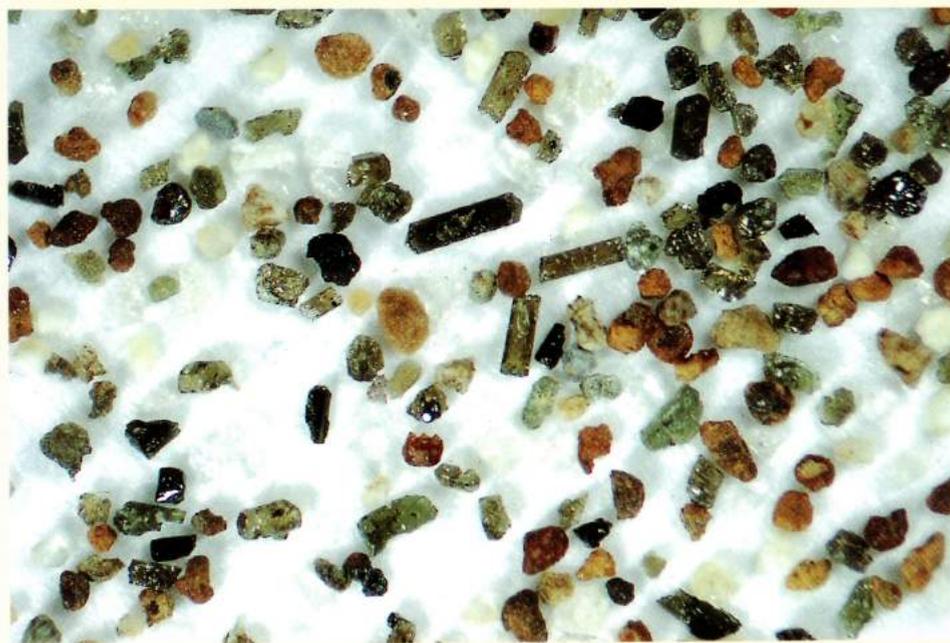


地学研究シリーズ第39号

茨城県内のテフラ I

－ 調査・処理法と粒子の見分け方 －



水洗，ふるいわけ後のテフラ

1999年

茨城県高等学校教育研究会地学部

まえがき

茨城県高等学校教育研究会地学部、地学研究シリーズ第39号「茨城県内のテフラ I - 調査・処理法と粒子の見分け方-」が発刊されることになりました。誠に喜ばしい限りであります。

校務多忙の中、三年間、調査研究に携われた研究委員の先生方に、心から敬意を表するとともに、厚くお礼申し上げます。

生徒の理科離れが叫ばれて久しくなりますが、理科の選択者や理系への進学者の動向をみますと、依然として、その傾向は続いているようであります。学校教育の中で、このような点を改善していくためには、生徒に直接指導にあたる理科の教員が、自然に対する興味や関心を持たせる指導方法の工夫改善を図ることが大事であります。そのためには、教師自らが研修を重ね、身近な自然や身の回りの素材を教材化して、生徒に提供することが必要になります。

高教研地学部では、昭和38年に「地学研究シリーズ第1号」を発刊して以来今日まで、教員自らが研修を兼ねて調査研究し、県内の身近な自然を教材として、教師も生徒もともに活用できるように「地学研究シリーズ」を発刊してきました。

今回の第39号は、県内に分布するテフラ層の概要、テフラ層の調査方法と処理法、鉱物粒子の見分け方等に重点を置いてまとめたものであります。

県内には広く関東ローム層が分布していますが、このローム層の中には、何枚かのテフラ層が挟まれています。テフラは火山の噴出物でありますから、その中に含まれる鉱物の組成やテフラ層の対比を調査することによって、どこの火山がいつ頃もたらしたものかわかるようになります。戦後、ローム層やテフラ層の分布は、第四紀の地形発達史の研究を進める上で、きわめて有力な手がかりとなってきました。また、テフラは、マグマから生じた火山噴出物でありますから、中学生や高校生が、火成岩を構成する鉱物の種類を学習する上でわかりやすい教材にもなります。

今後さらに調査研究を進め、県内に分布するテフラ層についてのより詳細な報告書の発刊を期待するところであります。

調査研究を進めるにあたり、ご指導ご援助を賜りました東京都立大学の鈴木毅彦先生、元高教研地学部長 蜂須紀夫氏、茨城県立海洋高等学校教頭 菅谷政司先生、茨城県自然博物館文化財保護主事 高橋 淳氏、並びに、本書を刊行するにあたり、ご高配を賜りました研究委員該当校の学校長に対し、心から厚くお礼申し上げます。

平成12年3月

茨城県高等学校教育研究会地学部長

鈴木 忠 治

茨城県内のテフラ I —調査・処理法と粒子の見分け方—

まえがき

目 次

I はじめに

I-1 研究の概要	1
I-2 テフラとは?	1
I-3 マグマと火山の噴火	2
I-4 テフラの分布と堆積	3
I-5 テフラを構成するもの	4
I-6 鉱物・火山ガラス	5

II 茨城県内のテフラ

II-1 概要	5
II-2 各テフラについて	7

III テフラの調査法と試料採取

III-1 準備するもの	10
III-2 露頭観察の手順	10

IV 試料の処理とプレパラート作成

IV-1 試料の処理	14
IV-2 プレパラートの作成	16

V テフラ中の主な鉱物・粒子の見分け方

V-序 鉱物・粒子を見分けるために	17
V-1 カンラン石	20
V-2 単斜輝石	21
V-3 斜方輝石	22
V-4 角閃石類	23
V-5 黒雲母	24
V-6 磁鉄鉱	25
V-7 チタン鉄鉱	25
V-8 長石類	26
V-9 石英	27
V-10 火山ガラス	28
V-11 岩片	29

文 献

あとがき

I はじめに

I-1 研究の概要

私たち、茨城県高等学校教育研究会地学部のテフラ研究委員会は、県内の高等学校の教員12名からなり、3年前の平成9年度から、県内の、主に関東ローム層中のテフラ層について調査・研究を行ってきました。関東ローム層とは、簡単にいえば一般に「赤土」と呼ばれているものことです。県内の丘陵地や河岸段丘・海岸段丘などの崖では、上から順に、黒っぽい土（表土、土壌）の部分、赤茶けた色をした土のような部分、花こう岩や砂岩などの硬い岩石や、れき・砂・泥などの地層から成る部分が重なっているのがよく観察されます。これらのうちの、赤茶けた土のような部分が関東ローム層（赤土）なのです。陸域に火山灰などが堆積することで形成された地層で、その中には、10数万年前以降（もう少し古いかもしれませんが）に火山から噴出され堆積した物質（テフラ）が、何枚かの層として挟まれています。これらのテフラ層について調査研究を行ってきたのです。

研究にあたっては、グループ全員または少人数に分かれて、野外での露頭*調査を繰り返し行いました。各地域の露頭にどのような特徴をもったテフラ層が分布しているのかを調べ、離れた地域に分布するテフラ層との対比などについて検討を加えてきました。テフラ層のなかには、遠方からもたらされたため、構成物が細粒で層厚が薄く特徴がつかみにくいものもあり、対比や層序関係など、明確になっていない点もいくつかあります。また、野外で採取したテフラの試料を処理し、実体顕微鏡と偏光顕微鏡を使って、各テフラにどのような種類の鉱物や火山ガラス・岩片などが、どの位の割合で含まれているのかについても検討を加えてきました。

この、「地学研究シリーズ第39号」は、そのような調査・研究を行う上で基礎となる、「テフラとはどのようなものなのか」、「県内に分布するテフラ層の概要」、「テフラ層の調査方法」、「採取したテフラ試料の処理法」、「実体・偏光顕微鏡での鉱物の見分け方」などに重点を置いてまとめたものです。教員ばかりではなく、高校生や中学生にも使えるよう、難しい用語や記述はできるだけ使わないようにしたつもりですが、十分ではありません。また、専門の方から見ると、記述や説明が不十分で歯がゆいかもしれません。ご容赦ください。

露頭*：自然または人工的にできた崖などで、表土の下の地層等が観察できる場所のことです。

I-2 テフラとは

皆さんは、この本のタイトルにある「テフラ (tephra)」って何だかわかりますか？。地学事典（平凡社）には、テフラとは『S. Thorarinsson(1954)によって定義された語で、噴火の際に火口から放出され、空中を飛行して地表に堆積した火山碎屑物*1の総称。ギリシア語で灰の意』とあります。火山灰のことかなと思われるかもしれませんが、少し違います。火山灰という語は、火口から噴出した直径2mm(4mmという区分もあります)以下の火山碎屑物だけを指すことが多いのに対し、テフラという語は、火口から噴出し空中を飛行し堆積した様々な大きさの火山

碎屑物全体を指すのです。一度の噴火で生じた堆積物は、火口から遠ざかるにつれ、小さくなる傾向があります。火口に近いものは比較的粗粒で火山灰と呼べないのに、遠くに堆積したものは細粒で火山灰と呼べるということが生じます。それでは不便なので、テフラという呼び名が用いられるようになってきたのです。また、火口から噴出したときに火山灰として噴出したのか、火砕流^{*2}として噴出したのかに関係なく使えるという利点もあります。実際にテフラを命名する場合には、「赤城鹿沼テフラ」(町田・新井, 1992)のように用います。今後特にことわりのない限り、使用するテフラの名称・記号は、町田・新井(1992)に統一します。

粒径 (mm)	堆積物の分類		火山碎屑物の分類		
	れき	大れき	火	山	
64	2	中・細れき	火山れき		テ
		極粗粒砂	極粗粒砂サイズ	フ	
1	粗粒砂	粗粒砂サイズ			
	中粒砂	中粒砂サイズ			
0.5	細粒砂	細粒砂サイズ			
0.25	極細粒砂	極細粒砂サイズ			
0.125	0.063	シルト	シルトサイズ	ラ	
0.004		粘土	粘土サイズ		

表 I-1 粒径による堆積物と火山碎屑物の区分と名称 (Wentworth, 1922, 黒川, 1999)

火山碎屑物^{*1} : 火山の噴火により地表にもたらされた、マグマが冷えて固まってできた岩石などの固体の物質のことです。

火 砕 流^{*2} : 高温の大小様々なマグマの破片と、マグマに含まれていたガスとが混じり合い高速で流動するもののことです。

I-3 マグマと火山の噴火

地下深く(数 10km)で岩石の一部が溶けると、マグマと呼ばれる高温の液状物質がつくられます。マグマはまわりの岩石より密度が小さく(軽く)、流動性があるため上昇し、火山の地下数~10数 km の間に集まって、マグマ溜まりをつくります。そして、マグマ溜まりの中の圧力が十分に高まり地上への通路が開かれると、マグマに含まれる気体やマグマそのものが地上に吹き出し、噴火が始まるのです。

噴火の様式は、火山灰の放出、火砕流の発生、溶岩流の流出や溶岩円頂丘(溶岩ドーム)の形成など様々ですが、これらの違いは、マグマの化学組成(含まれる元素の割合)や温度、粘り気(粘性)の程度(粘性)、含まれる気体の量などの違いにより生じます(表 I-2)。二酸化ケイ素(SiO₂)の割合が 45~52% 位と比較的少ない玄武岩質マグマは、高温で粘性が小さいので、水のように流れやすく、噴火の際には薄い溶岩流を生じさせる傾向があります。マグマ中の気体が放出されやすいので多くの場合、爆発的な噴火とはなりません。これに対し、二酸化ケイ素(SiO₂)の割合が63%以上

噴火の様式	マグマの性質			マグマの種類
	温度 (°C)	粘性	SiO ₂ 重量%	
薄い溶岩流	1200	小	50	玄武岩質 マグマ
火山灰・火山弾 の放出, 溶岩流		↑		
火山灰・火山 弾・軽石の放 出, 火砕流, 厚い溶岩流, 溶岩円頂丘				800

表 I-2 噴火の様式とマグマの性質の違い

(66%という区分もあります)と比較的多いデイサイト質～流紋岩質のマグマは、低温で粘性が大きく流れにくいので、厚い溶岩流や溶岩ドームを形成したりします。マグマ中にたくさんの気体が蓄積されることが多く、それが一気に放出され、急激に体積が膨張して爆発的な噴火となったり、火砕流などを発生させたりする傾向があります。このように、一口にマグマといっても、その性質はそれぞれ異なるのです。その違いが生じる理由については、ここでは省略します。

I-4 テフラの分布と堆積

火口から噴出されたテフラの分布には、噴火当時の上空の風向きが大きな影響を与えています。日本周辺は偏西風帯に属し、西よりの風が強く吹いていることが多いので、空中に放出されたテフラはその風に運ばれ、火口の東側に堆積する傾向があります。図 I-1 は、大山倉吉テフラ (DKP) の等層厚線図 (町田・新井, 1992) ですが、火山の東北東側にテフラの分布がのび、風の影響がよくわかります。県内に分布するテフラも、このような風の影響で、西または北西方向の群馬県や栃木県に位置する火山からもたらされたものが多く、北方向の福島県に位置する火山からのテフラは認められませんでした。

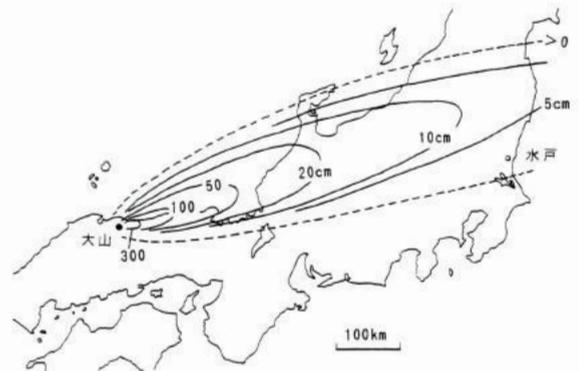


図 I-1 大山倉吉テフラ(DKP)の等層厚線図 (町田・新井, 1992)

地表に堆積したテフラは、熱いまま地表に落下し溶結*して固くなった一部のものを除くと、その殆どが小麦粉やさらさらとした砂のようなもので、雨水や風の侵食に弱いものです。地表面を覆うように(ちょうど雪が地面を覆うように)堆積するのですが、傾斜が急な場所には堆積できません。そのため、地上に堆積したテフラの状態が保存されるには、比較的平坦で、流水や風の影響をあまり受けないという条件が必要で、そのような場所として、湿地や草の茂った段丘面のような場所が相当すると考えられています。ローム層やテフラ層を観察できる地点が限られているのは、露頭の有無だけでなく、このような理由にもよるのです。また、比較的保存状態が良いと思われるテフラでも、顕微鏡で観察すると、流水により密度の小さな粒子が流されて、密度の大きな粒子(鉄鉱物等)だけが残っていたり、周囲の岩体などからもたらされた鉱物を含んでいたりと、他のテフラと混じり合って、含まれるはずのない鉱物が含まれていたりとすることがあるので注意が必要です。

溶結* : 火山碎屑物が高温のまま堆積し、粒子どうしがくっつき合うことです。

I-5 テフラを構成するもの

表紙は、水洗しふるい分けした後のテフラの写真です。テフラには、カンラン石 (olivine)・普通輝石 (clinopyroxene)・斜方輝石 (orthopyroxene)・角閃石*1 (amphibole または hornblende)・黒雲母 (biotite) などの有色鉱物、長石 (feldspar)・石英 (quartz) などの無色鉱物、バブルウォール型 (bw) やファイバー型 (fb) などの火山ガラス、マグマが発泡してできた軽石片やスコリア片からなる

岩片、噴火したときの爆発により、火口や火道*2 の周囲にある岩石と一緒に吹き飛ばされてきた岩片などが含まれています。ただし、1つのテフラにこれらの



図 I-2 火山岩の鉱物組成

もの全てが含まれているわけではありません。図 I-2 に、火山岩*3 の鉱物組成を示します (大まかな目安です)。この図は、安山岩には、斑晶 鉱物として長石の一種の斜長石、輝石 (普通輝石、斜方輝石の一方または両方) が含まれ、角閃石が含まれるものもあることを示しています。テフラも火山岩と同様にマグマから生じたものですから、この図でみられるように、テフラを噴出した火山のマグマの違いによって、含まれる鉱物の組み合わせは異なっているのです。

また、軽石が含まれるのか、スコリアが含まれるのかもマグマの性質の違いによるものです。軽石もスコリアも、スポンジのように穴がたくさんあいた (発泡している) マグマの破片ですが、軽石は白っぽく、流紋岩質~安山岩質のマグマから、スコリアは黒~赤褐色っぽく、安山岩質~玄武岩質のマグマからもたらされます。火山ガラスは、マグマから鉱物を除いた液体の部分が急に冷やされてできたものですが、火山の噴火の仕方などの違いによってその形態が異なります。

このように、テフラを構成する粒子を調べることによって、そのテフラを噴出した火山、マグマの性質を推測することができるのです。どの火山から噴出したテフラなのか、より厳密な証拠を得たい場合には、テフラに含まれる各鉱物や火山ガラスの化学組成や屈折率などを調べ、その結果を、既に明らかになっているテフラのデータと比較検討する、という方法が採られています。

角閃石*1: 一般に角閃石類と呼ばれ、様々な種類のものからなり、分類するためには、光学的性質や化学組成などを調べなければなりません。そこまでは難しいので、今回は角閃石類を一括して角閃石としました。

火道*2: マグマ溜まりから火口へのマグマの通り道のことです。

火山岩*3: マグマが地表で固まった岩石で、斑晶と呼ばれる比較的大きな鉱物と、マグマが地表で急に冷やされてできた、石基と呼ばれる小さな鉱物やガラスの部分からなります。

I-6 鉱物・火山ガラス

皆さんの中には、小学生のときに食塩水を熱して水を蒸発させ、立方体の形をした食塩の小さな粒（結晶）を観察した経験や、中学校の実験で、温めたミョウバンの飽和水溶液を徐々に冷やして、八面体のきれいな結晶をつくった経験がある人もいます。ではなぜ結晶は立方体や八面体などの規則正しい形になったのでしょうか。実はこれらの結晶の中で、原子が規則正しく配列しているからなのです。そして、原子の種類や割合が違くと原子の配列の仕方が異なると、結晶の形も立方体や正八面体のように異なったものとなったのです。

テフラに含まれる鉱物も天然に存在する結晶で、マグマという高温の液体の中でつくられません。ですから、それぞれの鉱物の種類に特有な結晶の形—自形—があるのです。ただし、鉱物はミョウバンの結晶をつくる場合などと違って、自然界の様々に変化する各種条件の下でつくられます。そのため、結晶が途中から枝分かれたり、くっつき合ったり、他の鉱物に成長を邪魔されたりして、規則正しい形になっていない場合もあります。そのような鉱物の形を、自形と比較して、「半自形」や「他形」というように分類します。

カンラン石・普通輝石・斜方輝石・角閃石・黒雲母・長石・石英などでは、酸素（O）とケイ素（Si）が主成分になっています。その酸素とケイ素が結びつき合い、**図 I-3** に示したような SiO_4 四面体をつくります。鉱物の形は、この SiO_4 四面体がどのように配列しているか（1本の鎖状・2本の鎖状・平たい網状など）で決まるのです。そして、その配列の隙間に鉄（Fe）やマグネシウム（Mg）などの金属イオンが規則正しく入っているのです。同じ1種類の鉱物でも、この金属イオンの種類や割合の違いにより、性質（色や屈折率など）や化学組成が異なったものが生じます。このような鉱物を固溶体といいます。その化学組成を表す場合には、割合が一定しない元素を（ ）で囲み $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ のように表します。殆どの鉱物が固溶体をつくりませんが、石英は SiO_4 四面体のみからできていて固溶体をつくりません。また、磁鉄鉱やチタン鉄鉱のように SiO_4 四面体を含まない鉱物もあります。

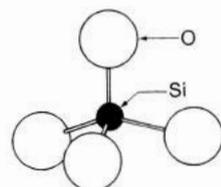


図 I-3 SiO_4 四面体

それに対し、火山ガラスは、酸素（O）とケイ素（Si）を主成分とする点では鉱物と同じですが、原子は規則正しく配列していません。マグマの液体の部分が冷えて固まったものだから、化学組成も特に決まてはいません。透明や白色のものが多くありますが、酸素とケイ素以外の成分の種類によっては、褐色などのものもみられます。

II 茨城県内のテフラ

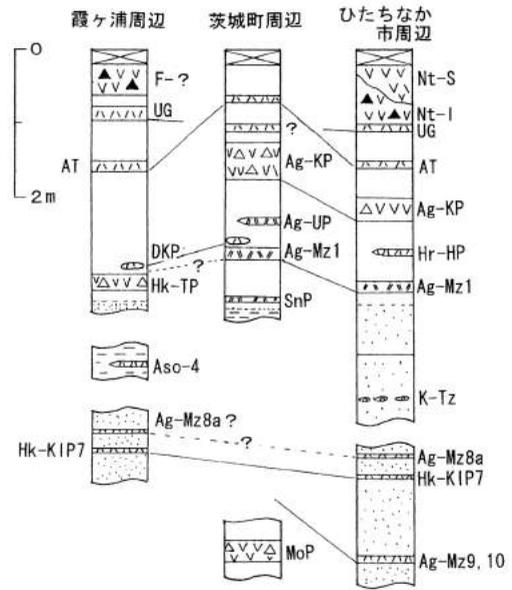
II-1 概要

県内の関東ローム層中のテフラ層に関する初期の研究としては、貝塚爽平(1957)、関東ローム研究グループ(1965)などがあり、その中で、野外で比較的明瞭な男体七本桜しちほんざくら・男体今市・赤

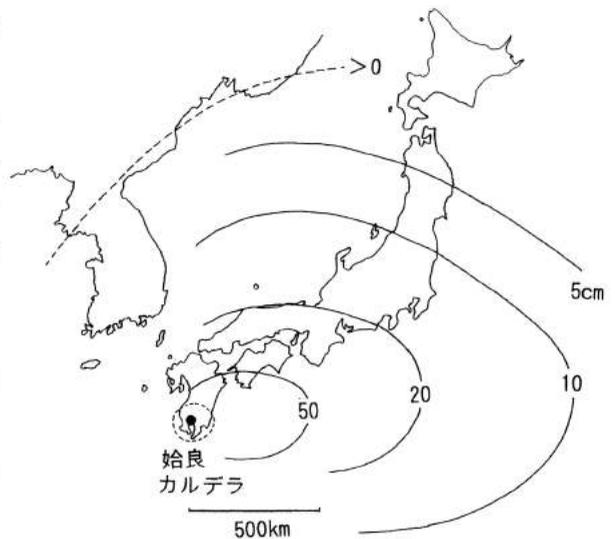
城鹿沼・箱根東京テフラなどの鉱物組成、分布状況などが明らかにされました。その後1970年代半ばになり、南九州の始良カルデラを噴出源とする始良 Tn テフラ(AT)が南関東で見いだされ(町田・新井,1976), 広い範囲に分布するテフラ(広域テフラ)の重要性が認識されるようになってきました(図Ⅱ-2)。

そのような視点での県内の比較的新しい研究としては、鈴木ほか(1993), 鈴木(1989, 1990a, 1990b)などがあります。鈴木(1989, 1990b)は、県央地域のテフラ層について検討を加え、県内の関東ローム層中にも始良 Tn テフラ(AT), 大山倉吉テフラ(DKP, 図Ⅰ-1)などの広域テフラが存在すること、関東ローム層より下位の見和層相当層中にも鬼界葛原テフラ(K-Tz)などいくつかのテフラ層が挟在されていることを報告しています。最近では、北関東自動車道建設のための工事により、テフラ層を観察できる新しい露頭がたくさんでき、それに関する論文も発表されています(大井・山田, 1999 など)。次の「Ⅱ-2 各テフラについて」ではそのようなデータと私たちが調査したり、教えていただいたりしたデータをもとに、関東ローム層およびその下位の地層中のテフラ層について簡単に紹介します。詳細については、今後発刊予定の「茨城県内のテフラⅡ」で紹介します。

図Ⅱ-1は、県内で確認されたテフラ層の模式柱状図です。既に述べたように、テフラの分布は風の影響により一定方向に偏ることが多いため、どの地域でも同じテフラが観察できるわけではありません。また、1つの露頭でこのように多くのテフラ層が観察できるわけではありません。いくつかの露頭の観察結果をまとめたものです。



図Ⅱ-1 県内で観察されるテフラ(梶, 原図)



図Ⅱ-2 始良Tnテフラ(AT)の等層厚線図(町田・新井, 1992)

Ⅱ-2 各テフラについて

ここでは、県内の各テフラ層を新しいものから順に紹介します。噴出年代・分布域等は、ことわりがない限り、町田・新井（1992）によりました。噴出年代については、最近、もう少し古い値が報告がされているものもあります。

[富士火山からのテフラ (F-?)]

県南部の新利根村寺内、取手市小文間では、露頭の上部にそれぞれ層厚約60cm, 25cm以上の、淡黄褐色をした中～粗粒砂サイズの火山灰層から成る富士火山噴出物が認められます。薄いテフラ層が複数重なったものですが、富士火山から噴出したどのテフラに対比できるのかは不明です。2 mm 程度の赤褐色スコリア片が散在し、斜方輝石、単斜輝石、カンラン石、長石、磁鉄鉱などを含みます。数千年前以降に噴出したものと考えられます。

[男体七本桜テフラ (Nt-S), 男体今市テフラ (Nt-I)]

日光男体山から噴出したもので、男体今市テフラ噴出後、すぐに男体七本桜テフラが噴出するという、一続きの噴火で放出されたものです。このため、男体今市テフラの上に、男体七本桜テフラが重なった状態で堆積しています。およそ12,000～13,000年位前に放出されたものです。県内では、南限を濁沼付近、北限を高萩市付近とする東西に細長い地域に分布し、大宮町、ひたちなか市周辺など多くの場所で観察されます。

男体七本桜テフラは、野外では特徴的な黄～灰色をしている、中～粗粒砂サイズの火山灰層です。層厚は場所、地形により様々ですが、数10cmに達する場合があります。斜方輝石、単斜輝石、角閃石、長石、石英、磁鉄鉱などを含みます。

男体今市テフラはスコリア質で、野外では特徴的な赤褐色をしている、中～粗粒砂サイズの火山灰層です。層厚は場所、地形により様々ですが1 m 近くに達する場合があります。単斜輝石、斜方輝石、カンラン石、長石などを含みます。

[立川ローム上部ガラス質テフラ (UG)]

浅間火山から12,000年位前に噴出したもので、関東地方のほぼ全域に分布します。江戸崎町では、始良Tnテフラの上位約60cmに、ひたちなか市では男体今市テフラの直下に位置する白色～灰白色の中粒砂サイズの火山灰層で、層厚はそれぞれ20cm以上、10cm程度です。ファイバー型（軽石型）火山ガラスが多く、斜方輝石、単斜輝石、長石、磁鉄鉱、まれに角閃石も含みます。

[始良Tnテフラ (AT)]

南九州の始良カルデラから22,000～25,000年位前に噴出したもので、図Ⅱ-2のように広い範囲に分布しています。県内の至る所で観察されますが、上下の火山灰土*やテフラなどと混交して、層の境界が不明瞭なことが多いので、露頭のどの部分にあるのか見つけにくい場合があります。一般には、赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) の50～70cm上の部分に観察されます。層厚10～15cm程度、明るい褐色（淡褐色）～白色の細粒砂サイズの火山灰層です。比較的重い、鉱物などの粒子は空中を遠くまで運ばれないので、県内の試料では、比較的軽いバブルウォール型火山ガラスのみからなります（混交した他の鉱物も観察されます）。

火山灰土*：関東ローム層中のテフラ層とテフラ層の間には、他のテフラなどが風や流水によって運ばれてきた堆積物や、テフラ自体が風化して他の部分と見分けがつかなくなってしまった部分があります。そのような部分を火山灰土と呼んでいます。

[赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)]

群馬県に位置する赤城火山から31,000～32,000年位前に噴出したもので、県の南部および南東部の一部地域を除く、県内の広い範囲に分布しています。層厚は場所により様々ですが県西部の下館市周辺では1 m を超え、含まれる軽石の最大径が数 mm に達します。淡黄灰色から淡黄色をした軽石粒主体のテフラです。角閃石、斜方輝石、単斜輝石、長石、石英、磁鉄鉱チタン鉄鉱を含みますが少量で、ファイバー型火山ガラスを多く含みます。一般に鹿沼土と呼ばれています。

[^{はるなほつき}榛名八崎テフラ (Hr-HP)]

群馬県に位置する榛名火山から42,000～44,000年位前に噴出したもので、県内全域を分布範囲としますが、本県は分布域の東端にあたるので薄く、観察できる地点は多くありません。ひたちなか市や水戸市などでは、層厚は数 cm 程度、風化して褐色をした細粒砂サイズの火山灰層なので、周囲の火山灰土と見分けるのが難しい場合があります。角閃石(ホルンブレンドの他にカミングトン閃石も含みます)、斜方輝石、単斜輝石、石英、長石などの鉱物、ファイバー型火山ガラスなどを含みます。

[赤城湯の口テフラ (Ag-UP)]

大井・山田 (1998) により、友部町の北関東自動車道工事現場の露頭で見いだされました。当時の三日月湖に堆積した腐食土中に挟まれる、層厚5～10cmの白色火山灰層で、単斜輝石、斜方輝石、長石を多く含み、角閃石は殆ど含みません。県内の分布域は、茨城町付近から県西地域とされています。

[大山倉吉テフラ (DKP)]

中国地方の大山火山から43,000～55,000年位前に噴出したもので、**図 I - 2** に示したような、細長い範囲に分布しています。本県は分布域の端に相当するため、観察できる露頭はあまり多くありません。今回の調査では、濁沼北西の茨城町谷田部で、赤城水沼1テフラ (Ag-Mz1) の数 cm 上に団子状(直径5 cm 以下)に点在するのが観察できました。県内の他の地点での報告もあります(鈴木, 1990b)。灰褐色細粒砂サイズの火山灰で、角閃石、斜方輝石、黒雲母、長石、磁鉄鉱などを含みます。斜方輝石には、特徴的に100面*が発達した幅広板状のものがみられます。

100面*：鉱物の結晶面の方向を示します。詳しくは、専門書を見てください。

[箱根東京テフラ (Hk-TP)]

神奈川県に位置する箱根火山から49,000～60,000年位前に噴出したもので、県内では県南、県西地域を中心に分布しています。比較的多くの露頭で観察できるテフラで、層厚10～20cm程度、黄灰色で径1 mm 程度の軽石粒が散在する中～粗粒砂サイズの火山灰層です。固くなって周囲より崩れにくく、露頭面からやや突出していることがあります。斜方輝石、単斜輝石、カンラン石、長石、磁鉄鉱などの鉱物、ファイバー型火山ガラスなどを含みます。

[赤城水沼 1 テフラ (Ag-Mz1)]

県内では「那珂台地テフラ (NKP)」と呼ばれることが多いテフラです。

群馬県に位置する赤城火山から55,000～60,000年位前に噴出したもので、県内では県央～北部の広い範囲で観察することができます。層厚は10～15cm程度、径1mm前後の軽石粒が散在する淡黄褐色をした中粒砂サイズの火山灰層で、斜方輝石、単斜輝石、角閃石、磁鉄鉱などを含みます。箱根東京テフラ (Hk-TP) との上下関係がまだ明確になっていませんが、茨城町谷田部片山の露頭での観察結果や鉱物組成から、箱根東京テフラの方が下位である可能性があります。

[下野テフラ (SnP)] (新称)

内原町下野、茨城町南栗崎、上雨谷、友部町鴻巣、八郷町小幡周辺の露頭で観察される、特徴的に黒雲母を比較的多く含む淡黄褐色中粒砂サイズの火山灰層です。層厚は露頭により異なり、最も厚い地点でも20cm位、友部町鴻巣では数cmの団子状の産状を示します。赤城鹿沼テフラの70cm～130cm下位、関東ローム層とその下位の流水の影響が大きい堆積物の境界よりやや上位に位置します。斜方輝石、単斜輝石、黒雲母、角閃石、磁鉄鉱、長石、石英を含みます。赤城水沼1テフラより古い時代のテフラと考えられますが、知られているどのテフラと対比されるのか、明確になってはいません。

[阿蘇 4 テフラ (Aso-4)]

九州の阿蘇カルデラから70,000～90,000年位前に噴出したもので、九州～北海道までの広い範囲に分布します。霞ヶ浦町兵庫峰の成田層相当層のシルト(泥)層中に挟まれている、層厚数cmの灰白～白桃色極細粒砂サイズの火山灰層です。顕微鏡で見ても鉱物は認められず、細かな塵のようなものを含む、だ円体状の火山ガラスのみからなります。

[鬼界葛原テフラ (K-Tz)]

南九州、種子島西方海底にある鬼界カルデラから75,000～95,000年位前に噴出したもので、ひたちなか市部田野の関東ローム層直下の砂層中で観察されます(鈴木, 1989)。砂層中に径数cm以下の白色細粒砂サイズの火山灰が団子状となり細長く点在しています。石英と多くのバブルウォール型火山ガラスを含みます。

[赤城水沼 8a テフラ (Ag-Mz8a)]

鈴木(1989)が[見和-上部軽石層 (Miwa-U)]と報告し、赤城水沼8aテフラに対比したもので、赤城火山の噴出物です。日立市～ひたちなか市周辺の見和層上部層中に挟まれています。ひたちなか市長砂では、層厚3cm程度の白色中粒砂サイズの火山灰層で、斜方輝石、単斜輝石、角閃石、長石、磁鉄鉱などを含みます。

[箱根吉沢下部 7 テフラ (Hk-KIP 7)]

鈴木(1989)が[見和-中部軽石層 (Miwa-M)]と報告し、箱根吉沢下部7テフラに対比したものです。130,000年位前(大井・山田, 1998)に箱根火山から噴出したテフラで、県内では、県央地域以南に分布します。ひたちなか市長砂の見和層上部層中、つくば市谷田部や下妻市高道祖の成田層相当層中に存在するとされています(鈴木, 1989)。ひたちなか市長砂では赤城水沼8aテフラの下約25cmに位置する層厚1cm程度の白色細粒砂サイズの火山灰層で、斜方輝石が多く、単斜輝石、磁鉄鉱、長石を含み、角閃石は殆ど含みません。

[赤城水沼 9,10 テフラ (Ag-Mz9,10)]

鈴木 (1989) が [見和 - 下部軽石層 (Miwa-L)] と報告し、赤城水沼 9,10 テフラに対比したものです。135,000年位前 (大井・山田, 1998) に赤城火山から噴出したテフラで、日立市久慈町やひたちなか市長砂などの見和層上部層中に挟まれています。ひたちなか市長砂では箱根吉沢下部 7 テフラの下、約110cm に位置する層厚10cm 弱の白～桃色細粒砂サイズの火山灰層で、斜方輝石が多く、単斜輝石、角閃石、磁鉄鉱、長石を含みます。

[真岡テフラ (MoP)]

赤城火山から噴出したテフラで、県内の南部および東部の一部を除いた地域を分布域とします。水戸市下入野町の見和層中部層中、友部町和尚塚、常北町上青山の関東ローム層中などで観察されます (鈴木, 1989)。常北町上青山では、層厚約30cm、赤城鹿沼テフラとよく似た黄色～黄橙色の粗粒砂サイズの火山灰層で、角閃石が多く、斜方輝石、磁鉄鉱などを含みます。噴出年代は明らかになっていませんが、20～30万年前より古い時代のテフラであると考えられています。

Ⅲ テフラの調査法と試料採取

野外の崖などで調査をするとき、両手が自由に使えないと困ります。持ち物は、小型のリュックサックや、ショルダーバッグ (調査鞆) に入れておくと便利です。また、虫に刺されたり植物のとげ等でけがをしたりしないよう、帽子、長袖、長ズボンなど服装にも気を付けてください。

Ⅲ-1 準備するもの

草き鎌 (調査用ハンマー)、折り尺またはメジャー、スプーンや移植ごて、サンプル袋* ルーベ (小型で10～15倍程度のものが便利です)、フィールドノート (記録用ノート)、カメラ、地形図 (5万分の1または2万5千分の1)、筆記具 (鉛筆、ボールペン、油性ペン)、軍手、長靴、帽子、リュックサックなど

サンプル袋*: 透明でやぶれにくく、油性ペン等で記録を書き込めるものが便利です。

(自在ファスナー・ラベル付きのものもあります: セイニチユニパック MARK-G など)

Ⅲ-2 露頭観察の手順

(1) 位置の確認と記録

地形図で観察する露頭の位置を確認し、地形図とフィールドノートに観察場所の地名と露頭番号を記入します。露頭番号は、1999年12月5日の調査で3番目の露頭ならば、「991205-3」のように付けます。

(2) 露頭の全体像をつかむ

いきなり露頭に取り付かず、少し離れてテフラ層のつながりや重なり方を観察します。特に、テフラ層とそうではない部分(火山灰土等)とを見極めることが大切です。また、1つの露頭でテフラ層が複数観察できることも多いので、見落とさないようにしてください。そして、露頭の中で、テフラ層が最もよく観察できる場所を探し、観察場所とします。露出する全てのテフラ層を、露頭内の1か所では観察できず、複数の場所で観察することもあります。その場合には、各テフラ層の重なる順序に気を付けてください。

(3) 露頭細部の観察と試料採取

観察する場所の風化した表面を、草かき鎌等で上から下へと、一定の幅削り取り、新鮮なテフラ層が観察できるようにします。観察した結果は、フィールドノートに柱状図やスケッチの形で記録します。試料を採取した場合は、その採取位置も記録します。

初めのうちは、何をどのように観察して記録すればよいのかわからないので、観察すべきことを見落としがちです。調査に慣れた人に付いて行ってもらったり、時間をかけて露頭を観察したりすることが必要です。

A. テフラ層観察(記録)のポイント

- ① **層序**：同じ露頭中の他のテフラ層との位置・上下関係や層厚を観察します。
- ② **色**：各テフラの層全体の色、含まれる粒子の色や種類等を観察します。
- ③ **粒度**：粒の大きさ(粒度)を調べます(表Ⅲ-1)。1枚の層の中でも位置によって粒度が異なる場合があります。注意して観察してください。
- ④ **構成物**：どのような鉱物や岩片が目立つのかを観察します。特に、軽石、スコリア(表Ⅲ-2)を含むかどうかは、他の地点のテフラ層と比較する大切な特徴になるので、注意して観察してください。
- ⑤ **その他**：風化の度合いや柔らかさなども観察します。他の地点のテフラ層との上下関係(対比)についても考察します。

粒径 (mm)	火山碎屑物の分類	
64	火山岩塊	テ
	火山れき	
2	極粗粒砂サイズ	フ
	粗粒砂サイズ	
1	中粒砂サイズ	
	細粒砂サイズ	
0.5	極細粒砂サイズ	ラ
0.25	シルトサイズ	
0.125	粘土サイズ	
0.063		
0.004		

表Ⅲ-1 粒径による火山碎屑物の区分と名称(黒川, 1999)

軽石	火山碎屑物の一種で、スポンジ状に岩石にたくさんの穴があいている(多孔質)。軽石の方がより多孔質な傾向がある。	白色(黄色)などの淡い色
スコリア		黒~暗褐色(赤褐色)などの暗い色
石質岩片	多孔質ではない	様々な色

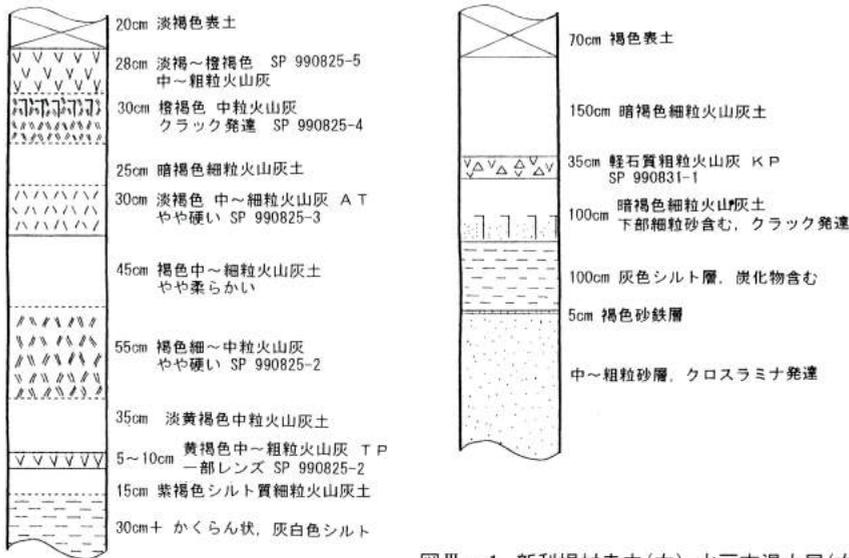
表Ⅲ-1 軽石とスコリア、石質岩片の特徴(構造による火山碎屑物の分類)

B. 柱状図の作成

ある地域や露頭で観察される、地層(テフラ層や火山灰土など)が重なる順序(層序)、地層の厚さ(層厚)、地層の色調や粒度などの特徴(層相)を、縦に長い帯状にまとめ表したものが柱状図です。草かき鎌で削り取った新鮮な面を、上端(または下端)から順に観察、記録して作

成します。図Ⅲ-1に示した柱状図の例を参考にしてください。

- ① フィールドノートに長い縦線2本をあらかじめ描いておき、その間に1枚の地層の境界を示す横線を記入します。明瞭な境界は実線で、不明瞭な境界は破線で表します。
- ② その地層の層厚を測り、柱状図の右側に記録します。傾斜に沿った層厚ではなく、図Ⅲ-2のように層厚を測定することが大切です。
- ③ 「A 観察のポイント」に示した色、粒度、構成物、その他を調べ、層厚の右または下側へ記入します。柱状図には、その地層の構成物を示す凡例(図Ⅲ-3)を記入します。
- ④ ①に戻り次の地層を観察します。①～③を繰り返し、露頭全体の地層を記録します。



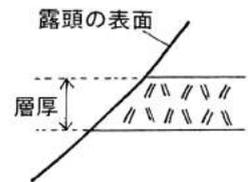
図Ⅲ-1 新利根村寺内(左),水戸市湯小屋(右)の柱状図

C. 試料採取

必要に応じて試料を採取します。どのテフラ層の試料を採取すべきかは難しいですが、後でもう一度同じ場所を訪れるのが難しい場合や、露頭が無くなってしまう場合もあることを考えて採取してください。

1つの露頭で複数の試料を採取する場合、最も下位の層から採取していくと、他の試料を採取した際に生じた土砂を気にせずに採取できます。

- ① サンプル袋に、試料番号、地名、テフラ名を記入します。試料番号は、1999年12月5日の調査で、3番目の試料ならば「SP991205-3」のように付けます。
- ② 採取するテフラの表面および周囲を、草かき鎌で削り、風化した部分や周囲からの土砂をできるだけ取り除きます。
- ③ きれいな移植ごてやスプーンを使い、テフラを採取しサンプル袋に入れます。採取したテフラ以外の部分が混入しないよう気を付けてください。



図Ⅲ-2 層厚の測り方

D. スケッチの作成

写真では、露頭の細部まで、記録することはできません。わかりにくい層序関係や堆積構造を記録するために、必要に応じてスケッチを作成します(図Ⅲ-4)。

① 露頭全体の描写

表土～露頭の最下部まで、地層の境界や断層、不整合面等をはっきりと1本の線で描きます。美術のスケッチではないので、陰影などを描く必要はありません。露頭の幅や高さがわかるよう、スケールを入れて描きますが、全体像をとらえるためのものなので、1枚の層の厚さは目分量で描きます。実際の厚さをスケールに忠実に描くと、薄いテフラ層がわかりにくくなる場合があります。

② 凡例の記入

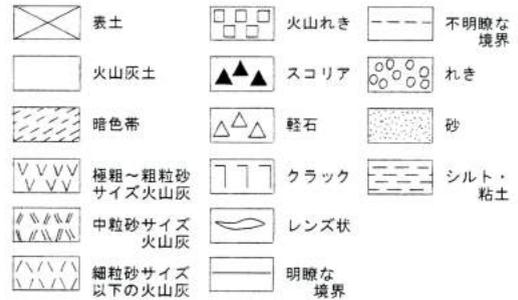
柱状図で使用した凡例を記入します。特に、調査対象であるテフラ層が、他の層と区別しやすいように記入します。

③ 柱状図作成場所、試料採取場所の記入

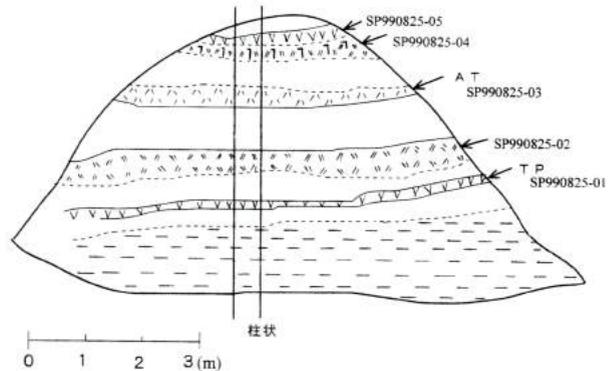
柱状図に表した部分、試料を採取した場所(試料番号)を記入します。

E. 露頭写真の撮影

写真は重要な記録ですが、細部まで詳細に記録することはできません。天候等によっては重要な色調などが正確に記録できない場合があります。ですから、あくまでも補助的な記録だと考えておく必要があります。また、必ずスケール(折り尺や草かき鎌等)となるものを一緒に撮影しておきます(図Ⅲ-5)。



図Ⅲ-3 地層の構成物等を示す凡例



図Ⅲ-4 新利根村寺内の露頭スケッチ



図Ⅲ-5 新利根村寺内の露頭写真
(人物がスケールとなっている)

Ⅳ 試料の処理とプレパラート作成

Ⅳ-1 試料の処理

野外で採取してきたテフラをそのまま顕微鏡で観察しても、鉱物などの表面に付着している泥などに邪魔されて、よく見えません。ここでは、そういったものを取り除き、顕微鏡で見やすい試料にするための方法を紹介します。脱鉄処理、重液分離などの処理法については、地学団体研究会（1989）、日本第四紀学会編（1993）などを参照してください。ここでは省略します。

(1) 準備するもの

油性ペン、蒸発皿（径8～10cm程度、底の浅い陶製の茶碗でも可能）、古歯ブラシ、試料、なべ：直径が大きいもの。電機定温器を使う場合や自然乾燥する場合は不要です。

※ふるい分けを行う場合：目の開きが0.5mm, 0.25mm, 0.125mmの3種類で、重ねて使用できるもの。金属製でふた・受け皿付きのものが便利です。

※ あれば便利な物：超音波洗浄機、電気定温器

(2) 水洗い（わんがけ）

① 蒸発皿に試料を大きじ1杯分位取ります。多く取ると時間が余分にかかりますから、取りすぎないようにしてください。蒸発皿の外側に油性ペンで、試料名や試料番号を書いておくと、多人数で行う場合やたくさんの試料を一度に処理する場合便利です。



図Ⅳ-1 蒸発皿に水と試料を入れ塊をつぶす

② 試料全体が湿るくらいに蒸発皿に水（水道水でかまいません）を入れ、指の腹を使って蒸発皿の壁に試料をこすりつけるようにして、試料の小さな塊をつぶします（図Ⅳ-1）。鉱物や火山ガラスは、かなり力を加えても割れたりすることは少ないので、安心して行ってください。試料の塊が乾燥し固いときは、水を入れて少し放置すると柔らかくなります。大きな軽石などは、鉄鉢で軽く砕いておきます（強く砕いたり、すりつぶしたりすると、鉱物などが割れてしまいますので注意してください）。

③ どろどろになったら、7～8分目まで水を加え、全体を指で軽くかき混ぜます。10秒前後経ってから、上澄みの濁り水を捨てます。底に沈んでいる粒子や、水に浮いている黒雲母などを一緒に捨てないよう注意してください。

④ 上澄みの濁りが無くなるまで、②、③を繰り返します。濁らなくなったら、水を捨てて試料を乾燥させます。

※ ②、③の操作を2～3回行った後、超音波洗浄機を用いると、試料の粒子の表面に付着している汚れをきれいに除去することができます。

(3) 乾燥

○なべを使う場合

- ① なべに水(湯の方が暖める時間が省けます)を数 cm 入れ、ガスコンロなどで温めます。
- ② 蒸発皿の中の水を捨て、なべの中に浮かべます。湯が沸騰すると、蒸発皿がひっくり返ることがあります。火加減を調整し沸騰させないでください。
- ③ しばらく温め続け、蒸発皿の中の試料が乾いたら終了です。熱いので、取り出す際は注意してください。

○電機定温器を使う場合

蒸発皿の中の水を捨て、蒸発皿のまま電気定温器で乾燥します。80℃程度の温度で乾燥し、高温にしすぎないように注意してください。

○自然乾燥

蒸発皿の中の水を捨て、そのまま放置します。ひっくり返したりする心配のない、風通しの良い場所に置いてください。

※ **保存**:乾燥させた試料は、サンプル袋や管ピンに入れ保存します。袋やピンに試料番号などを書いておきます(薬包紙等で包んでおくと、安価で済みます)。

(4) ふるい分け

乾燥した試料には、様々な大きさの粒子が含まれています。それら全てを実体顕微鏡で観察する場合には、ふるい分けは行いません。テフラ研究者の中には、ふるい分けを行うと、一部の大きさの粒子しか観察できず、粒子の割合が異なったりするので行わない方が良いという意見もあります。偏光顕微鏡用のプレパラートを作る場合や、粒子の大きさがそろった見やすい試料を実体顕微鏡で観察したい場合に、ふるい分けを行います。

- ① 0.5 mm, 0.25mm, 0.125mm のふるいを目の粗いものが上になるように重ねます。受け皿をふるいの下に付けます。受け皿がない場合は、下に新聞紙などを敷いてください。
- ② 乾燥後の試料を一番上のふるいに入れ、数分間、横に円を描くようにしてふるいます(図Ⅳ-2)。
- ③ 別々のきれいな紙の上に0.25mm, 0.125mmの各ふるいを逆さまにして置き、網目に詰まった粒子を古菌ブラシなどで落とします。網目を痛めないよう注意してください。0.5 mm のふるいや、受け皿に残ったものは回収しません。
- ④ 紙の上の試料をふるい毎に回収し、サンプル袋や管ピン、薬包紙などに保存します。その際、試料番号や、0.5~0.25mm などの粒径の記入を忘れないでください。



図Ⅳ-2 ふるいわけ

Ⅳ-2 プレパラートの作成

偏光顕微鏡で観察するための、プレパラートの作成法を紹介します。実体顕微鏡では試料をそのまま観察できますので、プレパラートの作成法は省略します。実体顕微鏡用のプレパラートを作製したい場合は、地学団体研究会（1989）などを参考にしてください。

(1) 準備するもの

0.25または0.125mmのふるいに残った試料、キシレン、カナダバルサム、スライドガラス（鉍物用）、カバーガラス、ガスバーナー、ピンセット、バルサムこて、ラベルなど

(2) プレパラートの作成法

① スライドガラスにカナダバルサムをドーナツ状に塗り付けます。どの位塗り付けるかは、各自の経験で判断してください（図Ⅳ-3）。

② 二分法*により得られた、耳かき1杯程度の試料を、ドーナツ状にしたカナダバルサムの穴に落とします（やや多めでも大丈夫です）。

③ バルサムの穴をカバーガラスで覆い、スライドガラスをピンセットで挟んでガスバーナーで熱します。この際バルサムから泡が出ます。泡から出る気体に引火しないよう注意してください。引火した場合はすぐ吹き消し、火から離して熱してください（図Ⅳ-4）。

④ 適当な時間（各自の経験で判断してください）熱したら燃えにくい台の上に置き、すぐにカバーガラスをはがします。試料をバルサムごとカバーガラスの端を使って中央に集め、泡が入らないよう再度カバーガラスをかぶせ、カバーガラスの上から押しつけます。

⑤ しばらく放置し冷却します。バルサムが柔らかいようであれば加熱不足です。

⑥ はみ出たバルサムは熱したバルサムごとで取り除き、最後に少量のキシレンを含ませた紙（安いトイレットペーパーがよい）で残ったバルサムをふき取り、きれいにします。

⑦ 試料名や粒径を書いたラベルを貼ってでき上がりです。でき上がったプレパラートは、バルサムの柔らかさによっては試料が移動し、一方に片寄ってしまうこともあるので、水平にして保存するようにします。



図Ⅳ-3 バルサムを塗る



図Ⅳ-4 加熱する

二分法*：保存しておいた試料は、重い粒子が下部に集まってしまい、均一でなくなっている場合があります。均一な試料を得るため、次のような二分法を行います。

① 四角い紙を2枚用意し、双方の1辺を数cmずつ重ね合わせます。

- ② 2枚の紙の境界線上に、小さな山を作るように試料を落としていきます。
- ③ 上側の紙を、試料を落とさないように取ると、半分の量の試料が得られます。
- ④ ①～③を何回か繰り返すと、適当な量の均一な試料を得ることができます。

V テフラ中の主な鉱物・粒子の見分け方

V-1 序 鉱物・粒子を見分けるために

(1) 偏光顕微鏡観察の基礎知識

偏光顕微鏡で鉱物を同定する際に必要なくつかの事項について、説明します。

○単ニコル，直交ニコル

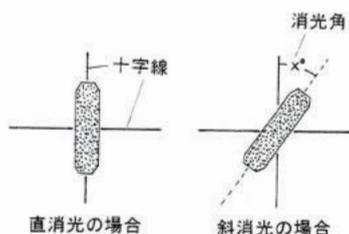
偏光顕微鏡の、対物レンズと接眼レンズの間には上方ニコルと呼ばれる出し入れ自由な偏光板があります。また、ステージの下には下方ニコルと呼ばれる固定された偏光板が取り付けられています。上方ニコルを入れないで観察することを単ニコルによる観察，上方ニコルを入れて観察することを直交ニコルによる観察といいます。透明～半透明の鉱物の色は単ニコルで確認できます。

○十字線

偏光顕微鏡を覗くと、視野の中に正しく縦横に直交した線が見えます。これを十字線のぞといい、ステージを回しても回転しません。

○直消光，斜消光

直交ニコルの状態でステージを回転させたとき、結晶の長軸が十字線と正しく平行な位置で鉱物が暗く見える現象を直消光，結晶の長軸が十字線と斜めの位置で鉱物が暗く見える現象を斜消光といいます(図V-1)。直消光か斜消光か、斜消光であればその角度(消光角)も鉱物を同定する際の一つの要素になります。



図V-1 直交ニコルでの消光

○多色性

単ニコルの状態で鉱物を観察しながらステージを回転させると、鉱物の色や濃淡が変化することがあります。これを多色性たしきせいといいます。色や濃淡の変化の程度は、鉱物の種類によって異なり、鉱物を同定する際の一つの要素になります。多色性を示さない鉱物もあります。

(2) 鉱物・火山ガラス・岩片の特徴

A. 実体顕微鏡を使う場合

試料を観察する際には、一般的にはシャーレを使いますが、観察後に試料粒がガラス面に付着して、保存ピンなどに戻しにくい場合があります。何種類もの試料を観察する場合には、ボール紙などで適当な大きさの底の浅い箱(内側が黒いものと白いものの2種)を作っておき、その

中に試料を入れて観察すると便利です。

また、粒子数を数える場合には、その中に数mmの方眼を描いておくと便利です。

	鉱物	火山ガラス	岩片
形	規則的な形や、その一部が残る破片状の形。平らな面が見られることも多い。	薄い板ガラスの破片状、束ねた糸をねじった形、YやX字の形、小さな円体のスポンジ状など。	不規則な形。表面にでこぼこがあったりする。軽石状、スコリア状のものもある。
色	粒全体が各鉱物特有の色で均質な感じがする。	粒全体が無色透明～白色半透明のほぼ同じ色。小さな塵状のものを含むガラスもある。	粒全体が同じ色、まだら模様、小さな鉱物を点々と含むものなど様々。透明感は多くの場合ない。

表V-1 実体顕微鏡で、鉱物・火山ガラス・岩片を見分けるポイント

B. 偏光顕微鏡を使う場合

粒子数を数える場合には、複式メカニカルステージを用いると便利です。

鉱物	火山ガラス	岩片
透明～半透明の鉱物：単ニコルでは規則的な形やその一部が残る破片状の形。各鉱物特有の色が確認できる。多色性があるものもある。直交ニコルでステージを回転させると、殆どの場合消光する。 不透明鉱物：単ニコル、直交ニコルでも光を通さず不透明（黒く見える）に見える。規則的な形をしていないものは、岩片との区別が難しい。	単ニコルでは粒全体が無色透明～白色半透明。微粒子を含み汚い感じのものもある。直交ニコルではステージを回しても暗いまま。	単ニコル、直交ニコルでも殆どの場合、光を通さず不透明（黒く見える）に見える。規則的な形はしていない。

表V-2 偏光顕微鏡で、鉱物・火山ガラス・岩片を見分けるポイント

(3) 鉱物同定のポイント

A. 実体顕微鏡の場合

鉱物を、形、透明度、色をもとに同定します。比較的小さくて光を通しやすい鉱物の見え方についてまとめると、表V-3のようになります。「形→透明度→色・色の変化→鉱物名」の順にみてください（大まかな目安ですので、当てはまらない鉱物もあります）。*印は鉱物の向きにより、色が変わるものです。

形	透明度	色・色の変化	鉱物名
柱状	透明	無色 無～褐色 緑～褐色* 緑色	長石 カンラン石 斜方輝石 単斜輝石
	半透明	白色 暗緑～暗褐色	長石 角閃石
粒状	透明	無色 無色～褐色 緑～褐色* 緑色	石英 カンラン石 斜方輝石 単斜輝石
	不透明	黒色	磁鉄鉱 チタン鉄鉱
板状	半～不透明	褐～黒色	黒雲母

表V-3 実体顕微鏡で鉱物を見分けるポイント

B. 偏光顕微鏡の場合

鉱物を，形，多色性の有無，色，消光の仕方の違いをもとに同定します。比較的小さくて光を通しやすい鉱物の見え方についてまとめると，表V-4のようになります。「形→多色性→色・色の変化→直交ニコルでの消光の仕方→鉱物名」の順にみてください（大まかな目安ですので，当てはまらない鉱物もあります）。

形	単ニコルでの特徴		直交ニコルでの消光の仕方	鉱物名
	多色性	色，色の変化		
柱	あり	緑色 ⇄ 褐色 緑色 ⇄ 淡緑色 暗緑色 ⇄ 淡暗緑 暗褐色 ⇄ 淡暗褐色	直消光 斜消光 斜消光	斜方輝石 単斜輝石 角閃石
状	なし	無色～淡緑色～褐色 無色～白色半透明	直消光 一定しない	カンラン石 長石
粒	あり	緑色 ⇄ 褐色 褐色 ⇄ 淡褐色 緑色 ⇄ 淡緑色	直消光 直消光 斜消光	斜方輝石 黒雲母 単斜輝石
状	なし	無色～淡緑色～褐色 無色透明 褐色	直消光 鋭敏に消光 変化なし	カンラン石 石英 黒雲母
		黒色不透明（暗いまま）		磁鉄鉱 チタン鉄鉱

表V-4 偏光顕微鏡で鉱物を見分けるポイント

V-1 カンラン石

英語名 ^{オリビン} olivine (ol)

化学組成 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

実体顕微鏡での見え方

形 自形に近いものは、単柱状で両端がとがった紡錘形をしています。角が丸みを帯び、小さな豆粒のようにコロッとした形のものも多く見られます。

色 新鮮なものは、透明感のある無色～薄黄緑色ですが、風化が進むにつれ褐色や白色に変化し、透明感が無くなっていきます。表面や結晶内部の割れ目の部分が赤褐色に汚れて見えるものもあります。

その他 粒全体が同じ色ではなく、一部が褐色で他は黄緑色のような場合があります。県内のテフラでは、含まれる数が少ないので、標本用などに多く集めたい場合は、重液分離をしてください。

偏光顕微鏡での見え方

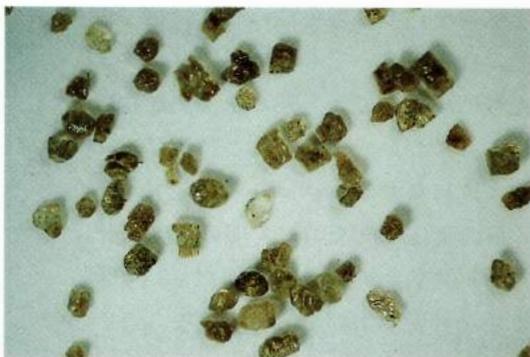
単ニコル 薄黄緑～無色。弱い多色性が見られるものもあります。屈折率が大きいため、輪郭がはっきりと浮かび上がって見える感じがします。

直交ニコル ステージを回転させると、結晶の長軸が十字線と平行になる位置で暗くなる、直消光をします。

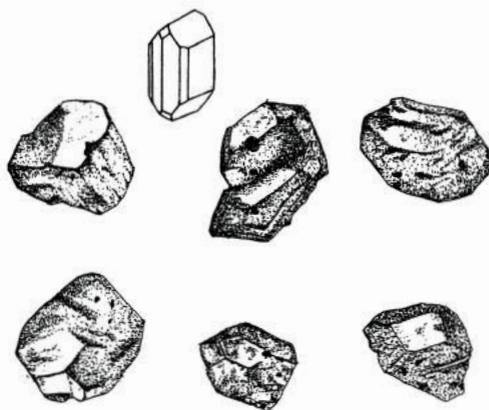
その他 玄武岩質マグマの火山から噴出したテフラに、多く含まれます。

カンラン石を含む県内のテフラ

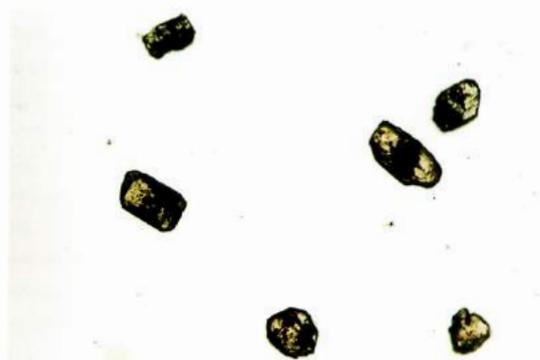
富士火山からのテフラ、Nt-I, Hk-TP.



図V-2 カンラン石実体顕微鏡写真



図V-3 カンラン石スケッチ



図V-4 カンラン石偏光顕微鏡写真(単ニコル)

V-2 単斜輝石

英語名 クリノバイロキシン clinopyroxene (cpx)

化学組成 $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$

火山岩に含まれているものは、cpxの1種である「普通輝石，オーザイト augite (au)」であることが多いので、普通輝石と記されている文献などもあります。

実体顕微鏡での見え方

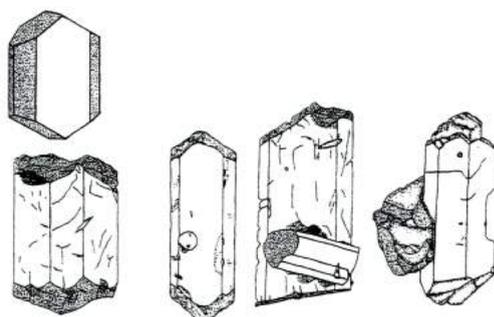
形 八角柱状で斜方輝石とほぼ同じ形ですが、斜方輝石より短く太いものが多い傾向があります。両端は、カンラン石ほどとがりません。

色 透明感のある緑色をしています。結晶を転がしていろいろな方向を向かせても、殆ど色が変わりません。大きな結晶では黒色不透明になります。

その他 磁鉄鉱などの結晶が付着しているものや、2つの結晶がくっつき合っているものもあります。



図V-5 単斜輝石実体顕微鏡写真



図V-6 単斜輝石スケッチ

偏光顕微鏡での見え方

単ニコル 透明感のある緑色に見えます。弱い多色性があり、ステージを回転させると緑色が少し薄くなったり濃くなったりしますが、慣れないと、気が付かないこともあります。

直交ニコル ステージを回転させると、結晶の長軸が十字線から約40~50°と大きく傾いた位置で暗くなる斜消光をします。



図V-7 単斜輝石偏光顕微鏡写真(単ニコル)

単斜輝石を含む県内のテフラ

富士火山からのテフラ， Nt-S， Nt-I， UG， Ag-KP， Hr-HP， Ag-UP， Hk-TP， Ag-Mz1， SnP， Ag-Mz8a， Hk-K1P7， Ag-Mz9,10。

V-3 斜方輝石

英語名 オルソパイロキシン orthopyroxene (opx)

化学組成 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_6$

火山岩に含まれているものは、opxの1種である「紫蘇輝石、しそhypersthene (hy)」であることが多いので、紫蘇輝石と記されている文献などもあります。

実体顕微鏡での見え方

形 八角柱状で単斜輝石とほぼ同じですが、単斜輝石より細長いものが多い傾向があります。DKPでは100面が発達した幅広板状の結晶も見られます。

色 結晶を転がしていろいろな方向を向かせると、緑や薄い褐色に色が変わります。大きな結晶では黒色不透明になります。

その他 磁鉄鉱などの結晶が付着しているものや、2つの結晶がくっつきあったものも見られます。

偏光顕微鏡での見え方

単ニコル 多色性があり、結晶が縦に長く見える場合は透明感のある褐色に、結晶が横に長く見える場合は透明感のある緑色に見えます。

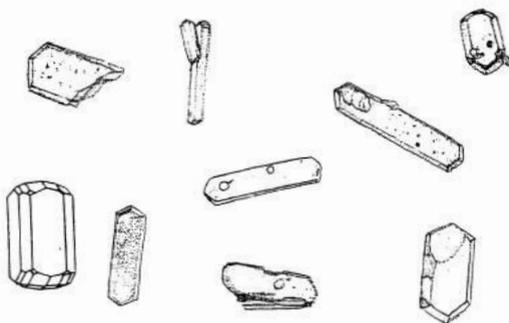
直交ニコル ステージを回転させると、直消光をします。

斜方輝石を含む県内のテフラ

富士火山からのテフラ、Nt-S, Nt-I, UG, Ag-KP, Hr-HP, Ag-UP, DKP, Hk-TP, Ag-Mz1, SnP, Ag-Mz8a, Hk-K1P7, Ag-Mz9,10, MoP.



図V-8 斜方輝石実体顕微鏡写真



図V-9 斜方輝石スケッチ



図V-10 斜方輝石偏光顕微鏡写真(単ニコル)

V-4 角閃石類

英語名 アンフィボールグループ (am)
amphibole group (am)

角閃石類は、「ホルンブレンド、^{ホルンブレンド}hornblende (ho)」や「カミングトン閃石、^{カミングトン}cummingtonite (cum)」など、多くの種類の鉱物からなります。ここでは、代表的なホルンブレンドの見分け方を紹介します。化学組成は各種固溶体により様々ですので、省略します。



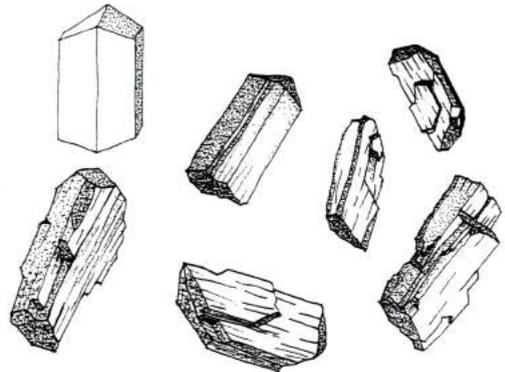
図V-11 角閃石実体顕微鏡写真

実体顕微鏡での見え方

形 長柱状で、直方体を斜めからつぶしたような形をしているものが多く、平らな面が良く発達しています。

色 含まれるテフラにより色が異なり、暗緑色や暗褐色などをしています。cpx, opxより透明感が低く、やや大きな結晶では黒色不透明になります。

その他 平らな面が光を反射し、金属のように光って見えることがあります。



図V-12 角閃石スケッチ

偏光顕微鏡での見え方

単ニコル 多色性があり、ステージを回転させると、暗緑色のものも暗褐色のものも色が濃くなったり薄くなったりします。鉱物の厚さでも色の濃さが違います。

直交ニコル ステージを回転させると、結晶の長軸と十字線のなす角が約 $10\sim 30^\circ$ と、cpxよりは小さな角度で暗くなる斜消光をします。



図V-13 角閃石偏光顕微鏡写真

角閃石類を含む県内のテフラ

Nt-S, Ag-KP, Hr-HP, (Ag-UP), DKP,
Ag-Mz1, SnP, Ag-Mz8a, (Hk-KIP7),
Ag-Mz9,10, MoP.

V-5 黒雲母

英語名 ^{バイオタイト} biotite (bi)

化学組成 複雑な固溶体をつくり、 SiO_4 の他に K, Mg, Fe, Al, OH を含みます。

実体顕微鏡での見え方

形 自形に近いものは、六角形で板状をしています。破片状で形が不規則なものでも、色と薄い板状であるという特徴から、簡単に他の鉱物と見分けることができます。

色 黒色～暗褐色をしていて、殆ど不透明です。薄い結晶のみ、わずかに光を通します。風化が進んだものは、金色または白色になります。

その他 平らな面に平行に、薄い膜状にはがれやすい性質があります。平たい面が光を反射し、きらきらと光って見えることがあります。

偏光顕微鏡での見え方

単ニコル 比較的厚いものは光を通さないもので、黒色不透明で、他の不透明な鉱物や岩片と見分け難い場合があります。光を通す薄い結晶がスライドガラスに傾いて載っていると、色の濃淡が変化する多色性がみられます。スライドガラスに平行に載っている場合には多色性は見られません。

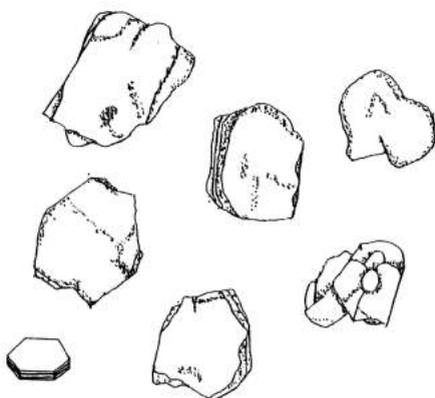
直交ニコル 比較的厚いものは光を通さないもので黒色不透明に見えます。他の不透明な鉱物や岩片など見分けるのが難しい場合があります。

黒雲母を含む県内のテフラ

DKP, SnP.



図V-14 黒雲母実体顕微鏡写真



図V-15 黒雲母スケッチ



図V-16 黒雲母偏光顕微鏡写真

V-6 磁鉄鉱

英語名 ^{マグネタイト} magnetite (mg)

化学組成 Fe_3O_4

実体顕微鏡での見え方

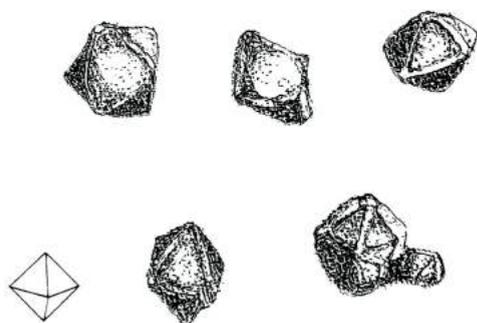
形 自形の場合は正八面体をしています。八面体の各辺はやや丸みを帯び、全体としてコロッとしています。

色 黒色不透明で金属光沢があり、平らな面が光を反射し、光って見えることがあります。

その他 磁石に付くので、磁石を使って集めることができます。偏光顕微鏡では単ニコルでも直交ニコルでも黒色不透明です。殆どのテフラに含まれます。



図V-17 磁鉄鉱実体顕微鏡写真



図V-18 磁鉄鉱スケッチ

V-7 チタン鉄鉱

英語名 ^{イルメナイト} ilmenite (il)

化学組成 FeTiO_3

実体顕微鏡での見え方

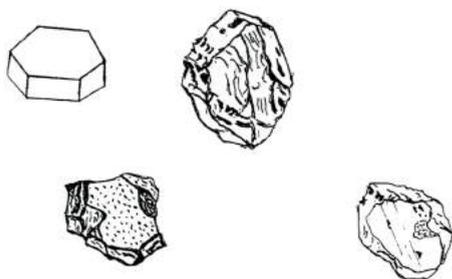
形 自形の場合は厚みのある六角板状をしています。角が取れて丸みを帯び、テニスボールを板で挟んで平たく押しつぶしたような形をしたものも多くみられます。

色 黒色不透明で金属光沢があります。六角形の面が平らで滑らかなものと、ざらついたりしたものがあります。

その他 磁鉄鉱よりは弱いですが、磁石に付く性質があるので、磁石を使って集めることができます。偏光顕微鏡では単ニコルでも直交ニコルでも黒色不透明です。Ag-KPなどに比較的多く含まれます。



図V-19 チタン鉄鉱実体顕微鏡写真



図V-20 チタン鉄鉱スケッチ

V-8 長石類

英語名 フェルスパークループ feldspar group (fl)

長石類には、カリ長石、斜長石など多くの種類の長石が含まれ、化学組成も KAlSi_3O_8 、 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ の間で様々です。

実体顕微鏡での見え方

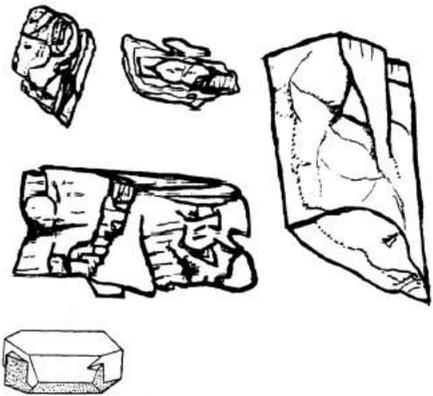
形 直方体に近い形のものが多く、短～長柱状、板状などの形のものもみられます。

色 無色透明～白色半透明です。石英より透明感が低く、やや濁ったように見えます。風化が進むとさらに透明度が低くなり、白色～淡黄色不透明などになります。

その他 縦、横または格子状にすじがあり、そのすじに沿って割れているものが多くみられます。同心円状の縞模様がみられることもあります。



図V-21 長石実体顕微鏡写真



図V-22 長石スケッチ

偏光顕微鏡での見え方

単ニコル 長方形またはその一部が欠けた形のものが多くみられます。多色性はありません。

直交ニコル 消光をする角度は結晶の化学組成により異なります。ステージを回して消光させたとき、1つの結晶全体が一度に消光するのではなく、消光する部分としない部分とが帯状に平行に並んだり、同心円状の縞模様が見えたりする場合があります。これは、複数の結晶がくっつき合っ、1つの結晶になっていたり、1つの結晶中でも場所によって化学組成が異なっているためです。



図V-23 長石偏光顕微鏡写真(単ニコル)

長石類を含む県内のテフラ

殆どのテフラに含まれます。

V-9 石英

英語名 ^{クォーツ} quartz (qz)
化学組成 SiO_2

実体顕微鏡での見え方

形 高さの低い六角錐の底面どうしをくっつけ合ったソロバン玉状のものや、角がとれて全体的に丸みを帯びた高さの低いサイコロ状のもの、だ円体や球状のものなどが多くみられます。破片状のもの以外はコロッとした感じがします。

色 無色透明で長石より透明度が高く、表面が滑らかで、きれいなクリスタルガラスのように見えます。

その他 割れ口に貝殻状の細かい縞模様が、見られることがあります。また、結晶内部に、細かな泡状や塵状のものが含まれていることもあります。

偏光顕微鏡での見え方

単ニコル 無色透明で多色性はありません。角が取れて丸みを帯びた四角形や、円形に近い形のものが多くみられます。結晶内部に細かな泡状や塵状のものが含まれていることもあります。

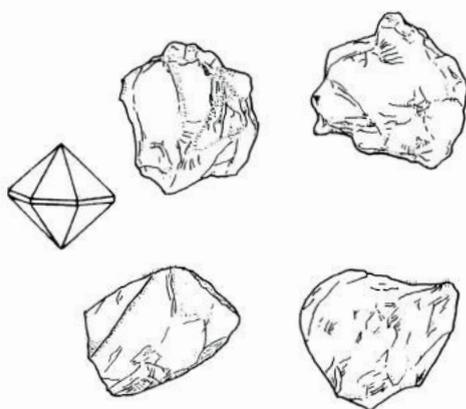
直交ニコル 結晶全体が一度に消光するものが多くみられますが、中には、ステージを回すにつれ消光する場所が順に移り変わっていく、波動消光という消光の仕方をするものもあります。多くの結晶で虹のような色の帯（干渉色）が、結晶の内側に輪のように見えます。

石英を含む県内のテフラ

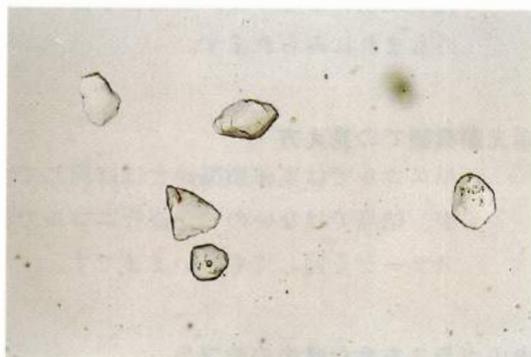
Nt-S, Ag-KP, Hr-HP, SnP, K-Tz.



図V-24 石英実体顕微鏡写真



図V-25 石英スケッチ



図V-26 石英偏光顕微鏡写真(単ニコル)

V-10 火山ガラス

英語名 ボルカニック グラス volcanic glass (gl)

実体顕微鏡での見え方

形 バブルウォール型（泡型，bw）と、ファイバー型（繊維型，軽石型，fb）に大きく分けられます。

バブルウォール型火山ガラスはシャボン玉のように発泡した泡が弾けてできたもので、本来なら湾曲した形になりますが泡の直径が大きい場合には、平板状のものになります。泡と泡との接合部にあたるYやX字型の火山ガラスが見られることがあります。これは風化により、接合部の厚い部分だけが残ったものです。爆発が地表近くで起こった場合に生じるとされています。

ファイバー型火山ガラスは、細い糸を束ねてよじったような形で、発泡がマグマ溜まりの最上部～火道にかけて起こり、その後、マグマが火道を通して放出された場合に生じるとされています。

色 バブルウォール型火山ガラスは、殆どが無色透明ですが、ファイバー型火山ガラスの多くは、白色不透明～半透明です。化学組成によっては、淡褐色を帯びたものもまれにみられます。

偏光顕微鏡での見え方

単ニコルでは実体顕微鏡とほぼ同じですが、結晶ではないので、直行ニコルではステージを回しても暗いままで。

火山ガラスを含む県内のテフラ

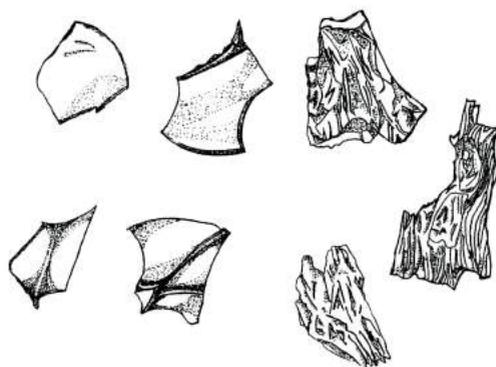
多くのテフラに含まれますが、風化により観察できない場合もあります。



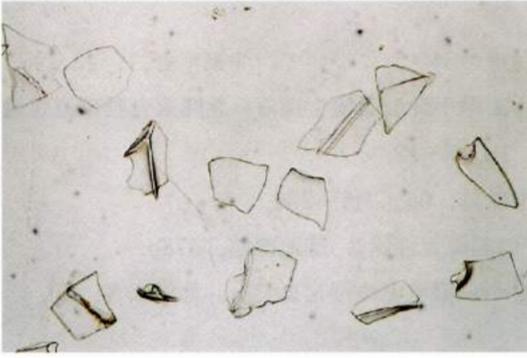
図V-27 火山ガラス(bw)実体顕微鏡写真



図V-28 火山ガラス(fb)実体顕微鏡写真



図V-29 火山ガラス(bw,fb)スケッチ



図V-30 火山ガラス(bw)偏光顕微鏡写真
(単ニコル)



図V-31 火山ガラス(fb)偏光顕微鏡写真
(単ニコル)

V-11 岩片

噴火の際にマグマから生じた軽石・スコリアなどや、一緒に吹き飛ばされた周囲の岩石片、堆積後に流水や風の影響で混入した岩石片^{がんべん}などのうち、直径が2 mm以下のものを岩片と呼んでいます。軽石片やスコリア片などの色や発泡の程度は、テフラ毎にはほぼ一定で、テフラを対比する際の一つの目安になります。



図V-32 岩片実体顕微鏡写真

実体顕微鏡での見え方

形 不規則です。

色 テフラや風化の程度などにより様々です。軽石は白～黄色、スコリアは黒～赤褐色のものが多くみられます。

偏光顕微鏡での見え方

単ニコルでも直行ニコルでも光を通さず黒く見えることがあるので、磁鉄鉱やチタン鉄鉱、黒雲母などとの区別が難しい場合があります。

その他 岩片の確認は、実体顕微鏡の方が間違いがありません。

文 献 (50音順)

- 宇野沢 昭・遠藤秀典 (1984) 筑波研究学園都市付近のテフラについて. 関東平野, 1. 22-25.
- 大井信三・山田美隆 (1998) 東茨城台地における古海岸平野の環境を探る - 北関東自動車道建設工事現場の露頭から -. 筑波応用地学談話会, 10. 7-12.
- 貝塚爽平 (1957) 関東平野北東部の洪積台地. 地学雑誌, 66. 217-230.
- 関東ローム研究グループ (1965) 「関東ローム - その起源と性状」. 築地書館, 378p.
- 黒川勝己 (1999) 水底火山灰層の研究法 - 野外観察から環境史の復元まで -. 地学双書, 30. 地学団体研究会, 147p.
- 黒田吉益・諏訪兼位 (1983) 偏光顕微鏡と岩石鉱物 (第2版). 共立出版株式会社, 343p.
- 坂本 亨・田中啓策・曾屋龍典・野間泰二・松野久也 (1972) 那珂湊地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所. 94p.
- 坂本 亨 (1975) 磯浜地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所. 55p.
- 坂本 亨・相原輝雄・野間泰二 (1981) 石岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所. 47p.
- 鈴木毅彦 (1989) 常磐海岸南部における後期更新世の段丘と埋没谷の形成. 地理学評論, 62A. 475-494.
- 鈴木毅彦 (1990a) テフロクロロジーからみた赤城火山最近20万年間の噴火史. 地学雑誌, 99. 60-75.
- 鈴木毅彦 (1990b) 北関東海岸部に分布するテフラとそれに関する諸知見. 関東平野, 3. 23-32.
- 鈴木正章・吉川昌伸・遠藤邦彦・高野 司 (1993) 茨城県桜川低地における過去32,000年間の環境変遷. 第四紀研究, 32. 195-208.
- 地学団体研究会編 (1982) 土と岩石. 自然をしらべる地学シリーズ, 3. 東海大学出版会, 200p.
- 地学団体研究会編 (1996) 地震と火山. 新版地学教育講座, 2. 東海大学出版会, 191p.
- 地学団体研究会編 (1996) 鉱物の科学. 新版地学教育講座, 3. 東海大学出版会, 199p.
- 日本第四紀学会編 (1993) 第四紀試料分析法. 東京大学出版会, I. 77p, II. 556p.
- 日本第四紀学会第四紀露頭編集委員会 (1996) 第四紀露頭集 - 日本のテフラ. 日本第四紀学会, 352p.
- 野尻湖火山灰グループ (1989) 火山灰分析の手びき. 地学団体研究会, 56p.
- 野尻湖地質グループ (1990) 火山灰野外観察の手びき. 地学団体研究会, 64p.
- 正井泰夫・小池一之編 (1994) 卒論作成マニュアル. 古今書院, 214p.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス [日本とその周辺]. 東京大学出版会, 276p.
- Wentworth, C. K. (1922) A scale of grade and class terms for clastic sediments. *jour. Geology*, 30. 377-392.

あ　と　が　き

委員会として調査を始めて3年が経ちました。最初のうちは、テフラ層と火山灰土の区別がつかなかったり、顕微鏡で見ても、どの鉱物が何なのかわからなかったりと不安だらけの出発でしたが、経験を重ねようやく慣れてきて、この冊子を完成させることができました。まとめてみて、普段、何気なく見て通り過ぎていた県内の関東ローム層に、意外に多くのテフラ層が挟まれていたことがわかりました。

テフラについては、中学校「理科」の教科書に取り上げられ、鉱物の観察に用いられているので、殆どの生徒がある程度の知識を持っています。含まれている鉱物や火山ガラスを見て、褐色の泥の中にこんなに美しいものが入っていたのか、と驚いた者も多いと思います。しかし、理科の学習は、美しいという感動だけで終わってしまうわけにはいきません。さらに先に進む必要があります。そして、そこには、鉱物の同定という高いハードルが待っているのです。そこで、この冊子では、テフラ粒子の実体顕微鏡写真、スケッチ、偏光顕微鏡写真を使い、生徒達が自分の見ている粒子と比較しながら同定することができるようにしました。高校や中学校の授業や実習、部活動などで、活用していただければ幸いです。そして、一人でも多くの生徒に、テフラを通じて、自然を探究する力を培ってもらえたらと思います。

調査研究を進めるにあたり、東京都立大学の鈴木毅彦先生には、何度も調査に同行していただき、数々のご指導をいただきました。茨城地学会会長 蜂須紀夫氏（元高教研地学部長）および会員の方々、茨城県自然博物館前資料課長 菅谷政司先生（現茨城県立海洋高等学校教頭）、茨城県自然博物館文化財保護主事 高橋 淳氏には、数々のご助言をいただき、機器の使用に便宜を図っていただきました。以上の皆様に厚くお礼申し上げます。

2000年3月

テフラ研究委員会委員（50音順）

茨城県立並木高等学校	教諭	青木秀則
清真学園高等学校	教諭	荒川真司
茨城県立水戸第三高等学校	教諭	大川健太郎
水城高等学校	教諭	大和田透
茨城県立太田第一高等学校	教諭	梶清史
茨城県立水戸桜ノ牧高等学校	教諭	倉田雅博
茨城県立水戸南高等学校	教諭	小森勝己
茨城県立水戸第二高等学校	教諭	須藤忠恭
茨城県立岩井高等学校	教諭	田續貴司
茨城県立水海道第一高等学校	教諭	野村知世
茨城県立太田第二高等学校	教諭	廣澤潤一
茨城県立鉾田第一高等学校	教諭	村田一弘

茨城県内のテフラ I

平成12年3月発行

発行者：茨城県高等学校
教育研究会地学部

申し訳ありませんが、以下の部分の訂正をお願いします。

頁	行等	誤	正
6	図の説明	図II-1 県内で観察されるテフラ (梶,原図)	図II-1 県内で観察されるテフラ (梶,原図) 凡例は13頁の図III-3, テフラの略号は7~10頁を参照
11	表の番号	表III-1 軽石とスコリア, 石質岩片の特徴 (構造による火山碎屑物の分類)	表III-2 軽石とスコリア, 石質岩片の特徴 (構造による火山碎屑物の分類)
23	図の説明	図V-13 角閃石偏光顕微鏡写真	図V-13 角閃石偏光顕微鏡写真(単ニコル)
24	図の説明	図V-16 黒雲母偏光顕微鏡写真	図V-16 黒雲母偏光顕微鏡写真(単ニコル)
28	下から6行目	実体顕微鏡	実体顕微鏡