

東北日本, 沼沢火山の形成史: 噴出物層序, 噴出年代及びマグマ噴出量の再検討

山元孝広¹

Takahiro Yamamoto (2003) Eruptive history of Numazawa volcano, NE Japan: New study of the stratigraphy, eruption ages, and eruption volumes of the products. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 54(9/10), p.323 - 340, 10 figs., 5 tables., 1 appendix-fig.

Abstract: Numazawa volcano is an active volcano located in the western part of Fukushima, NE Japan, 50 km behind the volcanic front. New stratigraphic and dating study shows that the products of this volcano are composed of the Shirifukitoge rhyolite pyroclastic deposit corresponding to the Shibahara pyroclastic fall deposit at ca. 110 ka, the Mukuresawa rhyolite lava dome at ca. 70 ka, the Mizunuma dacite pyroclastic deposit at 45 ka, the Sozan dacite lava dome at ca. 40 ka, the Maeyama dacite lava dome at 20 ka, and the Numazawako dacite-andesite pyroclastic deposit at BC 3,400. Total volume of the Numazawa products is about 5 DRE km³. This volcano erupted 1 DRE km³ magma during the first 60 thousands years, but 4 DRE km³ magma in the last 50 thousands years. The increase of magma eruption rate was caused by the increase of magma production rate.

Keywords: Numazawa volcano, active volcano, Fukushima, Japan, ¹⁴C age, fission track age, eruption rate.

要 旨

沼沢火山は福島県の西部, 火山フロントの背後50 kmにある活火山である。本研究では噴出物層序と噴火年代を再検討し, 噴出量の時間積算図を新たに作成した。本火山の噴出物層序は, 約11万年前の尻吹峠火砕堆積物及び芝原降下堆積物, 約7万年前の木冷沢溶岩, 約4.5万年前の水沼火砕堆積物と約4万年前の惣山溶岩, 約2万年前の沼御前火砕堆積物及び前山溶岩, 紀元前3400年頃の沼沢湖火砕堆積物からなる。沼沢火山の総マグマ噴出量は約5 DRE km³であるが, 前半6万年間で約1 DRE km³のマグマ噴出量であったものが, 後半5万年間で残りの約4 DRE km³のマグマが噴出している。沼沢火山のマグマ噴出率の上昇は, 給源でのマグマ生産率の上昇と対応しているものとみられる。

1. はじめに

沼沢火山は福島県の西部, すなわち東北日本の火山フロントから約50 km背弧側の地点に位置する小型のカルデラ火山である(第1図)。2003年に気象庁の活火山基準が概ね過去1万年以内に遡る活動履歴の有無に変更されたことにより, 本火山も活火山の仲間入りをするようになった。それまでの過去2000年間の噴火履歴の有無が火山の将来を予測する上で時間的に不十分であることは, 評価期間が火山の寿命よりも短すぎることから明らかである。しかしながら活火山の数のみが単に増えるだけでは問題で, 火山活動の将来予測が可能になるような研究が合わせて行わなければならない。新たに追加された活火山は, いずれも現在の活動がほとんど認められないものばかりで, その活

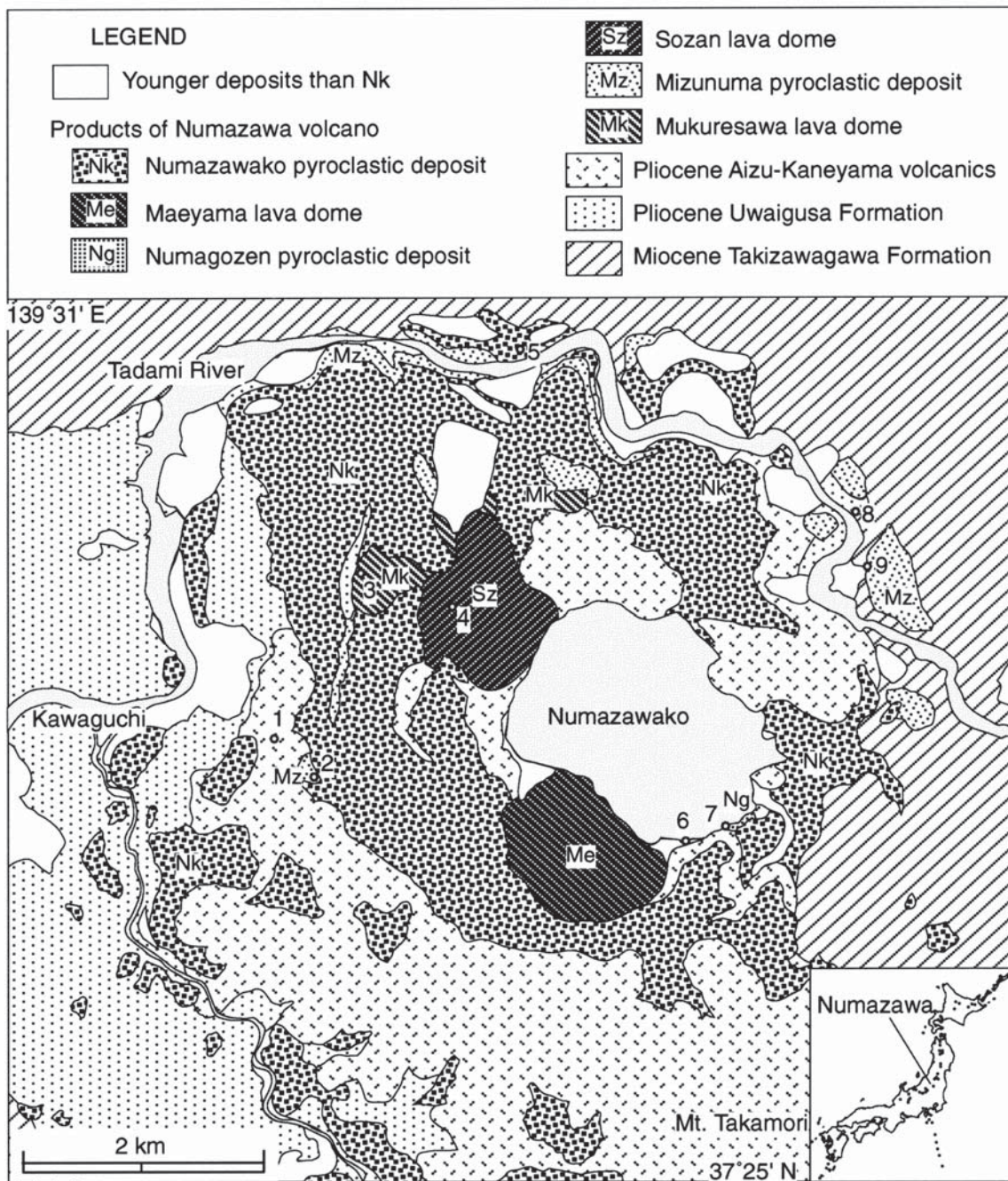
動履歴も地質学的にしか押さえられない。今回対象とした沼沢火山も, 噴火履歴が確立しているのは2回の火砕流噴火だけで(山元, 1995), 火山全体の定量的な活動史は完成していない。

本報では, 沼沢火山の噴出物層序, 噴火年代を再検討し, 噴出量の時間積算図を作成した。降下堆積物の体積の見積もりには, Legros (2000) の簡便法を用いた。この方法は一つの等層厚線の面積から全体積の最小値を与えるもので真の体積は最小値の数倍であることが多い。降下堆積物の体積見積もりでは遠方に拡散した細粒物量の評価の困難さが大きな問題になるが, この方法はこれを過小評価する代わりに値自体の信頼性を高めたものである。Legros (2000) の簡便法は, Pyle (1989) の手法を拡張したものであるが, 結果的に最も信頼性の高い結晶法適用例の平均値を用いるHayakawa (1985) の経験則と算術式の形は同じでありLegros法最小体積はHayakawa法体積の約1/3となる。このことは第一次近似としてHayakawa (1985) の経験則は有効であり, 既存文献にある彼の手法で決められた値もその意味を理解する限りは十分使えるものであることを意味している。

2. 沼沢火山の層序

沼沢火山の活動史は, 当初, 高橋・菅原 (1985) によって1) 外輪山溶岩の噴出, 2) 古期カルデラの形成, 3) 中央溶岩丘群の形成と水沼火砕流の噴出, 4) 沼沢湖火砕流群の噴出と沼沢湖カルデラの形成の順とされていた。しかし, 外輪山溶岩とされた高森山溶岩・高久原溶岩や初期に噴出したとされる小津巻火砕流堆積物からは鮮新世を示す放射

¹ 深部地質環境研究センター (Research Center for Deep Geological Environments)



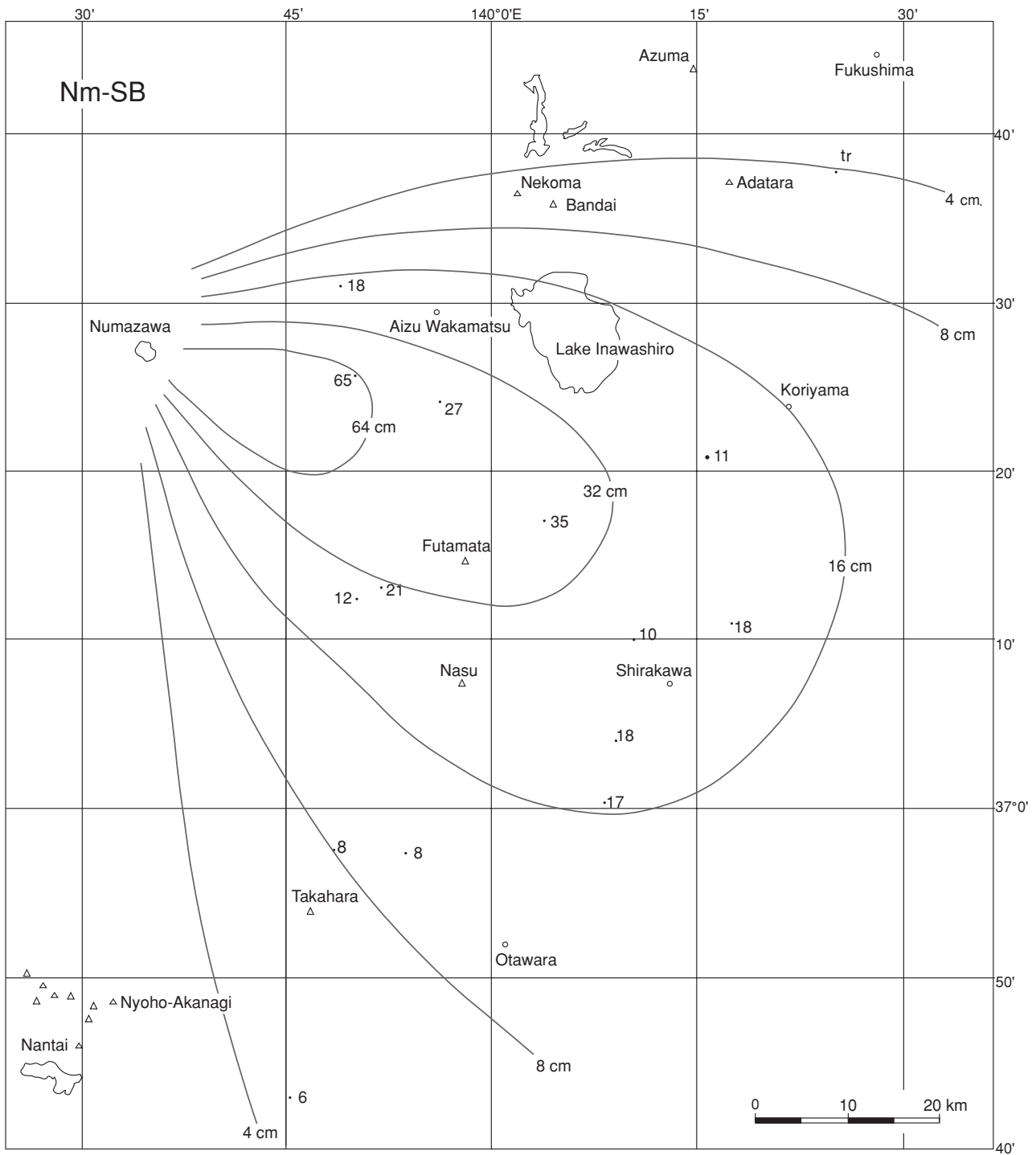
第1図 沼沢火山の地質図。図中の数字は露頭番号。尻吹峠火砕堆積物の露出はLoc.1に限られる。緯度経度値は日本測地系による。

Fig. 1. Geologic map of Numazawa volcano. Numerals are locality numbers. The Shirifukitoge pyroclastic deposit is only exposed in Loc.1. Latitude and longitude values are referred to the Tokyo Datum.

年代値が得られ(菅原, 1991; 山元, 1995), 古期山体は沼沢火山の基盤に区分し直す必要が生じた。さらに, 高橋・菅原(1985), 沼沢研(1999)が沼沢火山噴出物とした沼沢湖を取り囲むデイサイト溶岩のうち惣山・前山を構成するもの以外は, 今回の携帯型磁化方位計による測定で小津巻火砕流堆積物・高森山溶岩・高久原溶岩を含め全て例外なく逆帯磁であることが明らかになり, これらも沼沢火山の

基盤に含めるべきものである。小津巻火砕流堆積物は鮮新統上井草層の一部, 高森山溶岩・高久原溶岩を含む鮮新世安山岩-デイサイトは会津金山火山岩とした(第1図)。

本報で, 沼沢火山噴出物として定義するものは, 下位から尻吹峠火砕堆積物, 木冷沢溶岩, 水沼火砕堆積物, 惣山溶岩, 沼御前火砕堆積物, 前山溶岩, 沼沢湖火砕堆積物で



第2図 芝原降下堆積物の分布. 数字は降下堆積物の層厚で, 単位はcm, 山元(1999b)にデータ加筆. 緯度経度値は日本測地系による.
 Fig. 2. Distribution of the Shibahara pyroclastic deposit (Nm-SB). Numerals are measured thickness of the fall deposit in centimeters. Modified from Yamamoto (1999b) with additions of data. Latitude and longitude values are referred to the Tokyo Datum.

ある.

2.1 尻吹峠火砕堆積物及び芝原降下堆積物分布と岩相

本火砕堆積物は, 鈴木ほか (1998) が模式地尻吹峠の林

道切り割り露頭 (Loc. 1; 原稿執筆時点では林道法面の植生が進み観察が難しくなっている) で沼沢-芝原テフラと呼んだものと基本的には同じ堆積物である. 沼沢-芝原テフラは福島県中通り最南部の西郷村内で最初に記載された流紋岩軽石質の降下堆積物で (鈴木, 1992), 会津盆地周辺

から福島市を北限、栃木県今市市を南限に分布している(第2図; 山元, 1999b). 一方, 尻吹峠の本火砕堆積物は成層構造の発達した流紋岩火砕サージ堆積物からなり, 給源近傍相の岩相を示すので降下堆積物とは異なる名称で呼ぶことにする. 分布が離れており両堆積物の前後関係は一切分からない. 両者の対比は相対的な層序位置と本質物の岩石学的特徴の一致を根拠にしている.

模式地尻吹峠の本火砕堆積物は(第3図), 層厚約1.7 mの非溶結で成層したカミングトン閃石含有普通角閃石黒雲母流紋岩凝灰岩からなる. 石英・黒雲母結晶片の目立つ粗粒火山灰とガラス質細粒火山灰で構成され, 平行層理や低角斜交層理を持つ. 中礫混じりのやや淘汰の悪い粗粒火山灰をレンズ状に僅かに挟んでいる. 鏡下では, 斜長石・石英・緑色普通角閃石の結晶片を主体とし, カミングトン閃石・鉄鉱・ジルコンの結晶片を伴っている. 火山灰中の火山ガラス片はかなり粘土化しているものの, 低屈折率のマイクロ軽石が一部に残っている. 火山ガラスや普通角閃石・カミングトン閃石の屈折率は, これまで沼沢・芝原降下堆積物から報告された値と良く一致している(第1表).

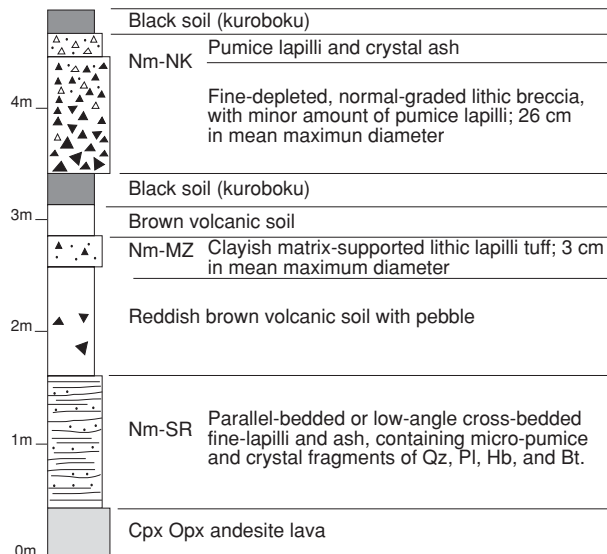
模式地は標高580 mの鮮新世火山岩が作る尾根上に位置しており, その岩相も細粒の火砕サージ堆積物であることを示している. この地点以外では本火砕堆積物の露出を確認していない. 厚く谷埋めした火砕流本体部の堆積物は比較的地層として残存する機会が多いと思われるにもかかわらず, 只見川沿いの沼沢火山噴出物の基底にはこれに対応するものが見つからない. このことから, 尻吹峠火砕噴火ではもともと大規模な火砕流は発生しなかったものとみられる.

マグマ噴出量

尻吹峠火砕堆積物の体積は, 仮に沼沢火山の周辺半径3 kmの範囲に厚さ1 mで堆積していたとしても $3 \times 10^2 \text{ km}^3$ 程度でしかない. この値は沼沢・芝原降下堆積物の16 cm等層厚線(第3図; 山元, 1999b)を用いた岩石換算体積でのLegros (2000)法最小体積 $7 \times 10^1 \text{ DRE km}^3$ (第2表; 岩石密度 $=2.4 \text{ g/cm}^3$, 実測降下堆積物見掛け密度 $=0.7 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$)よりも十分小さい. それ故, この噴火による全噴出マグマ量は芝原降下堆積物の岩石換算最小体積で代表するものとする.

噴火年代

給源から約20 km離れた会津高田町旭三寄の芝原降下堆積物のジルコンからは, $110 \pm 20 \text{ ka}$ のフィッション・トラック年代値が報告されている(鈴木ほか, 1998). 本降下堆積物の上位には約11~9万年前の御岳第1降下堆積物(松本・宇井, 1997), 約9万年前の阿蘇4降下堆積物(Matsumoto *et al.*, 1989)があること, 下位には最終間氷期の最大海進時に降下した約13.5~12.5万年前の田頭降下堆積物(鈴木, 1999)があることから, 層序学的に見ても本降下堆積物の噴火年代は放射年代値の約11万年前として問題ないであろう(山元, 1999b).



第3図 金山町尻吹峠(Loc. 1)における露頭柱状図. Nm-NK=沼沢-沼沢湖火砕堆積物; Nm-MZ=沼沢-水沼火砕堆積物; Nm-SR=沼沢-尻吹峠火砕堆積物. 他の略号は第1表と同じ.

Fig. 3. Teohrostratigraphic section at Shirifuki-toge (Loc. 1). Nm-NK = Numazawa-Numazawako pyroclastic deposit; Nm-MZ = Numazawa-Mizunuma pyroclastic deposit; Nm-SR = Numazawa-Sirifukitoge pyroclastic deposit. Other abbreviations are same in Table 1.

2.2 木冷沢溶岩

分布と岩相

本溶岩は, 沼沢湖北西1 kmの独立標高点652.5 mの高まりと東北東に約800 m離れた小丘に分かれて分布する(第1図). 両岩体の間は地形的に低くなっており, 本溶岩よりも若い噴出物で埋められている. 上位・下位の堆積物との関係は露頭で直接観察できないものの, 地形的には惣山溶岩の下位に本溶岩は位置している.

本溶岩は, 黒雲母普通角閃石流紋岩の発泡したガラス質塊状溶岩からなる. 鏡下では, 斑晶として斜長石(最大長径2.3 mm), 石英(最大径4.0 mm), 普通角閃石(最大長径2.4 mm), 黒雲母(1.5 mm), 鉄鉱を含み, その量比はこの順で少なくなる. 全ての普通角閃石が酸化を被っているが, オパサイト縁は生じていない. 石基はハイアロピリティック組織を持ち, 火山ガラス中に, 普通角閃石, 黒雲母の微結晶がまばらに含まれている. 惣山山頂のテレビ塔取り付け道路沿いでは赤色酸化した溶岩が角礫岩化しているのが観察される.

マグマ噴出量

模式地木冷沢右岸での溶岩ドームの比高は約200 mである. 溶岩ドームの水平断面が楕円形であるとして, 残存する山体の等高線から谷埋め接峰面を推定して求めた東西2つの溶岩ドームの合計体積は, $1 \times 10^1 \text{ DRE km}^3$ (岩石密度 $=2.4 \text{ g/cm}^3$)である.

第1表 沼沢-芝原火砕物・沼沢-水沼火砕物の特徴. Bt=黒雲母; Cpx=単斜輝石; Cum=カミングトン閃石; Hb=普通角閃石; Opx=斜方輝石; Qz=石英; []=微量成分; e=山元 (1995); f=山元・須藤 (1996); g=山元 (1999a); h=山元 (1999b); i=山元・阪口 (2000). 露頭位置は付図を参照.

Table 1. Characteristics of the Numazawa-Shibahara and Numazawa-Mizunuma pyroclastic deposits. Bt = biotite; Cpx = clinopyroxene; Cum = cummingtonite; Hb = hornblende; Opx = orthopyroxene; Qz = quartz; [] = minor component; e = Yamamoto (1995); f = Yamamoto and Suto (1996); g = Yamamoto (1999a); h = Yamamoto (1999b); i = Yamamoto and Sakaguchi (2000). See appendix for the localities.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode				Ref
				Glass (n)	Opx (γ)	Hb (n2)	Cum (n2)	
Nm-MZ	Nm-MZ	2	Hb > Cum, Bt, [Opx]; Qz	1.498-1.499 (60%)		1.670-1.673 (80%)	1.659-1.661 (60%)	e
Nm-MZ	BAN107	18	Hb > Cum, Bt, [Opx]; Qz	1.499-1.500 (80%)	[1.703-1.716 (100%)]	1.669-1.672 (70%)	1.657-1.660 (60%)	f
Nm-MZ	YN101	12	Hb > Cum, Bt, [Opx]; Qz	1.499-1.500 (90%)	[1.707-1.713 (90%)]	1.672-1.678 (90%)	1.658-1.661 (90%)	
Nm-MZ	AM202	15	Hb > Bt, Cum, [Opx]; Qz	1.498-1.499 (60%)		1.672-1.674 (40%)	1.659-1.662 (50%)	
Nm-MZ	Ht102	25	Bt, Opx, Hb, Cpx; Qz	1.495-1.498 (90%)	1.710-1.714 (70%)			g
Nm-MZ	AD206	21	Hb > Cum, Cpx, Opx, Bt; Qz	1.499-1.501 (60%)	1.701-1.709 (100%)	1.671-1.673 (50%)	1.659-1.662 (60%)	i
Nm-MZ	HB102	17	Hb > Opx, Cum, [Cpx, Bt]; Qz	1.499-1.501 (100%)	1.702-1.714 (100%)	1.671-1.684 (90%)	1.657-1.662 (100%)	
Nm-MZ	KR101	22	Hb > Bt, [Cum, Opx]; Qz		[1.713-1.717 (90%)]	1.671-1.686 (90%)	[1.656-1.658 (30%)] [1.660-1.665 (70%)]	
Nm-MZ	KR202	24	Hb, [Opx, Cum]; Qz	1.495-1.498 (100%)	[1.715-1.717 (100%)]	1.670-1.689 (100%)	[1.660-1.663 (100%)]	
Nm-SB	Nm-SR	1	Bt > Hb, Cum; Qz	1.497-1.500 (100%)		1.671-1.692 (100%)	1.661-1.667 (100%)	
Nm-SB	AM102	15	Hb > Bt, [Cum]; Qz	1.496-1.498 (90%)		1.681-1.687 (70%) 1.674-1.676 (10%)		h
Nm-SB	NT102	14	Bt, Hb, [Cum, Opx]; Qz	1.496-1.499 (60%)		1.674-1.678 (50%) 1.684-1.688 (40%)	[1.664-1.667 (80%)]	
Nm-SB	KM101	16	Bt > Hb, [Cum]; Qz	1.496-1.497 (70%)		1.682-1.685 (30%) 1.673-1.675 (20%)	[1.661-1.665 (70%)]	h
Nm-SB	Ht106	25	Bt > Hb; Qz	1.497-1.498 (60%)		1.680-1.689 (60%) 1.673-1.676 (30%)		g
Nm-SB	NAS105	26	Hb > Bt, [Cum, Opx, Cpx]; Qz	1.496-1.498 (70%)	[1.703-1.708 (70%)]	1.675-1.687 (100%)		h
Nm-SB	KR104	24	Bt > Hb, [Opx, Cum]; Qz	1.496-1.498 (60%)		1.673-1.686 (100%)	[1.660-1.665 (100%)]	

噴火年代

木沼右岸の本溶岩のジルコンからは, 71±16 kaのフィッショントラック年代値が報告されている (第3表; 山元, 1999b). この値は上位の水沼火砕堆積物の噴火年代よりも有意に古く, 層序とは矛盾していない. 尻吹峠火砕堆積物との直接の層序関係は確認できないが, 放射年代値から本溶岩の方が上位であると判断されよう.

2.3 水沼火砕堆積物

分布と岩相

本火砕堆積物は下位からユニット I~III の3層に区分され, 本質物として黒雲母カミングトン閃石普通角閃石デイサイト軽石を含む (山元, 1995). 鈴木・早田 (1994) の沼沢-金山テフラと同じものであるが, 地層名は高橋・菅原

第2表 沼沢火山降下堆積物の等層厚線面積 (A) と最小体積 (Vmin). $V_{min} = 3.69 TA$ (Legros, 2000). T = 層厚; DRE V = 岩石換算体積.

Table 2. The area enclosed within an isopach (A) and the minimum volume (Vmin) of the fall deposits from Numazawa volcano. $V_{min} = 3.69 TA$ (Legros, 2000). T = the thickness of an isopach; DRE V = dense rock equivalent volume.

T (cm)	A (km ²)				
	Nm-NK IV	Nm-NK III	Nm-NK II	Nm-MZ	Nm-SB
2		1.1E+03			
4	8.8E+02	6.6E+02	2.6E+03		
8	5.1E+02	4.3E+02	9.4E+02	2.8E+03	
16	2.0E+02	2.7E+02	2.0E+02	1.5E+03	3.0E+03
32	4.9E+01	1.5E+02	1.0E+02	6.4E+02	9.6E+02
64		6.3E+01		1.6E+02	2.0E+02
Vmin (km ³)	2.E-01	2.E-01	4.E-01	9.E-01	2.E+00
DRE Vmin (km ³)	5.E-02	9.E-02	1.E-01	4.E-01	7.E-01

第3表 沼沢火山噴出物のジルコン・フィッシュオントラック年代測定結果.

Table 3. Results of fission track dating on zircon from the products of Numazawa volcano.

Location / Sample #	Number of grain	Spontaneous ps (10 ³ /cm ²)	[Ns]	Induced pi (10 ⁶ /cm ²)	[Ni]	Dosimeter pd (10 ⁷ /cm ²)	[Nd]	r	U (ppm)	Age±1σ (ka)	P(χ ²) (%)
Sozan Lava (Loc. 4)											
GJS R78273	200	2.42	[11]	1.91	[8689]	10.32	[2643]	0.142	190	43±13	17
Mizunuma Pyroclastic Deposit (Loc. 2)											
GJS R61242	138	3.87	[13]	2.10	[7068]	7.42	[1142]	0.296	230	51±14	20
Mukuresawa Lava (loc. 2)											
GJS R68574	81	4.78	[7]	2.27	[3329]	8.15	[1256]	-0.069	220	64±24	0
	102	6.95	[12]	2.79	[4817]	8.142	[2501]	0.397	270	75±22	99
									Mean	71±16	

Note:

- (1) ρ and N are density and total number of fission tracks counted, respectively.
- (2) All analyses by internal detector method using ED2.
- (3) P(χ²) is the upper χ² tail probability corresponding to the observed χ²-statistics.
- (4) Age calculated using dosimeter glass SRM612 and ζ = 352±3 (Iwano & Danhara, 1998).
- (5) r is correlation coefficient between ps and pi.
- (6) U is uranium content.
- (7) the total decay rate for ²³⁸U: λD = 1.480×10⁻¹⁰ / yr.
- (8) GJS R78273 : this study; GJS R61242; Yamamoto (1995); GJS R68574; Yamamoto (1999)

(1985) の「水沼火砕流堆積物」に従った。

ユニット I は、白色粘土質火山灰の基質に粗粒-細粒火山礫の異質岩片を多く含む淘汰の極めて悪い塊状の降下堆積物からなる。本堆積物からは本質物の存在が確認できず、水蒸気爆発の産物と判断できる。層厚は沼沢湖周辺で40 cm以上、20 km東方の地点でも数cm以上である。異質岩片は変質した白色-灰色の流紋岩溶岩・火砕岩が多い。

ユニット II は、逆級化構造を持つデイサイト軽石の細粒-粗粒火山礫降下堆積物からなる。分布の主軸は沼沢湖付近から東に向き、その層厚は沼沢湖東方で1 m以上、猪苗代湖周辺で約16 cmである(第4図)。軽石の最大粒径は沼沢湖東方で10 cm以上、猪苗代湖周辺で4 mm以下である。ほとんどが本質軽石からなり、異質岩片は稀にしか含まれていない。

ユニット III は、径15 cm以下のデイサイト軽石に富む火砕流堆積物からなり、ユニット II の降下堆積物を直接覆う。主に当時の只見川を厚さ100 m前後で埋積したが、河川による侵食と沼沢湖火砕堆積物による被覆のため、本火砕流堆積物の原地形は完全に失われている。現在、この堆積物の分布は給源から6 km内でしか確認できていない。只見川沿いの本堆積物は基底部数mを除き溶結しており、柱状節理の発達した岩壁を作っている。これに対し基底部の非溶結相は、比較的発泡の良い軽石に富む基質支持で淘汰の悪い塊状の火山岩塊-火山灰からなり、新鮮な単斜輝石斜方輝石普通角閃石デイサイト・単斜輝石斜方輝石黒雲母

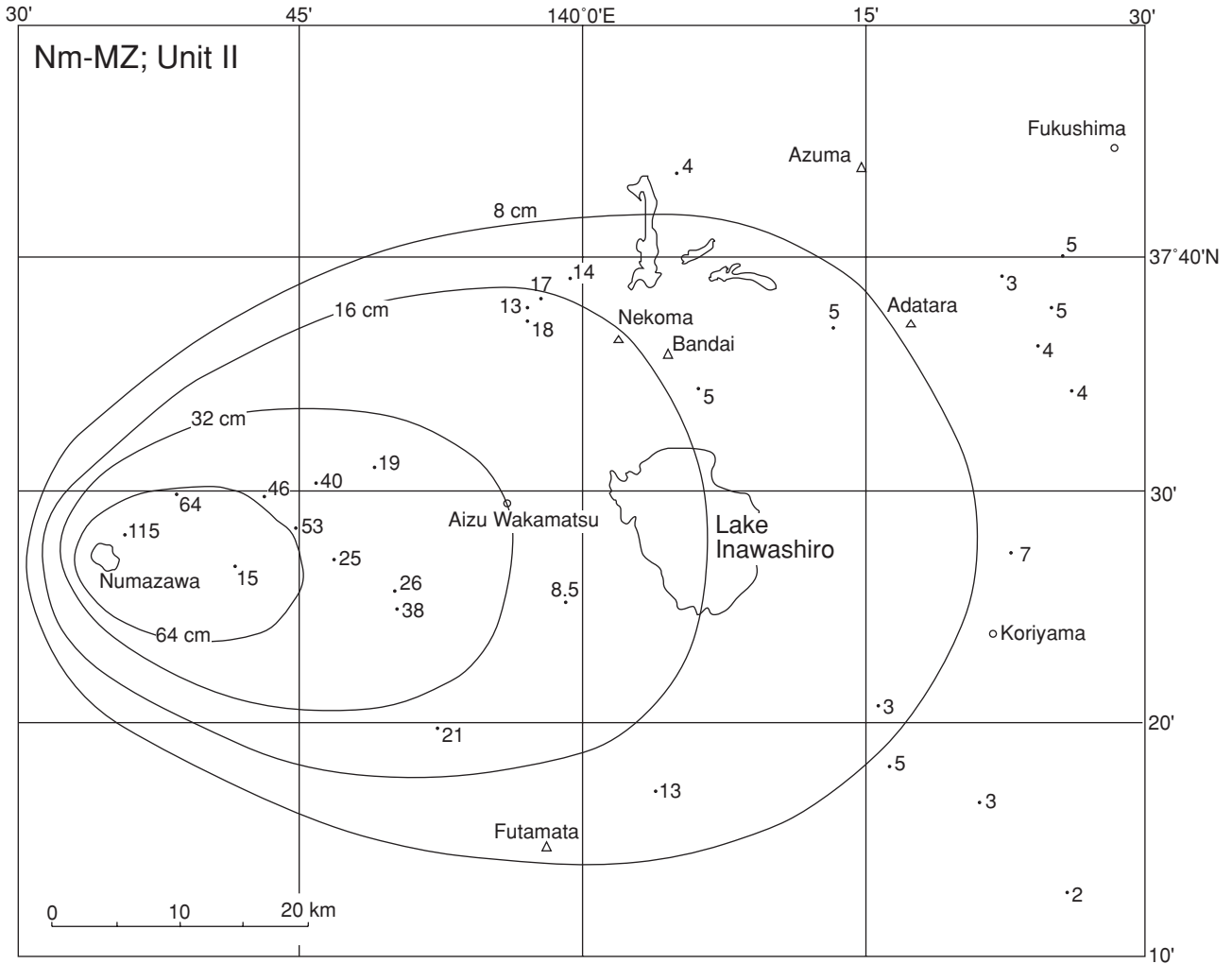
普通角閃石デイサイトや変質の進んだ白色デイサイトの石質岩片を含んでいる。

マグマ噴出量

ユニット II のデイサイト軽石降下堆積物の最小体積は、山元 (1995) に新たなデータを加えた16 cm等層厚線(第4図)を用いてLegros (2000) の簡便法で見積ると岩石換算体積で4×10⁻¹ DRE km³で(第2表;岩石密度=2.4 g/cm³,実測降下堆積物見掛け密度=0.9~1.2 g/cm³)となる。また、ユニット III の火砕流堆積物の体積は火砕流が只見川本流を10 km程度流れ下ったとすると、推定される谷埋め堆積は1 km³強で、おそらく2 km³を越えることはなかったと推定されている(山元, 1995)。非溶結部の実測密度は1.3~1.5 g/cm³,溶結部の密度は2.2~2.3 g/cm³である。火砕流堆積物の体積を最小値の1 km³と仮定し、このうち1/3が溶結し残りが非溶結であったとすると、その岩石換算体積は7×10⁻¹ DRE km³となる。水沼火砕堆積物全体における噴出マグマの岩石換算体積は1×10⁰ DRE km³と見積もられよう。

噴火年代

本火砕堆積物からは、51±14 kaのジルコン・フィッシュオントラック年代が得られていた(第3表;山元, 1995)。今回、水沼火砕堆積物の噴火年代の確度を向上させる目的でAMS放射性炭素年代測定を新たに行い、噴火年代がほぼ45 kaであることを明らかにしている(3章後述)。



第4図 水沼火砕堆積物ユニット II の分布. 数字は降下堆積物の層厚で, 単位はcm. 山元 (1995) にデータ加筆. 緯度経度値は日本測地系による.

Fig. 4. Distribution of the Mizunuma pyroclastic deposit (Nm-Mz) unit II. Numerals are measured thickness of the fall deposit in centimeters. Modified from Yamamoto (1995) with additions of data. Latitude and longitude values are referred to the Tokyo Datum.

2.4 惣山溶岩

分布と岩相

本溶岩は沼沢湖北西にある標高816 mの惣山を構成する直径約1 kmの溶岩ドームをなす. 溶岩ドームの現在の比高は約360 mである. 沼沢湖に面した部分は火口壁として抉られているほか, 北東面には浸食谷が刻まれ, 北面も地すべりで削られている.

本溶岩は, 黒雲母含有斜方輝石単斜輝石普通角閃石デイサイトの塊状溶岩からなる. 溶岩には石基が灰色のものと薄い茶褐色のものがあるが斑晶組み合わせに大きな違いはなく, 後者のものほど斑晶の酸化や不透明化の程度が強い. また, 本溶岩には径15 cm以下の暗色包有物がまばらに含まれている. 鏡下では, 斑晶として斜長石 (最大長径4.8 mm), 石英 (最大長径2.6 mm), 普通角閃石 (最大長径2.6 mm), 斜方輝石 (最大長径1.5 mm), 単斜輝石 (最大長径1.2 mm), 鉄鉱, 黒雲母 (最大長径1.6 mm) を

含み, その量比はこの順で少なくなる. 斜長石斑晶の一部に汚濁が認められるが, 他はおおむね清楚である. 普通角閃石斑晶は著しい酸化を受け, 黄色-赤褐色と多色性が強く, 消光角も非常に小さい. また, オパサイト縁を持つ. 黒雲母斑晶にも厚いオパサイト縁を生じている. 斜方輝石, 単斜輝石斑晶縁にも不透明化が認められる. 石基は, マイクロフェルシティック組織を持つ.

マグマ噴出量

本溶岩の残存する山体の等高線から谷埋め接峰面を推定して求めた体積は, 3×10^{-1} DRE km³ (岩石密度=2.4 g/cm³) である. 沼沢湖に面する火口壁として抉られた部分については, 接峰面がなめらかな凸地形となるように推定している.

噴火年代

本溶岩からは, 43 ± 13 kaのジルコン・フィッシュントラック年代が得られた (第3表). この値は水沼火砕堆積物の放

射年代値と誤差の範囲で一致している。また、両者の層序関係は直接露頭では確認できない。山元(1995)では沼沢湖を取り巻くデイサイト溶岩が水沼火砕堆積物に石質岩片として含まれることから、水沼火砕堆積物はデイサイト溶岩ドーム群よりも新しいものとしていた。しかし、デイサイト溶岩の大半が鮮新世の噴出物で惣山溶岩とは別物であること、明らかな惣山溶岩由来の石質岩片を水沼火砕堆積物中から確認していないことから、この考えも成立しない。本報告では両者がほぼ同時期の噴出物であるとだけしておく。

2.5 沼御前火砕堆積物

分布と岩相

本火砕堆積物は金山町沼沢にある沼御前神社の南西200~300 mの沼沢湖湖岸にのみ分布し、沼沢湖の水位が下がった時に露出する。その層厚は7 m以上で、鮮新世の会津金山火山岩を直接不整合で覆っている。基底部とその上の本体で構成物や岩相が以下のように異なっている。基底部は層厚1.6 mで、会津金山火山岩由来の変質したデイサイト火山礫を含む淘汰の悪い塊状の石質粗粒火山灰からなり、噴火初期の水蒸気爆発の産物とみられる。火山灰の固結の程度は低く、全く炭化していない木片を多く含んでいる。軽石やガラス質火山灰は確認できないものの、新鮮な斜長石、石英、角閃石の結晶片が火山灰には含まれており、これらは本質物であるかもしれない。これを覆う本体は、新鮮な黒雲母含有斜方輝石単斜輝石普通角閃石デイサイトの単源の塊状凝灰角礫岩からなる。含まれるデイサイト火山岩塊は多面体型で、その最大長径は1.6 mである。基質の中粒砂サイズの火山灰も全く同質の石質デイサイトからなり、その岩相は一見すると石質の火砕流堆積物と良く似ている。ただし、携帯型磁化方位計による野外での測定では各火山岩塊の磁化方位がまちまちでキューリー点温度以上の高温で定置したものは考えられない。本堆積物のデイサイトの岩質は前山溶岩のものと同じであること、前山溶岩から約500 m離れた谷沿いに分布することから、基底部は溶岩流出に先行した水蒸気爆発(ないしはマグマ水蒸気爆発)で形成されたもの、本体は溶岩ドームからの崩落で形成された崖錐と考えている。

鏡下での本火砕堆積物のデイサイトは、斑晶として斜長石(最大長径4.6 mm)、石英(最大長径3.7 mm)、普通角閃石(最大長径2.2 mm)、斜方輝石(最大長径0.5 mm)、単斜輝石(最大長径0.5 mm)、鉄鉱(最大長径0.2 mm)、黒雲母(最大長径1.6 mm)を含み、その量比はこの順で少なくなる。斜長石斑晶の一部には汚濁帯を持ち集斑状組織を造るものがあるが、多くは清楚で単独斑晶をなす。普通角閃石斑晶は酸化を受け、黄色-赤褐色と多色性が強い。黒雲母斑晶には薄いオパサイト縁を生じている。石基は、ハイアロピリティック組織をもつ。

マグマ噴出量

本火砕堆積物の体積は、これに関係したと見られる前山溶岩ドームの体積よりも3桁以上小さいので、前山溶岩ドームの体積に含めて取り扱う。

噴火年代

本火砕堆積物基底部の木片からは、19880±150 yBPの補正放射性炭素年代が得られた(第4表)。この値は、上位の沼沢湖火砕堆積物の年代値よりも有意に古く、かつ水沼火砕堆積物の放射年代値よりも若い。沼御前・前山ユニットの年代値はこれまで報告されたことがなく、この値が唯一である。

2.6 前山溶岩

分布と岩相

本溶岩は、沼沢湖南西にある標高835 mの前山を構成する直径約1.5 kmの溶岩ドームをなす。溶岩ドームの現在の比高は約360 mである。沼沢湖に面した部分は火口壁として抉られている。本溶岩は、黒雲母含有斜方輝石単斜輝石普通角閃石デイサイトの塊状溶岩からなる。ただし、沼沢湖湖岸を除くと良好な露出はほとんどない。

鏡下では、斑晶として斜長石(最大長径3.2 mm)、石英(最大長径3.2 mm)、普通角閃石(最大長径1.7 mm)、斜方輝石(最大長径2.5 mm)、単斜輝石(最大長径0.4 mm)、鉄鉱(最大長径0.2 mm)、黒雲母(最大長径1.2 mm)を含み、その量比はこの順で少なくなる。斜長石斑晶の一部には汚濁帯を持ち集斑状組織を造るものがあるが、多くは清楚で単独斑晶をなす。普通角閃石斑晶は著しい酸化を受け、黄色-赤褐色と多色性が強く、オパサイト縁を持つ。黒雲母斑晶にも厚いオパサイト縁を生じている。斜方輝石、単斜輝石斑晶縁にも不透明化が認められる。石基は、マイクロフェルシティック組織を持つ。

マグマ噴出量

本溶岩の残存する山体の等高線から谷埋め接峰面を推定して求めた体積は、 3×10^1 DRE km³(岩石密度=2.4 g/cm³)である。沼沢湖に面する火口壁として抉られた部分については、接峰面がなめらかな凸地形となるようにしている。

噴火年代

本溶岩流出に先行したと見られる沼御前火砕物基底部の木片の放射年代値から、本溶岩も20 kaに噴出したものと考えられる。

2.7 沼沢湖火砕堆積物

分布と岩相

本火砕堆積物は下位からユニットI~IVの4層に区分され、本質物として単斜輝石含有斜方輝石普通角閃石デイサイト軽石と単斜輝石斜方輝石普通角閃石安山岩軽石を含んでいる(山元,1995)。

ユニットIは、白色デイサイト軽石と少量の灰-暗灰色安山岩軽石を含む非溶結の火砕流堆積物からなる。堆積物

第4表 沼沢-水沼火砕堆積物・沼沢-沼御前火砕堆積物及びこれらに關係する堆積物の放射性炭素年代測定結果. AMS=加速器質量分析法; Rad=ベータ線計測法; a=堆積物中の炭化物; b=堆積物中の木片; c=堆積物中の腐食土壌; d=堆積物下の腐食土壌. 露頭位置は付図を参照.

Table 4. Result of ¹⁴C dating for the Numazawa-Mizunuma pyroclastic (Nm-MZ), Numazawa-Numagozen pyroclastic (Nm-NG), and related deposits. AMS = accelerator mass spectrometry method; Rad = radiometric method; a = charred material in the deposit; b = wood in the deposit; c = organic sediments in the deposit; d = organic sediments below the deposit. See appendix for the localities.

Unit	Sample	Loc	Method	Material	¹⁴ C age (y BP)	δ ¹³ C (permil)	Calibrated ¹⁴ C age (y BP)
Nm-NG	1013-8	7	AMS	b	19910±150	-27.0	19880±150
Middle Terrace	AB201	23	AMS	b	42200±1160	-28.2	42150±1160
Nm-MZ	Mz01	9	AMS	a	41950±1040	-23.7	41970±1040
Middle Terrace	AB108	22	AMS	b	44970±1030	-27.2	44930±1030
Middle Terrace	AB107	22	AMS	c	45270±1540	-28.9	45210±1540
Middle Terrace	AB109	23	AMS	c	46410±1760	-28.0	46360±1760
Middle Terrace	Mz02	9	AMS	b	>49350	-27.6	>49390

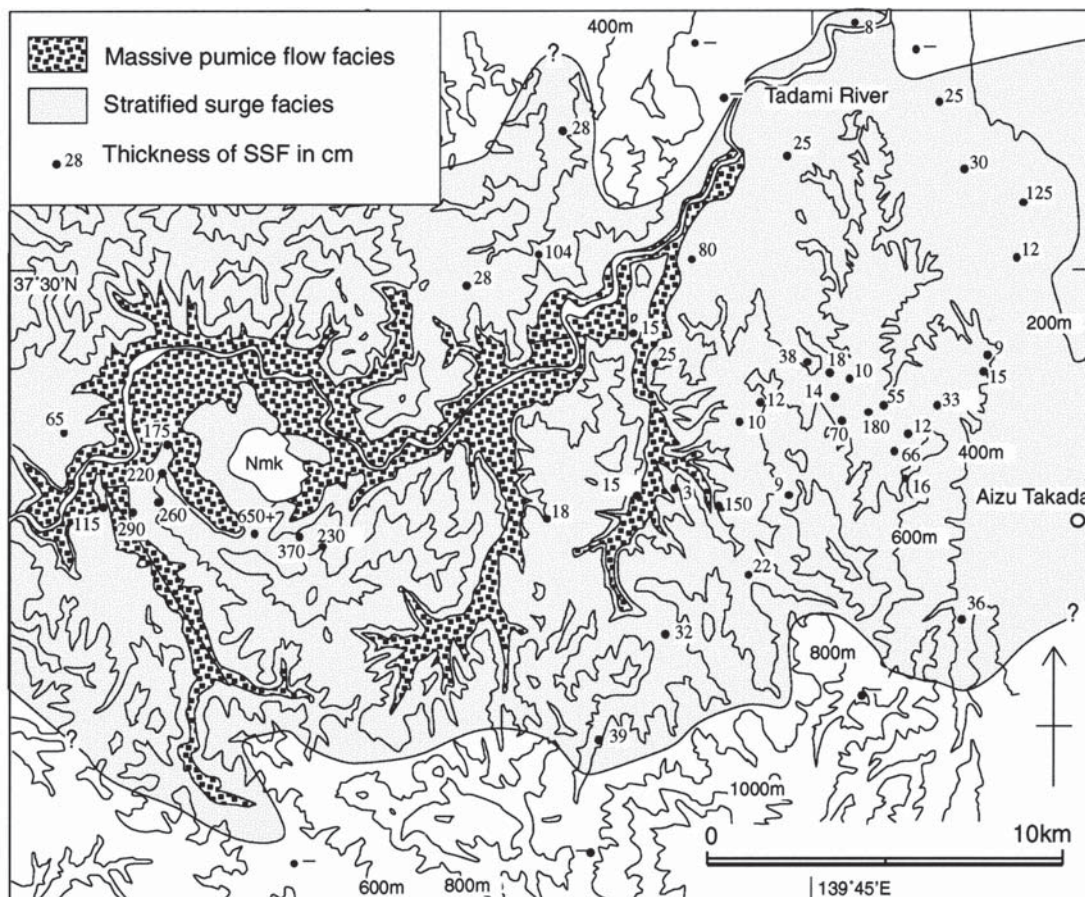
には会津金山火山岩・惣山溶岩・前山溶岩に由来するデイサイト石質岩片や基盤中新統に由来する変質した流紋岩・火砕岩の異質岩片が多く含まれている。本ユニットの火砕流堆積物は原地形を薄くマントル被覆する成層サージ相と、谷地形を厚くほぼ平坦に埋める塊状軽石流相の2つに分けられる(第5図)。成層サージ相は、給源の沼沢湖周辺から東方の会津高田町にかけての山地斜面をマントル被覆している。堆積物は給源から面的に広がっており、その分布形態には地形の効果があまり認められない。分布面積は450 km²を越えている。この堆積相は火口近傍では、径60 cm以下の類質・異質岩片の多い岩片支持で粗粒火山灰の基質を持つ軽石混じりの火山角礫-火山礫と、レンズ状で連続性の悪い平行層理を持つ火山礫混じりの粗粒火山灰の互層からなる。層厚は給源近傍で数m以上あるが、遠方に向かって単純に減少するわけではない。例えば、給源から20 km程度東の地点においても、この堆積相は層厚1 m以上で地形的な凹地を局所的に埋めることがしばしばある。このような厚層部の本相は、本質岩片に富む基質支持で塊状の岩相に変化しており、次の塊状軽石流相の見かけに似てくる。本相の体積は、平均層厚を25 cmとして見積ると、約0.1 km³になる。塊状軽石流相は只見川とその支流を最大層厚約200 mで谷埋めし、比較的平坦な堆積面を形成した。ただし、堆積物の大半はすでに河川の侵食により失われ、残存部が現在段丘化しているにすぎない。分布域は給源からみて風下側の谷にも深く入り込んでおり、谷地形に沿って上面高度が低くなる傾向がある。この堆積相は、径20 cm以下の軽石に富む基質支持で淘汰の悪い火山角礫-火山礫を主体とし、厚さ50 cm～3 m以上の多数のフローユニットで構成される。本相の体積は、現在の河川を堆積物で埋め戻して見積ると、約4 km³になる。

ユニット II は白色デイサイト軽石と少量の灰-暗灰色安山岩軽石の粗粒火山礫・細粒火山礫・粗粒火山灰・ガラス質細粒火山灰からなる降下堆積物で、上位の単層ほど粒径が小さい。給源から6 km離れた三島町大谷では最大5枚の

単層が確認でき、東方に向かって識別できる単層の数が減っていく。軽石の粒径は最下層のものが他に比べて常に特別大きく、あらゆる地点でよく目立つ。すなわち、沼沢湖南方での最下層の軽石の平均最大粒径は23 cm、東に50 km離れた猪苗代湖北方で3 cmである(第6図)。

ユニット III のうち、沼沢湖東岸に分布するものは層厚約2 mの火砕サージ堆積物として定置している。この堆積物は平行層理・サンドウエーブ層理・スランプ層理を持つ成層した淘汰の悪い細粒火山礫-粗粒火山灰を主とし、その単層厚は2 mm～15 cmである。沼沢湖の水位が下がった時に露出する部分では、最大径60 cmの発泡の悪いデイサイト軽石に富む基質支持の火山岩塊がレンズ状に挟まれている。層理面の傾斜は湖底の傾斜とほぼ平行で、ユニット III 火砕サージ噴出時には沼沢湖の原型が出来ていたものと思われる。このサージ堆積物は惣山や前山などの火口外輪山の背後には全く分布せず、今の火口地形の影響を受けている。給源から東に離れた地域では、本ユニットは灰-暗灰色安山岩軽石と白色デイサイト軽石からなる細粒火山礫・粗粒・細粒火山灰の降下堆積物互層からなる。本ユニットを構成する降下堆積物は、沼沢湖から15 kmの範囲で最大20～22層が識別できるが、遠方では成層構造が不明瞭な塊状の粗粒火山灰となる。降下堆積物の分布主軸は給源の沼沢湖からほぼ東に向いている(第7図)。

ユニット IV は逆級化構造を持つ灰-暗灰色安山岩軽石の細粒-粗粒火山礫降下堆積物とこれを覆う平行ラミナを持った粗粒火山灰降下堆積物からなる(第3図)。本ユニットは火口近傍の沼沢湖周辺には堆積しておらず、6 km東方の三島町大谷周辺から分布が確認できる。大谷での安山岩軽石の平均最大粒径は7.2 cmである。灰-暗灰色安山岩軽石は多面体状の形態を持ち、その発泡度は良-不良である。異質岩片として変質した白色流紋岩溶岩や火砕岩がわずかに含まれる。上部の成層した火山灰の層厚は薄く、上位の土壌との擾乱によりその存在を確認できない露頭が多い。降下堆積物の分布域の幅は10 km程度と細長く、主



第5図 沼沢湖火砕堆積物ユニットIの分布. 数字は成層サージ相の厚さ(単位はcm). Nmk=沼沢湖.

Fig. 5. Distribution of the Numazawako pyroclastic deposit (Nm-NK) unit I. Numerals are the thickness in centimeters for the stratified surge facies. Nmk = Numazawako.

軸は給源の沼沢湖から東に向いている(第7図)。

マグマ噴出量

ユニットIの火砕流堆積物の見かけ体積は,上記のように成層火砕サージ相が $1 \times 10^1 \text{ km}^3$,谷埋めする塊状軽石流相は $4 \times 10^0 \text{ km}^3$ と見積もられる(山元,1995)。堆積物の密度はほぼ 1.2 g/cm^3 であるので全体のマグマ換算体積は $2 \times 10^0 \text{ DRE km}^3$ となる。ユニットIIのデイスait軽石降下堆積物の最小体積は,山元(1995)に新たなデータを加えた4cm等層厚線を用いてLegros(2000)の簡便法で見積ると岩石換算体積で $1 \times 10^{-1} \text{ DRE km}^3$ (第2表;岩石密度を 2.4 g/cm^3 ,実測降下堆積物見掛け密度は $0.7 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$)となる。また,ユニットIIIの降下堆積物の体積は,山元(1995)に新たなデータを加えた32cm等層厚線を用いてLegros(2000)の簡便法で見積ると岩石換算体積で $9 \times 10^{-2} \text{ DRE km}^3$ (第2表;岩石密度を 2.4 g/cm^3 ,実測降下堆積物見掛け密度は $1.2 \sim 1.5 \text{ g/cm}^3$)となる。さらに,ユニットIVの降下堆積物の体積は,山元(1995)に新たなデータを加えた8cm等層厚線を用いてLegros(2000)の簡便法で見積ると岩石換算体積で $5 \times 10^{-2} \text{ DRE km}^3$ (第2表;岩石密度を 2.5 g/cm^3 ,実測降下堆積物見掛け密度は

$0.7 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$)となる。結局,この噴火の全マグマ噴出量は $2 \times 10^0 \text{ DRE km}^3$ と見積もられる。

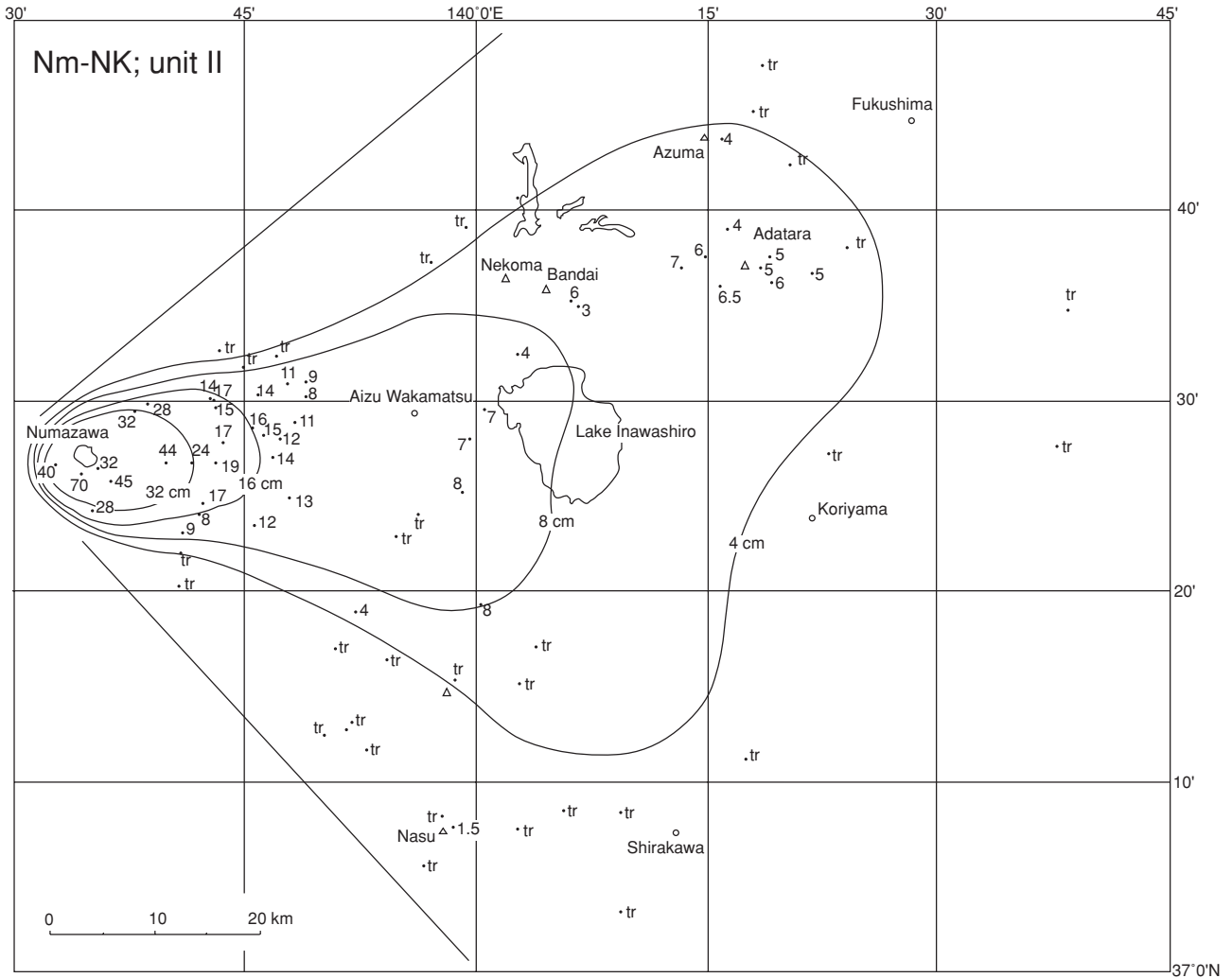
噴火年代

沼沢湖火砕堆積物からは1960~70年代に多くの ^{14}C 年代が報告され(只見川第四紀研究グループ,1966a,b;Omoto *et al.*,1976;通商産業省,1978),その噴火年代はほぼ5kaとされていた。今回,新たに放射性炭素年代測定と暦年補正を行い,噴火年代が紀元前3400年頃であることを特定した(4章後述)。

2.8 最新期扇状地堆積物

分布と岩相

沼沢湖の南岸には,埋没樹木を多く含んだ砂礫層が小規模な扇状地を作って堆積している。堆積物の厚さは1.5m以下で,湖の水位が下がった際に良く露出する。埋没樹木の直径は大きなものでは40cmを越え,炭化はしていない。砂礫は径30cm以下のデイスait礫や円磨された沼沢湖軽石を含む極粗粒-中粒砂で,連続性の悪い平行層理を持っている。マグマ噴火を示唆するような本質物や,水蒸気爆発に特徴的な粘土鉱物は全く含んでいない。この堆積



第6図 沼沢湖火砕物ユニットIIの分布. 数字は降下堆積物の層厚で, 単位はcm. 山元 (1995) にデータ加筆. 緯度経度値は日本測地系による.

Fig. 6. Distribution of the Numazawako pyroclastic deposit (Nm-NK) unit II. Numerals are measured thickness of the fall deposit in centimeters. Modified from Yamamoto (1995) with additions of data. Latitude and longitude values are referred to the Tokyo Datum.

物は過去にカルデラ壁で発生した土石流の産物であるとみられる. 同様の倒木帯は, 北東岸の沼沢湖火砕物の土壌を挟んだ上位にも見つかる. 本堆積物は地表面を構成しており, その上位には堆積物が確認できない.

堆積年代

堆積物中の樹木の小枝から, 2630 ± 60 yBPの放射性炭素年代が得られた. またその歴年代は紀元前800年前後である (第5表).

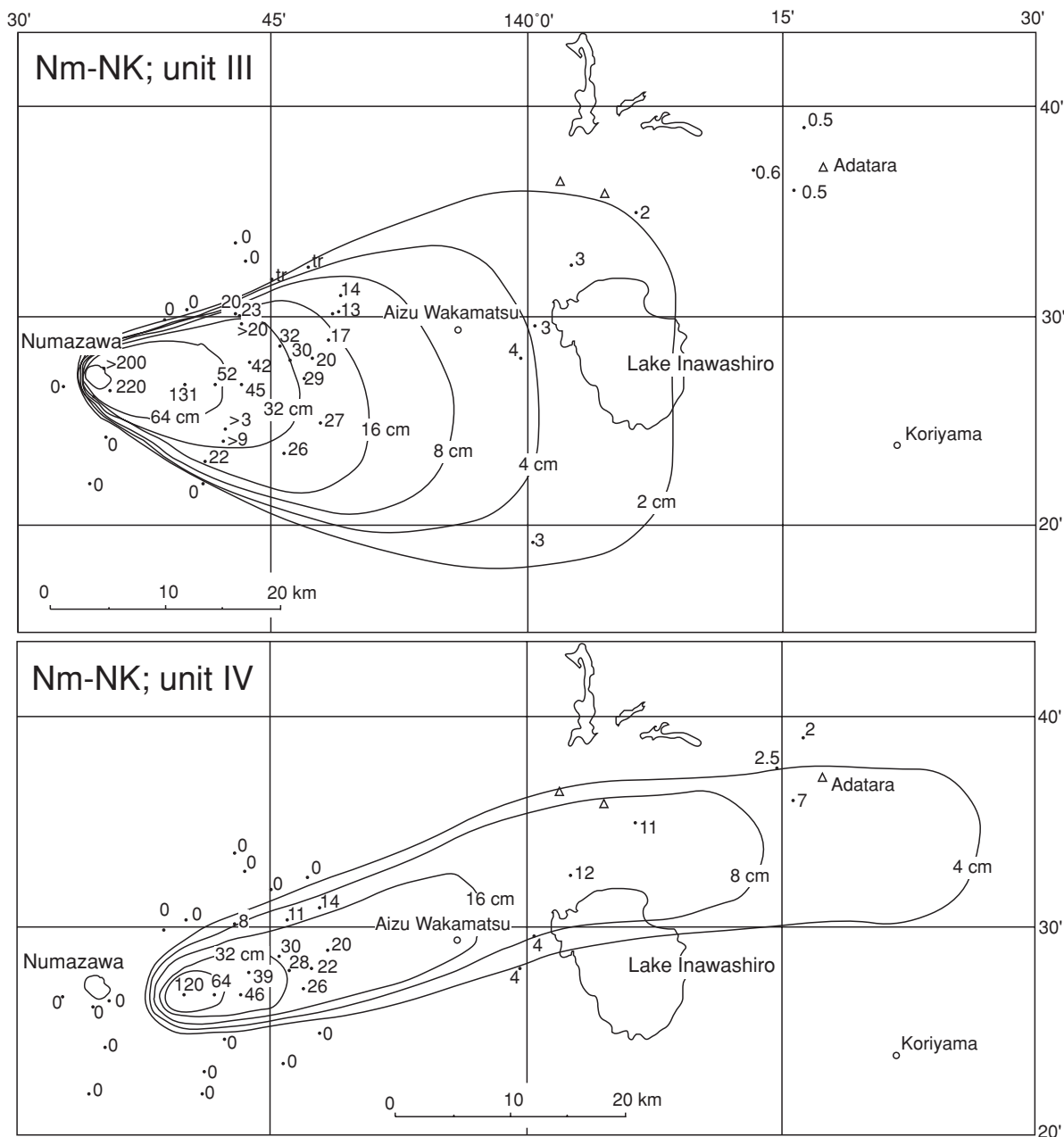
3. 水沼火砕噴火年代の再検討

3.1 層序関係と測定結果

山元 (1995) 報告後の調査で, 水沼火砕堆積物が降下火山灰として給源から東へ60 km離れた郡山盆地内の中位段丘堆積物中に追跡できることが明らかになった (第8図). 中位段丘堆積物の上部は塊状泥層が卓越し, この中

に磐梯-葉山1降下堆積物・赤城-追貝降下堆積物とともに水沼火砕堆積物が挟まれている. この火砕堆積物は厚さ7 cmの白色ガラス質粗粒火山灰からなり, 鏡下ではマイクロパミスに富んでいる. 火山ガラス片, 普通角閃石, カミングトン閃石の屈折率は給源火砕流堆積物のものと良く一致すること (第1表), 上下の降下火砕堆積物との層序関係 (第8図), 層厚分布 (第4図) からして, この火山灰が水沼火砕堆積物に対比されることは確実である.

水沼火砕堆積物を挟む中位段丘泥層には保存状態の良い植物遺体が豊富に含まれていることから, 上下層のAMS放射性炭素年代測定を4試料について行った (第4表). その結果, 下位から46 ka (AB109), 直下から45 ka (AB107, AB108), 上位からは42 ka (AB201) の年代値を得た. 一方, 三島町早戸温泉の水沼火砕堆積物ユニットIII 基底部の火砕流堆積物非溶結相に含まれる炭化物からは42 ka (Mz01), その下位の河川流路礫層中の木片か



第7図 沼沢湖火砕物ユニット III・IV の分布. 数字は降下堆積物の層厚で, 単位はcm. 山元 (1995) にデータ加筆. 緯度経度値は日本測地系による.

Fig. 7. Distribution of the Numazawako pyroclastic deposit (Nm-NK) units III and IV. Numerals are measured thickness of the fall deposit in centimeters. Modified from Yamamoto (1995) with additions of data. Latitude and longitude values are referred to the Tokyo Datum.

らは >49 ka (Mz02) の AMS 放射性炭素年代値を得ている。ただし、火砕流堆積物中の炭質物の採取総量は 0.1 g で、現世植物根の混入が認められる年代測定にはあまりふさわしくない試料であった。分析には鏡下で可能な限り植物根を取り除いたものを用いている。

3.2 年代値の解釈

中位段丘堆積物を対象に今回行った年代測定結果はサンプル相互の層序関係とは矛盾しておらず、信頼性の高い

ものと判断できよう。これらの値からすると水沼火砕堆積物の噴火年代は 45 ± 1 ka となる。火砕流堆積物から得られた年代値はこの値よりも若干若くなったが、これは試料に問題があったためとみられる。これまでの水沼火砕堆積物のジルコン・フィッシュトラック年代値、 51 ± 14 ka (山元, 1995) よりも 1 桁誤差が小さくなっており、分析の目的は十分に達成されている。

水沼火砕堆積物の層序学的位置は、磐梯・吾妻・安達太良火山周辺で大山倉吉降下堆積物 (DKP; 町田・新井、

東北日本, 沼沢火山の形成史: 噴出物層序, 噴出年代及びマグマ噴出量の再検討 (山元)

第5表 沼沢-沼沢湖火砕物及びこれらに関する堆積物の放射性炭素年代測定結果. Ad - NT5=安達太良-沼ノ平5噴出物 (山元・阪口, 2000); Az - Is=吾妻-一切経噴出物; Az - Kf=吾妻-小富士噴出物 (山元, 2002). 他の略号は第4表と同じ. 露頭位置は付図を参照.

Table 5. Result of ^{14}C dating for the Numazawa-Numazawako (Nm-NK) and related deposits. Ad-NT5 = Adatara-Numanotaira 5 ejecta (Yamamoto and Sakaguchi, 2000); Az-Is = Azuma-Issaiky ejecta; Az-Kf = Azuma-Kofuji ejecta (Yamamoto, 2002). Other abbreviations are same in Table 4. See appendix for the localities.

Unit	Sample	Loc	Method	Material	^{14}C age (y BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Calibrated ^{14}C age (y BP)	Calendar age		Intercept age	
Recent Fan	1013-7	6	Rad	b	2640±60	-25.7	2630±60	2σ (95%)	BC900-770	BC800	
								1σ (68%)	BC820-790		
Az-IS	915-09	19	AMS	a	4350±40	-25.7	4340±40	2σ(95%)	BC3030-2890	BC2920	
								1σ(68%)	BC3000-2980 BC2940-2900		
Ad-NT5	Ad-NT5	20	AMS	d	4550±40	-26.2	4530±40	2σ(95%)	BC3360-3090	BC3340	
								1σ(68%)	BC3350-3310 BC3230-3110		
Nm-NK	Nmk03	11	Rad	a	4460±70	-26.9	4430±70	2σ(95%)	BC3350-2900	BC3080,3060, 3040	
								1σ(68%)	BC3320-3220 BC3120-2920		
	Nmk04	5	Rad	a	4490±70	-24.6	4490±70	2σ(95%)	BC3370-2920	BC3310,3230, 3110	
								1σ(68%)	BC3350-3030		
	Nmk06	5	AMS	a	4610±50	-24.4	4620±50	2σ(95%)	BC3520-3340	BC3370	
								1σ(68%)	BC3500-3450 BC3380-3350		
	Nmk05	5	Rad	a	4640±70	-26.2	4620±70	2σ(95%)	BC3620-3580 BC3530-3270 BC3240-3110	BC3370	
								1σ(68%)	BC3510-3430 BC3390-3350		
	Nmk01	11	Rad	a	4740±50	-26.9	4710±50	2σ(95%)	BC3640-3360	BC3510	
								1σ(68%)	BC3620-3580 BC3530-3500 BC3460-3380		
	Nmk02	11	Rad	a	4750±90	-24.3	4760±90	2σ(95%)	BC3700-3360	BC3620,3580, 3530	
								1σ(68%)	BC3650-3500 BC3450-3380		
	Az-KF	915-11	19	AMS	a	4780±60	-26.7	4750±60	2σ(95%)	BC3650-3370	BC3620,3590, 3530
									1σ(68%)	BC3640-3510 BC3430-3390	
915-10		19	AMS	a	4770±40	-17.1	4900±40	2σ(95%)	BC3760-3640	BC3660	
Lower Terrace	TL01	13	AMS	b	5340±40	-15.2	5500±40	2σ(95%)	BC4380-4320 BC4290-4260	BC4340	
								1σ(68%)	BC4360-4330		

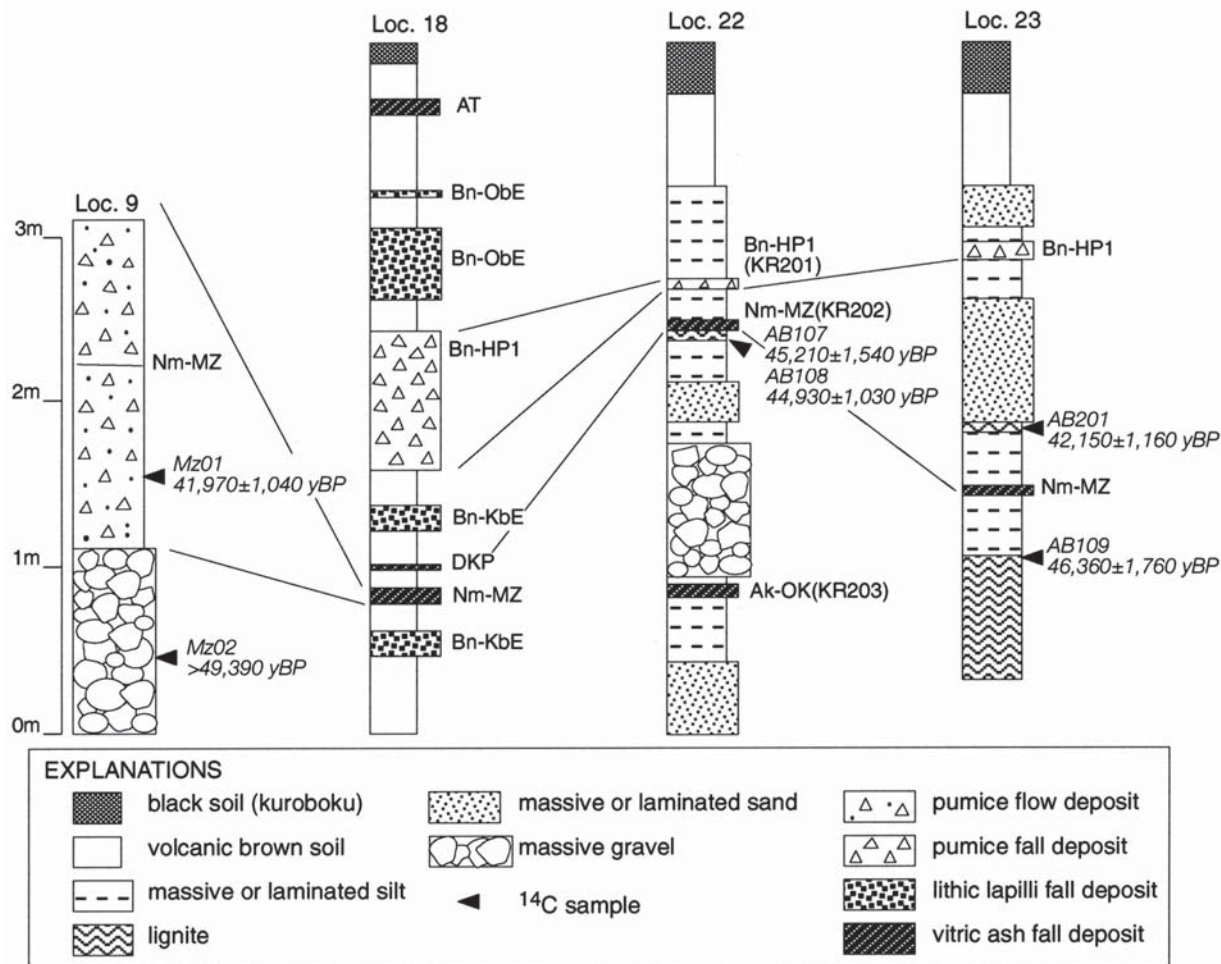
1992, p.79-80) の直下にあることが確認されている (鈴木・早田, 1994; 山元・須藤, 1996). DKPからは43±8 kaの ^{238}U - ^{230}Th 年代が報告されており (大村ほか, 1988), この値は水沼火砕堆積物の年代とは矛盾しない. 一方, 関東中部地方にある降下堆積物累層との層序関係から, DKPの噴火年代は約5万年前 (50 ka) とも推定されている (竹本, 1991). この推定年代は, DKP直下とされる東京軽石流堆積物中の炭化木片のAMS放射性炭素年代値52 ka (中村ほか, 1992a), DKP直上とされる木曾川泥流堆積物中の埋没樹幹のAMS放射性炭素年代値50 ka (中村ほか,

1992b) と良く一致する. しかし, このDKPの年代は今回の水沼火砕堆積物の年代値とは明らかに矛盾するものである. いずれの年代値も正しいとするなら, 従来の研究のどこかにDKPの対比か層序関係の認定に重大な間違いがあることになる.

4. 沼沢湖火砕噴火年代の再検討

4.1 層序関係と測定結果

沼沢湖火砕堆積物ユニット I 中の炭化木から4870±100

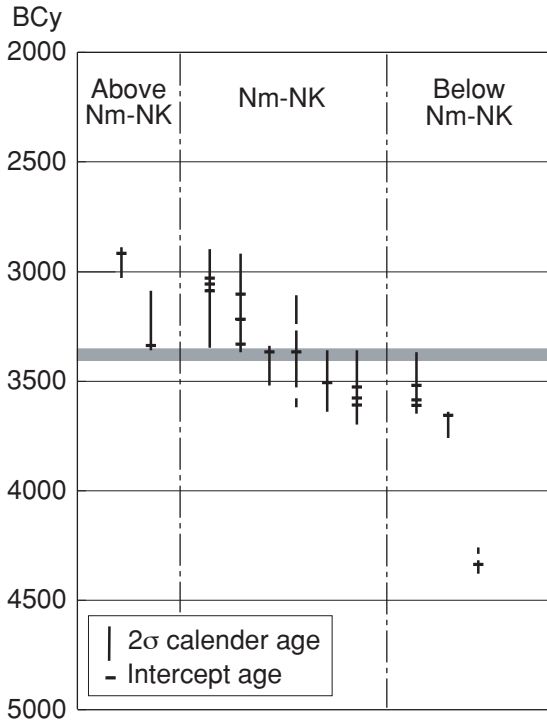


第8図 沼沢-水沼火砕物を挟む露頭柱状図。Ak - OK=赤城-追貝降下堆積物(鈴木ほか,1995);AT=始良Tn降下堆積物(町田・新井,1995);Bn - HP1=磐梯-葉山1降下堆積物;Bn - HP2=磐梯-葉山2降下堆積物;Bn - KbE=磐梯-小磐梯噴出物;Bn - ObE=磐梯-大磐梯噴出物(山元・須藤,1996);DKP=大山-倉吉降下堆積物(町田・新井,1995)。露頭位置は付図,放射性炭素年代の詳細は第4表を参照。

Fig. 8. Tephrostratigraphic sections intercalating the Numazawa-Mizunuma pyroclastic deposit (Nm-MZ). Ak-OK = Akagi-Okkai fall deposit (Suzuki *et al.*, 1995); AT = Aira Tn fall deposit (Machida and Arai, 1992); Bn-HP1 = Bandai-Hayama 1 fall deposit; Bn-HP2 = Bandai-Hayama 2 fall deposit; Bn-KbE = Bandai-Kobandai ejecta; Bn-ObE = Bandai-Obandai ejecta (Yamamoto and Suto, 1996); DKP = Daisen-Kurayoshi fall deposit (Machida and Arai, 1995). See appendix for the localities. Details of ¹⁴C ages are shown in Table 4.

yBP (只見川第四紀研究グループ,1966a)・4980±100 yBP・5060±120 yBP (通商産業省,1978),只見川沿いの高密度洪水堆積物中の木片から4695±150 yBP (Omoto *et al.*, 1976)・4950±130 yBP・5030±100 yBP (只見川第四紀研究グループ,1966b)の年代が測定されている。これらの値は5 kaに良く集中しており,沼沢湖火砕噴火の年代を示すものとして特に問題はない。しかし,これらの値は1960~70年代に測定されたものであり,放射年代値を真の値である歴年代に補正するための¹³C測定値がないなどの問題が残っている。また,沼沢湖火砕堆積物が降下軽石として各地で確認され,その上下層からも多くの放射年代値が報告されるようになってきた。今回の新測定では,沼沢湖火砕噴火の歴年代を精度良く決めることを目的としている。

沼沢湖火砕堆積物ユニットIに含まれる炭化木片6試料からは,4.4~4.8 kaの放射性炭素年代が得られている。暦年に直すと紀元前3700~3000年にあたる(第5表)。また,東方の安達太良火山では沼沢湖火砕堆積物は沼ノ平4-5噴出物間にあり(山元・阪口,2000),上位の沼ノ平5噴出物直下の黒色土壌から4.5 kaの放射性炭素年代を得た。さらに,その北の吾妻火山では本火砕堆積物は吾妻小富士噴出物と一切経噴出物の間にあり(山元,2002),下位の吾妻小富士噴出物の上部に含まれる炭化木片から4.9及び4.8 ka,上位の一切経噴出物中の炭化木片から4.3 kaの年代値を得ている。歴年代値の2σ誤差範囲を並べると,沼沢湖火砕噴火年代を紀元前3400年頃とした場合に全ての年代測定結果が矛盾なく説明できる(第9図)。



第9図 沼沢湖火砕物と関連する堆積物の暦年分布. 年代値の詳細は第5表を参照.

Fig. 9. Distribution of the calendar ages for the Numazawako pyroclastic and related deposits in Table 5.

4.2 年代値の解釈

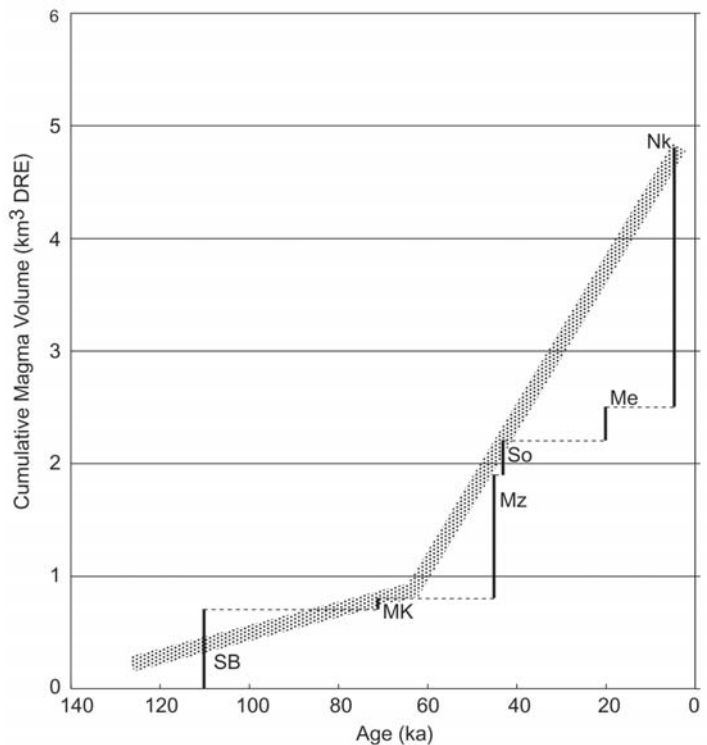
今回得られた年代値には特に層序学的な矛盾もなく, 従来5 kaとされていた沼沢湖火砕噴火年代の確度を一段と高めたものと言えよう. 本火砕物は南東の那須火山噴出物中 (山元, 1997) やその南の関谷断層トレンチ掘削現場 (宮下ほか, 2001) でも見つかるが, 今回の値はいずれの地域の放射性炭素年代値とも整合的である.

5. 沼沢火山のマグマ噴出率

約11万年前から始まった沼沢火山の総マグマ噴出量は約5 DRE km³である. この値はLegros (2000) の降下火砕物最小体積を用いていること, 溶岩体積は現存部分のみから決めていることなど, 最小値を与えるものである. しかし, 真の値がこれよりも数倍以上大きかったとは考えていない. 同じ珪長質マグマでも1回の噴出量が100 DRE km³を越えるような南九州の大型カルデラ群に比べると (Nagaoka, 1988), この沼沢火山のマグマ噴出率は2桁以上小さい値である. 同じ東北日本のカルデラ火山と比較すると, 例えば噴出量が詳しく調べられている十和田カルデラでは最近5.5万年間

に約60 DRE km³の珪長質マグマが噴出しており (Hayakawa, 1985), 沼沢火山のマグマ噴出率よりも20倍程度大きい. 一方, 沼沢火山の東にある火山フロント上の安達太良火山では, 約12万年前からデイサイト-安山岩マグマの最新期活動が始まったが, その総マグマ噴出量は約3 DRE km³と沼沢火山と同程度である (山元・阪口, 2000). マグマ噴出率は火山毎や地域毎に違いが大きく, その値だけで火山の形成プロセスに言及できるものではない. ただ, 沼沢火山のマグマ噴出率は日本の火山の中で比較的小さなものであることは確実である.

沼沢火山のマグマ噴出量の時間変化に注目してみると (第10図), 前半6万年間で約1 DRE km³のマグマ噴出量であったものが, 後半5万年間で残りの約4 DRE km³のマグマが噴出している. 個々の噴火ユニットでも最後の沼沢湖火砕堆積物のマグマ量がほかよりも大きく, 沼沢火山ではその発生から時間の経過とともにマグマ噴出量が徐々に増加しているように見える. 山元 (1997), 山元・阪口 (2000) は那須火山や安達太良火山のマグマ噴出量変化を明らかにした中で, 十分な休止期の後, 新たな火道の形成とともに噴火活動が始まった際には, その最初期に1回のマグマ噴出量が最も大きくなっていることを示した. その理由として, 形成されたマグマ溜まりから最初に火道を作りながらマグマが上昇するケースの方が, 火道形成後のマグマ上昇ケースよりも噴火開始に必要なマグマ溜まり過剰圧 (Tait *et al.*, 1989) が大きくなければならないからとしてい



第10図 沼沢火山のマグマ噴出量時間積算図

Fig. 10. Cumulative magma volume versus age for the products of Numazawa volcano.

る。マグマの発生率が一定で、一つのマグマ溜まりから繰り返し同じ火道を通じてマグマが上昇するのであれば、沼沢火山も最初に出現した約11万年前の噴火が後の噴火よりも噴出量がかなり大きかったことが期待されよう。しかし、実際にはそうはなっておらず、噴火の再来間隔が水沼・惣山噴火を除くと1年以上あること、火口位置は噴火の度にずれていることから、沼沢火山では噴火の度に異なる火道が形成されているとみられる。しかも、噴火再来間隔は時代とともに明らかに短くなっており、一つのマグマ溜まりに絶えず一定量のマグマが注入されるような単純なシステムでは、その噴出量の時間変化を説明することは出来ない。沼沢火山のマグマ噴出率の上昇は、給源でのマグマ生産率の上昇と対応しているものとみられる。

6. まとめ

沼沢火山の噴出物層序、噴火年代を再検討し、噴出量の時間積算図を作成した。本火山の噴出物層序は、約11万年前の尻吹峠火砕堆積物及び芝原降下堆積物、約7万年前の木冷沢溶岩、約4.5万年前の水沼火砕堆積物と約4万年前の惣山溶岩、約2万年前の沼御前火砕堆積物及び前山溶岩、紀元前3400年頃の沼沢湖火砕堆積物からなる。沼沢火山の総マグマ噴出量は約5 DRE km³であるが、前半6万年間で約1 DRE km³のマグマ噴出量であったものが、後半5万年間で残りの約4 DRE km³のマグマが噴出している。沼沢火山のマグマ噴出率の上昇は、給源でのマグマ生産率の上昇と対応しているものとみられる。

謝辞: 本研究で行った放射年代測定では、産業技術総合研究所深部地質環境研究センター(当時)の遠藤秀典さんに予算上の便宜を図って頂いた。また、岩石薄片は同所の佐藤芳治・野上貴嗣さんの作成による。以上の方々に謝意を表する。

文 献

Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, no.60, 507-592.

Iwano H. & Danhara T. (1998) A re-investigation of the geometry factors for fission-track dating of apatite, sphene and zircon. In Van den Haute P. & de Corte (eds) *Advance in fission-track geochronology*, Kluwer Academic Publishers, 47-66.

Legros, F. (2000) Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **96**, 25-32.

Matsumoto, A., Uto, K. and Shibata, K. (1989) K-Ar dating by peak comparison method: New technique applicable to rocks younger than 0.5 Ma.

Bull. Geol. Surv. Japan, **40**, 565-579.

町田 洋・新井房夫(1992) 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 276p.

松本哲一・宇井忠英(1997) 阿多火砕流堆積物の K-Ar 年代. *火山*, **42**, 223-225.

宮下由香里・杉山雄一・山元孝広・吉岡敏和・寒川 旭・宍倉正展・丸山直樹・大石 朗・細矢卓志(2001) 栃木県関谷断層の活動履歴調査. 活断層・古地震研究報告, 産総研活断層研究センター, no.1, 53-76.

Nagaoka S. (1988) The Late Quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima Bay, Southern Kyushu, Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, no. 23, 49-122.

沼沢団体研究グループ(1999) 沼沢火山の地質と岩石. *地球科学*, **53**, 53-70.

中村俊夫・岡 重文・坂本 亨(1992a) 東京軽石流堆積物中の炭化木片の加速器質量分析計による放射性炭素年代. *地質雑*, **98**, 905-908.

中村俊夫・藤井登美夫・鹿野勘次・木曾谷第四紀研究会(1992b) 岐阜県八百津町の木曾川泥流堆積物から採取された埋没樹木の加速器¹⁴C年代. *第四紀研究*, **31**, 29-36.

Omoto, K., Nakata, T. and Koba, M. (1976) Tohoku University radiocarbon measurements IV. *Sci. Rept. Tohoku Univ. 7th Ser. (Geogr.)*, no. 26, 299-310.

大村明雄・河合貞行・玉生志郎(1988) ²³⁸U-²³⁰Th放射非平衡系による火山噴出物の年代測定. *地調月報*, **39**, 559-572.

Pyle, D. M. (1989) The thickness, volume and grainsize of tephra fall deposits. *Bull. Volcanol.*, **51**, 1-51.

菅原 宏(1991) 福島県沼沢火山の K-Ar 年代. *火山*, **36**, 443-445.

鈴木毅彦(1992) 那須火山のテフロクロノロジー. *火山*, **37**, 251-263.

鈴木毅彦(1999) 福島県太平洋岸, 塚原海岸における最終間氷期最盛期の海進海退過程とその時期降下したテフラについて. *地学雑*, **108**, 216-230.

鈴木毅彦・早田 勉(1994) 奥会津沼沢火山から約5万年前に噴出した沼沢一金山テフラ. *第四紀研究*, **33**, 233-242.

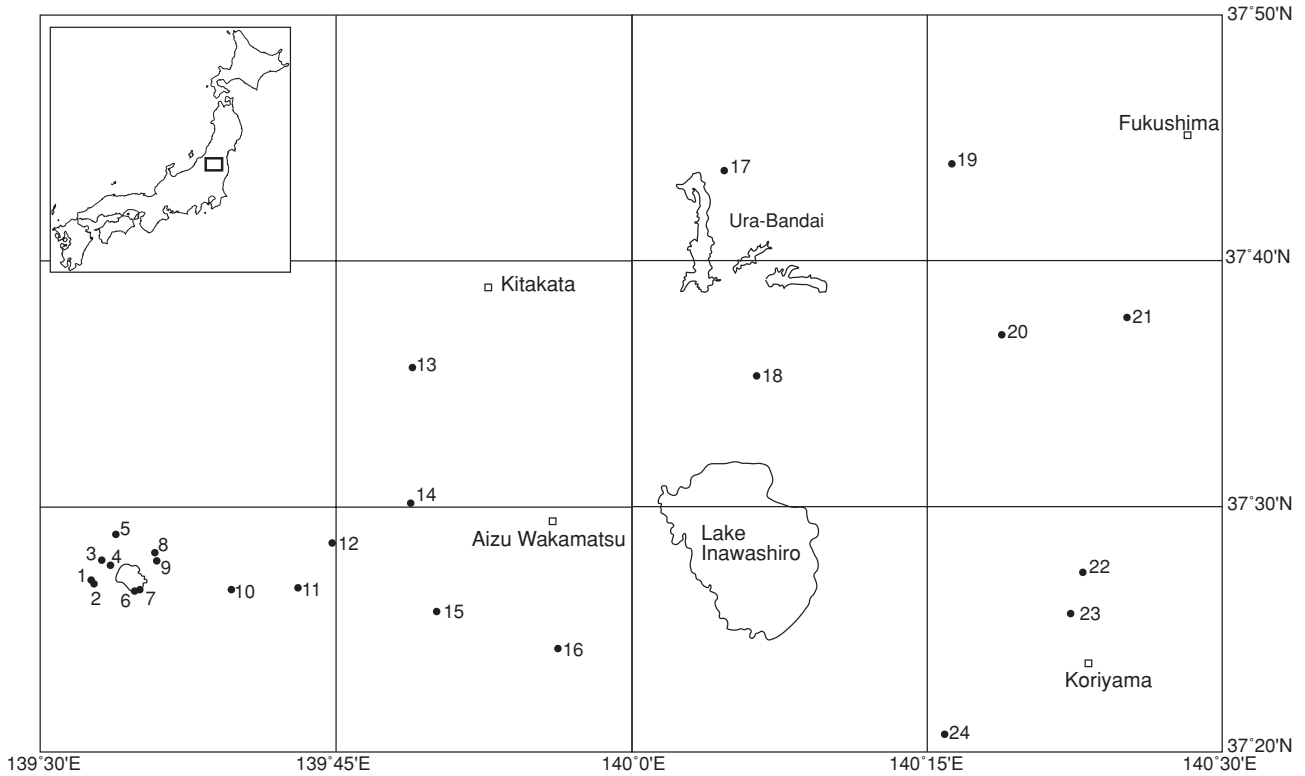
鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹(1998) 関東北部から東北部に分布する第四紀テフラのフィンヨン・トラック年代. *第四紀研究*, **37**, 95-106.

鈴木毅彦・木村純一・早田 勉・千葉茂樹・小荒井 衛・新井房夫・吉永秀一郎・高田将志(1995) 磐梯火山周辺に分布する広域テフラ. *地学雑誌*, **104**, 551-560.

只見川第四紀研究グループ(1966a) 只見川・阿賀川流域

- の第四系の編年—とくに沼沢浮石層の層位学的諸問題について—. 第四紀, **8**, 76-79.
- 只見川第四紀研究グループ (1966b) 福島県野沢盆地の浮石質砂層の基底部より産出した木材の14C年代—日本の第四紀層の14C年代 XXVI—. 地球科学, **82**, 8-9.
- Tait, S., Jaupart, C. and Vergnolle, S. (1989) Pressure, gas content and eruption periodicity of shallow, crystallizing magma chamber. *Eart. Planet. Sci. Lett.*, **92**, 107-123.
- 高橋正樹・菅原 宏 (1985) 沼沢火山の活動史. 火山, **30**, 125-126.
- 竹本弘幸 (1991) 大山倉吉軽石層とこれにまつわる諸問題. 駒沢地理, **27**, 131-150.
- 通商産業省 (1978) 地熱開発基礎調査報告書, 「西山」その1. 103p.
- 山元孝広 (1995) 沼沢火山における火砕流噴火の多様性: 沼沢湖および水沼火砕堆積物の層序. 火山, **40**, 67-81.
- 山元孝広 (1997) テフラ層序からみた那須茶臼岳火山の噴火史. 地質雑, **103**, 676-691.
- 山元孝広 (1999a) 田島地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 85p.
- 山元孝広 (1999b) 福島—栃木地域に分布する30-10万年前のプリニー式降下火砕堆積物: 沼沢・燧ヶ岳・鬼怒沼・砂子原火山を給源とするテフラ群の層序. 地調月報, **50**, 743-767.
- 山元孝広 (2002) 福島県吾妻火山最新期の詳細噴火履歴解析: 約1千年間続いた吾妻小富士の噴火. 日本火山学会講演予稿集2002年度秋季大会, 41.
- 山元孝広・阪口圭一 (2000) テフラ層序からみた安達太良火山, 最近約25万年間の噴火活動. 地質雑, **106**, 865-882.
- 山元孝広・須藤 茂 (1996) テフラ層序からみた磐梯火山の噴火活動史. 地調月報, **47**, 335-359.

(受付: 2003年8月20日; 受理: 2003年12月18日)



No		Latitude,N	Longitude,E	No		Latitude,N	Longitude,E
1	大沼郡金山町尻吹峠	37° 27' 2"	139° 32' 29"	14	大沼郡新鶴村佐賀瀬川	37° 30' 9"	139° 48' 46"
2	大沼郡金山町尻吹峠南東	37° 26' 52"	139° 32' 44"	15	大沼郡会津高田町旭三寄	37° 25' 43"	139° 50' 8"
3	大沼郡金山町大栗山	37° 27' 51"	139° 33' 3"	16	会津若松市南原	37° 24' 9"	139° 56' 12"
4	大沼郡金山町惣山	37° 27' 40"	139° 33' 31"	17	耶麻郡北塩原村早稲沢	37° 43' 43"	140° 4' 44"
5	大沼郡金山町桑畑	37° 28' 50"	139° 33' 53"	18	耶麻郡猪苗代町赤埴林道	37° 35' 22"	140° 6' 18"
6	大沼郡金山町沼沢	37° 26' 34"	139° 34' 51"	19	福島市吾妻スカイライン	37° 43' 58"	140° 16' 13"
7	大沼郡金山町沼沢	37° 26' 39"	139° 35' 4"	20	二本松市薬師岳	37° 36' 59"	140° 18' 45"
8	大沼郡三島町小津巻	37° 28' 6"	139° 35' 46"	21	安達郡安達町山入ダム	37° 37' 36"	140° 24' 14"
9	大沼郡三島町早戸	37° 27' 51"	139° 35' 50"	22	郡山市日和田	37° 27' 16"	140° 22' 47"
10	大沼郡三島町大谷	37° 26' 38"	139° 39' 40"	23	郡山市富久山	37° 25' 36"	140° 22' 14"
11	河沼郡柳津町居平	37° 26' 44"	139° 43' 1"	24	郡山市三穂田	37° 20' 45"	140° 15' 48"
12	河沼郡柳津町塩野	37° 28' 26"	139° 44' 47"	25	岩瀬郡天栄村羽鳥	37° 17' 6"	140° 3' 55"
13	河沼郡会津坂下町宇内	37° 35' 39"	139° 48' 51"	26	那須郡那須町塩阿久津	37° 0' 25"	140° 8' 20"

付図 露頭位置図. 緯度経度値は日本測地系による.

Appendix . Index map of outcrops. Latitude and longitude values are referred to the Tokyo Datum.