

コラボ No.6 (2020年10月)

NPO 法人 地下からのサイン測ろうかい

地震予知と火山噴火予知 — 半世紀を振り返って —

石原 和弘

注記：

この記事は、NPO 法人「地下からのサイン測ろうかい」（代表：佃 為成）許諾のもと、同 NPO 法人の会報「コラボ NO.6」から京都大学地球物理学教室同窓会“京大知球会”HPの本欄へ転載させていただきました。

2020年10月31日、諏訪 浩

地震予知と火山噴火予知 —半世紀を振り返って—

石原 和弘

今年是我が1970年3月に京都大学理学部地球物理学科を卒業し、大学院に進学してから50年になります。気象学を目指していたところが、京都河原町で火山の先生に偶然出会ったことから、火山の道に迷いこんでしまいました。

当時は、日本で地震予知計画が始まって5年目、大学の微小地震や地殻変動の観測所や観測点が整備され、教官・技官のポストも増え、専用回線により研究施設での地震データの集中記録が実現しました。その結果、震源決定精度が格段に向上し、精密な波形解析も可能になり、学会では若手研究者がこれらのデータを解析して次々と興味深い研究成果を発表していました。他方、火山といえば、観測点から自前で通信線を観測所まで敷設し、煤書きドラムに記録する従前の方式であり、地震予知の観測システムとは雲泥の差でした。

わたしは、火山噴火予知計画が始まった1974年に京都大学防災研究所附属桜島火山観測所に赴任し、噴火予知に係る観測研究に従事しました。ここでは、地震予知と噴火予知の歩みについての私見を披露させていただきます。

地震予知と噴火予知の草創期

地震予知連絡会による1970年の観測強化地域・特定観測地域の指定は、遠くない将来に地震予知が実現すると期待させるものでした。1975年に中国で発生した海城地震の予知成功は、当時の地震研究者に予知の可能性に確信を持たせる出来事であったでしょう。1977年初めに伊豆で開催された火山物理の研究会の際、海城地震調査団に参加された地震学の教授が語られたことが忘れられません。「地震予知はあと10年位で実用化の段階に入るだろう。うちの若い連中には、君たちの半分は気象庁に異動して地震予知の実務にあたることになると言っている。火山はずっと先のことだろうね」といったような内容でした。火山噴火予知計画は開始からまだ3年目でヨチヨチ歩きの頃です。

その後の30年間に観測強化地域・特定観測地域のほぼ半数で、1983年日本海中部地震、1995年兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）や2000年鳥取県西部地震など、マグニチュード7前後の地震が発生しました。予知に成功したか否かの評価は別として、当時の観測強化地域等の指定は妥当であったと考えます。阪神淡路大震災の発生を知った時に真っ先に頭に浮かんだのは、わたしが所属していた研究室の小沢泉夫教授の論文です。先生の論文には、六甲山の麓に長さ約10kmの断層、マグニチュード7.1の地震の発生を想定した場合の木造家屋の被害率分布が示されています（『京都大学防災研究所年報』、第17号B, 1974年, 29-39頁）。いわば、地震のハザードマップです。過去の大地震の際の家屋倒壊率と地盤調査結果をもとにした荒っぽい推定ですが、「震災の巣」など21年後の震災の様相と概ね合致しています。

噴火予知のその後の歩み

1974年に始まった火山噴火予知計画でも、地震予知計画にならい、5ヶ年計画毎に重点火山を選び、優先的な観測体制の整備や集中総合観測の実施を行いました。その結果、桜島、有珠山、伊豆大島、雲仙岳などの様々な様式の火山噴火の観測事例が積み重ねられ、噴火予知の手がかりとなる観測データと研究成果が得られました。

1998年の第6次火山噴火予知計画建議では、「何らかの常時観測がおこなわれている30余りの火山では、観測データの変化から火山活動の異常を検知して、噴火の可能性を警告する段階」あるいは「観測データの解釈に基づいて火山活動の状態を評価し、過去の噴火事例をも考慮して、噴火の発生や推移を定性的に予測する段階」にあるとの認識を示しました。この建議で、気象庁は「火山情報の質的向上と、防災情報として分かりやすく改善するために、常時監視観測火山のすべての活動度を定量的に評価する手法」、及び「火山の活動状況について迅速な情報収集と適切な評価を行うため地域火山監視センター的機能を持つ拠点の整備」について検討することを掲げ、噴火予知実用化の第一歩を踏み出しました。2001年に火山監視・情報センターを札幌、仙台、東京及び福岡に設置し、2003年からは12火山を対象とした6段階の火山活動度レベルの試行を順次開始して、定量的火山情報の実効性を検証しました。

火山活動度レベルの試行結果を踏まえて、気象庁は2007年12月に気象業務法を改正して噴火警報を開始し、予想される危険範囲に応じて5段階の噴火警戒レベルを付した情報を提供することとしました。噴火警報の運用開始により、気象警報と同様に、火山現象に係る警報も気象庁以外の者が行うことが法律によって禁止され、火山噴火予知連絡会委員を含め、研究者は法律上・行政上の噴火予知の責務から解放されました。科学者の責任が問われたイタリアのラクイラ地震裁判のような事態は回避されるでしょう。現行の噴火警報と火山監視には課題も残っていますが、計画を立案し牽引された先生方の後を継いだ一人として、2008年度末の火山噴火予知計画終了前に噴火警報が開始されたことに正直ほっとしました。

地震予知と火山噴火予知の考え方の相違

2011年2月に京都大学の宇治キャンパスで開催された地震関係の研究集会で、同年1月26日午後から始まった霧島山新燃岳の約300年ぶりの本格的マグマ噴火の経緯と前兆などについて講演しました。在京の教授から、「噴火が始まってから噴火警戒レベルを上げた。噴火予知に失敗したのではないか」との質問がありました。わたしは、「気象庁は前もって噴火警戒レベル2を宣言し、地元自治体は火口の縁から1km以内の立入を禁止していた。噴火予知失敗にはあたらないでしょう」と答えましたが、納得が得られませんでした。傍聴していた名誉教授の「予知の考え方が食い違い、議論がかみ合っていない」の一言で、予知に対する考え方が地震と火山では全く異なることを思い知らされました。

火山噴火予知に係る研究者が1987年に一般向けに作成したパンフレット『噴火をさぐる』では、「火山噴火予知の最大の目的は、その発生を予知し、危険区域外に避難することによって、人的被害を最小限に食い止めることです。そのためには、いつ（時期）、どこから（場所）、どのような（様式）噴火が、どのくらいの激しさ（規模）で発生するかを予測することが必要です。また、い

ったん噴火が始まったら、いつまで（推移）続くのかを予測することも大切です」と述べています。噴火予知は人々に危険区域外への退避を促す情報を発する社会的行為であり、他方で噴火予知は噴火予知に必要な科学技術上の取り組み・研究課題であるという認識です。

これに対し日本地震学会は、公式ホームページ上のFAQ（2017年12月修正）において「地震予測とは、地震の発生時間、地震の発生場所、地震の大きさ（マグニチュード）の一部またはすべてを地震発生前に推定することであり、地震予知とは、地震予測の中でも特に確度が高く警報につながるものと地震学会では考えています」と解説しています。地震の予知と予測は確度の違いであり、共に科学的課題であるという考え方です。

地震予知の考え方に立てば、新燃岳では予知に失敗したということになるでしょう。しかし、噴火から人命の安全を守るという火山噴火予知の目的からすると、噴火の時間や規模の正確な予測よりも、当面どのような危険（噴石、火砕流、泥流など）がどの範囲に及ぶ恐れがあるかを周知することの方がはるかに重要です。そのため噴火警報では、地元自治体が組織した火山防災協議会が作成した火山ハザードマップに噴火警戒レベルに対応する警戒区域を図示して危険範囲を周知します。津波警報についていえば、住民にとっては、津波の高さの大小よりも、津波がどの範囲まで押し寄せる恐れがあるかという情報の方がはるかに有用ではないでしょうか。

火山活動の異常が観測された時に、噴火が起きるか否かにこだわると、2014年の御嶽山のような惨事が起きます。異常を認知した時、もし噴火が起きたらどの範囲が危ないか、当面の火山との間合いの取り方を知らせることが噴火警報の目的です。

火山のハザードマップ

危険な火山現象と警戒範囲を図示したハザードマップは、自治体による避難計画策定や気象庁の噴火警報業務においても必要不可欠な資料です。約130の活火山を抱えるインドネシアでは、オランダが統治していた1930年代に既に火山のハザードマップ作成が開始され、1979年に出版されたインドネシア活火山総覧には67火山のハザードマップが掲載されています。

日本では、1978年に開始された「噴火災害の特質とHazard Mapの作製およびそれによる噴火災害の予測の研究」が火山のハザードマップ作成の始まりです。研究代表者の東京大学の下鶴大輔教授を始め約20名の地球物理及び地質の研究者が協同して、全国各地の12火山を選び、この研究課題に取り組みました。しかし、当時、富士山をはじめ活火山周辺では観光客の誘致と観光関連施設の建設、別荘地などの土地開発が急速にすすめられていて、将来起こる噴火による災害予測を図示したHazard Map（ハザードマップ）の公表は社会的問題を引き起こすと判断し、過去の大規模噴火の災害履歴を示したDisaster Map（災害実績図）の公表にとどめました。

国内外の噴火災害事例の調査結果を踏まえて、国が火山防災におけるハザードマップの有効性と必要性を認識したのは、それから約10年後のことです。国土庁防災局は、火山、砂防・土木、情報など自然災害・防災に係る分野の研究者・技術者の協力を得て、「火山災害危険区域予測図作成指針」を策定し1992

年に公表しました。この指針と国からの補助金を受けて、活火山を抱えるいくつかの自治体が、専門家と研究機関の協力を得て火山ハザードマップ作成に着手しました。とはいえ、ハザードマップは地域経済の発展を阻害するという意見は依然として根強く、広く社会に受け入れられるようになったのは21世紀に入ってからです。2000年の富士山直下の深部低周波地震の多発を契機として、富士山のハザードマップ作成が国の主導によって2001年から始まり、2004年に公表に至りました。その後、火山ハザードマップ作成の動きが全国的に加速され、現在では、噴火警戒レベルに対応する立入禁止区域、避難経路、避難施設等をつけ加えた「火山防災マップ」が50火山で公表されています。

おわりに

火山噴火予知計画は、前を走る地震予知計画を追っかけるように進んできましたが、研究者の世代交代にもよるのでしょうか、いつの間にか進む道が分かれてしまいました。決定的になったのは阪神淡路大震災を契機として地震調査推進本部が設置され、地震予知計画と地震予知連絡会の見直しが始まった1995年頃です。地震の観測研究の主たる担当省庁が文部省から科学技術庁へ移り（省庁再編後は文部科学省）、従来の数十倍の予算の裏付けのもとに、地震とGPSの観測点が全国ほぼ均等に展開され、全国的な活断層の調査も開始されました。その結果固体地球科学上の数々の研究成果が生まれ、大地震の長期予測・発生確率や震度予測、地震速報などの地震防災に係る情報も公になりました。

他方で大地震の前駆現象、前兆に係る観測研究の発表が少なく、地震学会のFAQが解説している地震予知の実現は遠のいた印象を受けます。数年前に地球惑星科学連合大会の地震予知のセッションに顔を出したところ、先輩の方々が居並ぶ同窓会のような雰囲気のもと、地下水の異常など歴史地震の前駆現象の再評価などの発表を聴講しました。その機会に佃代表と20数年ぶりにお話しし、「地下からのサイン測ろうかい」に入会することになりました。

火山噴火予知に係る研究者は「火山活動の様相は各火山の溶岩の特質によって異なり、また、時間とともに変わる複雑性を持つが、この地下のマグマの動きを各種の火山観測等により探知することが火山噴火予知につながる」という当初の路線に従って、固体地球物理、地球化学、地質・岩石、砂防、気象など様々な分野の研究者の参入と新たな観測研究手法の導入に努め、噴火警報という一つの答えにたどり着きました。噴火警報の実務においても、特定の観測や既存の知見に過度にこだわらず、様々な視点から火山を見守ることが大切です。地震予知の実現を目指すのであれば、様々な調査観測、例えば「地下からのサイン測ろうかい」が取り組んでいるような活動も大切ではないかと考えます。

石原 和弘＝NPO 火山防災推進機構理事長、京都大学名誉教授、日本火山学会
名誉会員、前火山噴火予知連絡会会長、元京都大学防災研究所長

(佃のコメント：私は地震学会員ですが、新燃岳についての石原さんのお考えに同調します。地震学会のホームページのよくある質問FAQの答えは、まえがきで学会の統一見解ではないと断っております。地震予知の説明もしかり)