

磐梯火山の放射年代 — 概報 —

三村弘二*

MIMURA Koji (1994) Radiometric ages of Bandai Volcano. — the reconnaissance —.
Bull. Geol. Surv. Japan, vol.45 (10), p.565-571, 4figs., 2tables.

Abstract : Seven K-Ar ages and a fission-track age from Bandai Volcano, northeast Japan, are obtained. Before the last eruption of 1888, Bandai Volcano grew up through three-stage volcanism of andesite composition—Pre-Bandai, Old Bandai and Young Bandai. A thick lava from the Pre-Bandai gave a K-Ar age of 0.7 ± 0.2 Ma, showing the Early Quaternary activity. Other six K-Ar ages of the Old Bandai composing the major cone of the volcano, range from 0.5 ± 0.3 Ma to a younger age less than 0.2 Ma. A pumice fall deposit called HP₂ in the last stage of the Old Bandai, gave a fission-track age of 0.13 ± 0.05 Ma. It is incorporated with some ages already reported, suggesting the time of 0.7-0.9 Ma when the largest catastrophic events happened to effuse pumice fall and flow by Plinian eruption and the summit collapsed severely causing Okinajima Debris Avalanche Deposit. Then Daibandai, a new cone of the Young Bandai built up in the collapsed caldera.

要 旨

磐梯火山について、7個のK-Ar年代と、フィッシュン・トラック年代1個とを求めた。同火山は1888年の大爆発にいたるまでに、先磐梯、古磐梯及び新磐梯の、3段階の安山岩質火山活動によって形成されている。先磐梯の火山活動は、K-Ar年代で 0.7 ± 0.2 Maを示し、第四紀前期にさかのぼる事ができる。磐梯火山のほとんどを形成した古磐梯の6個のK-Ar年代は、 0.5 ± 0.3 Maから、 0.2 Maより若い範囲を示した。古磐梯末期の降下軽石層HP₂は、フィッシュン・トラック年代で 0.13 ± 0.05 Maを示し、これまでに得られている年代値と合わせると、古磐梯活動末期のプリニアン噴火による軽石の噴出と、同火山の山体崩壊による翁島岩屑なだれ堆積物の形成は、7万ないし9万年前に行われた可能性が強い。この崩壊カルデラ内には、引き続いて新磐梯の大磐梯火山体が噴出している。

1. ま え が き

1888年(明治21年)の噴火と大崩壊で知られる磐梯火山の火山活動は、はたしていつ頃から開始したのであろう

か? かつて、その活動開始時期は、約3万年以前にさかのぼる(Nakamura, 1978)といわれてきた。最近、磐梯地域の広域熱水流動系調査に伴い、磐梯火山の噴出物についていくつかの年代測定(NEDO, 1990)が行われ、10万年代の値が得られている。一方、猪苗代湖北岸のボーリングコアから、磐梯火山古期溶岩類(鈴木, 1988)として、 1.12 ± 0.50 MaのK-Ar年代値(中馬・鈴木, 1987)が得られている。しかしながら、同火山本体の発達史に基づく系統的な年代の測定は、これまで行われていない。

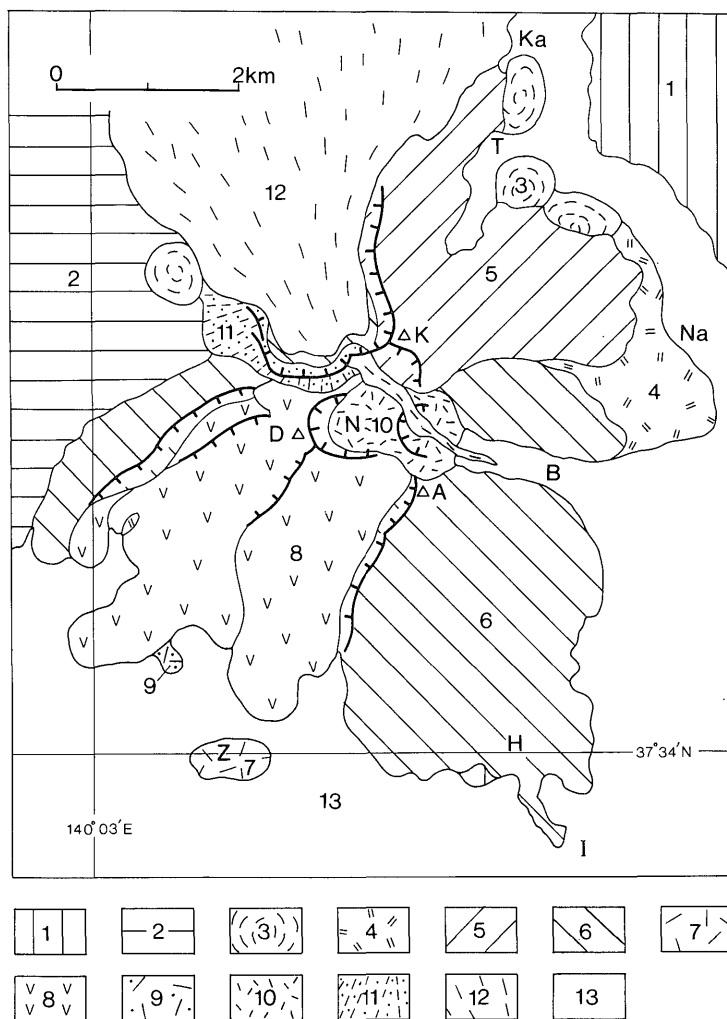
ここでは、5万分の1地質図幅「磐梯山」の調査過程で明らかとなった磐梯火山の地質の大要(三村, 1988; 第1図)と、これまでの知見に基づき、既知の年代値を含めて、磐梯火山本体の概括的な年代測定を試みた結果を報告する。

2. 地質の概要

磐梯火山は新第三系を基盤として、大きく新旧2つの火山、すなわち古磐梯火山(中馬・吉田, 1982)及び新磐梯火山(中馬, 1983)と、これらより古い先磐梯火山(Mimura: Table 2 in Hasenaka *et al.*, 1992)とから

* 地質部

Keywords: Bandai Volcano, radiometric ages, K-Ar dating, fission-track dating, volcano, Japan



第1図 磐梯火山の地質略図 三村(1988)に基づく。

1 : 基盤(新第三系), 2 : 猫魔火山, 3 : 川上溶岩円頂丘群, 4 : 長坂火砕流堆積物, 5 : 櫛ヶ峰火山体, 6 : 赤埴火山体, 7 : 翁島岩屑なだれ堆積物, 8 : 大磐梯火山体, 9 : 頭無し岩屑なだれ堆積物, 10 : 沼ノ平岩屑なだれ堆積物, 11 : 小磐梯火山体, 12 : 1888年及び1954年岩屑なだれ堆積物, 13 : その他の第四系。

A : 赤埴山, B : 琵琶沢, D : 磐梯山, H : 土津神社, I : 猪苗代, K : 櫛ヶ峰, Ka : 川上, N : 沼ノ平, Na : 長坂, T : 土湯沢温泉, Z : 頭無し。

Fig. 1 General geologic map of Bandai Volcano. Base from Mimura (1988).

1 : basement, 2 : Nekoma Volcano, 3 : Kawakami Lava Domes, 4 : Nagasaka Pyroclastic Flow Deposit, 5 : Kusigamine Volcanic Cone, 6 : Akahani Volcanic Cone, 7 : Okinajima Debris Avalanche Deposit, 8 : Daibandai Volcanic Cone, 9 : Zunashi Debris Avalanche Deposit, 10 : Numanotaira Debris Avalanche Deposit, 11 : Kobandai Volcanic Cone, 12 : 1888 and 1954 Debris Avalanche Deposit, 13 : other Quaternary deposit.

A : Akahaniyama, B : Biwazawa, D : Bandaisan, H : Hanitsu Jinja, I : Inawashiro, K : Kushigamine, Ka : Kawakami, N : Numanotaira, Na : Nagasaka, T : Tsuchiyuzawa Onsen, Z : Zunashi.

成り立つ(第2図)。

先磐梯火山は、磐梯火山本体の恐らく最も古い岩体で、1888年の崩壊カルデラ西壁の下部に厚い溶岩(八島・千葉, 1982の“旧期火山岩”の一部)として露出する。この溶岩は厚さ数10m以上で、2段の顕著な柱状節理を伴う。溶岩は全体にやや変質を受け、暗青灰色緻密で、節理に沿って鉱染が認められる。

古磐梯火山は、その初期の火山活動による川上溶岩円頂丘群と長坂火砕流堆積物、及びこれらを覆って磐梯火山の主山体を形成した櫛ヶ峰と赤植山の、2つの火山体とから構成され、著しい開析をうけている。櫛ヶ峰火山体は、その下部に厚い無斑晶質の溶岩を伴う。赤植火山体は、何枚もの溶岩と火砕岩から成り、山体形成の末期にプリニアン噴火による降下軽石と軽石流を伴っている。この古磐梯火山は山体形成後に大崩壊を起しており、その結果、山頂部に南西に開いた馬蹄形カルデラ(守屋, 1978)を生じ、磐梯火山南西麓(第1図南西方)に広く翁島岩屑なだれ堆積物(三村, 1988)をもたらした。

新磐梯火山は、この崩壊カルデラ内に噴出した大磐梯火山体と、その北方に生じた小磐梯火山体の2つの火山体から成る。いずれも山体崩壊を起こして、大磐梯火山体では頭無しと沼ノ平・琵琶沢、そして小磐梯火山体では1888年と1954年の岩屑なだれ堆積物をもたらして、現在に至っている。

3. 測定試料

測定試料は、先磐梯火山の溶岩から1個、古磐梯火山の川上溶岩円頂丘群と長坂火砕流堆積物、赤植火山体か

時代	層序区分	
完 新 世	新 磐 梯 火 山	1954年岩屑なだれ堆積物
		1888年岩屑なだれ堆積物
更 新 世	小 磐 梯 火 山 体	沼ノ平・琵琶沢岩屑なだれ堆積物
		大磐梯火山体 / 頭無岩屑なだれ堆積物
		翁島岩屑なだれ堆積物
		櫛ヶ峰火山体 / 赤植火山体
	古 磐 梯 火 山	長坂火砕流堆積物
		川上溶岩円頂丘群
先 磐 梯 火 山		1888年崩壊壁下部溶岩

第2図 磐梯火山の層序区分

Fig. 2 Stratigraphic succession of Bandai Volcano.

ら各1個、櫛ヶ峰火山体から3個の計7個を採取した。このほか、古磐梯火山末期の降下軽石中のジルコンについて、フィッション・トラック年代1個を求めた。第3図に試料の採取地点を示し、肉眼及び鏡下での観察を以下に記す。K-Ar年代は試料を粗粉碎し、風化部分を取り除いた全岩をテレダイン ジャパン社に、フィッション・トラック年代は京都フィッション・トラック社に依頼した。

JBD161 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 地点番号7.

(先磐梯火山の溶岩)

1888年の崩壊カルデラ西壁下部の厚い溶岩。暗青灰色の緻密な安山岩で、斑晶として2mm以下の斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、不透明鉱物を含む。斑晶は径5mm以下の集斑状となっていることがあり、一部に緑泥石化が認められる。石基は填間状組織で、ガラス、斜長石、珪酸鉱物、不透明鉱物、斜方輝石、単斜輝石、燐灰石などからなる。

JBD27V 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 地点番号6.

(川上溶岩円頂丘群)

土湯沢温泉北東の溶岩円頂丘南東斜面下の現地性転石。灰色の安山岩で、斑晶として3mm以下の斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、不透明鉱物を含む。斑晶はしばしば径6mmに達する集斑状になっており、一部に緑泥石化が認められる。石基は填間状組織で、ガラス、斜長石、アルカリ長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物、燐灰石などからなる。

JBD151B 普通輝石紫蘇輝石安山岩, 地点番号5.

(長坂火砕流堆積物の本質岩片)

長坂南西の県道沿い採石場跡。発泡の悪い、ガラス質な暗灰色の安山岩で、斑晶として3mm以下の斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、不透明鉱物を含む。斑晶は径4mm程度の集斑状となっていることがある。石基は填間状組織で、ガラス、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物、燐灰石などからなる。

JBD183 石英含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 地点番号4.

(櫛ヶ峰火山体無斑晶質溶岩)

土湯沢温泉南の、通称土湯沢の上流急谷部、標高1,080m付近の厚い溶岩。無斑晶質な見かけをもつ明灰色の安山岩で、1mm以下の斑晶として斜長石、少量の紫蘇輝石、普通輝石、稀に石英を含む。輝石は斜長石や不透明鉱物と共に、3mm以下の集斑状となっていることが多い。石英は単斜輝石の反応縁を有する。石基は間粒状組織で、流理構造を示し、斜長石、斜方輝石、単斜輝石、



第3図 地点図 国土地理院1993年発行5万分の1地形図「磐梯山」を使用。

Fig. 3 Sampling localities. Base from Geographical Survey Institute, 1:50,000, Bandaisan, 1993.

不透明鉱物からなる。

JBD173 かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 地点番号3。

(櫛ヶ峰火山体東沢溶岩)

長坂西南西の沢, 標高960m付近の左岸溶岩壁。暗灰色の安山岩で, 斑晶として2mm以下の斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 不透明鉱物, かんらん石を含む。紫蘇輝石は普通輝石の反応縁をもつことがある。斑晶はしばしば径9mmに達する集斑状となっている。石基は填間状組織で, ガラス, 斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 不透明鉱物, 珪酸鉱物などからなる。

JBD112 かんらん石含有普通輝石紫蘇輝石安山岩, 地点番号2。

(櫛ヶ峰火山体山頂溶岩)

櫛ヶ峰山頂南側急崖の溶岩。暗灰色の安山岩で, 節理に沿って酸化を受けている。斑晶として3mm以下の斜長石, 紫蘇輝石, 普通輝石, 不透明鉱物, かんらん石を含

む。斑晶は径4mm程度の集斑状となっていることがある。石基は填間状組織で, ガラス, 斜長石, アルカリ長石, 斜方輝石, 単斜輝石, 不透明鉱物, 珪酸鉱物などからなる。

JBD127 紫蘇輝石普通輝石安山岩, 地点番号1。

(赤埴火山体溶岩)

赤埴山南斜面, 土津神社西北西1.3km付近の林道沿い溶岩。灰色の安山岩で, 斑晶として4mm以下の斜長石, 普通輝石, 紫蘇輝石, 不透明鉱物を含む。斑晶は径3mm程度の集斑状となっていることがある。石基は填間状組織で, ガラス, 斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 不透明鉱物, 珪酸鉱物などからなる。

JBDF-2 普通輝石紫蘇輝石安山岩軽石, 地点番号8。

(赤埴火山体降下軽石層)

赤埴山南東の山腹, 通称赤埴山林道の標高820m付近で, 北東に分岐する旧林道沿い採土跡。粘土化の進んだ黄橙色の降下軽石層で, 厚さ1.5m弱, 軽石は径5cmに

達するものを含む。軽石にはガラスのほか、斑晶鉱物として斜長石、紫蘇輝石、普通輝石、不透明鉱物を含む(佐藤ほか, 1990: HP₂ at Loc. 1, p.52)。

4. 測定結果と考察

測定結果を第1表及び第2表に示す。今回得られた結果は、誤差の範囲が大きいものの、磐梯火山本体について、以下の点を読み取ることができる。

先磐梯火山が活動をした時期—1888年崩壊壁下部の溶岩(JBD161, 地点番号7)は、期待通り最も古い年代値、

0.7±0.2Maを示した。この値は、磐梯火山本体における最も古い火山活動が、従来考えられていたよりは、はるかに古く、約70万年前にさかのぼる可能性を示している。一方、磐梯火山北麓の、防災科学技術研究所によるボーリング孔底(田中ほか, 1992)から、深さ約75-100mにわたって玄武岩溶岩が回収されており、約70万年程度のK-Ar年代(中村ほか, 1992)が得られている。したがって、これも先磐梯火山に含めてよいのかもしれない。

古磐梯火山の、川上溶岩円頂丘群(JBD27V, 地点番号6)は約20万年より、長坂火砕流堆積物(JBD151B,

第1表 K-Ar年代値(第3図の地点1-7)

Table 1 K-Ar ages of volcanic rocks at localities No. 1-7.

Loc. No.	Sample No.	Rock	K ₂ O (%)	⁴⁰ Ar rad (scc/gmx10 ⁻⁶)	⁴⁰ Ar rad (%)	Age (Ma)
1	JBD127	andesite	0.63	<0.001	<1	<0.4*
2	JBD112	"	0.86	0.001	<1	<0.3*
3	JBD173	"	0.92	0.001	4.2	0.4±0.2
4	JBD183	"	0.74	0.001	3.1	0.5±0.3
5	JBD151B	"	0.89	<0.001	<1	<0.3*
6	JBD27V	"	1.03	<0.001	<1	<0.2*
7	JBD161	"	0.95	0.002	7.5	0.7±0.2

* 注) この試料には、検出可能な放射起源⁴⁰Arが含まれない。当社の検出限界は、1×10⁻⁸scc⁴⁰Ar/gmであるので、本試料については、これを0.001×10⁻⁸未満とした。これに相当する最大年代値は、測定したK含有量と、⁴⁰Ar量を0.001×10⁻⁸scc/gmとして計算してある。分析の不確かさが見積もれないため、年代決定には最低±10%の誤差をみた方がよい(テレダイン ジャパン社分析報告書)。

第2表 フィッション・トラック年代値(第3図の地点8)

Table 2 Fission-Track age of pumice fall deposit at locality No. 8.

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 T (Ma)	(*2) 誤差		(*3) 結晶数 n (粒)	(*4) 相関係数 r	総計数面積 ΣS (cm ²)	(*5) ウラン濃度 U (ppm)	
		総数 ΣNs (t)	密度 ρs (t/cm ²)	総数 ΣNi (t)	密度 ρi (t/cm ²)	総数 ΣNφ (n)	熱中性子線量 ρd (n/cm ²)		Φth (n/cm ²)	±ε-T (Ma)					±ε (%)
JBDF-2	Zircon	7	2.55×10 ⁵	1657	6.03×10 ⁵	1233	8.33×10 ⁴	5.19×10 ⁴	0.13	0.05	38.0	30	-0.169	27.5×10 ⁴	58

- * 1. ρd : 標準ガラスの誘導核分裂トラック密度 (n/cm²)
 - * 2. 年代値 T=5.96×10⁸ × Φth × ΣNs / ΣNi = ζ × ρs × ρd / ρi
 - * 3. 誤差 ε=1/(1/√ΣNs)²+(1/√ΣNi)²+(1/√ΣNφ)² × 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 = 5×10¹⁰ × ρi / Φth (但し、ジルコン結晶中でエッチングされる最大飛跡長を12μmと仮定する)
- 熱中性子線量測定用標準ガラス : NBS SRM612
²³⁸Uの自発核分裂壊変定数 : λf = 7.03×10⁻¹⁷ (1/yrs)
 熱中性子のUに対する核分裂反応断面積 : σf = 577×10⁻²⁸ (cm²)
²³⁵Uの²³⁸Uに対する同位体比 : 1 = 7.253×10⁵ (²³⁵U/²³⁸U)
 B値 : B = 6.23×10⁹ (Φth = B × ρd)
 ζ (zeta値): Calibration factor (京都フィッション・トラック社採用値)
 ζ = Φth × σf × 1 / ρd × λf = B × σf × 1 / λf = 371+6

測定は、通称Re-etch法(S2π ES-12π ES・ED法; Suzuki, 1984)によった。エッチングは、KOH:NaOH=1:1mol比の共融液で、225°Cの条件で36時間行なった。処理試料量は11.3kgで、抽出ジルコン結晶数は100個、うち本質結晶含有率(推定)は40%である。但し、測定粒子の自発トラック長には短縮化は認められず、十分な熱アニーリングが噴出時になされたものと思われる(京都フィッション・トラック社年代測定結果報告書)。

地点番号5)は約30万年より、それぞれ古くはないとの結果を得た。但し、その誤差は第1表の注)にあるように、かなり大きく見積もる必要がある。なおNEDO(1990)の報告では、前者について 0.13 ± 0.04 Ma(試料番号R-33)の値が得られている。

また、古磐梯火山下部の無斑晶質溶岩(JBD183, 地点番号4)で 0.5 ± 0.3 Maの値を得た。櫛ヶ峰火山体では、この無斑晶質溶岩の上位の溶岩(JBD173, 地点番号3)で 0.4 ± 0.2 Ma, 山頂溶岩(JBD112, 地点番号2)でおよそ0.3Maより若い、との結果を得た。この山頂溶岩に覆われる櫛ヶ峰北尾根の溶岩については、 0.13 ± 0.04 Ma(NEDO, 1990: 試料番号R-29)の値が得られている(第4図)。同じく古磐梯火山の赤埴火山体(JBD127, 地点番号1)では、40万年より若いとの結果を得た。これはNEDO(1990)の結果(試料番号R-42, 0.12 ± 0.12 Ma)と矛盾しない。

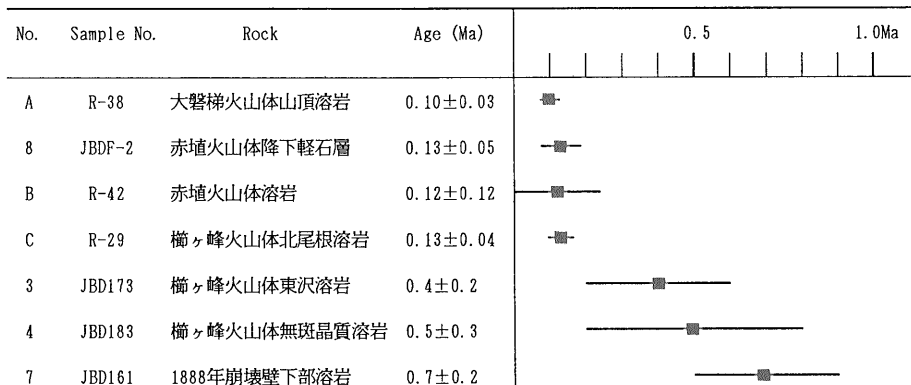
一方、古磐梯火山末期の降下軽石層(JBDF-2, 地点番号8, HP₂: 中馬・吉田, 1982)について、フィッシュン・トラック法により、 0.13 ± 0.05 Maの測定値を得た。最近、この降下軽石層の、直下に広域テフラのAso-4が(鈴木・吉田, 1992. 私信), その下にOn-Pm1がくること(早田・八木, 1991)が判明している。Aso-4及びOn-Pm1は、それぞれ7-9万年前、8-9.5万年前とされている(町田・新井, 1992, p.48)。また、この軽石層の上位には、風化火山灰層を挟んで広域テフラのDKP(4.3-5.5万年前: 町田・新井, 1992)がくる(早田・八木, 1991)。即ち、この降下軽石層の噴出年代は、およそ6-9万年前(早田ほか, 1987)と考えて良い。したがって、今回得たフィッシュン・トラック年代は、その誤差の範囲内で矛盾しない。

古磐梯火山は、その山体形成後に磐梯火山最大の山体崩壊(翁島崩れ: 三村, 1988)を生じている。この崩壊カルデラ内に生じた新磐梯火山の大磐梯火山体について、NEDO(1990)の報告で 0.24 ± 0.20 Ma(試料番号R-43)と 0.10 ± 0.03 Ma(試料番号R-38)との2つの値が得られている。このうち誤差の小さい方の測定値(試料番号R-38)では約10万年前で、その誤差を見込めば約7万年前である(第4図)。一方、既に述べたとおり古磐梯火山形成末期の軽石噴出は、6万ないし9万年前とみられることから、この軽石噴出と翁島崩れ、及び大磐梯火山体の形成は、放射年代から見る限り、7万から9万年前に集中して行われた可能性が導かれる。

5. まとめ

- 1) 今回の概括的な年代測定によれば、磐梯火山本体における最も古い火山活動(先磐梯火山)は、約70万年前にさかのぼることができる。
- 2) 磐梯火山の山体のほとんどを形成した古磐梯火山は、約20万年前から活動を開始していたと推定できる。
- 3) 古磐梯火山末期の、プリニアン噴火による降下軽石層(HP₂)の噴出と、破局的な山体崩壊による翁島崩れ、及びこの崩壊カルデラ内での大磐梯火山体の形成は、7万から9万年前に集中して行われた可能性がある。

謝辞: 福島大学故鈴木敬治名誉教授には、磐梯火山南麓のAso-4及びOn-Pm1テフラについて、有益な私信と御教示を頂き、福島県立猪苗代高等学校千葉茂樹教諭には、DKPテフラについて御教示頂いた。京都フィッシュン・トラック社の檀原 徹氏には、フィッシュン・トラック年代の測定試料について助言と検討をして頂いた。



第4図 代表的な放射年代値 A, B, Cは、NEDO(1990)による。

Fig. 4 Selected radiometric ages of volcanic rocks. A, B and C by NEDO(1990).

た。地質調査所地殻化学部宇都浩三博士には、原稿を査読して頂いた。以上の方々に深く感謝する。

文 献

中馬教允(1983) 磐梯山の火山活動史。野口英世記念館学報, vol. 5, p. 6-8.
 ———・鈴木敬治(1987) 福島県猪苗代平野下の安山岩質溶岩のK-Ar年代。福島大学特定研〔猪苗代湖の自然〕研究報告, no.4, p.86.
 ———・吉田 義(1982) 磐梯山南麓の地質について。福島大学特定研〔猪苗代湖の自然〕研究報告, no. 3, p.21-32.
 Hasenaka, T., Ui T., Nakamura, Y and Hayashi, S. (1992) Traverse of Quaternary volcanoes in northeast Japan. Guide book for 29th IGC field trip A06, p.29-74.
 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, 276p.
 三村弘二(1988) 磐梯火山の地質と活動史。地学雑誌, vol.97, p.279-284.
 守屋以智雄(1978) 空中写真による火山の地形判読。火山第2集, vol.23, p.199-214.
 Nakamura, Y (1978) Geology and petrology of Bandai and Nekoma Volcanoes. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser.III, vol.14, p.67-119.
 中村洋一・青木謙一郎・田中耕平・井口 隆・酒井英男・平井 敏・長尾敬介(1992) 磐梯火山北麓のボーリング試料で得られた高アル

カリソレイト質玄武岩。日本火山学会講演予稿集, no. 2, p.94.
 NEDO (1990) 平成元年度全国地熱資源総合調査(第3次)広域熱水流動系調査 磐梯地域 火山岩分布・年代調査報告書要旨。新エネルギー・産業技術総合開発機構, 144p.
 佐藤美穂子・中馬教允・八島隆一(1990) 猪苗代盆地の火山灰の鉱物組成について。福島大学理科報告, no.45, p.51-62.
 早田 勉・八木浩司(1991) 東北地方の第四紀テフラ研究。第四紀研究, vol.30, p.369-378.
 ———・———・西城 潔(1987) 東北地方中～南部のテフラ。日本第四紀学会講演要旨集, no.17, p.46-47.
 鈴木敬治(1988) 猪苗代湖盆の形成史。地学雑誌, vol.97, p.271-278.
 Suzuki, M (1984) Discussion on terminology, anisotropy, and interprocedural cross-checks of fission track ages of zircon. 地質学雑誌, vol.90, p.551-563.
 田中耕平・三村弘二・遠藤秀典・井口 隆(1992) 磐梯山のボーリング調査。第31回地すべり学会研究発表講演集, p.59-62.
 八島隆一・千葉茂樹(1982) 磐梯山の火山活動史(II)。福島大学特定研〔猪苗代湖の自然〕研究報告, no. 3, p.91-101.

(受付:1994年1月25日;受理:1994年4月22日)