



九州の活火山データベースを考える

使える地球化学 データベース

—西南日本火山データベース構築に 向けて—

長谷中 利 昭

Design and construction of geochemical
database for volcanoes from southwestern
Japan

Toshiaki Hasenaka

はせなか としあき：熊本大学大学院自然科学研究科

西日本火山研究の一環として火山岩の化学分析値のデータベース作りを目指している。現在利用できる地球化学データベースのレビューを行い、既存のデータベースがどの程度、利用できるか調べてみた。次に今後の研究にはどのようなデータベースが必要かを考えてみた。プロジェクトの目的によって必要とされるデータベースの内容は異なってくるが、将来他のプロジェクトでも利用することを考えれば、火山岩の化学分析値だけでなく、地質学、記載岩石学などの情報も必要になってくる。近年の野外調査や顕微鏡観察ではふつうに画像データが取り扱われており、画像データを組み込んだデータベース作りが必要である。

1. はじめに

筆者らは西南日本の火山の長期的活動予測に役立てるために、新生代に噴出した火山岩の地球化学データのコンパイルに取り組んでいる。西南日本の火山活動はフィリピン海プレートの沈み込みに伴ったものと、それとは無関係なものに大別できる (Nakada and Kamata, 1991; Kamata and Kodama, 1999; Mahony *et al.*, 2011)。沈み込みの影響の度合いを数値化して調べるために、地球化学的データベースを利用し、研究の目的に応じたものを新たに作ることは重要である。沈み込み成分として Sr, K, Rb, Ba などがあるが、それに加えて、B に着目しており、現在、筆者らはホウ素マッピングを試みている (Miyoshi *et al.*, 2008; Miyoshi *et al.*, 2010)。この目的に必要なデータベースはこれらの元素だけを含んでおれば良いかというと、そうとは限らない。風化、変質などの影響、その分析データの信頼性をチェックするためには、一連の元素の挙動が整合的であるかどうかを見る必要も出るし、起源物質の組成を議論するためには分化の影響を取り去らねばならない。全ての分析値が含まれていなければ、これらの作業はできない。

抄論では (1) 現在公開されている地球化学的データベースで西南日本の火山データがどの程度取得できるか検討し、(2) 既存のデータベース構築

のうち、将来の西南日本火山データベース構築に役立つ機能、追加すべき機能を調べる。なお抄論で扱う地球化学的データベースは、火山岩の化学分析値だけでなく、火山名（火山地域名）、活動年代（活動年代推定値）、試料採集位置などのデータが付随しているものを対象とする。

二、三十年前には未調査の火山地域、化学分析値の報告がない火山があり、層序を立て、火山岩試料の分析をすれば、それがオリジナルな研究成果として認められることもあった。近年の日本では、調査されていない火山地域、分析値のない火山を探すのが難しい。多くの火山地域に詳細な地質図があり、分布する火山岩の岩石記載や化学分析値が手に入るのが当たり前になってきた。このことは、逆に言えば、新しいプロジェクトを始めにあって、目的地の地質や火山岩の化学組成の特徴を予想的に調べた上で調査に取りかけられるという、恵まれた環境が整いつつあることを意味している。

2. 地球化学データベース : EarthChem

地球化学データベースとして2012年現在利用可能なものをいくつか見てみよう。

代表的なものはEarthChem (<http://www.earthchem.org>)である。コロンビア大学ラモント・ドーター地球科学研究所のK. A. Lehnert博士、カンザス大学地質学教室のJ. D. Walker博士によって開発され管理されている。これはポータルサイトで、ここから地球化学データベースを管理している他のサイトにアクセスすることができる。ツールバーの▽ Data Collections に記述されているように、PetDB, SedDB, SESAR, NavDat, GEOROC にリンクされている。データを検索するにはツールバーの▽ Data - Search EarthChem からスタートすれば良い。REFERENCE, KEYWORD, SAMPLE ID, LOCATIONなど様々な項目から検索ができることがわかる。

九州の阿蘇火山の火山岩分析値を検索して使い勝手を検討してみた。上記の▽ Data - Search EarthChem で VOLCANO NAME = Aso (阿蘇) で

検索する。すると九州とアジア全体の地図が現れて阿蘇火山の位置が表示される。このとき、地図の下にある (Smithsonian Link) をクリックするとスミソニアン博物館のGlobal Volcanism Program (<http://www.volcano.si.edu>) にジャンプし、阿蘇火山の情報を得ることができる。阿蘇のカルデラ縁 (立野火口瀬) から中央火口丘を望む写真が表示され、高度、緯度、経度などの火山情報と阿蘇火山の説明文が現れる。さらに詳しい情報は左側にあるMonthly Reports, Eruptive History, Photo Gallery, Data Sourcesなどのリストから得られる。その下のGoogle Earth (R) をクリックすると0802-11 = .kmz というファイルがダウンロードされる。Google Earth を利用できるパソコン環境が設定されておれば、このファイルをクリックすることで、地球全体の写真がどんどん拡大され、やがて阿蘇火山の空中写真が現れるという画像を楽しむ。これは世界中の活火山を画像で検索し空中写真を閲覧できる優れたものである。

阿蘇の地球化学データベース検索を続けよう。先ほどのページに戻ってSubmitをクリックすると、NAVDAT, PetDB, GEOROC, USGS, SedDB, MetPetDB, EarthChem, GANSEKIなどの地球化学的データベースが表示される。GEOROCに10個の試料の分析値が含まれていると表示されるが、残念ながら他のデータベースには阿蘇の分析値は含まれておらず、この10個が全てである。内容を見てみると、Kuno (1951) と Kita *et al.* (2001) のデータであることがわかる。分析値にAsoというキーワードが付随していないと検索にかからないものと思われる。阿蘇火山に関わる分析値が実際に含まれているかどうかを三好・他 (2005) のデータでチェックした。REFERENCEという項目でAUTHOR = Miyoshi と入力するとPetDBで63試料、GEOROCで136試料が表示された。PetDBの分析値はODPのものである。GEOROCには阿蘇の火山岩の分析値が含まれている。このように阿蘇火山の分析データに辿り着けるので、データベース自体には出版されている化学分析値は網羅されているが検索の仕方に工夫が必要ながわ

かる。

3. 地球化学データベース: GEOROC, PetDB

GEOROC (<http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc/>) はドイツのマックス・プランク研究所、化学部門の B. Sarbas 博士らが管理する地球化学データベースで 50 万個以上の海底および陸上の火成岩、構成鉱物、包有物の分析値を集めており、出典である 1 万以上の出版論文の文献の情報を得ることができる。

西南日本の火山岩分析値を多く出版されている永尾隆志博士の文献や分析値がどれだけ収納されているかを見てみよう。Bibliographic Query で著者名 = NAGAO TAKASHI を選ぶと、22 編の文献リストが出てくる。国際誌が網羅されているのはもちろんであるが、日本の雑誌はどの程度含まれているだろうか。文献名をチェックすると、岩鉱、地質学雑誌、地質学論集があり、大学の紀要に関しても北海道大学の紀要が含まれている。しかし山口大学の機器分析センター報告 (例えば、永尾・他, 1998; 1999a) は載っていないし、記念論文集 (例えば、永尾・他, 1992) も含まれないので、永尾氏の分析データの多くが欠落していることになる。

分析値データの構造をみるために、永尾・他 (1999b; GEOROC-ID 6614) を選んで Continue をクリックしてみた。この後、サンプルや分析元素を絞り込むことも可能であるが全部を選択してみた。GeoRock ではサンプルの検索基準を過ぎてやり直そうとしても一つ前のステップに戻れない。最初からやり直さなければならないので注意が必要である。結果をダウンロードするのに STANDARD OUTPUT を選び、試料情報を全て選んで (Check all)、ダウンロードした (Download Now を選択、Download the table for EXCEL をクリック)、データはエクセル (R) で閲覧可能である。分析値の他、文献に緯度、経度、年代、産状、岩石タイプ、試料の種類などの記載があれば、それらの情報も含まれている。

PetDB (<http://www.petdb.org>), SedDB (<http://www.seddb.org>) は海洋底の岩石および堆積物のデータベースである。コロンビア大学ラモント・ドーティー地球科学研究所の G. Esmay 氏, A. Johansson 氏, K. A. Lehnert 博士が管理、運営している。南海トラフの玄武岩を検索してみた。▽ Data - Search PetDB で Rock type を選択し、Igneous: volcanic: mafic - BASALT を選んで、Apply をクリックする。このような検索はかなり時間がかかるので勧めないが、世界中に 37759 の該当試料があることがわかる。By Latitude/Longitude を選び、地図上で南海トラフの領域を十分カバーする長方形の領域を表示し、Apply をクリックすると 567 試料が検索にかかった。領域を広めに取っているので伊豆-マリアナ弧およびその背弧の試料が多く含まれている。検索結果の緯度経度を検討すると、南海トラフの玄武岩は Wood *et al.* (1980), March *et al.* (1980) の報告値が該当している。View/Pick Samples のボタンで試料のリストが得られる。文献名、変質の度合い、試料採集方法 (ボーリング・コア、ドレッジ、潜水艇、火山島試料)、緯度、経度、深度などの情報が表示される。分析値は試料番号をクリックすれば表示できる。

4. 地球化学データベース: NAVDAT, GEOKEM

AVDAT (<http://www.navdat.org>) は The Western North American Volcanic and Intrusive Rock Database というサブタイトルが示すとおり、北米西部の火山岩、深成岩、64985 試料、110 万個以上の分析値、1874 の文献を集めている。J. D. Walker, A. F. Glazner, G. L. Farmer, R. W. Carlson, L. Ferrari の 5 氏によって管理、運営されている。アメリカ合衆国のデータが主で、カナダ、メキシコのデータも一部加わっている。様々な検索オプションがあるが、EarthChem で検討したように、火山名、火山地域名による検索はあまり機能しない。このデータベースの優れた点は、データの検索結果を地図上やハーカー図上 (SiO₂ 重量 % に対して他の

酸化物の重量%をプロットしたもの)などにすぐ表示できることである。主成分元素の合計を100%に再計算する機能や酸化鉄を(1) $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ のまま、(2) 全て FeO に換算、(3) 全て Fe_2O_3 に換算する機能も付いている。これらの操作は分析手法も分析精度も異なる様々な研究室から寄せ集めた火成岩の分析値を取り扱う場合に必要となる。始めて地球化学データベースを取り扱う方は注意を払って欲しい。

NAVDAT はデータ収集管理 (Observations) だけでなく解釈 (Interpretations) にまで踏み込んでいる。これまでの研究成果を元に、北米西部の火成活動の時空変化が地図上に図示されており、テクトニクスとの関連が容易に理解できるようになっている。いくつもの興味あるアニメーションが用意されているが、残念ながらマック・ユーザーはそれらを見ることができない。NavDat は教育面にも配慮が届いている。抄論では個々のコンテンツを紹介しないが、例えば分析手法の解説をぜひ一読し、必要になれば専門書を読まれることを勧める。化学分析値の精度、信頼性を検討する上で重要である。

研究に軸足を置いたツール集は例えば NAVDAT の Integrating Research and Education > EarthChem > Useful Databases and Tools や Geoinformatics for Geochemistry (<http://www.geoinfogeochem.org/>) の Resources > Tools for Scientists で得ることができる。

GEOKEM は B. M. Gunn 博士が管理するホームページで、An eText of Geochemical Data Interpretation というサブタイトルの通り「解釈」にまで踏み込んでいる。研究に発展させるために収集したデータベースをどのように「料理」するか、様々なデータ解釈例が表示されていて参考になる。西南日本火山のデータとして、阿蘇 (Hunter, 1998)、霧島、桜島 (Shinjo *et al.*, 2000) の火山岩組成を MORB で規格化したスパイダー図、GEOROC から抽出した琉球弧北部の火山岩全岩組成のハーカー図が示されている。

5. 地球化学データベース：日本及び北米の火山

GANSEKI は海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の調査船がこれまでに採取し保管している深海底の岩石のデータベースである。海域、船舶、日付、岩石名、記載内容から岩石の分析値を検索し、ダウンロードでき、必要になれば、サンプルの利用希望を出すことができる。分析データだけでなく、岩石試料の写真、試料採集のムービーを見ることができる点が優れている。やはり「露頭写真」は欲しいものである。南海トラフで玄武岩試料を検索したところ、深海 6500 で採取した Henry *et al.* (1997) の分析値がヒットした。

USGS はアメリカ地質調査所のデータベース (<http://tin.er.usgs.gov/ngdb/rock/>) で USGS のホームページで Mineral Resources > Online Spatial Data > National Geochemical Database: Rock と辿っていくと、全米の試料採取値が赤い点で地図に表示されたものが現れる。赤い点が密集した地図を拡大していくと、海岸線や州境線と試料地点が明瞭になっていく。地図上の点をクリックすることによって、関心がある地点の分析値データが見られる点は面白い。日本近辺では太平洋、極東、シベリア、中国内陸部にまばらに点が認められる。地図上の点のデータを取得するには .csv フォーマットを指定し、ファイルをエクセルで閲覧すれば良い。

地図上の点をクリックすれば、その火山の情報が得られるという機能は「日本の第四紀火山」データベースにもある。これは日本火山学会の第四紀火山カタログ委員会が 1999 年に編纂したデータベースを日本大学のホームページ (<http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/tchiba/volcano/index.htm>) 上に再現したものである。千葉達朗博士のご努力に感謝したい。火山番号から個々の火山の情報を得て、化学分析値が掲載されている文献を見つけて、個々の文献にあたれば良い。ただし 2000 年以降の文献は含まれていない。

産業技術総合研究所、地質調査所のホームページ

ジにある活火山データベースは火山地質、火山層序、火山岩の岩石記載、化学分析値を相互比較しながら概観するのに優れたサイトである。特筆すべきは詳細火山データ集 (<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db099/volcano/index.html>) の安達太良火山の火山岩分析値のデータベースである。これは藤縄明彦博士の火山岩岩石学研究成果の一部で、主成分元素に加えて、微量元素、同位体組成、鉱物分析値およびそれらのプロットまで含んだデータベースが相互リンクされている。火山岩の地球化学データベースのお手本としたい。

6. おわりに

以上、概観したように既存のデータベースで、かなりの化学分析データを検索できることがわかる。分析値のプロットを作成するにも入力の手間が省けるし、プロジェクトの予察にかなり役立つ。

卒論や修論を含み、プロジェクト独自のデータベースを作る場合には、複数の参加者がデータを共有できるように、分析値だけでなく、地質データ、岩石記載データも欲しい。その場合、データベースに画像データを加えることによりデータの価値や利便性が増すと思われる。

謝辞：本研究の成果は西日本火山研究会での討論の賜物です。中心メンバーの長崎大学教育学部の故長岡信治教授には貴重な情報と励ましを常にいただきました。抄論を氏に捧げます。山口大学大学院理工学研究科の田中和広教授、福岡大学理学部の奥野充教授はじめ研究会のメンバーからは多くのご教示をいただきました。本研究には西日本技術開発の奨学寄付金の一部を使わせていただきました。以上の皆様に記して感謝致します。

参考文献

- [1] Henry, P., Mazzotti, S., Maury, R., Robert, C. and Lalle-mant, S. J. (1997) : JAMSTEC J. Deep Sea Res., 13, 509-520.
- [2] Hunter, A. G. (1998) : J. Petrol., 39, 1255-1284.
- [3] Kamata, H. and Kodama, K. (1999) : Island Arc, 8, 393-403.
- [4] Kita, I., Yamamoto, M., Asakawa, Y., Taguchi, S. and Hasegawa, H. (2001) : J. Volcanol. Geotherm. Res., 111, 99-109.
- [5] Kuno, H. (1951) : Catalogue Of The Active Volcanoes Of The World Including Solfatara Fields, Rome, IAVCEI.
- [6] Mahony, S. H., Wallace, L. M., Miyoshi, M., Villamor, P., Sparks, R. S. J. and Hasenaka, T. (2011) : Geol. Soc. Am. Bull., 123, 2201-2223.
- [7] Marsh, N. G., Saunders, A. D., Tarney, J. and Dick, H. J. B. (1980) : Init. Rep. DSDP, 58, 805-842.
- [8] Miyoshi, M., Fukuoka, T., Sano, T. and Hasenaka, T. (2008) : J. Volcanol. Geotherm. Res., 171, 73-87.
- [9] 三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司 (2005) : 火山, 50, 269-283.
- [10] Miyoshi, M., Shimono, M., Hasenaka, T., Sano, T., Mori, T. and Fukuoka, T. (2010) : Geochem. J., 44, 359-369.
- [11] 永尾隆志・角縁進・松本征夫 (1992) : 松本征夫教授記念論文集, 263-271.
- [12] 永尾隆志・長谷義隆・長峰智・角縁進・坂口和之 (1998) : 山口大学機器分析センター報告, 6, 25-39.
- [13] 永尾隆志・長谷義隆・長峰智・角縁進・坂口和之 (1999a) : 山口大学機器分析センター報告, 7, 32-38.
- [14] 永尾隆志・長谷義隆・長峰智・角縁進・坂口和之 (1999b) : 岩鉱, 94, 461-481.
- [15] Nakada, S. and Kamata, H. (1991) : Bull. Volcanol., 53, 182-194.
- [16] Shinjo, R., Woodhead, J. D., and Hergt, J. M. (2000) : Contrib. Mineral. Petrol., 140, 263-282.
- [17] Wood, D. J., Joron, J.-L., Marsh, N. G., Tarney, J. and Treuil, M. (1980) : Init. Rep. DSDP, 58, 873-894.

