

マグマのダイナミクスの研究

小出 仁¹⁾

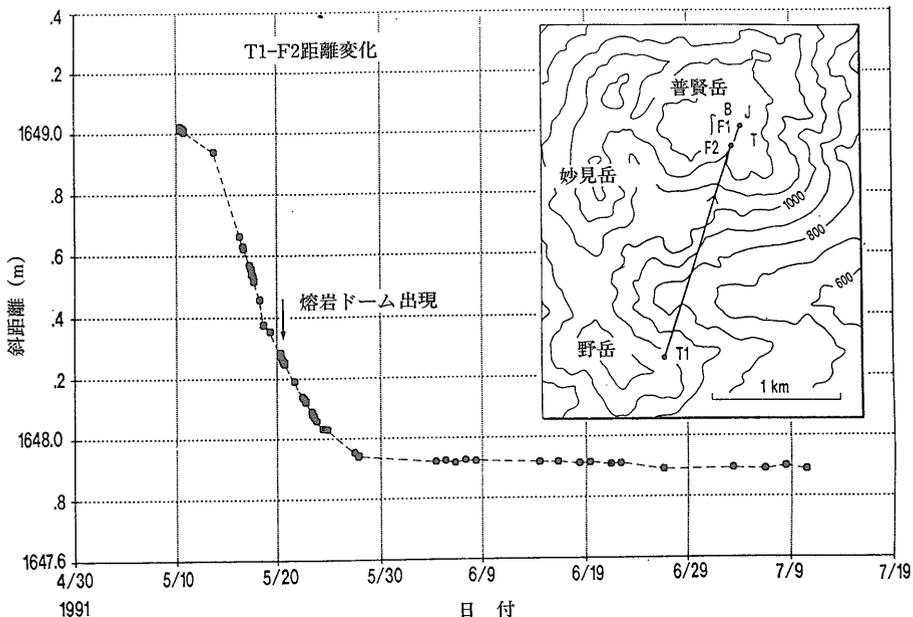
1. 火山噴火予知と火山の活動史

最近10年足らずの間だけで、日本では1983年の三宅島噴火・1986年伊豆大島噴火・1988年十勝岳噴火・1989年伊東沖海底噴火が発生しているが、1990年11月から始まった雲仙普賢岳噴火では1991年6月の火災流で不幸にして43人もの犠牲者を出してしまった。人命や財産への被害だけでなく、伊豆大島や雲仙での住民避難も火山噴火の被害といえる。また、人々の不安も決して軽視できない間接的被害である。

火山噴火予知が可能になれば、被害はごく少なくできる。さらに噴火開始後にも、今後噴火がさらに激しくなるのか、あるいは鎮静化するのか、どの程度の期間続くのか、もう終息しつつあるのか等の的確な情報が求められる。

火山噴火では、実際に噴火が起きるよりかなり前から群発地震や地殻変動などの前兆現象が発生するケースが多い。そのため、ある程度監視・警戒体制を敷く事が出来て、近い内に噴火する事が予測されていた場合も多い。雲仙普賢岳では1992年6月に急激な山体変動が光波測距によって捕捉され、溶岩ドームの出現が予知された(第1図, 第2図, 斎藤ほか, 1991a, b, c)。

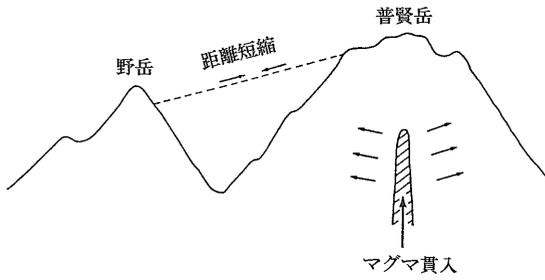
フィリピンのピナツボ火山の噴火では警報が出されていたため、今世紀最大といわれる規模の割には被害が少なかった。ピナツボ火山の歴史上の噴火は知られていなかったが、1990年6月に「煙」を見たという住民の報告があり、1991年4月からは小規模な水蒸気爆発等の活動があったため、フィリピン火山地震研究所と米国地質調査所(USGS)が協力して地震計や傾斜計によるテレメーター観測を実施



第1図 雲仙普賢岳において光波測距によって観測された山体変動(斎藤ほか, 1991)

1) 地質調査所 環境地質部長

キーワード: マグマ, 火山噴火予知, モデル, 地殻変動



第2図 雲仙普賢岳の山体変動の概念(斎藤ほか, 1991)

していた(Punongbayan et al., 1992). 同年6月5日に、2週間以内に噴火の可能性ありとの警報が出され、6月7日に火山灰を出す爆発があり、付近の村に避難勧告が出された。さらに噴火活動が高まり、6月9日にはクラーク米軍基地にも避難命令が出、6月15日の大噴火が発生する。噴火前に出されたハザード・マップもほぼ正しかった。

しかし、前兆現象がはっきり捉えられているケースでも、噴火の日時や規模を詳細に予知するのは大

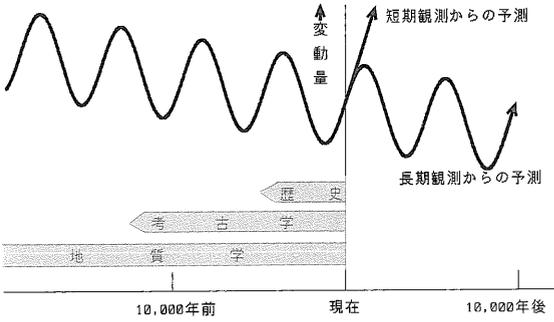
変難しい。第1表は、1986年伊豆大島の噴火直前の10月30日に噴火予知連絡会で発表された噴火予測(曾屋, 1987による)と、同年11月の実際の噴火との比較である(小野, 1990)。全体としてよく合っているが、山腹割れ目噴火は予想外であった。地質調査によって、伊豆大島では過去に山腹割れ目噴火が発生した事は判っていたが、15世紀を最後としてその後の3回の大噴火では割れ目噴火が発生していなかった為、今回も発生する可能性は低いと判断されたためである。

火山にはそれぞれ個性があり、噴火の仕方を予測するためにはその火山の過去の噴火活動を調べる必要がある。しかし、同じ火山の噴火活動や前兆現象の現れ方は似ている場合が多いが、必ずしも毎回同じではない。雲仙火山の前の噴火(1792年)では、溶岩を流し、眉山が崩壊して「島原大変肥後迷惑」と呼ばれる大災害になった。しかし今回は普賢岳に溶岩ドームが出現し、ドームの崩落により火災流が

第1表 伊豆大島の噴火予測と1986年噴火(小野, 1990)

予測事項	噴火災害予測 (1986年)	1986年噴火
マグマの組成	玄武岩質	玄武岩・玄武岩質安山岩
噴火地点	三原山山頂火口 可能性大	発生：A 火口
	山腹割れ目火口 可能性少ない	発生：B・C火口列
溶岩流	山頂噴火：発生率大	発生：LA
	側噴火：発生率50%以上	発生：LB, LC
火砕流 (広義の火砕流)	山頂噴火：発生率0ではないが発生したときの危険は大きい	発生せず
	側噴火：発生率0ではないが発生したときの危険は大きい	発生せず
	到達範囲：火口から2~3km	
爆風		
火砕物の降下		
スコリア・火山灰	山頂噴火：発生率100%	発生
	側噴火：発生率100%	発生
	到達範囲：火口から〇〇km 分布方位：北東-東北東 南西-西南西	東 (5km以上) 南西 (3km)
火山岩塊	山頂噴火：	半径 1km以上
	側噴火：	半径 数100m
	破壊力は大きい 到達範囲：火口から半径1km	
泥流	発生する可能性は少ない	発生せず

* (噴火予測は曾屋, 1987による；この予測は1986年噴火直前の同年10月30日の噴火予知連絡会において発表された)



第3図 地球未来予測と観測期間

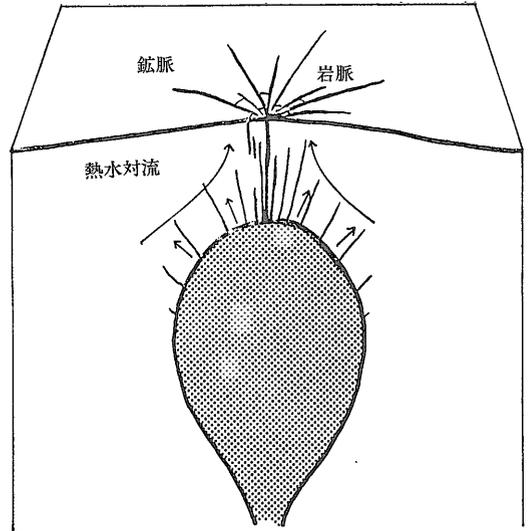
発生した(中田・清水, 1992). 雲仙火山には溶岩円頂丘が幾つもあるので、過去にも溶岩ドームが出現する活動があった筈であるが、歴史上有名な前回の噴火では出現していない為予想されていなかった。

火山の一生に比べて人間の一生は短すぎるので、個人の直接的経験だけでは火山活動のごく一瞬しか知る事は出来ないし、たとえ数世代にわたる観測データの蓄積があっても火山の噴火活動を予測するためには十分ではない。人間の歴史でさえもまだ短い。1979年に噴火した御岳山は、それまで有史以降一度も噴火の記録がなかったため、予期されていない状況での噴火であった。

観測期間が短いために確度の高い予測が困難なのは、火山噴火に限らず自然現象の予測の根本的問題である。例えば地球環境問題でも、地球は温暖化しつつあるという意見が多い一方で、長期的には寒冷化するのではないかという意見さえあるのは、短期間の観測から長期の予測をする事が困難なためである。しかし、数千年や数万年もの観測は不可能であるし、またたとえ出来たとしても現在の役には立たない。したがって観測の代わりに地質学的調査や考古学的調査により、過去の活動史を調べて、間接的にでも可能な限り長期の変動データを得る事が重要になる(第3図)。長期のデータに基づかないと予測を誤る恐れがある。

2. マグマ溜まりと地殻変動

自然現象の予測のもう一つの問題は、その複雑性である。火山には様々なタイプがある上に、同じ火山でも噴火の様相が変わる事がある。前兆現象の現

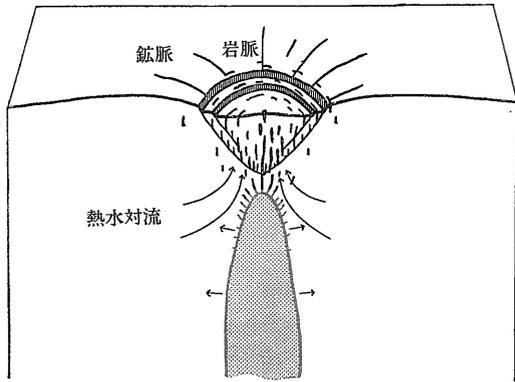


第4図 球状マグマ溜まりの圧力によるドーム状隆起(小出, 1982)

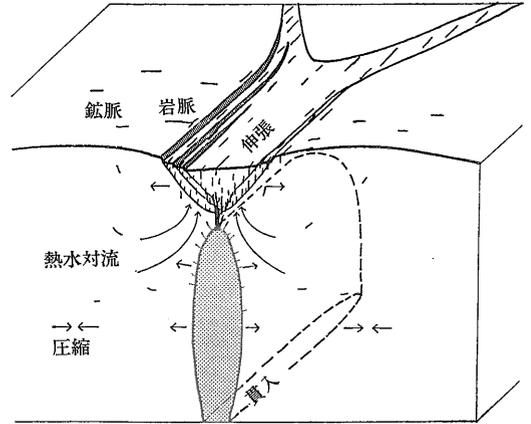
れ方も変わる事がある。1986年の伊豆大島の噴火では様々な前兆現象が観測されていて、前述のようにおおよそ正しい予測がなされていた。しかし噴火直前には明確な予報を出す事が出来なかった。せっかく現れていたいくつかの前兆現象の通知が間に合わなかった事と、山頂付近が沈降傾向にあったため予報を出すのが躊躇されている間に噴火が始まってしまったといわれている(久保寺, 1991など)。

観測データを迅速に集中して、総合判断ができるようにするのは重要であるのはもちろんである。しかし、噴火するかどうかさえ必ずしも明確でなく、また前兆現象が何処にどう現れるのか判らない状況下で、広範囲に散らばった多種の観測データを迅速に集められるような設備と体制を整えるのは実際には容易ではない。

火山噴火の前には、マグマが地下深くから火口直下まで上昇してくるので、上昇時のマグマの圧力により火山体が膨張・隆起する現象が多くみられる。マグマの圧力による火山体の膨張・隆起は、茂木(1957)により理論的に巧妙に説明され、茂木モデルと呼ばれ、火山噴火予知に広く役立てられている。ただし、茂木モデルはマグマ溜まりを点で近似した、点圧力源モデルである。マグマ溜まりは点ではありえないが、球状マグマ溜まりでも同様なドーム状隆起があり(第4図)、本当のマグマ溜まりの形状が判らない状況では、最も単純化した点圧力源



第5図 針状マグマ溜まりの圧力によるカルデラ型陥没 (小出, 1982)



第6図 ダイク状マグマ溜まりの圧力によるグラーベン (溝)型陥没(小出, 1982)

モデルの方が汎用性が広く、それが茂木モデルの成功した原因であった。しかし、マグマ溜まりの形状を極度に単純化しているのだから、遠方ではほぼあっても、マグマ溜まりの近傍では当然食い違ってくる。すなわち、茂木モデルはマグマ溜まりが比較的深部にあるときは汎用的に利用できるが、浅部に上昇してきている噴火直前期に食い違いが現れてくる場合がある事に注意してはならない。

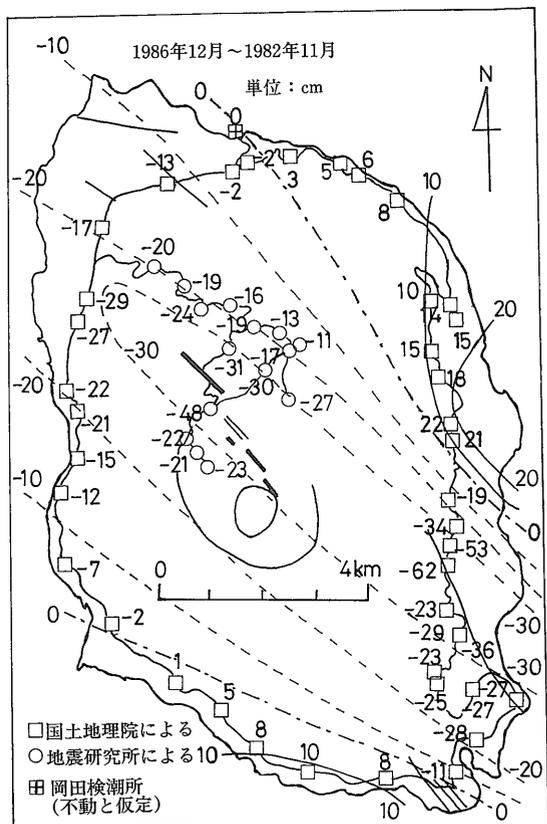
噴火前のマグマが上昇してくる過程では、多少とも上下方向に伸びた形のマグマ溜まりあるいはマグマの通路が出来ていると考えられる。その典型として上下に方向に長軸のある針状(扁長回転楕円体)あるいはダイク状(立った板状=扁平回転楕円体)のマグマ体が上昇してくる状況を想定して力学的に解析すると、その直上部はむしろ局部的に沈降する事が判った(第5図, 第6図, Koide and Bhattacharji, 1975ab, 小出, 982)。下からのマグマ圧によって沈降するのは、直感的には理解し難いかもしれないが、クサビ効果ないしキーストーン効果と呼ばれ、日常にも多くの例が存在する。アーチ型の門の両足を水平に広げるとアーチの頂上の石(“キーストーン”)が落ちるように、マグマが地下に貫入したために火山体直下の地殻が押し広げられた為、開いた空間に落ち込むように沈降するものである。ただし、沈降するのは直上のごく狭いゾーンだけで、周辺ではやはり隆起するので、広域的には茂木モデルがほぼ当てはまるケースが多い。

ごく薄い(言い替えば幅の狭い)ダイク状でマグマが貫入してくる時にキーストーン効果が最も顕著に表れる(ダイク状では幅が狭いのでマグマの体

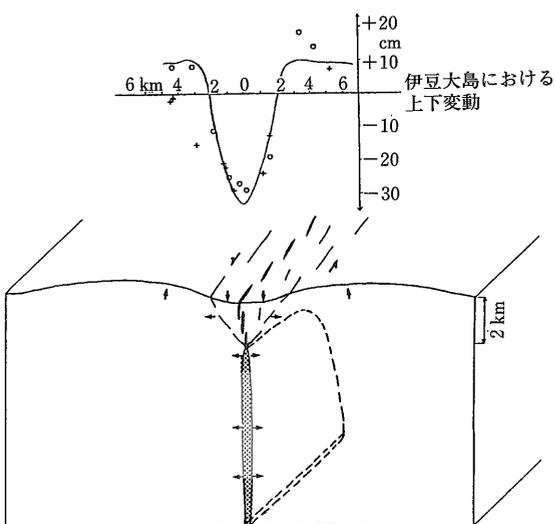
積は球状の場合よりむしろ小さい事が多い)。地殻変動も溝状の沈降を示し、その中心軸付近で割れ目噴火が発生した(第7図)。伊豆大島では鋭いダイク状にマグマが貫入・上昇してきて、ついに山腹割れ目噴火にまで至ったと考えられる(第8図)。すなわち溝状の沈降は割れ目噴火の前兆であったと考えられる。ただしダイク状とは言っても、連続的とは限らない、むしろ地表の割れ目噴火で見られたように、地下でも雁行状に配列したダイク群である可能性が高い。空中写真の解析から求めた雲仙普賢岳の地形変動(第9図, 安田ほか, 1991)も、中心部のグラーベン(溝)状沈降と周辺部の隆起および側方に開く水平変動がみられ、普賢岳内部では東西ないし西北西-東南東に伸びたダイク状のマグマの貫入が推定される(第2図)。空中写真による地形変動の解析は精度はあまり良くないが、変動が大きく、面的なデータが必要な火山噴火予知には有望な測定法である。

1989年伊東沖噴火でも、地殻変動や地震分布などからダイク状のマグマ貫入が推定されている(岡田・山本, 1991など)。マグマは地下でダイク状に貫入してくるケースがかなり多い事が判る。

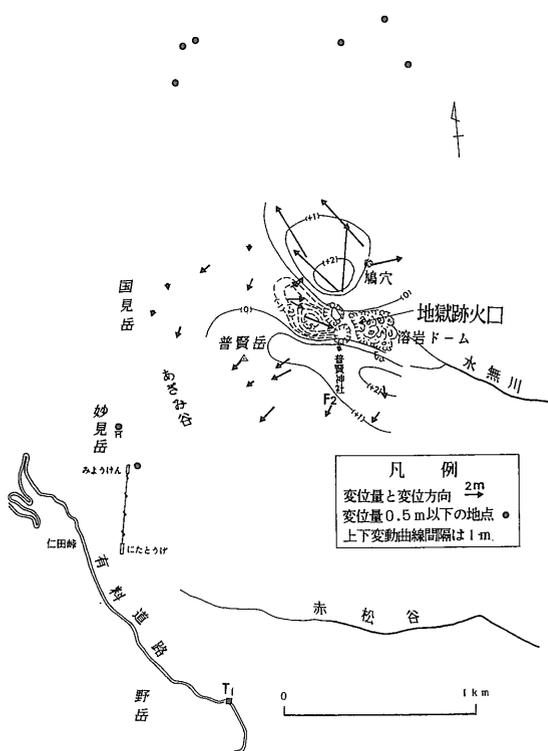
マグマ圧の増大により大局的には茂木モデルで示されている様に火山体全体としては隆起するが、ダイク状や針状のマグマ貫入体直上では局部的に沈降する事もある。隆起沈降の分布は地下深部のマグマ溜まりの形態を反映し、針状マグマ貫入体では円形沈降域、ダイク状マグマ貫入体では溝状沈降域が生じる。また沈降域の直径や幅からマグマ貫入体の頂



第7図 1986年伊豆大島噴火に伴う上下変動
(多田・橋本, 1987)



第8図 ダイク状マグマ貫入に伴う理論的変動と1986年伊豆大島噴火に伴う上下変動測定値の対応
(小出ほか, 1987)



第9図 空中写真から求めた雲仙普賢岳周辺の水平・垂直変動(安田ほか, 1991)

部の深度も推定できる。したがって、もし火山の地表の隆起沈降や水平変動の面的分布を詳細に測定できれば、地下のマグマ溜まりの形態や深度を推定でき、火山噴火予知に非常に有力なデータになるであろう。GPS 測量のような人工衛星による測量システムの発展も期待される。

3. マグマのダイナミクス

火山噴火予知の実現のためには現在の火山の観測がもちろん必要であるが、数千年から数万年にわたる火山の活動史を明らかにし、その火山の癖を知る事も重要である。さらに、地下深部でマグマが発生・上昇してきて噴火にいたるメカニズムを理解しなければ、複雑に変化する火山噴火現象に対応して的確な予測をする事は出来ない。マグマの発生・上昇・噴火のメカニズムすなわちマグマのダイナミクスの研究は、どうして地球に火山があるのかという地球科学の根本問題についての研究でもある。また、地熱資源は火山の産物であり、熱水性の金属

・非金属鉱床も過去の火山活動とそれに続く熱水-温泉の活動によって残されたものである。マグマのダイナミクスの研究は地熱や金属資源の探査開発にも役立つ、

マグマのダイナミクスの研究を含む火山学の基礎研究については、日本火山学会の会誌「火山」の特別号(火山 第2集 第20巻特別号「地球と火山」1975, 同 第30巻特別号「火山とは何か」1986, 同 第34巻特別号「火山学の基礎研究」1990)および平成元・2年度文部省科学研究費総合研究(A)報告「火山学の基礎研究」に詳しく議論されている。ここでは、筆者なりに簡単に要点をまとめてみる。

マグマの発生源はマントル上部であると考えられるが、このような深部のプロセスを直接観察する事は出来ないで、深部からもたらされた岩石や地震波の通り方等の間接的情報を基に、実験や理論により推定しなければならない。深部条件下での岩石の熔融条件については多くの高温高压実験が行われているが、マグマの発生過程で大きな役割を演じている可能性が高い H_2O や CO_2 等の揮発性成分の影響などの残されている問題は多い。マグマの発生初期の移動・集積のプロセスで、部分熔融体の挙動を知る必要があるが、渡辺ら(1992)は最近実験し易いアナログ物質を用いた部分熔融体の変形実験を実施し、ごく僅かのメルトが変形特性に大きな影響を与える事を示している。

最近、東北地方の活火山の深部にはほぼ対応して、地震波トモグラフィによりマントルの低速度域がある事が示され、さらに火山周辺の最上部マントルでマグマの活動によると思われる低周波地震が発生している事が判ってきている(長谷川ほか, 1991)。観測・解析技術の向上が著しいので、地下深部のマグマの活動についても今後情報が増えてくることが期待される。

マグマはそれが熔融する前の岩石より軽いので、いわゆる浮力が働く。多少とも上下に連続したマグマ体ができると、その上部では周囲の岩盤圧力に対しマグマの圧力が相対的に高くなり、下部では逆に相対的に低くなる。ある程度の上下の高さができる不安定になりマグマは上昇すると考えられる(茂木, 1974, 小出1974)。マグマが上部の岩石を延性変形させて上昇するのであろうか、割りながら上昇するのであろうか? 一般には流体が介在すると脆

性破壊をしやすくなるので、割れ目を作りながら上昇すると考えられる。マグマで満たされたクラックの輸送過程について、透明で観察し易いゼラチン等を媒体として使用したモデル実験が行われ、地殻の密度構造や応力勾配が火山の様式(複成火山か単成火山か等)に影響する事を示した(高田, 1991)。しかしマグマの上昇は力学過程と熱輸送の複合したプロセスであり、実験技術の向上と共にコンピューターシミュレーション手法の高度化も必要である。

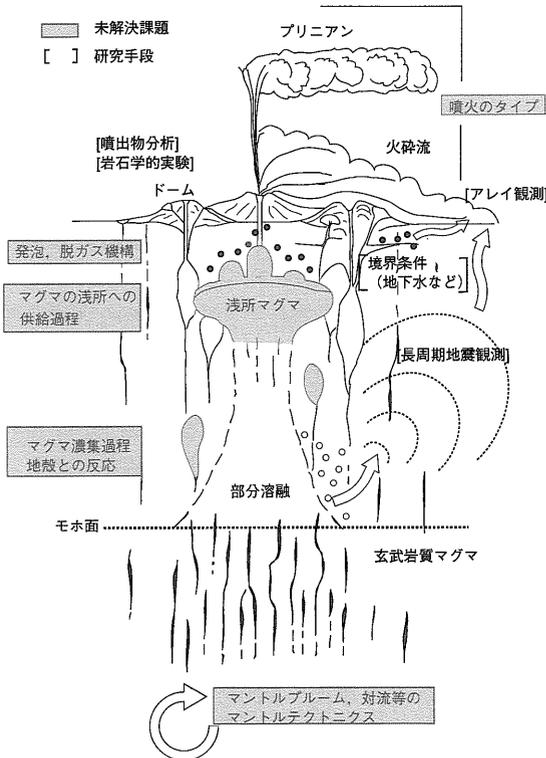
割れ目の形成は応力場によってコントロールされる。伸張型の応力場(上下方向が最小応力)や横ズレ型の応力場(上下方向が中間応力)では、上下方向に伸びた伸張割れ目ができるので、マグマは上昇しやすい。しかし圧縮型の応力場では割れ目は水平方向に伸びる傾向があるので上昇し難い。おそらくセン断型の割れ目や二次的な伸張割れ目を形成しつつ上昇することになる。

地殻の上部へと上昇してくると、周辺の岩体とマグマの比重差が小さくなるので、同じ上昇推力を得るためにはマグマ体の有効高さが高くならなければならないようになってくる。したがって、比重の軽い地殻の層へ入った時に上昇が停滞し、マグマ溜りを作りやすくなると考えられる(高田, 1991)。特に、地殻最上部や火山体内ではマグマと周辺岩体の見かけ比重が逆転することがあり、このような場所はマグマ溜りをつくりやすいであろう。しかし、マグマ溜りがどのようなものかはよく判っていない。球状に近いようなまとまったマグマ溜りではなく、むしろダイク(岩脈)とシル(岩床)の複合体ではないかと考えられるが、マグマ溜りの形態は噴火の仕方や前兆現象の表れ方に直接影響するだけに、今後優先度の高い研究対象である。

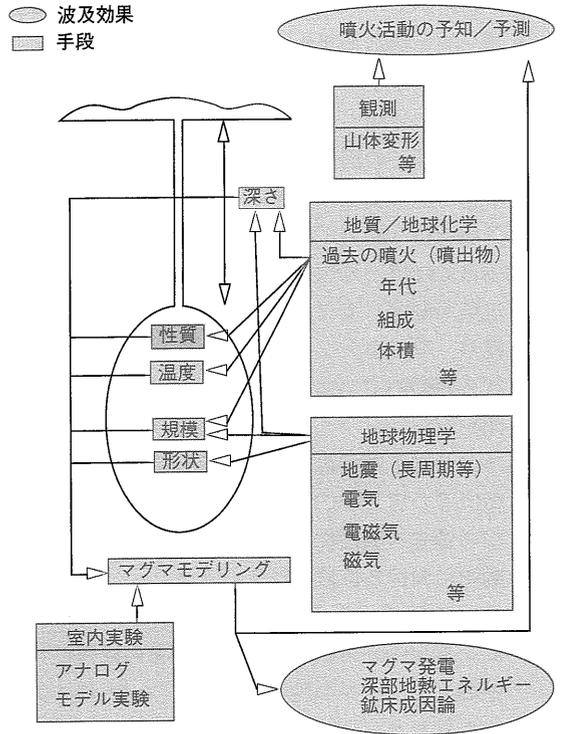
最上部でのマグマの急速な上昇から噴火に至る過程では、マグマ間の H_2O の揮発性成分の発泡がきわめて重要な役割をすると考えられる。発泡は体積を急膨張させ、見かけ比重を極度に小さくし、爆発的噴火の原因となるので、発泡や脱ガスのメカニズムの研究が必要である。第10図には以上のような火山における地学的課題とその主な研究法を示した。

4. 地質調査所の火山噴火予知研究計画

火山における地学的課題



マグマモデリングのシナリオ



第10図 火山における地学的課題 (釜井原 図, Hildreth,1981の 図に加筆)

第11図 マグマ・モデリングのシナリオ (釜井原 図)

地質調査所における火山噴火予知研究は、短期的火山噴火を目指すための現地における観測より、火山噴火予知に必要な基礎的データの提供に主眼がおかれてきた。この観点は、単に基礎的データの提供のみにとどまらず中・長期的な火山噴火予知の側面を有している。今後、地質調査所における地球システムのダイナミクスの研究の一環としてマグマのダイナミクスの研究を行い上部地殻におけるマグマの進化、上昇を含む火山活動現象の解明をしたい(第11図)。具体的には「活動的火山の形成過程についての総合的モデル化」の研究を提案したいと考えている。研究の目的は、活動的火山の地球科学的な総合理解を深め、将来の噴火の中・長期的予測に資することである。

数火山(霧島火山, 那須火山など)を対象に、火山地質学的研究(火山地質図の作成)に加えて、岩石学的研究, 火山ガスの研究および火山物理学的研究を行い、それら成果を総合して、三次元的に個々の火山の構造および活動史を理解しようとしている。

火山地質学的研究では、活動的な火山の活動史・発達史を明らかにするために地質調査を行なうとともに精度の高い年代測定(K-Ar法など)を行なう。これらの成果を取り込んで質の高い火山地質図を作成する。この火山地質図はその火山の火山災害の実績図であり、長期的噴火予測のための基礎資料であると共に、災害予測にも貢献できる。

岩石学的研究では、マグマの進化、上昇、噴火のプロセスを岩石化学的手法に実験岩石学的手法も加えて解明する。特にマグマ溜まりの存在、その位置に関する物理化学的情報(温度, 圧力, 化学組成等)を明らかにする。

マグマの火山ガスの研究では、岩石の斑晶中のガラス含有物から脱ガス前のマグマの揮発性成分の組成および含有率を把握する。これを基に脱ガスによるマグマの上昇、噴火様式を規定するパラメータを明らかにする。

火山物理学的研究では、地震探査, 重力探査, 電磁気探査等の各種の探査を実施し、さらに既存デー

タ等を活用しつつ、火山体下の速度、密度及び熱的構造を明らかにする。そしてこれらのデータを満足する統一的な構造モデルの構築をめざす。

上記のような平常時の研究の他に、実際の噴火が起きた時に、現地における噴火現象の地質学的観察やその他の多くの観測・監視および過去の噴火の研究から進行中の噴火のモデル化を行い、噴火活動の推移予測を行う必要がある。

観測項目には以下の項目が含まれる。

噴火現象の観測：噴火の様式、噴出物の堆積様式の観察、噴出率および噴出量の観測を行ない、それらの動的パラメータを決定し、活動推移の予測を行なう。

岩石学：全岩主成分組成、微量成分組成、斑晶鉱物組成等の岩石学的調査を行なう。また、その火山の過去の噴出物との比較を行ない、噴火の活動史における位置付けを行なう。

地球化学的観測：火山ガスの採取および COSPEC による火山ガス組成および放出量の経時変化を把握し、マグマの脱ガス過程についてのモデル化を行なう。

地殻変動観測：辺長観測・傾斜観測などにより火山活動に伴う地殻変動を把握する。また、噴火活動継続中の変化を把握しマグマ上昇過程を推測する。

地球物理的観測：地震観測、重力、電磁気等の観測を行ない、過去の観測データ等との比較を行ない活動の評価をする。

リモートセンシング：空中写真、衛星データ等を用い、地殻変動、噴出物の分布調査等を行なう。

以上のような火山噴火予知研究・マグマのダイナミクスの研究は、地熱資源開発や鉱物資源探査とも深い関係がある。マグマが地殻上部に上昇してくると、多量に存在する水を加熱し、ハイドロフラクチャリング(水圧破碎)や熱水の対流を生じさせるであろう。これにより地熱資源や温泉、そして熱水性鉱床ができる。地熱や熱水性鉱床の探査のための研究は、地質調査所でも活発に実施されており、これらの研究との連携が重要である。特に、針状マグマ体の上方にできるカルデラ構造(第5図)やダイク状マグマ体の上方にできるグラーベン構造(第6図)は地熱貯留層としてもまた熱水性鉱床の形成の場としても、もっとも期待できる地質構造である。

火山の地下で何がおきているかを知るためには、活動的な火山の地下を直接掘ってみるのがもっともよいことは明らかである。ニュージーランドのホワイトアイランドは、無人の活動的な火山島であり、約1000 m程度の比較的浅い深度にマグマ溜まりがあると推定されている(Giggenbach et. al., 1991)。さらに、豊富な地下水がマグマの熱により加熱され、活発な火山-熱水系を形成し、地熱系の研究対象にもなる。既に紹介されているように(玉生, 1991)、ホワイトアイランドでは国際共同研究による科学掘削計画が提案されており、火山の研究だけでなくマグマ発電のような究極の地熱開発にも貢献すると期待される。火山-地熱-熱水性鉱床は、母子-孫の関係にあり、総合的な研究が必要である。また地球科学のほとんどあらゆる分野の協力が必要であり、学際的・国際的研究の推進が期待される。

過去の火山現象や現在進行中の噴火について様々な研究をし、噴火のメカニズムを詳細に明らかにし、さらに様々な火山観測を実施したとしても、自然現象は極めて複雑且つ多様なので、将来起こり得る現象の予測に関してはおそらく何がしかの「あいまいさ」が残ると思われる。この「あいまいさ」は地球科学の宿命といってもいいが、自然災害予知にはしばしば問題となる。しかし、「あいまいさ」を少なくする努力と共に、「あいまいさ」の性質をよく理解して、火山噴火等の自然災害に適切に対処することも重要であると思われる。

参考文献

- Giggenbach, W. F., 佐藤興平 and Hedenquist, J. W. (1991) : ニュージーランド White Island のマグマ-熱水系. 地質ニュース, no. 438, 1-4.
- 長谷川昭・趙大鵬・山本 明・堀内茂木(1991) : 地震波からみた東北日本の火山の深部構造と内陸地震の発生機構. 火山, 36, 197-210.
- Hildreth, Wes (1981) : Gradients in silicic magma chambers: Implications for lithospheric magmatism. Jour, Geophys. Res., 86, 10153-10192.
- 久保寺章(1991) : 火山噴火のしくみと予知. 古今書院, 184p.
- 小出仁(1974) : 深部における割れ目とマグマの発生との関連性について. 地団研専報/18, 87-90.
- Koide, H. and Bhattacharji, S. (1975a) : Formation of fractures around magmatic intrusions and their role in ore localization. Economic Geology, 70, 781-799.
- Koide, H. and Bhattacharji, S. (1975b) : Mechanistic interpretation of rift valley formation. Science, 189, 791-793.
- 小出 仁 (1982) : 流体貫入(ダイアピル)機構の解析とテクトニ

クス. 月刊地球, 4, 15-22.
 小出 仁・浜島良吉・川井忠彦(1987): マグマ貫入による地殻変動の解析とその噴火への応用. 第7回岩の力学シンポジウム講演論文集, 479-484.
 茂木清夫(1957): 桜島の噴火と周辺の地殻変動との関係. 火山, 第2集, 1, 9-18.
 茂木清夫(1974): 火山と深部の割れ目. 地団研専報/18, 83-84.
 中田節也・清水 洋(1992): 普賢岳のマグマ活動. 科学, 62, 554-561.
 岡田義光・山本英二(1991): 地殻変動より見た1989年伊東沖の地震・火山活動. 月刊地球, 11, 95-102.
 小野晃司(1990): 火山の長期予測. 火山, 第2集, 34, S201-S214.
 斉藤英二・渡辺和明・須藤 茂・星住英夫・遠藤秀典(1991a): 雲仙, 普賢岳の光波測距(速報). 地質ニュース, 443号, 67.
 斉藤英二・渡辺和明・須藤 茂・星住英夫・遠藤秀典・風早康平・川邊禎久・高田 亮・阪口圭一・宝田晋治・山元孝広(1991b): 雲仙, 普賢岳の光波測距. 地質ニュース, 444号, 63-66.

斉藤英二・渡辺和明・須藤 茂・星住英夫・遠藤秀典(1991c): 光波測距による普賢岳の山体変動の測定. 日本リモートセンシング学会誌, 11, 57-60.
 曾屋龍典(1987): 伊豆大島火山の火山活動と噴火予測. 噴火予知連絡会会報, 38, 21-25.
 多田 堯・橋本 学(1987): 1986年伊豆大島噴火と地殻変動. 月刊地球, 9, 396-403.
 高田 亮(1991): マグマで満たされたクラックの輸送過程からみた火山の形成・発展機構. 月刊地球, 13, 332-340.
 玉生志郎(1991): ニュージーランドホワイト島の火山活動と科学掘削計画について. 地質ニュース, no. 438, 52-56.
 安田 聡・須藤 茂・遠藤秀典(1991): 空中写真を用いた雲仙・普賢岳周辺の火山活動に伴う地形変動の計測. 日本リモートセンシング学会誌, 11, 61-64.
 渡辺 了・熊沢峰夫・栗田 敬・増田忠志(1992): 部分熔融体の変形実験—実験装置の開発—. 地震, 第2輯, 45, 187-198.

KOIDE Hitoshi (1993): Dynamics of magma and prediction of volcanic eruptions.

新刊紹介

富士山 その自然のすべて

諏訪 彰編集, 同文書院, 1992年11月20日発行
 B5判 355頁, 6500円(税込み)

古来より日本人に親しまれてきた富士山は、一方で災害ももたらしてきた活火山である。宝永の噴火(1707年)のような大噴火がまた起これば、現代社会に与える影響は計り知れない。将来予想される噴火災害を最小限に防ぎ、無謀な“開発”から自然環境を守るためには、富士山の観測・研究を進めると共に、その科学的知識を広く市民的な共通認識としていく必要がある。このような基本的視点から、本書は、「その自然のすべて」という副題にあるように、地質や地下水だけでなく気象や動植物についても重点を置き、富士火山の生い立ちと現在を総合的に解説している。

主な項目(表題は略記)と執筆者(括弧内)は以下の通りである。

- 1) 富士火山を診断(諏訪 彰)
- 2) 噴火の古記録(伊藤和明)
- 3) 富士山の生い立ちとテフラ(町田 洋)
- 4) 富士山地域の化石(西宮克彦)
- 5) 富士山の溶岩(濱野一彦)
- 6) 富士火山噴出物の化学成分(倉沢 一)
- 7) 富士五湖の変遷(濱野一彦)

- 8) 富士山麓の湧き水(山本荘毅)
- 9) 富士山の地下水(土 隆一)
- 10) 富士山頂の特異な気象(中島 博)
- 11) 富士山の植物(宮脇 昭・菅原久夫)
- 12) 富士山の動物(今泉忠明)

上記の間に置かれた11項目の記事(3-10頁)も充実しており、落石事故・乱気流による英国航空機事故・景観工学的富士山像など、社会と富士山との様々な関わりが描かれている。随所にはさまれた写真と図は、内容の理解を助けているだけでなく、富士山を身近なものに感じさせてくれる。いくつかのカラー写真は、もっと大きく印刷していればと惜しまれる程にすばらしい。また、各頁に余白をつかって「モグラ戦争の最前線」という様な見出しを印刷している点もユニークで、編者と出版社の苦心のあとがうかがえる。

これから富士山を訪れる人のために、溶岩洞穴などの天然記念物(本誌1992年5月号参照)、簡単に観察できる露頭、さらにはビジターセンターなどを紹介する項あるいは別添え地図があれば、本書はガイドブックとしてもより多くの読者を得られるのではなからうか。また、富士山について更に知りたい人のために、市民向けの代表的な解説書を整理した頁が、巻末にあっても良かったと思われる。

(地質ニュース編集委員会 佐藤興平)