

# 20130327 南投地震地質調查報告

經濟部中央地質調查所

中華民國 102 年 6 月 3 日

## 目錄

摘要.....	1
壹、引言.....	2
貳、區域概況.....	3
一、區域地質.....	3
二、地震資料.....	4
參、地表地質調查.....	5
肆、地表變形觀測.....	5
伍、地球化學觀測.....	6
陸、結論與建議.....	7
一、結論.....	7
二、建議.....	7

## 摘要

民國 102 年 3 月 27 日上午台灣中部發生芮氏規模 6.2 的地震，可能係由一條位於深部的逆斷層活動所引起，雖然斷層在深部的錯移並未直接延伸至地表，但在局部地區還是產生一些災情，本所乃動員構造與地震地質組人力針對南投地區進行野外調查與測量工作，地表地質調查重點集中在南投集集、雙冬、國姓及水里等地，地表變形觀測範圍則涵蓋震央附近向西至跨越車籠埔斷層。

本所分析餘震震央分布及主震斷層面解的資料，研判引發地震的斷層係一個呈現近南北走向且低角度向東傾斜的深部構造，與鄰近區域已知的雙冬斷層、車籠埔斷層等地表淺部之活動斷層無直接相關。在地表地質調查方面，皆並未發現與斷層錯動相關的地表破裂現象。

在地表變形觀測資料部分，初步分析 GPS 追蹤站的觀測資料，南投縣日月潭測站顯現超過 1 公分的最大水平位移量，其餘測站水平位移均在 1 公分以內。

檢視本所地球化學觀測站紀錄，發現在新竹大平地及雲林古坑等站在地震前幾天出現氬氣訊號的異常變化，南部的中崙、屏東屏科大及東部的花蓮東華、台東池上等測站並未出現顯著的土壤氣體成分變化。

此次地震由於引發地震的斷層並未出露地表，因此所造成的災情較為單純，多數破壞係地震波的強烈搖動所致。而針對類似深藏在地底深處的盲斷層或發震構造，應該要加強地震地質調查工作與活動斷層觀測網的觀測與分析能力。

## 壹、引言

根據中央氣象局之地震測報，民國 102 年 3 月 27 日早上 10 時 3 分 19.6 秒臺灣中部發生芮氏規模 6.2 的地震，震央位在北緯 23.9 度，東經 121.05 度，即在南投縣政府東方 36.9 公里，也就是在南投縣仁愛鄉的山區之中，震源深度 19.4 公里，一般媒體都將此次地震稱為南投地震或仁愛地震，本報告暫以「20130327 南投地震」稱呼此次地震。本次地震為南投地區 921 集集地震、2000 年 6 月 11 日地震及 2009 年 11 月 5 日地震後，南投地區再度發生規模超過 6 的地震，南投及台中部分地區的震度超過 5 級，日月潭附近更高達 6 級，因此造成許多建物的破壞，根據內政部消防署發布的消息，截至 3 月 28 日下午 12 時止，該次地震已造成 1 人死亡，97 人受傷，並造成高鐵停駛與部分科技業停機之情形。

由震源機制及餘震分布來看，此次地震乃是一條位於深部呈現近南北走向，以低角度向西逆衝的斷層所引起。在地震剛發生時，國內地球科學界對於本次地震之發震斷層產生許多爭議，包括究竟是否為盲斷層活動所導致本次地震，抑或為雙冬斷層、水里坑斷層、梨山斷層活動導致本次地震等不同看法，因而受到各界重視，也需要藉由更多的調查分析資料來釐清上述的疑問。

本次地表地質調查重點主要在南投地區已知的活動斷層及構造線附近。此外，也在地震後緊急進行中部地區較大範圍的 GPS 測量工作，瞭解地表同震變形的分布情形。活動斷層觀測資料分析部分，也進行 GPS 追蹤站、地球化學等觀測資料的檢視與分析。以下分別就區域概況、地表地質調查、地表變形觀測、地球化學觀測及結論與建議等分別加以描述。

## 貳、區域概況

### 一、區域地質

臺灣位於歐亞板塊和菲律賓海板塊的交界處，歐亞板塊主要是一個大陸型板塊，除了在南中國海區域有少許的海洋地殼外，整個中國大陸及其東南緣的淺海地帶，都是以大陸地殼為基底；菲律賓海板塊是一個海洋型板塊，每年大約以 7-8 公分的速度，朝西北方向移動。在臺灣的東北方，菲律賓海板塊沿著琉球海溝，向東北隱沒到歐亞板塊之下；在臺灣的南方，屬歐亞板塊的南中國海床則沿著馬尼拉海溝，向東南隱沒到菲律賓海板塊之下。兩板塊間相互的隱沒作用，使得臺灣東北方的歐亞板塊上，產生了琉球島弧；在臺灣東南方的菲律賓海板塊西緣，生成了呂宋島弧，而臺灣正位於兩個島弧系統之間的碰撞造山帶。兩大板塊正以花東縱谷為擠壓縫合線碰撞中，由於海岸山脈與中央山脈的碰撞擠壓，臺灣島自上新世以來逐漸隆起，也就是臺灣造山運動的開始，此造山運動從 5 百萬年以來持續至今，致使山脈不斷上升，也由東往西逐漸擴展。

由於碰撞造山的壓力來自東南方，因此西部地區地殼為適應此種應力的作用開始產生褶曲，並進而發生斷裂並產生逆斷層，大部分的褶曲軸線和逆斷層均作近南北方向的延伸，且逆斷層的斷層面均傾向東方，使東側較老的地層逆衝於西側較年輕地層之上，這些斷層多半是呈南北延展有相當距離的低角度逆斷層，因此地表淺部分布一連串斷面向東或東南傾斜的覆瓦狀斷層系統。在這些褶曲和斷塊中，所見的岩層都是屬於第三紀的碎屑岩，卻未見基盤出露，顯示西部麓山帶的逆衝斷層與褶皺作用大部發育在地表的淺處。

本次地震主要影響範圍位於中央山脈西翼地質區（第三紀亞變質岩，IV），地震震央則位於雪山山脈帶（IVa）及脊樑山脈帶

(IVb) 地質分區之交界位置，依何春蓀 (1986) 之分類；地質年代由西向東則由中新世至古地三系在至中新世；變形與變質程度則是由西而東漸增，從未變質與輕微變形一直到強烈變形與低度變質；地形上由西而東漸次上升，從丘陵地向東漸增再到海拔2000公尺以上的高山。

此區域重要的斷層構造有地利斷層、水里坑斷層、雙冬斷層與車籠埔斷層等，其中雙冬斷層與車籠埔斷層為活動斷層。

## 二、地震資料

依據中央氣象局地震報告，本次地震震央位在南投縣仁愛鄉，地震深度19.4公里，震度以南投日月潭最大，達到6級，南投及台中部分地區的震度超過5級。

本次地震主震（氣象局本年度編號041號地震）發生於3月27日10點3分，地震規模6.2 ( $M_L$ ,  $M_w$  5.70)，震央位置位於北緯23.90度，東經121.05度，位於南投縣仁愛鄉濁水溪上游的武界一帶；主震之後至3月28日止，總計在該區發生約400起規模5以下之地震，可能為0327南投地震之餘震（圖一）。

本次地震中央氣象局（圖二、圖三）與中央研究院地球科學所（圖四）分別進行震源機制之解算，兩者解算之成果差異不大，氣象局解算之機制解為兩個解釋斷層面，其一為北西走向，向東緩傾，另一為北北東走向，高角度向西傾。中央研究院解算之機制解為兩個解釋斷層面均為北北東走向，其一朝東緩傾，另一者朝西傾，向西傾的解釋面傾斜角度亦較高。而本次地震之主餘震大致呈現低角度朝東傾斜之分布狀況，較符合其中近南北走向且低角度向東緩傾的斷層面。

比對本區域現有之「五十萬分之一台灣地質圖」與「十萬分之一集水區地形及地質調查成果—流域地質圖」等地質資料（圖五及圖六，網址：<http://gwh.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-2/sys9/>），本地震發生於中央山脈西翼地質區內，該區域符合近南北走向且低角度向東傾之斷層構造有地利斷層、水里坑斷層、雙冬斷層與車籠埔斷層；未發現符合北北東走向，高角度朝西傾之地質構造。

### 參、地表地質調查

南投地震後之地表地質調查成果，發現於前述地利斷層、水里坑斷層、雙冬斷層與車籠埔斷層等斷層構造沿線之集集、雙冬、國姓、水里等聚落，野外調查均未發現地表破裂之跡象，又詢問當地居民與警局，亦無發現地表破裂、錯動之斷層活動現象，僅於雙冬山茶巷，發現山崩、落石砸毀轎車之災害位置（圖七），但仍未發現與斷層活動有關之地質現象。

### 肆、地表變形觀測

在全球定位系統之觀測方面，本所分析地震後台灣地區追蹤站之同震時期水平位移分布（圖八）與同震時期應變率分布，並於地震發生後進行本區的移動式（campaign）的地表變形觀測，測量範圍則涵蓋震央附近向西至跨越車籠埔斷層，總計共 40 個觀測點。若以地震過後的移動式觀測與追蹤站觀測結果相較，二者無論是在位移變化量及位移方向都有相當顯著的差異，移動式觀測結果經更換參考站重新求解後仍呈現不合理的現象，研判可能原因為本次地震的地表位移量過小，而短期移動式觀測精度不足以表現位移在公分

級以內的水平位移變化所致，因此南投地震的地表位移量仍以追蹤站的測量分析結果較為可靠。

追蹤站觀測結果顯示較大的近地表變形分布在震央附近20至40公里範圍內，最大水平位移出現於日月潭測站（10.8mm），大多數地區水平位移均在10mm以內。在同震時期應變率分析結果則顯示，地震造成震央東北部及大多數地區受到壓縮應變，震央西南側及少部份地區呈現伸張現象。

## 伍、地球化學觀測

根據過去的觀測結果我們可經由地震活動所造成的異常變化而初步劃分出各觀測站的異常反應範圍，當有異常變化測站的反應圈出現重疊之區域，則地震可能將發生在這個區域。本次地震前新竹大平地（圖九）與雲林古坑（圖十）兩座觀測站之土壤氣體成份有異常變化，可能為前兆；而這些站位皆未有同震的成份變化，代表該站位之氣體成份，受到應力擠壓於主震發生前皆已釋放完畢。此外，南部的嘉義中崙、屏東屏科大觀測站和東部的花蓮東華、台東池上觀測站並未發生顯著的土壤氣體成分變化，也有助於進一步推估地震應發生在台灣中、北部地區。

依照過去幾年來的觀測經驗，已建立了各觀測站對於地震的敏感反應範圍（圖十一），而這段觀測時間中，僅在土壤氣體大平地站及古坑站和地下水中興站出現異常，因此可推斷該地震應有很大的機率會出現在這些觀測站的敏感偵測區的重疊處。綜觀在目前的觀察結果，可以發現到在某些較大的地震發生前，有兩個或兩個以上的土壤氣體觀測站或地下水壓觀測站可以發現到異常變化，尤其是規模較大的地震，其異常的前兆反應通常更是較為顯著。



## 陸、結論與建議

### 一、結論

- 1.南投地震發生的深度較深，未有證據顯示與地表淺部的雙冬斷層與車籠埔斷層等活動斷層直接相關，研判可能為地下深處之斷層構造所引致。由於斷層在深部的錯移並未直接延伸至地表，且與地表已知斷層的關係並不明確，因此暫解釋為一條盲斷層。在中部地區的災情係受到震波搖動造成。
- 2.GPS 追蹤站觀測資料顯示，鄰近震央附近的南投縣日月潭測站（SUN1）顯現最大的水平位移量，大多數測站的水平位移量皆小於 1 公分。
- 3.地球化學觀測站紀錄，發現在新竹大平地及雲林古坑等站在地震前幾天出現氬氣訊號的異常變化，東部及南部的測站並未顯現土壤氣體成分的異常變化。

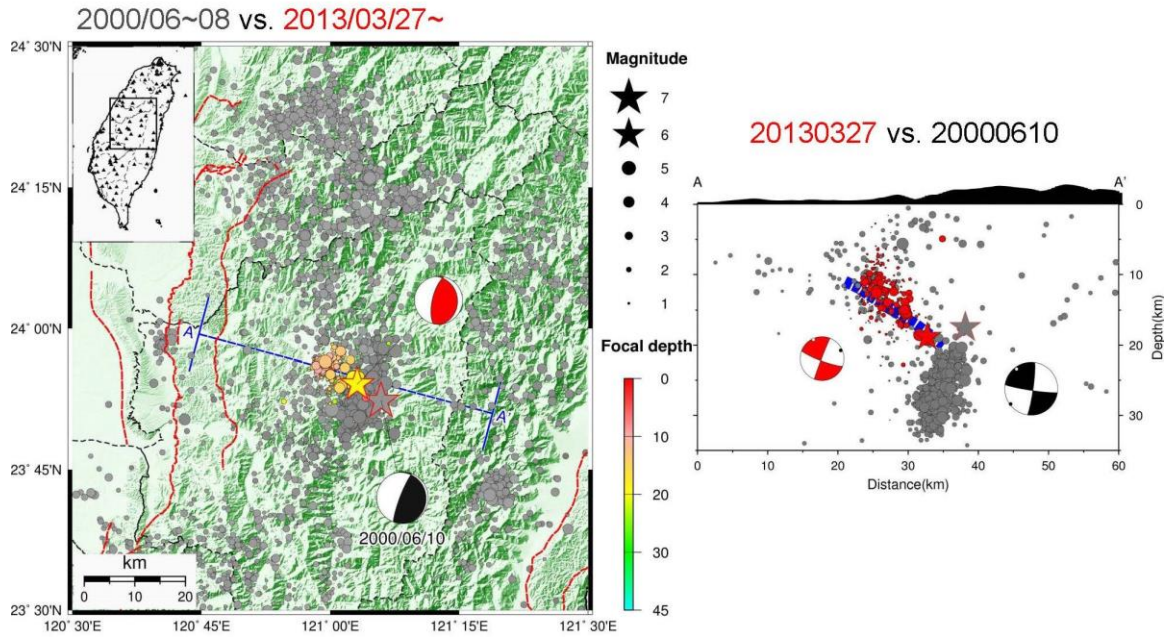
### 二、建議

- 1.由於引發南投地震的斷層並未出露地表，因此所造成的災情係地震表面波的強烈搖動所致，雖然地震發生在地震活動較少的中部地區，顯示此地區未來不排除再度發生類似規模的地震，建議位於附近的重要設施須重新檢討安全設計係數，並視需要進行補強提高耐震能力。
- 2.針對類似深藏在地底深處的盲斷層或發震構造，應該要加強地震地質調查工作與活動斷層觀測網的觀測與分析能力，並配合區域尺度的微震觀測進行構造解釋。

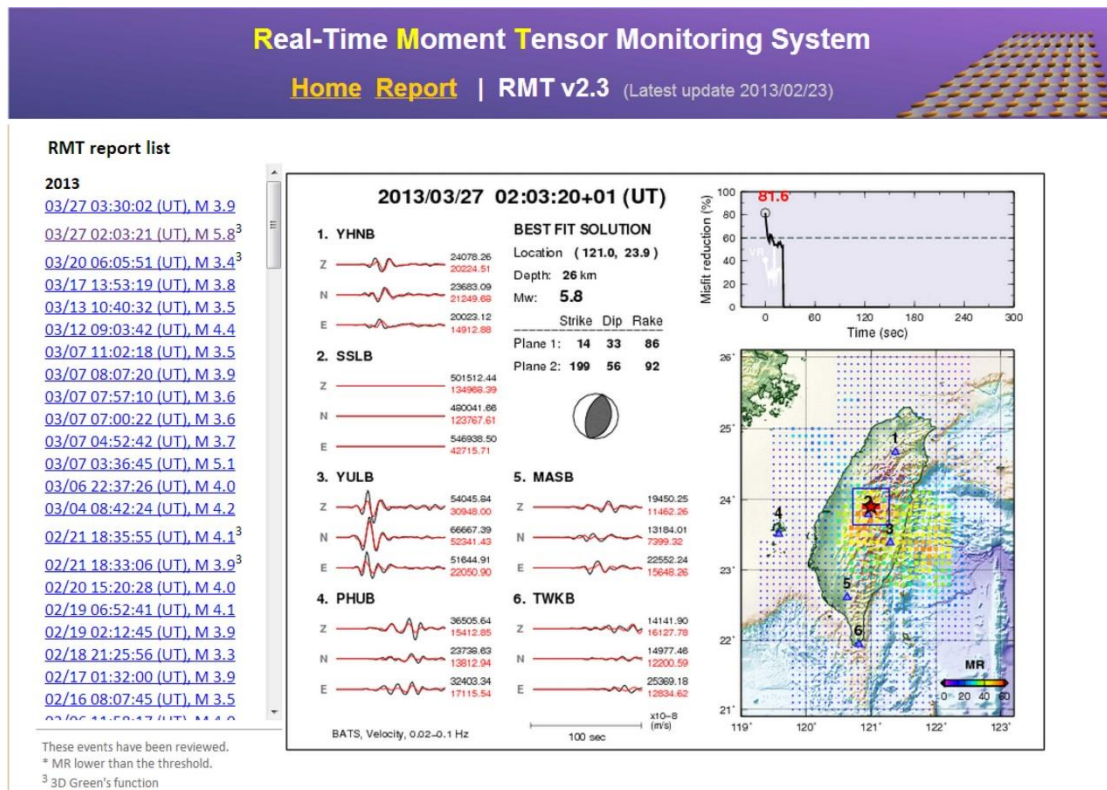
3.本所的活動斷層觀測網的觀測成果顯示，地殼不穩定性可藉由長期觀測瞭解其變動趨勢並評估其安全性。此項工作需充分的人力與經費配合，並且長期持續進行方能竟其功。希望決策部門能持續支持本所針對全國活動斷層及地殼變動敏感地區進行長期觀測。一旦發現異狀，即可適時提供預警，作為災害防治與應變之參考。





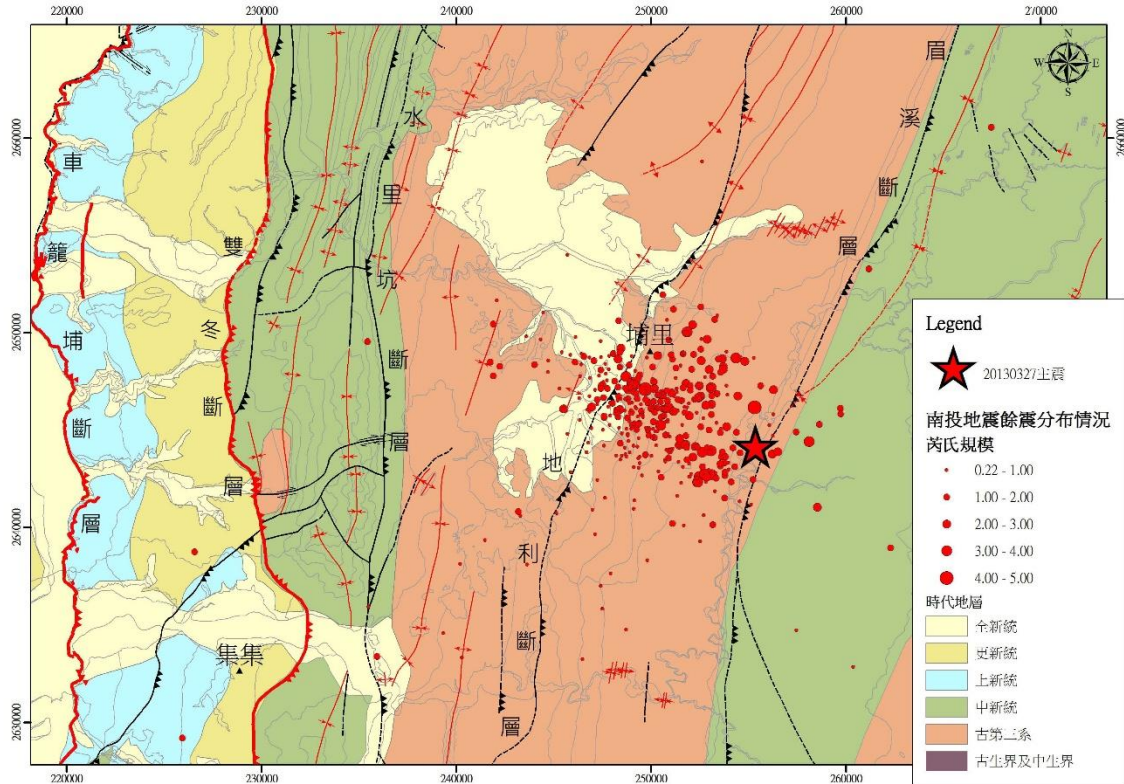


圖三 本次地震序列分析。左圖為地震分布圖，本次地震之主、餘震（標示為彩色點，詳圖例）與本區域地震（標示為灰色點）。右圖為地震分布剖面圖，由剖面資料可看出本次地震之主餘震大致呈現低角度朝東傾斜之分布。（資料引用自中央氣象局）

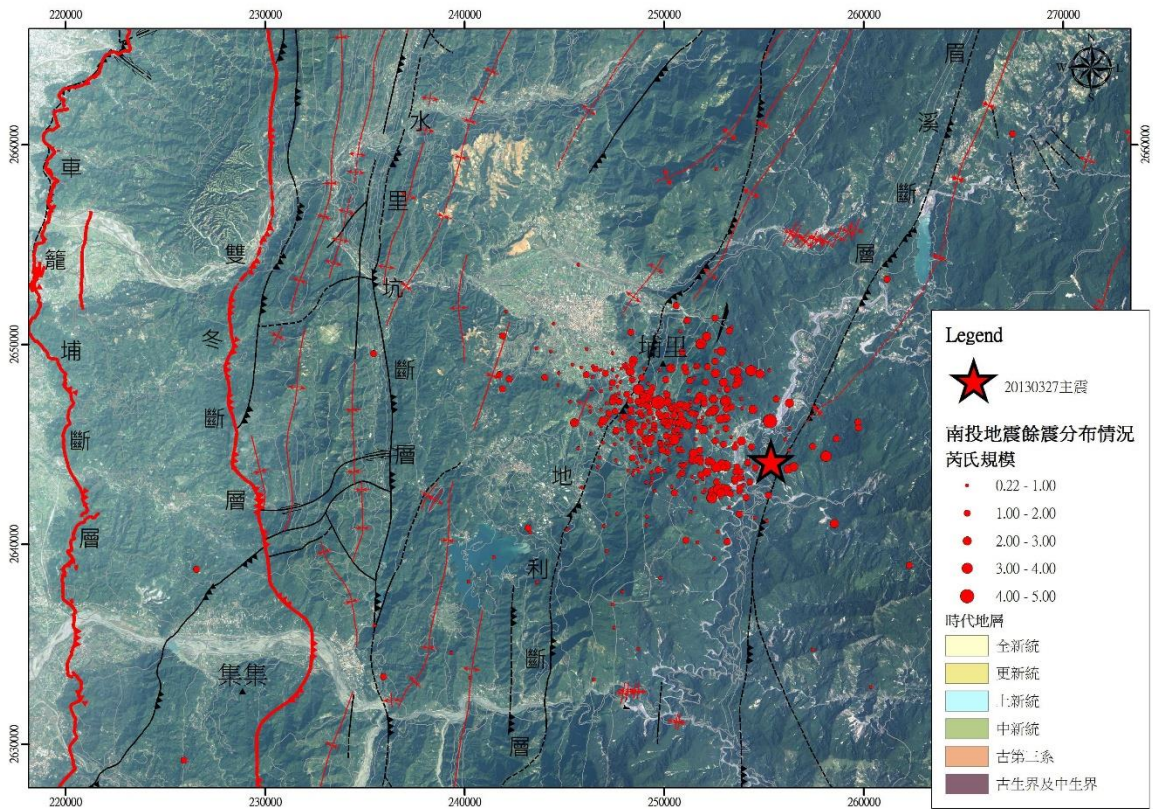


圖四 中央研究院地球科學所 RMT 所解算之震源機制成果。





圖五 本區域之地質圖。

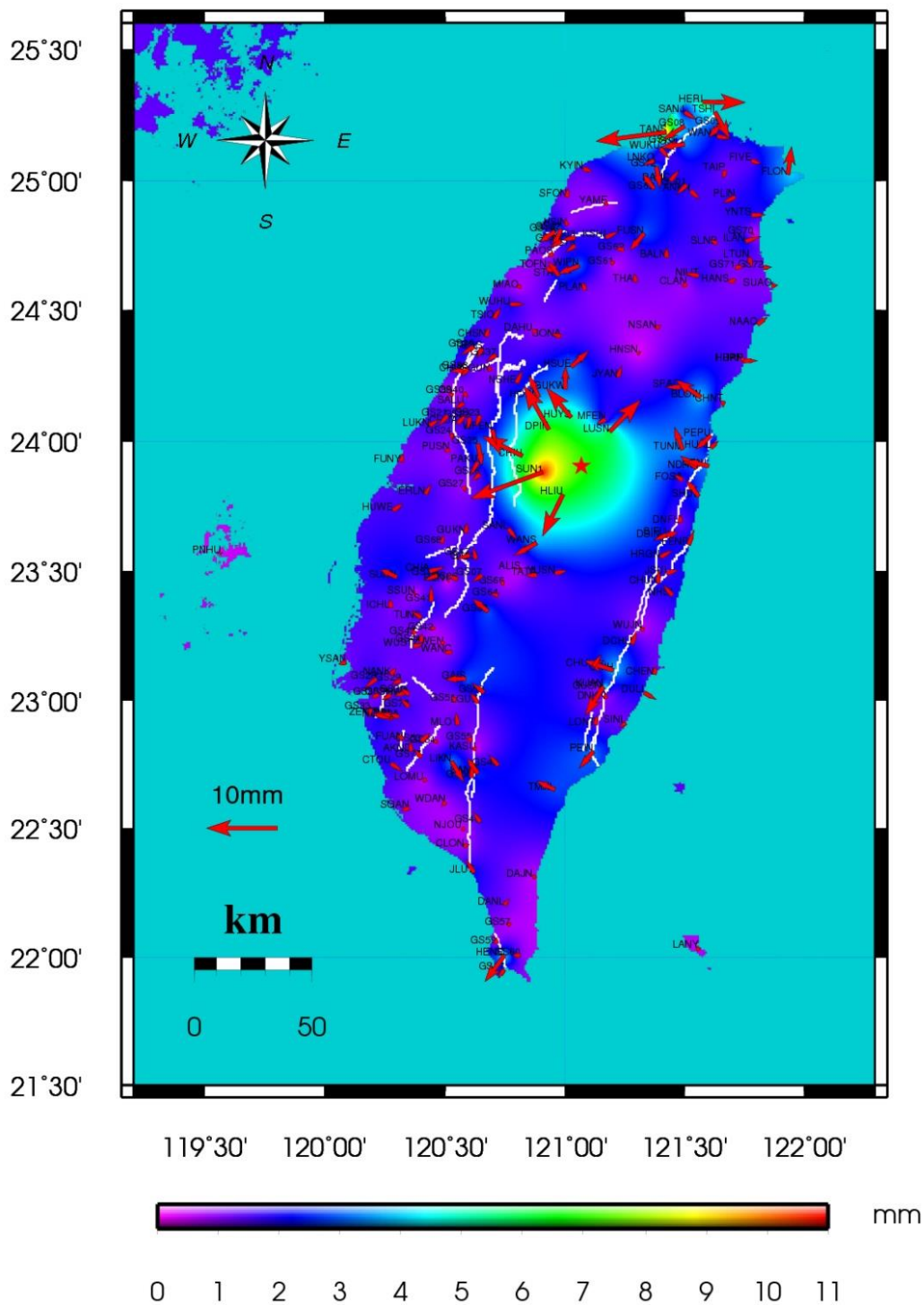


圖六 本區域之主要的斷層構造分布圖。



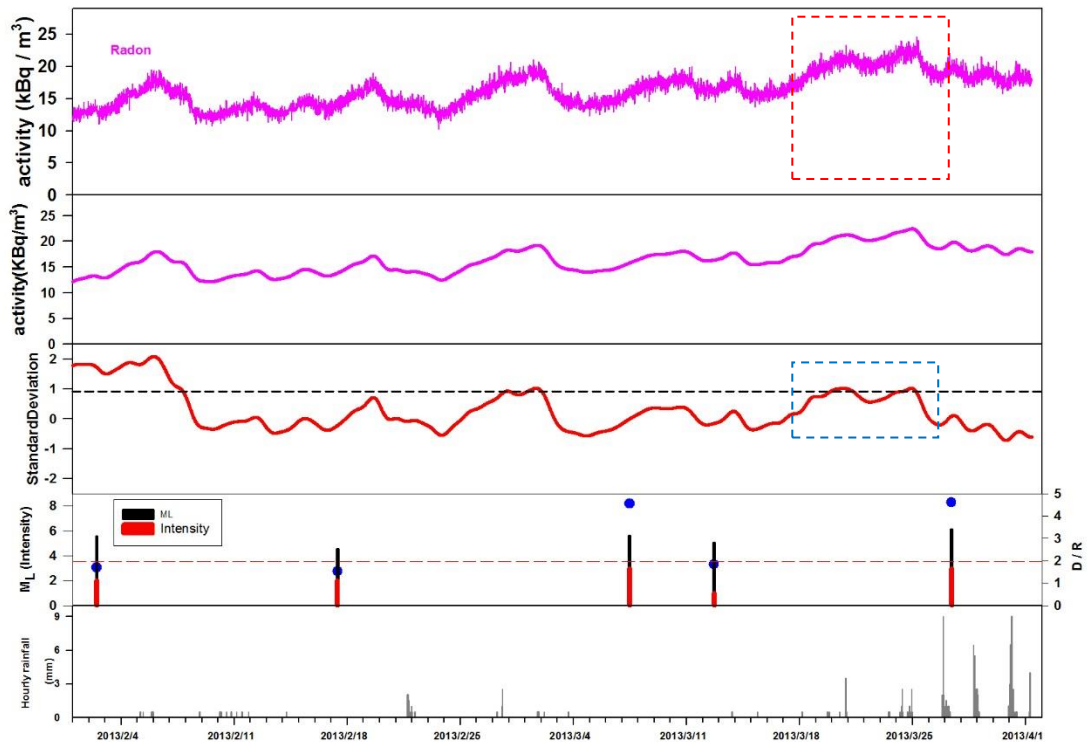


圖七 南投縣草屯鎮雙冬山茶巷落石導致砸毀車輛，遭砸毀車輛今已被移往路邊。



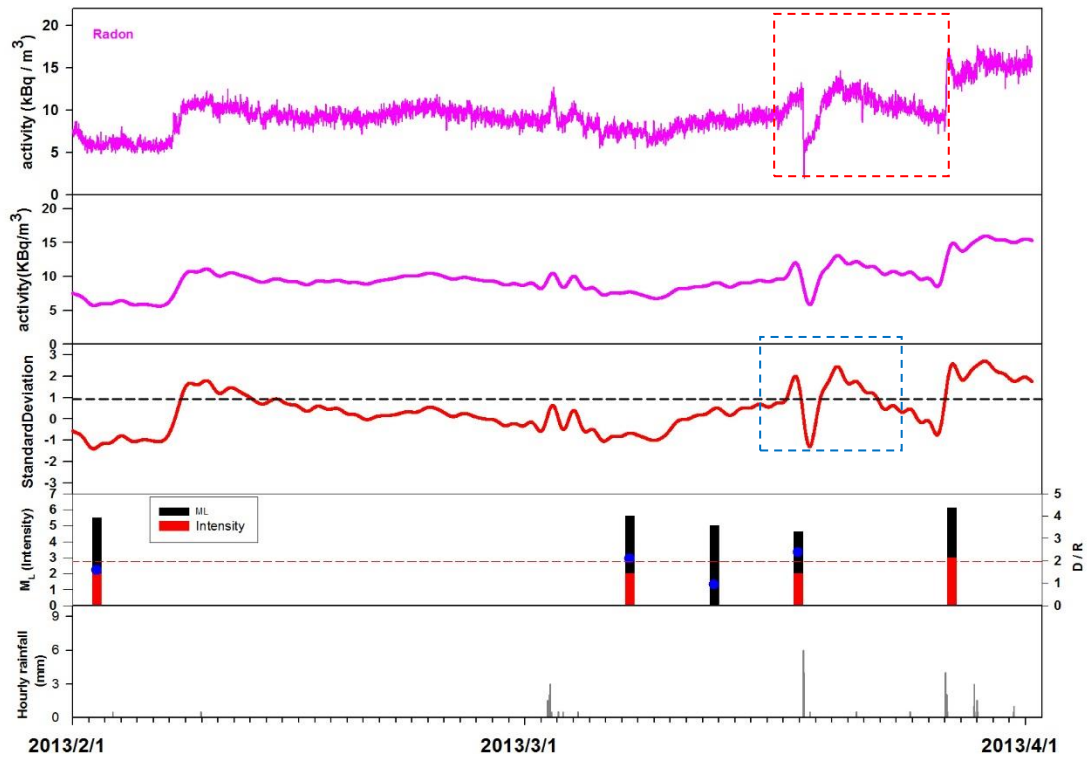
### 327 earthquake coseismic displacement

圖八 利用 GPS 追蹤站資料解得之同震時期水平位移分布圖，紅色星號為震央位置，紅色箭頭代表各站位移方向，長度代表大小，下方為水平位移量的參考比例尺，白色為活動斷層。

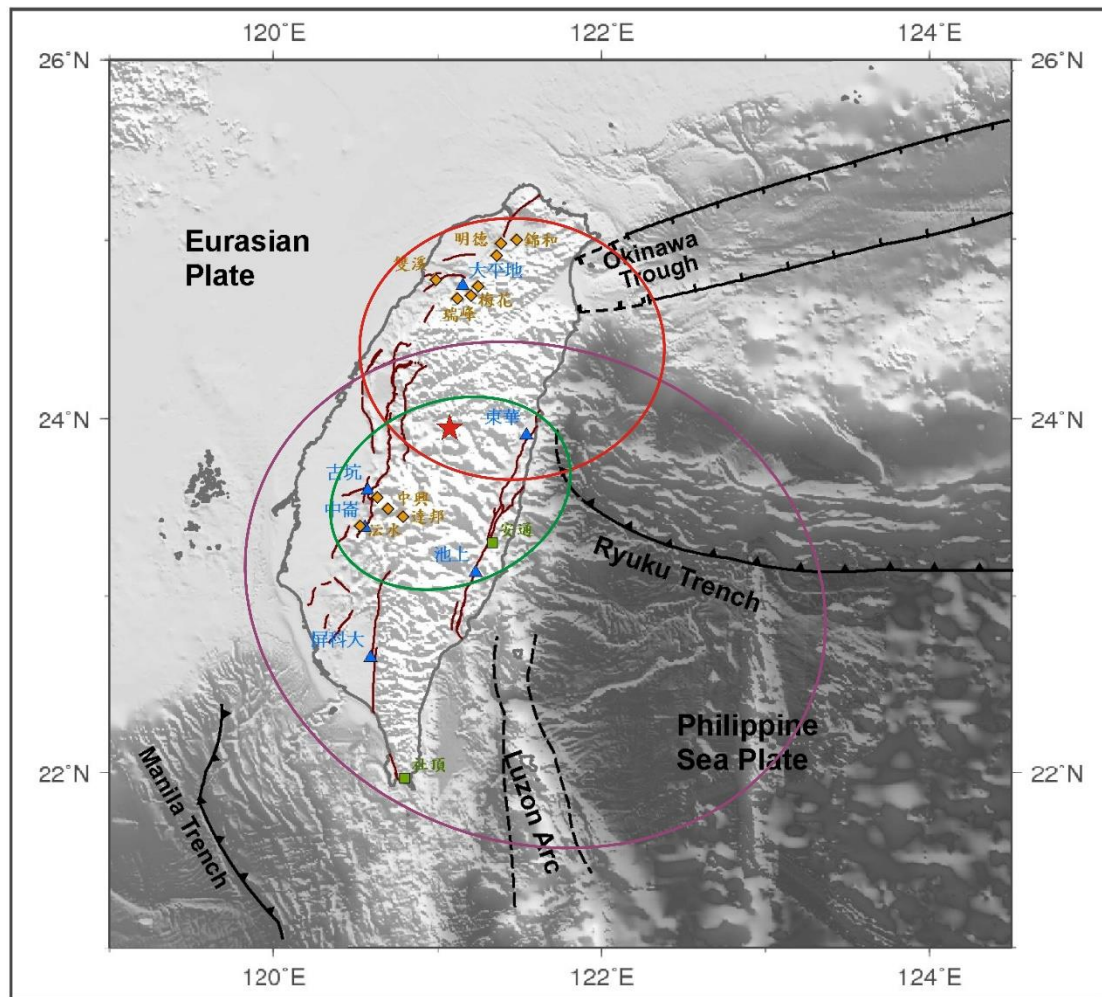


圖九 新竹大平地土壤氣氡氣成份連續變化之原始數據、疊代式高斯平滑法的結果、14 天滾動平均值、標準化數值（1 個標準差來表示其異常門檻）與地震及時雨量之相關性。EQ ( $M_L$ )：地震規模；MI：地震震度（2013/2/1-2013/4/1）。圖中紅色及藍色虛線方框標示與 0327 南投地震有關之氡氣異常變化區間。





圖十 雲林古坑土壤氣氡氣成份連續變化之原始數據、疊代式高斯平滑法的結果、14 天滾動平均值、標準化數值（1 個標準差來表示其異常門檻）與地震及時雨量之相關性。EQ（ $M_L$ ）：地震規模；MI：地震震度（2013/2/1-2013/4/1）。圖中紅色及藍色虛線方框標示與 0327 南投地震有關之氡氣異常變化區間。



圖十一 地球化學觀測站的敏感偵測區間示意圖，圓圈分別代表各觀測站的敏感偵測範圍（紅圈:大平地測站；綠圈:古坑測站；紫圈:嘉南地區地下水站），其重疊處代表地震可能發生的地點。紅色星號代表 0327 南投地震的震央位置。