

(普及資料) 宮崎の代表的テフラの見分け方

松田 清孝

(宮崎県埋蔵文化財センター)

1 はじめに

宮崎県は、九州で活発に活動を続ける多くの火山の東側に位置することから、豊富なテフラが堆積しており、5 万年前以降に限っても 40 以上のテフラが知られている (表 1)。テフラは瞬時に広域に堆積するため、時間指標としての利用価値が高く、発掘調査においては、テフラを利用した編年 (テフロクロロジー) の発展に合わせるように、遺構や遺物の検出や年代決定の目安として活用されてきた。一方で、数多くのテフラを正確に同定するには、重鉱物組成のほか、火山ガラスの形態や斑晶鉱物の屈折率、さらには化学組成などの分析を行う必要がある。経験を積んだ調査員には典型的なテフラ層の同定はたやすく正確で、肉眼的観察や経験を頼りに同定を行い、特に必要が生じた場合にテフラ分析を業者委託により実施している。テフラ同定を行う際に留意したいのは、堆積したテフラは給源からの距離、当時の上空の風向き、地形や水域の存在・植生・気候など堆積地の環境、堆積後の環境変化、浸食や再堆積、他の碎屑物の混入、風化など、様々な要因によってテフラ層の残存状況や顔つきが変化していることである。同じテフラであっても場所によって様相が異なる可能性があるため、同定にはある程度の経験と知識の蓄積が必要となる。

時間指標としてのテフラの有効性に気づいてもらう目的で、当センターが 2023 年 1 月に実施した一般向け普及講座では、宮崎県内で初めてテフラの同定を行う場合を想定し、比較的容易に実施できるフィールドでの観察と双眼実体顕微鏡による観察について、3 種類のテフラを例に解説した。本稿は、その際の講座での内容を基に、抜粋と編集を加えたものである。

2 テフラに関する基礎知識

1) 発掘調査で時間指標となり得るテフラ層

テフラ (tephra) (Thorarinsson 1944) とは火山の爆発的噴火で地表に噴出された破片状の物質をまとめて呼ぶ術語として用いられ、火砕物 (火山碎屑物) と同義である (町田ほか 2003)。テフラは、降下テフラ・火砕流堆積物・火砕サージ堆積物およびこれらが風化した火山灰土 (あるいはローム) などを含んでいるが、火口からマグマが液体として流れ出す溶岩や、マグマが地表近くの地中で固まった火山岩などは含まない。降下テフラについては火山灰の用語が一般には通用しやすいが、火山灰は厳密には径 2 mm 以下のものに限定する用語である。

宮崎県内には阿蘇、加久藤、小林、始良、阿多などのカルデラを給源とする火砕流堆積物が河川流域や盆地、平地などの低地を埋積し、場合によっては溶結している。火砕流堆積物の埋積面は河川による開析の結果台地として残っていることがある。一方で低地では堆積したテフラ層は浸食を受けやすいため、氾濫原などでは降下テフラが残存していることは少なくなる。降下テフラが良好な状況で残存しているのは台地上であり、山地や丘陵の斜面では、浸食が進み鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) などの顕著なテフラや給源に極端に近い場合を除き不明瞭となる場合が多い。テフロクロロジーを遺跡発掘で利用する上で、テフラ層に瞬時性が保たれていることは必須条件であるが、そのためには残存するテフラ層が二次堆積 (一旦堆積したテフラ層が浸食運搬され再堆積したもの) ではないこと (図 1) が大切である。時間指標とすべきものに再堆積までの時間幅ができれば精度が悪くなるからである。

表1 約5万年前以降〔始良岩戸テフラ(A-Iw)以降〕の宮崎県内のテフラ

年 代	テフラ名			対比・別名・通称	記 号	給 源	堆積様式	分 布	岩相または肉眼観察による特徴	鏡下の特徴及び鉱物	備 考	文献※	
	境界	始良	霧島										
AD2011			新燃岳(平成)			新燃岳	a/a/pfa	新燃岳周辺	灰色火山灰、白色・灰色軽石、岩片			迫川ほか(2013)	
AD1959			新燃岳和火山灰			Kc-SmS	新燃岳	a/a	宮崎市方面に降灰		1日で終了	種子田ほか(1959)	
AD1914			板島1(大正)	大正軽石	Sz-1	板島	pfa	都城	黒色土中に点在する白色軽石	斜方輝石、単斜輝石	Sz-Ts/P1	町田ほか(2003)	
AD1779			板島2(安永)	安永軽石	Sz-2	板島	pfa	都城	黒色土中に点在する白色軽石	斜方輝石、単斜輝石	P2	町田ほか(2003)	
AD1768			硫黄山東-えびのA			Io-EbA	硫黄山東	えびの高原付近	厚薄5cmの黄灰～淡黄色粘土質の変質した粗粒～粗粒火山灰層	変質した粘土物質に被覆され、丸みを帯びた火山岩質片		田島ほか(2014)	
			新燃岳-生駒			Sm-lk	新燃岳	新燃岳-生駒	厚薄2cmの海泡の多い降下火山灰	斜長石、斜方輝石、単斜輝石、角閃石	AD1717～1822の間に噴出	田島ほか(2013)	
AD1716-17			霧島新燃享保(新燃享保軽石)	新燃享保軽石、新燃岳スコリア		Kc-SmK	新燃岳	pfa	SE 霧島-高原-田野-宮崎	濃褐色スコリア～軽石、乾露すると帯緑灰白色を呈することがある	斜方輝石、単斜輝石	新燃岳-享保(Sm-Kp)	井村ほか(1991)
16-17c			硫黄山-えびのB			Io-EbB	硫黄山	a/a	えびの高原付近	灰青色の粗粒な砂質火山灰	長径2～3mmの斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物が見られ、新鮮で鋭利な破断面のある黒色岩片、黒色ガラス、黄緑色多角形状のガラスが見られ、わずかに白色・赤色の変質した岩片が見られる	硫黄山溶岩	田島ほか(2014)
AD1471			板島3(文明)	文明軽石、文明岩、白砂	Sz-3	板島	pfa	都城-串間	白色～黄白色の軽石	斜方輝石、単斜輝石	Sz-Bm/P3	町田ほか(2003)	
13～17c			高千穂河原	細粒火山灰	TgT	御鉢	a/a	高原(霧島山麓)	複数枚の黒色火山灰、スコリアのほか、ピンク色火山灰などが認められる		11枚の火山灰層、いずれも小規模	南井ほか(2007)	
AD1235			霧島御鉢高原	高灰スコリア	Kc-Th	御鉢	a/a/sfi	E,EW 高原-高嶺	黒色～黒褐色～赤褐色スコリア	斜方輝石、単斜輝石		南井ほか(2007)	
10c			宮杉火山灰		Kc-Ms	御鉢	a/a	高原-都城、御池、夏見	黄灰色～青黒色火山灰、黒色スコリア	海泡の多い黒色スコリア		井ノ上(1988)	
AD788			霧島御鉢延暦(片赤)	片赤スコリア	Kc-OhE	御鉢	a/a/sfa	E 高原-都城、御池、夏見	黒色スコリア、黒色火山灰、火山礫	斜方輝石、単斜輝石、橄欖石		南井ほか(2007)	
AD700頃			荒瀬	荒瀬テフラ	AsT	御鉢	a/a/a/a	御鉢の東～南	褐色～オレンジ色のスコリア上部に黒色火山灰を挟むことがある	海泡の多いスコリア		南井ほか(2007)	
1.3～1.7ka cal BP			不動池-えびのC			Fd-EbC	不動池	a/a	えびの高原付近	淡黄色の粘土質の細粒火山灰層		田島ほか(2014)	
2.3ka cal BP			新燃岳-新海林道A			Sm-SrA	新燃岳	a/a	新燃岳西-南西山麓	海泡の多い火山灰からなる小礫を含む火山灰	斜長石、斜方輝石、単斜輝石、橄欖石		田島ほか(2013)
2.7ka cal BP			新燃岳-新海林道B			Sm-SrB	新燃岳	a/a	新燃岳西-南西山麓	海泡の多い小礫を含む粗粒火山灰	斜長石、斜方輝石、単斜輝石、橄欖石		田島ほか(2013)
2.4ka cal BP			中岳火山灰			Kc-Nkd	中岳	a/a	中岳西山麓	海泡の多い粗粒火山灰		井村ほか(2001)	
4.3ka cal BP			韓国岳北-えびのD			Kn-EbD	韓国岳北	a/a/da	えびの高原付近	明確な2つの下部層(Kn-EbD1)と上部層(Kn-EbD2)に区分できる		田島ほか(2014)	
4.5ka cal BP			新燃岳-新潟			Sm-Sy	新燃岳	pfa	新燃岳西山麓	海泡が丸泡程度の低い降下軽石	軽石、斜長石、斜方輝石、単斜輝石		田島ほか(2013)
4.6ka cal BP			霧島御池	御池軽石、御池岩	Kc-M	御池	pfa/ps	県西部～南部	灰色～黄白色～黄褐色降下軽石、岩片(安山岩、珪角岩と珪岩)	斜方輝石、単斜輝石、角閃石		奥野(2002)	
5.6ka cal BP			前山軽石	新燃岳-前山(Sm-Mh)	Kc-My	新燃岳	pfa	新燃岳東斜面	黄白色～暗褐色の海泡の多い降下軽石と上部に海泡の多い降下火山灰を挟むことがある	斜長石、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物		井ノ上(1988)	
6.5ka cal BP			えびのキャンプ場			Ec	a/a	えびの高原付近	粗粒～細粒火山灰、葉片状白色片が見られる	斜長石、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、不透明鉱物	Ec	田島ほか(2014)	
6.8ka cal BP			皇子スコリア	赤ボラ	Kc-Oj	高千穂峰	a/a	高千穂峰北東-南東	褐色～赤褐色スコリア(降下ユニット2層)、青灰色火山灰	火山灰は岩片が多い	Tk-Oj	井ノ上(1988)	
6.9ka cal BP			黒原火山灰			Kc-Mh	高千穂峰	a/a	高千穂峰南斜面-二子石	軽赤黄～青灰色の海泡の多い粗粒～粗粒火山灰	Tk-Mh	井ノ上(1988)	
～7.1ka cal BP			牛のすね火山灰(上部)	Ohc-UaA-U、亀牛の壁ローム	Kc-Ua U	高千穂峰	a/a	霧島-田野、宮崎	霧島山周辺では青黒～黒灰色火山灰			遠藤ほか(1969)	
7.3ka cal BP			境野アカホヤ			K-Ah	a/a	E 県内全域	黄褐色～赤褐色、パブル型火山ガラスを多量に含む灰色火山灰、最下部に厚さ5mm以下のバーストおよび火山豆石(直径5mm以下)密集層をもつことがある。乾くと「きなこ」状、低気圧では褐色～黒色(バグワントン)	火山ガラスはバブル型が主体で、全体が暗褐色を帯びるものを含むことでATと区分できる		町田ほか(1978)	
7.6ka cal BP～			牛のすね火山灰(下部)	Ohc-UaA-L、下部牛の壁ローム	Kc-Ua L	高千穂峰	a/a	霧島-田野、宮崎	霧島山周辺では葉片状白色片を含む漆黒から黄灰色～暗灰色細粒砂質火山灰、下部に煤灰色のスコリアを含む。風化部では小白斑を含むやや塊状の塊～塊色(バグワントン)	岩片が多い		遠藤ほか(1969)	
8.1ka cal BP			鎌平田スコリア	赤ボラ	Kc-Km	高千穂峰	a/a	高原	赤褐色～煤灰色スコリア径3～4cm以下、海泡の多い降下スコリア			奥野(2002)	
9.0ka cal BP			不動池-境野A			Fd-TmA	不動池	a/a	えびの高原-境野	黒色岩片、白色変質岩片、赤色変質岩片、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、かんらん石、不透明鉱物	不動池溶岩	田島ほか(2014)	
10.4ka cal BP			霧島瀬田尾(瀬田尾軽石)	新燃岳-瀬田尾(Sm-St) 瀬田尾軽石、島小林軽石	Kc-St	新燃岳	pfa	高原	黄褐色～黄褐色降下軽石。海泡はよく、結晶粒が多い	斜長石、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物		井ノ上(1988)	
			境野B(境野Bu)			TmB	新燃岳	a/a	えびの高原-境野	暗灰色の粗粒～細粒火山灰で不明瞭な層構造がある。途中に板島溶岩を挟む	岩片、ガラス～黄褐色の透明なガラス、斜長石、斜方輝石、単斜輝石	田島ほか(2014)	
12.8ka cal BP			板島島嶼	島アサ、サツマ、板島バミス	Sz-S/P14	板島	pfa/ps(pp)	県南、北限日向	褐色細粒ガラス質火山灰。基部部に最大1cmの軽石点状、ツマナが見られることがある。風化部ではバースト塊状、シャベット状のブロック状となっている。通常は明褐色で低気圧ではピンクがかることが多い	軽石型火山ガラス、斜方輝石、単斜輝石		小林(1986)	
13.5 ka cal BP			境野B(境野B)			TmB	a/a	えびの高原-境野	暗灰色の粗粒～細粒火山灰で不明瞭な層構造がある。途中に板島溶岩を挟む	不透明な岩片、ガラス～黄褐色の透明なガラス、黄白色・赤色の変質した不透明岩片、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物		田島ほか(2014)	
16.7ka cal BP			霧島小林	小林軽石 韓国岳-小林軽石,KcP	Kc-Kb	韓国岳	pfa/pfi	ENE 霧島山-宮崎平野(宮崎市北部～都農)	白色～黄白色～黄褐色降下軽石、よく泡出し、おろ軽石中に礫を含むことがある。暗黄色の粗粒火山灰層を挟む。宮崎市以遠では褐色のローム層の中に暗黄褐色～褐色のバースト(最大1cmほど)を含む暗褐色ブロックが散在している。暗褐色ブロックは軽石と長石を多く含み周囲より粗粒している	斜長石、斜方輝石、単斜輝石、細粒軽石	給源から7kmの小林市大王では45ユニットに区分できる	伊田ほか(1956)	
			大王A			DA	pfa	高原町、小林市	うぐいす色の降下火山灰層、降下軽石層			田島ほか(2014)	
			大王B			DB	a/a	高原町、小林市	うぐいす色の降下火山灰層	(DAの間に黒色土)		田島ほか(2014)	
22ka cal BP			飯倉			Ka	a/a	えびの市、小林市	降下スコリア-降下火山灰層、各2ユニット、赤みがかかった茶色のスコリア	鎌田スコリアを再定義		田島ほか(2014)	
			比之堂			TJ		小林市	降下軽石層、軽石及び岩片を含む降下火山灰			田島ほか(2014)	
			始良Tn(AT)			AT	a/a	E 県内全域	黄褐色ガラス質火山灰、乾くと「こけず」状でレモン黄色	パブル型火山ガラス、軽石型火山ガラス、斜方輝石、単斜輝石、石英		町田ほか(1976)	
30ka cal BP			始良入戸(入戸火砕流堆積物)	シラス	A-Ito	始良	pfi	県西-県南-県央	白色～黄白色砂状、軽石・岩片・火山灰の混合層(ただし上部にシラスを挟むことがある)、溶融岩質を伴う場合がある	パブル型火山ガラス、軽石型火山ガラス、斜方輝石、単斜輝石、石英		寛政(1969)	
			始良表層(表層火砕流堆積物)			A-Tm	始良	pfi	県内は分布なし	県内は分布なし		寛政(1964)	
			始良大隅(大隅降下軽石)	大隅降下軽石	A-Os	始良	pfa	県西-県南-県央	白色～黄白色の粗粒降下軽石層、砂状に見えることがある。シラス基下に分布する	斜方輝石、単斜輝石、石英		Arakaki et al.(1966)	
31ka cal BP			始良深溝	白粥ローム	A-Fm	始良	pfa,pfi	E 県央以南	中硬に泡出した白色軽石(径5mm以下)が黒色シラス質火山土中に散在。始良大隅と連なる場合が多い。土壌可溶性で浸食部～細粒サイズの白色軽石のレンジ以下	斜方輝石、単斜輝石、石英		長岡ほか(2001)	
32.5ka cal BP			始良大塚	白粥ローム	A-Ot	始良	pfa	NE 県央(一ツ瀬川)以南	中硬に泡出した白色軽石(径5mm以下)が黒色シラス質火山土中に散在。佐土原町岩壁では厚さ10cm以下	斜方輝石、単斜輝石、石英		長岡ほか(2001)	
30～40ka			霧島アワオシ	伴町降下軽石=ユニット 本町降下スコリアI=16ユニット 本町降下スコリアII=21～22ユニット	Kc-Aw	夷守岳	a/a/da	ENE 霧島山-宮崎平野	宮崎平野では線褐色半固結したスコリア層、岩片を多く含む	斜方輝石、単斜輝石	23降下ユニットと土流ユニット	遠藤ほか(1962)	
40～45ka			霧島イワオシ			Kc-Iw	大原池	pfa/pfi	ENE 霧島山-宮崎平野	海泡の多い黄褐色軽石層、岩片を多く含む		遠藤ほか(1962)	
			内山軽石			Kc-Uc	(霧島火山)	pfa	NW 野尻町、高岡町久木野、遠木内山	軽褐色の径5mm以下の風化した降下軽石層		長岡ほか(2010)	
45～50ka			始良岩戸			A-Iw	始良	pfa	ENE 県西～宮崎平野	粗粒状の黄褐色軽石層、田野町元野での軽石の最大粒径は2cm以下	高温石英、斜方輝石、(単斜輝石)	給源付近では9ユニットに区分。直上に見られる風化層は高温石英のみが散在し、キンキラロームと呼ばれる	町田ほか(1992)

※表中の文献のほか、内戸章編(2017)新編日向ローマン層の基本層序・旧日向ローマン層の基本層序(未公表資料)を参考にした。

※堆積様式 afa:ash fall(降下火山灰) pfa:pumice fall(降下軽石) sfa:scoria fall(降下スコリア) sfi:scoria flow(スコリア流) ps:pyroclastic surge(火砕サージ堆積物) pp:phearetoplinianeruption(水蒸気アグニアン火山灰) df:pyroclastic flow(火砕流堆積物) da:Debris avalanche(岩屑崩れ堆積物)

※表中の文献のほか、矢戸章編(2017)新規日向ローム層の基本層序・旧日向ローム層の基本層序(未公表資料)を参考にした。
 ※堆積様式 afa:ash fall(降下火山灰) pfa:pumice fall(降下軽石) sfa:scoria fall(降下スコリア) sfi:scoria flow(スコリア流) ps:pyroclastic surge(火砕サージ堆積物) pp:pheateoplinaeruption(水蒸気プリニアン火山灰) pfi:pyroclastic flow(火砕流堆積物) da:Debris avalanche(岩屑なだれ堆積物)

以上のことから、時間指標となり得るテフラの典型的な例は、テフラ層が堆積時から移動せず、明確な層をなしていることである。このような層は火砕流堆積物のほかは、遺跡の好立地とも重なる台地上の降下テフラに多く見られる。

2) テフラの構成粒子

テフラ粒子は基本的に本質物、類質物、異質物からなる。

本質物とはテフラを噴出した爆発的噴火において、噴火のもととなった液体マグマから直接生成された碎屑物で、軽石・スコリア・火山ガラス・遊離鉱物などがある。軽石は発泡した安山岩質・デイサイト質・流紋岩質マグマが固化した白色多孔質の密度が小さいもの、スコリアは発泡した玄武岩質マグマなどが固化した黒色～暗褐色多孔質の密度が小さい（軽石より密度が大きいのが普通）ものを指す。火山ガラスとはマグマの急冷によって生じる天然ガラスであり、軽石やスコリアをつくるとともに、細かく破碎した火山ガラスの細片は、爆発的噴火で生じたテフラの主要な構成粒子である。本質物はマグマの状態や噴火様式などを反映し、テフラごとに特徴を異にしている。本質物テフラ粒子のうち火山ガラスは液体マグマの真に液体の部分を反映し、遊離鉱物は液体マグマ中にすでに晶出していた斑晶鉱物を反映している。軽石やスコリアは、すでに液体マグマ中で晶出していた斑晶鉱物を発泡した多孔質の火山ガラスが取り込んで固化しているので、液体マグマ全体（液体部分と晶出済みの斑晶鉱物）を反映したものとなる。テフラを見分けるために最も重要な構成粒子は本質物である。

類質物とは爆発的噴火において古い火山体を構成していた火山岩や古いテフラをもとにした碎屑物のことである。類質物のうち火山岩が破碎した岩片はテフラの構成粒子の中では見分けやすいが、古い火山岩中の斑晶が破碎した結晶や、古い火山体に堆積していたテフラ中の軽石、スコリアを含む場合、本質物との区別が難しい場合もある。

異質物とは爆発的噴火の際に取り込まれた基盤岩を起源とした碎屑物、火山体と直接関係ない岩石の破片、レス（風で運ばれてきた砂塵などの風成物が土壌化したもの）などが含まれる。

3 降下テフラの観察

1) フィールドでの観察

降下テフラをフィールドで観察する際にはテフラ層やテフラ層が風化した火山灰土、土壌などが堆積した順序、上下関係（層序）に注目することが大切である。テフラ層は植生で覆われていることが普通であるのでネジリ鎌などによって新鮮なテフラ層を露出させることが欠かせない。地表面と土壌の状況、明確なテフラ層を手がかりに、既知のテフラの特徴と照らし合わせ対比していくことにより、フィールドでのテフラ層の同定が可能となる。慣れてくると大抵のテフラはこの作業で判別可能となる。

観察の際、耕作や崖崩れ、土石流などにより攪乱された土壌やテフラ層は層序関係が乱れているので対比には適さない。また攪乱されていなくても、地形とテフラ層の関係によっては流水などの影響によって存在すべきテフラ層が欠落することは珍しいことではない。尾根地形や傾斜地ではテフラ層は薄くなりやすく欠落しやすいし、緩やかな凹地ではテフラ層 1 枚 1 枚が厚くなる傾向がある。またフィールドでは欠落したテフラ層も数 m 離れた場所では存在することもあるので、周辺も含めて地形と露頭をよく観察する必要がある。

柱状図を作成する際は、テフラ層の全体的色調、構成粒子の粒径（平均や最大径）や種類、構成比率、淘汰の良し悪し（粒度のばらつき具合）など気づいた点をメモしておくといよい。観察の際は肉眼のほか指での手触り、10 倍程度のルーペを利用し、可能であれば土色帖などにより色調の正確さ



図 1 テフラの水中堆積の例

降下軽石が水中堆積（または二次堆積）
シラミナが発達している
（熊本県山都町馬見原）

を記録することも重要である。テフラの新鮮な露頭は数年後には植生に覆われ、土地の改変などによって失われていく可能性もあるので、写真は多ければ多いほどよい。その際同じカットは不要だが周辺の地形も含めた全体と露頭のアップ、テフラ層のアップをスケール入りで撮影しておく。

2) サンプルの採集

1) の方法で同定できなかったテフラ層はサンプルを使った室内観察を行うことになる。サンプルを採集する際は新鮮な面をネジリ鎌で削り出し移植ごての先を差し込み採集する。サンプルは量に応じた大きさのビニール袋に入れるが、コンタミネーション（混入）がないようネジリ鎌や移植ごてをその都度きれいにすることや、採集場所や日付、柱状図や写真と対比できる情報をメモ書きとして加える。筆者の場合ビニール袋にマーカーで直接メモ書きを加えると消えやすいので、荷札を使うことがある。ただし紙や荷札をサンプルと一緒にビニール袋に入れたままにしておくと、ほぼ 100% カビが生えるので注意が必要である。同じテフラ層でもたとえば上中下の 3 か所や 10 cm 間隔でサンプリングするなど必要に応じて工夫する。ただし必要以上のサンプリングは処理の煩雑さが増えるだけなので、サンプリングは目的をはっきりさせた上で行いたい。

3) フィールドでの注意

テフラ層が露出した露頭の多くは工事現場や崖崩れの跡、道路の法面、河岸や海岸などである。管理者や所有者の事前了解を得ることは欠かせない。観察中の安全確保や終了後の後片付けや整地なども含めて疑念を抱かれることのないよう心がけたい。

4 室内観察

1) 観察の前に

採取したサンプルはルーベや実体顕微鏡によって拡大し観察することになる。採集してきたテフラはそのままでは粘土や植物片などの異物を含んでおり、観察に適するよう前処理（洗浄）を行う必要がある。洗浄には、装置を使う方法と使わない方法がある。

2) 超音波洗浄機での洗浄

サンプルに水を加え、洗浄機の使用方法に従って洗浄する。この場合サンプルの状況に応じて洗浄時間を調整する必要があるが、超音波洗浄機はテフラ粒子から粘土鉱物を分離するのに有効で、眼鏡用の安価なものでも洗浄可能である。洗浄前にサンプルの塊をよくほぐしておく必要がある。洗浄が終了したらラバーカップに移して上澄みを捨て3) に進む。テフラの状況によっては超音波洗浄機を用いなくても洗浄可能である。

3) 装置を使わない洗浄

ラバーカップにサンプルを適量（図 2）入れ、少量の水を加えて親指でよくすりつぶす。水を加え掻き混ぜてしばらく放置したのち上澄みだけを捨てる。ラバーカップの底に残ったサンプルを同じ要領でよくすりつぶす。再び水を加え放置して上澄みを捨てる。これらの操作を上澄みの水が濁らなくなるまで続けたのち、水を捨て乾燥させる。乾燥は恒温乾燥器やホットプレートがあると便利だが、自然乾燥でもよい。



図 2 ラバーカップとサンプルの量の例

4) 双眼実体顕微鏡による観察

顕微鏡を使った観察では粒子径が揃っていた方がピントを合わせて観察しやすいので、状況によっ

では篩いがけを行うとよい。スライドガラスに封入して観察する方法もあるが、シャーレに入れ直に観察の方が磁性鉱物の確認などが合わせてできるため便利である。ルーペは 10 倍～ 20 倍程度の倍率がほとんどで、原則反射光での観察となる。洗浄したサンプルはルーペでも判別可能であるが、できれば双眼実体顕微鏡 (5 倍～ 40 倍程度のものが多い) で粒子径に合わせた観察しやすい倍率で、反射光に併せて透過光も用いたい。実体顕微鏡用の簡易偏光装置がある場合は、石英と斜長石の判別や、斜方輝石と単斜輝石の判別など鉱物の同定に有用である。

5 鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah)

1) 鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) とは

鬼界アカホヤテフラ (K-Ah(T)) (町田・新井 1978) は、約 7,300 年前 (7.3cal ka BP: 奥野 2002) の鬼界カルデラ形成噴火の一連のテフラ「幸屋降下軽石 (K-KyP)、船倉火砕流堆積物 (K-Fn)、幸屋火砕流堆積物 (K-Ky)、鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah(c))」の総称で、鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah(c)) は宮崎県内のみならず広く国内に分布し、指標テフラとして知られる。宮崎県内では南部に限って幸屋降下軽石 (K-KyP) が鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah(c)) の下位に薄く見られることがある。鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah(c)) は幸屋火砕流堆積物 (K-Ky) を生じた噴火に伴う co-ignimbrite ash (Sparks & Walker 1977) (コ・イグニンプライト・アッシュ: 大規模火砕流噴火に伴って広域に降下し堆積した火山灰) である。なお、宮崎県内に存在する鬼界アカホヤテフラ (K-Ah(T)) は鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah(c)) が主体であるため、本稿では鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah(c)) と同義で K-Ah の記号を用いた。

2) フィールドでの特徴

鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) は宮崎県内では通常層厚 20 ～ 50 cm 程度で宮崎県南部～南西部にかけては厚い。平野部では黄橙色～赤橙色のガラス質火山灰で上下をクロボク土に挟まれる (図3 A)。高原町や小林市～宮崎平野南西部の牛の脛火山灰の分布域では、K-Ah はクロボク土より固く粘性がある暗緑色の牛の脛火山灰の間に挟まり、牛の脛火山灰の上下がクロボク土となる。低湿地や水中では白色～明灰色を呈する。宮崎平野ではクロボク土からなる畑地を掘り下げると最初に目立つオレンジ色の火山灰層で、遠藤ほか (1962) の第 1 オレンジにあたる。乾燥すると「きなこ状」の手触りを呈する。最下部には層厚 5 cm 以下で、直径 5 mm 以下の軽石や火山灰が球状に固結した火山豆石が密集する層 (図3B) が見られることがある。火山豆石は県南部の K-Ah に多く含まれる。

3) 洗浄時の特徴

K-Ah は薄いバブル型火山ガラスを非常に多く含んでおり、風化によって生成した粘土鉱物の量が多い。洗浄時には粘性が大きく、すりつぶして粘土を除去できている実感がない場合もある。このとき上澄みが透明になりにくく細かな粘土鉱物が火山ガラス粒子と分離せずに密集してコロイド状に浮遊

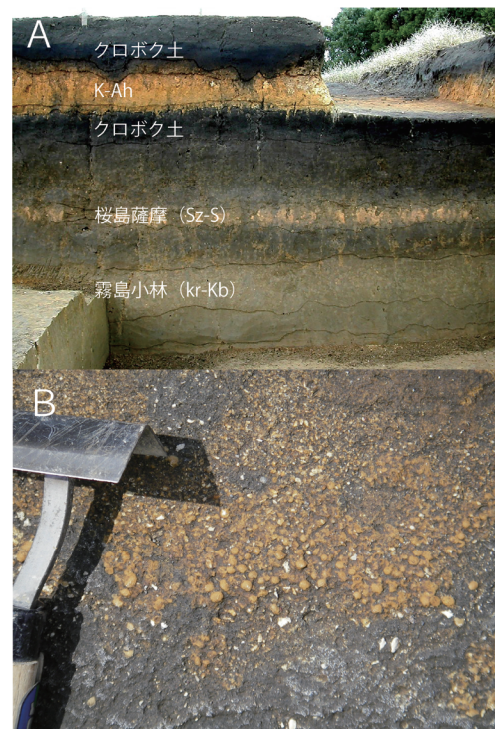


図 3 鬼界アカホヤ火山灰 (K-Ah) の産状

A: 上下を黒ボク土に挟まれる K-Ah、その下部に黒島薩摩 (Sz-S)、霧島小林 (Kr-Kb) が見られる (宮崎市清武町 清武上猪ノ原遺跡)

B: K-Ah 下部に密集する火山豆石 (高原町蒲牟田)

している。このまま上澄みを捨てるとかなりの火山ガラスを捨ててしまうことになる。このような場合は、洗浄には超音波洗浄機を用い、時間をかけて少量のサンプルを洗浄した方が良い結果が得られる。

4) 双眼実体顕微鏡を用いた観察時の特徴

バブル型火山ガラスを多量に含む。火山ガラスは透明が多いが、バブルの壁や全体が褐色～黒褐色のものを含む。色が付いた部分はバブルの継目など分厚い部分のみの場合が多いが、一様に色がついた破片も含まれる。ATに比べ全体的に厚みが薄い(図4)。

斜長石、斜方輝石、単斜輝石、磁性鉱物(磁鉄鉱など)を含む、軽石や火山豆石は県南部のサンプルでは見られるが、岩片はATや始良岩戸に比べ少ない傾向がある。

6 始良 Tn 火山灰(AT)

1) 始良 Tn 火山灰(AT)とは

錦江湾の最も奥部にある始良カルデラで、約3万年前(Smith et al. 2013)に発生した始良カルデラ最大規模の噴火、始良入戸噴火の際に噴出した巨大火砕流の堆積物(入戸火砕流堆積物(荒牧1969)(A-Ito))は、南九州の広い範囲に火砕流台地(いわゆるシラス台地)を形成した。入戸火砕流に伴うコ・イグニブライト・アッシュ(co-ignimbrite ash)である始良 Tn 火山灰(AT)(町田・新井1976)は日本列島やその周辺の広範囲を覆っている。

2) フィールドでの特徴

宮崎県内で残存している入戸火砕流堆積物(A-Ito)は、一ツ瀬川以南で見られ、大淀川および清武川流域では厚さ5m以上で堆積し火砕流台地をつくっている(長岡ほか, 2010)。入戸火砕流堆積物(A-Ito)の分布

域では直上のガラス質火山灰(厚さ1m弱)が始良 Tn 火山灰(AT)にあたる(図5B)があまり明瞭ではない(町田・新井2003)が、丘陵や台地上などの入戸火砕流が堆積していない高度では、ATが普通に見られ、一ツ瀬川以北ではATのみが分布している(図5A)。一ツ瀬川以北の宮崎平野ではATの層厚は通常30～60cmである。クロボク土からなる畑地を掘り下げるとK-Ahに次いで現れる顕著なオレンジ色のガラス質火山灰層で、遠藤ほか(1962)の第2オレンジにあたる。乾燥すると「のこず状」の手触りを呈する。県南部で下部に大隅降下軽石を伴う。宮崎平野ではATの上位にATの風化火山灰層を伴いこの部分はしだいに暗褐色に遷移し土壌化している。ATの下位は固い黒褐色土壌となるが、途中軽石などを斑点状に含んでいる薄い密集層が見られる場合がある。これは始良深港降下軽石(A-Fm)または始良大塚降下軽石(A-Ot)で遠藤ほか(1962)の白斑ロームにあたる(長岡ほか2001)。

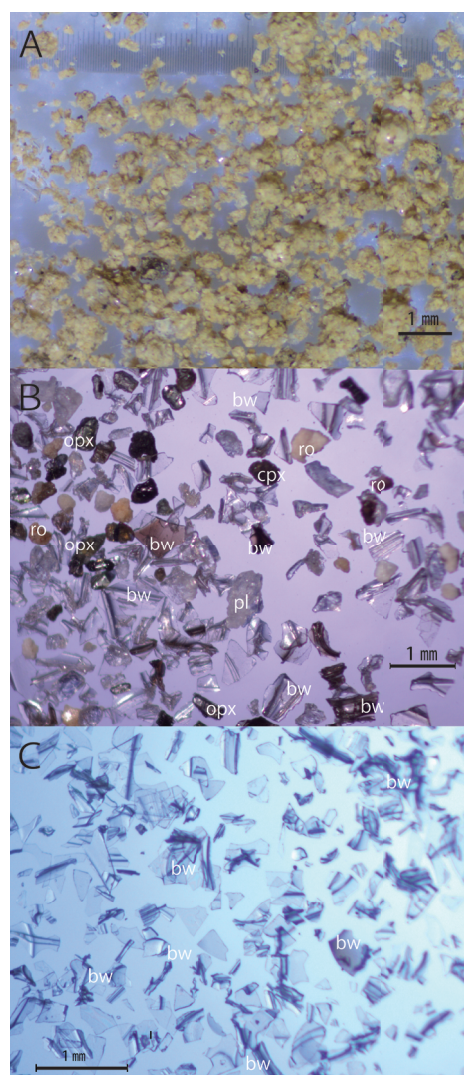


図4 鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah)の実体顕微鏡鏡拡大写真

A: 反射光、未洗浄(宮崎市清武町 清武上猪ノ原遺跡)
B: 反射光、洗浄(同) C: 透過光、洗浄(五ヶ瀬町樋口遺跡)
bw バブル型火山ガラス qt 石英 pl 斜長石
opx 斜方輝石 cpx 単斜輝石 ro 岩片

3) 洗浄時の特徴

AT は火山ガラスを非常に多く含んだガラス質火山灰だが、洗浄時における粘性はそこまで大きくなく、超音波洗浄機を使用しない場合も丁寧なすりつぶしを行うことで粘土を十分に除去できる。K-Ah に比べ洗浄にかかる時間は短くて済む。

4) 双眼実体顕微鏡を用いた観察時の特徴

火山ガラスはバブル型が主体であるが、軽石型火山ガラスも多く含んでいる。バブル型火山ガラスは K-Ah と比較すると厚みがあり、K-Ah と同様に一部褐色のものを含むことがある。ただし色が付いた部分はバブルの継目など分厚い部分に限られ、ガラス全体が一様に着色した破片はほとんどない。軽石型火山ガラスのほとんどは繊維型である。

鉱物としては斜長石が多く、石英も目立つ。斜方輝石、単斜輝石、磁性鉱物（磁鉄鉱など）が少量含まれる。岩片や軽石は K-Ah に比べると多い。

7 始良岩戸降下軽石 (A-Iw)

1) 始良岩戸降下軽石 (A-Iw) とは

錦江湾北部が給源のテフラで給源付近では火砕流堆積物や火砕サージ堆積物を含む 9 ユニットに区別されている（長岡ほか 2001）。

2) フィールドでの特徴

宮崎県内に分布しているのは岩戸 6 降下軽石という降下ユニットで、名貫川以南に広く分布している（長岡ほか 2001）。遠藤ほか（1962）の第 3 オレンジに相当し、キンキラロームはその風化層である。宮崎平野の台地上では地表から K-Ah、AT について 3 番目に見られる顕著なオレンジ色のテフラである。A-Iw は黄色軽石を主体とし、高温石英と輝石を多量に含んでいるため肉眼ではごま塩状に見える（図7）。軽石は風化しやすく、消失している場合や下部のみ軽石層が残っている場合が多い。軽石が風化している場合は風化しにくい高温石英がキラキラと光を反射し目立つ。宮崎平野では軽石が残っている部分の層厚は 10 ～ 30 cm 程度のことが多いが、軽石が風化し消失した部分を含めると 1 m 以上の層厚の場所もある。

3) 洗浄時の特徴

K-Ah や AT に比べると洗浄時における粘性は小さく、超音波洗浄機を使用しなくても粘土を十分に除去でき、短時間で洗浄できる。軽石と鉱物との粒子径差が大きいため、

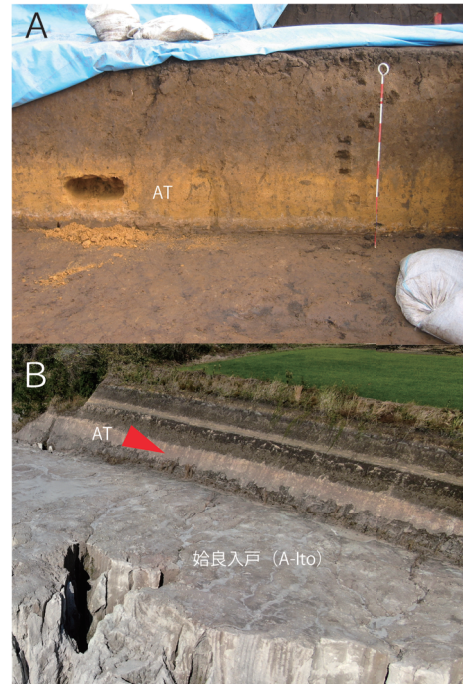


図5 露頭での始良 Tn 火山灰 (AT) の産状

A：高鍋町上江（牧内第1遺跡） B：高原町梅ヶ久保、始良入戸（A-Ito）火砕流堆積物（シラス）の直上に連続して堆積する AT

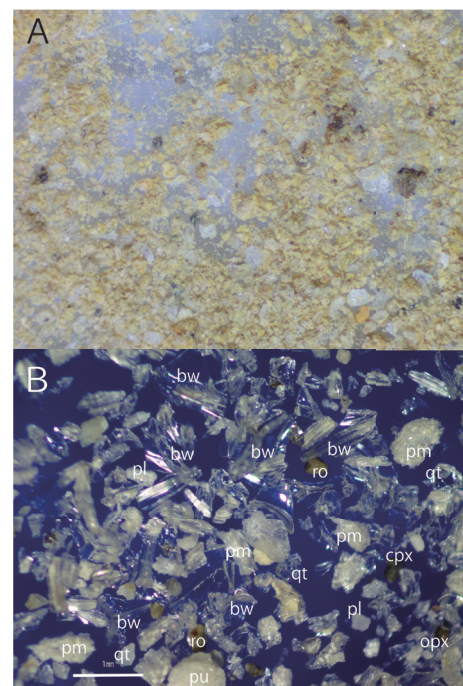


図 6 始良 Tn 火山灰 (AT) の
実体顕微鏡拡大写真

A：未洗浄、反射光（高鍋町上江 牧内第1遺跡） B：洗浄、反射光（同） bw バブル型火山ガラス pm 軽石型火山ガラス pu 軽石 qt 石英 pl 斜長石 opx 斜方輝石 ro 岩片

実体顕微鏡で観察する前に、篩いがけを行いたい。

4) 双眼実体顕微鏡を用いた観察時の特徴

高温石英が非常に多いことが最大の特徴である(図8)。火山ガラスは軽石型火山ガラスを主体とするが、風化により消失していることが多い。また斜長石、斜方輝石、単斜輝石、磁性鉱物(磁鉄鉱など)が含まれ、岩片が比較的多い。

ところでテフラに含まれる輝石は双眼実体顕微鏡の観察のみでは斜方輝石と単斜輝石の区別はつきにくい。このような場合、簡易偏光装置もしくは偏光板2枚を組み合わせた簡単な観察により判別可能である。図8のBで見られる輝石は双眼実体顕微鏡での観察では区別がつきにくい、簡易偏光装置でクロスニコルによって観察すると直消光のものが斜方輝石で、斜消光のものが単斜輝石である。綾町二反野で採集したサンプルでは輝石の大部分は斜方輝石であった。

8 火山灰の洗浄と実体顕微鏡による観察を行う意義と課題

火山灰の洗浄による鉱物の観察は小中学校の理科の教科書にも掲載され一般的に知られた方法となったが、双眼実体顕微鏡による観察が、フィールドで確認のなかったテフラの同定の決め手となり得ることにはあまり触れられていない。テフラが同定されることは、時間指標が定まることであり、発掘調査だけでなく、段丘地形がいつできあがったかなど、土地そのものの成り立ちを調べる上でも非常に有用である。テフラはそういった時間指標として活用可能な、地域独自の研究素材・教材であることを強調したい。

一方でテフラは地域によって堆積状況や構成粒子に大きな偏りや特色があるため、地域ごとに細かなカタログが存在するわけではなかった。そのため洗浄を行ってもどのように判別すればよいかという手本がない点は未経験者または学校の先生方にとって最大の取り組みにくさとなっていたと考えられる。産業技術総合研究所地質調査総合センターは2022年に火山灰データベースをWEB上で公開し全国の火山灰の情報や画像などのデータを閲覧できる取組を始めている。これによってテフラはより活用しやすい研究素材・教材へと今後シフトしていくものと思われる。本データベースは運用が始まったばかりで随時更新されてはいるが、宮崎のテフラについてはまだ掲載数が少ない。テフラを扱う地元の機関としての強みを活かし、我々もまた積極的に宮崎のテフラに関する情報を公開し、発掘調査や地域の学習教材として利用しやすい環境を提供していきたい。

9 まとめ

1) テフラを同定する簡易的方法として、フィールドで観察する際には、地表面と土壌の状況、明確なテフラ層を手がかりに、既知のテフラの特徴と照らし合わせ対比していくことが有用である。

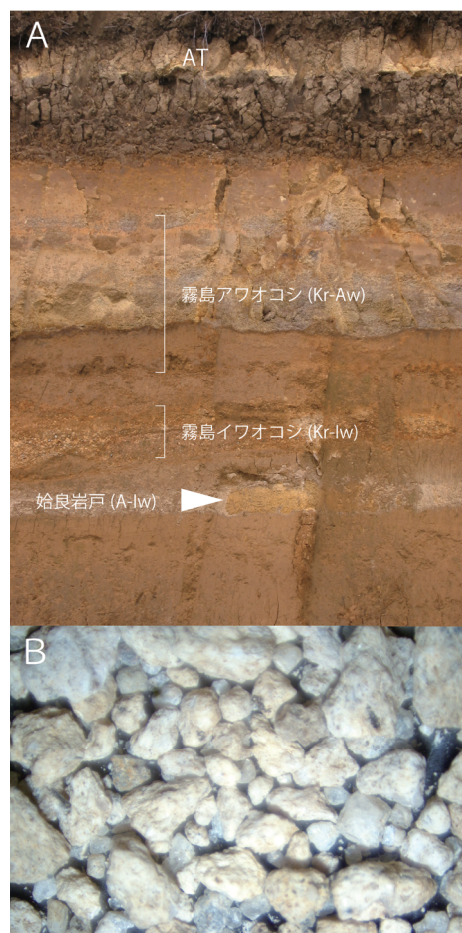


図7 始良岩戸テフラ (A-Iw)

A: 露頭での産状 (綾町二反野)

B: 実体顕微鏡拡大写真 (未洗浄、反射光)

2) 採取したサンプルを洗浄し、双眼実体顕微鏡で観察することによってテフラ同定の精度が大きく高まり時間指標としての活用が可能である。

3) 宮崎県内のテフラの特徴を記録したデータベースを構築し、発掘調査や学習教材としての利用価値を高める取組が今後の課題である。

引用文献

- 荒牧重雄 1964「鹿児島県国分付近の地質(その2)」『火山』9、101-102 頁
- 荒牧重雄 1969「鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物」『地震学雑誌』75、425-442 頁
- 伊田一善・本島公司・安国昇 1956「宮崎県小林市付近然ガス調査報告」『地質調査所報告』168、1-44 頁
- 井ノ上幸造 1988「霧島火山群高千穂複合火山の噴火活動史」『岩鉱』83、26-41 頁
- 井村隆介・小林哲夫 1991「霧島火山群新燃岳の最近 300 年間の噴火活動」『火山』36、135-148 頁
- 井村隆介・小林哲夫 2001「霧島火山地質図(5 万分の1)」『火山地質図』11、地質調査所
- 遠藤 尚・小林ローム研究グループ 1969「火山灰層による霧島熔岩類の編年(試論)」『霧島山総合調査報告』宮崎県、13-30 頁
- 遠藤 尚・杉田 剛・法元紘一・児玉三郎 1962「日向海岸平野を構成する段丘について」『宮崎大学学芸学部紀要』14、9-27 頁
- 追川輝樹・筒井正昭・田島靖久・芝原暁彦・古川竜太・斎藤元治・池辺伸一郎・佐藤 公・小林知勝・下司信夫・西来邦章・東宮昭彦・宮城磯治・中野 俊・渡辺真人 2013『第3 回火山巡回展 霧島火山ーボラ(軽石)が降ってきた! 霧島火山新燃岳の噴火とその恵みー』地質調査総合センター研究資料集 no.578、40 頁
- 奥野 充 2002「南九州に分布する最近 3 万年間のテフラの年代学的研究」『第四紀研究』41(4)、225-236 頁
- 小林哲夫 1986「桜島火山の形成史と火砕流」『火山噴火に伴う乾燥粉体流(火砕流等)の特質と災害』文部省科研費報告書、137-163 頁
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター 編 2022「火山灰データベース(ver.1.4)」産総研地質調査総合センター (https://gbank.gsj.jp/volcano/volcanic_ash/)
- 穴戸 章 編 2017「旧期日向ローム層の基本層序・新規日向ローム層の基本層序」(未公表資料)
- 田島靖久・林信太郎・安田 敦・伊藤英之 2013「テフラ層序による霧島火山、新燃岳の噴火史」『第四紀研究』52-4、151-171 頁
- 田島靖久 2014「霧島火山群、最近 3 万年間のテフラ模式地の提案」『火山』59(4)、275-282 頁

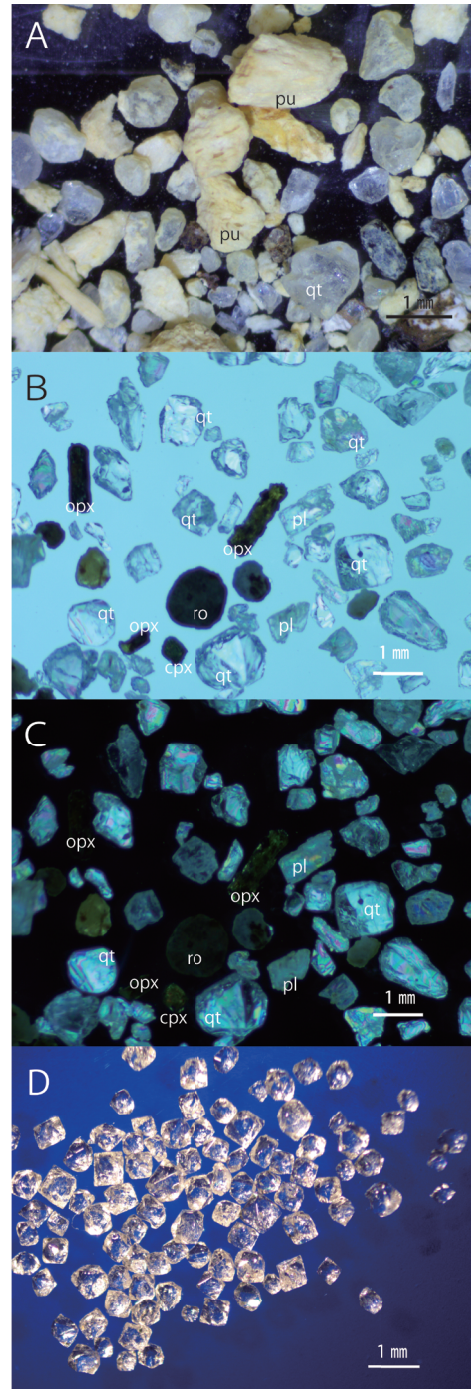


図 8 始良岩戸(A-Iw)の実体顕微鏡写真

- A: 洗浄(反射光)
- B: 簡易偏光装置を使用(オープンニコル)
- C: 簡易偏光装置を使用(クロスニコル)
- D: A-Iw から拾い出した高温石英(反射光)
- qt 高温石英 pl 斜長石 opx 斜方輝石
cpx 単斜輝石 pu 軽石 ro 岩片

- 田島靖久・松尾雄一・庄司達弥・小林哲夫 2014「霧島火山、えびの高原周辺における最近 15,000 年間の活動史」『火山』59-2、55-75 頁
- 種子田定勝・松本徭夫 1959「霧島火山新燃岳 1959 年 2 月の爆発」『地質学雑誌』65、703-704 頁
- 筒井正明・奥野 充・小林哲夫 2007「霧島・御鉢火山の噴火史」『火山』52、1-21 頁
- 長岡信治・奥野 充・新井房夫 2001「10 万～3 万年前の始良カルデラ火山のテフラ層序と噴火史」『地質学雑誌』107、432-450 頁
- 長岡信治・新井房夫・檀原 徹 2010「宮崎平野に分布するテフラから推定される過去 60 万年間の霧島山の爆発的噴火史」『地学雑誌』119、121-152 頁
- 町田 洋・新井房夫 1976「広域に分布する火山灰－始良 Tn 火山灰の発見とその意義」『科学』46、339-347 頁
- 町田 洋・新井房夫 1978「南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ－アカホヤ火山灰」『第四紀研究』17、143-163 頁
- 町田 洋・新井房夫 1992『火山灰アトラス－日本列島とその周辺』東京大学出版会、278 頁
- 町田 洋・新井房夫 2003『新編火山灰アトラス』東京大学出版会、336 頁
- Aramaki, S. and Ui, T. 1966 The aira and ata pyroclastic flows and related caldera and depressions in southern Kyushu, Japan. Bull. Volcano l., 29, pp.29-47
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Ramsey, C. B., Nakagawa, T., Mark, D. F., Danhara, T. 2013 Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. Quat. Sci. Rev., 67, pp.121-137
- Sparks, R.S.J. and Walker, G.P.L 1977 The significance of vitric-enriched air fall-ashes associated with crystal-enriched ignimbrites. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2, pp.329-341
- Thorarinsson, S. 1944 Tefrokronologiska Studier pa Island. Geogr. Annal., 1-2, pp.1-217