

過去の降下火山灰分布公表資料から推測される
わが国の降灰確率予測図作成試案

須藤 茂*・猪股隆行**・佐々木 寿**・向山 栄**

(2009年6月1日受付, 2009年12月22日受理)

Trial to Make Up the Probability Map of the Volcanic Ash Fall Deposit,
Derived from the Published Ash Fall Data, in Japan

Shigeru SUTO*, Takayuki INOMATA**, Hisashi SASAKI** and Sakae MUKOYAMA**

More than 500 volcanic ash fall units in Japan were summarized with the data base in the program of the "Research on volcanic ash fall hazard assessment and risk management for industrial location" and the "Impact analysis on the volcanic ash fall in the metropolitan area". The digital data, including the thickness of the ash fall deposit, for around each one kilometer mesh, which is authorized by the Third Digital National Land Information System in Japan, was used for analysis. The degree of flatness, which is shown as the ratio of the short axis and long axis of the distribution pattern, for each unit were from 0.05 to 1.0, and the average was 0.5. There was a minor difference of the degree of flatness depending on their volume. The larger the magnitude the smaller the degree of flatness, excepts the case of caldera forming gigantic eruption. The distribution direction for each unit was determined by the straight line, passing through the crater, which divides the volume of the deposit into halves. Major of the Japanese air fall ash tend to distribute to the east by the strong west wind. Almost 57% and 77% of the distribution direction are in the east plus or minus 20 degrees, and 40 degrees, respectively. The probability of the ash fall deposition was calculated using the data of the degree of flatness and the direction of ash fall units for each classified volume. For example, the probability of the deposition of 1mm and 1cm ash fall in central Tokyo by the same magnitude of the Hoei (1707) eruption of Fuji volcano, which volume was measured to be as 1.3 km³, were estimated as around 33% and 28%, respectively. And the probability maps of the volcanic ash fall deposit for all over Japan in the next ten thousand years were also shown using the same distribution model assumed that there should be eruptions as same size and frequency as the last ten thousand years from each volcano. This kind of probability map of the volcanic ash fall had not been published, and it is useful for the volcanic disaster mitigation staffs in each municipal office and people living in Japan.

Key words: volcanic ash, ash fall disaster, probability map, Japanese volcano, Fuji volcano

1. はじめに

降下火山灰は、溶岩など、ほかの火山噴出物に比べて遠方にまで達するため、それまで火山災害を想定していない産業活動の中心である都市部にも被害をもたらす可能性がある特徴を有する。最近の例として、セントヘレンズ火山の1980年噴火(Schuster, 1981), ピナツポ火山の1991年噴火(Casadevall *et al.*, 1996; Mercado *et al.*, 1996; Robin *et al.*, 1996), 雲仙の1991-95年噴火(高橋,

2000)等についてすでに被害実態の報告がある。それらによれば、1 mmのオーダーの厚さで灰が積もっただけでも、道路交通の障害、空港の閉鎖、商店の営業活動低下などの被害が出るため、その経済的影響は大きい。しかしながら、これまで、わが国における降下火山灰による災害の予測は、溶岩や火砕流などと同様に、火山体の近傍のみを対象に行われることが多かった。また、わが国では、ある地点に降下する火山灰が単一の火山のみか

* 〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7産業技術総合研究所地質情報研究部門

Geological Survey of Japan, Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567 Japan.

** 〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1 国際航業株式会社

Kokusai Kogyo Co. Ltd., 2-24-1, Harumi, Fuchu, Tokyo 183-0057 Japan.

Corresponding author: Shigeru Suto
e-mail: shigeru.suto@aist.go.jp

ら供給されるとは限らず、供給源として複数の火山を想定しなければならず、個々の火山の降灰予測図を作成するだけでは十分ではない。本研究では、日本全国をカバーする広範囲の火山降灰確率の予测试案として、過去1万年間の降下火山灰の公表データを処理することによって、それと同じ頻度、規模で噴火が起きると仮定した場合の将来1万年間の降灰確率の計算を試みた。

2. 研究史

2-1 火山灰の拡散、降下モデル等を実際の噴火に当てはめる例

降下火山灰予測モデル作成の基礎的な研究として、様々な要素を考慮した火山灰の降下、拡散等のモデルが提出された。それらは、堆積物の解析結果、風向・風速などの気象データと、粒子の降下速度や拡散係数などを様々な組み合わせたシミュレーションモデルを比較検討するものであり、Cornell *et al.* (1983) は、38,000年前のイタリアの大規模火山灰の海底堆積物、Armienti and Macedonio (1988) は、1980年の米国のセントヘレンズ火山噴火の火山灰堆積物、Macedonio *et al.* (1988) は、ベスビオ火山の79年噴火の堆積物、Graze and Self (1991) は、ヘクラ、セントヘレンズ、チリのラスカル火山等の堆積物についてそれぞれ検討した。しかしながら、これらの様々なモデルから、将来の降灰確率を直接予測した例はない。なお、雲仙の1991年からの活動中には、Suzuki (1983) を元に、簡略化した降灰予測が行われた。

2-2 個々の火山の降下火山灰予測モデル

個々の火山の降下火山灰予測モデルの作成には、様々な手法が用いられている。Crandell and Mullineaux (1978) は、セントヘレンズ火山の過去の降下火山灰の発生頻度と規模およびワシントン州西部の最近の高層気象観測で得られた16方位ごとの風向分布とから、降下火山灰の災害予測図を作成した。そこでは、火口からの距離とともに予想される火山灰の層厚が減少していくことと、火口から東北東を中心とする約90度開いた角度内に降る確率が50%、火口から東を中心とする約165度開いた角度内に降る確率が80%であることが示されている。頻度と規模の参照にされたのは過去の5つの噴出物である。Westercamp (1983) は、西インド諸島マルチニーク島のプレー火山について、過去の降下火山灰の分布と気象データである各高度の風向風速から、降灰予測を試みた。Booth *et al.* (1983) は、アゾレスのサンミゲルの過去5000年間の降下火山灰の規模と頻度分布から、将来予測を行った。Punongbayan and Tilling (1989) は、フィリピンのカンラオン火山の災害予測図の例として、フィリピン火山地震研究所の未公表資料を引用しているが、その

中の降下火山灰の予測図は、過去3回の事例と同様に北東に降下した場合と、過去1回の事例と同様に南西に降下した場合の図が示されている。Barberi *et al.* (1990) は、それまでのシミュレーションモデルとイタリア南部の15年間分の高度別風向・風力データから、ベスビオ火山がある規模の噴火をした場合の1m²あたり100kgと200kgの降灰確率分布図を示した。さらに、家屋密度分布図と合わせて、家屋崩壊のリスクマップも作成した。降下火山灰の都市における災害についても言及しているが、想定している層厚は10-20cmのオーダーである。西インド諸島モンセラール島のスーフリエールヒルズ火山ではBonadonna *et al.* (2002) が、各層厚(単位面積当たりの重量で表示)ごとの降灰確率分布図を示した。ニュージーランド北島のオークランドは、大都市の直近に火山が多く分布することで知られているが、Houghton *et al.* (2006) は、ハワイとエトナの火山噴火の事例を参考に、当該地域で噴火が起きた場合の火山灰災害予測を、細かく時間を追って検討している。ただし、対象としたのは玄武岩の小規模噴火によるものだけである。同じオークランド地域について、Magill *et al.* (2006) は、より遠方の火山の大規模な噴火による降灰の可能性についても検討した。

わが国では、各地方自治体が公表している火山災害に関する様々な図面に降下火山灰予測に関する図が示されていることがある。それらの中には、過去の火山灰の降灰事例を地図に転載しただけのものもあるが、以下のようない例もある。

(1) ある特定の風向きの場合の降灰予測を示したもの。樽前山(北海道・他, 1994)、有珠山(伊達市・他, 2002)、岩手山(建設省東北地方建設局岩手工事事務所・他, 1998)、秋田焼山(秋田県建設交通部砂防課・秋田県鹿角建設事務所, 2002)、秋田駒ヶ岳(田沢湖町役場・他, 2003)、鳥海山(酒田市・他, 2001)、蔵王山(宮城県・他, 2002)、吾妻山(吾妻山火山防災連絡会議, 2002)、磐梯山(猪苗代町・他, 2001; 郡山市・他, 2001)、那須岳(黒磯市・他, 2002)、草津白根山(草津町・他, 1995)、浅間山(長野県佐久市・他, 1995)、霧島山(宮崎県都市・他, 1996)。

(2) 火口から同心円状に降灰分布を示したもの。雌阿寒岳(足寄町, 2000)、アトサヌプリ(弟子屈町, 2001)、北海道駒ヶ岳(駒ヶ岳火山防災協議協議会, 1998)、恵山(恵山火山防災協議協議会, 2001)、岩手山(建設省東北地方建設局岩手工事事務所・他, 1998)、秋田焼山(秋田県建設交通部砂防課・秋田県鹿角建設事務所, 2002)、鳥海山(酒田市・他, 2001)、蔵王山(宮城県・他, 2002)、安達太良山(安達太良山火山防災連絡協議, 2002)、磐梯

山(猪苗代町・他, 2001; 郡山市・他, 2001), 那須岳(黒磯市・他, 2002), 草津白根山(草津町・他, 1995), 浅間山(長野県佐久市・他, 1995), 箱根山(箱根町, 2004), 阿蘇山(阿蘇火山防災会議協議会・他, 1995).

(3) 上空の風向きの頻度分布を示したもの. 樽前山(北海道・他, 1994), 恵山(恵山火山防災会議協議会, 2001), 浅間山(長野県佐久市・他, 1995).

(4) 過去の火山灰の厚さを元に予測したもの(方法の詳細については記載がない). 伊豆大島(大島町, 1994).

(5) 気象要素を取り入れたシミュレーションによるもの: 富士山(御殿場市, 2004).

2-3 広域の降下火山灰予測モデル

Newhall (1982) は, 世界各地の, 体積 0.1 km^3 以上の 36 の降下火山灰の事例を取りまとめ, 噴火した場合の層厚確率を求め, 分布の主軸に沿った火口から 100 km 地点で, 90% で 1 cm 以上, 50% で 10 cm 以上, 1% で 100 cm 以上であるとした. また, 同じく 0.1 km^3 未満の場合の例として 50% で 1 mm 以上, 1% で 1 cm 以上の値を示した. Hoblitt *et al.* (1987) は米国北西部の 13 火山について, それぞれの火山の過去の噴火頻度, 火口から風下の方向への距離と層厚の関係, および最近の気象観測による高層の風向頻度の 3 つの要素を考慮して降灰確率を求めた. 東西約 800 km , 南北約 1200 km の広範囲にわたって, 5 km メッシュの 1 年間当たりの 1 cm , 10 cm , 1 m の各層厚の降灰確率を求め, 等確率線図を描いた. それによると, たとえばセントヘレンズ火山の東方 100 km 地点では, 1 年間に 1 cm 以上火山灰が降る確率は 10^{-2} 以上であり, 同 1 m の確率は 10^{-4} と 10^{-3} の間である. この種の図は, ほかに例がない.

3. 火山灰降下確率分布図モデル作成の基礎資料

本研究では, わが国の過去の降下火山灰の分布資料から, 将来の降灰確率を求める手法をとった. 分布域の形と伸びの方向のデータを基にした以下の 2 つの手順により, ある火山から, ある量の火山灰が噴出した場合に, 周囲の各地点にある厚さの火山灰が堆積する確率を求めた. 使用した火山灰分布図は, 須藤・他 (2007) が取りまとめたものを用いた. はじめに使用したデータの概略を記し, 次にデータの処理法を述べる.

須藤・他 (2007) は, 公表された等層厚線図がある 551 の降下火山灰ユニットについてデータを取りまとめた. それらの噴出年代は時代により著しい偏りがあり, 新しい年代のユニットほど多く記録されている. 西暦 2000 年を基準にして, 最近の 100 年間で 37 ユニット, 同 1000 年間で 93 ユニット, 1 万年間で 243 ユニット, 10 万年間で 465 ユニットである. 各ユニットの体積にも偏りがあ

り, ユニットの細分した報告例を除いて, 体積を算出した 524 ユニットのうち, 最大 10 のユニットの合計体積が全体積の 83% を, 最大 100 のユニットの合計体積が全体積の 98% をそれぞれ占める. なお, 須藤・他 (2007) では, 近年の堆積直後の未固結の火山灰の層厚測定結果と, 地質時代の固結した火山灰のそれとを区別していない. これは, 両者の境界が明確でないことと, 近年の火山灰には遠方にまで厚く堆積して大きな災害をもたらした例がないことによる. また, 規模の大きなユニットはカルデラ形成にかかわる噴火によるものが多いであろうし, 規模の小さなものの中には水蒸気噴火によるものが多く含まれていると考えられるが, 須藤・他 (2007) は, 噴火の様式による区分を厳密に行うことが困難である場合があること及び, 事例数をできるだけ多く確保することを主眼にしたので, 細分は行われていない.

3-1 火山灰分布域の形の傾向

等層厚線が外側にのみ凸になる分布図 512 を選択した. 等層厚線が双頭または花びら状になる場合は以下の作業に用いていない. 等層厚線の形は円に近いものもあれば, 細長く伸びたものもある. それらの形の, 真円からのつぶれ具合, 扁平度を長軸の長さを 1 とした場合の短軸の長さとして求めた. 扁平度別頻度分布を図 1 に示した. 全体としては, $0.4-0.5$ をピークとする滑らかな頻度分布を示す. 体積別に区分すると, 0.1 km^3 より小さいユニットの分布域の形はより円に近いのに対し, 0.1 km^3 から 100 km^3 のユニットの分布域はより伸びた形をしていることがわかる. 一方, 例数は少ないが 100 km^3 より大きい巨大なユニットの分布域の形はより円に近い傾向がある.

極端な例を除くと, 規模の比較的大きいユニットはよく伸びた分布を示すということであり, より高空まで噴煙柱が立ち上がったものはより強く偏西風の影響を受けるということで説明できる. 一方, カルデラ形成に伴うような, 規模が極端に大きいユニットの分布域の形は扁平の度合いがあまり大きくない. このことは, 町田・新井 (1992) がとりまとめた後期第四紀の広域テフラの分布図がいずれも丸みを帯びていることをそのまま反映したものである. これは, 大規模火砕流に伴い立ち上がる噴煙の発生源がそもそも広範囲にわたること, 及びそのような巨大な噴火では噴煙柱が高度数十 km に達して拡がるため, 偏西風の影響が相対的に小さくなること等により説明されるのかもしれない.

3-2 火山灰分布域の伸びの方向

すでに, 町田・新井 (1992) に示されているように, わが国の火山灰分布域の伸びの方向は東に集中している. 今回は, 分布域内の層厚を含んだデータベース (須藤・

他, 2007) を利用し, 火口を通り, 火山灰の体積を半分に分ける鉛直面の方角を求めた. 結果を図 2 に示す. 全体として, 真東よりやや北よりに伸びの方角のピークがあることがわかる. 伸びの方角が N85E を中心とする 40

度の範囲に入るユニットの割合は 57% であり, 同じく 80 度の範囲では 77% である.

高層気象観測データによれば, 風の向きは 16 方位で示されており, 各地方のデータはいずれも東へ吹くものが最も頻度が大きく, ついで東北東である (恵山火山防災会議協議会, 2001; 北海道・他, 1994; 長野県佐久市・他, 1995).

本研究で求めた火山灰分布域の伸びの方角について, 北海道, 関東・中部, 九州の 3 地域に分けて検討したが, 大きな地域差はない.

4. 火山灰降下確率予測モデルの作成

上記の, 降下火山灰分布域の形の傾向, すなわち扁平の程度と, 伸びの方角について, それぞれ頻度分布が求められたので, ある量の体積の火山灰が堆積するときに, 各地点に, ある層厚で堆積する確率を求めることができる. ここでは, 扁平度に関するモデル作成に際しては, 災害を考慮する上で重要な中規模の噴火の例 90 ユニットを使用した. これは, 小規模の降下火山灰の場合, 事例数は多いけれどもその分布域が火口近傍に限られ, 大都市などへの影響が少ないこと, 規模が極めて大きい場合は事例数が少なく結果の妥当性に疑問が残る可能性が

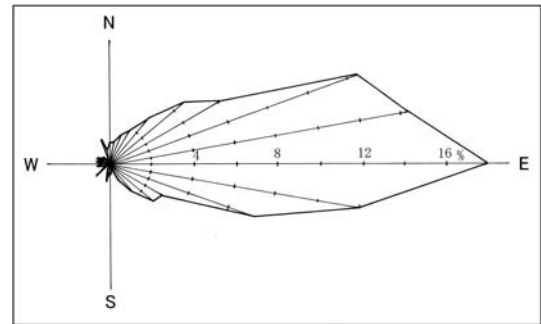
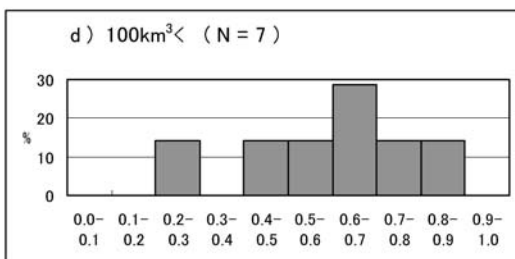
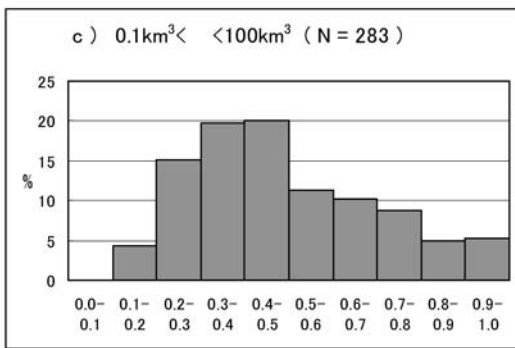
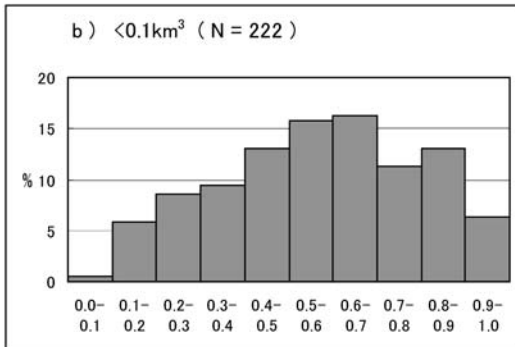
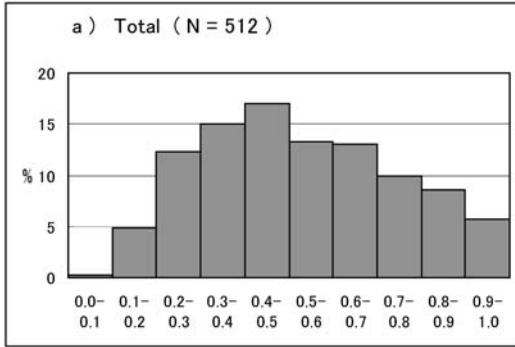


Fig. 2. Frequency of the distribution direction of the volcanic ash fall deposit in Japan.

図 2. 火山灰の分布域の伸びの方向別頻度分布.

Fig. 1. Degree of flatness (length of short axis / long axis) of the distribution pattern of the volcanic ash fall deposit in Japan. a) whole unit, b) less than 0.1 cubic kilometer, c) more than 0.1 cubic kilometer and less than 100 cubic kilometer, d) more than 100 cubic kilometer.

図 1. 火山灰分布域の扁平度頻度分布. a) 全体, b) 体積 0.1 km³ 未満, c) 体積 0.1 km³ 以上 100 km³ 未満, d) 体積 100 km³ 以上.

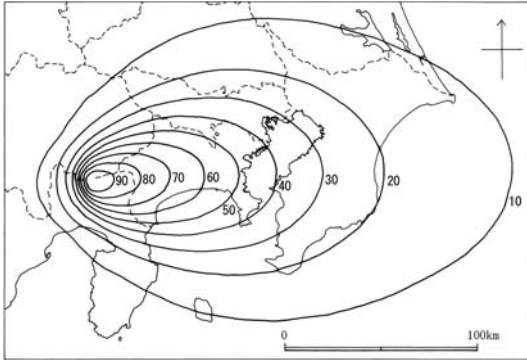


Fig. 3. Probability map of the 1 mm volcanic ash fall deposit by the same magnitude activity of the Hoei eruption of Fuji volcano (1.3 cubic kilometer in this paper) in 1707, in per cent.

図 3. 富士山から、宝永噴火と同じ 1.3km^3 の火山灰が噴出したときに、各地点に 1mm 以上堆積する確率 (%)。

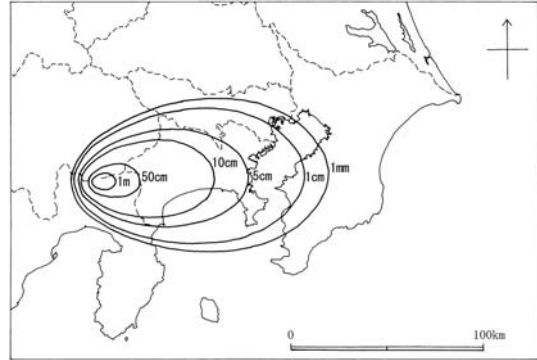


Fig. 4. Probability isopach map of the 30% possibility volcanic ash fall deposit by the same magnitude activity of the Hoei eruption of Fuji volcano in 1707, in millimeter.

図 4. 富士山が宝永規模の噴火をした場合、各地点に 30% 以上の確率で堆積する等層厚線図。

あることによる。分布域の伸びの方角については、使用できるすべてのデータを参照した。

扁平度は、 0.1 刻みで 10 に区分したものの頻度を、方角については、 36 に区分したものの頻度をそれぞれ掛け合わせるによって確率を求めた。角度 10 度ごとの計算にしたために、等確率線の外形は凹凸が激しくなるので、得られた結果には表現の都合上平滑化の修正を加えた。

図 3 は、作成されたモデルを使用して、富士山から、宝永噴火と同じ 1.3km^3 の火山灰が噴出したときに、各地点に 1mm 以上堆積する確率を求めたものである。同様な図は、 1cm 、 10cm など、様々な厚さについても作成できる。たとえば、東京都庁舎付近では、 1mm 堆積する確率は 33% 、 1cm の場合は 28% であり、同じく横浜市では 48% 、および 44% 、小田原市では 68% 、および 64% となる。噴出量を変えた場合についてもそれぞれ表示できる。たとえば、東京都庁舎では、 1mm 堆積する確率は、宝永噴火の 10 倍規模の場合は 65% 、 10 分の 1 規模の場合は 8% である。また、各地点に、ある確率で堆積する層厚の分布を示すこともできる。図 4 には、富士山が宝永規模の噴火をした場合、各地点に 30% 以上の確率で堆積する等層厚線図を示した。

図 3 の例は、実際の宝永噴火の火山灰分布図に比べると、丸みを帯びている。これは、宝永噴火が 12 月の西風が強い季節に起きたためであり、夏の、南風が強い季節など、ほかのすべての季節の条件をも総合したものが、今回作成したモデルであるからである。

5. 全国の降灰確率予測図の作成

2 章で述べたように、これまでの研究により、各火山の過去の各噴火の降灰データに合うような降灰モデルを作成することはかなり良くできている。各火山が、ある規模の噴火をした場合の降灰予測モデルを作成する試みもいくつかなされている。しかしながら、各火山について一般的な降灰予測モデルを作成するためには、噴火の規模と頻度をも予測しなければならない。これは、非常に難しい作業であり、なかなか先に進めない。これまで公表された唯一の広域の降灰確率予測図 (Hoblitt *et al.*, 1987) は、原子力関係の立地に関わる課題から、米国の 13 火山の資料を基に作成されたものである。今回の予測図作成に際しては、それ以上の数の火山が分布するわが国の事情もあり、個々の火山の活動史の詳細な検討から将来の予測を行う手法をとらず、過去のある期間に起きた活動は将来のある期間にも起きる確率が高いという判断に基づいて一律に作成した。Simkin and Siebert (1994) は、世界の火山の噴火データを取りまとめており、それには、過去 1 万年間の噴火活動の記載がある。それによれば、今から 5 千年前から 1 万年前の 5 千年間に噴火したことのある火山のうち、次の 5 千年間にも噴火したものは 78% であった。これはきわめて高い確率であり、このことから、過去の 1 万年間に噴火したことのある火山は、将来の 1 万年間に噴火する確率がきわめて高いといつてよい。噴火の規模については、個々の火山によりそれぞれの細かな予測ができるかもしれないが、それらはここでは問わない。すなわち、過去 1 万年間に起きた噴火と同じ噴火が将来の 1 万年間にも起きると仮定する。

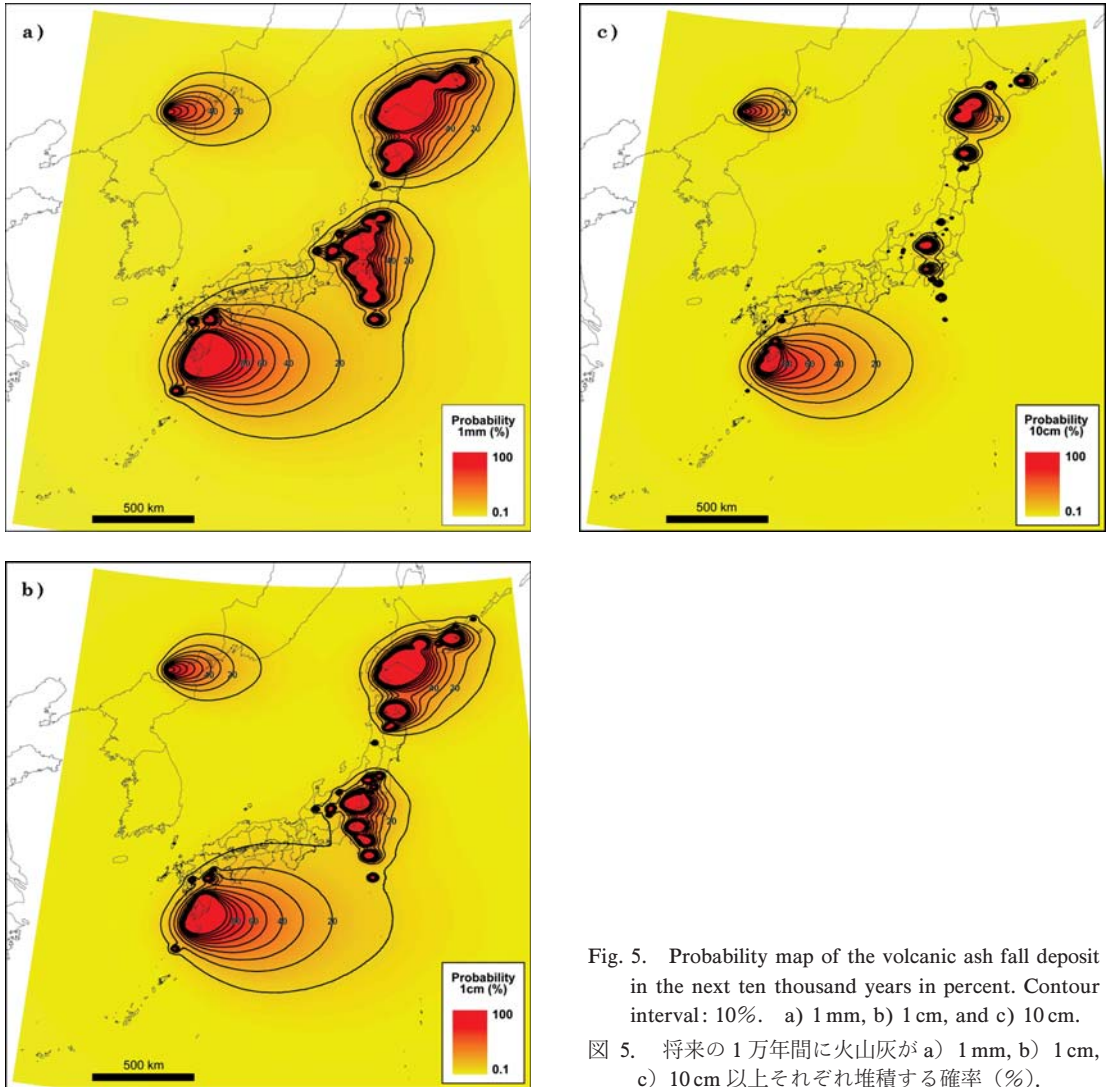


Fig. 5. Probability map of the volcanic ash fall deposit in the next ten thousand years in percent. Contour interval: 10%. a) 1 mm, b) 1 cm, and c) 10 cm.

図 5. 将来の 1 万年間に火山灰が a) 1 mm, b) 1 cm, c) 10 cm 以上それぞれ堆積する確率 (%)。

2章で述べたように、わが国の降下火山灰の時代ごとのユニット数及び各ユニットの体積には著しい差があるが、最近の 1000 年間、1 万年間及び 10 万年間の降下火山灰の体積は 1000 年当たり、それぞれ 53 km^3 、 55 km^3 、及び 37 km^3 であり、大差ない。須藤・他 (2007) は、この一致は、それぞれの期間内を細分すると大差が生じることから、偶然であると結論付けた。

4章で示した火山灰降下確率予測モデルは、富士山の宝永噴火クラス、すなわち中規模の噴火の場合を想定して作成したものである。全国の降灰確率予測図作成にあたっては、本来、個々のユニットの体積の値をそれぞれ代入してモデルを作成すべきであるが、この方法で 500 以上のモデルを作成するには作業量が極端に大きくなる

ので、ここでは、体積のレベルを 5 段階に分け、それぞれの規模ごとの代表モデルのみを作成し、重ね合わせて全国図として出力することにした。

以上の仮定および作業により作成したわが国の将来 1 万年間の降灰確率分布を、図 5 に示す。図に示したのは、将来の 1 万年間に火山灰が a) 1 mm, b) 1 cm, 及び c) 10 cm 以上それぞれ堆積する確率である。これ以外の任意の厚さの場合についても同様な図は作成できる。表示した範囲は、東経約 123–149 度、北緯 24–46 度である。この範囲内では、1 mm, 1 cm, 10 cm のいずれの場合でもすべて 0.1% 以上の確率となった。各図には 10% ごとの等確率線を黒実線で示した。

6. 他の予測図との比較と課題

2章に記したように、個々の火山の降灰予測は、様々な手法により行われている。しかしながら、わが国のように、多くの火山が位置している地域では、ある地点に降下する火山灰の給源としては、複数の火山が想定される可能性が大きい。そのためには、個々の火山について予測図を作成するだけでは不十分である。

これまで、広範囲にわたって、複数の火山を供給源とした火山灰の降下予測を行ったのは、Hoblitt *et al.* (1987)のみである。Hoblitt *et al.* (1987) が示した等確率線は、高い確率の場合は火山の東方のみに描かれ、低確率の場合は西側へも大きく張り出すようになっている。高確率の場合が本研究の結果と異なっているが、これは本研究の結果では、西側へ向かった火山灰の実績も少数ながらもあることから、それが考慮されているためと思われる。確率そのものの値は、年間に1 cm以上堆積する確率が、 10^{-2} である地点が、Hoblitt *et al.* (1987) では、セントヘレンズ火山の東方100 km以遠にまで達している。位置関係を富士山と東京に置き換えると、東京に1 cm以上の火山灰が1年間に堆積する確率が100分の1ということになる。これは本研究の結果と直接比較はできないが、大きい値である。規模と頻度の見積もりに違いがある可能性がある。

日本列島と北米大陸とは、気象条件が多少異なる可能性があり、詳細な比較はできないが、Hoblitt *et al.* (1987) と本研究の結果は、異なる手法で得られたものであるが、大局的にはかなり一致しているといえる。

これまで、わが国にはこのような広域の降下火山灰の確率分布図の公表例はなく、各地点の降下火山灰災害を考える上での基礎資料として各自治体の防災関係者や一般住民に活用されることが期待される。

図5に表示された確率の数値そのものについては、九州及び中部、関東、東北から北海道にかけての地域を除くとかなり低いことがわかる。上記以外の地域においては低頻度災害ということになる。しかしながら一方、わが国では首都圏への降灰確率は低くなく、それなりの対策は必要と思われる。本報告では言及しないが、今後の課題としての降灰災害対策については、米国地質調査所の情報 <http://volcanoes.usgs.gov/ash/todo.html>などを参考にして進める必要がある。

7. まとめ

わが国の過去の降下火山灰のデータベースから、火山灰分布域の伸びの程度と伸びの方角の頻度分布をそれぞれ求め、一般的な降下確率分布図を作成した。国土数値情報の第3次メッシュ、すなわち約1 kmごとの格子

点において、将来の1万年間にある量の火山灰が降下する確率を日本全図に表現した。このような図は、これまでわが国では公表されておらず、火山災害軽減のための基礎資料として活用することが期待される。

謝 辞

本研究のうち、1999–2000年度は旧工業技術院の競争的特別研究「産業立地に関わる火山災害の影響評価及びリスクマネジメントの研究」、2001–2003年度は運輸施設整備事業団及び鉄道建設・運輸施設整備支援機構の基礎的研究支援制度による「大都市における火山灰災害の影響予測評価に関する研究」の一環としてそれぞれ行われた。米国地質調査所が行った火山灰降下予測の研究については、同所のScott博士に補足説明をしていただいた。2名の匿名査読者及び編集担当伴雅雄氏のご指摘・ご指示は本稿を改善するに大変有意義であった。末尾に記して深謝の意を表す。

引用文献

- 安達太良山火山防災連絡会議 (2002) 安達太良山火山防災マップ。
- 秋田県建設交通部砂防課・秋田県鹿角建設事務所 (2002) 火山防災マップ，自然と名湯を育む活火山秋田焼山。
- Armenti, P. and Macedonio, G. (1988) A numerical model for simulation of tephra transport and deposition: applications to May 18, 1980, Mount St. Helens eruption. *J. Geophys. Res.*, **93**, B6, 6463–6476.
- 阿蘇火山防災会議協議会・一宮町・阿蘇町・南小国町・小国町・産山村・波野村・蘇陽町・高森町・白水村・久木野村・長陽村・西原村・阿蘇広域行政事務組合 (1995) 阿蘇火山噴火災害危険区域予測図。
- 足寄町 (2000) 足寄町雌阿寒岳防災マップ。
- 吾妻山火山防災連絡会議 (2002) 吾妻山火山防災マップ。
- Barberi, F., Macedonio, G., Pareschi, M. T. and Santacroce, R. (1990) Mapping the tephra fallout risk: an example from Vesuvius, Italy. *Nature*, **344**, 142–144.
- Bonadonna, C., Macedonio, G. and Sparks, R.S.J. (2002) Numerical modeling of tephra fallout associated with dome collapses and Vulcanian explosions: application to hazards assessment on Montserrat. In *The eruption of Soufriere Hills Volcano, Montserrat, from 1995 to 1999* (Druitt, T.H. and Kokelaar, B.P. eds.), *Geol. Soc. London, Memoirs*, **21**, 517–537.
- Booth, B., Croasdale, R. and Walker, G.P.L. (1983) Volcanic hazard on Sao Miguel, Azores. In *Forecasting volcanic events* (Tazieff, H. and Sabroux, J.C. eds.), Elsevier, Amsterdam, 99–109.
- Casadevall, T.J., Reyes, P.J.D. and Schneider, D.J. (1996) The 1991 Pinatubo eruptions and their effects on aircraft operations. In *Fire and mud: Eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines* (Newhall, C.G. and Punongbayan, R.S. eds.), PHIVOLCS, Quezon city and Univ. Washing-

- ton Press, Seattle, 1071–1088.
- Cornell, W., Carey, S. and Sigurdsson, H. (1983) Computer simulation of transport and deposition of the Campanian Y-5 Ash. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **17**, 89–109.
- Crandell, D.R. and Mullineaux, D.R. (1978) Potential hazards from future eruptions of Mount St. Helens volcano, Washington. *U.S. Geol. Surv. Bull.*, **1383-C**, 1–26.
- 伊達市・虻田町・壮瞥町・豊浦町・洞爺村 (2002) 有珠山火山防災マップ.
- 恵山火山防災会議協議会 (2001) 恵山火山防災マップ.
- 御殿場市 (2004) 富士山火山防災マップ.
- Graze, L.S. and Self, S. (1991) Ashfall dispersal for the 16 September 1986, eruption of Lascar, Chile calculated by a turbulent diffusion model. *Geophys. Res. Lett.*, **18**, 1237–1240.
- 箱根町 (2004) 箱根山火山防災マップ.
- Hoblitt, R.P., Miller, C.D. and Scott, W.E. (1987) Volcanic Hazards with regard to siting nuclear-power plants in the Pacific Northwest. *U. S. Geol. Surv., Open-File Rept.*, **87-297**, 196p.
- 北海道・苫小牧市・千歳市・恵庭市・白老町 (1994) 樽前山火山防災マップ.
- Houghton, B.F., Bonadonna, C., Gregg, C.E., Johnston, D. M., Cousins, W.J., Cole, J.W. and Del Carlo, P. (2006) Proximal tephra hazards: recent eruption studies applied to volcanic risk in the Auckland volcanic field, New Zealand. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **155**, 138–149.
- 猪苗代町・磐梯町・北塩原村 (2001) 磐梯山火山防災マップ.
- 建設省東北地方建設局岩手工事事務所・岩手県・盛岡市・雫石町・西根町・滝沢村・松尾村・玉山村 (1998) 岩手山火山防災マップ.
- 駒ヶ岳火山防災会議協議会 (1998) 駒ヶ岳火山防災ハンドブック.
- 郡山市・会津若松市・喜多方市・塩川町・河東町・磐梯町・北塩原村・猪苗代町 (2001) 磐梯山火山防災ハンドブック.
- 黒磯市・那須町・栃木県 (2002) 那須岳火山防災マップ.
- 草津町・嬭恋村・長野原町・六合村 (1995) 草津白根山火山防災マップ.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 東京, 276p.
- Macedonio, G., Pareschi, M.T. and Santacroce, R. (1988) A numerical simulation of the Plinian fall phase of 79 A.D. eruption of Vesuvius. *J. Geophys. Res.*, **93**, B12, 14817–14827.
- Magill, C.R., Hurst, A.W., Hunter, L.J. and Blong, R.J. (2006) Probabilistic tephra fall simulation for the Auckland Region. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **153**, 370–386.
- Mercado, R.A., Lacsamana, J.B.T. and Pineda, G.L. (1996) Socioeconomic impacts of the Mount Pinatubo eruption. In *Fire and Mud: eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines* (Newhall, C.G. and Punongbayan, R.S. eds.), PHIVOLCS, Quezon city and Univ. Washington Press, Seattle, 1063–1069.
- 宮城県・川崎町・蔵王町・白石市・七ヶ宿町・山形県・山形市・上山市 (2002) 蔵王山火山防災マップ.
- 宮崎県都城市・小林市・えびの市・高原町・鹿児島県栗野町・吉松町・牧園町・霧島町 (1996) 霧島山火山防災マップ.
- 長野県佐久市・小諸市・軽井沢町・御代田町・群馬県長野原町・嬭恋村 (1995) 浅間山火山防災マップ.
- Newhall, C.G. (1982) A method for estimating intermediate- and long-term risks from volcanic activity, with an example from Mount St. Helens, Washington. *U.S. Geol. Surv., Open-File Rept.*, **82-396**, 59p.
- 大島町 (1994) 伊豆大島火山防災マップ.
- Punongbayan, R.S. and Tilling, R.I. (1989) Some recent case histories. In *Volcanic hazards* (Tilling, R.I. ed) Short course in Geology, vol. 1, Amer. Geophys. Union, 81–101.
- Robin, J.S.S., Pomonis, A., Baxter, P.J., Coburn, A.W., White, M., Dayrit, M. and Field Epidemiology Training Program Team (1996) Building damage caused by the Mount Pinatubo eruption of June 15, 1991. In *Fire and mud: eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines* (Newhall, C.G. and Punongbayan, R.S. eds.), PHIVOLCS, Quezon city and Univ. Washington Press, Seattle, 1055–1061.
- 酒田市・遊佐町・八幡町 (2001) 鳥海山火山防災マップ.
- Schuster, R.L. (1981) Effects of the eruptions on civil works and operations in the Pacific Northwest. In *The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington* (Lipman, P.L. and Mullineaux, D. R. eds.), *U.S. Geol. Surv., Prof. Pap.* **1250**, 701–718.
- Simkin, T. and Siebert, L. (1994) *Volcanoes of the world*, Second edition. Geoscience Press, Inc, Tucson, Arizona, 349p.
- 須藤 茂・猪股隆行・佐々木寿・向山 栄 (2007) わが国の降下火山灰データベース作成. 地質調査総合センター研究報告, **58**, no. 9/10, 261–321.
- Suzuki, T. (1983) A theoretical model for dispersion of tephra. In *Arc volcanism: physics and tectonics (Advances in Earth and Planetary Sciences)* (Shimozuru, D. and Yokoyama, I. eds.), Terra Scientific Pub., 95–113.
- 高橋和雄 (2000) 雲仙火山災害における防災対策と復興対策. 九州大学出版会, 福岡, 580p.
- 田沢湖町役場・雫石町役場・秋田県・岩手県・国土交通省湯沢工事事務所・国土交通省岩手工事事務所 (2003) 秋田駒ヶ岳火山防災マップ.
- 弟子屈町 (2001) アトサスプリ火山防災マップ.
- Westercamp, D. (1983) Appraisal and zonation of volcanic hazards in the French Lesser Antilles: preliminary results. In *Forecasting volcanic events* (Tazieff, H. and Sabroux, J.C. eds.), Elsevier, Amsterdam, 111–130.

(編集担当 伴 雅雄)