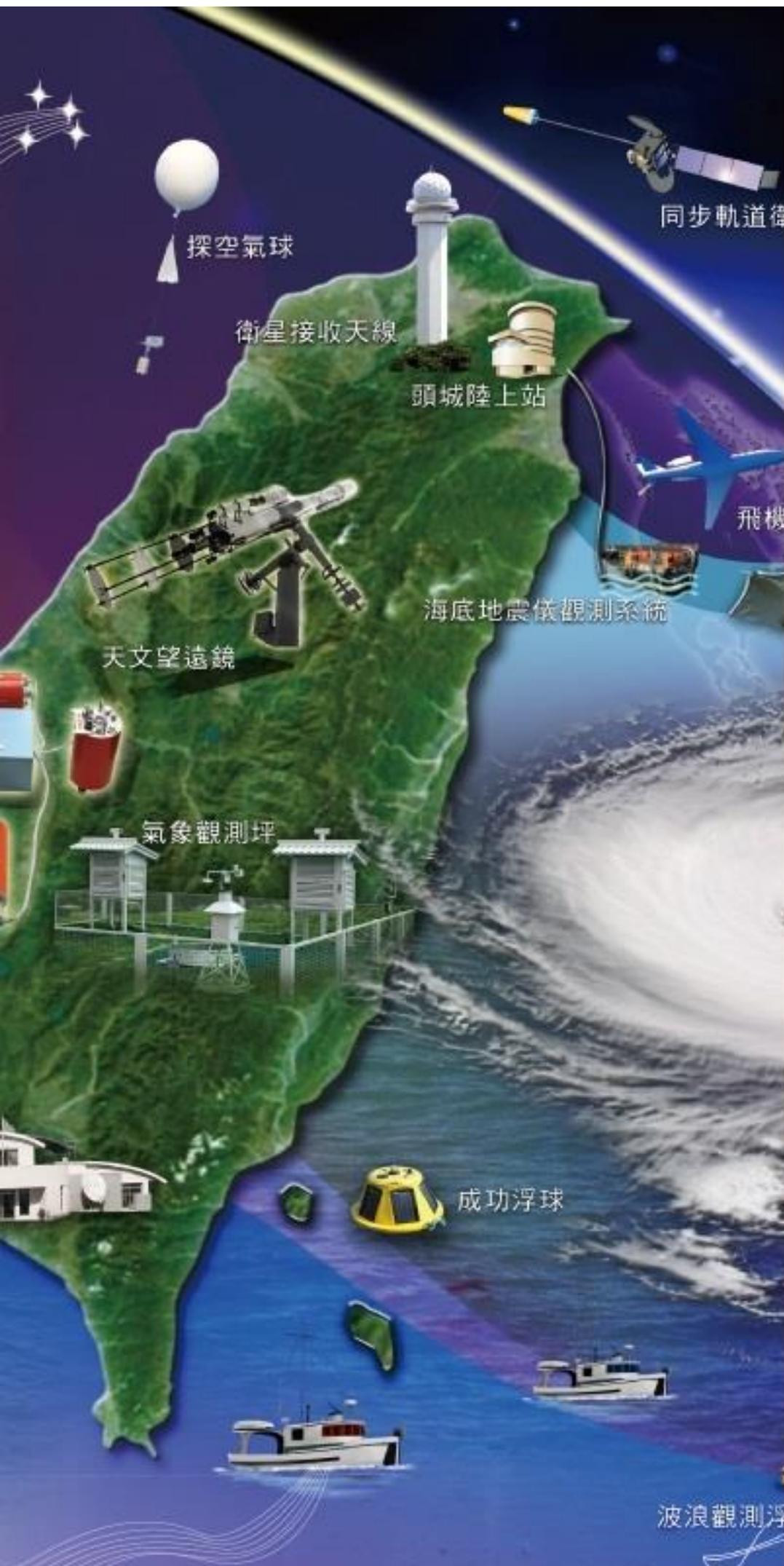


地震年報



同步軌道衛星

探空氣球

衛星接收天線

頭城陸上站

飛機投落送

海底地震儀觀測系統

天文望遠鏡

氣象觀測坪

成功浮球

波浪觀測浮標

遠極軌道衛星

Seismic Observation

2015 Annual Report



中央氣象局 104 年地震年報

目錄

一、前言	1
二、地震觀測.....	2
(一) 地震觀測系統	2
1. 即時地震觀測網.....	2
2. 強地動觀測網.....	3
3. 臺灣東部海域電纜式海底地震儀	7
4. 井下地震觀測站.....	10
5. 大屯火山即時地震監測網.....	12
(二) 地震活動分析	13
1. 全區地震活動常態分析	13
2. 大屯火山地震活動分析	21
3. 小結	24
三、地球物理觀測	25
(一) 地球物理觀測系統.....	25
1. 全球衛星定位系統	25
2. 地下水位觀測系統	26
3. 地磁全磁場觀測系統	26
(二) 地球物理觀測資料分析	29
1. 地殼形變觀測.....	29
2. 電離層全電子含量 (Total Electron Content, TEC)	31
3. 地下水位觀測.....	32
4. 地磁全磁場觀測.....	35
四、地震速報作業	37
(一) 有感地震報告	37
(二) 地震速報系統速報效能分析	40

五、海嘯警報發布作業	42
六、強震即時警報應用推動.....	43
(一) 背景.....	43
1. 強震即時警報原理	43
2. 推動規劃.....	43
(二) 2015 年執行成效	44
1. 系統效能.....	44
2. 通報、推廣成果.....	48
(三) 後續工作	49
七、地震個案討論	50
(一) 2015 年 2 月 14 日綠島地震	50
(二) 2015 年 3 月 23 日花蓮磯崎地震.....	54
(三) 2015 年 4 月 20 日臺灣東部海域地震	57
八、結語	63
九、附錄: 地震測報發表論文.....	64

一、前言

臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交界處，屬於環太平洋地震帶的一部分，大大小小的地震持續不斷地發生，每隔數年即會出現一次災害性地震，造成人民生命財產的損失。因此臺灣民眾經常體驗大地的撼動，防震意識是生活中不可或缺的一部分。

中央氣象局（以下簡稱本局）職司臺灣及鄰近地區的地震監測任務，每年投注相當多的人力與經費從事此項業務，經常性地即時發布有感地震報告和海嘯資訊周知防救災單位與民眾。經本局統計，2015年臺灣地區共發生44,836個地震，並發布549筆有感地震報告，其中100筆地震之震度影響範圍較大，為顯著有感(編號)地震，另449筆地震之震度影響範圍較小，為小區域有感地震。平均每筆顯著有感(編號)地震對外發送之簡訊約567則，對象包括政府機關、防救災相關單位、重大民生機構、學術機構以及大眾傳播媒體等。除固定格式外，還提供重要單位之客製化產品，如臺灣高鐵沿線之預估震度資訊，相關資訊均可提供防震減災之通報與應用。

本局自民國78年成立地震測報中心專責地震測報任務迄今，已執行4期強地動觀測計畫，104年度完成增建高品質深井地震站及更新強震站與全球衛星定位系統測站儀器設備，使地震測報作業在品質與精確度皆得以提升，在地震測報方面的業務推展與先進國家相較並不遜色。出版地震測報年報，主要的目的除展現地震測報的結果與地震活動情形外，同時也說明各地震測報作業系統與設備之建置情形，記錄業務發展過程。

二、地震觀測

(一) 地震觀測系統

1. 即時地震觀測網

本局被賦予監測臺灣地區地震活動的任務，經由發展即時地震觀測網，將地震儀所記錄到的各種地振動訊息，透過傳輸線路即時傳回臺北資料處理中心，除了可以做為地震學的研究與應用外，也提供災害應變單位在地震救災上重要的參考依據。

自2010年起，本局執行「強地動觀測第4期計畫－建置新一代地震觀測系統」，全面更新地震即時站的儀器及傳輸方式。一方面提升測站訊號的取樣率至每秒100點及24位元資料紀錄解析度，同時建置井下地震觀測網，以降低地表雜訊干擾，提升訊號品質；另一方面發展資料整合作業，結合短週期、地震速報、寬頻、井下地震觀測網及國外IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology)資料交換中心所提供的全球即時地震觀測資料，以增加地震觀測站的密度並擴大偵測範圍，此一新的地震觀測系統稱為「24位元地震觀測系統」，並自2012年起開始啟用。透過資料整合，使得地震測報不再是各個觀測網獨立觀測，而是進入聯合觀測的新時代。至2015年底，此地震觀測系統的地震站數約有190個，其系統架構如圖2.1.1所示。

近3年(2013~2015年)測得的地震個數分別為45,510、36,763、44,836個，比2012年的31,373個增加了許多，其中最大的差異是在規模2以下的地震數量。規模2以下的地震在2012年測得22,977個，2013~2015年分別測得35,694、28,056、33,542個，相較以往增加了很多，主要原因在於「24位元地震觀測系統」較16位元系統大幅提升微小地震觀測訊號解析能力，增強了規模2以下微小地震的偵測能力。

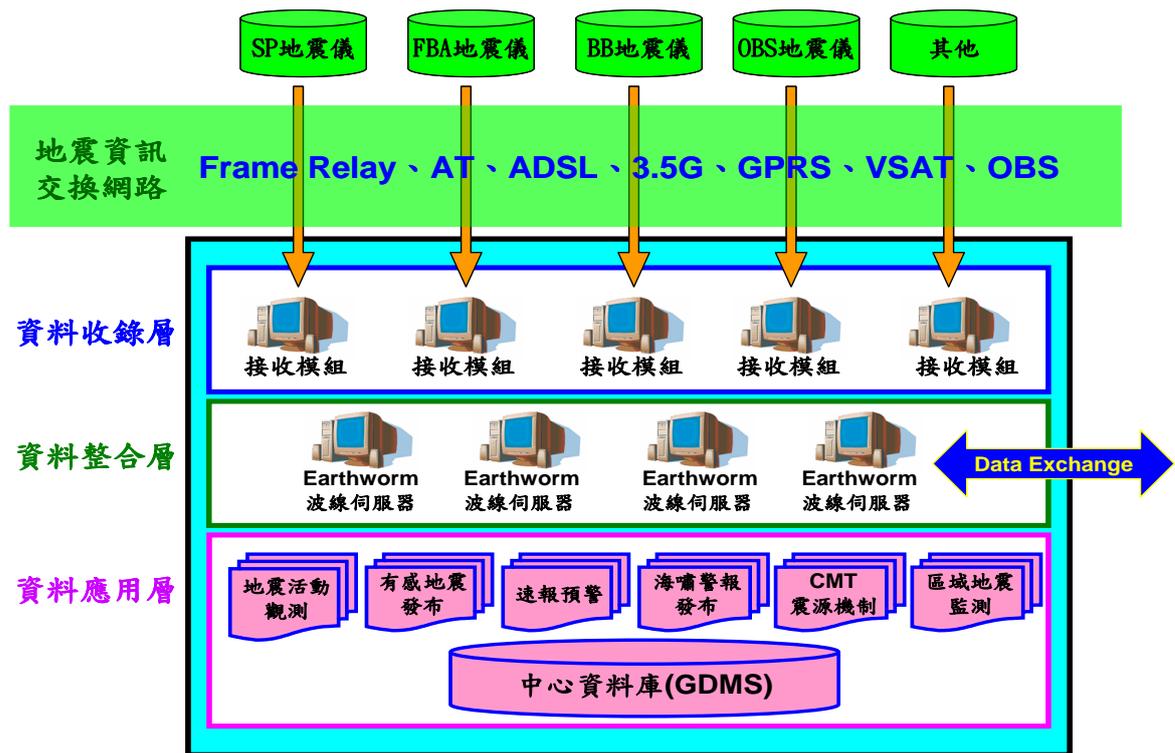


圖 2.1.1 新一代 24 位元地震觀測系統架構圖。SP、FBA、BB、OBS 地震儀分別為短週期地震儀、強震儀、寬頻地震儀、海底地震儀。Data Exchange 係與局外單位進行資料交換。

2. 強地動觀測網

由於臺灣地區地質環境非常複雜，同一地區內之不同地點，往往具有不同的強地動特性，主要可以分成三項：包括震源規模和破裂過程及形式的震源效應（source effect）、震波傳遞的路徑效應（path effect）、地震波因局部地質所引起的場址效應（site effect）。因此為加強臺灣各地區之強地動觀測，提升該相關領域之研究工作，以達到減輕地震災害的目的，本局設置臺灣強地動觀測網，包括自由場強震站（Free-field Strong-motion Station）及結構物強震監測系統（Strong-motion Building Array）。上述兩類測站的差別在自由場強震站強震儀記錄地震時地表三向量的振動，而結構物強震監測系統則是記錄建築物中不同樓層或位置受地震力作用下所反應的不同振動情形。

截至2015年底，非山區自由場強震站總共為720站(圖2.1.2)，結構物監測系統則是57站(座)(圖2.1.4)。此外，為加強山區的強地動觀測，自2006年起至2012年止與中央研究院地球科學研究

所合作建置山區自由場強震站70站(圖2.1.2,如十字符號所示)。

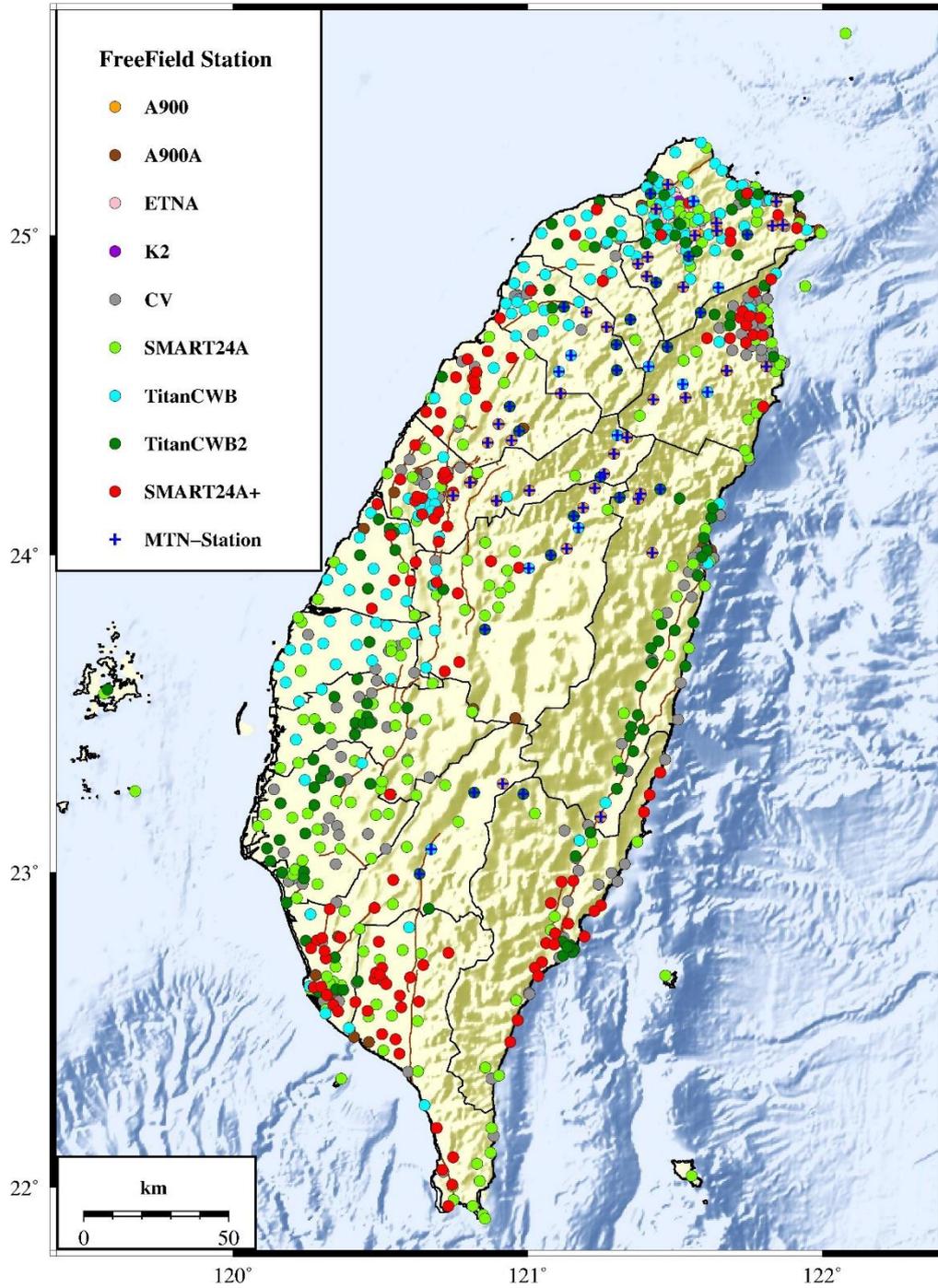


圖 2.1.2 2015 年自由場強震站分布圖，圖中不同顏色代表不同型式之強震儀，山區強震站並加上十字符號表示。

圖2.1.2中自由場強震儀，因分年招標建置，因此有多種不同型號。自2012年起本局執行「強震與地球物理觀測系統效能提升計畫」，分4個年度逐年汰換老舊強震儀，並將儀器的地震紀錄解析度由16位元提升至24位元，2015年共汰換50處自由場強震站強震儀，儀器型號為新型Smart24A，為美國GEOTECH公司產品，自由場強震站新舊儀器之比較如圖2.1.3。



新型 Smart24A

圖 2.1.3 自由場強震站新舊儀器之比較。

圖2.1.4為本局結構物強震監測系統測站分布圖，其中44站資料為即時傳輸(On Line)，13站資料需人工前往蒐錄(Off Line)。

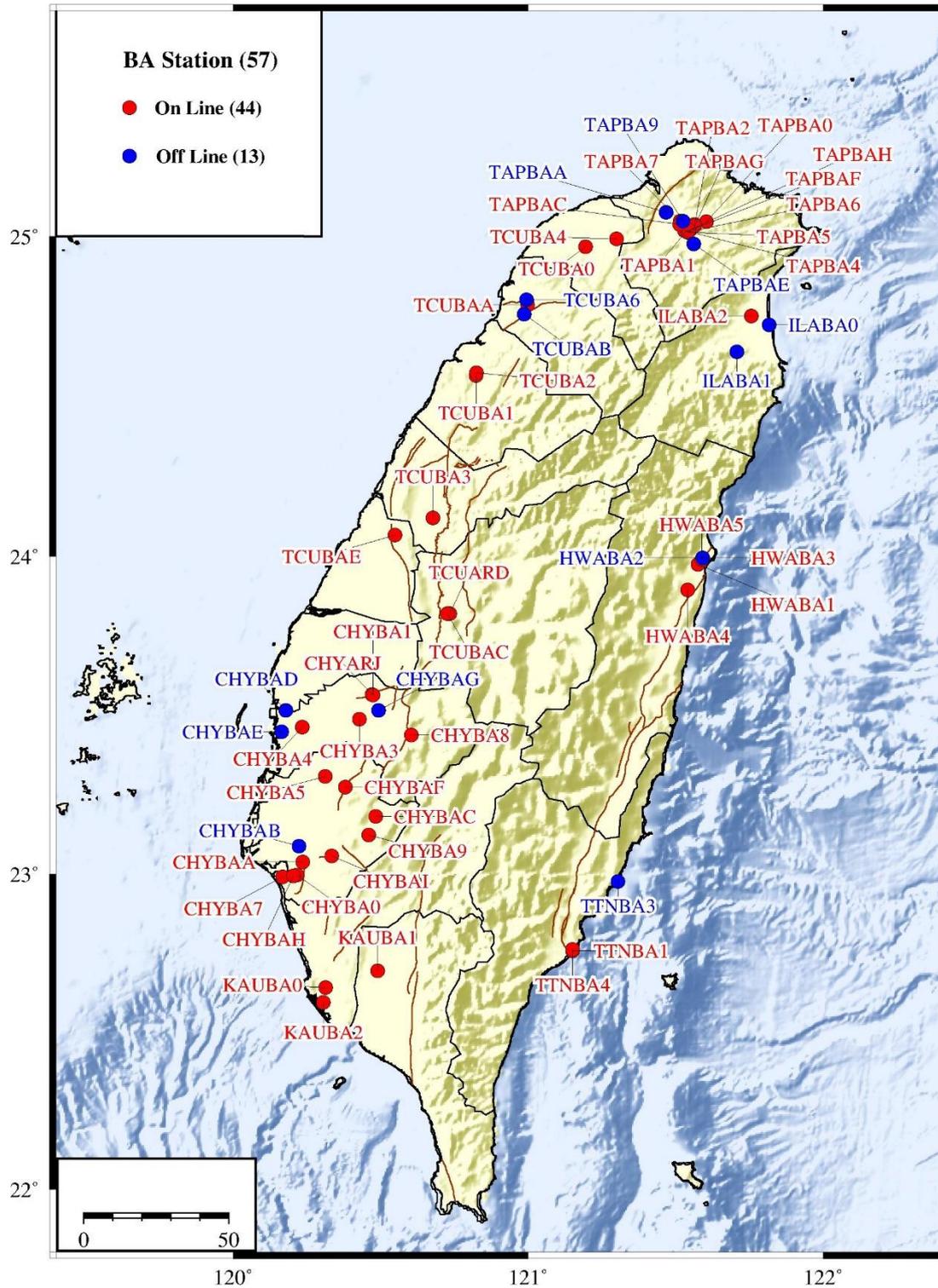


圖2.1.4 本局結構物強震監測系統測站分布，即時傳輸資料(On Line)及需人工前往蒐錄資料 (Off Line) 測站以不同顏色標示。

3. 臺灣東部海域電纜式海底地震儀

臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊交界處，地震活動頻繁且常對社會大眾的生命財產造成威脅，其中規模6以上的中大規模地震約有將近70%分布於東部海域，另周圍海域亦有孕育海嘯發生之地體構造存在，基隆在1867年即曾有過海嘯災害的紀錄。雖然現有的地震監測網具有提供預警或防災的功用，但是對於分布在臺灣陸上地震站網以外的海域地震，現有陸上的地震站尚不足以提供有效的監測。若能於臺灣東部海域設置電纜式海底地震儀，便可使影響臺灣的地震都能被包覆於本局所建地震網內，不但彌補陸上地震站觀測範圍之不足，也可改善海域和近岸的地震定位，增強本局強震即時警報系統的正確性和可信度，提供有效的防救災資訊。

此外，海域地震定位正確性的提昇，讓我們能更精確地掌握地震是否將引起海嘯，同時海底觀測網也能監測海底山崩可能引發的間接海嘯，提早偵測海嘯之發生與威脅。因此本局自2007年起執行「臺灣東部海域電纜式海底地震儀及海洋物理觀測系統建置計畫」，在臺灣東部海域利用海底光纖電纜連接地震儀、海嘯壓力計與其它海洋科學觀測儀器，進行海底地震及海嘯活動之即時監測，以達到提升防震減災能力的目的。

歷經數年的規劃與施做，東部海域電纜式觀測系統在2011年11月正式完工啟用，自宜蘭頭城向外海鋪設45公里長的海底電纜，並於終端設置地震儀、海嘯計，以及海洋物理觀測系統，其系統架構如圖2.1.5所示。

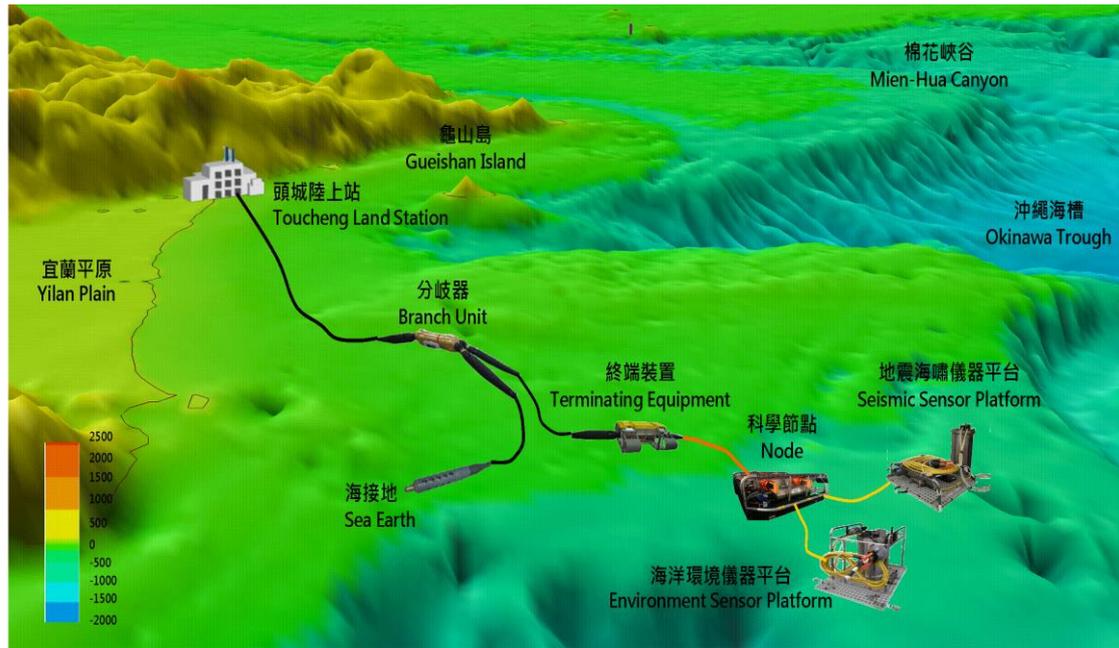


圖 2.1.5 2011 年完成之臺灣東部海纜觀測系統架構。

此系統經過3年多來的運作，經分析2012至2014年的東北外海地震，確認該系統已發揮效能，其效益如下：

- (1) 對於東北部外海的地震，網內地震的比率由 40%提高至 79%，有效提升地震監測的能力。(由於地震測站向外海擴展，因此地震網擴大，部分原來在網外的地震，變成在網內，被地震網所包覆。)
- (2) 在地震定位品質方面（由 A 到 D 分為 4 級，其中 A 表示最佳，D 表示最差），44%的地震從較差的等級 D 提升到較佳的等級 C 或等級 B，對地震參數準確性的提升有所助益。
- (3) 在地震測報時效方面，此期間海底地震儀(站碼 EOS1)共收錄 32,427 個地震，其中 2,932 個是 EOS1 最早偵測到的，可以提供比陸上站更早的地震波到時資料。在 2,932 個地震中的 62% (1,820/2,932)，EOS1 可以多提供 1.5 秒以上的 P 波反應時間，此資料可以提高當地地震的速報速度，以達到減少地震災害的目的。

為擴大以上成效，本局以第 1 條 45 公里海纜觀測系統做為基礎，評估臺灣周圍海域之地震海嘯總體防災需求，規劃將海纜繼續向外延伸 70 公里至 115 公里，海纜擴建計畫於 104 年 6 月底完成採購合約之簽訂，104 年底完成海纜系統海底電纜預定鋪

設路線詳細調查，以及海纜系統陸上站設備廠內製造、測試與公證檢驗。

在海纜預定鋪設路線詳細調查後，海纜系統於外端擇合適地點（歷史紀錄災害性地震發生頻繁之和平海盆與南澳海盆鄰近區域）設置 2 處觀測站，海底地震儀將分別裝設於水深約 950、1,100 及 2,700 公尺的海底。3 個觀測站均採用嵌入式（in-line）設計，並強化海纜埋設方式，依照國際上的通用標準（中華電信海纜也採此標準），將海纜所經海水深度淺於 500 公尺的部分，掩埋海纜最深至 1.5 公尺。完成擴建之海纜觀測系統（如圖 2.1.6）將納入本局風險管理，建立嚴格作業監控機制。未來在海纜實體水下查勘方面，則有近岸端的潛水勘查及委託國內業者針對整條海纜路線巡查等措施。

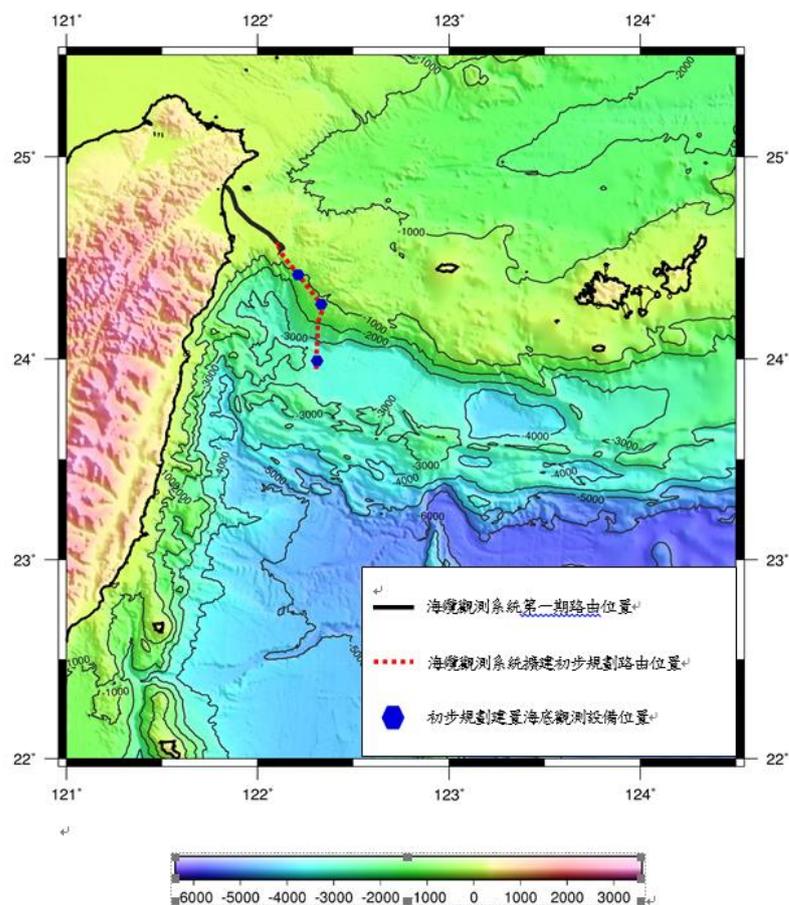


圖 2.1.6 2017 年將完成之海纜擴建計畫系統圖

4. 井下地震觀測站

井下地震觀測站是視岩盤深度將地震儀器設置在地表下約100~500公尺深的地方，以降低地表雜訊干擾，提升地震觀測訊號品質的地震觀測站。一般地面常因鄰近人為活動等造成振動，置於地表之地震觀測站，收錄到這些雜訊，以致不易分離真正之地震訊號，建置「井下地震觀測站」(圖2.1.6)，除了可以提高地震觀測訊號的品質外，對於地震波相的判定以及地震定位都有相當大的助益(圖2.1.7)，可以強化地震監測系統並提升地震預警(Earthquake Early Warning, EEW)的效能。2015年本局共建置完成5座井下地震觀測站，累計完成51座井下地震觀測站(圖2.1.8)。

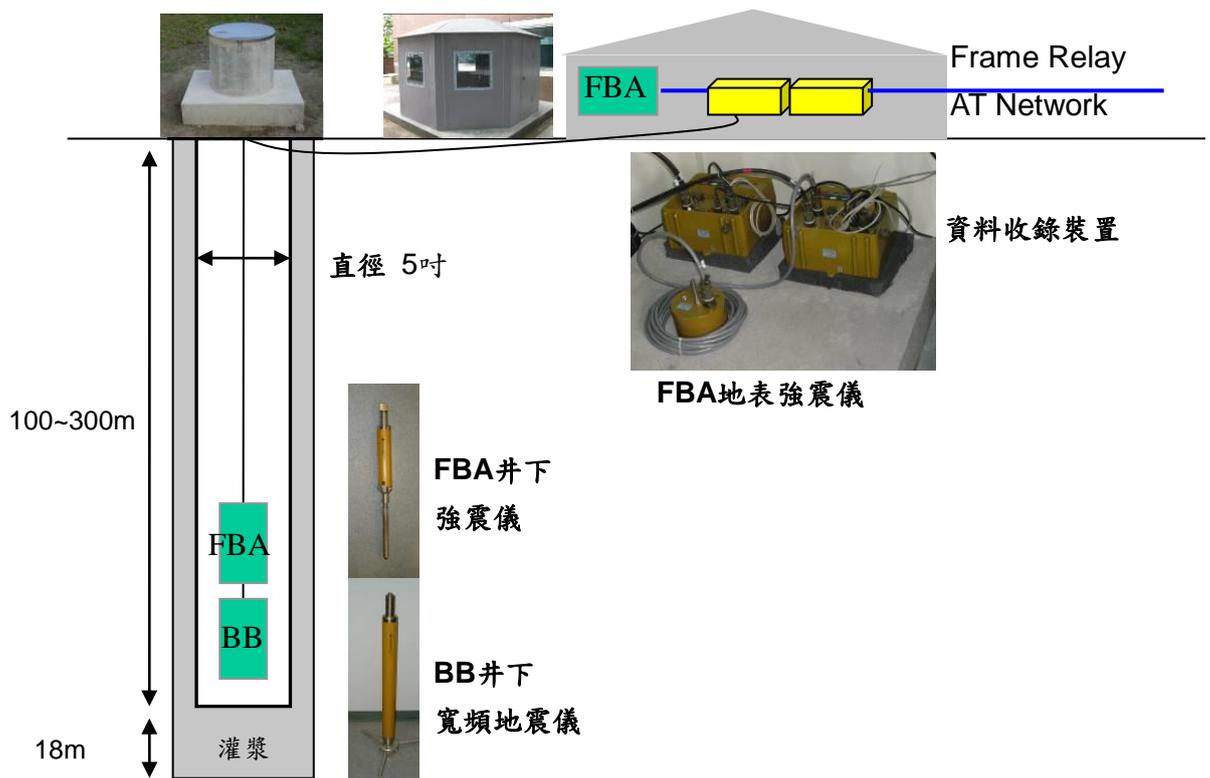


圖 2.1.6 井下地震觀測站示意圖。

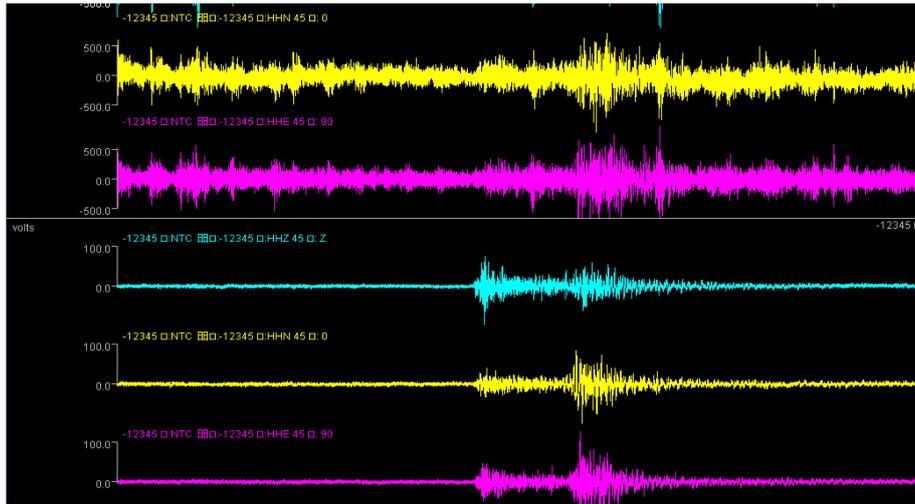


圖 2.1.7 2010/03/08 17:26 臺南東山附近地震(ML 4.9)。頭城站(距震央 162km)的地震波形紀錄，上方為地表強震儀的波形紀錄，下方為井下強震儀的波形紀錄。

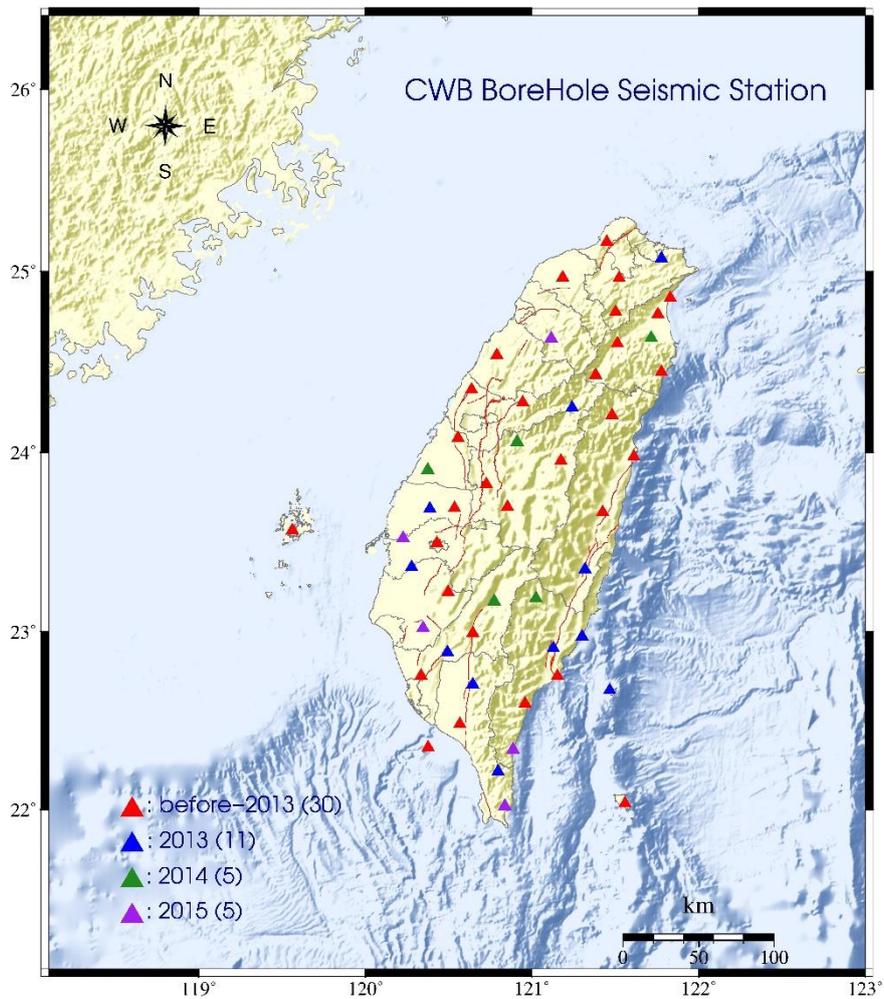


圖 2.1.8 歷年建置之井下地震觀測站分布。

5. 大屯火山即時地震監測網

本局的大屯火山地震監測工作自2007年開始，與中央研究院地球科學研究所和科技部大屯火山觀測站合作，對大屯火山地區進行火山地震監測。測站網以10個火山地區的地震站為主（初始由中央研究院地球科學研究所建置，自2011年下半年起續由科技部大屯火山觀測站負責測站的維護運作與資料蒐集），並搭配本局在臺灣北部的即時地震站（圖2.1.9），可以有效率的監測大屯火山地區的微震活動，並快速提供相關資訊。

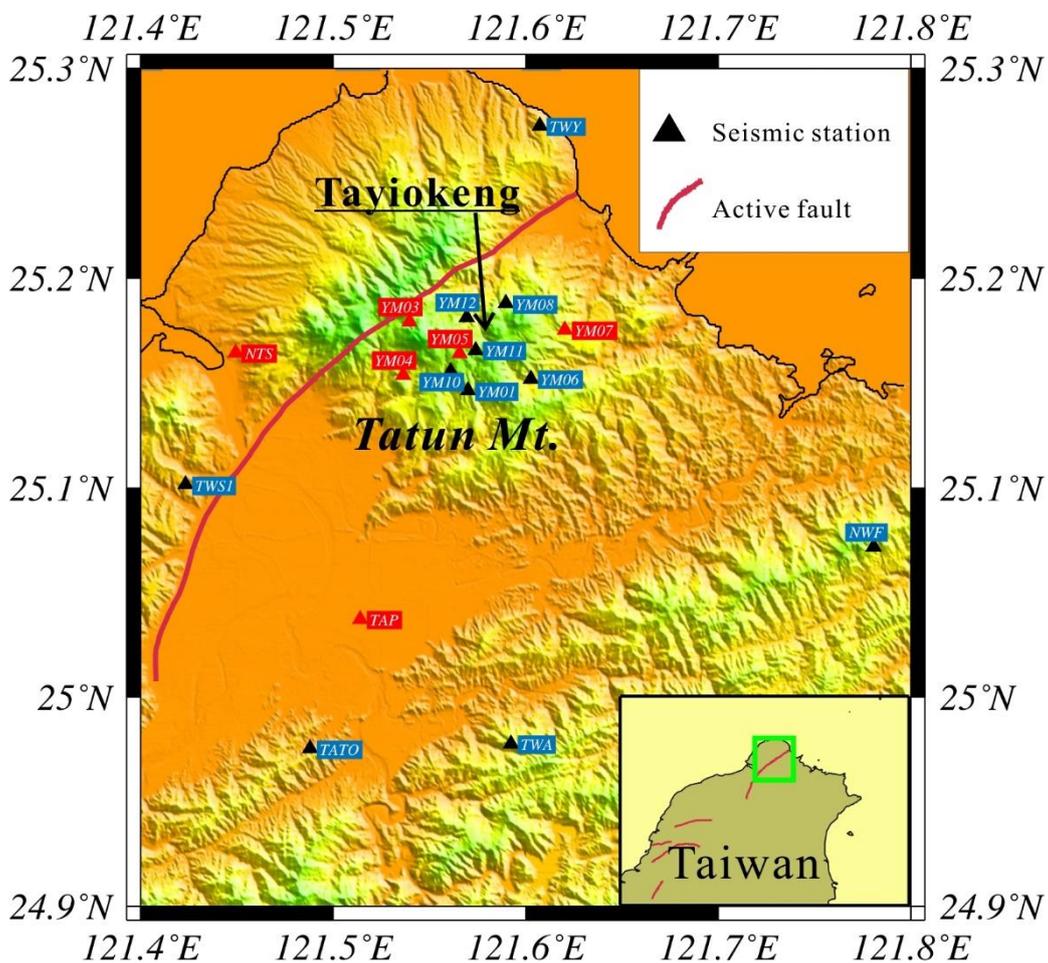


圖 2.1.9 大屯火山監測網的地震站分布。三角形表示地震站的位置(地表站以黑色三角形表示；井下站以紅色三角形表示)，其中 YM01 到 YM12 測站為大屯火山觀測站所維護之地震站。

(二) 地震活動分析

1. 全區地震活動常態分析

本局建置地震觀測網 (Central Weather Bureau Seismic Network, CWBSN) 以從事臺灣地區之地震觀測，自2012年使用24位元系統觀測地震以後，微小地震的觀測資料數量明顯增加，其對於強震與弱震間相關性之探討，提供了豐富資料。2015年共觀測到44,836起地震，其中包含4個規模大於6以上的強震，分別為2月14日發生在綠島的規模6.3地震、3月23日發生在花蓮磯崎的規模6.2地震、另外在4月20日南澳海盆地區發生規模6.4與6.2的地震。這些地震的發生位置皆在臺灣東部海域，發震原因應為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的相互隱沒與碰撞有關。(圖2.2.1)。

由地震活動在空間上的震源分布特性可以發現，震源深度較深的地震多發生在臺灣東北部，且在臺灣東部大約北緯24度附近，震源分布明顯呈現向北隱沒的傾斜地震帶，而臺灣南部在約東經121度附近也隱約呈現向東隱沒之傾斜地震帶。臺灣西部之震源分布，則主要為集中於斷層構造區附近之淺層地震。

與地震活動相對應之板塊運動，在臺灣東北部與南部分別具有由南向北與由西向東的板塊隱沒地震帶 (Angelier, 1986)。在臺灣東北部，菲律賓海板塊向北隱沒至歐亞大陸板塊之下，造成琉球海溝 (Ryukyu Trench)、琉球島弧 (Ryukyu Arc) 與沖繩海槽 (Okinawa Trough) 之板塊隱沒構造。琉球弧溝系統之板塊隱沒構造，前緣為琉球海溝，緊接為安山岩噴發造成之琉球島弧，島弧後方為裂谷盆地與弧後擴張之沖繩海槽，向西延伸至宜蘭平原。沖繩海槽為張裂作用造成，有許多海底火山，一般認為，臺灣東北部之宜蘭平原是沖繩海槽進入臺灣的部分，龜山島為其進入臺灣前噴發的火山島。約於三、四百萬年前，沖繩海槽可能在現今臺北市北方登陸，造成觀音火山及大屯火山，南移後再次爆發造成基隆火山 (有金瓜石金礦)，目前已移到宜蘭外海。宜蘭地區尚無明確之斷層，地震活動主要與板塊構造有關。在臺灣南部，歐亞大陸板塊則向東隱沒至菲律賓海板塊之下，造成馬尼拉海溝 (Manila Trench) 與呂宋島弧 (Luzon Arc) 之板塊隱沒構造。地殼上部的岩層被壓縮抬升成中央山脈和西部麓山帶，呂宋

島弧則被抬升為海岸山脈（Angelier, 1986）。同時進行的板塊碰撞及隱沒作用，引發臺灣頻繁的地震活動。

2015

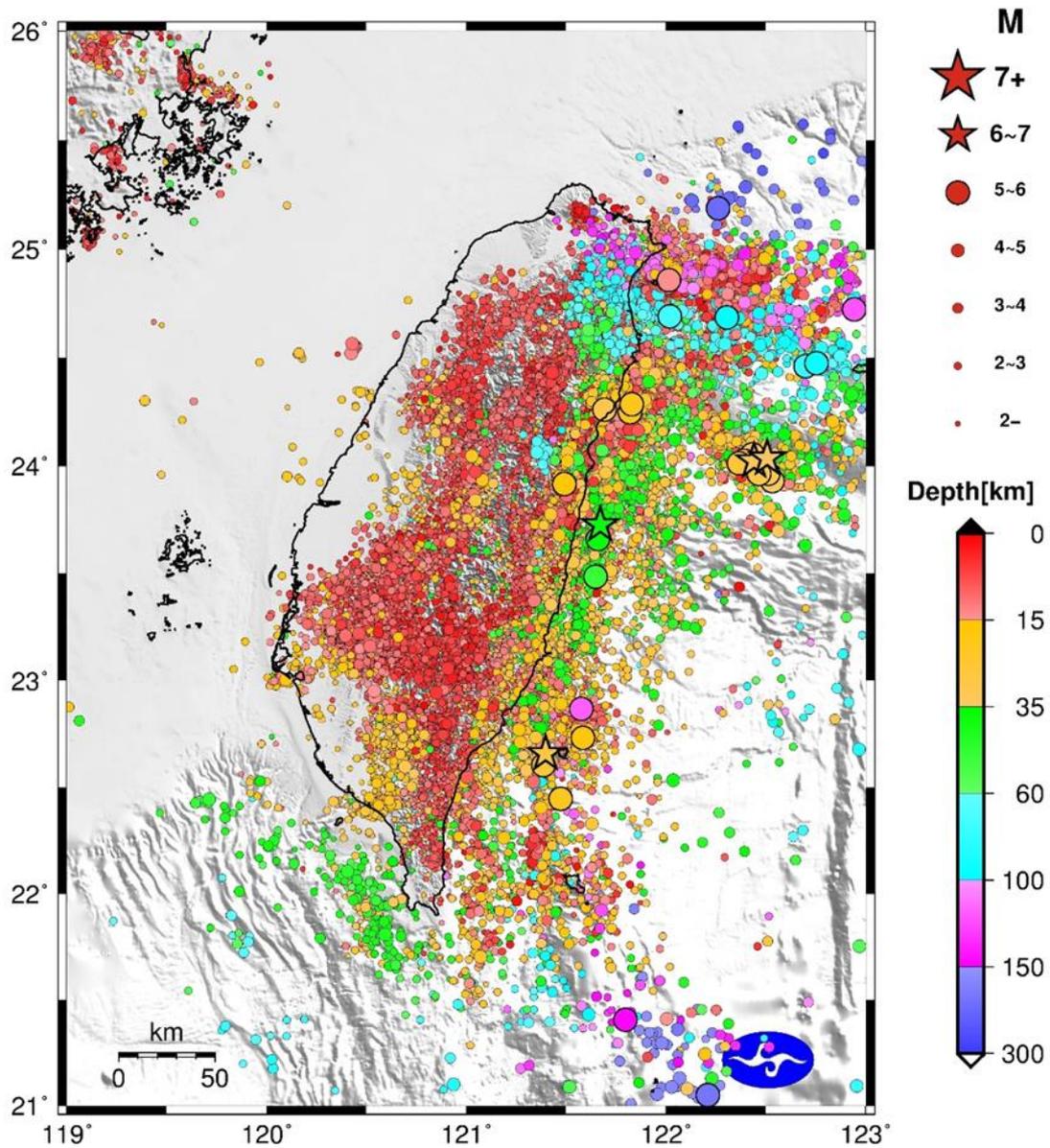


圖 2.2.1 2015 年地震分布圖。2015 年共觀測到 44,836 起地震（圓形符號，其大小代表地震規模，其顏色代表地震深度，詳細資訊，可參考右側圖例），其中包含 4 個規模大於 6 以上的強震（星號）。

地震規模與釋放能量之關係的經驗公式為 $\text{Log}E=11.8+1.5M$ (Gutenberg and Richter, 1956; Kanamori and Anderson, 1975; Wang, 1992)，其中 M 為地震規模， E 為地震的釋放能量。由於地震釋放能量很大，有時會以原子彈等級的能量作為比擬聯想，如以1945年第二次世界大戰期間美國在日本廣島所投擲的原子彈（約相當於15,000噸黃色炸藥的威力）為比較標準，規模8.2的大地震相當於1,000顆原子彈的能量；規模6.2的強震相當於1顆原子彈的能量；規模每增加0.2，能量約增為2倍。

由於地震釋放能量的量值太大，不便於分析，故為分析臺灣各震源構造區之地震釋放能量情形，於後採累積規模 (Cumulative Magnitude) 以代表累積的地震釋放能量，其目的是將累積能量 (Cumulative energy) 的數值正規化為規模的尺度，以方便分析地震特性。地震累積規模的計算方式，是先藉由地震規模與能量關係的經驗公式，將規模轉換成對應的能量值，累積其能量總和，再藉由此相同的經驗公式，將累積能量轉換成對應的累積規模。此一累積方式的結果，舉例而言，累積約32個規模5.0的地震，相當於1個規模6.0的地震。

2015年淺震與深震之累積規模等值分析如圖2.2.2，等值圖係以經緯度各0.1度為網格大小。累積規模2以上之區域分布涵蓋臺灣本島與東部外海，最高值位於花蓮地區，當地即為2015年臺灣島內最大地震發生的位置。從地震累積規模等值圖可以發現，臺灣主要的地震活動大都發生在臺灣東部，主要是因為直接受到板塊碰撞和隱沒作用，所以表現出的累積規模遠大於臺灣西部，尤其是深部地區（深度40公里以下）的地震活動。

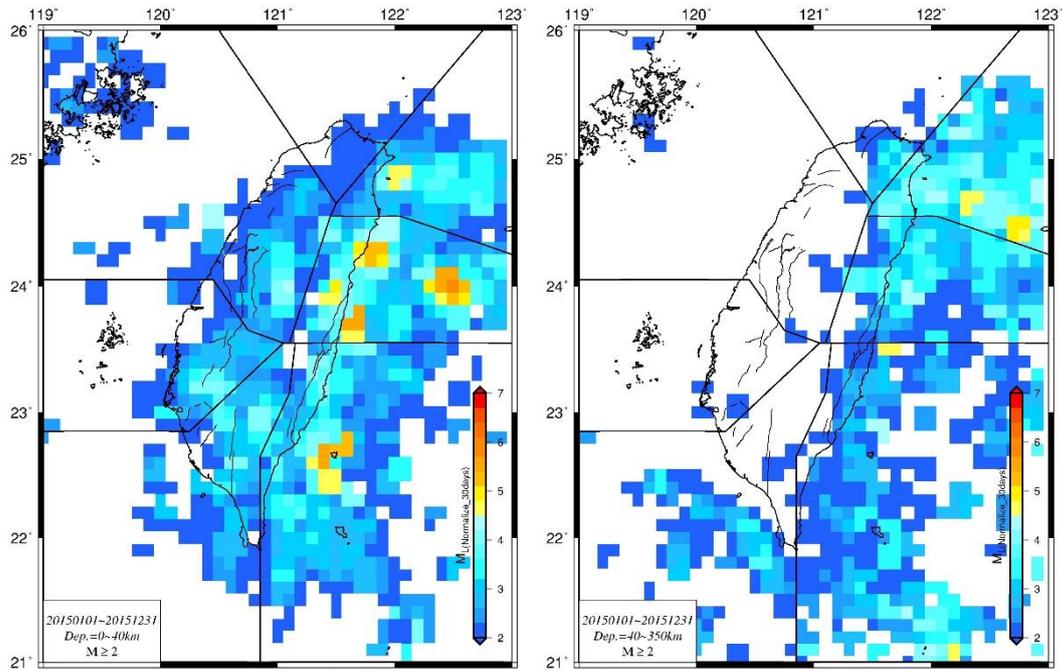


圖 2.2.2 2015 年淺震與深震之累積規模等值分析。等值圖係以經緯度各 0.1 度為網格大小，地震個數已正規化(normalize)為 30 天之個數。顏色愈暖，累積地震規模愈大。

2015年地震個數等值分析如圖2.2.3，等值圖係以經緯度各 0.1度為網格大小，規模大於2以上之地震個數已正規化(normalize)為30天之個數。地震個數高值區主要分布在臺灣本島與東部近海地區，最高值位於花蓮地區與宜蘭地區，宜蘭地區雖無強震但有密集的小地震。地震個數等值圖顯示地震活動以臺灣東部與東北部(北緯23.5至25度,東經121至122度)花蓮和宜蘭地區最為頻繁，等值線大致亦呈東北向的狹長帶狀分布趨勢；臺灣西部則以嘉南地區之斷層構造區較為頻繁。

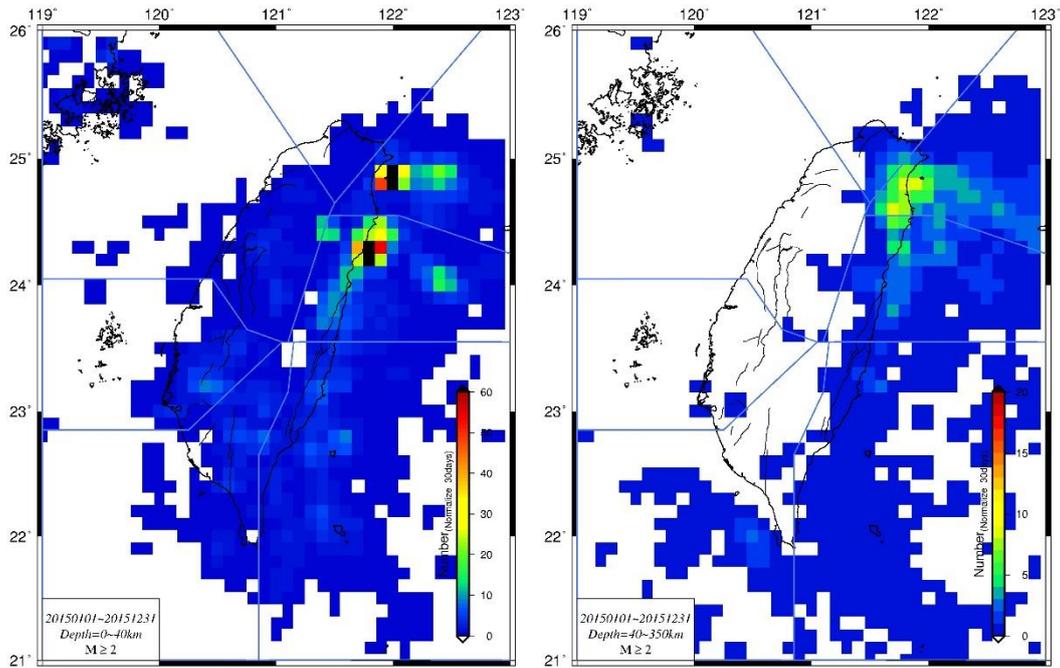


圖 2.2.3 2015 年規模大於 2 之淺震與深震之地震個數等值分析。等值圖係以經緯度各 0.1 度為網格大小，地震個數已正規化(normalize)為 30 天之個數。顏色愈紅，地震個數愈多。

由2015年地震規模、累積規模及每日個數之時間分布圖（圖 2.2.4）可知，雖然有4個地震規模大於6的事件發生，但卻不是地震數量相對最高的時期。地震活動次數最高的時期，在9月與10月。配合圖2.2.3來看，9月與10月時頻繁的地震活動，應該是集中在宜蘭的南澳地區與宜蘭的龜山島地區。

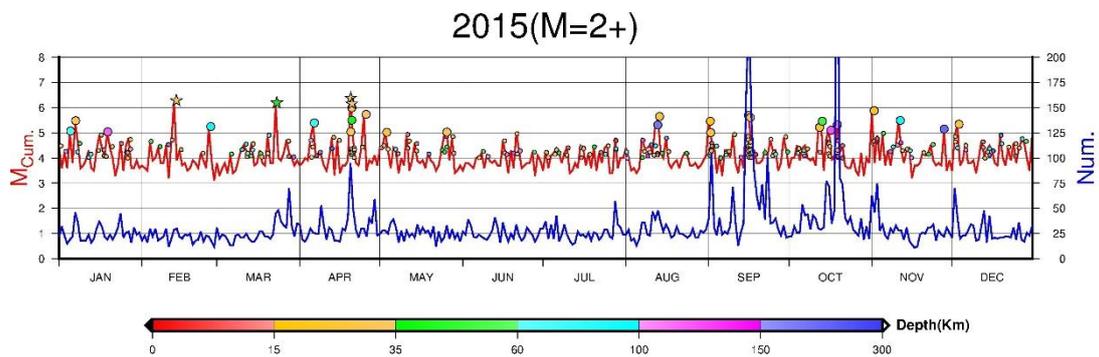


圖 2.2.4 2015 年規模大於 4 (圓形或星形)、累積規模(紅線)及每日個數(藍線)之時間分布圖。

震源機制 (focal mechanism) 是根據地表測站所觀測之地震波形紀錄以推測震源破裂型態，係用以表示地震的斷層錯動與應力型態，斷層錯動型態分為正 (normal) 斷層、逆 (thrust) 斷層與走向滑移 (strike-slip) 斷層，走向滑移斷層 (平移斷層) 又分為左移 (left lateral) 與右移 (right lateral) 斷層。

由本局地震網規模大於5的P波初動資料與波形擬合方式求得14個初動與22個CMT震源機制解，其震源參數資料列於表2.2.1與表2.2.2。傳統P波初動解因為只有使用P波初動極性方向(上動或下動)，在完成地震定位後即可迅速求解的優點，所以至今仍被廣為使用，並且由於臺灣地震網測站密度大，對於P波初動資料在象限分布上具有很好的約束。但是在P波初動極性方向的波形檢視資料處理時，經常會因為雜訊太大而不易判斷，為了避免污染品質，上述14個震源機制解是選用各個測站P波初動極性非常明確的資料。2015年P波初動與CMT之震源機制與震央分布如圖2.2.5。2015年的震源機制中，主要分布在臺灣東部之板塊隱沒構造區域。由震源機制顯示，2015年臺灣地區之構造活動主要受到菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊的碰撞擠壓作用所主導。臺灣東部在北緯24度以北，因菲律賓海板塊西北斜向碰撞與向北隱沒作用，以及沖繩海槽的擴張作用，故其構造活動較為複雜，其震源機制包含逆斷層、正斷層與走向滑移斷層。臺灣東部(東經121度以東)在北緯24度以南，主要以逆斷層為主，且最大壓縮應力方向(P軸方向)亦與菲律賓海板塊西北斜向碰撞的作用方向相符。在臺灣西部(東經121度以西)，2015年並未有規模大於5的地震，但依過往的監測結果可知，主要以逆斷層與走向滑移斷層為主，且大都與斷層構造的分布形態吻合。

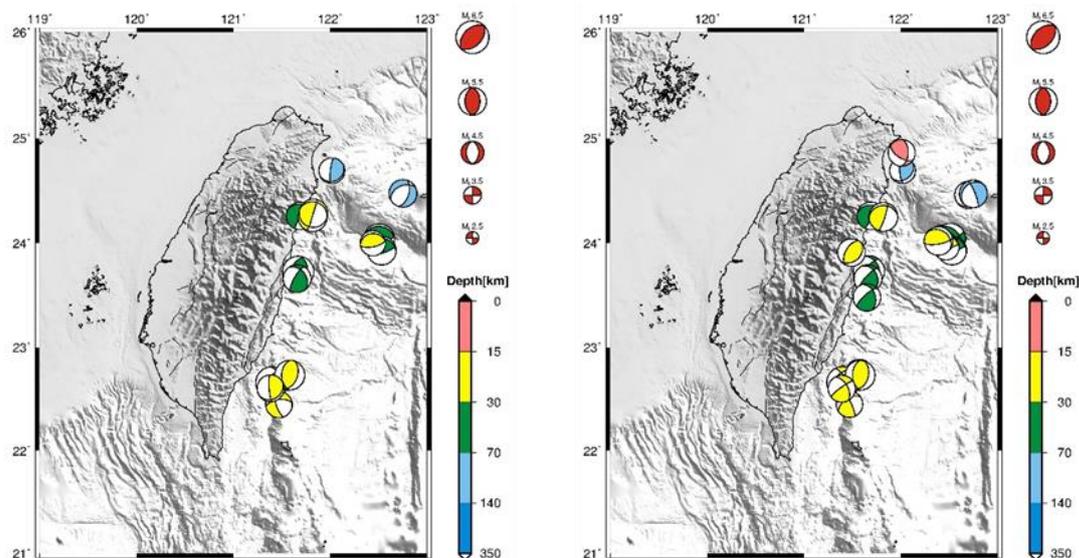


圖2.2.5 2015年由本局地震網規模大於5的P波初動資料與波形擬合方式求得14個初動(左圖)與22個CMT震源機制解(右圖)。

表 2.2.1 圖 2.2.5 中 14 組初動震源機制解參數

月/日	時/分	東經	北緯	深度	規模	strike1	dip1	rake1	strike2	dip2	rake2
mm/dd	hh/min	Long. (E)	Lat. (N)	Depth(km)	M _L						
1/5	05:53	122.0187	24.6910	73.83	5.07	17.0	64.0	146.0	80.6	186.8	75.8
1/7	04:48	121.6915	24.2598	30.40	5.48	89.0	204.0	-71.0	19.0	296.9	-176.9
2/13	20:06	121.3967	22.6582	27.78	6.28	60.0	221.0	117.0	39.5	355.5	51.8
3/23	10:13	121.6707	23.7257	38.40	6.19	40.0	8.0	80.0	50.7	201.0	98.3
4/20	11:20	121.6587	23.6600	38.34	5.50	74.0	210.0	122.0	35.4	323.8	28.4
4/20	11:45	122.5065	24.0353	33.87	6.15	74.0	80.0	86.0	16.5	274.2	103.7
4/25	20:01	122.5330	23.9287	34.78	5.73	75.0	73.0	83.0	16.5	278.4	114.5
5/3	13:09	122.4422	23.9982	24.77	5.02	67.0	78.0	88.0	23.1	263.1	94.7
9/15	19:37	121.8198	24.2478	19.78	5.69	90.0	202.0	-82.0	8.0	292.0	180.0
9/16	13:08	121.8285	24.2847	20.16	5.61	89.0	197.0	-69.0	21.0	289.6	-177.2
10/12	11:14	121.4722	22.4463	20.52	5.22	73.0	161.0	-34.0	57.7	262.2	-159.8
11/1	21:09	121.5837	22.7322	18.81	5.88	47.0	20.0	103.0	44.6	181.3	76.4
11/11	15:33	122.7538	24.4743	95.56	5.49	56.0	18.0	-120.0	44.1	243.9	-53.5
12/3	14:31	121.3862	22.6040	25.89	5.34	20.0	58.0	151.0	80.5	175.5	72.3

表 2.2.2 圖 2.2.5 中 22 組 CMT 震源機制解參數

月/日	時/分	東經	北緯	深度	規模	strike1	dip1	rake1	strike2	dip2	rake2
mm/dd	hh/min	Long. (E)	Lat. (N)	Depth(km)	M.						
1/5	05:53	122.0187	24.6910	73.83	5.07	30.0	51.9	140.5	71.4	177.3	65.9
1/7	04:48	121.6915	24.2598	30.40	5.48	22.7	278.7	162.0	83.1	25.4	68.2
1/19	03:48	121.5700	22.7600	127.65	5.15	24.2	317.8	-151.2	78.6	201.2	-68.4
2/13	20:06	121.4000	22.6600	27.78	6.28	45.4	220.4	148.9	68.4	333.3	49.0
3/23	10:13	121.6700	23.7300	38.40	6.19	32.4	345.4	42.1	68.8	218.0	115.2
4/6	11:37	122.7000	24.4600	79.39	5.39	22.2	54.7	170.3	86.3	153.6	68.0
4/20	01:42	122.4400	24.0200	30.57	6.38	41.3	304.6	120.7	55.4	86.2	65.8
4/20	11:20	121.6600	23.6600	38.34	5.50	31.4	337.9	30.0	74.8	221.6	117.8
4/20	11:45	122.5100	24.0400	33.87	6.15	37.9	320.2	164.6	80.6	62.5	53.1
4/25	20:01	122.5300	23.9300	34.78	5.73	10.7	290.1	128.9	81.6	70.6	83.2
5/3	13:09	122.4400	24.0000	24.77	5.02	10.6	295.1	130.2	81.9	74.3	83.1
5/26	00:56	122.4700	23.9600	28.90	5.03	11.3	273.2	107.9	79.2	74.9	86.4
6/26	16:16	123.3200	24.8400	114.33	5.31	39.2	103.8	-173.4	85.8	8.7	-50.9
8/13	14:08	122.3900	24.0200	25.54	5.65	25.3	307.8	135.5	72.5	79.3	71.2
9/1	13:24	121.4900	23.9100	17.09	5.46	35.5	48.7	105.5	55.9	209.8	79.1
9/15	19:37	121.8200	24.2500	19.78	5.69	21.5	266.2	156.8	81.6	17.9	70.0
10/12	11:14	121.4700	22.4500	20.52	5.22	52.4	235.7	165.6	78.6	334.6	38.3
10/13	11:49	121.6500	23.4800	49.09	5.46	38.4	341.1	28.7	72.6	227.9	124.8
10/19	02:17	122.0100	24.8600	14.41	5.32	49.8	2.6	137.3	58.7	123.4	48.9
11/1	21:09	121.5800	22.7300	18.81	5.88	43.6	15.9	101.7	47.5	179.9	79.0
11/11	15:33	122.7500	24.4700	95.56	5.49	24.3	223.5	-27.3	79.0	338.7	-111.8
12/3	14:31	121.3900	22.6000	25.89	5.34	52.1	330.8	11.3	81.0	233.8	141.5

2. 大屯火山地震活動分析

在火山地震監測作業方面，在2012年以前，本局設立了一個火山觀測小組，其工作內容是常規化的監控大屯山地區的每日地動訊號，同時擷取疑似火山地震的訊號，再針對較有分析價值的群震事件，進行地震波相挑選與地震定位。自2013年3月起，在監測工作方面做了改變，從全面性的人工化資料處理，改成半自動化的資料處理。在前端的地震訊號擷取部分，是以程式自動化地對全日地動訊號進行掃描，擷取出疑似地震的訊號，再以人工的方式，針對這些疑似的地震訊號，進行波相挑選與地震定位。依過去的經驗，在一般情況下，火山觀測資料可以在下一個工作天內處理完成，比起先前的工作時程，減少了約2個工作天，這個處理流程的改變，有效地降低了人工處理所需的時間。同時，也讓大屯火山地區的地震活動監測更具有效率。

在2015年的火山地震監測作業方面，一共觀測到1,543個地震事件，這些地震事件中，有1,416個地震事件是在大屯山地區（圖2.2.6； $121.5^{\circ}\text{E}\sim 121.6^{\circ}\text{E}$ ； $25.1^{\circ}\text{N}\sim 25.25^{\circ}\text{N}$ ）。而這些地震中，又以規模小於1的地震為主，數量有988個，佔全數的70%。從其時序分布上（圖2.2.7），可以發現此地區不定時的會有單日地震數量劇增的現象（地震個數大於10個），這些地震通常是群聚發生的群震活動。這些群震在發生的時間內所累積的地震規模並不一定會十分突出，這顯示這些群震主要是規模較小的微震。

與過去三年的資料相比，2015年大屯火山地區的地震相對穩定（圖2.2.8）。統計每月地震個數與累積規模的資訊，顯示地震活動較強烈的月份是4~6月，但累積的能量無明顯的上升。因此這些地震活動可能是偶發性的小規模群震，因為能量並未有明顯的增加，所以推測可能是小型的火山或地熱活動。

在2015年4~6月份此地區地震活動較為強烈，而在地震的分布方面（圖2.2.9），依舊集中在背景地震活動頻繁的地區（圖2.2.6），但仔細觀察這些地震分布，可發現有一組很明顯呈西北-東南走向的地震分布（圖2.2.9，黃色虛線），其地震規模多介於1~2之間。這類線形分布的地震活動，在過去四年的觀測經驗中並不常見，其構造上的意義，仍有待後續更深入的研究。

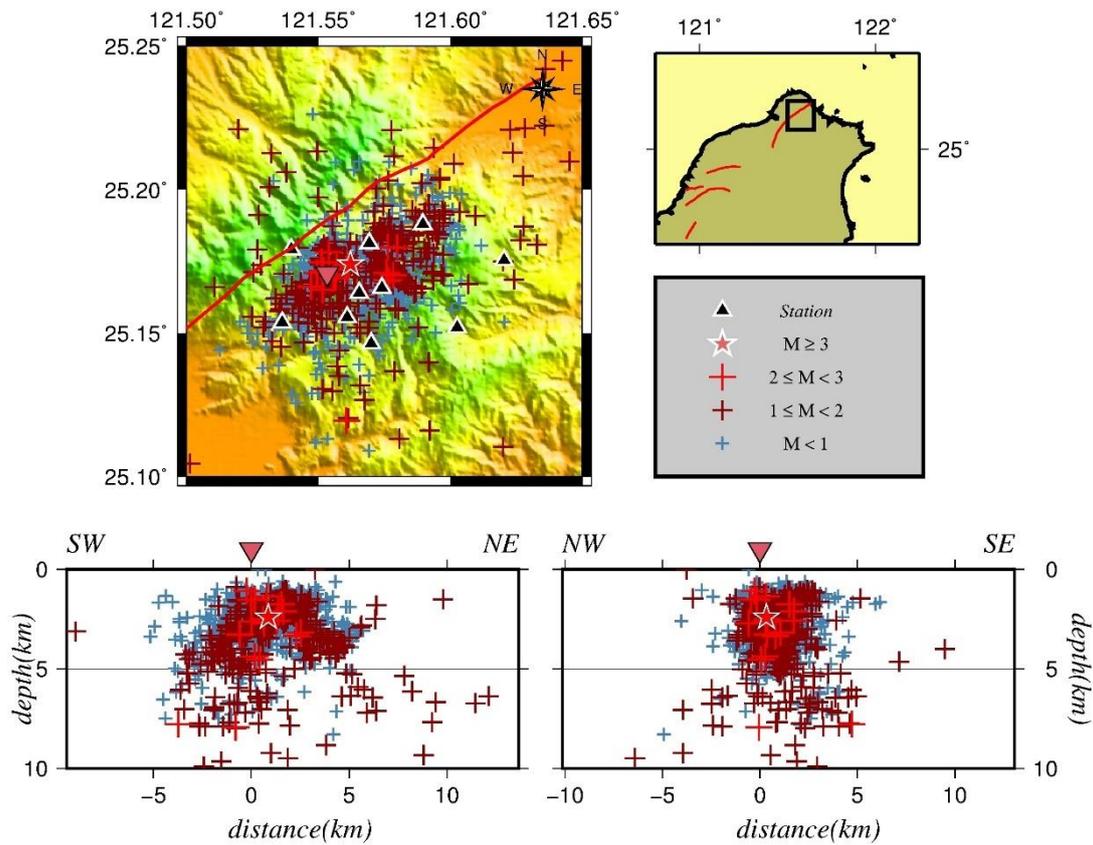


圖 2.2.6 2015 年大屯火山地區的地震活動空間分布圖。

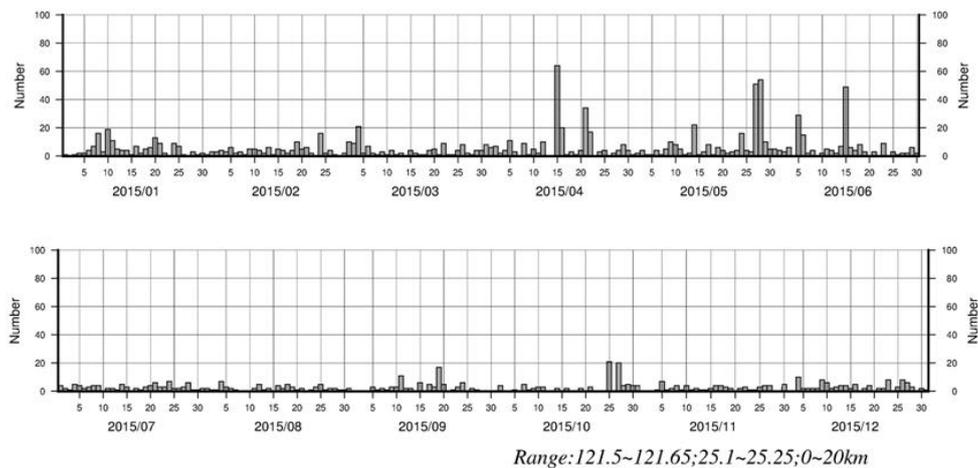


圖 2.2.7 大屯火山地區地震數量的時序分布。橫軸為時間，縱軸為地震的個數。

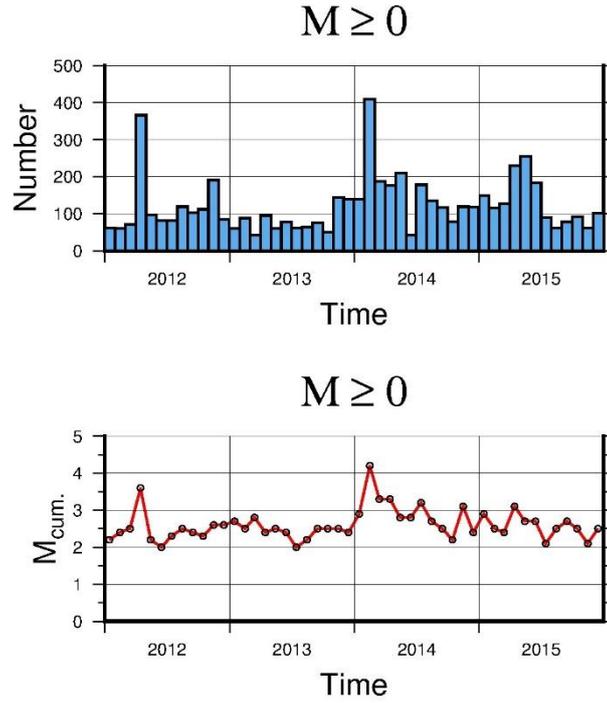


圖 2.2.8 大屯火山觀測網的長期觀測資料。上圖為地震個數與時間的關係，下圖為地震個數與每月累積規模的關係。

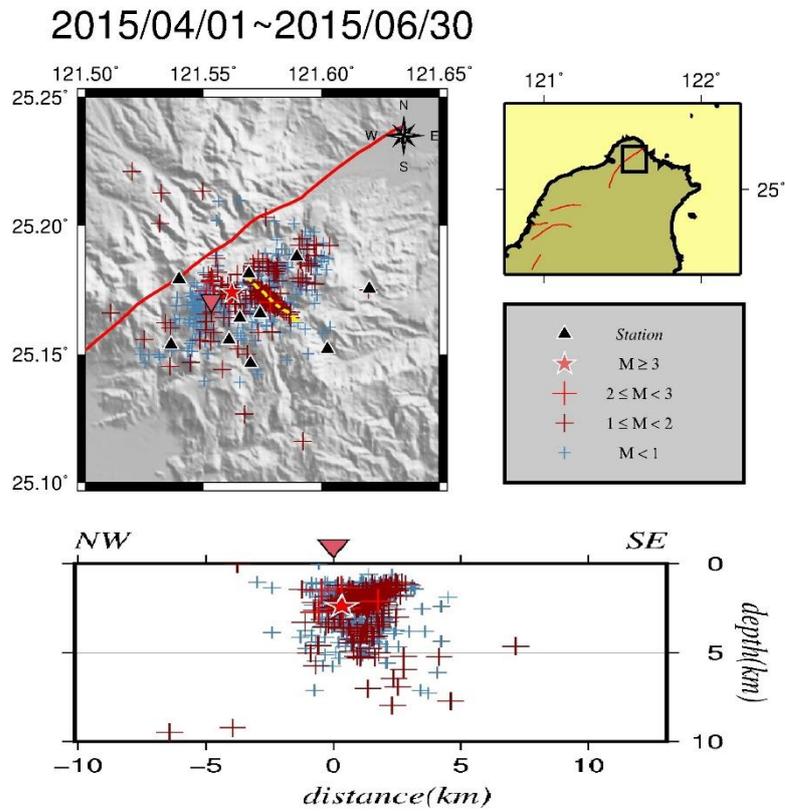


圖 2.2.9 2015 年 4-6 月間，陽明山地區的地震分布圖。

3. 小結

2015年的地震活動主要集中在臺灣東部，這個地區不但有4個規模6以上的地震發生，而且在南澳與龜山島地區，地震活動也十分頻繁。以規模大於6的地震來看，都集中在上半年，發生的位置分別在綠島、磯崎與南澳海盆。這些地震發生後，雖然產生了十分明顯的地震能量釋放(圖2.2.2)，但以地震活動的個數來看，卻是集中在南澳與龜山島地區(圖2.2.3)，而頻繁的地震發生，其時間集中在下半年的9月與10月(圖2.2.4)。這現象顯示，2015年的地震活動與能量釋放，在時空上是不一致的。

自從101年24位元系統上線以來，規模小於2的地震個數明顯增加，101至104年平均地震個數(30,068)為90至100年平均個數(10,024)的3倍，充分展現此系統在地震收錄的效能。若以臺灣地區最小完整規模2以上地震個數為基礎來比較，103年規模大於2以上地震個數為8,707個，104年規模大於2以上地震個數為11,294個，地震活動度較103年明顯增加，且高於近15年的年平均個數10,662，後續值得再持續密切觀察。另2015年的累積規模6.80，則比歷年(1994~2014)的平均值6.84稍低。

在大屯火山地區的地震活動方面，於2015年4至6月間，地震活動的數量相對較高(圖2.2.8)。而地震的活動數量偏高時，地震累積規模並未有明顯上升，這結果表示，地震活動上升的時期，主要是以規模小的群震活動為主。

三、地球物理觀測

(一) 地球物理觀測系統

本局為積極進行地震前兆觀測與研究，逐步整合包括全球衛星定位系統、地震地下水觀測系統與地磁場觀測系統等項目，組成臺灣地球物理觀測網（Taiwan Geophysical Network for Seismology，簡稱TGNS）（圖3.1.1），視需要選擇合適地點增設或遷移測站，以兼顧行政作業與科學研究雙重需求，未來將評估納入如地電場、井下應變儀觀測等其他地震前兆觀測系統，使得臺灣地球物理觀測網更趨完整，期望能充分掌握大地的脈動，以保障人民生命財產的安全。

1. 全球衛星定位系統

本局為監測並蒐集臺灣地區地殼活動資料，自1993年起逐年設置全球衛星定位系統（Global Positioning System，以下簡稱GPS）觀測站，在921地震後，配合科技部(原行政院國家科學委員會)推動「地震及活斷層研究」跨部會整合科技計畫，至2005年將GPS觀測站數目增加至152站。該系統除量測伴隨大地震出現的顯著地表位移之外，其所蒐集地震前、後地殼微小變形資料，亦有助於地殼運動及地震潛勢之瞭解。地殼受應力作用蓄積能量而引發地震，故地震發生前地殼可能會產生微小變形，因此運用衛星定位科技，以連續記錄方式量測地殼活動，可作為觀測地震前兆的一種方法。

由於衛星定位技術不斷更新，早期接收儀僅能接收美國GPS衛星訊號之系統，近年來已逐步進化成全球各衛星系統整合之全球導航衛星系統（Global Navigation Satellite System，以下簡稱GNSS），故本局自2012年起開始將衛星接收儀更新成GNSS系統，於2015年度採購66部GNSS衛星定位觀測設備Trimble NetR9，以汰換老舊的GPS觀測儀器共66站，主要提升效能包括接收衛星頻道種類與數目、靜態定位精度、資料接收頻率與網路展控功能。另有15站因測站觀測環境不佳無法改善而遷移站址，並新建東吉島站（圖3.1.2），2016年將完成東吉島站儀器裝設。至2015年底止本局共建置與汰換完成157座GNSS測站，透過ADSL、數據撥接與3G無線網路等方式進行資料傳輸。

2. 地下水位觀測系統

1999年9月21日凌晨1點47分發生之集集地震，於車籠埔斷層附近之地下水位觀測井皆觀測到明顯的同震水位變化，且地震前車籠埔斷層附近超過50口井的地下水位出現明顯升降改變的變化。國外一些大地震發生前也曾觀測到水位異常變化，推斷應是地震前岩體受應力作用而產生微小裂隙，導致孔隙率與滲透率改變，進而產生地下水位變化，因此地下水之水位變化可反應出岩體應變，觀測地下水位的變化亦有助於地震前兆現象的掌握，本局至2015年底共有6座即時連線之地震地下水觀測站 (Groundwater Station)，分布見圖3.1.1。

3. 地磁全磁場觀測系統

大地震發生前，因地下岩層應力長期累積，常導致地磁場產生相對應之改變，過去臺灣曾有幾次觀測案例，例如1986年花蓮地震、1999年的921集集大地震與1022嘉義地震等，這些前兆多為事後研究分析之結果，應值得深入探討瞭解作為前兆之可行性。本局現有之地磁場觀測站，係於2006年接收國立中央大學移撥相關設備乙批，再經更新整頓持續維運，原有11座地磁場觀測站，2013年初因測站環境等因素撤除瑪家站，2014年新增臺東池上站，2015年新增屏東馬仕站，故至2015年底共有12座地磁場觀測站 (Magnetism Station)，詳細分布見圖3.1.1。

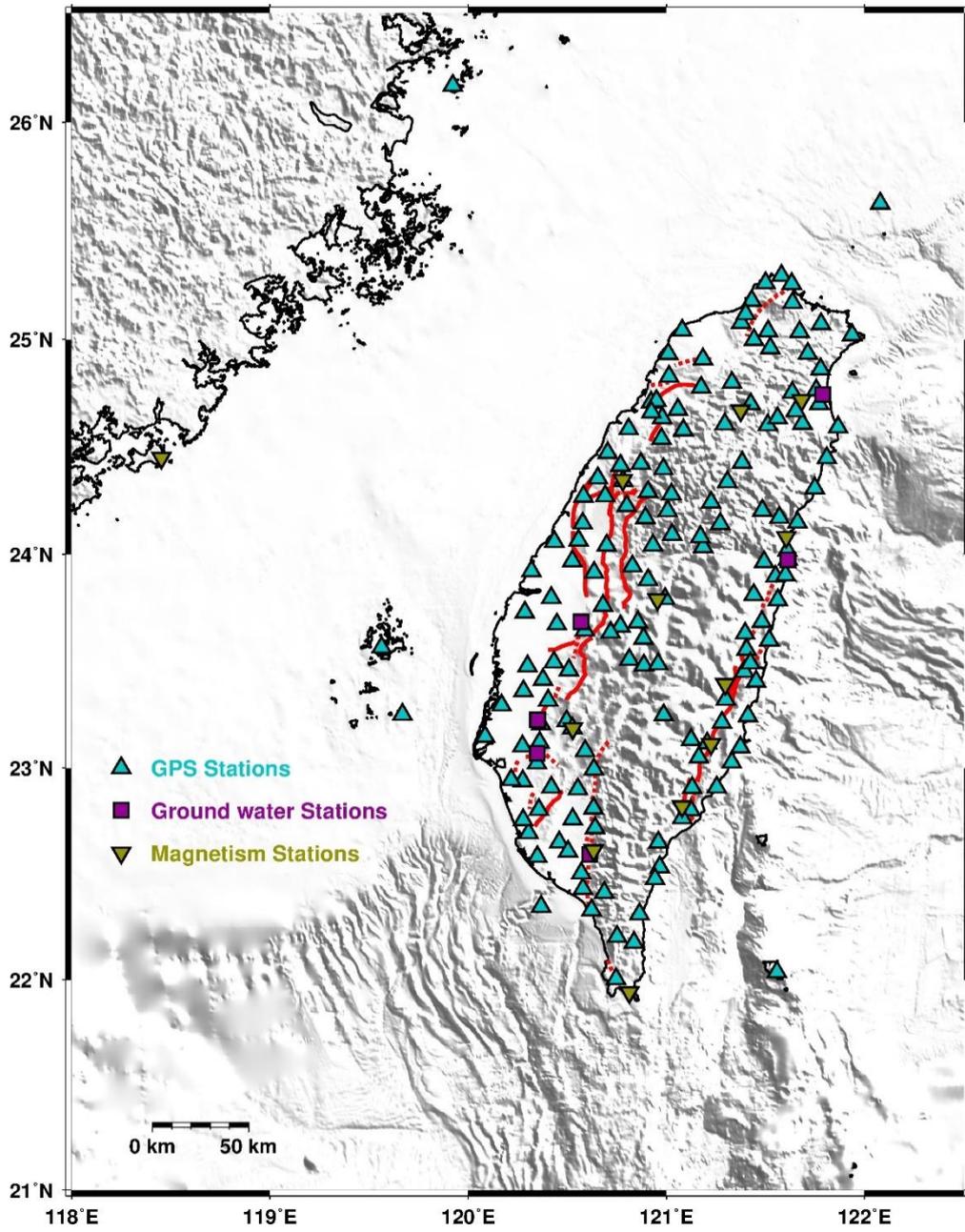


圖3.1.1 臺灣地球物理觀測網 (Taiwan Geophysical Network for Seismology, 簡稱TGNS)。

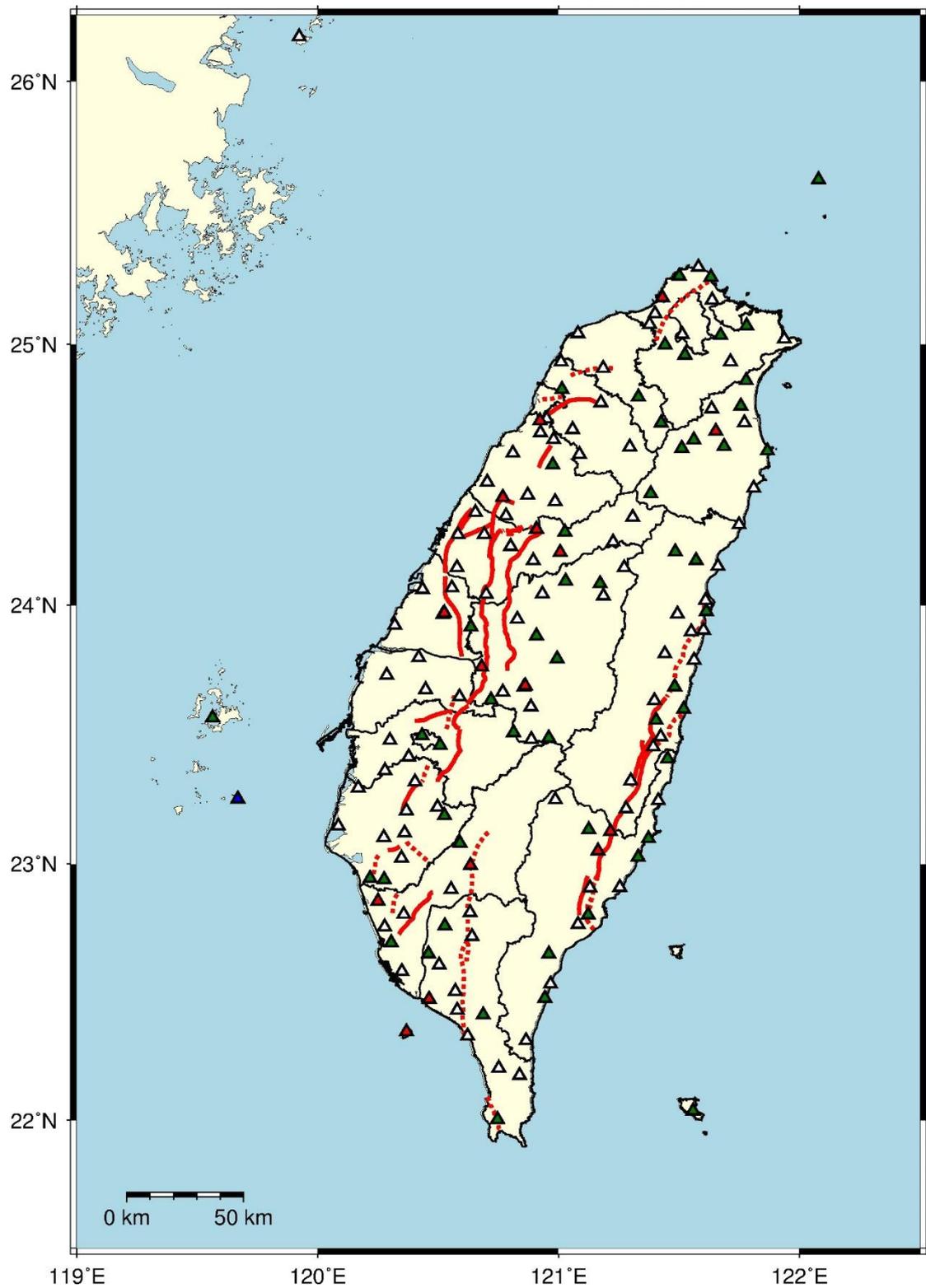


圖 3.1.2 全球導航衛星系統觀測站分布圖，綠色實心三角形為 2015 年更新儀器之測站，紅色實心三角形為 2015 年遷移站址之測站，藍色實心三角形為 2015 年新建之測站。

(二) 地球物理觀測資料分析

1. 地殼形變觀測

臺灣位於菲律賓海板塊與歐亞板塊交界帶，地震活動頻繁，地殼變形顯著。相對於穩定的歐亞板塊，菲律賓海板塊每年約以8公分的速度向西北西移動。臺灣各機關單位建置之全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)及全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)連續觀測紀錄站已超過300站，無論是測站密度或資料精度，皆可為地殼變形觀測之利器。臺灣北部之地殼變形較不明顯，大部分地殼應變皆沿著東部縫合帶與西南褶皺逆衝斷層帶累積。在臺東之地殼變形速度場約有5-6公分/年，越過中央山脈至嘉南地區，於西部麓山帶則減至3-4公分/年，到海岸平原地區則接近零值。在高雄與屏東地區地殼變形速度加大且改變方向向西南旋轉，於宜蘭與花蓮交界區亦呈現方向之旋轉，這些地殼變形特徵都顯示臺灣地區地體構造的複雜性。

本局2015年全球導航定位系統之地殼形變觀測成果如圖3.2.1所示。此圖之座標系統ITRF(International Terrestrial Reference Frame)係利用全球衛星系統觀測站網之觀測資料成果推算所得之地心座標系統，每隔數年會使用最新的演算和測量方法更新座標系統以保持精確度，目前本局使用的座標系統為ITRF2008。

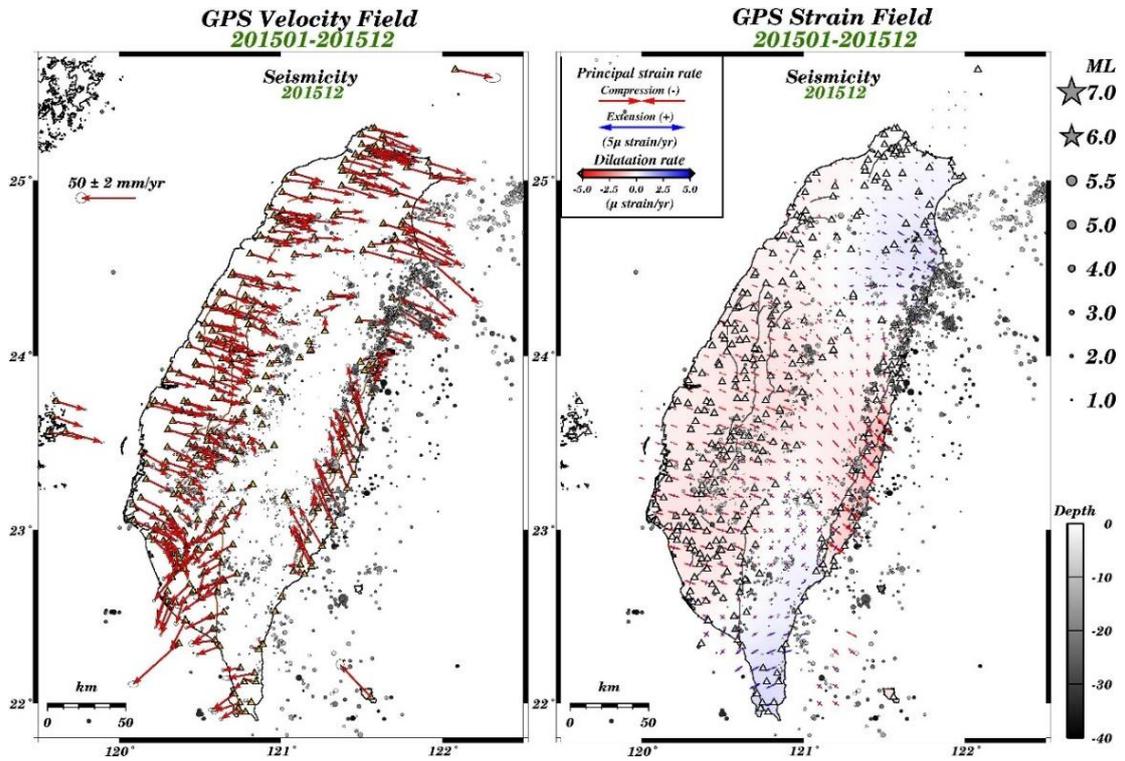


圖3.2.1 本局2015年全球導航衛星系統觀測結果，左圖為GNSS在ITRF2008座標系統下之水平速度場圖、右圖為應變場分布圖。左圖內之箭頭代表測站年移動速度量值及方向，右圖紅、藍色各代表壓縮及伸張區域，臺灣地區壓縮最大的區域位於花東海岸山脈區域。左右兩圖中皆有標示該年12月的地震發生位置，做為與GNSS觀測地殼形變資料之比對。

2. 電離層全電子含量 (Total Electron Content, TEC)

中央大學劉正彥教授等人研究，自1999年9月至2002年12月份臺灣地區共發生20起規模大於6.0的地震，其中有16筆地震在發生前5天皆有觀測到電離層負異常現象，地震規模6.0以上地震，於5天前發生電離層前兆的機會為80%。而根據本局推算之電離層濃度觀測資料，2015年共計有11個規模大於5.5的地震，有5個地震發生前5天內電離層均有超過30%異常情形，機率為45%(5/11)；若考慮規模5.0以上的地震，共計有31個，其中有22個地震發生前5天內電離層有超過30%異常情形，機率為71%(22/31)。另外，2015年電離層TEC共出現63次超過60%異常，其中24次在異常發生後5天內有規模大於5.0的地震發生，扣除7次受磁暴影響，異常TEC後地震發生機率約為27%(17/63)。電離層觀測與地震發生之關聯性分析圖如圖3.2.2。

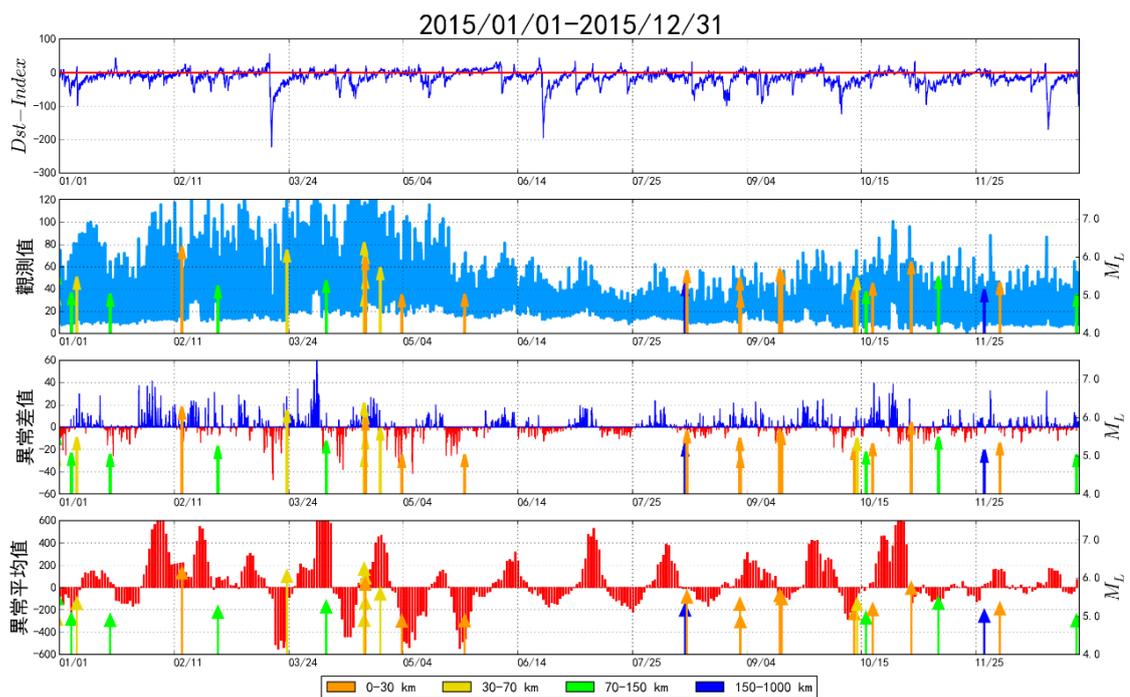


圖 3.2.2 2015 年電離層觀測與地震發生之關聯性分析：(a)太陽磁暴之日變化觀測量，(b)電離層觀測值日變化(藍色線)，(c)藍色區域為電離層與理論值上界之正差異，紅色區域為電離層與理論值下界之負差異，(d)電離層 5 日平均量，間距 1 日之觀測量。圖中箭頭符號為電離層低量異常後發生所觀測之地震。

3. 地下水位觀測

本局建置花蓮、壯圍、東和、六甲、那菝與赤山6口即時連線的觀測井，以連續記錄方式持續觀測，藉以建立地下水位變動的相關研究參數，作為地震前兆偵測的研判，2015年各站地下水位變化情形如圖3.2.3(a)與3.2.3(b)。

各地下水位短期變化趨勢以氣壓、潮汐、降雨為主，長期趨勢則有較大差異。花蓮站短期地下水位明顯受海潮影響。壯圍站長期地下水位主要受到季節性趨勢影響。那菝、六甲站長期水位變化相當穩定，季節與水文循環的影響不明顯，水位長期趨勢為上升，但因2015年上半年累積降雨量較歷年偏少可能導致那菝站之水位變化呈現下降趨勢。東和、赤山站近地下水補注區，短期的降雨影響不明顯，水位變化趨勢受到季節性影響大，乾、濕季呈現兩極端的水位持續下降與上升趨勢。

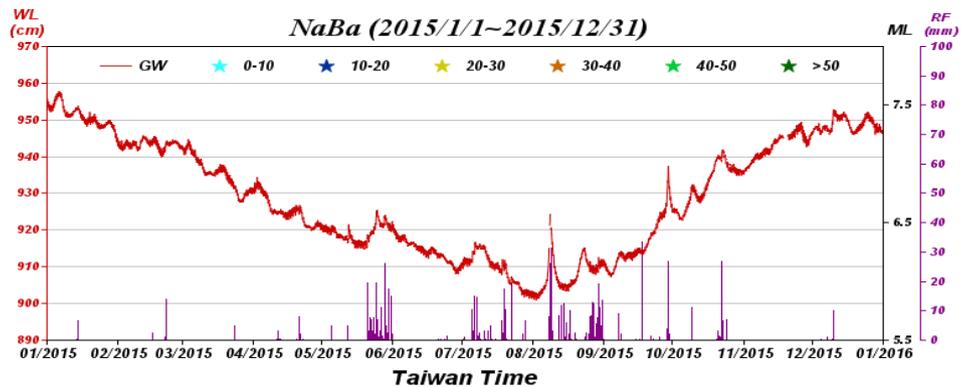
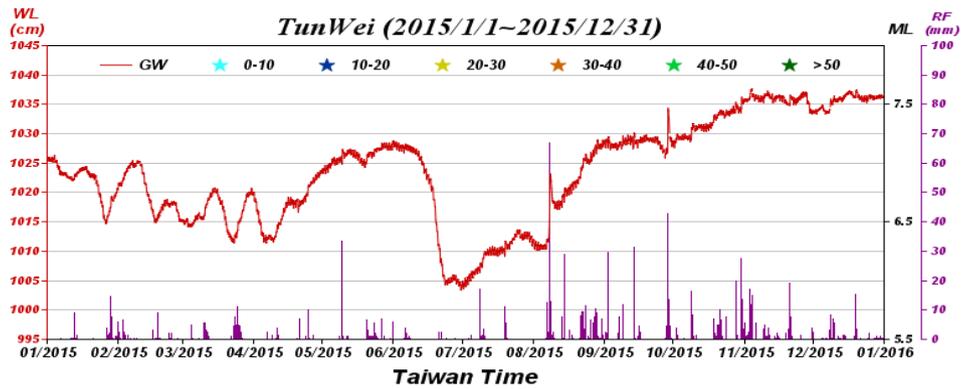
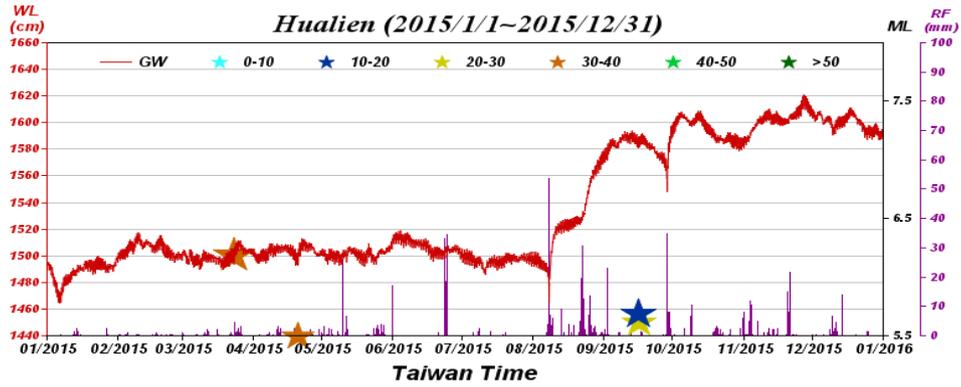


圖 3.2.3(a) 本局地震地下水觀測網 2015 年地下水位變化圖，由上而下分別為花蓮站、壯圍站、那菝站，圖中紅色實線表示地下水位，紫色直條表示鄰近地區降雨量、星號表示測站周圍 50 公里範圍內規模 5.5 以上且深度小 40 公里內地震。

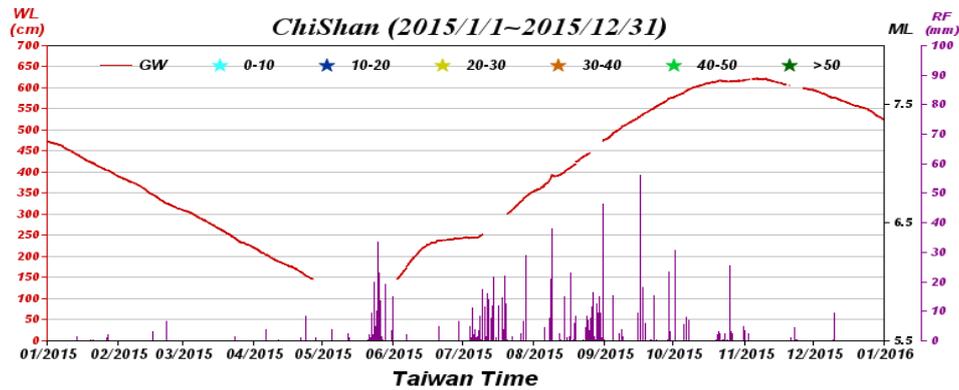
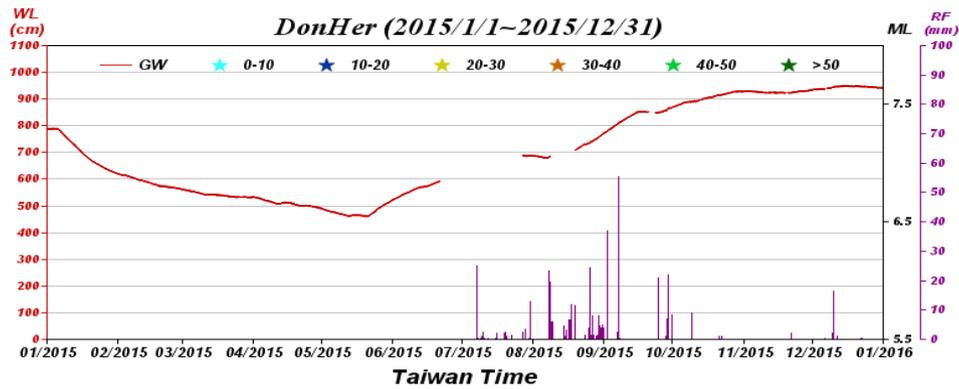
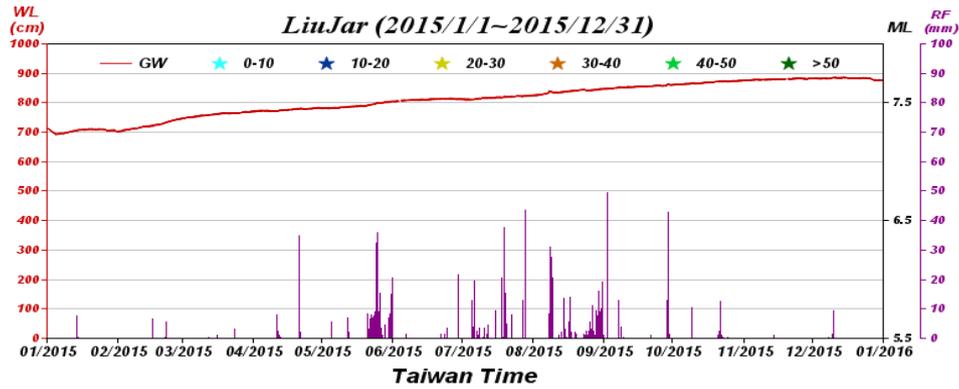


圖 3.2.3(b) 本局地震地下水觀測網 2015 年地下水位變化圖，由上而下分別為六甲站、東和站與赤山站，圖中紅色實線表示地下水位，紫色直條表示鄰近地區降雨量、星號表示測站周圍 50 公里範圍內規模 5.5 以上且深度小 40 公里內地震。

4. 地磁全磁場觀測

2013年初屏東瑪家站因測站環境等因素而撤站，2014年新建臺東池上站，2015年新建屏東馬仕站，因此2015年地磁場連續觀測網共12個觀測站，以金門的磁力站為本觀測網的參考基準站，其他11個站分別建在地震活動度較高的地區，各觀測站安裝精度為0.1 nT 的全磁場強度磁力儀，取樣率為每秒1點。目前本局地磁場的觀測資料分析著重於各站基本地磁場特性的研究，利用不同方法去除地磁場基本與長期變化量，嘗試發現較大地震與地磁場變化之間的關連性。

臺灣地區的全磁場強度範圍約為 43,500 ~ 46,000 gamma，測站緯度愈高磁場強度愈大，其中金門站 (KM) 觀測值最大。地磁場日變化量差異則是緯度愈低變化量愈大，以恆春站 (HC) 為例，其日變化量較其他站大2~3倍。中短期地磁場變化受磁暴影響很大，藉由觀測全球的地磁指數 (Dst index) 顯示地磁場受太陽風影響擾動的程度。地磁場亦會受人為因素影響，因此白天的變動通常較夜間強烈。自2010年本局地磁場觀測資料開始接收迄今，約略可發現長期地磁場強度有逐年升高的趨勢。2015年地磁場觀測變化如圖3.2.4所示。

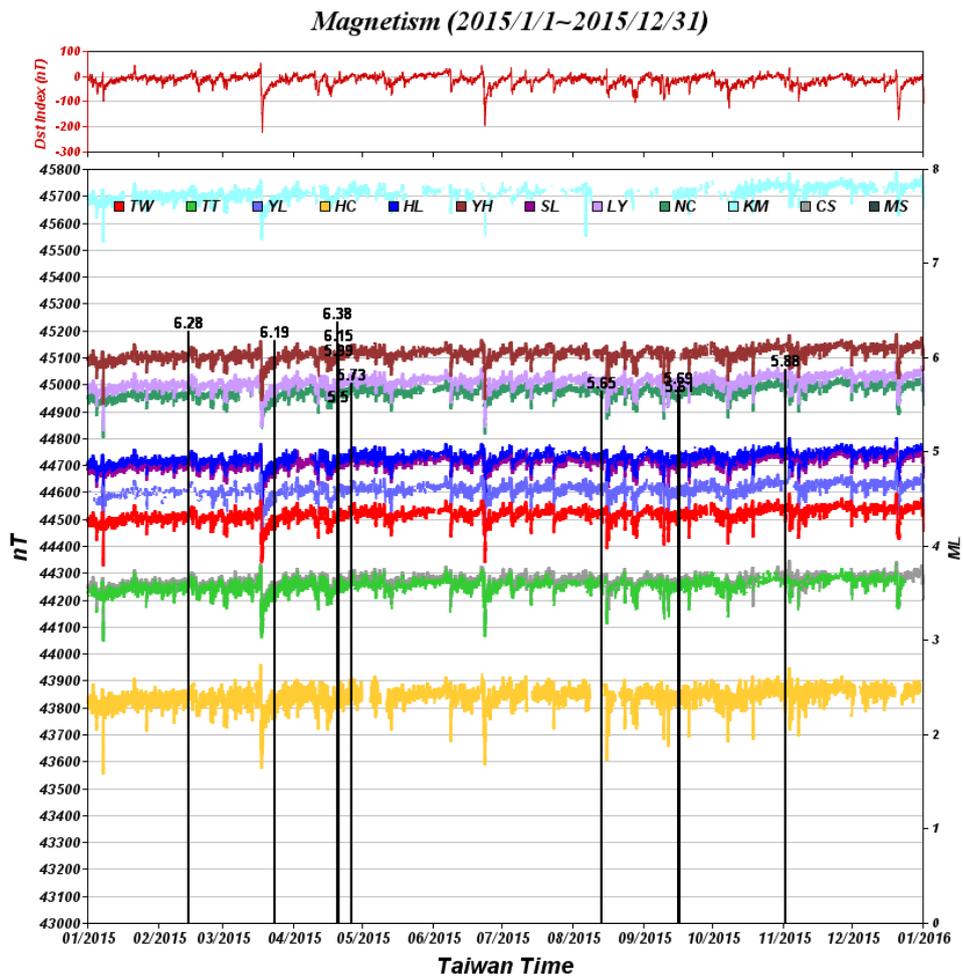


圖3.2.4 本局地磁場觀測網2015年地磁場觀測變化圖，測站站名中英文對照如下：臺南灣丘站TW、臺東卑南站TT、花蓮玉里站YL、屏東墾丁站HC、花蓮加灣站HL、桃園爺亨站YH、南投雙龍站SL、苗栗鯉魚潭站LY、宜蘭內城站NC、金門站KM、臺東池上CS、屏東馬仕站MS，長條實線表示規模5.5以上且深度小於40公里之地震。

四、地震速報作業

(一) 有感地震報告

本局於2015年共發布549筆有感地震報告，其中100筆顯著有感地震為加註年度編號並主動通報之地震報告，449筆為震度影響範圍較小之小區域有感地震報告，數量較前一年減少許多，主要因本局自2015年起修正有感地震報告發布辦法，將有感地震的規模、震度影響等均納入發布條件，以符合防災業務需求與貼近民眾實際感受（如表4.1.1）：

1. 顯著有感地震：地震規模4.0以上，且震度較大或影響範圍較廣之地震。此類地震發生時，本局將立即發布報告，並透過各式管道主動對外通報。
2. 小區域有感地震：地震規模未達4.0但仍屬有感，震度影響範圍局限於震央附近地區之地震。此類地震發生時不會主動對外通報，但會將資訊公告於本局官網。

表 4.1.1 有感地震報告發布標準

	發布標準
顯著有感地震報告	(一) 地震規模 4.0 以上，且即時地震站觀測震度達以下情況之一者： 1.任一站之震度達 4 級以上，或 2 站之震度達 3 級以上。 2.縣(市)政府所在地任一站之震度達 3 級以上，或 2 站震度達 2 級以上。 3.直轄市市區站之震度達 2 級以上。 (二) 未達前述情況，但因地震之特殊性，有發布之需要者。
小區域有感地震報告	未達顯著有感地震報告，但符合下列情況之一時： (一) 任一地震站之震度達 4 級以上。 (二) 地震規模 3.5 以上，且任一即時地震站之震度達 3 級以上或 2 站震度達 2 級以上。 (三) 未符合前二款之情形，惟仍屬有感地震且為一般民眾或機構反映查詢者。

顯著有感地震報告年平均時效為地震發生後4分40秒發布完成。每筆正式地震報告對外發布產品除圖文報告外，還包括隨後產製之等

震度圖、各地波線圖等。各式產品依屬性不同，利用各式管道對外發布如：紙本傳真、手機簡訊、電子郵件、電子報、166/167語音服務、臉書FaceBook報地震服務，以及專線傳輸等。顯著有感地震報告主動通報之簡訊數量，規模5以上每筆平均約發送567則；規模未達5平均約發送500則簡訊。

2015年各月份有感地震報告之有感地震震央分布如圖4.1.1、規模統計如表4.1.2、震度統計如表4.1.3、有感地震報告個數統計如表4.1.4。

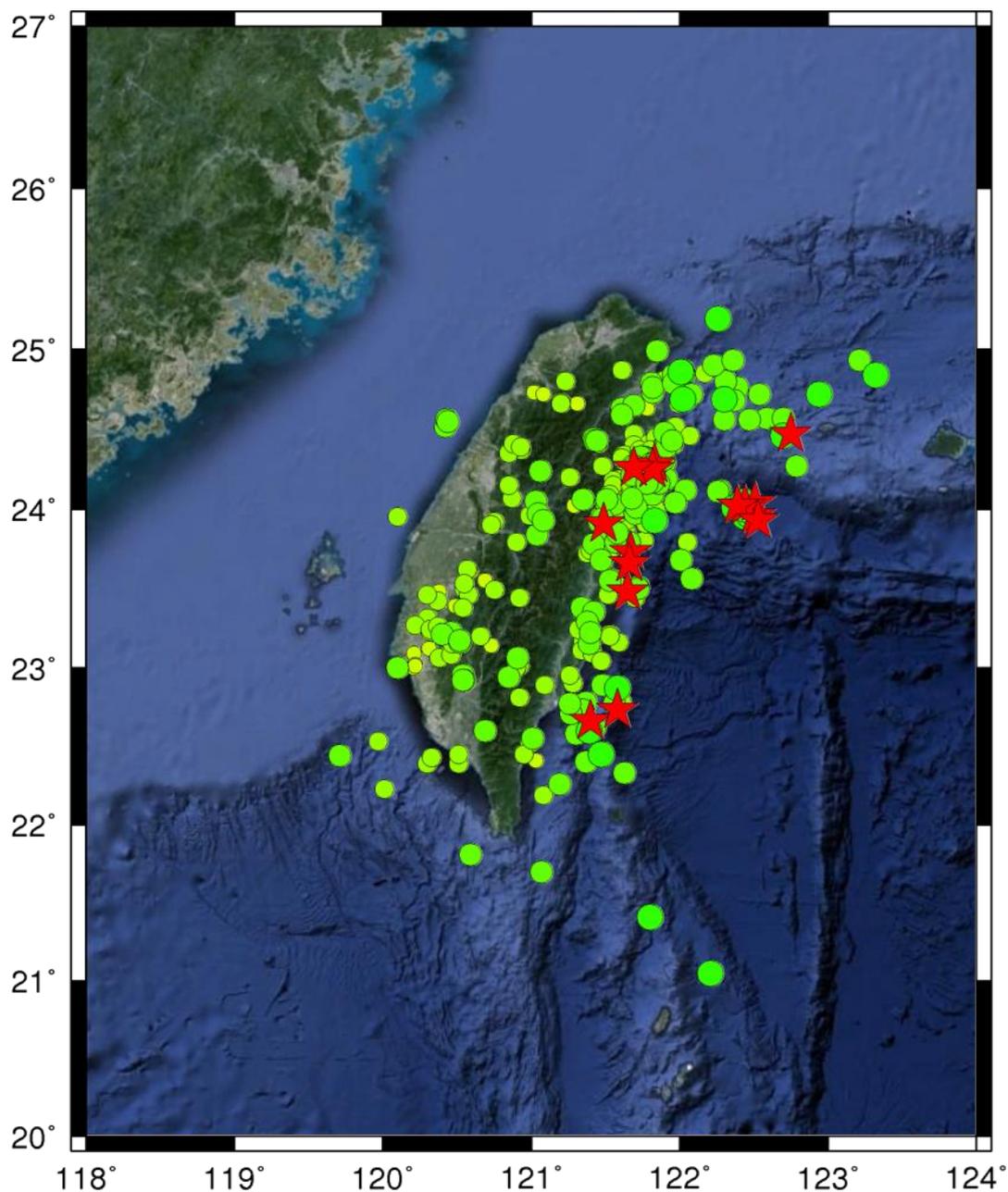


圖 4.1.1 2015 年有感地震報告震央分布圖 (★：規模 5.5 以上)。

表 4.1.2 2015 年各月份有感地震之規模統計表

規模統計	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計
規模 7 以上個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
規模 6~7 個數	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5
規模 5~6 個數	3	1	0	4	4	2	0	2	4	4	3	2	29
規模 4~5 個數	11	6	9	7	11	7	8	11	22	27	14	24	157
規模 3~4 個數	22	11	15	26	22	13	31	15	53	54	15	19	296
規模 2~3 個數	7	1	15	11	1	5	7	2	10	0	0	1	60
規模 1~2 個數	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
規模 0~1 個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	43	20	40	51	38	27	46	32	89	85	32	46	549

表 4.1.3 2015 年各月份有感地震之震度統計表

震度統計	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計
震度 7 個數	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
震度 6 個數	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
震度 5 個數	1	1	0	0	1	0	3	0	2	1	1	0	10
震度 4 個數	2	2	3	2	2	3	1	2	12	19	2	5	55
震度 3 個數	15	7	6	9	7	10	3	8	29	20	10	18	142
震度 2 個數	22	8	21	2	18	9	1	18	42	39	12	18	210
震度 1 個數	3	2	9	0	10	5	0	4	3	6	7	5	54
震度 0 個數	0	0	0	38	0	0	37	0	0	0	0	0	75
合計	43	20	40	51	38	27	46	32	89	85	32	46	549

表 4.1.4 2015 年各月份有感地震報告之個數統計表

有感地震統計	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	合計
有編號地震個數	7	5	3	12	3	3	8	2	20	16	7	14	100
小區域地震個數	36	15	37	39	35	24	38	30	69	69	25	32	449
合計	43	20	40	51	38	27	46	32	89	85	32	46	549

(二) 地震速報系統速報效能分析

2015年顯著有感地震報告共100筆，速報系統全區網自動定位之時效平均約51秒完成，經值班人員檢視地震訊號、確認資訊後，平均在4分40秒完成報告產製與對外發布作業，如圖4.2.1所示。

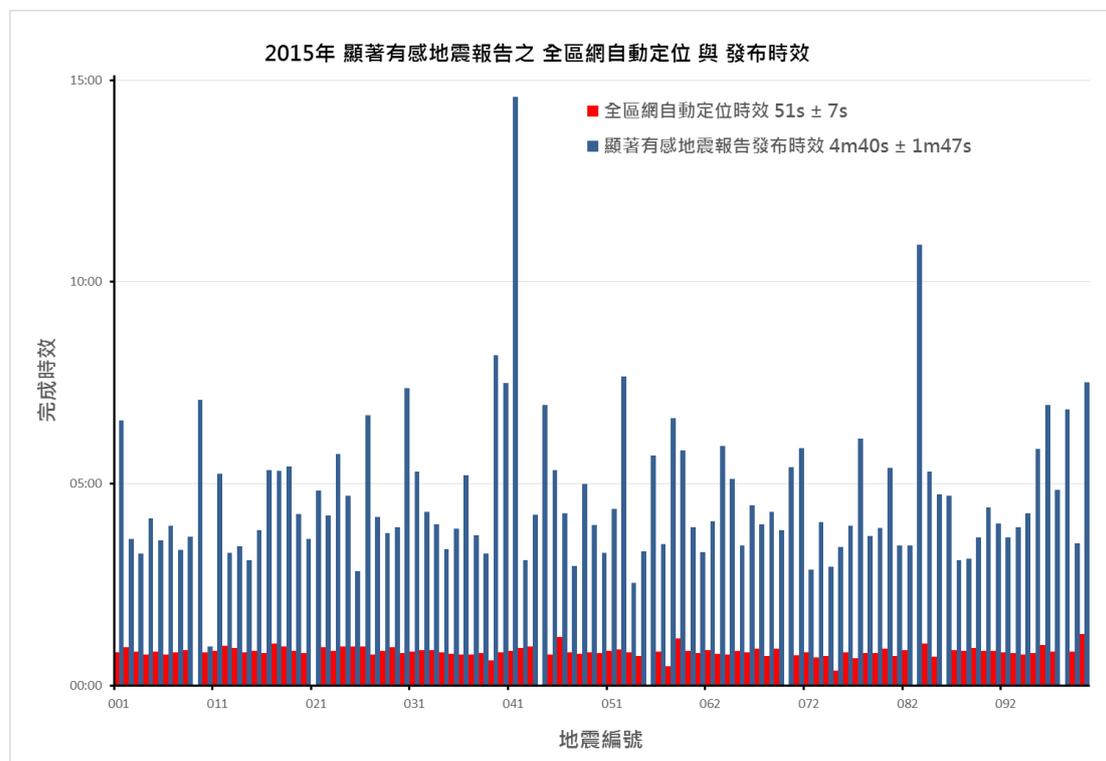


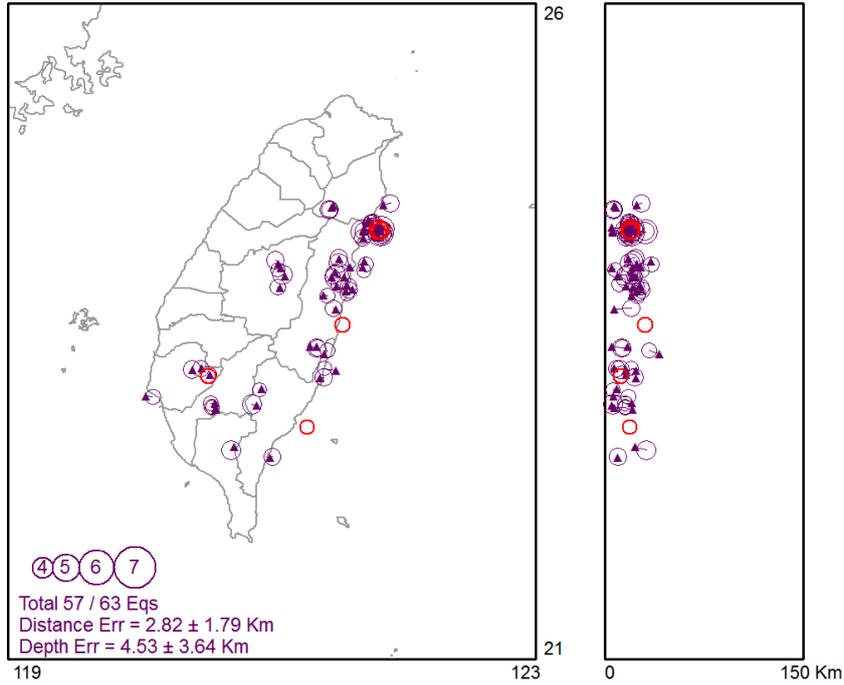
圖4.2.1 2015年顯著有感地震自動定位與主動通報地震報告發布時效統計圖。

檢視2015年對臺灣本島陸地較有影響之地震，搜尋近岸10公里、規模4以上、震源深度40公里以內條件下之有感地震計有63筆，統計地震速報系統自動定位之效能如下：

1. 全區網：偵測率90.48%，平均位置誤差2.82公里，深度誤差4.53公里，時效48.82秒。
2. 虛擬子網：偵測率88.89%，平均位置誤差5.50公里，深度誤差4.98公里，時效20.46秒。

經分析全區網與虛擬子網自動定位各遺漏6筆地震，主要原因如下：1. 規模較小，2. 震央位置鄰近之測站不足以致觸發站數偏少，3. 短時間內密集發震，自動系統無法連續解析所致。全區網與虛擬子網之自動定位偏差如圖4.2.2與4.2.3。

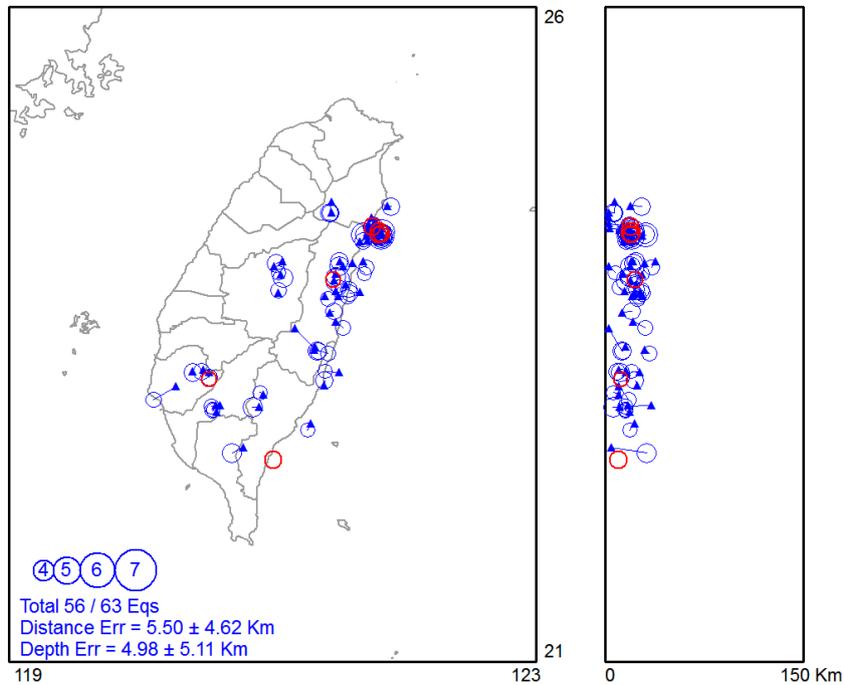
20150101~20151231 AllNet(▲) vs. CWBSN(○)
 Eqs Selected from CWBSN DBS, Near Coast 10 Km, M: 4-9, Depth: 0~40 Km



○大小表示地震規模大小，▲為自動定位震央位置。
 紅色○表示無自動定位結果，右圖為震源深度分布。

圖4.2.2 2015年地震速報系統全區網自動定位偏差。

20150101~20151231 SubNet(▲) vs. CWBSN(○)
 Eqs Selected from CWBSN DBS, Near Coast 10 Km, M: 4-9, Depth: 0~40 Km



○大小表示地震規模大小，▲為自動定位震央位置。
 紅色○表示無自動定位結果，右圖為震源深度分布。

圖 4.2.3 2015 年地震速報系統虛擬子網自動定位偏差。

五、海嘯警報發布作業

2015年太平洋海嘯警報中心（PTWC）針對太平洋沿岸地區發出77報次之海嘯警報電文，共42起海域地震事件，其中僅6起達到海嘯警戒（TSUNAMI THREAT）報文的門檻，最大為9月17日發生於智利中部近海，規模8.3之強震。2015年該中心將臺灣地區列為海嘯警戒區域之事件包括3月30日巴布亞紐幾內亞規模7.6地震與9月17日智利中部近海強震。本局處理情形如下：

1. 3月30日巴布亞紐幾內亞規模7.6地震

3/30 07:49 地震發生。

3/30 07:54 PTWC第001報，針對震央附近國家發布海嘯警戒，臺灣並未列入警戒範圍。

3/30 09:30 PTWC第003報，擴大範圍增列臺灣等國家，預估浪高小於0.3米。本局經研判約在下午2～3時影響臺灣沿海，隨即對外通報相關資訊。

3/30 10:30 PTWC第004報，確認已解除環太平洋國家之海嘯威脅，本局立即對外通報海嘯威脅解除資訊。

2. 9月17日智利中部近海規模8.3地震

9/17 06:54 地震發生。

9/17 07:00 PTWC第001報，規模為7.9，針對震央附近國家發布海嘯警戒，臺灣並未列入警戒範圍。

9/17 07:23 PTWC第002報，規模上修為8.3。

9/17 07:46 PTWC第003報，擴大範圍增列臺灣等國家，預估浪高小於0.3米。本局經研判約在9月18日上午7～8時影響臺灣沿海，隨即對外通報相關資訊。

9/18 07:05 PTWC第027報，確認已解除環太平洋國家之海嘯威脅，本局立即對外通報海嘯威脅解除資訊。

六、強震即時警報應用推動

(一) 背景

1. 強震即時警報原理

強震即時警報是指當大地震發生後，利用震央附近地震站觀測到的早期震波資料，快速解算出地震規模、位置與深度，並以此預估各地區之震度與震波到時等資訊，再利用快速通訊技術，搶在具威脅性的地震波（S波）到達前，對各地區通報預估的震度及震波到時等資訊。

如果強震即時警報的通報比實際破壞性地震波（S波）更快到達，相關地區就可爭取數秒至數十秒的預警時間來應變，是目前最有效的地震減災科技。

雖然強震即時警報所能爭取的應變時間有限，且越靠近震央，預警時間越短暫，但若善加利用，將可發揮很大的功效。除緊急避難應變之外，高速交通工具能夠及時減速、維生線或是瓦斯管線能夠自動關閉、工廠的生產線可以及時停止運轉，或是電腦硬碟的讀寫動作可以立即停止動作等。因此如何使這十幾秒的預警時間發揮作用，將是強震即時警報成功與否的關鍵。

由於強震即時警報仍需收錄震央附近地震站觀測到的早期震波資料，且資料處理需要一定的時間，故當近震央地區接收到強震即時警報時，地震波（S波）可能已經到達，這些無法有應變時間的地區稱為預警盲區（blind zone），這是地震預警的限制。另外，若在極短時間內有兩個地震連續發生，強震即時警報系統可能無法精確地分辨其波形資訊，或是因測站背景雜訊、人為干擾、通訊品質不佳等等原因，造成地震訊號品質不佳，均有可能造成系統誤判，影響強震即時警報的精確度，甚至遺漏或誤報，日本即曾發生數次誤報事例，相關技術仍有待改進。

2. 推動規劃

本局之權責位屬強震預警防救災體系之上游預警資訊提供。現階段已建置「強震即時警報系統」，以目前之現行作業模式，針對臺灣本島地區近岸10公里內之中大型有感地震，平均約在地震發生後20~30秒，可完成初步地震資訊、各地預估震度與預估

到時等資訊，並對外發送，對於距震央100公里以外之地區，將可提供約10秒以上之預警時效。

然而由於國內中、下游層次之強震預警機制目前尚未完備，因此本局規劃以下業務作為推動方向：

- (1) 短期：發展強震即時警報技術系統，業務重點為縮短預警時效，並提昇相關資訊之精確度；與民間業者合作，利用最新網路通訊科技開發傳、收介面；推動全國中小學強震即時警報傳遞機制。預估客戶端數量 3,000~5,000。
- (2) 中期：持續與民間業者合作，針對非傳統 IP 網路之通訊技術，開發無線傳、收介面。擴大接收預警訊息之客戶端數量至數萬至數十萬有線、無線電腦或設備。
- (3) 長期：新一代強震即時警報系統已全面上線正式運作。待 NCC 整合電信業者，完成簡訊廣播之規範，即可透過相關系統將預警資訊快速提供至一般民眾手機。屆時一般民眾均可透過手機、無線載具設備接收強震即時警報資訊。

(二) 2015 年執行成效

1. 系統效能

檢視2015年地震預警系統運作情形，總共發布67次強震即時警報（表6.2.1）。在發布時效表現方面，除了發生於東部外海的遠地地震，其他島內或近海地震皆可在地震發生後20秒以內就對外發布訊息，對於距離震央70公里以外的地區提供預警。至於70公里以內範圍，由於警報作業處理需要時間，包含資料擷取與地震定位，因此當系統獲得結果並開始對外發布時，地震的S波其實已經到達，這是地震預警的限制，而這個無法提供預警的範圍則稱為預警盲區。另外比較系統自動發布的警報資料與人工處理發布的地震報告，同樣對於島內或近海地震，在震央位置與地震規模都可以有很好的掌握，位置平均誤差約在 17.6 ± 19.3 公里左右（圖6.2.1），規模誤差則平均為0.3（圖6.2.2）。

表 6.2.1 2015 年強震即時警報表現統計表

日期 (臺灣 時間)	地震報告				即時警報				時效 (秒)	位置 誤差 (公里)	規模 誤差
	經度 (度)	緯度 (度)	規模	深度 (公里)	經度 (度)	緯度 (度)	規模	深度 (公里)			
2015/01/05	122.0187	24.691	5.07	73.83	121.85	24.74	4.5	50	20	19.32	0.57
2015/01/07	121.6915	24.2598	5.48	30.4	121.67	24.27	5.2	20	15	2.62	0.28
2015/01/16	121.9457	24.4257	4.91	31.37	121.83	24.55	4.5	20	19	18.68	0.41
2015/01/24	120.395	23.2098	4.58	11.12	120.42	23.18	4.6	10	15	4.28	0.02
2015/02/03	123.214	24.928	4.72	122.21	122.72	24.78	4.8	90	51	56.73	0.08
2015/02/04	121.6078	24.5877	4.66	52.67	121.59	24.58	4.6	40	24	2.13	0.06
2015/02/12	121.701	24.2658	4.71	29.72	121.67	24.26	4.5	20	16	3.47	0.21
2015/02/13	121.3967	22.6582	6.28	27.78	121.31	22.68	6.4	50	18	9.83	0.12
2015/02/26	122.3048	24.6862	5.25	97.59	121.92	24.78	5.1	50	24	43.57	0.15
2015/03/14	121.8997	24.4772	4.56	27.4	121.94	24.42	4.6	30	16	7.70	0.04
2015/03/20	122.8722	24.5072	4.9	69.09	122.87	24.47	4.9	50	39	4.10	0.00
2015/03/23	121.6707	23.7257	6.19	38.4	121.73	23.71	6.2	30	20	6.75	0.01
2015/03/27	121.6282	22.329	4.67	25.83	121.6	22.33	4.5	30	28	3.10	0.17
2015/04/05	122.696	24.5693	4.7	103.93	122.99	24.51	4.7	80	38	32.99	0.00
2015/04/05	121.5063	24.061	4.44	22.72	121.54	24.04	4.5	20	24	4.37	0.06
2015/04/06	122.6995	24.461	5.39	79.39	122.91	24.39	5.1	90	33	24.44	0.29
2015/04/13	121.0807	23.934	4.82	19.41	121.11	23.92	4.5	10	15	3.57	0.32
2015/04/15	121.3483	22.7345	4.7	26.05	121.17	22.75	4.5	20	21	19.69	0.20
2015/04/20	122.441	24.0223	6.38	30.57	121.96	24.41	5.4	20	31	67.96	0.98
2015/04/20	121.6587	23.66	5.5	38.34	121.58	23.77	5.4	20	19	14.88	0.10
2015/04/20	122.5065	24.0353	6.15	33.87	122.66	23.91	5.9	10	31	21.80	0.25
2015/04/20	122.512	23.9628	5.99	29.44	121.74	24.2	4.8	20	31	88.84	1.19
2015/04/25	122.533	23.9287	5.73	34.78	122.37	23.94	5.4	30	27	17.97	0.33
2015/05/03	122.4422	23.9982	5.02	24.77	122.63	23.85	5.1	10	33	26.32	0.08
2015/05/11	120.4342	24.5572	4.93	12.3	120.56	24.44	4.8	10	20	18.91	0.13
2015/05/11	121.4815	23.9448	4.67	17.34	121.5	23.93	4.9	20	14	2.61	0.23
2015/05/14	120.4283	24.5648	4.57	11.48	120.52	24.52	4.6	20	22	11.23	0.03
2015/05/25	120.8488	22.9435	4.85	5.72	120.89	22.94	4.9	20	16	4.55	0.05
2015/05/26	122.466	23.9622	5.03	28.9	122.47	23.85	4.9	10	27	12.35	0.13
2015/05/28	122.4147	24.0008	4.85	27.27	122.25	23.99	4.7	10	29	18.16	0.15
2015/06/16	121.7182	23.4968	4.68	31.51	121.49	23.57	4.6	40	22	26.36	0.08
2015/06/21	122.4385	23.949	4.96	22.4	122.17	23.96	4.8	60	31	29.56	0.16
2015/06/26	123.3193	24.8355	5.31	114.33	123.79	24.69	5.4	70	40	54.19	0.09
2015/07/28	121.4318	24.431	4.69	5.98	121.42	24.45	4.6	10	13	2.46	0.09
2015/08/07	122.3618	24.9275	4.7	126.06	122.16	24.89	4.5	70	44	22.58	0.20
2015/08/12	122.2093	21.0492	5.31	204.03	121.82	21.65	4.5	100	61	78.75	0.81
2015/08/13	122.391	24.0233	5.65	25.54	122.09	24.2	5.2	20	31	38.39	0.45
2015/09/01	121.4913	23.9148	5.46	17.09	121.51	23.89	5.8	20	16	3.42	0.34
2015/09/01	122.3653	24.0115	5.01	26.2	122.18	24.03	4.6	30	29	20.48	0.41
2015/09/02	122.0152	24.8735	4.58	11.31	122.07	24.86	4.7	10	17	6.21	0.12
2015/09/10	121.8242	24.2405	4.93	18.62	121.77	24.27	4.5	10	21	6.79	0.43
2015/09/15	121.8297	24.2535	4.86	19	121.77	24.28	4.7	10	18	7.18	0.16
2015/09/15	121.8198	24.2478	5.69	19.78	121.79	24.29	5.5	10	16	5.68	0.19
2015/09/16	121.8285	24.2847	5.61	20.16	121.8	24.3	5.6	10	16	3.56	0.01
2015/09/16	121.8337	24.2778	4.5	22.04	121.78	24.3	4.5	10	19	6.39	0.00
2015/09/16	121.803	24.277	4.63	19.24	121.79	24.28	4.5	10	17	1.47	0.13
2015/09/24	120.693	22.5967	4.74	31.28	120.74	22.58	4.6	10	16	5.49	0.14
2015/09/29	121.5067	24.0217	4.84	18.67	121.54	24	4.9	20	15	4.37	0.06
2015/10/12	121.4722	22.4463	5.22	20.52	121.47	22.43	5.3	30	23	1.81	0.08
2015/10/13	121.6475	23.4845	5.46	49.09	121.72	23.49	5.4	50	23	8.00	0.06
2015/10/15	121.7562	24.3193	4.63	18.8	121.75	24.33	4.6	10	16	1.36	0.03
2015/10/16	122.943	24.723	5.1	121.57	123.25	24.65	4.9	80	38	34.71	0.20
2015/10/19	122.0145	24.8578	5.32	14.41	122	24.83	5.6	10	17	3.45	0.28
2015/10/19	122.0077	24.8388	4.69	11.3	122.02	24.82	5.2	10	21	2.47	0.51
2015/10/19	121.9977	24.8325	4.68	8.71	122.01	24.83	4.8	10	17	1.38	0.12
2015/11/01	121.5837	22.7322	5.88	18.81	121.36	22.79	5.5	30	21	25.42	0.38
2015/11/03	122.0175	24.8333	4.67	1.38	121.96	24.81	4.7	10	26	6.82	0.03
2015/11/05	121.828	23.9298	4.98	47.93	121.77	23.94	4.6	30	22	6.48	0.38
2015/11/11	122.7538	24.4743	5.49	95.56	123.25	24.36	5.3	90	30	56.01	0.19
2015/11/11	121.8467	24.9855	4.61	133.06	121.78	24.83	4.6	70	39	18.61	0.01
2015/11/28	122.2613	25.1883	5.15	219.36	121.87	24.99	4.6	40	36	48.25	0.55
2015/12/02	121.9108	24.1908	4.85	23.91	121.79	24.22	4.5	20	20	13.67	0.35
2015/12/02	121.8927	24.1838	4.64	24.27	121.76	24.19	4.5	20	19	14.61	0.14
2015/12/03	121.3862	22.604	5.34	25.89	121.14	22.6	5	20	24	27.09	0.34
2015/12/12	121.3403	23.3722	4.64	12.37	121.34	23.39	4.5	10	18	1.96	0.14
2015/12/24	121.0275	24.0457	4.57	21.22	121.03	23.97	4.5	10	14	8.33	0.07
2015/12/31	121.7968	21.4053	5.03	147.42	121.44	21.96	4.6	40	42	72.55	0.43

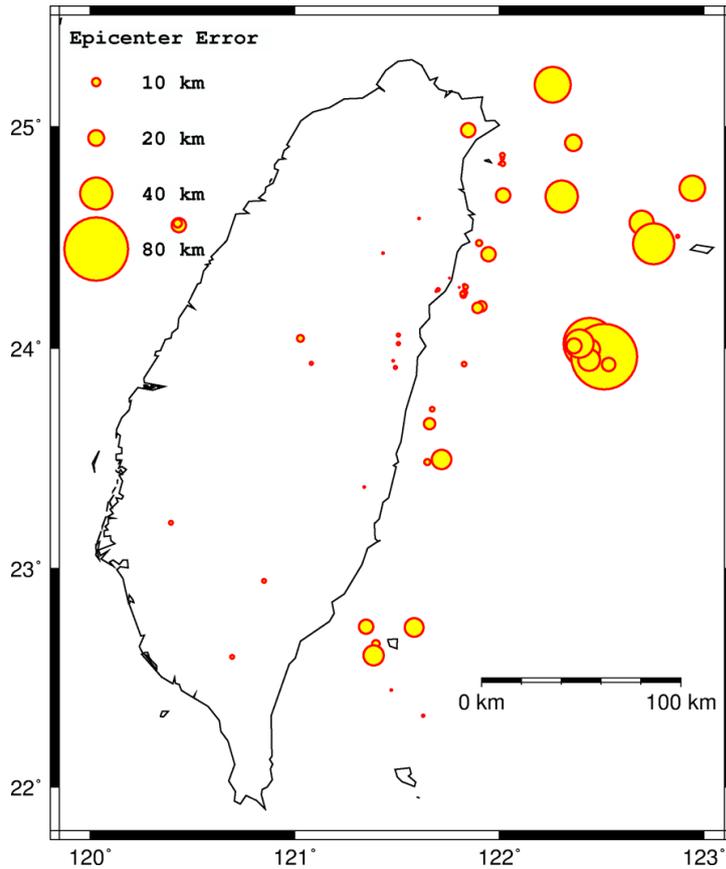


圖 6.2.1 2015 年強震即時警報震央位置誤差隨震央之分布圖。
 (圓圈愈大震央誤差愈大，尺度見圖左上)

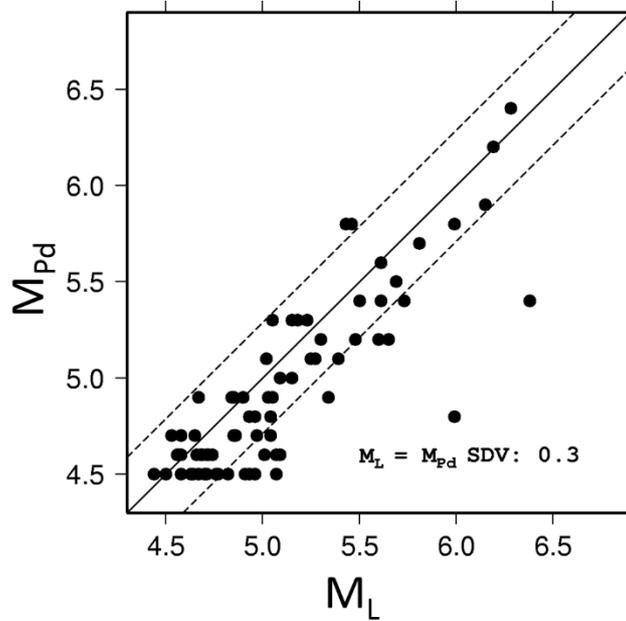


圖6.2.2 2015年強震即時警報地震規模誤差分布圖。
 (橫軸為完整分析之地震規模，縱軸為強震即時警報地震規模)

系統針對島內地震已具備良好的偵測與預警能力，以2015年9月16日下午9點09分，規模5.6的花蓮與宜蘭間近海地震為例，系統在地震發生後16秒即開始對外發布警報，並在0.5秒內完成2,300多所學校的傳遞。警報發布的地震規模為5.6，震央位置與後來人工定位相差3.5公里，結果相當接近。預警效益方面，除了宜蘭與花蓮北部地區外，距離震央約60公里以外的地區開始擁有數秒至數10秒的預警時間（圖6.2.3），包括臺北、臺中等都會區約10秒，高雄、臺南等都會區約20秒以上，成功展示本局強震即時警報的成效。



圖6.2.3 強震即時警報接收警報事件之示意圖。

2. 通報、推廣成果

配合教育部計畫，全國超過3,500所中小學均已完成強震即時警報接收軟體的安裝，2015年配合教育部以及國家防災日演習，進行多次演練測試，統計學校單位之接收效能如下：

- (1) 2015年9月14日國家防災日教育部預演，共通報至2,534校，2,945部接收主機，學校接收率70.31%，0.143秒完成。
- (2) 2015年9月21日國家防災日，共通報至3,122校，3,604部接收主機，學校接收率86.63%，0.198秒完成。

本局地震測報中心與外部單位合作推動地震資訊傳遞服務，2015年累計有12個單位(包括學術單位與民間廠商等)(表6.2.2)簽訂「合作推動地震資訊傳遞服務契約」，提供強震即時警報傳遞服務，並開發增值應用，推廣使用者接收應用。其開發範圍除警報資訊轉發外，目前還包括警報廣播機制、地震警報器、行動裝置APP、設備自動控制等多元應用。

表6.2.2 2015年簽訂「合作推動地震資訊傳遞服務契約」廠商列表

	單位名稱
1	財團法人國家地震工程研究中心(發展現地預警)
2	三聯科技股份有限公司(Palart)
3	天氣風險管理開發股份有限公司(氣象增值服務)
4	財團法人資訊工業策進會(智慧防災聯網通訊平台計畫)
5	磊客思科技股份有限公司(日商,大規模轉發派送)
6	國立臺灣大學地質科學系暨研究所(吳逸民教授)
7	瀚誼世界科技股份有限公司(數位機上盒)
8	卡訊電子實業有限公司(廣播設備、轉發)
9	天下數位科技股份有限公司(APP)
10	東億電通有限公司(APP)
11	財團法人中興工程顧問社(APP)
12	欣德電子有限公司(廣播設備、轉發)

（三）後續工作

有關預警資訊通報部分，除利用現有之網路通訊進行快速通報外，未來亦將視國內網通科技之發展，配合利用以改進通報成功率。例如網路通訊之IPv6技術、各式無線通訊包括低頻廣播、副載波等技術。另目前國內之簡訊通報受限於架構，僅可達到每分鐘約2,000通簡訊之效能，不符合強震即時警報快速、大量之需求。現已由國家通訊傳播委員會（NCC）針對下一代4G無線通訊架構，推動「災防告警細胞廣播訊息系統（Public Warning System, PWS）」之建置，同時研議相關法規，此系統是利用行動通信系統的細胞廣播服務技術（Cell Broadcast Service, CBS），提供政府可以在短時間內，大量傳送災防示警訊息到民眾的手機，即時通知民眾，讓民眾能及早掌握離災、避災的告知訊息服務。此系統由國家災害防救科技中心進行細胞廣播服務訊息交換與介接資訊格式之訂定，以及防災雲端警報閘道器之規劃與建置。待相關技術完備後，將研議利用其快速、大量廣播之特性，提升強震即時警報資訊之通報與應用成效。

七、地震個案討論

(一) 2015年2月14日綠島地震

2015年2月14日4時6分31.8秒，於綠島附近的臺灣東部海域發生芮氏規模6.3，震源深度27.8公里的地震，詳細報告如圖7.1.1。此地震造成臺灣本島各地皆有感，最大震度5級在臺東縣綠島、東河、成功及池上等地，所幸各地沒有傳出地震或海嘯災情，後續也未帶出大量的餘震序列。

本次地震報告發布作業說明如下：地震發生於凌晨，本局地震測報中心值班人員透過即時視窗訊息、類比記錄器與警報音效等獲知地震發生。地震發生後52秒~1分51秒，3套全區網陸續完成自動定位；地震發生後1分01秒對外發出震度描述簡訊，供防救災單位快速應變；地震發生後5分15秒，確認所有資訊正確無誤後，以3全區網擇優完成地震報告，並透過各式通報管道對外發布。

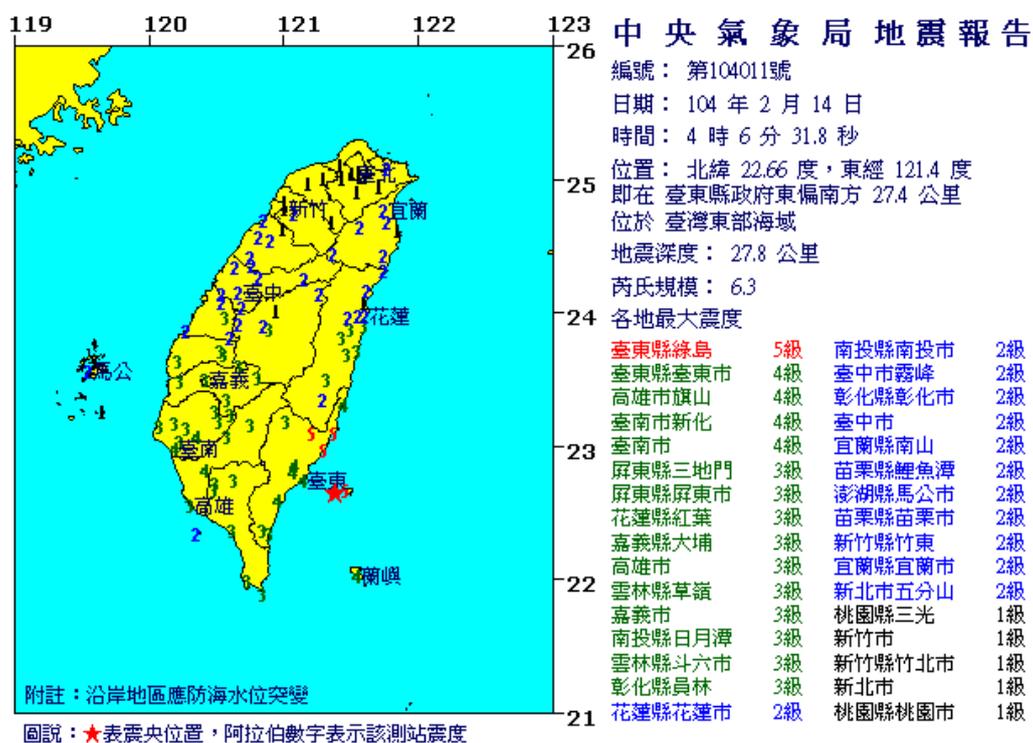


圖7.1.1 2015年2月14日綠島地震之地震報告。

由 2015 年 2 月在臺灣東部海域的地震活動，可以發現在 0214 地震附近有許多的地震活動（圖 7.1.2）。沿 A-B 做一剖面後，這些群集的地震，都發生在 0214 地震的西北西方淺部，為規模 2 以上的地震事件，甚至有形成一個向東南東傾的態勢。而這個地震的分布形態，恰好與震源機制初動解其中一個破裂面在空間的延伸方向十分接近。依據這餘震的分布特性，推測 0214 地震的破裂面，其位態可能是一個向東傾斜的面。

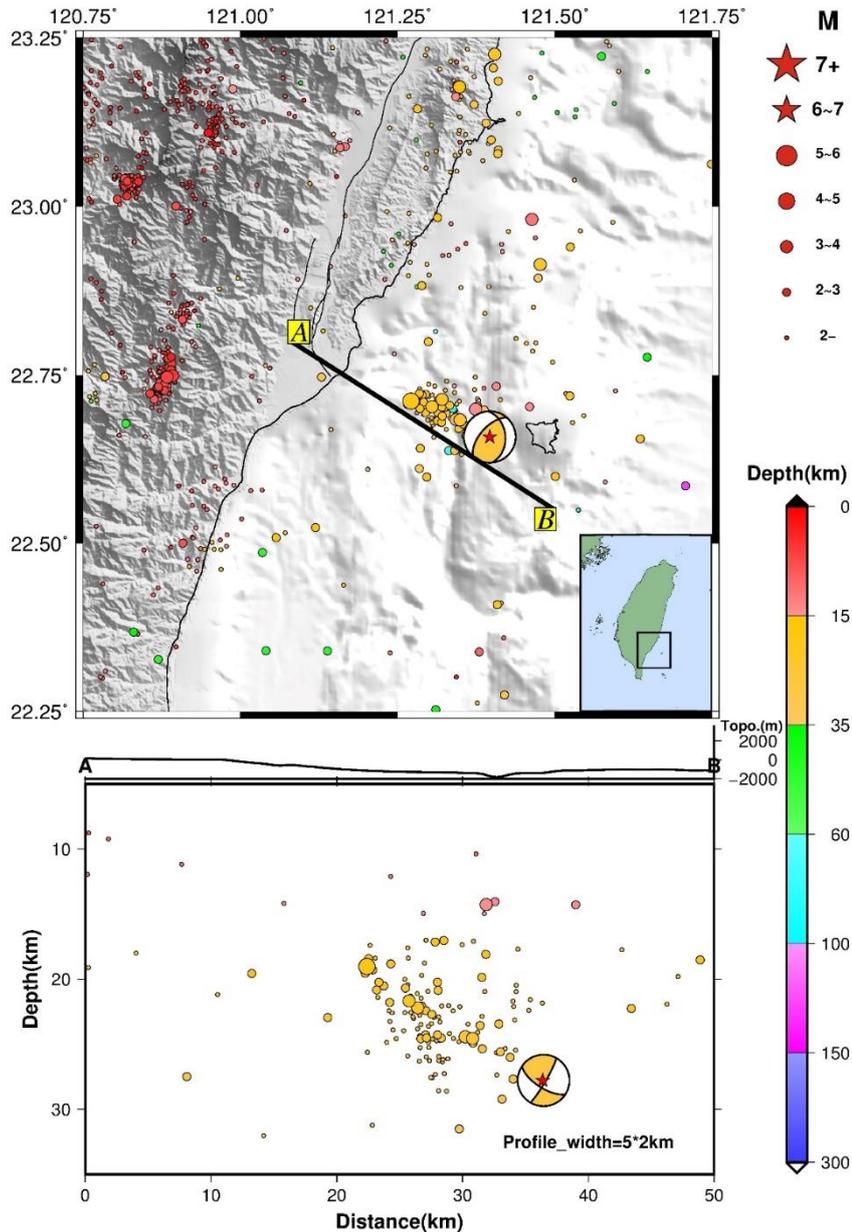


圖7.1.2 2015年2月的地震分布與0214地震的初動震源機制球。紅色星號表示0214地震的位置，圖中的海灘球為0214地震的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於A-B剖面兩側5公里內的地震。背景地震為2015/02/01至2015/02/28。

對 0214 地震附近發生的地震，進行時間上的分析，選取地震位在東經 121.25 度至 121.50 度，緯度 22.55 度至 22.80 度，深度 0 至 40 公里，規模 2~7 的地震事件（圖 7.1.3）。初步發現，此地區過去曾經發生過另一次的強震（規模大於 6 的地震事件），時間在 2004 年 5 月 19 日（0519 地震）。換而言之，此地區在大約十年期間已有兩次強震事件發生，這特性顯示此地區可能具有強震重覆發生的潛能。

採用統計上的 Z 值分析（圖 7.1.4），分析每 25 天內的地震活動量，與長期（2006-2010）的背景地震活動差異度，發現在 2002 年初，也是在 2004 年 0519 地震發生前，地震活動就有持續一段時間高於背景地震活動（紅色）。類似的情況，自 2014 年的上半年開始，也就是在 2015 年 0214 地震之前，此地區的地震活動亦有稍微高於背景地震活動的情形（紅色）。後續將持續關注與統計相關的特性，此地震活動異常情形是否可以研判此地區大地震可能發生？值得進一步探討。

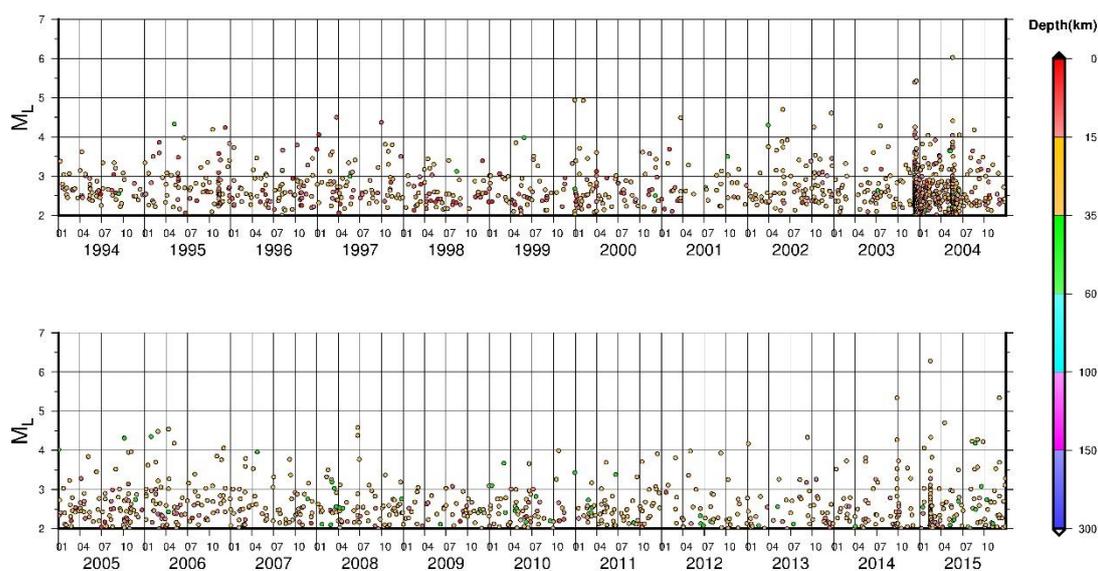


圖7.1.3 地震的發生時間序列圖。地震資料為本局地震目錄中，地震位於東經 121.25度至121.50度，緯度22.55度至22.80度，深度0至40公里，規模2~7 的地震事件。

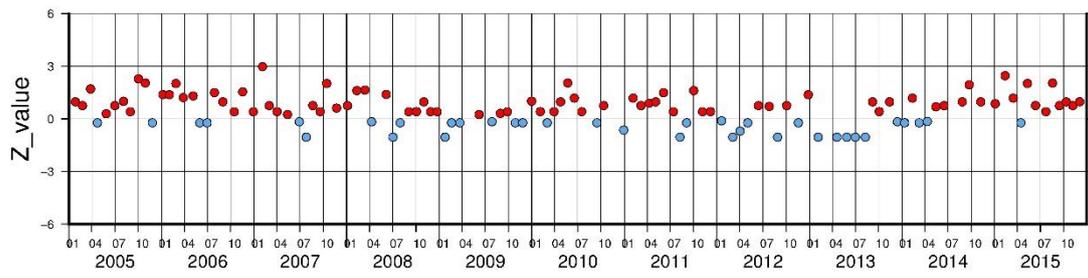
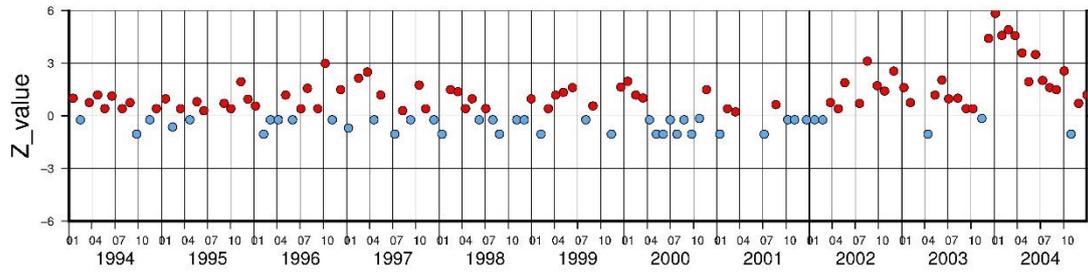


圖7.1.4 Z值隨時間的變化。紅色、藍色分別表示Z值為正、負。

(二) 2015年3月23日花蓮磯崎地震

2015年3月23日18時13分51.6秒，於花蓮縣磯崎地區發生芮氏規模6.2，震源深度38.4公里的地震，詳細報告如圖7.2.1。此地震造成臺灣本島各地皆有感，最大震度6級在花蓮縣磯崎，所幸各地沒有傳出災情，後續也未帶出大量的餘震序列。

本次地震報告發布作業說明如下：地震發生於傍晚，本局地震測報中心值班人員透過即時視窗訊息、類比記錄器與警報音效等獲知地震發生。地震發生後52秒~1分36秒，3套全區網陸續完成自動定位；地震發生後1分鐘對外發出震度描述簡訊，供防救災單位快速應變；地震發生後3分51秒，確認所有資訊正確無誤後，以3全區網擇優完成地震報告，並透過各式通報管道對外發布。

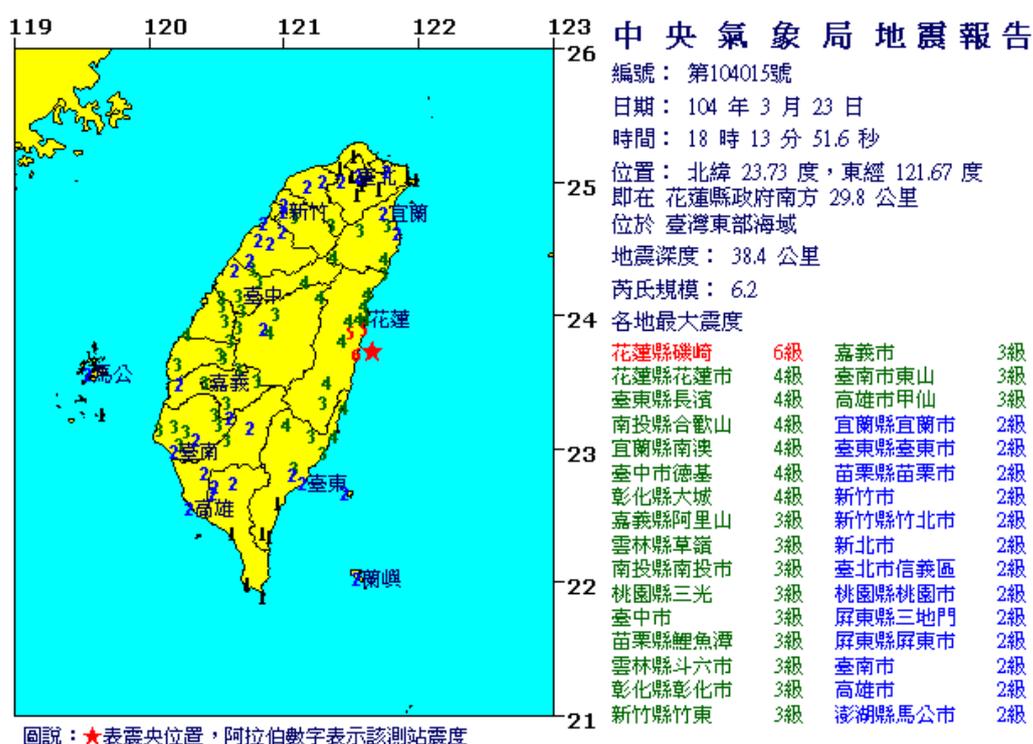


圖7.2.1 2015年3月23日花蓮磯崎地震之地震報告。

檢視2015年在0323地震附近的地震活動(圖7.2.2)，雖然0323地震的規模大，震源位置也靠近臺灣本島，但之後偵測到的地震活動數量，卻未高於鄰近的幾個地震活動區。

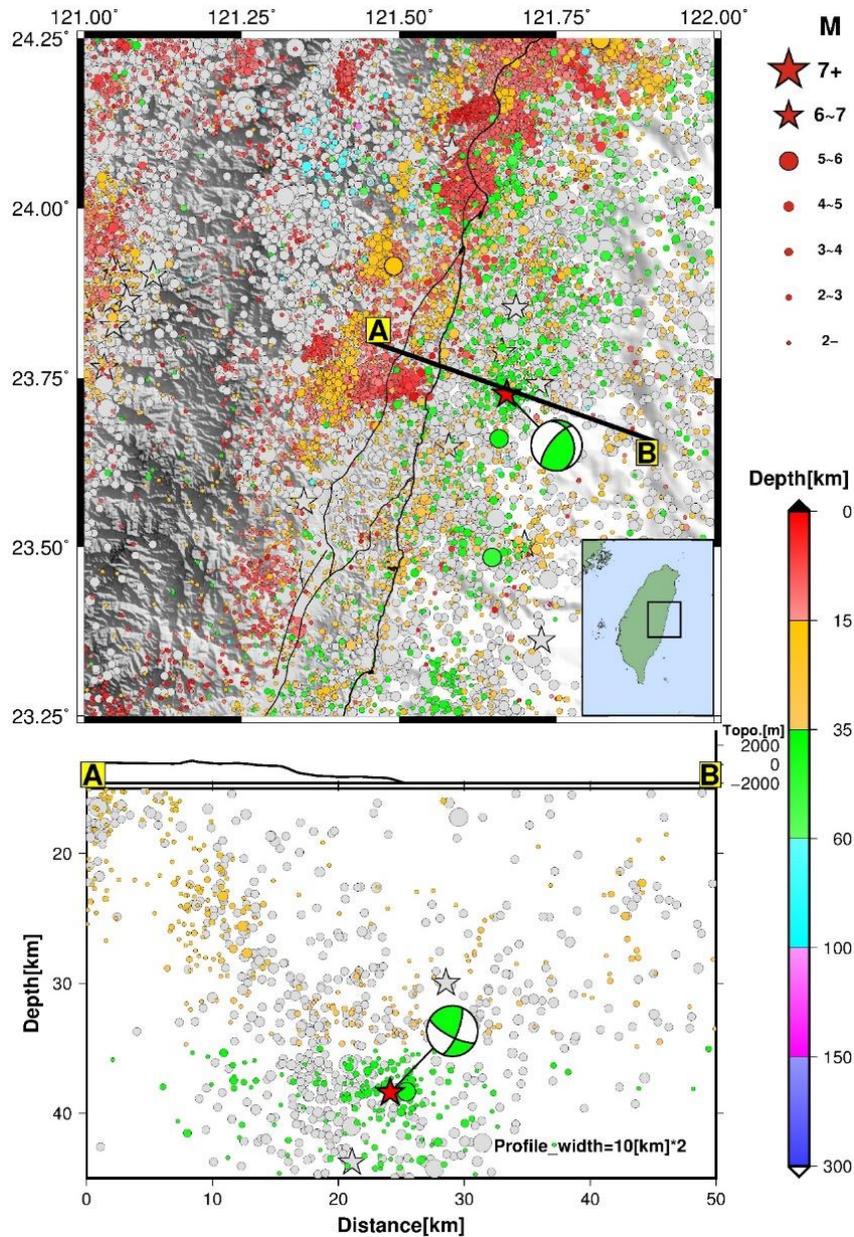


圖7.2.2 2015年的地震分布與0323地震的初動震源機制球。紅色星號表示0323地震的位置，圖中的海灘球為0323地震的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於A-B剖面兩側10公里內的地震。短期背景地震為2015年的地震資料（彩色圓形），長期背景地震為1994至2014年間的地震資料（灰色圓形）。

在該地區2002年2月12日規模6.2的地震亦呈現相同的特性，可以從地震發生的時間序列圖（圖7.2.3）中發現，這個地震序列的模式與2015年0323地震有幾分相似，即是在地震發生後，地震活動量顯著增加的時間，僅發生在主震之後短短的幾天內。稍有不同的是，0323地震產生的規模2以上之餘震數量，仍相對偏低。但在同一地區2009年12月19日規模6.9的地震發生後，地震數量的增加則較為明顯。總括來說，除非此地區主震規模夠大，否則餘震會在短時間內，快速減少至背景狀態。

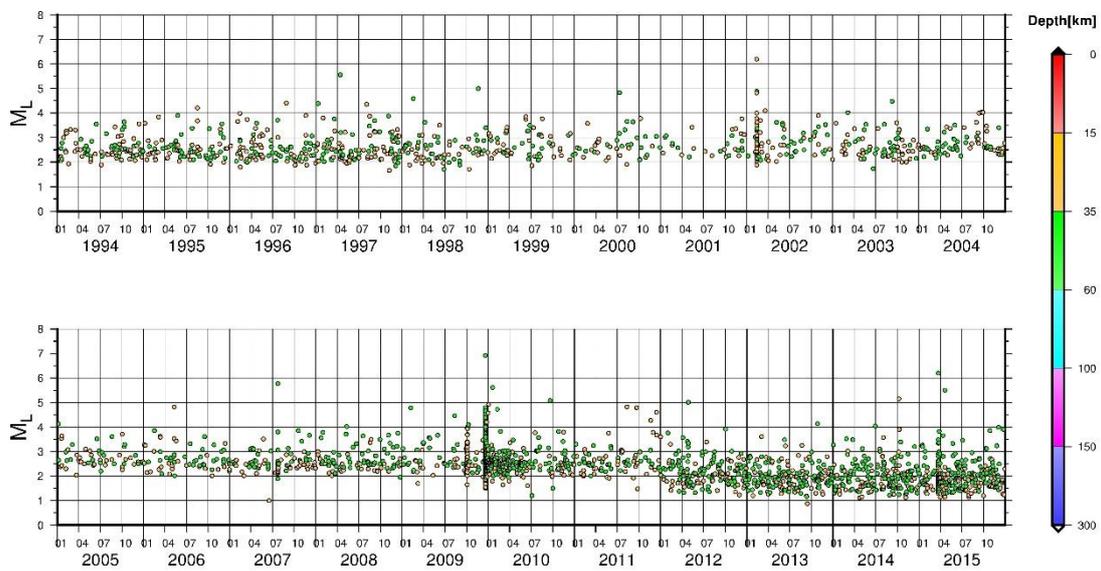


圖7.2.3 地震的發生時間序列圖。地震資料為本局地震目錄中，地震位於0323地震震源距15公里內的地震事件。

(三) 2015年4月20日臺灣東部海域地震

2015年4月20日9時42分56.1秒，於花蓮縣東方海域發生芮氏規模6.4，深度30.6公里的有感地震，詳細報告如圖7.3.1。雖然地震距離臺灣本島約有80公里遠，但此次地震仍然造成臺灣本島各地皆有感，最大震度達4級，發生在宜蘭縣南澳、宜蘭縣宜蘭市與新北市。各地災情有新北市樹林區水管爆裂、新莊區變電箱爆炸起火、臺北市停車塔震損及多處大樓外牆磚片掉落等，全臺22校災損約新臺幣77萬元。

本次地震報告發布作業說明如下：地震發生於上班時間，本局地震測報中心值班人員透過即時視窗訊息、類比記錄器與警報音效等獲知地震發生。地震發生後57秒~1分51秒，3套全區網陸續完成自動定位；地震發生後1分05秒對外發出震度描述簡訊，供防救災單位快速應變；地震發生後4分13秒，確認所有資訊正確無誤後，以3全區網擇優完成地震報告，並透過各式通報管道對外發布。

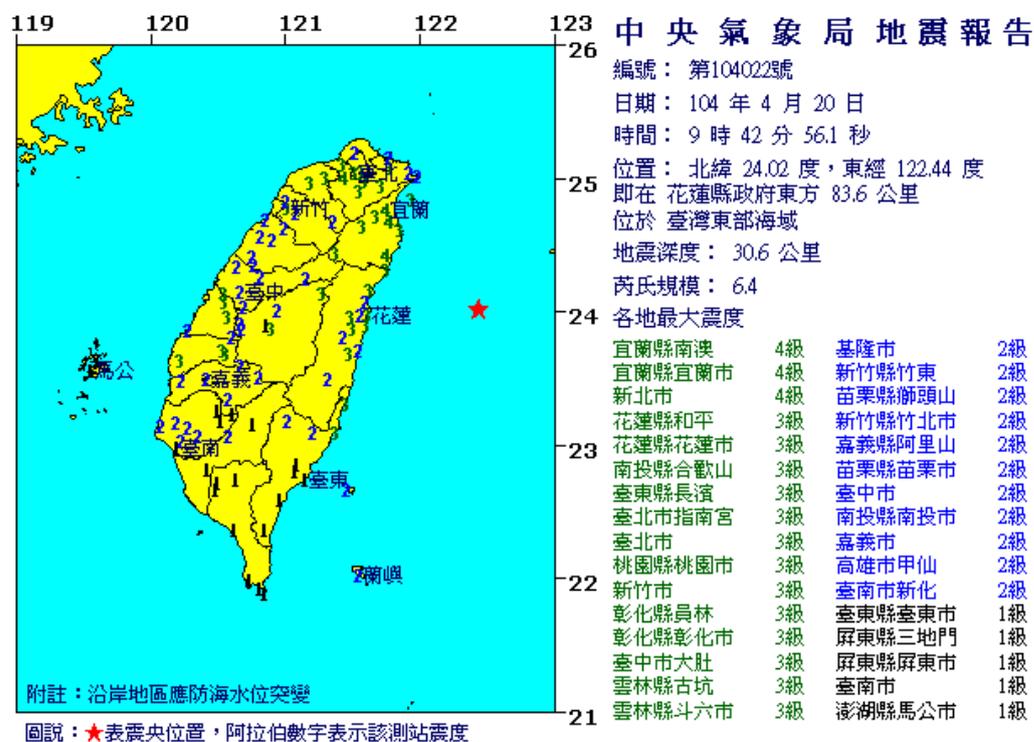


圖7.3.1 2015年4月20日臺灣東部海域地震之地震報告。

在2015年4月20日19時45分13.8秒，於臺灣東部海域再發生芮氏規模6.2，深度33.9公里的有感地震，詳細報告如圖7.3.2，為同日9時42分地震的餘震，地震雖然造成臺灣本島各地皆有感，但最大震度僅為3級，發生在花蓮縣和平、宜蘭縣南澳、宜蘭縣宜蘭市、與新北市五分山。

本次地震報告發布作業說明如下：地震發生於夜間，本局地震測報中心值班人員透過即時視窗訊息、類比記錄器與警報音效等獲知地震發生。地震發生後59秒~1分45秒，3套全區網陸續完成自動定位；地震發生後1分08秒對外發出震度描述簡訊，供防救災單位快速應變；地震發生後4分43秒，確認所有資訊正確無誤後，以3全區網擇優完成地震報告，並透過各式通報管道對外發布。

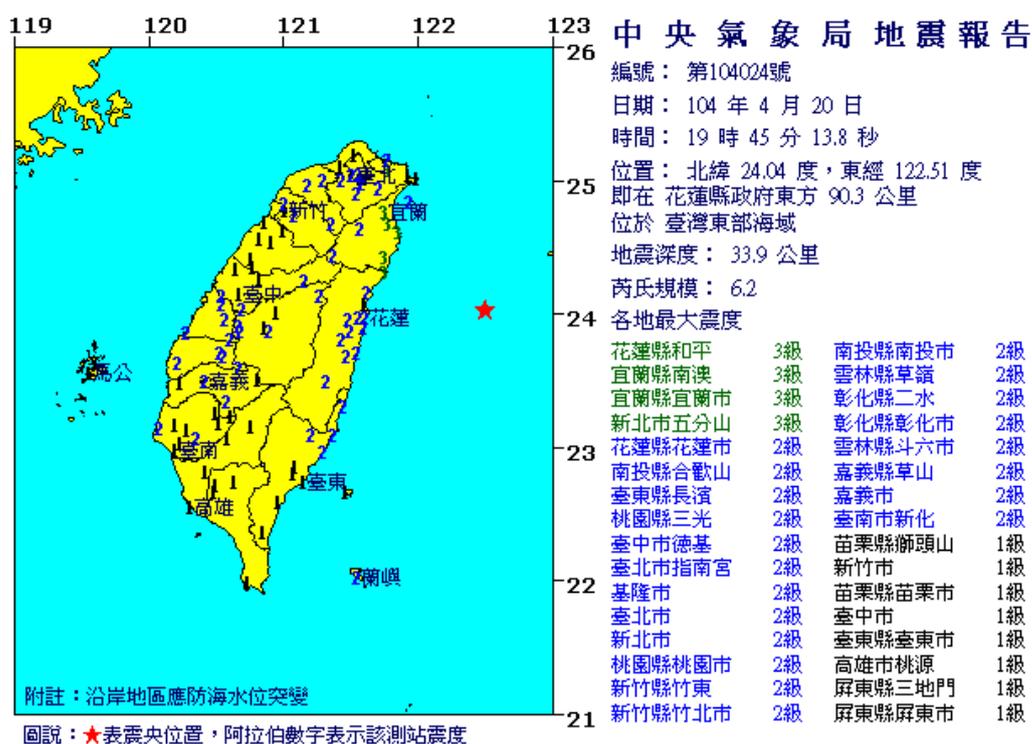


圖7.3.2 2015年4月20日臺灣東部海域地震序列其中最大餘震之地震報告。

檢視 2015 年在 0420 地震附近的地震活動（圖 7.3.3），2015 年此區域的地震分布在 A-B 剖面上可見明顯的向東北下傾的態勢，除了在 2015 年的地震活動中可看到這種態勢之外，長期以來此地區規模大於 6 的地震活動分布，亦有類似的地震分布特性。此分布特性與 0420 地震的震源機制解向東北下傾的一個破裂面位態相近。因此，初步推測這個地震產生的破裂面應是西北至東南走向，且向東北下傾的面。這個型態的破裂面應與此地區菲律賓海板塊向北隱沒到歐亞大陸板塊的交界面有關。

統計 0420 地震震源距 20 公里內的地震活動（圖 7.3.4），發現 0420 地震發生後，當地的地震活動異常增加的行為，持續了很長的一段時間。因為地震分布在觀測網外，考慮地震測報的監測能力，僅討論規模 3 以上的地震，初步來看，地震活動的增加情形，自 0420 地震之後，一直持續到 2015 年年底，0420 地震產生的餘震活動延續達 3 季以上，可能還會持續到 2016 年。

整個地震序列中，有一個比較特殊之處，那就是 0420 地震（圖 7.3.1）與其後最大規模的餘震（圖 7.3.2），規模差距不大，而在 4 月 26 日也發生過規模 5.7 的餘震，甚至在半年內，亦曾發生過規模接近 6 的餘震。相似的情形，也出現在 2006 年 7 月 28 日規模 6.0 的地震後。這個特性顯示當地此類的強震發生後，很有可能伴隨再發生規模相近的餘震，此一現象值得持續注意。

就長期的地震活動來看，當地除了 2015 年的 0420 地震之外，尚有多次規模達 6.0 或接近 6.0 的地震發生，顯示當地非常具有強震（規模 6 以上）發生的可能。事實上，以臺灣地區的地震活動特性來看（圖 7.3.5），臺灣東部地區，本就是區域地震活動相對高的地區。而 0420 地震的震源區內，雖少見發生規模大於 7 以上的地震事件，但規模介於 6~7 之間的強震卻是屢屢發生。

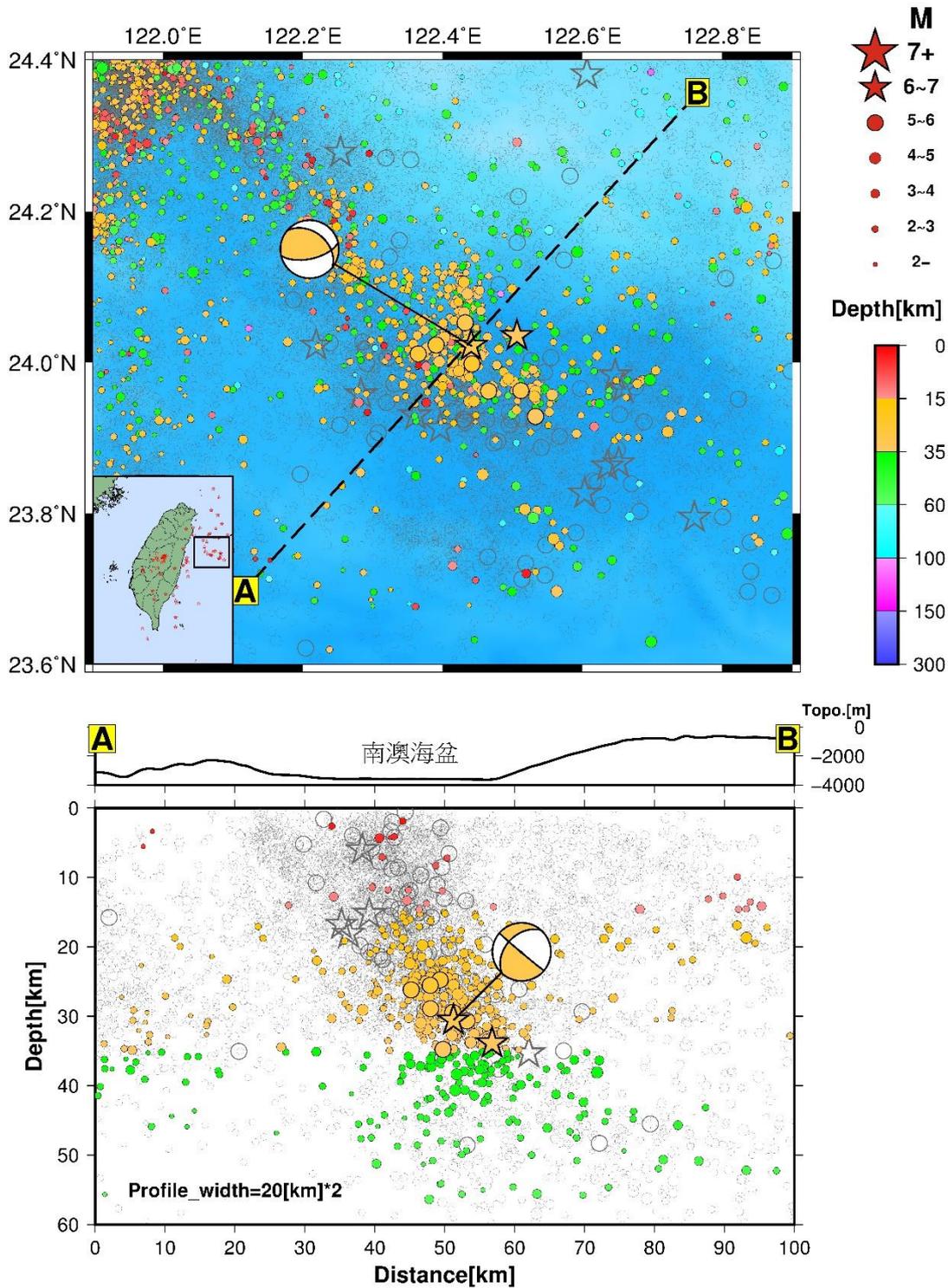


圖7.3.3 2015年的地震分布與0420地震的震源矩張量震源機制球。黃色星號表示0420地震與最大餘震的位置，圖中的海灘球為0420地震的震源機制。下圖為地震剖面，剖面中的地震為位於A-B剖面兩側20公里內的地震。短期背景地震為2015年的地震資料（實心符號），長期背景地震為1994至2014年間的地震資料（空心符號）。

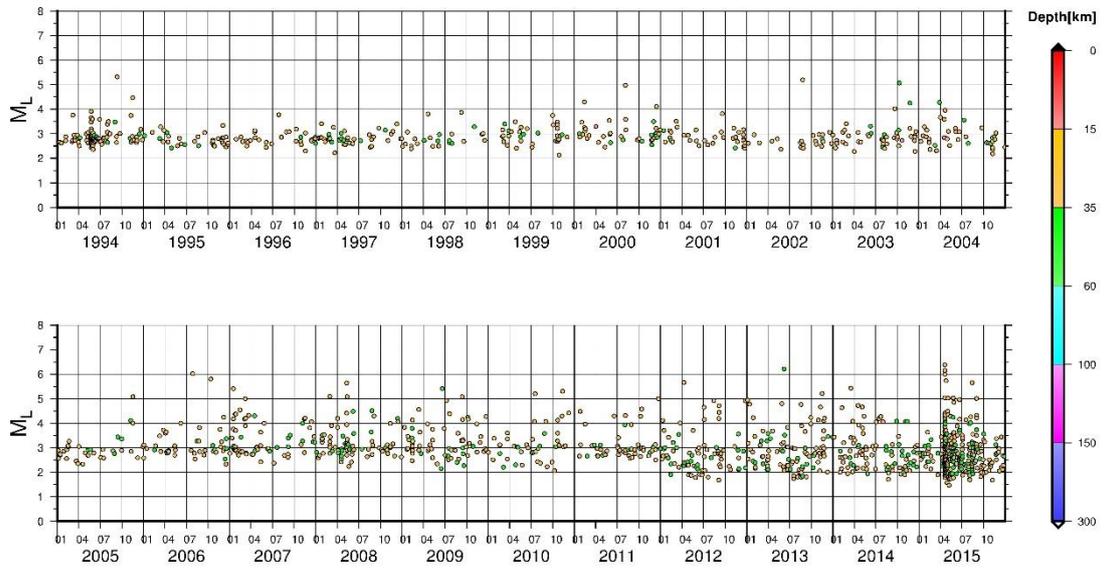


圖7.3.4 地震的發生時間序列圖。地震資料為本局地震目錄中，地震位於0420地震震源距20公里內的地震事件。

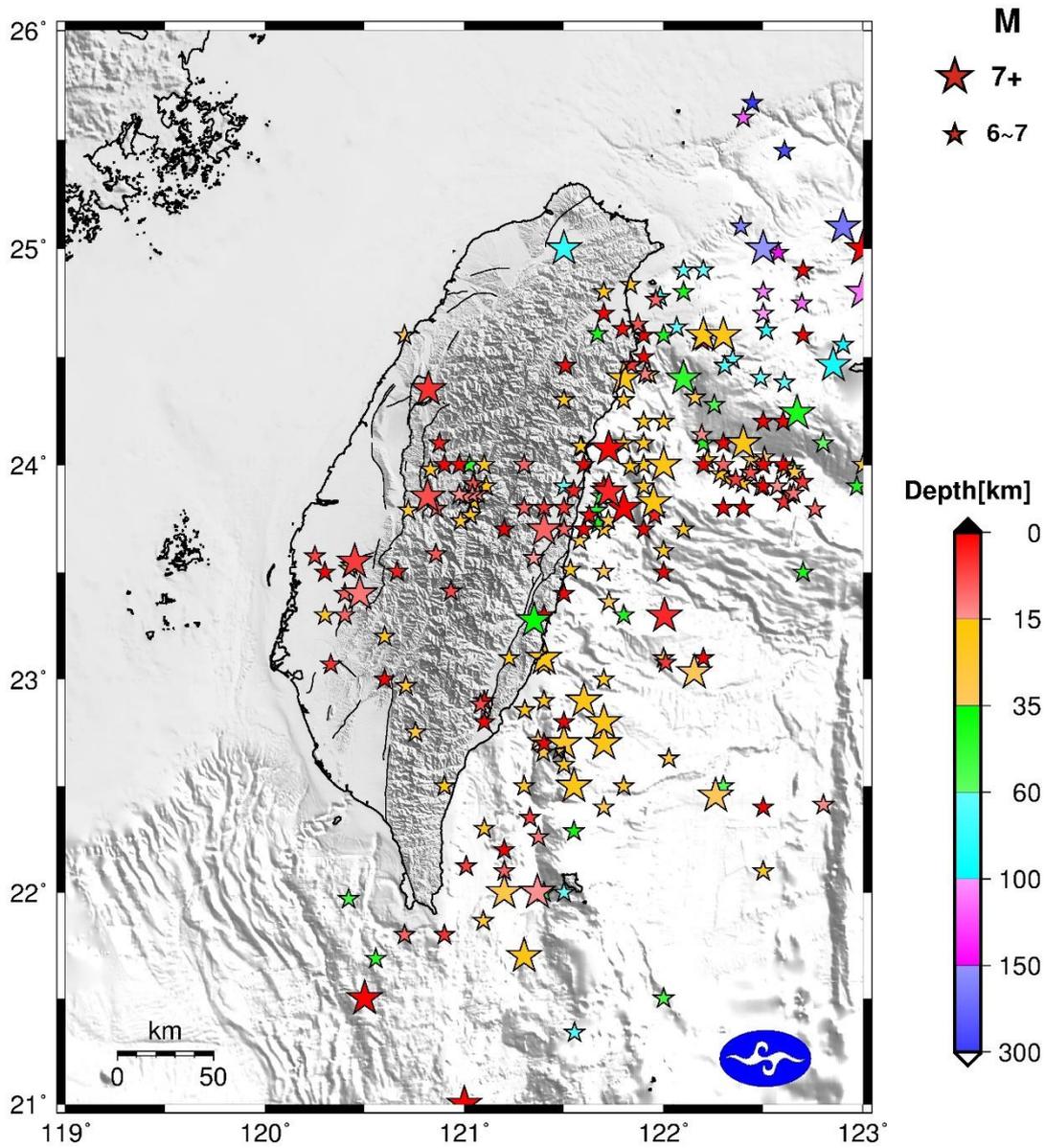


圖7.3.5 1900至2015年，地震規模大於6的地震震央分布圖。

八、結語

2015年為本局強地動觀測第4期計畫執行的最後一年，在各項地震與地球物理觀測業務上均有持續的進展，特別是自2012年起地震觀測網提升為24位元的觀測系統後，將臺灣的地震觀測再次推向另一里程。

地震測報業務除了觀測設備與作業系統提升之外，整體作業環境在2013年也有煥然一新的改變，在此環境之下，使從事地震測報同仁更深一層體認所負有之使命，更竭盡本職學能以達成為國人服務之任務。

臺灣位處在天然多震的地理環境，地震報導為大眾不可或缺的重要生活資訊，為使國人容易即時獲取正確的地震資訊，本局仍將本篳路藍縷常創新頁的精神，持續提升地震測報效能。

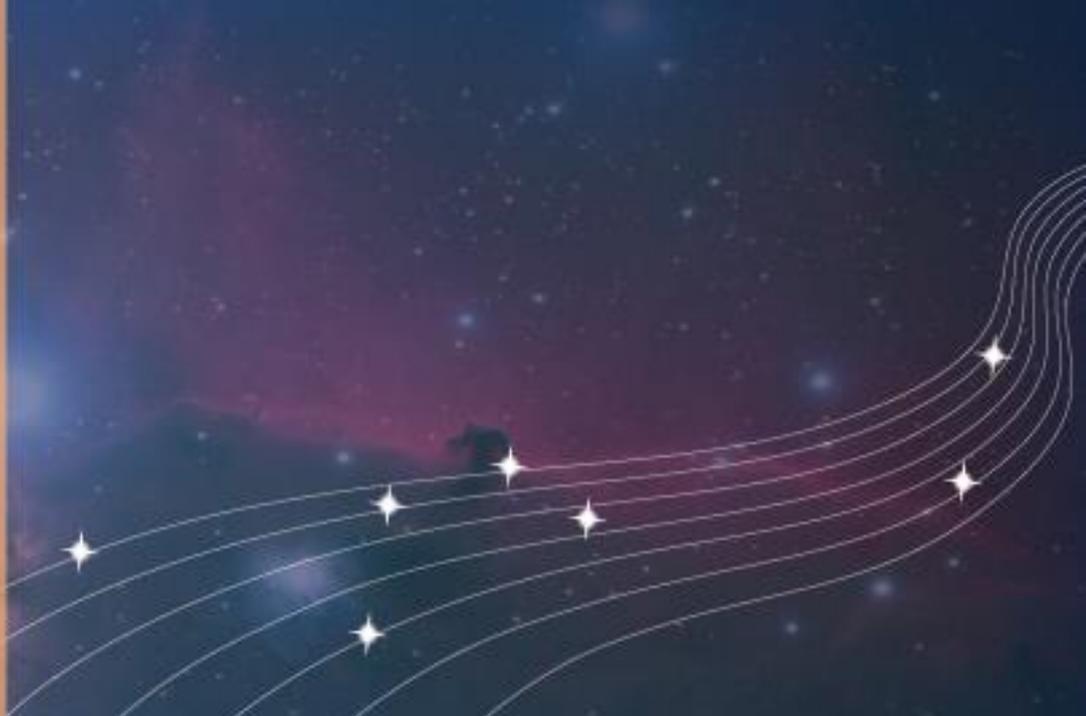
九、附錄：地震測報發表論文

2015 年本局同仁發表地震相關論文共 26 篇：

1. 蒲新杰、林正洪、張麗琴、呂佩玲(2015)，以密集地震網資料分析 2014 年 0212 陽明山地震，地震監測實務及預測分析研討會，P65。
2. 蒲新杰、林正洪、甘志文、張麗琴、呂佩玲（2015），大屯火山的觸發型地動研究，中華民國地質學會與中華民國地球物理學會 104 年年會暨學術研討會，中國文化大學，臺北市。
3. 蒲新杰、林正洪、蘇思仔、甘志文、蕭乃祺(2015)，大屯火山地震監測現況，2015 年海峽兩岸地震監測及前兆研討會，104 年 6 月 9-16 日，西藏。
4. 林柏佑，臺灣地區海嘯警報發布作業簡介，2015 年海峽兩岸地震監測和前兆研討會，104 年 6 月，西藏。
5. 林柏佑，臺灣海嘯警報發布作業發展現況，2015 年地震監測實務及預測分析研討會，104 年 10 月，中央氣象局，臺北市。
6. 甘志文、蒲新杰、李巧盈、許忻志、蕭乃祺（2015），中央氣象局自動化震源機制解，氣象學報，52，69-86。
7. 蒲新杰、甘志文、邱俊達、何美儀、郭鎧紋、呂佩玲（2015），2012 年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報，52，19-42。
8. 蒲新杰、甘志文、邱俊達、何美儀、郭鎧紋、呂佩玲（2015），2013 年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報，52，43-48。
9. 蒲新杰、甘志文、邱俊達、張建興、郭鎧紋、呂佩玲(2015)，2014 年臺灣地區地震活動回顧，氣象學報 (Accepted)。
10. 甘志文、呂佩玲、蕭乃祺、蒲新杰(2015)，臺灣的地動噪訊研究，2015 年海峽兩岸地震監測和前兆研討會，西藏。
11. 甘志文、蒲新杰、李巧盈、許忻志、張建興、蕭乃祺(2015)，地震觀測系統自動化之研究，地震監測實務與預測分析研討會，中央氣象局，臺北市。
12. 羅翊菁（2015），地表地形效應在地球速度構造的潛勢，中華民國地球物理學會與中華民國地質學會 104 年年會暨學術研討會，104 年 5 月 13-14 日，中國文化大學，臺北市，P46。
13. 蔡旻倩(2015)，背景地殼變形應用於地震活動度之分析，中央氣象局「104 年度自行研究計畫」專題研究報告。

14. 陳達毅、吳逸民、金台齡(2015), Incorporating low-cost seismometers into the Central Weather Bureau seismic network for earthquake early warning in Taiwan, 中華民國地球物理學會與中華民國地質學會 104 年年會暨學術研討會, 104 年 5 月 13-14 日, 中國文化大學, 臺北市。
15. Min-Chien Tsai, Shui-Beih Yu, Tzay-Chyn Shin, Kai-Wen Kuo, Peih-Lin Leu, Chien-Hsin Chang, and Mei-Yi Ho (2015, Oct). Velocity field derived from Taiwan Continuous GPS Array (2007-2013). *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 26, No. 5, 527-556.
16. Min-Chien Tsai, Shui-Beih Yu, and Tzay-Chyn Shin (2015, Dec). The analysis of interseismic GPS observation and its implication to seismic activity. American Geophysical Union (AGU) 2015 Fall Meeting, San Francisco, U.S.A.
17. Min-Chien Tsai, Shui-Beih Yu, Tzay-Chyn Shin, Kai-Wen Kuo, Mei-Yi Ho, and Chi-Yu Chiu (2015, Nov). GPS observation implies to monitoring of fault zone and seismic activity in Taiwan area(Invited Talk). 地震中長期預測暨地震科技成果交流會, 中國北京。
18. Min-Chien Tsai, Shui-Beih Yu, Tzay-Chyn Shin, Kai-Wen Kuo, Mei-Yi Ho, and Chi-Yu Chiu (2015, Oct). GPS observation implies to monitoring of fault zone and seismic activity in Taiwan area. 2015 年地震監測實務及預測分析研討會。
19. Min-Chien Tsai (2015, Sep). Preliminary study of GPS baseline variation and its implication to seismic activity (invited talk). 14th Taiwan-Japan International Workshop on Hydrological Geochemical Research for Earthquake Prediction. 國立成功大學, 臺南市。
20. Min-Chien Tsai, Shui-Beih Yu, Tzay-Chyn Shin, Mei-Yi Ho, and Chiu Ch-Yu (2015, May). The observation of crustal deformation derived from Taiwan Continuous GPS Array (2009-2014). 2015 中華民國地球物理學會與中華民國地質學會 104 年年會暨學術研討會, 中國文化大學, 臺北市。

21. Min-Chien Tsai, Shui-Beih Yu, and Tzay-Chyn Shin (2015, Apr). The observation of crustal deformation derived from Taiwan Continuous GPS Array (2007-2013). 2015 EGU meeting, 奧地利維也納。
22. Jeen-Hwa Wang, Kou-Cheng Chen, Pei-Ling Leu, and Jeng-Hsin Chang (2015). Review b-Values Observations in Taiwan: A Review. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, Vol. 26, No. 5, 475-492。
23. Chen, C. H., Lin, C. H., Wang, C. H., Liu, J. Y., Yeh, T. K., Yen, H. Y., Lin, T. W. (2015). Potential relationships between seismo-deformation and seismo-conductivity anomalies. *J. Asian Earth Sci.* (Accepted) doi: 10.1016 / j. jseaes. 2015.03.023.
24. Chen, D. Y., Hsiao, N. C., and Wu, Y. M. (2015). The Earthworm based earthquake alarm reporting system in Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 105, 568-579.
25. Chen, D. Y., Wu, Y. M., and Chin, T. L. (2015). Incorporating low-cost seismometers into the Central Weather Bureau Seismic Network for Earthquake Early Warning in Taiwan, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 26, 503-513.
26. Lin, C. H., Jan, J. C., Pu, H. C., Tu, Y., Chen, C. C., and Wu, Y. M. (2015). Landslide Seismic Magnitude. *Earth and Planetary Science Letters*, 429, 122-127.



**Central
Weather
Bureau**

