上升。

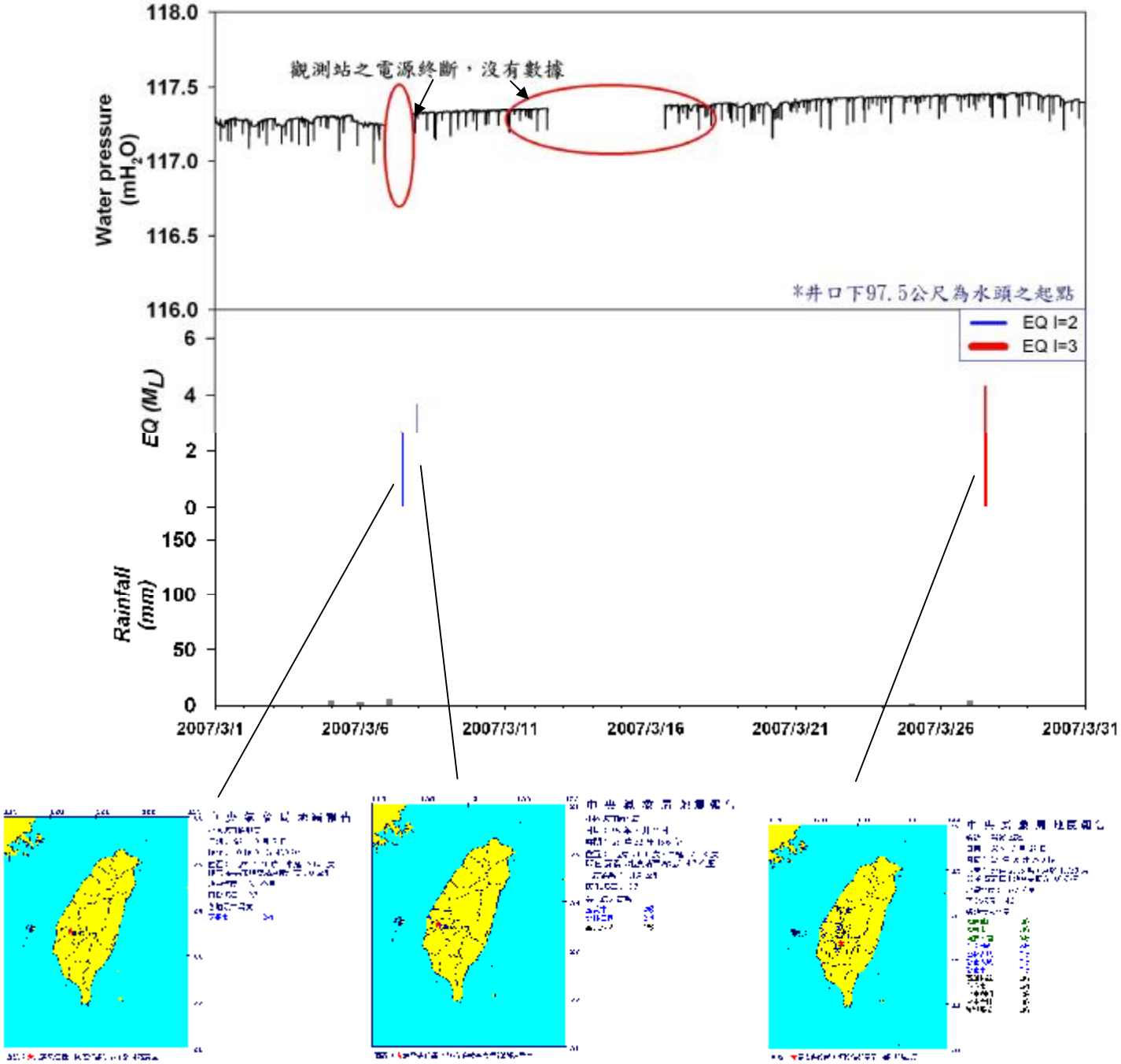


圖 4-20：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/3/1～2007/3/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間，地下水壓於 M＝4.3 以下之嘉義附近的地震 10 天前後內有小異常。

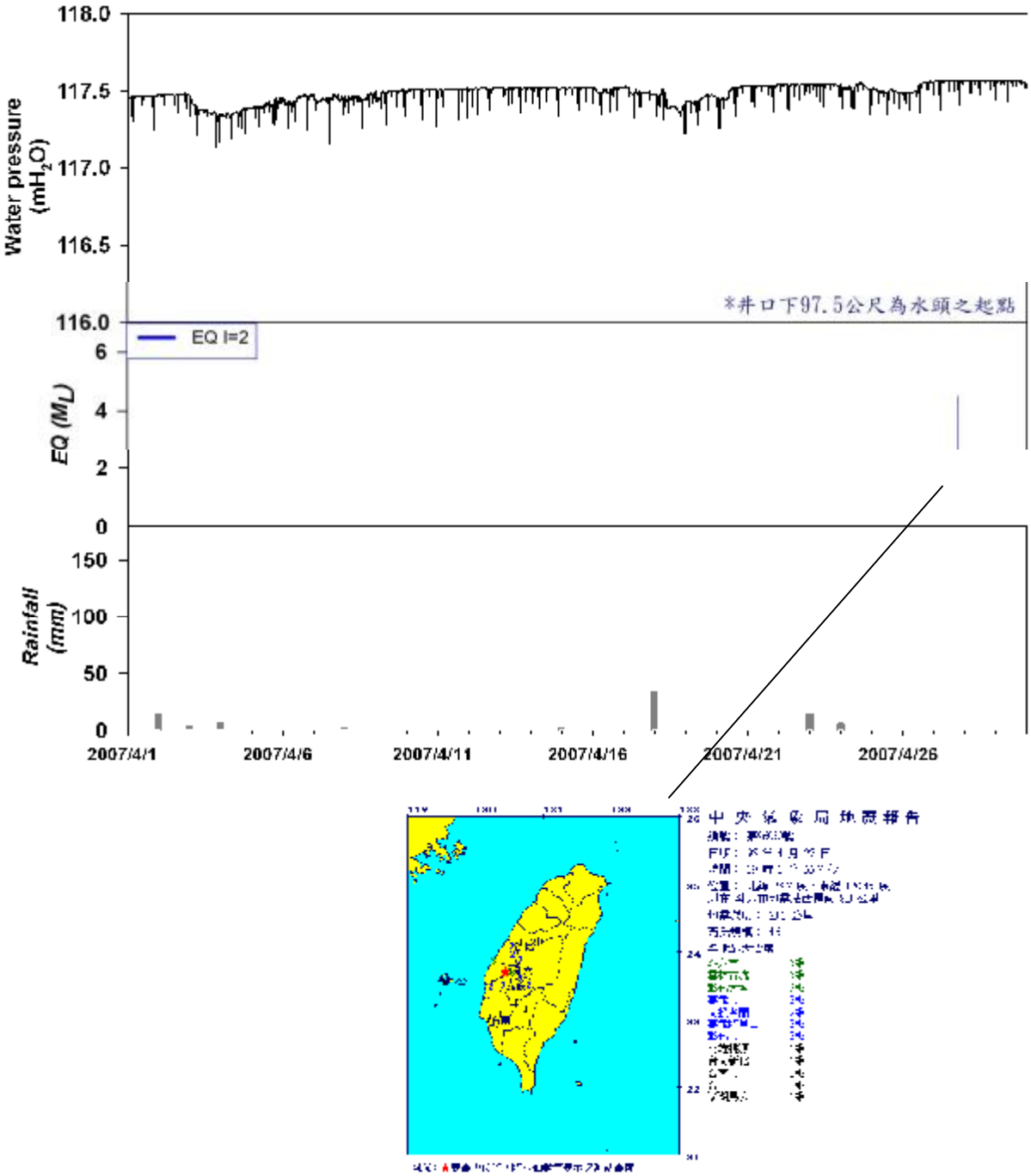


圖 4-21：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/4/1～2007/4/30）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間有三個水壓異常降低後回升的時段，而 4 月 27 日左右的水壓異常之後嘉義附近有規模 4.5 的地震生。在另二次水壓異常降低時段雖有短暫降雨，但研判應無相關。

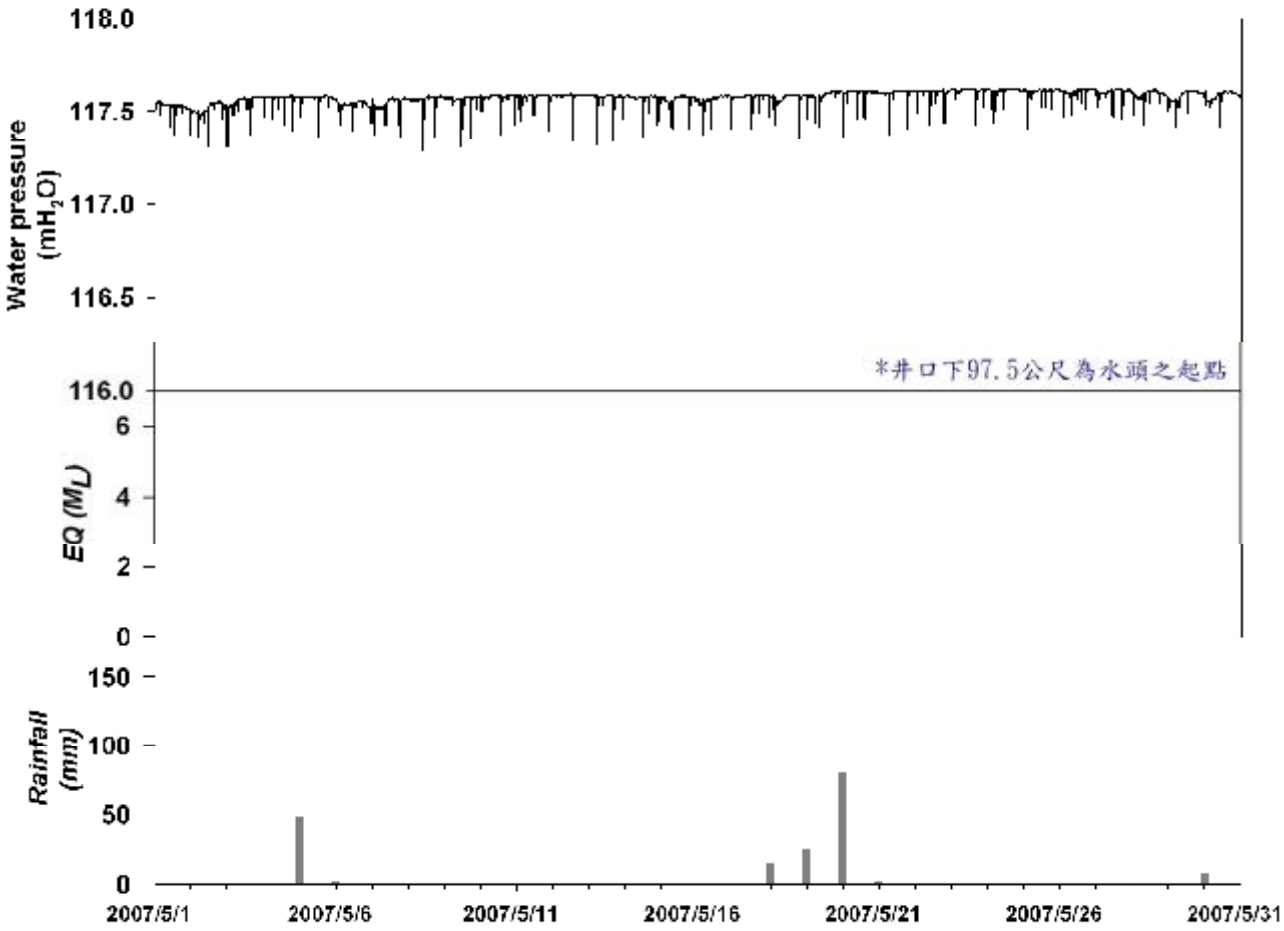


圖 4-22：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/5/1～2007/5/31）。本時段，觀測井水壓僅有二個異常低點。

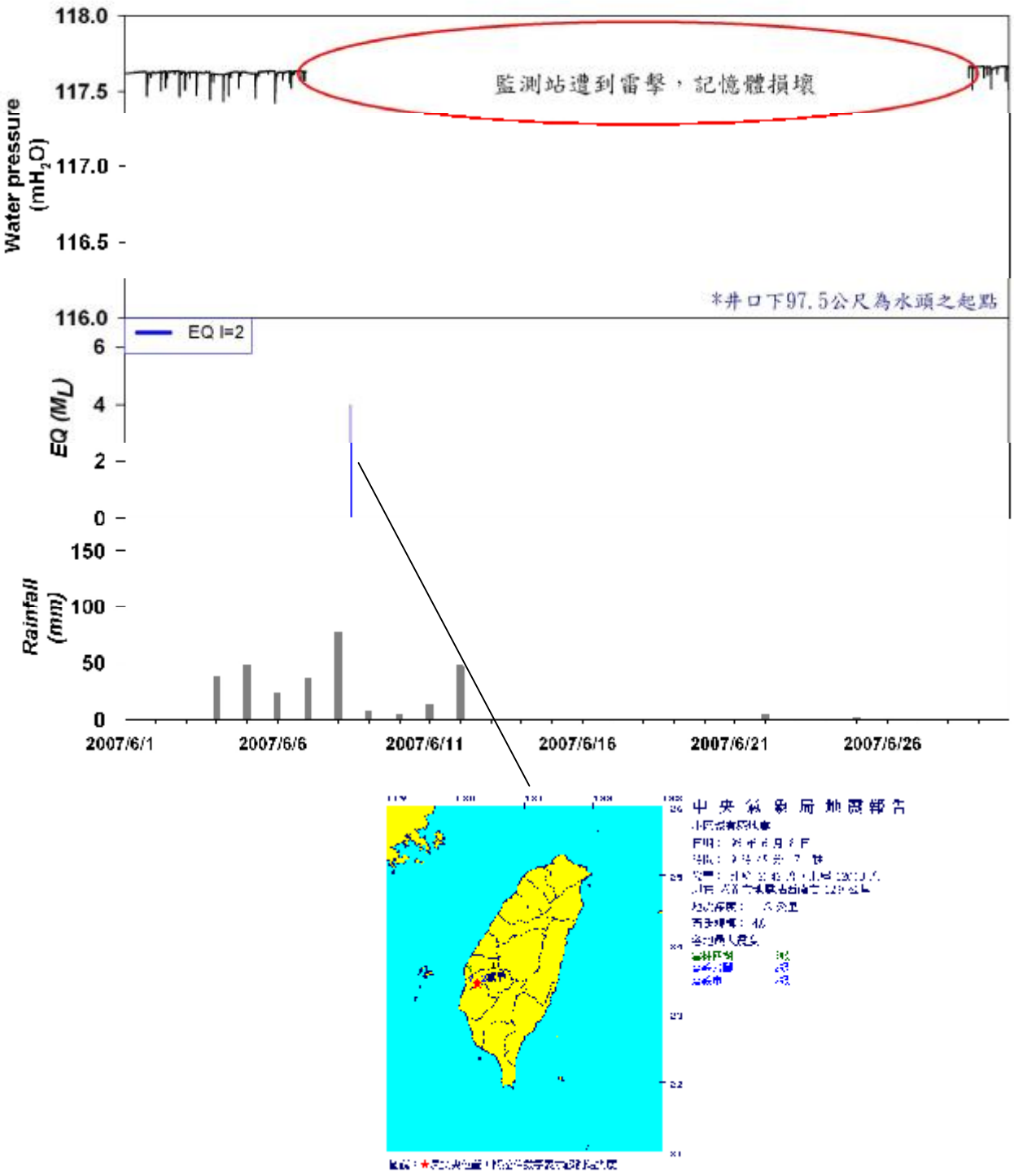


圖 4-23：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/6/1～2007/6/30）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此時段內，監測站遭雷擊而受損。

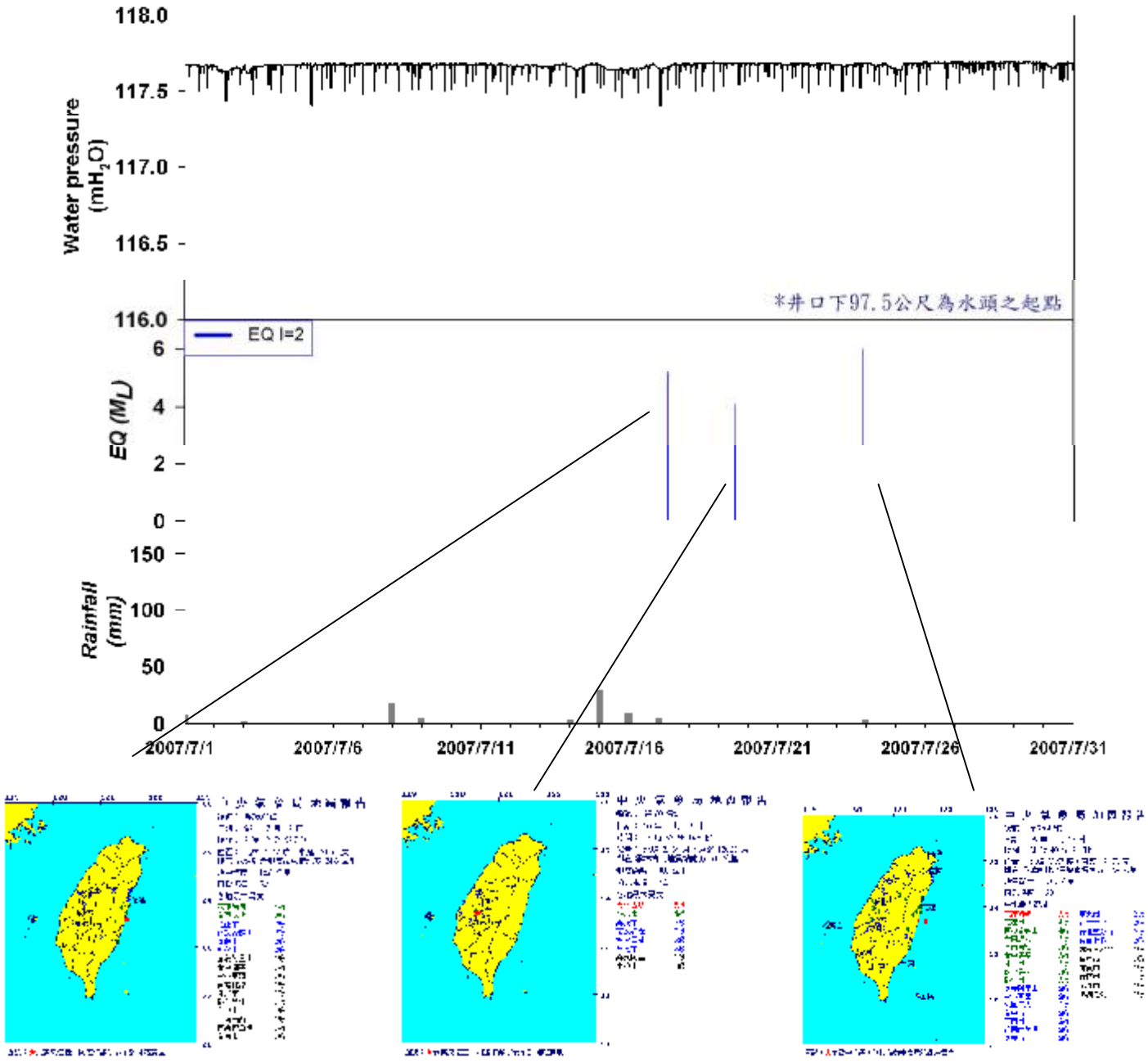


圖 4-24：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/7/1～2007/7/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此時段內，地下水壓異常時間點與花蓮東方 M＞5 的地震有短期的對應關係。與雲林古坑附近 M＝4.1 的地震則無即時對應之地下水壓變化，與之前約 5 天的水壓變化是否有關則無法確定。

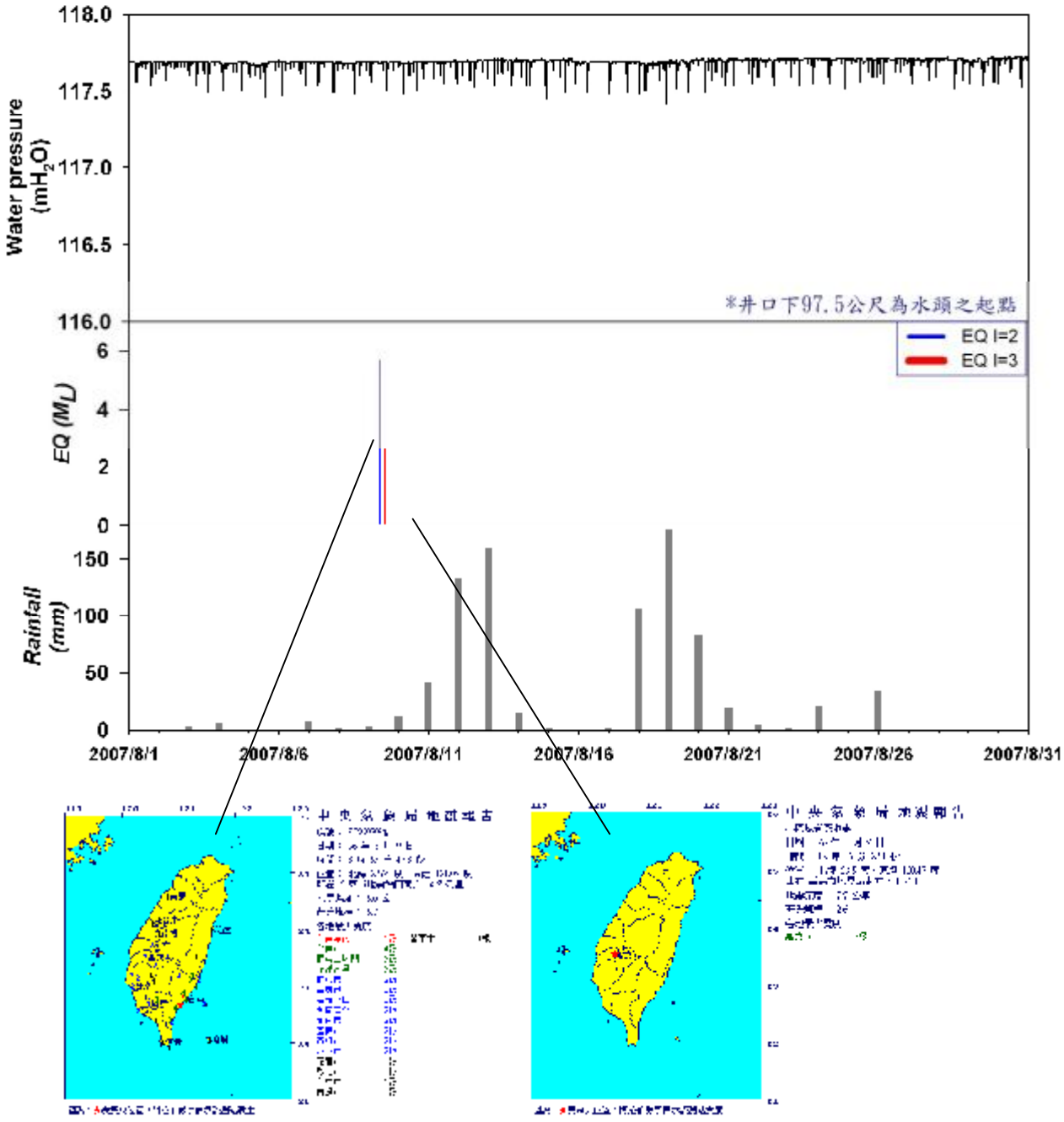


圖 4-25：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/8/1～2007/8/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間，地下水壓無異常變化，未反應＝57 之台東南方地震，及 M＝2.6 的嘉義市地震。8 月 10 日～21 日期間雖有豪大雨，水壓亦無異常變化。

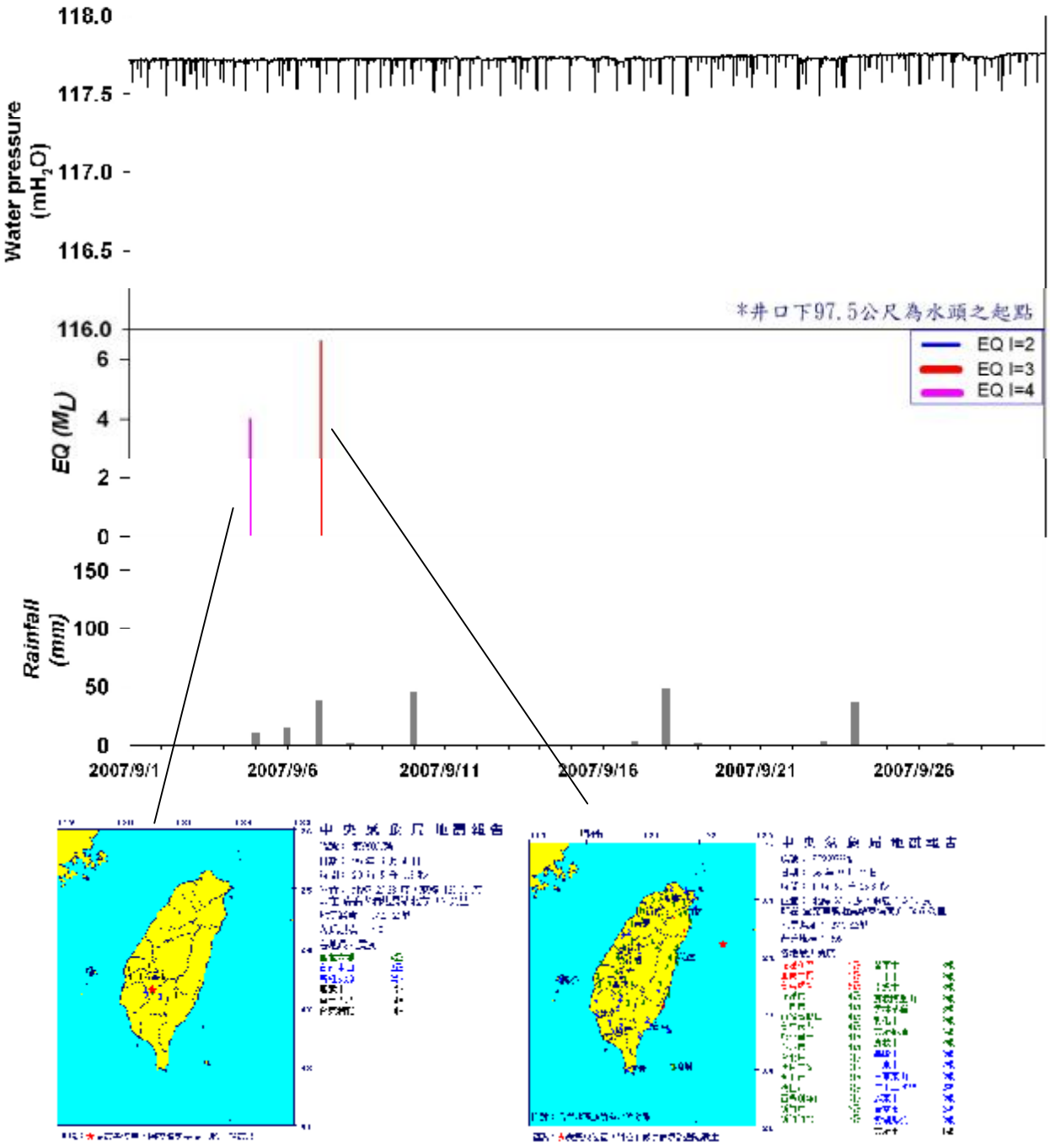


圖 4-26：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/9/1～2007/9/30）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間，地下水壓未因嘉義＝40 及南澳東南方外海＝6.6 的地震而變化，亦未反應數波降雨。

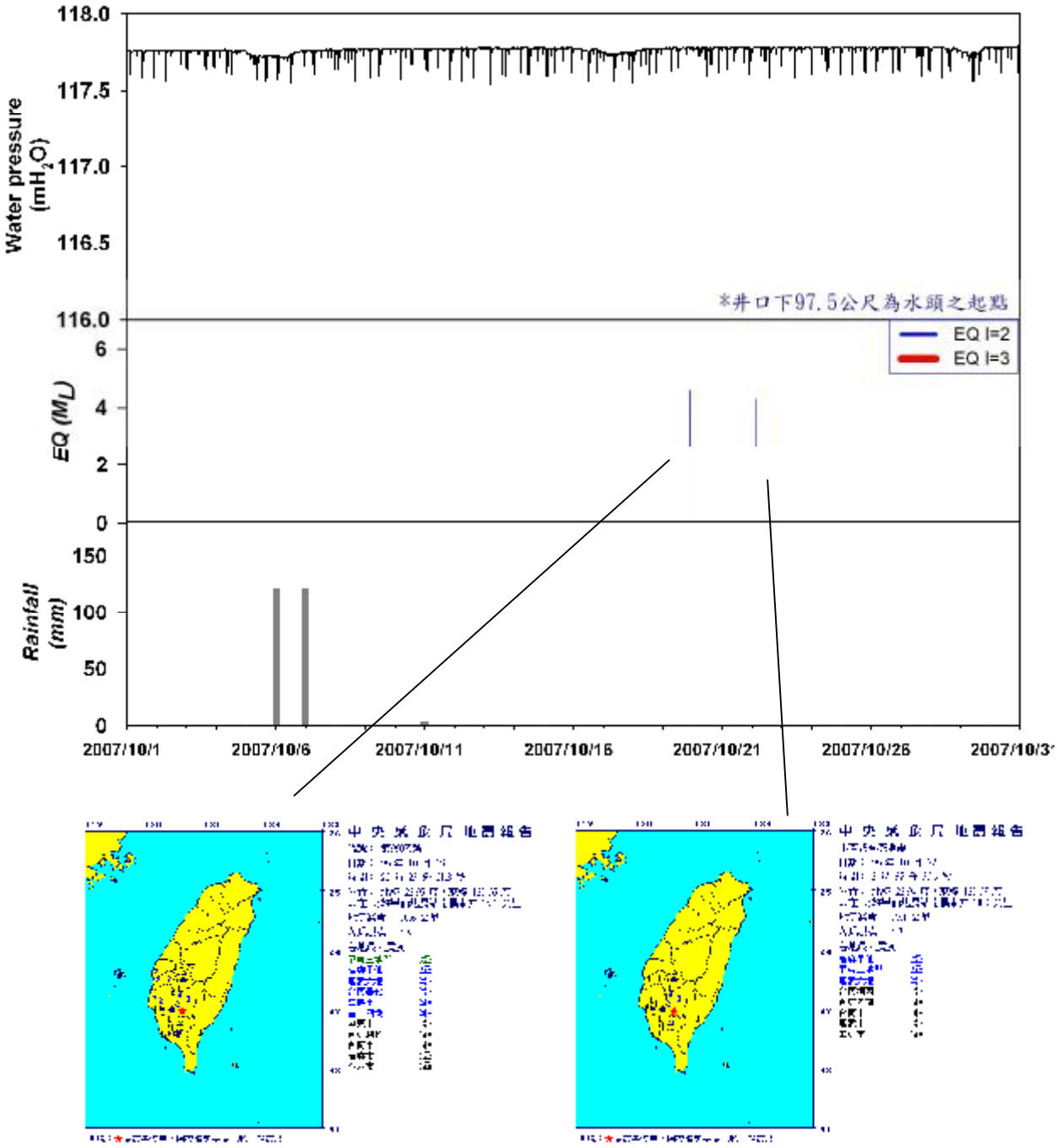


圖 4-27：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/10/1～2007/10/31）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間有三個地下水壓異常低值，在高雄甲仙附近有 M＝4.6 及 4.3 的二次地震。

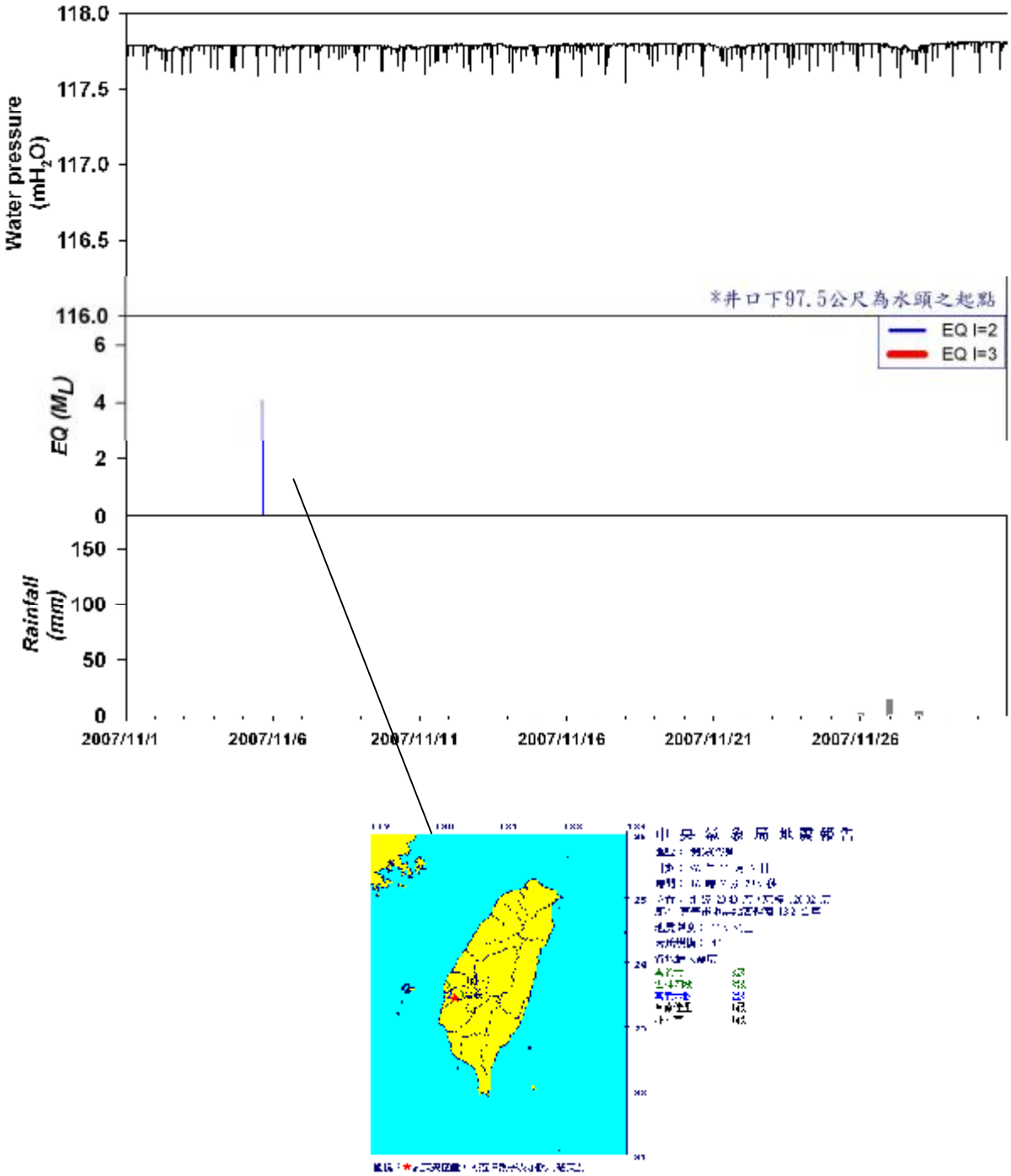


圖 4-28：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井水壓變化與附近氣象局之地震及降雨量記錄之比較（2007/11/1～2007/11/30）。EQ（M_L）：地震規模；EQ I：地震震度。此期間在嘉義市附近有＝4.1 的地震，地下水壓有個小的異常值。

伍、評估觀測站氣體成份、水位變化與地震活動之關聯性

5-1 中崙濁水潭觀測站

本年度濁水潭觀測站的觀測數據中，沒有特別顯著的異常變化來說明與地震活動的關連性，其間雖有零星幾次氡氣濃度呈現些微升高的趨勢，不過都可能是受到人為因素、氣候因子的影響所致。另外，值得注意的是在 10 月中甲烷濃度有大幅度增加的情形出現，雖然同站的土壤氡氣並無明顯升高，但對照圖 2-83(嘉義梅山測站)和圖 2-95(台南二溪測站)同樣是 10 月的觀測結果，則發現同時期氣體濃度皆有上升增加的情形出現，而這段時間主要的地震事件則是 10 月 17 日在花蓮外海也發生規模 5.7 的地震(地震深度 42.2 km，測站震度 2 級)、19 日在高雄甲仙地區規模為 4.6 的地震(地震深度 10.6km，測站震度為 2 級)、22 日在高雄甲仙地區規模為 4.3 的地震(地震深度 17.1km，測站震度為 2 級)。可能意味者這段時間，台灣南部的地震活動頻繁。

5-2 中崙溫泉一號井觀測站

溫泉一號井觀測站的觀測數據，沒有特別顯著的異常變化來說明與地震活動的關連性，同樣有零星幾起氡氣濃度呈現些微升高的趨勢，不過都可能是受到人為因素、氣候因子的影響所致。在不斷調整、改善觀測站內部配置，仍無法回到原先穩定的觀測值，加上本測站所處地點也常發生斷電情形，造成觀測品質無法提升。未來考慮在鄰近地區或更適當的地區進行調查，選擇一更適合長期觀測的地點將原測站遷移至新址，以期獲得更好的觀測結果。

5-3 新竹大平地氣體觀測站

本年度大平地觀測站的數據中，發現地震若發生距觀測站不遠的地方，通常在數天至數小時前，氡氣濃度皆呈現異常升高的變化情形，在排除氣象因子及人為因素影響後，這些的異常值出現很明顯的就是該次地震發生前的地震前兆訊息。就整體的來說，本觀測站的變化可以反映出台灣北部地區地殼的活動情形，特別是發生在觀測站周遭數十公里內及宜蘭平原內的地震事件。

圖5-1為2006年6月至2007年9月的連續觀測結果，而圖5-2則是本測站有測到地震震度的所有地震分布圖，其中紅色圓點代表該地震在發生之前已經先造成土壤氡氣濃度增加。圖5-2中各地震與大平地測站之間的各個參數，列在表5-1。未來持續的觀察應能更清楚的釐清這些地震活動與氣體濃度變化的關聯性。

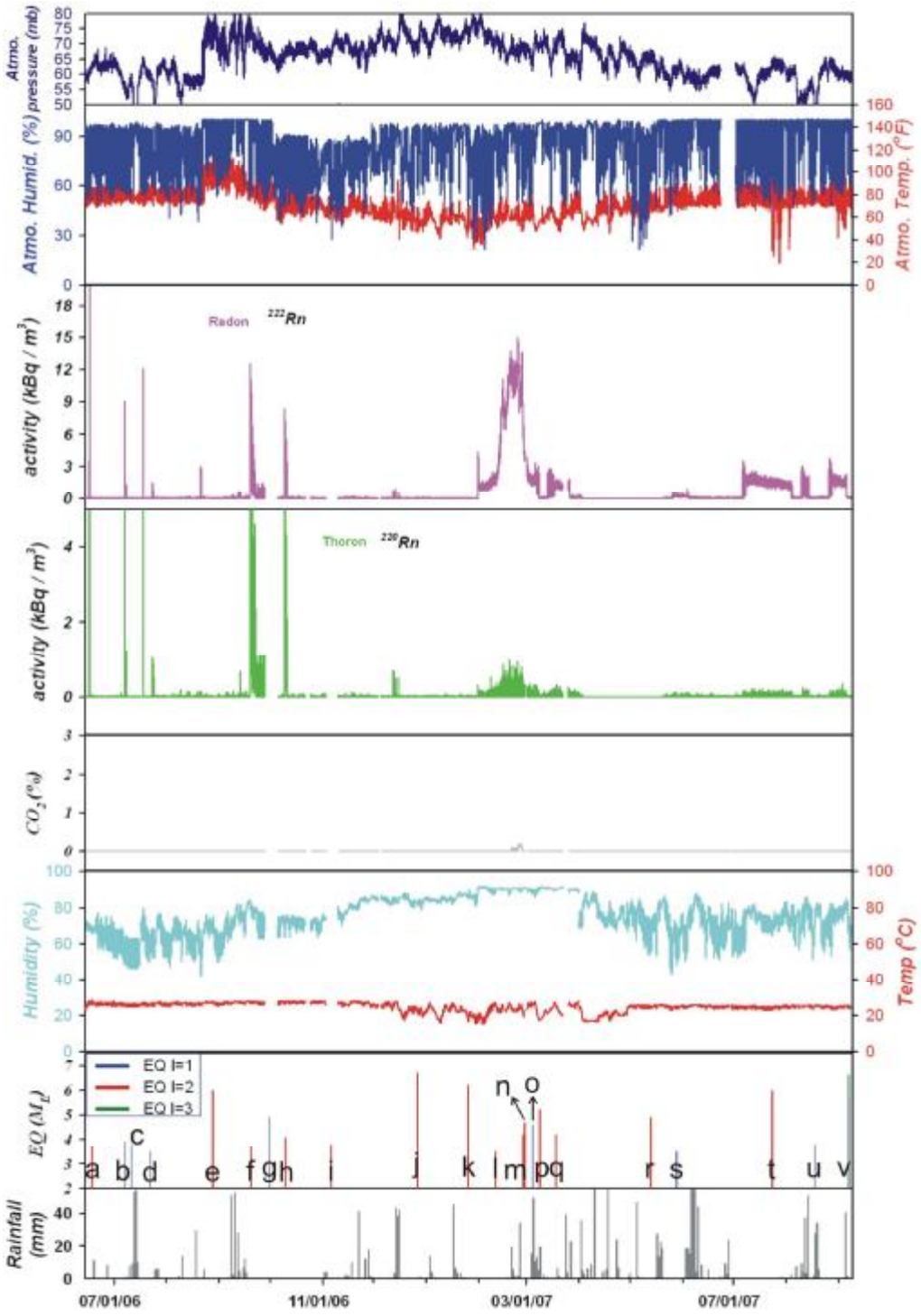


圖 5-1：新竹大平地土壤氣氡氣與二氧化碳成份連續變化與大氣壓力、溫度(A.T.)、濕度(A.H.)、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度；T、H 則表示土壤氣的溫濕度變化（2006/6/15～2007/9/30）。

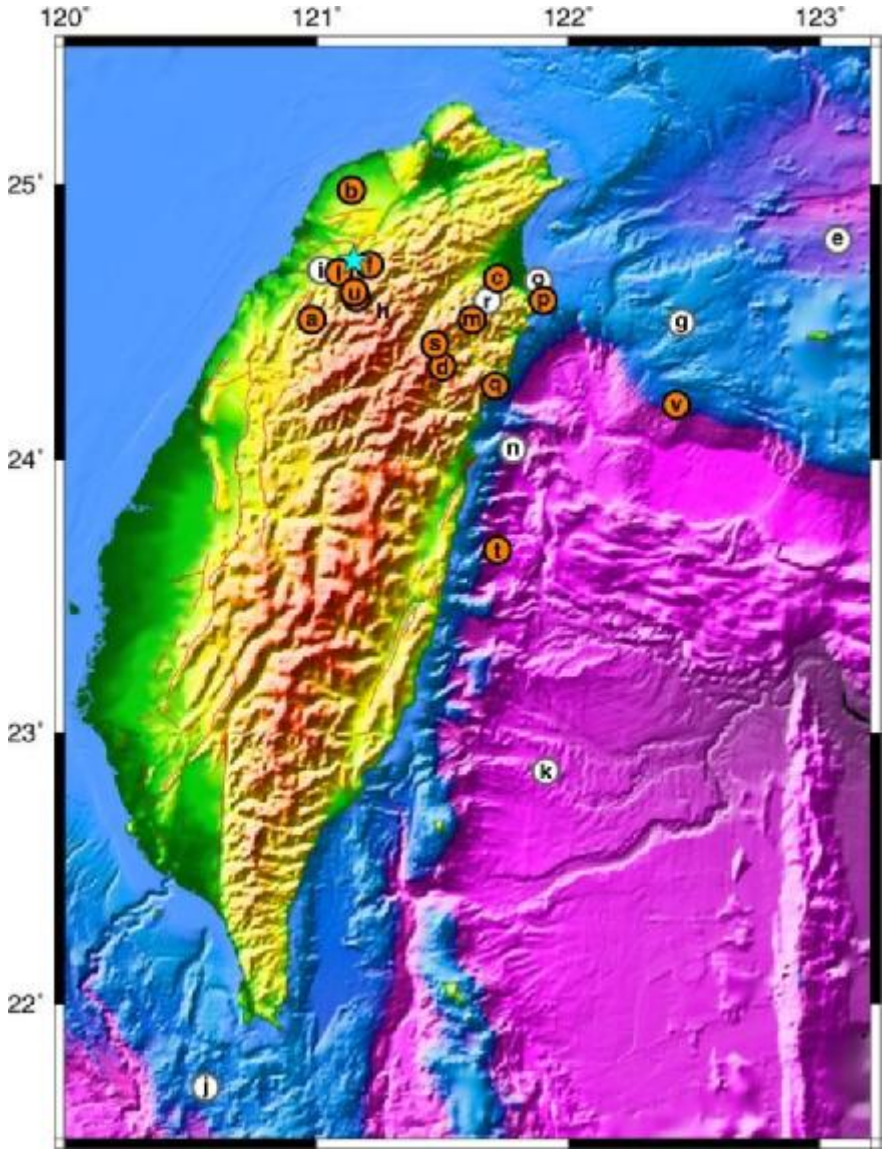


圖 5-2：大平地觀測站所測得地震震度的地震分布圖，紅色圓點代表該地震在發生之前氣體已經產生異常。

表 5-1 大平地觀測站觀測結果與地震活動之關聯性

No.[1]	Depth (km)	Mag. (M_L)	Int. (M_I)	Distance (km)	$\triangle t$ [2] (day)	No.[1]	Depth (km)	Mag. (M_L)	Int. (M_I)	Distance (km)	$\triangle t$ [2] (day)
a	5.6	3.2	2	29.4	1.5	l	8.6	3.5	2	7.8	10.5
b	14.7	3.6	1	28.3	0.2	m	41	4.2	2	53.2	14.6
c	9.7	3.1	1	58	3.4	n	25.4	4.7	2	99.3	-
d	5.3	3.5	1	55.5	3.5	o	85.5	4.6	1	74.2	-
e	135.3	6	2	193.9	-	p	68.7	5.2	2	77.5	2.6
f	8.3	3.7	2	6.3	0.7	q	11.6	4.2	2	75.9	4.5
g	88.4	4.9	1	133.7	-	r	40.9	4.9	2	55.9	-
h	6.4	4	2	15	0.6	s	7.3	3.5	1	46.9	7.4
i	10.1	3.9	2	13.7	x [3]	t	29.6	6	2	130.7	17.4
j	44.1	7	2	342.6	-	u	8.4	3.8	1	12.8	7.5
k	5	6.2	2	221.2	-	v	27	6.8	3	142	11.5

註：1.各地震編號請見圖5-1和圖5-2。

2.此時間計算為濃度開始升高作為起始點，一直到地震發生為止。

5-4 嘉義梅山氣體觀測站

本觀測站除了偶而的大雨造成些微影響之外，氣體濃度背景值尚稱平穩。經由一年的觀測結果發現，地震若發生距觀測站不遠的地方，通常在數天至數小時前，氡氣濃度皆呈現異常升高的變化情形，在排除氣象因子及人為因素影響後，這些的異常值出現很明顯的就是該次地震發生前的地震前兆訊息。就整體的來說，本觀測站的變化大都與嘉義、雲林一帶區域性的地震活動有關，未來累積更多的資料後可進一步釐清本區土壤氣體與地震活動的相關性。

5-5 台南二溪氣體觀測站

從目前的觀測結果尚無法確切的辨識出與地震活動的相關性，除了今年 10 月中旬，土壤氡氣突然大幅增加，之後在高雄甲仙地區的兩起地震活動，兩者可能有關連，有待未來進一步確認。

5-6 雙溪水壓觀測站與嘉義沄水水壓觀測站

雙溪水壓觀測井水壓計記錄約每日一次的週期至半週期高低變化，高值皆出現在每日上午 10-12 時左右，低值皆發生在每日的凌晨 4-6 時。沄水觀測井則除了每日一週期數公分的水位變化外，另有高頻率突降或突升達數公分的現象。其發生原因，推測是因為井口封閉，承壓地下水於累積某一壓力後沿岩石節理或裂隙洩露而降壓之故。這兩站水壓的高頻變化原因，目前尚難確定。但以雙溪觀測井所在的地質條件（上覆岩性為透水不佳的粉砂，且為背斜構造）以及當地人口少、抽水干擾少而言，應是設置觀測井的適當地點。

圖 5-3 至 5-4 為雙溪水壓觀測井及沄水水壓觀測井地震震度 2 級以上的地震震央分布圖。未來持續的觀測應能更清楚了解水壓變化與地震活動的關聯性。

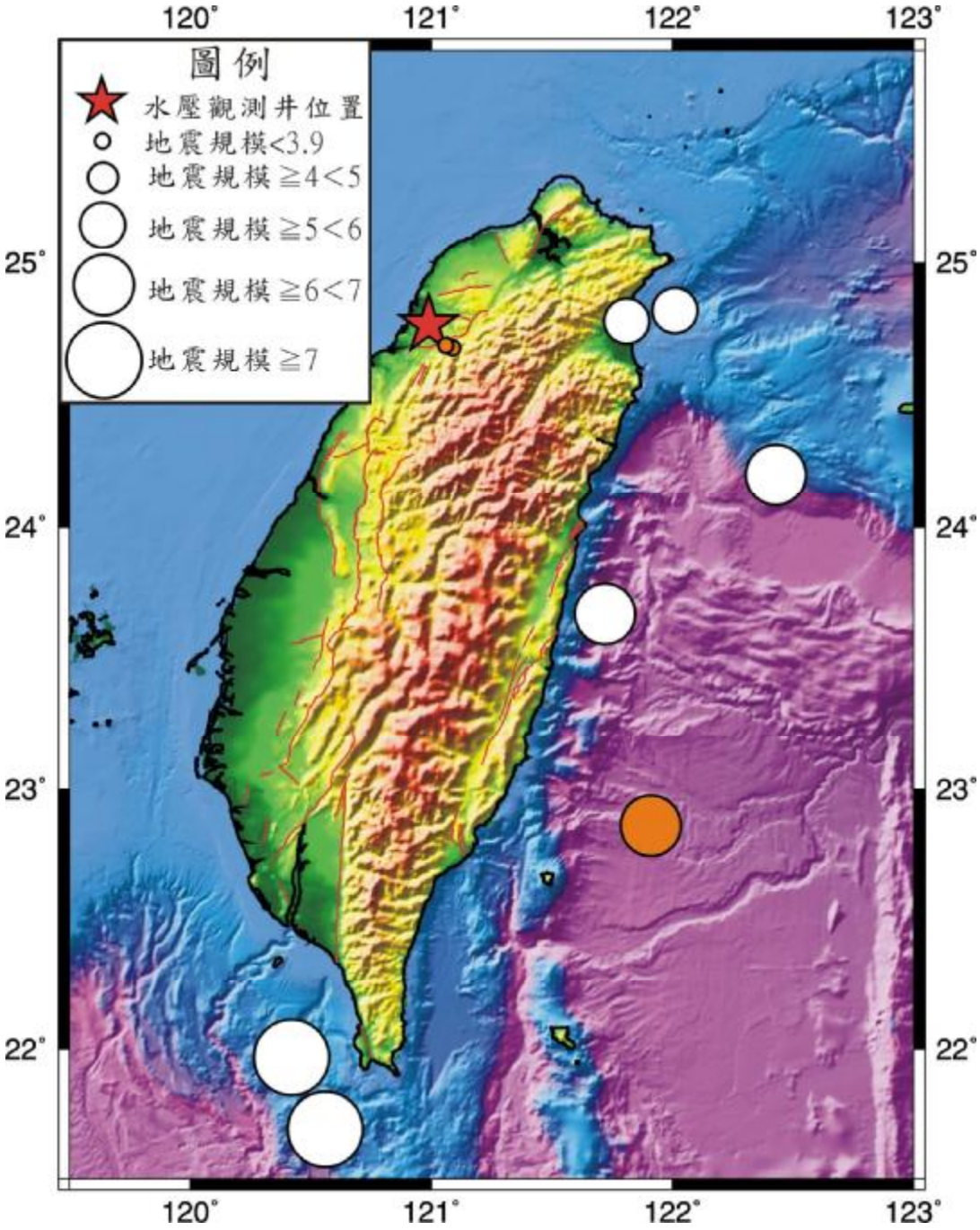


圖 5-3：新竹縣寶山鄉雙溪國小觀測井地震震度 2 級以上的地震震央分布圖。紅色圓點代表該地震發生前 3～10 天內無降雨影響而觀測井地下水壓有異常變化之震央位置。

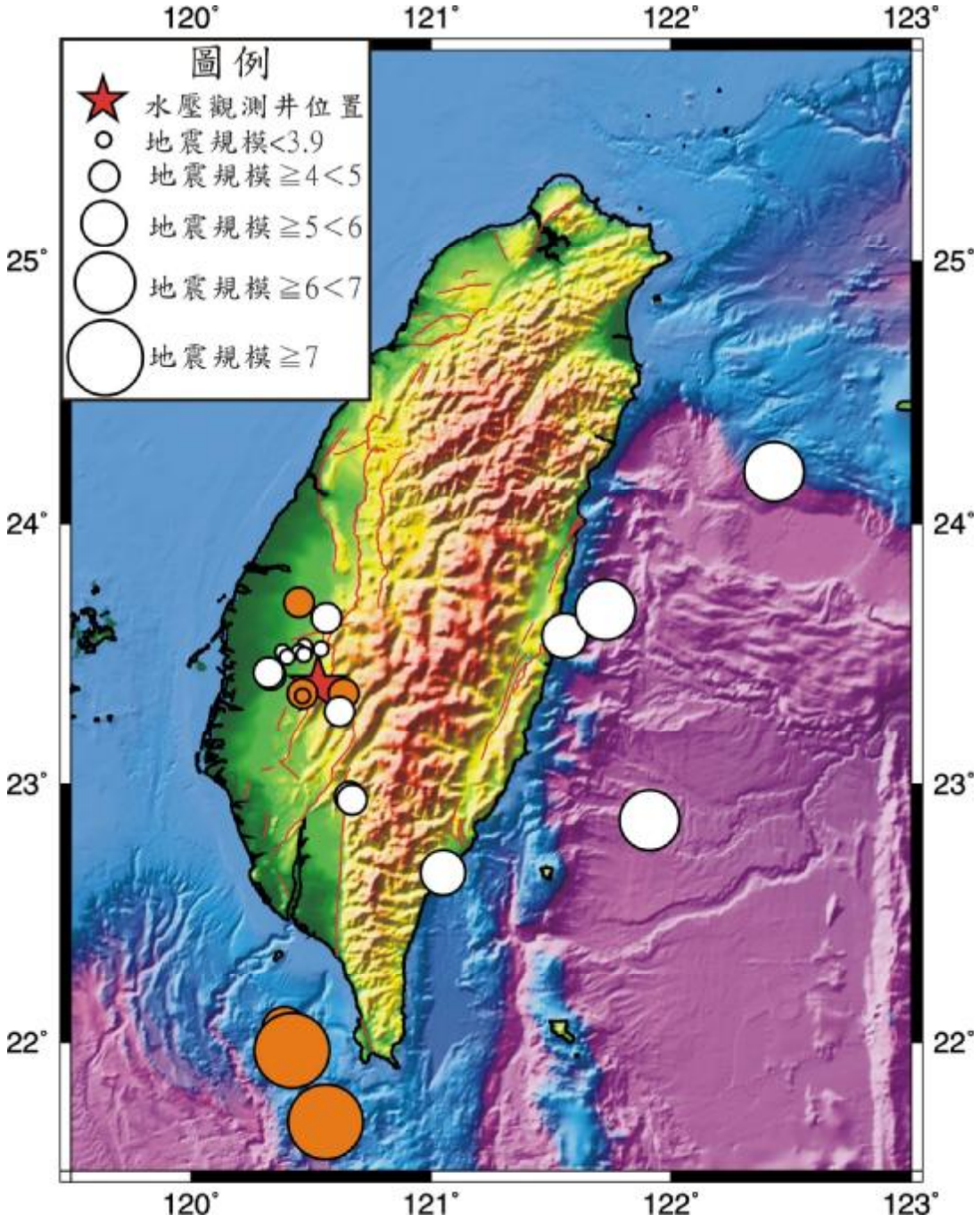


圖 5-4：嘉義縣中埔鄉沄水國小觀測井地震震度 2 級以上的地震震央分布圖。紅色圓點代表該地震發生前 10 天內觀測井地下水壓有異常變化之震央位置。

5-7 氣體觀測站與水壓觀測站的相關性

5-7.1 北區（大平地觀測站與雙溪水壓觀測站）

圖 5-5 到圖 5-10 為大平地氣體觀測站與雙溪水位觀測站的連續觀測結果，圖 5-5 為 2007 年 2 月的觀測結果，2 月中旬氣體和水位皆有同步升高的趨勢，這可能皆是受到 2 月 10 日發生在新竹地區的地震(地震規模 3.5，地震深度為 8.6 公里)所造成。圖 5-10 所顯示 2007 年 11 月的資料也有類似的結果，氣體和水位升高後於宜蘭、新竹地區分別各發生一起地震。而圖 5-6、圖 5-7、圖 5-8 和圖 5-9 則無法觀察出氣體和水位變化的關連性，就目前有限的資料來看，此兩觀測站能同時觀測到異常情形時，此異常行為可能跟新竹地區的地震活動有關連。

5-7.2 南區（濁水潭觀測站與沄水水壓觀測站）

圖 5-11 到圖 5-14 為濁水潭氣體觀測站與沄水水位觀測站的連續觀測結果，就現有的資料來看，尚無法觀察出這兩觀測站的關連性。

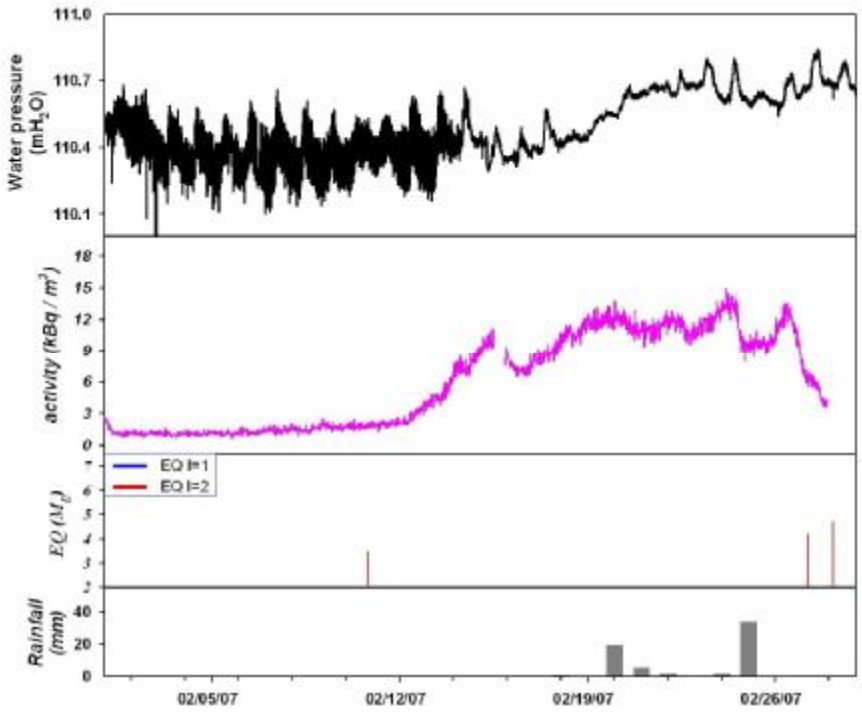


圖 5-5：大平地觀測站氡氣成份與雙溪觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/2/1～2007/2/28）。

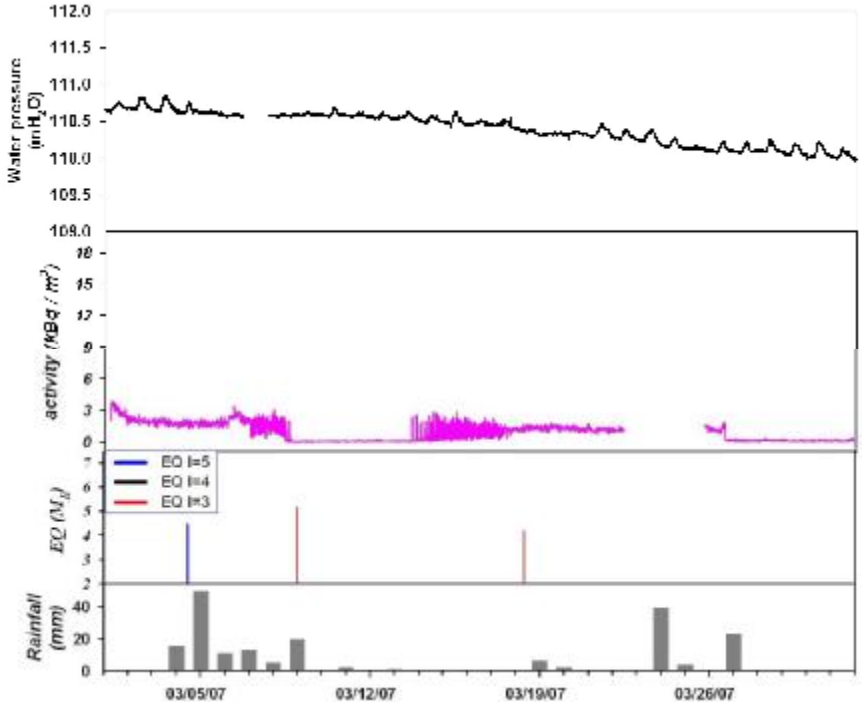


圖 5-6：大平地觀測站氡氣成份與雙溪觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/3/1～2007/3/31）。

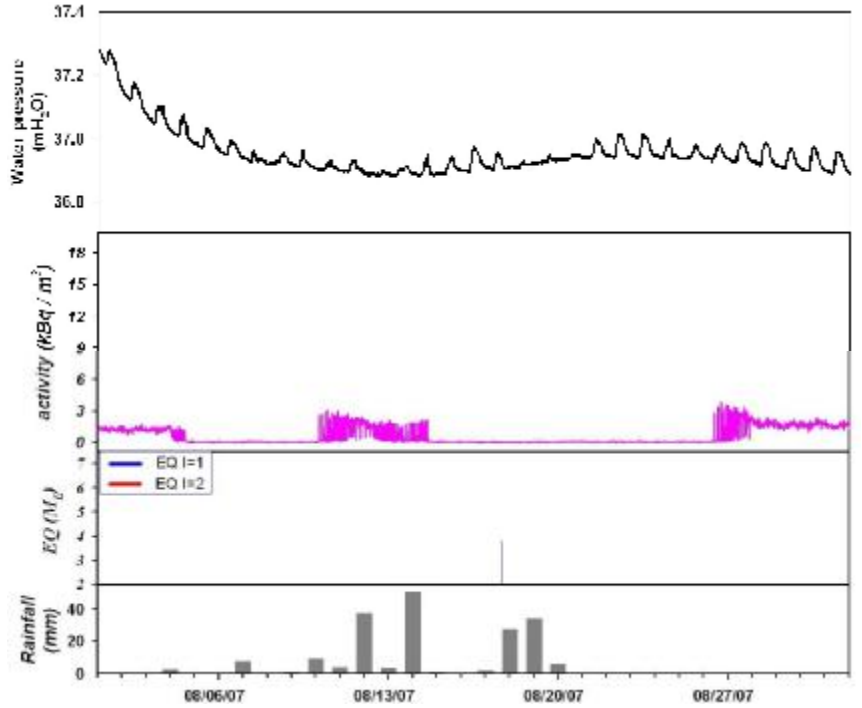


圖 5-7：大平地觀測站氡氣成份與雙溪觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/8/1～2007/8/31）。

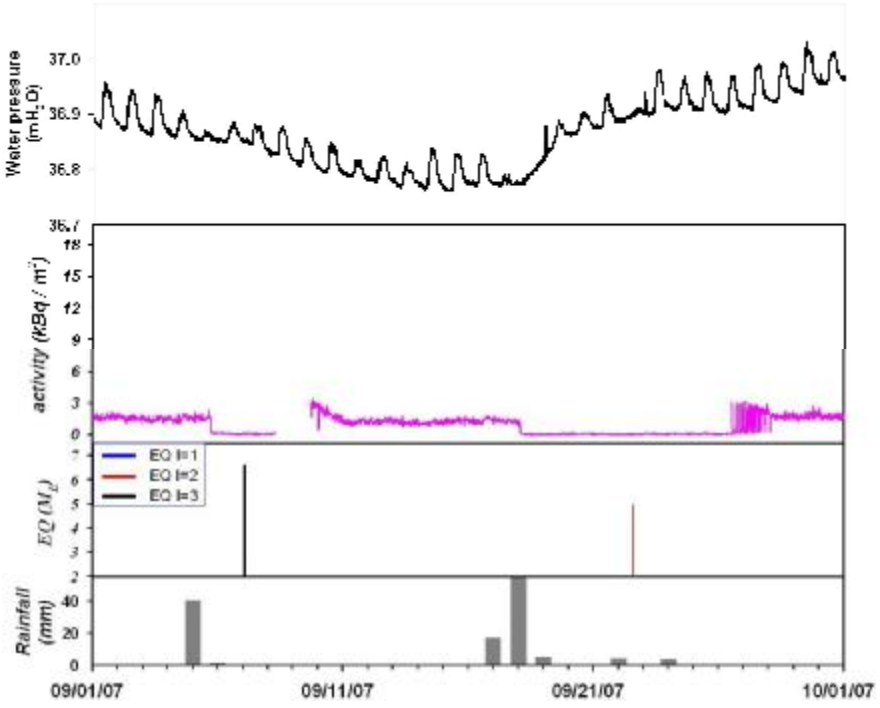


圖 5-8：大平地觀測站氡氣成份與雙溪觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/9/1～2007/9/30）。

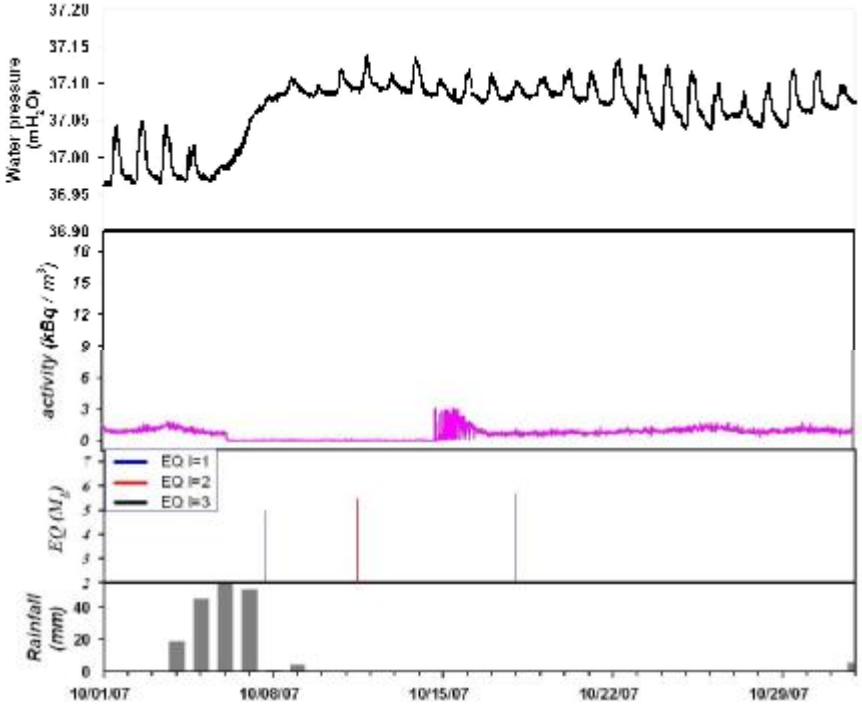


圖 5-9：大平地觀測站氡氣成份與雙溪觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/10/1～2007/10/31）。

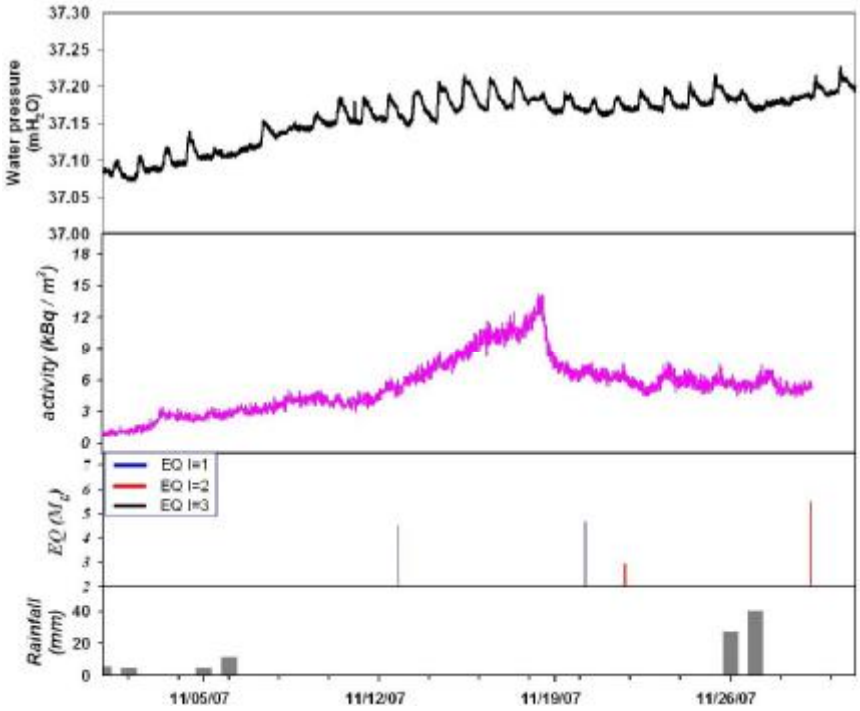


圖 5-10：大平地觀測站氡氣成份與雙溪觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/11/1～2007/11/30）。

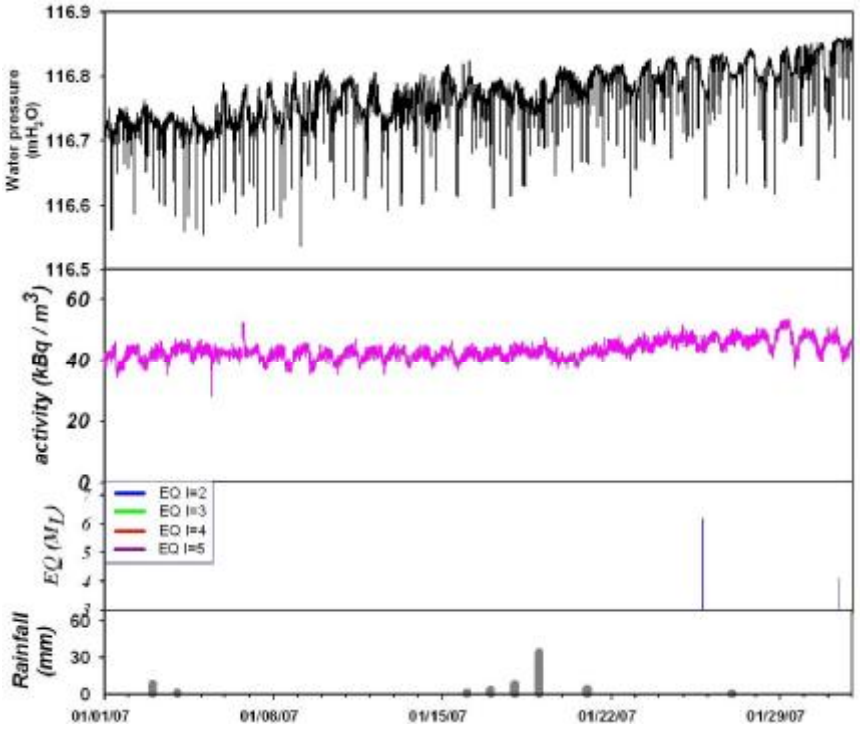


圖 5-11：中崙濁水潭觀測站氡氣成份與沄水觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/1/1～2007/1/31）。

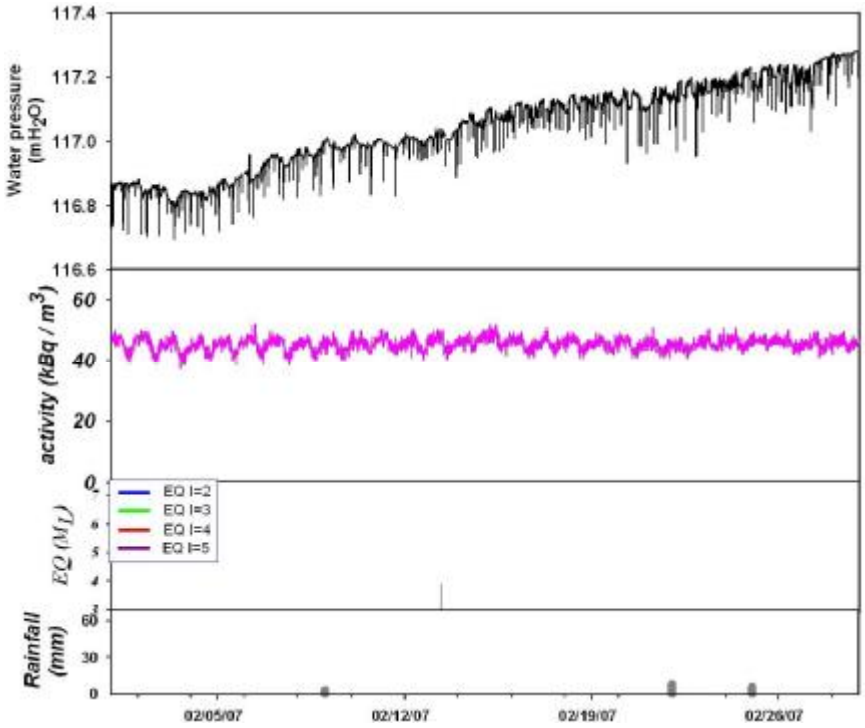


圖 5-12：中崙濁水潭觀測站氡氣成份與沄水觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/2/1～2007/2/28）。

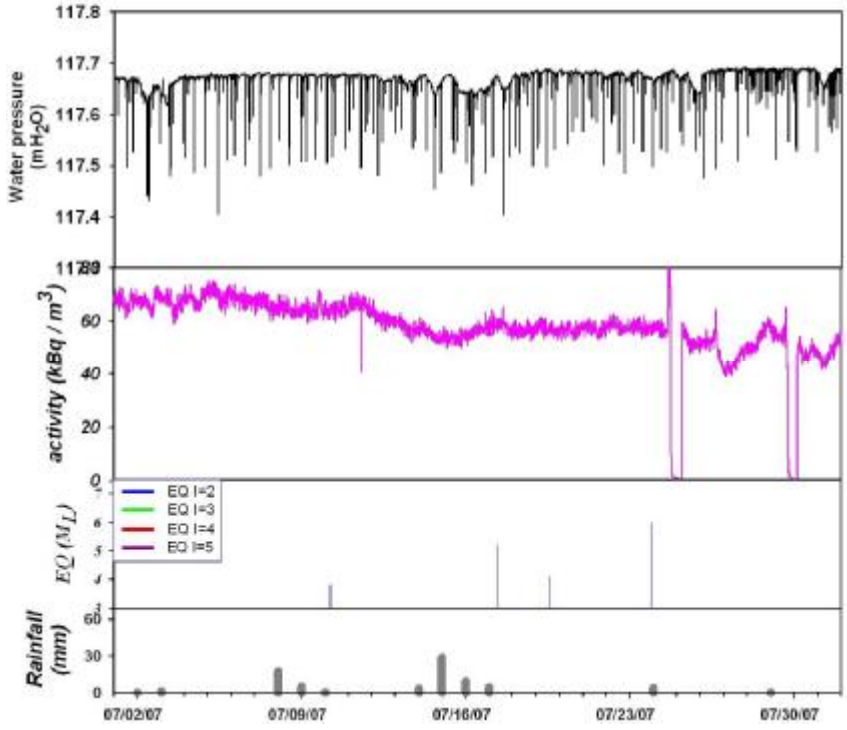


圖 5-13：中崙濁水潭觀測站氡氣成份與沄水觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/7/12007/7/31）。

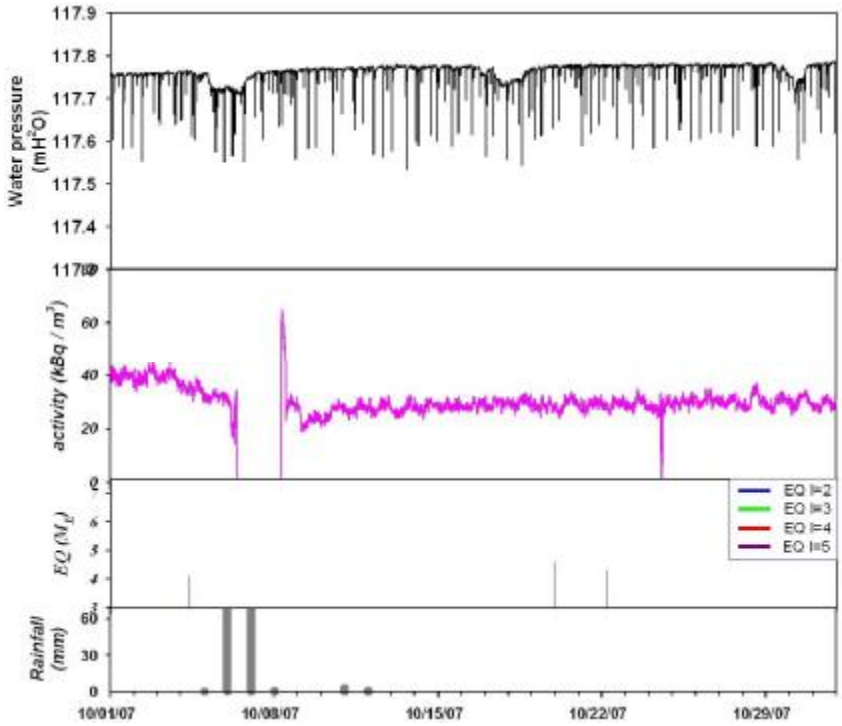


圖 5-14：中崙濁水潭觀測站氡氣成份與沄水觀測站水位、雨量及地震之相關性。EQ(M_L)：地震規模；EQ I：地震震度（2007/10/1～2007/10/31）。

陸、結論與建議

1.關於自動觀測站之設置，最大問題仍為適當用地的取得、與電力供應及電信資料傳輸等。因此，未來在台灣其它地區設置觀測站，必須要加強與當地居民溝通，持續改善的電力供給系統並要有後備儀器可以替換使用。

2.地下水井應設置於土壤氣體觀測站址或其緊鄰近地點，以觀測地下水面之變化。由於同震地下水位變化可能改變氣體之逸散，地下水面之變動將有助於解釋土壤氣體之變化。

3.本年度嘉義中崙地區兩座連續觀測站之氣體成份變化由於部分時間儀器的損壞、維修和硬體配置的調整造成分析資料數度中斷，而溫泉一號井站中崙溫泉一號井測站這一年來，氣體濃度波動的情形相當顯著，不像其它氣體觀測站有長期較平穩的背景值，可能代表著間歇性的溫泉逸氣現象。然而，這都與當初設站的逸氣通量不符，因此在用其它的氡氣分析儀進行各種的交叉測試，並也重新配置內部管線，仍無法回到原先穩定的觀測值，加上本測站所處地點也常發生斷電情形，造成觀測品質無法提升。未來考慮在鄰近地區或更適當的地區進行調查，選擇一更適合長期觀測的地點將原測站遷移至新址，以期獲得更好的觀測結果。

4.本年度大平地觀測站的數據中，發現地震若發生距觀測站不遠的地方，通常在數天至數小時前，氡氣濃度皆呈現異常升高的變化情形，在排除氣象因子及人為因素影響後，這些的異常值出現很明顯的就是該次地震發生前的地震前兆訊息。就整體的來說，本觀測站的變化可以反映出台灣北部地區地震的活動，特別是發生在觀測站周遭數十公里內及宜蘭平原內的地震事件。

5.台東成功與池上地區的土壤逸氣探勘結果顯示，兩地在特定位置都有異常的土壤逸氣量，目前已評選出未來適合設置觀測站的地點。

6.自 2005 年 12 月底在新竹縣寶山鄉雙溪國小與 2006 年 9 月底在嘉義縣中埔鄉沄水國小分別鑽設深一百餘米之地下水壓（水位）觀測井並進行觀測以來，遇到觀測儀器故障及地下水自噴等問題，分別以洗井更換儀器及封口等方式解決。

7.目前為止，有些水位（水壓）變化似與規模或/與震度較大的地震有時間上的對應，但此關係仍不顯著。

8.雙溪與沄水二口井觀察到的一些短週期的水位（水壓）變化，原因仍不明。

9.在台灣山區設置地下水壓（位）觀測井，地質選址、避免降雨、雷擊及人為抽水等干擾極為不易，以致欲得到長期連續且高敏感度的水位（水壓）變化，以做為台灣山區斷層活動性或地震前兆水位變化之目標，尚須更多之經驗累積與研究。

10.由於貴所（中央地質調查所）已另鑽有數口配合井下應變儀觀測站的地下水位（壓）觀測井，或許可以進一步分析，探討其水位觀測記錄，並與雙溪與沄水兩井互相比較，累積更多有關在台灣山區以地下水位（水壓）從事斷層活動性觀測相關的選址、造井、水壓觀測儀器以及週邊環境（如抽水、配電與雷擊）等經驗與資料。

柒、參考文獻

陳正宏、劉聰桂、宋聖榮、楊燦堯、李寄嵎 (2000) 台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（1/5）─嘉南地區。經濟部中央地質調查所報告 89-3 號，共 215 頁。

陳正宏、劉聰桂、宋聖榮、楊燦堯、李寄嵎 (2001) 台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（2/5）─西部地區。經濟部中央地質調查所報告 90-5 號，共 258 頁。

陳正宏、劉聰桂、宋聖榮、楊燦堯、李寄嵎 (2002) 台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（3/5）─西部地區。經濟部中央地質調查所報告 91-5 號，共 300 頁。

楊燦堯、劉聰桂、陳正宏、吳逸民（2005）斷層活動性之地球化學觀測與研究(1/4)。經濟部中央地質調查所報告第 94-15 號，共 506 頁。

劉聰桂、陳正宏、宋聖榮、楊燦堯、李寄嵎 (2003) 台灣陸上斷層活動性之環境地球化學調查研究（4/5）─北部地區。經濟部中央地質調查所報告 92-04 號，共 256 頁。

Barsukov, V. L., Varshal, G. M. and Zamokina, N. S. (1985) Recent results of hydrogeochemical studies for earthquake prediction in the USSR. *Pure and Applied Geophysics*, 122, 143-156.

Baubron, J.-C., Rigo, A. and Toutain, J.-P. (2002) Soil gas profiles as a tool to characterize active tectonic areas: the Jaut Pass example (Pyrenees, France). *Earth Planetary Science Letter*, 196, 69-81.

Biagi, P. F., Kingsley, S. P. and Vallianatos, F. (2000) Earthquake precursors, *Special issue of Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy*, volume 25, no. 3.

Etiope, G. and Lombardi, S. (1995) Soil gases as fault tracers in clay basin: a case history in the Siena basin (Central Italy). *Gas Geochemistry.* Science Reviews, Northwood, 19-29.

Etiope, G. and Martinelli, G. (2002) Migration of carrier and trace gases in the

geosphere: an overview. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 129, 185-204.

Fu, C.C., Yang, T.F., Walia, V. and Chen, C-H. (2006) Reconnaissance of soil gas composition over the buried fault and fracture zone in southern Taiwan. *Geochemical Journal*, 39, 427-439.

Gregory, R. G. and Durrance, E. M. (1985) Helium, carbon dioxide and oxygen soil gases: small-scale variation over fractured ground. *Jour. Geochem. Explor.*, 24, 29-49.

Guerra, M. and Lombardi, S. (2000) Soil-gas method for tracing neotectonic faults in clay basins: the Pisticci field (Southern Italy). *Tectonophysics,* 339, 512-522.

Giammanco, S. and Gurrieri, S. (1997) Soil CO_2 degassing along tectonic structures of Mount Etna (Sicily): the Pernicana fault. *Applied Geochemistry*, 12, 429-436.

Lamar, D. L. and Merifield, P. M. (1979) Water-level monitoring along the San Andreas and San Jacinto faults, southern California, during fiscal year 1979. Lamar-Merifield Tech. Report 79-5, Final Report, U.S. Geological Survey Contract 14-08-0002-17680, 65pp.

Merifield, P. M. and Lamar, D. L. (1981) Water-level monitoring along the San Andreas and San Jacinto faults, southern California, during fiscal year 1981. Lamar-Merifield Tech. Report 82-3, Final Report, U. S. Geological Survey Contract 14-08-0002-19253, 78pp.

Roeloffs, E. A. (1988) Hydrologic precursors to earthquakes: A review. *Pure and Applied Geophysics*, 126, 177-209

Walia, V., Su, T. C., Fu, C. C. and Yang, T. F. (2005) Spatial variations of radon and helium concentrations in soil gas across Shan-Chaio fault, Northern Taiwan. *Radiation Measurements,* 40, 513–516.

Wang, C. (1985) Ground-water studies for earthquake prediction in China. *Pure and Applied Geophysics*, 122, 215-217.

附錄8-1：期中報告審查委員意見及答覆情形

委 員 意 見	辦 理 情 形
1. 期中報告書應加列目錄(方便閱讀)。	1.答：已加列。
2. 氣體連續變化圖，及氣體成分（體積百分比）圖（圖 2-1 至 2-7，及圖 2-8 至 2-14）圖例所標示的成分，並未全部展示，應去除未展示的成分圖例。	2.答：已修正。
3. 圖 2-1 至圖 2-7 之兩種綠色所代表的成分容易混淆，須修正。	3.答：已修正。
4. CO_2 成分，在嘉義中崙溫泉一號井及台南二溪，沒有顯示之原因為何？應說明。	4.答：已於內文說明，見 P.79。
5. 水位觀測站，對新竹寶山雙溪觀測井，列出 2005 年 12 月至 2006 年 11 月之資料(p.74 至 p.75)及 2006 年 3 月至 2006 年 9 月（p.78 至 p.81）之必要性如何？這些圖與去年度期末報告重覆。	5.答：已按照意見，刪除與去年期末報告重覆之部份。
6. p.2：1-2.2：「以」完成…應改為「已」完成。	6.答：已修正。
7. p.5：2-2.1：「2005」年 12 月…應改為「2006」年 12 月。	7.答：已修正。
8. p.6：表 1-2 放置位置不當。P.3 之表一是否應改為表 1-1，再將此表 1-2 置於此處。但突然列出表 1-2 似太唐突，須要說明。	8.答：已修正。
9. p.7：圖 2-1 及圖 2-2：圖目不一致，應改為一致，並注意圖 2-3 及之後之圖目是否與修正後的圖目一致。	9.答：已修正。
10. p.17：圖 2-21 圖目：「2006」/6/30 應改為「2007」/6/30。	10.答：已修正。
11. p.33：最後一句，可能反映出台灣北部地區地殼的活動情形，應針對此問題作說明！	11.答：已修正。
12. p.57 人工採樣分析，是為了對照其組成份與連續測站的分析結果。應說明比較結果！	12.答：已於內文說明，見 P.92。
13. p.59 第一段及第二段之文字措辭須修改，不該出現多次的「故而」、「以」、「而」等字。	13.答：已修正。
14. p.59：3-1 第一行：「以」建立…應改	14.答：已修正。

為「已」建立。	
15. p.60 之研究區域（圖 3-1），未包含圖 3-5 及圖 3-6 之圖範圍，似應修正圖 3-1，將圖 3-5 及圖 3-6 納入。	15.答：已修正。
16. p.61：3-2 倒數第三行：整個管線之「在」中再進行…，應刪除「在」；3-3：Giammanco Gurrieri 兩字間應加「and」。	16.答：已修正。
17. P.60 圖 3-2，建議在圖說加入大規模地震之規模等級。	17.答：已修正。
18. p.62：第一行-…使得電子光速碰撞…似乎不妥，請修正。	18.答：已修正。
19. P.65 圖 3-5，建議加一地理位置小插圖。	19.答：遵照辦理，見 P.135。
20. P.66 圖 3-5 可取消與 P.65 圖 3-5 合併。	20.答：已修正。
21. P.66 圖 3-5 之 CK-15 地點發現土壤有氡氣異常現象。此異常現象之地點與 2003/12/10 地震震央非常接近，建議就此地點附近，從事地表地質調查，或可有新構造發現。也建議就地表地質調查結果考慮在此附近密集採樣，分析結果或可成為未來考慮設站之參考。	21.答：列入參考。
22. 如何能夠在市電中斷後繼續觀測與如何立即應變?可能是本計畫進一步思考的方向。	22.答：增設 UPS 警訊系統。
23. 氡氣的變化與地震間的關連似有似無，值得再觀察。	23.答：已列入參考辦理。
24. 水壓觀測，目前似乎還在測試階段，對變化的掌控可能還需更多經驗才能了解，對儀器故障排除，需更積極處理。	24. 答：因觀測井數目有限，對變化的掌控的確需更多的觀測時間及數據才能了解；將更積極的與儀器商合作，對故障的排除作更積極的處理。
25. 各觀測站之資料缺失部分於圖說應有說明（仍有許多圖說未說明）。	25.答：已修正。
26. 圖 2-36~圖 2-56 之圖說有關地震規模需修改為 EQ(ML)，另溼度字體需調整。	26.答：已修正。

附錄8-2：期末報告審查委員意見及答覆情形

委 員 意 見	辦 理 情 形
1. 地震規模僅有數字，不應有單位。	1.答：已修正。
2. 觀測值異常與地震事件的時間及空間分析應加強，不應僅說明各異常與事件間的對應關係。	2.答：遵照辦理。
3. 部分圖缺乏圖例，請修改。	3.答：已修正。
4. 出現異常變化時,請考慮放大顯示其發生時間及變化過程。	4.答：遵照辦理。
5. 建議嘗試分析水位變化隨時間之變異，以了解記錄儀器之準度及穩定性。	5.答：遵照辦理。
6. 儀器的堪用率還是有很大空間可以改善，雖然很困難，但連續監測的目的就是要有不間斷的資料收集,所以這方面不論人力、物力可能都需補充。	6.答：未來會盡力改善。
7. 觀測站斷電的回復問題 必須多考量。	7.答：已加裝 UPS 警訊系統。
8. 氣體連續觀測站與地下水位觀測站不連續記錄之問題，仍是主要問題，應有效的改進。	8.答：盡力改善。
9. 針對同一地震的反應，對氣體觀測站與地下水位觀測站間之變化是否相同？或皆有記錄呢？在討論時應一併考慮及論述。	9.答：已補述。
10. 觀測站應增加氣體觀測站與地下水位觀測站之合併位置圖。	10.答：已增列。
11. 期末報告書書背應加列計畫名稱。	11.答：遵照辦理。
12. 第 1 頁緒論建議將監測等詞彙修改為"觀"測。	12.答：已修正。
13. 各觀測站之資料缺失部分於圖說應有說明(地化觀測站仍有許多圖說未說明原因)。	13.答：已修正。
14. 雙溪水位井於 96 年 7 月 31 日進行重新安裝，8 月以後之水位資料於圖 4-11~4-14 應加註水頭之起點。	14.答：已修正。
15. 本計畫本年度維持觀測站之持續運作為最重要之任務,現地觀測站有任何狀況應即刻回報（P.79）。	15.答：盡力改善。

16. 地化觀測站之圖例有關氣體成分化學式應修正為正確（例如 H2 應修正為 H_2、、、）	16.答：已修正。
17. P.5. 表 1-2 似應改為表 2-1，附圖測站顏色請改為他色，以使更清楚。	17.答：已修正。
18. P.8~P.13 圖 2-1—圖 2-12 圖說不一致情形，仍未改，應確實改進。	18.答：已修正。
19. P.38 第二行，圖 2-49"和"2-60…應改為圖 2-49"到"2-60。	19.答：已修正。
20. P.52 第 5 行，"連"應改為"宜"蘭。	20.答：已修正。
21. P.65 第六行，圖 2-"44"應為圖 2-"F4"之誤。	21.答：已修正。
22. P.79 第 4- 5 行（第一段），無"顯著波動"，與第八行，似矛盾，請修改。	22.答：已修正。
23. P.80~P.87 二溪的 Rn 圖，只有標 30kBq/m3，沒有上下其他標軸，所以無法了解縱軸的單位。	23.答：已修正。
24. 表 2-1(P.92-93)，O_2 與 Ar 改為 O_2+Ar。	24.答：已修正
25. P.92、P.93 人工採樣分析資料與連續採樣資料應有圖表互相比較分析，而不是只有原始資料呈現，同時如二溪站 CO_2 資料兩者明顯差異，原因為何？請說明。	25.答：遵照辦理。二溪站 CO_2 的連續資料與人工採樣差異甚大的原因，由於現地記錄器的發生記憶效應並有持續累積濃度的趨勢，將會尋找替換儀器或送回德國維修。
26. P.94 及 p.108 引用之參考文獻，應從老到新排列，不要以英文字母次序排列，（P.96 者則正確）。	26.答：已修正。
27. P.101 圖 3-6、P.103 圖 3-8 及 P.104，圖 3-9 分別代表 He，N_2 及 CO_2，但中文皆以氡氣表示，應分別修改。	26.答：已修正。
28. P.127 中 12/26 應有兩個 M_L7.0 地震，請增列第一個地震。	26.答：已增列。
29. 寫作方式建議修改部份，如 P.66、P.92、P.95、P.99、P.100、P.101、P.102、P.103 及 P.145 等，可參考修改。	26.答：已修正。