

經費來源： ☒ 01 當年度公務預算 ☐ 02 委託補助計畫

機密(E)： ☐ 是 ☒ 否

出國類別： ☐ A 考察/訪問 ☒ B 學術會議/研討會
☐ C 進修/研究 ☐ D 工作會議

台灣、日本、紐西蘭地震災害評估研討會
The 2024 Japan- New Zealand-Taiwan Seismic Hazard
Workshop
出國報告書

單位名稱： 國家災害防救科技中心 地震與人為災害組

出國人姓名職稱： 許智豪 副研究員
林佳瑩 助理研究員

出國地點： 日本金澤市

出國日期： 民國 113 年 11 月 4 日至 113 年 11 月 9 日

報告日期： 民國 113 年 11 月 6 日

摘 要

台灣、日本、紐西蘭地震災害評估研討會（The Taiwan-Japan-New Zealand Seismic Hazard Assessment Meeting）自2014年起，以地震災害為主題，由台灣、紐西蘭與日本輪流主辦，旨在分享三國在地震災害研究領域的發展經驗，並促進三國之間的合作。2024年，該會議由日本防災科學技術研究所（NIED）主辦。本次會議的主要議題包括：（1）國家地震危害度模型；（2）近期大地震；（3）震源模擬與地震動模擬；（4）地震與大地測量監測；（5）風險相關應用。此次會議中，地震與人為災害組的許智豪博士將以「Leveraging machine learning to improve seismic scenario simulation for urban disaster management in Taiwan」為題發表論文，林佳瑩博士則以「Implementation and Application of integrating building data into 3D city model」為題發表論文。會議中分享並交流台灣災害地震情境模擬技術中的應用，特別是如何利用機器學習技術與建築大數據庫提升災害應對能力。透過此次會議，希冀與各國專家學者及實務人員深入交流研究成果與實務經驗，探討如何在災害管理中應用新技術。適逢今年初能登半島地震，兩日的實地考察中，安排能登半島地震之災損勘查，並簡介當地斷層帶資訊。且依地利之便，白山手取川地質公園也為行程的一部分，介紹白山市地區各區域地質形成之由來，並可看到當地在保護地質特色資產與推廣災害防治教育。

目 次

1. 目的.....	1
2. 會議紀要	2
3. 觀摩學者報告之心得與建議.....	17
4. 出國效益.....	19

1.目的

台灣、日本、紐西蘭三國皆位於地震隱沒帶，地震頻繁發生。為因應這種地質環境，三國共同致力於推動地震危害度評估研討會議。此次活動由日本主辦「台日紐地震地震災害評估研討會」，於11月5日至11月8日在日本金澤市（Kanazawa）舉行。整個研討會包含二日的會議討論（11/5至11/6）及兩日的實地考察（11/7至11/8）。

研討會以會議形式促使三國的專家學者進行交流與討論，涵蓋最新的地震災害科學，以及透過最新的模擬技術評估國家級震災害模型，有助於獲得震源參數，進而推估地震危害度，在風險應用研究方面，包括暴露風險及防災策略擬定等議題。在會議中許智豪副研究員本次投稿之論文題目為「Leveraging machine learning to improve seismic scenario simulation for urban disaster management in Taiwan」、林佳瑩助理研究員本次投稿之論文題目為「Implementation and Application of integrating building data into 3D city model」，將於會議中發表交流與分享有關以機器學習技術、建築大數據庫提升台灣災害地震情境模擬技術之應用，分享研究成果並多國專家學者的交流成果與實務經驗，期望透過這種合作促進更深入的研究與實務應用。

2. 會議紀要

2.1 會議議程

本屆會議於日本金澤市舉行，參與的各國單位包括日本防災科學技術研究所（NIED）、日本地質調查中心（AIST）、紐西蘭地質與核子研究所（GNS Science）、蒙古科學研究中心（MAS）、美國地質調查局（USGS）、全球地震模型基金會（GEM Foundation）、坎特伯雷大學（Canterbury）、奧塔哥（Otago）、台灣成功大學（NCKU）、台灣大學（NTU）、地球科學系與地震災害鏈風險評估及管理研究中心（E-DREaM）、國家地震工程研究中心（NCREE）、國家災害防救科技中心（NCDR）等。來自台灣、日本、紐西蘭的專家學者們透過這次會議分享了地震災害評估領域，總共有 40 篇技術論文、35 篇論文海報在會議期間被發表，並包含實地勘查行程。這次會議提供了一個豐富的學術平台，促使跨國的專家學者就地震災害評估相關主題進行深入的交流。

本屆會議以回顧地震危害度評估為主題，內容涵蓋廣泛，包括國家地震危害度模型；近期大地震；震源模擬與地震動模擬；地震與大地測量監測；風險相關應用等多個重要範疇。議程內容詳細分為以下幾個主要焦點：本次會議於 11 月 5 日至 11 月 8 日舉行，為期四天。首日（11 月 5 日）包含註冊及報到程序，接著開始專題報告，深入探討國家級地震災害模型的主題。具體內容包括歷史地震資料，長期震源資料收集與更新，如最大斷層破裂長度、傾角、滑移速率、斷層分支、時間相依模型等方面。同時，將討論場址參數的各種參數調查，如場址效應模型參數、模型建置與盆地深度議題。此外，還對於探討開發建模不確定性的方法，藉以全面瞭解地震災害評估研討會進展。

研究發表中來自美國 USGS 中心 Petersen 博士說明美國 2023 年國家地震災害模型（NSHM）的研發模型，資訊將納入公共政策中，例如建築設計規範、風險評估、保險費率等議題。爾後幾年，將提出

更新研究報告和開發模型元件。在研發模型應用上，主要探討物理參數，可減少災害地圖中數十萬個事件變異性和不確定性，例如物理參數的空間資料：地殼溫度、重力、剪力波速、密度、應力降、相對應力、應變率、斷層密度、斷層錯位、平滑地震活動率、地形、坡度和質量因子來研究減少變異性的最佳參數。

在近期大地震主題上（Recent Large Earthquakes）主題上，日本代表Hisahiko Kubo研究員回顧2024日本能登地震（Noto Peninsula）的調查結果，說明此次地震觀測與強震觀測波形記錄與斷層破裂過程，他特別強調能登半島經歷幾次較大的地震事件，包括2007年發生在能登半島西海岸的6.9地震，自2020年以來，能登北部地區地震群一直活躍，可能是由於上升流體驅動，2024年該地區發生7.6地震，餘震從能登半島西海岸一直延伸到Sado島海域150公里，這些餘震跨越近海活動斷層，如Monzen斷層、Noto Peninsula Northern Coast斷層、Toyama Trough West Margin斷層。

Shohei Naito博士詳細介紹了能登半島地震建物損壞調查結果，總計對周邊20個地區進行實地調查，共歷時19天，將損壞程度分為D0~D6等級，使用平板電腦自動輸入調查結果，結果顯示倒塌主要集中在老舊的木造房屋，且是在2000年以前建造的，分布在輪島市、七尾市、珠洲市，此外報告中也提到外來調查時亦使用高解析度衛星影像進行更詳細的損壞分析報告。圖1和圖2分別展示了會議論文發表現場和參與論文海報展示區。



圖1、會議論文發表現場



圖2、論文海報展示區

5

第二天的會議（11月6日）專注於震源模型（Earthquake Source Modelling）與地表震動模型（Ground motion modelling）的主題。在報告中，東京大學Ryosuke Ando教授與美國和紐西蘭研究單位合作開發3D斷層幾何模型（Community Fault Model，簡稱 CFM）。CFM目的包括強震動計算和物理建模，模型資料可公開使用，並根據最新狀況進行更新。日本主要為50條活動斷層的CFM試用版，研究中使用QGIS和ArcGIS工具簡化表面走勢，並使用名為Leapfrog CAD軟體來處理3D幾何關係。未來將繼續為日本的100條主要斷層開發模型。

Kenny Graham研究員介紹了基於時間依賴性PSHA與風險評估的進展：考慮短期至中期集群事件，報告指出傳統的概率性地震危險分析（PSHA）和風險評估通常忽略地震集群的動態特性，包括前震、餘震和延續序列，與多次地震帶來累積損害。近期地震序列，如2010/2012年Canterbury地震、2019年美國Ridgecrest地震，以及2023年Turkey-Syria地震，突顯了需要改進方法學，以更好的分析地震集群的動態行為，在他的研究中探討時間依賴性PSHA和地震風險評估的進展，重點關注能夠考慮餘震和前震等集群效應的方法，完整檢視了融合空間-時間變化的地震發生模型，並討論了時間依賴性脆弱性曲線和損害積累模型，這些模型反映了結構在多次地震事件中逐步增長的脆弱性，結果能促進更具韌性社區和地震風險管理決策。

Bill Fry研究員報告在過去五年中，紐西蘭Aotearoa RNC2研究計劃一直在實施並完善基於地震週期模擬器的模型，這些模型基於在三維斷層模型中模擬速率-狀態摩擦，使其成為進行概率性海嘯危險分析（PTHA）模型。目前已經使用我們的一個地震週期模型來支持Hawke's Bay灣區域，這是紐西蘭東海岸一個易受影響的沿海地區。隨後，使用危險模型開發建築損失和死亡率的概率風險模型。目前已啟動為期多年計劃（2024-2030），並展示第一階段結果，已成功應用於惠靈頓盆地。

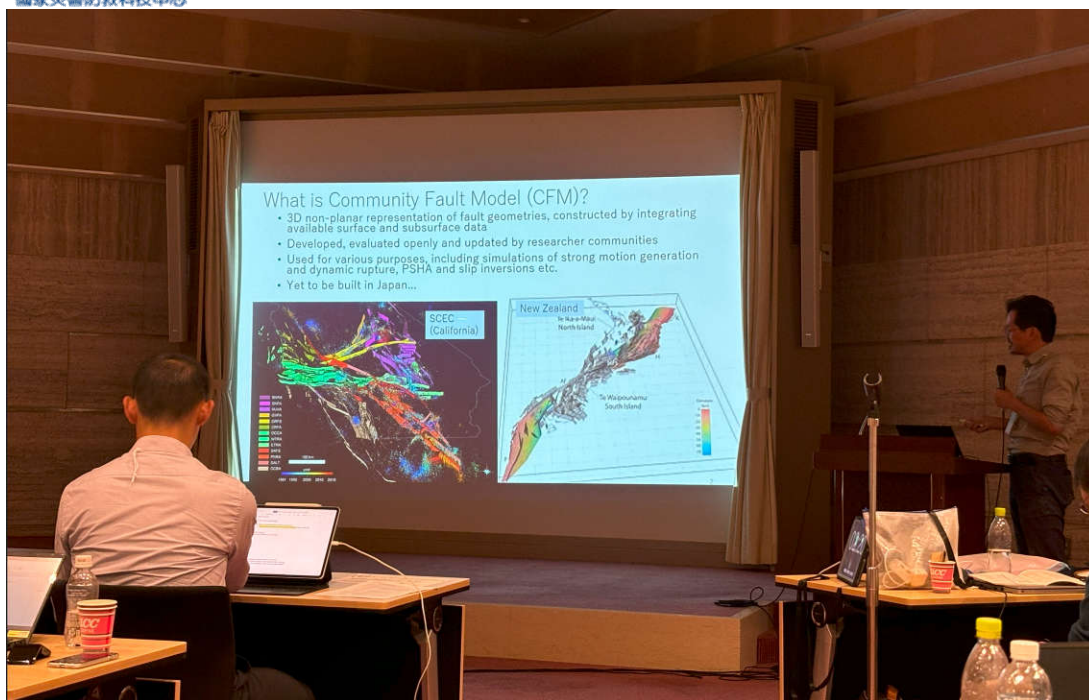


圖4、東京大學Ryosuke Ando教授報告日本斷層模型的發展與應用

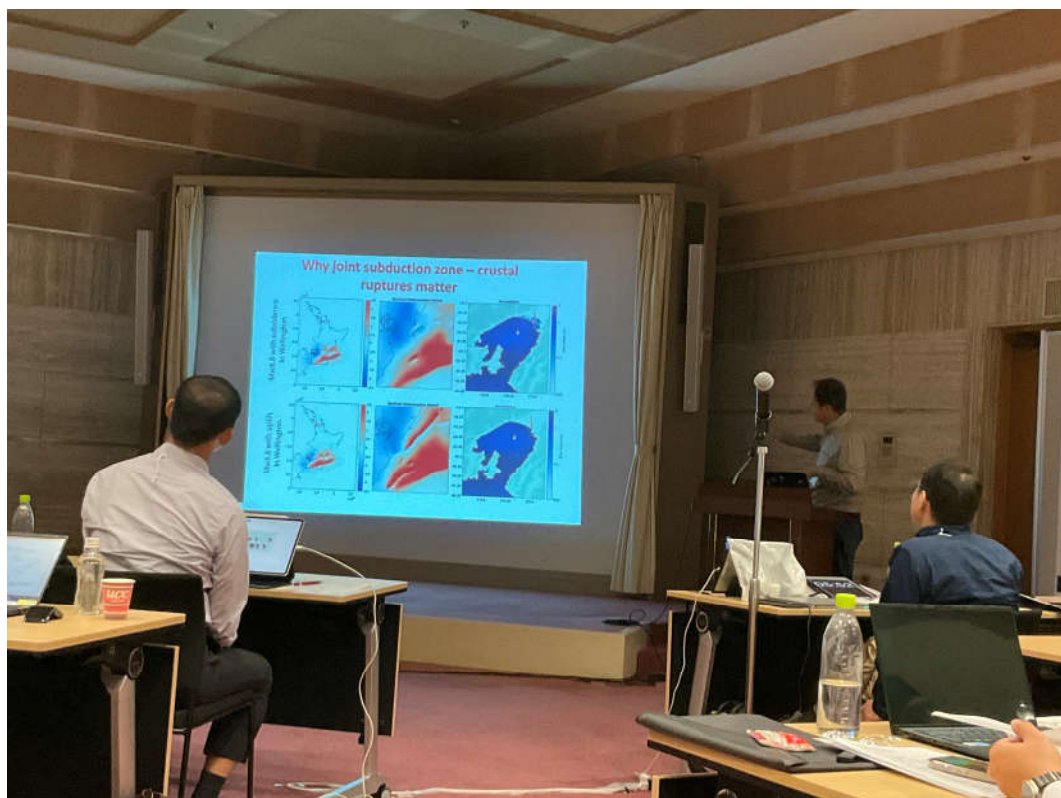


圖5、Bill Fry研究員報告紐西蘭Aotearoa國家海嘯模型（NTM）

2.2 實地勘查

本次實地勘查主要分作兩個重點，包括今年能登半島地震的災損與該地的斷層介紹，以及透過白山手取川地質公園的參訪，了解當地的地質特色。勘查記錄如下。

- 第一天 能登半島地震災損與斷層介紹

能登半島位於日本中部，向東北延伸至日本海。半島上分布數個活動斷層和線性構造及許多海階。2024年1月1日，發生規模7.6的能登地震，能登半島地區受強地動影響，造成海嘯、崩塌及地表破裂，並因此造成海岸抬升（詳見圖6），許多港口因此無法使用。本次主辦單位安排前往輪島市的鹿磯漁港，在地震一週後，該地抬升高度經測量為4.1公尺。此外市區沿路並可見到震後部分尚未拆除完畢的受損建築（圖7）。



圖6、鹿磯漁港海岸抬升情形



圖7、市區震後尚未拆除完畢的受損建築

邑知瀉平原是位於能登半島南部的狹長型凹陷區，其東南側與西北側的邊界皆以活動斷層為界。東南側為向東南傾斜的逆斷層系統石動山斷層，該處為HERP列出的主要活動斷層區之一，稱為邑知瀉斷層區；西北側則是向西北傾斜的逆斷層眉丈山斷層（圖8）。

根據主辦單位提供的資料，在邑知瀉斷層區，曾進行古地震學研究及反射震測。石動山斷層上進行的兩次古地震學坑道調查，顯示該地區斷層事件的平均時間區間約為1,200年至1,500年之間，最近一次的斷層事件發生時間介於約3,200年前至8世紀(ERC/HERP, 2005)。

能登里山里海博物館位於邑知瀉平原東北角，自博物館門口往外看，可望見前述的邑知瀉平原，眺望斷層帶。能登里山里海博物館中，則從能登半島周邊的山、海環境，切入到自然與人的關係，介紹能登半島的地理環境、文化歷史（圖9）。

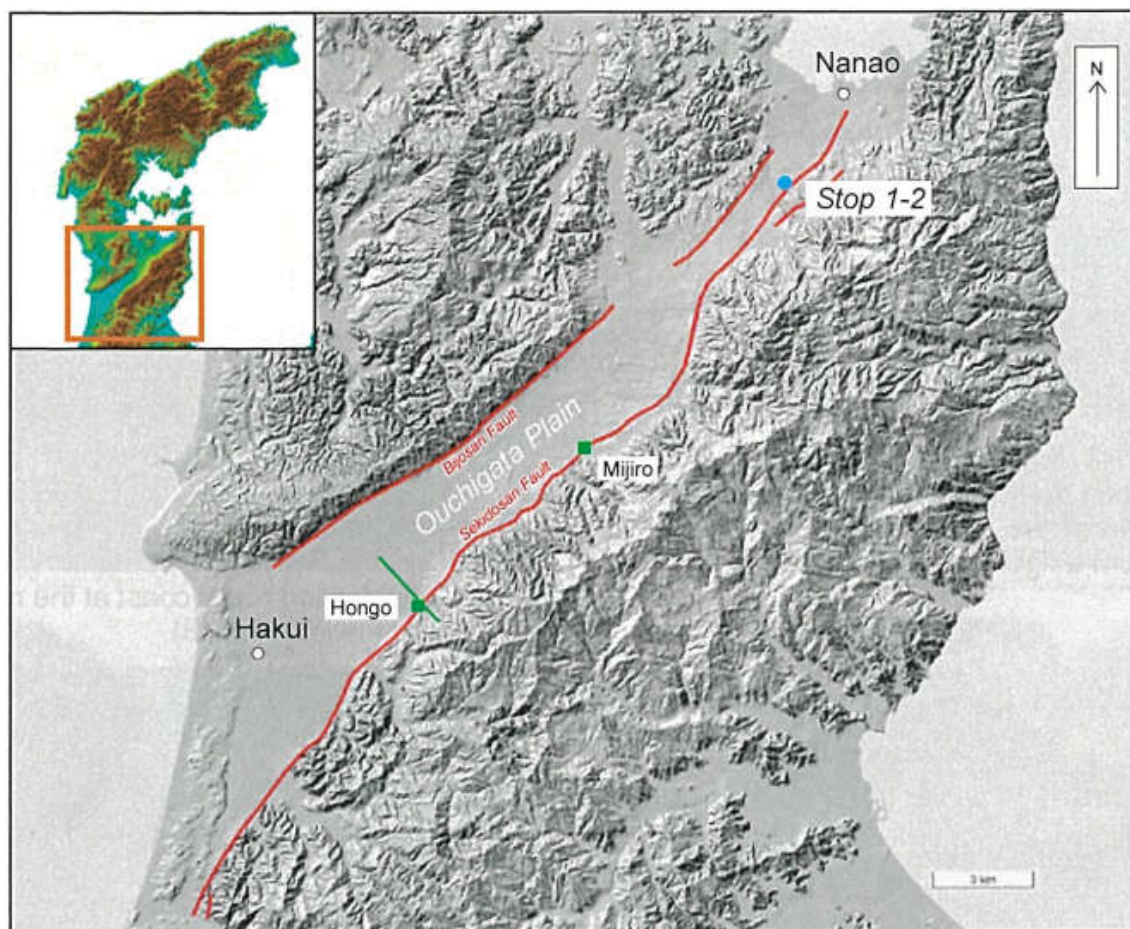


圖8、邑知瀉斷層帶與能登里山里海博物館（Stop 1-2）之相對位置



圖9、邑知瀉斷層帶現地

· 第二天 白山手取川地質公園

圖10顯示次日參訪行程安排在白山地區的白山手取川地質公園。地質公園以白山及手取川為主題，範圍涵蓋整個白山市，約2億年前的飛驒變質岩形成整個區域的地質基礎，並且分佈著許多在日本海形成過程中噴發的火山岩，但這些岩層目前被白山火山噴出的火山物質所覆蓋。除了上述的地質條件，還可看到由手取川所雕出的地形特徵，如峽谷和沖積扇。整體而言，白山手取川地質公園可分作三個區域：海洋與沖積扇區、河流與峽谷區、山岳與雪域區，在三個區域皆有安排參訪地點。



圖10、第二日路線圖

手取川發源於白山火山，流入日本海，全長約77公里，流域面積約809平方公里，是石川縣最長的河流，也是石川縣的代表性河流。其流域超過90%的區域位於山區，且河流坡度陡峭。本次參訪的手取峽谷及綿綿滝瀑布屬於河流與峽谷區，由手取川對中新世新第三紀火山活動形成的緻密凝灰岩和輝長岩地層進行侵蝕作用而形成的手取

峽谷峭壁高約20至30公尺，延伸約8公里，在河床上可以觀察到漩渦洞等地形特徵，而綿綿滝瀑布則是一個由32米高處落入手取峽谷的瀑布（圖11）。



圖11、手取川河床

桑島化石壁位於山岳與雪域區，因為日本第一篇古生物學論文內容是關於在此地發現的化石，因此被稱為日本地質學的发源地。它是早期中生代白堊紀的化石產地，有恐龍、植物、爬行動物和哺乳動物化石在此地出土，被指定為國家天然紀念物。各種化石展示於白山恐龍公園白峰中，當地每年都會舉辦讓中小學生從石頭堆中發掘化石的體驗活動，具備教育意義。桑島化石壁同時是矽化木的產地，矽化木是在生長時被土砂活埋所形成，不同於他處所發現的矽化木多為傾倒的，此處發現的矽化木是直立的。圖12為桑島化石壁現場解說情況。

1934年7月，北陸地區受到鋒面帶來的暴雨襲擊，單日降雨量達352毫米。加上前一年的積雪殘留在山區，融化的雪水隨降雨一同造成手取川的大規模洪水。中生代的侏羅紀到早期白堊紀之間形成的海洋至陸地沉積層被稱作手取層群，在該次洪水中手取層群的砂岩和頁

岩層崩塌，造成了在一之瀨地區的大規模土石流。此外自手取層群沖下了一顆巨大砂岩岩塊，周長約52米，重達4800噸，因其重量被稱作「百萬貫之岩」，如圖13所示。該岩石被指定為天然紀念物，研究者並利用反射震波，建立它的三維模型。



圖12、桑島化石壁現場解說

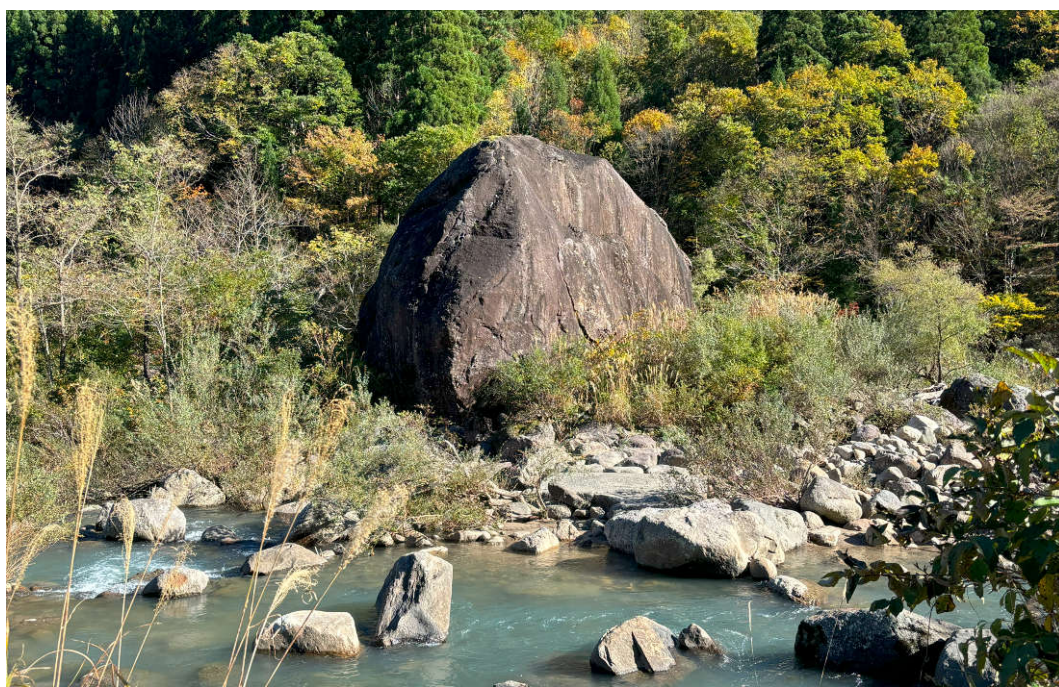


圖13、百萬貫之岩

白山國立公園の白峰側入口附近の高地上分別是白山國立公園中心和白山砂防科學館。「砂防」在日語中指的是控制河流沖刷和山坡滑坡的技術。科學館中有土砂災害類型說明、避難方式及注意事項、各種形式的防砂堤等土砂災害防治科普。同時也有周邊地質、早年工程儀器、百萬貫之岩的介紹，圖14為土砂災害防治科普資訊。



圖14、土砂災害防治科普

獅子吼高原是通往白山的高原地帶，自山頂可以俯瞰手取川沖積扇的全景。手取川扇狀地是由手取川流經白山地區後，在平原區域流速變慢、河流變寬，上游沖刷下來的沉積物沉積在此而形成的同心圓狀的沖積扇區域（圖15）。手取川沖積扇長約14.5公里，寬約19公里，面積為117平方公里。許多位於這片地區的村落名稱中帶有「島」字，如「森島」和「中島」。這些地名反映了當地居民曾經為了避開洪水災害，而選擇在自然堤防上建房居住的情況。

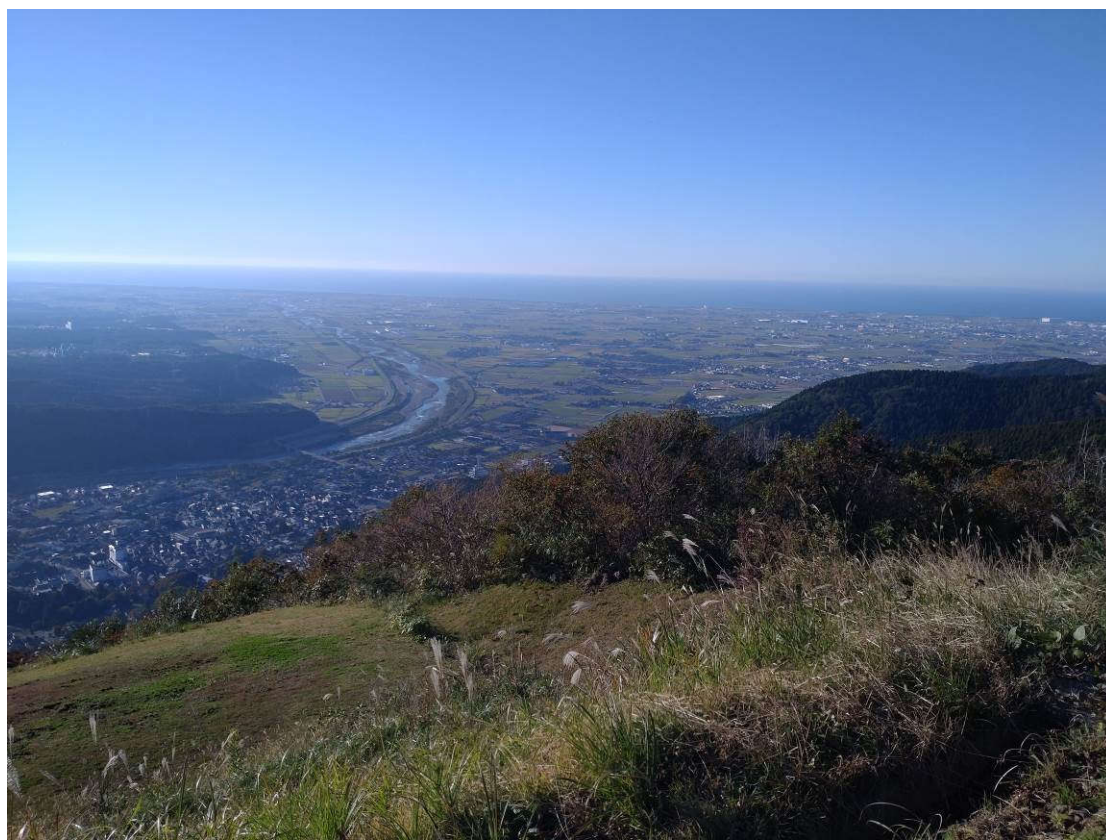


圖15、自獅子吼高原俯瞰手取川沖積扇區域

3.心得與建議

台灣、日本、紐西蘭地震災害評估研討會每年舉辦，此次舉辦為第13屆大會。本會議是一個小型、議題集中的會議，吸引了各領域不同專業的參與者。與會學者借此機會了解當前相關科學和技術的發展情況，同時在會議中分享並提出各自的研究成果。透過口頭報告及海報發表的討論方式，與來自不同專業的專家學者聚焦特定主題，進行深入的討論，並探討不同專業在地震風險評估方面的貢獻與合作協同的可能性。

本次會議展示了許多地震災害風險評估的最新研究，特別是在震源模型、地震風險分析和災後損壞評估方面。美國地質調查局(USGS) Petersen博士介紹的美國國家地震災害模型(NSHM)將物理參數如地殼溫度、剪力波速等納入風險預測中，能減少災害預測的變異性並影響公共政策，如建築規範和保險費率。日本研究員Hisahiko Kubo回顧了能登半島2024年地震的建築損壞調查結果，顯示老舊木造房屋的抗震能力較弱，提示需加強老舊建築的抗震加固。東京大學Ryosuke Ando教授展示的3D斷層幾何模型(CFM)和基於時間依賴性PSHA的地震風險評估，則強調了集群效應與多次地震的累積損害，並提供了更精確的風險預測。基於這些研究，Kenny Graham研究員進一步探討了如何通過時間依賴性PSHA更好地處理餘震和前震等集群效應，進而提高風險管理的準確性。紐西蘭Aotearoa RNC2研究計劃的Bill Fry研究員，則展示了基於地震週期模擬的海嘯危險分析(PTHA)模型，對沿海地區的風險評估有重要啟示。

本次會議的實地勘查行程可分成兩個重點：能登半島斷層帶簡介與地震災點勘查、地質公園介紹。今年1月發生能登半島地震，除了會議上對本次地震目前為止的調研結果及災損有所討論，行程中再提供地震各項基本資料外，亦安排現地勘查現在仍未復原的災點，並簡介能登半島的斷層帶分布狀況。此外主辦單位也安排了白山手取川地

質公園的行程，該地質公園因重要的自然與文化價值被聯合國教科文組織認定為全球地質公園，富有具代表性的地質特色與景觀。白山手取川地質公園除了保護當地地質資產，同時兼具防災教育之意義、並可促進觀光產業發展，此種方式具多重效益，在保存地質特色之餘，也提升民眾的關注。

本次會議的研究成果對於我國地震風險科學研究和工程實務具有參考價值，尤其在防災規劃需求與情境模擬方面。此外，針對未來可能的學術研究方向提供了新的見解，有助於促進與其他國家的科學研究合作。建議未來應加強物理參數的集成與模型校準，提升老舊建築的抗震能力，並推動多災害風險評估模型的整合與應用，以提高全球災害應對的準確性與韌性。

4.出國效益

參與本次國際研討會獲得以下幾項效益：

1. 參與這四天的交流討論中，獲得地震危害評估與模擬、地震監測等領域的新技術和觀念，這些對我們中心的發展和強化具有潛在價值。我們期望將所學到的新知識和想法應用於減災規劃和工作推動，以減少地震災害對人民生命和財產造成的損失。
2. 本次會議發表多維度都市地震衝擊模擬評估方法的研究成果，並獲得了學者的認同和討論。會後，與日本 GNS 研究所 Hisahiko Kubo 研究員進行了意見交流，這有助於擴展我們的研究視野。
3. 未來利用機器學習技術與建築大數據庫提升災害應對能力時，可參考本研討會觀摩之相關課題研究內容，包括震後場址效應、斷層特性與地震危害度模型技術，可精進模組開發，提供參數設定參考依據，助於模式開發與落實。