

大規模火山噴火に備える

井村 隆介^{†1}

概要：日本は活火山が多いことで世界中に知られている。火山噴火には様々な規模のものがあり、規模の大きなものほど、まれにしか起こらないが、それが起こると被害は甚大なものになる。2011年東北地方太平洋沖地震以降、「想定外をなくす」という掛け声のもとに、日本で起こりうる最大規模の地震や津波に対する防災対策がなされようとしている。とはいえ、この数万年のあいだに日本で起こった最大規模の噴火への防災対応を本気で考えると、日本列島を離れるしか方法がないということになる。数千年に1回しか起こらない現象に対して、その対策をすることは経済的に割に合わないで、現実的には数百年に1度発生する事象について、きちんと対応策を作っておくことが望ましい。そうすることによって、数千年に1回のことが起こっても、被害を小さくすることができる。

キーワード：大規模火山噴火、噴火規模、噴火頻度、防災対策

1. はじめに

2014年9月27日、長野県と岐阜県の県境にある御嶽山^{おんたけさん}が噴火した。運悪く当時火口周辺にいた多くの登山客がこの噴火に巻き込まれ、死者・行方不明者63人を出す惨事となった。しかし、この噴火は火山学的にはごく小規模なものであり、火山の多い日本列島では、これとは比べものにならないような大規模な噴火が過去には繰り返し起こってきた。本論では、日本列島の火山活動をその噴火規模と頻度の面から概観し、これからの火山防災について筆者なりの考えを述べてみたい。

2. 日本列島は約1000年ぶりの活動期に入ったか？

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の直後、北海道から南西諸島にいたる22の活火山で火山性地震が増加した[2]。20世紀後半に世界で発生した5件のマグニチュード9以上の巨大地震では、地震発生後の3年以内に周辺の火山で噴火が起こっており、日本でも東北での地震に誘発された大きな噴火が起きる可能性が指摘されている[2, 9]。とりわけ、2011年3月15日に静岡県東部で発生した地震(マグニチュード6.4)の直後には、「富士山が噴火するのではないか」との不安が広がった[1]が、幸い噴火にはいたらなかった。

2011年東北地方太平洋沖地震は、貞観^{じょうがん}十一年(869)年の三陸地方地震以来、約1000年ぶりの地震であったと言われることが多い[7, 17]。貞観年間を含む9世紀の日本では、地震だけでなく、富士山(貞観六年)や鳥海山(貞観十三年)の噴火なども相次いで発生していたこと(表1)が知られている[20]。

表1 9-10世紀に日本で起こった主な地震と火山噴火

延暦二十五(806)年	磐梯山噴火
弘仁九(818)年	関東地方地震
天長四(827)年	京都地方地震
天長七(830)年	出羽・秋田地方地震
承和四(837)年	鳴子噴火
承和五(838)年	神津島天上山噴火
承和八(841)年	信濃地方地震
承和八(841)年	伊豆地方地震
嘉祥三(850)年	出羽地方地震
斉衡三(856)年	京都地方地震
斉衡三(856)年	三宅島噴火
貞観五(863)年	越中・越後地方地震
貞観六(864)年	富士山噴火
貞観九(867)年	阿蘇山噴火
貞観十(868)年	播磨・山城地方地震
貞観十一(869)年	三陸地方地震
貞観十三(871)年	鳥海山噴火
貞観十六(874)年	開聞岳噴火
元慶二(878)年	駿河トラフ地震
元慶四(880)年	出雲地方地震
元慶四(881)年	東南海地震
仁和一(885)年	開聞岳噴火
仁和二(886)年	新島向山噴火
仁和三(887)年	南海地震
寛平二(890)年	京都地方地震
延喜十五(915)年	土和田湖噴火

下線は火山噴火

日本では平成元年(1989年)以降、兵庫県南部地震(1995年)、中越地震(2004年)や東北地方太平洋沖地震(2011

^{†1} 鹿児島大学(連絡先: imura@sci.kagoshima-u.ac.jp)

年)など、比較的規模の大きい被害地震が発生しているが、貞観年間にも播磨・山城地方地震(貞観十年)や越中・越後地方地震(貞観五年)など、三陸地方地震(貞観十一年)を含めて、近年発生した地震とほぼ同じ地域で被害地震が発生している。これらのことから、日本列島全体が1000年ぶりの活動期に入ったと考えている研究者も多い [7, 8].

火山についても2011年3月11日の地震以降、西之島(2013-2016年)、御嶽山(2014年)、阿蘇山(2014, 2016年)、くちのえらぶじま口永良部島(2014, 2015年)、浅間山(2015年)、箱根山(2015年)などで噴火が相次いで発生しており、日本列島全体で火山活動が高まっているようにもみえる [9]。しかしながら、次章で述べるように、これらの噴火は江戸時代に起こったいくつかの噴火と比べても規模が小さく、ここ数年の日本列島の状況は、とても1000年ぶりの活動期に入ったとは言い難い状態と考えたほうがよい。

3. 噴火の規模と頻度

火山の噴火規模を比較する指標としては、火山爆發度指数 (VEI: Volcanic Explosivity Index) [15] が使われることが多い [12, 14]。VEIは、過去の史料にみられる「cataclysmic (激変の)」とか「colossal (途方もない)」などの定性的な記述からもその値が推定できるようにされており [15]、噴出物のみつかっていないような過去の噴火規模についても一定の評価ができる点で優れている。しかしVEIは、噴出した軽石や火山灰などの火山砕屑物(火砕物)の量で求められるため、この方法ではハワイのように爆発を伴わずに溶岩を流し続けるような噴火の規模を評価できない。このような欠点を補うため、早川 [3] は噴出物の総重量を用いて噴火の規模を表す噴火マグニチュード(噴火M)を提唱した。噴火Mは、以下の式で求められる [3].

$$\text{噴火 } M = \log m - 7 \quad m \text{ は噴出物質量 (kg)}$$

すなわち、噴出物総量が、 10^8kg (10万トン)、 10^7kg (1万トン)、 10^6kg (1000トン)なら、噴火Mはそれぞれ1, 0, -1となる。噴火Mが1上がると、噴出物量は10倍になる。死者行方不明63人を出す大災害となった御嶽山2014年噴火の噴出物量は50万トンで、噴火Mは1.7と求められる(表2)。東日本大震災の2か月前に起こった霧島山しんもえだけ新燃岳2011年噴火(図1)の噴火Mは3.7で、御嶽山2014年噴火の100倍の規模であったが、その人的被害は爆発空振に伴う窓ガラスの破損による負傷者が1名出ただけであった [6]。噴火規模と災害規模は異なることに注意が必要である。

1914年1月12日に始まった桜島大正噴火は、20世紀に日本で起こった最大の噴火で、その噴火Mは5.6である(表3)。日本ではこの噴火以来100年以上、噴火Mが5を

超えるような噴火は発生していない。しかし、江戸時代後

表2 平成以降に日本で発生した主な火山噴火

1989 (平成元) 年	阿蘇山 (M=2.6) 東伊豆 (M=1.0)
1990 (平成2) 年	雲仙岳 (M=4.6)
1996 (平成8) 年	北海道駒ヶ岳 (M=1.1)
2000 (平成12) 年	有珠山 (M=2) 三宅島 (M=3.2)
2004 (平成16) 年	浅間山 (M=1.6)
2008 (平成20) 年	霧島山新燃岳 (M=1.3)
2009 (平成21) 年	桜島 (M=1)
2011 (平成23) 年	霧島山新燃岳 (M=3.7)
2013 (平成25) 年	西之島 (M=4.5)
2014 (平成26) 年	御嶽山 (M=2.7) 阿蘇中岳 (M=1)
2015 (平成27) 年	口永良部島 (M=1.4) 浅間山 (M=-1.4) 箱根山 (M=-2) 阿蘇中岳 (M=0.9)
2016 (平成28) 年	新潟焼山 (M=-1) 阿蘇中岳 (M=1.3)

噴火マグニチュードは、早川由紀夫氏の噴火データベース [4] による。



図1 2011年1月26日16時22分頃の霧島山新燃岳噴火の様子

半の17-18世紀には、近年の噴火とは文字どおり桁違いの規模の噴火が頻発していた(表3)。東北地方太平洋沖地震以降、マスコミに大きく取り上げられるようになった富士山の1707年宝永噴火の噴火Mは5.2で、桜島大正噴火より一回り小さい(富士山宝永噴火は、軽石やスコリアなどの火砕物を噴出する噴火に終始したため、VEIによる評価では桜島大正噴火より規模が大きくなる)。有名な浅間山の天明噴火(1783年)の噴火Mは4.8である。17世紀半ば

から 18 世紀前半にかけての北海道南部では、北海道駒ヶ岳、有珠山、樽前山の3火山で、噴火 M が 4 を超えるような噴火が数年から数 10 年おきに発生した。これら道南 3 火山の活発化は、慶長十六 (1611) 年に三陸沖北部で起きたマグニチュード 9 クラスの地震 (慶長三陸地震) によって引き起こされたとする考えもある [18] が、よくわかっていない。

表 3 17 世紀以降に日本で発生した主な火山噴火

	噴火マグニチュード	
	5 以上	4 以上
17 世紀	北海道駒ヶ岳 1640 (M=5.4) 有珠山 1663 (M=5.4) 樽前山 1667 (M=5.4) 北海道駒ヶ岳 1694 (M=5 ?)	伊豆大島 1684 (M=4.4)
18 世紀	富士山 1707 (M=5.2) 樽前山 1739 (M=5.2) 桜島 1779-82 (M=5)	新燃岳 1716-17 (M=4.2) 渡島大島 1741 (M=4.1) 伊豆大島 1777-79 (M=4.6) 青ヶ島 1780 (M=4) 浅間山 1783 (M=4.8)
19 世紀		諏訪瀬島 1813 (M=4.1) 北海道駒ヶ岳 1856 (M=4.2)
20 世紀	桜島 1914 (M=5.6)	北海道駒ヶ岳 1929 (M=4.5) 伊豆鳥島 1939 (M=4.3) 有珠昭和 1944 (M=4.2) 桜島 1946 (M=4.3) 雲仙岳 1990 (M=4.6)

噴火マグニチュードは、早川由紀夫氏の噴火データベース [4] による。

噴火 M が 4~5 の噴火は、それぞれの火山で 100 年から数百年に 1 度くらいの頻度で発生する規模の噴火と考えられている [19]。日本には 110 の活火山がある [11] から、このような規模の噴火は、数年に一度くらいは日本のどこかの火山で起こってもおかしくないことになる。

4. カルデラ巨大噴火

歴史時代 (最近 2000 年間) に日本で起こった最大の噴火は、延喜十五 (915) 年に十和田カルデラで起こった噴火で、その噴火 M は 5.7 である [4]。カルデラは、多量のマグマが火砕流として一気に地表に噴出して生じる凹地形である。カルデラの存在は、そこで過去に巨大噴火が発生したことを示している。北海道や九州には、地質時代に噴火を起こした大規模カルデラが多数分布する。カルデラを作る噴火は、噴火 M が 6.5 を超える巨大なもので、九州の阿蘇カル

デラ、始良カルデラや鬼界カルデラ (図 2) を作った巨大噴火の噴火 M は 8 を超える [3,19]。



図 2 九州の活火山とカルデラ

約 3 万年前に鹿児島湾最奥部の始良カルデラで大きな噴火が起こった。南九州でシラス台地をつくる火砕流堆積物 (図 3) の大部分は、このときの噴火によって噴出したもので、学術的には入戸火砕流と呼ばれているものである [22]。「シラス台地」という言葉は小学校の地図帳にも出てくるが、その成因を尋ねると、鹿児島県の人でもきちんと答えられる人は少ない。多くの方は「桜島が何万年もかかって降り積もらせた火山灰」と理解しているようであるが、実際には半日程度の時間に火砕流が一気に噴出して堆積したものと考えられている [21]。



図 3 南九州に広く分布する非溶結火砕流堆積物 (シラス)

この約 3 万年前に発生したカルデラ噴火が、現代に発生した場合のことを考えてみよう。噴火が全く予測されずに

発生すると、始良カルデラから半径 80km くらいの範囲、すなわち鹿児島県本土全域、宮崎県と熊本県の南部地域が火砕流にのまれ、そこに住む 200 万人あまりの人々が即死する (図 4)。火砕流は時速 100km ほどの速度で進むので、噴火が発生してから逃げることはほぼ不可能である。鹿児島市を含む鹿児島湾沿岸地域は厚さ 100m に達する火砕流堆積物に埋まる。火砕流は数百℃の温度をもって堆積し、容易には冷えない。1991 年に噴出したフィリピンのピナツボ火山の火砕流堆積物は、噴火 2 年後でも降雨のたびに二次爆発 (水蒸気爆発) を起こしていたことが知られている [16]。大規模火砕流の堆積域では、その瞬間にほぼ全ての生物が死滅するだけでなく、その後数年間にわたって人間が近づけない環境が作られる [13]。



図 4 始良カルデラ噴火のイメージ図 [10]

火砕流に覆われた地域全体から巨大な噴煙が立ちのぼり、その高さは 30km 以上に達する。火山灰は偏西風によって東に流されてその日のうちに日本全域に降り始め、数日のあいだに数十 cm 以上の厚さで日本中に堆積する。火山灰が降り続けているあいだは昼間でも真っ暗になり、降灰が止んだ後も風が吹くたびに砂嵐のように火山灰が舞う。1m² に 10cm の火山灰が堆積すると、その重量は 100kg を超える。雨が降って火山灰が水分を含むと、その重さは倍くらいになり、全国で倒壊する建物が続出するだろう。日本中の田んぼや畑も火山灰に埋もれ、全国で食糧がすぐに底をつく。通信網や交通網は、長期にわたって日本中でダウンし、救助や救援物資輸送もままならない状況が続く。山地部に堆積した火山灰は降雨によって流れ出し、土石流や洪水となって都市のある平野や盆地を襲い、生活や経済活動を行う場所がなくなる [13]。成層圏に達した細粒火山灰とエアロゾルは、地球全体に拡散し、太陽を隠して地球規模の寒冷化を引き起こす (いわゆる火山の冬)。寒冷化は飢饉をもたらし、途上国だけでなく先進国でも多くの餓死者を出すことになるかも知れない。

カルデラ巨大噴火は、めったに起こらないが、もし起これば世界中が深刻な事態に陥る自然現象である [19]。これらの規模の噴火に対しては、通常の防災対策はまったく意味を持たない。横山 [22] は、「巨大火砕流の諸特性を考えると、結局は、巨大火砕流に関しては、それが起きないことをただ祈るほかはないように思われる」と述べている。世界で最後に起こったこの規模の噴火は 7300 年前の鬼界カルデラの噴火である。このような大規模噴火は、日本全体では今後 100 年のあいだに 1%程度の割合で発生すると考えられている [19]。

5. これからの火山防災

現在の日本列島が 1000 年ぶりの火山活動期であるとする考え方 [9] は、やや誇張な表現であることはすでに述べたが、20 世紀後半の日本がそれ以前に比べて火山活動が低調であったことは間違いない。日本では、1914 年の桜島大正噴火以来 100 年以上、噴火 M が 5 を超える噴火は発生していない。歴史に照らせば、20 世紀後半の高度経済成長期に発達した日本の大都市のシステムが、数百年に 1 回というような規模の噴火をいずれ経験することになることは確実である。



図 5 2015 年 2 月 14 日 19 時 48 分の
桜島昭和火口の爆発

桜島は、今後 10 年から 20 年のあいだに大正噴火発生直前のマグマ蓄積レベルに達すると考えられており、大規模噴火への警戒が必要な状態にあると言われている [5]。桜島では 1 年間に 1000 回近い爆発的噴火 (図 5) が観測されているため、桜島を眼前に臨む鹿児島市民は、そのことをそれほど深刻に受け止めていないようにみえる。近年の桜島の爆発の規模 (噴火 M=0) が大正噴火クラスのそれ (噴火 M=5) の 10 万分の 1 程度でしかないことを理解している人は少なく、その多くは現在の活動の延長上に大正噴火

規模の噴火をイメージしているようである。噴出物量が5桁も異なると、防災は別次元の対応が求められると言ってよい。数百年間隔で発生した、桜島大正噴火(1914年)や桜島安永噴火(1779-82年)で起こったことを、鹿児島に住む人たちは、きちんと理解しておくことが重要である。

一方で、数千年や数万年に1回しか起こらないが、起こると大規模な災害をもたらす事象、とりわけカルデラ巨大噴火に対して、それを想定した防災対応をすることは、経済的に成り立たないだろう。1000年や10000年に1回の規模の噴火も起こりうることを理解したうえで、すなわち「自然にはかなわないという覚悟」を決めたうえで、数百年に1回の規模の噴火にきちんと備えるのが一般には現実的と考える(ただし、原発などの重要施設に関しては、これより安全側への対応が必要である)。東日本大震災を引き起こした地震は、1000年に1回の規模のものであった[17]から、これまでの100年に1回の地震津波を想定した対策では間に合わなかった部分があった。しかしながら、東北地方太平洋沿岸では100年に1回の地震・津波に備える対策が行われていたからこそ、あれだけの被害ですんだのではないだろうか?

「想定外をなくす」の掛け声のもとにゼロリスクを求めて巨大カルデラ噴火への防災対応をしていると、日本自体に住めなくなってしまうことを私たちは理解しておく必要がある。

謝辞 火山噴火の規模と頻度については、群馬大学の早川由紀夫さん、静岡大学の小山真人さんに普段からたくさん議論していただいている。また、日本ソーシャルデータサイエンス学会事務局の皆さんには本論を発表する機会をいただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- [1] アエラ編集部, “富士山 噴火と崩壊の恐怖”, AERA, 朝日新聞社, 2011年12月12日号, pp. 10-15 (2011).
- [2] 藤井敏嗣, “火山防災の課題と展望”, 砂防と治水, Vol. 47, No. 1 (第218号), pp. 87-89 (2014).
- [3] 早川由紀夫, “噴火マグニチュードの提唱”, 火山, Vol. 38, No.

- 6, pp. 223-226 (1993).
- [4] Hayakawa, Y., “HAYAKAWA's 2000-YEAR ERUPTION DATABASE,” (2016). <http://www.hayakawayukio.jp/database>
- [5] 井口正人, “2015年8月15日に桜島で何が起きたか”, 西部地区自然災害資料センターニュース, No. 54, pp. 9-12 (2016).
- [6] 井村隆介, “霧島山新燃岳噴火をよむ-約300年ぶりの本格的噴火”, 科学, Vol. 81, No. 4, pp. 348-351 (2011).
- [7] 磯田道史, “天災から日本史を読みなおす 一人に学ぶ防災”, 中央公論新社 (2014).
- [8] 鎌田浩毅, “火山と地震の国に暮らす” 岩波書店 (2011).
- [9] 鎌田浩毅, “地学ノススメ 「日本列島のいま」を知るために”, 講談社 (2017).
- [10] 環霧島会議, “ふるさとの山 霧島山”, 環霧島会議 (2010).
- [11] 気象庁, “日本活火山総覧(第4版)”, 気象庁 (2013).
- [12] Mason B.G., Pyle, D.M. and Oppenheimer, C., “The Size and Frequency of the Largest Explosive Eruptions on Earth,” *Bulletin of Volcanology*, Vol. 66, Issue 8, pp. 735-748 (2004).
- [13] 守屋以智雄, “噴火と原発”, 科学, Vol. 84, No. 1, pp. 103-108 (2013).
- [14] 中田節也, “火山爆発指数 (VEI) から見た噴火の規則性”, 火山, Vol. 60, No. 2, pp. 143-150 (2015).
- [15] Newhall, C. G., Self, S., “The Volcanic Explosivity Index (VEI): An Estimate of Explosive Magnitude for Historical Volcanism”, *J. Geophys. Res.*, Vol. 87, pp. 1231-1238 (1982).
- [16] Pierson, T. C., Daag, A. S., Delos Reyes, P. J., Regalado, M. T. M., Solidum, R. U., and Tubianosa, B. S., “Flow and Deposition of Posteruption Hot Lahars on the East Side of Mount Pinatubo, July-October 1991,” in Newhall, C. G. and Punungbayan, R. S. (eds.), *Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo*, Philippines, pp. 921-950, Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Quezon City and University of Washington Press, Seattle (1996).
- [17] 島崎邦彦 “超巨大地震, 貞観の地震と長期評価”, 科学, Vol. 81, No. 5, pp. 397-402 (2011).
- [18] 高橋栄一, “巨大地震により火山活動が長期的に活性化される可能性について”. 日本地球惑星科学連合 2016年大会予稿, SCG62-01 (2016).
- [19] Tatsumi, Y. and Suzuki-Kamata, K. “Cause and Risk of Catastrophic Eruptions in the Japanese Archipelago,” *Proceedings of the Japanese Academy*, Ser. B. 90, pp. 347-352 (2014).
- [20] 津久井雅志, 斎藤公一滝, 林幸一郎, “伊豆諸島における9世紀の活発な噴火活動について —テフラと歴史史料による層序の改訂—”, 火山, Vol. 51, No. 5, pp. 327-338 (2006).
- [21] 山元孝広, 千葉達朗, 松永義徳, 宮本輝, 田中倫久, “巨大火山噴火の影響範囲評価のための地理情報システム構築”, 火山, Vol. 54, No. 2, pp. 73-80 (2009).
- [22] 横山勝三, “シラス学 —九州南部の巨大火砕流堆積物”, 古今書院 (2003).