

ISSN-2189-5155 for print

ISSN-2189-5163 for online

国際火山噴火史情報研究集会講演要旨集

Proceedings of the International Meeting on Eruptive History and Informatics



やまなみ道路から見る阿蘇カルデラの火砕流堆積面
(2012年10月撮影：阿蘇ジオパーク推進協議会)

2016年1月23-24日

福岡大学七隈キャンパス・熊本大学黒髪南地区

日時：2016年1月23日（土）～24日（日）

会場：23日：福岡大学七隈キャンパス 18号館 2階 1824講義室（福岡市城南区七隈）

24日：熊本大学黒髪南地区工学部 1号館 3階スタジオ（熊本市中央区黒髪）

主催：西日本火山活動研究集会, 福岡大学産学官連携研究機関国際火山噴火史情報研究所,
熊本大学大学院自然科学研究科附属減災型社会システム実践教育研究センター

後援：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設, 阿蘇火山博物館, 阿蘇ジオパーク推進協議会

プログラム：

1月23日（土）「九州の火山学の将来を考える—基礎研究から防災までの人材育成」

9時～12時40分（座長：稲倉, 藤木, 中西, 堀川）

- 1-01. 藤木利之（岡山理大）・和田恵治（北海道教育大）・佐藤鋭一（神戸大）・奥野 充（福岡大）「北海道東部, 茨散沼のコア試料の花粉化石およびテフラ分析：火山噴火の植生へのインパクトと回復プロセス」
- 1-02. 高橋伸弥・奥村 勝・鶴田直之（福岡大）「じおログモバイル：火山噴火史情報データベースを利用したモバイルアプリケーションの開発」
- 1-03. 奥村 勝・矢羽田優輝・高橋伸弥・鶴田直之（福岡大）・鳥井真之（熊本大）「ジオパーク向けガイドアプリケーションの現地評価報告」
- 1-04. 堀川義之（福岡大）「国東半島, 両子火山群のマグマティズム」
- 1-05. 藤田詩織・清水 洋（九州大）「大量マグマの蓄積による地殻変動と歪・応力の推定」
- 1-06. 稲倉寛仁（西日本技術開発）「火山地域における Sentinel-1 による干渉 SAR 解析」
- 1-07. 山崎圭二（福岡大）・鳥井真之（熊本大）・中西利典（福岡大）・エリクソン バリソ・ダニコ リベラ・ロブ リム・キャシー パガイ・アルトロ ダアグ (PHIVOLCS) ・中村俊夫 (名古屋大)・鹿島 薫 (九州大)・檀原 徹 (京都 FT)・ホン ワン (KIGAM) ・奥野 充 (福岡大) 「フィリピン, ルソン島中央部のパイタン湖のコア試料の層序と年代」
- 1-08. 椎原航介・長谷中利昭（熊本大）・安田 敦・外西奈津美（東京大）・森 康（北九州自然史・歴史博）「大峰スコリア中のメルト包有物の化学組成：阿蘇-4 火砕噴火直前のマグマ供給系」
- 1-09. 川口允孝・長谷中利昭・弥頭隆典・玉井佑弥（熊本大）・望月伸竜（熊本大学大学院先導機構）・森 康（北九州自然史歴史博）「阿蘇中央火口丘群北西部完新世火山噴出物の組成変化：磁気層序との対比」
- 1-10. 小林哲夫（鹿児島大）・アグン ハリジョコ・アイ ワヤン ワルマダ (ガジャマダ大) ・渡邊公一郎・永田知研（九州大）・中村俊夫（名古屋大）・田口幸洋・奥野 充（福岡大）「バリ島北部, バツールカルデラのペネロカン噴火の推移」

- 1-11. 奥野 充 (福岡大)・アグン ハリジョコ・アイ ワヤン ワルマダ (ガジヤマダ大)・渡邊公一郎 (九州大)・中村俊夫 (名古屋大)・田口幸洋 (福岡大)・小林哲夫 (鹿児島大) 「バリ島北部, ブヤン・ブラタンカルデラの後カルデラ火山の噴火史」

13 時 30 分～17 時 (座長: 奥野, 宝田, 西園)

- 2-01. 宝田晋治・G-EVER 推進チーム (産総研) 「G-EVER 火山災害予測支援システム, アジア太平洋地域地震火山災害情報図プロジェクトによる火山災害軽減」
- 2-02. ホン ワン・パク ジュンフン・パク キュジュン・リー ジョンゴル・リー ユンス (KIGAM) 「ウイグルマッチング法による白頭山の噴火史の高精度解析」
- 2-03. 土志田正二 (消防研) 「日本全国の地すべり分布の定量的評価」
- 2-04. 中村洋介 (福島大) 「教員志望者を対象とした, これからの福島の復興教育を担う人材育成」
- 2-05. 瀬戸真之・高木 亨 (福島大) 「海外の人材育成に日本の災害対応事例が果たす役割」
- 2-06. 長谷中利昭 (熊本大) 「火山学における人材育成とは? - 地球物質科学的研究に注目して -」
- 2-07. 清水 洋 (九州大) 「火山観測研究と人材育成」
- 2-08. 奥野 充・小林哲夫 (福岡大) 「噴火史データベースを研究進展にどう利用するか: 基礎データを大切に作る国際誌の提案」
- 2-09. 西園幸久 (西日本技術開発) 「科学と技術の融合と社会が求める“専門家”人材像」

16 時 30 分～【総合討論】 「九州の火山学の将来を考えるー基礎研究から防災までの人材育成ー」

1 月 24 日 (日) 「阿蘇カルデラでの防災・減災の取り組み」

9 時～12 時 (座長: 鳥井, 西山, 竹内, 鶴田)

- 3-01. 宮縁育夫 (熊本大) 「阿蘇火山中岳の活動史と 2014～2015 年噴火」
- 3-02. 永田紘樹 (阿蘇 GP)・長岡千香子 (熊本大)・池辺伸一郎 (阿蘇火山博)・喜多敏博・鳥井真之・竹内裕希子 (熊本大) 「地域減災に対してジオパークのネットワーク活動が果たす意義ー熊本大学と阿蘇ユネスコグローバルジオパークの連携ー」
- 3-03. 長岡千香子 (熊本大)・永田紘樹 (阿蘇 GP)・竹内裕希子・鳥井真之・喜多敏博 (熊本大) 「阿蘇ジオパークについて学ぶための e ラーニング設計」
- 3-04. 竹内裕希子・稲本義人 (熊本大) 「阿蘇カルデラにおける学校防災教育の展開例」
- 3-05. 吉田 護・渡邊 勇 (熊本大) 「カタストロフリスクに対する社会的関心と危機管理に関する試行的考察」
- 3-06. 西山賢一 (徳島大)・鳥井真之 (熊本大)・横田修一郎 (島根大)・若月 強 (防災科研)・井上 弦 (埼玉大)・中尾賢一 (徳島県博)・星出和裕 (熊本県) 「阿蘇カ

ルデラ斜面における斜面崩壊・土石流の発生頻度の推定」

- 3-07. 鶴田直之・奥村 勝・高橋伸弥・奥野 充（福岡大）・鳥井真之（熊本大）・稲倉寛仁（西日本技術開発）「知識基盤社会における多目的利用が可能な火山露頭データベースの構築」
- 3-08. 田中和広・佐々木千穂（山口大）「土石流を例とした減災のためのハザードマップ」

13時～17時（座長：松田，鳥井，稲倉，奥野）

- 4-01. 岡田 弘（北海道大／CeMI）「火山噴火の予知と減災とのはざま・・・ネバーアゲインの減災協働への一世紀」
- 4-02. 横田修一郎（元・島根大）「自然災害の軽減に向けた地域社会構築への課題」
- 4-03. 井上秀穂・西 正儀（福岡管区气象台）「阿蘇山火山防災連絡事務所の火山監視・観測業務について」
- 4-04. 大倉敬宏（京都大）「京都大学・火山研究センターの取り組み」
- 4-05. 池辺伸一郎（阿蘇火山博）・永田紘樹（阿蘇 GP）・渡辺一徳（阿蘇火山博）「阿蘇中岳，前回（1988-95）と今回の活動対比と阿蘇火山博物館の役割」
- 4-06. 松田泰治・鳥井真之（熊本大）「阿蘇火山の減災・防災についての熊本大学減災センターでの取り組み」
- 4-07. 市原敏博（阿蘇市）「阿蘇火山防災会議協議会の活動について」
- 4-08. 仲田裕一郎（熊本県）「阿蘇火山噴火に対する土砂災害防止対策について」
- 4-09. 小森田直樹（熊本県）「熊本県における阿蘇火山防災対策について」

16時～ 【総合討論】「阿蘇カルデラでの防災・減災の取り組み」

The International Meeting on Eruptive History and Informatics (2015, No. 2)

Date : 23rd to 24th January , 2016

Venue :

Day 1 Room 1824 in the 18th Building, Nanakuma Campus, Fukuoka University

Day 2 Studio in 3rd Floor of the 1st Building of Faculty of Engineering, Kumamoto University

Organization : West Japan Volcanism Research Group, AIG collaborative research institute for international study on eruptive history and informatics, Fukuoka University, and Implementation Research and Education System Center for Reducing Disaster Risk, Kumamoto University

Support : Institute for Geothermal Sciences Graduate School of Science, Kyoto University, Aso Volcano Museum and Aso Geopark Promotion Council

Program :

Day 1 (23rd January) “**Human resource development to consider the future of volcanology in Kyushu: from basic research to disaster prevention**”

9:00~12:40 (Chair: H. Inakura, T. Fujiki, T. Nakanishi and Y. Horikawa)

- 1-01. T. Fujiki *et al.*: Pollen and tephra analyses on cored sediments from Lake Barasantou, eastern Hokkaido, north Japan: An impact on the vegetation by the volcanic eruption and their recovery process
- 1-02. S. Takahashi *et al.*: GeoLog Mobile: Development of mobile application using outcrop database for eruptive history and informatics
- 1-03. M. Okumura *et al.*: A report on field testing of mobile guide application for GeoPark
- 1-04. Y. Horikawa: Magmatism of the Futago Volcanic Group in Kunisaki peninsula, SW Japan
- 1-05. S. Fujita: An estimation of crustal displacement, strain and stress in case of huge magma accumulation in the crust
- 1-06. H. Inakura: Volcano monitoring by Sentinel-1 interferometry
- 1-07. K. Yamasaki *et al.*: Stratigraphy and age of cored sediments from Paitan Lake, central Luzon, Philippines
- 1-08. K. Shiihara *et al.*: Composition of melt inclusions in minerals of Omine scoria: Magma supply system prior to Aso-4 pyroclastic eruption
- 1-09. M. Kawaguchi *et al.*: Compositional variation of Holocene volcanic products from the northwestern part of Aso central cones: correlation with magneto-stratigraphy
- 1-10. T. Kobayashi *et al.*: Eruptive sequence of the Penelokan eruption from the Batur caldera, North Bali, Indonesia
- 1-11. M. Okuno *et al.*: Eruptive history of post-caldera volcanoes in the Buyan-Bratan caldera,

North Bali, Indonesia

13:00~17:00 (Chair: M. Okuno, S. Takarada and Y. Nishizono)

- 2-01. S. Takarada: Volcanic hazards mitigations using G-EVER volcanic hazards assessment support system and Asia-Pacific region earthquake and volcanic hazards information project.
- 2-02. W. Hong *et al.*: Precise measurement of millennium eruption year of Baekdu Mountain by wiggle matching of carbonated wood
- 2-03. S. Doshida: Quantitative evaluation of landslide distribution in Japan
- 2-04. Y. Nakamura: Human resource development for students at the teacher training programs that will play important roles in the education for recovery at Fukushima's tomorrow
- 2-05. M. Seto and T. Takagi: The role of Japanese counter disaster for the human resources development in foreign countries
- 2-06. T. Hasenaka: Education and development of human resources in volcanology – Focusing on the field of petrology, mineralogy and geochemistry –
- 2-07. H. Shimizu: Promotion of the observational study and human resource development for the prediction of volcanic eruptions
- 2-08. M. Okuno and T. Kobayashi: How to use database of eruptive history for developing scientific research: A proposal of new international journal on basic data
- 2-09. Y. Nishizono: Fusion of science and engineering, specialist talent images from social needs

16:30~ [Theme discussion] “Human resource development to consider the future of volcanology in Kyushu: from basic research to disaster prevention”

Day 2 (24th June) “**Disaster prevention and mitigation efforts in the Aso caldera**”

9:00~12:00 (Chair: M. Torii, K. Nishiyama, Y. Takeuchi and N. Tsuruta)

- 3-01. Y. Miyabuchi: Eruptive history and the 2014-2015 eruption of Nakadake, Aso Volcano, SW Japan
- 3-02. K. Nagata *et al.*: Significance of Geoparks Network towards local geohazard risk reduction - Cooperation of Aso UNESCO Global Geopark and Kumamoto University -
- 3-03. C. Nagaoka *et al.*: Designing e-learning to learn about Aso Geopark
- 3-04. Y. Takeuchi and Y. Inamoto: Disaster risk reduction education at school in Aso Caldera
- 3-05. M. Yoshida and I. Watanabe: A preliminary study on public concern on catastrophe risks and crisis management
- 3-06. K. Nishiyama *et al.*: Recurrence interval of slope failures and debris flows at the caldera wall slopes of Aso volcano, Central Kyushu, Japan

3-07. N. Tsuruta *et al.*: A multi-purpose outcrop database for volcanic geology in Knowledge-based society

3-08. K. Tanaka and C. Sasaki: Hazard map for decrease of natural hazard in case of debris flow

13:00~17:00 (Chair: T. Mazda, M. Torii, H. Inakura and M. Okuno)

4-01. H. Okada: Gaps between eruption prediction and disaster reduction --- century-long collaborating challenge from the “Never Again” lessons

4-02. S. Yokota: Challenges of community building for natural disaster reduction

4-03. H. Inoue and M. Nishi: Volcanic monitoring and observation by Asosan Local Cooperative Office for Volcanic Disaster Mitigation.

4-04. T. Ohkura: Research activity at Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University

4-05. S. Ikebe *et al.*: Comparison of Nakadake’s volcanic activities between 1988-95 and 2010’s and Aso Volcano Museum’s role

4-06. T. Mazda and M. Torii: Actions for disaster mitigation in Aso volcano by IRESC, Kumamoto University

4-07. T. Ichihara: Activities of Aso Volcano Disaster Prevention Council

4-08. Y. Nakata: Countermeasures against sediment disaster due to Aso volcano eruption

4-09. N. Komorida: An overview of local disaster management plan by Kumamoto Prefecture: Special reference with eruptions at Aso volcano

16:00~ [Theme discussion] “Disaster prevention and mitigation efforts in the Aso caldera”

1-01 北海道東部，茨散沼のコア試料の花粉化石およびテフラ分析：
火山噴火の植生へのインパクトと回復プロセス

藤木利之^{1,2}・和田恵治³・佐藤鋭一⁴・奥野 充⁵

Pollen and tephra analyses on cored sediments from Lake Barasantou,
eastern Hokkaido, north Japan: An impact on the vegetation
by the volcanic eruption and their recovery process

Toshiyuki Fujiki^{1,2}, Keiji Wada³, Eiichi Sato⁴ and Mitsuru Okuno⁵

¹ Department of Applied Science, Faculty of Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

² Corresponding author. E-mail: fujiki@das.ous.ac.jp

³ Earth Science Laboratory, Asahikawa Campus, Hokkaido University of Education, 9 Kitamon-machi, Asahikawa 070-8621, Japan

⁴ Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University, Tsurukabuto 1-2-1, Nada-ku, Kobe 657-8501, Japan

⁵ Department of Earth System Science, Faculty of Science, Also; AIG Collaborative Research Institute for International Study on Eruptive History and Informatics, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180 Japan

To estimate an impact on the vegetation by the volcanic eruption and their recovery process, we conducted field survey and collected peaty sediments from Lake Barasantou, eastern Hokkaido, north Japan. We identified five tephra layers, Ma-g (7.6 cal kBP), Ma-e (5.5 cal kBP), Ma-d (4.0 cal kBP), Ta-c (2.5 cal kBP) and Ko-c2 (AD 1694) in ascending order in the core with EPMA analysis. Three radiocarbon dates for 230, 95 and 65 cm in depth are obtained as 3765±25, 935±25 and 370±25 BP, respectively. In the peat sediments above the Ma-g, *Alnus*, Gramineae, *Thalictrum*, *Artemisia* and ferns were dominated. The latter three species indicate dry environment rather than the present. It becomes gradually wet condition as same as the present until approximately 5 to 4.5 cal kBP. Increase of Pinaceae conifer around 2.5 cal kBP implies cool climate. After ca. 0.8 cal kBP, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* decreased, and *Betula* increased. This is considered to be due to the influence of the human activity.

Keywords: Tephra, pollen analysis, peaty sediments, EPMA, radiocarbon dating

1. はじめに

北海道には完新世に噴火した火山が数多くあり、テフラの堆積などによって植生にダメージを与えたと考えられる。我々は、2014年に道東の茨散沼と大雪・旭岳周辺でピートサンプラーによって泥炭試料を採取し、堆積物に含まれる花粉化石と挟在するテフラを分析した。堆積年代を明らかにするため、加速器質量分析法 (AMS) による放射性炭素 (^{14}C) 年代測定を行った。今回は、茨散沼の試料の分析結果を報告する。

茨散沼は、道東・別海町にある西丸別川中流にある面積 0.3 km^2 、平均水深 5 m の沼である (Fig. 1)。沼にはジュンサイ (*Brasenia schreberi*) やコウホネ (*Nuphar japonicum*) が多く、周辺にはヨシ (*Phragmites australis*) やスゲ類 (*Carex* sp.) の低層湿原がみられる。湿原縁辺にはハンノキ (*Alnus japonica*)、ヤチヤナギ (*Myrica gale*) が繁茂し (辻井・橘, 2003)、その周辺には、オオアワガエリ (*Phleum pratense*) を主体とする牧草地が広がっている (宮脇, 1988)。

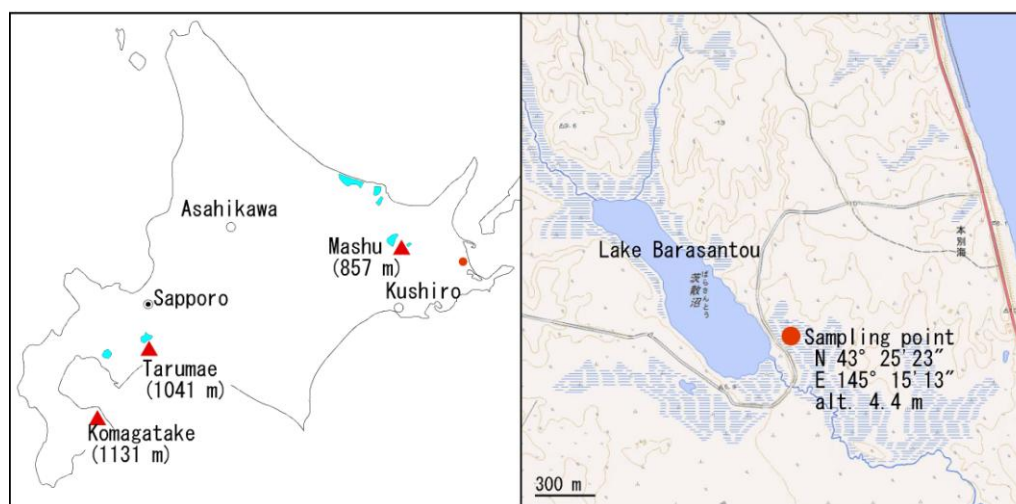


Fig. 1. Map showing location of Lake Barasantou (closed circle).

Solid triangles indicate source volcanoes for Holocene tephra layers.

2. 分析試料と年代

2014年9月に茨散沼周辺の北緯 $43^\circ 25' 23''$ 、東経 $145^\circ 15' 13''$ の標高 4.4 m の湿地内においてピートサンプラーで 330 cm のコア試料を得た。コア試料は、全層未分解の泥炭堆積物であり、5枚のテフラ (第1層: $38\sim 41 \text{ cm}$, 第2層: $150\sim 159 \text{ cm}$, 第3層: $207\sim 216 \text{ cm}$, 第4層: $264\sim 271 \text{ cm}$, 第5層:

315~330 cm) を確認できた (Fig. 2). これらのテフラは、波長分散型電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用いて火山ガラスの主成分化学組成を得て同定した. 測定条件は、加速電圧 15 kV, 電流値 0.8×10^{-8} A, 電子ビームの走査領域 < 10 μm 平方範囲である. 測定元素は, Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Cl の主成分 10 元素である.

第 1 層 (38~41 cm) は, $\text{TiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ 関係図 (Fig. 3) から駒ヶ岳 1694 年噴火の火山灰 (Ko-c2) に対比される. しかし, 樽前山 1739 年噴火の火山灰 (Ta-a) の粒子もわずかに混在している. 第 2 層 (150~159 cm) の火山ガラスの化学組成は, 樽前山テフラに類似しており (Fig. 3), 層位とこれまで知られているテフラの分布域から, 樽前山 Ta-c (2.5 cal kBP; 古川・七山, 2006) に対比される. 第 3 層 (207~216 cm) は, 軽石片を多く含む. 火山ガラスの K_2O 量は < 1.0 wt.% と低く (Fig. 3), SiO_2 の組成範囲は 71.4~72.9 wt.% を示し, 摩周火山 Ma-d 降下軽石層 (4 cal kBP; 岸本ほか, 2009) に対比される. 第 4 層 (264~271 cm) は, 分析可能な火山灰粒子を抽出することができなかったが, 層準から考えると摩周火山 Ma-e (5.5 cal kBP; 岸本ほか, 2009) に対比できよう. 第 5 層 (315~330 cm) は軽石片を多く含む. 火山ガラスの K_2O 量は低く (Fig. 3), SiO_2 量は 71.3~75.1 wt.% と広い組成範囲を示し, 摩周カルデラ形成期のプリニー式噴火で最上位テフラの Ma-g (7.6 cal kBP; 岸本ほか, 2009) に対比される.

遠藤 (1988) によれば, 茨散の野付海岸の露頭観察では, 深度約 250 cm の 11,960 BP 以前には泥炭層が堆積している. しかし, それ以降に約 90 cm の厚さで摩周の Ma-g, Ma-h, Ma-i, Ma-j, Ma-l がほぼ連続的に堆積し, 深度約 140 cm からは再び泥炭層が堆積し, Ma-d, 矢臼別, 雌阿寒の Me-a₁, Me-a₂ が挟在している. 今回得られたコア試料は, Ma-g 降下以降に再び堆積した泥炭層にあたる.

コア試料の深度 65 cm, 95 cm, 230 cm に含まれる植物遺体について, AMS 法による ^{14}C 年代測定を行った. これらの試料を酸-アルカリ-酸 (AAA) 処理した後, (株) 加速器質量分析研究所にグラフアイト化と AMS 測定を依頼した. 得られた ^{14}C 年代は, コンピュータープログラム *Calib 7.1* (Stuiver and Reimer, 1993) とデータセット *IntCal 13* (Reimer *et al.*, 2013) を使用して暦年代に較正した (Table 1).

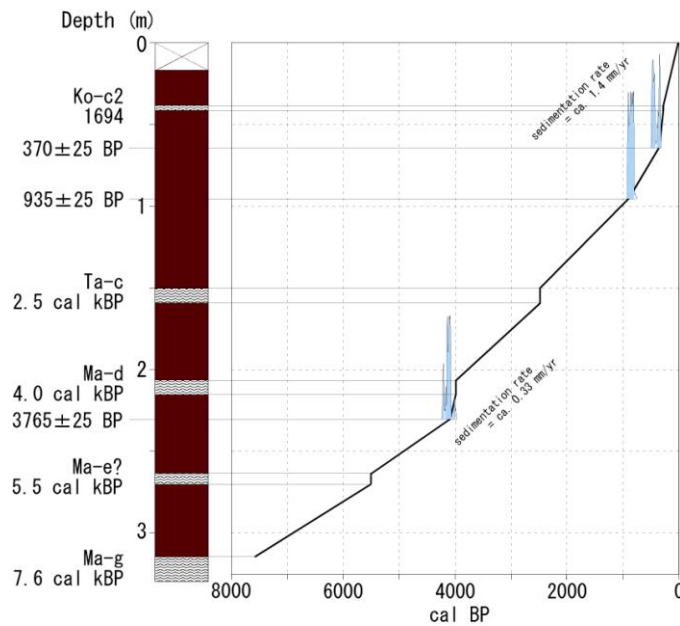


Fig. 2. Columnar section showing the stratigraphy and age-depth profile of Lake Barasantou.

3. 分析方法

今回は、5 cm 間隔、および各テフラの直下・直下で分析試料をサブサンプリングし花粉分析を行った。試料に水酸化カリウム処理、塩酸処理、塩化亜鉛比重分離処理、アセトリシス処理を施し、堆積物から化石花粉を抽出した。残渣はエタノールシリーズ (30, 60, 80, 99.5%) で脱水後、キシレンに置換し、オイキットで永久プレパラート化した(Fujiki *et al.*, 2013)。

4. 分析結果と考察

花粉分析では、全層でコナラ属コナラ亜属 (*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) が優占し、その他、最下部から約 300 cm までイネ科 (*Gramineae*)、カラマツソウ属 (*Thalictrum*)、ヨモギ属 (*Artemisia*) が多い。約 240 cm まではハンノキ属 (*Alnus*) とシダ孢子が優占する傾向があった。約 150 cm からはモミ属 (*Abies*)、トウヒ属 (*Picea*)、マツ属 (*Pinus*) のマツ科針葉樹が増加し、コナラ属コナラ亜属の若干の減少がみられる。約 70 cm からはヤチヤナギ、カバノキ属 (*Betula*)、ハンノキ属の増加とともに、コナラ属コナラ亜属の減少がみられた (Figs. 4 and 5)。

摩周 g (Ma-g) 降下後、泥炭が堆積を始めた当時は、ハンノキ属、イネ科、カラマツソウ属、ヨモギ属、シダ類が多く、地下水位が非常に低い湿地であった。その後、徐々に地下水位が高くなり、約 5 ~4.5 cal kBP までには現在のような湿地になったとみられる。2.5 cal kBP から気候が冷涼化し、マツ科針葉樹が増加する。約 0.8 cal kBP 以降は、若干地下水位が下がったためか、再びヤチヤナギやハンノキ属が増加し、湿地の縁辺に繁茂したとみられる。同時に、コナラ属コナラ亜属が減少し、カバノキ

属の増加がみられる。これは人類の影響があったのではないかと考えられる。

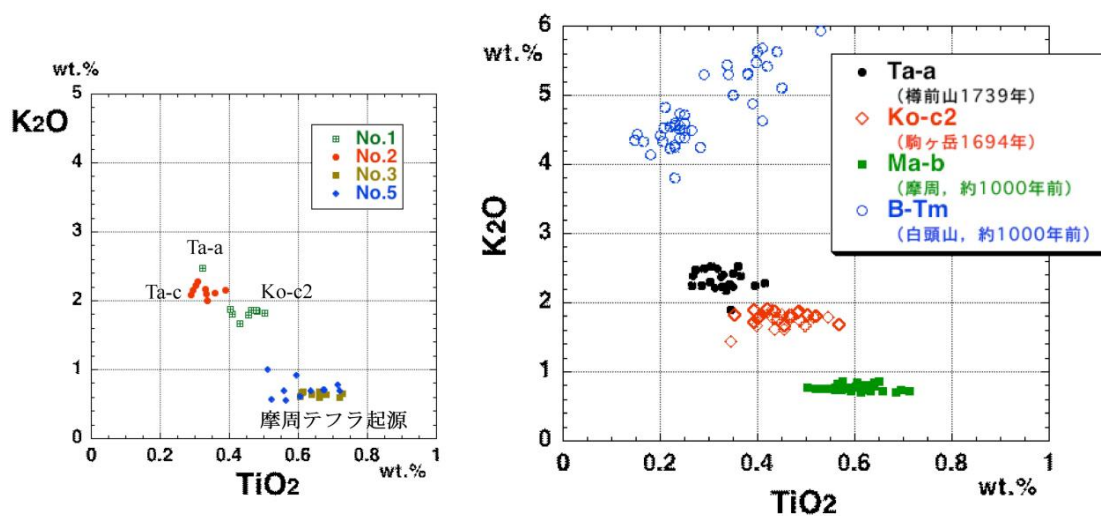


Fig. 3. Volcanic glass composition of Lake Barasantou.

5. テフラ降下による植生への影響

今回の分析では、テフラ降下による植生への影響が認められなかった。層厚 10~15 cm 程度のテフラでは、周辺の植生にほとんど影響しないのであろう。しかし、現在も本湿地に生育するコタヌキモやモウセンゴケのような高さが数 cm の湿地性植物には多大なる影響があったはずである。しかし、これらの植物の花粉生産量は非常に低く、今回の花粉分析では検出されなかった可能性もある。今後、テフラの直下・直上については、化石花粉の測定数を増やし、さらに詳しく検討する必要がある。

Table 1. Results of AMS ^{14}C dating.

Depth (cm)	Material	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	^{14}C date (BP)	Age range (cal BP) (2 σ probability %)	Labo. no.
65	Plant fragment	-25.2	370 \pm 25	319 - 392 (39.6%) 426 - 500 (60.4%)	IAAA-150502
95	Plant fragment	-27.6	935 \pm 25	793 - 919 (100.0%)	IAAA-150503
230	Plant fragment	-26.1	3765 \pm 25	4006 - 4033 (5.4%) 4080 - 4183 (78.9%) 4189 - 4191 (0.1%) 4196 - 4235 (15.5%)	IAAA-250504

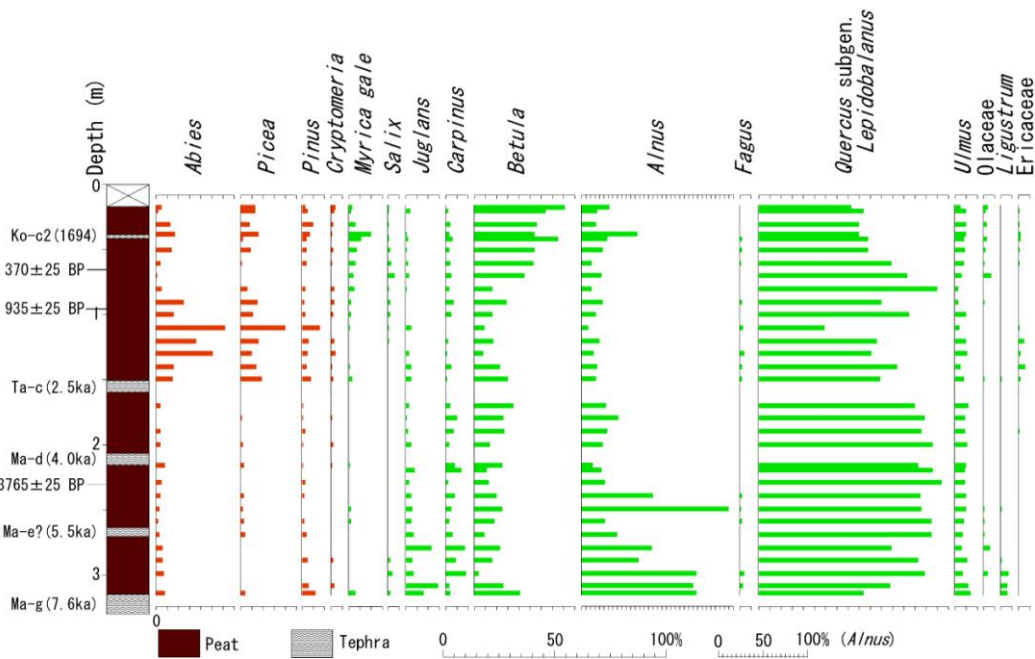


Fig. 4. Arboreal pollen (AP) diagram for cored sediments from Lake Barasantou.

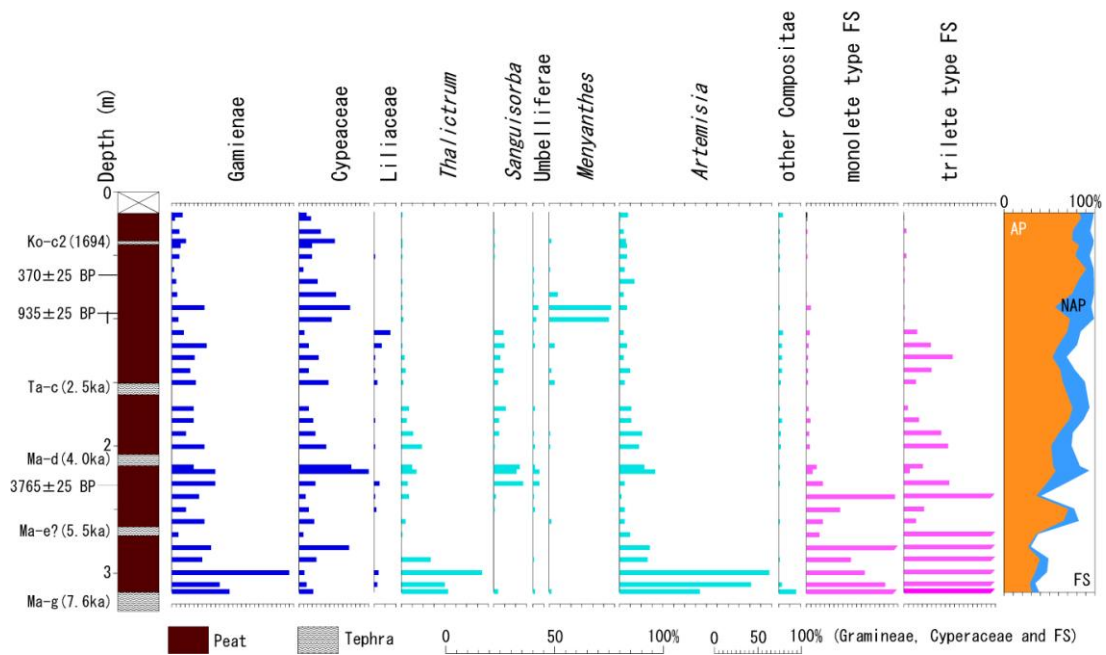


Fig. 5. Non-arboreal pollen (NAP) diagram for cored sediments from Lake Barasantou.

謝辞 本研究には日本学術振興会の科研費・基盤研究 (C)「火山噴火の植生へのインパクトと回復プロセスの高分解能な復元」(代表者: 藤木利之, 課題番号: 26350411)を使用した。記して謝意を表す。

Reference

- Endo, K., Igarashi, Y., Sumita, M., Suzuki K. and Miyata, Y. (1988) Paleoenvironmental for 15,000 years from Barasan of Notsuke coast, eastern Hokkaido. Iseki, H. ed. A study on the relationship between the formation of alluvial plain and chuseki-so (Recent alluvial sediments) and the natural environment in latest Quaternary. Report of Research Project, Grant-in-Aid for Scientific Research (A), 1986-1987, 45-52. (in Japanese)
- Fujiki, T., Okuno, M., Nakamura, T., Nagaoka, S., Mori, Y., Ueda, K., Konomatsu, M. and Aizawa, J. (2013) AMS radiocarbon dating and pollen analysis of core Ks0412-3 from Kashibaru Marsh in northern Kyushu, southwest Japan. *Radiocarbon*, **55**, 1694-1701.
- Furukawa, R. and Nanayama, F. (2006) Holocene pyroclastic fall deposits along the Pacific coastal region of eastern Hokkaido. *Bulletin Volcanological Society of Japan*, **51**, 351-371. (in Japanese with English abstract).
- Kishimoto, H., Hasegawa, T., Nakagawa, M., and Wada, K. (2009) Tephrostratigraphy and eruption style of Mashu volcano, during the last 14,000 years, eastern Hokkaido, Japan. *Bulletin Volcanological Society of Japan*, **54**, 15-36. (in Japanese with English abstract).
- Miyawaki, A. (1988) Vegetation of Japan, Hokkaido. Shibundo, Tokyo. (in Japanese).
- Morita, Y. (1985) Palynological Study of the Deposits from the Uryu-Numa Moor in Mt. Shokanbetsu, Hokkaido. *Annals of The Tohoku Geographical Association*, **37**, 166-172. (in Japanese with English abstract).
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869–1887.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended ^{14}C database and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- Tsujii, T. and Tachibana, H. (2003) Wetland plants and vegetation of Hokkaido. Hokkaido University Press, Hokkaido. (in Japanese).

1-02 じおログモバイル：火山噴火史情報データベースを利用した モバイルアプリケーションの開発

高橋伸弥^{†,*}・奥村勝^{‡,*}・鶴田直之^{†,*}

GeoLog Mobile: Development of Mobile Application Using Outcrop Database for Eruptive History and Informatics

S. Takahashi^{†,*}, M. Okumura^{‡,*} and N. Tsuruta^{†,*}

[†]*Department of Electronics Engineering and Computer Science, Faculty of Engineering, Fukuoka University,
Fukuoka 814-0180, Japan*

[‡]*The Information Technology Center, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

^{*}*ACRIFIS-EHAI, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan*

国際火山噴火史情報研究所は、火山学・地質学を専門とする自然科学の研究者らと、情報工学を専門とする工学の研究者らによる学際的研究グループであり、フィールドワーク等で得られる地質情報（火山噴火史情報）の収集及び蓄積に情報技術を活用し、多目的に活用可能な新たな火山噴火史情報データベースを構築することを目的としている。火山噴火史情報の中でも特に、露頭（野外において地層・岩石が露出している場所）の情報をデータベース化することは、研究者個人だけでなく防災やアウトリーチの面からも非常に重要であることから、我々はこれまでに、露頭データベース構築の方針について検討を進めてきた^[1]。

従来のデータベース構築においては、データとその関連性を表形式で定義して扱う RDBMS を利用するのが一般的であるが、多様なデータ形式を対象とし、タグによりそれらを管理するようなシステムを実現するためには、柔軟性・拡張性の点が問題となる。そこでこの問題に対し、いわゆる NoSQL と呼ばれる DBMS の 1 つである MongoDB を用いてデータ管理を行うこととし、さらにデータベースを利用したアプリケーション開発を容易にするために、データベースとアプリケーションの間に地理情報システム向けの各種サービスを提供するような API を実装したフレームワーク MOMD-GIS (Metadata Oriented Multimedia Database for GIS) を提案した^[2]。この MOMD-GIS では、データの登録・表示・更新・削除といった一般的なデータ管理機能だけでなく、位置情報検索機能といった MongoDB の機能も API として提供している。

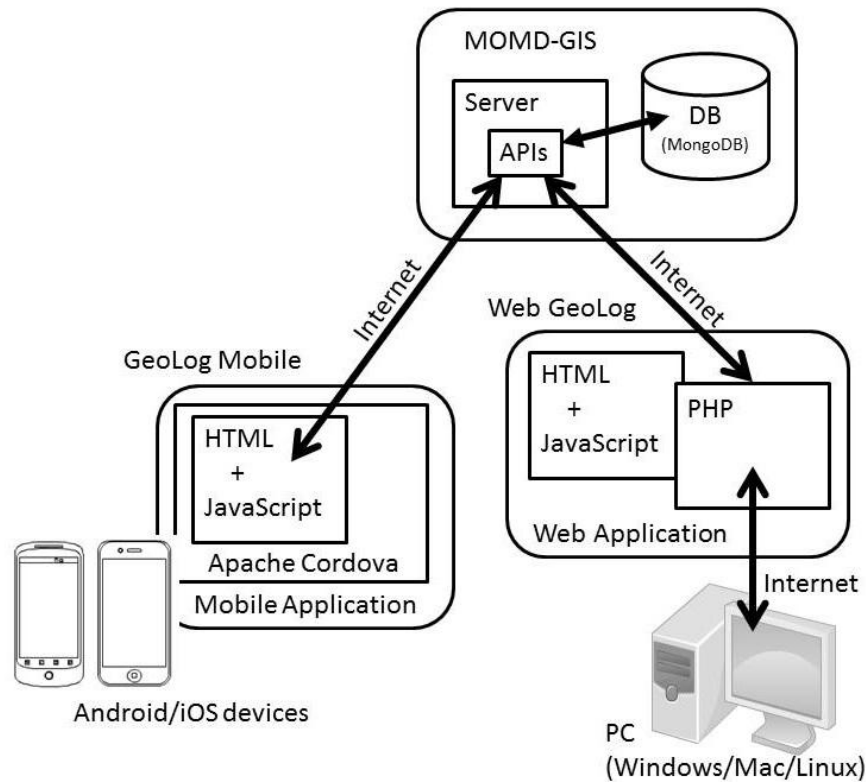


図1 「じおログモバイル」の実装方法

今回、このフレームワークを利用して、露頭情報を収集するためのモバイルアプリケーションを開発した。これまで既に、不特定多数の一般ユーザからの情報提供・共有を目的とした、地図情報サイト「じおログ」¹を試験的に公開し、データベース構築の方針について検討を進めてきているが、利用者の利便性や現地での利用を考えるとモバイルアプリケーションへの展開は必須である。開発に当たっては、現在広く使用されている Android OS 及び iOS 搭載のデバイス (スマートホン/タブレット) を対象とし、Apache Cordova²を用いたハイブリッドアプリとして JavaScript と HTML5 により実装した。Web サイト構築時に作成したコードが再利用できたことに加え、フレームワーク提供の各種 API を利用することで、短期間かつ容易にモバイルアプリケーションの開発が可能であった点は、我々のフレームワークの柔軟性・拡張性の高さを示している。図1は、我々の構築したデータベースフレームワークと、これまでに展開してきた Web 版の「じおログ」及び今回開発したモバイル版の「じおログ」の関係を図示したものである。また図2に、モバイル版の実行画面の例を示す。発表では、各種機能について紹介するとともに、今後追加予定の機能について議論したい。

¹ <http://www.acrifis-ehai.fukuoka-u.ac.jp/geolog>

² <https://cordova.apache.org/>

参考文献

[1] 奥村他, “火山露頭データベース: 新たな“知識基盤”の構築とその試作例”, 火山, Vol. 60, No.3, pp. 349-356, 2015.

[2] 奥村他, “データ活用のためのメタ情報を考慮した地理情報システム向けデータベースの提案,” 地理情報システム学会第 22 回学術研究発表大会, 2013.

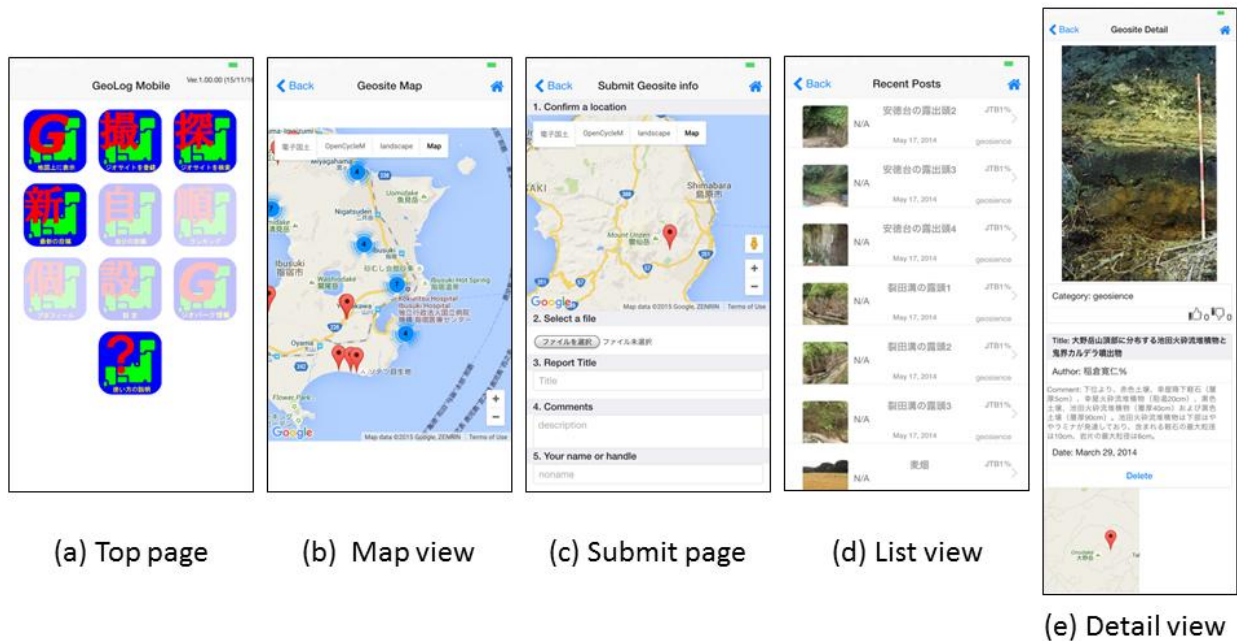


図 2 開発したモバイルアプリ実行画面 (iOS 版)

1-03 ジオパーク向けガイドアプリケーションの現地評価報告

奥村 勝^{1,*}・矢羽田優輝²・高橋伸弥^{2,*}・鶴田直之^{2,*}・鳥井真之^{3,*}

A Report on Filed Testing of Mobile Application for GeoPark

M. Okumura^{1,*}, Y. Yahata², S. Takahashi^{2,*}, N. Tsuruta^{2,*} and M. Torii^{3,*}

¹ *The Information Technology Center, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

² *Department of Electronics Engineering and Computer Science, Faculty of Engineering, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

³ *The Implementation Research and Education System Center for Reducing Disaster Risk, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto 860-8555, Japan*

* *ACRIFIS-EHAI, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan*

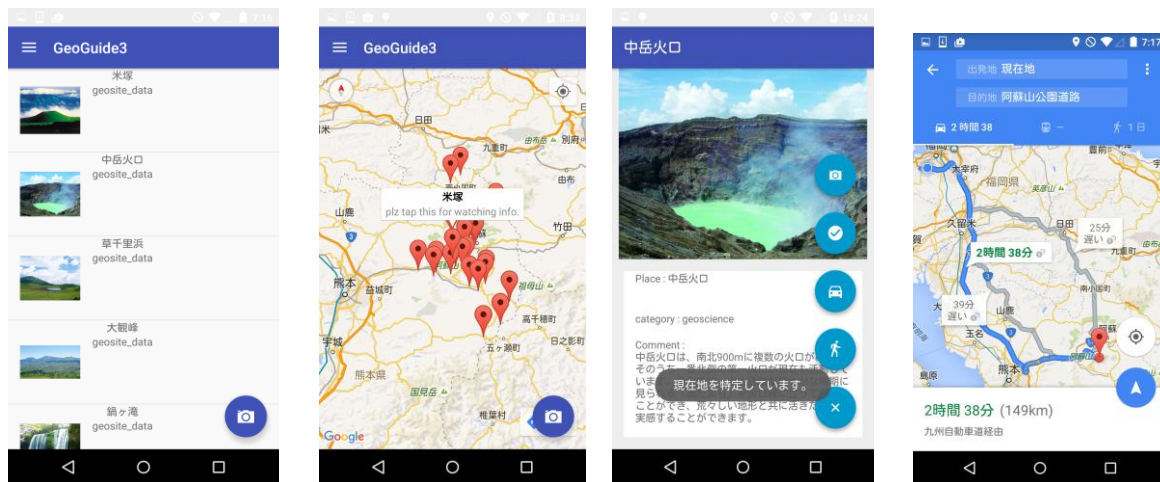
国際火山噴火史情報研究所は、火山学・地質学を専門とする自然科学の研究者らと、情報工学を専門とする工学の研究者らによる学際的研究グループであり、フィールドワーク等で得られる地質情報（火山噴火史情報）の収集及び蓄積に情報技術を活用し、多目的に活用可能な新たな火山噴火史情報データベースを構築することを目的としている。同研究所のデータベース班では、火山露頭情報のための新たなデータベースフレームワークを検討、開発するとともに露頭情報の収集、共有のための Web サイトや、露頭画像などを手軽に共有サイトへ投稿するためのスマートフォン向けアプリケーションの開発を行ってきた^[1]。

我々はこれらの取り組みの応用として、「ジオパークを拠点とする市民参加型の地質データの収集とその応用」と題した研究プロジェクトを実施している。地質遺産を多数擁するジオパークの来訪者向けにこれらの仕組みをアレンジすることにより、来訪者に付加価値の高いジオパーク体験の機会を提供すると同時に、手軽に地質データの収集に協力できる仕組みを提供することで、ジオパークにおける教育ならびに保全活動を支援するものである^[2]。平成 26 年度は、阿蘇ジオパークと島原半島ジオパークの協力のもと、スマートフォン向けガイドアプリケーションのコンセプトや機能の絞り込みを行い、基本機能の確認に重点を置きプロトタイプ版の開発を行った^[3]。平成 27 年度は体験価値向上に向け本格的に開発に取り組み、実証評価に向けた準備を進めてきた。本稿では、平成 27 年 12 月に阿蘇ジオパークにおいて実施したジオパーク向けガイドアプリケーション(Android 版)の現地評価について報告する。

我々が現在開発しているジオパーク向けガイドアプリケーションは、以下のような機能を実装している。

1. 基本機能
 - (ア) リスト表示（ジオサイトの名称別表示，図 1(a)）
 - (イ) マップ表示（ジオサイトの地図上での位置表示，図 1(b)）
 - (ウ) 各ジオサイトの詳細表示（図 1(c)）
2. 独自機能
 - (ア) 各ジオサイトへのナビゲーション機能（徒歩、車，図 1(d)）
 - (イ) 各ジオサイトでのチェックイン機能
 - (ウ) レポート投稿機能
 - (エ) 各アクション実施時のスコアリング機能
 - (オ) 獲得スコア確認機能

基本機能については、他のジオパークのアプリケーションと同様のものであるが、我々は現地訪問時の活用と訪問者の体験価値向上を目標としており、独自の機能を追加している。



(a) List View

(b) Map View

(c) Detail View

(d) Navigation View

図 1 実地評価に用いたモバイルガイドアプリケーションの実行画面（Android 版）

ジオパークの見どころとなる各ジオサイトの情報等については、同研究所で開発した MOMD-GIS^[4]を用いたデータベースに格納しており、訪問者が手元のスマートフォンでガイドアプリケーションを起動すると、インターネットを介してそれらの情報を取得し表示させる仕組みである。今回の現地評価では、あらかじめ阿蘇ジオパークから提供頂いた資料を元に各ジオサイトの画像や説明文章をデータベース側に登録して準備した（図 2）。

No	uploadDate	Title	Author	entry_type	range	IMG	Comment
1	2015-12-10 07:05:54	南阿蘇村湧水群	aso	geosite	1000		阿蘇の南水百選に選ばれている白川水源をはじめ、塩井社水源、寺坂水源、湧沢津水源、池の川水源、吉田城跡上汲湯、明神池、竹崎水源など良質な水が湧出する湧泉群です。これらは、中央火口丘からの伏流水であると考えられています。
2	2015-12-10 06:48:27	大峰火山と高遊原台地	aso	geosite	2500		現在の巨大カルデラができる直前に形成された大峰火山。形成の際に大量の溶岩を流し、広大な溶岩台地をつくりだしました。それが、高遊原台地です。現在は、その台地を「阿蘇くまもと空港」として利用しています。
3	2015-12-07 15:35:36	立野峡谷	aso	geosite	1500		阿蘇カルデラの腹が唯一切れている場所です。その原因は、峡谷を走っている断層や侵食によるものですが、これまでに何度も溶岩で埋まったことがあり、その時にはカルデラ内に湖が形成されました。南阿蘇の全量を眺めることができる優れたジオサイトです。カルデラ内に広がる田園風景と、その特殊な地形を観察することができます。1985年の植樹祭では、昭和天皇がこの場所から阿蘇を展望されました。
4	2015-12-07 15:29:33	俄山展望所	aso	geosite	500		
5	2015-12-07 15:25:42	池山水源	aso	geosite	400		阿蘇の南水百選に選ばれている池山水源。水温13.5度、毎分30トンという豊富な湧水を持っています。湧き出した水は、玉来川となって大野川に流れ込み、大分の別府湾へと注いでいます。



(a) Detail Information of geosites

(b) Geosites on Map

図 2 ガイドアプリケーション向けにデータベースに登録したジオサイト情報

平成 27 年 12 月 10 日～12 日、阿蘇ジオパークにおいてアプリケーションの開発者を含む 3 名が、本ガイドアプリケーションを利用しながら、車にて各ジオサイトを巡り、開発したシステムの機能確認と有効性評価を目的とした現地評価を行った。主な評価項目は以下の通りである。

1. ジオサイトに足を運んで、実際の利用シーンを想定した利用
2. アプリケーションの動作確認
3. アプリケーションの利便性検証
4. アプリケーションならびにシステムの改善項目の抽出
5. アプリケーションならびにシステムの活用可能性

実際に開発したガイドアプリケーションを用いながら、計 14 箇所のジオサイトを周り、各機能の動作確認や、利便性検証などを行った。

現地評価の結果、本ガイドアプリケーションはジオパークが配布している既存のパンフレットや案内板の完全な代用になるものではなかったが、合わせて使うことで訪問者の行動が円滑なものになるなどの有効性が確認できた。特に現地におけるジオサイト間の移動時にナビゲーション機能が円滑に使えることは、初めての場所を訪れる訪問者にとってストレスの少ない案内手段であることが確認できた。一方、最終的な誘導ポイントの選定など情報提供側となるジオパーク側に求められる要件も明らかとなり、今後、ガイドアプリケーションの提供を実現する上での課題も健在化した。また、ガイドアプリケーションのチェックイン機能やレポート機能により、訪問者の大まかな行動履歴や注目箇所などが把握できること（図 3）や、さらにこれらを他の訪問者への参考情報として提供することで、訪問者によるジオパーク向け情報の増加や発信につながる可能性なども確認できた。

発表では、アプリケーションの機能と現地評価について報告するとともに、今後の改善に向けた議論を行いたい。

Checkin Place	Checkin Date	Geo Position
阿蘇神社	2015-12-10 13:04:58	32.947966353648,131.11611843109
阿蘇神社	2015-12-10 13:06:28	32.947966353648,131.11611843109
国造神社	2015-12-10 14:17:54	32.989659624669,131.12439572811
国造神社	2015-12-10 14:57:00	32.989659624669,131.12439572811
中瀬古墳群	2015-12-10 15:05:36	32.9677029,131.1071607
中瀬古墳群	2015-12-10 17:38:17	32.9677029,131.1071607
大峰火山と高遊原台地	2015-12-11 10:24:47	32.856791,130.948354
大峰火山と高遊原台地	2015-12-11 10:26:42	32.856791,130.948354
俄山展望所	2015-12-11 11:33:37	32.854472134515,130.98275363445
船返りの滝	2015-12-11 12:25:55	32.866834574654,130.99111139774
立野峡谷	2015-12-11 13:18:05	32.871729913425,130.93402862549



(a) Check-in History

(b) Visitor's Reports on Map

図3 訪問者のアプリケーション活用履歴の確認画面

参考文献

- [1] 奥村他, “火山露頭データベース:新たな“知識基盤”の構築とその試作例”, 火山, Vol. 60, No.3, pp. 349-356, 2015.
- [2] 奥村他, “ジオパークを拠点とする市民参加型の地質データの収集とその応用”, 第4回国際火山噴火史情報研究集会講演要旨集, A06, 2014.
- [3] 奥村他, “ジオパークにおける体験価値向上を目指すガイドアプリケーションの開発”, 国際火山噴火史情報研究集会講演要旨集, 4-6, No.1, 2015
- [4] 奥村他, “データ活用のためのメタ情報を考慮した地理情報システム向けデータベースの提案,” 地理情報システム学会第22回学術研究発表大会, 2013.

1-04 国東半島，両子火山群のマグマティズム

堀川義之（福岡大・国際火山噴火史情報研究所）

Magmatism of the Futago Volcanic Group in Kunisaki peninsula, SW Japan

Y. Horikawa (ACRIFIS-EHAI, Fukuoka Univ.)

1. はじめに

西南日本では、フィリピン海プレートの沈み込みに伴い第四紀火山フロントが形成されている。火山フロントの特徴として、中国地方から北部九州にかけてアダカイト質火山岩が産している。沈みこんでいるフィリピン海プレートが、九州-パラオ海嶺の東側に若く熱い四国海盆、西側が古く冷たい西フィリピン海盆となっており、それらが中国地方から北部九州の火山フロント上にアダカイトを産する原因とされている（例えば Kimura *et al.*, 2005 ; Miyoshi *et al.*, 2008）。大分県国東半島に分布する両子火山群付近は、沈み込むフィリピン海プレートが水平方向で屈曲している（九州側で高角度、中国側で低角度）地点であり、西南日本弧と琉球弧の第四紀火山のマグマティズムの差異を議論するうえで重要である。また、両子火山群は第四紀火山フロントにおいて最も古い噴出年代（2.0~1.0Ma）を示すことからフィリピン海プレートのテクトニクスの変遷の議論においても重要であると考えられる。

両子火山群は、主に高い斑晶量（40~30vol.%）の角閃石安山岩~デイサイトの火山岩類で構成され、玄武岩溶岩の噴出はない。しかし、安山岩~デイサイトの火山岩類中に苦鉄質インクルージョンが稀に含まれ、また、岩石学的に玄武岩質マグマが関与している様々な証拠が存在する。そこで、本研究では顕微鏡観察、鉱物組成および全岩化学組成を用い、両子火山群の珪長質マグマに苦鉄質マグマがどのように寄与したのか検討するとともに、それらマグマの起源について議論する。

2. 両子火山群の地質・岩石学的特徴

両子火山群は、中央部の溶岩ドーム群とそれを取り囲む火山砕屑物からなり、約 2.0~1.0 Ma にかけて形成されたと考えられている（鎌田・他, 1988 ; 松本・他, 2012 など）。両子火山群の周囲を取り囲む火山砕屑物は上部火砕堆積物と下部火砕堆積物に区分され（石塚・他, 2009）、中央部の赤根地域において下部火砕堆積物の上位に両子火山群活動末期の岡ノ岳火砕堆積物が分布する（堀川・他, 2016）。

両子火山群の火山岩類を、地質・地形的特徴、斑晶鉱物の組み合わせの違い、斑晶鉱物の化学組成および全岩化学組成の特徴の違いをもとに、斜方輝石-角閃石安山岩~デイサイト (Type-1)、単斜輝石-斜方輝石-角閃石安山岩 (Type-2)、単斜輝石-角閃石デイサイト (Type-3)、黒雲母-角閃石デイサイト (Type-4) の 4 つの Type に分類した。これら両子火山群の各 Type の火山岩類は、火山砕屑物（特にラ

ハール堆積物) 中には混在しているため、溶岩として産するものを主に議論の対象とする。また、両子火山群の Type-1, Type-2 には稀に苦鉄質エンクレーブ (mafic magmatic enclave : MME) が存在し、安山岩質と玄武岩質の 2 種類の MME が観察される。

Type-1 は両子火山群の主な火山岩類で、両子山などの NW-SE 方向に配列している溶岩ドーム群と、それらに関連する貫入岩である。斑晶は斜長石、角閃石、斜方輝石および不透明鉱物からなり、稀に板状節理の発達する溶岩ドーム下部には他形の単斜輝石捕獲結晶が存在す(0.5 vol.%以下)。斑晶量は 35~40 vol.% と高い。

MME は Type-1, 2 の両方に存在するが、玄武岩質なものは Type-1 にのみ包有される。玄武岩質 MME は斑晶としてかんらん石、単斜輝石があり、微斑晶として角閃石や斜長石がある。結晶化にともない発泡したと思われる気孔が多く存在する。

Type-2 は、鷲巣岳や屋山などの板状節理が発達した溶岩流であり、比較的輝石を多く含むことが特徴である。斑晶は斜長石、角閃石、単斜輝石、斜方輝石および不透明鉱物からなり、斑晶量は 25~30 vol.% と Type-1 に比べ低い。

Type-3 は前田富士にのみ産する火道ネックと岩脈である。斑晶は角閃石、単斜輝石、および不透明鉱物からなり、微斑晶として斜長石が存在する。斑晶量は 23~25 vol.% と低い。特徴的に 1cm 以上に成長した角閃石があり、斜長石が小さい。

Type-4 は国東半島中央部の赤根地域にのみ産する。斑晶は斜長石、角閃石、黒雲母、および不透明鉱物からなり、斑晶量は 30~35 vol.% である。特徴的に黒雲母斑晶が晶出している。

2. マグマの温度・圧力・含水量

両子火山群の火山岩類の斑晶を使い様々な温度圧力計を使用し温度・圧力・H₂O 濃度を求めた。Type-1 では角閃石はコア (840~890 °C) からリムに向かい低くなり (820~850 °C) 再びリムで高くなる (880~890 °C)。圧力は 130~190 MPa, H₂O 濃度は 3.7~5.0 wt.% となる。Type-2 は角閃石斑晶の新鮮なコアの温度は 950 °C, 圧力は 220~230 MPa, H₂O 濃度は 4.2 wt.% となる。隣接する両輝石のリムにおいて複輝石温度計を用いると 950~960 °C となる。

3. 全岩化学組成

両子火山群の SiO₂ 含有量は 59~67 wt.% であり、中カリウム系列に入る。Type1 は SiO₂ 含有量 62~65 wt.% であり、苦鉄質インクルージョンを包有しているものは安山岩組成に寄る。Type2 は SiO₂ 含有量 59~63 wt.% と安山岩組成に寄る。Type3 は SiO₂ 含有量 63~66 wt.% で、Type4 は SiO₂ 含有量 64~67 wt.% である。

Type3, 4 は MgO, Sr, Ba, Ni, LREE に富み、Y, HREE に乏しくアダカイトの特徴を示す。アダカイト領域にプロットされるものは HMA の領域にも入り、Ni 含有量が高い。玄武岩質の MME は全

岩・鉱物組成（スピネルの Cr 値など）から英彦山火山岩類のソレイトに類似している。Type2 は直線的なトレンド(特に MgO などの固相濃集元素)を示し, Sr/Y vs Y 図上ではアダカイトと島弧珪長質火山岩類の両領域をまたいでプロットされる。

4. 議論

近年, 地殻内で固まりつつある高い結晶度の珪長質マグマが高温の苦鉄質マグマの供給により, 加熱され再流動・再熔融することにより, マグマ混合が促進されるという議論がなされている(例えば Murphy *et al.*, 2000; Suzuki and Nakada, 2007)。Type-1 のマグマは角閃石や斜長石斑晶のラインプロファイルから再加熱の履歴を残しており, 高い結晶度の珪長質マグマが高温の玄武岩質マグマの注入によって熱・揮発性成分を加えられてものと考えられる。全岩化学組成から混合の割合は低く, 一部急冷により発泡した苦鉄質マグマが MME として珪長質マグマに取り込まれたものと思われる。また, 全岩組成や鉱物組み合わせから Type-2 は, Type-1 の高い結晶度の珪長質マグマと玄武岩質 MME からかんらん石を 10 vol.% 分別した苦鉄質マグマ (SiO_2 : 53 wt.%) との 1:1 から 3:1 の混合比で生成可能である。これらのことから, 両子火山群の主な火山岩類である Type1 と Type2 はマッシュ状の珪長質マグマが注入された苦鉄質マグマによって再流動し様々な割合で混合・混交し噴出したものと考えられる。マッシュ状珪長質マグマの密度を求めると $2.60\sim 2.66 \text{ g/cm}^3$ と同圧力条件から求められる苦鉄質マグマのリキッド密度 (2.46 g/cm^3) より高い。そのため密度逆転による混合・混交が促進されたものと考えられる。

両子火山群のマグマ起源はその化学組成からアダカイトマグマによるものと考えられる。Type3, 4 は高い Sr/Y 比とアダカイトの特徴を示し, 高い MgO, Ni 含有量である。また, Shibata *et al.* (2013) は Sr/Y が高いものは Sr 同位体比が低いこと示している。そのことから, Type3, 4 マグマはスラブメルトがマントルウェッジを上昇し, 周囲のマントルと反応し生成されたと考えられる。Type1 の組成もアダカイト領域に入り起源としてアダカイトマグマが考えられるが, Type3 と比べ MgO, Sr, Ni 含有量が少なく, Type3 マグマの結晶分化作用では説明できない。これらはマッシュ状のマグマ溜りの形成が晶出した結晶の沈積作用によるものと考えられる。MME の玄武岩質マグマは英彦山火山岩類のソレイトに類似しており, 島弧/背弧の中間的な組成を示し, 2.0Ma 以降でも中間的なマントルの流入が考えられる。

Reference

- 堀川義之・永尾隆志・奥野 充 (2016) 国東半島, 両子火山群一岡ノ岳火山の噴火活動. 火山, **61**, 印刷中.
- 石塚吉浩・尾崎正紀・星住英夫・松浦浩久・宮崎一博・名和一成・実松健造・駒澤正夫 (2009) 20 万分の 1 地質図幅「中津」. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター.

- 鎌田浩毅・星住英夫・小屋口剛博 (1988) 中部九州-中国地方西部の火山フロントの形成年代. 月刊地球, **10**, 568-574.
- Kimura, J.-I., Stern, R.J. and Yoshida, T. (2005) Reinitiation of subduction and magmatic responses in SW Japan during Neogene time. *Geological Society of America Bulletin*, **117**, 969-986.
- 松本哲一・星住英夫・廣田明成 (2012) 大分県国東半島両子山火山の K-Ar 年代. 日本火山学会 2012 年度秋季大会講演予稿集, 163.
- Miyoshi, M., Fukuoka, T., Sano, T. and Hasenaka, T. (2008) Subduction influence of Philippine Sea plate on the mantle beneath northern Kyushu, SW Japan: an examination of Boron contents in basaltic rock. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **171**, 73-87.
- Murphy, M. D., Sparks, R. S. J., Barclay, J., Carroll, M. R. and Brewer, T. S. (2000). Remobilization of andesite magma by intrusion of mafic magma at Soufriere Hills Volcano, Montserrat, West Indies. *Journal of Petrology*, **41**, 21-42
- Shibata, T., Yoshikawa, M., Itoh, J., Ujike, O., Miyoshi, M. and Takemura, K. (2013) Along-arc geochemical variations in Quaternary magmas of northern Kyushu Island, Japan. In *Orogenic Andesites and Crustal Growth* (Gomez-Tuena, A., Straub, S.M. and Zellmer, G. F. eds), *Geol. Soc. London, Special Publications*, **385**, 15-29.
- Suzuki, Y. and Nakada, S. (2007) Remobilization of highly crystalline felsic magma by injection of mafic magma: Constraints from the middle sixth century eruption at Haruna Volcano, Honshu, Japan. *Journal of Petrology*, **48**, 1543-1567.

1-05 大量マグマの蓄積による地殻変動と歪・応力の推定

藤田詩織（九州大学大学院）・清水 洋（九州大学）

An estimation of crustal displacement, strain and stress
in case of huge magma accumulation in the crust

S. Fujita (Grad. Science, Kyushu Univ.), H. Shimizu (Kyushu Univ.)

一度に数 100km^3 以上のマグマを噴出し、カルデラを形成するような巨大噴火は世界中の火山で過去何度も発生してきた。さらに Takada (1999) は火山のマグマ噴出量と蓄積量の比を示し、噴出した数倍のマグマがマグマだまりに依然として蓄積されている可能性を指摘している。しかしながら、このような大量のマグマがどのように地殻内に蓄積するのかについてはこれまでほとんど考察がなされていない。

Druitt *et al.* (2012) は Santorini 火山の噴出物中の斜長石について Mg の組成解析を行い、噴火前 100 年程度の短時間で 10 km^3 の大量のマグマが蓄積した可能性を示した。この結果が正しいと仮定すると、こうした急激なマグマ蓄積による地殻の応答は弾性体の変形として扱うことができる。なぜなら、地殻を粘弾性体と考えた場合の応力緩和時間に比べ、マグマ蓄積に要した時間がはるかに短いためである。しかし、大量のマグマが短時間に地殻内に蓄積する場合、地殻を弾性体とみなすことが実際に可能だろうか？

そこで、本研究は地殻を弾性体と仮定した上で、地殻に一度に 10 km^3 程度のマグマを蓄積させて有限要素法による数値計算を行う。結果の歪み量と地殻の限界歪み $10^{-5}\sim 10^{-4}$ (Rikitake, 1975) を比較することで、地殻が弾性体として塑性変形や脆性破壊を起こすことなく、わずかな時間に大量のマグマを溜め得ることができるかについて検証する。

地殻を均質等方な媒質であり、 $\lambda=\mu=40$ GPa と仮定する。モデルの地表面は自由表面にし、外周面および底面は全方向の変位を 0 に固定した（図 1）。マグマだまりの形状については、球状および平たい回転楕円体のシル状の 2 種類を考え、上端の深さは全て 5 km に統一した。

実際のマグマだまりにマグマが新たに蓄積する場合を考えると、マグマは Mogi (1958) や Okada (1992) 等の解析解で前提とされているように 0 から蓄積するよりは、すでに蓄積されているある程度の大きさのマグマだまりに新たに付け加わる形でマグマが蓄積すると考える方が自然である。本発表ではこうした「マグマが新たに付け加わる前に既に存在していたマグマ溜まりの体積」を初期体積と呼び、初期体積の有無が地殻の変形や歪み・応力にどう影響するかについても考察する。

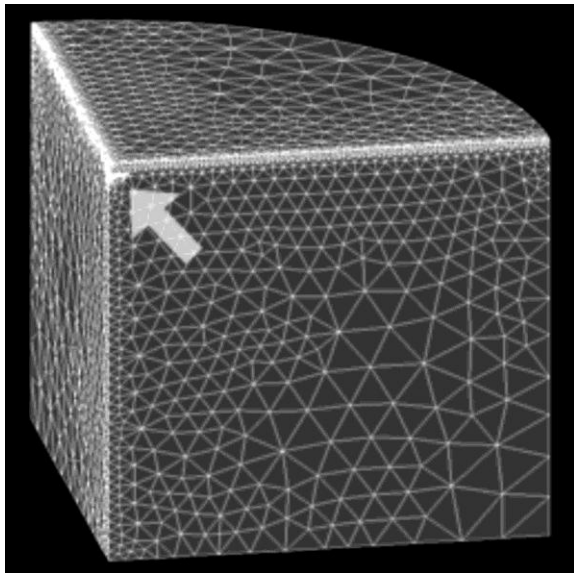


図 1 有限要素法モデルの全体像

モデルは円柱を 1/4 に切った形であるが、切断面に対称境界条件を設定しているため、360°円柱モデルと同じ結果になる。また、モデルの半径および高さをマグマだまりから十分遠い位置に取ることによってモデル端が結果へ及ぼす影響を最小限に抑えている。マグマだまりは矢印の位置。

1-06 火山地域における Sentinel-1 による干渉 SAR 解析

稲倉 寛仁 (西日本技術開発)

Volcano monitoring by Sentinel-1 interferometry

H. Inakura (West Japan Engineering Consultants, Inc.)

2014 年、2 つの衛星が相次いで打ち上げられた。我が国の宇宙航空研究開発機構 (JAXA ; Japan Aerospace Exploration Agency) の ALOS-2 と欧州宇宙機関 (ESA ; European Space Agency) の Sentinel-1 である。いずれの衛星も干渉 SAR のセンサーを搭載しており、世界が注目している衛星である。差分干渉 SAR (DInSAR) による解析は、広範囲の地表の変化を面的に捉えることができ、火山体の膨張・収縮や地震による活断層のずれの検出に幅広く利用されている。干渉 SAR のセンサーは、照射するレーダの波長の長さによって、L バンド、C バンド、X バンドの 3 種類に分類される。波長の長い L バンドの方が透過能力は高いため、照射される波が樹木の葉を通過し真の地表面に達し、C バンド、X バンドと波長が短くなるにつれ透過能力が落ちると言われている。このため L バンドを搭載した ALOS-2 は、樹木の多い日本を解析するには最適の衛星である言われており、国産の衛星ともあって日本の研究者はこぞって ALOS-2 を利用している。もっとも研究者には ALOS-2 のデータが無料で公開されているという面もあるが、民間の場合はワンシーン 8 万円も請求される。DInSAR では異なる 2 時期のデータが必要となるため、1 回の解析で少なくとも 16 万円もの出費となる。これに加え解析用のソフトウェアは、商用のものであると多額の費用がかかる。このような経済的側面が ALOS-2 利用の障壁となっている。一方、Sentinel-1 は研究者、民間を問わずユーザー登録さえすれば、全世界のデータを無料で利用することが出来る^{*1}。それに加え、解析用のソフトウェアも無料で公開している^{*2}。Sentinel-1 のセンサーは ALOS-2 より波長の短い C バンドであるが、火山がある地域というのは往々にして火口近辺を中心に植生に乏しい場合が多いため、C バンドでも十分解析可能であると考えられる。また波長が短い分、地表のより小さな変状の捉えることができる。実際に Sentinel-1 を使って桜島の昨年 8 月 15 日の異常前後の DInSAR 解析を行ったところ、良好な解析結果が得られた (Fig)。こうして取り上げるといいところ尽くしの Sentinel-1 であるが欠点もある。その一つとして、解析解像度が粗いため狭い領域の地表変状の検出には向かない点がある。箱根火山の昨年活動期前後の DInSAR 解析を行ったところ、ALOS-2 で得られていたような解析結果は得られなかった。Sentinel-1 にも ALOS-2 と同等の高解像度モードもあるらしいが、そのデータはあまり流通していないようだ。また、フリーの宿命であるが、データの品質が保証されていない点もある、Sentinel-1 の公開初期のデータはバグを含んでいたため、ほとんど干渉しなかった。この点は 2015 年の 8 月頃に大幅に改善されたが、それでもまれに

バグの含んだデータがあるようだ。また、開発初期のデータと現時点のデータでは干渉しないようだ。この点はフリーのソフトウェアを利用する時の心得と同じく、フリーのものというのは決して「タダ」ではなくユーザーは異常を開発者に報告する義務があるということを十分に認識しておく必要がある。Sentinle-1 にもコミュニケーションの場として掲示板*3 が存在し、日々ユーザーと開発者の意見交換がなされている、Sentinle-1 は強力な火山モニタリングツールであり、上記の点を十分理解した上で日本国内でも幅広い利用が望まれる。

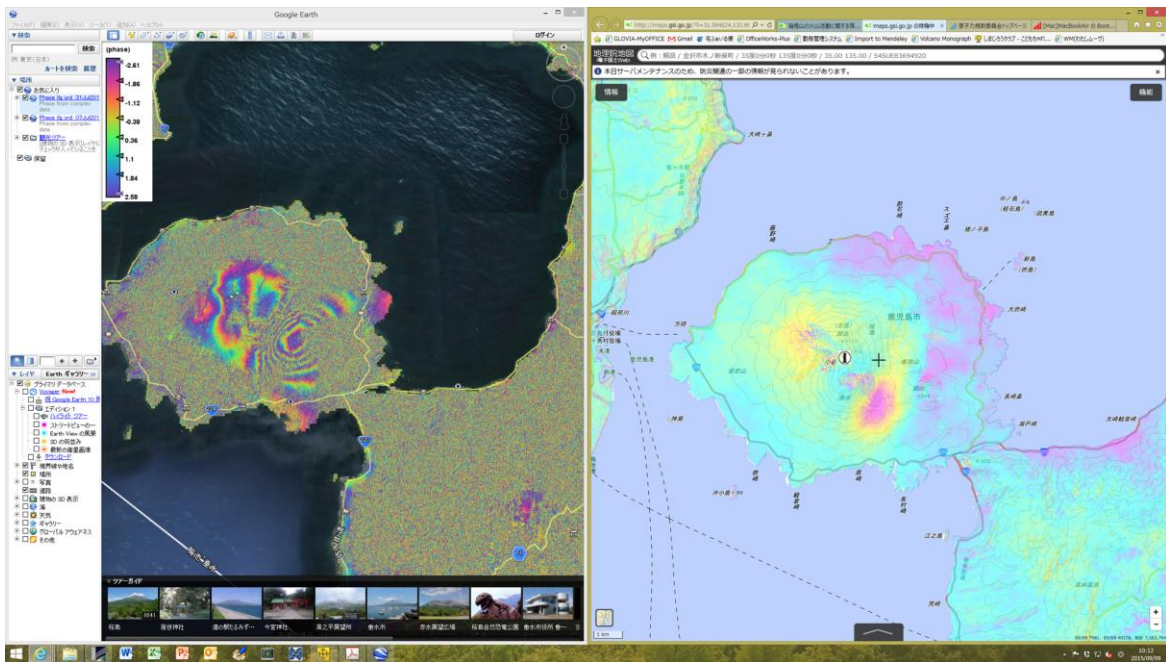


Fig. InSAR result using Sentinel-1(2015/7/31~2015/8/24:left) and ALOS-2(2015/7/22~2015/8/17:right) for Sakurajima area, Kyushu, Japan

*1 <https://scihub.copernicus.eu>

*2 <http://step.esa.int/main/download/>

*3 <http://forum.step.esa.int>

1-07 フィリピン，ルソン島中央部のパイタン湖のコア試料の層序と年代

山崎圭二¹・鳥井真之²・中西利典³・エリクソン バリソ⁴・ダニコ リベラ⁴・
ロブ リム⁴・キャシー パガイ⁴・アルトロ ダアグ⁴・中村俊夫⁵・鹿島 薫⁶・
檀原 徹⁷・ホン ワン⁸・奥野 充^{1,3}

Stratigraphy and age of cored sediments from Paitan Lake, central Luzon, Philippines

K. Yamasaki¹, M. Torii², T. Nakanishi³, E. Bariso⁴, D. J. Rivera⁴, R. Lim⁴, C. Pogay⁴,
A. Daag⁴, T. Nakamura⁵, K. Kashima⁶, T. Danhara⁷, W. Hong⁸ and M. Okuno^{1,3}

¹ Graduate School of Science, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

² IRESC, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, Kumamoto 860-8555, Japan

³ ACRIFIS-EHAI, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

⁴ Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS), Diliman, Quezon City, 1101, Philippines

⁵ Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

⁶ Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

⁷ Kyoto Fission-Track Co. Ltd., Kita-ku, Kyoto 603-8832, Japan

⁸ Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources (KIGAM), Daejeon, 305-350 Republic of Korea

フィリピン共和国ルソン島，ルソン中央平原北部の Paitan 湖は，Amorong 単成火山群のタフリングであり（守屋ほか，2014），ピナツボ火山から約 90 km 北東に位置する（Fig. 1）．この湖の表面積は 0.8 km²，流域面積は 38.5 km²で，北側に幅 2～3 m の流出河川があるのみである（Fig. 2）．ルソン島におけるテフラ層序を確立するために，Paitan 湖畔の隣接する地点から 2 つのボーリング・コア試料 PPL-1（深度 13 m）と PPL-2（深度 28 m）を採取した（鳥井ほか，2015）．これらのコア試料は，深度 0～3 m の泥層と泥炭の互層と深度 3～28 m までの黒色泥層の 2 つに区分できる（Fig. 3）．6 枚のテフラ層がコア試料から確認され，岩石記載分析を京都フィッシュントラック社に依頼した．さらに潜在テフラを検出するために，2 cm 間隔で初磁化率測定を行った．ボーリング・コア試料の堆積構造や採取時の変形構造を解釈するために軟 X 線写真を撮影した．環境変遷を議論するため，20 cm 間隔で珪藻群集分析を行った（Fig. 4）．CN コーダーを用いて，コア試料の炭素（C）と窒素（N）含有量を測定した．Nakanishi *et al.*（2015）は，深度 1.5 m～13.4 m で 7 点の植物片を採取し，韓国地質資源研究院（KIGAM）の加速器質量分析計（AMS）により放射性炭素（¹⁴C）年代を測定し，約 1600～9500 cal

BP の年代を得た。詳しくコア試料の堆積年代を見積もるため、名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究部および(株)加速質量分析研究所の AMS により 12 点 (28.00 m, 26.84 m, 25.76 m, 22.86 m, 20.90 m, 17.66 m, 13.66 m, 13.42 m, 11.82 m, 7.88 m, 6.96 m, 4.72 m) の有機質堆積物の ^{14}C 年代を測定した (Table 1) 。暦年較正の結果を Fig. 3 に示す。

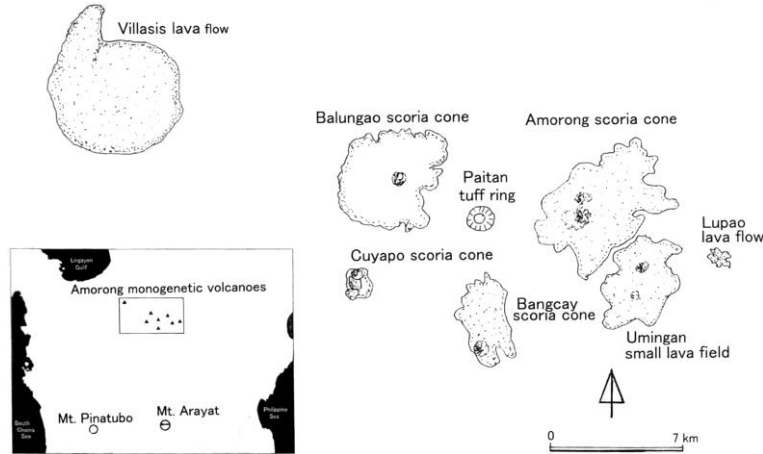


Fig. 1. Geomorphological map of the Amorong monogenetic volcanoes (after Moriya, 2014).



Fig. 2. Satellite image of Paitan Lake showing drilling site (after Google map).

植物片(Nakanishi *et al.*, 2015) と比較するために、深度 13.42 m, 7.88 m, 4.72 m の 3 点の ^{14}C 年代値を得た。深度 13.42 m と 4.72 m は近い年代値が得られたが、深度 7.88 m では有機質堆積物が約 2.5 kyr 古い値を示す。一方、有機質堆積物を用いた田代ほか (2015) は、深度 10.25 m から 9396-9486 cal BP が得られ、整合的な結果を示す。一方、深度 4.72~0.00 m では、植物片を用いた吉田ほか (2011) および Nakanishi *et al.* (2015) で堆積速度の低下が認められる。

珪藻群集分析では、深度 0~1.2 m では珪藻が検出されず、深度 1.4~1.6 m で付着性珪藻が確認された。深度 2.8 m にかけては珪藻が出現せず、深度 3.2 m から淡水中に生息する浮遊性珪藻である *Aulacoseira* 種が出現した。また、深度 25 m でのみ淡水中に生息する浮遊性珪藻である *Cyclotella* が出

現した. 深度 24.8~25 m での 2 cm 間隔の珪藻分析でも *Aulacoseira* から *Cyclotella* への連続的でスムーズな優占種の変化が見られた. 上記の珪藻群集分析より, 0.00~3.00m (現在~約 2300 cal BP) は沼沢もしくは泥炭地であり, 3.20~28.00 m (約 2300 cal BP~約 22,400 cal BP) は淡水湖沼であったことが推定される. 深度約 25 m (約 19,800 cal BP) で確認される *Cyclotella* の出現は, CN 分析 (Fig. 5) における炭素および窒素の含有量が多くなる深度と対応している. 今後このようなイベントが生じた要因についての議論が必要である.

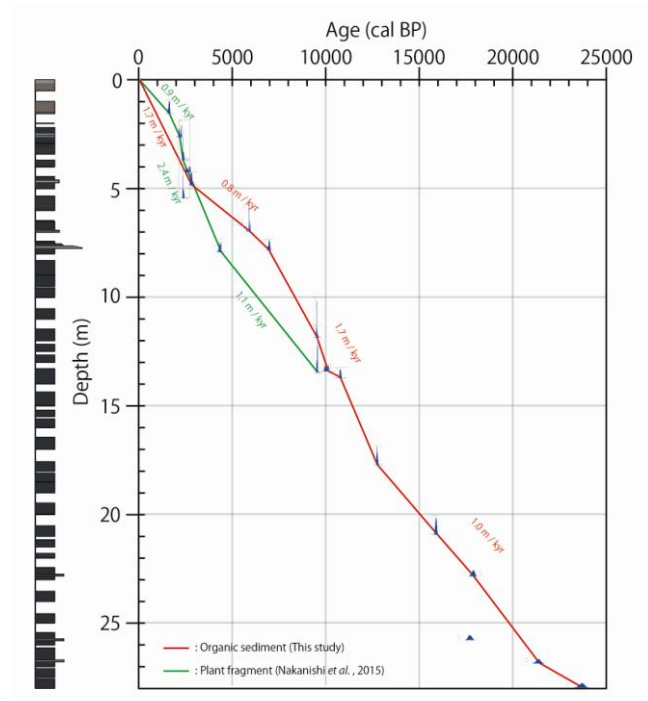


Fig. 3. Depth versus age diagram

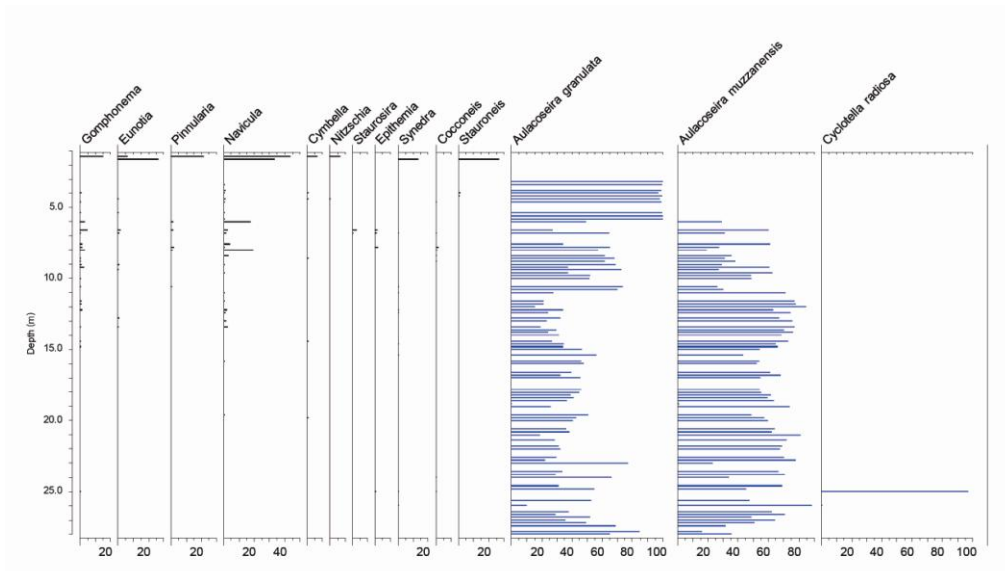


Fig. 4. Diagram showing diatom assemblage of Paitan Lake

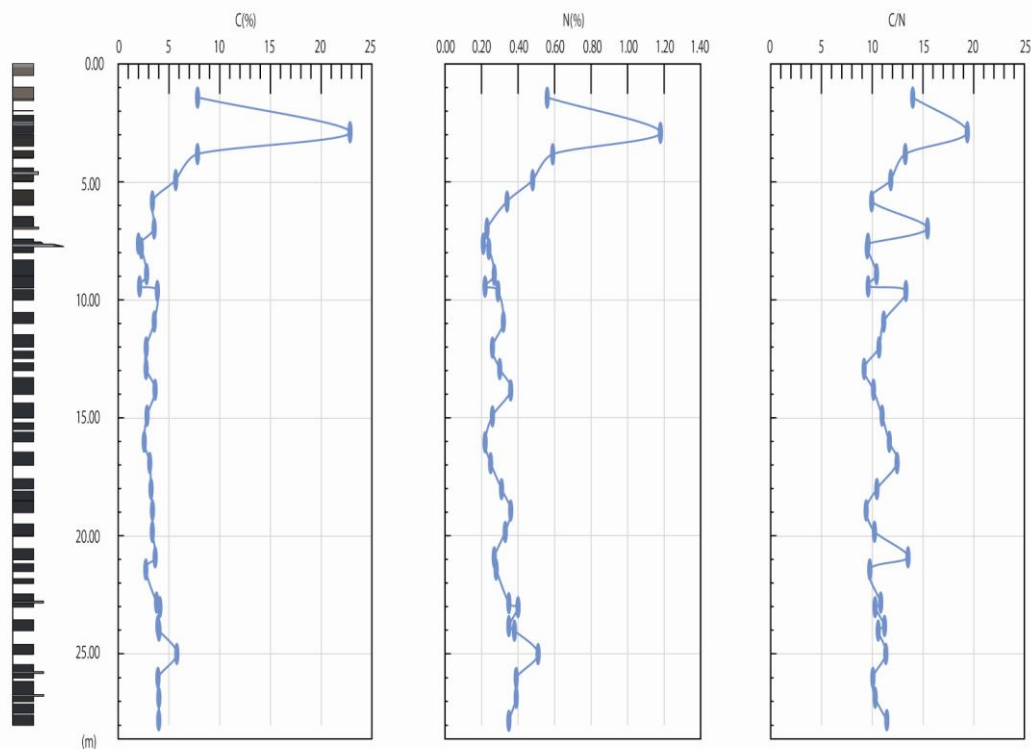


Fig. 5. Organic carbon and total nitrogen of the cored sediments

Table 1. Results of ¹⁴C dating.

Depth(m)	Material	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	¹⁴ C date (BP)	Lab code	Calibrated age range (cal BP) (2 σ probability %)	Reference
1.51	Plant fragment	-28.2	1740±30	KGM-OTq150724	1566 - 1713 (100.0%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
2.63	Plant fragment	-23.1	2170±30	KGM-OTq150725	2066 - 2082 (2.5%) 2106 - 2213 (46.6%) 2218 - 2309 (50.9%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
3.68	Plant fragment	-23.2	2360±30	KGM-OTq150726	2332 - 2468 (99.2%) 2478 - 2483 (0.8%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
4.35	Plant fragment	-25.6	2460±30	KGM-OTq150727	2365 - 2367 (0.3%) 2377 - 2621 (68.9%) 2627 - 2707 (30.8%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
4.72	Orqanic sediment	-24.1	2734±39	NUTA2-23787	2785 - 2892 (95.6%) 2904 - 2923 (4.4%)	This study This study
5.45	Plant fragment	-28.8	2360±30	KGM-OTq150728	2332 - 2468 (99.2%) 2478 - 2483 (0.8%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
6.96	Orqanic sediment	-25.7	5153±37	NUTA2-23786	5757 - 5822 (19.3%) 5882 - 5991 (80.7%)	This study This study
7.88	Orqanic sediment	-21.6	6044±37	NUTA2-23785	6791 - 6989 (100.0%)	This study
7.93	Plant fragment	-17.6	3920±30	KGM-OTq150730	4248 - 4278 (6.5%) 4280 - 4428 (93.5%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
11.82	Orqanic sediment	-23.1	8570±43	NUTA2-23784	9479 - 9607 (99.9%) 9619 - 9629 (0.1%)	This study This study
13.41	Plant fragment	-15.5	8560±40	KGM-OTq150731	9477 - 9560 (99.2%) 9574 - 9581 (0.8%)	Nakanishi <i>et al.</i> (2015) Nakanishi <i>et al.</i> (2015)
13.42	Orqanic sediment	-19.4	8933±42	NUTA2-23783	9914 - 10,100 (64.4%) 10,108 - 10,200 (35.6%)	This study This study
13.66	Orqanic sediment	-20.3	9430±43	NUTA2-23781	10,525 - 10,527 (0.2%) 10,554 - 10,768 (99.8%)	This study This study
17.66	Orqanic sediment	-20.9	10,867±47	NUTA2-23780	12,691 - 12,813 (100.0%)	This study
20.90	Orqanic sediment	-21.6	13,248±57	NUTA2-23779	15,725 - 16,124 (100.0%)	This study
22.86	Orqanic sediment	-18.1	14,674±49	IAAA-150827	17,681 - 18,022 (100.0%)	This study
25.76	Orqanic sediment	-20.3	14,520±62	NUTA2-23778	17,503 - 17,908 (100.0%)	This study
26.84	Orqanic sediment	-21.5	17,667±54	IAAA-150828	21,107 - 21,617 (100.0%)	This study
28.00	Orqanic sediment	-21.6	19,692±78	NUTA2-23777	23,467 - 23,979 (100.0%)	This study

Reference

- Moriya, I. (2014) Evolution and classification of volcanic edifices on the Philippine Islands. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **123**, 89-122. (in Japanese with English Abstract)
- Nakanishi, T., Torii, M., Yamasaki, K., Bariso, E., Rivera, D.J., Lim, R., Pogay, C., Daag, A., Hong, W. and Okuno, M. (2015) Tephrostratigraphy and radiocarbon ages of sediment from Paitan Lake at the northern part of Luzon Central Plain, Philippines. *Abstract Volume, 22nd International Radiocarbon Conference*.
- 田代 崇・Collado, M.B.・渡邊眞紀子・森島 濟 (2015) フィリピン・ルソン島中央平原パイタン湖における完新世の湖底堆積物の粒度変化と古植生. *第四紀研究*, **54**, 87-95.
- Torii, M., Bariso, E., Rivera, D.J., Lim, R., Pogay, C., Daag, A., Nakanishi, T., Yamasaki, K. and Okuno, M. (2015) Boring cored sediment from Paitan Lake, central Luzon, Philippines. *Program & Abstracts of the 5th Meeting of AIG Collaborative Research Institute for International Study on Eruptive History and Informatics, Fukuoka University and 9th Meeting of West Japan Volcanism Research Group*, 62-63. (in Japanese)
- 吉田真弥・高岡貞夫・森島 濟・Collado, M.B. (2011) 植物珪酸体分析からみたルソン島中央平原パイタン湖における過去およそ 2500 年間の植生変遷. *地理学評論*, **84**, 61-73.

1-08 大峰スコリア中のメルト包有物の化学組成：
阿蘇-4 火砕噴火直前のマグマ供給系

椎原 航介・長谷中 利昭 (熊本大)
安田 敦・外西 奈津美 (東大地震研)
森 康 (北九州自然史・歴史博物館)

Composition of melt inclusions in minerals of Omine scoria:
Magma supply system prior to Aso-4 pyroclastic eruption

K. Shiihara, T. Hasenaka (Kumamoto Univ.),
A. Yasuda, N. Hokanishi (ERI, Univ.Tokyo),
Y. Mori. (Kitakyusyu Museum of Natural and Human History)

阿蘇-4 火砕噴火直前にカルデラ縁西方 5 km で、大峰火砕丘の形成とそれに伴う高遊原溶岩の流出が起こり、比高 200 m の火砕丘と厚さ約 100 m、表面積 28 km² の塊状溶岩からなる溶岩台地を形成した。阿蘇-4 テフラは土壌をはさまずに高遊原溶岩を覆っており、高遊原溶岩の流出と阿蘇-4 火砕噴火の時間間隙がほとんどないことがわかる。また、阿蘇-4 火砕流の溶結凝灰岩に対して 89±7 ka、高遊原溶岩に対して 90±4 ka の K-Ar 年代測定値が報告されている (松本ほか, 1991)。阿蘇-4 軽石と高遊原溶岩は共に普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石デイサイトで似通った化学組成であるが、前者が爆発的な噴火を起こしたのに対し、後者は対照的に流出的な噴火を起こした。

本研究では大峰スコリア試料を採取し、大峰スコリア中の斜長石・輝石に含まれるメルト包有物の組成および揮発性成分の含有量を東京大学地震研究所の EPMA 装置および FT-IR 分光光度計を使用して測定し、阿蘇-4 火砕流堆積物のサブユニットの軽石中の鉱物に含まれるメルト包有物組成と比較した。

大峰スコリア中の鉱物に含まれるメルト包有物は比較的狭い組成範囲 (SiO₂=68~70 wt.%) に集中し、阿蘇-4 サブユニットに含まれる軽石に含まれるメルト包有物 (SiO₂=71~74 wt.%) と比較すると、MgO, FeO* (全鉄), TiO₂, P₂O₅ に富み、異なる組成トレンドを示した。大峰スコリアのメルト包有物は揮発性成分である SO₃ の値も阿蘇-4 軽石より富むが、H₂O 含有量は 1~2wt.% のものが多く、阿蘇-4 軽石 (3~5wt.%) よりも低いことが、対照的である。また、石基ガラスとメルト包有物の揮発性成分を比較すると、Cl はほぼ同じであるが SO₃ は石基ガラスのほうが少ない。石基ガラスの組成 (SiO₂=69~74wt.%) はメルト包有物の SiO₂ の値よりも多いことから、大峰スコリアの鉱物中のメルト包有物は初期のマグマ溜りの組成を保持していると考えられる。

大峰スコリアの斜長石斑晶組成は $An_{52}-An_{58}$ でユニモーダルな分布を示した。阿蘇-4 火砕流堆積物の斜長石斑晶組成はユニットごとに変化しており (山崎ほか, 2015), 大峰スコリアの斜長石の組成に近い値をとるものも含むが, 大峰スコリアの斜長石斑晶と同じような組成を持ち, かつユニモーダルな分布を示す阿蘇-4 のユニットはなかった。

阿蘇-4 火砕流堆積物と高遊原溶岩の全岩化学組成を比較すると, 高遊原溶岩の化学組成の変化トレンドが阿蘇-4 と一部重なるが, 互いに異なっている (黒川ほか, 2014)。今回の大峰スコリアのメルト包有物の測定結果によって, 大峰スコリア丘の噴火, 高遊原溶岩の流出が, 阿蘇-4 巨大マグマ溜まりとは異なったマグマ供給系によることが確認できた。

引用文献

黒川聖・長谷中利昭・森康 (2014) 阿蘇-4 大規模火砕噴火直前および初期噴出物の鉱物組成. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会講演要旨, SVC54-10
 松本哲一・宇都浩三・小野晃司・渡辺一徳 (1991) 阿蘇火山岩類の K-Ar 年代測定 - 火山層序との整合性と火砕流試料への適応 -. 日本火山学会 1991 年度秋季大会講演予稿集, 73
 山崎秀人・長谷中利昭・安田敦 (2015) 斜長石およびメルト包有物組成からみた阿蘇-4 火砕流マグマ溜りの層構造. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会講演要旨, SVC47-06

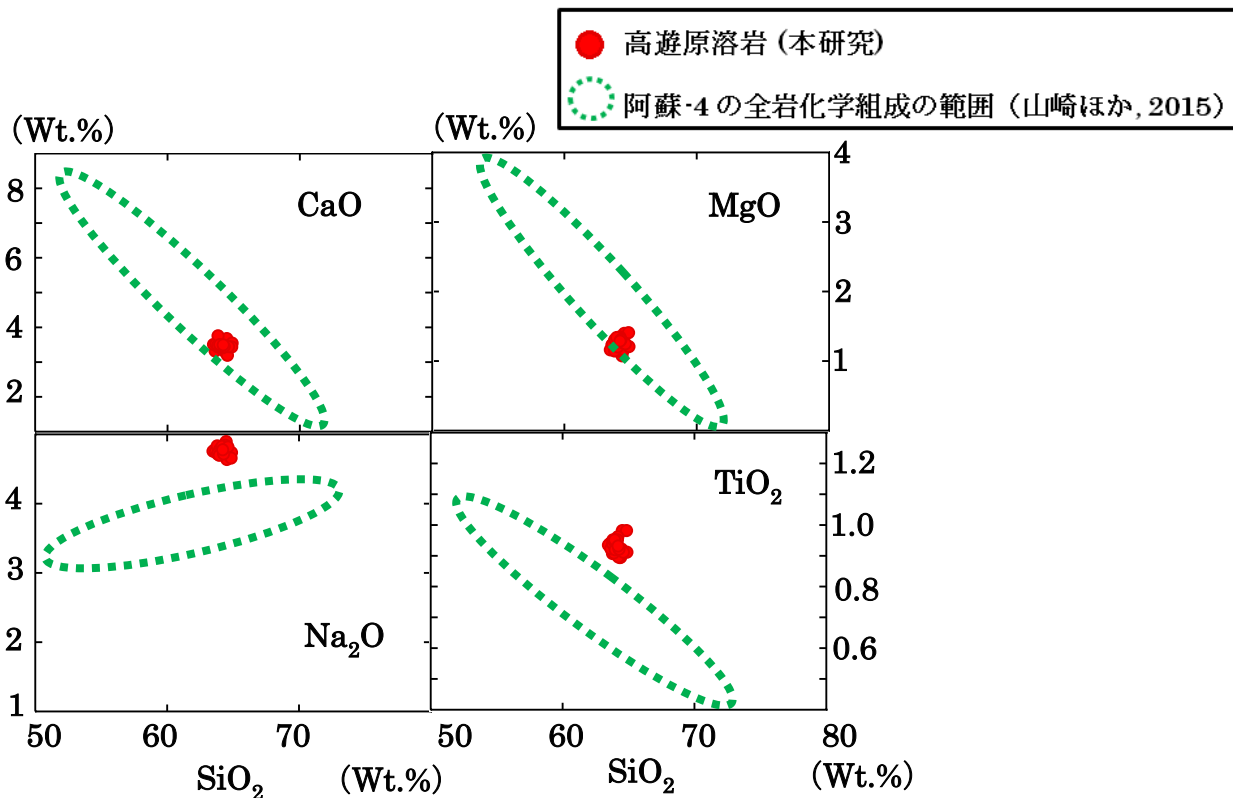


図1 全岩化学組成 高遊原溶岩 vs 阿蘇-4 テフラ

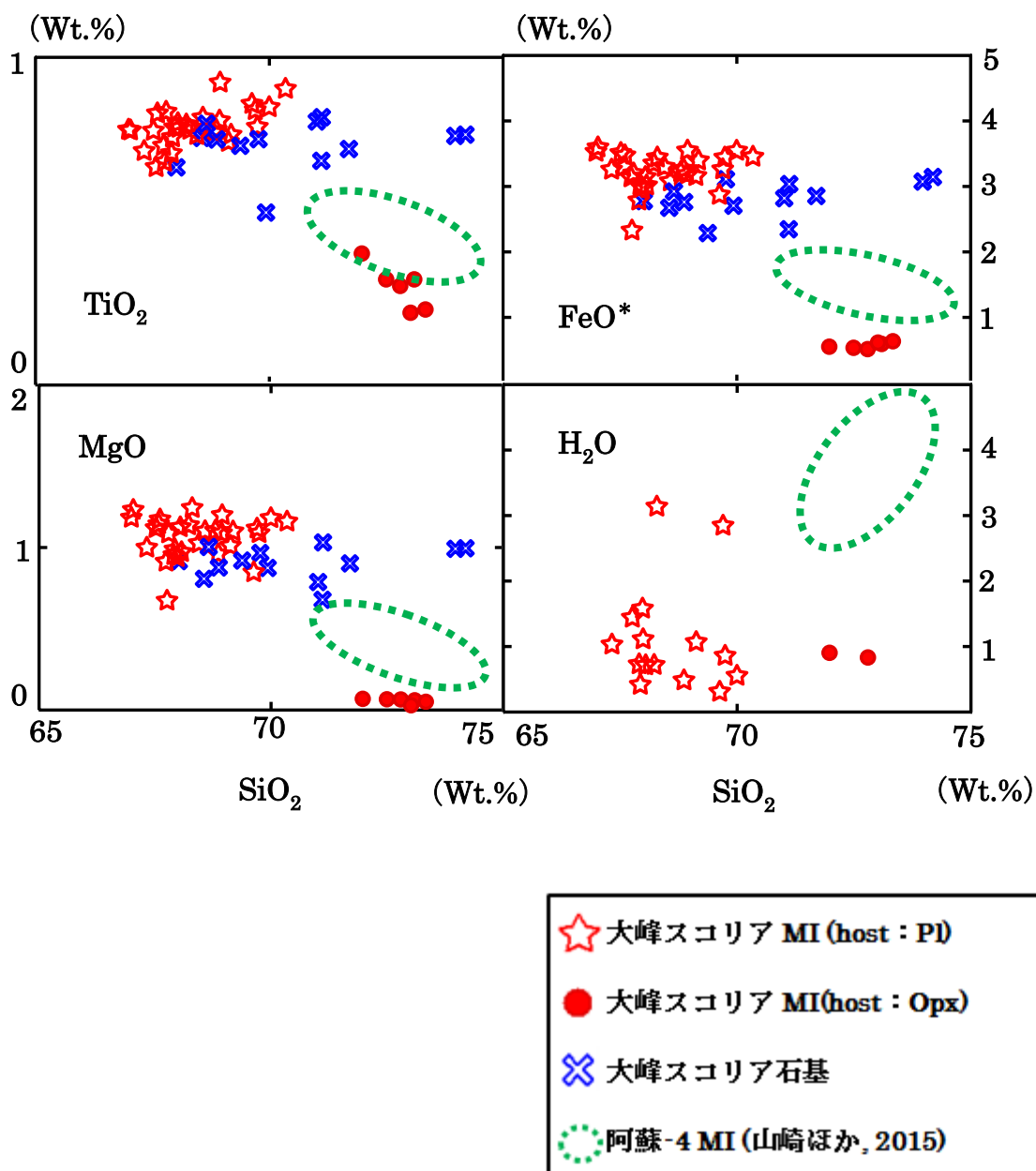


図 2 大峰スコリア中の斜長石・輝石に含まれるメルト包有物の組成 ハーカー図. 阿蘇-4 のメルト包有物の組成範囲は斜長石, 輝石でほとんど変わらないため1つの点線でそれぞれの領域を示している.

1-09 阿蘇中央火口丘群北西部完新世火山噴出物の組成変化： 磁気層序との対比

川口允孝・長谷中利昭・弥頭隆典・玉井佑弥（熊本大）・
望月伸竜（熊本大学大学院先端機構）・森 康（北九州自然史歴史博）

Compositional variation of Holocene volcanic products
from the northwestern part of Aso central cones: correlation with magneto-stratigraphy

Masataka KAWAGUCHI, Toshiaki HASENAKA, Takanori YATO,
Yuya TAMAI (Kumamoto Univ.), Nobutatsu MOCHIZUKI (Priority Organization for
Innovation and Excellence, Kumamoto University),
Yasushi MORI (Kitakyushu Museum of Natural History & Human History)

阿蘇中央火口丘群の過去約1万年間の活動は現在活動中の中岳と北西部に集中している。（三好ほか，2013）。近年テフラ層序学的研究によって基本層序が確立されつつある（宮縁育夫，2010；宮縁・渡辺，1997）。弥頭ほか（2013）と玉井（2015MS）は古地磁気方位を測定することで阿蘇中央火口丘群の杵島岳・往生岳・米塚の溶岩流が複数のユニットからなることを明らかにした。また同時期噴火の可能性や最低でも70-180年の時間間隙をもって溶岩流出があったことを指摘し，5つの噴出期から成る古地磁気層序を提案した。噴火活動において70-180年の時間間隙があれば，化学組成や鉱物組み合わせが変化している可能性は十分ある。パリクテン火山（メキシコ）の噴出物は活動していた1943-1952年の約10年間でOlivine-bearing basaltic andesite (55wt.% SiO₂)からOrthopyroxene andesite (60wt.% SiO₂)へ化学組成および鉱物組み合わせが変化した（Wilcox, 1954）。また桜島火山の噴出物は文明噴火（1471-76年）以降，時代とともにより苦鉄質な組成へ系統的に変化していることが報告されている（中川ほか，2011）。そこで彼らが古地磁気方位によって区別した溶岩流の岩石記載と化学分析を行い，マグマ組成の時間変化，同時噴火噴出物の噴出源による違いについて検討した。分析値については弥頭ほか（2013）が古地磁気方位を測定したサイトの試料（平川ほか，2014）のデータと本研究によって得られたデータを用いた。

全岩の蛍光X線分析の結果，杵島岳・往生岳・米塚の玄武岩質溶岩は組成に違いがあり，同時期に活動した溶岩も区別する事ができた。杵島岳・米塚・往生岳溶岩の組成は全体として51.0-53.5 wt.% SiO₂の範囲に収まるが，FeO*/MgOが1.7-2.3，Rbが30-60 ppmの範囲で変化する。米塚，往生岳溶岩の組成は全噴出期を通してほとんど組成が変化していない。各溶岩は各噴出期内でわずかに組成変化を示

すが、誤差の範囲である。杵島岳溶岩は噴出期 1 と噴出期 3 で明瞭に異なる組織と組成を示す。一方は米塚溶岩とよく似た特徴を示し、組織はインターグラニューラー、他方はインターサータル組織である。化学組成は SiO_2 (wt.%) で約 1%, FeO^*/MgO 比で約 0.4 の組成ギャップがある。斑晶組み合わせは全ステージを通して同じであった。

分化の指標である Rb 量, FeO^*/MgO 比変化図では同様のトレンドを示すことが期待されるが、往生岳・米塚溶岩ではわずかに異なる 2 つのトレンドを示し、その組成変化と親子関係が一致しない。このことから起源がわずかに異なる 2 つの親マグマとその結晶分化の産物が存在する可能性が考えられる。

引用文献

- 平川雄一郎・長谷中利昭・望月伸竜・森康 (2014) 阿蘇中央火口丘群, 完新世火山噴出物の岩石記載, 化学組成と古地磁気層序の対比. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SVC53-P03.
- 宮縁育夫・渡辺一徳 (1997) 埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代からみた完新世火山テフラの噴出年代. 火山, **42**, 403-408.
- 宮縁育夫 (2010) 阿蘇火山, 米塚の噴火年代. 火山, **55**, 219-225.
- 三好雅也・宮縁育夫・新村太郎・角野浩史 (2013) 中部九州阿蘇地域における長期的な火山活動変遷. 月刊地球, **62**, 168-176.
- 中川光弘・松本亜希子・宮坂瑞穂・富樫泰子・井口正人 (2011) 桜島火山の噴火活動様式とマグマ供給系の 20 世紀からの変化とその意義. 京都大学防災研究所, 桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究 (課題番号 1809) **2010 年**, 14.
- 玉井佑弥 (2015MS) 阿蘇中央火口丘群北西部における溶岩流の古地磁気学的研究. 平成 26 年度熊本大学理学部卒業論文, 55p.
- Wilcox, R. E. (1954) Petrology of Paricutin volcano, Mexico. US Geological Survey Bulletin **965C**, 281-353.
- 弥頭隆典・望月伸竜・宮縁育夫・久保田恭平・渋谷秀俊 (2013) 阿蘇中央火口丘群における完新世火山噴出物の古地磁気学的研究. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 予稿集, SEM36-06.

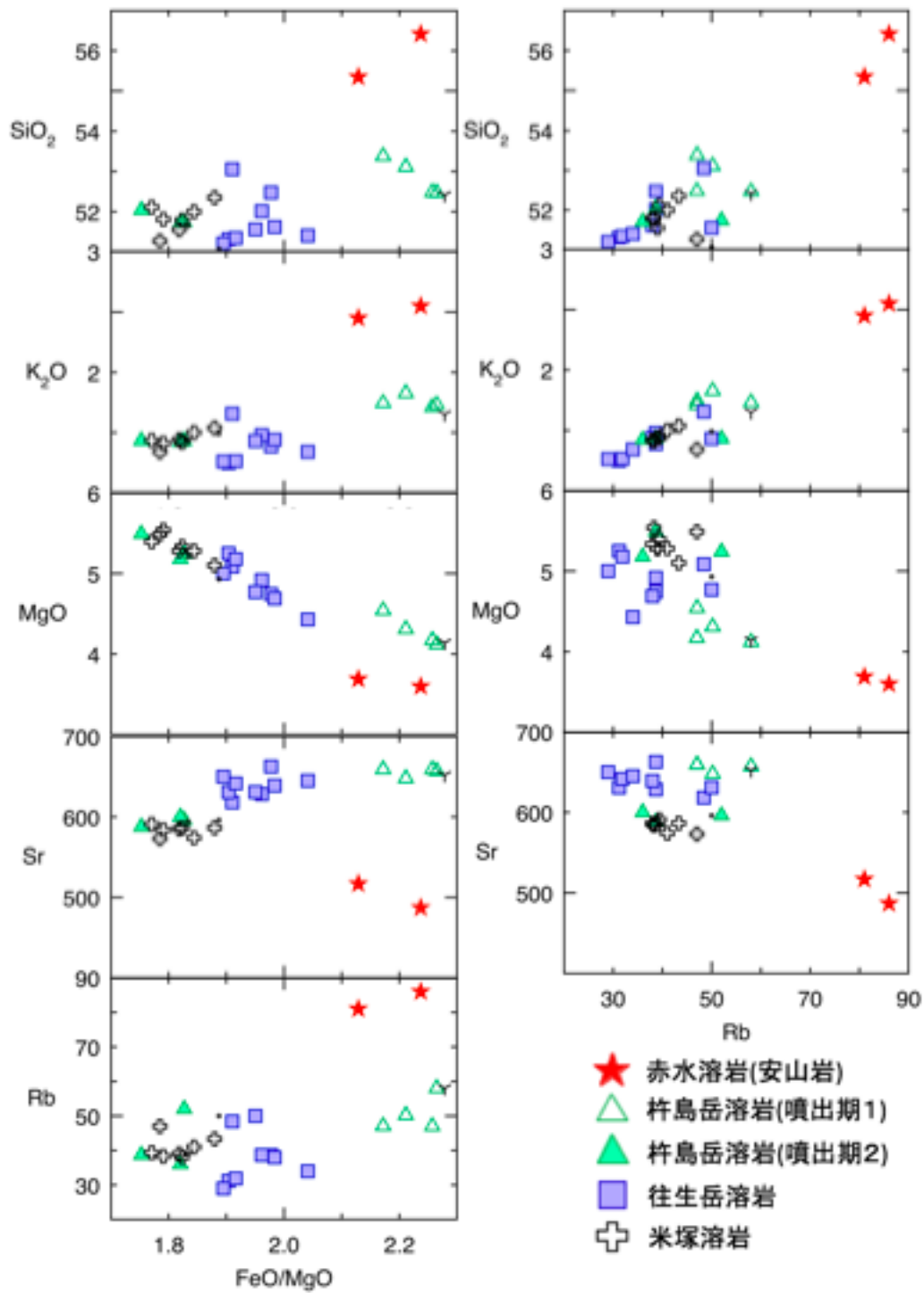


図1. 全岩化学組成分析の結果

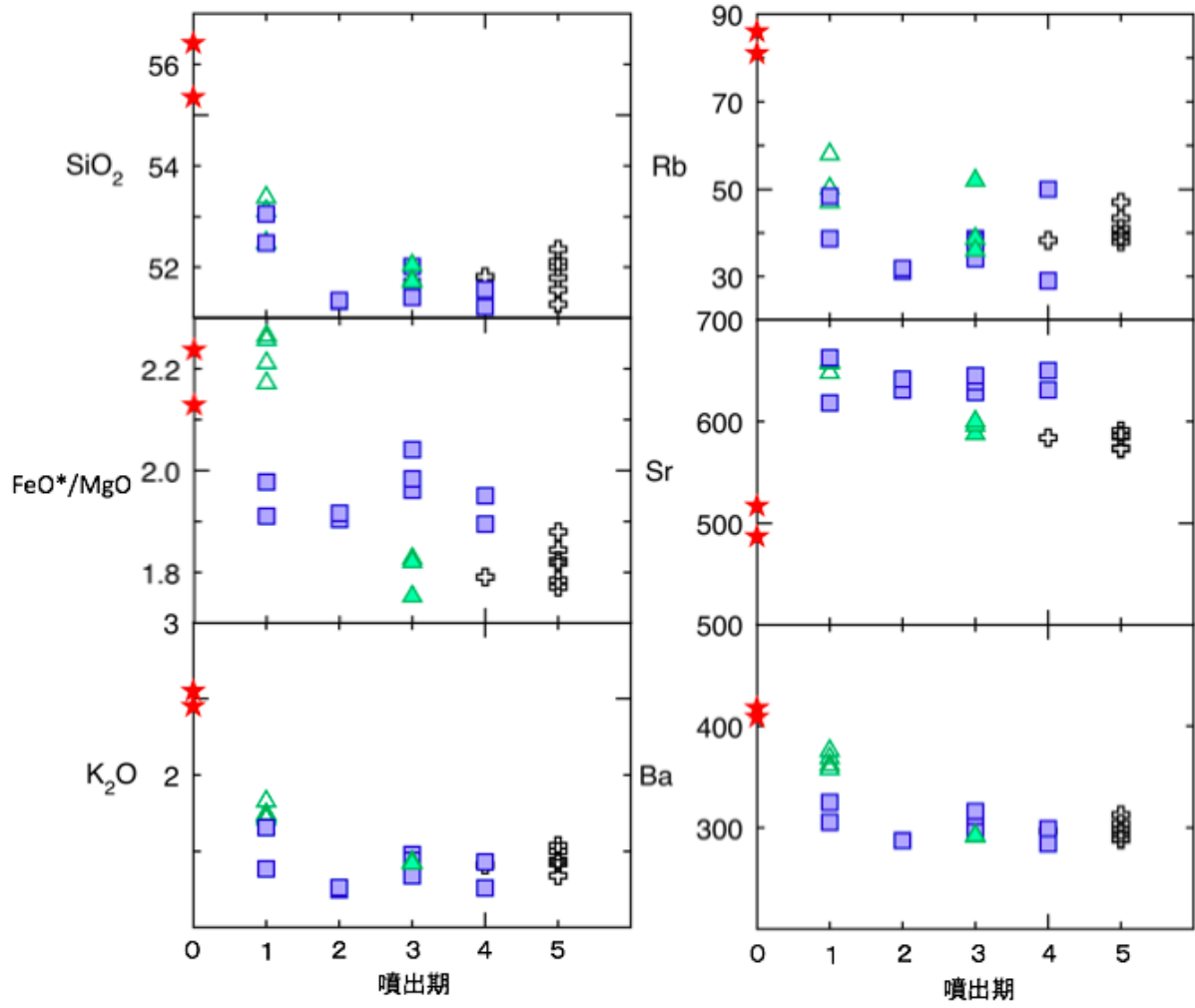


図2. マグマ組成の時間変化. 赤水溶岩は K-Ah テフラ (7.3ka) より上位だが年代が不明なため噴出期0とした.

1-10 バリ島北部, バツールカルデラのペネロカン噴火の推移

小林哲夫¹・アグン ハリジョコ²・アイ ワヤン ワルマダ²・渡邊公一郎³・
永田知研³・中村俊夫⁴・田口幸洋^{1,5}・奥野 充^{1,5}

Eruptive Sequence of Penelokan Eruption of the Batur Caldera, North Bali, Indonesia

T. Kobayashi¹, A. Harijoko², I.W. Warmada², K. Watanabe³, T. Nagata³, T. Nakamura⁴,
S. Taguchi^{1,5} and M. Okuno^{1,5}

¹ ACRAFIS-EHAI, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

² Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Jl. Grafika No. 2
Yogyakarta 55281 DI Yogyakarta, Indonesia

³ Department of Earth Resources Engineering, Faculty of Engineering, Kyushu University, Nishi-ku, Fukuoka
819-0395, Japan

⁴ Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

⁵ Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan

インドネシア, バリ島北部の Batur カルデラは, 明瞭な二重のカルデラ構造で有名である (Fig. 1) . 大型の古期カルデラ (C-I) は約 13.8 km × 10 km の大きさで, その中央部にある新期カルデラ (C-II) は直径約 7.5 km の円形で, その内部を活動的なバツール火山が占めている. カルデラ形成に関与した噴火堆積物は Bali ignimbrite (Marinelli and Tazieff, 1968; Wheller and Varne, 1986) と総称され, 噴出年代は 22 kBP~24 kBP と推定された. しかし Sutawidjaja (2000)以降のほとんどの研究は, 2つのカルデラ (C-I & C-II) 形成に関与したのは, Ubud ignimbrite (29 kBP)と Gunungkawi ignimbrite (20 kBP)の2つとみなしている (Reubi and Nicholls, 2004; Sutawidjaja, 2009; Watanabe *et al.*, 2010; Ryu *et al.*, 2013) . すなわち C-I カルデラ底に分布する”Batur ignimbrite”は全般に強溶結で, 成層構造が顕著に発達する特異な外観を呈する堆積物であるが, Gunungkawi ignimbrite の火口近傍相と推定された. しかし Nagata (2009)はその対比を否定し, C-II カルデラ形成に関与したのは Penelokan 降下軽石であると指摘し, Batur ignimbrite は軽石噴火後の火砕流堆積物と考えた. なお Sutawidjaja *et al.* (2003) で報告された ¹⁴C 年代値は, Ubud ignimbrite が 23,230 ± 80 BP (23 kBP), また Batur ignimbrite が完新世である 5240 ± 30 BP (5.2 kBP) であった.

まずカルデラ (C-I) 内の産状について記載する。カルデラ西南西縁の Kalanganjar (Batoeranjjar)からカルデラ内に降りる道路沿いの露頭では、下位から玄武岩質テフラの累層、Payang cone 由来の白色火山灰層 (~7 m) , Penelokan 降下軽石堆積物 (~5 m) , 降下軽石層とそこに挟在する多数の intra-plinian flow deposits, 最上位は Batur 火山起源の玄武岩質火山灰・火山礫層へと変化する。このルートより北側では、強溶結の Batur ignimbrite へと岩相が急変するが、北北東の Paketan 集落の先からカルデラ壁を降りるルートでは、強溶結の Batur ignimbrite が降下軽石と互層しているのが観察できる。すなわち Batur ignimbrite は Penelokan 軽石噴火時の intra-plinian flow deposit の集積物であることが判明した。なお Sutawidjaja (2000, 2009) には、カルデラ北東部の限定された範囲に、年代が 5.5 kBP の Blingkang ignimbrite が分布すると記載されているが、その分布、岩相および噴火年代から、我々は Blingkang ignimbrite は Batur ignimbrite に対比されると判断した。

次はカルデラ縁の外側の産状についての記載である。Batur ignimbrite はカルデラ内に特徴的な堆積物であり、カルデラ縁の外側での露頭は知られていなかった。しかし今回の調査で、カルデラ縁の外側ではほぼ類似した噴火推移を示す露頭が、少なくとも 15 箇所は確認できた。Penelokan tephra 層は下部から上部に向かって、下部降下軽石層、火砕流堆積物、火山豆石層、上部降下軽石層へと変化する。

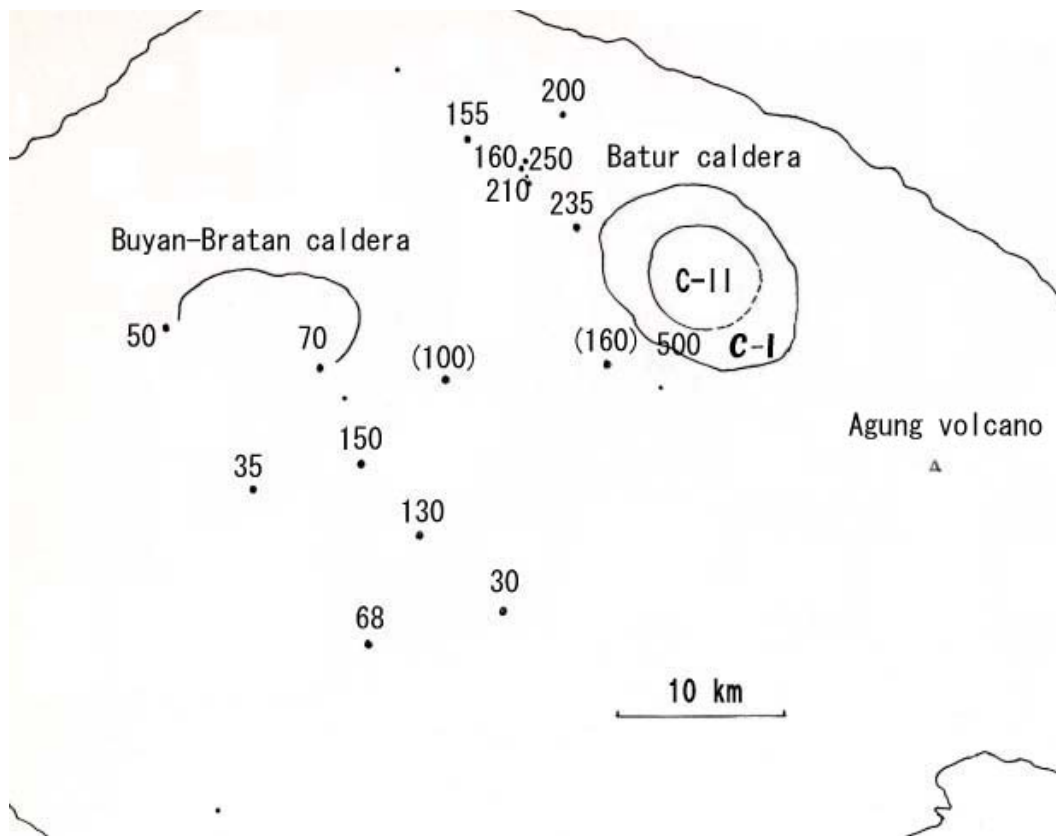


Fig. 2. Thickness (cm) of Penelokan pumice fall deposit. Figures in parentheses mean the thickness of only the lower pumice fall deposit.

Fig. 2 は Penelokan tephra 層の降下軽石のみの厚さをプロットした図である（括弧内の数字は下部軽石のみの厚さ）。層厚分布図を描くほどデータが取れていないが、分布主軸は北西～西方向に向かっているように見える。火砕流堆積物は一般に数 10 cm 程度と薄く、複数のユニットが識別される。岩塊を多量に含むユニットや、砂礫質のグラント層を伴うユニットもあるが、すべて非溶結の堆積物である。火山豆石層には正級化構造がないので、たくさんの火砕流に由来するテフラ (co-ignimbrite ash) かもしれない。最上部は降下軽石に被覆されている。火砕流堆積物としてはカルデラ中心から少なくとも 30 km 以上の遠方まで確認できるが、実際には 40 km 以上まで到達した可能性もある。

以上の産状から Penelokan 噴火の推移を再現すると、まずプリニー式の軽石噴火が始まったが、途中から intra-plinian flow が頻発するようになった。その多くはカルデラ (C-I) 内に集積したが、途中から爆発の勢いが強まり、岩塊を多量に含むユニットや、薄い遠方にまで到達する low-aspect ratio ignimbrites も発生した。噴火の後半になると、カルデラ縁を越え遠方に達する火砕流は少なくなり、遠方では再び降下軽石が主に堆積した。このような噴火推移のため、カルデラ内には強溶結した“Batur ignimbrite”が主に分布し、カルデラの外側では降下軽石に挟在する非溶結の ignimbrite が分布するという層相の異なる産状を示すことになったと推定される。

またカルデラ形成については、カルデラ C-I の形成は Ubud ignimbrite の噴火時であるが、年代については 29 kBP と 23 kBP の 2 つの値がある。しかし大半は後者の年代に近く、23 kBP が妥当と考える。またカルデラ C-II の形成は Penelokan 噴火によるものであり、従来推定されていた Gunungkawi ignimbrite ではないことが判明した。それゆえ、その噴出源については、Buyan-Bratan caldera の可能性もふくめ再検討しなくてはならない。また Penelokan 噴火の年代については、Penelokan tephra 直下の Payang tephra (Payang tuff cone 形成時のテフラ) の年代が 5.4 kBP (永田, 2009), また両者間の土壤層の厚さからも 100 年以上の年代差が推定されるため、Penelokan 噴火年代は 5.2 kBP が妥当な値と考える。また玄武岩質マグマが卓越するバツール火山において、Penelokan 噴火の 100 年ほど前に Payang 火口からデイサイト質マグマが噴出していることは、カルデラ噴火の前兆現象 (噴火) と見なすことができる。

なおカルデラの成因については、今のところ確定的な説はないようである。重力異常の観点から、カルデラの成因には大規模な珪長質マグマの爆発的噴火により形成される低重力異常型 (横山, 1969) と、大量の玄武岩マグマの流出に伴って形成される高重力異常型 (Yokoyama, 1969) に分類される。Yokoyama and Suparto (1970) は、Batur caldera は高重力異常タイプのカルデラであり、大規模な珪長質マグマの爆発的噴火により形成されたものではない可能性を示唆した。Williams and McBirney (1979) は玄武岩マグマの流出に伴って形成されるカルデラを 3 つのタイプ (Hawaiian-type, Galápagos-type, Masaya-type) に分類し、Batur caldera は Masaya-type と類似した二重の cauldron ではないかと推定したが、カルデラ形成に関与した噴火現象は我々の調査結果とは一致しない。

Reference

- Marinelli, G. and Tazieff, H. (1968) L'Ignimbrite et la caldera de Batur (Bali, Indonesie). *Bulletin Volcanologique*, **32**, 89-120.
- 永田知研 (2009) インドネシア, バリ島のバトゥールカルデラにおける火山層序学的研究. 九州大学工学部, 卒業論文, 57p.
- Reubi, O. and Nicholls, I.A. (2004) Variability in eruptive dynamics associated with caldera collapse: an example from two successive eruptions at Batur volcanic field, Bali, Indonesia. *Bulletin of Volcanology*, **66**, 134-148.
- Ryu, S., Kitagawa, H., Nakamura, E., Itaya, T. and Watanabe, K. (2013) K–Ar analyses of the post-caldera lavas of Bratan volcano in Bali Island, Indonesia — Ar isotope mass fractionation to light isotope enrichment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **264**, 107–116.
- Sutawidjaja, I.S. (2000) A guide to the geological phenomena of Batur Caldera, Bali, Indonesia. *IAVCEI General Assembly 2000*, 33p. with geological map of Batur Caldera in scale 1: 50,000.
- Sutawidjaja, I.S. (2009) Ignimbrite analyses of Batur Caldera, Bali, based on ¹⁴C dating. *Journal Geologi Indonesia*, **4**, 189–202.
- Sutawidjaja, I.S., Okuno, M., Nakamura, T. and Kobayashi, T. (2003) Eruptive history of Batur caldera, Bali, Indonesia estimated from new radiocarbon dating. *Abstracts 2003 Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting*, V005-P001.
- Watanabe, K., Yamanaka, T., Harijoko, A., Saitra, C. and Warmada, I W. (2010) Caldera activities in North Bali, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Applied Geology*, **2**, 283–290.
- Wheller, G. E. and Varne, R. (1986) Genesis of dacitic magmatism at Batur volcano, Bali, Indonesia: Implications for the origin of stratovolacano calderas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **28**, 363-378.
- Williams, H. and McBirney, A.R. (1979) *Volcanology*. Freeman, Cooper and Company, San Francisco, 397p.
- Yokoyama, I. (1969) The subsurface structure of Ooshima Volcano Izu. *Journal of Physics of the Earth*, **17**, 55-68.
- 横山 泉 (1969) カルデラの構造に関する考察. 火山, **14**, 77-83.
- Yokoyama, I. and Suparto, S. (1970) A gravity survey on and around Batur Caldera, Bali. *Bulletin of the Earthquake Research Institute*, **48**, 317-329.

1-11 バリ島北部, ブヤン・ブラタンカルデラの 後カルデラ火山の噴火史

奥野 充^{1,2}・アグン ハリジョコ³・アイ ワヤン ワルマダ³・
渡邊公一郎⁴・中村俊夫⁵・田口幸洋^{1,2}・小林哲夫²

Eruptive History of Post-caldera Volcanoes in the Buyan-Bratan Caldera, North Bali, Indonesia

M. Okuno^{1,2}, A. Harijoko³, I.W. Warmada³, K. Watanabe⁴,
T. Nakamura⁵, S. Taguchi^{1,2} and T. Kobayashi^{2,6}

¹ Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan

² ACRIFIS-EHAI, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

³ Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, Jl. Grafika No. 2
Yogyakarta 55281 DI Yogyakarta, Indonesia

⁴ Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

⁵ Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

Buyan-Bratan caldera in Bali Island, Indonesia is *ca.* 6 km x 11 km in size and contains three lakes (Tamblingan, Buyan, and Bratan). The post-caldera volcanoes (Lesung, Tapak, Sengayang, Pohen, and Adeng) occupies from centre to south of the caldera (Fig. 1). In order to reconstruct detailed eruptive history of this caldera volcano, we conducted field survey to establish tephra-stratigraphy around this area, and distinguished geomorphological features.

Tapak volcano has three craters aligned from north to south, which can be correlated with each sub-divided edifice. Lava from the central crater flows down to the northwest, and divides the Tamblingan and Buyan lakes. This lava is also covering the tip of the lava flow from Lesung volcano. The central edifice of Tapak volcano covers a part of the south crater, and the direction of eastward lava flow is controlled by the north edifice. Therefore, this is a product of the latest eruption in the post-caldera volcanoes. Lesung volcano also has two craters, and specific gully developing on a pyroclastic cone from north to western slope. Lava from the south crater flows down to the western flank beyond the caldera rim. Another lava distributed in the east from the south also surrounds Sengayang and Pohen volcanoes. Adeng volcano is surrounded in lava and/or pyroclastic deposits from Pohen volcano. Based on these topographic relationships, Sengayang and Adeng volcanoes are the

oldest in the post-caldera volcanoes, and then Pohen, Lesung, and Tapak volcanoes have been formed up to the present.

On the other hand, to establish tephra stratigraphy around this caldera, an ash-fall layer by the AD 1257 eruption of Samalas volcano, Lombok Island (Lavigne *et al.*, 2013; Fontijn *et al.*, 2015) and Penelokan tephra (Kobayashi *et al.*, 2016) originated from Batur caldera (Wheller and Varne, 1986) are useful key bed. The Penelokan tephra corresponds to about 5.5 kBP of the Blingkan ignimbrite (Sutawadjaja, 2009). At foot of the post-caldera volcanoes, coarse scoria falls (Yamanaka *et al.*, 2009; Watanabe *et al.*, 2010) are intercalated with two foreign tephra (Fig. 2). The source of these scoria falls are estimated to be Tapak or Lesung volcanoes. It indicates that at least two volcanoes erupted in the Holocene period.

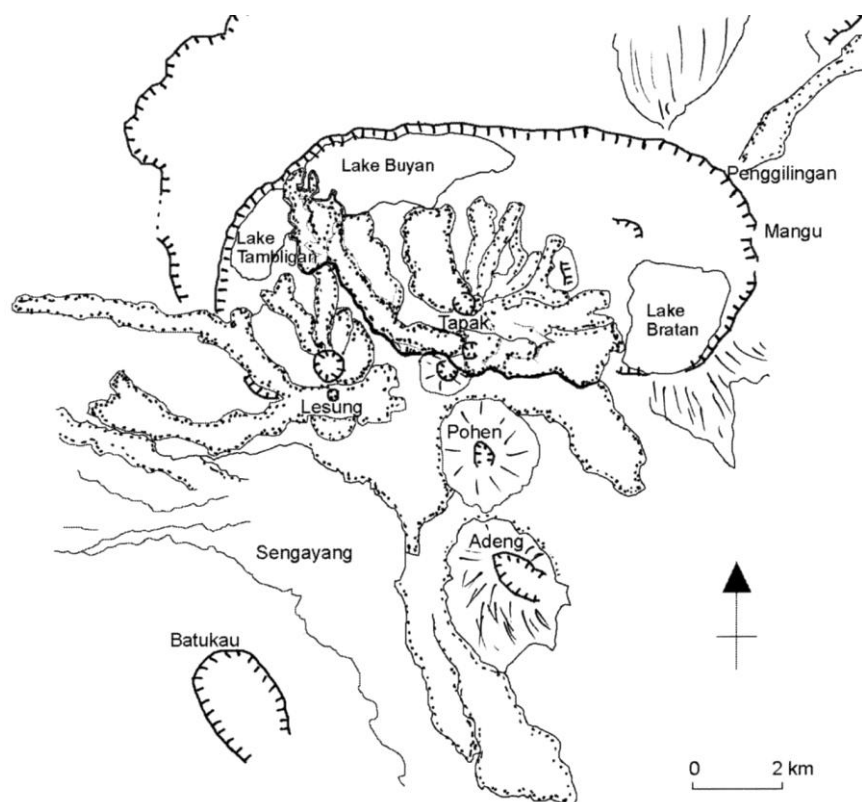


Fig. 1. Geomorphological map of the Buyan-Bratan caldera.

インドネシア、バリ島北部の Buyan-Bratan カルデラは、約 6 km × 11 km の大きさに3つの湖 (Tamblingan, Buyan, Bratan) をもち、中央から南部に後カルデラ火山 (Lesung, Tapak, Sengayang, Pohen, Adeng) が形成されている (Fig. 1) . 演者らは、同地域のテフラ層序を検討すると共に地形分類図を作成し、後カルデラ火山の噴火史を編年した.

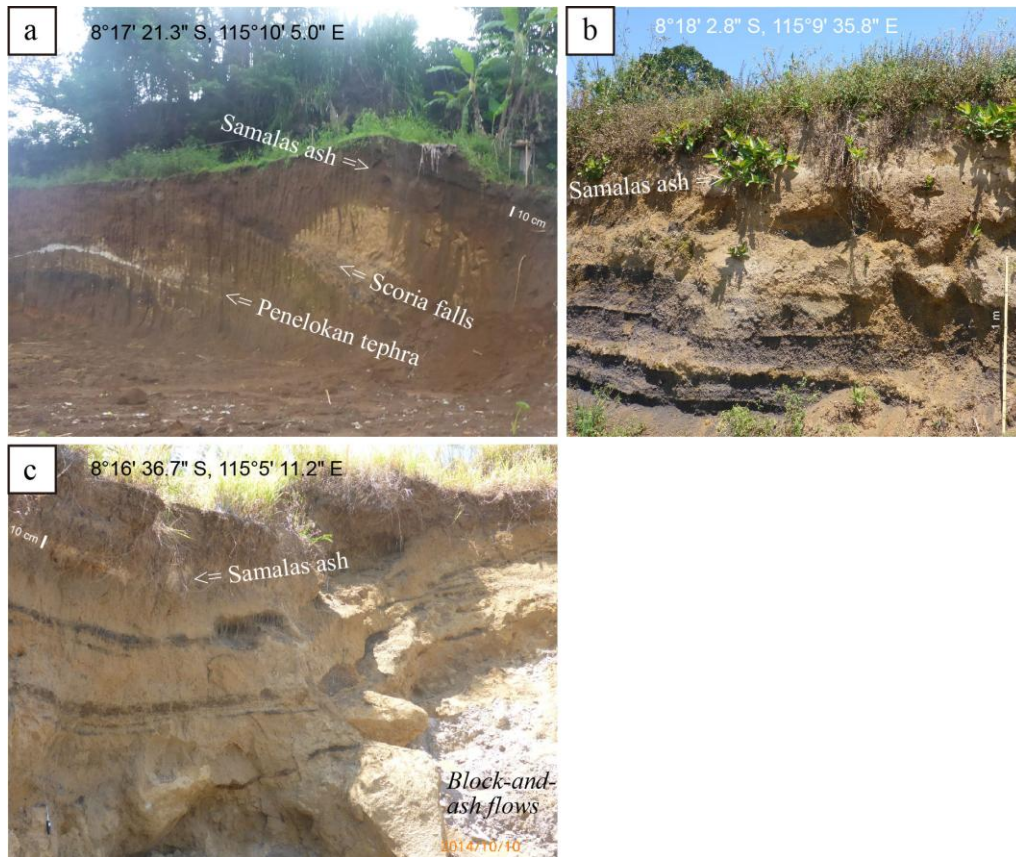


Fig. 2. Photographs showing stratigraphy of tephra layers in and around Buyan-Bratan caldera.

- (a) Scoria falls between the Penelokan tephra and the Samalas ash (AD 1257) at eastern foot of Pohen volcano. (b) Scoria falls and the Samalas ash (AD 1257) at eastern foot of Pohen volcano. (c) Lava flow from Lesung volcano covered by scoria falls and the Samalas ash (AD 1257).

Tapak 火山は3つの火口が南北に配列し、それぞれの山体に区分できる。中央の火口から北西へ流下した溶岩は Tamblingan 湖と Buyan 湖を分断する。この溶岩は西隣の Lesung 火山から北に流下した溶岩の先端も覆う。Tapak 火山の中央部は、南側の火口の一部を覆い、北側の山体にも溶岩の流下方向を支配されているので、それらより新しいと考えられ、後カルデラ火山でも最新のものである。Lesung 火山にも2つの火口地形があり、山体の北から西側斜面には火砕丘特有のガリーが発達する。南側の火口から流出した溶岩は、カルデラ壁を越えて西麓に流下している。南から東に分布する溶岩は、南隣の Sengayang 火山や Pohen 火山を取り囲む。さらに南の Adeng 火山は、Pohen 火山からの溶岩や火砕堆積物に取り囲まれており、さらに古いと考えられる。これらの関係から、Sengayang 火山と Adeng 火山が後カルデラ火山としては最も古く、Pohen 火山、Lesung 火山、Tapak 火山の順で形成されたと考えられる。ただし、この形成順序は Ryu *et al.* (2013) の K-Ar 年代とは一致していない。

この周辺のテフラ層序では、Batur カルデラ (Wheller and Varne, 1986) 起源のペネロカンテフラ (Penelokan tephra) とロンボク島の Samalas 火山の AD 1257 噴火による火山灰層 (Lavigne *et al.*, 2013 ;

Fontijn *et al.*, 2015) が有効な指標層となる。ペネロカンテフラは、約 5.5 kBP の Blingkan ignimbrite (Sutawadjaja, 2009) に対応する (小林ほか, 2016) 。この2枚のテフラと共に粗粒な降下スコリア層が分布している (Fig. 2: Yamanaka *et al.*, 2009; Watanabe *et al.*, 2010) 。これらは Tapak 火山または Lesung 火山が給源である可能性が高く、少なくとも両火山は完新世に噴火したと考えられる。

Reference

- Fontijn, K., Costa, F., Sutawidjaja, I., Newhall, C.G. and Herrin, J.S. (2015) A 5000-year record of multiple highly explosive mafic eruptions from Gunung Agung (Bali, Indonesia): implications for eruption frequency and volcanic hazards. *Bulletin of Volcanology*, **77**, doi:10.1007/s00445-015-0943-x.
- Kobayashi, T., Harijoko, A., Warmada, I W., Okuno, M., Watanabe, K. and Taguchi, S. (2016) Eruptive sequence of the Penelokan eruption from Batur caldera, North Bali, Indonesia. *This volume*. (in Japanese)
- Lavigne, F., Degeai, J-P., Komorowski, J-C., Guillet, S., Robert, V., Lahitte, P., Oppheimer, C., Stoffel, M., Vidal, C.M., Surono Pratomo, I., Wassmer, P., Hajdas, I., Hadmoko, D.S., de Belizal, E. (2013) Source of the great A.D. 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani Volcanic Complex, Indonesia. *Proceeding of National Academy of Science*, **110**, 16742–16747.
- Ryu, S., Kitagawa, H., Nakamura, E., Itaya, T. and Watanabe, K. (2013) K–Ar analyses of the post-caldera lavas of Bratan volcano in Bali Island, Indonesia — Ar isotope mass fractionation to light isotope enrichment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **264**, 107–116.
- Sutawidijaja, I.S. (2009) Ignimbrite analyses of Batur Caldera, Bali, based on ¹⁴C dating. *Journal Geologi Indonesia*, **4**, 189–202.
- Watanabe, K., Yamanaka, T., Harijoko, A., Saitra, C. and Warmada, I W. (2010) Caldera activities in North Bali, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Applied Geology*, **2**, 283–290.
- Wheller, G. E. and Varne, R. (1986) Genesis of dacitic magmatism at Batur volcano, Bali, Indonesia: Implications for the origin of stratovolacano calderas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **28**, 363-378.
- Yamanaka, T., Harijoko, A., Warmada, I W., Itaya, T. and Watanabe, K. (2009) Petrochemical and geochronological characteriazation of Bratan Caldera, Bali, Indonesia. *Proceeding of International Symposium on Earth Science and Technology 2009*, 249-252.

2-01 G-EVER 火山災害予測支援システム, アジア太平洋地域地震火山災害情報図プロジェクトによる火山災害軽減

宝田晋治・G-EVER 推進チーム（産総研地質調査総合センター）

Volcanic Disaster Mitigation Measures Using G-EVER Volcanic Hazards Assessment Support System and Asia-Pacific Region Earthquake and Volcanic Hazards Information Map Project

Shinji Takarada and G-EVER Promotion Team (Geological Survey of Japan, AIST)

The G-EVER volcanic assessment support system is developed based on eruption history, volcanic eruption database and numerical simulations (Takarada et al., 2014, 2015). The volcanic eruption database is developed based on past eruption results, which only represent a subset of possible future scenarios. Therefore, numerical simulations with controlled parameters are needed for more precise volcanic eruption predictions. Using the volcano hazard assessment system, the time and area that would be affected by volcanic eruptions at any locations near the volcano can be predicted using numerical simulations. The system could estimate volcanic hazard risks by overlaying the distributions of volcanic deposits on major roads, houses and evacuation areas using GIS enabled systems. The G-EVER hazard assessment support system is implemented with user-friendly interface, making the risk assessment system easy to use and accessible online. The volcanic hazard assessment support system using Energy Cone and Titan2D simulations is available online (Fig. 1). The system can assess any volcano in the world using ASTER Global DEM (10m resolution DEM is used in Japan). Links to major volcanic databases, such as Smithsonian, VOGRIPA, ASTER Satellite images, and Volcanoes of Japan are available on each volcano information popup on the map. A new fast-processing version of energy cone simulation system using elevation tiles is available (g-ever1.org/quick). The updated Titan2D simulation system could be run using DEM data uploaded by the user and download more detailed simulation results. It also provides informative and user friendly interface.

The Asia-Pacific region earthquake and volcanic hazards mapping project aims to develop an advanced online hazard information system (<http://ccop-geoinfo.org/G-EVER>) that provides past and recent earthquake and volcanic hazards information online (Fig. 2). The information system also shows tsunami inundation areas, active faults distributions, and hazard and risk maps. The online hazard information system provides useful information about earthquake and volcanic hazards in an interactive and user-friendly interface. Links to major earthquakes and volcanic eruptions databases are available in the system. This project will be implemented with the cooperation of major research institutes and organizations in the Asia-Pacific region such as the Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation (CVGHM) in Indonesia and Philippine Institute of Volcanology

and Seismology (PHIVOLCS). The Indonesian Volcano Information System was developed through the joint efforts between the Geological Survey of Japan (GSJ) and CVGHM. Volcano type, eruption category, satellite image, hazard map, geological map, eruption history, hazard history and reference of active volcanoes can be displayed on the system. The printed map version, “Eastern Asia Earthquake and Volcanic Hazards Information Map” (Fig. 3) of the Commission for the Geological Map of the World (CGMW) is going to be published in May 2016.

1. G-EVER 火山災害予測支援システム

G-EVER の火山災害予測支援システムワーキンググループでは、2012 年より火山防災のための支援システムとして、火山の噴火履歴、火山噴火データベース、数値シミュレーションを統合化し、火山噴火の様々な段階で、噴火予測、被害想定、避難等に利用可能な「G-EVER 火山災害予測支援システム」(<http://volcano.g-ever1.org>)の構築を進めている。2015 年 3 月より正式版として公開されている。全世界の 3,300 の第四紀火山分布とリストから任意の火山を検索・表示し、個々の火山について各種の火山データベースにより噴火履歴を把握すると共に、数値シミュレーションで影響評価を行うことが可能である。現時点では、Energy Cone モデルと Titan2D モデルによる火山重力流の評価ができる (Fig. 1) 。 ASTER Global DEM が用意されており、世界中の全ての第四紀火山についてオンライン上で直ちに評価ができる。国内の火山については国土地理院の 10m メッシュ標高データが利用できる。また、Titan2D では、ユーザー自身で作成した LIDAR 等のより詳細な標高データをアップロードし評価に用いることも可能である。さらに、発生域や流出口、流出方向、初速度を Map 上に図示する機能を装備し、実践的に用いることが可能なシステムとした。御嶽火山 2014 年 9 月 27 日火砕流及び口永良部島火山 2015 年 5 月 29 日火砕流について、本システムを用いて、Titan2D による解析を行った。講演では解析事例を紹介したい。

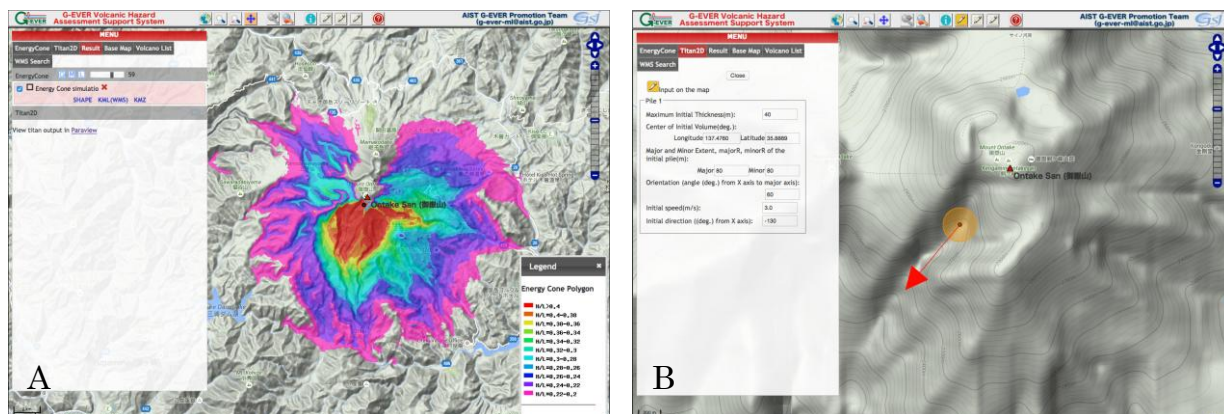


Fig. 1. G-EVER Volcanic Hazard Assessment Support System. Energy cone (A) and Titan2D (B) simulations at Ontake volcano.

2. 東アジア地域地震火山災害情報図

G-EVER のアジア太平洋地域地震火山災害情報図プロジェクトでは、ユネスコ傘下の世界地質図委員会(CGMW)の出版物として、東アジア地域地震火山災害情報図の作成を進めており、2016年5月の出版を予定している。東アジア地域の地震、津波、火山噴火、災害履歴等を取りまとめている。また平行して、オンライン版のアジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム (<http://ccop-geoinfo.org/G-EVER>)の構築を進めており、2014年7月より試験公開を始めている (Fig. 2)。本システムでは、アジア太平洋地域の地震、津波、火山噴火関連情報の総合閲覧検索システムを目指している。

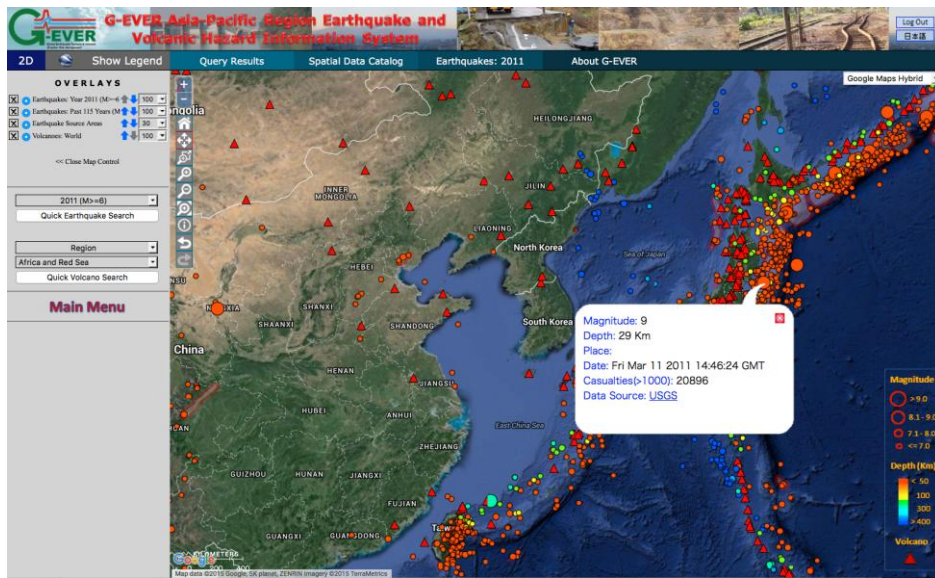


Fig. 2. G-EVER Asia-Pacific region earthquake and volcanic hazard information system

東アジア地域地震火山災害情報図は、国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センターの G-EVER 推進チームが中核となり、アジア各国の地質調査機関 (PHIVOLCS, CVGHM, CEA, VAST, Academia Sinica) のメンバーと共に作成した災害情報図である。M6 以上の地震の震源分布、大規模地震の震源域、主要活断層の分布、大規模津波の分布、津波の最大到達高度、地震の犠牲者数、第四紀火山の分布、大規模火山噴火(VEI6 以上)の噴火による降下テフラ分布域、主要カルデラの位置、大規模火砕流の分布、大規模火山噴火による犠牲者数等を取りまとめている (Fig. 3)。例えば、災害情報図では、12の代表的な大規模火砕流堆積物 (VEI6-8)の分布を表示している。大規模火砕流堆積物の分布は、今後の大規模火山噴火におけるハザード・リスク評価を行う上で重要である。VEI8では、インドネシア Toba カルデラ起源の Toba 火砕流堆積物 (74 ka, 2,500-3,000 km³) を示した。VEI7では、始良カルデラ起源の入戸火砕流堆積物 (30 ka, 350 km³)、阿蘇カルデラ起源の阿蘇4火砕流堆積物 (90 ka, 600 km³)、洞爺カルデラ起源の洞爺火砕流堆積物 (110 ka, 170km³)、支笏カルデラ起源の支笏火砕流堆積物 (40 ka, 300 km³)、屈斜路カルデラ起源の屈斜路4火砕流堆積物 (120 ka, >150 km³)、北朝

鮮中国国境の白頭山カルデラ起源の白頭山火砕流堆積物 (938 AD, >100 km³), インドネシアのタンボラカルデラ起源のタンボラ火砕流堆積物 (1815 AD, 100 km³) を示した. VEI6 では, 十和田カルデラ起源の八戸火砕流堆積物 (15 ka, 20 km³), フィリピンのピナツボ火山起源のピナツボ火砕流堆積物 (1991AD, 10.4 km³), インドネシアのクラカタウカルデラ起源のクラカタウ火砕流堆積物 (1883 AD, 13.6 km³), パプアニューギニアのラバウルカルデラ起源のラバウル火砕流堆積物 (540 AD, 11 km³) を示した. これらのデータは GIS で作成されており, アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム上でも随時公開していく予定である. こうした地震, 津波, 火山噴火による影響範囲, 被害の内容を詳細に取りまとめることで, 将来の火山噴火に対しての災害想定, 類似噴火事例の検討, 確率論的な災害予測を行うことが可能となる予定である.

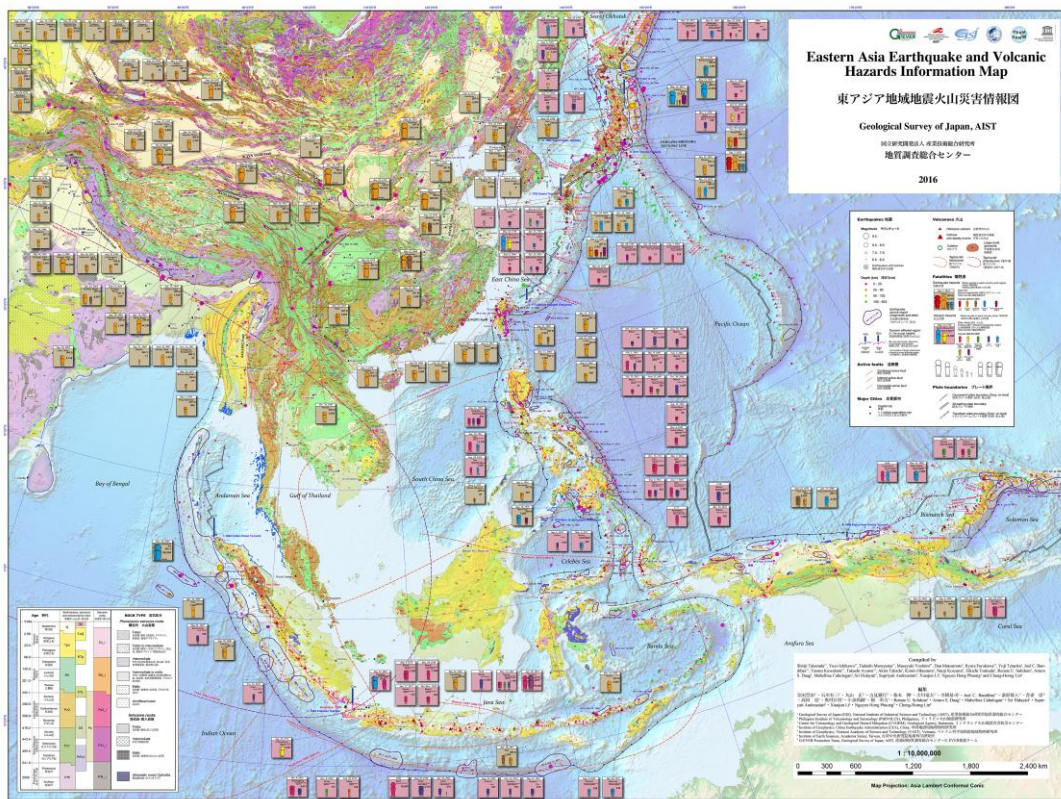


Fig. 3. Draft of Eastern Asia Earthquake and Volcanic Hazards Information Map.

Reference

Takarada, S., Bandibas, J. C., Ishikawa, Y. and G-EVER Promotion Team (2014). Global Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management Activities, Volcanic Hazard Assessment Support System and Asia-Pacific Region Hazard Mapping Project in G-EVER. *Episodes*, 37, 321-328.

Takarada, S., Bandibas, J. and Prambada, O. (2015) The present and the future of volcano database of Japan and the world. *Jour. Volcanol. Soc. Japan*, 60, 125-142.

2-02 Precise measurement of millennium eruption year of Baekdu Mountain by wiggle matching of carbonated wood

Wan Hong, Jung Hun Park, Gyujun Park, Jong Geol Park, Yoonsoo Lee

AMS Lab., Geochemical Analysis Center,
KIGAM (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)

Baekdu Mountain (Changbai Mountain in Chinese) is an active volcano located on border between North Korea and China. This mountain is known to have heavily erupted around AD 1000 and the eruption is called millennium eruption. Many previous studies have dedicated to determine the year of the millennium eruption¹⁾.

Recently, Korea and China launched an international research project to investigate the activity and possibility of eruption of Baekdu volcano. Large scale in-situ investigations were performed around the volcano three times from 2013 by researchers of KIGAM and Chinese colleagues of Peking University, Chinese Academy of Science, and Jilin University. Several wood samples carbonated by millennium eruption were collected during the investigation and, wiggle match age determination using AMS radiocarbon dating method was applied the tree-ring samples of the woods.

In this report, the results of single-year tree-ring wiggle matching will be presented and the age of the millennium eruption will be discussed.



Reference

Shinya Yatsuzuka, Mitsuru Okuno, Toshio Nakamura, Katsuhiko Kimura, Yohei Setoma, Tsuyoshi Miyamoto, Kyu Han Kim, Hiroshi Moriwaki, Toshiro Nagase, Xu Jin, Bo Lu Jin, Toshihiko Takahashi, Hiromitsu Taniguchi (2010) ^{14}C WIGGLE-MATCHING OF THE B-TM TEPHRA, BAITOUSHAN VOLCANO, CHINA/NORTH KOREA, Radiocarbon 52, 933.

2-03 日本全国の地すべり分布の定量的評価

土志田正二 (消防研)

Quantitative evaluation of landslide distribution in Japan

S. Doshida (National Research Institute of Fire and Disaster)

Many landslides occur in the place which the landslide generated in the past, or its surrounding area. Therefore, it is very important for prevention and mitigation of the landslide damages to create the landslide inventory map which is shown the place which the landslide generated in the past. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED), Japan, have published the landslide inventory map "landslide distribution maps" for preventing and mitigating landslide disasters. The landslide distribution map have mapped the 380,000 or more landslide topographies in whole Japan by interpretation of aerial photographs.

The landside distribution in whole Japan is not equal and there is a difference in the density. We propose the method of the wide area landslide assessment used by the features and distributions according to of geological setting. We calculate the landslide body ratio in each geological unit. The landslide body ratio is that the rate of the landslide body area in each geological unit and the whole area in each geological unit. The results show that the landslide body ratio is greatly different according to geological unit.

地すべり災害は、過去に地すべりが発生した山体斜面、もしくはその周辺で起こり易いことが知られている。そのため過去に地すべりが発生したと思われる地形、いわゆる「地すべり地形」を判読・記載した地すべり地形分布図は、将来の地すべり災害予測のための基礎データとなり得る。本研究では、日本全国で38万箇所以上の地すべり地形が判読されている国立研究開発法人防災科学技術研究所の地すべり地形分布図を用いて、地すべり地形の広域的な分布傾向を定量的に評価する手法の開発を行った。地すべり地形分布を定量的に表すための手法として考案したのが、任意の空間領域内における地すべり移動体の占める割合を算出した「地すべり移動体面積率」である。

本発表では「地すべり移動体面積率」を用いて、地すべり地形分布と地質との関係性及び分布傾向について定量的に評価した結果を示す(図-1, 土志田(2015))。比較対象として用いた地質データは、20万分の1日本シームレス地質図であり、2016年1月現在、日本全域を網羅する既存の地質情報の中で最も解像度の高いデータである。地質情報を基に、各地質分類における地すべり移動体面積率を算出した結果、各地質における地すべり移動体面積率は大きな密度差があることが示された。「地すべり災害は、過去に地すべりが発生した山体斜面、もしくはその周辺で起こり易い」ことから、この密度差は地質による地すべり発生危険度を相対的に示した一例として考えることができる。

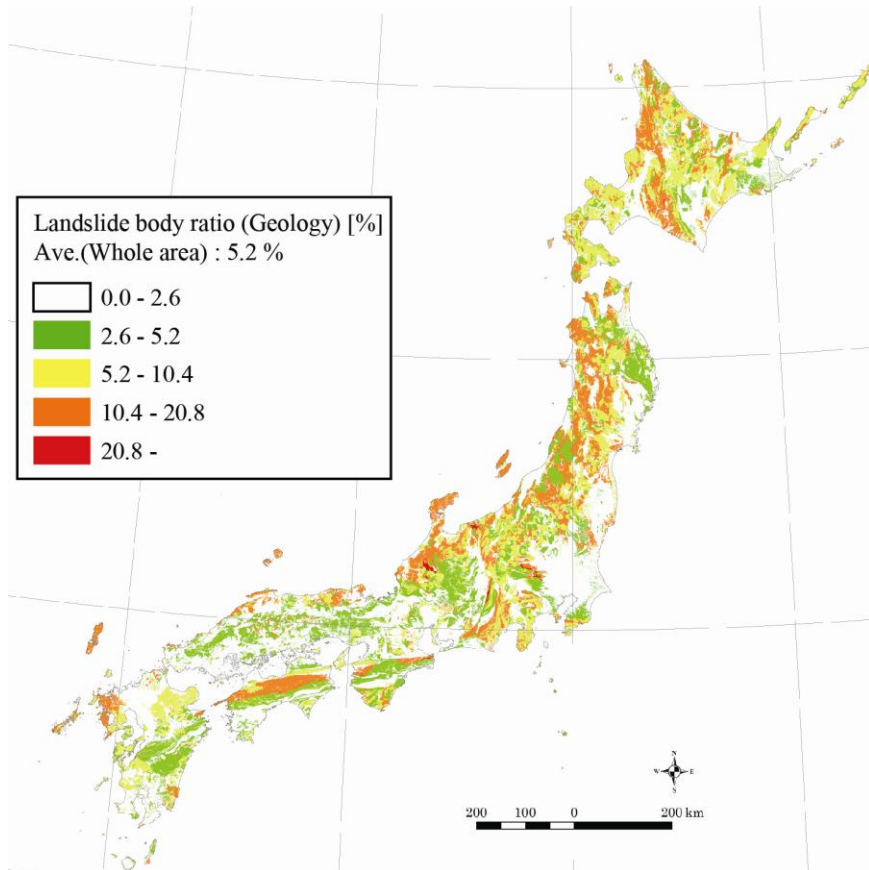


Fig. 1. Landslide body ratio map based on geological units divided into 347 classifications

引用文献

国立研究開発法人防災科学技術研究所(2015) : 地すべり地形分布図データベース

[<http://lweb1.ess.bosai.go.jp/>].

国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)(2014) : 20万分の1日本シームレス地質図 2014年1月14日版.

土志田正二 (2015) : 地すべり地形分布と地質との関係, 日本地すべり学会誌, Vol.52, No.6, pp.271-281.

2-04 教員志望者を対象とした、 これからの福島の復興教育を担う人材育成

中村洋介（福島大学人間発達文化学類）

Human resource development for students at the teacher training programs that will play important roles in the Education for Recovery at Fukushima's tomorrow

Y. Nakamura (Faculty of Human Development and Culture, Fukushima University)

1. はじめに

地震・津波・原子力発電所事故の三重複合災害である東日本大震災によって大きな被害を受けた福島県では、発災から4年半が経過した2015年10月時点においても、10万人余りの住民が避難生活を余儀なくされている。これに伴って、福島県では避難者のコミュニティの再建が最優先で行われてきている。また、除染の遅れや汚染水の問題など東京第一原子力発電所事故が未だに終息していないことや、用地交渉が難航し復興公営住宅の建設が進んでいないといった新たな問題が発生している。このため、仮設住宅の入居期間が延長され、福島県浜通りを地域はじめとする東日本大震災被災地の復興にはまだ相当の時間がかかることが見込まれている。

このような状況の下で、福島大学をはじめとする教育関係諸機関は東日本大震災直後より OECD 東北スクールや土曜こどもキャンパスなどをはじめとして、被災地の復興教育を精力的に行ってきた。福島県内では原子力発電所の事故以降、学校現場においても、放射線から身を守る放射線教育がなされている。事故後避難を余儀なくされた双葉郡 8 町村、飯舘村、南相馬市などからの避難児童生徒はもちろんのこと、中通り地方、会津地方においても、保護者・児童生徒の不安は大きく、放射線教育が必要とされている。また、子供未来会議では、双葉郡 8 町村の教育復興をどう進めていくか子ども達の視点から検討している。8 町村がまとめた復興教育ビジョンでは、郡内に県立中高一貫校を設立することを目指し、子供未来会議では双葉郡の教育復興の在り方を子ども達自身が意見交換している。福島大学人間発達文化学類内に設置された Innovative Learning Laboratory(ILLab)もこの中高一貫教育の設置に関与し、同校における教育課程編成の構築に 8 町村教委、県教委と協働で取り組んでいる。

2. 本研究の目的と研究体制

これまでの復興教育の主たる目的は、発災前の教育環境への回復や震災で傷ついた子どもたちの心のケアを行うことであった。震災復興への道のりが長期化する中で、これからの復興教育において育成が求められているのは、自身が専攻する分野のみならず他の学問分野の知識や考え方を身につけた、復興に対して多角的な視点から取り組める人材である。そこで本取組では、福島県を中心とした東日

本大震災被災地において、大学生、小中学校教員、一般市民などを対象に文理融合・教科連携に基づいた複合的な復興教育を実施し、震災復興に関わる多様な分野の知識や考え方を持ち合わせた人材の育成を目指す。

本取組は、複合的な復興教育により震災復興に関わる多様な分野の知識や考え方を持ち合わせた人材を育成するために効果的な手法開発とカリキュラムの検討を目的としている。復興を支える人材の育成にあたっては、地域に根ざした学びを自ら進めていける力、およびグローバル社会における動向を見据えた地域発展を進める力の2点を涵養することが必要であるとする。そこで、大学・大学院教育の質転換を図り、教科横断型プロジェクト学習を取り入れた実践的な授業を進めるための手法を開発し、そのカリキュラム化を目指す。教科連携を軸にアクティブラーニングやICT教育を活用しながら、復興に関わる教員養成プログラムや社会教育プログラムを構築する。震災復興に関わる多様な分野の知識や考え方を持ち合わせた人材を育成し、福島県や日本社会の未来に貢献することを目的とする。

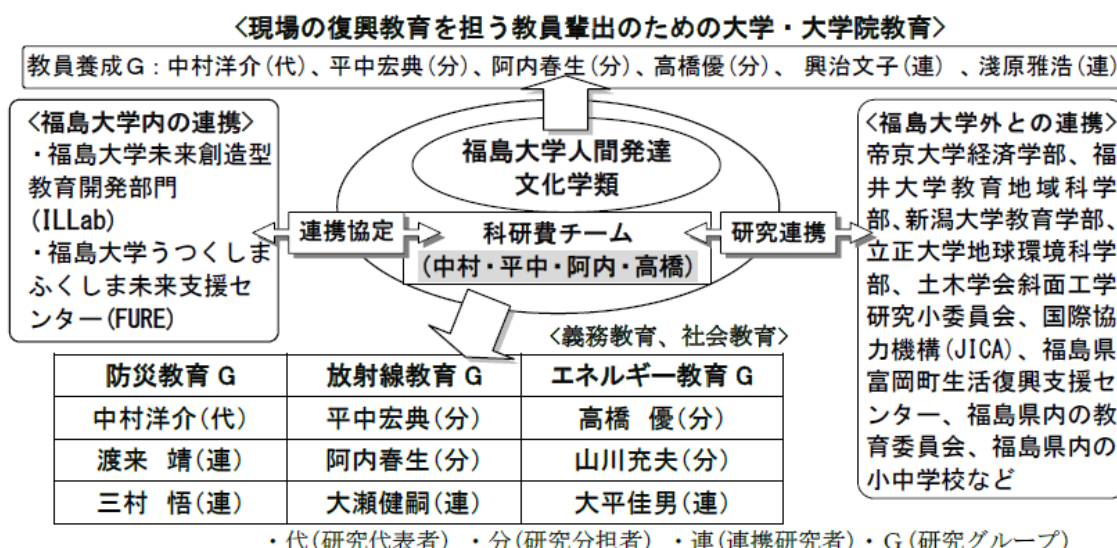


図1. 平成26年度科学研究費基盤研究B

「文理融合・教科連携に基づく創造的復興教育モデルの構築」の研究体制

3. 授業連携のイメージ

平成26年度は試行的取組と位置づけ、大学院の授業において中村、平中、阿内、高橋が連携した授業を実施した(表1)。数回にわたって4つの授業を統合して、各教員がそれぞれの専門領域から支援する。⑧-⑩の連携授業では、受講生同士でグループワークやディスカッションを行い、受講生が能動的学習により復興のあり方や教育手法を意識できるようにする。この取組を通じて学士レベルへの展開方法を検討し、平成28年度以降では教科横断型プロジェクト学習をベースとする授業実施を検討す

る。また、授業実施にあたっては ICT 環境を整備し、プロジェクト学習の支援、フィールドワークにおける活用、国際コミュニケーションへの活用などのアクティブラーニングなどを実施した。

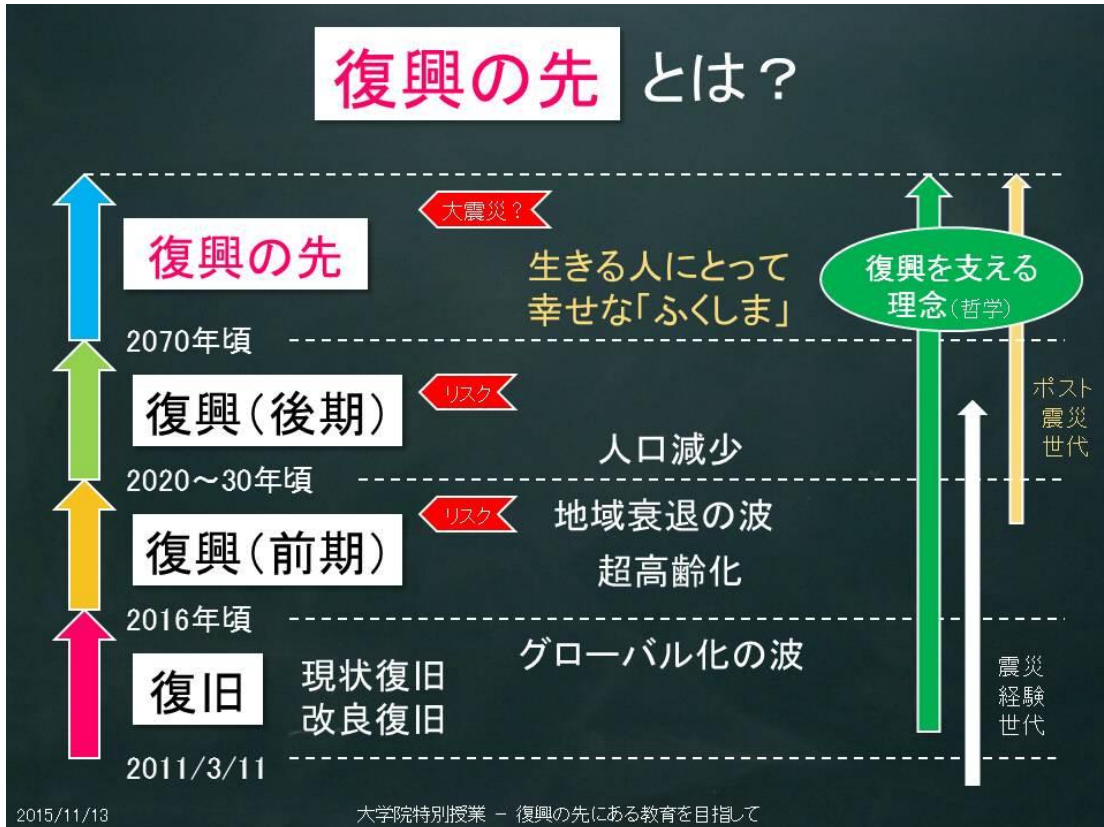
表 1. 大学院における授業連携のイメージ (一例)

風土と生活特論(中村)	理科教育特論(平中)	学校未来学特論(阿内)	プロジェクト実践研究(高橋)
①授業の目的や連携授業の進め方に関するガイダンス(4教員)			
②福島の復興教育の現状や今後の取り組み(4教員)			
風土と生活特論③ 風土と生活特論⑦	理科教育特論③ 理科教育特論⑦	学校未来学特論③ 学校未来学特論⑦	プロジェクト実践研究③ プロジェクト実践研究⑦
⑧-⑩ 防災教育、放射線教育、エネルギー教育に関して、4教員がそれぞれの専門分野から説明を行う			
風土と生活特論⑪ 風土と生活特論⑭	理科教育特論⑪ 理科教育特論⑭	学校未来学特論⑪ 学校未来学特論⑭	プロジェクト実践研究⑪ プロジェクト実践研究⑭
⑮まとめ(受講生による復興教育の在り方に関する発表と4教員による授業の総括)			

平成 27 年度は前年度に大学院で試行した授業連携を継続し効果を検討する。最終年度の平成 28 年には、メンバー 4 人(中村・平中・阿内・高橋)によるオムニバス授業(多角的復興教育論)を開設する。この授業は全 15 回の授業のうちメンバー 4 人がそれぞれ 3 回ずつの授業を担当し、それぞれの研究分野の立場から防災教育、放射線教育、エネルギー教育について授業を行い、残りの 3 回は 4 人全員で担当し復興教育のあり方について考える。

表 2. 大学院における授業連携のイメージ (一例)

第1回 ガイダンス(4教員)	第6回 社会科におけるエネルギー教育(中村)	第11回 理科における放射線教育(平中)
第2回 社会科における防災教育(中村)	第7回 理科におけるエネルギー教育(平中)	第12回 義務教育における放射線教育(阿内)
第3回 理科における防災教育(平中)	第8回 義務教育におけるエネルギー教育(阿内)	第13回 諸外国における放射線教育(高橋)
第4回 義務教育における防災教育(阿内)	第9回 諸外国におけるエネルギー教育(高橋)	第14回 復興教育のあり方を考える1(4教員)
第5回 諸外国における防災教育(高橋)	第10回 社会科における放射線教育(中村)	第15回 復興教育のあり方を考える2(4教員)



授業のねらい

自身の専門分野から現在の復興に関わる教育や取り組みを見つめなおすことができる

⇒ チームによるプロジェクト型の協働による学びで自身の専門分野を見つめ直し、フィールドワーク等を経験することで、復興に対する研究・教育の方向性を獲得する。

他専門分野との協働による学びを通じて「復興の先にある教育」を検討できる

⇒ あえて大きな目標（理念）とすることで、様々な考えを引き出すとともに、大きなタイムスパンやリスクを認識する。

2015/11/13 大学院特別授業 - 復興の先にある教育を目指して

2015年度の大学院特別授業の資料の例

2-05 海外の人材育成に日本の災害対応事例が果たす役割

瀬戸真之・高木 亨 (福島大学)

The role of Japanese counter disaster for the human resources

development in foreign countries

M. Seto and A. Takagi

(Fukushima Future Center for Regional Revitalization, Fukushima Univ.)

日本は様々な自然災害が発生する災害大国である。火山噴火、地震、液状化、台風、豪雪、崩壊・地すべり・土石流などの土砂災害、竜巻など例を挙げきれないほど多種多様な災害が毎年発生している。さらには 2011 年の東日本大震災で原子力災害も経験した。このような背景を持つ日本では研究者、行政などあらゆる立場で災害対応の経験を蓄積してきた。こうしたことを背景に過去3回の国連防災会議はいずれも日本で開催された(第1回 1994年は横浜、第2回 2005年は神戸、第3回 2015年は仙台)。

災害は基本的には防災→被災→復興のサイクルである。したがって過去の災害への対応例を知識として蓄積することで、その次の災害を軽減する可能性が見えてくる。被災経験の多い日本の知見は海外においても有意義に活用することができ、後述するような JICA (国際協力機構) などの組織が積極的に日本の知見を海外で活かすべく、外国人向けの研修を実施している。

人材育成本論に入る前に災害復興に関する考え方の一つを紹介する。大規模災害発生後の復旧・復興については、被災者の側に立って、被災前よりもより良い状況に戻す BBB (Build Back Better) が現在世界的に注目されている (Mannakkara and Wilkinson, 2014)。この考え方は社会的、環境的、経済的に従前よりもさらに回復力のある地域を創るための方法として Roberts (2000), Clinton (2006), Kennedy et. al. (2008), Khasalamwa (2009) らが定義したものである。また、この視点に立った研究も多数見受けられる。例えば、Lyons (2009) は 2004 年のインド洋大津波で被災したスリランカの住宅再建について検討した。Fan (2013) はインド洋大津波被災地のインドネシア・アチェ、スリラ

ンカ、2008年サイクロン・ナルギスによる被害を受けたミャンマー、2010年に大地震に見舞われたハイチを事例にBBBにかかわる人々の社会的役割について明らかにしている。BBBに基づく災害復興をさらに効果的に進めるため、Seto and Takagi (2014)は異なる種類の災害を比較して復興過程をモデル化することを試み、「モザイクモデル」を構築した。Seto et. al. (2015)は東日本大震災における教育環境の復興過程について「モザイクモデル」を適用して説明した。

次に日本の災害事例を海外の人材育成に果たす役割について、具体例を交えながら述べる。筆者らはJICAが実施する「JICA研修」の中で福島の原子力災害および東北地方沿岸の津波災害を海外の防災・災害担当者に紹介する機会を得た。この中では福島の災害復興を解説し、さらに被災・復興現場を見学した。復興現場には上述のBBBの考え方が（意図せずとも）活かされている。筆者らが関わった外国人研修（JICA研修は2回である。1回目は2015年7月21日にベトナム人研修者を対象に実施した。2回目は2015年10月22日に主としてアフリカに住む国々の研修者を対象に実施した。これらの研修はいずれも福島で実施したが、これは約1ヶ月にわたる研修コースの一部である。例えばベトナム人の研修コースは ・教育現場での防災教育 ・地域住民を対象とした防災教育 ・マスメディアを活用した防災意識の啓発 ・自国（この場合ベトナム）の国民に対する防災教育の企画案作成の5つから構成される。なお、研修で取り扱う主な災害は洪水、地震、複合災害（東日本大震災）である。2015年7月に実施したベトナム人向けの研修事例を紹介する1ヶ月にわたる研修コースの一環として、福島では1日を費やして主として原子力災害について解説した。当日の行程は次のようである（図1）。なお、参加者はベトナム人8名およびJICA、福島大学関係者であった。

研修は長距離移動を伴ったため、バスの中での移動中にも講義を行った。その際、日本の、特に福島では「当たり前」とされている原子力災害に関する基礎知識や福島の位置、地域構造など基礎的な内容からレクチャーした（図2および図3）。

平成 27 年 7 月 21 日 (火) JICA ベトナム人研修

●行程表

9:00 福島のホテル出発
| ・バス移動中に講義

11:00~12:00 川内村役場 2 階大会議室にて講義 (瀬戸担当)

|

12:00~13:00 小松屋にて昼食

|

13:00~13:30 川内村役場 2 階大会議室にて講義 (高木担当)

|

13:30~14:00 川内村村長による講義

|

14:00~15:15 川内村内視察
| ・4 区農業大衆の田んぼ
| ・大津辺仮置場→川内村役場に戻る

15:15~
| ・富岡町など車中から視察
| ・バス移動中に講義 (6 号線および高速道路で北上)
| ・名取川河口など視察

18:00 仙台駅付近のホテルにて解散

図 1 研修行程表



図 2 放射線の基礎知識を示すスライド

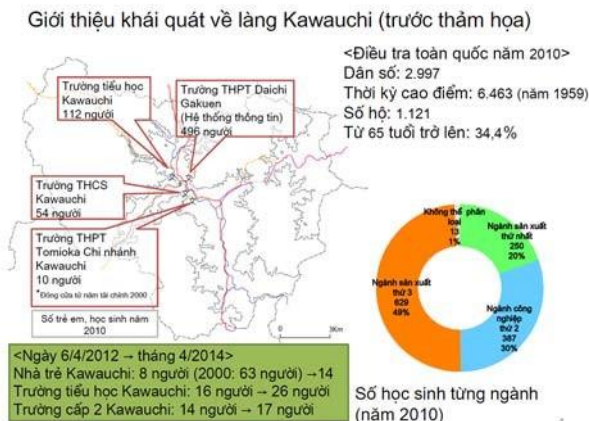


図 3 被災前後の地域の様子を説明するスライド

8 名のベトナム人研修生らはこれらの知識を持ち合わせないため、非常に熱心に講義を聴いていた。さらに水田や家屋の除染、川内村村長による帰村へ至る経緯などには非常に多くの質問が寄せられた (写真1)。これは一種の「災害知」の日本国外への伝達とみることができる。ベトナムで原子力事故が万が一発生した折には、彼らが学んだ知識が活かされると期待している。この研修の中では図 2 および図 3 に示すような基礎的な知識だけではなく、

除染の実態や被災現場の様子なども含めて詳細な解説をした。例えば図4のスライドは除染により発生した放射性廃棄物の処理方法について具体的に解説している。

Thiệt hại do sự cố nhà máy điện hạt nhân

Phơi nhiễm phóng xạ bên ngoài và phơi nhiễm phóng xạ bên trong

1. Phơi nhiễm phóng xạ bên ngoài: phơi nhiễm phóng xạ do bên ngoài cơ thể con người tiếp xúc với tia phóng xạ
 → Phơi nhiễm phóng xạ từ tất cả những vật nhiễm năng lượng phóng xạ do sự cố hạt nhân (Như đất đai, nhà cửa, cây cối, các phần tử trong không khí, v.v...)
 → Không thể trở về nhà từ nơi sơ tán
2. Phơi nhiễm phóng xạ bên trong: phơi nhiễm phóng xạ chủ yếu do tiếp xúc với tia phóng xạ từ các chất được đưa vào bên trong cơ thể qua đường miệng
 → Thực phẩm = phơi nhiễm phóng xạ thông qua các sản phẩm ngư nghiệp, nông nghiệp, chăn nuôi = thiệt hại nghiêm trọng chủ yếu cho ngành công nghiệp

Mất đất cư trú, gia đình
 Mất việc làm
 Hủy hoại cộng đồng địa phương
 v.v...

Không chỉ ảnh hưởng đến cuộc sống mà còn ảnh hưởng rất lớn đến sinh mạng của nạn nhân chịu thảm họa



Chất thải phóng xạ
 (làng Kawachi, tỉnh Fukushima)

19



図4 放射性廃棄物の処理方法を説明したスライド

写真1 川内村村長への質疑応答

ベトナム人にとっての驚きの一つは原子力災害が不可視であること、すなわち目に見える災害跡地がないことであった。この部分については住民が避難して不在となった住宅地を見て実感したようである。また、ベトナムでは稲作が行われているためか、農地の除染方法についても大きな興味をもったようである。2回目の10月に実施したアフリカ地域に住む研修者を対象とした研修は内容がベトナム人向けとほぼ同じなので本稿では割愛する。ただし、アフリカ向け研修の同時通訳から聞き取った内容として「紛争」も災害研修に入れて欲しいという要望があったことは記述しておく。国や地域によって「災害」と捉えられる事象や、政府機関が扱う「非常事態とそこからの復興」が異なるということをこの要望は端的に示している。

日本が経験し、知識として持っている災害対応の事例は災害の種類・規模ともに多岐にわたり、防災対策が途上である発展途上国にとっては特に有益であると思われる。すなわち、お金の援助だけではなく「知識」「経験」の援助が日本の果たすべき海外の人材育成の役割ではないだろうか。他方で日本も国内だけではなく広く海外の災害対応事例を集め、今後の防災に現場レベルで活用していくことが求められる。また、災害からの復興にあたっては前述のBBBの考え方を活かし、より災害に強い社会を構築することが求められている。

謝辞

2 回の研修にはJSPS 科研費 25220403（研究代表者：山川充夫）の助成を受けた研究成果を使用しています。

文献

- Clinton, W. J. (2006) Lessons Learned from Tsunami Recovery: Key Propositions for Building Back Better. New York: Office of the UN Secretary-General's Special Envoy for Tsunami Recovery.
- Fan, L. (2013) Disaster as opportunity? Building back better in Aceh, Myanmar and Haiti. Humanitarian Policy Group Overseas Development Institute. London. 30p.
- Kennedy, J., Ashmore, J., Babister, E., & Kelman, I. (2008) The Meaning of “Build Back Better”: Evidence From Post-Tsunami Aceh and Sri Lanka. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, **16(1)**, 24–36.
- Khasalamwa, S. (2009) “Is ‘build back better’ a response to vulnerability? Analysis of the post-tsunami humanitarian interventions in Sri Lanka”. *Norwegian Journal of Geography*, **63 (1)**, 73 -88.
- Lyons, M. (2009) “Building Back Better: The Large-Scale Impact of Small-Scale Approaches to Reconstruction.” *World Development*, **37(2)**, 385-398.
- Mannakkara, S. and Suzanne W. (2014) Re-conceptualising ‘Building Back Better’ to Improve Post-Disaster Recovery. *International Journal of Managing Projects in Business*, **7 (3)**, 327-341.
- Seto, M. and Takagi, A. (2014) Comparison of the disasters and spatio-temporal scale. *The 9th China-Japan-Korea Joint Conference of geography, proceedings*, 37-74.
- Seto, M. and Takagi, A., Honda, T., and Imaizumi, R. (2015) Development of disaster reconstruction model and application to post-disaster education environment. *The 10th China-Japan-Korea Joint Conference of geography, proceedings*, 48-52.
- Roberts, P. (2000) The Evolution, Definition and Purpose of Urban Regeneration. In: Roberts, P. and Sykes, H. (eds.) *Urban Regeneration: A Handbook*. London: Sage Publication.

2-06 火山学における人材育成とは？ - 地球物質科学的研究に注目して -

長谷中 利昭 (熊本大学・院・自然科学)

Education and development of human resources in volcanology - Focusing on the field of petrology, mineralogy and geochemistry -

T. Hasenaka (Grad. School Sci. Tech., Kumamoto Univ.)

火山の物質科学的な研究は、マグマの組成、成因関係、相平衡に基づく温度、圧力、含水量の推定、あるいは結晶成長、カインティックスなどを取り扱ってきた。これらのデータは火山のマグマ供給系の描像を得る上で重要な制限を加えており、火山噴火予知、長期予測においても必要な役割を果たしてきた。

マグマ組成を代表する溶岩、本質火砕物の化学分析は、主成分元素に関しては、1970年代までは湿式分析で行われていたが、やがて蛍光 X 線分析に取って変られ、現在はそれが主流になっている。微量元素、同位体組成に関しても、1970年代頃、原子吸光、放射化分析、質量分析計を用いた分析が中心であったが、近年は多元素同時分析ができる ICP-MS が主流になっている。鉱物分析に関しては 1970 以降、多くの研究機関で EPMA が広く利用されている。近年は SIMS や Laser Abrasion を利用した ICP-MS などで鉱物の微量元素組成に関して画期的なデータが出るようになった。また FT-IR を用いたメルト包有物の分析も行われるようになっていく。

では、これらの分析技術、分析値の取扱いについて、研究者の人材育成はどのようにされてきたのであろうか。筆者が経験した育成について述べてみる。湿式法による分析については 1970 年代に岡山大学三朝の温泉科学研究所（当時、現在の地球物質科学研究センター）の松井義人教授が、機器分析も取り入れた方法を発表した。このような分析技術の取得は、化学の素養が少ない地球科学系の学生にとってはハードルが高く、徒弟制度に似通ったシステムに頼らざるを得ない。筆者の先輩であった岡本健二博士が、温泉科学研究所に長期滞在し、マンツーマンで教授を受け、それを筆者が岡本博士からまたマンツーマンで習ったものである。松井教授の重要な功績は、化学分析で得られた火山岩の分析値を化学的にどのように扱うかを浅間火山の溶岩を例に取って示したことである。得られたデータを元に当時の大型計算機を用いて最小自乗法で親子関係を判定し、さらに液相濃集元素として選んだ K_2O 含有量の対数を用いて、固化度の見積り、微量元素の固相-液相間のバルクの分配係数を見積もる糸口になることを明らかにした。後進の学生にとって研究の見通しができるということは、得難い資産である。また温泉研では、（当時金沢大学の）坂野昇平教授の研究会に大学間を越えた院生たちが

集まり、活発な議論がなされ、研究の何たるかを学ぶ貴重な経験を得た。新参者にとって議論のほとんどは理解できなかったが、アカデミックな雰囲気、「何かすごい」と感じた経験はその後の研究発展に貴重な種（シーズ）になったと思う。院生たちは「火山若手の会」を発足し、若手研究者（の卵）が大学間の垣根を越えて切磋琢磨する機会として発展していった。

半世紀も前の人材育成の一端を垣間見て、現在と比較すると、研究手法も学会の規模、学生や若手の人数、彼らのキャリアパスも大きく様変わりしており、かつての「徒弟制度」や「少人数精鋭」の育成システムは成り立たなくなっている。大学における人材育成に限って言えば、研究室ごとの教育・研究システムに頼らざるを得ない。学会も多くのセッションに分かれてしまい、共通の土台で議論をする若手の仲間を探すのも難しいかも知れない。

人材育成に関する解決法の一つはプロジェクトに基づいた小規模研究会の開催、継続である。山口大学の田中和広教授が始められた「西日本火山活動研究会」は学生、院生も取り込んで、人材育成の貴重な場を提供していると思われる。現在は福岡大学の奥野充教授の国際火山噴火史情報研究会に引き継がれ、さらなる発展が期待できる。また分析手法に関しては、もはや、一研究室では取り扱えない予算規模になってきているので、全国に設立された共同利用研究施設はかつての「徒弟制度」に置き換わる、重要な学生の人材育成拠点になっていると思われる。最後に、近年広く普及したインターネットを用いた情報、成果の公開、交換システムは若手新参者にとって貴重な教育資産になっており、利用の仕方によっては人材育成の寄与する度合いは大きいと考える。

講演では個々の事例について議論したい。

2-07 火山観測研究と人材育成

清水 洋（九州大学地震火山観測研究センター）

Promotion of the observational study and human resource development for the prediction of volcanic eruptions

Hiroshi Shimizu (Institute of Seismology and Volcanology, Kyushu University)

御嶽山の噴火災害をうけて、文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会と気象庁火山噴火予知連絡会「火山観測体制等に関する検討会」はそれぞれ課題を取りまとめ、火山監視に携わる専門家や活動評価の高度化に取り組む火山研究者が不足していることを指摘している。御嶽山以外にも、桜島、阿蘇山、口永良部島、箱根山の噴火など、日本列島の各地で火山噴火が発生しており、火山専門家の育成と確保が火山防災の観点からも社会的に要請されている。

わが国の火山観測研究は、文部科学省科学技術・学術審議会が建議する「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」に基づき、主に、大学の観測センターや観測研究機関によって推進されている。これらの大学観測センターや観測研究機関の研究者のほとんどは地球物理学分野を専門としており、物質科学分野の研究者は少ない。一方で、現在の火山噴火予知研究の大きな課題は、噴火活動の推移・様式の予測であり、その実現のためには、物質科学的手法の重要性があらためて認識されている。また、東北地方太平洋沖地震の発生や原発の立地に関する関心の高まりにより、カルデラ噴火などの低頻度大規模噴火についての本格的な研究とモニタリングの必要性が指摘されているが、これらの研究に関しても火山地質学や火山岩岩石学などの物質科学分野からの大きな貢献が期待される。このため、現行の地震火山観測研究計画では、物質科学分野の研究者が参加する研究課題を従来よりも増やしているが、今後は地球物理学と物質科学とのさらなる連携・協力により、両分野融合による新たな研究分野を創出することをめざすべきである。

これらの新しい火山研究を担う若手研究者や気象庁等で火山監視に従事する火山専門家を育成する大学の専門教育体制についても、問題がある。わが国には、火山学に特化した「火山学科」を設置している大学はなく、理学部の地球科学科や地球惑星科学科などや、一部は工学部の資源工学系の学科で火山学に関する教育が実施されている。また、特に規模の小さな大学では、火山分野は物質科学（火山地質学）のみの大学が多い。さらに、地球物理系と物質科学系両方の火山分野を有する大学でも、火山学教育は別々に行われている場合が多く、それぞれ研究室は一つ程しかない。そのため、最先端の火山学を広く体系的に学べる場がない。今後は、火山学全分野の体系的な教育に加え、従来の火山学以外の領域との積極融合を図ることにより、火山噴火予知研究の課題の解決を担う人材の育成を目

指すべきである。しかし、これは単独の大学・研究機関では現状では困難であるため、当面は、全国の関係大学等が連携してフィールド実習や集中講義を実施し、火山について広い分野の先端の知識を有する人材育成を行う体制を作る必要があると考える。

今後の火山研究と火山人材育成の促進のため、文部科学省は平成28年度から10年計画で「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」を実施すると発表している（図1）。このプロジェクトでは、従来の火山学的手法に加え、ロボット工学や計算科学、社会科学などの手法も取り入れて、火山災害に対する減災に資するため、観測・予測・対策の一体的な火山研究を推進するとともに、火山研究人材育成コンソーシアムを構築して火山研究者を育成することとしている。

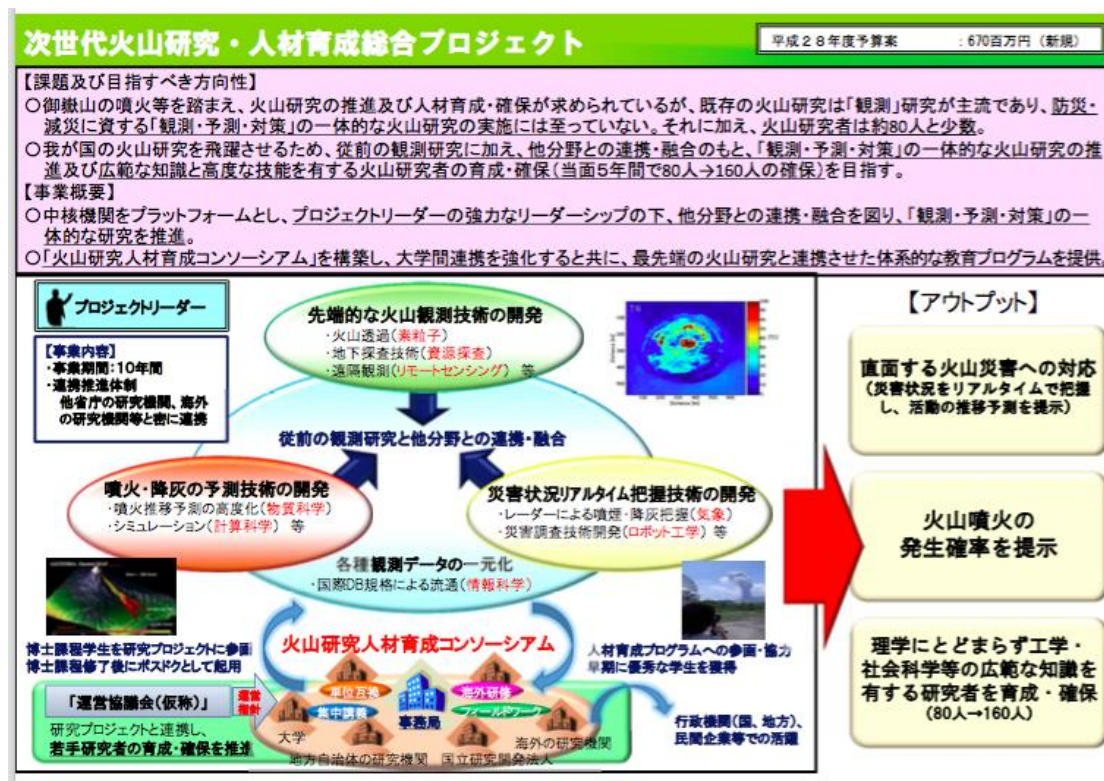


図1. 次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト

文部科学省の平成28年度予算案資料（文部科学省ホームページ）による。

このプロジェクトは、全国の関係大学や研究機関が連携して取り組む国の戦略研究事業であり、実施期間が10年と長いことから、前述の課題解決に向けて進展が期待できる。ただし、このプロジェクトの火山研究人材育成コンソーシアムで行われる教育活動は、短期間の集中講義と野外実習が中心となることが想定され、学生のモチベーションの向上には大きな効果が期待できるが、毎日の継続的な教育の実施は難しい。したがって、コンソーシアムを構成する各大学においても、コンソーシアムでの教育事業に加え、個々の大学でそれぞれ火山研究人材の育成のための教育を強化し、コンソーシアムでの教育を補完してコンソーシアムを支えていく必要があると考える。

これらのことを考慮し、九州大学では、火山観測研究を行っている個々の大学が取り組むべき火山人材育成教育のパイロット事業として、火山専門教育拠点の設置を立案し、平成28年度の概算要求に上げている（図2）。この火山専門教育拠点では、理学研究院附属地震火山観測研究センターと地球惑星科学部門を中心に物理学、化学、生物学の理学全分野が参加して、以下の事業を実施する。

(1) 新カリキュラム（4科目）の作成と実施

学部科目の新設：海外導入巡検

大学院科目の新設：専攻内融合型科目（火山流体力学、火山流体化学実習）

専攻外融合型科目（火山噴火の生物界に与える影響、

年代測定実習、ミュオン実習、火山物質科学実習）

海外発展巡検（火山地球物理観測実習、火山地質学実習、

火山物質科学実習）

(2) 国内外の学生（社会人、海外からの留学生など）の受け入れ

(3) 国際的人材育成（国際インターンシップ）の実施

なお、本事業では、講義の他に演習や観測実習を重視することとしている。特に、島原市にある地震火山観測研究センター島原観測所を拠点として総合実習を行うほか、海外の活動的な火山において海外実習を実施することを計画している。これらの教育と理学分野の融合による研究を実施して、総合的な火山専門家の養成と新しい火山研究分野の創出に寄与したいと考えている。

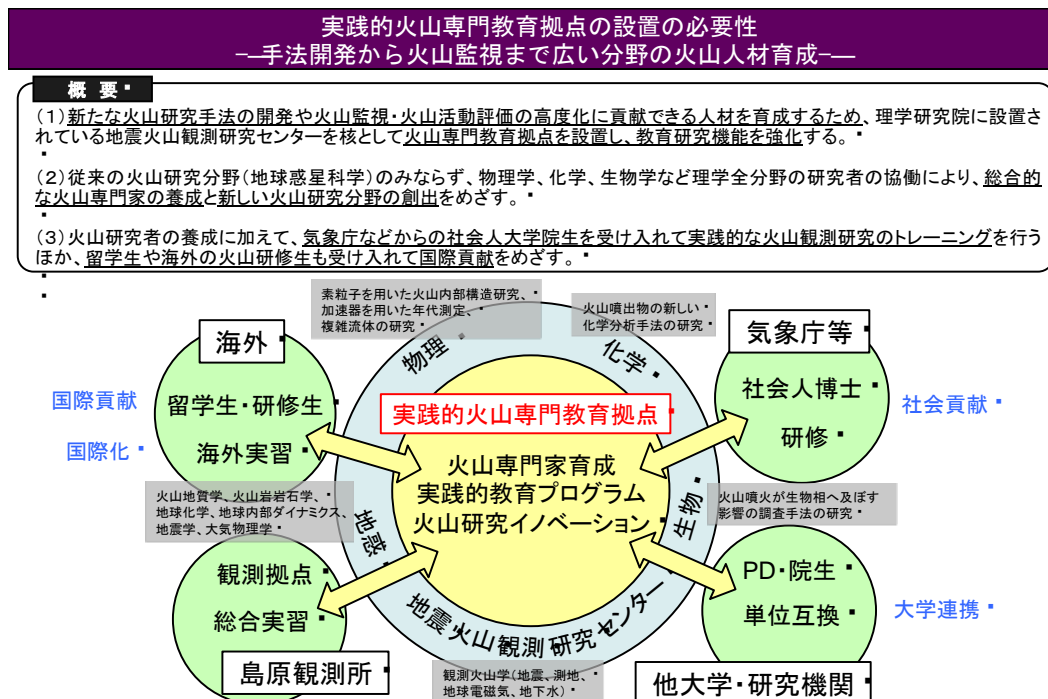


図2. 九州大学理学研究院における火山人材育成計画

2-08 噴火史データベースを研究進展にどう利用するか： 基礎データを大切にする国際誌の提案

奥野 充・小林哲夫（福岡大・国際火山噴火史情報研究所）

How to use database of eruptive history for developing scientific research:
A proposal of new international journal on basic data

Mitsuru Okuno and Tetsuo Kobayashi (ACRIFIS-EHAI, Fukuoka Univ.)

We would like to propose new international journal, *the International Journal of Eruptive History and Informatics (IJ-EHAI)*. This is a peer-reviewed journal on studies of eruptive history and informatics and related field such as geology, petrology, archaeology, and chronology with special reference on basic data. The journal will be published quarterly, and we also publish conference proceedings and monographs on topics related to our fields of interest. The journal is open access and subscribers shall receive the print edition. All articles should be written in English. To see more detail information of the *IJ-EHAI*, please visit our web site (<http://media.tl.fukuoka-u.ac.jp/ijehai/>).

火山地質学では、火山地形や地質記載が基礎になり、多くの場合、論文作成までには時間がかかる。また、ローカルな記載が多いためか、和文で書かれることも多い。しかし、和文では圧倒的に読者が限られることから、広く情報を発信する意味でも英文による論文執筆が望ましい。また、最近の傾向としては、インパクトの大きな論文に注目が集まり、基礎的データが軽視されることも危惧される。このような問題意識から、本研究所では基礎的データを中心にしつつ、研究成果を世界的に発信する新たな国際誌として「*International Journal of Eruptive History and Informatics*」(IJ-EHAI)と噴火史データベースの立ち上げに取り組んでいる。IJ-EHAIの最初の受理論文(Ban *et al.*, 2013)は、電子版として既に掲載されており(<http://media.tl.fukuoka-u.ac.jp/ijehai/>)、2016年初頭には受理論文を順次追加して、印刷版も刊行することになっている。このIJ-EHAIはいわゆるpeer-reviewed journalであり、国際火山噴火史情報研究集会などでの論文を、迅速に査読して特集号として掲載することも想定している。若手研究者には、アトラクティブな一流国際誌への論文投稿より前に、まずは基礎的なデータ記載を提示できる能力を養う機会を提供したいと考えている。一方、噴火史データベースは、それまでの研究を集大成する既存のデータベースとは異なり、同時進行形で露頭などの基礎的データを収録することを想定している。これは、あらゆる段階で素データに立ち戻ることができる限り可能にし、その後の検証を容易にすることが大きな目的であり、露頭情報共有サイト「じおログ」のモバイル版(Takahashi *et al.*, 2016)の公開によって、既に実現段階に入ったといえよう。

なお、本研究所では、西日本火山活動研究集会や熊本大などと共に、研究集会を年 2 回開催しており、その講演要旨集も逐次刊行物（印刷版とウェブ版）として刊行している。これには、通常の学会などの講演要旨と異なり、ページ制限を設けていない。この要旨集でデータを提示することで、簡便に広く引用できる機会を提供している。これにより紀要論文を執筆するよりも指導教員の負担を少なくして、卒論・修論などの成果を発信できることを期待している。

Reference

- Ban, M., Matsui, R., Iwata, N., Yamamoto, T., Fujinawa, A. and Nakashima K. (2013) Petrologic characteristics of the newest stage in Azuma volcano group, Northeast Japan. *International Journal of Eruptive History and Informatics*, **1**, in press.
- Takahashi, S., Okumura, M., Tsuruta, N., Torii, M., Inakura, H., Ohno, M. and Okuno, M. (2016) Geo-Log Mobile: Development of mobile GIS application based on new geological database framework for eruptive history and informatics. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2016*, in press.

2-09 科学と技術の融合と社会が求める“専門家”人材像

西園 幸久（西日本技術開発）

Fusion of science and engineering, specialist talent images from social needs.

Y. Nishizono (West Japan Engineering Consultants, Inc.)

人間が何らかの構造物を構築する場合には、その時点で人間が持てる設計技術が要求するさまざまなパラメーターについて、何らかの“数値”を入れなければ当然設計ができない。「もっと最新のデータを入たほうがよい、もっと入力する数値について研究・検討したほうが良い」という考え方は貴重ではあるが、どこかで区切りをつけないと構造物は実現できない。特にインフラと位置づけられる構造物は、社会がそれを要求しているから設計・施工されるわけで、何時までも現実社会に姿を現さなければ、それはインフラとしての意味をなさなくなる。もちろん社会はより高い安全性を求める。一般に技術は科学の成果を時間をかけて、安全性や安定性・法的適合性あるいは経済性などの“全体完成度”が一定以上の水準に達していることを確認した上で実用に供される。自動車の開発も数年といった時間をかけて行われており、リニアモーターカーの開発もさらに長い時間をかけて営業運転を目指していることは周知の事実である。

しかし、3.11 後の展開はどうであったか？福島第一原発では、メルトダウンした燃料の場所を探るため、宇宙線を利用して画像化する技術（実用化の程度から言えば従来の科学の領域）が宇宙線研究者の手を借りて試みられているし、出来立てのロボットが投入されたりしている。最も安定した技術の集積であるべき原子力（の安全性）が、最新の科学によって議論され評価されようとしているように思え、社会もそこに期待しているのではなかろうか？少し長期的な視点を入れればこのような流れは、他の重要なインフラにも適用されていくのではないかと考える。そうであれば、社会は従来型の科学と技術の仕切りを取り払い、より近い位置、場合によってはその区切りさえもあいまいな状況を求めていくのではないかと予測される。ここに、社会が科学に携わる専門家とその予備人材を科学の世界だけに閉じ込めず、現実社会と向き合うことを求めていく状況が必然的に生み出されつつあると言える。また、日本は明治以来の歳月を費やして、技術者を安定して活用・雇用する仕組みを構築し、改善してきた。この仕組みは、一方では科学の専門家を速やかに受け入れる柔軟性に欠けているかに見え、どう改善できるかも社会側の課題であろう。

3-01 阿蘇火山中岳の活動史と 2014~2015 年噴火

宮縁育夫 (熊本大学教育学部)

Eruptive history and the 2014-2015 eruption of Nakadake, Aso Volcano, SW Japan

Yasuo Miyabuchi (Faculty of Education, Kumamoto University)

阿蘇カルデラ内で現在唯一活動を継続している中岳は、わが国で最も活発な火山の一つである。この火山は約 22~21 ka に活動を開始したと考えられており (宮縁ほか, 2004), 古期山体・新期山体・最新期火砕丘という 3 つの山体を形成した (小野・渡辺, 1985)。中岳では、活動のごく初期にあたる 22~21 ka にスコリアと火山灰を放出する激しい噴火活動があり、カルデラ周辺域に厚い降下テフラ累層 (スコリアと火山灰の互層; 山崎第 20~第 15 スコリア; YmS20-15) を堆積させるとともに、古期山体の溶岩 (玄武岩質) を流出している (馬場, 1999)。その後、18~16 ka には主に降下スコリア (山崎第 10~第 1 スコリア; YmS10-1) を放出する爆発的な噴火が間欠的に発生している (宮縁ほか, 2004)。それらの中間の時期にあたる 19 ka 頃には火山弾に富む玄武岩質火砕流が北東斜面を流下している (Miyabuchi *et al.*, 2006)。完新世に入ってから活動は、黒色砂状の本質火山灰 (玄武岩質安山岩) を噴出する灰噴火 (小野ほか, 1995) が主体となるが、約 5 ka には新期山体の溶岩 (小野・渡辺, 1985) を流出し、約 1.5 ka にはやや規模の大きなマグマ水蒸気爆発が起こった (宮縁・渡辺, 1997; Miyabuchi, 2009)。

中岳の最新期火砕丘には、ほぼ南北に並ぶ大小 7 個の火口が存在している。最近約 80 年間の活動は一番北側の第 1 火口で起こっているが、1929 年噴火以前には南側の第 4 火口も活動していた。静穏期における第 1 火口内には、湯だまりと呼ばれる強酸性の火口湖 (Miyabuchi and Terada, 2009) が認められる。活動期には湯だまりが消失し、火口底に形成された火孔から濃褐色または黒色の噴煙を継続的あるいは短い間隔で繰り返し放出して黒色砂状の火山灰を周辺地域に降下させる灰噴火が最も特徴的な噴火スタイルとなっている (小野ほか, 1995)。さらに活発な時期にはスコリアを間欠的に放出するストロンボリ式噴火を起こす。また活動期の火口内が湖水や水で飽和した土砂で閉塞された場合には、水蒸気爆発あるいはマグマ水蒸気爆発が起こることがあり、1958 年や 1979 年の噴火時に低温火砕流や火砕サージの発生が確認されている (種子田ほか, 1959; 小野ほか, 1982; 渡辺, 2001)。

近年では、1989~1995 年にかけて灰噴火とストロンボリ式噴火などの活発な噴火活動がみられ (池辺ほか, 2008)、それ以降は火山活動が比較的穏やかな状態であったが、2003~2008 年にかけて湯だまりからごく小規模な火山灰噴出が発生した (宮縁ほか, 2005; 2007; Miyabuchi *et al.*, 2008; 宮縁・池辺, 2008)。そのような状況の中で、およそ 20 年ぶりとなる本格的な活動が 2014 年 11 月 25 日に始

まった。一連の活動は湯だまりが消滅した中岳第 1 火口底のほぼ中央部に開いた 141 火孔（気象庁，2014）に限定されており，灰噴火を主体としたものであったが，噴火のごく初期からスコリアを放出するストロンボリ式噴火も認められたことが特徴である（横尾・宮縁，2015）。この活動は 2015 年 5 月上旬頃まで継続したが，その後は小康状態であった。そして，湯だまりが再び形成された後の 2015 年 9 月 14 日と 10 月 23 日にマグマ水蒸気噴火が発生した。現在も噴火警戒レベル 2 が継続しており，中岳第 1 火口周辺 1 km 以内への立入は制限されている状況である。

引用文献

- 馬場正弘（1999）阿蘇南郷谷に伏在する溶岩流。熊本地学会誌，120，2-8.
- 池辺伸一郎ほか（2008）阿蘇火山中岳 1988～1995 年活動期における噴火様式の変化。火山，53，15-33.
- 気象庁（2014）週間火山概況（平成 26 年 11 月 28 日～12 月 4 日）。
- Miyabuchi, Y. (2009) A 90,000-year tephrostratigraphic framework of Aso Volcano, Japan. *Sediment. Geol.*, 220, 169-189.
- 宮縁育夫・池辺伸一郎（2008）阿蘇火山中岳で 2008 年 2 月に噴出した火山灰。火山，53，201-206.
- Miyabuchi, Y., Terada, A. (2009) Subaqueous geothermal activity revealed by lacustrine sediments of the acidic Nakadake crater lake, Aso Volcano, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 187, 140-145.
- 宮縁育夫・渡辺一徳(1997)埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代からみた完新世阿蘇火山テフラの噴出年代. 火山, 42, 403-408.
- 宮縁育夫ほか（2004）阿蘇火山における更新世末期，AT 火山灰以降のテフラ層序。火山，49，51-64.
- 宮縁育夫ほか（2005）阿蘇火山中岳で 2003 年 7 月 10 日と 2004 年 1 月 14 日に起こった湯だまりからの火山灰噴出。火山，50，227-241.
- Miyabuchi *et al.* (2006) Bomb-rich basaltic pyroclastic flow deposit from Nakadake, Aso Volcano, southwestern Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 155, 90-103.
- 宮縁育夫ほか（2007）阿蘇火山中岳における 2005 年の火山活動と噴出物。火山，52，133-147.
- Miyabuchi *et al.* (2008) Geological constraints on the 2003-2005 ash emissions from the Nakadake crater lake, Aso Volcano, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 178, 169-183.
- 小野晃司・渡辺一徳（1985）阿蘇火山地質図（5 万分の 1）。火山地質図 4，地質調査所。
- 小野晃司ほか（1982）火山噴出物の地質学的・岩石学的研究。昭和 54 年度特別研究促進調整費「1979 年の御岳山・阿蘇山噴火に関する特別研究」報告書，科学技術庁研究調整局，167-189.
- 小野晃司ほか（1995）阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物。火山，40，133-151.
- 種子田定勝ほか（1959）阿蘇火山 1958 年 6 月”大爆発”概報。火山，3，136-146.
- 渡辺一徳（2001）阿蘇火山の生い立ち—地質が語る大地の鼓動—。一の宮町史 自然と文化阿蘇選書 7，一の宮町，241p.
- 横尾亮彦・宮縁育夫（2015）2014 年 11 月から始まった阿蘇火山中岳第一火口の噴火活動（口絵写真解説）。火山，60，275-278.

3-02 地域減災に対してジオパークのネットワーク活動が果たす意義 - 熊本大学と阿蘇ユネスコグローバルジオパークの連携 -

永田紘樹¹・長岡千香子²・池辺伸一郎³・喜多敏博⁴・鳥井真之²・竹内裕希子²

Significance of Geoparks Network towards Local Geohazard Risk Reduction -Cooperation of Aso UNESCO Global Geopark and Kumamoto University-

K. Nagata¹, C. Nagaoka², S. Ikebe³, T. Kita², M. Torii⁴, and Y. Takeuchi⁴

¹ 阿蘇ジオパーク推進協議会

² 熊本大学大学院自然科学研究科 附属減災型社会システム実践研究教育センター

³ 阿蘇火山博物館

⁴ 熊本大学 e ラーニング推進機構

1. はじめに

ジオパークは、ジオパークの地域内の人にとっては、地元の地球科学的な自然遺産、さらには各種自然・文化遺産を保全するとともにその価値を学び、子供たちへの教育を支援し、観光客に地域の自然と伝統文化を楽しんでもらうためのさまざまな活動を行う仕組みである（渡辺，2014）。

国内では地質由来の災害が多いことから、島原半島ユネスコグローバルジオパークなど防災・減災をテーマの一つにしているジオパークも数多く存在する。近年では、内閣府中央防災会議の火山防災対策推進ワーキンググループにより、ジオパークなどと連携協力し火山地域を訪れる旅行者に対して火山に関する理解度向上を図るよう提言される（火山防災対策推進ワーキンググループ，2015）など、ジオパークの仕組みが社会的にも防災・減災への有用なツールとして認識されるようになってきた。

阿蘇においても、2012年の豪雨で外輪山の斜面崩壊が、2014年からは中岳の噴火が発生するなど地質特性に由来する災害（ジオハザード）が繰り返し発生しており、これらの被害を軽減するためには、構造物の構築だけでなく、知識に基づいた的確な避難行動へ結びつく防災・減災教育が不可欠であることから、熊本大学大学院の減災型社会システム実践研究教育センター（IRESC）と共同で防災・減災教育手法の開発に着手するなど様々な活動を行っている。

2. 熊本大学と阿蘇ジオパークの連携事例

(1) 野外教育事例

阿蘇ジオパークでは、2015年1月に IRESC 主催の大学生・高校生を対象とした防災・減災教育研修において、中岳ジオサイトでの現地学習を実施した。ジオハザードの実情を現地で学んだ後、IRESCにより災害に遭遇した際に自らどのように行動すべきかを学ぶため、クロスロードの作成を行った。クロスロードは、通常1995年に発生した阪神淡路大震災の教訓を基に作成された既存版を使用するが、今回は、学習効果をさらに向上させることを目的として大学生・高校生自身による問題の作成を試みた。その結果、「合宿で火口付近を見学中に噴火が発生し、避難することになったが数人いない。バスを発車させるか？」など、大学生・高校生の視点で問題が作成された。研修後のアンケート結果でも「集団での合意掲載の難しさを感じた」という意見があり、地域で発生した災害とクロスロードを組み合わせた教育活動は、より具体的に災害を自らの問題として捉える効果が期待される。



写真1. 中岳における噴火活動について学ぶ様子

(2) 教育システム開発事例

ジオパークの拠点施設である阿蘇火山博物館では、平成26年度約1000人の学習活動を受け入れており、火山学習の場として活発に活動している。しかし修学旅行など、遠方から学びにくる

場合には、事前あるいは事後にジオパーク専門員や学芸員が学校へ訪問し講義などを行うことは難しく、詳しい火山の説明は現地のみという場合が少なくない。

そこで阿蘇ジオパークでは、図1のような体制で阿蘇ジオパークの主要テーマである巨大カルデラや活火山、草原などの文化について学ぶことができ、多くの修学旅行生が訪れる大観峰ジオサイトでの事前・事後学習プログラムやシステムの検討を行っている。

現在は、大観峰ジオサイトの学習要素について検討中であるが、今後、地域の人々が持つ情報なども取り入れながら整理していきたい。

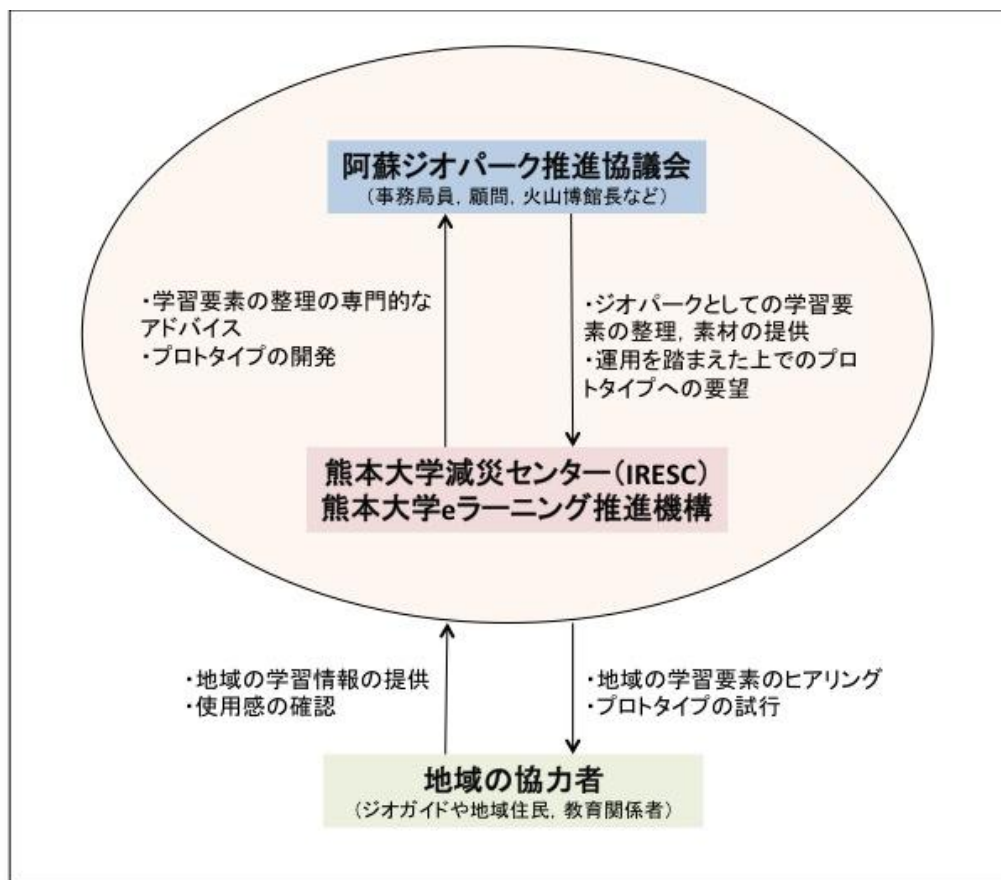


図1. 熊本大学とのeラーニングシステム開発体制

3. まとめ

阿蘇ジオパークは、巨大カルデラから中央火口丘群、現在も活動を続ける中岳など、多様な火山を有している。また日帰り客数も含めた観光客数は平成25年度に1500万人を越えている(熊本県, 2015)ことから、地域内外の人々に火山についての正しい知識を与える場として、阿蘇ジオパークは大きな役割を担っている。

今回上げたような事例を発展させつつ、熊本大学をはじめ様々な機関もつ専門的・先進的な知見を地域に還元できるようさらに活動を強化していきたいと考えている。

引用文献

渡辺真人(2014)ジオパークの現状と課題.E-journal GEO. 9, 4-12.

火山防災対策推進ワーキンググループ(2015)御嶽山噴火を踏まえた今後の火山防災対策の推進について(報告). 内閣府. pp29-30.

熊本県 (2015)平成 25 年度熊本県観光統計表. 熊本県. pp4-6.

3-03 阿蘇ジオパークについて学ぶための e ラーニング設計

長岡千香子¹・永田紘樹²・竹内裕希子¹・鳥井真之¹・喜多敏博³

Designing e-learning to learn about Aso Geopark

C. Nagaoka¹, K. Nagata², Y. Takeuchi¹, M. Torii¹, T. Kita³

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科 附属減災型社会システム実践研究教育センター

² 阿蘇ジオパーク推進協議会

³ 熊本大学 e ラーニング推進機構

1. はじめに

ジオパークとして認定された地域は、保全、観光（地域振興）、教育の 3 つの活動を通じて、持続可能な社会、持続可能な地球を実現するための活動を行う（日本ジオパークネットワーク，2015），国内の各ジオパークでは、様々な教育活動が行われている。例えば、島原半島ジオパークでは、市内の全小学 6 年生と中学 1 年生に対して、ジオサイトを巡りながら、火山噴火が引き起こす災害と恵みについて学習する機会を提供している（島原半島ジオパーク推進連絡協議会，2013）。また、山陰海岸ジオパークでは、総合的な学習の時間の有効活用を目指して、ジオパークの学習を通じて「課題をみつけ、解決する力」を身につけさせている（和田ほか，2012）。

これらの教育実践は火山地域付近に居住する児童・生徒を対象としているが、内閣府は、火山地域の児童・生徒だけでなく、火山地域以外の学校においても、修学旅行で活火山を訪れるなど、火山に関する学習の機会を作るべきとしている（火山防災対策推進ワーキンググループ，2015）。そのような取り組みのひとつとして、有珠ジオパークでは、事前学習・現地学習・事後学習の 3 段階に対応したカルデラの形成などを学習する教材を作成し、修学旅行生に対しても配布・活用している（横山，2014）。ジオパークで学習できる時間は限られているため、事前学習であらかじめ必要事項を学習することで、現地での学習の効果・効率を上げることができる。しかしながら、遠方に居住している修学旅行生を対象とする場合などでは、事前学習として、ジオパークの専門家や学芸員が学校へ訪問し、講義などを行うことは難しい。

遠隔地における事前学習をサポートする手段のひとつが e ラーニングである。e ラーニングの多くはインターネットを利用した学習形態を特徴とする。インターネットを通じて、「いつでもどこでも」学習することができ、資料の閲覧、クイズを利用した知識の確認、掲示板を利用した他の学習者との情報交換や議論などができる。冊子などの紙媒体と異なり、文字や画像の情報だけでなく、動画や音

声の掲載や、他の学習者との交流などが可能である上に、情報の更新が容易である。すでに現地学習用の e ラーニングとして、動物園、水族館、博物館などで用いる小学生や中学生を対象とした e ラーニング用のアプリケーションなどが開発されており（萩野ほか, 2009; 奥本・加藤, 2012; 大橋ほか, 2010）, iPod を利用して動物の心音を聞いたり, 動物の視点から見た世界を再現した動画コンテンツなど, 多様なメディアを活用している。

本研究では, 修学旅行生（高校生）を対象とし, 阿蘇について事前学習・現地学習をするための e ラーニングを設計した。現地で学習する場所は, カルデラの形成や草原の維持など, 阿蘇ジオパークと関連する情報を一望できるため, 大観峰カルデラジオサイトを選択した。先に阿蘇ジオパークで修学旅行生に知ってほしいこと, わかってほしいことなどについて専門家へのニーズ調査を行い, その内容をもとに, e ラーニングの設計を行った。

2. 「阿蘇ジオパークを知るための e ラーニング」の設計

e ラーニングは, 教材や授業などの設計を専門とするインストラクショナルデザイナー（以下, IDer）と, 設計する e ラーニングの学習内容についての内容領域専門家: Subject Matter Expert（以下, SME）が協働して設計することが望ましい。SME が専門領域に関する情報やニーズを提供する一方, IDer はその情報やニーズを踏まえた学習目標や学習方法を提案することが求められる。プロジェクトの円滑な遂行のためには, IDer と SME は密接な関係を構築しておくべきとされている（リッチフィールド, 2013）。本研究では, IDer として熊本大学の e ラーニング推進機構, SME として阿蘇ジオパーク推進協議会の職員, 研究者（火山学・防災教育）が協働して e ラーニングを設計した。e ラーニングの設計では, （1）学習内容の整理, （2）e ラーニング（プロトタイプ）の設計の 2 段階で行った。

2.1 学習内容の整理

まず, 阿蘇ジオパークの大観峰カルデラジオサイトを訪れた修学旅行生に学習してほしいことを明確にするために, 学習すべき内容について, SME と相談の上, キーワードの抽出を行った。その後, 関連するキーワードを「カルデラの形成と文化の発展」や「中岳の噴火」などのグループに分け, 各グループの関係性を整理した（図 1）。

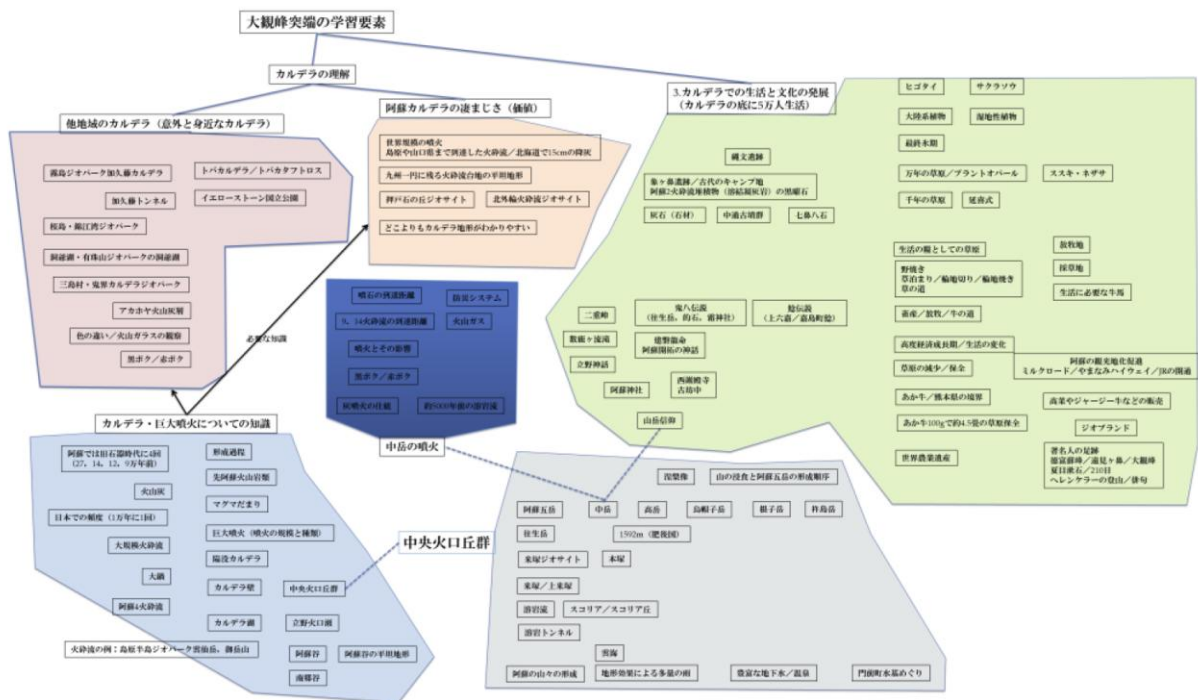


図1：大観峰カルデラジオサイトで学習すべき内容の整理

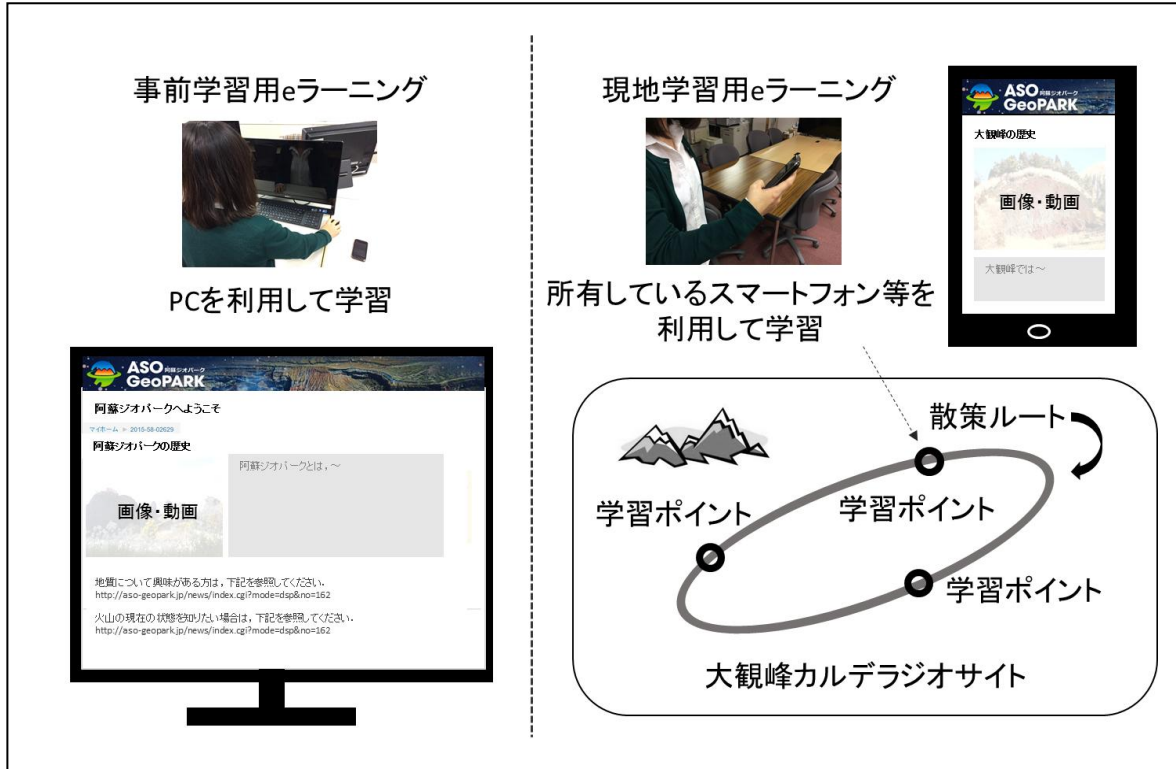


図2：事前学習・現地学習の流れ

2.2 eラーニング（プロトタイプ）の設計

eラーニングは事前学習用と現地学習用のシステムから構成される（図2）。現地で学習する内容の前提知識を事前学習することで、現地で得られる情報を効果的・効率的に理解できるようにする。事前学習用のeラーニングは学校や自宅に設置されたPCでの学習を前提に設計・実装し、現地学習用のeラーニングは所有しているスマートフォンなどでの学習を前提として設計・実装する。eラーニングで学習する内容は、内容の特性に応じて、動画や音声、文字など最適なメディアを活用して作成する。

3. おわりに

本研究では、阿蘇ジオパークで修学旅行生が学習するためのeラーニングの設計として、阿蘇ジオパークについて修学旅行生に学んでもらいたいことを明確にするために、学習内容の整理を行った。今後、SMEが提案した学習すべき内容を事前学習と現地で学習すべき内容に分け、実際にeラーニングとして実装し、プロトタイプの運用を行う。

謝辞

本研究は、「平成27年度阿蘇ジオパーク研究助成金」の助成を受けたものである。助成をしていただいた阿蘇ジオパーク推進協議会と、研究に対する助言をしていただいた渡邊一徳博士に感謝いたします。

引用文献

日本ジオパークネットワーク

<http://www.geopark.jp/activity/research/p20151002.html>（2016/01/15アクセス）

島原半島ジオパーク推進連絡協議会（2013）.ジオパークである続けるための取り組み 教育活動. つなごう！未来へ 島原半島ジオパーク. 44. 9.

和田年史, 徳田悠希, 山口暁美（2012）. 「総合的な学習の時間」におけるジオパークと博物館の活用事例. 鳥取県立博物館研究報告. 49. 17-28.

火山防災対策推進ワーキンググループ（2015）. 御嶽山噴火を踏まえた今後の火山防災対策の推進について（報告）. 内閣府.

横山光(2014). 洞爺湖有珠山ジオパーク見学テキストを活用した野外学習実践. 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要. 26. 82-85.

萩野哲男, 鳩野逸生, 井福克也, 鈴木真理子, 楠房子（2009）. 動物園におけるGPS携帯を活用した一般来園者への観察支援. 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会（EC）. 12. 71-77.

奥本素子, 加藤浩 (2012) . 事前学習と館内鑑賞支援を連動させた博物館における展示鑑賞支援システムの開発. 日本教育工学会論文誌. 36 (1) . 1-8.

大橋裕太郎, 馬島洋, 有澤誠 (2010) . 動物園の学びをデザインする : 遊びの要素を取り入れた音声・映像ナビゲーションの開発. チャイルドサイエンス : 子ども学. 6. 42-46.

3-04 阿蘇カルデラにおける学校防災教育の展開例

竹内裕希子¹・稲本義人²

Disaster Risk Reduction Education at School in Aso Caldera

Yukiko Takeuchi¹ and Yoshito Inamoto²

¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, 熊本市中央区黒髪2-39-1

² 熊本大学大学院自然科学研究科附属減災型社会システム実践教育研究センター,
熊本市中央区黒髪2-39-1

2011年3月に発生した東日本大震災や2012年7月の九州北部豪雨災害など自然災害が多発していることを背景として、防災や減災に関心が集まっており、特に防災教育のあり方、効果について多くの議論がされている。

災害が繰り返し発生してきた日本における特定の地域では、人々は次なる災害から身を守るために災害を伝承し、後世に知恵と教訓を残してきた¹⁾。しかし、社会資本整備の進んだ現代では、これまで容易に被害を受けていた地域において被害が減少し、災害の規模や頻度が変化した事により、各地の災害文化は失われつつある¹⁾。また、近年では地域コミュニティでの災害伝承や学校での災害教育の機会が減少傾向にあり、過去の洪水に関する知識の風化が懸念されていることが確認されている²⁾。一方で、東日本大震災で津波によって大きな被害を受けた釜石市では、市内の小中学校14校の児童・生徒約3,000人がほぼ全員避難して無事であった。このことは「釜石の奇跡」と呼ばれ³⁾、改めて災害伝承等の防災教育が重要であることが示された。学校における防災教育は、多くの生徒を対象に一斉に教育ができることに加え、継続的に実施されることで長期的には幅広い世代の人々の防災に関する知識の獲得につながることを注目されている⁴⁾。

熊本県阿蘇市・南阿蘇村は阿蘇山が形成するカルデラ内に位置している。カルデラ側壁は急斜面となり多くは土砂災害危険箇所指定されている。またカルデラ内には一級河川である黒川と白川が流れており、豪雨が発生した際には深刻な土砂災害・洪水災害の発生が想定されている地域である。

平成24年7月には豪雨により九州北部豪雨災害が発生し、甚大な被害を受けた。阿蘇市全体としては阿蘇外輪山斜面で発生した土石流災害など、21名が死亡する人的被害を受けたほか、内牧地区では黒川が氾濫し、中心部が広く浸水被害にあった。この地域では、平成24年以前に、昭和28年、昭和58年、平成2年にも豪雨災害が発生しており、今後も同様の災害に備える必要がある。そのため災害時の知恵や知識を伝え、災害に備える防災教育が必要である。また小・中学生などの子どもは将来現在の居住地域とは異なる地域に居住する可能性もあり、その際に自律して災害に対応できる能力を養

うことが求められる。そのため総合的な防災教育を行う必要がある。

熊本大学減災センターでは、過去に繰り返し災害が発生した地域の小・中学生の災害文化の醸成を支援するために、防災・減災への意識の変化を促す防災教育を設計し、その教育効果を測定することと、測定結果等を基に効果的であり継続性のある防災教育を設計する際の課題を抽出することを目的として防災教育の実施に取り組んでいる。本発表では、熊本県阿蘇市内牧小学校、一の宮中学校、南阿蘇村久木野中学校にて実施した防災教育の実施事例を紹介する。

引用文献

- 1) 稲垣意地子, 大石哲, 砂田憲吾, 湯本光子: 地域性を考慮した児童に対する防災教育の効果に関する考察, pp.357-369, 自然災害科学 vol.28 No.4 , 2010.
- 2) 片田 敏孝, 浅田純作, 及川 康: 過去の洪水に関する学校教育と伝承が住民の災害意識と対応行動に与える影響, pp.325-330, 水工学論文集 44 卷, 2000.
- 3) 産経新聞: 「釜石の奇跡」と「田老の備え」, 産経新聞, 2013年4月13日
- 4) 城下英行, 河田恵昭: 学校における防災学習に対する中学生の意識—和歌山県広川町の生徒を対象として, 自然災害科学 vol.28 No.1 pp.67-80 2009.

3-05 カタストロフリスクに対する社会的関心と 危機管理に関する試行的考察

吉田 護・渡邊 勇 (熊本大学・減災型社会システム実践教育研究センター)

A Preliminary Study on Public Concern on Catastrophe Risks and Crisis Management

M. Yoshida, I. Watanabe (IRESC, Kumamoto University)

従来、リスク認知の向上は個人の対処行動を促すことが想定されてきた。しかしながら、近年の研究から、リスク認知の向上が必ずしも住民の対処行動を促さないとする研究結果が数多く報告されている。特に、低頻度、大規模被害を特徴とするカタストロフリスクに対して、住民は一般的なリスクとは異なる反応を示すことが指摘されている。

このような背景のもと、本研究では、社会的な関心事の中の火山災害の位置づけを整理すると同時に対策・対応に関する既往研究の整理を行う。その上で、心理学の分野でしばしばその重要性が指摘されている認知的処理過程としてのヒューリスティックに着目し、カタストロフリスクに対する住民の備えを促すための処方策について検討する。具体的には、伊豆大島での質問紙調査の結果を踏まえて、火山災害に対する知識の深化や脅威アピールだけでは、住民の行動を促す上で不十分であることを指摘する。

また、火山災害への対策・対応に関する研究は、殊、国内については多いとは言いがたい。特に、ハザードである火山噴火が住民の身体や構造物、社会基盤などに与える影響については不明瞭なことも多い。本稿では、リスク及びその対処策の効果の定量化や可視化は、住民が過度または過小な関心を避けるために有効な手段であることを指摘し、その上で火山災害に対する広域避難の課題について既往研究を踏まえて指摘する。

引用文献

Wachinger G., Renn, O., Begg, C., Buhilcke, C. (2013) The risk perception paradox – implication for governance and communication – implications for governance and communication of natural hazards, *Risk Analysis*, *Risk Analysis*, 33(6), 1049-1065

3-06 阿蘇カルデラ斜面における斜面崩壊・土石流の発生頻度の推定

西山賢一（徳島大）・鳥井真之（熊本大）・横田修一郎（島根大名誉教授）・
若月強（防災科研）・井上弦（埼玉大）・中尾賢一（徳島県博）・星出和裕（熊本県）

Recurrence interval of slope failures and debris flows at the caldera wall slopes of
Aso volcano, Central Kyushu, Japan

Ken-ichi Nishiyama (Tokushima Univ.), Masayuki Torii (Kumamoto Univ.), Shuichiro Yokota
(Shimane Univ.), Tsuyoshi Wakatsuki (NIED), Yudzuru Inoue (Saitama Univ.), Ken-ichi
Nakao (Tokushima Pref. Museum) and Kazuhiro Hoshide (Kumamoto Pref.)

1. はじめに

熊本県阿蘇地方は、2012年7月に発生した平成24年九州北部豪雨の際に、総雨量500mmを超える記録的な豪雨に襲われ、多数の斜面崩壊とそれに起因する土石流による被害を受けた（宮縁，2012；酒井ほか，2013など）。阿蘇地方ではこれ以前にも、2001年，1990年，1953年などにも、豪雨による斜面崩壊・土石流が発生した（石川，1990；平野ほか，1990；大八木ほか，1991；植ほか，2001；深沢ほか，2002；Miyabuchi and Daimaru, 2004；宮縁ほか，2004など）。この種の土砂災害の発生頻度の推定は、斜面防災のための重要な基礎資料といえる。崩壊・土石流堆積物中に挟在する材の年代測定やテフラの同定などに基づき、崩壊発生年代や発生頻度に関する検討例が増えつつある（例えば、西山・若月，2015）。阿蘇火山の場合、更新世後期～完新世にかけて噴出した多数のテフラが分布する（宮縁・渡辺，1997；宮縁ほか，2003，2004；Miyabuchi, 2009など）。これらのテフラを用いた崩壊発生頻度の推定が可能となると考えられる。しかしながら、阿蘇火山の場合、豊富に残されている噴火記録に比べて、土砂災害の古文書記録は概して乏しい。古文書記録のない時代の崩壊・土石流堆積物については、堆積物の層序が確認された一部の検討例が報告された程度である（宮縁ほか，2003；松本ほか，2007；長井ほか，2013など）。

今回筆者らは、阿蘇カルデラ南西端の立野地区、ならびに東部の坂梨地区の緩斜面を構成する堆積物の観察を行い、堆積物中から炭質物・古土壌・テフラを見出し、炭質物と古土壌のAMS¹⁴C年代測定を行った。その速報結果の一部はすでに紹介したが（西山ほか，2014a, b, 2015；鳥井ほか，2015），今回、これらの結果をまとめて考察を行ったので報告する。

2. 地形・地質概要

地形・地質調査と年代測定試料採取の対象としたのは、2012年に斜面崩壊に起因した土石流が流下・堆積した斜面のうち、カルデラ西端の立野新所地区、カルデラ東部の坂梨地区の砂防えん堤の掘削の

り面である (Fig. 1). いずれも山麓緩斜面または沖積錐に位置している. これらの山麓緩斜面・沖積錐の地形面上には溪流が流下しており, 地形面は離水していない.

立野地区 (Figs. 2, 3) では, えん堤より北側の急斜面は, 先阿蘇火山岩類の溶岩・凝灰角礫岩が斜面の全域にわたって分布しており, 最上部に Aso-2 火砕流堆積物が薄く分布するのみである (小野・渡辺, 1985). えん堤より南に広がる山麓緩斜面の下位には立野溶岩 (直下の ^{14}C 年代が $46,400 \pm 1,600$ yBP. 宮縁ほか, 2004) が分布しており, 山麓緩斜面を構成する堆積物は, この立野溶岩の定置後の最終氷期以降に堆積したものである.

坂梨地区 (Figs. 4, 5) では, えん堤より東側のカルデラ斜面では, 急崖部分に阿蘇火砕流堆積物の溶結凝灰岩が露出しており, 下部が Aso-1 火砕流堆積物, 上部が Aso-2 火砕流堆積物とされている (小野・渡辺, 1985; 宮縁, 2012). 2012 年に崩壊した斜面のひとつは, これらが分布する急崖である. Aso-1 火砕流堆積物より下位には, 先阿蘇火山岩類と推定される安山岩の亜円礫を多く含む礫支持型の砂礫層が認められる. この砂礫層には, Aso-1 火砕流堆積物以降の溶結凝灰岩礫が含まれていないことから, カルデラ形成より前の先阿蘇火山岩類の活動に伴う河川性の砂礫層と推定される.

3. 試料採取位置の記載

立野新所地区の山麓緩斜面, ならびに坂梨地区の沖積錐を構成する堆積物は砂礫層を主体とし, しばしば古土壌やテフラを挟在する. 礫種は, 立野地区では先阿蘇火山岩類の安山岩類, 坂梨地区では主として阿蘇火砕流堆積物の溶結凝灰岩であり, 先阿蘇火山岩類の安山岩を伴う.

立野新所地区の堆積物は, 径数 10cm~最大で数 m に達する角礫~亜角礫からなる礫支持型 (一部は基質支持) の砂礫層であり, 褐色の古土壌を数枚挟在する. 礫質充填物を伴うチャンネル構造や, 礫に乏しい砂・シルトが卓越する層準は明瞭ではない. このような層相から, この堆積物は土石流・泥流堆積物を主体とするものとは考えにくく, 崖錐性堆積物を主体とする可能性がある. 一方, 堆積物の上部には黒ボク土を挟在する礫層が認められ, この層準ではやや円磨された亜円礫を含む基質支持型の礫層を伴うことから, 土石流堆積物の可能性がある.

立野新所地区の堆積物中には, 少なくとも 2 層準に褐色の薄い古土壌を挟在するとともに, 堆積物の上部にも埋没黒ボク土が認められる. そこで, これらの古土壌・黒ボク土を指標として堆積物を区分した (Fig. 6). 2012 年に流下・堆積した土石流堆積物を Dbf1 とし, その直下にある黒ボク土を挟在する土石流堆積物を Dbf2, その下位の崖錐性堆積物は, 褐色の古土壌を境界として Db1~Db3 に細分した. Db3 の上端付近には, 厚さ 30cm 程度のガラス質火山灰が認められ, AT (始良 Tn, 29 cal ka) の可能性がある.

坂梨地区の堆積物は, 径数 10cm~最大で数 m に達する亜角礫~亜円礫からなる基質支持型の



Fig. 1 対象地区の位置 (小野・渡辺, 1985 の火山地質図に加筆)

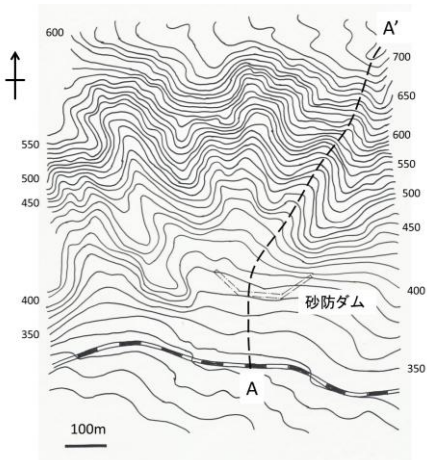


Fig. 2 立野新所地区の地形

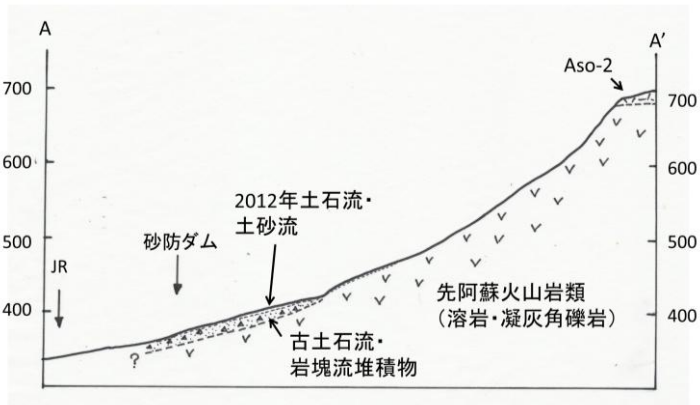


Fig. 3 立野新所地区の地形・地質断面

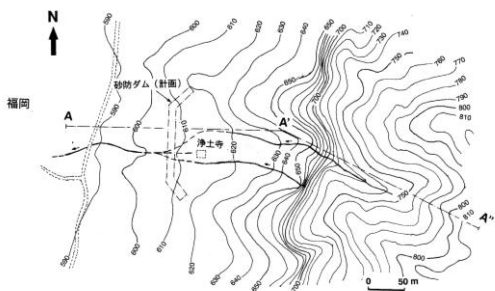


Fig. 4 坂梨地区の地形

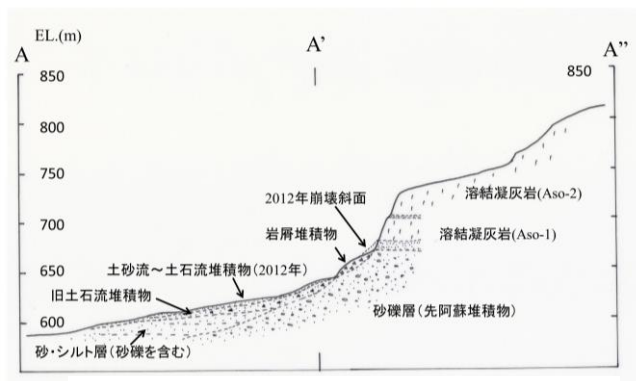


Fig. 5 坂梨地区の地形・地質断面

砂礫層であり、しばしば礫で充填されたチャンネルが認められる。一方、礫をあまり含まず、砂またはシルトが卓越する層準も認められる。これらの層相から、この堆積物は土石流堆積物を主体とし、細粒分に富む泥流堆積物を伴うと推定される。

坂梨地区に分布する土石流堆積物は、しばしば数 10cm 以上の厚い古土壌を挟在するため、時間間隙を示す古土壌を指標として土石流堆積物を区分した (Figs. 7, 8)。2012 年に流下・堆積した土石流堆積物を Dbf1 とし、以下、観察できた露頭最下部の Dbf6 まで 6 層に細分した。これらの堆積物中には、複数枚のテフラが含まれている。最下位のガラス質テフラ (厚さ 9cm) は K-Ah (鬼界アカホヤ, 7.3 cal ka) と推定され、それを含む土層を数 m 以上も深く削りこんだ深いチャンネル内に、テフラと古土壌を挟在する厚さ 5m 程度の砂礫層が累積している。砂礫層のなかに挟在する降下スコリア層は、下位が KsS (杵島岳スコリア, 厚さ 12cm, 4.0 cal ka), その上位が OjS (往生岳スコリア, 厚さ 10cm 程度, 3.6 cal ka) と推定される。

4. 年代測定試料と測定結果

土石流堆積物の堆積年代を推定するため、土石流堆積物中の古土壌ならびに炭質物を採取した。立野新所地区では、Db3 上端付近と Db2 上端付近の埋没古土壌の 2 試料、坂梨地区では、Dbf5 の最上部の古土壌直下の炭質物、ならびに Dbf3 最上部に挟在する OjS の下位の古土壌の 2 試料をそれぞれ採取し、AMS ^{14}C 年代測定を行った。年代測定は (株) 加速器分析研究所に依頼し、 $\delta^{13}\text{C}$ 補正を行った年代値 (yr BP) と、暦年 (cal yBP) の両方を求めた。暦年は 2σ の範囲で表示した。

測定結果は以下の通りである。立野新所地区では、下位の古土壌試料 (Db3 の最上部) が 26,229~25,880 cal yBP, 上位の古土壌試料 (Db2 の最上部) が 21,731~21,226 cal yBP という値が得られた。坂梨地区の Dbf5 最上部の古土壌直下の炭質物が 5,416~5,323 cal yBP, Dbf3 最上部の古土壌が 3,984~3,845 cal yBP となった。

5. 土石流の発生年代と発生頻度

立野新所地区の場合、最下部の Db2 が約 26 cal ka, その上位の Db1 が約 21 cal ka であり、いずれも最終氷期極相期前後の時期に、厚い角礫層が山麓緩斜面上に堆積したことが判明した。一方、厚い角礫層の上位にある黒ボク土を挟在する土石流堆積物の年代は確定できなかったが、おそらく完新世と推定される。

坂梨地区の場合、K-Ah を含む土層を大きく削りこんだチャンネル内堆積物の年代を、 ^{14}C 年代とテフラとを合わせてまとめると、下部の Dbf5 上部が 5.4 cal ka, Dbf4 最上部に挟在する KsS が 4.0 cal ka, Dbf3 上部の古土壌が 3.9 cal ka, 最上部の OjS が 3.6 cal ka, である。Dbf6 と Dbf2 の堆積年代は不明であるが、チャンネルを埋積した土石流の発生頻度は、およそ 10^3 年オーダーに 1 回と見積もられる。



Fig. 6 立野新所地区の層序区分と年代測定結果



Fig. 7 坂梨地区の層序区分と年代測定結果 (1)

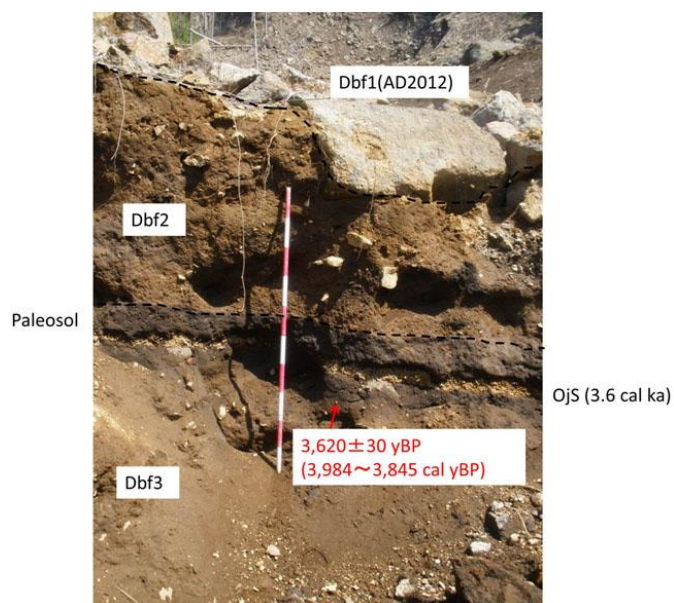


Fig. 8 坂梨地区の層序区分と年代測定結果 (2)

6. 土石流の発生頻度に関する考察

立野新所地区では、古土壌および AT と思われるガラス質テフラを挟在する厚い角礫層が累積しており、最終氷期極相期前後に、 10^3 年オーダーに 1 回程度の頻度で断続的に堆積していたことが推定された。これに関して、阿蘇カルデラ壁の基部に分布する角礫層の成因として、最終氷期の寒冷な気候条件下で生じた周氷河性堆積物である可能性が指摘されており、完新世におけるカルデラ壁からの土砂移動は、最終氷期に比べて不活発と考えられている (小口, 1986)。

立野新所地区の厚い角礫層は最終氷期極相期前後に堆積した地層であり、典型的な土石流とは層相が異なるため、周氷河性堆積物の可能性も考えられる。しかし、その上位には黒ボク土を挟在する土石流堆積物が累積しており、地元につながる江戸時代の土石流災害の伝承も考慮すると、斜面崩壊起源の土石流が、歴史時代にも高頻度で繰り返し発生してきたと考えられる (西山ほか, 2014a, b)。ただし、完新世の土石流堆積物は、一般に巨礫の含有量が少なく、層厚も薄いのに対し、更新世の崖錐性堆積物は巨礫を伴い、層厚が厚い。すなわち、供給土砂量が、更新世と完新世とでは異なっている可能性があり、これには周氷河作用など気候変動の関与も考えられる。

坂梨地区では、K-Ah を含む土層が深く侵食されて形成されたチャンネル内に、厚さ 5m 以上の土石流堆積物が、古土壌を挟みながら累積しており、K-Ah 降下以降の土石流の発生頻度は 10^3 年オーダーと推定された。しかしながら、チャンネルを形成した深い侵食面は、Dbf6 以前の土石流が流下した際に形成された可能性もあり、毎回の土石流による堆積物が上に累積していくとは限らない。例えば、沖積錐の成長に伴い、堆積場が次第に沖積錐の前面側や側方に移動しやすくなり、流下した土石流によって沖積錐を構成する古い土石流堆積物は下刻され、そのとき流下した土石流堆積物は欠如すると予測される。このため、実際の土石流の発生頻度は、堆積物の編年結果からの推定値より、さらに高頻度となる可能性がある。

次に、後背斜面の地形・地質的特徴が崩壊・土石流に及ぼす影響について検討する。立野新所地区背後の急斜面は、最上部に薄い Aso-2 火砕流堆積物が分布するほかは、斜面のほぼ全域が先阿蘇火山岩類の溶岩・凝灰角礫岩などから構成されており、間に湖成堆積物や河川性堆積物などを挟在しない。一方、坂梨地区は、立野新所地区よりさらに急勾配の斜面に Aso-1, Aso-2 火砕流堆積物が累積するとともに、最上部に当たるカルデラ東縁部には最大で厚さ 100m にも達するテフラ・古土壌が累積しており（宮縁ほか、2003）、地形・地質条件が互いに大きく異なっている。

一般に、火砕流堆積物は、柱状節理が発達した強溶結部と非溶結部とでは溶結度（強度）が大きく異なるとともに、強溶結部では透水性が高く、非溶結部では低い。また、複数の火砕流堆積物が累積する斜面の場合、各火砕流堆積物の間には、降下火砕物や古土壌が挟在していることが多く、特に細粒分に富む降下火砕堆積物や古土壌の透水性は、柱状節理の発達した溶結凝灰岩に比べて低い。以上のような、火砕流堆積物と降下火砕堆積物が累積したカルデラ急崖における強度・透水特性は、豪雨時に斜面崩壊を誘発させやすいとみなされる。すなわち、厚い火砕流堆積物と降下火砕堆積物を欠く立野新所地区に比べ、厚い火砕流堆積物が累積した坂梨地区では、斜面崩壊がより高頻度で発生しやすいと考えられる。また、坂梨地区では、後背斜面最上部に厚い降下テフラ層が分布することから、この部分で崩壊が発生した場合、途中の溪流内に堆積していた巨礫の再移動が生じない限り、泥流状の層相をなすであろう。坂梨地区で観察される、巨礫を含まない泥流堆積物状の層相を示す層準は、上記のプロセスによる可能性がある。以上のことから、カルデラ斜面においても、厚い火砕流堆積物が累積した斜面と、溶岩・凝灰角礫岩を主体とする斜面では、崩壊の起こりやすさや供給岩屑量などに差異が生じる可能性が指摘できる。

Reference

- 深沢 浩・植 弘隆・入江由希子・飽田恵介・井上享郁（2002）阿蘇カルデラ内壁斜面で発生した土石流流下現象についての地形学的考察。第 11 回熊本自然災害研究会研究発表会要旨集，23-30。
- 平野宗夫・林 重徳・下津昌司・鈴木敦巳・早川誠而・棚橋由彦（1990）1990 年 7 月九州中北部豪雨による災害の特徴と概要。自然災害科学，**9-2**，64-72。
- 石川芳治（1990）平成 2 年 7 月熊本県一の宮町で発生した泥流・流木災害。土木技術資料，**32-9**，64-67。
- 松本雅道・小林和代・大村 寛・久保田哲也（2007）阿蘇火山における泥流堆積物での膠結物の生成。九州大学農学芸誌，**62**，57-62。
- 宮縁育夫・渡辺一徳（1997）埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代からみた完新世阿蘇火山テフラの噴出年代。火山，**42**，403-408。
- 宮縁育夫・星住英夫・高田英樹・渡辺一徳・徐 勝（2003）阿蘇火山における過去約 9 万年間の降下軽石堆積物。火山，**48**，195-214。
- 宮縁育夫・渡辺一徳・岡本真也（2003）阿蘇中央火口丘西側斜面で発見された岩屑堆積物とそれらの ^{14}C 年代。火山，**48**，229-234。

- 宮縁育夫・増田直朗・渡辺一徳（2004）阿蘇火山において立野溶岩を流出した噴火サイクルの特徴と年代. 第四紀研究, **43**, 353-358.
- 宮縁育夫・星住英夫・渡辺一徳（2004）阿蘇火山における更新世末期, AT 火山灰以降のテフラ層序. 火山, **49**, 51-64.
- Miyabuchi, Y. and Dairamu, H. (2004) The June 2001 rainfall-induced landslides and associated lahars at Aso Volcano (Southwestern Japan): implications for hazard assessment. Acta Vulcanologica, **16**, 21-36.
- Miyabuchi, Y. (2009) A 90,000-year tephrostratigraphic framework of Aso Volcano, Japan. Sedimentary Geology, **220**, 169-189.
- 宮縁育夫（2012）阿蘇カルデラにおいて2012年7月の九州北部豪雨によって発生した斜面崩壊. 地学雑誌, **121**, 1073-1080.
- 長井雅史・宮縁育夫・三好雅也・池辺伸一郎・渡辺一徳・大倉敬宏・竹村恵二・小澤拓・實渕哲也・鶴川元雄・棚田俊収（2013）阿蘇山一の宮および白山火山観測井コア試料の岩相記載. 防災科学技術研究所研究資料, **373**, 1-48.
- 西山賢一・中尾賢一・若月強（2014a）熊本県南阿蘇村に伝わる江戸時代中期の土砂災害の伝承と自治会による防災活動への利用. 徳島大学環境防災研究センター年報, **10**, 49-53.
- 西山賢一・鳥井真之・星出和裕・若月強・横田修一郎・井上弦・中尾賢一（2014b）阿蘇カルデラ斜面における斜面崩壊・土石流の発生頻度（予報）. 熊本自然災害研究会平成26年度研究発表会要旨集, 45-50.
- 西山賢一・鳥井真之・星出和裕・横田修一郎・井上弦・若月強・中尾賢一（2015）阿蘇カルデラ東部, 坂梨地区における土石流の発生頻度. 熊本自然災害研究会研究発表会要旨集, 73-76.
- 西山賢一・若月強（2015）日本の山地斜面における豪雨に起因した斜面崩壊・土石流の発生頻度. 応用地質, **55**, 325-333.
- 小口高（1986）阿蘇カルデラ壁の斜面形成過程. 地形, **7**, 185-196.
- 小野晃司・渡辺一徳（1985）阿蘇火山地質図（5万分の1）. 火山地質図4, 地質調査所.
- 大八木規夫・佐藤照子・八木鶴平（1991）1990（平成2）年7月豪雨による九州地方の洪水・土砂災害調査報告. 防災科学技術研究所主要災害調査第31号, 126p.
- 酒井敦章・道畑亮一・菊井稔宏（2013）平成24年7月九州北部豪雨による土砂災害発生時の住民の行動実態. 砂防学会誌, **66-2**, 57-63.
- 鳥井真之・西山賢一・星出和裕・横田修一郎（2015）テフラから推定される阿蘇カルデラ斜面における土石流の発生頻度. 月刊地球, **429**, 228-230.
- 植弘隆・入江由希子・深沢浩・飽田恵介（2001）阿蘇北カルデラ内壁斜面における土砂移動特性. 第10回熊本自然災害研究会研究発表会要旨集, 61-66.

3-07 知識基盤社会における多目的利用が可能な火山露頭データベースの構築

鶴田直之^{1,6}・奥村 勝^{2,6}・高橋伸弥^{1,6}・奥野 充^{3,6}・鳥井真之^{4,6}・稲倉寛仁^{5,6}

A multi-purpose outcrop database for volcanic geology in Knowledge-based society

N. Tsuruta, M. Okumura, S. Takahashi, M. Okuno, M. Torii and H. Inakura

¹*Department of Electronics Engineering and Computer Science, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

²*The Information Technology Center, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

³*Department of Earth System Science, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

⁴*The Implementation Research and Education System Center of Deducing Disaster Risk, Kumamoto University, Kumamoto 860-8555, Japan*

⁵*West Japan Engineering Consultants, Inc.*

⁶*ACRIFIS-EHAI, Fukuoka University, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan*

国際火山噴火史情報研究所は、火山学・地質学を専門とする自然科学の研究者らと、情報工学を専門とする工学の研究者らによる学際的研究グループであり、フィールドワーク等で得られる地質情報（火山噴火史情報）の収集及び蓄積に情報技術を活用し、多目的に活用可能な新たな火山噴火史情報データベースを構築することを目的としている。このデータベースの特徴は、データ収集時に画一化されたデータ形式や表記方法を定めずにファイル単位での登録を行う点と、研究者だけでなく一般市民の情報提供と情報利用も可能にするオープンデータ化を目指している点である[1]。本稿では、データ処理技術の動向（Big Data, Open Data, Linked Data）と我々のデータベースとの関係性について述べ、予測困難な時代における知識基盤としての多目的利用可能なデータベースの構築および活用方針について述べる。

情報処理は、次の3要素から成るとみなすことができる。すなわち、情報を収集・検索して分析・判断をし、最後に結果を伝達・蓄積する。予測困難な時代においては、蓄積された過去のノウハウが通用しないことが頻繁に起こるので、情報処理の三要素を効率よく繰返し活用することが求められる。情報処理を効率化するためには、次に行う情報処理が容易になるように伝達・蓄積しておくことが重要である（図1）。情報を分析するためには、収集・検索に加え、例えば表形式にデータを整理するといった整形が予め必要であるので、従来のデータベースは検索と整形のコンピュータによる自動化が容易なようにデータの登録形式を画一的に定めていた。これに対し、コンピュータによる言語処理技術の進歩とデータ形式のオープン化（例えば Open Document[2]）により、さまざまな形式のデータ

から必要な情報を抽出して形式化することを自動化することが可能になりつつあり、データの蓄積時あるいは整形時の人手作業の不便さを解消できる可能性がある。

情報は、収集・検索されたデータから分析・判断されることによって作り出され、データとしてデータベースに蓄積される。これが繰り返される過程を遡って辿れることは、データの著作権の保護や個人情報の保護、知識の検証を行う上で、極めて重要である。Linked Data[3]という考え方では、データの蓄積場所を示す URI(Uniform Resource Identifier)を用いてデータの一意性を担保しつつ、データの参照関係をリンクと言う形で保持をする。

我々の提案するデータベースは、以上に述べた情報処理技術を取り入れかつ公開することにより、誰でもデータを登録でき、また活用でき、あるいはデータ処理プログラムの拡張・開発できる多目的データベースである。更には、異なる目的のデータを相互利用することで、例えば地図データの上に地質データを重ねるといったデータの重ね合わせに加え、混在データからの新たな相関や関係性の発見にもつながる。このような仕組みを実現することにより、災害の検証から、予測、防災、更には防災人材の育成、土地や地下資源の有効利用といった活用が有機的に結合した新たな知識基盤を作り上げることができると思う。

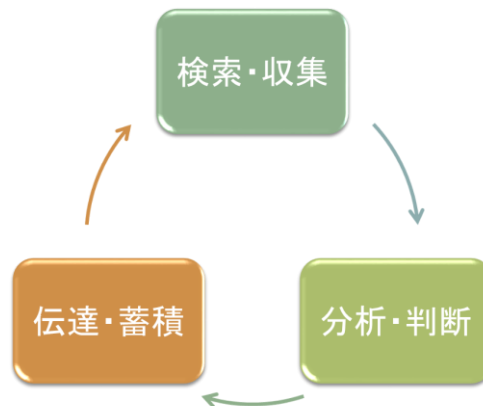


図1. 3要素の繰り返しによる情報処理

参考文献

[1] 奥村他, “火山露頭データベース：新たな“知識基盤”の構築とその試作例”, 火山, Vol. 60, No.3, pp. 349-356, 2015.

[2] <https://www.oasis-open.org/>

[3] <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

3-08 土石流を例とした減災のためのハザードマップ

田中和広・佐々木千穂（山口大学）

Hazard map for decrease of natural hazard in case of debris flow

K. Tanaka and C. Sasaki (Yamaguchi Univ.)

1. はじめに

近年、東日本大震災や各地での集中豪雨による水害や土砂災害、火山噴火といった災害が頻発している。このような災害を防ぐには、堤防などの治水施設の整備や建物の耐震化といったハード面での対策のみならず、災害情報の伝達体制や災害知識の普及といったソフト面での対策も非常に重要である。ハザードマップの作成および住民への周知は、ソフト面での対策を行う上でのひとつの手段であり、各災害に関係する法律で、その作成、住民への周知が市町村に義務付けられた。ハザードマップは、災害による被害の程度や避難に関する情報を住民にわかりやすく提供することで、人的・物的被害を防ぎ、軽減することを主な目的として作成、公開されている。最近ではハザードマップという言葉自体は聞かれるようになったが、普及率や認知率はまだまだ低く対策のひとつとして十分な働きをしているとはいえない。

そこで本研究では、平成 26 年 8 月 20 日に発生した広島市安佐南区の土砂災害をケーススタディとして、防災対策を行う上でのハザードマップのあり方について検証することを目的とする。

2. ハザードマップとは

ハザードマップとは、自然災害による被害の軽減や防災対策に使用する目的で、被災想定区域や避難場所・避難経路などの防災関係施設の位置などを示した地図と、国土地理院の HP で定義されている。

3. 広島市の土砂災害

平成 26 年 8 月 20 日に豪雨により発生した土砂災害で、広島市安佐北区・安佐南区で多くの土石流を引き起こし、死者 74 名、倒壊した住宅が 429 軒にも及ぶ大きな被害をもたらした。

4. 調査内容

広島県には土砂災害発生の危険箇所が 32,000 箇所と全国で最も多く存在し、安佐南区では 988 箇所が危険箇所とされている。この危険箇所を詳細に調査し、平成 13 年に施行された土砂災害防止法に基づき法的に指定した区域が土砂災害警戒区域・特別警戒区域である。広島市ではこの指定された警戒区域に対し、市民と行政が共同で作成した避難マニュアルによる避難訓練を行った地区から順次ハザードマップを作成しており、安佐南区では平成 21 年に発行されている。

安佐南区は土石流の発生した溪流のすぐ下に多くの住宅が建っている。明治～平成の住宅団地の変遷を地図上で比べてみると、過去には住宅は今回の被害箇所となった沢から離れた、土石流が形成した平坦地の下部に建築されている。その後、昭和 45 年頃より、平坦面の上にも住宅地が拡がり、さらに、沢の出口にも住宅が建てられることとなった。当時の広島市の土地開発計画にも、住宅地域と明記されている。広島市の住民基本台帳に登録されている人口を比べても、安佐南区の人口は広島市の区の中で最も増加が激しいことがわかった。人口増加によって宅地開発を進めていった結果、危険な溪流の近くに多くの住宅が建つという立地ができたのではないかと考えられる。安佐南区の住宅数の推移を見ても、人口増加の影響が読み取れる。土石流の直撃した県営の緑丘団地は土砂災害防止法によって警戒区域が指定される前、昭和 58 年に竣工した建物である。昭和 58 年からの地価公示価格の推移を見ると、安佐南区は広島市の地価平均よりも安く、そのことも山裾に近いところまで住宅地が広がっている原因のひとつと考えられる。

5. 考察

広島での土石流災害には、結果としてハザードマップはほとんど機能しなかったことが考えられる。土砂災害防止法施行を受けて平成 14 年度に広島市は現在のハザードマップの基礎となる土砂災害危険箇所図を発刊している。その後、このデータに基づき平成 15 年度より順次、土砂災害警戒区域・特別警戒区域の指定を行っており、平成 21 年に土砂災害ハザードマップが作成された。前者は新たに建物を建てる時には様々な条件があり、後者に指定された地域は災害時の連絡網や避難対策を整備するように義務づけられている。今回の被害箇所は「土石流が発生する可能性がある」とする土石流危険溪流であり、法律的に特に縛りがあるものではない。このため、住民や不動産デベロッパーにとって、災害リスクに対する認識が薄く、結果として地価との比較により、安い土地を求めて住宅を建設した可能性がある。土石流に対するリスクをどのようにして住民に理解してもらうか、それを行政はどのように住民に伝えるかが重要と考えられる。

災害に対する対応が遅れたりすることは、広島市の土砂災害に限ったことではなく、災害に直面した自治体の共通の課題である。災害発生の状況下で早く的確に判断するのは簡単なことではない。そのため、日頃から実践的に訓練や検証を積み重ね、習熟していく必要がある。その手段のひとつとしてハザードマップが挙げられるが、災害発生の可能性をきちんと行政が理解し、住民に伝えるとともに、多くの住民が生活する地域のリスクマネジメントを行う事が重要と考える。これは火山災害においても同様であろう。アカデミアはできる限り多くのデータと防災時間学のような 4 次元的な災害の解明が求められる。効果的な実効性のある防災対策を実現するためには、行政・住民・学術の 3 つの立場が連携し、地域に密着したハザードマップの作成や、防災教育の実践することが重要ではないかと考える。

4-01 火山噴火の予知と減災とののはざま・・・ネバーアゲインの減災協働への一世紀

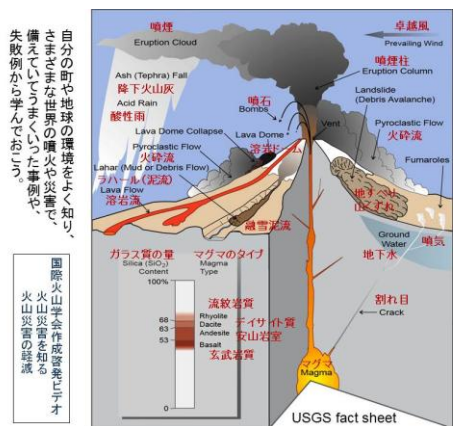
岡田 弘 (北大名誉教授・NPO 環境防災機構理事)

Gaps between eruption prediction and disaster reduction --- century-long collaborating challenge from the “Never Again” lessons

Hiromu OKADA

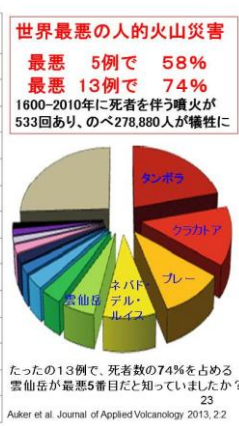
NPO-Crisis & Environmental Management Policy Institute (CEMI), 2-39, NIW8, Chuo-ku, Sapporo, 060-0001, Japan, Professor Emeritus of Hokkaido University

火山活動と正面から向き合うことは確かに難しい。だが、祈るしかなかった時代と違い、我々は一世紀以上にわたって向き合ってきたチャレンジの歴史がある。何故難しいか、どんな理由で犠牲者がでていたか、その本質についての理解も、大きく進んできた。監視と警戒の両輪を回すことによって、ここ30年余りの期間に世界で救われた火山山麓の住民の数は、約20万人程度に達していると考えられている。



火山災害対策はなぜ難しいか？
あまりにもいろいろな現象がこく小規模から巨大なものまで
火山が噴火するといろいろな現象が
確率が低い現象もまれには発生することがある
人がいて、備えない場合には決定的に甚大な被害となる

最悪噴火の火山名、国名、年	死者数	割合
■ Tambora, Indonesia (1815)	60,000	22
■ Krakatau, Indonesia (1883)	36,417	13
■ Pelée, Martinique (1902)	28,800	10
■ Nevado del Ruiz, Colombia (1985)	23,187	8
■ Unzen, Japan (1792)	14,524	5
■ Grimsvötn, Iceland (1783)	9,350	3
■ Santa Maria, Guatemala (1902)	8,700	3
■ Kilauea, Hawaii (1790)	5,405	2
■ Kelut, Indonesia (1919)	5,088	2
■ Tungurahua, Ecuador (1640)	5,000	2
■ Galunggung, Indonesia (1822)	4,011	2
■ Vesuvius, Italy (1631)	4,000	1
■ Santa María, Guatemala (1929)	3,080	1
■ その他	71,318	26
All other incidents (520 incidents)	71,318	26



このような、火山活動と正面から向き合う姿勢を築いてきた歴史は、二回の悲惨な火山災害を教訓として、ステップ的な発展を遂げてきたといえる。一回目の Never Again は、1902年の20世紀最悪のプレー火山の火砕流災害であり、二回目は、二番目に最悪なネバド・デル・ルイス火山における融雪(氷)大泥流だった。いずれの災害も、噴火予知の失敗ではなかった。きちんと向き合えば、大幅な減災が確実に可能な災害だった、USGSのNathan Woodは、二回の Behavior Change とよんでいる。



ネバー アゲイン Never Again

一回目の安全変革ステップ
1902年プレー火山の火砕流噴火
危機切迫は明白だったが...

⇒⇒⇒
火山学の誕生 火山観測開始

二回目の変革ステップ
1985ユネスコのガイドライン
三つの要: ハザードマップ、観測、有効なコミュニケーション
1985年ネバド・デル・ルイス山の悲劇
観測はあったが安全行動欠如

⇒⇒⇒
行政・住民・科学者の協働

プレーの教訓は、1910年有珠山噴火の1,500人に事前避難に生かされた。



1910年有珠山噴火

住民15000人の事前避難成功例(専門家による避難解除助言)

7月21日 微震始まる
7月22日 鳴動・地震増加 噴火を恐れ避難準備または一部避難も
飯田室蘭警察署長 概略出張中地震、ただ事ならずと思ひ直ちに室蘭へ戻り伊達方面遊しきを聞く、直ちに有珠爆発を直感し火山に関する書籍雑誌携行し同地へ向かう
7月23日 付近住民自主避難、伊達本村は避難せず
17:20警察・村長を招き協議、付近住民任意避難80~90%
7月24日 12km以内の住民へ再度警告、避難命令(15,000人避難完了)
7月25日 22時金尾羅山で噴火開始
7月27日 伊達本村避難解除、虻田戸長のみ帰宅
(今後大なる変動なるべしといふ大井上博士の意見により)
7月29日 虻田本村、洞爺等避難解除
(大井上博士の意見により今後の変動のきを推定し)
7月31日 杜菅滝の下・上、東湖畔、虻田にカク等避難解除
(佐藤正高・大井上博士等の意見により)
8月3日 警戒区域縮小(湖畔にカク22戸、西湖畔17戸)
(18時過ぎ2名が指示の禁令を破り、運直2名の2箇所の禁止に拘わらず危険地に侵入し、泥流を流ろうとして1名死亡)

注目点
室蘭警察署長による事前避難成功
科学者の助言による段階的避難解除

飯田 誠一
1870~1952

ルイス山の教訓は、世界中に大きなインパクトを与えた。研究者が、論文を書いたり、観測をしたり、ハザードマップを作っただけでは、災害はシナリオ通りに起こるだけである。科学者・行政・住民・メディアが、協働減災の行動に取り組みない限り、減災は絵に描いた餅である。火山学者たちは、爆発的な噴火研究と、個別噴火を世界的協働で取り組む方向へ舵を切った(working in the world laboratory)。

この災害は、新技術が未開発だったり、重大な技術欠陥が原因ではなかった。考えられない程大規模でも、運の悪い出来事の偶然の連鎖でもなかった。このすさまじい悲劇は、極めて明快かつ単純な理由で発生した。

ヒューマンエラーが重なり合った結果だった。判断の間違い、優柔不断さ、指示待ち、先見のなさなど、人間が犯しがちな誤った行動の累積結果だった。...この教訓は、決して新しいものではない。

「アルメロの教訓」(Voight,1990)を若干改変」

様々な自然災害を横断的に考えることは、極めて重要であり、かつ有益である。火山災害と津波災害は、向き合い方次第で減災の成果が得やすい分野である。以下に日本の地震と津波災害の減災指針

を図で示す。ルイス山災害で、Voight が指摘した「アルメロの教訓」は。地震津波災害でも共通することが、理解できよう。

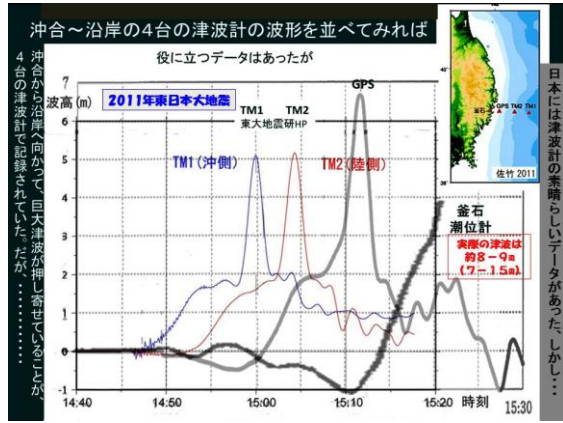
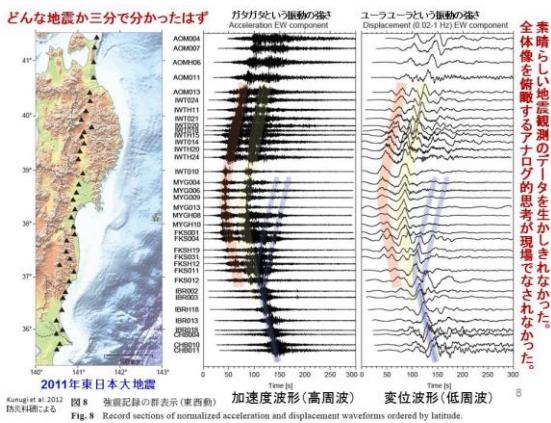
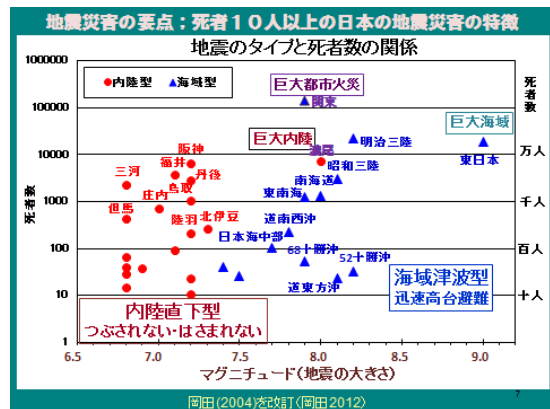
2011年東日本大地震

巨大津波の犠牲者はなぜ多かったか

- (1) 不正確な津波危険度評価 即時評価可能なデータがあったが...
- (2) 不正確な津波警報 リスクを伝えきれていない
- (3) 過大津波警報の乱発 おおかみ少年効果
- (4) 過去の経験による思い込み 自分には起こらない
- (5) 津波防潮堤への過信 他人頼み
- (6) 津波現象の科学的無理解 リスクを認知できていなかった

吉岡直人(2012)

12
文献：吉岡直人(2012) 東北の地震はなぜ高い死者率を生んだのか?…生存者へのインタビューから、震源地帯研究ニュース、No.118, p4-8, 2012.



ルイス山の悲劇は、日本にも大きな転機をもたらした。似たような災害は、十勝岳でも発生していた。北大の勝井義雄教授は、懇切丁寧に地元二町を指導し、世界で初めてイラスト入りで分かり易い住民用マップが全戸配布された。翌年には小規模ながら噴火が始まり、国は火山砂防事業を立ち上げ、ソフト対策として、嫌われ者だった火山の防災マップが各地でつくられる時代になっていった。しかし、マップは作ることに意味があるのではない。果たして、役立てることができるかが大問題だった。

1985 1995(1990) 1997

1985 UNESCO's GUIDELINE ユネスコのガイドライン
マニュアルで、ハザードマップ・監視・警戒避難による協働減災を提唱していた

1985年 ルイス火山の悲劇
Nevado del Ruiz Eruption
ハザードマップで予測していたはずの大災害を避けられなかった。ミニニケーションの失敗だった。
勝井義雄北大名教授提供

小規模な火砕流で山頂の氷冠が溶け大規模土石流が50km離れたアルメロ市を襲い、約23,000人が犠牲になった
十勝岳などでハザードマップを適用した減災対策へ

勝井義雄
北大名教授

ネバド・デル・ルイス山の災害における教訓が十勝岳で取り入れられた

筆者がネバドアルイスの調査から帰国して間もなく、上高良野町の方が研究室を訪れ、同町で火山防災のために泥流を主としたハザードマップとこれにもとづく防災計画を作るので協力を欲しいという要請があった。このとき、自治体が主体となって防災計画を作ることが防災上如何に大切かということを感じて帰国した矢先だったので、積極的に協力した。その後、美瑛町でも同様な防災計画が作られた。ハザードマップは、両町とも住民に分かり易くイラストを入れた防災マップ(緊急避難図)として印刷し、各戸に配布された。このような住民が一体となった事前の火山防災計画は、駒ヶ岳山麓5町の山地地域防災計画とともに、日本では始めてである。今回の十勝岳噴火では、この防災計画が早速役立った。(勝井義雄、1989より)

勝井義雄の的確な指導の下、世界初のイラスト版の全戸配布で活用を

1986年 上高良野町 1987年 美瑛町

「噴火予知は可能か？」がしばしば話題になる。予知の5要素の総てを事前には不可能である。成功事例とされた有珠山2000年噴火でさえ、「いつ？」さえ、「何日何時頃」と予測できたわけではない。だが、火山が平常から大きく外れた状態にあり、その火山の具体的な個別リスクがどうなのかという、監視と警戒の基本二点について、科学者・行政・住民・メディアの間で共通理解があり、いきさつや建前にこだわらずベストな行動をとったことが、いわゆる「予知の成果」だった。

噴火予知の5要素

1. **いつ**(噴火発生日時、when?)
2. **どこで**(噴火地点、where?)
3. **何が**(噴火の様式、what?)
4. **どんな大きさで**
(噴火の規模、how large?)
5. **どう推移するか**
(噴火の推移、how develop?)

総てに正確に、かつ対策が間に合う時間前に答えることは、一般には極めて困難
これを称して、噴火予知は不可能ともいう……だが、……

76

噴火予知は可能か？

火山活動の多種多様な振る舞いを観測
でとらえ、蓄積された知識を参考に迅速に
「症状を診断する技術」としての噴火予知
は、ほぼ実用化段階に達している。

しかし、適切な諸観測や警戒態勢がない
まま噴火を迎えた場合や、火山活動の急
変に的確に対応しきれない場合には、噴火
災害をうまくかわせない。

岡田・宇井(1997):噴火予知と防災・減災、「火山噴火と災害」(東大出版1997)41

ハザードマップ拒絶の時代 1992年9月1日

有珠山でもかつてはこんな時代があった 次ぎの噴火の備えを論じるのはタブー

Q: 噴火15周年の今、次の噴火への備えはどうなっていますか？
A: 今ようやく苦労して、噴火でゼロになって、それが今元に戻って、元より少し良くなりつつあるってことで。まだ借金なんかも、半分くらいしか払っていません。今ようやくほっとしている。なるべく噴火を忘れよう。そして今、生きる仕事、商売で頑張るってような雰囲気ではないでしょうか。
タブーですね。今ちょっと、活火山の有珠のことに触れることは。

災害対策は知らせないようにする
Q: 国のハザードマップの作成方針にあなたの町はどう対応しますか？
A: まあ、今のような雰囲気ですと、ちょっとそれは**余計なことを言うな**というような雰囲気になりますから。**ちょっとまずい**ですね。まあ、**役場で即座において、あまり住民に知らせないように**にしようかならないんじゃないですかねって感じですけど。

(地元町長さんへの二つの質問 1992年9月1日 NHKラジオ防災デー 全国放送より)

首長さんたちの、こんな無理な言い方は、幸いこれが最後だった。地元住民や観光業者たちは、雲仙岳災害で間に学んでいたからである。

有珠山の地域社会の チェンジの時 町長が舵を切った



岡村正吉
虹田町長

次の有珠山噴火は いつ! どこか!

防災研修会を開催いたしますのでお誘い
合わせのうえ、是非ご来場下さい。

と き 8月8日(月) 午後6:30~8:30
と こ 新潟県追分、駒形県文化センター
主 催 新潟大学有珠火山観測所
所 長 岡田弘典
入場料 無料



昭和52年の有珠山噴火から17年。噴火は24年連続とも
言われているがその次の噴火は来ないはずではないか。
次の噴火がどのへんでおきるのか。
火山はいつ起きるのか。
どの様な規模でどのような災害が予想されるのか。
防災、避難対策はどのようにしたらよいか。
次の噴火に備えて、今から「安全な街づくり」を目標にみんな
で防災について学びましょう。

8月7・8日
西原 環 消防組合
観光都市で初の防災研修会が、この6年後に噴火を迎えた。

1994年7月
岡村正吉虹田町長は、
いきさつにこだわらず、
大ききかじを切り替えた

防災研修会
1994年8月8日
2000年噴火まで6年

有珠山の噴火予知はなぜ成功したか

当事者が危機感を持ち、協働で事前から学び・備え・行動できた

(1) どんな**危機感**が共有されていたか
対策しないと、数百人、ことによると数千人以上の犠牲者を出してしまうかもしれない火山という危機感。内外の被災例だけでなく、減災例とその根拠を徹底的に学んでいた。

(2) 何故、危機感を共有し、協働できたか・**現場主義**
1977年の噴火対策では次は無理という危機意識の醸成と共有。1985年ネパド・デル・ルイス山、1991年雲仙岳、1993年奥原津波など、他からの教訓の活用、ハザードマップの拒絶から受け入れへの大転換。昭和南山生成50周年の諸イベントや国際ワークショップの取り組み連携。国際的な取り組みとの連動(ユネスコの指針1985、1995年ルイス山被災後の国際火山学会の取り組み、国際防災の十年IDNDR1991-2000)。現場を重視した初期の火山噴火予知計画の発展と人材育成、北大理学部付属有珠火山観測所の発足と研究者現地駐在・北海道防災会議・予知連など公的組織の活用、キーパーソンたちによる顔の見える地域での協働学習。

(3) Behavior Changeの下、皆が**安全行動**に踏み切る
建前にこだわらず、それぞれがあくまでベストの行動を行い、本音で連携を図った。協働

減災例は悪いに似ている。
3.11での宮古市の学校でも、各地の保護士さんたちも、
当事者たちが協んで、危機感を持ち学び・備え・行動した。

Hazard Map at Mt. Usu

何がこのbehavior changeをもたらしたか？研究者が一足先に、よそごとと思わず、本音で語り合い、連携と信頼を築き始めていた

Behavior Change 行動変革

First Stage; before the 1977 Eruption – **ignorance 無視**

Second Stage; 1977 – 1991 Unzen Eruption – **refusal 拒絶**

Third Stage; Unzen to 1995 Hazard Map – **acceptance 受け入れ**

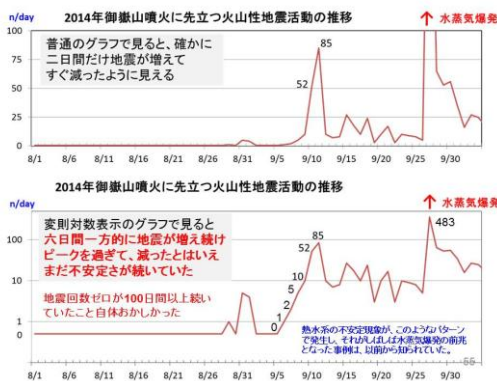
Fourth Stage; 1995 - 2000 Eruption – **practical use 活用**

成功した予知とリスク管理のための2000年噴火の事例

Ruiz 1985 ルイス山	Unzen Pfl 1991 雲仙岳	Hazard Map 1995 有珠山のハザードマップ
Tokachi 1988-88 十勝岳	Okushiri Tsunami 1993 奥原島津波	Internat. Workshop '95 国際ワークショップ1995
Scientists' roll 科学者の役割	Business Men & Mayor 首長たちや観光業者	Schools & Communities 学校や地域社会での取り組み

有珠山では、ハザードマップ拒絶の時代から、受け入れ活用の時代へと、behavior change を進めることができた。そのいきさつについては、岡田(2008)に詳しい。首長さんたちやマスメディアが果たした役割は大きかった。

今世紀4回目の噴火となった御嶽山では、1979年噴火で多量の噴石が山小屋に降った。小噴火想定ハザードマップは、その具体的なリスクを認知してつくられたはずである。100日間以上地震ゼロが続いた後で群発地震が噴火時以来のレベルまで増加したとき、気象庁の監視担当官は解説情報を書いた。本文は明らかに、小噴火を想定した注意報・警報に相当する文面だった。だが、レベル1(平常)という前後の一行が、注意・警戒を阻んでしまった。かえすがえすも残念な出来事だった。



火山名 御嶽山 火山の状況に関する解説情報 第1号
 平成26年9月11日10時20分 気象庁地震火山部

↑ 本文は、小噴火想定注意報・そのもの ↓

↑ 前後の二行が、注意報そのもの ↓

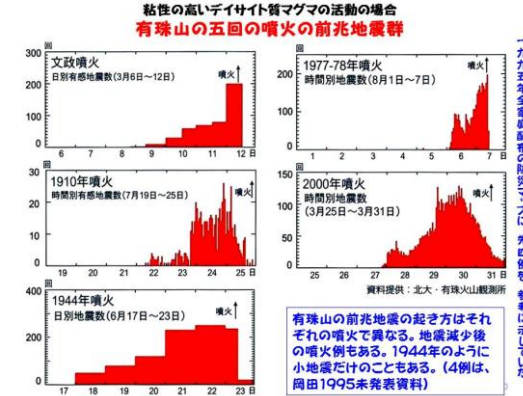
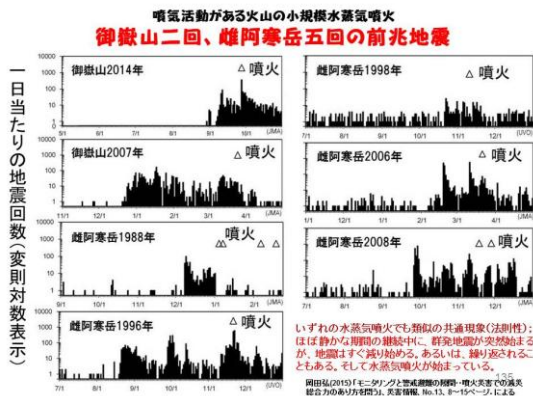
1. 火山活動の状況
 御嶽山では、御嶽山頂付近で火山性地震が増加しています。火山性地震は昨日(10日)昼頃から増加しています。振幅は小さく、火山性微動は発生していません。
 噴煙の状況は豊のため不明です。地殻変動には、特段の変化は見られていません。9月9日からの火山性地震及び火山性微動の回数(連報値)は以下のとおりです。

火山性地震	火山性微動	
9月9日	10回	0回
10日	51回	0回
11日(10時まで)	49回	0回

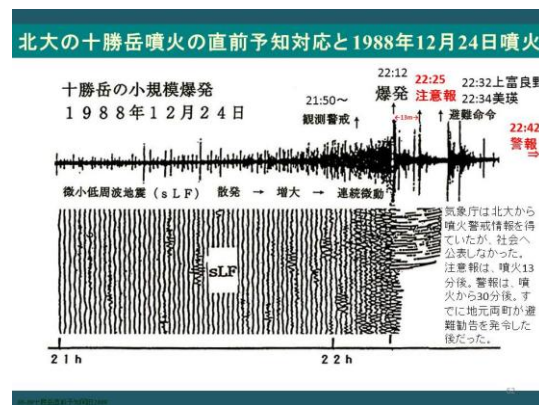
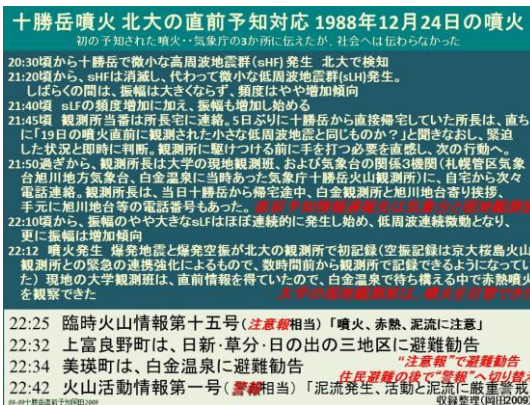
火山性地震の日回数が50回を超えたのは、2007年1月25日以来です。

2. 防災上の警戒事項等
 御嶽山では、2007年にごく小規模な噴火が発生した79-7火口内及びその近所に影響する程度の火山灰等の噴出の可能性がありますので、引き続き警戒してください。
 地震活動が活発になっていることから、火山活動の推移に注意してください。
 今後、火山活動の状況に変化があった場合には、随時お知らせいたします。
 <噴火予報(噴火警戒レベル1、平常)が継続>

監視の現場では、明らかに警戒心を持って、小噴火はあり得る。火口近傍では警戒が必要と書いて本文を書いたことが分かる。「注意」に代わり、気象庁としては普段使わない「警戒」という言葉が使われている。それなのに、レベル1平常=社会的対応不要、間違ったメッセージが社会へ発信された。



私は現職時代に観測担当の火山で多くの水蒸気爆発に遭遇した。当初は気を許してしまったが、経験を積むと、前兆現象の一定の特性を垣間見ることができるようになった。雌阿寒岳と御嶽山の水蒸気爆発、有珠山 5 回の前兆地震の事例を示す。確かにそのたびに違った現れ方をするが、何らかの法則性を読み取ることは、それほど困難ではないようである。短い噴火前兆の場合での備えは、現在の日本の監視情報態勢の弱点である。三宅島測候所長らが、1983 年噴火で減災を導いた経験などは、あまり知られていない。十勝岳の事前情報も、当時は公表されなかった。やはり繰り返し歴史データを吟味し続け、教訓を生かす姿勢が欠かせない。プリニー式噴火などでの、刻々変化する多項目リアルタイム情報の利用も、大きな弱点のままである。



新しい火山警報の問題点・何が問題となるか？

- ・ 歴史的背景 噴火警報は禁止されていたか？
- ・ 難問解決済みの幻想... 官報でも手引書があればできる
- ・ 警報待ちの実態促進... もう少しは... しっかり分かってから
- ・ 警告の遅延... もう少し待てばいいデータも入ってくる
- ・ 警戒解除の遅延... は... しっかり安全と分かるまで待とう
- ・ 不確定現象考慮外... 評価不能も避難が警戒を決める。急のための注意はやはり
- ・ 監視データや原情報の秘匿... 文句言われるから、手の内を見せな
- ・ 行政責任の不明確さ... 責任は市町村長のままだと言われど
- ・ 科学力量不足と人材不足... 外国では第一線の研究者の能力が取り組んでいる
- ・ 人材養成ロードマップ欠如... 研究が言われない日本の公務員制度はどうする？

日本火山学会2008年公開討論会講演要旨
岡田弘「新しい火山警報の問題点・何が問題となるか？」

次の災害対策も困難

どう乗り切るかは、今何をなすかに始まる

何について語り、どう話せばよいか分っているか？

リスク軽減を望むならば、そこで生活している人々を理解しない住民一般はいない、個人リスクのコミュニケーションができていますか？

安全な行動をとれるかどうかは、人々の認識次第である

リスク耐カとのバランスが、安全行動の基礎だと知っていますか？

安全行動をとりやすくなるきっかけやツールを使っていますか？

単発的な反射対応ではなく、安全文化を確立すべきである

科学者や行政は、リスクコミュニケーションをこうしなれば誤解している

検知→行政判断→住民規制 住民は非公的情報も活用する

安全文化が地域を守る

単発的な反射対応ではなく、安全文化を確立すべきである

Create a "culture of safety" instead of moments of reaction

津波や噴火災害対応の米国内務省の国家機関米国地質調査所がセントヘレンス山30年でも得た教訓

自然災害の軽減で一番重要なことは、やはり人材である。有珠山では、1910年、1944年、1977年、2000年と20世紀に4回の噴火が繰り返された。歴史をたどると、火山と向き合った人材の活躍が注目される。現在、私たちは、北海道の火山と向き合ってきた科学者をはじめ各界の人材の歴史を簡単に学べる、スライド集作りに取り組んでいる。4回の噴火ともに、火山地質学者と火山物理学者、気象台、行政や地元の識者たちが、噴火の前から取り組み、連携を図っている。各階層にこのような減災協働のパートナーがいる社会が、リスク軽減には欠かせない。



Don Peterson
1925-2003




世界の減災協働を率いた、ピーターソン博士はこう指摘する。「火山学者は、火山活動のモニタリングやその解明に注ぐのに負けないぐらいの創造性や情熱で、社会の啓発と効果的なコミュニケーションのために、普段から心血を注ぎ続けなければならない」(Peterson, 1988, 1993, 1995)。私の観測所長の現役時代を支えた言葉である。(岡田2014)

注：火山産、地震や気象に置き換えてみたらどうでしょう。

Peterson, D. (1988). Volcanic hazards and public response, J. Geophys. Res., 93-B5, 4161-4170.
Peterson and Tilling (1993) Interaction between scientists, civil officials, news media, and the general population during volcanic emergencies, Proc. 95 International Workshop on volcanoes, (Rep Item. Workshop, Sobetsu-cho, 214p), 157.



Pre1910 1910年噴火 明治新山誕生 近代火山学 & 噴火予知科学 があった原点

ジョン・ミルン John Milne 大森 原吉 佐藤 伝蔵 飯田 誠一
近代火山学・噴火予知科学発祥 事前避難・解除を指揮

1944年噴火 戦後の世界の噴火予知研究の再出発点

水上 武 石川 俊夫 八木 健三 福富 孝治 三松 正夫

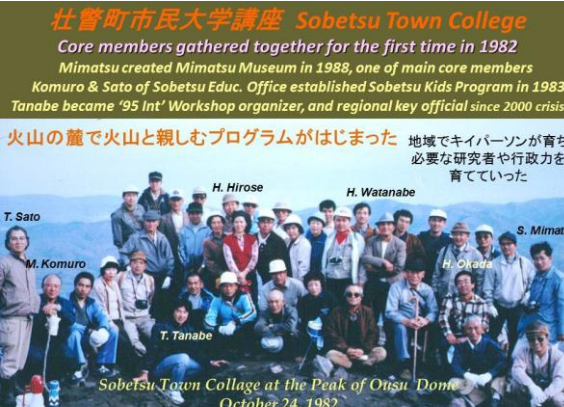
1977年噴火 精密総合観測・噴火予知実用化

横山 宗 勝井 義雄 清野 政明 田川 源一郎

2000年噴火 リスク管理の新時代

大森 原吉 三松 正夫 田川 源一郎

有珠山で、ハザードマップ拒絶の時代に取り組まれた画期的な取り組みは、やはり火山と親しみ、火山を学ぶ啓発協働であろう。1982年に取り組まれた9回にわたる「市民大学講座」は、その後地域のキーパーソンとなった方たちが知り合う機会となり、翌年から今年で32年目になる「そうべつ子供郷土史講座」は、子供たちを中心にした地域住民が、学び知り合う機会を与え続けている。2000年噴火の数か月前には、洞爺湖温泉中学校の生徒全員で、二時間番組のミュージカル「石の雨が降った日」が上演され、地元の首長さんたちが揃ってフィリッピンでの火山砂防フォーラムで研修を積んでいた。このような、事前からの減災協働活動が、2000年噴火の基礎となったのは疑いない。



杜警町市民大学講座 Sobetsu Town College
Core members gathered together for the first time in 1982
Mimatsu created Mimatsu Museum in 1988, one of main core members
Komuro & Sato of Sobetsu Educ. Office established Sobetsu Kids Program in 1983
Tanabe became '95 Int' Workshop organizer, and regional key official since 2000 crisis

火山の麓で火山と親しむプログラムがはじまった 地域でキーパーソンが育ち 必要な研究者や行政力を 育てていった

T. Sato H. Hirose H. Watanabe S. Mimatsu
M. Komuro H. Okawa T. Tanabe

Sobetsu Town Collage at the Peak of Onsu Dome
October 24, 1982



有珠山でもミュージカルが 洞爺湖文化センターでの文化祭 ミュージカル「石の雨が降った日」 洞爺湖温泉中学校の 全生徒と教職員により上演

先輩たちの 1977年の噴火体験を、 作文などで学んだ。

洞爺湖温泉中学校 この4ヶ月後、2000年噴火に遭遇 全員が避難となった

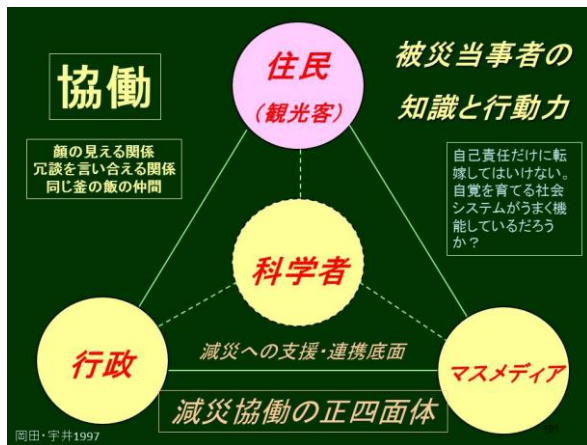
1999年11月6日

photo from the video by H. Okada, November 6, 1999

普段からの活動が重要だという認識のもとに、2000年噴火後の復興では、有珠山山麓で“自然丸ごと博物館エコミュージアム構想”がスタートした。この内容は、当時世界で始まっていたジオパーク構想

そのものだった。洞爺湖有珠山地域は、2008年に日本ジオパークに、2009年からは日本で初めての世界ジオパークに認定された。世界のどのジオパークでも、変動する大地との共生が主要テーマとなっているが、有珠山での変動する大地は格別な特徴をもっている。人が住み、町がある場所での繰り返されてきた火山の変貌と人々の向き合い方。

社会の各方面での人材を、バランス良く育て、普段からの減災協働を進め、山が静かな時は、魅力ある観光地づくりを持続的に受け持つグループとして、洞爺湖有珠火山マイスター制度が、北海道庁の支援のもとで2009年から取り組まれている。2016年1月現在、火山マイスターは40名となり、世界のジオパークから注目されている多彩な活動が展開されている。



自然災害のリスク軽減においては、その地域の人々がどこでどんな生活をしているかを、よく知ることから始まる。リスクの認知、現地学習、減災協働の核となるキイパーソンを、いかにして地域で持続的に育て上げていくか、研究者側にも果たすべき大きな役割がある。

引用文献

岡田弘(2008a), 有珠山火の山とともに, 道新出版,p326.

岡田弘(2008b), 新しい噴火警報の問題点・・・何が問題となるか, 「日本の新たな火山防災の仕組み・・・噴火警報・噴火警戒レベルと噴火時避難体制」 (日本火山学会 2008 年秋季大会公開シンポジウム講演予稿集,16p) , 5-9.

岡田弘(2012), 相手は自然だとあきらめていませんか?, 「地震学の今を問う (東北日本太平洋沖地震対応臨時委員会報告」 (地震学会, 171p.) , 106-109.

岡田弘(2013), これからの防災教育・・・有珠山の減災支援にたずさわった経験から, 和歌山大学地域連携・生涯学習センター紀要・年報, 12, 122-148.

岡田弘(2015) 的確な監視と警戒による火山災害軽減史から学べ--有珠山と御嶽山噴火のコミュニケーション考.日本の科学者, vol.50 No.5,236-241.

岡田弘(2015), モニタリングと警戒避難の隙間---噴火災害での減災総合力のありかた問う. 災害情報, 13, 8-15.

Peterson. D. (1988), Volcanic hazards and public response, *J. Geophys. Res.*, 93-B5, 4161-4170.

Peterson. D. (1995) Collaboration among scientists, civil officials, news media, and the general population during volcanic emergencies, *Proc. 95 International Workshop on volcanoes*, (Sobetsu-cho, 214p), 157..

Voight, B.(1990), The 1985 Nevado del Ruiz volcano catastrophe: anatomy and retrospection. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 44, 349-386.

Wood, N. (2009), Understanding and communicating social risk from volcanic hazards. (山梨環境研での国際会議報告書).

4-02 自然災害の軽減に向けた地域社会構築への課題

横田修一郎 (元・島根大学)

Challenges of community building for natural disaster reduction

Shuichiro YOKOTA (Shimane Univ.)

1. はじめに

わが国各地では様々なタイプの自然災害が日常的に発生しているが、こうした災害の軽減に際していま必要なのは一面的なものではなく、人々が活動する中での災害軽減であろう。これには個々の地域における過去の災害発生の直接的な要因だけでなく、災害にいたった背景や経緯なども含めたその全貌を捉えることが必要である。

2014年の広島市北部で発生した土砂災害の場合、メディアを介して発信された内容には、「まれに見る集中豪雨であったこと」や「山地斜面を構成する花崗岩が崩れやすかったこと」、「住民の避難誘導が機能しなかったこと」、「土砂災害防止の指定地であることを知らなかったこと」などがあるが、これらには斜面崩壊・土石流という“自然現象の発生原因”とそれが居住域を襲って生じた“土砂災害の発生原因”とが混在している(横田, 2015)。

一般的な概念では前者は自然ハザード(natural hazard)とよばれるのに対し、後者が自然災害(natural disaster)であり、これは前者に建物の構造や配置、避難態勢などの社会的な要素が加わって生じたものである(Wikipedia, 「自然災害」; Blaikie et al., 2004 など)。このため、災害軽減の議論では両者を識別することが第1歩である。

自然ハザードは地球の表面近くで生ずる自然現象であり、地質学的タイムスケールで継続的に進行している浸食・堆積作用、構造運動、火山活動などの地質過程(geologic processes)の一部が突発的に現れたものである。これに対して、自然災害は自然ハザードが原因ではあるが、上述のように社会的要素が関与して人間社会になんらかの被害(生命の危機、財産損失、経済的損失等)を生じたものである(図-1)。

災害発生の有無や大きさは社会的要素によって大きく左右され、たとえ同規模の自然ハザードに襲われても、建物や社会がそれに対して脆弱であれば人的・経済的被害は大きくなるし、逆に十分強固であれば被害は小さくてすむ。以下ではこうした視点で災害軽減を考え、地域社会の行政や住民にとって必要な課題を検討する。

2. 社会の歴史的変遷に伴う自然災害の増加

自然災害の発生要因を追求するには、自然ハザード(自然現象)と社会的な要素、そしてそれらを

併せた災害発生のそれぞれの原因の分析が必要である。自然ハザードの発生は地域や場所による違いはあっても地球の歴史とともに継続してきたであろうが、自然災害の発生は人類が現れてから始まったものとみていいであろう。

わが国における自然災害の発生を地域社会の変遷の中で考えてみると、農耕が主体であった古代には集落は洪水などの自然ハザードの発生や影響の少ない地域が経験的に選定されてきた。しかし中世になると人々の活動のしやすさや戦略上の利点の方が優先され、集落や都市は必ずしも自然ハザードの少ない地域ではなくなってきた。人々の活動域はその後大規模な人工構築物を伴ってさらに広がったが、自然ハザードの発生や影響範囲を考慮しなくなれば、それがもたらす自然災害は大きくなる。

こうした流れを図として示せば図-2 のようになる。自然災害は地域社会の発展とともに増大・大規模化し、それに伴って軽減の必要性も増大してきたといえよう。

今日の社会はこうした流れの延長であろうから、軽減に向けた施策もこれらの歴史的変遷が参考になる。なお、自然ハザードの一部は近年発生の仕方や頻度が地球温暖化によって変化してきた可能性もあり、それが自然災害の発生に影響することも考えねばならない。

3. 自然ハザードの発生とタイプの地域性

自然ハザードの発生とそのタイプは個々の場所の地形的位置や地質特性を反映していることが多い。地震や火山噴火の原因は地球内部にあるが、広域的にみれば発生する範囲は地球上でもある程度限定される。また、斜面崩壊や土石流などの地球表層で発生するものは重力に大きく支配されるが、その原因はさらに地域固有の地形・地質的特性や地質プロセスにかかわる素因と、降雨や地震動、人為的な掘削などの直接影響する誘因とに分けて議論されることが多い。

災害軽減には個々の地域における自然ハザードの発生とタイプに関する予測情報が重要である。予測には一般に場所（どこで）、時間または時刻（いつ）、内容と規模（何がどの程度か）が含まれるべきであり、それらの予測手法には上記の原因をもとにして自然ハザードの発生を物理現象と見なし、予測する方法と過去の記録を基に経験的に予測する方法が考え得る。

前者は現象のモデル化を経て議論されることが多く、種々のパラメータがどれだけ精度高く得られるかがポイントとなるが、限定された範囲内での小規模なハザードでは有効である。

後者の手法としては、図-3 のように自然ハザードの発生が長期的な地質プロセスの一部とみることで場所ごとに発生しやすい自然ハザードのタイプや内容の推定が可能である。たとえば、扇状地地形が存在すれば、そこでは土石流が繰り返し発生してきたと推定されるし、そのプロセスが継続していれば今後も土石流発生の可能性が予測できる。また、斜面崩壊や地すべりの発生を長期的浸食過程の一部と見なせば、浸食速度の大きい場所ではそれらが頻繁に発生すると予測できる。

こうした傾向は阿蘇カルデラ内（図-4）でも同様であり、そこで発生しうる自然ハザードのタイプは地形的特性に対応し、急崖が連続するカルデラ壁では重力下では極めて不安定であり、降雨や地震

動を誘因とした崩落・斜面崩壊が発生しやすい。現実には2012年北部九州豪雨では多くの箇所では崩壊・崩落が発生し、著しい降雨量による大量の流下水が土石流の発生をもたらした(阿蘇市, 2013)。また、黒川流域の低標高部では広範囲な浸水が発生した。いずれも地形的特徴とその形成過程に対応しているタイプである。

カルデラ壁の大半は火山岩・火砕岩より構成されるが、一部にはそれらの下位に軟質な凝灰岩や砂岩、泥岩などの現れていることもあり、そのような場合、局所的な地すべり発生も考えられ、現実には北部九州豪雨時には内牧の三久保地区などで発生した。

なお、1993年の鹿児島県竜ヶ水災害時の斜面崩壊・土石流の発生も同様の急崖のカルデラ壁であり、個々の流域はごく狭く、急崖を構成する岩層はカルデラ外側に向かって緩く傾斜している。これに対応して降雨水の大半はカルデラの外側に流下することから、急崖からの流水は通常はわずかであっても、降雨量が一定値を超えると急に増える傾向がある(横田・岩松, 1998, 図-5)。阿蘇カルデラ壁の急崖でもこうした傾向が考え得るため、そこでの崩壊発生の特性として考慮すべきであろう。

一方、カルデラ中央の阿蘇火山体には上記のような急崖は存在しないため、大規模な斜面崩壊や落石の発生するおそれは少ないが、北部九州豪雨時には山腹斜面などで表層の斜面崩壊が多数発生し、古江川上流域などでは土石流も発生した。

火山活動に伴う自然ハザードとしては短期的には中岳火口からの溶岩流出は考えにくい、火口近くでは小規模な火砕流発生は考え得る。また、火山活動に伴って降灰は継続するであろう。したがって、広範囲に影響する自然ハザードとしては降灰と山腹斜面上に堆積した火山灰に起因する土石流であろう。

なお、予測手法がいずれであってもすべてを高精度で予測することは困難なため、現実には「場所を重視した予測」や「時間を重視した予測」にならざるを得ない。後述するハザードマップの大半は前者であり、原因を考慮しながら様々な手法を駆使して地域ごとに自然ハザードの発生と影響範囲を予測し、図として表現したものである(横田, 2002)。

4. 地域社会における自然災害の軽減に向けて

(1) 自然災害の軽減方法

冒頭で述べた自然ハザードと社会的要素との関係をもとにすると、自然災害の軽減方法は①自然ハザードの発生自体を軽減する方法と、②ハザードが発生してもそれが襲うことによって生ずる災害を軽減する方法、の2つに大きく分けられる。

①は単に自然ハザードの発生を減らすだけでなく、発生の仕方を変化させること(たとえば、ハザードの小規模化、分散、発生時期・場所・中身の変化等)も考え得る。また②は建物のハザードに対する強度を高めることや居住・活動域をハザード発生域から離れて設定すること、一時的な移動などが考え得る。もちろん、ハザードのタイプや規模によっては①は全く不可能なこともある。

ダム設置による洪水防止や土砂流出防止、各種抑止・抑制工による斜面崩壊防止などは①の考え方である。一方、後述するハザードマップは自然ハザードの発生場所と内容・大きさを予測したものであり、これに基づいて一時的に避難するといった災害発生の回避・軽減は上記の②に該当する。

1999年広島豪雨災害を契機にその翌年に成立した「土砂災害防止法」では一種のハザードマップを作成することになっており、作成方針も確立していたが（土砂災害防止法研究会，2000），範囲指定（マップ作成）はなかなか進まなかった。指定することによる個人財産の価値の低下や移転経費などの行政面での負担などが運用面での障害となったためと考えられる。

2011年の東日本大震災以降、様々なハザードマップが全国で作成されるようになり、国交省ポータルサイト（国土交通省，2015）には膨大な数のマップが公表されているが、内容と表現は多岐にわたる。有効に利用・活用されているかは明らかではないが、改善すべき点は多く、機械的に作成したものが多くことや一般の人が理解できる表現になっていないこと、発生に関するタイムスパンなど時間的情報が不足していることなどが思い浮かぶ。また、小縮尺のマップは行政機関には資することが多いが、一般の個人には役立つようなものは少ないことも課題であろう。

また、現状ではこうしたハザードマップが公表された後でも各地で自然ハザードが発生し、災害にいたったケースも少なくない。このような場合、その“経験”をハザードマップに取り込んでマップを適宜修正していくことも必要であろうが、現状ではそのような例は見られないようである。

(2) 社会の脆弱性 (vulnerability) の適正評価

地域社会にとって将来災害が発生した場合、どの程度の被害を生ずるか、またそれを軽減するためにどの程度の経費が必要となるかは大きな関心事である。自然ハザードによる自然災害の損失の大きさは災害のリスク (Risk) ともよばれる。また、自然ハザードに対する建物や社会の脆弱性を表すのに vulnerability という概念が知られている (Blaikie et al., 2004; 多々納, 2003 など)。

これらを用いれば、自然災害のリスク (risk) は、

$$\text{Risk} = \text{hazard} \times \text{vulnerability} \quad (1)$$

と表現できる (田中, 2012 など)。

リスク (risk) は一定の空間的範囲・時間内において特定の hazard が原因で生ずる生命・財産・経済活動の損失の大きさであり、hazard は危険事象のひっ迫 (threatening) の程度 (= 危険事象の大きさ × 発生頻度) といえる。また、vulnerability とは一定の空間的範囲・時間内において特定の hazard による潜在的な最大損失の大きさと定義される (Blaikie et al., 2004)。

(1)式は自然ハザード hazard を軽減しなくても脆弱性 vulnerability を低減すれば災害リスク risk を軽減できることを示しており、これは前述した軽減方法 ②に該当する。vulnerability を低減させる対策の例としては、たとえば、地震動に対しては建物の耐震性を高めること、大きな地震動発生域から移

転すること、そして発生が時間的に予測されれば、それ以前に避難することなどが考え得る。また、火山噴火に対しては火砕流・噴石の予想到達範囲からの移転・避難が考え得るし、土石流に対しては構造物の補強とともに到達予想範囲からの移転・避難が考え得る。

様々な自然ハザードに対して地域の **vulnerability** を適正に評価し、数値的に表現できれば、ハード・ソフトの多様な対策手法を併せて取り扱うことができる。それによって全体の災害リスクを推定できるし、リスク低減のための効果的な施策が可能となる。**vulnerability** にかかわる社会的要素は内容もスケールも多様であるため評価は難しいが、今日の社会では自然災害の軽減はこれが基本的な方向であろう。個々の施策の実施は全体を見ながら経費とのバランスも考慮して効果的に進めなければならない。

なお、自然ハザードの発生には地域性があるし、社会的な要素の特徴や自然災害発生にも地域性が存在するため、それらをうまく抽出して上記のリスク評価に加え、個々の地域で社会構成員が過去に得た体験を教訓として活かせられれば、さらに軽減できるであろう。地域社会ではそれぞれの特性に合わせてこうした方向で検討すべきであろう。

5. まとめと課題

今日のわが国の地域社会を前提に自然災害を軽減することの方向性を述べたが、まとめれば以下のようなことになる。

- (1) 将来発生が予想される自然災害に対して今日必要なのは一面的な災害軽減ではなく、人々が活動するなかで軽減を図ることである。多様かつ複合したものも多いことから、災害には常に高い視点で臨むことが必要である。
- (2) こうした議論を進めるには自然現象としての自然ハザードと社会的要素の加わった自然災害の違いの認識が不可欠である。
- (3) わが国では歴史的には自然ハザードの発生に変化がなくても自然災害の発生は増加・大規模化し、現在はその延長にあると考えられる。自然ハザードの発生域と人々の活動域との空間的關係に基づいて災害軽減を図るようなソフト的対応も重要である。
- (4) 自然ハザードの予測には地域固有の長期的な地質プロセスの理解、物理現象、過去の経験などに基づいた手法の組み合わせで可能となる。予測結果を表現したハザードマップは多数作成されるようになったが、一般の人々が利用するには改善の余地があるし、行政側での使用や運用面も不十分である。
- (5) 災害発生にかかわる社会的要素についてはハザードの発生場所との関係でそれに対する脆弱性 **vulnerability** を把握し、かつ脆弱性の低下に努めることが必要である。対策手法を適正に評価できれば、ハード・ソフトの多様な手法を併せて取り扱うことができ、全体の災害 **risk** を推定できる。た

だし vulnerability にかかわる社会的要素は内容もスケールも多岐にわたるため、個々の施策の実施は全体を見ながら経費とのバランスも考慮して効果的に進めなければならない。

- (6) 災害軽減には行政機関に加えて、社会構成員の努力も必要であり、地域ごとに過去の災害における体験を教訓として活かすことも重要である。

引用文献

阿蘇市 (2013) 九州北部豪雨 阿蘇市災害記録誌, 120p.

Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis and B. Wisner (2004) At Risk-Natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge, 464p.

土砂災害防止法研究会 (2000) 土砂災害防止法解説—土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律, 239p. 大成出版社.

gridsapes.net (2016) 川だけ地形地図, <http://www.gridsapes.net> (2016.1.8)

国土交通省 (2015) 国土交通省ハザードマップポータルサイト, <http://disaportal.gsi.go.jp/index.html>

多々納祐一 (2003) 災害リスクの特徴とそのマネジメント戦略, 社会科学研究論文集, **1**, 141-148.

田中泰雄 (2012) リスク= (自然) 災害×脆弱性の考えに基づく防災を!, 自然災害科学, **31**, 169- 171.

Wikipedia, 自然災害, <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%81%BD%E5%AE%B3> (2016.1.7).

横田修一郎 (2002) ハザードマップの定義と系譜, 測量, 2002.1, 29-32.

横田修一郎 (2010) 災害軽減に向けた地域の歴史と地質プロセスの理解, 島根大学山陰防災フォーラム資料, <http://pcndr-shimane-u.com/wp/wp-content/themes/original/pdf/Document-SYDPForum-2010-autumn-sypo.pdf> (2016.1.7).

横田修一郎 (2015) 自然災害の軽減に向けた社会の構築, 近畿青年技術士懇談会 10 月例会講演要旨, 5p. 近畿青年技術士懇談会.

横田修一郎・岩松 暉 (1998) ボーリング調査に基づく鹿児島県竜ヶ水急崖の地質構造, 応用地質, **39**, 27-36.

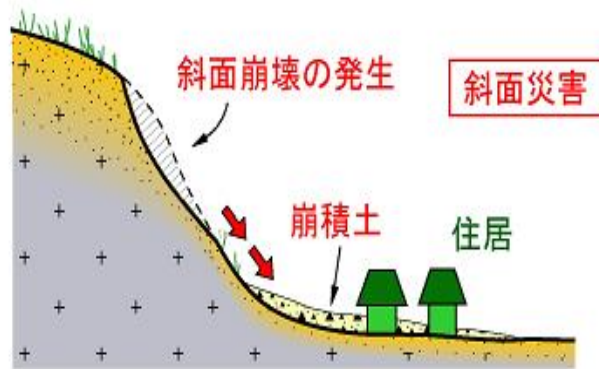


図-1 自然ハザードと自然災害（横田，2002）．斜面崩壊は突発的に発生する自然現象で自然ハザードとよばれるが，その崩積土が住居を襲って被害を生じた場合には斜面災害（自然災害）とよばれる．

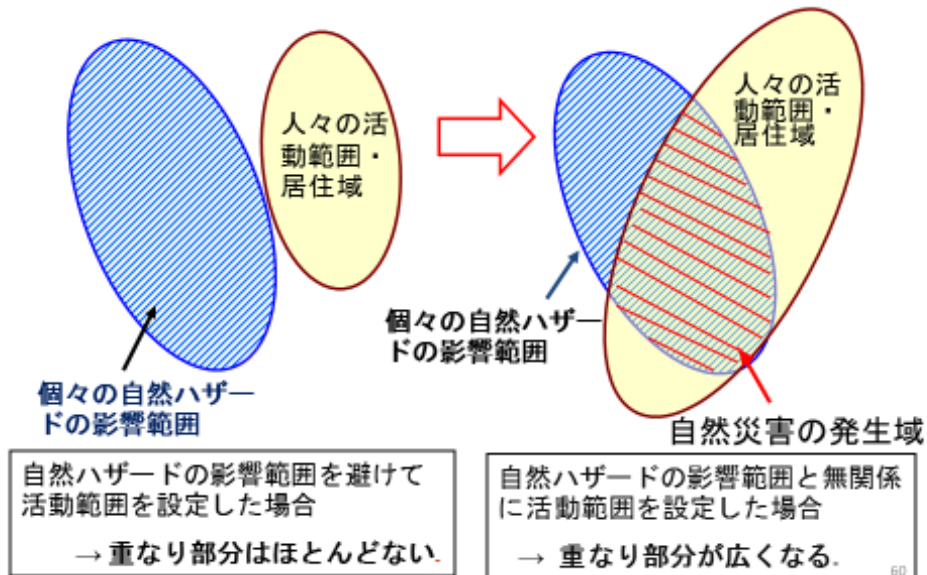


図-2 自然ハザード発生域と居住域との関係の歴史的変遷（横田，2010）．人々の活動域・居住域は古代には個々の自然ハザードの影響範囲から離れて設定していたが，中世になると，後者の範囲を無視し，互いにオーバーラップするようになったと考えられる．その結果，自然災害の発生が増大してきた．

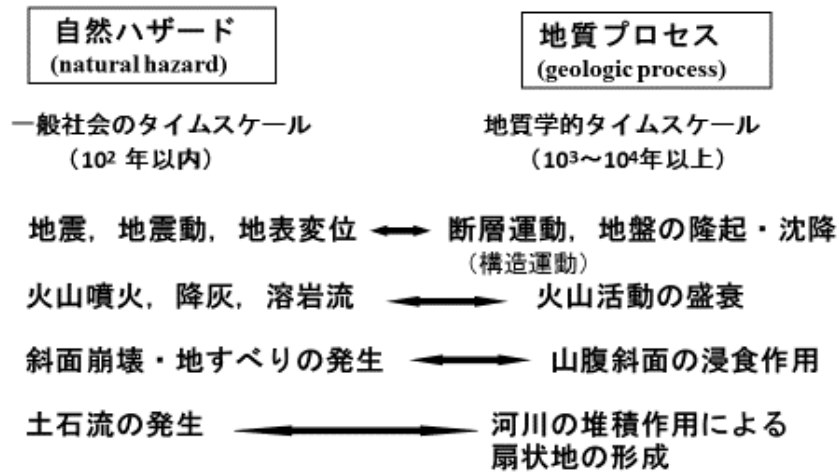


図-3 一般社会のタイムスケールにおける自然ハザードと地質学的タイムスケールの地質プロセスとの関係。常に両方のタイムスケールで考える必要がある。

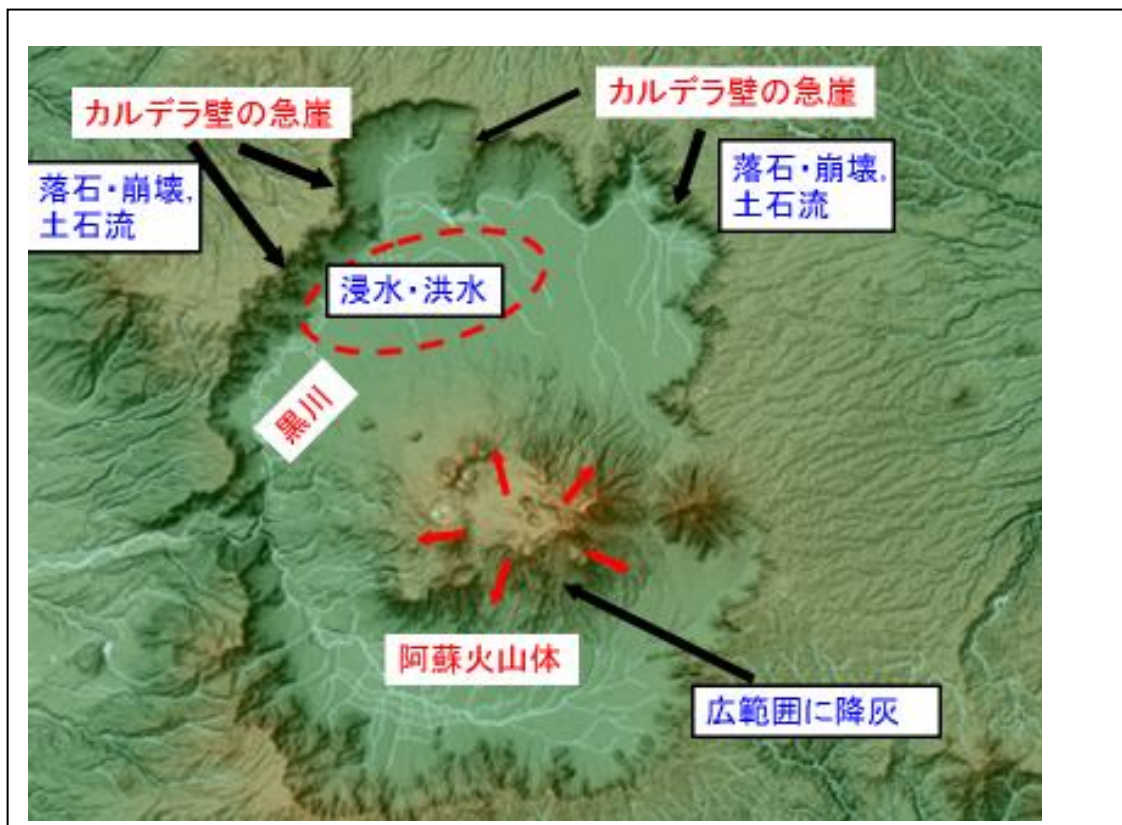


図-4 阿蘇カルデラの地形概要と地形的特徴に対応して発生しやすい自然ハザードのタイプ。地形は「川だけ地形地図」(gridscares.net, 2016)による。

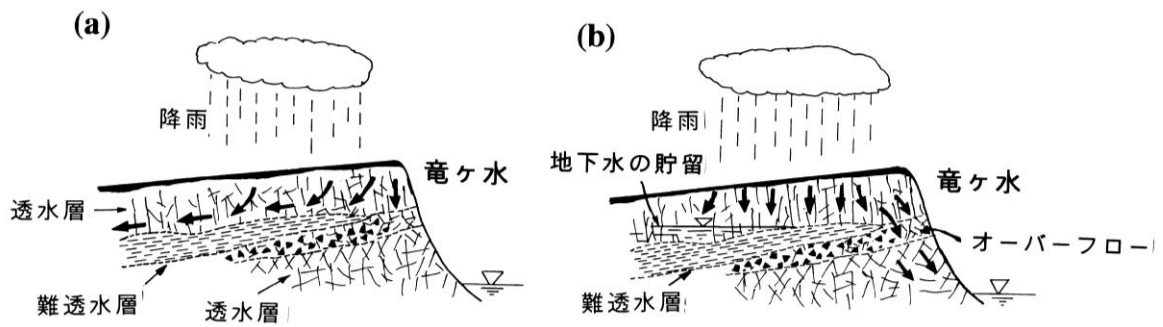


図-5 鹿児島湾に面した竜ヶ水地区のカルデラ壁面の構造と降雨水の流下特性（横田・岩松，1998）．岩層が外側傾斜（左方向へ傾斜）であるので，降雨水は通常は(a)のように左側に流下するが，降雨量が著しく多くなると，(b)のように右側（急崖側）にオーバーフローする．

4-03 阿蘇山火山防災連絡事務所の火山監視・観測業務について

井上秀穂・西 正儀（福岡管区気象台）

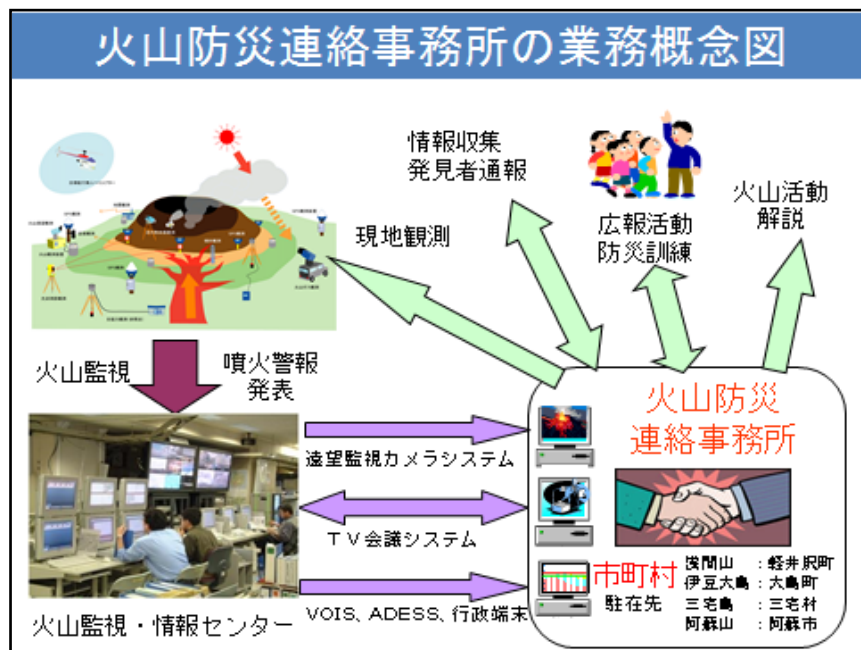
Volcanic Monitoring and Observation by Asosan Local Cooperative Office for Volcanic Disaster Mitigation

H. Inoue and M. Nishi

我が国には 110 の活火山があり、気象庁では、気象庁本庁(東京)及び札幌・仙台・福岡の各管区気象台に設置された「火山監視・情報センター」において、これらの活火山の火山活動を監視している。

110 の活火山のうち、「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として火山噴火予知連絡会によって選定された 47 火山については、噴火の前兆を捉えて噴火警報等を適確に発表するために、地震計、傾斜計、空振計、GPS 観測装置、遠望カメラ等の火山観測施設を整備し、関係機関（大学等研究機関や自治体・防災機関等）からのデータ提供も受け、火山活動を 24 時間体制で常時観測・監視している。

阿蘇山火山防災連絡事務所は、平成 20 年 4 月 1 日から、火山業務を地元自治体と連携して行うことを目的として、阿蘇市役所庁舎内に開設された。阿蘇山火山防災連絡事務所には福岡管区気象台火山監視・情報センター職員 2 名が駐在し、および福岡管区気象台火山監視・情報センターと一体となって火山業務を実施している。



活動が活発になった阿蘇山では、2014年8月30日にごく小規模な噴火が発生し、火口周辺警報を発表、噴火警戒レベルを1（活火山であることに留意）から2（火口周辺規制）に引き上げた。同年11月25日から始まった連続的な噴火は2015年5月まで続いた。その後2015年9月14日に小規模な火砕流を伴うマグマ水蒸気噴火が発生し、噴火警戒レベルを3（入山規制）に引き上げ、11月24日に噴火警戒レベル2（火口周辺規制）に引き下げた。

阿蘇山の噴火警戒レベル

— 火山災害から身を守るために —

噴火警報等で発表する 噴火警戒レベル

●噴火警戒レベルとは、噴火時に危険な範囲や必要な防災対応を、レベル1から5の段階に区分したものです。

●各レベルには、火山の周辺住民、観光客、登山者等のとるべき防災行動が一目で分かるキーワードを設定しています（レベル5は「避難」、レベル4は「避難準備」、レベル3は「入山規制」、レベル2は「火口周辺規制」、レベル1は「活火山であることに留意」）。

●対象となる火山が噴火警戒レベルのどの段階にあるかは、噴火警報等で伝えられます。

阿蘇山 噴火警戒レベルに対応した規制範囲

●噴火警戒レベルに応じて下記のような防災対応が必要になります。

レベル5（避難）
危険な居住地域からの避難

レベル4（避難準備）
警戒が必要な居住地域での避難準備、要援護者は避難等。

レベル3（入山規制）
火口から概ね2km以内の立入禁止、規制範囲は居住地域付帯（概ね4km）まで変動状況により変更。
○の範囲内。
・中岳・高岳への登山道の立入禁止
・阿蘇パラマウント中継と吉田線の合流点から立入禁止

レベル2（火口周辺規制）
火口から概ね1km以内の立入禁止、○の範囲内。
・火口から概ね1km以内の立入禁止
・阿蘇山公園道路、阿蘇山ロープウェイ及び仙酔楼ロープウェイは利用できません

レベル1（活火山であることに留意）
火口等専断立入禁止、○の範囲内。

この図は、熊本県による阿蘇山火山防災マップをもとに、阿蘇火山防衛会議協議会及び地元自治体と調整して作成しています。

●各レベルにおける具体的な規制範囲等については、地域防災計画等で定められていますので、詳細については阿蘇市、高森町、南阿蘇村にお問い合わせください。

福岡管区気象台 火山監視・情報センター
TEL: 092-729-3608 http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/
●熊本県の気象台 防災推進課 TEL: 096-224-2330
http://www.jma-net.go.jp/kumamoto/
●阿蘇山火山防災連絡事務所 TEL: 0967-22-3212
http://www.jma-net.go.jp/aso/

阿蘇山の噴火警戒レベル

平成19年12月1日運用開始

予報警報	対象範囲	レベル	火山活動の状態	住居等の位置及び登山者・入山者への対応	想定される現象等
噴火警報	居住地域及びそれより火口側	5（避難）	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要。	●溶岩流が居住地域に到達、あるいは切迫している。 過去事例 有史以降の事例なし 約2,000年前：溶岩流が半蔵から約4kmまで到達 約2,700年前：溶岩流が住居から約5kmまで到達 約3,400年前：溶岩流が住居から約6kmまで到達 約4,800年前：溶岩流が中岳から約7kmまで到達 約6,300年前以降：溶岩流が赤水村近まで到達（流出火口は不明）
		4（避難準備）	居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要。	●溶岩流が発生し、さらに噴火が拡大した場合には居住地域まで到達すると予想される。 過去事例 有史以降の事例なし
火口周辺警報	火口から居住地域まで	3（入山規制）	居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等。 登山禁止や入山規制等危険な地域への立入規制等。	●火砕流が発生し火口から概ね4km以内に到達、あるいは噴火活動の高まり等により到達が予想される。 過去事例 1988年6月：火砕サージが第一火口から約1.2kmまで到達 ●火口から概ね2km以内に噴石飛散、あるいは噴火活動中の火口閉塞等により噴石飛散が予想される。 過去事例 1979年9月：噴石が第一火口から約1.2kmまで飛散 1988年6月：噴石が第一火口から約1.2kmまで飛散 1993年2月：噴石が第二火口から約1.2kmまで飛散
		2（火口周辺規制）	火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。	●小規模火が発生し、火口から概ね1km以内に噴石飛散。 過去事例 1977年7月：噴石が第一火口から約800mまで飛散 1967年12月：噴石が第一火口から約700mまで飛散 1963年4月：噴石が第一火口から約600mまで飛散 ●小規模火の発生が予想される。
噴火予報	火口内等	1（活火山であることに留意）	火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。	状況に応じて火口内への立入規制等。	●火山活動は静穏、状況により火口内にとどまる程度の土砂噴出等の発生の可能性あり。

注1）この予報とは、実地上で観測される噴火の発生を想定している。これ以外の噴火で発生する噴火については、今後ハザードマップ観測等で具体的な規制を定めることとする。

注2）レベル1～3は中岳第一火口及び中岳第二火口から発生する噴火を想定している。これ以外の噴火で発生する噴火については、今後ハザードマップ観測等で具体的な規制を定めることとする。

注3）噴火警戒レベル1～3は、火山が静穏な状態にある場合に適用される。

各レベルにおける具体的な規制範囲等については、地域防災計画等で定められています。各管区にはお問い合わせください。

福岡管区気象台 火山監視・情報センター
http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/

4-04 京都大学・火山研究センターの取り組み

大倉敬宏（京都大学・地球熱学研究施設）

Research activity at Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University

T. Ohkura (IGS, Kyoto Univ.)

京都大学・火山研究センターは、火山地域における地球物理学現象を観測・解析し、火山活動の物理機構や噴火機構と噴火予知の研究および教育を推進すること目的として設立された、日本国内の大学付属の火山観測所の中では最古のものである。

その設立経緯は、まず1924年別府に地球物理学研究所が設立され、その初代所長の志田順博士がIAV（現在のIAVCEI）の会長だったフランスのラクロア(A.Lacroix)およびアメリカの火山国内委員会の委員であったデイ(A.L.Day)の両博士から阿蘇火山にも研究所を設立するよう勧奨をうけたことによる。そこで1927年、国費及び熊本県の援助によって本研究センター本館の起工がなされ、翌1928年3月、本館の竣工と同時に研究が開始された。まず、火山爆発機構の地球物理学的研究をめざして地震計が設置され、そして、1932-1933年の第2回極年(Polar year)には地磁気観測が付加された。また、傾斜計による地殻変動観測も1932年から開始され、1937年からは阿蘇登山道路坊中線(東登山道路)沿いでの水準測量が実施されている。

その後も阿蘇中岳火口から7kmの本館のほか、火口付近の本堂観測所をはじめする数カ所の観測室において地震、地殻変動、地磁気観測を継続してきた。そして、昭和49年(1974年)に開始された火山噴火予知計画に積極的に参加し、地下観測坑道の建設、観測装置の近代化が計られてきた。この火山噴火予知計画は2008年まで継続され、2009年度からは、それまで独立に行われてきた地震予知研究計画と火山噴火予知計画が統合された「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」(2009-2013)が実施された。そして、2014年度からは新たには「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」が5カ年計画で実施されている。

長年にわたる地震、地殻変動、地磁気等の定常観測を通じて、阿蘇火山の地下で発生する諸現象の実体と関係が明らかになりつつある。近年長周期地震計によって初めてその存在が確認された15秒の基本周期を有する長周期微動の震動源は、活動火口のやや西側1.5km程度の深さに推定されている。このような長周期の振動の発生には地下の流体が関与していると考えられている。また、火口近傍の地磁気変化からは、地下数百m以浅で熱消帯磁が繰り返されていることが明らかになってきた。こうした変動が表面現象に対応して迅速に進行していることは、熱消帯磁域で地下水が効率的な熱伝達に

寄与していることを示唆している。また、短周期の火山性微動は長周期震動源の上端付近から熱消帯磁域にわたる領域で発生している。

一方、登山道路沿いに展開されている水準路線に沿った地盤上下変動からは、中岳火口の南西約 3-4km（草千里）、深さ 5-6 km 付近に変動源が存在することが推測されている。この変動源は、地震波トモグラフィーによる低速度領域に位置することから、マグマ溜まりに対応するものと考えられている。このマグマ溜まりから中岳火口へと火山性流体が移動する過程で、さまざまな微動や地震が発生していると考えられている。

阿蘇火山では、1989 年-1993 年の噴火以来、マグマを放出するような噴火活動は生じていなかった。しかし、2013 年 9 月に二酸化硫黄の放出率が増え始め、火山活動に変化の兆しが見えはじめた（2013 年 9 月 25—10 月 11 日噴火警戒レベル 2）。そして、短周期連続微動の活発化にともない、2013 年 12 月 27 日に噴火警戒レベルが 2 に引き上げられ、2014 年 1 月には中岳第 1 火口底に小火孔が開いた。その後はごく小規模な噴火が繰り返し発生したが、3 月 12 日には噴火警戒レベルが 1 に下げられた。そして、6 月には火口底で土砂噴出（水蒸気噴火）が始まり、7 月には第一火口の湯だまり（火口湖）が完全消失した。8 月下旬にも土砂噴出がときおり発生し、8 月 30 日には再び噴火警戒レベルが 2 に引き上げられた。その後、11 月 25 日にマグマ噴火が発生し、2015 年 5 月までマグマ噴火が継続して発生した。これらの噴火は、火口周辺に GPS や広帯域地震計が整備されてから初めて迎えたものである。GPS 観測によって 2014 年の夏以降にマグマ溜まりの膨張が初めてとらえられ、2014 年 10 月 20 日以降に火口直下の地震の規模・発生回数ともに観測史上最大級となるなど、11 月 25 日のマグマ噴火にいたる過程でさまざまな異常現象がとらえられた。

その後、2015 年 9 月 14 日に小規模なマグマ水蒸気噴火が発生し、全国ではじめて噴火速報が発表されるとともに、噴火警戒レベルが 3 に引き上げられた。この噴火前にも山体膨張や地震活動の活発化がとらえられ、気象庁により火山活動度レベルが 2 に据え置かれていた。したがって、噴火による人的被害は発生していない。

この水蒸気噴火に関しては直前予知につながる前兆現象はとらえられなかったものの、2014 年の 8 月の口永良部島や 9 月の御嶽山における水蒸気噴火の直前と同様に微動振幅の増大が認められている。この微動の発生メカニズムを解明することが、水蒸気噴火発生機構の解明および水蒸気噴火の直前予知につながる可能性が高く、今後、研究活動をさらに進めていきたい。

4-05 阿蘇中岳，前回（1988-95）と今回の活動対比と阿蘇火山博物館の役割

池辺伸一郎（阿蘇火山博）・永田紘樹（阿蘇 GP）・渡辺一徳（阿蘇火山博）

Comparison of Nakadake's volcanic activities between 1988-95 and 2010's
and Aso Volcano Museum's role

S.Ikebe¹, K.Nagata² and K.Watanabe¹

¹ Foundation of Aso Volcano Museum, 1930-1 akamizu Aso Kumamoto, Japan

² Aso Geopark Promotion Council, 1930-1 akamizu Aso Kumamoto, Japan

1. はじめに

阿蘇火山の中岳は、1988~1995年の本格的な噴火活動以来、比較的穏やかな活動を続けてきた。その後、2003年、2004年、2005年、2009年には、一時的に微量の火山灰を噴出する活動が見られたが、噴出などからみてこれらの活動は一時的に地下の温度が高まったことによる小規模噴火であり、本格的なマグマ活動には至っていないと判断された（宮縁・他、2005など）。2013年頃から中岳は少しずつ活発化の兆しが見え始め、2014年11月には火山灰の量も増え、その粒子には大量の新しいマグマ物質が含まれており、およそ20年ぶりにマグマ噴火に移行した。

2. 2013年以降2015年12月までの表面活動の推移

2013年頃から徐々に湯だまりのお湯が減少し、火山性地震や二酸化硫黄（SO₂）の噴出量が増加した（同年9月25日に気象庁による噴火警戒レベルが1から2へ）。

その後、2014年1月から断続的に微量の火山灰噴出が始まった。そして、8月30日には一時的にやや多量の火山灰を噴き上げたため、噴火警戒レベルは再度2に引き上げられた（気象庁火山活動解説資料2013~2015）。そして、11月25日からは多量の火山灰を噴き上げ、南郷谷を中心に降灰が確認された。火山灰を顕微鏡で観察した結果、構成粒子には新鮮な多面体型の火山ガラスが



写真1 2014.12.8のストロンボリ式噴火

多量に含まれており、マグマ噴火が始まったことが確認された。11月27日の気象庁による現地調査では、火口周辺にスコリアが噴出していることが確認された。また、博物館の火口カメラによって、新しく形成された火孔(27日に気象庁は「141火孔」と命名)から火炎やスコリアの噴出も確認された。

12月～1月にかけては、赤熱した噴石(マグマ片)が火口縁を越えて噴出するのが頻繁に確認され、強風時には風に乗って火口から1km付近まで最大径数cmのスコリアが飛ばされていた。

2～4月にかけても火山灰の噴出やストロンボリ式噴火が断続的に続いたが、全般的に見て、その発生頻度や火山灰の量は減少してきた。5月3日夜には、振幅の大きな火山性微動が発生(気象庁、2015火山活動解説資料)し、その時の噴出物と思われる火山灰を、火口の北北東側において確認した。6月には梅雨期の雨や流れ込んだ土砂によって、141火孔は閉塞状態となり、火山灰の連続的な噴出は見られなくなった。

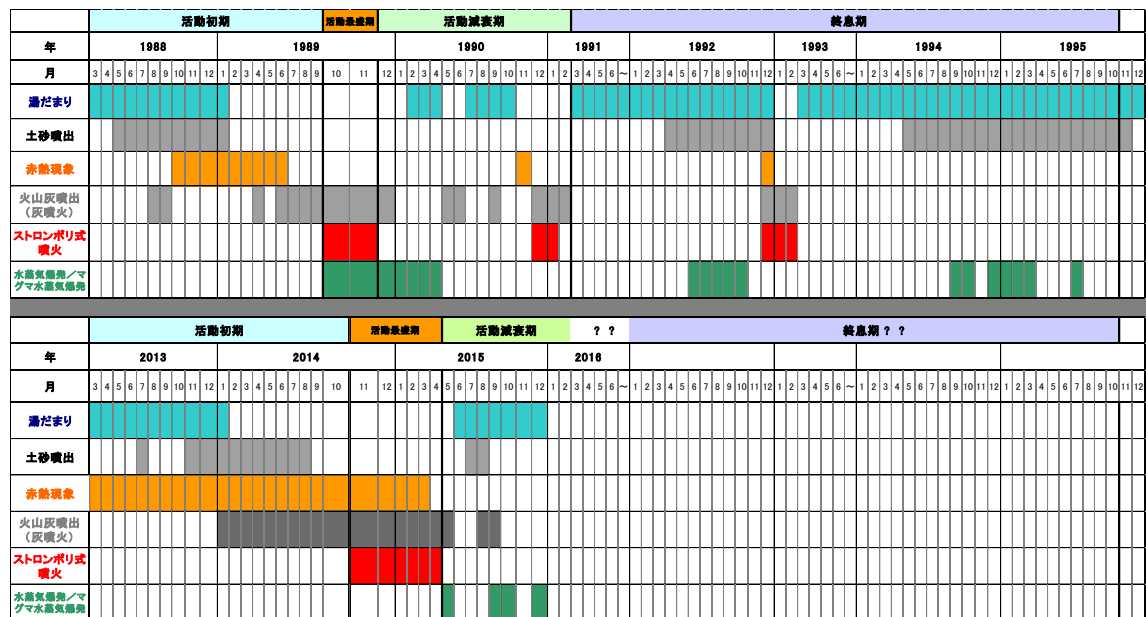
その後、9月14日、10月23日、12月7日、12月25日には単発的に噴石を伴う小規模な噴火(マグマ水蒸気爆発?)が発生している。

このようなことから、2014年11月以降中岳はおよそ20年ぶりに本格的な活動に移行し、2015年5月以降、「最盛期」を過ぎて「活動減衰期」に入っているように見える。

3. 1988～1995年活動期との比較

今回の活動は、前回の1988～1995年活動期以来およそ20年ぶりの本格的な活動期となった。今回の活動が終息したわけではないが、2015年末までの活動と前回の活動とを比較し、今回の活動の特徴を以下にまとめた。

(1) 大きな活動の流れとしては、同じであると考えられる。



(2) 前回活動期においては、灰噴火(小野・他、1995)が始まってからストロンボリ式噴火に移行す

るまで、3ヶ月ほどの期間があったが、今回は灰噴火が始まったのとほとんど同時にストロンボリ式噴火が始まったように見える。前回と今回の活動を見合わせてみると、灰噴火が始まる時にはスコリアの噴出も既に始まっていると考えた方が良さそうである。

(3) 141 火孔が急激に拡大するステージが見られなかった

前回活動期においては、灰噴火からストロンボリ式噴火に移行後、水蒸気噴火を繰り返しながら火孔を拡大し、直径 100m ほどの大きな火孔を形成したが、今回はそのような活動は見られていない。

(4) 一連の活動期における噴出物の量が少ない

前回活動期における火山灰の噴出量はおよそ 772 万 t (松田・他, 1990)、その前の 1979~1980 年の活動期においてはおよそ 920 万 t (福岡管区気象台, 1990)とされている。今回は、2014 年 11 月~2015 年 4 月まででおよそ 200 万 t (熊本大学 宮縁育夫氏による)と試算されており、その噴出量はこれまでのところ極端に少ない。

(5) 最盛期の火山灰に「スコリア型透明ガラス片」(池辺・他, 2008) が少ない

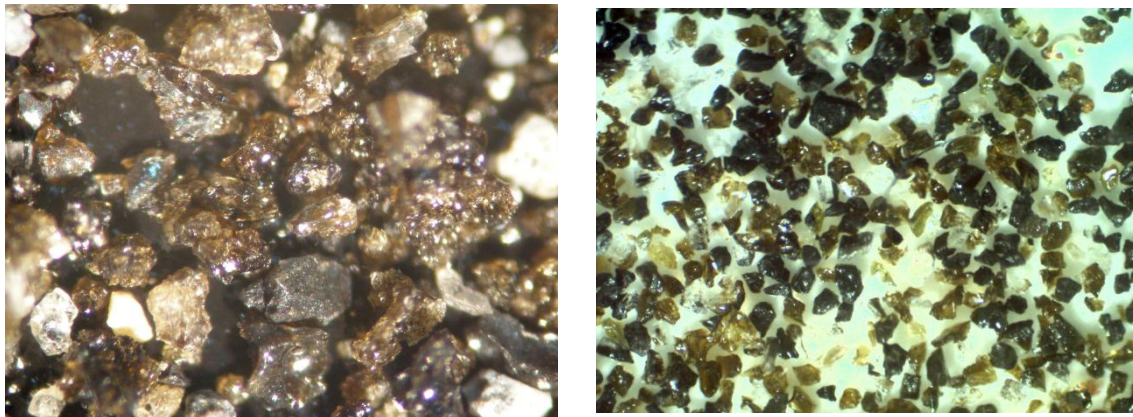


写真 2 1989.11.2 の火山灰 (左) と 2015.1.13 の火山灰 (いずれも写真の左右約 3mm)

それぞれの時期の最盛期の火山灰で、左の粒子の方が発泡度が高い

これまでの活動の経過を見た限り、今回の活動の最盛期は 2014 年 11 月末から 2015 年 4 月頃までのおよそ 4 ヶ月間と考えられる。この間に採取した火山灰を実体顕微鏡で観察した結果、灰噴火が始まった当初から黒色の新鮮な火山ガラスが多く見られ、その後間もなく褐色透明の、より新鮮な火山灰も観察されるようになった。しかしながら、前回の活動最盛期に見られた発泡度の高いスコリア型の透明なガラス片の割合が非常に少ないという印象である。

4. 阿蘇火山博物館の役割

阿蘇火山博物館においては自らの調査を進めるとともに、阿蘇ジオパーク推進協議会、気象庁阿蘇山火山防災連絡事務所、京都大学、熊本大学、阿蘇市などと連携しながら情報の収集・発信に努めた。主な取り組み内容は以下のとおりである。

〈資料の収集保存、調査研究活動〉

- ・火口カメラによる映像資料の収集（2015年春以降，稼働できていない）
 - ・周辺へ降った火山灰資料の収集及び顕微鏡観察
 - ・2015.9/14 火砕流の拡散スピードの試算
- 〈普及活動〉
- ・気象庁，京大，熊大などによって採取された噴石資料の展示
 - ・中岳噴火をテーマにした企画展の実施
 - ・阿蘇ジオパークと連携した講演会
 - ・その他講演会，出前授業など
- 〈火山防災に関する活動〉
- ・「噴火対応マニュアル」の作成
 - ・噴火対応避難・誘導訓練の実施（館職員）
 - ・館内1Fに，ヘルメット（50個），ゴーグル（50個）マスク（100枚）を常設
 - ・館内1Fに，噴火速報展示
 - ・館内1Fに，外国人への案内パンフレット設置
 - ・館内1Fに，火山防災マップ（熊本県作成，阿蘇市発行）掲示
- 〈その他〉
- ・博物館を利用する学校（全国）に対して，規制状況などの情報提供（DM送付）
 - ・火山灰資料を教材として販売（顕微鏡写真，解説を入れ込み）
 - ・希望する学校へ，火山灰資料を提供

参考文献

- 福岡管区気象台（1990）九州地方の火山．福岡管区気象台要報，**45**，1-46.
- 池辺伸一郎・渡辺一徳・宮縁育夫(2008)阿蘇火山中岳，1988-1995年活動期における噴火様式の変化．
火山，**53**，15-33.
- 気象庁(2013~2015)火山活動解説資料，気象庁HP.
- 松田一成・鹿毛武二・三谷浩行(1990)1989年からの阿蘇山の火山活動．福岡管区気象台研究会誌，**51**，
92-93.
- 宮縁育夫・池辺伸一郎・渡辺一徳（2005）阿蘇火山中岳で2003年7月10日と2004年1月14日に起こった湯だまりからの火山灰噴出．火山，**50**，227-241.
- 宮縁育夫・池辺伸一郎・渡辺一徳（2007）阿蘇火山中岳における2005年の火山活動と噴出物．火山，
57，133-147.
- 小野晃司・渡辺一徳・星住英夫・高田英樹・池辺伸一郎（1995）阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物．
火山，**40**，133-151.

4-06 阿蘇火山の減災・防災についての熊本大学減災センターでの取り組み

松田泰治・鳥井真之（熊本大学・減災センター）

Actions for disaster mitigation in Aso volcano by IRESC, Kumamoto University

T. Mazda and M. Torii (IRESC, Kumamoto University)

火山防災における関連分野や業務内容はきわめて幅広い。実際に住民と向き合う行政では、避難計画の策定や火山防災マップを作成するほか、気象台、警察、消防、環境省、日赤などと「火山防災協議会」を構成し、火山活動の監視、観光客の安全確保・避難誘導など様々な業務をおこなっている。また一般に火山学として認知される学術分野も地震波やGPSなどによる観測から火山の状況を調べる火山物理学や、火山噴火による火山灰や溶岩の種類や累重様式から噴火形態や推移を調べる火山地質学など幅広い。また、これら火山学から得られた知見から火山リスクを捉え、社会にどのようにフィッティングさせるのかを考えるリスクマネジメントなど社会工学などの学術分野もある。さらに、小学校から大学までの学校教育や一般人など幅広い層を対象とした防災教育分野、そして、自主防災組織や地域のNPOによる活動などもあり、様々な機関や個人が火山防災に携わり、専門化、多様化が進んでいる。2014年の御嶽山噴火を踏まえた内閣府による火山防災対策推進ワーキンググループ(2015)の報告では、1)火山防災対策を推進するためのしくみ、2)火山監視・観測体制、3)火山防災情報の伝達、4)火山噴火からの適切な避難方策等、5)火山防災教育や火山に関する知識の普及、そして、6)火山研究体制の強化と火山研究者の育成について、など多岐にわたる内容の提言がなされている。このような火山防災の多様化、複雑化に対応し、さらに高度化、効率化を図るためには機関や個人間の相互連携、補完関係の構築が急務となっている。

熊本大学減災型社会システム実践研究教育センター（以下：減災センター）では、火山学など学術的な知見を社会システムに実装することを目的に、これまで比較的手薄であった、リスクマネジメントや防災教育に焦点を当て取り組んでいる。具体的には、教養科目「減災リテラシー入門」、「減災型地域社会づくり」において火山防災についての講義を実施している。さらに阿蘇火山を対象としたプロジェクトを進めている。過去の噴火で人的被害を経験しているにもかかわらず、年間約210万人の観光客や従業員らが集まる阿蘇火口周辺をターゲットとし、ここでの発生が懸念される水蒸気噴火などの小規模噴火は直前まで予測が難しく、不測の際には人的被害も懸念される。そこで、火口周辺で活動する人々を対象として、不測の事態が発生しても率先して対処可能な火山防災リーダーの育成をめざした火山防災教育システムを構築中である。内容は、1)各大学や産総研データなどの既存データと、文献や地質調査から防災教育の基礎となる阿蘇の噴火史情報の整備。2)この噴火史情報をもとにした

教材の開発作成. そして3)ジオガイドや, 従業員などを対象にした実際の火山防災教育の実施である. この火山防災教育においては, これまで減災センターで取り組んできた洪水防災教育などで得たノウハウが活用される(竹内・稲本,2016). また, 仕事などの都合による時間的な問題や多様な価値観をもつ対象者には, 野外体験を主としたフィールドワークや, 室内でのセミナーなどの他, eラーニングによる教育システムを選択肢として提供することで柔軟に対応させることにしている(長岡ほか,2016). これらの取り組みにおいては, 既に熊本県庁危機管理課や阿蘇火山博物館そして阿蘇ジオパーク協議会などと協働しているが, 前述のように多様化する火山防災の要求に対応し切れているとは言いがたい, これからは地方自治体や周辺大学さらには関連企業などとの協働も積極的に進めていきたいと考えている.

引用文献

火山防災対策推進ワーキンググループ (2015) 御嶽山噴火を踏まえた今後の火山防災対策の推進について(報告), 内閣府. url: <http://www.bousai.go.jp/kazan/suishinworking/>

長岡千香子, 永田紘樹, 竹内裕希子, 鳥井真之, 喜多敏博 (2016) 阿蘇シジオパークについて学ぶための eラーニング設計, 国際火山噴火史情報研究集会講演要旨集, 2015-2.

竹内裕希子, 稲本義人(2016) 阿蘇カルデラにおける学校防災教育の展開例, 国際火山噴火史情報研究集会講演要旨集, 2015-2.

4-07 阿蘇火山防災会議協議会の活動について

市原敏博（阿蘇市総務部総務課防災対策室防災交通係）

Activities of Aso Volcano Disaster Prevention Council

T. Ichihara

1. はじめに

阿蘇五岳を中心とする阿蘇山は、周囲 128km におよぶ世界最大級のカルデラや広大な草原を有し、阿蘇谷・南郷谷、それを取り巻く外輪山地域で形成されている。カルデラ内では、農業、観光業が基幹産業となっており、人口約 5 万人が生活している。阿蘇山では、昭和期から見ても 1932（昭和 7）年以降、噴火や火山ガスが起因と思われる人的被害が発生しており、死者に限れば現在まで、噴石で 21 名、火山ガスが起因と思われるもので 7 名の合計 28 名の被害が発生している。しかし、阿蘇火山防災会議協議会などによる取り組み等により、噴石による被害は 1979（昭和 54）年、また火山ガスが起因と思われる被害も 1997（平成 9）年を最後に発生していない。

活発化する火山活動に対して、国の地震及び火山噴火予知の次期研究計画において、低頻度ながら大規模な地震及び火山噴火に関する研究の充実が課題として取り上げられ、長期的視点に立ち、学術的な基礎研究を主体として実施する観測研究体制が必要とされている。国（内閣府）は、これらの火山活動に対して、活動火山対策特別措置法（活火山法）を 2015 年 12 月に改正し施行した。主な改正内容は、御嶽山の噴火を教訓として、常時観測対象の火山周辺の自治体や観光施設に、避難計画づくりを義務付け、住民や登山者、観光客の安全確保を強化するものである。

阿蘇山では 2015 年 9 月 14 日に第一火口で噴火が発生し、2007 年 12 月に火山噴火警戒レベルが導入されて以来初めて、噴火警戒レベルがレベル 3(入山規制)に引き上げられた。改正活火山法への対応など火山噴火への対策強化を実施する阿蘇火山防災会議協議会の活動も益々重要になってきているものと考えられる。

2. 阿蘇火山防災会議協議会の活動

阿蘇火山防災会議協議会（以下本協議会とする）は、1967（昭和 42）年に災害対策基本法に基づいて設立され、同年に「阿蘇火山防災計画」を策定している。本協議会は、阿蘇市長を会長として、周辺自治体をはじめ、環境省や気象庁、国土交通省、県、警察、消防など関係機関により組織されている（図 1）。主な活動内容は、噴火警戒レベルに応じた住民等の避難や立入規制の実施であり、毎年、定例会の開催や観光客等を対象に噴火を想定した火山防災訓練を行っている（図 2）。また、1997（平成 9）年から、火山ガス対策を目的に「阿蘇火山ガス安全対策専門委員会」を設立し、火山ガス（二酸

化硫黄 SO₂) から登山者・火口見学者を守るべく火口監視等の火山ガス対策強化にも取り組んでいる(図3)。

3. まとめ

火山災害は、噴石、火砕流、火山灰、降灰後の土石流、火山性地震、火山ガスなど多種多様である。中でも、火砕流は発生後に短時間で居住地域に深刻な影響が及ぶ可能性もあり危険性が高い。同一火山においても発生する現象やその規模は噴火毎に異なり、さらには一連の噴火の中でも時間の経過とともに変化する。また、噴火が継続する時間の予測も難しい。加えて、大規模な火山災害は発生頻度が低いため、ほとんどの人は一生において火山災害を経験することが少ない。

他方で火山災害は、観測により火山性地震等の前兆現象を捉えることで、ある程度の精度で噴火予知が可能であり、火山現象の発生前に入山規制や当該地域からの避難等の対応を行うことで、人的被害を少なく、避けることが可能である。このため噴火警報や噴火警戒レベル、国土交通省が発表する土砂災害緊急情報を踏まえて、住民等に対して的確に避難勧告や避難指示を発令し、住民等が迅速かつ円滑に避難することができる火山防災体制を平常時に構築しておくことが必要である。

火山災害は市町村のみでの的確な防災対応を判断、実施することは困難であり、火山現象や火山災害の知見を有する気象台や専門家、国、県、その他関係機関が連携して火山防災体制を構築することが必要であると考えられる。また、阿蘇山は、地域の重要な観光資源となっており、火山の営みを生かした地域づくり・活性化の取り組みも重要である。

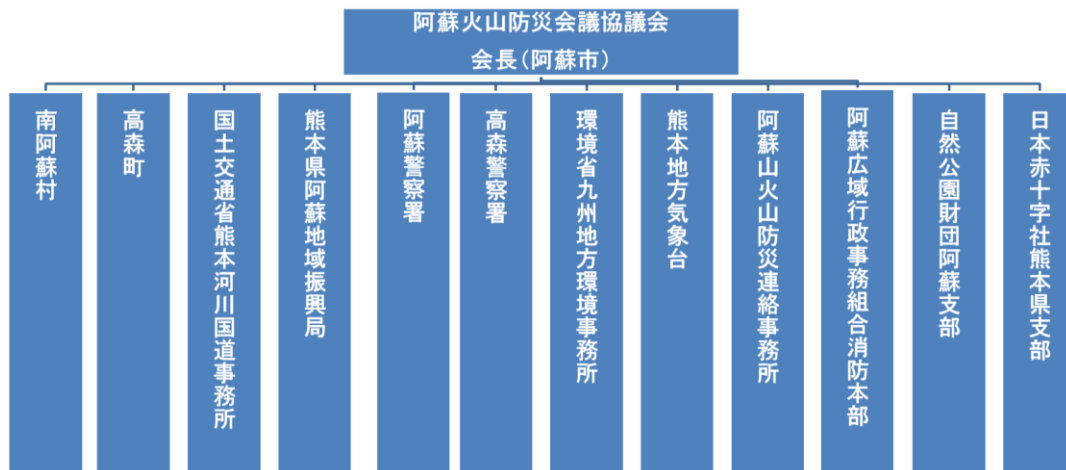


図1. 阿蘇火山防災会議協議会組織図



図2. 火山防災訓練状況



図3. ガス専門員会状況

4-08 阿蘇火山噴火に対する土砂災害防止対策について

仲田裕一郎（熊本県土木部河川港湾局砂防課）

Countermeasures against Sediment Disaster due to Aso Volcano Eruption

Y. Nakata

1. はじめに

阿蘇山は、東西約 18km、南北約 25km のカルデラ内に高岳、中岳を始めとする中央火口丘群が東西方向に配列する複合火山である。1932（昭和 7）年、1953（昭和 28）年、1958（昭和 33）年と比較的活発な火山活動を見せており、特に、1979（昭和 54）年には噴石による死者・負傷者が出る災害が発生した。

過去には、土石流による大きな被害も発生しており、1990（平成 2 年）年には 6 月 28 日から 7 月 2 日にかけて梅雨前線豪雨により旧一の宮町（現阿蘇市）を中心に土石流が発生し、死者 12 名、住宅全半壊 182 戸と甚大な被害をもたらした。

また、2012（平成 24）年 7 月 12 日には、阿蘇乙姫で 1 時間降水量 108mm、3 時間降水量 288.5mm、24 時間降水量 507.5mm と、いずれも観測記録を更新する豪雨により土石流が発生し、死者 23 名、行方不明者 2 名、住宅全半壊 1,195 戸と甚大な被害をもたらした。

2. 過去の土砂災害対策

熊本県では、火山噴火に伴う土砂災害への対策として、1992（平成 4）年度から「阿蘇山火山噴火警戒避難対策事業」に着手し、ソフト・ハード対策に取り組んできた。

ソフト対策として、噴石、溶岩流、降灰後の土石流、火砕サージなどによる被害を噴火規模毎に予測し、住民や登山者への対応を示した「阿蘇山火山防災マップ」を 2008（平成 20）年に公表した。

また、降灰に伴う土石流の発生を監視するため、中央火口丘周辺の溪流に、雨量計、風向風速計、水位・流速量に加えて、ワイヤーセンサー、振動センサーを配置し、統合型防災情報システム／防災情報ネットワークを介して情報配信する「阿蘇山土砂災害監視システム」を構築した。

一方、ハード対策としては、火山砂防事業や災害復旧事業等により中央火口丘群周辺に 119 基の砂防えん堤等を設置した。そのうち、1990（平成 2）年の土砂災害への対応として、42 基の砂防えん堤と約 8.4km の溪流保全工を整備している。

現在も、2012（平成 24）年に発生した土砂災害の対応として、災害関連緊急砂防事業、砂防激甚災害特別緊急事業により、北外輪山を中心に 38 基の砂防えん堤を整備しているところである。

3. 2014（平成 26）年の阿蘇火山噴火の対応

2014(平成 26)年 11 月 25 日の阿蘇火山噴火後に、県では、降灰による土石流の発生に備えるため、12 月 8 日から中央火口丘の周辺 10 カ所において降灰厚の調査を開始し、現在も継続中である。また、特に降灰の多かった 7 溪流について、44 基の既設砂防えん堤の空き容量及び除石可能量の調査を行った。

ソフト対策としては、ワイヤーセンサーの点検・再設置を行い、関係機関への自動送信による緊急連絡体制の強化を図った。

4. 火山噴火時の対応策

現在のところ、降灰量は少なくなる傾向にあり、直ちに土砂災害の発生する状況ではなく、緊急な対策は必要ないと考えられる。しかし、降灰が続き、土砂災害の恐れが高まった場合は、「土砂災害防止法」による「緊急調査」を行い、調査結果に基づき緊急対策を講じることとなる。

土砂災害防止法では、重大な土砂災害が急迫している状況において、土砂災害が想定される土地の区域及び時期を明らかにするため緊急調査を行うこととしている。

火山噴火に起因する土石流の場合は、国土交通省が実施するものとされており、実施の要件は、1) 河川の勾配が 10 度以上である区域のおおむね 5 割以上に 1cm 以上の降灰等が堆積した場合、2) おおむね 10 戸以上の人家に被害が想定される場合となる。

国は、緊急調査の結果に基づき、土砂災害が想定される土地の区域及び時期に関する情報を「土砂災害緊急情報」として、関係自治体及び一般に周知することとなる。

県は、この「土砂災害緊急情報」に基づき、土石流による被害を防止・軽減するために、既設砂防えん堤の除石等の緊急ハード対策の検討を行い、速やかに必要な施設整備を行うこととなる。

5. まとめ

火山噴火は、降灰、噴石、火砕流等の噴火形態・規模は噴火ごとに異なり、また活動期間も不明確である。噴火による土砂災害を未然に防止するためには、今回の阿蘇火山噴火を踏まえた、より実効性の高い緊急ソフト・ハード対策の計画を見直していくことが重要である。

4-09 熊本県における阿蘇火山防災対策について

小森田 直樹 (熊本県知事公室危機管理防災課)

An overview of local disaster management plan by Kumamoto Prefecture:
Special reference with eruptions at Aso volcano

N. Komorida (Crisis Management and Disaster Prevention Division,
Kumamoto Prefecture government)

1 熊本県地域防災計画上の位置付け

熊本県地域防災計画一般災害対策編の中に「阿蘇火山噴火対策計画」として節を設け、この中で、県、市町村及び防災関係機関が、登山者（観光客を含む）、又は地域住民の生命、身体、財産を保護するため、災害予防、災害応急対策を実施することを記載している。

具体的には、阿蘇火山噴火対策に係る対象市町村の明記、噴火等の場合の災害対策基本法に基づく防災体制の整備、火山観測の実施並びに噴火予報及び警報の発表、降灰予報の発表、さらには、災害発生時の情報収集及び伝達や、避難勧告及び避難指示等の警戒避難の考え方、噴火に伴い発生が想定される土砂災害への対応、商工業分野や農林水産業分野など各分野における降灰対策の実施について、それぞれ明記している。

2 熊本県が実施する主な対策

熊本県では、県地域防災計画に基づき、国及び地元市町村、防災関係機関と連携を図りながら、主に、次のような防災対策を実施することとしている。

(1) 火山現象の予報及び警報、降灰予報の周知

気象台が発表する火山現象の予報及び警報並びに降灰予報について、県防災情報ネットワークを用いた関係機関への周知、あるいは県防災情報メールサービスによる登録者へのメール配信。

(2) 災害対策基本法に基づく噴火時の防災体制の構築及び対応

気象台が発表する噴火警戒レベルに応じた災害対策本部設置等の防災体制の構築。被害情報の収集及び関係機関への伝達。消防本部、警察、自衛隊等の救出・救助機関との連絡調整等。

(3) 噴火時の県管理道路の通行規制

阿蘇火山防災会議協議会の決定に基づく県管理道路の通行規制の実施。

(4) 噴火に伴い発生する土砂災害への対策

緊急ソフト対策及び緊急ハード対策の実施を検討するため、監視・観測、調等の実施。
避難対策支援のための市町村への情報提供及び情報通信システムの配備。
流出土砂の被害防止・軽減のための砂防堰堤における除石等の実施。

(5) 降灰対策

商工業、農林業、土木各分野を中心に国、市町村等と連携し、除灰事業、経営相談窓口の設置、風評被害対策等の各種対策の実施。

(6) 活動火山対策特別措置法改正への対応

県と市町村を中心に活動火山対策特別措置法に基づく火山防災協議会の設置及び同協議会による警戒避難体制の整備等の火山防災対策の推進。

3 今後の取組み

県及び市町村は、活動火山対策特別措置法の改正に伴い、同法に基づく火山防災協議会の設置や、噴火シナリオに基づく避難計画の策定、地域防災計画の修正、避難行動に必要な防災情報を記載した火山防災マップの作成等の対応が求められる。

阿蘇山に関しては、地元市町村と関係機関で構成する阿蘇火山防災会議協議会があるため、この協議会と連携を図りながら、同法に基づき避難計画の策定等に取り組んでいく必要がある。

また、これまで气象台等での観測が行われてはいるものの、噴火の時期や規模、影響範囲等を的確に予測することは現在の技術では難しい。そこで、噴火前に的確な予測をすることが困難であるという前提に立ち、平常時から、登山者等への迅速かつ確実な情報伝達方法の検討や、噴火等の災害時の関係機関の連携のための訓練の実施等が必要と考える。



くじゅうからの 阿蘇カルデラと阿蘇五岳
(2007年10月撮影：阿蘇ジオパーク推進協議会)



阿蘇グローバルジオパーク
ASO GLOBAL GEOPARK

