

工程地質研討會

日本九州火山地熱 與會報導

黃有志* 施國偉** 林辰翰** 丁權*** 鄭斯元****

一、活動行程與考察內容

日本九州與臺灣同樣位於太平洋火環帶上，地震及火山活動頻繁。目前日本活火山數量為 111 座，地熱資源豐富(圖一)，其中有 47 座活火山與百姓生活息息相關，日本氣象廳定期監測活動。人類文明如何與火山共存共榮，便是此行主要考察目標。在火山地形勘查與災害應對方面，現地調查火山地形，以及了解面對火山危害之對應措施，觀摩日本如何於活火山地區，進行災害警戒及疏散避災，以減低可能的火山災害帶來的損失；在地熱發電方面，從八丁原地熱發電廠之參訪學習如何有效利用地熱資源；在學術研究交流上，與九州大學和京都大學研究中心相互交流，尤其是京都大學於櫻島火山監測之成果，學習火山微地動觀測及火山活動預測，對於臺灣火山監測有所助益。

本次野外考察內容針對櫻島火山、霧島火山群、雲仙火山、阿蘇火山與九重火山

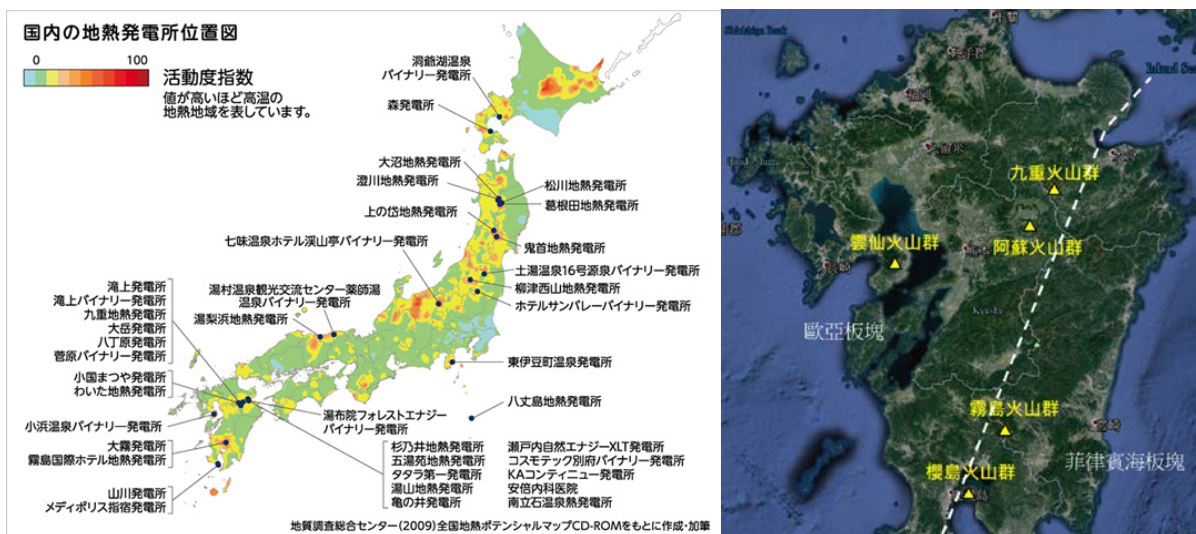
群，進行火山地形考察、了解火山災害、監測與防災、地熱發電等…探討多項主題，野外考察與參訪內容重點整理如表一，九州主要火山群位置如圖一。日本將火山噴發警戒等級分為 5 級：1 級為預報、2~3 級為警報，為火山周邊管制至限制入山、而 4~5 級為特別警報，即準備避難至避難。

每座火山詳細參訪行程與成果分述如下。

二、櫻島火山

2.1 停駐點1：鹿兒島仙巖園－錦江灣、櫻島火山的前世今生

位於鹿兒島灣(別名錦江灣)西岸，傳統的日式花園、靜謐的步道與藩主故居，這裡曾是日本戰國島津大將軍的領地，給人一種自然平靜的感覺。暮然回首，東昇日出之處卻一點也不平靜，映入眼簾的是不停噴發的活火山－櫻島。櫻島火山主要誕生於 29,000 年前(小林等人，2013)，

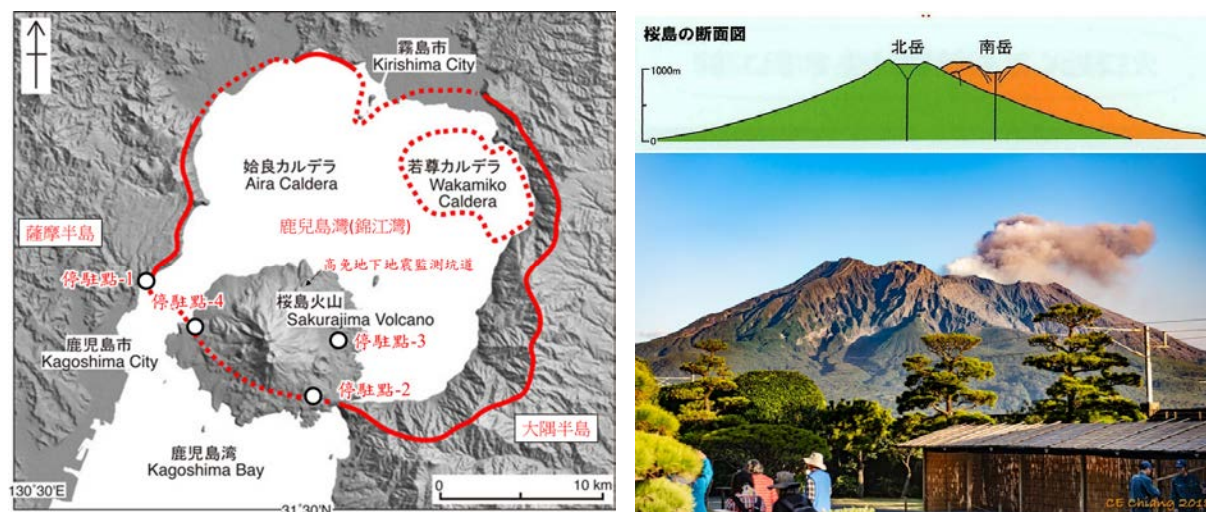


圖一 日本地熱發電廠與地熱活動指數分布與九州主要火山群分布圖(左圖摘自日本地熱協會，2019；右圖底圖為 google earth，白色虛線為板塊大略邊界)

* 國家地震工程研究中心 ** 中興工程股份有限公司 *** 富國技術工程股份有限公司 **** 台灣世曦工程顧問股份有限公司

表一 日本九州火山地熱工程地質觀摩研討會野外重點參訪行程表

時間	地點	火山噴發形式與災害類型概述	參訪重點	停駐點編號
10/28 ~29	櫻島火山	伏爾坎寧式噴發(Vulcanian eruption)，火山彈噴發可達 3 公里遠，影響範圍大，警戒等級通常為 2~3，常見水蒸氣爆發(Phreatic eruption)。於 2 萬 9 千年前形成，五座火山中最為年輕(小林等人，2013)。	鹿兒島仙巖園	停駐點 1
			有村熔岩觀測所	停駐點 2
			黑神埋沒鳥居(含黑田展望臺)	停駐點 3
			櫻島火山觀測所 (含高免地下觀測坑道)	停駐點 4
10/30	霧島火山群	培林式噴發(Plinian eruption)，火山灰高度可達平流層，影響範圍較櫻島火山更大。警戒等級通常為 1~3。於 30 萬年(早期)與 10 萬年(新期)前形成(井村與小林，2001)。	勇登大浪池(4Hr)	停駐點 5
			征服韓國岳(6Hr)	停駐點 6
10/31	雲仙火山	非典型噴發類型火山，新隆起岩漿將舊的冷卻岩漿推往山下，因坡度陡造成火山碎屑流。另伴隨複合式災害如火山泥石流、山崩、地滑與海嘯。於 40 萬年前形成(國土交通省氣象廳，2019)。	雲仙岳災害紀念館 - 1792 年眉山地滑事件	停駐點 7
			舊大野木場國小與水無川災害遺址 - 1991 年雲仙岳火山事件	停駐點 8
11/1	阿蘇火山	史沖包連式噴發(Strombolian eruption)，影響範圍侷限在火山口附近。偶見岩漿水蒸氣與水蒸氣噴發，警戒等級 1~3。熊本地震後常見山崩災害。於 30 萬年(早期)與 7 萬年前(新期)形成(小野與渡邊，1985)。	大觀峰	停駐點 9
			米塚	停駐點 10
			2016 熊本地震地表破裂	停駐點 11
			阿蘇火山博物館參訪	停駐點 12
11/2	九重火山群	迄今 20 萬年前形成火山(川邊等人，2015)。	八丁原地熱電廠參訪	停駐點 13
11/3	九州大學		北九州校區參訪土砂滑動災害模擬研究室	



圖二 櫻島火山停駐點位置圖與正在噴發的櫻島火山—南岳(紅色實線代表破火山口範圍，直徑超過 25 公里。小林等人，2013)

當時火山劇烈活動，岩漿庫因火山物質大量噴發產生空隙，重力塌陷形成「破火山口」(caldera)，直徑超過 25 公里，海水入侵演變為今日錦江灣。櫻島火山位於破火山口南緣，在破火山口形成後才開始生長(約 26,000 年前，小林等人，2013)，由海底火山持續噴發形成出露地表之火山島(圖二)。

櫻島火山主要有兩個明顯火山口地形，分別為北岳火口及南岳火口，5,000 年前北岳火口火山活動逐漸休止，約 4,500 年前南岳火口開始活躍(小林等人，2013)。目前北岳火口之熔岩通道未如南岳火口直達地表，近期主要噴

發以南岳火口及其寄生火口(昭和火口)為主。近百年南岳與昭和火口持續噴發，於大正年間(1914)，流向東南側之熔岩，使得櫻島火山與東側大隅半島之間的海峽相連，遂形成今日之陸連島地形。櫻島火山噴發型態可分為二種：1. 地下水受底部岩漿加熱後產生蒸氣及火山灰噴發、2. 岩漿上抬過程中將上伏地下水蒸發後，產生火山彈及火山碎屑(國土交通省氣象廳，2019)。櫻島南岳迄今仍然相當活躍，在本次參訪過程中便見證共二次噴發！由野外初步觀察結果為多量蒸氣與少量火山灰，應可歸類於前者之噴發型態。

2.2 停駐點2：有村熔岩觀測所—熔岩流地形判釋

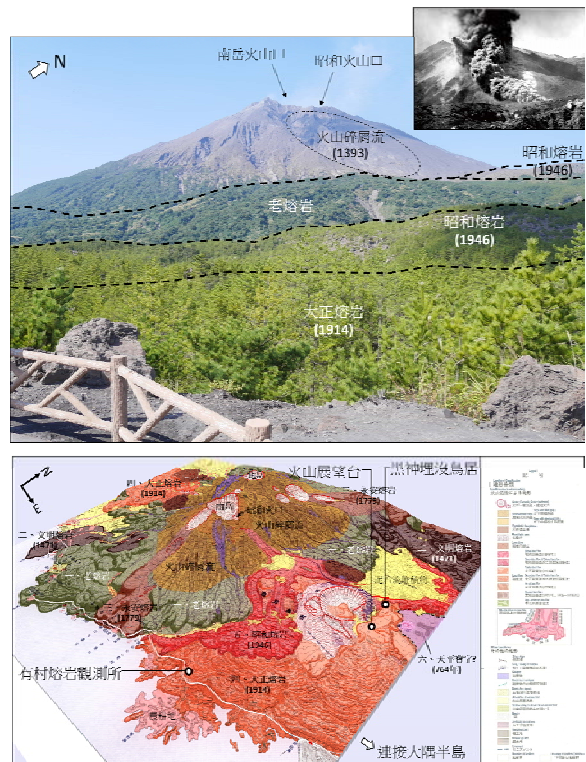
根據地形疊置關係與地質絕對定年結果，櫻島火山熔岩流由老至新至少可分為六期，由老至新為：老熔岩(年代不詳)、文明熔岩、永安熔岩、大正熔岩、昭和熔岩、天平寶字熔岩，本停駐點位於櫻島東南側，即座落於 1914 年大正熔岩岩流之上。現場往西北觀察火山地形(圖三)，可見既存老熔岩地形覆蓋於南岳火山口南隅，後續南岳火口噴發之大正熔岩流於此處，向東南側與大隅半島相連，接續之昭和熔岩流(1946)再非整合覆蓋於大正熔岩流之上。而此剖面亦可見 1939 年小噴發之火山碎屑流覆蓋於大正熔岩流(1914)。(小林等人，2013)

2.3 停駐點3：黑神埋沒鳥居(含旅の里火山展望臺)—火山灰災害遺址

黑神埋沒鳥居位於櫻島東隅，於 1914 年 1 月 11 日凌晨噴發持續至隔年 4 月，史稱大正噴發，其中 1 月 11 日噴發產生巨量火山灰沉降於櫻島東黑神地區，此區當時雖未遭受熔岩流覆蓋，卻在一天內迅速堆積 2 公尺厚之火山灰，將當地聚落全數淹沒，現地仍保存當時埋沒鳥居頂部(圖四)。旅の里火山展望臺位於黑田鳥居遺址南側 700 公尺處，寬廣的視野可西眺北岳火口、南岳火口及其下方之寄生火山口(昭和火口)，後二火山口地形仍保有原火山錐地形，這表示火山活動十分地活躍。2013 年時噴發以昭和火口為主，目前活躍火山則轉為南岳火口。

2.4 停駐點4：櫻島火山觀測所(含高免地下觀測坑道)—精準的活火山監測與防災

此行拜訪京都大學防災研究所附屬櫻島火山觀測所，由所長井口正人主任及為栗健助理教授進行觀測所內監測系統解說(圖五)，目前櫻島火山觀測所主要監測項目包含：地震監測系統、火口即時影像監測，以及火山地下坑道監測(詳停駐點 5)等項目，觀測所內統合上述監測結果，作為火山噴發警戒之依據。目前島內地震站監測安裝數量多達 18 處，並派駐研究員 24 小時針對櫻島火山即時觀測地震記錄。據栗健助理教授介紹所述，櫻島火山觀測所為目前世界唯一以煙燻紀錄紙及電子紀錄之火山，其煙燻紀錄紙為逐日存查，且保存迄



圖三 熔岩流現場判釋結果與櫻島火山地質圖 (日本國土地理院，1990)



圖四 黑神埋沒鳥居與旅の里火山展望臺，埋沒深度超過 2 公尺

今已逾 50 年紀錄，可供觀測站對於重大噴發事件直接進行對比。本次踏勘見證兩次小規模噴發的地震紀錄，如栗健助理教授右手所指地震波，也被精準地記錄下來。

由於岩漿上升過程中會造成地表些微傾斜及抬昇，為減低地表人為雜訊干擾，確實記錄火山噴發及岩漿移動訊號，櫻島火山共設置 3 處地下坑道，本次參訪之高免地下觀測坑道位於櫻島火山北側。坑道內設計為三角形分布，設置有強震站、傾斜儀及三軸向伸縮儀，精度為奈米(nm)等級。

觀測中心藉由地震監測、火口即時影像及地下坑道等監測系統，能客觀給予火山噴發時五種警戒等級(圖六)，再由日本氣象廳發布相對應之避災警戒範圍，供百姓了解櫻島火山活躍程度，確保生命安全。此次參訪回國後，櫻島

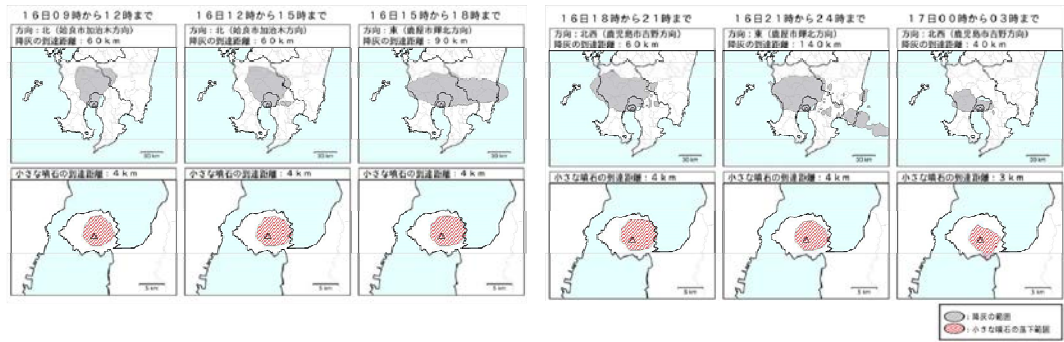
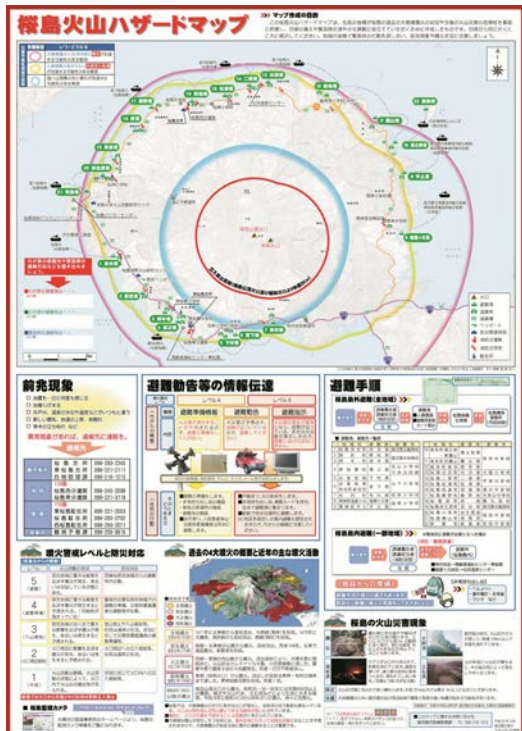
火山於 2018/11/14 凌晨再次噴發，此次事件為南岳火口水蒸氣噴發噴發，並逐時預報火山灰、火山彈災害可能影響之範圍。



圖五 櫻島觀測所井口正人主任(左上)、為栗健助理教授(右上)與高免地下觀測坑道精密伸張儀及傾斜儀

櫻島の噴火警戒レベル			
種類	名称	対象範囲	レベル
特別警報	噴火警報 (居住地域又は噴火警報)	火口から居住地域近くまで	5 (最高)
			4 (避難準備)
警報	噴火警報 (火口周辺又は火口周辺警報)	火口から居住地域近くまで	3 (山規制)
			2 (火口周辺規制)
予報	噴火予報	火口等	1 (注意)

平成19年12月1日運用開始



圖六 櫻島火山噴發警戒等級、防災地圖與火山灰、火山彈逐時預報(地理院地圖, 2019)

三、霧島火山群

3.1 停駐點5：大浪池－火山口湖

大浪池面積約 25 公頃，標高為 1,412 公尺，水深近 12 公尺。大浪池在距今約 6 萬年前霧島火山群開始發生大規模噴發(井村與小林，2001)，而後形成一明顯之火山口地形，火山口為一凹地，成為鄰近山區地下水匯集成為火口湖。

霧島火山群是日本近年來最活躍的火山之一，御鉢和新燃岳有歷史噴發紀錄。霧島火山群共有 20 多座火山體和火山口，長約 30 公里，寬約 20 公里，其中包括日本神話中赫赫有名的高千穗峰。霧島火山群的噴發歷史十分久遠，早期的火山因侵蝕或被新期噴發物覆蓋已不易觀察。現今霧島火山群皆屬新期火山活動產生，依據火山灰的層序分布，可重建霧島火山群的火山史，大致可分為四期活動，概述如表二。

此次參訪霧島火山群經由大浪池西南側登山步道，時間約莫 2~3 小時，向上攀登至大浪池後，依逆時針方向環繞大浪池火口湖半圈，再攻頂韓國岳，路徑軌跡圖如圖七。由霧島火山群之地形可觀察到許多大口徑的火山口，如大浪池、韓國岳、新燃岳及御鉢等，是因為爆發式噴發所形成的。在攀登至大浪池沿線可發現早期噴發之浮石，此層浮石為該期噴發之指準層，可追溯該期噴發之分布影響範圍。

3.2 停駐點6：韓國岳－霧島火山最高峰

韓國岳屬此區最高峰，標高 1,700 公

尺，謠傳山頂可眺望韓國故得此名。韓國岳在霧島火山群中相對年輕的火山體，大致分為三層熔岩流所構成，分別為 1. 古期熔岩流、2. 中期熔岩流與 3. 新期熔岩流。古期熔岩流呈環狀分布於山腳下之小林市；中期熔岩流則約分布於海拔 900 公尺以下；新期熔岩流則分布於海拔 900 公尺以上。(井村與小林，2001)本次參訪路徑至大浪池與韓國岳鞍部開始攀登韓國岳，高程約 1,300 公尺，沿途僅見新期熔岩流之產物。新期熔岩流形成年代約 15,000 年前，除熔岩流外可見後期火山碎屑與浮石等覆蓋其上(圖七，調查點 5)。攀登至韓國岳山頂後，可觀察到西面火山口壁坍塌(圖七，調查點 6)，未能跟大浪池一樣保留完整之火山口地形。



1. 路線起點登山口；2. 大浪池與韓國岳；3. 由東側眺望大浪池；4. 韓國岳避難山屋；5. 韓國岳攻頂段可見火山碎屑、浮石等；6. 韓國岳火山口

圖七 大浪池與韓國岳踏勘路徑與照片

表二 霧島火山群噴發歷史簡表 (井村與小林，2001)

	噴發年代	火山活動範圍、特徵與規模	代表性火山
早期	(a) 30 萬年 ~10 萬年前	主要活動區為霧島火山群的西北側至西南側。形成之火山體具許多明顯之侵蝕地形，且無明顯之火山口分布。	烏帽子岳、栗野岳、湯之谷岳及獅子戶岳等
新期	(b) 10 萬年 ~2萬5千年前	屬於霧島火山群主要活動時期，活動範圍遍布整個霧島火山群。此時期之活動保存較好之火山活動地形(如火山口、火山熔岩流等)。	大浪池在此時期形成，大約在 6 萬年前發生較大型之噴發，噴發產生之浮石最遠可至 50 公里外之宮崎平原。
	(c) 2 萬 5 千年 ~6,300 年前	火山體分布呈西北-東南方向延伸，呈現現今之霧島火山群的主要樣貌。小型的層狀火山為主，亦有較大規模噴發。	丸岡山、飯盛山、甌岳、新燃岳和高千穗峰等，本區域最高之火山體韓國岳亦為此時期生成。
	(d) 6,300 年至今	集中在霧島火山群東南側地區與中央區域。御池大約在 4,200 年前噴發生成，此為目前霧島火山群中已知最大規模之噴發。	御池和御鉢；以及新燃岳、不動池、硫磺山、大幡山等熔岩噴發活動。

四、雲仙火山

4.1 停駐點7：雲仙岳災害紀念館－1792年眉山地滑事件

雲仙岳災害紀念館位於島原半島東隅，可清楚鑑別 1792 年眉山地滑事件，此稱「島原大變」，當火山噴發之際產生劇烈搖晃，誘發其東側眉山產生地滑，眉山上仍保留當時滑動體於斜坡上(圖八)，島原外港露出水面之小島亦為當時崩塌之岩體。山崩塊體滑入東側有明海灣，衍生對岸熊本的海嘯事件，此稱「肥後迷惑」，火山活動、地震、地滑與海嘯的複合式災害，造成重大傷亡。

雲仙火山主要誕生於 40 萬年前，年代由老至年輕共分為高岳期、九千部期、普賢期及有史期等 4 期主要噴發事件，以非整合上伏於 1~2 百萬年前之第四紀更新世前期基盤上，構成今日島原半島之形貌(國土交通省氣象廳，2019)。近百年火山活動以普賢岳附近最為活躍。

4.2 停駐點8：舊大野木場國小與水無川災害遺址－1991年雲仙岳火山事件

舊大野木場國小位於火山碎屑流的趾部，可清楚鑑別 1992 年因雲仙火山噴發形成之平成新山及火山碎屑流。平成新山為 1991 年雲仙岳火山頸流出之熔岩流，其地形特徵與原火山錐地形迥異，較易判釋。此外，1991 年噴發以火山碎屑流與火山泥流交替出現，其地形特徵似山麓沖積扇，唯一差別為火山碎屑流搬運以氣體為媒介，其火山礫石堆積於山麓，水平距離約 4 公里，舊大野木場國小在火山碎屑流事件首當其衝(圖九)，可見教室門窗

受高溫熔彎破損，不過火山碎屑流的路徑在山麓彎折偏離大野木場國小，因此校舍並沒有被火山碎屑覆蓋。而火山泥流以水為媒介，可往東堆積至平原甚至抵達有明海灣，水平距離約 8 公里，在水無川火山泥流遺址可見火山泥流覆蓋住家、商店與街道(圖十)。

五、阿蘇火山

5.1 停駐點9：大觀峰－阿蘇火山破火山口

阿蘇火山主要停駐點原安排米塚、阿蘇火山博物館、中岳火山口及大觀峰。因參訪當日中岳火山活動較為活躍，安全考量取消中岳火山口行程，其餘行程則順利進行。大觀峰位於熊本縣阿蘇市北側，是阿蘇破火山口北側外圍環繞山脈的最高峰，高度約海拔 940 公尺(請確認)，與此可以遠眺阿蘇五岳(圖十一)。阿蘇破火山口南北長約 25 公里，東西寬約 18 公里，由地形剖面可約略推估原始火山範圍南北長約超過 50 公里(圖十二)。依據地形及不同噴發時期之火山層序分布，可重建阿蘇火山的火山史，大致可分為新舊二期活動，概述如表三。

表三 阿蘇火山火山史簡表 (小野與渡邊，1985)

	時間	火山活動範圍、特徵與規模
早期	30 萬年前 ~7 萬年前	形成現今阿蘇火山之破火山口。共發生四次大規模噴發，這些火山噴發產物可被細分為四次層序，每次噴發時產生大量的火山灰和浮石並飄落至日本各地，並作為火山碎屑流之材料於各處堆積。
新期	7 萬年前 至今	在破火山口形成後，此時期主要各火山體接二連三地生成，阿蘇五岳即在此期形成。由於早期噴發產物受後期噴發所掩覆，目前可經判釋總計約 17 座獨立之火山體，其中中岳較為活躍，為此次阿蘇火山參訪之主要觀察點。



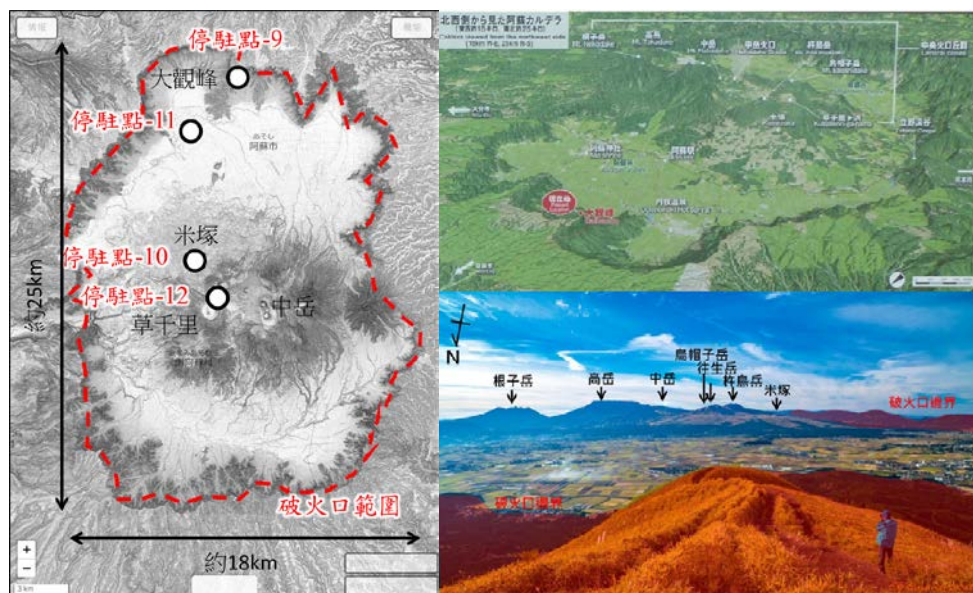
圖八 島原半島百年主要火山災害事件



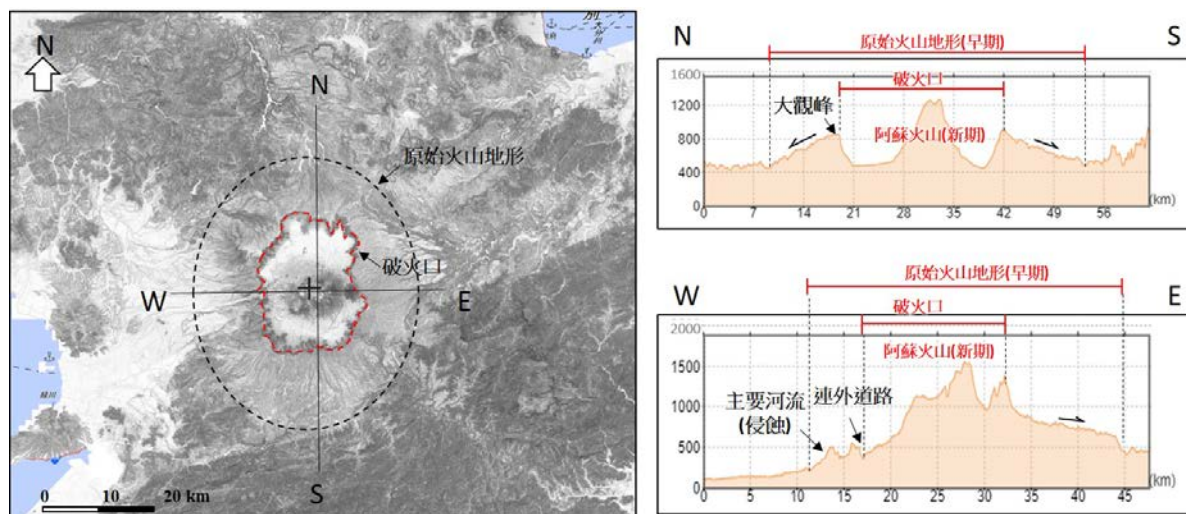
圖九 舊大野木場國小火山碎屑流事件今昔對比 (左上、左下圖摘自南島原市深江埋藏文化財・噴火災害資料館)



圖十 水無川火山泥流遺址保存區與林朝宗所長現場照片



圖十一 阿蘇火山位置圖、大觀峰遠眺阿蘇破火山口及阿蘇五岳 (地理院地圖, 2019)



圖十二 阿蘇火山地形剖面圖 (地理院地圖, 2019)

5.2 停駐點10：米塚－新生的火山渣

米塚約為 3,000 年前所形成之火山丘，基底直徑大約 380 公尺，高度約 80 公尺，呈一形狀均勻的火山丘(圖十三)，噴發材料主要是火山渣(Scoria)，頂部凹陷是因火山噴發後所遺留之地形特徵。



圖十三 米塚火山丘及杵島岳火山丘，凹陷程度不同，越老的破口越大

5.3 停駐點11：2016熊本地震地表破裂

2016 年規模 Mw 7 的熊本地震重創熊本城，無數古蹟倒塌、交通癱瘓，地震也引發多起火災、橋塌、山崩事件，阿蘇大橋崩塌、南阿蘇村發生大規模山崩與土石流，並在阿蘇火山北側造成明顯地表破裂(圖十四)。根據日本地震研究委員會報導，熊本地震震源位於於二個斷層的交錯位置－布田川斷層(Futagawa Fault)與日奈久斷層(Hinagu Fault)錯動導致，而這兩個斷層是橫跨日本列島的中央構造線斷層帶(MTL)，過去 50 年熊本未曾發生過 7 級地震，因而累積了較大的能量一次釋放。這條大斷層(MTL)切過阿蘇火山破火山口的西側，在盆地沉降同時河流順著這個破碎帶下切往西流，因而造成整個盆地唯一對外的河流缺口。

本停駐點位於阿蘇火山北側沖積平原內，根據 Lin et al. (2018)調查結果，此處破裂帶屬於黑川斷層(Kurokawa fault)，是一條東北走向的正斷層，往西南與中央構造線斷層帶相接。現場仍可見歪斜電線桿、水溝破裂、停車場與柏油路破裂與高低差，裂縫大致為東北－西南走向。不過同樣位於破裂位置之上的柏青哥店其



圖十四 熊本地震同震破裂位置與現場照片 (a~c 摘自 Lin et al., 2018)

外觀幾乎無受損情況，推測是建築物結構屬剛體壓在相對較軟的沖積層之上，由下而上的應力無法穿過剛體因而裂縫繞過該建築物。

5.4 停駐點12：阿蘇火山博物館

阿蘇火山博物館設於烏帽子岳與杵島岳之間的平臺地上，是日本最具規模的火山博物館，除介紹火山相關知識，並提供動態的阿蘇火山模型供遊客觀賞，亦有介紹阿蘇當地的歷史文物與自然風光。此行程參訪阿蘇火山博物館，由館長池邊伸一郎先生進行博物館展覽解說(圖十五)，除此之外，特別開放中岳火山口監測室進行參觀，此監測室可以透過設置在中岳火山口的高解析度觀測攝影機，來觀察中岳火山口的狀況。



圖十五 阿蘇火山博物館館長池邊伸一郎先生解說中岳火山口監視系統

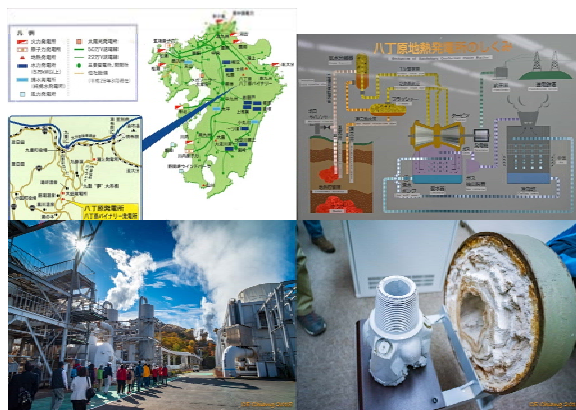
六、九重火山群

6.1 停駐點13：八丁原電廠—地熱資源

八丁原電廠位於九重火山群，九重火山群於 20 萬年前開始噴發，經由四期主要火山活躍期之火成岩組成，年代由西往東逐漸年輕(川邊等人，2015)。氣象廳自 2014 年 7 月開始監測九重火山群，近期末發現火山活躍趨勢。八丁原地熱電廠於 1977 年開始運轉，為九州第二座、全日本第五座商用地熱發電廠，也是全日本裝置容量最大的地熱發電廠，既有生產井 18 口，還原井 10 口。本發電廠具有兩部發電機組，總裝置容量為 110,000kW (110MW)，發電方式為閃發式發電。

此處地熱資源十分豐沛，由地底所引出的地熱蒸氣溫度介於 158.1~164.2°C，此處蒸氣溫度相當高，經過一次閃發後仍有餘溫及壓力可再進行一次閃發，因此八丁原地熱發電廠

是少數進行二次閃發的地熱電廠。除了傳統的閃發式發電之外，八丁原地熱發電廠於 2003 年設置了一座雙循環系統發電廠，並鑽鑿一口深 1,700 公尺的生產井作為蒸汽來源，可發出 2,000kW(2MW)的電力，經過兩年的測試後，於 2006 年正式商轉。併計雙循環發電廠的發電量，八丁原地熱發電廠的最大發電量達到 112MW，約可供應 37,000 戶用電。八丁原地熱電廠展示館，包含地熱解說教室及戶外發電設施解說牌等，參訪當日因 1 號機組進行設備維護，萃取之蒸氣未經發電設施可直達天際。地熱解說教室除了有專人解說導覽之外，現場並展示鑽探岩心、鑽探使用的鑽頭以及井管結垢的橫切面等，深具教育及推廣意義。參訪照片如圖十六。



圖十六 八丁原地熱電廠發電配置與現場照片

七、結語

1. 目前國內對於大屯火山群之監測已逾數十載，雖然國內目前將大屯火山群定義為休眠中的活火山，然而存在數處火山噴氣孔，仍不排除再次噴發可能性。本次至九州參與研討會主要觀摩日本對於活火山監測技術及防災疏導前置作業，目前大屯火山觀測站對於大屯火山監測已近趨完備，唯獨尚未與防災作業同步連結實屬可惜，希冀國家災害中心能建立溝通平臺，以防災害發生時能及時因應。

2. 八丁原地熱電廠利用地熱高效能發電，同樣擁有優渥的地熱條件，在宜蘭地熱區我們能夠繼續做些什麼呢？

3. 櫻島的火山活動十分頻繁，這樣的地區應不適宜居住，但仍有超過 3,000 位居民。居民並非別無選擇才留下，而是因為當地對於櫻島火山的研究與監測十分詳實，對於櫻島火山噴發的方式、噴發範圍、活動頻率均有一定的認知，因而能與危險共存。

誌謝

感謝執行長林銘郎教授責成本次活動，感謝中央大學應用地質研究所董家鈞所長一肩扛起領隊重擔，規劃聯絡所有行程與旅途無微不至地照顧。特別感謝中央地質調查所林朝宗前所長擔任顧問，在研討會帶來發人省思地深刻演講，將豐富學經驗傳授給每一位來賓，思考日本火山帶給臺灣的啟示。並邀請國震中心黃有志副研究員擔任火山導覽與研討會演講，帶領大家在日本九州短短七日之中，深入淺出地認識當地各火山，並讓與會者有幸能夠接觸許多難能可貴的研究資料。特別感謝江政恩經理、何樹根總工程師提供大量優質珍貴的照片。並感謝每一位熱情參與盛會的來賓，使得本會得以圓滿成功。



櫻島火山前合照



霧島錦江灣國立公園合照

參考文獻

- 小林哲夫、味喜大介、佐々木壽、井口正人、山元孝廣、宇都浩三 (2013), 「1:25,000櫻島火山地質圖」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/sakurajima/index.html(2019年5月21日)
- 小野晃司、渡邊一徳 (1985), 「1:50,000阿蘇火山地質圖」, 通商産業省工業技術院地質調査所, https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/aso/index.html(2019年5月21日)
- 川邊禎久、星住英夫、伊藤順一、山崎誠子 (2015), 「1:25,000九重火山地質圖」, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/kuju/index.html(2019年5月21日)
- 井村隆介、小林哲夫 (2001), 「1:50,000霧島火山地質圖」, 通商産業省工業技術院地質調査所, https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/kirishima/index.html(2019年5月21日)
- 日本地熱協會 (2019), 「地熱發電相關情報」, <http://www.chinetsukyokai.com/information/nihon.html>(2019年5月21日)
- 日本國土地理院 (1990), 「1:15,000火山土地條件圖-櫻島」, <http://www.gsi.go.jp/>(2019年5月21日)
- 地理院地圖 (2019), 「電子國土web」http://maps.gsi.go.jp/#12/32.904524/131.269455/&base=blank&base_grayscale=1&ls=blank%7Cslopemap%7Canaglyphmap_gray%7Canaglyphmap_color&blend=100&disp=1100&lcd=blank&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1(2019年5月21日)
- 國土交通省氣象廳(2019), 「火山災害速報」, https://www.jma.go.jp/jp/ashfall/scheduled_506.html(2019年5月21日)
- 渡邊一徳、星住英夫 (1995), 「1:25,000雲仙火山地質圖」, 通商産業省工業技術院地質調査所, https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/unzen/index.html(2019年5月21日)
- 黑神防災新聞 (2014), 「大正噴火100周年紀念特別發行號」。
- Lin, A., Peng, C., and Sado, K. (2018) "Recurrent large earthquakes related with an active fault-volcano system, southwest Japan." Scientific Reports. 8. p10.