

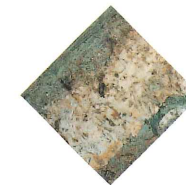
ATLAS OF TEPHRA IN AND AROUND JAPAN

新編 火山灰アトラス

[日本列島とその周辺]

町田 洋 新井房夫 著

東京大学出版会



W
Wht 221
Wkm 231
Wkn 208
Wrb 218
Y
Ybl 196, 227
Yb5 227
Ybm 216
Yel1, 3 222
Yf-1 112
Yfg 208

Ygn 208
Yk-M, Y 148, 156
Ykg2 212
Ymd 208
Ymd3 222
Yo-1, 3 164, 174
Yo-2 164
Ys 224
Ysf 206
Ysn 206
Yt-BP, BBP 210
Yt-hop 198, 212

Yt-Kw 124, 143
Yt-Nk1 187, 223
Yt-Nk4 184, 223
Yt-Pm4 124, 141
Z
Z-M 159, 160, 175
Za-Kw 144, 156
ZP1 152
ZP2 152, 158
Zr 224

著者略歴

まち だ ひろし
町田 洋

1933 年生れ
1959 年東京大学大学院数物系研究科修了
現在 東京都立大学名誉教授, 理学博士
主要著書 『火山灰は語る』蒼樹書房, 1977 年
『写真でみる火山の自然史』(共著) 東京
大学出版会, 1998 年
『日本の地形 7 九州・南西諸島』(共編)
東京大学出版会, 2001 年
『第四紀学』(共編) 朝倉書店, 2003 年

あら い ふさ お
新井 房夫

1925 年生れ
1949 年東京文理科大学卒業
現在 群馬大学名誉教授, 理学博士
主要著書 『関東ローム』(共著) 築地書館, 1965 年
『地層の知識』(共著) 東京美術, 1987 年
『火山灰考古学』(編著) 古今書院, 1993 年



礫層中にはさまる植脇テフラの露頭を調査中の著者 (左: 町田, 右: 新井) [1999 年 1 月長岡信治氏撮影, 宮崎県綾町上畑]

新編 火山灰アトラス——日本列島とその周辺

1992 年 8 月 31 日 初版第 1 刷
2003 年 9 月 25 日 新編第 1 刷

[検印廃止]

著 者 町田 洋・新井房夫

発行所 財団法人 東京大学出版会

代 表 者 五味文彦

113-8654 東京都文京区本郷 7-3-1 東大構内
電話 03(3811)8814・FAX 03(3812)6958
振替 00160-6-59964

印刷所 株式会社精興社

製本所 矢嶋製本株式会社

©2003 Hiroshi Machida and Fusao Arai
ISBN 4-13-060745-6 Printed in Japan

である。

文 献

1) Wentworth & Williams (1932), 2) Fisher (1961), 3) Thorarinsson (1944), 4) Thorarinsson (1974), 5) Thorarinsson (1981), 6) Froggatt & Lowe (1990).

1.3 テフラの堆積と保存

降下テフラは、本来雪のように斜面にも谷間にも地表面をすべておおい尽くすように堆積する (mantling, 口絵 1, 8)。風で飛ばされてきたのだから、いったん堆積しても風や流水で再移動しやすいことは当然である。したがって、地表が裸地よりも植生におおわれている方がテフラをつなぎ止めやすい。また湖や海に着水したテフラ粒は、粗粒の軽石の場合吸水するまで浮遊し、ときには遠隔地まで海流で運ばれて沈積するが、細粒の火山灰粒子の場合には落下地点付近でわずかに移動するものの速く沈降し、海底に堆積する。

一方火砕流は流動性が大きい斜面にはとどまらず、窪地や平坦地においてようやく厚く堆積することが多い (ponding, 口絵 1)。したがってその分布は地形に支配される。谷間に一気に厚く堆積すると、高温と圧密のために中の火山ガラスが変形、溶着し、溶結凝灰岩 welded tuff となる (口絵 2, 3, 5, 7)。ガスの分量が多い大規模火砕流の場合には、斜面を降下テフラと同じようにおおって堆積することも多く知られてきた¹⁾。また海に火砕流が入ると、海面上を移動する部分と、水底を流送る部分とに分かれる。そして、火砕流中の高温物質が水と接触した海岸・湖岸で激しい爆発を引き起こし、降下テフラを生じることがあると考えられている。1815年のタンボラ大噴火では海岸部の火砕流堆積物中におびただしい脱ガスのあと (パイプ構造) があり、ここから広域をおおった火山灰が噴出したとされる²⁾。また水底に堆積した火砕流堆積物でも溶結したものが知られている³⁾。

テフラ層は溶結凝灰岩のような固結した地層を除くと、侵食されやすくまた風化されやすい地層である。テフラ堆積直後、植生の被覆が不十分な時代には、とくに再移動しやすい。流域にテフラ

が降下堆積したり火砕流が流下した川では、数十年以上土砂の移動が激しい荒れ川となる例は枚挙に暇がない。一方圧密作用でもテフラ層の厚さはかなり減少する。一般にふるい分けがよいテフラ層ほど、テフラ粒間の隙間が大きいので、圧密程度も大きい。したがって野外で見られるテフラ層の厚さが堆積当時をとどめていることはむしろまれである。本書で掲げた等層厚線図の大部分は、保存条件のよい地点のデータのみを重要視して描いている。それでも堆積当時の厚さには及ばないであろう。テフラ層の保存に都合のよい場所とは、堆積後すぐに別な物質でおおわれるところで、活動的な火山の麓、湖底、海底、湿地などの低地が例として挙げられる。したがって古い時代に遠方の火山からもたらされたテフラ層の場合、野外で観察できる場所はきわめて点的である。

上述のような保存条件のよいテフラに対して、一般的には土壌水分の凍結・融解 (口絵 14)、生物の活動、風や流水の働きなどで、テフラ層や粒子は堆積層の中で上下 (とくに上) に移動・分散しやすい。肉眼でテフラ層がわからないほど土壌化している場合に、テフラ堆積層準を推定するには、入念にサンプリングを行い、本質粒子の特性を調べ、そのテフラを特色付ける本質物が最も多く含まれているところを突き止めて行う⁴⁾。

文 献

1) Walker (1980), 2) Sigurdsson & Carey (1989), 3) Sparks *et al.* (1980), 4) 町田・新井 (1983a).

1.4 テフラの分布様式と噴出物の量

降下テフラの場合、分布の広さを決める要因は、一般的にはテフラの量、初生粒度組成、噴出率 (噴煙柱の高さと関係)、またパターンを決める要因としては上空の風向、風速が挙げられる。日本のような中緯度偏西風帯では、多くのプリニアンテフラは強い西風に送られ、まったく非対称的に火口の東側に分布する。後述する日本の後期第四紀テフラの場合、120 例中 84% がそのような分布域をもち、残りが他の方向または同心円状の分布パターンをとる (図 4)。後者は噴火が偏西風の弱い夏期であったか、あるいは日本の西側に強

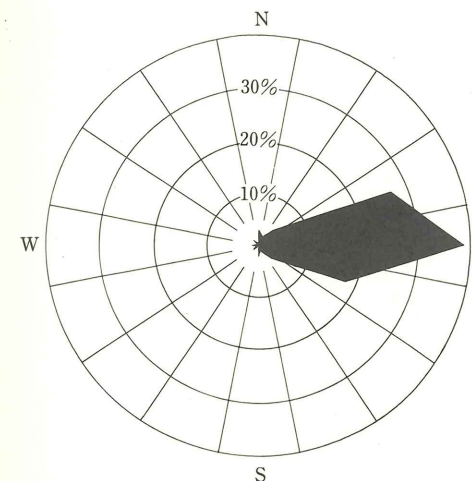


図 4 日本地域の後期第四紀主要降下テフラ層の分布軸方向の頻度。

本書の等層厚線図に示した約 130 枚の降下テフラ層の分布主軸方向を 16 方位に分類し、百分率で示した。なお同心円状の分布を示す火砕流と同時の降下テフラ (coignimbrite ash) や分布軸の不明瞭なもの 11 枚はこの図から除いてある。

い低気圧などがあったためかであろう。従来の研究で描かれたテフラの等層厚線図では、遠くにいくと分布域が狭まるように分布限界が示されたことが多かったが、それは残された地層を肉眼で識別しうる範囲であって、もとのプリニアンテフラははるかに大きく広がったものと思われる。

また大容量の coignimbrite 性の降下テフラの分布について注目されることの 1 つは、鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) や始良 Tn 火山灰 (AT)、洞爺火山灰 (Toya) などでは、分布域が風上地域にも広がり、同心円状をなすことが多い点である。こうした傾向はこれらより容積の小さなテフラの場合でも、細粒の火山ガラスにとみ、薄層ではあるが分布域の広いテフラにしばしば見られる [例: 浅間起源の立川ローム上部ガラス質火山灰 (UG)、天城山のカワゴ平火山灰 (Kg) など]。これは噴煙柱が対流圏にとどまる比較的背の低い噴火が継続し、方向の異なる風であちこちに運ばれたという可能性もあるが、火砕流が地表に出てから各所で再爆発を起こし、水平方向の直径が異常に大きい傘型噴煙が生じた可能性を示唆するといえる。1991 年 6 月のフィリピン・ピナツボ火山の噴火では、後者を示唆する現象が起こった。なお上記 coignimbrite ash の性格をもつ広域テ

フラは、火口の周り数十 km の範囲 (主として火砕流堆積物分布域) で観察されるところが少なく、それより遠方で連続的に見られるという事実がある。それを説明するのに、coignimbrite ash は、火砕流を起こした噴煙柱の頂部からもたらされるだけでなく、四方に流下する火砕流からも、また火砕流が海や湖に流入して二次爆発をおこしたところからも供給された可能性があることを考慮に入れる必要があろう。したがってこの種のテフラの給源域は、半径数十 km 余と異常な広さをもつ可能性が大きい。これがこの種のテフラの分布特性と関係するのかもしれない。

テフラの厚さが火口から遠ざかるにつれて指数関数的に薄くなるのは一般的な傾向であるが、ややくわしく見ると、火口のすぐ近くよりかなり離れたところで最大となる現象はしばしば記載されてきた¹⁾。このことはテフラから給源火口の位置を知るには等層厚線図はあまり厳密な情報源ではないこと、むしろ等粒度線図の方が有意であることを示唆する¹⁾。

テフラの体積は、爆発的噴火の規模の指標であり、どれだけのマグマが噴出したか、またどれほどのガスが放出されたのかなどを知る上に重要である。このため推算方法が種々考えられてきた。プリニアンテフラの場合、一般に等層厚線図を基礎とする。ただし精度の高い等層厚線が描けるのは限られた場所で、地層として保存されにくい遠方ではほとんど不可能である。したがって遠方に堆積したテフラの層厚、面積を求める上の外挿のしかたが総噴出量の見積りに大きな影響を与える¹⁾。これまで提案された等層厚線図を基準とする諸方法は、堆積断面を求めて積算する方法²⁾、両対数目盛りの層厚-面積関係を 2 直線で近似する方法³⁾、層厚-積算体積関係を描いて求める方法^{4,5)}、後述の結晶法による値を基準にし、層厚と面積の積に体積が比例するとした簡便法⁶⁾ など、多様である。これらとは別に Walker によって提案された結晶法 (crystal concentration method)^{1,7)} は、特定の大きさの粗粒の遊離結晶が火口からあまり遠隔地まで運ばれずに落下するのでその量を実測し、大きな軽石中の火山ガラスと結晶の量比をマグマと結晶のそれと同じとして、噴出したマグマの重量を求める方法である。同じ

表3 火山爆発度指数 VEI (Volcanic Explosivity Index)
[Newhall and Self (1982) に加筆]

VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km ³)	0.0001 ~ 0.001	0.001 ~ 0.01	0.01 ~ 0.1	0.1 ~ 1	1 ~ 10 >25	10 ~ 100	100 ~ 1000	1000~
噴煙柱高度 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	>25			
小噴火 中噴火 大噴火 巨大噴火 破局的噴火								
爆発的噴火								
テフロクロノロジーに利用								
高頻度 低頻度								

テフラにこれらの諸方法を適用して噴出量を比較すると、甚だしい場合には2-3倍も違う⁴⁾。いずれもいくつかの問題点を含んでいるからである。最近、等層厚線図から層厚(対数)-面積(1/2乗)関係を直線で回帰させて求める方法の有意性と問題点が指摘された^{8,9)}。

一方、火砕流堆積物の体積算定は分布面積と平均層厚の積で求めるのが普通である。したがってこれも精度が低い。

このようにして求められた総噴出量は、精度は高くないにしても数値のオーダーで整理し、噴煙柱高度と組み合わせて火山爆発度指数 VEI (Volcanic Explosivity Index) でクラスを表わすことが提案されている(表3)^{8,10,11)}。第II編第3章の日本の後期第四紀のテフラの表のVの欄にはこの指数を示した。日本の主な指標テフラは数km³から数百km³の総体積をもつので、VEIで表わせれば5から7となる。なおここでの総噴出量をマグマの容積(DRE, Dense Rock Equivalent)に換算するには、マグマの密度を2.5とし、降下テフラ、火砕流堆積物それぞれについて見かけの密度を求めて計算する。

本節のはじめに、テフラのもとの粒度組成(火口から噴出されるときにテフラの粒度組成で、マグマの粉砕度の指標)も分布を決める要因の1つにあげた。これについては細粒物の見積もりに問題があるが、多くの人が多数の粒度分析と体積測定を組み合わせでテフラ全体の粒度組成を明らかにしている^{1,12)}。この結果によると、プリニアン

噴火のうち異常なほど広域にテフラを分布させるものは、テフラに粗粒部分があることを除けば、細粒物の組成の点では大規模な水蒸気マグマ噴火と変わらないことがわかった¹⁾。このことは図2の右上の部分でウルトラプリニアンと水蒸気プリニアンの領域が収斂することでもわかる。そしてこのような細粒物を多量に生産する噴火が、マグマと外来水との接触で起こる可能性を示唆している。

水蒸気プリニアン噴火という噴火様式は、火口の近くから遠方まで粒度の変化が乏しくしかも細粒であるという特徴をもつテフラが、珪長質マグマが外来水と接触して生じた噴火の産物であると考えられて、提案された名称である¹³⁾。これらの場合、粗粒物の集団もあるので、はじめマグマ中の揮発成分による普通の発泡が起こり、後にこの粗粒物と水との接触で再び破砕(細粒化)が起こったと論じられた。日本の広域テフラの中には細粒ガラス質火山灰で特色付けられるものが多い(付3)。細粒テフラの生成過程については火口付近の水の関与する役割を無視することはできない。

文 献

- 1) Walker (1981a), 2) 鈴木ほか (1973), 3) Rose *et al.* (1973), 4) Froggatt (1982), 5) 鈴木 (1981), 6) Hayakawa (1985), 7) Walker (1980), 8) Pyle (1989), 9) Fierstein & Nathenson (1992), 10) Newhall & Self (1982), 11) Simkin *et al.* (1981), 12) Sparks *et al.* (1981), 13) Self & Sparks (1978).

第2章 テフラ層の単位と名称

1枚のテフラ層とは、テフラ層の基本単位で、途中に大きな中断期が認められないひとつづきの噴火による噴出物を指す。一般に多量のテフラを噴出する噴火は、マグマ溜りにあったガスにとんだマグマが一斉に発泡し、爆発的に噴出するので、その継続時間は歴史時代や最近の事例では数時間から数日という短い時間である(表1)。ただし小規模な先駆的噴火や余波に当たる活動は数カ月から数年、数十年間断続的につづくこともある。また大噴火が若干の休止期間をおいて繰り返されることもある。したがって野外の地層断面では噴火の休止期間を示す土壌などができたかどうか、ひとつづきの1枚のテフラを設定する上の基本材料である。

噴火の休止期にできた土壌は、前のテフラ層の風化物と休止期の間に風塵として積もった外来の物質(遠方の火山から飛来したテフラを含む)を母材とすると考えられる。すなわち、残積土と運積土との両面の性格をもつ。これに腐植など地表で生活した生物のもたらした有機物が加わる。したがってこうした火山灰土は、一般には色(腐植による暗色)、粒度組成(テフラそのものよりふるい分けられていない)などにより、テフラそのものと区別することができる。一般的には植生が繁茂する熱帯、亜熱帯、温帯の多雨地域では数十年くらいの短い時間でもはっきりした土壌が形成されるが、腐植の大半が分解してしまった更新世の時代で、とくに寒帯などの植生の乏しい地域になると、土壌の認定が難しくなる。このために1枚1枚のテフラの認定に異論がでるという事態もおこる。日本では北海道の氷期のテフラでしばしばこの種の問題に直面する。こうした場合には、テフラとテフラの境界層に堆積の休止期の指標と

しての腐植や植物珪酸体、花粉化石あるいは非火山性の粒子、他の火山からの飛来物などがあるかないか、また含まれていればどれほどかなど、種々の検討を経て、総合的に判定せざるを得ない。

ひとつづきの噴火にも、1.1節で述べたように、噴火様式の変化が起こるのが普通である。したがって1枚のテフラ層は、一般にいくつかの異なった堆積様式の噴出物から構成される。それらの噴出物はさらに降下ユニットや火砕流ユニットに細分できる場合が多い。このように噴出源に近いところのテフラ層は3つの単位に分けられる。海外の研究者は、地層の研究者が用いる累層 formation, 部層 member, 単層 bed の3単位をこれに適用している¹⁻³⁾。たとえば、始良カルデラの約2.8万年前の大噴火の噴出物では、入戸火砕流や始良 Tn 火山灰(AT)が部層の単位である。非火山性の地層の研究者の慣用と違って、きわめて短い時間に噴出・堆積したものが部層や累層として扱われる。複雑な大きな噴火ほど部層の名称はあるが、累層の名称は付けられていないことが多い。表4にこうした例を示す。テフラ累層の名称としては、部層のうち最も広い分布を示すものを本書では採用する。

テフラ層の命名は、原則として一連の噴出物を単位として行われる。しかし多くの研究では、一連の噴火のすべてを知ってから噴出物に命名するのではなく、かなり断片的に命名、記載が行われ、後でその取りまとめが行われる(行われない場合もある)。このため一連の噴出物でも、表4のようになりかなり複雑で、記憶し難い。これほどでなくとも、日本にはテフラが多く、それらが一見雑然と命名されているのだから、テフラ関係者以外は、敬遠してしまうに違いない。このことが若い研究

表 1-1 (1) 日本列島とその周辺地域で完新世・後期更新世に起こった

テフラ名 (記号)	年代 (ka) (測定方法)	火口周縁域での噴 火・堆積様式と順序	全テフラ量 (みかけ, km ³)	本質テフラ粒の特性 火山ガラス, n 主な鉱物		その他
白頭山苦小牧 (B-Tm)	1 (A, C)	pfa, pfl	>50	pm, bw 1.511-1.522	af, (am, cpx) af 1.521-1.525	表 3.4-4, 3.6-2 参照
鬼界アカホヤ (K-Ah)	7.3 (C, V)	pfa, pfl, afa	>170	bw, pm 1.508-1.516	opx, cpx opx 1.708-1.713	表 3.1-1 参照
鬱陵隠岐 (U-OkI)	10.7 (C, V) ^{4.3}	pfa, pfl	>10	pm 1.518-1.524	bi, am, cpx af 1.522-1.524 am 1.726-1.740	表 3.6-1 参照
十和田八戸 (To-H)	15 (OI, C)	pfa, pfl	50	pm 1.502-1.509	opx, cpx, ho, (qt) opx 1.705-1.708 ho 1.669-1.673	表 3.4-4 参照
始良 Tn (AT)	26~29 (OI, C)	pfa, pfl (pp), pfl, afa	>450	bw, pm 1.498-1.501	opx, cpx, (ho; qt) opx 1.728-1.734	表 3.1-3 参照
十和田大不動 (To-Of)	≥32 (C, OI)	pfa, pfl	50	pm, bw 1.505-1.511	opx, cpx opx 1.707-1.711	表 3.4-4 参照
クッチャロ庶路 (Kc-Sr)	35~40 (C)	afa, pfl, afa	100	pm, bw 1.502-1.505	opx, cpx opx 1.707-1.710	表 3.5-5 参照
支笏第 1 (Spfa-1, Spfl)	42~44 (OI, C)	pfa, pfl	200	pm, bw 1.500-1.505	opx, ho, (cpx); qt opx 1.729-1.735 ho 1.688-1.691	表 3.5-3 参照
大山倉吉 (DKP)	≥55 (C, U, ST)	pfl, pfa	>20	pm 1.508-1.514	ho, opx, (bi) opx 1.702-1.708 ho 1.673-1.680	表 3.2-1 参照
阿蘇 4 (Aso-4)	85~90 (OI, ST, KA)	pfl, afa	>600	bw, pm 1.506-1.510	ho, opx, cpx opx 1.699-1.701 ho 1.685-1.691	表 3.1-5 参照
鬼界葛原 (K-Tz)	ca. 95 (ST, TL)	afa(pp), pfl, afa	150?	bw, pm 1.496-1.500	opx, cpx; qt opx 1.705-1.709	表 3.1-1 参照
御岳第 1 (On-Pm1)	ca. 100 (FT, KA, ST)	pfa	50	pm, (bw) 1.500-1.503	ho, bi, (opx) opx 1.706-1.711 ho 1.681-1.690	表 3.3-1 参照
阿多 (Ata)	105~110 (KA, ST)	afa(pp), pfa, pfl, afa	>300	bw, pm 1.508-1.512	opx, cpx, (ho) opx 1.704-1.708	表 3.1-2 参照
三瓶木次 (SK)	110~115 (ST)	pfa	20	pm 1.494-1.498	bi; qt	表 3.2-1 参照
洞爺 (Toya)	112~115 (OI, ST)	afa(pp), pfl, afa	>150	pm, bw 1.494-1.498	(opx, cpx, ho; qt) opx 1.711-1.761 ho 1.674-1.684	表 3.5-2 参照
クッチャロ羽幌 (Kc-Hb)	115~120 (FT, ST)	afa・pfa, pfl	>150	bw, pm 1.502-1.506	opx, cpx opx 1.705-1.710	表 3.5-5 参照
阿蘇 3 (Aso-3)	120? 135? (KA, FT, ST)	pfa, pfl, sfl	>150	pm, bw 1.512-1.540	opx, cpx opx 1.702-1.705	表 3.1-5 参照

年代測定方法…A: 考古学遺物法, C: 放射性炭素法 (暦年較正值), U: ウラン系列法, ST: 放射年代値に基づく層位からの推定, FT: フィッシュオントラック法, TL: 熱ルミネッセンス法, KA: カリウムアルゴン法, V: 年縞法, OI: 酸素同位体法, MIS: 海洋酸素同位体ステージ。
噴火・堆積様式…噴火順 (下位から上位) に示した。 pfa: 降下軽石, pfl: 火砕流堆積物, afa: 降下火山灰, sfl: スコリア流堆積物, pp: 水蒸気ブリーチン火山灰, afa・pfa: 交互に噴出したことを示す。
火山ガラス…pm: 軽石型ガラス, bw: バブル型ガラス, 数値 n は屈折率, 括弧内は少量含まれるもの。
主な鉱物…af: アルカリ長石, am: 角閃石類, ho: 普通角閃石, cpx: 単斜輝石, opx: 斜方輝石, bi: 黒雲母, qt: 石英, 括弧内は少量含まれるもの。数値は屈折率 (af は n_1 , opx は γ , ho は n_2 の値を示す)。

巨大噴火による広域テフラ層のリスト [Machida (1999) に加筆]

記 号	火山ガラスの主成分組成									試料数	測定 機器	文献・その他
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O			
B-Tm (1) (2)	73.3	0.29	11.9	4.3	0.08	0.07	0.5	5.0	4.5	9	WDS	Machida <i>et al.</i> (1990) bimodal
	75.7	0.24	10.5	4.0	0.02	0.08	0.3	4.7	4.4	3		
	68.4	0.4	14.7	4.5	0.14	0.12	1.3	5.5	5.1	3		
K-Ah	75.0	0.53	13.0	2.5	0.07	0.5	2.0	3.6	2.8	16	WDS	Furuta <i>et al.</i> (1986)
U-OkI	61.6	0.44	20.1	2.9	0.2	0.3	1.5	6.7	6.3	11	WDS	町田ほか (1984a)
To-H	78.1	0.38	12.2	1.5	0.1	0.5	2.1	4.1	1.1	12	WDS	青木・新井 (2000)
AT	78.4	0.13	12.2	1.2	0.04	0.14	1.1	3.3	3.4	15	WDS	Furuta <i>et al.</i> (1986)
To-Of	77.6	0.35	12.6	2.0	0.1	0.4	2.0	3.9	1.2	13	WDS	青木・新井 (2000)
Kc-Sr	78.3	0.31	12.1	1.4	0.02	0.3	1.6	4.0	2.1		WDS	Okumura (1988)
Spfa-1, Spfl	78.4	0.15	12.4	1.4	0.08	0.17	1.5	3.8	2.2	3	WDS	奥村(1988)
DKP											...	
Aso-4 (1) (2)	72.7	0.43	14.9	1.6	0.1	0.4	1.2	4.6	4.2	26	WDS	Furuta <i>et al.</i> (1986) 町田ほか (1985) bimodal
	73.1	0.43	14.7	1.5	0.1	0.4	1.1	4.6	4.2	11		
	72.3	0.44	15.0	1.7	0.1	0.5	1.5	4.6	3.8	11		
K-Tz	79.3	0.22	11.9	1.1	0.05	0.2	1.1	3.0	3.2	8	WDS	Furuta <i>et al.</i> (1986)
On-Pm1	76.3	0.15	13.9	1.0	0.09	0.26	1.6	3.6	3.0	1	WDS	奥村(1988)
Ata	75.2	0.47	13.3	2.1	0.1	0.5	1.9	3.8	2.7	3	WDS	Furuta <i>et al.</i> (1986)
SK											...	
Toya	79.0	0.05	12.6	1.0	0.1	0.04	0.4	4.3	2.5	19	WDS	町田ほか (1987a)
Kc-Hb	78.1	0.39	12.0	1.6	0.08	0.3	1.5	4.3	1.8	9	WDS	Okumura (1988)
Aso-3	71.0	0.71	15.0	2.5	0.07	0.3	1.7	3.8	4.9	7	WDS	分析者: 奥村晃史

WDS: 波長分散型スペクトロメーター (東大海洋研, JEOL JCSA-733)
EDS: エネルギー分散型スペクトロメーター (科学博物館, JEOL T200, EDS)
ここに示した火山ガラス主成分組成は付表 2.1, 2.2 の測定値のうち標準となるものを選んで平均した値。9 元素の値を合計し 100% として再計算。なおいくつかのテフラの微量成分組成の一部は付表 2.3 にある。

表 1-1 (2) 日本列島とその周辺地域で中・前期更新世に

テフラ名 (記号)	年代 (ka) (測定方法) *	噴火・堆積 様式と順序	分布地域	本質テフラ粒子の特性		その他
				火山ガラス, n	主な鉱物	
阿多島浜 (Ata-Th)	240 (OT, ST) [MIS 8.0]	pfa, pfl, afa	九州～関東, ～北西太平洋	bw, pm 1.498-1.500	ho, opx, (bi) ; qt opx 1.714-1.718 ho 1.670-1.674	表 4.1-1 参照
阿蘇 1 (Aso-1)	250～270 (OI, ST, KA) [MIS 8.2]	pfa, pfl, afa	中九州～東北, 日本海	pm, bw 1.515-1.522	opx, cpx opx 1.710-1.715	表 4.1-2 参照
高山 Ng1 (Tky-Ng1)	290～300 (ST) [MIS 8.6～9.1 ?]	pfa, afa	中部～四国	pm 1.499-1.500	bi, ho, (opx) opx 1.722-1.728 ho 1.685-1.695	表 4.2-1 参照
加久藤 (Kkt)	330～340 (KA, ST) [MIS 9/10]	pfa, pfl, afa	九州～中部	bw, pm 1.500-1.502	opx, cpx, (ho) opx 1.718-1.725	表 4.1-3 参照
多摩 TE-5 (TE-5)	350 [MIS 10～10/11]	afa, pfa	中部～関東	pm 1.506-1.512 (上部) 1.498-1.500 (主部)	bi, ho, opx ; qt opx 1.703-1.708 ho { 1.666-1.673 (上部) 1.690-1.695 (主部)	給源を異にする 2 層のテフラよ りなる。表 4.2- 1 参照
笠森 5 (Ksm5)	420～450 (直上にある Oga の KA, ST) [MIS 12]	pfa ?, pfl, afa	九州～東北	pm, bw 1.504-1.506	(ho, opx, cpx)	表 4.3-6 Ksm-5 参照
小林笠森 (Kb-Ks)	520～530 (OI, ST) [MIS 13.5]	pfl, pfa, pfl	九州～東北, 日本海	bw, pm 1.503-1.507	bi, ho ho 1.677-1.685	表 4.1-4 参照
樋脇 (Hwk)	570～580 (KA, ST) [MIS 15]	pfl, afa	九州～関東	bw, pm 1.499-1.503	ho, cpx ; qt opx 1.707-1.710 ho 1.668-1.675	表 4.1-5 参照
貝塩上宝 (KMT)	600～620 [MIS 16～15/16]	pfa, pfl	中部～東北	(pm) 1.497-1.500	bi, (ho) ; qt	表 4.3-3 参照
誓願寺榎 (Se-Tg)	610～620 (ST) [MIS 16]	pfa, pfl ?	九州～関東	pm 1.500-1.505	(ho, bi) ho 1.671-1.677	表 4.3-1 Se-Tg 参照
八甲田 1 (Hkd1)	760 (OI) [MIS 18]	pfa, pfl, afa	東北～近畿	pm 1.501-1.503	(opx ; qt) opx 1.713-1.718	表 4.3-4 Hkd-1 参照
猪牟田アズキ (Ss-Az)	850-890 (FT, OI) [MIS 21.5～22.2]	pfa, pfl, afa	中九州～関東	bw, pm 1.512-1.516	(opx, cpx) opx 1.706-1.710	表 4.1-6 参照
猪牟田ピンク (Ss-Pnk)	1020 (OI) [MIS 29]	pfa, pfl, afa	中九州～関東	pm, bw 1.500-1.502	ho, opx opx 1.706-1.709 ho 1.674-1.679	表 4.3-1 Ss-Pnk 参照
敷戸 (Skt)	1200 (1100～1700 FT, ST)	pfa, pfl, afa	中九州～近畿	pm, bw 1.498-1.500	(ho, cum, opx, bi, cpx ; qt) opx 1.705-1.712 ho, cum 1.659-1.683	表 4.3-1 Skt 参 照
大峰 (Omn)	1600～1650 (KA, ST)	pfl, afa	中部～関東・ 東北	pm 1.499-1.501	bi, (opx ; qt) opx 1.739-1.743	表 4.2-2 参照
恵比須峠福田 (Ebs-Fkd)	1700 (KA, ST)	pfa, pfl, afa	中部～関東・ 近畿	pm, bw 1.500-1.503	(opx, ho ; qt) opx 1.747-1.757	表 4.2-3 参照
谷口 (Tng)	2200～2300 (KA)	pfa, pfl	中部	pm, bw 1.497-1.500	bi, opx ; qt opx 1.745-1.752	表 4.2-4 参照

* () 内は根拠・信頼度の高い方法の順で記す。

起こった巨大噴火による広域テフラ層のリスト

テフラ 記 号	SiO ₂	TiO ₂	火 山 Al ₂ O ₃	ガ ラ ス の FeO*	主 成 分 MnO	組 成 MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	試 料 採取地	測定法*	文 献	
Ata-Th	78.4	0.1	12.4	1.0	0.1	0.2	1.2	3.4	3.3	大根占	EDS (徳井)	町田・新井 (1992)	
Aso-1	65.2 —	0.6 0.6	14.8 15.1	3.2 4.0	0.1 0.1	0.6 0.6	2.0 2.1	3.1 3.2	4.8 4.3	竹田 竹田	WDS (奥村) ICP*		
Tky-Ng1	—	0.1 (チタン磁鉄鉱の組成；田村・鈴木, 2001)	12.0	1.1	0.0	0.1	1.4	2.8	5.0	根古屋	ICP*	町田・新井 (1992)	
Kkt	76.9	0.2	12.7	1.3	0.1	0.2	0.9	3.5	4.4	高原	WDS (古田)		
TE-5	—	0.1	11.5	1.0	0.1	0.0	0.8	2.8	4.3	鴨沢 (下部)	ICP*	町田・新井 (1992)	
Ksm5	— —	0.2 0.3	10.4 11.4	1.5 1.7	0.1 0.1	0.2 0.2	1.5 1.6	3.7 3.9	2.8 3.0	笠森 鴨沢	} ICP*		
Kb-Ks	74.7 —	0.3 0.2	14.0 12.1	1.3 1.3	0.1 0.1	0.3 0.2	1.1 1.2	4.0 3.5	4.3 3.7	久木野 久木野	EDS (徳井) ICP*	町田・新井 (1992)	
Hwk	—	0.2	11.9	1.1	0.1	0.1	1.1	3.3	3.0	下門	ICP*		
KMT	(チタン磁鉄鉱の組成；Suzuki, 1999)										誓願寺	ICP*	鈴木 (2000)
Se-Tg	—	0.3	13.2	1.9	0.1	0.3	1.3	3.4	3.8				
Hkd1	78.3 —	0.2 0.2	12.0 11.6	1.3 1.5	0.1 0.1	0.4 0.2	1.2 1.4	4.3 4.1	2.3 2.2	大釈迦 大釈迦	EDS (鈴木) ICP*	町田・新井 (1992)	
Ss-Az	72.3	0.5	14.8	2.6	0.1	0.0	1.6	3.5	4.7	曲	EDS (徳井)		
Ss-Pnk	—	0.2	12.4	1.3	0.1	0.2	1.2	3.1	4.0	邪馬溪	ICP	水野 (2001)	
Skt	—	0.1	11.5	1.0	0.1	0.1	1.0	3.6	3.6	敷戸	ICP*	吉岡ほか (1997), 峯元ほか (2000)	
Omn	—	0.1	10.2	1.3	0.1	0.1	1.0	3.1	4.4	池田 中島	ICP*		
Ebs-Fkd	—	0.1	9.8	1.7	0.1	0.1	1.0	3.2	4.4	池田 中島	ICP*		
Tng	— —	0.1 0.1	12.8 12.2	1.2 0.9	0.1 0.1	0.0 0.1	0.8 0.8	3.4 3.3	3.9 4.4	上市・ 丸山 谷口	ICP* ICP*		

* 化学組成測定法: ICP* 法としたものは、核燃料サイクル開発機構の計画研究の一環で、町田採取試料を (株) 三菱マテリアルが測定したもの。付表 2.3 には一部の微量成分組成を示してある。

ら出土した。

f) 中部地方南部 静岡県磐田原で旧石器の遺跡が見出されはじめたが、まだATと遺物との層位関係は確認されていない。

一方、愛鷹山麓の多数の遺跡では、ATの上下から遺物が発見されている。ATの下位からはナイフ形石器、縦長剥片が見出され、上位からは小型のナイフ形石器が多く見つっている。この地域の石器群は、次に記す南関東におけるものとよく似た内容をもつ。

g) 関東地方 周知のように、関東地方は旧石器編年の標準とされている地域である。それは豊富な石器群が関東ローム層の種々の層位から出土することに加えて、その中間に編年の基準となるATが明確にはさまれていることに基づいている。主要な遺跡は、北関東では赤城山麓と栃木市周辺に知られており、南関東では相模野台地、武蔵野台地をはじめとして、大宮・下総台地に数多く分布する。一般に火山に近い地域の遺跡ほどテフラは厚く堆積しているため、遺物・遺構の層位・時代に関する分解能はよい。ATの保存状態もよくなる。

これまでの資料によると、AT直下にある文化層は、南関東では野川VII層、月見野B3層、鈴木VII層、北関東では岩宿I層、星野IV層にあたる。ATの下位にある文化層はOda & Keallyの編年²⁸⁾によると、Ia、Ibに分けられ、その石器群の内容はIaでは礫器、錐状石器、スクレブラなど(先ナイフ形石器文化)、Ibでは局部磨製、打製の石斧、基部加工のナイフ形石器、切断剥片

などに特徴をもっている(ナイフ形石器文化I、下部では斧形石器が伴う)。ATの堆積したIc期になると石刃利用のナイフ形石器が卓越し、敲打器類は減少する。

AT以後の遺跡と遺物は急激にその数を増加させる。IIa期には横長剥片と多種のナイフ形石器、擦器、ゴロゴロ石器などがあり、IIb期になると真正の石刃と三角形、台形を呈した小形ナイフ形石器、尖頭器、彫器などが発達している(ナイフ形石器文化II)。そして、IIIは細石刃石器群、IVは大形尖頭器、石斧などを保有し、縄文時代草創期へと移行している。こうした関東地方で観察されたATを境にした石器群変遷は、汎日本的傾向と一致していることが知られている。

h) 東北地方 この地方は旧石器包含層が薄く、遺跡も単層出土地が中心であった。この地域の石器包含層にもATが認められるので、より新しい時期の旧石器文化について編年的位置付けが可能になることと思われる。

文 献

- 1) Aramaki & Ui (1966), 2) 町田・新井 (1976), 3) Kobayashi *et al.* (1983), 4) 横山 (1972), 5) 横山 (1985), 6) 宮地 (1987), 7) Eden *et al.* (1996), 8) Furuta *et al.* (1986), 9) 福岡 (1991), 10) 木越ほか (1972), 11) 町田・新井 (1983a), 12) 松本ほか (1987), 13) Kitagawa and van der Plicht (1998), 14) Beck *et al.* (2001), 15) Martinson *et al.* (1987), 16) Stuiver and Grootes (2000), 17) 辻・小杉 (1991), 18) 鈴木正ほか (1993), 19) 大嶋ほか (1997), 20) 関口 (2001), 21) 貝塚・森山 (1969), 22) 林 (1991), 23) 新井ほか (1981), 24) 小林達ほか (1971), 25) 町田ほか (1971), 26) 町田ほか (1984b), 27) 小田 (1991), 28) Oda & Keally (1975).

[3] 阿蘇4テフラ (Aso-4)

およそ8.5万年前から9万年前までの一時期に、九州の阿蘇カルデラから噴出した、巨大火砕流堆積物とその降下火山灰が、阿蘇4テフラである。分布の広域性は始良Tnテフラのそれに匹敵するところから、後期更新世の最も重要な指標テフラの1つである。

(1) 噴出源と噴火様式

日本の最大のカルデラの1つ、阿蘇カルデラは、約26万年前以降4回の巨大噴火を繰り返した¹⁾。

その4回の噴火の中で最大かつ最新のものが阿蘇4と呼ばれる火砕流と降下火山灰をもたらした噴火である。多くの巨大噴火がプリニアン噴火にはじまるのと違って、阿蘇4噴火は火砕流噴火に終始した。火砕流堆積物は多数のユニットからなるが、その中でも八女軽石流と鳥栖橙色軽石流の2堆積物は大きな体積をもつもので、噴出中心から180 km以上も離れたところまで到達した²⁻⁴⁾。こうした広域分布の性質から、阿蘇4火砕流堆積物は、九州における後期更新世編年の指標層として

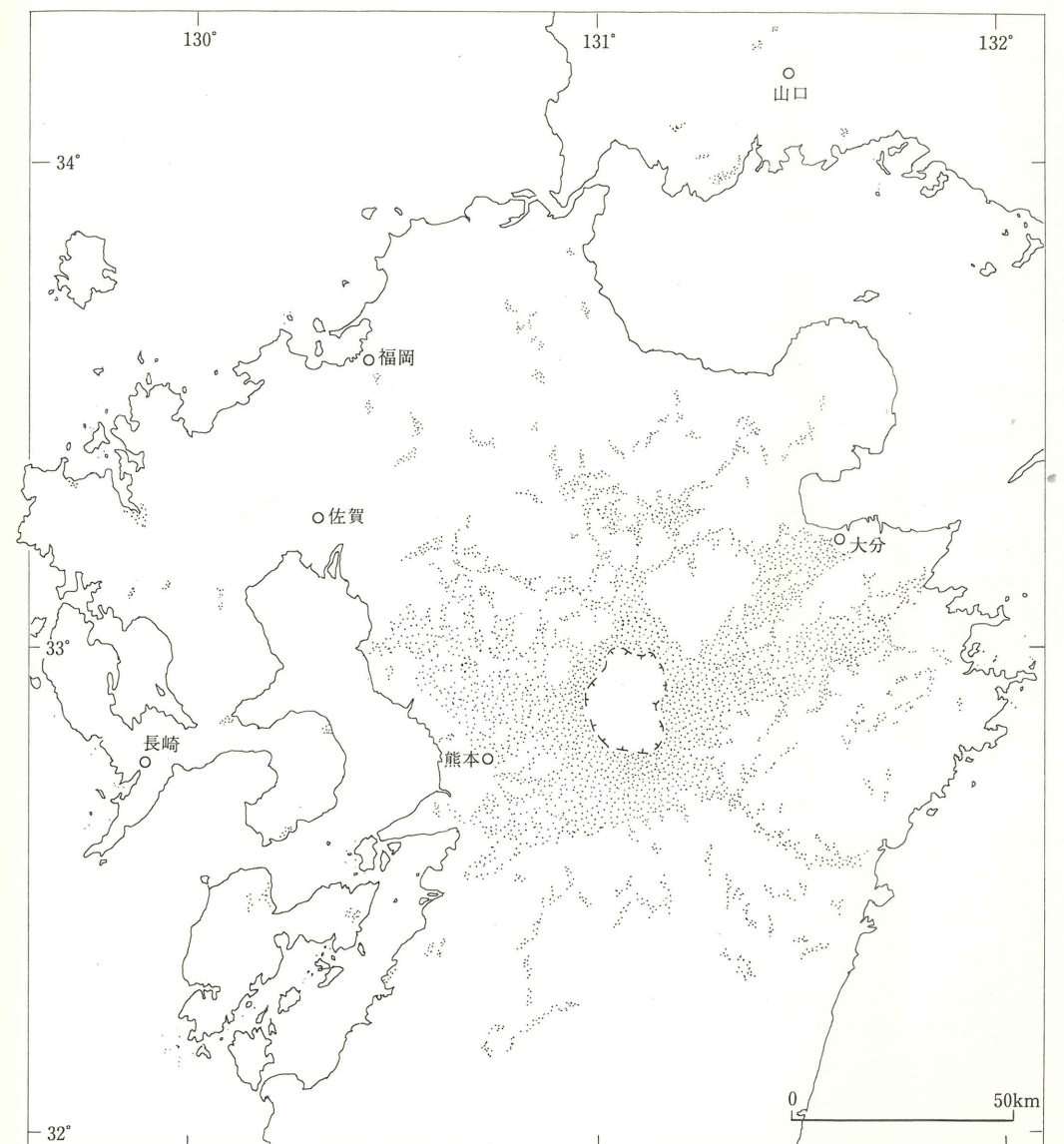


図2.1-10 阿蘇4火砕流堆積物 [Aso-4 (pfl)] の分布. [Matumoto (1943), Watanabe (1978)]

重要視された⁵⁾。一方、本州、北海道、日本海および太平洋海底のきわめて広域から、阿蘇4火砕流堆積物とまったく同じ岩質の細粒ガラス質火山灰層が見出されたことから、火砕流噴出と同時に、多量の火山灰が高空に放出され、広域に飛散堆積したことが明らかとなった⁶⁾。この阿蘇4火山灰は火砕流堆積物以上に、広域重要指標層となっている。

(2) 分布と野外での特徴

阿蘇4火砕流堆積物 [Aso-4 (pfl)] 図2.1-10はこの堆積物がよく保存されているところの分布図で、火砕流堆積物分布の常として、当時の谷に厚く溜り、尾根などにはほとんど残っていないことを示す。この図と図2.1-11から大火砕流は九州の大部分から本州西部までをおおったことがわかる。カルデラからおおよそ70 kmまでの範囲で谷を埋めて数十 mの厚層をなすところでは、溶

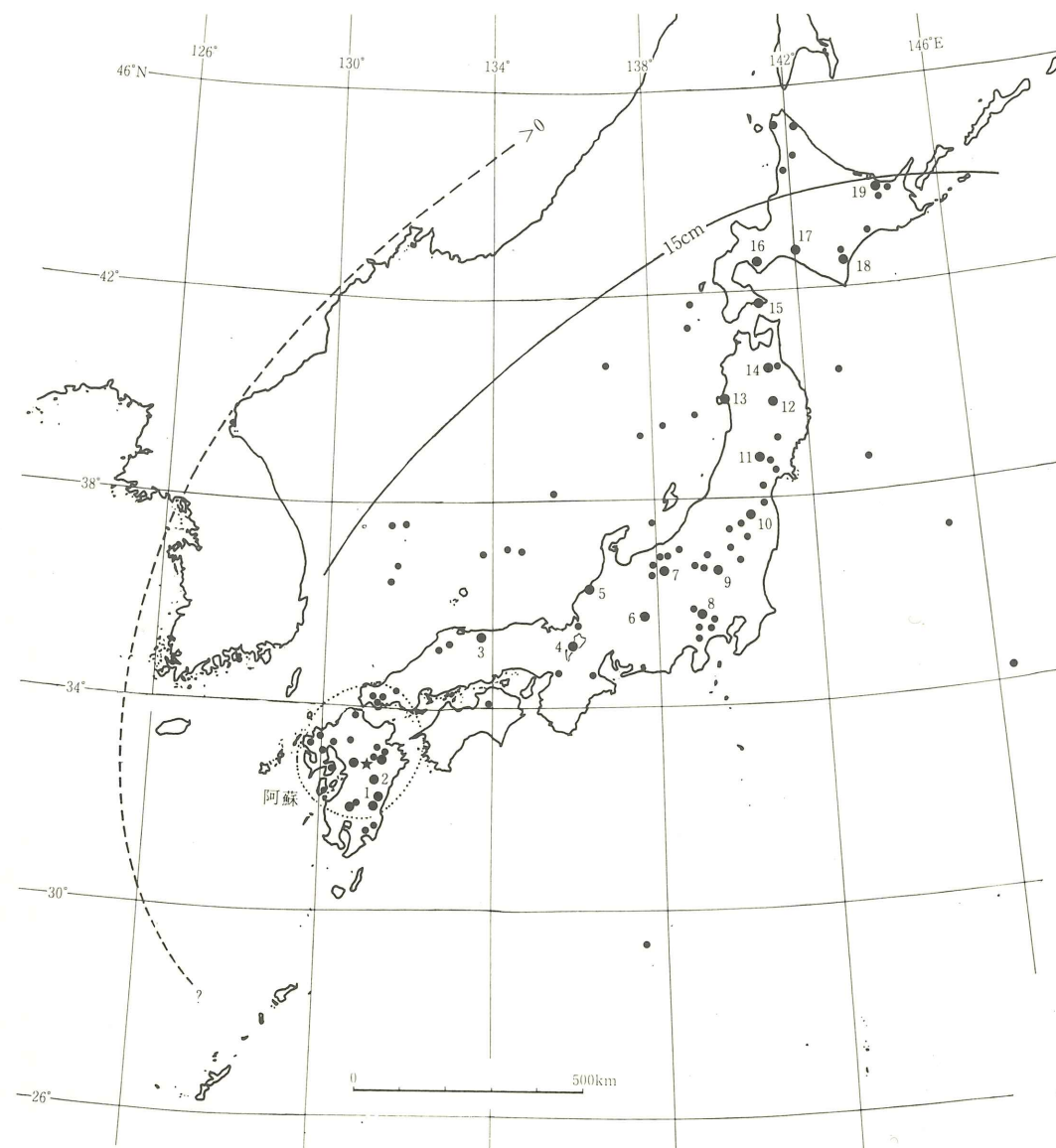


図 2.1-11 阿蘇 4 火山灰 (Aso-4) の等層厚線図と主な産出地点。

点線内は阿蘇 4 火砕流堆積物 [Aso-4 (pfl)] の分布範囲を示す。

模式地：1. 国富町川上, 2. 竹田市・荻町一帯, 3. 関金町大山池, 4. 琵琶湖高島沖, 5. 加賀市黒崎, 6. 木曾福島町, 7. 長野市高野, 8. 上野原町鶴島, 9. 新里村高泉, 10. 福島市佐原町, 11. 鳴子町鬼首北流, 12. 玉山村新田, 13. 男鹿市安田海岸, 14. 五戸町鹿内, 15. 尻岸町女那川, 16. 伊達市館山, 17. 厚真町軽舞, 18. 広尾町ピラオトリ, 19. 網走市藻琴湖西岸。

結凝灰岩となっているところが多い。しかしその最下部には非溶結の火山ガラスにとむ部分や、上部では風化して粘土化した部分もある。60 km 以上の遠隔地では、全体として薄くなるとともに、風化して白色 (八女)、橙色 (鳥栖) の火山灰土の外観を示すことが多い。八女軽石流堆積物に比

べて鳥栖橙色軽石流堆積物は薄くかつ広く分布する^{2,4)}。いずれも本来火山ガラスにとむテフラであるが、風化が著しい場合には、火山ガラスは消失するので、角閃石、斜方輝石、強磁性鉱物などの斑晶鉱物で認定することができる。火砕流堆積物の体積は 200 km³ を越すであろう。

阿蘇 4 火山灰 (Aso-4) 図 2.1-11 はこれまでに同定された阿蘇 4 火山灰の地点と厚さを示す。この図のように、このテフラは九州以東の日本列島をすっぽりおおい、隣接海洋に及ぶ広大な分布範囲をもつ。分布面積は 4×10^6 km² 以上、1,700 km もの遠方でも認められる。ただ肉眼で容易に確認できる場所は、堆積後の保存環境がよかったところに限られる。すなわち湖底、海底、あるいは Aso-4 直後に噴出した別な厚いテフラにおおわれたところでは、10 cm 以上の厚層をなす (口絵 11)。こうした地点では、粒度は九州から遠ざかるにつれて次第に減少するが、1,000 km もの遠隔地 (中部・関東) でも粗砂ないし中砂サイズの火山ガラス層をなし、AT のそれより粒度が大きいざらざらした感じの灰白色火山灰層である。

分布の広大さから降下火山灰の体積は 400 km³ を越す。火砕流堆積物のそれと合わせると、全噴出量はおよそ 600 km³ 以上と見積もられる。

(3) 岩石記載的特徴

本テフラは部層によってやや不均質であるが、全体として輝石角閃石デイサイト質の、結晶にややとむガラス質火山灰である。中央火口丘を含めた阿蘇の噴出物の中で、斑晶鉱物に角閃石 (褐色角閃石) を含むものは、Aso-4 のほかに知られていない。なお角閃石劈開片の屈折率はかなり高く、 $n_2 = 1.685 - 1.691$ (1.687) である。また阿蘇のテフラには、Fe の少ない斜方輝石が含まれることが多いが、Aso-4 のそれもきわめて低い屈折率 $\gamma = 1.699 - 1.701$ をもつ斜方輝石、すなわちブロンザイトが特徴的に含まれる。これらの斑晶鉱物は火砕流堆積物中はもちろん、給源から 1,700 km 離れたところの降下火山灰でも、火山ガラスに比べて割合は少なくなるが、はっきり認められる。

一方他の coignimbrite ash と同様、バブル型の多い火山ガラスの性質も特徴的である。その屈折率は 1.506-1.510 で、K-Ah のそれよりやや低い。火山ガラスの主成分組成では、全体にアルカリ ($K_2O + Na_2O$) 含量が高く、アルミナ含量が高いことなどが特徴である (表 1-1 (1), 付表 2.1)。また希土類元素組成上の特徴としては、全体として、軽希土に富むこと、Eu の負の異常が小さいことなどが挙げられる (図 1-2 (a))。

(4) 噴出年代

放射年代 Aso-4 火砕流堆積物は、¹⁴C 法適用範囲より古い噴出年代をもつものと考えられ、従来の ¹⁴C 年は、すべて新しい炭素の混入の影響を受けた結果と考えられる⁶⁾。これに対して、K-Ar 年代は 89 ± 7 ka と求められた⁷⁾。なおジルコンは皆無に近いので、ジルコン FT 年代測定は期待できない。

層位年代 海底を含めた広域に分布する Aso-4 は、放射年代が測定された他のテフラなどと層位関係をもつという側面から、その噴出年代を議論することができる。日本の中で層序編年が最も確立している南関東において、Aso-4 は箱根小原台テフラ (Hk-OP) と御岳第 1 テフラ (On-Pm1) との中間に産出する。そして海面変化史では、小原台高海面期の後、三崎高海面期にかけての海進期に当たる⁸⁾。深海底堆積物の酸素同位体比層序で Aso-4 が占める位置は、ステージ 5b から 5a への移行期と思われる。これらを総合すると、Aso-4 の年代は 85-90 ka と考えられる。

(5) 第四紀編年上の意義

Aso-4 噴出当時の海面の位置は、有明海では -21 m よりかなり低い位置にあった⁹⁾。また陸上の河川では、90-100 ka 以後の埋積がつづいていた⁶⁾。さらに当時の植生がどのようなものであったかは、山梨県上野原町鶴島 (海拔 240 m) で Aso-4 をはさむ泥炭層中での花粉化石のデータがある¹⁰⁾。それによると、この低山の山間部では、当時トウヒ属を優先種としてモミ属、ツガ属、マツ属を交えた針葉樹林が存在していたと考えられる。局地的に、ブナ属、コナラ亜属の林が形成されていたらしい。またイボタノキ、モチノキなどの暖帯性で飛散にくい花粉が出現していることから、針葉樹林は温帯性のものであったと考えられている。

日本海では、当時水温は概して低温であったが、外洋の海水は流れ込んでいた¹¹⁾。男鹿半島安田海岸の潟西層には漂着した Aso-4 (pfl) の大きな軽石礫があるので¹²⁾、当時 (ステージ 5b~5a) 日本海沿岸には東向きの海流 (対馬海流) があったものと考えられる。

日本列島のほぼ全域をおおう Aso-4 は、各地

のテフラ層序、段丘層序、それらの編年を論ずる上で、きわめて重要な指標層で、これによって8~9万年前頃の層序・編年は確立したといえる⁶⁾。各地のテフラや地形面との層位関係は、第I編図10にまとめられ、また第II編第3章で記すことにする。

[4] 鬼界葛原テフラ (K-Tz)

鬼界葛原テフラは鬼界カルデラを噴出源とし、約9.5万年前に噴出した巨大火砕流堆積物とその降下火山灰 coignimbrite ash をさす。

(1) 噴出源と噴火様式

はじめ種子島・屋久島ついで鬼界カルデラ竹島で西之表軽石の名で記載された^{1,2)}。次に鬼界カルデラの竹島で長瀬火砕流堆積物として記載された³⁾。前者は主に後者の coignimbrite ash に当たる。これと前後して、前者のつづきは、四国海盆や南関東にも存在することがわかった⁴⁾。南関東の桂川流域ではすでに葛原第I軽石として記載されていた⁵⁾ので、給源名を付して鬼界葛原テフラと呼ぶ。

この噴火は Aso-4 のそれと同様、先行するプリニアン軽石はなく、火砕流噴火に終始したと見られる。とくに長瀬火砕流堆積物にも、西之表軽石にも、多量の細粒火山灰と火山豆石が存在するので、大規模な水蒸気マグマ噴火の性質をもつといえる⁶⁾。

(2) 分布と野外での特徴

長瀬火砕流堆積物 (K-Ns) 分布については今のところ竹島でしかわかっていない。しかし種子島・屋久島・大隅半島南部では、巨大火砕流堆積物の周辺にしばしば認められる灰雲サージに由来するらしいテフラ (縞状に成層し、下部ほど粗粒な斑晶と火山ガラスからなる) が存在するので、火砕流本体はそれらのすぐそばまで到達したものであると思われる。しかし同じ鬼界カルデラ起源の K-Ky に比べると、分布面積は狭い。長瀬火砕流堆積物は非溶結で灰白色のよく発泡した軽石、火山灰からなる。前述のように火山豆石を多量に含む。

鬼界葛原火山灰 (K-Tz) 降下テフラとしての

文 献

- 1) 小野ほか (1977), 2) Watanabe (1978), 3) 小野・渡辺 (1983), 4) 渡辺 (1986), 5) 郷原 (1963), 6) 町田ほか (1985), 7) 松本ほか (1991), 8) 豊倉ほか (1991), 9) 杉谷 (1983), 10) 相模原地形地質調査会 (1986), 11) 新井ほか (1981), 12) 白石ほか (1992).

この火山灰は、図 2.1-12 のように、西南日本から東北地方北部を除く本州、四国海盆を含む北西太平洋と、広大な範囲をおおう。同じ鬼界カルデラ起源の広域テフラ K-Ah に比べて、分布範囲は卓越風向に支配されることが多くやや細長い、面積はほとんど同じかやや大きいと見られる。したがって長瀬火砕流堆積物を含めたこのテフラの全体積は K-Ah のそれ (150 km³) を越すと考えられる。

薩南諸島と鹿児島県南部で、1-2 m の厚さをもつこのテフラは、全体に橙色ないし鮮黄色をなし、細かく成層した火山灰と粗粒の斑晶鉱物 (主に斜長石と石英) からなる下半部と、ガラス質火山灰からなりマッシュグな上半部とに分けられる。遠方に行くにつれ、こうした成層状態は不明となり、白色ないし鮮黄色のガラス質火山灰となる。四国~関東では、保存条件のよいところで出現すること、関東~中部地方では数多くの地点で肉眼で観察される。

(3) 岩石記載の特徴

このテフラは全体として、特徴的に高温型石英を含む輝石流紋岩質のガラス質火山灰である。鏡下での見かけは AT に似るが、次の諸点は両者を見分けるのに役立つ (表 1-1 (1))。石英は遠隔地においてこのテフラを同定する上で手がかりの1つになる。火山ガラスはバブル型を多く含み、その屈折率は AT のそれよりやや低い $n=1.496-1.500$ (1.498-1.499) を示す。本質斑晶の斜方輝石の屈折率は、AT のそれより著しく低い $\gamma=1.705-1.709$ (1.707) である。

火山ガラスの主成分組成は、表 1-1 (1)、付表 2.1 のように高シリカで、AT のそれとかなり似るが、細かく見ると、アルカリ含量などに違いが

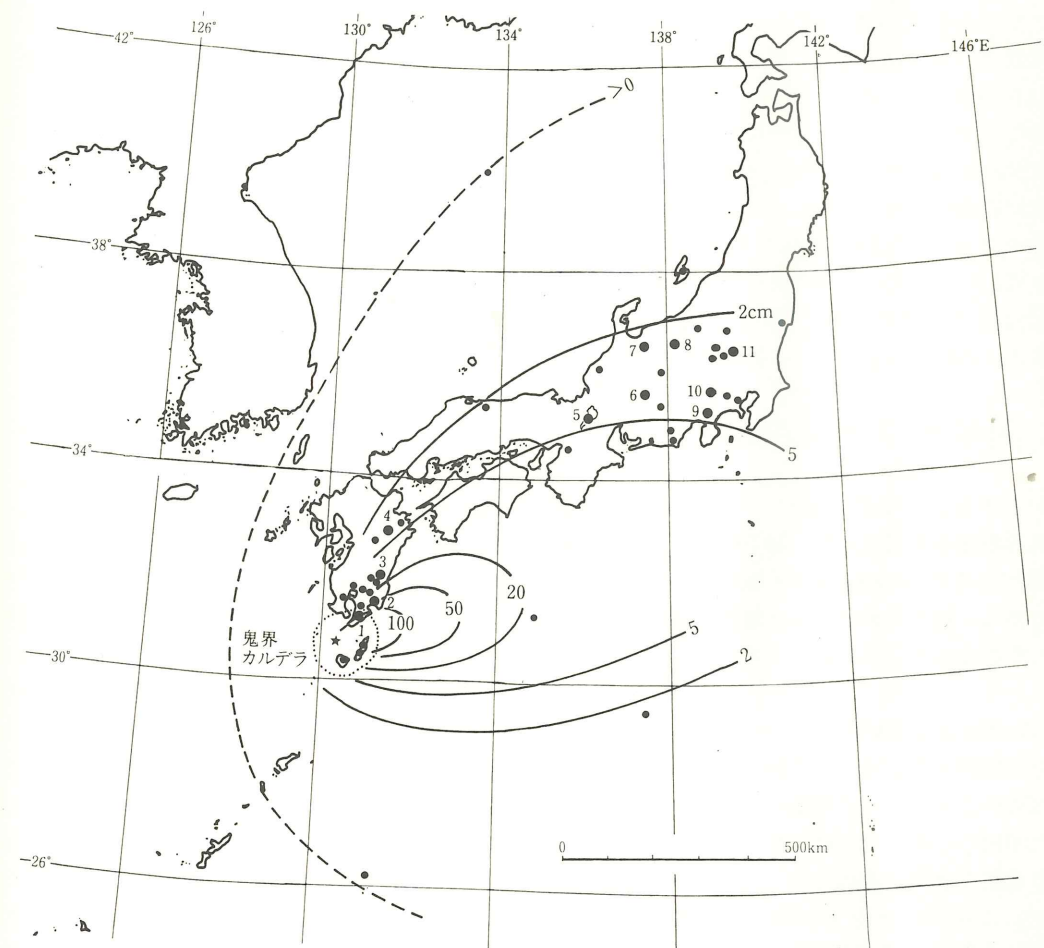


図 2.1-12 鬼界葛原火山灰 (K-Tz) の等層厚線図と主な産出地点。

模式地: 1. 根占町野々崎, 2. 志布志港, 3. 国富町川上, 4. 萩町野鹿, 5. 琵琶湖高島沖, 6. 御嶽高原, 7. 大山町真川, 8. 長野市高野, 9. 小山町生土西沢, 10. 上野原町鶴島, 11. 新里村高泉。このほかに中国山東半島のレス中にも認められた¹³⁾。

あり区別できる。

微量元素組成⁷⁾でも、全体に AT のそれに似るが、軽希土 (La から Sm) の存在度はより低く、存在度パターンの勾配は緩やかである (図 1-2 (b))。

(4) 噴出年代

このテフラの本質石英について、TL 年代が測られ、2つの値 (76.9 ± 7.1 , 101 ± 12 ka) が報告されている⁸⁾。またジルコンの FT 年代は 98 ± 26 ka と報告された⁹⁾。

噴出年代を考える上で最も重要なのは、このテフラと放射年代が求められている他のテフラとの層位関係である。南関東では K-Tz の層位は御

岳第1軽石層 (On-Pm1) の直上にある。やや細かく見ると、南信州では御岳藪原軽石層 (御岳第2軽石) の上で、K-Tz の上に3枚の御岳テフラを隔てて Aso-4 が載る (第II編第3章 3.3 節 [1] 参照)¹⁰⁾。また K-Tz は、南関東では離水直後の小原台段丘上に載るので、海面変化史からいえば、小原台高海面ピーク期 (ステージ 5c) のすぐ後の離水期に噴出したテフラである。後述のように、On-Pm1 の噴出は同位体ステージ 5c、年代は約 100 ka に起こったと見なされた。これらから K-Tz はおよそ 95 ka の頃に噴出したと見られる。

(5) 第四紀編年上の意義

関東、中部地方南~中部では、On-Pm1 が指

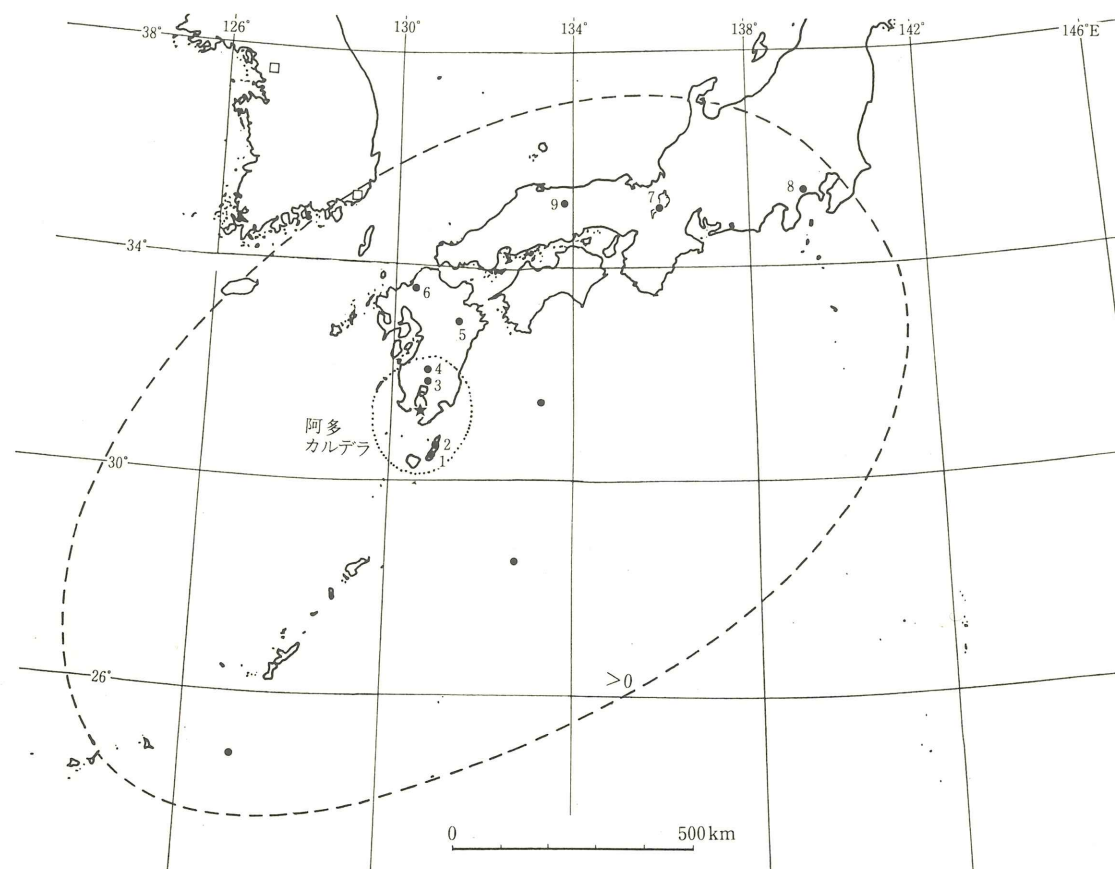


図 2.1-14 阿多テフラ (Ata) の主な産出地点と予想される分布域。

点線内は阿多火砕流堆積物 [Ata (pfl)] の分布範囲を示す。

模式地: 1. 南種子町上中, 2. 西之表市住吉, 3. 国分市重久, 4. えびの市池牟礼, 5. 荻町野鹿, 6. 福岡市奈多, 7. 琵琶湖高島沖, 8. 平塚市人増, 9. 八束村。

折率 $n=1.496-1.513$ (1.505-1.510)], 上部の部層 [Ata (pfl) と Ata] ではバブル型 [屈折率 $n=1.508-1.512$ (1.508-1.510)] が多い。火山ガラスの型および屈折率は K-Ah, Aso-4 のそれに似るが、斜方輝石の屈折率を比べてみると、Ata のそれは $\gamma=1.704-1.708$ (1.706) の範囲にあって、はっきり区別できる。

阿多テフラの火山ガラスの主成分組成は、表 1-1 (1) や付表 2.1 に示す通りで、K-Ah に似るが、 FeO^* がやや少ない。また微量元素組成も図 1-2 (a) に示すように、K-Ah のそれに似る。

以上のような阿多テフラの岩質は、このテフラの上位や下位にある降下軽石 (阿多丸峰など) や中・小規模火砕流堆積物 (山川、田代火砕流堆積物など) のそれとよく似ている。それは、大きな

そして長つづきしたマグマ溜りが存在したことを示唆する。ただし、噴出源に近いが時間的に離れる阿多鳥浜テフラ (Ata-Th) や池田湖テフラ (Ik) は、岩質的に阿多テフラとはかなり異なる。

(4) 噴出年代

かつて Ata (pfl) 中の炭化木片の年代が ^{14}C 法で測られたことがあったが、Aso-4 などと同じく、今では ^{14}C 法の適用限界より古いテフラであることが明らかとなった。阿多テフラの噴出年代が当初 8.5-9 万年前と考えられたのは、南関東大磯丘陵において Hk-KmP9 と Hk-KmP10 テフラとの間の火山灰土に、Ata を特色付けるバブル型のガラスが見出され、古い FT 年代に基づいたためである。しかし、深海底堆積物同位体編年

では、第 I 編第 5 章で述べたように、Ata が見出された層位がステージ 5c と 5d の間で 103-107 ka の間と見なされた¹¹⁾。さらにジルコン FT 年代は 100 ± 27 ka¹²⁾、また火砕流堆積物の K-Ar 年代は 108 ± 3 ka と報告された¹³⁾。このような諸点から、Ata 噴火は 105-110 ka に起こったと考えられる。

(5) 第四紀編年上の意義

九州各地では、阿多テフラは上述した Aso-4, K-Tz テフラなどの下位にある。ステージ 5e とみなされる海成層 (三財原、城山、種子島 M1,

[6] 阿蘇 3 テフラ (Aso-3)

およそ 12 万年前から 14 万年前のあるときに、阿蘇カルデラから噴出した、降下軽石、火砕流堆積物、coignimbrite ash がこの阿蘇 3 テフラである。最近、このテフラの広域分布の性質と噴出時代、当時の古環境が議論されている。

(1) 噴出源と噴火様式

規模の点で、Aso-4, Aso-1 に次ぐ阿蘇カルデラの噴出物である。プリニアン噴火にはじまり、次いで大規模な火砕流噴火に発展した。火砕流堆積物は少なくとも 3 つのユニットに分けられ、マグマの性質は珪長質から苦鉄質に変化した。このうち珪長質のテフラと似た岩質の降下テフラが見出されたのは、日本海西部、本州の西部と中部においてである。これらの降下テフラの火山ガラスはプリニアン降下軽石よりも火砕流堆積物のものに似ているので、coignimbrite ash の性格をもつものと考えられる。

(2) 分布と野外での特徴

阿蘇 3 降下軽石 [Aso-3 (pfa)]¹⁾ 最下部にある灰白色の降下軽石で、Aso-3W と呼ばれる。阿蘇カルデラから南東方向に主軸をもって分布する。しかし層厚・分布は著大ではない。

阿蘇 3 火砕流堆積物 [Aso-3 (pfl)]¹⁾ 下位から上位にかけて、非溶結部の多い、また白色軽石と黒色スコリアが混在する部分 (Aso-3A) と、無斑晶に近く強溶結をなすことが多いスコリア流の

M2 段丘堆積物など) のすぐ上に Ata (pfl) が載り、最終間氷期の海成段丘を判定するのに役立つ。なお、人吉盆地では Ata (pfl) は顕著な埋没土をはさんで阿蘇 3 火砕流堆積物の上位にある。また、中国地方蒜山山麓では後述する三瓶木次 (SK) の直上にある¹⁴⁾。

文 献

- 1) Matumoto (1943), 2) 早坂 (1987), 3) 宇井ほか (1982), 4) Nagaoka (1988), 5) 町田・新井 (1983b), 6) Ota & Machida (1987), 7) 渡辺 (1985), 8) 荒牧・宇井 (1966), 9) 宮地 (1987), 10) 下山ほか (1989), 11) 大場 (1991), 12) 檀原 (1995), 13) 松本・宇井 (1997), 14) 石賀 (1997)。

部分 (Aso-3B), そして斑晶にとみ基底に角礫層をもつ部分 (Aso-3C) が識別される。このうち Aso-3B のユニットが最も遠方まで分布する。全体として Aso-4 ほど広域には分布しないが、阿蘇カルデラから半径およそ 80 km の範囲に見られる (図 2.1-15)。体積は 100 km^3 を越すと見られる。

阿蘇 3 火山灰 (Aso-3) 図 2.1-15 はこれまでに確認された Aso-3 の諸地点である。火砕流の分布地以外の地点ではいずれも厚さ数 cm の薄層である。また本州中部以南をおおったと考えられる。これらの地点では、Aso-3 はやや暗色の灰白色細粒ガラス質火山灰層で、他の広域テフラに比べて目だちにくく (風化しやすく)、その同定には構成物の岩石記載が欠かせない。見かけの体積は分布地域の広大さから見て 50 km^3 以上には上るであろう。

(3) 岩石記載の特徴

おおざっぱに言えば、本テフラは Aso-4 より苦鉄質、後述の Aso-1 より珪長質で輝石デイスaitから輝石安山岩質である。火砕流堆積物の岩質がユニットによって変化することは上述したが、下位から上位にかけて斜方輝石と単斜輝石の比が減少する。また火山ガラスの屈折率も、Aso-3W が $n=1.512-1.515$ であるのに対して、Aso-3A では $n=1.513-1.527$, Aso-3B, C では $n=1.513-1.540$ と、上限の値が著しく高くなり、明らかに



図 2.1-15 阿蘇 3 テフラ (Aso-3) の分布と主な産出地点。

点線内は火砕流堆積物 [Aso-3 (pfl)] の分布範囲を示す。左上の図は小野・渡辺 (1983) に加筆。

模式地: 1. 川南町通浜, 2. 錦町山下, 3. 竹田市玉来, 4. 呉市焼山町奥条, 5. 琵琶湖高島沖, 6. 御嶽高原, 7. 長野市高野, 8. 小山町生土西沢。

苦鉄質になることを示唆する。ただし、下位の部層に多い白色の軽石型火山ガラスの屈折率は $n = 1.513-1.519$ と低い。一方広域に分布する Aso-3 火山灰の火山ガラスの屈折率は、 $1.514-1.519$ とかなり安定している。斜方輝石の最大屈折率は、阿蘇のテフラに特有の低い値であるが、Aso-4 のそれよりやや高く $\gamma = 1.702-1.705$ (1.703) におさまる。

火山ガラスの主成分組成上の特色は、アルカリ含量が高く、ことに $K_2O > Na_2O$ であることが第一にあげられる。そのほか TiO_2 , FeO^* , CaO の含量も多い。また下部のユニットから上部へ明ら

かに苦鉄質になる (表 1-1 (1), 付表 2.1)。微量成分では²⁾, Aso-4 のそれに似るが、軽希土類の存在度がやや低く、勾配が緩い (図 1-2 (b))。

(4) 噴出年代と第四紀編年上の意義

Aso-3 の噴出年代・編年に関しては、放射年代についても層位に関しても、最終間氷期ピーク (海洋酸素同位体ステージ 5e) に近く、それとの層位関係が問題となる。

放射年代では、溶結している Aso-3 (pfl) 中の黒曜石について、 103 ± 4.2 ka という FT 年代が得られている³⁾。また TL 法では 110 ± 3 ka⁴⁾、

K-Ar 法では 123 ± 6 ka⁵⁾ と測定されている。今後クロスチェックのための年代測定がなされることが望まれるが、このテフラの場合、年代測定に好都合な鉱物が少ないという問題点がある。

九州の大部分や熊本および宮崎平野においては、Aso-3 火砕流堆積物の上に海成層が載ることが知られている^{8,9,10)}。宮崎平野北部の川南・通浜において通浜凝灰岩⁷⁾については Aso-3 であるという意見と^{8,9)}、もっと古いとする意見がある¹²⁾。しかし後者は根拠を欠いている。中期更新世の九州では Aso-3 に似た岩質のテフラは、いまのところステージ 8 に噴出した Aso-1 (4.1 節 [2] 参照) しか知られていない。この両者のうち通浜凝灰岩は Aso-3 の方に似ている。こうした層位から Aso-3 の上位の海成層は亜間氷期ステージ 5c ではないかと論議された^{8,9,11)}。大分・熊本平野でも Aso-3 火砕流堆積物の下位には海成層が発達しないので、この海成層が 5c なのか 5e なのか問題となっている^{10,11)}。

また大阪・神戸地域の試錐コアでは、Ma-12 とされた間氷期海成層の中～上部から Aso-3 に類似したテフラが同定された (南港 II テフラ)^{13,14)}。この地域の Ma-12 海成層が同位体ステージ 5e のみに形成されたのか、それとも 5c までを含むのかは検討を要する。前者とすれば Aso-3 は海進のほぼピーク期に噴出した可能性があることになる。これに対して最近南港 II テフラよりも Koyo-I, II (BT 39-41) が Aso-3 に似るとされた。Koyo-I, II の層位はステージ 5e 以前の低海面期にあるという¹⁷⁾。

日本の最終間氷期層序の標式地の 1 つである南関東大磯丘陵の層序では、吉沢層の海進最盛期から離水期にかけて、主として箱根火山から噴出した多数のテフラ層がある¹⁵⁾。それらの間の火山灰土について綿密に Aso-3 類似の火山ガラスの検出につとめた結果、Hk-KmP1 と Hk-KIP15 と

の中間に Aso-3 に類似した屈折率 ($1.516-1.533$) とタイプをもつ火山ガラスを少量認めることができた。もしこれが Aso-3 であるとする、本テフラはステージ 5e から 5d に移行する海退～小海進期の一時期 (三浦半島の引橋段丘形成期) に噴出・堆積した可能性があることを示している。

なお Aso-3 は Ata より下位にあることは、人吉盆地や阿蘇東麓、琵琶湖および大磯丘陵で確認される。また地域的なテフラとの関係を述べると、長野市高野の湖成層では立山 D (Tt-D) テフラより 45 cm 上位にあり、木曾御嶽山中腹では Aso-3 は本祖火山灰と呼ばれたものに相当して⁶⁾ On-Pm1 の直下に⁹⁾、また静岡県小山町の生土西沢奥では、On-Pm1 の下位 1.1 m にある (間に 2 枚の軽石層を隔てる)¹⁶⁾。以上から判断すると、中部・関東における Aso-3 と似たテフラの堆積時期は、ステージ 5e から 5d までの間、数値年代では 120 ka 前後の可能性がつよいと考えられる。しかし、前述のように 135-140 ka の頃と考えられるステージ 6 末期に噴出した可能性も残っている¹⁷⁾。この時期の海面変化を含めた古環境や、ステージ 5e の海成段丘認定および地殻変動問題にとって、Aso-3 は重要な役割を果たすテフラであるので、海洋酸素同位体が詳しく測定された海底コアでの同定を必要としている*。

*青ヶ島近海の ODP 792 A コアでは、ステージ 5d と 6 と考えられる 2 層準に主成分組成が Aso-3 に似た火山ガラス層が認められる (町田ほか、未発表)。Aso-3 に類似したテフラが 2 層あるのかも知れない。

文 献

- 1) 小野ほか (1977), 2) 町田ほか (1987b), 3) 岡口 (1978), 4) 長友 (1990), 5) 松本ほか (1991), 6) 竹本ほか (1987), 7) 遠藤・鈴木 (1986), 8) 町田・新井 (1992), 9) 町田・新井 (1994), 10) 吉岡ほか (1997), 11) 石坂ほか (1992), 12) 下山ほか (1999), 13) 吉川ほか (1993), 14) 宮川ほか (1996), 15) 新井ほか (1977), 16) 町田 (1992b), 17) 長橋ほか (2002)。