

十和田火山二の倉スコリア群の層序区分の再検討
—二の倉スコリア期の噴火活動の推移—

久利美和*・栗田 敬**

(2001年12月27日受付, 2003年4月1日受理)

Stratigraphy of Ninokura Scoria Group in the Post Caldera stage, Towada Volcano, NE Japan
—Sequence of Ninokura Scoria eruption—

Miwa KURI* and Kei KURITA**

The activity of Towada Volcano started about 200,000 years ago and more than 20 eruptive episodes are geologically recognized.

Ninokura scoria group is collective name of the series of pyroclastic fall deposits which erupted just after the latest caldera-forming Hachinohe pyroclastic flow (13,000 y. b. p.).

On the basis of field investigation, systematic sampling and analysis of Ninokura pyroclastic fall deposits, we divided Ninokura scoria group into 11 tephra layers in descending order; NK-a ~ NK-k. Each eruption mass of the layer is about $1.2\sim 35.9\times 10^{10}$ kg. Total mass of Ninokura scoria is about 1.74×10^{12} kg.

Ninokura scoria group eruption starts without long dormant time after Hachinohe pyroclastic flow eruption. The mean interval of Ninokura scoria group eruptions is about a few hundred years.

1. はじめに

十和田火山は本州最北端に位置する第四紀の火山で (Fig. 1), 火山フロントから約 20 km, 日本海溝から約 350 km の距離にある。約 22 万年前に始まったとされる火山活動は、新しいほうから順に A から Z の噴火エピソードに区分されている (Hayakawa, 1985)。約 4 万年前からカルデラ形成期に入り、3 回のデイサイト^{おくせ}~流紋岩質大規模火砕流 (噴火エピソード (以下略) Q; 奥瀬火砕

流, N; 大不動火砕流^{おおふどう}, L; 八戸火砕流^{はちのへ}) を含む 6 回の噴火活動が起り、およそ 13,000 年前に現在の十和田湖カルデラ (直径約 11 km) を形成した。その後の最近 13,000 年間の活動は中ノ湖クレーター (直径約 4 km) が推定給源とされており、噴出物の組成は苦鉄質の玄武岩質安山岩の組成から珪長質へと漸次移行してきた (谷口, 1972, Hunter and Blake, 1995)。Hayakawa (1985) は、カルデラ形成に伴う 13,000 年前の八戸火砕流 (L) に続いてほとんど時間間隙を置かず噴出した玄武岩質安山岩のスコリア降下堆積物群を、二の倉スコリア群と命名し、上位より H, I, J, K の 4 層に区分した。二の倉スコリア群の噴出時期は、下位の八戸火砕流 (L) および上位の南部軽石 (E) 中の炭化木の ¹⁴C 年代 (大池, 1964, 大池・高橋, 1970) をもとに風成層の相対的な厚さから、およそ 13,000 年前から 11,000 年前の約 2,000 年間と見積もられている (Hayakawa, 1985)。Hunter and Blake (1995) は二の倉スコリア群の噴出時期を Ninokura Stage (二の倉期) と定義し、分別結晶作用と少量の地殻の溶融物質が加わってきたマグマに由来する始原的ソレライト質玄武岩質溶岩とスコリア堆積物で特徴付けられると結論づけた。ただし、二の倉降下スコリア堆積物は、①分布域が給源近くに限定され、後の時代の軽石質

* 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉
東北大学大学院理学研究科地球物質科学講座

Inst. of Mineralogy, Petrology and Economic Geology, Graduate School of Science, Tohoku University, Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8578, Japan.

** 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1
東京大学地震研究所地球流動破壊部門
Division of Earth Mechanics, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0032, Japan.

Corresponding author: Miwa Kuri
e-mail: kuri-m@mail.cc.tohoku.ac.jp

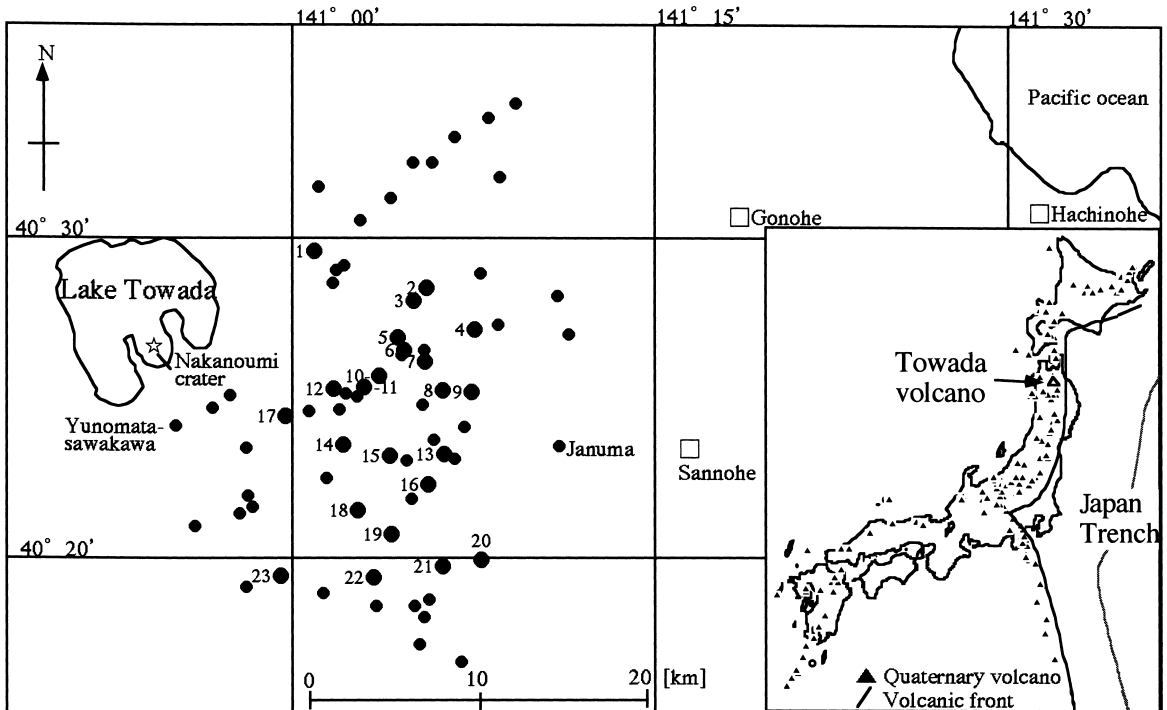


Fig. 1. Index map of Towada volcano and locality map of the studied area. Solid circles show localities of investigated outcrops. Numbers are the same as Loc.1-23 numbers in Fig. 2. Symbol “☆” in Nakanoumi crater shows the site of eruption.

降下火砕物に厚く覆われているために、良好な露頭が少ないこと、②それぞれの噴出物間で層相上の特徴の差異が明瞭でないこと、③ラハール堆積物などの再堆積物を多く含むことなどから、広域にわたっての層の追跡が困難であり、十分な層序の確立が行われていない。これらの理由で、スコリアの噴出活動がどのように推移して後続の活動へと移行していったのかを考察するための基礎的なデータセットが不足している。そこで、本研究では二の倉スコリア群の詳細な層序を確立することを目的とした。

層序区分は主に露頭観察に基づき、野外の層相のみからの層序の確立が不十分とみなされるものについては、鉱物組み合わせ、鉱物組織の観察および鉱物とガラス包有物の主要元素組成を判断基準に加えて、より詳細な層序区分を行った。

2. 試料

以下の3つの観点で試料を選び、観察および分析を行った：①層相のみから層序が明確かつ風化の影響が小さい試料（北東部地域の雨池川南 (Loc. 6)、半堂沢林道 (Loc. 7)、温泉沢 (Loc. 8) および迷ヶ平東 (Loc. 17)）、

②後述するように、露頭観察のみからは層序の確立が不明確であった地域の試料（妙返沢北 (Loc. 10) および屋敷平東 (Loc. 13) の二の倉スコリア群後期）、③空間的な連続性を確認するための試料（一ノ沢 (Loc. 3)、雨池川上流 (Loc. 5)、大黒森 (Loc. 19) および川台北 (Loc. 21) (Fig. 2 参照)）。

試料には粒径が 2 mm (-1ϕ) 以上の火砕物を用い、次のことおりの処理を行った。一つは、試料全体をエポキシ樹脂で固めた後、両面を研磨し薄片試料とした。もう一つは、試料を砕き結晶のみを採取した後、大きさをそろえてプレパラート上に固定し片面を研磨し薄片試料とした。前者は結晶の大きさによる違いの有無を確認する目的を、後者は切断位置の影響を排除する目的をもつ。

3. 二の倉スコリアの層序区分

Hayakawa (1985) で二の倉スコリア群が特徴的に分布するとされる十和田湖東域で調査を行った (Fig. 1)。二の倉スコリア群は、分布域が給源と推定される中ノ湖クレーターからほぼ 30 km の範囲に限定されており、より上位の軽石質降下火砕物に厚く被覆されているために、二の倉スコリア群を観察できる露頭は十和田湖に近い侵

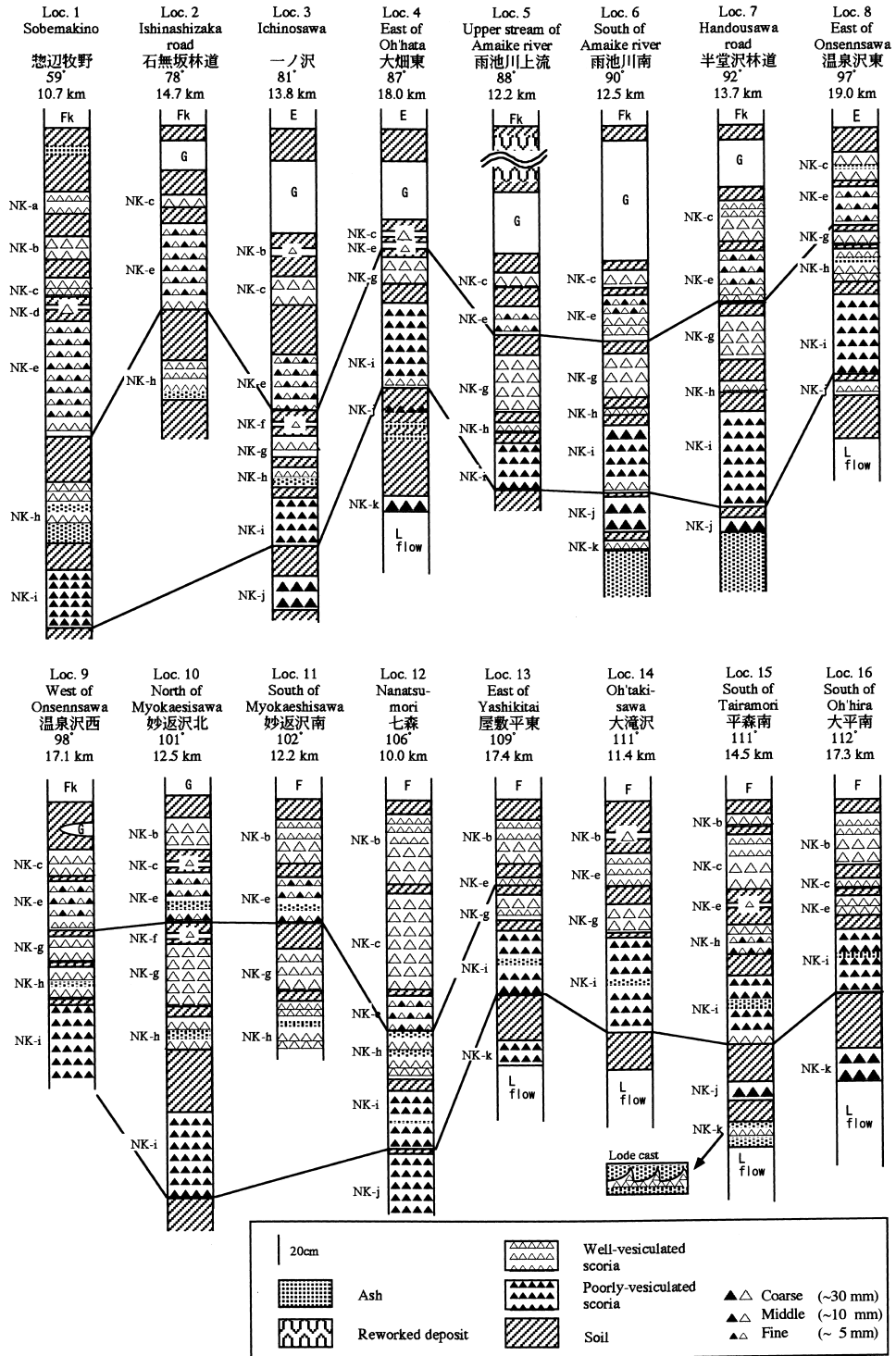


Fig. 2. Columnar sections of Ninokura scoria unit. Locality for each columnar section, shown with number in Fig. 1, is represented by distance from inferred eruptive source, Nakanoumi crater, and clockwise azimuth from a north reference direction centering the source. Idealized columnar section is based on the data on dispersal axis at about 10 km away from inferred eruptive source.

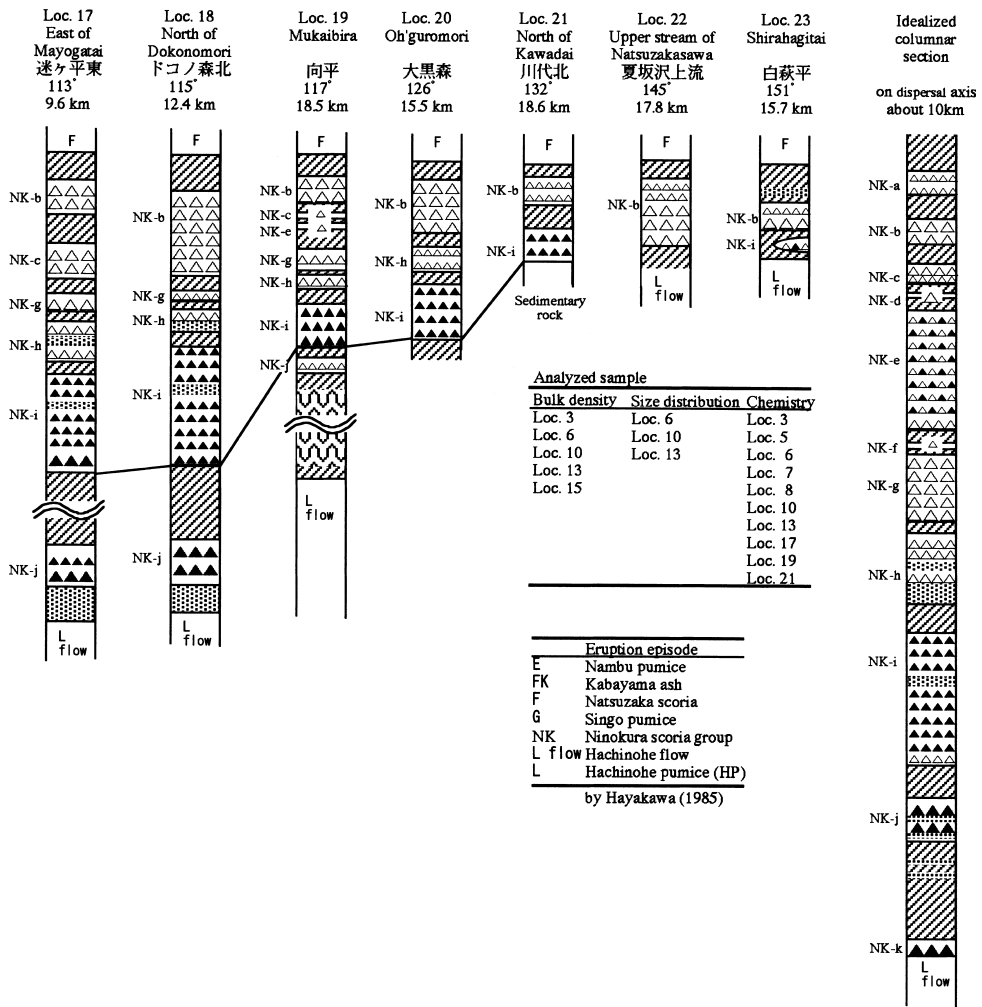


Fig. 2. Continued.

食の進んだ谷筋に限定される。本研究では、一連の層が連続的に露出している23点 (Loc. 1~23) の露頭に注目し、各スコリア層の観察および層序の確立を行った。その結果、野外において明瞭な土壌で区切られる11枚のスコリア層の層序を確立し、上から順にNK-a~NK-kと命名した (Fig. 2)。

北部地域 (Fig. 2 の Loc. 1~Loc. 9) では、露頭の保存状態および連続性が良く、多数のスコリア層が確認された Loc. 6 の層序をもとに、周辺域のスコリア層の追跡を行った。Loc. 2~Loc. 9 については層相 (発泡度、色調、粒度) および層厚の変化から6枚のスコリア層 (NK-e, f, g, h, i, j) が確認できる。Loc. 1 では、NK-e 以下の層準については Loc. 2~Loc. 9 と同様の層序が認められた。NK-e より上位には4枚 (NK-a, b, c, d) の発泡の良いスコリアから成る層が確認された。層厚の連続性から上位

より2枚目および3枚目の層がNK-b, cと推測されるが、他地域との対比については露頭が限られており十分な検討は行えなかった。NK-aとNK-dは見かけから降下スコリア堆積物と判断できるものの、分布が本地点のみに限られているために、追跡は行えなかった。

中部地域 (Loc. 10~Loc. 13) では、NK-gより下位の層準については、北部と同様の層序が確認された。NK-fは層厚が小さいことから欠損する露頭が多い。NK-eについては北部と中部の層相がやや異なるものの、層厚の変化と鉱物組み合わせをもとに同一層と判断した。さらに上位には、粗粒で発泡の良いスコリアから成る2枚の層が重なる。この2層は見かけによる識別はできず、層厚の変化と後述のように斜長石 (以下Plと呼ぶ) およびPlに含まれるガラス包有物の化学組成からNK-b, NK-cに相当すると判別した。

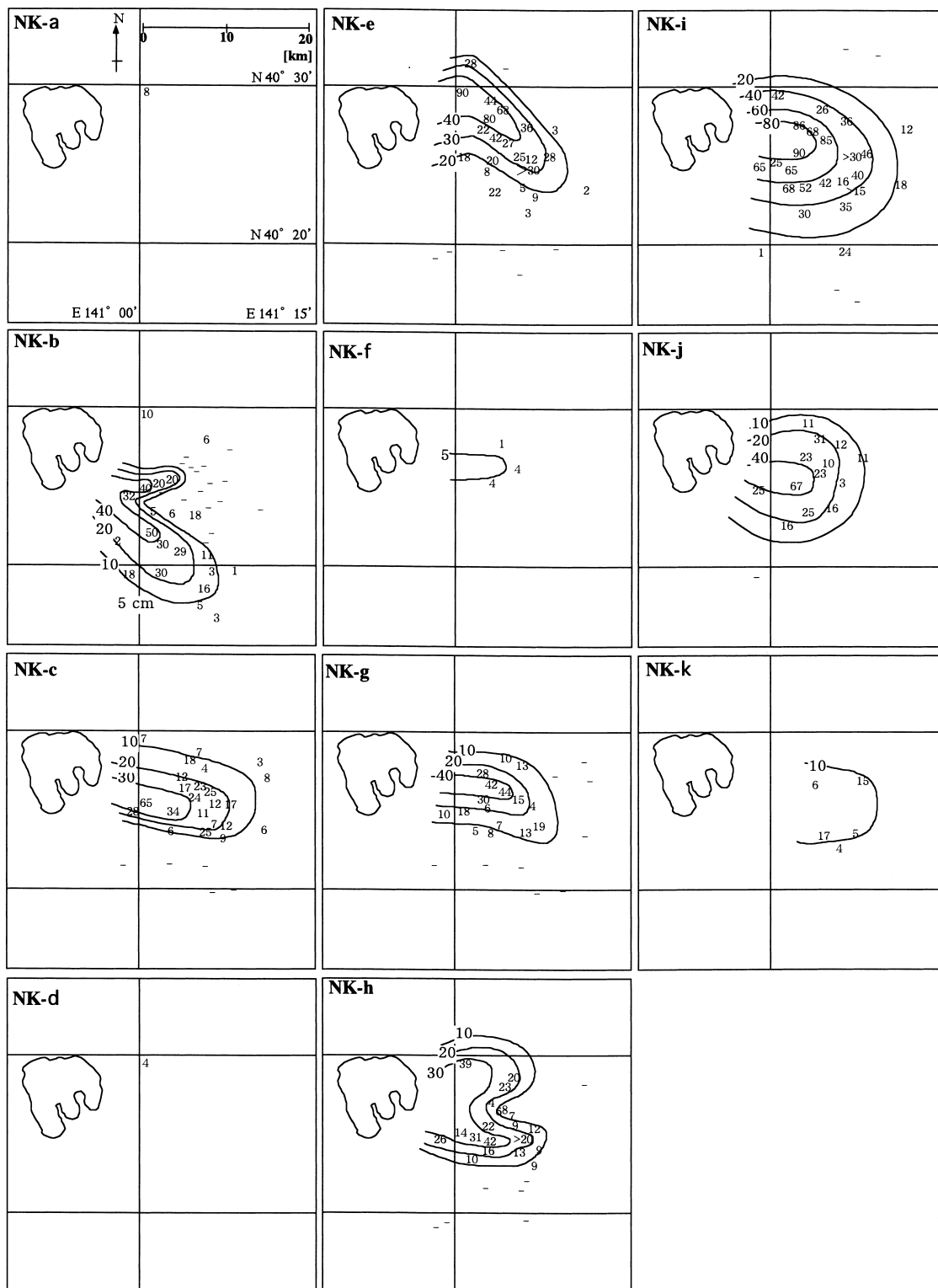


Fig. 3. Isopach maps of Ninokura scoria unit. Numbers show the thickness of each unit. Values are in cm. Symbol “-” means thickness less than 1 cm.

南部地域 (Loc. 14~Loc. 23) では、Loc.17 で上位から下位まで連続して二の倉スコリア群を観察することができる。ここでは、その層相から NK-b, c, g, h, i, j の 6 層が確認される。これら 6 枚のスコリア層については Loc. 12~Loc. 23 でも層相、層厚の変化からよく追跡できる。

NK-f と NK-k は分布域が限られているために、広域での追跡は行えなかった。

4. 各層の特徴

NK-k~NK-a の各層の特徴を噴出順に本章で記載する。層厚分布を Fig. 3 に、各層の特徴を Table 1 にまとめた。Fig. 4 は層厚と各層厚 T での分布域の面積 A (楕円近似) の平方根をプロットしたものである。図中の実線は、

$$T = T_0 \exp(\kappa A^{1/2})$$

の近似直線で、ここで、 T_0 は $A=0$ での層厚、 κ は直線の傾きである。この結果をもとに、各スコリア層の体積を見積った (Fierstein and Nathenson, 1992)。 κ の平均値は -2.21×10^{-4} であった。NK-f および k は層厚 10 cm の分布域の面積のプロット点を通る傾き -2.21×10^{-4} の直線の関係式から体積を算出した。さらに、久利・栗田 (1999) のスコリアの見かけ密度の体積平均値を用いて、

噴出重量を見積もった。

本章での粒径は露頭観察に基づいており、粗粒：約 3~1 cm、中粒：約 1~0.5 cm、細粒：約 0.5~0.2 cm、極細粒：約 0.2 cm 未満のスコリア粒子が顕著であることを意味する。

斑晶は、すべての層準のスコリアにおいて、斜長石 (Pl)、単斜輝石 (Cpx)、斜方輝石 (Opx)、鉄-チタン酸化物、アパタイトが確認された。また、NK-f, g を除いて、カンラン石 (Ol) を含む。石基部 (厚さ 20~10 μm のパブル壁) のほとんどは微小な急冷結晶の集合体であり、完全な急冷ガラスを形成している例は少ない。

NK-k: 構成物は発泡の悪い黒または赤の中粒スコリアで、風化が進んで黄褐色を呈するものもある。

給源東域の蛇沼^{じゃぬま}や南地域の湯の又沢川 (Fig. 1 参照) では八戸火砕流直上に水中での堆積を示す葉理構造を持つ細粒スコリア堆積物が、平森南 (Loc. 15) では荷重による変形構造をもつ細粒スコリア堆積物が観察された (Fig. 2 参照)。これらのことから、NK-k としたものの一部には低地部への再堆積構造をもつものがあり、噴火直後の堆積時の状態をかならずしも保存していないと言える。しかしながら、下位の八戸降下軽石堆積物および火砕流堆積物とはあきらかに層相が異なり、かつ、上位

Table 1. Characters of each Ninokura scoria unit.

	dispersal axis	color	vesiculation	sorting	bulk density [10 ³ kg/m ³]	volume [10 ⁷ m ³]	mass [10 ¹⁰ kg]	olivine	remarks	Hayakawa (1985)	Kuri & Kurita (1999)
NK-a	NE	Redish Bown	◎	◎	no data	no data	no data	no data	no sample		no identified
NK-b	SE	Redish Bown	◎	◎	1.092	19.8	21.6	rare		H	NK-I
NK-c	ESE	Redish Bown	◎	◎	1.016	7.1	7.3	rare			NK-II
NK-d	NE	Redish Bown	◎	◎	no data	no data	no data	no data	no sample		no identified
NK-e	E	Blackish Brown & Light Red Brown	△	◎	1.332	23.1	30.8	○	no sample	I	NK-III
NK-f	E	Brown	○	no data	no data	*1.2	*1.2	no data	weathering		NK-IV
NK-g	E	Brown	◎	○	1.071	6.6	7.1	×		I	NK-V
NK-h	E(SSE)	Black & Yellow	○	△	1.178	22.1	26.1	○			NK-VI
NK-i	ESE	Black, White & Red	×	×	1.343	26.7	35.9	○	hard ash layer	J	NK-VII
NK-j	E	Black, White & Red	×	×	1.301	12.1	15.9	○			NK-VIII
NK-k	E	Brownish Yellow	△	△	1.424	*20.0	*28.5	○	under the water	K	NK-IX

The eruption mass is calculated on basis of the data of the bulk density in Kuri and Kurita (1999). The notation of stratigraphic eruption units is the same as in Fig. 2. ◎: very good, ○: good, △: moderate, ×: bad in the vesiculation and the sorting. ○: exist, ×: no exist in the olivine phenocryst. Symbol "*" means estimated value substituting the averaged slop value, -2.21×10^{-4} . H, I, J and K in the most right column are the equivalent units by Hayakawa (1985).

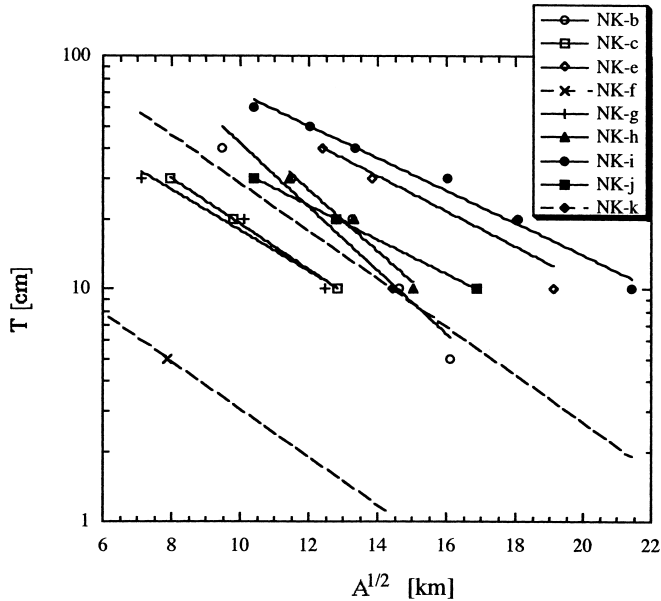


Fig. 4. Relation between square root of area and log of thickness for each Ninokura scoria unit. The equation for thickness (T) as an exponential function of area (A)^{1/2}. Solid line shows the approximate equation for each scoria unit. Dotted line shows the approximate equation substituted the averaged slope value, -2.21×10^{-4} .

のNK-iやNK-jと層相が類似していることから、NK-kは噴火堆積物であると判断した。

大畑東 (Loc. 4), 屋敷平東 (Loc. 13), 平森南 (Loc. 15), 大平南 (Loc. 16) の4点の露頭では、八戸火砕流、NK-k層、NK-j層がほぼ連続して堆積している。ここでは、NK-k層は八戸火砕流堆積物の直上に土壌をささまず堆積しており、Hayakawa (1985) に記載された八戸火砕流台地上のラハール堆積物および時間間隙を示すレス(風成層)は見られない。NK-kは多くの場所で削割されており、八戸火砕流から上位の黒色火山灰を多く含む土壌層に漸移的に続く露頭が一般的である。

露頭観察による対比は困難であるが、Loc. 6とLoc. 17の八戸火砕流直上の層準について鏡下観察を行ったところ、構成鉱物およびその組織はNK-iと類似していた。

噴出重量の見積もりは2次堆積物を含む可能性があるのですが、厚さ10cm分布面積をもとに、Fig. 4の平均的な傾き -2.21×10^{-4} から得られる噴出体積を仮定して求めると、 28.5×10^{10} kgとなる。

NK-j: 構成物は粗粒スコリアおよび黒色火山灰で、スコリア層の中に黒色の火山灰層を何枚も挟むという特徴をもつ。スコリアは黒色、茶色、赤色、灰白色ですべて発泡が悪い。

この層に含まれるPlの結晶サイズは多様 (μ m オ

ーから1mm程度まで)である。また、中粒(0.1mm程度)のPl, Cpx, Opxが混在する集斑晶が特徴的に観察される。稀に、Olが存在する。

噴出重量は約 15.9×10^{10} kgと見積もられる。

下位のNK-kとの間にはやや粗い黒色火山灰と土壌が混在した層が観察される。この層では、2次堆積構造が認められないので、本論では土壌であると判断し、NK-kとNK-jを異なる噴火堆積物とした。

NK-i: 構成物は粗粒スコリアと火山灰で、スコリアは色、発泡度ともにNK-jと類似している。ただし、いずれの露頭においてもNK-jに比べてやや細かな傾向にある。給源の北東方向から南東方向にかけての広範囲に分布している。東方向から南東方向の地域では中間部に厚さ1cmほどの黒色火山灰層を挟む。火山灰を含む部分が露頭では凸部を形成しており、識別が容易なことから対比の鍵層として用いた。

鉱物組み合わせおよび鉱物組織はNK-jと類似する。ガラス包有物の形状は球形のみならず、結晶の成長線に沿った方形のものが確認された。

噴出重量は約 35.9×10^{10} kgと見積もられる。

NK-h: 上部と下部は細粒~中粒のスコリアからなり、中間部は極細粒のスコリアからなる。この中間部の極細粒スコリア(あるいは粗粒火山灰)層は上部が黒色、下部が黄色で、その境界が明瞭であり、露頭では特徴的な

層として観察できる。分布域の主軸は東北方向と東南東方向の2方向にのびる。この極細粒層は給源より東から南南東にかけての分布をもち、北東部では薄い黒色細粒スコリア層のみとなる。極細粒層は北部地域ではより下位に、南部地域ではより上位に存在し、連続的に変化することから、NK-hは分布主軸の異なる2つのユニットからなると判断した。妙返沢北(Loc. 10)での層厚は、下位より黒色および赤色の中～細粒スコリア部10 cm、黒色の極細粒スコリア部2 cm、黄色の極細粒スコリア部1 cm、黒色および赤色の中～細粒スコリアに岩片がまじった部分が9 cmである。

NK-hは、二の倉スコリア群の中でも、Olを最も多く含むスコリア層である。Pl, Cpx, Opxともに微結晶(数十 μm 以下)と1 mm以上の結晶が混在する。Pl, Cpx, Opxともに、累帯構造を持つ結晶は稀で、かつ、10 μm 以上のガラス包有物に乏しい。1 mm以上のPlは、その多くが破砕されている。

噴出重量は約 26.1×10^{10} kgと見積もられた。

NK-g: 構成物は茶～こげ茶色のやや粗粒の発泡の良いスコリアである。ただし、多くの露頭で風化が進んでおり、黄色～乳白色を呈するものが多い。Loc. 7ではほぼ中央の層準に細粒のユニットを挟む。この地点でのNK-eの層厚は下部12 cm、細粒部2 cm、上部22 cmである。

NK-gのPlは0.5 mm以下の自形の澄んだ結晶と1 mm以上の結晶全体に融食構造をもつものが混在する。この層準からはOlは確認されなかった。下位のNK-hと上位のNK-eは、ともにOlに富むため、NK-gにOlが含まれない点はこの層の同定の基準となる。

噴出重量は約 7.1×10^{10} kgと見積もられる。

NK-f: 妙返沢から半堂沢周辺の狭い地域でこげ茶色の中粒のスコリア層が確認された。風化が進んでおり、最も厚い地点でも層厚が数cm未満であるため、広域での追跡および詳細な観察は行えなかった。

噴出重量は厚さ5 cmの分布面積をもとに、Fig. 4の平均的な傾き -2.21×10^{-4} から得られる噴出体積と見かけ密度 1×10^3 kg/m³を仮定して見積もると、約 1.2×10^{10} kgとなる。

NK-e: 北部と中・南部では層相が異なるものの、Loc. 6～7とLoc. 17のNK-e相当と推定される試料について鏡下観察を行ったところ、これらの層では、構成鉱物が0.5 mm以下の長柱状のPlの結晶が主体であり、Olのサイズが多様(μm オーダーから0.5 mm程度まで)という共通の特徴を持つことから、同一層と判断した。Olは単結晶のみならず一部はOpx中の包有物として産出する。

噴出重量は約 30.8×10^{10} kgと見積もられた。

NK-eは北部では、底部と主体部の2つのユニットからなり、Loc. 7での層厚は、底部2 cm、主体部68 cmである。構成物は、底部は黄色の粗粒スコリアで、主体部は黒色、こげ茶色、朱または橙色の細粒スコリアである。いずれの地点においても、スコリアは下位のNK-gや上位のNK-c、NK-bにくらべて発泡に乏しい。Loc. 7の試料では、主体部では破砕された結晶が目立ち、底部では結晶全体に融食構造をもつPlが顕著であった。

一方、中・南部では、NK-eは4つのユニットからなる。Loc. 17での各ユニットの厚さは下位より中粒の黄色のパミス部2 cm、中粒のこげ茶色のスコリア部6 cm、極細粒の黒色スコリア部1 cm、中粒から細粒の黒色と朱色のスコリア部16 cmである。層相および層の連続性より、北部では中粒のこげ茶色のスコリアおよび極細粒の黒色スコリアが分布していないと判断される。

NK-d: Loc. 1のみで厚さ4 cmの層として観察された。構成物は明茶色の発泡の良い粗粒スコリアである。層相から降下堆積物と判断できるものの、本層が確認された露頭が1地点に限られるため、詳細は不明である。

NK-c: 構成物は明茶色の発泡の良いスコリアである。スコリアの淘汰度はよく、均質に発泡している。最上部から最下部まで層相は変化せず、土壌との境界は明瞭である。分布主軸は東南東である。

噴出重量は約 7.3×10^{10} kgと見積もられた。

NK-b: 構成物は明茶色の発泡の良いスコリアで、色、発泡度、粒径ともにNK-cと著しく類似する。ただし、最上部は細粒で、風化がはげしく、上位の土壌との境界が不明瞭である。分布域の主軸が東方向と南東方向の2方向にのびる。このことから分布域の異なる2つの層からなる可能性はあるものの、露頭あるいは鏡下でそれを確認することはできない。Pl, Cpx, Opxともに1 mm以上の大きめの自形の結晶が目立ち、これらは弱い累帯構造をもつ。まれに、顕著な累帯構造をもち、コアとリムの境界部あるいはコア全体に融食構造をもつ特徴的なPlを産出する。露頭ではNK-bはNK-cと極めて類似しているが、顕微鏡下ではNK-bはNK-cに比べてOpxに乏しく、特徴的な融食構造をもつPlが存在する点で区別できる。

噴出重量は約 21.6×10^{10} kgと見積もられた。

Fig. 5はLocs. 6-8のNK-cとLoc. 17のNK-cとNK-bのPlのアノサイト含有量とPl中のガラス包有物のSiO₂含有量の頻度分布を示したものである。Plのアノサイト含有量では共通してAn 80-95mol%に顕著なピークをもち、ガラス包有物組成ではいずれの層準でもSiO₂ 55-60wt.%付近に顕著なピークをもち、Loc. 17の最上

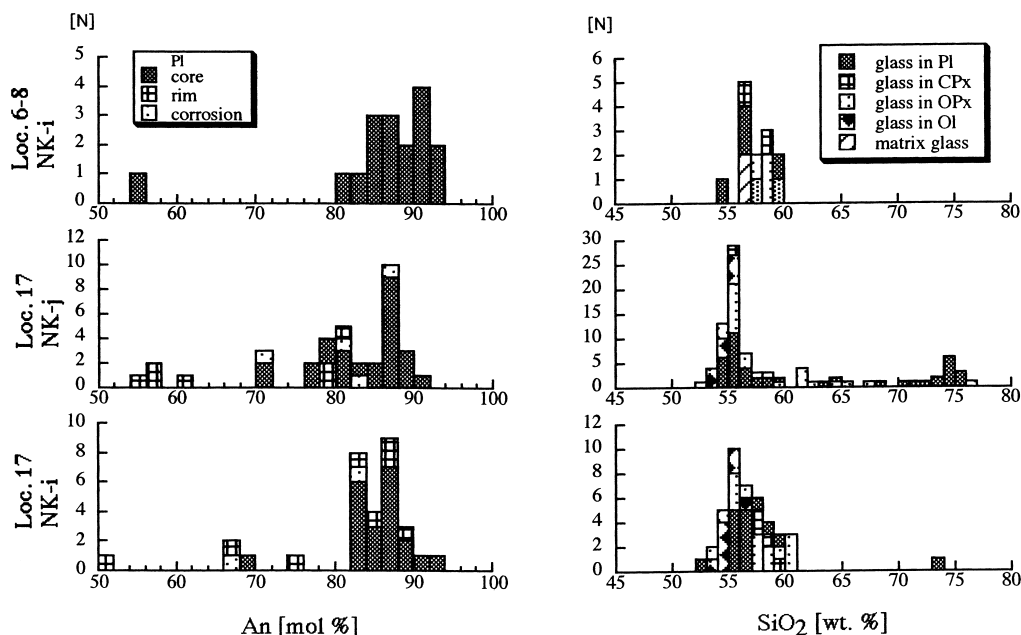


Fig. 5. Histogram of anorthite content of plagioclase and SiO₂ content of glass inclusions in plagioclase of NK-b and NK-c at Loc. 6-8 and Loc. 17. Pl: plagioclase, Cpx: clinopyroxene, Opx: orthopyroxene, Ol: olivine.

位層ではさらに SiO₂ 75wt.% 付近にピークをもつ。この SiO₂ 75wt.% 付近のピークの有無で NK-b と NK-c の層の同定が可能である。この組成は上述した鏡下で観察される融食構造をもつ特徴的な Pl に含まれるガラス包有物組成に対応している。

NK-a: Loc. 1 のみで厚さ 8 cm の層として観察された。構成物は明茶色の発泡の良いやや細粒のスコリアである。層相から降下堆積物と判断できるものの、確認できた露頭が 1 地点に限られるため、詳細は不明である。

5. 考 察

5-1 Hayakawa (1985) の記載との対比

Hayakawa (1985) との対比結果は、Table 1 に示した。Hayakawa (1985) では 6 地点で二の倉スコリアの層序が記載されており、とくに詳細な記載は二の倉ダム、杉沢および清水頭で行われている。この 3 地点はそれぞれ本論の Loc. 9, Loc. 13 および Loc. 19 近傍である。

Hayakawa (1985) では、二の倉ダムに堆積する 5 枚のスコリア層について、最上位層を H, 中間の 3 層全体を I, 最下位層を J と記載している。本研究の Loc. 9 でも 5 枚の層が確認でき、これらを上位よりそれぞれ NK-c, e, g, h, i とした。

Hayakawa (1985) は、杉沢に堆積する 4 枚のスコリア層を上位より H, I, J, K と記載している。本研究では

Loc. 13 の 5 枚のスコリア層を認め、上位より NK-b, e, h, i, k とした。この付近では NK-e の層厚が薄いことから、Hayakawa (1985) では杉沢において本論の NK-e が記載されていないと推測される。

Hayakawa (1985) は、清水頭に堆積する 4 枚のスコリア層を上位より H, I, J, K と記載している。本研究では Loc. 19 の 7 枚のスコリア層を NK-b, c, e, g, h, i, j とした。この付近では NK-c および d の層厚が薄いことから、Hayakawa (1985) ではこの 2 層が記載されておらず、NK-g と h に挟まれる土壌が薄いことから、NK-g と h をあわせて 1 枚の降下堆積物層と定義したと推測される。

Hayakawa (1985) の H は、Loc. 9, Loc. 13 および Loc. 19 の対比結果に基づくと、本論の NK-b と c を合わせたものに相当する。

Hayakawa (1985) の I は二の倉ダムで詳細な記載があるものの他地点との十分な対比が行われていない。Hayakawa (1985) の I は、杉沢では NK-h に、二の倉ダムでは NK-e, g, h を合わせたものに、清水頭では NK-g, h を合わせたものに相当する。

Hayakawa (1985) の J は、Loc. 9, Loc. 13 および Loc. 19 の対比結果に基づくと、NK-i あるいは NK-i と NK-j をあわせたものに対応する。

Hayakawa (1985) の K は、観察地点により、NK-j または NK-k に対応している。Hayakawa (1985) の清水頭

のKは本論のNK-jに対応している。Loc. 19のNK-jの下部にはスコリアを主体とするラハール堆積物が存在することから、これがNK-kに対応していると判断した。Hayakawa (1985)のKと八戸火砕流の間にはレスが記載されているが、風化して変色したNK-jをHayakawa (1985)がKとしたため、Hayakawa (1985)でKの下部とされるレスは、NK-jとNK-k間の土壤に相当していると判断できる。以上のことから、NK-kと八戸火砕流のあいだには土壤が存在しないことが、本論にてあきらかにされた。

5-2 噴出量

各スコリア層の噴出量は重量にしておよそ $7.3\sim 35.9\times 10^{10}$ kgで、総噴出重量はおよそ 1.74×10^{12} kgであった。Hayakawa (1985)の総噴出量 6.3×10^{12} kgという見積もりより小さい。本論では、分布面積の平方根と層厚の指数の関係をもとに体積計算法(Fierstein and Nathenson, 1992)を採用したのに対し、Hayakawa (1985)では、噴出体積 e を、分布面積 S と層厚 T の両対数近似から経験的に得られた、簡便法である $V=12.2TS$ の経験式を用いた方法で見積もったために生じた差異と考えられる。

本研究での分布面積 $A(=S)$ と層厚 T を $V=12.2TS$ の近似式に代入した結果、層厚10 cmの分布面積結果からは(ただし、NK-fでは層厚5 cmの値を採用)、総噴出重量はおよそ 3.38×10^{12} kg、層厚20 cmの分布面積結果からは(ただし、NK-fでは層厚5 cm、NK-kでは層厚10 cmの値を採用)、総噴出重量はおよそ 4.54×10^{12} kg、という結果が得られ、Hayakawa (1985)とおおよそ一致する。

5-3 二の倉スコリア群の噴出時期

NK-kは八戸火砕流との間に土壤を挟まない。NK-kとNK-jおよびNK-jとNK-iとの間には厚い土壤が存在するが、その構成物はやや粗い黒色火山灰と土壤が混在したもので、噴火休止期の堆積物とは異なることから、かならずしも長い時間間隙を示すものではない。NK-iより上位の土壤の厚さはほぼ均等である。以上のことから、二の倉スコリア群はほぼ等時間間隔で堆積したと推察される。つまり、エピソードLの八戸火砕流噴出直後から二の倉スコリア群の噴出活動が始まり、その後、エピソードLからエピソードGまでの約二千年間に、平均的にはおよそ二百年間隔でスコリア噴出活動が繰り返されたといえる。

6. ま と め

本研究では、複数地点で観察され、比較的広範囲な分布を示す土壤に挟まれる少なくとも11枚の二の倉期のスコリア層を同定し、上位からNK-aからNK-kとした。

Hayakawa (1985)の層序との対応については、HはNK-bとcを合わせたものに、IはNK-e、NK-gとNK-hを合わせたものに、JはNK-iとNK-jとあわせたものに、KはNK-jまたはNK-kにほぼ相当すると結論付けられた。

各スコリア層の噴出量は重量にしておよそ $0.9\sim 27.9\times 10^{10}$ kgで、総噴出重量はおよそ 1.14×10^{12} kgであった。

二の倉スコリア噴出活動は、八戸火砕流直後にほとんど時間間隙をおかずに始まり、数千年の間およそ数百年間隔で活動が繰り返された。

謝 辞

本研究は筑波大学地球科学研究科での研究に基づいており、筑波大学地球科学系の故末野重穂教授には有益な意見を多数いただいた。また、EPMAの分析に際し筑波大学分析センターの西田憲正氏に御指導いただいた。本論作成に当たり産業総合技術研究所地球科学情報領域火山活動研究グループの方々には議論していただいた。安井真也氏と井村隆介氏の2人の査読者および編集担当の伊藤順一氏には、きめ細かいアドバイスをいただいた。ここに記して深く感謝する。

引用文献

- Fierstein and Nathenson (1992) Another look at the calculation of fallout tephra volume. *Bull. Volcanol.*, **54**, 156-167.
- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **60**, 507-592.
- Hunter, A. G. and Blake, S. (1995) Petrogenetic evolution of a transitional tholeiitic-calc-alkaline series: Towada volcano, Japan. *J. Petrol.*, **36**, 1579-1605.
- 久利美和・栗田 敬 (1999) 十和田火山後カルデラ期の降下火砕物の推移. 地質調査所月報, **50**, 699-710.
- 大池昭二 (1964) 八戸浮石の絶対年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代(III)—. 地球科学, **70**, 38-39.
- 大池昭二・高橋 一 (1970) 南部浮石の ^{14}C 年代—日本の第四紀層の ^{14}C 年代(62)—. 地球科学, **24**, 232-233.
- 谷口宏充 (1972) 十和田火山の岩石学的研究. 岩鉱, **67**, 128-138.

(編集担当 伊藤順一)