

## 日本及び世界の火山データベースの現状と展望

宝田 晋治\*・Joel BANDIBAS\*・Oktory PRAMBADA\*\*

(2015年2月15日受付, 2015年5月6日受理)

### The Present and the Future of Volcano Databases of Japan and the World

Shinji TAKARADA\*, Joel BANDIBAS\* and Oktory PRAMBADA\*\*

Volcano databases of Japan and the world are reviewed to determine the present status of the databases and future course of action to make them more useful and relevant for volcanic hazard risk mitigation and related scientific endeavors. The reviewed volcano databases in Japan are the (1) National catalogue of the active volcanoes in Japan (fourth edition), (2) Volcanoes of Japan, (3) Database of Quaternary volcanic and intrusive rock bodies in Japan, (4) Image database for volcanoes, (5) Catalogue of Quaternary volcanoes in Japan, (6) Database on volcanic hazard maps and reference material, (7) visualization system for volcanic activity (VIVA ver. 2), (8) Volcanic activities in Japan (JMA), (9) Database of submarine volcanoes in Japan, (10) Hayakawa's one million-year tephra database, (11) Basic information links of Japanese volcanoes, (12) Atlas of tephra in and around Japan, and (13) Inventory of Quaternary outcrops. On the other hand, the reviewed volcano databases in the world are the (1) Volcanoes of the world (Smithsonian VGP), (2) Volcanic global risk identification and analysis project (VOGRIPA), (3) WOVodat, (4) Significant volcanic eruption database, (5) Volcanic ash advisory database, (6) Global volcanoes locations database, (7) Volcanic eruption database, (8) Volcano hazards program, (9) Volcano deformation database, (10) Collapse caldera database, (11) Vhub, (12) Michigan Tec. volcanoes page, (13) Volcano world, (14) Nordic volcanological center, (15) ASTER volcano archive, (16) EarthChem, (17) Volcanic disaster and incidents database, (18) Damaging volcanoes database, (19) Global volcano hazard frequency and distribution database, and (20) Global database of composite volcano morphometry. The Asia-Pacific region global earthquake and volcanic eruption risk management (G-EVER) consortium is promoting the (1) Volcanic hazard assessment support system, (2) Asia-Pacific region earthquake and volcanic hazard information system, and (3) Indonesia volcano information system. Furthermore, the Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia (CCOP) and Geological Survey of Japan (GSJ) started the Geoinformation Sharing Infrastructure for East and Southeast Asia (GSi) project. The future version of the volcano databases will be developed based on the aforementioned volcano databases, current advances in information technology and internationally accepted standards.

**Key words:** volcano database, information, hazard, risk, G-EVER, standardization

#### 1. はじめに

火山噴火の噴火履歴を詳細にとりまとめ、データベース化し (Tables 1 and 2), 系統的な解析を行った上で有意な傾向や噴火パターンを見いだすことは、将来の火山噴火を予測する上で重要である。これまで世界的には、スミソニアン国立自然史博物館 (以下、スミソニアン) の

Global Volcanism Program (GVP) による世界中の活火山データベースが標準的なデータベースとして使われてきた。最近では、ブリストル大学のメンバーが中核となり、IAVCEI や世界各地の火山観測所 (WOVO) 等と共に、各種データベースの構築を行う Global Volcano Model (globalvolcanomodel.org) 活動を進めている。そのデータ

\* 〒305-8567 つくば市東1-1-1 つくば中央第7  
産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・  
火山研究部門

Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological  
Survey of Japan, AIST, Site7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba

\*\* 305-8567, Japan.

Volcano Monitoring and Research Division, Geological

Agency Center for Volcanology and Geological Hazard  
Mitigation, Diponegoro Street No.57, Bandung 40122  
West Java, Indonesia.

Corresponding author: Shinji Takarada  
e-mail: s-takarada@aist.go.jp

Table 1. List of major volcano databases of Japan.

	Volcano databases in Japan	Institution, Program, Author	References	Remarks
1	日本活火山総覧(第4版) National Catalogue of the Active Volcanoes in Japan (Fourth Edition)	気象庁 (JMA)	<a href="http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu_jma_hp.html">http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/menu_jma_hp.html</a>	O, P
2	日本の火山データベース Volcanoes of Japan	産総研地質調査総合センター (GSJ, AIST)	<a href="https://gbank.gsj.jp/volcano/">https://gbank.gsj.jp/volcano/</a>	O
3	第四紀火山岩体・貫入岩体データベース Database of Quaternary Volcanic and Intrusive Rock Bodies in Japan	産総研地質調査総合センター (GSJ, AIST)	<a href="https://unit.aist.go.jp/dgcore/db/QVDB/">https://unit.aist.go.jp/dgcore/db/QVDB/</a>	O, I
4	火山衛星画像データベース Image Database for Volcanoes	産総研地質調査総合センター (GSJ, AIST)	<a href="https://gbank.gsj.jp/vsldb/image/">https://gbank.gsj.jp/vsldb/image/</a>	O
5	日本の第四紀火山カタログデータベース Catalogue of Quaternary Volcanoes in Japan	日本火山学会 第四紀火山カタログ委員会 (Committee for Catalogue of Quaternary Volcanoes, Volcanological Soc. Japan)	<a href="http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/tchiba/volcano/index.htm">http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/tchiba/volcano/index.htm</a>	O
6	火山ハザードマップデータベース Database on Volcanic Hazard Maps and Reference Material	防災科研 (NIED)	<a href="http://vivaweb2.bosai.go.jp/v-hazard/">http://vivaweb2.bosai.go.jp/v-hazard/</a>	O
7	火山活動可視情報システム Visualization System for Volcanic Activity (VIVA ver.2)	防災科研 (NIED)	<a href="http://vivaweb2.bosai.go.jp/viva/v_index.html">http://vivaweb2.bosai.go.jp/viva/v_index.html</a>	O
8	気象庁 各火山の活動状況 Volcanic Activities in Japan (JMA)	気象庁 (JMA)	<a href="http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcano.html">http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcano.html</a>	O
9	海域火山データベース Database of Submarine Volcanoes in Japan	海上保安庁 (Japan Coast Guard)	<a href="http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GJUTSUKOKUSAI/kaikiDB/list-2.htm">http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GJUTSUKOKUSAI/kaikiDB/list-2.htm</a>	O
10	100万年テフラデータベース Hayakawa's One million-year Tephra Database	群馬大学 早川由紀夫研究室 (Yukio Hayakawa Reseach Group, Gunma Univ.)	<a href="http://www.hayakawayukio.jp/database/index.php?kind=1m">http://www.hayakawayukio.jp/database/index.php?kind=1m</a>	O, E
11	火山の基本情報リンク集 Basic information links of Japanese Volcanoes	日本火山の会 (Group of Japanese Volcanoes)	<a href="http://kazan-net.jp/kzninfo.html">http://kazan-net.jp/kzninfo.html</a>	O
12	新編火山灰アトラス Atlas of tephra in and around Japan	町田・新井(2003) (Machie and Arai, 2003)	町田・新井(2003) 新編火山灰アトラス	P
13	第四紀露頭集 Inventory of Quaternary Outcrops -Tephras in Japan-	日本第四紀学会 (Japan Association for Quaternary Research)	日本第四紀露頭集編集委員会(1996) 第四紀露頭集	P

O: Online, P: Print, E: Excel file etc, I: Interoperability

ベースの1つとして、世界中の第四紀火山のデータを取りまとめる Volcanic Global Risk Identification and Analysis (VOGRIPA) プロジェクトが進行中である (Crosweller *et al.*, 2012)。また、Earth Observatory of Singapore (EOS) が中核となり、世界各地の火山観測所と合同で、火山観測データや噴火前兆現象に関するデータベース WOVOdat (World Organization of Volcano Observatories) を構築中であり、2013年に公開された (Table 2)。一方、国内では、2013年に気象庁の「日本活火山総覧(第4版)」(気象庁編, 2013) が出版され、広く活用されている。産総研地質調査総合センターによる日本の火山データベースでは、第四紀火山データや活火山データを公開しており、様々な場面で活用されている。

産総研地質調査総合センターでは、2012年より G-EVER (Global Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management; アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント) コンソーシアムを立ち上げ、アジア太平洋地域の各研究機関と協力し、自然災害の軽減、災害時に役立つ各種災害情報の整備、データ交換・共有・分析のための国際標準化等の活動を進めている。ここでは、国内及び世界の火山関連データベースのレビューを行い、G-EVERで進めている(1)火山災害予測支援システム、(2)アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム、(3)インドネシア火山情報システムによる火山データベース

群を紹介するとともに、(4)東・東南アジア地域の地質情報総合共有システムを取り上げ、将来の火山データベースについて議論する。

## 2. 国内の火山データベース

現在、国内で公開されている主な火山関連データベースを Table 1 に示す。

### 2-1 日本活火山総覧(第4版)

「日本活火山総覧(第4版)」は、2013年に気象庁から冊子体が公開された(気象庁編, 2013)。全国110の活火山の概要、噴火活動史(過去1万年間の噴火活動、有史以降の火山活動)、写真、地形図、地質図、化学組成、噴火の先駆現象、近年の火山活動、防災関連情報、ハザードマップ、噴火警戒レベル、社会条件、観測網、引用文献等が示されており、極めて詳細なデータが取りまとめられている。ウェブ上でも全文を閲覧できる (Table 1)。

気象庁は、1970年に「日本活火山要覧」(気象庁編, 1975)を出版し、1984年には改定版として「日本活火山総覧」(気象庁編, 1985)を出版している。その後、改訂を重ね、1991年に第2版(気象庁編, 1991)、1996年に一部改訂版を出版している。2003年の活火山の定義の見直し(概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山)により、2005年に第3版を発行している(気象庁編, 2005)。2007年の噴火警戒レベ

Table 2. List of major volcano databases of the world.

	Volcano databases in the world	Institution, Program, Author	References	Remarks
1	Volcanoes of the World	Smithsonian Global Volcanism Program (GVP)	<a href="http://www.volcano.si.edu/">http://www.volcano.si.edu/</a>	O, E
2	Volcanic Global Risk Identification and Analysis Project (VOGRIPA)	Global Volcano Model, BGS (British Geological Survey), and Bristol Univ.	<a href="http://www.bgs.ac.uk/vogripa/index.cfm">http://www.bgs.ac.uk/vogripa/index.cfm</a>	O
3	WOVOdat (World Organization of Volcano Observatories database)	WOVO (World Organization of Volcano Observatories) and EOS (Earth Observatory of Singapore)	<a href="http://www.wovodat.org/">http://www.wovodat.org/</a>	O, I
4	Significant Volcanic Eruption Database	NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)	<a href="http://www.ngdc.noaa.gov/rndc/servlet/ShowDatasets?dataset=102557&amp;search_look=50&amp;display_look=50">http://www.ngdc.noaa.gov/rndc/servlet/ShowDatasets?dataset=102557&amp;search_look=50&amp;display_look=50</a>	O, E
5	Volcanic Ash Advisory Database	NOAA	<a href="http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/vol_ash.shtml">http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/vol_ash.shtml</a>	O
6	Global Volcanoes Locations Database	NOAA, DATA.gov	<a href="https://catalog.data.gov/dataset/global-volcano-locations-database">https://catalog.data.gov/dataset/global-volcano-locations-database</a>	O
7	Volcanic Eruption Database	University of Cambridge, IAVCEI	<a href="http://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/lveed/">http://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/lveed/</a>	E
8	Volcano Hazards Program	USGS	<a href="http://volcanoes.usgs.gov/">http://volcanoes.usgs.gov/</a>	O
9	Volcano Deformation Database	GVM (Global Volcano Model)	<a href="http://globalvolcanomodel.org/gvm-task-forces/volcano-deformation-database/">http://globalvolcanomodel.org/gvm-task-forces/volcano-deformation-database/</a>	O
10	Collapse Caldera Database	CCDB (Collapse Caldera DB) Community	<a href="http://www.gvb-csic.es/CCDB/newsFRAM.htm">http://www.gvb-csic.es/CCDB/newsFRAM.htm</a>	E
11	Vhub	Vhub Team	<a href="https://vhub.org/">https://vhub.org/</a>	O
12	Michigan Tec. Volcanoes Page	Michigan Technological Univ.	<a href="http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/Volcanoes/Index.html">http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/Volcanoes/Index.html</a>	O
13	Volcano World	Oregon State Univ.	<a href="http://volcano.oregonstate.edu/volcanoes_by_country">http://volcano.oregonstate.edu/volcanoes_by_country</a>	O
14	Nordic Volcanological Center	University of Iceland	<a href="http://www2.norvol.hi.is/">http://www2.norvol.hi.is/</a>	O
15	ASTER Volcano Archive	JPL (Jet Propulsion Laboratory)	<a href="http://ava.jpl.nasa.gov/">http://ava.jpl.nasa.gov/</a>	O
16	EarthChem	Integrated Earth Data Applications (IEDA)	<a href="http://www.earthchem.org/">http://www.earthchem.org/</a>	O, E
17	Volcanic disasters and incidents database	Witham (2005)	Witham, 2005, JVGR	P
18	Damaging Volcanoes database	CATDAT, James Daniell	<a href="http://earthquake-report.com/wp-content/uploads/2011/02/CATDAT-VOLC-Data-1st-Annual-Review-2010-James-Daniell-02.02.pdf">http://earthquake-report.com/wp-content/uploads/2011/02/CATDAT-VOLC-Data-1st-Annual-Review-2010-James-Daniell-02.02.pdf</a>	O, P
19	Global Volcano Hazard Frequency and Distribution	NASA, Socioeconomic Data and Applications Center	<a href="http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/ndh/s ets/browse">http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/ndh/s ets/browse</a>	O, I
20	Global database of composite volcano morphometry	Grosse et al. (2014)	Grosse et al. 2014, BV	P

O: Online, P: Print, E: Excel file etc., I: Interoperability

ルの導入、火山防災のために監視・観測体制の充実の必要な47火山の指定、2011年の新たな活火山の認定により、2013年の第4版の出版に至った。英語版のホームページ<sup>注1</sup>も公開されている。第4版をベースにした、全国の活火山の活動履歴を取りまとめたページも気象庁のホームページで公開されている (Table 1)。

## 2-2 日本の火山データベース

産総研地質調査総合センターは、15年以上に渡り、「第四紀火山データベース」及び「活火山データベース」を構築してきた。これらのデータベースは2013年より統合化され、「日本の火山データベース」として公開されている (Table 1, Fig. 1)。「日本の火山データベース」に取りまとめられている第四紀火山のデータ集 (旧第四紀火山データベース)<sup>注2</sup>では、約260万年前から現在までに活動した日本の火山が収録されている。北方領土 (18火

山)、北海道東部 (41火山)、北海道西部 (43火山)、本州東北 (76火山)、本州北関東及び中部 (89火山)、本州富士及び伊豆半島 (18火山)、伊豆及び小笠原諸島 (34火山)、本州山陰 (35火山)、九州北部中部 (54火山)、九州南部 (27火山)、南西諸島 (20火山)、合計455火山の情報が掲載されている。これらの火山は、「日本の火山 (第3版)」(中野・他, 2013)に基づいている。各火山について、火山番号、火山名、読み、地域名、凡例記号、主な活動期、活動年代・最新活動年、火山の形式・構造、卓越する岩質、主な岩石、所在地、20万分の1、5万分の1、2.5万分の1地形図の名称、標高、北緯、東経、災害・噴火記録、火山の概要・補足事項等が公開さ

<sup>注1</sup> [http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran\\_eng/menu.htm](http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran_eng/menu.htm)

<sup>注2</sup> [https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat\\_Vol/](https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/)

## Volcanoes of Japan

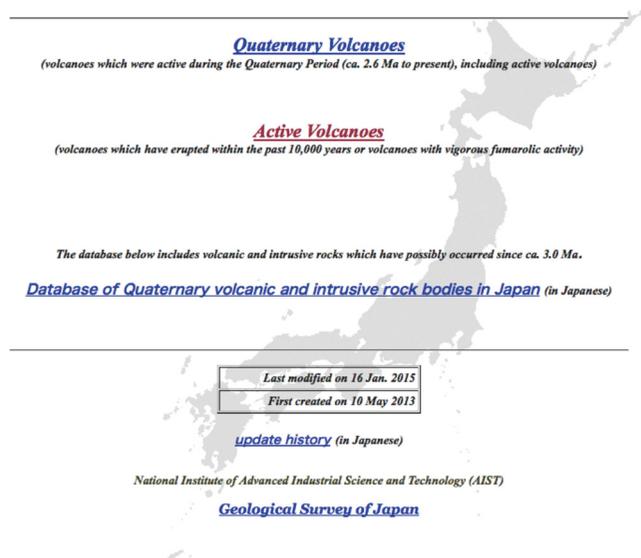


Fig. 1. Volcanoes of Japan database maintained by Geological Survey of Japan, AIST. Quaternary volcanoes and active volcanoes datasets are available on this site.

れている。また、多数の写真を閲覧することができる。

「日本の火山データベース」中の活火山のページ（旧活火山データベース）にある1万年噴火イベントデータ集<sup>注3</sup>では、全国の110の火山に関する詳細な噴火イベントデータを閲覧できる。各火山について、火山名、火山ID、地域名、都道府県名、標高、緯度経度、火山の形式、主な岩石が示されており、さらに、噴火イベント毎に、噴火様式、堆積物の種類、給源、噴出量、噴火マグニチュード、VEI、個別の堆積物の詳細情報、文献等が示されている。活火山に関して、非常に詳細な情報を提供している。ただし、北方領土の茂世路岳、散布山、指臼岳、小田崩山、択捉焼山、択捉阿登佐岳、ベルタルベ山、本州の富士山、九州の阿蘇山、桜島がまだ未完成であり、特に、重要度の高い富士山、阿蘇、桜島については、早急な完成公開が望まれる。

日本の活火山のページ（旧活火山データベース）には、活火山個別データが掲載されている。十勝岳、桜島、樽前山、那須岳、有珠山、草津白根山、三宅島、北海道駒ヶ岳、青ヶ島、口之永良部島、阿蘇山、諏訪之瀬島、岩手山、浅間山、雲仙岳、薩摩硫黄島、伊豆大島、霧島山の火山地質図が公開されている。また、沼沢、新島、神津島、池田、開聞岳、榛名山、秋田駒ヶ岳、焼岳、安達太良山、西之島の詳細火山データ集があり、概要、研究史、地形及び地質概説、噴出物、自然災害、引用文献等が示

されている。

### 2-3 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース

「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」は、産総研地質調査総合センターの旧深部地質研究環境コアが中核となり取りまとめられたデータベースであり、第四紀火山岩体に加え、第四紀に貫入・固結し、地表に露出している貫入岩体も取り上げている（Table 1）。網羅的に整備することを目的としているため、日本の火山データベースでは取り上げられていない火山や、2.588 Ma よりもやや古い火山も収録されている。新規に追加された火山については、火山・岩体名、地層名、主要な位置（シームレス地質図上での場所、標高、緯度、経度、都道府県、20万分の1地勢図、5万分の1地形図）、形式・構造、活動年代、主な岩石、引用文献等が示されている。これらの内容は、CD-ROM「第四紀火山岩体、貫入岩体データベース」（西来・他、2012）としても公開されている。また、2014年10月21日より、「第四紀噴火・貫入活動データベース」<sup>注4</sup>が公開されている。JSON（JavaScriptによるプログラミング言語の1つ）を使い、ユーザー側のシステムでこれらの火山データを利用するAPI（ソフトウェア同士がやり取りするためのインターフェイスの仕様）が公開されているため、自らのWebサイトで火山

<sup>注3</sup> <https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/>

<sup>注4</sup> <https://gbank.gsj.jp/quatigneous/>

データを表示検索するなど、より高度な使い方が可能となっている。

#### 2-4 火山衛星画像データベース

「火山衛星画像データベース」は、ASTER 衛星画像のデータベースである。産総研地質調査総合センターの浦井 稔氏が継続的に運用している (Table 1)。全世界の 964 火山の衛星画像データを閲覧できる。ASTER は、1999 年 12 月に打ち上げられた Terra 衛星搭載されている光学センサーである (浦井・他、1999; Yamaguchi *et al.*, 1998)。可視から熱赤外域に 14 バンドの観測波長を持っている。各火山の閲覧ページでは、VNIR 画像 (バンド 1, 2, 3 を組み合わせた画像)、SWIR 画像 (バンド 9, 5, 4 を赤、緑、青に割り当てた画像)、TIR 画像 (バンド 11, 13, 14 を赤、緑、青に割り当てた画像) を閲覧できる。VNIR 画像は、火山の噴煙や火山による変色海域の検出ができる。SWIR 画像は、夜間観測でスポット的に高温部を検出できる (センサー故障のため、2008 年 4 月の画像まで)。TIR 画像は、明るい部分が高温、暗い部分が低温を示す。ABC 順の火山名のリストから閲覧する方法の他、Google Earth 上に示した火山分布図から閲覧することも可能となっている。画像データは時系列順に並んでいる。衛星の軌道の関係で、各火山は 16 日ごとに画像データが追加される。各火山画像は 20 km×20 km の範囲を示している。各火山のページの上部に、ベスト VNIR 画像が表示されおり、条件のよい画像がすぐに閲覧できる。各画像のメタデータも公開されている。経時変化や噴火時の観測等に利用できる。

#### 2-5 日本の第四紀火山カタログデータベース

「日本の第四紀火山カタログデータベース」は、日本火山学会の第四紀火山カタログ委員会が作成したデータベースである。1999 年に発行された CD-ROM 版 (第四紀火山カタログ委員会、1999) と、2000 年に発行された Web 版がある (Table 1)。火山カタログには、245 の火山が掲載されている。火山群などを、更に個別に分類した「個別火山体カタログ」では、火山番号、火山名、位置と大きさ (緯度経度、標高、面積、体積)、噴出物の分類、火山体の分類、層序、年代測定値、岩石名、化学分析値、引用文献などが示されている。

#### 2-6 火山ハザードマップデータベース

「火山ハザードマップデータベース」は、防災科学技術研究所が、1983 年から現在までに出版された国内の活火山のハザードマップや防災マップ、ハンドブック等を取りまとめたデータベースである (Table 1)。出版済みのハザードマップを網羅的に閲覧できる。現時点では、知床硫黄山・羅臼岳、アトサスプリ、雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、クッタラ、有珠山、北海道駒ヶ岳、恵山、岩木山、

秋田焼山、岩手山、秋田駒ヶ岳、鳥海山、吾妻山、安達太良山、磐梯山、那須岳、草津白根山、浅間山、新潟焼山、焼岳、御嶽山、富士山、箱根山、伊豆東部火山群、伊豆大島、三宅島、鶴見岳・伽藍岳・由布岳、九重山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口之永良部島、中之島、諏訪之瀬島について、41 の火山のハザードマップや防災マップが閲覧できる。過去のバージョンも掲載されており、改訂の過程が分かる。火山ハザードマップは全国の自治体为中心となって作られており、各火山のハザードマップの違いを比較検討できる。1 つの火山でも、自治体の境界を挟んで異なる基準で作成されている場合もある。ハザードマップは、噴火時における噴火警戒レベルと連動し、避難の際に利用されるため、常に最新の情報を盛り込んだ形で改訂が行われていることが望ましい。

#### 2-7 火山活動可視情報化システム

「火山活動可視情報化システム」(VIVA ver.2) は、防災科学技術研究所が観測を行っている火山活動のモニタリングデータを閲覧できるシステムである (Table 1)。有珠山、岩手山、那須岳、浅間山、富士山、伊豆大島、三宅島、小笠原硫黄山、阿蘇山、霧島山の 10 の火山のデータを閲覧できる。各火山の観測点の分布図、地震波形画像、スペクトル画像、広帯域地震波形画像、地震計振幅、火山噴火予知連資料を閲覧できる。

#### 2-8 気象庁 各火山の活動状況

気象庁は各火山の活動状況を月報の形で取りまとめている (Table 1)。これらのデータは、2007 年から PDF 形式でまとめられており、現時点では気象庁のホームページ上で、2013 年までのデータを閲覧できる。全国の気象台による観測データが取りまとめられており、噴火警戒レベル、噴煙の状況、熱の状況、火山性微動、火山性地震、地殻変動 (GNSS、傾斜計データ)、空振計、遠望カメラによるデータ等が示されている。これらは、活火山の観測データのデータベースとして利用できる。観測データは、年間の日本の主な火山活動、火山月報 (カタログ編)、火山噴火予知連絡会会報、火山噴火予知連絡会資料などの形で取りまとめられている。

#### 2-9 海域火山データベース

「海域火山データベース」は、海上保安庁海洋情報部が取りまとめているデータベースである (Table 1)。海域の火山を中心に、海上保安庁による観測データを公開している。北海道・東北の火山では、有珠山、北海道駒ヶ岳、渡島大島、鳥海山の 4 火山が公開されている。伊豆諸島では、伊豆東部火山群・手石海丘、伊豆大島、利島 (鵜渡根島、式根島)、新島、神津島、三宅島、御蔵島、八丈島、青ヶ島、明神礁・ペヨネーズ列岩、須美寿島・白根、伊

豆島島、<sup>そうふがみ</sup> 婦婦岩の13火山地域が公開されている。小笠原諸島では、西之島、海形海山、海徳海山、噴火浅根・北硫黄島、海勢西の場・硫黄島、北福徳堆、福徳岡ノ場・南硫黄島、南日吉海山、日光海山・福神海山の9火山地域が公開されている。九州の火山では、雲仙岳・霧島山、桜島・若尊(始良カルデラ)、開聞岳(阿多カルデラ)の4火山地域が公開されている。南西諸島では、薩摩硫黄島(鬼界カルデラ)、口之永良部島、口之島・平瀬、中之島、諏訪之瀬島・悪石島、硫黄島島・横当島、西表島北北東の7火山地域が公開されている。各火山について、緯度経度、標高、火山の概要、有史以来の概略活動記録、海底地形図、地質構造図、地形図、噴火活動写真、動画、噴火活動記録等が示されている。特に2013年からの西之島の噴火では、貴重な空撮データ、観察記録が公開されている。

## 2-10 100万年テフラデータベース

「100万年テフラデータベース」は、群馬大学の早川由起夫研究室で公開されている噴火テフラのデータベースである(Table 1)。年代、テフラ名称、噴火マグニチュード(早川, 1993)、層位、備考が示されている。現在、338のテフラデータを収録している。2000年噴火データベースも公開されている。こちらは、噴火イベントごとに、和暦、火山名、噴火マグニチュード(全体、降下物、火砕流、溶岩)、史料、文献、備考が示されている。現在、453の噴火イベントデータを収録している。数多くのテフラ、噴火について、噴火マグニチュードを与えており、定量的な解析を行う際に役立つ。また、主要テフラの時空間分布図も示されている。

## 2-11 火山の基本情報リンク集

「火山の基本情報リンク集」は、日本火山の会<sup>注5</sup>が作成したデータリンク集である(Table 1)。摩周、十勝岳、樽前山、有珠山、岩木山、秋田焼山、岩手山、秋田駒ヶ岳、鳥海山、鳴子、肘折、蔵王山、磐梯山、那須岳、箱根山、伊豆大島、三宅島、白山、弥陀ヶ原、御嶽山、浅間山、富士山、伊豆東部火山群、三瓶山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島、口之永良部島の29の火山について、主要データソースへのリンクが示されている。これらの火山の概要を調べる際に、利用できる。

## 2-12 新編 火山灰アトラス

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井, 2003)は、国内のテフラに関する総合カタログである。後期第四紀の広域テフラはほぼ網羅されており、中前期更新世の広域テフラも主要なテフラがデータベース化されている。また、日本周辺の海底テフラの主要なデータも掲載されて

いる。主要広域テフラの噴出源・噴火様式、分布と野外での特徴、岩石記載的特徴、噴出年代、第四紀編年上の意義、考古遺物との関係、文献等が示されている。個々のテフラのカタログでは、火山・テフラ名、記号、年代・測定方法、堆積様式と層相、分布・体積、注釈、主な鉱物、火山ガラスのタイプ、屈折率、模式地等のデータが取りまとめられている。巻末には、代表的広域テフラの顕微鏡写真も掲載されている。第1版は、1992年に出版されている(町田・新井, 1992)。新編は、国内の広域テフラの対比を行う上で貴重なデータベースとなっている。今後、デジタル化され、インターネット上で、名称や噴出年代、噴出量による検索や分布域の比較検討が可能となることが望ましい。さらに、降灰分布図のGIS化や英語版の作成が行われると更に有効な利用ができると考えられる。

## 2-13 第四紀露頭集

「第四紀露頭集」(日本第四紀露頭集編集委員会, 1996)は、第四紀学会が編集した、国内のテフラに関する露頭情報を取りまとめた露頭情報データベースであり、本として出版されている。露頭情報は、地質調査の重要な1次データであり、それらをできる限り扱いやすい形で、総合的に取りまとめることは重要である。第四紀露頭集は、日本各地の広域テフラについて75の露頭情報を取りまとめている。また、地域別に、北海道地方34、東北地方27、関東地方50、中部地方37、近畿地方10、中国地方10、四国地方4、九州・南西諸島地方26の露頭情報を示している。各ページでは、テフラ名称、地名、緯度経度、標高、露頭種別・現況、堆積物の種別と年代、記載時期、キーワード、露頭記載、文献、地形図上の位置、スケッチもしくは写真、柱状図等が示されている。出版から約20年が経過しており、すでに失われた露頭も多く、貴重な情報源となっている。露頭解釈を含めた形でこれらのデータベースは、今後可能な範囲でWeb公開されることが望ましい。こうした露頭は、日本では、人工改変や植生の影響等で、長期に保存されることは難しく、長期的には失われることもあるため、重要度の高い露頭については、早急なデータベースの整備が望まれる。

## 3. 世界の火山データベース

### 3-1 Volcanoes of the world

「Volcanoes of the world」は、スミソニアン<sup>注5</sup>のGVPによって構築されているデータベースである(Table 2)。印刷物も刊行されており、2010年に第3版が出版されている(Siebert *et al.*, 2010)。世界中の完新世の活火山のデータを取りまとめている。現在、1,563火山のデータを掲載している。データベースでは、火山毎に、国名、火山地

<sup>注5</sup> <http://kazan-net.jp/>



Fig. 2. Volcanic Global Risk Identification and Analysis Project (VOGRIPA) database. Volcanic Eruption data with more than  $M > 4$  are available in this database.

域、主要火山タイプ、最近の火山噴火、緯度経度、山頂の標高、火山番号、最近の噴火活動、ウィークリーレポート、Bulletin レポート、背景、噴火履歴、別名、特徴、フォトギャラリー、引用文献、関連情報等を公開している。Volcanoes of the world は、世界の活火山データベースの標準となっており、世界中の研究者が利用している。GVP では、活動中の火山情報を取りまとめて Bulletin of the Global Volcanism Network として配信しており、最新の火山噴火情報を得ることができる。

### 3-2 Volcanic Global Risk Identification and Analysis Project

「Volcanic Global Risk Identification and Analysis Project (VOGRIPA)」は、噴火マグニチュード (Pyle, 2000) 4 以上の火山噴火を対象としたデータベースである (Fig. 2, Table 2)。2005 年の発足当時は、Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) データベースと呼ばれていた (Crosweiler, *et al.*, 2012)。ブリストル大学のグループが中核となって構築を進めており、現在は Global Volcano Model (GVM)<sup>注6</sup>の主要プロジェクトの1つとなっている。第四紀火山 (現時点のデータベースでは 1.8 Ma 以降) を対象としており、日本の火山データベースの内容も反映されている。全世界で現在 3,000 以上のデータが収録されている。オラクルデータベースにより、火山名、別名、火山タイプ、噴火年、地域、噴火規模、組成、噴出量、噴煙柱の高さ、降灰量等を元に、詳細な検索ができる。VOGRIPA プロジェクトでは、火砕

流、降灰、ラハール、岩屑なだれ、弾道放出物、溶岩流等によるハザードデータベースや、脆弱性データベースの作成も進行中である。

### 3-3 WOVodat

「WOVodat」は、火山の噴火前兆現象を捉える事を目的に、全世界の火山観測所が協力して構築中の、火山のモニタリングデータのデータベースである (Fig. 3, Table 2)。Earth Observatory of Singapore (EOS) が中核となって、データベース化を進めている。世界各地の観測所のデータはフォーマットが揃っていないが、ここでは、WOVoml という共通フォーマットに変換して、MySQL データベースとしてデータ整備を行っている。ユーザー登録を行えば、観測中の火山における観測機器の場所、噴火の日時、観測データ等を表示することができる。比較的規模の大きいイベントの前にもどのような観測データが得られていたのかを検討できる。観測データを元に、2次元、3次元でデータをプロットし、震源分布図等を作成できる。また、HP 上で2つの火山の観測データを比較表示する機能がある。今後、より多くの観測機関が本プロジェクトに参加し、掲載データが増えることにより、多数の事例で、噴火前兆現象の比較検討を行うことが可能となることが期待される。

### 3-4 Significant Volcanic Eruption Database

「Significant Volcanic Eruption Database」は、NOAA (アメリカ海洋大気庁) の National Geophysical Data Center が提供している、大規模火山噴火データベースである (Table 2)。スミソニアン GVP プログラムの活火山データベースを元に作成している。(1) 犠牲者が出ている、

注6 <http://globalvolcanomodel.org>

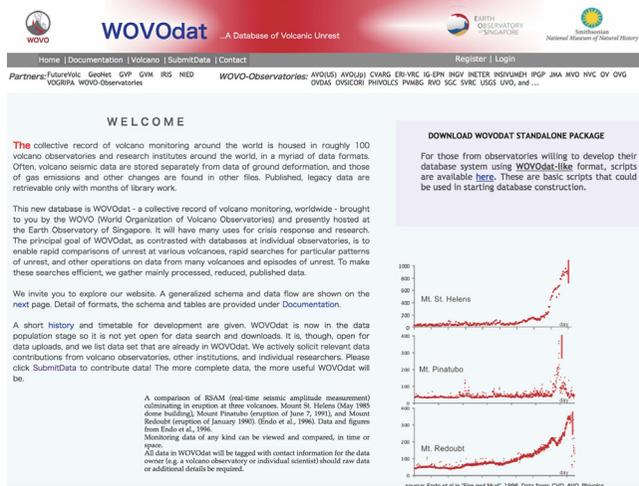


Fig. 3. WOVODat database consists of collaborative record of volcano monitoring from world organization of volcano observatories (WOVO).

(2) 100 万ドル以上の被害が出ている, (3) VEI6 以上, (4) 津波を伴う, (5) 大規模地震を伴う噴火, のうちいずれかに該当する活火山噴火のデータベースを作成している。現在, 658 の火山噴火のデータを取りまとめている。各火山噴火について, 発牛年代, 津波や地震を伴ったかどうか, 火山名, 場所, 国名, 緯度経度, 標高, 火山タイプ, VEI, 死傷者数, 被害額, 被害家屋数, 引用文献などが取りまとめられている。HP 上では, 噴火年代, 火山名, 場所, 国名, 地域名, 緯度経度, 火山タイプ, VEI, 死者数, 被害額, 津波の有無, 地震の有無などの条件を変えて, 検索ができる。

### 3-5 Volcanic Ash Advisory Database

「Volcanic Ash Advisory Database」は, NOAA の National Geophysical Data Center が提供している, 火山灰情報データベースである (Table 2)。1983 年~2003 年の 20 年間の紙ベースの Volcanic Ash Advisory Center (VAAC, 航空路火山灰情報センター) による火山灰情報を閲覧できる。37,602 件の火山灰情報を閲覧可能である。最近のデータに関しては, VAAC のホームページ<sup>注7</sup>で閲覧できる。

### 3-6 Global Volcanoes Locations Database

「Global Volcanoes Locations Database」は, NOAA の National Geophysical Data Center 及び米国 data.gov (米国の政府機関, 州, 都市が保有する公共データを一元的に管理公開するポータルサイト) が提供している活火山の位置情報データベースである (Table 2)。スミソニアン GVP プログラムの Volcanoes of the World のデータを使

用している。合計 1,571 の火山について, 国名, 地域名, 緯度経度の範囲, 火山地形, 火山の状態 (噴気活動の有無, 年代測定の種類, 地震活動度), 噴火年代によって検索ができる。

### 3-7 Volcanic Eruption Database

「Volcanic Eruption Database」は, IAVCEI の Commission on Explosive Volcanism が作成した大規模カルデラと大規模火砕流のデータベースである (Table 2)。ケンブリッジ大学 (当時) の Ben Mason 氏が中心となり, データ収集を行った。30 km<sup>3</sup> 以上の世界中の火山データが集められている。データはエクセルファイルでダウンロードできる。大規模カルデラについては, 318 のデータがまとめられている。それぞれのカルデラについて, カルデラ名, 噴火メカニズム, 地域名, 国名, 緯度経度, 火山のタイプ, 時代, 面積, 保存状態, 噴火年代値, スミソニアン DB の番号, 引用文献などがまとめられている。大規模火砕流については, 147 のデータがまとめられている。それぞれの火砕流について, 火山名, 火山のタイプ, 地域名, 国名, 火砕流堆積物の名称, 緯度経度, 年代値, 時代, 体積, Outflow・IntraCaldera の情報が示されている。

### 3-8 Volcano Hazards Program

「Volcano Hazards Program」は USGS (米国地質調査所) が行っている火山関連のプロジェクトの総称である (Table 2)。このプログラムでは, AVO (アラスカ火山観測所), CalVO (カリフォルニア火山観測所), CVO (カスケード火山観測所), HVO (ハワイ火山観測所), YVO (イエローストーン火山観測所) などが中核となり, 全米の

注7 <http://www.ssd.noaa.gov/VAAC/vaac.html>

火山活動情報を取りまとめている。HP上では、活動中の火山のアラートレベルや活動の詳細情報の提供、各種の写真情報のデータベース、Web Camによる映像の提供、各種の情報の取りまとめを行っている。全米の火山名のリストのサイトからは、火山毎に詳細な情報が得られる。

各観測所のホームページでは、観測中の火山について、日ごと又は週ごとにレポートを出しており、さらに詳細なデータが取りまとめられている。例えば、AVOでは、詳細なレポートに加え、火山の位置、降灰予測情報、移流拡散モデルであるAsh3D (Mastin *et al.*, 2013) や Puff (Webley *et al.*, 2010) による降灰シミュレーション結果、地震の波形データ、衛星画像データなどが示されている。

### 3-9 Volcano Deformation Database

「Volcano Deformation Database」は、Global Volcano Model (GVM) のプロジェクトの1つとして、Volcano Deformation Database タスクグループ (ブリストル大学の Juliet Briggs 氏、コーネル大学の Matt Pritchard 氏ら) が作成を行っている火山の変動観測に関するデータベースである (Table 2; Fournier *et al.*, 2010)。本データベースでは、2014年8月現在で214の火山のデータを取りまとめている。各火山について、火山名、緯度経度、スミソニアン GVP 火山 DB 番号、観測周期、観測期間、変動量、カテゴリー、変動観測方法 (InSAR, GPS 等)、引用文献などが示されている。

### 3-10 Collapse Caldera Database

「Collapse Caldera Database」は、CCDB Community (Geyer 氏及び Marti 氏ら) が取りまとめているカルデラに関するデータベースである (Geyer and Marti, 2008)。現在、約470のカルデラが掲載されており、Microsoft の Access やエクセルファイルなどで閲覧できるようになっている。カルデラの規模、地形、年代、火砕流等の噴出物の体積や層厚、マグマ組成、テクトニックセッティング、カルデラ形成前の火山活動、噴火時の噴出物の層序、後カルデラ火山活動、などが取りまとめられている。

### 3-11 Vhub

「Vhub」は、ニューヨーク州立大学バッファロー校の Greg Vallentine 氏らのグループが中核となり構築中の、火山研究のための総合共有システムである (Palma *et al.*, 2014)。多数の火山関連データが集められている。また、Tephra2 (Connor and Connor, 2006; Mannen, 2014) などの各種シミュレーションをオンラインで実行できる機能を提供しており、有用性が高い。各種ワークショップのプレゼン資料、シミュレーションのオリジナルプログラムやマニュアル等も掲載されている。

### 3-12 Michigan Tec. Volcanoes Page

「ミシガン工科大学の火山ページ」では、Bill Rose 氏や Simon Carn 氏らの火山関係者が、世界の火山関連データなど有用な情報を集めている (Table 2)。世界の主要火山のライブ画像や米国内の火山関連情報が多数掲載されている。

### 3-13 Volcano World

「Volcano World」は、Shan de Silva 氏ほかのオレゴン州立大学が公開している火山情報サイトである (Table 2)。Volcano Table のページでは、世界各地の433の主要火山のデータがまとめられている。各火山のページでは、緯度経度、標高、国名、火山のタイプの他に、データの粗密はあるが、詳細な情報が掲載されている。また、水星、金星、火星、月、イオ、タイタンの地球外惑星衛星の火山のページもある。

### 3-14 Nordic Volcanological Center

「Nordic Volcanological Center」は、アイスランド大学地球科学部が運営している主にアイスランドの火山を対象としたデータを扱っている。ここでは、Askja, Eyjafjallajökull, Grimsvötn, Hekla, Katla, Krafla 火山に関する詳細なデータが得られる。特に、Eyjafjallajökull 火山の2010年噴火、Grimsvötn 火山の1996, 1998, 2004, 2011年噴火、Hekla 火山2000年噴火、Katla 火山の1918年噴火については、噴火の写真、衛星画像データ、GPS データ、化学組成、粒度分析データ、ラハール、文献の情報が公開されている。

### 3-15 ASTER Volcano Archive

「ASTER Volcano Archive」は、カリフォルニア工科大学ジェット推進研究所 (JPL) が提供している ASTER 衛星データのデータベースである (Table 2)。ここでは、スミソニアン VGP データベースが提供している1,544の火山について、ASTER の Visual, VNIR, SWIR, TIR 画像データのアーカイブを閲覧できる。データは、jpeg, png, geotif, kml の形式でダウンロードできる。また、ASTER データで作成した標高データを jpeg, tif, kml 形式のデータでダウンロードできるサイトもある。さらに、NOAA の降灰情報との連携や、熱異常のあった火山の場所のデータを表示、ダウンロードできるサイトも用意されている。

### 3-16 EarthChem

「EarthChem」は、NSF (米国 National Science Foundation) の IEDA (Integrated Earth Data Application) プログラムによって作成されている岩石試料関連のデータベースである (Table 2)。「EarthChem」は、EarthChem ライブラリ、EarthChem ポータル、PetDB、NavDat、SedDB、Geochron、SESAR 等のデータベース群からなる。EarthChem ライ

ブライは岩石化学分析に関する文献データベース、EarthChem ポータルは総合検索システム、PetDB は海洋底から得られた火成岩及び変成岩のデータベース、NavDat はアメリカ北西部の火成岩及び貫入岩の化学分析値のデータベース、SedDB は海洋底及び大陸の堆積岩に関する化学分析値のデータベース、GeoChron は年代測定データのデータベース、SESAR は岩石サンプルのデータベースである。現在、化学分析値データは、約 1,920 万件のデータが登録されている。IEDA のサイトには、さらに、海洋関連の 1970 年代からの海洋調査による 62 万件のデジタルデータを集めたデータベース (MGDS) や、画像・ビデオ関連データベース (Media Bank)、可視化システム (GeoMapApps, Virtual Ocean) があり、膨大な情報が整備され、検索し活用できるようになっている。こうした一次データの登録システムは、国内ではごく一部が産総研の地質標本データベース等として進められているものの、まだ不十分な状態である。さらに体系的なデータベースシステムの構築が望まれる。

### 3-17 Volcanic Disasters and Incidents Database

「Volcanic Disasters and Incidents Database」は、ケンブリッジ大学の Claire Witham 氏による 20 世紀の火山災害についてとりまとめたデータベースである (Table 2, Witham, 2005)。彼女は、各種のデータベースをコンパイルし、合計 491 の 20 世紀の噴火イベントについて、解析を行った。各イベントの詳細が表に取りまとめられている。260 の噴火による犠牲者数の合計は 91,724 人であり、1902 年のモンブレー火山 (29,000 人) と 1985 年のネバドデルイス火山 (23,080 人) の噴火の犠牲者が多い。国別の犠牲者数では、マルチニク (29,000 人)、コロンビア (23,763 人)、グアテマラ (13,804 人)、インドネシア (10,272 人)、パプア・ニューギニア (3,499 人)、フィリピン (3,279 人)、メキシコ (2,109 人)、カメルーン (1,783 人)、セントビンセント (1,565 人)、日本 (728 人) の順となっている。犠牲者の出た噴火の発生回数順では、日本 (102 回)、インドネシア (99 回)、フィリピン (36 回)、アメリカ (31 回)、グアテマラ (26 回)、イタリア (24 回)、チリ (20 回)、パプア・ニューギニア (16 回)、コスタリカ (13 回) の順となっている。犠牲者の原因としては、火砕流 (44,928 人)、1 次的な (直接噴火に由来する) ラハール (29,937 人)、降下テフラ (6,047 人)、伝染病 (5,180 人)、2 次的な (非噴火の降雨等による) ラハールや洪水 (797 人)、岩屑なだれ (741 人)、津波 (661 人) の順となっている。こうした統計データが数多く示されており、貴重なデータベースとなっている。

### 3-18 Damaging Volcanoes Database

「Damaging Volcanoes Database」は、ドイツのカールス

ルーエ大学の James Daniell 氏が火山噴火による影響をとりまとめたデータベースである (Table 2)。ここでは、2010 年の噴火について、検討が行われている。1900-2010 年の過去 110 年間のデータとの比較検討も行っている。2010 年の噴火回数は 64 回、そのうち経済的な影響があった噴火は 36 回、影響のあった国は 16 カ国、犠牲者数は約 400 名、怪我人は約 500 名、家を失った人は 11,500 人、避難者は 38,667 人、経済的損失は 31-68 億ドルと推定されている。犠牲者数の内訳は、メラピ火山 2010 噴火による 386 人、Pacaya 火山の 5 人、Karangetang 火山の 4 名、Sinabung 火山の 2 名、Eyjafjallajökull 火山の 2 名、Bulusan の 1 名となっている。経済的損失については、Eyjafjallajökull 火山噴火による 50.5 億 US ドルが多く、Merapi 火山の 8.9 億 US ドル、エクアドルの Tungurahua 火山の 1.6 億 US ドル、グアテマラの Pacaya 火山の 6,800 万 US ドル、インドネシア Buromo 火山の 550 万 US ドルが続く。2011 年以降のデータはまだ公開されていないが、このようなデータは火山噴火による被害の影響を評価する上で有用である。

### 3-19 Global Volcano Hazard Frequency and Distribution

「Global Volcano Hazard Frequency and Distribution」は、NASA (アメリカ航空宇宙局) の Socioeconomic Data and Application Center (SEDAC) が発行している火山災害の頻度と分布を示したデータである (Table 2)。ここでは、西暦 79 年~2000 年の期間に噴火した火山のデータを元に解析を行い、結果をグリッド形式のデータとして地図上に表示している。データのダウンロード、WMS (Web Map Service) による表示も可能となっている。SEDAC のサイトでは、他に経済的な損失リスク、火山噴火による致死リスクのデータも作成されている。

### 3-20 Global database of composite volcano morphometry

「Global database of composite volcano morphometry」は、Grosse *et al.* (2014) による火山地形に関するデータベースである。Grosse 氏らは、90m 解像度の SRTM (Shuttle Rater Topography Mission) を利用し、世界各地の 759 火山の地形解析を行った。火山のサイズ (基底部のサイズ、山頂部のサイズ、高さ、体積)、断面形状、平面形状、傾斜を計測し、比較検討を行っている。解析には、NETVOLC と MORVOLC という地形解析アルゴリズムを使用しており、今後、火山の形状や浸食度などを統計解析する際に利用できると考えられる。

## 4. G-EVER によるデータベース関連プロジェクト

国内及び世界では、以上のように様々な火山データ

ベースの構築が進んでいる。今後のデータベースの形態の一つとして、現在産総研地質調査総合センターが中核となって進めている G-EVER による (1) 火山災害予測支援システム、(2) アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム、(3) インドネシア火山情報システム、及び東・東南アジア地質情報共有基盤整備プロジェクトによる (4) CCOP (東・東南アジア地球科学計画調整委員会) 地質情報総合共有システムの例を紹介する。なお、CCOP とは、東・東南アジア地域における地球科学分野のプロジェクトやワークショップ開催等の推進、調整を行う政府間機関であり、東・東南アジア 14 カ国の地質調査機関が加盟し、地質情報の整備、地質災害の軽減、技術移転、持続可能な資源開発、情報交換、組織連携を進めている<sup>注8</sup>。

#### 4-1 G-EVER とは

アジア太平洋地域の地震及び火山災害軽減、リスク対策は、現在各国でさまざまな活動が行われているが、各研究機関、関連組織の協体制の確立、防災関連情報の共有化が必要とされてきている。G-EVER (アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント) コンソーシアムでは、2012 年より、G-EVER1 協定に基づき、CCOP を始めとするアジア太平洋地域の各研究機関と協力し、自然災害の軽減、アジア太平洋地域の協調、災害時に役立つ各種災害情報の整備、データ交換・共有・分析のための国際標準化などを進めている<sup>注9</sup>。現在、G-EVER では、巨大地震のリスク評価 WG、巨大噴火のリスク評価 WG、火山災害予測支援システム WG の 3 つのワーキンググループに加え、アジア太平洋地域地震火山災害情報図プロジェクトを進めている。

#### 4-2 G-EVER 火山災害予測支援システム

火山災害予測支援システム WG では、火山防災のための支援システムとして、火山噴火の進行のさまざまな段階で、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」の構築を進めている (Fig. 4)。現在、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たシステムを構築中である (Takarada *et al.*, 2014)。

日本及びアジア太平洋地域の主な活火山において、過去にどのような経緯をたどって大規模噴火に至ったか、主要な火山の噴火履歴をとりまとめる必要がある。各噴出物の噴火年代、噴出量、噴火形態をとりまとめた火山噴火データベースは本システムの基礎データとなるため、より精度の高いデータベースの構築が必要である。火山噴火データベースや火山地質図は、過去の噴火実績を示しており、実際の噴火では、噴火地点、噴出量、噴出率、風向き、流路の地形の違いなどにより、過去の実

績とは異なった分布を示すことが多い。したがって、各種条件を変化させて数値シミュレーションを行うことで、より精度の高い噴火予測が可能となる。予め過去の代表的な噴火について、到達範囲や到達時間を再現できる各種シミュレーションのパラメータを求めておき、データベース化しておく、噴火時により迅速な対応ができることが期待できる。

公開中の G-EVER 火山災害予測支援システム<sup>注10</sup>では、現在スミソニアン GVP プログラムによる Volcanoes of the world, VOGRIPA データベース、産総研日本の火山データベース、産総研火山衛星画像データベースに掲載されている約 3,200 の火山の検索ができる (Fig. 4)。火山リストのタブから検索し、すぐに該当火山を地図上に表示することができる。リストでは地域毎に火山が分類されており、検索窓に火山名を入力し該当火山を表示するなど容易に該当火山を探し出すことが可能である。また、Google Maps 上に火山の位置が示されており、拡大すると火山名が表示されるため、直接地図からも該当火山を検索できる。

各火山では、アイコン (△) をクリックすると、スミソニアン GVP, VOGRIPA, 日本の火山、火山衛星画像データベースの該当火山の解説ページを直接参照できる。今後はデータベースの種類を増やすと共に、独自のデータを掲載予定である。

G-EVER 火山災害予測支援システムでは、さらに Energy Cone (Marlin and Sheridan, 1982) と Titan2D (Pitman *et al.*, 2003; Sheridan *et al.*, 2004) による火砕流や岩屑なだれ等の火山重力流のオンラインシミュレーションを行い、災害評価を行うことができる (Fig. 4B; Takarada *et al.*, 2014)。将来的には、降灰や土石流、溶岩流に関するシミュレーションの実装も計画している。

#### 4-3 アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム

アジア太平洋地域地震火山災害情報図プロジェクトでは、「アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム」の構築を進めている。アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムは、アジア太平洋地域の地震、津波、火山噴火に関する災害履歴、災害分布、ハザード関連情報の総合閲覧検索システムであり、地震、津波、火山噴火関連の詳細情報データベースとしても機能する (Fig. 5)。過去の地震や火山噴火の規模、災害の規模ごとに地図上に表示する機能に加えて、地震、津波災害の分布、降下テフラ、火砕流堆積物の火山噴出物の分布などを表示する機能など、災害履歴や災害予測情報の比較検討が容易

注8 <http://www.ccop.or.th/>

注9 <http://g-ever.org/>

注10 <http://volcano.g-ever1.org>

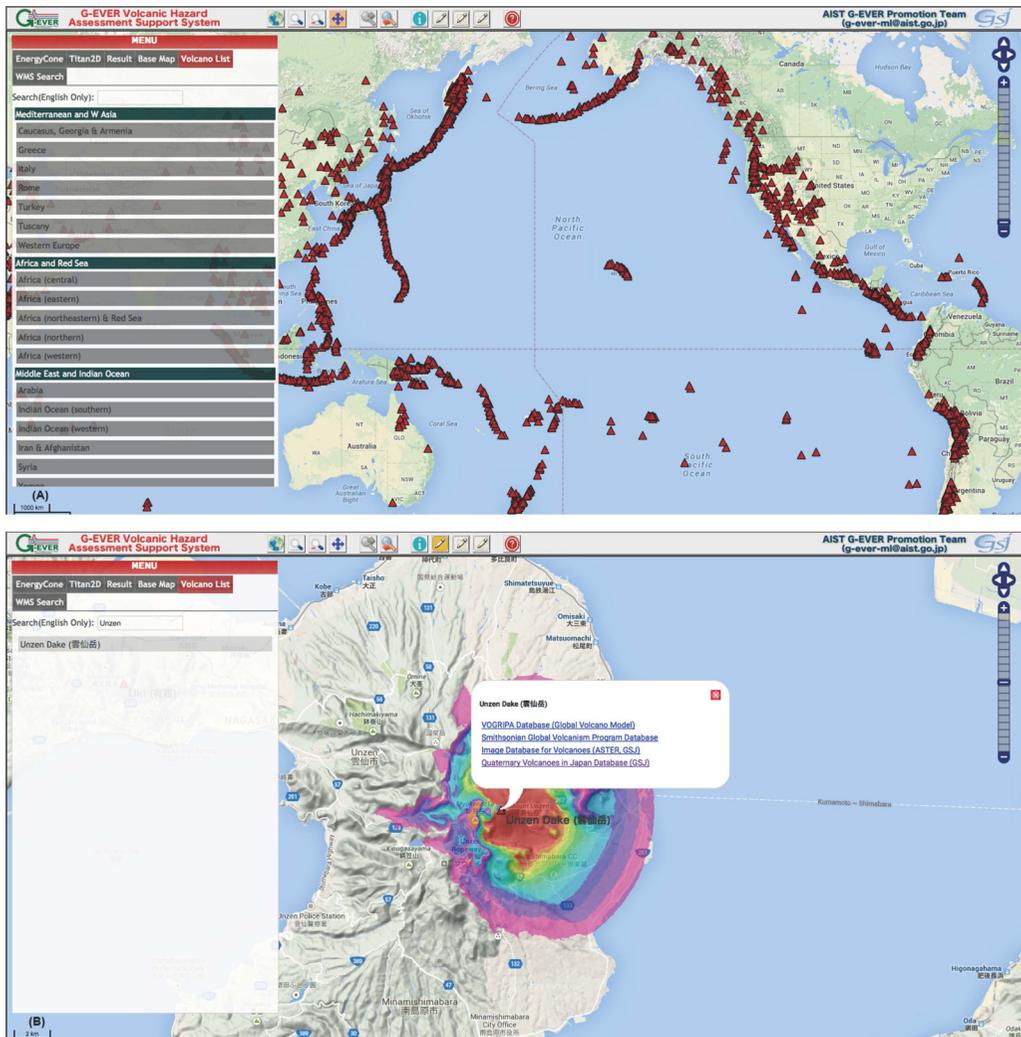


Fig. 4. Volcano search menu in the G-EVER volcanic hazard assessment support system. (A) Search menu of world volcanoes. (B) Search result of Unzen volcano. Links to VOGRIPA, Smithsonian, Volcano satellite image, and Quaternary Volcanoes of Japan DBs are available. A simulation result using Energy Cone model is also shown.

にできる機能を開発中である。2014年7月より試験公開を開始している<sup>注11</sup>。1,000名以上の犠牲者を出した地震の分布や、M6以上の過去100年間、1年間、1ヶ月、1週間、今日の地震の分布、主要大地震の震源域を表示することができる。また、火山については、各国の地域毎の検索表示機能や主要火山データベースへのリンク機能がある。

#### 4-4 インドネシア火山情報システム

インドネシア火山地質災害防災センター (CVGHM)

と進めている共同プロジェクトでは、インドネシアの活火山のデータをオンラインで表示する「インドネシア火山情報システム」を開発中である (Fig. 6)。本システムでは、インドネシア活火山のタイプ別に火山を表示できる (Fig. 6A; タイプAは西暦1600年以降の噴火履歴がある火山、タイプBは1600年以前の噴火履歴がある火山、タイプCは噴気活動のある火山)。また、各火山について、火山名、カテゴリー、場所、火山噴火写真、衛星画像、地質図、ハザードマップ、噴火履歴、災害履歴、引用文献を表示できる。地質図とハザードマップについては、容易に拡大縮小ができるシステムとしている (Fig.

注11 <http://ccop-geoinfo.org/G-EVER>

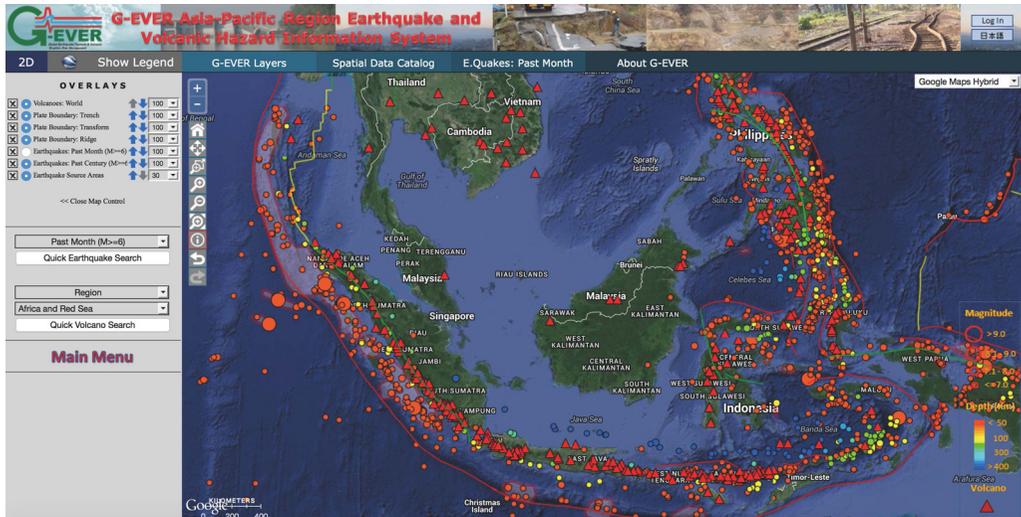


Fig. 5. Asia-Pacific region earthquake and volcanic hazard information system. Epicenter distribution of large-scale earthquakes ( $M > 6$ ) since 1971 (USGS and ISC-GEM). Red-line areas indicate large-scale earthquake source region. Distribution of Quaternary volcanoes are shown. Detailed information is available to click each earthquake epicenter, source region and volcano.

6B). ここでは、出版済みのすべてのインドネシアの火山ハザードマップを表示することができる、また、主要な火山については、Google Map 上に直接表示する機能を用意しており、順次整備を進めているところである。

#### 4-5 CCOP 地質情報総合共有システム

「CCOP 地質情報総合共有システム」は、東・東南アジア地質情報共有基盤整備 (Geoinformation Sharing Infrastructure for East and Southeast Asia, GSi) プロジェクトで完成を目指している東・東南アジア地域の総合データベースである (Fig. 7)。2014 年 10 月にパプア・ニューギニアで開催された CCOP 総会で、14 カ国の加盟国の合意により正式にスタートした。CCOP 諸国の種々の地質情報の共有化、国際標準化、GIS を用いた国際データベースの構築、アジアからの情報発信とプレゼンスの向上を目指している。5 カ年計画であり、2017 年度に暫定版公開、2019 年度に正式公開の予定である。本プロジェクトでは、地震・火山関連の情報に加えて、各国の地質調査機関が保有する地質図、環境関連データ、地下水データ、鉱物資源データ、リモートセンシングデータ、地球物理関連データ、地形図データなどの総合共有化を目指している。当面は、各国の出版済みデータを、国際標準化、共有化する予定である (印刷物データ及び GIS データ)。このプロジェクトでは、目的に応じたポータルサイトを作成する機能や、比較的容易に GIS データの登録ができる仕組みを提供している。各国の若手研究者のデータ

ベース作成技術や GIS 技術などの能力向上も主要目的の 1 つになっている。

## 5. 議論

火山データベースの今後の展望を考える上で、(1) 基盤データ整備、(2) データ解析・高度利用、(3) 相互運用に分けて検討を行う。近年の IT 技術やデータサーバー計算能力の向上により、15-20 年前では不可能であった大規模データベース構築による高度解析も、ビッグデータ (例えば、マイヤー・ショーンベルガー・クキエ, 2013) の解析等に見られるように技術的には可能になって来ている。

### 5-1 基盤データ整備

火山データベースの主要な役割の 1 つとして、基盤データの整備が挙げられる。統一的な基準でデータを整備することにより、標準化を進めるとともに、GIS データなどの数値化を進めることで、データ相互間の比較や解析が可能となる。データベース化されていても、アジア地域では、PNG 形式や PDF 形式などのラスタ形式のデータがまだ非常に多いのが現状である。また、露頭情報、ルートマップ、写真、柱状図、トレンチ情報などの一次データの保存も今後重要な課題である。各種の研究機関や大学、観測施設での観測データ (データサルベージ) についても進めて行く必要がある。その意味でも、EOS が中核となり進めている WOVODat (3-3 参照、以下

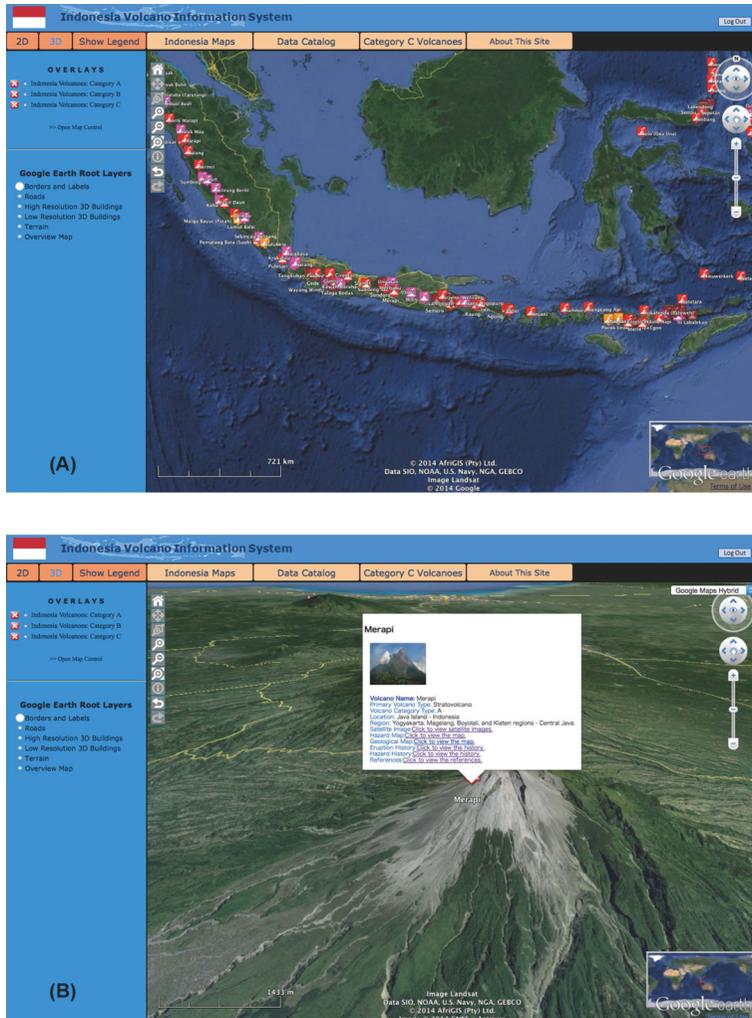


Fig. 6. Indonesia volcano information system. (A) All active volcanoes in Indonesia data are compiled. The volcanoes are classified into Type A (<1600 AD), Type B (>1600AD), and Type C (fumarolic activities). (B) Volcano name, category type, location, pictures, satellite image, hazard map, geological map, eruption history, hazard history and reference data of each volcanoes can be seen on this system.

同様)による世界各地の観測機関の観測データ収集の取り組みや、現在米国が中心となって進めている IEDA プログラムによる EarthChem 等の取り組み (3-16) は、大変参考になる。1次データの整備については、今後大学や研究機関が中核となり組織的に進めてゆくべき課題である。取りまとめた火山関連データについては、オリジナルデータをエクセルファイル等でダウンロードできるようにして置いた方が、元データの内容を一目で確認でき、より高度に解析するため推進すべきであると考えられる。現在、エクセル等のオリジナルデータをダウンロードできるのは、Table1の国内の火山データベースでは、

100万年テフラデータベース (2-10)のみである。Table 2の海外の火山データベースでは、Volcanoes of the World (3-1), Significant Volcanic Eruption Database (3-4), Volcanic Eruption Database (3-7), Collapse Caldera Database (3-10), EarthChem (3-16)の5つのみに留まっている。

火山の分布に関しては、近年200万分の1スケールの日本の火山(第3版)が出版され、第四紀火山分布の改訂が行われた(中野・他, 2013)。第四紀の下限の変更(1.8Maから2.588Ma)により、第四紀火山の総数は302から456へと大幅に増えた。今後は、これら456の第四紀火山を対象としたより詳細な火山岩類の分布図の作成

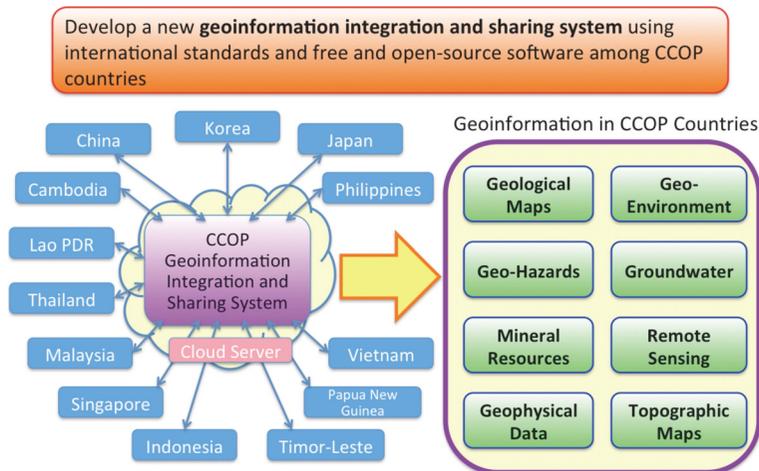


Fig. 7. The CCOP-GSI Geoinformation Sharing Infrastructure for East and Southeast Asia (GSi) Project aims to develop a new geoinformation integration and sharing system using international standards and free and open-source software among CCOP countries.

が必要となる。現在、産総研地質調査総合センターにおいて、20万分の1スケールのより高精度な火山分布図の作成が進行中であり、4年から5年後の公開を予定している。

精度の高い火山のハザード・リスク評価を行うためには、火砕流、岩屑なだれ、火山泥流、降下テフラなどのより精密な火山噴出物の空間分布図データベースも今後整備を進める必要がある。例えば、大規模噴火の火砕流堆積物の分布に関しては、20万分の1日本シームレス地質図<sup>注12</sup>による分布図などを参照して、個別の火砕流堆積物分布図データベースを作成することも可能である。海外については、OneGeologyプロジェクト（各国の地質調査機関が協力の上、世界各国の100万分の1スケールの地質図を国際標準形式でWeb公開する総合プロジェクト）<sup>注13</sup>による地質図が参考になる。大規模噴火の降下テフラについては、国内では「新編 火山灰アトラス」が主要テフラの分布図を示している（2-12）。海外の噴火についても同様の取り組みが必要である。G-EVERのアジア太平洋地域地震火山災害情報プロジェクトでは、海外の火山噴出物についてもデータ作成を進めている（4-3）。このように、過去の比較的規模の大きい降下テフラや火砕流堆積物、岩屑なだれ堆積物、溶岩流、ラハールの空間分布図をデジタル化し、データベース化しておくことは、迅速かつ効率的に今後のハザード・リスク解析を進める上で必要不可欠である。

注12 <https://gbank.gsj.jp/seamless/>

注13 <http://www.onegeology.org/>

ハザードマップを地図上に表示し、道路や建物等の情報と重ね合わせることで防災上様々な検討ができる。また、GIS機能によりハザードマップ各噴出物の分布を、建物、人口分布、道路などと重ね合わせた上で演算を行うことで、各種のリスク評価ができる。このように、既存の火山地質図やハザードマップをデジタル化して整備することは重要である。現在、防災科研で公開されている全国の火山ハザードマップデータベースは主にPDF形式で公開されているものが多い（2-6）が、GISによる数値化を進め、よりリスク評価が多角的に利用できるようにすべきである。

噴火の規模のデータベース化を進める上で、各噴出物の体積を算出する方法の標準化は重要である。降下テフラについては、多くの論文がでている（例えば、Bonadonna and Costa, 2012; Fierstein and Nathenson, 1992; Pyle, 1989; 宝田・他, 2001; Hayakawa, 1985）が、手法により異なる値が得られることが多く、課題も多い。一方、火砕流堆積物、岩屑なだれ堆積物、溶岩流、ラハールの体積の算出方法はほとんど統一されておらず、相互比較の上で問題が多い。階段ダイヤグラムなどを用いた火山の活動度評価においても、統一的な算出方法を用いるべきであるが、現状では統一されておらず、算出の精度は高くない。今後のより高精度なハザード・リスク評価のためには、火山噴出物の体積の算出方法については、GIS等を利用したより統一的な方法を検討し、標準化を進めるべきである。こうした基盤データの収集に当たっては、分野間の相互協力が不可欠である。

### 5-2 データ解析・高度利用

火山データベースは、様々な情報と組み合わせることで、高度利用を図ることができる。例えば、GIS機能を使えば、過去の火山噴出物の空間分布図との比較やBET\_VH (Bayesian Event Tree for Volcanic Hazard; Marzocchi *et al.*, 2010) 等の確率論的評価手法の併用により、ハザード・リスク解析を行うことが可能である (例えば、Neri *et al.*, 2008; Sandri *et al.*, 2012)。過去 10,000 年間の噴火事例を使って統計的にある地域に火砕流が到達する確率を算出することもできる。世界各地の火山データベースから、類似した噴火推移を示す火山の抽出、大規模噴火の前の 10 年間に発生した水蒸気噴火や小規模噴火の回数の検索といった解析も可能である。こうした解析により、統計的に意味のある噴火前兆現象のパターンを検討することも可能になると思われる。その際、より古い時代の火山噴火データには常に数え落とし問題があることを認識すべきである (Kiyosugi *et al.*, 2015)。

火山噴火の各種シミュレーションを過去の中大規模噴火について予め行っておき、それらの分布域や到達時間等を再現できるパラメータ群をデータベース化しておけば、火山噴火発生時に、噴火推移に応じたより適切な数値シミュレーションが可能となる。パラメータを変化させた上で、数千～数万回のシミュレーションをくり返し、将来の火山噴火時のハザード・リスクマップを作成する取り組みも行われている (例えば、Neri *et al.*, 2015)。こうした取り組みにより、噴火時により適切な避難等の意思決定に利用できる。

データベースやシミュレーションの解析結果は、分かりやすい形で、可視化することが必要である。最近では 3D 化や動画を使いより分かりやすく解析結果を示すことが可能となってきている (例えば、Takarada *et al.*, 2014)。データの統計解析は、使用する人が条件を変えて行うだけではなく、システムによる自動解析も盛んになってきている。今後は、多量に蓄積された火山データについては、ビッグデータの解析事例 (マイヤーショーンベルガー・クキエ, 2013) のように、噴火の周期や規模、噴火のタイプなどの自動解析によって、特徴的な噴火パターンを抽出することが可能となると思われる。また、統計的に処理できるだけのデータが数多く集まることで、より信頼性の高い噴火パターンの解析や将来予測に繋がることを期待できる。

### 5-3 相互運用

データベースを国際標準形式で整備することにより、異なるデータベース間で相互運用を行うことが可能である。例えば、空間データについては、国際標準形式の OGC 標準<sup>注14</sup>である WMS, WFS (Web Feature Service), WCS

(Web Coverage Service) 形式でデータを整備することにより、異なるサーバに上にあるデータでも、お互いに解析に利用できる。例えば、人口分布図、過去の火砕流堆積物の分布図、標高データ、シミュレーション結果がそれぞれ別のサーバにあったとしても、相互に演算解析を行い、災害予測図を作成することが可能である。Table 1 の国内の火山データベースの中で、JSON などを利用して、他の Web サイト等でも利用可能なものは、第四紀火山岩体・貫入岩体データベース (2-3) のみである。Table 2 の海外の火山データベースで相互利用可能なものは、XML でデータ整備を進めている WOVOdat (3-3) と、WMS によるデータ配信を進めている Global Volcano Hazard Frequency and Distribution (3-19) の 2 つのみである。一方、G-EVER の火山災害予測支援システム (4-2) では、ASTER GDEM の標高データは WCS 形式で保存されており、それを別のサーバ上で WMS 及び WPS (Web Processing Service) により数値解析を行っている。今後、可能な限り相互運用可能な国際標準形式でデータ整備を行うことが望ましいといえる。現在、CCOP 加盟国による東・東南アジア地質情報共有基盤整備 (GSi) プロジェクトでは、国際標準形式の OGC 標準に基づいた総合データベースの構築を進めている (Fig. 7, 4-5)。今後、火山関連データを始め様々な地質関連データが相互運用可能な形で共有される予定である。

火山関連データベースに関しては、さまざまな 1 次データの整備や国際標準形式でのデータ整備など課題は多いが、今後、多数の火山関連データをより利用しやすい形で、相互運用可能な形で取りまとめることにより、真に火山のハザード・リスク評価に役立つ火山データベースの整備が進むことが期待される。

### 謝 辞

産総研地質調査総合センターの火山関係の方々には、火山関連データベースを取りまとめるにあたり、大変お世話になった。産総研 G-EVER 推進チームの方々には、本論文の G-EVER 関連の研究を進める上で、貴重なご意見、ご支援を頂いた。東京大学地震研究所の清杉孝司氏及び匿名査読者により本論文の内容は大きく改善された。また、編集担当の福岡大学の奥野 充氏には、本特集号の企画、とりまとめ、原稿の校正などで大変お世話になった。

### 引用文献

Bonnadonna, C. and Costa, A. (2012) Estimating the volume of tephra deposits: A new simple strategy. *Geology*, **40**, 415-

<sup>注14</sup> <http://www.opengispatial.org/>

- 418.
- Connor, L. G. and Connor C. B. (2006) Inversion is the key to dispersion: understanding eruption dynamics by inverting tephra fallout. In *Statistics in Volcanology* (Mader, H., Cole, S., Connor, C. B. and Connor, L. G. eds), Special Publications of IAVCEI 1, Geological Society London, p. 231-242.
- Croweller, H. S., Arora, B., Brown, S.K., Cottrell, E., Deligne, N.I., Guerrero, N.O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S.C., Lowndes, J., Nayembil, M., Siebert, L., Sparks, R. S. J., Takarada, S. and Venzke E. (2012) Global database on large magnitude explosive volcanic eruptions (LaMEVE). *J. Applied Volcanology*, DOI 10.1186/2191-5040-1-4.
- 第四紀火山カタログ委員会 (1999) 日本の第四紀火山カタログ (CD-ROM 及び付図), 日本火山学会.
- Fierstein, J. and Nathenson, M. (1992) Another look at the calculation of fallout tephra volumes. *Bull. Volcanol.*, **54**, 156-167.
- Fournier, T.J., Pritchard, M.E. and Riddick, S.N. (2010) The duration, magnitude, and frequency of subaerial volcano deformation events: New InSAR results from Latin America and a global synthesis, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **11**, Q01003, doi: 10.1029/2009GC002558.
- Geyer, A. and Marti, J. (2008) The new worldwide collapse database (CCDB): A tool for studying and understanding caldera processes. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **175**, 334-354.
- Grosse, P., Euillades, P. A., Euillades, L. D., van Wyk de Vries, B. (2014) A global database of composite volcano morphometry. *Bull. Volcanol.*, **76**: 784, DOI 10.1007/s00445-013-0784-4.
- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, **60**, 507-592.
- 早川由紀夫 (1993) 噴火マグニチュードの提唱. 火山, **38**, 223-226.
- 気象庁編 (1975) 日本活火山要覧. 気象庁, 119p.
- 気象庁編 (1984) 日本活火山総覧. 気象庁, 482p.
- 気象庁編 (1991) 日本活火山総覧 (第2版). 気象庁, 483p.
- 気象庁編 (2005) 日本活火山総覧 (第3版). 気象庁, 635p.
- 気象庁編 (2013) 日本活火山要覧 (第4版). 気象庁, 1498p.
- Kiyosugi, K., Connor, C., Sparks, R.S., Croweller, H.S., Siebert, L., and Takarada, S. (2010) How Many Explosive Eruptions are Missing from the Geologic Record? Analysis of the Quaternary Record of Large Magnitude Explosive Eruptions in Japan. AGU Fall Meeting, V13C-2374.
- マイヤー・ショーンベルガー, V.・クキエ, K. (著) 齋藤栄一郎 (訳) (2013) ビッグデータの正体 情報の産業革命が世界のすべてを変える. 講談社. 322p.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラスー日本列島とその周辺一. 東京大学出版会, 276p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺一. 東京大学出版会, 336p.
- Mannen, K. (2014) Particle segregation of an eruption plume as revealed by a comprehensive analysis of tephra dispersal: theory and application. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **284**, 61-78.
- Marlin, M. C. and Sheridan, M. F. (1982) Computer-assisted mapping of pyroclastic surges. *Science*, **13**, 637-640.
- Marzocchi W., Sandri L. and Selva J. (2010) BET\_VH: a probabilistic tool for long-term volcanic hazard assessment. *Bull. Volcanol.*, **72**, 705-716.
- Mastin, L.G., Randall, M. J., Schwaiger, H. F., Denlinger, R. P. (2013) User's guide and reference to Ash3d-a three dimension model for Eulerian atmospheric tephra transport and deposition. *U.S. Geological Survey, Open-File Report*, 2013-1122, 48p.
- 中野 俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚 治・山元孝広・岸本清行 (編) (2013) 日本の火山 (第3版). 200万分の1地質編集図 **11**, 産総研地質調査総合センター.
- Neri, A., Aspinall, W. P., Cioni, R., Bertagnini, A., Baxter, P. J., Zuccaro, G., Andronico, D., Barsotti, S., Cole, P. D., Esposti Ongaro, T., Hincks, T. K., Macedonio, G., Papale, P., Rosi, M., Santacroce, R., Woo, G. (2008) Developing an event tree for probabilistic hazard and risk assessment at Vesuvius. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **178**, 397-415.
- Neri, A., Bevilacqua, A., Esposti Ongaro, T., Isaia, R., Aspinall, W., Bisson, M., Flandoli, F., Baxter, P. J., Bertagnini, A., Iannuzzi, E., Orsucci, S., Pistolesi, M., Rosi, M., Vitale, S. (2015) Quantifying volcanic hazard at Campi Flegrei caldera (Italy) with uncertainty assessment: 2. Pyroclastic density current invasion maps. *Jour. Geophys. Res., Solid Earth*, 10.1002/2014JB011776.
- 日本第四紀露頭集編集委員会 (1996) 第四紀露頭集—日本のテフラ—. 日本第四紀学会. 352p.
- 西来邦章・伊藤順一・上野龍之 (編) (2012) 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース. 地質調査総合センター速報, **60**, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Palma, J.L., Courtland, L., Charbonnier, S., Tortini, R. and Valentine, G.A. (2014) Vhub: a knowledge management system to facilitate online collaborative volcano modeling and research. *Jour. Applied Volcanology*, **3**, doi: 10.1186/2191-5040-3-2.
- Pitman, E. B., Patra, A., Bauer, A., Sheridan, M., Bursik, M. (2003) Computing debris flows and landslides. *Phys. Fluids*, **15**, 637-640.
- Pyle, D. M. (1989) The thickness, volume and grain size of tephra fall deposits. *Bull. Volcanol.*, **51**, 1-15.
- Pyle, D. M. (2000) Sizes of volcanic eruptions. In *Encyclopedia of Volcanoes* (Sigurdsson, H., Houghton, B. F., McNutt, S. R., Rymer, H., Stix, J. eds), 263-269. Academic Press, London.
- Sandri, L., Jolly G., Lindsay, J., Howe, T. and Marzocchi, W. (2012) Combining long- and short-term probabilistic volcanic hazard assessment with cost-benefit analysis to support decision making in a volcanic crisis from the Auckland Volcanic Field, New Zealand. *Bull. Volcanol.*, **74**, 705-723.
- Sheridan, M. F., Stinton, A. J., Patra, A., Pitman, E. B., Bauer, A. and Nichita, C. C. (2004) Evaluating Titan2D mass-flow model using the 1963 Little Tahoma Peak avalanche, Mount Rainier, Washington. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **139**, 89-102.

- Siebert, L., Simkin, T., Kimberly, P. (2010) *Volcanoes of the world* 3rd edition. Smithsonian Institution, University of California Press, 551p.
- 宝田晋治・他 (2001) 有珠火山 2000 年噴火の降灰と火口近傍の状況. 地質調査研究報告, **52**, 167-179.
- 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.
- 浦井 稔・福井敬一・山口 靖・Pieri, D.C. (1999) ASTER による火山観測の可能性とグローバル火山観測計画. 火山, **44**, 131-141.
- Webley, P. W., Dean K. G., Dehn, J., Bailey, J. E. and Peterson, R. (2010) Volcanic-ash dispersion modeling of the 2006 eruption of Augustin volcano using the Puff model. In *the 2006 Eruption of Augustin Volcano, Alaska* (Coombs *et al.*, eds), 507-526, U. S. Geological Survey Prof. Paper, **1769**, U. S. Geological Survey.
- Witham, C. S. (2005) Volcanic disasters and incidents: A new database. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **148**, 191-233.
- Yamaguchi, Y., Kahle, A. B., Tsu, H., Kawakami, T. and Pniel, M. (1998) Overview of Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **36**, 1062-1071.

(編集担当 奥野 充)