大分県阿蘇野層 (中期更新世) の珪藻化石群集¹⁾

岩内 明子²⁾・長谷 義隆³⁾

Fossil Diatom Assemblages of the Asono Formation (Middle Pleistocene), Oita Prefecture¹⁾

Akiko IWAUCHI²⁾ and Yoshitaka HASE³⁾

The Asono Formation is a lacustrine deposit consisting of diatomaceous siltstone, tuffaceous sandstone, tuff and conglomerate. The formation abuts unconformably against volcanic basement rocks, including the Kumamureyama rhyolite that has a FT age of 0.73 ± 0.14 Ma. The upper part of the Asono Formation contains a lava flow which has a pseudo-pillow structure. This flow is called the Uchiyama hornblende andesite and its FT age is 0.34 ± 0.17 Ma. Thus the Asono Formation is inferred to deposit during the Middle Pleistocene.

The fossil diatoms from the Asono Formation are all freshwater species. Six zones have been identified, based on the predominant species.

- Zone A: *Cyclotella* zone
- Zone B: *Stephanodiscus* zone
- Zone C: *Cyclotella* zone
- Zone D: *Opephora* zone
- Zone E: *Melosira* zone
- Zone F: *Stephanodiscus* zone

The fossil diatom assemblages show the water in Lake Asono was alkaline throughout deposition of the formation. The alkalinity was higher and the eutrophy more advanced during deposition of the Zone E and F sediments than the other sediments. Pollen analysis indicates probably cooler water temperature at the time of Zones B and F than the other zones.

I. は じ め に

中部九州における後期新生代珪藻化石の研究は、西村 (1953, 1954) や林 (1959, 1961, 1962) により行われた。これらの研究では、各産地における珪藻化石群集が示され、水域の環境、堆積の時代、珪藻土としての物理的・化学的性質などが記述された。しかし、各地層ごとにその堆積期間を通じて、珪藻化石群集がどのように変化

し、それがどのような古環境の変化を反映したものか、などの議論はなされていない。

筆者らは、中・北部九州後期新生代の古環境とその変化を明らかにするために、湖成層から産出する植物化石を検討している。今回、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) の珪藻化石を検討した。なお、小野 (1963) や岩尾 (1979) の報告では、阿蘇野層の詳しい層序が明らかでなかったため、筆者らは

1) 1984 年 10 月 29 日受付。1984 年 6 月日本地質学会西日本支部例会にて一部を発表。

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

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

表 1 大分県阿蘇野盆地の層序表 (FT 年代および岩石磁気極性の試料採取地点は図 1 に示す)

時代	地 層 名	層厚 (m)	F T 年代※	岩石磁気極性
第四紀	沖積層			
	ローム層	0.5		
	段丘堆積物	5+		
	更			
	芹川火砕流堆積物	30+		
	火山扇状地礫層・山麓堆積物	20+		
	花牟礼火山岩類	600+		N(83040207) N(83032801)
	内山角閃石安山岩	50	OT-002 0.34±0.17Ma	N(83032609)
	阿蘇野層	~120+		
	熊群山流紋岩	40	OT-001 0.73±0.14Ma	N(83031202)
? 第三紀	時山安山岩	300		N(83032518) R(83032503)
	今市火砕流堆積物	30±		R(83031906)
	鹿倉安山岩	350+		N(83031803)

※ 測定者：檀原 徹

層序の再検討と基盤および挟在する火山岩類の放射年代値および岩石磁気極性を得て、阿蘇野層の時代を明らかにした (長谷・岩内, 1985)。小論では阿蘇野層の珪藻化石群集の変化から、当時の湖水域の環境変化を考察する。

小論を草するにあたり、熊本大学理学部地学教室の諸先生には、種々御討論頂いた。広島大学理学部生物学教室豊原源太郎先生には、文献の閲覧に便宜を計って頂いた。昭和化学工業阿蘇野事業所長本田正利氏には、試料の採取に御配慮を賜った。また野外調査の際には、大分県庄内町阿蘇野鶴原 愈氏御一家に御世話になった。以上の方々へ心から御礼申し上げます。

II. 地 質

1. 概 要

大分県阿蘇野地域は、九重火山黒岳の東側に位置する狭小な山間盆地であり、海拔 400~500 m を示す。本地域の地質は小野 (1963) によって報告されているが、長谷・岩内 (1985) はその層序を若干修正した (表 1)。以下に概略を述べる。

図 2 偽枕状構造を呈する内山角閃石安山岩 (露頭地点は高津野の鍋谷川左岸)

阿蘇野盆地の北壁と南壁を構成するものは、最下部の鹿倉安山岩 (普通輝石紫蘇輝石安山岩)、これを覆う今市火砕流堆積物 (輝石安山岩質)、および、これらを覆う時山安山岩 (普通輝石紫蘇輝石安山岩) である。松本 (1983) は、これらの活動を豊肥火山活動に含めている。

盆地北東部の熊群山を構成して熊群山流紋岩 (角閃石黒雲母流紋岩) が分布する。本岩は上記各火山岩類にアバットしている (図 1 の 5)。本岩は下部の軽石層と上部の溶岩とからなる。この溶岩のジルコンによるフィッシュ・トラック年代は、 $0.73 \pm 0.14 \text{ Ma}$ であり、岩石磁気極性が正帯磁を示すことから、本岩は更新世中期のはじめに活動したものと推定される (長谷・岩内, 1985)。

盆地内には阿蘇野層が分布する。本層は阿蘇野川および鍋谷川沿いで比較的良好に露出する。本層は主として珪藻土質シルト岩からなり、しばしば凝灰質砂岩や火山灰薄層を挟む。この阿蘇野層には、内山角閃石安山岩が挟在しており、高津野では偽枕状構造 (WATANABE & KATSUI, 1976) を呈する (図 2)。本岩のジルコンによるフィッシュ・トラック年代は $0.34 \pm 0.17 \text{ Ma}$ であり、岩石磁気極性は正帯磁を示す (長谷・岩内, 1985)。したがって、阿蘇野層は更新世中期の堆積物であると考

図 1 各個柱状図およびその位置図

a : 年代測定試料採取地点 b : 岩石磁気測定試料採取地点 c : ローム層 d : 砂礫層 e : 芹川火砕流堆積物 f : 火山扇状地礫層・山麓堆積物, f-1 : 火山灰層, f-2 : 軽石層, f-3 : 礫層 g : 花牟礼火山岩類 h : 内山角閃石安山岩 i : 阿蘇野層, i-1 : 火山灰質砂・シルト互層, i-2 : 砂層, i-3 : 砂礫層, i-4 : 火山灰薄層, i-5 : 軽石層, i-6 : 珪藻土質シルト岩, i-7 : 「白まるバンド」, i-8 : スランプ層 j : 熊群山流紋岩, j-1 : 溶岩, j-2 : 軽石層 k : 時山安山岩, k-1 : 溶岩, k-2 : 凝灰質礫岩, k-3 : 凝灰岩, l : 今市火砕流堆積物, l-1 : 凝灰岩, l-2 : 軽石層, l-3 : 溶結凝灰岩 m : 鹿倉安山岩, m-1 : 溶岩, m-2 : 凝灰質礫岩 U : 内山 K : 高津野 M : 牧ノ原 I : 岩下 A : 上重 H : 原中 N : 永野

えられる。

阿蘇野層の上位には、花牟礼火山岩類（普通輝石紫蘇輝石安山岩で、一部に紫蘇輝石普通角閃石安山岩を伴う）、火山扇状地礫層、山麓堆積物および芦川火砕流堆積物などが重なる。

2. 阿蘇野層

地表に露出する阿蘇野層の最下部は、岩下南東方の阿蘇野川左岸にみられる砂礫層である（図1の8）。ここでは阿蘇野層は鹿倉安山岩にアバットしている。その上位は珪藻土質シルト岩となり、凝灰質砂岩および火山灰薄層を挟む（図1の9）。これより上位は、約5mの不明部分を挟んで岩下の谷に露出する（図1の13）。すなわち、主として珪藻土質シルト岩からなり、時に厚さ約2.5mの軽石層や火山灰薄層、砂層を挟む。この岩下の谷では、露出の下限より約37m上位に、白色で直径2~4mmの球状物（火山ガラスの集合物）からなる薄層（厚さ2.5~3cm）が挟在する（「白まるバンド」と呼んでいる、長谷・岩内、1985）。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。さらに上位には厚さ約15mのスランプ層があり、またその上位10mには、厚さ5mの帯紫褐色凝灰質砂岩・シルト岩互層がみられる。

上記した阿蘇野川河岸および岩下の谷における阿蘇野層の厚さは、約120mである。

なお、高津野の珪藻土採掘所（図1の17、18）では、「白まるバンド」とその上位に厚さ4~5mの帯紫褐色凝灰質砂岩・シルト岩互層が認められ、これらを鍵層として岩下の谷に対比される。また、内山角閃石安山岩は、岩下の谷におけるスランプ層の層準に当る。

III. 珪藻化石

1. 試料および分析方法

分析に用いた試料は、高津野の珪藻土採掘所、岩下の谷および岩下南方の阿蘇野川南岸の露頭から採取された。そのうち208個を分析処理し、ほぼ80cm間隔に相当する108個について計数した（図3）。処理方法は、基本的に化石研究会（1971）によった。すなわち、にぎりこぶし大の試料から新鮮な部分1cm³程度を削り取り、過酸化水素水で処理し、粗粒なものを除いた後、プルーラックスで封入した。

2. 同定と計数

珪藻化石の観察は生物顕微鏡を使用し、倍率1,500倍で行った。同定は HUSTEDT (1927-1964, 1930, 1927-1930, 1931-1959), PATRICK and REIMER (1966, 1975),

図3 試料採取層準を示す柱状図（柱状図の番号は図1に対応する）

A : 芦川火砕流堆積物 B : 火山扇状地礫層・山麓堆積物 C : 内山角閃石安山岩 D~K : 阿蘇野層 (D : 火山灰質砂・シルト互層, E : 砂層, F : 砂礫層, G : 珪藻土質シルト岩, H : 軽石層, I : 火山灰薄層, J : 「白まるバンド」, K : スランプ層) L : 大型植物化石 M : 珪藻化石試料採取層準

図4 ラミナごとの検討

A: 各試料におけるラミナごとの変化。

B: 同層準における 1 cm³ 試料についての割合。

CZARNECKI and BLINN (1977), FOGED (1980) によった。

珪藻殻の計数にあたっては、1枚のプレパラートの任意の場所から始め、殻の数が300個を越えるまで計数して、種構成と種の割合を求めた。なお、殻の1/3以上が欠損している個体については計数から除いた。

3. ラミナごとの検討

珪藻化石を含む湖成層では、しばしばラミナが発達し、ラミナごとにその群集が異なる場合も知られている (AKUTSU, 1964)。そこで、この点についても検討した。図4に示すように、厚さ1 cm間に7~8枚のラミナが発達する層準 (G-8, H-17) と、塊状を呈する層準 (F-12) に8枚のラミナを想定して、それぞれラミナごとの珪藻化石群集の変化を調べた。またそれぞれの試料で、

検討した部分に接する同一層準の立方体 (1 cm³) を取り、その群集を求めて比較した。

その結果、本地域での優占種 *Cyclotella comta*-*Melosira granulata* var. *angustissima* 群と *Stephanodiscus astraea* の割合は、各試料ごとにそれぞれ類似し、著しい差を生じていない。また同一層準の 1 cm³ 立方体の試料との比較でも、有意の差は認められない。したがってここでは 1 cm³ を試料とした。

4. 結果

1) 珪藻化石による分帯

阿蘇野層の珪藻化石による分帯は、阿蘇野川南岸および岩下の谷から得られた試料の分析結果に基づいている (図5)。

zone A-*Cyclotella* zone: 岩下南方の阿蘇野川南岸の H-1~19, および岩下の谷の D-1~37。好アルカリ性・好止水性の *Cyclotella comta* が 75~90% を占め、非常に優勢である。*Cyclotella* sp. や真アルカリ性・好止水性の *Stephanodiscus astraea* の出現は低く、好アルカリ性で流水に対しては不定性の *Fragilaria construens* が数% の出現を示すことがある。

zone B-*Stephanodiscus* zone: 岩下の谷の D-41~E-7。真アルカリ性・好止水性の *Stephanodiscus astraea* の出現が顕著で、この zone の中部では 50% を越える。*Cyclotella comta* の出現率は zone A に比べて低く、好アルカリ・好止水性の *Melosira granulata* var. *angustissima* は、この zone の上部で数% 産出している。

zone C-*Cyclotella* zone: 岩下の谷の E-9~F-36。*Cyclotella comta* が優占し、*Stephanodiscus astraea* は 10% 程度産出する。*Melosira granulata* var. *angustissima* も数% の出現を示すが、F-28 では 30% に達する。また好アルカリ性で、流水に不定性の *Synedra ulna* および *Fragilaria construens* がそれぞれ 5% 前後出現する。このほか真アルカリ性で流水に不定性の *Cymbella affinis* および *Nitzschia* 属の出現もみられる。

zone D-*Opephora* zone: 岩下の谷の G-1~9。この zone では真アルカリ・好止水性の *Opephora martyi* が増加する。*Fragilaria construens* は zone C と同程度出現している。これに対して *Cyclotella comta* が著しく減少している。そのほかには、*Navicula* 属がわずかであるが産出する。

zone E-*Melosira* zone: 岩下の谷の G-11~18。この zone は好アルカリ・好止水性の *Melosira granulata* var. *angustissima* および *M. granulata* と、pH および流動性について不定である *Melosira italica* によって特徴づけ

図 5 岩下の谷 (図 3 の 13) および阿蘇野川南岸 (図 3 の 9) における珪藻化石ダイアグラム

図 6 高津野の珪藻土採掘所 (図 3 の 17) における珪藻化石ダイアグラム

られる。この zone の最上部では *Synedra ulna* が目立った産出を示している。*Cyclotella comta* は下位層準に比較して著しく減少し、*Cyclotella* sp. も同様の傾向である。

zone F-*Stephanodiscus* zone : 岩下の谷の G-20~25. この zone は *Stephanodiscus astraea* の著しい産出で特徴づけられる。前の zone で豊富な産出を示した *Melosira* 属はほとんど出現せず、*Cyclotella* 属も著しく少ない。

2) 高津野の珪藻土採掘所における珪藻化石群集

高津野の珪藻土採掘所における珪藻化石分析結果を図 6 に示す。前述したように、本地域に分布する阿蘇野層は、岩相上から、岩下の谷の一部に対比され (図 1, 3), 化石分帯では zone B と C に相当する。珪藻土採掘所における zone B は *Cyclotella comta* が優勢であり、*Stephanodiscus astraea* もよく出現する。また zone C では *Cyclotella* 属のほか、*Melosira* 属がやや優勢であり、zone B に比べて *Fragilaria* 属の産出が多くなる。

5. 考察

阿蘇野層から産出する珪藻化石はすべて淡水種である。珪藻化石群集の変化からみた、中期更新世阿蘇野層堆積時の湖水域の環境変化を考察する。なお、珪藻の生育や分布を規制する湖水の環境要因 (pH, 磷や窒素についての栄養性, 流動性など) の解析には、HUSTEDT (1838), CLEVE-EULER (1951), LOWE (1974), 野尻湖発掘調査団 (1975), 小泉 (1976) などをもとにした。

珪藻化石分帯の zone A では、好アルカリ性・好止水性の種群が優勢し、また *Cyclotella comta* が多産する

ことで、当時の湖は貧栄養湖であったと推定される。zone B では *Stephanodiscus astraea* の顕著な出現によって特徴づけられる。HUSTEDT (1838) や CLEVE-EULER (1951) は *Stephanodiscus astraea* が富栄養~中富栄養性種であるとしている。阿蘇野層の場合、岩下の谷および高津野採掘所のいずれでも、*Stephanodiscus astraea* とともに、貧栄養水に多い *Cyclotella comta* (小泉, 1976) も比較的優勢であることより、湖水の富栄養化はあまり著しいものではなかったと考えられる。その上位の zone C では、再び zone A とほぼ同様の環境にもどったと思われる。zone D では真アルカリ性種の割合が増加していることから、湖水は一層アルカリ性が強まったと考えられる。また zone E になると、*Melosira granulata* var. *angustissima* および *M. granulata* の著しい増加で示されるように、アルカリ性に加えて富栄養化が進んだものと思われる。この富栄養化が、*Cyclotella comta* の著しい減少を招いたようである。さらに zone F では *Stephanodiscus astraea* の産出が再び多くなり、zone B とやや似た傾向を示すが、*Cyclotella comta* の産出が少ないことは、zone E に認められる富栄養化が zone F まで続いたためと推察される。

図 7 は阿蘇野層珪藻化石のうち、その産出に特徴のある *Stephanodiscus astraea* の頻度図と、同時に行った花粉分析の結果 (長谷・岩内, 1985) を対応させて示したものである。*Stephanodiscus astraea* が特徴的に産出する zone B は、*Picea* 花粉が著しく増加する zone II に層序的にはほぼ相当する。このことは、zone B の堆積当時、湖を取りまく環境が *Picea* 花粉の多産で示されるよう

図 7 岩下の谷 (図 3 の 13) および阿蘇野川南岸 (図 3 の 9) における阿蘇野層の花粉および珪藻化石産出の対応を示す。

な、現在の冷温帯～亜寒帯の気候であったことを示している。zone B における *Stephanodiscus astraea* の増加は、気温の寒冷化に伴う湖水温度の低下に関係あるものかも知れない。また、zone F では zone E に引続いて、アルカリ性で富栄養性の状態にあったと考えられるにもかかわらず、これらの湖水に適応するとみられる *Melosira granulata* var. *angustissima* が著しく少なくなり、かわって *Stephanodiscus astraea* がきわめて多産した理由としても、水温の低下の可能性が考えられる。ただし、zone F は層序的に花粉分帯の zone VI にはほぼ対比されるが、zone VI は内山角閃石安山岩の火山活動によって破壊さ

れた植生を示すとみられ (長谷・岩内, 1985), 気温の低下があったか否かは明らかでない。

IV. おわりに

中部九州中期更新世の古環境解析を目的に、小論では、阿蘇野層の珪藻化石群集を明らかにし、堆積水域の環境変化について考察した。さらに珪藻化石群集と花粉分析結果 (長谷・岩内, 1985) との対応から、湖水域の環境と当時の気候とのかわりについても若干考察したが、今のところ明確な結論を得ていない。今後検討すべき課題である。

引用文献

- AKUTSU, J. (1964) The Geology and Paleontology of Shiobara and its Vicinity, Tochigi Prefecture. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2b. Ser. (Geol.), **35**, p. 211-293.
- CLEVE-EULER, A. (1951) Die Diatomeen von Schweden und Finnland. p. 158, Stockholm.
- CZARNECKI, D. B. & BLINN D. W. (1977) Diatoms of Lower Lake Powell and Vicinity. (Diatoms of Southwestern USA. I), Bibliotheca Phycologica, Band 28, 119 p.
- FOGED, N. (1980) Diatoms in Öland, Sweden. Bibliotheca Phycologica, Band 49, 194 p.
- 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**, p. 753-770.
- 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**, p. 519-527.
- 林 行敏 (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. 地質雑, **67**, p. 484-485.
- HUSTEDT, F. (1927-1964) Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Mit Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. 3 vols. (Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Band VII), 2581 p.
- HUSTEDT, F. (1930) Bacillariophyta (Diatomeae). (Die Susswasserflora Mitteleuropas Band 10). 466 p.
- HUSTEDT, F. (1927-1930) Die Kieselalgen. Band 1, (Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und Schweiz, Band VII: 1), 925 p.
- HUSTEDT, F. (1931-1959) Die Kieselalgen. Band 2. (Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz, Band VII: 2), 845 p.
- HUSTEDT, F. (1937-1939) Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Smatra. Archiv für Hydrobiologie, Supplement-Band XV. p. 131-177, 187-295, 393-506, 638-790., Archiv für Hydrobiologie, Supplement-Band XVI. p. 1-155, 274-394.
- 岩尾雄四郎 (1979) 北九州における後期新生界の層序学的研究 (第I報). 佐賀大学理工学部研究報告, 7号, p. 21-32.
- 化石研究会 (1971) 化石の研究法. 710 p., 共立出版, 東京.
- 小泉 格 (1976) 珪藻, 浅野 清編; 微古生物学 (中), p. 138-228, 朝倉書店, 東京.
- LOWE, R. L. (1974) Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms. National environmental research Center, 340 p., Ohio.
- 西村吉男 (1953) 大分県産珪藻土の産地及化学成分並 2~3 の性質. 大分工業試験場年報, p. 56-90.
- 西村吉男 (1954) 大分県産珪藻土の産地及 2~3 の性質 (続報). 大分工業試験場年報, p. 9-66.
- 野尻湖発掘調査団 (1975) 野尻湖の発掘 1962-1973. 278 p., 共立出版, 東京.
- 小野晃司 (1963) 「久住」5万分の1地質図幅および同説明書, 地質調査所, 106 p.
- PATRICK, R. & REIMER, C. W. (1966) The Diatoms of the United States. 1. Monographs no. 13, The Acad. Nat. Sci., 688 p., Philadelphia.
- PATRICK, R. & REIMER, C. W. (1975) The Diatoms of the United States. 2. Part 1, Monographs no. 13, The Acad. Nat. Sci. 213 p., Philadelphia.
- WATANABE, K. & KATSUI, Y. (1976) Pseudo-pillow Lavas in the Aso Caldera, Kyushu, Japan. Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol., **71**, p. 44-49.

圖 版 I

1. *Stephanodiscus astraea* EHRENBERG
2. *Cyclotella comta* (EHR.) KÜTZING
3. *Cymbella cistula* (HEMP.) GRUNOW
4. *Navicula radiosa* KÜTZING
5. *Synedra ulna* (NITZ.) EHRENBERG
6. *Diploneis ovalis* (HILSE) CLEVE
7. *Amphora ovalis* var. *pediculus* KÜTZING
8. *Cocconeis placentula* var. *englypta* (EHR.) CLEVE
9. *Achnanthes lanceolata* BRÉBISSE
10. *Achnanthes exigua* var. *heterovalvata* KRASSKE
11. *Fragilaria virescens* RALFS
12. *Cymbella turgida* (GREG.) CLEVE
13. *Achnanthes lanceolata* BRÉBISSE
14. *Opephora martyi* HERIBAUD
15. *Melosira granulata* (EHR.) RALFS
16. *Epithemia zebra* (EHR.) KÜTZING
17. *Epithemia turgida* var. *granulata* (EHR.) GRUNOW
18. *Rhopalodia gibba* (EHR.) O. MÜLLER
19. *Fragilaria construens* var. *binodis* (EHR.) GRUNOW
20. *Epithemia sorex* KÜTZING