

斷層活動性觀測研究第二階段-斷層活動性之地球化學觀測與研究(4/4)

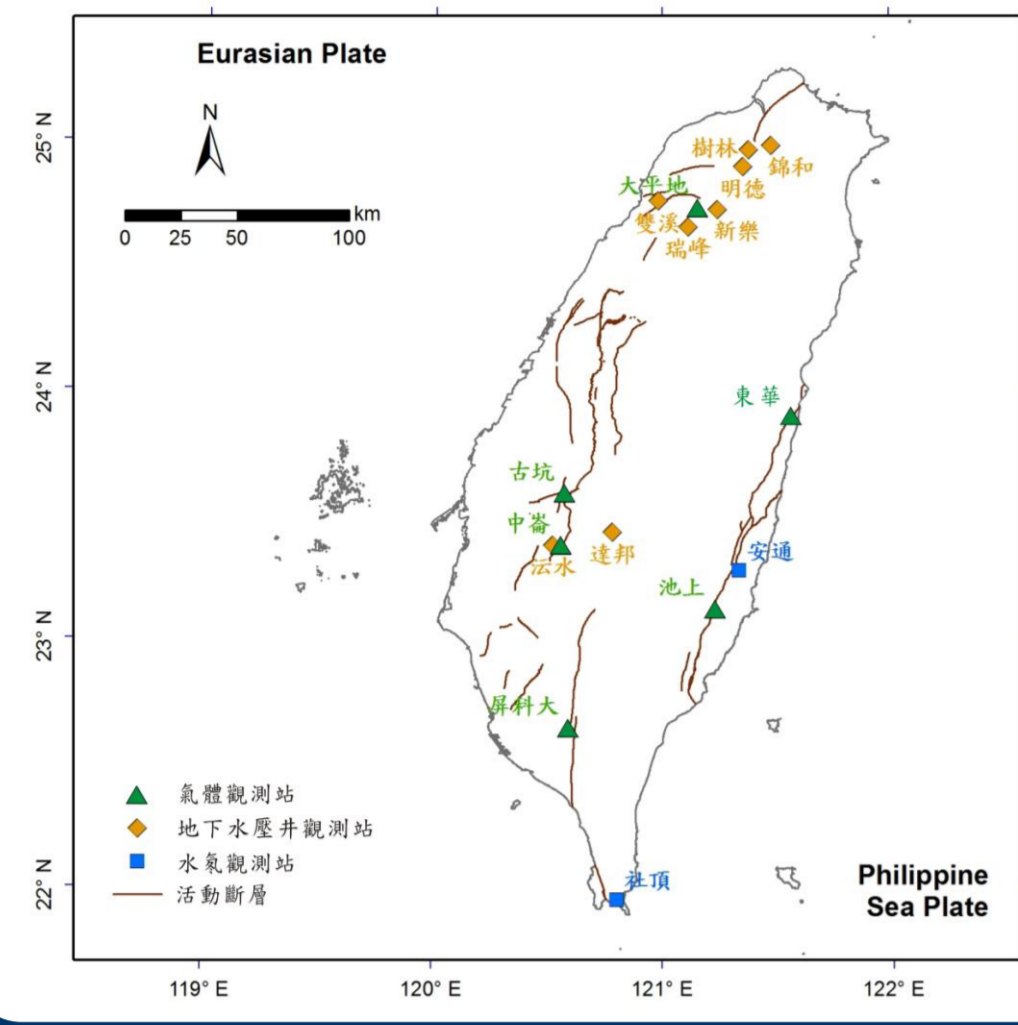
楊燦堯¹、劉聰桂¹、郭明錦²、傅慶州¹、吳國維¹、莊松棧¹、吳承穎¹、林純玉²、蘇建元²、陳逸群²、許逸惠²、王文良²、鄭羽辰²、梁卉昀²、林雨璇²、王信堯²
¹國立台灣大學地質科學系 ²國立成功大學資源工程系

摘要

選擇位於斷層帶附近的適當位置，設置氣體地球化學與水壓遠端傳輸觀測站，配合鄰近地區之地殼活動觀測資料，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。本計畫持續觀測既有的氣體觀測站，新竹大平地測站對於台灣北部的地震活動較為敏感，尤其是宜蘭地區一帶；雲林古坑、嘉義中崙站則對於台灣西南部及東部地區的地震活動較為敏感；屏東屏科大站對於台灣南部地區的地震活動比較有關係；臺東池上站之土壤氬氣氣體成份則與臺東及花蓮南部附近的地震活動有很顯著的關連性。本年度分析2011年12至2012年11月間地下水觀測井內之地下水壓變化，主要研究結果如下：(1)台北觀測站對於東部與北部地震較為敏感，然而今年水位資料狀況較差，觀察出的異常反應也較往年減少。(2)新竹地區觀測井，新樂站有較佳的地下水震前異常反應，震央大多分布於新竹地區、台灣東部地區以及一起台灣南部之地震(霧台地震)。(3)嘉義地區震前水壓異常反應之地震，震央主要分布在台灣中南部以及東部外海。2009年3月至2012年11月計畫執行期間，花東縱谷南段未發生強震($M_w > 6.0$)，安通站監測井中地下水水氣及地下水溶解氣體(甲烷及氬氣)濃度未觀測到異常之變化。墾丁公園社頂站在2010年3月4日 $M_L = 6.4$ 高雄甲仙地震、2012年2月26日 $M_L = 6.4$ 屏東霧台地震及2012年10月25日 $M_L = 5.5$ 高雄地震來臨前，皆觀測到地下水水氣及地下水溶解氣體(二氧化碳)異常下降之現象。將連續觀測資料利用不同的時序分析方法進行處理，如：經驗模態分解(EMD)或疊代式高斯平滑法(Iterative Gaussian Smoothing)處理之後，能夠初步濾除掉每日的週期性變化，進而系統及客觀地辨識出與地震活動有關的異常。未來將逐漸歸納不同測站的資料特性，以及與地震活動相關的異常情形，以期能夠有效地將地球化學的資料異常與構造、地震活動作聯結。

觀測站位置

- ▶ 土壤氣體觀測站：
 - 新竹大平地站(TPT)
 - 雲林古坑站(GK)
 - 嘉義中崙濁水潭站(CL)
 - 屏東屏科大站(PT)
 - 花蓮東華站(DH)
 - 臺東池上站(CS)
- ▶ 地下水位觀測站：
 - 新竹雙溪站(SS)
 - 嘉義沄水站(YS)
 - 地調所已設置之
 - 水位觀測站：共6座
- ▶ 地下水氣觀測站：
 - 玉里安通(AT)
 - 墾丁社頂(ST)

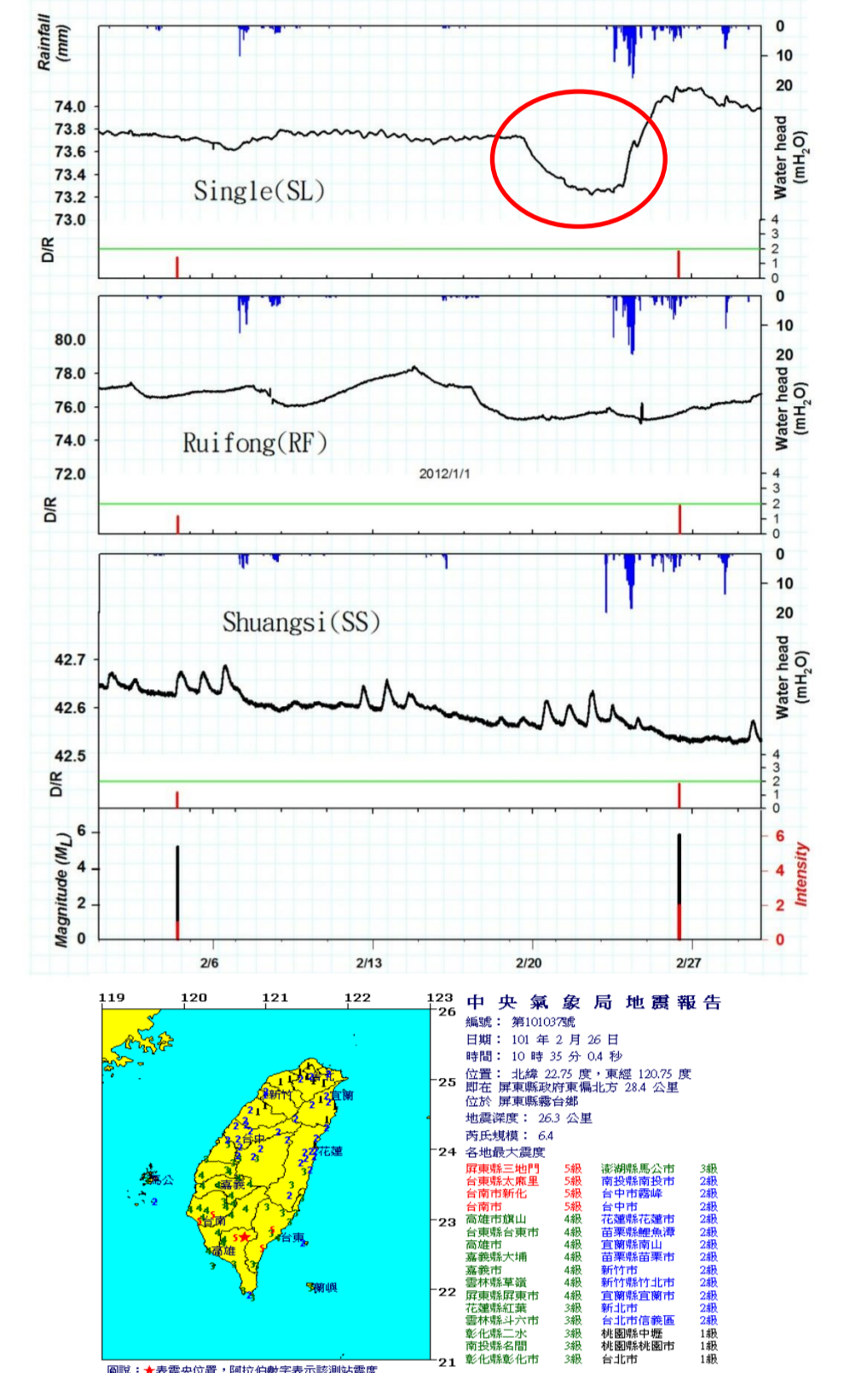


地下水壓觀測

- ▶ 地下水壓或水位之異常升降可能為斷層活動之前兆，故將地下水壓異常定義為：
 - A. 在無降雨干擾之時期，地下水壓出現異於前階段之水壓變化趨勢或日均變化量三倍以上。
 - B. 在降雨時期，地下水壓出現超出由長期統計而得之預期趨勢與變化量。
- ▶ 各測站篩選地震條件為：規模 ≥ 5 or 測站附近震度 ≥ 2 or $D/R \geq 2$ (其中D為應變半徑，以 $D = 10^{0.43 * M_L}$ 計算之，R為測站與震央之距離。)

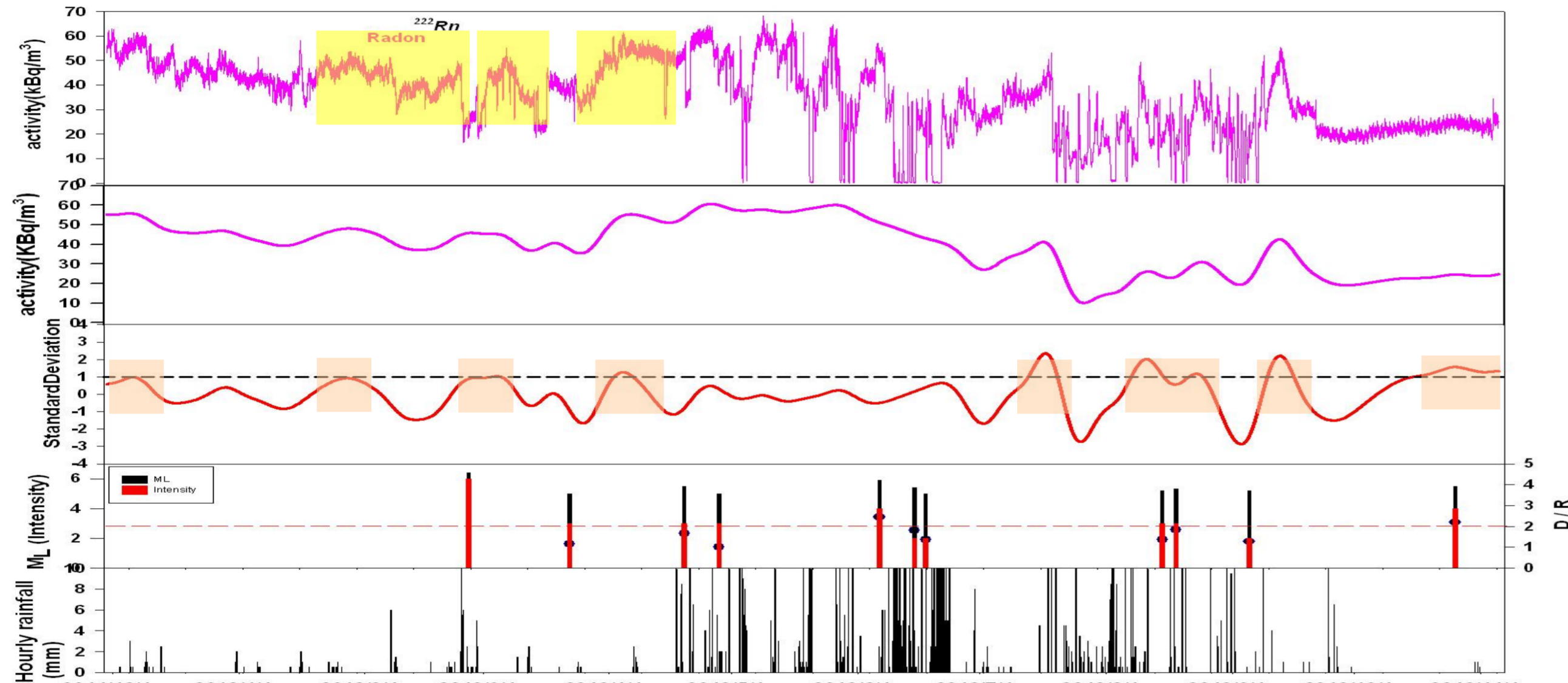
2012年度地下水壓觀測

- ▶ 台北地區：明德中學、錦和國小及樹林飛灰掩埋場等三個觀測井受降雨的影響顯著。對發生於台灣東北部的地震較敏感。
- ▶ 新竹地區：新竹地區的新樂、瑞峰、雙溪三個觀測站水壓變化趨勢一致性低。今年2月26日規模6.4的霧台地震在新樂站出現明顯的震前水位異常反應(如右圖)。
- ▶ 嘉義地區：今年度嘉義觀測站僅沄水站有持續運作。7月後沄水站水壓逐漸穩定，對於嘉義鄰近之地震較為敏感。

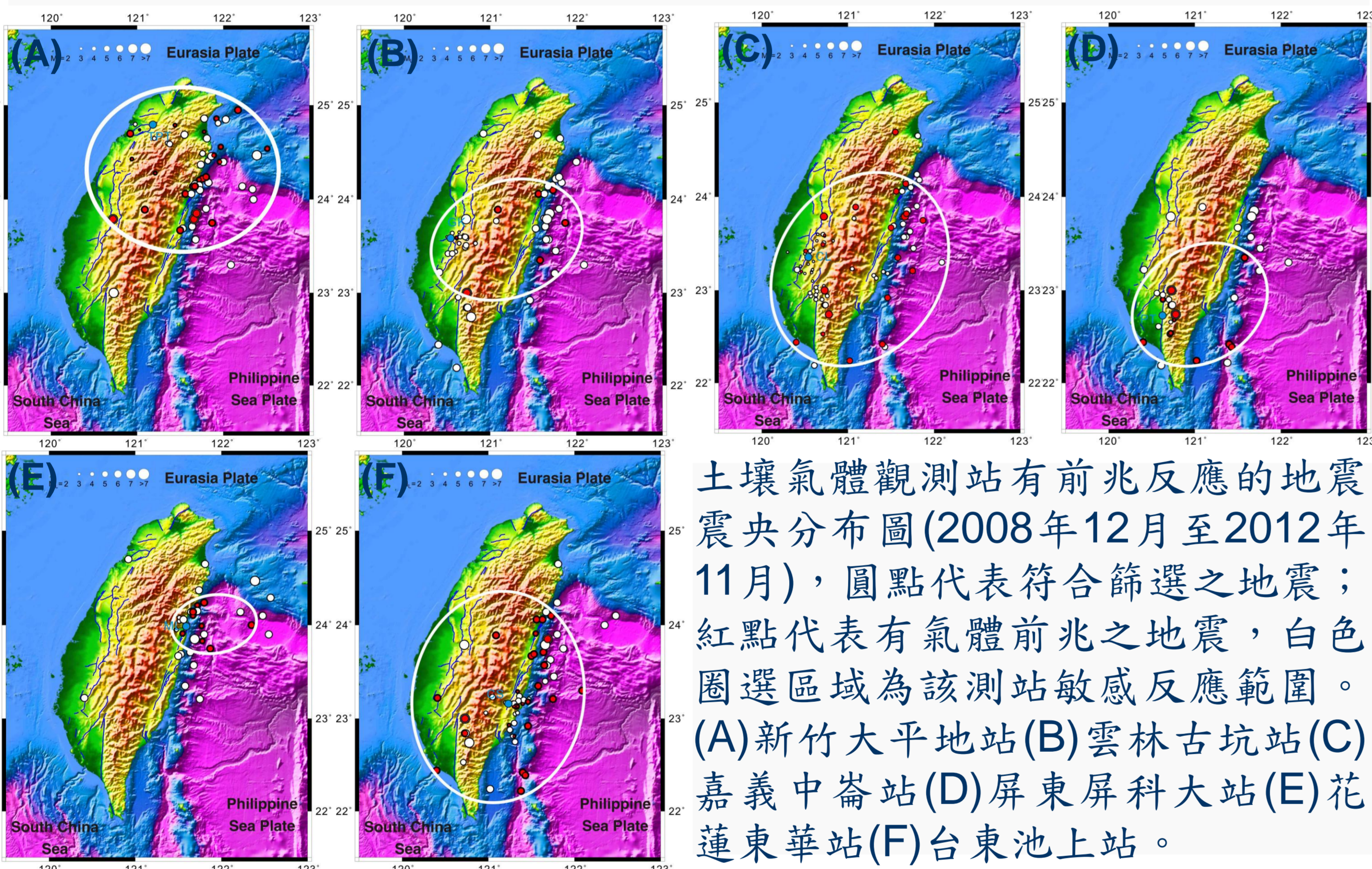


土壤氣體觀測

- ▶ 本研究分別使用疊代式高斯平滑法(Iterative Gaussian Smoothing)和希爾博-黃轉換(Hilbert-Huang Transform)來處理觀測資料，以較有系統且客觀的方式來處理觀測結果。



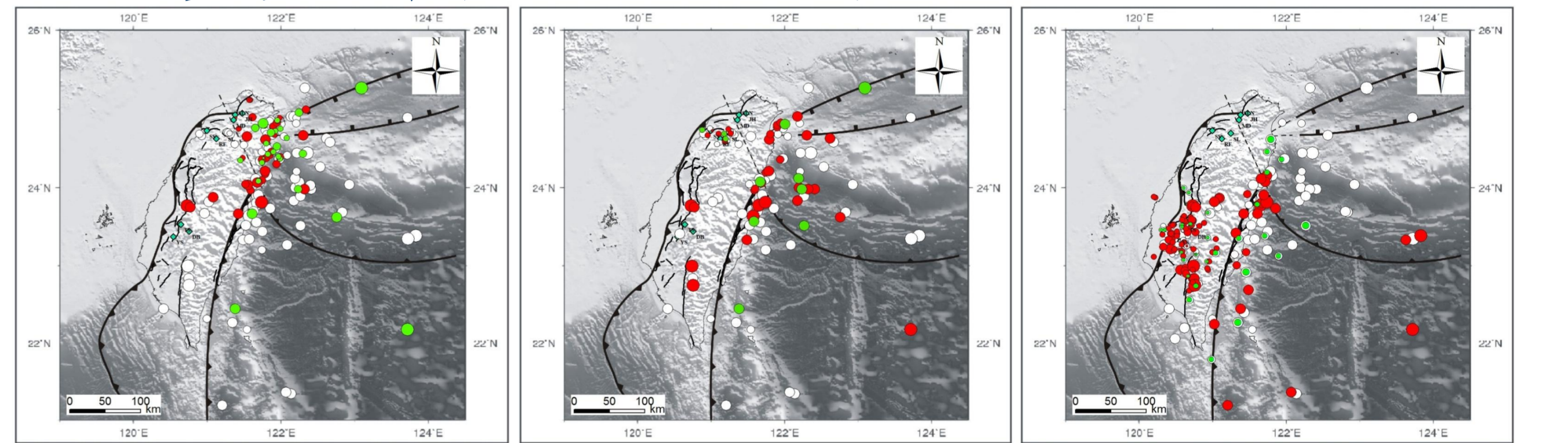
氬氣數據經疊代式高斯平滑法與經驗模態分解處理後的結果(A)為原始數據；(B)為疊代式高斯平滑法的結果；(C)為經驗模態分解(IMF₆-IMF₁₀)，經程式處理後以1個標準差來表示其異常門檻；粉色框為氬氣異常時段；黃色框為完整異常時段。



土壤氣體觀測站有前兆反應的地震震央分布圖(2008年12月至2012年11月)，圓點代表符合篩選之地震；紅點代表有氣體前兆之地震，白色圈選區域為該測站敏感反應範圍。(A)新竹大平地站(B)雲林古坑站(C)嘉義中崙站(D)屏東屏科大站(E)花蓮東華站(F)台東池上站。

2008年至2012年震央分布統計

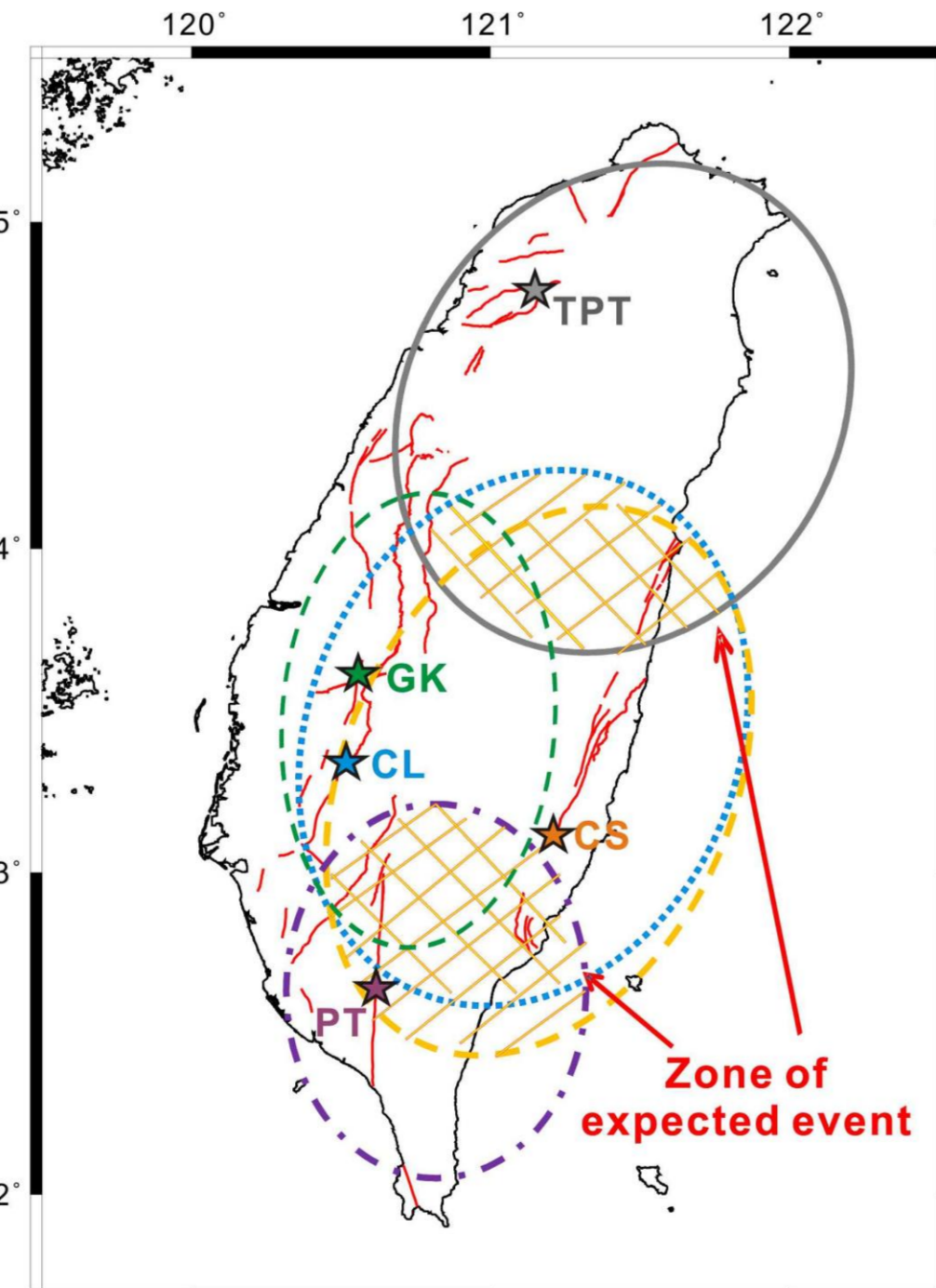
- ▶ 造成台北區測站震前水位異常之地震共39起，多分布在台灣東北部及外海，島弧邊界以東、花東縱谷北段的部分，少位在於灣中部地區。
- ▶ 造成新竹區測站水位異常之地震共有36起，除了數起新竹境內小規模地震外，多分布在台灣東北部及花蓮近海。有兩起具震前水位異常之地震位於台灣中南部。
- ▶ 造成嘉義區測站水位異常反應之地震有103起，多位於台灣中南部及東部外海。有多起不符篩選條件的地震卻出現地下水位異常前兆，多為觀測井鄰近地區發生的地震。



台北地區 新竹地區 嘉義地區
(紅色為具有明顯異常之地震，綠色為疑似異常之地震，白色為無異常之地震)

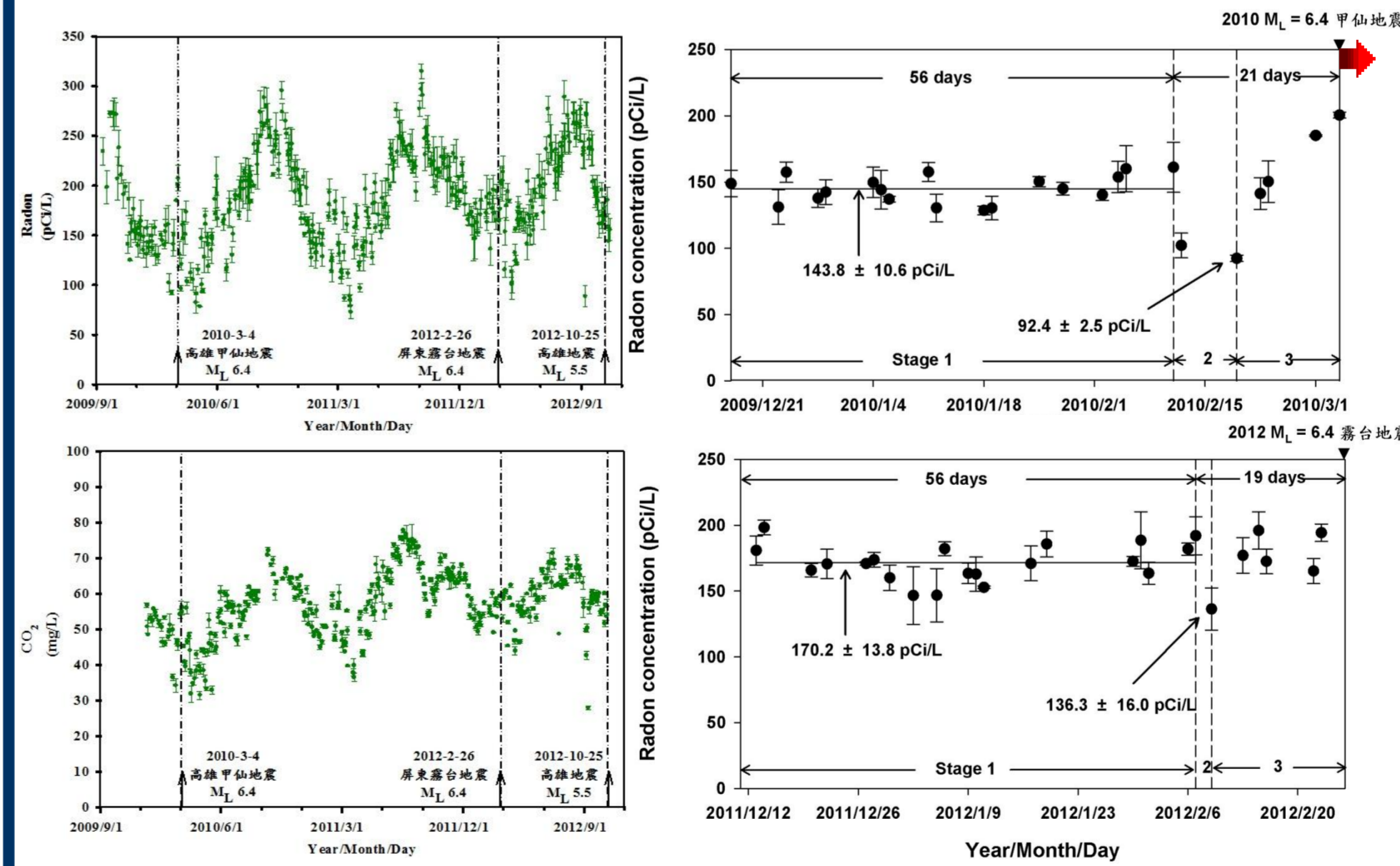
地化觀測網之前兆模式

地球化學觀測站的地震敏感區間示意圖(2008/12-2012/11)，不同觀測站有其不同的地震敏感反應區(如右圖所示)各敏感反應區之交集處，即為2週內地震可能發生的地點。



空間、時間的前兆

地下水水氣及溶解氣觀測



在地震發生前，岩體處於擴張狀態，岩體膨脹而產生破碎微裂隙或孔隙，微裂隙發展的速度快於地下流體補注的速度，進一步產生氣體飽和度，水相的氬釋放至氣相，導致地下水水氣濃度下降。以上述理論為基礎，可利用三階段圖判斷地下水水氣異常下降之地震前兆：階段1彈性應變，水氣濃度平穩；階段2裂隙發展，水氣濃度下降；階段3地下水流入，水氣濃度回復背景值。

2009年9月至2012年11月之墾丁公園社頂監測站地下水水氣和二氧化碳溶解氣濃度監測結果，圖中虛線為監測到地下水水氣濃度異常下降前兆之地震。

Conclusions

- ▶ 同時檢視土壤氣體、地下水壓及水氣等地球化學觀測站，發現在特定大地震來臨前，數個觀測站能在數天至數周前觀察到異常的變化。例如2012/2/26屏東霧台地震($M_L = 6.4$)，中崙、屏科大、池上等土壤氣站和新樂、沄水等水位站及社頂水氣站都有明顯的震前異常變化。
- ▶ 各氣體觀測站的觀測結果顯示，利用時序分析方法處理不同觀測站的數據，初步結果顯示能夠濾除掉大氣溫度變化造成的氬氣濃度日夜震盪，也可辨識出與地震前兆的異常反應。
- ▶ 2011年12月至2012年10月間地下水壓結果如下：(1)台北觀測站對於東部與北部地震較為敏感。(2)新竹地區觀測井對於新竹地區、台灣東部地區、中部甚至到南部地區之地震都有反應，在霧台地震前出現明顯水位異常。(3)嘉義地區震前水壓異常反應之地震，震央主要分布在台灣中南部以及東部外海。
- ▶ 地震前兆模型建立，有助於未來前兆研究發展，並作為往後驗證與改進之參考。