

106 年度臺日技術合作計畫

日本專家來臺指導

「火山活動監測技術與經驗交流」

執行成效報告



經濟部中央地質調查所

106年11月

目 錄

Ţ	頁碼
- 、前言	. 1
、技術合作行程安排及交流	2
1. 行程安排	. 2
2. 來臺日本專家介紹	. 3
3. 技術合作交流議題	. 4
三、執行成效檢討	. 8
付件	
附件一、經濟部國際合作處核定函	11
附件二、專家指導紀錄照片	13
附件三、日本專家簡報節錄	19

一、前言

因應臺灣北部休眠活火山—大屯火山群與龜山島若再度活動可能引發之火山 災害,經濟部中央地質調查所(以下簡稱本所)歷年來透過火山地形、噴發層序、 活動年代之詳細調查研究及各類火山活動徵兆之觀測與監控,試圖增進對臺灣北部 活火山特性與現況之理解,評估其潛在性危害種類與風險,並與中研院地球所合作 建立大屯火山活動監測預警系統。

由於臺灣未曾有火山噴發或活動致災之科學觀測經驗,亟需由已具備成熟之火山活動觀測技術與噴發活動預警經驗的鄰近先進國家汲取相關知識。今年本所獲得經濟部台日技術合作計畫(以下簡稱本案)的資助,成功邀請到專精活火山活動機制研究與噴發預警實務之日本權威學者-京都大學防災研究所井口正人教授來臺分享日本活火山之觀測經驗,並邀集國內各火山監測研究單位共同針對活火山監測技術應用與台日觀測資料解釋進行交流探討。

本案指導內容以學習日本火山噴發活動之科學觀測經驗為主,由日本觀測案例之經驗探討適用於國內火山監測之實用技術,並安排參訪國家災害防救科技中心, 展示該中心發展之災防資訊整合平台納入火山觀測資料之成果,與專家進行意見交流。本案藉由邀訪專家來台,可厚植臺灣北部火山活動徵兆之科學觀測實力,強化國內火山觀測單位對於臺灣北部休眠火山日後活動致災潛勢之自主評估能力,並建立今後台日雙方地質與防災科學領域之技術合作基礎。

二、技術合作行程安排及交流

1. 行程安排

本案執行期間為 106 年 11 月 6 日至 11 月 9 日,行程安排如表 1。

表 1、技術合作行程表

	時間	行程		地調所陪同
日期		活動事項	地點	人士
Day 1	11:00-14:30	接機、日方專家抵	桃園市	洪國騰技士、
11/6 (—)		台		李柏村技士、
住宿:福華國	14:30-16:00	入住飯店	台北市	張碩芳科長
際文教會館				
Day2	09:00-12:00	參訪本所、拜會所	新北市	洪國騰技士、
11/7 (_)		長、舉行專題演講		李柏村技士、
住宿:福華國		(題目:日本火山		張碩芳科長
際文教會館		活動預警)、問題討		
		論		
	12:30-14:00	午宴	新北市	
	14:00-17:30	參訪國家災害防救	新北市	
		科技中心、意見交		
		流		
Day 3	09:00-12:00	參訪大屯火山觀測	台北市	洪國騰技士、
11/8 (\equiv)		站、舉行大屯火山		李柏村技士、
住宿:福華國		活動監測工作會		張碩芳科長
際文教會館		議、觀測資料討論		

	12:00-13:30	午餐	台北市	
	13:30-17:00	大屯火山野外考察 (硫磺谷、地熱谷)	台北市	
Day 4 11/9 (四)	09:30-10:30	送專家至機場	台北市	洪國騰技士、 張碩芳科長
	10:30-12:30	送機、專家搭機返 日	桃園市	

2. 來臺日本專家介紹

本案於提出申請階段即鎖定邀請對象為專責監測日本最活躍的活火山-櫻島 火山或阿蘇火山之科學觀測機構主要成員·首選為京都大學櫻島火山研究中心主任 井口正人教授·井口教授為世界知名的火山地震學家·專精於火山活動徵兆之來 源、作用機制以及噴發預警研究·其學識與經驗為指導國內現行火山觀測工作者之 最合適人選。備選為京都大學阿蘇火山觀測所之鍵山恆臣教授·鍵山教授專長為應 用地電阻調查技術解析火山岩漿-熱液系統之交互作用、進行火山活動監測預警· 國內目前仍欠缺火山地區全域高精度地電阻調查·鍵山教授可在調查方法與資料判 釋方面給予我方充分協助。經過聯繫後獲日方同意由櫻島火山研究中心主任井口教 授來台指導,井口教授簡介如表 2。

表 2、來台日本專家簡介

姓名	服務單位、職稱	主要經歷
井口正人 (Masato Iguchi)	■ 日本京都大學防災研究所教授 ■ 日本京都大學櫻島火山研究中心主任 ■ 日本火山學會會長	1981 年於日本京都大學取得理學博士學位,歷任京都大學研究員、副教授,現職為京都大學防災研究所教授,兼任櫻島火山研究中心主任、日本火山學會會長。 早年致力於火山噴發機制案例研究以及火山相關飛航災害預防,進而研究活火山逸氣過程與現象,專精於應用火山地震與測地學解析岩漿活動狀態,為火山地震學與火山噴發預警領域之研究權威。

3. 技術合作交流議題

本次專家來台指導交流內容可區分為三部分,首先是本所專題演講「日本火山活動預警」之後的現場座談,交流議題以活火山監測技術應用為主,第二部分是本所陪同專家至國家災害防救科技中心參訪交流,專家對國內災情整合科技平台之火山觀測項目與發展方向提出見解,第三部分是針對大屯火山監測工作會議簡報之火山觀測資料所作的評論與建議,匯整節錄如表 3。

表 3、專家回應交流問題與我國現行工作之精進建議

項次	問題	專家回應		
• 11/	■ 11/7 專題演講暨座談			
1	發布火山警報的標準如何界定?	一般而言,藉由長期觀測個別火山,可了解該火山在平靜時期的 VT 型地震發生頻率,臨近噴發前數週至數天間火山 VT 地震數量會大幅增加,火山警報標準可參考火山地震數量制定。		
2	日本火山警報發布的流程為何?執行上是否切合實際防災需要?	發布流程為個別火山之專責觀測單位(大學研究機構或地方氣象台)發現火山異常活動後,通報氣象廳設立的各地區火山觀測預警中心進行追蹤與評估,由氣象廳決定火山警報之發布。 由地方單位提報中央單位進行火山活動評		
		估會影響監測預警之時效性,若地方觀測單位對於火山活動狀況有充足經驗與判斷力,亦與地方自治體密切合作,應可勝任火山警報評估與發布之工作。		
3	除了地震資料,還需配合哪些觀測資料才能研判火山是否將噴發?	藉由周詳的地震活動監測可提前數週至數日前預知火山噴發活動,由地震數量可決定是否發布警報,傾斜計和應變計可在火山噴發數天至數小時前記錄到明顯變形量,故火山預警的技術已發展得相當成熟。		

4 為何日本政府總在火山 噴發後才升高警報等 級?噴發後提升警報等 級之意義? 氣象廳往往在噴發後才進一步提高火山警報等級,是基於民眾心理與政治考量。如同氣象預報的概念,發布警報是為了提升民眾對災害風險的認知與防備,預測準確與否並非發布重點,事先升高警報等級易流於噴發準確率的紛爭,加上第三級以上警報對於人民日常生活衝擊較大,故其發布時機趨於保守。

5 針對火山活動監測,如何 選擇 GPS 地表變形觀測 站的位置? 地表變形觀測站通常選在火山噴發中心之 山腰至山腳附近。

■ 11/7 參訪國家災害防救科技中心

6 國家災害防救科技中心 任務簡介;災防資訊整合 平台功能介紹;火山相關 監測數據界面介紹。 對於有活火山的國家而言,火山災害絕對是 重要的議題,火山災害具有影響範圍廣、延 續時間久、可事前預測等特徵,其中以火山 灰危害最大,可影響區域飛航安全、傷害居 民身體健康、造成農作經濟損失,不可輕忽 其災害風險,宜事先構思應對策略。

建議可將大屯火山噴發火山灰之影響範圍程度模擬納入災防資訊平台。

■ 11/8 大屯火山活動監測工作會議

7 觀測大屯火山活動時偶爾會出現地球化學異常訊號·但與地震活動性變

對於觀測到地球化學訊號異常的區域,應該 詳細分析發生在該區域、時間相近的所有地 震活動,嘗試解析地震特徵,以尋找地震與

	化不一致,應如何解析?	地化異常訊號的關聯性, 有助於了解火山地 下構造與活動機制。
8	大屯火山群的地震活動性似乎無特定的分布規律?如何從雜亂無章的 背景地震中找出規律性?	建議嘗試建立地震深度分層的概念,例如依火山地震發生深度也許可分出下層 - 深部變質岩區、中層 - 淺部沉積岩區、上層 - 表層安山岩熱液活動區等三個不同深度之地震區塊,即便是相同機制、規模的地震,發生在不同層內代表的地質意義也有不同,如此才能深入探討火山作用的機制。
9	大屯火山群與日本的活火山有何不同之處?大屯火山現行監測工作有無需要加強的地方?	大屯火山群作為活火山的特別之處在於其富有大量的水(地表水、地下水),由日本火山經驗可知,地下水的含量變化與噴發活動的型式息息相關,估算地下水量有助於了解岩漿熱液活動狀況,概念上可由估算全區降水量與逕流量之差(即入滲量)得知,對於地熱資源評估亦有用處。除此之外,應加強全區的高精度地電阻調查,以了解地下構造與熱水賦存區分布。
10	以 2014 年日本御嶽山噴發事件為例·對於火山蒸氣噴發似乎沒有足夠資訊事前預警?現有技術是否足以預警火山蒸氣噴發?	御嶽山事件的預警失敗源自在該火山缺乏 足夠偵測儀器進行更高精度的監測,未能及 時察覺噴發前的微小變化。火山蒸氣噴發的 本質是水蒸氣壓力在地殼淺部蓄積至爆 裂,故噴發點下方必有一膨脹壓力源存在, 由現有地表變形監測技術應可有效預警。

三、執行成效檢討

根據本所歷年來的調查與監測確認大屯火山群為仍具活動性的休眠活火山,種種火山岩漿庫活動證據如大屯火山氣體的高二氧化碳通量、高氦同位素比值以及活火山特有地震訊號與火山群震現象凸顯持續監測臺灣北部火山之重要性。本所長年執行臺灣北部火山活動觀測研究計畫,與中研院、氣象局共構火山微震觀測網收集分析臺灣北部火山地區微震資料,配合溫泉水質、火山氣體、地溫等多面向監測站與例行性採樣工作,藉以監測地震活動、地球化學訊號及地下熱流之長期變化並評估火山活動性。

因國內並無活火山噴發歷史記載·建立大屯火山群的系統性科學觀測至今也僅有 13 年·就噴發週期為百年至千年以上尺度的火山活動而言·即便觀測工作皆有嚴謹的學理依據·難謂我們是否已充分掌握其潛在活動特性·火山噴發之前兆觀測、預警與應對機制亦存在經驗上的盲點。本次邀請日本火山監測權威井口正人教授前來指導·得以直接汲取日本火山觀測研究經驗歸納得來之火山岩漿-熱液活動行為與對應之徵兆·配合以地震學、測地學、地球化學等綜合性觀測手段取得之實際數據交互驗證·使我們對於火山活動的特性與活動過程可能產生的訊號·有更具體的理解·並得以應用於日後觀測數據的判釋·例如不同觀測方法反映的異常訊號變化所代表的意義是否與真實岩漿活動有關。

在本所座談當中,井口教授回覆現場提問時論及日本警報等級的提升向來晚於

直觀的火山活動狀態變化,是源自於背後涉及的制度設計因素與政治考量,若我國未來欲在現行災防體制下增建火山預警機制,我們可借日本現行觀測體系為鑑,思考如何在日本現有問題上加以精進。在與國家災害防救科技中心交流過程中,井口教授強調火山災害相較於其他天然災害之獨特性,並以致災之最大影響程度為考量,建議該中心未來宜針對火山噴發可能造成之廣域性火山灰災害進行大氣傳播模式模擬與相應預警機制,由於國內已有學者做過大屯火山之火山灰傳播模式初步模擬研究,若能在中心建置之災防資訊平台納入此類研究成果,對於今後政府規劃國內目前較為欠缺的火山災害應對方案會有很大幫助。

井口教授參加大屯火山聯合監測會議期間與國內各火山監測單位如中研院地球所、氣象局、地調所等成員討論目前國內火山觀測體系之策略、監測方法與成果,井口教授指出國內對於大屯火山群之地下與水文地質研究方面仍有不足之處, 地表水進入火山地區地下水循環之補注量與速率攸關如何估算火山地下熱源的區位與量體以及蒸氣噴發活動的潛勢, 故建議國內應設法建立地下水補注與地下裂隙系統探查的評估技術, 並積極推展火山區之廣域性高解析地電阻測勘工作, 以補足目前欠缺之大屯火山地區高精度地下地質資料, 對於未來建立細緻的火山地下活動模式與潛在地熱資源探勘評估皆大有用處。

本案於106年11月9日順利完成,專家指導期間本所全程派員陪同與接送,大 屯火山觀測站主任林正洪教授同行協助接待,參訪單位首長皆親自會面並指派專人 簡報說明。井口教授參訪過程中坦率地提供他的見解與建議,離台前特別感謝我方 熱情接待,此外亦應允未來除了強化台日既有的學術交流合作關係,還會在其日本火山學會會長任內推動之亞洲火山監測研習計畫中積極納入台灣火山觀測單位之協力合作,並增加補助台灣地區成員參加研習之機會,顯見本案邀請日本專家來台對於我國研究技術提升與厚植兩國外交情誼之具體成效。

附件一、經濟部國際合作處核定函

檔 號:

保存年限:

經濟部 函

地址:10015 臺北市福州街15號

承辦人:蕭昊元 電話:(02)2321-2200分機:8846

傳真:(02)2321-3275

電子信箱: hysiao@moea.gov.tw

受文者:經濟部中央地質調查所

發文日期:中華民國106年10月13日 發文字號:經國字第10603098400號

速別:普通件

密等及解密條件或保密期限:

附件:

主旨:有關貴所於本(106)年度臺日技術合作計畫項下申請日方派 遣專家來臺指導一案,請惠依說明事項配合辦理並復。

說明:

- 一、依據駐日本代表處經濟組本年6月29日日經組字第 1060000604號函辦理。
- 二、本案業經貴所邀請日本京都大學教授井口正人於本年11月6 日至11月9日來臺指導「火山活動監測技術與經驗交流」, 請將渠在臺期間之指導確定行程於10月30日前通知本部國際 合作處,並副知駐日本代表處經濟組及臺灣日本關係協會。
- 三、旨述專家來臺指導所需各項費用將依院頒「各機關聘請國外 顧問、專家及學者來臺工作期間支付費用最高標準表」之教 授級支付,包含商務艙來回機票(以本國籍航空公司為主, 由本部直接撥付駐日本代表處核銷),報酬(含生活費)每日 新臺幣8,915元(需扣18%所得稅),惟請貴所先行墊付報酬, 並向國稅局報繳稅款,於專家完成指導離台後2週內檢據向 本部申請核銷歸墊,核銷時各項單據憑證均需經申請單位首 長及會計主管核章,並依規定於專家指導完成2個月內提出 相關指導成效檢討之書面報告書1份暨其電子檔送本部核備。
- 四、請依規定辦理專家之國際技術合作人員綜合保險(保額比照 公務人員因公赴國外出差綜合保險標準辦理),其保險費及

1060004887

第1頁 共2頁

內陸交通費由貴所負擔。

五、有關專家來臺指導空白日程表請至本部網站(http://www.moea.gov.tw/Mns/ietc/content/ContentLink.aspx?menu_id=1805)下載。

正本:經濟部中央地質調查所

副本:經濟部會計處、駐日本代表處經濟組、臺灣日本關係協會

106/10/13。 電子16:48章

第2頁 共2頁

附件二、專家指導紀錄照片

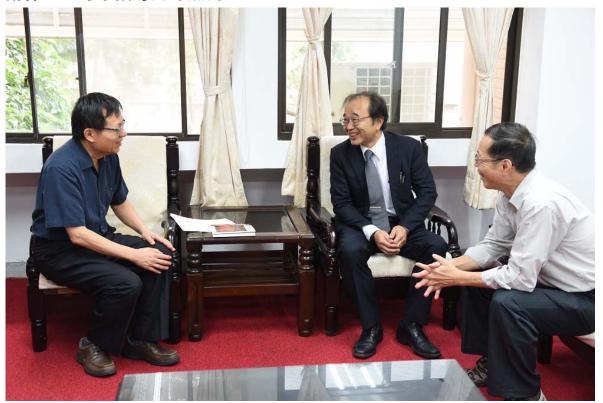


圖 1、井口正人教授拜會本所江崇榮所長



圖 2、井口正人教授於本所進行專題演講



圖 3、井口正人教授與現場聽眾進行問題討論。



圖 4、井口正人教授與國家災害防救科技中心主任陳宏宇博士會面。



圖 5、井口正人教授與國家災害防救科技中心主任祕書李維森博士會面。



圖 6、國家災害防救科技中心研究員進行簡報與井口正人教授交流。



圖 7、井口正人教授與本所陪同人員於國家災害防救科技中心前合影。



圖 8、大屯火山觀測站主任林正洪教授帶領井口正人教授參觀站內軟硬體設施。



圖 9、井口正人教授參加大屯火山觀測站舉辦之火山聯合監測會議。

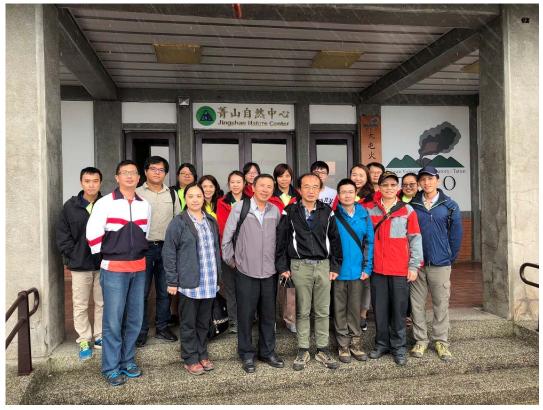


圖 10、會議成員合影(中研院地球所、本所、氣象局、陽管處、國家災防中心、井口教授)。



圖 11、井口正人教授參加本所人員帶隊之大屯火山野外考察。

附件三、日本專家簡報節錄

Central Geological Survey of Taiwan 2017/11/7

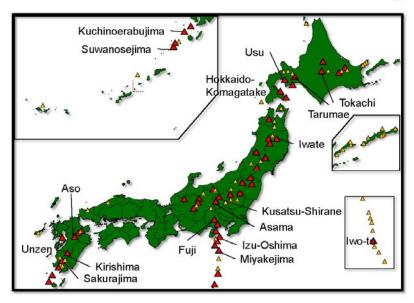




Forecasting Volcanic Activity in Japan

Masato Iguchi
Sakurajima Volcano Research Center,
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Active volcanoes and monitoring



Active volcano: Last eruption <10,000 years ago

111 active volcanoes

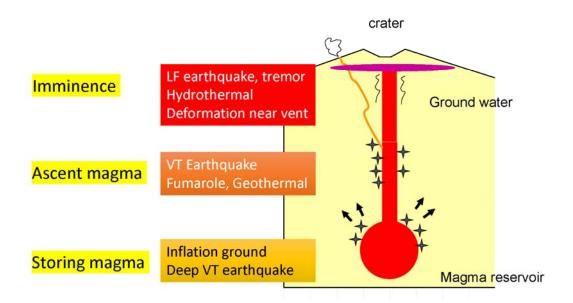
50 volcanoes monitored by Japan Meteorological Observatory Integrated research on 25 volcanoes by universities and institutes

Volcanic Alert Level

Operated by JMA since December 2017

Alert	Level	Status of volcanic activity	Residents	Climber
Equation	Level 5 Evacuation	Eruption or imminent eruption causing significant damage to residential areas	Evacuate from the danger zone	
Eruption Warning	Level 4 Evacuation preparation	Forecast of eruption causing significant damage to residential areas (increased probability)	Prepare for evacuation	
Crater	Level 3 Caution to volcano	Possibility of eruption affecting <2km from the crater	No Residents can go	Access to volcano restricted
area Warning	Level 2 Caution to crater area	Possibility of eruption affecting <1km from the crater	about daily activities as normal (paying close attention to	Access to crater area restricted
Eruption Level 1 Normal			volcanic activity)	No

Detection of precursory phenomena

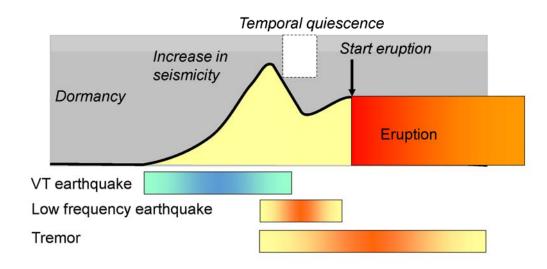


Monitoring method

- Seismic → Fracture due to intrusion, fluid behavior
- Deformation → Storing, ascent of magma
- Temperature, magnetic → Geothermal activity
- Volcanic gas → Emanate from magma

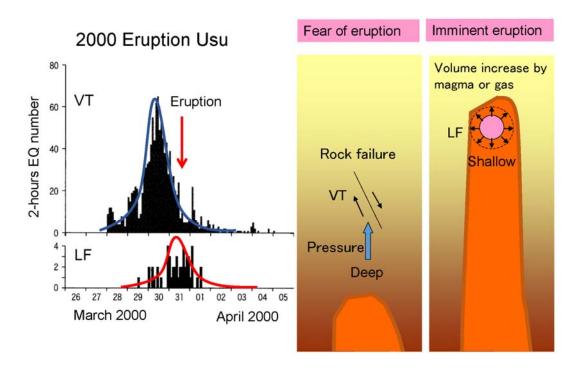


Transition of types of volcanic earthquake



Modified from McNutt(1996)

Increase in seismicity and transit



Ground deformation

B. Continuous monitoring Tilt • strain (High sensitivity) GPS (Low sensitivity)

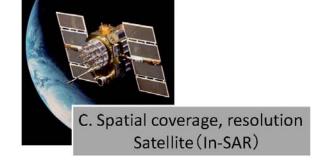


A. Repetition (Long-term) Precise leveling GPS-EDM

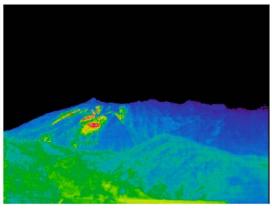
Tilt and strain in underground tunnel



Automated warning



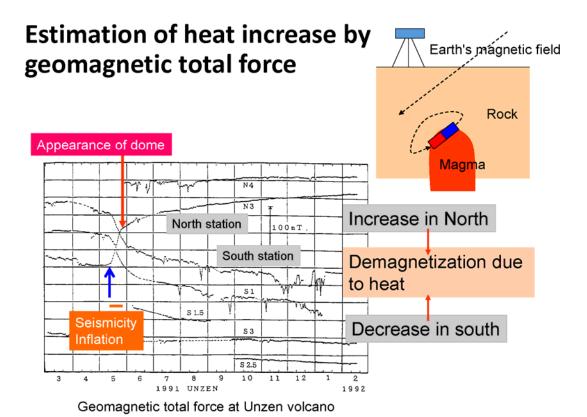
Geothermal measurement

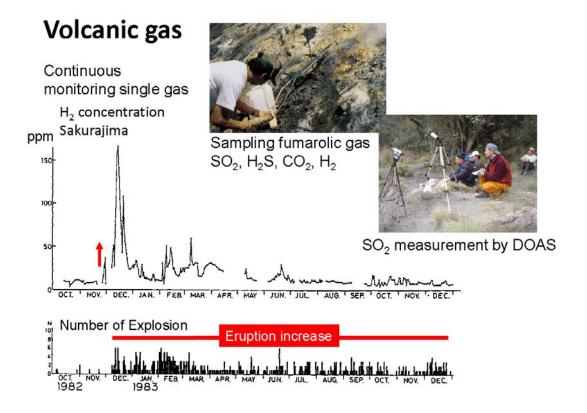


Thermal image of Showa crater, 3 months before onset of 2006 eruption

- Thermometer
- Remote sensing by infrared thermography





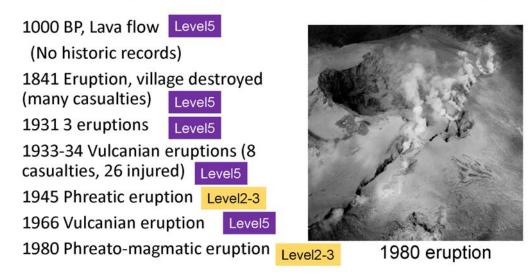


Recent eruption in Japan

- August 2014 Kuchinoerabujima (Level 1->3)
- September 2014 Ontake (Level 1->3) phreatic eruption
 63 dead / missing • The worst volcanic disaster after 1945
- November 2014 Aso (Magmatic eruption)
- April 2015 Unrest events at Hakone (seismicity, deformation)(Level 1->2)
- May 2015 Kuchinoerabujima (Level 3->5)
 The first level 5, Evacuation of residents from islands (137)
- June 2015 Hakone phreatic eruption
- August 2015 Unrest events at Sakurajima (seismicity, deformation)
 (Level 3->4) The first level 4, Evacuation of residents (77)
- September 2015 Aso (Level 2->3) Pyroclastic flow
- October 2016 Aso (Level 2->3)
- October 2017 Kirishima (Level 1->2->3)



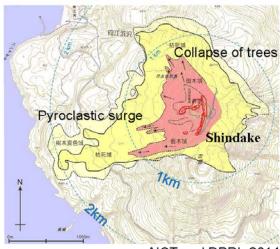
Chronology of eruption of Kuchinoerabujima



2014 Eruption 2015 Eruption

Eruption on August 3, 2014

Mostly phreatic (slight effect of magma)



AIST and DPRI, 2014

Alert level stayed at the lowest level 1 before the 2014 eruption and was upgraded to 3 after the eruption occurred.

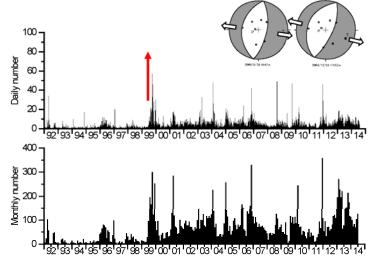




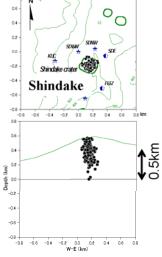
Monitoring camera by JMA, Time lapse rate x8

Long-term precursor

Increase in seismicity of volcanic earthquake

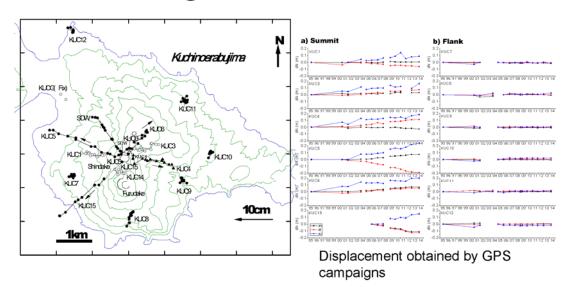


Extremely shallow VT type events are dominated.

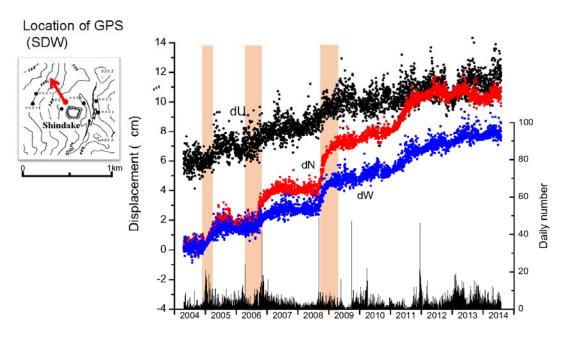


Triastuty, et al. (2009)

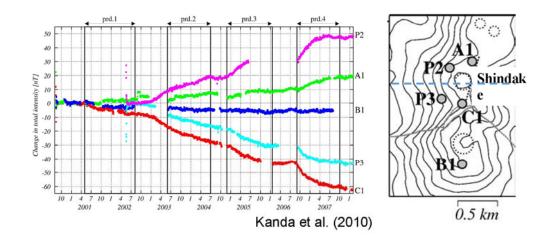
Inflation of ground around the crater



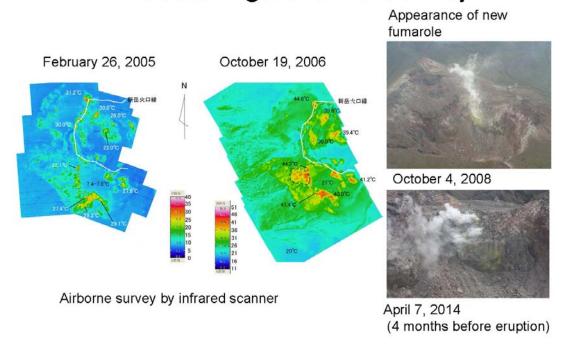
Corresponding inflation to increase in seismicity



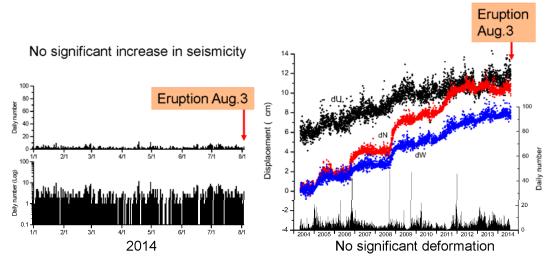
Heat accumulation revealed by geomagnetic total force



Increase in geothermal activity



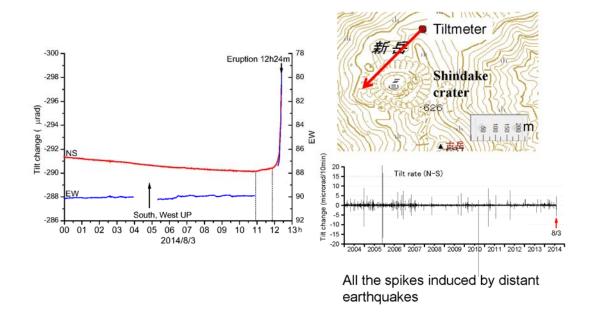
Mid-term seismicity and deformation



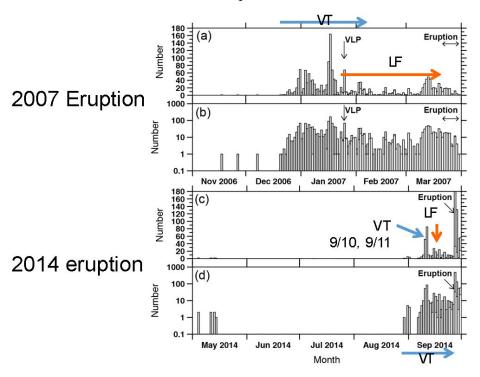
Alert level stayed at the lowest level 1 before the 2014 eruption.

Short-term precursor

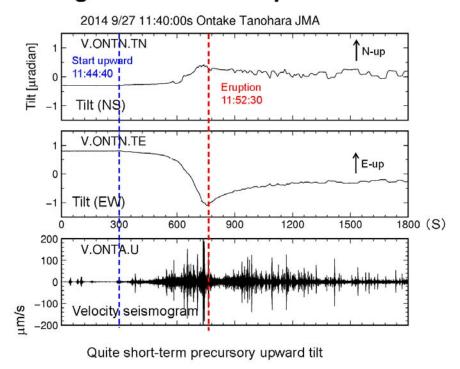
Upward tilt immediately before the eruption



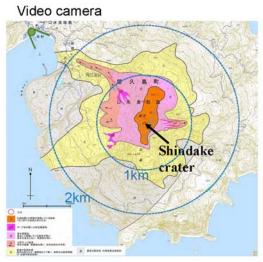
Increase in seismicity at Ontake volcano



Tilt change before the eruption Ontake



Eruption on May 29, 2015



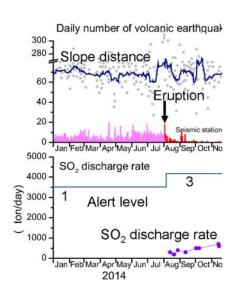
AIST (2015)

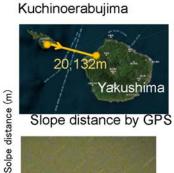
Volcanic cloud reached 10 km high. VEI 1-2. After the eruption, JMA upgraded the alert level to 5 (max) from 3. All the residents evacuated from the island.



Monitoring camera by JMA, Time lapse rate x8

More intense precursors to the 2015 eruption

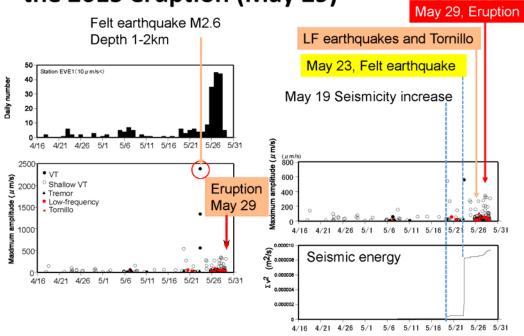






Volcanic glow from March 24, 2015

Short-term increase in seismicity before the 2015 eruption (May 29)

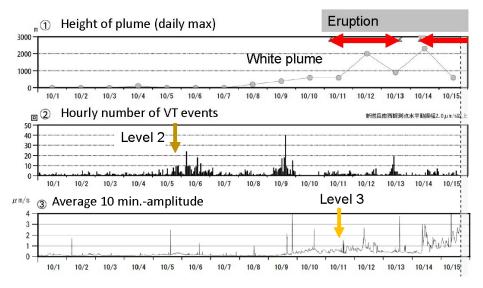


Shinmoedake eruption on October, 2017

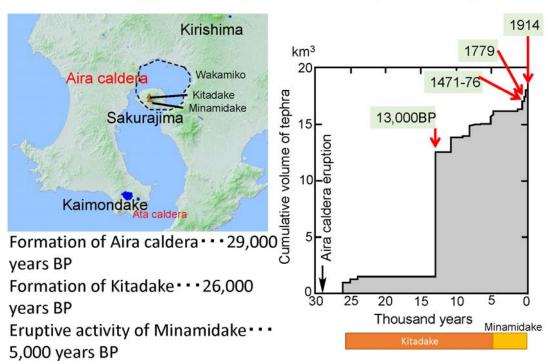


Mostly phreatic eruption, plume height max 2200 m

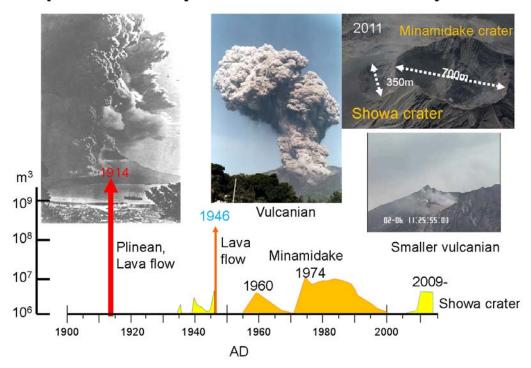
Precursory activity of the Shinmoedake eruption (from Oct 11, 2017)



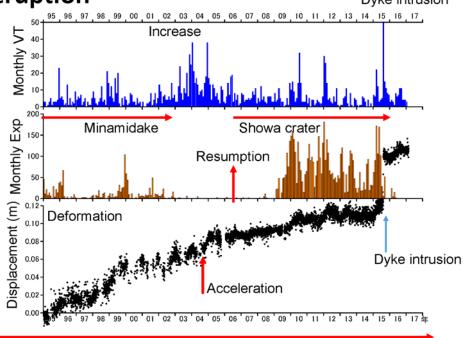
Chronology of eruptive activity Sakurajima



Eruptive activity after the 20th century

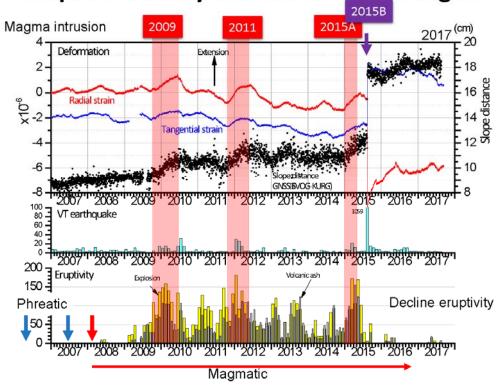


Precursory activity of the Showa crater's eruption Dyke intrusion

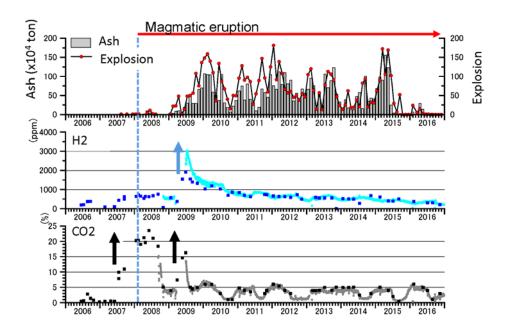


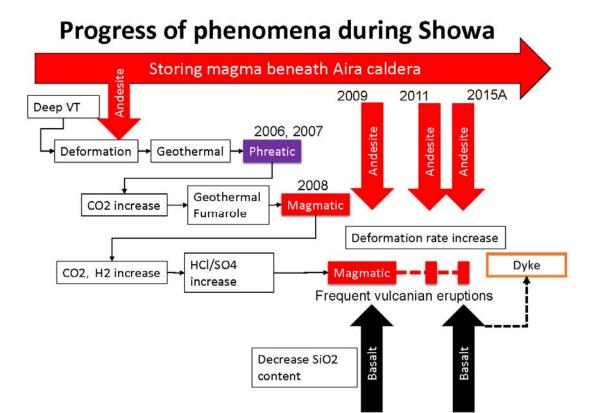
Continuous inflation of Aira caldera

Eruptive activity and intrusion of magma

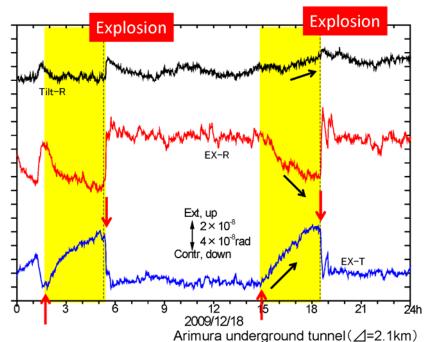


Temporal change of gas from hot spring



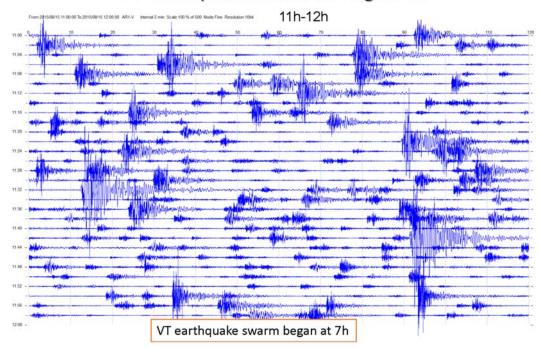


Tilt and strain changes associated with explosions at the Showa crater

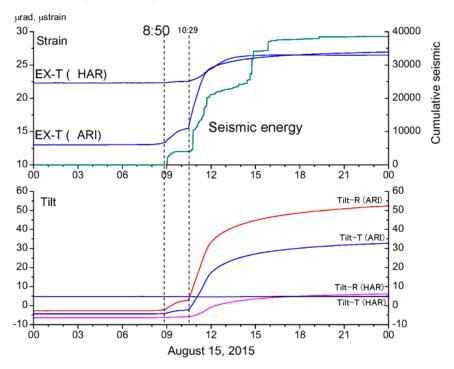


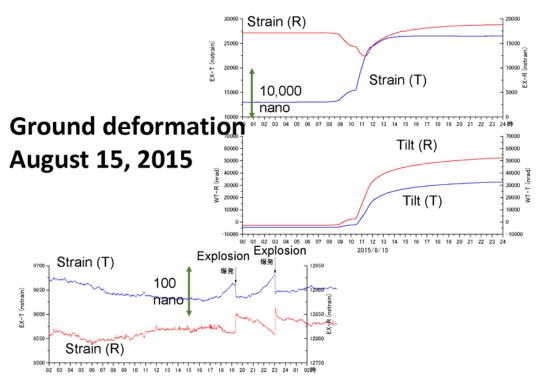
Unrest event at Sakurajima

VT earthquake swarm on August 15



Seismicity and ground deformation

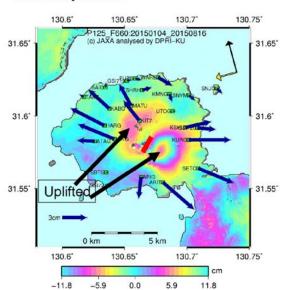




Ground deformation associated with usual eruptions

Dyke intrusion model

Horizontal displacement by GNSS In-SAR by ALOS2





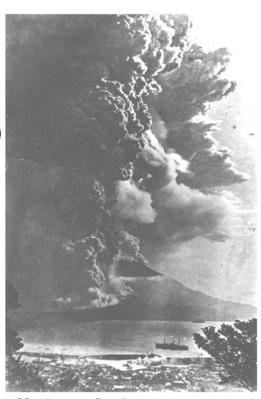
Crack location 0.6 km, -0.1 km, 1.1 km

Dip=71° Strike=N32° E Length=1.2 km Width=0.3 km Open:6.97 m

Volume increase: $2.5 \times 10^6 \text{ m}^3$

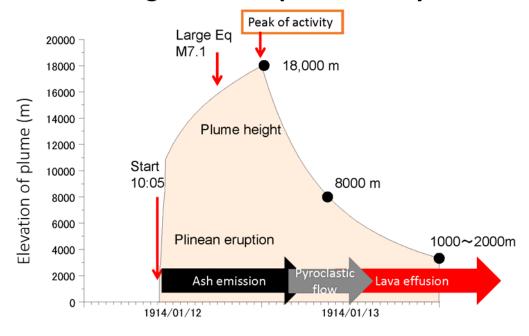
The 1914 eruption

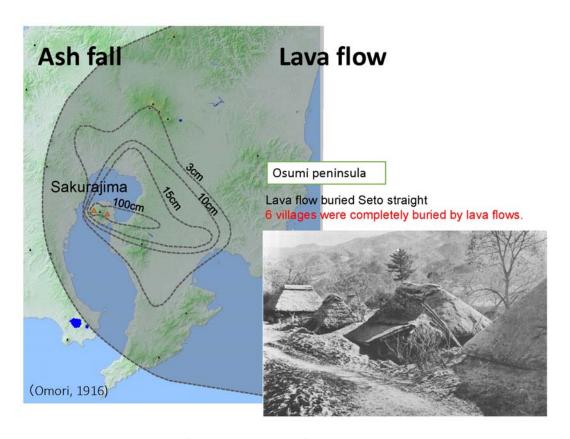
- · January 12, 1914
- Starting with Plinean eruption (0.5km³) and followed by effusion of lava (1.3km³)
- Sakurajima was connected to the main land of Kyushu
- The largest eruption in Japan after modernized monitoring
- A destructive earthquake (M7.1) 8 hours after the onset
- 58 casualties, 21,000 evacuee



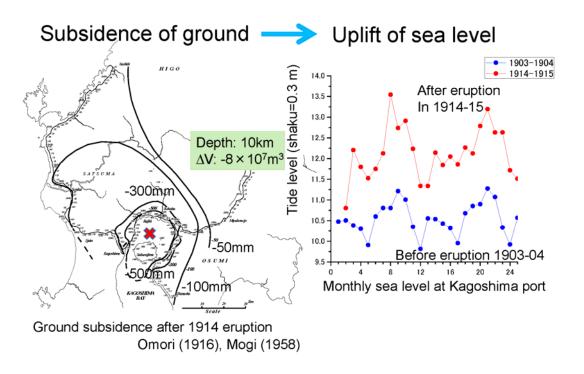
30 minutes after the onset

Progress of eruptive activity

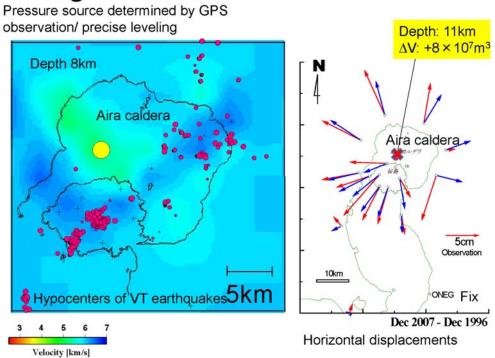




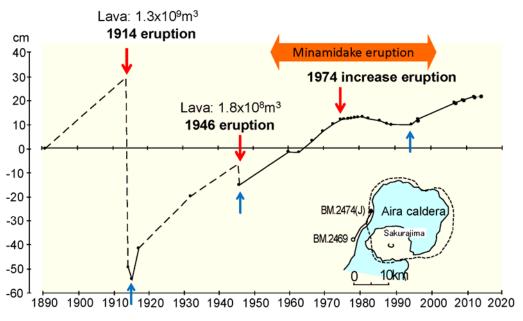
Subsidence of ground after eruption



Magma reservoir beneath Aira caldera

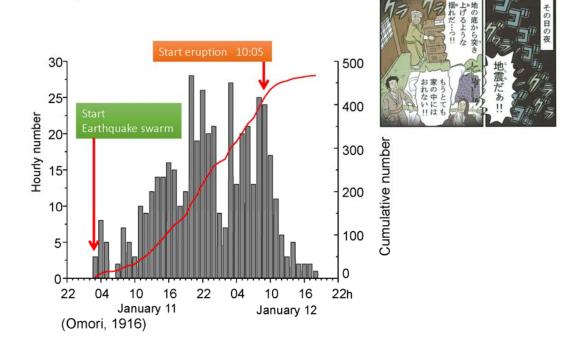


Long-term magma storing of Aira caldera



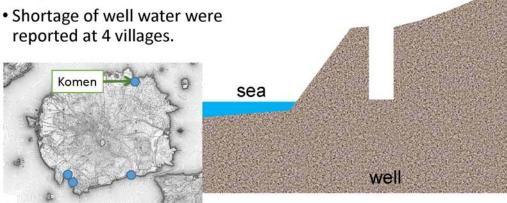
Vertical displacement of the Aira caldera -Precise leveling-

Increase in precursory VT earthquakes prior to the 1914 eruption



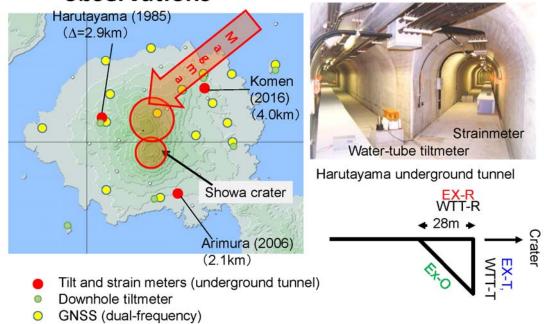
Shortage of well water at Komen village

- People in Komen village could not pick up well water at the times of low tide from December 1913.
- The well water had never dried up after the 1779 eruption.
- It is inferred that the water level fell at least 0.5m.
- The ground of whole the Sakurajima was uplifted.

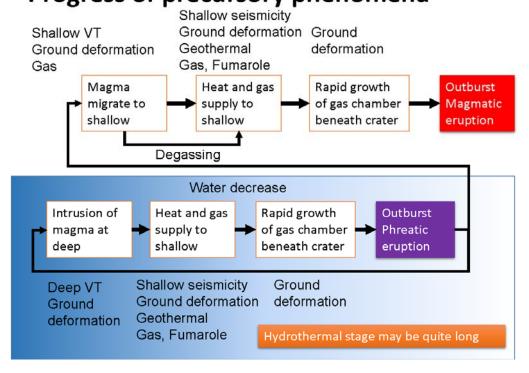


Location of shortage of well water

Strategy of forecasting large eruption by high-precision ground deformation observations



Summary 1: Progress of precursory phenomena



Summary 2: Magma intrusion rate and eruption

