

指宿市開聞町の水無池マールにおけるテフラ群

成尾 英仁¹・若松 斉昭²・小林 哲夫³

Tephra Group Deposited on the Cliff of Mizunashiike Maar at Kaimon Town, Ibusuki City, Kagoshima Prefecture.

NARUO Hideto¹, WAKAMATSU Nariaki² and KOBAYASHI Tetsuo³

キーワード：水無池，テフラ，水蒸気噴火

はじめに

水無池は開聞岳の北側に位置する南北径約180m、東西径約140mのやや楕円形をした小型のマールで、付近には同様の小型マールである鏡池、大底月・小底月などが存在する（図1, 2）。これらマール群の形成時期については、奥野・小林（1991）や奥野ほか（1993）で明らかにされているが、鏡池・水無池の噴出物（以下、テフラと呼ぶ）についてはよく調査されていない。これはマールが小さくテフラの分布が限定されること、その後の開聞岳テフラに覆われ露頭条件が悪いことなどが理由である。

今回、水無池が建設残土により埋め立てられることとなり、事前にマール内部に堆積するテフラの調査を行う機会を得た。もとより壁面のごく狭い範囲での調査であり、全体像を把握することはできなかったが、概略の層序を知ることができたので報告する。

1 位置と地形

水無池は他のマール群とともに阿多カルデラ内部にあり（川辺・坂口2014）、開聞岳の北北東側に位置する（図1）。水無池の北東約500mには、直径約220mでほぼ円形をした鏡池がある。水無池はかつては水を湛えていた伝説があるが、現在は干上がり中心部のみが湿地的環境になっている。以前は畑地として耕作されたこともあったが、その後放置され内部には草木類が繁茂している。

水無池の火口壁の高さは北側で45m、南側で43mであり、北側～東側が高く南側がやや低い。内部はほぼ平坦ですり鉢状の地形は認められないが、これは開聞岳テフラによる埋め立てと湿地形成、耕作に

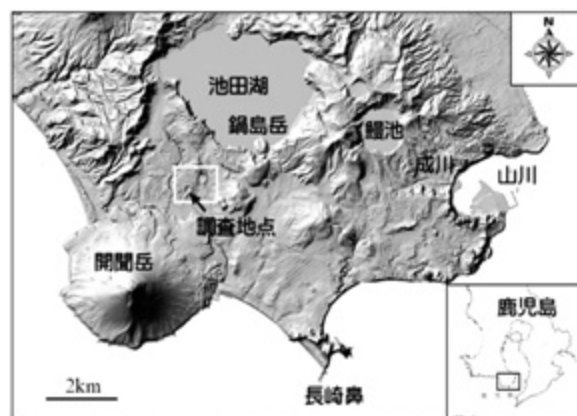


図1 水無池の位置 国土地理院陰影図を使用し加筆
水無池は開聞岳の北側に位置する小型のマールである。

よるものと考えられ（図11）、外形以外には形成当時の地形を推測することはできない。

2 テフラの記載

火口壁はほぼ垂直であるが、前述のように大半は崖錐堆積物に覆われ、加えて樹木が繁茂し露頭条件は良くない。わずかに北側で池田カルデラ起源テフラ、およびそれを覆う水無池・鏡池テフラ・開聞岳テフラが露出している。

今回観察記載した露頭はマール北側（図2左上写真）のほぼ垂直な崖面である。崖錐堆積物等を重機で除去し、人力で壁面を清掃した。なお、比較のため南側の排水口付近でも観察した。

(1) テフラの概要

北側壁面に露出する堆積物は下位から池田カルデラ、水無池・鏡池、開聞岳にそれぞれ起源を持つテフラである（図3）。北壁の露頭ではこれらのテフラはほぼ平行に堆積し、侵食により生じたチャンネル構造などは認められないが、それよりやや西側の露

1 元鹿児島県立博物館学芸主事

2 鹿児島県立博物館学芸主事

3 鹿児島大学名誉教授



図2 水無池周辺のマール群と水無池の露頭位置国土地理院陰影図を使用し加筆

丸印は奥野・小林（1991）による露頭位置で、水無池の北東側には同じマールの鏡池がある。より北側には池田湖（池田カルデラ）、そのカルデラ壁に噴出した鍋島岳があり、周辺には大底月・小底月のマールがある。

頭では水無池テフラは大きく侵食されて斜面が形成され、それをマントルベッディングして開聞岳テフラが堆積する。各テフラ間には明瞭な黒色腐植土層が挟まっており、いずれも陸上堆積物と判断される。

北壁では地表面から約3m下側に水無池テフラが存在するが、テフラ層が全体として緩やかに西側へ傾斜しているため、水無池の西側部分になると見かけの火口底近くに露出するようになる。

ここでの最下部は池田カルデラ起源の池田湖火山灰（Id-A：成尾・小林1984，稲倉ほか2014）である。池田湖火山灰層は層厚2～3cm程度の薄い泥質火山灰からなり、それらが数十枚以上繰り返し堆積する。

水無池テフラ（Mz）の下部は成層した岩片・軽石混じり火山灰層であるが、上部では軽石・岩片を含む塊状の火山灰層に変化する。全体によく締まっており、とくに上部は硬質である。鏡池テフラに相当すると判断したテフラ（Kg）は水無池テフラに類似した噴出物であるが、内部に含まれる岩片・軽石片とも小さい。

開聞岳テフラ（Km）は黒色腐植土層を挟んで3枚（Km1，2，4）が堆積する。最下部のKm1は黄色を帯びた火山噴出物で、全体に硬く固結し弱い成層構造が認められる。Km2は茶褐色を帯びたスコリアがブロック状に堆積している。Km4はKm1に良く似たテフラで、黄褐色を帯び硬質の火山灰とスコリア・岩片が成層している。

(2) 池田湖火山灰

池田カルデラは6.4kcalBP（奥野ほか1996，奥野2002）に阿多カルデラ内に形成された東西径4.3km，南北径3.3kmの小型カルデラである（宇井1967）。カルデラ形成噴火は水蒸気爆発による池崎火山灰の噴出から始まり、本格的なマグマ噴火による尾下スコリ

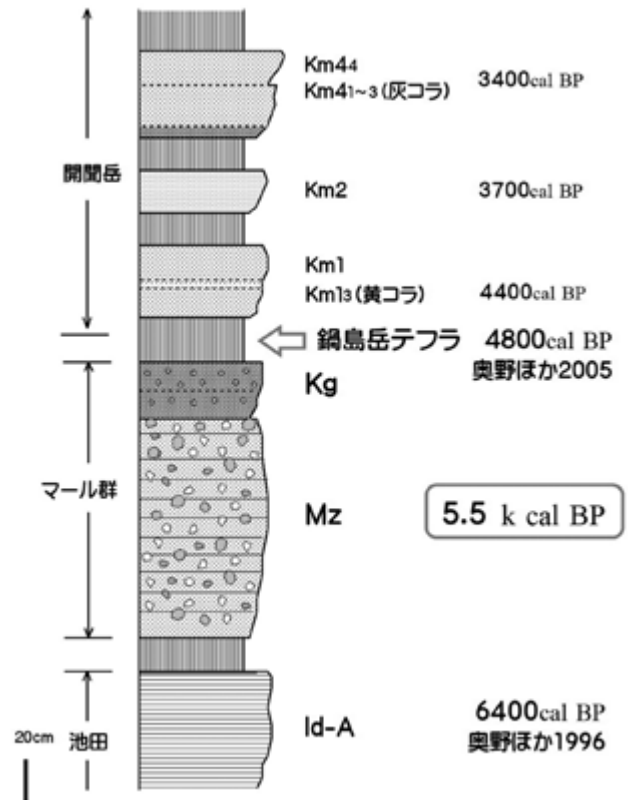


図3 水無池北側露頭におけるテフラ類の柱状図

鍋島岳テフラは確認されていない。テフラ間には黒色腐植土(H)が堆積する。

Id-A：池田湖火山灰 Mz：水無池テフラ
Kg：鏡池テフラ Km：開聞岳テフラ

ア、池田降下軽石噴出を経てカルデラ形成に直接関係した池田火砕流噴火で終了した。その後、カルデラ内部で火山活動が継続し池田湖火山灰が噴出した（成尾・小林1984，稲倉ほか2014）。池田カルデラ内東側には高さ約160mの火山地形が存在するが、これが池田湖火山灰をもたらした火山と推測される。

水無池内部に堆積する池田湖火山灰層の層厚は、掘削が下限まで達しておらず不明であるが、確認できる範囲では約3mである。池田湖火山灰層は良く成層した泥質火山灰層からなる（図4）が、それらの中には腐植土層や風化帯は認められず、連続した一連の火山活動によるものである。ただ途中には弱い侵食作用が認められる部分もあり、ごく短期間の噴火休止期が何回か存在したと考えられる。

池田湖火山灰層をつくる単層の層厚は概ね2～3cm程度で、それらが平行に数十枚以上堆積する。火山灰層は特徴的に火山豆石を含んでいる。火山豆石の大きさは平均5mm程度で比較的粒径が揃っている。火山灰層は全体に緩く締まっており、層によっては比較的硬質なものもある。

露頭での中位には噴火途中で生じた液状化現象に

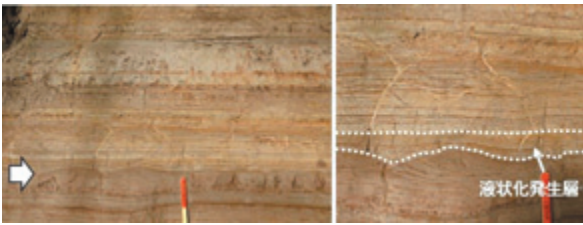


図4 池田湖火山灰 (I d-A) とクラステックダイク

細かく成層した火山灰が連続する。矢印部分はクラステックダイクが認められる層。ダイク壁面はごく細粒であるが、内部はやや粗粒となる。枝分かれや屈曲が認められる。液状化層下位にある火山灰層は緩やかに波打ち（太矢印）、火山灰薄層が切られていることから侵食面と考えられる。液状化発生層はその上部に堆積する火山灰層（細矢印）である。

よるクラステックダイクが認められ（図4）、特定の層に集中する。このようなクラステックダイクは、池田カルデラ周辺の広い範囲で池田湖火山灰層に認められる。大きなものでは幅50cm、10m以上の長さに達するものが知られ、地震動により生じたと考えられている（成尾・小林1995）。露頭における池田湖火山灰層の最上部は無層理の火山灰層であり、下部層の風化生成物と推定される。

(3) 水無池テフラ

池田湖火山灰層上位にはやや茶色を帯びた黒色腐植土層が堆積し、その上に全体に黄白色を帯びたテフラが堆積する。テフラは平行に堆積する数枚の火山灰層からなり、弱い成層構造を持つがクロスラミなど切り合う関係は見られない。大半は硬質で多くの岩片・角閃石を含む軽石が散在するが、とくに上部ではその傾向が著しくなる。岩片や軽石片の大きさと層厚から、これらのテフラは水無池噴出のテフラと判断される。水無池テフラ層の中部には、上下の層と異なる茶褐色火山灰層（中部層：II層）があり、これを境界に下部層（I層）・中部層（II層）・上部層（III層）に便宜的に区分する（図5）。

なお、前述のように北壁の数m西側では水無池テフラが厚く堆積している。ここでは細かい成層構造が見られある程度の層区分は可能であるが、北壁のような細かい層区分はできない。なお、ここでは北壁に比べ岩片が大きく（図6）、それらがボム・サグ構造をつくっている。

I層の最下部は泥質の火山灰層（I a）で、径1cm程度の泥質岩片や径5mm程度の軽石を含んでいる。層厚は5～6cmで良く連続し、塊状の火山灰層である。これを覆って青灰色泥質火山灰（I b）が層厚4～5cmで堆積する。泥質火山灰は弱く成層しており、粒径の違いにより上下2層に区分される。この

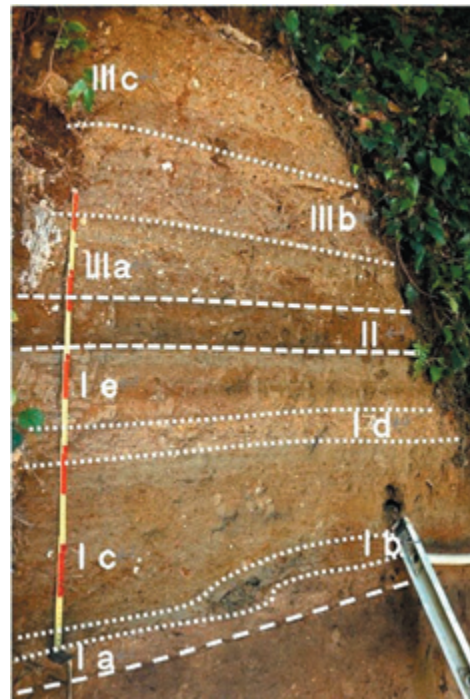


図5 水無池テフラ

軽石・岩片の含有量でI・II・IIIの3層に区分し、さらにa, b・・・と細分した。IIは薄く堆積する。



図6 記載した露頭の西側における水無池テフラ

左隅の写真は矢印部分の拡大。安山岩質の岩片が目立ち、一部ではボム・サグ構造をつくる。

火山灰層には深さ2cm程度の、ボム・サグ構造が認められる。これをつくったものは青灰色泥質火山灰層を覆う成層火山灰層（I c）中の安山岩質の岩片

で、径4cm程度の大きさである。青灰色泥質火山灰層から連続して、岩片・軽石を含み成層構造が比較的明瞭な火山灰層（I c）が堆積する。各層の層厚は3～4cm程度で、岩片・軽石は下部ほど多い傾向にある。火山灰は径4～5mm程度の火山豆石状をした円形の粒になっており、それらが互いに膠着している。この成層テフラの最上部には下部にある青灰色火山灰層によく似た火山灰層が堆積する。これを覆って軽石混じりの黄褐色火山灰層（I d）が堆積する。全体に火山灰が多く、火山豆石状のものが互

いに膠着したような堆積構造である。塊状で成層構造は認められない。これに連続しやや茶色を帯びた火山灰層・青灰色火山灰層（Ⅰe）が堆積する。この部分はやや成層構造が明瞭である。

中部層（Ⅱ）は茶褐色を帯びた粗粒火山灰層で、軽石・岩片が散在している。軽石径は最大3cm、岩片径は最大1.5cm程度である。これらを埋める火山灰は火山豆石状の円形をしており、それらが互い膠着している。成層構造は不明瞭である。最上部は層厚約1cmの青灰色を帯びた泥質火山灰である。

上部層（Ⅲ層）は全体に強く固結し、軽石・岩片を比較的多く含んでいる。基質は火山豆石状の円形の火山灰塊が互いに膠着している。

Ⅲ層下部（Ⅲa）は軽石・岩片が多く、弱く成層する。この層の上部ではスコリアと考えられる黒色岩片（図7）が比較的多く散在する火山灰層がある。黒色岩片の最大径は1cm程度でよく角張り淘汰が良い。Ⅲa層の基質の部分は下位にある層と同様に、火山豆石状の円形をした火山灰が互いに膠着している。軽石は比較的小さく、最大で1cm以下である。Ⅲa層の最上部は中粒の火山灰が火山豆石状になり、それらが互いに膠着した火山灰層である。

Ⅲ層中部（Ⅲb）は軽石・岩片を含む火山灰層で弱く成層する。Ⅲaに比べ軽石は少なくなるが、径の大きなものが散在している。また、岩片の粒径はやや大きくなり、その量はⅢa層よりも増加する。基質は火山灰が火山豆石状になり、それが互いに膠着したものである。Ⅲc層はⅢb層と類似するが、成層構造が認められず塊状である。

北側露頭ではⅢc層の上部が人為的な削平により平坦化し、その奥の壁面に水無池テフラの最上部に相当する火山灰層（Ⅲd層）が堆積する。全体に塊状の火山灰で、最大径10cmに達する安山岩質の岩塊を含んでいる。基質の部分は泥質で火山豆石状に膠着している。また、径2～3cm大の白色軽石が比較的多く散在している。軽石は上部ほど小さく、その

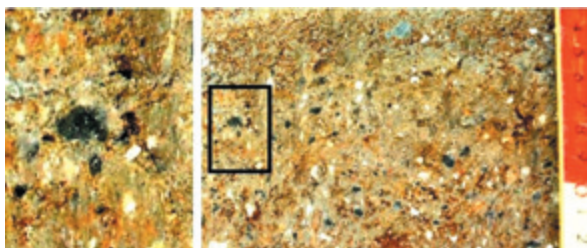


図7 Ⅲa層中の黒色スコリア質岩片

ごく小さなスコリア質岩片が散在する。左は右写真枠内の拡大。発泡が悪く岩石状で、斜長石斑晶が散在する。

量も少なくなる。

これらⅢ層に区分される水無池テフラは互いに似た堆積相で、いずれも顕微鏡下では有色鉱物として比較的少量の直方輝石・角閃石を含み、他に単斜輝石も見られる（図8）。岩片は新鮮なものは少なく変質した安山岩類からなる。

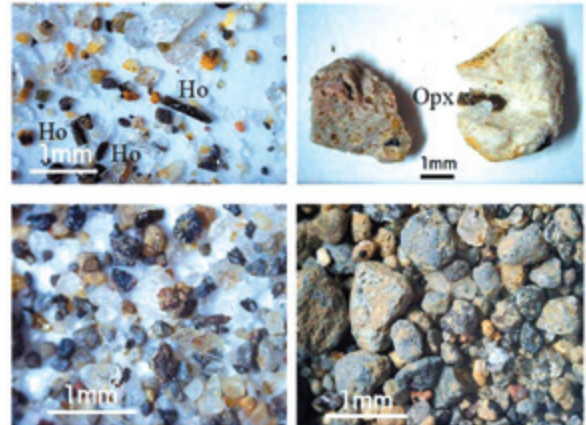


図8 鏡下での水無池テフラと鏡池テフラ

Ho：角閃石，Opx：直方輝石

水無池テフラには角閃石と白色の軽石・岩片が入るが、鏡池テフラには角閃石は入らない。鏡池テフラには粗砂～細礫サイズの岩片が多く含まれる。

(4) 鏡池テフラ

水無池テフラⅢd層の上位には、細礫を含む青灰色を帯びた火山灰がポケット状に堆積し、それより上部には黄褐色を帯びる火山灰層、およびそれを覆う細礫混じり青灰色火山灰層が堆積する（図9）。黄褐色火山灰層下部では火山灰がダム状に丸くなっており、それに連続して塊状の火山灰が堆積する。この黄褐色火山灰層を整合的に覆う青灰色火山灰層は層厚約30cmで、強く固結した特徴を持つ。内部には細礫サイズの安山岩質礫が多量に入っており、上部

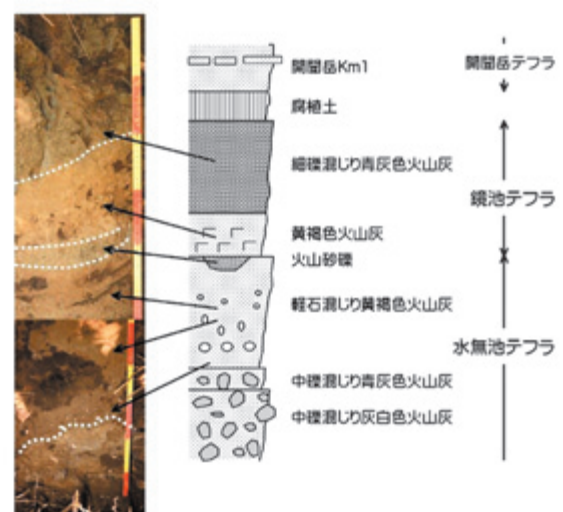


図9 水無池テフラと鏡池テフラ

間には顕著な腐植土層は形成されていない

ほど岩片が多くなる傾向がある。火山灰を鏡下で観察すると弱く発泡した安山岩質岩片（スコリア?）、直方輝石・普通輝石・カンラン石からなり角閃石は含まれない（図8）。全体に岩片の量が多く、鉱物は少ない。

このような特徴を持つことから、下部の細礫を含む青灰色火山灰層から上側は水無池テフラとは異なる別のテフラと判断され、もっとも可能性が高いのは水無池北東にある鏡池テフラである。

(5) 開聞岳テフラ

鏡池テフラと推定される噴出物の上位には層厚約10cmの明瞭な黒色腐植土層が堆積する。この層を挟んで上位側には開聞岳テフラに対比されるテフラ群（図10）があり、テフラ間には黒色腐植土層が堆積する。

①Km1

黒色腐植土層を直接覆って堆積する火山灰層は層厚約45cmで、全体にオレンジ色を帯び間に板状に固結した火山灰層を挟む特徴がある。下部は層厚約18cmで弱い成層構造のある黄色火山灰層、中部は層厚1.5～2cmのきわめて硬く固結した板状の火山灰、上部はやや柔らかい黄色火山灰、最上部は板状に固結した薄い火山灰片が散在する。

成尾（1986）は開聞岳テフラについて、最初期噴出物は黄色を帯び強く固結していることから黄コラと命名した。藤野・小林（1992）および藤野・小林

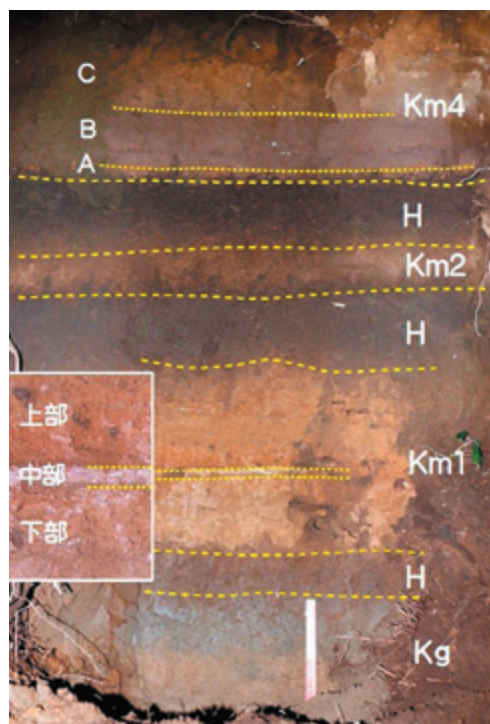


図10 開聞岳テフラ群

Km1は黄コラ、Km4は灰コラである。Km1には板状の硬質火山灰（中部）が挟まる。

（1997）は開聞岳テフラに顕著な12の単位を認め、それらを下部から上部へKm1～Km12に区分し、さらにそれらを噴火単位ごとに細分している。Km1は最初期噴出物で4つに細分され、そのうち硬く固結する黄コラはKm1₃になる。

水無池から東へ約7kmにある成川（図1）では、黄コラ層中に層厚5cm程度の黒色スコリア層が挟まるが、本露頭ではそれは確認されていない。その理由は本露頭が開聞岳から北側に位置し、分布軸からはずれ堆積しなかったためと考えられる。

②Km2

黄コラを覆う黒色腐植土の上位には赤茶色を帯びた粒子からなる層が堆積する。粒子は黒色腐植土層中に多量に散在し、場所によっては濃集してブロック状の堆積を示す。層としての連続性は良好で、上下を黒色腐植土層に挟まれ明瞭に識別できる。この赤茶色粒子は発泡良好なスコリアの風化したもので、最大径8mm程度で1mm～0.25mmのものが多い。層序と特徴から藤野・小林（1997）のKm2に対比される。

③Km4

Km2上位には層厚約20cmの黒色腐植土が堆積し、それを覆って黄色を帯び全体にやや固結した火山灰が堆積する。詳細に観察すると噴出物の違いにより、大きく下部（A）・中部（B）・上部（C）の3層に区分される。

A層の最下部は層厚2～3cmの黄色を帯びた岩片噴出物層で、岩片は最大径2cm程度で比較的角張っている。上部になるに従い細粒化し、火山灰層に移行する。

B層最下部にはルーズな火山礫層が堆積する。層厚2～3cmでブロック状に連続して堆積する。中部～上部はやや青灰色～灰黒色を帯びた岩片混じり火山灰層である。成層構造は認められず塊状の噴出物である。

C層は全体に黄色を帯びた火山灰層で、最大径0.5cm程度の岩片が散在状態でわずかに混じる。岩片は下部に多く、上部は火山灰のみである。火山灰はやや固結しているが、火山豆石は確認できない。

このテフラ層は層厚が厚く噴火規模が大きいこと、硬く固結した層を含むことや層序から藤野・小林（1992, 1997）によるKm4に相当する。Km4は灰コラと呼ばれ開聞岳から北西～西方向に広く分布しており、水無池周辺にも厚く堆積したと考えられる。

④その他

C層上位には層厚約10cmの黒色腐植土層が堆積し、それを覆って赤茶色に風化した細粒スコリア層が堆

積する。層としての連続性は悪く、ブロック状に堆積している。この層については露出状況が悪く詳細は不明であるが、あるいはKm5に対応するものかもしれない。

3 議論

(1) 水無池テフラの対比

太田(1966)は指宿地方の地質に触れる中で鏡池の噴出物に言及し、池田テフラと開聞岳テフラとの間にあり、層厚2~5mで堆積することを明らかにした。噴出物は小豆大~ウズラ卵大(まれに人頭大)の安山岩火山礫の集積層で成層構造があること、量は少ないが軽石・花崗岩礫が含まれることを指摘した。また、奥野・小林(1991)は鏡池・水無池東方約1km地点(図2)で、鍋島岳テフラ下位に層厚約10cmの灰白色火山灰層を見出し、鏡池あるいは水無池の起源と推定している。色調からすると水無池テフラの可能性も考えられるが、奥野・小林が確認した地点と水無池間には露頭が無く、さらには水無池テフラの噴火規模・分布方向を考慮すると断定的なことは言えない。

本露頭に厚く堆積する岩片・軽石混じりテフラは、太田が指摘した鏡池からのテフラとは異なり比較的多くの軽石を含むことや層厚から、水無池から噴出したと考えられる。水無池では北~北東側の壁面が高くなっており、またテフラは西側へ緩く傾いていることから、分布の主軸方向は北~北東側であったと推定される。鏡池も北側で壁面が高いことからテフラはこの方向に厚いと推定され、水無池に鏡池からのテフラが厚く堆積する可能性は低いと考えられる。

水無池テフラは全層準にわたって火山豆石を含んでおり、噴煙柱は湿っていたと判断される。また、異質の軽石・岩片を含んでいることから、本質的なマグマ噴火ではなく水蒸気噴火であったと考えられる。ただ、水無池テフラⅢ層下部(Ⅲa)にはスコリアと推定される岩片が散在していることから、途中でマグマが関与した小規模なマグマ水蒸気噴火があった可能性もある。

水無池テフラ中の軽石・火山灰部分には角閃石が含まれることから、地下には角閃石を含むテフラが堆積するものと考えられる。阿多カルデラ内部で軽石を含むテフラは、池田降下軽石と池田火砕流堆積物がある(稲倉ほか2014)。池田降下軽石の分布主軸は噴出源から東側であり、水無池付近には分布してもごく薄いと推定され、水無池テフラ中の軽石は

池田火砕流堆積物に由来するものと判断される。また、多量に含まれる安山岩質岩片については、南薩層群を構成する安山岩類(宇井1967, 川辺・坂口2005)もありうるが、水無池が阿多カルデラ内部にあることを考慮すると、その中央火口丘群に由来すると考えるのが適当である。

水無池テフラは異質の岩片・軽石片や変質した岩片を含むこと、火山豆石を多量に含む泥質の火山灰であることは水蒸気噴火による噴出物の特徴(及川ほか2018)を持っており、水無池テフラは典型的な水蒸気噴火によるテフラと考えられる。また、前述のように一部にスコリア質と推定される岩片を含むことから、短期的にはマグマ水蒸気噴火に移行した可能性がある。

(2) 水無池・鏡池マールの活動時期

水無池北壁での観察結果から、鏡池・水無池マールの形成は開聞岳テフラの噴出以前であることは確かである。奥野ほか(1993)は水無池・鏡池の北東側約2kmにある鍋島岳について $4220 \pm 160\text{BP}$ と $4380 \pm 140\text{BP}$ の ^{14}C 年代値を得ているが、その後、同位体分別効果の補正などを実施した新しい ^{14}C 年代値 $4330 \pm 100\text{BP}$ を得て、これを暦年代に換算すると約4800calBPとしている(奥野ほか2005)。前述のように、奥野・小林(1991)は開聞岳より古い時代を示す鍋島岳テフラの下位に、鏡池あるいは水無池テフラに相当するテフラを見出している。水無池では鍋島岳テフラは確認できなかったが、池田湖火山灰層と開聞岳テフラ間に水無池・鏡池テフラがあること、池田火山灰層上位に層厚約15cmの黒色腐植土層が堆積すること、池田カルデラの活動時期が約6.4kcalBPである(図3)ことから判断すると、水無池と鏡池の活動時期はおおよそ5.5kcalBPと推定される。なお、奥野・小林(1991)によると鍋島岳(図2)付近には大底月・小底月マール、水源地マールがあるが、これらは鍋島岳からの溶岩を切っており鍋島岳の活動以降に形成されたとしている。

当時、指宿地方では他の火山活動が認められないことから、本露頭付近だけで生じた一時的で小規模な火山活動であったとするのが適切である。露頭での堆積状況からまず水無池の活動があり、引き続いて場所が北に移動し鏡池の活動が始まったが、マールの大きさから鏡池の活動が激しかったと考えられる。

(3) 水無池マールの形成

水無池テフラは現在の地形的なマール内部に堆積し、開聞岳テフラに覆われている。これについては、①水無池マールの本来の火口縁は、現在の地形的な

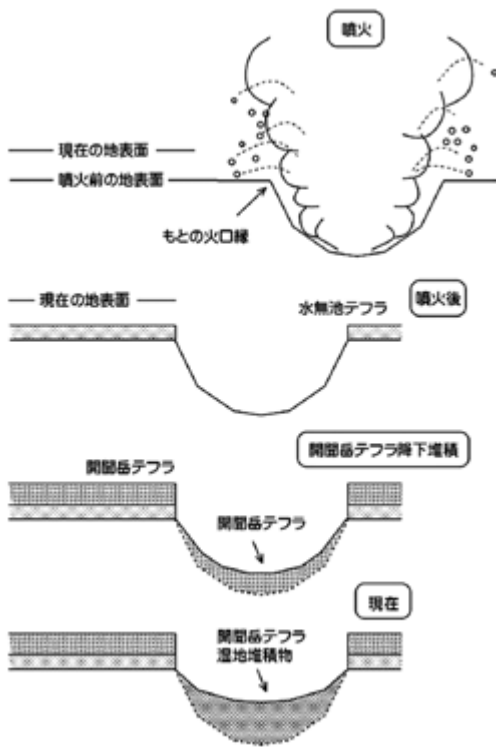


図11 水無池マールの形成とテフラの堆積

当時のマール縁は現在より低い位置にあったと推定され、開聞岳テフラと崖錐堆積物による埋められた。

縁よりも低い位置にあった、②現在の火口縁の外側に水無池テフラが厚く堆積し、マール内にその一部がfall backした可能性が考えられる。ただ、水無池テフラが覆っている池田湖火山灰は、周辺地域ではほぼ水平に堆積しマール付近でも水平であると推定され、地表から池田湖火山灰層までの厚さを考慮すると、水無池テフラが火口付近にそれほど厚く堆積しているとは考えにくい。したがって、①の方が合理的と考えられる(図11)。

前述のようにマール内部は埋め立てにより平坦化し本来の深さは不明であるが、水無池テフラの層厚から判断してそれほど深くないであろう。

(4) 池田湖火山灰層中のクラステックダイク

池田湖火山灰は池田カルデラ形成後にその内部から噴出したテフラである。全体に細かく成層し、火山豆石を含む特徴がある。

池田湖火山灰層の中程には細長く上昇する泥質火山灰の脈があるが、これは地震による液状化で形成された一種の噴砂脈である。地震時には震度5以上で液状化が発生することが知られているが、噴砂脈は地下から噴き出した物質の通り道が残されたものであり、その内部には砂や泥、あるいは礫など地下にあった物質が詰まっている(寒川1993, 2013など)。

本露頭でのクラステックダイクの幅は1cm程度、

高さは20～30cm程度であるが、池田湖周辺では幅50cm、高さ10m以上に達するものがある。また、水平方向に数十m伸びるものもある。

このようなクラステックダイクの形成については、噴火途中で発生した地震に起因すると考えられる(成尾・小林1995)が、池田湖火山灰層の内部に認められる地滑り構造に伴うものもあり、一部には土圧による圧縮で形成されたものもあると推定される。このような地滑りに伴う液状化現象は関東ローム層でも知られ、粘土質のロームが上昇している(服部ほか1996)。

池田湖火山灰は火山豆石を多量に含むことから、堆積当時は水に富んでいたと推定され、噴火に伴うような小規模な地震でも液状化が発生したと考えられる。ただ、池田湖から離れた水無池ではごく小さなクラステックダイクしか認められず、その数も少ないことから、地震の規模は小さく影響の及ぶ範囲は狭かったであろう。水無池でのクラステックダイクは中でも比較的大きな地震により形成されものと考えられる。

池田カルデラに近い場所では、池田降下軽石層に貫入した巨大なクラステックダイクが知られているが(川辺・坂口2005)、これはカルデラ形成に関与した地震によるものであり、池田湖火山灰層中のクラステックダイクとは時期が異なるものである。

4 まとめと課題

小型のマールである水無池マールの噴出物について、火口壁に残された露頭から水無池テフラの記載を行った。水無池テフラは異質の安山岩片と池田カルデラ起源の軽石を多量に含み、基質は火山豆石が膠着した泥質火山灰からなる。このことから水無池テフラは水蒸気噴火により形成されたと考えられるが、一部にはスコリア質の噴出物が含まれていることから、短期的にはマグマ水蒸気噴火もあったことになる。

阿多カルデラ内では中央火口丘群の活動後しばらく火山活動が無かったが、池田カルデラが形成された6400calBP以降、開聞岳の噴火終了まで断続的に火山活動が発生しており、水無池・鏡池マールの活動はその一環として捉えることができる。

水無池マールの活動時期については、水無池テフラが腐植土層を挟んで池田湖火山灰層と開聞岳テフラ間に堆積することから、約5.5kcalBPと推定される。これについては腐植土層の層厚などからの推定であり、今後、炭化物等を見出し¹⁴C年代測定等を実施

する必要がある。

謝辞

水無池の調査に際しては、指宿市教育委員会には地層の剥ぎ取り作業と観察でお世話になった。また、岩野建設（株）には調査の許可と重機による崖錐堆積物除去をしていただいた。両者に対し記して感謝致します。

付記

本露頭は埋め立てにより消滅するため、鹿児島県立博物館では今後の調査研究および展示に供する観点から、地層の剥ぎ取り（地層転写）を7月20日に実施した。

剥ぎ取りを行った箇所は露頭下側部分の池田湖火山灰層と水無池テフラ、および上側部分の開聞岳テフラである。剥ぎ取りは三恒商事のトマックNS10を使用して行った。

剥ぎ取りは壁面の清掃、溶液の塗布、補強のためのガーゼ張り付け、再度の溶液の塗布の手順で行い、半日ほど放置してから壁面より剥がした。

剥ぎ取りに際して作業状況を静止画・動画で記録するとともに、薬液による環境汚染が生じないように細心の注意を払った。また、テフラ類のサンプルも同時に採集した。

剥ぎ取り資料は鹿児島県立博物館で表面を調整後、三恒商事の表面保護剤サンコールを塗布し、火山灰等の落下防止処理を行った。

剥ぎ取り資料については館内での展示、館外への貸し出し、調査研究への利用を予定している。



図12 地層剥ぎ取り状況と剥ぎ取り資料（開聞岳テフラ）

参考文献

- 藤野直樹・小林哲夫（1997）開聞岳火山の噴火史. 火山, 42, 195-211.
- 服部 仁・福嶋宗人・上条朝宏（1996）多摩ニュータウンにおけるローム質噴砂脈. 地質学雑誌, 102, 391-403.
- 稲倉寛仁・成尾英仁・奥野 充・小林哲夫（2014）南九州, 池田火山の噴火史. 火山, 59, 255-268.
- 川辺禎久・坂口圭一（2005）開聞岳地域の地質. 地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）. 産総研地質調査総合センター, 82 p.
- 成尾英仁（1986）開聞岳と遺跡. 隼人文化研究会, No.18, 47-60.
- 成尾英仁・小林哲夫（1984）池田カルデラ形成時の降下火砕物. 火山, 28, 148.
- 成尾英仁・小林哲夫（1995）噴火によって生じたクラステックダイク. 鹿大紀要（生物・地学）, 28, 111-122.
- 及川輝樹・大場 司・藤縄明彦・佐々木 寿（2018）水蒸気噴火の地質学的研究. 地質雑, 124, 231-250.
- 奥野 充・小林哲夫（1991）鍋島岳火山の地質. 鹿大紀要（生物・地学）, 24, 23-35.
- 奥野 充・小林哲夫・中村俊夫（1993）南九州, 鍋島岳フラ層中の炭化木片の加速器¹⁴C年代. 火山, 38, 91-94.
- 奥野 充・成尾英仁・小林哲夫・中村俊夫（1996）南九州, 池田湖テフラ層に関連する試料の加速器¹⁴C年代. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, no.12, 49-55.
- 奥野 充・前垣内勇作・高島 勲・中村俊夫・稲永康平・小林哲夫（2005）放射性炭素および熱ルミネッセンス年代測定による鍋島岳火山の噴火年代の検討. 福岡大学理学集報, 35（1）, 41-48.
- 太田良平（1966）鹿児島県指宿地方地質調査報告. 地調月報, 17, 129-139.
- 寒川 旭（1993）遺跡の地震跡を用いた古地震研究. 第四紀研究, 32, 249-256.
- 寒川 旭（2013）地震考古学に関する成果の概要. 第四紀研究, 52, 191-202.
- 宇井忠英（1967）鹿児島県指宿地方の地質. 地質雑, 73, 477-490.