

## 大町テフラ層下部層に挟まれるクリスタル・アッシュの フィッション・トラック年代

加藤 碩一\* 檀原 徹\*\*

KATO, H. and DANHARA, T. (1987) Fission-track ages of Crystal Ash Layers intercalated in the lower member of the Ōmachi Tephra Formation, Nagano Prefecture, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 38(5), p. 265-280.

**Abstract:** The Ōmachi Tephra Formation, which is one of the marker tephra layers of presumed middle Pleistocene age, is widely distributed not only in the northern Fossa Magna region but also in the Kanto-Kō-Shin-etsu region, central Japan. In the lower member of this formation, three (or four) layers of so-called Crystal Ash are intercalated, which contain abundant biotite grains that is,  $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_3$  ( $C_4$ ) in ascending order. This paper presents a summary of characteristics of Crystal Ash Layers and their fission track ages using grain by grain method. The ages of  $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_3$  are  $0.69 \pm 0.09$  Ma,  $0.63 \pm 0.09$  Ma and  $0.52 \pm 0.07$  Ma respectively.

### 1. はじめに

北部フォッサ・マグナには、中期更新世の示標テフラが広く分布する。そのうちの一つである大町テフラ層下部層には、黒雲母を多量に含み、その構成粒子がほとんど結晶粒からなるため近年クリスタル・アッシュ<sup>1)</sup>と称される鍵火山灰層が3ないし4枚挟まれる。このクリスタル・アッシュは、関東地方及び新潟地方にも追跡され、中部-北関東における有効な広域テフラの一つとみなされるようになった。しかし、その給源及び更に詳細な年代については議論が分かれ、また、対比以前の問題として記号命名法が確立されていなかったため、混乱と無用の繁雑さを与えているのが現状である。例えば下部大町テフラ層に挟まれるクリスタル・アッシュ最下位層に対して  $A_1P_m$ ,  $B_1$  及び  $C_1$  などの記号命名がつけられている。一方中部大町テフラ層には  $B$  スコリア,  $C$  スコリア層が挟まれている(第1表)。本文では、既存資料の要約を行い、そうした混乱を軽減する一助とするとともに、模式地におけるクリスタル・アッシュ3層に含まれるジルコンのフィッション・トラック年代の測定結果を報告し、他地域のクリスタル・アッシュ相当層との対比を検討する。

今回の年代測定は、科学技術庁の昭和60年度科学技術振興調整費による重点基礎研究「日本の地質総括の研究」

\* 地質部 \*\* (株)京部フィッション・トラック

1) クリスタル・アッシュは、結晶火山灰のことで普通名詞であるが、ここでは、固有名詞として大町テフラ層下部層に含まれる火山灰に対して用いている。

の一部として行われたものである。

模式地における試料採取に関し御教示いただいた駒沢大学百瀬貢氏及び、鉱物組成に関し資料を提供していただいた地質調査所環境地質部水野清秀氏に厚く感謝する次第である。

### 2. 大町テフラ層

命名 小林ほか(1969)

模式地 長野県大町市北東大町スキー場内の露頭(第1図: 東径 $137^{\circ}52'10''$ , 北緯 $36^{\circ}33'39''$ )

分布 大町付近を中心に、姫川流域、松本盆地周辺、犀川-千曲川流域とその周辺の高位小起伏面(大峰面)上、上田-佐久、八ヶ岳山麓、秩父-飯能-八王子付近、長野盆地-妙高山々麓-信濃川流域十日町地域にかけて確認されており(第1表)、ほぼ東西性の長軸をもつ楕円状に分布する。仁科(1982)によれば、更に東方延長は鹿島灘-太平洋上に達すると推定されている。

層序 模式地においては、最上部鮮新統の大峰果層社部層<sup>せしや</sup>( $2.0 \pm 0.2$  Ma ~  $2.4 \pm 0.2$  Ma, 加藤・佐藤, 1983; 山田ほか, 1985)に不整合である。中谷(1972)に従えば、本層中に挟まれる軽石・スコリア層のうち、 $BS_s$ 層と $DP_m$ 層(第2図)の直下を境界として、下・中・上部テフラ層に区分される。

層厚 模式地で約12 m

層相 細-中粒、灰褐色-暗褐色火山灰層で第2図に示されたような示標テフラ層を挟む。

対比 下部テフラ層は、関東地方の多摩ローム層上部

地質時代	地層名	示標テフラ層	年代 ( $\times 10^3$ yB.P.)	南関東標準
後 期 更 新 世	大町 テ フ ラ 層 上 部 層	HVs	25	立川 ローム
		DKp	45-47	武蔵野 ローム
		EPm	50-60	
		PmI	70-90	
		DPm	80-100	下 末 吉 ローム
		CSsc	110±	
	大町 テ フ ラ 層 中 部 層	BSc	110±	
		(C <sub>4</sub> )		多 摩 ロ ーム
		A <sub>3</sub> Pm(C <sub>3</sub> )	300-520	
		A <sub>2</sub> Pm(C <sub>2</sub> )	(300) 450-630	
中 期 更 新 世	大町 テ フ ラ 層 下 部 層	A <sub>1</sub> Pm(C <sub>1</sub> )	(300) 600-690	

第1図 模式総括図(塩川団研, 1970; 中谷, 1972; 松本団研, 1972; 町田, 1977, 1979; 町田・新井, 1979及び本論文より編集) A<sub>1-3</sub>P<sub>m</sub>(C<sub>1-4</sub>): A 浮石(クリスタル・アッシュ) BSc: B スコリア(立山起源) CS: C スコリア(立山起源) DP<sub>m</sub>: D 浮石(立山起源) P<sub>m</sub>I: 御岳第1 軽石(御岳起源) EP<sub>m</sub>: E 浮石(立山起源) DK<sub>p</sub>: 大山倉吉軽石(伯耆大山起源) HV<sub>s</sub>: 土倉火山砂(白馬乗鞍起源)

に対比されることについては各研究者の意見は一致するが、中・上部層については検討の余地がある。中・上部層については本論の主旨をはずれるので詳しく述べないが、槍ヶ岳北東麓において DP<sub>m</sub> の直上に P<sub>m</sub>-I (7-9万年前) が挟まれることが確認されている(飯島・塩川グループ, 1967), また、姫川流域-更埴地方にかけては、下部テフラ層の最下位であるが、東北信州地域では、下部テフラ層相当層下部にクサリ礫層が挟まれ、更にその下位にローム層が存在するから、全体としては、古期ロ

ーム層上部となる。

### 3. クリスタル・アッシュ

命名 松本盆地団研グループ(1972), C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub><sup>2)</sup>

模式地 長野県大町市大町スキー場内射撃場裏(第1図)

分布 大町テフラ層の分布にほぼ等しく、鍵層中最も分布が広い。見掛け上の高位段丘や高位小起伏面上にのる。

層序 中期更新世のローム層中又は碎屑堆積物層中に風成又は水成で挟まれる。

層厚 松本盆地中央部付近に最大層厚部があり、東方へ厚さを減少させる(仁科, 1982のクリスタル・アッシュ等層厚線図及び本文中の第1表参照)。

層相 既存の代表的研究成果を第1表に要約しておく。模式地において採取した試料の定性的な鉱物組成を次に示しておく(分析者: 水野清秀)。

C<sub>1</sub>: 粒径1/4-1/8 mm における全鉱物組成は、長石、黒雲母>石英>角閃石であり、このほかごく少量の不透明鉱物、斜方輝石、単斜輝石及びジルコンを含む。また、粒径1/4 mm 以上における全鉱物組成は、黒雲母、石英、長石>角閃石である。

C<sub>2</sub>: 粒径1/4-1/8 mm における全鉱物組成は、長石>黒雲母>石英>角閃石であり、このほかごく少量のジルコン、斜方輝石及び不透明鉱物を含む。また、粒径1/4 mm 以上における全鉱物組成は、黒雲母、石英、長石>角閃石である。

C<sub>3</sub>: 粒径1/4-1/8 mm における全鉱物組成は、長石、石英、黒雲母>角閃石であり、このほかごく少量の斜方輝石とジルコンを含む。また、粒径1/4 mm 以上における全鉱物組成は、黒雲母、石英>長石>角閃石である。

### 4. フィッション・トラック年代測定結果

測定試料は、模式地において C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> 及び C<sub>3</sub> 層から採取し(第2図), 各2.0 kg を処理し、自形性の良い大量のジルコン結晶を抽出して測定に供した。年代測定方法は、S2πES-I2πES・ED (SUZUKI, 1984), 熱中性子照射量は NBS-SRM 612 glass に Mica をディテクターとして密着し、照射後46% HF を用い20°C で30分間エッチングし ρd を測定して求めた。ジルコン結晶のエッチング条件は、KOH: NaOH=1:1 (mol) エッチャント, 225°C, 44 h 00 m で、壊変定数は λf=7.03×10<sup>-17</sup> y<sup>-1</sup> を用い

2) 筆者らは、C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>(C<sub>4</sub>) を用いるが、本文中の引用では、各々原著者らの記号名を使用する。念のため付け加えれば A<sub>1</sub>P<sub>m</sub>=B<sub>1</sub>=C<sub>1</sub>(以下同様である)。

第1表 信越地域のクリスタル・アッシュ総括表

	地層名	示標テフラ層名	特 徴 (主要調査地域)		層厚	年代	給源	備 考	
小林 (国)	1967	大町型テフラ層(下)	A 浮石層 BP (Biotite Pumice)		黄色, 黒雲母を含む粗粒浮石層, スコリア散点, 八王子, 飯能丘陵に延びる	34cm (大町スキー場) 3m (松本市城山)	立山より南の火山	小林(1963)の対比は誤り 多摩ローム層上部に狭在	
飯島・塩川グループ	1967	古期ローム層上部	第3黒雲母浮石層 B <sub>3</sub> 第2黒雲母浮石層 B <sub>2</sub> 第1黒雲母浮石層 B <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> 浮石層)		北信(長野付近)及び東信(上田佐久)から, 関東西部(秩父・上鹿山・飯能・八王子三田)に連続する。秩父以東では B <sub>1</sub> は確実に連続するが, B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> は他のロームと混在し, 特に B <sub>3</sub> は信州でも浸食されて欠如又は薄層となる。B <sub>1</sub> ~B <sub>3</sub> 中のジルコンの晶癖は信州~関東まで同一傾向	>100 cm	(焼岳)~硫黄岳付近	古期上部ローム層は御殿峠礫層より上位の多摩ローム層に対比 同ローム層下位にクサリ礫	
飯島・斎藤	1968	古期ローム層	第三黒雲母浮石層 B <sub>3</sub>		一般に浸食されて欠如することが多いが, ここでは上位に大礫散点し不整合状	38 cm	硫黄岳付近	御殿峠礫層より上位の多摩ローム層に対比	
			第二黒雲母浮石層 B <sub>2</sub>		下限はカオリン化, 黄褐色浮石・赤色スコリア散在, 黒雲母目立つ黒褐色~茶褐色	80 cm			
			第一黒雲母浮石層 B <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> 浮石層)		斑状黒褐色~茶褐色斑状, 多量の黒雲母含み, ひる石状を呈するものを含む。 (更級郡大岡村高峯寺)	95 cm			
塩川団研グループ	1970	古期ローム層上部	黒雲母浮石層 B <sub>2</sub>		酸化角閃石が多い	黒雲母・石英・角閃石を多く含む 粘土化の進んだ細粒浮石層 (八ヶ岳東麓)	30万	硫黄岳方面	上部多摩ローム層に対比
			黒雲母浮石層 B <sub>2</sub>				45-50万		
			黒雲母浮石層 B <sub>1</sub>		時に粘性が強く, 肉眼では和白砂糖様, 最も広範囲に分布, 秩父・飯能から八王子にも分布		60万 (ジルコン F.T.)		
中 谷	1972	大町部テフラ層	A <sub>3</sub> Pm		黄色~黄灰色, 粘土化, 粒径・発泡度不明, 黒雲母・長石粗粒子多量に含む まれに, 2~3mm 大の赤褐色スコリア含む, 黒雲母を除く1/8~1/16mm 粒径の重鉱物個数比は grHo>OP>>Hy, Zi, Au, Curie 温度は A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> Pm が390°C, A <sub>3</sub> Pm が425°C(佐久では A <sub>1</sub> ~A <sub>2</sub> 400~425°C, A <sub>3</sub> 400°C 分布南東限は小海町柳沢(16cm層), 南佐久では黄~淡黄褐色(大町スキー場)	50 cm	立山火山第II期前期	上部多摩ローム層に対比	
			A <sub>2</sub> Pm			40 cm			
			A <sub>1</sub> Pm			35 cm			
						(大町スキー場射撃場裏)			
松本盆地団研グループ	1972	梨ノ木ローム層	クリスタル・アッシュ	C <sub>3</sub>	黒雲母, 角閃石, 石英, 斜長石と浮石, スコリア, 岩片が混在(塩尻市梨ノ木) 黒雲母を主とする結晶粒密集(松本盆地東縁部, 八ヶ岳周辺) 美鈴湖付近では3枚(50~60cm厚)あるが, 烏川流域では2枚(C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , 100~120cm厚), Bi, Qt, Pl がそれぞれ20~30%, Ho が10%, Hy, Zi, Mg がそれぞれ1~3%, ガラスが1~3%(穂高カントリークラブ) (松本盆地)	100	北アルプスの雲の平付近	松本盆地周辺で, 小坂田ローム層(最下位に Pm-1 を狭む)より古い火山灰層を一括したもので梨ノ木礫層に整合で重なる	
				C <sub>2</sub>		120cm			
				C <sub>1</sub>		(max.)			

大町テフラ層下部層に挟まれるクリスタル・アッシュのフュージョン・トラック年代(加藤貞一・檀原 徹)

第1表 つづき

	地層名	示標テフラ層名	特 徴 (主要調査地域)							層厚	年代	給源	備 考		
			浮石量	石英	黒雲母	角閃石	色調	キュリー度							
小崎ほか	1974	大下町部テフラ層層	APm	著しく風化して灰褐色、粒径・発泡度不明、肉眼的に多量の黒雲母と粗い長石粒子含む、一枚だけ、全鉱物中の重鉱物の割合は7.8%、鉱物組成はOP(Mg)72.3%、Hy 0.9%、Zi 0.4%、その他26.4%(1/8~1/16mm大)で、この他 Bi を含む (北城盆地土倉付近)							10 30cm			先親ノ原面は下部テフラから上のすべての層をのせている。親ノ原面、切久保面は上部テフラに覆われる	
小林(武)	1975	大下町部テフラ層層	APm	黒雲母と石英の粗粒な斑晶をもつネバダ岩的な流紋岩質軽石									槍ヶ岳西方の尾根に残存する軽石流堆積物に伴う		
松本盆地 研グループ	1977	梨下ノ木ローム部層	クリスタル・アッシュ		浮石量	石英	黒雲母	角閃石	色調	キュリー度	梨ノ木ではC <sub>1</sub> まで水成、松本市城山ではC <sub>3</sub> まで水成、穂高コントロールクラブでは3枚とも風成梨ノ木礫層の離水期は地域で異なる (松本盆地)			C <sub>3</sub> の上位に黒雲母密集帯	
				C <sub>3</sub>	多	少	多	少	黄褐色	420°C					
				C <sub>2</sub>	中	少	中	中	黄褐色	425°C					
				C <sub>1</sub>	少	多	中	少	褐色	450°C					
八ヶ岳団研グループ	1977	下部広頼層	B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> B <sub>1</sub>								各 15cm	塩川団研(1970)引用			
郷原ほか	1978	広瀬下部ローム	B <sub>3</sub> (C <sub>3</sub> ) B <sub>2</sub> (C <sub>2</sub> ) B <sub>1</sub> (C <sub>1</sub> )	分布は、松本盆地の鳥川扇状地扇頂部と八ヶ岳東北麓を結ぶ線を軸として広大な地域に分布、西南日本内帯の基盤岩中に発生した酸性の(rhyolitic な)火山活動を示す降下火砕流堆積物。								塩川団研(1970)引用ただしB <sub>2</sub> =45分		ここでは中期ローム相当(中期更新世)	
早津・新井	1980	時砕岩未層火	樋海軽石層	粘土化が著しい。流紋岩質で斜長石・黒雲母・石英・角閃石・斜方輝石・鉄鉱物・ジルコンを含む。(角閃石の屈折率(1,686-1,693)がAPmのそれと一致)。ジルコンの晶癖(短柱状・ずんぐり)もAPmのそれに類似 3枚 (妙高山麓地域)							5 1 15cm				
早津・新井	1981	谷上ローム層	美穂ローム層	MH-a	黄褐色で粘土化が進み粒径不明、流紋岩質で斜長石・黒雲母、石英、角閃石、禁蘇輝石、鉄鉱物・ジルコンを含む (信濃川中流域)							8cm	町田(1977)引用 30万		
				MH-b								15cm			
仁科	1982	梨ノ木ローム層他	クリスタル・アッシュ	C <sub>4</sub> C <sub>3</sub> (B <sub>3</sub> ) C <sub>2</sub> (B <sub>2</sub> ) C <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> )	黄色~黄褐色、全体がざらざらし、一部赤色浮石を含む。大部分が鉱物の結晶粒からなる。長石、石英、黒雲母が大部分で角閃石、紫蘇輝石、磁鉄鉱、ジルコンが少量混入、黒雲母は、北アルプス山麓で3~4mm、ひる石状に延びる。石英は丸みのあるものが多いが高温型も目立つ。穂高で3mm前後、北東に離れるほど小さくなる。一部火山ガラスも含まれる(三水)。上田市東方岩清水ではC <sub>1</sub> 、C <sub>2</sub> 風成、C <sub>3</sub> 以上水成。							C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> >1m(穂高コントロール) C <sub>3</sub> 1.5m(青木村十観山)	50~60万(推定)	焼岳西方岩滝火砕流を噴出させた火山活動	カルデラ形式の爆発による噴出機構

第1表 つづき

		地層名	示標テフラ層名	特 徴 (主要調査地域)	層厚	年代	給源	備 考	
木 村	1985	下口部 大ム町層	APm-3	直下に紫灰色細粒火山灰層を伴う					
			APm-2	2つの降下単元に分けられ、下半部は、結晶質、上半部は軽石質					
			APm-1	最も結晶質で、中位に、灰色細粒火山灰層を挟む					
花岡・豊野 団研グループ	1985	バトイ ローム層	QB <sub>4</sub> QB <sub>3</sub> QB <sub>2</sub> QB <sub>1</sub>	三水ローム層(中期更新世下部, 22~27 m 厚)上に不整合での暗褐色風化火山灰(バイオタイトローム層)に挟まれる結晶火山灰で、黒雲母、高温石英を含む。特に QB <sub>2</sub> 中の黒雲母、QB <sub>4</sub> 中の石英が顕著である。 (長野盆地北部)					

(Bi: 黒雲母 Qt: 石英 Pl: 長石 Ho: 普通角閃石 grHo: 緑色角閃石 Au: 普通輝石 Hy: 紫蘇輝石 Zi: ジルコン OP(Mg): 不透明鉱物(磁鉄鉱))

第2表 各試料ごとのフィッション・トラック年代値一覧表 (年代値と誤差算出法は GREEN, 1981による)

試 料 名	鉱物名	自発核分裂飛跡		誘導核分裂飛跡		熱中性子フルエンス			年代値(*2)			誤差(*3)		結晶数 n (粒)	相関係数(*4) r	結晶面積 S (cm <sup>2</sup> )	ウラン(*5) 濃度 U (ppm)
		総数 ΣNs (t)	密度 ρs =ΣNs/ΣS (t/cm <sup>2</sup> )	総数 ΣNi (t)	密度 ρi =ΣNi/ΣS (t/cm <sup>2</sup> )	総数 ΣNφ (n)	ρd(*1) (n/cm <sup>2</sup> )	熱中性子線量 φ (n/cm <sup>2</sup> )	T (Ma)	±ε・T (Ma)	±ε (%)						
HK-01 (No.3.17.24.33除去)	Zircon	66	2.50×10 <sup>4</sup>	2974	1.13×10 <sup>6</sup>	1247	8.43×10 <sup>4</sup>	5.25×10 <sup>14</sup>	0.69	0.09	12.8	31	0.591	2.64×10 <sup>-3</sup>	107		
HK-01 (全粒子)	Zircon	106	3.32×10 <sup>4</sup>	3858	1.21×10 <sup>6</sup>	1247	8.43×10 <sup>4</sup>	5.25×10 <sup>14</sup>	(参) 0.86	0.09	10.2	35	0.449	3.19×10 <sup>-3</sup>	115		
HK-02	Zircon	48	2.28×10 <sup>4</sup>	2404	1.14×10 <sup>6</sup>	1250	8.44×10 <sup>4</sup>	5.26×10 <sup>14</sup>	0.63	0.09	14.8	35	0.614	2.11×10 <sup>-3</sup>	108		
HK-03	Zircon	62	2.02×10 <sup>4</sup>	3795	1.24×10 <sup>6</sup>	1256	8.49×10 <sup>4</sup>	5.29×10 <sup>14</sup>	0.52	0.07	13.1	35	0.287	3.06×10 <sup>-3</sup>	117		

\*1 ρd: 標準ガラスの誘導核分裂トラック密度 (n/cm<sup>2</sup>)

\*2 年代値  $T = 5.96 \times 10^{-8} \times \phi \times \Sigma N_s / \Sigma N_i = \zeta \times \rho_d \times \rho_s / \rho_i$

\*3 誤差  $e = \{(1/\sqrt{\Sigma N_s})^2 + (1/\sqrt{\Sigma N_i})^2 + (1/\sqrt{\Sigma N_\phi})^2\}^{1/2} \times 100 (\%)$

\*4 r: 結晶ごとの自発・誘導トラック密度 (ρs, ρi) の相関係数

\*5 ウラン濃度  $U = 5 \times 10^{10} \times \rho_i / \phi$  (ppm, 但し, ジルコン結晶中でエッチングされる最大飛跡長を12 μm と仮定する)

熱中性子線量測定用標準ガラス: NBS SRM612

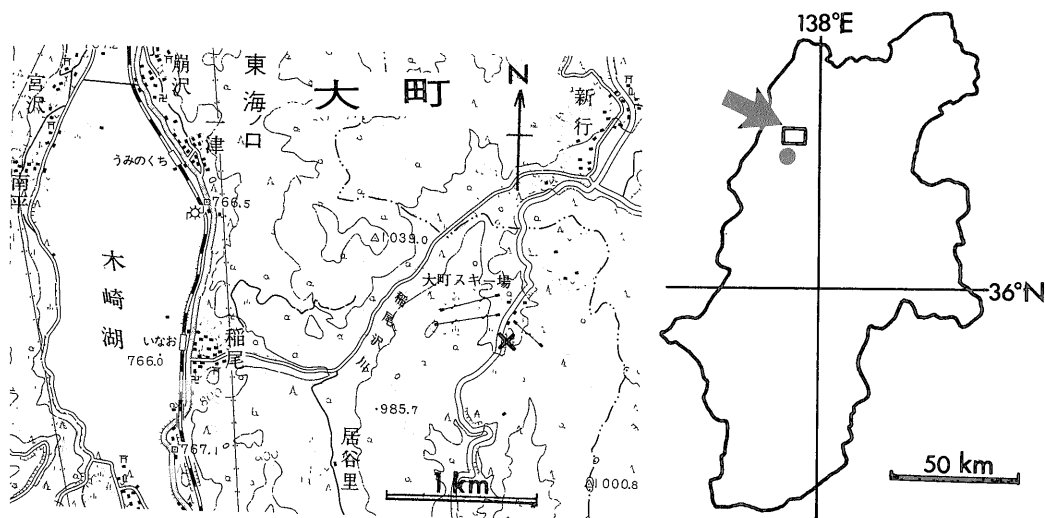
<sup>238</sup>U の自発核分裂壊変定数: λf = 7.03 × 10<sup>-17</sup> (1/yr)

熱中性子の <sup>235</sup>U に対する核分裂反応断面積: σ = 577 × 10<sup>-24</sup> (cm<sup>2</sup>)

<sup>235</sup>U の <sup>238</sup>U に対する同位体比: I = 7.253 × 10<sup>-3</sup> (<sup>235</sup>U/<sup>238</sup>U)

B 値: B = 6.23 × 10<sup>9</sup> (φ th = B × ρd)

ζ (zeta 値): Calibration factor (弊社採用値)  $\zeta = \phi \text{ th} \times \sigma f \times I / \rho_d \times \lambda f = B \times \sigma f \times I / \lambda f = 371$



第2図 年代測定試料採取位置図(国土地理院発行5万分の1地形図「大町」の一部)

第3表 自発核分裂片飛跡数( $N_s$ )のヒストグラム (1): HK01 ( $C_1$ ) (2): HK02( $C_2$ ) (3): HK03( $C_3$ )

(1)

Tracks	Grains	Histogram	$\# = 1$ (grains)
0	4	****	
1	7	*****	
2	8	*****	
3	7	*****	
4	3	***	
5	2	**	
6			
7			
8			
9			
10			

No. 3 17 24 33 を除く

(2)

Tracks	Grains	Histogram	$\# = 1$ (grains)
0	11	*****	
1	8	*****	
2	8	*****	
3	8	*****	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

(3)

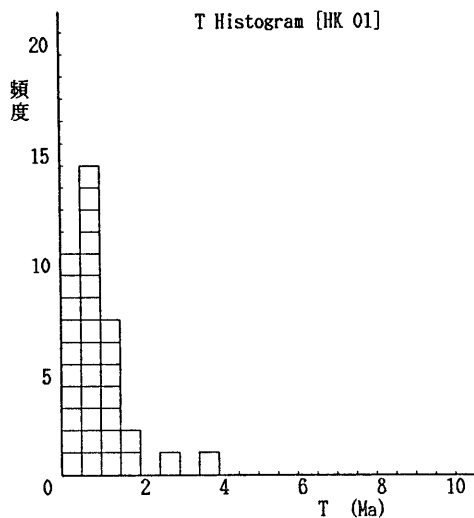
Tracks	Grains	Histogram	$\# = 1$ (grains)
0	10	*****	
1	6	*****	
2	9	*****	
3	4	****	
4	4	****	
5	2	**	
6			
7			
8			
9			
10			

た。なお試料の熱中性子照射は、武蔵工業大学原子力研究所(TRIGA II型炉, 照射溝)にて行った。以下に測定結果(第2及び3表)を示すが、試料名HK-01, HK-02及びHK-03は、各々、 $C_1$ ,  $C_2$ 及び $C_3$ を表わす。

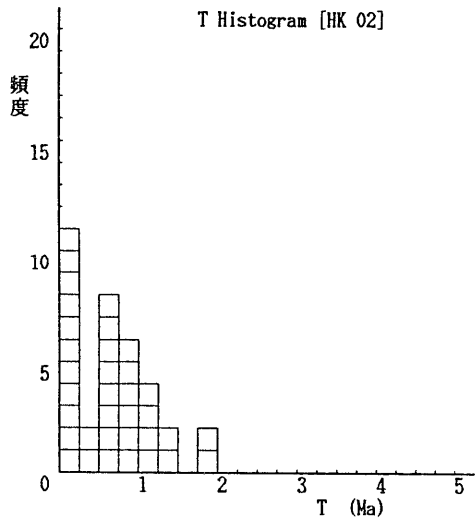
**HK-01( $C_1$ ) (GSJ R 37665)**

本試料は淡桃色で自形性の良い大量のジルコン結晶を含むが、自形性は良いものの濃い桃色の結晶も約5%程度含まれる。全測定粒子36個(実際には状態不良のNo. 6は除く35個)の1粒子ごとの自発及び誘導の平均トラック数は $\bar{N}_s=3.03$ ,  $\bar{N}_i=110.2$ である。 $\bar{N}_s$ 値が小さいため、各粒子ごとの自発及び誘導トラック数の相関性( $N_s-N_i$ , 第5図(1))や自発及び誘導トラック数の相関性( $\rho_s-\rho_i$ , 第6図(1))は悪く、粒子年代Tもばらつく(第3図(1))のは当然であろう。ただし、第4図(1)に示される $\rho_i$ 値は各粒子のウラン濃度に比例し、一般に均一試料では対数正規分布をされるといわれている。この点からみれば本試料の $\rho_i$ 値のまとまりは比較的良好で均一試料の可能性が高いと言えよう。

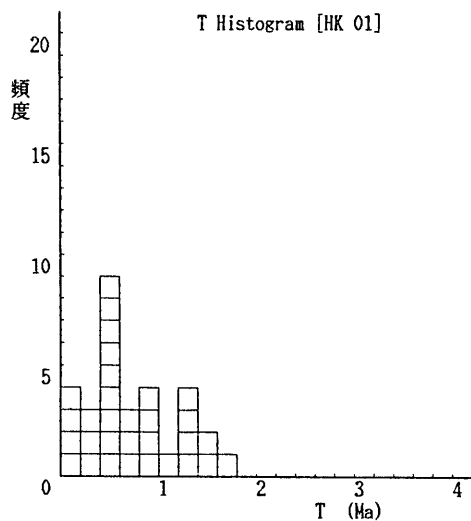
さて結晶1粒子ごとの年代一覧表(第5表)をみると、 $N_s$ や結晶面積Sの大きな粒子が目立つ。このうちNo. 17及びNo. 33の2粒子は桃色で他粒子と明瞭な差があり、粒子年代も他と比較して古い。そのためこれら2粒子は外来性の異種年代粒子の可能性が高いとして除外した。かつ $N_s=8$ をもつNo. 3, No. 24粒子も、異種年代粒子ではないが、偏りの強いデータをもつものとして除外して $p_0$ 検定(横山ほか, 1984)を行うと、 $\chi^2$ 検定による有意水準が97.5-99%と極めて良好な結果が得られる(第



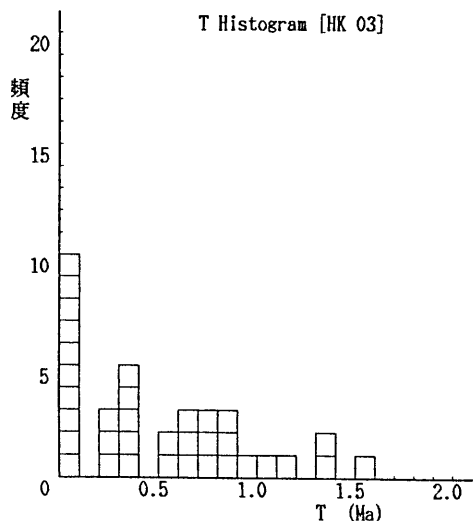
(1)



(3)

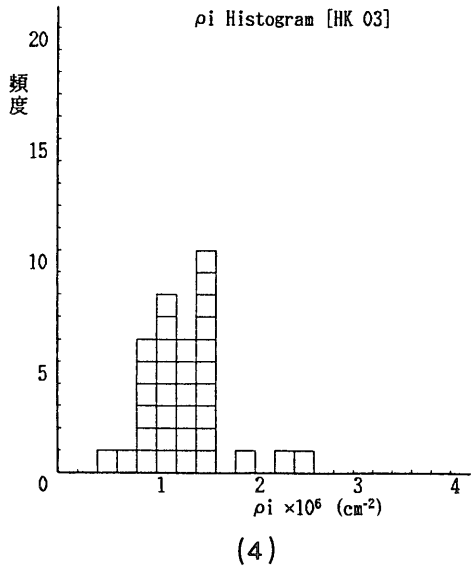
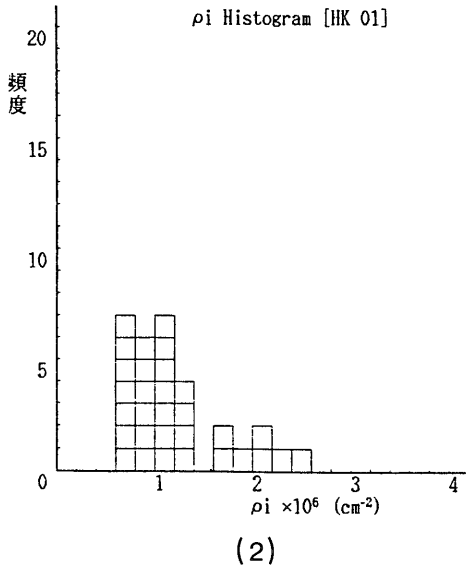
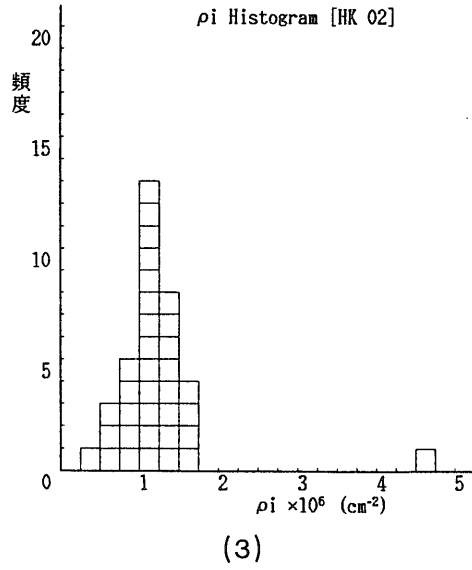
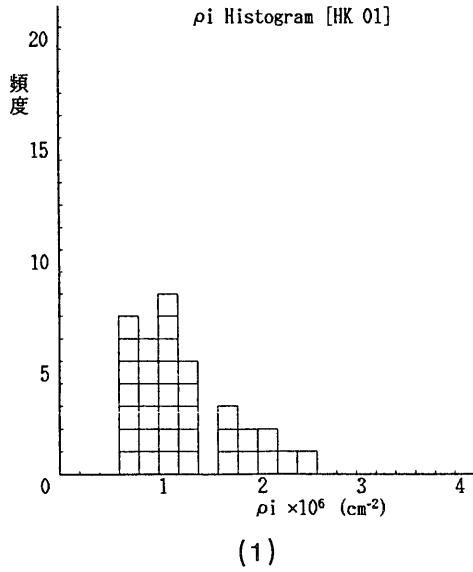


(2)



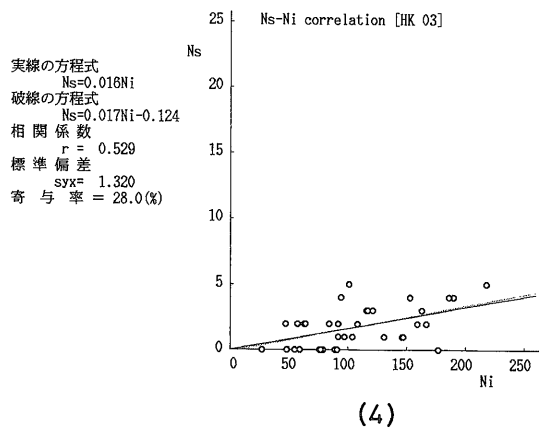
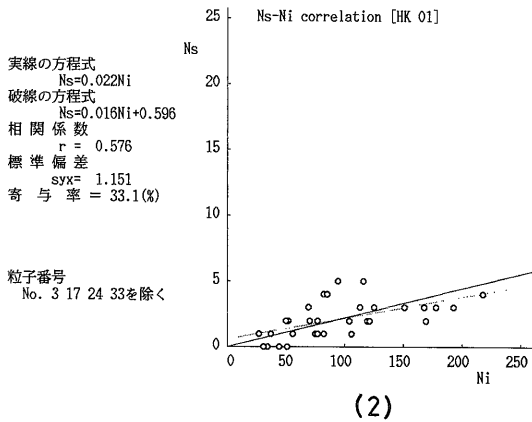
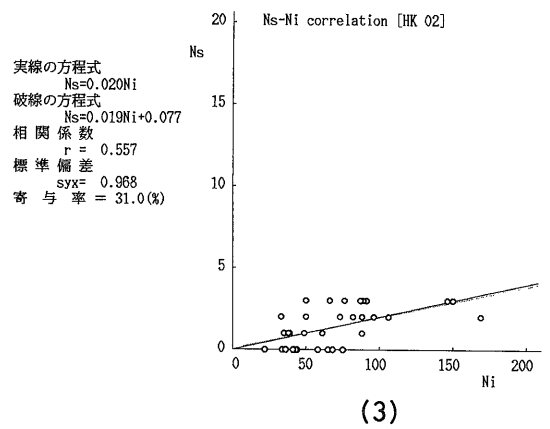
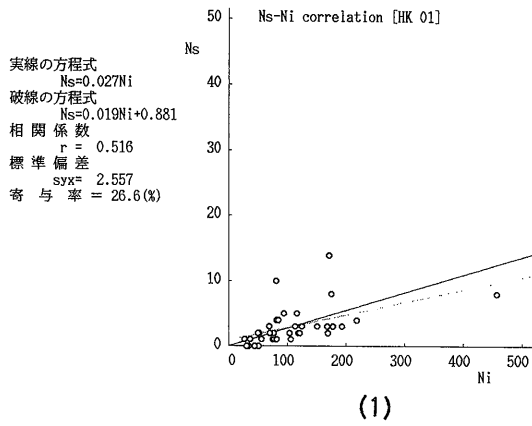
(4)

第3図 結晶1粒ごとのみかけ年代(T)のヒストグラム (1): HK01(C<sub>1</sub>), No. 6(第6表)を除く (2): HK01(C<sub>2</sub>), No. 3, 6, 17, 24及び33(第6表)を除く (3): HK02(C<sub>2</sub>) (4): HK03(C<sub>3</sub>)

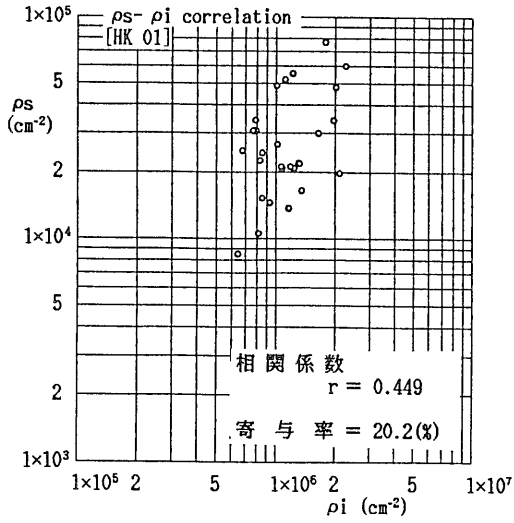


第4図 結晶1粒ごとの誘導トラック密度( $\rho_i$ )のヒストグラム (1)-(4)は第3図の説明と同じ

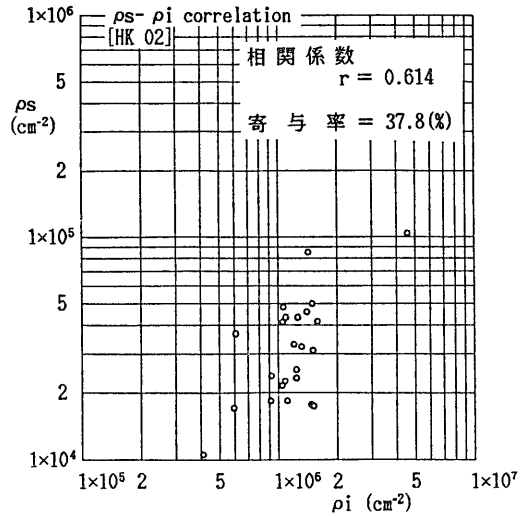




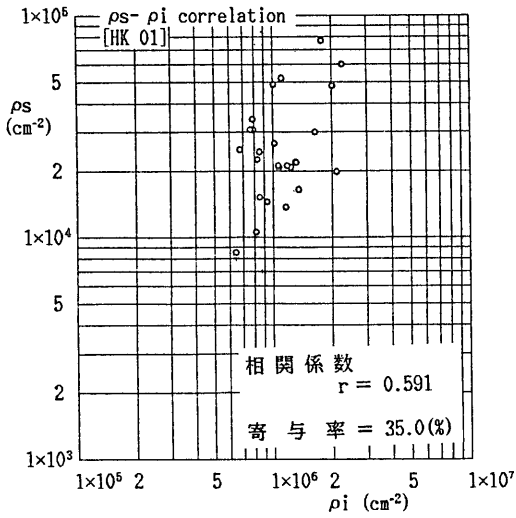
第5図 自発トラック数(Ns)と誘導トラック数(Ni)の相関 (1)-(4)は第3図の説明と同じ



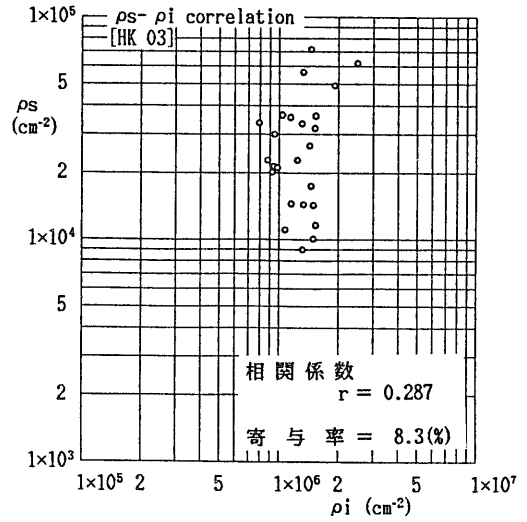
(1)



(3)



(2)



(4)

第6図 自発トラック密度( $\rho_s$ )と誘導トラック密度( $\rho_i$ )の相関 (1)-(4)は第3図の説明と同じ

3表(1)及び第4表(1)。したがって、上述の4粒子と状態不良粒子を除いた残り31粒子の $\Sigma N_s/\Sigma Ni$ 比から年代値 $T=0.69\pm 0.09$  Maを算出し、報告値とする。

なお全測定粒子35個の $\Sigma N_s/\Sigma Ni$ 比からは年代値 $T=0.86\pm 0.09$  Maが得られ、参考までに付記する。

#### HK-02(C<sub>2</sub>) (GSJ R 37666)

本試料は薄淡桃色で自形性の良い大量のジルコン結晶を含み、自形性・色調・晶癖の均一性が高い試料である。

1粒子ごとの自発及び誘導の平均トラック数は $\bar{N}_s=1.37$ ,  $\bar{N}_i=68.7$ で、前試料と同様に $N_s-Ni$ や $ps-pi$ 相関性及び粒子年代 $T$ のまとまりは悪い(第3図(3), 第5図(3), 第6図(3))。このため $\rho_0$ 検定を行うと、有意水準20-25%が得られる(第3表(2), 第4表(2))。したがって、全測定粒子はほぼ同一起源に属するものと判断し、35個の $\Sigma N_s/\Sigma Ni$ 比から年代値 $T=0.63\pm 0.09$  Maを算出した。

#### HK-03(C<sub>3</sub>) (GSJ R 37667)

本試料はほぼ無色透明で自形の良い大量のジルコン結晶を含み、自形性・色調・晶癖の均一性が高い試料である。

1粒子ごとの自発及び誘導の平均トラック数は $\bar{N}_s=1.77$ ,  $\bar{N}_i=108.4$ で、 $N_s-Ni$ や $ps-pi$ の相関性や粒子年代 $T$ のまとまりは悪い(第3図(4), 第5図(4), 第6図(4))。このため $\rho_0$ 検定を行うと、有意水準10-20%が得られる(第3表(3), 第4表(3))。有意水準がやや低いきらいがあるが、肉眼的には粒子の均一性は非常に高いと判断されることから、全測定可能粒子35個の $\Sigma N_s/\Sigma Ni$ 比から年代値 $T=0.52\pm 0.07$  Maを算出した。

### 5. 考察と問題点

従来報告されているクリスタル・アッシュのフィッシュン・トラック年代は、塩川田研グループ(1970)によるものが唯一である。その中で島誠の測定によるジルコンのフィッシュン・トラック年代が非公式・予備観察として $B_1$ (600,000yB.P.),  $B_2$ (450,000-500,000yB.P.)及び $B_3$ (300,000yB.P.)と報告されている。しかし、測定方法や詳細なデータが未公表であり、今後議論の対象となり得ない。仁科(1982)は、これに対して $C_2(B_2)$ と $C_3(B_3)$ 、特に $C_3$ は層位的に見て値が小さすぎるとし、いずれにしても、クリスタル・アッシュの絶対年代は50-60万年とみるのが妥当で、その降灰期は中期更新世の初めてであると考えた。

一方、町田(1977)は、具体的な根拠は示していないものの、恐らく南関東地域のテフラとの広域的対比から

$B_1-B_3$ を約30万年前と推定している。第1表のように、他の研究者は、両二者のいずれかを引用するにとどまっている。今回の結果、最下部のクリスタル・アッシュ( $C_1$ )の年代値 $0.69\pm 0.09$  Maを採用するならば、中期更新世最初期を示す有効な示標テフラということになる。

一方、近年、早津・新井(1980, 1981)により、クリスタル・アッシュが妙高東麓に分布する樋海軽石層、及び飯山地域や津南地域中津川右岸に分布する美穂軽石層に対比されている。この対比が確実ならばクリスタル・アッシュは津南地域の最高位段丘面である谷上面上にのる谷上ローム層中に挟まれることになる。新潟火山灰グループ(1981)は、十日町地域当間山北西斜面で、谷上ロームの下位に不整合で中期更新世と推定した鷹羽ローム層(厚さ1.4 m+)が分布することを報告している。また、長野盆地北部において花岡・豊野団研(1985)は、飯縄火山起源と考えられる中期更新世の三水ローム層(厚さ27 m)の上位に、不整合でクリスタル・アッシュがのることを報告している。このような地形面及び層序的位置関係からは、樋海・美穂軽石層及びそれに対比されるクリスタル・アッシュが中期更新世最初期とは言いきれない。また、早津・新井(1980)によれば、 $A_1P_m$ 中の斜方輝石の屈折率( $r$ )=1.735~1.737, 角閃石の屈折率( $n_2$ )=1.687~1.695に対して、 $A_2P_m$ では、( $r$ )=1.732~1.735, ( $n_2$ )=1.688~1.694でジルコンはずんぐりした短柱状、 $A_3P_m$ では同じく、( $r$ )=1.731~1.734, ( $n_2$ )=1.688~1.693である。これらを検討すると $A_2P_m$ ,  $A_3P_m$ の各屈折率は近似するが、 $A_1P_m$ は特に斜方輝石の屈折率が他の2者よりも若干高い。また、 $A_1P_m$ のジルコンの形状は必ずしも短柱状のものが卓越するようには見えない。更に肉眼的な色調を比較すると明瞭な差違がある。すなわち、 $A_1P_m$ のジルコンは淡桃色であるのに対して、他の二者のそれは無色透明又はそれに近く容易に識別できる。これらのことから、従来クリスタル・アッシュとして一括されてきた3枚の $AP_m$ 層は、含有鉱物の性質や年代値からみて、最下部の $A_1P_m$ と、 $A_2P_m$ ・ $A_3P_m$ のグループに二分される可能性がある。これが、給源の違いを示唆するか否か即断できないが、改めてその分布等を検討する必要がある。

したがって、樋海軽石層がクリスタル・アッシュに対比される(早津・新井, 1980)としても、 $A_1P_m$ の可能性は少ない。

小池ほか(1985)は、栃木県北東部喜連川丘陵に分布する下野火山灰層最下部の喜連川ローム層に含まれる黄褐色法師峠黒雲母火山灰層について、ジルコンによるフィッシュン・トラック年代を報告している。このジルコン

第4表 Poisson 検定 (1): HK01(C<sub>1</sub>) (2): HK02(C<sub>2</sub>) (3): HK03(C<sub>3</sub>)

(1)  $m = 2.129$

n	Kn	$Kn/\sum Kn$	$f_m(n)$	$f_m(n) \times \sum Kn$
0	4	0.129	0.119	3.7
1	7	0.226	0.253	7.9
2	8	0.258	0.270	8.4
3	7	0.226	0.191	5.9
4	3	0.097	0.102	3.2
5	2	0.065	0.065	2.0
6				
7				
8				
9				
10				

No. 3 17 24 33 を除く

飛跡数n個の結晶出現頻度(理論値) :  $f_m(n) = (m^n/n!) \times e^{-m}$   
 平均飛跡数 :  $m = \sum N_s / \sum K_n$  全飛跡数 :  $\sum N_s = 66$   
 1粒子当りの飛跡出現数 : n 平均値/分散 :  $m/\sigma_s^2 = 1.074$   
 n個の飛跡をもつ結晶数 : K<sub>n</sub> 自由度 :  $\nu = 4$   
 全結晶数 :  $\sum K_n = 31$   $\chi^2$ 値 :  $\chi^2 = 0.3346$   
 $\chi^2$ 検定による有意水準 : 97.5%~99.0%

(2)  $m = 1.371$

n	Kn	$Kn/\sum Kn$	$f_m(n)$	$f_m(n) \times \sum Kn$
0	11	0.314	0.254	8.9
1	8	0.229	0.348	12.2
2	8	0.229	0.239	8.4
3	8	0.229	0.160	5.6
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

飛跡数n個の結晶出現頻度(理論値) :  $f_m(n) = (m^n/n!) \times e^{-m}$   
 平均飛跡数 :  $m = \sum N_s / \sum K_n$  全飛跡数 :  $\sum N_s = 48$   
 1粒子当りの飛跡出現数 : n 平均値/分散 :  $m/\sigma_s^2 = 1.010$   
 n個の飛跡をもつ結晶数 : K<sub>n</sub> 自由度 :  $\nu = 2$   
 全結晶数 :  $\sum K_n = 35$   $\chi^2$ 値 :  $\chi^2 = 2.9965$   
 $\chi^2$ 検定による有意水準 : 20.0%~25.0%

(3)  $m = 1.771$

n	Kn	$Kn/\sum Kn$	$f_m(n)$	$f_m(n) \times \sum Kn$
0	10	0.286	0.170	6.0
1	6	0.171	0.301	10.5
2	9	0.257	0.287	9.3
3	4	0.114	0.158	5.5
4	4	0.114	0.070	2.4
5	2	0.057	0.034	1.2
6				
7				
8				
9				
10				

飛跡数n個の結晶出現頻度(理論値) :  $f_m(n) = (m^n/n!) \times e^{-m}$   
 平均飛跡数 :  $m = \sum N_s / \sum K_n$  全飛跡数 :  $\sum N_s = 62$   
 1粒子当りの飛跡出現数 : n 平均値/分散 :  $m/\sigma_s^2 = 0.733$   
 n個の飛跡をもつ結晶数 : K<sub>n</sub> 自由度 :  $\nu = 4$   
 全結晶数 :  $\sum K_n = 35$   $\chi^2$ 値 :  $\chi^2 = 6.6599$   
 $\chi^2$ 検定による有意水準 : 10.0%~20.0%

第5表 HK01(C<sub>1</sub>)の結晶1粒ごとの年代一覧表

Neutron dose $\Phi 5.25 \times 10^{14} (\text{cm}^{-2})$						
No.	Ns	Ni	$S \times 10^{-5} (\text{cm}^2)$	$\rho_s \times 10^4 (\text{cm}^{-2})$	$\rho_i \times 10^5 (\text{cm}^{-2})$	T (Ma)
1	3	178	13.63	2.20	13.06	0.53
2	2	77	7.55	2.65	10.20	0.81
3	8	457	23.33	3.43	19.59	0.55
4	3	168	19.67	1.53	8.54	0.56
5	2	104	9.67	2.07	10.75	0.60
6	3	状態不良	7.00	4.29	—	—
7	1	75	11.70	0.85	6.41	0.42
8	5	94	3.89	12.85	24.16	1.66
9	1	77	9.45	1.06	8.15	0.41
10	2	52	6.52	3.07	7.98	1.20
11	0	34	1.76	0.00	19.32	0.00
12	3	151	14.22	2.11	10.62	0.62
13	3	125	6.22	4.82	20.10	0.75
14	2	50	6.52	3.07	7.67	1.25
15	2	119	9.66	2.07	12.32	0.53
16	1	106	5.04	1.98	21.03	0.30
17	14	171	10.22	13.70	16.73	2.56
18	3	193	20.68	1.45	9.33	0.49
19	0	51	5.48	0.00	9.31	0.00
20	4	82	8.15	4.91	10.06	1.53
21	1	37	4.44	2.25	8.33	0.85
22	5	116	6.52	7.67	17.79	1.35
23	4	218	13.33	3.00	16.35	0.57
24	8	175	14.34	5.58	12.20	1.43
25	3	69	8.74	3.43	7.89	1.36
26	1	27	4.00	2.50	6.75	1.16
27	2	121	9.18	2.18	13.18	0.52
28	2	70	8.22	2.43	8.52	0.89
29	1	82	6.07	1.65	13.51	0.38
30	1	56	4.73	2.11	11.84	0.56
31	0	44	7.22	0.00	6.09	0.00
32	3	113	4.99	6.01	22.65	0.83
33	10	81	7.55	13.25	10.73	3.86
34	4	85	7.66	5.22	11.10	1.47
35	0	31	4.55	0.00	6.81	0.00
36	2	169	14.52	1.38	11.64	0.37

No.: 結晶番号 Ns: 自発トラック数 Ni: 誘導トラック数 T: 結晶1粒ごとのみかけ年代 S: 結晶面積  $\rho_s$ : 自発トラック密度  $\rho_i$ : 誘導トラック密度

大町テフラ層下部層に挟まれるクリスタル・アッシュのフィッショントラック年代 (加藤碩一・檀原 徹)

第6表 HK02(C<sub>2</sub>)の結晶1粒ごとの年代一覧表

Neutron dose $\Phi$ $5.26 \times 10^{14}(\text{cm}^{-2})$						
No.	Ns	Ni	S $\times 10^{-5}$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$\rho_s$ $\times 10^4$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$\rho_i$ $\times 10^5$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	T (Ma)
1	3	50	3.52	8.52	14.20	1.88
2	0	22	2.19	0.00	10.05	0.00
3	0	58	6.04	0.00	9.60	0.00
4	1	39	4.22	2.37	9.24	0.80
5	2	50	4.59	4.36	10.89	1.25
6	0	34	5.44	0.00	6.25	0.00
7	1	49	4.67	2.14	10.49	0.64
8	3	76	7.22	4.16	10.53	1.24
9	3	91	6.52	4.60	13.96	1.03
10	0	36	3.09	0.00	11.65	0.00
11	2	169	11.41	1.75	14.81	0.37
12	1	61	5.48	1.82	11.13	0.51
13	1	88	5.78	1.73	15.22	0.36
14	3	146	11.85	2.53	12.32	0.64
15	0	68	4.44	0.00	15.32	0.00
16	2	82	6.22	3.22	13.18	0.76
17	3	150	16.44	1.82	9.12	0.63
18	2	73	6.07	3.29	12.03	0.86
19	3	89	6.00	5.00	14.83	1.06
20	2	状態不良	7.33	2.73	—	—
21	3	66	6.22	4.82	10.61	1.42
22	2	96	8.89	2.25	10.80	0.65
23	2	88	1.92	10.42	45.83	0.71
24	2	106	8.59	2.33	12.34	0.59
25	0	44	3.89	0.00	11.31	0.00
26	2	33	5.44	3.68	6.07	1.90
27	0	65	4.59	0.00	14.16	0.00
28	0	43	5.18	0.00	8.30	0.00
29	1	35	5.89	1.70	5.94	0.90
30	1	39	9.48	1.05	4.11	0.80
31	3	87	6.89	4.35	12.63	1.08
32	1	49	3.25	3.08	15.08	0.64
33	0	68	4.74	0.00	14.35	0.00
34	1	38	2.40	4.17	15.83	0.82
35	0	41	4.89	0.00	8.38	0.00
36	0	75	7.33	0.00	10.23	0.00

(凡例は、第5表と同じ)

第7表 HK03(C<sub>3</sub>)の結晶1粒ごとの年代一覧表

Neutron dose $\Phi$ $5.29 \times 10^{14}(\text{cm}^{-2})$						
No.	Ns	Ni	S $\times 10^{-5}$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$\rho_s$ $\times 10^4$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$\rho_i$ $\times 10^5$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	T (Ma)
1	4	153	17.51	2.28	8.74	0.82
2	3	116	6.07	4.94	19.11	0.82
3	3	117	8.99	3.34	13.01	0.81
4	0	76	7.89	0.00	9.63	0.00
5	2	63	6.67	3.00	9.45	1.00
6	0	89	7.11	0.00	12.52	0.00
7	3	121	4.85	6.19	24.95	0.78
8	0	55	5.04	0.00	10.91	0.00
9	1	131	8.59	1.16	15.25	0.24
10	5	218	23.26	2.15	9.37	0.72
11	2	64	5.62	3.56	11.39	0.99
12	0	27	5.33	0.00	5.07	0.00
13	4	94	7.11	5.63	13.22	1.34
14	4	190	12.51	3.20	15.19	0.66
15	2	167	11.50	1.74	14.52	0.38
16	3	163	13.18	2.28	12.37	0.58
17	2	57	5.48	3.65	10.40	1.11
18	1	状態不良	5.78	1.73	—	—
19	2	92	9.22	2.02	9.27	0.69
20	0	48	4.29	0.00	11.19	0.00
21	1	104	7.00	1.43	14.86	0.30
22	0	59	3.78	0.00	15.61	0.00
23	0	79	5.22	0.00	15.13	0.00
24	2	108	7.55	2.65	14.30	0.58
25	0	177	7.70	0.00	22.99	0.00
26	1	146	11.11	0.90	13.14	0.22
27	0	91	8.59	0.00	10.59	0.00
28	4	186	19.01	2.10	9.78	0.68
29	2	159	13.76	1.45	11.56	0.40
30	1	92	6.96	1.44	13.22	0.34
31	2	47	5.92	3.38	7.94	1.34
32	1	97	9.04	1.11	10.73	0.33
33	0	77	7.55	0.00	10.20	0.00
34	2	84	5.51	3.63	15.25	0.75
35	1	147	9.89	1.01	14.86	0.21
36	5	101	6.99	7.15	14.45	1.56

(凡例は、第5表と同じ)

は、粗粒・長柱状でほぼ均一な晶癖をもち、形態上、同一起源に属する可能性が高く $0.83 \pm 0.07$  Maと年代が算出された。なお、幾つかの測定結晶中に見掛け上自発核分裂飛跡の短かいものがあり、若干若くなる可能性がある。ちなみに $0 \leq T \leq 1.2$  Maの年代値を示す粒子の $\Sigma N_s / \Sigma N_i$ 比からは $0.69$  Maの年代値が算出される。これが $A_1P_m$ に対比できるかどうか更に検討が要されるが、中期更新世最初期の黒雲母を多量に含むクリスタル・アッシュ類似層が分布することは注目される。

なお、日本地質学会第93年学術大会(1986)の討論会「100万年前より新しい試料の地質年代測定」で模式地において採取されたクリスタル・アッシュ( $C_1$ )が年代測定のブラインドテストに用いられた。当テストにおける筆者の一人、檀原の測定結果は、 $0.82 \pm 0.12$  Maであり、短縮トラックの存在等から、若干若返ることを考慮すると今回の測定結果を強く支持するので、筆者らは、最下位のクリスタル・アッシュ( $A_1P_m$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ )の年代は、中期更新世最初期であることを主張する次第である。

$A_2P_m(C_2)$ 及び $A_3P_m(C_3)$ は $0.5-0.6$  Maを示し、仁科(1982)の見解を支持するが、樋海軽石層や美穂軽石層に対比されるか否かは、なお検討を要する。 $C_4$ については、いまだその実態が明らかではなく年代については今後の問題である。

## 文 献

- 郷原保真・熊井久雄・酒井潤一(1978) 第四紀の不整合について—八ヶ岳火山山麓を例として—。不整合討論会予稿集(星野通平編, 東海大学海洋研究所), p. 141-155.
- GREEN, P. F. (1981) A new look at statistics in fission-track dating., *Nucl. Tracks*, vol. 5, nos. 1/2., p. 77-86.
- 花岡邦明・豊野層団研究グループ(1985) 長野盆地北部における中部更新統, 日本第四紀学会講演要旨集, no. 15, p. 104-105.
- 早津賢二・新井房夫(1980) 妙高火山群テフラ地域の第四紀テフラ層—示標テフラ層の記載および火山活動との関係—。地質雑, vol. 86, p. 243-263.
- (1981) 信濃川中流域におけるテフラ層と段丘形成年代。地質雑, vol. 87, p. 791-805.
- 飯島南海夫・塩川グループ(1967) 東北信州におけるローム層の問題点。第四紀, no. 11, p. 39-49.
- 飯島南海夫・斎藤 豊(1968) 更埴地方のローム層。更級埴科地方誌第1巻自然編, p. 106-113.
- 加藤碩一・佐藤岱生(1983) 信濃池田地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 93 p.
- 木村純一(1985) 中部地方における上部更新統一とくに火山灰層序について。日本第四紀学会講演要旨集, no. 15, p. 5-8.
- 小林国夫(1967) 信州ロームと第四紀編年の現状。第四紀, no. 11, p. 3-14.
- ・清水英樹・北沢和夫(1969) 信州ロームと第四紀後期編年。日本の第四系, 地田研専報, no. 15, p. 224-236.
- 小林武彦(1975) 大町テフラ層と立山火山構成物との関係。日本第四紀学会講演要旨集, no. 4, p. 3.
- 小崎 尚・杉原重夫・清水文健・宇都宮陽二郎・岩田修二・田沢修一(1974) 白馬岳の地形学的研究。駿史史学, vol. 35, p. 1-86.
- 小池一之・岩崎孝明・檀原 徹・百瀬 貢(1985) 下野火山灰下部層のフィッシュン・トラック年代とその地史的意義。駒沢地理, 第21号, p. 39-56.
- 町田 洋(1977) 示標テフラ層の層序・編年。日本第四紀学会編, 日本の第四紀研究, 東大出版会, p. 373.
- (1979) 松本砂防のあゆみ—信濃川上流直轄砂防百年史— 第1編 信濃川上流と姫川の自然と歴史。建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所, p. 1-77.
- ・新井房夫(1979) 大山倉吉軽石層—分布の広域性と第四紀編年上の意義。地学雑, vol. 88, p. 313-330.
- 松本盆地団体研究グループ(1972) 松本盆地の第四紀地質の概観—松本盆地の形成過程に関する研究(1)。地質学論集, no. 7, p. 297-304.
- (1977) 松本盆地の第四紀地質—松本盆地の形成過程に関する研究(3)。地質学論集, no. 14, p. 93-102.
- 中谷 進(1972) 大町テフラ層とテフラクロノロジー。第四紀研究, vol. 11, p. 305-317.
- 新潟火山灰グループ(1981) 新潟県下のローム層について その1—信濃川ローム層について

大町テフラ層下部層に挟まれるクリスタル・アッシュのフィッション・トラック年代 (加藤碩一・檀原 徹)

- 一. 地球科学, vol. 35, p. 294-311.
- 仁科良夫(1982) クリスタル・アッシュの分布と起源をもとめて. 信濃教育第1140号, p. 1-9.
- 塩川団研グループ(1970) ハケ岳東麓のローム層. 第24回地団研総会討論会資料集, p. 51-56.
- SUZUKI, M. (1984) Discussion on terminology, anisotropy, and interprocedural cross-checks fission track ages of zircon. *Bull. Geol. Soc. Japan*, vol. 90, p. 551-563.
- 山田直利・加藤碩一・小野晃司・岩田 修(1985) 北アルプス周辺地域の鮮新世—更新世珪長質火山岩類の K-Ar 年代. 地調月報, vol. 36, p. 539-549.
- 八ヶ岳団体研究グループ(1977) 八ヶ岳火山東麓の中部洪積統. 地質学論集, no. 14, p. 103-125.
- 横山卓雄・檀原 徹・中川要之助(1984) 大阪府南部地域の第四系・第三系中の火山灰層のフィッション・トラック年代. 地質雑, vol. 90, p. 781-798.

(受付: 1986年11月12日; 受理: 1987年3月13日)