中・北部九州後期新生代の植生と古環境

—その 1 阿蘇野地域*—

長谷義隆**・岩内明子***

Late Cenozoic vegetation and paleoenvironment of Northern and Central Kyushu, Japan* Part 1 Asono area

Yoshitaka HASE** and Akiko IWAUCHI***

Abstract The Asono Formation (ONO, 1963) is a lacustrine sediment of the Middle Pleistocene in Central Kyushu. The formation mainly consists of diatomaceous siltstone and tuffaceous sandstone, and yields many macro- and microfossils of plants.

In this work the writers have conducted pollen analysis and examined macrofossils of plants from the formation. As a result of the investigations, six major pollen assemblage zones are distinguished in the ascending order as follows;

- Zone I : *Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone
- Zone II : *Picea* zone
- Zone III : *Abies-Picea-Alnus* zone
- Zone IV : *Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone
- Zone V : *Pinus-Abies-Tsuga* zone
- Zone VI : *Alnus* zone

Many macrofossils of plants have been collected from four horizons of the formation. The study of the macrofossils of these plants suggests that the vegetation of the Asono flora was mainly composed of temperate deciduous broad-leaved trees, accompanied by evergreen species in the lower part of the formation.

From the result of pollen analysis, it is inferred that the environment of the Asono Lake changed from temperate to cool-temperate or subarctic in the stage of Zone II.

The Uchiyama volcanic activity began in Zone V and continued to devastate the land until Zone VI.

はじめに

中・北部九州の上部新生界は、海岸平野を除いて、主として火山噴出物からなり、局地的に湖成堆積層が分布

する。このような湖成層は、一般に分布が狭く、しばしば火山噴出物に覆われて連続性に乏しいため、堆積層相互の層序関係が得られにくい。このため、従来、中・北部九州の湖成層を対象とした古環境解析はきわめて少ない(林, 1959, 1961; MIKI & KOKAWA, 1962; 岩尾, 1981)。

しかし、最近では放射年代の測定技術が向上し、岩石磁気極性を併用した火山岩類の年代推定は、信頼性の高いものになりつつある。したがって、これらの火山岩類との層序関係を明確にすることにより、堆積層の時代論

1984 年 11 月 6 日受付。 1985 年 7 月 26 日受理。

* 日本古生物学会第 133 回例会にて一部発表。

** 熊本大学教養部地学教室。Department of Geology, Faculty of General Education, Kumamoto University, Kumamoto, 860 Japan.

*** 熊本大学理学部地学教室。Department of Geology, Faculty of Science, Kumamoto University, Kumamoto, 860 Japan.

も従来より格段の精度で議論されるようになる。

一方、このような湖成層には、比較的静穏な堆積環境下で形成された細粒堆積物が多く、主として植物化石の産出が豊富であり、また、保存状態もよく、堆積当時の植生や古環境を知るために有効な資料を提供する。

筆者らは、層序が明確であり、関連する火山岩類の放射年代および岩石磁気極性が得られている地域の湖成層を対象にして、主に花粉および大型植物化石を検討し、中・北部九州後期新生代の植生と古環境を明らかにしようとするものである。その一環として、小論では、大分県大分郡庄内町阿蘇野地域に分布する阿蘇野層（小野，1963）について論ずる。

本研究を進めるにあたり、北九州大学生物学教室畑中健一教授には、花粉分析および花粉化石の鑑定に終始御指導頂き、植生に関する御教示を賜った。心から感謝申し上げます。また、北海道大学理学部棚井敏雅教授、横浜国立大学教育学部尾崎公彦先生には、大型植物化石について御助言頂き、国立科学博物館植村和彦氏には、腊葉標本の参照に御配慮と種々御教示頂いた。これらの方々に対し深甚なる感謝を申し上げます。火山岩類のフィッシュン・トラック年代の測定は京都フィッシュン・トラック檀原 徹氏に御願した。記して謝意を表します。また、野外調査に際しては、大分県庄内町阿蘇野鶴原 愈氏御一家に御世話になった。心から御礼申し上げます。

阿 蘇 野 層

層序・岩相

大分県阿蘇野盆地の地質は、小野(1963)によって報告されている。本地域の層序は、小野(1963)の一部に修正を加えて、Fig. 1 のように整理される。また、地質図を Fig. 2 に示す。

鹿倉および時山安山岩、今市火砕流堆積物および熊群山流紋岩は、盆地壁を構成する。盆地内には阿蘇野層が分布し、阿蘇野層を覆って、花牟礼火山岩類、火山扇状地および山麓堆積物、芦川火砕流堆積物などが分布する。

阿蘇野層は、一般に珪藻土を主とし、厚さ 1~5 cm の火山灰層を挟む。また、時折厚さ 1~5m の凝灰質砂岩・シルト岩互層が挟在する。珪藻土層には層理が発達し、まれにラミナの発達することもある。珪藻土層の未風化な部分は帯緑灰色を呈するが、風化すると黄色〜帯黄白色を呈する。

岩下南東部の阿蘇野川河岸では、阿蘇野層は淘汰の悪

い、大小の角礫〜亜角礫を含む砂礫層であり、基盤である鹿倉安山岩にアバットしている。砂礫層中の礫の岩質はすべて火山岩であり、鹿倉、時山の両安山岩、今市火砕流堆積物および熊群山流紋岩起源である。

高津野の珪藻土採掘所および岩下の谷では、阿蘇野層のほぼ連続した柱状図が得られる(Figs. 3, 4)。高津野では、最下部より 22m 上位に、白色で直径 2~4 mm の球状物(火山ガラスの集合物)からなる薄層(厚さ 2.5~3 cm)が挟在する。この球状物の薄層(野外調査では、「白まるバンド」と呼んでいるので、以下この名称を用いる)は、明瞭な級化構造を示す。この白まるバンドより 3m 上位には、帯紫褐色を呈する、厚さ 5m の凝灰質砂岩・シルト岩互層がある。一方、岩下の谷でも白まるバンドが認められ、また、これより 7m 上位には、厚さ 4m の帯紫褐色凝灰質砂岩・シルト岩互層が認められる。したがって、この白まるバンドと帯紫褐色凝灰質砂岩・シルト岩互層を鍵層として、高津野および岩下の谷に露出する阿蘇野層は互に対比される(Fig. 4)。

また、高津野では、阿蘇野層上部に内山角閃石安山岩が挟在する。鍋谷川左岸に露出する本岩には、顕著な偽枕状構造(WATANABE & KATSUI, 1976)が認められる。

阿蘇野層の厚さは、地表に露出する限りでは、約 120 m である。

時 代

阿蘇野層の基盤をなす火山岩類のうち、熊群山流紋岩のジルコンによるフィッシュン・トラック年代は、 $0.73 \pm 0.14 \text{ Ma}^*$ である。また、本岩の岩石磁気極性は正帯磁を示す。一方、阿蘇野層上部に挟在し、偽枕状構造を呈する内山角閃石安山岩のジルコンによるフィッシュン・トラック年代は、 $0.34 \pm 0.17 \text{ Ma}^*$ である。また、内山における本岩の岩石磁気極性は正帯磁を示す。これらのデータから、阿蘇野層は少なくとも 70 万年より新しく、約 20 万年より古いと考えられ、更新世中期に堆積したものと推察される。

花 粉 分 析

試料および分析方法

阿蘇野層の珪藻土からは、珪藻化石のほかに花粉化石も多産する。今回の花粉分析は岩下の谷および高津野の採掘所で、それぞれの柱状図に基づいて得られた合計 208 個(おおむね 40 cm 間隔ごとに分析処理した)の試料について行った。なお、岩下南東方の阿蘇野川沿いからも採取して分析したが、考察に十分な花粉粒が得られ

* 京都フィッシュン・トラック 檀原 徹氏測定。

時代	地層名	模式柱状図	層厚(m)	岩	相	F-T年代※	岩石磁気極性
第 新 世	和積層			礫, 砂, 泥			
	段丘堆積物		0.5 5+	黒色火山灰 安山岩, 流紋岩, 溶結凝灰岩の礫を含む			
	芦川火砕流堆積物		30+	非溶結, 弱溶結, 強溶結の部分認められる			
第 四 紀	火山扇状地礫層・山麓堆積物		20+	樹木の悪い重円礫層 礫・花弁山, 内山, および時山安山岩起源マトリックス・泥. 上部は成層した火山灰層 下部にHbを含む軽石流堆積物を挟む (花弁山北斜面) Hy Hb andesite 帯赤紫灰色を呈する hornblendeはオパサイト化している			N (83040207)
	花弁山火山岩類		600+	(花弁山東斜面) Au Hy andesite やや紫色を帯びた灰色を呈する 斑晶として3~5mm程度のplagioclase, 5mm程度の黒色のpyroxene 自形結晶が認められる (下部) 凝灰角礫岩			N (83032801)
	内山角閃石安山岩		50 ~80+	珪藻土主体の地層 厚さ1cm~5mの火山灰層がしばしば挟在する 堆積盆の縁辺部では基性性の堆積物(大小の角礫を含む淘汰不良の砂礫層)マトリックスにbiotiteを含む 珪藻・花粉および大型植物化石を豊富に包含する (阿蘇野フローラ)		OT-002 ²⁾ 0.34±0.17Ma	N (83032609)
第 新 世	阿蘇野層			珪藻・花粉および大型植物化石を豊富に包含する (阿蘇野フローラ)			
	熊群山流紋岩		40	Bi rhyolite (上部) Biの自形結晶が顕著に認められる溶岩 ¹⁾ 流理構造は明瞭である (下部) Biを含む成層した軽石層, 凝灰角礫岩		OT-001 ¹⁾ 0.73±0.14Ma	N (83031202)
	時山安山岩		300	Au Hy andesite 溶岩および凝灰角礫岩 暗青灰色の細粒緻密な石基中に、 0.5~2mm程度の白色のplagioclaseが 散在する pyroxeneの黒色自形結晶も認められる			N (83032518)
第 三 紀	今市火砕流堆積物		30±	(上部) 数枚の凝灰岩層からなる (中部) 溶結凝灰岩 Au Hy andesitic welded tuff (下部) 降下軽石堆積物			R (83032503)
	鹿倉安山岩		350+	Au Hy andesite 溶岩および凝灰角礫岩 青灰色の細粒緻密な石基に斑晶として、大型(0.5~1cm+)の plagioclaseとpyroxeneを含んでいる 顕微鏡下では、plagioclaseに dust inclusionが顕著に認められる pilotaxitic textureを呈する			R (83031906)
							N (83031803)

※ 測定者: 檀原 徹

Fig. 1. Schematic columnar section of the Asono area.

Fig. 2. Geologic map of the Asono area.

1: alluvium, 2: terrace deposits, 3: Serikawa Pyroclastic Flow Deposit, 4: volcanic fan deposit, piedmont deposit and ash bed, 5: Hanamureyama Volcanic Rocks, 6: Uchiyama Hornblende Andesite, 7: Asono Formation, 8: Kumamureyama Rhyolite, 9: Tokiyama Andesite, 10: Imaichi Pyroclastic Flow Deposit, 11: Kakura Andesite, 12: strike and dip, 13: fault, 14: localities of macrofossils, U: Uchiyama, K: Kozuno, M: Makinoharu, I: Iwashita, A: Ageju, H: Harunaka, N: Nagano.

Fig. 3. Locality map of the Asono area.

1—6: localities of the columnar sections in Fig. 4, A—H: sampling points for the pollen analysis, P-1—P-4: localities of macrofossils, U: Uchiyama, M: Makinoharu, I: Iwashita, Ag: Ageju, Hi: Higakure, N: Nagano, K: Kozuno.

なかった。岩下の谷および高津野において、考察に十分な量の花粉粒が得られた試料は147個であった。

分析試料は一般に珪質分が多いので、すべて HF (45%) で処理した後、KOH—アセトリシス—ZnCl₂ 法 (中村, 1975) によった。検鏡は 600 倍で行い、各試料ごとに樹木花粉 (Arboreal pollen: AP) を 300 個以上同定し、AP の総数を基数として百分率を求めることにした。実際の計数に当っては、プレパラート内での偏りをなくするため、プレパラート全域の花粉末を計数するようにした。2, 3 の試料については花粉化石の量が少なく、

150~200 個に留まったが、一般には 300~1500 粒を計数している。

花粉粒径の頻度分布について

光学顕微鏡下での花粉化石の同定は、一般に属のレベルまでが限度である。しかし、現生の花粉末形態、粒径モードなどにより種レベルの識別を可能にしようとの試みがある (UENO, 1957; 内山, 1980)。特に花粉粒径のモードによる識別の可能性が示され、しばしば化石花粉にも適用されてきた (田井, 1963, 1966; 大西, 1965)。

筆者らは、阿蘇野層より産出する花粉化石のうち、

Fig. 5. Histograms of the grain size of pollens.

Fagus について粒径を検討した。また得られる個体数は少ないが、*Ulmus* and/or *Zelkova* と *Alnus* についても測定した。検討した試料は、岩下の谷の柱状図に示す厚さ約 2.5m 間の、D-17、-19、-21、-25 および -29 の 5 試料である (Fig. 4)。この 5 試料は同時に処理され、同じ条件下で取扱われた。すなわち、KOH およびアセトリシス処理では、試料を入れた 5 本の 15 cc 遠沈管を同じ湯煎器に入れ、それぞれ 10 分および 12 分間加熱した。プレパラート作成は 5 試料とも同時に行い、計数作業には 2 日を要した。それぞれの試料につき、1 枚のプレパラート中に含まれるすべての *Fagus*, *Ulmus* and/or *Zelkova* および *Alnus* の花粉粒を計測した。ただし、花粉粒が著しく変形しているものは計測から除いた。*Fagus* 花粉の粒形は、現生 *Fagus* 花粉の資料(内山,

1980)に基づき、ほぼ球形とみなし得ることから、直交する任意の 2 方向の直径を測定し、その平均を求めた。また、*Ulmus* and/or *Zelkova*, *Alnus* については、極観面で任意の 2 方向の直径を測り、その平均を求めた。これらの結果を Fig. 5 に示す。

Fagus については D-17 で 32μ 、D-19 で $43\sim 47\mu$ 、D-21 で $47\sim 50\mu$ 、D-25 で 29μ 付近に、また D-29 では $34\sim 37\mu$ にそれぞれ最頻値がある。このヒストグラムをみる限り、約 30μ と約 47μ にそれぞれ最頻値をもつ 2 種類の *Fagus* が存在しているように見える。これらはその最頻値の数値のみをあてはめれば、幾瀬 (1956) の示す現生イヌブナおよびブナの粒径にほぼ対応する大きさである。しかし、それぞれのプレパラート中の *Ulmus* and/or *Zelkova* と *Alnus* の粒径変化は、D-

Fig. 4. Columnar sections and sampling horizons for the pollen analysis and macrofossils of plants. A : Serikawa Pyroclastic Flow Deposit, B : volcanic fan deposit, piedmont and ash bed, C : Hanamure Volcanic Rocks, D : Uchiyama Hornblende Andesite, E—L : Asono Formation (E; alternation of tuffaceous sand and silt, F; sand bed, G; sandy gravel bed, H; diatomite, I; pumice bed, J; ash bed, K; "Shiromaru band", L; slump bed), M : Kakura Andesite, N : macrofossils of plants, O : sampling horizon for the pollen analysis. The locations of the columnar sections are shown in Fig. 3.

Locality	Sample number	Pinus (Diploxylon)																										Pinus (Haploxylon)	Abies	Picea	Tsuga	Taxodiaceae	Podocarpus	Larix-Pseudotsuga	Castanea	Cyclobalanopsis	Lepidobalanus	Fagus	Carpinus	Betula	Pterocarya	Juglans	Tilia	Ulmus-Zelkova	Alnus	Celtis	Corylus	Elaeagnus	Acer	Ericaceae	Vitis	other AP	total AP
I W A S H I T A	G -25	90	3	0	1	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265																				
	23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330																				
	21	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	677																					
	19	180	1	10	2	14	3	5	0	30	0	17	33	51	0	0	0	2	1	31	88	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	469																				
	17	195	9	11	3	6	5	3	18	14	0	0	0	5	8	0	0	0	0	8	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	294																					
	14	91	5	5	1	3	3	0	7	17	0	1	13	21	1	1	0	1	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178																				
	12	261	8	24	10	19	6	3	3	12	0	4	23	22	1	1	8	0	9	16	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	435																				
	9	152	5	17	11	14	13	1	6	20	4	17	81	19	0	3	5	1	73	12	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	459																				
	7	116	10	18	4	13	25	1	5	18	5	43	29	27	0	2	0	0	1	30	19	0	0	0	0	0	0	0	1	1	369																						
	5	53	2	6	1	11	10	1	3	14	0	17	26	26	1	5	5	0	24	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208																				
4	31	0	12	8	6	13	1	1	16	2	15	25	17	3	1	3	0	32	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198																					
1	52	4	7	10	2	2	2	0	13	1	6	15	13	0	2	4	1	10	11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	158																				
I W A S H I T A	F -35	100	15	14	15	25	44	2	6	26	0	6	9	32	1	0	2	0	9	23	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	333																				
	33	123	15	93	5	160	29	2	124	34	6	40	121	59	4	2	1	0	86	9	5	3	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	925																				
	31	58	7	19	0	35	8	5	21	14	1	5	24	24	1	0	1	1	41	8	4	0	2	0	0	0	0	0	2	281																							
	29	99	3	27	4	75	13	8	23	17	2	2	19	21	1	1	1	0	64	22	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	405																					
	27	104	15	39	1	50	13	11	12	17	2	8	22	15	1	1	1	0	28	17	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	360																					
	26	124	4	25	19	32	22	11	9	30	7	28	154	23	0	1	0	1	88	26	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	609																					
	25	252	8	15	5	31	20	8	11	103	25	76	319	84	1	4	5	18	274	73	13	0	1	0	0	0	1	2	1349																								
	24	170	8	13	2	18	7	13	8	48	7	12	135	35	0	0	1	2	61	17	6	0	3	0	0	0	1	4	571																								
	21	11	2	3	0	5	2	1	0	78	14	4	137	55	0	0	1	2	111	21	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	456																					
	19	40	7	8	0	10	19	5	1	54	9	16	112	39	2	2	2	0	86	16	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	438																				
I W A S H I T A	17	38	4	11	0	11	22	5	2	83	5	18	94	32	0	1	4	0	96	13	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	447																				
	16	34	9	4	0	24	10	5	70	16	45	185	36	2	2	2	0	176	32	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	671																				
	13	59	8	5	2	11	7	7	4	125	21	22	258	73	0	3	1	1	292	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	926																				
	12	31	0	32	3	5	2	4	3	77	39	65	286	49	0	3	2	0	229	21	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	854																				
	11	26	5	25	0	8	3	8	0	39	27	27	233	47	1	1	2	0	261	14	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	731																				
	9	25	6	28	2	3	4	5	1	51	17	21	169	32	0	2	2	0	189	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	566																				
	7	29	2	6	0	1	3	4	1	79	41	66	311	71	0	6	0	0	396	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1033																				
	5	33	1	0	2	0	0	4	1	36	19	28	228	44	0	7	6	2	117	18	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	549																				
	3	67	5	0	0	1	1	12	0	116	26	34	254	126	1	5	6	4	263	56	3	0	3	2	0	0	0	0	0	2	987																						
	1	68	3	7	8	4	0	5	0	68	30	22	211	102	0	9	7	1	129	60	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	741																				
I W A S H I T A	E -28	25	10	3	4	2	0	2	0	63	25	6	154	67	5	7	14	1	78	184	10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	615																			
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	80	102	87	181	61	1	5	5	0	62	95	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	689																			
	25	33	10	17	13	9	4	2	0	85	35	15	138	46	4	3	3	1	68	77	4	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	571																				
	24	5	4	24	10	3	3	1	0	88	11	8	49	47	3	7	3	1	92	79	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	445																				
	23	7	3	13	11	2	8	0	1	62	11	2	54	42	4	5	0	4	78	101	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	414																				
	21	8	4	14	8	6	12	0	3	56	5	8	61	47	4	0	0	0	60	110	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	414																				
	19	7	3	104	52	8	8	0	0	19	3	2	6	29	1	0	0	0	33	48	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	324																				
	17	22	13	150	145	25	3	0	2	19	2	1	7	30	4	1	0	0	20	36	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	484																				
	15	3	11	42	27	43	22	3	0	27	7	8	78	73	6	2	1	0	94	132	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	587																					
	13	12	7	51	38	86	10	3	6	67	10	20	71	70	24	4	0	1	162	161	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	814																					
I W A S H I T A	11	3	3	64	69	40	7	2	1	38	0	11	57	25	4	1	0	1	34	47	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	412																			
	9	31	11	81	57	78	14	1	6	39	10	62	31	64	27	7	1	0	120	130	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	776																				
	7	39	9	46	42	72	34	2	4	29	0	28	40	44	21	7	3	3	107	83	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	635																				
	5	8	2	25	217	5	5	0	4	2	2	11	14	32	1	3	1	0	42	40	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	429																				
	4	18	4	40	412	12	15	0	5	15	0	8	20	25	1	5	1	2	71	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	715																				
	2	3	0	23	470	5	3	0	1	1	0	0	3	7	0	0	0	0	5	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	543																				
	I W A S H I T A	D -47	15	0	30	274	8	4	1	0	12	0	1	19	18	0	1	0	0	15	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	413																			
		45	62	2	14	11	30	13	5	2																																											

Table 1. Number of grains of pollen and spore.

	Gramineae	Artemisia	other Compositae	other NAP	total NAP	Monolete	Trilete	total FS
3	8	0	0	0	11	0	0	0
12	13	0	0	1	14	1	1	2
9	36	0	0	0	49	1	1	2
1	0	1	0	0	18	39	2	41
4	4	1	0	0	2	12	0	12
4	4	1	0	0	9	8	1	9
4	6	1	0	0	11	34	1	35
8	1	1	0	0	10	16	0	16
8	1	0	1	1	10	29	4	33
1	0	1	1	1	3	18	3	21
3	0	1	0	0	4	15	2	17
2	0	0	0	0	2	12	6	18
7	1	1	0	0	9	57	11	68
4	0	5	0	0	9	89	5	94
4	0	1	1	1	6	17	0	17
0	1	2	0	0	3	16	0	16
1	1	0	0	0	2	15	2	17
0	0	0	0	1	1	5	2	7
3	0	0	0	0	3	12	6	18
0	0	0	0	3	3	7	0	7
3	1	1	1	1	6	9	1	10
1	0	0	0	0	1	2	2	4
1	0	0	0	0	1	5	4	9
0	0	2	0	0	2	4	2	6
0	0	0	0	0	0	4	1	5
1	0	1	0	2	2	21	2	23
0	0	2	0	0	2	6	0	6
0	0	1	0	0	1	6	3	9
0	0	1	0	0	1	2	0	2
1	0	1	1	1	3	2	0	3
3	1	0	0	0	4	3	0	3
17	0	1	1	1	19	17	3	20
17	2	2	1	0	22	13	1	14
10	19	1	0	0	30	28	2	30
12	3	3	0	0	18	41	4	45
7	2	0	0	0	9	28	3	31
4	2	1	0	0	7	19	1	20
2	1	2	0	0	5	37	8	45
0	0	0	0	0	0	9	0	9
1	1	0	0	0	1	20	2	22
2	1	0	0	0	3	14	1	15
7	0	4	1	1	12	57	6	63
6	0	5	0	0	11	69	3	72
6	0	1	0	0	7	43	0	43
4	0	2	1	7	7	28	3	31
3	0	0	0	0	3	5	0	5
3	4	0	0	0	7	19	0	19
0	1	0	0	0	1	2	0	2
1	0	1	0	0	2	5	0	5
3	2	2	0	0	7	12	0	12
1	0	0	0	0	1	2	0	2
3	0	0	0	0	3	20	0	20
0	1	0	0	0	1	11	0	11
3	1	0	1	5	4	0	4	4
2	0	0	0	2	11	0	11	11
4	0	0	1	5	14	1	15	15
3	0	0	0	3	19	0	19	19
0	0	0	0	0	0	11	0	11
2	1	1	3	0	18	0	18	18
1	0	0	0	1	15	0	15	15
2	0	0	0	2	5	0	5	5
19	1	1	0	0	20	2	0	2
32	11	0	0	0	43	3	1	4
15	1	0	0	0	16	2	0	2
10	10	1	0	0	21	5	1	6
6	8	0	0	0	14	10	1	11
8	3	1	0	0	13	10	0	10
13	2	1	0	0	16	14	1	15
21	6	6	0	0	33	19	3	22
13	0	0	0	0	13	5	0	5
20	9	0	0	0	29	11	0	11
2	2	0	0	0	4	7	0	7
5	0	0	0	0	5	5	1	6
9	2	0	0	0	11	9	0	9
17	28	0	4	4	49	36	4	40
11	24	0	5	40	106	13	119	119
9	3	1	0	0	13	10	2	12
5	18	0	7	30	24	4	28	28
2	8	2	2	14	10	1	11	11
2	5	1	2	10	54	10	64	64
6	9	0	3	18	12	1	13	13
7	5	1	2	15	8	4	12	12
12	2	0	0	0	14	6	1	7
23	0	0	0	0	23	7	1	8
23	2	1	0	0	26	7	1	8
8	0	1	0	9	9	0	9	9
21	0	1	1	23	10	0	10	10
8	0	1	1	10	8	1	9	9

17~D-29 で *Fagus* と同様の傾向を示している。すなわち, *Ulmus* and/or *Zelkova* では下位より, ほぼ 31μ , $37\sim 42\mu$, 42μ , 26μ および 43μ に最頻値があり, また, *Alnus* では同じく 19μ , $27\sim 29\mu$, 32μ , 20μ および 32μ に最頻値がみられる。その他の属の花粉については実際の計測を行ってはいないが, これらも同様の傾向を示すようにみえる。すなわち, D-19, D-21 および D-29 のプレパラートでは, その中に含まれる花粉の粒径が大きくなっているとみられるのである。

内山(1980)は宮城県栗駒山世界地谷の湿原柱状試料について花粉分析を行った。その結果, 火山灰層を挟在する泥炭から得た9つの試料のうち, 火山灰から泥炭に推移する部分で, ブナ属花粉が他の層準のそれとは極端に離れた粒径頻度を示し, ブナ属以外の花粉粒も一様に膨潤していることを発見した。この膨潤の原因について内山(1980)は, 火山灰が不透水層となり, 泥炭への移行部分のみが花粉粒を膨潤させる堆積環境にあったものと推察している。

また, 佐藤(1965)は北海道道北地方にある3地点の, 同層準(上部中新統)の亜炭層から得られた *Alnus* 花粉の大きさを検討した。そして, その大きさには地域ごとに差が認められ, 「堆積後二次的に変化したものと見做しうるのではないかと述べている。

阿蘇野層の D-17~D-29 層準には数枚の薄い火山灰層が挟在する(Fig. 4)が, 花粉粒の膨潤する層準との関係は必ずしも明確ではない。しかし, 上記の指摘は, 化石花粉の大きさが堆積後の外的影響によっても変化し得ることを示唆しており, 阿蘇野層中のブナ属花粉の場合も, 大きさの違いをもってただちに2種と判定することはできない。ちなみに, D-17~D-29 層準にほぼ一致する大型植物化石産出層準(P-2)から得られるブナ化石(葉片, 種子および殻斗)は *Fagus crenata* BLUME に同定される。したがって, 今回は粒径モードによる識別を行わなかった。

結 果

花粉分析結果を Table 1, Fig. 6 および Fig. 7 に示す。

岩下の谷: 針葉樹については, *Pinus* (*Diploxylon* type) が本層の下半部(D-1 から F-21)で数%~20% 程度出現し, 上半部(F-24 から G-25)では急増して 25~60% に達する。*Pinus* (*Haploxylon* type)は一般にきわめて低率である。*Abies* は数~10% 程度の産出を示すが, D-47~E-19 では次第に高率になり, E-19 で最大 35% に達する。*Picea* も一般にきわめて低率であるが, D-47

Fig. 6. Pollen diagram (1).

1 : piedmont deposit, 2 : Uchiyama Hb Andesite, 3 : tuff, 4 : tuffaceous sandstone, 5 : diatomite,
6 : layer of tuffaceous sandstone, tuff and lapilli tuff, 7 : "Shiromaru band", 8 : slump bed.

Fig. 7. Pollen diagram (2). For key to lithologic symbols see Fig. 6.

～E-19 では良く産出し、E-2 では最大の 70% にも達する。Tsuga と Taxodiaceae とは良く似た出現を示し、全体的に 20% 以下の出現率に留まっている。Podocarpus と Larix and/or Pseudotsuga とは共通した出現を示し、一般に低率である。しかし、F-33 では Larix and/or Pseudotsuga が 10% を越えて産出している。

広葉樹では、Fagus, Ulmus and/or Zelkova, Alnus の出現に顕著な特徴がみとめられる。すなわち、Fagus と Ulmus and/or Zelkova とは一部(D-47～E-5, E-17～E-19, G-12～G-21 など)を除いて、10～50% と高率に出現する。これと同様の傾向を示すのは Castanea と Carpinus であるが、出現率は数～20% で前二者に比べて低い。一方、Alnus は一般に 10% 以下のことが多いが、E-7～E-28 では 15～30%, G-21～G-25 では 30～60% に達する。Lepidobalanus は 10% 程度の産出であり、D-47 より上位の層準では Fagus の増減に対応している。

草本では Gramineae が普遍的に産出するが、きわめて低率である。最上部付近では Artemisia がやや増加する。単条型孢子は阿蘇野層の全体を通じて産出し、E-13 および F-35 で 10 数%の出現を示す。

高津野の珪藻土採掘所：Fig. 7 に示すように、A-1 から C-3 までは比較的よく花粉化石を包含するが、これより上位からはほとんど産出ししない。したがって、ここでは高津野における柱状図の下半部について述べる。

針葉樹では、Pinus (Diploxylon type) は下部でやや少ないものの、全般に安定して出現し、Abies, Picea, Tsuga, Taxodiaceae など下部ではよく出現するが、上部では産出が少ない。B-9～B-21 間では Picea が顕著に産出し、最高 60% に達する。

広葉樹では、Fagus, Carpinus, Ulmus and/or Zelkova および Alnus が顕著な出現を示す。このうち Fagus と Carpinus は B-9, B-11 で著しく減少し特徴がある。そのほか、Betula は下部でややよく出現し、Castanea, Cyclobalanopsis および Lepidobalanus は上部でやや安定して出現する。

草本花粉および孢子では、Gramineae および単条型孢子がそれぞれやや安定して産出する。Artemisia および上記単条型孢子は特に B-1～B-19 でやや顕著な出現が認められる。

花粉分帯および考察

阿蘇野層は花粉組成に基づき、下位から上位へ次の 6

つに分帯される。すなわち、

Zone I...*Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone

Zone II...*Picea* zone

Zone III...*Abies-Picea-Alnus* zone

Zone IV...*Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone

Zone V...*Pinus-Abies-Tsuga* zone

Zone VI...*Alnus* zone

である。

Zone I *Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone (岩下の谷 ; D-1~D-45, 高津野 ; A-1~B-1)

針葉樹では *Tsuga* と *Taxodiaceae* が比較的安定して出現することで特徴づけられる。高津野では *Taxodiaceae* が 30% に達することもあるが、一般には 5~15% である。これに伴って *Pinus* (*Diploxylon* type) および *Abies* が 2~4% を示す。*Pinus* (*Haploxylon* type) および *Picea* は低率であるが、高津野ではややよく認められる。また、*Podocarpus* および *Larix* and/or *Pseudotsuga* はごくわずかに出現する。

広葉樹では、*Fagus* は 20~40% でやや高率に出現し、*Ulmus* and/or *Zelkova* (20% 前後)、*Carpinus* (15% 前後) および *Alnus* (5~10%) などが安定して出現する。その他 *Castanea*, *Lepidobalanus* および *Celtis* が伴うが、5% 以下である。*Betula*, *Pterocarya*, *Tilia* などの落葉広葉樹はわずかな出現に留まる。*Cyclobalanopsis* は 2% 以下できわめて少ないが、ほぼ一様に産出する。

Zone II *Picea* zone (岩下の谷 ; D-47~E-5, 高津野 ; B-9~B-15)

本帯は *Picea* の極端な出現 (ほぼ 60% 以上) によって特徴づけられ、最も高率な出現は 86% にも及ぶ。その他の針葉樹では、*Pinus* および *Abies* は Zone I とほとんど変化ないが、*Tsuga* および *Taxodiaceae* は一般に 3% 以下できわめて低率である。

広葉樹では *Fagus*, *Carpinus*, *Castanea* は Zone I に比べて著しく減少し、*Ulmus* and/or *Zelkova* および *Alnus* は Zone I よりやや少ないか、または、ほぼ同程度の出現を示す。

Zone III *Abies-Picea-Alnus* zone (岩下の谷 ; E-7~E-19, 高津野 ; B-17~B-21)

Picea が極端に減少するところをもって Zone II との境界とする。岩下の谷におけるこの帯では、*Abies* が次第に増加し、32% に達する。*Picea* は 6% にまで減少した後、時に 15~30% 程度まで出現するが、一般には数% である。*Tsuga* は数~15% の産出を示し、*Taxodiaceae*, *Pinus* (*Diploxylon* type), *Pinus* (*Haploxylon* type)

は 10% 以下の出現に留まる。

広葉樹では *Fagus*, *Carpinus* が 15% 程度まで産出するようになり、*Ulmus* and/or *Zelkova*, *Alnus* は 15~30% とやや高率である。*Castanea*, *Lepidobalanus*, *Betula* は 10% 以下に留まっている。

Zone IV *Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone (岩下の谷 ; E-21~F-21, 高津野 ; B-25~C-23)

Picea および *Abies* が急に減少するところから Zone IV とする。これらは 5% 以下となり、きわめて低率である。*Tsuga*, *Taxodiaceae*, *Podocarpus* および *Larix* and/or *Pseudotsuga* は、一層低い出現に留まる。ただし、岩下の谷ではこの帯の上部で、*Tsuga* と *Taxodiaceae* とは 2~4% 程度の出現を示す。*Pinus* (*Diploxylon* type) は前帯に比較してやや増加し、*Pinus* (*Haploxylon* type) は引き続ききわめて低率のままである。

広葉樹では *Fagus*, *Ulmus* and/or *Zelkova* が高率に出現しており (15~45%), *Carpinus*, *Castanea* は 10~20% の安定した産出を示す。*Lepidobalanus* は 3~7%, *Cyclobalanopsis* は数% の産出を示すが、時に 10 数% に達し、上記 Zone I~III に比べてやや高率になっている。*Alnus* は Zone II から次第に増加し、この帯の最下部付近でピークに達し (約 35%), その後は次第に減少して、上半部は 5% 以下になる。

Zone V *Pinus-Abies-Tsuga* zone (岩下の谷 ; F-24~G-19)

Pinus (*Diploxylon* type) が 30% に達し、急な増加を示す部分から本帯とする。*Pinus* (*Diploxylon* type) は 67% に達することもあり、全体的に高率に出現する。*Abies*, *Tsuga* および *Taxodiaceae* は一般に数~18% とややよく出現するのに対し、*Picea* および *Pinus* (*Haploxylon* type) は数% の出現にすぎないが、下位の Zone IV に比べてやや多い傾向がみられる。*Larix* and/or *Pseudotsuga* は下部でやや多く産出して特徴があるが、上部では低率である。

広葉樹では、*Fagus* は本帯の下部で 25% 程度の産出を示すが、一般には 15% 以下でやや低率である。*Ulmus* and/or *Zelkova* はやや不規則な産出を示す。*Castanea* および *Carpinus* は 8~10% ではあるが安定して出現する。*Lepidobalanus* は下部から中部にかけて認められるが、上部では出現しない。*Alnus* は 5% 前後で低いながらも安定した出現を示す。

Zone VI *Alnus* zone (岩下の谷 ; G-21~G-25)

Pinus (*Diploxylon* type) は極端に減少し、*Alnus* が 50% 以上を占めているところから本帯とする。ただし、

最上部(G-25)では, *Pinus*(*Diploxylon* type)が 32% に達して Zone V に似るが, *Alnus* は 35% で産出が多く, 本帯に属する. *Pinus* 以外の針葉樹では, *Picea* が最上部に数%認められるほかはほとんど産出しない.

広葉樹では *Fagus*, *Lepidobalanus* はほとんど認められず, *Alnus* 以外では, *Carpinus*, *Ulmus* and/or *Zelkova* がそれぞれ 10~20% とややよく産出し, *Castanea* が 5% 以下でこれらに伴う. 草本では *Artemisia* が 2~4% で安定した出現を示し特徴がある.

以上, 各帯の花粉組成とその特徴を記したが, これらから推察される各帯の植生について述べる.

Zone I では安定したブナ林が推定され, *Fagus* のほか *Carpinus*, *Ulmus* and/or *Zelkova* などの落葉広葉樹に, *Tsuga*, *Taxodiaceae* を伴う温帯林の植生である. Zone II では *Fagus* および他の温帯ないし暖温帯要素が急速に減少し, これにかわって, *Picea* が高率に, しかも安定して出現することから, *Picea* を主とし, *Abies* を混える針葉樹林が形成されたと考えられる. 広葉樹では, *Ulmus* and/or *Zelkova* と *Alnus* は多いが, 他は著しく少ない. したがって, この *Picea* 林は温帯上部~亜寒帯域に分布したものと推定される. なお *Alnus* は局所的な植生を示すものであろう. このように Zone I から Zone II にかけては, 温帯下部から温帯上部~亜寒帯気候に変化し, 明らかな気温低下が推察される.

Zone III では前帯に比べて *Picea* が減少するものの, *Picea* と *Abies* とは互いに相応して出現し, また, *Tsuga* が比較的安定して出現することから, 温帯上部の針葉樹林は退き, むしろ *Tsuga* を伴った温帯針葉樹林相になっていったと考えられる. これに伴って, *Fagus*, *Castanea*, *Carpinus*, *Ulmus* and/or *Zelkova* などの落葉広葉樹も次第に増加した様相が推察される. すなわち, Zone II の亜寒帯気候は弱まり, 温帯気候へと推移する途上の植生が考えられる. *Alnus* は本来, 木本であるものの, 他の高木に対して下草の要素を示し, 局地的な植生を反映する場合もあるが, 相対的に寒い環境から暖かい環境への移行期に, 特徴的に出現率を増すことが知られている.

Zone IV に入ると, *Fagus*, *Carpinus*, *Ulmus* and/or *Zelkova* は安定して出現し, Zone I ときわめて良く似た産出を示す. また *Castanea* も比較的安定していることより, ブナ林が回復して安定した温帯落葉広葉樹林の様相を呈している. すなわち, Zone I とほぼ同様の林相にまで回復し, 気候も同様の状態であったと考えら

れる.

Zone V は前述したように, *Pinus*(*Diploxylon* type)の増加によって特徴づけられる. 温帯落葉広葉樹林の要素は *Fagus* が減少する以外には大きな変化はない. 針葉樹ではこの帯の下部で, *Abies*, *Tsuga* がやや顕著に出現していることにより, その植生は, *Abies*, *Tsuga* を主とした針葉樹林に, 落葉広葉樹をいくらか混在する針・広葉樹混交林が推察され, 下部に限ってみると, 暖温帯(温帯下部)の要素が強い. 本帯に属する試料の花粉プレパラート中には, 火山ガラスや鉱物の量が著しく多い. また, この Zone V は内山角閃石安山岩の活動が活発であった層準であることから, 当時, 火山灰の多量な降下で, それまで安定していたブナ林は衰退したと考えられる. そして, その荒廃した地域には, 一般に植生が何らかの原因で破壊された後にまず侵入する *Pinus*(*Diploxylon* type)が優占していたと推察される.

Zone VI では火山活動はますます活発で, 土地の荒廃は明瞭な森林の形成をゆるさず, ここでは主に *Alnus* が繁茂していたと考えられる. 火山灰降下による土地の荒廃に伴って *Alnus* 花粉が特異的に高率化する現象は, 辻ほか(1984)によっても指摘されている.

なお, Fig. 8 は阿蘇野層堆積時の植生の変化を最もよく表わすとみられる *Fagus*, *Picea* および *Pinus* 花粉の産出状態を示したものである.

大型植物化石

阿蘇野層からはしばしば大型植物化石が産出する. このうち岩下南東方の阿蘇野川右岸(Fig. 3 の⑤)の1地点と岩下の谷(同, ④)の3地点から, 保存良好またはやや良好な大型植物化石が多産する. 各地点の層序的位置を Fig. 4 に示し, それぞれの構成種と産出数を Table 2 に示す. 以下に各産地の特徴を記す.

P-1: 阿蘇野川と鍋谷川との合流点付近の右岸で河床より約 5m 上位. 岩相—葉理の発達する部分を挟むが, 一般には層理のやや発達した白色の珪藻土である. この珪藻土はこれより下位の部分では, 阿蘇野層堆積盆地縁辺部の粗粒岩相(やや淘汰不良の砂礫層)と指交する. 化石—大型植物化石はすべて印象化石である. 産出個数は比較的多いが, 保存状態はあまり良くない. 主な構成種は *Fagus crenata* BLUME, *Quercus* cf. *glauca* THUNB., *Quercus* cf. *gilva* BLUME, *Zelkova serrata* (THUNB.) MAKINO であり, *Wistaria* cf. *floribunda* (WILLD.) DC., *Acer mono* MAXIM. などに伴い, *Quercus serrata* MARRAY, *Corylus heterophylla* FISCHER, *Betulaceae* indet. などの落葉樹

Fig. 8. Frequency diagram of the pollen of some genera.

Table 2. List of the Asono species.

Species	Number of specimens			
	P-1	P-2	P-3	P-4
<i>Taxus cuspidata</i> Sieb. et Zucc. (leaves)			15	
(shoots)			2	
<i>Abies firma</i> Sieb. et Zucc. (leaves)		1	11	
(scale)		1		
<i>Pinus</i> sp. A (leaves in 5s)			5	
B (leaves in 3s)				4
C (leaves in 2s)			1	8
<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Sieb. et Zucc.) Endlicher (shoots)		1	11	
<i>Sciadopitys verticillate</i> (Thunb.) Sieb. et Zucc. (leaves)				3
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim. (leaves)			15	9
<i>Cyclocarya paliurus</i> (Batal.) Iljinskaja (leaflet)		1		
(fruit)		1		
<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim. (leaves)			74	98
(bracts)		1	18	27
<i>Carpinus cordata</i> Blume (bracts)				2
<i>Ostrya japonica</i> Sarg. (leaves)			1	6
<i>Corylus heterophylla</i> Fischer (leaves)	2			
<i>Betula ovalifolia</i> Rupr. (seed)			1	
<i>Betula glossa</i> Sieb. et Zucc. (leaves)			14	
(seeds)			6	5
<i>Betulaceae</i> indet. (leaves)	3	4	29	
<i>Alnus hirsuta</i> Turcz. (leaf)			1	
<i>Alnus</i> sp. (leaf)				1
<i>Fagus crenata</i> Blume (leaves)	154	116	136	556
(bracts)		1		2
(seeds)		1		1
<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc. (leaves)			3	
(seed)		1		
<i>Quercus myrsinaefolia</i> Blume (leaves)		22	72	
<i>Quercus</i> cf. <i>glauca</i> Thunb. (leaves)	91			1
<i>Quercus</i> cf. <i>gilva</i> Blume (leaves)	11			
<i>Quercus serrata</i> Marray (leaves)	4	3	42	119
<i>Quercus mongolica</i> Fischer ex Turcz. (leaves)				13
<i>Quercus acutissima</i> Garruthers (leaves)			7	
<i>Quercus</i> sp. A (leaves)			7	
B (cup)	1			
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> (Rehder) Nakai (leaves)		6	10	30
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino (leaves)	69	19	143	133
<i>Celtis jessoensis</i> Koidzumi (leaves)				5
<i>Celtis sinensis</i> Persoon (leaves)			3	1
<i>Persea japonica</i> (Sieb. et Zucc.) Kosterm. (leaves)	4			
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume (leaves)				4
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc. (leaf)			1	
<i>Stewartia monadelphica</i> Sieb. et Zucc. (leaves)		1	1	1
<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Presl (leaves)	3			
<i>Hydrangea</i> sp. (petals)	1			
<i>Spiraea nervosa</i> Fr. et Sav. (leaves)				3
<i>Rosa</i> sp. (leaf)				1
<i>Prunus pendula</i> Maxim. (leaves)				2
<i>Gleditsia japonica</i> Miq. (leaflets)			2	11
<i>Wistaria</i> cf. <i>floribunda</i> (Willd.) DC. (leaflets)	48	21	95	48
<i>Lespedeza</i> sp. (leaflets)			2	
<i>Acer rufinerve</i> Sieb. et Zucc. (leaf)			1	
<i>Acer mono</i> Maxim. (leaves)	12	2	82	104
(samaras)	2		16	17
<i>Acer palmatum</i> Thunb. (samara)	1			
<i>Acer shirasawanum</i> Koidzumi (leaves)				3
<i>Acer oliverianum</i> Pax (leaves)				2
<i>Tilia japonica</i> (Miq.) Simonkai (leaves)			1	92
(bract)				1
<i>Kalopanax pictus</i> Thunb.) Nakai (leaves)		1	15	11
<i>Menziesia</i> sp. (leaves)				2
<i>Pieris japonica</i> (Thunb.) D. Don (leaf)				1
<i>Enkianthus cernuus</i> (Sieb. et Zucc.) Makino (leaves)				4
<i>Styrax obassia</i> Sieb. et Zucc. (leaves)			3	
<i>Weigela</i> sp. (leaf)			1	
Total specimens (56 species)	407	202	849	1331

と *Persea japonica* (SIEB. et ZUCC.) KOSTERM., *Cinnamomum camphora* (L.) PRESL などの常緑樹を含む。針葉樹種の産出はきわめて少ない。

P-2: 岩下の谷で県道から約 10m 上の小沢の崖。岩相—厚さ 5~10 cm の火山礫~火山灰層をはさむ層理の明瞭な珪藻土。化石—*Fagus crenata* が多産し、産出する個体の半数以上を占める (58.4%)。次いで *Quercus myrsinaefolia*, *Wistaria* cf. *floribunda*, *Zelkova serrata* が 10% 前後産出する。また、*Betulaceae* indet., *Quercus serrata*, *Ulmus* sp., *Acer mono* などが伴って産出する。*Cyclocarya paliurus* (BATAL.) ILJINSKAJA の小葉と果実, *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC. の果実および *Abies firma* SIEB. et ZUCC. の苞鱗片と種子鱗片を各 1 個ずつ産出した (Fig. 9)。

P-3: 岩下の谷で町道より約 8 m 上位。P-2 より約 45 m 上位にあたる (Fig. 4)。岩相—火山灰薄層を挟む珪藻土。層理は明瞭である。化石—*Zelkova serrata* が 16.8%, *Fagus crenata* が 16.0% で多産し、次いで *Acer mono*, *Wistaria* cf. *floribunda*, *Carpinus tschonoskii* MAXIM. が 10% 以上産出する。常緑の *Quercus myrsinaefolia* や落葉の *Quercus serrata*, *Betula grossa* SIEB. et ZUCC. および他の *Betulaceae* indet. などが伴うほか、*Kalopanax pictus* (THUNB.) D. DON, *Juglans mandshurica* MAXIM., *Castanea crenata*, *Quercus acutissima* GARRUTHERS, *Quercus* cf. *glauca*, *Quercus* cf. *gilva*, *Celtis* sp., *Gleditsia japonica* MIQ., *Lespedeza* sp., *Styrax obassia* SIEB. et ZUCC. など少量ではあるが産出する。針葉樹では *Taxus cuspidata* SIEB. et ZUCC., *Abies firma*, *Chamaecyparis obtusa* (SIEB. et ZUCC.) EN-DICHER がやや多産し、*Pinus* sp. (五葉および二葉) も認められる。

P-4: 岩下の谷で町道より約 30m 上位。P-3 層準との間には厚さ 15 m 程度のスランプ層がある。岩相—P-2, P-3 地点と同様に珪藻土。化石—*Fagus crenata* が多産し (41.8%), *Carpinus tschonoskii*, *Zelkova serrata*, *Acer mono*, *Quercus serrata*, *Tilia japonica* (MIQ.) SIMONKAI などの落葉樹がそれぞれ 12~7% 程度産出する。これらに伴うものとして *Wistaria* cf. *floribunda*, *Ulmus* sp., *Gleditsia japonica*, *Kalopanax pictus*, *Juglans mandshurica* などがあげられる。針葉樹では *Pinus* sp. (二葉) および *Sciadopitys verticillata* (THUNB.) SIEB. et ZUCC. が認められる。

大型植物化石の産出状況からみると、阿蘇野層堆積時の植生は、一般に落葉広葉樹林であり、特に *Fagus cr-*

Fig. 9. Some macrofossils from the Asono Formation.

1: *Abies firma* SIEB. et ZUCC. (cone scale), P-2, (PN20002), 2: *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC. (seed), P-2, (PN20129), 3: *Cyclocarya paliurus* (BATAL.) ILJINSKAJA (fruit), P-2, (PN20005), 4: Ditto (leaflet), P-2, (PN20004), 5: *Fagus crenata* BLUME (leaf), P-4, (PN40164), 6: Ditto (leaf), P-4, (PN40165), 7: Ditto (bract), P-4, (PN40720), 8: Ditto (seed), P-4, (PN40722). All figures are natural in size.

enata, *Zelkova serrata*, *Acer mono*, *Wistaria* cf. *floribunda* などを主としているが、時に常緑のカシ類 (*Quercus myrsinaefolia*, *Quercus* cf. *glauca*, *Quercus* cf. *gilva*) を混えており、現在の温帯下部の広葉樹林の様相を呈していた

Table 3. Comparison between pollen assemblages and macrofossils.

Pollen	Macrofossil
VI <i>Alnus</i> Zone	P-4 <i>Fagus crenata</i> <i>Zelkova serrata</i> <i>Carpinus tschonoskii</i> <i>Quercus serrata</i> <i>Tilia japonica</i>
V <i>Pinus</i> - <i>Abies</i> - <i>Tsuga</i> Zone	P-3 <i>Zelkova serrata</i> <i>Fagus crenata</i> <i>Acer mono</i> <i>Wistaria cf. floribunda</i> <i>Carpinus tschonoskii</i> <i>Quercus myrsinaefolia</i>
IV <i>Fagus</i> - <i>Carpinus</i> - <i>Ulmus</i> and/or <i>Zelkova</i> Zone	
III <i>Abies</i> - <i>Picea</i> - <i>Alnus</i> Zone	
II <i>Picea</i> Zone	P-2 <i>Fagus crenata</i> <i>Quercus myrsinaefolia</i> <i>Wistaria cf. floribunda</i> <i>Zelkova serrata</i>
I <i>Fagus</i> - <i>Carpinus</i> - <i>Ulmus</i> and/or <i>Zelkova</i> Zone	P-1 <i>Fagus crenata</i> <i>Quercus cf. glauca</i> <i>Quercus cf. gilva</i> <i>Zelkova serrata</i> <i>Wistaria cf. floribunda</i>

と推測される。

阿蘇野層堆積時(更新世中期)の植生と古環境

阿蘇野層に包含される花粉および大型植物化石をもとにして、阿蘇野層堆積当時の植生と古環境の変化を推定する。なお、花粉帯と大型植物化石産出層準との対応を Table 3 に示す。

現在露出している阿蘇野層の最下部堆積時は、*Fagus crenata*, *Quercus serrata*, *Zelkova serrata* などの落葉広葉樹に *Quercus myrsinaefolia* を混え、比較的温暖な、現在の温帯～暖温帯の植生であったと推定される。

次の阿蘇野層下部では、*Fagus crenata*, *Zelkova serrata*, *Betulaceae* などの落葉広葉樹林が安定して形成されていた (Zone I)。その後、気候は寒冷化に向かい、*Picea* 花粉の優占によって示されるような、温帯上部から亜寒帯気候になったと推定される (Zone II)。この後、気候は徐々に温暖化するが、その変化は比較的ゆるやかだったため、亜寒帯から温帯への移行期の植生で、*Picea*, *Abies* を主体とし、*Fagus*, *Zelkova* などの落葉広葉樹を混えた森林が広がった (Zone III)。この移行期を過ぎる

と、再び *Fagus crenata* を主体とした温帯林が広がった (Zone IV)。

その後、内山角閃石安山岩の活動が始まり、次第に活発になったため、気候的にはあまり大きな変化はないものの、ブナ林が破壊されていった。そして、荒廃した土地にはアカマツが侵入し、やがて森林を形成するに至った (Zone V)。

これに続く阿蘇野層最上部の堆積時には、火山活動がさらに激しくなり、マツ林の破壊も大きく、下草的性質をもつ低木の *Alnus* のみが優勢となる植生となった (Zone VI)。

おわりに

中・北部九州上部新生界のうち、小論では、阿蘇野層に包含される花粉および大型植物化石の組成を明らかにし、更新世中期における植生変遷と古環境の変化を明らかにした。岩尾(1981)は阿蘇野層の大型植物化石の検討から、当時の気候は、「現在よりも温かさの指数にして、WI(warmth index): 10~15 も温暖な古気候環境を指示している」と述べた。しかし、前述したように、筆者

らの検討では、阿蘇野層堆積時の環境は、必ずしも温暖ではなく、むしろ *Fagus crenata* の多産 (Table 2) によって示されるような温帯気候を示し、しかもその中には、より寒冷的な温帯上部～亜寒帯気候も推定される。また、本地域では火山灰降下による土地の荒廃の時期もあるなど、その古環境は変化に富んだものであった。

文 献

- 林 行敏, 1959: 中部九州の非海成珪藻土について, (1. 玖珠地区). 地質雑, **65**, 519-527.
- , 1961: 中部九州の非海成珪藻土について, (2. 阿蘇野・由布院地区). 同上, **67**, 484-485.
- 幾瀬マサ, 1956: 日本植物の花粉. 303 p., 広川書店, 東京.
- 岩尾雄四郎, 1981: 北九州における後期新生界の層序学的研究, (第Ⅱ報). 佐賀大学理工学部集報, no. 9, 97-111.
- MIKI, S. and KOKAWA, S., 1962: Late Cenozoic floras of Kyushu, Japan. *Jour. Bio. Osaka City Univ.*, **13**, 65-86.
- 中村 純, 1975: 花粉分析. 232 p., 古今書院, 東京.
- 大西郁夫, 1965: 大分市における碩南・大分層群の花粉分析. 第四紀研究, **4**, 208-216.
- 小野晃司, 1963: 「久住」5万分の1地質図幅および同説明書. 106 p., 地質調査所.
- 佐藤誠司, 1965: 化石花粉の大きさについて. 第四紀研究, **4**, 135-143.
- 田井昭子, 1963: 深草・枚方地域における第四紀堆積物の花粉分析, (近畿地方の新期新生代層の研究Ⅱ). 地球科学, no. 64, 8-17.
- , 1966: 大阪市におけるボーリング(OD-1)コアの花粉分析, (その1), (近畿地方の新期新生代層の研究Ⅴ). 同上, no. 83, 25-33.
- 辻 誠一郎・南木陸彦・鈴木三男, 1984: 栃木県南部, 二宮町における立川期の植物遺体群集. 第四紀研究, **23**, 21-29.
- 内山 隆, 1980: ブナ属花粉の形態について. 花粉, no. 15, 2-10.
- UENO, J., 1957: Relationship of genus *Tsuga* from pollen morphology. *Jour. Inst. Polytechn. Osaka City Univ.*, [D], **9**, 163-178.
- WATANABE, K. and KATSUI, Y., 1976: Pseudo-pillow lavas in the Aso caldera, Kyushu, Japan. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, **71**, 44-49.

(要 旨)

長谷義隆・岩内明子, 1985: 中・北部九州後期新生代の植生と古環境—その1 阿蘇野地域—. 地質雑, **91**, 753-770. (HASE, Y. and IWAUCHI, A., 1985: Late Cenozoic vegetation and paleoenvironment of Northern and Central Kyushu, Japan—Part 1 Asono area—. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **91**, 753-770.)

筆者らは、中・北部九州後期新生代の植生と古環境を明らかにするために、湖成層を対象として研究を進めている。今回は、阿蘇野層の花粉化石と大型植物化石について検討し、堆積当時の植生変遷と古環境の変化を考察した。花粉分析結果より、阿蘇野層は、下位より *Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone, *Picea* zone, *Abies-Picea-Alnus* zone, *Fagus-Carpinus-Ulmus* and/or *Zelkova* zone, *Pinus-Abies-Tsuga* zone および *Alnus* zone の6帯に区分される。大型植物化石も検討して、阿蘇野層堆積当時の一般的植生は、ブナを主体とする落葉広葉樹に、モミ、ツガなどの針葉樹を混える温帯林であったと推定される。なお、最下部の層準には常緑樹がかなり含まれる。また、*Picea* zone では気候の寒冷化が、*Alnus* zone では火山活動による土地の荒廃が推定される。

Explanation of Plate

1. *Abies* (×600), 2. *Picea* (×600), 3. *Pinus* (*Diploxylon* type) (×400), 4a and 4b. *Pinus* (*Haploxylon* type) (×400), 5. *Tsuga* (×600), 6. *Taxodiaceae* (cf. *Cryptomeria*) (×600), 7. *Larix* and/or *Pseudotsuga* (×400), 8. *Castanea* (×600), 9. *Cyclobalanopsis* (×600), 10. *Lepidobalanus* (×600), 11. *Fagus* (×600), 12. *Betula* (×600), 13. *Carpinus* (×600), 14. *Alnus* (×600), 15. *Ulmus* and/or *Zelkova* (×600), 16. *Elaeagnus* (×600), 17. *Tilia* (×600), 18. *Juglans* (×600), 19. *Compositae* (×600), 20. *Gramineae* (×600), 21. *Artemisia* (×600), 22. *Monolete* type (×600), 23. *Trilete* type (×600).