

## 火山噴火予知の方法：富士山の現状を考える

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2014-06-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鵜川, 元雄 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/7845">http://hdl.handle.net/10297/7845</a>

# 火山噴火予知の方法

——富士山の現状を考える——

鵜川 元雄

## はじめに

「火山噴火予知の方法―富士山の現状を考える―」という  
こととお話をさせていただきます。日本は地震火山国と言  
われますが、地震は割と頻繁に体を感じているので、どん  
なものか体感的にお分かりになっていると思うのですが、  
火山国と言う割には、噴火を目の当たりにした人というの  
は少ないのではないかと思います。

私は地震と火山の研究をやってきましたが、三〇年以上  
携わりながら、目の前で噴火したのを見たのはまだ一回し  
かありません。そこで今日は、火山の噴火とはどんなもの  
かということを中心に、後半は富士山について今分かって  
いることをお話ししていきたいと思えます。

私は、二年前までつくばの防災科学技術研究所に三〇年

ほど勤めておりました。その時に富士山の観測に関わりま  
して、それから三〇年以上になります。そのきっかけになっ  
たのが後でお話ししますが、一九八三年九月一六日に富士  
山で起こった変な地震です。それから富士山とつき合い始  
めたので三〇年になります。

その頃一九八〇年代、私は海底地震計の研究をしており、  
海の中に地震計を沈めて駿河湾の地震活動を調べていたこ  
とがあります。

清水にある東海大学が「東海大学丸二世」という船をお  
持ちだったので、それをお借りして駿河湾の中を調査して  
いたことがありました。駿河湾、伊豆半島の地震の調査や  
富士山の研究をしながら、二〇〇〇年代になって、全国の  
火山活動観測網を整備することに携わりました。

## 噴火予知

### ↑噴火予知とは

噴火の時期・場所・様式を、あらかじめある程度予測することを噴火予知と言いますが、噴火予知という確立した技術はまだありません。それは天気予報と比べるとずいぶん違うと思います。

天気予報のことをお話しするのならば、こんな観測があつて、こういう風に予報するというをしつかりお話しできると思いますが、噴火予知というのはまだそこまで成熟しておりません。

噴火とは地面の下をマグマが上昇してきて、それが地表に出てくることです。地下のマグマの動きを観測する技術というのは年々発展してきていますが、噴火を予測するということは発展途上の分野です。

### ↑地震予知と噴火予知

この三〇年の間に進んできた噴火予知の技術についてお話しします。まだ確立していない技術ではありますが、地震予知と比べると、もう少し実現への道を進んでいます。駿河湾のまわりで地震予知という言葉を出すのは微妙なと

ころがあります。地震予知はなかなか難しいというのが今の一般的な捉え方かと思えます。

それに対して噴火予知は、地下のマグマの動きさえ捉えれば、噴火が近づいているかどうかを認識できるという考え方で進んでいます。噴火ごとに状況は違いますが、噴火予知の可能性は高いだろうということで、かなり実用的になつているところもあります。

皆様の中には、火山にたいへん詳しい方もおられるかもしれませんが、多くの方は、普段の生活のなかで、あまり噴火とは関わりを持たずにおられると思えますので、まずは噴火とはどんなものかということをお話しします。

### ↑なぜなかなか進歩しないのか

噴火の予知の技術は、年ごとに進んではいるのですが、なかなか発展というのが一気にいきません。それはどうしてかというと、噴火の回数がそれほど多くないからです。

例えば気象と比較すると、ゲリラ豪雨などいろいろなことが

### 経験した噴火や火山活動の活発化



図1 筆者が経験した噴火や火山活動の活発化

## 火山とは

今騒がれています。毎年何回も集中豪雨があり、そのたびに予報の技術というのを進歩させることができます。それに引き換え噴火ですが、私が関わり始めてから日本で起こった主な噴火や火山活動の活発化を挙げてみました(図1)。

一九八〇年代、三宅島が噴火したり伊豆大島が噴火したり、伊東沖海底噴火などがありました。それから九〇年代は、雲仙普賢岳で火砕流により四〇人余りの方が亡くなったり、岩手山ではもう一息で噴火というところまでいった活動もありました。二〇〇〇年になると有珠山、三宅島が噴火。それとちょうど歩を合わせたように、富士山低周波地震活動の活発化などがありました。南の方では硫黄島が噴火したということもあります。その後、浅間山が活発になったり、一昨年(二〇一一年)は霧島山新燃岳が久しぶりに噴火しました。

これらが私の関わった噴火ですが、三〇年火山と関わってきてても、一〇回ほどの噴火や火山活動の活発化しか経験することができないので、一気に進歩させるのがなかなか難しい分野なのです。一〇年で一気に進むというような分野ではなく、二〇年、三〇年という長い目で見ると確実に進歩しているという、そんな分野です。

## 十 火山の生死

まずは、火山が活着しているかそれとも死んでいるか、そこから話を始めるため、このような図を作ってきました(図2)。人の死の判定についていろいろ騒がれていますが、実は火山も非常に生死の判定が難しい分野です。

噴火中の火山というのは、確実に地下から熱いマグマが上がってきており、活着しているというのは分かり易いのですが、大半の火山は、うっすらと噴気が出ていたり、あるいは表面上は何も活動していません。このように、噴気だけや静穏な火山の生死を区別できるのでしようか。活火山という言葉があります、それはどのようにに区別するのだろうか、というところが問題になります。

## 十 長い休みの後の噴火

日本では、一九七九年に木曾の御嶽山が噴火しました。その

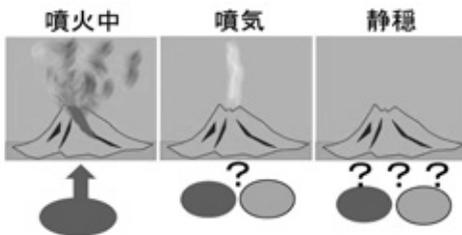


図2 火山の生死を判別する

後、御嶽山の火山活動は活発になりますが、一九七九年の噴火というのは、有史以来初めての噴火でした。山頂に噴気活動はありましたが、一〇〇〇年以上静かにしていたものが突然噴火を起こし、その後火山活動が活発化するということもあるのです。地層を調べると、一万年の間に何回か噴火していることが分かっています。一〇〇〇年くらい休んでいても、噴火することは十分に有り得るのがこういう火山です。

もっと長い休みを取っていたものに、アメリカのクレターレイクが湖。火口湖をそのまま名前にしたような火山です。直径が約一〇km、日本でいうと、十和田湖をひとまわり大きくしたような火山で、オレゴン州にあります。シアトルとサンフランシスコの真ん中くらいです。

この火山は、七七〇〇年前に大噴火をしています。四〇万年前くらいは、楯状火山と成層火山の間のような山でした。それがずっと活動を続けながら、三万年くらい前に活動を一度やめました。その後、およそ七〇〇〇年前から再び活動を始めて、六八五〇年前頃に大爆発を起こし、このように大きな火口を造りました。

その時出たマグマや、吹き飛ばした岩塊の岩の量という

のは、だいたい一〇〇km<sup>3</sup>、一辺が五kmの立方体くらいです。それほどのものを吹き飛ばして、直径一〇kmの火口を造りましたが、アメリカの解説書などを読むと、「この火山は自分を吹き飛ばすために一何千年かの眠りから覚めた」と書いてあります。このように、一万年くらい休んでから大噴火をする火山というものもあります。

#### ＋活火山の定義

火山がどのくらい活動していなかったら死んでいるのかというのは、実はわかりません。ただ、それでは火山らしいものが全部活きているということになってしまい、対応が難しいということ。日本では気象庁が活火山というものを定義しています(図3)。



- 2003年から「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」108火山→110火山
- 1991年「過去およそ2000年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」83火山→86火山
- 1975年「噴火の記録のある火山及び現在活発な噴気活動のある火山」77火山

図3 活火山の定義と日本の活火山／気象庁HPより

ものを活火山にすると決めました。二〇〇三年には一〇八でしたが、その後、研究者たちが地層を調べ、あと二つ追加したほうが良いということで、今は北方領土も含めて、一一〇の火山が活火山ということで登録されています。

一九七五年の最初に定義を決めたときは、噴火の記録のある火山という、歴史上の噴火記録があるかないかで活火山を決めていたのですが、二〇年前の一九九一年に変更になったときは、二〇〇〇年以内に噴火した証拠がある火山という定義になりました。火山の死の定義というか、火山の活きている定義、生の定義自体がだんだん変わってきているため、活火山の数というのは火山活動で変わるのではなく、人間がどこまでを活きている火山と定義するのか、ということが変わってしまいます。

今は一一〇ですが、その一一〇の中で、私たち静岡県に關係のある火山というのが三つあります。皆さんよくご存じの富士山、それから伊豆東部火山群、それと中心火口は神奈川県の方にありますが、山体は静岡県の方にもあるという事で箱根山、これら三つの山が静岡県に関わっています。

#### 十四七火山で観測の充実・強化が必要

一一〇の火山がありま  
すが、その全部に目を配っ  
ているだけの余裕が日本  
にはないため、観測を充  
実・強化しなければいけ  
ない火山というものを気  
象庁で決めました。それ  
で選んだのが四七の火山  
です(図4)。今後一〇〇  
年くらいの中長期的な期  
間で噴火の可能性があ  
り、社会的な影響がある火山、ということ  
で四七を選んで  
いるのですが、先ほど静岡県に關係があると言いました富  
士山、箱根山、伊豆東部火山群はすべてこの四七の中に入っ  
ています。

#### 噴出物と噴火の仕方

##### 十噴火の種類

例えば、地震ならば断層がバリッとずれて強い振動が起

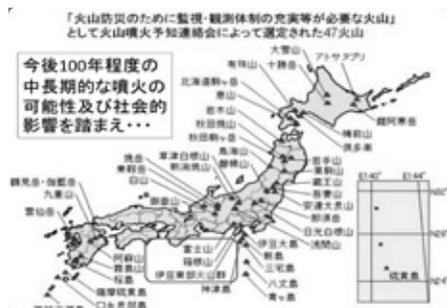


図4 観測の充実等が必要とされる47火山/気象庁HPより

きます。また、海で地震が起きたならば津波の被害。そういうことに注意を払わなくてははいけないのですが、火山ではいろいろな噴火が起きます。

有珠山では噴煙をバアツと上げるような型、アメリカのセントヘレンズという火山では、山体が崩れてしまった山体崩壊、それからハワイのような溶岩流が流れ出る型もあります。ここに挙げただけでも火山灰が出る、溶岩流が出る、山体が崩れる、そんなパターンがあります。

#### ＋噴出物の種類

噴出物と噴火の仕方には、図5のようにいろいろなパターンがあります。例えば、火山から出てくるものにはどんなものがあるのかというと、溶岩・火山灰・軽石・火山礫・火山弾です。これらは出てきたものの大きさで名前が変わります。それから、固いものだけではなく火山ガスも出てきます。

#### ＋噴出の仕方

また、これらはいろいろな出方をします。マグマ噴火という

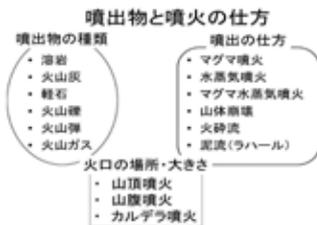


図5 火山の噴出物と主な噴火の種類

爆発的な噴火や水蒸気爆発。マグマと水が直接触れ合わなくても、水が熱で熱せられて水蒸気になる時に、体積が一気に広がるので爆発的なことが起きる、それが水蒸気爆発です。それから、マグマと水が直接触れ合っただけで起きる爆発(マグマ水蒸気爆発)、山体崩壊、火砕流、あるいは泥流と違って、泥が山体を流れ下ってくるというそんな現象も起きます。

#### ＋火口の場所・大きさ

火口や火山の形についても、山頂から噴火する場合や山腹から噴火する場合、直径が1km以上の大きな火口を造る噴火など、その違いでいろいろな名前がついています。

#### ＋火山灰の噴出——浅間山と霧島山の事例

図6は浅間山と霧島山の噴火です。浅間山の二〇〇四年の噴火は、大きかったというものの規模としてはそれほどでもありませんでしたが、関東地方に灰を降らせたためニュースになりました。それから、二〇一一年の霧島山の噴火ですが、これは霧島山が百十数年ぶりに大噴火をしたということまで話題になった噴火ですが、どちらも火山灰がたくさん出てきた噴火です。

## 十 火山灰とは

火山灰は、これで直接人が死ぬということはあまりありません。ただ、たくさん積もると屋根が潰れてしまうということが起きます。例えば、一〇cm以上火山灰が積もると、日本の普通の家は屋根がもたない場合があるので、避難するときに、火山灰で建物が潰れないかという心配があります。

灰と言っています。普通、木が燃えた灰のようなものではなく、細かい岩石の粒です。地下のマグマが爆発する時に、ものすごく細かく粉砕され、それで出てくるのが火山灰です。積もったあとに雨が降ったりすると、セメントのように固まってしまうというあまり良くない性質がありますし、そこにまた大雨が降ると水でどつと流されて、泥流という泥の流れになってしまいます。なかなかたちの悪いものです。ただ、日本が割合肥沃な土地なのも、火山灰が降り積もっているからで、長い目で見ると栄養を日本に与えてくれているので悪いものではないのですが、やはり



図6 左・2004年9月浅間山噴火／小山悦郎氏撮影、右・2011年1月霧島山新燃岳噴火／田島靖久氏撮影

災害という意味ではあまり好ましくないものです。

## 十 火山灰の噴出——ピナツボ山の事例

一九九一年にフィリピンのピナツボ山という火山の噴火がありました(図7)。この火山も、歴史上は数百年噴火の記録がありませんが、それが噴火をし、後に二〇世紀最大の噴火と言われています。この時は溶岩



図7 1991年フィリピンのピナツボ火山の噴火／Newhall, C.G., & Punongbayan, R. (Eds.)(1996).*Fire and Mud*.University of Washington Press.

を出さず火山灰が中心でしたが、初期避難した人たちがあつる建物に入っていたら、その屋根が崩れて数百人が亡くなるということがあつたり、大変多量の火山灰、だいたい八㎞と言われていますが、そういう火山灰が降り積もつたので、雨が降るたびに泥流が起こり、どんどん町が泥で埋まっていくという被害が出ました。泥流の犠牲者もあつて、九〇年代中頃まで数年の間被害が続いていました。

## 十 火山灰の噴出——ラバウルカルテラの事例

ラバウルという火山が一九九四年に噴火をしています(図

8)。ラバウルには湾があり、湾を挟んで二つの火山があるのですが、その時は二つ同時に噴火をしています。このときは噴火の前兆がいろいろあり、数万人が避難することができたため、犠牲者は五人だったと言われています。



図8 1994年9月ラバウルカルデラの噴火  
/Herman Patia氏撮影

火山というのは、突然大きな噴火になることはあまりないので、判断さえ間違わなければ、犠牲者を出さないように逃げることはできるはずです。ただ、どのくらいの単位の人が逃げるのかとか、噴火の規模はどのくらいかという大変大きな問題がそこに立ちはだかっているのも事実です。適切に逃げれば犠牲者の数というのは大きく減らすことができるのが噴火災害です。

#### ✦溶岩流の流出——三宅島の事例

一九八三年の三宅島噴火の時は、溶岩が山体を流れ下っていきましました。阿古という部落がありました、それが半分埋まってしまいました。

#### ✦溶岩流とは

溶岩の流れというのは、割合先端はゆっくりで、だいたいの人の歩く速さくらいのスピードで進んでいきます。ですから、溶岩流も普通は逃げる事ができます。逃げることはできますが、溶岩流を止めることが大変難しく、ハワイやイタリアの火山などで、溶岩流を止めて流れを変えようという実験などもされていますが、なかなかうまくいきません。また、流れが変わった方向で、別の被害が起こった時にだれが責任を取るのかなど、いろいろ問題もあるので、止めることは非常に難しいと思っただほうが良いでしょう。でも逃げることはできるので、犠牲者がこれ出ることはいくらでも少ないです。

#### ✦溶岩流の流出——伊豆大島の事例

これは伊豆大島の噴火、一九八六年です(図9)。伊豆大島は山頂に大きなカルデラ火口があり、そのまた真ん中に小高い火口があります。一九八六年の噴火、もう三〇年近く前ですが、最初山頂の火口から溶岩が噴き出しました。当時、伊豆大島の観光に少し翳りが見えていたため、これは観光に大変良いということで、いったん盛り上がったのです。

一月二五日に噴火が始まり、しばらくは良かったのですが、少し静かになった後、一月二二日に割れ目噴火が起こり、溶岩がそこからどつと出てきて、島全体が危ないかもしれないというので、島民がひと月あまり東京都の内地の方に避難することになりました。犠牲者の出ない噴火ではありませんが、流れ下っていく方向に町があると、大きな被害が出る場合があります。

#### ＋溶岩流の流出——ニイラゴンゴの事例

二〇〇二年に、アフリカのニイラゴンゴという火山で溶岩が出たときは、大量の溶岩が一気に町の中になだれ下りました。コンゴのゴマという町の近くの火山です。

溶岩は地下をずっと通ってきて、途中から地表に現れてバツと流れました。溶岩が地下を流れている間は、温度が



図9 1986年11月伊豆大島噴火写真／左上:火山学会誌「1986年伊豆大島火山1986年噴火」(1987)、中段:火山学会発行絵はがきより、下段:筆者撮影

高いため結構さらさらと流れます。さらさら流れるとスピードが速く、それが一気に噴き出すと、人が取り残され逃げ場を失います。このときは二〇〇人くらいの人が亡くなったと言われています。滅多に起きない事例ではありますが、こういう事例も起きることがあります。

#### ＋溶岩流の流出——昭和新山の事例

溶岩のねばねば度が高くなると、溶岩円頂丘と呼ばれる溶岩の高まりができる場合があります(図10)。昭和新山です。一九四三年から四五年くらいの二年間をかけて、このような五〇〇mほどの標高の山ができました。一見被害は無さそうですが、この時には噴火も頻発し、地殻変動で電車が通れなくなりました。地面を動かし、変形させてしまう地殻変動により被害が出ることもあります。



図10 1943-45年有珠山噴火で作られた昭和新山

#### ＋火砕流——スープリエールヒルズ火山の事例

スープリエールヒルズという火山が、カリブ海のモンセ

ラート島にあります。そこに、先ほどの昭和新山のような溶岩ドームができる噴火が始まりました。その溶岩ドームが壊れて斜面をなだれ下り、溶岩ドームを造っていた高温の岩が、どんどん破壊されながら周りの空気を巻き込んでダツとなだれ下つて、このような火砕流という高温の岩石の粒を含んだ流れになります(図11)。これが斜面を高速で下つてきて、町を飲み込んでしまうのです。



図11 1996年にモンセラート島で発生した火砕流/Aspinall氏撮影

一九九五年頃から活動を始め、もう二〇年近く活動が続いている火山で、一九九七年に一九人が犠牲になりました。昔、島は観光で栄えていましたが、この噴火のために島の経済活動も大打撃を受けました。

十火砕流——雲仙普賢岳の事例  
同じようなことがその数年前、九一年に雲仙普賢岳で起



図12 雲仙普賢岳の火砕流/太田一也他編(1992)「Unzen Volcano: the 1900-1992 eruption」九州大学出版会

こっています(図12)。この時はテレビで火砕流が大々的に放映され、火山で一番怖いのは火砕流だ、ということが目に焼き付いた、そういう噴火です。

### 十マグマ水蒸気爆発

図13はアイスランドのスルツエイという火山ですが、浅い海でマグマと水が触れ合うと大噴火をすることがあります。



図13 アイスランド近海でスルツエイ島を形成したマグマ水蒸気爆発/Decker,R.W.& Decker,B.(1981).Volcanoes.W.H.Freeman.

### 十火山ガス——ニオス湖の事例

その他に、ガスが出たことが原因で、人や動物が亡くなる場合もあります。

一九八六年ニオス湖、カメルーンの火山ですが、火口湖の下からガスが出ていました。ガスがだんだん水に溶け、湖の下のほうが軽くなり、火口の底の水が軽くなったためガスが一気にながってきて、火



図14 1986年ニオス湖の火山ガス災害/http://www.geology.sdsu.edu/how\_volcanoes\_work/Nyos.html

口の中に二酸化炭素が放出されるということが起きました。火口近くの村がこのガスでやられ、一七〇〇人が夜の間に二酸化炭素で窒息死してしまいました。図14は牛の写真ですが、こんな災害が起こることもあります。

#### ↑火山泥流——ネバド・デル・ルイス火山の事例

図15はネバド・デル・ルイスという火山と氷河です。火口がこの近くにあったため、氷河を溶かして、溶けた水と火山灰が四〇kmほど離れた町に一気になだれ下り、火山泥流で二万五〇〇〇人の方が亡くなるということが、



図15 1985年にコロンビアのネバドデルルイス火山で発生した火山泥流災害 / Mileti, D. S. (1991). *Eruption of Nevado Del Ruiz Volcano Colombia*. South America November 13, 1985. National Academy Press

一九八五年にありました。

アルメロという町ですが、当時テレビで放映されましたので、三十数年前のことですがご記憶の方もおられるかと思いますが、

#### ↑山体崩壊

アメリカの北西部に、富士山に似た形のセントヘレンズという火山がありました。

一九八〇年の三月から噴火が始まったのですが、最初は大きな噴火ではありませんでした。しかし次第に山が膨れ、山の中にマグマが入り込んで山体が不安定になり、山体の直下でマグニチュード五・五の地震が起きたため、山体が崩壊してしまいました(図16)。今まで山の重さで押さえられていたマグマが、上の栓が抜けてしまったために一気に噴き出したのです。真上にかかる噴煙と、水平に噴き出す爆風があり、後者によって木々が同じ方向になぎ倒されました。この時は、噴火が起きるまで二か月近く火山が活発になっていたため、いろいろ規制をかけていましたが、それでも山林労働者を中心に、六〇人余りの人が亡くなりました。

ここまでたくさん火山噴火の事例をご紹介しましたが、いろいろなパターンがあることがお分かりいた

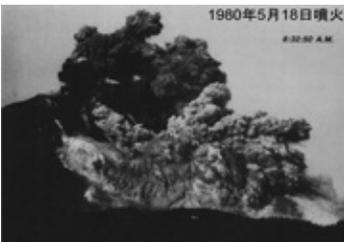


図16 1980年5月18日に発生したセントヘレンズ火山の山体崩壊を伴った噴火 / Corcoran, T. (1986). *Mount St. Helens*. KC Publications.

だけだと思えます。溶岩が噴出する場合もあるし火山灰が噴出する場合もあります。それから、火山泥流がその後流れる場合もあるということで、火山の災害というのは枝分かれがたくさんあり、それが対応を難しくする要因のひとつであります。

### 十火山爆發指数

地震の場合は、巨大地震が起きた時など「マグニチュードいくつくらいの地震だ」と、地震の大きさをマグニチュードで話することができますが、火山は今お話ししたように大変複雑です。なかなか良い指標、マグニチュードのようなものが無いのですが、国際的に使われているのが火山爆發指数 Volcanic Explosivity Index とごうものです(図17)。0から8までの尺度になっています。

これは、先ほどのピナツポ

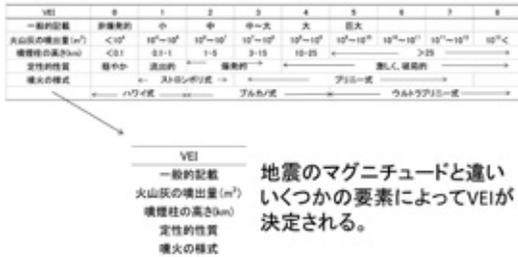


図17 火山爆發指数

の噴火のように、たくさん火山灰を噴き上げるような爆発的な噴火は大きな値になるのですが、静々と溶岩が流れる噴火は爆発的ではないため、たくさん溶岩が出て0など小さな値になります。なかなか一つの指標で噴火を表すのは難しいのですが、このような指標が使われています。

### 噴火予知技術の進歩

ここからは噴火予知の技術ということで、これまでのいろいろな噴火のたびに技術が進歩してきたというお話をします。主に一九八三年の三宅島、八六年の伊豆大島、八九年の伊東沖、この三つの噴火により、今の噴火予知の技術の方向が決まったというような内容です。

#### 十事前観測なし——一九八三年三宅島噴火

まずは最初の八三年の三宅島ですが、実はこの時は観測がほとんど行われていなかったため、予知という意味では全く役に立っていません。ただ、噴火の直後は私も現地に入りましたので、当時の様子は鮮明に記憶しています。

一九八三年の一〇月三日に噴火して、五日の船で島に渡り、六日に現地に入りました。大した噴火ではなかったの

ですが、水蒸気爆発の被害を目の当たりにすると、木々が吹き飛び、池だった所の水が全部無くなっていたり、電話ボックスや車が埋もれていたりしました(図18)。

それから、噴火の時には地震と一緒にたくさん起きるため、がけ崩れが起きて道路が塞がることもあります。火山の災害というと、溶岩が静々と流れるようなイメージですが、行ってみると道路が塞がり、火山灰が降っていたらスリップして動けなくなるなど、頭で想像するより現実というののもっと厳しいことが起こります。

溶岩が流れてから三日目くらいに溶岩の上を歩きました。割れ目の中に赤色が見えます。三〇cmくらいはまだまだ真つ赤な高温のままなのですが、もう表面は冷めていて、熱はあまり伝わらないので、普通の靴でもこの上を歩きました。普段噴火を見たことのない私達は、三〇cm下がこんなに真つ赤なのだと興味深く眺めてい



図18 1983年三宅島噴火の状況

ましたが、この時の噴火は観測網も無く、事前にも何事か起きていたのか、ということがほとんど分かりませんでした。

#### † 観測機器の導入——一九八六年伊豆大島噴火

それから三年たって伊豆大島が噴火をしました。この時は一月に噴火しているのですが、火山の噴火の観測に役立つのではないかということで、防災科学技術研究所が九月に、カルデラの外輪に傾斜計という機械を設置していました。

この機械は振り子のような原理で、振り子のおもりは真つ直ぐ下の方、重力の方を向きます。山体が傾くと、この振り子はそのままになっていて、周りの岩盤が傾くため、ものすごく精度の良いセンサーを付けておくと、どれだけ傾いたかという傾きの変化がわかるといふものです。そうしたところ、この機械がその噴火のときの岩盤の変化を捉えたのです。

一月一日に山頂火口から溶岩流出が始まり、二一日に山腹で割れ目から噴火。島民約一万人がおよそ一か月間島外に避難しました。

噴火の予知という意味では、その年の七月くらいから、

火山の連続的な振動、火山性微動といいますが、振動という前兆はありましたが、的確な予知というのは当時まだできませんでした。

この時、傾斜計が図19に示すような記録を書きました。周りの岩盤が傾くと、その振り子の向きとの違いを検出し、それがどれだけ傾いたか、だいたい1km先が1mmの100分の1くらいの割合、そのくらいの変化も検出できるものです。そういう機械を地中へ埋めて取ったのがこの記録です。横軸が八六年の一月二日の一日で、南北の傾きの変化と東西の傾きの変化があるので線が二つあります。

線が真っ直ぐなところは、岩盤が何も変動していないことを表しています。一四時一〇分頃から急に岩盤が動き始めました。そしてこの枠の中からスケールアウトしてまた戻ってきて、一六時くらいに噴火が起こっています。噴火する前か

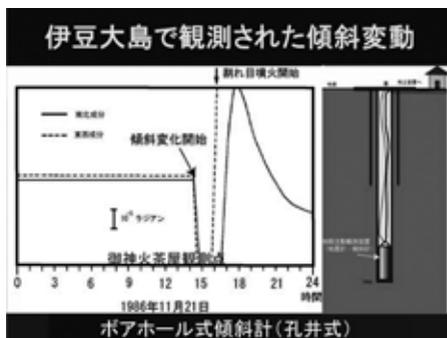


図19 1986年伊豆大島噴火の際に観測された傾斜変動

らこの傾斜計が岩盤のわずかな動き、傾きの関係からといって1km先を1cm上げるくらいの傾きですが、この機械で検出するレベルとしてはすごく大きな変動が起こり、それを捉えました。地面の上で立っていても全然分からないのですが、このような機械を付けて初めて分かる変化です。このように噴火の前に大きな変化が起こりましたが、当時は記録を現地で収録していたので、噴火予知には役に立たなかったのです。

傾斜計は感度が非常に良いので、地表に置いて日が当たり計器が膨張したりすると、それだけで傾きが変わってしまいます。そうするとそれは傾斜計ではなく温度計になってしまうので、温度が一定で気象の影響を受けない100m下とか200m下に埋めるようにしています。センサーの精度というのは、日本はものすごく高性能なものを作れますから、そのマグマが山体に入ってきたことによる岩盤のわずかな変化を、電気的に捉えられるようにしておく、と、ただけ山体がどちらの方向に傾いたのかということが分かれます。

機械一台だけの記録ではあまり詳しいことは分かりませんが、当時取られた記録を分析すると、最初は溶岩が流れていたのですが、その後どこかでマグマの流れの栓が詰まっ

てしまったため、マグマの溜まりが膨張し、山腹に割れ目を作って、そこから溶岩が噴き出したというようなことが地下で起こったらしいということが、この機械によって分かるようになりました。

ここで大事なものは、当時（二十数年前）の機械で、地下のマグマの動きを捉えることができるだけの技術を持っており、この技術をいろいろなところに使えば噴火の予知ができるのではないかという希望を私たちが持てたということです。

#### ＋現代火山観測・予測の幕開け——一九八九年伊東沖海底噴火

それから三年後、伊豆半島の東側、伊東で海底噴火が起きました。当時、伊豆半島では地震がたくさん起きていたので、いろいろな機械が設置されていました。そのため、この八九年の伊東沖の噴火が起きるに至る地下の動きというものが分かったのですが、それについてお話しします。

一九七〇年代末から、地下からマグマが伊豆半島の東側の上がってくるという活動が何度もあり、そのたびに群発地震が起き、震度三とか震度四の揺れが観測されていました。

一九八八年の群発地震では約一万回の地震が観測され、

さらに一九八九年六月から七月の群発地震では二万回を超え、噴火に至りました。図20はその時の地震の記録です。地震計の針がずっと横に進んでいきます。地震が起きると振動が起こり、一分経つと一本下に下がってまた揺れを書いていくのですが、ほとんど真っ黒になるくらいの地震が頻発、連発しています。

川奈に設置してあった傾斜計の記載例も図20に示します。三か月の記録で、少し波打っている線が観測されたものです。五月に一回小さな岩盤の傾斜変化があり、それから七月に

なると変化が進み、七月一三日に噴火をします。七月の一日頃から一三日の間に地下でマグマが上がってきて、噴火の準備を整えて、最後に海底噴火を起こしたということが分かりました。そして、海底噴火の七月一三日

大きな傾斜変動→  
激しい地震活動↓

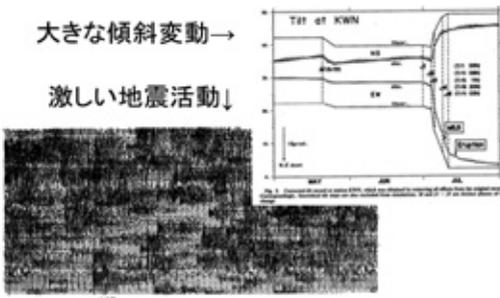


図20 防災科学技術研究所で観測された1989年7月の群発地震の記録と傾斜変動／傾斜変動はOkada and Yamamoto(1991)による

一八時四一分二八秒、三〇秒、三七秒、このように噴火が起こったのですが(図21)、後で調べたところ、地下から泡が出ていたことも分かりました。

傾斜計などの地殻変動観測をもとに、地下のマグマの動きがモデル化されました。図22は推定された地下のマグマの動きを示すモデルです。

五月に小さな割れ目を作ってマグマが上昇しました。七月には長さ3km、幅が1mくらいの割れ目を作り、マグマが割れ目の中を上昇しました。マグマは

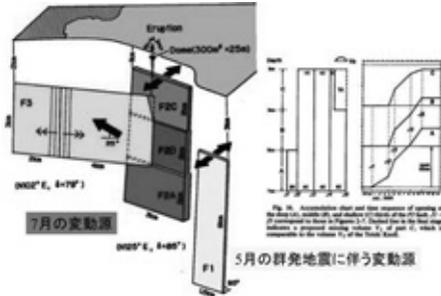


図22 1989年に発生した伊東沖火山活動のモデル化 / Okada and Yamamoto(1991)に得られた結果に加筆したもの

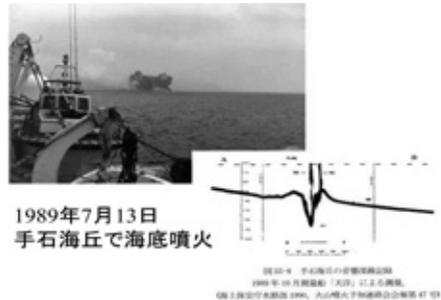


図21 1989年7月13日18時に観測された伊東沖の海底噴火 / 海上保安庁撮影

薄い壁のようになって上がってきます。これを専門家は岩脈と呼んでいます。もう一息で地表(海底)まで来るところだったので、いったん止まり、止まったけれど最後のほんのわずかな部分が、海底で堆積物の中の海水と接触し、それで噴火を起こしたということが、いろいろなデータを分析することで分かるようになりました。

### ↑ 噴火予知の戦略

地下のマグマの上昇が、伊東の沖合で起こったということがデータから分かるようになり、同様の手法を使えば、地下のマグマの動きを知ることができるようだと考え、噴火予知の戦略を描きました(図23)。今から二十年ほど前のことです。

火山の地下にはマグマの溜まりがきつとあると考えています。マグマの溜まりが一杯になったら噴火すると思われます。マグマの溜まりがどのくらい大きかで、今どれだけマグマが溜

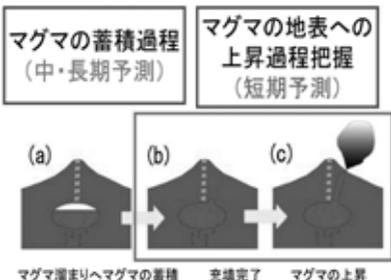


図23 噴火予知の戦略

まっけていて、マグマがいつもどのくらい地下から上がって  
くるのか、ということが分かれば長期予知ができますが、  
今のところ我々の学問水準では全くできません。しかし、  
いったんこのマグマの溜まりがマグマで充填されて一杯に  
なり、割れ目を作ってマグマが上昇し始めると、ここで地殻  
地盤が歪んだり地震が起きたりするため、このマグマの動  
きを捉えることができます。これを観測することができれ  
ば、短期予知には結びつくだろうという方針で進んでいま  
す。

## 十二〇〇〇年三宅島噴火

ある程度うまくはいったけれど、最後は人間の能力を超  
えてしまっていると感じたのが二〇〇〇年の三宅島の噴火  
です。もう十数年前になりますが、二〇〇〇年六月二十六日  
から三宅島噴火が始まりました。

その頃、防災科学技術研究所では、三宅島の噴火が  
二〇〇〇年の中頃に起きるかもしれないということで、傾  
斜計を五台設置して観測していました。六月二十六日の噴火  
前後の様子は捉えていたのですが、その後の予測はできま  
せんでした。噴火の後、三宅島の上に大きなカルデラ火口  
ができ、そこから火山ガスが大量に放出されたことで、島

民が四年余り島から出なくてはいけなくなつたのです。

六月二十六日、三宅島にマグマが上がってきましたが、山  
頂では噴火をせず、地下を神津島（北西の方向）に向けて  
岩盤を割って進んでいきました。そのため、山頂の火口に  
つながる地下のマグマ溜まりのマグマが流出してしまい、  
山頂を支えることができなくなり山頂が沈下、陥没してい  
きます。

七月から八月にかけてどんどん深くなり、直径が一・六  
km、深さが六〇〇mほどのものすごい火口が、熔岩や火山  
灰を出さずに地下をマグマが横に逃げてしまったことで、  
七月八日には図24のよう

な大きなカルデラ火口が  
できてしまいました。さ  
らに九月になると、日量  
数万トン以上という、大  
量の二酸化硫黄ガスが噴  
出してきて、内地でも臭  
う事態になりました。

その六月二十六日の地下  
でマグマが動いた様子  
を、傾斜計五台が観測し

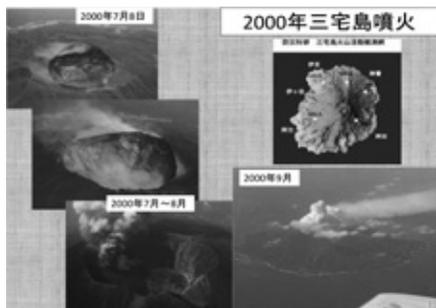


図24 2000年三宅島噴火に伴う山頂火口の変化／中日本  
航空および津久井雅志氏提供

たのが図25です。これは一日分の記録です。一八と書いてあるあたりから、五か所の傾斜計それぞれ南北と東西があるので一〇本線があり、それらがいろいろな方向に動いています。地下に入ってきたマグマと、観測点の位置関係で変化の仕方が違うためいろいろ違うのですが、逆に、このいろいろな違いから地下の様子を推定することができます。推定してみたところ、地下一〇kmくらいにマグマの溜まりがあり、いったん島に向かって上がってはきたのですが、マグマはそこで上昇をやめて水平に動き、あわや噴火というような、海底すれすれのところを水平に動いていたことが、この観測データから分かりました。

最初は、これら傾斜計で地下のマグマの動きを捉え、それをもとに島の中で、こつちの方に避難したほうが良いなどの判断ができ、結構うまく成功したと喜んでいたのでありますが、それは最初のうちだけでした。このようなデー

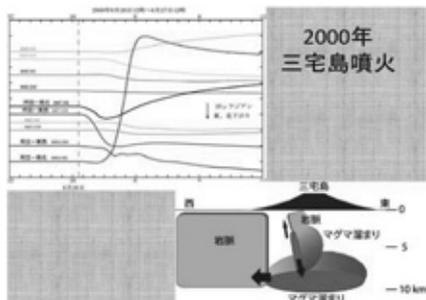


図25 2000年6月26日12時から1日の三宅島の傾斜変動／防災科学技術研究所の観測点

タあるいは地震活動が避難勧告につながり、多少役に立ったと思ったのですが、七月の中頃からマグマがどんどん水平に流れ、山頂が陥没してくるということは当時想像できず、データを見ながら今後何が起きるのか、最悪のシナリオというのはもちろんありますが、それを考えていいのかどうかもわからないような状況でした。ある程度予想している動きならば地下の動きを推定できますが、それを越えてしまった時に、なかなか地下で起こっていることを推定しにくい、そんな経験をしました。

#### 「噴火予知の考え方」

噴火の長期予知は、今の段階では観測の方から実現するというのは難しいのですが、地下でマグマが動き始めたらそれを捉えて、噴火の危険が高まっているということは観測から言えるだろうと思います、二〇年やってきました。

マグマが上がってくると群発地震が起きたり、地殻変動、地盤が歪んだり、それから火山性微動や低周波地震といった変わった地震が起きます。また、温度の異常が起きたりするため、これらを観測し、たくさん寄せ集めることで、地下で起こっているできごとを総合的に判断しましょう、というのが噴火予知の今の基本になっています。

## 十二〇二一年霧島山噴火の経験

観測さえすれば、大きな噴火に不意打ちをくらうことはないだろうと思っていたのですが、二〇一一年の一月に霧島山が噴火した時には驚きました。霧島山にも防災科学技術研究所は観測点を作っていました。噴火したのは新燃岳という火山で、そこから数キロメートルの所に観測点を作り、私がたまたま観測点を見に行った直後に、規模の大きい噴火が起きました。噴火が起きることが分かっていたのではなく、たまたま行ったら噴火が起きてしまったのです。

大噴火の時は、その前にマグマがたくさん動いたため、地震活動が活発化し、地殻変動の異常が出るだろうと思っていましたが、この時はそういうことがほとんど起きなかったのです。大噴火の一〜二時間前でも、地震はほとんど起きていないのです。どうやらマグマは火口直下で噴火の準備を整えて待っていて、一気に大噴火になったようです。規模の大きい噴火でも静かに始まることがあるのです。

このあとお話しする富士山ではたぶんないと思いますが、この霧島山みたいな特徴のある火山群ではそのような経験をしました。それから、当時の状況を考えると、噴火の初期は情報があるものすごく混乱します。これは当たり前のこと

で、いかにこれを早く收拾するかが大事です。噴火予知に関わる人たちに伝えなくてはいけないのですが、混乱するのは当たり前だと思っただけで対処した方が良さそうだというのがこの時の経験です。

## 富士山を考える

### 十 噴火の歴史

次に富士山について考えていきたいのですが、富士山は歴史的な古文書からはっきりとした噴火はこれまで一〇回記録されていると言われています。一番古い記録が七八一年、一番最近、といっても三〇〇年以上前ですが、一七〇七年の宝永噴火が一番新しい噴火です。

図26の絵図は富士砂防事務所というところ

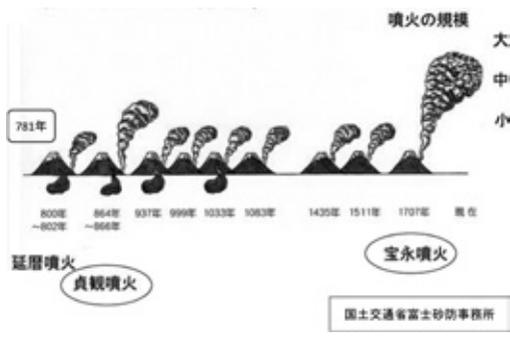


図26 富士山の歴史上の噴火 / 国土交通省富士砂防事務所の図に加筆

が作ったものですが、噴火の大きさや噴煙の高さが書かれています。溶岩が出たかどうかというのも書かれています。それから、よく見ると噴火している場所が昔は低く、だんだんと山頂に近づいているように見えます。これは実際はどこから噴火したのかということを相対的に書いているようですが、一番大きな特徴は、二〇〇〇年間富士山は山頂から噴火していないということです。だんだんと山頂に近づいているので、次は山頂かと言う人もいます。まだそこまで予測する技術は持っていませんが、このような傾向があります。

この絵から、溶岩を出さない噴火がたくさんあったことが分かります。約1kmの噴出物が出た大きな噴火というのは、一〇〇〇年余りの間では、八六四年の貞観の噴火と一七〇七年の宝永噴火の二回です。富士山が噴火すると大変だといろいろ騒がれますが、過去の噴火を見てみると、噴火の影響というのは局所的なものの方が多いということも、統計的には分かります。

#### 十低周波地震とふつうの地震

表面上は、ここ数十年活動は無いと言われていますが、富士山の地下では、低周波地震というゆっくりとした振動

の地震が起きています。それが分かったのがちょうど三〇年前頃です。

普通の小さな地震を地震計で捉えると、一秒間に一〇回から二〇回くらい振動します。図27が普通の地震の波形です。富士山の下で観測されている低周波の地震というのは、普通の小さな地震よりすごくゆっくりしていて、一秒間に二、三回、あるいは一、二回くらいしか振動しないような少し変わった地震で、火山の下でよく起きると言われています。

#### 十富士山の低周波地震

図28の震源分布図の中央付近が低周波地震の起こっている場所です。山頂の北東を中心にして、深さが一〇kmから一五kmくらいが中心なので、少し深いです。少し深い所でそのような地震が起きているので、今の富士山の活動は、だいたい厚さ三〇kmくらいの地殻の真ん中あたりで火山活

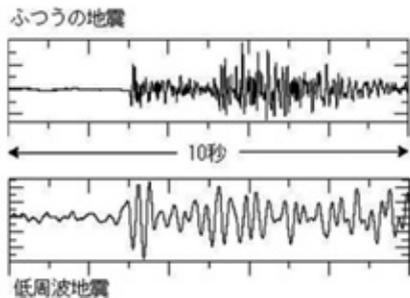


図27 低周波地震とふつうの地震の波形の比較

動を行っ  
ているの  
ではない  
かと想像  
していま  
す。

### 低周波

地震の特徴は、深さ一〇kmから二〇km、大きさはマグニチュードが大きくても二くらいの微小地震です。これは地震計が無いとわからないため、観測していなかった三〇年以上前のことは、記録が無くわかりません。でも、ずっと富士山ではこのような地震が起こっていたのだらうと思っています。私が観測し始めた三〇年くらい前から、一年間にこんな活動が、それは一回起きると五分から一〇分の間に低周波地震が一〇個から二〇個連発するのですが、二〇回から四〇回程度発生と書いていました。なぜこのような地震が起きるのかまだ分かっていません。

普通の地震は、岩に力がかかると断層に左右のずれが起こり波が出るのですが、こういうゆっくりとした波を出すにはどうしたらいいのか、岩盤が暖められて柔らかいからゆっくり動くのか、それとも、マグマのようなものが岩の

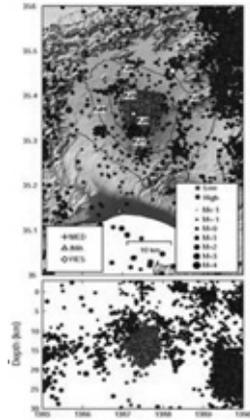


図28 富士山の低周波地震の特徴とその震源分布

間に入り込むからゆっくりなのかまだ分かっていません。けれども、火山活動が活発化する前に、このような地震が起きたりするという事例が、日本の国内にも、また海外にもあるので、火山活動と地下のマグマの動きが関係していることは確かだらうと思っています。

### ＋ピナツポ火山との比較

フィリピンのピナツポ火山が、九一年の六月一五日に大規模噴火をしましたが、大規模噴火の起きる一〇日くらい前に、深さ三〇kmくらいの所でこのような低周波地震が起きています。フィリピンやアメリカの研究者によると、噴火を起こしていたマグマ溜まりは浅い所にあつたのですが、この六月四日、五日に深い所から熱いマグマが上昇し、その時に起こつたのがこの低周波地震で、熱いマグマが浅いマグマ溜まりに入り込み、一気に浅いマグマ溜まりが熱せられて、大爆発に至つたんだと言っています。

低周波地震の原因はまだはつきり特定できていないのですが、火山の下でよく起きるといふことと、噴火や火山活動が活発化したときに、深さ二〇kmから四〇kmの所でこのような地震が起きることがよく観測されているので、地下のマグマの動きと関係しているのだらうと考えています。

でも今のところ分かっているのはここまでです。

### ＋富士山の地下構造

低周波地震が富士山の地下10 kmから20 kmの所で起こっており、その下20 kmくらいの所にマグマの溜まりがあるのではないかと、というのが今の研究者たちのイメージです。研究者によって多少違いはありますが、富士山の地下は概ね図29のようなイメージです。

### ＋富士山の観測状況

私が防災科学技術研究所にいた時、富士山で噴火が発生したら社会的影響も大きいため観測をしましょうという提案をして、富士山の周りに傾斜計や地震計を付けた観測点を、九〇年代に四か所作りました。その後しばらくは何も起こらず、このままいくのかと思っていたところ、

二〇〇〇年、三宅島や有珠山が噴火した年の九

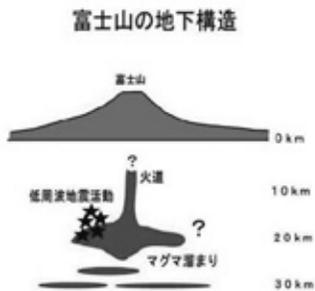


図29 富士山の地下のマグマ溜まりの想像図

月頃から、低周波地震の回数が増えました。図30は一九七九年から二〇一〇年までの月別低周波地震の回数を示したものです。普段はひと月に一〇回を超えることは無いのですが、二〇〇〇年頃からぐっと増え、翌

二〇〇一年の六月頃まで活発になり、その後また元に戻ったということがありました。

当時は、今後どうなるのだろうと心配しましたが、傾斜計が動かなかったため、地下からマグマが上昇してきている兆しは観測されていないと言っていました。それは、その時点でマグマは上がってきていないということを言っただけで、今後マグマがいつ上がってくるかということは、やはり分からず気が気ではなかったのですが、二〇〇一年の六月からは元の活動に戻っています。

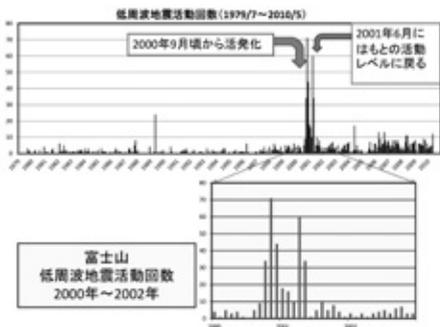


図30 富士山の低周波地震活動の月別発生頻度

## †富士山の新しい観測体制

こういう事が起きると、  
国としてもきちんと観測を  
しなければいけないという  
ことで、観測網が強化され  
ました(図31)。

山頂から一〇km範囲の所  
に、点線の円が書いてあり  
ます。一九九〇年代までは  
富士山の山頂近く、山腹と  
いわれる所にはほとんど観  
測点が無かったのですが、  
これを機会に、山腹にもい  
ろいろな機関が自分たちの得意とする観測の仕方でも  
貢献するようになりました。

防災科学技術研究所も、山頂から四kmの所に、太陽電池  
と無線を使った観測点を作り、山頂付近、山腹の観測網が  
一気に強化されています。

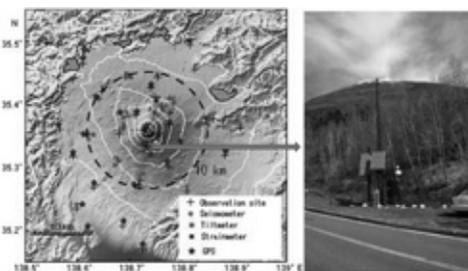


図31 現在の富士山の観測点配置(左)と防災科学技術研究所の  
富士山南麓の観測点概観(右)

## 富士山のハザードマップと噴火予知

### †ハザードマップの対象とする災害

観測を強化すると共に、ハザードマップを作るという作  
業が並行して進みました。ハザードマップについてはイン  
ターネットでいろいろなところから取れますので、もしご  
興味のある方はぜひ活用してみてください。

火山ではいろいろな災害が起きるといってお話をしてくま  
した。一つの火山で全部が起きるわけではないのですが、  
富士山では過去にいろいろなことが起きています。溶岩流  
や降灰、噴石、火砕流、火災サージ、融雪型泥流、それか  
ら降灰後の土石流など、かなり大きな災害を与える事例と  
して、これらを富士山のハザードマップ作成の時に考慮し  
ました。

### †災害ごとのハザードマップ

富士山は、この二〇〇〇年間山頂で噴火をしていません  
が、過去三〇〇〇年くらいの間に起きたことが今後も起き  
るだろうということで、まず火口がどこで起きるかという  
範囲を決めました(図32)。山頂だけではなく、どの範囲  
で火口ができるのか、富士山の山頂を挟んで北西と南東側

に延びた範囲で過去の噴火は起きていますので、このくらいの範囲で起きるだろうということを押さえ、そこから溶岩が流れたらどうか、一日で流れる範囲や、どの辺で止まるかといった計算をしています(図33)。富士山全体が溶岩流で覆われるわけではなく、こちらの方に流れたらこのくらいの時間でここまで、という図です。

また、富士山でも火砕流が起きる可能性があります、富士山で噴出した熱い溶岩みたいなものが急角度の斜面に溜まると、それがそこで安定して留まらずに斜面をなだれ下ります。斜面を下りながら壊れて火砕流になるのです。



図32 富士山の火口が形成される可能性のある領域／富士山ハザードマップ検討委員会報告書より

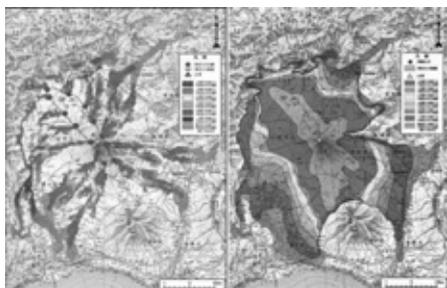


図33 富士山の溶岩流の流下範囲を示す図(左:大規模溶岩流のドリルマップ、右:溶岩流の可能性マップ)／富士山ハザードマップ検討委員会報告書より

が、流下範囲は、概ね山頂から一〇kmの範囲内なので、登山者には注意が必要です。

そして融雪型泥流。やはり冬は雪が積もっているのですが、その時に噴火が起きると泥流が起きます。融雪型泥流がどの範囲まで影響を及ぼすかなどいろいろ調べていますが、どの方向にどれだけの人を避難させるのかという判断がなかなか難しく、今検討が進んでいます。

火山灰は季節によって流れる方向が異なるため、季節ごとの降り方も考慮して計算し、どのくらいの危険度があるのか予測をしました(図34)。

溶岩流の流れる時間と範囲、それから火砕流との関係など、このようなものが各市町村のハザードマップに出ています。観測の強化と、それから防災という意味ではハザードマップを作り、災害が起きた時に役立つということを並行して進めてきたわけです。

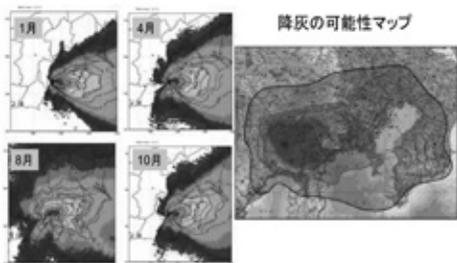


図34 富士山の降灰予測図(左)と降灰可能性マップ(右)

#### †噴火予知情報

富士山の噴火予知は今どんな状況で、富士山の活動はどんな様子かということについてお話をします。噴火予知と一言で言いますが、だいたい五つの項目について、情報を出さなければいけないことになっています。

一つが噴火の時期「いつ」、それからどこでという「場所」、どのくらいの噴火かという「規模」、そして火山はいろいろな噴火をするため「噴火の様式」、火山灰が出る噴火か溶岩が出る噴火か、そして噴火がどれだけ続くのかという「噴火の推移」、この五つの項目について予測をしなくてはいけないというのが、噴火予知に課せられている課題になっています。

今の予知の戦略、地下のマグマの動きを捉えて予測することですが、その戦略で、時期と場所については成果が上がるだろうと思っています。ただ様式や推移、どんなことが起きるのか、いつまで続くのかということは噴火が起きてみないと分からないというのが今の実力です。もちろん噴火が起きてからずっと観測をし続けますから、その情報を取り込んで、その都度判断をしていくため全く手が出ないという訳ではありませんが、噴火が起きる前に次の噴火はどの場所から、どれだけの規模でどういう噴火かとい

う情報は今の実力では出せません。

#### †富士山で考えられる噴火に至るマグマの経路

富士山で言うなら、過去に溶岩流あるいは火山灰を放出する噴火が多いので、そういう噴火は起きるでしょうという、過去に起こった噴火をもとにして、次の噴火を推定することはできますが、今こういう観測があったから、次の噴火はこういう大きさだと予測することは、今の科学水準では達成できていません。すぐにはできないと思います。

図23に示したように、マグマ溜まりにマグマが充填してその後上昇してくる。ここを捕まえることができれば予測につながると思っはいますが、それもまだはつきりとしていないところもあります。マグマ溜まりからマグマがどのようにながっていくのかということを考えると、山頂に向かって中心火道がありますが、そこを使って上がってくるのか、それとも最初から割れ目を作って、噴火地点に向かって上昇してくるのか、ここで大きな違いがあります(図35)。

山頂ではなく側噴火の場合、山腹から噴火するとき、新たに割れ目を作り、次の噴火地点に向かって一直線上がってきてくれると、どこにマグマの先端があるのかということを観測しながら追っていけば、いつ頃どこから噴火する

のかという予測につながります。この場合が一番予測しやすいのですが、そうではなく、中心火道をずっと上がってきて、ある深さまで上がった時点でどっちへ出るのか、マグマが決めているとすると、噴火地点は直前まで分からないかもしれない。異常は山頂の直下で起こっているのですが、噴出する地点はどこなのか、いったい火山はどこで決めるのか、ということが実はまだ分かっています。

あるいは静かに、静々と山頂から噴火が始まるかもしれませんが。前兆は地殻変動で検出できると思いますが、あまり大きな地震活動などを起こさずに、山頂から噴火が始まるかもしれません。

一番起こりやすそうなのは図35上のパターンで、何らかの情報は出して、不意打ちということはないと思います。それでも、どのくらいの精度で次の噴火を予測できるのかということはまだ分かりません。富士山の噴火の特性というのを実

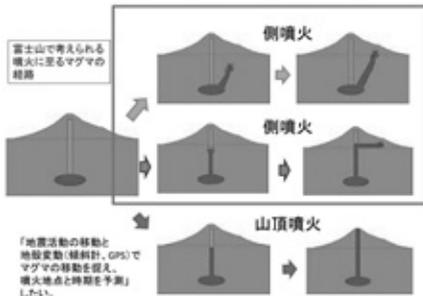


図35 富士山のマグマの上昇形態の可能性を示す図／富士山ハザードマップ検討委員会報告書より

は知らない。ひよっとすると一回目が本番になるかもしれませんが。本番にならなくても、情報を出すと必ず大きな社会的な影響が出ますから、どのような予測に対して社会がどう反応するのか、ということがよく分からない。富士山の噴火予知というのは、繰り返しすることにより技術を向上できるものではなく、一回目でうまくやらなくてはいけない、そういう難しさを持っています。

## 最近の富士山の活動

### 十三・一一地震による変形

最近の活動はどうかというと、一番気になるのは三月一日に起こった東北地方太平洋沖地震の影響です。この地震で東北地方は数メートル、大きいところで5m、東の方へずれました。メートル級のずれではありませんが、富士山周辺も十数センチメートルから二十数センチメートル、東北東に向かってずれています。みんなが同じだけずれたら平行移動で岩盤は歪まないのですが、伊豆半島の方ではあまりずれずに、山梨の方が大きくずれたため、岩盤に歪みが生じています。そのせいで岩盤への力のかかり方が変わってしまいました。

おそらくそのせいだと思っておりますが、三月十五日、地震の四日後に富士宮で、富士山の南東斜面を震源としたマグニチュード六・四の地震が起きました。これには私たち関係者も驚いたのですが、地震自体はマグマのせいではなく、岩盤にかかっている力のかかり方が変わったせいで起きたのだと考えています。

図36は横が時間で、縦軸がマグニチュードです。マグニチュード六・四の地震が起こり、その後余震がずっと続き、今も起こってはいますが順調に減っています。

富士山だけではなく、箱根も三・一一の地震が起こった数分後、大きな地震波が届いたため地震活動が活発化し、マグニチュード四・九の地震が起きました。それもひと月ぐらいで収まっています。それから、伊豆東部火山群でもやはり地

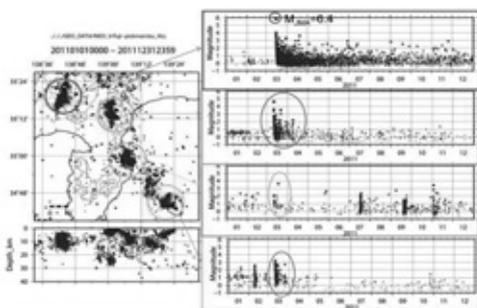


図36 2011年の伊豆半島周辺の震源分布図(防災科学技術研究所による)と東北地方太平洋沖地震により活発化した火山地域のマグニチュードと時間の関係

震が活発化しましたし、伊豆大島でも活発化しました。日本中の火山地域二十か所ほどが、三・一一の地震の揺れ、あるいは地盤の歪みで地震活動が活発化しています。けれども噴火まで至った火山はありませんでした。

#### ＋富士山噴火と南海・相模トラフ地震

では富士山は大丈夫だろうかというお話です。気になるのは、静岡大学の小山教授によると、一七〇七年の宝永噴火の四年前、元禄地震が起きたとき、元禄地震というのは相模湾周辺で起きた巨大地震ですが、そのひと月後ぐらいに鳴動という現象があったということです。鳴動は鳴く動きと書きますが、浅い所で地震が起きると音が聞こえるので、それが鳴動だと言われています。この時は噴火には至らなかったのですが、活動が活発化したと言われています。

そして一七〇七年の宝永噴火の時は、東海・東南・南海トラフの巨大地震である宝永地震が起きた三六日後に、富士山の下で鳴動が聞こえたといえます。地震計が無い時代のことなので、本当に富士山の下での地震か、宝永地震の余震かはつきりしないところもありますが、富士山の地震の可能性が強いです。四八日後に、今度は明らかに富士山の下ですが大きな地震が起き始め、四九日後に大噴火し

ました。珍しいことですが、これは最初から大きな噴火で、南海トラフの地震と富士山、相模トラフの地震と富士山は関係しているのではないかと思わせるものです。

東北の地震が富士山にどうい影響を与えたのかということ、現在も計算している人はいます。しかし、実際どうい影響がマグマに与えられて噴火に近づいているのか、それとも噴火を遠のくといか遅らせているのか、それはまだ分かりません。

では過去はどうだったのかということ調べてみます。富士山では一〇回も大きな噴火があり、その他富士山では鳴動が起きたり、あるいは火映現象とい山頂が赤く変わる現象が起きたり、そういうことを小山先生が調べていますので、それと地震を比較したものが図37です。相模湾の地震がこのSと書いてあるところです。それからA、B、C、Dは南海トラフの地震です。横軸が西暦です。南海トラフの地震が奈良時代、平安時代、それから鎌倉時代、安土桃山や江戸時代など、何回も記録されています。噴火も一〇回あります。それから相模トラフの巨大地震も、一三〇〇年以降回数記録されています。

これだけの中、地震後五年以内に富士山が噴火したといものは二例しかありません。一四三三年の相模トラフの

地震と一四三五年、三六年の噴火、それから一七〇七年の宝永地震と宝永噴火。もう少

し延ばして一五年以内だとすると、一四九八年の南海トラフ地震と一五一一年の噴火とい

うのが入ってきます。過去に一〇回噴火がありましたが、地震と

関連がありそうなものは三例で、本当に地震が影響して噴火したのかといことは誰にも分かりません。少なくとも、地震が起きたからといって富士山が必ず噴火するといものではないといことで、影響するとしても、富士山の方に噴火の準備が整っていなければ噴火には至らないといことが言えます。

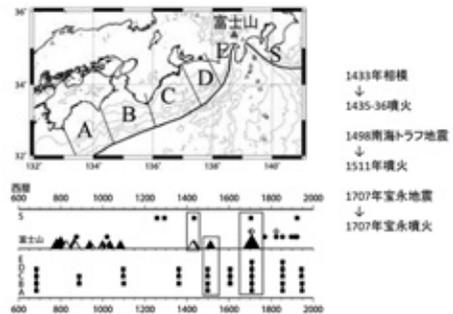


図37 富士山噴火と相模トラフから南海トラフの海溝型巨大地震の時間関係

## 巨大地震と噴火の関係

次に日本の話ばかりではなく、世界的にはどうなのかを調べた研究のお話をまとめてみました。マグニチュード九クラスの地震というのは、一九五〇年以降、東北の地震を入れて五回あります。東北を除く四回について見てみます。

### ✦チリ地震

一つは一九六〇年に起きたマグニチュード九・五のチリ地震です。チリには海溝があり(図38)、マグニチュード八クラスの地震がたくさん起きています。また、一八〇〇年くらいからですが、この火山が噴火したかという記録が残っています。

この地図の中に、地震後三年以内に噴火したものを、塗りつぶしたやや大きい

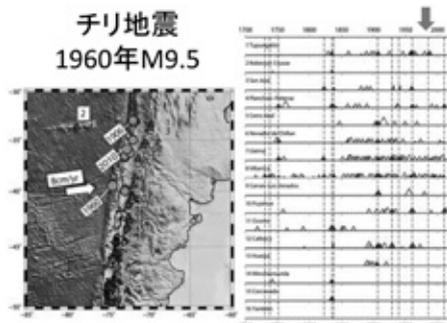


図38 チリ沈み込み帯の巨大地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

三角で書いています。この図は横軸に西暦をとり、縦が火山ごとで、点線のところが地震の起きた場所、地震の起きた地点、時間で、塗りつぶした三角形が三年以内に噴火したものです。少し見にくいですが、チリは地震後に近接して噴火する事例が割合多く見つかっていて、一八三五年の地震に対しては七つの火山で活発化しています。

これらの噴火は、ダーウインの『ビーグル号航海記』の中に出ていますが、七というのは本当に信じていいのかどうか、やや怪しいところがあります。その後、一九〇六年のマグニチュード八・三の地震で八個の火山が噴火しています。

いつも確実に噴火するわけではありませんが、一九六〇年のマグニチュード九・五の超巨大地震では六個の火山で活発化しており、チリの巨大地震は噴火を引き起こしやすい性質があるようです。

### ✦カムチャツカ地震

二つ目の例はカムチャツカ半島で、一九五二年のマグニチュード九の地震です。このときは七つの火山が三年以内に活発化しました(図39)。

三年というのは便宜的に区切っただけで、三年噴火しな

かつたらもうそれで関係ないのかというところというわけではなく、統計的にははっきりしませんが、目安として三年ということまで記号を塗りつぶしました。たくさん活火山はありますが、その中で活発化したのは七例、七火山です。

この中で一番劇的なのがベズイミアニという火山で、ずっと静かだったのですが、この後、一九五四年、地震から二年くらい経って、山体が崩れるような大噴火を起こし、その後活発に噴火が続いています。こういう事例を見ると、やはり巨大地震が噴火の引き金になることがあるのだという気がしてきます。

### ＋アラスカ地震

ただ、どこの場所でもそうかというところではないと

### カムチャツカ地震 1952年11月4日M9.0

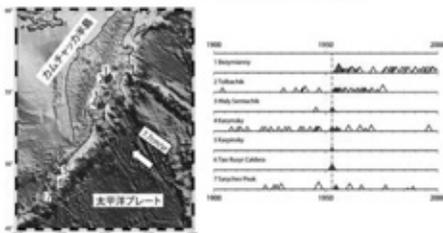


図39 カムチャツカ地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

ころもあります。マグニチュード九・二のアラスカ地震です(図40)。アラスカ地震の震源域周辺にもたくさんの活火山があります。三年以内に噴火したのは三つです。その中でも、番号2と3の火山は頻繁に噴火しているため、地震のせいと言いつけるのは少し難しい気がします。

### ＋スマトラ地震

最近起きたインドネシアのスマトラ津波地震です(図41)。マグニチュード九・一。インドネシアは日本以上に火山大国ですが、マ

### スマトラ地震 2004年12月26日M9.1

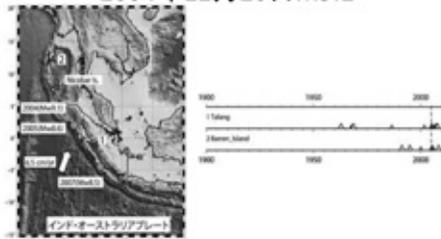


図41 スマトラ地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

### アラスカ地震 1964年3月28日M9.2

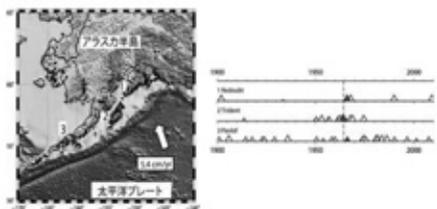


図40 アラスカ地震の震源と噴火した火山の位置図(左)と噴火と地震の時間関係(右)

グニチュード九・一の震源断層周辺で活発化したのは二例です。ですから、どの場所でも巨大地震が起きると噴火の引き金が引かれるのではなく、場所によってその違いはあるし、引き金を引かれる火山はそれほど多くはないということが分かります。

#### ＋統計的にみる地震と噴火の関係

三・一一のあとに桜島が噴火していますが、桜島はその前から活発化していたため、三・一一が直接関係あるとは思えません。また、霧島も三・一一の前に大噴火しており、関係ないと思います。三・一一のマグニチュード九の地震以降、噴火を開始した火山はまだありません。

もうすぐ三年経つわけですが、三年経ったら安全というわけではなく、巨大地震が何年前の地震と関連しているのか、統計的な調査をした研究者がいて、三〇年から三五年前の地震と巨大地震が関係していることが統計的に出てくるといふ論文もあります。巨大地震がいったいつ頃まで影響しているのか、あるいはどういう風に影響しているのか、というのはまだ解明できていないのが現実です。過去のマグニチュード九の地震の例を見ると、やはり影響することはあるというのは確かだと言えます。

#### ＋地震動とマグマ溜まりの関係

どういうメカニズムで、物理的にどんなことが起きているのかというと、図42のようにいろいろな関係の仕方があります。地震が起きると上の岩盤が圧縮される時もありますし、東北地方のように引き伸ばされる時もあります。

#### ＋増圧

岩盤が圧縮されるとマグマ溜まりも圧縮されるため、マグマが上に押し上げられます。ただし、計算するとそれだけでは足りないようですが、押し上げられたマグマが上のマグマ溜まりに入り込み、一気に爆発が進む。それを発泡（加熱発泡）といい、熱すると泡が出やすくなるため爆発につながるのです。

#### ＋減圧

地震が起きて横に地盤が引き伸ばされると、マグマ溜まりが広がり、例えば二酸化炭素ガスが圧縮されて溶け込んでいるコーラみたいな炭酸飲料の栓が、突然抜けたようなことになって、それで泡がたくさん出て（減圧発泡）、一気に噴火につながることもあります。

※その他

他にもマグマの道、火道が広がるため噴火につながるという考え方、あるいは地盤の歪みではなく、巨大地震で、マグマ溜まりのある地盤の振動が長く続くことにより、炭酸飲料を振ると中で泡がでくるように、マグマの圧力が高まって爆発するなど、いろいろな考え方、いろいろな場合があると思います。いずれもこの噴火がこれによって起こったということはまだ解明されていません。けれども、地震と噴火の間に関係がありそうだということは考えられています。

## まとめ——今日の富士山

最後に、今日の富士山です。以前いた防災科学技術研究

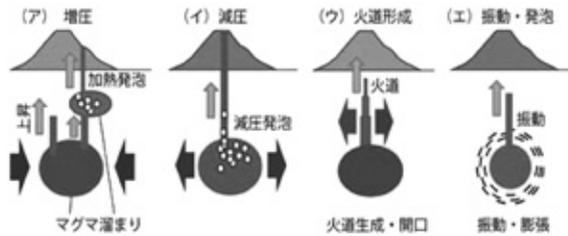


図42 巨大地震による噴火の活発化のメカニズムを示す図

所では、火山情報として、観測しているデータをウェブで公開しています。誰でもご覧になれるので、「防災科学技術研究所」「火山」などのキーワードで探されると、いろいろな火山の地震の震源や、地盤の傾きの変化の図などを見ることが出来ます。

防災科研の震源分布図を見ると、低周波地震は三・一一と関係なく発生していることが分かります。「富士山の低周波地震はマイペースですね」ということを言われた人がいますが、本当に影響されずマイペースに起こっています。

一方、富士山の地震の余震は、今もまだ小さい地震が続いております。本当に山体が壊れなくて良かったというのが正直なところです。断層の端が富士山の火道と重なっているため、断層の破壊が止まったのは富士山の構造と関係しているのかもしれない。

気象庁が火山のレベル化というのをやっており、5・4・3・2・1という分類をしています。この5と4は避難に関わるようなレベルですが、富士山の現在のレベルは1で静穏となっています。

最後に、今の富士山の様子をご紹介します。どうもご静聴ありがとうございました。

## 質疑応答

質問——前に、おそらく今度噴火する所は側火山だけではないか、また、側火山は一回噴火した場所では二回目は噴火しないというような話を聞いたことがあります。先生によっても考えが違ふと思ひますがいかがでしょうか。それと、今防災の関係で話題になつてゐる東海地震と三連動と南海トラフの巨大地震ですが、これは話がごちゃごちゃになつてゐる感じがして、私の考えでは東海地震は駿河湾の地震で、三連動は三つです、そして南海トラフは日向灘沖と海溝軸、この五連動だと思つてゐるのですが、そのあたりの区別を教へてもらへますか。

鶴川——まず側噴火の話からですが、ここ二〇〇〇年山頂噴火は起こつてゐなくて、側火山から起こつてゐます。では次は山頂から起きないのかと言われると、それは誰も答へることはできませんが、確率からいふと脇から出てくる確率の方が高い。それは過去の噴火の数からいつてもそうなります。けれど、本当に山頂から出ないという理由はないので、山頂噴火も十分警戒しないといけません。

側噴火は一回しかその火口を使わないということですが、これもほぼ確かで、側火山の割れ目というのは、薄い割れ

目を作つて、割れ目と地表が接した所が噴火口になります。噴火が終わるとその割れ目が固まつて閉じてしまうため、次またそこに弱い穴ができるかというところでななさそうなので、同じ地点から噴火することはあまりありません。あまりというのは、同じ岩脈の中にもう一回マグマが入つてくるといふ、重複岩脈と地質学的には言つていますが、全く無いかといふとこれもあるかもしれないのですが、おそらく違ふ場所を選ぶと思ひます。例えば伊東沖でも、伊豆東部火山群の火口がいろいろな場所にありますが、同じ場所をえません。ということでのその通りだと思ひます。

それから三連動のお話ですが、三連動という意味は、図37でEとCDとABが連動するという話です。さらに日向灘までというお話もされましたけど、マグニチュード九クラスが起きるかどうかは、南海トラフのどこまでが一度に破壊するかにかかつてゐます。それも東北の地震と同じようにどこまで想定するかですが、過去の事例からいふと、確率は低けれども否定することはできないということだと思ひます。それに富士山が連動するかというのは、今日お話ししましたように関係はすると思ひますが、富士山の都合といふのか、マグマが溜まつてゐるかどうかという都合もあるので、富士山が連動するかは分かりません。ただ

A B・C D・E が連動するというのは過去にもあるため、それはかなり連動すると考えた方がいいと思います。

質問——三連動は百年単位の地震で、南海トラフ巨大地震は千年単位。なので地震がごちゃごちゃになっていないのではないかと思うのですが。

鵜川——いろいろな考え方がありますが、個々のブロックで地震が起きる間隔は、九〇年から一五〇年と言われていています。そういう間隔で大地震が起きながら、これらが一緒になってさらに大きい地震が起きることを、私たちは「階層」という言葉を使ったりしますが、もう一つ上の階層でこれが一緒になるパターンというのが生まれる場合があります。研究者によっていろいろな仮定で計算すると、二つのグループではなく、もう一つ一緒になってさらに大きい地震が起きる場合が出てくる、という可能性を指摘する研究者もいます。なかなか検証するのは難しいです。

質問——著者を忘れましたが、富士宮の湧水や、富士山の何合目かで噴気が出たなど、いろんなデータを自分で集めて、二〇一一年プラスマイナス四年には噴火しますよと書いてある本を読みました。やはり湧水なども噴火の前兆現象でしょうか。

鵜川——一般的に富士山の湧水は降雨との関係が深いので、

マグマの活動あるいは火山活動によって湧水が変わるといふのは考えにくい現象です。それよりは、その年やその前の年に雨が多かつたかというの方が、はるかに影響しています。

山体の噴気はまた別の問題があり、普段からいつも噴気が出ているかを観測されているのかという問題と、よく気を付けるようになる、小さな噴気にも気が付くようになるということもあるため、本当にいつも同じ均質なデータが取られているのが分からないのではつきりしません。たしかに二〇一二年の二月に噴気が見つかったということがありました。その原因としては、二〇一一年三月一日の地震あるいは二〇一一年三月一五日の地震で、富士山に亀裂が入ったと考える方が良いと思います。そうすると地下の風の通り道が変わり、それが湯気的なものの原因となった可能性があります。地下のマグマから何か上がってきている証拠というのは、マグマから二酸化炭素ガスが出てきますので、それが検出されれば分かりますが、その時は、そのガスを分析するだけの量が出ていなくて分かりませんでした。二酸化炭素ガスが出たからといって、噴火につながるかというわけではありませんが、その増減を見ながら火山活動を見るということはできます。