

—夏季大学講座内容③—

火山と環境

札幌管区气象台 澤田可洋

1. はじめに

火山は豊かな温泉や熱源、美しい景観の提供者であるが、噴火した場合には人的、物的、社会的な被害をもたらす。環境にも大きな影響を及ぼす。火山は自然の摂理にのっとり活動しているだけのことであるが、自然現象と人間の生活活動の接点において火山噴火は災害の原因者、環境の破壊者と位置付けられてしまう。ここでは人間サイドから、火山現象は環境に悪い影響を及ぼす困ったものとして眺めてみることにする。

2. 火山国日本

日本は火山国、地震国と良く言われる。日本には北方領土の10活火山を含め北海道から沖縄県まで83の活火山が分布している。地球上には約1000の活火山があるが、その約10%がこの広いとは言えない国土に集中している(図-1)。ちなみに、日本周辺の地震による年総放出エネルギーの平均値も世界全体の約10%であり、この点が火山国、地震国と言われる所以であろう。

火山噴火の際の地形変化、ガスや火山灰などの放出は環境に悪影響をもたらすが、噴火の規模が大きい場合は、その影響は火山周辺に留まらず地球規模に及ぶこともある。また、長期にわたって環境の汚染源となることもある。噴火していない時でさえも火山ガスや湧水の流出によって定常的に環境に影響を及ぼしているケースもある。

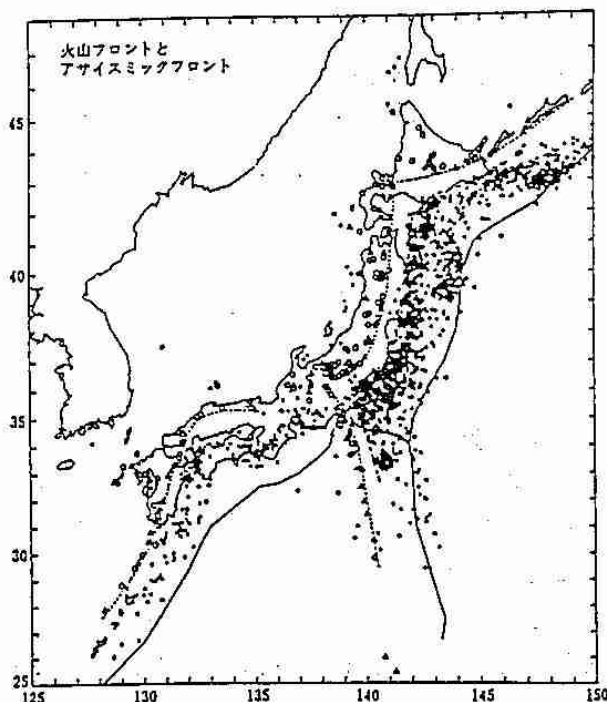


図-1 日本周辺の地震(黒丸)、火山(白丸、三角)の分布。点線は火山フロント、実線は海溝、トラフ軸を表す(吉井による)

3. マグマ

火山とはマグマの活動によって活動によって形成された山である。マグマとは地下で生じる高温の溶融した岩石である。少し詳しく言えば、珪酸(SiO₂)を主成分とし多量の揮発成分を溶かし込んだ、高温高圧下では液体としてふるまう珪酸塩熔融体ということになる。マグマは地下数十～三百km程度の深さで局所的、かつ一時的に発生すると考えられており、地表に向かって上昇して噴出した場合に固結した溶岩などが火山体の形成する。

マグマが上昇する段階では周囲の温度、圧力が低下するので、溶かし込んでいた金属や揮発成分が分離する。マグマが地表へ上昇するにつれて液体、気体の分離は一層促進されマグマ内部には大きな圧力が蓄積されるが、これが地表を突き破る火山噴火の原動力となる。地下からのマグマの供給が盛んであれば、火口からは気体、液体、固体として、マグマからの物質そのもの、あるいは既存の山体物質を放出する。

1989年の伊豆東部の海底噴火の研究により、活火山の地下10~10数kmにマグマの溜りがあり、ここから枝分かれしたマグマが地震を伴って上昇し、微動を伴って割れ目を形成しつつ地表に達したというパターンが確認された。これにより多様な地震の分布、地殻変動、地磁気や重力の変化などがマグマの貫入過程に伴う現象として解釈できた。

4. 活火山

一つの火山を形成したマグマの寿命は数万年のオーダーに及ぶので、数百年ぶりに噴火するということは活火山にとっては極くあたりまえのことである。しかし、私たちは火山を人間の時間感覚で見ると、数十年も噴火しない火山は普通の山のように思ってしまう。それどころか1年、いや1ヶ月も静かであれば、もう噴火は治ったという感覚にさえなってしまうものである。

火山にはマグマの活動が終わりもはや噴火する可能性が無くなったものや、地下ではマグマが生きていて今後も噴火する火山もある。後者が活火山であり、active volcano の和訳である。学問的には活火山とはマグマの寿命によって定義されることになるが、火山災害の防止という観点からは、ある火山の過去の噴火のインターバルがどのくらいであったのか、どのくらいまでさかのぼるべきかという検討が必要である。この基準は世界的に統一されている訳ではなく、1万年とか3千年とかバラバラである。

気象庁では、過去の噴火活動がおおよそ2千年

前まで確認できた火山を活火山としている。北海道では昨年、3火山(丸山、恵庭、倶多良)が新たに活火山として追加されたので、現在の道内の活火山は14である。過去の噴火の調査は、地質調査、噴出物の放射性同位元素法による年代測定、古記録の発見などによって解明されるが、活火山の数は今後も増加することであろう。

5. 火山活動と環境とのかかわり

火山活動とは、広義にはマグマの挙動に伴うあらゆる現象であり、狭義には地表への急速な物質の移動を行う火山噴火である。前者には地震、地殻変動、定常的な噴気活動、温泉の湧出などがある。なお、火山爆発とは火山噴火現象のうち爆発的な様式の場合の表現である。

(1) 定常的な火山活動 (非噴火時)

a 噴煙、噴気

火口や噴気孔からは多量の水蒸気とともに火山ガスが噴煙、噴気として常時放出されている。火山ガスの主成分はCO₂ガスであり、SO₂、H₂S、HClなどの酸性ガスも放出されている。全世界の活火山から放出されるCO₂の量は化石燃料使用によるCO₂量の約1/3、あるいは、ほぼ匹敵するという見積りもある。また、火山活動が活発な時期には1日に数百トン以上ものSO₂が放出されることが観測されている。ただし、酸性雨の発生機構にはまだ未解明な点があり、火山周辺で顕著な酸性雨が卓越しているとも言い切れないようである。

地球温暖化、酸性雨とのかかわりは今後の研究課題ではあるが、直接的にはこれらの火山ガスによって周辺の植物の枯死や小動物の中毒死がしばしば見られるし、化学変化による粘土化のために地盤が軟弱化して地滑り常襲地帯となることもある。

b 熱水、湧水

火口や活火山周辺では地下からの湧水が見られる。マグマから直接分離した水は珍しいとしても、強酸性で高温、かつ多くの成分を溶かしこんだ湧水は温泉として喜ばれる反面、河川、湖沼、

海へ混入した場合には各種の成分が析出するため、水質を汚濁させて生態系、養殖、耕作、浄水機能などに悪影響を及ぼすことがある。火山ガスと同様に地盤の軟弱化を促進することもある。

c 地 熱

活火山の高温の地熱地帯は植物の成育を拒み、活火山特有の荒涼とした地帯となり、通常は前述の火山ガスの放出、湧水が共存している場合が多い。

(2)噴火による噴出物(噴火時)

a 溶 岩 流

斜面やくぼ地に沿って流下して森林、構築物、耕地、居住区などを焼失、破壊させるが、溶岩の固結は長期にわたって地表を荒廃させることになる。植生地域の埋没、焼失、生態系の破壊などは深刻で、回復には長期間を要するが、社会的な利用の回復が不可能な場合もある。

b 降下火山砕屑物

火山岩塊、火山弾、火山餅、火山礫、軽石、スコリア、火山灰など、マグマ物質が固結して破碎されたものや、既存山体の構成物質が破碎されたものから形成される。

火山弾など粒径の大きなものは空中を飛行して落下する際の直撃による破壊と、高温状態で落下した場合の火災発生が植物、耕作地などを破壊する原因となる。粒径が大きなものは火口周辺で落下するが、mオーダーのものは火口から3~5km程度の距離まで放出され得る。

前者より粒径が細かい火山灰は、噴煙の上昇とともに上空高く運ばれ、より細かな粒径のものは卓越風によって遠方まで運ばれる。

大きな噴火では数百km~千kmの範囲まで降灰が見られる。このため、環境へ及ぼす影響は広範囲、長期間、多様な形態をとる。

すなわち、火山の近辺では堆積した火山灰の重みにより樹木の倒壊、埋没が重大な影響をもたらす。植物や作物への降灰は火山灰の自重に加え、雨水による固結、火山灰の酸性物質による化学反応、火山灰粒子の不規則な形状による植物のキズ

などによる倒壊、損傷、枯死が生じる。また、牧草に付着した火山灰は家畜の内臓の損傷も招く。人間にとっても呼吸器系、消化器系、眼の損傷などをもたらす。河川、湖沼、海への多量の降灰は水質の汚染、汚濁をもたらすことになる。山体への多量の火山灰の堆積は降雨のたびに土石流の発生の原因となる。

c 火 碎 流

火砕流とは火山砕屑物流のことであり、構成物質によって軽石流、スコリア流、火山灰流などと呼ばれる。その動き方は飛行と流下との中間的なタイプでもある。極端に言えば、マグマから分離した多量の高温のガス塊の中に高温の砕屑物が浮遊した状態であり、塊としての密度は高いものの粘性が小さく、重力のみによって流下するために地形を無視して高速で流下することができる。

高速での流動による破壊のほか、高温であることによる焼失や蒸し焼き状態が広範囲に広がるために大きな環境破壊をもたらす。流下した場所での堆積物は、降下砕屑物と同様に長期にわたり陸域でも水域でも物理的、化学的な環境破壊をもたらすことになる。なお、溶岩ドームの成長、崩壊による火砕流が続く雲仙岳では、斜面に厚く堆積物が蓄積されており(図-2)、降雨のたびに土石流が発生する危険性が残る。

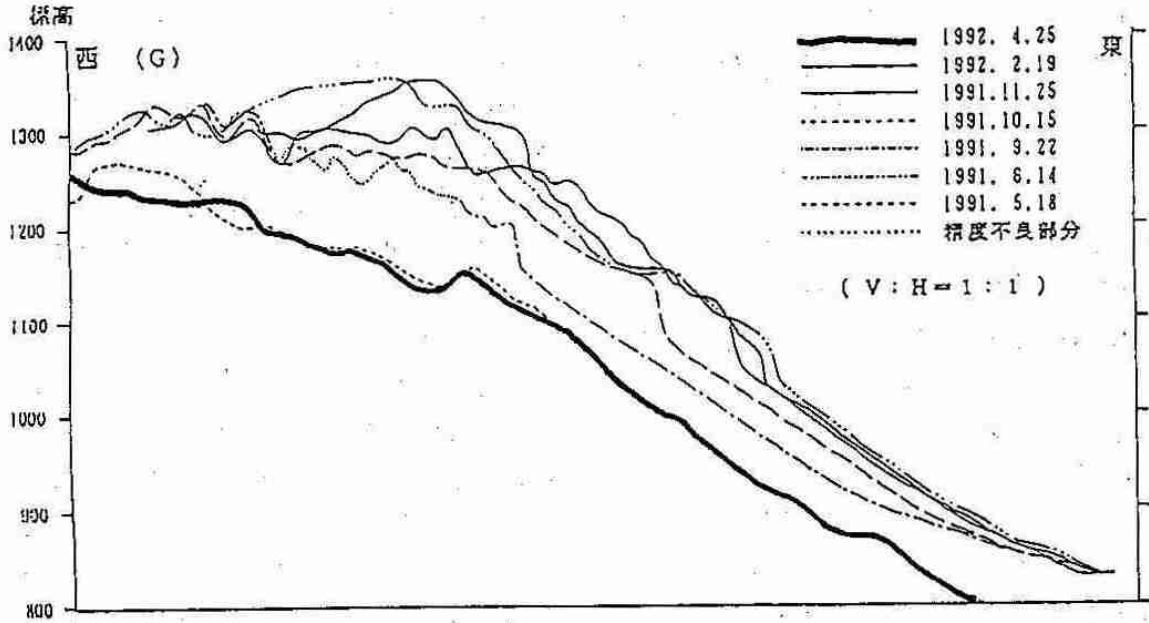


図-2 雲仙岳の山頂ドーム、斜面の地形変化 (国土地理院による)

d 火山泥流

北海道では、積雪期の噴火の高温噴出物が雪を溶かして大規模な泥流を発生させる可能性が高い (例えば1926年十勝岳の噴火)。泥流は噴出物が水と混合して流下する現象であり、山体内の地下水の流出、火口湖の決壊、雪氷の溶解、河川や湖沼への噴出物や火砕流の突入などによって生じる。また、堆積した火山灰層が降雨によって泥流、土石流化するという2次的発生もある。泥流もまた火砕流の項で述べたような環境破壊をもたらす。

e 地殻変動

噴火に先立って火山体はマグマの貫入などにより弾性変形を呈するが、一般にはその変動は微小である。しかし、多量の溶岩、火砕流、噴出物を放出した噴火のあとに顕著な沈降が生じる事がある (例えば1914年の桜島の噴火) (図-3)。

また、ほぼ固結したマグマや溶岩ドームが地表付近で貫入を続けた場合には、1977年の有珠山噴火の場合のように山体周辺で顕著な地殻変動が長期にわたって続くことがある。これらは地形変化、構築物の被害のほか、地下水系の変化などによる生態系の変質をもたらすこともある。

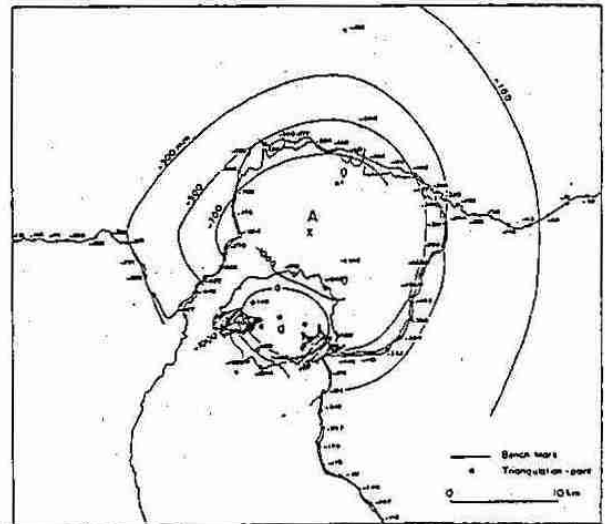


図-3 1914年桜島噴火のあとの地盤の沈降 (Omori による)

f 山体崩壊

極めて破壊的な噴火によって山体が大きく吹き飛ばされることがある(1888年の磐梯山噴火、1990年のセントヘレンズ噴火など)。この場合には、噴出物放出、火砕流、泥流などの諸現象が大規模に、しかも、ほぼ同時かあるいは連続して発生することがしばしばあり、環境破壊や被害の程度が格段に大きくなる。

g 火山ガス、硫黄、熱湯の噴出

噴火の様式としてはまれであるが、これらの噴出が集中して発生する事がある(例えば、1936年の知床硫黄山の硫黄流、1986年のニオス湖でのガス突出等)。いずれもくぼ地沿いに流下するが、ガスの噴出は植物、作物などを枯死させるほか、時には人命、家畜を殺傷することもある。硫黄や熱湯の噴出は植物、耕地に損傷を与えるが、特に水域を著しく汚染させる。

h 地震、津波、空振

これらは物理的な破壊、倒壊、流失などの被害をもたらす。噴出物や火砕流などが海、湖へ突入

して生じる津波は環境へ及ぼす影響が大きい(例えば、1640年の北海道駒ヶ岳の噴火)。

(3) 海底火山

海底、あるいは海面付近での火山噴火は噴出した物質が海水と激しく化学反応、混合を起こすことにより顕著な海水の変色、汚濁をもたらす。また、海水の温度上昇による生態系への影響も大きい。海底火山噴火以外にも、海底からの定常的な火山ガスや熱水の噴出による水銀や重金属などの析出が観測されている(桜島付近の海底、琉球海溝など)。

(4) 地球規模の影響

大規模な噴火は10km、20kmの高度へ噴煙を上昇させる。昨年のピナトゥボ噴火では約30kmの高度に噴煙が上昇したとされており、過去には40km程度まで噴煙が上昇したという記録がある。

高く上昇した噴煙の主要部分は多量の水蒸気であり、これに細粒噴出物粒子、火山ガス成分が含まれている。固形の噴出物粒子は比較的短期間の内に自重によって降下するが、火山ガス成分は化

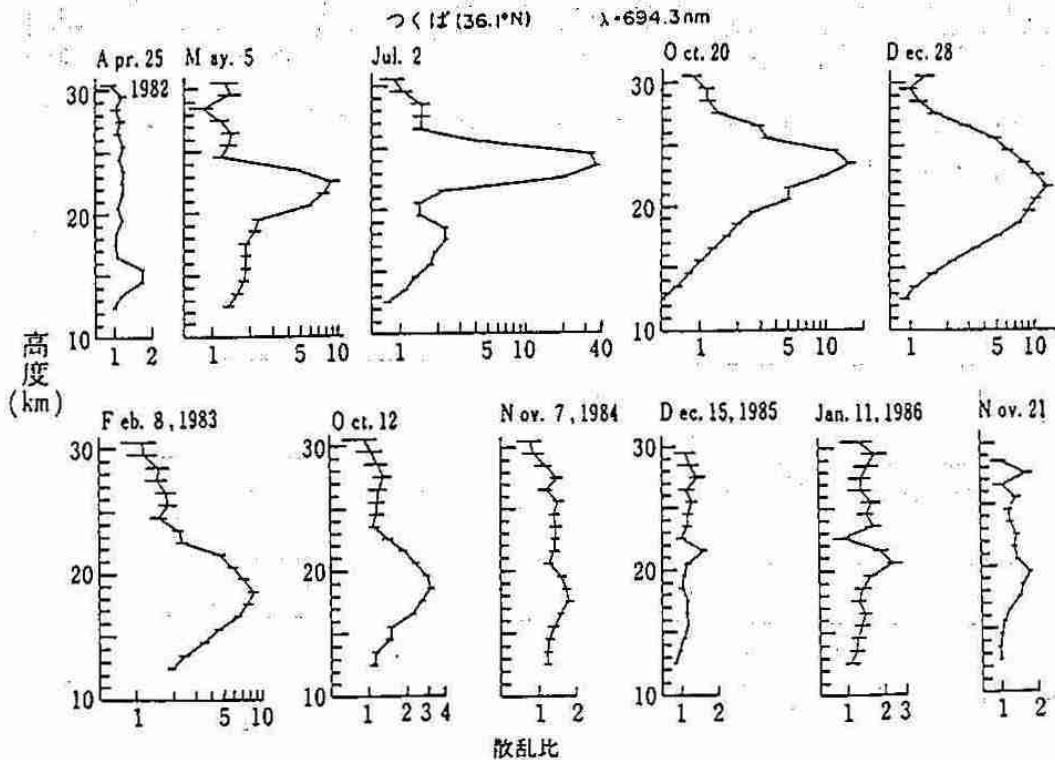


図-4 筑波で観測された成層圏エアロゾルの高度分布 (Uchino による)

学反応によって硫酸ミスト（液滴）に変化し1～数年にわたって火山性エアロゾル層として成層圏に滞留する（図-4、図-5）。

これは直達日射量の減少、散乱日射量の増加、大気透過率の低下（図-6）、成層圏の温度上昇

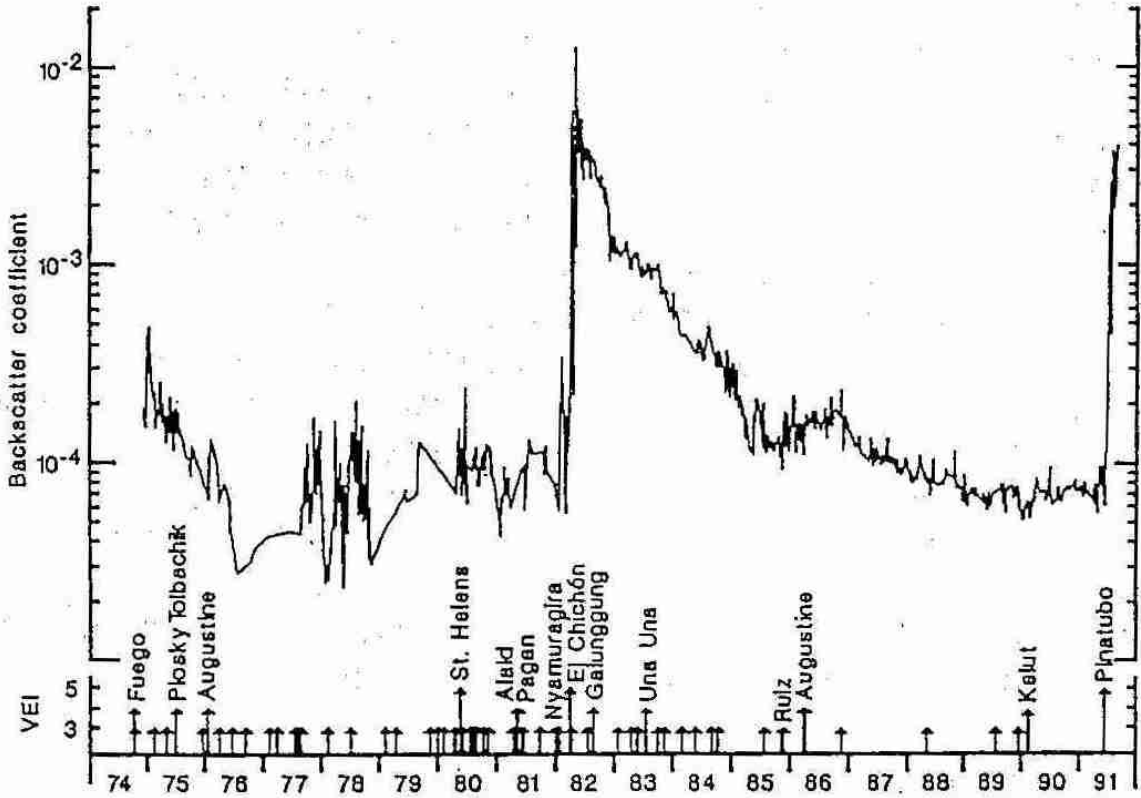


図-5 ハワイにおける成層圏（高度15.8-33kmの範囲）のエアロゾル濃度の変化（GVN Bulletin による）

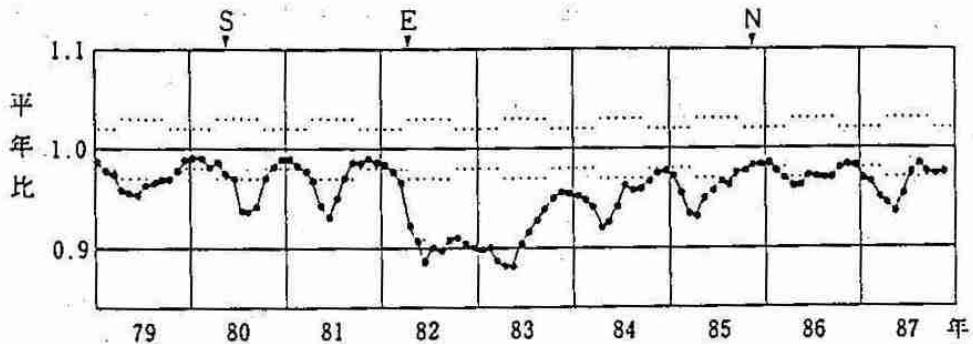


図-6 大気透過率全国月平均値の平年比（3ヵ月移動平均値。S、E、Nはセントヘレンズ、エルチチヨン、ネバドデルルイスの噴火時期を表す）（気象庁による）

(図-7) などをもたらすことが観測によって確かめられている。また、1982年のエルチチョン噴火の後では全天日射量の低下が確認された。

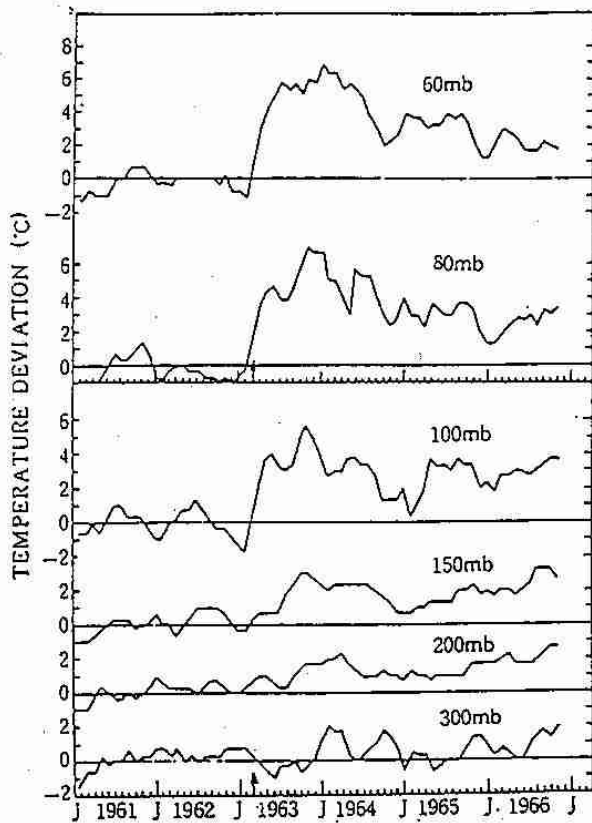


図-7 アグン噴火後(矢印)に Port Hedland (20° S、119° E) で観測された月平均気温の1958年~1962年平均値からの偏差 (Newell による)

これまでも、大噴火に続いて全球的な低温化が生じ、飢饉をもたらしたという考察がいくつか提出されている。また、大噴火が地球規模の低温化や異常気象をもたらすという考えやシミュレーションも提出されている。大噴火による全球的な気温低下は必ずしも観測によって確かめられている訳ではないが、エルチチョン噴火の場合、当時のエルニーニョ現象による温度上昇を補正すると全球的に気温が低下していたという解析結果が得られている(図-8)。

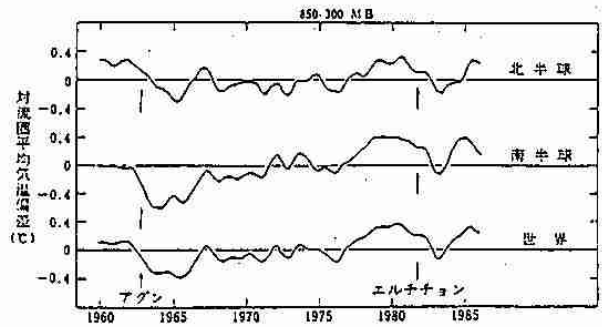


図-8 アグン、エルチチョン両噴火を含む時期において、エルニーニョ現象による昇温を補佐した北半球、南半球、及び全球の対流圏平均気温偏差 (Angell による)

6. おわりに

噴煙が気象衛星画像で撮影され、爆発に伴う周期の長い空気振動が微気圧計で記録され、濃い噴煙が気象レーダーで検出されるなど、気象観測の機器によって火山噴火の現象がしばしば検出されている。成層圏の火山性エアロゾル層の把握にはライダーが、航空機の安全航行に障害を及ぼす噴煙の検出には気象衛星の画像が、そしてその移動の予測には気象の実況や大気構造など気象学的手段、知識が不可欠である。これまでの多くの火山噴火の研究は当然ながら火山災害の軽減という面からの取り組みが主であったが、最近では地球環境とのかかわりがクローズアップされている。しかし、この方面にアプローチするにはまだまだ火山現象のデータの蓄積、研究の進展を図って行かねばならない。

参 考 図 書

火山学全般

横山泉、荒牧重雄、中村一明、編：火山、岩波講座 地球科学 7

気候変動全般

気象庁：近年における世界の異常気象と気候変動—その実態と見直し— (N)、大蔵省印刷局