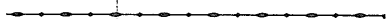


火山噴火活動と環境

曾屋龍典(環境地質部)

日本列島は環太平洋火山帯に属し、世界でも有数の火山活動の活発な場である(第1図)。加えて人口密度が高く、一度噴火が起こると住民とそれをとりまく環境を著しく乱す。近年では特に道路の発達によって火口周辺まで人が近づいていた。火山山麓への住居(別荘等も含めて)やレクリエーション施設の進出が著しく、火山噴火によって被災する可能性が増大している。火山噴火に対し、それによる災害をできるだけ少なくしたり、あるいは未然に防ぐためには、火山噴火の時・所の予知・噴火規模および噴火の様式についての予測が要望されよう。しかし現状では、火山地質学や火山物理学の分野でさまざまな努力がなされているが、残念ながら非常に困難であるといえぬ。

この小論では、火山地質学(火山岩石学を含む)とはどういう学問であり、それが火山噴火の予知・噴火規模・噴火様式の予測にどれだけ貢献できるかを書きたい。



火山とは

火山は単に火山岩からなっている山を意味しない。広辞苑で火山は「地下深所に存在する溶融した岩漿(マグマ)が地殻の割れ目を通して地表に噴出して生じた山」としている。また平凡社刊の地学辞典では「火山活動により地表付近に生じた特徴的な構造あるいは地形。普通は噴火活動によって生じた地形の高まり(火山体)をいうが、爆発や陥没によって生じた負の地形を含めてもよい」とされている。火山活動あるいは火山噴火活動は、火山という地形を造る活動で、地下深所の溶融した岩漿(以下マグマと記す)を地表にもたらし活動を意味し、結果として火山が造られることになる。

日本の火山の代表は富士山であろう。またエゾ富士・津軽富士と地方名をつけた富士山も多い。これらは後に述べる溶岩と火砕岩が交互に重なって成長した成層火山で、日本列島における特徴的火山である。しばしば噴煙を上げる阿蘇山が火山であることは良く知られているが、阿蘇山をとりまき、いくつかの町や村があり、豊肥本線・高森線が走り、周りを急崖でとりまかれた盆地が一あまりに広大で盆地であることにさえ気付く人も

少ないが、一先の地学辞典の負の地形をした火山(阿蘇カルデラ)であることを知る人は少ない(写真1)。

火山はその美しい景観を私たちに与えてくれる。大部分の温泉は火山の下へ上昇したマグマの熱によって地下水があたためられたものである。同様の熱エネルギーは地熱発電として資源の少ない日本における活用可能な熱資源として開発利用が進められている。

これらの火山は静的なものであるが、すでに述べた様に火山活動は火山を造る過程の動的なものである。それは既にあった火山をさらに大きく、優美なものにする場合もある。すでに存在した火山の大部分を破壊する場合もある。そしてその過程で人命・財産をうばう。たとえば1783(天明3)年の浅間山の噴火は、鬼押出しの奇観を造つたが、その押出しに先立つ活動で軽石は田・畑や宿場を埋め、厚い火砕流は鎌原村を埋め、さらに吾妻川をせき止めた。せき止められた水は鉄砲水となり、下流域に大洪水をひきおこし、さらに災害を大きくした(第2図)。

火山噴出物と災害

第1表は日本における18世紀以降の主な噴火・噴出

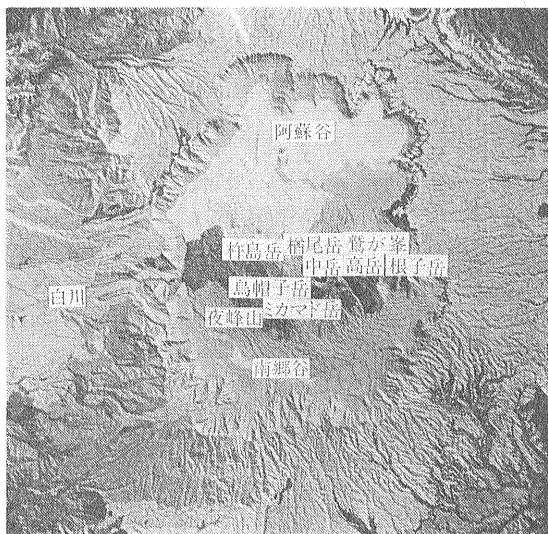
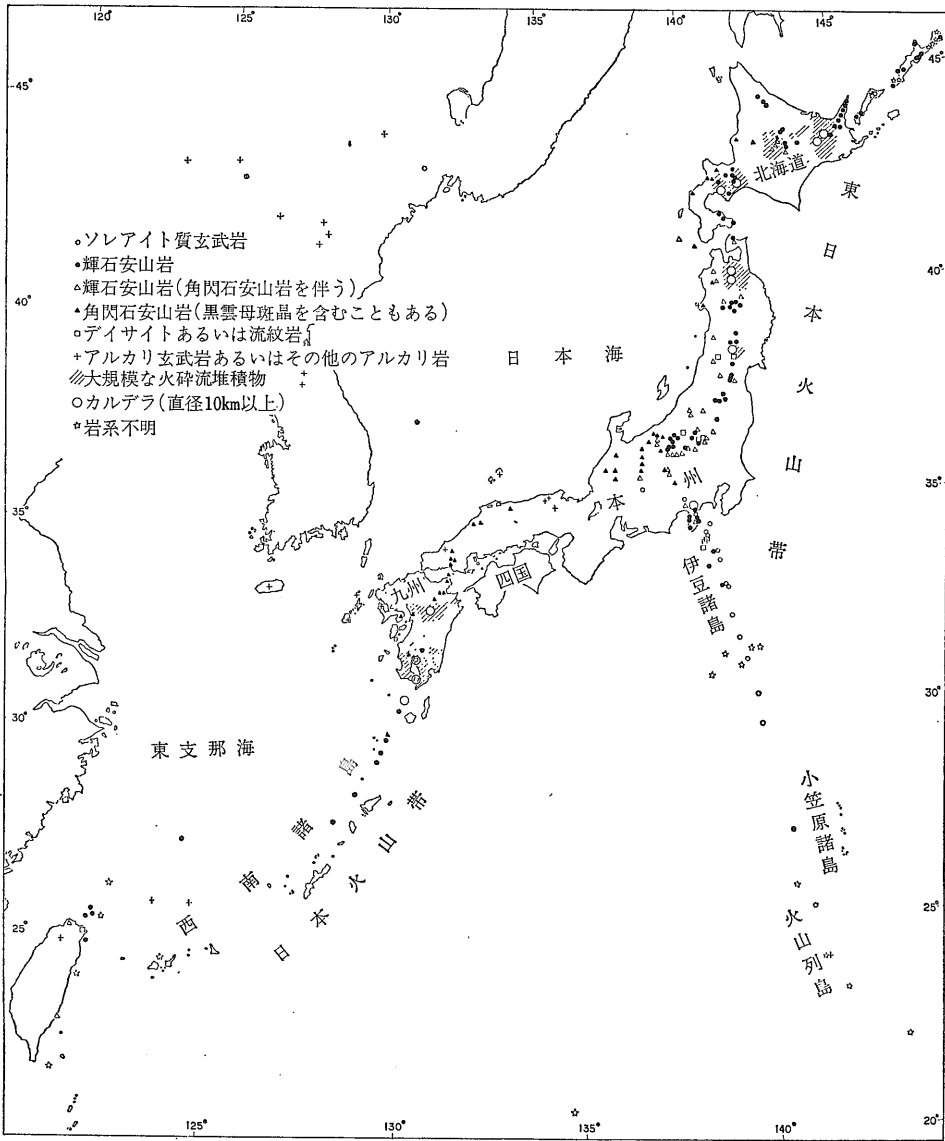


写真1 阿蘇火山の地形模形



第1図
日本および周辺の第四紀火山の分布
(TANAKA・NOZAWA 1977)

物と災害をまとめたものである (小野 1978)。この表で明らかのように 火山活動の産物としての噴出物は一固形噴出物のみ示してあるが一主として 降下火砕堆積物・火砕流・溶岩・泥流に大別される。人的災害との関係で見ると規模の大きな災害は 火砕流によるものと泥流によるものが多い。

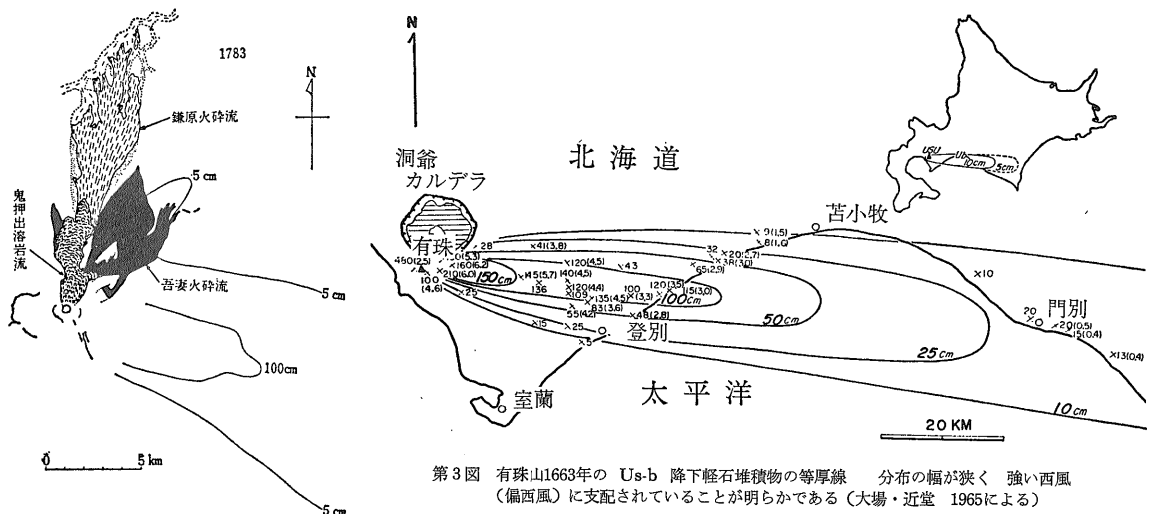
降下火砕堆積物は 噴煙柱によって上空に運ばれた軽石・スコリア・火山灰が 地表近くの風や上空の風によって運ばれ降下した堆積物で それらの規模の大きなものは 厚い降下火砕堆積物をなす。堆積物が主に軽石

からなる場合は 降下軽石堆積物で 軽石噴火といわれ高さ 10km 以上の噴煙柱が形成され 偏西風に流され 火山の東側に広く厚く堆積する (第3図 第4図)。

火砕流堆積物は 厚く 密度の高い灼熱した火砕物質 (マグマから直接由来した岩片・軽石・火山灰など) が 火山ガスと混合し“雲”として地表面に沿って低く水平方向に拡散し 高温の火砕物質が 淘汰されずに堆積したものである。前述の浅間山1783年噴火の際には 吾妻火砕流と鎌原火砕流の流出があった。また有珠山の歴史時代の活動で1822(文政5)年の文政熱雲と1853(嘉永6)年の立岩熱雲の噴出が知られている。最近 町田・新

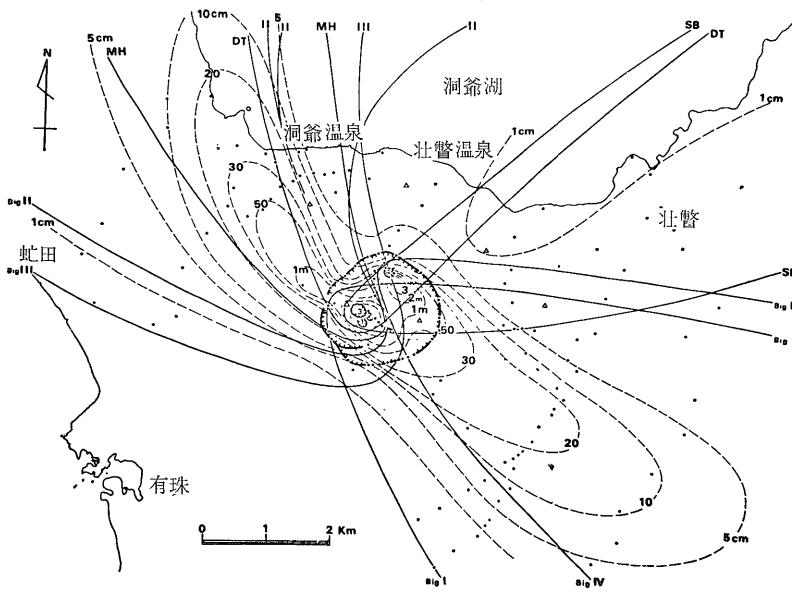
第1表 日本のおもな火山噴火(最近の噴火と18世紀以降の顕著な噴火 小野 1978に一部加筆)

| 火山名 | 噴火年 | 噴出物 | | 地変 形化 | 死者 行方 不明 | 備考 |
|--------|---------|-------------------|-----------|----------|----------------|--------------------|
| | | 量 km ³ | 噴火様式 | | | |
| 十勝岳 | 1926 | 10 ⁻⁶ | 泥流 | ? | 144 | 泥流 |
| | 1962 | 0.07 | 降灰・火砕丘 | ? | 5 | |
| 檜前山 | 1909 | 0.02 | 降灰・円頂丘 | ? | | |
| 有珠山 | 1910 | — | 潜在円頂丘 | 隆起 | | 四十三山 水蒸気爆発 |
| | 1943-45 | — | 円頂丘 | 隆起 | | 昭和新山 水蒸気爆発 |
| | 1977-79 | 0.08 | 降灰・円頂丘? | 隆起 | | |
| 北海道駒ヶ岳 | 1856 | 0.3 | 降灰・火砕流 | ? | >20 | 火砕流 Ko-c1 |
| | 1929 | 0.5 | 降灰・火砕流 | ? | 2 | Ko-a |
| 渡島大島 | 1741 | | 降灰・泥流 | 山体崩壊 | 1,467 | 津波 |
| 岩手山 | 1719 | 0.02 | 溶岩 | ? | | 焼走り |
| 秋田駒ヶ岳 | 1970-71 | 10 ⁻⁸ | 溶岩 | ? | | ストロンボリ式噴火 |
| 鳥海山 | 1801 | | 円頂丘 | ? | 8 | 新山 |
| 磐梯山 | 1888 | (1.2) | 低温火砕流 | 山体崩壊 | 461 | |
| 浅間山 | 1783 | 0.45 | 降灰・火砕流・溶岩 | ? | 1,157 | 天明の大噴火 火砕流及び2次泥流 |
| 富士山 | 1707 | 0.85 | 降灰 | ? | | 宝永噴火 |
| 伊豆大島 | 1777-79 | 0.35 | 火砕丘・溶岩 | ? | | |
| | 1950-51 | 0.03 | 火砕丘・溶岩 | ? | | |
| 西之島 | 1973-74 | — | 火砕丘・溶岩 | 新島 | 1 | 西の島新島 東海大学生大波で行方不明 |
| 雲仙岳 | 1792 | 0.1(0.1) | 溶岩・泥流 | 山体崩壊 | 14,000 | 津波 島原大変肥後迷惑 |
| 桜島 | 1779 | 2 | 降灰・溶岩 | 隆起 | 150 | |
| | 1914 | 2.2 | 降灰・溶岩 | | 63 | |
| | 1946 | 0.15 | 溶岩 | | 1 | |
| 薩摩硫黄島 | 1934-35 | | 降灰・溶岩 | 新島 | | 昭和硫黄島 |



第3図 有珠山1663年の Us-b 降下軽石堆積物の等厚線 分布の幅が狭く 強い西風(偏西風)に支配されていることが明らかである(大場・近堂 1965による)

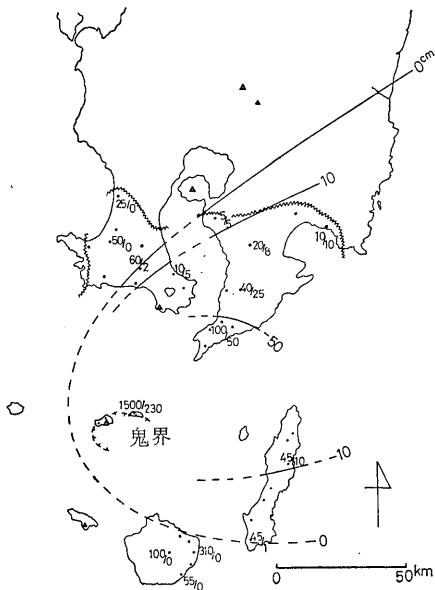
第2図 浅間山1783(天明3)年噴出物の分布 および降下軽石堆積物の等厚線 (荒牧 1968による)



第4図
有珠山1977年降下軽石および火山灰の総等厚線(点線)と Big I Big II Big III Big IV SB および DT テフラの分布限界(実線) 点は 測定点 この分布図は テフラの堆積が 火山周辺の低層の風に支配されていることを示す (Katsui, et al., 1978)

井(1978)は九州の南方海上の鬼界カルデラから 5000-6000年前に噴出した火砕流が海上を横切り九州の大隅半島 薩摩半島に上陸・堆積しているのを見出した(第5図)。火砕流をもたらす噴火も高い噴煙柱を形成し火山東方に降下火砕堆積物を厚く堆積する。上記の火砕流に関連する降下火山灰堆積物は“アカホヤ”と呼ばれ関東地方にも降下堆積している(第6図)(町田・新井 1978)

溶岩は 軽石噴火や火砕流をもたらす噴火に比較すると おとなしい噴火の産物といえるかも知れない。まだ記憶に新しい西之島新島は 溶岩の流出によって国土を拡大した。桜島の大正溶岩は それまで火山島であった桜島を大隅半島と陸続きとした。しかし溶岩の噴出は おとなしいとはいえず第1表にあるように 桜島では 1779(安永8)年と1914(大正3)年の大噴火による降灰・溶岩流出により 多くの人命が失われている。



第5図
幸屋(竹島)降下軽石と幸屋(竹島・大浦)火砕流堆積物の厚さと分布数字は 堆積物の厚さを示し 分子=火砕流 分母=降下軽石 鋸歯状の線は 幸屋火砕流の分布北縁(町田・新井 1978による)

泥流は「水分を含んだ泥質物または火砕物質が斜面を流下する現象」と定義されている。すなわち位置エネルギー的に不安定な火砕物質あるいは山体の一部が雨水・地下水などによって流動化し山麓に流下したもので火山活動がそのきっかけとなることはあるが本質的な火山活動ではない。有珠山1977-78年の噴火で山腹部に厚く堆積した軽石や火山灰が雨水により流動化 たびたび泥流として山麓を襲った。1978年10月24日夜の泥流は 約30分間の激しい雷雨によって発生し洞爺湖温泉街のほぼ全域が泥水に埋り 3名の生命が失われた。泥流が海中に突入し津波を引き起こしたため多大の災害をもたした例がある。1972年雲仙岳(島原大変俊後迷惑)と1741年渡島大島の泥流がそれである。

第6図
 第5図の降下火山灰堆積物（アカホヤ）の分布図（町田・新井 1978） 町田・新井によると 鬼界カルデラ噴出のこのアカホヤ火山灰の年代は 約 5,000-6,000 年前で 体積はおおよそ 100km³ で同時に噴出した火砕流の数倍である また 広域に分布していることから基準層として多様な分野の研究に利用することができるかと述べている しかし災害の面をみるならこのような規模の噴火がおこると西日本では 農業・林業をはじめとした経済活動はもとより交通・通信などすべての社会機能が停止するおそれがあることをも示している

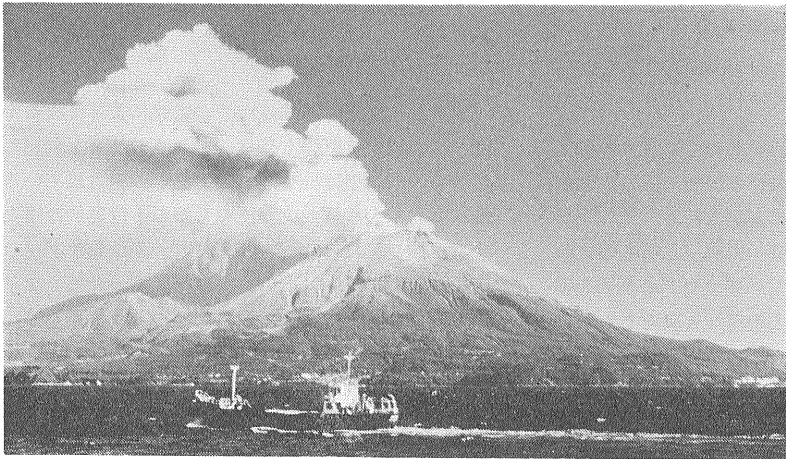
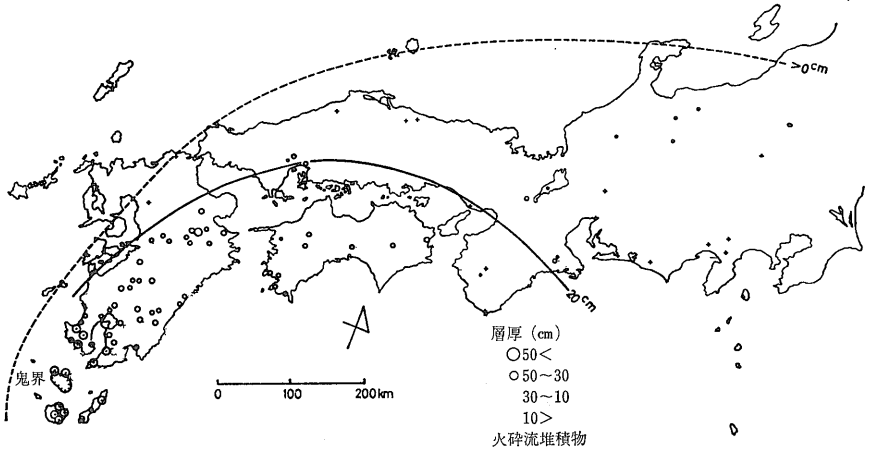


写真2
 桜島の噴煙活動 1978年10月23日 午前9時30分頃鹿児島湾喜入沖付近から

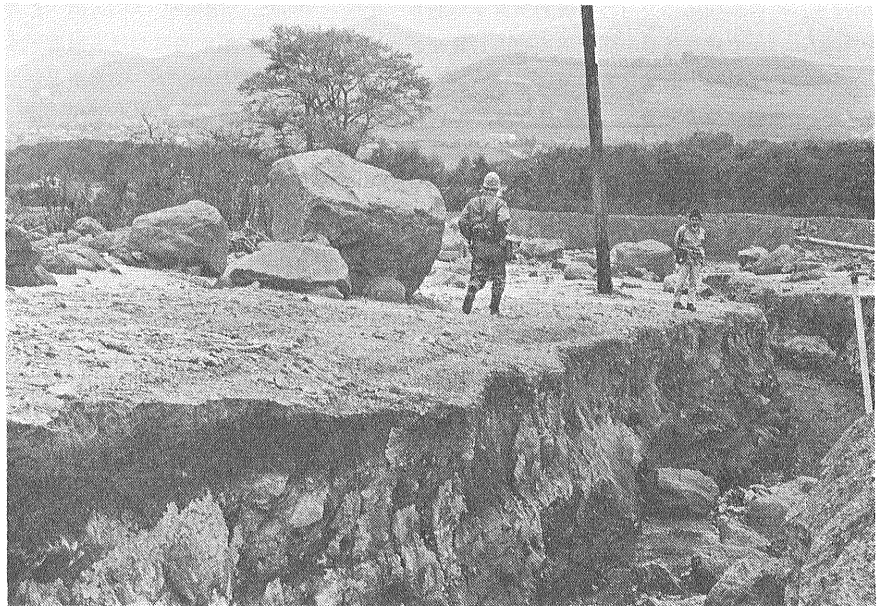
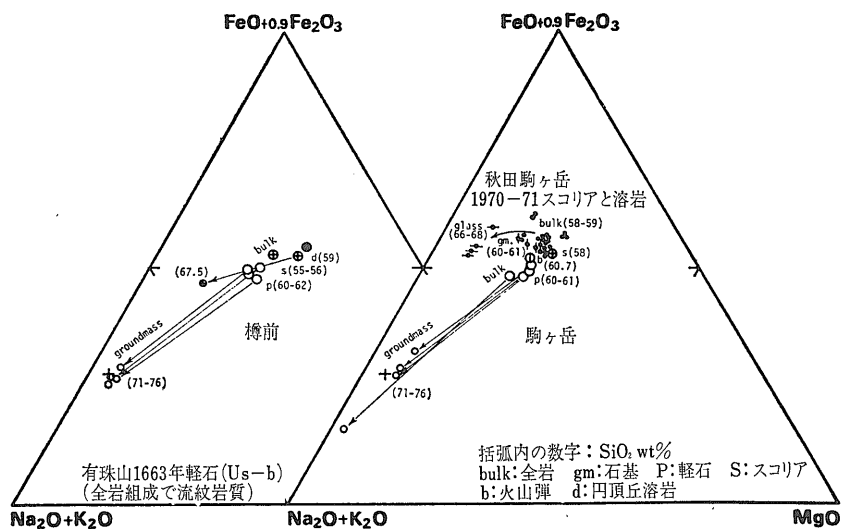


写真3
 有珠山南西麓泉地区における泥流堆積物 山腹で雨水が軽石・火山灰を流動化し流下をはじめると 斜面では激しい侵蝕作用をおこし 写真にみられるような巨礫をも運搬する (奥村公男氏 1977年10月28日撮影)



第7図
樽前山1667年輕石・駒ヶ岳1640年輕石・秋田駒ヶ岳1970-71年スコリアと溶岩の全岩組成と石基組成のMgO—全鉄—アルカリ図(勝井他 1978) 全岩組成はすべて安山岩質であるが 樽前山と駒ヶ岳の軽石の石基は 分化の進んだ流紋岩質組成となっている

噴火様式と岩質

これらの噴火様式の差異は 一般的に マグマの化学的性質とマグマのマグマ溜りにおける温度・圧力などの物理的条件あるいは火口の環境に支配される。

一般的に マグマの化学的性質—岩質—と噴火様式の間関係を見ると 珪長質な流紋岩質マグマやデイサイト質マグマは 爆発的な軽石噴火や大規模な火砕流をもたらす噴火をしばしばおこし 溶岩の流出はまれで 昭和南山の様な溶岩円頂丘を作る。また苦鉄質な玄武岩質マグマは 火砕物質の噴出は 火口周辺にとどまり 大室山のような特徴的な碎屑丘を作り 溶岩の流出を しばしば行う。日本列島の火山の特徴的マグマであり 化学的性質において前二者の間である安山岩質マグマの噴火様式は 決して中間的なものではなく むしろ 両者の特徴を兼ねそなえており 時には 爆発的軽石噴火や火砕流の流下を伴う激しい噴火を行い 溶岩流の流出を伴う噴火もまれではない。前に述べた浅間山1783年の噴火や桜島(1779 1914年)の噴火は 安山岩質マグマの噴火である。

マグマ溜りにおける温度・圧力などの物理条件も噴火様式に差異をもたらす。火山岩は 一般に 斑晶鉱物と石基からなっている。斑晶鉱物は マグマ溜りにおいて液(珪酸塩溶融体)から晶出したもので 石基はマグマの液相が 地表に噴出した際の急速な温度低下により 固化したもので 温度低下の速度によって異なるが 温度低下の速度が早い場合には 火山ガラスや急冷鉱物からなり 一般には 細粒の石基鉱物と火山ガラスからなる。

斑晶鉱物の化学組成は 液の組成によって決るが 温度・圧力による影響も受ける。このことを利用していくつかの地質温度計や地質圧力計が開発されている。軽石噴火や大規模な火砕流をもたらす爆発的な噴火は マグマ溜りにおける圧力が高い。苦鉄質マグマは 一般に高温で 圧力は低い。鹿児島島の北部 アイラカルデラは およそ2万年前に大規模な火砕流を噴出した。この火砕流をもたらした珪長質マグマの温度と圧力は 実験的に それぞれおよそ800°C 2kbと求められた(ARAMAKI, 1971)。1970-71年秋田駒ヶ岳の山頂部で安山岩のストロンボリ式噴火と小規模な溶岩の流出があった。関根他(1977)は この噴出物の石基による溶融実験で噴出時における温度・水蒸気圧がそれぞれ 1095°C 100-150 bar であるという結果を得た。勝井ほか(1978)は 樽前山の1667年輕石(Ta-b)が 全岩組成で秋田駒ヶ岳とほぼ同質の安山岩であるが 1070°C およそ2kbであると見積っている。両安山岩のマグマ溜りにおける水蒸気圧の大きな違いは 石基の化学組成に起因しているようである(第7図)

火山地質学

火山は 特に日本における特徴的火山は 休止期をを さんで 何回も繰り返した噴出物によって形成される。一回の火山活動の継続時間は 数時間から数年間にわたる場合などさまざまである。たとえば 桜島の噴煙活動は 1955年に再開して以来23年間以上も続いている。休止期間もさまざまであり その長さは数年から百数十年 数100年にわたる。有珠山 1663 年噴火前には 7~8000年の休止期があった。

火山の年令は 何回かの活動期間と休止期間の総和で長いもので数10万年のオーダーとなる。富士山の年令は約8万年といわれているが(町田 1968) 富士山の下には小御岳火山がかくされており それらを加えるともつと長くなるであろう。

これらの長期にわたる噴出物を 休止期間を示す堆積物の証拠 たえば泥炭や腐植土層や不整合などを示しながら 古い噴出物から新しい噴出物へ順序だてて 個々の噴出物の平面的な分布と新旧関係を表現したものが地質図といわれ これらの調査・研究は 火山地質学である。

野外における火山地質の研究では 相接する2つの噴出物の新旧関係を相対的に知ることにはすぎない。すなわち噴出物の絶対年代を知ることはできない。しかし絶対年代を知るための試料を野外調査で採取することができる。

噴出物の年代を知ることは火山編年学である。それにはいくつかの方法がある。

- 1) 古文書による噴火の記録による方法 古記録の解説とその記述と噴出物の対比が必要である。また古文書の発見も重要である
- 2) 年代の知られた人類遺跡と火山噴出物との被覆関係による方法 この方法は広域に分布する降下火砕堆積物に有利で テフクロノロジーと呼ばれ 火山地質学の分野ばかりではなく 考古学 地形学をはじめ活断層の調査など広い分野で利用されている。
- 3) 放射性同位元素による方法 ^{14}C 法 K-Ar法 I_0 法などがあるが 新しい火山噴出物に最も多く利用されているのは ^{14}C 法である。 ^{14}C の半減期はおよそ5,600年で 現在(1950年)から約4万年までが測定可能である。年代測定のための試料は 火砕流や降下火砕堆積物にとり込まれた炭化木片や火山活動の休止期に発達した泥炭層や腐植土層中の有機炭素などである。
- 4) フィッシュトラック法 鉱物や火山ガラス中に含まれる放射性元素(ウラン)が 核分裂した時に生じる高エネルギーの分裂片によって 鉱物などの絶縁固体内に記録された飛跡の計数をもとにした年代測定法である。火山ガラスや火山岩中に少量含まれるジルコンは この方法でよく測定される試料である。測定範囲は ウラン濃度と関係するが

1 ppm 以上の含量があると数10万年から 2-300万年の測定が可能とされている(島 1967)。

以上述べてきたように 火山の地質学的研究は 噴出物の順序を決め 噴出物の種類・性質とその分布を明らかにして 噴出物の上下関係を示す地質図を作成し 編年学の協力を得て 時間軸に絶対年代を入れる。岩石学的な研究は 時間軸の入った噴出物をもとに 関与したマグマの発達史を描きだすことができる。これらの結果からその火山における過去の噴火の規則性や噴火様式の変化そして災害の及ぶ範囲を示すことができよう。勿論 これらのことからただちに噴火予知が可能となるわけではない。地質学的研究と同時に 地球物理学的観測(地震・重力・地磁気等) 測地学的観測(傾斜・水平変動等)や地球化学的(温泉・地下水の噴気ガス)の観測も必要である。これらの観測は 日本の活動的火山のいくつかで実施されているが まったく空白のまま放置されている火山もある。地質学的研究の部分においても十分な研究が進められている火山の方が少ないのが現状である。

謝 辞 写真を提供していただいた 地質調査所奥村公男氏に感謝いたします。

引用文献

- ARAMAKI, S. (1971): Hydrothermal determination of temperature and water pressure of the magma of Aira caldera, Japan. *Am. Mineral.*, vol. 56, 1760-1768.
- 荒牧重雄(1968): 浅間火山の地質 地団研専報 14 45p.
- 勝井義雄・大場与志男・曾屋龍典(1978): 噴火史と噴火予測. 火山 2集 23巻 41-52.
- KATSUI, Y. et al., (1978): Preliminary report of the 1977 eruption of Usu Volcano. *Jour. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser. IV, vol. 18, 385-408.
- 町田 洋(1977): 火山灰は語る. 蒼樹書房 324 p.
- 町田 洋・新井 房夫(1978): 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ-アカホヤ火山灰. 第四紀研究 17巻 143-163.
- 大場与志男・近堂祐弘(1965): 有珠火山の降下軽石堆積物について. 火山 2集 9巻 75-86.
- 小野晃司(1978): 火山噴火とその予知. 工業技術 19巻 2号 19-24.
- 関根利守・桂 敬・荒牧重雄(1977): 安山岩の水熱条件下での溶融実験 その1. 火山 2集 22巻 235-240.
- 島 誠(1967): フィッシュトラックによる年代決定法 第四紀研究. 6巻 134-140.
- TANAKA, K. & NOZAWA, T. (ed.) (1977): *Geology and Mineral Resources of Japan*. Geological Survey of Japan, 430 p.