

芳野層堆積時の環境変動を探る

～陸域と水中の複合的考察～

熊本西高校地学部 野口操生 飯田悠一郎 隈井渉 池田裕大 松永卓也 大津佑太郎

1. 研究目的

本研究の目的は、芳野層（図1参照）堆積時の環境変動を解明することである。露頭調査を繰り返すうちに、火山灰層を挟んだ上下の地層で植物化石の種類や堆積状況が異なることに疑問を感じた。そこで、私たちは植物化石の研究だけでなく、堆積状況の再確認と珪藻分析の結果を加えて、芳野層堆積時の環境変動を自分たちで明らかにするため、研究に取り組んだ。



図1.試料採取地点（数字は標高）

2. 研究方法

<露頭調査>

露頭調査では、芳野層露頭（標高150m）にて約3.0m分の柱状図を作成した（図2参照）。柱状図作成では、岩石や色の変化、層の厚さなどに着目した。柱状図を作成後、植物化石（ポイントA、B）や珪藻分析の試料（No.1～30）を採取した。

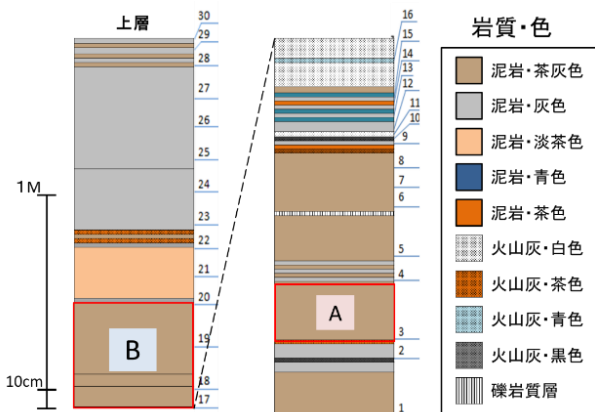


図2.柱状図（A,Bと1～30は試料採取ポイント）

<植物化石>

植物化石調査の試料は、露頭中央付近に堆積していた火山灰層の上下から火山灰層下部の試料をポイントA試料、上部をポイントB試料として採取した。研究方法は、まずは試料から植物化石を採取し、北村・村田（1971、1974）を参考にして植物を同定した。産出した植物群集から古気温の推定を、植村（1993）による下記の計算式を使用して行った。

平均気温 = $0.306 \times \text{全縁葉率} + 1.7$ （全縁葉率 = $\frac{\text{全縁葉植物数}}{\text{全植物数}} \times 100$ ）

また、産出した植物の特徴から、当時の気候帯も調べた。

<珪藻分析>

珪藻分析試料は、植物化石試料を採取した露頭から30試料採取し、下から順にNo.1～30とした。また、別の3か所の露頭（標高135,140,160m）でも3試料を採取した（図1参照）。そして、封入材を用いてプレパラートを作成し、珪藻の同定をした。

3. 結果

<露頭調査>

露頭調査の結果、芳野層露頭の約3m分の柱状図を作成した（図2参照）。全体的に泥岩で構成されていたが、露頭中央付近の火山灰層を境として、露頭を上部と下部に分けて観察した。露頭下部には茶灰色の泥岩層を主として、一部に灰色泥岩層や薄い礫岩層が確認された。ポイントAは、ポイントBに比べて硬い層だった。

<植物化石>

植物化石について、ポイントA,B合わせて、合計で235枚の植物化石が同定できた。（表1参照）

ポイントA

植物名	産出数
アラカシ	8
シナノキ	5
ヤマザクラ	7
アキニレ	11
オオモミジ	1
カエデ科(葉)	5
サワシバ	19
クロイチゴ	4
コハウチワカエデ	3
ニワトコ	3
タカオカエデ	2
ヒノキ(材化石)	4
カエデ科(種子)	18

合計89枚

ポイントB

植物名	産出数
アラカシ	25
シナノキ	24
ヤマザクラ	14
ムクノキ	12
イヌブナ	10
クロタキカズラ	10
カエデ科(葉)	4
ミヤマハハソ	3
リンボク	3
アオハダ	2
アキニレ	1
アリドウシ	1
イワシデ	1
オオモミジ	1
クマヤナギ	1
マツ科	18
カエデ科(種子)	16

合計146枚

表 1,産出した植物化石

ポイント A では主に、暖帯や温帯を好む種が多かったことから、生息した気候は、現在の熊本より暖かいと考えられる (図 3 参照)。優占種の中には水辺を好む種が多く見られた。ポイント A で産出した植物化石の葉の多くは層理面に対して傾いて産出したものが多かった。

ポイントA

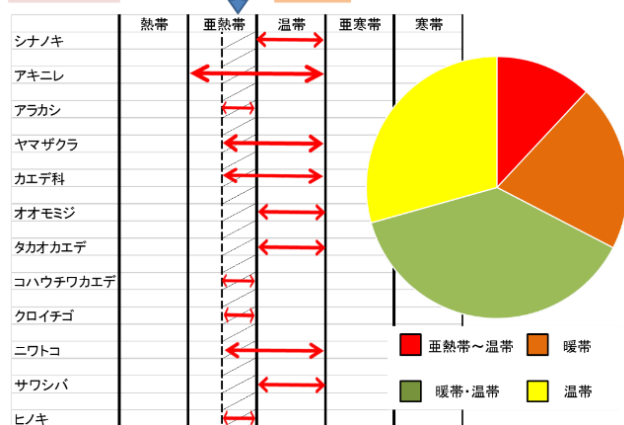


図 3,ポイント A から推定される気候帯

ポイント A では植物の葉の化石以外にも、ヒノキの材化石や甲虫の化石 (図 4 参照) が発見された。甲虫の化石は、非常に状態の良いことがわかった。そこで本校職員の坂梨先生を通じて、林 (2008) を報告された林先生に鑑定を依頼した結果、オオアカバハネカクシであることとの回答をいただいた。



図 4.甲虫化石

ポイント B では主に暖帯や温帯に好む植物がポイント A より多かったことから、ポイント B はポイント A より暖かいと考えられる (図 5 参照)。植村 (1993) に書かれていた平均気温の計算式を用いて、ポイント A・B の時代の平均気温を推測してみた。その結果、ポイント B での平均気温は約 15.81℃で、ポイント A での平均気温は約 5.1℃であった。

ポイントB

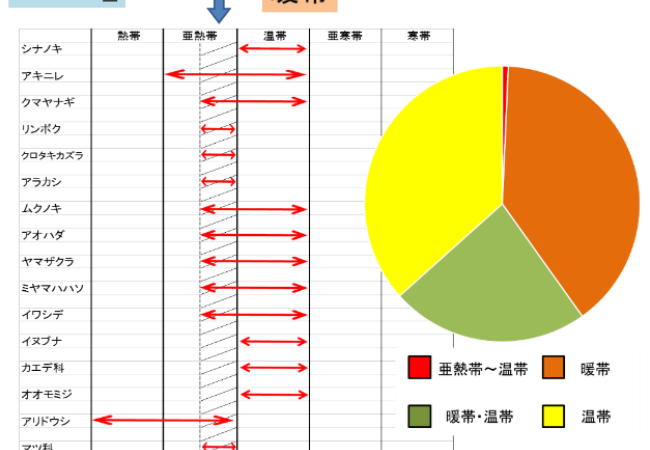


図 5,ポイント B から推定される気候帯

<珪藻分析>

珪藻分析は No.1～30 と別地点の 3 試料で行った。No.10、11、13、16 は火山灰の層で、珪藻が産出しなかった。3 試料では珪藻の産出はそれぞれ 50 個体程度になった。

産出した珪藻化石のうち、中心類珪藻である *Cyclostephanos cf. numataensis* や *Cycrotella atomus* が全体の 9 割以上を占めていた (図 6 参照)。また、産出した珪藻化石の生息水域の pH 濃度を調べたところ、pH 7 以上の水質環境を好む珪藻が大半を占めていたが、弱酸の水を好む種が 1 種見られた (図 7 参照)。

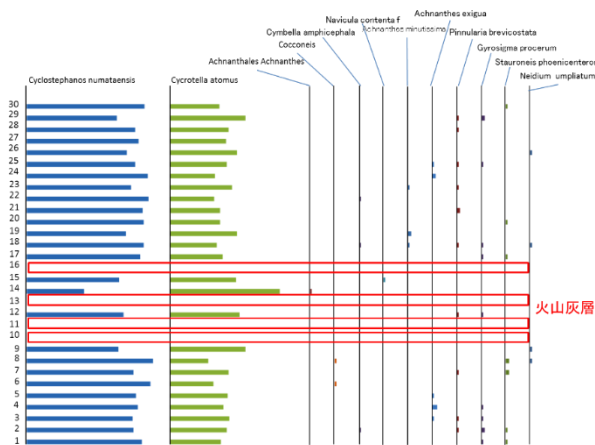


図 6,産出した珪藻化石

珪藻名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cyclostephanos numataensis H.Tanaka&Nagumo 2000														
Cyclotella atomus Hustedt 1937														
Coconeis placentula var. lineata Van Heurck 1880-1885														
Cymbella amphicephala Naegeli var. amphicephala 1849														
Navicula contenta f. biceps Hustedt 1930														
Achnanthes minutissima var. gracillima Lange-Bertalot 1981														
Achnanthes exigua Grunow var. exigua 1880														
Pinnularia brevicostata Cleve 1891														
Gyrosigma procerum Hustedt 1956														
Stauroneis phoenicenteron Ehrenberg var. phoenicenteron														
Diploneis finnica Cleve 1981														
Neidium ampliatum Krammer 1985														

図 7,珪藻から推定される水質

珪藻分析では、打越山（2006）での優占種である *Stephanodiscus spp* の中に田中・北林（2011）で報告された *Cyclostephanos cf. numataensis* が含まれているのか検討した。分析の結果、*Stephanodiscus spp* は産出していないと結論付けた。その根拠として珪藻の形態学特徴がある。本研究で優占種となった珪藻は中心域の直径が珪藻殻面の直径に対して半分程度であり明確な境界が見られる。また、珪藻殻外周部の条線や間条線が太く短いなどの特徴が観察された。それらの特徴は *Stephanodiscus spp* では見られないと判断し、私たちはこの優占種を特徴が合致している *Cyclostephanos cf. numataensis* と同定した。その結果、本研究で分析に使用した試料中には *Stephanodiscus spp* は産出していないと結論付けた。

別地点で採取した試料の結果として、No.1～30 と同様に中心類珪藻が 9 割以上を占めてい

ることがわかった。また、珪藻の生息水域の pH 濃度を調べると、これも No.1～30 と同様にアルカリ性を好む珪藻が大半を占めていた。

4. 考察

<植物化石>

ポイント A の考察として、まず、ポイント A と B の硬さの違いについてである。これは火山灰層の上下で硬さが異なることから、ポイント A は火山活動による熱で硬くなったのではないかと考えた。また、計算により出された平均気温が低いのに対し、暖かい気候を好む植物が多く見られたことである。この矛盾については、産出した植物化石は水辺を好む種が多いこと、化石の多くが層理面に対して傾いて産出したことの 2 点から、洪水により芳野湖の水辺周辺の植物が局所的に流されてきて堆積したのではないかと考えた。洪水を推定した根拠として、ヒノキの材化石の先端が強い力で折られたような形状になっていることや、甲虫化石の産状も根拠として挙げられる。珪藻化石の分析から試料を採取した地点は堆積当時、湖の中央付近と考えられるので、そのような場所に甲虫の化石がまとまって産出するためには、洪水などにより一気に押し流されてきたと考えられる。

ポイント B から産出した植物化石の特徴として、温帯・暖帯の気候に属する植物が多いこと、標高を考慮して考えると平均気温が現在の熊本（16.9℃）よりも高いことが挙げられる。これらのことから、堆積時の気候は現在よりも比較的暖かかったと考えられる。ただし、標高については、芳野層堆積以降に地殻変動等によって変化する可能性があるが、芳野層が現在もほぼ水平層であること、文献調査で大きな地殻変動の記述が見られなかったことから大きく変化していないと考えて考察している。また、小泉格（2014）によると海水性珪藻の研究から、芳野層が堆積した約 40 万年前は現在よりやや温暖だったとの記述があった。

<珪藻分析>

珪藻分析から芳野湖の水質や規模を考察した。No. 1～30 の試料から産出した珪藻化石から、

芳野湖水の pH 濃度を推定したところ、約 3m の堆積の間に一貫してアルカリ性の水質が確認された。このことから芳野湖の水質は長期間アルカリ性であったと推定される。ただし、一部に弱酸性を好む珪藻も産出していることから多少の変動はあったのではないかと考えられる。また、別地点の分析結果とも併せて考えると、最も離れた試料採取地点間の距離が約 1.2 km ある。また、産出した珪藻の大部分が湖の中心部分に生息していると考えられる。この 2 点から考察すると、芳野湖は少なくとも幅約 1.2 km 以上の広がりを持つ湖であったと考えられる。まとめると、芳野湖内の水質はアルカリ性で、広範囲に長期間安定していたことがわかった。

また、*Cyclostephanos cf. numataensis* は絶滅種のため生態は不明だったが、他に産出した珪藻化石の多くがアルカリ性種であったことから、アルカリ性を好む種だと結論付けた。

<複合的考察>

私たちは、産出された植物化石の中でクロイチゴと、現在の芳野層周辺では確認されなかったクロタキカズラに着目した。クロイチゴとクロタキカズラに着目した理由の 1 つは、生息する土壤が異なることがある。クロイチゴはアルカリ土壤を嫌い、クロタキカズラはアルカリ土壤を好む。また、現生の植生を調査したところ、クロタキカズラは存在していない、つまり絶滅していたことも理由の一つである。

複合的考察の結果、私たちは次のような環境変動を考察した。まず、降雨により土壤のアルカリが湖に流れ、湖内の水質環境はアルカリ性になり、土壤は酸性土壤になることによってクロイチゴが繁茂する。

その後、洪水や火山活動が起き火山灰の層ができる。火山灰によりアルカリは湖に流れにくくなり、土壤はアルカリ土壤になる。そして、アルカリを嫌うクロイチゴの数が減少し、クロタキカズラが繁茂する。

火山活動の鎮静化の後、新たに土壤が形成され、弱酸の雨が降り、湖は中和されアルカリ性が弱まり弱酸種の *Neidium* が出現する。一方

土壤は酸性土壤に戻り、酸性土壤を嫌うクロタキカズラが絶滅し、酸性土壤を好むクロイチゴが再び繁茂して現在に至ると推定した。

5. 結論（課題）

植物化石から、ポイント A は洪水によって形成された層であること、ポイント B の堆積時は現在の熊本よりも比較的暖かかったことがわかった。

珪藻分析からは、湖内の水質環境はほぼアルカリ性で長期間安定しており、芳野湖の規模は幅約 1.2 km 以上であることが分かった。珪藻群集の再検討では、珪藻の形態の特徴から、本研究で分析に使用した試料中には打越山（2006）で報告されている *Stephanodiscus spp* は産出していないと結論付けた。また *Cyclostephanos cf. numataensis* は、絶滅種である生態が不明であったが、アルカリ性の水質環境を好む種ではないかと推定できた。

複合的考察からは、火山活動などが原因となって、土壤が変化し、植物や珪藻などの生物に影響を与えていたことがわかった。

今後は植生についてさらに勉強し、植生の垂直分布から何かわかることがないか検討を加えていきたい。また、植物化石の産出層は本研究の試料以外の地点でも発見しているので、その地点の研究も進めていきたい。さらには、熊本市東部に分布する更新世前期の津森層の植物化石及び珪藻化石の調査を行い、芳野層と対比して更新世における熊本市周辺の環境変動を明らかにしたい。

6. 謝辞

熊本県立第二高校の田中先生、昨年から柱状図や研究発表についての助言を頂きました。本校生物科の坂梨先生、判定が難しい植物化石の判定や助言をして頂きました。甲虫化石の鑑定には、ホシザキグリーンの林先生に鑑定して頂きました。

私たちの研究にご協力いただいた皆様、本当にありがとうございました。