

してみると、目だって大きいのは、やはりカルデラ形成期の活動です。特に、約2.2万年前におこった始良カルデラの噴火では、降下軽石・火山灰、火砕流を含めると噴出量が200 km³以上になるだろうと推定されています。約3万年前におこった支笏カルデラの活動でも噴出量は100 km³以上です。これに比べると、歴史時代の大噴火は、例えば桜島1914年で約2.2 km³、駒ヶ岳1640年で約1.2 km³にすぎません。これはわれわれ日本人にとって幸いといえます。いま始良や支笏カルデラの大噴火があいついで起ったら、日本列島の大部分が相当な被害をうけることになるでしょう。

編集 大規模な噴火のあと、山体の陥没だけでなく周辺地域の地殻変動が生じることもあるという話をきいたことがあります……。

勝井 1910年の有珠明治新山の生成や1914年の桜島の大噴火で、大森房吉がこのような地殻変動を始めて記録しました。桜島では、噴火前にくらべ山体の中央部が少し隆起したのですが、鹿児島湾北部の始良カルデラは、逆に相当量沈降しました（図2－8参照）。この事実は、始良カルデラの中心の地下にマグマ溜りがあって、噴火後マグマ溜りの圧力が減少して沈降したと考えられています。地殻変動と火山活動の消長との関係は、噴火予知の上でも注目されています。

表3・1ー多数の犠牲者をだした噴火

＜おもに諏訪館による＞			
火山名	噴火時代	死者概数	備考
メラピ(Merapi インドネシア)	1060年	数 千	おもに熱雲による
エトナ(Etna イタリア)	1169年	15,000	爆発・溶岩流出
ケルト(Kelut インドネシア)	1586年	10,000	火山泥流による
ベスピアス(Vesuvius イタリア)	1631年	18,000	79年以来の大噴火
エトナ(Etna イタリア)	1669年	10,000	カタニア市まで溶岩流
メラピ(Merapi インドネシア)	1672年	3,000	熱電と火山泥流による
アウ(Awn インドネシア)	1711年	3,200	火山泥流による
パパンダヤン(Papandjar インドネシア)	1772年	3,000	爆発による
ラキ(Laki アイスランド)	1783年	10,000	餓死者を含む
雲仙岳(日本)	1792年	15,000	火山泥流と津波による
タンボラ(Tambora インドネシア)	1815年	92,000	噴火後の餓死者を含む
ガルンガン(Galunggung インドネシア)	1822年	4,000	火山泥流による
アウ(Awn インドネシア)	1856年	2,800	火山泥流による
クラカトア(Krakatoa インドネシア)	1883年	36,000	おもに津波による
アウ(Awn インドネシア)	1892年	1,500	火山泥流と熱雲による
ペレー(Pelée 西インド諸島)	1902年	28,000	熱雲による
スフリエール(Soufriere 西インド諸島)	1902年	1,565	熱雲による
ケルト(Kelut インドネシア)	1919年	5,000	火山泥流による
ラモントン(Lamington ニュージーランド)	1951年	3,000	爆発と熱雲による
アグン(Agung インドネシア)	1963年	2,000	熱雲と火山泥流による

③火山災害を中心に

火山災害の主要な歴史

横山 私のテーマは火山災害を中心にということですが、わかりやすくするために話を3つに区分し、まず火山災害の例を10ぐらい挙げて、その様相を述べ、次にその災害の対策、最後にいろいろな方法による噴火の予知、だいたいこういった順序でお話しします。

まず火山災害の例ですが、災害といえば犠牲者の数がすぐ問題になりますが、ここでは、それだけではなく、後の話に役立つような観点からもとり上げてみます。表3－1は、ごく主要な火山災害の一覧表で、歴史的に早い方から順に挙げていきますと、まず、イタリアのベスピアスの79年の有名な噴火があります。この噴火でポンペイの町が埋まりました。このときには、死者はわりあい少なかった。というのは西暦63年にこの地域に地震があり、そのためにポンペイの町は相当壊されてしまい、すでに住民は避難していたわけです。よくポンペイの遺跡として、死んだ人が火山灰に埋められて、そのところに石こうを流し込んで保存されている写真をみうけますが、これは地下室に閉じ込められていた奴隷でありまして、被害としては少ない。ただこれは、歴史的に一番古い記録なので、古代文化、2000年前の文明を現在にまでよく保存していたということにもなって、一般によく

知られているわけです。しかし、当時の人々は、この山がまさか噴火するとは思っていなかったのです。というのは、当時この山は、山頂まで樹木が密生していたことがわかっていますから、活動に長期の休止期間があったようです。一般に、長い休止期間の後に起こる噴火は激しいのですが、このベスピアスもこの例になるわけです。この噴火は、火山学的にもよく調べられています。

次はたいへんとびまして、同じベスピアスが1631年に噴火しています。この噴火は、400年ぐらいの長い休止期間をおいて激しく噴火しました。激しいといっても、非常に大量の溶岩流が出たわけですが、このときの犠牲者は18,000人に及びます。

その次に、少しとびますが日本の浅間山の1783年、天明3年の有名な噴火があります。このときの直接の死者は1,151人とわりあい少ないのですが、その後、天明の飢饉がおこっていますので、その一因に噴火によって日射がさえぎられ不作になったということも言われています。間もなく200年記念にあたるわけで、後で出てくるインドネシアのクラカトアの大噴火がちょうど1883年に起こっており、浅間山は200年、クラカトアは100年で、1983年というのは火山学上の記念すべき年になるわけです(笑)。

その次に、雲仙岳が1792年です。島原半島の眉山が崩壊して、津波が有明海を渡って対岸の肥後に押し寄せた。こうして泥流と津波により死者が15,000人もでた。これが「島原大変肥後迷惑」という話です。次にインドネシアのタンボラが1815年。これは史上最大の噴火といわれています。ここは現在でも交通不便なところなので噴火の詳細は不明ですが、この時の死者が92,000人と記録されています。この人数には、その後周辺の土地が荒廃して、作物ができずに餓死した人まで含まれております。

それから、有名なクラカトアの大噴火が1883年で、このときは36,000人の犠牲者。クラカトア自体は無人島だったのですが、周辺の島々や沿岸の住民が津波のために犠牲になっております。それから、日本でいいますと、この5年後の1888年に磐梯山の噴火により、死者461人の犠牲者がでています。原因は泥流で、当時の人口密度でこのぐらいの被害が出た。この泥流が川をせきとめまして、現在の松原湖などの景勝の地をつくりました。

その次が、西インド諸島のプレー火山の噴火で、これが1902年、被害は28,000人。これは非常に恐ろしい熱雲です。泥流というのは温度が低いのですが、それに対して熱雲は温度が高い。これが地面をほうように噴出してくる。浅間の1783年噴火の場合も熱雲と泥流です。このとき、まず、軽石・火山灰を噴出し、次いで、吾妻火砕流が山頂から8 kmの地点まで流下し、翌日になると、噴きあげられた大岩塊は北斜面に落下して、細粒物とともに一団となって高速で流下しました。これが鎌原^{かんげん}熱雲と称されるもので、山麓では地表の水を多量にふくんだ火山泥流となって、吾妻川に流れ込みました。この泥流をまともにうけた鎌原村では、556人の村人のうち、助かった人は93人に過ぎませんでした。いづれにせよ、プレー火山の噴火は熱雲の研究の発端になったようです。

それから、時間を追っていきますと、有珠山の噴火が1910年、明治43年です。これは犠牲者なしということで注目に値します。当時の北海道は人口も少なかったのですが、噴火の前兆として有感地震があったので住民を事前に避難させたためです。

次が桜島の1914年、大正3年の噴火で、これは被害は58人とそう多くはないのですが、この大正3年の噴火についてはまだ後で触れます。それから1919年にケルトーというインドネシアの火山で死者の数が5,000人という火山災害が発生していますが、これも泥流です。これについても後で触れます。

もう一つ、ごく最近いわれているものに1963年のインドネシアのアグン大噴火があります。このときの死者は2,000人。主な原因は熱雲と泥流です。このアグンの大噴火は、1843年以来的のものです。そして、この大噴火による火山灰は成層圏にまで達し、地球を回るものですから、1964～65年には日射がさえぎられて異常気象をおこし、世界的な農業災害を招いたといわれています。このときは航空機によって、地表20 km以上の高さに火山塵が確認されています。最近、気象学の分野で、地球が寒冷化しているという議論が盛んですが、その一因として火山灰の影響があるのではないかという話は、これが一番最近のデータになっています。

以上みてきたように火山災害というのは、まずは人口密度の高いところで被害は大きいわけです。日本もそうですが、特にインドネシアの人

口は稠密なため、被害も大きくなっています。それからまた、火山の周辺というのは一般的に土地が肥沃なために人口も多く、疎開などということはなかなかむずかしいのでありましょう。この逆の例としては、メキシコにコリマという火山があり、この近くにコリマという町がありますが、火山の周辺の人口は非常に少ない。1昨年12月にこの火山が噴火して溶岩流を出しました。私はちょうどその時、たまたまメキシコ・シティにいあわせたのですが、噴火してから約1週間後に現地に行きましても、厳密に、いつ噴火が始まったのか全くわからないのです。それほどこの土地の人々は無関心なんです。溶岩流が出て、無人の森林をちょっと焼く程度なので人々は関心を示さない。火山学上はまことにもったいない話ですが、いづれにしても人口の少ないところでは、火山災害にはならないという例です。

大きな火山災害をひきおこすものとして、さきに申したように熱雲があります。熱雲というのは火山噴火の際、火山の下から出てくる数100℃から1000℃近くもある非常に温度の高い新しい噴出物が、上へ行かずには火山の斜面に沿って非常に速い速度で走り下がっていく。そしてジェットみたいに空気を巻き込んで噴射しながら走っていく。日本では、先ほど申しましたように浅間の天明の噴火のときにこれがみられましたし、それから被害はなかったのですが、桜島の1939年の噴火のときにも小規模の熱雲がみられました。

それからもう一つは津波です。とくに海岸近くの火山の津波は、きわめて破壊的です。クラカトア、雲仙岳、北海道の駒ヶ岳、渡島大島などは津波災害をおこしています。

それから泥流というのがあります。火山泥流はインドネシア語でラハール（Lahar）といい、これが国際的な術語になっています。特にインドネシアのケルトーの泥流が有名です。このケルトーでは火口湖に水がたまる。これは日本ではちょっと理解しにくいのですが、普通、われわれは火山というと、深部に地下水はためても地表近くには水はたまらないと思っている。堆積した火山岩はガサガサでどんどん水をとおしてしまい、火山地域で飲み水をとるのに苦労するくらいなんです。このケルトーという火山では、火口が安山岩の岩盤で、噴火が済むと、水を漏らさないで火口湖になってしまいます。

それで次の噴火のときには、新しい噴出物が水とともに溢れる。このときの泥流が一次泥流です。そして少し時間がたつと、そこに熱帯特有の集中豪雨が降りそそいで、すでに堆積している噴出物を再び泥流として流す。これが2次泥流になるわけです。これをラハールと言うのです。南米のチリあたりでは、火山噴出物が雪を溶かして泥流災害をおこしますが、これもラハールといっています。日本でもこうした例はいくらかあります。

もう一つは海底噴火で、最近で有名なのは1952年の明神礁の噴火です。このとき海上保安庁の水路部の観測船「第5海洋丸」が遭難しまして、31人の乗組員が全員犠牲になったという、悲しい記録があります。これは多分、海底火山の火口の真上にいて噴火に遭遇したものと思われる。海底の噴火というのは岩石の性質によって違いがありますが、一般的には、海水と1000℃近い高温の火山噴出物とが急に接触しますから、非常に爆発的になります。

火山災害の対策

そこで次の問題として、こういう災害を軽減するのに実際にはどんな対策があるかという話に移ります。この対策としては、噴火前の対策と噴火中の対策とに分けられますが、噴火前の対策としてよく例に出るのがインドネシアのケルトーです。インドネシアは第2次世界大戦までの300年間ぐらいオランダが支配しておりました。オランダは、地学研究も非常に熱心な国でこのケルトーの火口湖の水を減らしてラハールの原因を取除くという計画は、すでに1920年頃から着手されています。ケルトーの場合には1586年の噴火のさいには1万人が死んでいる。先ほど申しました1919年のときには5,000人の死者がでていた。それでこの後、火口湖の水を減らすために、大規模な工事を始めました。火口湖の水を抜くために一挙に一番底から始めますと、水圧のために工事ができない。それでだんだん水位を下げながら上から順に7本のトンネルを掘り、最後にVII Bというトンネルができたわけです。そして1951年にまた噴火したのですが、このときにはすでにVII Bトンネルができていたために、火口湖の水が一番下のレベルまで下がっており、そのため泥流は出ず、災害を防ぐことができました。しかし、この噴火で火口の底がまた深くなってしまい、またまた水がたまり始めましたので、新しいトンネルを掘始

めました。ところが1966年にまた噴火して、このとき数100人の犠牲が出てしまいました。新しいトンネルは1967年に完成しておりますが、このトンネルは、インドネシアが独力で掘り上げております。

それからまたこの火山では、水を減らす対策と同時に、泥流を人口の集まっている町からよそへ方向転換させる工事も平行して行なっております。まず泥流の向きを変えるダムをつくり、次にこの泥流を一時たくわえる貯溜池をつくり、そして都市から遠ざけるという大工事です。1973年にはこのダムが完成していますが、これには日本が技術援助して建設省などから技術者が出向して工事を指導しており、そのためにサボダム（Sabo Dam）と言って、砂防という日本語がそのまま通用しております。日本では、こういう対策を必要とする火山はまずないのですが、インドネシアは開発途上国でありながらよくやっていると感銘を受けました。わが国で平常の火山対策として重要なことは、風光明媚だからといって、活火山山麓にやたらに別荘などをつくらぬことでありましょう。

噴火中の対策としては、ハワイでは溶岩流を爆撃して方向を変えるというようなことも、1950年代にやっております。

伊豆大島では、1951年の3月頃に火口から溶岩が溢れでまして、外輪の野増口という西側の稜線の一番低いところに溶岩がせまったときに、急いで石を積んでこの流れを防ぐ準備をしましたが、幸いこの直下で流れがとまりました。

それから、いまの桜島では、緊急時にフェリーが着けるりっぱな避難港を島の周辺に約10カ所もつくっています。かりに大きな噴火があってもどこかの港が避難に使えるわけです。

噴火の予知をめぐる

以上のように噴火は、いろいろな災害をひきおこしますが、では噴火のおこる前に火山活動を予知できないかということが問題になります。一般に予知といいましても、火山噴火の予知は天気予報などと違った面があります。地震予知を引きあいに出しますと、地震予知よりは火山の噴火予知は、ともかく場所が決まっているだけでもやさしいのではないか、そういうふうを考える人もいます。確かに、火山の噴火予知では、だいたいの場所が決まっております。しかし、すでにお話ししたように100年とか200年をおいて噴火する火山があり、休止期間が長いほ

ど激しい噴火をする例が多いのです。日本ではそういう火山が50以上もあります。これらをすべて不断の注意をもって監視することは、経済上の問題もあって実際には不可能なのです。現在のところは、いわゆる活動的な火山に焦点をしばっているわけです。

それから地震予知と違うところは、地震は本震が起こりますと、後には必ず小さくなる。余震というのは小さくてやがて終わることがわかっている。これに対し噴火というのは、噴火開始とその消長を調べていって、最後の終息までやらなければならない。この点は地震と非常に違うところです。ですから地震は、ともかくその発生を予知さえすれば、どんな方法でも採用すればよいが、火山の予知の場合には、火山現象全般を理解しなければならないのです。火山及び火山現象の基礎研究をもとにしなければ、噴火現象のプロセスを予知するなどということはとてもやれないはずのものなのです——実は地震予知も同じことなのですが——。よく群発地震が霧島山ろく辺にも起こるし、また松代群発地震というものもありましたが、これは、見方を変えますと火山の末期的な現象とも言えるものです。群発地震とは、たいてい火山地帯とか温泉地帯に起こります。これのむずかしいのは、場合によると延々と続くことです。一般の人々の関心もこれがいつ終わるかという点に集まるのも当然のことでしょう。

噴火予知の失敗の例としては、大正3年の桜島の噴火があります。当時、対岸の鹿児島測候所に地震計が設置してあり、噴火の数日前から前兆地震を記録していましたが、測候所は、「火山と地震とは直接関係ない、したがって桜島は噴火しない」と述べたのであります。このため、避難の機を逸して犠牲も大きくなった面もありました。

いま東桜島小学校の庭には桜島爆発記念碑が建っており、それには当時の村長によって、論理を信用してはいけない(笑)、自分で危険を感じたら逃げろ、という意味のことがその石碑に書かれているわけです。これは1914年当時のことですが、確かにこの噴火に先立って地震もあったし、温泉が非常に高温になったということもあったのです。しかし、当時の火山学では、これらの前兆があの大噴火に必ず結びつくという確信がなかったことは無理のないところであります。現在では、鹿児島気象台および京都

大学桜島火山観測所の手によって、諸種の観測網が張られています。しかし、火山噴火というものは、これを実験して調べるというわけにゆきませんので、予知は100%確実とはまだ言えません。いろんな場合を経験し、これを調べて、その成果を蓄積してゆけば、やがてはその目的が達せられるものと期待しています。大正3年の桜島での失敗は、そういう目で見ていただきたいと思います。

現在わが国では、地震予知ということが大きな問題になっておりますが、噴火予知の方でもおくれればながら、昭和49年から、国としての火山噴火予知計画が発足して、気象庁及び各大学の観測所を整備して、全国的に噴火の予知を完成しようと努力しております。

具体的な方法はいろいろと考えられるのですが、基本的なのは地震観測です。

では地震観測によって、如何にして噴火の開始を予知するかというと、これはまず地震の頻度が目安になります。ただこの辺になりますと、いまだに常識的な判断と言われても止むを得ない点があり、現在のところは、だんだんと地震がふえていって、やがてカタストロフィーに達して噴火が始まるのだろうと考えられています。また震源の深さに注目する方法もあります。震源の上下方向あるいは水平面内における移動ということから判断する。この辺のことは、今後興味あるテーマです。

2番目は、地殻変動を見つけて噴火の予知に役立てる。これは水準測量、あるいは三角測量の結果を解析します。

3番目は、ポテンシャル量、すなわち重力および地磁気を観測する方法であります。この種の物理量は、地下の状態の変化を直接地表へ伝える特性があります。

4番目は、熱です。噴火の前には温度があがるのだろうと考えられるのでこれを調べます。これは赤外映像を飛行機から撮影するわけで、遠隔測定（リモートセンシング）が最近非常に発達してきましたから、火山観測においても、観測者が危険をおかしてまでやらなくても、こういう進歩した技術を用いて観測ができるようになりました。最近の国際雑誌にも、人工衛星から見た桜島の噴煙に関するアメリカ人の論文が発表されているくらいです。

5番目は、噴出物を調べる方法。これは噴出物をちょっと見るだけで、どんな種類のマグマが