

□我が国の火山活動の状況、噴火の予測

国立研究開発法人 防災科学技術研究所火山研究推進センター長

中 田 節 也

1. 我が国の火山活動状況

日本においては、海域を初め、最近では活発な状態が続いているような印象を持つかもしれない。例えば、西之島が2013年から噴火活動を開始し、2020年頃まで活発な活動を続けた。2021年8月には東京から1300kmも南の福岡ノ場で海底火山が噴火し、一旦、軽石からなる島が形成されたが数ヶ月後には海没した。この噴火によって放出された大量の軽石が、海流に乗って東に1000km以上も離れた南西諸島に漂着し、さらに黒潮に乗って本州南海岸にまで漂着した。また、同じく小笠原海域にある硫黄島は、ここ数十年間は平均して年間約1mの隆起をし続け、海岸線が海側に張り出すとともに海岸域では水蒸気噴火が頻繁に繰り返されている。他方、南西諸島においても、口永良部島や諏訪ノ瀬島では活発な噴火活動が起こっている。口永良部島では2014年噴火の後に、全島の避難が一時行われた。また、諏訪ノ瀬島は毎年のように噴火を繰り返し、桜島と並んで最も活発な火山の一つである。九州では、桜島はしばしば小噴火を頻繁に繰り返しており、阿蘇山でも数年毎に小噴火を繰り返している。霧島山の新燃岳でも2011年や2018年に中噴火を起こした。このようなマグマ噴火に加え、規模の小さい水蒸気噴火でありながら、2014年の御嶽山や2018年の本白根山の噴火では犠牲者が出た。

しかし、近年の日本の噴火活動は特に活発化してはいる訳ではない。大地震が噴火を誘発した事例が、300年前の宝永地震と富士山宝永噴火のように、稀ではあるもののいくつか知られている。そのため、2011年の東北地方太平洋沖地震の後に日本における噴火活動が活発化する可能性が指摘された。しかし、図1を見る限り、東北地震の後に噴火した火山の数に顕著な変化があったわけではない。

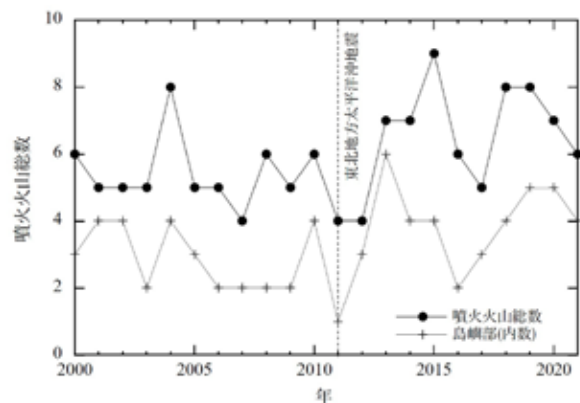


図1 日本における年毎の噴火火山数。
気象庁の「年間の日本の主な火山活動」から作成。

2. 噴火の頻度

噴火は必ずしもランダムで起こるわけではなくある程度の規則性が認められる。大きな噴火ほど発生頻度が少なく、逆に小さな噴火ほど数多く起こる。噴火の規模には、地震のマグニチュード

のように、火山爆発指数（VEI）という尺度がある。これは爆発的噴火の噴出物量で表される。噴火エネルギーのほとんどが熱エネルギーで占められ、噴出量が大きいかほど熱エネルギーが大きく噴煙が高くなる。火山灰や火砕流堆積物など、爆発的噴火によって放出された噴出物の量（ m^3 ）を常用対数で表し、それから4を減じた値がVEIとなり、整数で表される。火山学的には、VEI 1以下が小噴火、VEI 2～3が中噴火、VEI 4が大噴火、VEI 5以上になると巨大噴火と呼ばれる。御嶽山の2014年噴火はVEI 2、昨年の福徳岡ノ場の噴火はVEI 4、さらに、約300年前の富士山宝永噴火はVEI 5である。

図2には、日本とインドネシアの火山噴火の内、中噴火以上のものの発生年代を示している。日本もインドネシアも海側のプレートが沈み込んで火山活動が起きると同じマグマ発生仕組みである。インドネシアではカルデラを作った噴火（VEI 6以上）を含んで巨大噴火が比較的最近でも起きているが、日本での巨大噴火は、1923年の西表島北北東の海底火山噴火を除くと、富士山や樽前山の噴火から300年前から起こっていない。また、大噴火は、国後島の爺爺岳ちやちやを除けば、福徳岡ノ場で昨年約100年ぶりに発生したことが分かる。

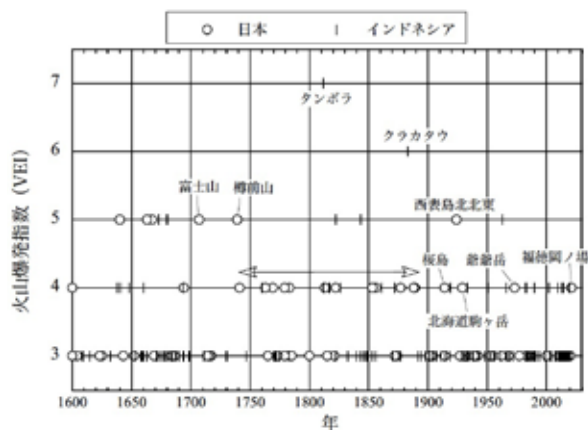


図2 17世紀以降の日本とインドネシアの中～巨大噴火の発生頻度。

米国スミソニアン(Global Volcanism Program)データベース^[1]を参照。

3. 火山噴火の種類と被害

火山噴火現象には、火山灰・火山岩塊の放出と降下、火砕流、溶岩流、火山性泥流、山体崩壊と地滑り（岩屑なだれ）に加えて、噴火に前後して地震活動や地殻変動、噴気活動（火山ガス放出）がある。これらの全ての現象がそれぞれ火山災害を引き起こす可能性があり、特に、火砕流、泥流、岩屑なだれ、さらには火山性津波（後述）などの「速い流れ」を伴う現象でこれまでに多くの方が犠牲になっている。火砕流は、火山灰と火山ガスの混合体である「灰雲」が高速で斜面を流れ下る現象で、高温とその運動エネルギーにより、流路にある障害物を薙ぎ倒し破壊する。カルデラ噴火に伴った火砕流は100km以上の距離を流れたことが知られている。また、泥流であっても100km近く流れたのが知られている。一方、最も広範囲に影響を及ぼすのが火山灰の降下（降灰）である。300年前の富士山宝永噴火では、江戸に数cmの降灰があったことから、同様の規模の噴火による首都圏への影響に関して、中央防災会議の「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ」では可能性のある被害について取りまとめている^[2]。

火山災害はしばしば連動し、複合災害となる。例えば、堆積間もない火山灰層は浸透率が低いために、小雨でも火山泥流を発生する。また、積雪時の噴火では融雪型の泥流が発生する。類似の例としては、1985年に南米コロンビアのルイス山の噴火で山頂氷河が溶け泥流が発生、80キロ以上の離れた麓街で25,000人も亡くなった。山体崩壊による岩屑なだれが海に入り込んで火山性津波を引き起こすこともある。1792年の雲仙岳では、噴火直後の地震によって眉山が崩壊し、その土砂（岩屑なだれ）が有明海に突入して津波を引き起こした。この津波によって対岸の熊本と島原半島の沿岸で計15,000人も犠牲になった。これは日本の最大の火山災害である（図3）。

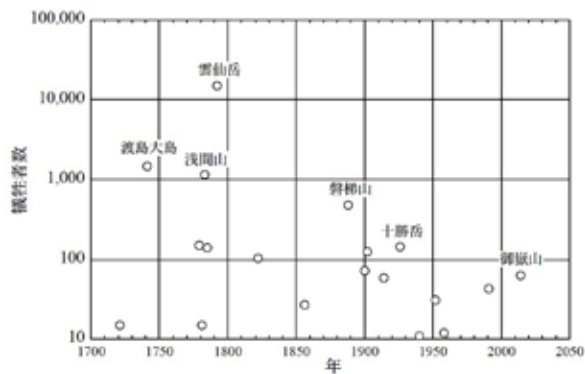


図3 18世紀以降の日本の主な火山災害。
気象庁 HP「過去に発生した火山災害」から作成。

図3では、1741年の渡島大島の山体崩壊によって発生した火山性津波、1792年の雲仙岳で発生した火山性津波（前出）、1783年の浅間山の岩屑なだれとそれが由来する江戸川の洪水、さらには、磐梯山の岩屑なだれによる犠牲者などと18,19世紀に犠牲者多いことが分かる。火山災害による犠牲者が最近少なくなったのは火山監視が行われるようになったせいもあるが、図2からも分かるように VEI 4 程度の規模の大きい噴火（図中、両矢印）に伴って、流れ現象に伴う大噴火が起こり

続けたことがその理由の一つとしてあげられる。

4. マグマと噴火

太平洋やフィリピン海などの海洋プレートが、日本列島（大陸プレート）にぶつかり、さらにその下に沈み込む場所では、海洋プレート上面から絞り出された水が直上のマントルに付加されるためにマントルの融点が部分的に低下し溶け始め、マグマが形成される。その深さがちょうど火山直下にあたる。マグマは周囲のマントルより軽いため上昇し、密度が急変する地殻の底部や、地殻中でマグマと同じ密度になる深さに溜まりマグマ溜まりを作る（図4）。そこで、周囲の地殻物質と反応しながら、結晶作用を繰り返すことによりマグマは変化し、ついには、溜まりから押し出されて地上に向かって移動し噴火に至る。

噴火には、マグマが直接飛び出す「マグマ噴火」と、地下水がマグマの熱で加熱膨張して起きる「水蒸気噴火」とがある。これらの間のもを「マグマ水蒸気噴火」と呼ぶ。噴火の原因は、(1) マグ

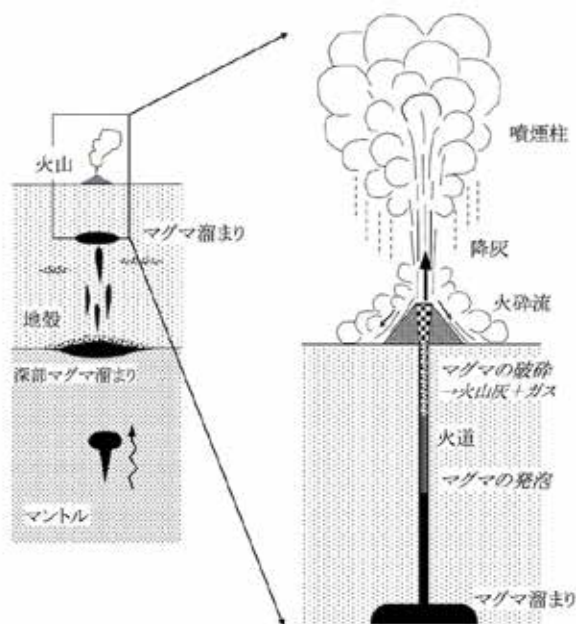


図4 マグマの移動と噴火を示す地球浅部の断面図。
左はマントルから上昇したマグマの地殻中での集積を、右はマグマ溜まりから移動するマグマの噴火例を示している。

マが泡立って膨張、(2)下からマグマが注入して体積増加、あるいは、(3)地下水が加熱し水蒸気となり膨張することによって、マグマや水蒸気が容れ物を破壊して脱出し地表に向かうことである。

マグマ中に含まれる水などの揮発性成分が体積増加に重要な役割を果たす。すなわち、揮発性成分が圧力減少、加熱、あるいは結晶化の進行によってマグマ中に溶け込んでおられなくなり泡立ち（発泡）始める。マグマ溜まりを一旦脱出したマグマは減圧によって、さらに発泡して膨らみ（軽くなって）加速して地表へ向かう。発泡を続けるマグマ中では泡どうしが連結し、泡の隔壁が消えてマグマが細かくなり（破碎し）、火山灰と火山ガスの混合物となる。この混合物は高い圧力を保ったまま空気鉄砲のように火口から脱出する（図4）。

地表へ向かって火道を上昇中の泡立つマグマから火山ガスが外に抜け出す（脱ガスする）ことができれば噴火は穏やかなものになる。溶岩流や溶岩ドームがその例である。すなわち、マグマの上昇速度と脱ガス速度のしのぎあいによって、爆発的な噴火か穏やかな噴火かが決まる。

数百 m の深さの浅海や湖底にマグマが噴出した場合にはマグマと水の反応によって激しい爆発を伴うことがある。すなわち、水と接触して冷え固まったマグマの表面に水蒸気膜が形成され、地震などが引き金となってマグマが破碎されると、水との接触面が急激に増加し水蒸気の急膨張が発生し激しい爆発につながると考えられている。2022年1月15日に南太平洋トンガで発生した海底噴火は、このようなメカニズムで発生したもので、噴煙柱が成層圏まで急速に成長拡大し、それに伴って発生した強い大気振動が地球を何度も周回したと考えられている。

5. 噴火の予測

地震や気象現象などの自然災害に比べて、火山

噴火は発生頻度が極めて少ないが、その前兆から噴火終息までが長く、数週間から数ヶ月、場合によっては数年間続く。そのため、噴火の前兆や進行度合いは他の自然現象に比べて捉えられやすい。噴火の場所やおおよその時期については、異常のシグナルを見落とさなければ、ある程度予測できるようになっているが、噴火の規模や開始後の推移、および終息についての予測はまだ困難である。

噴火に伴って地下から、高温で一定量の塊のマグマが上昇すると、新たに割って入って火道を作ったり、すでに火道を埋めている古い物質を押し退けなければならないので、地震が発生したり周囲の物質に変形が生じる。また、そこでは温度と密度が違う物質と入れ替わるために重力や熱、電気的性質に変化が生じる。さらに、先に述べたように、マグマの上昇に伴ってマグマから火山ガスが放出され、周囲や地表に向かって移動するため、発生する地震や帯水層、さらには、地表噴気に変化が生じる。これらはマグマの地表接近に伴って生じるので、それを捉えて噴火の切迫度を知ることができる。

このような異常とその変化は、地震、地殻変動（GNSS、傾斜、歪）、重力、電気磁場、温度、水位、ガス濃度などの観測で捉えることができる。また、噴火開始後にはこれらに加え、空振観測や監視カメラなど、さらには噴出物の衛星や航空機からの地形、色、熱の観測、さらには地上踏査や採取試料の分析も加わり、噴火の推移をモニターすることができる。日本では、噴火開始やその推移を予測する研究がここ約50年間行われてきた。それらの研究成果を使って、気象庁などの防災機関が大学などの研究機関と一緒に観測体制を整え、火山監視を実施している。

6. 噴火の監視

概ね過去1万以内に噴火した火山および、現在、活発な噴気活動がある火山を「活火山」としてお

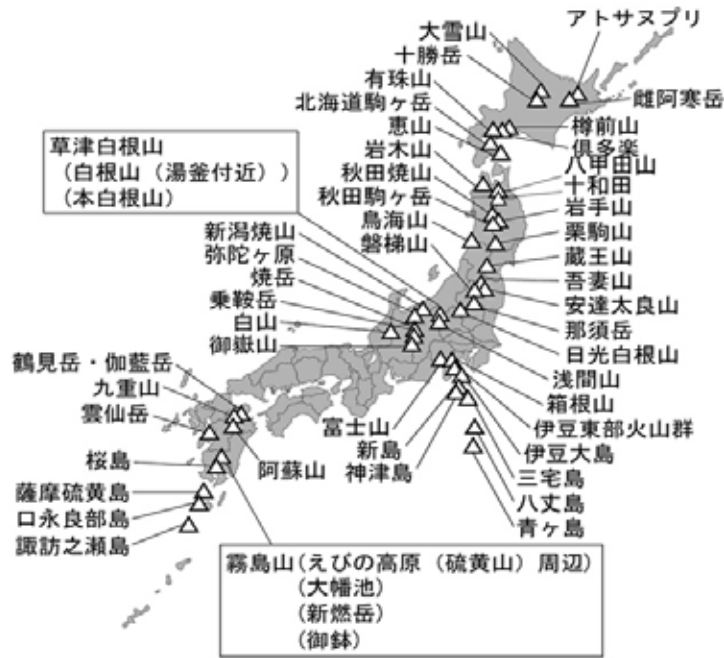


図5 気象庁の常時観測火山の分布。

気象庁ホームページによる。

り、日本には111火山が存在する。これらは火山学的な背景に基づき、当該自治体と調整した上で活火山としての認定を、気象庁長官の諮問機関である火山噴火予知連絡会において行う。これらの活火山の中で、近年噴火活動を繰り返しているもの、過去約100年以内に噴火の高まりが見られたもの、突発的な小噴火によって火口周辺に大きな被害が生じる可能性があるものなど約50を、火山噴火予知連絡会が「火山防災のために監視・観測体制の充実などの必要がある火山」として選出し、気象庁の常時観測火山としている。そこでは、地震、傾斜計、空振計、GNSS 観測装置、監視カメラなどの観測施設がされ、既設の大学などの観測点も活用し、気象庁が24時間体制で常時監視を行っている。例えば、監視カメラ画像は以下で閲覧することができる。(https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcam/volcam.php)

また、常時観測火山のほとんどにおいては、気象庁による噴火警戒レベルが導入されており(図

5)、それらの現在のレベルをHPで確認することができる(https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#6/36.271/147.535/&contents=volcano)。さらに、それぞれの火山には、周囲の自治体関係者や国の防災機関や火山専門家が加わった火山防災協議会が設置され、複数の噴火シナリオと火山ハザードマップを作成し、噴火警戒レベルに対応した避難計画の策定、およびそれに基づいた訓練や住民周知が行なわれている。

<文献>

- [1] Global Volcanism Program (2022) 噴火のデータベース。
https://volcano.si.edu/search_eruption.cfm
- [2] 中央防災会議(2020) 大規模噴火時の広域降灰対策について一首都圏における降灰の影響と対策。～富士山噴火をモデルケースに～(報告)。防災対策実行会議大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ、2020年4月、
https://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/pdf/syutohonbun.pdf