

出國報告（出國類別：進修）

參訓「第5屆亞洲火山學會訓練營」

服務機關：陽明山國家公園管理處

姓名職稱：張育仁技士

派赴國家/地區：日本

出國期間：112年3月12日至112年3月17日

報告日期：112年6月2日

摘要

亞洲火山學會（ACV, The Asian Consortium of Volcanology）成立的宗旨為促進亞洲火山學以及火山災害預防策略的發展，每年舉辦的火山野外訓練營為（Field Camp）重要的國際人才培訓，由亞洲各國火山觀測相關單位共同籌辦，並著重火山學家之間的知識發展和共享，邀集新加坡、日本、菲律賓、韓國、臺灣等亞洲國家學員參訓(訓練及交通經費全額補助)，藉由各國專家學者之技術指導與經驗傳承，以訓練及提升各國火山相關工作者研究能力。本次為第 5 屆火山訓練營，選定在 1950 年及 1986 年曾發生大規模火山噴發的日本伊豆大島（Izu-oshima）舉行，藉由訓練課程與實地考察，提升學員火山監測專業知能。根據進修結果，本報告建議：一、持續參與國際火山訓練，提升多元火山觀測資料識讀能力；二、遊客中心可考量導入火山觀測研究資訊作為特色。

目次

壹、進修目的.....	1
貳、進修人員名單.....	1
參、進修過程.....	2
一、進修行程.....	2
二、伊豆大島概述.....	3
三、第5屆亞洲火山學會野外訓練營課程.....	11
肆、心得與建議.....	34
附錄	

表 次

表 1、赴日受訓行程表.....	3
表 2、伊豆大島近代噴發歷史.....	10
表 3、第 5 屆亞洲火山訓練營課程表.....	12

圖 次

圖 1、亞洲火山學會官方網站.....	1
圖 2、訓練地點伊豆大島位置.....	2
圖 3、伊豆大島訓練相關地點位置 Google Earth 影像.....	4
圖 4、富士箱根伊豆國立公園計畫圖(部分).....	5
圖 5、伊豆-小笠原-馬里亞納島弧系統示意圖.....	6
圖 6、伊豆大島三原山空照圖.....	7
圖 7、伊豆大島火山地質圖.....	9
圖 8、地層大切斷面-千波地層剖面.....	10
圖 9、1986 年伊豆大島三原山火山噴發範圍與照片.....	11

壹、進修目的

亞洲火山學會¹(ACV, The Asian Consortium of Volcanology, 圖 1)成立的宗旨為促進亞洲火山學以及火山災害預防策略的發展，每年舉辦的火山野外訓練營為重要的國際人才培訓，由亞洲各國火山觀測相關單位共同籌辦，並著重火山學家之間的知識發展和共享，邀集新加坡、日本、菲律賓、韓國、臺灣等亞洲國家學員參訓(本屆由日本防災科研 NEID 全額補助訓練及交通經費)，藉由各國專家學者之技術指導與經驗傳承，以訓練及提升各國火山相關工作者研究能力。本次為第 5 屆火山訓練營 (ACV-Field Camp 5)，選定在 1950 年及 1986 年曾發生大規模火山噴發的日本伊豆大島 (Izu-oshima) 舉行，藉由訓練課程與實地考察，提升學員火山監測專業知能。本次訓練營我國由國家科學及技術委員會之大屯火山觀測站邀請陽明山國家公園管理處派員參訓，以利大屯火山監測業務之推動。

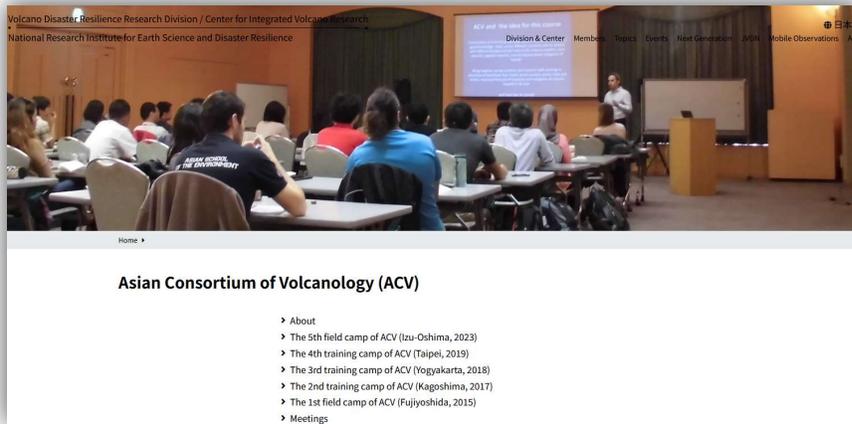


圖 1、亞洲火山學會官方網站。

貳、進修人員名單

本次進修人員由陽明山國家公園管理處推薦 1 名人員經陳請內政部核定如下：

姓名	服務機關／單位	職稱
張育仁	陽明山國家公園管理處/保育研究課	技士

¹ 亞洲火山學會(ACV, The Asian Consortium of Volcanology) <https://kazan.bosai.go.jp/en/acv/>

參、進修過程

一、進修行程

本次訓練營扣除訓練前後移動日，選定伊豆大島（圖 2）安排 4 日的密集訓練，每日均設計不同主題講習、實作訓練與簡報交流，概略可分為 3 個主題：伊豆大島火山地質、火山監測方法、火山減災與估計。細部課程包含「伊豆大島火山概述」、「火山噴發模式」、「火山岩石學」、「岩脈侵入動態機制」、「火山地震分析」、「火山減災資料運用」、「由火山噴發物重建火山噴發事件」及「三原山火山口實地地質調查」，藉由近距離觀察與接觸近代噴發的活火山，進行實地訓練與講習，以提升學員火山監測專業知能。赴日各階段課程及地點詳列如表 1。

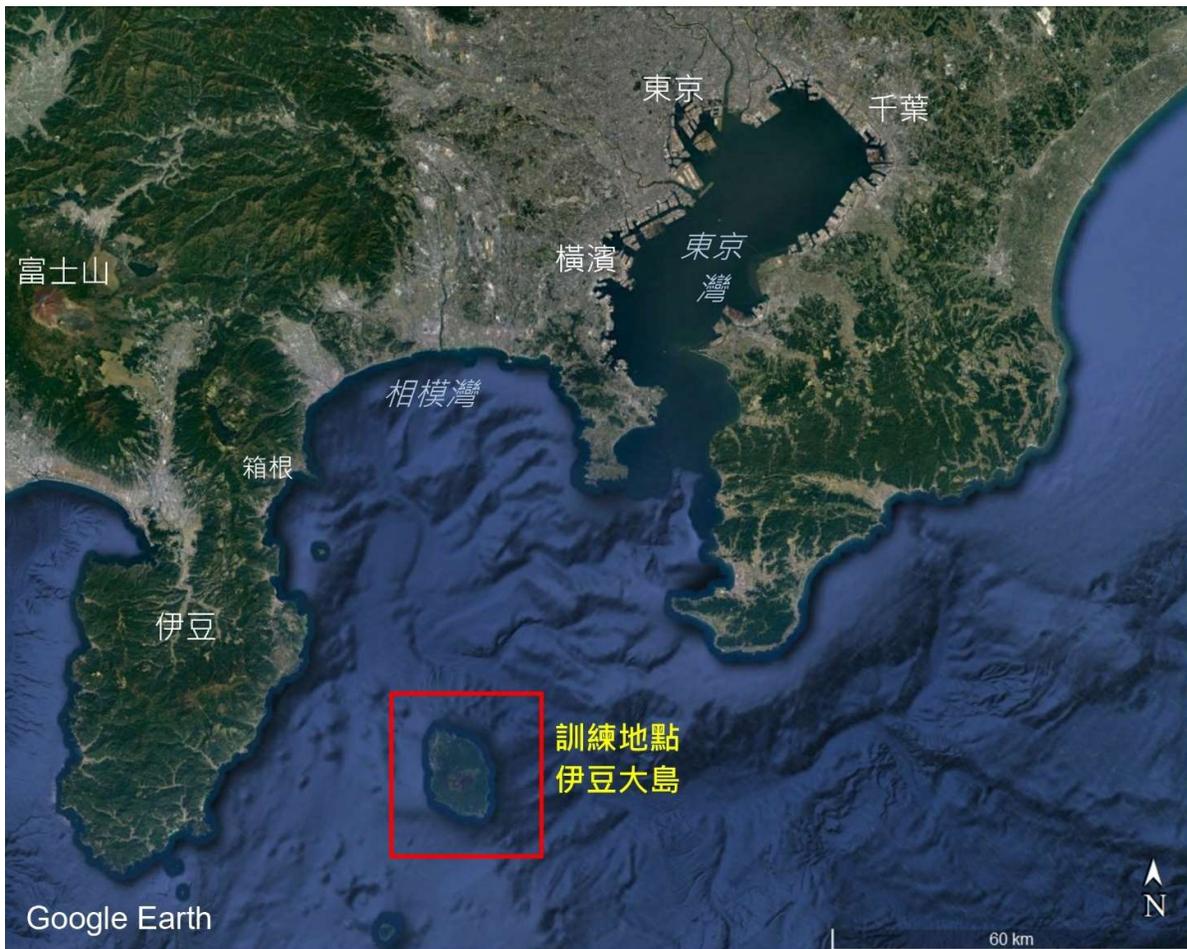


圖 2、訓練地點伊豆大島位置。

表 1、赴日受訓行程表

日期	地點	內容
112/3/12(日)	臺灣松山機場→日本東京羽田機場	去程交通
112/3/13(一)	東京竹芝碼頭→伊豆大島	搭船前往伊豆大島訓練場地，「伊豆大島火山概述」、「火山噴發模式」實作訓練、簡報交流、講習
112/3/14(二)	伊豆大島	「火山岩石學」、「岩脈動態侵入」、「火山地震分析」實作訓練、簡報交流、講習
112/3/15(三)	三原山火山口 (富士箱根伊豆國立公園)	「三原山火山口地質調查」實作訓練、野外地質調查、伊豆大島火山博物館參訪
112/3/16(四)	伊豆大島→東京竹芝碼頭	「火山減災資料運用」、「由火山噴發物重建火山噴發事件」實作訓練、簡報交流、講習，搭船前往東京
112/3/17(五)	日本東京羽田機場→臺灣松山機場	返程交通

二、伊豆大島概述

(一) 伊豆大島基本資料

日本伊豆「大島」(圖 3)為伊豆諸島中最大的火山島嶼，位於東京西南方約 120 公里處，行政區劃屬於東京都大島町，大島輪廓略呈橢圓形，長軸呈北北西-南南東(NNW-SSE)方向分布約 15 公里，短軸約 9 公里，面積約 91 平方公里，島上最高峰為 758 公尺的三原山。大島北岸、東岸及西南岸發育海蝕崖，其中東岸海蝕崖高達 350 公尺，全島人口約 7,228 人，因島上資源有限，產業以農業、林業、漁業、製造業及觀光業為主，65 歲以上高齡者占比約 36%。島上的公路與聚落主要以環繞火山體為主，少部分道路通往火山口內。到訪大島的交通主要自東京竹芝碼頭搭乘高速船(約 2 小時)，或可搭乘小型飛機抵達。

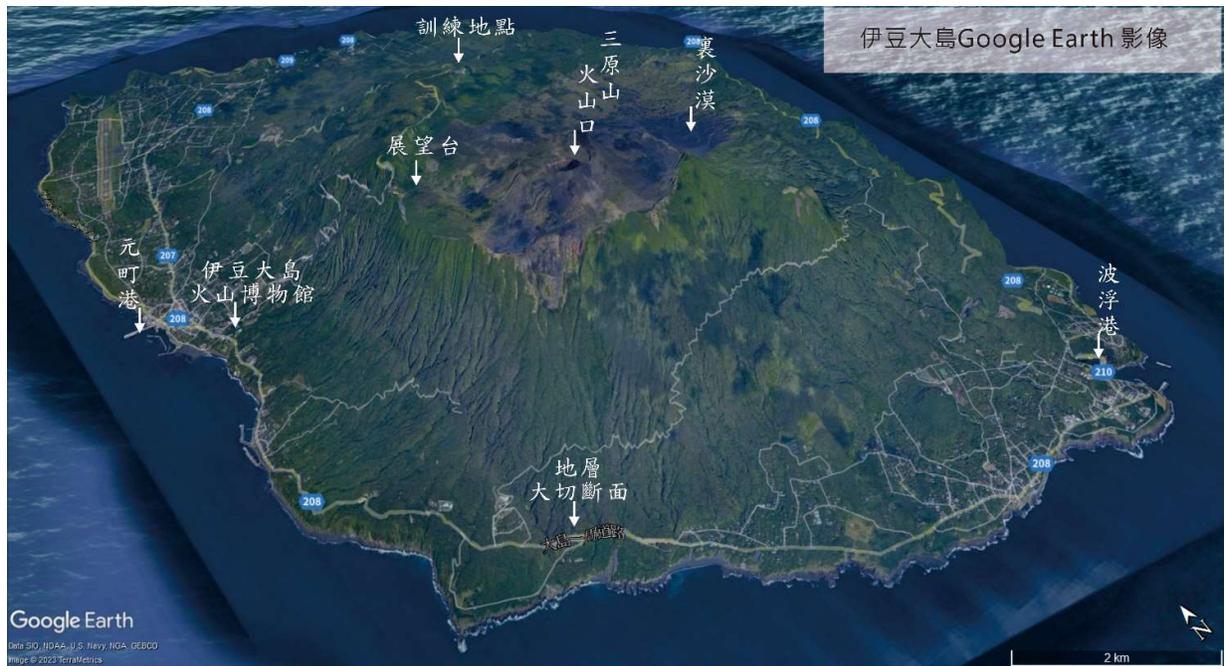


圖 3、伊豆大島訓練相關地點位置 Google Earth 影像。

(二) 富士箱根伊豆國立公園(Fuji-Hakone-Izu National Park, Japan)

伊豆大島於 2010 年 9 月被認定為日本地質公園，推廣自然環境保護利用、防災、教育和旅遊等重點。於 2022 年 9 月 16 日被指定為「富士箱根伊豆國立公園」(圖 4)內的海域公園之一，國立公園保護規制計畫將火山地形及自然地景列入特別保護地區，特別是三原山火山口、熔岩、火山礫質沙漠、爆裂火口湖及海蝕地形。全島 97%面積受到日本自然公園法所規範，使當地的自然景觀及生態系受到高程度的保護。

野生動物方面，由於近代頻繁有火山噴發事件，導致島上哺乳類、爬蟲類、兩棲類等野生動物稀少，鳥類則有 270 種，其中「伊豆鶉(アカコッコ, *Turdus celanops*)」及「飯島柳鶯(イイジマムシクイ, *Phylloscopus ijimae*)」等特有種，屬於 IUCN 紅色名錄瀕危物種。魚類部分，沿岸性魚類多樣性相當高。因火山噴發造成荒地的關係，植物以闊葉樹林為主，常見八丈虎杖(ハチジョウイタドリ, *Fallopia japonica* var. *hachidyoensis*)、旅順椴木(オオバヤシャブシ, *Alnus sieboldiana*)、蘭嶼野茉莉(オオバエゴノキ *Styrax japonica* var. *kotoensis*)、大島櫻(オオシマザクラ, *Cerasus speciosa*)及天女栲(スタジイ, *Castanopsis sieboldii*)。

(三) 伊豆大島火山地質

由於太平洋板塊向東隱沒至菲律賓海板塊下方的聚合性板塊作用，在東京灣南方形成「伊豆-小笠原海溝(Izu-Bonin Trench)」及「伊豆-小笠原-馬里亞納火山島弧系統(Izu-Bonin-Mariana Arc System)」(圖 5)，伊豆諸島約在 4,800 萬年前由伊豆-小笠原-馬里亞納火山島弧系統陸續形成，包含玄武岩為主的大島、利島、三宅島、御藏島、八丈島，以及流紋岩為主的新島、式根島、神津島。

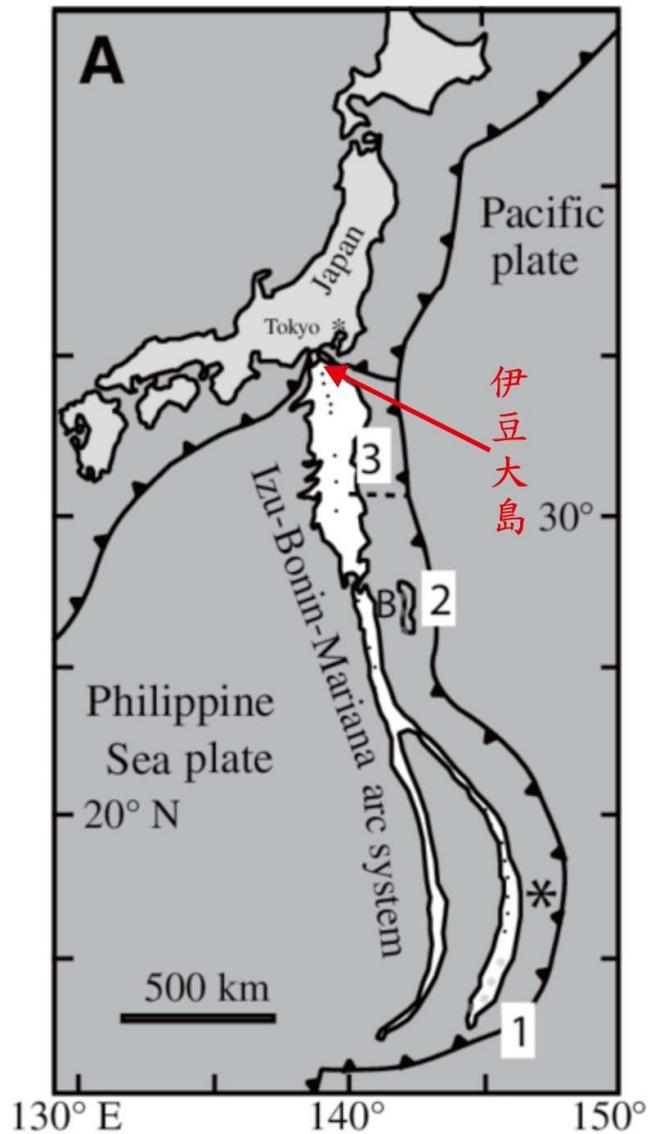


圖 5、伊豆-小笠原-馬里亞納島弧系統示意圖(Stern.et.al.2012)。

伊豆大島則位於島弧最北緣部分，是一座玄武岩質岩漿所形成的層狀活火山(島嶼)，主要的巨大破火山口地形² (caldera，或稱破火山口，圖 6) 位於島中央，為多次火山活動複合而成，破火山口直徑約 4 公里。由空照圖可清楚觀察到破火山口中還有另一個正在小型噴發的三原山火山口，照片中黑色的部分大多為 1986 年火山噴發物分布的範圍，照片標記的黑色火山碎屑範圍，被稱為裏沙漠，亦為島上的特殊景點之一，可近距離觀察火山碎屑及熔岩流的產狀。



圖 6、伊豆大島三原山空照圖。

地質圖及地質史的部分(圖 7)，學者推測在上新世晚期到更新世時期，誕生了 3 座分布於伊豆大島北海岸至東海岸的古老火山，分別是岡田火山、筆島火山及行者窟火山。岡田火山出露於大島東北方岡田港的海崖，主要由玄武岩質熔岩流、火山碎屑岩和岩脈所組成；行者窟火

² 破火山口 (caldera) 係火山發生大規模噴發時，因大量火山灰、火山碎屑流與熔岩等物質噴出，導致原本的地下空間空洞化，隨後火山口附近的岩石崩塌到火山口內，使得原本火山口凹地規模擴大，即破火山口。

山出露於大島公園以南的海崖，由數層玄武岩質熔岩流夾薄層火山碎屑層組成；筆島火山則位於行者窟火山以南的海崖上，由玄武岩質熔岩流、火山碎屑岩和岩脈所組成。

而構成伊豆大島本體的主要火山則是在更新世晚期開始噴發，由破火口的形成機制可大致分 3 個階段：

(1)破火口前期:大約在 30 到 4 萬年前，破火口前期火山開始在海底活動，此階段噴發物多為粗顆粒的火山碎屑物質、少量玄武岩質熔岩流及火山碎屑彈落沉積物。大約在 2 萬年前，年輕火山體隨著巨厚的火山渣彈落沉積物及熔岩流覆蓋了較老火山體，可以由大島西南方的「地層大切斷面-千波地層剖面」(圖 8)觀察到約 100 層的火山岩層，每個火山岩層代表著噴發週期約 150 年左右，少部分岩層含有角礫碎片則為蒸氣型噴發的代表。

(2)破火口同期:依破火口牆的相互關係分析，現在的破火口至少由 4 個環形的構造所組成，最終的形狀大約在 1,300 到 1,500 年前由破火口山頂的爆炸性噴發所形成。

(3)破火口後期:學者研究共判斷出破火口至少存在 80 多個寄生火山地形特徵，但由於它們被巨厚的火山灰沉積物覆蓋，而無法被明顯觀察。大多數寄生火山都是伴隨著熔岩流的火山渣錐，並且通常沿著發生噴發的裂隙火口排列，集中在北北西-南南東(NNW-SSE)方向分佈，大島的輪廓也在此方向被拉長，與該區域地震震源機制推導出的最大壓應力的方向吻合，故研究推論，該區域在北北西-南南東方向被壓縮，產生平行同方向的裂隙(通道)，使岩漿較容易沿此處侵入。

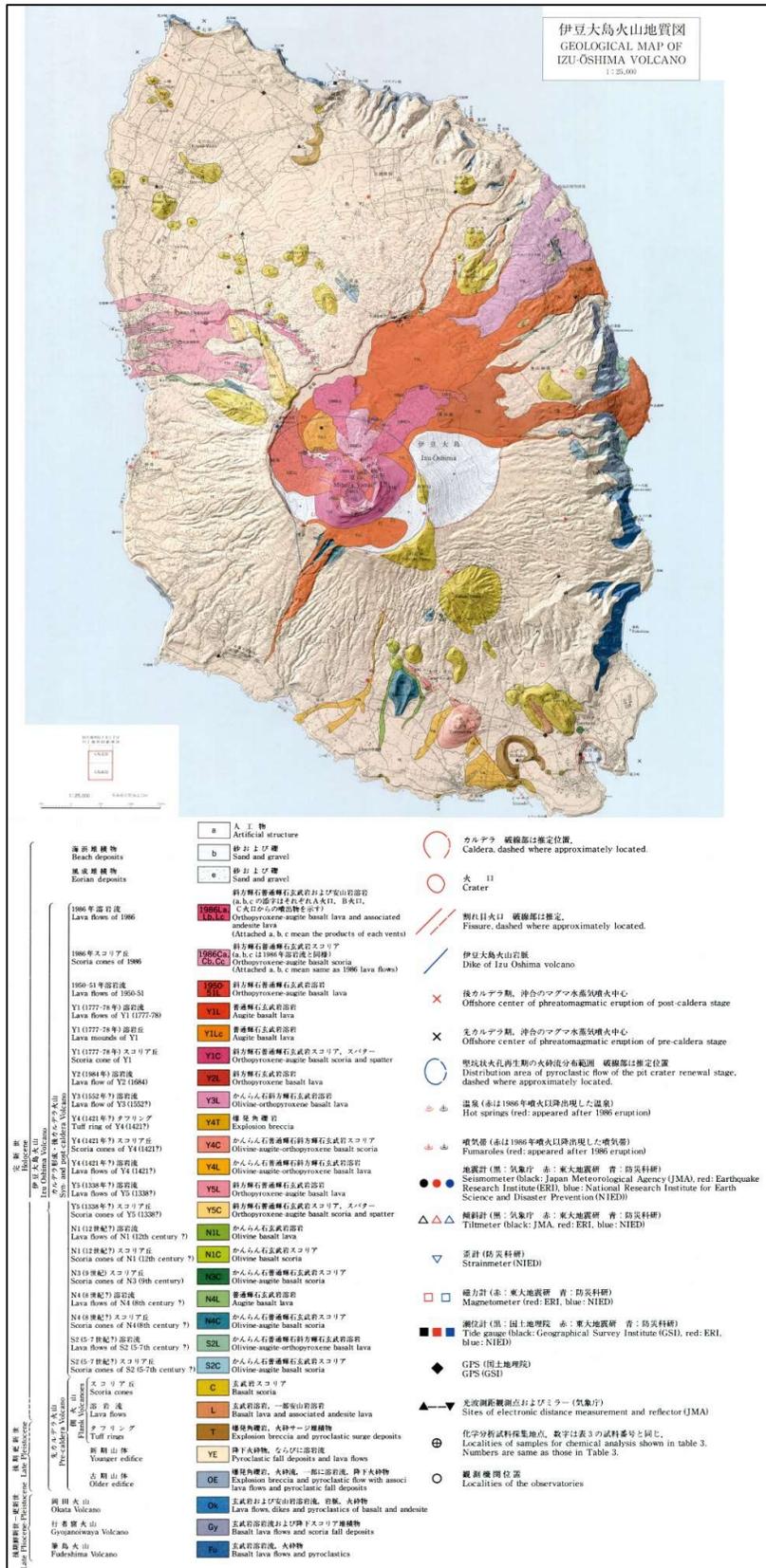


圖 7、伊豆大島火山地質圖(川辺禎久, 1998)。



圖 8、地層大切斷面-千波地層剖面。

(四) 伊豆大島近代噴發歷史

伊豆大島火山在人類歷史上有數次的噴發紀錄³分別 1777 年(VEI 4)、1920 年(VEI 2)、1950 年(VEI 2)，以及最廣為人知的是 1986 年(VEI 3)的噴發事件。

表 2、伊豆大島近代噴發歷史

年代(西元)	火山爆發指數(VEI)	噴發點及噴發型態
1684-1690 天和 (Ten'wa) 噴火。	VEI4	山頂火山口噴發: 火山碎屑彈落、熔岩流
1777-1792 安永 (An'ei) 噴火	VEI4	山頂火山口、北翼、南翼噴發: 火山碎屑流、熔岩流
1912-1914	VEI2	山頂火山口噴發: 火山碎屑彈落、熔岩流
1950-1951	VEI2	山頂火山口噴發: 火山碎屑彈落、熔岩流
1986	VEI3	山頂火山口噴發: 火山碎屑彈落、熔岩流 B裂隙(破火山口內)、C裂隙(破火山口外北北西翼)噴發: 火山碎屑流、熔岩流

³ VEI(Volcanic Explosivity Index)即火山爆發指數，1982 年由美國地質調查局 (USGS) 提出，VEI 量表以火山噴出物體積、火山雲和定性觀測用來量度火山爆發的強烈程度。以歷史上最大型的火山爆發強度為 8 級，非爆炸性噴發強度為 0 級，指數每增加 1 級表示其火山爆發威力大 10 倍。

1986年11月16日伊豆大島三原山發生大規模噴發(圖9)，熔岩流及火山灰大量噴出，造成當地相當大的火山災害及財產損失，日本政府迅速將全島居民緊急撤離避難，約1個月後三原山噴發漸歇，居民才陸續返回。

由於1970-1980年間美國聖海倫火山(Mt. St. Helen)的噴發事件才剛造成慘重的傷亡，因此，1986年的伊豆大島火山噴發事件特別受到國際關注。1986年噴發事件主要以VEI 3規模的火山噴發事件為主，除了伊豆大島中央的三原山火山口(山頂A火口)噴發之外，另外還在破火口外北北西翼(C火口)及破火口內(B火口)，分別發生了西北-東南(NW-ES)走向的裂隙噴發(fissure eruption)。噴發產物主要以熔岩流、濺射熔岩流(spatter lava flow and bomb)、火山渣(scoria)為主，並伴隨少量的火山碎屑(tephra)。



圖9、1986年伊豆大島三原山火山噴發範圍與照片。LA、LB、LC分別為3個噴發火口。

三、第5屆亞洲火山學會野外訓練營課程 (ACV, Field Camp 5)

環太平洋火環帶的國家常面臨著猛烈的火山災害，而亞洲是人類和火山最多的地區之一，這些國家的發展需要與火山共存。亞洲火山學會為促進火山學以及火山災害預防策略的發展，自2015年起每年由亞洲各國火山觀測相關單位共同籌辦與擇定1座活火山舉辦野外訓練營，以培養火山觀測研究人員能力，並著重火山學家之間的知識發展和共享。第1至3屆分別於

日本富士吉田、日本鹿兒島、印尼日惹舉行，第 4 屆特別移師我國大屯火山群舉行，受到國際良好的回響，後續 2020 年因新冠肺炎疫情而停辦將近 3 年。隨著疫情趨緩解封，亞洲火山學會重啟第 5 屆野外訓練營(2023 年 3 月 12 日至 3 月 17 日)，選定在 1950 年及 1986 年曾發生大規模火山噴發的日本伊豆大島 (Izu-oshima) 舉行，本屆參加學員國家有新加坡、日本、菲律賓、韓國、印尼、臺灣、中國等共 7 個國家，訓練營課程主要為 4 日密集訓練(扣除前後移動日)，表 2 為本次訓練營課程表。

表 3、第 5 屆亞洲火山訓練營課程表

第 1 天：112 年 3 月 13 日 (一)			
時間		課程內容	講師
07:45-08:35	50 分	東京竹芝碼頭集合報到，確認資料 Meet at Tokyo Takeshiba Terminal (Port)	Dr. Eisuke Fujita(藤田英輔)
08:35-11:30	175 分	搭乘高速船前往伊豆大島訓練場地 Departure from Takeshiba (Jetfoil)	Dr. Eisuke Fujita
11:30-12:00	30 分	訓練開幕式 Opening ceremony	Dr. Eisuke Fujita
12:00-13:00	60 分	午餐 lunch	
13:00-14:00	60 分	講座 1:伊豆大島火山概述 Lecture 1: Outline of Izu-Oshima volcano	Dr. Eisuke Fujita
14:00-15:00	60 分	講座 2:伊豆大島火山噴發觀測及模型 Lecture 2: Izu-Oshima eruption: Observations and Models	Dr. Tomofumi Kozona
15:00-17:00	60 分	各國海報發表 Poster session	Dr. Eisuke Fujita
第 2 天：112 年 3 月 14 日 (二)			
10:30-12:00	90 分	講座 3:火山岩石學 Lecture 4: Petrology	Dr. Takahiro Miwa
12:00-13:00	60 分	午餐 lunch	
13:00-14:00	60 分	講座 4:岩脈入侵動態機制 Lecture 3: Dynamics of dike intrusion	Dr. Yosuke Aoki
14:00-15:00	60 分	講座 5:火山地震分析 Lecture 5: Seismic analysis	Takashi Hirose
15:00-17:00	60 分	各國海報發表 Poster session	Dr. Eisuke Fujita

第3天：112年3月15日（三）			
08:15-12:30	255分	三原山地質調查 Field trip	Dr. Yoshihisa Kawanabe(川辺禎久)
12:30-13:30	45分	午餐 lunch	
13:45-16:20	155分	伊豆大島火山博物館及地層大切斷面調查 Izu-Oshima Museum of Volcanoes and stratum section survey	Dr. Yoshihisa Kawanabe
16:20-17:30	70分	波浮港火山口及裏砂漠(火山礫質沙漠)調查 Maar and tephra survey	Dr. Yoshihisa Kawanabe
第4天：112年3月16日（四）			
09:00-10:00	60分	講座 6:火山減災資料運用 Lecture 6: Hazard Mitigation	Dr. Christina Widiwijayanti
10:00-11:30	90分	講座 7:由火山噴發物重建火山噴發事件 Lecture 7: Counter measures	Dr. Susanna Jenkins
11:30-12:00	30分	訓練閉幕式 Closing ceremony	Dr. Eisuke Fujita
12:00-13:30	90分	午餐 lunch	
13:30-17:35	245分	搭乘高速船返回東京 Departure from Izu-Oshima(Jetfoil)	Dr. Eisuke Fujita

以下為每日課程內容詳細介紹：

第1天：112年3月13日（一）	
課程主題	內容說明
訓練開幕式 Opening ceremony	<p>訓練開幕由日本防災科學技術研究所火山防災研究部門「藤田英輔博士(Dr. Eisuke Fujita)」主持開幕，歡迎各國學員，並說明訓練期間注意事項及介紹課程表，最後請各國學員簡單自我介紹服務單位及火山研究專長領域。各國參訓學員單位如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 日本：防災科學技術研究所火山防災研究部門(National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Japan)、京都大學、神戶大學、北海道大學 2. 臺灣：國家地震工程研究中心大屯火山觀測站、陽明山國家公園管理處、國立臺灣大學地質系。 3. 新加坡：南陽科技大學地球觀測所(Earth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore)。 4. 印尼：火山地質災害減災中心(Centre for Volcanology and Geological

Hazard Mitigation, Indonesia)。

5. 菲律賓：菲律賓火山地震研究所(Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Philippine)。
6. 中國：中國地震局(China Earthquake Administration, China)。
7. 香港：香港大學(The University of Hong Kong, Hong Kong)。
8. 韓國：火山專門研究中心(Volcano Specialized Research Center, South Korea)

張育仁技士自我介紹並說明陽明山國家公園對於大屯火山群的重視，以及與我國相關研究單位合作情形。



訓練營會場，簡約的會議空間，大部分的課程都在此進行。



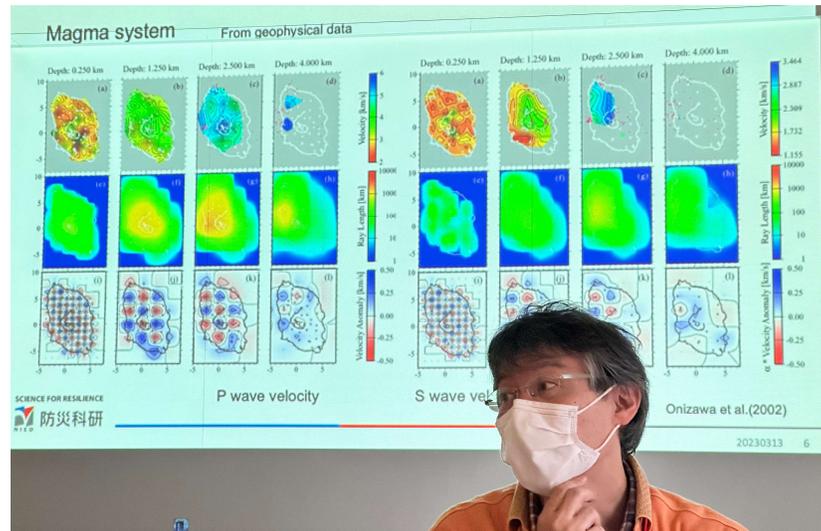
來自韓國釜山大學火山專家 Sung-Hyo YUN 教授自我介紹與訓練營期許。

講座 1:伊豆大島火山概述
Lecture 1:
Outline of Izu-Oshima volcano

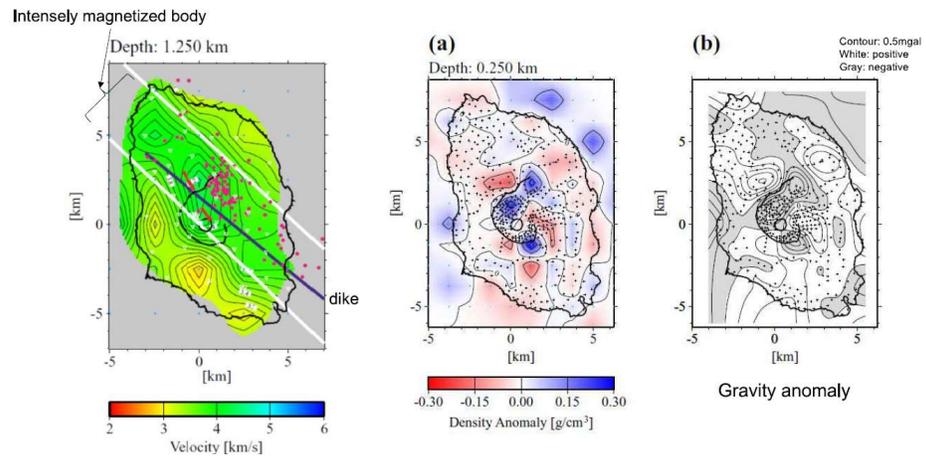
首堂講座由 Eisuke Fujita 博士引領學員進入伊豆大島火山的基本地質探索，Fujita 博士自歷史噴發紀錄角度切入，敘述 1986 年大噴發事件，日本政府緊急撤離全島居民的事件，接著展示當時地球物理資料，特別是地震觀測網資料所推導出地下岩漿庫系統與空間分布變化，顯示利用地震波的 P 波及 S 波衰減情形對於岩漿庫的掌握度相當高。同步配合磁力與重力資料可輔助描繪出岩漿庫較精確的型態。

此外，再利用岩石學與地球化學的資料，由噴出的火山熔岩回推所在

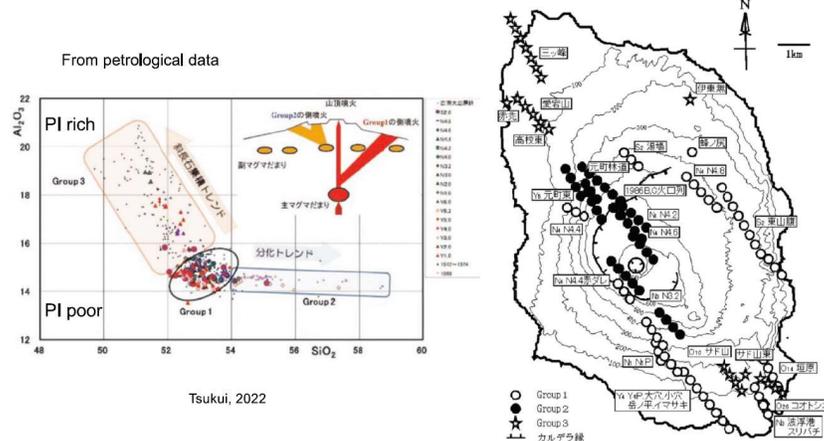
的岩漿庫來源，是屬於主要的岩漿庫(斜長石成分高)，或是近地表再演化的岩漿庫(斜長石成分低)，兩者的斜長石成分變化相當不同。



利用地震波資料計算出伊豆大島 1986 年火山噴發之地下岩漿系統。

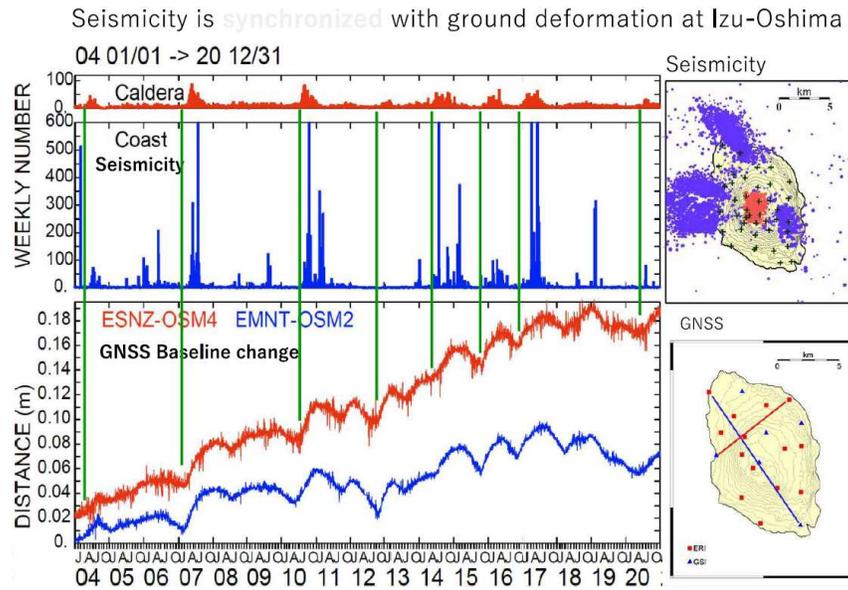


磁力與重力資料輔助描繪岩漿庫之型態(Onizawa *et al.*, 2002)。



岩石學資料由斜長石成分回推岩漿庫來源。

由近期(2004-2020)的地震觀測與衛星大地測量資料判讀，伊豆大島的地震活動度與地表變形是逐漸增高的，三原山火山口整體抬升約 18 公分，火山膨脹的情形可推論下方岩漿庫仍持續向上推擠，噴發機率大大提高，這樣的觀測結果受到日本政府高度重視。



由近期衛星大地測量與地震資料已可掌握未來火山噴發的趨勢。

日本氣象廳已將火山警戒分為 5 級，配合嚴密的火山監控，依照活動度與標準作業來發布警戒，明訂各階段應作為事項，以及提前疏散民眾之範圍，我國中央氣象局亦參考日本氣象廳之作法研擬火山噴發警戒分級。

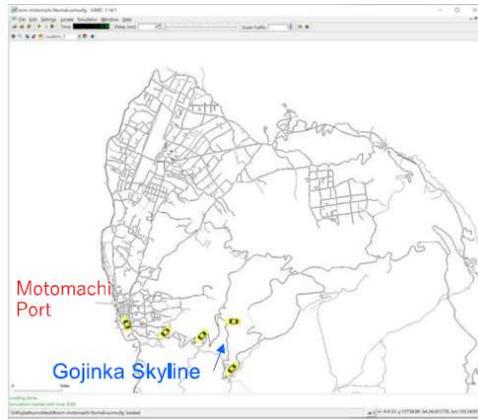
Classification	Abbreviated Term	Target area	Volcanic Alert Levels & Keywords		Explanation		
					Expected volcanic activity	Action to be taken by residents	Action to be taken by climbers
Enaergency Warning	Volcanic Warning (Residential area) (a.k.a. Residential area Warning)	Residential areas and non-residential areas nearer the crater	Level 5	Evacuation	Eruption or imminent eruption that may cause serious damage in residential areas and non-residential areas near the crater.	Evacuation from residential areas at risk is necessary.	
			Level 4	Evacuation of the elderly, etc.	Possibility or increasing possibility of eruption that may cause serious damage in residential areas and non-residential areas near the crater.	Evacuation of the elderly and other persons requiring special care, and preparation for evacuation of residents in residential areas at risk is necessary.	
Warning	Volcanic Warning (Near the crater) (a.k.a. Near-crater Warning)	Non-residential areas near the crater	Level 3	Restriction on proximity to the volcano	Eruption or possibility of eruption that may severely affect places near residential areas (possible threat to life in such areas).	Stand by and pay attention to changes in volcanic activity. Preparation for the evacuation of the elderly and other persons requiring special care, depending on the situation.	Restrictions on entry to areas at risk, such as prohibition of climbing and restrictions on mountain entry.
		Around the crater	Level 2	Restriction on proximity to the crater	Eruption or possibility of eruption that may affect areas near the crater (possible threat to life in such areas).	No action required.	Restrictions on entry to areas near and around the crater.
Forecast	Forecast	Inside the crater	Level 1	Potential for increased activity	Calm: Possibility of volcanic ash emissions or other related phenomena may occur in the crater (possible threat to life in the crater)	No action required.	No restrictions. Restrictions on entry to the crater, depending on the situation.

Note: The target areas subject to evacuation and restrictions varies depending on local conditions and volcanic activity

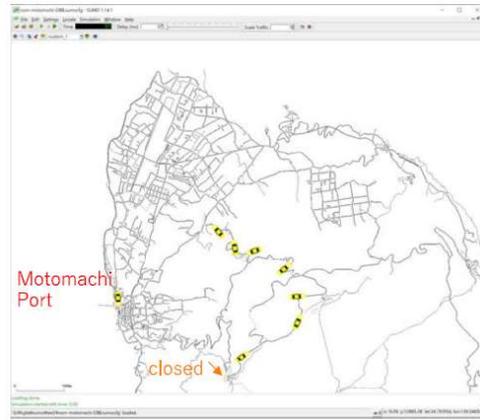
日本氣象廳火山警戒分級。

此外，日本防災科學技術研究所火山防災研究部門亦對於火山噴發時，遊客車輛疏散動線進行模擬研究，根據不同的火山噴發情形設計不同的疏散動線，亦值得我國參考借鏡。

Gojinkajaya → Motomachi Port
(Gojinka Skyline: Open)



Gojinkajaya → Motomachi Port
(Gojinka Skyline: Closed)



車輛疏散動線模擬。

講座 2:伊豆大島火山噴發觀測及模型

Lecture 2:
Izu-Oshima eruption:
Observations and Models

緊接著，講座 2 由日本防災科學技術研究所火山防災研究部門 Tomofumi Kozona 博士介紹 1986 年火山噴發觀測及模型。從伊豆大島的火山灰堆積層序，配合放射性定年結果，可清楚了解歷次噴發事件的大致時間與噴發性質。對比我國大屯火山群之火山灰堆積物發現甚少，尚無法藉由相同方法建立近代火山噴發史。

(Oshima Town, 2018)

温泉ホテル駐車場の地層

5~12 世紀の噴火活動による火山灰とスコリアの地層です。それぞれの噴火活動の休止期には風化火山灰や腐植土の土壌層があります。N3 の火山灰の中には白い線のようにみえる火山灰があります。これは 838 年に神津島が噴火したときの火山灰が飛来して積もったものです。

地層大切断面

右上の写真のこの岩層に見える地層が火山灰。黄土色が土壌、緑色がスコリアです。土壌層は噴火休止期にできますので、土壌層が薄いほど噴火の休止期間が長かったこととなります。土壌が比較的降水量が多いので土壌層に沿って草が生えています。右上の写真の一帯のスコリア層は地層大切断面のおかげで露出した状態です。厚さは約 2 万年前後と推定されています。このことから鳥が海面上に巣を出して成長していきました。

	1777年	Y1
	1684年	Y2
	1552年	Y3
	1421年	Y4
	1338年?	Y5
	12世紀	Y6
	11~12世紀	N1
	10~11世紀	N2
カルデラ形成以降	886年? 838年	886
	838年?	N3
	5~8世紀	N4
	4~5世紀	S1
	3~4世紀	S2
カルデラ形成前	約1800年前	O1
	約3500年前	O3
	約5600年前	O35
	約7300年前	アカ
	約7900年前	O41
	約9800年前	
	約11500年前	
	約15000年前	O64
	約20000年前	O95
	40000年前?	

火山灰層序與其事件對應放射性定年時代。

1986 年噴發事件的主要火山口有 3 處，分別為三原山山頂火山口(A)、

The Activity of Dayoukeng Geothermal Area, Taiwan

Ya-Chuan Lai^{1,2}, Yu-Jen Chang³, Hsiao-Fen Lee^{1,2}, Min-Hung Shih^{1,2}, Cheng-Hong Lin^{1,2,4}

1. Taiwan Volcano Observatory at Tatun, Taiwan
2. National Centre for Research on Earthquake Engineering, NCEEE
3. Yangmingshan National Park
4. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica

The results of investigations into clustering seismicity, helium isotopic ratios, volcanic gases, and obvious crustal deformation indicate that the activity of the Tatun Volcano Group (TVG) may not have stopped. Moreover, the last eruption was five to six thousand years ago as determined by ¹⁴C dating, it has been concluded that the TVG is an active volcano. The observations show a high level of activity in areas with a strong fumarole presence. Active seismicity, a high helium isotopic ratio, and an obvious change in terrain have been found in the Dayoukeng area, which is one of the most significant fumaroles of the TVG.

Dayoukeng could be the conduit in a future eruption because of its fracture structure and the continuous supply of energy from deep below it. Fortunately, Dayoukeng is a restricted access area and the surrounding area is thinly populated. Thus, the hazards caused by volcano activity may be relatively reduced.



Dayoukeng

Recent Activity

A rapid increase of concentration of cations is detected in Dayoukeng in the end of 2021. Mud ejection is also observed recently in the same area. Furthermore, a new or reactivated fumarole activity near the main vent started from Dec. 12, 2021 till Jan. 2, 2022.



The observations may be related to an increasing fumarole activity eruption there.

Fig. Mud ejection near the main vent

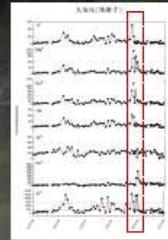


Fig. Variations of Cation concentration and the snapshots of webcam

Seismicity

The major group of TVG micro-earthquakes is clustered beneath Dayoukeng, located within a 0.5 km wide and 2 km high vertical zone connected to a fracture zone. Such clustered seismicity could be triggered by volcanic gases and fluids ascending from the deep magma reservoir and would likely be a conduit for ascending magma in a future eruption.

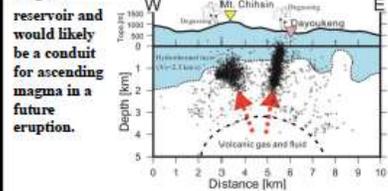


Fig. Distribution of the seismicity (Pu et al., 2020)

Helium Isotopic Ratio

The high helium isotopic ratios in the TVG indicate that there is still magmatic material below the surface. Overall, the highest helium isotopic ratio (~ 6.8 Ra) is observed in Dayoukeng, which may be related to the fact that it has the strongest fumarole activity. Such a high helium isotopic value indicates that the pathway of the fluid is smoother than at other sites and so the hydrothermal system and magma may flow more easily.

Helium isotopic ratios distribution

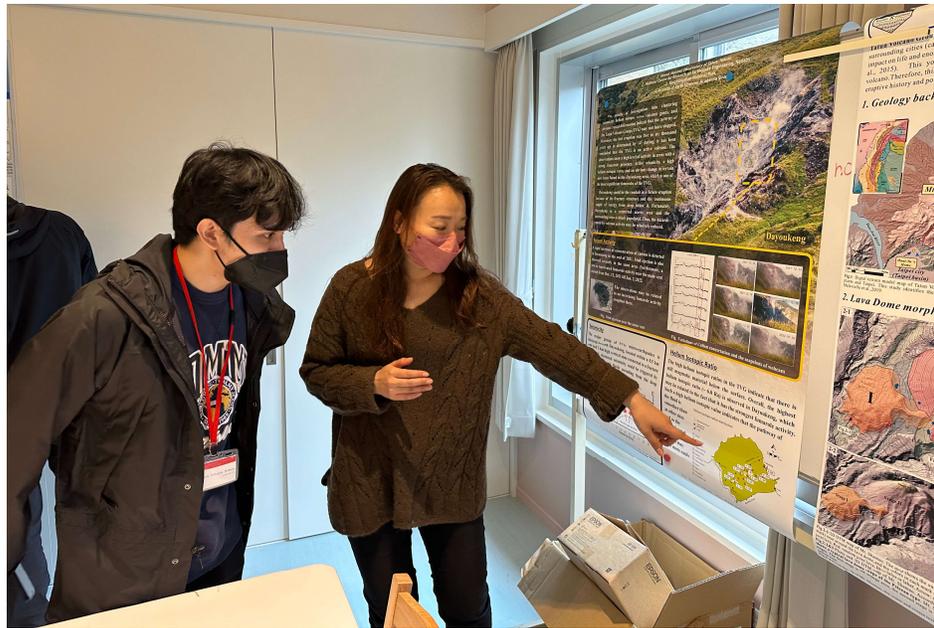


Fig. Helium isotopic ratios of hot springs and fumaroles

我國國家地震工程研究中心大屯火山觀測站及陽明山國家公園管理處共同發表海報。



陽明山國公園管理處張育仁技士說明海報及園區生態地圖。



國家地震工程研究中心大屯火山觀測站賴雅娟博士說明海報。

講座 3:火山
岩石學

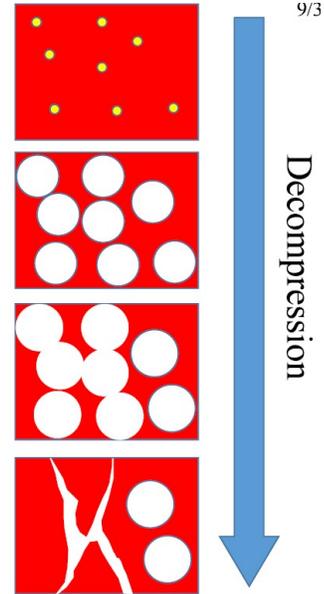
Lecture 4:
Petrology

訓練第 2 日上午由日本防災科學技術研究所火山防災研究部門 Miwa 博士進行火山噴發產物的岩石組構講座，透過岩漿的岩石學構造來探討火山噴發機制與型態。

玄武岩質的火山熔岩因其岩漿特性，火山岩基質容易含有氣泡，由氣泡比率、氣泡密度、細晶石(Microlite)結晶度、細晶石密度，以及氣泡與細晶石的分布與形狀，可推導出噴發當時的岩漿解壓與逸氣的歷史。

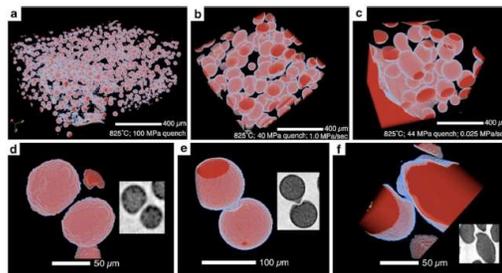
Formation of vesicle texture

- Degassing
1. Nucleation
 2. Growth, Expansion
 3. Coalescence
 4. Outgassing
(Secondary nucleation)



Vesicle texture includes these processes

氣泡構造形成的機制。

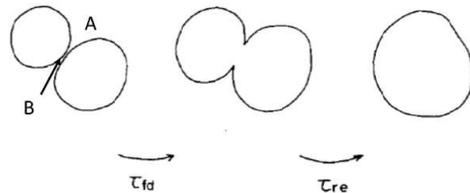


Time scale for complete of coalescence

$$\tau_{cl} = \tau_{fd} + \tau_{re}$$

Time scale for the film failing due to thinning in static foam

$$\tau_{fd} = \frac{3\eta r^2}{4\Delta P h_{min}}$$

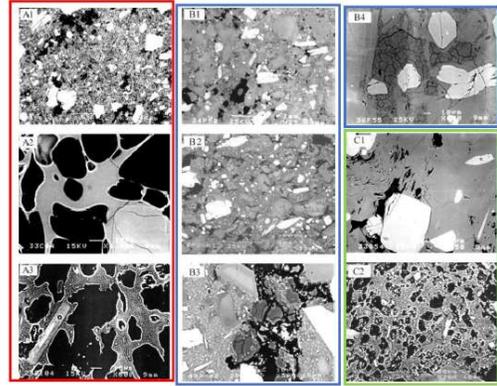
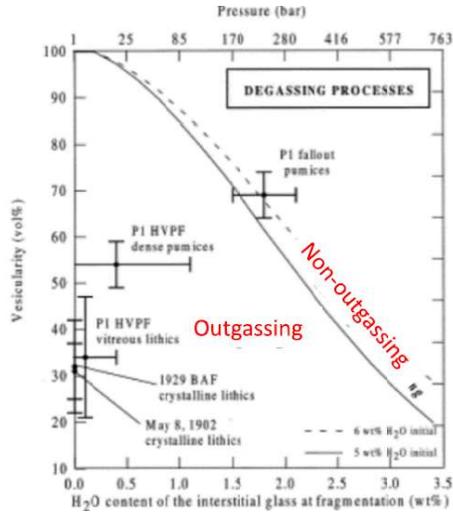


Time scale for shape relaxation

$$\tau_{re} = \frac{r\eta}{\sigma}$$

Toramaru (1988GJI); Castro et al. (2012BV)

氣泡構造聯合的機制。



Plinian fallout Martel et al. (2000JVGR)
 Pelean lithic
 Subordinate

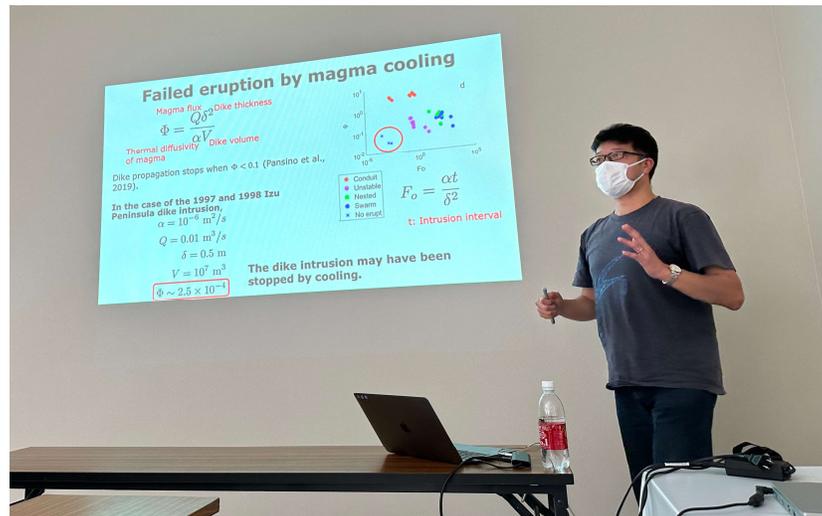
由岩漿岩石所記錄的解壓與逸氣構造，可推論屬於何種噴發機制。

講座 4:岩脈
 入侵動態機制
 Lecture 3:
 Dynamics of
 dike
 intrusion

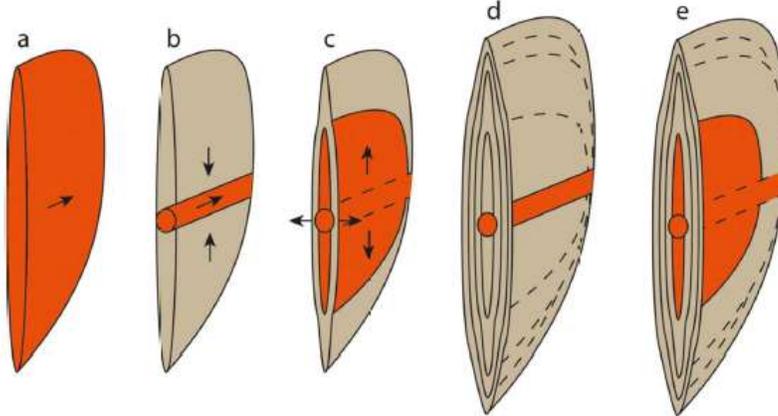
第 4 場講座由京都大學 Yosuke Aoki 教授主講岩脈入侵及傳播的動態機制，在活躍的火山作用下，岩脈入侵是普遍的現象，主要由周圍的應力場來控制岩脈的走向(平行壓縮方向)。侵入的岩漿由外圍開始凝固成岩脈，如果在凝固前，再次受岩漿侵入，仍會自熔融態的部分優先侵入，形成通道。

岩脈入侵與傳播時，其尖端應力集中而誘發地震。透過地表變形量測可有效描繪出岩脈傳播的機制。

岩脈停止傳播取決於(1)岩漿固化(2)侵入體積不足(3)浮力的散失及(4)岩脈尖端的應力改變。

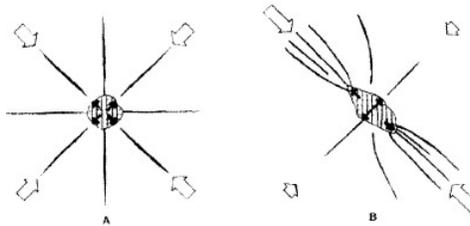
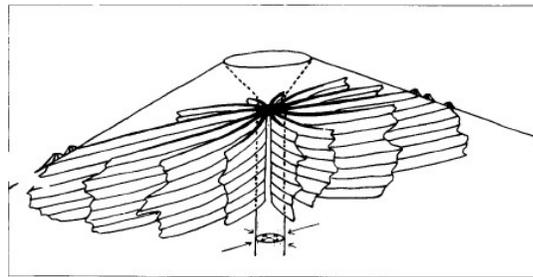


京都大學 Yosuke Aoki 教授講座。



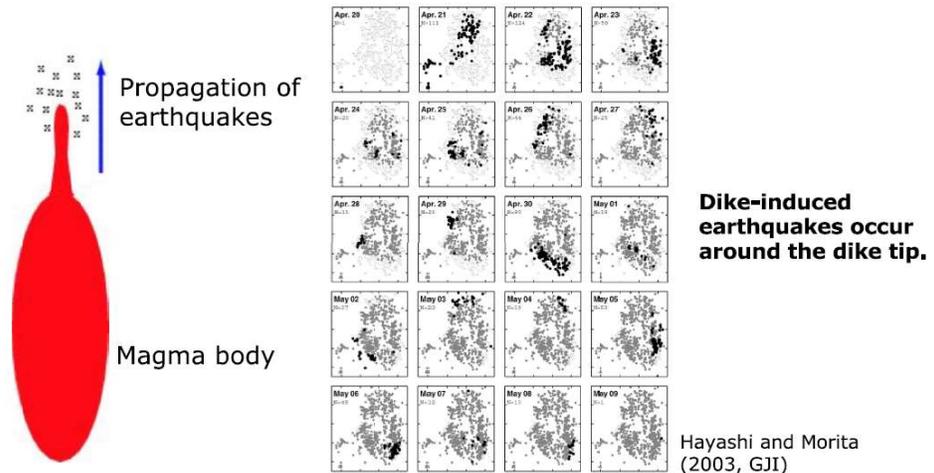
Pansino et al. (2019, JGR-SE)

岩漿再次入侵未凝固之岩脈形成通道示意圖。



Nakamura (1977, JVGR)

伊豆大島岩脈為西北東南走向，平行周圍應力場的壓縮方向。

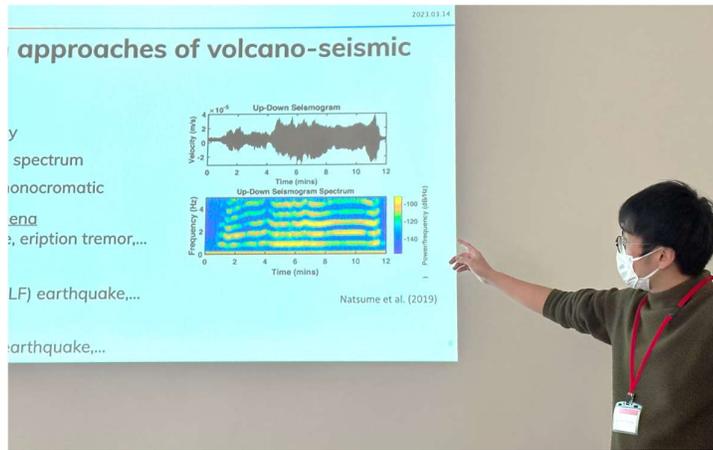


Hayashi and Morita (2003, GJI)

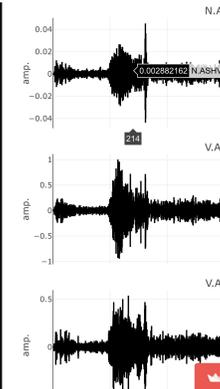
伊豆大島岩脈入侵傳播伴隨誘發地震作用。

講座 5:火山
地震分析
Lecture 5:
Seismic
analysis

第 5 場講座由日本防災科學技術研究所 Takashi Hirose 博士主講火山地震的分析與實作，介紹火山地震網的布設與原理，以及火山地震訊號的分類方法，並讓學員實際操作火山地震定位程式。



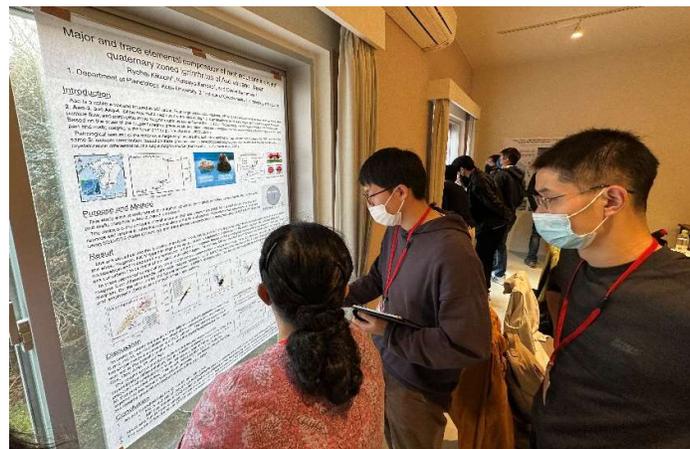
Hirose 博士介紹火山地震訊號分類方法。



學員實作火山地震定位。

各國海報發
表
Poster
session

第 2 日由尚未發表的其他國家學員進行海報發表。



日本神戶大學學員的海報發表。

第 3 天：112 年 3 月 15 日（三）

課程主題

內容說明

三原山地質
調查

Field trip

令人期待的野外地質調查安排在訓練第 3 日，主辦單位特別邀請到日本地質調查所(Geological Survey, Japan)的 Yoshihisa Kawanabe(川辺禎久)博士來帶領學員進行火山地質調查，Kawanabe 博士就是伊豆大島火山地質圖的測繪者及撰寫者，各國學員無不雀躍，很榮幸能見到 Kawanabe 博士。

野外調查首站就從伊豆大島破火口的邊緣開始，由地形說明破火口及三原山火口的關係與噴發歷史。



伊豆大島地質圖作者 Kawanabe 博士說明火山灰層及其代表的時代意義。



Kawanabe 博士由地形說明破火口及三原山火山口的關係。

緊接著進入「富士箱根伊豆國立公園特別保護地區」的範圍，與我國國家公園經營管理方針相似，禁止車輛進入、禁止採集動植物與岩石。調查路程中看到了長得很特別的植物「旅順椴木(オオバヤシャブシ, *Alnus sieboldiana*)」。



「富士箱根伊豆國立公園特別保護地區」警告牌。



旅順椴木(オオバヤシャブシ, *Alnus sieboldiana*)。

漫步在巨大破火口中，不同於臺灣的大屯火山群，伊豆大島的火山岩以玄武岩為主，先到訪了 1777 年噴發的安永熔岩流，呈現繩狀熔岩流的產狀，接著看見 1986 年大噴發的塊狀熔岩流覆蓋於其上，清楚呈現兩次火山噴發的交疊關係，見證了伊豆大島火山活躍的情形。



由破火山口內部三原山向外眺望破火山口牆的景觀。



1777 年安永熔岩流的繩狀熔岩流(Pahoehoe Lava)，主因為岩漿流動緩慢，稍微冷卻凝固的外殼又受到內部熾熱熔岩的推擠，形成類似繩子的紋路。



1986 年大噴發形成的塊狀熔岩(A'a Lava)，塊狀熔岩形狀較不規則，覆蓋於 1777 年繩狀熔岩之上。

最後抵達三原山山頂火口(火口 A)，火山口甚是壯觀，火山口中心因體積散失呈現巨大的凹洞，數處地點仍正劇烈噴氣，面對未來可能的再次噴發威脅，日本政府與研究單位嚴正以待。



三原山火山口景觀。



臺灣隊於三原山火山口合影(張育仁於左 1)。



第 5 屆火山訓練營於三原山火山口合影(張育仁於前排左 1)。

伊豆大島火山博物館及地層大切斷面調查
Izu-Oshima
Museum of
Volcanoes
and stratum
section
survey

野外地質調查午後，前往伊豆大島火山博物館參訪，博物館展示了伊豆大島歷次火山噴發的代表岩石與相關文獻紀錄，並設立島內火山監測專區，清楚標記目前所有的監測儀器與分布，其中火山灰地層的剝離標本相當引人注目。此外，為緬懷因 1986 年大噴發造成嚴重的災害與損失，也成立了紀念專區。



伊豆大島火山博物館外觀。



歷次火山噴發代表之岩石。



火山監測專區。



火山灰地層剝離標本。

參觀完靜態的博物館後，再次前往野外調查，實際走訪伊豆大島西南側的地層大切斷面-千波地層剖面，觀察火山灰與爆發時的火山彈落構造。



地層大切斷面-千波地層剖面。



火山彈落構造，照片中央璇捲的紋理代表著火山灰地層受火山彈衝擊所造成。

波浮港火山
口及裏砂漠
(火山礫質
沙漠)調查
Maar and
tephra
survey

接續往南抵達了波浮港，是一個建立在古老火山口的港口，居民利用火山口環形的地形成為港口天然的屏障。本日最後的行程是前往裏沙漠調查，Kawanabe 博士帶領學員仔細觀察 1986 年噴發火山碎屑特徵。



波浮港為一個低平的火山口，照片中弧形部分即為部分環形火山口。



裏沙漠調查，黑色的部分皆為 1986 年所噴發的火山碎屑。



礫石大小的火山碎屑與熔岩流交疊。

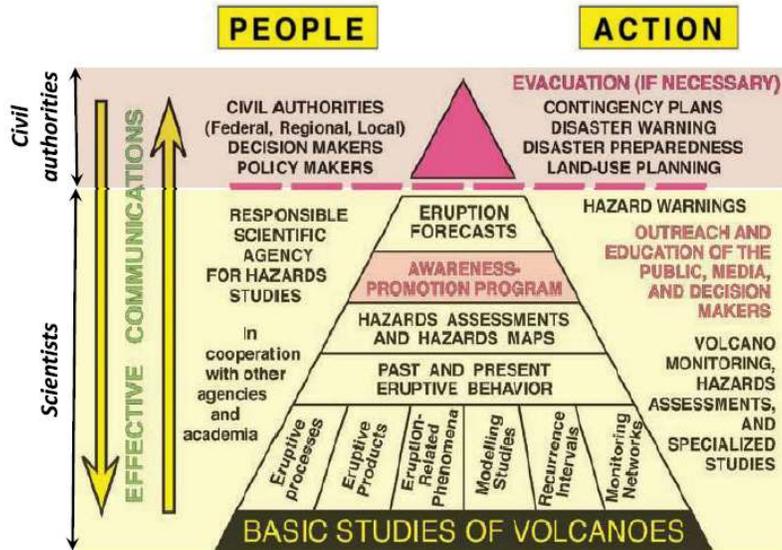
課程主題

內容說明

講座 6:火山
減災資料運用

Lecture 6:
Hazard
Mitigation

最後一日由新加坡南陽大學地球觀測所的 Christina Widiwijayanti 博士介紹如何將科學資料應用於減災作為，火山災害的減低與預警必須建立在火山的基礎研究之上，利用過去的文件資料及現今的觀測資料去兵棋推演與模擬未來火山噴發的規模、範圍，圖解相關人員與應進行之作為，並透過教育與防災演練的結合，最終達到減災的目標。實際以印尼梅拉皮 (Merapi)火山的案例與學員分享。

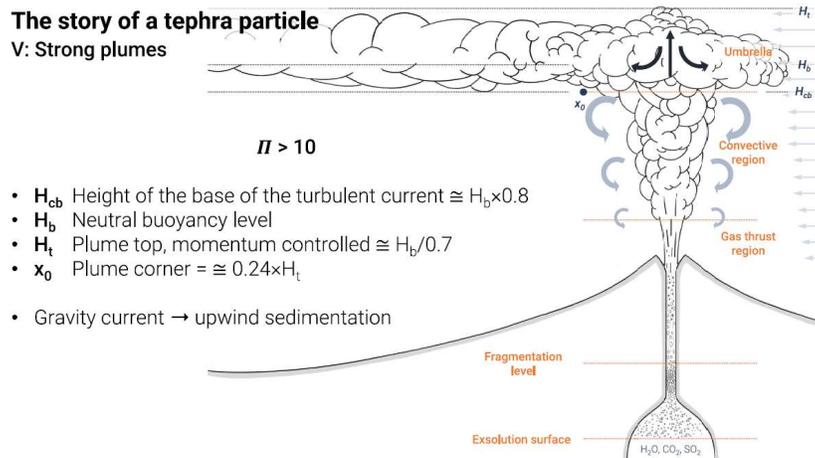


火山減災資料運用金字塔圖。

講座 7:由火山噴發物重建火山噴發事件

Lecture 7:
Counter
measures

最後一場講座由同樣來自新加坡南陽大學地球觀測所的 Susanna Jenkins 進行由火山噴發物重建火山噴發事件的實作訓練。利用風向及火山碎屑堆積物的厚度重建火山噴發事件。



透過風向傳播火山碎屑堆積物的理論。

訓練閉幕式
Closing
ceremony

4日充實的訓練課程很快地結束了，同樣由主辦單位 Fujita 博士主持訓練閉幕式，並頒發參訓證書，各國學員陸續上臺發表感言，張育仁技士表示未來火山訓練營如果再次於臺灣辦理，歡迎大家來深入體驗陽明山國家公園的火山地質特色與景觀。



Fujita 博士(右 1)頒發參訓證書予張育仁技士(左 1)。

肆、心得與建議

一、 持續參與國際火山訓練，提升多元火山觀測資料識讀能力

亞洲火山學會為達促進亞洲火山學以及火山災害預防策略的發展，以及提升各國火山相關工作者研究能力之目標，以全額補助方式提供各國固定名額參訓，實際於各國著名活火山舉辦，每屆訓練營的主題內容皆有變化，例如於印尼舉辦的第 3 屆訓練營，著重於火山碎屑劉的模擬，對於民眾的疏散進行沙盤推演。

本次訓練營的內容著重於國際最新的火山監測技術及研究發表，實際走訪近代劇烈噴發的伊豆大島三原山火山，了解噴發當時岩漿庫所引起的地震分布、地表變形、岩脈入侵機制以及火山減災資料的應用，對於我國大屯火山群相關研究相當有助益。與國外研究者研討的過程，彼此介紹與分享各國的火山特性與研究方向，更拓展了國際視野。而本次訓練地點伊豆大島於 2022 年成富士箱根伊豆國立公園的一部分，其保育與研究的內容亦可做為我國國家公園參考。

亞洲地區擁有活火山的國家，各國境內的火山因其特殊的火山地形景觀，大多同時為國家公園，火山監測研究與教育亦各自有不同特色，均值得我國參考學習。本屆我國受亞洲火山學會全額補助金額名額為 2 名，由大屯火山觀測站分別舉薦陽明山國家公園管理處及國立臺灣大學地質系派員參訓。下屆訓練營規劃移師韓國舉辦，身為火山型國家公園的陽明山國家公園如再次獲舉薦，仍建議能持續派員參與，掌握國際火山研究技術，以提升多元火山觀測資料識讀能力。

二、 遊客中心可考量導入火山觀測研究資訊作為特色

伊豆大島火山博物館除展示歷史噴發資料與岩石標本外，更將火山觀測研究資訊同步融入博物館展示的重要主題之一，雖然「遊客中心」及「博物館展示」導向並不相同，惟我國並無成立任何火山博物館，而以火山為特色陽明山國家公園已經與大屯火山觀測站長時間密切合作，目前陽管處遊客中心已設置有初步火山內容展示，建議後續可以考量將火山觀測研究資訊規劃融入遊客中心的部分主題，成為類博物館展示的一大特色。

附 錄 :

Asian Consortium of Volcanology The 5th Field Camp



March 13th – 16th, 2023
Izu-Oshima volcano, Japan

ACV member organizations



EARTH
OBSERVATORY
OF SINGAPORE

Earth Observatory of Singapore,
Nanyang Technological University, Singapore



Centre for Volcanology and Geological
Hazard Mitigation, Indonesia



Department of Science and Technology
PHIVOLCS
Philippine Institute of Volcanology and Seismology

Philippine Institute of Volcanology and
Seismology, Philippine



China Earthquake Administration, China



Taiwan Volcano Observatory-Tatun, Taiwan



香港大學
THE UNIVERSITY OF HONG KONG

The University of Hong Kong, Hong Kong



Volcano Specialized Research Center,
South Korea



防災科研

National Research Institute for Earth Science
and Disaster Resilience, Japan

Program

ACV-FC5 Program

12/03 (Sun), 2023: Arrival at Tokyo via Haneda / Narita airport

13/03 (Mon), 2023: DAY1

07:45 Meet at Tokyo Takeshiba Terminal (Port)

08:35 Departure from Takeshiba (Jetfoil)

10:40 Arrival at Izu-Oshima (Okada / Motomachi Port)

11:00 Check-in at Oshima Onsen Hotel

11:30 Opening ceremony

12:00 Lunch

13:00 Lecture 1: Outline of Izu-Oshima volcano (Eisuke)

14:00 Lecture 2: Izu-Oshima eruption: Observations and Models (Tomo)

15:00 Poster session

17:00 end

14/03 (Tue), 2023: DAY2

10:30 Lecture 3: Petrology (Takahiro)

12:00 Lunch

13:00 Lecture 4: Dynamics of dike intrusion (Yosuke)

14:00 Lecture 5: Seismic analysis (Takashi)

15:00 Poster Session

17:00 end

15/03 (Wed), 2023: DAY3

08:15-17:30 Field trip

16/03 (Thu), 2023: DAY4

09:00 Lecture 6: Hazard & Counter measures (Susanna & Christina)

11:30 Closing ceremony

12:00 Lunch

13:30 Moving to Port

15:10 Departure from Izu-Oshima (Okada / Motomachi Port; by Jetfoil)

17:35 Arrival at Tokyo (Takeshiba)

Hotel in Tokyo

17/03 (Fri), 2023: Departure from Haneda / Narita

Field trip (March 15th)

8:15 Departure at Oshima Onsen hotel [1]

8:30 Gojinkajaya [2]

Field trip around Summit crater and caldera
(Stop 1-3)

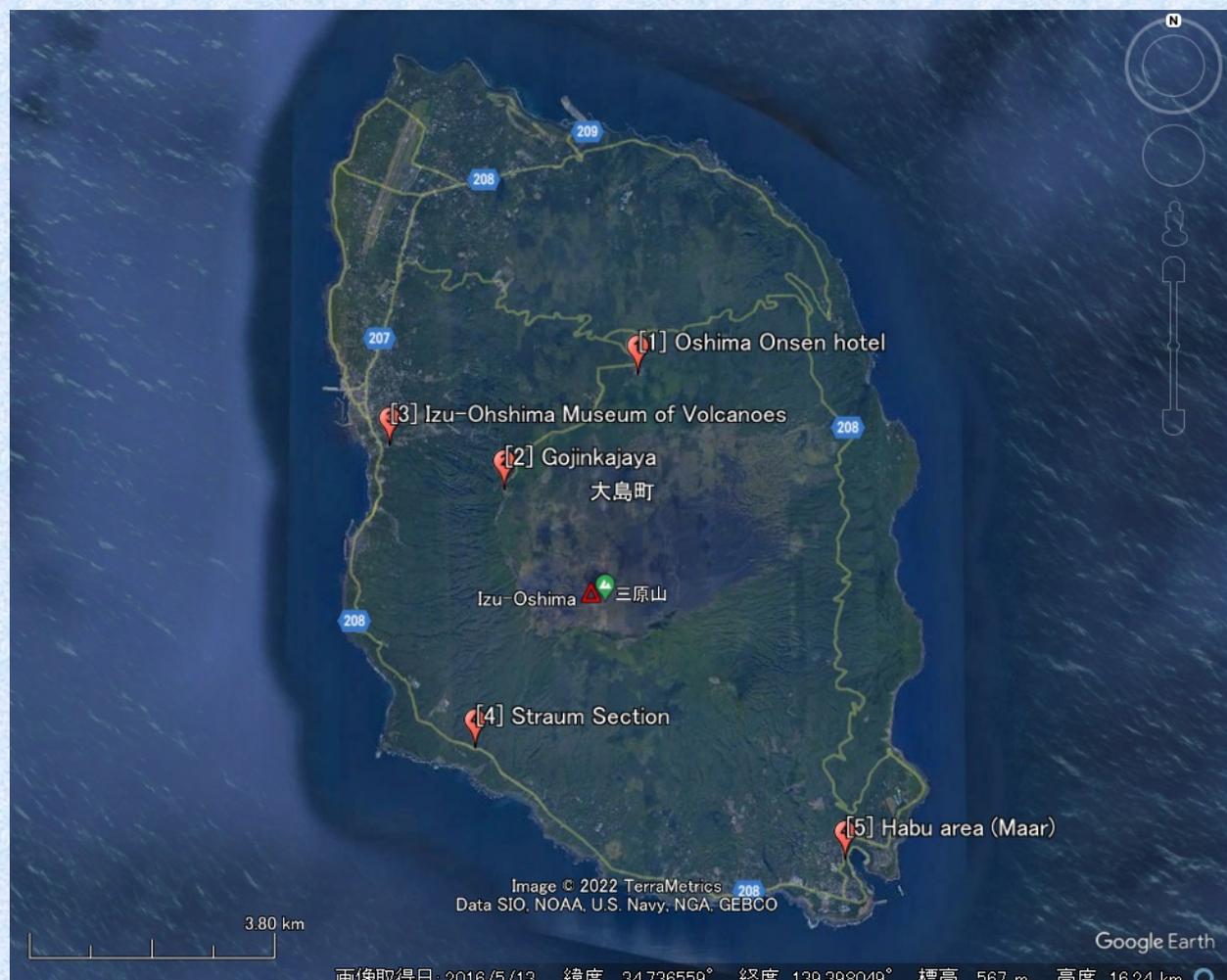
14:00 Gojinkajaya

14:30-15:30 Izu-Oshima Museum of Volcanoes [3]
(Stop 4)

15:40-16:00 Stratum Section [4] (Stop 5)

16:20-16:50 Habu area (Maar) [5] (Stop 6)

17:30 Arrival at Oshima Onsen hotel



Field guide of Izu Oshima volcano for ACV-FC5

Yoshihisa Kawanabe (GSJ)

Stop 1 View of the caldera from the Oshima Onsen Hotel and fall-out deposits of the Younger Oshima Group

We can see the summit caldera and the central cone, Miharayama and several lava flows such as 1986 B lava flows (LB-I, -II, -III). In the car parking, tephra layers of the Younger Oshima Group can be seen. Thin white rhyolite ash layer, belongs to N₃ unit of the Younger Oshima Group, is an exotic ash from southwestern Tenjosan volcano in Kozushima island erupted in 9th century.

Stop 2 Gojinka-jaya

Gojinka-jaya is a lookout on the NW rim of the caldera of the Izu-Oshima volcano. Miharayama, a central cone, lies just in front of us beyond the caldera floor and 1950-51 and 1986 lava flows spilled out from the Miharayama summit crater are seen. A ridge to the left of the cone is the spatter rampart along the B fissure of the 1986 eruption. The hummocky low mounds in the foreground of the B fissure are the vent area of the 1777-1778 lava flow.

Stop 3 Field trip around Summit crater and caldera

Along the new trail climbing up to the Miharayama, we can see many dribbles of the cone forming eruption in 1777-1778. The ejecta is divided into three units based on plagioclase phenocryst volume and grain size, two of which can be observed (Ikenaga et al., 2018). At the last sharp bend of the trail, we can see the successions of the erupted materials after 1778. The surge deposits cover the dribbles, and then thin layers of scoria and Pele's hair, which is the earliest ejecta of the 1986 eruption, cover them and 1986 A lava flow and 1986 B scoria overlie them.

The trail ends at the viewing site near the pit crater of the Miharayama. Diameter of the pit is about 350 m and the depth is about 100-150 m. The same sized pit had been existed before the 1986 eruption, and it filled up by the lava from 1986 A vent and formed lava lake. On Nov. 16, 1987, a large explosion happened with a rapid withdrawal of magmas back to the conduit, and the pit crater was regenerated.

From the path circling the crater of Miharayama, we can see other Izu volcanic islands, the Izu Peninsula, and Mt. Fuji volcano. To the east of Miharayama is a black "desert" with almost no vegetation. Large craters of the 1986 B fissure is located on the outer side of the northern margin of Miharayama crater and the B lava flows from the 1986 B fissure can be seen.

Stop 4 Izu-Oshima Museum of Volcanoes

The Izu-Oshima Museum of Volcanoes opened in 1990 exhibits the details of the 1986 eruption and growth history of Izu-Oshima volcano together with much information about volcanoes. The museum is currently considering renewal in order to update the exhibits and make it a center for Geopark activities.

Stop 5 "The Great Road Cut" of the fallout deposits of the Izu-Oshima volcano

We can see the spectacular exposure of the many alterations of air-fall scoria and ash, divided by weathered ash, and several lava flows between the fallout deposits. Each sequence of scoria, ash and weathered ash correspond to the one eruptive period. The thick scoria deposit (O₉₅) fell about 16000-17000 years ago (Suzuki and Usui, 2022). There are some unconformities where the upper strata obliquely truncate the lower strata. At the uppermost area of the outcrop, we can see the S₂ flow deposit and bomb sag which were generated by the large phreatic eruption occurred at the summit about 1700 years ago.

Stop 6 Habu-minato crater

The Habu-minato crater is an explosion crater. The explosion breccia and surge deposit distribute around the crater. This breccia belongs to N₃ unit of the Younger Oshima Group and intercalates adventitious white rhyolite ash from southwestern rhyolite volcanoes erupted in 9th century. The crater is 400 m in diameter. In 1703, large tsunami broke the southern rim of the Habu-minato crater and connected to the sea. After that, residents have been used as a fishing port by dredging the waterway.

Participants

Name	Affiliation	Nation
Susanna JENKINS	EOS	Singapore
Christina WIDIWIJAYANTI	EOS	Singapore
Yizhou LUO	EOS	Singapore
Eleanor Mary TENNANT	EOS	Singapore
Andika Bayu AJI	EOS	Singapore
Oktory PRAMBADA	CVGHM	Indonesia
Ahmad BASUKI	CVGHM	Indonesia
Valerie Shayne Vargas OLFINDO	PHIVOLCS	Philippine
James Noli Villarete NOBORA	PHIVOLCS	Philippine
Jude Lorica MALLORCA	PHIVOLCS	Philippine
Wen-Jian YANG	CEA	China
Lili YAN	CEA	China
Ya-Chuan LAI	TVO	Taiwan
Yu-jen CHANG	Yangmingshan N.P.	Taiwan
Huai-yu TANG	Taiwan U.	Taiwan
Sung-Hyo YUN	Pusan U.	South Korea
Cheolwoo CHANG	Pusan U.	South Korea
Jeongheon JU	Pusan U.	South Korea
Eunjeong YANG	Pusan U.	South Korea
Eisuke FUJITA	NIED	Japan
Tomofumi KOZONO	NIED	Japan
Takahiro MIWA	NIED	Japan
Takashi HIROSE	NIED	Japan
Yosuke AOKI	ERI, U. Tokyo	Japan
Yoshihisa KAWANABE	GSJ, AIST	Japan
Kurumi IWAHASHI	ERI, U. Tokyo	Japan
Ryohei KIKUCHI	Kobe U.	Japan
Sora NISHIKAWA	Hokkaido U.	Japan
Asami HONDA	Tokyo I. of Tech.	Japan
Wakako NUMATA	Toyama U.	Japan