

□噴火イベントツリー、火山災害

リスク評価を活用した火山防災

宇都宮大学教育学部 中村 洋一

はじめに

噴火警戒レベルが気象庁によって2007年12月から導入されて、火山周辺自治体は噴火活動のレベルに対応させた規制や避難などの防災対策をすすめることになった。

各自治体がこれまでに整備してきたハザードマップや地域防災計画による火山防災体制では、時系列で活動レベルが変動していくことに即応していくのは後述するような理由で容易でない。そこで、あらたな視点による防災体制の検討が求められている。

海外の火山国で最近導入されて注目されているのは、確率論的予測やリスク評価の手法を取り入れた火山防災体制である。わが国ではまだほとんど導入がされていないが、こうした火山防災の取り組みとしての噴火イベントツリーと火山災害リスク評価について、導入事例もあわせてとりあげて紹介する。

日本の火山噴火の活動規模と頻度

わが国では108の活火山が気象庁によって指定されている。これらの活火山の過去

1000年での噴火活動を、気象庁やスミソニアンGVP(Simkin&Siebert, 1994)などの資料をもとに、噴火発生年と活動規模を火山爆發指数(VEI;Newhall&Self, 1982)を推定して集計した(図1)。過去1000年間でVEIが1以上の噴火数は約220あった(他に規模不明ないしVEIで1程度の記録数が約50)。噴火記録の精度がよい過去500年では、VEI=5、4、3、2、1の噴火は6、20、31、33、51であった。最近約100年では小規模活動が大幅に増えているが、記録の精度と保存が向上していることによる。これらの結果から、わが国での噴火の発生頻度はVEIで1程度が4~5年間に1回、VEIが2~3で10~15年に1回、VEIが4~5で5~80年に1回の頻度で発生していることになる。粗い見積もりで見れば、わが国の各火山でそれぞれの規模の噴火の発生頻度はこの1/100程度となる。

過去1万年間での世界の噴火活動は、VEI=5、4、3、2の噴火数が84、278、868、3477と報告されている(Simkin&Siebert, 1994)。噴火活動がVEIで2~3の頻度は、世界と日本ではほぼ同じ傾向である。最近30年間でみると、わが国ではほぼ5年間に1回程度の頻度で噴火(VEIが

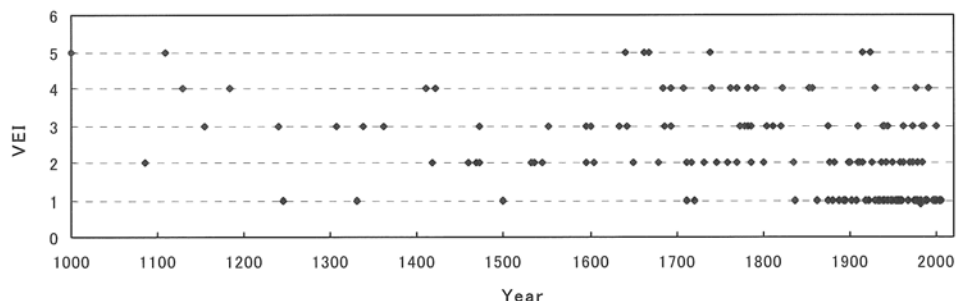


図1. 日本の過去1000年で発生した噴火活動の火山爆発指数
噴火活動の火山爆発指数 (VEI) は整数値に丸めて示した。

1程度)が繰り返されてきた。2000年以降ではこうした規模の噴火は発生していないが、10~20年間程度の活動静穏期は過去500年間では何度かあった。現在の科学技術では噴火発生時期の精度よい予測は困難であるが、確率的にみれば早晚発生するとみるべきで、規模の大きい噴火も含めてあらたな防災対応のあり方を検討しておくことが望まれる。

噴火イベントツリーと噴火シナリオ

活火山地域の各自治体では、これまでハザードマップ(防災マップ)や地域防災計画を作成して、防災体制や防災施設の整備をすすめてきた。これらは災害経験や改訂作業などによってかなり改善されている(中村, 2009)。しかし、こうしたマップの多くが噴火規模を想定しての複数の災害要因による予測図を同一図に示しているために、図が複雑で加害現象が同時に想定地域で発生するなどの誤解が生じやすかった。

また、地域防災計画には多様な火山災害要

因が列記されていて、対策本部や現場が有時に適切な防災対応をとるためにはある程度の基礎的理解と習熟が必要となる。一方で、自治体防災担当者の多くは数年程度で担当替えとなることが多く、十分な習熟者の養成が難しいのが実情である。

火山災害では活動推移で発生した加害要因に、適切な防災対策を迅速にすすめることが被害軽減に有効となる。そのためには海外の火山国での導入実績から、噴火イベントツリーの作成が効果的な防災対応のひとつとされている。対象火山で可能性の高い噴火様式や規模などを想定して、時系列的に予測される火山現象(イベント)を抽出して、系統樹(ツリー)構造で示す。活動推移のある時点で予測されるのは、発生頻度は高いが災害規模は小さめの現象や、頻度は低いが大規模災害となる現象がある。それぞれの発生確率を見積もり(数値や確率ランクで)、確率系統図にする(図2)。それぞれの分岐予測に必要な観測データの検討をしておくことも有効となる。このようにして作成された噴火イベントツリーを検討し、可能性の高い推移、あるいは典型的な活動

推移を時系列的に抽出し、噴火シナリオを作成して、必要となる防災対応などを付記する。これらの整備によって活動推移に対応する防災対策の準備や立ち上げが進み、対象地域の住民避難などが迅速となる。精度の良い噴火シナリオを作成することで、噴火警戒レベルの変化にダイナミックに対応できる効率的な防災体制の構築が実現可能となる。

火山災害リスク評価

火山現象は活動の様式と規模が多様で、火山災害も活動そのものに由来する一時的要因に加えて、随伴的あるいは活動後の二次的要因でも発生する。また、活動も長期化することがあり、要因の複合化や、対象地域の変動などもある。したがって、火山災害は他の自然災害に較べて被害の規模や対象地域も多様となる。

リスク(危険度)評価は1970年代のオイルタンカー事故でのリスク対応を契機に、1980年代の金融デリバティブズのリスク処理で進展し、1990年代には大規模災害などを含む多くの分野で採用され、様々な手法が開発された。リスクとはハザード(好まざる想定外の結果を引き起こす出来事、状態、環境)によって引き起こされる意図と反する生命や財産の損失の可能性である(OHSAS、FAAOrder8040.4;など)。自然災害のリスク評価には、自然現象によるリスクそのものを解析するリスク分析がまず必要となる。自然災害リスクは、ハザード(Hazard)、脆弱性(Vulnerability)、価値(Value)あるいは

結果(Consequence)の要素から構成される。リスク分析後にはリスク評価、さらにリスク管理やリスク削減のプロセスが提案されている(Blong, 2001;UN/ISDR, 2004など)。

火山地域での災害リスク評価の手法では(NWES:USGS, 2005;Wbods, 2007など)、対象火山のハザードとしては、活動の再起性あるいは発生間隔(Recurrence/Intervals)、発生確率(Probability)、規模(Magnitude)、空間的規模(SpatialExtent)などである。脆弱性は、暴露度(Exposure)、感応度(Sensitivity)、回復度(Resilience)で、対象地域の自然環境あるいは社会環境が対象となる。価値(Value)あるいは結果(Consequence)は、失われる可能性の値(ValueatRisk)を算出する。これらの項目から火山災害リスク評価をすすめる。火山災害では加害要因の抽出作業は特に重要で、これによって被害状況が質的にも量的にも全く異なる結果となることがある。したがって、中・長期的かつ広い視野による要因ごとの人的あるいは物的損失の危険度(リスク)評価を対象火山地域で予めすすめることが重要となる。

わが国では活火山の近傍地域まで生活空間として利用されているため、ハザードとしてのわが国の火山のもつ特性もさることながら、対象地域のもつ自然環境や社会環境が大きく結果に影響するので、脆弱性の項目抽出は評価作業として注意が必要となる。わが国で火山災害リスク評価を実施する場合の主要項目としては、ハザードが対象火山の活動様式、噴火の規模と頻度、噴火災害実績、脆弱性が地形、水系、気象などの自然環境、人口、社会基盤、経済活動、諸施

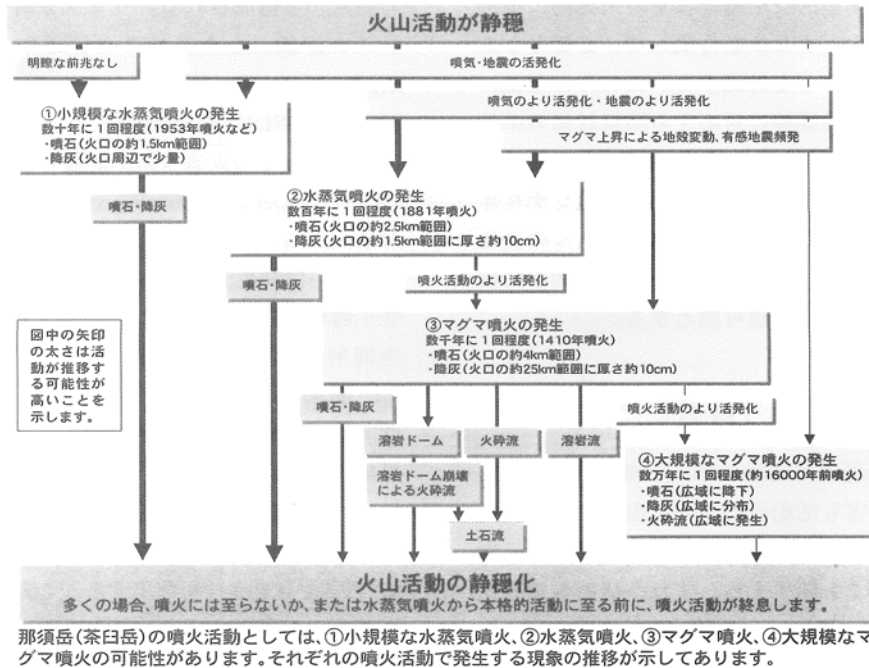


図2. 那須火山での噴火イベントツリー (改訂版火山防災ハンドブックより)
 検討委員会報告書での噴火イベントツリーを「火山防災ハンドブック」のために簡略化した。

設などの分布状況などの社会環境、さらに観測体制、防災施設、防災計画・訓練、防災意識などの地域防災体制となる (Nakamura, et al., 2008)。

那須火山での火山防災検討の事例

那須火山(茶臼岳)はランクBの活火山で、周辺地域には大規模な観光施設や別荘地が分布している。茶臼岳は過去約1万年に6回のマグマ噴火(VEI=3程度)をしている。水蒸気爆発で開始して降下火砕物を噴出、活発化後にマグマ噴火に移行して火砕流や溶岩の噴出となるのが典型的な経過である

(山元・伴, 1997 など)。有史時代では1408-1410年噴火活動で死者180余名と牛馬多数の犠牲を出した。最近では1881年などの水蒸気爆発型活動となっている。

こうした、那須火山の過去の噴火活動の規模と発生頻度は、先に示した日本全体としての傾向とも調和的で、わが国の典型的な噴火活動の履歴をもっている。

那須火山の噴火警戒レベル導入に際して、那須岳防災委員会に警戒レベル導入検討委員会を設置し、噴火イベントツリー(図2)、さらに噴火シナリオを検討した。

さらに、自治体や関係機関からの地域基礎資料を地理情報システム(GIS)に収録して整理分析し、災害リスクの評価をし、リス

クマップ(火山危険度マップ)を試作した(図3)。これらの報告結果をふまえて、火山防災委員会では噴火警戒レベルに対応させた地域防災計画の暫定要領の策定、および火山防災マップとハンドブックの改訂版を作成した(那須町、2009,2010)。

那須岳地域の火山災害リスクの評価結果をみると、火口南東麓の水系沿いに温泉地帯が分布し、その周辺地域に観光施設や居住地、さらに公共施設(防災施設を含む)が分布している。このため、想定される火砕流や泥流などへのリスク評価値は火口近傍の10km以内地域で高くなっている(評価手法

と結果についての詳細は、検討委員会報告書を参照)。この結果は、米国の活火山でのNVEWS(USGS)のリスク評価の結果と比較しても(評価手法に差異があるので、同一手法で換算)、那須岳地域は高リスク評価となった(Nakamura, et. al., 2008)。

日本の活火山地域は温泉地帯をもつ観光地であることが多いので、高リスク評価が想定される。火山周辺自治体では中・長期的な防災対策をすすめる際に、公共施設などを水系から離れた高標高の低リスク地域に移設していくなどの対策の必要性が示唆される。

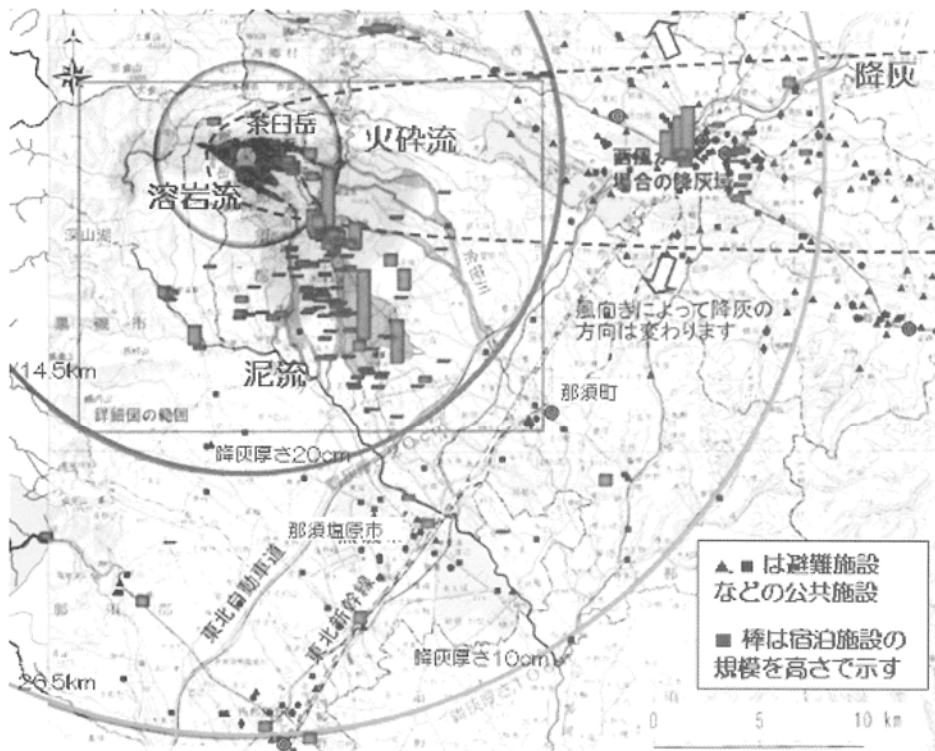


図3. 那須岳火山の火山リスク評価の結果(噴火警戒レベル導入検討委員会報告書)
那須岳周辺地域の各種施設の分布状況を火山防災マップ図に示した。

おわりに

近年、自然災害への効果的な防災システムとしてリアルタイム型のハザードマップ作成システムの導入が期待されている。このシステムでは災害が予測される加害現象の発生に即応して、リアルタイムでハザードマップを作成するシステムで、減災効果の高い適切な防災対応をとるためには効果的とされている。しかし、火山災害のリアルタイムハザードマップ作成システムの導入には、火山現象の科学的な理解、噴火現象の精度良いシミュレーション、火山監視の常時観測体制、地域基礎情報の整備などが必要とされる。現況ではわが国はこれらがまだ十分に整備されてはいない。

わが国の活火山地域の多くは、観光施設、宿泊施設、別荘地、商業施設、住民居住地域、防災施設を含む公共施設や交通網などが火山周辺地域に展開している。噴火警戒レベルの導入を契機として、噴火イベントツリーと噴火シナリオ、さらには災害リスク評価が実施されるなどして防災基礎インフラが整備されることで、リアルタイムハザード

ド作成システムの導入も可能となる。火山周辺自治体でのこうした火山防災体制の検討と整備が今後は期待される。

主な引用文献

- Ewert, J. W. et. al. (2005) the National Volcano Early Warning System (NVEWS). USGS Open-file report 2005-1164.
- 中村洋一(2009) 火山ハザードマップと火山防災。「火山爆発に迫る」(井田・谷口編集), 東京大学出版会, p. 183-197.
- Nakamura, Y. et. al. (2008) Mitigation Systems by Hazard Maps, Mitigation Plans, and Risk Analyses Regarding Volcanic Disasters in Japan. J. Disaster Res, 3-433, 29-304.
- 那須岳火山火山防災委員会(2009) 那須岳火山噴火警戒レベル導入検討委員会報告書. 那須田丁, 79PP.
- 那須岳火山火山防災協議会(2010) 那須岳火山防災マップ(改訂版), 那須岳火山防災ハンドブック(改訂版). 那須町
- Simkin&Siebert(1994) Volcanoes of the World. Global Volcanism Project, Smithsonian Institution, Geoscience Press.
- UN/ISDR(2004) Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives. International Strategy for Disaster Reduction, United Nations.