

富士山の火山防災マップと防災対策の展望

荒牧重雄*

Volcanic Disaster Mitigation Maps of Fuji Volcano and Overview of Mitigation Programs

Shigeo ARAMAKI*

Occurrence of low frequency volcanic earthquake swarms in winter of 2000 and spring of 2001 directly beneath Fuji volcano prompted a nation wide drive to promote volcanic disaster mitigation program for the future eruption of Fuji volcano. Committees were formed to review the volcanological records of the volcano and investigate the feasible plans for disaster mitigation. This was the first case of the involvement of the national government (cabinet office) in volcanic disaster mitigation. Main emphases included creation of a series of hazard maps and guidelines for volcano monitoring, communication, evacuation and other emergency plans. Based on volcanological data especially for the past eruptions in the last 2200-3200 years, efforts were made to prepare maps based on numerical simulation and other quantitative methods. The area most likely the future vent will be formed extends from the summit crater in the directions NW and SE. Hazard maps include lava flows, ballistic projectiles, pyroclastic flows, pyroclastic falls, debris flows, and other volcanic phenomena. During the review, an estimation of economical damages during an eruptive event comparable to the 1707 (Hoei) eruption of Fuji volcano was made. It was estimated that the economic loss including damages on houses, life lines, roads, railways and airways, various manufacturing industries, tourism etc may amount to 2.5 trillion yen (200 billion US dollars). However, loss of human life will be almost nil.

Relatively small scale maps were prepared for the general public informing the basic data of future eruptions. A series of detailed maps were made for the specialists who will be involved in emergency action. It was emphasized that larger scale hazard and risk maps should be made in the immediate future by the local governments, such as cities, towns and villages based on smaller scale maps prepared by the present committee.

Finally, committee reports stress that many volcanic areas in Japan are the places of active tourism which draw millions of tourists. Many national parks are the sites of recreation and people benefit from volcanic environment a great deal. Thus the negative side of volcanic activity is closely linked with the vast positive merits. It is emphasized that the public education of volcanic phenomena are very important for mitigating disasters while it will at the same time enhance greatly the promotion of environmental education and outdoor recreation.

Key words: Fuji volcano, hazard maps, volcanic disaster mitigation

1. 富士山・火山防災のきっかけ

富士山の火山防災関連の動きには、2000年10月に始まった低周波地震の群発が転回のきっかけを与えた。それに先立つこと10年くらい前から、旧建設省富士砂防工事事務所を中心として、委員会などを設置し、富士山の火山防災へ向けて、一般住民への周知の努力が続けられていた。

しかし、地元の抵抗は大きく、災害予測図が不可ならば、せめて噴火実績マップを配布したいという関係者の努力でさえ、拒絶反応に遭う有様であった。このような反応は、富士山に限ったことではなく、たとえば有珠山の2000年噴火に先立つこと数年以前までの、地元識者の反応も似た

ような状態であった。

富士山をめぐる否定的な雰囲気醸成された原因のひとつは、「富士山大爆発 - 運命の1983年9月X日」という題の本が出版されたことであるといわれる(相良, 1982)。この本の著者の論旨は、富士山が1983年の9月のある日に大噴火をするであろうということであるが、その論拠は現代の火山学の理論あるいは通説とはかけ離れており、学術的には議論に値しないものであると考えられる。

この本の出版は、それなりに地域住民に衝撃を与えたらしく、うわさによると、観光客の顕著な減少を引き起こしたという。もし事実ならば、地域の観光産業の関係者にとっては悪夢のような記憶として残ったことであろう。

しかし、有珠山においても2000年3月の噴火に先立つ数年以内には、地元の識者の中には、火山防災の問題を前向きに受け止めようとの発言が出てきたように、富士山北麓においても2000年後半には、地方自治体の首長が「前向きに火山防災に取り組む・・・」旨の発言がなされるよ

* 〒403 0005 山梨県富士吉田市上吉田字剣丸尾 5597 1
山梨県環境科学研究所
Yamanashi Institute of Environmental Sciences
5597 1, Kenmarubi, Kami yoshida, Fuji-Yoshida, Yamanashi
Prefecture, Japan

表1 富士山火山防災協議会の構成（富士山火山防災協議会規約から抜粋）。

Table 1. Memembr list of the Council of Volcanic Hazard Mitigation (Excerpt form Committee Memorandum)

本協議会は、富士山の火山防災に関係する、以下の都県、市町村、国の防災関係機関により構成する。
東京都、神奈川県、山梨県、静岡県、小田原市、秦野市、南足柄市、山北町、箱根町、富士吉田市、上九一色村、山中湖村、富士河口湖町、鳴沢村、富士宮市、富士市、御殿場市、裾野市、小山町、内閣府（防災担当）、総務省（消防庁）、国土交通省（河川局、気象庁、関東地方整備局、中部地方整備局、東京管区気象台）

うになってきた。

ちょうどその頃（10月から12月にかけて）、富士山直下で低周波地震が群発したのであった（鶴川 2007, 他）。また翌年の4月末から5月の初めにかけても低周波地震が多発した。震源の深さに特に変化はなく、また異常な地殻変動が観測されていないことから、火山噴火予知連絡会において、ただちに噴火等活発な火山活動に結びつくものではないとの見方が示された。

マスコミがこの地震を大きく取り上げだしたのは2001年になってからであるが、騒ぎが大きくなってゆくと、国の機関が防災対策についての調査に乗り出してきた。こうして発足したのが、内閣府におかれた「富士山火山ハザードマップ検討委員会」である。

2. 内閣府を中心とした火山防災対策の調査・策定の動き

2001年7月に、国および関係する都県、市町村により「富士山火山防災協議会（最初は富士山火山ハザードマップ作成協議会と呼ばれたが2002年6月に名称を変更した）」が設置され、火山防災対策の確立と、それらの基礎となる火山ハザードマップや火山防災マップの作成などを行うこととなった（表1）。富士山火山防災協議会の諮問に基づき、「富士山ハザードマップ検討委員会」が設けられた（表2）。表12から明らかかなように、このプロジェクトは内閣府、総務省、国土交通省の3部局が平列して事務局となっているが、実際の運営は、内閣府（地震・火山災害担当）が中心となって行われた。

火山防災に関するこのように大掛かりな検討プロジェクトは日本では最初のケースであり、とくに、国レベルの機関が多数関与する例では、唯一のものといえる。

それまでも世間の耳目を集めた噴火の事例は数多くあり、ハザードマップも30余の火山については作成済みであったのだが（中村 2005）、いずれも都道府県レベル、あるいは市町村レベルの事案として処理されてきた。このような行政の取り組みは、「災害対策基本法」の考え方をそのまま踏襲したものと理解される。災害対策基本法には、ハザードマップという言葉は使われていないが、マップは「地域防災対策」の一部であるというように解釈が可能であろう。

なお、「ハザード」という語は、火山活動によって発生する物理的な破壊作用に限られ、人命の喪失や、経済的な損害まで含める「リスク」という語とは、厳密には区別さ

れる。そこで、検討委員会の最終報告書などでは、「ハザードマップ」の代わりに「防災マップ」と表記することにしている（荒牧, 1993）。

将来の富士山の噴火活動を考えると、宝永4年（1707年）のような大噴火が起きると、山梨・静岡・神奈川県から東京都を含む広域に大きな被害を与えることが予想される。このような規模の大噴火の災害を防ぐためには、複数の都県が協力し、さらに国レベルの諸機関が関与して、防災対策を検討する必要があると考えられ、このような枠組みが作られたのである。

プロジェクトの実施に当たっては、まず富士山の火山活動についてのこれまでの科学的知見をまとめることから始まったが、現状の知識では大変不足であることがすぐに明らかになった。そこで急遽、必要最小限の現地調査が行われ、同時に過去の噴火災害の記録の収集も行われた。調査には、国内のほとんどすべての調査コンサルタント会社が動員され、短時間に多くの資料が集められた（末尾の謝辞を参照）。関係者の熱意のおかげで、予想に反して、富士山の過去の噴火活動は多くの様式を含むことが判明し、例えば火砕流も複数例発見され、玄武岩質の火山として、富士山では火砕流はあまり発生しないであろうという、これまでの予断を覆すにいたったことがある。

富士山には例外的に、測火口が多いことが特徴であるが、これを利用して過去の噴火事例を多数同定し、少数例ながら出来るだけ定量的な噴火活動の見積もりをしようとの努力がなされた（宮地、博論）。また、溶岩流などの流れ現象を中心として、数値シミュレーションを活用し、危険区域を定量的に推定することに力を注いだ。ハザードマップ作成作業の相当部分は、1992年（平成4年）に発行された国土庁による「火山噴火災害危険区域予測図作成指針」の内容を発展させて実行された。実際には1992年当時、すでに富士山もケーススタディのひとつとして、かなりの数のハザードマップが試作されたのだが、上に述べた理由で、地元地方自治体が積極的に、国からの補助金を受けてマップを作成するにはいたらなかったのであった。

2002年6月には、検討委員会は協議会へ中間報告書を提出し、それに基づいて地方自治体や地域住民への説明・調整が繰り返し行われた。2004年6月末には、富士山火山防災協議会へ最終報告を提出し（富士山ハザードマップ検討委員会 2004）、検討委員会は解散した。

この報告書の提出を受けて、2004年11月に協議会は富士山火山広域防災検討会へ広域防災対策の諮問を行い、同

表2 富士山ハザードマップ検討委員会の構成（肩書きは就任当時の役職）.
Table 2. Member list of the Review Committee of Volcanic Hazard Mitigation (RCVHM).

委員長	荒牧 重雄	東京大学名誉教授
副委員長	新谷 融	北海道大学大学院農学研究科教授
委員	池谷 浩	(社)砂防学会理事
"	石川 芳治	京都府立大学農学部助教授
"	石原 和弘	京都大学防災研究所教授
"	井田 喜明	東京大学地震研究所教授
"	鶴川 元雄	防災科学技術研究所固体地球研究部門総括主任研究員
"	宇都 浩三	産業技術総合研究所地球科学情報研究部門火山活動研究グループ長
"	小山 真人	静岡大学教育学部教授
"	林 春男	京都大学防災研究所巨大災害研究センター教授
"	廣井 脩	東京大学社会情報研究所所長
"	藤井 敏嗣	東京大学地震研究所教授
"	水山 高久	京都大学大学院農学研究科教授
"	宮地 直道	農業技術研究機構野菜茶業研究所葉根菜研究部土壌肥料研究室長
"	山崎 登	NHK 解説委員
"	吉井 博明	東京経済大学コミュニケーション学部教授
"	布村 明彦	内閣府参事官
"	務台 俊介	総務省消防庁防災課長
"	岡本 正男	国土交通省河川局砂防部砂防計画課長
"	小宮 学	国土交通省気象庁地震火山部管理課長
"	北崎 秀一	山梨県総務部長
"	田邊 義博	静岡県防災局長
"	友井 国勝	神奈川県防災局長

オブザーバー

神奈川、山梨、静岡の各関係県市町村、東京都、防衛庁運用局、文部科学省研究開発局、農林水産省林野庁、国土交通省（総合政策局観光部、関東地方整備局、中部地方整備局、国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター、東京管区気象台、国土地理院）

事務局を内閣府、総務省、国土交通省に置く。

検討会は2005年9月に最終報告書を提出した（富士山火山広域防災対策検討会 2005）。この検討会と同時に、富士山火山共生ワーキンググループが作られ、防災と同時に火山の恩恵を十分に活用し、火山と共生する方策について検討を行った。

これらの報告書は本文だけでも総計430ページ以上にのぼるが、そのすべては、ハザードマップも含めて、内閣府のホームページからダウンロードすることが可能である（表3）。

これら全ての調査検討の成果を踏まえて、中央防災会議は2006年2月に「富士山火山広域防災対策」のとりまとめを行った。2001年の改編以来、国の防災政策の最高機関である中央防災会議の席上では、これまで、火山災害に関する重要な計画が議題に上ることはなかった。「富士山火山広域防災対策」の策定は、近年の日本の火山防災政策の重要な一里塚となったわけであるが、見方によっては、それまで火山災害は、他の自然災害と比べて、あまり重視されてこなかったということもできるだろう。

以上に述べた調査活動はすべて、国レベルの委員会であ

ったがために、広域にわたる、原則的、概括的な議論に限られるという制約があった。作られた防災マップも富士山火山全域をカバーする、小縮尺のものに限られ、防災のガイドラインも包括的なものに止まった。その反面、投入された予算や時間に比例して、調査・研究の範囲が広げられ、個々の火山について作られた従来のマップに比べて、掘り下げた議論がある程度可能となったわけであった。

このような制約を踏まえて2005年9月には、山梨・静岡両県にまたがる富士山麓の17市町村を網羅した「環富士山火山防災連絡会」が発足した。今後は、この連絡会が中心となって、地方自治体レベルでの、細かく配慮の行き届いた地域防災計画が策定されてゆく予定である。

以下に、各報告書の内容を総合してまとめてみる。

3. 富士山の火山活動の特性と防災上の注目点

富士山に関する最近の火山学的研究は、1935年から1971年頃までにいたる津屋弘達による広範で精力的な研究の後には、しばらく見るものがなかった。わずかに、町田(1964)などによるテフラ層序の観点から見た研究や、宮地(1988)

表3 富士山防災関係報告書ダウンロード元のアドレス。
Table 3. URLs of down loadable committee reports.

富士山ハザードマップ検討委員会報告書
http://www.bousai.go.jp/fujisan/kyougikai/
富士山火山防災マップ
http://www.bousai.go.jp/fujisan/kyougikai/fuji_map/index.html
富士山火山広域防災対策検討会報告書
http://www.bousai.go.jp/fujisan/w_g/kentou/houkoku/index.html

の研究などが見られるだけであった 2001 年以降の火山防災プロジェクトの発足によって、火山学的研究は勢いを盛り返し、現在でもその勢いは継続中であり、本書「富士火山」の骨格をも成している。

本プロジェクトにより、特に緊急的に実施された調査研究には次のようなものがある。

1. 側火口の分布と活動様式 (宮地, 1988, 未発表資料など)。
2. 最近 2200 年間に流出した溶岩流の調査。
3. レーザー地形測量, ボーリング, 地質・岩石学的調査などによる北西山麓地域の精査 (成果の詳細については, 千葉・他 (2007); 高橋・他 (2007) などを参照)。特に貞観噴火による, 青木が原溶岩の分布, 展開の順序, 噴出火口, 表面地形, 岩石学的特長「せの海」の埋め立て機構などの解明が進展した。
4. 最近の山頂噴火 2200 年前以降は, 山頂からマグマ物質を噴出する噴火活動は認められなかった。
5. トレンチ掘削などによる山麓におけるテフラ調査。
6. 火砕流堆積物の調査。これまで断片的にしか知られていなかった火砕流堆積物は, 主に北側から南西側斜面にわたって, 多数発見された。田島・他 (2007), 山元・他 (2007) などによれば, 高高度の山腹火口あるいは山頂火口からの火砕噴火にともなって生じたもので, 火山防災上重要な意義を持つ。
7. 1707 年 (宝永 4 年) の大規模な火砕噴火に関して, 史料の再検討を含めて, その詳細が取りまとめられた (宮地・小山, 2002, 2007 など)。

宮地 (1988) によれば, 新富士火山の活動は表 4 のように 5 期に分けられ, それぞれの期では, 顕著に異なった活動様式が卓越したことが分かる。将来の噴火活動を予測する立場から言えば, 当然最新期の第 5 期, 最近 2200 年間の活動と同じ様式の噴火活動が最重要視される。検討委員会は, 第 5 期に注目し, 参考として第 4 期 2200 年前から 3200 年前までの時期の活動をも考慮することとした。第 5 期の特徴は, 全ての噴火が山腹・山麓の側火口からおきたことであり, また第 4 期には 2900 年前の山体崩壊による土石なだれの発生や, 山頂火口からの大規模な溶岩噴泉の活動などが含まれる。

過去の噴火の規模 (噴出物の量) の頻度分布を見ると,

図 1 に見られるように, 地震における Gutenberg Richter のプロットと同様の関係が成立することがわかる。従って, 出現頻度としては, 小規模の噴火が最も大きく, 大規模の噴火が発生する確率は小さいということがわかる。

火山防災の実用的見地から, 噴火の規模を次の 3 段階に分けて考察することとした。

小規模噴火	噴出量	0.02 km ³ 以下 (DRE)
中規模噴火		0.02 ~ 0.2 km ³
大規模噴火		0.2 km ³ 以上

それぞれの規模に対応した噴火のシナリオを検討した。大規模噴火の例として検討したのは, 宝永噴火と青木が原溶岩にそれぞれ相当する噴火の 2 例である。

災害を引き起こす火山現象 (加害現象) には多くの種類があり (国土庁, 1992 表 2-4-1), それぞれが異なった物理モデルに基づいた解析が必要である。富士山の火山災害においては, 検討委員会の成果物としては次のような体裁をとることとした。

1. 火山防災マップを作成する事象
溶岩流, 降灰 (プリニー式噴火による火砕物降下), 噴石 (投出岩塊), 火砕流・火砕サージ, 融雪型火山泥流, 降灰後の降雨による土石流
2. 災害実績図のみのとどめる事象
岩屑なだれ (debris avalanche), 雪泥流 (slash flow)
3. 文章などによる記述にとどめる事象
水蒸気爆発, 火山ガス, 空振, 火山性地震, 地殻変動, 洪水氾濫, 津波

噴火シナリオは加害現象の多様な組み合わせを想定し, 数多くのケースについて考察したが, 図 2 に示すようなイベントツリーを参考として, 防災担当者の理解を深めることをねらった。火山災害は, 自然災害の中でも例外的に加害現象の種類が多く, また噴火が始まってからも, 活動の様式, 強度, 規模などが多様に变化する可能性があるため, 現象の経緯をよく監視し, 適宜的確な判断を下すことが重要である。

4. 各種のドリルマップと可能性マップ

一般論として, ハザードマップには,

1. 個々の特定された条件の下に起きる事象に限定して

表4 新富士火山の活動ステージ(宮地,1988).
Table 4. Five stages of Shin Fuji activity (Miyaji,1988).

噴火ステージ	年代	主な噴火口の位置	噴火の特徴
ステージ1	約 11000 年前 ～約 8000 年前	山頂と 山腹等	多量の溶岩流の噴出 噴出量は、新富士火山全体の 8～9 割に及ぶ
ステージ2	約 8000 年前 ～約 4500 年前	山頂	溶岩流の噴出はほとんどなく、間欠的に比較的小規模な火砕物噴火
ステージ3	約 4500 年前 ～約 3200 年前	山頂と 山腹等	小・中規模の火砕物噴火や溶岩流噴火
ステージ4	約 3200 年前 ～約 2200 年前	山頂	比較的規模の大きい火砕物噴火が頻発
ステージ5	約 2200 年前以降	山腹等	火砕物噴火と溶岩流噴火

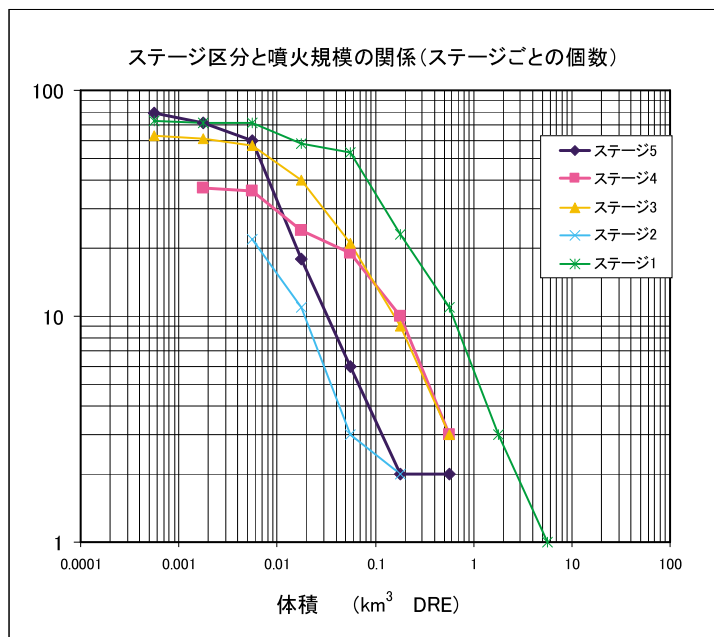


図1 ステージ区分と噴火規模の関係。(富士山ハザードマップ検討委員会 2004; 宮地,1985,1991の資料に基づく).
Fig.1. Eruption magnitude relations in different stages (RCVHM, 2004; Based on data from Miyaji,1985,1991).

記述するマップ(例えば、数値シミュレーションにより、特定の噴出地点、特定の噴出率、温度、マグマの種類、継続時間などを与えて流出する溶岩流の運動を予想するマップ)と、

2. 当該地域で特定の期間内に発現するすべての事例を累積的に表現するマップ(例えば特定の期間内に任意の地点が溶岩流によって覆われる確率を示すマップ)の2種類に分けることができる。
1. のケースについては、溶岩流、火砕流、土石流、プリニー式噴火による火砕物降下などのシナリオに関して、数値シミュレーションを行った。個々のシミュレーションによって描かれた予測図を、検討委員会では

「ドリルマップ」と呼んでいる。

2. のケースは確率論的なアプローチが必要であるが、火山活動のように過去の事例数が多くない場合は極めて困難な作業となる。それでも、富士山の場合は、他の火山よりも噴火事例が多く、なるべく定量的なマップを作るように努力がなされた。本委員会では「可能性マップ」とも呼ばれている。

4.1 火口の位置

新富士火山は、側火口の数が多く、その分布も北西-南東方向に伸長するなどの特徴を示す(宮地,1988,他)。将来の噴火の際に生成する火口の位置を予め推定することは、火山防災上から見ても重要である。将来の火口が期待される位置は最近の火口位置(実績)と同じであるという

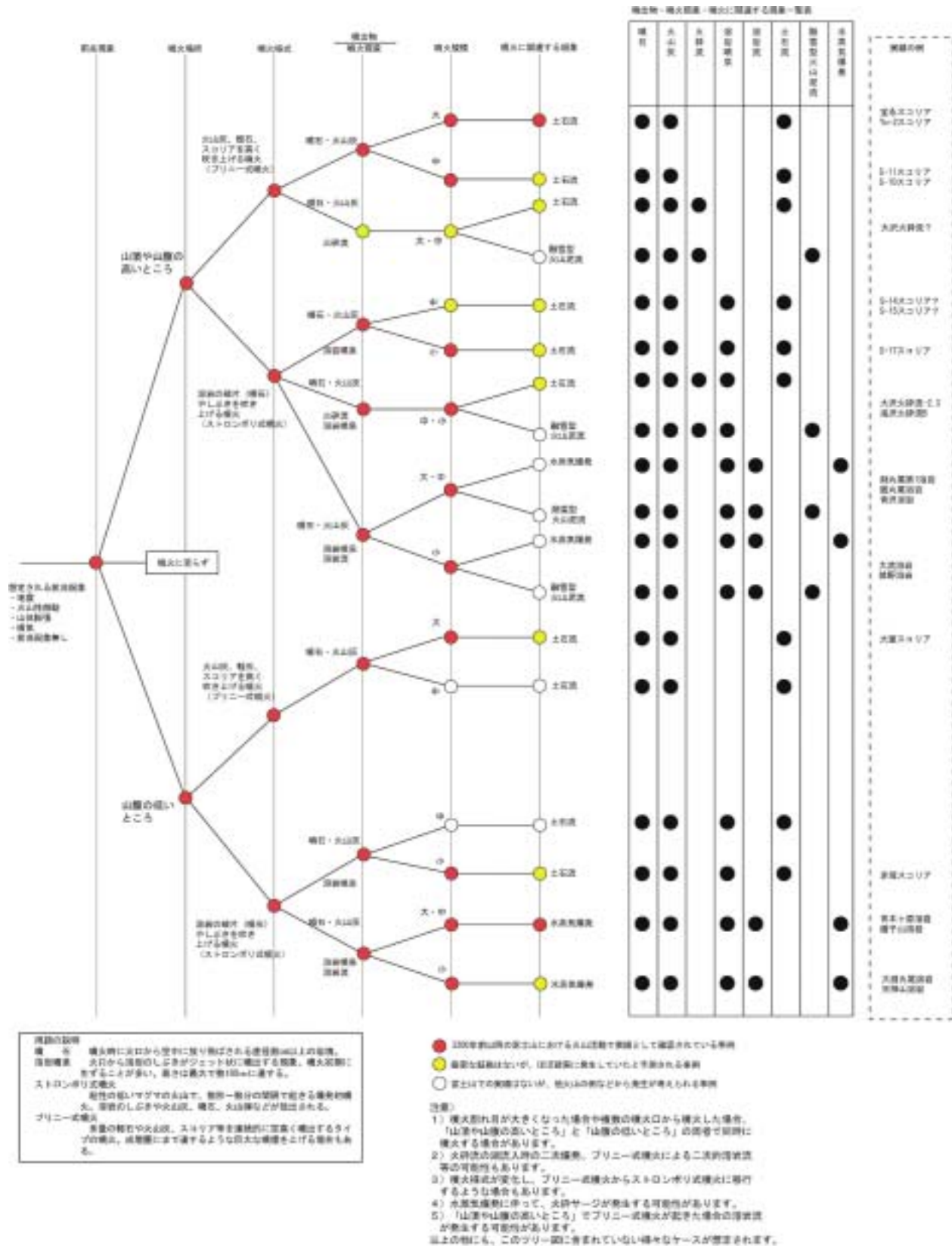


図2 富士山で起こりうる噴火について、噴火場所、噴火様式、規模、噴出物などの組み合わせを示す図(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)。

Fig 2. Diagram showing combinations of vent position, mode of eruption, magnitude and kinds of eruption products (RCVHM 2004) .

表5 溶岩流の数値シミュレーションに使用したパラメータ。
Table 5. Parameters used for numerical simulation of lava flows.

項目	単位	数値
溶岩噴出総量	億 m ³	小規模：0.2 中規模：2.0 大規模：7.0
噴出率	m ³ /s	小規模：100 中規模：100 大規模：200
溶岩密度	kg/m ³	2500
重力加速度	m/s ²	9.8
粘性係数	Pa・s	$\log_{10} \eta = 25.61 - 0.0181T$
降伏せん断応力	N/m ²	$\log_{10} \tau_y = 14.67 - 0.0089T$
溶岩初期温度	℃	1,200
冷却効率パラメータ	—	0.024
地形メッシュサイズ	m	200

仮定に従って、図3のように推定した。噴火の規模ごとに色分けしてあるが、各々の輪郭は実際の火口位置から半径1kmの円を描いて、その輪郭をつなげて求めている。こうして得られた図3(可能性マップ)が、将来予想される火口の位置の範囲である。

4.2 溶岩流

火山災害の加害現象の一つとして、溶岩流については数値シミュレーションの試みが早くから試みられてきた(Lshihara *et al.*, 1990)。富士山の噴火活動においても、溶岩流は最も重要な加害現象の一つであり、数値シミュレーションを活用して防災マップを作ることに力が注がれた。

数値シミュレーションは、国土庁(1992)の方法にほぼ従って、種々のパラメータを勘案して、また、富士山の歴史時代の溶岩流の実例に当てはめてみて、キャリブレーションを試みた。表5に代表的なパラメータを、図4に、キャリブレーションの例を示した。結果的には、溶岩流の小・中・大規模の違いごとに、噴出率と総噴出量を変えるが、他のパラメータは固定して(表5)数多くの数値シミュレーションを行った。

後に述べるように、数値シミュレーションの結果を防災面で活用する際には、溶岩流が任意の地点にどのくらいの時間で到達するかが、最も重要なポイントの一つになる。しかし、過去の実例では、到達時間の情報が得られた場合は殆んどない。キャリブレーションの例の大半は、溶岩流の輪郭を合致させることで行われる。試行錯誤の結果、輪郭のマッチングによるキャリブレーションは、溶岩流の速度のシミュレーションに関してはあまり敏感ではないことが明らかになった。実際には、デジタル地形図上で採用するメッシュの大きさの違いによって、速度に従って到達距離にかなりの誤差が生じることがわかった。

大規模溶岩流の例を図5に示す。火口的位置は、火口位置の可能性マップ(図3)の最外側の一地点(X印)と仮定して、到達時間を異なった色で示してある。異なった火口位置について数多くのシミュレーションを行った結果が図6である。同様に小・中規模の溶岩流について同様な複数のシミュレーションを行った。

以上の数値シミュレーションの結果は、いずれもドリルマップと呼べるものであるが、それらを総合して、溶岩流の可能性マップを作った例を図7に示す。実際の作業は次のようである：小・中・大規模の溶岩流のドリル

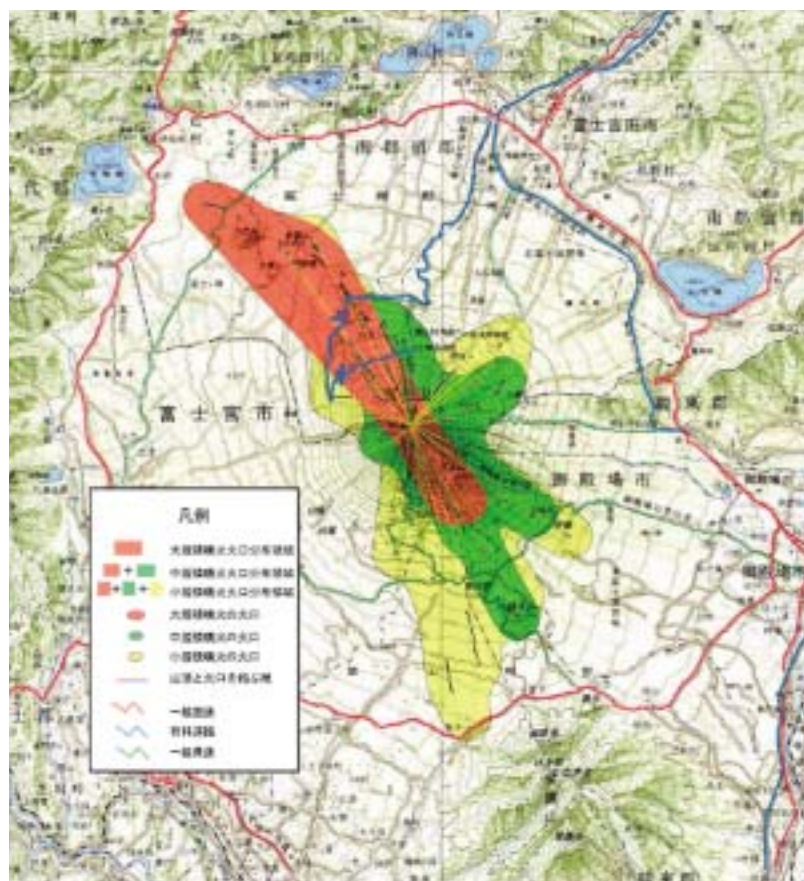


図3 噴火規模ごとに示した火口の形成位置。(富士山ハザードマップ検討委員会 2004)。
Fig 3. Possible vent positions as shown by different eruption magnitude (RCVHM 2004).

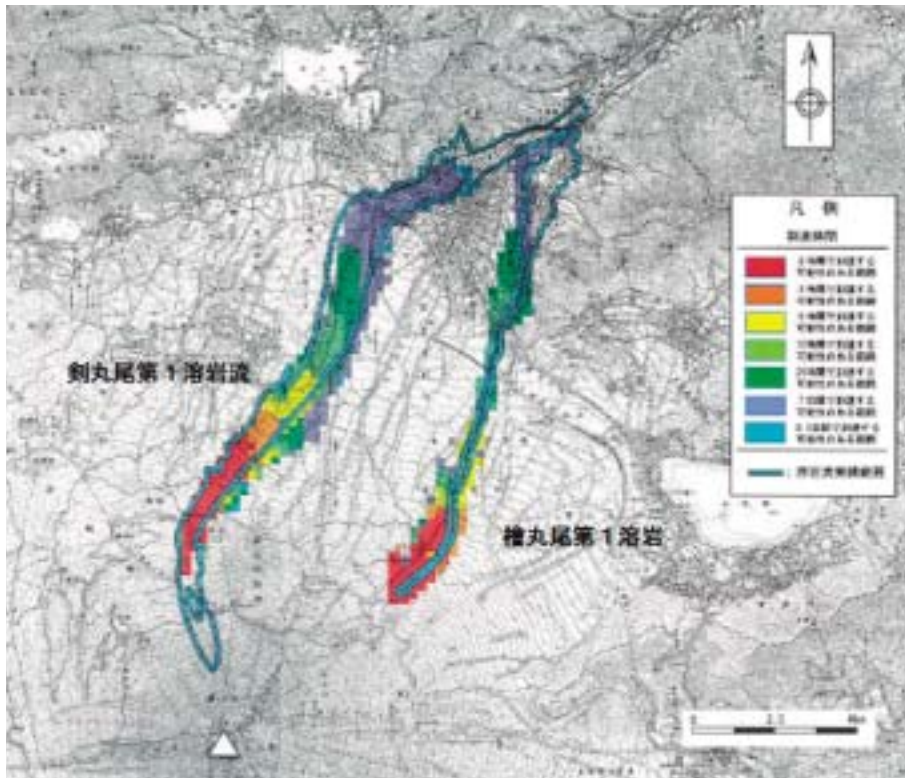


図4 溶岩流のキャリブレーションの例．表5を参照．(富士山ハザードマップ検討委員会 2004)．
 Fig 4 . Examples of calibrating the numerical simulation of lava flow (RCVHM , 2004) .



図5 溶岩流のシミュレーションの例．X点が火口の位置．(富士山ハザードマップ検討委員会，2004)．
 Fig 5 . Example of numerical simulation of lava flow . X marks the position of the vent (RCVHM 2004) .

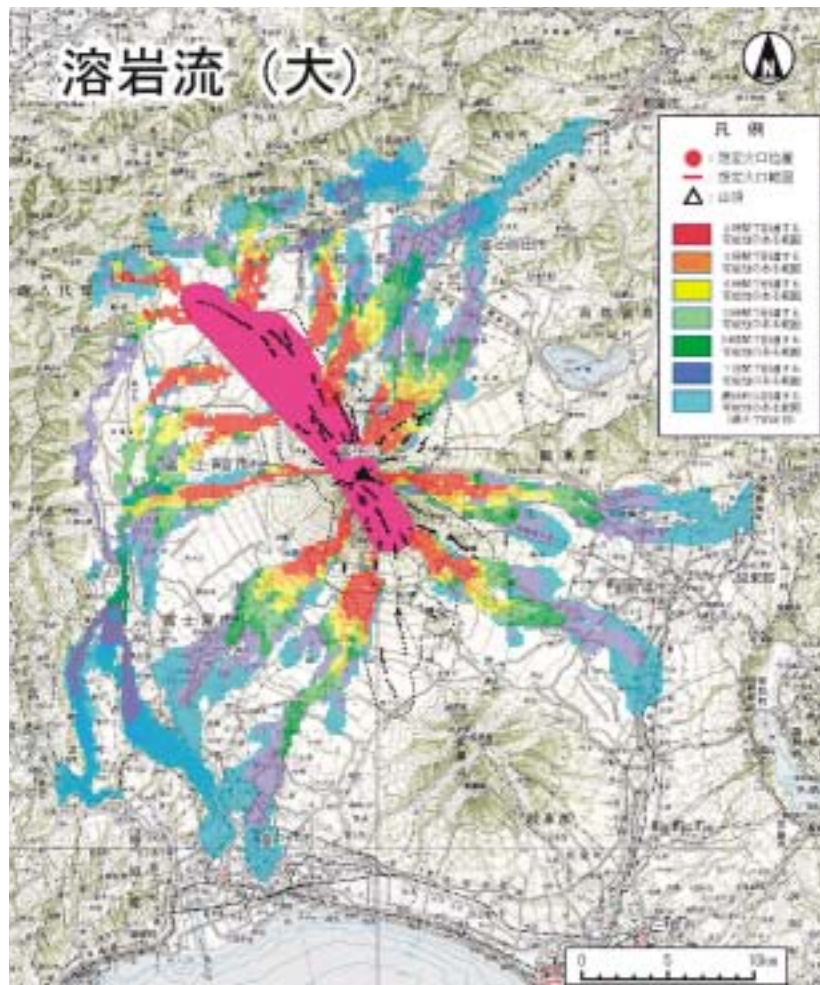


図6 多くの火口から流出した溶岩流のシミュレーション。
大規模噴火の場合。(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004).
Fig 6. Numerical simulations of multiple lava flow. Cases of large scale Eruptions (RCVHM 2004).

表6 火砕流の数値シミュレーションに使用したパラメータ(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004).
Table 6. Parameters used in numerical simulation of pyroclastic flows (RCVHM, 2004).

定数	単位	数値	備考
粒子間摩擦係数	—	0.23	検証計算より設定
火砕流流量	m ³ /s	10,000	検証計算より設定
火砕物の代表粒径	cm	0.5	滝沢Bの粒度試験結果より
火砕物の密度	kg/m ³	2860	滝沢Bの密度試験結果より
堆積土砂濃度	—	0.63	滝沢Bの密度試験結果より

マップの全てを重ねて、同一時間経過後に到達した地点のうち最も遠いものを選び、地形条件を考慮してそれらをつないで輪郭をつくった。異なった色で示した領域は、それぞれの時間以内に溶岩流が到達しうる地点を含む。最外側(青色)の領域は、時間に関わらず最終的に溶岩流が到達する地点を含むが、その多くは大規模溶岩流の場合である。それにたいし、24時間以内に到達する領域は、小規模溶岩流の場合が多いが、その理由は小規模溶岩流の想定火口位置が、最も山麓に近い場所であるからである。

4.3 火砕流・火砕サージ

火砕流のドリルマップを作成するために、先ず火口の位置を想定した。上部部の情報がより多い滝沢火砕流(田島・他 2007)に限定し、火砕丘の崩壊により発生するというモデルに従い、傾斜が30度以上の山腹の領域とした。火砕流の物理モデルとしては Yamashita *et al.* (1991) を採用した(表6)。複数の数値シミュレーションの結果を図8に示す。

火砕流の可能性マップとしては、第9図のドリルマップの全ての例の先端を包絡するように結んだ範囲を火砕流の可能性マップとし、その外側1kmの範囲を火砕サージが到達する範囲とした(図9)。

4.4 融雪型火山泥流

積雪期に火砕流が発生すると火砕流本体部の高熱によって斜面積雪が急速に融かされて、融雪型火山泥流が発生することが想定される。斜面全面の平均積雪深を50cmとし、火砕流によってその全てが融かされて水として供給され、下流に泥流が発生する9例について数値シミュレーションが行われた(ドリルマップの作成)。

融雪型火山泥流の可能性マップは、ドリルマップに加えて、地表傾斜度2度の地点を停止点として全方向に包絡し、その全体を可能性範囲とした。このため極めて広い面積が含まれるが、当然沢筋では発生する確率が高い。

4.5 降灰(火砕物降下)

垂直な噴煙柱を形成するプリニー式噴火について考察を行った。物理モデルは鈴木(1985)を採用し、降下粒子の移流・拡散については、気象研究所で開発されたモデルを使った。宝永噴火の実績では、噴出率の時間的推移が史料の解析から推定されている(図10; 宮地・小山 2002)。図12は、宝永噴火に近い条件を与えたドリルマップの一例であるが、堆積物の厚さが良く再現されている。

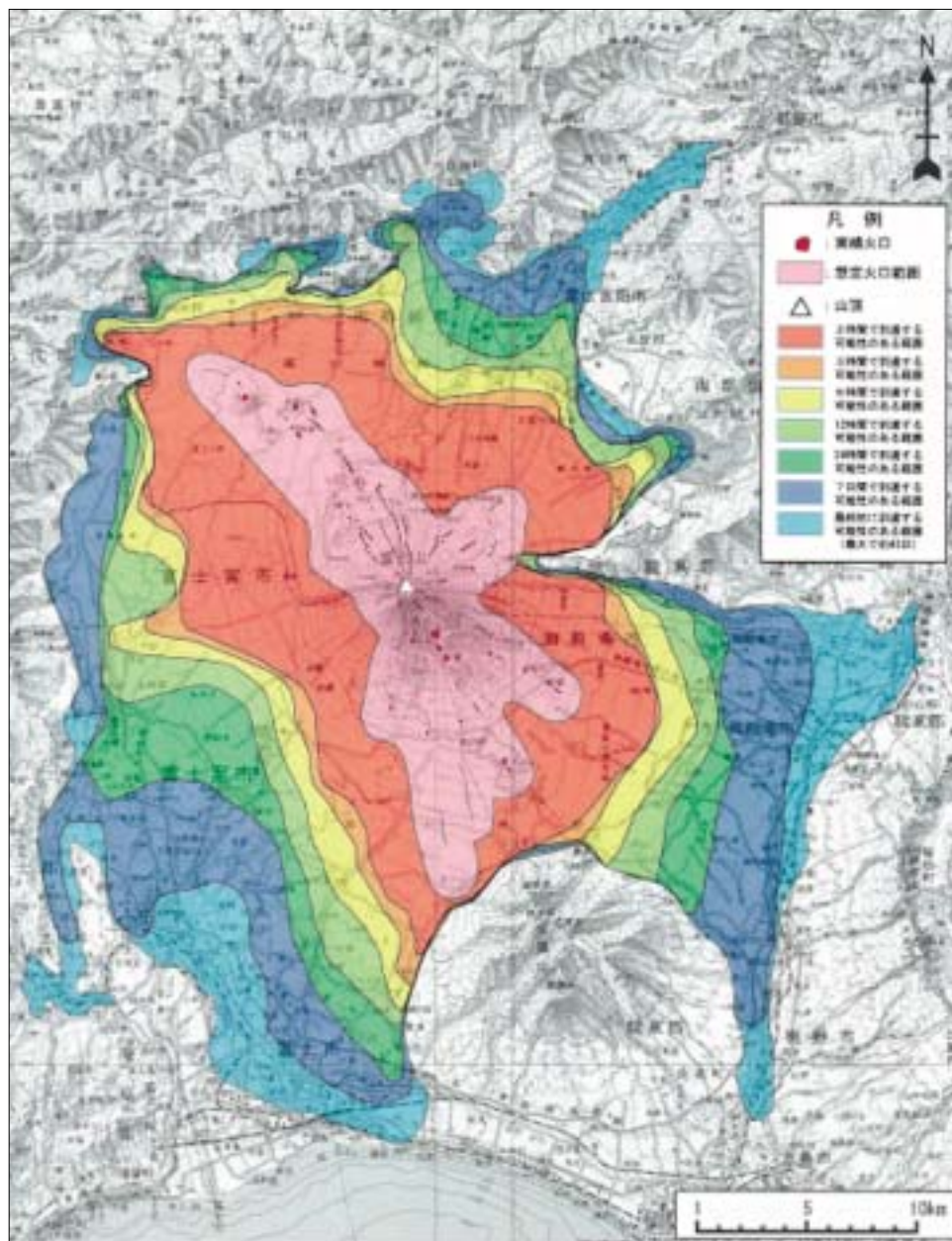


図7 溶岩流の可能性マップ．小中
大すべての規模のシミュレーショ
ンを含む．
（富士山ハザードマップ検討委員
会，2004）．

Fig.7. Map showing possible maxi-
mum outreach of lava flow (RCVHM,
2004)

また、過去45年間の平均的な気象場を用いて、各月ごとに大規模噴火のドリルマップを作成した。中・小規模の火砕物降下も大規模の場合とほぼ相似形の分布を示すことがわかった。降灰可能性マップを作る作業は次のようである。まず富士山頂で宝永規模の噴火が発生した場合の月別降灰分布図（ドリルマップ）を、12か月分重ね合わせ、各地点で最も厚く堆積しているドリルマップの降灰堆積深をその地点の堆積深としてマップを作った。これにより、山頂で噴火した場合の可能性マップができるが、噴火は山頂以外にも、想定火口範囲で発生する可能性がある。このため、上記分布図を大規模噴火火口分布領域に沿って平行にスライドさせ、それを包絡した図を最終的な降灰可能性マップ（大規模）とした（図12）。なお、小・中規模噴火に伴う降灰分布は大規模噴火の分布域に含まれる。

4.6 噴石

ここで言う「噴石」とは、主に爆発的噴火によって火口から投出され、空中を飛行して落下する、比較的粗粒な岩塊である。「噴石」の可能性マップとしては、火口位置の可能性マップの最外側からさらに1 km（小・中規模噴火）或いは4 km（大規模噴火）外側に輪郭を持つ領域とした（図13）。

4.7 土石流

宝永噴火後の土砂流出に関する史料を検討した結果、主な土砂災害は降灰の厚さ10 cm程度以上の範囲に集中することが分かった。従って、降灰後の降雨により土石流が発生する渓流はその範囲から選ぶこととし、各県の砂防部局が調査した土石流危険渓流Ⅰ、およびⅡとそれに準ずる渓流を選び出した。それらの渓流位置と氾濫範囲をあわせて土石流可能性マップとした。



図8 火砕流の数値シミュレーションの例。赤点が火口の位置を示す。(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)。

Fig. 8. Numerical simulation of pyroclastic flows. Red dots indicate position of vents(RCVHM, 2004).

5. 種々の火山防災マップ

5.1 防災マップの種類

火山災害を軽減する目的で作成される「火山防災マップ」には目的に応じて、特にマップを使用する人々に応じて、いくつかの種類が考えられる(国土庁, 1992)。ハザードマップ」としては、つぎのような種類が考えられる。

1) 火山学的マップ

- A) 過去の災害の実績図
- B) 将来における災害の予測図

2) 行政資料型マップ

災害予想マップ等に基づいて、どのような防災・減災対策をとるべきかを図示する。防災施設・機関・危険物等の存在地点、道路網をはじめ、避難地点、誘導路を含め、関連ある情報を網羅する。防災担当者等に配布し、実施の手引きとする。

3) 住民啓発型マップ

住民に広く配布するためのマップ。予想される噴火のタイプや災害の様式、情報・警報などの伝達方法、避難の方法などをわかりやすく図示する。

検討委員会では、それらの全ての種類について議論した

が、特に一般配布用マップ(住民啓発型マップ)については、マップの内容や表現方法などについて、注意して議論がなされた。結論から述べると、火山災害や火山学の専門家ではない一般市民に、きわめて多岐にわたり、詳細な専門的考察の内容をわかりやすく説明し、理解してもらえよう表現方法は、存在しないか、あるいは、その実現がきわめて困難で、時間とスペースをとる方法しかないということである。これまで発表され、住民に配布されてきた、他の火山の防災マップに関しても事情は同じであり、限られたメディアの容量にどれだけ重要な情報を大量に盛り込めるかが、作成者の抱える最大の難問であった。

富士山地域の特徴として、年間3,000万人を越えるといわれる観光客(宿泊施設・別荘などでの一時滞在者を含む)が重要な位置にあり、定住の一般市民とやや異なるカテゴリーを形成している。従って、検討委員会では、非専門家向けのマップを「一般配布用マップ」と「観光客用マップ」に2種に分けて考察した。

5.2 一般配布用マップ

一般配布用マップの主要部分は、A2版両面印刷とし、表面には小縮尺(約18万分の1)の地図に、可能性マップを表示したものをメインとして(図14)、周囲に説明文

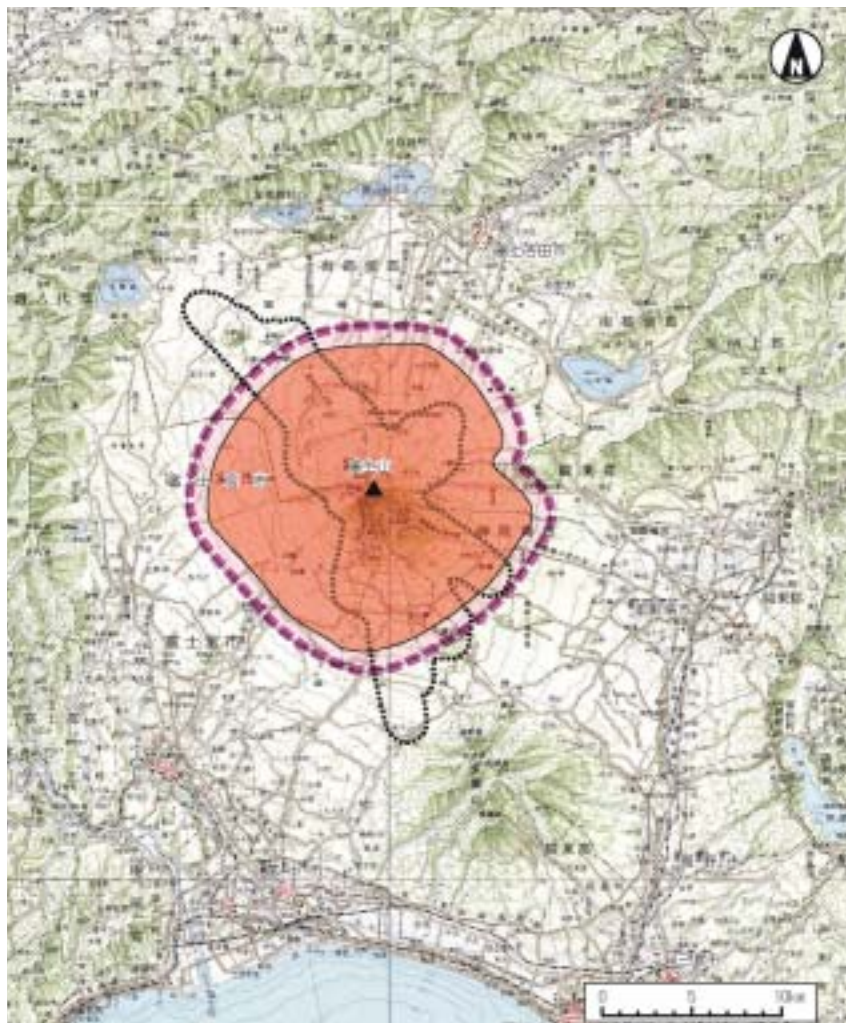


図9 火砕流の可能性マップ。外側の破線は火砕サージの到達範囲を示す。(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)。

Fig. 9. Map showing maximum possible outreach of pyroclastic flows. Outer broken line indicates the extent of pyroclastic surges (RCVHM 2004).

や小さな図表(災害実績図, 降灰可能性マップ, 個々の加害現象など)の解説をちりばめた構成とした(図15)。

裏面の半分は富士山周辺地域を数個に分割し, それぞれの部分図に, 拡大された可能性マップや避難に関する情報(避難集合所, 防災施設, 防災行政機関などの所在などを図示するようにした(図16, 富士吉田市地区防災マップ)。裏面は結局5つの対象区域(富士吉田・富士河口湖町, 御殿場市, 富士市, 足柄上地区, 小田原市)に対応した地域版防災マップを試作したが(図16), 足柄上地区と小田原市では, 想定される災害現象が, 降灰後の降雨による土石流が主になるので, 降灰と土石流を中心として記述するマップを作成した。

これら6種類のマップ(表面の主題図と裏面の5種の地域版マップ)の高解像度のコピーは, 内閣府のホームページからダウンロードできる(表3)。

これらの一般配布用マップをたずさえて, 地元市町村へ出向き, 住民向けの説明会を何回か行った。いわゆるパブリック・コメントと呼ばれる催しである。私自身が意外に思ったほど多くの地元住民が出席され, 説明会の後半では質疑応答に発言が多く出た。一般住民の方々の富士山の火山災害に関する関心は決して低くはないと感じて心強く思

った次第であるが, 防災マップの具体的内容が果たしてどの程度までよく理解されているのか, 手ごたえはあまり感じられなかったともいえる。

火山学的な知識を殆んど持たない, 一般市民が, いきなり図15や図16のような防災マップを見せられても, その場で理解することはおそらく不可能ではないと思われる。

5.3 観光客用マップ

僅か数年前までは, 観光産業が盛んな地域では, 火山活動による災害を声高に論じられるような雰囲気ではなかった(荒牧 2005; 他)。現在でもよく観察すれば, 観光産業に関わる人々と防災行政に関わる役人や学者との間に密接な会話が成立しているところは極めて少ない。そのような意味では, すでに30あまりの火山について作成されている火山防災マップが, 火山地域の観光事業者に進んで受け入れられ, 歓迎されているとは, とても考えられない。そのような情勢を踏まえて, 観光業者や一般観光客に抵抗なく受け入れてもらえる内容の防災マップを作ることを目指した。

既存の防災マップでは, 箱根山の防災マップ(箱根町が独自に作成した)や秋田焼山火山の防災マップが, 参考に

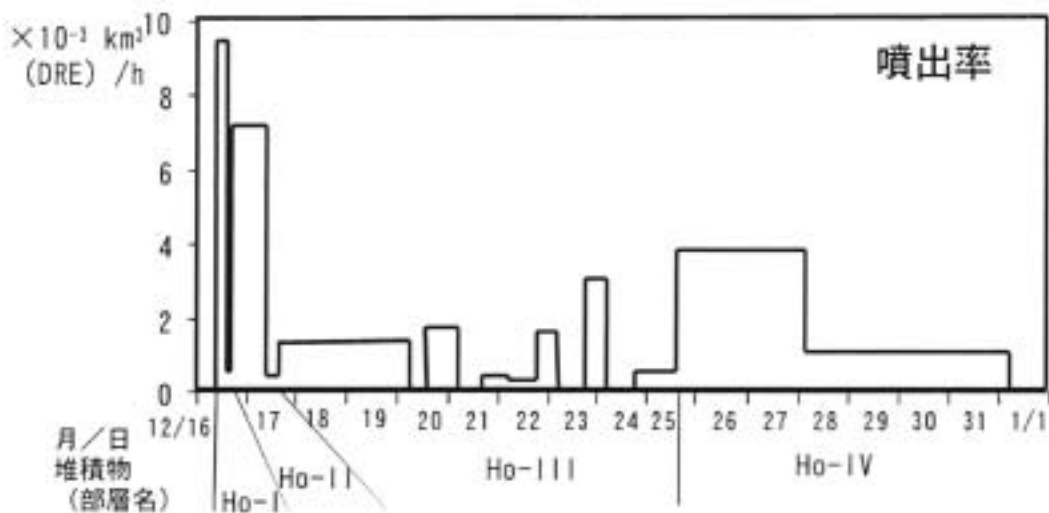


図 10 宝永噴火の際の噴出率の時間変化 (宮地・小山, 2002).
 Fig.10. Variation of eruption rate with time during Hoei eruption (Miyaji & Koyama, 2002).

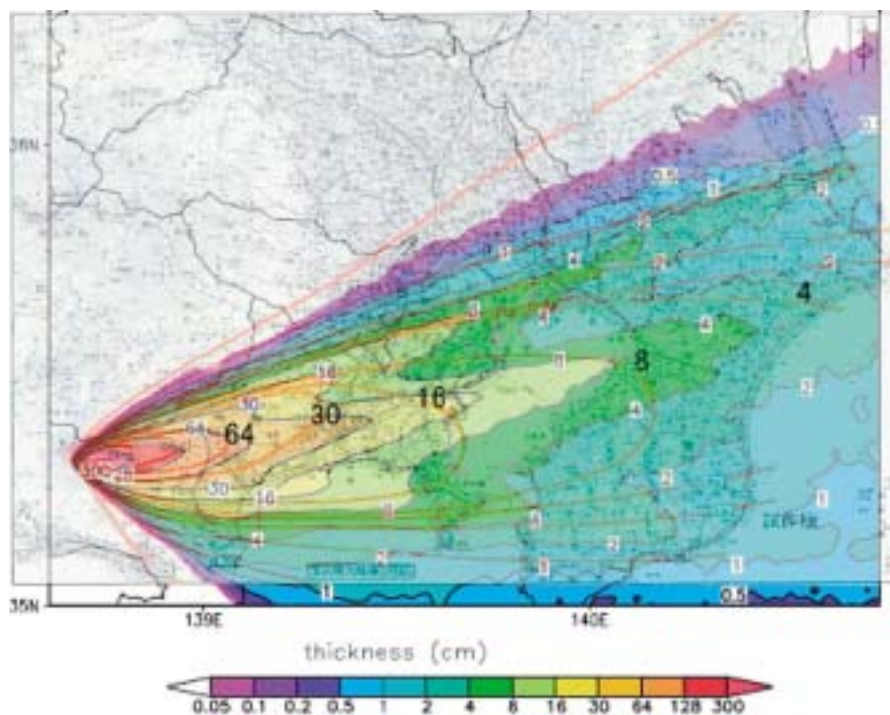


図 11 宝永噴火に近い条件を与えた降灰シミュレーションマップ。(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004).
 Fig.11. Numerical simulation with parameters similar to those in the 1707 eruption (RCVHM 2004).

なった。A4版両面印刷で、火口の可能性マップを土台として、分かりやすい地図や景勝地・観光拠点などを、写真を混ぜて掲載した。

5.4 防災業務用マップ

火山防災の実務を担当する人々、すなわち行政諸機関・指定公共団体・ボランティアなど、防災の専門家ないし半専門家向けのマップである。実際には、各種のドリルマップや可能性マップを作成するための作業の途中で作られた

マップや、最終的な防災マップの全てがこれに相当する。検討委員会の報告書の中で言及された、このようなマップの数は100個近くに達する(富士山ハザードマップ検討委員会 2004 pp.117-120 参照)。さらに富士山火山広域防災対策検討会(2005)の報告書では、防災の準備や避難に関連するマップが多数作成されている。これらのマップおよびそれに関連した解説や議論が全て、防災業務を遂行するためのよりどころとなるべき資料である。

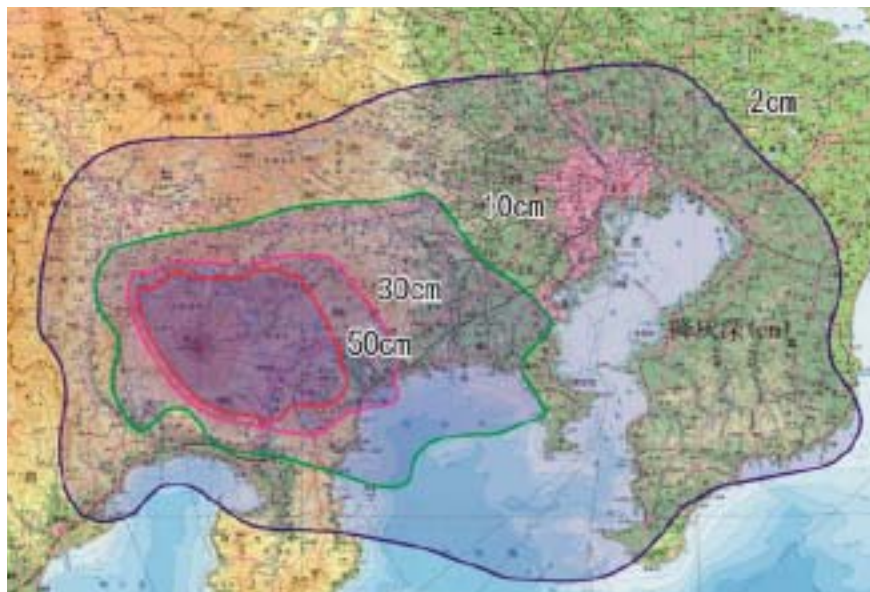
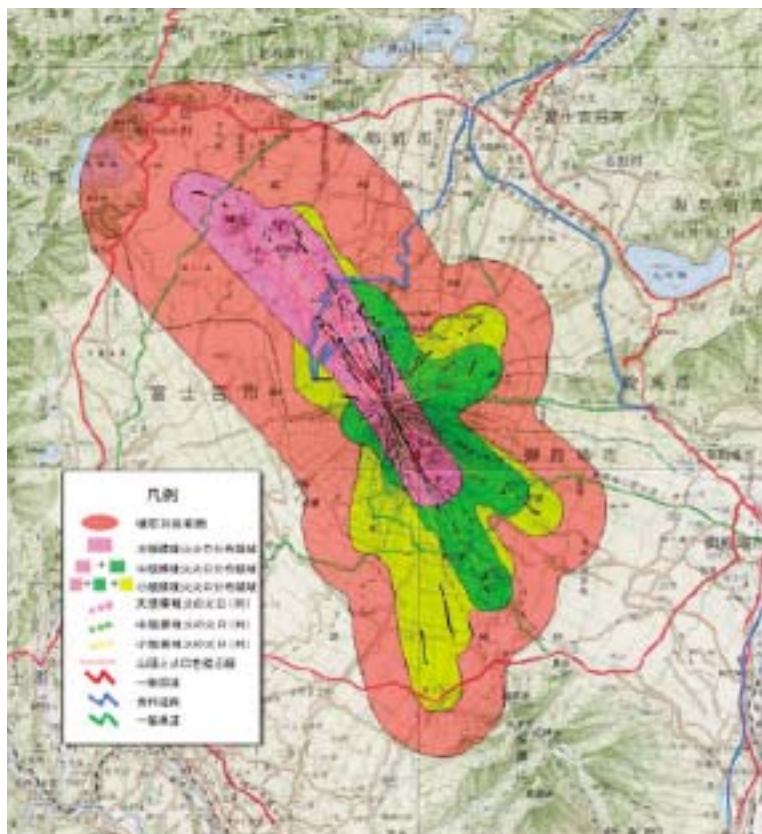


図12 宝永噴火と類似の条件下での降灰可能性マップ(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004).

Fig.12 . Map showing maximum possible area of ash fall in cases similar to the 1707 eruption (RCVHM 2004).

図13 「噴石」到達範囲の可能性マップ(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004).

Fig.13 . Map showing maximum area of ballistic fallout (RCVHM 2004).



逆に言えば、これだけの数のマップを理解しなければ、一般化された市民向けの可能性マップなどを的確に理解することはできないといえるだろう。実際に防災の実務を担当する人は、これだけの数のマップを理解することによって、火山災害の特質を把握することができるようになり、変化に富む現象の推移に的確に対応してゆくことが可能になる。

業務用マップは、当然大縮尺のマップが多くなり、各自が担当する地域に特有な地形や事象について、予めよく把握しておくことが重要である。業務用マップの整備は、すなわち地域防災計画の整備につながる。各市町村が自主性を発揮して、固有の問題を把握して、個別的、具体的に詳細な防災計画と立てることが肝要である。

本委員会は、国レベルの機関が担当したため、防災業務

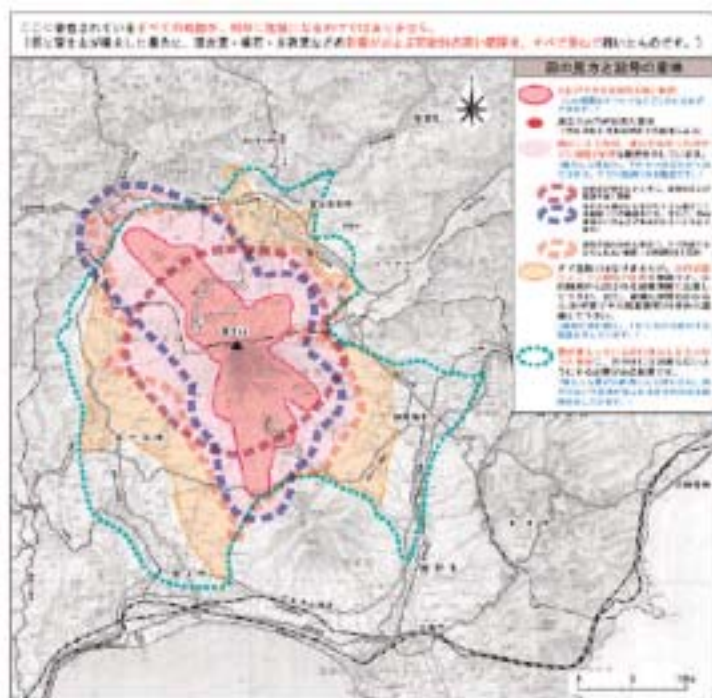


図 14 一般配布用マップの可能性マップ．複数の災害要因について示してある（富士山ハザードマップ検討委員会，2004）．

Fig.14 . Map showing maximum area of various hazards prepared for general citizen (RCVHM 2004) .

の細微については言及せず，一般的な方針を述べるに留まっている．その意味では，実質的な防災対策を策定する作業は終わったわけではなく，むしろこれから開始される段階にきているものといえるであろう．

5.5 避難対策に傾斜した防災マップの問題点

火山災害の防災・減災には，住民の避難が最も重要な課題となる．従って防災マップも，住民の避難に関係した情報を扱う場合が多くなっている．特に事前避難には，なるべく時間をさかのぼって行動を起こす必要があり，そのためには噴火の予知，加害現象の事前の想定が必要となる．

避難行動を起こすためには，より安全側へパラメータを設定するのが定石である．そのため，これまで論じてきた可能性マップの殆んど全てのケースが，安全側へ大きく偏っている．溶岩流の到達時間を示す可能性マップを例に取れば，火口分布の可能性マップの最も外側の地点から噴出した溶岩流が，一定の時間内に到達する距離のうちで最も遠い地点を結んで可能性マップとして表示している．

自然現象の一つである火山現象の多くは，正規分布曲線に近いような，単一のピークを持つ出現頻度分布を示す．防災上の避難行動の指針としてのマップは，このような山形の分布の裾の部分に焦点を当てているといえる．これは，自然科学者としての火山研究者にとっては，なじみにくい状態である．火山活動は，現象の種類が極めて多岐にわたり，時々刻々と変化するので，対応する個人個人の判断に負う場合が多くなる．防災上でも，市民各人のとっさの自主的な判断力がものを言う．

防災マップが示すのは，相当に出現確率が低い，山すそに当たる場合を強調していて，ある意味ではめったに起こらない状態で避難のトリガーを掛ける場合が多いのである．実際には，自然現象を素直に直視して，正しい判断を

することが，防災担当者のみならず市民レベルでも大切である．そのためには，安全側に偏向している防災マップの特性に惑わされないことも大切であろう．しかしこのような議論は，現時点ではあまり行われておらず，今後の重要な問題として残るであろう．

6. 噴火の被害想定

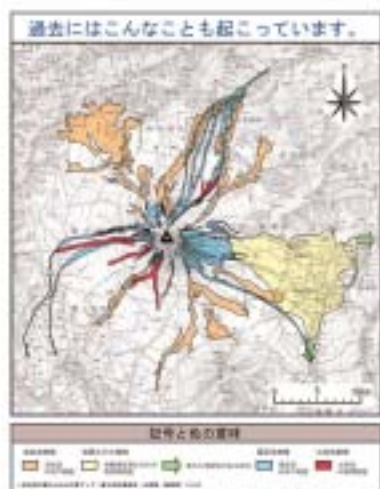
自然災害による被害を特定のケースを取り上げて試算することは，災害自体の特徴や本質を把握する上で有効である．富士山の火山災害に関しては，被害想定 の例として，宝永4年の噴火に相当する噴火の例を取り上げた（富士山ハザードマップ検討委員会 2004 p.132-138）．

宝永噴火はプリニー式の噴火で，溶岩流や火砕流は発生せず，加害現象としては火砕物降下が主であるという，比較的単純なシナリオであったが，当時の江戸にもひろく降灰した．もし同様の噴火が今日起きるとすると，高度に発達し，災害に対する抵抗力が未知な大都市でどのような被害が発生するか，見極めようとする試みでとして被害想定を行った．

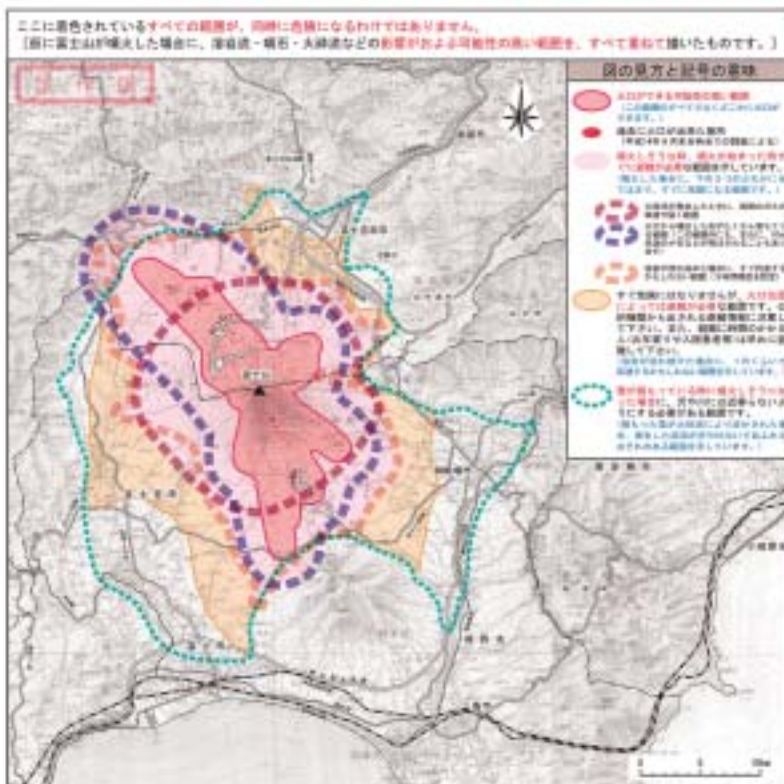
宝永噴火の資料などから勘案して，火砕物降下による直接の死者は殆んど発生しないことや，道路・鉄道・航空路などに重大な障害が起きるであろう事など踏まえて20数項目の産業・社会活動などについて，主に経済的な損失量を推定した．

富士山により近い地域では，火砕物の堆積量が大きいため，当然建物被害，道路・鉄道など交通施設の埋没，農地の埋没による被害が大きい．火砕物の堆積量が大きければ，農産物が被る被害は，降水量の大小にあまり関わらず，大きいし長く続く．観光産業についても同様である．

一方，道路・鉄道・電力などのインフラ構造や建物の被



富士山が噴火しそうな時には、公的機関からの情報に注意し、万が一に備えて避難の準備をする等、適切に行動しましょう。



火山灰や軽石を出す大規模な噴火の場合広い地域に火山灰が降ります。事前によって風向きが変わると、火山灰の降る範囲は変わります。この図はすべての季節を重ねて描いているため、実際の降る範囲は異なる場合があります。



図 15 一般配布用マップの第 1 面 (富士山ハザードマップ検討委員会 2004). Fig. 15. Front page of hazard map prepared for general citizen (RCVHM 2004).

表7 宝永噴火相当の噴火が起きた場合の被害想定・最悪の条件である梅雨期の例を示す。
(富士山ハザードマップ検討委員会 2004)。

Table 7. Damage estimates of a large scale eruption comparable to the 1707 eruption.
Worst case of the scenario (rainy season) is shown (RCVHM 2004)。

(単位: 百万円)

被害の項目		想定される被害	被害の程度 (最大時)	直接被害額	間接被害を含む被害額計	
噴石等	死傷者	噴石等の直撃	被災地域内人口 約13,600人が居住	—	—	
	建物被害	木造家屋の全壊、焼失	(降灰の建物被害に含まれる)			
	車	窓ガラス等の破損	約3,800台	—	—	
降 灰	避難	全壊する家屋からの避難	約5,600～約7800人	—	—	
	健康障害	目・鼻・咽・気管支の異常等	約1,250万人	—	—	
	建物被害	木造家屋の全壊	約280～700戸	9,947	19,576	
		全壊家屋の家財等		9,629		
	交通	道路	車線等の視認障害による徐行	道路延長 約70,000km	46,541	68,743
			通行不能	道路延長 約3,700～ 14,500km		
		鉄道	車輪やレールの導電不良による 障害や踏み切り障害等による輸 送の混乱	線路延長 約1,800km		
		航空	空気中の火山灰による運行不能	6空港、1日あたり515便 約219,000人		
	ライフライン	電気・ガス・熱供給	砂子からの漏電による停電等	0～約108万世帯	14,919	21,137
		水道	水の濁りが浄水場の排水処理能力を上回り、給水量が減少	約190万～230万人	3,497	4,576
		下水道等	道路側溝のつまりによる下水機能停止	一部を除きほとんど無い		
		通信・放送	電線障害により通信への支障	約120,000ha	14,612	19,127
	農 林 水 産 業 ^{※1}	農業被害	(稲作) 商品価値の喪失等	約183,000ha	221,749	896,933
			(畑作) 商品価値の喪失等	約64,000ha	205,337	
			(畜産) 放草地の枯死	配合飼料への切り替え	—	
森林被害		降灰付着による枯死等	50%程度が被害 約1,900 k m ²	118,589		
			壊滅的被害 約700 k m ²	147,218		
水産物	海産物が灰に覆われ収穫減	—	—	—		
地 震 空 振	鉄鋼、一般機械等	物資、人等の供給不能による操作不能等	交通、ライフラインの障害地域	128,956	191,308	
	建設等			61,637	90,020	
	その他の製造業			110,665	160,741	
	商業等			262,629	337,419	
	公務、教育、医療等			86,129	120,213	
	観光等			103,792	143,293	
	生態系			動植物の生息環境の喪失、縮小	降灰地域全域	—
降灰後の洪水等 ^{※2}	洪水	洪水による家屋の浸水	約400～11,000戸	68,830～454,266		
	土石流	土石流による家屋の全壊及び人的被害等	約1,900戸 (約7,200人)			
合 計				2,141,915～2,527,351		

※1 被害額には、公共土木施設等に係る被害額は含まれていない。

※2 噴火期間中の降雨状況よりも、その後の出水状況等により被害状況が異なる。

表8 気象庁が公表する火山情報の種類。
Table 8. Volcanic hazard advisory issued by Japan Meteorological Agency).

臨時火山情報	火山現象による災害について防災上の注意を喚起するため必要があると認める場合に発表
（注意喚起）	注意喚起の必要が示された場合
（噴火の可能性）	噴火の可能性が高まったことが示された場合
緊急火山情報	火山現象による災害から人の生命及び身体を保護するため必要があると認める場合に発表

害については、降水の大小によって被害の程度が大きく異なる。インフラが打撃を受けると、社会的な影響が大きいため、特に大都市圏では、被災時の降水量に大きく影響される。

表7には、最大の降水量が予想される梅雨期における被害想定の内訳を示してある。被害総額は最大で約2兆5千億円に上ると試算された。

7. ケーススタディ

富士山の噴火活動などによって引き金を引かれる火山防災の実務的行動は、当然各レベルで策定される防災計画に基づいて実行されるべきであるが、現時点では肝心の地域防災計画はまだ不備な状態にある。

富士山ハザードマップ検討委員会では(2004 p.139-157)、地域防災計画策定の初期的な段階として、個々のケースについて検討を行った。

まず、気象庁に設置されている火山噴火予知連絡会の富士山ワーキンググループが中心となって、宝永噴火に相当する噴火が将来発生した場合には、どのような前兆現象が起り、どの程度の噴火予知が可能であるかについての検討が行われた。このワーキンググループの結論については、宮下・他(2007)を参照されたい。

その結果、

- ・大規模な噴火の場合では、前兆現象を捉えて、噴火発生をある程度予測することが可能である。噴火するかもしれないという火山情報を発表できる可能性がある。
- ・小規模な噴火では、前兆現象が不明瞭であり、噴火するかもしれないという火山情報が発表されずに、噴火にいたることがありうる。
- ・一般的に、噴火前に、噴火の規模や様式、噴火地点を正確に予測することは困難。
- ・顕著な異常現象が現れても噴火しない場合がある。

という結論になった。

ここで注目すべきことは、ワーキンググループは、宝永と同等の噴火を想定した場合、かなり前(1~2ヶ月前位)から前兆を捕らえて、火山観測情報を出し、10数日前に臨時火山情報、さらに噴火1日前には緊急火山情報を出せるのではないかと結論を出したことである(宮下・他 2007)。このような動きは、2000年の有珠山、三宅島の噴火に先立って、それぞれ緊急火山情報を発表した実績な

どとともに、相当に前向きで意欲的な姿勢を気象庁がとり始めたこととして捕らえられるだろう。

8. 富士山火山広域防災対策の検討

すでに述べたように、国レベルで発議された富士山の火山防災計画に関する議論は、進行するにつれ、地方自治体を巻き込み、さらに地方自治体が主役となるような領域に議論が進んで行くのは当然であった。私も、委員長として、地方自治体レベルでの取り組みの重要性を指摘し、一方国レベルでの充実した調査・検討体制を十分に活用して、連続的な議論を進めるべきであることを強調したつもりであった。

富士山ハザードマップ検討委員会の報告書を受けて、2004年11月に富士山火山広域防災検討会が発足し、複数の都道府県にまたがって発生する火山災害の広域防災対策を議論することになったのは、そのような方向性に沿ったものであり、歓迎すべき動きであった。

実は、多県にわたる災害防止を議論する委員会は、2002年から、総務省消防庁が主体となって開催されてきたものがあり、全国的な広域火山防災の議論がある程度進められてはいた。2004年から翌年にかけて丸1年間ではあったが、富士山火山広域防災対策検討会の活動は、この動きに沿ったものであった。

特に力を注いだ点は、噴火が始まる前から避難を始める場合、さらに噴火が始まってから事態が展開してゆく状態での防災対策を、具体的なシナリオを活用し提案してゆくことであった。気象庁から発表されるであろう種々の火山情報と密接に連携して、防災体勢をきめ細かく変化させてゆく方法を模索することも議論された。

9. 噴火前避難

噴火が始まる前から避難を開始するきっかけを与えるのは、気象庁が発表する火山情報である(表8)。避難対象地域は表9や図16のように、予め分類してゾーンに分けておく。第1次から第5次ゾーンにいたるまで、順に緊急度が下がるように分類されている。

図16において、積雪期と非積雪期を分ける理由は、融雪型泥流の発生の可能性の有無にある。積雪期には、例えば第3次ゾーンが大変広くなってしまうが、実際には泥流は低地・谷筋などのみに流れるから、具体的な事例に応じ

表9 富士山火山噴火による影響の度合いに応じたゾーン区分（噴火前）
（富士山ハザードマップ検討委員会 2004）。

Table 9. Zonations according to the degree of hazard by the eruption of Fuji volcano (RCVHM 2004).

ゾーン	範囲の考え方	ハザードマップに基づく噴火前設定範囲
第1次ゾーン	・ごく小規模の噴火であっても、瞬時に降下物・流下物による危険の及ぶ可能性がある。	ハザードマップにおける ・火口分布領域
第2次ゾーン	・噴火が発生すると、短時間（3時間以内）で流下物による危険の及ぶ可能性がある。	第1次ゾーンの範囲外で、ハザードマップにおいて、以下のいずれかの可能性がある範囲 ・噴石、火砕流・火砕サージが到達 ・溶岩流が3時間以内に到達 ・積雪期において、融雪型火山泥流が到達*
第3次ゾーン	・噴火が発生すると、やや時間をおいて（3時間以上24時間以内）流下物による危険の及ぶ可能性がある。	第1～2次ゾーンの範囲外で、ハザードマップにおいて、以下の可能性がある範囲 ・溶岩流が24時間以内に到達
第4次ゾーン	・想定される最大規模の噴火であれば、最終的に流下物による危険の及ぶ可能性がある。	第1～3次ゾーンの範囲外で、ハザードマップにおいて、以下の可能性がある範囲 ・溶岩流が到達（最大）
第5次ゾーン	・想定される最大規模の噴火でも、流下物による危険のおそれはないが、降下物による影響の及ぶ可能性がある。	第1～4次ゾーンの範囲外で、ハザードマップにおいて、以下の可能性がある範囲 ・火山灰が降下 （降灰堆積厚2cm以上）

て適当に地域を設定する。

噴火前避難対策は、噴火前に出される火山情報に基づき、予め市町村の設定する避難範囲（表10）を対象として実施することになる。避難対象者は3種類に分類し、それらと避難の緊急度を組み合わせたマトリクス（表11）を作って、異なった事態にきめ細かく対応できるようにする。例えば一時集会所、一次避難所、長期的避難所、要援護者避難所などの設定や避難経路や避難方法などの検討も含まれる。

その他数多くの事項について、細かい議論がなされ、その結論が記述されているが、ここにそれらを詳しく紹介することはしない。詳細は、報告書（富士山火山広域防災対策検討会 2005）を参照されたい。

ここで強調したいことは、上記のように噴火前の避難計画を策定するようになると、条件の組み合わせが際限なく増えてゆき、現実的でない計画に肥大してゆく危険性があることである。富士山火山広域防災対策検討会の検討段階では、防災対策の策定の方法論そのものを議論することが先ず意義のあることだと認識から、一般的な議論をおこ

なつたもので、実際の地域防災計画の策定はあくまで地方自治体の主体的な係わり合いがなければならないことは当然である。

また、防災マップの作成過程に関して述べたように、極端に安全側に偏った行動基準を作る可能性に対しては、つねに気をとめている必要がある。例えば、「噴火の可能性あり」という臨時火山情報が発令されただけで、要援護者の避難準備を第3次ゾーン全域にわたって開始することになっている。実際には、マグマの活動が進行して前兆現象が顕著になるにつれて、噴火予測地点の絞込みが可能になり、さらに噴火が開始すれば、多くの束縛条件が明瞭になる可能性が大きい。すなわち、事象が進行すれば、かえって危険予測地域が絞り込まれてくる場合が少なくないと考えられる。

そのような場合には、防災対策の実施内容を事態に合わせて適宜変更してゆくだけの弾力性が重要となる。報告書ではこの点についても指摘し、状況に合わせてゾーン区分の変更など適切な処置をとることを薦めている。

表 10 噴火前避難範囲とゾーンとの対応の例（富士山ハザードマップ検討委員会，2004）。

Table 10. Zonation and corresponding hazard advisory (RCVHM 2004)

噴火前避難範囲	参考とするゾーン境界線
臨時火山情報時避難範囲	第 1 次ゾーン（噴火前）
緊急火山情報時避難範囲	第 2 次ゾーン（噴火前）
災害時要援護者避難範囲	第 3 次ゾーン（噴火前）

10. 噴火時避難

実際に噴火が始まれば、噴火の様式、噴火地点などが明らかになり、噴火の規模や推移に関してもある程度の見通しがつく場合が多い。防災対策は、個々の加害現象ごとにきめ細かい施策の実行が可能となる。細かい内容については報告書を参照されたい。

11. 広域連携の体制と火山防災情報の収集・伝達・共有化

もし噴火の規模が大きかったり、小さくても複数の行政区域にまたがって災害が発生する恐れがある場合には、防災担当者の広域的な連携が必要となる。

もっとも重要な事案のひとつは、現地における合同対策本部の設置である。火山災害が発生する恐れのある地域に近い場所で、国、都県、市町村などの諸機関が合同で対策本部を作ることの有用性は、たとえば 2000 年の有珠山噴火の例でも明らかである。

富士山の場合では、予め合同現地本部を設置するのに適当な候補地を複数用意しておくことが提言され、その機能の内容が詳細に議論された。特に火山噴火予知連絡会やその他火山専門家との密接な連携が重要であることも強調された。

最近では、火山観測機器の性能の進化や技術的開発の進展により、火山活動に関する科学的な情報の収集がより容易になってきた。噴火開始以前の時点で気象庁が緊急火山情報を発表して、噴火の前に実質的な避難行動が実行されたケースが 2000 年の有珠山と三宅島の噴火の場合に見られた。火山防災担当者にとっては、きわめて勇気付けられる状況である。しかし、そのためには相当程度の観測機器、監視体制の整備が必要である。委員会ではこの必要を認め、火山防災に役立てるための情報の収集・伝達・共有化についての助言と提案を行った。

12. 火山に関する啓発・教育の重要性、観光産業との関連性

12.1 火山災害と火山の恵み

火山災害の場としては、多くの場合、国内でも有数の観光地であり、マスコミの報道はけたたましく、テレビで放映される災害の映像は、たとえそれらが望遠レンズによって拡大されたものであったにせよ、きわめて衝撃的であった。災害の場では、活火山は暴力的な破壊エネルギーの象

徴であり、人間に恐怖感と絶望感を押し付ける存在のように見える。しかしよく考えると、そのような情景が出現する時空間は、案外限られた範囲のものであり、平常時には風光明媚な観光地としてのイメージが行き渡っている場なのである。

この対比は、災害を受ける当事者にとって、最も際立っていると考えられる。すなわち、平時には、火山景観や温泉その他の火山環境が生み出す観光地としてのプラスの面を享受し、利益を受けているのが、まれに発現する噴火災害により、一見莫大な損害をこうむるという図式である。

火山災害というものを大局的に把握するためには、このような発想の転換をする必要がある。私がこれまで関わってきたいくつかの火山災害の事例の多くでは、火山災害に関係する人々の対応がばらばらであったようにも感じられる。たとえば、ハザードマップを始めとする火山防災対策の議論や提案は、主に行政担当者から発信され、学識経験者もそれに組み込まれて発言することが常であった。

一方、観光産業に従事する人々は、直接の被害を蒙る側でありながら、防災対策、特に中長期的な災害予防策などに関して、行政側、学者側と直接対話することが無いようであった。別の言葉で言えば、両者の立場が食い違っているために、かみ合った議論をするまでに至らなかったのである。火山災害をオープンに話題とすることに表面的な拒絶反応が殆どなくなった現時点では、観光産業関係者と防災関係者とが直接向き合って会話を開始することが可能になったのではないかと考える。

12.2 火山防災・環境教育・観光振興

火山研究者の立場から見ると、基礎科学としての火山学が蓄積した「知識ベース」は、これまで防災関係でのみ社会に貢献してきたといっても過言ではない。しかし、火山現象を知る、理解するという知的活動は、それだけで喜びを生み出し、人間の精神活動を豊かにするという説得も大いに可能である。

火山災害が発生する場としての火山地域は、同時に美しい火山景観や温泉、肥沃な土壌など、快適な生活、さらに観光客をひきつける場となっている。そのような場で営まれる人間の経済活動の見地からは、火山環境は莫大な観光資産として算定されるべきものである。景観の美しさ、環境のよさという特徴は多面に精神的なものであり、自然現象をより深く理解するという精神活動へ直結する。このとき活用されるのが、火山学がこれまで蓄積してきた「知識

表 11 各局面における避難範囲別・対象別の噴火前避難対策（富士山ハザードマップ検討委員会 2004）.
Table 11 . Evacuation plans according various combination of hazards (RCVHM 2004).

凡例) : 避難準備 : 活動自粛等 : 避難

網掛け：段階を追って事態が進展した場合、新たに避難することとなる対象者

【臨時火山情報（注意喚起）】臨時火山情報により注意喚起の必要が示された場合

対象者 噴火前避難範囲	一般 住民	災害時 要援護者	観光客， 登山者・入山者	市町村の対応
臨時火山情報時避難範囲				入山自粛呼びかけ
緊急火山情報時避難範囲				
災害時要援護者避難範囲				

【臨時火山情報（噴火の可能性）】臨時火山情報により噴火の可能性が高まったことが示された場合

対象者 噴火前避難範囲	一般 住民	災害時 要援護者	観光客， 登山者・入山者	市町村の対応
臨時火山情報時避難範囲				避難勧告（指示）
緊急火山情報時避難範囲				避難準備（要援護者避難）情報 ^{*注1} 観光自粛・帰宅呼びかけ
災害時要援護者避難範囲	^{*注2} ()			避難準備（要援護者避難）情報 ^{*注1} 観光自粛・帰宅呼びかけ

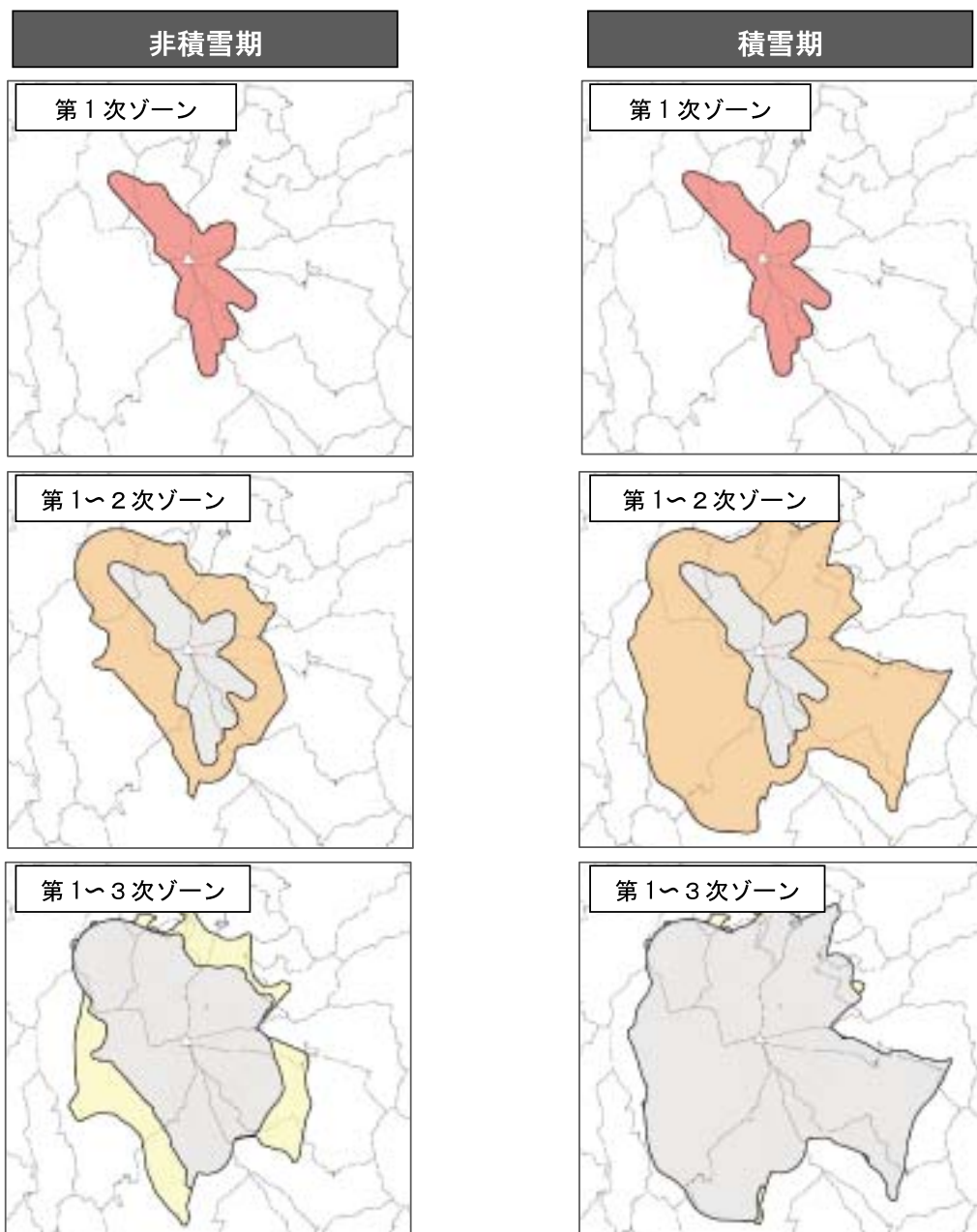
この段階で緊急火山情報時避難範囲の家畜も移送（避難）

【緊急火山情報】緊急火山情報が発表された場合

対象者 噴火前避難範囲	一般 住民	災害時 要援護者	観光客， 登山者・入山者	市町村の対応
臨時火山情報時避難範囲				避難勧告（指示）
緊急火山情報時避難範囲				避難勧告（指示）
災害時要援護者避難範囲				避難準備（要援護者避難）情報 ^{*注1} 観光自粛・帰宅呼びかけ

*注1)「避難準備（要援護者避難）情報」とは、「集中豪雨時等における情報伝達及び高齢者等の避難支援に関する検討報告」(平成17年3月)に提案された以下の情報。その運用までは、避難準備の呼びかけを行う（これに基づき、災害時要援護者は自主的に避難を行うことが望まれる）。

	発令時の状況	住民に求める行動
避難準備（要援護者避難）情報	要援護者等、特に避難行動に時間を要する者が避難行動を開始しなければならない段階であり、人的被害の発生する可能性が高まった状況	・要援護者等、特に避難行動に時間を要する者は、計画された避難場所への避難行動を開始（避難支援者は支援行動を開始） ・上記以外の者は、家族等との連絡、非常用持出品の用意等、避難準備を開始



***融雪型火山泥流のための噴火前避難範囲の考え方**

融雪型火山泥流の危険に基づく避難範囲については、ハザードマップに示されたゾーンのうち低地・谷筋などのみが危険であることから、以下のような手順で検討し対象範囲を特定する。

- 1) 各溪流の中から、積雪範囲に端を発する溪流を特定する。
- 2) 特定された溪流について、それぞれその砂防施設の能力を把握し、ハザードマップ策定時に想定された融雪型火山泥流の量と比較する。
- 3) 想定される融雪型火山泥流が砂防施設の容量を超えて溢れることが予想される場合は、その溢出量を算出して流下時の水深を推定する。
- 4) 流下時の水深が河川堤防の高さを超えて越水する地域を特定する。

図 17 ハザードマップに基づく避難のゾーン分け (富士山ハザードマップ検討委員会 2004).
 Fig.17. Zonations of evacuation according to the hazard maps (RCVHM 2004).

ベース」である。「火山知識ベース」は、防災という、いわば負の面の適用とともに、火山の恵みの評価という莫大なプラスの生産活動においても活用されるべきものである。

観光資産としての火山という命題と加害者としての火山活動という命題を結ぶものとして、環境問題がある。自然環境の破壊とそれを防ぐ方法に関する議論は、火山環境資産と火山防災の問題にそのまま適用可能である。必要とされる重要な技術的側面は、自然現象の本質、メカニズムを良く理解し、正確に定量し、相互作用を見積もるということである。必要とされるのは、「知識ベース」であり、自然科学的方法論である。

環境問題に取り組む方法として、環境教育が重要な要素となる。火山環境論では、「火山知識ベース」が作業の基礎となる。例としては、自然遺産としての火山環境がある。「エコツアー」は、自然ガイドの指導に従って、自然を学習し親しむことに喜びを見出そうとする、旅行（観光）形態のひとつである。

ここでは、動物・植物についての解説と並んで火山活動についての解説・学習が大切であることは当然である。現状では、日本における平均的理科教育の内容は、地球科学の分野が特に貧弱であることが顕著である。火山地域のエコツアーならば、火山現象に関する説明・学習は特に重要であるが、諸外国の事例に比べて特に劣るものと予想される。この困難性を打開するためにも、現存する火山学的知識ベースの有効利用が当然進められるべきである。

火山によってもたらされる災害を防ぐには、火山現象を良く知ることが最も能率的であり、そのことは結局、自然に親しみ、理解するという喜びを生み出し、生活環境を生み出すというプラスの面につながることを認識することが大切である。

13. 謝辞

本稿で議論した資料の大部分は 2001 年から 2005 年にかけて作成・発表された国レベルの富士山の火山防災対策関連の委員会の報告書である。これら一連の委員会を立案し、遂行された関係者のご努力に感謝したい。特に名前を挙げれば、内閣府防災担当布村昭彦参事官、同上総周平参事官のお二人が中心となられたが、他に国土交通省、総務省、気象庁などから多くの官僚諸氏が協働・協力された。

委員会報告を支えた膨大な量の資料の作成には、多くのコンサルタント等の専門家が尽力された。この方々の寄与なしには、報告書の基礎となる現地調査、室内実験、資料調査などの成果は得られなかったといえるだろう。個々のお名前を挙げないが、関係された法人名を挙げて、特に感謝申し上げたい：(財)砂防地すべり技術センター、(株)社会安全研究所、アジア航測(株)、日本工営(株)、国際航業(株)、住鉱コンサルタント(株)、(株)ダイヤコンサルタント、(株)建設技術研究所。もちろん、検討委員会に関与された大学研究機関の学識経験者の果たされた役割も大きい。極言すれば、日本の火山防災関連のすべての専門家

関与されたとも言えるであろう。

原稿を査読していただいた編集委員の方々など、特に藤井敏嗣、安養寺信夫両氏にお礼を申し上げる。

引用文献

- 荒牧重雄(1993)火山災害予測図(ハザードマップ)の方法論。月刊地球, 特別号7(火山噴火予知), 124-137.
- 荒牧重雄(2005)火山ハザードマップ——火山防災戦略の一環として。火山50 特別号(50周年特集号), S319-S329.
- 千葉達朗・鈴木雄介・荒井健一・藤井紀綱・宮地直道(2007)航空レーザー計測にもとづく青木ヶ原溶岩の微地形解析。「富士火山」,(荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集), 山梨県環境科学研究所, p.349-363.
- 鶴川元雄(2007)富士山の低周波地震。「富士火山」,(荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集), 山梨県環境科学研究所, p.161-172.
- 富士山ハザードマップ検討委員会(2004)富士山ハザードマップ検討委員会報告書。145p.
- 富士山火山広域防災対策検討会(2005)富士山火山広域防災対策検討会報告書。182p.
- Ishihara, K., Iguchi, M. And Kamo, K. (1990) Numerical simulation of lava flows on some volcanoes in Japan. In Lava flows and domes, Fink, J. H. ed. Springer, 174-207.
- 国土庁(1992)火山噴火災害区域予想図の作成指針。154p+49p.
- 町田 洋(1964) Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史 - 第四紀末期について - (その1, その2)。地学雑誌。73, 293-308, 337-350.
- 宮地直道(1988)新富士火山の活動史。地質学雑誌。94, 433-452.
- 宮地直道・小山真人(2002)富士山宝永噴火の噴出率の推移。地球惑星科学関連合同学会2002年度合同学会予稿集, V032 P024.
- 宮地直道・小山真人(2007)富士火山1707年噴火(宝永噴火)についての最近の研究成果。富士火山, 荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集, 山梨県環境科学研究所, p.339-348.
- 宮下 誠・中禮正明・宇平幸一・林 豊・瀧山弘明・藤井敏嗣・村上 亮・鶴川元雄・白土正明・山里 平・横田 崇(2007)富士山の火山活動の監視 - 宝永噴火シナリオと火山情報 -。富士火山, 荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集, 山梨県環境科学研究所, p.441-449.
- 中村洋一(2005)データベースからみた日本の活火山ハザードマップ。月刊地球, 27, 253-258.
- 相良正俊(1982)富士山大爆発 運命の1983年9月X日!。トクマブックス。145p.
- 鈴木建夫(1985)有珠山1977年降下火砕堆積物の渦動拡散モデルによる解析。火山, 30, 231-251.
- 田島靖久・阿部徳和・宮地直道・吉本充弘(2007)富士火山北東斜面で発生した最近2,000年間の火砕丘崩壊に伴う火砕流。「富士火山」,(荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集), 山梨県環境科学研究所, p.255-267.
- 高橋正樹・松田文彦・安井真也・千葉達朗・宮地直道(2007)

富士山の火山防災マップと防災対策の展望

富士火山貞観噴火と青木ヶ原溶岩。「富士火山」,(荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集), 山梨県環境科学研究所, p.303-338.

津屋弘遠(1968)富士火山地質図. 特殊地質図 12 地質調査所.

津屋弘遠(1971)富士山の地形・地質. 富士山 - 富士山総合学術調査報告書. 富士急行, 1-149.

山元孝広・高田 亮・石塚吉浩・宮地直道・田島靖久(2007)富士火山西斜面で発生した玄武岩質火砕流の特徴とその起源。「富士火山」,(荒牧重雄, 藤井敏嗣, 中田節也, 宮地直道 編集), 山梨県環境科学研究所, p.245-254.

Yamashita S. & Miyamoto K. (1991) : Numerical simulation method of debris movements with a volcanic eruption, Japan-U.S. Workshop on Snow Avalanche, Landslide, Debris Flow Prediction and Control. pp.433-442